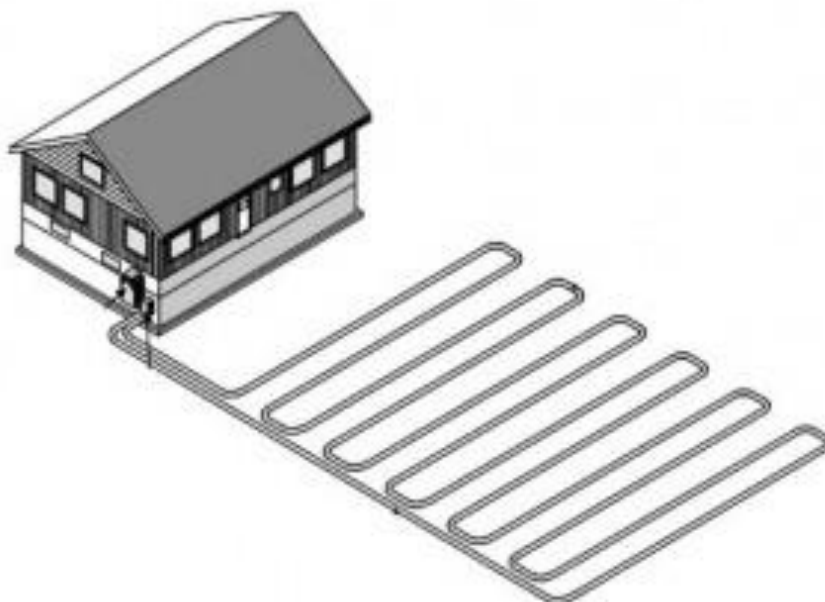


**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΨΥΞΗΣ-ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΒΑΘΟΥΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ



**ΜΟΥΡΑΝΤΙΔΗ ΧΡΥΣΟΥΛΑ Α.Μ. 6658
ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΒΟΥΡΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ (Π.Υ)**

**ΠΑΤΡΑ
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2016**



ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
Εισαγωγή.....	6
1 ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.....	9
1.1 Γενική περιγραφή.....	9
1.2 Θερμικές Απώλειες.....	12
1.2.1 Θερμικές απώλειες διαβάσεως.....	12
1.2.2 Προσαυξήσεις θερμικών απωλειών διαβάσεως λόγω ιδιαίτερων συνθηκών.....	21
1.2.3 Θερμικές απώλειες θερμότητας λόγω αερισμού.....	22
1.2.4 Συνολικές θερμικές απώλειες χώρου.....	25
2 ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ.....	46
2.1 Γενική περιγραφή.....	46
2.2 Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων.....	46
2.2.1 Συναγωγή μέσω των εξωτερικών τοίχων, της στέγης και των γυάλινων επιφανειών.....	48
2.2.2 Συναγωγή μέσω εσωτερικών χωρισμάτων, οροφών και πατωμάτων.....	53
2.2.3 Ηλιακή ακτινοβολία μέσω γυάλινων επιφανειών.....	53
2.2.4 Φωτισμός.....	55
2.2.5 Άνθρωποι.....	55
2.2.6 Εξοπλισμός-συσσκευές.....	57
2.2.7 Αερισμός.....	57
3 ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ.....	81
3.1 Υπολογισμός και εκλογή θερμαντικών σωμάτων.....	81
3.1.1 FAN COILS.....	81
3.1.2 Σώματα λουτρού.....	86
3.2 Συστήματα θέρμανσεως.....	88
3.2.1 Τοπικά συστήματα θέρμανσης.....	88
3.2.2 Κεντρικά συστήματα θέρμανσης.....	88
3.3 Δισωλήνιο σύστημα.....	89
3.3.1 Επιλογή υλικών σωλήνων.....	90
3.3.2 Δεδομένα υπολογισμού σωληνώσεων.....	92
3.4 Μονοσωλήνιο σύστημα.....	94
4 ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ.....	100
4.1 Γεωθερμική ενέργεια.....	100
4.2 Θερμικές εφαρμογές.....	100
4.3 Η Γεωθερμία στην Ελλάδα.....	102
4.4 Πλεονεκτήματα γεωθερμικής ενέργειας.....	104
4.5 Κανονική (Αβαθής) Γεωθερμία.....	105
4.5.1 Αξιοποίηση Αβαθούς Γεωθερμίας.....	106
4.5.2 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις αβαθούς γεωθερμίας.....	106
4.6 Αντλία θερμότητας.....	107
4.6.1 Αρχή λειτουργίας της ΑΘ.....	107
4.6.2 Κατηγορίες αντλιών θερμότητας.....	110
4.6.3 Αντλίες θερμότητας συνδεδεμένες στο έδαφος.....	111
4.7 Εναλλάκτες θερμότητας.....	114
4.8 Κύρια σχήματα λειτουργίας μιας ΓΑΘ.....	114
4.8.1 ΓΑΘ κλειστού βρόχου.....	115
4.8.2 ΓΑΘ ανοιχτού βρόχου.....	119
4.9 Διαστασιολόγηση της ΓΑΘ.....	120
4.9.1 Διαδικασία Εγκατάστασης.....	123
4.10 Οικονομικά στοιχεία.....	126
5 Συμπεράσματα – προτάσεις.....	130
6 Αναφορές.....	131

Εικόνα 1: Κάτοψη ορόφου πολυκατοικίας.....	10
Εικόνα 2 Χάρτης κλιματολογικών ζωνών της Ελλάδας (πηγή: Κ.Εν.Α.Κ.).	11
Εικόνα 3: Κλιματιζόμενος χώρος	47
Εικόνα 4: Σχηματική αναπαράσταση λειτουργίας fan coil.....	82
Εικόνα 5: ΦΑΝ ΚΟΙΛ.....	82
Εικόνα 6: Τομή μονάδας fan coil.....	83
Εικόνα 7: Σχηματική απεικόνιση της λειτουργίας του ανεμιστήρα που διαθέτει η μονάδα fan coil.....	84
Εικόνα 8: Σώματα λουτρού.....	87
Εικόνα 9: Δισωλήνιο σύστημα.....	89
Εικόνα 10: Διάγραμμα υπολογισμού τριβών ροής σε ευθύγραμμο τυπικό χαλυβδοσωλήνα. .	95
Εικόνα 11: Νομογράφημα στραγγαλιστικού διακόπτη.....	96
Εικόνα 12: Νομογράφημα στραγγαλιστικού διακόπτη.....	96
Εικόνα 13: Κατακόρυφο διάγραμμα μονοσωλήνιου δικτύου κεντρικής θέρμανσης.....	98
Εικόνα 14: Εφαρμογές της Γεωθερμίας στον κόσμο και την Ελλάδα.....	102
Εικόνα 15: Περιοχές γεωθερμικού ενδιαφέροντος στην Ελλάδα.....	103
Εικόνα 16: Το 20% της συνολικής ενέργειας που αποδίδει μια ΓΑΘ(Γεωθερμική.Αντλία.Θερμότητας.) προέρχεται από ηλεκτρική ενέργεια.....	106
Εικόνα 17: Σχηματική απεικόνιση του κύκλου λειτουργίας μιας συμβατικής αντλίας θερμότητας.....	108
Εικόνα 18: Κύκλος αντλίας θερμότητας για ψύξη.....	108
Εικόνα 19: Κύκλος αντλίας θερμότητας για θέρμανση.....	109
Εικόνα 20: Γεωθερμική αντλία θερμότητας.....	111
Εικόνα 21: Κλειστό οριζόντιο σύστημα ΓΑΘ.....	117
Εικόνα 22: Τύποι Γεωθερμικών Εναλλακτών Κλειστού Κυκλώματος ανάλογα με τη διάταξη του δικτύου σωληνώσεων στο έδαφος.....	117
Εικόνα 23: Τύποι συστημάτων ΓΑΘ.....	118
Εικόνα 24: Γεωθερμικός εναλλάκτης ανοιχτού κυκλώματος.....	119
Εικόνα 25: Η θερμοκρασιακή διαφορά σε συνάρτηση με το βάθος.....	121
Εικόνα 26: : Η θερμοκρασιακή διαφορά σε συνάρτηση με το βάθος.....	121
Εικόνα 27: Τα οριζόντια πλέγματα του γήινου εναλλάκτη.....	124
Εικόνα 28 :Τα οριζόντια πλέγματα του γήινου εναλλάκτη συνδέονται με τις σωληνώσεις του συλλέκτη με ειδικό μηχάνημα θερμοκόλλησης.....	124
Εικόνα 29 : Οριζόντιο κλειστό κύκλωμα σπειροειδής μορφής.....	125



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας και αναφέρεται στην μελέτη ψύξης-θέρμανσης και η εγκατάσταση συστήματος αβαθούς γεωθερμίας για την κάλυψη των αναγκών κατοικίας, στην Γαστούνη Ηλείας.

Αφορμή για την παρούσα πτυχιακή εργασία αποτέλεσε η πρόθεσή μου να ασχοληθώ με την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της οικίας αυτής, μέσω της αξιοποίησης της αβαθούς γεωθερμίας. Στο παρόν τεύχος της πτυχιακής εργασίας μου αναφέρεται η μεθοδολογία υπολογισμού των θερμικών και ψυκτικών φορτίων της οικίας και η διαστασιολόγηση της κατάλληλης γεωθερμικής αντλίας θερμότητας για την κάλυψη αυτών των αναγκών.

Από τη θέση αυτή θα ήθελα να εκφράσω τις θερμότερες ευχαριστίες μου στον Επιβλέποντα Παν/κό Υπότροφο κ.Βούρο Α., υπεύθυνο καθηγητή μου, για τις πολύτιμες συμβουλές του και την αμέριστη συμπαράστασή του κατά την διεξαγωγή της παρούσας εργασίας. Τον ευχαριστώ για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μου προσέφερε για την πραγματοποίηση της εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την υπομονή και στήριξη που μου παρείχαν κατά τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής εργασίας αλλά και συνολικά κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστή: Ο κάτωθι υπογεγραμμένος σπουδαστής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο σπουδαστής
(Ονοματεπώνυμο)

ΧΡΥΣΟΥΛΑ ΜΟΥΡΑΝΤΙΔΗ

.....
Υπογραφή



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη θέρμανσης και ψύξης μίας πολυκατοικίας και η κάλυψη των αναγκών της, μέσω της χρήσης συστήματος αβαθούς γεωθερμίας, με την τοποθέτηση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας. Αναλυτικότερα, η δομή της εργασίας υποδιαιρείται σε κεφάλαια ως ακολούθως:

Στο πρώτο κεφάλαιο αναλύεται βήμα-βήμα ο υπολογισμός των θερμικών απωλειών της πολυκατοικίας. Αναλυτικότερα, γίνεται σαφής ο υπολογισμός των θερμικών απωλειών διαβάσεως, με αναλυτικό υπολογισμό του συντελεστού θερμοπερατότητας των χωρισμάτων και των κουφωμάτων. Έπειτα, επεξηγούνται οι προσαυξήσεις που επιδέχονται οι θερμικές απώλειες διαβάσεως και οι θερμικές απώλειες θερμότητας λόγω αερισμού. Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω παρατίθενται οι πίνακες με τον αναλυτικό υπολογισμό του κάθε δωματίου της πολυκατοικίας.

Το δεύτερο κεφάλαιο αφορά τον προσδιορισμό των ψυκτικών φορτίων της πολυκατοικίας. Όπου επιμέρους υπολογίζονται τα ψυκτικά φορτία από συναγωγή μέσω εξωτερικών τοίχων, εσωτερικών χωρισμάτων, ηλιακής ακτινοβολίας, φωτισμού, ανθρώπων και αερισμού. Ενώ παρατίθενται και οι αντίστοιχοι πίνακες με τα φορτία αυτά.

Στο τρίτο κεφάλαιο υπολογίζονται τα θερμαντικά σώματα και οι σωληνώσεις της οικίας. Ενώ γίνεται μια συνοπτική αναφορά στα συστήματα θερμάνσεως. Αναλύεται το δισωλήνιο και το μονοσωλήνιο σύστημα, το οποίο και χρησιμοποιείται στο κεντρικό σύστημα θέρμανσης.

Το τέταρτο κεφάλαιο αναφέρεται στη γεωθερμική ενέργεια και την αξιοποίησή της μέσω κλειστού οριζόντιου συστήματος αβαθούς γεωθερμίας, για την κάλυψη των αναγκών της οικίας. Πιο συγκεκριμένα ορίζεται η γεωθερμική ενέργεια, και πιο συγκεκριμένα η αβαθής-κανονική γεωθερμία και χρήσεις αυτών. Επιπρόσθετα ορίζεται η αντλία θερμότητας και η λειτουργία της, όπως και το σύστημα μιας ΓΑΘ (γεωθερμικής αντλίας θερμότητας). Περαιτέρω ανάλυση γίνεται στην ΓΑΘ κλειστού βρόχου και τα οριζόντια συστήματα ενώ ακολουθεί και η διαστασιολόγηση του συστήματος αυτού για την κάλυψη των αναγκών της οικίας της μελέτης.

Τέλος, παρουσιάζονται κάποια τεχνικο-οικονομικά στοιχεία της εγκατάστασης ΓΑΘ. Και στο πέμπτο κεφάλαιο παρατίθενται κάποια συμπεράσματα και προτάσεις για αυτές τις εγκαταστάσεις.



Εισαγωγή

Μια **εγκατάσταση θέρμανσης** έχει σκοπό τη διατήρηση της θερμοκρασίας σε έναν κλειστό χώρο σε τέτοιο επίπεδο ώστε να ικανοποιούνται οι συνθήκες άνεσης κατά τις περιόδους του έτους που η θερμοκρασία είναι χαμηλή. Αυτό επιτυγχάνεται με τη εναπόθεση ποσών ενέργειας σε έναν χώρο με την μορφή θερμότητας.

Όπως είναι γνωστό από τη φυσική, η θερμότητα είναι μια μορφή ενέργειας που μεταφέρεται από το ανώτερο ενεργειακά σύστημα στο χαμηλότερο ενεργειακά σύστημα. Κάθε υλικό πάνω από το απόλυτο μηδέν ($-273\text{ }^{\circ}\text{C}$) έχει κάποια ενέργεια, άρα όσο υψηλή είναι η ενέργειά του τόσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία του. Η μεταφορά θερμότητας συμβαίνει με τρεις τρόπους, α) αγωγή, β) συναγωγή, γ) ακτινοβολία.

Αγωγή έχουμε όταν ένα σώμα υψηλής θερμοκρασίας Α έρθει σε επαφή με ένα σώμα χαμηλής θερμοκρασίας Β. Έτσι ποσά θερμότητας μεταφέρονται από το Α στο Β.

Συναγωγή έχουμε όταν λαμβάνει χώρα η μεταφορά θερμότητας από μία στερεή επιφάνεια υψηλής θερμοκρασίας σε ένα ρευστό χαμηλότερης θερμοκρασίας που κινείται ή σε ρευστό χαμηλότερης θερμοκρασίας στο οποίο προκαλείται κίνηση.

Τέλος, η **ακτινοβολία** είναι η μεταφορά θερμότητας από ηλεκτρομαγνητικά κύματα που προκαλείται από διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ δύο σωμάτων σε κενό χώρο ή σε χώρο χαμηλής πυκνότητας, όπως ο αέρας.

Κάθε ένας τρόπος μεταφοράς της θερμότητας επηρεάζεται από κάποιους παράγοντες. Στην αγωγή οι παράγοντες που επηρεάζουν τη μεταφορά της θερμότητας είναι η θερμική αγωγιμότητα (είναι η μέτρηση της ικανότητας ενός υλικού να έρχεται σε επαφή με την θερμική ενέργεια) και η επιφάνεια επαφής. Στην συναγωγή είναι ο προσανατολισμός της επιφάνειας, η γεωμετρία της, οι διαστάσεις της, η ταχύτητα του υγρού και η πυκνότητα του. Τέλος, οι παράγοντες που επηρεάζουν τη μεταφορά θερμότητας μέσω ακτινοβολίας είναι η ικανότητα ακτινοβολίας, ο παράγοντας οπτικού πεδίου, η θερμοκρασία και το μήκος κύματος.

Παράλληλα, το εσωτερικό ενός κτιρίου κερδίζει θερμότητα από διάφορες πηγές. Εάν η θερμοκρασία και η υγρασία του αέρα στα δωμάτια πρέπει να διατηρηθούν σε επίπεδα συνθηκών άνεσης, θερμότητα πρέπει να αφαιρεθεί για να αντισταθμίσει τα κέρδη θερμότητας. Το καθαρό ποσό θερμότητας που αφαιρείται, ονομάζεται **ψυκτικό φορτίο**. Το ψυκτικό φορτίο είναι η βάση για την επιλογή του κατάλληλου μεγέθους εξοπλισμού ψύξης, των σωληνώσεων, και των αγωγών.

Ως ψυκτικό φορτίο ορίζεται το ποσό της θερμότητας, το οποίο πρέπει να αφαιρεθεί από το κτίριο, ώστε να διατηρείται στους διάφορους χώρους η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία ή οι οποιεσδήποτε άλλες ειδικές απαιτήσεις που έχουν επιλεγεί, όταν στο εξωτερικό περιβάλλον επικρατούν οι συνθήκες σχεδιασμού θέρους. Το ψυκτικό φορτίο χώρου δεν ταυτίζεται με το θερμικό φορτίο χώρου σε δεδομένη χρονική στιγμή. Υπάρχει χρονική καθυστέρηση μεταξύ της χρονικής στιγμής εισροής του θερμικού κέρδους και της χρονικής στιγμής μεταφοράς του στο χώρο ως ψυκτικό φορτίο. Επίσης, ένα μέρος των θερμικών κερδών μεταφέρεται μέσω δομικών στοιχείων στο περιβάλλον και δεν εμφανίζεται ποτέ ως ψυκτικό φορτίο.

Ένα σύστημα κλιματισμού πρέπει να μπορεί:

- A. να καλύπτει τις ημερήσιες και ετήσιες διακυμάνσεις τόσο των εξωτερικών φορτίων(θερμοκρασία, υγρασία, ανεμώπωση και ηλιακή ακτινοβολία) όσο και των εσωτερικών φορτίων(άνθρωποι, φώτα, μηχανήματα και συσκευές).
- B. να καλύπτει τόσο τα μέγιστα φορτία όσο και τα μερικά φορτία θέρμανσης και ψύξης(αισθητά και λανθάνοντα).
- Γ. να εξασφαλίζει τον απαραίτητο αερισμό χωρίς ανεπιθύμητα ρεύματα ή δημιουργία υπερβολικού θορύβου και κραδασμών.

Στις συνήθεις θερμάνσεις με κοινά θερμαντικά σώματα ο προσδιορισμός της θέσεως και του τύπου των σωμάτων απαιτεί τη συνεργασία του Αρχιτέκτονα και του Μηχανολόγου Μηχανικού, αφού θα πρέπει να επιλυθούν και προβλήματα αισθητικής αλλά και καλύτερης αποδόσεως των σωμάτων. Τα θερμαντικά σώματα αποτελούν εναλλάκτες νερού-αέρα, οι οποίοι μεταδίδουν τη θερμότητα του ζεστού νερού στο περιβάλλον. Ενδεδειγμένη, από την άποψη της θερμικής αποδόσεως, είναι η τοποθέτηση των θερμαντικών σωμάτων σε εξωτερικές επιφάνειες του χώρου κοντά ή και κάτω από ανοίγματα. Τοποθετούνται κάτω από παράθυρα, οπότε αποφεύγεται η κυκλοφορία ψυχρού αέρα στο χώρο. Η θερμική ισχύς των θερμαντικών σωμάτων στο δισωλήνιο σύστημα λαμβάνεται ίση με τις θερμικές απώλειες τους.

Οι θερμαντικές αποδόσεις, τα μεγέθη όλων των σε χρήση τύπων θερμαντικών σωμάτων χαλύβδινων ή χυτοσιδερένιων ή από αλουμίνιο, καθώς και οι λεπτομέρειες εγκαταστάσεώς τους δίνονται από τους πίνακες των κατασκευαστών. Οι προϋπόθεσεις που πρέπει να πληρεί η εγκατάσταση και η τοποθέτηση των θερμαντικών σωμάτων σε κάποιο χώρο, είναι: η ικανοποίηση των θερμικών απωλειών του χώρου που είναι το αποτέλεσμα της Μηχανολογικής μελέτης και η οποία πετυχαίνεται από την τοπική θερμαντική επιφάνεια του θερμαντικού σώματος-η εναρμόνιση της θερμαντικής επιφάνειας του σώματος με το χώρο μέσα στον οποίο βρίσκεται αυτό.

Ο βασικός σκοπός ενός συστήματος θέρμανσης είναι η διατήρηση της θερμοκρασίας ενός χώρου σε επιθυμητά από το χρήστη επίπεδα (όχι μικρότερη από ένα συγκεκριμένο δείκτη θερμοκρασίας). Αυτό επιτυγχάνεται με την εναπόθεση θερμότητας στον θερμαινόμενο χώρο. Η αύξηση της θερμοκρασίας μειώνει την σχετική υγρασία που όμως είναι αδύνατον να ελεγχθεί. Η θερμότητα κάπου πρέπει να παραχθεί. Όταν παράγεται μέσα στο χώρο που πρόκειται να θερμανθεί ονομάζεται τοπική θέρμανση, ενώ όταν παράγεται σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο (λεβητοστάσιο) και στη συνέχεια μεταφέρεται στο χώρο που θέλουμε να θερμανθεί μέσω κατάλληλων διατάξεων ονομάζεται κεντρική θέρμανση.

Για την κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση, ψύξη και ΖΝΧ(ζεστό νερό χρήσης) για μια τυπική κατοικία, μπορεί να αξιοποιηθεί σαν μορφή πηγής ενέργειας η γεωθερμική ενέργεια. **Γεωθερμία ή Γεωθερμική ενέργεια** ονομάζουμε τη φυσική θερμική ενέργεια της Γης που διαρρέει από το θερμό εσωτερικό του πλανήτη προς την επιφάνεια. Η μετάδοση θερμότητας πραγματοποιείται με δύο τρόπους:

- A. Με αγωγή από το εσωτερικό προς την επιφάνεια με ρυθμό $0,04 - 0,06 \text{ W/m}^2$
- B. Με ρεύματα μεταφοράς, που περιορίζονται όμως στις ζώνες κοντά στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών, λόγω ηφαιστειακών και υδροθερμικών φαινομένων.



Μεγάλη σημασία για τον άνθρωπο έχει η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας για την κάλυψη αναγκών του, καθώς είναι μια πρακτικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Ανάλογα με το θερμοκρασιακό της επίπεδο μπορεί να έχει διάφορες χρήσεις.

- Η Υψηλής Ενθαλπίας (>150 C) χρησιμοποιείται συνήθως για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ισχύς τέτοιων εγκαταστάσεων το 1979 ήταν 1.916 MW με παραγόμενη ενέργεια 12×10^6 kWh/yr.
- Η Μέσης Ενθαλπίας (80 έως 150°C) που χρησιμοποιείται για θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης ή και ξήρανση ξυλείας και αγροτικών προϊόντων καθώς και μερικές φορές και για την παραγωγή ηλεκτρισμού (π.χ. με κλειστό κύκλωμα φρέον που έχει χαμηλό σημείο ζέσεως).
- Η Χαμηλής Ενθαλπίας (25 έως 80 C) που χρησιμοποιείται για θέρμανση χώρων, για θέρμανση θερμοκηπίων, για ιχθυοκαλλιέργειες, για παραγωγή γλυκού νερού.

Οι άμεσες χρήσεις της θερμότητας των γεωθερμικών ρευστών για θέρμανση είναι οι παλαιότερες, οι πιο πολύπλευρες και οι πλέον συνηθισμένες μορφές αξιοποίησης της γεωθερμικής ενέργειας. Η λουτροθεραπεία, η θέρμανση χώρων και η τηλεθέρμανση, οι αγροτικές εφαρμογές, οι υδατοκαλλιέργειες και κάποιες βιομηχανικές χρήσεις είναι οι πιο γνωστές μορφές χρήσεις, όμως οι αντλίες θερμότητας αποτελούν την πιο διαδεδομένη μορφή αξιοποίησης. Υπάρχουν φυσικά και κάποιοι άλλοι μικρότερης κλίμακας τρόποι εκμετάλλευσης της γεωθερμίας, οι οποίοι όμως δεν είναι τόσο συνηθισμένοι. Η θέρμανση χώρων και η τηλεθέρμανση (space and district heating) παρουσίασαν μεγάλη ανάπτυξη στην Ισλανδία, όπου η συνολική ισχύς του γεωθερμικού συστήματος τηλεθέρμανσης ανέρχονταν στα τέλη του 1999 σε περίπου 1200 MWt. Αποτελούν επίσης ιδιαίτερα διαδεδομένες εφαρμογές και στις χώρες της Ανατολικής Ευρώπης, καθώς και τις Η.Π.Α., Κίνα, Ιαπωνία, Γαλλία, κλπ.

Τα γεωθερμικά συστήματα τηλεθέρμανσης είναι έντασης κεφαλαίου, δηλαδή απαιτούν μεγάλα αρχικά κεφάλαια. Το κύριο κόστος αφορά την αρχική επένδυση για την κατασκευή των γεωτρήσεων παραγωγής και επανεισαγωγής, την αγορά των συστημάτων άντλησης και μεταφοράς των ρευστών, την κατασκευή των δικτύων και των σωληνώσεων, την προμήθεια του εξοπλισμού ελέγχου και παρακολούθησης των εγκαταστάσεων, την κατασκευή των σταθμών διανομής και των δεξαμενών αποθήκευσης. Παρόλα αυτά, τα λειτουργικά έξοδα, τα οποία αφορούν στην ενέργεια που καταναλώνεται για την άντληση των ρευστών, τη συντήρηση του συστήματος και τη διαχείριση της εγκατάστασης, είναι σημαντικά μικρότερα σε σύγκριση με αυτά μιας συμβατικής μονάδας. Ένας κρίσιμος παράγοντας για τον υπολογισμό του αρχικού κόστους του συστήματος είναι η πυκνότητα του θερμικού φορτίου ή, αλλιώς, οι απαιτήσεις σε θέρμανση δια την επιφάνεια που καλύπτει η περιοχή που πρόκειται να θερμανθεί. Η υψηλή θερμική πυκνότητα καθορίζει την οικονομική βιωσιμότητα-σκοπιμότητα του έργου τηλεθέρμανσης, αφού το δίκτυο διανομής απορροφά μεγάλα κεφάλαια. Κάποια οικονομικά οφέλη θα μπορούσαν να προκύψουν από το συνδυασμό θέρμανσης και ψύξης σε περιοχές όπου οι κλιματικές συνθήκες επιτρέπουν τέτοιες εφαρμογές. Ο συντελεστής φορτίου σε ένα τέτοιο σύστημα ψύξης-θέρμανσης θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος από αυτόν που αντιστοιχεί μόνο στη θέρμανση, και η τιμή της ενεργειακής μονάδας πρέπει να είναι κατά συνέπεια χαμηλότερη (Gudmundsson, 1988).



1 ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

1.1 Γενική περιγραφή.

Μια εγκατάσταση θέρμανσης έχει σκοπό τη διατήρηση της θερμοκρασίας σε έναν κλειστό χώρο σε τέτοιο επίπεδο ώστε να ικανοποιούνται οι συνθήκες άνεσης κατά τις περιόδους του έτους που η θερμοκρασία είναι χαμηλή. Αυτό επιτυγχάνεται με την εναπόθεση ποσών ενέργειας σε έναν χώρο με την μορφή θερμότητας.

Όπως είναι γνωστό από τη φυσική, η θερμότητα είναι μια μορφή ενέργειας που μεταφέρεται από το ανώτερο ενεργειακά σύστημα στο χαμηλότερο ενεργειακά σύστημα. Κάθε υλικό πάνω από το απόλυτο μηδέν (-273°C) έχει κάποια ενέργεια, άρα όσο υψηλή είναι η ενέργειά του τόσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία του. Η μεταφορά θερμότητας συμβαίνει με τρεις τρόπους, α) αγωγή, β) συναγωγή και γ) ακτινοβολία.

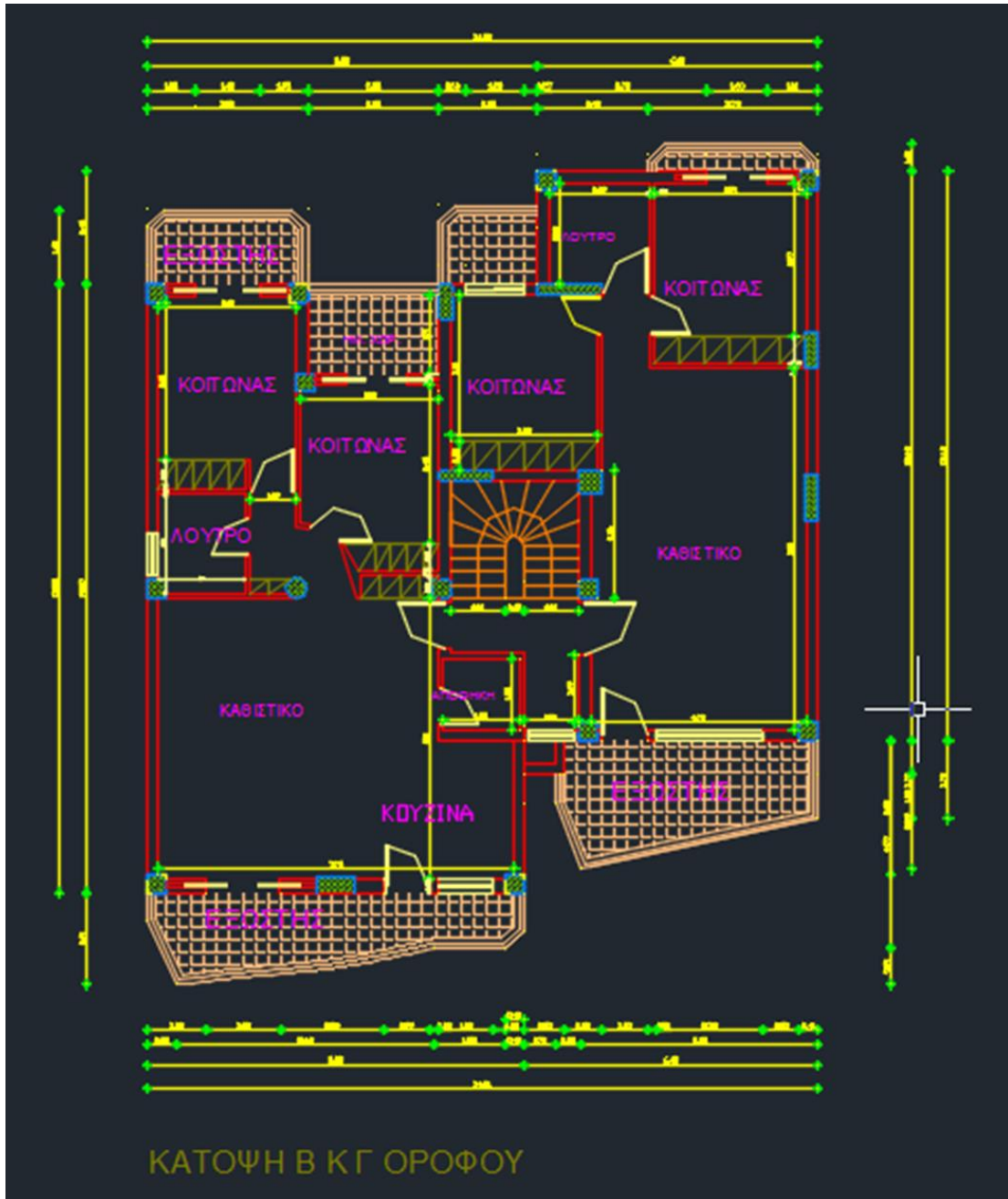
Αγωγή έχουμε όταν ένα σώμα υψηλής θερμοκρασίας Α έρθει σε επαφή με ένα σώμα χαμηλής θερμοκρασίας Β. Έτσι ποσά θερμότητας μεταφέρονται από το Α στο Β.

Συναγωγή έχουμε όταν λαμβάνει χώρα η μεταφορά θερμότητας από μία στερεή επιφάνεια υψηλής θερμοκρασίας σε ένα ρευστό χαμηλότερης θερμοκρασίας που κινείται ή σε ρευστό χαμηλότερης θερμοκρασίας στο οποίο προκαλείται κίνηση.

Τέλος, η **ακτινοβολία** είναι η μεταφορά θερμότητας από ηλεκτρομαγνητικά κύματα που προκαλείται από διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ δύο σωμάτων σε κενό χώρο ή σε χώρο χαμηλής πυκνότητας, όπως ο αέρας.

Κάθε ένας τρόπος μεταφοράς της θερμότητας επηρεάζεται από κάποιους παράγοντες. Στην αγωγή οι παράγοντες που επηρεάζουν τη μεταφορά της θερμότητας είναι η θερμική αγωγιμότητα (είναι η μέτρηση της ικανότητας ενός υλικού να έρχεται σε επαφή με την θερμική ενέργεια) και η επιφάνεια επαφής. Στην συναγωγή είναι ο προσανατολισμός της επιφάνειας, η γεωμετρία της, οι διαστάσεις της, η ταχύτητα του υγρού και η πυκνότητα του. Τέλος, οι παράγοντες που επηρεάζουν τη μεταφορά θερμότητας μέσω ακτινοβολίας είναι η ικανότητα ακτινοβολίας, ο παράγοντας οπτικού πεδίου, η θερμοκρασία και το μήκος κύματος.

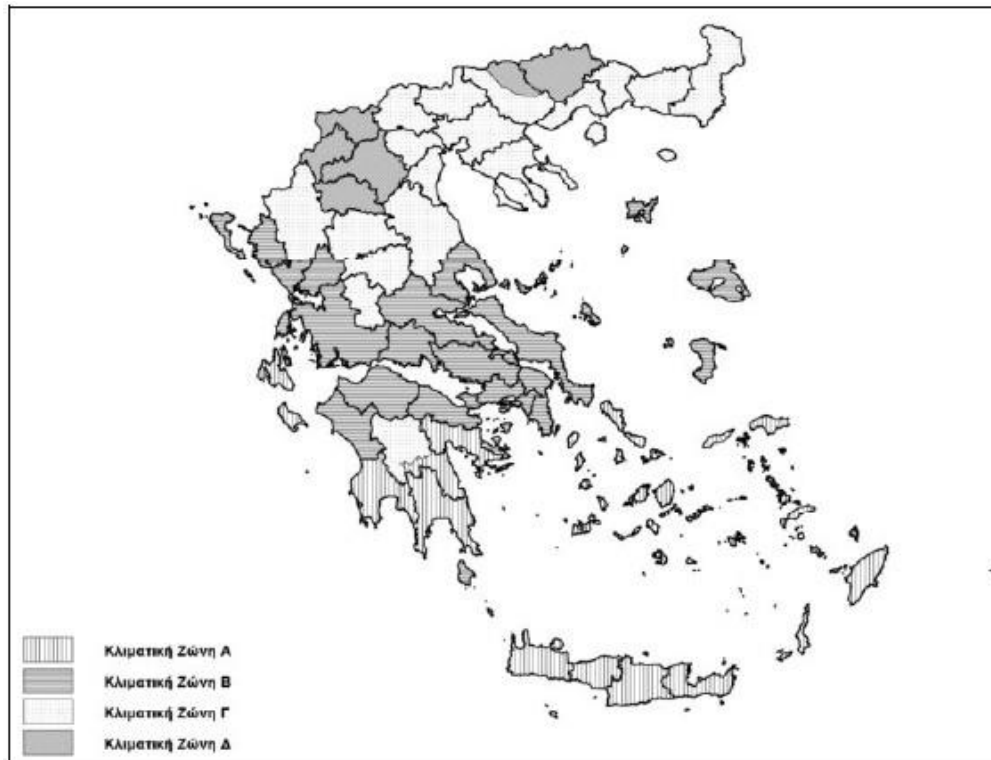
Η μελέτη αυτή αφορά διόροφη πολυκατοικία στην Γαστούνη, του νομού Ηλείας. Οι δυο όροφοι είναι χωρισμένοι σε επιμέρους διαμερίσματα και είναι πανομοιότυποι.



Εικόνα 1: Κάτοψη ορόφου πολυκατοικίας.



Με βάση τον Κ.Εν.Α.Κ. η ελληνική επικράτεια χωρίζεται σε 4 κλιματολογικές ζώνες με βάση τις βαθμομέρες θέρμανσης. Η περιοχή στην οποία ανήκει η κατοικία που μελετάται εντάσσεται στην κλιματική ζώνη Β.



Εικόνα 2 Χάρτης κλιματολογικών ζωνών της Ελλάδας (πηγή: Κ.Εν.Α.Κ.).

Πίνακας 1.1: Οι νομοί της Ελλάδας που εντάσσονται σε κάθε κλιματική ζώνη.

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΝΟΜΟΙ
ΖΩΝΗ Α	Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου, Λασιθίου, Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Σάμου, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αργολίδας, Ζακύνθου, Κεφαλληνίας & Ιθάκης, Κύθηρα & νησιά Σαρωνικού (Αττικής), Αρκαδίας (πεδινή)
ΖΩΝΗ Β	Αττικής (εκτός Κυθήρων & νησιών Σαρωνικού), Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, Μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσπρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας
ΖΩΝΗ Γ	Αρκαδίας (ορεινή), Ευρυτανίας, Ιωαννίνων, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλης, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός ΒΑ τμήματος), Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου
ΖΩΝΗ Δ	Γρεβενών, Κοζάνης, Καστοριάς, Φλώρινας, Σερρών (ΒΑ τμήμα), Δράμας



1.2 Θερμικές Απώλειες.

Σε ένα κτίριο, ο σκοπός της εγκατάστασης θέρμανσης είναι να καλύψει τις απώλειες αγωγιμότητας που παρουσιάζονται :

1. θερμικές απώλειες διαβάσεως(Q_0) που οφείλονται στα δομικά στοιχεία, όπως τοίχοι δάπεδα οροφές ανοίγματα και άλλα
2. προσυζήσεις θερμικών απωλειών διαβάσεως λόγω ιδιαίτερων συνθηκών
3. θερμικές απώλειες λόγω αερισμού (Q_L)

1.2.1 Θερμικές απώλειες διαβάσεως.

Οι θερμικές απώλειες διαβάσεως υπολογίζονται από την σχέση

$$Q_0 = U \times A \times (t_i - t_a) \text{ [W]} \quad (1.1)$$

όπου : U [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$] : ο συντελεστής θερμοπερατότητας

A [m^2] : η επιφάνεια του δομικού στοιχείου

t_i [$^{\circ}\text{C}$] : η επιθυμητή θερμοκρασία εσωτερικού χώρου

t_a [$^{\circ}\text{C}$] : θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος

1.2.1.1 Αναλυτικός Υπολογισμός συντελεστού θερμοπερατότητας.

Κατά απλοποιητική παραδοχή η ροή θερμότητας μέσω ενός δομικού στοιχείου αντιμετωπίζεται ως μονοδιάστατο μέγεθος και με διεύθυνση κάθετη προς την επιφάνεια του εξεταζόμενου δομικού στοιχείου. Οι ανταλλαγές θερμότητας θεωρούνται επίσης ανεξάρτητες από το χρόνο (στάσιμη κατάσταση) και ανεπηρέαστες από εξωγενείς παράγοντες. Ομοίως όλα τα δομικά υλικά θεωρούνται κατά παραδοχή ομογενή και ισότροπα, με σταθερά θερμοφυσικά χαρακτηριστικά και ανεπηρέαστα από τις μεταβολές της θερμοκρασίας.

Με βάση τα παραπάνω η αντίσταση που προβάλλει μια ομογενής στρώση ενός δομικού στοιχείου στη ροή θερμότητας υπολογίζεται από τον γενικό τύπο:

$$R = \frac{d}{\lambda} \text{ [m}^2 \cdot \text{K/W]} \quad (1.2)$$

όπου: R [$\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$] : η αντίσταση που προβάλλει στη ροή θερμότητας η συγκεκριμένη στρώση,

d [m] : το πάχος της στρώσης,

λ [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$] : ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της στρώσης

Το σύνολο των θερμικών αντιστάσεων όλων των στρώσεων ενός πολυστρωματικού δομικού στοιχείου, που αποτελείται από ομογενείς στρώσεις υλικών, ορίζει την αντίσταση



θερμοδιαφυγής (R_{ss}) και προκύπτει από το άθροισμα των επί μέρους αντιστάσεων της κάθε στρώσης κατά τη γενικευμένη σχέση:

$$R_{\Lambda} = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} = \sum_j^n R_j \text{ [m}^2 \cdot \text{K/W]} \quad (1.3)$$

Η σειρά των στρώσεων ενός δομικού στοιχείου πρακτικά δεν επηρεάζει τη ροή θερμότητας μέσω αυτού, επηρεάζει όμως την αξιοποίηση της θερμοχωρητικότητάς τους.

- Η τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης σε θέση πλησιέστερη προς την εσωτερική επιφάνεια περιορίζει τη θερμοχωρητικότητα του δομικού στοιχείου, δηλαδή την ικανότητά του να αποθηκεύει θερμότητα στη μάζα του.

- Αντίθετα, η τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης σε θέση πλησιέστερη προς την εξωτερική επιφάνεια επαυξάνει τη θερμοχωρητικότητά του.

Ωστόσο, η θερμοχωρητικότητα του δομικού στοιχείου επηρεάζεται καθοριστικά από τη μάζα του. Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ικανότητα αποθήκευσης θερμότητας. Στόχος είναι η αποθηκευόμενη ποσότητα θερμότητας να μπορεί να επαναποδοθεί στο εσωτερικό περιβάλλον του κτηρίου, όταν η θερμοκρασία του χώρου πέφτει σε χαμηλότερα επίπεδα από τη θερμοκρασία της μάζας του.

Η συνολική θερμική αντίσταση που προβάλλει ένα πολυστρωματικό δομικό στοιχείο, που αποτελείται από ομογενείς στρώσεις υλικών, ορίζεται από το άθροισμα των αντιστάσεων των επί μέρους στρώσεων και των αντιστάσεων του στρώματος αέρα εκατέρωθεν των όψεων του κατά την εξίσωση:

$$R_{o\lambda} = R_i + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_a \text{ [m}^2 \cdot \text{K/W]} \quad (1.4)$$

όπου: $R_{o\lambda}$ [m²·K/W] : η συνολική αντίσταση που προβάλλει στη ροή θερμότητας το δομικό στοιχείο,

n [-] : το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου,

R_i [m²·K/W] : η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο,

R_a [m²·K/W] : η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Οι θερμικές απώλειες μέσω ενός δομικού στοιχείου ορίζονται από το συντελεστή θερμοπερατότητας (U), που δίνει την ποσότητα θερμότητας που μεταφέρεται στη μονάδα του χρόνου σε σταθερό θερμοκρασιακό πεδίο μέσω της μοναδιαίας επιφάνειας ενός δομικού στοιχείου, όταν η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα στις δύο όψεις του δομικού στοιχείου ισούται με τη μονάδα.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου ορίζεται από τη σχέση:

$$U = \frac{1}{R_{o\lambda}} \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{K)}] \quad (1.5)$$

στη γενική της έκφραση θα είναι:

$$\frac{1}{U} = R_i + \sum_{j=1}^n R_j + R_a \text{ [m}^2 \cdot \text{K/W]} \quad (1.6)$$



όπου: U [$W/(m^2 \cdot K)$] : ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου

n [-] : το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου,

R_i [$m^2 \cdot K/W$] : η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο,

R_a [$m^2 \cdot K/W$] : η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Καθώς ο συντελεστής θερμοπερατότητας εξαρτάται από τα πάχη των στρώσεων του δομικού στοιχείου και από τη συναγωγή που παρουσιάζει με τα στρώματα αέρα εκατέρωθεν των όψεών του, αύξηση ή μείωση του πάχους μιας στρώσης του υλικού επηρεάζει το συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου.

1.2.1.2 Υπολογισμός των συντελεστών θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων.

Ο βαθμός θερμομονωτικής προστασίας ενός αδιαφανούς δομικού στοιχείου προσδιορίζεται από το συντελεστή θερμοπερατότητας (U), αυτού οριζόμενου από το αντίστροφο του αθροίσματος των θερμικών αντιστάσεων που προβάλλουν οι διαδοχικές στρώσεις του δομικού στοιχείου στη θεωρούμενη κατά παραδοχή μονοδιάστατη και κάθετη στην επιφάνειά του ροή θερμότητας μέσω αυτού και των αντίστοιχων θερμικών αντιστάσεων που προβάλλουν οι εκατέρωθεν των όψεών του στρώσεις αέρα.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου n στρώσεων ορίζεται από τον τύπο:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_\delta + R_a} \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (1.7)$$

όπου: U [$W/(m^2 \cdot K)$] : ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου,

n [-] : το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου,

d [m] : το πάχος της κάθε στρώσης του δομικού στοιχείου,

λ [$W/(m \cdot K)$] : ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της κάθε στρώσης,

R_δ [$m^2 \cdot K/W$] : η θερμική αντίσταση στρώματος αέρα σε τυχόν υφιστάμενο διάκενο ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου, με την προϋπόθεση ότι ο αέρας του διακένου δεν επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον και θεωρείται πρακτικά ακίνητος,

R_i [$m^2 \cdot K/W$] η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο,

R_a [$m^2 \cdot K/W$] η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Η υπολογιζόμενη τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας κάθε δομικού στοιχείου, αναλόγως της θέσης του στο κτίριο, θα πρέπει να προκύπτει μικρότερη ή ίση της μέγιστης επιτρεπόμενης τιμής, όπως αυτή ορίζεται στον πίνακα 1.2 για κάθε κλιματική ζώνη του ελλαδικού χώρου. Εάν η τιμή που προκύπτει είναι μεγαλύτερη, θα πρέπει ο έλεγχος να επαναληφθεί, αφού προηγουμένως βελτιωθούν τα θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά του δομικού στοιχείου:



- με ενδεχόμενη αύξηση του πάχους της θερμομονωτικής στρώσης,
- με αντικατάσταση του θερμομονωτικού υλικού με άλλο (ενδεχομένως και των υλικών άλλων στρώσεων) που θα έχει χαμηλότερη τιμή συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, ώστε να προκύπτει μικρότερη τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας U .

