



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Πολυτεχνική Σχολή

**ΤΜΗΜΑ:** Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών  
Υπολογιστών

**Ενεργειακή Ανάλυση Κτιρίου με Χρήση Λογισμικού  
Building Energy Analysis Software**

*Διπλωματική εργασία*

Γραββάνης Επαμεινώνδας

Καπέλιος Παναγιώτης

**Επιβλέποντες Καθηγητές**

Δρ. Μπαργιώτας Δημήτριος Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δρ. Τσουκαλάς Ελευθέριος Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Βόλος 2018

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των απαιτήσεων για την απόκτηση του Προπτυχιακού Διπλώματος του Μηχανικού Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, Τηλεπικοινωνιών και Δικτύων του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στα πλαίσια του Προγράμματος Προπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Copyright c 2018 by Gravvanis Epaminondas & Kapelios Panagiotis

## Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο θα θέλαμε να απονεύμουμε τις ευχαριστίες μας σε όσους έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην πραγματοποίηση της διπλωματικής μας εργασίας.

Αρχικά, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τους επιβλέποντες καθηγητές, κύριο Μπαργιώτα Δημήτριο και κύριο Τσουκαλά Ελευθέριο για όλη την πολύτιμη βοήθεια που μας παρείχαν από την αρχή μέχρι το πέρας της διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, οφείλουμε να ευχαριστήσουμε τον κύριο Ζημέρη Δημήτριο που με τις πολύτιμες συμβουλές του μας καθοδήγησε και διευκόλυνε την ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, νιώθουμε την ανάγκη να πούμε ένα μεγάλο ευχαριστώ στις οικογένειές μας και τους φίλους μας που μας στήριξαν και μας έδωσαν δύναμη σε όλη τη διάρκεια των φοιτητικών μας σπουδών.

## **Abstract**

### **Comparative Analysis of heating and cooling in Educational building using geothermal heat pumps, air-water heat pumps and variable refrigerant volume (VRV).**

The aim of this thesis is the energy study conduct and the comparison of three modern and widely used systems of heating and cooling in an educational building. Particularly, the mentioned systems are the variable refrigerant volume (VRV), the geothermal heat pump (ground source heat pump / GSHP) and the heat pump air-water(ASHp). The educational building, in which these systems are tested, is located in the city of Volos and hosts the spaces of a university. The most important tool of the implementation of this study is the software of H.A.P (Hourly Analysis Program, Carrier).

The first chapter is a presentation on the European Union Energy policy in the building sector and the energy policy of Greece, as the building which will be studied, is constructed based on European Standards. In the following chapter there is a referral to all types of the most widely used air-conditioning systems and a more detailed reference to the systems that will be used. In the third chapter, a fully presentation of all mathematical formulas and calculations used by the H.A.P tool is written. The fourth section of this thesis contains a comprehensive presentation of the data that were entered in the program, i.e. the passive elements of the building (shell, orientation, location) as well as coefficients, timetables, schedules, climatic data and the air conditioning systems. In the fifth chapter, there is a thorough examination of the results obtained from the software and there is also a comparison between the three systems that were used. The final chapter contains the conclusions and results of this paper as well as suggestions regarding future research.

## Περίληψη

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διεξαγωγή ενεργειακής ανάλυσης και η σύγκριση τριών σύγχρονων και πολύ διαδεδομένων συστημάτων θέρμανσης-ψύξης σε ένα εκπαιδευτικό ίδρυμα. Πιο συγκεκριμένα, τα συστήματα που χρησιμοποιήθηκαν και συγκρίθηκαν στην παρακάτω διπλωματική εργασία είναι το σύστημα της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας (GSHP) , το σύστημα της αερόψυκτης αντλίας θερμότητας (ASHP) και το σύστημα κεντρικού κλιματισμού άμεσης εκτονώσεως με μεταβλητό όγκο ψυκτικού ρευστού (variable refrigerant volume – VRV). Το εκπαιδευτικό κτίριο, όπου πραγματοποιήθηκε η ενεργειακή ανάλυση βρίσκεται στην πόλη του Βόλου και στεγάζει ένα πανεπιστημιακό ίδρυμα. Σημαντικό εργαλείο για την διεκπεραίωση αυτής της μελέτης αποτέλεσε το λογισμικό πρόγραμμα H.A.P. 5.0 (Hourly Analysis Program Carrier).

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια παρουσίαση στην ενεργειακή πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο κτιριακό τομέα αλλά και της ενεργειακής πολιτικής της Ελλάδος καθώς το εκπαιδευτικό κτίριο πάνω στο οποίο έλαβε χώρα η συγκεκριμένη μελέτη κατασκευάστηκε σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα κατασκευής κτιρίων. Στο επόμενο κεφάλαιο, παρατίθενται όλοι οι τύποι των αντλιών θερμότητας και γίνεται εκτενέστερη αναφορά στα τρία είδη αντλιών που θα εξετάσουμε στη μελέτη μας. Στην συνέχεια, στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια ολοκληρωμένη παρουσίαση των μαθηματικών τύπων που χρησιμοποιεί το λογισμικό έτσι ώστε να εξάγει τα κατάλληλα αποτελέσματα το πρόγραμμα HAP. Στο τέταρτο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται μια αναλυτική αναφορά στα δεδομένα που εισήχθησαν στο πρόγραμμα, δηλαδή τα χαρακτηριστικά του κτιρίου (κέλυφος ,προσανατολισμός ,τοποθεσία), τα χρονοδιαγράμματα, κλιματολογικά δεδομένα και τα στοιχεία των συστημάτων κλιματισμού. Μετέπειτα, στο πέμπτο κεφάλαιο λαμβάνει χώρα μια εξονυχιστική εξέταση των αποτελεσμάτων που παράχθηκαν από το λογισμικό και επίσης γίνεται η σύγκριση μεταξύ των τριών συστημάτων θέρμανσης-ψύξης που χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη μας. Κλείνοντας, το τελευταίο κεφάλαιο περιλαμβάνει τα συμπεράσματα στα οποία φτάσαμε μετά την ολοκλήρωση της ενεργειακής μας μελέτης, καθώς και τις προτάσεις μας για περαιτέρω μελλοντική ανάλυση.

## Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	3
Abstract.....	4
Περίληψη.....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 .....	10
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
1.1 Η ενεργειακή πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης στον κτιριακό τομέα.....	10
1.2 Η πολιτική της Ελλάδας για την Ενεργειακή Απόδοση του κτιριακού τομέα	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 .....	15
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ .....	15
2.1 ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.....	15
2.1.1 Εισαγωγή.....	15
2.1.2 Βασικά Τμήματα Αντλίας Θερμότητας .....	15
2.1.3 Λειτουργία αντλίας θερμότητας στις δυο περιπτώσεις: θέρμανσης και ψύξης.....	16
2.1.4 Βαθμός επίδοσης αντλιών θερμότητας .....	19
2.1.5 Είδη Αντλιών Θερμότητας.....	21
2.1.6 Αερόψυκτες Μονάδες .....	22
2.1.6.1 Αντλίες θερμότητας Αέρα-Αέρα.....	22
2.1.6.2 Αντλίες θερμότητας Αέρα-Νερού.....	24
2.1.7 Γεωθεμικές Υδρόψυκτες – Μονάδες .....	25
2.1.7.1 Αντλίες θερμότητας Νερού-Νερού.....	25
2.1.7.2 Αντλίες θερμότητας Νερού-Αέρα.....	25
2.1.7.3 Αντλίες θερμότητας Εδάφους-Νερού .....	26
2.1.7.4 Αντλίες θερμότητας Εδάφους-Αέρα.....	27
2.1.8 Πηγές θερμότητας .....	28
2.1.8.1 Ο αέρας .....	28
2.1.8.2 Το νερό.....	29
2.1.8.3 Το έδαφος.....	30
2.1.9 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των Αντλιών θερμότητας .....	31
2.2 ΣύστημαΚλιματισμού Variable Refrigerant Volume (VRV) .....	33

2.2.1	Εισαγωγή.....	33
2.2.2	Τρόπος λειτουργίας .....	34
2.2.3	Αρχές Συστημάτων VRV .....	34
2.2.4	Εξοικονόμηση ενέργειας.....	34
2.2.5	Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Συστημάτων VRV.....	35
2.3	ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ – ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.....	36
2.3.1	Εισαγωγή.....	36
2.3.2	Γεωθερμικό σύστημα .....	37
2.3.3	Ταξινόμηση Γεωθερμικών Συστημάτων.....	38
2.3.4	Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας.....	39
2.3.4.1	Συστήματα με σωλήνες κλειστού κυκλώματος .....	40
2.3.4.2	Συστήματα με σωλήνες ανοικτού κυκλώματος .....	45
2.3.5	Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας .....	46
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 .....	48
	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ .....	48
3.1	Εισαγωγή .....	48
3.1.1	Θερμικό Κέρδος Χώρου .....	49
3.1.1.1	Εξωτερικά θερμικά κέρδη.....	49
3.1.1.2	Εσωτερικά θερμικά κέρδη .....	50
3.1.2	Ψυκτικό Φορτίο Χώρου .....	50
3.2	Μέθοδοι Υπολογισμού Ψυκτικών Φορτίων.....	51
3.3	Μέθοδος CLTD/CLF της ASHRAE .....	52
3.3.1	Εξωτερικές Οροφές.....	53
3.3.2	Εξωτερικοί τοίχοι (τοιχοποιίες - δοκοί - υποστυλώματα) .....	55
3.3.3	Εξωτερικά παράθυρα .....	56
3.3.4	Εσωτερικά δομικά στοιχεία .....	57
3.3.5	Εσωτερικός φωτισμός .....	58
3.3.6	Άνθρωποι.....	59
3.3.7	Διάφορες Συσκευές .....	60
3.3.8	Αερισμός κτιρίου.....	61
3.4	Μέθοδος υπολογισμού συντελεστών θερμοπερατότητας.....	63

3.5 Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία .....	65
3.5.1 Θερμική ακτινοβολία .....	66
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	69
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ HAP .....	69
4.1 Hourly Analysis Program (HAP 5.0) .....	69
4.2 Αρχιτεκτονικά σχέδια κτιρίου .....	70
4.3 Χαρακτηριστικά Κτιρίου.....	75
4.4 Χρονοδιαγράμματα (schedules) .....	80
4.4.1 Χρονοδιαγράμματα ατόμων .....	80
4.4.2 Χρονοδιαγράμματα φωτισμών.....	82
4.4.3 Χρονοδιαγράμματα DOAS .....	84
4.5 Κλιματολογικά Δεδομένα .....	85
4.6 Συστήματα Κλιματισμού.....	88
4.6.1 Αερόψυκτη Αντλία Θερμότητας.....	88
4.6.2 Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας .....	91
4.6.3 ΣύστημαΚλιματισμού VRV (Variable Refrigerant Volume) .....	94
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 .....	97
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ.....	97
5.1 Εισαγωγή .....	97
5.2 Σχεδιαστική ανάλυση .....	98
5.2.1 Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας .....	98
5.2.2 Σύστημα VRV .....	105
5.2.3 Αερόψυκτη Αντλία Θερμότητας.....	111
5.3 Κατανάλωση ενέργειας και ετήσιο κόστος.....	118
5.3.1 Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας .....	118
5.3.2 Σύστημα VRV .....	121
5.3.3 Αερόψυκτη Αντλία Θερμότητας.....	124
5.4 Σύγκριση κόστους κλιματισμού των συστημάτων .....	127
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....	128
6.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	128



6.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ .....	129
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	130
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 .....	132

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### **1.1 Η ενεργειακή πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης στον κτιριακό τομέα**

Η ενέργεια είναι παράγοντας άρρηκτα συνδεδεμένος με την εξέλιξη και την πρόοδο του ανθρώπου. Είναι κοινώς αποδεκτό ότι η ενέργεια και ο ενεργειακός τομέας γενικότερα, είναι ίσως ο σημαντικότερος παράγοντας της κοινωνικής και οικονομικής ανάπτυξης των λαών παγκοσμίως, γεγονός το οποίο αποδεικνύεται από την οικονομική και πολιτική ιστορική αναδρομή στις διάφορες κοινωνίες.

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας, η ανθρώπινη κοινωνία άρχισε να εξαρτάται ολοένα και περισσότερο από τις διάφορες μορφές ενέργειας. Η αύξηση των αναγκών, και κατά συνέπεια η ολοένα και μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας, άρχισε να βγάζει στην επιφάνεια μια σειρά προβλημάτων. Για παράδειγμα, ο κίνδυνος της εξάντλησης των ενεργειακών πόρων απαιτεί κάποιο μέσο για τη σωστή διαχείριση της εξόρυξης, της εκμετάλλευσης και της χρήσης αυτών. Η απειλή της καταστροφής του περιβάλλοντος από την άλλη, η οποία είναι ζωτικής σημασίας για την ίδια την ύπαρξη του ανθρώπου, δημιούργησε με τη σειρά της την ανάγκη για τη λήψη μέτρων σχετικά με την προστασία αυτού.

Σε επίπεδο πρωτογενούς δικαίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ρητή αναφορά στην ενεργειακή πολιτική γίνεται για πρώτη φορά στη Συνθήκη Λειτουργίας της Λισσαβόνας (2009) (ΣΛΕΕ). Σύμφωνα με την Συνθήκη, η ενεργειακή πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης επιδιώκει κυρίως να διασφαλίζει τη λειτουργία της αγοράς ενέργειας, να διασφαλίζει τον ενεργειακό εφοδιασμό της Ένωσης, να προωθεί την ενεργειακή αποδοτικότητα και την εξοικονόμηση ενέργειας καθώς και την ανάπτυξη νέων και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, και την προώθηση της διασύνδεσης των δικτύων. Ωστόσο, η ευρωπαϊκή ενεργειακή πολιτική δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ακόμη «κοινή», αφενός γιατί η ίδια η Συνθήκη δεν την κατατάσσει στις αποκλειστικές αρμοδιότητες της, αφετέρου γιατί τα όποια μέτρα λαμβάνονται στα πλαίσια της δεν μπορούν να επηρεάσουν «το δικαίωμα ενός κράτους να καθορίζει τους όρους εκμετάλλευσης των ενεργειακών πόρων του και τα περιθώρια επιλογής μεταξύ διαφόρων ενεργειακών πηγών και τη γενική διάρθρωση του ενεργειακού του εφοδιασμού».

Οι βασικοί άξονες πάνω στους οποίους οικοδομείται η ενεργειακή πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι η ασφάλεια του εφοδιασμού, η βιωσιμότητα και η ανταγωνιστικότητα, που βρίσκονται απέναντι σε δύο βασικές προκλήσεις που αντιμετωπίζει η Ένωση, την υψηλή εξάρτηση από τις εισαγωγές ενέργειας και την ισχυρή εξάρτηση από εξωτερικούς προμηθευτές. Κινητήρια δύναμη της

σημερινής πολιτικής της ατζέντας είναι η ολοκληρωμένη πολιτική για την προστασία του κλίματος και την ενέργεια. Έλαβε τη στήριξη του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου τον Μάρτιο του 2007 και η οποία προσπαθεί να επιτύχει έως το 2020, την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 20% τουλάχιστον, σε σχέση με το 1990, την αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ενεργειακή κατανάλωση σε 20% και την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 20%.

Γίνεται ξεκάθαρο ότι η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και η εξάλειψη της σπατάλης ενέργειας αποκτούν διαρκώς αυξανόμενη σημασία στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Έτσι, το 2007 αποφάσισε να θέσει ως στόχο για το 2020 τη μείωση της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας στην Ένωση κατά 20%. Τα μέτρα ενεργειακής απόδοσης αναγνωρίζονται όλο και περισσότερο ως μέσο όχι μόνο για την επίτευξη βιώσιμου ενεργειακού εφοδιασμού, τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, τη βελτίωση της ασφάλειας του εφοδιασμού και τη μείωση των δαπανών για εισαγωγές, αλλά και για την προαγωγή της ανταγωνιστικότητας των ευρωπαϊκών οικονομιών.

Εντωμεταξύ, στα αστικά κέντρα έχουν συγκεντρωθεί περίπου το 80% του πληθυσμού και σε αυτά καταναλώνεται το 75% της παραγόμενης ενέργειας, με κύριους φορείς κατανάλωσης τον κτιριακό τομέα και τις μεταφορές. Γι' αυτό το λόγο ο κτιριακός τομέας έχει γίνει ένας σημαντικός τομέας οικονομικής δραστηριότητας, αφού είναι άμεσα συνδεδεμένος με την κατανάλωση ενέργειας και κατ' επέκταση με πολιτικά, οικονομικά και κοινωνικά κριτήρια και επιλογές. Η αναγκαιότητα της εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα σήμερα οφείλεται σε δύο βασικούς παράγοντες, αφενός στην παγκόσμια ενεργειακή και συνεπαγόμενη οικονομική κρίση που δημιούργησε η υπερκατανάλωση πρώτων υλών (ειδικότερα του πετρελαίου), και αφετέρου στη ρύπανση της ατμόσφαιρας και στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που έχει η χρήση αυτών των πρώτων υλών, κυρίως στους ανθρώπους που ζουν στις μεγάλες πόλεις.

Στην κατεύθυνση της αντιμετώπισης του ενεργειακού προβλήματος, η αναγνώριση της συμμετοχής των κτιρίων στο παγκόσμιο ενεργειακό ισοζύγιο ώθησε τις προσπάθειες του κατασκευαστικού κλάδου σε έναν πιο ορθολογικό ενεργειακά σχεδιασμό των κτιρίων, αλλά και στη χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας και της τεχνογνωσίας και την ωρίμανση της επιστήμης οδηγηθήκαμε στην υιοθέτηση του Ενεργειακού Σχεδιασμού των κτιρίων, ή διαφορετικά του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και της Βιοκλιματικής Αρχιτεκτονικής όπως επιστημονικά έχει επικρατήσει να ορίζεται. Απώτερος σκοπός αυτού του νέου τρόπου δόμησης είναι ο συνδυασμός των βασικών αρχιτεκτονικών αρχών κατασκευής και λειτουργίας ενός κτιρίου με το κλίμα και το περιβάλλον, έτσι ώστε να διασφαλίζονται αποδεκτές εσωκλιματικές συνθήκες θέρμανσης και φωτισμού και ταυτόχρονα να περιορίζεται η κατανάλωση ενέργειας. Ζητούμενο συνεπώς είναι η συνολικά βέλτιστη

αντιμετώπιση του πολύπλοκου συστήματος που λέγεται κτίριο, ενεργειακά, χρηστικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά.

Ο τομέας των κτιρίων αποτελεί έναν από τους πλέον σημαντικούς οικονομικούς τομείς παγκοσμίως, αλλά και έναν από τους μεγαλύτερους καταναλωτές ενέργειας, καλύπτοντας περίπου το 40% του συνολικού παγκόσμιου ενεργειακού ισοζυγίου. Τα κτίρια καταναλώνουν περισσότερους πόρους από όσους χρειάζονται, ενώ κατά τη λειτουργία τους, δεν υποβαθμίζεται μόνο η ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος, με επιπτώσεις στην υγεία των ενοίκων, αλλά προκαλούν ταυτόχρονα σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στο εξωτερικό περιβάλλον.

Ωστόσο, ο τομέας των κτιρίων είναι αρκετά σύνθετος επειδή περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα διαφορετικών τύπων κτιρίων και ένα αντίστοιχα ευρύ φάσμα χρήσεων. Επιπρόσθετα, τα κτίρια δεν συνιστούν απλά το σύνολο πολλών ανεξάρτητων μεταξύ τους δομικών στοιχείων, αλλά ένα σύνθετο σύστημα, όπου όλα τα υπομέρη του αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους, καθώς και με το εξωτερικό περιβάλλον και τους χρήστες του.

Κατά συνέπεια, η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο χρησιμοποιείται η Ενέργεια στα κτίρια είναι μια αρκετά πολύπλοκη υπόθεση, που απαιτεί ολιστική θεώρηση. Η ενεργειακή λειτουργία-απόδοση του κτιρίου αποτελεί μία δυναμική κατάσταση, η οποία βασίζεται στην αντίστοιχη ενεργειακή συμπεριφορά των δομικών του στοιχείων και των ενσωματωμένων ηλεκτρομηχανολογικών τεχνολογιών, αλλά και στο ενεργειακό προφίλ που προκύπτει από την λειτουργία του κτιρίου.

## **1.2 Η πολιτική της Ελλάδας για την Ενεργειακή Απόδοση του κτιριακού τομέα**

Στην Ελλάδα, το κτιριακό απόθεμα κτιρίων καταναλώνει (ουσιαστικά υπερκαταναλώνει), τεράστιες ποσότητες ενέργειας. Απαιτείται γενικά 30% περισσότερη ενέργεια για την ικανοποίηση των συνθηκών θερμικής άνεσης, ιδιαίτερα στα κτίρια που κατασκευάστηκαν πριν το 1980 (πριν την έναρξη ισχύος του Κανονισμού Θερμομόνωσης). Την τελευταία πενταετία μάλιστα, είχαμε αύξηση κατά 25% της συνολικής τελικής ενέργειας που χρειάζονται τα κτίρια.

Στον οικιακό τομέα, σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία, η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά ελληνικό νοικοκυριό είναι περίπου 17.000 kWh (ή 1,45 τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου). Σε σύγκριση με άλλες μεσογειακές χώρες, παρουσιάζουμε ενεργειακή κατανάλωση σχεδόν 30% μεγαλύτερη της Ισπανίας και περίπου 50% μεγαλύτερη της Πορτογαλίας. Επίσης, η ενεργειακή θερμική κατανάλωση είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από βορειότερες χώρες, όπως η Δανία, η Γερμανία και η Βρετανία. Η ενέργεια στα ελληνικά

νοικοκυριά δαπανάται κυρίως για θερμικές χρήσεις και συγκεκριμένα για θέρμανση των χώρων (περίπου 59% του συνόλου). Αντίστοιχα υψηλή είναι και η περιβαλλοντική επιβάρυνση σε αέριους ρύπους εκπομπών CO<sub>2</sub>. Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος, οι κατοικίες στην Ελλάδα παράγουν περίπου 12 - 13 τόνους CO<sub>2</sub>/ κάτοικο / έτος, τιμή συγκριτικά μεγαλύτερη από όλες τις άλλες μεσογειακές χώρες, μεγαλύτερη και από πολύ βορειότερες χώρες όπως η Νορβηγία.

Τα κτίρια που δε χρησιμοποιούνται ως κατοικίες στην Ελλάδα, αποτελούν περίπου το 5% του συνόλου των κτιρίων και αντιπροσωπεύουν το 26% της συνολικής επιφάνειας του κτιριακού αποθέματος. Από αυτά, περίπου το 57% είναι κτίρια γραφείων και εμπορικής χρήσης, το 19% εκπαιδευτικά κτίρια, το 16% ξενοδοχεία και περίπου 8% νοσοκομεία και κλινικές. Το ενεργειακά τυπικό κτίριο κλιματιζόμενων γραφείων καταναλώνει περίπου 138 kWh/m<sup>2</sup>/έτος (τελική κατανάλωση, από τις οποίες 35kWh/m<sup>2</sup>/έτος για κλιματισμό και 85 kWh/m<sup>2</sup>/έτος για θέρμανση). Η μέση κατανάλωση των μη κλιματιζόμενων κτιρίων γραφείων κυμαίνεται περί τις 75kWh/m<sup>2</sup>/έτος (57 kWh/m<sup>2</sup>/έτος για θέρμανση).

Για να επιτευχθεί ο στόχος της ενεργειακής πολιτικής των κτιρίων στην Ελλάδα θεσπίστηκε ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (KENAK). Τέθηκε σε ισχύ την 1η Οκτωβρίου 2010 και ολοκληρώθηκε σε γενικές γραμμές, η βεβαιωμένη και με σημαντική χρονική καθυστέρηση συμμόρφωση της χώρας μας στις υποχρεώσεις της, όσον αφορά στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Με την χρήση του KENAK ενσωματώνεται πλέον η έννοια του ολοκληρωμένου ενεργειακού σχεδιασμού στη μελέτη των κτιρίων, και φιλοδοξείτε να συμβάλει στη βελτίωση της ενεργειακής τους απόδοσης, στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην προστασία του περιβάλλοντος. Τα νέα και βασικά σημεία αλλαγών του KENAK είναι η υποχρέωση υποβολής Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων για έκδοση οικοδομικής άδειας και η υποχρέωση διενέργειας Ενεργειακών Επιθεωρήσεων Κτιρίων, Λεβήτων και Εγκαταστάσεων Θέρμανσης και Εγκαταστάσεων Κλιματισμού.

Ο KENAK εφαρμόζεται σε όλες τις περιπτώσεις κτιρίων που καταναλώνουν ενέργεια με αρκετές όμως εξαιρέσεις. Επιπρόσθετα, στα νέα κτίρια είναι υποχρεωτική η κάλυψη μέρους των αναγκών σε ζεστό νερό από συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (στην περίπτωση των ηλιοθερμικών συστημάτων το ελάχιστο ποσοστό καθορίζεται σε 60%), καθώς και η ενσωμάτωση στο κτίριο ενός τουλάχιστον παθητικού ηλιακού συστήματος. Στην πορεία προς τα κτίρια «μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας», προβλέπεται ότι το αργότερο έως τις 31.12.2019, όλα τα νέα κτίρια θα πρέπει να καλύπτουν το σύνολο της πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσης τους με συστήματα παροχής ενέργειας που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Κάθε νέο κτίριο καθώς και κάθε υφιστάμενο κτίριο που ανακαινίζεται ριζικά, πρέπει να πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης του ΚΕΝΑΚ. Οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης ικανοποιούνται όταν το κτίριο πληροί όλες τις ελάχιστες προδιαγραφές. Αναλυτικότερα πρέπει η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτιρίου να είναι μικρότερη ή ίση από τη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς και το εξεταζόμενο κτίριο να έχει τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά με το κτίριο αναφοράς τόσο ως προς το κτιριακό κέλυφος, όσο και ως προς τις ηλεκτρομηχανολογικές του εγκαταστάσεις στο σύνολο τους.

Τα κτίρια, όσον αφορά την ενεργειακή τους απόδοση, κατατάσσονται σε 9 δεικτοδοτημένες κατηγορίες (Α+ η καλύτερη, Η η χειρότερη). Η κατάταξη γίνεται συγκρίνοντας το μελετώμενο ή επιθεωρούμενο κτίριο με ένα ιδεατό κτίριο (το κτίριο αναφοράς κατά ΚΕΝΑΚ), με εξιδανικευμένα ενεργειακά χαρακτηριστικά. Εξορισμού η ετήσια συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς αντιστοιχεί στο άνω όριο της κατηγορίας ενεργειακής απόδοσης Β. Κτίρια με χαμηλότερη ή υψηλότερη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κατατάσσονται στην αντίστοιχη ενεργειακή κατηγορία.

Συνεπώς η Ενεργειακή πολιτική σήμερα στον κτιριακό τομέα είναι ο σχεδιασμός κτιρίων που να εξασφαλίζεται η εξοικονόμηση ενέργειας, γι' αυτόν τον λόγο είναι απαραίτητη η χρήση νέων ενεργειακά αποδοτικών δομικών στοιχείων και συστημάτων αλλά και η μεγαλύτερη χρήση ανανεώσιμων πηγών.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

#### 2.1 ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

##### 2.1.1 Εισαγωγή

Οι αντλίες θερμότητας είναι συσκευές που έχουν την δυνατότητα εναλλαγής λειτουργίας στον κύκλο ψύξης ενός συστήματος, έτσι ώστε να δίνει άλλοτε ζεστό και άλλοτε κρύο αέρα ή άλλο μέσο μεταφοράς θερμότητα ή ψύχους, ανάλογα πάντα με τις κλιματιστικές ανάγκες του χώρου. Η θερμότητα έχει φυσική ροή, από συνθήκες υψηλότερων θερμοκρασιών σε αντίστοιχα χαμηλότερων.

Το σύστημα αυτό όμως έχει την ικανότητα να μεταφέρει τη θερμότητα αντίθετα προς την φυσική ροή δηλαδή «αντλεί» θερμότητα και για αυτό ονομάζεται έτσι. Συγκεκριμένα το καλοκαίρι αφαιρεί θερμότητα από έναν κλιματιζόμενο χώρο και την αποβάλλει στο περιβάλλον οπότε ψύχεται ο κλιματιζόμενος χώρος, ενώ τον χειμώνα αφαιρεί θερμότητα από το περιβάλλον και την αποβάλλει μέσα στον κλιματιζόμενο χώρο και τον θερμαίνει.

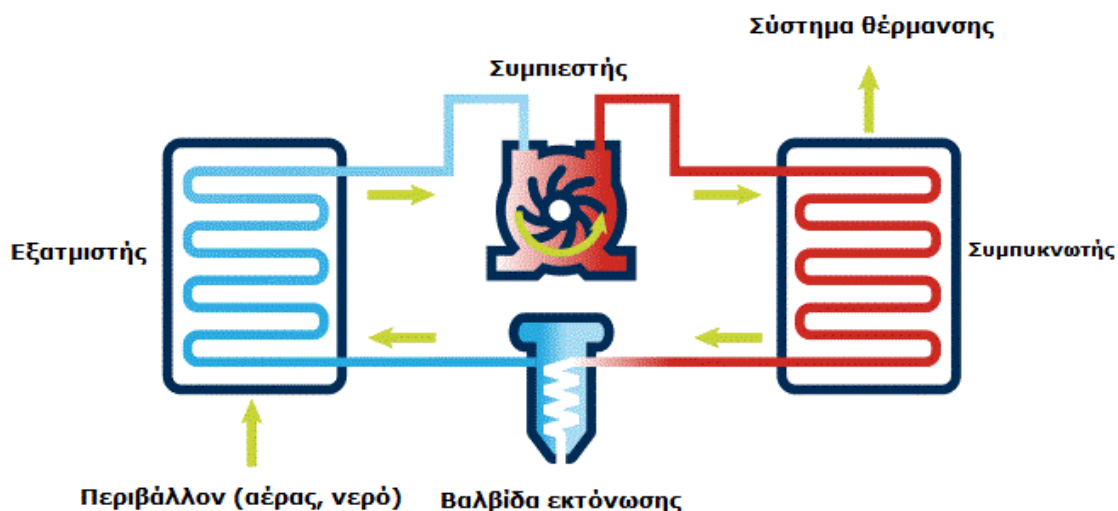
Η αντλία θερμότητας είναι ένα φθινό σύστημα θέρμανσης συγκρινόμενη με την θέρμανση που δίνουν οι ηλεκτρικοί θερμοσυσσωρευτές τα αερόθερμα και γενικά τα ηλεκτρικά θερμαντικά σώματα.

##### 2.1.2 Βασικά Τμήματα Αντλίας Θερμότητας

Τα βασικά μέρη από τα οποία αποτελείται μια αντλία θερμότητας είναι:

- Το τμήμα **συμπιεστή - συμπυκνωτή**, που απορρίπτει θερμότητα στο περιβάλλον (ή κατά την αντίστροφη λειτουργία απορροφά θερμότητα).
- Το τμήμα **ανεμιστήρα - ατμοποιητή**, που απορροφά θερμότητα από τον εσωτερικό χώρο (ή κατά την αντίστροφη λειτουργία προσδίδει θερμότητα).
- Ο **μηχανισμός αντιστροφής**, που αποτελείται από μια τετράοδη βαλβίδα, η οποία μετατρέπει τον ψυκτικό κύκλο, σε θερμαντικό (κύκλο θέρμανσης) και αντίστροφα.

- Οι **αυτοματισμοί** για τον έλεγχο και τη λειτουργία του συστήματος θέρμανσης ή ψύξης.
- Η συμπληρωματική ηλεκτρική αντίσταση, που αυξάνει τη θερμική απόδοση του συστήματος, όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή. Μερικές φορές το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με αντιστροφή του κύκλου για περιορισμένο χρόνο.



**ΣΧΗΜΑ1: Τα βασικά μέρη της αντλίας θερμότητας**

### 2.1.3 Λειτουργία αντλίας θερμότητας στις δυο περιπτώσεις: θέρμανσης και ψύξης

Συχνά αναφέρεται ότι η αντλία θερμότητας αντιστρέφει ή αναστρέφει τον κύκλο του ψυκτικού ρευστού και ανάλογα με την περίπτωση ακολουθεί ψυκτικό κύκλο το θέρος ή κύκλο θέρμανσης το χειμώνα. Στην πράξη, πρέπει να τονισθεί ότι η αντλία θερμότητας εκτελεί πάντα ψυκτικό κύκλο και ποτέ θερμικό γιατί τέτοιος κύκλος δεν υφίσταται. Το μόνο που αντιστρέφεται είναι ο ρόλος του συμπυκνωτή με το ρόλο του ατμοποιητή. Το καλοκαίρι το εσωτερικό στοιχείο λειτουργεί ως ατμοποιητής και είναι τοποθετημένος μέσα στον ψυχόμενο χώρο και τον ψύχει, ενώ το χειμώνα ως συμπυκνωτής και τον θερμαίνει. Αντί λοιπόν να μεταφέρονται οι συσκευές ατμοποιητής - συμπυκνωτής από το δωμάτιο στο περιβάλλον (π.χ. μπαλκόνι), η αντλία θερμότητας με τη χρήση της τετράοδης βαλβίδας αντιστρέφει τη ροή του ψυκτικού μέσου διατηρώντας φυσικά τον ψυκτικό κύκλο, στον οποίο συνεχίζεται κανονικά η προσφορά μηχανικού έργου.



Η λειτουργία της αντλίας θερμότητας βασίζεται στον ψυκτικό κύκλο συμπίεσης ατμού. Η μελέτη του κύκλου για ψύξη εκτελείται ξεκινώντας από οποιοδήποτε σημείο του συστήματος. Αρχίζοντας παραδείγματος χάριν από τη στιγμή που το ψυκτικό υγρό εισέρχεται στον ατμοποιητή.

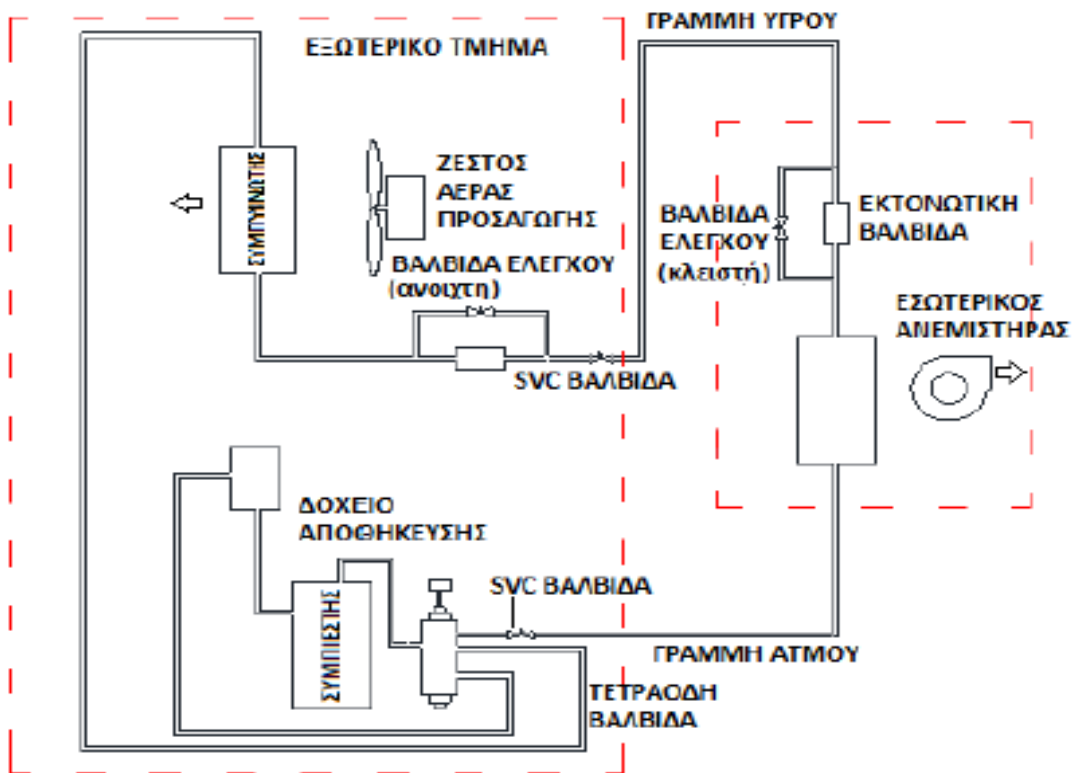
1. Η είσοδος του ψυκτικού υγρού στον ατμοποιητή ελέγχεται από άεργη εκτονωτική - στραγγαλιστική βαλβίδα. Η βαλβίδα αυτή ελαττώνει την πίεση του υγρού, το οποίο ατμοποιείται σε χαμηλή θερμοκρασία. Κατά την ατμοποίηση, ποσά θερμότητας προσδίδονται στο αέριο, το οποίο αποκτά υψηλή πίεση και θερμοκρασία στο συμπιεστή.

2. Το συμπιεσμένο αέριο φθάνει στο συμπυκνωτή και προσδίδει ποσά θερμότητας στο μέσο συμπύκνωσης (αέρα ή νερό). Καθώς ο ατμός ψυκτικού υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας διέρχεται από το συμπυκνωτή, υγροποιείται και εξέρχεται ως ψυκτικό υγρό υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας. Με την υγροποίηση του ατμού αφαιρείται θερμότητα από αυτόν.

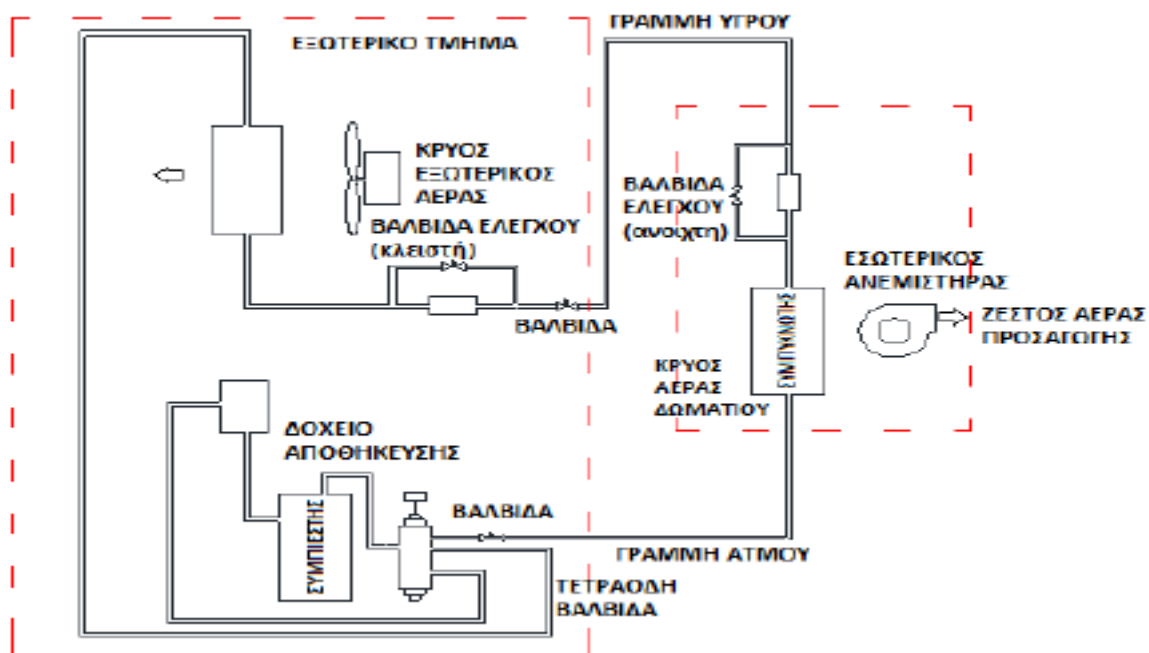
3. Το ψυκτικό υγρό οδηγείται στην εκτονωτική βαλβίδα. Κατά τη φάση της εκτόνωσης το συμπυκνωμένο ψυκτικό υγρό υψηλής πίεσης περνάει μέσα από μία εκτονωτική διάταξη, όπου μειώνεται η πίεση και η θερμοκρασία του και μετατρέπεται σε ένα μίγμα από υγρό και ατμό χαμηλής πίεσης και θερμοκρασίας και ο κύκλος ξαναρχίζει.

Ο κύκλος θέρμανσης περιλαμβάνει τα ίδια στάδια με τον κύκλο ψύξης. Μόνο που στην περίπτωση αυτή το στοιχείο που εκτελούσε ατμοποίηση εκτελεί συμπύκνωση και το αντίστροφο.

Για να μπορεί να λειτουργήσει μια αντλία θερμότητας σε θέρμανση και ψύξη θα πρέπει να γίνεται εναλλαγή ρόλων μεταξύ των δύο εναλλακτών, του ατμοποιητή και του συμπυκνωτή το οποίο ονομάζεται αναστροφή του ψυκτικού κύκλου. Η μετατροπή του ψυκτικού κύκλου σε κύκλο θέρμανσης, γίνεται με τη βοήθεια τετράοδης βαλβίδας, που οδηγεί του ψυκτικό ρευστό μετά την έξοδό του από το συμπιεστή και την εκτονωτική διάταξη στους εναλλάκτες θερμότητας ψυκτικού μέσου - αέρα (ή νερού), ανάλογα με την επιλογή των απαιτήσεων μέσω διακόπτη.



**ΣΧΗΜΑ 2: Κύκλος Αντλίας Θερμότητας για ψύξη**

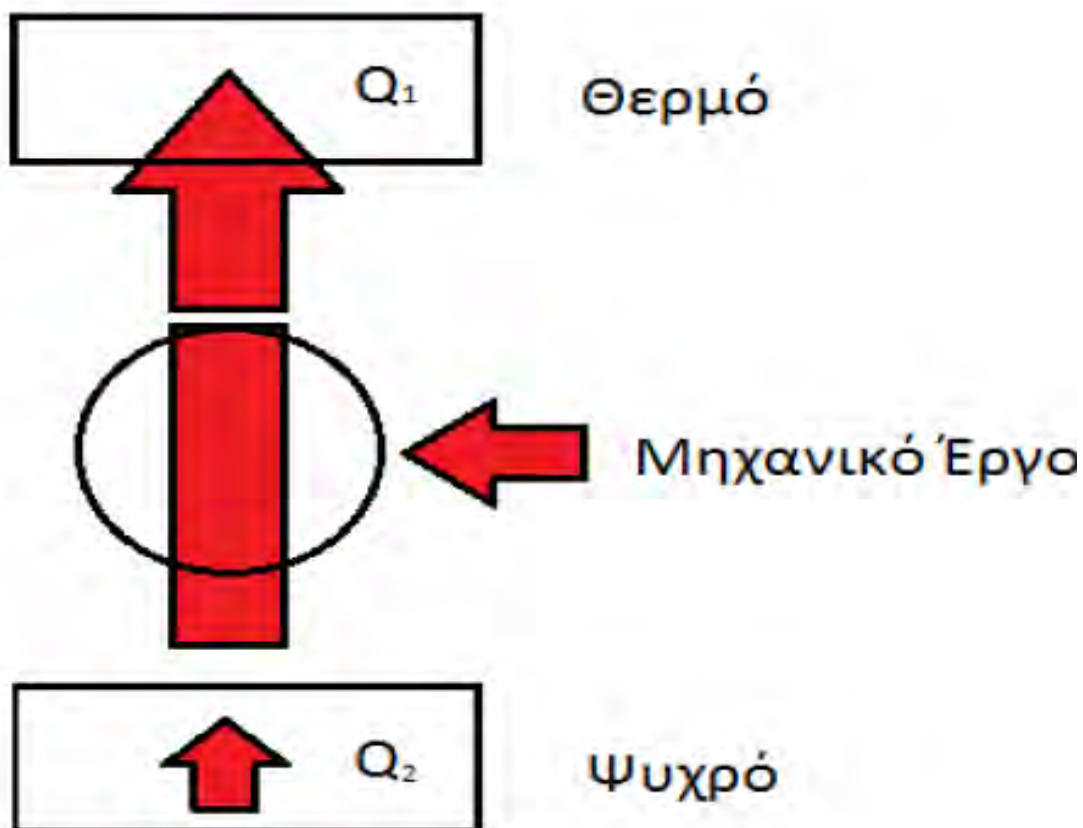


**ΣΧΗΜΑ 3: Κύκλος Αντλίας Θερμότητας για Θέρμανση**

## 2.1.4 Βαθμός επίδοσης αντλιών θερμότητας

Η λειτουργία της αντλίας θερμότητας στηρίζεται στην αρχή της αντιστρεπτής θερμικής μηχανής του Carnot όταν λειτουργήσει αντίστροφα. Οι αντιστρεπτές μηχανές χρησιμοποιούνται ως πρότυπες μηχανές για την αξιολόγηση της απόδοσης των πραγματικών μηχανών. Η αντίστροφη μηχανή Carnot μπορεί να λειτουργεί, είτε ως αντλία θερμότητας, είτε ως ψυκτική μηχανή.

