



# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

## ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Εφαρμογή ενεργειακού συστήματος γεωθερμικής  
αντλίας θερμότητας μεταβλητής παροχής ψυκτικού  
μέσου (VRV) με κλειστό κύκλωμα οριζοντίου  
γεωεναλλάκτη



Διπλωματική εργασία Λαζαρίδη Χ. Χριστόφορου

(Επιβλέπων Καθηγητής : Ν. Ανδρίτσος)

Βόλος, Νοέμβριος 2008



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 6723/1  
Ημερ. Εισ.: 10-11-2008  
Δωρεά: Συγγραφέα  
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΜΜΒ  
2008  
ΛΑΖ

## **Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:**

Πρώτος Εξεταστής (Επιβλέπων) Δρ. Νικόλαος Ανδρίτσος  
Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών  
Βιομηχανίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής Δρ. Βασίλειος Μποντόζογλου  
Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας,  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής Δρ. Τσιακάρας Παναγιώτης,  
Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών  
Βιομηχανίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πρώτα απ' όλα θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής μου εργασίας, Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Νικόλαο Ανδρίτσο, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της εργασίας. Επίσης, ευχαριστώ θερμά τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, Αναπληρωτή Καθηγητή του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας Δρ Τσιακάρα Παναγιώτη και Καθηγητή του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας Δρ Βασίλειο Μποντόζογλου για την παρακολούθηση της εργασίας μου καθώς επίσης και για τις πολύτιμες υποδείξεις τους.

Θα ήθελα να εκφράσω τις ιδιαίτερες ευχαριστίες μου στον κο Χριστοφορίδη Αναστάσιο, Μηχανολόγο Μηχανικό, για τις πληροφορίες που μου παραχώρησε και για τον χρόνο που μοιράστηκε μαζί μου.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου, Χαράλαμπο και Χαρίκλεια αλλά και στον αδερφό μου Αλέξανδρο, για την ηθική υποστήριξη και την αγάπη που μου έδειξαν όλα αυτά τα χρόνια.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>6</b>
1.1 Εισαγωγή στην γεωθερμία .....	7
1.2 Εισαγωγή στις γεωθερμικές αντλίες .....	8
1.3 Ενεργειακά συστήματα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας .....	9
1.4 Γεωθερμία στην Ελλάδα .....	11
1.4.1 Γεωθερμικά πεδία .....	11
1.4.2 Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας .....	12
<b>2. ΤΥΠΟΙ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ .....</b>	<b>14</b>
2.1 Γεωθερμικά Συστήματα Ανοιχτού Κυκλώματος .....	14
2.1.1 Υδρογεώτρηση .....	15
2.1.2 Αντληση νερού από θάλασσα ή λίμνη .....	16
2.2 Γεωθερμικά Συστήματα Κλειστού Κυκλώματος .....	16
2.2.1 Οριζόντιος γεωεναλλάκτης .....	17
2.2.2 Σπειροειδές σύστημα .....	19
2.2.3 Κατακόρυφος γεωεναλλάκτης .....	20
2.3 Κωνικός γεωεναλλάκτης .....	22
2.4 Συγκεντρωτικά πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα του συστήματος γεωθερμικού κλιματισμού .....	23
<b>3. ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ .....</b>	<b>25</b>
3.1 Αντλίες θερμότητας νερού-νερού ή νερού-αέρα .....	25
3.2 Αντλίες θερμότητας μεταβλητού όγκου ψυκτικού μέσου - VRV Variable Refrigerant Volume .....	28
<b>4. ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ .....</b>	<b>32</b>
4.1 Ελληνική νομοθεσία εφαρμογών γεωθερμικών αντλιών θερμότητας .....	32
4.1.1 Γενικά .....	32
4.1.2 Περιοριστικοί όροι .....	32

α. Γεώτρηση εκτός σχεδίου πόλεως.....	32
β. Γεώτρηση εντός σχεδίου πόλεως.....	33
4.1.3 Προδιαγραφές μελέτης.....	33
4.2 Γερμανικοί Κανονισμοί.....	34
4.2.1 Γενικά.....	34
4.2.2 Πίνακες με ειδικές τιμές εξαγωγής από το υπέδαφος.....	35
α. Οριζόντιος γεωεναλλάκτης.....	35
β. Κατακόρυφος γεωεναλλάκτης.....	36
γ. Ανοικτό κύκλωμα.....	36
<b>5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ</b>	
<b>ΓΡΑΦΕΙΩΝ.....</b>	<b>37</b>
5.1 Ενεργειακές απαιτήσεις.....	37
5.2 Ειδική μελέτη υπολογισμού και αναλυτικό διάγραμμα ροής.....	38
5.3 Περιγραφή του ηλεκτρικού και μηχανικού εξοπλισμού του συστήματος.....	40
5.4 Περιγραφή και καθορισμός του οριζόντιου γεωεναλλάκτη.....	41
5.5 Αποτελέσματα λειτουργίας.....	43
5.5.1 Θερμοκρασίες.....	44
5.5.1.1 περίοδος 16 έως 21 Σεπτεμβρίου 2008.....	44
5.5.1.2 περίοδος 7 έως 11 Οκτωβρίου 2008.....	45
5.5.2 Καταναλώσεις.....	48
5.5.3 Τεχνικο-οικονομικά στοιχεία – σύγκριση.....	49
<b>6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....</b>	<b>51</b>
<b>7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>52</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι. Υπολογισμοί των θερμικών φορτίων.....</b>	<b>54</b>
Θερμικές απώλειες αγωγιμότητας κτιριακών χώρων.....	54
<i>Γενικά 54</i>	
Προσαυξήσεις απωλειών αγωγιμότητας.....	54
Θερμικές απώλειες αερισμού.....	55
Θερμικές απώλειες ελεύθερου αερισμού.....	55
Ελάχιστη απαίτηση αερισμού.....	55
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ. Υπολογισμοί των ψυκτικών φορτίων.....</b>	<b>64</b>

Υπολογισμοί ψυκτικών φορτίων.....	64
<i>Συμβολισμοί</i> .....	64
<i>Κανονισμοί</i> .....	64
<i>Μεθοδολογία υπολογισμού</i> .....	64
Συντελεστές θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων. ....	64
Συσχέτιση του θερμικού κέρδους και του ψυκτικού φορτίου.....	64
Εσωτερικά ψυκτικά φορτία.....	65
Ψυκτικά φορτία από αερισμό.....	67
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ. Υπολογισμός της ετήσιας κατανάλωσης θερμικής</b>	
<b>ενέργειας με την μέθοδο των βαθμοημερών</b> .....	<b>86</b>
<i>Η έννοια της κάλυψης</i> .....	86
<i>Θέρμανση χώρων</i> .....	86
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV. Υπολογισμός της κατανάλωσης ενέργειας για την ψύξη</b> .....	<b>89</b>

Η παρούσα εργασία αναφέρεται στην εγκατάσταση **ενεργειακού συστήματος γεωθερμικής αντλίας θερμότητας** για την θέρμανση-ψύξη προσθήκης γραφείων σε βιομηχανικό κτίριο, που βρίσκεται στην περιοχή Ιωνίας Θεσσαλονίκης. Το ενεργειακό σύστημα αποτελείται από ηλεκτροκίνητη υδρόψυκτη αντλία θερμότητας μεταβλητής παροχής ψυκτικού μέσου (Variable Refrigerant Volume, VRV) και κλειστό κύκλωμα με οριζόντιο γεωεναλλάκτη.



**Σχήμα 1.1:** Κτίριο γραφείων στο οποίο εγκαταστάθηκε γεωθερμική αντλία θερμότητας VRV

Το κτίριο της προσθήκης είναι μονόροφο, τυπικό γραφείων και έχει ανεγερθεί σε επαφή στην μια της πλευρά με υφιστάμενο βιομηχανικό κτίριο.

Οι καλυπτόμενοι από το σύστημα της υδρόψυκτης αντλίας θερμότητας χώροι, είναι τυπικοί χώροι γραφείων. Ο υπολογισμός των θερμικών και ψυκτικών φορτίων, έγινε με βάση τις εσωτερικές συνθήκες που αναφέρει η βιβλιογραφία για σχετικούς χώρους και παρουσιάζονται στο παράρτημα των υπολογισμών.

Η εγκατάσταση της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας, αφορά τόσο στην θέρμανση όσο και στην ψύξη των γραφείων του βιομηχανικού κτιρίου, μέσω



συστήματος διανομής θερμότητας και ψύξης στους χώρους μεταβλητής παροχής ψυκτικού μέσου (Variable Refrigerant Volume – VRV).

Η προσθήκη των γραφείων βρίσκεται σε επαφή στην μία πλευρά με υφιστάμενο βιομηχανικό κτίριο και εκτείνεται σε ισόγειο επίπεδο. Η συνολική στεγασμένη έκταση της προσθήκης υπολογίστηκε σε 237,5 m<sup>2</sup>.

Η προσθήκη γραφείων έχει κατασκευαστεί σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων, ενώ από κατασκευής της είναι πανταχόθεν ελεύθερη και με εξωτερικούς υαλοπίνακες.

## 1.1 Εισαγωγή στην γεωθερμία

Η γεωθερμική ενέργεια είναι μία ήπια και ανανεώσιμη μορφή ενέργειας, η οποία αποτελεί φυσικό εγχώριο πλούτο. Η γη διαθέτει τεράστια αποθέματα θερμικής ενέργειας, τα οποία θα μπορούσαν να καλύψουν ένα σημαντικό μέρος των ενεργειακών αναγκών του πληθυσμού. Ωστόσο, η επικράτηση των συμβατικών πηγών ενέργειας (άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) στον διεθνή ενεργειακό σχεδιασμό για πάρα πολλά χρόνια, είχε ως συνέπεια την υστέρηση στην αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και ιδιαίτερα της γεωθερμίας.

Η γεωθερμική ενέργεια αξιοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Χρησιμοποιείται επίσης για την θέρμανση κατοικιών, για την δημιουργία ψύξης καθώς και για αγροτικές διεργασίες. Η θερμοκρασία των θερμών νερών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν κυμαίνεται από τους 20°C έως τους 280°C. Ανάλογα με την θερμοκρασία, τα γεωθερμικά πεδία ταξινομούνται σε υψηλής, μέσης και χαμηλής ενθαλπίας.

- **Γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας** – θερμοκρασίες μεταξύ 150 και 280°C.

Σε αυτές τις περιπτώσεις ο ατμός που εξάγεται από την γη οδηγείται χωρίς καμία επεξεργασία κατευθείαν σε στροβίλους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

- **Γεωθερμικά πεδία μέσης ενθαλπίας** – θερμοκρασίες μεταξύ 90 και 150°C.

Το γεωθερμικό ρευστό σε αυτές τις θερμοκρασίες χρησιμοποιείται για την θέρμανση (και εξάτμιση) μιας οργανικής ουσίας (ισοβουτάνιο, υδροφθοράνθρακας), η οποία εν συνεχεία ως ατμός οδηγείται σε στροβίλους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η μεσολάβηση των παραπάνω πτητικών ρευστών κρίνεται αναγκαία καθώς οι θερμοκρασίες στις οποίες βρίσκονται τα γεωθερμικά ρευστά δεν είναι επαρκείς ώστε να επιτρέπουν την άμεση μετατροπή του ατμού σε ηλεκτρική ενέργεια.

- **Γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας** – θερμοκρασίες μεταξύ 60 και 90°C.

Τα γεωθερμικά ρευστά τέτοιων θερμοκρασιών χρησιμοποιούνται συνήθως για θέρμανση κατοικιών, βιομηχανικών εγκαταστάσεων και θερμοκηπίων [1], [2].

## **1.2 Εισαγωγή στις γεωθερμικές αντλίες**

Η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμότητας με δύο διαφορετικούς τρόπους. Ο πρώτος, πραγματοποιείται με απευθείας εκμετάλλευση της θερμότητας των υπογείων πετρωμάτων και υδάτων, με εύρος θερμοκρασιών μεταξύ 25 και 150°C και χαρακτηρίζεται ως εφαρμογή χαμηλής και μέσης θερμοκρασίας. Ο δεύτερος, πραγματοποιείται με χρήση γεωθερμικών αντλιών θερμότητας και χαρακτηρίζεται ως εφαρμογή πολύ χαμηλής θερμοκρασίας.

Στον δεύτερο τρόπο παραγωγής ενέργειας, τη χρήση δηλαδή γεωθερμικών αντλιών θερμότητας, αναφέρεται η εργασία αυτή. Σήμερα η βιομηχανία των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας είναι σαφώς πιο δυναμική σε σχέση με την βιομηχανία των άλλων γεωθερμικών εφαρμογών. Η διατήρηση, κατά τη διάρκεια ολόκληρου του έτους, της θερμοκρασίας εδάφους σε σταθερά επίπεδα, που κυμαίνονται από 10 έως 25°C αποτελεί το κύριο πλεονέκτημα των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιούν την πρακτικά αμετάβλητη θερμοκρασία του υπεδάφους για παροχή θέρμανσης, ψύξης και ζεστού νερού χρήσης, για κατοικίες, δημόσια και εμπορικά κτίρια, χωρίς την προϋπόθεση ύπαρξης γεωθερμικού δυναμικού.

Η τεχνολογία αυτή δύναται να αντικαταστήσει την χρήση λεβήτων για την θέρμανση και να μειώσει την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη, με αντικατάσταση των συμβατικών συστημάτων κλιματισμού. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η τεχνολογία των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας είναι δυνατόν να αντικαταστήσει τα συμβατικά συστήματα και να μειώσει την ηλεκτρική κατανάλωση, μπορούν να μειωθούν σημαντικά οι εκπομπές αερίων που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου [1], [2].

### 1.3 Ενεργειακά συστήματα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας

Τα ενεργειακά συστήματα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας (Ground Source Heat Pumps – GSHP) αποτελούν βιώσιμες εναλλακτικές λύσεις στην συμβατική θέρμανση και στα συστήματα ψύξης. Σε αντίθεση με τα διαδεδομένα συστήματα θέρμανσης και ψύξης τα ενεργειακά συστήματα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας χρησιμοποιούν το έδαφος ως πηγή ενέργειας ενώ είναι φιλικότερα προς το περιβάλλον δεδομένου ότι μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων. Για τον λόγο αυτό θεωρούνται η περισσότερο ενεργειακά αποδοτική και περιβαλλοντικά καθαρή λύση, απ' όλες τις επιλογές θέρμανσης και ψύξης, σύμφωνα με την Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των Η.Π.Α.

Η λειτουργία των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας είναι παρόμοια με αυτή των αντλιών θερμότητας αέρα-νερού και των συνηθισμένων κλιματιστικών με την μόνη διαφορά ότι ανταλλάζουν ποσά θερμότητας με το έδαφος και όχι με τον εξωτερικό αέρα, με αποτέλεσμα να αποδίδουν πολύ καλύτερα απ' ότι τα συμβατικά συστήματα στα ιδιαίτερα κρύα ή θερμά κλίματα. Αυτό συμβαίνει γιατί η διακύμανση της θερμοκρασίας στο έδαφος είναι πολύ πιο ισορροπημένη απ' ότι στον εξωτερικό αέρα.

Τα ενεργειακά συστήματα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας αποτελούνται από έναν «υπόγειο βρόχο» (γεωεναλλάκτη) για την ανταλλαγή της θερμότητας με το έδαφος ή τα υπόγεια ή επιφανειακά νερά. Στα περισσότερα συστήματα κλειστού βρόχου, ο εναλλάκτης θερμότητας (γεωεναλλάκτης) αποτελείται από μεγάλο μήκος σωλήνες που τοποθετούνται είτε σε κατακόρυφες γεωτρήσεις είτε, εάν είναι διαθέσιμη ικανοποιητική έκταση, θαμμένες σε οριζόντιες τάφρους. Μια ή περισσότερες αντλίες θερμότητας συνδέονται έπειτα με αυτόν τον υπόγειο βρόχο για να παρέχουν την θέρμανση και την ψύξη του εσωτερικού χώρου του κτιρίου. Μερικά συστήματα παρέχουν επίσης και τη θέρμανση του νερού χρήσης.

Τα συστήματα με γεωθερμικές αντλίες θερμότητας έχουν πολλά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τα συμβατικά συστήματα ψύξης/θέρμανσης, τα σημαντικότερα από τα οποία είναι:

- Παραγωγή ζεστού και κρύου νερού για θέρμανση και ψύξη καθώς και ζεστού νερού χρήσης από το ίδιο μηχάνημα.
- Πλήρης αποδέσμευση από το πετρέλαιο και τις συνεχώς αυξανόμενες τιμές του.

- Μεγάλη εξοικονόμηση σε χρήματα λόγω της μεγάλης τους απόδοσης σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα.
- Κατανάλωση 30%-40% λιγότερης ηλεκτρικής ενέργειας από τα αποδοτικότερα αερόψυκτα συστήματα.
- Εξοικονόμηση χώρων, αφού δεν υπάρχει ανάγκη για δεξαμενή πετρελαίου και καπνοδόχου (δεν έχουμε καύση πετρελαίου ή άλλου καυσίμου) .
- Πληρωμή μετά την κατανάλωση χωρίς την ανάγκη προαγοράς πετρελαίου.
- Είναι φιλικά προς το περιβάλλον αφού δεν υπάρχουν εκπομπές ρύπων.
- Λειτουργούν αξιόπιστα σε ακραίες καιρικές συνθήκες (καύσωνα - παγετό) καθώς το σύστημα ανταλλάσσει θερμότητα με το υπέδαφος και όχι απευθείας με το περιβάλλον.

Στον Πίνακα 1.1, που ακολουθεί, δίνονται στοιχεία του έτους 2005 για τις κυριότερες εφαρμογές της γεωθερμίας στον κόσμο [3]. Σύμφωνα με τα στοιχεία αυτά τα συστήματα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας, που έχουν εγκατασταθεί παγκόσμια ανέρχονται σε 15.723 MW<sub>th</sub>, που αντιστοιχούν περίπου σε 24.000 GWh. Ο συνολικός αριθμός αυτών των συστημάτων εκτιμάται σε 1.400.000 συστήματα.

**Πίνακας 1.1** Κυριότερες εφαρμογές της γεωθερμίας στον κόσμο (2005) [3]

	Εγκατεστημένη ισχύς (MWt)	Ετήσια χρήση ενέργειας (TJ/yr)	Συντελεστής λειτουργίας
Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας	15.723	86.673	0.17
Θέρμανση χώρων	4.158	52.868	0.40
Θέρμανση θερμοκηπίων	1.348	19.607	0.46
Ιχθυοκαλλιέργειες-Υδατοκαλλιέργειες	616	10.969	0.56
Ξήρανση αγροτικών προϊόντων	157	2.013	0.41
Βιομηχανικές χρήσεις	489	11.068	0.72
Λουτρά-πισίνες	4.911	75.289	0.49
Ψύξη-Αντιπαγετική προστασία	338	1.885	0.18
Άλλα	86	1.045	0.39
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>27.825</b>	<b>261.418</b>	<b>0.30</b>

## **1.4 Γεωθερμία στην Ελλάδα**

### **1.4.1 Γεωθερμικά πεδία**

Στην χώρα μας τα τελευταία 30 χρόνια γίνονται συστηματικές έρευνες, κυρίως από το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ) με σκοπό τον εντοπισμό και χαρακτηρισμό αξιοποιήσιμων γεωθερμικών πεδίων. Από τις έρευνες αυτές έχει προκύψει ότι η Ελλάδα είναι ιδιαίτερα ευνοημένη γεωθερμικά. Έχει παρατηρηθεί ότι τα γεωθερμικά ρευστά στην πλειοψηφία τους έχουν ελάχιστη περιεκτικότητα σε διαβρωτικά άλατα και αέρια, κάτι που σημαίνει ότι δεν δημιουργούν σοβαρά τεχνικά, αλλά και περιβαλλοντικά προβλήματα κατά την εκμετάλλευσή τους.

Η Ελλάδα μαζί με την Ιταλία και την Πορτογαλία είναι οι μόνες χώρες τις Ευρωπαϊκής Ένωσης στις οποίες υπάρχουν γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας, κατάλληλα δηλαδή για την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος. Στην χώρα μας τέτοια πεδία βρίσκονται στην Μήλο, την Νίσυρο και την Σαντορίνη με συνολικό γεωθερμικό δυναμικό που ξεπερνάει τα 250MW<sub>e</sub>. Η προσπάθεια εκμετάλλευσης των παραπάνω γεωθερμικών πεδίων δεν ευδοκίμησε, λόγω έκλυσης στο περιβάλλον δύσσομων αερίων γεγονός που προκάλεσε την αντίδραση των κατοίκων. Ικανοποιητικά στοιχεία για πεδία υψηλής ή μέσης ενθαλπίας έχουν προκύψει στην Κίμωλο, την Κω, την Λέσβο, την Χίο και στο Σουσάκι Κορινθίας.

Γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας έχουν παρατηρηθεί σε πολλές περιοχές, κυρίως στην βόρεια Ελλάδα. Μόνο από υπάρχουσες γεωτρήσεις σε γεωθερμικά πεδία των πεδινών εκτάσεων της ανατολικής Μακεδονίας και της Θράκης είναι δυνατόν να αντληθούν 2500m<sup>3</sup> /h θερμών ρευστών με θερμοκρασίες μεταξύ των 35 και 92°C. Νερά θερμοκρασίας 82°C παράγονται σε μεγάλης έκτασης γεωθερμικά πεδία στην Ν. Κεσσάνη και στο Πόρτο Λάγος της Ξάνθης. Στην λεκάνη των λιμνών Βόλβης και Λαγκαδά στον νομό Θεσσαλονίκης έχουν εντοπιστεί τρία πολύ «ρηχά» πεδία με θερμοκρασίες μέχρι 56°C. Μια αρκετά αξιοποιημένη γεωθερμικά περιοχή είναι η λεκάνη του Στρυμόνα. Σε αυτήν την περιοχή έχουν εντοπισθεί τα πολύ σημαντικά πεδία Θερμών-Νιγρίτας, Λιθότοπου-Ηράκλειας, Θερμοπηγής-Σιδηροκάστρου και Αγγίστρου.

### 1.4.2 Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας

Τα συστήματα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας είναι ευρέως διαδεδομένα στο εξωτερικό και χρησιμοποιούνται εδώ και πολλά χρόνια με αποτέλεσμα να έχουν εγκατασταθεί σε 30 περίπου χώρες με συνολική θερμική ισχύ που ανήλθε σε 15.700 MW<sub>th</sub> κατά το έτος 2005. Τα 7 δέκατα των εγκαταστάσεων βρίσκονται στις ΗΠΑ και οι υπόλοιπες στην Ελβετία, την Σουηδία, τον Καναδά, την Γερμανία και την Αυστρία. Το 46% των συστημάτων στις ΗΠΑ είναι κατακόρυφου γεωεναλλάκτη, το 38% οριζόντιου, ενώ τα υπόλοιπα είναι ανοικτού κυκλώματος [4].