Πίνακας 1.2: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας διαφόρων δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη (πηγή: Κ.Εν.Α.Κ.).

Δομικό στοιχείο	Σύμβολο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m ² ·K)]			
		Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές)	U_R	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	U_T	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτές)	U_{FA}	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους	U_{TU}	1,50	1,00	0,80	0,70
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με το έδαφος	U_{TB}	1,50	1,00	0,80	0,70
Δάπεδα σε επαφή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	U_{FU}	1,20	0,90	0,75	0,70
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος	U_{FB}	1,20	0,90	0,75	0,70
Κουφώματα ανοιγμάτων	U_W	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτηρίων μη ανοιγόμενες ή μερικώς ανοιγόμενες	U_{GF}	2,20	2,00	1,80	1,80

Πίνακας 1.3: Τιμές συντελεστών θερμικής μετάβασης και αντιστάσεων θερμικής μετάβασης κατά το ISO 6946, εξειδικευμένες ανά δομικό στοιχείο (πηγή: πρωτότυπος πίνακας, επεξεργασμένος βάση του ISO 6946).

Α/Α	Δομικό στοιχείο	Συντελεστές θερμικής μετάβασης		Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης	
		$1/R_i$	$1/R_a$	R_i	R_a
		W/(m ² ·K)	W/(m ² ·K)	(m ² ·K)/W	(m ² ·K)/W
1	Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	7,70	25,00	0,13	0,04
2	Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	7,70	7,70	0,13	0,13
3	Τοίχος σε επαφή με έδαφος	7,70	–	0,13	0,00
4	Στέγη, δώμα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	10,00	25,00	0,10	0,04
5	Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	10,00	10,00	0,10	0,10
6	Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (πυλωτή) (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	5,88	25,00	0,17	0,04
7	Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	5,88	5,88	0,17	0,17
8	Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	5,88	–	0,17	0,00



Ακολουθούν οι αναλυτικοί πίνακες υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας για τα δομικά στοιχεία της κατοικίας ενώ παράλληλα γίνεται σύγκριση με τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του συντελεστή για την κλιματική ζώνη Β, στην οποία και ανήκει η κατοικία που εξετάζεται στη Γαστούνη, Ηλείας.

Πίνακας 1.4: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας για τους εξωτερικούς τοίχους.

δομή εξωτερικού τοίχου	πάχος δ (m)	λ (W/(m K))	
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	
Οπτοπλινθοδομή	0,08	0,49	
μόνωση (dow)	0,05	0,031	
Οπτοπλινθοδομή	0,08	0,49	
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	
$\Sigma(\delta/\lambda)$	1,99		
U	0,46		
U_{\max}	0,50		Αποδεκτό

Πίνακας 1.5: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας για τους εσωτερικούς τοίχους.

δομή τοίχου εσωτερικού	πάχος δ (m)	λ (W/(m K))	
Ασβεστοκονίαμα	0,01	0,87	
Οπτοπλινθοδομή	0,05	0,49	
μόνωση (dow)	0,03	0,031	
Ασβεστοκονίαμα	0,01	0,87	
$\Sigma(\delta/\lambda)$	1,09		
U	0,74		
U_{\max}	1,00		Αποδεκτό

Πίνακας 1.6: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας για τους τοίχους που συνορεύουν με μη θερμαινόμενο χώρο (ΜΘΧ).

δομή τοίχου με ΜΘΧ	πάχος δ (m)	λ (W/(m K))	
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	
Οπτοπλινθοδομή	0,09	0,49	
μόνωση (dow)	0,06	0,031	
Οπτοπλινθοδομή	0,07	0,49	



Ασβεστοκονίαμα	0,01	0,87	
Σ(δι/λι)	2,30		
U	0,39		
U _{max}	1,00		Αποδεκτό

Πίνακας 1.7: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας για το δάπεδο σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο (πιλωτή).

δομή δαπέδου σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο(πιλωτή)	πάχος δ (m)	λ (W/(m K))	
μαλτεζόπλακα	0,020	1,050	
τσιμεντοκονίαμα	0,035	0,870	
ελαφρο-σκυρόδεμα	0,050	0,200	
οπλισμένο σκυρόδεμα	0,200	2,500	
μόνωση (dow)	0,080	0,031	
ασβεστοκονίαμα	0,015	0,870	
Σ(δι/λι)	2,987		
U	0,313		
U _{max}	0,450		Αποδεκτό

Πίνακας 1.8: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας για την οροφή του 1^{ου} επιπέδου (ορόφου).

δομή οροφής (1ου επιπέδου)	πάχος δ (m)	λ (W/(m K))	
μαλτεζόπλακα	0,020	1,050	
τσιμεντοκονίαμα	0,035	0,870	
ελαφρο-σκυρόδεμα	0,050	0,200	
οπλισμένο σκυρόδεμα	0,200	2,500	
μόνωση (dow)	0,080	0,031	
ασβεστοκονίαμα	0,015	0,870	
Σ(δι/λι)	2,987		
U	0,320		
U _{max}	0,450		Αποδεκτό



Πίνακας 1.9: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας για την οροφή του 2^{ου} επιπέδου (ορόφου).

δομή οροφής (2ου επιπέδου)	πάχος δ (m)	λ (W/(m K))	
μαλτεζόπλακα	0,020	1,050	
τσιμεντοκονίαμα	0,035	0,870	
ελαφρο-σκυρόδεμα	0,050	0,200	
οπλισμένο σκυρόδεμα	0,200	2,500	
μόνωση (dow)	0,080	0,031	
ασβεστοκονίαμα	0,015	0,870	
Σ(δι/λι)	2,987		
U	0,314		
U _{max}	0,450		Αποδεκτό

1.2.1.3 Υπολογισμός των συντελεστών θερμοπερατότητας διαφανών δομικών στοιχείων.

Στα διαφανή δομικά στοιχεία, δηλαδή στα κουφώματα, η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος (U_w) προκύπτει από τους συντελεστές θερμοπερατότητας του πλαισίου του κουφώματος και του υαλοπίνακα κατά την ποσοστιαία αναλογία των εμβαδών των 2 υλικών στην επιφάνεια του κουφώματος, λαμβανόμενης υπόψη και της γραμμικής θερμογέφυρας που αναπτύσσεται μεταξύ πλαισίου και υαλοπίνακα για το κούφωμα. Όταν στο κούφωμα περιλαμβάνονται και αδιαφανή τμήματα, πέραν του πλαισίου, λαμβάνονται και αυτά στον υπολογισμό.

Βάσει των παραπάνω ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός κουφώματος με μονό, διπλό ή τριπλό υαλοπίνακα επί ενιαίου πλαισίου (μονού κουφώματος) προκύπτει από τον τύπο:

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + l_g \cdot \psi_g}{A_f + A_g} \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{K)]} \quad (1.8)$$

Όπου: U_w [W/(m²·K)] ο συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κουφώματος

U_f [W/(m²·K)] ο συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου του κουφώματος

U_g [W/(m²·K)] ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος (μονού, διπλού ή περισσότερων φύλλων),

A_f [m²] το εμβαδό επιφάνειας του πλαισίου του κουφώματος

A_g [m²] το εμβαδό επιφάνειας του υαλοπίνακα του κουφώματος

l_g [m] το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος (το μήκος συναρμογής πλαισίου - υαλοπίνακα, δηλαδή η περίμετρος του υαλοπίνακα),

Ψ_g [W/(m·K)] ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος.

Πίνακες τιμών

- Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του πλαισίου (U_f) λαμβάνεται από τον πίνακα 1.10 ανάλογα με το υλικό κατασκευής του.
- Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα (U_g) λαμβάνεται από τον πίνακα 1.11 ή υπολογίζεται όπως ορίζεται παρακάτω.
- Η τιμή του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας (Ψ_g) λαμβάνεται από τον πίνακα 1.12, που ορίζει τους τύπους των γραμμικών θερμογεφυρών.

Αν η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας (U_g) του υαλοπίνακα δεν ληφθεί απευθείας από τον πίνακα 12, μπορεί να υπολογισθεί αναλυτικά από τον τύπο:

$$U_g = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + \sum_{j=1}^{n-1} R_{\delta} + R_a} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \quad (1.9)$$

Όπου: U_g [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$] : ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα,

n [-] : το πλήθος των φύλλων του υαλοπίνακα: για $n=1$ μονός υαλοπίνακας, για $n=2$ διπλός υαλοπίνακας, για $n=3$ τριπλός υαλοπίνακας,

d [m] : το πάχος του κάθε φύλλου του υαλοπίνακα,

λ [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$] : ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας της υάλου,

R_{δ} [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$] : η θερμική αντίσταση του εγκλωβισμένου στρώματος αέρα στο διάκενο ανάμεσα στα φύλλα του υαλοπίνακα,

R_i [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$] : η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο,

R_a [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$] : η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Πίνακας 1.10: Τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας πλαισίου(πηγή EN ISO 10077-1).

Υλικό πλαισίου	Χαρακτηριστικό πλαισίου	Συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου U_f [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]
Μεταλλικό πλαισίο	χωρίς θερμοδιακοπή	7,0
	με θερμοδιακοπή	1,0 - 4,0
Συνθετικό πλαισίο	Πολυουρεθάνη	2,8
	PVC με δύο θαλάμους	2,2
	PVC με τρεις θαλάμους	2,0
	PVC πολυθαλαμικό	1,0-2,0
Ξύλινο πλαισίο	σκληρής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου-κάσας 5cm	2,4
	μαλακής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου-κάσας 5cm	2,0
	σκληρής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου-κάσας 10cm	1,7
	μαλακής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου-κάσας 10cm	1,5



Από τον παραπάνω πίνακα για την συγκεκριμένη οικία που μελετάται, η οποία διαθέτει μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή και επίστρωση χαμηλής εκπομπής, η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του πλαισίου λαμβάνεται ίση με: **3,5 [W/(m²·K)]**.

Πίνακας 1.11: Τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας υαλοπινάκων(πηγή EN ISO 10077-1).

Υάλωση		U _g [W/(m ² K)] για διαφορετικούς τύπους αερίων στο διάκενο των υαλοπινάκων			
Υαλοπίνακας	Συντελεστής εκπομπής	Διαστάσεις	Αέρας	Αργό	Κρύπτο
Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	0,89	4-6-4	3,3	3,0	2,8
		4-8-4	3,1	2,9	2,7
		4-12-4	2,8	2,7	2,6
		4-16-4	2,7	2,6	2,6
		4-20-4	2,7	2,6	2,6
Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου	≤0,1	4-6-4	2,6	2,2	1,7
		4-8-4	2,2	1,9	1,4
		4-12-4	1,8	1,5	1,3
		4-16-4	1,6	1,4	1,3
Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου	≤0,05	4-6-4	2,5	2,1	1,5
		4-8-4	2,1	1,7	1,3
		4-12-4	1,7	1,3	1,1
		4-16-4	1,4	1,2	1,2
Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	0,89	4-6-4-6-4	2,3	2,1	1,8
		4-8-4-8-4	2,1	1,9	1,7
		4-12-4-12-4	1,9	1,8	1,6
		4-6-4-6-4	1,7	1,3	1,0
Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων	≤ 0,1	4-8-4-8-4	1,4	1,1	0,8
		4-12-4-12-4	1,1	0,9	0,6
		4-6-4-6-4	1,6	1,2	0,9
Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων	≤ 0,05	4-8-4-8-4	1,3	1,0	0,7
		4-12-4-12-4	1,0	0,8	0,5

Πίνακας 1.12: Τυπικές τιμές γραμμικού συντελεστή θερμοπερατότητας στη συναρμογή πλαισίου-υαλοπίνακα(πηγή EN ISO 10077-1).

Τύπος πλαισίου	Γραμμική θερμοπερατότητα για διάφορους τύπους υαλοπινάκων Ψ _g [W/(m.K)]	
	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή	0,02	0,05
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή	0,08	0,11
Συνθετικό πλαίσιο	0,06	0,08
Ξύλινο πλαίσιο	0,06	0,08

Από τον παραπάνω πίνακα για την συγκεκριμένη οικία που μελετάται, η οποία διαθέτει μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή και επίστρωση χαμηλής εκπομπής, η τιμή του γραμμικού συντελεστή θερμοπερατότητας στη συναρμογή πλαισίου-υαλοπίνακα λαμβάνεται ίση με: **0,11 [W/(m²·K)]**.



Πίνακας 1.13: Οι ζητούμενοι συντελεστές για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος.

u_f (W/ (m ² K))	u_g (W/ (m ² K))	ψ_g (W/ (m K))
3,5	1,8	0,11

Πίνακας 1.14: Αναλυτικός υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων για το κάθε άνοιγμα της οικίας.

πλάτος ανοίγματος (m)	ύψος ανοίγματος (m)	αριθμός φύλλων	πλάτος υαλο-πίνακα (m)	ύψος υαλο-πίνακα (m)	εμβαδό υαλο-πίνακα (m ²)	εμβαδό κουφώματος (m ²)	εμβαδό πλαισίου (m ²)	ποσοστό πλαισίου (%)	περίμετρος υαλοπίνακα (m)	u κουφώματος (W/ (m ² K))	εμφάνιση ανοίγματος
1,20	2,30	1,00	1,00	2,10	2,10	2,76	0,66	23,91	6,20	2,45	κουζίνα
0,90	0,60	1,00	0,80	0,50	0,40	0,54	0,14	25,93	2,60	2,77	λουτρό α, β
1,30	2,30	1,00	1,20	2,10	2,52	2,99	0,47	15,72	7,80	2,35	υπνοδωμάτιο 1α, 2α, 2β
1,60	2,30	1,00	1,40	2,10	2,94	3,68	0,74	20,11	8,40	2,39	κουζίνα α(μπαλκονόπορτα)
1,20	1,30	1,00	1,00	1,10	1,10	1,56	0,46	29,49	4,20	2,60	κουζίνα α(παράθυρο)
2,30	1,30	1,00	2,10	1,20	2,52	2,99	0,47	15,72	6,60	2,31	κουζίνα β(παράθυρο)
1,30	1,30	1,00	1,20	1,10	1,32	1,69	0,37	21,89	4,60	2,47	υπνοδωμάτιο 1β

1.2.2 Προσαυξήσεις θερμικών απωλειών διαβάσεως λόγω ιδιαιτέρων συνθηκών

Οι τιμές που προκύπτουν από τον υπολογισμό των απωλειών διαβάσεως λόγω κάποιων εξωτερικών παραγόντων όπως τη θέση στην οποία βρίσκεται η οικία, τον προσανατολισμό, το υψόμετρο, το είδος των χαραμάδων και τη συχνότητα λειτουργίας της εγκατάστασης, επιδέχονται κάποιες διορθωτικές προσαυξήσεις.

Πιο συγκεκριμένα:

- Προσαυξήσεις λόγω προσανατολισμού (Z_H).

Οι συνολικές απώλειες λόγω αγωγιμότητας πρέπει να αυξηθούν ή να μειωθούν σύμφωνα με τον προσανατολισμό του χώρου με βάση τον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 1.15: Προσαυξήσεις (%) λόγω προσανατολισμού.

ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΡΟΣΘΗΚΗ(%)
B	5
BA	5
BΔ	5
A	0
Δ	0
N	-5
NA	-5
NΔ	-5

- Προσαυξήσεις λόγω διακοπτόμενης λειτουργίας (Z_D)

Η λειτουργία της κεντρικής θέρμανσης δεν είναι συνεχής στις περισσότερες εγκαταστάσεις, λόγω προγραμματισμένων διακοπών, ή να σχετίζονται με τις μεταβολές της εξωτερικής θερμοκρασίας.

Για τους παραπάνω λόγους καθίσταται αναγκαία η προσθήκη επιπλέον ποσών θερμότητας, έτσι ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή αύξηση της θερμοκρασίας του εκάστοτε χώρου.

Πίνακας 1.16: Προσαυξήσεις (%) των θερμικών απωλειών χώρου λόγω διακοπτόμενης λειτουργίας.

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ANA 24ωρο	ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ D			
	0,1 έως 0,3	0,3 έως 0,7	0,7 έως 1,5	άνω του 1,5
I	7	7	7	7
II	20	15	15	15
III	30	25	20	15

- Στην κατηγορία I εντάσσονται όσες εγκαταστάσεις λειτουργούν συνεχώς ή με πολύ μικρές μικρής χρονικής διάρκειας διακοπές.
- Στην κατηγορία II όσες λειτουργούν από 12 μέχρι 15 ώρες ημερησίως.
- Ενώ στην κατηγορία III όσες λειτουργούν από 8 έως 12 ώρες ημερησίως.

Η οικία που εξετάζεται εντάσσεται στην τρίτη κατηγορία (III).

Το D ή αλλιώς η μέση θερμοπερατότητα, από την οποία προσδιορίζουμε τον συντελεστή της διακοπτόμενης λειτουργίας, υπολογίζεται από την σχέση:

$$D = \frac{Q_0}{A_{εσ} \cdot x(t_{εσ} - t_{εξ})} \quad (1.10)$$

Όπου: Q_0 [W] : οι θερμικές απώλειες λόγω αγωγιμότητας, χωρίς τις προσαυξήσεις
 $A_{εσ}$ [m²] : το συνολικό εμβαδό των επιφανειών που περιβάλλουν το χώρο
 $(t_{εσ} - t_{εξ})$ [°C] : η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου

1.2.3 Θερμικές απώλειες θερμότητας λόγω αερισμού

Οι απώλειες αερισμού οφείλονται σε αέριες μάζες που διακινούνται από τις χαραμάδες των πορτών, των παραθύρων και κάθε είδους ανοιγμάτων και οπών. Το μέγεθος των απωλειών αυτών εξαρτάται από την στεγανότητα των ανοιγμάτων, από την θέση του χώρου, από την περιοχή και την ανεμόπτωση. Υπολογίζονται με τον παρακάτω τύπο:

$$Q_a = a \times \Sigma_l \times R \times H \times Z\Gamma \times (t_i - t_a) \text{ [W]} \quad (1.11)$$



Όπου: α : ο συντελεστής διεισδύσεως του αέρα

Σl : [m] το συνολικό μήκος των εξωτερικών ανοιγμάτων (στην περίπτωση που υπάρχουν ανοίγματα σε δύο απέναντι τοίχους λαμβάνονται υπόψη μόνο ο τοίχος με τα μεγαλύτερα ανοίγματα)

R : συντελεστής διεισδυτικότητας

H : συντελεστής θέσεως και ανεμοπτώσεως

$Z\Gamma$: συντελεστής προσαυξήσεως λόγω γωνιακών παραθύρων (εάν υπάρχουν $Z\Gamma = 1.2$)

t_i [°C] : επιθυμητή θερμοκρασία χώρου

t_a [°C] : θερμοκρασία εξωτερικού χώρου

Πίνακας 1.17: α συντελεστής διεισδύσεως του αέρα.

Στοιχείο κατασκευής		α
Υλικό	Είδος κατασκευής	
Παράθυρο από φυσικό ή τεχνητό ξύλο	Απλό παράθυρο	3
	Παράθυρο με εξώφυλλο	2, 5
	Παράθυρο με διπλά τζάμια ή παράθυρο με εγγυημένη στεγανότητα	2, 0
Παράθυρο μεταλλικό	Απλό παράθυρο	1, 5
	Παράθυρο με εξώφυλλο	1, 5
	Παράθυρο με διπλά τζάμια ή παράθυρο με εγγυημένη στεγανότητα	1, 2
Θύρα ξύλινη εξωτερική	Απλή	3
	Με εγγυημένη στεγανότητα	2
Θύρα μεταλλική εξωτερική	Απλή	1, 5
	Με εγγυημένη στεγανότητα	1, 2



Πίνακας 1.18: R συντελεστής διεισδυτικότητας.

Παράθυρα	Εσωτερικές θύρες	F_A/F_T	R
Ξύλινα ή από τεχνητά υλικά	Μη στεγανές	< 3	0, 9
	Στεγανές	< 1, 5	
Μεταλλικά	Μη στεγανές	< 6	
	Στεγανές	< 2, 5	
Ξύλινα ή από τεχνητά υλικά	Μη στεγανές	3 - 9	0, 7
	Στεγανές	1, 5 - 3	
Μεταλλικά	Μη στεγανές	6 - 20	
	Στεγανές	2, 5 - 6	
F_A = Επιφάνεια εξωτερικών παραθύρων ή θυρών F_T = Επιφάνεια εσωτερικών θυρών			

Πίνακας 1.19: Η συντελεστής θέσεως και ανεμοπτώσεως.

Είδος ανεμόπτωσης	Θέση κτιρίου	Συντελεστής Η	
		Οικοδομικό σύστημα	
		Συνεχές	Ελεύθερο
Κανονική πνοή ανέμων (συνήθης)	Προστατευμένο	0, 24	0, 34
	Ελεύθερο	0, 41	0, 58
	Ισχυρά εκτεθειμένο	0, 60	0, 84
Ισχυρή πνοή ανέμων	Προστατευμένο	0, 41	0, 58
	Ελεύθερο	0, 60	0, 84
	Ισχυρά εκτεθειμένο	0, 82	1, 13



Πίνακας 1.20: Αναλυτικός υπολογισμός απωλειών θερμότητας λόγω αερισμού για κάθε δωμάτιο της κατοικίας.

Επίπεδο 1 χώρος 1,2,6 υπνοδωμάτιο 1α,2α,2β											
ανοίγματα		ύψος (m)	μήκος(m)	πλάτος(m)	όγκος(m ³)	λόγος	R	H	a	z _E	QL
εξωτ.	μπαλκον.	2,3	1,3	0,3	0,897						
εσωτ.	πόρτα	2,3	1	0,1	0,23						
						3,9	0,9	1,87	1,2	1	641,021
Επίπεδο 1 χώρος 5,9 λουτρό β,α											
ανοίγματα		ύψος (m)	μήκος(m)	πλάτος(m)	όγκος(m ³)	λόγος	R	H	a	z _E	QL
εξωτ.	παράθυρο	0,6	0,9	0,3	0,162						
εσωτ.	πόρτα	2,3	1	0,1	0,23						
						0,704348	0,9	1,87	1,2	1	263,8405
Επίπεδο 1 χώρος 7 κουζίνα-καθιστικό Α											
ανοίγματα		ύψος (m)	μήκος(m)	πλάτος(m)	όγκος(m ³)	λόγος	R	H	a	z _E	QL
εξωτ.	μπαλκον.	2,3	1,6	0,3	1,104						
εξωτ.	πόρτα	2,3	1	0,1	0,23						
εξωτ.	παράθυρο	1,3	1,2	0,3	0,468						
εσωτ.	πόρτα	2,3	1	0,1	0,23						
						7,834783	0,7	1,87	1,2	1	278,9112
Επίπεδο 1 χώρος 4 υπνοδωμάτιο 1β											
ανοίγματα		ύψος (m)	μήκος(m)	πλάτος(m)	όγκος(m ³)	λόγος	R	H	a	z _E	QL
εξωτ.	παράθυρο	1,3	1,3	0,3	0,507						
εσωτ.	πόρτα	2,3	1	0,1	0,23						
						2,204348	0,9	1,87	1,2	1	370,6774
Επίπεδο 1 χώρος 8 κουζίνα-καθιστικό Β											
ανοίγματα		ύψος (m)	μήκος(m)	πλάτος(m)	όγκος(m ³)	λόγος	R	H	a	z _E	QL
εξωτ.	μπαλκον.	2,3	1,6	0,3	1,104						
εξωτ.	πόρτα	2,3	1	0,1	0,23						
εσωτ.	πόρτα	2,3	1	0,1	0,23						
						5,8	0,9	1,87	1,2	1	427,3474

Ότι ισχύει για το πρώτο επίπεδο (όροφο) ισχύει αντίστοιχα και για το 2^ο επίπεδο της κατοικίας.

1.2.4 Συνολικές θερμικές απώλειες χώρου

Με βάση τα παραπάνω, η ολική θερμική απαίτηση ενός χώρου εκφράζεται με τη σχέση:

$$Q_{\text{tot}} = Q_0 \times (1 + Z_{\pi} + Z_{\Delta}) + Q_{\alpha} \text{ [W]} \quad (1.12)$$

Ο παραπάνω τύπος εκφράζει τη συνολική θερμική ισχύ της εγκατάστασης. Για να υπολογίσουμε τις θερμικές απώλειες ενός χώρου πιο εύκολα, χρησιμοποιούμε τον παρακάτω



πίνακα. Ακολουθούν οι πίνακες με τον αναλυτικό υπολογισμό των θερμικών απωλειών ανά δωμάτιο.

Πίνακας 1.21: Έντυπο υπολογισμού θερμικών απωλειών.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ																
ΟΙΚΟΔΟΜΗ : ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑ																
ΤΟΠΟΣ : ΠΑΤΡΑ																
ΧΩΡΟΣ:																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Τεξ (°C)		Τεσ (°C)	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ					ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ					ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ			
-1		20														
ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ ή ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ (ZH)	ΔΙΑΚΟΠΩΝ (ZD)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΟΥ	
		Cm	M	M	m ²		m ²	m ²	kcal/ h m ² °C	°C	kcal / h	%	%	1+%	kcal /h	
Τεξ.																
Πεξ																
Τεξ.																
Θεξ																
Σ																
Δ																
D																
ΣΥΝΟΛΟ																
ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ																

Επίπεδο 1 χώρος 1 υπνοδωμάτιο 1Α																	
Είδος επιφάνειας	προσανατολισμος	Μήκος (m)	Ύψος ή πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμός επιφανειών	Συνολική επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη επιφάνεια (m ²)	Επιφάνεια υπολογισμού (m ²)	Συντελεστής κάλυψης (W/(m ² K))	Διαφορά θερμοκρασίας (°C)	Καθαρές απώλειες	παρατηρησεις	D	Z _D	Q _T	Q _L	Q (W)
Τα	N	1,8	3,1	5,58	1	5,58		5,58	0,46	21	53,903	Ημιπ-αιθριο					
Τα	A	3	3,1	9,3	1	9,3	2,99	6,31	0,46	21	60,955						
A	A	1,3	2,3	2,99	1	2,99		2,99	2,35	21	147,557						
Τα	B	4,15	3,1	12,865	1	12,865		12,865	0,46	21	124,276						
Δ	-	3	4,15	12,45	1	12,45		12,45	0,313	21	81,834						
Ο	-	3	4,15	12,45	1	12,45		12,45	0,32	0	0,000						
SUM	5							69,23			468,524		0,322	20	585,655	641,021	1226,676

Επίπεδο 1 χώρος 2 υπνοδωμάτιο 2 ^Α																	
Είδος επιφάνειας	προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμός επιφανειών	Συνολική επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη επιφάνεια (m ²)	Επιφάνεια υπολογισμού (m ²)	Συντελεστής κάλυψης (W/(m ² K))	Διαφορά θερμοκρασίας (°C)	Καθαρές απώλειες	παρατηρήσεις	D	Z _b	Q _T	Q _L	Q (W)
Τα	A	3	3,1	9,3	1	9,3	2,99	6,31	0,46	21	60,955						
A	A	1,3	2,3	2,99	1	2,99		2,99	2,35	21	147,557						
Τα	N	2,05	3,1	6,355	1	6,355		6,355	0,39	10,5	26,024	σκαλα					
Δ	-	3	4,5	13,5	1	13,5		13,5	0,313	21	88,736						
Ο	-	3	4,5	13,5	1	13,5		13,5	0,32	0	0,000						
SUM	0							64,65			323,270		0,238	20	387,924	641,021	1028,945



Επίπεδο 1 χώρος 3 αποθήκη													παρατηρήσεις	D	Z _D	Q _T	Q _L	Q (W)
Είδος επιφάνειας	προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμός επιφανειών	Συνολική επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη επιφάνεια (m ²)	Επιφάνεια υπολογισμού (m ²)	Συντελεστής κάλυψης (W/(m ² K))	Διαφορά θερμοκρασίας (°C)	Καθαρές απώλειες							
Τα	A	1,65	3,1	5,12	1	5,12		5,12	0,74	10,5	39,744	ΣΚΑΛΑ ΜΟΧ						
Τα	N	1,55	3,1	4,81	1	4,81		4,81	0,74	10,5	37,335	>>						
Δ	-	1,55	1,65	2,56	1	2,56		2,56	0,313	21	16,810							
Ο	-	1,55	1,65	2,56	1	2,56		2,56	0,32	0	0,000							
SUM	0							24,96			93,889			0,179	20	112,667		



Επίπεδο 1 χώρος 4 υπνοδωμάτιο 2B

Είδος επιφάνειας	προσανα τολισμος	Μήκος (m)	Ύψος ή πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμός επιφανειών	Συνολική επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη επιφάνεια (m ²)	Επιφάνεια υπολογισμού (m ²)	Συντελεστής κάλυψης (W/(m ² K))	Διαφορά θερμοκρασίας (°C)	Καθαρές απώλειες	παρατηρησεις	D	Z _D	Q _T	Q _L	Q (W)	
Τα	A	3,3	3,1	10,23	1	10,23	2,99	7,24	0,46	21	69,938							
A	A	1,3	2,3	2,99	1	2,99		2,99	2,35	21	147,557							
Τα	N	3,95	3,1	12,25	1	12,25		12,25	0,46	21	118,287							
Δ	-	3,3	3,95	13,04	1	13,04		13,04	0,313	21	85,679							
Ο	-	3,3	3,95	13,04	1	13,04		13,04	0,32	0	0,000							
SUM	-5							71,02			421,461		0,283	20	484,680	641,021	1125,701	



Επίπεδο 1 χώρος 5 λουτρό β													παρατηρήσεις	D	Z _D	Q _T	Q _L	Q (W)
Είδος επιφάνειας	προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμός επιφανειών	Συνολική επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη επιφάνεια (m ²)	Επιφάνεια υπολογισμού (m ²)	Συντελεστής κάλυψης (W/(m ² K))	Διαφορά θερμοκρασίας (°C)	Καθαρές απώλειες							
Τα	A	2,2	3,1	6,82	1	6,82	0,54	6,28	0,46	21	60,665							
A	A	0,9	0,6	0,54	1	0,54		0,54	2,77	21	31,412							
Τα	B	2,2	3,1	6,82	1	6,82		6,82	0,46	21	65,881							
Δ	-	1	4,84	4,84	1	4,84		4,84	0,313	21	31,813							
Ο	-	1	4,84	4,84	1	4,84		4,84	0,32	0	0,000							
SUM	0							36,96			189,771		0,245	20	227,725	263,841	491,566	



Επίπεδο 1 χώρος 6 υπνοδωμάτιο 1β

Είδος επιφάνειας	προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμός επιφανειών	Συνολική επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη επιφάνεια (m ²)	Επιφάνεια υπολογισμού (m ²)	Συντελεστής κάλυψης (W/(m ² K))	Διαφορά θερμοκρασίας (°C)	Καθαρές απώλειες	παρατηρήσεις	D	Z _D	Q _T	Q _L	Q (W)
Τα	Δ	3,2	3,1	9,92	1	9,92		9,92	0,39	10,5	40,622	σκαλα					
Τα	A	3,2	3,1	9,92	1	9,92	1,69	8,23	0,46	21	79,502						
A	A	1,3	1,3	1,69	1	1,69		1,69	2,47	21	87,660						
Τα	B	1,8	3,1	5,58	1	5,58		5,58	1,28	21	149,990						
Δ	-	3,2	3,8	12,16	1	12,16		12,16	0,313	21	79,928						
Ο	-	3,2	3,8	12,16	1	12,16		12,16	0,32	0	0,000						
SUM	-5							55,56			397,080		0,340	15	436,788	370,677	807,466



Επίπεδο 1 χώρος 7 Κουζίνα-Καθιστικό Α													παρατηρησεις	D	Z _D	Q _T	Q _L	Q (W)
Είδος επιφάνειας	προσανατολισμος	Μήκος (m)	Ύψος ή πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμός επιφανειών	Συνολική επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη επιφάνεια (m ²)	Επιφάνεια υπολογισμού (m ²)	Συντελεστής κάλυψης (W/(m ² ·K))	Διαφορά θερμοκρασίας (°C)	Καθαρές απώλειες							
Τα	Β	6,1	3,1	18,91	1	18,91		18,91	0,46	21	182,671							
Τα	Δ	3,45	3,1	10,695	1	10,70	3,68	7,015	0,46	21	67,765							
Α	Δ	1,6	2,3	3,68	1	3,68		3,68	2,39	21	184,699	μπά λκον						
Τα	Δ	4,25	3,1	13,175	1	13,18		13,175	0,46	21	127,271							
Α	Δ	1,2	1,3	1,56	1	1,56		1,56	2,6	21	85,176	πα ρα						
Α	Δ	1	2,3	2,3	1	2,30		2,3	4,5	21	217,350	πορ τα						
Τα	Ν	3	3,1	9,3	1	9,30		9,3	0,46	21	89,838							
Τα	Ν	1,6	3,1	4,96	1	4,96	2,3	2,66	0,39	21	21,785							
Α	Ν	1	2,3	2,3	1	2,30		2,3	4,5	21	217,350	πορ τα						
Δ	-	1	43,6	43,6	1	43,60		43,6	0,313	21	286,583							
Ο	-	1	43,6	43,6	1	43,60		43,6	0,32	0	0,000							
SUM	5							178,96			615,556							0,164



Επίπεδο 1 χώρος 8 Κουζίνα-Καθιστικό Β																		
Είδος επιφάνειας	προσανατολισμός	Μήκος (m)	Υψος ή πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμός επιφανειών	Συνολική επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη επιφάνεια (m ²)	Επιφάνεια υπολογισμού (m ²)	Συντελεστής κάλυψης (W/(m ² K))	Διαφορά θερμοκρασίας (°C)	Καθαρές απώλειες	παρατηρήσεις	D	Z _b	Q _r	Q _L	Q (W)	
Τα	B	5,4	3,1	16,74	1	16,74	2,3	14,44	0,39	10,5	59,132	ΣΚΑ ΛΑ						
A	B	1	2,3	2,3	1	2,30		2,3	4,5	10,5	108,675	πορ τα						
Τα	Δ	4,7	3,1	14,57	1	14,57	5,29	9,28	0,46	21	89,645							
A	Δ	2,3	1,3	2,99	1	2,99		2,99	2,31	21	145,045	παρ αθυ						
A	Δ	1	2,3	2,3	1	2,30		2,3	4,5	21	217,350	πορ τα						
Τα	N	7,8	3,1	24,18	1	24,18		24,18	0,46	21	233,579							
Δ	-	1	37,79	37,79	1	37,79		37,79	0,313	21	248,394							
Ο	-	1	37,79	37,79	1	37,79		37,79	0,32	0	0,000							
SUM	-5							153,08			844,367		0,263	20	971,022	769,226	1740,248	



Επίπεδο 1 χώρος 9 λουτρό α

Είδος επιφάνειας	προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμός επιφανειών	Συνολική επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη επιφάνεια (m ²)	Επιφάνεια υπολογισμού (m ²)	Συντελεστής κάλυψης (W/(m ² K))	Διαφορά θερμοκρασίας (°C)	Καθαρές απώλειες	παρατηρήσεις	D	Z _D	Q _T	Q _L	Q (W)
Τα	B	2,2	3,1	6,82	1	6,82	0,54	6,28	0,46	21	60,665						
A	B	0,9	0,6	0,54	1	0,54		0,54	4,5	21	51,030	πα ρα θυ ρο					
Δ	-	1,9	2,2	4,18	1	4,18		4,18	0,313	21	27,475						
Ο	-	1,9	2,2	4,18	1	4,18		4,18	0,32	0	0,000						
SUM	5							33,78			139,170		0,196	20	173,962	263,841	437,803



Επίπεδο 2 χώρος 1 υπνοδωμάτιο 1 ^α													D	Z ₀	Q _T	Q _L	Q (W)
Είδος επιφάνειας	προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμός επιφανειών	Συνολική επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη επιφάνεια (m ²)	Επιφάνεια υπολογισμού (m ²)	Συντελεστής κάλυψης (W/(m ² K))	Διαφορά θερμοκρασίας (°C)	Καθαρές απώλειες	παρατηρήσεις					
Τα	N	1,8	3,1	5,58	1	5,58		5,58	0,46	21	53,903	Ημιυπ-αίθριο					
Τα	A	3	3,1	9,3	1	9,30	2,99	6,31	0,46	21	60,955						
A	A	1,3	2,3	2,99	1	2,99		2,99	2,35	21	147,557						
Τα	B	4,15	3,1	12,865	1	12,87		12,865	0,46	21	124,276						
Δ	-	3	4,15	12,45	1	12,45		12,45	0,32	0	0,000						
Ο	-	3	4,15	12,45	1	12,45		12,45	0,314	21	82,095						
SUM	5							69,23			414,882		0,285	20	518,603	641,021	1159,624



Επίπεδο 2 χώρος 2 υπνοδωμάτιο 2 ^α																				
Είδος επιφάνειας	προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμός επιφανειών	Συνολική επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη επιφάνεια (m ²)	Επιφάνεια υπολογισμού (m ²)	Συντελεστής κάλυψης (W/(m ² K))	Διαφορά θερμοκρασίας (°C)	Καθαρές απώλειες	παρατηρήσεις	D	Z _b	Q _T	Q _L	Q (W)			
Τα	A	3	3,1	9,3	1	9,30	2,99	6,31	0,46	21	60,955									
A	A	1,3	2,3	2,99	1	2,99		2,99	2,35	21	147,557									
Τα	N	2,05	3,1	6,355	1	6,36		6,355	0,39	10,5	26,024	σκαλα								
Δ	-	3	4,5	13,5	1	13,50		13,5	0,32	0	0,000									
Ο	-	3	4,5	13,5	1	13,50		13,5	0,314	21	89,019									
SUM	0							64,65			323,554		0,238	20	388,265	641,021	1029,286			



Επίπεδο 2 χώρος 3 αποθήκη

Είδος επιφάνειας	προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμός επιφανειών	Συνολική επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη επιφάνεια (m ²)	Επιφάνεια υπολογισμού (m ²)	Συντελεστής κάλυψης (W/(m ² ·K))	Διαφορά θερμοκρασίας (°C)	Καθαρές απώλειες	παρατηρήσεις	D	Z _D	Q _T	Q _L	Q (W)	
Τα	A	1,65	3,1	5,115	1	5,12		5,115	0,74	10,5	39,744	ΣΚΑΛΑ ΜΟΧ						
Τα	N	1,55	3,1	4,805	1	4,81		4,805	0,74	10,5	37,335	>>						
Δ	-	1,55	1,65	2,5575	1	2,56		2,5575	0,32	0	0,000							
Ο	-	1,55	1,65	2,5575	1	2,56		2,5575	0,314	21	16,864							
SUM	0							24,955			93,943		0,179	20	112,731			



Επίπεδο 2 χώρος 4 υπνοδωμάτιο 2β

Είδος επιφάνειας	προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμός επιφανειών	Συνολική επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη επιφάνεια (m ²)	Επιφάνεια υπολογισμού (m ²)	Συντελεστής κάλυψης (W/(m ² K))	Διαφορά θερμοκρασίας (°C)	Καθαρές απώλειες	παρατηρήσεις	D	Z ₀	Q _T	Q _L	Q (W)
Τα	A	3,3	3,1	10,23	1	10,23	2,99	7,24	0,46	21	69,938						
A	A	1,3	2,3	2,99	1	2,99		2,99	2,35	21	147,557						
Τα	N	3,95	3,1	12,245	1	12,25		12,245	0,46	21	118,287						
Δ	-	3,3	3,95	13,035	1	13,04		13,035	0,32	0	0,000						
Ο	-	3,3	3,95	13,035	1	13,04		13,035	0,314	21	85,953						
SUM	-5							71,02			421,734		0,283	20	484,995	641,021	1126,016



Επίπεδο 2 χώρος 5 λουτρό β																		
Είδος επιφάνειας	προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμός επιφανειών	Συνολική επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη επιφάνεια (m ²)	Επιφάνεια υπολογισμού (m ²)	Συντελεστής κάλυψης (W/(m ² K))	Διαφορά θερμοκρασίας (°C)	Καθαρές απώλειες	παρατηρήσεις	D	Z _D	Q _T	Q _L	Q (W)	
Τα	A	2,2	3,1	6,82	1	6,82	0,54	6,28	0,46	21	60,665							
A	A	0,9	0,6	0,54	1	0,54		0,54	2,77	21	31,412							
Τα	B	2,2	3,1	6,82	1	6,82		6,82	0,46	21	65,881							
Δ	-	1	4,84	4,84	1	4,84		4,84	0,32	0	0,000							
Ο	-	1	4,84	4,84	1	4,84		4,84	0,314	21	31,915							
SUM	0							36,96			189,873		0,245	20	227,847	263,841	491,688	



Επίπεδο 2 χώρος 6 υπνοδωμάτιο 1β

Είδος επιφάνειας	προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμός επιφανειών	Συνολική επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη επιφάνεια (m ²)	Επιφάνεια υπολογισμού (m ²)	Συντελεστής κάλυψης (W/(m ² K))	Διαφορά θερμοκρασίας (°C)	Καθαρές απώλειες	παρατηρήσεις	D	Z ₀	Q _T	Q _L	Q (W)	
Τα	Δ	3,2	3,1	9,92	1	9,92		9,92	0,46	10,5	47,914	σκαλα						
Τα	A	3,2	3,1	9,92	1	9,92	1,69	8,23	0,46	21	79,502							
A	A	1,3	1,3	1,69	1	1,69		1,69	2,47	21	87,660							
Τα	B	1,8	3,1	5,58	1	5,58		5,58	1,28	21	149,990							
Δ	-	3,2	3,8	12,16	1	12,16		12,16	0,32	0	0,000							
Ο	-	3,2	3,8	12,16	1	12,16		12,16	0,314	21	80,183							
SUM	-5							55,56			397,336		0,341	15	437,069	370,677	807,746	



Επίπεδο 2 χώρος 7 Κουζίνα-Καθιστικό Α

Είδος επιφάνειας	προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμός επιφανειών	Συνολική επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη επιφάνεια (m ²)	Επιφάνεια υπολογισμού (m ²)	Συντελεστής κάλυψης (W/(m ² K))	Διαφορά θερμοκρασίας (°C)	Καθαρές απώλειες	παρατηρήσεις	D	Z ₀	Q _T	Q _L	Q (W)
Τα	Β	6,1	3,1	18,91	1	18,91		18,91	0,46	21	182,671						
Τα	Δ	3,45	3,1	10,695	1	10,70	3,68	7,015	0,46	21	67,765						
Α	Δ	1,6	2,3	3,68	1	3,68		3,68	2,39	21	184,699	μπα λκον					
Τα	Δ	4,25	3,1	13,175	1	13,18		13,175	0,46	21	127,271						
Α	Δ	1,2	1,3	1,56	1	1,56		1,56	2,6	21	85,176	πα ρα					
Α	Δ	1	2,3	2,3	1	2,30		2,3	4,5	21	217,350	πο ρτ					
Τα	Ν	3	3,1	9,3	1	9,30		9,3	0,46	21	89,838						
Τα	Ν	1,6	3,1	4,96	1	4,96	2,3	2,66	0,39	21	21,785						
Α	Ν	1	2,3	2,3	1	2,30		2,3	4,5	21	217,350	πο ρτα					
Δ	-	1	43,6	43,6	1	43,60		43,6	0,32	0	0,000						
Ο	-	1	43,6	43,6	1	43,60		43,6	0,314	21	287,498						
SUM	5							178,96			616,472		0,164	20	770,59	711,007	1481,597



Επίπεδο 2 χώρος 8 Κουζίνα-Καθιστικό Β

Είδος επιφάνειας	προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμός επιφανειών	Συνολική επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη επιφάνεια (m ²)	Επιφάνεια υπολογισμού (m ²)	Συντελεστής κάλυψης (W/(m ² K))	Διαφορά θερμοκρασίας (°C)	Καθαρές απώλειες	παρατηρήσεις	D	Z ₀	Q _T	Q _L	Q (W)
Τα	Β	5,4	3,1	16,74	1	16,74	2,3	14,44	0,39	10,5	59,132	σκαλα ΜΟΧ					
Α	Β	1	2,3	2,3	1	2,30		2,3	4,5	10,5	108,675	πορτ α ΜΟΧ					
Τα	Δ	4,7	3,1	14,57	1	14,57	5,29	9,28	0,46	21	89,645						
Α	Δ	2,3	1,3	2,99	1	2,99		2,99	2,31	21	145,045	παρ αθυ					
Α	Δ	1	2,3	2,3	1	2,30		2,3	4,5	21	217,350	πορ τα					
Τα	Ν	7,8	3,1	24,18	1	24,18		24,18	0,46	21	233,579						
Δ	-	1	37,79	37,79	1	37,79		37,79	0,32	0	0,000						
Ο	-	1	37,79	37,79	1	37,79		37,79	0,314	21	249,187						
SUM	-5							153,08			845,161		0,263	20	971,935	769,225	1741,160



Επίπεδο 2 χώρος 9 λουτρό α

Είδος επιφάνειας	προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμός επιφανειών	Συνολική επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη επιφάνεια (m ²)	Επιφάνεια υπολογισμού (m ²)	Συντελεστής κάλυψης (W/(m ² K))	Διαφορά θερμοκρασίας (°C)	Καθαρές απώλειες	παρατηρήσεις	D	Z _D	Q _T	Q _L	Q (W)	
Τα	B	2,2	3,1	6,82	1	6,82	0,54	6,28	0,46	21	60,665							
A	B	0,9	0,6	0,54	1	0,54		0,54	4,5	21	51,030	πα ρα θυ ρο						
Δ	-	1,9	2,2	4,18	1	4,18		4,18	0,32	0	0,000							
Ο	-	1,9	2,2	4,18	1	4,18		4,18	0,314	21	27,563							
SUM	5							33,78			139,258		0,196	20	174,072	263,841	437,913	

Συνολικές θερμικές απώλειες κτιρίου		
	χώρος	θερμικές απώλειες (W)
επίπεδο 1 διαμέρισμα 1A	Υπνοδωμάτιο 1A	1226,676
	Υπνοδωμάτιο 2A	1028,945
	Αποθήκη A	112,667
	Λουτρό A	437,803
	Κουζίνα-Καθιστικό A	1480,452
επίπεδο 1 διαμέρισμα 1B	Υπνοδωμάτιο 1B	807,466
	Υπνοδωμάτιο 2B	1125,701
	Λουτρό B	491,566
	Κουζίνα-Καθιστικό B	1740,248
επίπεδο 2 διαμέρισμα 2A	Υπνοδωμάτιο 1A	1159,624
	Υπνοδωμάτιο 2A	1029,286
	Αποθήκη A	112,731
	Λουτρό A	437,913
	Κουζίνα-Καθιστικό A	1481,597
επίπεδο 2 διαμέρισμα 2B	Υπνοδωμάτιο 1B	807,746
	Υπνοδωμάτιο 2B	1126,016
	Λουτρό B	491,688
	Κουζίνα-Καθιστικό B	1741,960
Συνολικές θερμικές απώλειες κτιρίου		16840,08



2 ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ

2.1 Γενική περιγραφή

Το εσωτερικό ενός κτιρίου κερδίζει θερμότητα από διάφορες πηγές. Εάν η θερμοκρασία και η υγρασία του αέρα στα δωμάτια πρέπει να διατηρηθούν σε επίπεδα συνθηκών άνεσης, θερμότητα πρέπει να αφαιρεθεί για να αντισταθμίσει τα κέρδη θερμότητας. Το καθαρό ποσό θερμότητας που αφαιρείται, ονομάζεται ψυκτικό φορτίο. Το ψυκτικό φορτίο είναι η βάση για την επιλογή του κατάλληλου μεγέθους εξοπλισμού ψύξης, των σωληνώσεων, και των αγωγών.