Η ποιότητα μιας αντλίας σε κατάσταση θέρμανσης, χαρακτηρίζεται από τον συντελεστή συμπεριφοράς (επίδοση) C.O.P. (Coefficient of Performance). Η αντλία αντλεί από το ψυχρό περιβάλλον μια ποσότητα θερμότητας (ενέργειας)  $Q_1$ , προσθέτει μηχανικό έργο  $W$  στο συμπιεστή, και αποδίδει ποσό ενέργειας  $Q_2$  στον ψυχρό χώρο (Σχήμα). Όταν η αντλία λειτουργεί σε κατάσταση θέρμανσης, το ζητούμενο είναι το  $Q_2$ , ενώ όταν αυτή λειτουργεί σε κατάσταση ψύξης, το ζητούμενο είναι το  $Q_1$ .



ΣΧΗΜΑ 5: C.O.P. αντλία θερμότητας

Ο ενεργειακός ισολογισμός στην Σχήμα , απαιτεί :

$$Q_2 = Q_1 + W$$

Ο συντελεστής επίδοσης C.O.P. μιας αντλίας θερμότητας σε κατάσταση θέρμανσης, ισούται με

$$C. O. P. = \frac{Q_2}{W} = \frac{Q_2}{Q_2 - Q_1}$$

και για ιδανικές συνθήκες ισχύει η εξίσωση

$$C. O. P. = \frac{T_\theta}{T_\theta - T_\psi}$$

όπου:

$T_\theta$  είναι η θερμοκρασία του θερμού χώρου και  $T_\psi$  είναι η θερμοκρασία του ψυχρού (περιβάλλον), από την οποία προκύπτει το συμπέρασμα ότι για την ίδια θερμοκρασιακή διαφορά  $T_\theta - T_\psi$  ο C.O.P. βελτιώνεται όσο υψηλότερης στάθμης είναι η θερμοκρασία  $T_\theta$  και ότι όσο μικρότερη είναι η θερμοκρασιακή διαφορά  $T_\theta - T_\psi$  μεταξύ του κλιματιζόμενου και του εξωτερικού χώρου, τόσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής C.O.P..

Τα συμπεράσματα αυτά δείχνουν ότι οι αντλίες θερμότητας μπορούν να λειτουργήσουν πολύ αποδοτικά (με μεγάλους βαθμούς απόδοσης) στη χώρα μας, λόγω των ήπιων κλιματολογικών συνθηκών.

Αν επιστρέψουμε στην εξίσωση ορισμού του συντελεστή C.O.P. βλέπουμε ότι ο συντελεστής απόδοσης ισούται με το έργο που μεταφέραμε στον χώρο, δια το έργο που καταναλώσαμε στον συμπιεστή. Μια αντλία λοιπόν με συντελεστή C.O.P.=4, μεταφέρει 4kW ενέργειας καταναλώνοντας 1kW ηλεκτρισμού, ή αλλιώς, η μεταφορά ενέργειας κοστίζει 25% με την αντλία αυτήν.

Είναι σημαντικό να θυμόμαστε ότι ο συντελεστής C.O.P. εξαρτάται από τις θερμοκρασίες ψυχρού και θερμού χώρου και δεν είναι σε καμία περίπτωση σταθερός. Οι συντελεστές που δίνουν τα φυλλάδια των κατασκευαστών, είναι μετρημένοι συντελεστές επίδοσης, σε συγκεκριμένες θερμοκρασίες, τυποποιημένες με το πρότυπο Eurovent.

Οι θερμοκρασίες αυτές είναι για τη θέρμανση: Θερμοκρασία θερμού 20°C και Θερμοκρασία εισόδου εξωτερικού αέρα 7°C.

Αυτό σημαίνει ότι η εν λόγω αντλία, θα έχει τον συντελεστή C.O.P. που αναφέρει ο κατασκευαστής, όταν η θερμοκρασία χώρου είναι 20°C και η θερμοκρασία περιβάλλοντος 7°C. Σε οποιεσδήποτε άλλες συνθήκες, ο παράγοντας C.O.P. είναι διαφορετικός, και αυτό είναι το σημαντικότερο που πρέπει να κοιτάξει κανείς σε μια αντλία θερμότητας εκτός από τον ονομαστικό συντελεστή C.O.P. της, διότι είναι προτιμότερη μια αντλία με λίγο χαμηλότερο C.O.P. που παραμένει όμως σταθερό από μια αντλία με υψηλότερο C.O.P. που μειώνεται σημαντικά αν οι συνθήκες αλλάξουν.

Για την θερινή λειτουργία της ψύξης, χρησιμοποιείται ο λόγος ενεργειακής απόδοσης E.E.R. (Energy Efficiency Ratio), που ορίζεται ως:

$$E. E. R. = \frac{\text{Ψυκτική Ισχύς Εξατμιστή} \left(\frac{\text{btu}}{\text{h}}\right)}{\text{Ηλεκτρική Ισχύς Συμπιεστή (W)}}$$

ή

$$E. E. R. = \frac{Q_1}{W}$$

Ο συντελεστής E.E.R. μετράτε σε τυποποιημένες συνθήκες Eurovent, θερμοκρασία θερμού 27°C και θερμοκρασία εισόδου εξωτερικού αέρα 35°C.

Ειδικά στην ψύξη χρησιμοποιείται και ένας ακόμη δείκτης απόδοσης, ο εποχιακός βαθμός απόδοσης SE.E.R. που ορίζεται σαν κλάσμα της ενέργειας που μεταφέρθηκε στην καλοκαιρινή περίοδο δια της ενέργειας που δαπανήθηκε στον συμπιεστή για την ίδια περίοδο

### 2.1.5 Είδη Αντλιών Θερμότητας

Οι αντλίες θερμότητας χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με το ρευστό στο οποίο αποβάλλει (ή από το οποίο προσλαμβάνει) την ενέργεια η αντλία στα σημεία του συμπυκνωτή και εξατμιστή του ψυκτικού κύκλου και ταξινομούνται:

- Σε αερόψυκτες μονάδες (αντλούν θερμότητα από τον αέρα)
  1. Αέρα - Αέρα (A – A )
  2. Αέρα - Νερού (A – N )
- Γεωθερμικές υδρόψυκτες - μονάδες (αντλούν θερμότητα από τη γη)

1. Νερού - Νερού ( N – N )
2. Νερού – Αέρα ( N – A )
3. Εδάφους – Νερού ( E - N)
4. Εδάφους – Αέρα ( E – A )

Οι πρώτες αντλούν θερμότητα από την ατμόσφαιρα και αποδίδουν θερμό αέρα ενώ οι δεύτερες αντλούν θερμότητα από την ατμόσφαιρα και ζεσταίνουν νερό. Οι πιο διαδεδομένες εμπορικές λύσεις είναι οι αντλίες θερμότητας αέρα/αέρα και οι αέρα/νερού. Αυτές κατασκευάζονται πλέον αποκλειστικά σε αναστρέψιμα μοντέλα δηλαδή μπορούν να λειτουργήσουν με κύκλο θέρμανσης και κύκλο ψύξης. Ένα συνηθισμένο κλιματιστικό είναι μία αντλία θερμότητας αέρα-αέρα, ενώ μία αντλία αέρα-νερού αντλεί θερμότητα από την ατμόσφαιρα και ζεσταίνει νερό που μετά μπορεί να κυκλοφορεί σε ένα σύστημα θέρμανσης για να ζεστάνει κάποια θερμαντικά σώματα. Υπάρχουν αντλίες θερμότητας που λειτουργούν μόνο για θέρμανση και άλλες που παρέχουν και θέρμανση και ψύξη. Εκτός από αυτά τα είδη, αναπτύσσονται και αντλίες θερμότητας νερού – νερού, οι οποίες αντλούν θερμότητα από νερό και την αποδίδουν σε νερό εσωτερικού δικτύου, καθώς και αντλίες θερμότητας νερού – αέρα, οι οποίες αντλούν θερμότητα από νερό και την αποδίδουν σε εσωτερικό δίκτυο με αεραγωγούς. Κατά την περίοδο του χειμώνα, αντλείται η θερμότητα (ή αντίστοιχα κατά την περίοδο του θέρους απορρίπτεται), ενώ το νερό μπορεί να είναι νερό από πύργο ψύξης, ποτάμι, θάλασσα ή ακόμη και νερό από γεώτρηση ή πηγάδι. Στην περίπτωση αυτή, τοποθετούνται και κάποιες από τις γεωθερμικές αντλίες θερμότητας.

Επίσης, αναπτύσσονται και αντλίες θερμότητας εδάφους – αέρα και εδάφους – νερού όπου η άντληση θερμότητας κατά το χειμώνα (ή αντίστοιχα η απόρριψη κατά την περίοδο του θέρους) γίνεται άμεσα στο έδαφος, δηλαδή ο ατμοποιητής ή συμπυκνωτής αντίστοιχα είναι τοποθετημένος εντός του εδάφους. Στην περίπτωση αυτή, τα εσωτερικά δίκτυα είναι είτε δίκτυα νερού είτε δίκτυα αέρα.

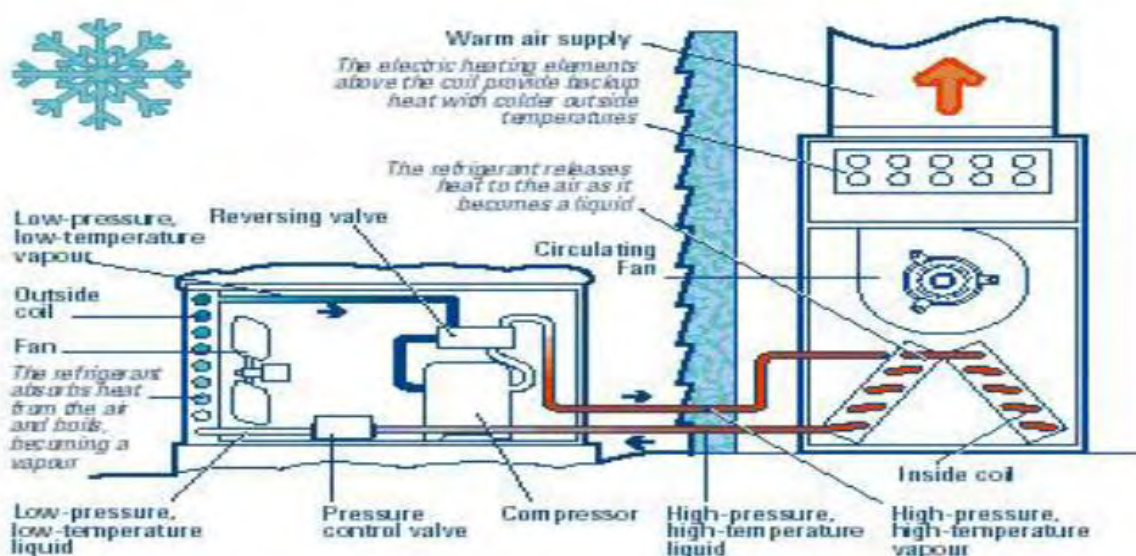
## **2.1.6 Αερόψυκτες Μονάδες**

### **2.1.6.1 Αντλίες θερμότητας Αέρα-Αέρα**

Είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος αντλίας και χρησιμοποιείται ευρύτατα για την θέρμανση και ψύξη κατοικιών, γραφείων και μικρών εμπορικών

καταστημάτων. Κατά τη λειτουργία θέρμανσης, ο εξατμιστής απορροφά θερμότητα από τον εξωτερικό αέρα του περιβάλλοντος και την στέλνει μέσω του συμπυκνωτή στον αέρα του χώρου που θερμαίνεται (εσωτερικός αέρας), όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 6. Γενικά, στην περίπτωση της θέρμανσης ο βαθμός επίδοσης C.O.P της αντλίας αέρα-αέρα εξαρτάται τόσο από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος όσο και από τη θερμοκρασία του αέρα που θερμαίνεται. Η τιμή του C.O.P. αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και με τη μείωση της θερμοκρασίας του εσωτερικού αέρα. Με την αντιστροφή του λειτουργικού της κύκλου η αντλία θερμότητας μπορεί να ψύξει τον αέρα του χώρου. Σε αυτή τη περίπτωση ο συμπυκνωτής γίνεται εξατμιστής, απορροφά θερμότητα από τον εσωτερικό αέρα και την αποστέλλει μέσω του εξατμιστή, που γίνεται συμπυκνωτής, στο εξωτερικό περιβάλλον. Ο βαθμός επίδοσης E.E.R. στην περίπτωση της ψύξης εξαρτάται από τη θερμοκρασία του αέρα που ψύχεται και από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία του ψυχομένου αέρα τόσο αυξάνεται ο βαθμός απόδοσης και όσο η θερμοκρασία περιβάλλοντος μειώνεται, πάλι αυξάνεται ο βαθμός επίδοσης.

Η πιο χαρακτηριστική εφαρμογή των συστημάτων αυτών είναι οι κλιματιστικές συσκευές για την ψύξη των χώρων κατά τους θερινούς μήνες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για θέρμανση το χειμώνα. Το κύριο μειονέκτημα αυτού του είδους αντλιών θερμότητας έγκειται στους χειμερινούς μήνες με πολύ μικρή θερμοκρασία περιβάλλοντος όπου ο συντελεστής απόδοσης λαμβάνει μικρή τιμή με αποτέλεσμα να μην είναι αποδοτική η διαδικασία της θέρμανσης. Το πρόβλημα αυτό επιλύεται με τη χρησιμοποίηση ηλεκτρικών αντιστάσεων ως πηγή θερμικής ενέργειας, οι οποίες παρόλα αυτά επιφέρουν αυξήσεις στον τομέα της κατανάλωσης.



**ΣΧΗΜΑ 6: Αντλία θερμότητας Αέρα-Αέρα**

## 2.1.6.2 Αντλίες θερμότητας Αέρα-Νερού

Οι συγκεκριμένες αντλίες θερμότητας αντλούν ενέργεια από το περιβάλλον και χρησιμοποιούνται κυρίως σε βιομηχανίες και μεγάλες εγκαταστάσεις κτηρίων όπου απαιτείται πλήρης έλεγχος κάθε ζώνης.

Μια τέτοια αντλία αποτελείται κυρίως από τον συμπιεστή, τη βαλβίδα εκτόνωσης και δύο εναλλάκτες θερμότητας(συμπυκνωτή και εξατμιστή). Ο εξωτερικός αέρας, ο οποίος αντλείται από το περιβάλλον οδηγείται στο κλειστό κύκλωμα του εξατμιστή όπου εκεί βρίσκεται ένα ψυκτικό μέσο(υγρό) το οποίο μετατρέπεται σε αέριο όταν ο αέρας φτάσει στον εξατμιστή. Έπειτα, χάρη στο συμπιεστή το αέριο φτάνει σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες και μετατρέπεται εκ νέου σε υγρό στο συμπυκνωτή, κι είναι έτοιμο να μετατραπεί ξανά σε αέριο επαναλαμβάνοντας τη διαδικασία.

Οι αντλίες θερμότητας αέρα/νερού λειτουργούν τόσο σε πολύ υψηλές όσο και σε χαμηλές θερμοκρασίες( -20 βαθμούς Κελσίου).

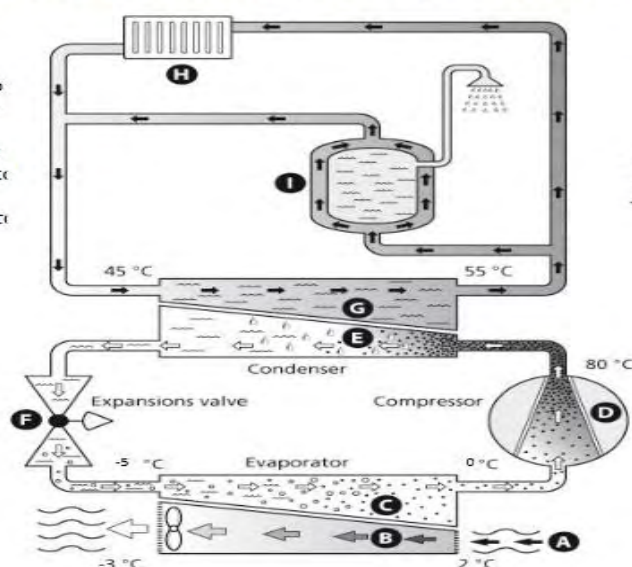
Ο συντελεστής COP της θέρμανσης βελτιώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και τη μείωση της θερμοκρασίας του θερμαινόμενου νερού.

Ο συντελεστής EER της ψύξης βελτιώνεται με τη μείωση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και την αύξηση της θερμοκρασίας του ψυχόμενου νερού.

### Αρχή λειτουργίας της αντλίας θερμότητας Α/Ν

**A/B.** Θερμότητα από τον εξωτερικό αέρα αντλείται από τον εξατμιστή με την βοήθεια του ανεμιστήρα. Το ψυκτικό εκεί είναι ψυχρότερο από τον αέρα και η θερμότητα ρέει από τον αέρα προς το ψυκτικό. Αυτό απορροφά την θερμότητα και εξατμίζεται

**F.** Το ψυκτικό μέσο, ως υγρό, περνάει από την εκτονωτική βαλβίδα. Η πίεσή του και η θερμοκρασία του πέφτει. Μετά εισέρχεται στον εξατμιστή.



**E/G.** Θερμοί ατμοί εισέρχονται στον συμπυκνωτή και δίνουν την θερμότητά τους στο κύκλωμα θέρμανσης.

← Κύκλωμα θέρμανσης  
⇐ Ψυκτικό  
→ Εξωτερικός αέρας

**D.** Οι ατμοί του ψυκτικού εισέρχονται στον συμπιεστή και η πίεσή τους, καθώς και η θερμοκρασία τους ανεβαίνει

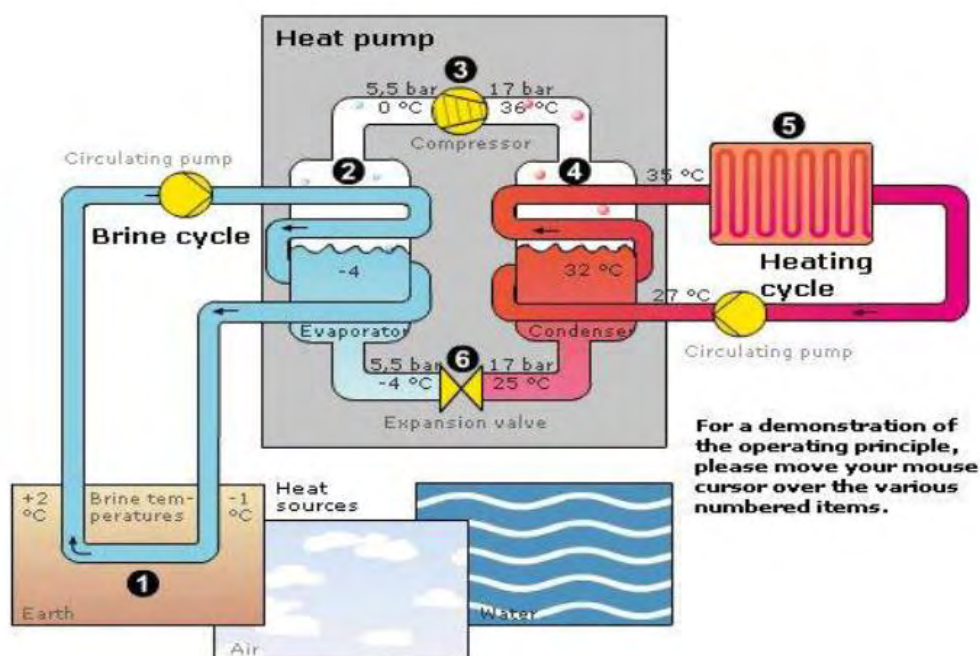
ΣΧΗΜΑ 7: Αντλία θερμότητας Αέρα - Νερού



## 2.1.7 Γεωθερμικές Υδροψυκτες – Μονάδες

### 2.1.7.1 Αντλίες θερμότητας Νερού-Νερού

Χρησιμοποιούν το νερό ως πηγή-αποδέκτη θερμότητας, τόσο στη θερμαντική όσο και στην ψυκτική τους λειτουργία. Το πρωτεύον κύκλωμα τροφοδοτείται με νερό από το περιβάλλον ενώ το δευτερεύον συνδέεται με τοπικές μονάδες (fan-coil units ή καλοριφέρ) ή με στοιχεία κεντρικών κλιματιστικών μονάδων. Το θερμό/ψυχρό νερό του δευτερεύοντος κυκλώματος εξασφαλίζει τις επιθυμητές συνθήκες κλιματισμού κάθε χώρου.

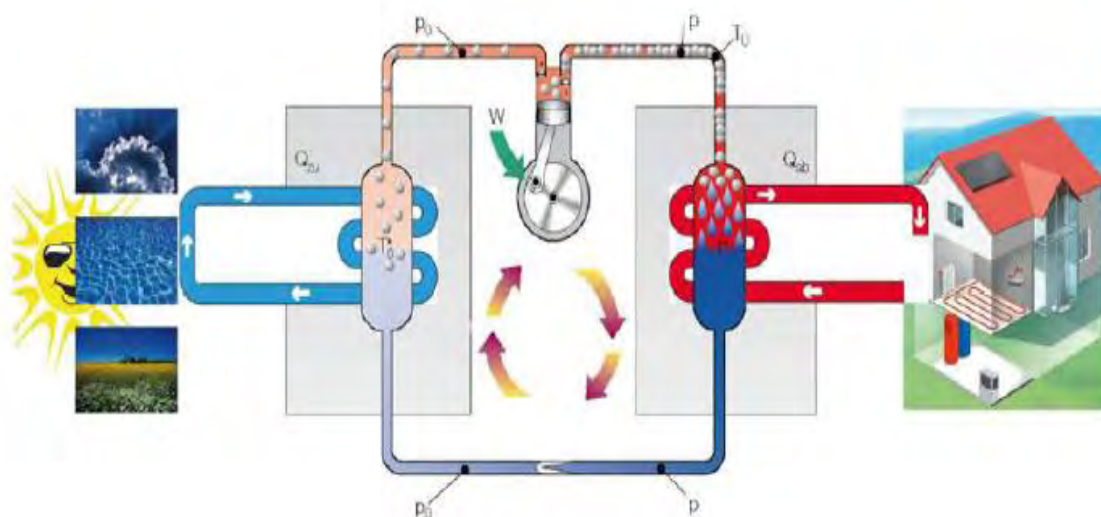


ΣΧΗΜΑ 8: Αντλία θερμότητας Νερού – Νερού

### 2.1.7.2 Αντλίες θερμότητας Νερού-Αέρα

Χρησιμοποιούν το νερό, ως πηγή και αποδέκτη θερμότητας, και τον αέρα για να μεταφέρουν ή να απάγουν θερμότητα από τον κλιματιζόμενο χώρο. Οι συσκευές αυτού του τύπου τροφοδοτούνται με νερό μέσω κατάλληλου δικτύου και συνδέονται με δίκτυο αεραγωγών, για την προσαγωγή/απαγωγή του αέρα στους κλιματιζόμενους χώρους. Η εναλλαγή του κύκλου λειτουργίας της αντλίας από ψύξη σε θέρμανση, γίνεται με αντιστροφή του ψυκτικού κύκλου μέσω

τετράοδης βαλβίδας. Ως πηγή-αποδέκτης θερμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο υπεδαφικό όσο και επιφανειακό νερό, καθώς και απόνερα. Οι εγκαταστάσεις αντλιών θερμότητας νερού/αέρα χρησιμοποιούν νερό πηγής, λίμνης, ποταμού ή σπανιότερα θάλασσας για την προσαγωγή/απαγωγή θερμότητας. Στην περίπτωση που γίνεται χρήση θαλασσινού νερού, μεταξύ της πηγής και της αντλίας θερμότητας παρεμβάλλεται ένας εναλλάκτης θερμότητας που εξασφαλίζει προστασία από διάβρωση. Εναλλακτικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντλία θερμότητας ειδικής κατασκευής, με μεταλλικά μέρη που αντέχουν στην διάβρωση. Στις περιπτώσεις αυτές το κόστος είναι αρκετά υψηλό, γι' αυτό οι εγκαταστάσεις αυτές είναι συνήθως μεγάλου μεγέθους.

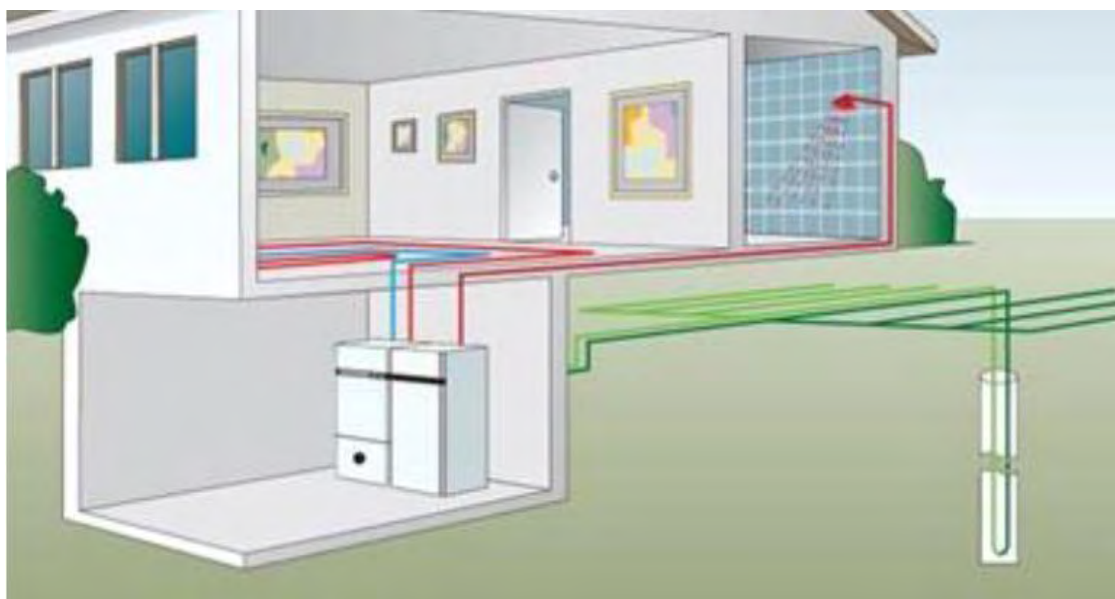


**ΣΧΗΜΑ 9: Αντλία θερμότητας Νερού - Αέρα**

### 2.1.7.3 Αντλίες θερμότητας Εδάφους-Νερού

Οι αντλίες θερμότητας εδάφους-νερού χρησιμοποιούν την αποθηκευμένη ενέργεια του εδάφους (θερμοχωρητικότητα εδάφους) για τον κλιματισμό ή τη θέρμανση κτηρίων κάθε μεγέθους. Για να επιτευχθεί αυτό κατασκευάζεται στο έδαφος ένα κλειστό δίκτυο πλαστικών σωλήνων, που ονομάζεται γεωεναλλάκτης, μέσα στο οποίο κυκλοφορεί αποσκληρυμένο νερό ή διάλυμα νερού /αντιπηκτικού. Με την βοήθεια του γεωεναλλάκτη ο εξατμιστής/συμπυκνωτής του πρωτεύοντος κυκλώματος της αντλίας θερμότητας απορροφά ή απορρίπτει θερμότητα στο έδαφος. Ανάλογα με την κατασκευή του συνεργαζόμενου γεωεναλλάκτη τα συστήματα αυτά διακρίνονται σε οριζόντια, κατακόρυφα ή σπειροειδή. Ανάλογα με το είδος του συνεργαζόμενου γεωεναλλάκτη, οι αντλίες

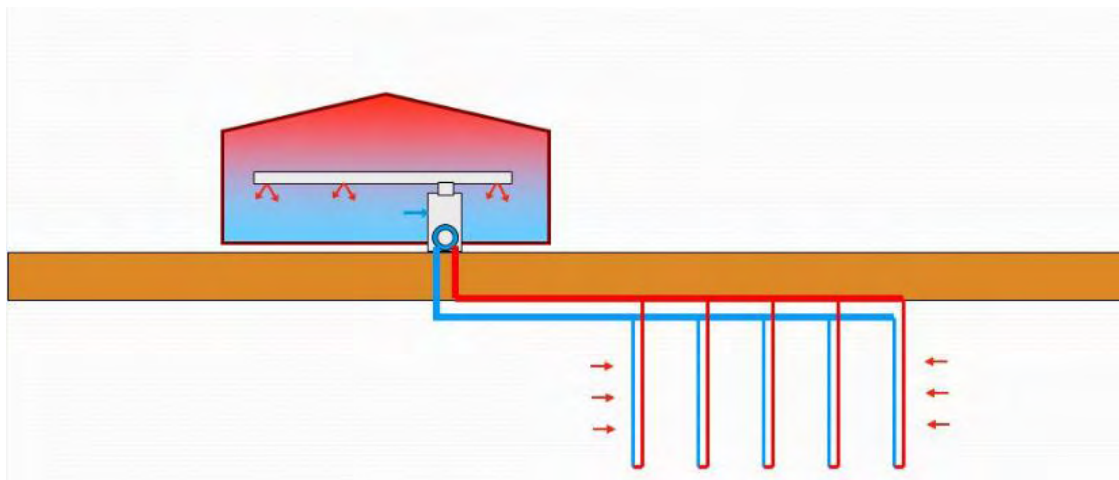
θερμότητας εδάφους διακρίνονται σε τρεις τύπους, ανοιχτού κυκλώματος, κλειστού κυκλώματος και απευθείας εκτόνωσης. Οι αντλίες θερμότητας εδάφους-νερού έχουν υψηλότερο βαθμό επίδοσης σε σχέση με τις υπόλοιπες κατηγορίες αντλιών θερμότητας και είναι φιλικότερες προς το περιβάλλον γιατί έχουν μειωμένη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας που έχει ως αποτέλεσμα την μείωση των εκπομπών ρύπων στην ατμόσφαιρα. Γι' αυτούς τους λόγους έχει παρουσιαστεί αύξηση στην προτίμηση τους για την κλιματιστική εγκατάσταση σε κτίρια στις προηγμένες χώρες.



**ΣΧΗΜΑ 10: Αντλία θερμότητας Εδάφους - Νερού**

#### **2.1.7.4 Αντλίες θερμότητας Εδάφους-Αέρα**

Οι αντλίες θερμότητας εδάφους-αέρα έχουν λειτουργικά και κατασκευαστικά το ίδιο πρωτεύον κύκλωμα με τις αντλίες θερμότητας εδάφους/νερού. Στο δευτερεύον κύκλωμά τους όμως αντί του υδρόψυκτου εναλλάκτη (συμπυκνωτή/εξατμιστή), υπάρχει ανεμιστήρας και αερόψυκτος συμπυκνωτής/εξατμιστής, που τροφοδοτούν με θερμό ή ψυχρό αέρα το δίκτυο αεραγωγών κλιματισμού του κτηρίου



**ΣΧΗΜΑ 11: Αντλία θερμότητας Εδάφους - Αέρα**

## 2.1.8 Πηγές θερμότητας

Υπάρχουν αρκετές πηγές για την άντληση θερμότητας, όπως : ο αέρας, το νερό, το έδαφος.

### 2.1.8.1 Ο αέρας

Ο εξωτερικός αέρας αποτελεί ένα μέσο που χρησιμοποιείται παγκοσμίως ως ψυχρή πηγή για τις αντλίες θερμότητας. Για να μεταφερθεί η θερμότητα ανάμεσα στον αέρα και το ψυκτικό χρησιμοποιούνται εναλλάκτες θερμότητας (μονάδες θερμικής συναλλαγής) μεγάλης επιφάνειας με βεβιασμένη κυκλοφορία αέρα (τεχνητό ρεύμα). Γενικά, στις μονάδες αέρα-αέρα, αυτές οι επιφάνειες είναι κατά 50-100 % μεγαλύτερες από εκείνες της εσωτερικής μονάδας. Η παροχή του εξωτερικού αέρα που διασχίζει τη μονάδα είναι συνήθως μεγαλύτερη από εκείνη του εσωτερικού αέρα κατά το ίδιο περίπου ποσοστό.

Η διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στον εξωτερικό αέρα και στο ψυκτικό μέσο που ατμοποιείται μέσα στη μονάδα κατά τη λειτουργία σε θέρμανση κυμαίνεται συνήθως ανάμεσα σε  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$  και  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Όταν πρέπει να γίνει επιλογή αντλίας θερμότητας που χρησιμοποιεί εξωτερικό αέρα ως ψυχρή πηγή, πρέπει να ληφθούν υπόψη δύο παράγοντες: η τοπική μεταβολή της θερμοκρασίας και ο σχηματισμός πάχνης στη μονάδα. Με την πτώση της εξωτερικής θερμοκρασίας μειώνεται η ισχύς θέρμανσης της αντλίας θερμότητας.

Κατά τη θέρμανση, η επιλογή της συσκευής για ορισμένη θερμοκρασία μελέτης είναι πιο κρίσιμη από ότι σε ένα σύστημα κεντρικής θέρμανσης.

Συνεπώς, πρέπει να δοθούν στη συσκευή οι διαστάσεις για ένα σημείο ισορροπίας που να είναι, στην πράξη, όσο το δυνατόν πιο χαμηλό γίνεται για τη θέρμανση, ώστε να μη καταλήγουμε σε υπερβολική ισχύ ψύξης για τη συσκευή η οποία είναι μεγαλύτερη από το σημείο σχεδιασμού της μελέτης και στην πράξη άχρηστη.

Το πλεονέκτημα της πηγής αυτής είναι ότι βρίσκεται σε αφθονία στη φύση. Παρουσιάζει όμως πρόβλημα όταν η εξωτερική θερμοκρασία το χειμώνα είναι πολύ χαμηλή και η αντλία δεν έχει τη δυνατότητα να αντλήσει θερμότητα από τον αέρα. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται εφεδρικό συμβατικό σύστημα για την κάλυψη των φορτίων αιχμής. Το εφεδρικό σύστημα μπορεί να είναι λέβητας πετρελαίου ή αερίου, νυχτερινή ή ημερήσια ηλεκτρική ενέργεια.

Σημαντικό πρόβλημα είναι το πάγωμα του ατμοποιητή, όταν η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα είναι μικρότερη από  $0 - 2$  °C οπότε επέρχεται στερεοποίηση της υγρασίας του ατμοσφαιρικού αέρα. Όσο αυξάνει η ποσότητα του δημιουργούμενου πάγου, τόσο μειώνεται η παροχή του αέρα που διέρχεται από τον ατμοποιητή. Αρχικά το πρόβλημα αυτό επιλύθηκε με ηλεκτρικές αντιστάσεις με τις οποίες έλιωνε ο πάγος. Σήμερα όμως η πιο γνωστή μέθοδος είναι η αντιστροφή του ψυκτικού κύκλου (ή η παράκαμψη θερμού αερίου προς τον ατμοποιητή από την έξοδο του συμπιεστή μέσω ειδικού παρακαμπτήριου αγωγού). Με τον τρόπο αυτό, όταν απαιτείται απόψυξη, η τετράοδη βαλβίδα ενεργοποιείται και μπαίνει σε λειτουργία ο ψυκτικός κύκλος, οπότε το ζεστό αέριο οδηγείται στον ατμοποιητή και λιώνει τον πάγο (σύστημα απόψυξης). Κατά την απόψυξη, ο εξωτερικός ανεμιστήρας σταματά να παρέχει κρύο αέρα, με αποτέλεσμα ο συμπιεστής να αντιμετωπίζει μόνο τα φορτία του πάγου.

### **2.1.8.2 Το νερό**

Το νερό σε πολλές περιπτώσεις αντιπροσωπεύει την ιδανική ψυχρή πηγή. Δυστυχώς η χρήση του είναι περιορισμένη λόγω προβλημάτων διαθεσιμότητας. Ιδιαίτερα, το νερό πηγαδιού έχει μεγάλο ενδιαφέρον λόγω της σχετικά υψηλής θερμοκρασίας του η οποία είναι σχεδόν σταθερή. Παρ' όλα αυτά, αυτή η πηγή γίνεται όλο και πιο σπάνια και η χρήση της σε εγκαταστάσεις είναι μάλλον περιορισμένη. Σε πολλές περιπτώσεις τα πηγάδια προσφέρουν ικανοποιητική διαθεσιμότητα νερού, συχνά όμως οι συνθήκες του νερού είναι τέτοιες που προκαλούν διάβρωση στους εναλλάκτες θερμότητας ή ευνοούν το σχηματισμό αλάτων. Άλλες επισημάνσεις γίνονται για το κόστος της γεώτρησης, της εγκατάστασης των σωληνώσεων, της άντλησης και των μέσων για τη διάθεση του χρησιμοποιημένου νερού.

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί το νερό λιμνών ή ποταμών, αλλά σε περίπτωση χαμηλών χειμερινών θερμοκρασιών, η διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στην

είσοδο και την έξοδο πρέπει να είναι περιορισμένη, για να εμποδιστεί το πάγωμα του εναλλάκτη. Σε ορισμένες βιομηχανικές εφαρμογές, το νερό που εκκενώνεται από διάφορες διαδικασίες, για παράδειγμα από πλυντήρια ή από συμπυκνωτές, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε θερμική πηγή σε ειδική εγκατάσταση αντλίας θερμότητας.

Λόγω του υψηλού κόστους χρήσης νερού από το δημόσιο δίκτυο, συχνά προτιμάται νερό από ιδιωτικές αντλήσεις. Σε αυτή την περίπτωση, προκύπτουν αρκετές δαπάνες λειτουργίας, όπως είναι η συντήρηση των αντλιών φρεάτων, οι αποχετεύσεις του απορριπτόμενου νερού.

Επίσης, είναι δυνατή η χρησιμοποίηση νερού λίμνης, ποταμού ή ακόμα και θάλασσας (έχει ήδη εφαρμοσθεί σε παραθαλάσσια ξενοδοχεία). Στην τελευταία περίπτωση, πρέπει να μελετηθεί με ιδιαίτερη προσοχή ο τρόπος της υδροληψίας, γιατί αφενός μεν οι θαλάσσιοι οργανισμοί κλείνουν συχνά τις εισόδους των σωλήνων, αφετέρου δε η αναρρόφηση της άμμου μαζί με το νερό, προκαλεί προβλήματα φθοράς στις αντλίες και στους εναλλάκτες του συστήματος.

### **2.1.8.3 Το έδαφος**

Το έδαφος χρησιμοποιείται σπάνια ως ψυχρή πηγή με εναλλάκτες θερμότητας τοποθετημένους εντός του υπεδάφους (θαμμένες σερπαντίνες). Αυτό οφείλεται στα μεγάλα έξοδα εγκατάστασης, στην αναγκαιότητα διάθεσης κάποιας επιφάνειας και στην αβεβαιότητα των προβλέψεων για τις επιδόσεις.

Η σύνθεση του εδάφους είναι μεταβλητή, αφού μπορεί να ποικίλει από υγρή άργιλο μέχρι άμμο. Αυτό έχει μεγάλη επιρροή στις θερμικές ιδιότητες και συνεπώς στις γενικές επιδόσεις. Οι μέσες θερμοκρασίες του εδάφους ακολουθούν περίπου τη μέση ετήσια κλιματική θερμοκρασία. Γενικά, οι σερπαντίνες στο έδαφος απέχουν οριζόντια 1-2 μέτρα μεταξύ τους και θάβονται σε βάθος 1-2 μέτρων.

Η πηγή αυτή παρουσιάζει δύο βασικά προβλήματα:

- α) Τη συντήρηση του στοιχείου και την αντιμετώπιση της διάβρωσης και των διαρροών.
- β) Την απαιτούμενη μεγάλη έκταση για την παραλαβή και απόρριψη της θερμότητας στο έδαφος.

Τελευταία, ερευνητές έχουν αξιοποιήσει τη μεγάλη θερμοχωρητικότητα που παρουσιάζει το έδαφος και γενικότερα ο υπεδαφικός χώρος ο οποίος λειτουργεί παράλληλα και ως φυσικός αποθηκευτικός χώρος θερμικής ενέργειας

(κυρίως ηλιογενούς προέλευσης) και φυσικά αυτό δύναται να δημιουργήσει σημαντική βελτίωση των συντελεστών λειτουργίας EER και COP μιας αντλίας θερμότητας. Σε συνδυασμό με την ανάγκη για μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων, τη μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος και την παράλληλη εξέλιξη της τεχνολογίας για την αντιμετώπιση των διαβρώσεων και της έκτασης των συστημάτων, εφαρμόζονται παγκοσμίως μέθοδοι εκμετάλλευσης της υπόγειας ενέργειας τόσο για τη θέρμανση κτηρίων αλλά και του υπόγειου χώρου για την αποθήκευση θερμότητας από τα κτήρια κατά την περίοδο του θέρους. Σήμερα, με την ανάπτυξη της τεχνολογίας των πλαστικών, το πρόβλημα των διαβρώσεων έχει επιλυθεί, με αποτέλεσμα η γη να αποτελεί μια σημαντική λύση στη χρήση της κανονικής γεωθερμίας.

## **2.1.9 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των Αντλιών Θερμότητας**

### **Πλεονεκτήματα Αντλιών Θερμότητας**

**Εξοικονόμηση ενέργειας.** Με την χρήση μιας Αντλίας Θερμότητας, το σύστημα είναι έως και 6 φορές πιο αποτελεσματικό από τα παραδοσιακά συστήματα θέρμανσης με ορυκτά καύσιμα. Με ιδανικές κλιματολογικές συνθήκες στην χώρα μας, ο μέσος ετήσιος βαθμός απόδοσης (COP) του συστήματος μπορεί να είναι πάνω από το 4 (για A/Θ Αέρα/Νερού) και πάνω από 5,5 (για A/Θ Εδάφους/Νερού με γεωθερμία). Εξασφαλίζοντας τέτοιο υψηλό βαθμό απόδοσης, το λειτουργικό κόστος χρήσης είναι ελάχιστο. Η χρήση της τεχνολογίας μεταβλητών στροφών (Inverter) επιτρέπει την ακόμα μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας καθώς αυξάνει βαθμιαία την ισχύ που απαιτείται για να επιτευχθεί η επιθυμητή θερμοκρασία.

**Προστασία περιβάλλοντος.** Εκτός από την εξοικονόμηση λειτουργικού κόστους με την απόκτηση μίας Αντλίας Θερμότητας, ουσιαστικά αποφασίζετε για μία καθαρότερη μορφή ενέργειας με την μικρότερη δυνατή επιβάρυνση στο περιβάλλον μας.

**Εγκατάσταση – Χώρος Μηχανοστασίου.** Χωρίς να προϋποθέτει λεβητοστάσια, καμινάδες εξαερισμούς χώρων και δεξαμενές καυσίμων οι Αντλίες Θερμότητας μπορούν να τοποθετηθούν εύκολα σε χώρο μισού τετραγωνικού μέτρου και μπορούν να θερμάνουν και να δροσίσουν με άνεση ολόκληρο σπίτι. Η εγκατάσταση για τις A/Θ Αέρος/Νερού είναι απλή είτε εντός είτε εκτός του κτιρίου ενώ για τις A/Θ Εδάφους/Νερού μία σχετική μελέτη για τον εξωτερικό χώρο είναι απαραίτητη.

**Κόστος συντήρησης.** Οι Αντλίες θερμότητας δεν χρησιμοποιούν καυστήρα και δεν εμφανίζουν καύση άρα δεν χρειάζονται κάθε χρόνο συντήρηση

όπως συμβαίνει με τους λέβητες πετρελαίου και αερίου. Η λειτουργία τους μπορεί να συγκριθεί με αυτή ενός κοινού ψυγείου και άρα μηδαμινά έξοδα συντήρησης.