Η λειτουργία των συστημάτων αυτών ήταν μέχρι πρόσφατα άγνωστη στην χώρα μας κάτι που φαίνεται να αλλάζει τα τελευταία χρόνια καθώς πληθαίνουν τα κτίρια στα οποία χρησιμοποιούνται γεωθερμικές αντλίες θερμότητας για ψύξη και θέρμανση.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι στις περισσότερες χώρες του εξωτερικού τα συστήματα αυτά επιδοτούνται σε ποσοστό έως και 40 % με αποτέλεσμα να μειώνεται αρκετά το αρχικό κόστος εγκατάστασης. Επίσης η κατανάλωση ρεύματος ενός κτιρίου κοστολογείται διαφορετικά στην περίπτωση που αυτό χρησιμοποιεί κάποιο σύστημα αβαθούς γεωθερμίας. Στην Ελλάδα δεν υπάρχουν ανάλογα κίνητρα από το ελληνικό κράτος - ακόμη όμως και χωρίς αυτά, η πώλησή τους αυξάνεται στη χώρα μας με ρυθμό 60% από το 2004.

Ένα παράδειγμα εφαρμογής γεωθερμικής αντλίας θερμότητας παρουσιάζεται παρακάτω.

- δύο μονοκατοικίες 310 m<sup>2</sup> στην Δροσιά Θέρμης της Θεσσαλονίκης



**Σχήμα 1.2:** μονοκατοικίες στις οποίες εγκαταστάθηκαν γεωθερμικά συστήματα  
**τύπος συστήματος:** 2 κατακόρυφα κλειστά κυκλώματα γεωεναλλάκτη  
**συνολική θερμική ισχύς (kW):**  $2 \times (2 \times 12) = 48\text{kW}$

Δύο κατακόρυφα κλειστά κυκλώματα γεωεναλλάκτη επιλέχθηκαν για να τροφοδοτήσουν το καθένα δύο αντλίες θερμότητας νερού-νερού WaterFurnace EKW12. Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας βρίσκονται σε παράλληλη διάταξη και έχουν σταδιακή λειτουργία. Τα κτίρια θερμαίνονται με ενδοδαπέδια εγκατάσταση, ψύχονται με fan coils και ταυτόχρονα λειτουργεί κλιματιστική μονάδα αερισμού των χώρων.

Στις δύο αυτές κατοικίες με τα συστήματα γεωεναλλακτών δεν υπάρχει η απαίτηση εγκατάστασης των δεξαμενών καυσίμων, των καπναγωγών, των υποχρεωτικών ανοιγμάτων αερισμού και των εξωτερικών μονάδων ψύξης με τους αισθητικούς περιορισμούς. Ο συνδυασμός των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας με την επιμελημένη θερμομόνωση προδιαγράφουν τα υψηλότερα επίπεδα αισθητικής και θερμικής άνεσης [5].

Στον Πίνακα 1.2 δίνονται στοιχεία για τις κυριότερες εφαρμογές της γεωθερμίας στην Ελλάδα [3]. Σύμφωνα με τα στοιχεία αυτά η εγκατεστημένη ισχύς των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας στην Ελλάδα ανέρχεται σε  $2\text{MW}_{th}$ , που αντιστοιχούν σε 5,3 GWh.

**Πίνακας 1.2** Κυριότερες εφαρμογές της γεωθερμίας στην Ελλάδα [3]

Χρήση	Εγκατεστημένη ισχύς (ΔkW)	Ετήσια χρήση ενέργειας (TJ/yr = $10^{12}$ J/έτος)	Βαθμός λειτουργίας
Θέρμανση χώρων	1,5	17	0,37
Θέρμανση θερμοκηπίων	29	288	0,32
Ιχθυοκαλλιέργεια	2,0	13	0,20
Ξήρανση αγροτικών προϊόντων	0,3	2	0,20
Λουτροθεραπευτικές μονάδες	35*	164*	0,15*
Αφαλάτωση νερού	1,8	22	0,40
Άλλες χρήσεις **	0,4	4	0,32
Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας	2,0	19	0,30
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>72,0</b>	<b>529</b>	<b>0,23</b>

## 2. ΤΥΠΟΙ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

---

Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι γεωθερμικών αντλιών θερμότητας, τα συστήματα **ανοικτού** κυκλώματος και τα συστήματα **κλειστού κυκλώματος**. Στα συστήματα ανοικτού κυκλώματος χρησιμοποιείται το υπόγειο νερό από μία γεώτρηση άντλησης, το οποίο διέρχεται από την αντλία θερμότητας και επαναφέρεται στον αρχικό αποδέκτη με μία γεώτρηση επανεισαγωγής. Στα συστήματα κλειστού κυκλώματος χρησιμοποιείται μίγμα νερού / αντιψυκτικού το οποίο κυκλοφορεί μέσα στους σωλήνες του υπόγειου κυκλώματος (γεωεναλλάκτη), το οποίο μπορεί να είναι είτε οριζόντιο (σε τάφρους ή λίμνες) είτε κάθετο (με γεωτρήσεις) ούτως ώστε να ανταλλάσσει θερμότητα με το έδαφος.

Και στα δύο συστήματα, οι σταθερές δροσερές θερμοκρασίες του υπεδάφους μπορούν κάλλιστα να αντισταθμίσουν τις εποχιακές διακυμάνσεις της εξωτερικής θερμοκρασίας του αέρα.

### 2.1 Γεωθερμικά Συστήματα Ανοικτού Κυκλώματος

Τα συστήματα αυτά αντλούν νερό σταθερής παροχής που μπορεί να προέρχεται είτε από υπόγειο ταμιευτήρα είτε από θάλασσα ή λίμνη. Ανάμεσα στο σύστημα και τη γεωθερμική αντλία θερμότητας παρεμβάλλεται ένας εναλλάκτης νερού / νερού για τη προστασία του συμπυκνωτή ή του εξατμιστή της από διαβρώσεις, λόγω κακής ποιότητας νερού. Έτσι το εσωτερικό κλειστό κύκλωμα που δημιουργείται, τροφοδοτεί την αντλία θερμότητας με νερό 15–18°C το χειμώνα και 22-25°C το καλοκαίρι.

Το χειμώνα η αντλία θερμότητας παράγει ζεστό νερό από 35 έως 50°C κατάλληλο για θέρμανση χώρων με ενδοδαπέδια συστήματα θέρμανσης ή με μονάδες ανεμιστήρα-στοιχείου (fan coil) αλλά και για προθέρμανση νερού χρήσης. Ο βαθμός απόδοσης μιας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας στη θέρμανση (COP), κυμαίνεται μεταξύ 4,5 και 5,5.

Το καλοκαίρι παράγει ψυχρό νερό θερμοκρασίας 7°C κατάλληλο για ένα σύστημα ψύξης με fan coil. Παράλληλα το νερό στο οποίο έχει απορρίψει θερμότητα, πριν επιστρέψει στη γη μπορεί να χρησιμοποιηθεί μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Ο βαθμός απόδοσης μιας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας στην ψύξη (EER) κυμαίνεται μεταξύ 4 και 5.

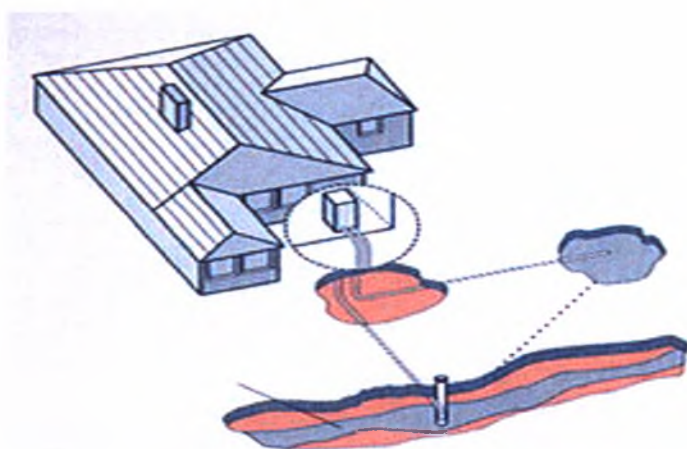


Βασικό πλεονέκτημα αυτού του τύπου συστημάτων είναι ο πολύ υψηλός βαθμός απόδοσης λόγω της σταθερής θερμοκρασίας της πηγής θερμότητας καθώς επίσης και η δυνατότητα κάλυψης φορτίων μεγαλύτερων από 500kW. Πρόκειται μάλιστα για οικονομικότερο σύστημα από αυτό του κλειστού βρόχου όταν υπάρχει ήδη ανοιγμένη γεώτρηση που να καλύπτει τις απαιτήσεις του κυκλώματος καθώς οι παράγοντες που εκλείπουν (αντιψυκτικό, κρυμμένες διαρροές, σωληνώσεις που πρέπει να απαλλαχθούν από τον αέρα ) καθιστούν την εγκατάστασή του ευκολότερη.

Τα μειονεκτήματα που μπορεί να παρουσιαστούν σε αυτά τα συστήματα έχουν να κάνουν με τη ποιότητα του νερού που μπορεί να αλλάξει με το χρόνο καθώς και με τη μεταβολή της ποσότητας του νερού ειδικά κατά περιόδους ξηρασίας. Βασική βέβαια προϋπόθεση είναι να επιτρέπεται η διάνοιξη γεώτρησης κάτι που σε πολλές περιοχές δεν επιτρέπεται.

### 2.1.1 Υδρογεώτρηση

Σύστημα που έχει να επιδείξει μεγάλη επιτυχία εφαρμογής όχι μόνο λόγω παλαιότητας (πρόκειται για τα πρώτα συστήματα που εμφανίστηκαν στην αγορά εδώ και δεκαετίες) αλλά και λόγω ευκολίας στην εγκατάσταση. Απαραίτητη προϋπόθεση βέβαια είναι να υπάρχει υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας και η ποσότητα του νερού να είναι ικανή να καλύψει τις απαιτήσεις της αντλίας θερμότητας για τη κάλυψη της συγκεκριμένης ανάγκης. Σε αυτήν την περίπτωση δημιουργείται μια παραγωγική



Σχήμα 2.1: Ανοιχτό σύστημα με υδρογεώτρηση

γεώτρηση για την άντληση νερού, διαμέτρου 11 έως 12'' στην οποία τοποθετείται εσωτερική σωλήνωση συνήθως 8'', και ένα φίλτρο καθώς είναι απαραίτητη η προστασία από χαλίκια. Το βάθος της γεώτρησης ποικίλει ανάλογα με το βάθος στο οποίο θα βρεθεί ποσότητα νερού ικανή για να καλύψει τις απαιτήσεις. Σε απόσταση 30 m, τουλάχιστον, από την παραγωγική γεώτρηση, είναι απαραίτητη η δημιουργία μιας γεώτρησης επανεισαγωγής σε σημείο βέβαια που οι συνθήκες επιτρέπουν την

γεώτρηση για την άντληση νερού, διαμέτρου 11 έως 12'' στην οποία τοποθετείται εσωτερική σωλήνωση συνήθως 8'', και ένα φίλτρο καθώς είναι απαραίτητη η προστασία από χαλίκια. Το βάθος της γεώτρησης ποικίλει ανάλογα με το βάθος στο οποίο θα βρεθεί

απορρόφηση του νερού. Η απόσταση ανάμεσα στις δύο γεωτρήσεις, η διάμετρος των σωληνώσεων και το βάθος στο οποίο τοποθετούνται τα φίλτρα παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην απόδοση του συστήματος. Σημαντικός επίσης παράγοντας που καθορίζει την απόδοση είναι και η ποιότητα του αντλούμενου νερού και αυτό γιατί νερό κακής ποιότητας μπορεί να προκαλέσει διαβρώσεις στην υποβρύχια αντλία.. Η μέθοδος αυτή, με μία γεώτρηση παροχής 50 m<sup>3</sup>/h, μπορεί να αποδώσει έως και 300 kW.

### 2.1.2 Άντληση νερού από θάλασσα ή λίμνη



**Σχήμα 2.2:** Ανοιχτό σύστημα με άντληση νερού από λίμνη

ελκυστικά αφού με ένα απλό υδραυλικό δίκτυο, το νερό προσάγεται και απάγεται από την αντλία θερμότητας μέσω ενός κυκλοφορητή χωρίς να χρειάζεται διάνοιξη γεωτρήσεων.

Για τα συστήματα αυτά, και κυρίως για τη θάλασσα, είναι απαραίτητος ο ενδιάμεσος εναλλάκτης θερμότητας (κατασκευασμένος κυρίως από τιτάνιο) για τη προστασία των εσωτερικών κυκλωμάτων της αντλίας θερμότητας από το κακής ποιότητας νερό.

Τα συστήματα αυτά αποτελούν παραλλαγή των υδρογεωτρήσεων και αξιοποιούν τη σταθερή θερμοκρασία της θάλασσας ή λίμνης για άντληση και απόρριψη θερμότητας. Σε βάθος περίπου 10 μέτρων, το νερό έχει σταθερή θερμοκρασία που ανέρχεται σε 12 - 15 °C το χειμώνα και 17 - 20 °C το καλοκαίρι.

Στις περιπτώσεις που η θάλασσα ή λίμνη βρίσκεται πολύ κοντά, τα συστήματα αυτά γίνονται πολύ

## 2.2 Γεωθερμικά Συστήματα Κλειστού Κυκλώματος

Τα συστήματα αυτά βασίζονται στην κατασκευή ενός γεωεναλλάκτη στο υπέδαφος ο οποίος αποτελείται από έναν μεγάλο αριθμό σωληνώσεων όπου κυκλοφορεί νερό ή διάλυμα νερού και αντιψυκτικού όταν υπάρχουν χαμηλές θερμοκρασίες υπεδάφους.

Το χειμώνα η αντλία θερμότητας τροφοδοτείται με νερό από τον γεωεναλλάκτη σταθερής θερμοκρασίας συνήθως όση περίπου και η θερμοκρασία του υπεδάφους και παράγει ζεστό νερό από 35 ως 50°C κατάλληλο για θέρμανση χώρων με ενδοδαπέδια συστήματα θέρμανσης ή με fan coils καθώς και για προθέρμανση νερού χρήσης. Ο βαθμός απόδοσης μιας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας στη θέρμανση (COP) κυμαίνεται μεταξύ 4,5 και 5,5

Κατά τους θερινούς μήνες η λειτουργία της αντλίας θερμότητας αντιστρέφεται παράγοντας έτσι ψυχρό νερό για κλιματισμό των χώρων. Η αντλία θερμότητας απορρίπτει θερμότητα από τους κλιματιζόμενους χώρους στο υπέδαφος, το οποίο έχει σταθερή θερμοκρασία. Τροφοδοτείται από τον γεωεναλλάκτη με νερό επιστρέφοντας το στη γη θερμότερο κατά 5°C. Παράγει έτσι ψυχρό νερό θερμοκρασίας 7 °C κατάλληλο για ένα σύστημα ψύξης με fan coils.

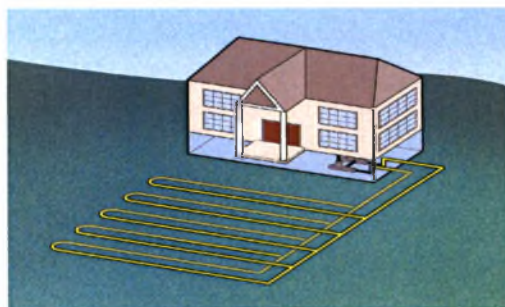
Παράλληλα, το νερό στο οποίο έχει απορρίψει θερμότητα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, πριν επιστρέψει στη γη. Ο βαθμός απόδοσης μιας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας στην ψύξη (EER) κυμαίνεται μεταξύ 4 και 5.

Κάποια από τα πολλά πλεονεκτήματα του κλειστού γεωεναλλάκτη έχουν να κάνουν με την αξιοπιστία και τον μεγάλο χρόνο ζωής καθώς μπορούν να διατηρηθούν για περισσότερα από 50 χρόνια με τα έξοδα για την συντήρησή του να είναι ελάχιστα. Ο γεωεναλλάκτης ανάλογα με την διάταξη του δικτύου σωληνώσεων στο υπέδαφος μπορεί να είναι οριζόντιος, σπειροειδής, κατακόρυφος ή κωνικός.

### 2.2.1 Οριζόντιος γεωεναλλάκτης

Σε περιπτώσεις που υπάρχει μεγάλος διαθέσιμος περιβάλλοντας χώρος, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί η διάταξη του οριζόντιου γεωεναλλάκτη. Υπάρχουν διάφορες τεχνικές τοποθέτησης του οριζόντιου γεωεναλλάκτη στο υπέδαφος.

1. Σωλήνες σε παράλληλη διάταξη: Σε βάθος περίπου 1,5 m από την επιφάνεια τοποθετούνται παράλληλα μήκη σωλήνωσης η μία δίπλα στην άλλη. Η απόσταση μεταξύ των σωλήνων πρέπει να είναι τουλάχιστον 60 cm. Η μέθοδος αυτή αποδίδει 30-40W ανά m<sup>2</sup> εδάφους.



Σχήμα 2.3: Οριζόντιος εναλλάκτης-σωλήνες σε παράλληλη διάταξη

2. Σωλήνες η μία πάνω από την άλλη: Σ' αυτή τη μέθοδο «σάντουιτς» η πρώτη σωλήνωση τοποθετείται περίπου στα 2 m ενώ η δεύτερη τοποθετείται 40-50 cm πάνω από την πρώτη. Η μέθοδος αυτή αποδίδει περίπου 50-60W ανά m<sup>2</sup> εδάφους.



**Σχήμα 2.4:** Οριζόντιος εναλλάκτης- σωλήνες μια πάνω στην άλλη.



**Σχήμα 2.5:** γενική άποψη του πλέγματος

3. Πλέγμα: Σε βάθη περίπου 2m από την επιφάνεια τοποθετούνται προκατασκευασμένα πλέγματα που αποτελούνται από λεπτές σωλήνες Φ 8 ή Φ 10. Η μέθοδος αυτή αποδίδει περίπου 80W ανά m<sup>2</sup> εδάφους.

Οι σωλήνες που χρησιμοποιούνται συνήθως (εκτός από το πλέγμα) είναι από πολυαιθυλένιο τρίτης γενιάς HDPE Φ 32 ή Φ 40. Το υλικό αυτό μπορεί να ενωθεί με την μέθοδο της θερμοκόλλησης, επίσης θεωρείται αρκετά εύκαμπτο, πράγμα που επιτρέπει την εύκολη εγκατάσταση του.

Για την εγκατάσταση του οριζοντίου εναλλάκτη πρέπει αρχικά να κατασκευαστούν οι τάφροι μέσα στους οποίους θα τοποθετηθούν οι σωλήνες. Για αυτή την διαδικασία συνήθως χρησιμοποιούνται εκσκαφείς και μπουλντόζες. Η επιλογή των μηχανημάτων εξαρτάται από το βάθος εγκατάστασης καθώς επίσης και από τις συνθήκες του εδάφους, εάν δηλαδή αποτελείται από χώμα, πέτρες ή βράχους. Αφού έχει ολοκληρωθεί το άνοιγμα των τάφρων ακολουθεί η τοποθέτηση των σωλήνων. Η εγκατάσταση γίνεται στα εξής στάδια:

- Ελέγχονται οι σωλήνες για τυχόν εκδορές και σφάλματα.
- Γίνονται οι απαραίτητες ενώσεις και δοκιμάζονται κατά πόσο είναι μηχανικά ισχυρές.
- Εξετάζονται οι σωλήνες σε πίεση αέρα 3 bar.
- Αφαιρούνται όλοι οι βράχοι από την τάφρο.
- Τοποθετείται στην τάφρο άμμος πριν αλλά και κατά την διάρκεια τοποθέτησης των σωλήνων με σκοπό την κάλυψη και την προστασία τους.

Ακολουθεί η διαδικασία επιχωμάτωσης των σωλήνων κατά την διάρκεια της οποίας θα πρέπει να έχουν αφαιρεθεί οι βράχοι από την άκρη της τάφρου αλλά και από την κορυφή της σωρού έτσι ώστε να μην πέσουν μέσα με το χώμα που τοποθετείται στην τάφρο.

Η επιφάνεια πάνω από τον γεωεναλλάκτη μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί χωρίς περιορισμούς (κήπος, χώρος στάθμευσης).

Σε περιπτώσεις που υπάρχει λίμνη κοντά στην εγκατάσταση, μπορούμε να τοποθετήσουμε τον οριζόντιο γεωεναλλάκτη μέσα σε αυτήν, αποφεύγοντας την κατασκευή των τάφρων καθώς επίσης και τις χωματουργικές εργασίες, με αποτέλεσμα να μειώνεται αισθητά το κόστος της εγκατάστασης. Στην περίπτωση αυτή, το μόνο που απαιτείται είναι η αγκύρωση των σωληνώσεων στον πυθμένα της λίμνης.

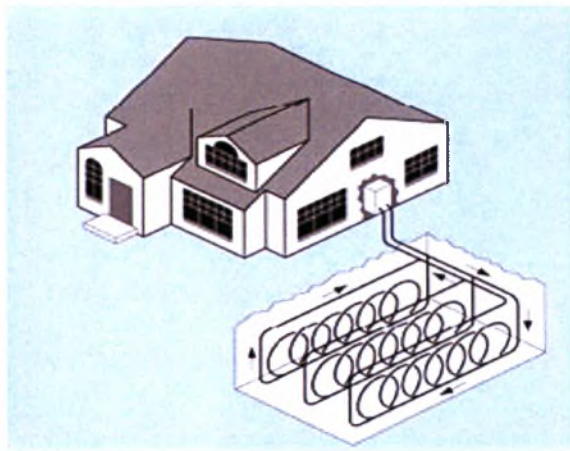
Να σημειωθεί ότι με οριζόντιο γεωεναλλάκτη, μια οικιακή εφαρμογή των 20kW χρειάζεται από 350 ως 500 m<sup>2</sup>, ενώ μια εμπορική εφαρμογή 100kW χρειάζεται από 1200m<sup>2</sup> ως 1700m<sup>2</sup> διαθέσιμου χώρου [6].

### 2.2.2 Σπειροειδές σύστημα

Πρόκειται για σωλήνες που τυλίγονται σε σπείρες (σπιράλ) και τοποθετούνται σε χαντάκια μέσα στο έδαφος, με βήμα είτε τυπικού σπειροειδές συστήματος (0,254 m το οποίο ισοδυναμεί με 12 m σωλήνωσης ανά μέτρο χαντακιού), είτε εκτεταμένου (1,42 m που ισοδυναμεί με 4 m σωλήνα ανά μέτρο χαντακιού), αποδίδοντας 30-40W ανά m<sup>2</sup> εδάφους.



**Σχήμα 2.6:** Σπειροειδές σύστημα-οριζόντια διάταξη



**Σχήμα 2.7:** Σπειροειδές σύστημα-κατακόρυφη διάταξη.

Το σπειροειδές σύστημα μπορεί να έχει οριζόντια ή κατακόρυφη διάταξη με μόνη διαφορά ότι στην οριζόντια διάταξη είναι ευκολότερη η επανατοποθέτηση των χωμάτων [6].

Θα πρέπει να τονίσουμε ότι για την τοποθέτηση των σωληνώσεων στο υπέδαφος απαιτείται λιγότερο σκάψιμο για την δημιουργία χαντακιών και μικρότερη έκταση γης. Σε αντίθεση όμως με τις συνηθισμένες εφαρμογές οριζοντίων συστημάτων, απαιτείται αρκετά μεγαλύτερο μήκος σωλήνα.