Ως ψυκτικό φορτίο ορίζεται δηλαδή, το ποσό της θερμότητας, το οποίο πρέπει να αφαιρεθεί από το κτίριο, ώστε να διατηρείται στους διάφορους χώρους η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία ή οι οποιεσδήποτε άλλες ειδικές απαιτήσεις που έχουν επιλεγεί, όταν στο εξωτερικό περιβάλλον επικρατούν οι συνθήκες σχεδιασμού θέρους.

Το ψυκτικό φορτίο χώρου δεν ταυτίζεται με το θερμικό φορτίο χώρου σε δεδομένη χρονική στιγμή. Υπάρχει χρονική καθυστέρηση μεταξύ της χρονικής στιγμής εισροής του θερμικού κέρδους και της χρονικής στιγμής μεταφοράς του στο χώρο ως ψυκτικό φορτίο. Επίσης, ένα μέρος των θερμικών κερδών μεταφέρεται μέσω δομικών στοιχείων στο περιβάλλον και δεν εμφανίζεται ποτέ ως ψυκτικό φορτίο.

2.1.1.1 Βασικές απαιτήσεις συστήματος.

Ένα σύστημα κλιματισμού πρέπει να μπορεί:

A. να καλύπτει τις ημερήσιες και ετήσιες διακυμάνσεις τόσο των εξωτερικών φορτίων(θερμοκρασία, υγρασία, ανεμόπτωση και ηλιακή ακτινοβολία) όσο και των εσωτερικών φορτίων(άνθρωποι, φώτα, μηχανήματα και συσκευές).

B. να καλύπτει τόσο τα μέγιστα φορτία όσο και τα μερικά φορτία θέρμανσης και ψύξης(αισθητά και λανθάνοντα).

Γ. να εξασφαλίζει τον απαραίτητο αερισμό χωρίς ανεπιθύμητα ρεύματα ή δημιουργία υπερβολικού θορύβου και κραδασμών.

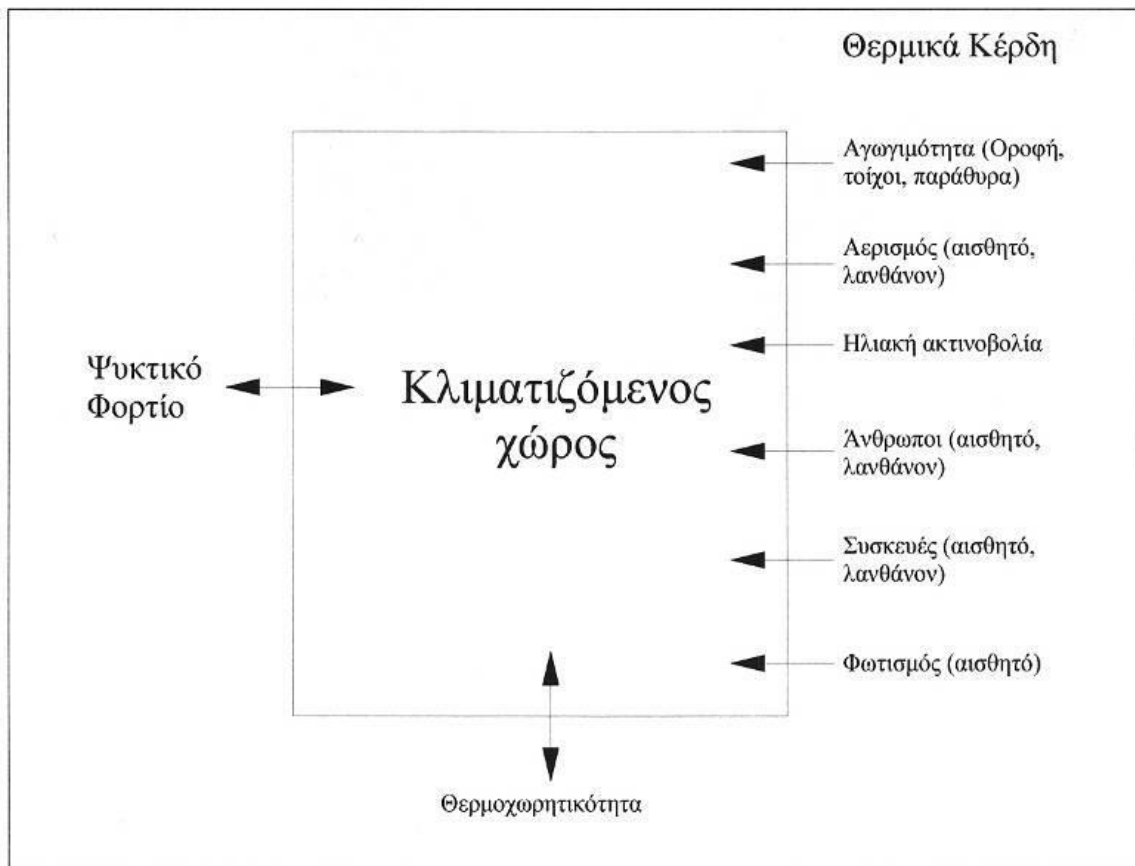
2.2 Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων

Τα ψυκτικά φορτία είναι απαραίτητο να υπολογίζονται, για να γίνει δυνατή η επιλογή των μηχανημάτων της εγκατάστασης κλιματισμού. Οι μεταβλητές οι οποίες επηρεάζουν τους υπολογισμούς ψυκτικών φορτίων είναι πάρα πολλές, συνήθως είναι δύσκολο να ορισθούν με ακρίβεια και πάντοτε σχετίζονται μεταξύ τους με πολύπλοκο τρόπο.

Πολλές συνιστώσες του ψυκτικού φορτίου μεταβάλλονται ως προς το εύρος της τιμής τους κατά τη διάρκεια του 24ώρου. Επειδή αυτές οι περιοδικές μεταβολές των συνιστωσών



του φορτίου συνήθως δεν είναι ίδιες για όλες τις συνιστώσες, πρέπει να γίνεται μια ακριβής ανάλυση της κάθε συνιστώσας του ψυκτικού φορτίου, ώστε να υπολογίζεται το μέγιστο ψυκτικό φορτίο ενός κτιρίου ή μιας ζώνης του κτιρίου με τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια.



Εικόνα 3: Κλιματιζόμενος χώρος

Ο υπολογισμός των ψυκτικών φορτίων γίνεται για κάθε χώρο ενός κτιρίου ξεχωριστά. Το συνολικό ψυκτικό φορτίο κάθε χώρου Q_C αποτελείται από το αισθητό φορτίο Q_S , το οποίο μεταβάλλει τη θερμοκρασία του χώρου, και το λανθάνον φορτίο Q_L , το οποίο μεταβάλλει την υγρασία του χώρου. Το φορτίο αυτό, λόγω της περιοδικής μεταβολής των παραγόντων που το επηρεάζουν, έχει διάφορες τιμές τις διάφορες ώρες της ημέρας και φυσικά μια μέγιστη τιμή, η οποία συνήθως εξαρτάται από τον προσανατολισμό του χώρου.

Σε κάθε χώρο, εκτός από τις διάφορες πηγές θερμότητας που δημιουργούν ψυκτικό φορτίο, εισέρχεται και ένα ποσό φρέσκου εξωτερικού αέρα το οποίο δημιουργεί ένα επιπλέον αισθητό και λανθάνον φορτίο. Το φορτίο αυτό συνυπολογίζεται για τον υπολογισμό της ισχύος του ψύκτη του χώρου (εάν έχουμε τοπική κλιματιστική μονάδα) ή του ψύκτη του κτιρίου (εάν έχουμε κεντρική κλιματιστική μονάδα). Μέθοδοι υπολογισμού ψυκτικών φορτίων, είναι η μέθοδος CARRIER και η μέθοδος της ASHRAE. Γενικά όλες οι μέθοδοι υπολογισμού των ψυκτικών φορτίων έχουν την ίδια δομή όσον αφορά τους υπολογισμούς των ψυκτικών φορτίων κλιματισμού. Παρακάτω παρουσιάζεται ο υπολογισμός φορτίων με την μεθοδολογία Ashrae. Σύμφωνα με την μεθοδολογία αυτή, το ψυκτικό φορτίο (ή θερμικό κέρδος) ενός χώρου προκύπτει από το άθροισμα των φορτίων που οφείλονται στις ακόλουθες αιτίες. Οι επιμέρους θερμικές ροές που συμβάλλουν στο θερμικό κέρδος χώρων είναι οι εξής:



1. Συναγωγή, (συνδυασμός αγωγής-μεταφοράς), μέσω των εξωτερικών τοίχων, της στέγης, και των γυάλινων επιφανειών
2. Συναγωγή μέσω εσωτερικών χωρισμάτων, οροφών και πατωμάτων
3. Ηλιακή ακτινοβολία μέσω γυάλινων επιφανειών
4. Φωτισμός
5. Άνθρωποι
6. Εξοπλισμός
7. Θερμότητα από τη διείσδυση του εξωτερικού αέρα μέσω ανοιγμάτων

2.2.1 Συναγωγή μέσω των εξωτερικών τοίχων, της στέγης και των γυάλινων επιφανειών.

$$Q = U \times A \times CLTD_c \text{ [W]} \quad (2.0)$$

Όπου : Q [W] : καθαρό θερμικό κέρδος λόγω συναγωγής μέσω της στέγης, του τοίχου, ή του γυαλιού,

U [W/m² K] : γενικός συντελεστής μετάδοσης θερμότητας για τη στέγη, τον τοίχο, ή το γυαλί,

A [m²] : εμβαδόν της στέγης, του τοίχου, ή του γυαλιού,

$CLTD_c$ [K] : (διορθωμένη) διαφορά θερμοκρασίας.

Η $CLTD$ είναι μια διαφορά θερμοκρασίας που προσμετρά την αποθήκευση θερμότητας. Οι πίνακες 1 και 2 περιέχουν τις τιμές του $CLTD$ για διαφορετικές κατασκευές στεγών και τοίχων. Οι τιμές της $CLTD$ που διαβάζονται στους πίνακες 2.1 και 2.2 πρέπει να διορθωθούν ως εξής:

$$CLTD_c = [(CLTD + LM) \times K + (78 - t_R) + (t_0 - 85)] \times f \quad (2.1)$$

Όπου : $CLTD_c$: διορθωμένη τιμή του $CLTD$, [F]

$CLTD$: θερμοκρασιακή διαφορά, [F]

LM : διόρθωση για το γεωγραφικό πλάτος και το μήνα

K : διόρθωση για το χρώμα της επιφάνειας

- $K = 1.0$ για σκοτεινά χρώματα ή βιομηχανικές περιοχές
- $K = 0.5$ για ανοικτό χρώμα στέγης
- $K = 0.65$ για ανοικτό χρώμα τοίχου
- t_R = θερμοκρασία δωματίου, [F]
- t_0 = μέση εξωτερική θερμοκρασία σχεδιασμού (περιβάλλοντος), [F]
- f = διόρθωση για τον εξαερισμό οροφής (για τη στέγη μόνο)
- $f = 0.75$ για ανεμιστήρα σε σοφίτα ή ψευδοροφή, διαφορετικά $f = 1.0$.

Για την μετατροπή στο σύστημα μονάδων των υπολογισμών που ακολουθούν πολλαπλασιάζεται ο τύπος 2.1 με τον συντελεστή 0.556, ο οποίος μετατρέπει την θερμοκρασιακή διαφορά από βαθμούς F (Φαρενάιτ) σε βαθμούς K (Κέλβιν).



$$\{CLTD_{Dop_διορθ} = (CLTD_{Dop} + LM) + (25.5 - T_{in}) + (T_m - 29.4) \quad \text{σε } [^{\circ}C]\}$$

Οι ώρες που παρουσιάζονται σε όλους τους πίνακες είναι ηλιακός χρόνος, περίπου ίσος με τον τυπικό χρόνο. Συστήνεται $K = 1.0$ σε τόπους όπου τα χρώματα μπορεί να σκουρύνουν από τη ρύπανση ή άλλες αιτίες.

Σημείωση: Η σχέση (2.1) χρησιμοποιείται αυτούσια, (συμπεριλαμβανομένου και του παράγοντα f), μόνο στην περίπτωση της στέγης με τις τιμές του f που υποδεικνύονται ανωτέρω. Για τα υπόλοιπα εξωτερικά δομικά στοιχεία (τοιχούς κ.λ.π.), $f=1.0$.

Για τζάμια χρησιμοποιούνται τιμές της CLTD από τον πίνακα 5 και η εξίσωση (2.1) γίνεται:

$$CLTD_c = CLTD + (78 - t_R) + (t_0 - 85) \quad (2.2)$$

$$22,5^{\circ}C = 78 F, \quad 29,4^{\circ}C = 85 F$$

Η εσωτερική θερμοκρασία για επίτευξη συνθηκών άνεσης το καλοκαίρι είναι 78-80 F DB και η σχετική υγρασία (RH) 50%, συνήθως. Η εξωτερική θερμοκρασία σχεδιασμού εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες.

Πίνακας 2.1: Διαφορές θερμοκρασίας ψυκτικών φορτίων σε επίπεδες οροφές, [F].

ΟΡΟΦΗ No	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	ΤΙΜΕΣ -U BTU/(H* FT^2*F)	ΗΛΙΑΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ, ΩΡΕΣ																							
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	λαμαρίνα με 1 in (ή 2 in) μόνωση, βάρος 7 LB/ FT^2 (ή 2 in) μόνωση, βάρος 8 LB/ FT^2	0,213 0,124	1	-2	-3	-3	-5	-3	6	19	34	49	61	71	78	79	77	70	59	45	30	18	12	8	5	3
2	1 in ξύλο με 1 in μόνωση, βάρος 8 LB/ FT^2	0,17	6	3	0	-1	-3	-3	-2	4	14	27	39	52	62	70	74	74	70	62	51	38	28	20	14	9
3	4 in ε.κ.τσιμέντο, βάρος 18 LB/ FT^2	0,213	9	5	2	0	-2	-3	-3	1	9	20	32	44	55	64	70	73	71	66	57	45	34	25	18	13
4	2 in μ.κ.τσιμέντο με 1 in μόνωση, βάρος 29 LB/ FT^2 (ή 2 in) μόνωση	0,206 0,122	12	8	5	3	0	-1	-1	3	11	20	30	41	51	59	65	66	66	62	54	45	36	29	22	17
5	1 in ξύλο με 2 in μόνωση, βάρος 19 LB/ FT^2	0,109	3	0	-3	-4	-5	-7	-6	-3	5	16	27	39	49	57	63	64	62	57	48	37	26	19	11	17
6	6 in ε.κ.τσιμέντο, βάρος 24 LB/ FT^2	0,158	22	17	13	9	6	3	1	1	3	7	15	23	33	43	51	58	62	64	62	57	50	42	35	28
7	2.5 in ξύλο με 1 in μόνωση, βάρος 13 LB/ FT^2	0,13	29	24	20	16	13	10	7	6	6	9	13	20	27	34	42	48	53	55	56	54	49	44	39	34
8	8 in ε.κ.τσιμέντο, βάρος 31 LB/ FT^2	0,126	35	30	26	22	18	14	11	9	7	7	9	13	19	25	33	39	46	50	53	54	53	49	45	40
9	4 in μ.κ.τσιμέντο με 1 in μόνωση, βάρος 52 LB/ FT^2 (ή 2 in) μόνωση, βάρος 52 LB/ FT^2	0,2 0,12	25	22	18	15	12	9	8	8	10	14	20	26	33	40	46	50	53	53	52	48	43	38	34	30
10	2.5 ξύλο με 2 in μόνωση, βάρος 13 LB/ FT^2	0,093	30	26	23	19	16	13	10	9	8	9	13	17	23	29	36	41	46	49	51	50	47	43	39	35
11	ROOF TERRACE SYSTEM, βάρος 75 LB/ FT^2	0,106	34	31	28	25	22	19	16	14	13	13	15	18	22	26	31	36	40	44	45	46	45	43	40	37
12	6 in μ.κ.τσιμέντο με 1 in μόνωση, βάρος 75 LB/ FT^2 (ή 2 in) μόνωση	0,192 0,117	31	28	25	22	20	17	15	14	14	16	18	22	26	31	36	40	43	45	45	44	42	40	37	34
13	4 in ξύλο με 1 in μόνωση, βάρος 17 LB/ FT^2 (ή 2 in) μόνωση, βάρος 18 LB/ FT^2	0,106 0,078	38	36	33	30	28	25	22	20	18	17	16	17	18	21	24	28	32	36	38	41	43	43	42	40



Πίνακας 2.2: Διαφορές θερμοκρασίας ψυκτικού φορτίου για τον υπολογισμό φορτίων για ηλιαζόμενους τοίχους.

	Ηλιακός Χρόνος σε ώρες																								Ωρα			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Μέγιστου CLTD	Ελάχιστο CLTD	Μέγιστο CLTD	Διαφορά CLTD
Ομάδα Τοίχων Α																												
B	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	2	10	14	4
BA	19	19	19	18	17	17	16	15	15	15	15	15	16	16	17	18	18	18	19	19	20	20	20	20	22	15	20	5
A	24	24	23	23	22	21	20	19	19	18	19	19	20	21	22	23	24	24	25	25	25	25	25	25	22	18	25	7
NA	24	23	23	22	21	20	20	19	18	18	18	18	18	19	20	21	22	23	23	24	24	24	24	24	22	18	26	6
N	20	20	19	18	18	17	16	15	14	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	20	20	20	20	23	14	20	6
NAΔ	25	25	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	17	17	17	17	18	19	20	22	23	24	25	25	24	17	25	8
Δ	27	27	26	26	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	18	18	18	19	20	22	23	25	26	26	1	18	27	9
BAΔ	21	21	21	20	20	19	19	18	17	16	16	15	15	14	14	14	15	15	16	17	18	19	20	21	1	14	21	7
Ομάδα Τοίχων Β																												
B	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	9	8	9	9	9	10	11	12	13	14	14	15	15	15	24	8	15	7
BA	19	18	17	16	15	14	13	12	12	13	14	15	16	17	18	19	19	20	20	21	21	21	20	20	21	12	21	9
A	23	22	21	20	18	17	16	15	15	15	17	19	21	22	24	25	26	26	27	27	26	26	25	24	20	15	27	12
NA	23	22	21	20	18	17	16	15	14	14	15	16	18	20	21	23	24	25	26	26	26	26	25	24	21	14	26	12
N	21	20	19	18	17	15	14	13	12	11	11	11	11	12	14	15	17	19	20	21	22	22	22	21	23	11	22	11
NAΔ	27	26	25	24	22	21	19	18	16	15	14	14	13	13	14	15	17	20	22	25	27	28	28	28	24	13	28	15
Δ	29	28	27	26	24	23	21	19	18	17	16	15	14	14	14	15	17	19	22	25	27	29	29	30	24	14	30	16
BAΔ	23	22	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	12	11	12	12	13	15	17	19	21	22	23	23	24	11	23	12
Ομάδα Τοίχων C																												
B	15	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	8	8	9	10	12	13	14	15	16	17	17	17	16	22	7	17	10
BA	19	17	16	14	13	11	10	10	11	13	15	17	19	20	21	22	22	23	23	23	23	20	21	20	20	10	23	13
A	22	21	19	17	15	14	12	12	14	16	19	22	25	27	29	29	30	30	30	29	28	27	26	24	18	12	30	18
NA	22	21	19	17	15	14	12	12	13	16	19	22	24	26	28	29	29	29	29	28	27	26	24	19	12	29	17	
N	21	19	18	16	15	13	12	10	9	9	9	10	11	14	17	20	22	24	24	26	25	25	24	22	20	9	26	17
NAΔ	29	27	25	22	20	18	16	15	13	12	11	11	11	13	15	18	22	26	29	32	33	33	32	31	21	11	33	22
Δ	31	29	27	25	22	20	18	16	14	13	12	12	12	13	14	16	20	24	29	32	35	35	35	33	22	12	35	23
BAΔ	25	23	21	20	18	16	14	13	11	10	10	10	10	11	12	13	15	18	22	25	27	27	27	26	22	10	27	17
Ομάδα Τοίχων D																												
B	15	13	12	10	9	7	6	6	6	6	6	7	8	10	12	13	15	17	18	19	19	19	18	16	21	6	19	13
BA	17	15	13	11	10	8	7	8	10	14	17	20	22	23	23	24	24	25	25	26	26	26	25	24	19	17	25	18
A	19	17	15	13	11	9	8	9	12	17	20	27	30	32	33	33	32	32	31	30	28	26	24	22	16	8	33	25
NA	20	17	15	11	10	8	8	10	13	17	22	26	29	31	32	32	32	31	32	28	26	24	22	17	8	32	24	
N	19	17	15	13	11	9	8	7	6	6	7	9	12	16	20	24	27	29	29	29	27	26	24	22	19	6	29	23
NAΔ	28	25	22	19	16	14	12	10	9	8	8	8	10	12	16	21	27	32	36	38	38	37	34	31	21	8	38	30
Δ	31	27	24	21	18	15	13	11	10	9	9	9	10	11	14	18	24	30	36	40	41	40	38	34	21	9	41	32
BAΔ	25	22	19	17	14	12	10	9	8	7	7	8	9	10	12	14	18	22	27	31	32	32	30	27	22	7	32	25
Ομάδα Τοίχων E																												
B	12	10	8	7	5	4	3	4	5	6	7	9	11	13	15	17	19	20	21	23	20	18	16	14	20	3	22	19
BA	13	11	9	7	6	4	5	9	15	20	24	25	25	26	26	26	26	26	25	24	22	19	17	15	16	11	26	22
A	14	12	10	8	6	5	6	11	18	26	33	36	38	37	36	34	33	32	30	28	25	22	20	17	13	5	38	33
NA	15	12	10	8	7	5	5	8	12	19	25	31	35	37	37	36	34	33	31	28	28	23	20	17	15	5	37	32
N	15	12	10	8	7	5	4	3	4	5	9	13	19	24	29	32	34	33	31	29	26	23	20	17	17	3	34	31
NAΔ	22	18	15	12	10	8	6	5	5	6	7	9	12	18	24	32	38	43	45	44	40	35	30	26	19	5	45	40
Δ	25	21	17	14	11	9	7	6	6	6	7	9	11	14	20	27	36	43	49	49	45	40	34	29	20	6	49	43
BAΔ	20	17	14	11	9	7	6	5	5	5	6	8	10	13	16	20	26	32	37	38	36	32	28	24	20	5	38	33
Ομάδα Τοίχων F																												
B	8	6	5	3	2	1	2	4	6	7	9	11	14	17	19	21	22	23	24	23	20	16	13	11	19	1	24	23
BA	9	7	5	3	2	1	5	14	23	28	30	29	28	27	27	27	27	26	24	22	19	16	13	11	11	1	30	29
A	10	7	6	4	3	2	6	17	28	38	44	45	43	39	36	34	32	30	27	24	21	17	16	12	12	2	45	43
NA	10	7	6	4	3	2	4	10	19	28	36	41	43	42	39	36	34	32	28	25	21	18	15	12	13	2	43	41
N	10	8	6	4	3	2	1	1	3	7	13	20	27	34	38	39	38	35	31	26	22	18	15	12	16	1	39	38
NAΔ	15	11	9	6	5	3	2	2	4	5	8	11	17	26	35	44	50	53	52	45	37	28	23	18	18	2	53	51
Δ	17	13	10	7	5	4	3	3	4	6	8	11	14	20	28	39	49	57	60	54	43	34	27	21	19	3	60	57
BAΔ	14	10	8	6	4	3	2	2	3	5	8	10	13	15	21	27	35	42	46	43	35	28	22	18	19	2	46	41



Πίνακας 2.3: Διόρθωση CLTD για το μήνα και τον προσανατολισμό για τοίχους και οροφές για βόρεια πλάτη.

ΠΛΑΤΟΣ	ΜΗΝΑΣ	BBA	BA	ABA	A	ANA	NA	NNA	N	ΟΡΙΖ	
		B	BBΔ	BΔ	ΔBΔ	Δ	ΔNΔ	NΔ			NNΔ
32	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	-5	-7	-10	-11	-8	-5	2	9	12	-17
	ΙΑΝ./ΝΟΕΜΒ.	-5	-7	-9	-11	-8	-4	2	9	12	-15
	ΦΕΒ./ΟΚΤ.	-4	-6	-7	-8	-4	-2	4	8	11	-10
	ΜΑΡΤ./ΣΕΠΤΕΜ.	-3	-4	-4	-4	-2	-1	3	5	7	-5
	ΑΠΡΙΛ./ΑΥΓΟΥΣΤ.	-2	-2	-1	-2	0	-1	0	1	1	-1
	ΜΑΙΟΣ/ΙΟΥΛΙΟΣ	1	1	1	0	0	-1	-1	-3	-3	1
	ΙΟΥΝΙΟΣ	1	2	2	1	0	-2	-2	-4	-4	2
	40	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	-6	-8	-10	-13	-10	-7	0	7	10
ΙΑΝ./ΝΟΕΜΒ.	-5	-7	-10	-12	-9	-6	1	8	11	-19	
ΦΕΒ./ΟΚΤ.	-5	-7	-8	-9	-6	-3	3	8	12	-14	
ΜΑΡΤ./ΣΕΠΤΕΜ.	-4	-5	-5	-6	-3	-1	4	7	10	-8	
ΑΠΡΙΛ./ΑΥΓΟΥΣΤ.	-2	-3	-2	-2	0	0	2	3	4	-3	
ΜΑΙΟΣ/ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
ΙΟΥΝΙΟΣ	1	1	1	0	1	0	0	-1	-1	2	



Πίνακας 2.4: Συνθήκες κλιματικού σχεδιασμού.

ΠΟΛΗ Η' ΠΕΡΙΟΧΗ	ΜΕΣΗ	ΜΕΣΗ	DB 1%	DB 1%	DB 2,5%	DB 2,5%
	ΗΜΕΡΙΑ	ΗΜΕΡΙΑ	ΘΕΡ/ΣΙΑ	ΘΕΡ/ΣΙΑ	ΘΕΡ/ΣΙΑ	ΘΕΡ/ΣΙΑ
	ΔΙΑΚ. (DR)	ΔΙΑΚ. (DR)	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ
	°C	F	°C	F	°C	F
ΑΓΡΙΝΙΟ	16	28,8	35,5	95,9	34,5	94,1
ΑΓΧΙΑΛΟΣ	13		34,0		32,5	90,5
ΑΘΗΝΑ(ΑΣΤΕΡΕΙΟ)	10	18,0	36,0	96,8	34,0	93,2
ΑΘΗΝΑ(ΕΛΛΗΝΙΚΟ)		0,0	34,5	94,1	33,0	91,4
ΑΘΗΝΑ(Ν.ΦΙΛΩΦΕΙΑ)	12	21,6	36,5	97,7	35,0	95,0
ΑΘΗΝΑ(ΤΑΤΟΙ)	12	21,6	35,5	95,9	34,0	93,2
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗ	12	21,6	33,5	92,3	32,0	89,6
ΑΡΑΞΟΣ	12	21,6	34,5	94,1	33,5	92,3
ΑΡΓΟΣΤΟΛΙ	11	19,8	31,5	88,7	30,0	86,0
ΕΛΕΥΣΙΝΑ	10	18,0	36,0	96,8	34,5	94,1
ΖΑΚΥΝΘΟΣ	8	14,4	33,0	91,4	31,5	88,7
ΗΡΑΚΛΕΙΟ	7	12,6	32,5	90,5	31,0	87,8
ΘΕΣ/ΝΙΚΗ(ΠΑΝΜΙΟ)	11	19,8	35,0	95,0	34,0	93,2
ΘΕΣ/ΝΙΚΗ(ΜΙΚΡΑ)	14	25,2	34,5	94,1	33,0	91,4
ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	8	14,4	35,0	95,0	33,5	92,3
ΙΩΑΝΝΙΝΑ	17	30,6	34,5	94,1	33,0	91,4
ΚΑΛΑΜΑΤΑ	14	25,2	34,5	94,1	32,5	90,5
ΚΕΡΚΥΡΑ	14	25,2	33,5	92,3	32,5	90,5
ΚΟΖΑΝΗ	16	28,8	33,5	92,3	32,0	89,6
ΚΟΜΟΤΗΝΗ	13	23,4	33,5	92,3	32,5	90,5
ΚΟΡΙΝΘΟΣ	10	18,0	33,5	92,3	32,0	89,6
ΛΑΜΙΑ	11	19,8	36,0	96,8	34,0	93,2
ΛΑΡΙΣΑ	16	28,8	37,0	98,6	35,0	95,0
ΛΗΜΝΟΣ	8	14,4	31,0	87,8	30,0	86,0
ΜΥΤΙΛΗΝΗ	9	16,2	33,0	91,4	31,5	88,7
ΝΑΞΟΣ	6	10,8	29,5	85,1	28,5	83,3
ΠΕΙΡΑΙΑΣ	7	12,6	33,5	92,3	32,0	89,6
ΡΟΔΟΣ	11	19,8	34,0	93,2	33,0	91,4
ΣΑΜΟΣ	7	12,6	33,0	91,4	31,5	88,7
ΣΕΡΡΕΣ	14	25,2	34,5	94,1	33,0	91,4
ΣΚΥΡΟΣ	6	10,8	30,5	86,9	29,5	85,1
ΣΟΥΔΑ	9	16,2	35,0	95,0	33,0	91,4
ΤΑΝΑΓΡΑ	14	25,2	36,0	96,8	34,5	94,1
ΤΡΙΠΟΛΗ	16	28,8	34,0	93,2	32,5	90,5
ΦΛΩΡΙΝΑ	14	25,2	33,0	91,4	31,5	88,7



2.2.2 Συναγωγή μέσω εσωτερικών χωρισμάτων, οροφών και πατωμάτων.

Η θερμότητα που ρέει από εσωτερικούς (τυχόν) μη κλιματιζόμενους χώρους στους κλιματιζόμενους, μέσω χωρισμάτων, πατωμάτων και οροφών μπορεί να βρεθεί από την εξίσωση:

$$Q = U \times A \times TD \quad [W] \quad (2.3)$$

Όπου : Q [W] : ρυθμός μετάδοσης θερμότητας μέσω χωρίσματος, πατώματος, ή οροφής,
 U [W/m² K] : γενικός συντελεστής μετάδοσης θερμότητας για τα χωρίσματα, τα πατώματα, ή την οροφή,
 A [m²] : εμβαδόν του χωρίσματος, του πατώματος, ή της οροφής,
 TD [K] : διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ μη κλιματιζόμενου και κλιματιζόμενου χώρου

Εάν η θερμοκρασία του μη κλιματιζόμενου χώρου δεν είναι γνωστή, μια συχνά χρησιμοποιούμενη προσέγγιση είναι να υποθέσουμε ότι είναι κατά 5F χαμηλότερη από την θερμοκρασία περιβάλλοντος. Χώροι με πηγές θερμότητας, όπως λεβητοστάσια, μπορούν να είναι σε ακόμα υψηλότερη θερμοκρασία.

2.2.3 Ηλιακή ακτινοβολία μέσω γυάλινων επιφανειών

Η ακτινοβολούμενη ενέργεια από τον ήλιο περνά μέσω των διαφανών υλικών όπως το γυαλί και γίνεται θερμικό κέρδος για το δωμάτιο. Η τιμή της μεταβάλλεται με το χρόνο, τον προσανατολισμό, τη σκίαση, και την επίδραση αποθήκευσης. Το καθαρό θερμικό κέρδος μπορεί να βρεθεί από την ακόλουθη εξίσωση:

$$Q = SHGF \times A \times SC \times CLF \quad [W] \quad (2.4)$$

Όπου : Q [W] : καθαρό ηλιακό θερμικό κέρδος ακτινοβολίας μέσω του γυαλιού,
 $SHGF$ [W/m²] : μέγιστος παράγοντας ηλιακού θερμικού κέρδους,
 A [m²] : εμβαδόν του τζαμιού,
 SC : συντελεστής σκίασης
 CLF : παράγοντας ψυκτικού φορτίου για το τζάμι

Ο μέγιστος παράγοντας ηλιακού θερμικού κέρδους (SHGF) είναι το μέγιστο ηλιακό θερμικό κέρδος μέσω μονού καθαρού τζαμιού πάχους 1/8 in σε ένα δεδομένο μήνα, προσανατολισμό, και γεωγραφικό πλάτος. Οι τιμές παρουσιάζονται στον πίνακα 2.5 για την εικοστή πρώτη ημέρα κάθε μήνα. Για διαφορετικούς τύπους τζαμιών από το προαναφερθέν (1/8") καθώς και χρήση μηχανισμών σκίασης χρησιμοποιείται ο συντελεστής SC, τιμές του οποίου δίνονται στον πίνακα 2.6. Ο παράγοντας CLF περιέχει την αποθήκευση μέρους του ηλιακού θερμικού κέρδους.



Πίνακας 2.5: Μέγιστοι συντελεστές κέρδος ηλιακής θερμότητας για το γυαλί, Btu/hr ft².

	40 ΜΟΙΡΕΣ									
	B	BBA	BA	ABA	A	ANA	NA	NNA	N	ΟΡΙΖ.
	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	20	20	20	74	154	205	241	252	254
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	24	24	50	129	185	234	245	244	241	180
ΜΑΡΤΙΟΣ	29	29	93	169	218	238	236	216	206	223
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	34	71	140	190	224	223	203	170	154	252
ΜΑΙΟΣ	37	102	165	202	220	208	175	133	113	265
ΙΟΥΝΙΟΣ	48	113	172	205	216	199	161	116	95	267
ΙΟΥΛΙΟΣ	38	102	163	198	216	203	170	129	109	262
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	35	71	135	185	216	214	196	165	149	247
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	30	30	87	160	203	227	225	209	200	215
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	25	25	49	123	180	225	238	236	234	177
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	20	20	20	73	151	201	237	248	250	132
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	18	18	18	60	135	188	232	249	253	113

Πίνακας 2.6: Συντελεστής σκίασεως SC για τζάμια με ή χωρίς εσωτερική σκίαση από βενετικά στόρια ή ρολλά σκίασης.

Τύπος γυαλιού	Όνομαστικό Πάχος σε in	Ηλιακή Μεταβίβαση	Χωρίς Εσωτερική Σκίαση h _e =4,0	Τύπος Εσωτερικής Σκίασης					
				Βενετικά Στόρια		Ρολλά Σκίασης			
				Μέτρια	Άνοιχτά	Αδιαφανή	Ημιαδιαφανή	Άνοιχτά	
ΜΟΝΟ ΤΖΑΜΙ	Μονό Καθαρό	3/32 to 1/4	0,87-0,80	1,00					
	Καθαρό	1/4 to 1/2	0,80-0,71	0,94					
	Καθαρό	3/8	0,72	0,90					
	Καθαρό	1/2	0,67	0,87	0,64	0,55	0,59	0,25	0,39
	Καθαρό Πρότυπα	1/8 to 9/32	0,87-0,79	0,83					
	Πρότυπα απορροφητικά θερμότητας	1/8		0,83					
	Απορροφητικά θερμότητας	3/16 to 1/4	0,46	0,69					
	Πρότυπα απορροφητικά θερμότητας	3/16 to 1/4		0,69	0,57	0,53	0,44	0,3	0,36
	Βαμμένα ελαφρώς	1/8 to 7/32	0,59-0,45	0,69					
	Απορροφητικά θερμότητας ή πρότυπα		0,44-0,30	0,60	0,54	0,52	0,4	0,28	0,32
	Απορροφητικά θερμότητας πρότυπα	ή		0,44-0,30					
	Τζάμια αντανάκλαστικά βαμμένα	1/2	0,24	0,53	0,42	0,4	0,36	0,28	0,32
			0,30	0,25	0,23				
			0,40	0,33	0,29				
			0,50	0,42	0,38				
			0,60	0,5	0,44				
ΔΙΠΛΟ ΤΖΑΜΙ	Διπλό Καθαρό έξω	3/32, 1/8	0,71*	0,88	0,57	0,51	0,6	0,25	0,37
	Καθαρό μέσα								
	Καθαρό έξω	1/4	0,61*	0,81					
	Καθαρό μέσα								
	Τζάμια απορροφητικά απ έξω		0,36*	0,55					
	Καθαρό μέσα			0,20	0,39	0,36	0,4	0,22	0,3
	Τζάμια αντανάκλαστικά βαμμένα			0,30	0,19	0,18			
			0,40	0,27	0,26				
				0,34	0,33				
Τριπλό	Καθαρό	1/4		0,71					
	Καθαρό	1/8		0,80					



2.2.4 Φωτισμός

Η εξίσωση για τον καθορισμό του κέρδους θερμότητας από το φωτισμό είναι:

$$Q = W \times BF \times CLF \text{ [W]} \quad (2.5)$$

Όπου : Q [W] : καθαρό θερμικό κέρδος από το φωτισμό,
 W [W] : ισχύς φωτισμού,
 BF : παράγοντας τύπου φωτισμού
 CLF : παράγοντας φορτίου ψύξης για το φωτισμό

Ο όρος W είναι η ισχύς των φώτων σε Watt. Ο παράγοντας BF είναι 1.25 για φωτισμό φθορισμού. Για τους λαμπτήρες πυρακτώσεως $BF = 1.0$. Στο φορτίο των λαμπτήρων φθορισμού θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η θερμότητα που εκλύεται από τα όργανα αφής των λαμπτήρων αυτών, η οποία συνήθως ανέρχεται στα 25% της θερμότητας που εκλύεται από τους λαμπτήρες.

Ο παράγοντας CLF προσμετρά την αποθήκευση μέρους του κέρδους της θερμότητας φωτισμού. Η επίδραση αποθήκευσης εξαρτάται από το πόση ώρα ο φωτισμός και το σύστημα ψύξης βρίσκονται σε λειτουργία, από το είδος κατασκευής του κτιρίου, τον τρόπο ανάρτησης φωτισμού και το ρυθμό εξαερισμού. Συνήθως $CLF=1.0$.

2.2.5 Άνθρωποι

Το θερμικό κέρδος από τους ανθρώπους αποτελείται από δύο μέρη, την αισθητή θερμότητα και τη λανθάνουσα, ως αποτέλεσμα κυρίως της εφίδρωσης αλλά και τις συνθήκες(θερμοκρασία, υγρασία) του χώρου. Οι εξισώσεις για τα αισθητά και λανθάνοντα θερμικά κέρδη είναι:

$$Q_s = q_s \times n \times CLF \quad (2.6)$$

$$Q_l = q_l \times n \quad (2.7)$$

Όπου : Q_s, Q_l [W] : αισθητά και λανθάνοντα θερμικά κέρδη,
 q_s, q_l [W] : αισθητά και λανθάνοντα θερμικά κέρδη ανά άτομο,
 n : αριθμός ανθρώπων,
 CLF : παράγοντας ψυκτικού φορτίου για τους ανθρώπους

Το θερμικό κέρδος από τους ανθρώπους εξαρτάται από τη σωματική τους δραστηριότητα. Ο πίνακας 2.8 απαριθμεί τιμές για ορισμένες χαρακτηριστικές δραστηριότητες για θερμοκρασία δωματίου 78 F DB. Ο παράγοντας αποθήκευσης θερμότητας CLF ισχύει για το κέρδος αισθητής θερμότητας από τους ανθρώπους. Εάν το σύστημα κλιματισμού κλείνει τη νύχτα, $CLF = 1.0$. Ο πίνακας 2.9 περιέχει τιμές CLF για τους ανθρώπους.



Πίνακας 2.7: Θερμικό κέρδος λόγω ανθρώπων σε κλιματιζόμενο χώρο.

ΒΑΘΜΟΣ ΔΡΑΣΤΗΡ.	Τυπικές Περιπτώσεις	Ολ.Θερμ.Ενηλίκων Ανδρών			Ολ.Θερμότητα			Αισθητή Θερμότητα			Λανθάνουσα Θερμότητα		
		Watts	Btuh	Kcal/hr	Watts	Btuh	Kcal/hr	Watts	Btuh	Kcal/hr	Watts	Btuh	Kcal/hr
Καθισμένα αναπαυτικά Καθισμένα και μετρίως εργαζόμενα	Κινηματοθέατρα	115	400	100	100	350	90	60	210	55	40	140	30
	Γραφεία, ξενοδοχεία	140	480	120	120	420	105	65	230	55	55	190	50
Καθισμένα τρώγωντας	Εσπατόρια	150	520	130	170	580c	145	75	255	60	55	325	80
Εργασία γραφείου Άτομα όρθια ή βαδίζοντα με βραδυό ρυθμό	Γραφεία, ξενοδοχεία	185	640	160	150	510	130	75	255	60	75	255	65
	Καταστήματα, τράπεζες	235	800	200	185	640	160	90	315	80	95	325	80
Ελαφριά εργασία Βόδισμα 5Κμ/η και ελαφριά εργασία	Εργοστάσια	255	880	220	230	780	195	100	345	90	130	435	110
	Εργοστάσια	305	1040	260	305	1040	260	100	345	90	205	695	170
Μπόουλινγκ	Χώρος Μπόουλινγκ	350	1200	300	280	960	240	100	345	90	180	615	150
Μοντέρνος χώρος Βαριά εργασία, και έντονη προσπάθεια	Dance hall	400	1360	340	375	1280	320	120	405	100	255	875	220
	Εργοστάσια	470	1600	400	470	1600	400	165	565	140	300	1035	260
Γυμναστική	Γυμναστήρια	585	2000	500	525	1800	450	185	635	160	340	1165	290

Πίνακας 2.8: Παράγοντας ψυκτικών φορτίων αισθητής θερμότητας για ανθρώπους.

Συνολικές ώρες στο χώρο	Ώρες μετά από κάθε είσοδο στο χώρο																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	0.49	0.58	0.17	0.13	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
4	0.49	0.59	0.66	0.71	0.27	0.21	0.16	0.14	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01
6	0.50	0.60	0.67	0.72	0.78	0.79	0.34	0.26	0.21	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03
8	0.51	0.61	0.67	0.72	0.78	0.80	0.82	0.84	0.38	0.30	0.25	0.21	0.18	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04
10	0.53	0.62	0.69	0.74	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.42	0.34	0.28	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06
12	0.55	0.64	0.70	0.75	0.79	0.81	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.45	0.38	0.30	0.25	0.21	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08
14	0.58	0.66	0.72	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.47	0.38	0.31	0.26	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11
16	0.62	0.70	0.75	0.79	0.82	0.85	0.87	0.88	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.49	0.39	0.33	0.28	0.24	0.20	0.18	0.16
18	0.66	0.74	0.79	0.82	0.85	0.87	0.89	0.90	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.50	0.40	0.33	0.28	0.24	0.21

Πίνακας 2.9: Φορτίο από ανθρώπους.(σε κάθε δωμάτιο της πολυκατοικίας που εξετάζεται προστίθεται και αυτό το φορτίο στο συνολικό φορτίο του χώρου).

