



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**  
**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

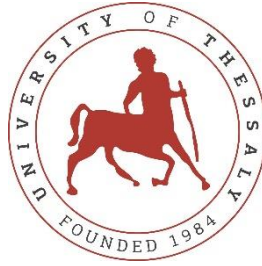
**Ενεργειακή μελέτη κτιρίου με χρήση λογισμικού**

Διπλωματική Εργασία

Παπαϊωάννου Χρήστος

Επιβλέπων: Δρ. Σταμούλης Γεώργιος

Ιούνιος 2022



**UNIVERSITY OF THESSALY**  
**SCHOOL OF ENGINEERING**  
**DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING**

## **Building energy analysis using software**

DiplomaThesis

Papaioannou Christos

Supervisor: Dr. Stamoulis Georgios

June 2022

Εγκρίνεται από την Επιτροπή Εξέτασης:

Επιβλέπων/πouσα

**Δρ. Σταμούλης Γεώργιος**

Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών  
Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Μέλος

**Δρ. Πλέσσας Φώτιος**

Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και  
Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Μέλος

**Δρ. Περαντζάκης Γεώργιος**

Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και  
Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

---

## Ευχαριστίες

Στα πλαίσια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα αρχικά να ευχαριστήσω τους επιβλέποντες καθηγητές μου κ. Σταμούλη Γεώργιο, κ. Περαντζάκη Γεώργιο και κ. Πλέσσα Φώτιο που μου παρείχαν την δυνατότητα να ενασχοληθώ με το θέμα της Ενεργειακής Ανάλυσης – Μελέτης κτιρίου. Θερμές ευχαριστίες οφείλω να δώσω επιπρόσθετα στον κ. Ζημέρη, ο οποίος με τις πλούσιες γνώσεις του με καθοδήγησε με τον καλύτερο τρόπο παρέχοντας μου ευρύ και στοχευμένο υλικό για μελέτη πάνω στο συγκεκριμένο θέμα ενώ παράλληλα ήταν πρόθυμος να μου λύσει απορίες και προβληματισμούς που προέκυψαν κατά τη διάρκεια της μελέτης.

Σημαντική βοήθεια επίσης έλαβα από φίλους και συναδέλφους οι οποίοι με παρότρυναν κύριως στον ψυχολογικό τομέα να εκπληρώσω τον στόχο μου καθ' όλη της διάρκεια της φοιτητικών μου χρόνων στο Πανεπιστήμιο, και τους ευχαριστώ από τα βάθη της καρδιάς μου. Τέλος, θα ήθελα να αφιερώσω την παρούσα εργασία στην οικογένεια μου, οι οποίοι στηριξαν και στηρίζουν τις επιλογές μου με οποιονδήποτε τρόπο, τόσο ηθικά και πνευματικά, όσο και υλικά.

## Διπλωματική Εργασία

### Ενεργειακή μελέτη κτιρίου με χρήση λογισμικού

Παπαϊωάννου Χρήστος

#### Περίληψη

Στόχος της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι παρουσιάσει την ενεργειακή ανάλυση ενός κτιρίου στην πόλη του Βόλου που εμπρόκειται να χρησιμοποιηθεί ως ξενοδοχειακή μονάδα. Στο συγκεκριμένο κτίριο το οποίο βρίσκεται σε ανέγερση και προβλέπεται να τεθεί σε λειτουργία στα τέλη του 2022 θα πραγματοποιηθεί μελέτη για την εγκατάσταση δύο σύγχρονων και ευρέως διαδομένων συστημάτων κλιματισμού ξεχωριστά και θα ακολουθήσει προσομοίωση όπου βάση αποτελεσμάτων θα παραταθεί η βέλτιστη επιλογή. Πρόκειται για το σύστημα της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας και το σύστημα κεντρικού κλιματισμού άμεσης εκτόνωσης με μεταβλητό όγκο ψυκτικού ρευστού VRV (Variable refrigerant Volume) ή VRF (Variable Refrigerant Flow). Η προσομοίωση θα επιτευχθεί με ένα πολύ ισχυρό λογισμικό της διεθνούς εταιρίας Carrier και ακούει στο όνομα H.A.P. 5.11 (Hourly Analysis Program). Λόγω της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος με ρύπους από την ανθρώπινη δραστηριότητα η ανάγκη για την ανέγερση πράσινων κτιρίων γίνεται ολοένα και πιο επιτακτική. Έτσι αρχικά γίνεται λόγος για την ενεργειακή πολιτική που ακολουθεί η Ευρωπαϊκή Ένωση καθώς και το ελληνικό κράτος στον κτιριακό τομέα. Στη συνέχεια γίνεται λόγος για τα είδη των αντλιών θερμότητας που έχουν εφευρεθεί και διατίθενται στην αγορά καθώς επίσης και ο μηχανισμός λειτουργίας τους που θα υποβοηθήσει σημαντικά στην κατανόηση των δεδομένων που εμπρόκειται να εισαχθούν στο λογισμικό με το οποίο θα πραγματοποιηθεί η προσομοίωση. Θα ακολουθήσουν παραδείγματα για την εισαγωγή των δεδομένων και έπειτα τα αναλυτικά αποτελέσματα και για τα δύο συστήματα έτσι ώστε να γίνει η σύγκριση και η εξαγωγή συμπερασμάτων.

## **Building energy analysis using software**

Papaioannou Christos

### **Abstract**

The goal of this paper is to present the energy analysis of a building in the city of Volos that is going to be used as a hotel. On this specific building, which is currently under construction with the expectation of being fully operative by the end of 2022, I will conduct a research for the installation of two modern and widely used heating-cooling systems separately, followed by a simulation whose results will pinpoint the optimal choice. Those two systems are the geothermal heat pump and the central air conditioning system with variable refrigerant flow. The simulation will be executed on a very powerful software of the international company Carrier named H.A.P 5.11(Hourly Analysis Program). Due to the heavy pollution of the environment by human activity, the necessity of constructing greener buildings is becoming more and more mandatory. Therefore, firstly, I mention the energy policy of the European Union as well as the one that Greek government follows on the construction sector. Then, I analyze the different kinds of heat pumps that have been invented and used on the market in addition to their operating mechanism which will greatly help on the comprehension of the data that will be inserted on the simulation software. Lastly, I present examples of data input followed by detailed results of both systems for comparison, in order to extract safe conclusions.

## Πίνακας περιεχομένων

Ευχαριστίες.....	iv
Περίληψη.....	v
Abstract .....	vi
Πίνακας περιεχομένων .....	vii
Κατάλογος εικόνων .....	ix
Κατάλογος σχημάτων .....	xi
Κατάλογος Πινάκων .....	xii
Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή .....	1
1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής.....	1
1.2 Οργάνωση του τόμου.....	1
1.3 Υπολογιστικό πακέτο που χρησιμοποιήθηκε.....	2
Κεφάλαιο 2 Γνωστικό Υπόβαθρο .....	3
2.1 Η ενεργειακή πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης στον κτιριακό τομέα και ο ρόλος της Ελλάδας .....	3
2.2 Αντλία Θερμότητας – Αρχή λειτουργίας .....	4
2.3 Βαθμός Επίδοσης Αντλιών Θερμότητας .....	5
2.4 Είδη Αντλιών Θερμότητας.....	7
2.4.1 Αντλία Θερμότητας Αέρα – Αέρα.....	7
2.4.2 Αντλία θερμότητας Αέρα – Νερού .....	9
2.4.3 Γεωθερμία – Γεωθερμική αντλία θερμότητας.....	10
Κεφάλαιο 3 Υπολογισμοί Ψυκτικών και Θερμικών Φορτίων συμφωνα με ASHRAE.....	17
3.1 Εισαγωγικές Έννοιες.....	17
3.2 Μέθοδοι Υπολογισμού της ASHRAE .....	19
3.3 ΜέθοδοςCLTD/CLF (Cooling Load Temperature Difference) .....	19
3.3.1 Εξωτερικές οροφές.....	20
3.3.2 Εξωτερικοί τοίχοι.....	22
3.3.3 Εξωτερικά παράθυρα .....	22
3.3.4 Εσωτερικά δομικά υλικά .....	22
3.3.5 Εσωτερικός φωτισμός .....	24
3.3.6 Άτομα.....	25
3.3.7 Διάφορες συσκευές.....	26
3.3.8 Αερισμός κτιρίου .....	26

Κεφάλαιο 4 Εισαγωγή δεδομένων στο πρόγραμμα H.A.P 5.11 .....	29
4.1 Αναλυτική λειτουργία του Λογισμικού .....	33
4.2 Χρονοδιαγράμματα .....	37
4.3 Δημιουργία χώρων του κτιρίου .....	41
Κεφάλαιο 5 Συστήματα Θέρμανσης, Ψύξης και Αερισμού .....	51
5.1 Εγκατάσταση Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας στο H.A.P.....	51
5.2 Εγκατάσταση V.R.F. στο H.A.P.....	56
Κεφάλαιο 6 Προσομοιώσεις των Η/Μ Συστημάτων .....	60
6.1 Εισαγωγή .....	60
6.2 Προσομοίωση – Θ.Φ.Χ, Ψ.Φ.Χ, Φ.Α.....	61
6.3 Προσομοίωση Συστήματος VRF .....	62
6.3.1 Προσομοίωση – Κατανάλωση των τερματικών μονάδων του συστήματος VRF..	62
6.3.2 Ωριαία προσομοίωση κατανάλωσης ρεύματος για συγκεκριμένες μέρες.....	65
6.3.3. Φορτία θέρμανσης και ψύξης για σύστημα κλιματισμού VRF.....	69
6.4 Προσομοίωση Συστήματος Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας .....	70
6.4.1 Προσομοίωση – Κατανάλωση του συστήματος της Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας .....	70
6.4.2 Ωριαία προσομοίωση κατανάλωσης ρεύματος για συγκεκριμένες μέρες.....	73
6.4.3 Φορτία θέρμανσης και ψύξης για σύστημα κλιματισμού Γ.Α.Θ. ....	79
6.5 Προσομοίωση - Ετήσιο Κόστος με βάση την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας. 80	
6.5.1 Ετήσιο κόστος λειτουργίας συστήματος VRF.....	80
6.5.2 Ετήσιο κόστος λειτουργίας συστήματος Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας.....	83
Κεφάλαιο 7 Σύγκριση και συμπεράσματα .....	86
Βιβλιογραφία .....	88



## Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1: Λειτουργία θερμοδυναμικού κύκλου στην αντλία θερμότητας.....	5
Εικόνα 2: Αντλία Θερμότητας Αέρα - Αέρα.....	8
Εικόνα 3: Λειτουργία Α.Θ. αέρα-αέρα για ψύξη και θέρμανση αντίστοιχα.....	8
Εικόνα 4: Αντλία Θερμότητας Αέρα – Νερού.....	10
Εικόνα 5: Σύστημα Γ.Α.Θ. ....	11
Εικόνα 6: Συστήματα Ανοικτού Βρόχου .....	13
Εικόνα 7: Συστήματα Κλειστού Βρόχου .....	14
Εικόνα 8: Οριζόντια διάταξη .....	14
Εικόνα 9: Κατακόρυφη διάταξη .....	15
Εικόνα 10 Τομή Β-Β τομή Α-Α.....	29
Εικόνα 11 Κάτοψη Ισογείου .....	30
Εικόνα 12 Κάτοψη Α ορόφου .....	30
Εικόνα 13 Κάτοψη Β ορόφου .....	31
Εικόνα 14 Κάτοψη Γ ορόφου.....	31
Εικόνα 15 Κάτοψη Δ ορόφου .....	32
Εικόνα 16 Κάτοψη Μη Βατού Δόματος.....	32
Εικόνα 17 Το κεντρικό μενού και τα συνοπτικά χαρακτηριστικά του ξενοδοχείου .....	33
Εικόνα 18 Κλιματικές Ζώνες Ελλάδος .....	34
Εικόνα 19 Κλιματικά δεδομένα του Βόλου .....	35
Εικόνα 20 Θερμοκρασιακές ενδείξεις υγρού και στεγνού θερμομέτρου .....	36
Εικόνα 21 Μέγιστο κέρδος ηλιακής ακτινοβολίας ανά μήνα .....	36
Εικόνα 22 Σύνολο Χρονοδιαγραμμάτων για τις απαιτήσεις του ξενοδοχείου .....	38
Εικόνα 23 Χρονοδιάγραμμα για τις ηλεκτρικές συσκευές που χρησιμοποιούνται από το προσωπικό στους κοινοχρηστούς χώρους.....	39
Εικόνα 24 Χρονοδιάγραμμα για γενικό φωτισμό .....	39
Εικόνα 25 Χρονοδιάγραμμα για τη χρησιμοποίηση των χώρων από τους ανθρώπους .....	40
Εικόνα 26 Χρονοδιάγραμμα για τον θερμοστάτη.....	40
Εικόνα 27 Χώροι εκτεθειμένοι σε εξωτερική τοιχοποιία.....	42
Εικόνα 28 Γενικές πληροφορίες για το δωμάτιο 1 Α ορόφου .....	43
Εικόνα 29 Εσωτερικές πληροφορίες δωματίου 1 Α ορόφου .....	44
Εικόνα 30 Σύσταση τοιχοποιίας (T/P 1) και σύσταση φέροντων στοιχείων σκυροδέματος (T1) .....	44
Εικόνα 31 Αναλυτική σύσταση τοιχοποιίας.....	45
Εικόνα 32 Αναλυτική σύσταση φέροντος στοιχείου σκυροδέματος.....	46
Εικόνα 33 Δήλωση παραθύρου.....	46
Εικόνα 34 Δήλωση πόρτας .....	47
Εικόνα 35 Δήλωση σκίασης.....	47
Εικόνα 36 Επεξήγηση δεδομένων σύμφωνα με το λογισμικό.....	48
Εικόνα 37 Δομική σύσταση οροφής κτιρίου .....	48
Εικόνα 38 Δήλωση τοιχοποιίας σε επαφή με εξωτερικό αέρα του χώρου .....	49
Εικόνα 39 Δήλωση δαπέδου .....	50
Εικόνα 40: Σχεδιασμός συστήματος Γ.Α.Θ .....	51

Εικόνα 41 Γενικά χαρακτηριστικά Γ.Α.Θ. και εξωτερική κεντρική μονάδα αερισμού D.O.A.S. .....	52
Εικόνα 42 Δεδομένα για το D.O.A.S. ....	53
Εικόνα 43 Απόδοση ανεμιστήρα εξαερισμού .....	53
Εικόνα 44 Δεδομένα Θερμοστάτη και ζωνών .....	54
Εικόνα 45 Σύστημα κυκλοφορίας .....	54
Εικόνα 46: Συντελεστής απόδοσης τερματικής μονάδας Γ.Α.Θ. για θέρμανση .....	55
Εικόνα 47: Συντελεστής απόδοσης τερματικής μονάδας Γ.Α.Θ. για ψύξη .....	55
Εικόνα 48: Σχεδιασμός Συστήματος τύπου VRF.....	56
Εικόνα 49: Γενικά χαρακτηριστικά συστήματος VRFκαι τοποθέτηση DOAS .....	57
Εικόνα 50: Δεδομένα για το DOAS .....	57
Εικόνα 51 Απόδοση ανεμιστήρα εξαερισμού .....	58
Εικόνα 52 Δεδομένα θερμοστάτη και ζωνών.....	58
Εικόνα 53 Συντελεστές απόδοσης COP και EER.....	59

## Κατάλογος σχημάτων

Σχήμα 1: Μηνιαίες καταναλώσεις τερματικών στοιχείων(VRF) .....	63
Σχήμα 2: Ημερήσιες καταναλώσεις για θέρμανση τον μήνα Ιανουάριο(VRF) .....	63
Σχήμα 3: Ημερήσιες καταναλώσεις για ψύξη τον μήνα Ιούλιο(VRF) .....	64
Σχήμα 4: Ωριαίες καταναλώσεις τερματικών στοιχείων για 1 <sup>η</sup> Ιανουαρίου(VRF).....	66
Σχήμα 5: Ωριαίες καταναλώσεις τερματικών στοιχείων για 1 <sup>η</sup> Ιουλίου(VRF) .....	67
Σχήμα 6: Μηνιαίες καταναλώσεις στοιχείων Γ.Α.Θ. για θέρμανση και ψύξη .....	71
Σχήμα 7: Ημερήσιες καταναλώσεις για θέρμανση τον μήνα Ιανουάριο (Γ.Α.Θ.).....	72
Σχήμα 8: Ημερήσιες καταναλώσεις για ψύξη τον μήνα Ιούλιο (Γ.Α.Θ.) .....	72
Σχήμα 9: Ωριαίες καταναλώσεις στοιχείων για ψύξη 1 <sup>η</sup> Ιουλίου(Γ.Α.Θ.) .....	75
Σχήμα 10: Ωριαίες καταναλώσεις στοιχείων για θέρμανση 1 <sup>η</sup> Ιανουαρίου(Γ.Α.Θ.).....	78
Σχήμα 11: Απεικόνιση ποσοστιαίου ετήσιου κόστους σε γράφημα(VRF).....	81
Σχήμα 12: Απεικόνιση κόστους ανά μήνα (VRF) .....	82
Σχήμα 13: Ποσοστά HVAC & Non HVAC καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας(VRF) .....	82
Σχήμα 14: Απεικόνιση ποσοστιαίου ετήσιου κόστους σε γράφημα(Γ.Α.Θ.) .....	83
Σχήμα 15: Απεικόνιση κόστους ανά μήνα (Γ.Α.Θ.).....	84
Σχήμα 16: Ποσοστά HVAC & Non HVAC καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας(Γ.Α.Θ.) .....	85

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Διαχωρισμός αισθητού και λανθάνοντος φορτίου .....	18
Πίνακας 2: Αναλυτικά Θ.Φ.Χ. - Ψ.Φ.Χ. – Φ.Α ξενοδοχειακής μονάδας.....	62
Πίνακας 3: Μηνιαίες καταναλώσεις τερματικών στοιχείων (VRF) .....	62
Πίνακας 4: Μηνιαίες Καταναλώσεις τερματικών εξαερισμού, φωτισμού και ηλεκτρικού εξοπλισμού(VRF) .....	64
Πίνακας 5: Ωριαίες καταναλώσεις τερματικών στοιχείων για 1 <sup>η</sup> Ιανουαρίου(VRF) .....	65
Πίνακας 6: Ωριαίες Καταναλώσεις τερματικών εξαερισμού, φωτισμού και ηλεκτρικού εξοπλισμού για 1 <sup>η</sup> Ιανουαρίου(VRF) .....	66
Πίνακας 7: Ωριαίες καταναλώσεις τερματικών στοιχείων για 1 <sup>η</sup> Ιουλίου(VRF) .....	67
Πίνακας 8: Ωριαίες Καταναλώσεις τερματικών εξαερισμού, φωτισμού και ηλεκτρικού εξοπλισμού για 1 <sup>η</sup> Ιουλίου (VRF).....	68
Πίνακας 9: Συνολικά Φορτία Ψύξης και Θέρμανσης (VRF) .....	69
Πίνακας 10: Μηνιαίες καταναλώσεις στοιχείων Γ.Α.Θ. ....	70
Πίνακας 11: Μηνιαίες καταναλώσεις στοιχείων Γ.Α.Θ. και στοιχείων αερισμού .....	71
Πίνακας 12: Ωριαίες καταναλώσεις στοιχείων για 1 <sup>η</sup> Ιουλίου (Γ.Α.Θ.) .....	73
Πίνακας 13: Ωριαίες καταναλώσεις στοιχείων Γ.Α.Θ. και στοιχείων αερισμού για 1 <sup>η</sup> Ιουλίου .....	74
Πίνακας 14: Ωριαίες καταναλώσεις στοιχείων Γ.Α.Θ., στοιχείων αερισμού, φωτισμού και ηλεκτρικού εξοπλισμού για 1 <sup>η</sup> Ιουλίου .....	75
Πίνακας 15: Ωριαίες καταναλώσεις στοιχείων για 1 <sup>η</sup> Ιανουαρίου (Γ.Α.Θ.) .....	76
Πίνακας 16: Ωριαίες καταναλώσεις στοιχείων Γ.Α.Θ. και στοιχείων αερισμού για 1 <sup>η</sup> Ιανουαρίου .....	77
Πίνακας 17: Ωριαίες καταναλώσεις στοιχείων Γ.Α.Θ., στοιχείων αερισμού, φωτισμού και ηλεκτρικού εξοπλισμού για 1 <sup>η</sup> Ιανουαρίου .....	78
Πίνακας 18: Συνολικά Φορτία Ψύξης και Θέρμανσης (Γ.Α.Θ) .....	79
Πίνακας 19: Ετήσια Κόστη (VRF) .....	81
Πίνακας 20: Ετήσια Κόστη (Γ.Α.Θ.).....	83

## **Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή**

Η εκτεταμένη δραστηριότητα του ανθρώπου σε βάρος του περιβάλλοντος με σκοπό την εξυπηρέτηση των δικών του αναγκών έχει οδηγήσει την Ευρωπαϊκή Ένωση να λάβει δραστικές αποφάσεις και μέτρα για την προστασία του. Συνεπώς, η Ε.Ε. καλείται να προωθήσει λύσεις τόσο στην αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όσο και στην βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των μηχανολογικών συστημάτων.

### **1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής**

Στη συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία γίνεται η ενεργειακή ανάλυση μιας ξενοδοχειακής μονάδας στην πόλη του Βόλου. Ακολουθώντας τους κανονισμούς που ισχύουν στη χώρα μας σε ότι αφορά την ενεργειακή ανάλυση κτιρίου, παρουσιάζονται δυο σενάρια για την επιλογή συστήματος κλιματισμού ανάμεσα στο σύστημα κλιματισμού με ψυκτικό υγρό μεταβλητού όγκου VRF και το σύστημα κλιματισμού με χρήση της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας, τα αποτελέσματα των οποίων αναλύονται στα παρακάτω κεφάλαια.

### **1.2 Οργάνωση του τόμου**

Το υπόλοιπο της διπλωματικής εργασίας καταλαμβάνεται από τα Κεφάλαια 2-7.

Συγκεκριμένα:

- Στο Κεφάλαιο 2 παρατίθεται το γνωστικό υπόβαθρο της παρούσας διπλωματικής.
- Στο Κεφάλαιο 3 αναλύονται οι υπολογισμοί ψυκτικών και θερμικών φορτίων του κτιρίου σύμφωνα με το λογισμικό της ASHRAE.
- Στο Κεφάλαιο 4 παρατίθενται τα αρχιτεκτονικά σχέδια της ξενοδοχειακής μονάδας τα οποία είναι απαραίτητα για την μελέτη του κελύφους καθώς επίσης και τα κλιματολογικά δεδομένα που επικρατούν στην περιοχή και θα καταχωρηθούν στο λογισμικό.

- Στο κεφάλαιο 5 γίνεται ο σχεδιασμός των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων που εμπρόκειτο να εξεταστούν
- Στο κεφάλαιο 6 πραγματοποιούνται οι προσομοιώσεις των Η/Μ συστημάτων.
- Τα τελικά συμπεράσματα που εξάγονται από τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων λαμβάνουν χώρα στο Κεφάλαιο 7.

### **1.3 Υπολογιστικό πακέτο που χρησιμοποιήθηκε**

Το Hourly Analysis Program (H.A.P 5.11) ή στα ελληνικά πρόγραμμα ωριαίας ανάλυσης πρόκειται για ένα λογισμικό της εταιρίας CARRIER και απευθύνεται κυρίως σε μηχανικούς εγκαταστάσεων, εργολάβους σχεδιασμού ή κατασκευής και γενικότερα σε επαγγελματίες που στόχο έχουν την μελέτη και την εγκατάσταση HVAC συστημάτων για μικρά έως μεγάλα εμπορικά κτίρια. Πρόκειται για ένα ισχυρό εργαλείο το οποίο παρέχει στον χρήστη δυνατότητα να αναλύει της ενεργειακές επιδόσεις των συστημάτων θέρμανσης ψύξης και κλιματισμού καθώς και τα ποσά κατανάλωσης ενέργειας ενώ επίσης μπορεί να προβεί σε συγκρίσεις μεταξύ των εναλλακτικών σεναρίων και να αξιολογήσει με αρκετή ακρίβεια το ηλεκτρομηχανολογικό σύστημα που είναι βέλτιστο για την εγκατάσταση του σε ένα κτίριο. Επίσης, η ωριαία ανάλυση που πραγματοποιεί συγκεντρώνει ακριβείς πληροφορίες για τους ρύπους που δημιουργούν τέτοιες εγκαταστάσεις στο περιβάλλον και με αυτό τον τρόπο ο σχεδιασμός των «πράσινων» κτιρίων γίνεται πιο ευέλικτος.

## Κεφάλαιο 2 Γνωστικό Υπόβαθρο

### 2.1 Η ενεργειακή πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης στον κτιριακό τομέα και ο ρόλος της Ελλάδας

Η Ευρωπαϊκή ένωση παρατηρώντας την εκτεταμένη επιβάρυνση του περιβάλλοντος από την ανθρώπινη δραστηριότητα έλαβε μέτρα για την επίλυση αυτού του σοβαρού ζητήματος. Συγκεκριμένα, το 40% της ενεργειακής κατανάλωσης στην «Γηραιά Ηπειρό» αφορά τον κτιριακό τομέα με αποτέλεσμα τα ποσοστά  $CO_2$  να ανέρχονται σε υψηλά επίπεδα. Η προώθηση προγραμμάτων με σκοπό την εκτενέστερη μελέτη της ενεργειακής αποδοσίας τόσο για υπάρχοντα όσο και για νεογεθθέντα κτίρια έχει συμβάλλει τα μέγιστα στην εύρεση των ελάχιστων απαιτήσεων για την ενεργειακή απόδοση και την προστασία του περιβάλλοντος. Πλέον τα συστήματα που εφαρμόζονται σε κτιριακές μονάδες για θέρμανση ψύξη και κλιματισμό έχουν αποφέρει ελάχιστα έως και μηδενικά ποσοστά κατανάλωσης ενέργειας. Είναι εύκολο αντιληπτό ότι τα αποθέματα πετρελαίου και φυσικού αερίου είναι περιορισμένα και άνισα κατανεμημένα στον πλανήτη (αρκετά από αυτά σε μη ασφαλής περιοχές π.χ. Μέση Ανατολή) και γι' αυτό το λόγο ο ρόλος της Ε.Ε. στην αντιμετώπιση του συγκεκριμένου προβλήματος είναι πολύ σημαντικός.

Η ένταξη της Ελλάδας στο προαναφερθέν νομοσχέδιο της Ε.Ε. είναι κάτι παραπάνω από επιτακτική. Σύμφωνα με έρευνες το ελληνικό νοικοκυριό καταναλώνει περίπου 17.000 kWh που αντιστοιχεί σε 1,45 tones πετρελαίου. Ιδιαίτερα για τα κτίρια που έχουν ανεγερθεί προ του 1980 όπου χαρακτηρίζονται θερμομονωτικά ανέπαρη, για την θέρμανση και την ψύξη τους απαιτείται 30% επιπλέον ενέργεια από τα κτίρια που έχουν κτιστεί μετά το 1980 σύμφωνα με τον κανονισμό θερμομόνωσης. Η κατανάλωση αυτή θεωρείται υπεραυξημένη αν γίνει σύγκριση με πόλεις με παρεμφερή κλιματολογικές συνθήκες όπως η Πορτογαλία και η Ισπανία όπου η Ελλάδα καταναλώνει παραπάνω 50% και 30% αντίστοιχα. Τα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα όπως είναι αναμενόμενο είναι πολύ υψηλά αφού ο έλληνας κάτοικος ρυπαίνει το περιβάλλον κατά 12 με 13 τόνους  $CO_2$  ετησίως.

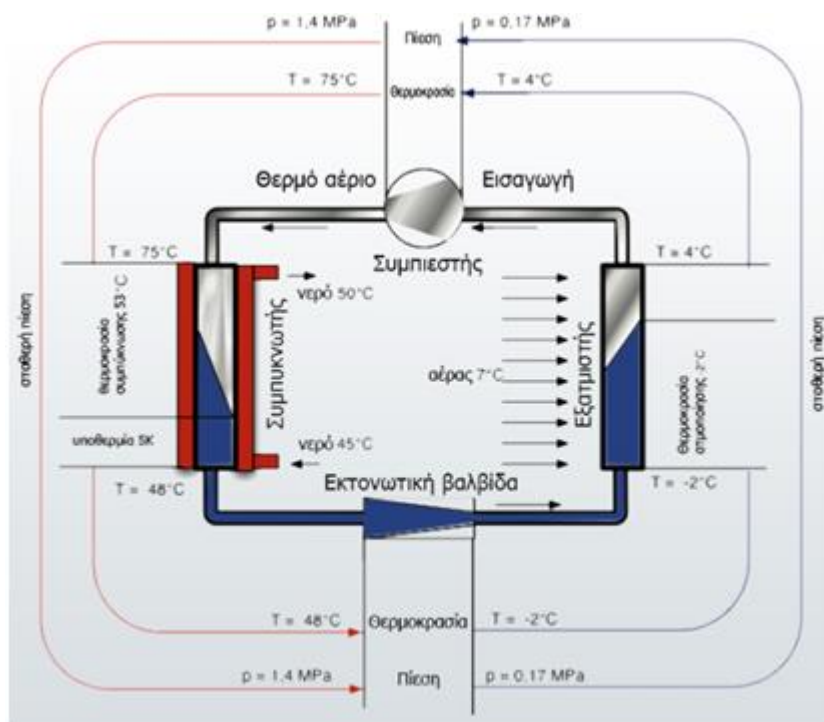
Για τον περιορισμό αυτής της αυξημένης κατανάλωσης ενέργειας την 1<sup>η</sup> Οκτωβρίου του 2010 εφαρμόστηκε στην Ελλάδα ο Κανονισμός Ενεργειακής Αποδοσίας Κτιρίων (Κ.ΕΝ.Α.Κ.). Συγκεκριμένα, για την έκδοση οικοδομικής άδειας ο ΚΕΝΑΚ είναι υποχρεωτικός και εκτός από τον έλεγχο θερμομονωτικής επάρκειας κτιρίου περιλαμβάνει και την ενεργειακή απόδοση βασιζόμενη τόσο στα θερμικά χαρακτηριστικά του κτιρίου (μελέτη του κελυφους), όσο και στα συστήματα εγκατάστασης για ψύξη, θέρμανση, κλιματισμό, ζεστά νερά χρήσης (ΖΝΧ) και φωτισμού (ηλεκτρομηχανολογική μελέτη). Χρησιμοποιώντας αυτή την εκτεταμένη ανάλυση σε κτίρια κατοικιών αλλά και σε κτίρια του τριτογενούς τομέα βασιζόμενοι στη θέση προσάνατολισμού και τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν για κάθε κτίριο η Ελλάδα ξεκίνησε η ανάγκη για μεγαλύτερη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

## **2.2 Αντλία Θερμότητας – Αρχή λειτουργίας**

Η θερμική ενέργεια όπως είναι ευρέως γνωστό μεταφέρεται από ένα θερμό σώμα σε ένα ψυχρότερο. Με τον όρο αντλία θερμότητας (heat pump) εννοείται ένα ηλεκτρομηχανολογικό σύστημα το οποίο επιτυγχάνει την αντίστροφη ροή, δηλαδή την μεταφορά θερμότητας από ένα μέσο χαμηλότερης θερμοκρασίας σε ένα άλλο υψηλότερης. Αναλυτικότερα, το ψυκτικό υγρό που κυκλοφορεί μέσα στις σωληνώσεις της μηχανολογικής διάταξης βρίσκεται σε μεγάλη πίεση και θερμοκρασία στο σημείο μετά τον συμπιεστή. Σε αυτό το σημείο αποβάλλεται θερμότητα. Στη συνέχεια, όταν το ψυκτικό μέσο περάσει μέσα από την εκτονωτική βαλβίδα η πίεση του μειώνεται καθώς επίσης και η θερμοκρασία του και έτσι προσλαμβάνεται θερμότητα και επομένως αποβάλλεται ψύξη. Τώρα, σε αέρια μορφή, το ψυκτικό μέσο οδηγείται στον συμπιεστή όπου όπως προαναφέρθηκε σε μεγάλη πίεση και θερμοκρασία θα υγροποιηθεί και αποβάλει θερμότητα. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται σε έναν αέναο κύκλο εκτόνωσης και συμπίεσης. Σκοπός αυτής της διαδικασίας είναι η συνεχής μεταφορά θερμότητας – ενέργεια από το σημείο εκτόνωσης στο σημείο συμπίεσης. Αξιοσημείωτο είναι επίσης ότι ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη υπάρχει η δυνατότητα παραγωγής τόσο ψυχρού όσο και ζεστού αέρα και με αυτόν τον τρόπο η αντλία θερμότητας να μπορεί να



χρησιμοποιηθεί τόσο στη χειμερινή όσο και στις θερινή περίοδο. Και στις δύο περιπτώσεις ο κύκλος ψυξής ή αλλιώς ο θερμοδυναμικός κύκλος εκτελείται με πανομοιότυπο τρόπο με τη διαφορά ότι το στοιχείο που εκτελούσε την ατμοποίηση τώρα εκτελεί την συμπύκνωση και το σημείο που εκτελούσε την συμπύκνωση τώρα εκτελεί την εκτόνωση.



Εικόνα 1: Λειτουργία θερμοδυναμικού κύκλου στην αντλία θερμότητας

## 2.3 Βαθμός Επίδοσης Αντλιών Θερμότητας

Δύο είναι οι πιο σημαντικοί συντελεστές για να εκφράσει κανείς τον βαθμό επίδοσης μίας αντλίας θερμότητας. Ο ένας είναι ο συντελεστής συμπεριφοράς όπου αναγράφεται στα τεχνικά χαρακτηριστικά ως C.O.P (Coefficient Of Performance) και ο άλλος είναι ο βαθμός ενεργειακής απόδοσης όπου το συναντά κανείς ως E.E.R (Energy Efficiency Ratio).

Ο συντελεστής C.O.P εκφράζει τον βαθμό επίδοσης της αντλίας στη χειμερινή περίοδο δηλαδή κατά τη θέρμανση. Σε αυτό το διάστημα η αντλία απορροφά από τον περιβάλλον μία ποσότητα θερμότητας  $Q_1$  ενώ μέσω του συμπιεστή και με ένα

επιπλέον μηχανικό έργο  $W$  που εφαρμόζεται σε αυτόν αποδίδεται θερμότητα - ενέργεια στο χώρο  $Q_2$ . Για τον υπολογισμό του C.O.P δίνεται η εξίσωση:

$$C. O. P = \frac{Q_2}{W} \quad (1)$$

Επίσης ο συντελεστή συμπεριφοράς μπορεί να εκφραστεί και από τις θερμοκρασίες ψυχρού και θερμού χώρου όμως πρόκειται για τυποποιημένες θερμοκρασίες η οποίες είναι στάθερες γεγονός που είναι πρακτικά ανέφικτο και για εναλλαγές της θερμοκρασίας ο συντελεστής αλλάζει. Η επισήμανση αυτή είναι αρκετά σημαντική γιατί ο κατασκευαστή μπορεί να εκφράζει το C.O.P της αντλίας θερμότητας με τα συγκεκριμένα δεδομένα που είναι μια πολύ σημαντική λεπτομέρεια που πρέπει να λάβει ο καταναλωτής για να προβεί σε μία αγορά.

Επομένως, ο συντελεστής συμπεριφοράς σε ιδανικές συνθήκες δίνεται από τον τύπο:

$$C. O. P = \frac{T_\theta}{T_\theta - T_\psi} \quad (2)$$

Όπου  $T_\theta$ , θερμοκρασία θερμού χώρου ( $20^\circ\text{C}$ ) και  $T_\psi$  ( $7-6^\circ\text{C}$ ) θερμοκρασία ψυχρού χώρου.