### 2.2.3 Κατακόρυφος γεωεναλλάκτης

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται συνήθως σε μεγάλες εφαρμογές όπου το οριζόντιο κύκλωμα δεν μπορεί να καλύψει τις απαιτούμενες ανάγκες καθώς και σε αστικά κέντρα όπου δεν υπάρχει αρκετός περιβάλλον χώρος.



Σχήμα 2.8: Κατακόρυφος γεωεναλλάκτης



Σχήμα 2.9: Κατακόρυφος γεωεναλλάκτης

Για την κατασκευή ενός κάθετου γεωθερμικού εναλλάκτη ακολουθούμε τα εξής στάδια:

- Κατασκευή στεγνών γεωτρήσεων διαμέτρου 8 1/2'' σε βάθη περίπου 100 m,



Σχήμα 2.10: Ειδικό τεμάχιο U bend-μονό

- Συναρμολόγηση γεωεναλλάκτη στην επιφάνεια. Ο γεωεναλλάκτης μπορεί να αποτελείται από 2 σωλήνες (1 προσαγωγής και 1 επιστροφής) οι οποίοι ενώνονται μεταξύ τους με ειδικά τεμάχια (U bends)

- Ή μπορεί να αποτελείται από 4 σωλήνες (2 προσαγωγής και 2 επιστροφής) οι οποίοι ενώνονται μεταξύ τους με ειδικά τεμάχια (U bends),



**Σχήμα 2.11:** ειδικό τεμάχιο U bend-διπλό



**Σχήμα 2.12:** Δοκιμή αντοχής γεωεναλλάκτη

- Δοκιμή αντοχής γεωεναλλάκτη στην επιφάνεια με νερό στα 10 bar,

- Τοποθέτηση γεωεναλλάκτη μέσα στις στεγνές γεωτρήσεις,



**Σχήμα 2.13:** Τοποθέτηση γεωεναλλάκτη στην γεώτρηση

- Για τη διευκόλυνση της τοποθέτησης του γεωεναλλάκτη στη στεγνή γεώτρηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα βαρίδιο,
- Πλήρωση γεωτρήσεων με μείγμα τσιμέντου, μπετονίτη και άμμου,
- Κατασκευή φρεατίου επίσκεψης στην επιφάνεια.



**Σχήμα 2.14:** Ειδικό βαρίδιο

Τα συστήματα των κάθετων γεωεναλλακτών αποδίδουν περίπου 7,5 kW ανά 100m γεωεναλλάκτη [ 4 ] .

Βασικά πλεονεκτήματα αυτών των συστημάτων αποτελούν το μικρότερο συνολικό μήκος σωληνώσεων, η μικρότερη έκταση γης καθώς επίσης και το γεγονός ότι, λόγω του μεγάλου βάθους, η αξιοποιήσιμη θερμότητα του εδάφους επηρεάζεται ελάχιστα.

Μία ειδική εφαρμογή των κατακόρυφων κλειστών κυκλωμάτων είναι τα ενεργειακά θεμέλια (**energy piles**). Κατά την εφαρμογή αυτή ο εναλλάκτης θερμότητας τοποθετείται στους πασσάλους στήριξης του κτιρίου.



Σχήμα 2.15: Ενεργειακά θεμέλια



Σχήμα 2.16: Ενεργειακά θεμέλια

### 2.3 Κωνικός γεωεναλλάκτης



Σχήμα 2.17: Κωνικός γεωσυλλέκτης

Αποτελεί μια νέα εφαρμογή κατακόρυφων κλειστών συστημάτων που χρησιμοποιείται κυρίως σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει αρκετός χώρος για την εγκατάσταση οριζοντίου κυκλώματος. Η εφαρμογή αυτή είναι ακριβότερη από μια οριζόντια διάταξη καθώς απαιτεί σκελετούς από ανοξείδωτο ή πλαστικό για την υποστήριξη του γεωεναλλάκτη. Το πλήθος των κώνων που τοποθετούνται στο σύστημα έχει να κάνει με το σύνολο των φορτίων (θερμικά/ψυκτικά) του κλιματιζόμενου χώρου. Η κωνική διάταξη τοποθετείται στον περιβάλλοντα χώρο καθώς είναι αδύνατη η τοποθέτησή της στην θεμελίωση του κτιρίου [7].



## **2.4 Συγκεντρωτικά πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα του συστήματος γεωθερμικού κλιματισμού**

### **πλεονεκτήματα :**

- **Εξοικονόμηση**

Τα γεωθερμικά συστήματα μπορούν να μειώσουν το κόστος θέρμανσης ως και 70% και το κόστος ψύξης έως και 50% και να παρέχουν ζεστό νερό χρήσης για τις ανάγκες της κατοικίας. Μπορούν επίσης να εξοικονομηθούν χρήματα, καθώς, σε μεγάλες εγκαταστάσεις, είναι εφικτή η μεταφορά θερμότητας από ζώνες του κτιρίου που είναι πιο ζεστές προς άλλες ψυχρότερες για τις ανάγκες θέρμανσης το χειμώνα και το αντίστροφο το καλοκαίρι για τις ανάγκες ψύξης.

- **Περιβάλλον**

Τα γεωθερμικά συστήματα μπορούν να εκμεταλλευτούν στο έπακρο και να πολλαπλασιάσουν την αποτελεσματικότητα άλλων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, αλλά και από μόνα τους είναι φιλικότερα προς το περιβάλλον από τα συμβατικά συστήματα, καθώς μειώνουν τις εκπομπές αέριων ρύπων και τα συνεπακόλουθα προβλήματά τους (όξινη βροχή, φαινόμενο του θερμοκηπίου, τρύπα του όζοντος κλπ). Π.χ. αν θεωρηθεί ότι μία ηλεκτρική kWh έχει παραχθεί από την καύση 3 kWh ορυκτού καυσίμου (ο βαθμός απόδοσης των λιγνιτικών εργοστασίων της ΔΕΗ είναι 33%), για την παραγωγή 10 kWh θέρμανσης μέσω Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας απελευθερώνονται 1,9 kg CO<sub>2</sub>, ενώ για να την ίδια ενέργεια με πετρέλαιο απελευθερώνονται 2,9 kg CO<sub>2</sub>.

- **Αξιοπιστία-Διάρκεια**

Τα γεωθερμικά συστήματα διαρκούν περισσότερο από τα συμβατικά, καθώς αποτελούν «κλειστά» συστήματα. Τα λίγα κινούμενα μέρη που διαθέτουν τα οποία και προφυλάσσονται μέσα σε ένα κτίριο είναι ανθεκτικά και ιδιαίτερα αξιόπιστα. Επίσης τα γεωθερμικά συστήματα δεν έχουν, συνήθως, κανέναν υπαίθριο συμπιεστή ή πύργο ψύξης, εξαλείφοντας έτσι την δυνατότητα ζημιάς από εξωτερικούς παράγοντες. Αποτέλεσμα όλων αυτών είναι οι Γεωθερμικές Αντλίες θερμότητας να έχουν διάρκεια ζωής περισσότερα από 20 χρόνια.

- **Συντήρηση**

Τα γεωθερμικά συστήματα δεν παρουσιάζουν βλάβες μετά από παρατεταμένη χρήση όπως ορισμένα συμβατικά συστήματα. Ο γεωθερμικοί εναλλάκτες είναι κατασκευασμένοι από πιστοποιημένους πλαστικούς σωλήνες και μπορούν να λειτουργούν αποδοτικά πενήντα χρόνια μετά την εγκατάστασή τους. Σύμφωνα με μελέτες που γίνονται για το GHPC (Geothermal Heat Pump Consortium), τα κτίρια με γεωθερμικά συστήματα χρειάζονται το ένα τρίτο των δαπανών συντήρησης των συμβατικών συστημάτων. Ο περιστασιακός καθαρισμός των σπειρών του γεωεναλλάκτη και η τακτική αλλαγή των φίλτρων αέρα είναι πιθανόν οι μοναδικές εργασίες που απαιτούνται για να διατηρηθεί το σύστημα σε καλή κατάσταση.

- **Άνεση**

Οι Γεωθερμικές Αντλίες θερμότητας δεν χρειάζονται εκτεθειμένα θορυβώδη μηχανήματα με αποτέλεσμα να διατηρούν τα επίπεδα θορύβου σε πολύ χαμηλότερα επίπεδα σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα. Επίσης η χρήση γεωθερμικών συστημάτων βελτιώνει κατά πολύ τον έλεγχο υγρασίας στον χώρο.

- **Χαμηλού κόστους ζεστό νερό**

Αντίθετα από οποιοδήποτε άλλο σύστημα ψύξης και θέρμανσης, μία γεωθερμική αντλία θερμότητας μπορεί να παρέχει δωρεάν ζεστό νερό. Μια συσκευή με το όνομα «desuperheater» (υπερθερμαντήρας) μεταφέρει μεγάλη ποσότητα θερμότητας από τον συμπιεστή της αντλίας θερμότητας στην δεξαμενή νερού. Το καλοκαίρι, το ζεστό νερό παρέχεται δωρεάν ενώ τον χειμώνα, οι δαπάνες θέρμανσης νερού μειώνονται κατά προσέγγιση στο μισό.

### **μειονεκτήματα :**

- το αρχικό κόστος κατασκευής είναι υψηλότερο από του συμβατικού,
- υπάρχει δυσκολία στην επιδιόρθωση μιας διαρροής στα κλειστά κυκλώματα,
- για τα ανοικτού κυκλώματος συστήματα απαιτείται μεγάλη παροχή καθαρού νερού.

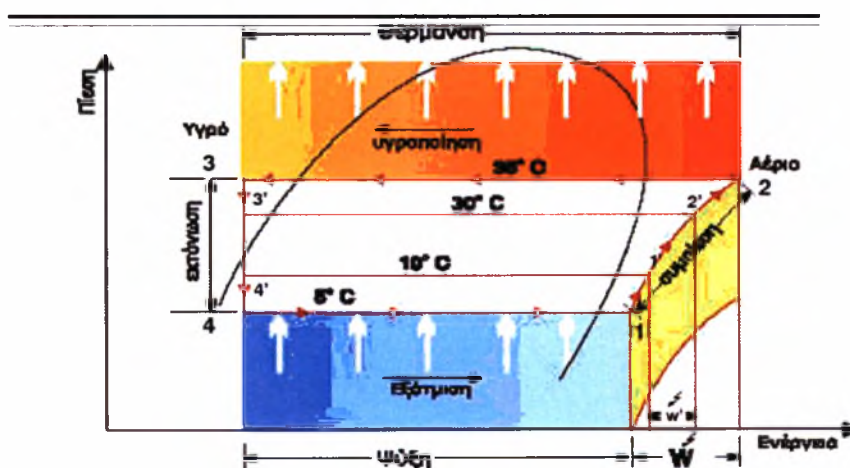
### 3.

## ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

### 3.1 Αντλίες θερμότητας νερού-νερού ή νερού-αέρα

Η αντλία θερμότητας έχει την ικανότητα να παράγει θερμική ενέργεια  $Q$ , η οποία εξαρτάται από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, την επιθυμητή θερμοκρασία ρευστού εισαγωγής στο σύστημα απόδοσης - απόληξης θερμότητας στον κλιματιζόμενο χώρο και την ισχύ του συμπιεστή της αντλίας θερμότητας.

Ο συντελεστής απόδοσης μιας αντλίας θερμότητας (COP) εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από την διαφορά θερμοκρασίας ( $\Delta T$ ) μεταξύ παραγόμενου από την αντλία θερμότητας θερμικού ρευστού και της πηγής θερμότητας ,δηλαδή η διαφορά θερμοκρασίας συμπυκνωτή και εξατμιστή. Όσο μικρότερη είναι αυτή η διαφορά θερμοκρασίας τόσο καλύτερα αποδίδει η αντλία. Σημαντικό ρόλο παίζει η τιμή της θερμοκρασίας στην οποία βρίσκεται η πηγή θερμότητας (έδαφος-περιβάλλον αέρας ) καθώς επίσης και το κατά πόσο η τιμή αυτή είναι σταθερή και δεν μεταβάλλεται αρκετά κατά την διάρκεια λειτουργίας της αντλίας.



Σχήμα 3.1: διάγραμμα λειτουργίας

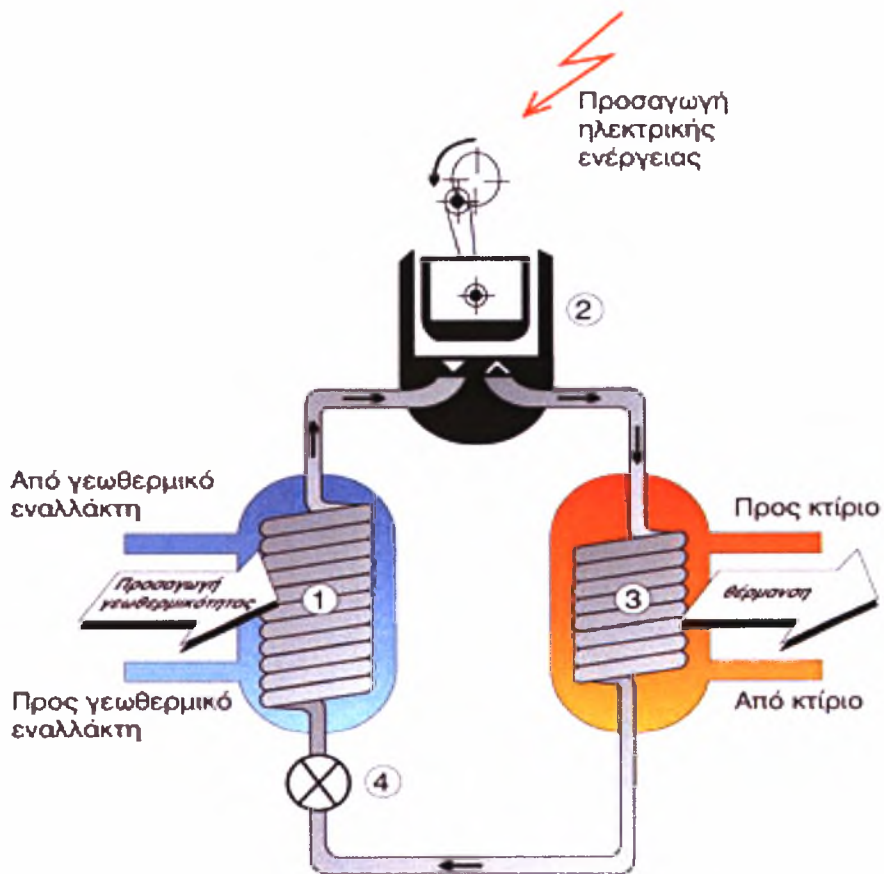
Στο παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζονται δύο κύκλοι. Στον μεγάλο κύκλο 1,2,3,4,1 η θερμοκρασία εξάτμισης είναι 5°C και η θερμοκρασία συμπύκνωσης 35°C, ενώ στον μικρότερο κύκλο 1',2',3',4',1' οι θερμοκρασίες είναι 10 και 30°C αντίστοιχα. Είναι εμφανές ότι η ηλεκτρική κατανάλωση στον δεύτερο κύκλο  $w'$  είναι σχεδόν η μισή από αυτή του πρώτου  $w$ , ενώ η ενέργεια θέρμανσης ή ψύξης δεν ελαττώνεται σε σημαντικό ποσοστό. Αυτός είναι και ο λόγος όπου οι Γ.Α.Θ. σε

συνδυασμό με μια ενδοδαπέδια ή επιτοίχια θέρμανση έχουν σημαντικά πιο αποδοτική λειτουργία.

Το σημαντικότερο πρόβλημα στην αποδοτική χρήση αντλιών θερμότητας είναι η εξασφάλιση μιας πηγής θερμότητας, που να παρέχει θερμική ενέργεια με σταθερή ισχύ και σταθερή θερμοκρασία καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας της.

Για την εξασφάλιση της πηγής αυτής υπάρχουν για ένα κτίριο τέσσερις επιλογές:

- α) Οι αέριες μάζες που περιβάλλουν το κτίριο,
- β) Οι τυχόν υπάρχουσες επιφανειακές υδάτινες μάζες,
- γ) Οι τυχόν υπάρχουσες υπόγειες υδάτινες μάζες,
- δ) Οι υπεδαφικές μάζες.



Σχήμα 3.2: Ψυκτικός κύκλος

Επιλογές οι οποίες διαχωρίζουν τις αντλίες θερμότητας σε τεχνολογίες όπως:

- αέρα - νερού
- νερού - νερού και
- άμεσης εκτόνωσης, αέρα - αέρα

Οι αέριες μάζες (αντλίες θερμότητας αέρα – νερού) είναι η κατασκευαστικά πιο εύκολη λύση, αλλά η μεγάλη αστάθεια της θερμοκρασίας τους έχει ως συνέπεια το χαμηλό ετήσιο συντελεστή απόδοσης της αντλίας θερμότητας σε σύγκριση με τις γεωθερμικές αντλίες νερού (νερού-νερού). Στις εγκαταστάσεις αντλιών θερμότητας άμεσης εκτόνωσης (αέρα - αέρα), ο αέρας με τη σύστασή του (υγρασία, σκόνη, οξυγόνο, όξινα συστατικά) προκαλεί αυξημένα έξοδα συντήρησης της εγκατάστασης, ενώ τα εξαρτήματα τροφοδοσίας αέρα επιβαρύνουν το κτίριο από πλευράς χώρου και αισθητικής. Εξάλλου, η δημιουργία πάγου στους ατμοποιητές το χειμώνα και η αδυναμία του περιβάλλοντα αέρα να απορροφά και να αποθηκεύει την απορριπτόμενη ψυκτική ή θερμική ενέργεια της εγκατάστασης δημιουργούν, επίσης, προβλήματα λειτουργίας και μειώνουν την απόδοση της αντλίας θερμότητας κατά τη διάρκεια ακραίων μετεωρολογικών φαινομένων.

Στις περιπτώσεις β, γ και δ χρησιμοποιείται νερό για τη μεταφορά της θερμότητας από την πηγή στην αντλία θερμότητας (νερού - νερού). Η συσκευή αυτή είναι σχεδιασμένη να δέχεται νερό αντί αέρα, έχει απλούστερη κατασκευή και εξάλλου, έναντι του αέρα, το νερό έχει σαφή πλεονεκτήματα ως φορέας θερμότητας, κυρίως λόγω της μεγαλύτερης θερμοχωρητικότητας του και της σταθερής πυκνότητάς του.

Το μειονέκτημα των υδάτινων μαζών είναι ότι σπάνια βρίσκονται διαθέσιμες στην άμεση γειτονία του κτιρίου σε ποσότητες επαρκείς για να παρέχουν την απαιτούμενη θερμική ενέργεια. Ιδιαίτερα το επιφανειακό νερό στην Ελλάδα βρίσκεται εξαιρετικά σπάνια με επαρκείς παροχές κοντά σε κτίρια και μόνο όταν αυτά είναι κτισμένα πολύ κοντά στην ακτογραμμή ή στις όχθες μιας λίμνης, μπορούν να προμηθεύονται θερμική και ψυκτική ενέργεια από το θαλασσινό ή λιμναίο νερό. Όμως, τα επιφανειακά νερά υπόκεινται, κατά τη διάρκεια του έτους, σε διακυμάνσεις της θερμοκρασίας τους, ενώ επιπλέον το θαλασσινό νερό, λόγω της αλμυρότητας του, απαιτεί δαπανηρούς εναλλάκτες θερμότητας, ανθεκτικούς στη διαβρωτική επίδραση των αλάτων.

Το υπόγειο νερό αποτελεί τη βέλτιστη λύση για την κάλυψη των θερμικών και ψυκτικών αναγκών ενός κτιρίου με αντλία θερμότητας, αρκεί να είναι διαθέσιμο με μια ελάχιστα σταθερή παροχή και αυτό διότι καθ' όλη τη διάρκεια του έτους έχει θερμοκρασία σταθερή ή σχεδόν σταθερή. Το θερμικό περιεχόμενο του είναι εν μέρει ηλιακής και εν μέρει γήινης προέλευσης.

Όταν υπόγειο νερό από γεώτρηση, με μια μικρή, έστω, παροχή των  $5 \text{ m}^3/\text{h} = 1,38 \text{ kg/sec}$  και θερμοκρασίας  $18^\circ\text{C}$ , οδηγηθεί στον εξατμιστή της αντλίας θερμότητας και υποστεί ψύξη κατά  $5^\circ\text{C}$  ( $18 - 13^\circ\text{C}$ ), θα αποδώσει θερμική ισχύ :

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T = 1,38 \text{ kg/s} \cdot 4,18 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K} \cdot 5\text{K} = 29\text{kW}$$

Με την ισχύ αυτή είναι δυνατό να θερμανθεί κτίριο με θερμαινόμενους χώρους εμβαδού μεταξύ  $250 - 500 \text{ m}^2$  περίπου.

Έτσι, εάν χρησιμοποιηθούν συστήματα θέρμανσης χαμηλών θερμοκρασιών, π.χ.  $40 - 50^\circ\text{C}$  και διατίθεται για την αντλία θερμότητας θερμική πηγή θερμοκρασίας  $17 - 20^\circ\text{C}$ , όπως συμβαίνει με τις υπεδαφικές θερμοκρασίες (σε βάθος  $0 - 150 \text{ m}$ ) στην Ελλάδα, μπορεί να επιτευχθεί συντελεστής απόδοσης αντλίας θερμότητας πάνω από  $500\%$  που είναι αισθητά υψηλότερος, απ' ό τι λ.χ. στην Ελβετία ή την Αυστρία, όπου οι υπεδαφικές θερμοκρασίες είναι  $8 - 12^\circ\text{C}$ .

Τέλος στις περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει διαθέσιμο υπόγειο νερό, τότε το ρευστό που κυκλοφορεί στο κλειστό κύκλωμα ενός γεωθερμικού εναλλάκτη είναι αυτό που θα συνδεθεί με την αντλία θερμότητας και θα λειτουργεί ως μεταφορέας θερμότητας από το υπέδαφος στον ατμοποιητή [9].

### **3.2 Αντλίες θερμότητας μεταβλητού όγκου ψυκτικού μέσου - VRV Variable Refrigerant Volume**

Τα συστήματα κλιματισμού VRV - VRF είναι συστήματα κλιματισμού μεταβλητού όγκου ψυκτικού μέσου (freon) για θέρμανση και ψύξη χώρων.

VRV (Variable Refrigerant Volume) και VRF (Variable Refrigerant Flow) είναι ονομασίες που αναφέρονται στην ίδια τεχνολογία ανάλογα με τον κατασκευαστή του κλιματιστικού συστήματος.

Μια εγκατάσταση θέρμανσης - ψύξης χώρων με VRV - VRF αποτελείται από:

- αντλία θερμότητας με συμπιεστή τεχνολογίας inverter
- εσωτερικές μονάδες χώρων
- δίκτυο σωληνώσεων χαλκού για την κυκλοφορία του ψυκτικού μέσου
- δίκτυο απορροής των συμπυκνωμάτων των εσωτερικών μηχανημάτων

Το σύστημα VRV - VRF λειτουργεί με το μηχανισμό λειτουργίας του συμπιεστή με ρυθμιστή στροφών (inverter). Το αισθητήριο που είναι ενσωματωμένο στην εσωτερική μονάδα του συστήματος ανιχνεύει τη θερμοκρασία του δωματίου και την ελέγχει δίνοντας οδηγίες στο σύστημα του ρυθμιστή στροφών (inverter) με την επιλογή κατάλληλης συχνότητας.