**Μέγιστη Ασφάλεια.** Οι Αντλίες Θερμότητας ανήκουν στα ασφαλέστερα συστήματα θέρμανσης & ψύξης. Δεν εκπέμπουν ρύπους τοπικά, δεν εμφανίζουν φλόγα, ή άλλες καύσεις αφού δεν χρησιμοποιούν πετρέλαιο ή αέριο αλλά καθαρή ενέργεια από το περιβάλλον .

**Αξιοπιστία – Ποιότητα.** Οι Αντλίες Θερμότητας ενσωματώνοντας καινοτομίες και χαρακτηριστικά υψηλής απόδοσης αποτελούν την κορυφαία επιλογή εξοικονόμησης ενέργειας στην κόσμο και έχουν πείσει ήδη χιλιάδες χρήστες εδώ και 40 χρόνια. Οι Αντλίες Θερμότητας έχουν ωριμάσει ως προϊόντα με: υψηλές τιμές απόδοσης, εργονομική άνεση χειρισμού, μακροχρόνια ασφάλεια λειτουργίας, μεμονωμένη επιλογή συστήματος, πλήρες πρόγραμμα εξαρτημάτων και εγγύηση ανταλλακτικών.

**Ευελιξία διασύνδεσης και εφαρμογών.** Οι Αντλίες Θερμότητας μπορούν να εγκατασταθούν σε νέα ή παλιά κτίρια και μπορούν να συνδεθούν με υπάρχοντα θερμαντικά σώματα (ειδικά μοντέλα), σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης και δροσισμού καθώς και με σώματα Fan Coils για θέρμανση και ψύξη. Επίσης μπορούν να συνδυαστούν και με το ήδη υπάρχον λεβητοστάσιο, ή και με άλλες ανανεώσιμες πηγές, όπως για παράδειγμα τα ηλιακά συστήματα για υποστήριξη θέρμανσης.

## **Μειονεκτήματα Αντλιών Θερμότητας**

**Κόστος εγκατάστασης.** Το κόστος εγκατάστασης μιας αντλίας θερμότητας είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο κόστος ενός συμβατικού συστήματος

**Απόδοση κατά από ορισμένες συνθήκες.** Ο συντελεστής απόδοσης της αντλίας θερμότητας μειώνεται κατά πολύ σε περιόδους που οι θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος είναι μεγάλες. Έτσι, ενώ ο ονομαστικός βαθμός απόδοσης μιας αντλίας θερμότητας είναι συνήθως 3,5 για 7°C στο εξωτερικό περιβάλλον και 20°C στο εσωτερικό, ο βαθμός αυτός πέφτει κάτω του 1,5 όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι κάτω από τους -6°C. Αυτό σημαίνει ότι απαιτούνται αντιστάσεις θερμάνσεως οι οποίες θα καλύψουν το επιπλέον φορτίο.



## 2.2 Σύστημα Κλιματισμού Variable Refrigerant Volume (VRV)

### 2.2.1 Εισαγωγή

Το σύστημα VRV/VRF σημαίνει μεταβαλλόμενος όγκος ψυκτικού (Variable Refrigerant Volume), γνωστό και ως μεταβλητή παροχή ψυκτικού (VRF / variable refrigerant flow). Στην ουσία πρόκειται για την καταξιωμένη τεχνολογία αντλίας θερμότητας και inverter της Daikin. Είναι τα μόνα επαγγελματικά συστήματα που προσαρμόζουν συνεχώς την ποσότητα του ψυκτικού μέσα στο σύστημα, ώστε να ανταποκρίνεται με ακρίβεια στις απαιτήσεις θέρμανσης ή ψύξης κάθε χώρου, για μέγιστη άνεση και ενεργειακή απόδοση. Χάρη στην άκρως αποδοτική τεχνολογία ανάκτησης θερμότητας, το VRV αποτελεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για τη θέρμανση, την ψύξη, τον εξαερισμό και την παροχή ζεστού νερού σε μεσαία έως και μεγάλα κτίρια.



**ΣΧΗΜΑ 12: Σχηματική απεικόνιση συστήματος VRV**

## 2.2.2 Τρόπος λειτουργίας

Συγκεκριμένα, το σύστημα περιλαμβάνει την εξωτερική μονάδα - αντλία θερμότητας (μπορεί να είναι και περισσότερες) η οποία μπορεί να συνδεθεί με πολλαπλές εσωτερικές μονάδες μέσω ενός κεντρικού δικτύου ψυκτικών σωληνώσεων. Στο σύστημα κυκλοφορεί ψυκτικό υπό μορφή αερίου και υγρού το οποίο χρησιμοποιείται ως μέσο μεταφοράς θερμότητας βάσει του μικτού κύκλου του μοντέλου αντλίας θερμότητας. Έχουν υψηλή απόδοση σχετικά με τα συμβατικά κλιματιστικά, εύκολη εγκατάσταση, εξυπηρετούν μεγάλες αποστάσεις και το πιο σημαντικό μπορούν να εξυπηρετήσουν πολύ αποδοτικά μεταβλητά φορτία.

## 2.2.3 Αρχές Συστημάτων VRV

Τα κλιματιστικά τύπου VRV ή VRF μπορούν εύκολα να χαρακτηριστούν ως "Rolls Royce" των συστημάτων κλιματισμού. Είναι ένα πολύ εξελιγμένο τεχνολογικό σύστημα κλιματισμού που βασίζεται σε ορισμένες αρχές:

1. Μόνο ψυκτικό - Στο σύστημα του ρέει μόνο ψυκτικό υλικό (σε αντίθεση με τα συστήματα κρύου νερού, όπου το ψυκτικό χρησιμοποιείται για την ψύξη/θέρμανση του νερού που κυκλοφορεί σε όλο το σύστημα).
2. Συμπιεστές fullinverter που επιτρέπουν τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας ακόμα και σε συνθήκες μερικού φορτίου με πολύ χαμηλή ζήτηση.
3. Αρκετές εσωτερικές μονάδες στον ίδιο ψυκτικό βρόχο / κύκλωμα.
4. Δυνατότητα αρθρωτής επέκτασης (ισχύει κυρίως για μεγάλα έργα, τα οποία μπορούν να αναπτυχθούν σε στάδια).

Τα συστήματα τύπου VRV / VRF εξασφαλίζουν ανά ιδιοκτησία και ανά χώρο πλήρη αυτονομία και καταναλώνουν ενέργεια μόνο για τους χώρους που επιθυμούμε εμείς να θερμάνουμε ή να κλιματίσουμε παρέχοντας εξαιρετικές συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας.

## 2.2.4 Εξοικονόμηση ενέργειας

Τα πιο εξελιγμένα συστήματα VRV / VRF μπορούν να έχουν εσωτερικές μονάδες, οι οποίες εξυπηρετούνται από μία ενιαία εξωτερική μονάδα, και στις δύο λειτουργίες θέρμανσης και ψύξης ταυτόχρονα. Αυτή η λειτουργία μικτής λειτουργίας οδηγεί σε εξοικονόμηση ενέργειας καθώς και τα δύο άκρα του θερμοδυναμικού κύκλου παρέχουν χρήσιμη εναλλαγή θερμότητας.

Για παράδειγμα , αν ένα σύστημα έχει συντελεστή απόδοσης 3 και COP θέρμανσης 4, τότε η λειτουργία ανάκτησης θερμότητας θα μπορούσε να αποδώσει ένα COP ύψους 7.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι αυτή η τέλεια ισορροπία της ζήτησης θέρμανσης και ψύξης είναι απίθανη να εμφανίζεται για πολλές ώρες κάθε χρόνο, αλλά κάθε φορά που χρησιμοποιείται μεικτή λειτουργία, εξοικονομείται ενέργεια. Σε μικτή λειτουργία η κατανάλωση ενέργειας υπαγορεύεται από τη μεγαλύτερη ζήτηση, θέρμανση ή ψύξη και η μικρότερη ζήτηση, ψύξη ή θέρμανση παρέχεται δωρεάν. Οι μονάδες είναι τώρα διαθέσιμες για να παραδώσουν τη θερμότητα που απομακρύνεται από την ψύξη χώρου σε ζεστό νερό για θέρμανση χώρων, ζεστό νερό χρήσης ή εφαρμογές αναψυχής, έτσι ώστε η μικτή λειτουργία να χρησιμοποιείται για μεγαλύτερο μέρος του έτους.

## **2.2.5 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Συστημάτων VRV**

### **Πλεονεκτήματα συστήματος VRV**

- Το σύστημα VRV μέσω του ελέγχου πολλαπλών ζωνών επιτρέπει την ανεξάρτητη διαχείριση διαφορετικών χώρων και ορόφων ,το οποίο βοηθά να μειωθεί η ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου.
- Το σύστημα ανάκτησης θερμότητας που χρησιμοποιεί το σύστημα VRV επαναχρησιμοποιεί ενέργεια για θέρμανση και ψύξη εσωτερικών χώρων και παραγωγή ζεστού νερού με αρκετά αποδοτικό τρόπο.
- Η μεταβολή στον όγκο του ψυκτικού μέσου δίνει τη δυνατότητα για προσαρμογή στις ανάγκες των χώρων και του κτιρίου .
- Το χαμηλότερο κόστος λειτουργίας σε σχέση με άλλα συστήματα .
- Εσωτερικές μονάδες πλήρως συμβατές με τον οικολογικό σχεδιασμό.
- Εύκολη εγκατάσταση του συστήματος.

### **Μειονεκτήματα συστήματος VRV**

- Υψηλό κόστος εγκατάστασης.
- Η ανάγκη εγκατάστασης μιας back-up εξωτερικής μονάδας αφού σε περίπτωση βλάβης της εξωτερικής μονάδας το σύστημα δεν είναι λειτουργικό.
- Δεν είναι κατάλληλο για κτίρια υψηλού ύψους .
- Δεν προσφέρουν όλοι οι κατασκευαστές την επιλογή εγκατάστασης του συστήματος.

## **2.3 ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ – ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ**

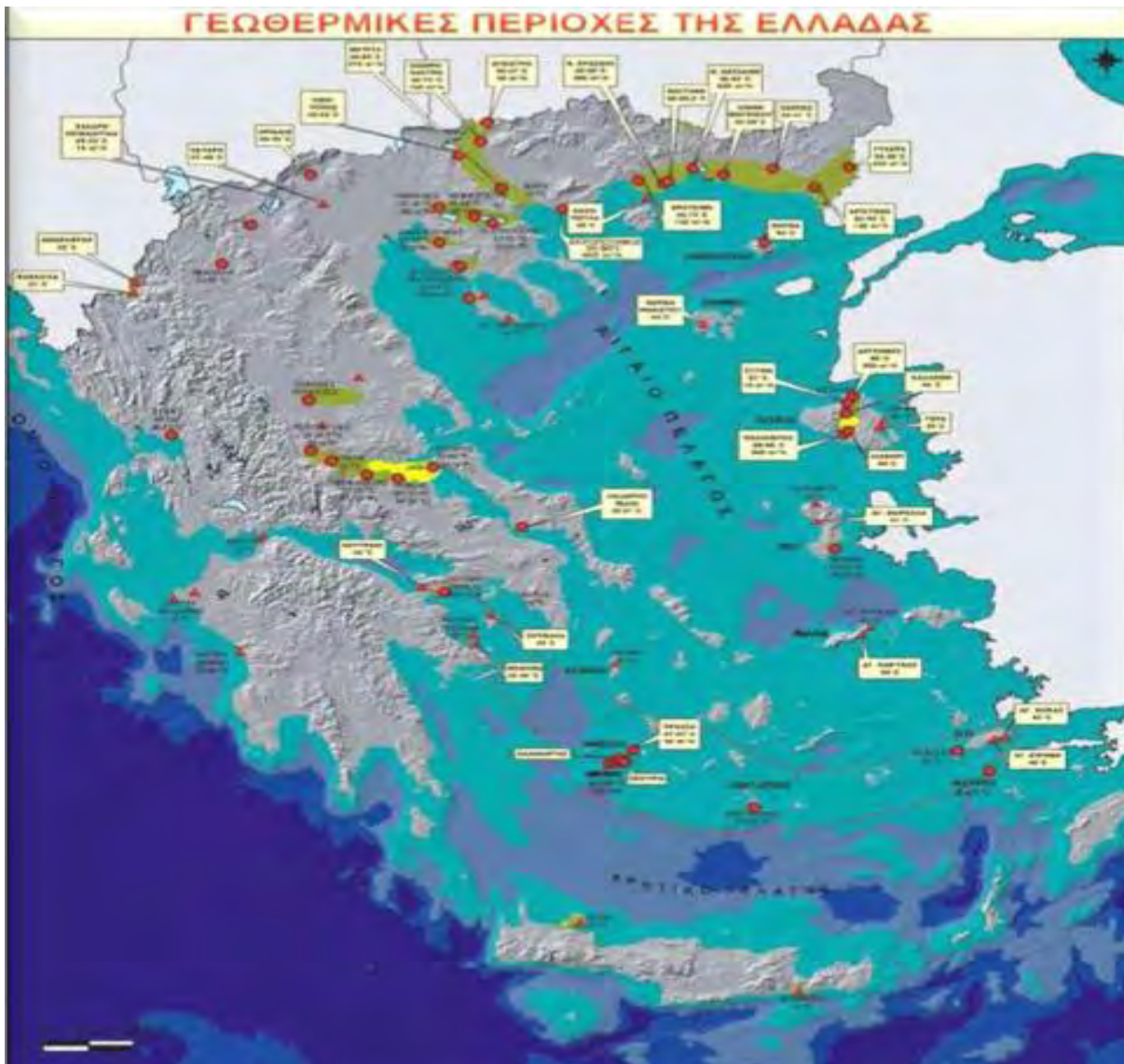
### **2.3.1 Εισαγωγή**

Γεωθερμία ή Γεωθερμική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης με μορφή νερών, ατμών, αερίων ή μειγμάτων αυτών ή ακόμη και ως ενέργεια από τα πετρώματα και αποτελεί μία σημαντική Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας (Α.Π.Ε.) Είναι η φυσική ενέργεια της γης που διαρρέει το θερμό εσωτερικό του πλανήτη προς την επιφάνεια.

Η γεωθερμική ενέργεια είναι μία ήπια και πρακτικά ανεξάντλητη, συνεπώς ανανεώσιμη, μορφή ενέργειας, η οποία αποτελεί φυσικό εγχώριο πλούτο που με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα μπορεί να καλύψει σημαντικό ποσοστό από τις ενεργειακές ανάγκες των κρατών.

Η Ελλάδα ως γεωγραφική τοποθεσία διαθέτει σημαντικές γεωθερμικές πηγές, σε σχετικά μικρά βάθη (100 - 1500 m). Παρ' όλα αυτά και ενώ φαντάζει μια ιδιαίτερα ελκυστική επένδυση από οικονομικής απόψεως, οι περιπτώσεις εκμετάλλευσης της γεωθερμικής ενέργειας στην Ελλάδα είναι ελάχιστες και τις περισσότερες φορές αφορούν μικρές κυρίως εγκαταστάσεις (θέρμανση θερμοκηπίων, ιχθυοτροφία, καθώς και αποξήρανση λαχανικών και φρούτων).

Η αξιοποίηση της λοιπόν για την παραγωγή ενέργειας παρουσιάζει ορισμένες ενδιαφέρουσες ιδιαιτερότητες και πλεονεκτήματα. Αρχικά, χρήσιμο είναι να δοθούν οι ορισμοί και οι σημασίες κάποιων βασικών εννοιών.

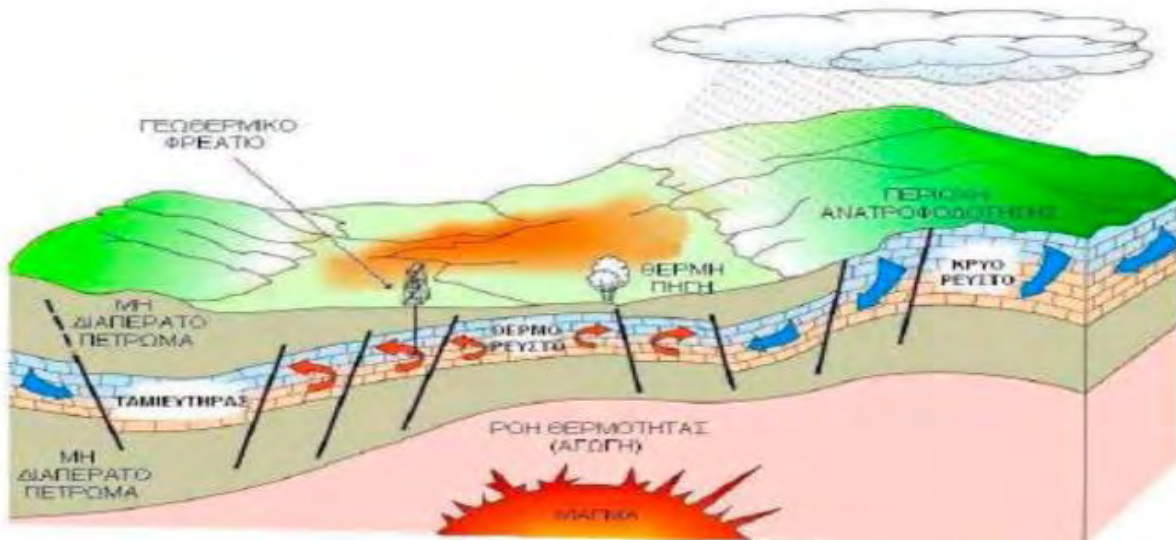


**ΣΧΗΜΑ 13: Γεωθερμικές περιοχές της Ελλάδος**

### 2.3.2 Γεωθερμικό σύστημα

Ως γεωθερμικό σύστημα ορίζεται ένας γεωλογικός σχηματισμός με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, μέσα στον οποίο είναι αποθηκευμένη η γεωθερμική ενέργεια. Τα γεωθερμικά συστήματα εντοπίζονται σε περιοχές με κανονική ή με λίγο μεγαλύτερη από τη μέση γήινη γεωθερμική βαθμίδα και κυρίως γύρω από τα όρια των τεκτονικών πλακών, όπου η βαθμίδα μπορεί να είναι σημαντικά υψηλότερη της μέσης τιμής. Στην πρώτη περίπτωση τα γεωθερμικά συστήματα χαρακτηρίζονται από χαμηλές θερμοκρασίες που συνήθως δεν ξεπερνούν τους 100°C, ενώ στη δεύτερη περίπτωση οι θερμοκρασίες μπορεί να καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα, από σχετικά χαμηλές μέχρι και μεγαλύτερες, της τάξεως των 400°C.

Το γεωθερμικό σύστημα μπορεί να περιγραφεί ως ένα σύστημα που βρίσκεται σε περιορισμένο χώρο στον ανώτερο φλοιό της γης. Στο εσωτερικό του υπάρχει κινούμενο νερό, το οποίο μεταφέρει θερμότητα από μία πηγή σε μια δεξαμενή θερμότητας, η οποία συνήθως είναι μια ελεύθερη επιφάνεια. Έτσι λοιπόν, ένα γεωθερμικό σύστημα αποτελείται από τα εξής τρία στοιχεία: την εστία θερμότητας, τον ταμιευτήρα και το γεωθερμικό ρευστό, το οποίο λειτουργεί ως μέσο μεταφοράς της θερμότητας.



**ΣΧΗΜΑ 14: Γεωθερμικό σύστημα**

### 2.3.3 Ταξινόμηση Γεωθερμικών Συστημάτων

Τα γεωθερμικά συστήματα, δηλαδή οι μορφές με τις οποίες συναντάται η γεωθερμική ενέργεια, μπορούν να ταξινομηθούν με διάφορα κριτήρια, όπως είναι το είδος των γεωθερμικών πόρων, ο τύπος και η θερμοκρασία των ρευστών, ο τύπος του πετρώματος που φιλοξενεί τα ρευστά, το είδος της εστίας θερμότητας αλλά και με το αν κυκλοφορούν ή όχι ρευστά στον ταμιευτήρα.

Σε σχέση με το είδος των γεωθερμικών πόρων διακρίνονται πέντε κατηγορίες συστημάτων, που περιγράφονται συνοπτικά ως εξής:



**ΣΧΗΜΑ 15:** Μορφές γεωθερμικής ενέργειας κατά σειρά ενδιαφέροντος χρήσεως σήμερα και προοπτικής στο εγγύς μέλλον, από αριστερά προς τα δεξιά

α) Τα **υδροθερμικά συστήματα ή πόροι**, δηλ. τα φυσικά υπόγεια θερμά ρευστά που βρίσκονται σε έναν ή περισσότερους ταμιευτήρες, θερμαίνονται από μία εστία θερμότητας και συχνά εμφανίζονται στην επιφάνεια της γης με τη μορφή θερμών εκδηλώσεων. Τα συστήματα αυτά συχνά ταυτίζονται με το σύνολο σχεδόν των γεωθερμικών πεδίων, αφού σήμερα ουσιαστικά είναι τα μόνα συστήματα που αξιοποιούνται.

β) **Αβαθής γεωθερμία** (earthenergy), κατά την οποία λαμβάνονται (ή και απορρίπτονται) ποσότητες ενέργειας από μικρά βάθη με την ανακυκλοφορία νερού στα πρώτα 100m από την επιφάνεια της γης ή με την κυκλοφορία υπόγειων νερών ή νερών από λίμνες, ποτάμια και τη θάλασσα. Αποτελεί την ταχύτερα αναπτυσσόμενη μορφή της γεωθερμικής ενέργειας.

γ) Τα **προχωρημένα γεωθερμικά συστήματα** (enhanced geothermal systems) αναφέρονται στα θερμά πετρώματα σε βάθος από 2 μέχρι 10 km, από τα οποία μπορεί να ανακτηθεί ενέργεια χρησιμοποιώντας νερό που διοχετεύεται από την επιφάνεια, μέσω κατάλληλων γεωτρήσεων, και ανακτάται αρκετά θερμότερο με τη μορφή νερού ή ατμού μέσω άλλων γεωτρήσεων.

δ) Τα **γεωπεπιεσμένα συστήματα** (geopressured systems) αποτελούνται από ρευστά εγκλεισμένα σε μεγάλο βάθος, βρίσκονται περιορισμένα από μη περατά πετρώματα και η πίεσή τους υπερβαίνει την υδροστατική.

ε) Τα **μαγματικά συστήματα** (magma systems) αναφέρονται στην απόληξη θερμότητας με κατάλληλες γεωτρήσεις σε μαγματικές διεισδύσεις, που βρίσκονται σε μικρό σχετικά βάθος.

### 2.3.4 Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας

Τα συστήματα γεωθερμικού κλιματισμού χρησιμοποιούν γεωθερμικές αντλίες, οι οποίες είναι μονάδες που χρησιμοποιούν τον κύκλο ψύξης για να

αυξήσουν ή να ζεστάνουν ένα μέσο (αέρα ή νερό) ,χρησιμοποιώντας το έδαφος ως δεξαμενή (δροσισμός) ή ως πηγή θερμότητας (θέρμανση). Ο κύκλος ψύξης είναι αναστρέψιμος για αυτό και γεωθερμικές αντλίες μπορούν και να θερμάνουν αλλά και να ψύχουν. Ένα γεωθερμικό σύστημα αντλιών περιλαμβάνει τον γεωεναλλάκτη που είναι ένα σύστημα σωληνώσεων και βρίσκεται στο έδαφος για να απορροφά θερμότητα μέσω του αντιπηκτικού , που κυκλοφορεί στους σωλήνες. Ακόμα υπάρχει η αντλία θερμότητας που ρυθμίζει την θέρμανση η ψύξη και αυτό επιτυγχάνεται με την εισαγωγή του ζεστού ή κρύου νερού στην εσωτερική εγκατάσταση θέρμανσης. Επιπρόσθετα, είναι το σύστημα μεταφοράς και διανομής για την θέρμανση ή ψύξη των εσωτερικών χώρων. Τέλος, σε μερικά συστήματα εντάσσεται ένας τέταρτος βρόχος (υπερθερμαντηρας) που χρησιμοποιείται για την προθέρμανση του εσωτερικού ζεστού νερού.

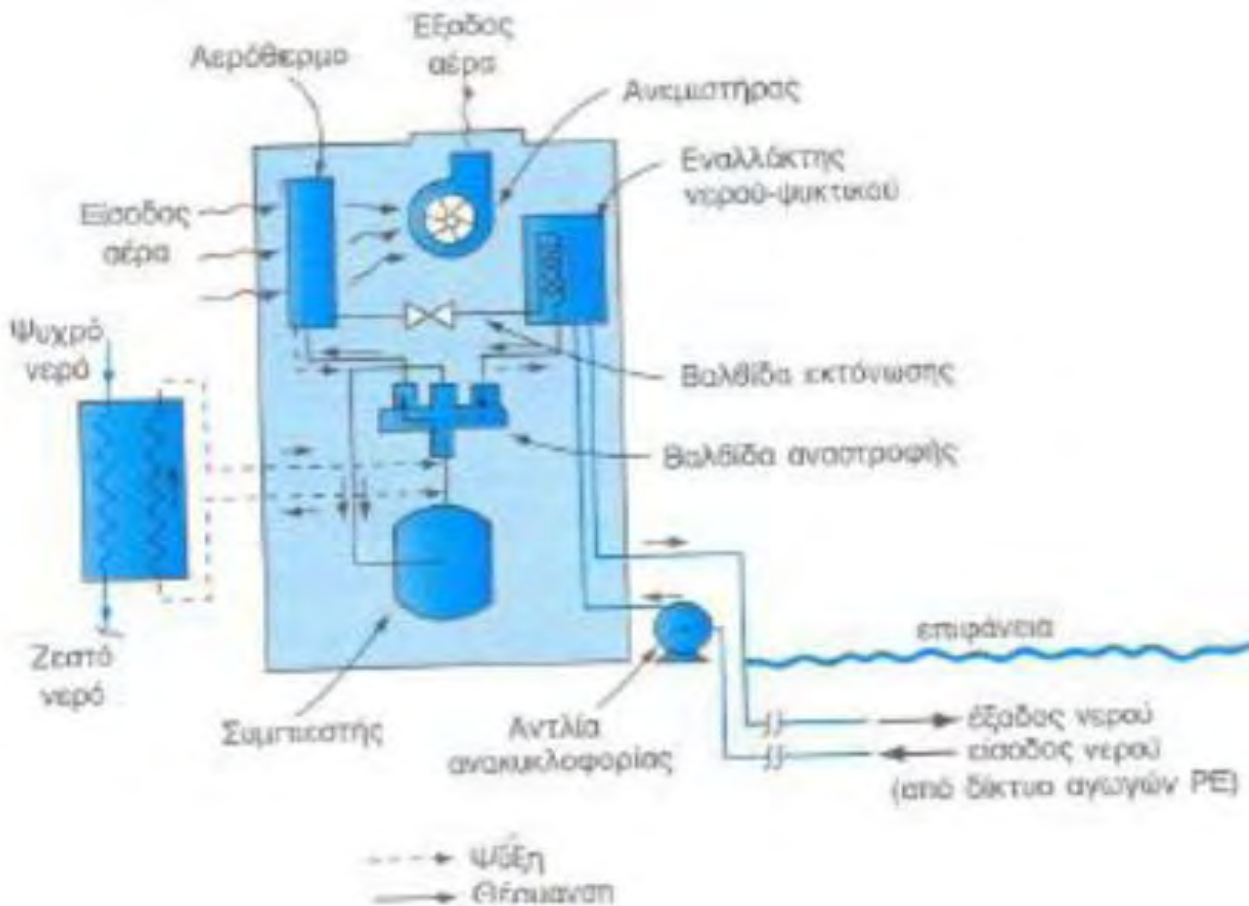
Στην ορολογία των αντλιών θερμότητας, η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας στην οποία απορροφάται η θερμότητα (θερμοκρασία πηγής) και της θερμοκρασίας στην οποία η θερμότητα αποδίδεται (θερμοκρασία χώρου απόθεσης) αναφέρεται ως "ανύψωση". Όσο μεγαλύτερη είναι η ανύψωση, τόσο μεγαλύτερη είναι η εισαγόμενη ενέργεια που απαιτείται από την αντλία θερμότητας. Αυτό είναι σημαντικό, επειδή αποτελεί πλεονέκτημα όσον αφορά στην απόδοση των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας σε σχέση με τις αντλίες θερμότητας με πηγή τον αέρα. Τα συστήματα με χρήση υπόγειων εναλλακτών που χρησιμοποιούνται στις γεωθερμικές αντλίες θερμότητας από υδάτινη πηγή ταξινομούνται σε 2 κύριες κατηγορίες:

- σωλήνες κλειστού κυκλώματος
- σωλήνες ανοικτού κυκλώματος

#### **2.3.4.1 Συστήματα με σωλήνες κλειστού κυκλώματος**

Τα συστήματα αυτά αποτελούνται από ένα υπόγειο δίκτυο στεγανοποιημένων, πλαστικών σωλήνων υψηλής αντοχής, που λειτουργεί ως εναλλάκτης θερμότητας. Στο κύκλωμα κυκλοφορεί ένα ρευστό υλικό μεταφοράς θερμότητας, τυπικά νερό ή ένα υδρο-αντιψυκτικό διάλυμα, μπορεί όμως να χρησιμοποιηθούν και άλλα ρευστά μεταφοράς θερμότητας. Όταν οι απαιτήσεις για ψύξη προκαλούν την αύξηση της θερμοκρασίας του υγρού μέσα στο κλειστό κύκλωμα, τότε μετά φέρεται θερμότητα στο ψυχρότερο έδαφος. Αντιστρόφως, όταν οι απαιτήσεις για θέρμανση προκαλούν την πώση της θερμοκρασίας του ρευστού στο κλειστό κύκλωμα, τότε θερμότητα απορροφάτε από το θερμότερο έδαφος. Υπάρχουν αρκετές ποικιλίες διατάξεων κλειστού κυκλώματος, όπως είναι **το οριζόντιο, το σπειροειδές, το κάθετο και το καταβυθισμένο.**





**ΣΧΗΜΑ 16: Γεωθερμική αντλία θερμότητας κλειστού κυκλώματος**

### 2.3.4.1.1 Οριζόντιο κύκλωμα

Τα οριζόντια κυκλώματα, που απεικονίζονται στο Σχήμα 17, χρησιμοποιούνται συχνά όταν υπάρχει διαθέσιμη επαρκής επιφάνεια του εδάφους. Οι σωλήνες τοποθετούνται σε τάφρους, τυπικά σε ένα βάθος 1,2 έως 3m. Ανάλογα με το συγκεκριμένο σχεδιασμό, μπορούν να τοποθετηθούν από 1 μέχρι 6 σωλήνες σε κάθε τάφρο. Παρόλο που απαιτούν περισσότερο μήκος σωλήνων, οι διατάξεις πολλαπλών σωλήνων διατηρούν την επιφάνεια του εδάφους, απαιτούν λιγότερες τάφρους και επομένως έχουν μικρότερο κόστος εγκατάστασης από τις διατάξεις μονού σωλήνα. Τα μήκη των τάφρων ποικίλλουν από 30-120 m ανά σύστημα τόνου ψύξης, εξαρτώνται από τις συνθήκες του εδάφους και τον αριθμό των σωλήνων μέσα στην τάφρο. Αυτά τα συστήματα είναι συνηθισμένα σε οικιακές εφαρμογές, αλλά δεν εφαρμόζονται συχνά σε μεγάλης χωρητικότητας εμπορικές εφαρμογές, αφού απαιτείται μεγάλη επιφάνεια εδάφους για κατάλληλη μεταφορά θερμότητας. Τα οριζόντια συστήματα εφαρμόζονται συνήθως σε μεγάλες επιφάνειες εδάφους με υψηλή στάθμη νερού. Στους σωλήνες κυκλοφορεί νερό και αντιπηκτικό.



**ΣΧΗΜΑ 17: Γεωθερμία κλειστού τύπου με οριζόντιο γεωεναλλάκτη**

#### **2.3.4.1.2 Σπειροειδές κύκλωμα**

Μια παραλλαγή της διάταξης οριζόντιου κυκλώματος με πολλαπλούς σωλήνες είναι το σπειροειδές κύκλωμα. Το κύκλωμα αυτό, αποτελείται από σωλήνες που στριφογυρίζουν σε ένα κυκλικό κύκλωμα μέσα σε τάφρους. Μια άλλη παραλλαγή του συστήματος με σπειροειδές κύκλωμα περιλαμβάνει την τοποθέτηση του κυκλώματος όρθιο σε στενές κάθετες τάφρους. Η διάταξη του σπειροειδούς κυκλώματος απαιτεί γενικά περισσότερους σωλήνες, τυπικά 150-300m ανά σύστημα τόνου ψύξης, αλλά λιγότερες συνολικά τάφρους από τα συστήματα οριζόντιου κυκλώματος με πολλαπλούς σωλήνες. Για το σχεδιασμό των οριζόντιων σπειροειδών κυκλωμάτων, οι τάφροι έχουν πλάτος γενικά 0,9 έως 1,8m, πολλαπλές τάφροι απέχουν τυπικά περίπου 3,7m. Για το σχεδιασμό των κάθετων σπειροειδών κυκλωμάτων, οι τάφροι έχουν πλάτος γενικά 15,2cm.



**ΣΧΗΜΑ 18: Γεωθερμία κλειστού τύπου με σπειροειδή γεωεναλλάκτη**

### **2.3.4.1.3 Κάθετο κύκλωμα**

Τα κάθετα κυκλώματα χρησιμοποιούνται γενικά όταν η επιφάνεια του εδάφους είναι περιορισμένη. Διανοίγονται γεωτρήσεις σε τυπικά βάθη από 22,9 έως 91,4m βάθος. Οι σωλήνες κλειστού κυκλώματος εισάγονται μέσα στην κάθετη γεωτρήση και ποικίλλουν από 60-180m ανά σύστημα ψύξης τόνου, εξαρτώμενες από το έδαφος και τις συνθήκες θερμοκρασίας. Χρησιμοποιούνται πολλαπλές γεωτρήσεις, που απέχουν 3 έως 4,9m και οι σωλήνες είναι τοποθετημένοι είτε σε σειρά ή σε παράλληλη διάταξη, ώστε να ικανοποιούν τις απαιτήσεις για τη συνολική μεταφορά θερμότητας. Τα κάθετα συστήματα εφαρμόζονται εκεί που είναι περιορισμένη η εδαφική περιοχή, εκεί που το νερό βρίσκεται σε μεγάλο βάθος κι εκεί που το έδαφος είναι βραχώδες ή υπάρχει υπόβαθρο. Υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι για τους εναλλάκτες θερμότητας του κάθετου συστήματος:

- Σωλήνας σε σχήμα U
- Διαχωρισμένοι σωλήνες
- Ομόκεντροι σωλήνες



**ΣΧΗΜΑ 19: Γεωθερμία κλειστού τύπου με κάθετο γεωεναλλάκτη**

#### **2.3.4.1.4 Καταβυθιζόμενο κύκλωμα**

Αν ένας μετρίου μεγέθους νερόλακκος ή λίμνη είναι διαθέσιμα, τότε το κλειστό κύκλωμα μπορεί να καταβυθιστεί όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 20. Οι εφαρμογές των καταβυθισμένων κυκλωμάτων απαιτούν κάποιες ειδικές συνθήκες και αυτό πρέπει να συζητηθεί άμεσα με έναν μηχανικό εξειδικευμένο σε τέτοιες εφαρμογές. Αυτός ο τύπος συστήματος απαιτεί επαρκή επιφάνεια εδάφους και βάθος, ώστε να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις θέρμανσης και ψύξης. Τυπικές εγκαταστάσεις απαιτούν σωλήνες 90mm ανά σύστημα τόνου ψύξης.



**ΣΧΗΜΑ 20: Γεωθερμία κλειστού τύπου με καταβυθιζόμενο γεωεναλλάκτη**

#### **2.3.4.2 Συστήματα με σωλήνες ανοικτού κυκλώματος**

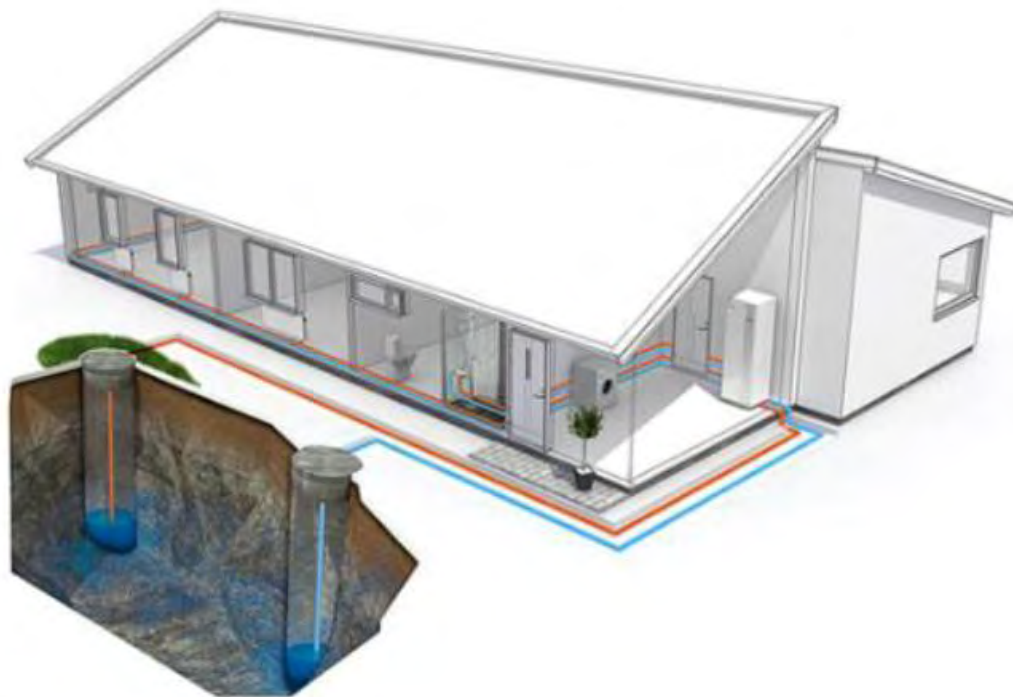
Τα συστήματα ανοικτού κυκλώματος χρησιμοποιούν υπεδafικό νερό ως άμεσο μέσο μεταφοράς θερμότητας σε αντίθεση με το ρευστό υλικό μεταφοράς θερμότητας, στα συστήματα κλειστού κυκλώματος. Αυτά τα συστήματα αναφέρονται μερικές φορές ως "αντλίες θερμότητας από υδάτινη πηγή" για να διαχωριστούν από τις "αντλίες θερμότητας από εδάφια πηγή". Τα συστήματα ανοικτού κυκλώματος αποτελούνται πρωταρχικά από γεωτρήσεις εξαγωγής, γεωτρήσεις επανέγχυσης ή συστήματα επιφανειακού νερού.

Υπάρχουν αρκετοί ειδικοί παράγοντες που πρέπει να λάβουμε υπόψη στα συστήματα ανοικτού κυκλώματος:

- η ποσότητα νερού
- η καταλληλότητα του διαθέσιμου νερού
- η εκροή ρευμάτων

Στα συστήματα ανοικτού κυκλώματος ο πρωταρχικός εναλλάκτης θερμότητας μεταξύ του ψυκτικού υλικού και του υπεδafικού νερού μπορεί να

υπόκειται σε διάβρωση. Ο ρυθμός ροής που απαιτείται μέσω του πρωταρχικού εναλλάκτη θερμότητας μεταξύ του ψυκτικού υλικού και του υπεδαφικού νερού κυμαίνεται από 0.4 έως 0.8m<sup>3</sup>/h ανά σύστημα τόνου ψύξης. Το υπόγειο νερό πρέπει είτε να επανεγχύεται μέσα στο έδαφος από ξεχωριστές γεωτρήσεις ή να εκρέει σε ένα επιφανειακό σύστημα, όπως είναι ένα ποτάμι ή μια λίμνη.



**ΣΧΗΜΑ 21: Σύστημα αβαθούς γεωθερμίας ανοιχτού τύπου**

### **2.3.5 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας**

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας είναι:

- Αποτελούν οικολογικές διατάξεις οι οποίες δε ρυπαίνουν το περιβάλλον
- Η λειτουργία τους δεν εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες αφού χρησιμοποιούν το υπέδαφος
- Εξοικονομούν το 75% της ενέργειας που απαιτείται για θέρμανση και το 40% αυτής που απαιτείται για ψύξη

- Το κόστος συντήρησης εγκαταστάσεων κι εξοπλισμού είναι χαμηλό
- Απουσία θορύβου κατά τη λειτουργία τους
- Μικρότερος χώρος για την εγκατάστασή τους(απουσία λεβητοστασίου, δεξαμενής πετρελαίου και αερόψυκτου ψύκτη)
- Υψηλά επίπεδα ασφάλειας

Τα κυριότερα μειονεκτήματα των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας είναι:

- Δυσκολία επισκευής διαρροών σε κλειστά συστήματα
- Υψηλό αρχικό κόστος κατασκευής του γεωθερμικού συστήματος
- Ανάγκη μεγάλης παροχής νερού για ανοιχτά συστήματα
- Δημιουργία λάσπης η οποία θα πρέπει να απομακρύνεται από το χώρο κατοικίας

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

#### 3.1 Εισαγωγή

Η επιλογή του κατάλληλου και σωστού συστήματος αερισμού ,θερμάνσεως ή κλιματισμού για ένα συγκεκριμένο χώρο ή κτίριο απαιτεί και τον ορθό υπολογισμό των ψυκτικών και θερμικών φορτίων. Οι υπολογισμοί των φορτίων αυτών βασίζονται ως προς το επιστημονικό τους μέρος, στους νόμους της μετάδοσης θερμότητας και της μεταφοράς μάζας .Γενικά στις εφαρμογές σε μεγάλες κτιριακές εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι ανάλογα την εκάστοτε χώρα και τους εκάστοτε ενεργειακούς κανονισμούς. Στην συγκεκριμένη διπλωματική αναλύονται κυρίως οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται από το λογισμικό H.A.P. και την εταιρεία Carrier.

Όταν σε ένα χώρο έχει επιτευχθεί η επιθυμητή θερμοκρασία παρατηρούνται απώλειες θερμότητας από τον χώρο αυτό προς κάθε γειτονικό, χαμηλότερης θερμοκρασίας και βέβαια προς το ψυχρό περιβάλλον. Γενικά το ψυκτικό φορτίο χώρου υπολογίζεται για κάθε χώρο ξεχωριστά. Το συνολικό ψυκτικό φορτίο κάθε χώρου υπολογίζεται από τον τύπο:

$$Q_C = Q_L + Q_S$$

- $Q_S$ : είναι το αισθητό φορτίο, το οποίο μεταβάλλει τη θερμοκρασία του χώρου
- $Q_L$ : είναι το λανθάνον φορτίο, το οποίο μεταβάλλει την υγρασία του χώρου

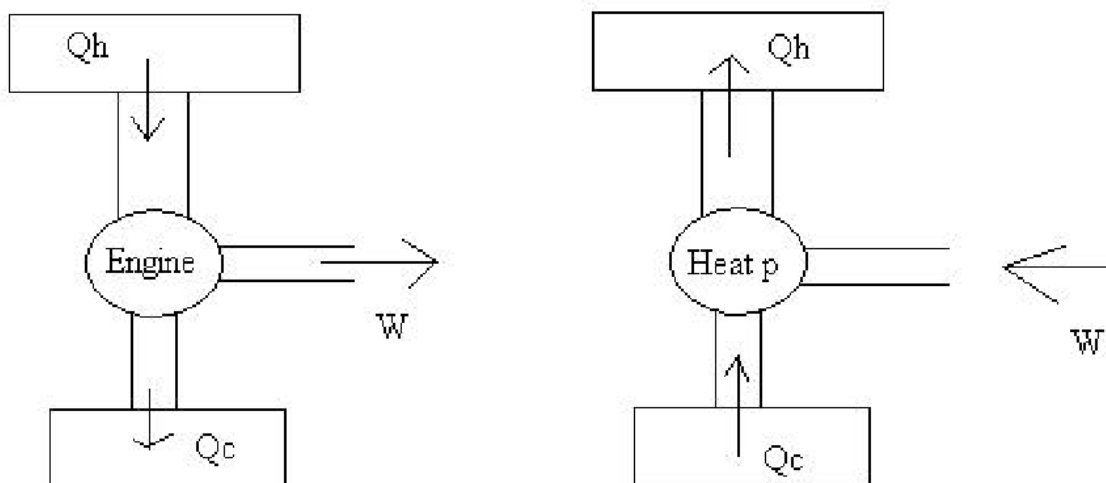
Το χειμώνα η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι χαμηλότερη από τη θερμοκρασία χώρου οπότε έχουμε ροή θερμότητας από το χώρο προς το περιβάλλον, δηλαδή έχουμε θερμικές απώλειες. Επομένως για να διατηρείται η θερμοκρασία σε μια συγκεκριμένη τιμή θα πρέπει οι θερμικές απώλειες να αναπληρώνονται από κάποια εσωτερική πηγή θερμότητας.