αριθμός ατόμων (n)	βαθμός δραστηριότητας	θερμοκρασία χώρου (°C)	qs (W)	ql (W)	Αισθητή θερμότητα Qs (W)	Λανθάνουσα θερμότητα Ql (W)	Q (W)
4	καθισμένα αναπαυτικά	27	60	45	240	180	420



2.2.6 Εξοπλισμός-συσκευές

Κάθε ηλεκτρική συσκευή που λειτουργεί στον κλιματιζόμενο χώρο δίνει ένα ψυκτικό φορτίο που είναι ανάλογο με την ισχύ της ηλεκτρικής συσκευής. Τα προστιθέμενα στο χώρο ψυκτικά φορτία από ηλεκτρικές συσκευές είναι αισθητά και λανθάνοντα. Συνήθως στα μηχανήματα υπάρχει σημαντικός ετεροχρονισμός και λειτουργία υπό μερικό φορτίο, παράγοντες που μειώνουν αισθητά το φορτίο ψύξης. Ακόμη μπορούμε να έχουμε σημαντική μείωση της εκλούμενης από ένα μηχανήμα θερμότητας αν προβλεφθεί σε αυτό τοπική απαγωγή του αέρα με κατάλληλο στόμιο ή χοάνη.

Η ισοκατανομή ενός φορτίου στις 24 ώρες της ημέρας, μπορεί να προκύψει βάσει της σχέσης:

$$q = (N / 24) \times P \quad (2.8)$$

Όπου : N είναι οι ώρες ημερήσιας λειτουργίας και P η ισχύς του μηχανήματος. (Βέβαια η απόλυτη ισοκατανομή δεν μπορεί ποτέ να συμβεί στην πράξη, και για αυτό θα πρέπει πάντοτε να γίνεται μία προσαύξηση, τουλάχιστον κατά 50%.)

2.2.7 Αερισμός

Τα φορτία αυτά αφορούν την ποσότητα του μη κλιματισμένου αέρα που εισέρχεται στο χώρο είτε άμεσα, με το ίδιο το σύστημα κλιματισμού, είτε έμμεσα, με διείσδυση από τις χαραμάδες των ανοιγμάτων (παράθυρα, πόρτες κλπ). Το φορτίο αυτό μπορεί να είναι σημαντικό ανάλογα με τις απαιτήσεις αερισμού του χώρου. (Ο υπολογισμός του φορτίου αερισμού πρέπει να υπολογίζεται πάντα εκτός εάν η ποσότητα του αέρα που προσάγεται στο χώρο είναι επαρκής για να εμποδίσει πλήρως το φαινόμενο της διείσδυσης.)

2.2.7.1 Θερμικά φορτία από είσοδο ψυχρού αέρα περιβάλλοντος

Όσο καλή και αν είναι η ποιότητα της κατασκευής των ανοιγμάτων (πόρτες, παράθυρα) ενός κτιρίου, δεν μπορεί να αποφευχθεί η είσοδος στο θερμαινόμενο χώρο κάποιας ποσότητας εξωτερικού αέρα, του οποίου η θερμοκρασία είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία του χώρου και ίδια με εκείνη του περιβάλλοντος. Το ποσό της θερμότητας που απαιτείται για να θερμανθεί ο εισερχόμενος αέρας και να φτάσει στη θερμοκρασία του θερμαινόμενου χώρου, θα πρέπει να υπολογιστεί, ώστε η παρεχόμενη θερμότητα στο συγκεκριμένο χώρο, να καλύπτει την πρόσθετη αυτή απαίτηση για τη θέρμανση του εισερχόμενου από τις χαραμάδες ψυχρού αέρα. Το μέγεθος των θερμικών απωλειών λόγω διείσδυσης ψυχρού αέρα από τις χαραμάδες των ανοιγμάτων, εξαρτάται:



- Από το μήκος των χαραμάδων των θυρών και παραθύρων.
- Από τη ποιότητα κατασκευής των θυρών και των παραθύρων (αν κλείνουν καλά ή αφήνουν μεγάλα περιθώρια εισόδου εξωτερικού αέρα).
- Από τη θέση του ανοίγματος (σε προστατευόμενη θέση από άλλα κτίρια, σε ελεύθερη θέση ή σε άκρως προσβαλλόμενη θέση).
- Από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.
- Από την ένταση και τη διεύθυνση των ανέμων της περιοχής.

Οι απώλειες θερμότητας από τη διείσδυση αέρα υπολογίζονται χρησιμοποιώντας ειδικούς πίνακες που δίνουν τους συντελεστές απωλειών θερμότητας από διείσδυση αέρα περιβάλλοντος.

Μια εκτίμηση του αέρα διείσδυσης από τις χαραμάδες των ανοιγμάτων (πόρτες και παράθυρα) ενός θερμαινόμενου χώρου δίνει η παρακάτω σχέση:

$$Q = V \times N_{ac} / 3,6 \quad (2.9)$$

Όπου : Q [L/s] : Ο αέρας που εισέρχεται στο θερμαινόμενο χώρο,

V [m³] : Ο όγκος του θερμαινόμενου χώρου,

N_{ac} : Ο αριθμός των αλλαγών ανά ώρα του αέρα του θερμαινόμενου χώρου.

Ο αριθμός 3,6 στον παρονομαστή είναι για τη μετατροπή των m³/h στην τυπική μονάδα παροχής στο σύστημα SI που είναι το L/s.

Σχετικά με τη στεγανότητα του κτιρίου, ενδεικτικές περιπτώσεις επιλογής είναι:

- Χαμηλή : Απλά ξύλινα κουφώματα ή αλουμινίου χωρίς καλή στεγανοποίηση. Παλαιά κτίρια (άνω των 20 ετών) με χαμηλό επίπεδο συντήρησης. Ύπαρξη τζακιού χωρίς τάμπερ κλεισίματος της καμινάδας.
- Μεσαία : Κουφώματα με καλή στεγανοποίηση, από αλουμίνιο ή ξύλο. Κτίρια 10-20 ετών με μέτριο επίπεδο συντήρησης. Μονοκατοικίες με κουφώματα επιμελημένης κατασκευής. Ύπαρξη τζακιού με τάμπερ κλεισίματος της καμινάδας.
- Υψηλή : Μόνο για διαμερίσματα και χώρους σε μεγάλα κτίρια, που έχουν εμβαδόν το πολύ μέχρι 140 m², χωρίς τζάκι, με επιμελημένης κατασκευής στεγανά κουφώματα. Οι μονοκατοικίες και γενικότερα τα πανταχόθεν ελεύθερα οικήματα ουδέποτε εντάσσονται σε αυτήν την κατηγορία. Προφανώς, η πλέον συνηθισμένη περίπτωση είναι η Μεσαία στεγανότητα.



Περιγραφή του κτιρίου	Μονοκατοικίες, Διπλοκατοικίες και λοιπά μικρά			Μεγάλα κτίρια με δύο τουλάχιστον εκτεθειμένες			Μεγάλα κτίρια με μία μόνο εκτεθειμένη πλευρά		
	X	M	Y	X	M	Y	X	M	Y
Στεγανότητα κτιρίου X= Χαμηλή, M= Μεσαία, Y= Υψηλή									
Περιοχή που βρίσκεται το	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)(6)		(7)	(8)	(9)
(1) (Κτίρια σε ανοικτό χώρο και ψηλά κτίρια που υψίζονται πάνω από τις άλλες οικοδομές Κτίρια στην εξοχή	1.5	0.8	0.5	1.2	0.7	0.5	1.0	0.6	0.5
(2) Κτίρια στην εξοχή περιβαλλόμενα από δέντρα (οχι δάσος), ή σε περιοχές χωρίς πυκνή ανοικοδόμηση	1.1	0.6	0.5	0.9	0.6	0.5	0.7	0.5	0.5
(3) Κτίρια μέσα ύψους, σε πυκνά δομημένες περιοχές, σε κέντρα πόλεων ή κτίρια μέσα σε δάσος.	0.7	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
(4) Για κάθε περίπτωση, ελάχιστος δυνατός αριθμός ανανεώσεων του αέρα ανά ώρα					0.5				

Πίνακας 2.10: Αριθμός αλλαγών ανά ώρα λόγω αέρα διείσδυσης (Nac) βάσει του Ευρωπαϊκού προτύπου EN-832.

Για την οικία που μελετάται ο τύπος παίρνει τη μορφή:

$$Q = V \times Nac / 3,6 = 1080 \times 0,6 / 3,6 = 180 \text{ L/s}$$

2.2.7.2 Υπολογισμός των θερμικών φορτίων από τον αέρα διείσδυσης

Υπάρχουν δύο τρόποι υπολογισμού των απωλειών θερμότητας από διείσδυση αέρα περιβάλλοντος. Ο ένας τρόπος είναι με τον ψυχομετρικό χάρτη (θέρμανση με σταθερή την ειδική υγρασία. Στις εφαρμογές καθημερινής πρακτικής, οι υπολογισμοί μας γίνονται με τα στοιχεία του αέρα standard, δηλαδή του αέρα ο οποίος στην επιφάνεια της θάλασσας (υψόμετρο 0 m, ατμοσφαιρική πίεση 101,3 kPa) έχει ειδική πυκνότητα $\rho = 1,2 \text{ Kg/m}^3$ που αντιστοιχεί σε ειδικό όγκο $v = 0,833 \text{ m}^3/\text{Kg}$. Σε υψόμετρα 750, 1500 και 2250 m, ο αέρας αυτός παρουσιάζει αντίστοιχα $\rho = 1,1, 1,0$ και $0,9 \text{ kg/m}^3$ (περίπου), όπως μπορούμε να διαπιστώσουμε από τους αντίστοιχους ψυχομετρικούς χάρτες.



Η σχέση που μας δίνει το ποσό της θερμότητας από την είσοδο του νωπού αέρα, για υψόμετρο 0, είναι η εξής:

$$q_s = C_s \times Q \times \Delta t = 1,2 \times Q \times \Delta t \text{ [W]} \quad (2.10)$$

Όπου : q_s [W] : Οι απώλειες θερμότητας, το αισθητό φορτίο.

Q [L/s] : Αέρας διείσδυσης

Δt [°C] : Διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ περιβάλλοντος και θερμαινόμενου χώρου.

Ο συντελεστής «1,2» στη σχέση (2.10) είναι το γινόμενο $c_p \times \rho$ (ειδική θερμότητα του αέρα) \times (ειδική πυκνότητα του standard αέρα) = $1,0 \text{ kJ/Kg.K} \times 1,2 \text{ Kg/m}^3 = 1,2 \text{ kJ/m}^3\text{K}$.

$$q_l = C_l \times Q \times \Delta w \text{ [W]} \quad (2.11)$$

Όπου : q_l [W] : Το λανθάνον φορτίο

C_l : Σταθερός συντελεστής που για την επιφάνεια της θάλασσας έχει την τιμή 3000.

Η τιμή του C_l προκύπτει από το γινόμενο (λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης του H_2O) \times (ειδική πυκνότητα του αέρα). Π.χ. σε συνθήκες αέρα standard (δηλαδή στην επιφάνεια της θάλασσας) έχουμε $2500 \text{ kJ/kg} \times 1,2 \text{ kg/m}^3 = 3000 \text{ kJ/m}^3$.

Q [L/s] : Ο όγκος του εισερχόμενου εξωτερικού αέρα στον κλιματιζόμενο χώρο,

$\Delta w = W_o - W_i$: Η διαφορά ειδικής υγρασίας μεταξύ του αέρα περιβάλλοντος W_o και του αέρα του κλιματιζόμενου χώρου W_i . Επειδή το W δίδεται σε g/kg, αλλά στην πραγματικότητα είναι ένα μέγεθος χωρίς μονάδες (καθαρός αριθμός), διαιρείται μάζα με μάζα. Έτσι, π.χ. στους υπολογισμούς το $W = 12,5 \text{ g/kg}$, το χρησιμοποιούμε με τη μορφή $W = 0,0125$, επειδή: $12,5 \text{ g/kg} = 12,5 \text{ g} / 1000 \text{ g} = 0,0125 \text{ g/g} = 0,0125$.

Τα περισσότερα συστήματα θερινού κλιματισμού παρέχουν μηχανικό εξαερισμό με εξωτερικό αέρα, γεγονός που μειώνει ή εξαλείφει τη διείσδυση επειδή δημιουργείται έτσι υψηλότερη πίεση στο εσωτερικό του κτιρίου σε σχέση με το περιβάλλον. Στην περίπτωση αυτή ο αέρας εξαερισμού δεν αποτελεί φορτίο του εσωτερικού χώρου, αλλά φορτίο του κεντρικού συστήματος κλιματισμού. Πολλά μοντέρνα κτίρια έχουν σφραγισμένα παράθυρα και ως εκ τούτου μηδενικό κέρδος διείσδυσης, εκτός από τις εισόδους.

Για την πολυκατοικία που μελετάται:

$$q_s = C_s \times Q \times \Delta t = 1,2 \times Q \times \Delta t = 1,2 \times 180 \times (33,5 - 25,5) = 1.728 \text{ W}$$

$$q_l = C_l \times Q \times \Delta w = 3000 \times 180 \times (0,0125 - 0,0112) = 702 \text{ W}$$

$$Q_{tot} = q_l + q_s = 702 + 1.728 = 2.430 \text{ W}$$

Ακολουθούν οι πίνακες με τον αναλυτικό υπολογισμό των ψυκτικών φορτίων για την πολυκατοικία που εξετάζεται:

Επίπεδο 1 χώρος 1 υπνοδωμάτιο 1 ^Α											
1	Κέρδη συναγωγής μέσω εξωτερικής δομής						χρόνος εμφάνισης μέγιστου θερμικού κέρδους	CLTDc	k (W/(m ² K))	Q (W)	
	μήκος(m)	πλάτος(m)	εμβαδόν(m ²)	CLTD	k	LM					
βόρειος τοίχος	4,15	3,10	12,87	17,00	0,65	1,00	18,00	18,00	0,46	106,52	
νότιος τοίχος	1,80	3,10	5,58	25,00	0,65	-1,00	21, 22	24,00	0,46	61,60	
2	Κέρδη συναγωγής μέσω οροφής						χρόνος εμφάνισης μέγιστου θερμικού κέρδους	CLTDc	k (W/(m ² K))	Q (W)	
	μήκος(m)	πλάτος(m)	εμβαδόν(m ²)	CLTD	k	LM					
	4,15	3,00	12,45	24,00	1,00	2,00	21,00	26,00	0,32	103,58	
3	Ηλιακή ακτινοβολία μέσω τζαμιού						SHGF (W/(m ²))	Q (W)			
	μήκος(m)	πλάτος(m)	εμβαδόν(m ²)	SC		CLF					
Ανατολικό	1,30	2,30	2,99	1,00		0,80	681,39	1629,89			
4	Συσκευές						SHGF (W/(m ²))	Q (W)			
είδος	ισχύς (W)	ώρες ημερήσιας λειτουργίας	φορτίο συσκευών (W)	Q(W)							
τηλεόραση	100,00	2,00	8,33	16,67							
Η/Υ	100,00	2,00	8,33								
5	Φωτισμός						SHGF (W/(m ²))	Q (W)			
	ισχύς (W)	συντ. φωτισμού	αριθμός	Q(W)							
λάμπα	35,00	1,15	2	80,50							

ανατολικό	Τζάμι	
-----------	-------	--



ώρες	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
clf	0,80	0,77	0,64	0,43	0,29	0,25	0,23	0,20	0,17	0,14	0,10
Q	1629,89	1568,77	1303,91	876,07	590,84	509,34	468,59	407,47	346,35	285,23	203,74
νότιος	Τοίχος										
cltd	5,56	5,00	5,00	5,00	5,56	6,12	7,78	9,45	11,12	22,00	24,00
	4,56	4,00	4,00	4,00	4,56	5,12	6,78	8,45	10,12	11,76	12,48
Q	11,70	113,46	113,46	113,46	129,22	144,97	192,24	239,51	286,78	333,23	353,71
βόρειος	Τοίχος										
cltd	8,00	8,00	7,00	7,00	8,00	8,00	9,00	10,00	12,00	13,00	14,00
	7,42	7,42	7,06	6,99	7,42	7,42	7,78	8,15	8,87	9,23	9,59
Q	43,93	43,93	41,79	41,36	43,93	43,93	46,06	48,20	52,48	54,62	56,76
οροφή											
cltd	4,45	4,45	5,00	5,56	6,67	8,34	6,67	9,45	11,12	22,00	24,00
	6,45	6,45	7,00	7,56	8,67	10,34	8,67	11,45	13,12	17,51	18,63
Q	25,69	25,69	27,90	30,12	34,55	41,19	34,55	45,62	52,27	69,78	74,21
sum (W)	1711,21	1751,85	1487,07	1061,01	798,53	739,44	741,45	740,81	737,88	742,86	688,41
sum _{final}	1205,58										



Επίπεδο 1 χώρος 2 υπνοδωμάτιο 2 ^Α											
1	Κέρδη συναγωγής μέσω εξωτερικής δομής						χρόνος εμφάνισης μέγιστου θερμικού κέρδους	CLTD	k (W/(m ² K))	Q (W)	
	μήκος(m)	πλάτος(m)	εμβαδόν(m ²)	CLTD _c	k	LM					
ανατολικός τοίχος	3,00	3,10	9,30	28,00	0,65	1,00	21,00	29,00	0,46	124,06	
νότιος τοίχος	2,05	3,10	6,36	k=		0,39	ΔΤ κλιματιζόμενου μη κλιματιζόμενου χώρου=		8,00	19,83	
2	Κέρδη συναγωγής μέσω οροφής						χρόνος εμφάνισης μέγιστου θερμικού κέρδους	CLTD	k (W/(m ² K))	Q (W)	
	μήκος(m)	πλάτος(m)	εμβαδόν(m ²)	CLTD _c	k	LM					
	4,50	3,00	13,50	33,00	1,00	2,00	21,00	35,00	0,32	151,20	
3	Ηλιακή ακτινοβολία μέσω τζαμιού						SHGF (W/(m ²))	Q (W)			
Ανατολικό	μήκος(m)	πλάτος(m)	εμβαδόν(m ²)	SC		CLF					
	1,30	2,30	2,99	1,00		0,80	681,39			1629,89	
4	Συσκευές				Q(W)						
είδος	ισχύς (W)	ώρες ημερήσιας λειτουργίας	φορτίο συσκευών (W)								
τηλεόραση	100,00	2,00	8,33	16,67							
Η/Υ	100,00	2,00	8,33								
5	Φωτισμός				Q(W)						
	ισχύς (W)	συντ. φωτισμού	Αριθμός								
λάμπα	35,00	1,15	2,00	80,50							

ανατολικό	τζάμι										
Ώρες	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Clf	0,80	0,77	0,64	0,43	0,29	0,25	0,23	0,20	0,17	0,14	0,10
Q	1629,89	1568,77	1303,91	876,07	590,84	509,34	468,59	407,47	346,35	285,23	203,74
ανατολ.	τοιχος										
Clt	12,00	14,00	16,00	19,00	22,00	25,00	27,00	29,00	29,00	30,00	30,00
	13,00	15,00	17,00	20,00	23,00	26,00	28,00	30,00	30,00	15,37	15,37
Q	55,61	64,17	72,73	85,56	98,39	111,23	119,78	128,34	128,34	65,77	65,77
Οροφή											
Clt	8,00	8,00	9,00	10,00	12,00	15,00	12,00	17,00	20,00	22,00	24,00
	10,00	10,00	11,00	12,00	14,00	17,00	14,00	19,00	22,00	17,51	18,63
Q	43,20	43,20	47,52	51,84	60,48	73,44	60,48	82,08	95,04	75,66	80,46
sum (W)	1754,39	1701,83	1452,06	1043,59	784,26	735,20	683,41	663,52	622,00	496,43	424,17
sum _{final}	961,17										

Επίπεδο 1 χώρος 3 αποθήκη Α										
1	Κέρδη συναγωγής μέσω εξωτερικής δομής									
	μήκος(m)	πλάτος(m)	εμβαδόν(m ²)	k (W/(m ² K))			ΔΤ κλιματιζόμενου μη κλιματιζόμενου χώρου			Q (W)
ανατολικός τοίχος	1,65	3,10	5,12	0,74			8,00			30,28
2	Κέρδη συναγωγής μέσω οροφής									
	1,55	1,65	2,56	22,00	1,00	2,00	21,00	24,00	0,32	19,64
3	Φωτισμός									
	ισχύς (W)	συντ. φωτισμού	αριθμός	Q(W)						
Λάμπα	35,00	1,15	1	40,25						

Οροφή	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Clt _d	10,00	9,00	8,00	8,00	9,00	10,00	12,00	15,00	17,00	20,00	22,00
	12,00	11,00	10,00	10,00	11,00	12,00	14,00	17,00	19,00	16,40	17,51
Q	9,82	9,00	8,18	8,18	9,00	9,82	11,46	13,91	15,55	13,42	14,33
sum _{final}	504,86										




Επίπεδο 1 χώρος 4 υπνοδωμάτιο 2B										
1	Κέρδη συναγωγής μέσω εξωτερικής δομής									
	μήκος(m)	πλάτος(m)	εμβαδόν(m ²)	CLTD _c	k	LM	χρόνος εμφάνισης μέγιστου θερμικού κέρδους	CLTD	k (W/(m ² K))	Q (W)
νότιος τοίχος	3,95	3,10	12,25	25,00	0,65	- 1,00	21, 22	24,00	0,46	135,18
ανατολ. τοίχος	3,30	3,10	10,23	28,00	0,65	1,00	21,00	29,00	0,46	136,47
2	Κέρδη συναγωγής μέσω οροφής									
	3,95	3,30	13,04	22,00	1,00	2,00		24,00	0,32	100,11
3	Ηλιακή ακτινοβολία μέσω τζαμιού									
Ανατολικό	μήκος(m)	πλάτος(m)	εμβαδόν(m ²)	SC		CLF	SHGF (W/(m ²))	Q (W)		
	1,30	2,30	2,99	1,00		0,80	681,39	1629,89		
4	Συσκευές									
Είδος	ισχύς (W)	ώρες ημερήσιας λειτουργίας	φορτίο συσκευών (W)	Q(W)						
τηλεόραση	100,00	2	8,33	16,67						
Η/Υ	100,00	2	8,33							
5	Φωτισμός									
	ισχύς (W)	συντ. φωτισμού	Αριθμός	Q(W)						
Λάμπα	35,00	1,15	2	80,50						



ανατολικό	Τζάμι										
ώρες	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Clf	0,80	0,77	0,64	0,43	0,29	0,25	0,23	0,20	0,17	0,14	0,10
Q	1629,89	1568,77	1303,91	876,07	590,84	509,34	468,59	407,47	346,35	285,23	203,74
ανατολ.	Τοίχος										
Cltd	12,00	14,00	16,00	19,00	22,00	25,00	27,00	29,00	29,00	30,00	30,00
	13,00	15,00	17,00	20,00	23,00	26,00	28,00	30,00	30,00	15,37	15,37
Q	816,08	941,63	1067,18	1255,51	1443,83	1632,16	1757,71	1883,26	1883,26	965,07	965,07
νότιος	Τοίχος										
Cltd	10,00	9,00	9,00	9,00	10,00	11,00	14,00	17,00	20,00	22,00	24,00
	9,00	8,00	8,00	8,00	9,00	10,00	13,00	16,00	19,00	11,76	12,48
Q	559,67	497,48	497,48	497,48	559,67	621,85	808,41	994,96	1181,52	731,26	776,21
οροφή											
Cltd	10,00	9,00	8,00	8,00	9,00	10,00	12,00	15,00	17,00	20,00	22,00
	12,00	11,00	10,00	10,00	11,00	12,00	14,00	17,00	19,00	16,40	17,51
Q	50,05	45,88	41,71	41,71	45,88	50,05	58,40	70,91	79,25	68,42	73,05
sum	3055,69	3053,76	2910,29	2670,77	2640,22	2813,40	3093,11	3356,60	3490,38	2049,98	2018,07
sum _{final}	2535,23										



Επίπεδο 1 χώρος 5 λουτρό Β											
1	Κέρδη συναγωγής μέσω εξωτερικής δομής						χρόνος εμφάνισης μέγιστου θερμικού κέρδους	CLTD	k (W/(m ² K))	Q (W)	
	μήκος(m)	πλάτος(m)	εμβαδόν(m ²)	CLTD _c	k	LM					
ανατολικός τοίχος	2,2025	3,10	6,82	28,00	0,65	1,00	21,00	29,00	0,46	90,98	
2	Κέρδη συναγωγής μέσω οροφής						χρόνος εμφάνισης μέγιστου θερμικού κέρδους	CLTD	k (W/(m ² K))	Q (W)	
	μήκος(m)	πλάτος(m)	εμβαδόν(m ²)	CLTD _c	k	LM					
	2,20	2,20	4,84	22,00	1,00	2,00		24,00	0,32	37,17	
3	Ηλιακή ακτινοβολία μέσω τζαμιού						SHGF (W/(m ²))	Q (W)			
	μήκος(m)	πλάτος(m)	εμβαδόν(m ²)	SC	CLF						
Ανατολικό	0,90	0,60	0,54	1,00	0,80	681,39	294,36				
4	Συσκευές				Q(W)						
Είδος	ισχύς (W)	ώρες ημερήσιας λειτουργίας	φορτίο συσκευών (W)								
πιστολάκι μαλλιών	1800,00	1,00	75,00	75,00							
5	Φωτισμός				Q(W)						
	ισχύς (W)	συντ. φωτισμού	αριθμός								
Λάμπα	35,00	1,15	1	40,25							

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ Μελέτη ψύξης-θέρμανσης κατοικίας και εγκατάσταση αβαθούς γεωθερμίας	
Μουραντίδη Χρυσούλα Α.Μ 6658	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

ανατολικό	τζάμι										
Ώρες	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Clf	0,80	0,77	0,64	0,43	0,29	0,25	0,23	0,20	0,17	0,14	0,10
Q	294,36	283,32	235,49	158,22	106,71	91,99	84,63	73,59	62,55	51,51	36,80
ανατολ.	τοιχος										
Cltl	12,00	14,00	16,00	19,00	22,00	25,00	27,00	29,00	29,00	30,00	30,00
	13,00	15,00	17,00	20,00	23,00	26,00	28,00	30,00	30,00	15,37	15,37
Q	544,05	627,75	711,45	837,00	962,56	1088,11	1171,81	1255,51	1255,51	643,38	643,38
Οροφή											
Cltl	10,00	9,00	8,00	8,00	9,00	10,00	12,00	15,00	17,00	20,00	22,00
	12,00	11,00	10,00	10,00	11,00	12,00	14,00	17,00	19,00	16,40	17,51
Q	18,59	17,04	15,49	15,49	17,04	18,59	21,68	26,33	29,43	25,40	27,13
Sum	857,00	928,11	962,43	1010,71	1086,30	1198,68	1278,12	1355,43	1347,49	720,30	707,30
sum _{final}	1242,55										



Επίπεδο 1 χώρος 6 υπνοδωμάτιο 1B											
1	Κέρδη συναγωγής μέσω εξωτερικής δομής						χρόνος εμφάνισης μέγιστου θερμικού κέρδους	CLTD	k (W/(m ² K))	Q (W)	
	μήκος(m)	πλάτος(m)	εμβαδόν(m ²)	CLTD _c	k	LM					
ανατολικός τοίχος	3,20	3,10	9,92	28,00	0,65	1,00	21,00	29,00	0,46	132,33	
με ΜΟΧ	μήκος(m)	πλάτος(m)	εμβαδόν(m ²)	k (W/(m ² K))			ΔΤ κλιματιζόμενου μη κλιματιζόμενου χώρου		Q (W)		
ανατολικός τοίχος	3,20	3,10	9,92	0,39			8,00		30,95		
2	Κέρδη συναγωγής μέσω οροφής									Q (W)	
	3,20	3,80	12,16	22,00	1,00	2,00					
3	Ηλιακή ακτινοβολία μέσω τζαμιού						SHGF (W/(m ²))	Q (W)			
Ανατολικό	μήκος(m)	πλάτος(m)	εμβαδόν(m ²)	SC		CLF					
	1,30	1,30	1,69	1,00		0,80	681,39	921,24			
4	Φωτισμός- Εξοπλισμός										
είδος	ισχύς (W)	ώρες ημερήσιας λειτουργίας	φορτίο συσκευών (W)	Q(W)							
H/Y	100,00	4,0	16,67	16,67							
5	Φωτισμός										
	ισχύς (W)	συντ. φωτισμού	αριθμός	Q(W)							
λάμπα	35,00	1,15	2	80,50							



ανατολικό	Τζάμι										
Ώρες	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Clf	0,80	0,77	0,64	0,43	0,29	0,25	0,23	0,20	0,17	0,14	0,10
Q	736,99	709,36	589,60	396,13	267,16	230,31	211,89	184,25	156,61	128,97	92,12
ανατολ.	τοιίχος										
Clttd	12,00	14,00	16,00	19,00	22,00	25,00	27,00	29,00	29,00	30,00	30,00
	13,00	15,00	17,00	20,00	23,00	26,00	28,00	30,00	30,00	15,37	15,37
Q	59,32	68,45	77,57	91,26	104,95	118,64	127,77	136,90	136,90	70,15	70,15
οροφή											
Clttd	10,00	9,00	8,00	8,00	9,00	10,00	12,00	15,00	17,00	20,00	22,00
	12,00	11,00	10,00	10,00	11,00	12,00	14,00	17,00	19,00	16,40	17,51
Q	46,69	42,80	38,91	38,91	42,80	46,69	54,48	66,15	73,93	63,82	68,15
Sum	843,01	820,61	706,08	526,31	414,92	395,65	394,13	387,29	367,44	262,95	230,43
sum _{final}	778,54										



Επίπεδο 1 χώρος 7 κουζίνα-καθιστικό Α											
1	Κέρδη συναγωγής μέσω εξωτερικής δομής						χρόνος εμφάνισης μέγιστου θερμικού κέρδους	CLTD	k (W/(m ² K))	Q (W)	
	μήκος(m)	πλάτος(m)	εμβαδόν(m ²)	CLTD _c	k	LM					
βόρειος τοίχος	6,10	3,10	18,91	17,00	0,65	1,00	21, 22	18,00	0,46	156,57	
δυτικός τοίχος	7,70	3,10	23,87	35,00	0,65	1,00	21, 22	36,00	0,46	395,29	
νότιος τοίχος	3,00	3,10	9,30	25,00	0,65	-1,00	21, 22	24,00	0,46	102,67	
2	Κέρδη συναγωγής μέσω οροφής						χρόνος εμφάνισης μέγιστου θερμικού κέρδους	CLTD	k (W/(m ² K))	Q (W)	
	1,00	43,60	43,60	22,00	1,00	2,00					
3	Ηλιακή ακτινοβολία μέσω τζαμιού						χρόνος εμφάνισης μέγιστου θερμικού κέρδους	SHGF (W/(m ²))	Q (W)		
	μήκος(m)	πλάτος(m)	εμβαδόν(m ²)	SC		CLF					
δυτική μπαλκ.	1,60	2,30	3,68	1,00		0,83	681,39	2081,24			
δυτική πόρτα	1,00	2,30	2,30	1,00		0,83	681,39	1300,78			
δυτικό παράθ.	1,20	1,30	1,56	1,00		0,83	681,39	882,27			



4	Συσκευές			
Είδος	ισχύς (W)	ώρες ημερήσιας λειτουργίας	φορτία συσκευών	Q(W)
τηλεόραση	100,00	4,00	16,67	401,46
ηλ.σκούπα	2400,00	0,50	50,00	
καφετιέρα	500,00	1,00	20,83	
πλυντήριο πιάτων	500,00	1,00	20,83	
φούρνος μικρο/των	400,00	0,50	8,33	
τοστιέρα	70,00	0,50	1,46	
πλυντήριο ρούχων	500,00	2,00	41,67	
Ψυγείο	200,00	24,00	200,00	
Σίδερο	1000,00	1,00	41,67	
5	Φωτισμός			
	ισχύς (W)	συντ. φωτισμού	αριθμός	Q(W)
Λάμπα	35,00	1,15	5	201,25



δυτικό	τζάμι										
ώρες	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
clf	0,11	0,13	0,14	0,15	0,17	0,30	0,53	0,72	0,83	0,83	0,63
Q μπαλκον.	275,83	47,83	51,51	55,19	62,55	110,39	195,01	264,93	305,40	305,40	231,81
Q πόρτας	172,39	203,74	219,41	235,08	266,42	470,16	830,62	1128,39	1300,78	1300,78	987,34
Q παραθ.	116,93	138,19	148,82	159,45	180,71	318,89	563,38	765,34	882,27	882,27	669,67
βόρειος	τοιχος										
cltd	8,00	8,00	7,00	7,00	8,00	8,00	9,00	10,00	12,00	13,00	14,00
	9,00	9,00	8,00	8,00	9,00	9,00	10,00	11,00	13,00	9,23	9,59
Q	78,29	78,29	69,59	69,59	78,29	78,29	86,99	95,68	113,08	80,28	83,43
δυτικός	τοιχος										
cltd	16,00	14,00	13,00	12,00	12,00	12,00	13,00	14,00	16,00	20,00	24,00
	17,00	15,00	14,00	13,00	13,00	13,00	14,00	15,00	17,00	11,76	13,21
Q	186,66	164,70	153,72	142,74	142,74	142,74	153,72	164,70	186,66	129,12	144,99
νότιος	τοιχος										
cltd	10,00	9,00	9,00	9,00	10,00	11,00	14,00	17,00	20,00	22,00	24,00
	9,00	8,00	8,00	8,00	9,00	10,00	13,00	16,00	19,00	11,76	12,48
Q	38,50	34,22	34,22	34,22	38,50	42,78	55,61	68,45	81,28	50,31	53,40
οροφή											
cltd	10,00	9,00	8,00	8,00	9,00	10,00	12,00	15,00	17,00	20,00	22,00
	12,00	11,00	10,00	10,00	11,00	12,00	14,00	17,00	19,00	16,40	17,51
Q	167,42	153,47	139,52	139,52	153,47	167,42	195,33	237,18	265,09	228,84	244,36
sum	1036,02	820,44	816,79	835,79	922,69	1330,67	2080,66	2724,67	3134,56	2977,00	2415,00
sum _{final}	3437,70										



Επίπεδο 1 χώρος 8 κουζίνα-καθιστικό Β											
1	Κέρδη συναγωγής μέσω εξωτερικής δομής						χρόνος εμφάνισης μέγιστου θερμικού κέρδους	CLTD	k (W/(m ² K))	Q (W)	
	μήκος(m)	πλάτος(m)	εμβαδόν(m ²)	CLTD _c	k	LM					
δυτικός τοίχος	4,70	3,10	14,57	35,00	0,65	1,00	21, 22	36,00	0,46	241,28	
νότιος τοίχος	7,80	3,10	24,18	25,00	0,65	-1,00	21, 22	24,00	0,46	266,95	
με ΜΘΧ		μήκος(m)	πλάτος(m)	εμβαδόν(m ²)	k (W/(m ² K))		ΔΤ κλιματιζόμενου μη κλιματιζόμενου χώρου		Q (W)		
		5,40	3,10	16,74	0,39		8,00		52,23		
2	Κέρδη συναγωγής μέσω οροφής							24,00	0,32	406,62	
	1,00	37,79	37,79	22,00	1,00	2,00					
3	Ηλιακή ακτινοβολία μέσω τζαμιού						SHGF (W/(m ²))	Q (W)			
	μήκος(m)	πλάτος(m)	εμβαδόν(m ²)	SC		CLF					
δυτικό παράθ.	2,30	1,30	2,99	1,00		0,83	681,39	1691,01			
εξωτ. πόρτα βόρεια	1,00	2,30	2,30	1,00		0,83	151,42	289,06			
δυτική πόρτα	1,00	1,30	2,30	1,00		0,83	681,39	1300,78			



4	Συσκευές			
είδος	ισχύς (W)	ώρες ημερήσιας λειτουργίας	φορτία συσκευών	Q(W)
τηλεόραση	100,00	4,00	16,67	401,46
ηλ.σκούπα	2400,00	0,50	50,00	
καφετιέρα	500,00	1,00	20,83	
πλυντήριο πιάτων	500,00	1,00	20,83	
φούρνος μικρο/των	400,00	0,50	8,33	
τοστιέρα	70,00	0,50	1,46	
πλυντήριο ρούχων	500,00	2,00	41,67	
ψυγείο	200,00	24,00	200,00	
σίδηρο	1000,00	1,00	41,67	
5	Φωτισμός			
	ισχύς (W)	συντ. φωτισμού	αριθμός	Q(W)
λάμπα	35,00	1,15	5	201,25



Δυτικό	τζάμι										
Ώρες	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Clf	0,11	0,13	0,14	0,15	0,17	0,30	0,53	0,72	0,83	0,83	0,63
Q μπαλκον.	224,11	47,83	51,51	55,19	62,55	110,39	195,01	264,93	305,40	305,40	231,81
Q πόρτας	38,31	203,74	219,41	235,08	266,42	470,16	830,62	1128,39	1300,78	1300,78	987,34
Q παραθ.	172,39	203,74	219,41	235,08	266,42	470,16	830,62	1128,39	1300,78	1300,78	987,34
Δυτικός	τοιχος										
Clt	16,00	14,00	13,00	12,00	12,00	12,00	13,00	14,00	16,00	20,00	24,00
	17,00	15,00	14,00	13,00	13,00	13,00	14,00	15,00	17,00	11,76	13,21
Q	113,94	100,53	93,83	87,13	87,13	87,13	93,83	100,53	113,94	78,81	88,50
νότιος	τοιχος										
cltd	10,00	9,00	9,00	9,00	10,00	11,00	14,00	17,00	20,00	22,00	24,00
	9,00	8,00	8,00	8,00	9,00	10,00	13,00	16,00	19,00	11,76	12,48
Q	100,11	88,98	88,98	88,98	100,11	111,23	144,60	177,96	211,33	130,80	138,84
οροφή											
cltd	10,00	9,00	8,00	8,00	9,00	10,00	12,00	15,00	17,00	20,00	22,00
	12,00	11,00	10,00	10,00	11,00	12,00	14,00	17,00	19,00	16,40	17,51
Q	145,11	133,02	120,93	120,93	133,02	145,11	169,30	205,58	229,76	198,35	211,79
sum	793,97	777,84	794,07	822,39	915,66	1394,18	2263,98	3005,77	3461,99	3314,91	2645,62
sum _{final}	3720,55										



Επίπεδο 1 χώρος 9 λουτρό Α											
1	Κέρδη συναγωγής μέσω εξωτερικής δομής										
	μήκος(m)	πλάτος(m)	εμβαδόν(m ²)	CLTD _c	k	LM	χρόνος εμφάνισης μέγιστου θερμικού κέρδους	CLTD	k (W/(m ² K))	Q (W)	
βόρειος τοίχος	2,20	3,10	6,82	17,00	0,65	1,00	21,00	18,00	0,46	56,47	
2	Κέρδη συναγωγής μέσω οροφής										
	1,90	2,20	4,18	22,00	1,00	2,00		24,00	0,32	32,10	
3	Ηλιακή ακτινοβολία μέσω τζαμιού										
	μήκος(m)	πλάτος(m)	εμβαδόν(m ²)	SC		CLF	SHGF (W/(m ²))	Q (W)			
Βόρειο	0,90	0,60	0,54	1,00		0,80	151,42	65,41			
4	Συσκευές										
είδος	ισχύς (W)	ώρες ημερήσιας λειτουργίας	φορτίο συσκευών (W)	Q(W)							
πιστολάκι μαλλιών	1800,00	1,00	75,00	75,00							
5	Φωτισμός										
	ισχύς (W)	συντ. φωτισμού	αριθμός	Q(W)							
λάμπα	35,00	1,15	1	40,25							



Βόρειο	Τζάμι										
Ώρες	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Clf	0,48	0,56	0,63	0,71	0,76	0,80	0,82	0,82	0,79	0,80	0,84
Q	39,25	45,79	51,51	58,05	62,14	65,41	67,05	67,05	64,60	65,41	68,68
Βόρειος	Τοίχος										
Clt	8,00	8,00	7,00	7,00	8,00	8,00	9,00	10,00	12,00	13,00	14,00
	9,00	9,00	8,00	8,00	9,00	9,00	10,00	11,00	13,00	9,23	9,59
Q	28,23657	28,23	25,10	25,10	28,23	28,23	31,37	34,51	40,78	28,96	30,09
Οροφή											
Clt	10,00	9,00	8,00	8,00	9,00	10,00	12,00	15,00	17,00	20,00	22,00
	12,00	11,00	10,00	10,00	11,00	12,00	14,00	17,00	19,00	16,40	17,51
Q	16,05	14,71	13,38	13,38	14,71	16,05	18,73	22,74	25,41	21,94	23,43
Sum	83,53	88,74	89,99	96,53	105,09	109,70	117,15	124,30	130,79	116,31	122,20
sum _{final}	657,45										

Το 2^ο επίπεδο υπολογίζεται αντίστοιχα (με μόνη διαφορά τον συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής).

Συνολικά ψυκτικά φορτία κτιρίου		
	χώρος	ψυκτικά φορτία (W)
επίπεδο 1 διαμέρισμα 1A	Υπνοδωμάτιο 1A	1205,580
	Υπνοδωμάτιο 2A	961,170
	Αποθήκη A	504,860
	Λουτρό A	657,450
	Κουζίνα-Καθιστικό A	3437,700
επίπεδο 1 διαμέρισμα 1B	Υπνοδωμάτιο 1B	778,540
	Υπνοδωμάτιο 2B	2535,230
	Λουτρό B	1242,550
	Κουζίνα-Καθιστικό B	3720,550
επίπεδο 2 διαμέρισμα 2A	Υπνοδωμάτιο 1A	1203,263
	Υπνοδωμάτιο 2A	956,335
	Αποθήκη A	504,416
	Λουτρό A	656,718
	Κουζίνα-Καθιστικό A	3430,068
επίπεδο 2 διαμέρισμα 2B	Υπνοδωμάτιο 1B	776,414
	Υπνοδωμάτιο 2B	2532,951
	Λουτρό B	1241,704
	Κουζίνα-Καθιστικό B	3713,936
Συνολικές θερμικές απώλειες κτιρίου		30059,43



3 ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ

3.1 Υπολογισμός και εκλογή θερμαντικών σωμάτων

Στις συνήθεις θερμάνσεις με κοινά θερμαντικά σώματα ο προσδιορισμός της θέσεως και του τύπου των σωμάτων απαιτεί τη συνεργασία του Αρχιτέκτονα και του Μηχανολόγου Μηχανικού, αφού θα πρέπει να επιλυθούν και προβλήματα αισθητικής αλλά και καλύτερης αποδόσεως των σωμάτων. Τα θερμαντικά σώματα αποτελούν εναλλάκτες νερού-αέρα, οι οποίοι μεταδίδουν τη θερμότητα του ζεστού νερού στο περιβάλλον. Ενδεδειγμένη, από την άποψη της θερμικής αποδόσεως, είναι η τοποθέτηση των θερμαντικών σωμάτων σε εξωτερικές επιφάνειες του χώρου κοντά ή και κάτω από ανοίγματα. Τοποθετούνται κάτω από παράθυρα, οπότε αποφεύγεται η κυκλοφορία ψυχρού αέρα στο χώρο. Η θερμική ισχύς των θερμαντικών σωμάτων στο δισωλήνιο σύστημα λαμβάνεται ίση με τις θερμικές απώλειες τους.

Οι θερμαντικές αποδόσεις, τα μεγέθη όλων των σε χρήση τύπων θερμαντικών σωμάτων χαλύβδινων ή χυτοσιδερένιων ή από αλουμίνιο, καθώς και οι λεπτομέρειες εγκαταστάσεώς τους δίνονται από τους πίνακες των κατασκευαστών. Οι προϋποθέσεις που πρέπει να πληρεί η εγκατάσταση και η τοποθέτηση των θερμαντικών σωμάτων σε κάποιο χώρο, είναι: η ικανοποίηση των θερμικών απωλειών του χώρου που είναι το αποτέλεσμα της Μηχανολογικής μελέτης και η οποία πετυχαίνεται από την τοπική θερμαντική επιφάνεια του θερμαντικού σώματος-η εναρμόνιση της θερμαντικής επιφάνειας του σώματος με το χώρο μέσα στον οποίο βρίσκεται αυτό.