Επομένως, υπάρχει περίπτωση ο συντελεστής C.O.P να έχει υψηλότερη τιμή για μια αντλία θερμότητας που δε λαμβάνει τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και να είναι λιγότερη αποδοτική, από μία άλλη που έχει χαμηλότερη τιμή C.O.P που λαμβάνει τις διαφορετικές συνθήκες και είναι περισσότερο αποδοτική.

Ο συντελεστής E.E.R εκφράζει τον βαθμό ενεργειακής απόδοσης της αντλίας στη θερινή περίοδο και επομένως κατά την ψύξη. Εδώ το ζητούμενο είναι το  $Q_1$  δηλαδή η θερμότητα που απορροφάται από το περιβάλλον και δίνεται από τον τύπο:

$$E. E. R = \frac{Q_1}{W} \quad (3)$$

Σύμφωνα με το πρότυπο της Eurovent, το E.E.R χρησιμοποιεί και αυτό τυποποιημένες θερμοκρασίες όπου  $T_\theta$  ισούται με  $27^\circ\text{C}$  και  $T_\psi$   $35^\circ\text{C}$  χωρίς να σημαίνει ότι αν αυτές οι θερμοκρασίες αλλάξουν δεν θα μεταβληθεί και ο συντελεστής ενεργειακής απόδοσης. Συχνά μπορεί να συναντήσει κανείς στα φυλλάδια των κατασκευαστών

έναν παραπλήσιο συντελεστή το S.E.E.R και πρόκειται για τον εποχιακό συντελεστή ενεργειακής απόδοσης. Αυτός εκφράζεται σαν το κλάσμα της συνολικής μεταφερόμενης θερμότητας στην θερινή περίοδο προς το μηχανικό έργο που εφαρμόστηκε στον συμπιεστή για το συγκεκριμένο διάστημα.

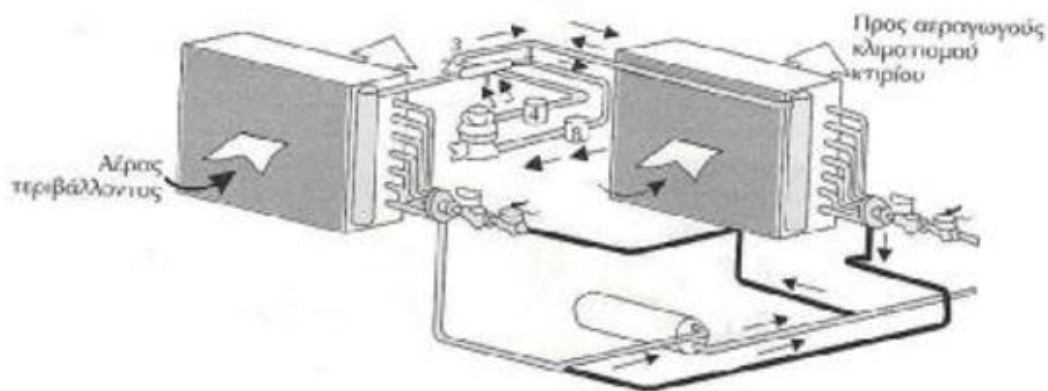
$$S. E. E. R = \frac{\text{total seasonal cooling output}}{\text{total electrical energy input}} \quad (4)$$

## 2.4 Είδη Αντλιών Θερμότητας

Υπάρχουν διαφορετικές κατηγορίες αντλιών θερμότητας και αυτό που τις διαφοροποιεί είναι το ρευστό το οποίο αποβάλλει ή από το οποίο προσλαμβάνει την ενέργεια η αντλία στα σημεία του συμπυκνωτή και εξεταμιστή κατά τη διάρκεια του θερμοδυναμικού κύκλου.

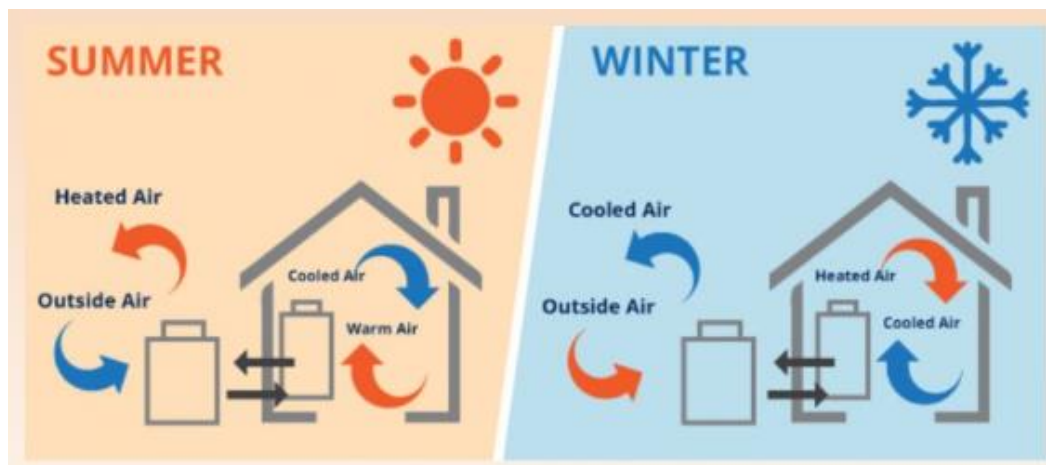
### 2.4.1 Αντλία Θερμότητας Αέρα – Αέρα

Η αντλία θερμότητας αέρα – αέρα ανήκει στην κατηγορία των αντλιών όπου η πηγή άντλησης της θερμότητας γίνεται από τον αέρα του εξωτερικού περιβάλλοντος. Το δεύτερο «αέρα» υποδηλώνει το μέσο με το οποίο αποδίδεται η θερμότητα στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου. Για την ακρίβεια, αυτό το μέσο που συνήθως κυκλοφορεί στις σωληνώσεις της αντλίας είναι το φρέον όπου πρόκειται για ένα ρευστό το οποίο έχει την ιδιότητα όταν υγροποιείται (συμπιέζεται) να ζεσταίνεται και όταν αεριοποιείται (εκτονώνεται) υπό πίεση να γίνεται παγωμένο. Πρόκειται για μια ευρέως γνωστή και ιδιαίτερα χρησιμοποιούμενη αντλία για την ψύξη και θέρμανση των κατοικιών και των κτιρίων του τριτογενούς τομέα.



Εικόνα 2: Αντλία Θερμότητας Αέρα - Αέρα

Συγκεκριμένα, κατά τους χειμερινούς μήνες ο εξατμιστής αντλεί θερμότητα από τον ψυχρό αέρα του περιβάλλοντος και τη στέλνει στο συμπιεστή όπου θα υγροποιηθεί θα θερμανθεί και θα αποδοθεί στον εσωτερικό χώρο. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως ο συντελεστής C.O.P μίας τέτοιας αντλίας θα αυξηθεί αν μειωθεί η θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα η αν αυξηθεί η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα.(σχημα) Αντίθετα, κατά την διάρκεια της θερινής περιόδου ο συμπυκνώτης μετατρέπεται σε εξατμιστή και από εκείνο το σημείο τώρα απορροφάται θερμότητα από τους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου. περνά με τη σειρά της στον εξατμιστή που μετατρέπεται σε συμπυκνωτής και την αποστέλλει στο εξωτερικό περιβάλλον. Όπως και με το C.O.P έτσι και αναλογικά με το E.E.R, για την καλύτερη απόδοση του δεύτερου θα πρέπει η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα να μειωθεί ή όταν αυξηθεί η θερμοκρασία του ψυχόμενου αέρα στους εσωτερικούς χώρους.



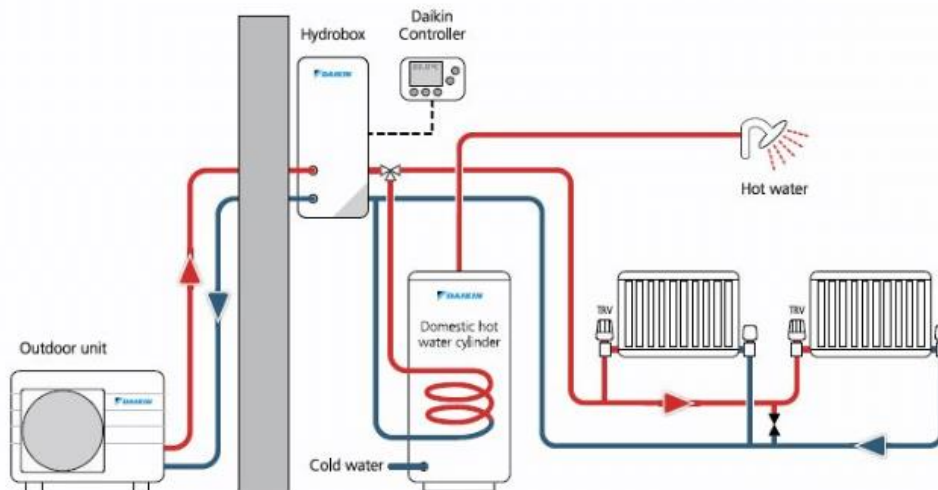
Εικόνα 3: Λειτουργία Α.Θ. αέρα-αέρα για ψύξη και θέρμανση αντίστοιχα

Οι αντλίες θερμότητας αέρα – αέρα είναι ιδιαίτερα αποδοτικές σε περιοχές όπου δε συναντά κανείς ακραίες θερμοκρασίες την χειμερινή περίοδο. Επομένως το βασικό μειονέκτημα των αντλιών αυτών συναντάται κατά την θέρμανση. Αναλυτικότερα, ο εξατμιστής για να αντλήσει θερμότητα από τον εξωτερικό αέρα του περιβάλλοντος πρέπει η θερμοκρασία του να είναι 10 – 15 °C χαμηλότερη από αυτή του εξωτερικού αέρα. Όσο μεγαλύτερη μείωση κάνουμε στην θερμοκρασία του εξατμιστή για να επιτευχθεί αυτή η διαφορά σε αναλογία με τις απαιτήσεις των χώρων που θέλει κάποιος να καλύψει τόσο μειώνεται η απόδοση του συμπυκνωτή και συνεπώς της αντλίας θερμότητας. Για την αντιμετώπιση αυτού του κύριου προβλήματος ο εξωτερικός αέρας πριν εισέλθει στον εξατμιστή θερμαίνεται μέσω ηλεκτρικών αντιστάσεων που έχουν εγκαταθεί στο σύστημα ως συμπληρωματική πηγή θερμικής ενέργειας. Είναι προφανές ότι η χρήση αυτού του τύπου επίλυσης του προβλήματος αυξάνει το κόστος κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

#### 2.4.2 Αντλία θερμότητας Αέρα – Νερού

Στην ίδια κατηγορία όπου ανήκει η αντλία θερμότητας αέρα – αέρα ανήκει και αυτή της αντλίας αέρα – νερού αν λάβει κανείς υπόψιν ότι και στις δύο αντλίες το κοινό μέσο άντλησης θερμότητας είναι ο αέρας του εξωτερικού περιβάλλοντος. Η ειδοποιός διαφορά είναι το μέσο με το οποίο γίνεται η απόδοση της θερμικής ενέργειας στους εσωτερικούς χώρους και αυτό δεν είναι άλλο από το νερό. Οι αντλίες αυτού του τύπου συναντώνται κυρίως σε βιομηχανίες και γενικότερα σε μεγάλα κτίρια όπου έλεγχος της θερμοκρασίας σε κάθε κλιματιστική ζώνη είναι απαραίτητος. Όσον αφορά την αύξηση του βαθμού απόδοσης C.O.P και την ενεργειακή απόδοση E.E.R της παρούσας αντλίας ισχύει το ίδιο με την αντλία αέρα – αέρα.

Επίσης είναι λειτουργικές και σε υψηλές εξωτερικές θερμοκρασίες και σε χαμηλές της τάξεως των -20°C ενώ παράλληλα είναι και ιδιαίτερα φιλικές με το περιβάλλον και αυτό γιατί το νερό που διοχετεύεται στο σύστημα κλειστού βρόχου μπορεί να απελευθερωθεί πίσω στο περιβάλλον.

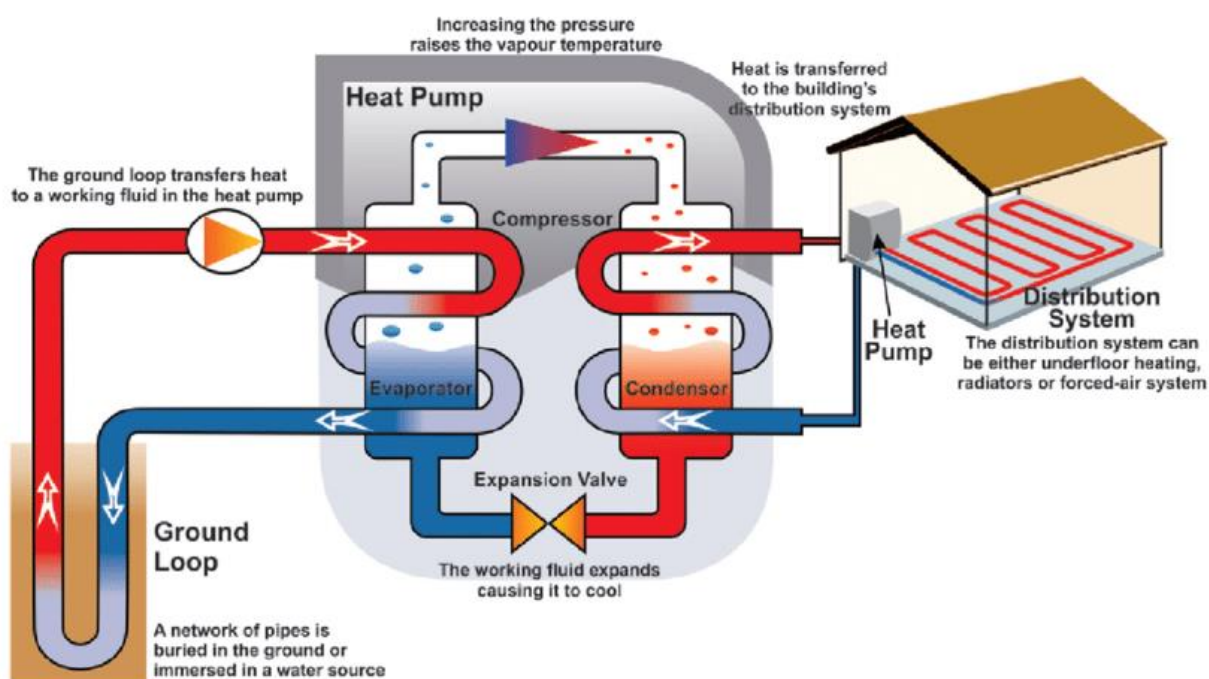


Εικόνα 4: Αντλία Θερμότητας Αέρα – Νερού

### 2.4.3 Γεωθερμία – Γεωθερμική αντλία θερμότητας

Με τον όρο Γεωθερμία εννοούμε την ενέργεια που μεταφέρεται από το εσωτερικό του πλανήτη προς τον εξωτερικό φλοιό. Η ενέργεια αυτή που αντλείται από το εσωτερικό της Γης βρίσκεται σε μορφή νερού σταθερής θερμοκρασίας ή ατμού, ή σε μορφή θερμών πετρωμάτων και αυτό εξαρτάται από την σύσταση του εδάφους που συναντάται από περιοχή σε περιοχή. Η αξιοποίηση της είναι πραγματικά ένα δώρο της φύσης αφού πρόκειται για μια πρακτικά ανεξάντλητη - ανανεώσιμη πηγή ενέργειας η οποία μπορεί να συνεισφέρει τα μέγιστα στην κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων του ανθρώπου. Η άντληση της γεωθερμικής ενέργειας στον ελλαδικό χώρο είναι δυστυχώς αρκετά περιορισμένη, αν αναλογιστεί κανείς ότι η γεωλογική σύσταση του εδάφους που είναι πλούσια σε γεωθερμικές πηγές. Στην Ελλάδα, πιο συγκεκριμένα, το θερμοκρασιακό επίπεδο του εσωτερικού της γης σε συνάρτηση με την εσωτερική πίεση συναντώνται και τα τρία είδη ενθαλπείας. (υψηλή, μέση και χαμηλή). Στην υψηλή όπου η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη των 150°C μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ στη μέση, από 80°C έως 150°C, εκτός του ότι μπορεί να συμβάλει στο να παραχθεί ηλεκτρισμός, μπορεί να χρησιμοποιηθεί εξίσου για τη θέρμανση, την ξήρανση της ξυλείας και άλλων αγροτικών προϊόντων. Στην χαμηλή ενθαλπεία όπου εκεί η θερμοκρασία του

εδάφους κυμένεται στους 25 με 80°C, η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ιχθυοκαλλιέργειες, θέρμανση θερμοκηπίων ή χώρων γενικότερα, δηλαδή μικρές εγκαταστάσεις. Όπως προαναφέρθηκε αξιοποίηση της γεωθερμίας είναι περιορισμένη γιατί κυρίως αντλείται ενέργεια μόνο από περιοχές που παρουσιάζουν χαμηλή ενθαλπεία.



Εικόνα 5: Σύστημα Γ.Α.Θ.

Για την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας χρησιμοποιούνται γεωθερμικές αντλίες και όπως οι αντλίες θερμότητας που προαναφέρθηκαν έτσι και αυτές χρησιμοποιούν το θερμοδυναμικό αναστρέψιμο κύκλο για να αποδώσουν ψύξη και θέρμανση στο χώρο. Ένα γεωθερμικό σύστημα κλιματισμού αξιοποιεί το έδαφος το οποίο αποτελεί έναν πολύ καλά μονωμένο χώρο και περιλαμβάνει την αντλία θερμότητας για την ρύθμιση της επιθυμητής θερμοκρασίας, έναν βρόχο – σύστημα σωληνώσεων που βρίσκεται στο υπέδαφος και μέσω του ψυκτικού υγρού που διαρρέεται αντλεί ενέργεια από το έδαφος (γεωεναλλάκτης), επίσης υπάρχει άλλο ένα σύστημα σωληνώσεων που εγκαθίσταται στο εσωτερικό του κτιρίου έτσι ώστε να γίνεται η μεταφορά της θερμότητας, ενώ τέλος συνηθίζεται να τοποθετείται και υπερθερμαντήρας έτσι ώστε να προθερμαίνεται το ζεστό νερό στις σωληνώσεις.

Σε αντίθεση με τις αντλίες θερμότητας που αναφέρθηκαν προηγουμένως, εδώ η κύρια πηγή άντλησης θερμότητας είναι το νερό από το περιβάλλον.

**Γεωθερμική Αντλία Νερού – Νερού:** Το νερό που ρέει στις σωληνώσεις του γεωεναλλάκτη εισέρχεται στον εξατμιστή της αντλίας όπου στη συνέχεια άλλοτε θερμαίνεται στη χειμερινή περίοδο και εισέρχεται στο σύστημα θέρμανσης που έχει εγκατασταθεί στο κτίριο και άλλοτε ψύχεται, την καλοκαιρινή, στο κύκλωμα του fan coil και παρέχει ψύξη. Πρόκειται για την πιο διαδεδομένη εγκατάσταση γεωθερμικής αντλίας.

**Γεωθερμική Αντλία Νερού – Αέρος:** Εδώ πάλι το νερό που κυκλοφορεί στον γεωεναλλάκτη ακολουθεί την ίδια διαδικασία όπως και παραπάνω με την ιδιαιτερότητα ότι τώρα ο αέρας που φιλτράρεται από και προς τους εσωτερικούς χώρους, ψύχεται ή θερμαίνεται αντίστοιχα.

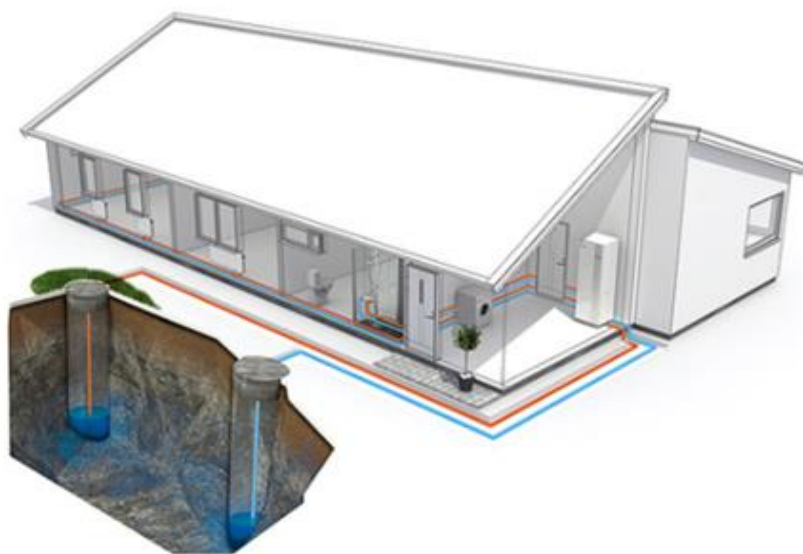
**Γεωθερμική Αντλία Νερού – Αέρος διαιρούμενου τύπου:** Στη συγκεκριμένη περίπτωση, το νερό περνά από τον γεωεναλλάκτη όπου συναντά την αντλία με την διαφορά ότι ο εξατμιστής – συμπυκνωτής βρίσκεται ξεχωριστά από το υπόλοιπο σύστημα. Αυτή η σύνδεση με αυτό το αποκομμένο τμήμα της αντλίας γίνεται με σωλήνες όπου ρέει ψυκτικό υγρό και με μία φορητή στραγγαλιστική βαλβίδα όπου αναλόγως τις απαιτήσεις ο αέρας φιλτράρεται από και προς τους χώρους για να ψυχθεί ή να δροσιστεί. Προτείνεται για καλύτερες επιδόσεις στους χειμερινούς μήνες όπου ζητάμε ταυτόχρονη θέρμανση και παροχή ζεστού νερού.

Τα προαναφερόμενα συστήματα αντλιών θερμότητας ονομάζονται και συστήματα υπόγειας σύζευξης. Συγκεκριμένα, τα κύρια μέλη είναι ένα κλασικό σύστημα συμπίεσης, έναν συμπυκνωτή, μία βαλβίδα εκτόνωσης και έναν εξατμιστήρα ο οποίος βρίσκεται στο υπέδαφος. Ανάλογα με την διάταξη που έχει η εγκατάσταση τους στο υπόγειο του εδάφους διακρίνονται σε συστήματα ανοικτού και κλειστού βρόχου.

**Συστήματα Ανοικτού Βρόχου (Open Loop Systems):** Εφαρμόζονται σε περιοχές όπου συναντά κανείς υπόγεια ύδατα. Για να επιτευχθεί ένα τέτοιο σύστημα είναι απαραίτητη μία γεώτρηση για παραγωγή, όπου εκεί το νερό αντλείται και εισχωρεί στην αντλία θερμότητας μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας και μια δεύτερη

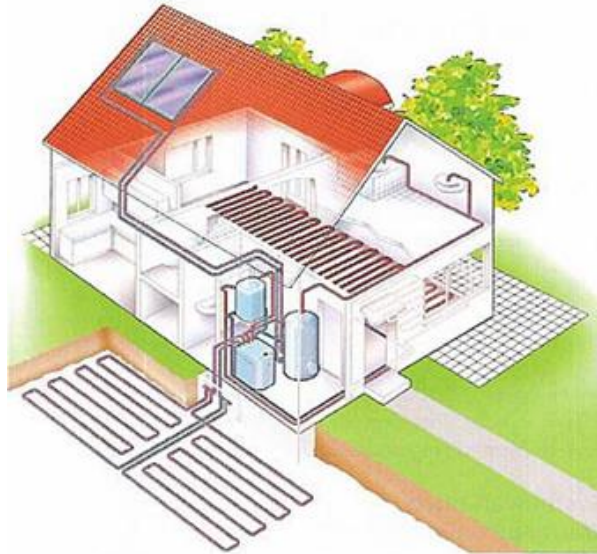


γεώτρηση για επανεισαγωγή όπου ένα μέρος του νερού θα μεταφερθεί πίσω στη γη. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι το νερό να είναι καλής ποιότητας καθώς υπάρχει σημαντική πιθανότητα ο ανταλλακτήρας θερμότητας να μπλοκάρει λόγω οξείδωσης των σωληνώσεων. Η μελέτη ενός τέτοιου συστήματος είναι αρκετά απλή και είναι η πιο αποδοτική σε σχέση με τα υπόλοιπα συστήματα υπόγειας σύζευξης. Πολλές φορές όμως η ποσότητα και η ποιότητα του νερού δεν επαρκεί γεγονός που καθιστά αδύνατη την συγκεκριμένη εγκατάσταση.



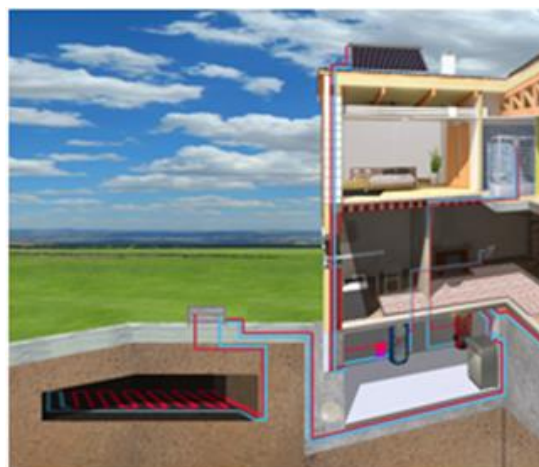
Εικόνα 6: Συστήματα Ανοικτού Βρόχου

**Συστήματα Κλειστού Βρόχου (Closed Loop Systems):** Σε αυτή την περίπτωση, μονομένοι πλαστικοί σωλήνες μεγάλης αντοχής εγκαθίστανται στο υπέδαφος. Μέσα σε αυτό το υπάρχον δίκτυο ρέει νερό ή αντιπικτικό υγρό μέσω του οποίου αντλείται θερμότητα χωρίς όμως αυτό το δίκτυο να έρχεται σε επαφή με κοντινά υπόγεια ύδατα. Το σημαντικό για την μελέτη και την εφαρμογή τέτοιων συστημάτων είναι ο καθορισμός του υλικού των σωληνώσεων έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η μακροχρόνια αντοχή τους και επομένως το κόστος συντήρησης να είναι χαμηλό. Συνηθίζεται το υλικό τους να είναι πολυβουτυλένιο ή πολυαιθυλένιο και η διάμετρος τους να είναι στα 20-40mm. Επιπρόσθετα, δύο είναι οι πιο συνηθισμένες διατάξεις συστημάτων κλειστού βρόχου.



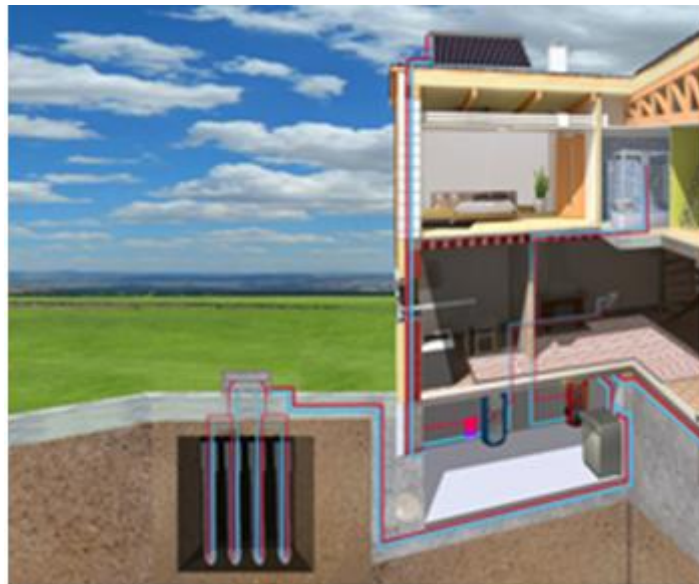
Εικόνα 7: Συστήματα Κλειστού Βρόχου

**Οριζόντια Διάταξη:** Το δίκτυο των σωληνώσεων εφαρμόζεται σε βάθος 1,2 – 3 μέτρων στη συνέχεια καλύπτεται με άμμο και από πάνω το χώμα εκσκαφής και για να μην υπάρξει καθίζηση ποτίζεται και συμπιέζεται ενώ επίσης προτιμάται να τοποθετείται κάτω από πράσινους χώρους ή χώρους στάθμευσης. Επίσης, το μήκος αυτής της οριζόντιας διάταξης μπορεί να φτάσει από 9 έως και 35 μέτρα ενώ τα σκάμματα μεταξύ τους έχουν μία απόσταση της τάξεως από 2-4 μέτρα. Τέλος, το βασικό πλεονέκτημα αυτή της διάταξης είναι ότι το κόστος εγκατάστασης είναι αρκετά χαμηλό ενώ τα δύο βασικά μειονεκτήματα είναι οτι πρώτον απαιτείται αρκετός χώρος και δεύτερον η αλλοίωση του εδάφους λόγω της ξηρασίας που προκαλείται από τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας.



Εικόνα 8: Οριζόντια διάταξη

**Κατακόρυφη Διάταξη:** Η κατακόρυφη διάταξη σε σύγκριση με την οριζόντια συστήνεται κυρίως σε κτίρια με περιορισμένη έκταση εξωτερικού χώρου. Το προβλεπόμενο βάθος που απαιτείται για τους αγωγούς κλειστού βρόχου κυμαίνεται περίπου από τα 20 έως τα 100 μέτρα ενώ οι αποστάσεις μεταξύ τους από 6 μέτρα και πάνω. Όπως και η οριζόντια έτσι και η κατακόρυφη έχει τα θετικά και τα αρνητικά της. Στα θετικά συγκαταλέγεται το μικρό μήκος των αγωγών (17 – 52 μέτρα), καθώς επίσης και οι ελάχιστες διακυμάνσεις θερμοκρασίας του εδάφους από εποχή σε εποχή. Στα αρνητικά, το κόστος κατασκευής σε σχέση με την οριζόντια διάταξη είναι πολύ μεγαλύτερο και αυτό γιατί για τα βάθη που προαναφέρθηκαν χρειάζονται πιο εξειδικευμένο εξοπλισμό.



Εικόνα 9: Κατακόρυφη διάταξη

### Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Γεωθερμίας

#### Πλεονεκτήματα

- Καμία εκπομπή  $CO_2$  λόγω της μη καύσης ορυκτών καυσίμων.
- Εξοικονόμηση έως και 80% σε σύγκριση με άλλα είδη ενεργειών.
- Η μόνη θεωρητικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας και δεν εξαρτάται από καιρικές συνθήκες σε όλη τη διάρκεια του έτους.

- Υψηλή απόδοση σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης αφού χρησιμοποιούν 25% μέχρι και 50% λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια.
- Χαμηλό κόστος συντήρησης. (σωληνώσεις από 25 έως και 50 χρόνια εγγύηση, αντλία τουλάχιστον 20 χρόνια).
- Τα γεωθερμικά συστήματα είναι εύκολα στην διαχείρισή τους από τον χρήστη.

#### Μειονεκτήματα

- Απαίτηση για επαρκή χώρο εγκατάστασης.
- Υψηλό επενδυτικό κόστος κυρίως για μικρές κατοικίες.
- Παρ' ότι θεωρείται μία βιώσιμη και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, σε κάποιες περιοχές η γη μπορεί να υποστεί ξηρασία μετά από χρόνια άντληση γεωθερμικής ενέργειας και επομένως η συγκομιδή της να μειωθεί αρκετά.
- Με την εξαγωγή της παράγεται το αέριο του υδροθείου που η οσμή του κάθε άλλο παρά ευχάριστη δεν είναι.

## Κεφάλαιο 3 Υπολογισμοί Ψυκτικών και Θερμικών Φορτίων σύμφωνα με ASHRAE

### 3.1 Εισαγωγικές Έννοιες

Είναι λογικό να κατανοήσει κανείς ότι οι ενεργειακοί κανόνες που εφαρμόζονται στις χώρες του πλανήτη μας να διαφέρουν μεταξύ τους και αυτό γιατί οι κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν από περιοχή σε περιοχή κατά τη διάρκεια του έτους αλλάζουν. Απαραίτητη προϋπόθεση λοιπόν για την επίλογη μίας αποδοτικής κλιματιστικής μονάδας που πρόκειται να εγκατασταθεί σε ένα κτίριο είναι ο ακριβής υπολογισμός των θερμικών και ψυκτικών φορτίων που σχετίζεται άμεσα με τον νόμο μεταφοράς θερμότητας και μάζας. Για τον υπολογισμό αυτό πολύ σημαντικό είναι η εισαγωγή δύο ακόμα σημαντικών εννοιών, αυτών των θερμικών κέρδων και των θερμικών απωλειών.

Στους χειμερινούς μήνες εμφανίζεται ο όρος θερμικές απώλειες. Στο κτίριο αυτή την περίοδο στο εσωτερικό του έχουμε μεγαλύτερη θερμοκρασία από ότι στο εξωτερικό περιβάλλον και για αυτό το λόγο έχουμε απώλειες θερμότητας από μέσα προς τα έξω. Αντίθετα, στους καλοκαιρινούς μήνες έχουμε τα θερμικά κέρδη δηλαδή η θερμοκρασία του αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον είναι υψηλότερη σε σύγκριση με το εσωτερικό του κτίριου. Έτσι, από τα παράθυρα, τις πόρτες, και από χαραμάδες (κυρίως των κουφωμάτων) και γενικότερα από το κέλυφος του κτιρίου μεταφέρεται θερμότητα από έξω προς τα μέσα. Και στις δύο περιπτώσεις πρόκειται για ανεπιθυμητές έννοιες και για αυτό το λόγο εφαρμόζεται σε όλες τις χώρες και επομένως και στην Ελλάδα ο κανονισμός θερμομόνωσης κτιρίων. Το κέλυφος του θωρακίζεται με ειδικά θερμομονωτικά υλικά και υαλοπίνακες που τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να περιορίζονται όσο το δυνατόν περισσότερο οι θερμογέφυρες που δημιουργούνται («χαραμάδες»). Το θερμικό κέρδος ακόμα, αποτελείται από άλλες δύο υποκατηγορίες. Το αισθητό θερμικό φορτίο που εισχωρεί στο κτίριο με ακτινοβολία ή με αγωγιμότητα ή και τα δύο (εξωτερικά θερμικά κέρδη) και το λανθάνον φορτίο που προέρχεται από θερμότητα που παράγουν οι ηλεκτρικές συσκευές ή τους υδρατμούς που παράγονται από τον άνθρωπο ή επίσης και από τον

αέρα που εισχωρεί από πόρτες, παράθυρα κ.ο.κ. (εσωτερικά θερμικά κέρδη). Για τον πλήρη διαχωρισμό τους βλ. πίνακα που ακολουθεί.