Το καλοκαίρι η θερμοκρασία χώρου είναι χαμηλότερη από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος οπότε έχουμε εισροή θερμότητας προς το χώρο μας, δηλαδή έχουμε θερμικό κέρδος. Επομένως για να διατηρείται η θερμοκρασία σε κάποια τιμή θα πρέπει τα θερμικά κέρδη να αποβάλλονται στον περιβάλλοντα χώρο.

Αυτές οι θερμικές ροές προκύπτουν από τον 2ο θερμοδυναμικό νόμο, ο οποίος λέει ότι:



Η θερμότητα ρέει πάντα από ένα χώρο/σώμα υψηλότερης θερμοκρασιακής κατάστασης προς ένα χώρο/σώμα χαμηλότερης θερμοκρασιακής κατάστασης.



**ΣΧΗΜΑ 22: Θερμική μηχανή – Ψυκτική μηχανή**

Μια θερμική μηχανή αριστερά και μια ψυκτική δεξιά. Σε κάθε μηχανή το πάνω ορθογώνιο αναπαριστά μια δεξαμενή υψηλής θερμοκρασίας και το κάτω ορθογώνιο μια δεξαμενή χαμηλής θερμοκρασίας. Τα βέλη αναπαριστούν τη μεταφορά ενέργειας. Από αυτό το σχήμα φαίνεται ότι η θερμική μηχανή είναι το θεωρητικό αντίστροφο της ψυκτικής μηχανής.

### 3.1.1 Θερμικό Κέρδος Χώρου

Με τον όρο θερμικό κέρδος εννοούμε το σύνολο των θερμικών ροών (ισχύων) που εισέρχονται σε ένα χώρο ή και δημιουργούνται σ' αυτόν σε δεδομένη χρονική στιγμή (ρυθμός εισροής ή παραγωγής θερμότητας). Αυτές οι ροές θερμότητας διακρίνονται σε επιμέρους συνιστώσες ανάλογα με τις πηγές (παράγοντες) που τις δημιουργούν και με την επίπτωση που έχουν στις συνθήκες του χώρου. Το σύνολο της θερμικής ισχύος που εισέρχεται ονομάζεται εξωτερικό θερμικό κέρδος, ενώ το σύνολο της θερμικής ισχύος που δημιουργείται στο εσωτερικό του χώρου ονομάζεται εσωτερικό θερμικό κέρδος.

#### 3.1.1.1 Εξωτερικά θερμικά κέρδη

- α) Ηλιακή ακτινοβολία μέσω των παραθύρων
- β) Μεταφορά θερμότητας δια μέσω τοιχωμάτων, παραθύρων, πορτών

- γ) Εισαγωγή αέρα δια μέσω ανοιγμάτων και χαραμάδων
- δ) Μεταφορά θερμότητας λόγω υπερθέρμανσης των τοιχωμάτων ή άλλων στοιχείων του οικοδομικού περιβλήματος

### 3.1.1.2 Εσωτερικά θερμικά κέρδη

- α) Θερμικά κέρδη που οφείλονται στη λειτουργία του φωτισμού
- β) Φυσικός μεταβολισμός ατόμων και άλλων ζωντανών οργανισμών που υπάρχουν στο χώρο
- γ) Λειτουργία συσκευών κι εξοπλισμών που βρίσκονται στο χώρο
- δ) Λειτουργία ηλεκτροκινητήρων που υπάρχουν στο χώρο

π

Πηγή θερμικού κέρδους	Κατηγορία	Είδος
Αγωγιμότητα από εξωτερικά τοιχώματα	Εξωτερικά	Αισθητά
Αγωγιμότητα από εσωτερικά τοιχώματα	Εξωτερικά	Αισθητά
Ηλιακή ακτινοβολία μέσω τζαμιών	Εξωτερικά	Αισθητά
Φωτισμός	Εσωτερικά	Αισθητά
Άτομα	Εσωτερικά	Αισθητά και λανθάνοντα
Συσκευές & εξοπλισμός	Εσωτερικά	Αισθητά ή/και λανθάνοντα
Ηλεκτροκινητήρες	Εσωτερικά	Αισθητά
Εισαγωγή εξωτερικού αέρα	Εξωτερικά	Αισθητά και λανθάνοντα

**Πίνακας 1: Θερμικά κέρδη**

### 3.1.2 Ψυκτικό Φορτίο Χώρου

Με τον όρο ψυκτικό φορτίο χώρου εννοούμε τη θερμική ισχύ η οποία πρέπει να αφαιρεθεί από ένα χώρο έτσι ώστε η θερμοκρασία του χώρου να διατηρείται σε συγκεκριμένα επίπεδα. Θερμικό και ψυκτικό φορτίο χώρου δεν ταυτίζονται σε κάθε χρονική στιγμή. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της χρονικής καθυστέρησης της εισροής του θερμικού κέρδους κ της μεταφοράς του στο χώρο σαν ψυκτικό φορτίο. Ακόμη, ένα μέρος του θερμικού κέρδους μεταδίδεται στο περιβάλλον μέσω των δομικών στοιχείων που περιβάλλουν το κτίριο με συνέπεια να μη μετατρέπεται σε ψυκτικό φορτίο.

## 3.2 Μέθοδοι Υπολογισμού Ψυκτικών Φορτίων

Η διαδικασία υπολογισμού των ψυκτικών φορτίων κλιματισμού και ψύξης αποτελεί την αφετηρία ή αποτυχία μιας εγκατάστασεως. Η συγκεκριμένη διαδικασία είναι αρκετά κοπιώδης και χρειάζεται συνεχή εγρήγορση για να μην υπερτιμηθούν ή υποτιμηθούν κάποιοι παράγοντες .

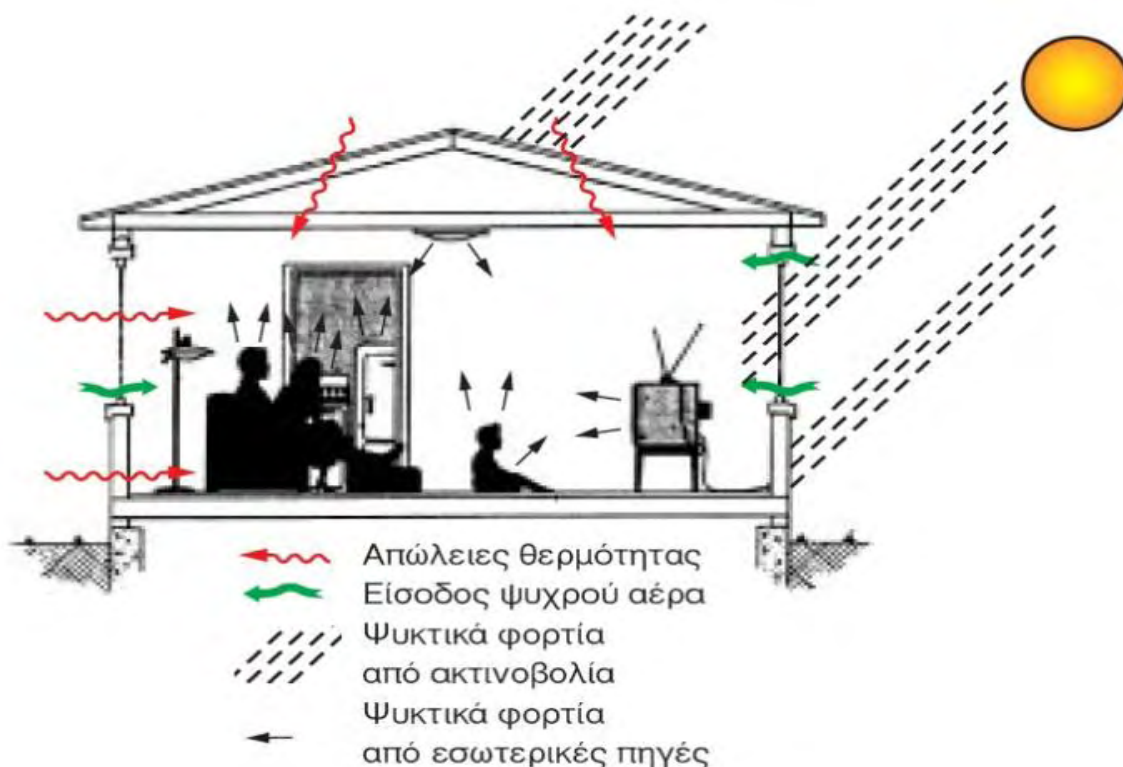
Για τον υπολογισμό των ψυκτικών φορτίων υπάρχουν συγκεκριμένες μεθοδολογίες που στοχεύουν στον εντοπισμό των μέγιστων φορτίων που οδηγούν στην σωστή διαστασιολόγηση των μηχανημάτων ψύξης .Οι υπολογισμοί ,λοιπόν , θα πρέπει να είναι ακριβείς και να λαμβάνονται υπ' όψιν οι ακραίες συνθήκες λειτουργίας στις οποίες υποχρεούνται να ανταποκριθούν οι συσκευές με κύριο στόχο την ικανοποίηση των θερμικών αναγκών του εκάστοτε κτιρίου .Όμως σε αρκετές περιπτώσεις υπάρχει το πρόβλημα της υπερδιαστασιολόγησης των μηχανημάτων ψύξης έτσι ώστε τα συστήματα αυτά να καλύπτουν επαρκώς τις αιχμές φορτίων.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση των ψυκτικών φορτίων καλύπτουν επαρκώς αυτές τις ανάγκες. Μια μέθοδος υπολογισμού ψυκτικών φορτίων προσδιορίζεται περισσότερο από τον τρόπο αντιμετώπισης των διαφόρων παραγόντων που επιδρούν στα φορτία και λιγότερο από τον προσδιορισμό του προβλεπόμενου φορτίου . Προκειμένου να αποφευχθεί μια υπερδιαστασιολόγηση του συστήματος λόγω εσφαλμένων υπολογισμών πολύ σημαντικό ρόλο παίζει ο μηχανικός που θα κάνει τη μελέτη ο οποίος θα πρέπει να συνυπολογίσει και να συνεκτιμήσει πολλούς διαφορετικούς παράγοντες. Επομένως ανεξαρτήτως από το ποια μέθοδος υπολογισμού ψυκτικών φορτίων θα χρησιμοποιηθεί το σημαντικότερο στοιχείο είναι ο σωστός και ακριβής υπολογισμός των ψυκτικών φορτίων έτσι ώστε να αποφευχθεί η υπερδιαστασιολόγηση και να έχουμε σωστή λειτουργία του συστήματος κλιματισμού. Όμως , κάτι τέτοιο φαντάζει αδύνατολόγω της μη ελεγχόμενης συμπεριφοράς των συντελεστών θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων του υλικού, των αστοχιών κατασκευής και τέλος της αβεβαιότητας στον τρόπο λειτουργίας του κτιρίου.

Αν και ο σχεδιαστής του συστήματος κλιματισμού χρησιμοποιεί συνήθως λογικές εκτιμήσεις για να λάβει υπόψη του αυτούς τους παράγοντες, οι υπολογισμοί ποτέ δεν μπορούν να δώσουν ένα αποτέλεσμα καλύτερο από μία καλή εκτίμηση του πραγματικού ψυκτικού φορτίου.

Οι πλέον γνωστές μέθοδοι υπολογισμού είναι:

- η μέθοδος TETD (Total Equivalent Temperature Differential Method) της ASHRAE
- η μέθοδος TFM (Transfer Function Method) της ASHRAE
- η μέθοδος CLTD/CLF (Cooling Load Temperature Difference/Cooling Load Factor) της ASHRAE
- η μέθοδος HB (Heat Balance) της ASHRAE
- η μέθοδος RTS (Radiant Time Series) της ASHRAE



*Σχηματική παράσταση των ψυκτικών φορτίων ενός χώρου.*

**ΣΧΗΜΑ 23:** Σχηματική παράσταση των ψυκτικών φορτίων ενός χώρου

### 3.3 Μέθοδος CLTD/CLF της ASHRAE

Το λογισμικό Hourly Analysis Program που χρησιμοποιήσαμε σ' αυτή τη διπλωματική κάνει χρήση της μεθόδου CLTD/CLF της ASHRAE. Η συγκεκριμένη μέθοδος η οποία προσαρμόστηκε ειδικότερα για τις κλιματολογικές συνθήκες των Η.Π.Α. αποτελεί μια από τις αποτελεσματικότερες μεθόδους για τον υπολογισμό ψυκτικών φορτίων με μεγάλο εύρος κλιματολογικών συνθηκών και είναι παγκόσμιας εφαρμογής. Γενικά όλες οι μέθοδοι υπολογισμού των

ψυκτικών φορτίων έχουν την ίδια δομή όσον αφορά τους υπολογισμούς των ψυκτικών φορτίων κλιματισμού. Η δομή αυτή είναι:

- α) Υπολογισμός των εξωτερικών φορτίων
- β) Υπολογισμός των εσωτερικών φορτίων
- γ) Υπολογισμός φορτίων αερισμού.

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 μια εξωτερική οροφή υπολογίζονται από τη σχέση :

$$q_{op} = K_{op} \cdot A_{op} \cdot CLTD_{corr}$$

όπου :

$K_{op}$  = ο συντελεστής θερμοπερατότητας της εξωτερικής οροφής [ $W/M^2 \cdot K$ ] .

$A_{op}$  = το 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:

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

β. 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.

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

Στον πίνακα για τους τύπους των οροφών (Παράρτημα 1) γίνεται διάκριση ανάμεσα σε οροφές με ψευδοροφή και χωρίς ψευδοροφή .

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

- Σκουρόχρωμη επίπεδη εξωτερική οροφή.
- Εσωτερική θερμοκρασία χώρου  $t_i = 25.5^{\circ}\text{C}$ .
- Μέγιστη εξωτερική θερμοκρασία  $t_m = 35^{\circ}\text{C}$ .
- Βόρειο Γεωγραφικό πλάτος  $40^{\circ}$  και ημερομηνία 21 Ιουλίου.
- Οροφή με ή χωρίς ψευδοροφή αλλά χωρίς ανεμιστήρες ή αεραγωγούς που αναρροφούν αέρα μέσα από την ψευδοροφή.

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

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

όπου:

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:

$$t_m = t_{\text{amax}} - \text{DR}/2$$

όπου :

DR : ημερήσια διακύμανση της εξωτερικής θερμοκρασίας.

T<sub>amax</sub> : μέγιστη εξωτερική θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου [ $^{\circ}\text{C}$ ].

### 3.3.2 Εξωτερικοί τοίχοι (τοιχοποιίες -δοκοί- υποστυλώματα)

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

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

όπου :

$K_T$  = ο συντελεστής θερμοπερατότητας του εξωτερικού τοίχου [ $W/M^2 * K$ ].

$A_T$  = το εμβαδόν της επιφάνειας του εξωτερικού τοίχου [ $m^2$ ].

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

Τα μεγέθη  $K_T$  και  $A_T$  είναι χαρακτηριστικά του δομικού στοιχείου ενώ το μέγεθος  $CLTD_{corr}$  υπολογίζεται ως εξής:

α. Υπάρχουν 7 κατηγορίες εξωτερικών τοίχων A, B, C, D, E, F, G, που δίνονται σε πίνακες που ακολουθούν. Κάθε κατηγορία περιλαμβάνει διάφορα είδη τοίχων, τα οποία έχουν ίδια “θερμικά” χαρακτηριστικά. Κατηγορία A είναι οι “θερμικά” βαρύτεροι τοίχοι και κατεβαίνοντας προς το G οι “θερμικά” ελαφρότεροι.

Σε κάθε τύπο οροφής δίνεται η μάζα σε [ $kg / m^2$  ] και η θερμοπερατότητας σε [ $W/m^2K$ ].

β. Τον εξωτερικό τοίχο του κτιρίου για το οποίο υπολογίζουμε τα ψυκτικά φορτία, εντάσσουμε σε μία από τις παραπάνω κατηγορίες με κριτήριο την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ομοιότητά του με ένα τοίχο της αντίστοιχης κατηγορίας.

γ. Από τον επόμενο πίνακα, για τη συγκεκριμένη κατηγορία τοίχου και για την ώρα (ηλιακή) που θέλουμε να υπολογίσουμε το ψυκτικό φορτίο, καθώς και για τον συγκεκριμένο προσανατολισμό επιλέγουμε την CLTD.

δ. Οι τιμές της CLTD που δίνονται στους πίνακες είναι υπολογισμένες για τις εξής συνθήκες:

- Σκουρόχρωμος εξωτερικός τοίχος.
- Εσωτερική θερμοκρασία χώρου  $t_i = 25,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ .
- Μέγιστη εξωτερική θερμοκρασία  $t_{max} = 35^\circ\text{C}$  με μέση εξωτερική θερμοκρασία  $t_m = 29,4^\circ\text{C}$  και ημερήσια διακύμανση  $DR = 11,2^\circ\text{C}$ .
- Βόρειο γεωγραφικό πλάτος  $40^\circ$  και ημερομηνία 21 Ιουλίου.

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

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

όπου:

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 τοίχο ή τοίχο σε βιομηχανικές περιοχές.
- K = 0.83 για μόνιμα ενδιάμεσου χρώματος τοίχους.
- K = 0.63 για μόνιμα ανοιχτόχρωμους τοίχους.

### 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 :

$$q_p = K_p \cdot A_p \cdot CLTD_{corr}$$

όπου :

$K_p$  : συντελεστής θερμοπερατότητας παραθύρου [ $W/m^2 \cdot K$ ].

$A_p$ : το εμβαδόν της [επιφάνειας του παραθύρου [ $m^2$ ].

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

#### β) ψυκτικό φορτίο από ηλιακή ακτινοβολία

Υπολογίζεται από τη σχέση :

$$q_{hl} = A_p \cdot SC \cdot SHGF \cdot CLF$$

όπου :

$A_p$ : το εμβαδόν της [επιφάνειας του παραθύρου [ $m^2$ ].

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

SC = ο 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].

SHGF = το μέγιστο θερμικό ηλιακό κέρδος σε [ $W/m^2$ ]. Δίνεται στους πίνακες 8A και 8B σε συνάρτηση με το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής του κτιρίου, το μήνα υπολογισμού του ψυκτικού φορτίου καθώς και τον προσανατολισμό του παραθύρου.

CLF = ο συντελεστής ψυκτικού φορτίου (Cooling Load Factor) που μετατρέπει το θερμικό ηλιακό κέρδος σε ψυκτικό φορτίο για μια συγκεκριμένη ώρα.



Ο συντελεστής ψυκτικού φορτίου CLF υπολογίζεται από τον αντίστοιχο πίνακα όταν το παράθυρο έχει εσωτερική σκίαση, ενώ όταν δεν έχει ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία :

Η κατασκευή του χώρου κατατάσσεται σε μια από τις παρακάτω κατηγορίες

- Ελαφριά (LIGHT) L
- Μέση (MEDIUM) M
- Βαριά (HEAVY) H

Κριτήριο είναι το μέσο βάρος της κατασκευής του χώρου ανά  $m^2$  δαπέδου ,που δίνεται από τη σχέση :

$ΜΕΣΟΒΑΡΟΣ = (Μάζα\ εξωτ.τοιχων + 0.5 * Μάζα\ εσωτ.\ τoiχων, δαπέδων, ορόφων) / (επιφάνεια\ δαπέδου\ χώρου)$

Όταν  $ΜΕΣΟ\ ΒΑΡΟΣ \leq 200\ kg/m^2$ , τότε έχουμε □ελαφριά κατασκευή L.

Όταν  $ΜΕΣΟ\ ΒΑΡΟΣ =$  από  $200\ kg/m^2$ έως  $450\ kg/m^2$ , τότε έχουμε μέτρια κατασκευή M.

Όταν  $ΜΕΣΟ\ ΒΑΡΟΣ > 450\ kg/m^2$ , τότε έχουμε βαριά κατασκευή H.

Με βάση την κατηγορία κατασκευής του χώρου και ανάλογα με τον προσανατολισμό του παραθύρου υπολογίζεται ο συντελεστής ψυκτικού φορτίου CLF.

### 3.3.4 Εσωτερικά δομικά στοιχεία

Τα εσωτερικά δομικά στοιχεία είναι εκείνα που βρίσκονται σε επαφή με χώρους που δεν κλιματίζονται και συνεπώς υπάρχει ροή θερμότητας από αυτούς προς το χώρο, για τον οποίο κάνουμε τον υπολογισμό του ψυκτικού φορτίου. Τα στοιχεία αυτά μπορεί να είναι εσωτερικοί τοίχοι, εσωτερικές οροφές, εσωτερικά δάπεδα, καθώς και εσωτερικές πόρτες. Εξαιρούνται 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:

$$q_{εσ} = K_{εσ} * A_{εσ} * TD$$

όπου:

$K_{εσ}$  = ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου [ $W/m^2K$ ].

$A_{\text{εσ}}$  = το εμβαδόν της επιφάνειας του δομικού στοιχείου [ $\text{m}^2$ ].

$TD$  = η διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στον κλιματιζόμενο χώρο και τον γειτονικό μη κλιματιζόμενο χώρο [ $\text{K}$ ].

Για τη θερμοκρασιακή διαφορά ισχύει ο τύπος :

$$TD = t_b - t_i$$

όπου :

$t_b$  = 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  $3\text{K}$ .

$$t_b = t_0 - 3$$

Η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα σε κάθε ώρα της ημέρας  $t_0$  υπολογίζεται από τη σχέση:

$$t_0 = t_{\text{amax}} - (DR * \text{Ποσοστό διακύμανσης θερμοκρασίας}) / 100$$

όπου:

$t_{\text{amax}}$  = η μέγιστη εξωτερική θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου [ $^{\circ}\text{C}$ ].

$DR$  = 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 να εμφανίζονται αξιοσημείωτα θερμικά και ψυκτικά φορτία για τα οποία πρέπει να υπολογίζεται το μέγεθός τους. Οι λαμπτήρες φωτισμού αποδίδουν στον αέρα του χώρου ποσά θερμότητας τα οποία μπορούν εύκολα να υπολογιστούν, όταν είναι με ακρίβεια γνωστά τα στοιχεία και η χρήση της σχετικής εγκαταστάσεως.

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

$q_{\text{φωτ}} = \text{Συνολική ισχύς φωτιστικών} * \text{Συντελεστής χρήσης} * \text{ειδικός συντελεστής} * \text{CLF}$

όπου:

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 παράδειγμα για φωτιστικό 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 “β” 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 “β” 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.

Το ψυκτικό φορτίο και η θερμική ισχύς γίνονται ίσα αν τα φώτα ανάβουν για μεγάλο χρονικό διάστημα ,περίπου πάνω από 16 ώρες.

Αν το σύστημα κλιματισμού λειτουργεί μόνο κατά τη διάρκεια που κατοικείται ο χώρος τότε η τιμή του συντελεστή CLF είναι ίση με 1.

### 3.3.6 Άνθρωποι

Τα ψυκτικά φορτία χώρου τα οποία προέρχονται από τους ανθρώπους που ζουν ή εργάζονται μέσα σε αυτούς διακρίνονται σε δύο κατηγορίες :

- Αισθητά ψυκτικά φορτία
- Λανθάνοντα ψυκτικά φορτία

Τα λανθάνοντα ψυκτικά φορτία μπορούν να θεωρηθούν ως στιγμιαία ψυκτικά φορτία ενώ αντίθετα τα αισθητά ψυκτικά φορτία δε μετατρέπονται άμεσα σε ψυκτικά φορτία .

Το στιγμιαίο αισθητό ψυκτικό φορτίο από συσκευές δίνεται από την σχέση:

$$q_{αν,αισθ} = NP * SenHG * CLF$$

όπου:

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

NP : ο αριθμός των ανθρώπων που βρίσκονται στο χώρο.

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

Εάν η θερμοκρασία του χώρου δε διατηρείται σταθερή σε όλο το 24ωρο ,δηλαδή το σύστημα κλιματισμού παραμένει κλειστό κατά τη διάρκεια της νύχτας ,τότε  $CLF = 1$ . Επίσης ,αν υπάρχει μεγάλη πυκνότητα μεταξύ των ατόμων όπως στα θέατρα όπου η ακτινοβολία προς τους τοίχους ελαττώνεται τότε πάλι  $CLF = 1$ .

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

$$q_{αν,λαν} = NP * LatHG$$

όπου:

NP: ο αριθμός των ανθρώπων που βρίσκονται 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 τη σχετική υγρασία του χώρου.

### 3.3.7 Διάφορες Συσκευές

Ψυκτικά φορτία προκύπτουν από όλες τις καταναλώσεις που λαμβάνουν χώρα μέσα στους εκάστοτε χώρους. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι στις εργομηχανές η συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα .Πρέπει όμως πάντα να λαμβάνεται υπόψη ,ότι η παρουσία μιας μηχανής ή συσκευής σε ένα χώρο , δε συνεπάγεται τη συνεχή λειτουργία της και μάλιστα υπόπληρες φορτίο.

Τα ψυκτικά φορτία χώρου τα οποία προέρχονται από τις συσκευές διακρίνονται σε δύο κατηγορίες :

- Αισθητά ψυκτικά φορτία
- Λανθάνοντα ψυκτικά φορτία

Αισθητά ψυκτικό φορτίο δημιουργούν όλες οι συσκευές. Ενώ το λανθάνον ψυκτικό φορτίο δημιουργείται όταν υπάρχει παραγωγή υδρατμών. Ένα σημαντικό τμήμα του αισθητού θερμικού κέρδους προέρχεται από ακτινοβολία.

Το στιγμιαίο αισθητό ψυκτικό φορτίο από συσκευές δίνεται από τη σχέση:

$$q_{\text{συσ,αισθ}} = \text{HEATGAIN}_{\text{sen}} * \text{CLF}$$

όπου:

$\text{HEATGAIN}_{\text{sen}}$  : 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%.

$\text{CLF}$ : 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.

Όταν πάνω από τις συσκευές υπάρχει σύστημα εξαερισμού και χοάνη απαγωγής (απορροφητήρας), η παραγόμενη στο χώρο θερμική ισχύς της συσκευής ελαττώνεται κατά 50%.

Το στιγμιαίο λανθάνον ψυκτικό φορτίο από συσκευές δίνεται από τη σχέση :

$$q_{\text{συσ,λανθ}} = \text{HEATGAIN}_{\text{LAT}}$$

όπου:

$\text{HEATGAIN}_{\text{LAT}}$  : η στιγμιαία λανθάνουσα θερμική ισχύς που παράγεται στο χώρο. Όταν πάνω από μία συσκευή υπάρχει χοάνη απαγωγής,

$$\text{HEATGAIN}_{\text{LAT}} = 0$$

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  $\text{CLF} = 1$ .

### 3.3.8 Αερισμός κτιρίου

Η μικρή υπερπίεση που αναπτύσσεται στους θερμαινόμενους χώρους, ωθεί προς τα έξω αέρα του χώρου δια των χαραμάδων των κουφωμάτων ή

περισσότερο έντονα όταν ανοίγουν πόρτες ή παράθυρα. Την ποσότητα αυτή θερμού αέρα αντικαθιστούν ρεύματα ψυχρού αέρα τα οποία εισδύουν στα χαμηλότερα επίπεδα ( κοντά στο δάπεδο ) και προέρχονται άμεσα ή έμμεσα από το εξωτερικό περιβάλλον. Οι ποσότητες αυτές νωπού αέρα όταν είναι μικρές είναι απόλυτα αναγκαίες για την ανανέωση του αέρα των χώρων και η θερμική επιβάρυνση που δημιουργούν είναι μικρή. Όταν όμως οι χαραμάδες θυρών και παραθύρων είναι μεγάλες έχουμε σημαντικές δαπάνες στην ενέργεια . Ο αερισμός λοιπόν ενός κτιρίου και πιο συγκεκριμένα ενός χώρου είναι απαραίτητος για την αραίωση των αέριων ρύπων και για την παροχή του απαραίτητου οξυγόνου της αναπνοής.

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

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

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

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

Το συνολικό ψυκτικό φορτίο δίνεται από τη σχέση:

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

όπου:

$q_{s,a}$  : 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 (oC)

$t_o$  : η θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου του εξωτερικού αέρα (oC)

$W_i$  : 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)

### 3.4 Μέθοδος υπολογισμού συντελεστών θερμοπερατότητας

#### Βασικές ορολογίες

**Συντελεστής Θερμικής αγωγιμότητας ( $\lambda$ ) :** Είναι η ποσότητα θερμότητας ανά μονάδα χρόνου που περνά μέσα από τις πλευρές ομοιογενούς υλικού πάχους 1m όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των επιφανειών αυτών είναι ίση με 1 K.

**Συνελεστής Θερμοπερατότητας (U-Value) :** Είναι η ποσότητα θερμότητας ανά μονάδα χρόνου που περνά μέσα από 1m<sup>2</sup> στοιχείου κατασκευής με πάχος d(m) όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των επιφανειών αυτών είναι ίση με 1 K.

**Θερμική Αντίσταση (R):** Είναι η αντίσταση των στοιχείων στην ροή θερμότητας διαμέσου ομοιογενούς υλικού για διαφορά θερμοκρασίας στις δυο πλευρές του στοιχείου 1 K

**Εσωτερική Επιφανειακή Αντίσταση (Rsi):** Είναι η αντίσταση στη ροή θερμότητας πάνω στην εσωτερική επιφάνεια του κατασκευαστικού στοιχείου .

**Εξωτερική Επιφανειακή Αντίσταση (Rse):** Είναι η αντίσταση στη ροή θερμότητας πάνω στην εξωτερική επιφάνεια του κατασκευαστικού στοιχείου .

**Θερμογέφυρα:** Είναι το τμήμα ενός κατασκευαστικού στοιχείου που ο βαθμός θερμομόνωσης του υπολείπεται σημαντικά της μέσης συνολικής τιμής του στοιχείου.

**Ειδική θερμότητα ( Cp) :** Είναι η ποσότητα θερμότητας ενός σώματος που απαιτείται για να ανυψωθεί η θερμοκρασία της μονάδας μάζας του σώματος αυτού κατά 1 K.

**Αποτελεσματική Θερμοχωρητικότητα ( C ) :** Είναι η ποσότητα θερμότητας που αποθηκεύει ένα στοιχείο κατασκευής ενός χώρου που θερμαίνεται (ή κλιματίζεται) όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των επιφανειών του είναι πάντα ίση με 1 K.

**Συντελεστής εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας ( $\epsilon$ ) :** Είναι η αναλογία εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας ενός σώματος προς την θερμική ακτινοβολία μελανού σώματος. (0-1)

Σημαντικό στοιχείο για την ενεργειακή ανάλυση ενός κτιρίου αποτελεί ο συντελεστής θερμοπερατότητας U που υπολογίζεται στην συγκεκριμένη εργασία με την βοήθεια του λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε.

Στις περισσότερες κατασκευές (κυρίως σε μικρά κτίρια) ,συναντώνται σοβαρές αποκλίσεις σε σχέση με τις οδηγίες και τους κανονισμούς. Για τις περιπτώσεις αυτές στις οποίες δεν θα δώσουμε ιδιαίτερη έμφαση, καθώς το κτίριο που θα μελετήσουμε είναι μεγαλύτερο, ο συντελεστής θερμοπερατότητας πρέπει να υπολογιστεί σε κάθε περίπτωση με τις αναλυτικές σχέσεις .

Για τα αδιαφανή δομικά στοιχεία του κτιρίου που αποτελούνται από ομοιογενείς στρώσεις υλικών και διαχωρίζουν το εσωτερικό από το εξωτερικό περιβάλλον, ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας  $U_i$  δίνεται από τη σχέση:

$$U_i = 1/( R_{si} + \sum (d_i/\lambda_i) + R_{se})$$

όπου:

$R_{si}$  : η εσωτερική επιφανειακή αντίσταση (ανάμεσα στο εσωτερικό περιβάλλον και στην εσωτερική επίπεδη επιφάνεια του στοιχείου)

$R_{se}$  : η εξωτερική επιφανειακή αντίσταση (ανάμεσα στο εξωτερικό περιβάλλον και στην εξωτερική επίπεδη επιφάνεια του στοιχείου)

$d$  : Πάχος του υλικού (m)

$\lambda$  : Τυπικός συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (W/m K)

Η επόμενη περίπτωση είναι όταν το στρώμα αέρα βρίσκεται εγκλωβισμένο μεταξύ δομικών αδιαφανών στοιχείων, η θερμική αντίσταση του στρώματος αέρα ( $R_a$ ) επιλέγεται από τους Πίνακες ανάλογα με την περίπτωση και ανάλογα με τη διεύθυνση της ροής θερμότητας και το ποσοστό αερισμού έτσι η παραπάνω σχέση γίνεται :

$$U_i = 1/( R_{si} + \sum (d_i/\lambda_i) + R_a + R_{se})$$

Στην περίπτωση αεριζόμενης στέγης με θερμομονωμένη την οριζόντια επιφάνεια, η θερμική αντίσταση του στρώματος αέρα που περικλείεται μεταξύ της κεκλιμένης οροφής και της οριζόντιας επιφάνειας ( $R_u$ ) θα πρέπει να συνυπολογιστεί στην πιο κάτω σχέση :

$$U_i = 1/( R_{si} + \sum (d_i/\lambda_i) + R_u + R_{se})$$



### 3.5 Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Στους χώρους παραμονής ανθρώπων είναι αναγκαίο να εξεταστεί και η επίδραση των διαφόρων ακτινοβολιών οι οποίες μπορεί να προέρχονται είτε από το φυσικό περιβάλλον την παρουσία υλικών ή την λειτουργία μηχανημάτων και συσκευών όπως έχει προαναφερθεί στα προηγούμενα κεφάλαια. Επομένως σε αυτήν την ενότητα θα ασχοληθούμε με την ηλιακή ακτινοβολία και την ηλιακή ενέργεια.

Η παραγόμενη θερμότητα στο εσωτερικό των κτιρίων επηρεάζει την εσωτερική θερμοκρασία των χώρων και κατά συνέπεια τα πραγματικά φορτία θέρμανσης και ψύξης . Σε ότι αφορά στη διαστασιολόγηση των συστημάτων θέρμανσης ,για λόγους ασφαλείας των υπολογισμών αυτά τα εσωτερικά κέρδη αγνοούνται πλήρως στη συντριπτική πλειοψηφία των προτύπων υπολογισμού φορτίων θέρμανσης.

Ωστόσο ,στο πλαίσιο της προσπάθειας για εξοικονόμηση ενέργειας ,όταν αυτά τα κέρδη ή μέρος τους ,είναι σταθερά και μόνιμα λόγω λειτουργίας του κτιρίου ,τότε στη διαστασιολόγηση του συστήματος θέρμανσης το σταθερό και μόνιμο τμήμα των εσωτερικών κερδών θα πρέπει να συνυπολογίζεται.

Σε ότι αφορά στους υπολογισμούς φορτίων ψύξης, τα εσωτερικά κέρδη συνυπολογίζονται λακωνικά ,αφού αποτελούν τη βασική παράμετρο του υπολογιζόμενου ψυκτικού φορτίου. Ωστόσο, και πάλι, προκειμένου να αποφεύγονται υπερδιαστασιολογήσεις συστημάτων , τα κέρδη που συμμετέχουν στο φορτίο ψύξης θα πρέπει να υπολογίζονται ετεροχρονισμένα προσομοιάζοντας κατά το δυνατόν τη πραγματική λειτουργία του κτιρίου .Δηλαδή, τα κέρδη κάθε κατηγορίας θα πρέπει να συμμετέχουν στον υπολογισμό των φορτίων ψύξης, πολλαπλασιασμένα επί ένα συντελεστή ετεροχρονισμού. Ο συντελεστής ετεροχρονισμού εκφράζει το ποσοστό του λειτουργικού χρόνου του κτιρίου, κατά τον οποίο τα εσωτερικά κέρδη πράγματι υπάρχουν.

Συνήθως στους υπολογισμούς χρησιμοποιείται μια μέση τιμή ισχύος ηλεκτροφωτισμού. Όμως η πραγματική εκλυόμενη θερμική ισχύς λόγω ηλεκτροφωτισμού είναι συνάρτηση πολλών παραμέτρων και σε αναλυτικότερες και ακριβέστερες μελέτες, θα πρέπει να χρησιμοποιείται ως δεδομένο ,η ισχύς που πραγματικά αντιστοιχεί στο σύστημα ηλεκτροφωτισμού.

### 3.5.1 Θερμική ακτινοβολία

#### A) Ακτινοβολία «μελανού σώματος»

Σε κάθε σώμα παρατηρείται εκπομπή και παραλαβή ενέργειας υπό μορφή ακτινοβολίας(ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μήκους κύματος από 0,02 μέχρι 800μm). Η ποσότητα της θερμικής ακτινοβολίας που εκπέμπει ένα σώμα από κάθε μονάδα της επιφάνειάς του, εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την απόλυτη θερμοκρασία του και ένα ειδικό συντελεστή ακτινοβολίας  $c$ (νόμος Stefan Boltzmann) :

$$Q = c \cdot (T/100)^4 \text{ σε (W/m}^2\text{)}$$

Ο συντελεστής ακτινοβολίας  $c$  εξαρτάται από την φύση κάθε σώματος, την κατάσταση της επιφάνειάς του και τη θερμοκρασία. Η μέγιστη τιμή του συντελεστή ακτινοβολίας εμφανίζεται στην επιφάνεια «μαύρου» σώματος οπότε παίρνει την τιμή :  $c = 5,67 \text{ W/m}^2 \text{ K}^4 = 4,9 \text{ Kcal}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{k}^4)$ .

#### B)Ακτινοβολία πραγματικού σώματος

Το «μελανό ή μαύρο σώμα» απορροφά(θεωρητικά τουλάχιστον) το σύνολο της θερμικής ακτινοβολίας που πέφτει επάνω του .Κάθε άλλο σώμα απορροφά ποσοστό αυτής της ακτινοβολίας :

Εκτός λοιπόν από το «μαύρο σώμα» το οποίο απορροφά το σύνολο της ακτινοβολίας που πέφτει σ' αυτό ( $\epsilon=1$ ), μπορούμε χονδρικά να διακρίνουμε τις περιπτώσεις :

$$c = \epsilon \cdot c_0$$

Λευκό σώμα : αντανακλά το σύνολο της ακτινοβολίας απάνω του ( $\epsilon=0$ ).

Φαίο σώμα : απορροφά το ίδιο ποσοστό από όλα τα μήκη κύματος της ακτινοβολίας που πέφτει επάνω του.

Έγχρωμο σώμα : απορροφά επιλεκτικά την ακτινοβολία ορισμένου μήκους κύματος.

Κατά τον νόμο του Kirchhoff ,για την επιφάνεια που βρίσκεται σε θερμοκρασιακή ισορροπία με το περιβάλλον ,ισχύει ότι ο βαθμός εκπομπής ( $\epsilon$ ) είναι ίσος με το βαθμό απορροφήσεως ( $\alpha$ ).

### Γ) Κατανομή της ακτινοβολίας στο χώρο

Η στοιχειώδης επιφάνεια ενός «μαύρου σώματος» εκπέμπει ενέργεια (με την μορφή ακτινοβολίας) προς όλες τις κατευθύνσεις. Κατά τον νόμο Lambert, η ακτινοβολούμενη ενέργεια  $\Delta W_\varphi$  από μια στοιχειώδη επιφάνεια  $\Delta F$ , προς μια κατεύθυνση που ορίζεται από την γωνία  $\varphi$ , ως προς κάθετη διεύθυνση  $h$  και την στερεά γωνία  $\Delta\omega$  είναι :

$$\Delta W_\varphi = Q_n \cdot \cos\varphi \cdot \Delta F \cdot \Delta\omega$$

Στους πρακτικούς υπολογισμούς χρησιμοποιούνται οι συντελεστές  $\epsilon$  για την συνολική ακτινοβολία εκπομπής,  $\epsilon_n$  για την ακτινοβολία σε διεύθυνση κάθετη προς την επιφάνεια και για διεύθυνση που σχηματίζει γωνία  $\varphi$  με το  $n$ .

Με βάση τον νόμο του Planck, προσδιορίζεται η μεταβολή της εντάσεως της ακτινοβολίας συναρτήσει του μήκους κύματος για «μαύρο σώμα» :

$$Q_{ολ} = (C_1 \cdot \lambda) / (e^{(c_2/\lambda T)} - 1)$$

όπου:

$\lambda$  : το μήκος κύματος σε (m)

$C_1$ : σταθερά ίση με  $3,74 \times 10^6$  W/m<sup>2</sup>

$c_2$ : σταθερά ίση με  $1,44 \times 10^{-2}$  W/m<sup>2</sup>

$e$  : βάση των λογαρίθμων (=2,718281)

$T$ : απόλυτη θερμοκρασία σε K

### Δ) Ακτινοβολία από σώμα σε σώμα

Στην περίπτωση δύο σωμάτων (1) εκπέμπει ακτινοβολία σε όλο τον χώρο και επομένως και προς ένα σώμα (2) του ίδιου χώρου. Η ενέργεια που δέχεται το σώμα (2), εξαρτάται από την σχετική θέση και την μορφή των δύο σωμάτων, όπως και από την απόλυτη θερμοκρασία της επιφάνειας τους.

Στις περιπτώσεις αυτές, πρέπει να προσδιοριστεί ένας νέος συντελεστής που εξαρτάται από τις τιμές και την γεωμετρική σχέση και τοποθέτηση των δύο σωμάτων. Έτσι, όταν ο δέκτης της θερμικής ενέργειας είναι επίπεδη επιφάνεια  $F_2$  με συντελεστή  $\epsilon_2$  παράλληλη προς άλλη επίπεδη επιφάνεια προκύπτει :

$$Q_{1 \rightarrow 2} = F_2 \cdot \epsilon_{1,2} \cdot [(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4]$$

Για να ισχύει η παραπάνω σχέση, πρέπει οι γραμμικές διαστάσεις των επιφανειών να είναι αρκετά μεγαλύτερες από την μεταξύ τους απόσταση.

- Για δύο παράλληλες επίπεδες επιφάνειες από φαιά σώματα ,ικανότητος εκπομπής και προκύπτει :

$$C_{1,2} = c / [(1/\epsilon_1) + (1/\epsilon_2) - 1]$$

- Στην περίπτωση δύο ομόκεντρων σωλήνων με  $F_1 \ll F_2$  είναι

$$C_{1,2} = \epsilon_1 * C$$

- Σε ομόκεντρους σωλήνες  $F_1 = F_2$

$$C_{1,2} = c / [(1/\epsilon_1) + (1/\epsilon_2) - 1]$$

Έτσι στα προβλήματα συναλλαγής ενέργειας με ακτινοβολία ,η δυσκολία εντοπίζεται στον υπολογισμό των κατάλληλων κατά την περίπτωση αριθμών ακτινοβολίας .

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### **ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ HAP**

#### **4.1 Hourly Analysis Program (HAP 5.0)**

Το Hourly Analysis Program της εταιρείας Carrier (HAP) αποτελεί ένα λογισμικό το οποίο βοηθά τους μηχανικούς στο σχεδιασμό συστημάτων κλιματισμού σε κτίρια κι εμπορικές εγκαταστάσεις.