Το σύστημα του ρυθμιστή στροφών (inverter) έχει την δυνατότητα λειτουργίας με μεταβαλλόμενο αριθμό στροφών, ανάλογα με την συχνότητα που δέχεται ο κινητήρας του, μεταβάλλοντας έτσι τη ροή του ψυκτικού μέσου. Επιλέγει την κατάλληλη συχνότητα λειτουργίας του

Σχήμα 3.3: Εγκατάσταση συστήματος VRV σε κτίριο

κλιματιστικού μηχανήματος σύμφωνα με τη θερμοκρασία

του χώρου, δηλ. μεταβάλλει την ψυκτική/θερμική απόδοση του κλιματιστικού μηχανήματος ανάλογα με τα φορτία του χώρου. Η μονάδα λειτουργεί σε υψηλές συχνότητες όταν υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ θερμοκρασίας χώρου και επιθυμητής, και σε χαμηλές συχνότητες όταν αυτή η διαφορά θερμοκρασίας είναι μικρή. Ο ρυθμιστής στροφών (inverter) επιλέγει την κατάλληλη συχνότητα με βάση

την παραπάνω διαφορά θερμοκρασίας και εκτελεί την ανάλογη αλλαγή στροφών στο συμπιεστή.

Το σύστημα VRV - VRF είναι σημαντικά βελτιωμένο σε ότι αφορά τη θερμική απόδοση σε σχέση με τις συμβατικές αντλίες θερμότητας. Μια σημαντική διαφορά ανάμεσα στο ρυθμιστή στροφών (inverter) και ένα συμβατικό κλιματιστικό είναι επίσης η ισχύς εκκίνησης.



Σχήμα 3.4: αερόψυκτη αντλία θερμότητας VRV - VRF

Ακόμα, ο χαμηλής θερμοκρασίας αέρας θερμαίνεται ταχύτατα μέχρι την επιθυμητή θερμοκρασία. Ο χρόνος που απαιτείται για την άνοδο της θερμοκρασίας στο επιθυμητό επίπεδο είναι συνήθως μικρότερος από το μισό χρόνο που χρειάζεται ένα συμβατικό κλιματιστικό. Όταν η επιθυμητή θερμοκρασία επιτευχθεί, ο ρυθμιστής στροφών (inverter) ελαττώνει σταδιακά την ισχύ του. Μια χαμηλής ισχύος λειτουργία του κλιματιστικού στα 30 Hz, διατηρεί

άνετη θερμοκρασία, αντίθετα με τις συμβατικές μονάδες που ξοδεύουν πρόσθετη ισχύ με την επαναλαμβανόμενη ON-OFF λειτουργία τους στα 50Hz [ 6 ] .

Τα πιο εξελιγμένα συστήματα VRV - VRF έχουν τη δυνατότητα σύνδεσης έως και δεκαέξι εσωτερικών μονάδων σε μία εξωτερική μονάδα, γραμμικό έλεγχο απόδοσης μέσω συμπιεστών με ρυθμιστή στροφών (inverter) 10-100 % και δυνατότητα ανάπτυξης του κεντρικού δικτύου σωληνώσεων μέχρι και 100 m ανά εσωτερική



μονάδα, με μέγιστη υψομετρική διαφορά εξωτερικής-εσωτερικής μονάδας 50 m. Αυτονόητο είναι ότι η ύπαρξη λιγότερων εξωτερικών μονάδων μας εξασφαλίζει επίσης ένα καλύτερο αισθητικό αποτέλεσμα στην εγκατάσταση χωρίς να την περιορίζει αρχιτεκτονικά.

Σχήμα 3.5: συλλέκτης διανομής ψυκτικού υγρού freon .

Υπολογίζεται ότι για λειτουργία του συστήματος στο 50% του φορτίου, επιτυγχάνεται με το σύστημα VRV - VRF εξοικονόμηση ενέργειας της τάξεως του 40% έναντι του συμβατικού συστήματος. Η μέθοδος έχει επικρατήσει να εφαρμόζεται ακόμη και σε πολύ μεγάλες εγκαταστάσεις (π.χ νοσοκομεία, ξενοδοχεία κτλ), όπου η



απαιτούμενη ψυκτική ή θερμική ισχύ παρέχεται από συστοιχίες πολλών πολυζωνικών συστημάτων.

Ανάλογα με την ιδιομορφία του εσωτερικού χώρου μπορούμε να διαλέξουμε ένα εσωτερικό μηχάνημα από τις παρακάτω κατηγορίες:

- Τύπου κασέτας 4 κατευθύνσεων
- Τύπου κασέτας 2 κατευθύνσεων
- Τύπου οροφής
- Τύπου κρυφού οροφής
- Τύπου τοίχου
- Τύπου δαπέδου
- Τύπου κρυφού δαπέδου



**Σχήμα 3.6:** Εσωτερικά μηχανήματα κρυφού τύπου οροφής εγκατάστασης VRF

## 4.1 Ελληνική νομοθεσία εφαρμογών γεωθερμικών αντλιών θερμότητας

### 4.1.1 Γενικά

Για τις εφαρμογές των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας στη χώρα μας ισχύει η Υπουργική Απόφαση Αριθ. Δ9Β,Δ/Φ166/ΟΙΚ 18508/5552/207 «Άδειες εγκατάστασης για ίδια χρήση ενεργειακών συστημάτων θέρμανσης ή ψύξης χώρων μέσω της εκμετάλλευσης της θερμότητας των γεωλογικών σχηματισμών και των νερών, επιφανειακών και υπόγειων, που δεν χαρακτηρίζονται γεωθερμικό δυναμικό» [17].

Η απόφαση αυτή ισχύει για τα κατακόρυφα γεωθερμικά συστήματα ανοικτού ή κλειστού κυκλώματος και καθορίζει τους απαιτούμενους όρους, προϋποθέσεις και δικαιολογητικά για την εγκατάστασή τους. Οι περιοριστικοί όροι και οι προδιαγραφές της μελέτης που καθορίζονται από την απόφαση αυτή παρουσιάζονται συνοπτικά στις επόμενες παραγράφους.

### 4.1.2 Περιοριστικοί όροι

#### *α. Γεώτρηση εκτός σχεδίου πόλεως*

Σε περίπτωση ανόρυξης παραγωγικής γεώτρησης ή και επανεισαγωγής εκτός σχεδίου πόλεως, αυτή πρέπει να απέχει τουλάχιστον :

- 60 μέτρα από τον άξονα αυτοκινητοδρόμου,
- 45 μέτρα από τον άξονα εθνικού δρόμου,
- 20 μέτρα από τον άξονα επαρχιακού δρόμου και δρόμου εξυπηρέτησης των αυτοκινητοδρόμων,
- 6 μέτρα από τα όρια δημοτικού ή κοινοτικού ή αγροτικού δρόμου,
- 15 μέτρα από το όριο της απαλλοτριωμένης ζώνης σιδηροδρομικής γραμμής,
- 20 μέτρα από κεντρικούς υπόγειους αγωγούς (φυσικού αερίου, ύδρευσης, άρδευσης κλπ),

- 20 μέτρα από γραμμές διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, μέσης τάσεως και 70 μέτρα από γραμμές υψηλής τάσεως, εκτός εάν ανάμεσα στη γραμμή και την γεώτρηση μεσολαβεί κτίσμα,
- 5 μέτρα από γειτονικό κτίσμα διαφορετικής ιδιοκτησίας.

### **β. Γεώτρηση εντός σχεδίου πόλεως**

Σε περίπτωση ανόρυξης παραγωγικής γεώτρησης ή και επανεισαγωγής εντός σχεδίου πόλεως, αυτή πρέπει :

- να βρίσκεται εντός της ρυμοτομικής γραμμής,

και να απέχει τουλάχιστον :

- 20 μέτρα από κεντρικούς υπόγειους αγωγούς (φυσικού αερίου, ύδρευσης, άρδευσης κλπ)
- 20 μέτρα από γραμμές διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, μέσης τάσεως και 70 μέτρα από γραμμές υψηλής τάσεως, εκτός εάν ανάμεσα στη γραμμή και την γεώτρηση μεσολαβεί κτίσμα.

#### **4.1.3 Προδιαγραφές μελέτης**

Οι προδιαγραφές της μελέτης η οποία απαιτείται για την έκδοση της άδειας εγκατάστασης γεωθερμικού συστήματος κατακόρυφου ανοικτού ή κλειστού κυκλώματος όπως καθορίζονται στην παρ. 5 του άρθρου 4 της Υπουργικής Απόφασης είναι:

1. Στοιχεία ενδιαφερομένου: ονομασία, έδρα, ταχυδρομική διεύθυνση, αριθμό τηλεφώνου, αστυνομικό τμήμα.
2. Στοιχεία ακινήτου : διεύθυνση, αριθμό τηλεφώνου, αστυνομικό τμήμα.
3. Περιγραφή του χώρου και της ευρύτερης περιοχής σε ακτίνα 100 ή 500 μέτρων
4. Δρόμοι προσπέλασης.
5. Περιγραφή των προς κλιματισμό χώρων. Μέγιστες και ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις.

6. Γεωλογικά στοιχεία και γεωλογική χαρτογράφηση του χώρου, στην αντίστοιχη κλίμακα.
7. Καθορισμός και περιγραφή των τυχόν απαιτούμενων γεωτρήσεων(θέση, αριθμός, βάθη σχεδιαγράμματα με κατόψεις και τομές).
8. Ποσότητες αντλούμενων ρευστών και προκειμένου για ανοιχτό κύκλωμα, θερμοκρασία άντλησης-επανεισαγωγής.
9. Αναλυτικό διάγραμμα ροής, που συνοδεύεται από ειδική μελέτη υπολογισμού των ποσοτήτων και ποιοτήτων των διακινούμενων ρευστών σε κάθε φάση, καθώς και των αντίστοιχων ενεργειακών καταναλώσεων.
10. Αναλυτική περιγραφή του ηλεκτρικού και μηχανικού εξοπλισμού του συστήματος (τύπος, ισχύς και προορισμός κάθε μηχανήματος),που συνοδεύεται από κάτοψη και τομές ανάλογης με το μέγεθος του συστήματος, κλίμακας.
11. Αναλυτικός προϋπολογισμός του ύψους της σχετικής επένδυσης και του κόστους λειτουργίας.
12. Στατική μελέτη για τις βάσεις έδρασης των μηχανημάτων εφόσον η ισχύς είναι άνω των 3kW<sub>e</sub> και εφόσον η μελέτη αυτή δεν περιλαμβάνεται στην στατική μελέτη της οικοδομής γεγονός που θα πιστοποιείται με υπεύθυνη δήλωση του μηχανικού.
13. Μέτρα για το μεγαλύτερο δυνατό περιορισμό των ενοχλήσεων των περιόικων, μέτρα για την υγιεινή των εργαζομένων και την ασφάλεια εργασιών – εργαζόμενων.

Η μελέτη υπογράφεται από διπλωματούχο μηχανολόγο-ηλεκτρολόγο ή μηχανολόγο ή ηλεκτρολόγο μηχανικό και συνυπογράφεται από πτυχιούχο γεωλόγο ή διπλωματούχο μηχανικό μεταλλείων [17].

## **4.2 Γερμανικοί Κανονισμοί**

### **4.2.1 Γενικά**

Για τα συστήματα της «αβαθούς γεωθερμίας» στη Γερμανία έχουν εκδοθεί τεχνικές οδηγίες από το Γερμανικό Τεχνικό Επιμελητήριο [20].

Η τεχνική οδηγία που ισχύει στη Γερμανία για τα συστήματα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας είναι η ακόλουθη:

VDI 4640, «*Thermal use of the underground – Ground source heat pump systems* [Θερμική χρήση του υπεδάφους – Γεωθερμικά συστήματα αντλιών θερμότητας] » και αποτελείται από τα τέσσερα μέρη:

- Μέρος 1 Βασικές Αρχές, Άδειες, Περιβαλλοντικές πλευρές
- Μέρος 2 Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας
- Μέρος 3 Υπόγεια αποθήκευση θερμότητας
- Μέρος 4 Απευθείας χρήσεις

Στην συγκεκριμένη τεχνική οδηγία δίνονται συστάσεις για την εγκατάσταση όλων των τύπων γεωθερμικών συστημάτων (ανοικτού, κλειστού, οριζόντιου ή κατακόρυφου κυκλώματος).

#### 4.2.2 Πίνακες με ειδικές τιμές εξαγωγής από το υπέδαφος

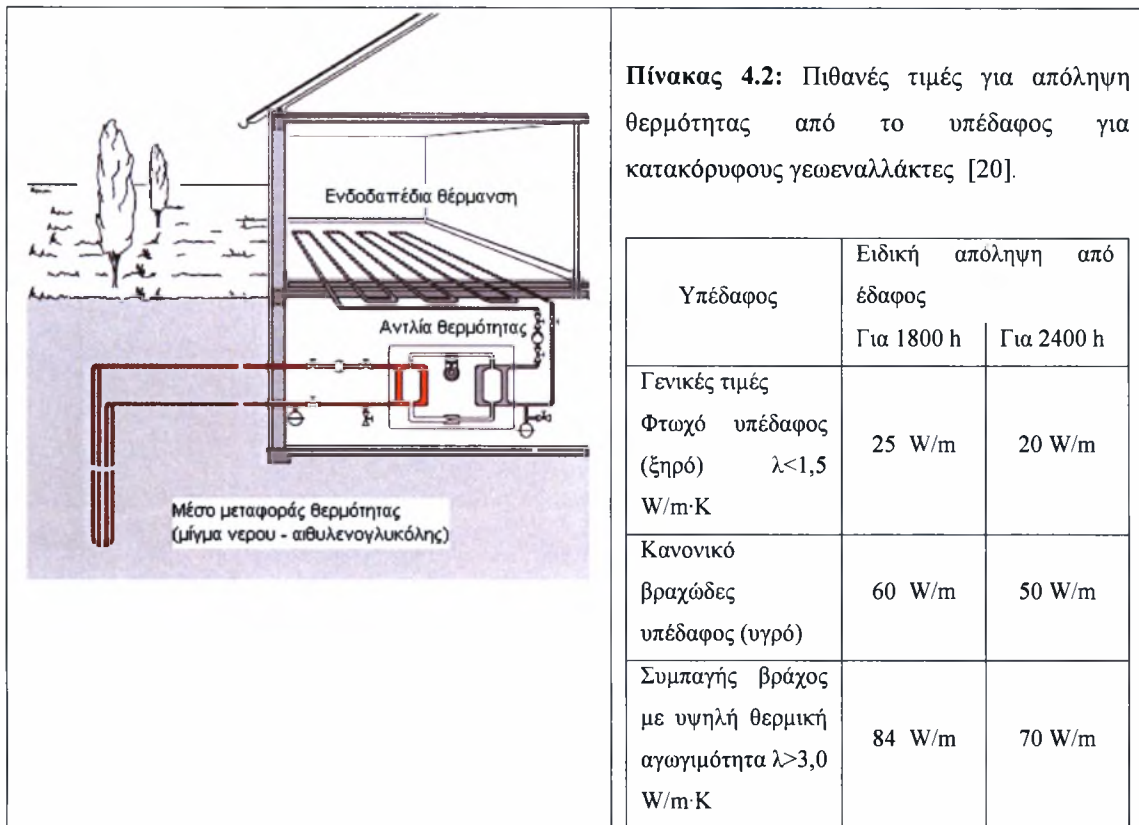
Στη συνέχεια αναφέρονται συνοπτικά πίνακες με ειδικές τιμές εξαγωγής θερμότητας από το υπέδαφος για τους διάφορους τύπους γεωενναλακτών:

##### α. Οριζόντιος γεωεναλλάκτης

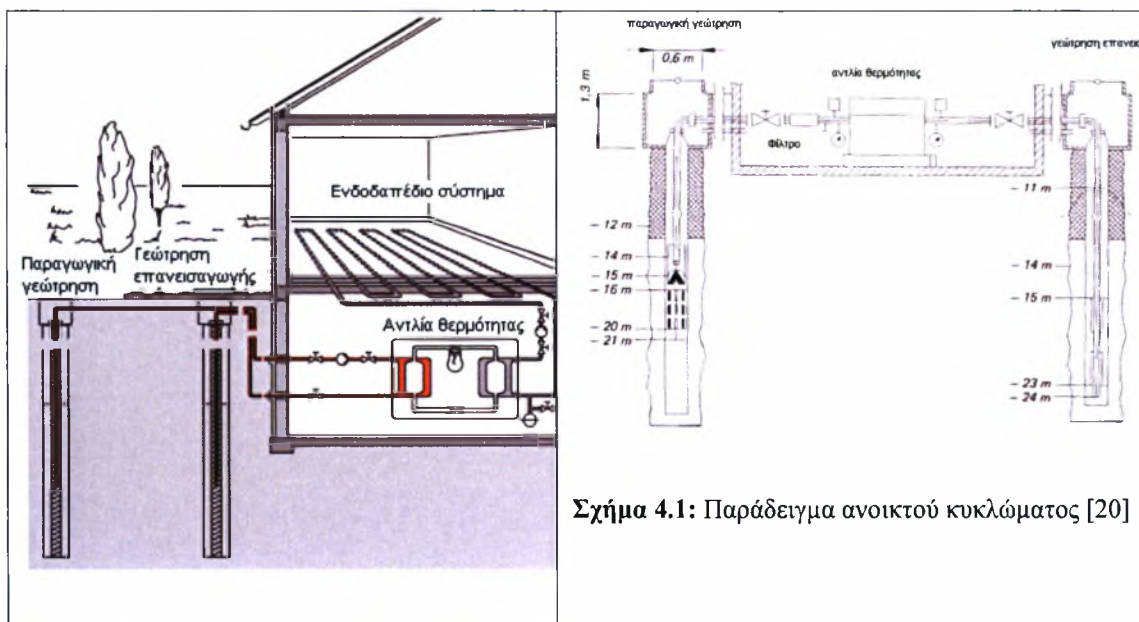
**Πίνακας 4.1:** Πιθανές τιμές για απόληψη θερμότητας από το υπέδαφος για οριζόντιους γεωεναλλάκτες για 1800 και 2400 ώρες λειτουργίας [20].

Υπέδαφος	Ειδική απόληψη από έδαφος	
	Για 1800 h	Για 2400 h
Ξηρά μη-συνεκτικά εδάφη	10 W/m <sup>2</sup>	8 W/m <sup>2</sup>
Συνεκτικά εδάφη, υγρά	20-30 W/m <sup>2</sup>	16-24 W/m <sup>2</sup>
Άμμος/χαλίκια κορεσμένα με νερό	40 W/m <sup>2</sup>	32 W/m <sup>2</sup>

**β. Κατακόρυφος γεωεναλλάκτης**



**γ. Ανοικτό κύκλωμα**



## 5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ ΓΡΑΦΕΙΩΝ

### 5.1 Ενεργειακές απαιτήσεις

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται για κάθε χώρο το σύνολο των φορτίων. Ο αναλυτικός υπολογισμός όλων των θερμικών και ψυκτικών φορτίων για τον κάθε ένα χώρο παρουσιάζονται στο Παράρτημα I και II.

Πίνακας 5.2: συγκεντρωτικός πίνακας ψυκτικών – θερμικών φορτίων

α/α	ΧΩΡΟΣ	Αριθμός όμοιων χώρων	Εμβαδόν [m <sup>2</sup> ]	Θερμικά φορτία [W]	Ψυκτικά φορτία [W]
<b>Κάλυψη φορτίων από VRV-WII</b>					
1	Υποδοχή - Γραμματεία	1	23,5	3.136	3.369
2	Γραφείο	1	17,0	2.113	2.362
3	Αίθουσα συσκέψεων – Γραφεία 1-3	4	15,0	1.599	2.156
4	Γραφείο 4	1	16,0	1.848	1.997
5	Γραφείο 5-8	4	14,0	1.548	1.516
6	Διάδρομος	1	22,0	2.316	1.096
	<b>ΜΕΡΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>22.000</b>	<b>23.510</b>
<b>Κάλυψη φορτίων από ανεξάρτητη μονάδα (split inverter)</b>					
7	Κουζίνα	1	7,5	1.178	2.708
	<b>ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>23.180</b>	<b>26.220</b>

Σύμφωνα με τους σχετικούς υπολογισμούς, οι μέγιστες τιμές των φορτίων είναι οι ακόλουθες:

**Φορτίο σχεδιασμού χειμερινής περιόδου: 23.180 W**

**Φορτίο σχεδιασμού θερινής περιόδου: 26.220 W**

Εδώ πρέπει να επισημάνουμε ότι η κάλυψη των φορτίων της κουζίνας είχε ήδη γίνει με αυτόνομο διαιρούμενο κλιματιστικό μηχάνημα, οπότε τα συνολικά φορτία που καλύφθηκαν από το υδρόψυκτο μηχάνημα VRV-WII θα είναι τα παρακάτω:

**Φορτίο σχεδιασμού χειμερινής περιόδου: 22.000 W**

**Φορτίο σχεδιασμού θερινής περιόδου : 23.510 W**

## **5.2 Ειδική μελέτη υπολογισμού και αναλυτικό διάγραμμα ροής**

Η σωστή διαστασιολόγηση των γεωεναλλακτών είναι κρίσιμη για την άψογη λειτουργία των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας. Υπάρχουν δύο κύρια προβλήματα σχεδίασης των γεωεναλλακτών:

- Το μέγιστο θερμικό φορτίο για μία σύντομη περίοδο σε μια κρύα χειμερινή ημέρα (και το μέγιστο ψυκτικό φορτίο το καλοκαίρι), να μην υπερβαίνει μια αποδεκτή πτώση (ή αύξηση) θερμοκρασίας στο ρευστό (μίγμα νερού-αντιψυκτικού) που κυκλοφορεί στον γεωεναλλάκτη.
- Μακροπρόθεσμη σταθερότητα του συστήματος. Αυτό είναι ιδιαίτερης σημασίας για τα συστήματα όπου το σύνολο των θερμικών και ψυκτικών φορτίων είναι ασύμμετρα με συνέπεια μια μεγάλη ετήσια καθαρή εξαγωγή/απόρριψη θερμότητας στο έδαφος.