Πηγή Θερμικού Κέρδους	Κατηγορία	Είδος
<b>Αγωγιμότητα από εξωτερικά τοιχώματα (τοιχούς, οροφές, δάπεδα, τζάμια)</b>	Εξωτερικά	Αισθητά μόνο
<b>Αγωγιμότητα από εσωτερικά τοιχώματα</b>	Εξωτερικά	Αισθητά μόνο
<b>Ηλιακή ακτινοβολία διαμέσου τζαμιών</b>	Εξωτερικά	Αισθητά μόνο
<b>Φωτισμός</b>	Εσωτερικά	Αισθητά μόνο
<b>Άτομα</b>	Εσωτερικά	Αισθητά και λανθάνοντα
<b>Συσκευές και Εξοπλισμός</b>	Εσωτερικά	Αισθητά ή/ και λανθάνοντα
<b>Ηλεκτροκινητήρες</b>	Εσωτερικά	Αισθητά μόνο
<b>Εισαγωγή εξωτερικού αέρα</b>	Εσωτερικά ή Εξωτερικά	Αισθητά και λανθάνοντα

Πίνακας 1: Διαχωρισμός αισθητού και λανθάνοντος φορτίου

Άρα,  $\text{Θερμικά Φορτία Χώρου (Θ. Φ. Χ)} = \text{αισθητά θερμικά φορτία} + \text{λανθάνον φορτίο}$

Όσον αφορά το ψυκτικό φορτίο χώρου, είναι το ποσό θερμότητας που πρέπει να αφαιρεθεί από τους εσωτερικούς χώρους τους κτιρίου έτσι ώστε να υπάρχει η επιθυμητή θερμοκρασία και υγρασία. Όταν η θερμοκρασία γίνει αυτή που έχει προγραμματιστεί οι πιο θερμοί χώροι του κτιρίου τείνουν μεταφέρουν θερμότητα στους χώρους που έχουν ήδη την επιθυμητή θερμοκρασία ή το αντίστροφο με αποτέλεσμα να έχουμε διακυμάνσεις στη θερμοκρασία. Γενικότερα, ο υπολογισμός του ψυκτικού φορτίου γίνεται για κάθε χώρο του κτιρίου ξεχωριστά και ισχύει ο τύπος:

$$\begin{aligned} \text{Ψυκτικό Φορτίο Χώρου (} Q_C \text{)} \\ = \text{αισθητό φορτίο που μεταβάλλει τη θερμοκρασία (} Q_S \text{)} \\ + \text{λανθάνον φορτίο που μεταβάλλει την υγρασία (} Q_L \text{)} \end{aligned}$$

### **3.2 Μέθοδοι Υπολογισμού της ASHRAE**

Για να γίνει η σωστή επιλογή και η κατάλληλη διαστασιολόγηση των ηλεκτρομηχανολογικών μηχανημάτων στο κτίριο πρέπει να γίνει ο ακριβής υπολογισμός των ψυκτικών φορτίων και μάλιστα ο μελετητής να συμπεριλάβει την λειτουργία του κτιρίου σε ακραίες συνθήκες γεγονός που οδηγεί πολλές φορές σε υπερδιαστασιολόγηση των μηχανημάτων. Η ASHRAE με μία σειρά από υπολογισμούς που θα αναλύθούν στη συνέχεια προσπαθεί να αποτρέψει την υπερδιαστασιολόγηση των μηχανημάτων και να λάβει υπόψιν τις ακραίες περιπτώσεις λειτουργίας του κτιρίου όμως όπως όλα τα υπολογιστικά προγράμματα δεν αποτελούν πανάκεια. Η συμβολή του μηχανικού με την εμπειρία του κρίνεται απαραίτητη έτσι ώστε να γνωστοποιηθούν και άλλοι διάφοροι συντελεστές όπως αυτός της θερμοπερατότητας που είναι ευκολά μεταβαλλόμενοι.

Από τις μεθόδους της ASHRAE για τον υπολογισμό των φορτίων θα αναλυθεί η CLTD/CLF (Cooling Load Temperature Difference/Cooling Load Factor) ενώ άλλες γνωστές μέθοδοι είναι:

- TETD (Total Equivalent Temperature Differential Method)
- TFM (Transfer Function Method)
- HB (Heat Balance)
- RTS (Radiant Time Series)

### **3.3 Μέθοδος CLTD/CLF (Cooling Load Temperature Difference)**

Για την καλύτερη προσέγγιση της διαδικασίας ψύξης/θέρμανσης, η μέθοδος CLTD/CLF συγκεντρώνει δεδομένα όπως για παράδειγμα τα υλικά, το πάχος και τον προσανατολισμό των δομικών στοιχείων του κελύφους, ακόμα και την έκθεση τους την κάθε ημέρα του έτους και την κάθε ώρα της ημέρας. Για όλες τις μεθόδους της ASHRAE που προαναφέρθηκαν

Η μέθοδος περιλαμβάνει τον υπολογισμό ψυκτικών φορτίων που προκύπτουν για ένα χώρο σε συνάρτηση με τα παρακάτω στοιχεία: Εξωτερικές οροφές, Εξωτερικοί τοίχοι, Παράθυρα, Εσωτερικά δομικά στοιχεία, Εσωτερικός φωτισμός, Άνθρωποι-Άτομα, Διάφορες συσκευές, Ηλεκτροκινητήρες, Αερισμός.

### 3.3.1 Εξωτερικές οροφές

Τα ψυκτικά φορτία ενός χώρου μέσα από μία εξωτερική οροφή δίνονται από τη σχέση:

$$Q_{op} = K_{op} * A_{op} * CLTD_{corr}$$

- $K_{op}$  : συντελεστής θερμοπερατότητας της εξωτερικής οροφής [ $W/m^2K$ ]
- $A_{op}$  : εμβαδόν της επιφάνειας της εξωτερικής οροφής [ $m^2$ ]

$CLTD_{corr}$  : η διορθωμένη διαφορά θερμοκρασίας ψυκτικού φορτίου (Corrected Cooling Load Temperature Difference) [K]

Τα μεγέθη  $K_{op}$  και  $A_{op}$  είναι χαρακτηριστικά της οροφής ενώ το μέγεθος  $CLTD_{corr}$  υπολογίζεται ως εξής:

Υπάρχουν 13 τύποι οροφών, οι οποίοι δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί. Σε κάθε τύπο οροφής δίνεται η μάζα της σε [ $kg/m^2$ ] και η θερμοπερατότητας της σε [ $W/m^2K$ ].

Την εξωτερική οροφή του κτιρίου για το οποίο υπολογίζουμε τα ψυκτικά φορτία, εντάσσουμε σε μία από τις 13 κατηγορίες με κριτήριο την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ομοιότητά της στα παραπάνω δύο μεγέθη με τα αντίστοιχα της κατηγορίας.

Από ειδικούς πίνακες, για τη συγκεκριμένη κατηγορία οροφής και για την ώρα (ηλιακή) που θέλουμε να υπολογίσουμε το ψυκτικό φορτίο, επιλέγουμε την CLTD.

Οι τιμές της CLTD που δίνονται στον πίνακα είναι υπολογισμένες για τις εξής συνθήκες:



- Σκουρόχρωμη επίπεδη εξωτερική οροφή
- Εσωτερική θερμοκρασία χώρου  $t_i$
- Μέγιστη εξωτερική θερμοκρασία  $t_{max}$

Για διαφορετικές συνθήκες από τις παραπάνω, πρέπει να κάνουμε τις ακόλουθες διορθώσεις:

$$CLTD_{corr} = [(CLTD + LM) * K + (25,5 - t_i) + (t_m - 29,4)] * f$$

LM : Διόρθωση γεωγραφικού πλάτους και μήνα, για το συγκεκριμένο μήνα και γεωγραφικό πλάτος της περιοχής που βρίσκεται το κτίριο.

K : Συντελεστής χρώματος που παίρνει τις τιμές:

K : 1.0 για σκουρόχρωμες οροφές ή οροφές σε βιομηχανικές περιοχές

K : 0.5 για μόνιμα ανοιχτόχρωμες οροφές

f : Συντελεστής που εξαρτάται από το αν υπάρχουν ανεμιστήρες ή αεραγωγοί στην ψευδοροφή και παίρνει τις τιμές:

f : 1.0 εάν δεν υπάρχουν ανεμιστήρες ή αεραγωγοί

f : 0.75 εάν υπάρχει θετικός αερισμός (ανεμιστήρας ή στόμια αέρα που αναρροφούν αέρα μέσα από την ψευδοροφή)

Η μέση θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα υπολογίζεται από τη σχέση:

$$t_m = t_{max} - \frac{DR}{2}$$

DR : ημερήσια διακύμανση της εξωτερικής θερμοκρασίας

$t_{max}$  : μέγιστη εξωτερική θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου [°C]

### 3.3.2 Εξωτερικοί τοίχοι

Τα ψυκτικά φορτία ενός χώρου μέσα από τους εξωτερικούς τοίχους δίνονται από τη σχέση:

$$q_T = K_T * A_T * CLTD_{corr}$$

$K_T$  : συντελεστής θερμοπερατότητας του εξωτερικού τοίχου [ $W/m^2K$ ]

$A_T$  : εμβαδόν της επιφάνειας του εξωτερικού τοίχου [ $m^2$ ]

### 3.3.3 Εξωτερικά παράθυρα

Το ψυκτικό φορτίο ενός χώρου μέσα από τα εξωτερικά παράθυρα χωρίζεται σε δύο κατηγορίες:

α) ψυκτικό φορτίο από αγωγιμότητα. Υπολογίζεται από τη σχέση

$$q_{\Pi} = K_{\Pi} * A_{\Pi} * CLTD_{corr}$$

- $K_{\Pi}$  : συντελεστής θερμοπερατότητας παραθύρου [ $W/m^2K$ ]
- $A_{\Pi}$  : εμβαδόν της επιφάνειας του παραθύρου [ $m^2$ ]

β) ψυκτικό φορτίο από ηλιακή ακτινοβολία. Υπολογίζεται από τη σχέση:

$$q_{\eta\lambda} = A_{\Pi} * SC * SHGF * CLF$$

- $A_{\Pi}$  : το εμβαδόν της επιφάνειας του παραθύρου [ $m^2$ ]
- $SC$  : συντελεστής σκίασης του παραθύρου, που είναι χαρακτηριστικό μέγεθος του παραθύρου και εξαρτάται από το είδος του υαλοπίνακα και από το είδος της εσωτερικής σκίασης [αδιάστατος].

### 3.3.4 Εσωτερικά δομικά υλικά

Εσωτερικά δομικά στοιχεία θεωρούνται τα στοιχεία εκείνα που βρίσκονται σε επαφή με χώρους που δεν κλιματίζονται με αποτέλεσμα την ύπαρξη ροής θερμότητας από αυτούς προς το χώρο, για τον οποίο υπολογίζουμε το ψυκτικό φορτίο. Τα στοιχεία αυτά αναφέρονται σε εσωτερικούς τοίχους, εσωτερικές οροφές, εσωτερικά δάπεδα, όπως επίσης και εσωτερικές πόρτες. Σε αυτά δεν περιλαμβάνονται τα δάπεδα που βρίσκονται σε άμεση επαφή με το έδαφος

Τα ψυκτικά φορτία ενός χώρου μέσα από τα εσωτερικά δομικά στοιχεία δίνονται από τη σχέση:

$$q_{\epsilon\sigma} = K_{\epsilon\sigma} * A_{\epsilon\sigma} * TD$$

$K_{\epsilon\sigma}$  : ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου [ $W/m^2K$ ]

$A_{\epsilon\sigma}$ : το εμβαδόν της επιφάνειας του δομικού στοιχείου [ $m^2$ ]

TD : η διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στον κλιματιζόμενο χώρο και τον γειτονικό μη κλιματιζόμενο χώρο [K]

Για τη θερμοκρασιακή διαφορά ισχύει:

$$TD = t_b - t_i$$

$t_b$  : η θερμοκρασία του μη κλιματιζόμενου χώρου

$t_i$ : η θερμοκρασία του κλιματιζόμενου χώρου

Όταν δεν είναι γνωστή η  $t_b$  και εφόσον ο γειτονικός χώρος δεν περιέχει σημαντικές πηγές θερμότητας που να ανεβάζουν σημαντικά τη θερμοκρασία του, ως  $t_b$  λαμβάνεται η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα το κατά τη συγκεκριμένη ώρα υπολογισμού ελαττωμένη κατά 3K.

Η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα σε κάθε ώρα της ημέρας το υπολογίζεται από τη σχέση:

$$t_o = t_{max} - \frac{DR * \text{Ποσοστό διακύμανσης θερμοκρασίας}}{100}$$

$t_{max}$  : η μέγιστη εξωτερική θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου [ $^{\circ}C$ ]

DR : η ημερήσια διακύμανση της εξωτερικής θερμοκρασίας

Ποσοστό διακύμανσης θερμοκρασίας : το ποσοστό της ημερήσιας διακύμανσης που αναλογεί στη συγκεκριμένη ώρα.

### 3.3.5 Εσωτερικός φωτισμός

Η λειτουργία των λαμπτήρων φωτισμού έχει σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση αξιοσημείωτων θερμικών και ψυκτικών φορτίων των οποίων το μέγεθος είναι απαραίτητο να υπολογίζεται. Στο χώρο και συγκεκριμένα στον αέρα απονέμονται πόσα θερμότητας λόγω των λαμπτήρων. Ο υπολογισμός τους μπορεί να γίνει με ακρίβεια λαμβάνοντας υπόψη τα στοιχεία και τη χρήση της σχετικής εγκατάστασης.

Τα ψυκτικά φορτία ενός χώρου που προέρχονται από τον εσωτερικό φωτισμό δίνονται από τη σχέση:

$$q_{\text{φωτ}} = \text{Συνολική ισχύς φωτιστικών} * \text{συντελεστής χρήσης} * \text{ειδ. συντελεστής} * \text{CLF}$$

Η ισχύς των φωτιστικών αναγράφεται σ' αυτά και δίνεται σε [W]. Όταν δεν είναι γνωστή η εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού, γίνεται μία εκτίμηση σε [W/m<sup>2</sup>] επιφάνειας δαπέδου χώρου. Ο συντελεστής χρήσης είναι ο λόγος των Wattage σε χρήση προς τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ.

Ο ειδικός συντελεστής έχει εισαχθεί ως μέγεθος για τους λαμπτήρες φθορισμού και γενικά για λαμπτήρες που καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια από την αναγραφόμενη ισχύ τους. Για φωτιστικό π.χ. με δύο λάμπες φθορισμού 40 W η τιμή του συντελεστή είναι 1.18. Για λαμπτήρες πυράκτωσης η τιμή του συντελεστή είναι 1.

Ο συντελεστής ψυκτικού φορτίου CLF μετατρέπει το θερμικό κέρδος σε ψυκτικό φορτίο, και εξαρτάται από το πόσες ώρες συνολικά είναι αναμμένα τα φωτιστικά. Επίσης εξαρτάται και από τα μεγέθη "α" και "b" και από την ώρα υπολογισμού του ψυκτικού φορτίου. Ο συντελεστής "α" εξαρτάται από την επίπλωση του χώρου, από το αν το δάπεδο καλύπτεται με χαλί ή όχι, από τον τρόπο παροχής και επιστροφής του αέρα καθώς και από τον τύπο των φωτιστικών. Ο συντελεστής "α" παίρνει τις τιμές 0.45, 0.55, 0.65 ή 0.75.

Ο συντελεστής "b" εξαρτάται από την μάζα του πατώματος σε kg/m<sup>2</sup> και από το ρυθμό κυκλοφορίας της προαγωγής και της επιστροφής του αέρα στο χώρο.

### 3.3.6 Άτομα

Τα άτομα που βρίσκονται μέσα σε ένα χώρο δημιουργούν σημαντικά πρόσθετα φορτία. Όσο πιο έντονα δραστηριοποιούνται τα άτομα, για παράδειγμα αν εργάζονται ή αθλούνται, τόσο μεγαλύτερα είναι και τα φορτία που αυτά εκλύουν.

Τα λανθάνοντα φορτία από ανθρώπους μπορούν να θεωρηθούν ως στιγμιαία ψυκτικά φορτία. Από την άλλη μεριά, τα αισθητά φορτία δεν μετατρέπονται άμεσα σε ψυκτικό φορτίο.

Το στιγμιαίο αισθητό ψυκτικό φορτίο από ανθρώπους υπολογίζεται:

$$q_{αν,αισθ} = NP * SenHG * CLF$$

*NP* : ο αριθμός των ανθρώπων που βρίσκεται στο χώρο

*SenHG* : το αισθητό φορτίο κάθε ατόμου, που εξαρτάται από τη θερμοκρασία του χώρου και από την εργασία που εκτελεί το άτομο

*CLF* : ο συντελεστής ψυκτικού φορτίου, που μετατρέπει το θερμικό κέρδος από ακτινοβολία σε ψυκτικό φορτίο.

Το στιγμιαίο λανθάνον ψυκτικό φορτίο από ανθρώπους είναι ίσο με το λανθάνον θερμικό κέρδος και δίνεται από τη σχέση:

$$q_{αν,λαν} = NP * LatHG$$

*NP* : ο αριθμός των ανθρώπων που βρίσκεται στο χώρο

*LatHG* : το λανθάνον φορτίο κάθε ατόμου, που εξαρτάται από τη θερμοκρασία του χώρου και από την εργασία που εκτελεί το άτομο, καθώς και από τη σχετική υγρασία του χώρου.

### 3.3.7 Διάφορες συσκευές

Οι καταναλώσεις ισχύος που συμβαίνουν μέσα στο χώρο αποδίδουν σε αυτόν ψυκτικά φορτία. Ειδικότερα, στις εργομηχανές γίνεται φανερό η μετατροπή της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας σε θερμότητα. Βέβαια, είναι σημαντικό να επισημανθεί το γεγονός ότι η τοποθέτηση μιας μηχανής ή συσκευής στο χώρο δε σημαίνει απαραίτητα τη συνεχή λειτουργία της και μάλιστα υπό πλήρες φορτίο.

Το στιγμιαίο αισθητό ψυκτικό φορτίο από συσκευές δίνεται από:

$$q_{στ,αισθ} = HEATGAIN_{Sen} * CLF$$

$HEATGAIN_{Sen}$ : η στιγμιαία θερμική ισχύς που παράγεται στο χώρο. Αυτή είναι η ονομαστική ισχύς όλων των συσκευών του χώρου επί ένα συντελεστή χρήσης. Όταν πάνω από τις συσκευές υπάρχει σύστημα εξαερισμού και χοάνη απαγωγής (απορροφητήρας), η παραγόμενη στο χώρο θερμική ισχύς της συσκευής ελαττώνεται κατά 50%.

$CLF$ : ο συντελεστής ψυκτικού φορτίου, που μετατρέπει το θερμικό κέρδος σε ψυκτικό φορτίο. Η τιμή του εξαρτάται από τις συνολικές ώρες λειτουργίας των συσκευών στο χώρο και από το πόσες ώρες έχουν περάσει από την έναρξη λειτουργίας των συσκευών έως την ώρα υπολογισμού του ψυκτικού φορτίου.

Το στιγμιαίο λανθάνον ψυκτικό φορτίο από συσκευές δίνεται από :

$$q_{συσ,λαν} = HEATGAIN_{Lat}$$

$HEATGAIN_{Lat}$  : η στιγμιαία λανθάνουσα θερμική ισχύς που παράγεται στο χώρο, όταν πάνω από μία συσκευή υπάρχει χοάνη απαγωγής,  $HEATGAIN_{Lat} = 0$ . Εάν η θερμοκρασία του χώρου δεν διατηρείται σταθερή σε όλο το 24ωρο (π.χ. εάν το σύστημα κλιματισμού είναι κλειστό κατά τη διάρκεια της νύχτας) τότε ο  $CLF = 1$

### 3.3.8 Αερισμός κτιρίου

Στους θερμαινόμενους χώρους δημιουργείται μια μικρή υπερπίεση η οποία έχει ως αποτέλεσμα την απομάκρυνση του αέρα από το χώρο τόσο μέσω των κουφωμάτων αλλά ακόμη περισσότερο όταν ανοίγουν πόρτες ή παράθυρα. Η απώλεια του θερμού

αυτού αέρα αντισταθμίζεται από ρεύματα ψυχρού αέρα τα οποία εισέρχονται από το εξωτερικό περιβάλλον και κατευθύνονται προς τα χαμηλότερα επίπεδα (κοντά στο δάπεδο). Έτσι, ο αέρας στο χώρο ανανεώνεται ενώ η θερμική επιβάρυνση που δημιουργείται παραμένει μικρή. Σε περίπτωση όμως που αυτές οι ποσότητες αέρα είναι μεγάλες λόγω αστοχιών στα ανοίγματα (χαραμάδες σε πόρτες και παράθυρα) προκαλούνται αξιοσημείωτες ενεργειακές δαπάνες.

Ο αερισμός λοιπόν ενός κτιρίου και πιο συγκεκριμένα ενός χώρου είναι αναγκαίος για την αραιώση των αέριων ρύπων και για την παροχή του απαραίτητου οξυγόνου της αναπνοής

Το αισθητό ψυκτικό φορτίο για τον αερισμό δίνεται από τη σχέση:

$$q_{s,a} = c_p * V_a * \rho * (t_o - t_i)$$

Το λανθάνον ψυκτικό φορτίο για τον αερισμό δίνεται από τη σχέση:

$$q_{l,a} = V_a * \rho * (W_o - W_i) * h_{fg}$$

Το συνολικό ψυκτικό φορτίο δίνεται από τη σχέση:

$$q_{t,a} = V_a * \rho * (h_o - h_i)$$

$q_{s,a}$  : η ενέργεια για την ψύξη του αέρα, (W)

$q_{l,a}$  : η ενέργεια για την αφύγρανση του αέρα, (W)

$V_a$  : η παροχή του νωπού εξωτερικού αέρα, (l/s)

$t_i$  : η επιθυμητή θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου του χώρου, (°C)

$t_o$  : η θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου του εξωτερικού αέρα, (°C)

$W_i$  : η περιεκτικότητα σε νερό του αέρα του χώρου, (kgH<sub>2</sub>O/kg ξηρού αέρα)

$W_o$  : η περιεκτικότητα σε νερό του εξωτερικού αέρα, (kgH<sub>2</sub>O/kg ξηρού αέρα)

$\rho$  : η πυκνότητα του αέρα (1.2 kg/m<sup>3</sup>)

$c_p$  : η ειδική θερμότητα του αέρα (1.0 kJ/kgK)

$h_{fg}$  : η ενθαλπία εξάτμισης του νερού (2500 kJ/kg)

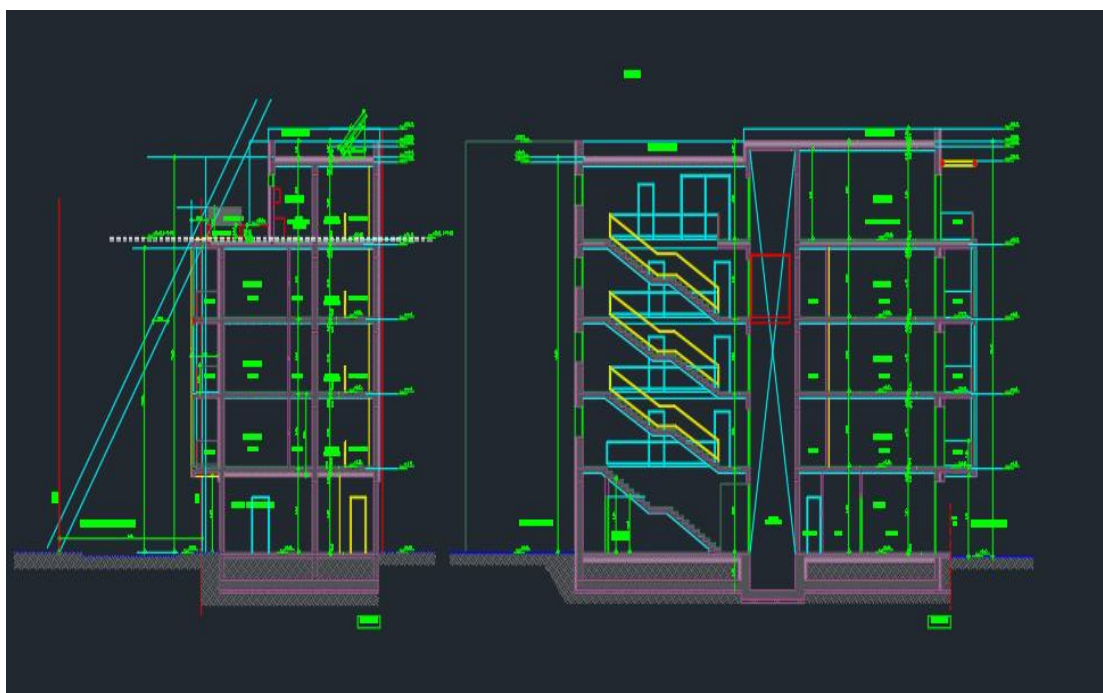
$h_i$ : η ενθαλπία του αέρα του χώρου (kJ/kg)

$h_o$  : η ενθαλπία του εξωτερικού αέρα (kJ/kg)

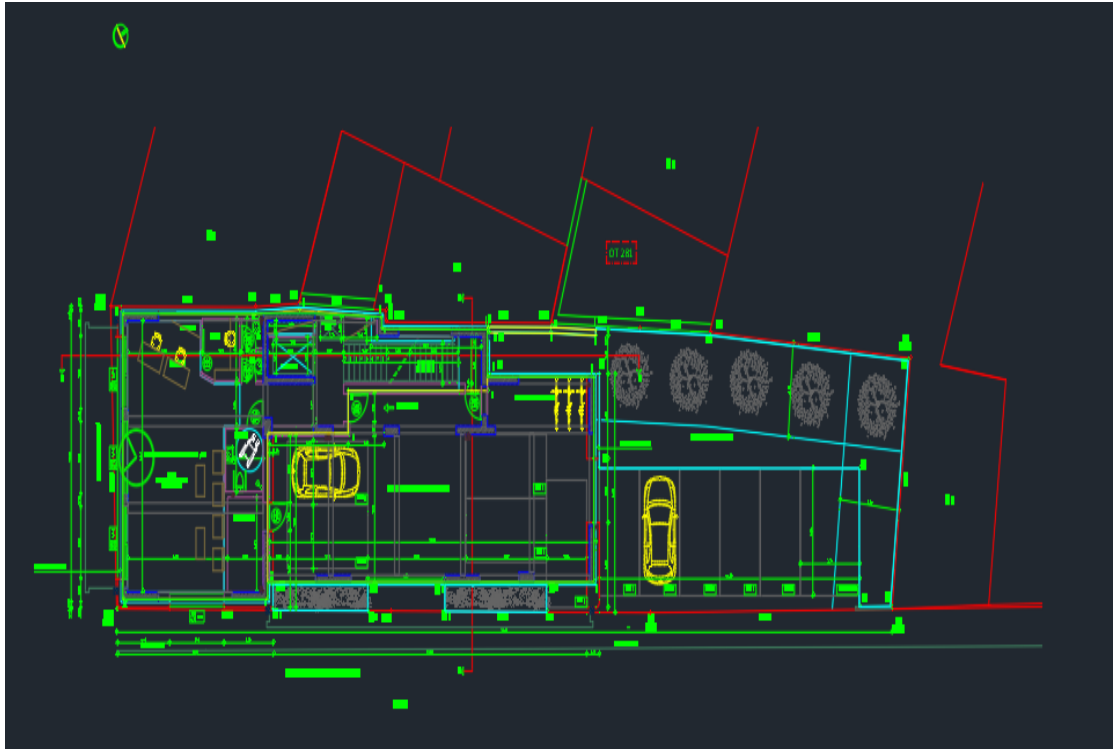


## Κεφάλαιο 4 Εισαγωγή δεδομένων στο πρόγραμμα Η.Α.Ρ 5.11

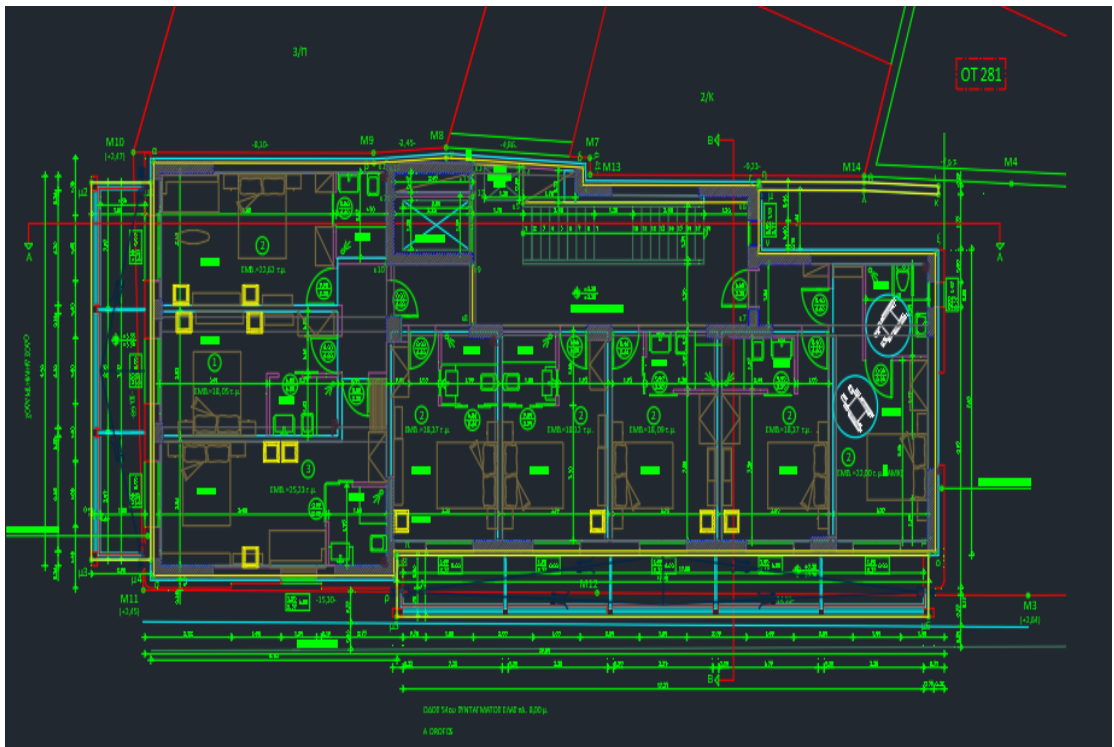
Στην παρούσα διπλωματική θα πραγματοποιηθεί ανάλυση ενός νεογερθέντος ξενοδοχείου πέντε ορόφων στο κέντρο της πόλης του Βόλου και συγκεκριμένα στην οδό Δημητριάδος 25 με έκταση 884.44τ.μ. Επιπλέον, θα γίνει εγκατάσταση δύο τύπων HVAC συστημάτων αυτό της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας και εκείνο του VRF και συγκρίνοντας τις ενεργειακές αποδόσεις και των δύο ξεχωριστά θα προβληθεί η βέλτιστη επίλογή για το προαναφερθέν κτίριο. Απαραίτητα, για έναν μηχανικό που πρόκειται να κάνει την ενεργειακή ανάλυση του κτιρίου, είναι να έχει στην κατοχή του τα αρχιτεκτονικά σχέδια της οικοδομής. Τα αρχιτεκτονικά σχέδια του κτιρίου ακολουθούν:



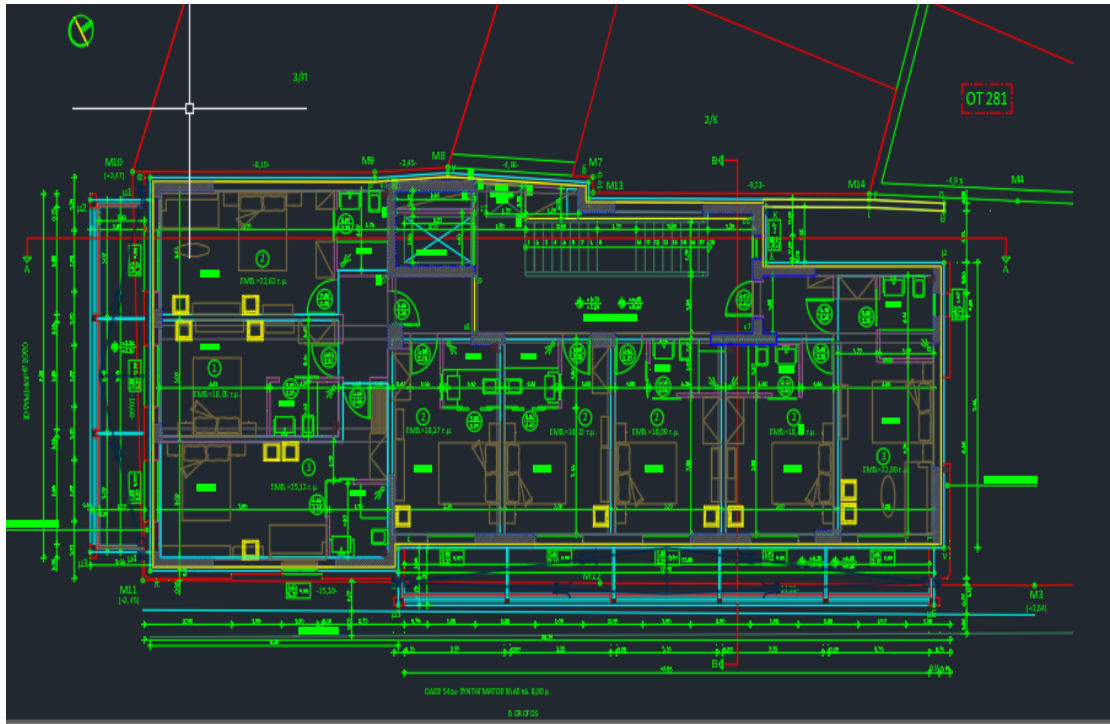
Εικόνα 10 Τομή Β-Β τομή Α-Α



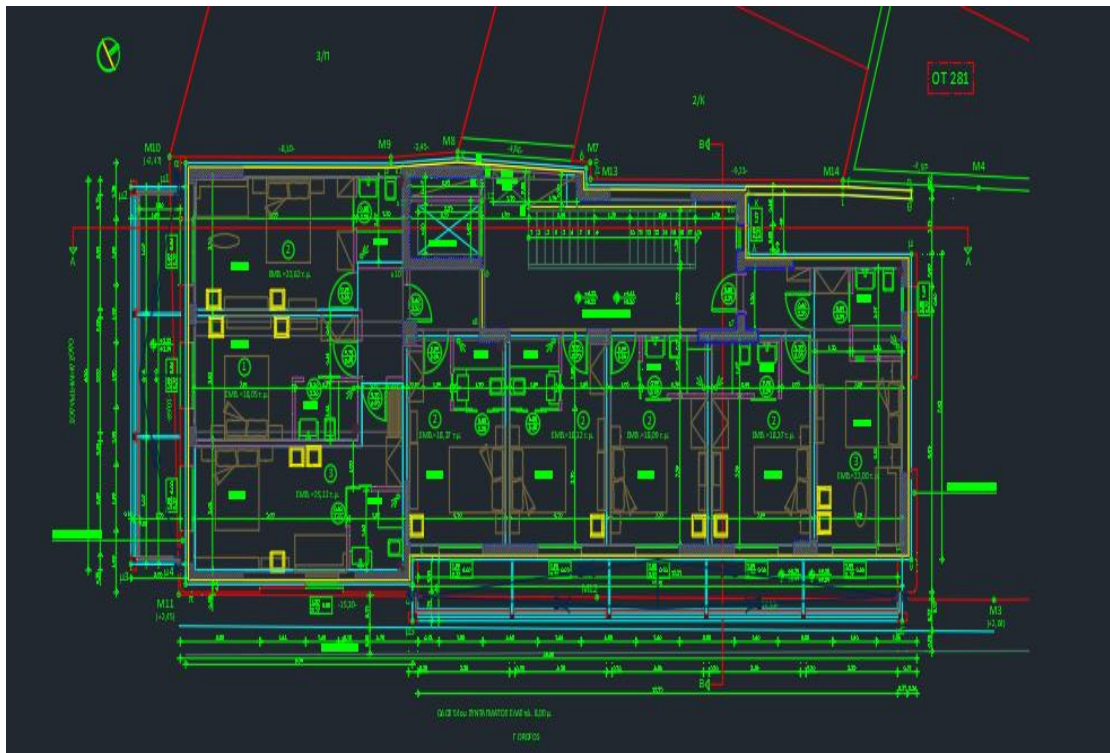
Εικόνα 11 Κάτοψη Ισογείου



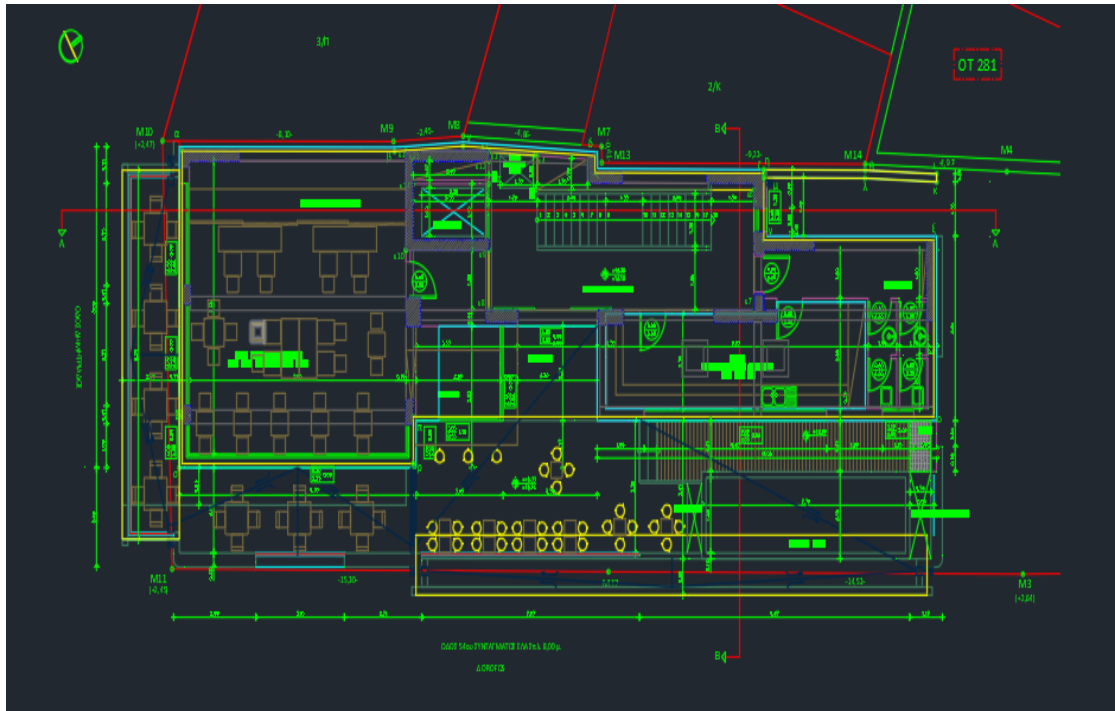
Εικόνα 12 Κάτοψη Α ορόφου



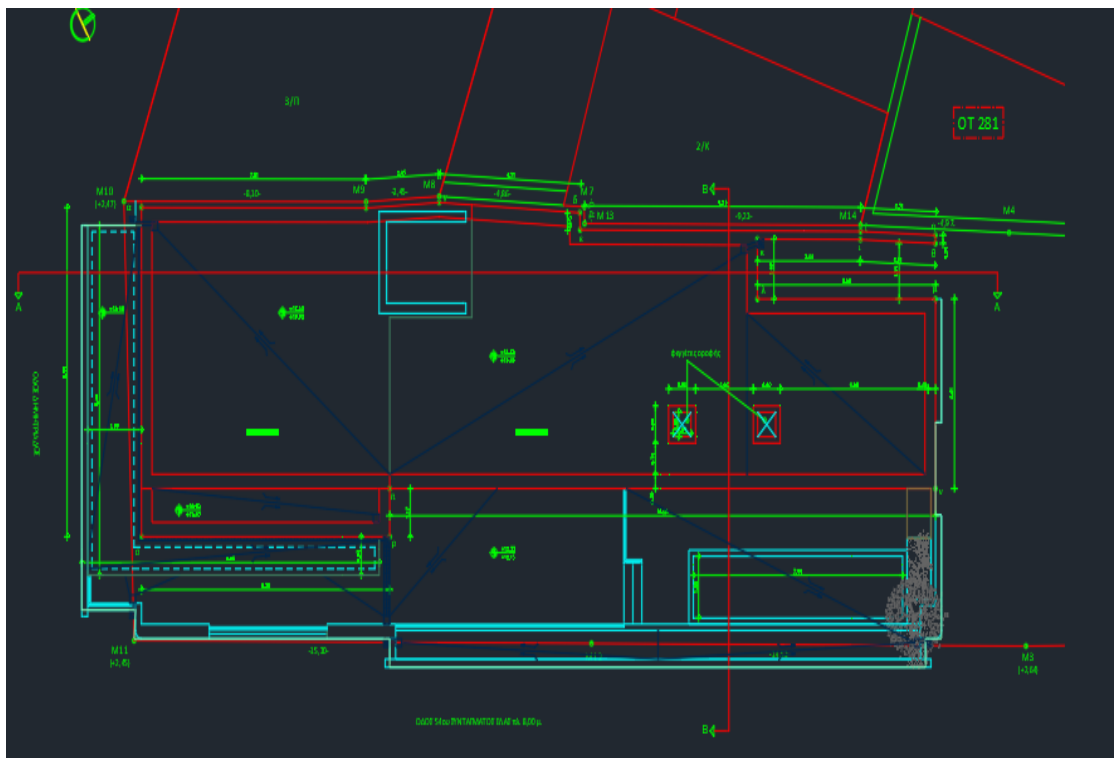
Εικόνα 13 Κάτοψη Β ορόφου



Εικόνα 14 Κάτοψη Γ ορόφου



Εικόνα 15 Κάτοψη Δ ορόφου



Εικόνα 16 Κάτοψη Μη Βατού Δόματος

Τα παραπάνω σχέδια είναι πολύ χρήσιμα για την μελέτη κυρίως του κελύφους του κτιρίου. Από αυτά ο μελετητής μπορεί να εξάγει πληροφορίες για τα δομικά στοιχεία, τα κουφώματα, τις σκιάσεις, τα τετραγωνικά κάθε χώρου και γενικότερα όλες τις αποστάσεις του φέροντος οργανισμού. Με αυτές τις πληροφορίες και με άλλες που θα ακολουθήσουν παρακάτω, το πρόγραμμα με τους ακριβείς υπολογισμούς θα εξάγει δεδομένα για τα θερμικά και τα ψυκτικά φορτία των χώρων που απαρτίζουν το κτίριο.

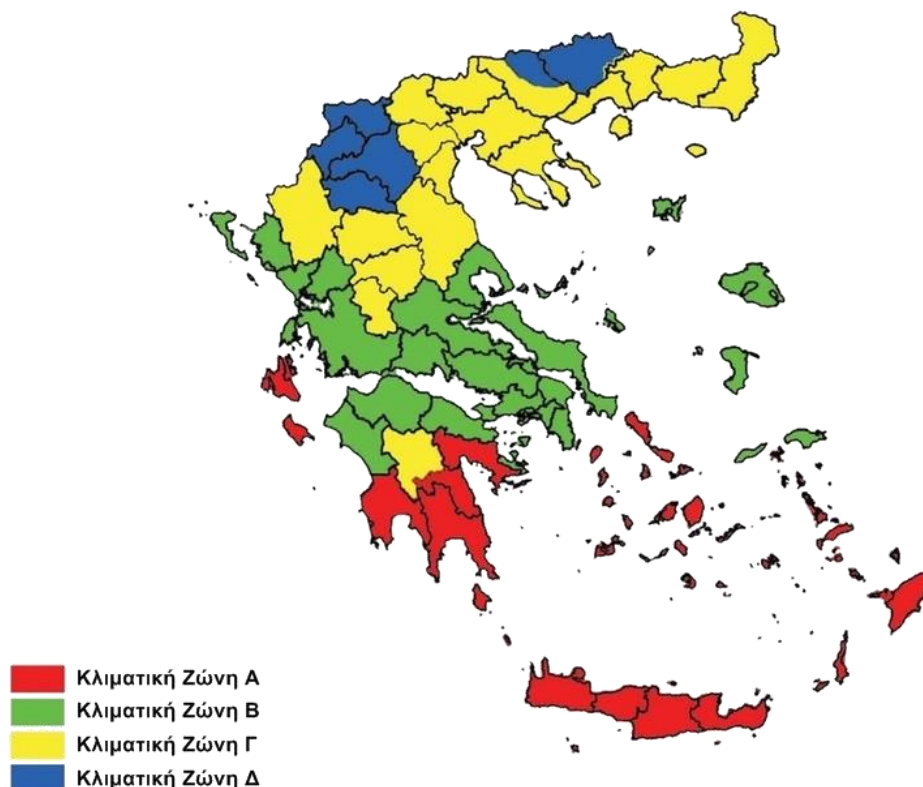
#### 4.1 Αναλυτική λειτουργία του Λογισμικού

Τα δεδομένα της ξενοδοχειακής μονάδας εμφανίζονται συνοπτικά στην παρακάτω εικόνα όπου στα αριστερά σε μορφή βιβλιοθηκών είναι οι πληροφορίες που απαιτεί το πρόγραμμα να συμπληρώσει ο χειριστής του προγράμματος και δεξιά εμφανίζονται τα στοιχεία που έχει ήδη δημιουργήσει ο μηχανικός και αποτελούν πληροφορίες για το εξεταζόμενο κτίριο (π.χ 39 Spaces που είναι και οι χώροι που εξετάζονται και απαρτίζουν το ξενοδοχείο).

Component	Number of Entries
Weather: Volos, Greece	1
Spaces	39
Systems	2
Plants	none
Buildings	2
Project Libraries	

Εικόνα 17 Το κεντρικό μενού και τα συνοπτικά χαρακτηριστικά του ξενοδοχείου

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά που απαιτεί το Η.Α.Ρ. για την συλλογή των δεδομένων είναι αυτό της καταχώρησης του καιρού. Όπως προαναφέρθηκε η κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν σε μία περιοχή παίζουν καθοριστικό ρόλο σε μία ενεργειακή μελέτη και για αυτό το λόγο το πρόγραμμα διαθέτει μία πληροφορίες για τις καιρικές συνθήκες για πάνω από πεντακόσιες πόλεις σε όλο τον πλανήτη. Στην προκειμένη περίπτωση για την Ελλάδα παρέχει πληροφορίες για τις δύο μεγαλύτερες πόλεις (Αθήνα, Θεσσαλονίκη), όμως δίνεται η δυνατότητα συμπλήρωσης χειροκίνητα των στοιχείων που απαιτούνται έτσι ώστε να επιτευχθεί η πιο ακριβής ενεργειακή ανάλυση. Είναι εύλογο να προσπαθήσει να πετύχει κάποιος μεγαλύτερη ακρίβεια, καθώς η Ελλάδα χωρίζεται εκ νέου σε 4 κλιματικές ζώνες (βλ. εικόνα 18). Όπως μπορεί να δει κανείς ο Βόλος βρίσκεται στην Β κλιματικήζώνη όπου συναντάται κλίμα με μέτριες βροχοπτώσεις, ήπιους χειμώνες και ξερά καλοκαίρια. Τέλος, τα δεδομένα που πρέπει να συμπληρωθούν στο πρόγραμμα προβάλλονται στην εικόνα 19 και είναι εύκολο να τα αναζητήσει κάποιος από το διαδίκτυο .



Εικόνα 18 Κλιματικές Ζώνες Ελλάδος

**Weather Properties - [Volos]**

Design Parameters | Design Temperatures | Design Solar | Simulation

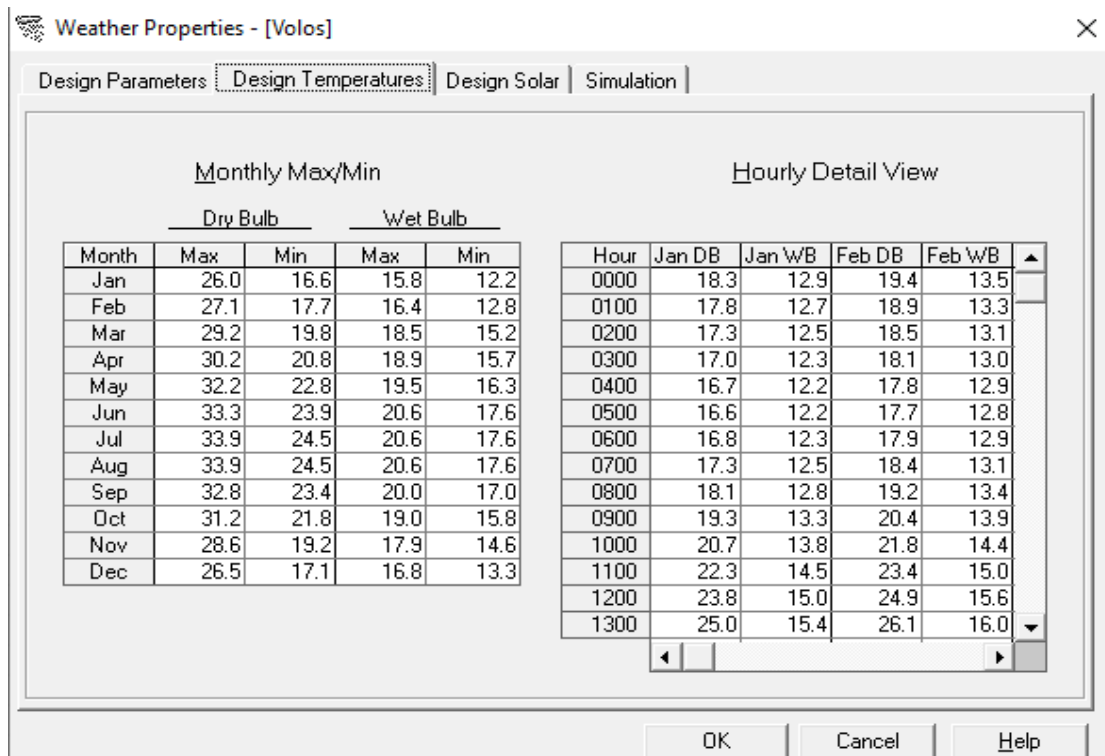
Region: Europe  
 Location: Greece  
 City: Volos  
 Latitude: 37.9 deg  
 Longitude: -23.7 deg  
 Elevation: 14.9 m  
 Summer Design DB: 33.9 °C  
 Summer Coincident WB: 20.6 °C  
 Summer Daily Range: 9.4 K  
 Winter Design DB: 1.1 °C  
 Winter Coincident WB: -1.8 °C

Atmospheric Clearness Number: 1.00  
 Average Ground Reflectance: 0.20  
 Soil Conductivity: 1.385 W/(m K)  
 Design Clg Calculation Months: Jan to Dec  
 Time Zone (GMT +/-): -2.0 hours  
 Daylight Savings Time:  Yes  No  
 DST Begins: Apr 1  
 DST Ends: Oct 31  
 Data Source: User Modified

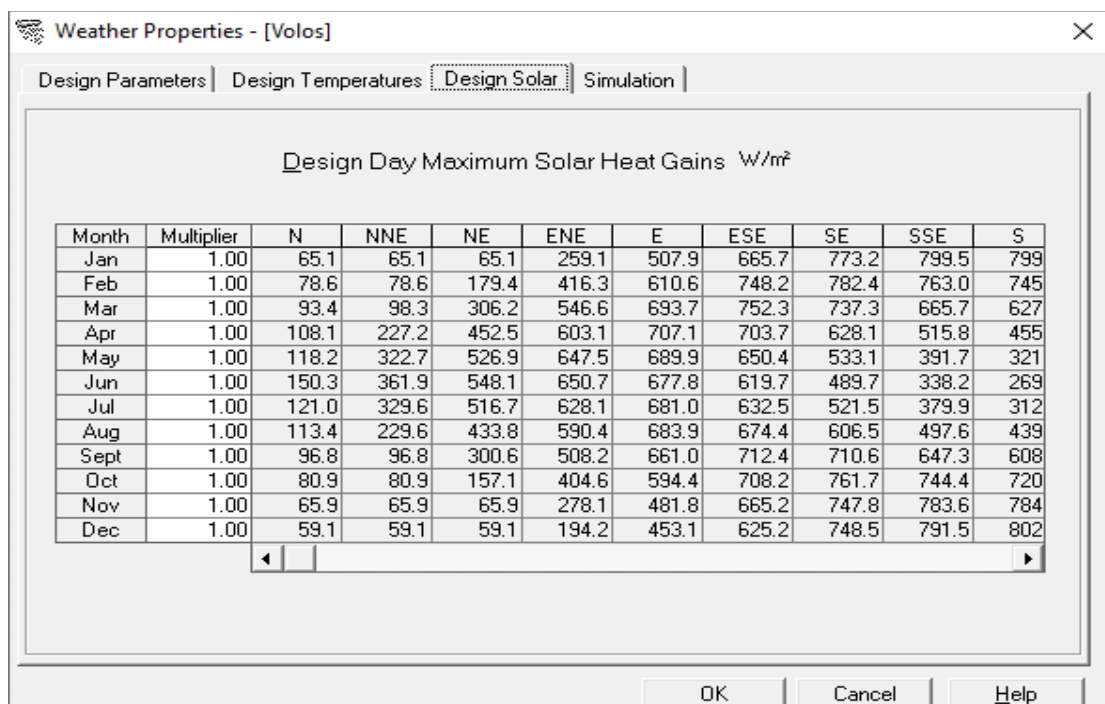
OK Cancel Help

Εικόνα 19 Κλιματικά δεδομένα του Βόλου

Με την καταχώρηση των δεδομένων το λογισμικό παρέχει αυτόματα τις μέγιστες και τις ελάχιστες θερμοκρασίες υγρού και στεγνού θερμομέτρου τόσο μηνιαίως όσο και ανά ώρα, καθώς επίσης και το μηνιαίο μέγιστο κέρδος ηλιακής ακτινοβολίας σε συνάρτηση με τον προσανατολισμό (βλ. εικόνα 20 και 21).



Εικόνα 20 Θερμοκρασιακές ενδείξεις υγρού και στεγνού θερμομέτρου

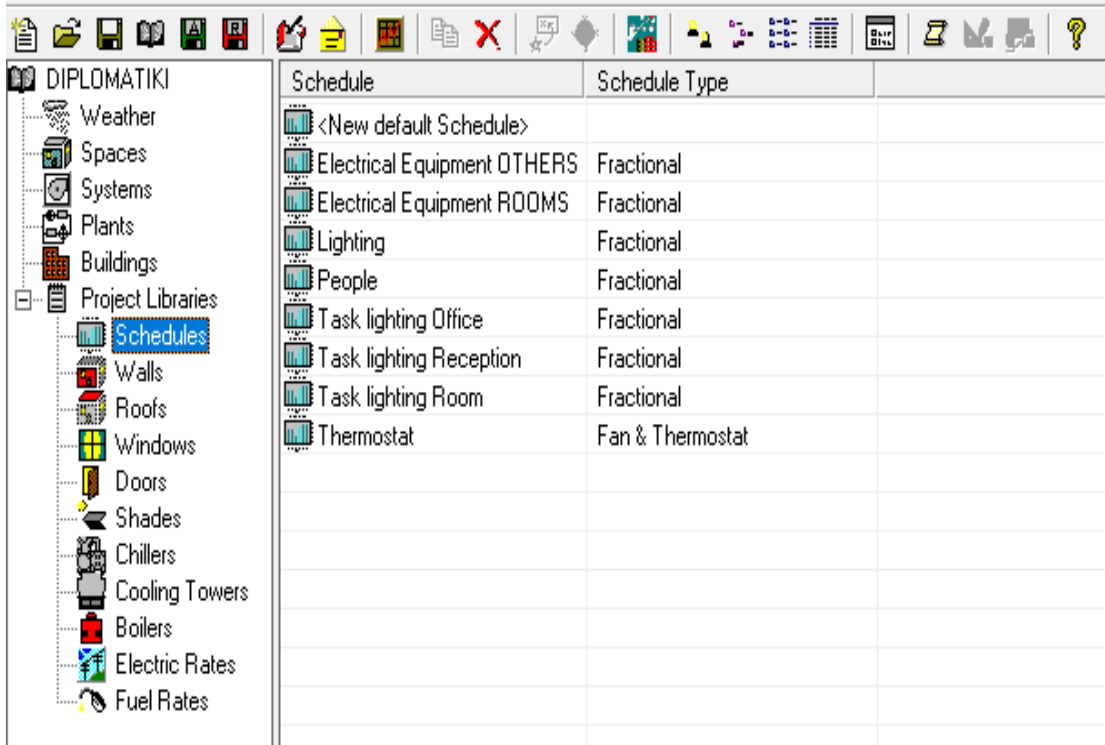


Εικόνα 21 Μέγιστο κέρδος ηλιακής ακτινοβολίας ανά μήνα



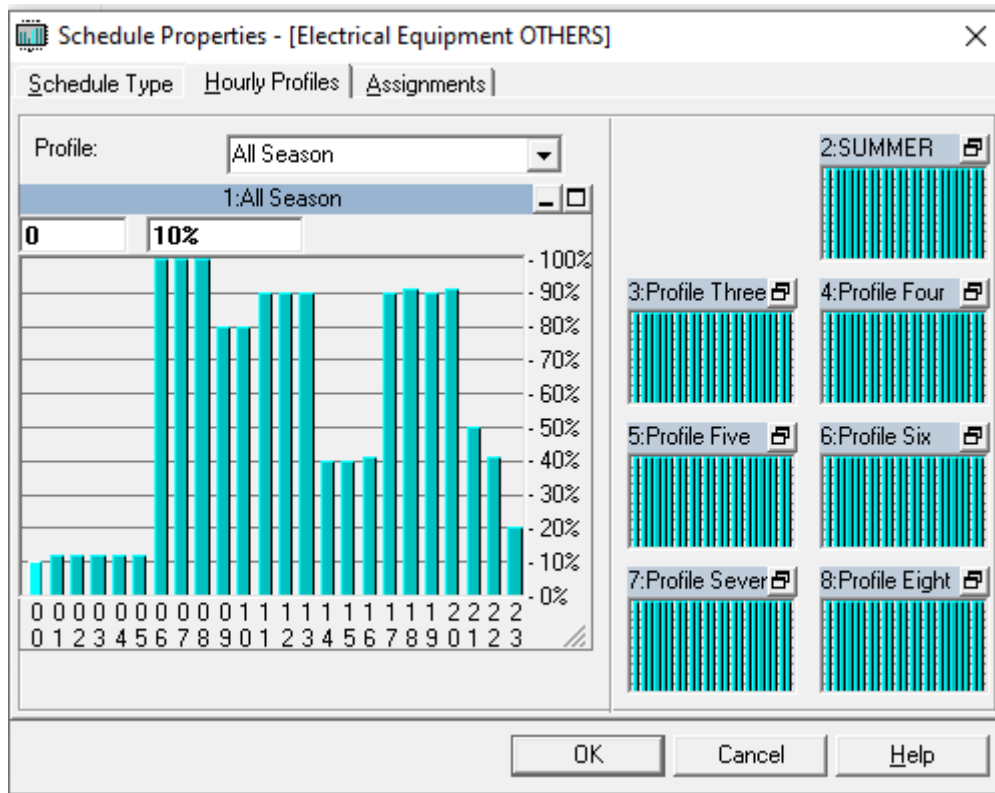
## 4.2 Χρονοδιαγράμματα

Στη συνέχεια της ανάλυσης, η προσθήκη χρονοδιαγραμμάτων λειτουργίας της ξενοδοχειακής μονάδας παίζει καθοριστικό ρόλο. Σε αυτό το σημείο ο μηχανικός, ανάλογα με τη χρήση και τις απαιτήσεις του κτιρίου καθορίζει σε ωριαία βάση το χρόνο λειτουργίας του φωτισμού, των ηλεκτρικών συσκευών που χρησιμοποιούνται, του θερμοστάτη καθώς επίσης και τον αριθμό των ατόμων που εργάζονται ή γενικότερα χρησιμοποιούν το κτίριο. Επιπρόσθετα, το H.A.P. δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να δημιουργήσει όσα χρονοδιαγράμματα θέλει έτσι ώστε να μπορέσει να πετύχει μεγαλύτερη ακρίβεια στα αποτελέσματα του. Στη συγκεκριμένη εργασία μπορεί να παρατηρήσει κανείς (βλ. εικόνα 22), πως υπάρχουν δύο χρονοδιαγράμματα για τις ηλεκτρικές συσκευές, ένα για αυτές που χρησιμοποιούν οι πελάτες του ξενοδοχείου στα δωμάτια τους και ένα για τις συσκευές που χρησιμοποιεί το προσωπικό για να εξυπηρετήσει τις ανάγκες των φιλοξενούμενων όπως για παράδειγμα στο χώρο υποδοχής, στην κουζίνα του εστιατορίου, στο μπαρ κ.α. Ακόμα, πέρα από το κυρίως φωτισμό (lighting), έχουν δημιουργηθεί και χρονοδιάγραμμα για εργασιακό φωτισμό ξεχωριστό για τον χώρο του γραφείου, της ρεσεψιόν και των δωματίων καθώς οι ώρες που χρησιμοποιείται μέσα στη μέρα είναι διαφορετικός. Ακολουθούν κάποια παραδείγματα της δημιουργίας των χρονοδιαγραμμάτων όπου στον οριζόντιο άξονα εμφανίζονται οι ώρες της ημέρας και στον κάθετο το ποσοστό επί τις εκατό (%) που γίνεται χρήση (βλ. εικόνα 23, 24, 25, 26).

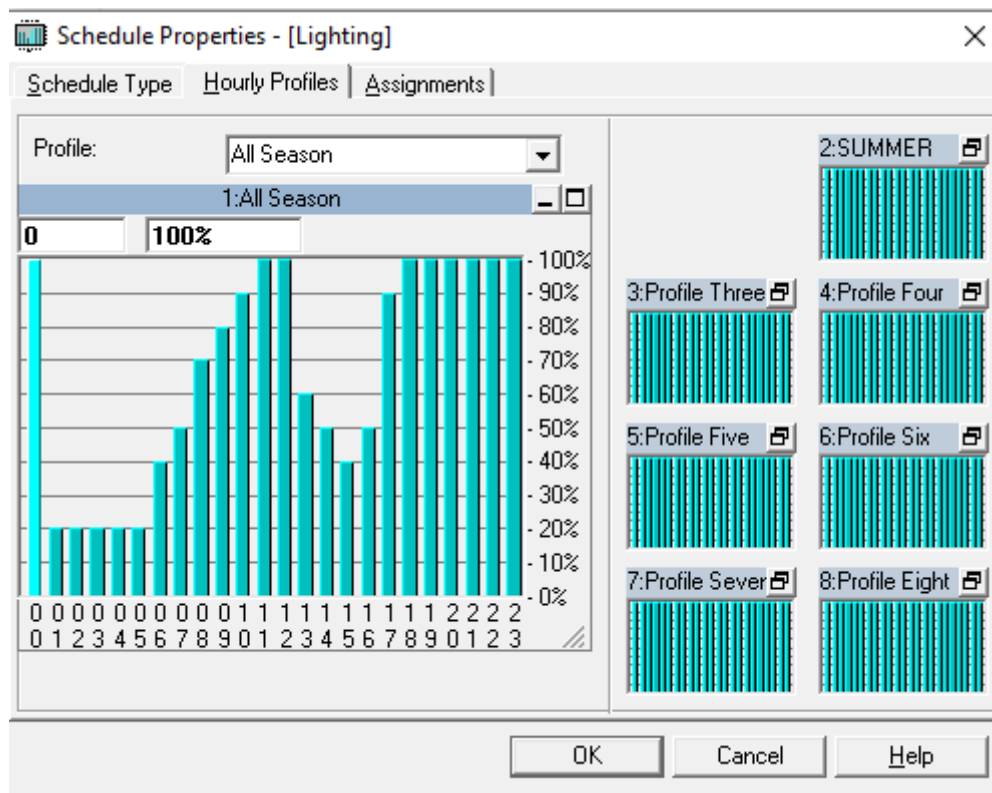


Schedule	Schedule Type	
<New default Schedule>		
Electrical Equipment OTHERS	Fractional	
Electrical Equipment ROOMS	Fractional	
Lighting	Fractional	
People	Fractional	
Task lighting Office	Fractional	
Task lighting Reception	Fractional	
Task lighting Room	Fractional	
Thermostat	Fan & Thermostat	

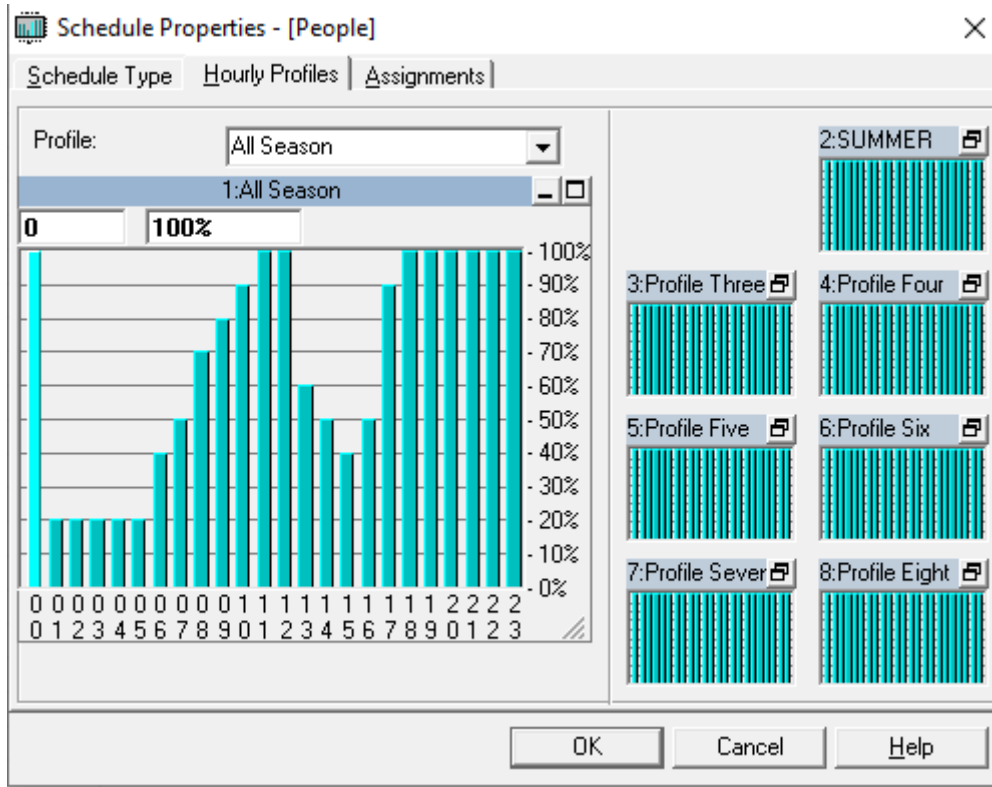
Εικόνα 22 Σύνολο Χρονοδιαγραμμάτων για τις απαιτήσεις του ξενοδοχείου



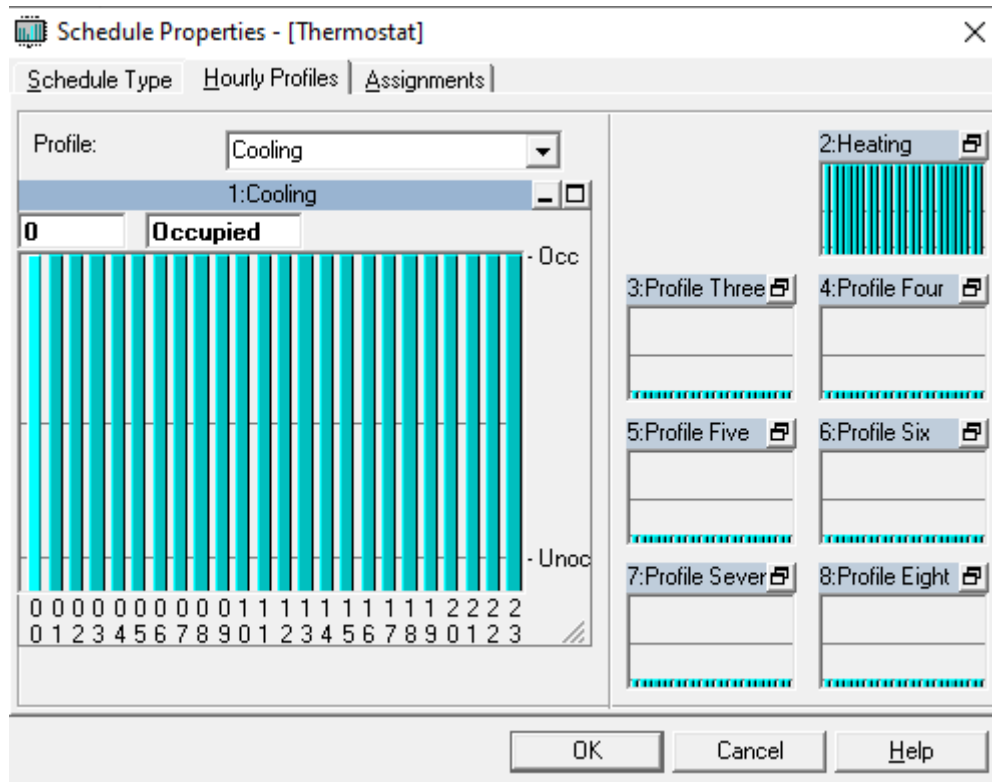
Εικόνα 23 Χρονοδιάγραμμα για τις ηλεκτρικές συσκευές που χρησιμοποιούνται από το προσωπικό στους κοινοχρηστούς χώρους.



Εικόνα 24 Χρονοδιάγραμμα για γενικό φωτισμό



Εικόνα 25 Χρονοδιάγραμμα για τη χρησιμοποίηση των χώρων από τους ανθρώπους



Εικόνα 26 Χρονοδιάγραμμα για τον θερμοστάτη

Ο θερμοστάτης όπως παρατηρούμε στον κάθετο άξονα, σε αντίθεση με τα άλλα χρονοδιαγράμματα, μπορεί να πάρει μόνο δύο τιμές. Αν δηλαδή είναι σε λειτουργία ή είναι ανενεργός. Στην προκειμένη περίπτωση διατηρείται συνέχεια ενεργός για να επιτευχθεί καλύτερη αίσθηση της θερμοκρασίας για τους πελάτες και για το προσωπικό του ξενοδοχείου.

### **4.3 Δημιουργία χώρων του κτιρίου**

Με την ολοκλήρωση των χρονοδιαγραμμάτων, ο μελετητής πρέπει να εισάγει δεδομένα για τα χαρακτηριστικά που απαρτίζουν τους χώρους του κτιρίου. Πιο συγκεκριμένα, πρέπει να οριστούν τα υλικά που απαρτίζουν τις τοιχοποιίες, το είδος των κουφωμάτων και των θυρών, οι σκιάσεις που δημιουργούνται στους εξωτερικούς τοίχους από προβόλους και πλαϊνές προεξοχές καθώς επίσης και στοιχεία για τα υλικά κατασκευής της οροφής. Όλα αυτά μαζί δίνουν το κέλυφος, το οποίο περικυκλώνει τους χώρους του κτιρίου, που σε συνδυασμό με τον προσανατολισμό της εξωτερικής τοιχοποιίας και την εγκατεστημένη ισχύς για φωτισμό και ηλεκτρικό εξοπλισμό και τον πλυθισμό των ατόμων στο εσωτερικό των χώρων του ξενοδοχείου, θα γίνει εξαγωγή αποτελεσμάτων για τις απαιτήσεις αερισμού και τα θερμικά και ψυκτικά φορτία χώρου. Παρακάτω βλέπουμε κάποιους από τους χώρους του ξενοδοχείου που δημιουργήθηκαν συνοπτικά ενώ στη συνέχεια θα ακολουθήσει εκτενέστερη ανάλυση.