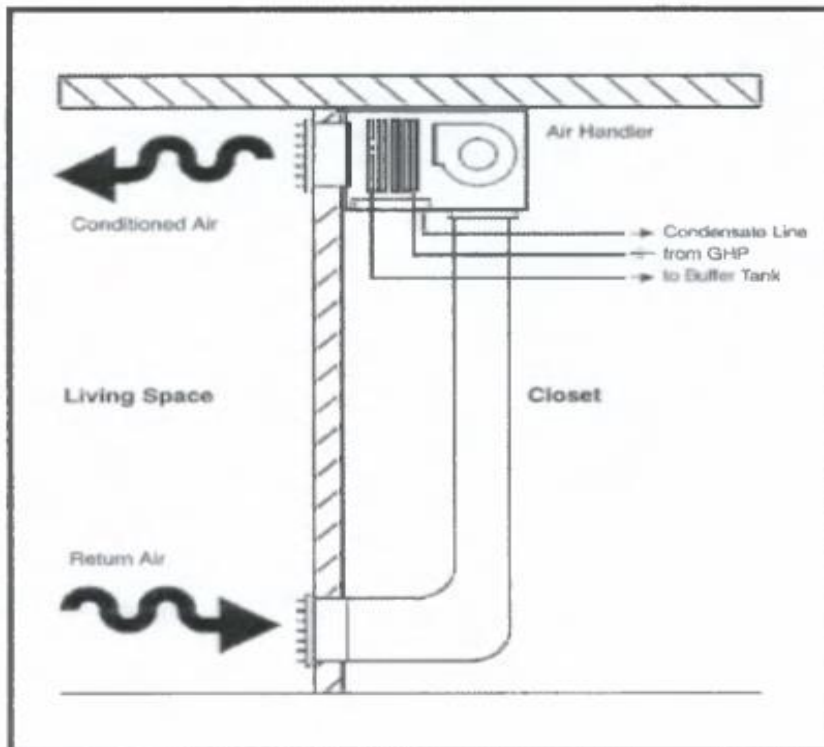
3.1.1 FAN COILS

Τα fan coils (σύστημα σωμάτων εξαναγκασμένης κυκλοφορίας) αποτελούν ένα σύστημα εσωτερικών μονάδων, οι οποίες μέσω της τροφοδοσίας τους με νερό κατάλληλης θερμοκρασίας διανέμουν τον θερμό ή ψυχρό αέρα αντίστοιχα με την ανάγκη του χώρου για θέρμανση ή ψύξη. Είναι μια διάταξη ανεμιστήρα – στοιχείου. Όπως ένα καλοριφέρ παίρνει νερό στο στοιχείο του όμως χαμηλότερης θερμοκρασίας περίπου 50 βαθμοί και με τη βοήθεια του ανεμιστήρα διανέμει τη θερμότητα στο χώρο σε αντίθεση με τα απλά σώματα που το κάνουν με συναγωγή χωρίς βεβιασμένη ροή. Πέρα από αυτή τη διαφορά παρέχει το πλεονέκτημα ότι με αντλία θερμότητας επιτυγχάνεται και ψύξη με ένα σύστημα. Ένα πλεονέκτημα επίσης είναι η αντλία θερμότητας που συνήθως επιλέγεται και για θέρμανση πλέον, όπου θεωρείται πιο οικονομική σε σχέση με το πετρέλαιο ή το φυσικό αέριο. Θέμα θορύβου δεν υπάρχει διότι όλα τα νέα fan coils (πιστοποιημένα από eurovent κτλ) στην μικρή ταχύτητα δεν ακούγονται παρά ελάχιστα. Επιπρόσθετα, παρέχεται η δυνατότητα ελέγχου θερμοκρασίας ανά δωμάτιο με θερμοστάτη και τρίοδη βάνα, που υπάρχουν στο fan coil όπως και ότι με τετρασωλήνιο μπορεί κάθε χώρος να λειτουργεί βάση των δικών του αναγκών (θέρμανση ή ψύξη). Ακόμα, με την χρήση ανεμιστήρων inverter η κατανάλωση ρεύματος μειώνεται αρκετά και είναι ανάλογη της ταχύτητας. Ως μειονέκτημα παρουσιάζεται η ανάγκη



τακτικής πλύσης ή και αλλαγής του φίλτρου καθαρισμού του στοιχείου. Μειονέκτημα μπορεί να θεωρηθεί και ο θόρυβος του ανεμιστήρα στον χώρο.

Υπάρχουν διάφορες κατασκευαστικές μορφές των τερματικών μονάδων ανάλογα με τον χώρο και την αρχιτεκτονική ή διακοσμητική άποψη (δαπέδου, δαπέδου κρυφά, καναλάτα, οροφής κτλ.)



Εικόνα 4: Σχηματική αναπαράσταση λειτουργίας fan coil

Μία κεντρική σωλήνωση που διαρρέεται από ψυχρό ή θερμό νερό διακλαδώνεται και περνάει από όλους τους προς κλιματισμό χώρους. Ο κάθε ανεμιστήρας αναρροφά αέρα από το περιβάλλον, τον κατευθύνει πάνω στην σωλήνωση που διαρρέεται από το ψυχρό ή θερμό νερό όπου γίνεται η μεταφορά θερμότητας και ο ψυχρός ή θερμός πλέον αέρας απορρίπτεται μέσα στον χώρο και κλιματίζει.

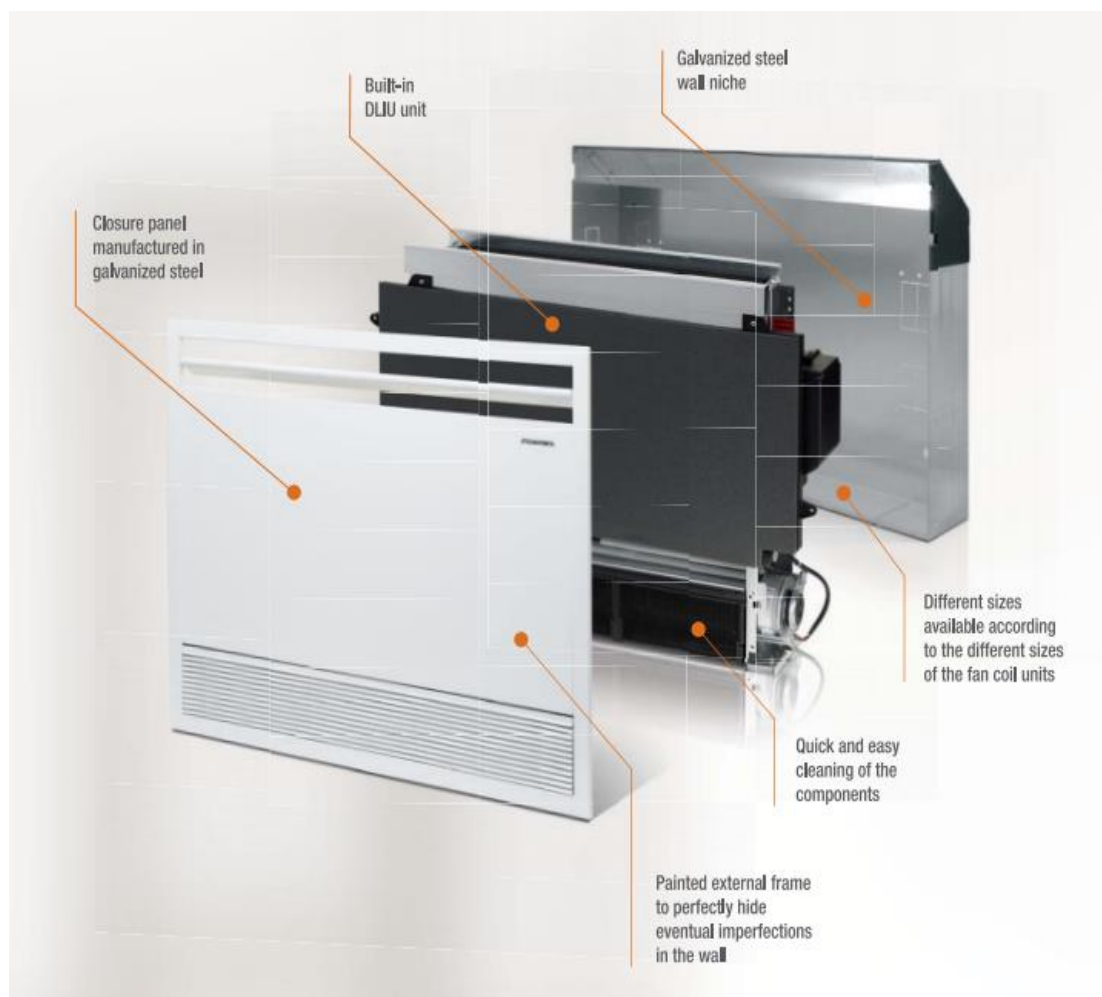


Εικόνα 5: ΦΑΝ ΚΟΙΛ.

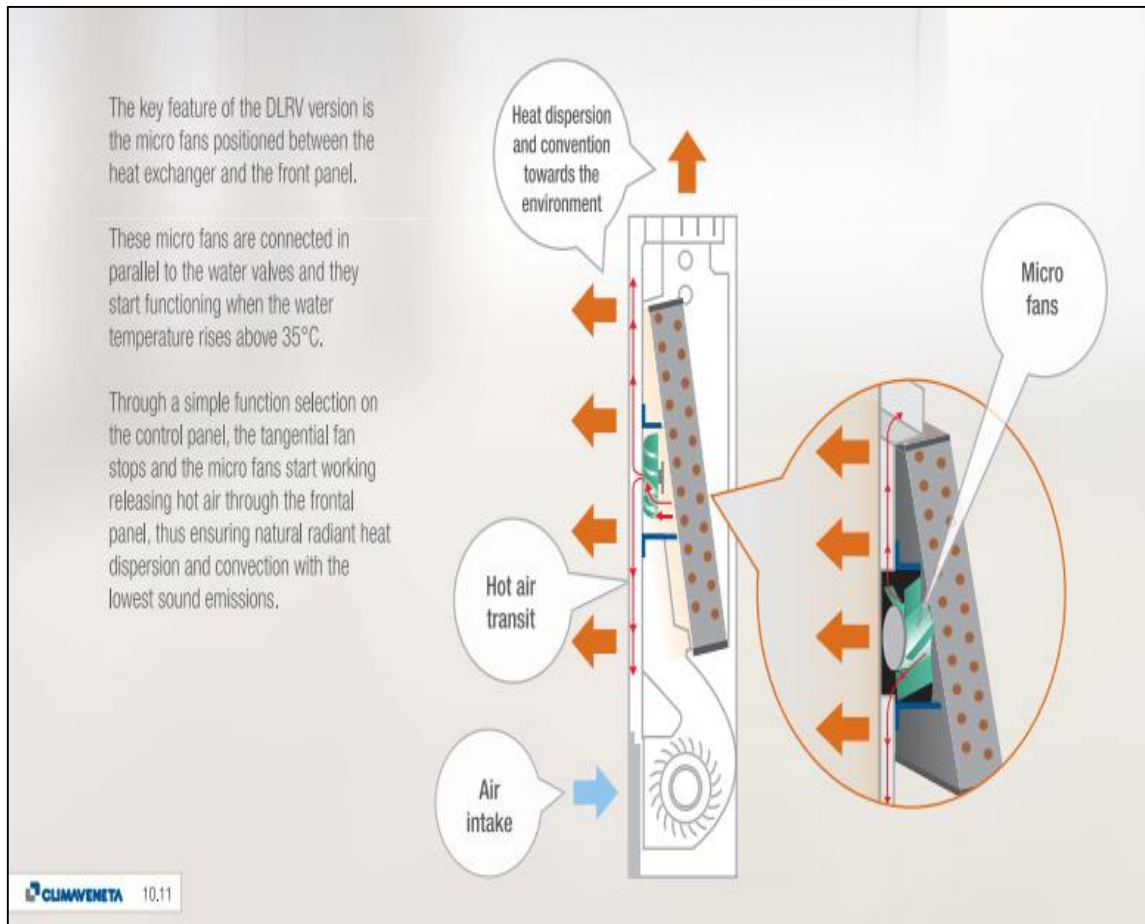


Για την επιλογή του κατάλληλου fan coil πρέπει να είναι γνωστή η μέγιστη ισχύς του κάθε δωματίου και σύμφωνα με την τιμή αυτή επιλέγεται κατάλληλο fan coil, με μέγιστη ισχύ λίγο μεγαλύτερη από την τιμή που υπολογίστηκε, έτσι ώστε να υπερκαλύπτει τις ανάγκες του δωματίου.

Το κύριο πλεονέκτημα της θέρμανσης και ψύξης μέσω fan coils είναι ότι οι χώροι είναι δυνατό να θερμαίνονται μέσα σε μικρό χρονικό διαστημα, ενώ τα ενδοδαπέδια συστήματα θέρμανσης έχουν μεγαλύτερη αδράνεια και επομένως οι χώροι θερμαίνονται σε μεγαλύτερο χρόνο. Ειδικά για χώρους οι οποίοι δε χρειάζονται να κλιματίζονται σταθερά, όπως υπνοδωμάτια και αναγνώστια, αυτά τα συστήματα είναι ελκυστικά.



Εικόνα 6: Τομή μονάδας fan coil.



Εικόνα 7: Σχηματική απεικόνιση της λειτουργίας του ανεμιστήρα που διαθέτει η μονάδα fan coil.

Το βασικό χαρακτηριστικό αυτού του συγκεκριμένου μοντέλου fan coil, είναι το ότι τα μικρά ανεμιστηράκια είναι τοποθετημένα ανάμεσα στον εναλλάκτη θερμότητας και στο μπροστινό πάνελ(πρόσοψη μονάδας).

Αυτοί οι μικρο-ανεμιστήρες είναι συνδεδεμένοι παράλληλα στις βαλβίδες νερού και εκκινείται η λειτουργία τους όταν η θερμοκρασία του νερού ξεπεράσει τους 35°C.

Μέσω μιας απλής επιλογής λειτουργίας από τον πίνακα ελέγχου, ο εφαπτομενικός ανεμιστήρας σταματά και ενεργοποιούνται οι μικρο-ανεμιστήρες απελευθερώνοντας ζεστό αέρα από το εμπρόσθιο πάνελ (πρόσοψη), ενώ εξασφαλίζει τη φυσική διασπορά και διαβίβαση (διάδοση θερμότητας) της θερμικής ακτινοβολίας



Πίνακας 3.1: Χαρακτηριστικά μονάδων fan coil.

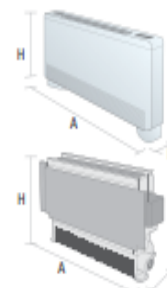
Model		I-LIFE Slim 102	I-LIFE Slim 202	I-LIFE Slim 302	I-LIFE Slim 402	I-LIFE Slim 502
DLMO - DLMV						
Power supply	V/ph/Hz	230/1/50	230/1/50	230/1/50	230/1/50	230/1/50
Max absorbed power	W	18	27	35	35	37
2 PIPES SYSTEM CONFIGURATION						
MAX SPEED						
Air flow	m ³ /h	162	320	461	576	648
Total capacity in cooling mode	(1) kW	0,84	1,79	2,69	3,39	3,86
Sensible capacity in cooling mode	(1) kW	0,63	1,29	1,99	2,69	3,06
Max water flow	(1) m ³ /h	0,15	0,31	0,46	0,58	0,66
Max pressure drop	(1) kPa	7,4	5,5	22,6	19,1	25,0
Total capacity in heating mode	(2) kW	1,12	2,38	3,29	4,19	4,96
Water flow in heating	(2) m ³ /h	0,15	0,31	0,46	0,58	0,67
Pressure drop in heating	(2) kPa	7,4	5,5	22,1	19,0	25,1
Noise Pressure	(3) dB(A)	41	42	44	45	46
Noise Power	(4) dB(A)	50	51	53	54	55
MED SPEED						
Air flow	m ³ /h	113	252	367	453	494
Total capacity in cooling mode	(1) kW	0,71	1,57	2,26	2,82	3,12
Sensible capacity in cooling mode	(1) kW	0,53	1,15	1,75	2,12	2,38
Max water flow	(1) m ³ /h	0,12	0,27	0,39	0,49	0,54
Max pressure drop	(1) kPa	5,3	4,3	16,3	13,4	15,9
Total capacity in heating mode	(2) kW	0,91	2,04	2,76	3,49	4,04
Water flow in heating	(2) m ³ /h	0,12	0,27	0,39	0,49	0,54
Pressure drop in heating	(2) kPa	5,2	4,3	16,3	13,4	15,9
Noise Pressure	(3) dB(A)	35	36	36	37	40
Noise Power	(4) dB(A)	44	45	45	46	49
MIN SPEED						
Air flow	m ³ /h	55	155	248	370	426
Total capacity in cooling mode	(1) kW	0,37	1,07	1,47	2,42	2,73
Sensible capacity in cooling mode	(1) kW	0,27	0,76	1,21	1,82	2,09
Max water flow	(1) m ³ /h	0,06	0,18	0,25	0,42	0,47
Max pressure drop	(1) kPa	1,4	2,0	7,3	9,9	12,0
Total capacity in heating mode	(2) kW	0,39	1,40	1,82	3,00	3,59
Water flow in heating	(2) m ³ /h	0,06	0,18	0,25	0,42	0,47
Pressure drop in heating	(2) kPa	1,4	2,0	7,3	10,0	12,0
Noise Pressure	(3) dB(A)	26	27	27	28	30
Noise Power	(4) dB(A)	35	36	36	37	39
SIZE AND WEIGHT						
A	(5) mm	737	937	1137	1337	1537
B	(5) mm	131	131	131	131	131
H	(5) mm	579	579	579	579	579
Operating weight	(5) kg	17	20	23	26	29

Notes:

- 1 Room temperature 27°C d.b./19°C w.b.; Chilled water (in/out) 7/12°C
- 2 Room temperature 20°C d.b.; Hot water (in/out) 50° °C (with identical flow note1)
- 3 Sound pressure in semianechoic room at 1 (m.) from fan front and 1 (m.) from the ground.
- 4 Sound power on the basis of measurements made in compliance with Eurovent 8/2.
- 5 Unit in standard configuration/execution, without optional accessories.

Accessories:

- Main coil 2-way/3-way valve unit
- Air intake plenum (for the DLJU version)
- Telescopic air flow duct and 90° duct (for the DLJU version)
- Delivery air plenum (for the DLJU version)
- Air intake grid (for the DLJU version)
- UVC air sterilization device
- I-LIFE Slim Box for built in version
- Casing cover panel with frame and intake grid





Πίνακας 3.2: Διαστασιολόγηση FAN COILS.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ ΔΩΜΑΤΙΟΥ ΣΕ (kW)	ΜΟΝΤΕΛΟ fan coil	ΠΑΡΟΧΗ ΑΕΡΑ (m ³ /h)	ΜΕΓΙΣΤΗ	ΨΥΚΤΙΚΗ	ΘΕΡΜΙΚΗ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ (mm)	
				ΠΑΡΟΧΗ ΝΕΡΟΥ	ΙΣΧΥΣ (Kw)	ΙΣΧΥΣ (Kw)		
							M x B x Y	
1ο επίπεδο	Υπνοδωμάτιο 1α	1,3	a-LIFE slim 202	320	0,31	1,79	2,38	737x131x579
	Υπνοδωμάτιο 2α	1,1	a-LIFE slim 202	320	0,31	1,79	2,38	737x131x579
	Κουζίνα-Καθιστικό Α	3,5	a-LIFE slim 502	648	0,66	3,86	4,96	1537x131x579
	Υπνοδωμάτιο 1β	0,9	a-LIFE slim 202	320	0,31	1,79	2,38	737x131x579
	Υπνοδωμάτιο 2β	2,55	a-LIFE slim 302	461	0,46	2,69	3,29	1137x131x579
	Κουζίνα-Καθιστικό Β	3,70	a-LIFE slim 502	648	0,66	3,86	4,96	1537x131x579
2ο επίπεδο	Υπνοδωμάτιο 1α	1,3	a-LIFE slim 202	320	0,31	1,79	2,38	737x131x579
	Υπνοδωμάτιο 2α	1,1	a-LIFE slim 202	320	0,31	1,79	2,38	737x131x579
	Κουζίνα-Καθιστικό Α	3,5	a-LIFE slim 502	648	0,66	3,86	4,96	1537x131x579
	Υπνοδωμάτιο 1β	0,9	a-LIFE slim 202	320	0,31	1,79	2,38	737x131x579
	Υπνοδωμάτιο 2β	2,55	a-LIFE slim 302	461	0,46	2,69	3,29	1137x131x579
	Κουζίνα-Καθιστικό Β	3,70	a-LIFE slim 502	648	0,66	3,86	4,96	1537x131x579

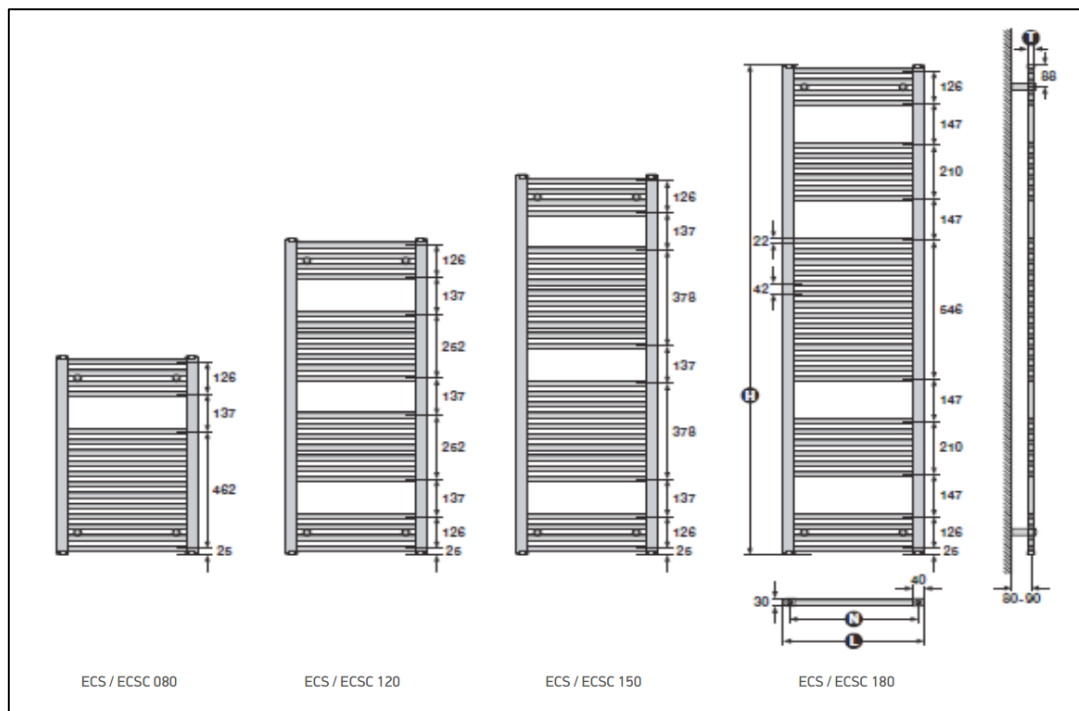
3.1.2 Σώματα λουτρού

Για τα λουτρά θα χρησιμοποιηθούν για τη διαδικασία της θέρμανσης σώματα μπάνιου της Runtal το μοντέλο ECS. Τα θερμαντικά σώματα λουτρού ECS της Runtal είναι ειδικά σχεδιασμένα για τοποθέτηση στο λουτρό γιατί εκτός από ιδανική θέρμανση προσφέρουν ακόμα:

- Θέσεις όπου μπορούν να τοποθετηθούν οι πετσέτες του μπάνιου και να στεγνώνουν ταυτόχρονα.
- Μοντέρνο και καλαίσθητο σχεδιασμό που τα καθιστά διακοσμητικά στοιχεία κάθε χώρου.

Παράλληλα με την πρακτική και την αισθητική, ανταποκρίνονται στις σύγχρονες προδιαγραφές των σωμάτων τύπου Runtal:

- Κατασκευάζονται ώστε να έχουν ιδανική λειτουργία σε μονοσωλήνιο ή δισωλήνιο σύστημα θέρμανσης. Με μούφες σύνδεσης 1/2" εισόδου και εξόδου του νερού από την κάτω πλευρά του σώματος για εύκολη σύνδεση χωρίς ακαλαίσθητες σωληνώσεις.
- Φέρουν κολλήσεις με laser στους ειδικά σχεδιασμένους κατακόρυφους συλλέκτες καμπύλης μορφής.
- Τα ECS παραδίδονται βαμμένα λευκά με ηλεκτροστατική βαφή πούδρας (RAL 9016).
- Άριστα συσκευασμένα με όλα τα απαραίτητα εξαρτήματα αναρτήσεως, τάπες και εξαεριστικό.
- Ελέγχονται σε πίεση δοκιμής 15 bar.



Εικόνα 8: Σώματα λουτρού.

Πίνακας 3.3: Χαρακτηριστικά σωμάτων λουτρού.

ΤΥΠΟΣ	ΚΩΔ.	ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ	ΚΕΝΤΡΑ ΜΟΥΦΩΝ N	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΩΛΗΝΩΝ	ΠΑΧΟΣ T	ΒΑΡΟΣ	ΘΕΡΜΑΙΝΟΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΠΟΔΟΣΗ	
		L	H						ΔT 50 K	4704 DIN
		mm	mm	mm	#	mm	kg	dm ³	Watt	
Σειρά Runtal ECS (Λευκά)										
	ECS 080-045	450	786	406	16	30	5,30	3,4	433	372
	ECS 080-050	500	786	456	16	30	5,80	3,6	477	410
	ECS 080-060	600	786	556	16	30	6,60	4,1	564	485
	ECS 120-045	450	1226	406	22	30	7,70	4,8	637	548
	ECS 120-050	500	1226	456	22	30	8,30	5,2	696	599
	ECS 120-060	600	1226	556	22	30	9,60	5,9	815	701
	ECS 150-045	450	1466	406	28	30	9,60	6,0	781	672
	ECS 150-050	500	1466	456	28	30	10,40	6,5	853	734
	ECS 150-060	600	1466	556	28	30	11,90	7,4	997	857
	ECS 150-075	750	1469	706	28	30	14,30	8,7	1214	1044
	ECS 180-045	450	1866	406	34	30	12,00	7,4	953	820
	ECS 180-050	500	1866	456	34	30	12,80	8,0	1044	898
	ECS 180-060	600	1866	556	34	30	14,60	9,1	1228	1056
	ECS 180-075	750	1866	706	34	30	17,30	10,7	1503	1293



3.2 Συστήματα θερμάνσεως

Ο βασικός σκοπός ενός συστήματος θέρμανσης είναι η διατήρηση της θερμοκρασίας ενός χώρου σε επιθυμητά από το χρήστη επίπεδα (όχι μικρότερη από ένα συγκεκριμένο δείκτη θερμοκρασίας). Αυτό επιτυγχάνεται με την εναπόθεση θερμότητας στον θερμαινόμενο χώρο. Η αύξηση της θερμοκρασίας μειώνει την σχετική υγρασία που όμως είναι αδύνατον να ελεγχθεί. Η θερμότητα κάπου πρέπει να παραχθεί. Όταν παράγεται μέσα στο χώρο που πρόκειται να θερμανθεί ονομάζεται τοπική θέρμανση, ενώ όταν παράγεται σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο (λεβητοστάσιο) και στη συνέχεια μεταφέρεται στο χώρο που θέλουμε να θερμανθεί μέσω κατάλληλων διατάξεων ονομάζεται κεντρική θέρμανση.

3.2.1 Τοπικά συστήματα θέρμανσης

Τα τοπικά συστήματα θέρμανσης τίθενται σε εφαρμογή όταν είναι αδύνατη η σύνδεση του χώρου με κάποιο κεντρικό σύστημα θέρμανσης είτε για οικονομικούς είτε για τεχνικούς λόγους. Επίσης εργάζονται συμπληρωματικά σε κεντρικές θερμάνσεις οι οποίες δεν έχουν μελετηθεί ορθά με αποτέλεσμα την ανικανότητα τους να καλύψουν τις θερμικές απώλειες του υπό θέρμανση χώρου. Μερικά συστήματα τοπικής θέρμανσης είναι οι θερμάστρες καυσίμων, οι ηλεκτρικές θερμάστρες, οι θερμάστρες υπέρυθρης ακτινοβολίας, τα αερόθερμα, οι θερμοσυσσωρευτές, τα τζάκια και άλλα.

3.2.2 Κεντρικά συστήματα θέρμανσης

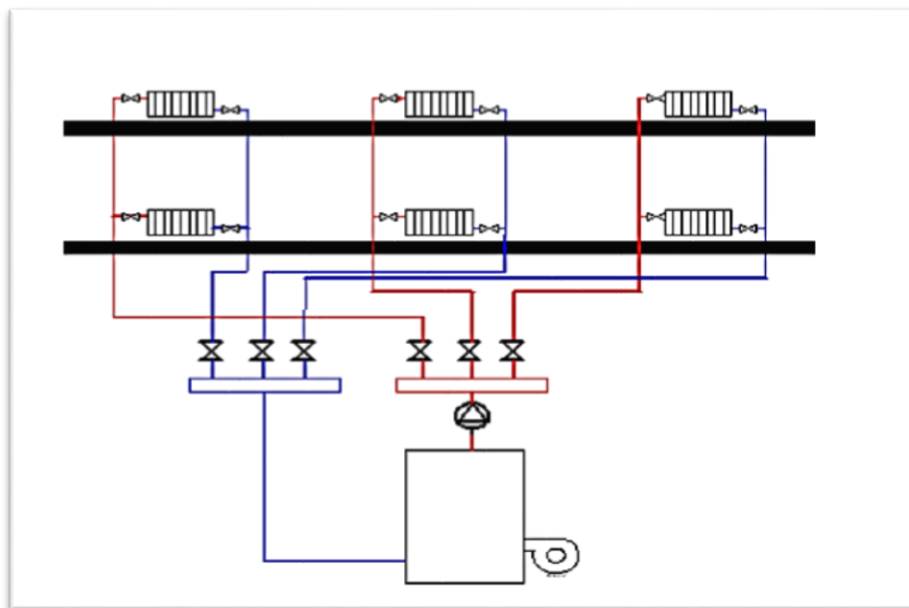
Τα συστήματα κεντρικής θέρμανσης παράγουν τα ποσά θερμότητας σε έναν ειδικά διαμορφωμένο χώρο και τα μεταφέρουν με ειδικές διατάξεις στον χώρο που πρέπει να θερμανθεί. Αυτές οι θερμάνσεις χωρίζονται με την σειρά τους σε δύο υποκατηγορίες - κεντρικής θέρμανσης με νερό-κεντρικής θέρμανσης με αέρα.

Στην **Κεντρική θέρμανση με νερό**, με κριτήριο τον αριθμό των σωλήνων προσαγωγής και επιστροφής του νερού τα συστήματα θερμάνσεως νερού διακρίνονται σε δύο κατηγορίες το μονοσωλήνιο και το δισωλήνιο. Μέσα στις σωληνώσεις κυκλοφορεί το ζεστό νερό μέσω του οποίου γίνεται η μεταφορά θερμότητας από το λέβητα στα θερμαντικά σώματα. Ο καθορισμός της διαμέτρου των σωληνώσεων είναι μια πολύ υπεύθυνη και αρκετά επίπονη εργασία. Συνήθως αρχικά ορίζονται προσωρινές διάμετροι σωληνώσεων σύμφωνα με τα στοιχεία της εγκατάστασης. Η ταχύτητα του νερού δεν πρέπει να ξεπερνά τα 0,6 m/s, διότι δημιουργείται υπερβολικός θόρυβος. Στις αντιστάσεις τριβών προστίθενται και οι αντιστάσεις των διαφόρων εξαρτημάτων όπως καμπύλες, βάνες, διακόπτες κτλ. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται γνωστό το σύνολο των αντιστάσεων που πρέπει να υπερνικήσει ο κυκλοφορητής για να διατηρείται μια συνεχής ροή του νερού εντός των ορίων που έχουν τεθεί.



3.3 Δισωλήνιο σύστημα

Στο σύστημα αυτό κάθε θερμαντικό σώμα συνδέεται με δύο σωλήνες. Ο ένας σωλήνας του ζεστού νερού (σωλήνας προσαγωγής) και έναν σωλήνα κρύου νερού (σωλήνας επιστροφής) με τον οποίο το νερό επιστρέφει στο λέβητα για να θερμανθεί πάλι. Συνήθως τα θερμαντικά σώματα τροφοδοτούνται με κατακόρυφες παράλληλες σωληνώσεις, οι οποίες ενώνονται με ένα οριζόντιο δίκτυο εγκατεστημένο στην οροφή του υπογείου, για να καταλήξουν τελικά στους συλλέκτες προσαγωγής και επιστροφής στο λεβητοστάσιο. Για τη διατήρηση της κυκλοφορίας του νερού, σε αυτές τις εγκαταστάσεις χρησιμοποιείται κυκλοφορητής που τοποθετείται πριν ή μετά το λέβητα. Καθώς το νερό θερμαίνεται αυξάνεται ο όγκος του, καθώς το νερό δεν συμπιέζεται θα μπορούσε να δημιουργήσει υπερπίεση στην εγκατάσταση. Αυτό το φαινόμενο αποφεύγεται με την τοποθέτηση ενός δοχείου διαστολής στο υψηλότερο σημείο της εγκατάστασης. Τέλος εάν για κάποιο λόγο υπάρξει απώλεια νερού στην εγκατάσταση συμπληρώνεται μέσω του δοχείου το οποίο είναι συνδεδεμένο με το δίκτυο ύδρευσης.



Εικόνα 9: Δισωλήνιο σύστημα.

Το δίκτυο κυκλοφορίας του ζεστού νερού θεωρείται κλειστό σύστημα γιατί στο συγκεκριμένο σύστημα το νερό έρχεται σε επαφή με την ατμόσφαιρα μόνο κατά πολύ μικρό ποσοστό στην περιορισμένη επιφάνεια του ανοιχτού δοχείου διαστολής. Ο υπολογισμός των διατομών του δικτύου γίνεται με βάση την παροχή ζεστού νερού που κυκλοφορεί σε κάθε χωριστό τμήμα του δικτύου.

Το μεταφερόμενο θερμικό φορτίο σε κάθε χωριστό τμήμα ενός δικτύου θερμού νερού είναι:

$$Q = \Sigma x \Delta t x G \text{ [W]} \quad (3.1)$$



Όπου: Q [W] : το θερμικό φορτίο,

Σ : ο σταθερός συντελεστής, η τιμή του οποίου εξαρτάται από το σύστημα των μονάδων που χρησιμοποιείται,

Δt [°C] : η πτώση θερμοκρασίας νερού προσαγωγής και επιστροφής,

G : η παροχή νερού, δηλαδή η διερχόμενη ποσότητα του νερού στη μονάδα του χρόνου.

Η παροχή του νερού προς το σώμα εξαρτάται από την ισχύ του σώματος και από τη διαφορά θερμοκρασίας που θα έχει το νερό κατά την είσοδο και έξοδο του από το σώμα.

$$\dot{Q} = m * c_p * \Delta t \Rightarrow m = \frac{\dot{Q}}{c * \Delta t} \Rightarrow V = \frac{\dot{Q}}{c * \rho * \Delta t} \quad (3.2)$$

Η διαδικασία που ακολουθείται για τον υπολογισμό των σωληνώσεων του δισωληνίου είναι:

1. Κατασκευάζεται το κατακόρυφο διάγραμμα του δικτύου σωληνώσεως. Επειδή έχει προηγηθεί ο υπολογισμός των θερμικών φορτίων των χώρων και έχουν επιλεγεί τα θερμαντικά σώματα με συγκεκριμένη θερμική ικανότητα είναι δεδομένο το θερμικό φορτίο που εξυπηρετεί κάθε χωριστό τμήμα σωληνώσεων του δικτύου.
2. Από την σχέση $Q = \Sigma \Delta t G$, θέτοντας $\Sigma = \mu \epsilon$ 1(διότι χρησιμοποιούμε Kcal/h σαν μονάδα μέτρησης του θερμικού φορτίου, l/h για την παροχή του νερού και C για την πτώση της θερμοκρασίας) και $\Delta t = 20$ υπολογίζουμε την παροχή σε κάθε τμήμα του δικτύου σωληνώσεων.
3. Ο υπολογισμός των διατομών του κάθε τμήματος του σωλήνα γίνεται με βάση τη διερχόμενη από αυτό παροχή νερού και την επιτρεπόμενη ταχύτητα του νερού σ αυτό με τη βοήθεια γραφικών παραστάσεων. Οι ταχύτητες λαμβάνονται συνήθως μεταξύ 0,5 - 1,5 m/s.
4. Αφού καθοριστούν οι διατομές και πάλι με τη βοήθεια της ίδιας γραφικής παράστασης υπολογίζονται οι αντιστάσεις λόγο τριβών σε κάθε τμήμα των σωληνώσεων του δικτύου. Ως μήκος L του τμήματος λαμβάνεται το συνολικό μήκος προσαγωγής και επιστροφής του νερού, καθώς και ένα πρόσθετο μήκος ισοδύναμο των τοπικών αντιστάσεων. Τα ισοδύναμα αυτά μήκη δίνονται από πίνακες.
5. Η συνολική αντίσταση του δυσμενέστερου κλάδου θα ληφθεί υπόψη στον υπολογισμό του μανομετρικού ύψους του κυκλοφορητή.

3.3.1 Επιλογή υλικών σωλήνων

Στις εγκαταστάσεις κλιματισμού χρησιμοποιούνται συνήθως οι σιδηροσωλήνες, χαλυβδοσωλήνες και χαλκοσωλήνες. Τα τελευταία χρόνια, στα δίκτυα παροχής ψυχρού νερού χρησιμοποιούνται με συνεχώς αυξανόμενο ρυθμό πλαστικοί σωλήνες, κυρίως λόγω της μεγαλύτερης καθαρότητας και αντοχής σε διαβρώσεις που παρουσιάζουν. Σε κάθε περίπτωση



η χρησιμοποίηση των πλαστικών σωλήνων θα πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή λόγω του μεγάλου συντελεστή θερμικής διαστολής και της μικρότερης μηχανικής αντοχής που έχουν. Η επιλογή του κατάλληλου για κάθε εγκατάσταση υλικού σωλήνων εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες:

- A. τις πιέσεις και συνθήκες λειτουργίας της κάθε εγκατάστασης
- B. την αποφυγή ηλεκτρολυτικής διάβρωσης λόγω επαφής ανομοίων μετάλλων.
- Γ. την οικονομικότητα της όλης εγκατάστασης.

Πίνακας 3.4: Συνιστώμενες χρήσεις σωληνώσεων.

ΧΡΗΣΗ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ	ΤΥΠΟΣ ΣΩΛΗΝΑ
ΥΚΤΙΚΟ ΜΕΣΟ	- ΣΚΛΗΡΟΣ ΧΑΛΚΟΣΩΛΗΝΑΣ - ΧΑΛΥΒΔΟΣΩΛΗΝΑΣ
ΥΧΡΟ ΝΕΡΟ	- ΣΙΔΗΡΟΣΩΛΗΝΑΣ Η ΧΑΛΥΒΔΟΣΩΛΗΝΑΣ (ΜΑΥΡΟΣ Η ΓΑΛΒΑΝΙΣΜΕΝΟΣ) - ΣΚΛΗΡΟΣ ΧΑΛΚΟΣΩΛΗΝΑΣ - ΣΩΛΗΝΑΣ ΑΠΟ PVC
ΕΡΟ ΨΥΞΗΣ ΥΔΡΟΨΥΚΤΩΝ ΥΜΠΥΚΝΩΤΩΝ	- ΓΑΛΒΑΝΙΣΜΕΝΟΣ ΣΙΔΗΡΟ- ΣΩΛΗΝΑΣ Η ΧΑΛΥΒΔΟΣΩΛΗ- ΝΑΣ - ΣΚΛΗΡΟΣ ΧΑΛΚΟΣΩΛΗΝΑΣ - ΣΩΛΗΝΑΣ ΑΠΟ PVC
ΥΜΠΥΚΝΩΜΑΤΑ ΕΣΤΟ ΝΕΡΟ	ΟΜΟΙΑ ΟΠΩΣ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΑ - ΜΑΥΡΟΣ ΣΙΔΗΡΟΣΩΛΗΝΑΣ Η ΧΑΛΥΒΔΟΣΩΛΗΝΑΣ - ΣΚΛΗΡΟΣ ΧΑΛΚΟΣΩΛΗΝΑΣ

Πίνακας 3.5: Μέγιστες επιτρεπόμενες ταχύτητες νερού.

ΧΡΗΣΗ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ m/sec
ΖΕΣΤΟ ΝΕΡΟ	
- ΓΙΑ ΣΩΛΗΝΕΣ ΜΕΧΡΙ ϕ 50 mm	1,2
- ΓΙΑ ΣΩΛΗΝΕΣ ΠΑΝΩ ΑΠΟ ϕ 50 mm	1,8
ΨΥΧΡΟ ΝΕΡΟ	
- ΓΙΑ ΣΩΛΗΝΕΣ ΜΕΧΡΙ ϕ 100 mm	2,4
- ΓΙΑ ΣΩΛΗΝΕΣ ΠΑΝΩ ΑΠΟ ϕ 100 mm	3,7
ΑΝΑΡΡΟΦΗΣΗ ΑΝΤΛΙΩΝ	1,2
ΚΑΤΑΘΛΙΨΗ ΑΝΤΛΙΩΝ	2,4
ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑΤΑ	1,2



3.3.2 Δεδομένα υπολογισμού σωληνώσεων

Οι συνιστώμενες **μέγιστες ταχύτητες νερού** σε δίκτυα σωληνώσεων για την αποφυγή δημιουργίας θορύβων δίνονται στον παραπάνω πίνακα.

Έπειτα η συνιστώμενη **μέγιστη πτώση πίεσης** σε δίκτυα παροχής νερού ανέρχεται σε 30kPa ανά 30 μέτρα ισοδύναμου μήκους σωλήνα, δηλαδή περίπου το 10%, ή 10 μέτρα στήλης ύδατος ανά 100 μέτρα ισοδύναμου μήκους σωλήνα. Σημειώνεται πάντως ότι σε ένα κλειστό δίκτυο ανακυκλοφορίας νερού (δίκτυα ψυχρού-ζεστού νερού) η επιλογή της πτώσης πίεσης ανά μονάδα μήκους και η διαστασιολόγηση των διατομών των σωλήνων, πρέπει να έχει σαν σκοπό την επίτευξη της βέλτιστης δυνατής λύσης, μεταξύ του βέλτιστου κόστους αρχικής εγκατάστασης (διατομές σωλήνων) και του βέλτιστου κόστους λειτουργίας (ισχύς αντλιών).

Πίνακας 3.6: Τιμές (ζ) αντιστάσεων ειδικών τεμαχίων (τοπικές αντιστάσεις).

Θερμαντικό σώμαζ=2,5 Λέβητας ζ=2,5	Συλλέκτης εισόδου.....0,5 Συλλέκτης εξόδου.....0,5
Ταυ σε διέλευση	
Ταυ σε διακλάδωση	
Ταυ σε διασταύρωση	
Τεμάχιο παράκαμψης	0,5
Καμπύλη	0,5
Γωνία	1,5
Ευθύς ρυθμιστικός διακόπτης σώματος	10
Γωνιακός ρυθμιστικός διακόπτης	3
δικλείδα	για 1/2 ζ=1,0 για 3/4 και άνω ζ=0,5



Πίνακας 3.7: Πτώση πίεσης (Z σε mmΣ.Ν.) που οφείλεται σε τοπικές αντιστάσεις (ζ) όταν είναι γνωστό το άθροισμα Σζ και η ταχύτητα ροής του νερού (υ σε m/s).

Ταχύτητα ροής m/s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
0,02	0,02	0,05	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4
0,03	0,05	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5
0,04	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8
0,05	0,1	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3
0,06	0,2	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8
0,07	0,3	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,7	2,0	2,2	2,5
0,08	0,3	0,7	1,0	1,3	0,9	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2
0,09	0,4	0,8	1,2	1,6	1,2	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0
0,10	0,5	1,0	1,5	2,0	1,6	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
0,12	0,7	1,4	2,2	2,9	2,0	4,3	5,0	5,7	6,5	7,2
0,14	0,8	2,0	2,9	3,9	2,5	5,9	6,8	7,8	8,7	9,7
0,16	1,3	2,6	3,8	5,1	3,6	7,7	8,8	10,4	11,4	12,7
0,18	1,6	3,2	4,8	6,5	4,9	9,6	11,2	12,8	14,4	16,1
0,20	2,0	4,0	6,0	8,0	6,4	11,9	13,9	15,8	17,8	20,0
0,22	2,4	4,8	7,2	9,5	8,0	14,4	16,8	19,2	21,0	24,0
0,24	2,9	5,7	8,5	11,4	9,9	17,1	20,0	23,0	26,0	28,5
0,26	3,4	6,7	10,0	13,4	12,0	20,0	23,5	27,0	30,5	33,5
0,28	3,9	7,8	11,6	15,5	14,3	23,5	27,5	31,5	35,0	39
0,30	4,5	8,9	13,4	17,8	16,7	27,0	31,5	36,0	40,5	45
0,32	5,1	10,1	15,2	24,5	19,4	30,5	35,5	41	46	51
0,34	5,8	11,4	17,2	23	22,5	34,5	40,5	46	52	58
0,36	6,5	12,8	19,3	26	30,7	39	45	52	58	65
0,38	7,2	14,3	21,5	29	40,0	43	50	58	65	72
0,40	8,0	15,9	24	32,0	50,5	48	56	64	72	80
0,50	12,4	25,0	37,5	40,2	62	75	86	99	111	124
0,60	17,8	36,0	54	50	89	107	125	143	161	178
0,70	24,5	49	73	72	121	145	169	195	220	245
0,80	32,0	64	95	97	159	191	255	255	285	320
0,90	40,5	81	121	127	200	240	285	325	365	400
1,00	50	99	149	161	250	300	350	400	450	500



3.4 Μονοσωλήνιο σύστημα

Στο μονοσωλήνιο σύστημα κάθε τελικό κύκλωμα (βρόχος) περιλαμβάνει περισσότερα σώματα (από 2 έως 4) τα οποία είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους παράλληλα, όπως τα σώματα στο δισωλήνιο σύστημα. Εάν ο όροφος διαθέτει πολλούς βρόχους, τα άκρα τους συνδέονται σε κατάλληλους συλλέκτες και έχουν και εδώ την ίδια διαθέσιμη πίεση Δp . Για τα σώματα ενός βρόχου κοινό στοιχείο είναι η παροχή (ή μέρος της στις περιπτώσεις προρρυθμίσσης). Στο σύστημα αυτό, που κατά κανόνα συνδυάζεται με ενδοδαπέδια ανάπτυξη των βρόχων τροφοδότησης των σωμάτων, ο αριθμός των ζευγών κατακόρυφων στηλών είναι πολύ περιορισμένος και οι διαδρομές τους συνήθως ακολουθούν κοινόχρηστους χώρους.