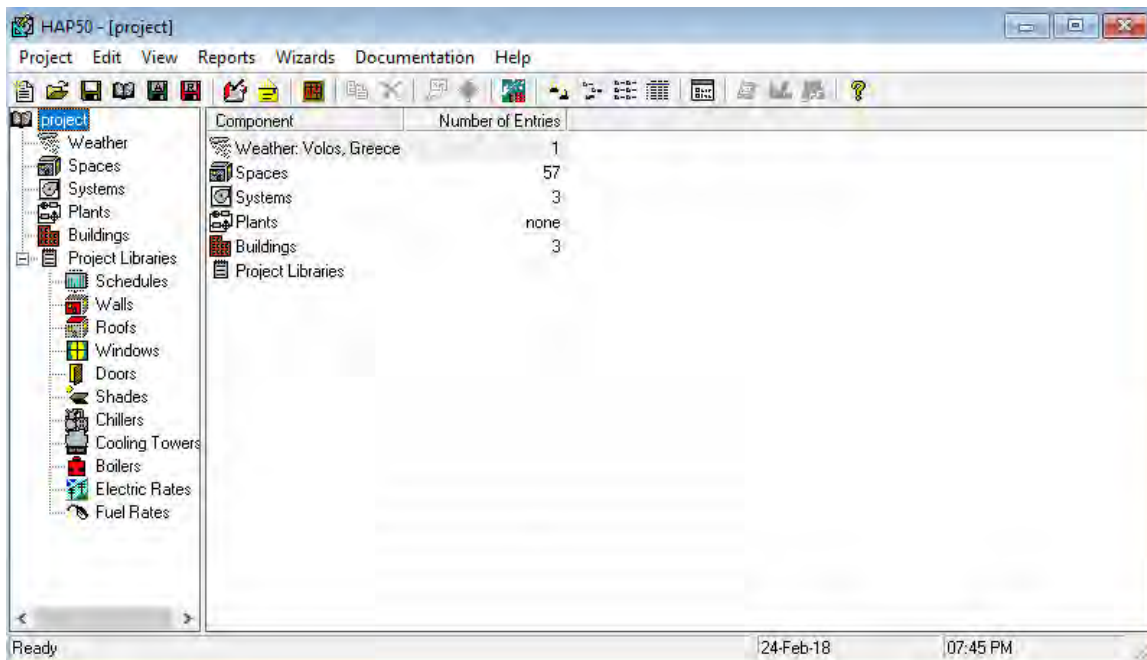
Το HAP ενσωματώνει δύο εργαλεία σε ένα. Πρώτον, ένα λογισμικό για την εκτίμηση των ψυκτικών και θερμικών φορτίων για το σχεδιασμό συστημάτων κλιματισμού και δεύτερον, ένα εργαλείο για την προσομοίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου και τον υπολογισμό της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας. Δεδομένης της ενεργειακής προσομοίωσης που παρέχει, το HAP αποτελεί σημαντικό εργαλείο για τον ενεργειακό σχεδιασμό και την αξιολόγηση κατά LEED® και KENAK.

Το HAP λειτουργεί σε λειτουργικό περιβάλλον windows και χρησιμοποιεί τη Μέθοδο Ροής Θερμικών Φορτίων της ASHRAE. Υπολογίζει και διαστασιολογεί το επιθυμητό σύστημα κλιματισμού του μελετητή, όπως κεντρικές ή τοπικές κλιματιστικές μονάδες νερού, υγραντές, στοιχεία με αναθέρμανση, συστήματα απευθείας εκτόνωσης DX ενιαίου ή διαιρούμενου τύπου (Split / Packaged DX), καθώς και συστήματα CAV, VAV, Water Source Heat Pumps.

Το HAP εκτελεί Ωριαία Ενεργειακή Ανάλυση 8760 ωρών προσομοιώνοντας τη συμπεριφορά του κτιρίου σε όλες τις καιρικές συνθήκες και τις εσωτερικές παραμέτρους λειτουργίας.

Η Ενεργειακή Κατανάλωση και το λειτουργικό κόστος του επιλεγμένου συστήματος κλιματισμού αναλύονται με βάση τα κόστη του ενεργειακού καύσιμου, που χρησιμοποιείται (Ηλεκτρική Ενέργεια , Φυσικό Αέριο, Νερό κ.α.)

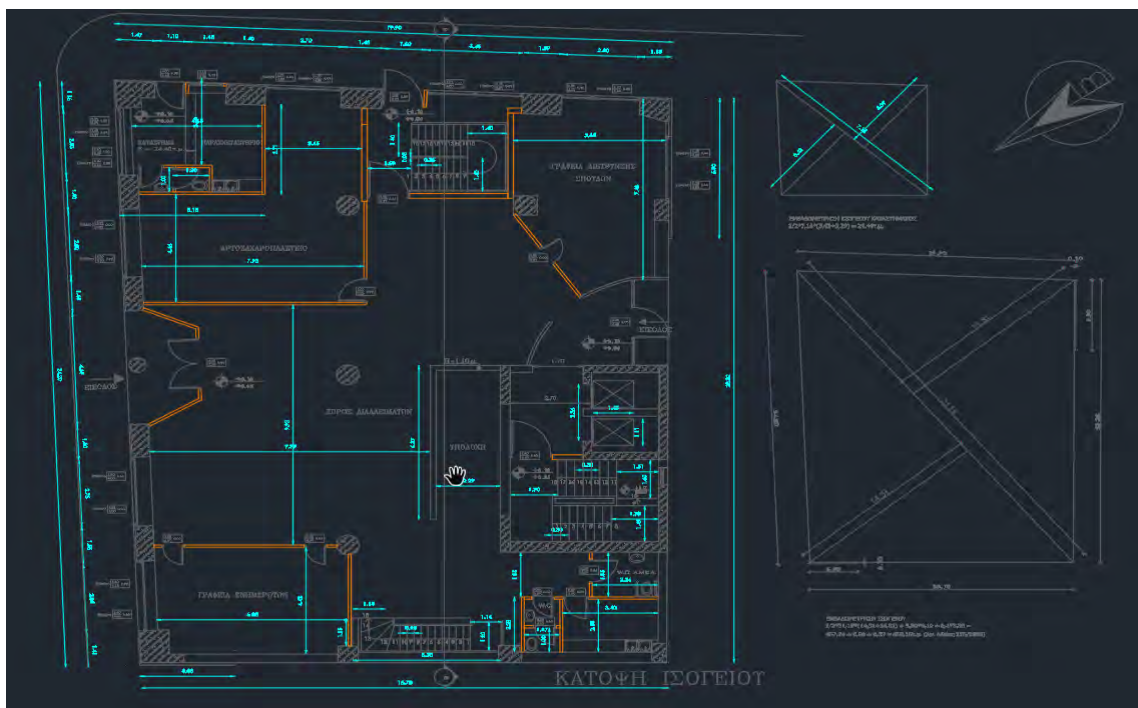
Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκε μέσω του λογισμικού HAP ένα εκπαιδευτήριο το οποίο αποτελείται από ισόγειο, πατάρι, Α', Β', Γ', Δ' όροφο, δώμα και δυο υπόγεια. Τα χαρακτηριστικά του εκπαιδευτηρίου παρουσιάζονται στην επόμενη ενότητα του παρόντος κεφαλαίου.



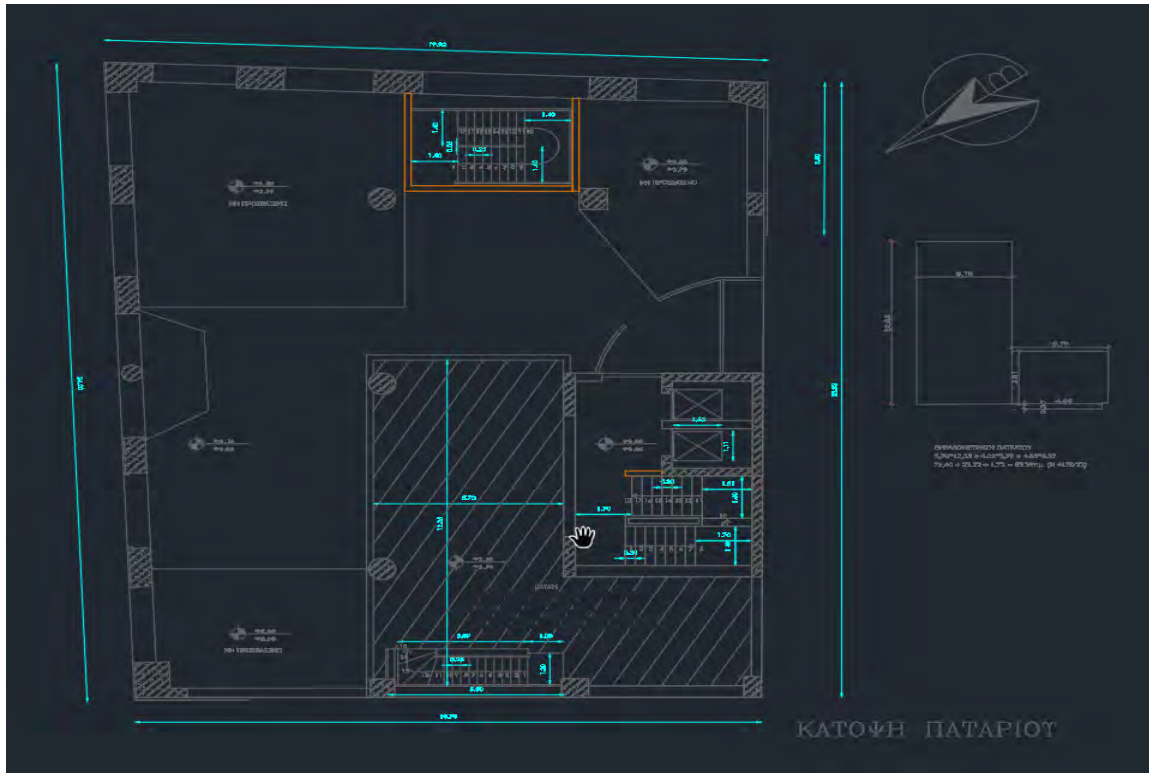
**ΣΧΗΜΑ 23: Περιβάλλον του λογισμικού HAP**

## 4.2 Αρχιτεκτονικά σχέδια κτιρίου

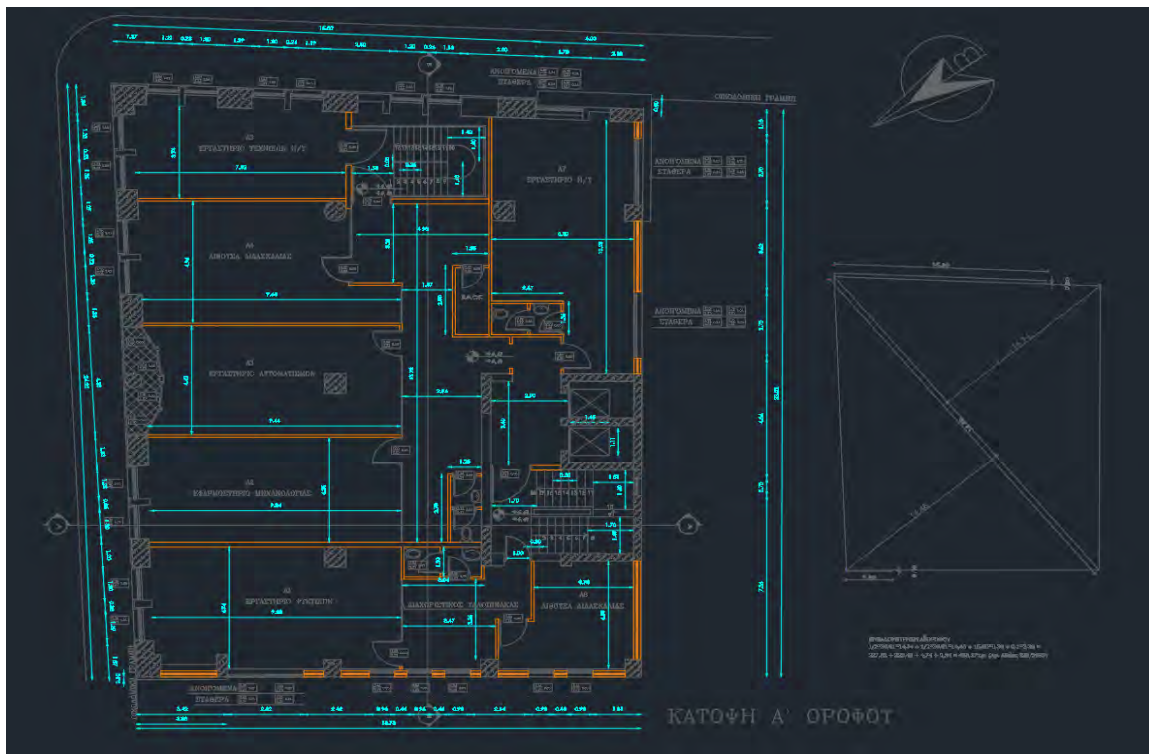
Στα παρακάτω σχήματα 24 μέχρι 32 παρατίθενται τα αρχιτεκτονικά σχέδια του κτηρίου που έγινε η μελέτη.



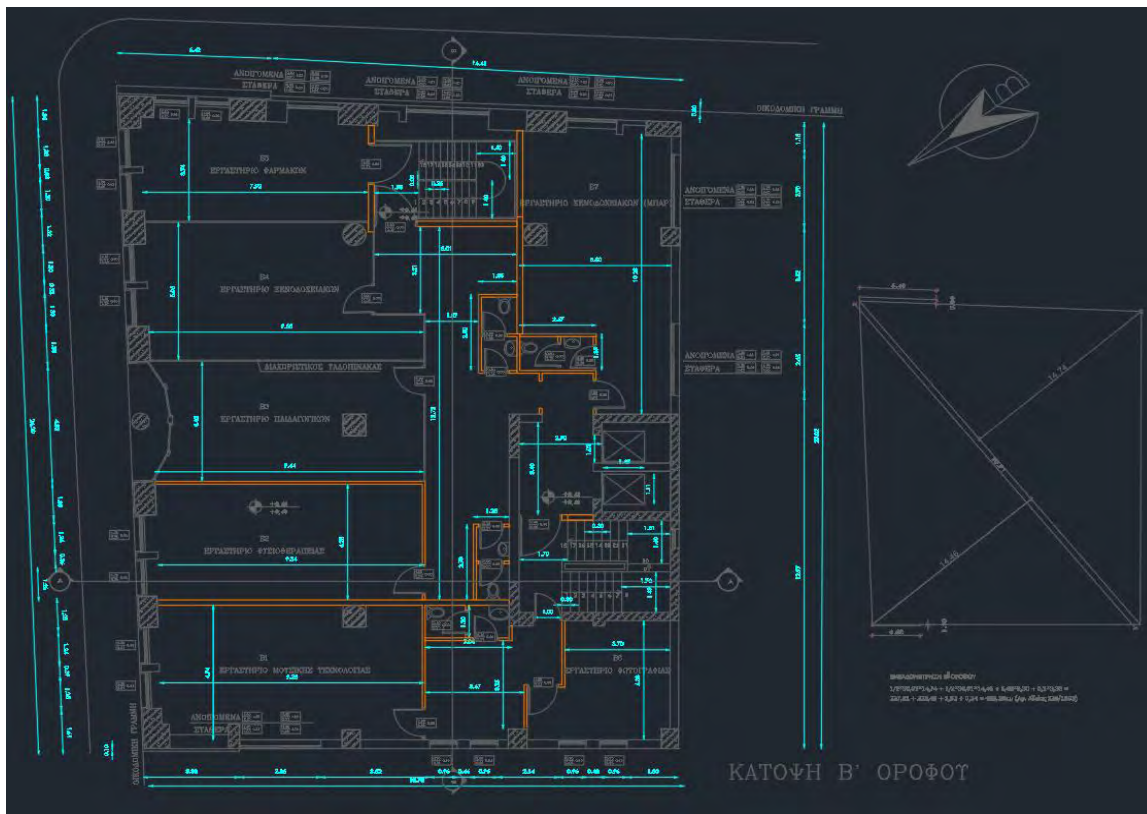
**ΣΧΗΜΑ 24: Κάτοψη Ισογείου**



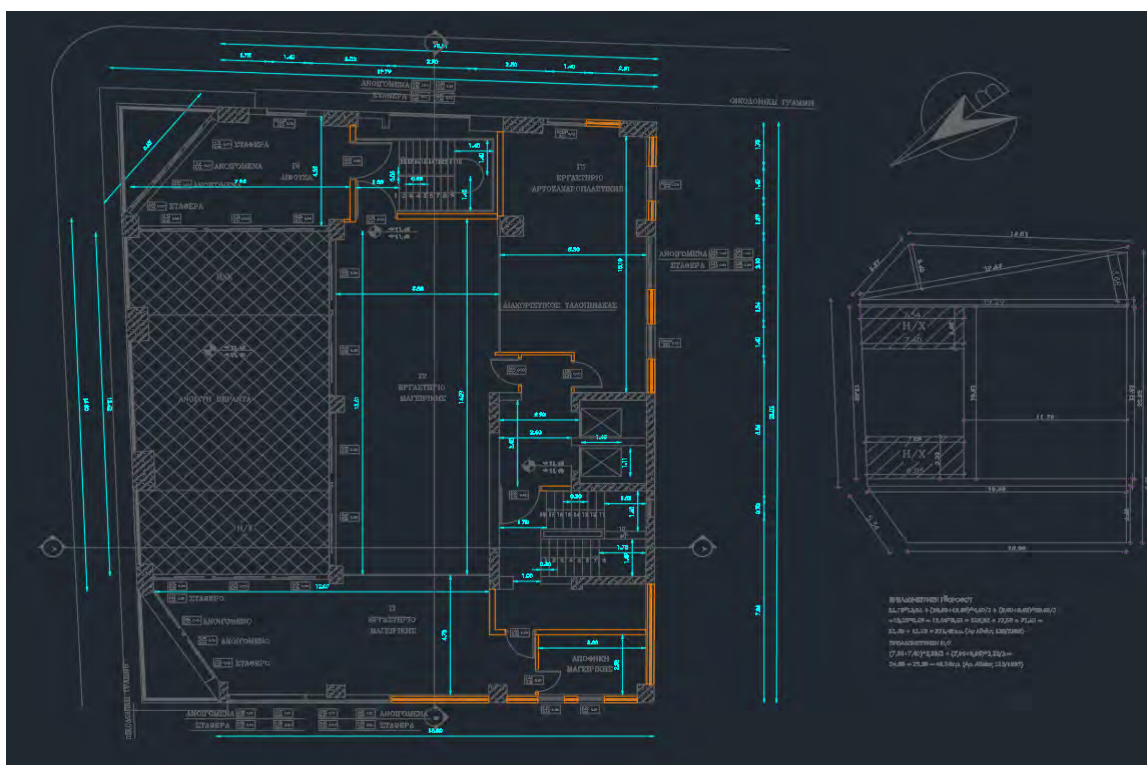
ΣΧΗΜΑ25: Κάτοψη παταριού



ΣΧΗΜΑ26: Κάτοψη Α' ορόφου

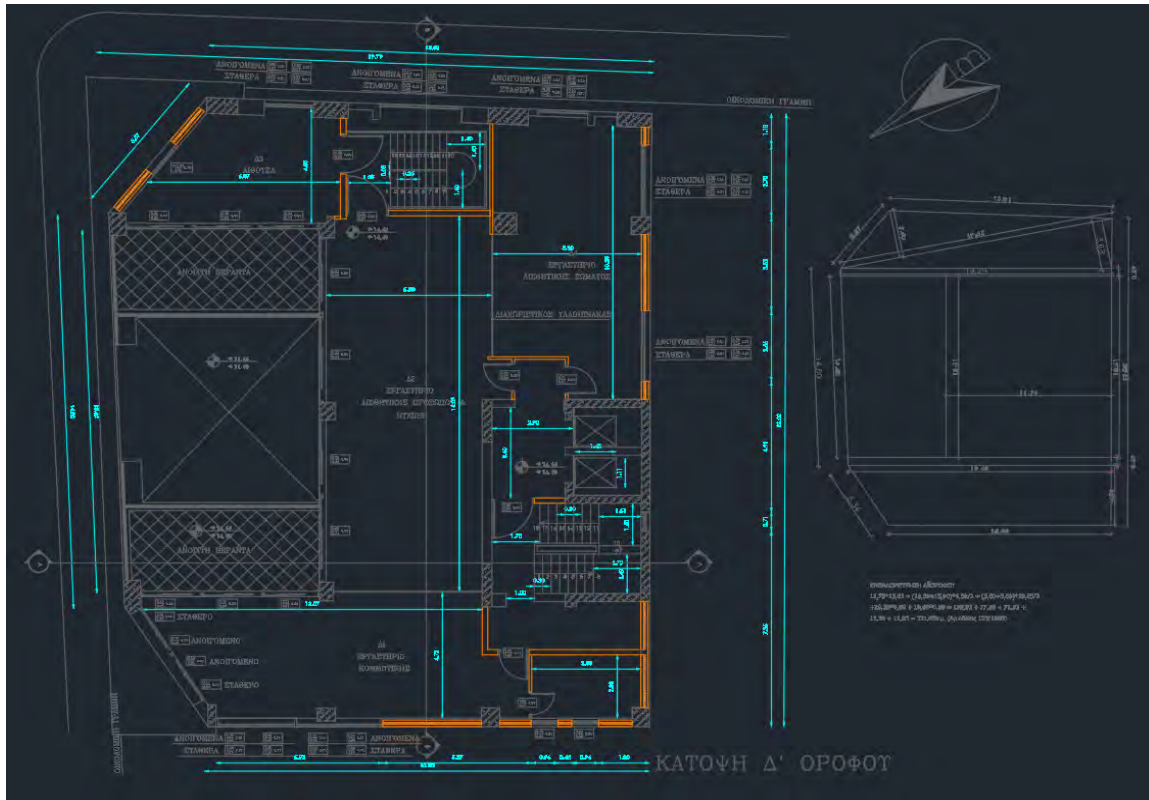


ΣΧΗΜΑ27: Κάτοψη Β' ορόφου

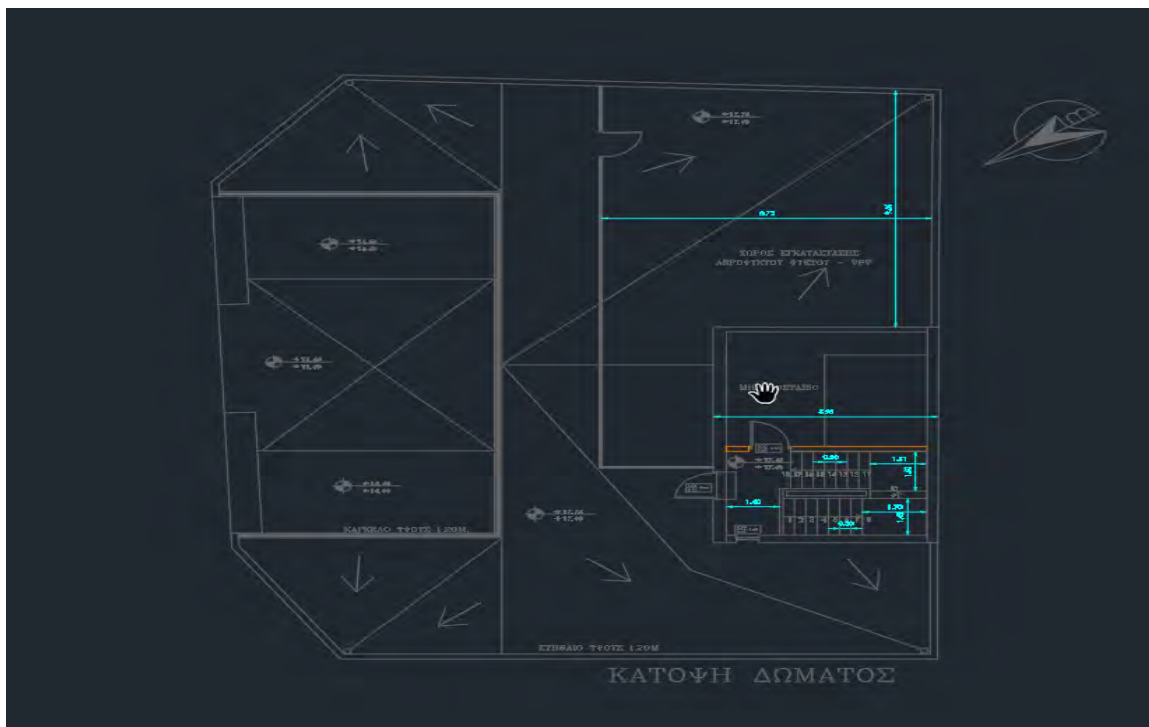


ΣΧΗΜΑ28: Κάτοψη Γ' ορόφου

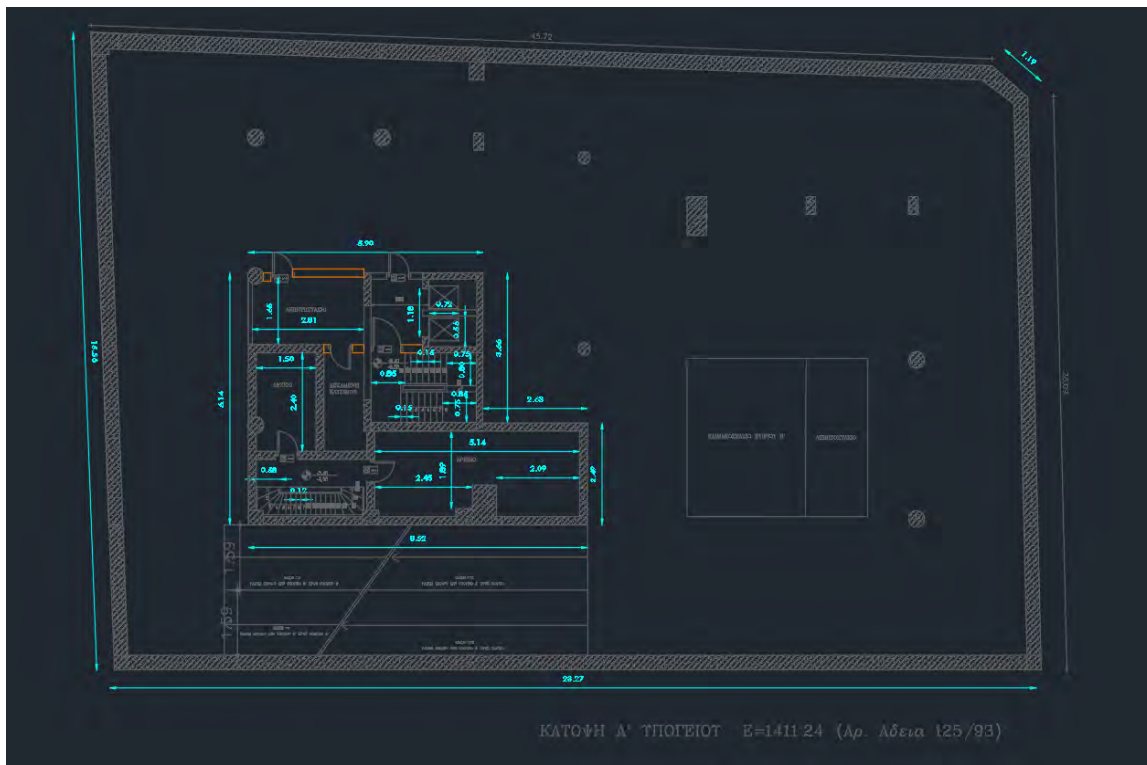




**ΣΧΗΜΑ 29: Κάτοψη Δ' ορόφου**



**ΣΧΗΜΑ 30: Κάτοψη δώματος**



**ΣΧΗΜΑ31: Κάτοψη Α' υπογείου**



**ΣΧΗΜΑ32: Κάτοψη Γ' υπογείου**

### 4.3 Χαρακτηριστικά Κτιρίου

Στην ενότητα αυτή θα μελετηθούν οι ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου που μας δόθηκε για μελέτη στην περιοχή του Βόλου . Το κτήριο αποτελείται από 6 ορόφους και οι ενεργειακές ανάγκες του θα αναλυθούν από το λογισμικό hourly analysis program (hap).

Ουσιαστικά θα μελετηθεί η παθητική μόνωση του κτιρίου. Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά της τοιχοποιίας, της οροφής και των παραθύρων του κτιρίου και ορίζονται οι αρχιτεκτονικές κατασκευαστικές του ιδιότητες, καθώς και λεπτομέρειες κάθε χώρου.

Space Properties - [A01]

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

Name: A01

Floor Area: 45.8 m<sup>2</sup>

Avg Ceiling Height: 3.2 m

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

Light Med. Heavy

OA Ventilation Requirements

Space Usage: EDUCATION: University/college laboratory

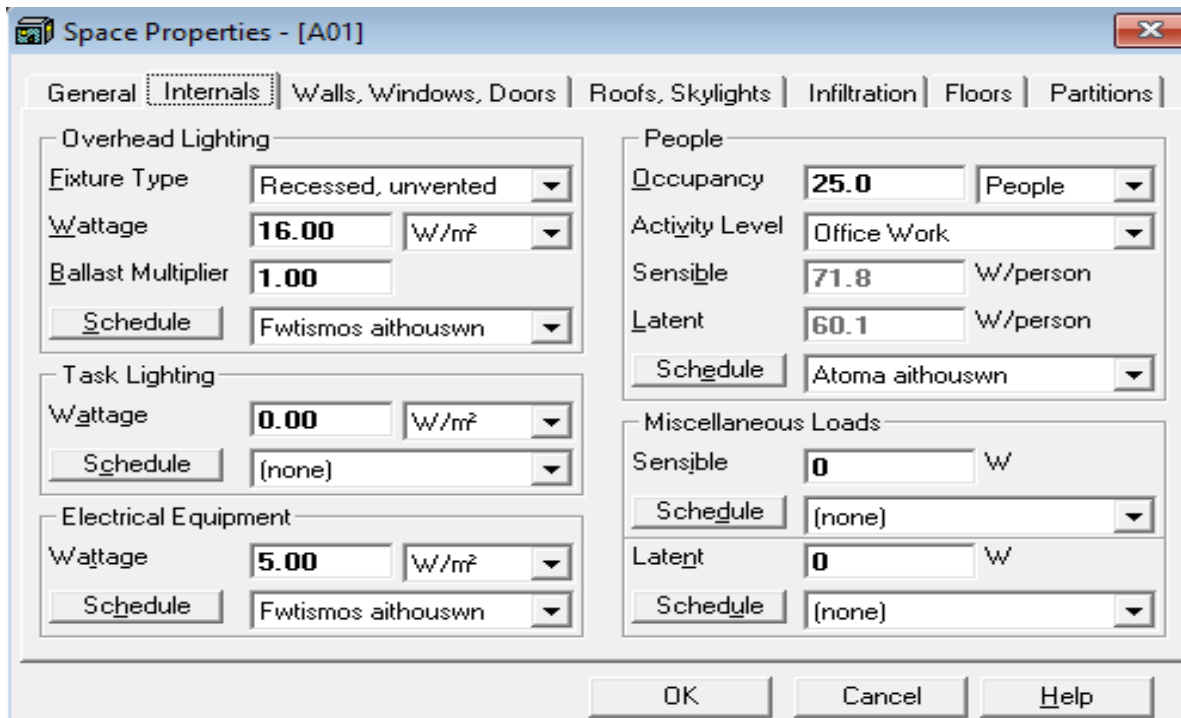
OA Requirement 1: 5.0 L/s/person

OA Requirement 2: 0.90 L/(s·m<sup>2</sup>)

Space usage defaults: ASHRAE Std 62.1-2010  
Defaults can be changed via View/Preferences.

OK Cancel Help

**ΣΧΗΜΑ 33: Εισαγωγή γενικών στοιχείων κάθε χώρου**



**ΣΧΗΜΑ34: Εισαγωγή εσωτερικών στοιχείων κάθε ορόφου**

## Τοιχοποιία

Για την ανάλυση της τοιχοποιίας του κτιρίου χρησιμοποιήθηκαν 2 τύποι κελυφών. Ο πρώτος τύπος κελύφους που χρησιμοποιήθηκε είναι με πολύτρυπτο τούβλο ενώ ο δεύτερος τύπος τοιχοποιίας είναι με σκυρόδεμα. Αυτοί οι δύο τοιχοποιίας είναι οι πιο διαδεδομένοι τύποι κελύφους στην Ελλάδα.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα υλικά για την τοιχοποιία έτσι ώστε να πετύχουμε τον συντελεστή θερμοπερατότητας που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ.

### Τοίχος

Στρώματα	Πάχος mm	Πυκνότητα kg/m <sup>3</sup>	Specific Ht. kJ/(kg K)	R-Value (m <sup>2</sup> *K)/W	Βάρος kg/m <sup>2</sup>
Συντελεστής εσωτερικής επιφάνειας	0.000	0.0	0.00	0.12064	0.0
13mm επίχρισμα τσιμεντοκονίαμα	12.700	720.8	1.34	0.05645	9.2
203mm τούβλο	203.200	1922.2	0.84	0.27954	390.6
RSI-2.5 μονωτικό υλικό	50.800	32.0	0.92	2.44598	1.6
13mm επίχρισμα τσιμεντοκονίαμα	12.700	720.8	1.34	0.05645	9.2
Συντελεστής εξωτερικής επιφάνειας	0.000	0.0	0.00	0.05864	0.0
<b>Σύνολο</b>	<b>279.400</b>	-		<b>3.01768</b>	<b>410.5</b>
Απορροφητικότητα	0,9				
Εξωτερικόχρώμακελύφους	Dark				
<b>U-Τιμή W/(m<sup>2</sup> K)</b>	<b>0.331 W/(m<sup>2</sup>*K)</b>				

### Κολόνα

Στρώματα	Πάχος mm	Πυκνότητα kg/m <sup>3</sup>	Specific Ht. kJ/(kg K)	R-Value (m <sup>2</sup> *K)/W	Βάρος kg/m <sup>2</sup>
Συντελεστής εσωτερικής επιφάνειας	0.000	0.0	0.00	0.12064	0.0
13mm επίχρισμα τσιμεντοκονίαμα	12.700	800.9	1.09	0.07890	10.2
203mmLW σκυρόδεμα	25.400	32.0	0.92	1.22299	0.8
RSI-1.2 μονωτικό υλικό	203.200	640.7	0.84	1.17407	130.2
13mm επίχρισμα τσιμεντοκονίαμα	12.700	800.9	1.09	0.07890	10.2
Συντελεστής εξωτερικής επιφάνειας	0.000	0.0	0.00	0.05864	0.0
<b>Σύνολο</b>	<b>251.300</b>	-		<b>2.71736</b>	<b>149.2</b>
Απορροφητικότητα	0,9				
Εξωτερικό χρώμα κελύφους	Dark				
<b>U-Τιμή W/(m<sup>2</sup> K)</b>	<b>0.366 W/(m<sup>2</sup>*K)</b>				

*Οροφή*

Στρώματα	Πάχος mm	Πυκνότητα kg/m <sup>3</sup>	Specific Ht. kJ/(kg K)	R-Value (m <sup>2</sup> *K)/W	Βάρος kg/m <sup>2</sup>
Συντελεστής εσωτερικής επιφάνειας	0.000	0.0	0.00	0.12064	0.0
<b>203mm τούβλο</b>	203.200	1922.2	0.84	0.27954	390.6
<b>RSI-6.7 υαλοβάμβακας</b>	304.800	8.0	0.84	6.77347	2.4
<b>13mm επίχρισμα τσιμεντοκονίαμα</b>	12.700	720.8	1.34	0.05645	9.2
Συντελεστής εξωτερικής επιφάνειας	0.000	0.0	0.00	0.05864	0.0
<b>Σύνολο</b>	<b>520.700</b>	-		<b>7.28873</b>	<b>402.2</b>
<b>Απορροφητικότητα</b>	<b>0,675</b>				
<b>U-Τιμή W/(m<sup>2</sup> K)</b>	<b>0.137 W/(m<sup>2</sup>*K)</b>				
<b>Εξωτερικό χρώμα κελύφους</b>	<b>Medium</b>				

*Στέγη*

Στρώματα	Πάχος mm	Πυκνότητα kg/m <sup>3</sup>	Specific Ht. kJ/(kg K)	R-Value (m <sup>2</sup> *K)/W	Βάρος kg/m <sup>2</sup>
Συντελεστής εσωτερικής επιφάνειας	0.000	0.0	0.00	0.12064	0.0
<b>13mm επίχρισμα τσιμεντοκονίαμα</b>	12.700	720.8	1.34	0.05645	9.2
<b>Κενό αέρος</b>	0.000	0.0	0.00	0.16026	0.0
<b>203mm LW τσιμεντότουβλο</b>	203.200	608.7	0.84	0.35578	123.7
<b>RSI-1.2 μονωτικό υλικό</b>	25.400	32.0	0.92	1.22299	0.8
<b>Οικοδομημένη στέγη</b>	9.525	1121.3	1.47	0.05855	10.7
Συντελεστής εξωτερικής επιφάνειας	0.000	0.0	0.00	0.05864	0.0
<b>Σύνολο</b>	<b>250.825</b>	-		<b>2.03329</b>	<b>144.3</b>
<b>Απορροφητικότητα</b>	<b>0,9</b>				
<b>U-Τιμή W/(m<sup>2</sup> K)</b>	<b>0.492W/(m<sup>2</sup>*K)</b>				
<b>Εξωτερικό χρώμα κελύφους</b>	<b>Dark</b>				

## Παράθυρα

### Ανοιγόμενα

Τύπος	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ύψος m	1,00	2,15	2,25	0,80	1,10	1,00	1,05	1,00	1,05	1,10
Πλάτος m	0,90	0,90	0,90	1,05	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50	1,50
U-τιμή	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Συνολικός συντελεστής σκίασης	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,89	0,81	0,81	0,81

### Κλειστά

Τύπος	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ύψος m	0,75	1,00	1,40	2,25	0,80	2,20	2,15	1,20	1,80	1,45
Πλάτος m	0,60	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,20	1,25
U-τιμή	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Συνολικός συντελεστής σκίασης	0,87	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81

Τύπος	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ύψος m	1,10	1,20	1,80	2,25	1,00	1,20	1,80	4,80	1,00	1,05
Πλάτος m	1,30	1,30	1,30	1,30	1,35	1,35	1,35	1,35	1,40	1,40
U-τιμή	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Συνολικός συντελεστής σκίασης	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81

Τύπος	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Ύψος m	1,40	2,25	2,55	4,80	1,00	1,05	1,10	4,80	2,25	2,25
Πλάτος m	1,40	1,40	1,40	1,40	1,45	1,50	1,50	1,70	2,15	2,35
U-τιμή	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Συνολικός συντελεστής σκίασης	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81

Τύπος	31	32	33							
Ύψος m	2.25	2.25	2.25							
Πλάτος m	2.85	3.20	3.25							
U-τιμή	3,00	3,00	3,00							
Συνολικός συντελεστής σκίασης	0,81	0,81	0,81							

## Πόρτες

Είδη	Είσοδος 2	Κυρία είσοδος	Πλάγια Είσοδος 1	Πλάγια είσοδος 2
Επιφάνεια	3.2	5.3	2.3	3.2
Υ-τιμή πόρτας	1.7	1.7	1.7	1.7
Επιφάνεια γυαλιού	3.2	5.3	0	0
Υ-τιμή γυαλιού	3.3	3.3	3.2	3.2
Συντελεστής σκίασης γυαλιού	0.88	0.88	0.88	0.88

### 4.4 Χρονοδιαγράμματα (schedules)

Στην παρούσα διπλωματική οι κτιριακές εγκαταστάσεις υπό μελέτη είναι ένα εκπαιδευτήριο επομένως βρίσκεται σε λειτουργία σύμφωνα με το ακαδημαϊκό έτος. Δημιουργήθηκαν διάφορα χρονοδιαγράμματα (schedules) έτσι ώστε να μελετηθεί καλύτερα ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί το εκπαιδευτήριο αλλά και να αναλυθούν τα ωριαία προφίλ των χώρων του. Οι αναλύσεις αυτές φαίνονται στους ακόλουθους πίνακες.

#### 4.4.1 Χρονοδιαγράμματα ατόμων

ώρα	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
τιμή	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

Πίνακας 2: Χρονοδιάγραμμα αιθουσών όταν δουλεύουν

ώρα	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
τιμή	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 3: Χρονοδιάγραμμα ατόμων όταν δεν δουλεύουν



<b>ώρα</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	
<b>τιμή</b>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
								0	0	0	0	0	0	0	0	0									
								0	0	0	0	0	0	0	0	0									

Πίνακας 4: Χρονοδιάγραμμα διεύθυνσης όταν δουλεύουν

<b>ώρα</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	
<b>τιμή</b>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Πίνακας 5: Χρονοδιάγραμμα γραφείων όταν δουλεύουν

<b>ώρα</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	
<b>τιμή</b>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Πίνακας 6: Χρονοδιάγραμμα κυλικείου όταν δουλεύουν

	<b>Ιαν</b>	<b>Φεβ</b>	<b>Μαρ</b>	<b>Απρ</b>	<b>Μαι</b>	<b>Ιουν</b>	<b>Ιουλ</b>	<b>Αυγ</b>	<b>Σεπτ</b>	<b>Οκτ</b>	<b>Νοε</b>	<b>Δεκ</b>
<b>Δευτέρα</b>	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1
<b>Τρίτη</b>	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1
<b>Τετάρτη</b>	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1
<b>Πέμπτη</b>	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1
<b>Παρασκευή</b>	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1
<b>Σάββατο</b>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Κυριακή</b>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Διακοπές</b>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Πίνακας 7: Εβδομαδιαία-Μηνιαία κατανομή λειτουργίας εκπαιδευτηρίου (για τα άτομα)

Στον πίνακα η τιμή 1 αντιστοιχεί στο όταν δουλεύει προφίλ, η τιμή 2 στο όταν δεν δουλεύει.

#### 4.4.2 Χρονοδιαγράμματα φωτισμών

<b>ώρα</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	
<b>τιμή</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	5	5	1	1	1	1	1	1	0
									0	0							0	0	0	0	0	0	0	0	

Πίνακας 8: Χρονοδιάγραμμα αιθουσών (χειμώνας)

<b>ώρα</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	
<b>τιμή</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
																					0	0	0	0	

Πίνακας 9: Χρονοδιάγραμμα αιθουσών (καλοκαίρι)

<b>ώρα</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	
<b>τιμή</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 10: Χρονοδιάγραμμα φωτισμού όταν δεν δουλεύουν

<b>ώρα</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	
<b>τιμή</b>	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0
								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Πίνακας 11: Χρονοδιάγραμμα διαδρόμων όταν δουλεύουν

<b>ώρα</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	
<b>τιμή</b>	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	0	0	0	0	5	5	1	1	1	1	1	1	0
								0	0	0							0	0	0	0	0	0	0	0	

Πίνακας 12: Χρονοδιάγραμμα γραφείων (χειμώνας)

<b>ώρα</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	
<b>τιμή</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
																						0	0	0	0

Πίνακας 13: Χρονοδιάγραμμα γραφείων (καλοκαίρι)

<b>ώρα</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	
<b>τιμή</b>	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	5	5	1	1	1	1	1	0
						0	0	0	0	0							0	0	0	0	0	0	0	

Πίνακας 14: Χρονοδιάγραμμα κυλικείου (χειμώνας)

<b>ώρα</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	
<b>τιμή</b>	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
						0	0													0	0	0		

Πίνακας 15: Χρονοδιάγραμμα κυλικείου (καλοκαίρι)

<b>ώρα</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	
<b>τιμή</b>	2	2	2	2	2	2	2	5	5	5	2	2	2	2	2	2	5	5	1	1	1	1	1	2
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 16: Χρονοδιάγραμμα υποδοχής (χειμώνας)

<b>ώρα</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	
<b>τιμή</b>	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0

Πίνακας 17: Χρονοδιάγραμμα υποδοχής (καλοκαίρι)

<b>ώρα</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	
<b>τιμή</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Πίνακας 18: Χρονοδιάγραμμα υποδοχής όταν δεν δουλεύει

<b>ώρα</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	
<b>τιμή</b>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Πίνακας 19: Χρονοδιάγραμμα μπάνιου όταν δουλεύει

	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοε	Δεκ
Δευτέρα	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1
Τρίτη	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1
Τετάρτη	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1
Πέμπτη	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1
Παρασκευή	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1
Σάββατο	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Κυριακή	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Διακοπές	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Πίνακας 20: Εβδομαδιαία-Μηναία κατανομή λειτουργίας εκπαιδευτηρίου (για τον φωτισμό)

Στον πίνακα η τιμή 1 αντιστοιχεί στο χειμερινό προφίλ, η τιμή 2 στον καλοκαιρινό προφίλ και η τιμή 3 όταν δεν δουλεύει, ενώ όταν έχουμε μόνο δύο προφίλ αντιστοιχεί σύμφωνα με τον πίνακα 7.