Project Edit View Reports Wizards Documentation Help

Space	Floor Area
<New default Space>	
1st floor CORRIDOR	44.5
1st floor ROOM1	22.6
1st floor ROOM2	18.1
1st floor ROOM3	25.2
1st floor ROOM4	18.4
1st floor ROOM5	18.1
1st floor ROOM6	18.1
1st floor ROOM7	18.4
1st floor ROOM8 AMEA	22.0
2nd floor CORRIDOR	44.5
2nd floor ROOM1	22.6
2nd floor ROOM2	18.1
2nd floor ROOM3	25.2
2nd floor ROOM4	18.4
2nd floor ROOM5	18.1
2nd floor ROOM6	18.1
2nd floor ROOM7	18.4
2nd floor ROOM8	22.0
3rd floor CORRIDOR	44.5
3rd floor ROOM1	22.6
3rd floor ROOM2	18.1
3rd floor ROOM3	25.2
3rd floor ROOM4	18.4
3rd floor ROOM5	18.1
3rd floor ROOM6	18.1
3rd floor ROOM7	18.4
3rd floor ROOM8	22.0
4th floor BAR	5.9
4th floor CORRIDOR	42.0
4th floor KITCHEN LAB	22.4
4th floor RESTAURANT	55.5
4th floor WC	5.5
ground floor BOILER ROOM	6.7
ground floor CORRIDOR	25.0
ground floor LOCKER ROOM	3.8
ground floor OFFICE	4.5

Εικόνα 27 Χώροι εκτεθειμένοι σε εξωτερική τοιχοποιία

Στην συνέχεια, θα ακολουθήσει ένα παράδειγμα για την δήλωση ενός χώρου του ξενοδοχείου, συγκεκριμένα το δωμάτιο 1 του πρώτου ορόφου (βλ εικόνα 3 κάτοψη Α ορόφου) στο λογισμικό. Στο πεδίο General ζητείται να δωθούν κάποιες γενικές πληροφορίες όπως για παράδειγμα τα τετραγωνικά μέτρα του χώρου, το μέσο ύψος, το βάρος του κτιρίου καθώς επίσης και τη χρηστικότητα του (βλ. εικόνα 28).

Space Properties - [1st floor ROOM1]

General | Internals | Walls, Windows, Doors | Roofs, Skylights | Infiltration | Floors | Partitions

Name: 1st floor ROOM1

Floor Area: 22.6 m<sup>2</sup>

Avg Ceiling Height: 3.0 m

Building Weight: 341.8 kg/m<sup>2</sup>

Light Med. Heavy

OA Ventilation Requirements

Space Usage: HOTEL / MOTEL / RESORT / DORM: Bedroom/living room

OA Requirement 1: 2.5 L/s/person

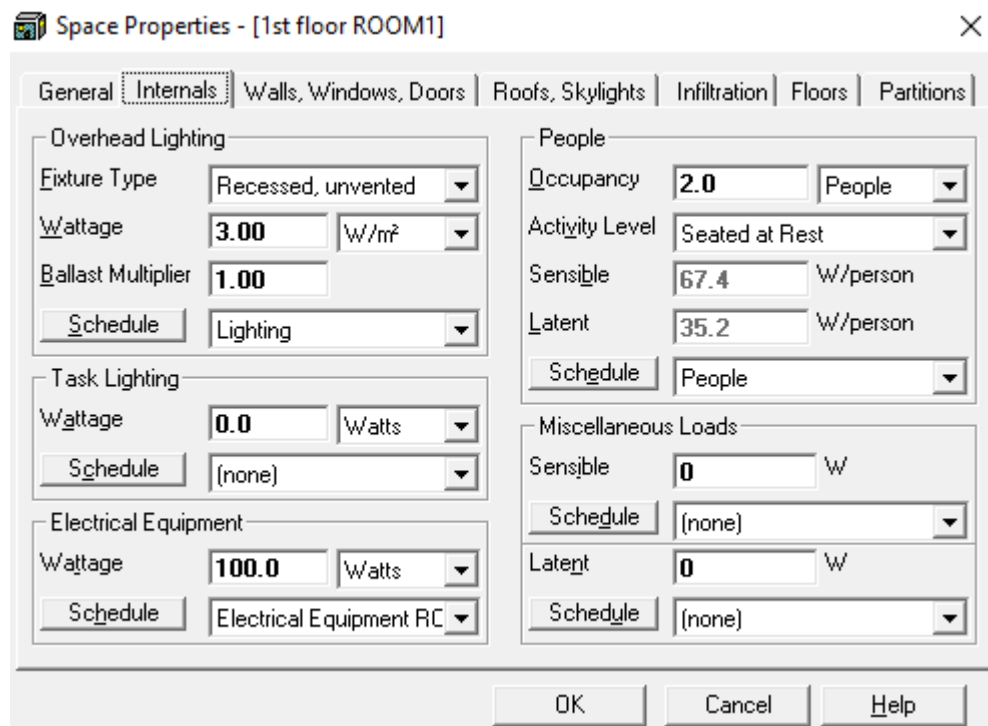
OA Requirement 2: 0.30 L/(s·m<sup>2</sup>)

Space usage defaults: ASHRAE Std 62.1-2016  
Defaults can be changed via View/Preferences.

OK Cancel Help

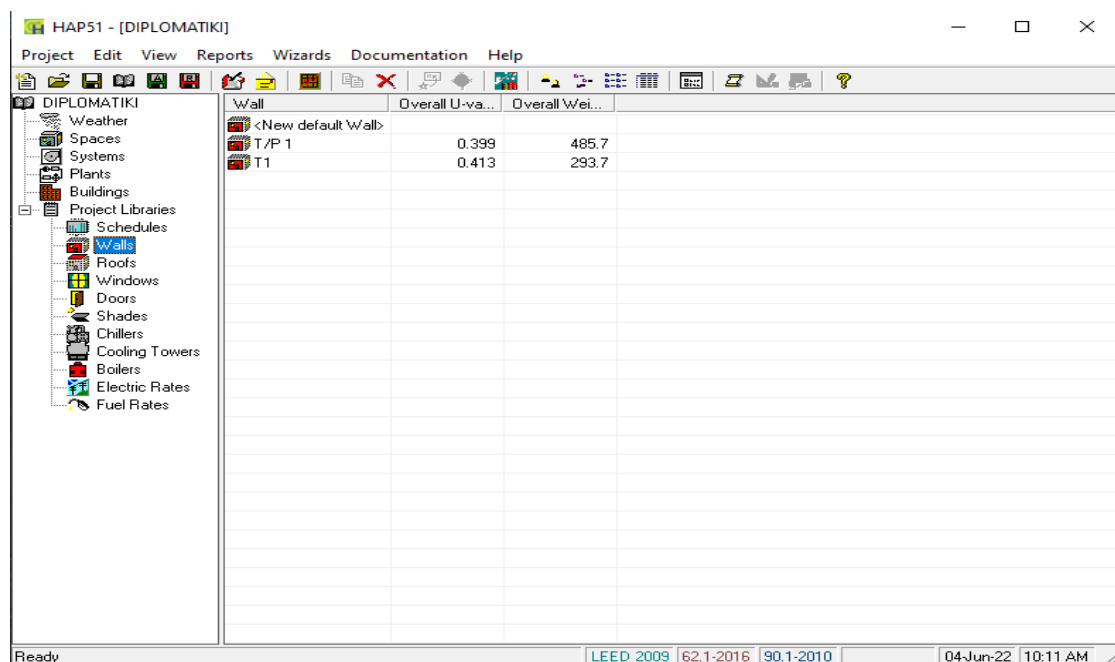
Εικόνα 28 Γενικές πληροφορίες για το δωμάτιο 1 Α ορόφου

Στην καρτέλα Internals, τα δεδομένα που απαιτούνται αφορούν πληροφορίες για το εσωτερικό του δωματίου όπως για παράδειγμα την ισχύ του φωτισμού, των ηλεκτρικών συσκευών που απαιτείται στο χώρο, και τον αριθμό των ατόμων που χρησιμοποιούν τον χώρο. Σε αυτό το σημείο γίνεται και η καταχώρηση των χρονοπρογραμμάτων που δημιουργήθηκαν παραπάνω.



Εικόνα 29 Εσωτερικές πληροφορίες δωματίου 1 Α ορόφου

Η επόμενη καρτέλα αφορά την τοιχοποιία, τα ανοίγματα που έχει αν έχει, τις σκιάσεις και όλα αυτά σε σχέση με τον προσανατολισμό του κάθε στοιχείου που εξετάζεται, που περικλύει τον χώρο. Πρωτού γίνει η προβολή αυτού του πεδίου ο μελετητής πρέπει να δώσει δεδομένα για τα υλικά κατασκευής και επιπλέον πληροφορίες για όλα αυτά. (βλ. εικόνα 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36).



Εικόνα 30 Σύσταση τοιχοποιίας (T/P 1) και σύσταση φέροντων στοιχείων σκυροδέματος (T1)



Wall Properties - [T/P 1] X

Wall Assembly Name: **T/P 1**

Outside Surface Color: **Light** Absorptivity: **0.450**

Layers: Inside to Outside	Thickness mm	Density kg/m <sup>3</sup>	Specific Ht. kJ / (kg K)	R-Value (m <sup>2</sup> ·K)/W	Weight kg/m <sup>2</sup>
Inside surface resistance	<b>0.000</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.12064</b>	0.0
▶ 25mm stucco	<b>25.400</b>	<b>1858.1</b>	<b>0.84</b>	<b>0.03519</b>	47.2
203mm common brick	<b>203.200</b>	<b>1922.2</b>	<b>0.84</b>	<b>0.27954</b>	390.6
RSI-1.9 batt insulation	<b>88.900</b>	<b>8.0</b>	<b>0.84</b>	<b>1.97560</b>	0.7
25mm stucco	<b>25.400</b>	<b>1858.1</b>	<b>0.84</b>	<b>0.03519</b>	47.2
Outside surface resistance	<b>0.000</b>	<b>0.0</b>	<b>0.00</b>	<b>0.05864</b>	0.0
Totals	342.900			2.50	485.7

Overall U-Value: **0.399** W/(m<sup>2</sup>·K)

Εικόνα 31 Αναλυτική σύσταση τοιχοποιίας

Wall Properties - [T1]

Wall Assembly Name: **T1**

Outside Surface Color: **Light** Absorptivity: **0.450**

Layers: Inside to Outside	Thickness mm	Density kg/m <sup>3</sup>	Specific Ht. kJ / (kg K)	R-Value (m <sup>2</sup> ·K)/W	Weight kg/m <sup>2</sup>
Inside surface resistance	0.000	0.0	0.00	0.12064	0.0
25mm stucco	25.400	1858.1	0.84	0.03519	47.2
203mm HW concrete bloc	203.200	977.1	0.84	0.19568	198.6
RSI-1.9 batt insulation	88.900	8.0	0.84	1.97560	0.7
25mm stucco	25.400	1858.1	0.84	0.03519	47.2
Outside surface resistance	0.000	0.0	0.00	0.05864	0.0
Totals	342.900			2.42	293.7

Overall U-Value: 0.413 W/(m<sup>2</sup>·K)

OK Cancel Help

Εικόνα 32 Αναλυτική σύσταση φέροντος στοιχείου σκυροδέματος

Window Properties - [K1 1st floor]

Window Details

Name: **K1 1st floor**

Detailed Input:

Height: **1.77** m Width: **1.20** m

Frame Type:

Internal Shade Type:

Overall U-Value: **2.120** W/(m<sup>2</sup>·K)

Overall Shade Coefficient: **0.754**

Glass Details

Glazing	Glass Type	Transmissivity	Reflectivity	Absorptivity
Outer Glazing	<input type="text"/>			
Glazing #2	<input type="text"/>			
Glazing #3	<input type="text"/>			

Gap Type:

OK Cancel Help

Εικόνα 33 Δήλωση παραθύρου

**Door Properties - [DOOR 1 ground floor]**

Door Details

Name: **DOOR 1 ground floor**

Gross Area: **2.2** m<sup>2</sup>

Door U-Value: **1.320** W/(m<sup>2</sup>·K)

Glass Details

Glass Area: **0.0** m<sup>2</sup>

Glass U-Value: **3.300** W/(m<sup>2</sup>·K)

Glass Shade Coefficient: **0.800**

Glass Shaded All Day:

OK Cancel Help

Εικόνα 34 Δήλωση πόρτας

**Shading Geometry Properties - [4th floor K3 bar shade]**

Name: **4th floor K3 bar shade**

Reveal Depth: **180.0** mm

Overhang

Projection from surface: **4440.0** mm

Height above window: **450.0** mm

Ext. past RH side of window: **15400.0** mm

Ext. past LH side of window: **0.0** mm

Left Fin

Projection from surface: **1100.0** mm

Height above window: **450.0** mm

Dist. from edge of window: **0.0** mm

Right Fin

Projection from surface: **0.0** mm

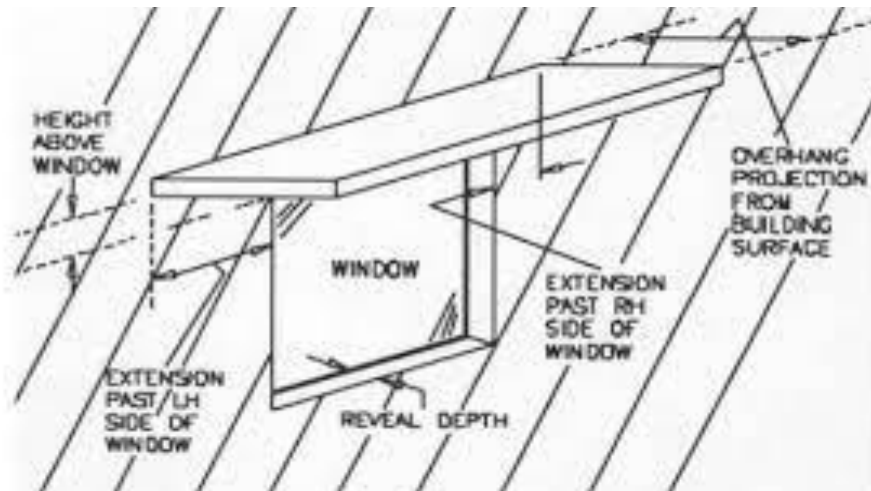
Height above window: **0.0** mm

Dist. from edge of window: **0.0** mm

OK Cancel Help

Εικόνα 35 Δήλωση σκίασης

Όσον αφορά την σκίαση το Η.Α.Ρ. δίνει μεγαλύτερη έμφαση στις σκίαση των κουφωμάτων. Για την καλύτερη κατανόηση της (βλ. Εικόνα 36).



Εικόνα 36 Επεξήγηση δεδομένων σύμφωνα με το λογισμικό

Roof Properties - [Medium Weight Roof]

Roof Assembly Name: **Medium Weight Roof**

Outside Surface Color: **Dark** Absorptivity: **0.900**

Layers: Inside to Outside	Thickness mm	Density kg/m <sup>3</sup>	Specific Ht. kJ / (kg K)	R-Value (m <sup>2</sup> K)/W	Weight kg/m <sup>2</sup>
Inside surface resistance	0.000	0.0	0.00	0.12064	0.0
25mm stucco	25.400	1858.1	0.84	0.03519	47.2
203mm LW concrete bloc	203.200	608.7	0.84	0.35578	123.7
RSI-2.3 batt insulation	101.600	8.0	0.84	2.25782	0.8
Asphalt roll	1.588	1121.3	1.51	0.02698	1.8
102mm LW concrete	101.600	640.7	0.84	0.58703	65.1
Acoustical tile	6.349	336.4	0.80	0.11887	2.1
Outside surface resistance	0.000	0.0	0.00	0.05864	0.0
Totals	439.737			3.56	240.7

Overall U-Value: 0.281 W/(m<sup>2</sup>·K)

OK Cancel Help

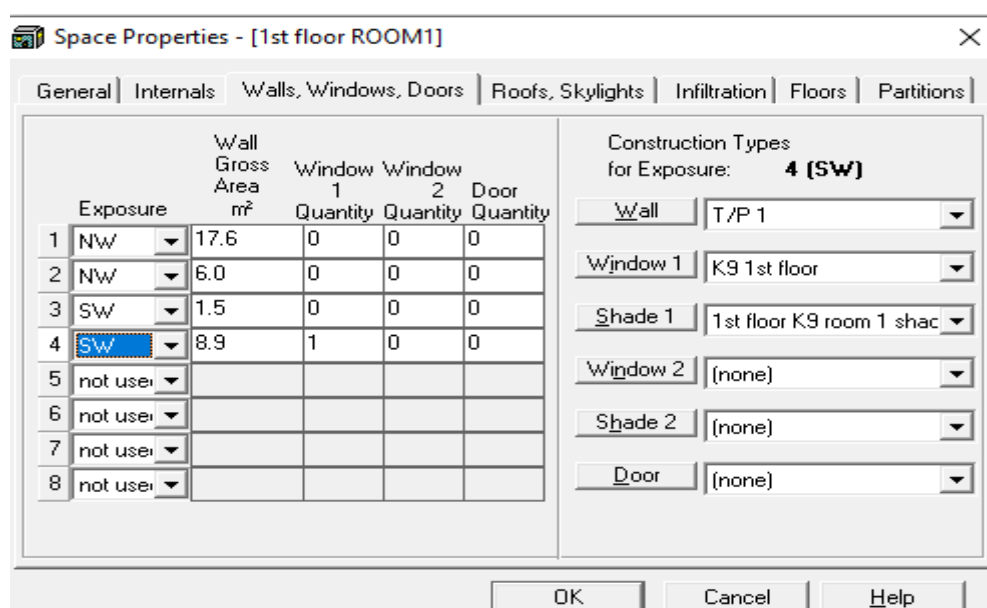
Εικόνα 37 Δομική σύσταση οροφής κτιρίου

Ο λόγος που ζητείται η δομική σύσταση των παραπάνω στοιχείων είναι για να αντλήσει ο μηχανικός, μέσω υπολογισμών του προγράμματος, τον συντελεστή θερμοπερατότητας (U-value). Τα καλά μονωμένα τμήματα του κτιρίου έχουν χαμηλή θερμοπερατότητα ενώ τα κακώς μονωμένα μέρη του έχουν υψηλή. Μονάδα μέτρησης του συγκεκριμένου συντελεστή είναι το  $W/m^2 * K$  ενώ ο τύπος που την εκφράζει είναι:

$$U = \frac{1}{R_t}$$

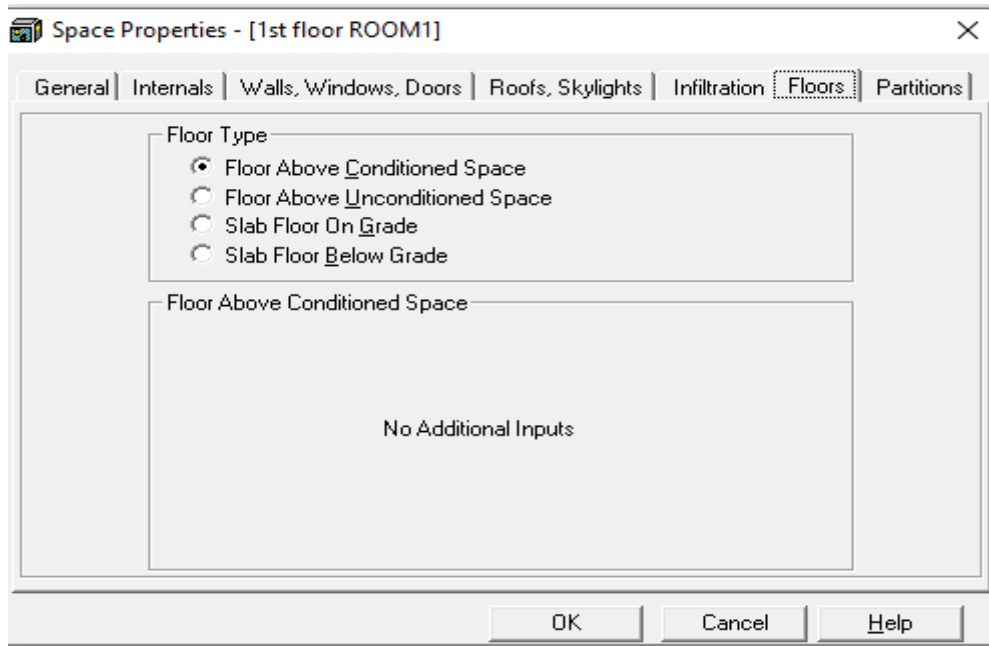
Όπου  $R_t$  η συνολική θερμική αντίσταση όλων των στρωμάτων που αποτελούν το στοιχείο.

Με την συμπλήρωση των δεδομένων που προαναφέρθηκαν μπορεί ο μηχανικός να προβεί στη συνέχεια του επόμενου πεδίου που αφορούν τον χώρο και στο παράδειγμα του δωματίου 1.



Εικόνα 38 Δήλωση τοιχοποιίας σε επαφή με εξωτερικό αέρα του χώρου

Στο πεδίο που αφορά τις οροφές δεν χρειάζεται να δηλώσουμε κάτι για τον συγκεκριμένο χώρο καθώς υπάρχει και άλλος όροφος από πάνω. Για το δάπεδο απλά συμπληρώθηκε η επιλογή του δαπέδου πάνω από θερμενόμενο χώρο καθώς από κάτω από το πάτωμα του δωματίου 1 βρίσκεται η ρεσεψιόν (βλ εικόνα 39).

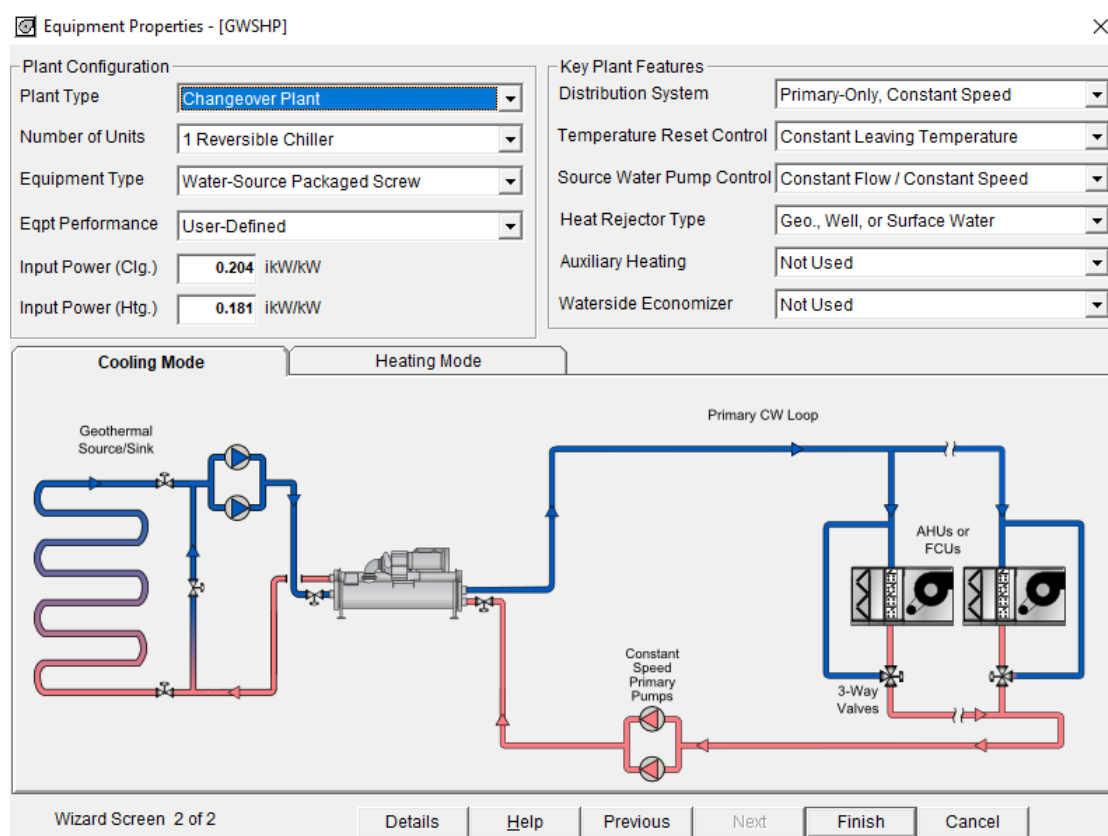


Εικόνα 39 Δήλωση δαπέδου

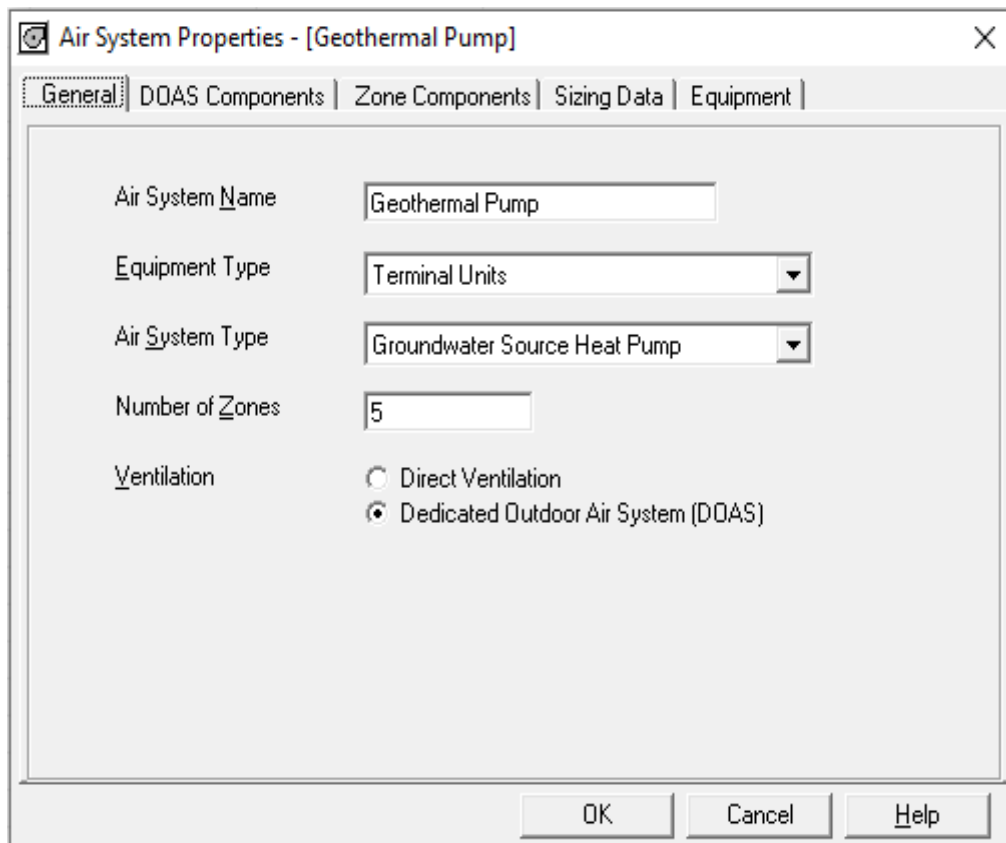
## Κεφάλαιο 5 Συστήματα Θέρμανσης, Ψύξης και Αερισμού

Εφόσον ο μελετητής ολοκληρώσει το στάδιο ανάλυσης του κελύφους, το επόμενο βήμα είναι να γίνει μελέτη για την κάλυψη των θερμικών και ψυκτικών φορτίων. Παράλληλα, ο υπολογισμός του νωπού αέρα είναι εξίσου μία πολύ σημαντική απαίτηση κυρίως για κτίρια του τριτογενούς τομέα καθώς ο εσωτερικός αέρας συνέχεια προσμυγνείται με διοξείδιο του άνθρακα το οποίο παράγουν οι άνθρωποι και είναι αναγκαία η προμήθεια του κτιρίου με οξυγόνο. Συνεπώς αερισμός του κτιρίου θα επιτυχθεί με μία εξωτερική κεντρική μονάδα που στο λογισμικό εμφανίζεται ως D.O.A.S. (Direct Outdoor Air System) και για το σενάριο της εγκατάστασης της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας όσο και για το V.R.F.

### 5.1 Εγκατάσταση Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας στο H.A.P



Εικόνα 40: Σχεδιασμός συστήματος Γ.Α.Θ

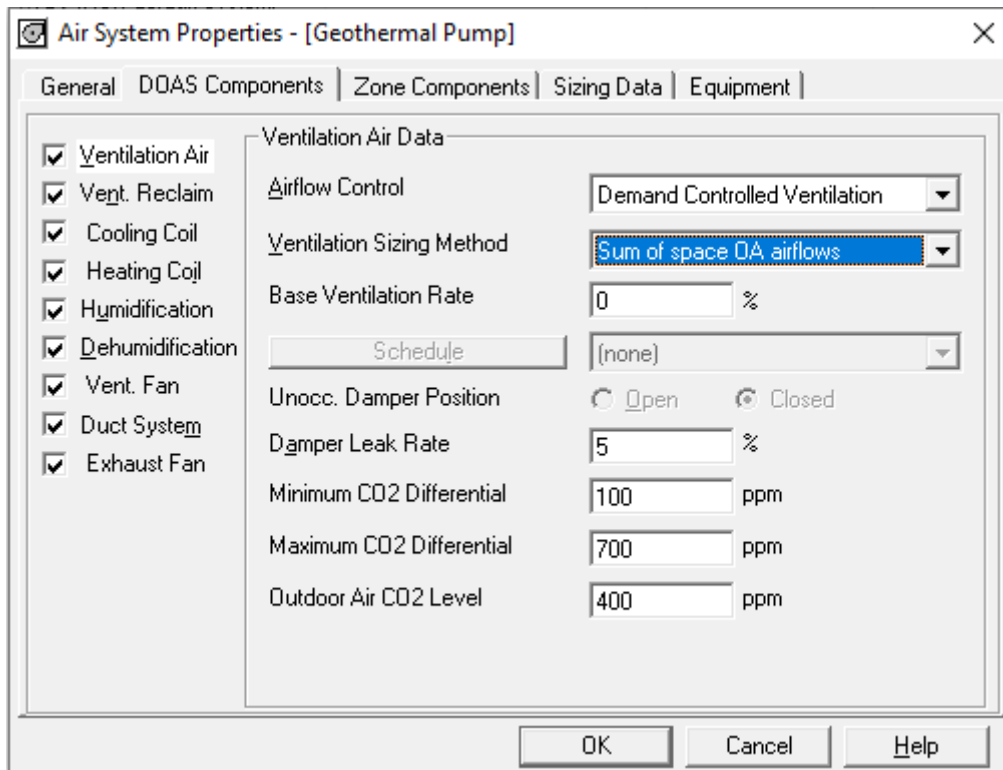


Εικόνα 41 Γενικά χαρακτηριστικά Γ.Α.Θ. και εξωτερική κεντρική μονάδα αερισμού D.O.A.S.

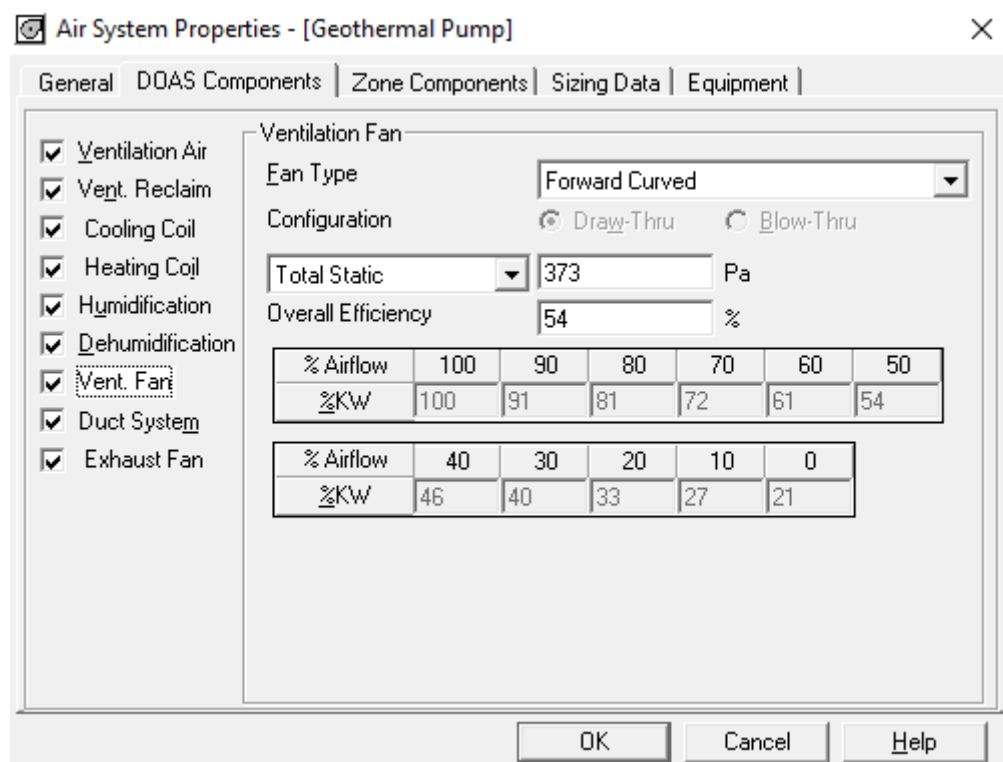
Γενικά, για την εγκατάσταση της Γ.Α.Θ θα χρησιμοποιηθούν εξαρτήματα που δεν είναι άλλες από τις τερματικές μονάδες ενώ ο αριθμός των ζωνών επιλέγεται στις πέντε όσοι είναι και οι όροφοι του κτιρίου. Το Η.Α.Ρηνημερωτικά επιτρέπει στον χρήστη να τοποθετήσει στο κτίριο του περίπου εκατό ζώνες (μέγιστο όριο). Τέλος, δίνεται η δυνατότητα επιλογής αερισμού του κτιρίου και με φυσικό τρόπο αλλά και με σύστημα D.O.A.S.

Στη συνέχεια, στην καρτέλα χαρακτηριστικά του D.O.A.S. και στον αέρα εξαερισμού, στον έλεγχο παροχής αερισμού τοποθετείται «προγραμματισμένο» για να γίνει αργότερα η ρύθμιση με το χρονοδιάγραμμα του θερμοστάτη. Στη μέθοδο διαστασιολόγησης αέρισμού επιλέγεται το «άθροισμα των χώρων», ενώ στη θέση διαφράγματος σε αδράνεια επιλέγεται «κλειστό». Το ποσοστό διαρροής διαφράγματος είναι 5% ενώ τα επίπεδα  $CO_2$  στον εξωτερικό αέρα είναι 400 ppm (parts per million). (βλ. εικόνα 41).