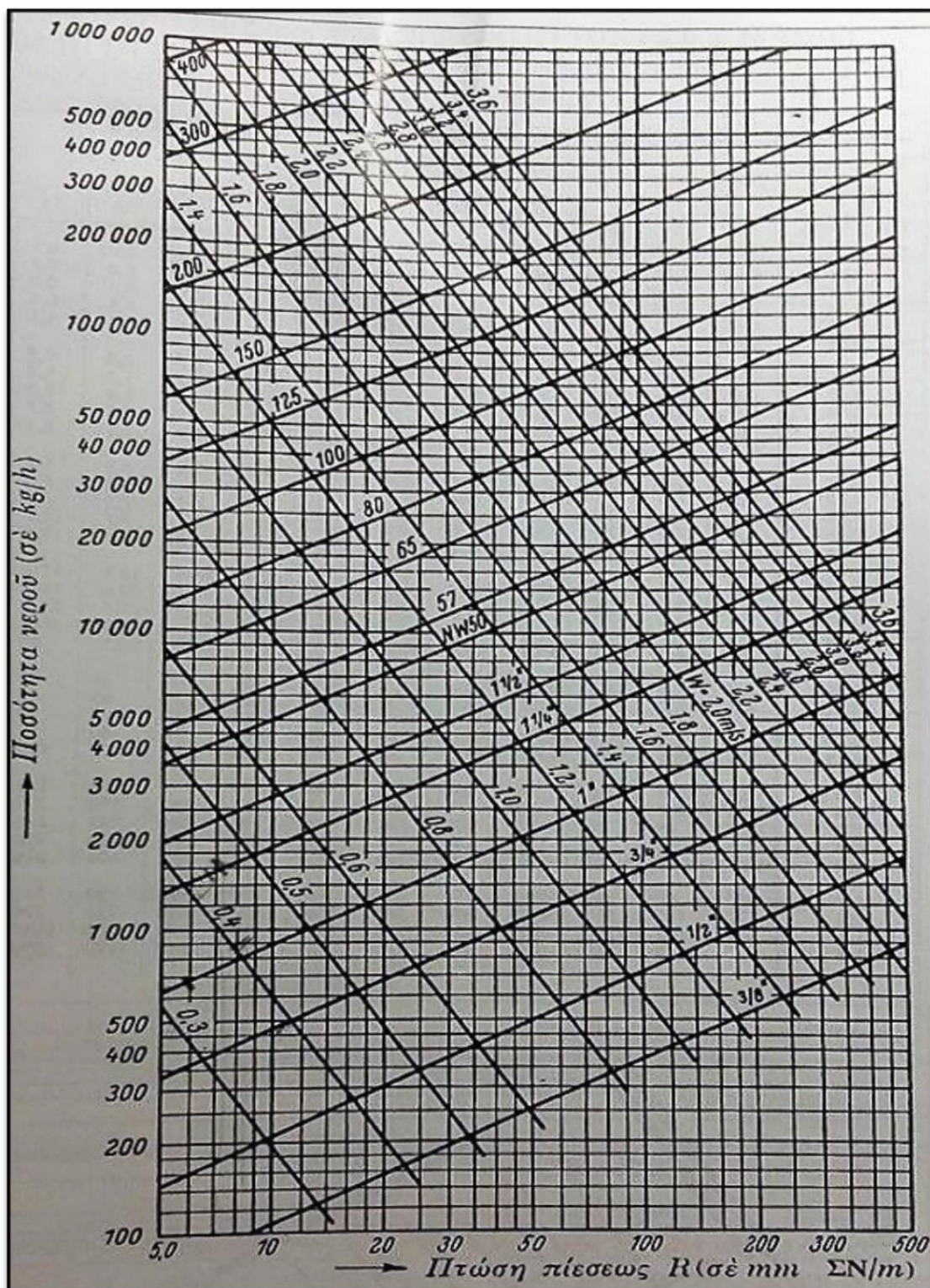
Ο σχεδιασμός θεωρείται επιτυχημένος όταν συνδυάζει όσο το δυνατόν καλύτερη διανομή από λειτουργική άποψη, μικρότερες επεμβάσεις στα δομικά στοιχεία του κτιρίου, ικανοποιητικά αισθητικά αποτελέσματα και οικονομική κατασκευή.

Για τον υπολογισμό του μονοσωλήνιου συστήματος σωληνώσεων ακολουθείται η ίδια διαδικασία με αυτή του δισωλήνιου συστήματος με τις εξής όμως διαφορές:

- A. Δεν έχουμε πλέον ένα σώμα αλλά ένα βρόχο 2-4 σωμάτων
- B. Το θερμικό φορτίο Q αφορά συνήθως περισσότερους χώρους, όσους θα θερμάνουν τα σώματα που ανήκουν στο βρόχο.
- Γ. Η θερμοκρασιακή πτώση στο βρόχο συνήθως λαμβάνεται μικρότερη από το σώμα δισωληνίου ($10-15^{\circ}\text{C}$). Αυτό γίνεται για να μην έχουμε μεγάλη καθυστέρηση στη θέρμανση των σωμάτων. Η θερμοκρασιακή πτώση αυτή μπορεί να αυξηθεί ως το όριο των 20°C σε περιπτώσεις σωμάτων με μικρό περιεχόμενο νερού, τα οποία ζεσταίνονται πιο γρήγορα.
- Δ. Οι αντιστάσεις τριβής των κάθε είδους εξαρτημάτων του δικτύου, συχνά εκφράζονται με το ισοδύναμο μήκος του σωλήνα στον οποίο συνδέονται, με το μήκος δηλαδή του σωλήνα που θα προκαλούσε τις ίδιες απώλειες τριβών για τη συγκεκριμένη παροχή και ταχύτητα:

$$\Delta p = R \times (L + L_{\text{ισοδ.}}) \text{ [mm } \Sigma.\text{N./m]} \quad (3.3)$$

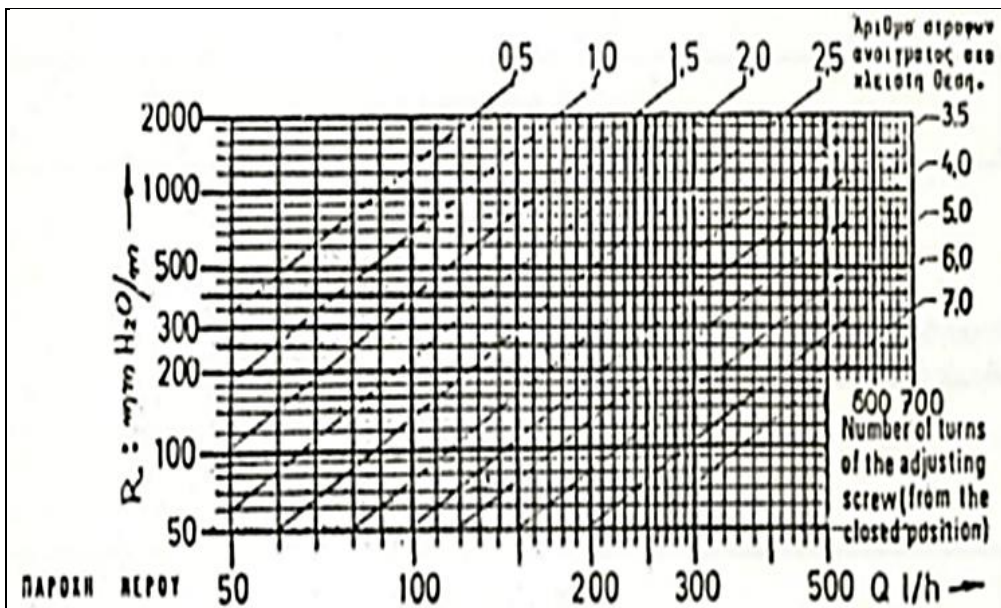
Όπου : το $L_{\text{ισοδ}}$ εξαρτάται από το είδος, την παροχή και την ποιότητα των εξαρτημάτων.



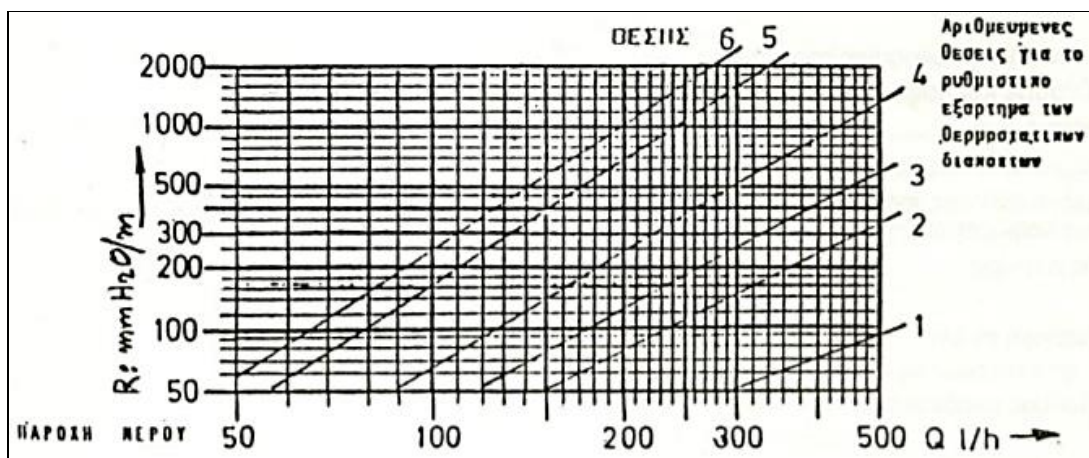
Εικόνα 10: Διάγραμμα υπολογισμού τριβών ροής σε ευθύγραμμο τυπικό χαλυβδοσωλήνα.



Σε πολλές περιπτώσεις δεν είναι δυνατή η ικανοποίηση όλων των παραπάνω όρων, γιατί συνήθως, υπάρχουν κυκλώματα με πολύ ευνοϊκά χαρακτηριστικά σε σχέση με το δυσμενέστερο (μικρά μήκη, μικρά θερμοαντιστάσια). Τότε αρχικά ελέγχεται η δυνατότητα χρησιμοποίησης σωλήνα μικρότερης διαμέτρου. Αν και πάλι αυτά τα ευνοϊκά χαρακτηριστικά οδηγούν σε μεγάλες παροχές-ταχύτητες και πολύ μικρές θερμοκρασιακές πτώσεις, χρησιμοποιούνται οι δυνατότητες ρύθμισης των διακοπών. Πράγματι με το κατάλληλο «κλείσιμο» του ρυθμιστικού διακόπτη ενός σώματος στο δισωλήνιο ή ενός βρόχου στο συλλέκτη του μονοσωλήνιου, το οποίο και εξετάζεται, προστίθεται ουσιαστικά μια επιπλέον πτώση πίεσης στο κύκλωμα και έτσι το υπόλοιπο της διαθέσιμης πίεσης μπορεί να πάρει τιμές που είναι κατάλληλες για την ικανοποίηση των όρων αυτών.



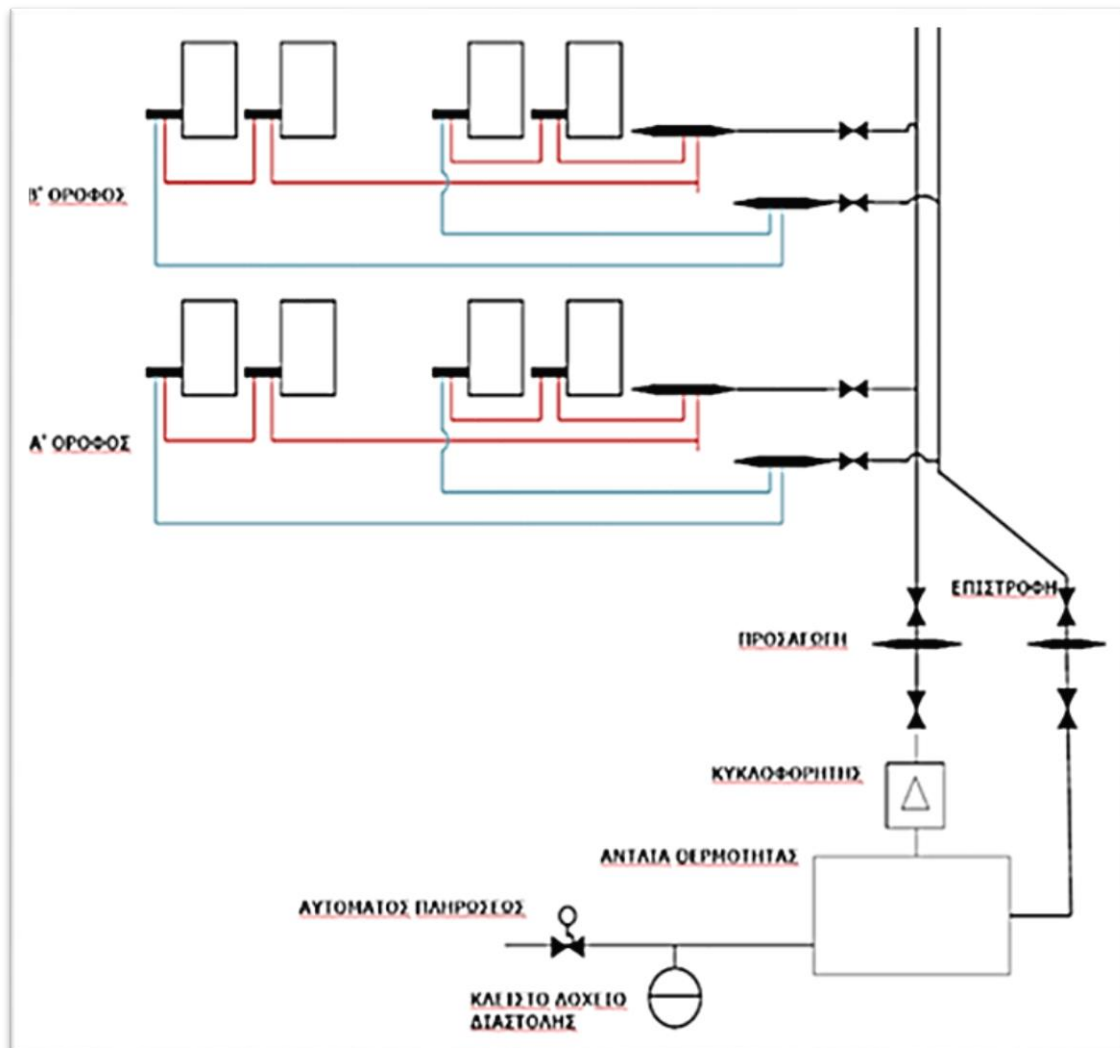
Εικόνα 11: Νομογράφημα στραγγαλιστικού διακόπτη.



Εικόνα 12: Νομογράφημα στραγγαλιστικού διακόπτη.

Πίνακας 3.8: Υπολογισμός σωληνώσεων Μονοσωλήνιου συστήματος.

	ΤΜΗΜΑ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΣ	ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ				ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΣΩΛΗΝΩΝ								
		Q (kW)	Q (Kcal/h)	V (lit/h)	L (m)	d (in)	w (m/s)	R (mmΣ.Υ./m)	ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ 4% ΛΟΓΩ T	L.R. (mmΣ.Υ.)	ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ ΛΟΓΩ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ	ΔΡ (mmΣ.Υ.)	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΣΤΡΑΓΓΑΛΙΣΜΟΣ (mmΣ.Υ.)	
κεντρική στήλη	1 – 2	20,35	17498	1166,53	3	1"	0,52	15	15,6	46,80	20%	168,48	1091,42	
	1 – A	40,7	34996	2333,07	6	1&1/4"	0,62	15	15,6	93,60				
Κυκλώματα	βρόχος 1	5,67	4875	325,00	15	3/8"	0,78	80	83,2	1248,00	11,9	1259,9	-	
	βρόχος 2	4,96	4265	284,33	14	3/8"	0,64	52	54,08	757,12	11,9	769,02	490,88	
	βρόχος 3	4,76	4093	272,87	12	3/8"	0,62	51	53,04	636,48	11,9	648,38	611,52	
	βρόχος 4	4,96	4265	284,33	12	3/8"	0,64	52	54,08	648,96	11,9	660,86	599,04	



Εικόνα 13: Κατακόρυφο διάγραμμα μονοσωλήνιου δικτύου κεντρικής θέρμανσης.

Στοιχεία εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης

Ο κυκλοφορητής είναι μια αντλία με αποστολή την κυκλοφορία του νερού σε ένα κύκλωμα. Δεν χρησιμοποιείται δηλαδή για άντληση ή ανύψωση του νερού, αλλά για την υπερνίκηση των αντιστάσεων του δικτύου. Σήμερα χρησιμοποιούνται υδρολίπαντοι κυκλοφορητές. Αυτοί είναι κυκλοφορητές κλειστού τύπου, ο κινητήρας και η αντλία αποτελούν ενιαία μονάδα. Όλα τα κινούμενα μέρη τους βρέχονται από νερό, το οποίο λιπαίνει και ψύχει συγχρόνως. Λειτουργούν αθόρυβα και παρουσιάζουν πολύ μικρή αντίσταση στη ροή του νερού. Η κατασκευή του κελύφους της αντλίας είναι από χυτοσίδηρο ενώ η πτερωτή από πλαστικό, ορείχαλκο ή ανοξείδωτο χάλυβα. Το περίβλημα του κινητήρα είναι αλουμινένιο για καλύτερη αποβολή της θερμοκρασίας.

Στις κλειστές εγκαταστάσεις, όπου τοποθετούμε κλειστό δοχείο διαστολής, χρησιμοποιούμε τον αυτόματο πλήρωσης για το αυτόματο γέμισμα και την αυτόματη αποκατάσταση του επιπέδου του νερού το οποίο, για κάποιο λόγο, έχει πέσει. Πρακτικά, ο



αυτόματος πλήρωσης μειώνει την πίεση του δικτύου πόλης, που κυμαίνεται από 6-10 bar, στην πίεση λειτουργίας της εγκατάστασης που είναι 2-3 bar πιο πάνω από τη στατική πίεση. Αυτό γίνεται με την βοήθεια ενός μηχανισμού από ελατήρια και διαφράγματα.

Ο αυτόματος πλήρωσης έχει ενσωματωμένη βαλβίδα αντεπιστροφής που παρεμποδίζει την επιστροφή του νερού της εγκατάστασης προς το δίκτυο της πόλης, αν η πίεση αυτού γίνει μικρότερη από την πίεση εγκατάστασης.



4 ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ

4.1 Γεωθερμική ενέργεια

Γεωθερμία ή Γεωθερμική ενέργεια ονομάζουμε τη φυσική θερμική ενέργεια της Γης που διαρρέει από το θερμό εσωτερικό του πλανήτη προς την επιφάνεια. Η μετάδοση θερμότητας πραγματοποιείται με δύο τρόπους:

- A. Με αγωγή από το εσωτερικό προς την επιφάνεια με ρυθμό 0,04 - 0,06 W/m²
- B. Με ρεύματα μεταφοράς, που περιορίζονται όμως στις ζώνες κοντά στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών, λόγω ηφαιστειακών και υδροθερμικών φαινομένων.

Μεγάλη σημασία για τον άνθρωπο έχει η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας για την κάλυψη αναγκών του, καθώς είναι μια πρακτικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Ανάλογα με το θερμοκρασιακό της επίπεδο μπορεί να έχει διάφορες χρήσεις.

- Η Υψηλής Ενθαλπίας (>150°C) χρησιμοποιείται συνήθως για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ισχύς τέτοιων εγκαταστάσεων το 1979 ήταν 1.916 MW με παραγόμενη ενέργεια 12×10⁶ kWh/yr.
- Η Μέσης Ενθαλπίας (80 έως 150°C) που χρησιμοποιείται για θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης ή και ξήρανση ξυλείας και αγροτικών προϊόντων καθώς και μερικές φορές και για την παραγωγή ηλεκτρισμού (π.χ. με κλειστό κύκλωμα φρέον που έχει χαμηλό σημείο ζέσεως).
- Η Χαμηλής Ενθαλπίας (25 έως 80°C) που χρησιμοποιείται για θέρμανση χώρων, για θέρμανση θερμοκηπίων, για ιχθυοκαλλιέργειες, για παραγωγή γλυκού νερού.

4.2 Θερμικές εφαρμογές

Οι άμεσες χρήσεις της θερμότητας των γεωθερμικών ρευστών για θέρμανση είναι οι παλαιότερες, οι πιο πολύπλευρες και οι πλέον συνηθισμένες μορφές αξιοποίησης της γεωθερμικής ενέργειας. Η λουτροθεραπεία, η θέρμανση χώρων και η τηλεθέρμανση, οι αγροτικές εφαρμογές, οι υδατοκαλλιέργειες και κάποιες βιομηχανικές χρήσεις είναι οι πιο γνωστές μορφές χρήσεις, όμως οι αντλίες θερμότητας αποτελούν την πιο διαδεδομένη μορφή αξιοποίησης. Υπάρχουν φυσικά και κάποιοι άλλοι μικρότερης κλίμακας τρόποι εκμετάλλευσης της γεωθερμίας, οι οποίοι όμως δεν είναι τόσο συνηθισμένοι. Η θέρμανση χώρων και η τηλεθέρμανση (space and district heating) παρουσίασαν μεγάλη ανάπτυξη στην Ισλανδία, όπου η συνολική ισχύς του γεωθερμικού συστήματος τηλεθέρμανσης ανέρχονταν στα τέλη του 1999 σε περίπου 1200 MWt. Αποτελούν επίσης ιδιαίτερα διαδεδομένες εφαρμογές και στις χώρες της Ανατολικής Ευρώπης, καθώς και τις Η.Π.Α., Κίνα, Ιαπωνία, Γαλλία, κλπ.

Τα γεωθερμικά συστήματα τηλεθέρμανσης είναι έντασης κεφαλαίου, δηλαδή απαιτούν μεγάλα αρχικά κεφάλαια. Το κύριο κόστος αφορά την αρχική επένδυση για την κατασκευή των γεωτρήσεων παραγωγής και επανεισαγωγής, την αγορά των συστημάτων άντλησης και μεταφοράς των ρευστών, την κατασκευή των δικτύων και των σωληνώσεων, την προμήθεια του εξοπλισμού ελέγχου και παρακολούθησης των εγκαταστάσεων, την κατασκευή των σταθμών διανομής και των δεξαμενών αποθήκευσης. Παρόλα αυτά, τα λειτουργικά έξοδα, τα οποία αφορούν στην ενέργεια που καταναλώνεται για την άντληση των ρευστών, τη



συντήρηση του συστήματος και τη διαχείριση της εγκατάστασης, είναι σημαντικά μικρότερα σε σύγκριση με αυτά μιας συμβατικής μονάδας. Ένας κρίσιμος παράγοντας για τον υπολογισμό του αρχικού κόστους του συστήματος είναι η πυκνότητα του θερμικού φορτίου ή, αλλιώς, οι απαιτήσεις σε θέρμανση δια την επιφάνεια που καλύπτει η περιοχή που πρόκειται να θερμανθεί. Η υψηλή θερμική πυκνότητα καθορίζει την οικονομική βιωσιμότητα-σκοπιμότητα του έργου τηλεθέρμανσης, αφού το δίκτυο διανομής απορροφά μεγάλα κεφάλαια. Κάποια οικονομικά οφέλη θα μπορούσαν να προκύψουν από το συνδυασμό θέρμανσης και ψύξης σε περιοχές όπου οι κλιματικές συνθήκες επιτρέπουν τέτοιες εφαρμογές. Ο συντελεστής φορτίου σε ένα τέτοιο σύστημα ψύξης-θέρμανσης θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος από αυτόν που αντιστοιχεί μόνο στη θέρμανση, και η τιμή της ενεργειακής μονάδας πρέπει να είναι κατά συνέπεια χαμηλότερη (Gudmundsson, 1988).

Η ψύξη χώρων αποτελεί μια αρκετά εφικτή και βιώσιμη επιλογή, στην περίπτωση όπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν μηχανές απορρόφησης, οι οποίες βρίσκονται εύκολα στο εμπόριο και η τεχνολογία τους είναι ευρέως γνωστή. Ο κύκλος της απορρόφησης είναι μια διαδικασία που χρησιμοποιεί ως πηγή ενέργειας τη θερμότητα έναντι του ηλεκτρισμού. Η ψύξη επιτυγχάνεται με τη χρήση δύο υγρών: ενός ψυκτικού, το οποίο κυκλοφορεί, εξατμίζεται και συμπυκνώνεται, και ενός δευτερεύοντος ρευστού ή απορροφητικού (absorbent). Για εφαρμογές πάνω από 0°C, ο κύκλος χρησιμοποιεί βρωμίδιο του λιθίου ως απορροφητικό και νερό ως ψυκτικό υγρό. Για εφαρμογές κάτω από τους 0°C χρησιμοποιείται ο κύκλος αμμωνίας/νερού, με την αμμωνία στο ρόλο του ψυκτικού και του νερού στο ρόλο του απορροφητικού μέσου. Τα γεωθερμικά ρευστά παρέχουν την απαιτούμενη ενέργεια για την κίνηση αυτών των μηχανών, όμως η αποτελεσματικότητά τους μειώνεται όταν οι θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες των 105°C. Ο γεωθερμικός κλιματισμός (θέρμανση και ψύξη) χώρων άρχισε να αναπτύσσεται σημαντικά από τη δεκαετία του 1980, ακολουθώντας την εμφάνιση και την ευρεία διάδοση των αντλιών θερμότητας (heat pumps). Οι πολλοί διαθέσιμοι τύποι αντλιών θερμότητας επιτρέπουν την απόληψη και χρήση με οικονομικό τρόπο του θερμικού περιεχομένου των σωμάτων χαμηλής θερμοκρασίας, όπως είναι το έδαφος ή οι ρηχοί υδροφόροι, τεχνητές ή φυσικές συγκεντρώσεις νερού (ponds), κλπ.

Οι ΓΑΘ γνωρίζουν σήμερα πραγματική άνθηση, σημειώνοντας ετήσια αύξηση σχεδόν μεγαλύτερη του 25%. Η εγκατεστημένη ισχύς των ΓΑΘ σε όλο τον κόσμο ανήλθε το 2005 στα 15.384 MWt, μέγεθος που αντιπροσωπεύει περισσότερο από το μισό της εγκατεστημένης γεωθερμικής ισχύος σε άμεσες χρήσεις. Η γεωθερμική ενέργεια που αξιοποιείται από τις ΓΑΘ ανέρχεται σε 1,5 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου ανά έτος. Η μεγαλύτερη ανάπτυξη των ΓΑΘ σημειώθηκε στις Η.Π.Α. και τη Δυτική και Βόρεια Ευρώπη (Γερμανία, Ελβετία, Σουηδία, Νορβηγία, Δανία). Στην Ευρώπη υπάρχουν εγκατεστημένες περισσότερες από 380.000 μονάδες με συνολική εγκατεστημένη θερμική ισχύ 4531 MWth. Η Σουηδία έχει σήμερα το μεγαλύτερο αριθμό συστημάτων ΓΑΘ στην Ευρώπη, 185.530 μονάδες, και η χώρα αυτή βασίζεται και στη Γεωθερμία για να επιτύχει τον πρόσφατα ανακοινωθέντα στόχο της πλήρους απεξάρτησης από το πετρέλαιο μέχρι το 2020. Επίσης, στις Η.Π.Α. υπάρχουν εγκατεστημένες περίπου 600.000 μονάδες ΓΑΘ με μέση δυναμικότητα 12 kW. Από αυτές τις μονάδες, ποσοστό 46% είναι κατακόρυφα κλειστά συστήματα, ποσοστό 38% οριζόντια κλειστά συστήματα και 16% συστήματα ανοικτού βρόχου. Στην Γαλλία, περισσότερο από το 90% των συστημάτων ΓΑΘ που εγκαθίστανται τα τελευταία χρόνια είναι οριζόντιου τύπου.

Στη χώρα μας, η χρήση τους δεν είναι διαδεδομένη και μόνο περιορισμένες προσπάθειες έχουν γίνει για τη θέρμανση κτιριακών χώρων. Η εφαρμογή γεωθερμικών αντλιών θερμότητας (κατακόρυφου τύπου) περιορίζεται σήμερα σε ελάχιστα έργα μεγάλων κτηρίων (π.χ. το κτήριο των Ηλεκτρολόγων Μηχανικών στο Ε.Μ.Π. και το Δημαρχείο Πυλαίας), ενώ μερικές δεκάδες οριζόντια συστήματα έχουν τοποθετηθεί σε μονοκατοικίες στην Αττική, Βόρεια Ελλάδα και Σποράδες.



Εικόνα 15: Περιοχές γεωθερμικού ενδιαφέροντος στην Ελλάδα.

Σύμφωνα με τον χάρτη και από μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί παρατηρούνται:

- Γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας (θερμοκρασίας): Μήλος, Νίσυρος.
- Γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας (θερμοκρασίας): διάσπαρτα σε όλη την Ελλάδα.
- Πιθανά γεωθερμικά πεδία μέσης ενθαλπίας : Λέσβος, Χίος, Σαμοθράκη, ιζηματογενείς λεκάνες Κεντρικής και Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης.



Πίνακας 4.1: Εγκατεστημένη γεωθερμική ισχύς από άμεσες χρήσεις στην Ελλάδα (πηγή: Andritsos et al., 2013).

ΧΡΗΣΗ	Εγκατεστημένη Ισχύς (MWt) (Μάρτιος 2013)	Ετήσια χρήση ενέργειας (10^{12} J)
Θέρμανση χώρων	1.4	16
Θέρμανση θερμοκηπίων και εδάφους	27	271
Ξήρανση αγροτικών προϊόντων	0.3	3
Υδατοκαλλιέργειες και Ιχθυοκαλλιέργειες	9.3	80
Ιαματικός Τουρισμός και Λουτροθεραπεία	42	230
Γεωθερμικές Αντλίες θερμότητας	100	480
ΣΥΝΟΛΟ	180	1080 ($>100\%$ αύξηση από 2004)

Το συνολικό βεβαιωμένο γεωθερμικό δυναμικό ξεπερνά τα 500 MWe (170 MWe από τα γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας της Μήλου και της Νισύρου). Τα βεβαιωμένα και πολύ πιθανά αποθέματα χαμηλής ενθαλπίας ξεπερνούν τα 1000 MWth και μπορούν να εξοικονομήσουν εκατομ. τόνους ισοδύναμου πετρελαίου (ΤΙΠ) το χρόνο. Λιγότερο από το 1% του βεβαιωμένου γ/θ δυναμικού της χώρας έχει αξιοποιηθεί μέχρι σήμερα. Δεν υπάρχουν εφαρμογές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Η χρήση των ΓΑΘ αποτελεί τον πιο δυναμικό τομέα αξιοποίησης της γεωθερμίας για το άμεσο μέλλον. Η απλοποιημένη αδειοδότηση επιτρέπει τη γρήγορη διάδοση των εφαρμογών της. Οι «κλασσικές» άμεσες γεωθερμικές εφαρμογές παρουσιάζουν στασιμότητα την τελευταία δεκαετία. Χρειάζεται απλοποίηση της νομοθεσίας και διάδοση. Στην ισχύουσα νομοθεσία έγιναν πρόσφατα κάποιες βελτιώσεις, θα μπορούσε να γίνει σαν αυτή της αβαθούς γεωθερμίας, τουλάχιστον για τις αγροτικές χρήσεις.

4.4 Πλεονεκτήματα γεωθερμικής ενέργειας

- Η γεωθερμία έχει συνεχή και σταθερή παροχή ενέργειας, μικρό λειτουργικό κόστος και είναι διαθέσιμη μέρα και νύχτα, όλο το χρόνο χωρίς επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες.
- Δεν μπορεί να μεταφερθεί μακριά και συνεπώς θα πρέπει να αξιοποιηθεί επιτόπου συμβάλλοντας τη δημιουργία τοπικών ενεργειακών κέντρων και την οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη των περιοχών όπου αξιοποιείται.
- Εκτός από τη δυνατότητα ηλεκτροπαραγωγής, η γεωθερμική ενέργεια προσφέρεται έτοιμη ως θερμικό προϊόν.



- Οι γεωθερμικές μονάδες καταλαμβάνουν σχετικά μικρή έκταση γης και δεν απαιτούν αποθηκευτικούς χώρους.
- Η γεωθερμική ενέργεια παρουσιάζει υψηλό δείκτη διαθεσιμότητας (της τάξης του 90%), ενώ οι γεωθερμικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής έχουν συντελεστή αξιοποίησης μέχρι και 90%.
- Αναπτύσσεται σε πεδινές περιοχές με άριστες συνθήκες αξιοποίησης στη σύγχρονη γεωργία, αγροτο-βιομηχανία, υδατοκαλλιέργειες, σε αστικές και βιομηχανικές χρήσεις.
- Η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να συμβάλλει στην αντικατάσταση συμβατικών καυσίμων και στη μείωση της ενεργειακής εξάρτησης μιας χώρας ή μιας περιοχής και να προσφέρει ανταγωνιστικότητα μέσω χαμηλού ενεργειακού κόστους.
- Η γεωθερμική ενέργεια είναι φιλική προς το περιβάλλον και συμβάλλει στην προστασία του.
- Χρησιμοποιεί γνωστή τεχνολογία.

4.5 Κανονική (Αβαθής) Γεωθερμία.

Οι περιοχές με χαμηλές τιμές θερμικής ροής, όπως αυτές της δυτικής Ελλάδας, είναι λιγότερο ευνοϊκές από γεωθερμική άποψη. Δεν αποκλείεται βέβαια να βρεθούν και εκεί επιμέρους περιοχές με ευνοϊκές γεωλογικές και τεκτονικές συνθήκες. Ήδη έχουν εντοπιστεί ορισμένες τέτοιες περιοχές, όπως η περιοχή στις Συκιές της Άρτας, στην Κόνιτσα (Καβάσιλα, Αμάραντος), στην περιοχή γύρω από το αεροδρόμιο της Ανδραβίδας κτλ. Στις περιοχές αυτές φαίνεται να σχηματίζονται γεωθερμικά πεδία χαμηλής σχετικά θερμοκρασίας, μέχρι 46°C, σε πολύ μικρά βάθη. Οποσδήποτε όμως το θερμοκρασιακό ύψος των πεδίων στη Δυτική Ελλάδα είναι περιορισμένο.

Χαμηλή γεωθερμική βαθμίδα παρουσιάζει ολόκληρη η Πελοπόννησος, εξαιτίας της κυριαρχίας στην επιφάνεια και το υπέδαφος των ασβεστολιθικών, ιδιαίτερα υδροπερατών σχηματισμών, μέσα στους οποίους κατεισδύουν σημαντικές ποσότητες μετεωρικών νερών, τα οποία δεν προστατεύονται γενικά από στεγανό γεωλογικό κάλυμμα. Έτσι, η γεωθερμική βαθμίδα είναι πολύ χαμηλή και δεν αναμένεται η ύπαρξη αξιόλογων γεωθερμικών πεδίων σε μικρά σχετικά βάθη.

Με βάση πολυάριθμες μετρήσεις που έχουν γίνει στο υπέδαφος διαφόρων σημείων του κόσμου, έχει διαπιστωθεί ότι οι ατμοσφαιρικές συνθήκες επηρεάζουν τη θερμοκρασία σε σχετικά μικρό βάθος, συνήθως μέχρι τα 15 μέτρα. Από εκεί και κάτω, η μεταβολή της θερμοκρασίας υπακούει μόνο στους κανόνες της γεωθερμικής βαθμίδας, δηλαδή αυξάνεται σταθερά με το βάθος και με μέσο ρυθμό της τάξης του 1/30 μέτρα, που είναι η μέση ή ομαλή γεωθερμική βαθμίδα. Τα ρηχά γεωθερμικά ρευστά ή η θερμική ενέργεια που βρίσκονται σε πολύ μικρά βάθη (μέχρι 100 μέτρα) έχει οριστεί ως Αβαθής Γεωθερμία.

Ομαλή ή αβαθής γεωθερμική ενέργεια καλείται η ενέργεια που προέρχεται από την εκμετάλλευση της θερμότητας των γεωλογικών σχηματισμών και των νερών, επιφανειακών και υπογείων, που δεν χαρακτηρίζονται ως γεωθερμικό δυναμικό και βρίσκονται σε μικρό βάθος. Οι θερμοκρασίες των πετρωμάτων και υπόγειων νερών που αναπτύσσει η ομαλή γεωθερμική ενέργεια σε βάθη 0-200m, είναι κατά το πλείστον κατώτερες από 25°C. Στην περίπτωση αυτή μιλάμε για αβαθή υπεδαφική γεωθερμική, η οποία είναι μία περιβαλλοντική, όταν μάλιστα μέρος αυτής, κυρίως στα βάθη των 0-30m περίπου είναι ηλιακής προέλευσης.



Στα βάθη 0-15m το ποσοστό της θερμότητας ηλιακής προέλευσης γίνεται εμφανές, αυξανόμενο καθώς μικραίνει η απόσταση από την εδαφική επιφάνεια και καθώς μεγαλώνει το γεωγραφικό πλάτος του τόπου. Η περιβαλλοντική θερμική ενέργεια αξιοποιείται με τις αντλίες θερμότητας, οι οποίες αποτελούν σήμερα σημαντικό μέσο εξοικονόμησης ενέργειας και περιορισμού των ρυπογόνων καυσίμων.

4.5.1 Αξιοποίηση Αβαθούς Γεωθερμίας

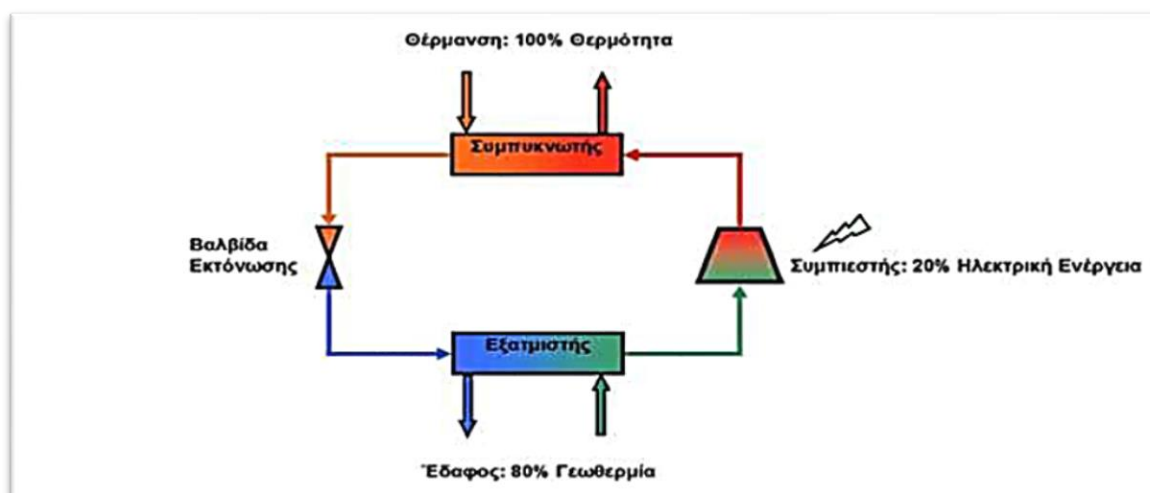
Η αβαθής γεωθερμική ενέργεια αξιοποιείται σήμερα εμπορικά με αντλίες θερμότητας συνδεδεμένες στο έδαφος για θέρμανση και ψύξη κτιρίων και παραγωγή ζεστού νερού. Η εκμετάλλευση αυτής της μορφής ενέργειας γίνεται χρησιμοποιώντας ως πηγή ενέργειας:

- Τα αβαθή υπόγεια νερά
- Τη θερμοκρασία των πετρωμάτων μικρού βάθους

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα των αβαθών γεωθερμικών πηγών είναι οι σταθερές θερμοκρασίες καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, αφού δεν επηρεάζονται από τις θερμοκρασιακές και μετεωρολογικές μεταβολές που συμβαίνουν στην επιφάνεια της Γης.

4.5.2 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις αβαθούς γεωθερμίας

- Μηδενικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις
- Κλειστό κύκλωμα κυκλοφορίας αέρα-νερού
- Μόνο προσωρινές οχλήσεις από τις τεχνικές εργασίες
- Δεν παράγονται κανενός είδους ρύποι
- Πλήρης αποκατάσταση του τοπίου-απουσία οποιασδήποτε εξωτερικής μονάδας.



Εικόνα 16: Το 20% της συνολικής ενέργειας που αποδίδει μια ΓΑΘ(Γεωθερμική.Αντλία.Θερμότητας.) προέρχεται από ηλεκτρική ενέργεια.



4.6 Αντλία θερμότητας

Αντλία θερμότητας είναι κάθε συσκευή που με οποιοδήποτε τρόπο, μηχανικό ή θερμικό, αντλεί θερμότητα από μια χαμηλή θερμοκρασιακή στάθμη και την αποδίδει σε μια υψηλή θερμοκρασιακή στάθμη καταναλώνοντας για αυτό το σκοπό ενέργεια, ηλεκτρική ή θερμική. Πιο ειδικά, στην εμπορική ορολογία αντλία θερμότητας είναι η συσκευή, που έχει τη δυνατότητα επέμβασης στον ψυκτικό κύκλο του συστήματος, έτσι ώστε να δίνει άλλοτε ζεστό και άλλοτε κρύο αέρα, ανάλογα πάντα με τις κλιματιστικές ανάγκες του χώρου.

Μία αντλία θερμότητας εξάγει τη θερμότητα από μία πηγή και τη μεταφέρει σε μία λεκάνη, σε μεγαλύτερη θερμοκρασία. Με βάση αυτόν τον ορισμό, όλοι οι εξοπλισμοί ψύξης, συμπεριλαμβανομένων των κλιματιστικών και των ψυκτών, είναι αντλίες θερμότητας. Ωστόσο, από τεχνικής άποψης ο όρος «αντλία θερμότητας» αναφέρεται γενικά μόνο σε εξοπλισμό που θερμαίνει για συγκεκριμένο σκοπό και δεν χρησιμοποιείται μόνο για ψύξη. Οι αντλίες θερμότητας που παρέχουν θέρμανση και ψύξη, είναι ουσιαστικά κλιματιστικά ή ψύκτες με αναστρέψιμο κύκλο λειτουργίας.

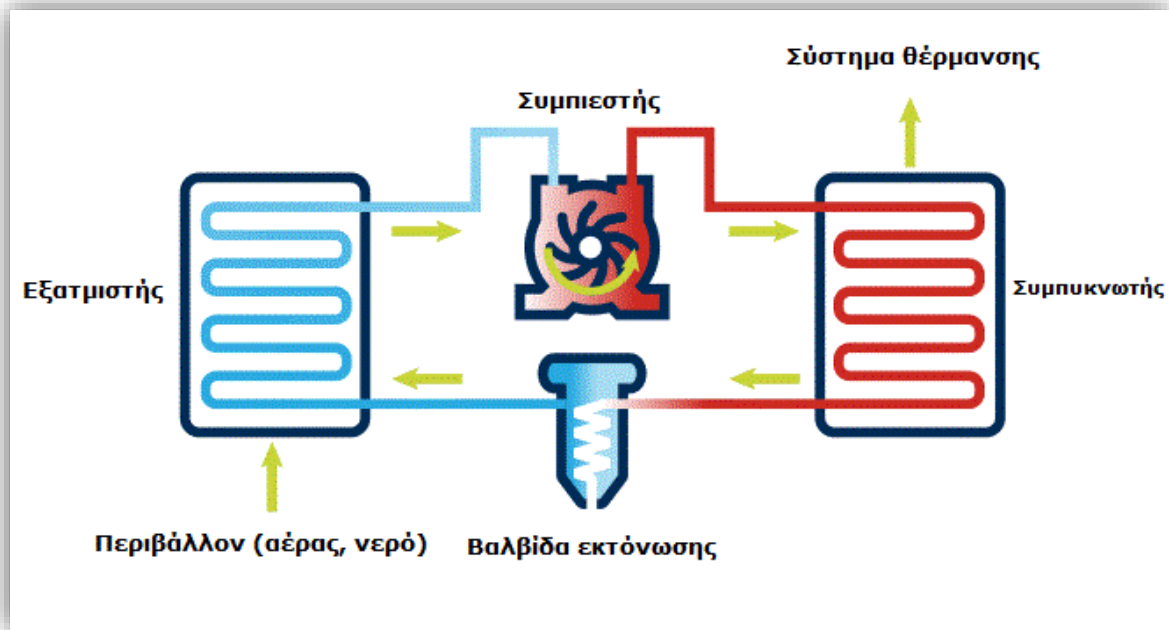
Είναι γνωστό, ότι η θερμότητα έχει φυσική ροή από καταστάσεις υψηλότερων θερμοκρασιών σε αντίστοιχες χαμηλότερων θερμοκρασιών. Η ΑΘ έχει την ικανότητα να μεταφέρει τη θερμότητα αντίθετα από τη φυσική της ροή. Αντλεί δηλαδή θερμότητα από μια χαμηλότερη στάθμη θερμοκρασίας προς μια υψηλότερη. Την ίδια εξ' άλλου ικανότητα έχει και ένα ψυγείο, μόνο που στην περίπτωση της ΑΘ ενδιαφέρον επιδεικνύεται για την απορριπτόμενη θερμότητα και όχι για την παραγόμενη ψύξη στο στοιχείο του εξατμιστή.