#### 4.4.3 Χρονοδιαγράμματα DOAS

Χρονοδιάγραμμα DOAS (dedicated outdoor air system) χρησιμοποιήθηκε στο σύστημα VRV και στη γεωθερμική αντλία θερμότητας με σκοπό τον έλεγχο του αερισμού των χώρων του εκπαιδευτηρίου.

ώρα	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
τιμή	0	0	0	0	0	0	0	2	5	5	1	1	1	1	1	5	5	1	1	1	1	5	5	0

Πίνακας 21: Χρονοδιάγραμμα DOAS (χειμώνας)

ώρα	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
τιμή	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2	2	2	0

Πίνακας 22: Χρονοδιάγραμμα DOAS (καλοκαίρι)

ώρα	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
τιμή	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 23: Χρονοδιάγραμμα DOAS όταν δεν δουλεύει

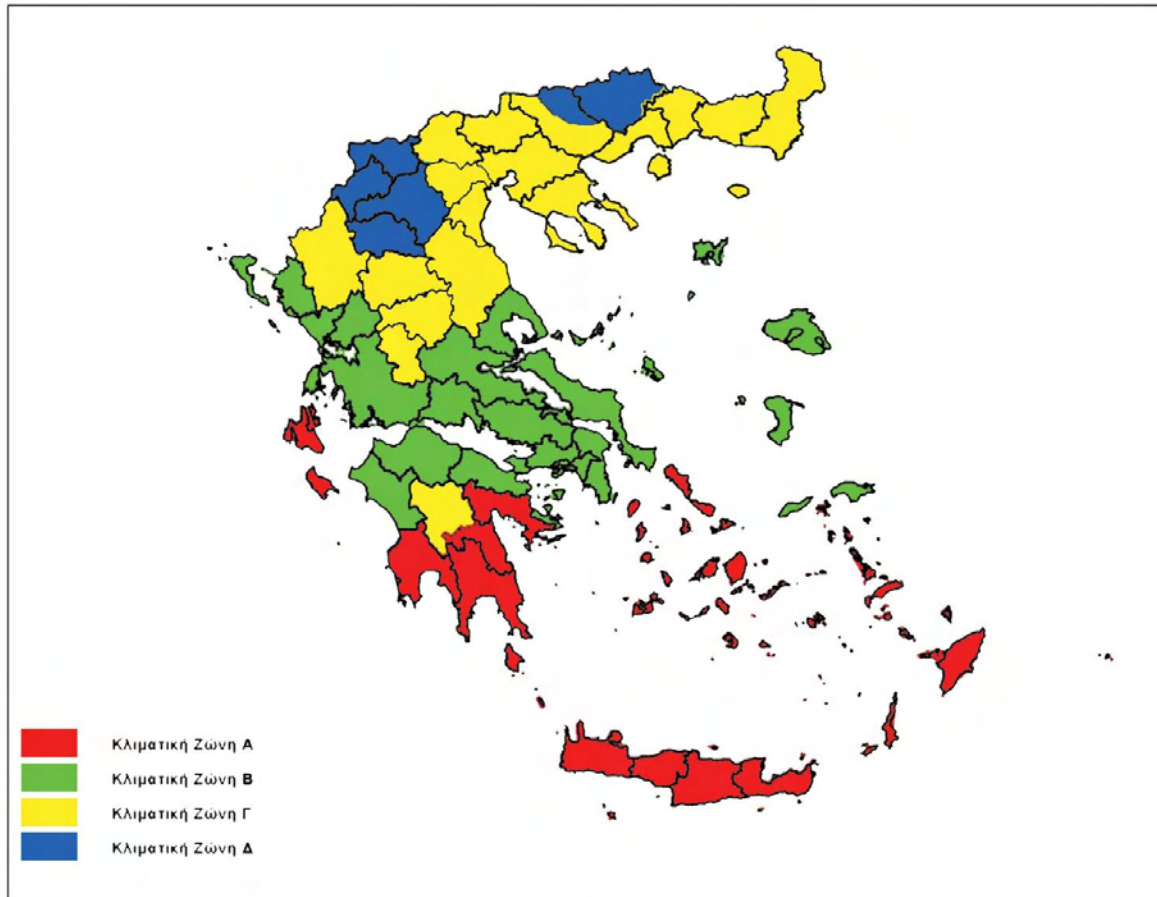
	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοε	Δεκ
Δευτέρα	1	1	1	1	2	2	3	3	2	1	1	1
Τρίτη	1	1	1	1	2	2	3	3	2	1	1	1
Τετάρτη	1	1	1	1	2	2	3	3	2	1	1	1
Πέμπτη	1	1	1	1	2	2	3	3	2	1	1	1
Παρασκευή	1	1	1	1	2	2	3	3	2	1	1	1
Σάββατο	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Κυριακή	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Διακοπές	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Πίνακας 24: Εβδομαδιαία-Μηνιαία κατανομή λειτουργίας εκπαιδευτηρίου (για τον DOAS)

Στον πίνακα η τιμή 1 αντιστοιχεί στο χειμερινό προφίλ, η τιμή 2 στον καλοκαιρινό προφίλ και η τιμή 3 όταν δεν δουλεύει.

#### 4.5 Κλιματολογικά Δεδομένα

Σύμφωνα με το Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ) η ελληνική επικράτεια ομαδοποιείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμοημέρες θέρμανσης. Στον παρακάτω πίνακα προσδιορίζονται οι νομοί που υπάγονται σε κάθε μια από τις τέσσερις κλιματικές ζώνες .



Σχήμα 1.1. Σχηματική Απεικόνιση κλιματικών ζωνών ελληνικής επικράτειας

**Σχήμα 35 : Οι κλιματικές ζώνες της Ελλάδας διαχωρισμένες σύμφωνα με τον Κ.Ε.Ν.Α.Κ.**

Κλιματική Ζώνη	Νομοί
<b>Ζώνη Α</b>	Ηράκλειο, Χανιά, Ρέθυμνο, Λασιθί, Κυκλάδες, Δωδεκάνησα, Σάμος, Μεσσηνία, Λακωνία, Αργολίδα, Ζάκυνθος, Κεφαλονιά, Ιθάκη
<b>Ζώνη Β</b>	Κορινθία, Ηλεία, Αχαΐα, Αιτωλοακαρνανία, Φθιώτιδα, Φωκίδα, Βοιωτία, Αττική, Εύβοια, Μαγνησία, Σποράδες, Λέσβος, Χίος, Κέρκυρα, Λευκάδα, Θεσπρωτία, Πρέβεζα, Άρτα
<b>Ζώνη Γ</b>	Αρκαδία, Ευρυτανία, Ιωάννινα, Λάρισα, Καρδίτσα, Τρίκαλα, Πιερία, Ημαθία,

	Πέλλα, Θεσσαλονίκη, Κιλκίς, Χαλκιδική, Σέρρες, Καβάλα, Δράμα, Θάσος, Σαμοθράκη, Ξάνθη, Ροδόπη, Έβρος
<b>Ζώνη Δ</b>	Γρεβενά, Κοζάνη, Καστοριά, Φλώρινα

**Πίνακας 25: Οι κλιματικές ζώνες της Ελλάδας διαχωρισμένες σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ.**

Το συγκεκριμένο λογισμικό δόθηκαν στοιχεία για να εισαχθούν ως παράμετροι τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής του Βόλου, ώστε η ενεργειακή μελέτη να έχει στα αποτελέσματα της όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια . Τα κλιματικά δεδομένα του Βόλου δίνονται στο παρακάτω πίνακα.

<b>Πόλη</b>	<b>Βόλος</b>
<b>Περιοχή</b>	<b>Ελλάδα</b>
<b>Γεωγραφικό Πλάτος</b>	39,2
<b>Γεωγραφικό Μήκος</b>	-23.0
<b>Υψόμετρο</b>	5.0 m
<b>Summer Design Dry-Bulb</b>	33,6
<b>Summer Coincident Wet-Bulb</b>	20,9
<b>Summer Daily Range</b>	10,5
<b>Winter Design Dry-Bulb</b>	-2,7 °C
<b>Winter Design Wet-Bulb</b>	-5,1 °C
<b>Atmospheric Clearness Number</b>	1
<b>Average Ground Reflectance</b>	0.2
<b>Soil Conductivity</b>	1,385 W/(m K)
<b>Local Time Zone (GMT +/- N hours)</b>	2 hours
<b>Simulation Weather Data</b>	(EXT)
<b>Design Cooling Month</b>	Ιανουάριος έως Δεκέμβριος

**Πίνακας 26: Κλιματικά Δεδομένα Βόλου**

## 4.6 Συστήματα Κλιματισμού

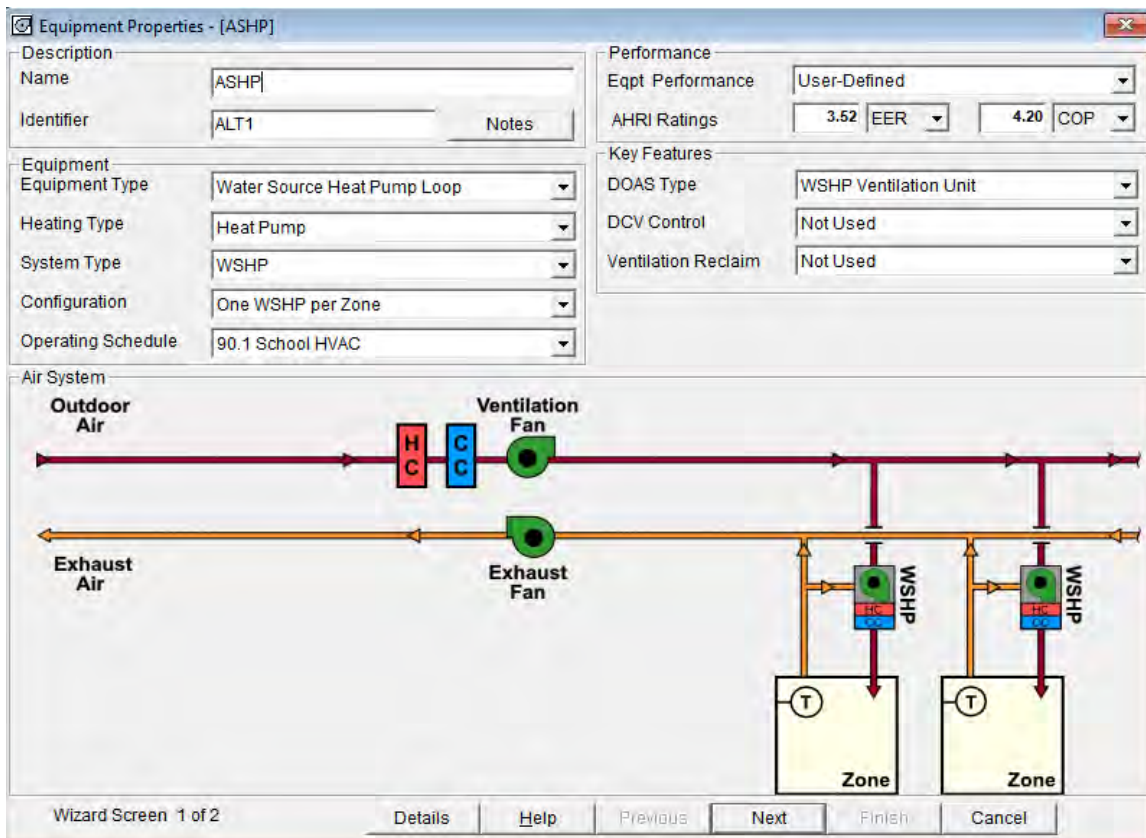
Στην παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιήθηκαν 3 συστήματα κλιματισμού για θέρμανση/ψύξη του εκπαιδευτηρίου. Αυτά ήταν η γεωθερμική αντλία θερμότητας, αερόψυκτη αντλία θερμότητας και VRV unit. Δημιουργήθηκαν στο λογισμικό Hourly Analysis Program και μελετήθηκαν ώστε να καταλήξουμε τελικά στο ποιο από τα 3 είναι το προτιμότερο για το εκπαιδευτήριο (τα αποτελέσματα θα αναλυθούν στο κεφάλαιο 5).

Συνδυάζοντας τα κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής του Βόλου όπου βρίσκεται το εκπαιδευτήριο με τα χαρακτηριστικά κελύφους για κάθε χώρο (παράθυρα, οροφές, τοίχοι), συμπεράσματα για το κάθε σύστημα

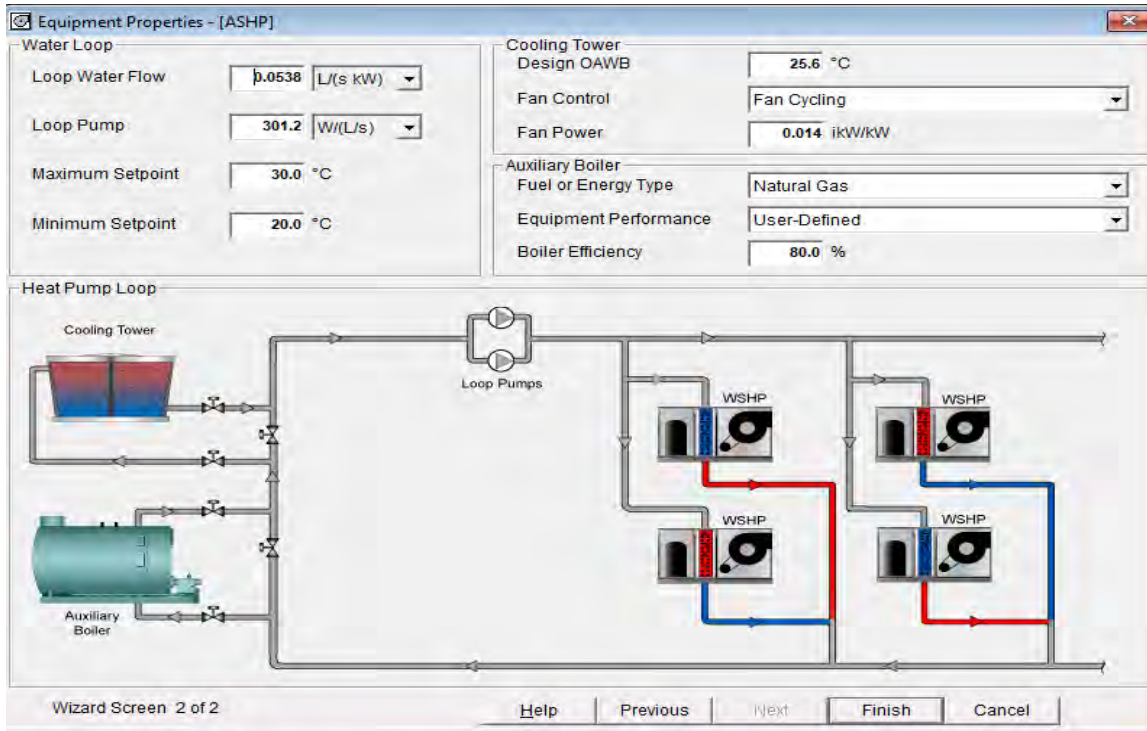
### 4.6.1 Αερόψυκτη Αντλία Θερμότητας

Air System Name	<b>ASHP</b>
Air System Type	<b>Packaged DX Fan Coil</b>
Number of Zone	<b>5</b>
Ventilation	<b>Dedicated Outdoor Air System</b>

**Πίνακας 27: Γενικά χαρακτηριστικά ΑΑΘ**







**Σχήματα 37: Συνδεσμολογία Αερόψυκτης Αντλίας Θερμότητας**

Airflow Control (Ventilation)	<b>DOAS schedule</b>
Ventilation Sizing Method	<b>Sum of Space OA Airflows</b>
Damper Leak Rate	<b>0%</b>
Outdoor Air CO2 Level	<b>400 ppm</b>
Ventilation Fan Type	<b>Forward Curved with Var. Speed Drive</b>
Ventilation Fan Performance	<b>Total Static – 100 Pa</b>
Ventilation Overall Efficiency	<b>44,00%</b>
Exhaust Fan Type	<b>Forward Curved</b>
Exhaust Fan Performance	<b>Total Static – 100 Pa</b>
Exhaust Overall Efficiency	<b>54,00%</b>

**Πίνακας 28: Δεδομένα κεντρικής εξωτερικής μονάδας**

<b>% Airflow</b>	<b>100</b>	<b>90</b>	<b>80</b>	<b>70</b>	<b>60</b>	<b>50</b>	<b>40</b>	<b>30</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>0</b>
<b>%KW</b>	100	77	60	44	35	25	19	13	9	7	6

**Πίνακας 29: Απόδοση Ventilation Fan**

<b>% Airflow</b>	<b>100</b>	<b>90</b>	<b>80</b>	<b>70</b>	<b>60</b>	<b>50</b>	<b>40</b>	<b>30</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>0</b>
<b>%KW</b>	100	91	81	72	61	54	46	40	33	27	21

**Πίνακας 30: Απόδοση Exhaust Fan**

Ζώνες

Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5
A01	B01	C01	D01	I01-enimerwsis
A02	B02	C02	D02	I02-WCs
A03	B03	C03	D03	I03-skales-asanser
A04	B04	C04	D04	I04-grafeia
A05	B05	C05-apothiki	D05-apothiki	I05-diadromos
A06	B06	C06-skales-asanser	D06-skales-asanser	I06-paraskeuastirio
A07	B07	C07-diadromos 1	D07-diadromos 1	I07-artzoxaroplasteio
A08-diadromos 1-6	B08-diadromos 1-6	C08-diadromos 3-4	D08-diadromos 3-4	I08-ypodoxh
A09-diadromos 5-7	B09-diadromos 5-7			I09-xwrosdialimaton
A10-skales-asanser	B10-skales-asanser			P01-patari
A11-WC 1-6	B11-WC 1-6			P02-skales-asanser
A12-WC 2	B12-WC 2			
A13-WC 7	B13-WC 7			
A14-Rack	B14-WC 4			
A15-diadromos 2-3-4	B15-diadromos 2-3-4			

Πίνακας 31: Δωμάτια που περιέχονται σε κάθε ζώνη

Zone	Cooling T-Stat Occ. (°C)	Cooling T-Stat Unocc.(°C)	Heating T-Stat Occ. (°C)	Heating T-Stat Occ. (°C)
1	23.9	26.7	21.1	18.3
2	23.9	26.7	21.1	18.3
3	23.9	26.7	21.1	18.3
4	23.9	26.7	21.1	18.3
5	23.9	26.7	21.1	18.3

Πίνακας 32: Δεδομένα Θερμοστάτη σε κάθε ζώνη

Zones	<b>1,2,3,4,5</b>
Terminal Type	<b>Fan Coil</b>
Minimum Airflow (L/s/Person)	<b>0</b>
Total Static	<b>120 Pa</b>
Fan Overall Efficiency	<b>50%</b>

Πίνακας 33: Δεδομένα Τερματικών

Cooling supply temperature	<b>14,4 °C</b>
Heating supply temperature	<b>35 °C</b>
Chilled water Delta - T	<b>11,1 K</b>
Hot water Delta - T	<b>5,6 K</b>

Πίνακας 34: Δεδομένα συστήματος

Zone	Supply Airflow (L/s)	Ventilation (L/s)
<b>1</b>	2113.0	889.9
<b>2</b>	2251.5	941.3
<b>3</b>	2466.5	680.5
<b>4</b>	2504.9	680.5
<b>5</b>	3095.5	626.4

Πίνακας 35: Δεδομένα ζωνών

#### 4.6.2 Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας

Air System Name	<b>GWHP</b>
Air System Type	<b>Groundwater Source Heat Pump</b>
Number of Zone	<b>5</b>
Ventilation	<b>Dedicated Outdoor Air System</b>

Πίνακας 36: Γενικά χαρακτηριστικά ΓΑΘ

The screenshot shows the 'Equipment Properties - [GWHP]' dialog box. The 'Description' section includes Name (GWHP), Identifier (ALT1), and Notes. The 'Equipment' section lists Equipment Type (Ground Source Heat Pumps), Heating Type (Heat Pump), System Type (WSHP), Configuration (One WSHP per Zone), and Operating Schedule (90.1 School HVAC). The 'Performance' section shows EER (3.93) and COP (3.10). The 'Key Features' section includes DOAS Type (WSHP Ventilation Unit), DCV Control (Not Used), and Ventilation Reclaim (Not Used). Below the dialog is a schematic diagram of the air system. It shows Outdoor Air entering from the left, passing through a Heating Coil (H) and a Cooling Coil (C), then through a Ventilation Fan. The air then splits into two parallel paths, each passing through a WSHP (Water Source Heat Pump) before entering a Zone. Exhaust Air is shown leaving from the zones, passing through an Exhaust Fan.



Σχήματα 38: Συνδεσμολογία ΓΑΘ

Airflow Control (Ventilation)	<b>DOAS schedule</b>
Ventilation Sizing Method	<b>Sum of Space OA Airflows</b>
Damper Leak Rate	<b>0%</b>
Outdoor Air CO2 Level	<b>400 ppm</b>
Cooling Coil Setpoint	<b>23,9 °C</b>
Cooling Coil Source	<b>Water-Cooled DX</b>
Heating Coil Setpoint	<b>21,1 °C</b>
Heating Source	<b>Water Source Heat Pump</b>
Ventilation Fan Type	<b>Forward Curved with Var. Speed Drive</b>
Ventilation Fan Performance	<b>Total Static – 200 Pa</b>
Ventilation Overall Efficiency	<b>44,00%</b>
Exhaust Fan Type	<b>Forward Curved</b>
Exhaust Fan Performance	<b>Total Static – 200 Pa</b>
Exhaust Overall Efficiency	<b>54,00%</b>

Πίνακας 37: Δεδομένα κεντρικής εξωτερικής μονάδας

<b>% Airflow</b>	<b>100</b>	<b>90</b>	<b>80</b>	<b>70</b>	<b>60</b>	<b>50</b>	<b>40</b>	<b>30</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>0</b>
<b>%KW</b>	100	77	60	44	35	25	19	13	9	7	6

Πίνακας 38: Απόδοση Ventilation Fan

<b>% Airflow</b>	<b>100</b>	<b>90</b>	<b>80</b>	<b>70</b>	<b>60</b>	<b>50</b>	<b>40</b>	<b>30</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>0</b>
<b>%KW</b>	100	91	81	72	61	54	46	40	33	27	21

Πίνακας 39: Απόδοση Exhaust Fan

Όσον αφορά τις ζώνες για το σύστημα της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας, είναι οι ίδιες με τις ζώνες της αερόψυκτης αντλίας θερμότητας που αναλύθηκε προηγουμένως.

<b>Zone</b>	Cooling T-Stat Occ. (°C)	Cooling T-Stat Unocc.(°C)	Heating T-Stat Occ. (°C)	Heating T-Stat Occ. (°C)
<b>1</b>	23.9	26.7	21.1	18.3
<b>2</b>	23.9	26.7	21.1	18.3
<b>3</b>	23.9	26.7	21.1	18.3
<b>4</b>	23.9	26.7	21.1	18.3
<b>5</b>	23.9	26.7	21.1	18.3

Πίνακας 40: Δεδομένα Θερμοστάτη σε κάθε ζώνη

Zones	<b>1,2,3,4,5</b>
Terminal Type	<b>Fan Coil</b>
Minimum Airflow (L/s/Person)	<b>0</b>
Total Static	<b>50 Pa</b>
Fan Overall Efficiency	<b>50%</b>

Πίνακας 41: Δεδομένα Τερματικών

Cooling supply temperature	<b>14,4 °C</b>
Heating supply temperature	<b>35 °C</b>
Chilled water Delta - T	<b>11,1 K</b>
Hot water Delta - T	<b>5,6 K</b>

Πίνακας 42: Δεδομένα συστήματος

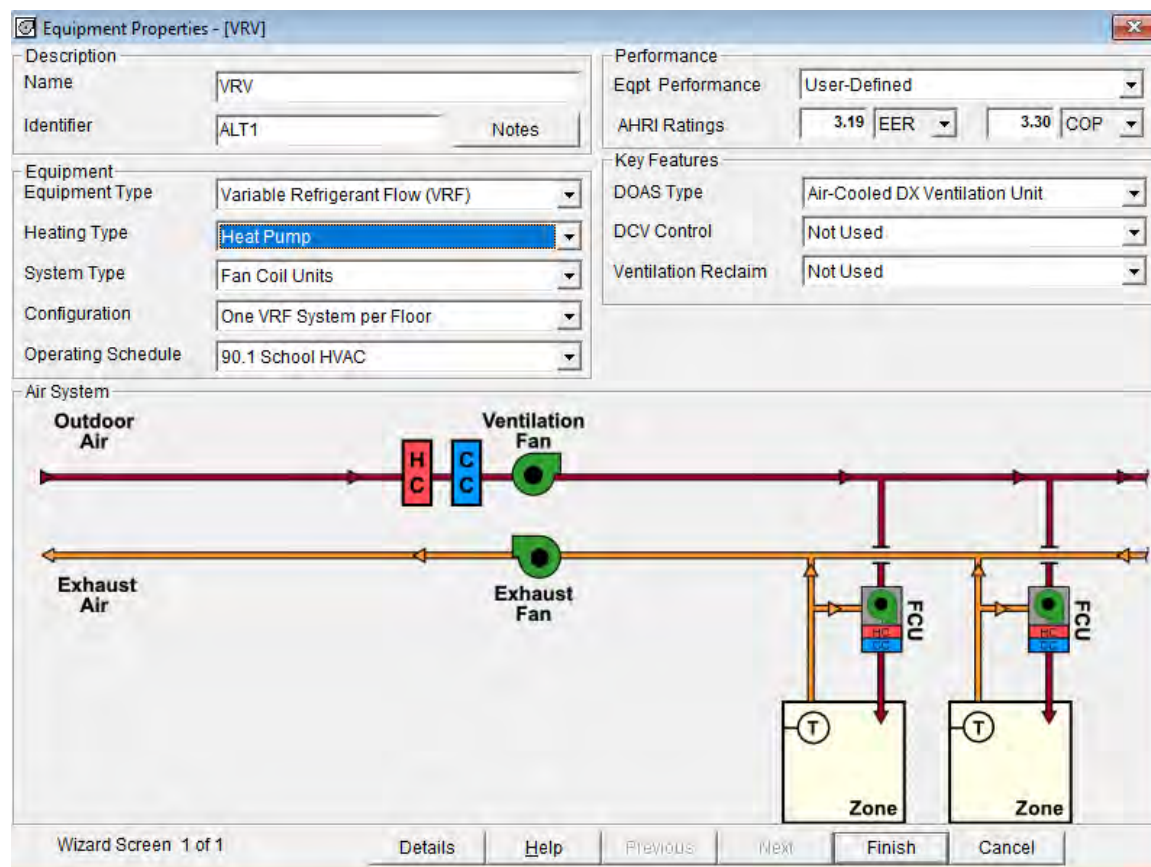
Zone	Supply Airflow (L/s)	Ventilation (L/s)
1	2113.0	889.9
2	2251.5	941.3
3	2466.5	680.5
4	2504.9	680.5
5	3095.5	626.4

Πίνακας 43: Δεδομένα ζωνών

### 4.6.3 Σύστημα Κλιματισμού VRV (Variable Refrigerant Volume)

Air System Name	<b>VRV</b>
Air System Type	<b>Variable Refrigerant Flow (VRF)</b>
Number of Zone	<b>5</b>
Ventilation	<b>Dedicated Outdoor Air System</b>

Πίνακας 44: Γενικά χαρακτηριστικά VRV



Σχήμα 39 : Συνδεσμολογία VRV

Airflow Control (Ventilation)	<b>DOAS schedule</b>
Ventilation Sizing Method	<b>Sum of Space OA Airflows</b>
Damper Leak Rate	<b>0%</b>
Outdoor Air CO2 Level	<b>400 ppm</b>
Ventilation Fan Type	<b>Forward Curved with Var. Speed Drive</b>
Ventilation Fan Performance	<b>Total Static – 100 Pa</b>
Ventilation Overall Efficiency	<b>44,00%</b>
Exhaust Fan Type	<b>Forward Curved</b>
Exhaust Fan Performance	<b>Total Static – 100 Pa</b>
Exhaust Overall Efficiency	<b>44,00%</b>

Πίνακας 45: Δεδομένα κεντρικής εξωτερικής μονάδας

<b>% Airflow</b>	<b>100</b>	<b>90</b>	<b>80</b>	<b>70</b>	<b>60</b>	<b>50</b>	<b>40</b>	<b>30</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>0</b>
<b>%KW</b>	100	77	60	44	35	25	19	13	9	7	6

Πίνακας 46: Απόδοση Ventilation Fan

<b>% Airflow</b>	<b>100</b>	<b>90</b>	<b>80</b>	<b>70</b>	<b>60</b>	<b>50</b>	<b>40</b>	<b>30</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>0</b>
<b>%KW</b>	100	77	60	44	35	25	19	13	9	7	6

Πίνακας 47: Απόδοση Exhaust Fan

Όσον αφορά για τις ζώνες του συστήματος VRV, είναι οι ίδιες με εκείνες της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας και της αερόψυκτης αντλίας θερμότητας που αναλύθηκαν παραπάνω.

<b>Zone</b>	Cooling T-Stat Occ. (°C)	Cooling T-Stat Unocc. (°C)	Heating T-Stat Occ. (°C)	Heating T-Stat Occ. (°C)
<b>1</b>	23.9	26.7	21.1	18.3
<b>2</b>	23.9	26.7	21.1	18.3
<b>3</b>	23.9	26.7	21.1	18.3
<b>4</b>	23.9	26.7	21.1	18.3
<b>5</b>	23.9	26.7	21.1	18.3

Πίνακας 48: Δεδομένα Θερμοστάτη σε κάθε ζώνη

Zones	<b>1,2,3,4,5</b>
Terminal Type	<b>Fan Coil</b>
Minimum Airflow (L/s/Person)	<b>0</b>
Total Static	<b>50 Pa</b>
Fan Overall Efficiency	<b>50%</b>

Πίνακας 49: Δεδομένα Τερματικών

Cooling supply temperature	<b>14,4 °C</b>
Heating supply temperature	<b>35 °C</b>
Chilled water Delta - T	<b>5,6 K</b>
Hot water Delta - T	<b>11,1 K</b>

Πίνακας 50: Δεδομένα συστήματος

Zone	Supply Airflow (L/s)	Ventilation (L/s)
<b>1</b>	2173.0	889.9
<b>2</b>	2302.5	941.3
<b>3</b>	2514.2	680.5
<b>4</b>	2552.0	680.5
<b>5</b>	3177.9	626.4

Πίνακας 51: Δεδομένα ζωνών



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

#### 5.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλύσουμε τα αποτελέσματα των ενεργειακών υπολογισμών των συστημάτων, που μελετήσαμε και αναλύσαμε παραπάνω, που εξάγαμε από την εισαγωγή συγκεκριμένων δεδομένων στο λογισμικό. Στη συνέχεια θα συγκρίνουμε τα αποτελέσματα και των τριών συστημάτων.

Αρχικά, θα εκτιμήσουμε την απαιτούμενη ποσότητα ενέργειας του κάθε συστήματος για την θέρμανση και την ψύξη της κατασκευής, σύμφωνα με τους ενεργειακούς κανόνες του ΚΕΝΑΚ. Για να γίνει αυτό πρέπει να λάβουμε υπόψιν πάρα πολλούς παράγοντες, όπως η ηλιακή επίδραση, που επηρεάζουν τις ενεργειακές απαιτήσεις μέσα σε ολόκληρη την περίοδο πρόβλεψης. Καθίσταται συνεπώς, αρκετά πολύπλοκο ο υπολογισμός τους, γι' αυτό οι υπολογισμοί εκτελούνται με ηλεκτρονικό υπολογιστή χρησιμοποιώντας κάποιο αντίστοιχο λογισμικό.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται ενδελεχώς τα αποτελέσματα των ενεργειακών υπολογισμών και των προσομοιώσεων που υπολογίστηκαν μέσω του λογισμικού. Αναλυτικότερα παρατίθενται αρχικά για την αερόψυκτη αντλία θερμότητας, την γεωθερμική αντλία θερμότητας και για το σύστημα VRV τα συνολικά φορτία που χρειάζονται για τη θέρμανση και ψύξη από το κάθε σύστημα. Έπειτα παρουσιάζεται η μηνιαία ζήτηση είτε για θέρμανση είτε για ψύξη του κτιρίου, καθώς και η μηνιαία κατανάλωση. Για να κατανοηθούν οι απαιτήσεις της ψύξης, παρουσιάζουμε δύο παραδείγματα ημερήσιας κατανάλωσης, το ένα την περίοδο του χειμώνα και το άλλο του καλοκαιριού.

Επίσης βασιζόμενοι στα κόστη αγοράς του ηλεκτρικού ρεύματος από την Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.) , γίνεται ένας υπολογισμός των ετήσιων ενεργειακών δαπανών (φωτισμός, θέρμανση, ψύξη, εξαερισμός, λοιπός ηλεκτρικός εξοπλισμός) των συστημάτων. Σκοπός είναι να βγάλουμε συμπέρασμα για το πιο αποδοτικό σύστημα για συγκεκριμένο κτίριο λαμβάνοντας υπόψη τα πραγματικά τιμολόγια του παρόχου ηλεκτρικής ενέργειας.

Τέλος, διεξάγεται μια τεchnοοικονομική συγκριτική μελέτη των δύο μεθόδων ώστε να λάβουμε τις απαραίτητες πληροφορίες με σκοπό να οδηγηθούμε σε ασφαλή συμπεράσματα τα οποία θα αναλυθούν στο τελευταίο κεφάλαιο.

## 5.2 Σχεδιαστική ανάλυση

### 5.2.1 Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας

Zone Name	Total Coil Load (kW)	Sens Coil Load (kW)	Coil Entering DB / WB (°C)	Coil Leaving DB / WB (°C)	Time of Peak Coil Load	Zone L/(s·m <sup>2</sup> )
Zone 1	28.9	23.9	24.5 / 18.5	15.1 / 14.5	Jun 1600	5.38
Zone 2	30.0	24.6	24.6 / 18.8	15.5 / 15.0	Jun 0800	5.79
Zone 3	30.1	26.7	24.7 / 18.7	15.7 / 15.1	Jun 1600	8.89
Zone 4	30.6	27.1	24.6 / 18.6	15.6 / 15.1	Jun 1600	9.03
Zone 5	46.5	36.7	24.6 / 18.6	14.7 / 14.2	Jun 0900	5.77

Πίνακας 52: Μέγεθος δεδομένων τερματικής μονάδας ΓΑΘ – Ψύξη

Zone Name	Heating Coil Load (kW)	Heating Coil Ent/Lvg DB (°C)	Fan Design Airflow (L/s)	Fan Motor (BHP)	Fan Motor (kW)	OA Vent Design Airflow (L/s)
Zone 1	5.2	21.1 / 23.1	2113	0.266	0.211	890
Zone 2	6.3	21.2 / 23.5	2251	0.284	0.225	941
Zone 3	8.3	21.2 / 23.9	2466	0.311	0.247	681
Zone 4	7.9	21.1 / 23.7	2505	0.316	0.250	681
Zone 5	9.2	21.0 / 23.4	3096	0.390	0.310	626

Πίνακας 53: Μέγεθος δεδομένων τερματικής μονάδας ΓΑΘ – Θέρμανση

Month	WSHP Cooling Coil Load (kWh)	WSHP Eqpt Cooling Load (kWh)	WSHP Cig 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	15219	15210	4264	9
February	0	0	0	11516	11512	3242	3
March	0	0	0	8706	8706	2506	0
April	0	0	0	4191	4191	1233	0
May	50118	49963	11241	0	0	0	0
June	60283	59937	13272	0	0	0	0
July	40329	40329	9330	0	0	0	0
August	37809	37809	8761	0	0	0	0
September	42039	42039	9453	0	0	0	0
October	0	0	0	2319	2319	689	0
November	0	0	0	8754	8754	2523	0
December	0	0	0	13394	13394	3762	0
<b>Total</b>	<b>230579</b>	<b>230077</b>	<b>52057</b>	<b>64098</b>	<b>64086</b>	<b>18220</b>	<b>13</b>

Πίνακας 54: Ετήσια προσομοίωση αποτελεσμάτων τερματικών ΓΑΘ

Month	WSHP Aux Htg Input (kWh)	Ventilation Fan (kWh)	Exhaust Fan (kWh)	Terminal Fan (kWh)	WSHP Loop Water Pump (kWh)	Lighting (kWh)	Electric Equipment (kWh)
January	9	401	381	410	1143	3997	1071
February	3	365	346	373	1033	3632	973
March	0	419	398	429	1098	4169	1119
April	0	365	346	373	864	3646	973
May	0	111	223	493	2397	2456	531
June	0	107	213	490	2479	2351	508
July	0	0	0	477	2555	1394	411
August	0	0	0	490	2545	1507	450
September	0	102	203	428	2242	2254	485
October	0	401	381	410	665	3997	1071
November	0	401	381	410	1112	3990	1071
December	0	383	364	392	1085	3825	1022
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>3054</b>	<b>3235</b>	<b>5174</b>	<b>19219</b>	<b>37218</b>	<b>9685</b>

Πίνακας 55: Ετήσια προσομοίωση αποτελεσμάτων τερματικών ΓΑΘ (συνέχεια)

Τα στοιχεία στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζουν την ανάλυση για 2 ημερομηνίες την 16 Ιανουαρίου και την 16 Μαΐου. Δηλαδή παρουσιάζεται η προσομοίωση καταναλώσεων των διαφόρων τερματικών στοιχείων, του εξαερισμού, του φωτισμού καθώς επίσης και του ηλεκτρικού εξοπλισμού αλλά αντί για όλους τους μήνες του έτους για την διάρκεια δυο ενεργοβόρων ημερών του έτους με μεγάλες απαιτήσεις για σε φορτία.

Hour	Dry-Bulb Temp (°C)	WSHP Cooling Coil Load (kW)	WSHP Eqpt Cooling Load (kW)	WSHP Cig Compressor (kW)	WSHP Heating Coil Load (kW)	WSHP Eqpt Heating Load (kW)	WSHP Htg Compressor (kW)
0000	-4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0100	-4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0200	-4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0300	-4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0400	-4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0500	-3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0600	-3.8	0.0	0.0	0.0	1.3	1.3	0.4
0700	-3.7	0.0	0.0	0.0	1.6	1.6	0.5
0800	-1.6	0.0	0.0	0.0	57.4	57.4	16.1
0900	1.6	0.0	0.0	0.0	44.8	44.8	12.7
1000	4.9	0.0	0.0	0.0	76.2	76.2	20.6
1100	7.8	0.0	0.0	0.0	62.7	62.7	17.3
1200	10.0	0.0	0.0	0.0	53.8	53.8	15.1
1300	11.5	0.0	0.0	0.0	47.4	47.4	13.5
1400	12.1	0.0	0.0	0.0	44.5	44.5	12.7
1500	11.8	0.0	0.0	0.0	21.3	21.3	6.3
1600	10.3	0.0	0.0	0.0	24.0	24.0	7.0
1700	8.2	0.0	0.0	0.0	63.8	63.8	17.7
1800	7.7	0.0	0.0	0.0	63.5	63.5	17.6
1900	7.2	0.0	0.0	0.0	65.9	65.9	18.2
2000	6.6	0.0	0.0	0.0	68.6	68.6	18.8
2100	6.1	0.0	0.0	0.0	34.0	34.0	9.8
2200	5.6	0.0	0.0	0.0	35.8	35.8	10.3
2300	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Total</b>		<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>766.5</b>	<b>766.5</b>	<b>214.6</b>

Πίνακας 56: Προσομοίωση ωριαίας κατανάλωσης ΓΑΘ την 16η Ιανουαρίου

Hour	Dry-Bulb Temp (°C)	Ventilation Fan (kW)	Exhaust Fan (kW)	Terminal Fan (kW)	WSHP Loop Water Pump (kW)	Lighting (kW)	Electric Equipment (kW)
0000	-4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
0100	-4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
0200	-4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
0300	-4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
0400	-4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
0500	-3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.6
0600	-3.8	0.0	0.0	0.0	3.4	0.7	0.6
0700	-3.7	0.0	0.0	0.0	3.4	4.4	1.1
0800	-1.6	0.4	0.8	1.2	3.4	11.9	3.3
0900	1.6	0.4	0.8	1.2	3.4	11.9	3.3
1000	4.9	1.7	1.4	1.2	3.4	2.9	0.2
1100	7.8	1.7	1.4	1.2	3.4	2.9	0.2
1200	10.0	1.7	1.4	1.2	3.4	2.9	0.2
1300	11.5	1.7	1.4	1.2	3.4	2.9	0.2
1400	12.1	1.7	1.4	1.2	3.4	2.9	0.2
1500	11.8	0.4	0.8	1.2	3.4	2.9	0.2
1600	10.3	0.4	0.8	1.2	3.4	11.9	3.3
1700	8.2	1.7	1.4	1.2	3.4	11.9	3.3
1800	7.7	1.7	1.4	1.2	3.4	21.2	6.4
1900	7.2	1.7	1.4	1.2	3.4	21.2	6.4
2000	6.6	1.7	1.4	1.2	3.4	21.2	6.4
2100	6.1	0.4	0.8	1.2	3.4	21.2	6.4
2200	5.6	0.4	0.8	1.2	3.4	21.2	6.4
2300	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
<b>Total</b>		<b>18.2</b>	<b>17.3</b>	<b>18.7</b>	<b>58.5</b>	<b>179.0</b>	<b>48.7</b>

Πίνακας 57: Προσομοίωση ωριαίας κατανάλωσης αερισμού-φωτισμού ΓΑΘ την 16η Ιανουαρίου

Hour	Dry-Bulb Temp (°C)	WSHP Cooling Coil Load (kW)	WSHP Eqpt Cooling Load (kW)	WSHP Cig Compressor (kW)	WSHP Heating Coil Load (kW)	WSHP Eqpt Heating Load (kW)	WSHP Htg Compressor (kW)
0000	17.6	12.2	12.2	3.0	0.0	0.0	0.0
0100	18.4	11.4	11.4	2.8	0.0	0.0	0.0
0200	18.2	9.9	9.9	2.4	0.0	0.0	0.0
0300	17.6	8.0	8.0	2.0	0.0	0.0	0.0
0400	17.3	6.4	6.4	1.6	0.0	0.0	0.0
0500	17.8	9.0	9.0	2.2	0.0	0.0	0.0
0600	18.3	11.0	11.0	2.7	0.0	0.0	0.0
0700	18.9	23.6	23.6	5.8	0.0	0.0	0.0
0800	19.7	111.5	111.5	24.9	0.0	0.0	0.0
0900	20.4	115.6	115.6	25.7	0.0	0.0	0.0
1000	21.0	119.3	119.3	26.5	0.0	0.0	0.0
1100	21.6	100.7	100.7	22.7	0.0	0.0	0.0
1200	22.0	107.6	107.6	24.1	0.0	0.0	0.0
1300	22.3	107.1	107.1	24.0	0.0	0.0	0.0
1400	22.3	119.9	119.9	26.6	0.0	0.0	0.0
1500	22.3	119.3	119.3	26.5	0.0	0.0	0.0
1600	22.1	109.2	109.2	24.4	0.0	0.0	0.0
1700	21.9	89.7	89.7	20.5	0.0	0.0	0.0
1800	21.4	92.7	92.7	21.1	0.0	0.0	0.0
1900	20.9	75.3	75.3	17.4	0.0	0.0	0.0
2000	20.2	106.4	106.4	23.9	0.0	0.0	0.0
2100	19.4	103.0	103.0	23.2	0.0	0.0	0.0
2200	18.7	97.2	97.2	22.0	0.0	0.0	0.0
2300	18.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Total</b>		<b>1666.0</b>	<b>1666.0</b>	<b>375.9</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>