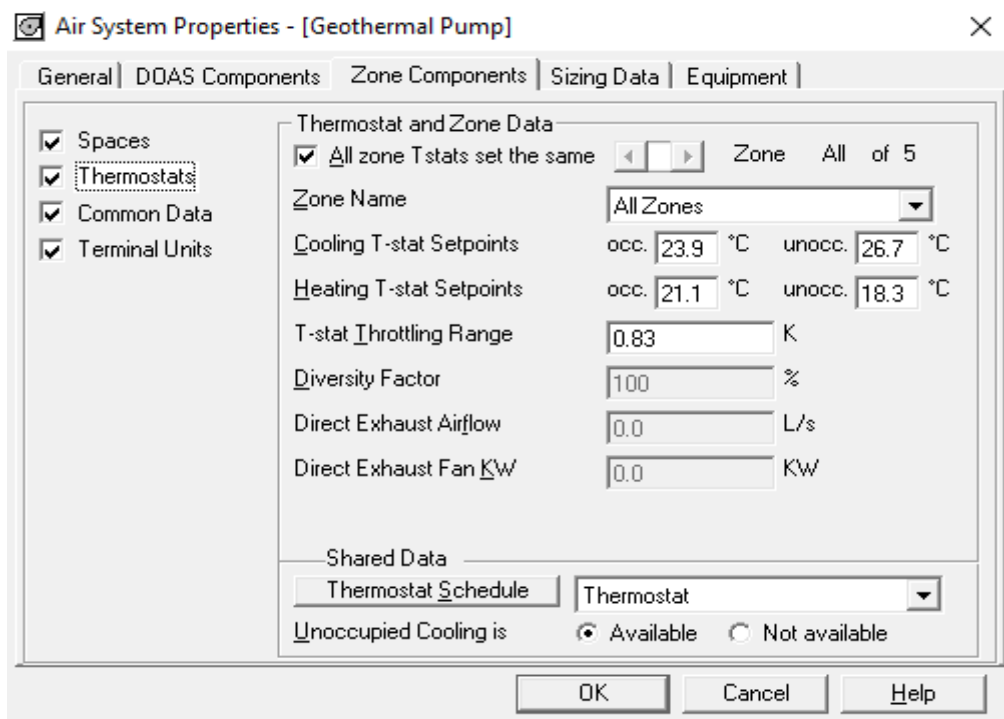


Εικόνα 42 Δεδομένα για το D.O.A.S.

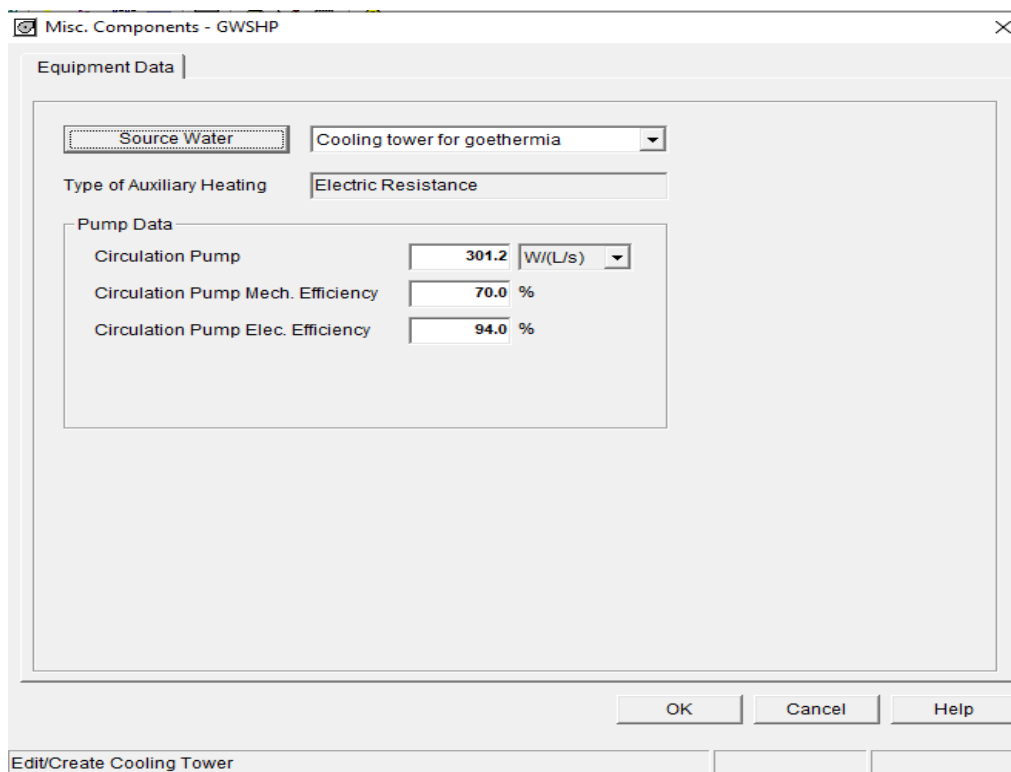


Εικόνα 43 Απόδοση ανεμιστήρα εξαερισμού

Στα χαρακτηριστικά του θερμοστάτη επιλέγονται καταρχάς όλες οι ζώνες. Στην ψύξη και σε αδράνεια ο θερμοστάτης ενεργοποιείται στους 26.7 °C ενώ σε δραστηριότητα στους 23.9 °C ενώ για θέρμανση στους 18.3 °C και 21.1 °C αντίστοιχα.



Εικόνα 44 Δεδομένα Θερμοστάτη και ζωνών



Εικόνα 45 Σύστημα κυκλοφορίας

Terminal Heating Unit - WSHP

Equipment Data

All Terminal Heating Units Use Same Settings

Zone Name: All Zones

Estimated Maximum Load: [ ] kW

Design EWT: 10.0 °C

Equipment Sizing: Auto-Sized Capacity

Gross Heating Capacity: [ ] kW

Capacity Oversizing Factor: 0 %

ISO/AHRI Performance Rating: 4.800 COP

OK Cancel Help

All Terminal Htg. Units Use Same Settings

Εικόνα 46: Συντελεστής απόδοσης τερματικής μονάδας Γ.Α.Θ. για θέρμανση

Terminal Cooling Unit - WSHP

Equipment Data

All Terminal Cooling Units Use Same Settings

Zone Name: All Zones

Estimated Maximum Load: [ ] kW

Design EWT: 15.0 °C

Equipment Sizing: Auto-Sized Capacity

Gross Cooling Capacity: [ ] kW

Capacity Oversizing Factor: 0 %

ISO/AHRI Performance Rating: 4.748 EER

OK Cancel Help

Equipment Sizing

Εικόνα 47: Συντελεστής απόδοσης τερματικής μονάδας Γ.Α.Θ. για ψύξη

## 5.2 Εγκατάσταση V.R.F. στο Η.Α.Ρ

**Equipment Properties - [VRF/VRV]**

**Description**  
Name: VRF/VRV  
Identifier: VRF-N

**Equipment**  
Equipment Type: Variable Refrigerant Flow (VRF)  
Heating Type: Heat Pump  
System Type: Fan Coil Units  
Configuration: One VRF System for Building  
Operating Schedule: 90.1 Hotel/Motel HVAC

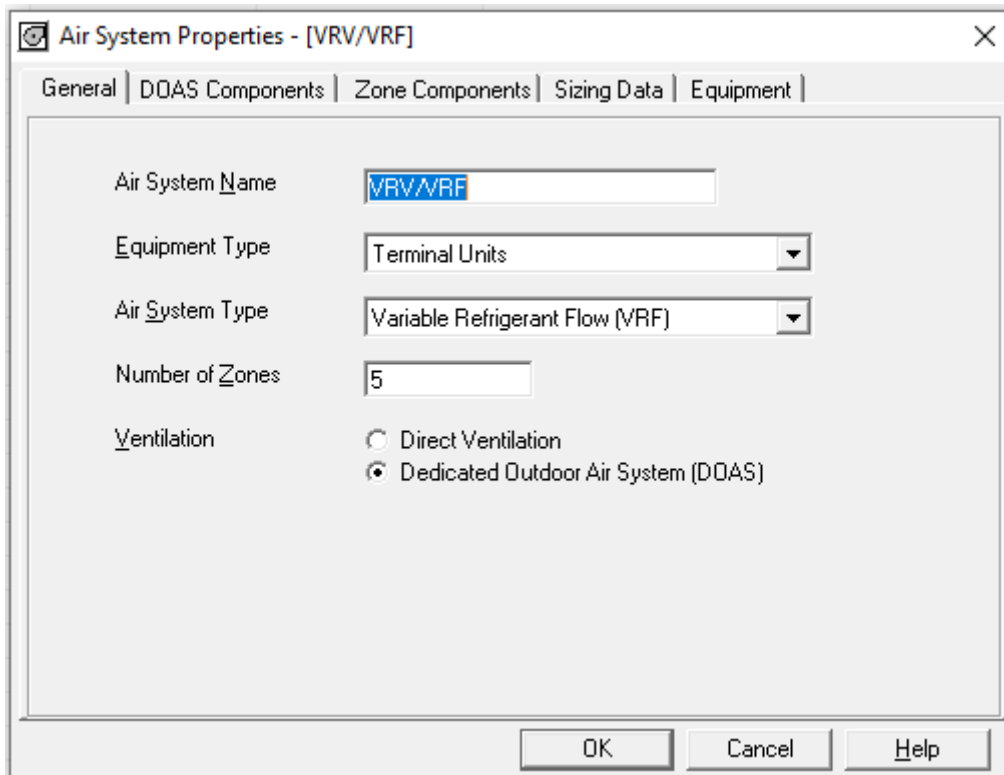
**Performance**  
Eqpt Performance: User-Defined  
AHRI Ratings: 3.19 EER, 3.30 COP

**Key Features**  
DOAS Type: Air-Cooled DX Ventilator Unit  
DCV Control: Not Used  
Ventilation Reclaim: Heat Recovery Ventilator (HRV)

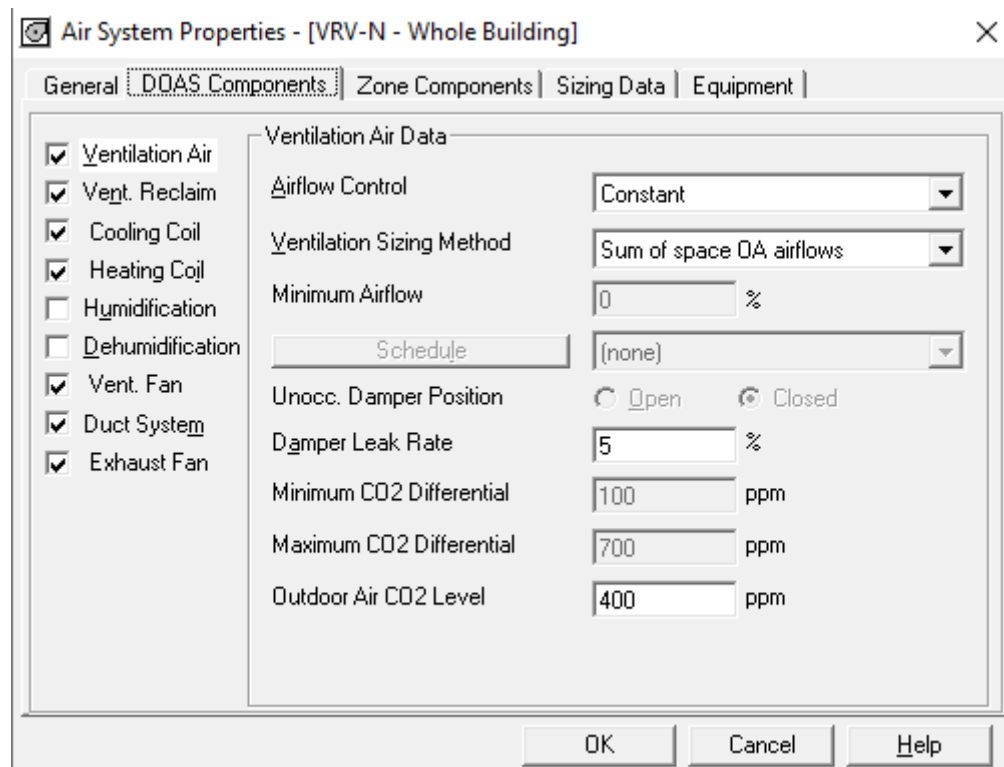
**Air System**

The diagram illustrates the air flow in a VRF system. Outdoor air (red line) enters from the left, passes through a Ventilation Reclaim unit (HRV), and is then distributed by a Ventilation Fan. Exhaust air (orange line) is drawn from two zones, passes through an Exhaust Fan, and is also processed by the Ventilation Reclaim unit. The system includes two Fan Coil Units (FCU) connected to the air ducts, each serving a Zone. The interface includes navigation buttons: Wizard Screen 1 of 1, Details, Help, Previous, Next, Finish, and Cancel.

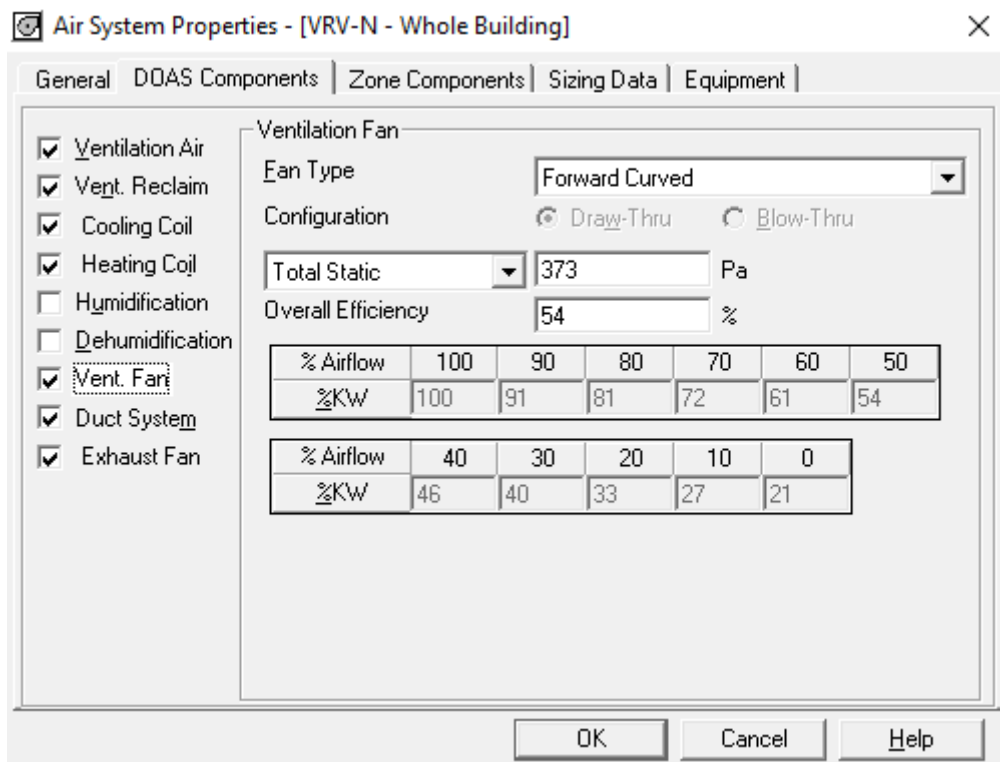
Εικόνα 48: Σχεδιασμός Συστήματος τύπου VRF



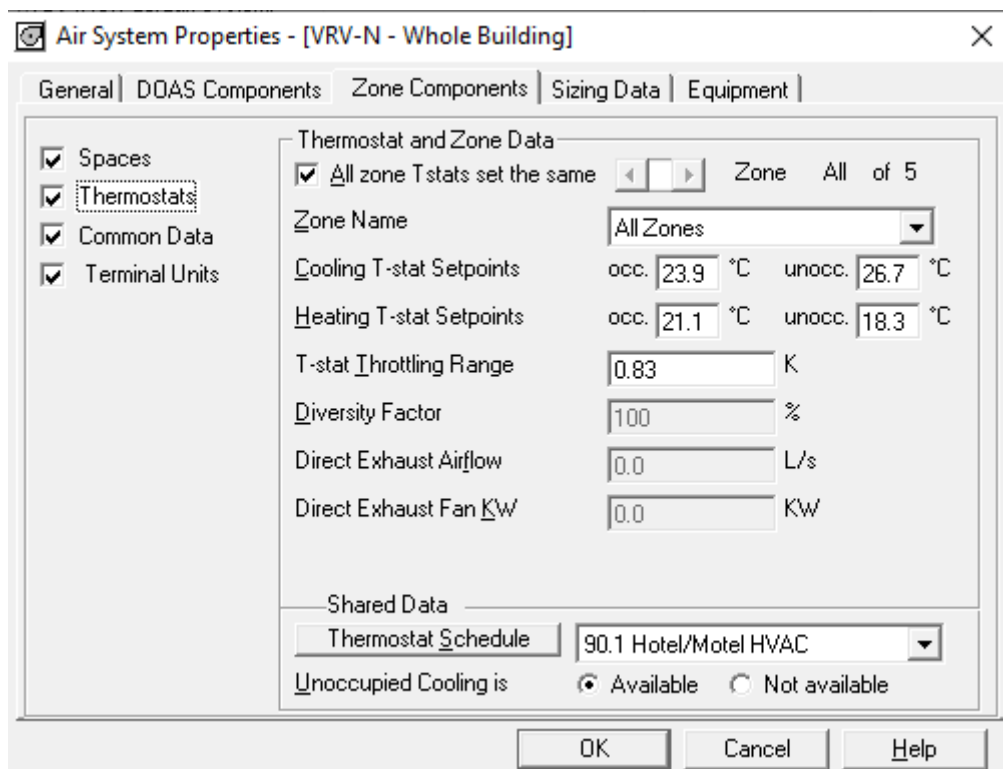
Εικόνα 49: Γενικά χαρακτηριστικά συστήματος VRVκαι τοποθέτηση DOAS



Εικόνα 50: Δεδομένα για το DOAS



Εικόνα 51 Απόδοση ανεμιστήρα εξαερισμού



Εικόνα 52 Δεδομένα θερμοστάτη και ζωνών

VRF Outdoor Unit - Heat Pump

Equipment Data

	Cooling	Heating
Equipment Sizing	Auto-Sized Capacity	Auto-Sized Capacity
Design OADB	35.0 °C	8.3 °C
Estimated Maximum Load	40.7 kW	30.6 kW
Design Capacity		
Capacity Oversizing Factor	15 %	25 %
AHRI Performance Rating	3.194 EER	3.300 COP
Compressor Type	Variable Speed Rotary	
Refrigerant Piping Physical Length	0.0 m	
Refrigerant Piping Vertical Distance	0.0 m	
Heat Pump Cutoff OADB	-20.0 °C	
Heat Recovery Used	Yes	
Auxiliary Heating	Electric Resistance	
Auxiliary Heating Upper Cutoff	21.1 °C	

OK Cancel Help

Cooling Equipment Sizing

Εικόνα 53 Συντελεστές απόδοσης COP και EER

## Κεφάλαιο 6 Προσομοιώσεις των Η/Μ Συστημάτων

### 6.1 Εισαγωγή

Το επόμενο βήμα που πραγματοποιείται στην ανάλυση αμέσως μετά την εισαγωγή των απαραίτητων δεδομένων για τα συγκεκριμένα συστήματα, είναι μία σειρά προσομοιώσεων για να μπόρεσει ο μελετητής να εξάγει τα συμπεράσματά του και να προβεί σε ασφαλής και τεκμηριωμένες συγκρίσεις. Η πρώτη προσομοίωση αφορά τον υπολογισμό των φορτίων χώρου για θέρμανση και ψύξη και των φορτίων αερισμού για τον απαιτούμενο αερισμό- εξαερισμό του κτιρίου. Όπως προαναφέρθηκε, και για τα φορτία χώρου αλλά και για τα φορτία αερισμού μοναδικοί και βασικοί παράγοντες που παίζουν ρόλο είναι η σύσταση του κελύφους του κτιρίου καθώς επίσης και τα κλιματολογικά δεδομένα που επικρατούν στην εκάστοτε περιοχή. Πρόκειται για πολύ λεπτομερούς υπολογισμούς για τους οποίους έχει γίνει λόγος σε προηγούμενο κεφάλαιο που η πολυπλοκότητά τους είναι τόσο μεγάλη αν αναλογιστεί κανείς την δυνατότητα αυτού του λογισμικού να διαχειρίζεται τέτοιου είδους δεδομένα και να εξάγει αποτελέσματα για κάθε μια από τις 8760 ώρες ενός ημερολογιακού έτους. Η δεύτερη προσομοίωση αφορά τις καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας που πραγματοποιούνται από τα συστήματα που εξετάζονται για να καλύψουν τις απαιτήσεις του κτιρίου. Οι απαιτήσεις αυτές δεν είναι άλλες από τα φορτία που εξάγουμε από την πρώτη προσομοίωση. Τέλος, με την τρίτη και τελευταία προσομοίωση ο μηχανικός θα εξάγει αποτελέσματα για τα ενεργειακά κόστη της ξενοδοχειακής μονάδας τόσο σε επίπεδο των συστημάτων που τοποθετήθηκαν όσο και σε επίπεδο ηλεκτρικών συσκευών και φωτισμού που έχουν εγκατασταθεί. Με την τελευταία προσομοίωση ο πελάτης που έχει σκοπό να κάνει μια τέτοια εγκατάσταση στο κτίριο του θα έχει μια πλήρη εικόνα για τα χρήματα που εμπρόκειτο να διαθέσει με μάλιστα αρκετά μεγάλη ακρίβεια καθώς οι προσομοιώσεις πραγματοποιούνται για ένα ημερολογιακό έτος.



## 6.2 Προσομοίωση – Θ.Φ.Χ, Ψ.Φ.Χ, Φ.Α

Στον παρακάτω πίνακα διακρίνουμε αναλυτικά τα συνολικά φορτία χώρου και αερισμού. Το αξιοσημείωτο είναι ότι τα φορτία αναφέρονται σε κάθε χώρο ξεχωριστά δίνοντας έτσι στον μελετητή μία πλήρη εικόνα της κατάστασης και επομένως και την ευχέρεια να προβεί σε αλλαγές αν χρειάζεται όσον αφορά την τοποθέτηση των δεδομένων για τους χώρους του κτιρίου.

Zone Name / Space Name	Mult.	Cooling Sensible (kW)	Air Flow (L/s)	Heating Load (kW)	Floor Area (m <sup>2</sup> )	Space L/(s·m <sup>2</sup> )
<b>Zone 1</b>						
ground floor WC AMEA	1	0.1	7	0.1	4.7	1.51
ground floor WC	1	0.1	6	0.0	2.6	2.45
ground floor RECEPTION	1	5.4	263	1.4	50.0	5.27
ground floor OFFICE	1	0.8	37	0.1	4.5	8.30
ground floor LOCKER ROOM	1	0.2	12	0.1	3.8	3.18
ground floor CORRIDOR	1	0.7	33	0.6	25.0	1.33
ground floor BOILER ROOM	1	2.9	143	0.2	6.7	21.31
<b>Zone 2</b>						
1st floor CORRIDOR	1	0.9	46	0.4	44.5	1.04
1st floor ROOM1	1	1.0	50	0.4	22.6	2.21
1st floor ROOM2	1	1.0	50	0.2	18.1	2.75
1st floor ROOM3	1	1.4	69	0.5	25.2	2.75
1st floor ROOM4	1	1.1	52	0.2	18.4	2.80
1st floor ROOM5	1	1.0	51	0.2	18.1	2.81
1st floor ROOM6	1	1.0	51	0.2	18.1	2.81
1st floor ROOM7	1	1.0	51	0.2	18.4	2.76
1st floor ROOM8 AMEA	1	1.1	53	0.5	22.0	2.39
<b>Zone 3</b>						
2nd floor CORRIDOR	1	0.9	46	0.4	44.5	1.02
2nd floor ROOM1	1	1.0	50	0.4	22.6	2.20
2nd floor ROOM2	1	1.0	50	0.2	18.1	2.75
2nd floor ROOM3	1	1.4	69	0.5	25.2	2.75
2nd floor ROOM4	1	1.1	52	0.2	18.4	2.80
2nd floor ROOM5	1	1.0	51	0.2	18.1	2.81
2nd floor ROOM6	1	1.0	51	0.2	18.1	2.81
2nd floor ROOM7	1	1.0	51	0.2	18.4	2.76
2nd floor ROOM8	1	1.1	53	0.5	22.0	2.39
<b>Zone 4</b>						
3rd floor CORRIDOR	1	0.9	46	0.4	44.5	1.02
3rd floor ROOM1	1	1.0	50	0.4	22.6	2.20
3rd floor ROOM2	1	1.0	50	0.2	18.1	2.75
3rd floor ROOM3	1	1.4	69	0.5	25.2	2.75
3rd floor ROOM4	1	1.1	52	0.2	18.4	2.80
3rd floor ROOM5	1	1.0	51	0.2	18.1	2.81
3rd floor ROOM6	1	1.0	51	0.2	18.1	2.81
3rd floor ROOM7	1	1.0	51	0.2	18.4	2.76
3rd floor ROOM8	1	1.1	53	0.5	22.0	2.39
<b>Zone 5</b>						

4th floor BAR	1	1.2	58	0.5	5.9	9.75
4th floor CORRIDOR	1	1.5	76	0.9	42.0	1.80
4th floor KITCHEN LAB	1	4.8	234	0.5	22.4	10.43
4th floor RESTAURANT	1	8.6	424	2.2	55.5	7.64
4th floor WC	1	0.3	13	0.2	5.5	2.37

Πίνακας 2: Αναλυτικά Θ.Φ.Χ. - Ψ.Φ.Χ. – Φ.Α ξενοδοχειακής μονάδας

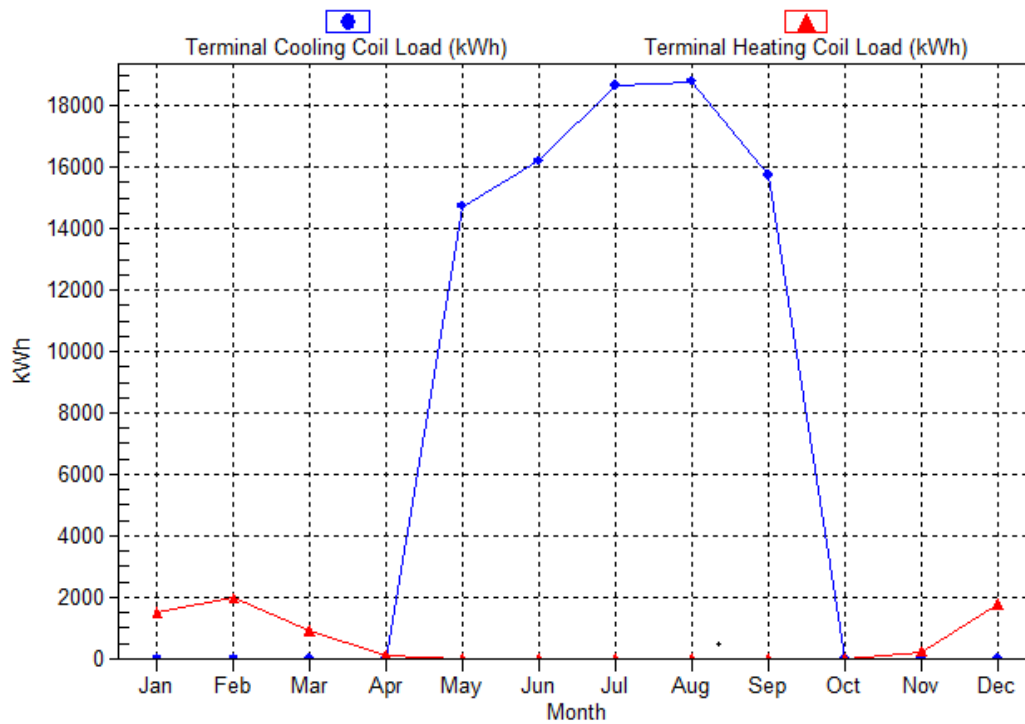
## 6.3 Προσομοίωση Συστήματος VRF

### 6.3.1 Προσομοίωση – Κατανάλωση των τερματικών μονάδων του συστήματος VRF

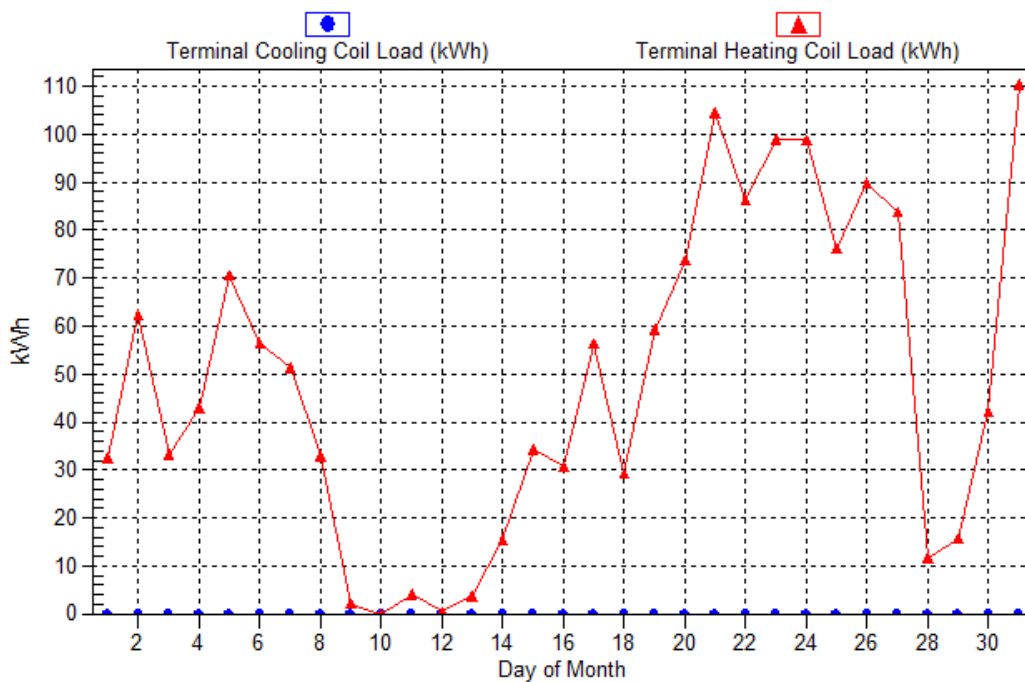
Στον πίνακα που ακολουθεί έχει πραγματοποιηθεί προσομοίωση του συστήματος κλιματισμού με ψυκτικό υγρό μετάβητου όγκου. Σε αυτό το σημείο μπορεί κανείς να παρατηρήσει το μέγεθος της ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh που καταναλώνει το κάθε «στοιχείο» του συστήματος σύμφωνα με τα κόστη αγοράς που έχει θεσπίσει η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού στην Ελλάδα. Επίσης, η προσομοίωση αυτή, κάνει αναλυτική αναφορά για όλους τους μήνες του ημερολογιακού έτος ενώ παράλληλα υπολογίζει και τα ποσά ενέργειας που καταναλώνονται από τις ηλεκτρικές συσκευές και από τον φωτισμό που έχει εγκατασταθεί στην ξενοδοχειακή μονάδα.

Month	Terminal Cooling Coil Load (kWh)	Terminal Cooling Eqpt Load (kWh)	Terminal Unit Clg Input (kWh)	Terminal Heating Coil Load (kWh)	Terminal Heating Eqpt Load (kWh)	Terminal Unit Htg Input (kWh)	Terminal Unit Aux. Htg. Load (kWh)
January	0	0	0	1510	1510	572	0
February	0	0	0	1972	1972	725	0
March	0	0	0	908	908	344	0
April	0	0	0	82	82	33	0
May	14741	14469	2933	0	0	0	0
June	16209	16209	3791	0	0	0	0
July	18657	18657	4711	0	0	0	0
August	18795	18795	4843	0	0	0	0
September	15757	15757	3477	0	0	0	0
October	0	0	0	0	0	0	0
November	0	0	0	223	223	85	0
December	0	0	0	1768	1768	658	0
<b>Total</b>	<b>84158</b>	<b>83886</b>	<b>19756</b>	<b>6464</b>	<b>6464</b>	<b>2418</b>	<b>0</b>

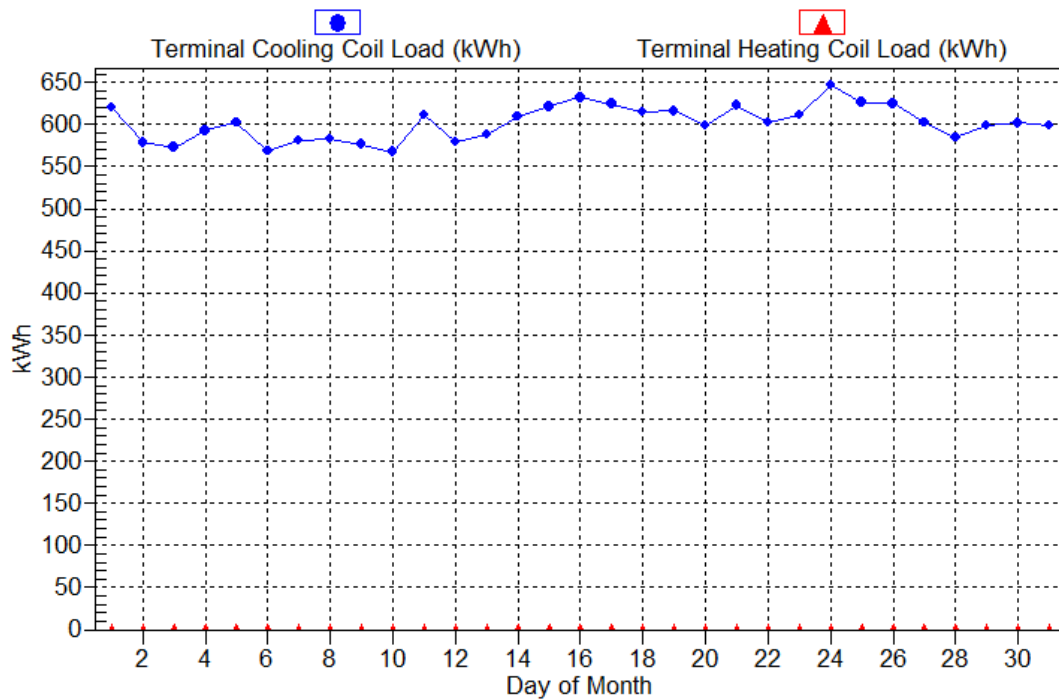
Πίνακας 3: Μηνιαίες καταναλώσεις τερματικών στοιχείων (VRF)



Σχήμα 1: Μηνιαίες καταναλώσεις τερματικών στοιχείων(VRF)



Σχήμα 2: Ημερήσιες καταναλώσεις για θέρμανση τον μήνα Ιανουάριο(VRF)



Σχήμα 3: Ημερήσιες καταναλώσεις για ψύξη τον μήνα Ιούλιο(VRF)

Month	Ventilation Fan (kWh)	Exhaust Fan (kWh)	Terminal Fan (kWh)	Vent. Reclaim Device (kWh)	Lighting (kWh)	Electric Equipment (kWh)
January	360	240	502	0	1173	4993
February	325	217	453	0	1059	4510
March	360	240	502	0	1173	4993
April	348	232	486	0	1135	4832
May	360	240	502	8	1173	4993
June	348	232	486	68	1135	4832
July	360	240	502	121	1173	4993
August	360	240	502	116	1173	4993
September	348	232	486	56	1135	4832
October	360	240	502	0	1173	4993
November	348	232	486	0	1135	4832
December	360	240	502	0	1173	4993
<b>Total</b>	<b>4236</b>	<b>2827</b>	<b>5909</b>	<b>369</b>	<b>13809</b>	<b>58789</b>

Πίνακας 4: Μηνιαίες Καταναλώσεις τερματικών εξαερισμού, φωτισμού και ηλεκτρικού εξοπλισμού(VRF)

### 6.3.2 Ωριαία προσομοίωση κατανάλωσης ρεύματος για συγκεκριμένες μέρες

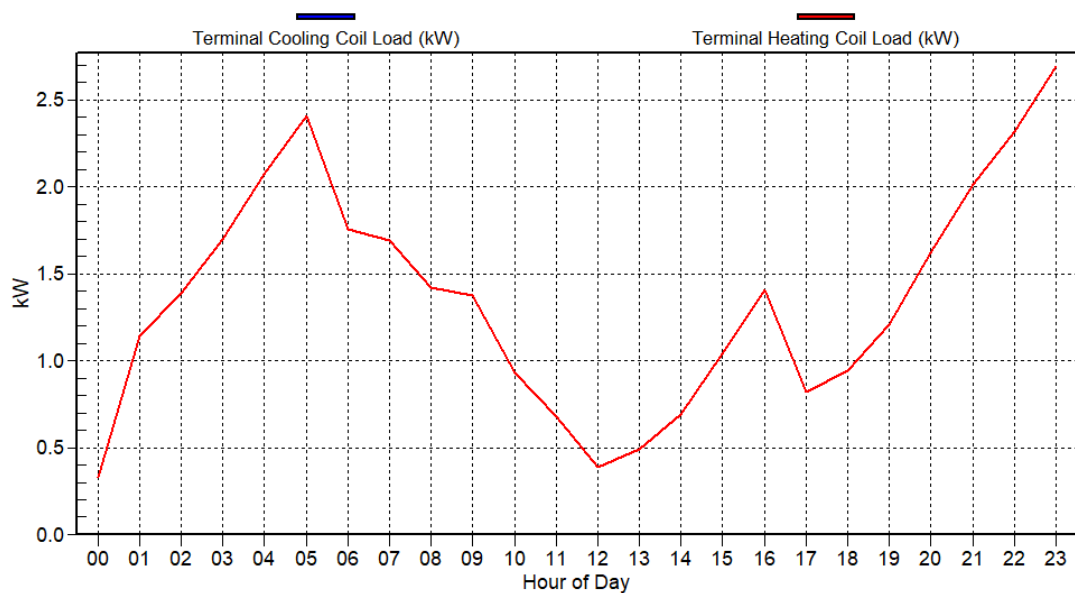
Θα ήταν εύλογο σε αυτό το σημείο να αξιοποιηθεί άλλη μία δυνατότητα που προσφέρει το λογισμικό. Αυτή αφορά την προσομοίωση του παρών συστήματος για δύο μέρες του χρόνου όπου συναντά κανείς τις ακραίες θερμοκρασίες μέσα στη διάρκεια ενός έτους. Με αυτόν τον τρόπο θα διακρίνει κάποιος τις μέγιστες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας καθόλη τη διάρκεια της μέρας με ακρίβεια ανά μία ώρα και να εξάγει συμπεράσματα για τον τελικό προϋπολογισμό του. Οι μέρες που επιλέχτηκαν είναι 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου για συμπεριφορά του συστήματος στην θέρμανση του κτιρίου και η 1<sup>η</sup> Ιουλίου για την ψύξη.