4.6.1 Αρχή λειτουργίας της ΑΘ

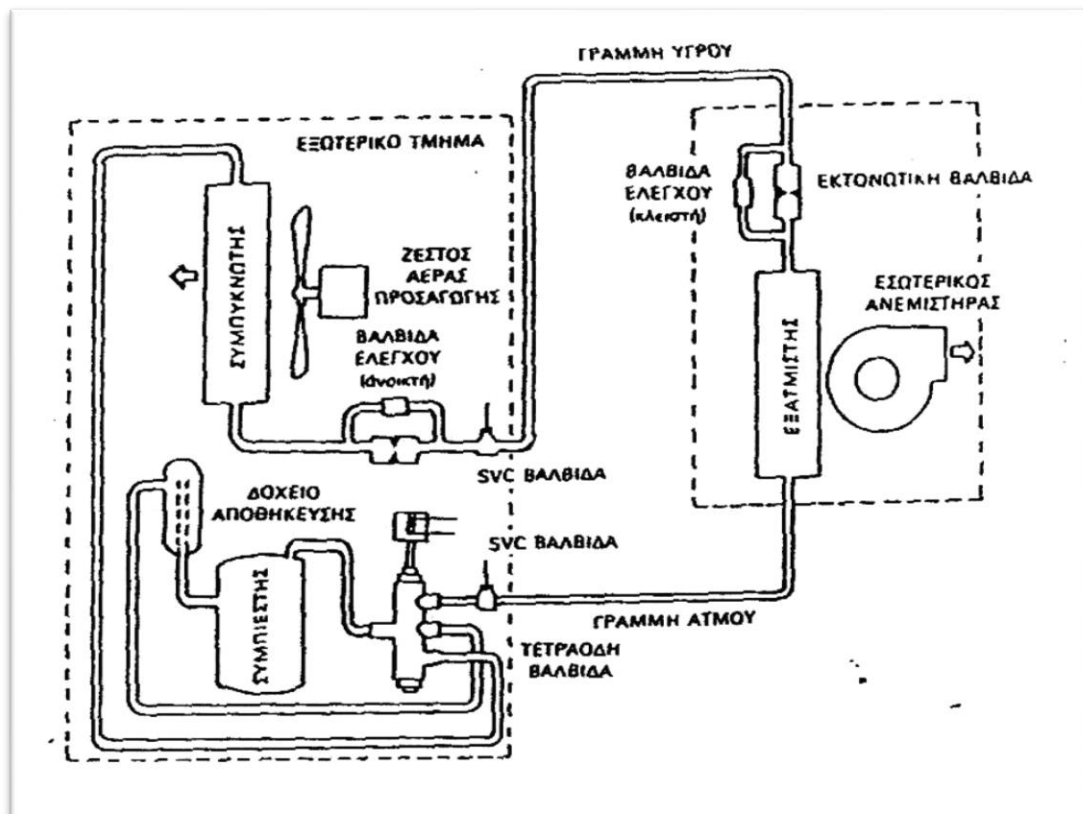
Η αρχή λειτουργίας της ΑΘ είναι η ίδια που εφαρμόζεται στα ψυγεία, όπου η θερμότητα μεταφέρεται από το χώρο του ψυγείου $\{+5\text{ }^{\circ}\text{C}\}$ στο χώρο του περιβάλλοντος ($30\text{ }^{\circ}\text{C}$), ή στις κλιματιστικές συσκευές παραθύρου, όπου η θερμότητα μεταφέρεται από το δωμάτιο ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$) στο ύπαιθρο ($35\text{ }^{\circ}\text{C}$). Έτσι λοιπόν, αν ο χώρος Α είναι το εσωτερικό ενός κτιρίου και ο Β το περιβάλλον, η αντλία θερμότητας έχει τη δυνατότητα, με κατάλληλο χειρισμό, να μεταφέρει θερμότητα από το χώρο Α προς το χώρο Β (ΨΥΞΗ του κτιρίου) ή αντίστροφα από τον χώρο Β προς το χώρο Α (ΘΕΡΜΑΝΣΗ του κτιρίου).

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

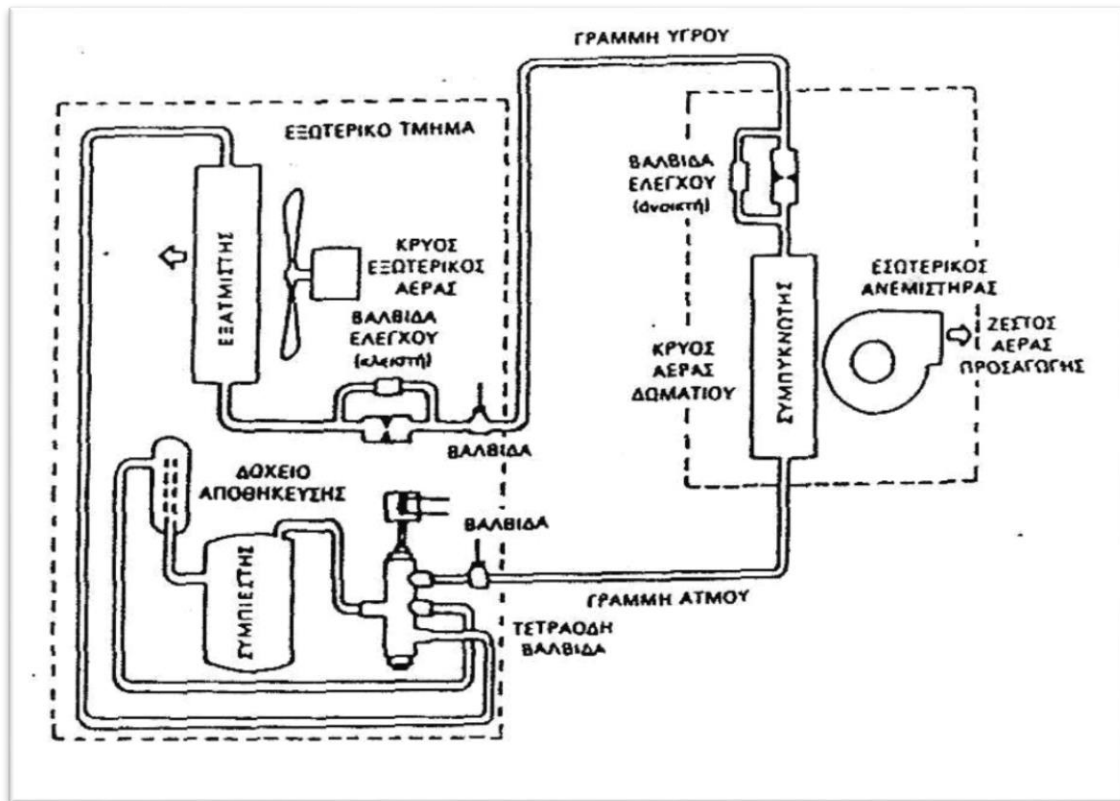
1. Το τμήμα συμπιεστή-συμπυκνωτή, που απορρίπτει (ή απορροφά) θερμότητα στο (ή από) το περιβάλλον.
2. Το τμήμα ανεμιστήρα - εξατμιστή, που απορροφά (ή προσθέτει) θερμότητα από τον (ή στον) εσωτερικό χώρο.
3. Ο μηχανισμός αντιστροφής, που είναι μια τετράοδη βαλβίδα, που αναστρέφει τη ροή του ψυκτικού μέσου έτσι ώστε να έχουμε ψύξη ή θέρμανση, ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας.
4. Οι αυτοματισμοί για τον έλεγχο και λειτουργία του συστήματος θέρμανσης ή ψύξης.
5. Η συμπληρωματική ηλεκτρική αντίσταση, που αυξάνει τη θερμική απόδοση του συστήματος, όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή.



Εικόνα 17: Σχηματική απεικόνιση του κύκλου λειτουργίας μιας συμβατικής αντλίας θερμότητας.



Εικόνα 18: Κύκλος αντλίας θερμότητας για ψύξη.



Εικόνα 19: Κύκλος αντλίας θερμότητας για θέρμανση.

Λειτουργία μιας ΑΘ στις δύο περιπτώσεις: θέρμανσης και ψύξης.

Συχνά στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι η ΑΘ "αντιστρέφει" η "αναστρέφει" τον κύκλο του ψυκτικού μέσου και ανάλογα με την περίπτωση ακολουθεί "ψυκτικό κύκλο" το καλοκαίρι ή "θερμικό" ή "θερμαντικό" κύκλο το χειμώνα. Τονίζεται πως μια ΑΘ δουλεύει πάντα με ψυκτικό κύκλο και ποτέ με θερμικό. Το μόνο που αντιστρέφεται είναι ο ρόλος των στοιχείων του συμπυκνωτή και του εξατμιστή. Έτσι, το καλοκαίρι ο εξατμιστής είναι μέσα στο ψυχόμενο χώρο και τον ψύχει, ενώ το χειμώνα ο εξατμιστής είναι στον εξωτερικό χώρο και ψύχει το περιβάλλον. Η ΑΘ με μια ειδική βαλβίδα αντιστρέφει τη ροή του ψυκτικού μέσου διατηρώντας φυσικό τον ψυκτικό κύκλο, στον οποίο συνεχίζεται κανονικά η προσφορά μηχανικού έργου.

Η μελέτη του κύκλου για ψύξη μπορεί να γίνει ξεκινώντας από οποιοδήποτε σημείο του συστήματος.

- Αρχικά το ψυκτικό υγρό εισέρχεται στον **εξατμιστή**. Η είσοδος του ψυκτικού υγρού στον εξατμιστή ελέγχεται από μια εκτονωτική - στραγγαλιστική βαλβίδα. Η βαλβίδα αυτή ελαττώνει την πίεση του υγρού, το οποίο στη συνέχεια εξατμίζεται σε χαμηλή θερμοκρασία. Κατά την εξάτμιση, ποσά θερμότητας προσδίδονται στο υγρό που βρίσκεται σε πολύ χαμηλή θερμοκρασία.
- Το ψυκτικό υγρό έχει μετατραπεί σε αέριο, το οποίο αποκτά υψηλή πίεση και θερμοκρασία με τη βοήθεια του **συμπιεστή**.
- Το συμπιεσμένο αέριο φθάνει στο **συμπυκνωτή** και προσδίδει ποσά θερμότητας στο μέσο συμπύκνωσης (αέρας ή νερό). Στο στάδιο αυτό το συμπιεσμένο αέριο υδροποιείται.
- Το ψυκτικό υγρό φθάνει στην **εκτονωτική βαλβίδα** και ο κύκλος ξαναρχίζει.



Ο κύκλος θέρμανσης περιλαμβάνει τα ίδια στάδια με αυτόν της ψύξης. Μόνο που στην περίπτωση αυτή ο εξατμιστής εργάζεται σα συμπυκνωτής και ο συμπυκνωτής σαν εξατμιστής. Η μετατροπή του κύκλου από τη φάση θέρμανσης στη φάση ψύξης γίνεται με τη βοήθεια τετράοδης βαλβίδας.

4.6.2 Κατηγορίες αντλιών θερμότητας.

1) Οι αντλίες θερμότητας κατατάσσονται ανάλογα με το μέσο που αντλείται και το μέσο που αποβάλλεται η θερμότητα, στις ακόλουθες κατηγορίες:

- A. Αέρα - Αέρα (A - A),
- B. Αέρα - Νερού (A - N),
- Γ. Νερού - Νερού (N - N),
- Δ. Νερού - Αέρα (N - A),
- E. Εδάφους - Αέρα (E - A),
- Στ. Εδάφους - Νερού (E - N).

2) Ανάλογα με το είδος της κινητήριας μηχανής, οι αντλίες θερμότητας κατατάσσονται σε 3 κατηγορίες:

Ηλεκτροκίνητοι συμπιεστές,

- A. Συμπιεστές κινούμενοι από μηχανές εσωτερικής καύσης (πετρέλαιο, ατμός, αέριο, κ.λπ.),
- B. Συμπιεστές απορρόφησης και προσρόφησης (θερμική ενέργεια χαμηλής και μέσης θερμοκρασίας).

3) Ανάλογα με τη θέση των διαφόρων μηχανισμών της αντλίας θερμότητας, διακρίνουμε δύο κατηγορίες:

- A. Ενιαίες ή αυτόνομες (COMPACT): όλοι οι μηχανισμοί βρίσκονται σε κοινό κέλυφος,
- B. Διαιρούμενες (SPLIT): ο συμπυκνωτής είναι ανεξάρτητος του υπόλοιπου συστήματος.

4) Ανάλογα με τον τρόπο εναλλαγής της λειτουργίας των στοιχείων τους οι αντλίες θερμότητας χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- A. Σταθερού κυκλώματος (Σ.Κ.) ψυκτικού μέσου: Η ροή του ψυκτικού μέσου διατηρείται σταθερή και αλλάζει η θέση των μέσων προσαγωγής ή απαγωγής της θερμότητας,
- B. Μεταβλητού κυκλώματος (Μ.Κ.) ψυκτικού μέσου: Γίνεται αναστροφή της ροής του ψυκτικού μέσου.



4.6.3 Αντλίες θερμότητας συνδεδεμένες στο έδαφος

Αυτές οι μηχανικές αντλίες θερμότητας χρησιμοποιούν το νερό το οποίο προέρχεται από υπόγειες πηγές(κρύες, χλιαρές ή θερμές γεωτρήσεις) με θερμοκρασία 10-30°C, επιφανειακές πηγές(λίμνες, ποταμοί, θάλασσα) 5-25°C. Χαρακτηρίζονται από αποδοτικότητα υψηλής ενέργειας με ένα μέσο συντελεστή απόδοσης COP 3 για τις εγκατεστημένες μονάδες και μεγαλύτερο του 4 για νέες μονάδες. Ένα σύστημα γεωθερμικής αντλίας θερμότητας(ΓΑΘ) αποτελείται από:

- Τη μηχανική μονάδα της αντλίας θερμότητας,
- Τον εναλλάκτη θερμότητας κλειστού ή ανοικτού συστήματος,
- Το σύστημα κυκλοφορίας νερού στο κτίριο.

Οι αντλίες θερμότητας που είναι συνδεδεμένες στο έδαφος μπορούν να παράγουν νερό θερμοκρασίας 40-60°C. Για αυτό το λόγο συνδυάζονται με συστήματα θέρμανσης χαμηλής θερμοκρασίας (fan coils), τη θέρμανση δαπέδων κλπ. Ενώ ταυτόχρονα μπορούν να παρέχουν ψύξη κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου. Για να καλυφθούν οι ανάγκες της οικίας σε θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης(ZNX) επιλέγεται ως κατάλληλη η γεωθερμική αντλία θερμότητας εδάφους/νερού, **SI 30TER+**, της εταιρείας SIELINE (με 2 συμπιεστές).



Εικόνα 20: Γεωθερμική αντλία θερμότητας.



Πίνακας 4.2: Χαρακτηριστικά γεωθερμικής αντλίας θερμότητας.

ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ/ΝΕΡΟΥ (θέρμανση - ψύξη)				
<ul style="list-style-type: none"> • Θερμοκρασία προσαγωγής μέχρι 60°C (θέρμανση) / 7°C (ψύξη) • Θερμοκρασιακά όρια λειτουργίας: -5°C / +25°C 				
ΤΥΠΟΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ kW/COP	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ Π x Υ x Β	ΒΑΡΟΣ kg.	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
SI 30TER+	16,1/4,4 ^[1] 29,8/4,1 ^[2] 35,3/5,3 ^[3]	1000 x 1660 x 775	385	Ειδικός μονωμένος χώρος για τους συμπιεστές και πάνω σε βάση για τους κραδασμούς. Βελτιστοποιημένη λειτουργία για θέρμανση και ψύξη μέσω μιας εξωτερικής τετράοδης βαλβίδας (μόνο για την SI 130TUR). Επιπρόσθετος εναλλάκτης για ανάκτηση θερμότητας, έλεγχος δεύτερης πηγής ενέργειας καθώς επίσης και δύο θερμοκρασίες προσαγωγής για ενδοδαπέδια και Fancoils. Ενσωματωμένος ηλεκτρονικός εγκέφαλος ελέγχου WPM σε οθόνη LCD δυνατότητα σύνδεση με PC-Modem). Τύπος σύνδεσης 3/N/PE 400V Ψ/Υ R404A, για τα SI 30-75 TER και R410A για το SI 130 TUR. Στάθμη θορύβου 55dB(A).
SI 75TER+	35,8/4,0 ^[1] 67,9/3,7 ^[2] 75,5/4,5 ^[3]	1350 x 1890 x 750	658	
SI 130TUR+	57,6/4,6 ^[1] 108,5/4,2 ^[2] 129,0/5,6 ^[3]	1350 x 1890 x 775	830	
<small>1) Θέρμανση kW/Βαθμός Απόδοσης COP με τον 1 συμπιεστή για θερμοκρασία εδάφους +0°C και ζεστού νερού +35°C 2) Θέρμανση kW/Βαθμός Απόδοσης COP με 2 συμπιεστές για θερμοκρασία εδάφους +0°C και ζεστού νερού +35°C 3) Ψύξη kW/Βαθμός Απόδοσης EER με τον 2 συμπιεστές για θερμοκρασία εδάφους +20°C και κρύου νερού +9°C</small>				

Οι Αντλίες Θερμότητας Εδάφους/Νερού της Dimplex χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας τη σταθερή θερμοκρασία του εδάφους και είναι αδιάφορη η θερμοκρασιακή μεταβολή του περιβάλλοντος χειμώνα-καλοκαίρι. Αυτές οι μοντέρνες εγκαταστάσεις θέρμανσης απορροφούν μέχρι και 75% της απαιτούμενης ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης από την αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια του εδάφους. Το υπόλοιπο 25% το παίρνουμε με την μορφή της ηλεκτρικής ενέργειας και έτσι πετυχαίνουμε θερμική άνεση 100%.

- Εξοικονόμηση ενέργειας – χαμηλά λειτουργικά έξοδα

Με την χρήση μιας Αντλίας Θερμότητας Εδάφους/Νερού Dimplex, το σύστημα γίνεται έως και 5 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 5. Εξασφαλίζοντας τέτοιο υψηλό βαθμό απόδοσης λειτουργούν με χαμηλό κόστος κατανάλωσης ενώ παράλληλα το κόστος συντήρησης είναι μηδαμινό. Η οδηγία της Ε.Ε σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας θα επιβάλει, μέσα στα επόμενα χρόνια, την αντικατάσταση των παλιών εγκαταστάσεων θέρμανσης πετρελαίου ή αερίου από χαμηλά σε εκπομπές CO₂, συστήματα θέρμανσης όπως οι Αντλίες θερμότητας Εδάφους/Νερού της Dimplex.

- Μέθοδοι εφαρμογής ενός γεωθερμικού συστήματος.

Ανάλογα με την μορφολογία του εδάφους, τον διαθέσιμο χώρο οικοπέδου, την ύπαρξη ή όχι υπογείων υδάτων, τις απαιτήσεις των χώρων κλιματισμού και άλλων παραγόντων, καθορίζεται και σχεδιάζεται σε κάθε περίπτωση διαφορετική μέθοδος εγκατάστασης του γεωθερμικού εναλλάκτη.



- Ευελιξία διασύνδεσης και εφαρμογών.

Οι Αντλίες Θερμότητας Εδάφους/Νερού της Dimplex για θέρμανση και ψύξη μπορούν να εγκατασταθούν σε νέα ή παλιά κτίρια. Μπορούν να συνδεθούν με συστήματα ενδοδαπέδιας για θέρμανση και δροσισμό καθώς και με σώματα Fan Coil για δυναμική θέρμανση και ψύξη. Τόσο η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, όσο και ψύξης, μπορούν παράλληλα να συνυπάρχουν. 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. Ο διαχειριστής του συστήματος της αντλίας αναλαμβάνει τον έλεγχο και προγραμματισμό του συστήματος θέρμανσης, ψύξης και ζεστού νερού χρήσης σε ένα σύστημα. Επιπλέον σε συστήματα ενδοδαπέδιας θέρμανσης και δροσισμού ελέγχει το σημείο δρόσου για αποφυγή υγραποιήσεων του δαπέδου.

SI.TER Αντλία Θερμότητας Εδάφους/Νερού Dimplex για Θέρμανση και Ψύξη

- Αντλία θερμότητας για εσωτερική τοποθέτηση.
- Ειδικός μονωμένος χώρος για τους συμπιεστές και πάνω σε βάση για τους κραδασμούς. Πληρεί τις αυξημένες απαιτήσεις της οδηγίας EN 14511 για υψηλές αποδόσεις.
- Στάθμη ηχητικής πίεσης στα 10m απόσταση από πλευρά εξαγωγής 60dB.
- Βελτιστοποιημένη λειτουργία για θέρμανση και ψύξη μέσω μιας εξωτερικής τετράοδης βαλβίδας.
- Επιπρόσθετος εναλλάκτης για υψηλότερη θερμοκρασία ζεστού νερού χρήσης στην θέρμανση και ανάκτηση θερμότητας στη ψύξη.
- Υψηλή ασφάλεια λειτουργίας με επιτήρηση του ψυκτικού κύκλου από αισθητήρια, ενσωματωμένος μετρητής θερμικής ενέργειας (με ένδειξη της κατανάλωσης θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης στο WPM).
- Η A/Θ ελέγχει και δεύτερη πηγή ενέργειας (π.χ. λέβητα ή ανανεώσιμη πηγή ενέργειας -ήλιος) καθώς επίσης και δύο θερμοκρασίες προσαγωγής για ενδοδαπέδια και Fancoils.
- Εσώκλειστος αισθητήρας εξωτερικής θερμοκρασίας και αισθητήρας αντεπιστροφής. Ηλεκτρονικός ομαλός εκκινήτης για ρεύμα εκκίνησης ενσωματωμένος.
- Δυνατότητα παροχής ζεστού νερού χρήσης.
- Συμπεριλαμβάνεται ο ηλεκτρονικός εγκέφαλος WPM για έλεγχο του συστήματος σε οθόνη LCD (π.χ. εξωτερική θερμοκρασία-αντιστάθμιση, κυκλοφορητές, τρίοδες βάνες αναμεικτικές, θερμοκρασίες ζεστού νερού χρήσης -προσαγωγής -επιστροφής , σύνδεση με PC-Modem).
- Θερμοκρασία προσαγωγής νερού: Θέρμανση 55°C / Ψύξη 7°C.
- Θερμοκρασιακά όρια λειτουργίας στο έδαφος: -5°C μέχρι 25°C.
- Εσωτερική τοποθέτηση, Τάση 3/PE~400V/50Hz, Ψ/Y R404A.



4.7 Εναλλάκτες θερμότητας

Στις περισσότερες γεωθερμικές εφαρμογές απαιτείται η μεταφορά της θερμότητας των γεωθερμικών ρευστών σε ένα ρευστό λειτουργίας μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας. Σε κάθε σύστημα εναλλαγής θερμότητας επιλέγονται ο τύπος του εναλλάκτη, οι συνθήκες λειτουργίας του (θερμοκρασίες εισόδου-εξόδου, πτώση πίεσης), η επιφάνειά του, το υλικό κατασκευής και οι μέθοδοι για τον έλεγχο της διάβρωσης και των επικαθίσεων. Οι εναλλάκτες θερμότητας αποτελούν το σπουδαιότερο τμήμα μιας μονάδας χαμηλής ενθαλπίας μετά τη γεώτρηση. Οι κυριότεροι τύποι εναλλακτών που χρησιμοποιούνται στα γεωθερμικά συστήματα είναι: ο εναλλάκτης πλακών, ο εναλλάκτης αυλών και κελύφους, ο εναλλάκτης ρευστοστερεάς κλίνης και ο υπόγειος εναλλάκτης.

Ο γεωεναλλάκτης κλειστού τύπου αποτελείται από σωλήνες πολυαιθυλενίου(PE) και επιτρέπει στη γεωθερμική ενέργεια του εδάφους να μεταφερθεί προς και από την αντλία θερμότητας μέσω ενός διαλύματος νερού/γλυκόζης που κυκλοφορεί μέσα στους σωλήνες. Αξιοποιεί κατ' αυτόν τον τρόπο τη θερμοκρασία του εδάφους η οποία παραμένει σταθερή σε όλη τη διάρκεια του έτους (13-16°C).

4.8 Κύρια σχήματα λειτουργίας μιας ΓΑΘ

Η ανάκτηση της θερμότητας επιτυγχάνεται με την ανακυκλοφορία νερού σε κλειστές υδροφόρες ή «ξηρές» γεωτρήσεις ή σε ρηχές επιφάνειες εδάφους/ πετρωμάτων, καθώς και με την απευθείας χρήση νερών. Τα κύρια σχήματα με τα οποία λειτουργούν οι ΓΑΘ είναι:

A. Συστήματα **κλειστού βρόχου** (closed loop systems) ή συστήματα συζευγμένα με το υπέδαφος (ground-coupled systems). Στα συστήματα αυτά ένα δευτερεύον υγρό (νερό ή διάλυμα αντιψυκτικού, συνήθως προπυλενο-γλυκόλης) κυκλοφορεί σε μία διάταξη σωληνώσεων σε κλειστό κύκλωμα και μεταφέρει θερμότητα από ή προς το έδαφος (γεωεναλλάκτης). Το κυριότερο πλεονέκτημα αυτού του τύπου είναι η ανεξαρτησία από την ύπαρξη νερού στην περιοχή ή στη γεώτρηση και από την ποιότητα του νερού. Τα συστήματα αυτά διαχωρίζονται περαιτέρω σε κατακόρυφα και οριζόντια, ανάλογα με τη γεωμετρία του υπόγειου εναλλάκτη. Στα κατακόρυφα συστήματα απαιτείται η ανόρυξη μιας ή περισσότερων γεωτρήσεων βάθους περίπου 100m η καθεμία, μέσα στις οποίες τοποθετούνται κατακόρυφοι εναλλάκτες. Αυτό το σύστημα χρησιμοποιείται κυρίως όταν ο διαθέσιμος χώρος εντός του οικοπέδου δεν επαρκεί για τη διάστρωση των οριζόντιων γεωεναλλακτών. Στα οριζόντια συστήματα, απαιτείται σκάμμα ορισμένης επιφάνειας, ανάλογο των απαιτήσεων της κάθε περίπτωσης, σε βάθος 10-15m. Σε αυτό το βάθος αναπτύσσεται το οριζόντιο σύστημα σωληνώσεων πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας, που καταλήγει μέσω των επιμέρους συλλεκτών στην αντλία θερμότητας.

B. Συστήματα **ανοικτού βρόχου** (open loop systems). Σε αυτά τα συστήματα χρησιμοποιείται νερό από γεωτρήσεις, πηγάδια, ποτάμια, θάλασσα, λίμνες, εγκαταλειμμένα ορυχεία κτλ. Προϋπόθεση για τη λειτουργία τέτοιων συστημάτων είναι η επαρκής ποσότητα νερού (αν πρόκειται για υπόγειο ή ποτάμιο, μπορεί να είναι μειωμένη σε κάποιες περιόδους), η καλή ποιότητά του και η δυνατότητα διάθεσης του νερού μετά



τη χρήση του. Για αυτό το σύστημα απαιτούνται 2 γεωτρήσεις. Από την πρώτη, την παραγωγική αντλία, αντλείται μέσω κατάλληλης αντλίας το νερό της γεώτρησης και προσάγεται μέσα σε έναν εναλλάκτη θερμότητας στην αντλία θερμότητας. Ενώ από την δεύτερη, της επανεισαγωγής, οδηγείται πάλι στο έδαφος το νερό της γεώτρησης. Κύριο πλεονέκτημα αποτελεί η αποδοτικότερη μεταφορά θερμότητας (π.χ. για θερμικό φορτίο 10 kW, $\Delta T=5^{\circ}\text{C}$ και COP=4 απαιτούνται μόνο 0,5 m³/hr).

Γ. **Υβριδικά** συστήματα. Συνδυασμός των παραπάνω, συνδυασμός με άλλα ανανεώσιμα συστήματα θέρμανσης (π.χ. ηλιακοί συλλέκτες) ή συνδυασμός με συμβατικά συστήματα θέρμανσης-ψύξης.

4.8.1 ΓΑΘ κλειστού βρόχου.

Ένα σύστημα ΓΑΘ κλειστού βρόχου αποτελείται ουσιαστικά από τρία υποσυστήματα:

- το υποσύστημα με τις σωληνώσεις που βρίσκονται μέσα στο έδαφος,
- το υποσύστημα της αντλίας θερμότητας νερού-νερού και
- στο υποσύστημα θέρμανσης-ψύξης του χώρου (fan coils).

Συχνά, υπάρχει και το υποσύστημα του «θερμαντήρα» (desuperheater), το οποίο μπορεί να προσφέρει θερμό νερό χρήσης με θερμοκρασία 40-45°C. Στη διάρκεια του κύκλου ψύξης του συστήματος η παραγωγή του νερού χρήσης γίνεται πρακτικά δωρεάν. Επειδή το υποσύστημα με τις σωληνώσεις είναι κλειστό σύστημα, δεν παρουσιάζονται επικαθίσεις αλάτων σε αυτό, με αποτέλεσμα η συντήρηση του συστήματος να είναι μηδαμινή. Συνήθως χρησιμοποιούνται σπειροειδής (scroll) συμπιεστές με ρύθμιση on/off και σαν ψυκτικό υγρό το R17a, R134a, R407c, κυρίως σήμερα προτιμάται το R410, διότι έχει καλύτερες ιδιότητες μετάδοσης θερμότητας και καλύτερη απόδοση σε αναστρέψιμα συστήματα για λειτουργία θέρμανσης/ψύξης. Ο συντελεστής ενεργειακής απόδοσης (COP) των ΓΑΘ ορίζεται σαν τον λόγο της αποδιδόμενης ενέργειας προς την ηλεκτρική κατανάλωση. Ο εποχιακός συντελεστής απόδοσης (SPF) είναι το ολοκλήρωμα του COP κατά την περίοδο θέρμανσης ή και ψύξης.

Η αρχή ενός συστήματος ΓΑΘ κλειστού βρόχου βασίζεται στο ότι η θερμοκρασία του υπεδάφους μένει σχεδόν αμετάβλητη σε βάθος μεγαλύτερο από 5 m, προσεγγίζοντας τη μέση ετήσια θερμοκρασία της ατμόσφαιρας, ενώ ακόμη και σε βάθος 2 m η θερμοκρασία του εδάφους αποκρίνεται στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος χωρίς μεγάλες διακυμάνσεις, με κάποια χρονική υστέρηση. Το είδος της κάλυψης του εδάφους (χόρτο, χώμα, χιόνι) παίζει σημαντικό ρόλο στη συσσώρευση της θερμότητας. Σε αυτά τα μικρά βάθη, η αποθηκευμένη ενέργεια του εδάφους προέρχεται βασικά από την ηλιακή ακτινοβολία και μόνο ένα μικρό ποσοστό (2-3%) προέρχεται από τη θερμότητα της γης. Σε αντίθεση, η θερμότητα σε βάθη μεγαλύτερα από 15 m προέρχεται μόνο από τη γεωθερμία.

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την αποδοτικότητα μιας εγκατάστασης ΓΑΘ κλειστού κυκλώματος είναι:

- Α. το κλίμα και η θερμοκρασία του εδάφους,
- Β. οι θερμικές ιδιότητες του υπεδάφους,
- Γ. το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας,



- Δ. το κόστος ανόρυξης της γεώτρησης ή της εκσκαφής των ορυγμάτων και
 Ε. οι τυχόν επιδοτήσεις και κίνητρα για την εγκατάσταση μονάδων εξοικονόμησης ενέργειας.

Ο κύριος λόγος για την εγκατάσταση ενός συστήματος ΓΑΘ κλειστού βρόχου είναι βασικά η εξοικονόμηση ενέργειας (που μπορεί να φτάσει ακόμη και το 60%) που συνεπάγεται χαμηλότερο κόστος για τον ιδιοκτήτη και χαμηλότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στο περιβάλλον. Τα συστήματα αυτά γίνονται περισσότερο ελκυστικά οικονομικά όταν η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι σχετικά χαμηλή (η περίπτωση της χώρας μας σήμερα) ή όταν εφαρμόζεται η πολιτική της τιμής αιχμής της ηλεκτρικής κλιματώσεως (για το καλοκαίρι) και περιβαλλοντικά όταν χρησιμοποιείται «πράσινος» ηλεκτρισμός.

Υπάρχουν τρεις τύποι Γεωθερμικών Εναλλακτών Κλειστού Κυκλώματος ανάλογα με τη διάταξη του δικτύου σωληνώσεων στο έδαφος: το Οριζόντιο Σύστημα, το Κάθετο Σύστημα και το Σπειροειδές Σύστημα.

Στο **οριζόντιο σύστημα** οι σωλήνες τοποθετούνται σε χαντάκια, σε βάθος από 1,2 –3 μέτρα και σε κάθε χαντάκι εγκαθίστανται από ένας έως έξι σωλήνες. Το μήκος τους εξαρτάται από παράγοντες όπως το θερμικό φορτίο, το υλικό κατασκευής, το έδαφος κ.ά. Το σύστημα αυτό έχει μικρότερο κόστος εγκατάστασης, απαιτείται όμως μεγαλύτερη έκταση Γης. Στα οριζόντια συστήματα κλειστού βρόχου οι σωληνώσεις HDPE (ή PP) τοποθετούνται στο έδαφος σε ορισμένο βάθος με διάφορες «γεωμετρίες». Πολλά γεωμετρικά σχήματα έχουν προταθεί και δοκιμαστεί και ορισμένα από αυτά παρουσιάζονται γραφικά στο παρακάτω σχήμα. Στην Βόρεια Αμερική επικρατεί η σπειροειδής «γεωμετρία», ενώ στην Ευρώπη τα τελευταία χρόνια τοποθετείται ένα είδος πλέγματος.

Το δίκτυο των αγωγών τοποθετείται σε βάθος 1-2 m, ή και βαθύτερα, αν το επιτρέπει το κόστος των εκσκαφών. Η εκσκαφή μπορεί να γίνει με τη μορφή ορυγμάτων, συνήθως πλάτους 20-60 cm, ή με την μορφή της ολικής απομάκρυνσης του εδάφους. Τα οριζόντια συστήματα μπορεί να είναι σε διάταξη σειρών ή σε παράλληλη διάταξη.

Η διάταξη σειρών έχει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Χρήση σωλήνα ενός μεγέθους.
- Υψηλότερη θερμική απόδοση ανά μέτρο σωληνώσεως εξαιτίας της μεγαλύτερης διαμέτρου σωλήνα που απαιτείται.
- Μια δίοδο παροχής.

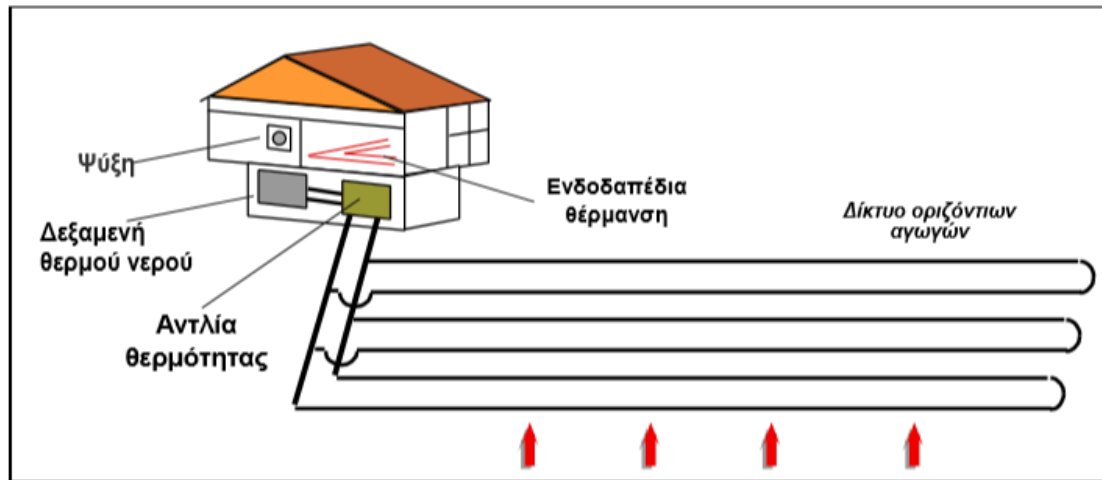
Η διάταξη σειρών έχει τα παρακάτω μειονεκτήματα:

- Μεγαλύτερο όγκο νερού και αντιψυκτικού.
- Υψηλότερη τιμή ανά μέτρο εξαιτίας του υλικού σωληνώσεως.

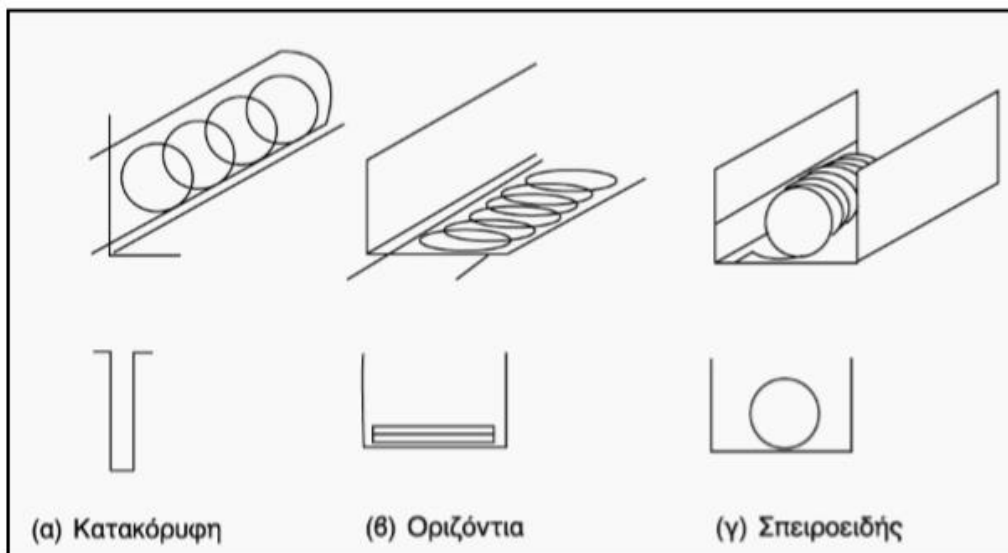
Η παράλληλη διάταξη έχει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Χαμηλότερο κόστος σωληνώσεως.
- Απαιτείται λιγότερο αντιψυκτικό όπου χρειάζεται.

Η παράλληλη διάταξη έχει το μειονέκτημα ότι πρέπει να εξασφαλίζεται η απομάκρυνση όλου του αέρα.



Εικόνα 21: Κλειστό οριζόντιο σύστημα ΓΑΘ.



Εικόνα 22: Τύποι Γεωθερμικών Εναλλακτών Κλειστού Κυκλώματος ανάλογα με τη διάταξη του δικτύου σωληνώσεων στο έδαφος.



Το **κάθετο σύστημα** τοποθετείται κυρίως όταν υπάρχει περιορισμένη έκταση Γης, σε φρεάτια που ανοίγονται σε βάθος από 50 έως 130 μέτρα μέσα στα οποία τοποθετούνται οι σωλήνες.

Το κάθετο σύστημα έχει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

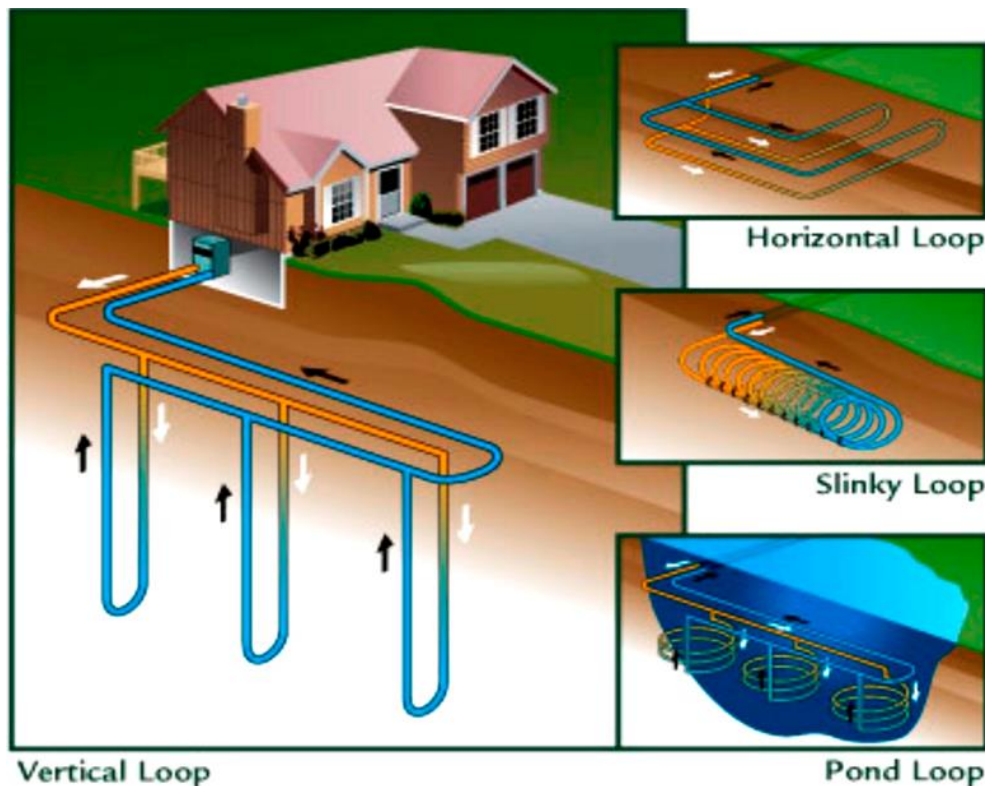
- μικρότερο συνολικό μήκος σωλήνωσης
- μικρότερα ποσά ενέργειας, από ότι για άντληση απαιτείται μικρότερη έκταση Γης
- η αξιοποιήσιμη θερμότητα του εδάφους επηρεάζεται λιγότερο από την εξωτερική θερμοκρασία (μεγάλο βάθος).

Το κάθετο σύστημα έχει και το εξής μειονέκτημα ότι απαιτείται εξοπλισμός γεωτρήσεων με αποτέλεσμα αύξηση του κόστους κατασκευής. Τα κάθετα συστήματα μπορεί να είναι σε διάταξη σειρών ή παράλληλη διάταξη με τα ίδια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα όπως και στο οριζόντιο σύστημα.

Το **σπειροειδές σύστημα** αποτελείται από σωλήνες που τυλίγονται σε σπείρες (σπιράλ) και τοποθετούνται σε χαντάκια μέσα στο έδαφος. Το τυπικό σπειροειδές σύστημα τοποθετείται με βήμα 0,254 μέτρα το οποίο ισοδυναμεί με 12 μέτρα σωλήνωσης ανά μέτρο χαντακιού. Το εκτεταμένο σπειροειδές σύστημα τοποθετείται με βήμα 1,42 μέτρα που ισοδυναμεί με 4 μέτρα σωλήνα ανά μέτρο χαντακιού. Το σπειροειδές σύστημα έχει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- απαιτείται μικρότερη έκταση Γης
- απαιτείται λιγότερο σκάψιμο για τη δημιουργία χαντακιών.

Το σπειροειδές σύστημα έχει και το εξής μειονέκτημα ότι απαιτείται μεγαλύτερο μήκος σωλήνα.



Εικόνα 23: Τύποι συστημάτων ΓΑΘ.



4.8.2 ΓΑΘ ανοιχτού βρόχου

Οι Γεωθερμικοί Εναλλάκτες Ανοικτού Κυκλώματος χρησιμοποιούν επιφανειακά ή υπόγεια ύδατα ως πηγή Θέρμανσης -Ψύξης και χώρους απόθεσης του νερού που επιστρέφει υποβαθμισμένο. Τέτοιες πηγές είναι η λίμνη, το πηγάδι, το ποτάμι, η γεώτρηση ή και η ίδια η θάλασσα. Ενδεικτικά, μια οικία 280m² απαιτεί περίπου 30–57 λίτρα ανά λεπτό, παροχής νερού. Οι Γεωθερμικοί Εναλλάκτες Ανοικτού Κυκλώματος έχουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Το σύστημα αυτό είναι οικονομικότερο από του κλειστού κύκλου όταν υπάρχει λίμνη ή ήδη ανοιγμένο πηγάδι ή γεώτρηση που να μπορούν να καλύψουν τις απαιτήσεις.
- Είναι ευκολότερη η εγκατάστασή του, καθώς εκλείπουν παράγοντες όπως αντιψυκτικό, κρυμμένες διαρροές, σωληνώσεις που πρέπει να απαλλαγθούν από τον αέρα.

Οι Γεωθερμικοί Εναλλάκτες ανοικτού κυκλώματος έχουν τα παρακάτω μειονεκτήματα:

- Η ποιότητα του νερού μπορεί να αλλάξει με το χρόνο.
- Η ποσότητα του νερού μπορεί να μεταβάλλεται ακανόνιστα, ειδικά κατά περιόδους ξηρασίας.
- Αν ανοιχτεί πηγάδι, γίνεται αβέβαιο αν θα υπάρχει νερό ή αν θα καλύψει τις ανάγκες. Σε πολλές περιοχές δεν επιτρέπεται το άνοιγμα πηγαδιού ή γεώτρησης.