Πίνακας 58: Προσομοίωση ωριαίας κατανάλωσης ΓΑΘ την 16η Μαΐου

Hour	Dry-Bulb Temp (°C)	Ventilation Fan (kW)	Exhaust Fan (kW)	Terminal Fan (kW)	WSHP Loop Water Pump (kW)	Lighting (kW)	Electric Equipment (kW)
0000	17.6	0.0	0.0	0.1	3.4	0.4	0.0
0100	18.4	0.0	0.0	0.1	3.4	0.4	0.0
0200	18.2	0.0	0.0	0.1	3.4	0.4	0.0
0300	17.6	0.0	0.0	0.1	3.4	0.4	0.0
0400	17.3	0.0	0.0	0.0	3.4	0.4	0.0
0500	17.8	0.0	0.0	0.0	3.4	0.7	0.6
0600	18.3	0.0	0.0	0.1	3.4	0.7	0.6
0700	18.9	0.0	0.0	0.1	3.4	2.9	0.0
0800	19.7	0.2	0.5	1.2	3.4	2.9	0.2
0900	20.4	0.2	0.5	1.2	3.4	2.9	0.2
1000	21.0	0.2	0.5	1.2	3.4	2.9	0.2
1100	21.6	0.4	0.8	1.2	3.4	2.9	0.2
1200	22.0	0.4	0.8	1.2	3.4	2.9	0.2
1300	22.3	0.4	0.8	1.2	3.4	2.9	0.2
1400	22.3	0.4	0.8	1.2	3.4	2.9	0.2
1500	22.3	0.4	0.8	1.2	3.4	2.9	0.2
1600	22.1	0.4	0.8	1.2	3.4	2.9	0.2
1700	21.9	0.4	0.8	1.2	3.4	2.9	0.2
1800	21.4	0.4	0.8	1.2	3.4	2.9	0.2
1900	20.9	0.4	0.8	1.2	3.4	2.9	0.2
2000	20.2	0.2	0.5	1.2	3.4	21.2	6.4
2100	19.4	0.2	0.5	1.2	3.4	21.2	6.4
2200	18.7	0.2	0.5	1.2	3.4	21.2	6.4
2300	18.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
<b>Total</b>		<b>4.8</b>	<b>9.7</b>	<b>19.2</b>	<b>79.2</b>	<b>104.5</b>	<b>23.1</b>

Πίνακας 59: Προσομοίωση ωριαίας κατανάλωσης αερισμού-φωτισμού ΓΑΘ την 16η Μαΐου

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jun 0800 COOLING OA DB / WB 25.4 °C / 18.0 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 1.1 °C / -1.8 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	447 m <sup>2</sup>	56153	-	447 m <sup>2</sup>	-	-
Wall Transmission	972 m <sup>2</sup>	3704	-	972 m <sup>2</sup>	6680	-
Roof Transmission	1733 m <sup>2</sup>	2925	-	1733 m <sup>2</sup>	4755	-
Window Transmission	447 m <sup>2</sup>	2746	-	447 m <sup>2</sup>	26847	-
Skylight Transmission	0 m <sup>2</sup>	0	-	0 m <sup>2</sup>	0	-
Door Loads	14 m <sup>2</sup>	1253	-	14 m <sup>2</sup>	747	-
Floor Transmission	383 m <sup>2</sup>	0	-	383 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	11905 W	9367	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	3296 W	2988	-	0	0	-
People	624	30088	37490	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>109223</b>	<b>37490</b>	-	<b>39029</b>	<b>0</b>
Zone Conditioning	-	134670	37490	-	38645	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	1909 L/s	764	-	3819 L/s	-1414	-
Ventilation Load	1909 L/s	1260	-9100	3819 L/s	92874	0
Ventilation Fan Load	1909 L/s	434	-	3819 L/s	-1736	-
Space Fan Coil Fans	-	1243	-	-	-1243	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
<b>&gt;&gt; Total System Loads</b>	-	<b>138370</b>	<b>28390</b>	-	<b>127125</b>	<b>0</b>
Cooling Coil	-	4018	0	-	0	0
Heating Coil	-	0	-	-	90299	-
Terminal Unit Cooling	-	134352	28371	-	0	0
Terminal Unit Heating	-	0	-	-	36827	-
<b>&gt;&gt; Total Conditioning</b>	-	<b>138370</b>	<b>28371</b>	-	<b>127125</b>	<b>0</b>
<b>Key:</b>	<b>Positive values are clg loads Negative values are htg loads</b>			<b>Positive values are htg loads Negative values are clg loads</b>		

Πίνακας 60: Συνολικά φορτία σχεδίασης ψύξης και θέρμανσης για τη γεωθερμική αντλία θερμότητας



## 5.2.2 Σύστημα VRV

Zone Name	Total Coil Load (kW)	Sens Coil Load (kW)	Coil Entering DB / WB (°C)	Coil Leaving DB / WB (°C)	Water Flow @ 5.6 K (L/s)	Time of Peak Coil Load	Zone L/(s·m²)
Zone 1	37.2	33.5	28.2 / 19.3	15.0 / 14.2	-	Jul 1700	5.38
Zone 2	38.3	34.5	27.9 / 19.3	15.2 / 14.4	-	Jun 1700	5.79
Zone 3	36.1	33.5	26.9 / 19.1	15.6 / 14.9	-	Jun 1700	8.89
Zone 4	36.9	34.1	26.8 / 19.0	15.5 / 14.7	-	Jun 1700	9.03
Zone 5	48.9	41.2	26.4 / 19.2	15.3 / 14.7	-	Jul 1400	5.77

Πίνακας 61: Μέγεθος δεδομένων τερματικής μονάδας VRV - Ψύξη

Zone Name	Heating Coil Load (kW)	Heating Coil Ent/Lvg DB (°C)	Fan Design Airflow (L/s)	Fan Motor (BHP)	Fan Motor (kW)	OA Vent Design Airflow (L/s)
Zone 1	26.5	12.6 / 23.1	2113	0.000	0.000	890
Zone 2	28.4	12.7 / 23.2	2251	0.000	0.000	941
Zone 3	24.8	15.6 / 23.9	2466	0.000	0.000	681
Zone 4	23.7	15.6 / 23.4	2505	0.000	0.000	681
Zone 5	24.5	16.9 / 23.4	3096	0.000	0.000	626

Πίνακας 62: Μέγεθος δεδομένων τερματικής μονάδας VRV - Θέρμανση

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	14336	14304	3548	32
February	0	0	0	8910	8897	2399	13
March	0	0	0	3266	3266	899	0
April	0	0	0	161	161	49	0
May	49020	49020	8956	0	0	0	0
June	59798	59700	13225	0	0	0	0
July	39850	39850	11071	0	0	0	0
August	37320	37320	10154	0	0	0	0
September	41585	41585	7665	0	0	0	0
October	0	0	0	196	196	59	0
November	0	0	0	4428	4428	1186	0
December	0	0	0	12304	12303	3121	1
<b>Total</b>	<b>227573</b>	<b>227475</b>	<b>51071</b>	<b>43600</b>	<b>43554</b>	<b>11261</b>	<b>45</b>

Πίνακας 63: Ετήσια προσομοίωση αποτελεσμάτων συστήματος VRV

Month	Terminal Unit Aux. Htg. Input (kWh)	Ventilation Fan (kWh)	Exhaust Fan (kWh)	Terminal Fan (kWh)	Lighting (kWh)	Electric Equipment (kWh)
January	32	200	200	0	3997	1071
February	13	182	182	0	3632	973
March	0	210	210	0	4169	1119
April	0	182	182	0	3646	973
May	0	56	56	0	2456	531
June	0	53	53	0	2351	508
July	0	0	0	0	1394	411
August	0	0	0	0	1507	450
September	0	51	51	0	2254	485
October	0	200	200	0	3997	1071
November	0	200	200	0	3990	1071
December	1	191	191	0	3825	1022
<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>1527</b>	<b>1527</b>	<b>0</b>	<b>37218</b>	<b>9685</b>

Πίνακας 64: Ετήσια προσομοίωση αποτελεσμάτων συστήματος VRV (συνέχεια)

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)
0000	-4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0100	-4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0200	-4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0300	-4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0400	-4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0500	-3.9	0.0	0.0	0.0	0.9	0.9	0.3
0600	-3.8	0.0	0.0	0.0	1.4	1.4	0.5
0700	-3.7	0.0	0.0	0.0	1.7	1.7	0.6
0800	-1.6	0.0	0.0	0.0	59.2	59.2	16.3
0900	1.6	0.0	0.0	0.0	46.4	46.4	12.1
1000	4.9	0.0	0.0	0.0	77.2	77.2	18.9
1100	7.8	0.0	0.0	0.0	65.5	65.5	14.6
1200	10.0	0.0	0.0	0.0	56.7	56.7	12.5
1300	11.5	0.0	0.0	0.0	49.6	49.6	11.0
1400	12.1	0.0	0.0	0.0	47.2	47.2	10.7
1500	11.8	0.0	0.0	0.0	21.9	21.9	7.0
1600	10.3	0.0	0.0	0.0	23.9	23.9	7.6
1700	8.2	0.0	0.0	0.0	66.7	66.7	15.1
1800	7.7	0.0	0.0	0.0	66.2	66.2	14.5
1900	7.2	0.0	0.0	0.0	68.8	68.8	15.0
2000	6.6	0.0	0.0	0.0	71.5	71.5	16.2
2100	6.1	0.0	0.0	0.0	32.5	32.5	9.2
2200	5.6	0.0	0.0	0.0	33.9	33.9	9.5
2300	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Total</b>		<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>791.3</b>	<b>791.3</b>	<b>191.6</b>

Πίνακας 65: Προσομοίωση ωριαίας κατανάλωσης τερματικών μονάδων VRV την 16η Ιανουαρίου

Hour	Dry-Bulb Temp (°C)	Ventilation Fan (kW)	Exhaust Fan (kW)	Terminal Fan (kW)	Lighting (kW)	Electric Equipment (kW)
0000	-4.5	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
0100	-4.3	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
0200	-4.2	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
0300	-4.1	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
0400	-4.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
0500	-3.9	0.0	0.0	0.0	0.7	0.6
0600	-3.8	0.0	0.0	0.0	0.7	0.6
0700	-3.7	0.0	0.0	0.0	4.4	1.1
0800	-1.6	0.2	0.2	0.0	11.9	3.3
0900	1.6	0.2	0.2	0.0	11.9	3.3
1000	4.9	0.9	0.9	0.0	2.9	0.2
1100	7.8	0.9	0.9	0.0	2.9	0.2
1200	10.0	0.9	0.9	0.0	2.9	0.2
1300	11.5	0.9	0.9	0.0	2.9	0.2
1400	12.1	0.9	0.9	0.0	2.9	0.2
1500	11.8	0.2	0.2	0.0	2.9	0.2
1600	10.3	0.2	0.2	0.0	11.9	3.3
1700	8.2	0.9	0.9	0.0	11.9	3.3
1800	7.7	0.9	0.9	0.0	21.2	6.4
1900	7.2	0.9	0.9	0.0	21.2	6.4
2000	6.6	0.9	0.9	0.0	21.2	6.4
2100	6.1	0.2	0.2	0.0	21.2	6.4
2200	5.6	0.2	0.2	0.0	21.2	6.4
2300	5.1	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
<b>Total</b>		<b>9.1</b>	<b>9.1</b>	<b>0.0</b>	<b>179.0</b>	<b>48.7</b>

Πίνακας 66: Προσομοίωση ωριαίας κατανάλωσης θερματικών μονάδων VRV την 16η Ιανουαρίου

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)
0000	17.6	12.1	12.1	3.4	0.0	0.0	0.0
0100	18.4	11.3	11.3	3.2	0.0	0.0	0.0
0200	18.2	9.8	9.8	2.7	0.0	0.0	0.0
0300	17.6	7.9	7.9	2.2	0.0	0.0	0.0
0400	17.3	5.7	5.7	1.6	0.0	0.0	0.0
0500	17.8	10.0	10.0	2.1	0.0	0.0	0.0
0600	18.3	10.9	10.9	2.3	0.0	0.0	0.0
0700	18.9	23.5	23.5	4.7	0.0	0.0	0.0
0800	19.7	110.0	110.0	15.3	0.0	0.0	0.0
0900	20.4	114.2	114.2	16.3	0.0	0.0	0.0
1000	21.0	118.7	118.7	17.2	0.0	0.0	0.0
1100	21.6	102.5	102.5	14.8	0.0	0.0	0.0
1200	22.0	103.4	103.4	14.9	0.0	0.0	0.0
1300	22.3	106.0	106.0	15.3	0.0	0.0	0.0
1400	22.3	118.9	118.9	17.4	0.0	0.0	0.0
1500	22.3	117.5	117.5	17.2	0.0	0.0	0.0
1600	22.1	106.7	106.7	15.2	0.0	0.0	0.0
1700	21.9	86.6	86.6	12.3	0.0	0.0	0.0
1800	21.4	92.4	92.4	12.9	0.0	0.0	0.0
1900	20.9	71.4	71.4	10.4	0.0	0.0	0.0
2000	20.2	105.0	105.0	14.6	0.0	0.0	0.0
2100	19.4	102.7	102.7	14.2	0.0	0.0	0.0
2200	18.7	93.9	93.9	12.8	0.0	0.0	0.0
2300	18.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Total</b>		<b>1640.9</b>	<b>1640.9</b>	<b>242.9</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>

Πίνακας 67: Προσομοίωση ωριαίας κατανάλωσης τερματικών μονάδων την 16η Μαΐου

Hour	Dry-Bulb Temp (°C)	Ventilation Fan (kW)	Exhaust Fan (kW)	Terminal Fan (kW)	Lighting (kW)	Electric Equipment (kW)
0000	17.6	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
0100	18.4	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
0200	18.2	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
0300	17.6	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
0400	17.3	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
0500	17.8	0.0	0.0	0.0	0.7	0.6
0600	18.3	0.0	0.0	0.0	0.7	0.6
0700	18.9	0.0	0.0	0.0	2.9	0.0
0800	19.7	0.1	0.1	0.0	2.9	0.2
0900	20.4	0.1	0.1	0.0	2.9	0.2
1000	21.0	0.1	0.1	0.0	2.9	0.2
1100	21.6	0.2	0.2	0.0	2.9	0.2
1200	22.0	0.2	0.2	0.0	2.9	0.2
1300	22.3	0.2	0.2	0.0	2.9	0.2
1400	22.3	0.2	0.2	0.0	2.9	0.2
1500	22.3	0.2	0.2	0.0	2.9	0.2
1600	22.1	0.2	0.2	0.0	2.9	0.2
1700	21.9	0.2	0.2	0.0	2.9	0.2
1800	21.4	0.2	0.2	0.0	2.9	0.2
1900	20.9	0.2	0.2	0.0	2.9	0.2
2000	20.2	0.1	0.1	0.0	21.2	6.4
2100	19.4	0.1	0.1	0.0	21.2	6.4
2200	18.7	0.1	0.1	0.0	21.2	6.4
2300	18.1	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
<b>Total</b>		<b>2.4</b>	<b>2.4</b>	<b>0.0</b>	<b>104.5</b>	<b>23.1</b>

Πίνακας 68: Προσομοίωση ωριαίας κατανάλωσης τερματικών μονάδων την 16η Μαΐου

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jun 1700			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 32.4 °C / 20.3 °C			HEATING OA DB / WB 1.1 °C / -1.8 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	447 m <sup>2</sup>	59156	-	447 m <sup>2</sup>	-	-
Wall Transmission	972 m <sup>2</sup>	4117	-	972 m <sup>2</sup>	6680	-
Roof Transmission	1733 m <sup>2</sup>	3488	-	1733 m <sup>2</sup>	4755	-
Window Transmission	447 m <sup>2</sup>	9841	-	447 m <sup>2</sup>	26847	-
Skylight Transmission	0 m <sup>2</sup>	0	-	0 m <sup>2</sup>	0	-
Door Loads	14 m <sup>2</sup>	1495	-	14 m <sup>2</sup>	747	-
Floor Transmission	383 m <sup>2</sup>	0	-	383 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	11905 W	9254	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	3296 W	2937	-	0	0	-
People	520	33277	31241	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>123563</b>	<b>31241</b>	-	<b>39029</b>	<b>0</b>
Zone Conditioning	-	135427	31241	-	37640	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	3819 L/s	868	-	3819 L/s	-868	-
Ventilation Load	3819 L/s	35129	-12218	3819 L/s	92047	0
Ventilation Fan Load	3819 L/s	868	-	3819 L/s	-868	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
<b>&gt;&gt; Total System Loads</b>	-	<b>172292</b>	<b>19024</b>	-	<b>127950</b>	<b>0</b>
Terminal Unit Cooling	-	172292	19082	-	0	0
Terminal Unit Heating	-	0	-	-	127950	-
<b>&gt;&gt; Total Conditioning</b>	-	<b>172292</b>	<b>19082</b>	-	<b>127950</b>	<b>0</b>
<b>Key:</b>	<b>Positive values are clg loads</b> <b>Negative values are htg loads</b>			<b>Positive values are htg loads</b> <b>Negative values are clg loads</b>		

Πίνακας 69: Συνολικά φορτία σχεδίασης ψύξης και θέρμανσης για το σύστημα VRV

### 5.2.3 Αερόψυκτη Αντλία Θερμότητας

Zone Name	Total Coil Load (kW)	Sens Coil Load (kW)	Coil Entering DB / WB (°C)	Coil Leaving DB / WB (°C)	Time of Peak Coil Load	Zone L/(s·m <sup>2</sup> )
Zone 1	38.0	33.9	28.4 / 19.4	15.1 / 14.3	Jun 1600	5.38
Zone 2	39.6	36.3	28.6 / 19.4	15.2 / 14.4	Aug 1600	5.79
Zone 3	37.0	34.4	27.3 / 19.2	15.7 / 15.0	Jun 1600	8.89
Zone 4	37.7	35.3	27.3 / 19.1	15.6 / 14.8	Jul 1600	9.03
Zone 5	49.6	41.9	26.6 / 19.3	15.3 / 14.7	Jul 1400	5.77

Πίνακας 70: Μέγεθος δεδομένων τερματικής μονάδας ΑΑΘ - Ψύξη

Zone Name	Heating Coil Load (kW)	Heating Coil Ent/Lvg DB (°C)	Fan Design Airflow (L/s)	Fan Motor (BHP)	Fan Motor (kW)	OA Vent Design Airflow (L/s)
Zone 1	26,0	12,8 / 23,1	2113	0,639	0,507	890
Zone 2	27,9	12,9 / 23,2	2251	0,681	0,540	941
Zone 3	24,2	15,8 / 23,9	2466	0,746	0,592	681
Zone 4	23,1	15,8 / 23,4	2505	0,758	0,601	681
Zone 5	23,7	17,1 / 23,4	3096	0,937	0,743	626

Πίνακας 71: Μέγεθος δεδομένων τερματικής μονάδας ΑΑΘ - Θέρμανση

Month	Terminal Cooling Coil Load (kWh)	Terminal Cooling Eqpt Load (kWh)	Terminal Unit Clg Input (kWh)	Terminal Heating Coil Load (kWh)	Terminal Heating Coil Input (kWh)	Ventilation Fan (kWh)	Exhaust Fan (kWh)
January	0	0	0	18506	18506	286	233
February	0	0	0	12299	12299	260	212
March	0	0	0	5441	5441	299	244
April	0	0	0	544	544	260	212
May	43552	43552	10488	0	0	299	244
June	61146	60378	15664	0	0	286	233
July	50375	50363	14330	0	0	0	223
August	47495	47495	13285	0	0	0	244
September	38728	38728	9581	0	0	273	223
October	0	0	0	536	536	286	233
November	0	0	0	6996	6996	286	233
December	0	0	0	16039	16039	273	223
<b>Total</b>	<b>241297</b>	<b>240516</b>	<b>63347</b>	<b>60363</b>	<b>60363</b>	<b>3385</b>	<b>2758</b>

Πίνακας 72: Ετήσια προσομοίωση αποτελεσμάτων αερόψυκτης αντλίας θερμότητας

Month	Terminal Fan (kWh)	Lighting (kWh)	Electric Equipment (kWh)
January	985	3997	1071
February	895	3632	973
March	1038	4169	1119
April	941	3646	973
May	1164	2456	531
June	1176	2351	508
July	1145	1394	411
August	1176	1507	450
September	1026	2254	485
October	1020	3997	1071
November	985	3990	1071
December	940	3825	1022
<b>Total</b>	<b>12490</b>	<b>37218</b>	<b>9685</b>

Πίνακας 73: Ετήσια προσομοίωση αποτελεσμάτων αερόψυκτης αντλίας θερμότητας



Hour	Dry-Bulb Temp (°C)	Terminal Cooling Coil Load (kW)	Terminal Cooling Eqpt Load (kW)	Terminal Unit Ctg Input (kW)	Terminal Heating Coil Load (kW)	Terminal Heating Coil Input (kW)	Ventilation Fan (kW)
0000	-4.5	0.0	0.0	0.0	0,0	0,0	0,0
0100	-4.3	0.0	0.0	0.0	0,0	0,0	0,0
0200	-4.2	0.0	0.0	0.0	0,0	0,0	0,0
0300	-4.1	0.0	0.0	0.0	0,0	0,0	0,0
0400	-4.0	0.0	0.0	0.0	0,0	0,0	0,0
0500	-3.9	0.0	0.0	0.0	0,9	0,9	0,0
0600	-3.8	0.0	0.0	0.0	1,4	1,4	0,0
0700	-3.7	0.0	0.0	0.0	1,7	1,7	0,0
0800	-1.6	0.0	0.0	0.0	109,2	109,2	0,9
0900	1.6	0.0	0.0	0.0	90,0	90,0	0,9
1000	4.9	0.0	0.0	0.0	74,2	74,2	0,9
1100	7.8	0.0	0.0	0.0	62,5	62,5	0,9
1200	10.0	0.0	0.0	0.0	53,7	53,7	0,9
1300	11.5	0.0	0.0	0.0	46,6	46,6	0,9
1400	12.1	0.0	0.0	0.0	44,2	44,2	0,9
1500	11.8	0.0	0.0	0.0	46,0	46,0	0,9
1600	10.3	0.0	0.0	0.0	51,9	51,9	0,9
1700	8.2	0.0	0.0	0.0	63,8	63,8	0,9
1800	7.7	0.0	0.0	0.0	63,2	63,2	0,9
1900	7.2	0.0	0.0	0.0	65,8	65,8	0,9
2000	6.6	0.0	0.0	0.0	68,5	68,5	0,9
2100	6.1	0.0	0.0	0.0	70,6	70,6	0,9
2200	5.6	0.0	0.0	0.0	73,2	73,2	0,9
2300	5.1	0.0	0.0	0.0	0,0	0,0	0,0
<b>Total</b>		<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>987,6</b>	<b>987,6</b>	<b>13,0</b>

Πίνακας 74: Προσομοίωση ωριαίας κατανάλωσης ΑΑΘ την 16η Ιανουαρίου

Hour	Dry-Bulb Temp (°C)	Exhaust Fan (kW)	Terminal Fan (kW)	Lighting (kW)	Electric Equipment (kW)
0000	-4.5	0.0	0.0	0.4	0.0
0100	-4.3	0.0	0.0	0.4	0.0
0200	-4.2	0.0	0.0	0.4	0.0
0300	-4.1	0.0	0.0	0.4	0.0
0400	-4.0	0.0	0.0	0.4	0.0
0500	-3.9	0.0	0.0	0.7	0.6
0600	-3.8	0.0	0.0	0.7	0.6
0700	-3.7	0.0	0.0	4.4	1.1
0800	-1.6	0.7	3.0	11.9	3.3
0900	1.6	0.7	3.0	11.9	3.3
1000	4.9	0.7	3.0	2.9	0.2
1100	7.8	0.7	3.0	2.9	0.2
1200	10.0	0.7	3.0	2.9	0.2
1300	11.5	0.7	3.0	2.9	0.2
1400	12.1	0.7	3.0	2.9	0.2
1500	11.8	0.7	3.0	2.9	0.2
1600	10.3	0.7	3.0	11.9	3.3
1700	8.2	0.7	3.0	11.9	3.3
1800	7.7	0.7	3.0	21.2	6.4
1900	7.2	0.7	3.0	21.2	6.4
2000	6.6	0.7	3.0	21.2	6.4
2100	6.1	0.7	3.0	21.2	6.4
2200	5.6	0.7	3.0	21.2	6.4
2300	5.1	0.0	0.0	0.4	0.0
<b>Total</b>		<b>10.6</b>	<b>44.9</b>	<b>179.0</b>	<b>48.7</b>

Πίνακας 75: Προσομοίωση ωριαίας κατανάλωσης ΑΑΘ την 16η Ιανουαρίου

Hour	Dry-Bulb Temp (°C)	Terminal Cooling Coil Load (kW)	Terminal Cooling Eqpt Load (kW)	Terminal Unit Cig Input (kW)	Terminal Heating Coil Load (kW)	Terminal Heating Coil Input (kW)	Ventilation Fan (kW)
0000	17.6	12,2	12,2	2,9	0.0	0.0	0.0
0100	18.4	11,5	11,5	2,8	0.0	0.0	0.0
0200	18.2	9,9	9,9	2,4	0.0	0.0	0.0
0300	17.6	8,0	8,0	1,9	0.0	0.0	0.0
0400	17.3	5,7	5,7	1,4	0.0	0.0	0.0
0500	17.8	9,0	9,0	2,0	0.0	0.0	0.0
0600	18.3	11,0	11,0	2,4	0.0	0.0	0.0
0700	18.9	23,7	23,7	5,1	0.0	0.0	0.0
0800	19.7	75,4	75,4	16,3	0.0	0.0	0.9
0900	20.4	86,0	86,0	18,7	0.0	0.0	0.9
1000	21.0	95,4	95,4	20,9	0.0	0.0	0.9
1100	21.6	84,6	84,6	19,2	0.0	0.0	0.9
1200	22.0	88,1	88,1	20,0	0.0	0.0	0.9
1300	22.3	89,3	89,3	20,4	0.0	0.0	0.9
1400	22.3	120,0	120,0	26,6	0.0	0.0	0.9
1500	22.3	116,6	116,6	25,8	0.0	0.0	0.9
1600	22.1	100,2	100,2	22,4	0.0	0.0	0.9
1700	21.9	73,3	73,3	16,8	0.0	0.0	0.9
1800	21.4	81,8	81,8	18,2	0.0	0.0	0.9
1900	20.9	59,5	59,5	13,6	0.0	0.0	0.9
2000	20.2	77,3	77,3	16,9	0.0	0.0	0.9
2100	19.4	72,1	72,1	15,6	0.0	0.0	0.9
2200	18.7	61,2	61,2	13,2	0.0	0.0	0.9
2300	18.1	0,0	0,0	0,0	0.0	0.0	0.0
<b>Total</b>		<b>1371,8</b>	<b>1371,8</b>	<b>305,5</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>13.0</b>

Πίνακας 76: Προσομοίωση ωριαίας κατανάλωσης ΑΑΘ την 16η Μαΐου

Hour	Dry-Bulb Temp (°C)	Exhaust Fan (kW)	Terminal Fan (kW)	Lighting (kW)	Electric Equipment (kW)
0000	17.6	0.0	0.2	0.4	0.0
0100	18.4	0.0	0.2	0.4	0.0
0200	18.2	0.0	0.2	0.4	0.0
0300	17.6	0.0	0.1	0.4	0.0
0400	17.3	0.0	0.1	0.4	0.0
0500	17.8	0.0	0.1	0.7	0.6
0600	18.3	0.0	0.1	0.7	0.6
0700	18.9	0.0	0.2	2.9	0.0
0800	19.7	0.7	3.0	2.9	0.2
0900	20.4	0.7	3.0	2.9	0.2
1000	21.0	0.7	3.0	2.9	0.2
1100	21.6	0.7	3.0	2.9	0.2
1200	22.0	0.7	3.0	2.9	0.2
1300	22.3	0.7	3.0	2.9	0.2
1400	22.3	0.7	3.0	2.9	0.2
1500	22.3	0.7	3.0	2.9	0.2
1600	22.1	0.7	3.0	2.9	0.2
1700	21.9	0.7	3.0	2.9	0.2
1800	21.4	0.7	3.0	2.9	0.2
1900	20.9	0.7	3.0	2.9	0.2
2000	20.2	0.7	3.0	21.2	6.4
2100	19.4	0.7	3.0	21.2	6.4
2200	18.7	0.7	3.0	21.2	6.4
2300	18.1	0.0	0.0	0.4	0.0
<b>Total</b>		<b>10.6</b>	<b>46.0</b>	<b>104.5</b>	<b>23.1</b>

Πίνακας 77: Προσομοίωση ωριαίας κατανάλωσης ΑΑΘ την 16η Μαΐου

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jul 1600			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 33.6 °C / 20.5 °C			HEATING OA DB / WB 1.1 °C / -1.8 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	447 m <sup>2</sup>	58331	-	447 m <sup>2</sup>	-	-
Wall Transmission	972 m <sup>2</sup>	4132	-	972 m <sup>2</sup>	6680	-
Roof Transmission	1733 m <sup>2</sup>	3285	-	1733 m <sup>2</sup>	4755	-
Window Transmission	447 m <sup>2</sup>	11057	-	447 m <sup>2</sup>	26847	-
Skylight Transmission	0 m <sup>2</sup>	0	-	0 m <sup>2</sup>	0	-
Door Loads	14 m <sup>2</sup>	1574	-	14 m <sup>2</sup>	747	-
Floor Transmission	383 m <sup>2</sup>	0	-	383 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	11905 W	9067	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	3296 W	2911	-	0	0	-
People	520	32991	31241	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>123348</b>	<b>31241</b>	-	<b>39029</b>	<b>0</b>
Zone Conditioning	-	134321	31241	-	39350	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	3819 L/s	707	-	3819 L/s	-707	-
Ventilation Load	3819 L/s	40559	-15622	3819 L/s	92199	0
Ventilation Fan Load	3819 L/s	868	-	3819 L/s	-868	-
Space Fan Coil Fans	-	2984	-	-	-2984	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
<b>&gt;&gt; Total System Loads</b>	-	<b>179439</b>	<b>15619</b>	-	<b>124967</b>	<b>0</b>
Terminal Unit Cooling	-	179439	15647	-	0	0
Terminal Unit Heating	-	0	-	-	124967	-
<b>&gt;&gt; Total Conditioning</b>	-	<b>179439</b>	<b>15647</b>	-	<b>124967</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 78: Συνολικά φορτία σχεδίασης ψύξης και θέρμανσης για το σύστημα ΑΑΘ

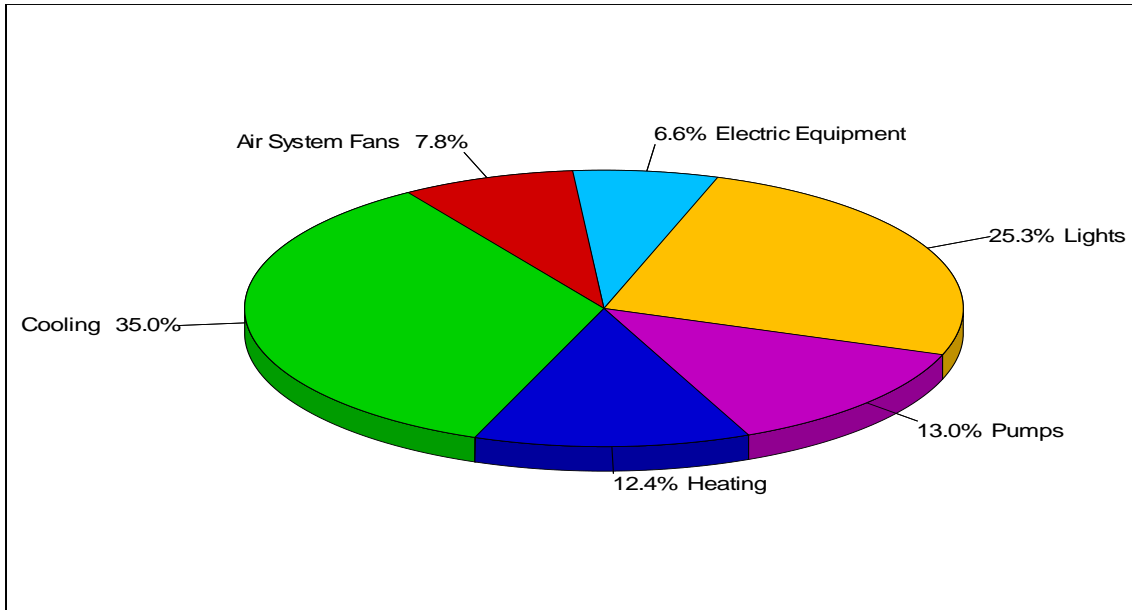
## 5.3 Κατανάλωση ενέργειας και ετήσιο κόστος

Σε αυτήν την ενότητα θα παρουσιαστούν τα κόστη που απαιτεί το κάθε σύστημα που μελετήθηκε στο λογισμικό HAP. Θα δοθούν τα ποσά που πρέπει να δαπανηθούν για τον κλιματισμό και τον αερισμό του κτιρίου καθώς επίσης και των υπόλοιπων μερών του συστήματος όπως ο φωτισμός και ο ηλεκτρικός εξοπλισμός. Έτσι στο τέλος θα έχουμε παρουσιάσει αναλυτικά όλα τα κόστη του κτιρίου για κάθε σύστημα, καταλήγοντας σε συμπέρασμα σχετικά με το πιο είναι το ιδανικότερο σύστημα για να μας παρέχει στο μικρότερο κόστος τα απαιτούμενα ποσά ενέργειας που χρειάζεται το κτίριο.

### 5.3.1 Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας

Component	Annual Cost (€)	(€/m <sup>2</sup> )	Percent of Total (%)
Air System Fans	1,364	0.728	7.8
Cooling	6,131	3.274	35.0
Heating	2,174	1.161	12.4
Pumps	2,276	1.215	13.0
Heat Rejection Fans	0	0.000	0.0
<b>HVAC Sub-Total</b>	<b>11,945</b>	<b>6.378</b>	<b>68.1</b>
Lights	4,430	2.366	25.3
Electric Equipment	1,153	0.616	6.6
Misc. Electric	0	0.000	0.0
Misc. Fuel Use	0	0.000	0.0
<b>Non-HVAC Sub-Total</b>	<b>5,584</b>	<b>2.981</b>	<b>31.9</b>
<b>Grand Total</b>	<b>17,528</b>	<b>9.359</b>	<b>100.0</b>

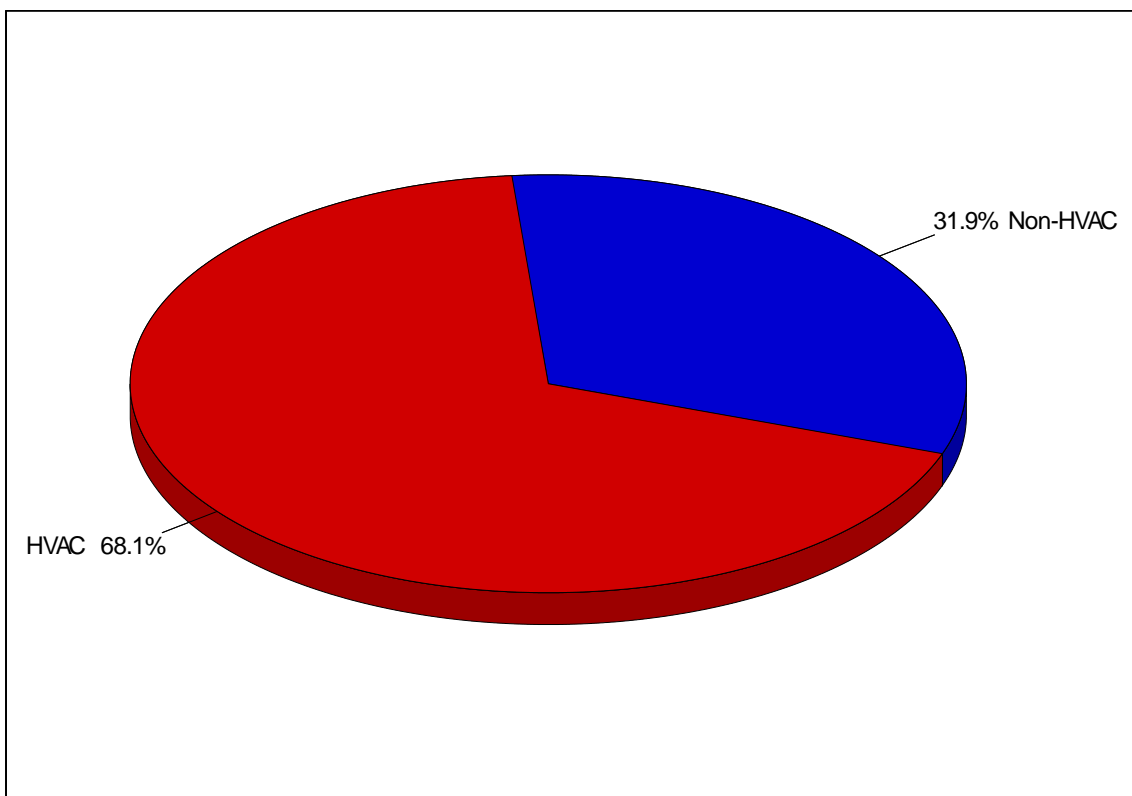
Πίνακας 79: Ετήσια Κόστη ΓΑΘ



Σχήμα 40: Ποσοστά Ετήσιας Κατανάλωσης ΓΑΘ

Component	Annual Cost (€/yr)	(€/m <sup>2</sup> )	Percent of Total (%)
HVAC	11,945	6.378	68.1
Non-HVAC	5,584	2.981	31.9
<b>Grand Total</b>	<b>17,528</b>	<b>9.359</b>	<b>100.0</b>

Πίνακας 80: Ετήσια κατανάλωση κλιματισμού και άλλων φορτίων



Σχήμα 41: Ποσοστά ετήσιας κατανάλωσης ΓΑΘ

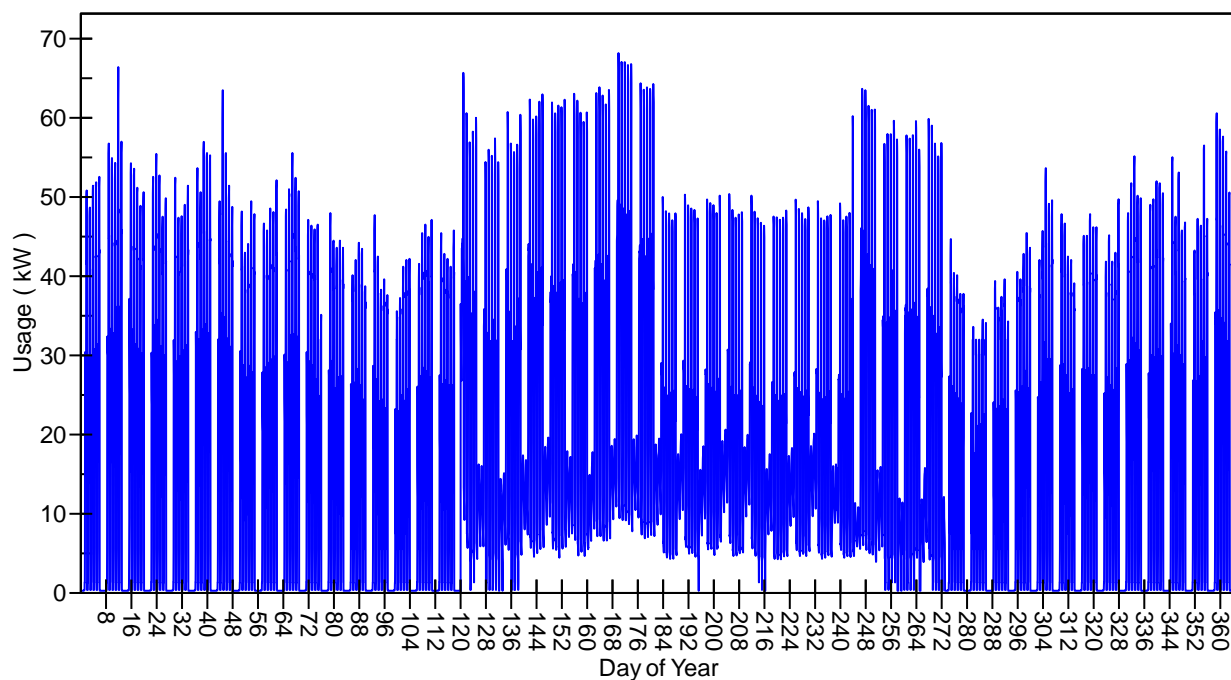
Component	Load (kWh)	(kWh/m <sup>2</sup> )
Cooling Coil Loads	230,579	123.113
Heating Coil Loads	64,098	34.224
<b>Grand Total</b>	<b>294,677</b>	<b>157.337</b>

Πίνακας 81: Συνολική κατανάλωση ΓΑΘ σε θέρμανση-ψύξη

Component	Site Energy (kWh)	Site Energy (kWh/m <sup>2</sup> )	Source Energy (kWh)	Source Energy (kWh/m <sup>2</sup> )
Air System Fans	11,463	6.120	40,939	21.858
Cooling	52,054	27.794	185,909	99.262
Heating	18,232	9.735	65,113	34.766
Pumps	19,218	10.261	68,635	36.646
Heat Rejection Fans	0	0.000	0	0.000
<b>HVAC Sub-Total</b>	<b>100,967</b>	<b>53.909</b>	<b>360,596</b>	<b>192.533</b>
Lights	37,217	19.871	132,917	70.969
Electric Equipment	9,685	5.171	34,589	18.468
Misc. Electric	0	0.000	0	0.000
Misc. Fuel Use	0	0.000	0	0.000
<b>Non-HVAC Sub-Total</b>	<b>46,902</b>	<b>25.042</b>	<b>167,506</b>	<b>89.437</b>
<b>Grand Total</b>	<b>147,869</b>	<b>78.952</b>	<b>528,102</b>	<b>281.970</b>

Πίνακας 82: Αναλυτική κατανάλωση κτιρίου



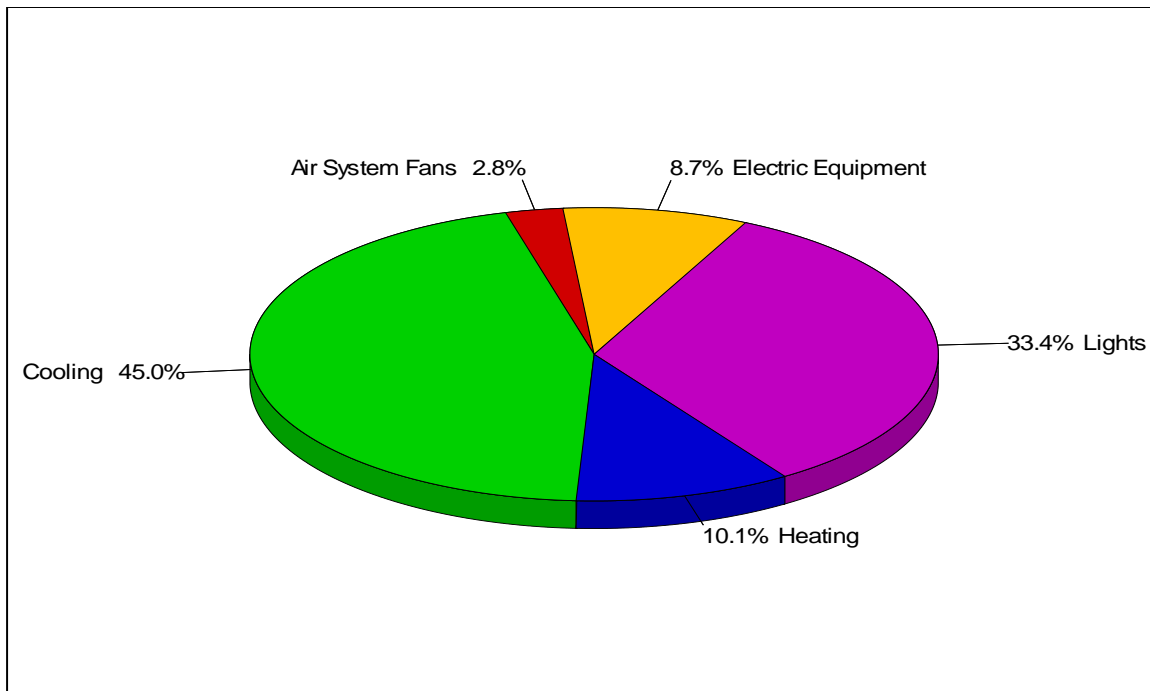


Σχήμα 42: Ετήσια κατανάλωση για όλες τις μέρες του χρόνου

### 5.3.2 Σύστημα VRV

Component	Annual Cost (€)	(€/m <sup>2</sup> )	Percent of Total (%)
Air System Fans	369	0.197	2.8
Cooling	6,047	3.229	45.0
Heating	1,361	0.727	10.1
Pumps	0	0.000	0.0
Heat Rejection Fans	0	0.000	0.0
<b>HVAC Sub-Total</b>	<b>7,778</b>	<b>4.153</b>	<b>57.9</b>
Lights	4,486	2.395	33.4
Electric Equipment	1,168	0.624	8.7
Misc. Electric	0	0.000	0.0
Misc. Fuel Use	0	0.000	0.0
<b>Non-HVAC Sub-Total</b>	<b>5,653</b>	<b>3.019</b>	<b>42.1</b>
<b>Grand Total</b>	<b>13,431</b>	<b>7.171</b>	<b>100.0</b>