Τα προβλήματα αυτά αντιμετωπίστηκαν με την σωστή διαστασιολόγηση του γεωεναλλάκτη με τη χρήση ειδικού λογισμικού (Ground Loop Design™ Version 3.0 - Geothermal Design Studio της Gaia Geothermal). Τα αποτελέσματα διαστασιολόγησης του γεωεναλλάκτη είναι τα εξής :

### **Σωλήνωση γεωεναλλάκτη:**

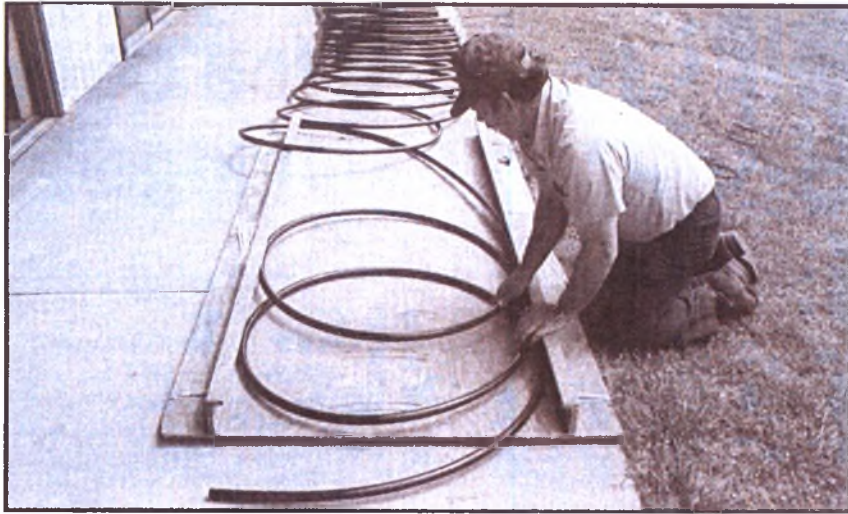
Διάμετρος σωλήνωσης: **Φ 32 X 2 σε ρολά των 300 m**

Συνολικό μήκος γεωεναλλάκτη: **5.750 m**

### **Διαμόρφωση γεωεναλλάκτη:**

Η διαμόρφωση του γεωεναλλάκτη θα είναι τύπου **Slinky**





**Σχήμα 5.1:** Διαμόρφωση γεωεναλλάκτη τύπου Slinky™

Βάθος εγκατάστασης γεωεναλλάκτη: **2 m**

Εγκαταστάθηκαν σωληνώσεις πολυαιθυλενίου (PE 100 - SDR 17) κατά DIN 8074/8075 3<sup>ης</sup> γενιάς, PN 10 atm, συνολικού μήκους μαζί με τις κύριες σωληνώσεις 5.750 m και ονομαστικής διατομής 1” (διαμέτρου και πάχους: Φ 32 X 2,0). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα αυτά ο οριζόντιος γεωεναλλάκτης αποτελείται από έξι (6) βρόχους μήκους 900 m ο κάθε ένας.

Στο δίκτυο των σωληνώσεων τοποθετήθηκε διάλυμα νερού-αντιψυκτικού (αιθυλενογλυκόλης) περιεκτικότητας 9% (προστασία έως τους -5° C) και δοκιμάστηκε σε πίεση 3 bar. Η παροχή του κλειστού κυκλώματος του γεωεναλλάκτη είναι: 60 lt/min ή 3,6 m<sup>3</sup>/h, ενώ η θερμοκρασία εισόδου και εξόδου στον γεωεναλλάκτη κατά την χειμερινή λειτουργία είναι: 6,5°C/10°C.

### 5.3 Περιγραφή του ηλεκτρικού και μηχανικού εξοπλισμού του συστήματος

Το ενεργειακό σύστημα περιλαμβάνει τον ακόλουθο εξοπλισμό:



Σχήμα 5.2: υδρόψυκτη αντλία θερμότητας

- Υδρόψυκτη αντλία θερμότητας μεταβλητής παροχής ψυκτικού μέσου (Variable Refrigerant Volume, VRV-WII) συνολικής ονομαστικής ψυκτικής απόδοσης 27,3 kW, με ηλεκτρική ισχύ εισόδου 6,03 kW (δηλ. COP = 4,53) και ονομαστικής θερμικής απόδοσης 31,5 kW, με ηλεκτρική ισχύ εισόδου 6,05 kW (δηλ. COP = 4,2).

- **Οριζόντιο κύκλωμα γεωεναλλάκτη** το οποίο αποτελείται από δέκαοκτώ (18) βρόχους μήκους 300 m ο κάθε ένας. Εγκαταστάθηκαν σωληνώσεις πολυαιθυλενίου (PE 100 - SDR 17) κατά DIN 8074/8075 3<sup>ης</sup> γενιάς, PN 10 atm, συνολικού μήκους μαζί με τις κύριες σωληνώσεις 6.000 m και ονομαστικής διατομής 1” (διαμέτρου και πάχους: Φ 32 X 2,0).

- **Εσωτερικές μονάδες οροφής, τύπου κασέτας.** Εγκαταστάθηκαν συνολικά έντεκα τέτοιες μονάδες σε ισάριθμους χώρους γραφείων.



Σχήμα 5.3: Εσωτερική μονάδα-κασέτα 4 κατευθύνσεων

- **Σύστημα αυτοματισμών, αντλίας ανακυκλοφορίας νερού, αυτόματο πλήρωσης της εγκατάστασης, δοχείο διαστολής, βαλβίδα ασφαλείας και διάφορα υλικά και μικροϋλικά.**

## 5.4 Περιγραφή και καθορισμός του οριζόντιου γεωεναλλάκτη

Με δεδομένη την ανάγκη για την κάλυψη όσο το δυνατόν μικρότερης έκτασης στο οικόπεδο της εφαρμογής αλλά και της μείωσης του κόστους εκσκαφής επιλέχθηκε διαμόρφωση του οριζόντιου γεωεναλλάκτη με την μορφή του Slinky.



Σχήμα 5.2 : Εκσκαφή και τοποθέτηση Slinky

Στη συνέχεια παρατίθεται υπολογισμός του απαιτούμενου μήκους εκσκαφής για την τοποθέτηση σωλήνα μήκους 300 m:

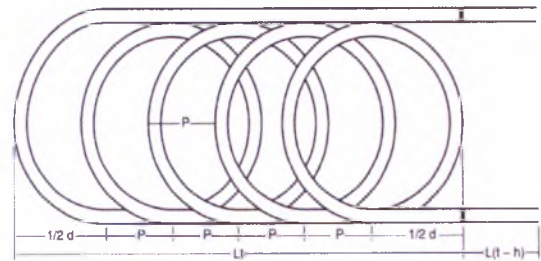
### Δεδομένα:

$d = 1,1\text{m}$  Διάμετρος βρόχου (loop)

$P = 0,25\text{ m}$  Βήμα έλικας (βρόχου)

$L_p = 300\text{m}$  Συνολικό μήκος κουλούρα

$L_l = \pi \cdot d\text{ m}$  Μήκος βρόχου (περίμετρος)



Σχήμα 5.3 : διαμόρφωση slinky

### Αποτελέσματα:

Αριθμός βρόχων (loops),  $N_l$

$$N_l = \frac{L_p - d \cdot \left(\frac{\pi}{2} + 1,0\right)}{L_l + 2 \cdot P} = \frac{L_p - d \cdot \left(\frac{\pi}{2} + 1,0\right)}{\pi \cdot d + 2 \cdot P}$$

$N_l \approx 74$  αριθμός βρόχων (loops)

### Μήκος χαντακιού, $L_t$

$$L_t = N_l \cdot P + d$$

$$L_p = 295,55 \text{ m} \quad \text{Μήκος σωλήνα για } N_l = 74$$

$$L_t = 19,60 \text{ m} \quad \text{Μήκος χαντακιού για } N_l = 74$$

Μήκος σωλήνα από το τέλος του χαντακιού μέχρι το φρεάτιο σύνδεσης: **4,45m**

#### • **κλιματολογικά στοιχεία**

Ο τόπος του έργου είναι η περιοχή Διαβατών του Ν. Θεσσαλονίκης. Έτσι σαν εξωτερική συνθήκη σχεδιασμού για την χειμερινή περίοδο, λαμβάνεται η θερμοκρασία:  $t_a = -5 \text{ }^\circ\text{C}$

Για την θερινή περίοδο σαν συνθήκη σχεδιασμού των εγκαταστάσεων λαμβάνονται οι παρακάτω συνθήκες (Θεσσαλονίκης – Μίκρα):

$t_a = +34.5 \text{ }^\circ\text{C}$ , 42.5% r.h. (=relative humidity, σχετική υγρασία)

#### • **γεωλογικά στοιχεία**

Η οικοπεδική έκταση στην οποία έγινε η εφαρμογή της τεχνικής της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας βρίσκεται στην περιοχή Διαβατών της Ιωνίας Θεσσαλονίκης. Λιθολογικά η περιοχή ενδιαφέροντος μετά από την εκσκαφή που πραγματοποιήθηκε σε βάθος 2 m περιμετρικά του οικοπέδου έδειξε ότι περιλαμβάνει αμμώδεις προσχώσεις με μη συνεκτικά εδάφη. Βασικά δεδομένα για την διαστασιολόγηση του οριζόντιου γεωεναλλάκτη αποτελούν η μέση θερμοκρασία και τα γεωλογικά χαρακτηριστικά του υπεδάφους στο βάθος εγκατάστασής του. Για τον υπολογισμό του οριζόντιου γεωεναλλάκτη χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω δεδομένα:

- μέση θερμοκρασία εδάφους:  $16,5^\circ\text{C}$
- θερμική αγωγιμότητα εδάφους:  $0,87 \text{ W/m K}$
- συντελεστής θερμικής διαχυτότητας:  $0,045 \text{ m}^2/\text{day}$
- η ετήσια μέση θερμοκρασία εδάφους θεωρήθηκε ίση με την μέση ετήσια θερμοκρασία του αέρα συν  $1,1^\circ\text{C}$ .
- για τις θερμικές ιδιότητες του υπεδάφους (θερμική αγωγιμότητα και συντελεστή θερμικής διαχυτότητας) θεωρήθηκε έδαφος μη συνεκτικό ελαφρύ, αμμώδες και σχετικά υγρό.

## 5.5 Αποτελέσματα λειτουργίας

Για την παρακολούθηση της λειτουργίας, η εγκατάσταση εξοπλίσθηκε, μετά την κατασκευή της, με σύστημα συνεχούς καταγραφής δεδομένων (data logger) αποτελούμενο από:

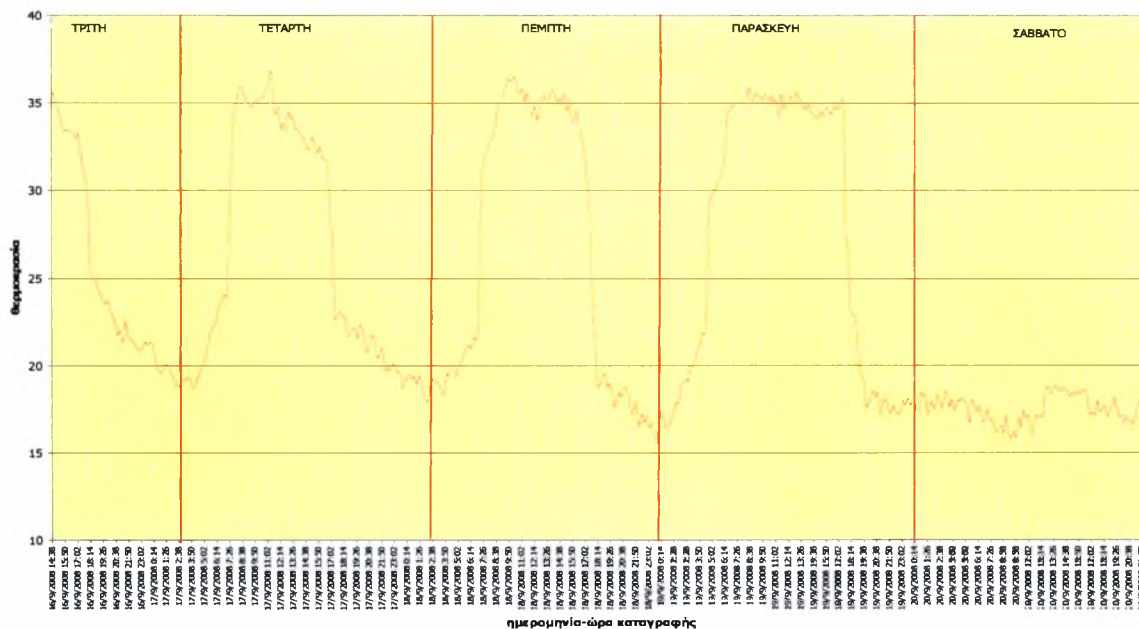
- Θερμόμετρα αντίστασης Pt-100 τύπου επαφής. Τα θερμόμετρα αυτά είναι τοποθετημένα εξωτερικά στους αγωγούς προσαγωγής και επιστροφής του γεωεναλλάκτη.
- Θερμόμετρο αντίστασης Pt-100, κατάλληλο για τοποθέτηση στο ύπαιθρο, για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος. Το θερμόμετρο αυτό τοποθετήθηκε στη βορειοδυτική πλευρά του κτιρίου, σε θέση σχετικά προφυλαγμένη από την ηλιακή ακτινοβολία.
- Σύστημα καταγραφής δεδομένων (data logger), τύπου Babuc.

Για την εξασφάλιση ικανοποιητικής αυτονομίας στη διάταξη, και με δεδομένο το σχετικά αργό ρυθμό μεταβολής των μετρούμενων μεγεθών, ο προγραμματισμός του συστήματος καταγραφής προβλέπει την αποθήκευση μίας σειράς δεδομένων ανά 12 min (θερμοκρασίες νερού στην είσοδο και την έξοδο του γεωεναλλάκτη, θερμοκρασία περιβάλλοντος και φυσικά ημερομηνία και ώρα καταγραφής).

## 5.5.1 Θερμοκρασίες

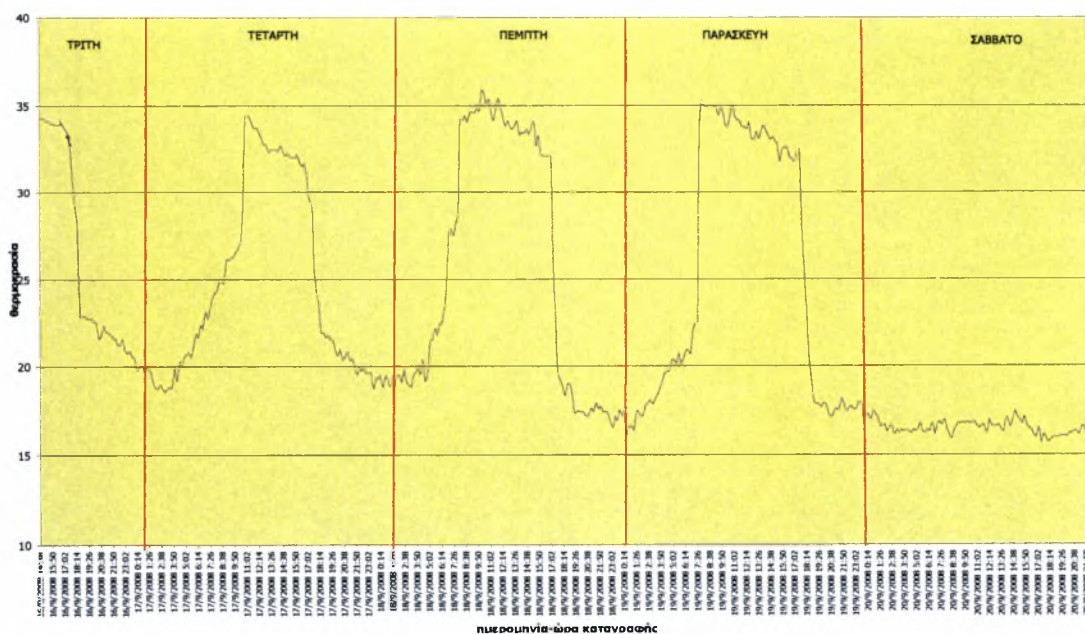
### 5.5.1.1 περίοδος 16 έως 21 Σεπτεμβρίου 2008

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η διακύμανση της θερμοκρασίας εισόδου του νερού στον γεωεναλλάκτη κατά την διάρκεια της περιόδου από τις 16 Σεπτεμβρίου έως και τις 21 Σεπτεμβρίου του 2008



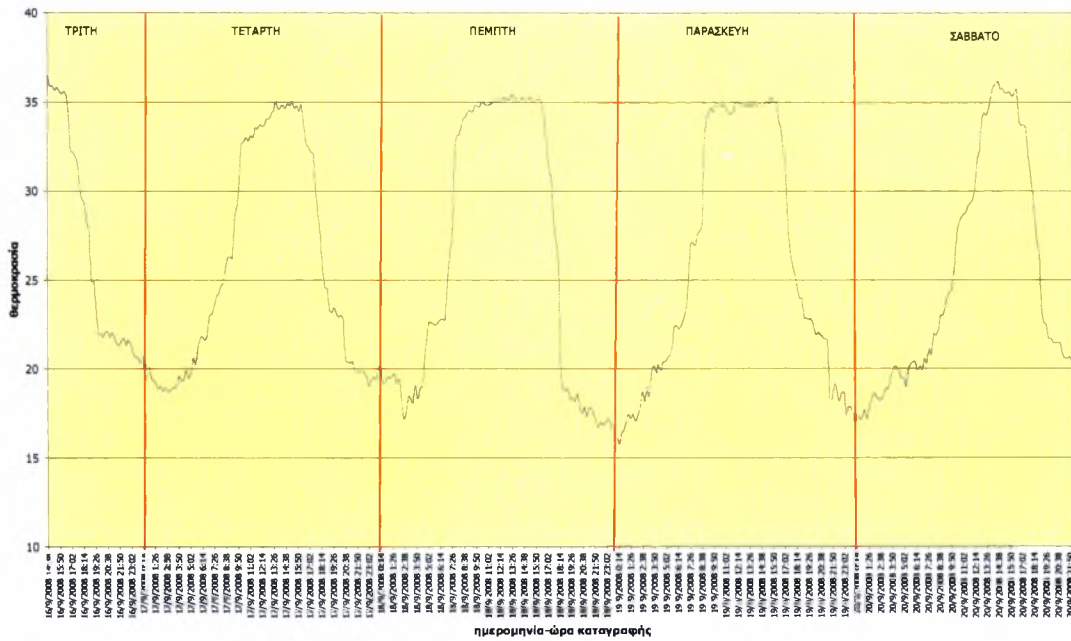
Διάγραμμα 5.1 : Διακύμανση θερμοκρασίας νερού κατά την είσοδό του στον γεωεναλλάκτη

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η διακύμανση της θερμοκρασίας εξόδου του νερού από τον γεωεναλλάκτη κατά την διάρκεια της περιόδου από τις 16 Σεπτεμβρίου έως και τις 21 Σεπτεμβρίου του 2008.



Διάγραμμα 5.2 : Διακύμανση θερμοκρασίας νερού κατά την έξοδό του από τον γεωεναλλάκτη

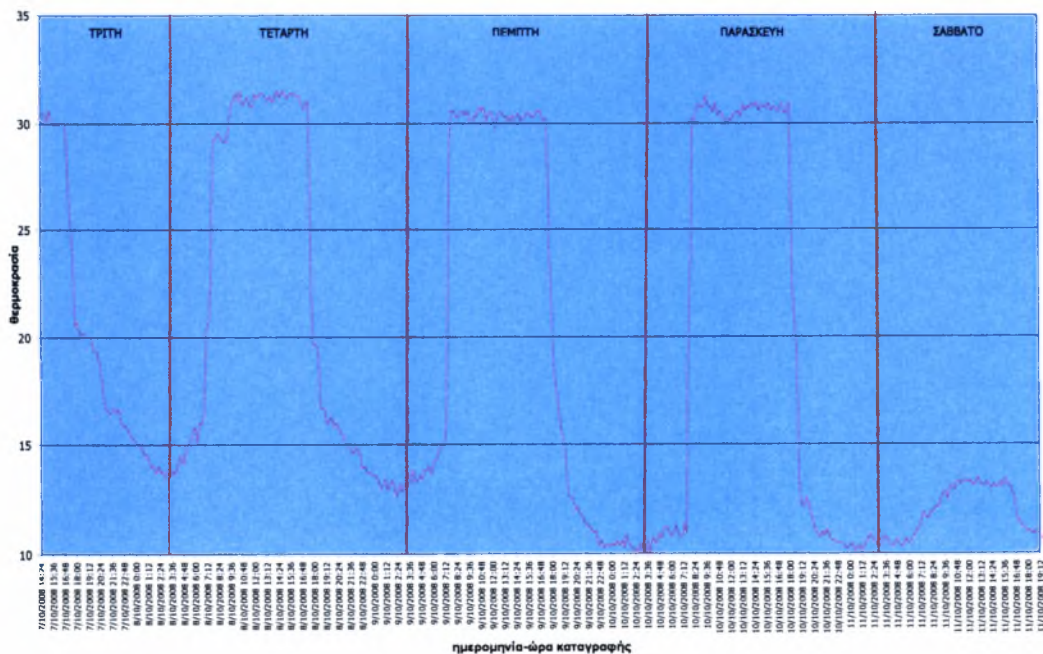
Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η διακύμανση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος κατά την διάρκεια της περιόδου από τις 16 Σεπτεμβρίου έως και τις 21 Σεπτεμβρίου του 2008.



Διάγραμμα 5.3 : Διακύμανση θερμοκρασίας περιβάλλοντος

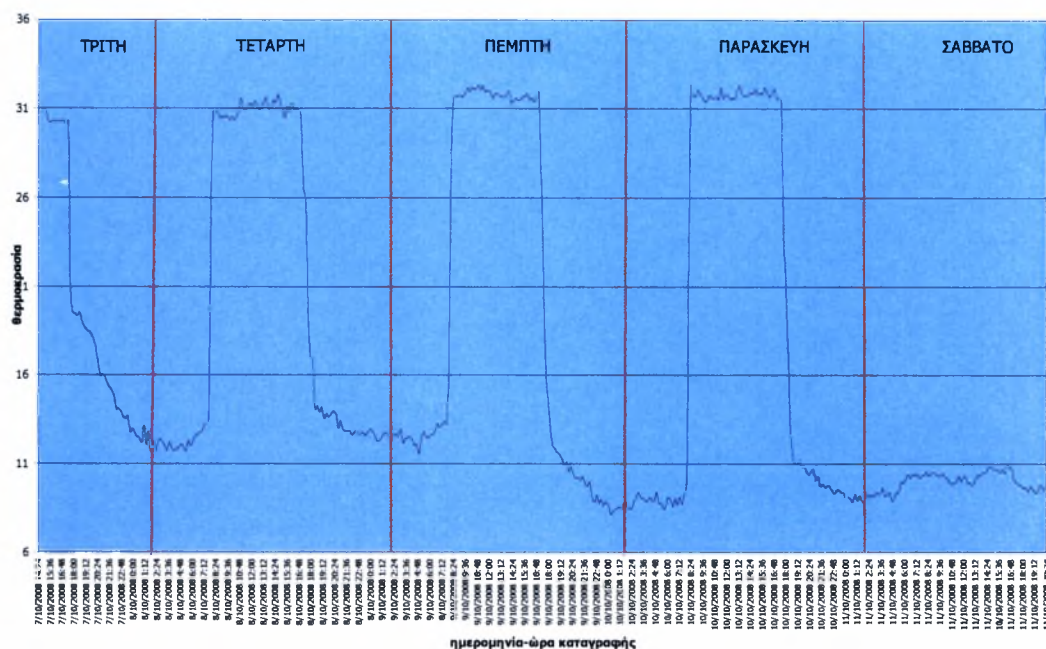
### 5.5.1.2 περίοδος 7 έως 11 Οκτωβρίου 2008

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η διακύμανση της θερμοκρασίας εισόδου του νερού στον γεωεναλλάκτη κατά την διάρκεια της περιόδου από τις 7 Οκτωβρίου έως και τις 11 Οκτωβρίου του 2008.