Εικόνα 24: Γεωθερμικός εναλλάκτης ανοιχτού κυκλώματος



4.9 Διαστασιολόγηση της ΓΑΘ

Για την εκτίμηση του φορτίου εναλλαγής θερμότητας στον γεωεναλλάκτη απαιτείται η γνώση της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας του αδιατάρακτου εδάφους. Η θερμοκρασία σε κάποιο βάθος (ή η διακύμανσή της με τις εποχές), T_g , μπορεί να εκτιμηθεί από μετρήσεις ή να υπολογιστεί από την παρακάτω σχέση ως συνάρτηση του βάθους, X_s , και της ημέρας του χρόνου, t :

$$T_g(X_s, t) = T_g - A_s * \exp\left(-X_s * \sqrt{\left(\frac{\pi}{365\alpha}\right)}\right) * \cos\left(\frac{2\pi}{365} * \left[t - t_0 - \frac{X_s}{2} * \sqrt{\frac{365}{\pi\alpha}}\right]\right) \quad (4.1)$$

Όπου : T_g η μέση θερμοκρασία στην επιφάνεια του εδάφους,

A_s η ετήσια διακύμανση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια του εδάφους ($T_{g,max} - T_{g,min}$),

t_0 : η σταθερά φάσης (σε ημέρες),

α : η θερμική διαχυτότητα του εδάφους ($=k/\rho C_p$),

k : η θερμική αγωγιμότητα του εδάφους,

ρ : η πυκνότητα του εδάφους και C_p η ειδική θερμότητά του.

Τιμές των παραπάνω φυσικών ιδιοτήτων για διάφορα είδη εδάφους παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1. Το A_s εξαρτάται από την περιοχή και το κλίμα και ποικίλλει από 5 μέχρι 20°C, με τιμή για τις περισσότερες περιοχές στην Ελλάδα στους 8-10°C. Βέβαια αυτό που απαιτείται συνήθως είναι η γνώση της ελάχιστης και της μέγιστης ετήσιας θερμοκρασίας του εδάφους σε βάθος X_s , οι οποίες δίνονται από τις σχέσεις:

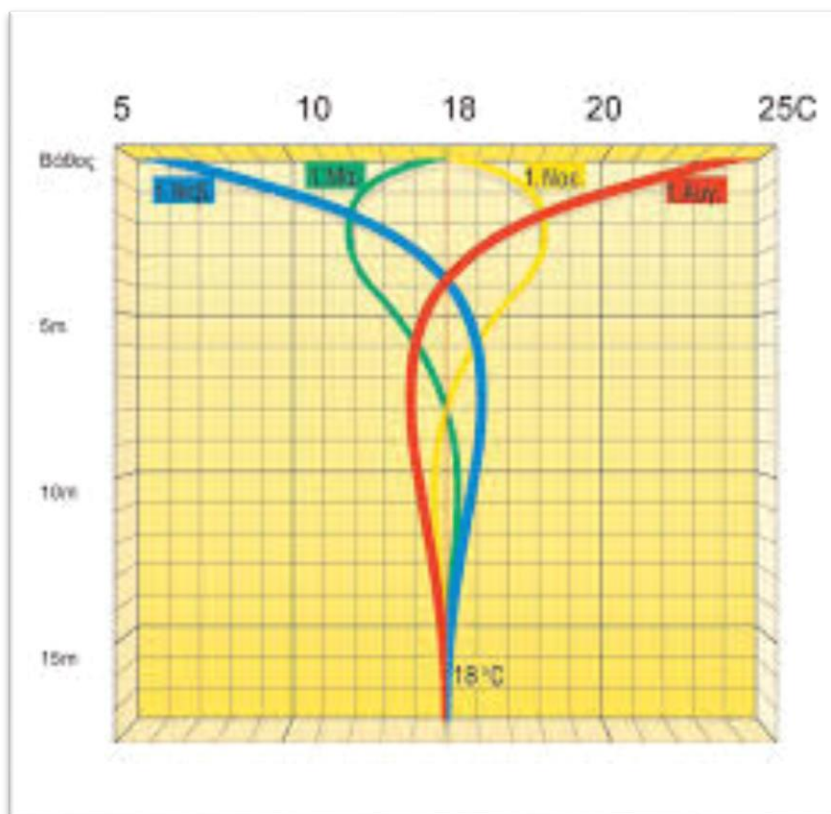
$$T_{g,min} = T_g - A_s * \exp\left(-X_s * \sqrt{\frac{\pi}{365\alpha}}\right) \quad (4.2)$$

και

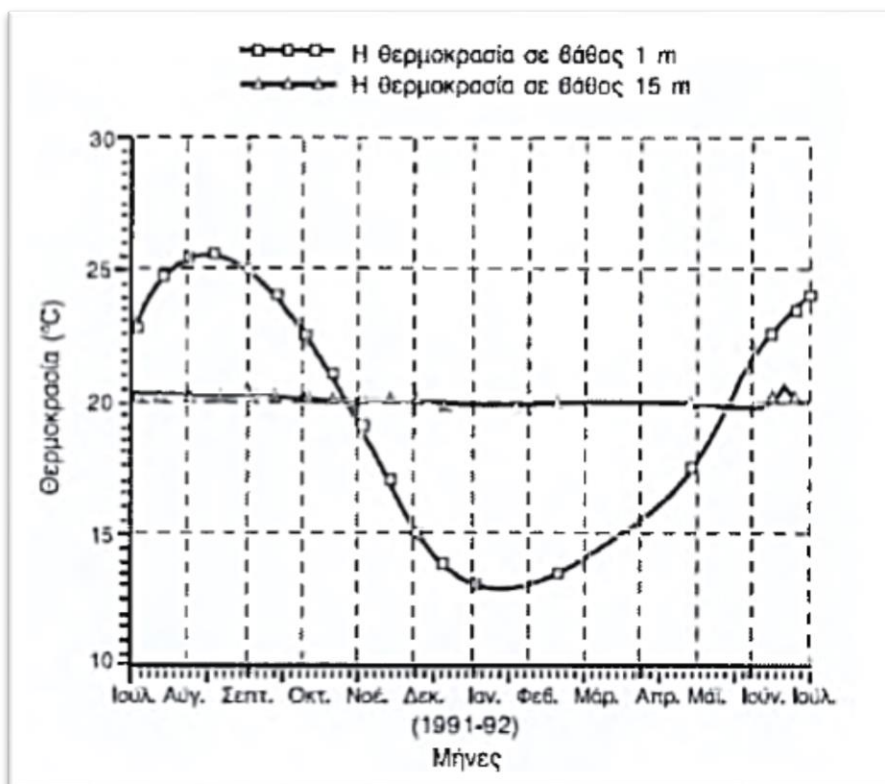
$$T_{g,max} = T_g + A_s * \exp\left(-X_s * \sqrt{\frac{\pi}{365\alpha}}\right) \quad (4.3)$$

Πίνακας 4.3 : Χαρακτηριστικά εδαφών

Τύπος εδάφους	Αγωγιμότητα, W/m·°C	Διαχυτότητα, m ² /s	Πυκνότητα, kg/m ³	Ειδική θερμότητα, kJ/ kg·°C
Ελαφρύ, υγρό έδαφος (άμμος, ιλύς)	0,9	5,2x10 ⁻⁷	1600	1,05
Ελαφρύ, ξηρό έδαφος (άμμος, ιλύς)	0,3	2,8x10 ⁻⁷	1400	0,84
Βαρύ, υγρό έδαφος (άργιλος, πυκνή άμμος)	1,3	6,5x10 ⁻⁷	2100	0,96
Βαρύ, υγρό έδαφος (άργιλος, πυκνή άμμος)	0,9	5,2x10 ⁻⁷	2000	0,84
Ελαφρύ πέτρωμα (ασβεστόλιθος)	2,4-2,8	1,3x10 ⁻⁶	2400-2800	0,84
Βαρύ πέτρωμα (γρανίτης)	2,6-3,6	1,4x10 ⁻⁶	2800-3200	0,84



Εικόνα 25: Η θερμοκρασιακή διαφορά σε συνάρτηση με το βάθος.



Εικόνα 26: : Η θερμοκρασιακή διαφορά σε συνάρτηση με το βάθος.



Το μήκος των σωληνώσεων (ή η επιφάνεια του πλέγματος) εξαρτάται από αρκετές παραμέτρους, όπως είναι η θερμοκρασία, ο τύπος και η υγρασία του εδάφους, το είδος της κάλυψης, το βάθος που τοποθετούνται οι σωληνώσεις, η απόσταση μεταξύ των ορυγμάτων κ.ά. Το μήκος των σωληνώσεων του γεωεναλλάκτη που απαιτείται για θέρμανση, L_h (σε m), και για θερμαντικό φορτίο αιχμής q_h (W) δίνεται από τη σχέση:

$$L_h = q_h * \left(\frac{\frac{COP_h - 1}{COP_h} * (R_p + R_s * F_h)}{T_{g,min} - T_{ewt,min}} \right) \text{ [m]} \quad (4.4)$$

Όπου : COP_h : είναι η τιμή σχεδιασμού του συντελεστή απόδοσης της αντλίας,

R_p [m·K/W] : η θερμική αντίσταση του αγωγού,

R_s [m·K/W] : η θερμική αντίσταση του εδάφους,

F_h : το κλάσμα φορτίου (ο λόγος δηλ. των ωρών που το σύστημα λειτουργεί στο φορτίο σχεδιασμού προς το σύνολο των ωρών) και

$T_{ewt,min}$ η ελάχιστη εισερχόμενη θερμοκρασία στην αντλία (περίπου $T_{g,min} - 8^\circ\text{C}$), η οποία αποτελεί μία κρίσιμη σχεδιαστική μεταβλητή.

Στην πράξη το μήκος των σωληνώσεων κυμαίνεται στην περιοχή 30-50 m/kW (ονομαστική ισχύς της αντλίας), ενώ η επιφάνεια που καλύπτεται είναι 50-100 m²/kW. Για σύγκριση, το μήκος των σωληνώσεων σε κατακόρυφο σύστημα με γεωτρήσεις είναι 10-25 m/kW. Το σύστημα αποδίδει τη θερμότητα που λαμβάνεται από το υπέδαφος στο σπίτι είτε με σώματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα (fan coils) ή με ενδοδαπέδια/επιτοιχία θέρμανση. Η ενδοδαπέδια θέρμανση είναι και η πιο ενδεδειγμένη καθώς εξασφαλίζει τις βέλτιστες συνθήκες θερμικής άνεσης και μπορεί να επιτρέψει και την εκμετάλλευση άλλων ήπιων συστημάτων όπως για παράδειγμα των ηλιακών συλλεκτών. Οι ΓΑΘ δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σήμερα με τα κοινά σώματα των καλοριφέρ, καθώς αυτά απαιτούν πολύ υψηλές θερμοκρασίες νερού. Βεβαίως σώματα καλοριφέρ μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, αλλά απαιτείται τουλάχιστον ο διπλασιασμός της επιφανείας τους.

Κύριο πλεονέκτημα των οριζόντιων συστημάτων σε σύγκριση με τα κατακόρυφα είναι το μικρότερο κόστος εγκατάστασης. Τα συστήματα αυτά είναι ιδιαίτερα ελκυστικά σε καινούρια κτήρια, όπου η εκσκαφή και η τοποθέτηση των αγωγών γίνεται στη φάση της κατασκευής. Από την άλλη μεριά όμως αντιμετωπίζουν και ένα βασικό μειονέκτημα, αυτό της ανάγκης ύπαρξης ικανής έκτασης του οικοπέδου για την τοποθέτηση των υπεδάφίων σωληνώσεων, γεγονός που περιορίζει τη χρήση αυτών των συστημάτων σε κατοικίες σε οικόπεδο τουλάχιστον 500m². Αντίθετα, οι κατακόρυφες γεωτρήσεις καταλαμβάνουν λιγότερο χώρο (έτσι μπορούν να εγκατασταθούν σε περιοχές με πολλά ή μεγαλύτερα κτήρια) και είναι αποδοτικότερες, επειδή η θερμοκρασία του υπεδάφους παραμένει σταθερή σε μεγαλύτερα βάθη. Τέλος, τα οριζόντια συστήματα δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περιοχές όπου η μέση θερμοκρασία του εδάφους είναι πάρα πολύ μικρή (π.χ. Σκανδιναβία). Στη φάση του σχεδιασμού του συστήματος ΓΑΘ κλειστού βρόχου θα πρέπει να ληφθεί υπόψη το μέγιστο θερμικό ή/και ψυκτικό φορτίο που απαιτείται, η θερμοκρασία του αδιατάρακτου εδάφους, η επάρκεια έκτασης και βεβαίως το κόστος και τα περιβαλλοντικά και άλλα οφέλη της εγκατάστασης.

Τα ενδοδαπέδια και επιτοιχία συστήματα τοποθετούνται μαζί με τις κεντρικές σωληνώσεις. Στις γεωθερμικές αντλίες θερμότητας η διαδικασία διαφέρει σε ορισμένο βαθμό. Στην περίπτωση που επιλέγεται να εγκατασταθεί κάθετο σύστημα, χρειάζεται να γίνουν μαζί με τα θεμέλια και οι γεωτρήσεις, ενώ στα οριζόντιου τύπου συστήματα πρέπει,



στον ακάλυπτο χώρο μπροστά από το κτίριο, να στρωθεί το πλέγμα που θα παίζει τον ρόλο του εναλλάκτη. Αυτή η διαδικασία αλλά και ο προγραμματισμός του συστήματος περιγράφεται στη συνέχεια.

Όπως είναι γνωστό θεωρητικά, το έδαφος έχει μια σταθερή θερμοκρασία κάτω από τα 10 m βάθος και μια αποδεκτά αξιοποιήσιμη τιμή κάτω από τα 5 m. Στην πράξη όμως τα πράγματα είναι διαφορετικά. Παρατηρήθηκε ότι όταν το πλέγμα θάφτηκε κάτω από τα 2 m, ενώ είχε μια υψηλή αρχική θερμοκρασία εκκίνησης, όσο περνούσε η ώρα και λειτουργούσε η αντλία και το νερό κυκλοφορούσε στο δίκτυο, η αρχικά υψηλή θερμοκρασία άρχισε να πέφτει και μάλιστα πολύ πιο κάτω από το αναμενόμενο. Σε αντίθεση με την πτώση και την κατώτατη θερμοκρασία που παρατηρήθηκε σε δίκτυα που τα πλέγματα είχαν τοποθετηθεί στα 1,2 με 1,5 m βάθος από την επιφάνεια. Αυτό το φαινόμενο οφείλεται στο γεγονός ότι όταν είμαστε πολύ βαθιά η θερμοκρασία του εδάφους είναι μεν μεγαλύτερη, αλλά δεν ανανεώνεται γρήγορα. Σε αντίθεση βέβαια με μικρότερα βάθη, όπου η θερμοκρασία είναι μικρότερη αλλά παραμένει σταθερή καθώς ο ήλιος θερμαίνει τα υψηλότερα στρώματα.

4.9.1 Διαδικασία Εγκατάστασης

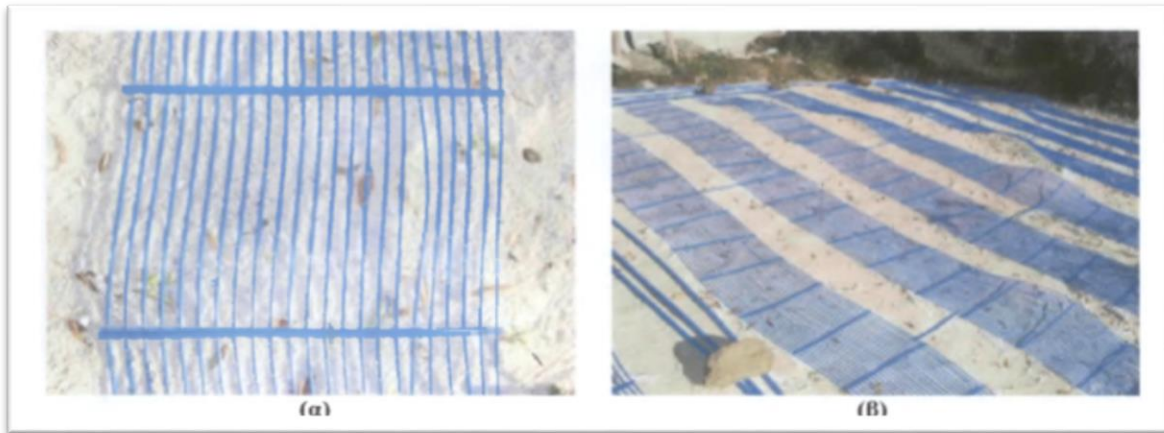
Αρχικά ανοίγεται μια τάφρος, βάθους λιγότερο από 1,5 m στον ακάλυπτο χώρο και απλώνεται πάνω από το έδαφος (πετρώδες ή χώμα) μια στρώση άμμου, είτε παραθαλάσσια είτε παραποτάμια (είναι γνωστό ότι αυτό το είδος άμμου βοηθάει και βελτιώνει τον συντελεστή θερμοαγωγιμότητας μεταξύ του εδάφους και των σωλήνων).

Αμέσως μετά τοποθετούνται τα πλέγματα που έχουν επιλεγεί και τα οποία είναι συνήθως φτιαγμένα από πολυπροπυλένιο. Οι αποστάσεις μεταξύ των σωληνώσεων πρέπει να είναι τουλάχιστον 0,4m. Γίνεται πλήρωση των κυκλωμάτων με μίγμα νερού-γλυκόλης (περιεκτικότητα γλυκόλης 30-35%), με τη βοήθεια ηλεκτρικής αντλίας από τη βαλβίδα πλήρωσης του συλλέκτη.

Η σύνδεση των συλλεκτών με την αντλία γεωθερμίας γίνεται με σωλήνες PPR, η διατομή των οποίων ορίζεται από τον τύπο της αντλίας και από τη μελέτη. Οι συλλέκτες αυτοί φέρουν εξαεριστικά και οι προσαγωγές και επιστροφές των σωληνώσεων πρέπει να μονωθούν. Τοποθετούνται σε μικρότερο βάθος από τον γεωεναλλάκτη για την καλύτερη εξαέρωση του δικτύου και για να αποφευχθεί ο κίνδυνος διαρροής μίγματος νερού-γλυκόλης. Επίσης κατασκευάζονται φρεάτια για πρόσβαση στους συλλέκτες.

Σε αυτό το στάδιο και όσο παραμένει ακόμα ανοιχτή η τάφρος, γίνονται οι συνδέσεις με ειδικό μηχάνημα θερμοκόλλησης για να εξασφαλιστεί η στεγανότητα του δικτύου. Αφού τελειώσει και η διαδικασία της στρώσης των πλεγμάτων, γίνεται η ένωση με τους κεντρικούς σωλήνες πολυαιθυλενίου.

Στη συνέχεια, σφραγίζεται η είσοδος αεροστεγώς, φορτίζεται το δίκτυο σε πίεση 3 bar από την έξοδο με ένα κομπρεσέρ αέρος και γίνεται έλεγχος για τυχόν διαρροές. Αν οι συνδέσεις έγιναν σωστά τότε τοποθετείται πάλι άμμος πάνω από το δίκτυο μέχρι να καλυφτούν οι σωλήνες. Ο υπόλοιπος χώρος καλύπτεται με το υλικό που αφαιρέθηκε αρχικά. Το μέρος, όπου είναι τοποθετημένος ο βρόχος, πρέπει να οριοθετείται για να αποφευχθεί τυχόν τραυματισμός των σωληνώσεων στο μέλλον. Επίσης, μπορεί να αξιοποιηθεί ο χώρος για καλλωπισμό του τοπίου με εξαίρεση τα δέντρα.



Εικόνα 27: Τα οριζόντια πλέγματα του γήινου εναλλάκτη.



Εικόνα 28 :Τα οριζόντια πλέγματα του γήινου εναλλάκτη συνδέονται με τις σωληνώσεις του συλλέκτη με ειδικό μηχάνημα θερμοκόλλησης.

Κατόπιν, γίνεται η σύνδεση της εισαγωγής και εξαγωγής των πλεγμάτων με την αντλία θερμότητας και ο προγραμματισμός της στις επιθυμητές τιμές. Η αντλία θερμότητας αντικαθιστά τον λέβητα στα συμβατικά συστήματα πετρελαίου και αερίου. Είναι μικρή και δεν καταλαμβάνει χώρο στο υπόγειο, αποκλείοντας την ύπαρξη λεβητοστασίου. Η αντλία θερμότητας περιέχει την αντλία ρευστού, τον εγκέφαλο, τον εξατμιστήρα και το συμπιεστή. Επίσης, μπορεί να περιέχει και μια δεξαμενή όπου αποθηκεύεται ζεστό νερό όταν δεν λειτουργεί το κομμάτι της θέρμανσης. Το σύστημα από μόνο του μπορεί να προμηθεύει με ζεστό νερό αλλά και να θερμαίνει το κτίριο. Ειδική μετατροπή χρειάζεται για τον κλιματισμό του χώρου και την αντιστροφή του συστήματος.

Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για την τοποθέτηση σπιδάλ σωληνώσεων: Η διάταξη σπιδάλ συγκεντρώνει την επιφάνεια μεταφοράς θερμότητας σε μικρότερο όγκο, απαιτώντας μικρότερη επιφάνεια Γης και μικρότερες τάφρους, συγκριτικά με την απλή (ευθύγραμμη) οριζόντια διάταξη. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας του ότι οι σωλήνες τοποθετούνται κουλουριασμένοι αντί να είναι ευθύγραμμοι. Σημαντική παράμετρο και εδώ αποτελεί η πλήρωση της τάφρου που θα διανοιχθεί. Τα σχέδια και το μήκος ποικίλουν ανάλογα με το κλίμα, το έδαφος και τις ώρες λειτουργίας της αντλίας θερμότητας. Το βάθος της τάφρου επηρεάζεται από το χρόνο των περιόδων θέρμανσης και ψύξης και το χρόνο έκθεσης του



εδάφους στην ηλιακή ακτινοβολία. Παραδείγματος χάρη, σε περιοχές όπου ο χρόνος έκθεσης είναι μικρός, πρέπει να γίνει πιο αβαθής εγκατάσταση. Γενικά το βάθος ταφής κυμαίνεται από 1,2 έως 2,5 μέτρα. Τα συστήματα αυτά μπορούν να τοποθετηθούν οριζόντια ή και κατακόρυφα σε στενή τάφρο.

Στην πράξη, ο σωλήνας διευθετείται σε μεγάλες σπείρες που επικαλύπτουν η μία την άλλη επιτρέποντας έτσι μεγαλύτερο μήκος σωλήνα να χωρέσει σε μικρότερες τάφρους.



Εικόνα 29 : Οριζόντιο κλειστό κύκλωμα σπειροειδής μορφής.

Για τη συγκεκριμένη μελέτη :

- Θα ανοιχτούν χαντάκια μήκους 30m, πλάτους 1m και βάθους 1,5m.
- Το κάθε χαντάκι θα περιέχει 200m σωλήνα πολυαιθαλενίου διαμέτρου DN32.
- Το κάθε χαντάκι θα αποδίδει 2Kw.
- Θα χρειαστεί να διανοιχθούν 15 χαντάκια με 3m απόσταση μεταξύ τους.
- Τα 15 χαντάκια θα έχουν έκταση 450 m².
- Η συνολική επιφάνεια του οικοπέδου που θα διαστρωθούν οι σωληνώσεις του εναλλάκτη θα είναι 1800 m².



4.10 Οικονομικά στοιχεία

Η σύγκριση της οικονομικότητας ενός συστήματος ΓΑΘ σε σχέση με άλλες περισσότερο συμβατικές λύσεις (π.χ. θέρμανση με πετρέλαιο ή φυσικό αέριο, ψύξη με κοινά κλιματιστικά) γίνεται συνήθως αναφορικά με το κόστος εγκατάστασης, το κόστος λειτουργίας και το κόστος συντήρησης κάθε τεχνολογίας. Συμπεράσματα για το πότε μπορεί να γίνει απόσβεση του υψηλότερου (από άλλες τεχνολογίες) κόστους εγκατάστασης ενός συστήματος ΓΑΘ. Για τη σύγκριση λαμβάνονται συνήθως υπόψη οι τρέχουσες τιμές του ηλεκτρικού ρεύματος, του πετρελαίου και του φυσικού αερίου, αν και μπορεί να υποτεθούν και συγκεκριμένα σενάρια για τη μελλοντική διακύμανση των τιμών τους. Στη κατανάλωση ηλεκτρισμού θα πρέπει να προστεθεί και ο «παρασιτικός» ηλεκτρισμός για την ανακυκλοφορία του υγρού στον γεωεναλλάκτη.

Παρά το σχετικά μεγαλύτερο αρχικό κόστος τα συστήματα ΓΑΘ έχουν τρία χαρακτηριστικά που τα κάνουν να ξεχωρίζουν όταν συγκριθούν για ολόκληρη τη διάρκεια ζωής του εξοπλισμού: χαμηλό κόστος λειτουργίας, μικρότερο κόστος συντήρησης από τα αντίστοιχα συμβατικά συστήματα, μεγάλη διάρκεια ζωής. Τα στοιχεία που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κάθε φορά που γίνεται εκτίμηση του κόστους της εγκατάστασης ή της λειτουργίας μιας γεωθερμικής μονάδας, και της αξίας των «προϊόντων» της γεωθερμικής ενέργειας είναι πολύ περισσότερα και πιο σύνθετα σε σχέση με τις άλλες μορφές ενέργειας. Συνεπώς, θα πρέπει όλα αυτά τα στοιχεία να αξιολογούνται πολύ προσεκτικά πριν την εκπόνηση ενός γεωθερμικού προγράμματος. Στο σημείο αυτό, μόνο κάποιες γενικές ενδείξεις μπορούν να αναφερθούν, οι οποίες σε συνδυασμό με τις πληροφορίες για τις τοπικές συνθήκες και την αξία των διαθέσιμων ρευστών, θα βοηθούσαν ίσως το μελλοντικό επενδυτή στη λήψη των σημαντικών αποφάσεων.

Ένα σύστημα γεωθερμικού πόρου-εγκαταστάσεων (μονάδα εκμετάλλευσης της γεωθερμικής ενέργειας) αποτελείται από τις γεωθερμικές γεωτρήσεις, το δίκτυο μεταφοράς των ρευστών, τη μονάδα παραγωγής ή χρήσης και συχνά το σύστημα επανεισαγωγής. Η αλληλεπίδραση όλων αυτών των στοιχείων θα πρέπει να αναλύεται προσεκτικά διότι βαρύνουν σε μεγάλο βαθμό το κόστος της αρχικής επένδυσης.

Τα γεωθερμικά ρευστά μπορούν να μεταφερθούν σε αρκετά μεγάλες αποστάσεις μέσα σε θερμικά μονωμένους σωλήνες. Υπό ιδανικές συνθήκες το μήκος των σωληνώσεων μπορεί να φτάσει ακόμη και τα 60 km. Όμως, το κόστος των σωληνώσεων, του απαιτούμενου βοηθητικού εξοπλισμού (αντλίες, βαλβίδες, κλπ) και της συντήρησής τους, επιβαρύνουν πολύ τον προϋπολογισμό και μπορεί να ανεβάσουν σημαντικά το συνολικό λειτουργικό κόστος επένδυσης και λειτουργίας της εγκατάστασης. Οπότε, η απόσταση μεταξύ του πόρου (γεωτρήσεις) και της εφαρμογής (εγκαταστάσεις) θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη. Το αρχικό κόστος επένδυσης μιας γεωθερμικής μονάδας εφαρμογής είναι συνήθως μεγαλύτερο, και σε κάποιες περιπτώσεις πολύ ανώτερο, από αυτό που απαιτείται για τη λειτουργία μιας αντίστοιχης μονάδας συμβατικών καυσίμων.

Αντίθετα, η ενέργεια που καταναλώνεται σε μια γεωθερμική εγκατάσταση κοστίζει πολύ λιγότερο από τα συμβατικά καύσιμα και αντιστοιχεί συνήθως στο κόστος συντήρησης των διαφόρων επιμέρους τμημάτων της (σωληνώσεις βαλβίδες, αντλίες, εναλλάκτες θερμότητας κλπ.). Έτσι λοιπόν, οι υψηλότερες αρχικές δαπάνες λογικά αντισταθμίζονται από την εξοικονόμηση που γίνεται στην κατανάλωση ενέργειας. Ως εκ τούτου, το συνολικό σύστημα γεωθερμικού πόρου και εγκαταστάσεων θα πρέπει να σχεδιάζεται έτσι ώστε να βρίσκεται σε λειτουργία για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα, ικανό για να γίνει απόσβεση της αρχικής επένδυσης, και, αν είναι δυνατό, ακόμη μεγαλύτερο. Αξιοσημείωτα οικονομικά



οφέλη μπορούν να προκύψουν από τη χρήση συνδυαστικών και ολοκληρωμένων συστημάτων που παρέχουν μεγαλύτερους συντελεστές απόδοσης (για παράδειγμα, συστήματα που συνδυάζουν ψύξη και θέρμανση χώρων) ή συστήματα διαδοχικής (κλιμακωτής) εκμετάλλευσης της γεωθερμικής ενέργειας, στα οποία οι εφαρμογές είναι συνδεδεμένες σε σειρά και η κάθε μια χρησιμοποιεί τα ρευστά που απορρίπτονται από την προηγούμενη (για παράδειγμα, παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας -> θέρμανση θερμοκηπίων -> κτηνοτροφία). Για τη μείωση του κόστους συντήρησης και της πιθανότητας διακοπής της λειτουργίας της, η τεχνική πολυπλοκότητα μιας γεωθερμικής μονάδας δε θα πρέπει να ξεπερνά το βαθμό που αυτή θα είναι προσβάσιμη από το τοπικό τεχνικό προσωπικό και τους εύκολα διαθέσιμους ειδικούς. Οι πολύ εξειδικευμένοι τεχνικοί ή οι κατασκευαστές θα πρέπει να είναι απαραίτητοι μόνο για τις μεγάλης κλίμακας εργασίες συντήρησης ή στην περίπτωση εκτεταμένων ζημιών της μονάδας.

Καθώς η θερμοκρασία του εδάφους σε μερικά μέτρα βάθος παραμένει σχεδόν σταθερή καθόλη τη διάρκεια του έτους, ανεξάρτητα από τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες, οι Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας παρέχουν αποδοτική θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης, εξοικονομώντας ενέργεια και μειώνοντας τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου. Άλλα οφέλη των Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας είναι το καθαρό τοπικό περιβάλλον, πρόσθετη αξία στο κτίριο λόγω χαμηλού κόστους κλιματισμού, και υψηλής ποιότητας θερμική άνεση στους εσωτερικούς χώρους. Οι Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας αξιοποιούν Γεωθερμικό δυναμικό(θερμοκρασίας <math><25\text{ }^\circ\text{C}</math>), το οποίο βρίσκεται παντού σε μερικά μέτρα κάτω από το έδαφος, και το οποίο σύμφωνα με την Ελληνική Νομοθεσία ανήκει στην υπεράνω του ιδιοκτησία. Η σχετική αδειοδότηση γίνεται με απλή διαδικασία από τη Νομαρχία. Σύμφωνα με στοιχεία του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας ΚΑΠΕ, το κόστος εγκατάστασης Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας ανέρχεται σε 1200-1500 €/kWth), δηλαδή για μια κατοικία 150 m² το κόστος εγκατάστασης για θέρμανση, κλιματισμό και παροχή ζεστού νερού χρήσης, ανέρχεται σε 25000 € περίπου. Για μεγαλύτερα συστήματα τα κοστολόγια ανά kWh είναι σημαντικά μικρότερα. Ο γεωεναλλάκτης δεν απαιτεί καμία συντήρηση και έχει διάρκεια ζωής τουλάχιστον πενήντα χρόνια. Όσον αφορά τις Αντλίες Θερμότητας και τα εσωτερικά συστήματα θέρμανσης ψύξης, η διάρκεια ζωής τους είναι μεγαλύτερη από εκείνη των αντίστοιχων συμβατικών συστημάτων, ενώ απαιτείται ελάχιστη συντήρηση. Η Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας λειτουργεί με χαμηλή κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος, με κόστος λειτουργίας το 50% εκείνου του φυσικού αερίου για θέρμανση και 30-40% λιγότερο από τα άλλα συστήματα για ψύξη. Ανάλογα με τη χρήση, η απόσβεση του αρχικού κεφαλαίου γίνεται σε πέντε έως επτά χρόνια.

Μπορεί να κάνει κάποιος τη σύγκριση με ένα συμβατικό σύστημα κλιματισμού με αερόψυκτες εξωτερικές μονάδες όπως π.χ. τα κλιματιστικά μηχανήματα διαιρούμενου τύπου, οι εξωτερικές μονάδες των οποίων είναι εμφανείς στα μπαλκόνια των διαμερισμάτων ή στα δωμάτια των κτιρίων. Το καλοκαίρι κατά τη διάρκεια μιας πολύ ζεστής μέρας 35°C - 40 °C, παρατηρείται δραματική πτώση της απόδοσής τους και αδυναμία να δροσίσουν ικανοποιητικά το χώρο. Αυτό συμβαίνει γιατί η συσκευή καλείται να αποβάλει θερμότητα σε ένα περιβάλλον ήδη κορεσμένο από θερμικό φορτίο και καταβάλει μια μάταιη προσπάθεια καταναλώνοντας υπερβολικά ποσά ηλεκτρικής ενέργειας. Αν όμως η κλιματιστική συσκευή απέβαλε τη θερμότητα σε ένα ψυχρότερο περιβάλλον, όπως αυτό του εσωτερικού του εδάφους, όπου ακόμη και στις θερμότερες μέρες του καλοκαιριού η θερμοκρασία δεν ξεπερνάει τους 20°C, τότε η απόδοσή της θα ήταν πάρα πολύ μεγάλη και η οικονομία σε Ηλεκτρική Ενέργεια τεράστια. Σε αυτήν την αρχή της Θερμοδυναμικής βασίζεται η χρήση των Γεωθερμικών Εναλλακτών, που κατά μια έννοια «μεταφέρουν», με τη βοήθεια της



αντλίας θερμότητας, τους 20°C του εδάφους μέσα στο κτίριο, καταναλώνοντας έτσι την ελάχιστη δυνατή Ηλεκτρική Ενέργεια. Κατά ανάλογο τρόπο, το χειμώνα, το Γεωθερμικό σύστημα καλείται να ανυψώσει τους 15°C-17°C του εδάφους, μέχρι τους 20°C-22°C για να ζεστάνει το εσωτερικό του κτιρίου. Η οικονομία και εδώ είναι τεράστια σε σχέση με μία συμβατική Αντλία Θερμότητας Αέρα. Να σημειωθεί ότι τα συμβατικά κλιματιστικά μηχανήματα αδυνατούν σχεδόν να ζεστάνουν το χώρο σε θερμοκρασίες κάτω των 0°C.

Κάνοντας μια περίληψη των πλεονεκτημάτων των Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας (νερού –νερού) σε σχέση με τις Αντλίες Θερμότητας με πηγή αέρα (αέρα-νερού) διαπιστώνεται ότι : Ο βαθμός απόδοσης (COP) μιας Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας, δηλαδή η ποσότητα θερμικής Ενέργειας που παράγει σε σχέση με την ποσότητα Ηλεκτρικής Ενέργειας που καταναλώνει, είναι στην πράξη 4,0%-5,5%, ενώ στην Αντλία Θερμότητας με πηγή αέρα είναι κατώτερη από 2,8%, εξαρτώμενη από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Λειτουργεί χωρίς πρόβλημα σε οποιοσδήποτε καιρικές και θερμοκρασιακές συνθήκες περιβάλλοντος, υπό το μηδέν το χειμώνα και πάνω από 40 °C το καλοκαίρι, διότι η Αντλία Θερμότητας με πηγή νερό, τροφοδοτείται από το Γεωθερμικό Εναλλάκτη, με νερό αμετάβλητης θερμοκρασίας, ίσης περίπου με αυτήν που επικρατεί στο υπέδαφος κάτω από το κτίριο. Το κόστος λειτουργίας και συντήρησης του συστήματος Γεωθερμικού Κλιματισμού είναι πολύ χαμηλότερο, από ότι στο σύστημα με Αντλία Θερμότητας με πηγή αέρα. Παράλληλα, η χρήση Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας συμβάλλει θετικά σε δύο υψηλούς αναπτυξιακούς –κοινωνικούς στόχους:

- Στην εξοικονόμηση Ενέργειας με πολύ χαμηλή κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος και την παραγωγή πολλαπλάσιας Θερμικής και Ψυκτικής Ενέργειας από την επιτόπια Γεωθερμική.
- Στην προστασία του περιβάλλοντος, διότι, χρησιμοποιώντας την καθαρή Γεωθερμική Ενέργεια, εκτοπίζει το ρυπογόνο πετρέλαιο και μειώνει την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος, που, όπως είναι γνωστό, παράγεται στη χώρα μας κυρίως στους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς από ρυπογόνα καύσιμα.

Οι Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας λοιπόν λειτουργούν με το μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης από τα άλλα είδη Αντλιών Θερμότητας, έχοντας μικρές και σταθερές διαφορές θερμοκρασιών. Αρκεί να αναφερθεί ότι π.χ. σε συνθήκες λειτουργίας (είσοδος κυκλώματος Γης 18 °C, έξοδος 10°C/ είσοδος κυκλώματος σπιτιού 35°C, έξοδος 4°C), λειτουργούν με συντελεστή βαθμού απόδοσης στη θέρμανση, μεγαλύτερο του 500%.



Πίνακας 4.4 : Σύγκριση κοινού συστήματος κεντρικής θέρμανσης με λέβητα με σύστημα ΓΑΘ.

ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ.ΑΝΤΛΙΑΣ.ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ		ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΕ ΚΑΥΣΤΗΡΑ- ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΑ	
	ΚΟΣΤΟΣ		ΚΟΣΤΟΣ
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ-ΕΚΣΚΑΦΗ	3.500 €	-	-
ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ- ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	16.500 €	ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ-ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	5.500 €
ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ (fan-coils)	4.000 €	ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ(καλοριφέρ)	3.000 €
ΨΥΚΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ (fan-coils)		ΨΥΚΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ (κλιματιστικά)	2.000 €
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΟΣΟ (I)	24.000 €	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΟΣΟ (I)	10.500 €
ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ	3.532 €	ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ	2.944 €
ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ	-	ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ	4.320 €
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΟΣΟ (II)	3.532 €	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΟΣΟ (II)	7.264 €

Πίνακας 4.4 : Σύγκριση κοινού συστήματος κεντρικής θέρμανσης με λέβητα με σύστημα ΓΑΘ.

Υπολογισμός ετήσιου κόστους ρεύματος για ΓΑΘ

$$=(8,83 \text{ kW} \times 2000 \text{ h/y} \times 0,2 \text{ €/kWh})$$

Υπολογισμός ετήσιου κόστους ρεύματος για κλιματιστικά

$$=(16 \text{ kW} \times 920 \text{ h/y} \times 0,2 \text{ €/kWh})$$

Υπολογισμός κόστους πετρελαίου για καυστήρα

$$=(8,4 \text{ L/h} \times 6 \text{ h/d} \times 180 \text{ d/y} \times 1 \text{ €/L})$$

Για το σύστημα της Γ.Α.Θ. ισχύει:

- Ηλεκτρική ισχύς της Α/Θ: 8,83 kW.
- Ετήσιος χρόνος θέρμανσης-ψύξης: 2.000 h (σύνολο ωρών ψύξης και θέρμανσης).

Για το σύστημα συμβατικής θέρμανσης με καυστήρα-κλιματιστικά:

- Ηλεκτρική ισχύς των κλιματιστικών: 16 kW.
- Ετήσιος χρόνος ψύξης: 920 h (8 ώρες ημερησίως για 3 μήνες).
- Ετήσιος χρόνος θέρμανσης: 1.080 h (8 ώρες ημερησίως για 4 μήνες).



5 Συμπεράσματα – προτάσεις.

Η διείσδυση των συστημάτων ΓΑΘ στη χώρα μας είναι απελπιστικά χαμηλή, και οι όποιες προσπάθειες έχουν γίνει μέχρι σήμερα οφείλονται στο προσωπικό ενδιαφέρον των συνανθρώπων μας που προχώρησαν σε εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων. Η τεχνολογία της αβαθούς γεωθερμίας έχει μεγάλες προοπτικές ανάπτυξης, κυρίως στην ορεινή και τη Βόρεια Ελλάδα για θέρμανση, αλλά και στη Νότια Ελλάδα για ψύξη/θέρμανση. Προϋπόθεση για τη διείσδυση της νέας (για τη χώρα μας) αυτής τεχνολογίας αποτελεί η ύπαρξη κινήτρων, ιδίως σε ανεγειρόμενα κτίρια, η ενημέρωση του κόσμου και η εγκατάσταση και λειτουργία επιδεικτικών έργων σε όλη τη χώρα. Ιδιαίτερα, η προώθηση της αβαθούς γεωθερμίας με τα συστήματα κλειστού βρόχου στον οικιακό τομέα θα μπορούσε να γίνει με το συνδυασμό των παρακάτω μέτρων, ορισμένα από τα οποία εφαρμόζονται με επιτυχία σε πολλές χώρες:

- A. Έκπτωση του κόστους εγκατάστασης από το φορολογητέο εισόδημα εφ' άπαξ ή κατανομή του σε χρονικό ορίζοντα 2-3 ετών. Από φέτος αυτό γίνεται εν μέρει, θα ήταν όμως ευκατὰ να αυξανόταν το ποσό που εκπίπτει από το φορολογητέο εισόδημα.
- B. Μείωση του Φ.Π.Α. από 19% σε 9% για όλες τις μηχανολογικές εγκαταστάσεις (κυρίως αντλίες θερμότητας με πηγή το νερό).
- Γ. Εναλλακτικά του πρώτου μέτρου, θα μπορούσε να γίνει επιδότηση των εγκαταστάσεων με 1500-3000 € για κάθε αυτόνομη εγκατάσταση σε νέα οικία, όπως γίνεται σε άλλες χώρες της Ε.Ε.
- Δ. Εφαρμογή ευνοϊκών τιμολογίων ηλεκτρισμού από τη ΔΕΗ, η οποία ευνοείται άμεσα από την ανάπτυξη της αβαθούς γεωθερμίας με τη βελτίωση των συνθηκών ζήτησης ηλεκτρισμού κατά ώρες αιχμής (στις ημέρες καύσωνα και παγετού).
- E. Προσφορά δανείων με μηδενικό ή μικρό επιτόκιο για την εγκατάσταση του συστήματος.

Τα εμπόδια και τα προβλήματα για την ανάπτυξη της γεωθερμίας στη χώρα μας σχετίζονται με :

- Άγνοια των τεχνολογικών δυνατοτήτων εκμετάλλευσης και των συγκριτικών πλεονεκτημάτων της γεωθερμίας.
- Απουσία οικονομικών κινήτρων για την αντιμετώπιση του γεωλογικού ρίσκου, των έργων υποδομής και του αρχικού κόστους εγκατάστασης γ/θ μονάδων.
- Ύπαρξη γραφειοκρατικού και σύνθετου θεσμικού και νομοθετικού πλαισίου.
- Απουσία σοβαρού στρατηγικού σχεδιασμού για την υλοποίηση προγραμμάτων πρότυπης και ορθολογικής αξιοποίησης της γεωθερμικής ενέργειας.



6 Αναφορές

1. Μ.Φυτίκας, Ν.Ανδρίτσος, Γεωθερμία, εκδόσεις Τζιόλα.
2. Β.Η.Σελλούντος, Θέρμανση-Κλιματισμός, επίτομη έκδοση.
3. ΚΕΝΑΚ
4. ΤΟΤΕΕ 2423-86 , Κλιματισμός κτιριακών χώρων.
5. Πτυχιακή εργασία Μπινιάρη Γεώργιου, «Εξοικονόμηση ενέργειας θέρμανσης-κλιματισμού με γεωθερμία σε κατοικία», Τ.Ε.Ι. Ηρακλείου 2012.
6. Πτυχιακή εργασία Πανταζή Ευάγγελου, «Κεντρικός κλιματισμός με fan coil και θέρμανση 4όροφης οικοδομής», Σέρρες 2009.
7. Ζ. Ζησκάτας, Ν. Ανδρίτσος, Κ. Διαμαντίδης και Μ. Φυτίκας, «Τεχνικο-οικονομική μελέτη οριζόντιου συστήματος γεωθερμικής αντλίας θερμότητας».
8. Διπλωματική Εργασία Ζησκάτα Γ. Ζήση, «Τεχνικό-Οικονομική Μελέτη Οριζοντίου Συστήματος Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας», Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας 2016.
9. Δημ.Ι.Ιωαννίδη-Μαν.Ι.Γεωργακάκη, Θερμάνσεις
10. ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
11. Whitman-Johnson-Tomeczyk, Εγκαταστάσεις Κλιματισμού, ΙΩΝ.
12. ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΚΑΠΕ)
13. https://pangea.stanford.edu/ERE/pdf/IGAstandard/ISS/2003Germany/II/6_1.reu.pdf
14. <http://users.sch.gr/fantakis/ARTHRA/14.PTOSH-PIESHS%20.pdf>
15. <http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-B107/41/250,1189/>
16. http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/regeocities_15/3.pdf&gws_rd=cr&ei=q7syWJbIN8eoUaqGqvGM
17. www.GEOEXCHANGE.org
18. www.boudouri.gr
19. www.deltatechniki.gr
20. www.in^oorsystem.gr
21. www.cres.gr/kape/kidsol/geotherm/main.html
22. www.ypeka.gr