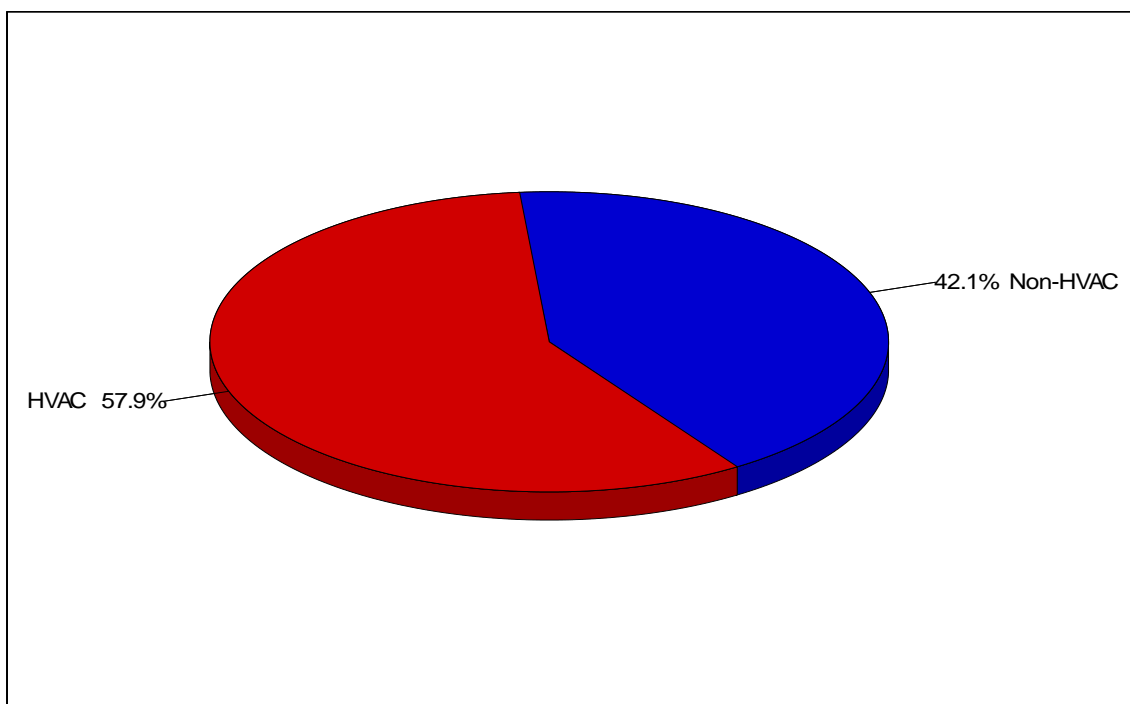
Πίνακας 83: Ετήσια Κόστη VRV



Σχήμα 43: Ποσοστά Ετήσιας Κατανάλωσης VRV

Component	Annual Cost (€/yr)	(€/m <sup>2</sup> )	Percent of Total (%)
HVAC	7,778	4.153	57.9
Non-HVAC	5,653	3.019	42.1
<b>Grand Total</b>	<b>13,431</b>	<b>7.171</b>	<b>100.0</b>

Πίνακας 84: Ετήσια κατανάλωση κλιματισμού και άλλων φορτίων



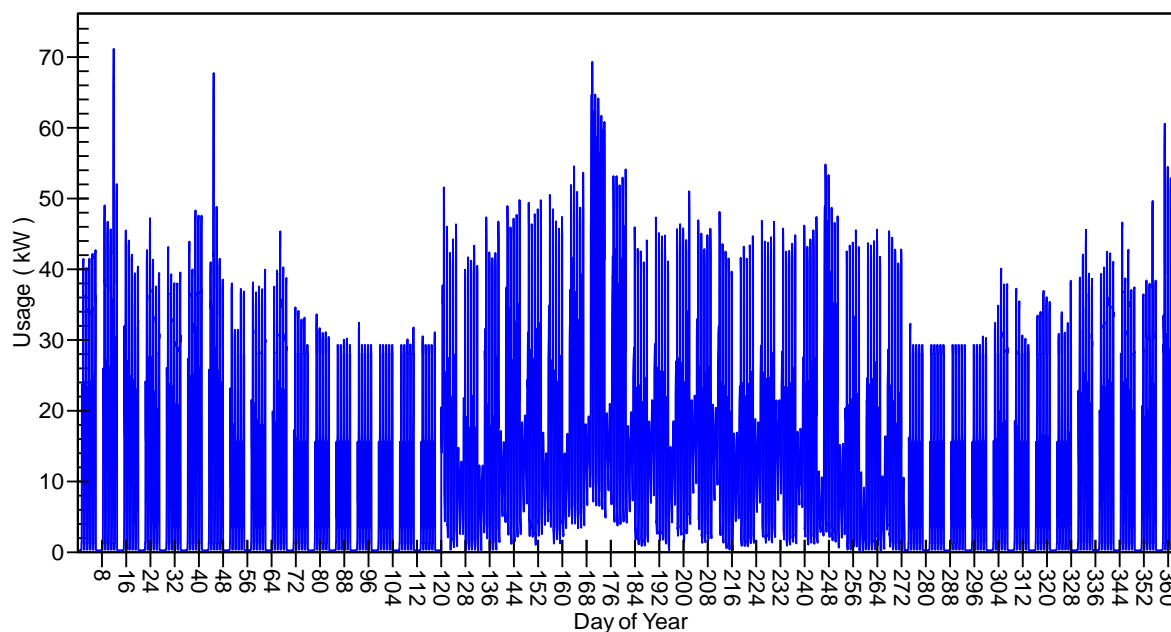
Σχήμα 44: Ποσοστά Ετήσιας Κατανάλωσης VRV

Component	Load (kWh)	(kWh/m <sup>2</sup> )
Cooling Coil Loads	227,573	121.508
Heating Coil Loads	43,600	23.279
<b>Grand Total</b>	<b>271,172</b>	<b>144.787</b>

Πίνακας 85: Συνολική κατανάλωση VRV σε θέρμανση-ψύξη

Component	Site Energy (kWh)	Site Energy (kWh/m <sup>2</sup> )	Source Energy (kWh)	Source Energy (kWh/m <sup>2</sup> )
Air System Fans	3,053	1.630	10,905	5.823
Cooling	51,069	27.267	182,389	97.383
Heating	11,306	6.037	40,380	21.560
Pumps	0	0.000	0	0.000
Heat Rejection Fans	0	0.000	0	0.000
<b>HVAC Sub-Total</b>	<b>65,429</b>	<b>34.934</b>	<b>233,674</b>	<b>124.766</b>
Lights	37,217	19.871	132,917	70.969
Electric Equipment	9,685	5.171	34,589	18.468
Misc. Electric	0	0.000	0	0.000
Misc. Fuel Use	0	0.000	0	0.000
<b>Non-HVAC Sub-Total</b>	<b>46,902</b>	<b>25.042</b>	<b>167,506</b>	<b>89.437</b>
<b>Grand Total</b>	<b>112,330</b>	<b>59.977</b>	<b>401,180</b>	<b>214.203</b>

Πίνακας 86: Αναλυτική κατανάλωση κτιρίου

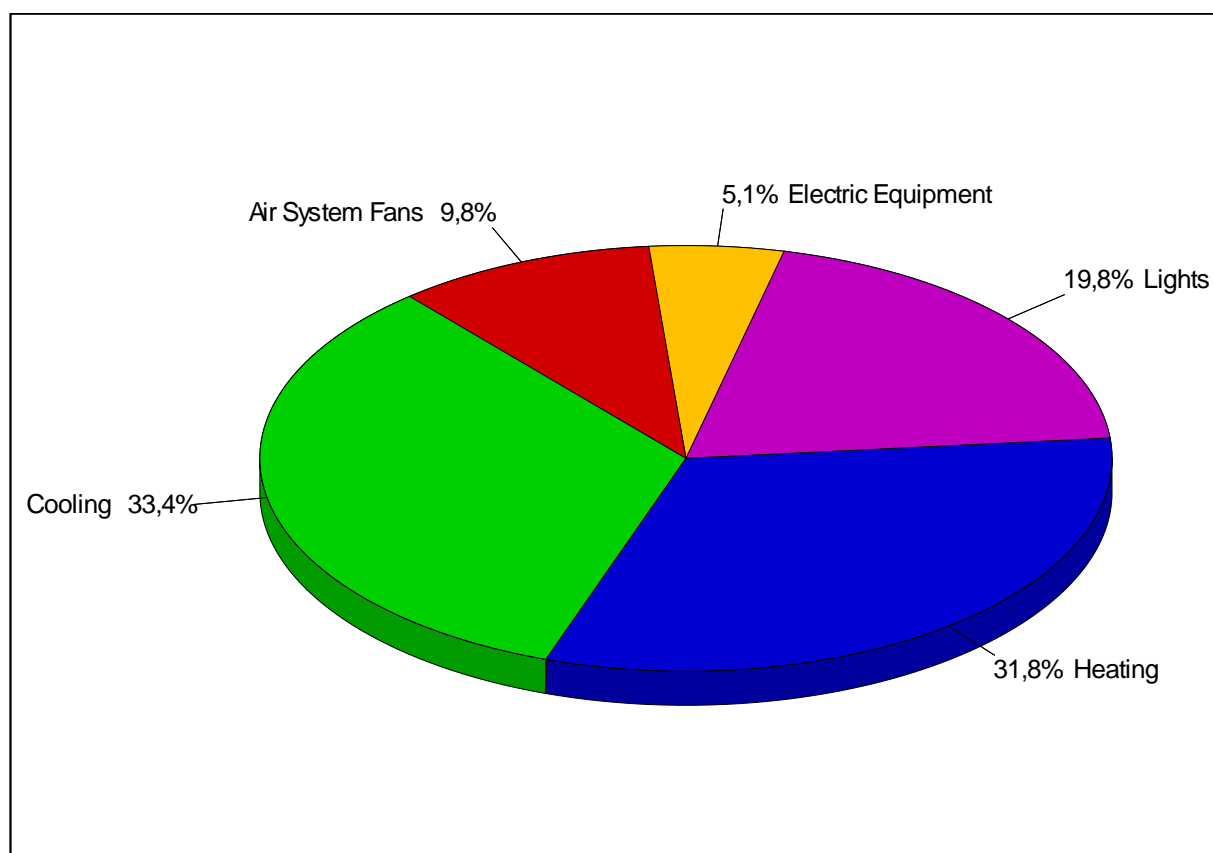


Σχήμα 45: Ετήσια κατανάλωση για όλες τις μέρες του χρόνου

### 5.3.3 Αερόψυκτη Αντλία Θερμότητας

Component	Annual Cost (€)	(€/m <sup>2</sup> )	Percent of Total (%)
Air System Fans	2.194	1,171	9,8
Cooling	7.453	3,980	33,4
Heating	7.089	3,785	31,8
Pumps	0	0,000	0,0
Heat Rejection Fans	0	0,000	0,0
<b>HVAC Sub-Total</b>	<b>16.736</b>	<b>8,936</b>	<b>75,1</b>
Lights	4.407	2,353	19,8
Electric Equipment	1.147	0,612	5,1
Misc. Electric	0	0,000	0,0
Misc. Fuel Use	0	0,000	0,0
<b>Non-HVAC Sub-Total</b>	<b>5.553</b>	<b>2,965</b>	<b>24,9</b>
<b>Grand Total</b>	<b>22.289</b>	<b>11,901</b>	<b>100,0</b>

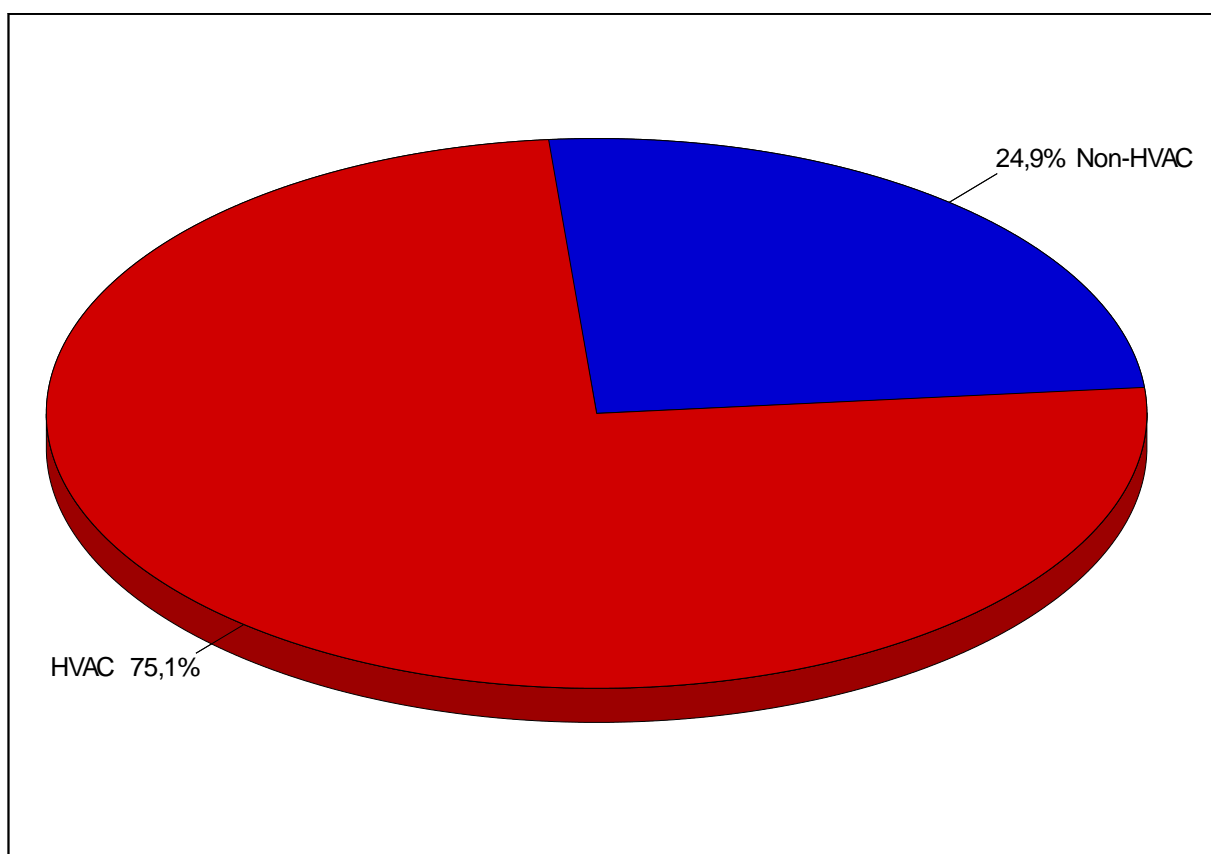
Πίνακας 87: Ετήσια Κόστη ΑΑΘ



Σχήμα 46: Ποσοστά Ετήσιας Κατανάλωσης ΑΑΘ

Component	Annual Cost (€/yr)	(€/m <sup>2</sup> )	Percent of Total (%)
HVAC	16.736	8,936	75,1
Non-HVAC	5.553	2,965	24,9
<b>Grand Total</b>	<b>22.289</b>	<b>11,901</b>	<b>100,0</b>

Πίνακας 88: Ετήσια κατανάλωση κλιματισμού και άλλων φορτίων



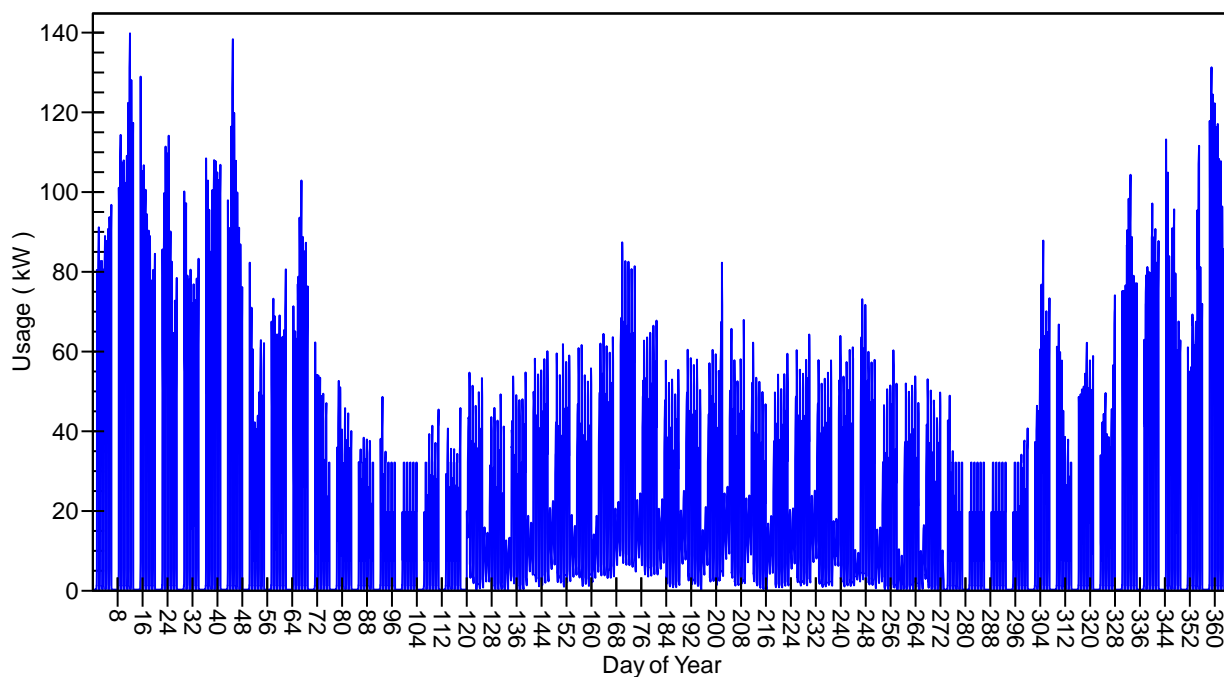
Σχήμα 47: Ποσοστά Ετήσιας Κατανάλωσης ΑΑΘ

Component	Load (kWh)	(kWh/m <sup>2</sup> )
Cooling Coil Loads	241.297	128,836
Heating Coil Loads	60.363	32,229
<b>Grand Total</b>	<b>301.659</b>	<b>161,065</b>

Πίνακας 89: Συνολική κατανάλωση ΑΑΘ σε θέρμανση-ψύξη

Component	Site Energy (kWh)	Site Energy (kWh/m <sup>2</sup> )	Source Energy (kWh)	Source Energy (kWh/m <sup>2</sup> )
Air System Fans	18.554	9,907	66.264	35,381
Cooling	63.345	33,822	226.231	120,792
Heating	60.360	32,228	215.572	115,101
Pumps	0	0,000	0	0,000
Heat Rejection Fans	0	0,000	0	0,000
<b>HVAC Sub-Total</b>	<b>142.259</b>	<b>75,956</b>	<b>508.067</b>	<b>271,273</b>
Lights	37.217	19,871	132.917	70,969
Electric Equipment	9.685	5,171	34.589	18,468
Misc. Electric	0	0,000	0	0,000
Misc. Fuel Use	0	0,000	0	0,000
<b>Non-HVAC Sub-Total</b>	<b>46.902</b>	<b>25,042</b>	<b>167.506</b>	<b>89,437</b>
<b>Grand Total</b>	<b>189.160</b>	<b>100,999</b>	<b>675.573</b>	<b>360,710</b>

Πίνακας 90: Αναλυτική κατανάλωση κτιρίου



Σχήμα 48: Ετήσια κατανάλωση για όλες τις μέρες του χρόνου

## 5.4 Σύγκριση κόστους κλιματισμού των συστημάτων

Παρατηρώντας τους παραπάνω πίνακες βλέπουμε πως τα ετήσια κόστη καταναλώσεων των 3 συστημάτων που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

- Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας: **17,528 €**
- VRV: **13,431 €**
- Αερόψυκτη Αντλία Θερμότητας: **22.289 €**

Συνεπώς το χαμηλότερο κόστος παρουσιάζεται στο σύστημα κλιματισμού VRV σε σχέση με τα άλλα 2 συστήματα και μάλιστα με σημαντική διαφορά. Επομένως το σύστημα VRV είναι το προτιμότερο και πιο αποδοτικό σύστημα για το εκπαιδευτήριο που μελετήσαμε στην παρούσα διπλωματική εργασία.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### 6.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναπτύξουμε τα συμπεράσματα που καταλήξαμε μετά από την λεπτομερή ανάλυση που κάναμε στα προηγούμενα κεφάλαια για το πιο από τα τρία συστήματα κλιματισμού, Αερόψυκτη Αντλία Θερμότητας, Σύστημα VRV και Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας, είναι πιο ιδανικό για το εκπαιδευτήριο που μελετήσαμε, έτσι ώστε να καλυφθούν οι ενεργειακές του ανάγκες με το χαμηλότερο κόστος.

Από την ενεργειακή μελέτη που διεξάγαμε στα προηγούμενα κεφάλαια προέκυψε ότι συγκρίνοντας τα ετήσια κόστη από τα τρία συστήματα κλιματισμού, το φθηνότερο είναι το Σύστημα VRV με ετήσιο κόστος 13,431 ευρώ. Ακολουθεί η Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας με 17,528 ευρώ και τέλος η Αερόψυκτη Αντλία Θερμότητας με 22.289 ευρώ.

Σχετικά με το κόστος εγκατάστασης που δεν περιλαμβάνεται στις παραπάνω τιμές προκύπτει ότι το σύστημα που απαιτεί τις περισσότερες δαπάνες είναι η Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας αφού απαιτεί γεωτρήσεις και εξοπλισμό που είναι δαπανηρός, ακολουθεί η Αερόψυκτη Αντλία Θερμότητας με τις αντλίες θερμότητας που είναι πιο ακριβές από ένα συμβατικό σύστημα. Οπότε το Σύστημα VRV είναι το ιδανικότερο και σε κόστος εγκατάστασης.

Συνεπώς, το ιδανικότερο σύστημα για το εκπαιδευτήριο που μελετήσαμε με αισθητά μικρότερο ετήσιο κόστος κατανάλωσης και κόστος εγκατάστασης από τα άλλα δύο συστήματα είναι το Σύστημα VRV.

Το πιο σημαντικό κομμάτι της συγκεκριμένης μελέτης το οποίο είναι και ο κυριότερος λόγος που το σύστημα VRV έχει την μεγαλύτερη απόδοση από τα υπόλοιπα συστήματα είναι το κέρδος που δίνουν τα θερμικά φορτία και οι εναλλάκτες αέρα στον κλιματισμό του κτιρίου που μειώνουν σε μεγάλο βαθμό τις καταναλώσεις. Το κτίριο που πραγματοποιήθηκε η μελέτη είναι ένα εκπαιδευτήριο και αυτό σημαίνει ότι βρίσκεται συχνά σε χρήση. Τα άτομα που χρησιμοποιούν τους χώρους, η συνεχή χρήση φωτισμού και ηλεκτρικού εξοπλισμού σε κάθε χώρο έχουν σαν αποτέλεσμα να παράγονται μεγάλα θερμικά φορτία. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα σε συνδυασμό με τη χρήση εναλλακτών να μειώνουν σε πολύ μεγάλο βαθμό την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση στο σύστημα κλιματισμού με VRV. Συνεπώς η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, κυρίως για θέρμανση, σε συνδυασμό με την απουσία κυκλοφορητών νερού οι οποίοι είναι απαραίτητα στο σύστημα κλιματισμού με γεωθερμία, κάνουν το σύστημα VRV πολύ πιο αποδοτικό για την συγκεκριμένη περίπτωση.



## 6.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Αρχικά στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκε η δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών ενός κτιρίου εξετάζοντας τρία διαφορετικά συστήματα κλιματισμού.

Προέκυψε ότι το σύστημα VRV είναι το ιδανικότερο σύστημα ανάμεσα σε αυτά τα τρία συστήματα, χωρίς όμως να γνωρίζουμε άμα είναι το αποδοτικότερο από όλα τα συστήματα. Μια πρόταση μας είναι να γίνει μια παρόμοια μελέτη για να μελετήσουμε όλα τα υπόλοιπα συστήματα ώστε να δούμε πιο είναι το ιδανικότερο σύστημα για το συγκεκριμένο κτίριο.

Μια άλλη πρόταση να γίνει χρήση και άλλων πηγών ενέργειας όπως είναι το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο μιας και το λογισμικό μας παρέχει την δυνατότητα επειδή στην διπλωματική αυτή χρησιμοποιήθηκε μόνο ηλεκτρικό ρεύμα.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Τσίγκας, Ε., Γεωθερμία στα Κτίρια, Άρθρο στο [www.ktirio.gr](http://www.ktirio.gr)
2. Bloomquist, G., Geothermal space heating, *Geothermics* 32 (2003) 513-526.
3. Hammons, T., Geothermal Power Generation Worldwide: Global Perspective, Technology, Field Experience, and Research and Development, *Electric Power Components and Systems*, 32:529-553, 2004.
4. Dickson, M., and Fanelli, M., What is geothermal energy?, Istituto di Geoscienze e Georisorse, CNR, Pisa, Italy.
5. Βραχόπουλος Μ., Κούκου Μ., Καρύτσα , Κανονική Γεωθερμία , Αρχή Σχεδιασμού Γεωθερμικών Συστημάτων και Εφαρμογών , Ελληνικά Ακαδημαϊκά Συγγράμματα και Βοηθήματα, 2015.
6. Βραχόπουλος Μ., 'Ψυκτικές διατάξεις', ΙΩΝ, 2000.
7. Μαχιάς Α., Ηλεκτρομηχανολογικές Εγκαταστάσεις , Ζαμπάρα, 2002.
8. Σελούντος Β.Η., Θέρμανση-Κλιματισμός, Μελέτη, Κατασκευή, Εγκαταστάσεις, Υλικά, Δίκτυα, Εξοπλισμός , Γ' Έκδοση, ΤεΚΔΟΤΙΚΗ ΣΕΛΚΑ-4Μ, 2002.
9. Σταυρόπουλος Α., Το Ενεργειακό Πρόβλημα. Το Παρόν και το Μέλλον, Καραμπερόπουλος, 1980.
10. ASHRAE, Handbook of Fundamentals, American Society of Heating, Refrigeration and Airconditioning Engineers, 2010
11. Cengel Y, Μεταφορά Θερμότητας, Μια πρακτική Προσέγγιση, Τζιόλα, 2005
12. Cengel Y., Boles M., Θερμοδυναμική για Μηχανικούς Γ' Έκδοση, Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, 1998
13. McQuinston F.C., J.D. Parker, J.D. Splitter, Heating, Ventilation, Air conditioning: Analysis and Design, 4th edition, Wiley, 1994
14. Ochsner K. Geothermal Heat Pumps A guide for planning and installing, Earthscan, 2008
15. Anonymous, National ruler electric cooperative association Oklahoma State University I.G.S.H.P.A, Closed Loop / Ground Source Heat Pump Systems, 2004
16. Σελούντος Β.Η., Θέρμανση-Κλιματισμός, Μελέτη, Κατασκευή, Εγκαταστάσεις, Υλικά, Δίκτυα, Εξοπλισμός , Γ' Έκδοση, ΤεΚΔΟΤΙΚΗ ΣΕΛΚΑ-4Μ, 2002
17. Κ.Χ. Λέφα, «Αερισμός Και κλιματισμός», Εκδόσεις Φοίβος, Αθήνα 1986
18. Κ.Ε.Ν.Α.Κ. Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων . Τ.Ε.Ε., 2008
19. Κατάρτιση Ενεργειακών Επιθεωρητών εκπαιδευτικό υλικό , Α' επιθεώρηση κτιρίων τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας Α' έκδοση, 2011.

20. Κατσιμίχας Σ., Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός, Ετήσια απόδοση συστημάτων θέρμανσης με Λέβητες και Αντλίες Θερμότητας ,Ημερίδα ΠΣΔΜ-Η, Αθήνα 2013.
21. Κομνηνός Γ., Διπλωματική Εργασία «Επίδραση της εφαρμογής του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) στα θερμικά και ψυκτικά φορτία και στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη σε κτίρια κατοικιών», Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΚΣΔ, 2013.
22. Τεχνική Οδηγία Τ.Ε.Ε., Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3 «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών», Α' έκδοση, Αθήνα, Ιούνιος 2010.
23. Τεχνική Οδηγία Τ.Ε.Ε., Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης», Α' έκδοση, Αθήνα, Ιούνιος 2010.
24. ΕΛΟΤ EN 12831 : 2003, «Θερμικές Ανάγκες των Κτιρίων-Μέθοδος υπολογισμού»
25. Παπακωνσταντίνου Σ. και Ν. Σπάχος, Επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας στο ενεργειακό ισοζύγιο των κτιρίων, Διπλωματική εργασία στο τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΑΠΘ, 1998.

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

## Πίνακες της μεθόδου CLTD/CLF της ASHRAE

### Εξωτερικές Οροφές

ΦΩΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	ΒΑΡΟΣ kg/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> /°C	Η Α Ι Α Κ Η Ο Ρ Α																		ΩΡΑΜΕ ΠΕΡΙΟΥ
				Χ Ο Ρ Ι Σ Ψ Ε Υ Δ Ο Ρ Ο Φ Η																		
				6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21			
1	Φύλλο γύψο με 25 mm (ή 50 mm) μόνωση	34 (39)	1.21 (0.78)	-2	3	11	19	27	34	40	43	44	43	39	33	25	17	10	7	14		
2	25 mm ξύλο με 25 mm μόνωση	39	0.97	-2	-1	2	8	15	22	29	35	39	41	41	39	35	29	21	15	16		
3	100 mm κλασσό μπτόν	88	1.21	-2	-2	1	5	11	18	25	31	36	39	40	40	37	32	25	19	16		
4	50 mm βαρύ μπτόν με 25 mm (ή 50 mm) μόνωση	142	1.17 (0.89)	-1	0	2	8	11	17	23	28	33	36	37	37	34	30	25	20	18		
5	25 mm ξύλο με 50 mm μόνωση	44	0.82	-4	-4	-2	3	9	15	22	27	32	35	36	35	32	27	20	14	16		
6	150 mm κλασσό μπτόν	117	0.90	2	1	9	2	4	8	13	18	24	29	33	35	35	35	32	26	18		
7	60 mm ξύλο με 25 mm μόνωση	63	0.74	6	4	3	4	5	8	11	15	19	23	27	29	31	31	30	27	19		
8	200 mm κλασσό μπτόν	151	0.72	8	6	5	4	4	5	7	11	14	18	22	25	28	30	30	29	20		
9	100 mm βαρύ μπτόν με 25 mm (ή 50 mm) μόνωση	254 (254)	1.14 (0.68)	5	4	4	6	8	11	15	18	22	25	28	29	30	29	27	24	18		
10	60 mm ξύλο με 50 mm μόνωση	63	0.53	8	6	5	5	5	7	10	13	17	21	24	27	28	29	29	27	19		
11	Οροφή σκυμμάτος τσιμέντος	366	0.80	11	9	8	7	8	8	10	12	15	18	20	22	24	25	25	25	20		
12	100 mm βαρύ μπτόν + 25 mm (ή 50 mm) μόνωση	366 (366)	1.10 (0.68)	10	9	8	8	9	10	12	15	17	20	22	24	25	25	25	24	19		
13	100 mm ξύλο με 25 mm (ή 50 mm) μόνωση	83 (86)	0.60 (0.44)	14	13	11	10	9	9	9	10	12	14	16	18	20	22	23	24	21		
Μ Ε Ψ Ε Υ Δ Ο Ρ Ο Φ Η																						
1	Φύλλο γύψο με 25 mm (ή 50 mm) μόνωση	44 (49)	0.76 (0.52)	-3	0	5	13	20	28	35	40	43	43	41	37	31	23	15	10	15		
2	25 mm ξύλο με 25 mm μόνωση	49	0.65	2	1	2	4	7	12	17	22	27	31	33	35	34	32	28	24	17		
3	100 mm κλασσό μπτόν	97	0.76	1	0	0	2	6	10	16	21	27	31	34	36	36	34	30	26	17		
4	50 mm βαρύ μπτόν με 25 mm (ή 50 mm) μόνωση	146	0.74	8	7	7	8	9	11	14	17	19	22	24	25	26	26	25	23	18		
5	25 mm ξύλο με 50 mm μόνωση	49	0.47	4	3	3	4	6	10	14	18	23	27	30	31	32	31	29	26	18		
6	150 mm κλασσό μπτόν	127	0.62	7	6	4	4	4	6	9	12	16	20	24	27	29	30	30	28	20		
7	60 mm ξύλο με 25 mm μόνωση	73	0.55	12	10	9	8	8	9	10	12	14	17	19	21	23	24	25	24	20		
8	200 mm κλασσό μπτόν	161	0.53	13	11	10	9	8	8	9	11	14	18	19	21	23	25	25	25	20		
9	100 mm βαρύ μπτόν με 25 mm (ή 50 mm) μόνωση	258 (264)	0.73 (0.51)	13	12	11	11	11	12	13	15	18	19	20	21	21	21	21	21	19		
10	60 mm ξύλο με 50 mm μόνωση	73	0.41	13	12	11	10	10	10	11	12	14	16	18	19	21	22	23	23	21		
11	Οροφή σκυμμάτος τσιμέντος	376	0.47	14	13	13	13	12	12	13	13	14	15	16	16	17	18	18	18	21		
12	100 mm βαρύ μπτόν + 25 mm (ή 50 mm) μόνωση	376 (376)	0.71 (0.50)	13	13	12	12	12	12	13	14	15	16	17	18	18	19	19	19	20		
13	100 mm ξύλο με 25 mm (ή 50 mm) μόνωση	83 (97)	0.47 (0.36)	16	15	14	14	13	12	12	12	12	13	14	15	16	18	19	20	21		

Εικ.: Διαφορά θερμοκρασίας ψυκτικού φορτίου CLTD για υπολογισμό ψυκτικού φορτίου σε επίπεδες οροφές

ΒΟΡΕΙΟ ΓΕΩ-ΓΡ. ΠΛΑΤΟΣ	ΜΗΝΑΣ	Β	ΒΑ/ΒΔ	Α-Δ	ΝΑ/ΝΔ	Ν	ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ
32°	ΔΕΚ	-2,7	-5,5	-4,4	1,1	6,6	-9,4
	ΙΑΝ-ΝΟΕ	-2,7	-5,0	-4,4	1,1	6,6	-8,3
	ΦΕΒ-ΟΚΤ	-2,2	-3,8	-2,2	2,2	6,1	-5,5
	ΜΑΡ-ΣΕΠ	-1,6	-2,2	-1,1	1,6	3,8	-2,7
	ΑΠΡ-ΑΥΓ	-1,1	-0,5	0,0	0,0	0,5	-0,5
	ΜΑΙ-ΙΟΥΛ	0,5	0,5	0,0	0,5	-1,6	0,5
	ΙΟΥΝ	0,5	1,0	0,0	-1,1	-2,2	1,1
40°	ΔΕΚ	-3,3	-5,5	-5,5	0,0	5,5	-11,6
	ΙΑΝ-ΝΟΕ	-2,7	-5,5	-5,0	0,5	6,1	-10,5
	ΦΕΒ-ΟΚΤ	-2,7	-4,4	-3,3	1,6	6,6	-7,7
	ΜΑΡ-ΣΕΠ	-2,2	-2,7	-1,6	2,2	5,5	-4,4
	ΑΠΡ-ΑΥΓ	-1,1	-1,1	0,0	1,1	2,2	1,6
	ΜΑΙ-ΙΟΥΛ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5
	ΙΟΥΝ	0,5	0,5	0,5	0,0	-0,5	1,1

Εικ.: Διόρθωση LM της διαφοράς θερμοκρασίας ψυκτικού φορτίου CLTD ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος και το μήνα υπολογισμού  
**Εξωτερικοί Τοίχοι**

ΟΜΑΔΑ	ΚΥΡΙΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΜΑΖΑ kg/m <sup>2</sup>	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ K W/m <sup>2</sup> °C
C		Κενό αέρα και τούβλο όριως 100 mm	405	2,03
D	ΤΟΥΒΛΟ	Κοινό τούβλο 100 mm	440	2,36
C	ΟΦΕΩΣ	25 mm μόνωση + κενό αέρα + 100 mm τούβλο κοινό	440	1,0 - 1,7
B	100 mm	50 mm μόνωση + 100 mm κοινό τούβλο	430	0,63
B		200 mm κοινό τούβλο	635	1,70
A	+ΤΟΥΒΛΟ	50 mm μόνωση ή κενό αέρα + 200 mm κοινό τούβλο	635	0,87 - 1,38
C	100 mm	κενό αέρα + συμπαγές μπετόν 50 mm	458	2,00
B		50 mm μόνωση + 100 mm συμπαγές μπετόν	474	0,66
A	ΤΟΥΒΛΟ ΟΦΕΩΣ + μπετόν	κενό αέρα ή μόνωση + 200 mm συμπαγές μπετόν	698 - 928	0,62 - 0,64
E		100 mm μπετόν (block)	303	1,81
D	100 mm	κενό αέρα ή μόνωση + 100 mm μπετόν (block)	303	0,86 - 1,4
D	ΤΟΥΒΛΟ ΟΦΕΩΣ	200 mm μπετόν (block)	342	1,58
C		κενό αέρα ή 25 mm μόνωση + 150 + 200 mm μπετόν (block)	356 - 434	1,25 - 1,56
B	ΣΥΜΠΑΓΕΣ ΜΠΕΤΟΝ	50 mm μόνωση + 200 mm μπετόν (block)	434	0,55 - 0,61
D	100 mm	100 mm πλάκα με άργιλο	347	2,16
D	ΤΟΥΒΛΟ	κενό αέρα + 100 mm πλάκ + αργ	347	1,60
C		μόνωση + 100 mm πλάκ + αργ	347	0,96
C	ΟΦΕΩΣ	200 mm πλάκα με άργιλο	470	1,58
B		κενό αέρα ή 25 mm μόνωση + 200 mm πλάκ	470	0,81 - 1,28
A	+ ΠΛΑΚΑΚΙ ΜΕ ΑΡΓΙΛΟ	50 mm μόνωση + 200 mm πλάκ + αργ	474	0,55

Εικ.: Κατηγορίες κατασκευής εξωτερικών τοίχων-στοιχεία κατασκευής, μάζα και συντελεστής θερμοπερατότητας

E		100 mm μπετόν (συμπαγής)	308	3,32
D	ΣΥΜΠΑΓΗΣ	100 mm συμπαγής + 25 ή 50 mm μόνωση	308	0,68 - 1,14
C	ΤΟΙΧΟΣ	50 mm μόνωση + 100 mm συμπαγής	308	0,68
C		200 mm συμπαγής (μπετόν)	532	2,78
B	(π.χ. μπετόν)	200 mm συμπαγής + 25 ή 50 mm μόν.	537	0,65 - 1,06
A	ΜΕ	50 mm μόνωση + 200 mm συμπαγής	537	0,65
B	ΦΙΝΙΡΙΣΜΑ	300 mm συμπαγής	762	2,39
A	π.χ. ΣΟΒΑΤΙΣΜΑ	300 mm συμπαγής + μόνωση	762	0,64
F		100 mm block + κενό αέρα / μόνωση	142	0,91 - 1,49
E	ΣΥΜΠΑΓΗΣ	50 mm μόνωση + 100 mm block	142 - 181	0,60 - 0,65
E	ΤΟΙΧΟΣ ΕΛΛΑΦΥΣ	200 mm block	229 - 249	1,67 - 2,28
D	ή ΒΑΡΥΣ + ΦΙΝΙΡΙΣΜΑ	200 mm block + κενό αέρα / μόνωση	200 - 278	0,85 - 0,98
F		100 mm πλάκα	190	2,38
F	ΠΛΑΚΑΚΙ	100 mm πλάκα + κενό αέρα	190	1,72
E	ΜΕ ΑΡΓΙΛΟ	100 mm πλάκα + 25 mm μόνωση	190	0,99
D		50 mm μόνωση + 100 mm πλάκα	195	0,63
D	+ ΦΙΝΙΡΙΣΜΑ	200 mm πλάκα	308	1,68
C	(π.χ. ΣΟΒΑΣ)	200 mm πλάκα + κενό αέρα / 25 mm μόνωση	308	0,86 - 1,31
B		50 mm μόνωση + 200 mm πλάκα	308	0,56
G	ΤΟΙΧΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΠΑΡΑΠΕΤ.	Με / χωρίς κενό αέρα + 25 - 75 mm μόνωση	24 - 29	0,52 - 1,31
G	ΠΛΩΣΙΟ	22 mm - 75 mm μόνωση	78	0,46 - 1,01

Εικ.: Κατηγορίες κατασκευής εξωτερικών τοίχων-στοιχεία κατασκευής, μάζα και συντελεστής θερμοπερατότητας (συνέχεια).

## Εσωτερικά δομικά στοιχεία

ΠΟΣΟΣΤΟ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ							
ΩΡΑ	%	ΩΡΑ	%	ΩΡΑ	%	ΩΡΑ	%
1	87	7	93	13	11	19	34
2	92	8	84	14	3	20	47
3	96	9	71	15	0	21	58
4	99	10	56	16	3	22	68
5	100	11	39	17	10	23	76
6	98	12	23	18	21	24	82

Εικ.: Ποσοστό ημερησίας διακύμανσης θερμοκρασίας

## Εσωτερικός Φωτισμός

α	ΕΠΙΠΛΑ	ΑΕΡΑΣ ΠΡΟΣΑΓΩΓΗΣ - ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ	ΤΥΠΟΣ ΦΩΤΙΣΤ. ΣΩΜ.
0.45	Απλά βαρειά επίπλα χωρίς τάπητα	Χαμηλής τάξης: προσαγωγή και επιστροφή κάτω από το ταβάνι ( $V \leq 2,5 \text{ L/m}^2$ )	Χωνευτό σε ψευδοροφή μη εξαεριζόμενο
0.55	Κανονική επίπλωση χωρίς τάπητα	Μέσος έως μεγάλος αερισμός: προσαγωγή και επιστροφή κάτω από το ταβάνι ή δια μέσου στομιών οροφής ( $V \geq 2,5 \text{ L/m}^2$ )	Χωνευτό σε ψευδοροφή μη εξαεριζόμενο
0.65	Κανονική επίπλωση με ή χωρίς τάπητα	Μέσος έως μεγάλος αερισμός ή F.C. ή μονάδα εξαερισμού επαγωγικού τύπου, εφοδιασμένος μέσω οροφής ή στόμια τοίχου με επιστροφή από τα ακίνητα φώτα και δια του χώρου του ταβανιού ( $V \geq 2,5 \text{ L/m}^2$ )	Εξαεριζόμενο
0.75 & πάνω	Κάθε τύπος επίπλων	Επιστροφή με αεραγωγούς δια των ακινήτων φωτιστικών σωμάτων	Εξαεριζόμενο ή ελεύθερα αναρτώμενο σε ρεύμα αέρος με αεραγωγούς επιστροφής

Εικ.: Τιμές σχεδιασμού του συντελεστή 'α'

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΡΙΚΑΛΥΜΜΕΝΟΥ ΔΑΠΕΔΟΥ	ΕΙΔΟΣ ΔΑΠΕΔΟΥ - $\text{kg} / \text{m}^2$	ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΑΕΡΑ ΔΩΜΑΤΙΟΥ & ΤΥΠΟΣ ΠΡΟΣΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ			
		ΧΑΜΗΛΗ	ΜΕΣΗ	ΥΨΗΛΗ	ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΗ
50 mm ξύλο	(50 $\text{kg/m}^2$ )	B	A	A	A
75 mm μπετόν	(200 $\text{kg/m}^2$ )	B	B	B	A
150 mm μπετόν	(370 $\text{kg/m}^2$ )	C	C	C	B
200 mm μπετόν	(590 $\text{kg/m}^2$ )	D	D	C	C
300 mm μπετόν	(780 $\text{kg/m}^2$ )	D	D	D	D

Εικ.: Τιμές σχεδιασμού του συντελεστή 'β'