Hour	Dry-Bulb Temp (°C)	Terminal Cooling Coil Load (kW)	Terminal Cooling Eqpt Load (kW)	Terminal Unit Clg Input (kW)	Terminal Heating Coil Load (kW)	Terminal Heating Eqpt Load (kW)	Terminal Unit Htg Input (kW)
00:00	9.8	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.1
01:00	9.5	0.0	0.0	0.0	1.1	1.1	0.4
02:00	9.2	0.0	0.0	0.0	1.4	1.4	0.5
03:00	9.0	0.0	0.0	0.0	1.7	1.7	0.7
04:00	8.9	0.0	0.0	0.0	2.1	2.1	0.8
05:00	8.8	0.0	0.0	0.0	2.4	2.4	0.9
06:00	8.7	0.0	0.0	0.0	1.8	1.8	0.7
07:00	8.8	0.0	0.0	0.0	1.7	1.7	0.7
08:00	8.8	0.0	0.0	0.0	1.4	1.4	0.6
09:00	8.9	0.0	0.0	0.0	1.4	1.4	0.6
10:00	9.1	0.0	0.0	0.0	0.9	0.9	0.4
11:00	9.2	0.0	0.0	0.0	0.7	0.7	0.3
12:00	9.5	0.0	0.0	0.0	0.4	0.4	0.2
13:00	9.9	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.2
14:00	10.2	0.0	0.0	0.0	0.7	0.7	0.3
15:00	10.1	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.4
16:00	9.9	0.0	0.0	0.0	1.4	1.4	0.6
17:00	9.8	0.0	0.0	0.0	0.8	0.8	0.3
18:00	9.4	0.0	0.0	0.0	0.9	0.9	0.4
19:00	9.0	0.0	0.0	0.0	1.2	1.2	0.5
20:00	8.6	0.0	0.0	0.0	1.6	1.6	0.7
21:00	8.4	0.0	0.0	0.0	2.0	2.0	0.8
22:00	8.3	0.0	0.0	0.0	2.3	2.3	0.9
23:00	8.1	0.0	0.0	0.0	2.7	2.7	1.1
<b>Total</b>		<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>32.5</b>	<b>32.5</b>	<b>13.0</b>

Πίνακας 5: Ωριαίες καταναλώσεις θερματικών στοιχείων για 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου(VRF)

Hour	Terminal Unit Aux. Htg. Load (kW)	Terminal Unit Aux. Htg. Input (kW)	Ventilation Fan (kW)	Exhaust Fan (kW)	Terminal Fan (kW)	Vent. Reclaim Device (kW)	Lighting (kW)	Electric Equipment (kW)
00:00	0.0	0.0	0.5	0.3	0.7	0.0	2.3	4.8
01:00	0.0	0.0	0.5	0.3	0.7	0.0	0.5	1.7
02:00	0.0	0.0	0.5	0.3	0.7	0.0	0.5	1.7
03:00	0.0	0.0	0.5	0.3	0.7	0.0	0.5	1.7
04:00	0.0	0.0	0.5	0.3	0.7	0.0	0.5	1.7
05:00	0.0	0.0	0.5	0.3	0.7	0.0	0.5	1.7
06:00	0.0	0.0	0.5	0.3	0.7	0.0	1.0	8.6
07:00	0.0	0.0	0.5	0.3	0.7	0.0	1.2	9.0
08:00	0.0	0.0	0.5	0.3	0.7	0.0	1.7	9.8
09:00	0.0	0.0	0.5	0.3	0.7	0.0	1.9	7.1
10:00	0.0	0.0	0.5	0.3	0.7	0.0	2.1	7.5
11:00	0.0	0.0	0.5	0.3	0.7	0.0	2.3	8.6
12:00	0.0	0.0	0.5	0.3	0.7	0.0	2.3	10.2
13:00	0.0	0.0	0.5	0.3	0.7	0.0	1.4	9.3
14:00	0.0	0.0	0.5	0.3	0.7	0.0	1.2	6.7
15:00	0.0	0.0	0.5	0.3	0.7	0.0	1.0	4.7
16:00	0.0	0.0	0.5	0.3	0.7	0.0	1.2	5.2
17:00	0.0	0.0	0.5	0.3	0.7	0.0	2.1	8.2
18:00	0.0	0.0	0.5	0.3	0.7	0.0	2.3	10.2
19:00	0.0	0.0	0.5	0.3	0.7	0.0	2.3	11.0
20:00	0.0	0.0	0.5	0.3	0.7	0.0	2.3	10.3
21:00	0.0	0.0	0.5	0.3	0.7	0.0	2.3	8.6
22:00	0.0	0.0	0.5	0.3	0.7	0.0	2.3	7.2
23:00	0.0	0.0	0.5	0.3	0.7	0.0	2.3	5.6
<b>Total</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>11.6</b>	<b>7.7</b>	<b>16.2</b>	<b>0.0</b>	<b>37.8</b>	<b>161.1</b>

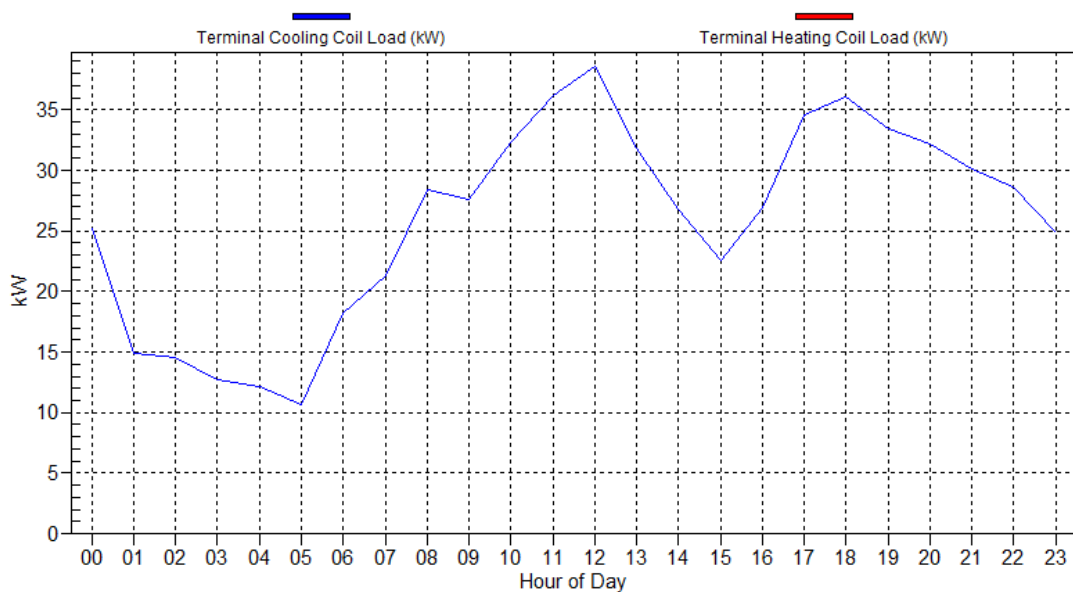
Πίνακας 6: Ωριαίες Καταναλώσεις θερματικών εξαερισμού, φωτισμού και ηλεκτρικού εξοπλισμού για 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου(VRF)



Σχήμα 4: Ωριαίες καταναλώσεις θερματικών στοιχείων για 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου(VRF)

Hour	Dry-Bulb Temp (°C)	Terminal Cooling Coil Load (kW)	Terminal Cooling Eqpt Load (kW)	Terminal Unit Clg Input (kW)	Terminal Heating Coil Load (kW)	Terminal Heating Eqpt Load (kW)	Terminal Unit Htg Input (kW)
00:00	26.3	25.2	25.2	5.3	0.0	0.0	0.0
01:00	25.4	14.9	14.9	3.4	0.0	0.0	0.0
02:00	24.5	14.5	14.5	3.2	0.0	0.0	0.0
03:00	23.9	12.7	12.7	2.9	0.0	0.0	0.0
04:00	23.4	12.1	12.1	2.8	0.0	0.0	0.0
05:00	23.0	10.7	10.7	2.6	0.0	0.0	0.0
06:00	22.6	18.3	18.3	3.4	0.0	0.0	0.0
07:00	23.0	21.3	21.3	3.9	0.0	0.0	0.0
08:00	24.6	28.4	28.4	6.0	0.0	0.0	0.0
09:00	26.0	27.6	27.6	6.0	0.0	0.0	0.0
10:00	27.0	32.2	32.2	8.0	0.0	0.0	0.0
11:00	27.6	36.2	36.2	9.9	0.0	0.0	0.0
12:00	28.0	38.6	38.6	11.3	0.0	0.0	0.0
13:00	28.0	31.8	31.8	8.3	0.0	0.0	0.0
14:00	27.2	26.8	26.8	6.2	0.0	0.0	0.0
15:00	22.0	22.6	22.6	4.2	0.0	0.0	0.0
16:00	28.0	27.0	27.0	6.5	0.0	0.0	0.0
17:00	27.8	34.6	34.6	9.3	0.0	0.0	0.0
18:00	26.9	36.0	36.0	9.6	0.0	0.0	0.0
19:00	26.0	33.4	33.4	8.1	0.0	0.0	0.0
20:00	25.2	32.2	32.2	7.4	0.0	0.0	0.0
21:00	26.0	30.1	30.1	6.8	0.0	0.0	0.0
22:00	24.0	28.6	28.6	5.7	0.0	0.0	0.0
23:00	23.0	24.8	24.8	4.4	0.0	0.0	0.0
<b>Total</b>		<b>620.7</b>	<b>620.7</b>	<b>145.4</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>

Πίνακας 7: Ωριαίες καταναλώσεις τερματικών στοιχείων για 1<sup>η</sup> Ιουλίου(VRF)



Σχήμα 5: Ωριαίες καταναλώσεις τερματικών στοιχείων για 1<sup>η</sup> Ιουλίου(VRF)

Hour	Ventilation Fan (kW)	Exhaust Fan (kW)	Terminal Fan (kW)	Vent. Reclaim Device (kW)	Lighting (kW)	Electric Equipment (kW)
00:00	0.5	0.3	0.7	0.2	2.3	4.8
01:00	0.5	0.3	0.7	0.2	0.5	1.7
02:00	0.5	0.3	0.7	0.0	0.5	1.7
03:00	0.5	0.3	0.7	0.0	0.5	1.7
04:00	0.5	0.3	0.7	0.0	0.5	1.7
05:00	0.5	0.3	0.7	0.0	0.5	1.7
06:00	0.5	0.3	0.7	0.0	1.0	8.6
07:00	0.5	0.3	0.7	0.0	1.2	9.0
08:00	0.5	0.3	0.7	0.0	1.7	9.8
09:00	0.5	0.3	0.7	0.2	1.9	7.1
10:00	0.5	0.3	0.7	0.2	2.1	7.5
11:00	0.5	0.3	0.7	0.2	2.3	8.6
12:00	0.5	0.3	0.7	0.2	2.3	10.2
13:00	0.5	0.3	0.7	0.2	1.4	9.3
14:00	0.5	0.3	0.7	0.2	1.2	6.7
15:00	0.5	0.3	0.7	0.0	1.0	4.7
16:00	0.5	0.3	0.7	0.2	1.2	5.2
17:00	0.5	0.3	0.7	0.2	2.1	8.2
18:00	0.5	0.3	0.7	0.2	2.3	10.2
19:00	0.5	0.3	0.7	0.2	2.3	11.0
20:00	0.5	0.3	0.7	0.2	2.3	10.3
21:00	0.5	0.3	0.7	0.2	2.3	8.6
22:00	0.5	0.3	0.7	0.0	2.3	7.2
23:00	0.5	0.3	0.7	0.0	2.3	5.6
<b>Total</b>	<b>11.6</b>	<b>7.7</b>	<b>16.2</b>	<b>2.8</b>	<b>37.8</b>	<b>161.1</b>

**Πίνακας 8: Ωριαίες Καταναλώσεις τερματικών εξαερισμού, φωτισμού και ηλεκτρικού εξοπλισμού για 1<sup>η</sup> Ιουλίου (VRF)**



### 6.3.3. Φορτία θέρμανσης και ψύξης για σύστημα κλιματισμού VRF

Τέλος, για το σύστημα VRF είναι πολύ σημαντικό να παρουσιαστεί ο πίνακας με τα συνολικά φορτία θέρμανσης και ψύξης που δημιουργούνται αναλυτικά από τα μέρη της εξωτερικής τοιχοποιίας, από τα διάφορα είδη φωτισμού που έχουν εγκατασταθεί στο κτίριο, από τις ηλεκτρικές συσκευές, από τα άτομα που χρησιμοποιούν τους χώρους της εγκατάστασης, τα φορτία αέρισμού και τέλος τα φορτία που καλύπτουν τερματικά του παρών συστήματος.

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Sep 1200			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 30.6 °C / 19.4 °C			HEATING OA DB / WB 1.1 °C / -1.8 °C		
		Sensible	Latent		Sensible	Latent
<b>ZONE LOADS</b>	<b>Details</b>	<b>(W)</b>	<b>(W)</b>	<b>Details</b>	<b>(W)</b>	<b>(W)</b>
Window & Skylight Solar Loads	195 m <sup>2</sup>	19187	-	195 m <sup>2</sup>	-	-
Wall Transmission	802 m <sup>2</sup>	1930	-	802 m <sup>2</sup>	6483	-
Roof Transmission	131 m <sup>2</sup>	321	-	131 m <sup>2</sup>	738	-
Window Transmission	195 m <sup>2</sup>	2194	-	195 m <sup>2</sup>	8067	-
Skylight Transmission	0 m <sup>2</sup>	0	-	0 m <sup>2</sup>	0	-
Door Loads	6 m <sup>2</sup>	48	-	6 m <sup>2</sup>	176	-
Floor Transmission	371 m <sup>2</sup>	0	-	371 m <sup>2</sup>	0	-
Partitions	0 m <sup>2</sup>	0	-	0 m <sup>2</sup>	0	-
Ceiling	0 m <sup>2</sup>	0	-	0 m <sup>2</sup>	0	-
Overhead Lighting	2278 W	1960	-	0	0	-
Task Lighting	70 W	63	-	0	0	-
Electric Equipment	10180 W	9453	-	0	0	-
People	178	10323	8854	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
<b>&gt;&gt; Total Zone Loads</b>	<b>-</b>	<b>45480</b>	<b>8854</b>	<b>-</b>	<b>15465</b>	<b>0</b>
Zone Conditioning	-	44028	8854	-	15255	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Exhaust Fan Load	700 L/s	323	-	700 L/s	-323	-
Ventilation Load	700 L/s	2395	1517	700 L/s	16826	0
Ventilation Fan Load	700 L/s	484	-	700 L/s	-484	-
Space Fan Coil Fans	-	674	-	-	-674	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
<b>&gt;&gt; Total System Loads</b>	<b>-</b>	<b>47903</b>	<b>10371</b>	<b>-</b>	<b>30600</b>	<b>0</b>
Cooling Coil	-	13801	3719	-	0	0
Heating Coil	-	0	-	-	0	-
Terminal Unit Cooling	-	34103	6646	-	0	0
Terminal Unit Heating	-	0	-	-	30604	-
<b>&gt;&gt; Total Conditioning</b>	<b>-</b>	<b>47903</b>	<b>10365</b>	<b>-</b>	<b>30604</b>	<b>0</b>
<b>Key:</b>	<b>Positive values are clg loads</b>			<b>Positive values are htg loads</b>		
	<b>Negative values are htg loads</b>			<b>Negative values are clg loads</b>		

Πίνακας 9: Συνολικά Φορτία Ψύξης και Θέρμανσης (VRF)

## 6.4 Προσομοίωση Συστήματος Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας

### 6.4.1 Προσομοίωση – Κατανάλωση του συστήματος της Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας

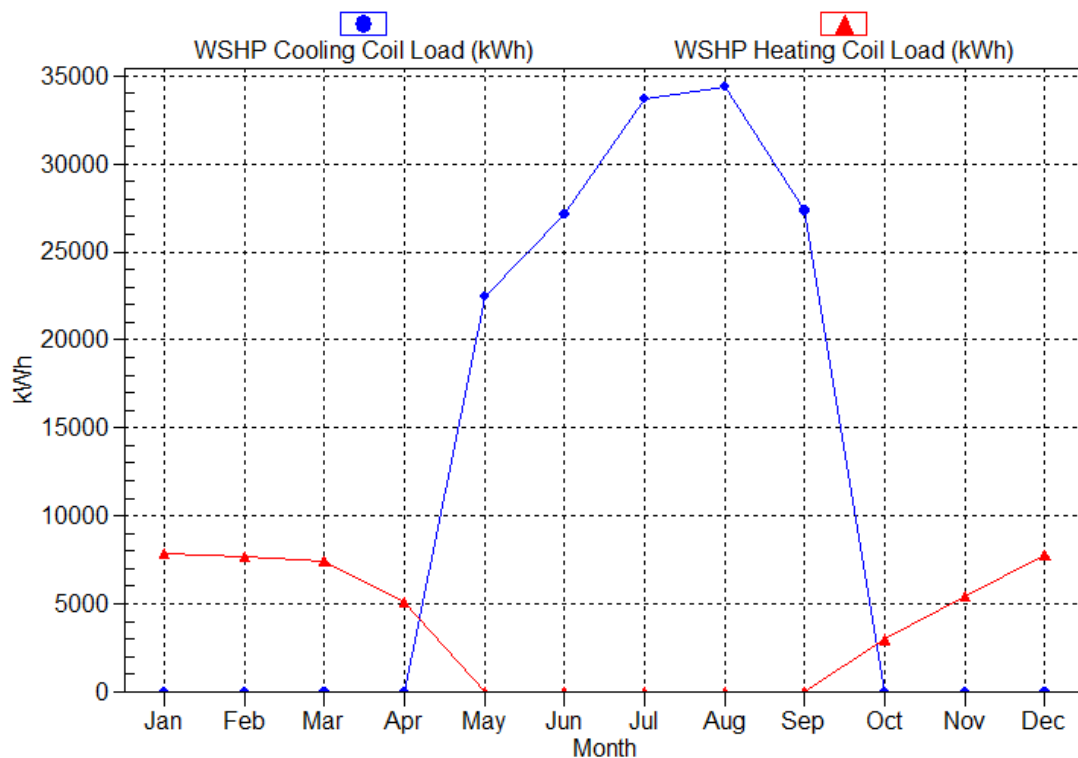
Η ίδια ακριβώς σειρά προσομοιώσεων πραγματοποιείται και για το σύστημα της γεωθερμίας έτσι ώστε να μπορέσει ο μελετητής να υλοποιήσει την σύγκριση. Αναλυτικά, και εδώ παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις των στοιχείων της Γ.Α.Θ, ωριαία προσομοίωση για τις ίδιες μέρες που πραγματοποιήθηκε και στο σύστημα VRF και τα συνολικά φορτία θέρμανσης και ψύξης.

Month	WSHP Cooling Coil Load (kWh)	WSHP Eqpt Cooling Load (kWh)	WSHP Clg Compressor (kWh)	WSHP Heating Coil Load (kWh)	WSHP Eqpt Heating Load (kWh)	WSHP Htg Compressor (kWh)	WSHP Aux Htg Load (kWh)
January	0	0	0	7846	7846	2172	0
February	0	0	0	7667	7667	2107	0
March	0	0	0	7440	7440	2068	0
April	0	0	0	5103	5103	1446	0
May	22474	22463	4825	0	0	0	0
June	27113	27110	5728	0	0	0	0
July	33690	33639	6990	0	0	0	0
August	34364	34261	7105	9	0	0	0
September	27337	27319	5761	9	0	0	0
October	0	0	0	2972	2972	863	0
November	0	0	0	5452	5452	1541	0
December	0	0	0	7766	7766	2149	0
<b>Total</b>	<b>144978</b>	<b>144791</b>	<b>30409</b>	<b>44264</b>	<b>44246</b>	<b>12347</b>	<b>0</b>

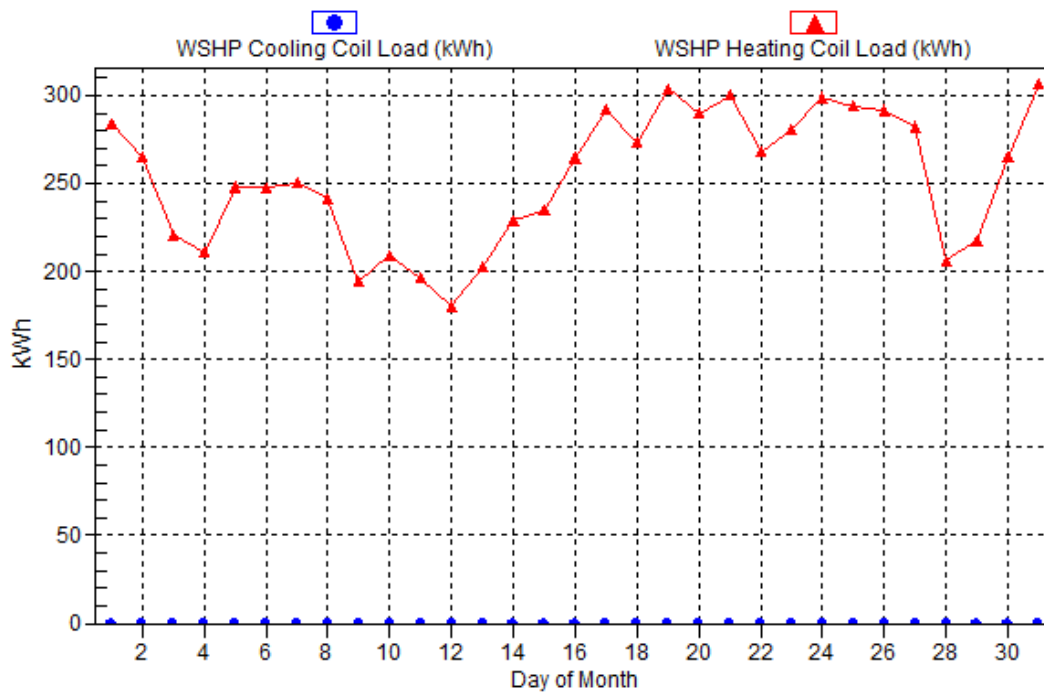
Πίνακας 10: Μηνιαίες καταναλώσεις στοιχείων Γ.Α.Θ.

Month	WSHP Aux Htg Input (kWh)	Humidifier Load (kg)	Humidifier Input (kWh)	Ventilation Fan (kWh)	Exhaust Fan (kWh)	Terminal Fan (kWh)	Vent. Reclaim Device (kWh)
January	0	1874	937	332	222	447	0
February	0	2130	1065	300	200	403	0
March	0	1499	750	332	222	447	0
April	0	861	430	321	214	432	0
May	0	253	127	332	222	447	0
June	0	63	31	321	214	432	0
July	0	4	2	332	222	447	0
August	0	0	0	332	222	447	0
September	0	18	9	321	214	432	0
October	0	78	39	332	222	447	0
November	0	511	255	321	214	432	0
December	0	1874	937	332	222	447	0
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>9163</b>	<b>4581</b>	<b>3908</b>	<b>2609</b>	<b>5259</b>	<b>0</b>

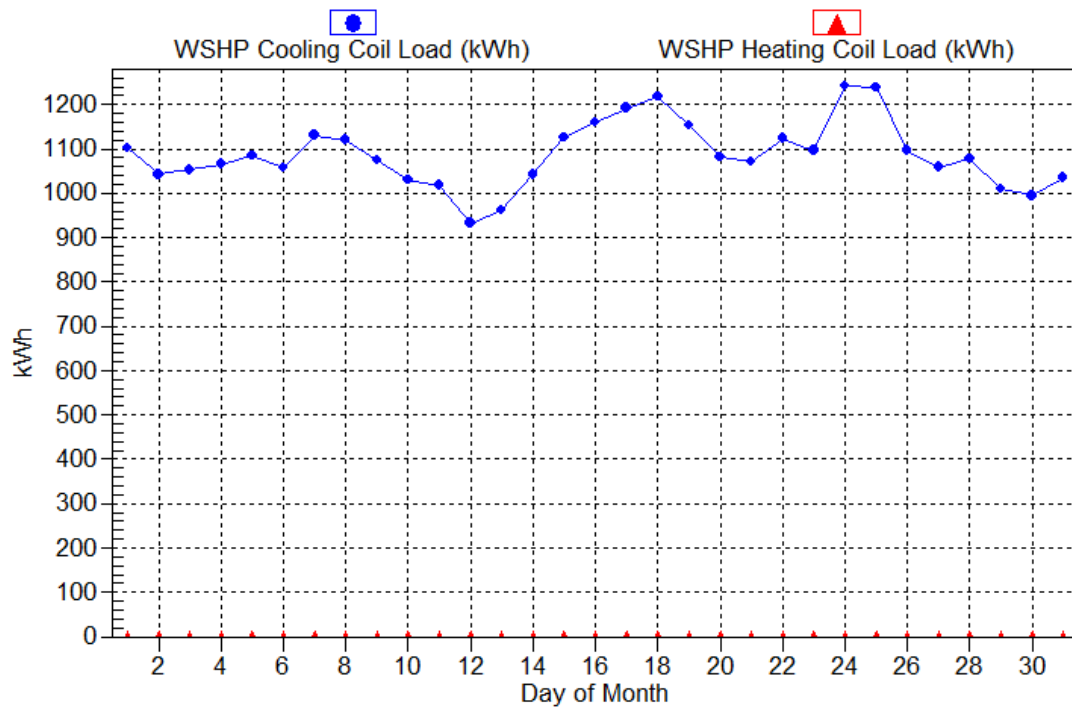
Πίνακας 11: Μηνιαίες καταναλώσεις στοιχείων Γ.Α.Θ. και στοιχείων αερισμού



Σχήμα 6: Μηνιαίες καταναλώσεις στοιχείων Γ.Α.Θ. για θέρμανση και ψύξη



Σχήμα 7: Ημερήσιες καταναλώσεις για θέρμανση τον μήνα Ιανουάριο (Γ.Α.Θ.)



Σχήμα 8: Ημερήσιες καταναλώσεις για ψύξη τον μήνα Ιούλιο (Γ.Α.Θ.)

#### 6.4.2 Ωριαία προσομοίωση κατανάλωσης ρεύματος για συγκεκριμένες μέρες

Hour	Dry-Bulb Temp (°C)	WSHP Cooling Coil Load (kW)	WSHP Eqpt Cooling Load (kW)	WSHP Clg Compressor (kW)	WSHP Heating Coil Load (kW)	WSHP Eqpt Heating Load (kW)	WSHP Htg Compressor (kW)
00:00	26.3	41.8	41.8	8.8	0.0	0.0	0.0
01:00	25.4	27.3	27.3	6.0	0.0	0.0	0.0
02:00	24.5	27.2	27.2	5.9	0.0	0.0	0.0
03:00	23.9	26.2	26.2	5.8	0.0	0.0	0.0
04:00	23.4	25.4	25.4	5.6	0.0	0.0	0.0
05:00	23.0	24.3	24.3	5.4	0.0	0.0	0.0
06:00	22.6	36.7	36.7	7.8	0.0	0.0	0.0
07:00	23.0	40.0	40.0	8.5	0.0	0.0	0.0
08:00	24.6	48.4	48.4	10.1	0.0	0.0	0.0
09:00	26.0	49.8	49.8	10.3	0.0	0.0	0.0
10:00	27.0	57.4	57.4	11.7	0.0	0.0	0.0
11:00	27.6	61.1	61.1	12.3	0.0	0.0	0.0
12:00	28.0	61.9	61.9	12.5	0.0	0.0	0.0
13:00	28.0	56.7	56.7	11.6	0.0	0.0	0.0
14:00	27.2	52.4	52.4	10.8	0.0	0.0	0.0
15:00	22.0	42.9	42.9	9.0	0.0	0.0	0.0
16:00	28.0	49.0	49.0	10.2	0.0	0.0	0.0
17:00	27.8	56.9	56.9	11.6	0.0	0.0	0.0
18:00	26.9	57.0	57.0	11.6	0.0	0.0	0.0
19:00	26.0	56.2	56.2	11.5	0.0	0.0	0.0
20:00	25.2	51.4	51.4	10.6	0.0	0.0	0.0
21:00	26.0	51.2	51.2	10.6	0.0	0.0	0.0
22:00	24.0	51.2	51.2	10.6	0.0	0.0	0.0
23:00	23.0	49.3	49.3	10.2	0.0	0.0	0.0
<b>Total</b>		<b>1101.7</b>	<b>1101.7</b>	<b>228.9</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>

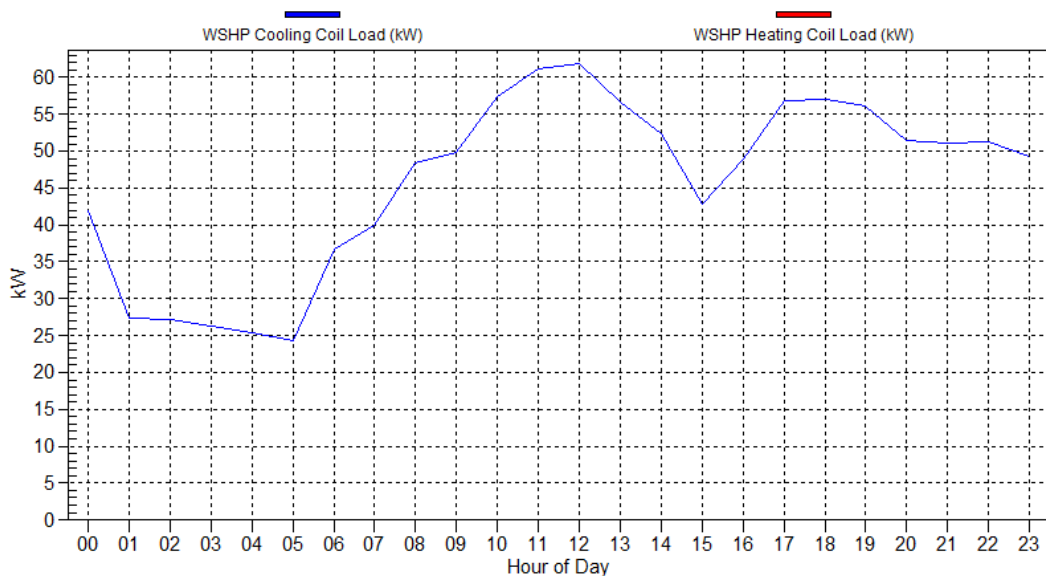
Πίνακας 12: Ωριαίες καταναλώσεις στοιχείων για 1<sup>η</sup> Ιουλίου (Γ.Α.Θ.)

Hour	Dry-Bulb Temp (°C)	WSHP Aux Htg Load (kW)	WSHP Aux Htg Input (kW)	Humidifier Load (kg/s)	Humidifier Input (kW)	Ventilation Fan (kW)	Exhaust Fan (kW)
00:00	26.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3
01:00	25.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2
02:00	24.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2
03:00	23.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2
04:00	23.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2
05:00	23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2
06:00	22.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3
07:00	23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3
08:00	24.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3
09:00	26.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3
10:00	27.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3
11:00	27.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3
12:00	28.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3
13:00	28.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3
14:00	27.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3
15:00	22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3
16:00	28.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3
17:00	27.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3
18:00	26.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3
19:00	26.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3
20:00	25.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3
21:00	26.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3
22:00	24.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3
23:00	23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3
Total		0.0	0.0	0.0	0.0	10.7	7.1

Πίνακας 13: Ωριαίες καταναλώσεις στοιχείων Γ.Α.Θ. και στοιχείων αερισμού για 1<sup>η</sup> Ιουλίου

Hour	Dry-Bulb Temp (°C)	Terminal Fan (kW)	Vent. Reclaim Device (kW)	WSHP Loop Water Pump (kW)	Lighting (kW)	Electric Equipment (kW)
00:00	26.3	0.6	0.0	1.1	2.3	4.8
01:00	25.4	0.6	0.0	1.1	0.5	1.7
02:00	24.5	0.6	0.0	1.1	0.5	1.7
03:00	23.9	0.6	0.0	1.1	0.5	1.7
04:00	23.4	0.6	0.0	1.1	0.5	1.7
05:00	23.0	0.6	0.0	1.1	0.5	1.7
06:00	22.6	0.6	0.0	1.1	1.0	8.6
07:00	23.0	0.6	0.0	1.1	1.2	9.0
08:00	24.6	0.6	0.0	1.1	1.7	9.8
09:00	26.0	0.6	0.0	1.1	1.9	7.1
10:00	27.0	0.6	0.0	1.1	2.1	7.5
11:00	27.6	0.6	0.0	1.1	2.3	8.6
12:00	28.0	0.6	0.0	1.1	2.3	10.2
13:00	28.0	0.6	0.0	1.1	1.4	9.3
14:00	27.2	0.6	0.0	1.1	1.2	6.7
15:00	22.0	0.6	0.0	1.1	1.0	4.7
16:00	28.0	0.6	0.0	1.1	1.2	5.2
17:00	27.8	0.6	0.0	1.1	2.1	8.2
18:00	26.9	0.6	0.0	1.1	2.3	10.2
19:00	26.0	0.6	0.0	1.1	2.3	11.0
20:00	25.2	0.6	0.0	1.1	2.3	10.3
21:00	26.0	0.6	0.0	1.1	2.3	8.6
22:00	24.0	0.6	0.0	1.1	2.3	7.2
23:00	23.0	0.6	0.0	1.1	2.3	5.6
Total		14.4	0.0	25.3	37.8	161.1

Πίνακας 14: Ωριαίες καταναλώσεις στοιχείων Γ.Α.Θ., στοιχείων αερισμού, φωτισμού και ηλεκτρικού εξοπλισμού για 1<sup>η</sup> Ιουλίου



Σχήμα 9: Ωριαίες καταναλώσεις στοιχείων για ψύξη 1<sup>η</sup> Ιουλίου(Γ.Α.Θ.)