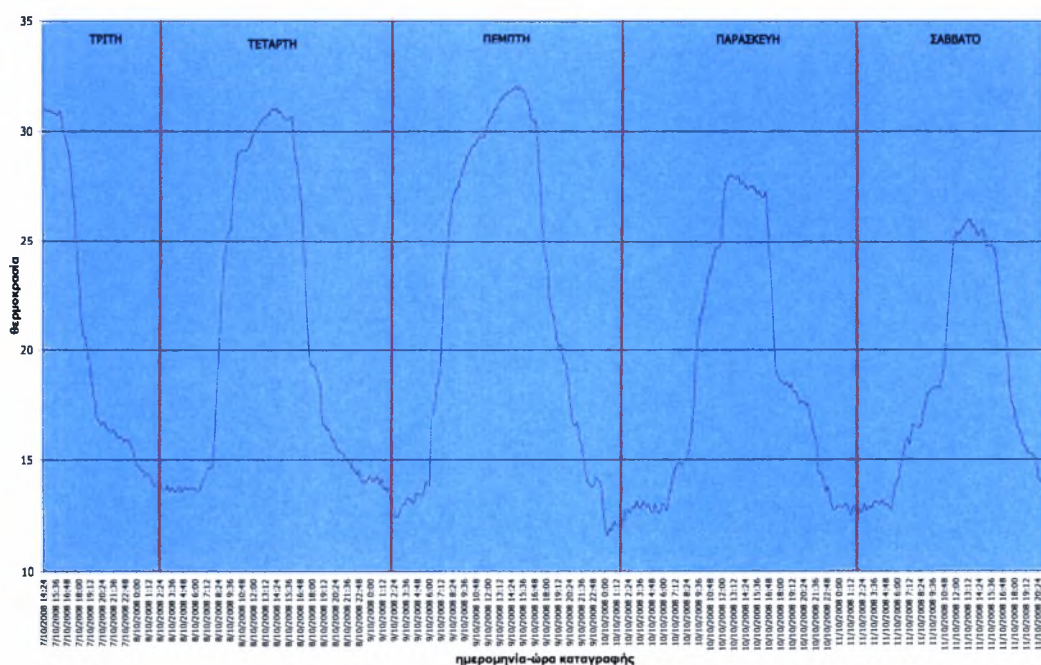
διάγραμμα 5.5 : διακύμανση θερμοκρασίας νερού κατά την εισοδό του στον γεωεναλλάκτη

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η διακύμανση της θερμοκρασίας εξόδου του νερού από τον γεωεναλλάκτη κατά την διάρκεια της περιόδου από τις 7 Οκτωβρίου έως και τις 11 Οκτωβρίου του 2008.



διάγραμμα 5.6: διακύμανση θερμοκρασίας νερού κατά την έξοδό του από τον γεωεναλλάκτη

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η διακύμανση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος κατά την διάρκεια της περιόδου από τις 7 Οκτωβρίου έως και τις 11 Οκτωβρίου του 2008.



διάγραμμα 5.7 : διακύμανση θερμοκρασίας περιβάλλοντος



Παρατηρήθηκε ότι κατά την διάρκεια λειτουργίας της αντλίας θερμότητας οι θερμοκρασίες του νερού κατά την είσοδο και έξοδο από τον γεωεναλλάκτη είναι παραπλήσιες, με διαφορά περίπου 2°C και οι μέγιστες τιμές τους δεν υπερβαίνουν τους 37°C την εβδομάδα του Σεπτεμβρίου και τους 32°C την εβδομάδα του Οκτωβρίου. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι οι συνθήκες, κατά την διάρκεια των μετρήσεων, δεν ήταν ακραίες και αυτό γιατί η εποχή λειτουργίας ήταν ενδιάμεση χωρίς υψηλές απαιτήσεις σε φορτία.

### 5.5.2 Καταναλώσεις

Τον Σεπτέμβριο του 2008 συμπληρώθηκαν 17 μήνες συνεχούς καταγραφής της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στον χώρο των γραφείων. Τα αποτελέσματα ήταν άκρως ικανοποιητικά καθώς παρατηρήθηκε πως το διάστημα των 17 αυτών μηνών η μέση ημερήσια κατανάλωση διατηρήθηκε σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Πιο συγκεκριμένα σε σύνολο 510 ημερών καταγραφής, εκ των οποίων οι 310 ήταν εργάσιμες, καταναλώθηκαν 6.489,5 kWh οι οποίες αντιστοιχούν σε 21 kWh περίπου ημερησίως. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η μέση τιμή της μίας kWh είναι περίπου 0,12 ευρώ υπολογίζεται ότι η επιχείρηση πληρώνει για ρεύμα 2,4 ευρώ ημερησίως.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μετρήσεις που έγιναν για την κατανάλωση ενέργειας από τις 30 Απριλίου του 2007 έως και τις 26 Σεπτεμβρίου του 2008.

Πίνακας 5.2 : καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας

Ημερομηνία	Ένδειξη μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας	Κατανάλωση ανά ημέρα (kWh/ημέρα)
28/4/2007		
30/4/2007	484,5	
3/5/2007	537,0	17,50
18/5/2007	566,8	1,99
25/5/2007	582,5	2,24
2/6/2007	596,1	1,70
4/6/2007	600,5	2,20
8/6/2007	609,2	2,18
2/2/2008	3890,0	13,73
18/4/2008	5244,0	17,82
5/8/2008	6222,2	8,97
7/8/2008	6275,2	26,50
10/9/2008	6914,2	18,79
16/9/2008	6952,8	6,43
26/9/2008	6974,0	2,12

### 5.5.3 Τεχνικο-οικονομικά στοιχεία – σύγκριση

Θεωρήθηκε απαραίτητη η σύγκριση της εγκατάστασης του γεωθερμικού συστήματος, που εφαρμόστηκε στον χώρο των γραφείων, με μία αντίστοιχη συμβατική προκειμένου να υπολογιστεί ο χρόνος απόσβεσης.

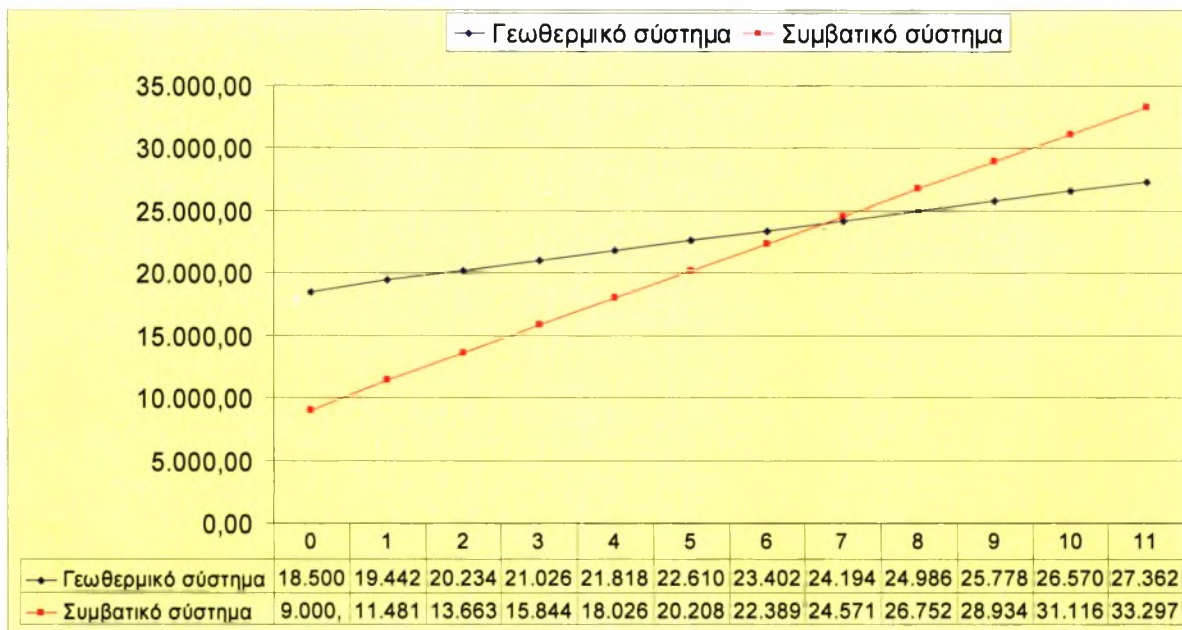
Σαν συμβατική εγκατάσταση επιλέχθηκε αυτή του πετρελαίου καθώς είναι η πιο διαδεδομένη. Για την ψύξη των γραφείων επιλέχθηκαν 12 κλιματιστικά των 3 kW.

Η παρακάτω σύγκριση θα μας οδηγήσει σε ακριβή συμπεράσματα για το πότε μπορεί να γίνει απόσβεση του κόστους εγκατάστασης του συστήματος γεωθερμίας. Για τη σύγκριση λαμβάνονται υπόψη οι τρέχουσες τιμές του ηλεκτρικού ρεύματος και του πετρελαίου.

**Πίνακας 5.3 :** σύγκρισης συμβατικού συστήματος με σύστημα αντλίας θερμότητας VRV για κτίριο γραφείων 240 m<sup>2</sup>

A/A	ΔΑΠΑΝΕΣ	ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΑ
1	ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ VRV ΝΕΡΟΥ/ΝΕΡΟΥ 30 KW & ΠΑΡΕΛΚΟΜΕΝΑ	8.000,00	0,00
2	ΓΕΩΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ	7.500,00	0,00
3	ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ VRV ή FAN COILS	2.000,00	1.000,00
4	ΓΡΑΜΜΕΣ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ή ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ FAN COILS	1.000,00	1.000,00
5	ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ + ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΣ	0,00	2.000,00
6	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ + ΠΥΡΟΣΒΕΣΗ	0,00	1.000,00
7	ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΑ ΑΕΡΟΣ / ΑΕΡΟΣ 12*3 kW	0,00	4.000,00
<b>8</b>	<b>ΣΥΝΟΛΟ ΔΑΠΑΝΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>	<b>18.500,00</b>	<b>9.000,00</b>
9	ΑΠΑΙΤΗΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, kWh	15.500	15.500
10	ΑΠΑΙΤΗΣΗ ΨΥΚΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, kWh	16.000	16.000
11	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΧΕΙΜΩΝΑ	2.980	-
12	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙΟΥ, kWh	3.620	5.930
13	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ, σε λίτρα	-	2.100
14	ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	150	300
<b>15</b>	<b>ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ</b>	<b>942,00 €</b>	<b>2.481,60 €</b>
<b>16</b>	<b>ΕΤΗ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ</b>	<b>6,2</b>	

\* Ηλ. ενέργεια Γ22 χαμηλής 0,12 ευρώ/kWh πετρέλαιο 0.7 €/lt



Διάγραμμα 5.7 : Σχηματική απεικόνιση της οικονομίας των δύο συστημάτων

Παρόλο το, κατά πολύ, μεγαλύτερο αρχικό κόστος κατασκευής του γεωθερμικού συστήματος, έναντι του συμβατικού, παρατηρήθηκε ότι σε λίγο περισσότερο από 6 χρόνια γίνεται απόσβεση των χρημάτων που δαπανήθηκαν λόγω του πολύ χαμηλού ετήσιου κόστους λειτουργίας. Πιο συγκεκριμένα ύστερα από 6 χρόνια και δύομισή μήνες τα συνολικά κόστη (αρχικό κόστος, κόστος λειτουργίας) υπολογίστηκε ότι θα είναι χαμηλότερα στην περίπτωση του γεωθερμικού συστήματος και ύστερα από 11 χρόνια λειτουργίας τα συνολικά έξοδα του γεωθερμικού συστήματος θα είναι κατά 6000 € περίπου λιγότερα σε σχέση με το συμβατικό.

Από τα τεχνικο-οικονομικά στοιχεία και την σύγκριση που έγινε στο προηγούμενο κεφάλαιο είναι εμφανές πως η εγκατάσταση που επιλέχθηκε να τοποθετηθεί για την ψύξη και την θέρμανση των χώρων των γραφείων έχει σαφώς μεγαλύτερο κόστος έναντι ενός συμβατικού συστήματος πετρελαίου. Παρατηρούμε όμως ότι το ετήσιο κόστος είναι πολύ πιο χαμηλό με αποτέλεσμα σε σχεδόν 6 χρόνια να γίνεται η απόσβεση των χρημάτων που δαπανήθηκαν. Ο χρόνος αυτός, από πολλούς θεωρείται αρκετός και σε συνδυασμό με το υψηλό αρχικό κόστος αποτελούν ανασταλτικό παράγοντα για τυχόν επενδύσεις σε γεωθερμικά συστήματα.

Για τον λόγο αυτό θεωρείται απαραίτητο να εφαρμοστεί από το κράτος και τους αρμόδιους φορείς ένα κατάλληλο πρόγραμμα ενημέρωσης των πολιτών πάνω στα γεωθερμικά συστήματα με σκοπό την ώθηση τους στην επένδυση μίας εγκατάστασης ΓΑΘ. Θα πρέπει επίσης να δοθούν ισχυρά κίνητρα από την πολιτεία στο αγοραστικό κοινό ώστε να μειώνονται αρκετά τα αρχικά έξοδα αλλά και τα χρόνια απόσβεσης των χρημάτων που δαπανήθηκαν. Τέτοιου είδους κίνητρα έχουν ήδη θεσπιστεί στις περισσότερες χώρες του εξωτερικού. Κάποια από αυτά είναι η επιδότηση έως και 40% για μία εγκατάσταση ΓΑΘ και η χαμηλή κοστολόγηση στην κατανάλωση ρεύματος ενός κτιρίου σε περίπτωση που αυτό χρησιμοποιεί κάποιο σύστημα αβαθούς γεωθερμίας.

Παρόλο όμως που ανάλογα κίνητρα δεν υπάρχουν στην χώρα μας και η ενημέρωση είναι ελλιπής, έχει παρατηρηθεί πως η πώληση γεωθερμικών συστημάτων αυξάνεται από το 2004 με ρυθμό 60% με τον μοναδικό τρόπο προώθησης και εξάπλωσης τους να είναι οι θετικές εντυπώσεις και ο υψηλός βαθμός ικανοποίησης που παρουσιάζουν όσοι εγκατέστησαν μια ΓΑΘ, λόγω, κυρίως, του χαμηλού κόστους λειτουργίας και συντήρησης.

Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο χρόνος απόσβεσης των χρημάτων αυξομειώνεται καθώς είναι πολύ συχνές οι μεταβολές των τιμών του πετρελαίου, του ηλεκτρικού αλλά και ορισμένων εξαρτημάτων κι έτσι είναι απαραίτητη η συχνή οικονομική ανάλυση των ΓΑΘ.

- [1] Ανδρίτσος, Ν., Σημειώσεις στο μάθημα της Ενεργειακής Οικονομίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 2006.
- [2] Ενημερωτική ημερίδα ΚΑΠΕ «Θέρμανση – Κλιματισμός με γεωθερμικές αντλίες θερμότητας», Περιοδικό ΤΕΧΝΙΚΑ, τεύχος 241, Φεβρουάριος 2008, σελ. 58.
- [3] Φυτίκας Μ., Γεωθερμία στην Ελλάδα, Αγορά – Εφαρμογές – Θεσμικό Πλαίσιο, Ημερίδα ΕΒΕ, 9-11 Μαΐου 2007, Θεσσαλονίκη.
- [4] J. Lund, T. Boyd, A. Sifford, G. Bloomquist, Geothermal Energy, Utilization in the United States, Geo-Heat Center, Oregon Institute of Technology, Klamath Falls, OR, 2000, <http://www.geoheat.oit.edu>.
- [5] <http://www.geoexchange.gr/casesdetails.php?id=8> πρόσβαση 21/07/2008
- [6] <http://www.marac.gr/index.php?pid=16&cid=119> πρόσβαση 29/07/2008
- [7] <http://www.aidengineering.gr> πρόσβαση 24/09/2008
- [8] [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/ee\\_vrv.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/ee_vrv.htm) πρόσβαση 21/07/2008
- [9] <http://www.energyhomes.gr/material/pages/nrginfo/antlies.html> πρόσβαση 29/07/2008
- [10] ASHRAE, “Commercial/Institutional Ground-Source Heat Pump Engineering Manual”.
- [11] ASHRAE, “Commissioning, Preventive Maintenance, and Troubleshooting Guide for Commercial Ground-Source Heat Pump Systems”.
- [12] ASHRAE, “Ground-Source Heat Pump, Design of geothermal systems for commercial and institutional buildings”.
- [13] [http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie\\_g%C3%A9othermique](http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie_g%C3%A9othermique) πρόσβαση 22/10/2008
- [14] [http://www.energesis.es/tecnologias\\_ingenierial.htm](http://www.energesis.es/tecnologias_ingenierial.htm) πρόσβαση 22/10/2008
- [15] <http://www.afpac.org/> Association Française pour les Pompes A Chaleur πρόσβαση 29/07/2008
- [16] <http://www.climamaison.com/geothermie-pompe-a-chaleur.php?Doss=34> πρόσβαση 29/07/2008
- [17] Υπουργική Απόφαση Αριθ. Δ9Β,Δ/Φ166/ΟΙΚ 18508/5552/207 «Άδειες εγκατάστασης για ίδια χρήση ενεργειακών συστημάτων θέρμανσης ή ψύξης χώρων μέσω της εκμετάλλευσης της θερμότητας των γεωλογικών σχηματισμών και των νερών, επιφανειακών και υπόγειων, που δεν χαρακτηρίζονται γεωθερμικό δυναμικό».

- [18] National Rural Electric Cooperative Association, International Ground-Source Heat Pump Association (IGSHPA), Oklahoma State University, “Closed-Loop/Ground-Source Heat Pump Systems”
- [19] International Ground-Source Heat Pump Association (IGSHPA), Oklahoma State University, “Closed-Loop/Geothermal Heat Pump Systems, Design and Installation Standards 2000”
- [20] VDI 4640, «*Thermal use of the underground – Ground source heat pump systems*»

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι. Υπολογισμοί των θερμικών φορτίων

## Θερμικές απώλειες αγωγιμότητας κτιριακών χώρων

### Γενικά

Η θερμική απαίτηση κάθε χώρου είναι το άθροισμα των μέγιστων θερμικών απωλειών με αγωγιμότητα και των μέγιστων θερμικών απωλειών αερισμού:

$$Q_i = Q_{Ti} + Q_a$$

όπου:  $Q_i$  θερμικές απώλειες χώρου  $i$   
 $Q_{Ti}$  θερμικές απώλειες αγωγιμότητας χώρου  $i$   
 $Q_a$  θερμικές απώλειες αερισμού του χώρου  $i$

Οι θερμικές απώλειες αγωγιμότητας ενός χώρου υπολογίζονται από τη σχέση:

$$Q_{Ti} = Q_{TN} \cdot (1 + z_D + z_H)$$

$$Q_{TN} = \Sigma [K \cdot F \cdot (t_i - t_a)]$$

όπου:  $z_D$  συντελεστής προσαύξησης διακοπών λειτουργίας και ψυχρών εξωτερικών επιφανειών  
 $z_H$  συντελεστής προσαύξησης προσανατολισμού  
 $t_a$  η εξωτερική θερμοκρασία υπολογισμού  
 $t_i$  η θερμοκρασία του θερμαινόμενου χώρου  
 $K$  ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοιχώματος  
 $F$  το εμβαδόν της επιφάνειας του τοιχώματος

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων προκύπτουν από τη μελέτη θερμομόνωσης του κτιρίου. Ο υπολογισμός τους παρουσιάζεται στα αντίστοιχα φύλλα στο παράρτημα των υπολογισμών.

### Προσαυξήσεις απωλειών αγωγιμότητας

Βάσει του λόγου Krischer:

$$D = Q_T / F_{ολ} \cdot (t_i - t_a)$$

όπου:  $F_{ολ}$  όλες οι περιβάλλουσες επιφάνειες του χώρου

και από τους πίνακες του DIN 4701 υπολογίζεται ο συντελεστής προσαύξησης διακοπής λειτουργίας και ψυχρών εξωτερικών επιφανειών, σύμφωνα με έναν από τους τρεις τρόπους λειτουργίας:

- I : Συνεχής λειτουργία
- II : Διακοπή 8 - 12 ωρών
- III: Διακοπή 12 - 16 ωρών

Ο συντελεστής προσαύξησης προσανατολισμού είναι:

B, BA, BΔ	+ 5%
N, NA, NΔ	- 5%
A, Δ	0%



## Θερμικές απώλειες αερισμού

### Θερμικές απώλειες ελεύθερου αερισμού

Οι θερμικές απώλειες αερισμού εξαρτώνται από το μήκος των χαραμάδων εισόδου του αέρα (προσάνεμη πλευρά, A) και το μήκος των χαραμάδων εξόδου του αέρα (απάνεμη πλευρά, N). Από αυτή την άποψη τα κτίρια χωρίζονται σε δύο τύπους:

Τύπος I	Μονοκατοικία	$\Sigma(\alpha l)_A / \Sigma(\alpha l)_N = 1/3$
Τύπος II	Συνεχής δόμηση	$\Sigma(\alpha l)_A / \Sigma(\alpha l)_N = 1$

όπου:  $\alpha$  συντελεστής διεισδυτικότητας αρμών  
 $l$  μήκος χαραμάδων, m

Από την άποψη της επίδρασης της άνωσης στο εσωτερικό του κτιρίου, τα κτίρια χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: κτίριο ορόφων και τύπου φρέατος. Οι θερμικές απώλειες ελεύθερου αερισμού υπολογίζονται από τους τύπους:

$$Q_a = \Sigma (\alpha l) \varepsilon_{GA} H \gamma \Delta t$$

όπου:  $\varepsilon_{GA}$  συντελεστής διόρθωσης ύψους  
 $H$  χαρακτηριστικός αριθμός κτιρίου  
 $\gamma$  χαρακτηριστικός αριθμός χώρου

### Ελάχιστη απαίτηση αερισμού

Η θερμική απαίτηση του ελάχιστου απαιτούμενου αερισμού είναι:

$$Q_{a \min} = \rho c V_{εξ} \Delta t = 0.29 V_{εξ} \Delta t \text{ σε kcal/h}$$

όπου:  $V_{εξ}$  ο ελάχιστος προσαγόμενος νωπός αέρας  $m^3/h$   
 $c$  ειδική θερμοχωρητικότητα αέρα ( $=0.24 \text{ kcal/ kg K}$ )  
 $\rho$  πυκνότητα αέρα ( $=1.24 \text{ kg/m}^3$ )

Όταν ο ελεύθερος αερισμός είναι μικρότερος από τον ελάχιστο απαιτούμενο αερισμό, απαιτείται συμπληρωματικά μηχανικός εξαερισμός.

















## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Αντικείμενο: Κτίριο Γραφείων  
 Ιδιοκτήτης: Πολυζώης  
 Διεύθυνση κτίσματος: Σίνδος  
 Μελετητής: Χριστόφορος Λαζαρίδης

a/a	Όροφος	Χώρος	Θερμικές απώλειες αγωγιμότητας [kcal/h]	Θερμικές απώλειες αερισμού [kcal/h]	Συνολικές θερμικές απώλειες [kcal/h]	Νέες θερμικές απώλειες αερισμού [kcal/h]	Τελικές θερμικές απώλειες [kcal/h]	Αριθμός όμοιων χώρων [-]	Απώλειες κατηγορίας χώρου [kcal/h]
-	-	-							
1	Ισόγειο	Υποδοχή - Γραμματεία	1.642	1.057	2.699	1.057	2.699	1	2.699
2	Ισόγειο	Γραφείο 1	1.065	754	1.818	754	1.818	1	1.818
3	Ισόγειο	Αίθουσα συσκέψεων - Γραφεία 1-3	700	676	1.376	676	1.376	4	5.503
4	Ισόγειο	Γραφείο 4	862	728	1.590	728	1.590	1	1.590
5	Ισόγειο	Γραφεία 5-8	708	624	1.332	624	1.332	4	5.328
6	Ισόγειο	Κουζίνα	355	658	1.014	658	1.014	1	1.014
7	Ισόγειο	Διάδρομος	1.003	990	1.993	990	1.993	1	1.993
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									
41									
42									
43									
44									
45									
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>									19.944

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ. Υπολογισμοί των ψυκτικών φορτίων

---

## Υπολογισμοί ψυκτικών φορτίων

### Συμβολισμοί

CLTD	Θερμοκρασιακή διαφορά ψυκτικού φορτίου
U	Συντελεστής θερμοπερατότητας
SCL	Ηλιακό θερμικό φορτίο
SC	Συντελεστής σκίασης
CLF	Συντελεστής ψυκτικού φορτίου
F	Εξωτερικό παράθυρο
W	Εξωτερικός τοίχος
D	Οροφή
G	Δάπεδο
IW	Εσωτερικός τοίχος

### Κανονισμοί

Ο υπολογισμός των ψυκτικών φορτίων κλιματισμού βασίζεται στη μέθοδο της ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers), όπως δημοσιεύτηκε στο εγχειρίδιο FUNDAMENTALS του 1997. Η μέθοδος αυτή εξαιτίας της συνεχούς προσαρμογής της στις εκάστοτε αντιλήψεις της σύγχρονης πρακτικής, θεωρείται σαν η κατ' εξοχή παγκοσμίου εφαρμογής μέθοδος υπολογισμού ψυκτικών φορτίων για το κλιματισμό.

### Μεθοδολογία υπολογισμού

#### **Συντελεστές θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων.**

Οι υπολογισμοί ψυκτικών φορτίων βασίζονται στους συντελεστές θερμοπερατότητας που υπολογίστηκαν από την μελέτη της θερμομόνωσης.

#### **Συσχέτιση του θερμικού κέρδους και του ψυκτικού φορτίου**

##### Ψυκτικά φορτία από εξωτερικούς τοίχους - οροφές

Τα ψυκτικά φορτία ενός χώρου σε συνάρτηση με τους εξωτερικούς τοίχους ή την οροφή δίνονται από την παρακάτω σχέση:

$$Q = U \cdot A \cdot CLTD$$

όπου: U: Συντελεστής θερμοπερατότητας σε  $W/m^2\text{ }^\circ\text{C}$

A: Εμβαδόν επιφάνειας σε  $m^2$

CLTD: Διαφορά θερμοκρασίας ψυκτικού φορτίου  
(υπολογίζεται από πίνακες της ASHRAE)

Η διαφορά θερμοκρασίας του ψυκτικού φορτίου είναι ένας όρος ο οποίος εξαρτάται άμεσα από τον προσανατολισμό του δομικού στοιχείου, από την ώρα του 24ώρου και από την κατηγορία στην οποία ανήκει το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι διαφορές θερμοκρασίας ψυκτικού φορτίου όπως παρουσιάζονται στους πίνακες της ASHRAE ισχύουν για δεδομένες θερμοκρασίες του χώρου (25.5 °C) και μέσης εξωτερικής (29.4 °C). Σε περίπτωση που υπάρχει απόκλιση από αυτές τις τιμές απαιτείται μια διόρθωση σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

$$CLTD_{\text{corr}} = CLTD + (25,5 - t_r) + (t_m - 29,4)$$

όπου: CLTD: Διαφορά θερμοκρασίας ψυκτικού φορτίου  
CLTD<sub>corr</sub>: Διορθωμένη τιμή της διαφορά θερμοκρασίας ψυκτικού φορτίου  
t<sub>r</sub>: Η εσωτερική θερμοκρασία του χώρου  
t<sub>m</sub>: Η μέση εξωτερική θερμοκρασία  
(=μέγιστη εξωτερική –(ημερήσια διακύμανση/2))

### Ψυκτικά φορτία από εξωτερικά παράθυρα

Το ψυκτικό φορτίο από την ηλιακή ακτινοβολία που διαπερνά τα παράθυρα, συνίσταται από δύο όρους:

- Το ψυκτικό φορτίο λόγω αγωγιμότητας και συναγωγής
- Το θερμικό κέρδος λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας η οποία διαπερνά το παράθυρο και μετατρέπεται σε ψυκτικό φορτίο.

Οι δύο συνιστώσες του ψυκτικού φορτίου από τα παράθυρα, υπολογίζονται με βάση τους παρακάτω τύπους:

$$Q_{\text{cont}} = U \cdot A \cdot CLTD$$

όπου: U: Συντελεστής θερμοπερατότητας σε W/m<sup>2</sup>°C  
A: Εμβαδόν επιφάνειας σε m<sup>2</sup>  
CLTD: Διαφορά θερμοκρασίας ψυκτικού φορτίου  
(υπολογίζεται από πίνακες της ASHRAE)

$$Q_{\text{radi}} = A \cdot SC \cdot SCL$$

όπου: A: Εμβαδόν επιφάνειας σε m<sup>2</sup>  
SC: Συντελεστής σκίασης (υπολογίζεται από πίνακες της ASHRAE)  
SCL: Συντελεστής ψυκτικού φορτίου (υπολογίζεται από πίνακες της ASHRAE)

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι ο συντελεστής SCL εξαρτάται άμεσα από την κατηγορία δομικού στοιχείου στην οποία ανήκουν οι εσωτερικοί διαχωριστικοί τοίχοι του υπό μελέτη χώρου, καθώς και από την κάλυψη του δαπέδου.

Και εδώ, η διαφορά θερμοκρασίας του ψυκτικού φορτίου διορθώνεται σύμφωνα με τα όσα αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο.

### **Εσωτερικά ψυκτικά φορτία**

Η ακτινοβολούσα συνιστώσα των εσωτερικών θερμικών κερδών ενός χώρου, δεν μετατρέπεται άμεσα σε ψυκτικό φορτίο του χώρου, καθώς υφίσταται μια εναποθήκευσή της στα δομικά στοιχεία του

χώρου. Το φαινόμενο αυτό λαμβάνεται υπ' όψη με την χρησιμοποίηση ενός συντελεστή ψυκτικού φορτίου, διαφορετικό για κάθε είδος εσωτερικού ψυκτικού φορτίου.

#### Εσωτερικά ψυκτικά φορτία από φωτισμό

Τα ψυκτικά φορτία ενός χώρου σε συνάρτηση με τον εσωτερικό φωτισμό του δίνονται από την σχέση:

$$Q_{el} = HG_{el} \cdot CLF_{el}$$

με  $HG_{el} = W \cdot F_{ul} \cdot F_{sa}$

όπου:  $Q_{el}$ : το ψυκτικό φορτίο από φωτισμό  
 $HG_{el}$ : το θερμικό κέρδος από τον φωτισμό  
 $W$ : Συνολική ισχύς φωτιστικών  
 $F_{ul}$ : Συντελεστής χρήσης  
 $F_{sa}$ : Ειδικός συντελεστής μείωσης  
 $CLF_{el}$ : Συντελεστής ψυκτικού φορτίου από φωτισμό  
(υπολογίζεται από πίνακες της ASHRAE)

Ο συντελεστής χρήσης είναι ο λόγος των Wattage σε χρήση για τις συνθήκες κάτω από τις οποίες γίνεται η εκτίμηση του φορτίου, προς την συνολική εγκατεστημένη ισχύ. Ο ειδικός συντελεστής έχει εισαχθεί ως μέγεθος για λαμπτήρες φθορισμού και γενικά για λαμπτήρες που καταναλώνουν μεγαλύτερη ενέργεια από την αναγραφόμενη ισχύ τους (συνιστώμενη τιμή 1,20).

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι αν η θερμοκρασία του κλιματιζόμενου χώρου δεν διατηρείται σταθερή κατά την διάρκεια του 24ώρου, για παράδειγμα αν το σύστημα κλιματισμού τίθεται εκτός λειτουργίας κατά τη διάρκεια του νύκτας, τότε ένας συντελεστής προσαύξησης θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψη, καθώς μέρος του αισθητού φορτίου το οποίο έχει αποθηκευτεί στα δομικά στοιχεία, δεν απομακρύνεται. Σε αυτές τις περιπτώσεις, ο συντελεστής ψυκτικού φορτίου CLF θα πρέπει να λαμβάνει την τιμή 1,00.

#### Εσωτερικά ψυκτικά φορτία από ανθρώπους

Τα ψυκτικά φορτία ενός χώρου σε σχέση με τους ανθρώπους που βρίσκονται σ' αυτό χωρίζονται σε δύο μέρη:

- α) Αισθητά ψυκτικά φορτία
- β) Λανθάνοντα ψυκτικά φορτία

Το στιγμιαίο αισθητό φορτίο δίνεται από τη σχέση:

$$Q_s = N \cdot SHG_p \cdot CLF_p$$

όπου:  $N$ : Ο αριθμός των ατόμων που βρίσκονται στο χώρο  
 $SHG_p$ : Το αισθητό θερμικό φορτίο κάθε ατόμου το οποίο εξαρτάται από την θερμοκρασία του χώρου και από την εργασία που εκτελεί το άτομο (δίνεται σε πίνακες της ASHRAE)  
 $CLF_p$ : Συντελεστής ψυκτικού φορτίου (δίνεται σε πίνακες της ASHRAE)

Το στιγμιαίο λανθάνον φορτίο δίνεται από τη σχέση:

$$Q_L = N \cdot LHG_p$$

όπου: N: Ο αριθμός των ατόμων που βρίσκονται στο χώρο

LHG<sub>p</sub>: Το λανθάνον θερμικό φορτίο κάθε ατόμου το οποίο εξαρτάται από τη θερμοκρασία του χώρου και από την εργασία που εκτελεί το άτομο, καθώς και από τη σχετική υγρασία του χώρου (δίνεται σε πίνακες της ASHRAE)

Για τον συντελεστή ψυκτικού φορτίου ισχύει η ίδια παρατήρηση που έχει αναφερθεί στην προηγούμενη παράγραφο, κατά τις καταστάσεις όπου η θερμοκρασία του χώρου δεν παραμένει σταθερή κατά την διάρκεια του 24ώρου. Τότε CLF=1,0.

#### Ψυκτικά φορτία από ηλεκτρικές συσκευές

Το στιγμιαίο θερμικό κέρδος από συσκευές που λειτουργούν με ηλεκτρικό ρεύμα (κινητήρες) μέσα σε κλιματιζόμενο χώρο, μπορεί να υπολογιστεί από την παρακάτω σχέση:

$$Q = (P/E_M) \cdot F_{UM} \cdot F_{LM} \cdot CLF$$

όπου: CLF: συντελεστής ψυκτικού φορτίου (δίνεται σε πίνακες της ASHRAE)

P: ισχύς του κινητήρα

E<sub>M</sub>: ο βαθμός απόδοσης του κινητήρα (σαν κλάσμα < 1.00)

F<sub>UM</sub>: συντελεστής χρήσης του κινητήρα (1.00 ή κλάσμα <1.00)

F<sub>LM</sub>: συντελεστής φορτίου του κινητήρα (1.00 ή κλάσμα <1.00)

Στην παραπάνω εξίσωση υποτίθεται ότι ο κινητήρας αλλά και η συσκευή βρίσκονται μέσα στον κλιματιζόμενο χώρο. Σε διαφορετική περίπτωση το στιγμιαίο θερμικό κέρδος υπολογίζεται από διαφορετικές σχέσεις.

#### **Ψυκτικά φορτία από αερισμό**

Για τον αερισμό των χώρων εισάγεται εξωτερικός αέρας με συνθήκες (θερμοκρασία και υγρασία) περιβάλλοντος, ο οποίος πρέπει να μετατραπεί σε συνθήκες του κλιματιζόμενου χώρου. Γι αυτό απαιτεί το ανάλογο ψυκτικό φορτίο που είναι ίσο με τη θερμική ισχύ που προσδίδει στο χώρο. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι το θερμικό κέρδος από τον αερισμό μετατρέπεται απ' ευθείας σε ψυκτικό φορτίο.

Το αισθητό φορτίο ισοδυναμεί με την ψυκτική ισχύ που απαιτείται για να μετατραπεί η θερμοκρασία του αέρα από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος στη θερμοκρασία του κλιματιζόμενου χώρου και δίνεται από τη σχέση:

$$Q_{\text{αισθ}} = \rho \cdot c \cdot V \cdot \Delta t$$

όπου: V: ο προσαγόμενος νωπός αέρας

c: ειδική θερμοχωρητικότητα αέρα

ρ: πυκνότητα αέρα

ενώ το λανθάνον φορτίο δίνεται από τη σχέση:

$$Q_{\lambda\alpha\nu\theta} = \rho \cdot V \cdot r \cdot \Delta x$$

- όπου: V: ο προσαγόμενος νωπός αέρας  
r: ενθαλπία εξάτμισης  
Δx: διαφορά περιεκτικότητας σε υγρασία  
P: πυκνότητα αέρα

**Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων**

<b>Αντικείμενο:</b> Κτίριο γραφείων <b>Ιδιοκτήτης:</b> Πολυζώης <b>Διεύθυνση Κτίσματος:</b> Σίνδος <b>Μελετητής:</b> Χριστόφορος Λαζαρίδης		<b>Φύλλο:</b> 1 <b>Χώρα:</b> Ισραήλ / Υποδοχή - <b>υπολογισμού:</b> Γραμματεία										
<b>Γενικά στοιχεία χώρου:</b> Εσωτερική θερμοκρασία, t <sub>i</sub> : <b>26,0°C</b> Μέση θερμ. περιβάλλοντος, t <sub>o</sub> : <b>29,0°C</b> Ημερήσια διακύμανση, DR: <b>11,0 K</b>		Σχετική υγρασία εσωτ. αέρα, φ <sub>i</sub> : <b>45 %</b> Σχετική υγρασία εξωτ. αέρα, φ <sub>o</sub> : <b>43 %</b> Ώρα μέγιστου φορτίου: <b>15 :00</b>										
		Q <sub>ασβ</sub> = <b>2.701 W</b> Q <sub>λανθ</sub> = <b>668 W</b> Q <sub>max</sub> = <b>3.369 W</b>										
<b>1. Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου μέσω αγωνιότητας από δομικά υλικά</b>												
a/a	Σύντομη ονομασία	Προσανατολισμός	Επιφάνεια	Συντελεστής θερμοπερατότητας	Τοποθέτηση μάζας	Πρωτεύον υλικό	Δευτερεύον υλικό	Κατηγορία δομικού υλικού	Για την ώρα μέγιστου φορτίου:			
-	-	-	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> K	-	-	-	-	CLTD	CLTD <sub>corr</sub>	Αισθητό	Λανθάνον
W1	T	B	11,37	0,698	Εσωτερικά	C4	Κονίαμα	5	9,0	8,1	64,3	W
W2	T	A	8,77	0,698	Εσωτερικά	C4	Κονίαμα	5	21,0	20,1	122,9	
W3												
W4												
W5												
W6												
W7												
W8												
W9												
W10												
W11												
W12												
a/a	Σύντομη ονομασία	Προσανατολισμός	Επιφάνεια	Συντελεστής θερμοπερατότητας					Για την ώρα μέγιστου φορτίου:			
-	-	-	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> K					CLTD	CLTD <sub>corr</sub>	Αισθητό	Λανθάνον
F1	F1	B	1,65	3,024					K	K	W	W
F2	F1	A	5,38	3,024					8,0	7,1	35,4	
F3									8,0	7,1	115,4	
F4												
F5												
a/a	Σύντομη ονομασία	Προσανατολισμός	Επιφάνεια	Συντελεστής θερμοπερατότητας	Τοποθέτηση μάζας	Υλικό οροφής	Υπαρξη ψευδοροφής	Κατηγορία δομικού υλικού	Για την ώρα μέγιστου φορτίου:			
-	-	-	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> K	-	-	-	-	CLTD	CLTD <sub>corr</sub>	Αισθητό	Λανθάνον
D1	D	-	23,48	0,465	Εξωτερικά	C12	Ναι	13	21,0	20,1	219,6	W
D2												
								<b>2. Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου από ακτινοβολία μέσω παραθύρων</b>				
a/a	Σύντομη ονομασία	Προσανατολισμός	Επιφάνεια	Συντελεστής φωτισκίασης	Κατηγορία εσωτερικής τοιχοποιίας για προσδιορισμό του τύπου ζώνης στην ακτινοβολία μέσω παραθύρων:			Για την ώρα μέγιστου φορτίου:				
-	-	-	m <sup>2</sup>	-	D			SCL	Αισθητό	Λανθάνον		
F1	F1	B	1,65	0,55				-	W	W		
F2	F1	A	5,38	0,95				95,00	86,2			
F3								167,00	852,7			
F4												
F5												
								<b>3. Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου από άτομα, φωτιστικά σώματα, συσκευές.</b>				
Λειτουργία του συστήματος ψύξης - κλιματισμού: Κατηγορία εσωτερικής τοιχοποιίας για άτομα:				<b>Συνεχής λειτουργία</b> D								
Δραστηριότητα		Αριθμός ατόμων	Ώρα προσέλευσ.	Διάρκεια παραμονής	Φορτίο ανά άτομο		Για την ώρα μέγιστου φορτίου:					
		-	-	h	Αισθητό	Λανθάνον	CLF <sub>p</sub>	Αισθητό	Λανθάνον			
Εργασία γραφείου		2	8	8	W	W	-	W	W			
					70	45	0,85	119,0	90,0			
Κατηγορία εσωτερικής τοιχοποιίας για φωτιστικά σώματα:				D								
Φωτιστικά σώματα		Συνολική ισχύς	Ώρα έναυσης	Διάρκεια έναυσης	Συντελεστής χρησιμο/σης	Ειδικός συντελεστής	Για την ώρα μέγιστου φορτίου:					
		W	-	h	-	-	CLF <sub>f</sub>	Αισθητό	Λανθάνον			
Γενικός φωτισμός γραφείου		200	1	8	1,00	1,20	-	W	W			
							0,12	28,8				
Κατηγορία εσωτερικής τοιχοποιίας για συσκευές:				D								
Ισχύς κινητήρων και συσκευών στον εξεταζόμενο χώρο		Συνολική ισχύς	Ώρα έναυσης	Διάρκεια έναυσης	Για την ώρα μέγιστου φορτίου:							
		W	-	h	CLF <sub>e</sub>	Αισθητό	Λανθάνον					
Εξοπλισμός γραφείου		800	8	8	-	W	W					
					0,85	680,0						

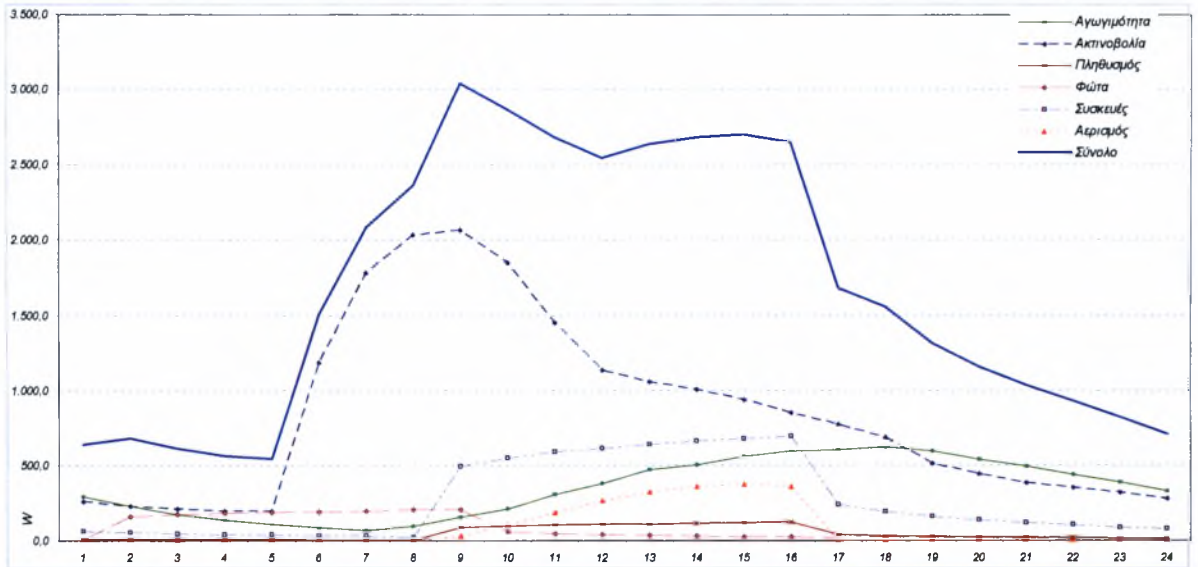
4. Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου από αερισμό.