Hour	Dry-Bulb Temp (°C)	WSHP Cooling Coil Load (kW)	WSHP Eqpt Cooling Load (kW)	WSHP Clg Compressor (kW)	WSHP Heating Coil Load (kW)	WSHP Eqpt Heating Load (kW)	WSHP Htg Compressor (kW)
00:00	9.8	0.0	0.0	0.0	12.4	12.4	3.4
01:00	9.5	0.0	0.0	0.0	8.0	8.0	2.3
02:00	9.2	0.0	0.0	0.0	8.2	8.2	2.3
03:00	9.0	0.0	0.0	0.0	8.3	8.3	2.4
04:00	8.9	0.0	0.0	0.0	8.4	8.4	2.4
05:00	8.8	0.0	0.0	0.0	8.4	8.4	2.4
06:00	8.7	0.0	0.0	0.0	12.4	12.4	3.4
07:00	8.8	0.0	0.0	0.0	13.2	13.2	3.6
08:00	8.8	0.0	0.0	0.0	13.2	13.2	3.6
09:00	8.9	0.0	0.0	0.0	13.1	13.1	3.6
10:00	9.1	0.0	0.0	0.0	12.9	12.9	3.5
11:00	9.2	0.0	0.0	0.0	12.8	12.8	3.5
12:00	9.5	0.0	0.0	0.0	12.6	12.6	3.4
13:00	9.9	0.0	0.0	0.0	12.3	12.3	3.4
14:00	10.2	0.0	0.0	0.0	12.0	12.0	3.3
15:00	10.1	0.0	0.0	0.0	11.3	11.3	3.1
16:00	9.9	0.0	0.0	0.0	12.3	12.3	3.4
17:00	9.8	0.0	0.0	0.0	12.4	12.4	3.4
18:00	9.4	0.0	0.0	0.0	12.7	12.7	3.5
19:00	9.0	0.0	0.0	0.0	13.0	13.0	3.5
20:00	8.6	0.0	0.0	0.0	13.3	13.3	3.6
21:00	8.4	0.0	0.0	0.0	13.5	13.5	3.7
22:00	8.3	0.0	0.0	0.0	13.6	13.6	3.7
23:00	8.1	0.0	0.0	0.0	13.8	13.8	3.7
<b>Total</b>		<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>284.0</b>	<b>284.0</b>	<b>78.0</b>

Πίνακας 15: Ωριαίες καταναλώσεις στοιχείων για 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου (Γ.Α.Θ.)

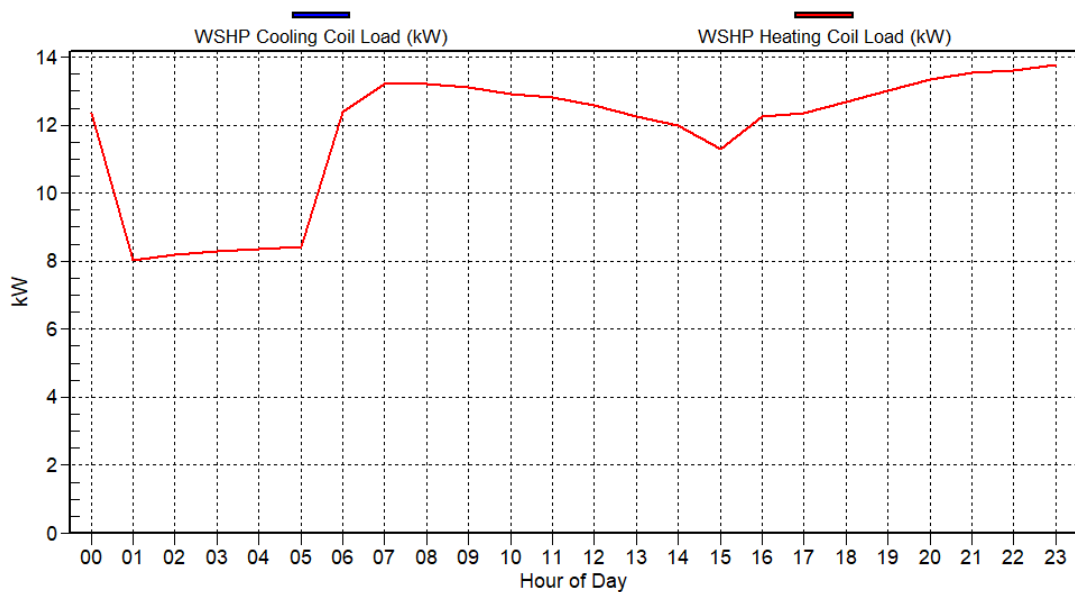


Hour	Dry-Bulb Temp (°C)	WSHP Aux Htg Load (kW)	WSHP Aux Htg Input (kW)	Humidifier Load (kg/s)	Humidifier Input (kW)	Ventilation Fan (kW)	Exhaust Fan (kW)
00:00	9.8	0.0	0.0	0.0	0.6	0.5	0.3
01:00	9.5	0.0	0.0	0.0	0.9	0.3	0.2
02:00	9.2	0.0	0.0	0.0	1.3	0.3	0.2
03:00	9.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.3	0.2
04:00	8.9	0.0	0.0	0.0	1.6	0.3	0.2
05:00	8.8	0.0	0.0	0.0	1.6	0.3	0.2
06:00	8.7	0.0	0.0	0.0	2.4	0.5	0.3
07:00	8.8	0.0	0.0	0.0	2.4	0.5	0.3
08:00	8.8	0.0	0.0	0.0	2.4	0.5	0.3
09:00	8.9	0.0	0.0	0.0	2.2	0.5	0.3
10:00	9.1	0.0	0.0	0.0	2.0	0.5	0.3
11:00	9.2	0.0	0.0	0.0	1.8	0.5	0.3
12:00	9.5	0.0	0.0	0.0	1.8	0.5	0.3
13:00	9.9	0.0	0.0	0.0	1.8	0.5	0.3
14:00	10.2	0.0	0.0	0.0	1.8	0.5	0.3
15:00	10.1	0.0	0.0	0.0	1.7	0.5	0.3
16:00	9.9	0.0	0.0	0.0	1.9	0.5	0.3
17:00	9.8	0.0	0.0	0.0	2.0	0.5	0.3
18:00	9.4	0.0	0.0	0.0	2.0	0.5	0.3
19:00	9.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.5	0.3
20:00	8.6	0.0	0.0	0.0	1.9	0.5	0.3
21:00	8.4	0.0	0.0	0.0	1.9	0.5	0.3
22:00	8.3	0.0	0.0	0.0	1.9	0.5	0.3
23:00	8.1	0.0	0.0	0.0	1.9	0.5	0.3
<b>Total</b>		<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>43.4</b>	<b>10.7</b>	<b>7.1</b>

Πίνακας 16: Ωριαίες καταναλώσεις στοιχείων Γ.Α.Θ. και στοιχείων αερισμού για 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου

Hour	Dry-Bulb Temp (°C)	Terminal Fan (kW)	Vent. Reclaim Device (kW)	WSHP Loop Water Pump (kW)	Lighting (kW)	Electric Equipment (kW)
00:00	9.8	0.6	0.0	1.1	2.3	4.8
01:00	9.5	0.6	0.0	1.1	0.5	1.7
02:00	9.2	0.6	0.0	1.1	0.5	1.7
03:00	9.0	0.6	0.0	1.1	0.5	1.7
04:00	8.9	0.6	0.0	1.1	0.5	1.7
05:00	8.8	0.6	0.0	1.1	0.5	1.7
06:00	8.7	0.6	0.0	1.1	1.0	8.6
07:00	8.8	0.6	0.0	1.1	1.2	9.0
08:00	8.8	0.6	0.0	1.1	1.7	9.8
09:00	8.9	0.6	0.0	1.1	1.9	7.1
10:00	9.1	0.6	0.0	1.1	2.1	7.5
11:00	9.2	0.6	0.0	1.1	2.3	8.6
12:00	9.5	0.6	0.0	1.1	2.3	10.2
13:00	9.9	0.6	0.0	1.1	1.4	9.3
14:00	10.2	0.6	0.0	1.1	1.2	6.7
15:00	10.1	0.6	0.0	1.1	1.0	4.7
16:00	9.9	0.6	0.0	1.1	1.2	5.2
17:00	9.8	0.6	0.0	1.1	2.1	8.2
18:00	9.4	0.6	0.0	1.1	2.3	10.2
19:00	9.0	0.6	0.0	1.1	2.3	11.0
20:00	8.6	0.6	0.0	1.1	2.3	10.3
21:00	8.4	0.6	0.0	1.1	2.3	8.6
22:00	8.3	0.6	0.0	1.1	2.3	7.2
23:00	8.1	0.6	0.0	1.1	2.3	5.6
Total		14.4	0.0	25.3	37.8	161.1

Πίνακας 17: Ωριαίες καταναλώσεις στοιχείων Γ.Α.Θ., στοιχείων αερισμού, φωτισμού και ηλεκτρικού εξοπλισμού για 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου



Σχήμα 10: Ωριαίες καταναλώσεις στοιχείων για θέρμανση 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου (Γ.Α.Θ.)

### 6.4.3 Φορτία θέρμανσης και ψύξης για σύστημα κλιματισμού Γ.Α.Θ.

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Sep 1200			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 30.6 °C / 19.4 °C			HEATING OA DB / WB 1.1 °C / -1.8 °C		
		Sensible	Latent		Sensible	Latent
<b>ZONE LOADS</b>	<b>Details</b>	<b>(W)</b>	<b>(W)</b>	<b>Details</b>	<b>(W)</b>	<b>(W)</b>
Window & Skylight Solar Loads	195 m <sup>2</sup>	19187	-	195 m <sup>2</sup>	-	-
Wall Transmission	802 m <sup>2</sup>	1930	-	802 m <sup>2</sup>	6483	-
Roof Transmission	131 m <sup>2</sup>	321	-	131 m <sup>2</sup>	738	-
Window Transmission	195 m <sup>2</sup>	2194	-	195 m <sup>2</sup>	8067	-
Skylight Transmission	0 m <sup>2</sup>	0	-	0 m <sup>2</sup>	0	-
Door Loads	6 m <sup>2</sup>	48	-	6 m <sup>2</sup>	176	-
Floor Transmission	371 m <sup>2</sup>	0	-	371 m <sup>2</sup>	0	-
Partitions	0 m <sup>2</sup>	0	-	0 m <sup>2</sup>	0	-
Ceiling	0 m <sup>2</sup>	0	-	0 m <sup>2</sup>	0	-
Overhead Lighting	2278 W	1960	-	0	0	-
Task Lighting	70 W	63	-	0	0	-
Electric Equipment	10180 W	9453	-	0	0	-
People	178	10323	8854	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
<b>&gt;&gt; Total Zone Loads</b>	<b>-</b>	<b>45480</b>	<b>8854</b>	<b>-</b>	<b>15465</b>	<b>0</b>
Zone Conditioning	-	43823	8854	-	15332	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Exhaust Fan Load	700 L/s	323	-	700 L/s	-323	-
Ventilation Load	700 L/s	4783	3404	700 L/s	17074	7851
Ventilation Fan Load	700 L/s	484	-	700 L/s	-484	-
Space Fan Coil Fans	-	600	-	-	-600	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
<b>&gt;&gt; Total System Loads</b>	<b>-</b>	<b>50013</b>	<b>12258</b>	<b>-</b>	<b>30999</b>	<b>7851</b>
Cooling Coil	-	0	0	-	0	0
Heating Coil	-	0	-	-	19676	-
Terminal Unit Cooling	-	50013	12254	-	0	0
Terminal Unit Heating	-	0	-	-	11323	-
Humidification Load	-	-	0	-	-	7851
<b>&gt;&gt; Total Conditioning</b>	<b>-</b>	<b>50013</b>	<b>12254</b>	<b>-</b>	<b>30999</b>	<b>7851</b>
<b>Key:</b>	<b>Positive values are clg loads</b>			<b>Positive values are htg loads</b>		
	<b>Negative values are htg loads</b>			<b>Negative values are clg loads</b>		

Πίνακας 18: Συνολικά Φορτία Ψύξης και Θέρμανσης (Γ.Α.Θ)

## 6.5 Προσομοίωση - Ετήσιο Κόστος με βάση την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας

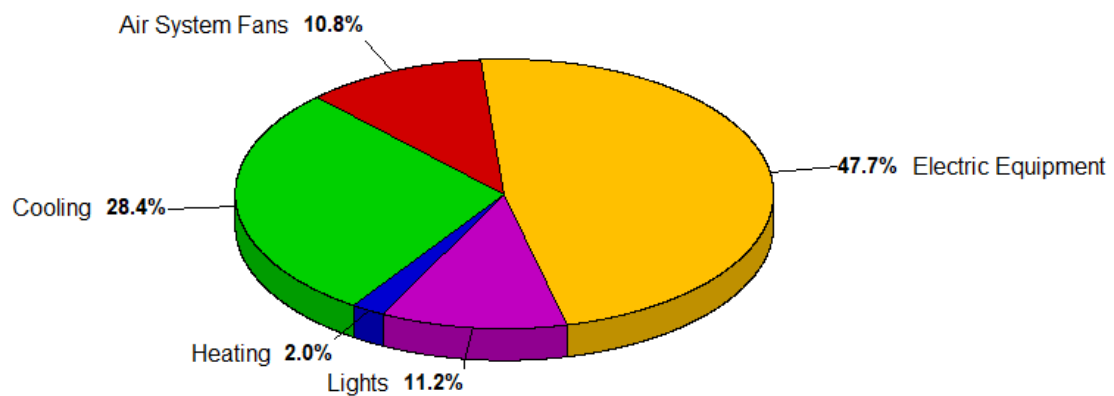
Σε αυτή την παράγραφο, γίνεται η τρίτη και η τελική προσομοίωση και αφορά το ετήσιο κόστος που εμπρόκειτο να δαπανηθεί κάνοντας χρήση αυτών των δύο συστημάτων. Το πρόγραμμα επίσης παρουσιάζει και τα χρήματα που πρέπει να διαθέσει ο πελάτης για την κατανάλωση της ενέργειας από τις ηλεκτρικές συσκευές και από τον φωτισμό του κτιρίου δίνοντας έτσι την δυνατότητα σε μελετητή και πελάτη να κάνει τον απαραίτητο προϋπολογισμό για ένα τέτοιο έργο. Έτσι θα γίνει η προσομοίωση και για τα δύο συστήματα και θα πραγματοποιηθεί επιμέρους σύγκριση δίνοντας έτσι στο χρήστη την ολοκληρωμένη εικόνα για το ποιο σύστημα θα επιλέξει.

### 6.5.1 Ετήσιο κόστος λειτουργίας συστήματος VRF

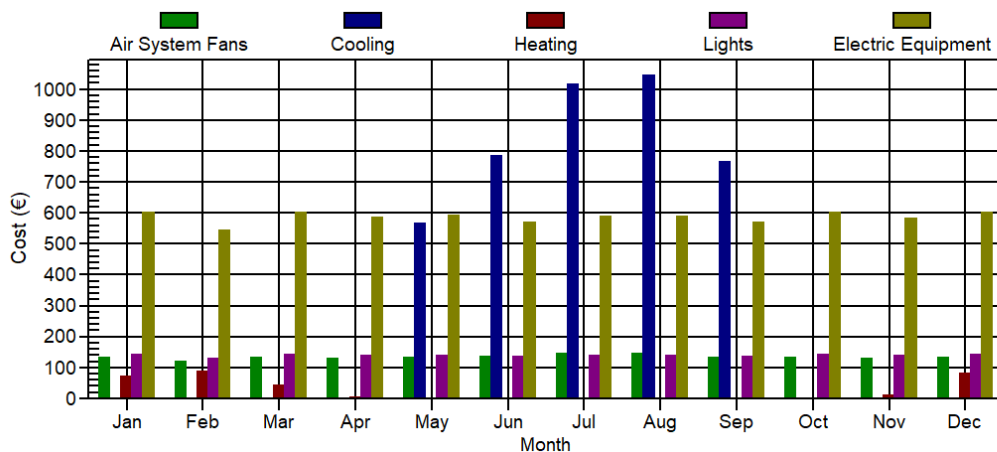
Αναλυτικά εδώ γίνεται λόγος για τα ετήσια κόστη που καταναλώνουν τα στοιχεία του συστήματος VRF που προκαλούν τον αερισμό – εξαερισμό, τα στοιχεία που προκαλούν την θέρμανση και την ψύξη (HVACστοιχεία)και τα στοιχεία που δεν αφορούν το παρών σύστημα αλλά είναι εγκατεστημένα στο κτίριο και δεν είναι άλλα από τον φωτισμό και τον ηλεκτρικό εξοπλισμό (non-HVACστοιχεία). Γίνεται εύκολα αντίληπτο ότι στο τελικό κόστος τα non – HVACστοιχεία παραμένουν αμετάβλητα και για τα δύο συστήματα που εξετάζονται. Στη συνέχεια παρουσιάζονται κάποια σχηματικά διαγράμματα όπου αναλύουν τα παραπάνω αποτελέσματα και αποσκοπούν στην καλύτερη κατανόηση τους.

Component	HOTEL with VRF System (€)	HOTEL with VRF System (€/m <sup>2</sup> )	HOTEL with VRF System (%)
Air System Fans	1,591	1.883	10.8
Cooling	4,176	4.943	28.4
Heating	591	0.699	2.0
Pumps	0	0.000	0.0
Heat Rejection Fans	0	0.000	0.0
<b>HVAC Sub-Total</b>	<b>6,358</b>	<b>7.525</b>	<b>41.2</b>
Lights	1,647	1.950	11.2
Electric Equipment	7,014	8.303	47.7
Misc. Electric	0	0.000	0.0
Misc. Fuel Use	0	0.000	0.0
<b>Non-HVAC Sub-Total</b>	<b>8,661</b>	<b>10.253</b>	<b>58.8</b>
<b>Grand Total</b>	<b>15,019</b>	<b>17.778</b>	<b>100.0</b>

Πίνακας 19: Ετήσια Κόστη (VRF)

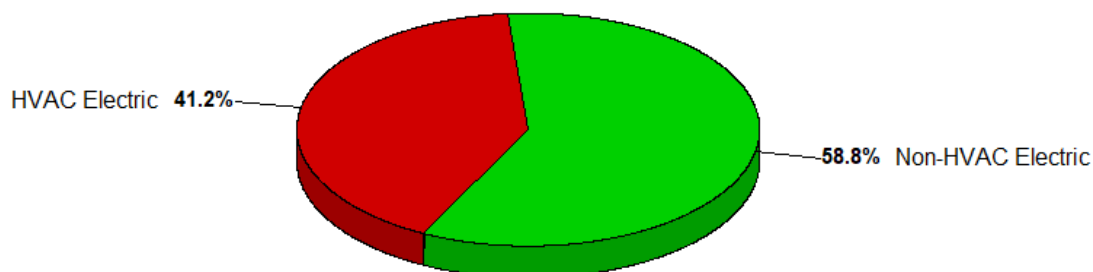


Σχήμα 11: Απεικόνιση ποσοστιαίου ετήσιου κόστους σε γράφημα(VRF)



Σχήμα 12: Απεικόνιση κόστους ανά μήνα (VRF)

Εντύπωση μπορεί να προκαλέσει σε κάποιον το γεγονός ότι τα κόστη και συνεπώς και τα ποσοστά σε θέρμανση και ψύξη διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους με εκείνα της θέρμανσης να είναι αισθητά μειωμένα. Το γεγονός αυτής της μεγάλης διαφοράς οφείλεται κυρίως στον φωτισμό και τον ηλεκτρικό εξοπλισμό που όπως μπορεί να παρατηρήσει κανείς δεσμεύει ένα μεγάλο κομμάτι της πίτας. Αυτά τα non – HVAC στοιχεία παράγουν σημαντικά ποσά θερμικών φορτίων κατά τη διάρκεια της ημέρας και σε συνδυασμό με τα άτομα που χρησιμοποιούν την ξενοδοχειακή μονάδα είτε αυτά είναι πελάτες, είτε είναι προσωπικό αυξάνουν σε μεγάλο βαθμό την θερμοκρασία στο εσωτερικό του κτιρίου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην χρειάζονται μεγάλα ποσά θέρμανσης κατά τους χειμερινούς μήνες και συνεπώς τα κόστη να είναι χαμηλά. Δεν πρέπει να παραληφθεί ότι σημαντικό ρόλο παίζουν και τα κλιματολογικά δεδομένα που επικρατούν στην πόλη του Βόλου όπου χαρακτηρίζεται από ήπιους θερμοκρασιακά χειμώνες και ζεστά και ξηρά καλοκαίρια.



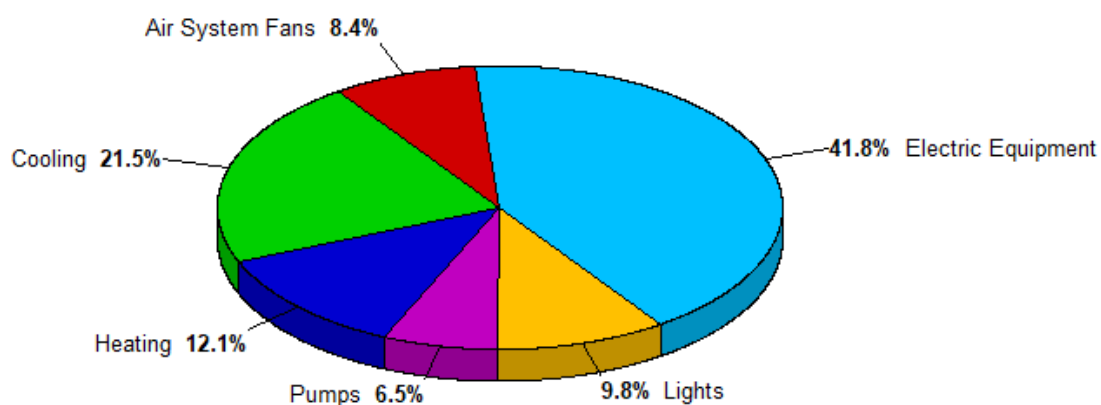
Σχήμα 13: Ποσοστά HVAC & Non HVAC καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας(VRF)

### 6.5.2 Ετήσιο κόστος λειτουργίας συστήματος Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας

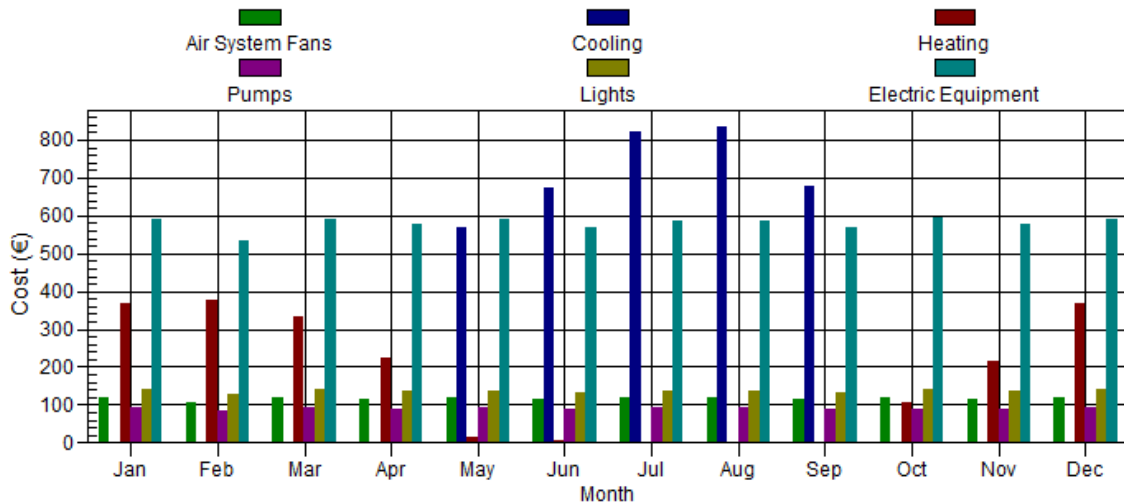
Σε αυτό το σημείο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα με τα αντίστοιχα ετήσια ενεργειακά κόστη για το σύστημα της Γ.Α.Θ.

Component	HOTEL with GEOTHERMAL HEAT PUMP system (€)	HOTEL with GEOTHERMAL HEAT PUMP system (€/m <sup>2</sup> )	HOTEL with GEOTHERMAL HEAT PUMP system (%)
Air System Fans	1,396	1.652	8.4
Cooling	3,584	4.242	21.5
Heating	2,012	2.382	12.1
Pumps	1,088	1.288	6.5
Heat Rejection Fans	0	0.000	0.0
<b>HVAC Sub-Total</b>	<b>8,079</b>	<b>9.563</b>	<b>48.4</b>
Lights	1,636	1.937	9.8
Electric Equipment	6,967	8.247	41.8
Misc. Electric	0	0.000	0.0
Misc. Fuel Use	0	0.000	0.0
<b>Non-HVAC Sub-Total</b>	<b>8,603</b>	<b>10.184</b>	<b>51.6</b>
<b>Grand Total</b>	<b>16,682</b>	<b>19.747</b>	<b>100.0</b>

Πίνακας 20: Ετήσια Κόστη (Γ.Α.Θ.)



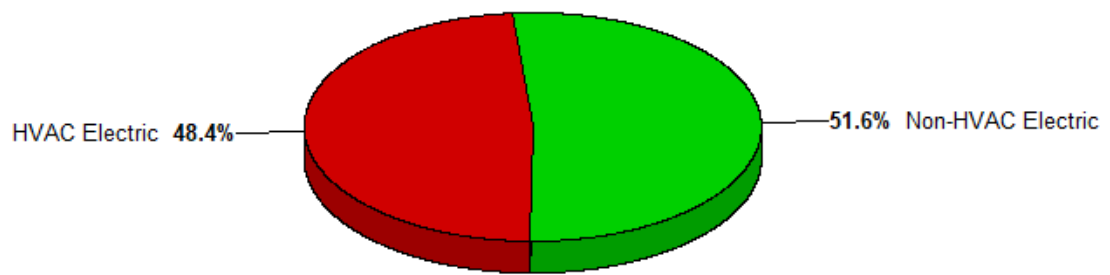
Σχήμα 14: Απεικόνιση ποσοστιαίου ετήσιου κόστους σε γράφημα(Γ.Α.Θ.)



Σχήμα 15: Απεικόνιση κόστους ανά μήνα (Γ.Α.Θ.)

Έχοντας παρατηρήσει τα ενεργειακά κόστη για το σύστημα VRF μπορεί κανείς να παρατηρήσει ότι έχουμε μια αισθητή αύξηση των τιμών στην κατανάλωση των στοιχείων του αερισμού και της ψύξης σε αυτό του συστήματος της Γ.Α.Θ. Τα 1088€ που εμφανίζονται στο σημείο των αντλιών αφορούν την αντλία θερμότητας που μεταφέρει θερμότητα για λόγους κλιματισμού και αερισμού. Επομένως για να μην δημιουργηθεί συγχυσή στη σύγκριση των δύο συστημάτων αυτό το ποσό διανέμεται στις τρεις παραπάνω κατηγορίες. Επομένως ουσιαστικά η μόνη σημαντική διαφορά που εντοπίζεται είναι στη θέρμανση. Η αύξηση αυτής της τιμής οφείλεται στο ότι στο σύστημα VRF τοποθετούνται εναλλάκτες στην περιοχή των τερματικών στοιχείων με αποτέλεσμα ένα μέρος του ήδη κλιματισμένου αέρα που υπάρχει στον χώρο αντί να εκτονωθεί στο περιβάλλον για να εισέλθει ο νωπός αέρας κλιματισμένος, εισέρχεται και πάλι στο σύστημα και έτσι η διαφορά θερμοκρασίας που πρέπει να επιτευχθεί για να εισχωρήσει ξάνα στους χώρους του κτιρίου είναι πολύ μικρότερη.. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να απαιτούνται μικρότερα ποσά ενέργειας γεγονός που αντικατοπτρίζεται στα εικονιζόμενα κόστη. Στην αντίπερα όχθη, η γεωθερμική αντλία θερμότητας έχει να επεξεργαστεί μια σχεδόν σταθερή θερμοκρασία του εδάφους και δεν έχει την παραπάνω δυνατότητα.





Σχήμα 16: Ποσοστά HVAC & Non HVAC καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας(Γ.Α.Θ.)

## Κεφάλαιο 7 Σύγκριση και συμπεράσματα

Ολοκληρώνοντας και τις τρεις προσομοιώσεις για το κάθε σύστημα, οι οποίες είναι αλληλένδετες μεταξύ τους ο μελέτητης έχει ολοκληρώσει την μελέτη – ανάλυση για παροχή κλιματισμού και αερισμού στο κτίριο του. Στόχος είναι η παροχή της καλύτερης και αποδοτικότερης επιλογής ανάμεσα στο σύστημα κλιματισμού με ψυκτικό υγρό μεταβλητού όγκου VRF και το σύστημα κλιματισμού με χρήση της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας. Ο αερισμός που τοποθετήθηκε και στα δύο αυτά συστήματα είναι τύπου κεντρικής κλιματιστικής μονάδας τύπου DOAS και τα συμπεράσματα που εξάγουμε είναι τα εξής. Βασικό κριτήριο για την απόφαση αυτή είναι η τρίτη προσομοίωση, που έγινε στο αμέσως προηγούμενο κεφάλαιο και είναι προφανώς αποτέλεσμα των άλλων δύο και δεν είναι άλλη από την οικονομική σύγκριση των κλιματιστικών μονάδων. Αναλυτικότερα, τα χρήματα που πρέπει να διαθέσει ο πελάτης για να λειτουργήσει την υπάρχον ξενοδοχειακή μονάδα για ένα χρόνο με σύστημα τύπου VRF ανέρχεται στο ποσό των 15,019€ ενώ με το σύστημα της Γ.Α.Θ. 16,682€. Η διαφορά των δύο συστημάτων δεν είναι μεγάλη, η λύση όμως με το σύστημα VRF είναι λίγο οικονομικότερη για λόγους που εξηγήσαμε προηγουμένως. Για να προβεί όμως ο πελάτης σε μια τέτοια απόφαση πρέπει να αναλόγιστεί και τρεις ακόμα παραμέτρους.

Πρώτον, το κόστος εγκατάστασης. Στην Γ.Α.Θ. το συγκεκριμένο κόστος είναι πολύ μεγαλύτερο σε σχέση με το VRF σύστημα λόγω των γεωτρήσεων που πρέπει να γίνουν σε σεβαστό βάθος, των κυκλοφοριτών νερού, καθώς επίσης και συμπληρωματικού εξοπλισμού όπως για παράδειγμα ο πύργος ψύξης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί συμπληρωματικά για την κάλυψη των αναγκών του κτιρίου. Δεύτερον, ο χώρος που απαιτείται για την εγκατάσταση. Εδώ και πάλι το μειονέκτημα το έχει η Γ.Α.Θ. αφού τα τετραγώνικα που χρειάζονται για να εγκατασταθεί το υπόγειο σύστημα είναι σαφώς περισσότερα και στην περίπτωση που το κτίριο βρίσκεται μέσα σε πόλη όπως στη συγκεκριμένη περίπτωση πολλές φορές οι συνθήκες δεν το επιτρέπουν. Τρίτη και τελευταία παράμετρος είναι το κόστος συντήρησης. Σε αυτόν τον τομέα μπορούμε να πούμε ότι κερδίζει η Γ.Α.Θ. καθώς το σύστημα σωληνώσεων που βρίσκεται μέσα στη γη και αντλείται θερμότητα δεν έρχεται σε επαφή με τον

εξωτερικό αέρα και γενικότερα με τις καιρικές συνθήκες. Αυτό το κάνει πιο ανθεκτικό σε οξειδώσεις και γενικότερα λιγότερο επιρρεπή σε βλάβες σε σχέση με το σύστημα τύπου VRFόπου πρέπει να βρίσκεται σε επαφή με εξωτερικό αέρα καθώς μιλάμε για Α.Θ. αέρα αέρα.

Προσωπική μου άποψη είναι ότι στη συγκεκριμένη περίπτωση η καλύτερη επιλογή είναι να χρησιμοποιηθεί Α.Θ τύπου VRF και για οικονομικούς λόγους αλλά και από την οπτική ότι ο χώρος είναι πολύ περιορισμένος μίας και το κτίριο βρίσκεται στο κέντρο της πόλης του Βόλου.

## Βιβλιογραφία

- ASHRAE Handbook. (2010). American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE).
- Aynur, T. N. (2010). Energy and Buildings. Στο *Energy and Buildings* (σσ. 1106-1112). Elsevier.
- Carrier. (2016, 4). HAP Quick Reference Guide (HAP v5.00). U.S.A.: 10th Edition.
- Howell, R. H. (2017). Principles of Heating, Ventilating and Air-Conditioning. *Based on the 2017 ASHRAE Handbook—Fundamentals*. Atlanta: 8th Edition.
- Modeling Variable Refrigerant Flow (VRF), Systems in HAP. (2017).
- Sarbu, I., & Sebarchievici, C. (2016). *Ground-Source Heat Pumps Fundamentals, Experiments and Applications*. Academic Press.
- Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων και την Έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης. (2017). Αθήνα: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας.
- Αντλία θερμότητας. (2022). Ανάκτηση από Wikipedia: [el.wikipedia.org](http://el.wikipedia.org)
- Βραχόπουλος, Μ., Κούκου, Μ., & Καρύτσας, Κ. (2015). *Κανονική Γεωθερμία, Αρχή Σχεδιασμού Γεωθερμικών Συστημάτων και Εφαρμογών*. Ελληνικά Ακαδημαϊκά Συγγράμματα και Βοηθήματα.
- Κατσιμίας, Σ. (2014). Ετήσια απόδοση συστημάτων θέρμανσης με Λέβητες και Αντλίες Θερμότητας με Λέβητες και Αντλίες Θερμότητας. *Ημερίδα ΠΣΔΜ-Η*. Αθήνα.
- Λέφα, Κ. Χ. (1986). Αερισμός και Κλιματισμός. Αθήνα: Εκδόσεις Φοίβος Φανούριος.
- Σεμινάριο Ενεργειακών Επιθεωρητών. (2021). *Mathemagenesis*. Αθήνα.