Μεγέθη: Πυκνότητα αέρα:  $\rho = 1,20 \text{ kg/m}^3$  Για τις συνθήκες του χώρου:  
 Θερμότητα εξάτμισης νερού:  $r = 2.501,5 \text{ kJ/kg}$  Τάση ατμών του νερού:  $P_a = 33,60 \text{ mbar}$   
 Ειδική θερμοχωρητικότητα:  $c = 1,007 \text{ kJ/kgK}$  Περεικτικότητα σε νερό του μίγματος:  $x_w = 0,0095 \text{ kg H}_2\text{O/Kg αέρα}$

Παροχή όγκου $\text{m}^3/\text{h}$	Ώρα αρχής λειτουργίας	Διάρκεια λειτουργίας h	Υπαρξη συστήματος ανάκτησης θερμότητας	Ποσοστό ανάκτησης ενθαλπίας %	Για την ώρα μεγίστου φορτίου:				
					Παροχή $\text{m}^3/\text{h}$	$\Delta t$ K	$\Delta x$ $\text{kg H}_2\text{O/Kg}$	Αισθητό W	Λανθάνον W
132	8	8	Όχι		132	8,5	0,005	377	578

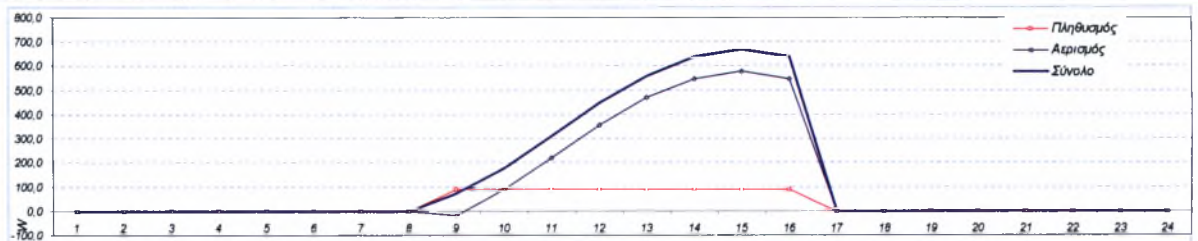
Συγκεντρωτικός πίνακας ψυκτικών φορτίων, αισθητής μορφής.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Αγωγιμότητα	292	228	174	138	110	85	67	97	157	209	305	381	472	502	558	595	603	621	594	539	495	438	388	328
Ακτινοβολία	263	229	211	196	196	1.188	1.781	2.036	2.066	1.849	1.451	1.136	1.057	1.008	939	851	772	689	514	443	387	353	320	281
Πληθυσμός	11	10	8	7	7	6	6	4	87	97	104	108	112	116	119	122	42	34	28	24	21	18	15	14
Φώτα	10	158	173	182	190	194	199	204	206	60	48	41	36	31	29	26	24	22	19	17	14	14	12	10
Συσκευές	64	56	48	40	40	32	32	24	496	552	592	616	640	664	680	696	240	192	160	136	120	104	88	80
Αερισμός									31	104	187	265	323	362	377	362								
Σύνολο	639	682	615	564	543	1.506	2.084	2.365	3.042	2.870	2.687	2.546	2.640	2.683	2.701	2.652	1.680	1.558	1.315	1.159	1.037	928	823	712



Συγκεντρωτικός πίνακας ψυκτικών φορτίων, λανθάνουσας μορφής.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Πληθυσμός									90	90	90	90	90	90	90	90								
Αερισμός									-17	89	221	358	470	548	578	548								
Σύνολο									73	179	311	448	560	638	668	638								





**Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων**

<b>Αντικείμενο:</b>	Κτίριο γραφείων	<b>Φύλλο:</b>	2
<b>Ιδιοκτήτης:</b>	Πολυζώης	<b>Χώρος:</b>	υπολογισμού: Ισόγειο / Γραφείο 1
<b>Διεύθυνση Κτίσματος:</b>	Σίνδος	<b>Q<sub>εξωθ</sub> =</b>	1.860 W
<b>Μελετητής:</b>	Χριστόφορος Λαζαρίδης	<b>Q<sub>εσωθ</sub> =</b>	502 W
<b>Γενικά στοιχεία χώρου:</b>	Εσωτερική θερμοκρασία, t <sub>i</sub> : <b>26,0°C</b>	Σχετική υγρασία εσωτ. αέρα, φ <sub>i</sub> : <b>45 %</b>	<b>Q<sub>συν</sub> =</b> <b>2.362 W</b>
	Μέση θερμ. περιβάλλοντος, t <sub>ε</sub> : <b>29,0°C</b>	Σχετική υγρασία εξωτ. αέρα, φ <sub>e</sub> : <b>43 %</b>	
	Ημερήσια διακύμανση, DR: <b>11,0 K</b>	Ώρα μεγίστου φορτίου: <b>15 :00</b>	

**1. Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου μέσω ανωνιότητας από δομικά υλικά.**

a/a	Σύντομη ονομασία	Προσανατολισμός	Επιφάνεια	Συντελεστής θερμοπερατότητας	Τοποθέτηση μάζας	Πρωτεύον υλικό	Δευτερεύον υλικό	Κατηγορία δομικού υλικού	Για την ώρα μεγίστου φορτίου:			
									CLTD	CLTD <sub>corr</sub>	Αισθητό	Λανθάνον
-	-	-	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> K	-	-	-	-	K	K	W	W
W1	T	A	8,94	0,698	Εσωτερικά	C4	Κονίαμα	5	21,0	20,1	125,4	
W2	T	N	10,34	0,698	Εσωτερικά	C4	Κονίαμα	5	17,0	16,1	116,2	
W3												
W4												
W5												
W6												
W7												
W8												
W9												
W10												
W11												
W12												

a/a	Σύντομη ονομασία	Προσανατολισμός	Επιφάνεια	Συντελεστής θερμοπερατότητας	Για την ώρα μεγίστου φορτίου:			
					CLTD	CLTD <sub>corr</sub>	Αισθητό	Λανθάνον
-	-	-	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> K	K	K	W	W
F1	F1	A	1,84	3,024	8,0	7,1	39,5	
F2	F1	N	1,84	3,024	8,0	7,1	39,5	
F3								
F4								
F5								

a/a	Σύντομη ονομασία	Προσανατολισμός	Επιφάνεια	Συντελεστής θερμοπερατότητας	Τοποθέτηση μάζας	Υλικό οροφής	Υπαρξη ψευδοροφής	Κατηγορία δομικού υλικού	Για την ώρα μεγίστου φορτίου:			
									CLTD	CLTD <sub>corr</sub>	Αισθητό	Λανθάνον
-	-	-	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> K	-	-	-	-	K	K	W	W
D1	D	-	16,75	0,465	Εξωτερικά	C12	Ναι	13	21,0	20,1	156,6	
D2												

**2. Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου από ακτινοβολία μέσω παραθύρων**

a/a	Σύντομη ονομασία	Προσανατολισμός	Επιφάνεια	Συντελεστής φωτοσκίασης	Κατηγορία εσωτερικής τοιχοποιίας για προσδιορισμό του τύπου ζώνης στην ακτινοβολία μέσω παραθύρων:	D	Για την ώρα μεγίστου φορτίου:		
							SCL	Αισθητό	Λανθάνον
-	-	-	m <sup>2</sup>	-			-	W	W
F1	F1	A	1,84	0,55			167,00	169,0	
F2	F1	N	1,84	0,55			164,00	166,0	
F3									
F4									
F5									

**3. Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου από άτομα, φωτιστικά σώματα, συσκευές.**

Λειτουργία του συστήματος ψύξης - κλιματισμού:

**Διακοπτόμενη λειτουργία, CLF=1**

Κατηγορία εσωτερικής τοιχοποιίας για άτομα:

Δραστηριότητα	Αριθμός ατόμων	Ώρα προσέλευσ.	Διάρκεια παραμονής	Φορτίο ανά άτομο		Για την ώρα μεγίστου φορτίου:		
				Αισθητό	Λανθάνον	CLF <sub>a</sub>	Αισθητό	Λανθάνον
-	-	-	h	W	W	-	W	W
Εργασία γραφείου	2	8	8	70	45	1,00	140,0	90,0

Κατηγορία εσωτερικής τοιχοποιίας για φωτιστικά σώματα:

Φωτιστικά σώματα	Συνολική ισχύς	Ώρα έναυσης	Διάρκεια έναυσης	Συντελεστής χρησιμο/σης	Ειδικός συντελεστής	Για την ώρα μεγίστου φορτίου:		
						CLF <sub>L</sub>	Αισθητό	Λανθάνον
-	W	-	h	-	-	-	W	W
Γενικός φωτισμός	200	8	8	1,00	1,20	1,00	240,0	

Κατηγορία εσωτερικής τοιχοποιίας για συσκευές:

Ισχύς κινητήρων και συσκευών στον εξεταζόμενο χώρο	Συνολική ισχύς	Ώρα έναυσης	Διάρκεια έναυσης	Για την ώρα μεγίστου φορτίου:		
				CLF <sub>E</sub>	Αισθητό	Λανθάνον
-	W	-	h	-	W	W
Εξοπλισμός γραφείου	400	8	8	1,00	400,0	

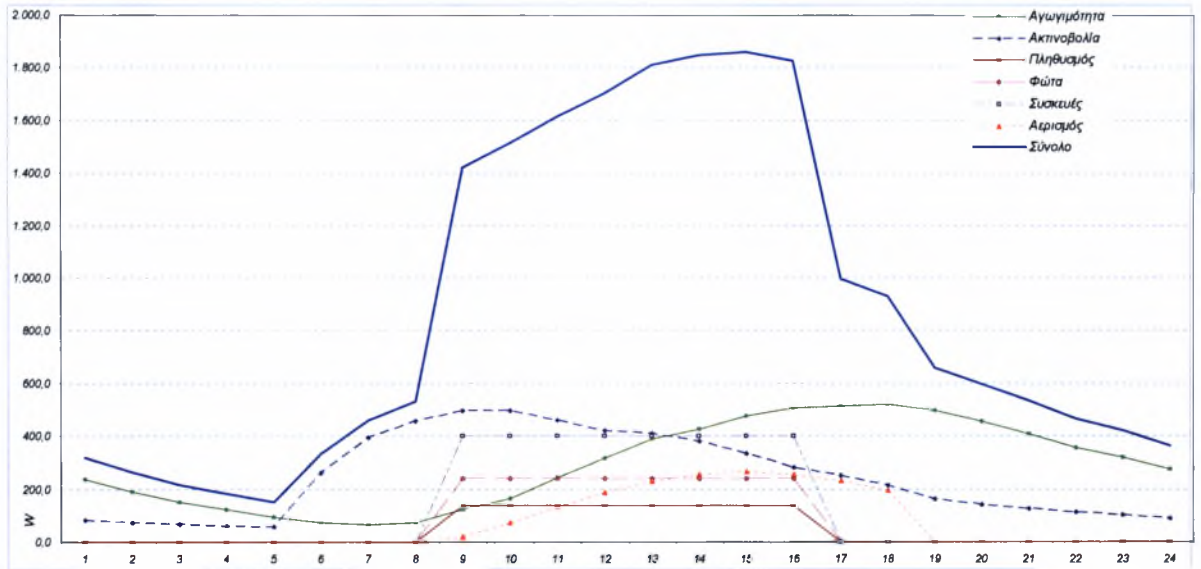
4. Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου από σερίσιμό.

Μεγέθη: Πυκνότητα αέρα:  $\rho = 1,20 \text{ kg/m}^3$  Για τις συνθήκες του χώρου:  
 Θερμότητα εξάτμισης νερού:  $r = 2.501,5 \text{ kJ/kg}$  Τάση ατμών του νερού:  $P_s = 33,60 \text{ mbar}$   
 Ειδική θερμοχωρητικότητα:  $c = 1,007 \text{ kJ/kgK}$  Περσικτικότητα σε νερό του υγρού:  $x_s = 0,0095 \text{ kg H}_2\text{O/Kg αέρα}$

Παροχή όγκου $\text{m}^3/\text{h}$	Ώρα αρχής λειτουργίας	Διάρκεια λειτουργίας h	Υπαρξη συστήματος ανάκτησης θερμότητας	Ποσοστό ανάκτησης ενθαλπίας %	Παροχή $\text{m}^3/\text{h}$	$\Delta t$ K	$\Delta x$ kg H <sub>2</sub> O/Kg	Αισθητό W	Λανθάνον W
94	8	10	Όχι		94	8,5	0,005	268	412

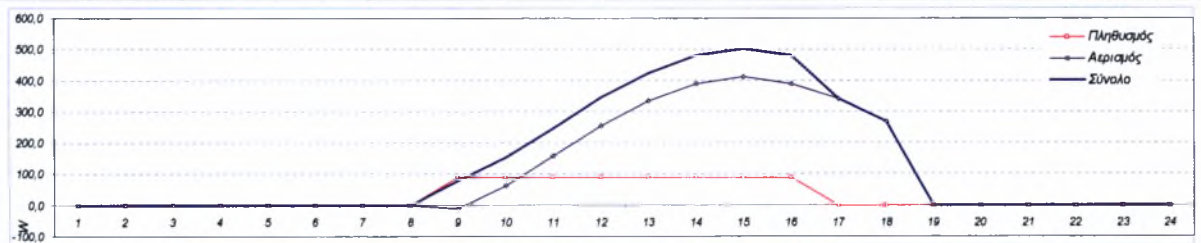
Συγκεντρωτικός πίνακας ψυκτικών φορτίων, αισθητής μορφής.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Αγωγιμότητα	238	191	152	123	94	72	65	73	123	165	242	316	390	427	477	507	514	522	497	455	410	355	320	274
Ακτινοβολία	83	74	67	61	58	262	396	458	498	498	459	421	411	383	335	283	251	215	162	141	124	111	102	89
Πληθυσμός									140	140	140	140	140	140	140	140								
Φώτα									240	240	240	240	240	240	240	240								
Συσκευές									400	400	400	400	400	400	400	400								
Αερισμός									22	74	133	188	230	258	268	258	233	195						
Σύνολο	321	265	218	183	151	334	460	532	1.422	1.517	1.615	1.705	1.811	1.848	1.860	1.828	999	932	659	596	534	466	422	363



Συγκεντρωτικός πίνακας ψυκτικών φορτίων, λανθάνουσας μορφής.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Πληθυσμός									90	90	90	90	90	90	90	90								
Αερισμός									-12	64	158	255	334	390	412	390	341	268						
Σύνολο									78	154	248	345	424	480	502	480	341	268						



**Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων**

Αντικείμενο:	Κτίριο γραφείων	Φύλλο:	3			
Ιδιοκτήτης:	Πολυζώης	Χώρος Ίσογειο / Αίθουσα				
Διεύθυνση Κτίριματος:	Σίνδος	υπολογισμού:	συσκευων -			
Μελετητής:	Χριστόφορος Λαζαρίδης	Εσωτερική θερμοκρασία, t <sub>i</sub> :	26,0°C			
Γενικά στοιχεία χώρου:	Μέση θερμ. περιβάλλοντος, t <sub>e</sub> :	29,0°C	Σχετική υγρασία εσωτ. αέρα, φ <sub>i</sub> :	45 %	Q <sub>συσ</sub> =	1.608 W
	Ημερήσια διακύμανση, DR:	11,0 K	Σχετική υγρασία εξωτ. αέρα, φ <sub>e</sub> :	43 %	Q <sub>λανθ</sub> =	548 W
			Ώρα μέγιστου φορτίου:	15 :00	Q <sub>πρω</sub> =	2.156 W

**1. Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου μέσω αγωγιμότητας από δομικά υλικά.**

a/a	Σύντομη ονομασία	Προσανατολισμός	Επιφάνεια m <sup>2</sup>	Συντελεστής θερμοπερατότητας W/m <sup>2</sup> K	Τοποθέτηση μάζας	Πρωτεύον υλικό	Δευτερεύον υλικό	Κατηγορία δομικού υλικού	Για την ώρα μέγιστου φορτίου:			
									CLTD	CLTD <sub>corr</sub>	Αισθητό	Λανθάνον
-	-	-	-	-	-	-	-	-	K	K	W	W
W1	T	N	9,08	0,698	Εσωτερικά	C4	Κονίαμα	5	17,0	16,1	102,0	
W2												
W3												
W4												
W5												
W6												
W7												
W8												
W9												
W10												
W11												
W12												

a/a	Σύντομη ονομασία	Προσανατολισμός	Επιφάνεια m <sup>2</sup>	Συντελεστής θερμοπερατότητας W/m <sup>2</sup> K	Κατηγορία εσωτερικής τοιχοποιίας για προσδιορισμό του τύπου ζώνης στην ακτινοβολία μέσω παραθύρων:	Για την ώρα μέγιστου φορτίου:			
						CLTD	CLTD <sub>corr</sub>	Αισθητό	Λανθάνον
-	-	-	-	-	-	K	K	W	W
F1	F1	N	1,84	3,024	D	8,0	7,1	39,5	
F2									
F3									
F4									
F5									

a/a	Σύντομη ονομασία	Προσανατολισμός	Επιφάνεια m <sup>2</sup>	Συντελεστής θερμοπερατότητας W/m <sup>2</sup> K	Τοποθέτηση μάζας	Υλικό οροφής	Υγραξη ψευδοροφής	Κατηγορία δομικού υλικού	Για την ώρα μέγιστου φορτίου:			
									CLTD	CLTD <sub>corr</sub>	Αισθητό	Λανθάνον
-	-	-	-	-	-	-	-	-	K	K	W	W
D1	D	-	15,02	0,465	Εξωτερικά	C12	Ναι	13	21,0	20,1	140,4	
D2												

**2. Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου από ακτινοβολία μέσω παραθύρων**

a/a	Σύντομη ονομασία	Προσανατολισμός	Επιφάνεια m <sup>2</sup>	Συντελεστής φωτισκίας	Κατηγορία εσωτερικής τοιχοποιίας για προσδιορισμό του τύπου ζώνης στην ακτινοβολία μέσω παραθύρων:	Για την ώρα μέγιστου φορτίου:		
						SCL	Αισθητό	Λανθάνον
-	-	-	-	-	-	-	W	W
F1	F1	N	1,84	0,55	D	164,00	166,0	
F2								
F3								
F4								
F5								

**3. Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου από άτομα, φωτιστικά σώματα, συσκευές.**

Λειτουργία του συστήματος ψύξης - κλιματισμού:									
Κατηγορία εσωτερικής τοιχοποιίας για άτομα:									
<b>Διακοπόμενη λειτουργία, CLF=1</b>									
D									
Δραστηριότητα	Αριθμός ατόμων	Ώρα προσέλευσ.	Διάρκεια παραμονής h	Φορτίο ανά άτομο		Για την ώρα μέγιστου φορτίου:			
				Αισθητό W	Λανθάνον W	CLF <sub>p</sub>	Αισθητό W	Λανθάνον W	
-	-	-	-	70	45	-	W	W	
Εργασία γραφείου	4	8	8	70	45	1,00	280,0	180,0	
Κατηγορία εσωτερικής τοιχοποιίας για φωτιστικά σώματα:									
D									
Φωτιστικά σώματα	Συνολική ισχύς W	Ώρα έναυσης	Διάρκεια έναυσης h	Συντελεστής χρησιμ./σης	Ειδικός συντελεστής	Για την ώρα μέγιστου φορτίου:			
						CLF <sub>L</sub>	Αισθητό W	Λανθάνον W	
-	-	-	-	-	-	-	W	W	
Γενικός φωτισμός	200	8	8	1,00	1,20	1,00	240,0		
Κατηγορία εσωτερικής τοιχοποιίας για συσκευές:									
D									
Ισχύς κινητήρων και συσκευών στον εξεταζόμενο χώρο	Συνολική ισχύς W	Ώρα έναυσης	Διάρκεια έναυσης h	Για την ώρα μέγιστου φορτίου:					
				CLF <sub>E</sub>	Αισθητό W	Λανθάνον W			
-	-	-	-	-	W	W			
Εξοπλισμός γραφείου	400	8	8	1,00	400,0				

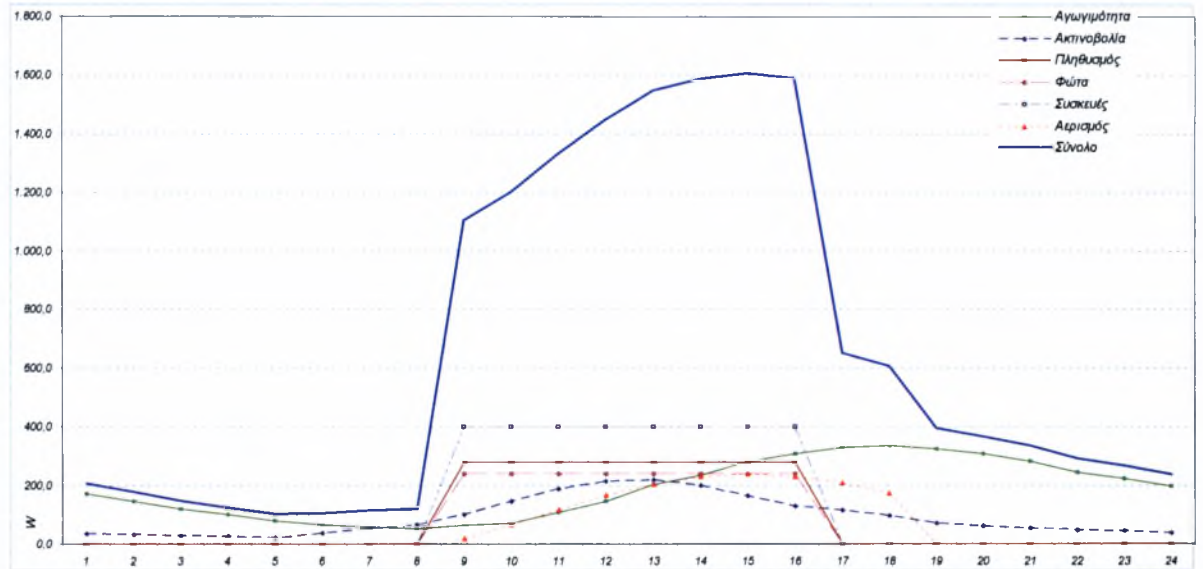
4. Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου από αερισμό.

Μεγέθη: Πυκνότητα αέρα:  $\rho = 1,20 \text{ kg/m}^3$  Για τις συνθήκες του χώρου:  
 Θερμότητα εξάτμισης νερού:  $r = 2.501,5 \text{ kJ/kg}$  Τόση σημών του νερού:  $P_w = 33,60 \text{ mbar}$   
 Ειδική θερμοχωρητικότητα:  $c = 1,007 \text{ kJ/kgK}$  Περιεκτικότητα σε νερό του μίγματος:  $x_w = 0,0095 \text{ kg H}_2\text{O/Kg αέρα}$

Παροχή όγκου $\text{m}^3/\text{h}$	Ωρα αρχής λειτουργίας	Διάρκεια λειτουργίας h	Υπαρξη αισθητού ανάκτησης θερμότητας	Ποσοστό ανάκτησης ενθαλπίας %	Για την ώρα μεγίστου φορτίου:				
					Παροχή $\text{m}^3/\text{h}$	$\Delta t$ K	$\Delta x$ $\text{kg H}_2\text{O/Kg}$	Αισθητό W	Λανθάνον W
84	8	10	Όχι		84	8,5	0,005	240	368

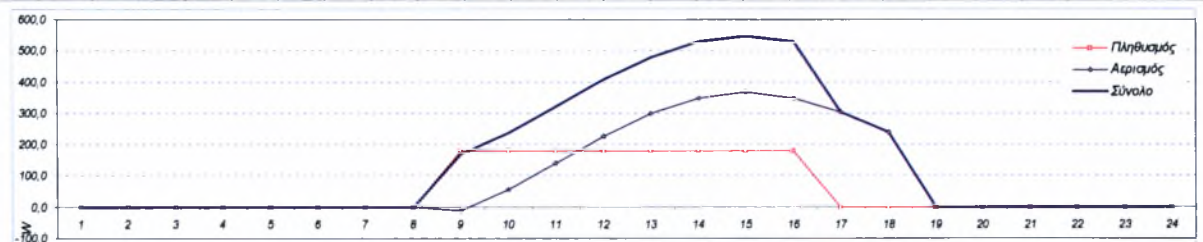
Συγκεντρωτικός πίνακας ψυκτικών φορτίων, αισθητής μορφής.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Αγωγιμότητα	172	146	121	101	80	67	60	52	64	70	107	146	203	236	282	309	330	337	325	308	283	244	224	199
Ακτινοβολία	35	32	28	25	22	38	55	67	102	147	188	214	220	200	166	131	114	96	70	61	55	48	45	38
Πληθυσμός									280	280	280	280	280	280	280	280								
Φώτα									240	240	240	240	240	240	240	240								
Συσκευές									400	400	400	400	400	400	400	400								
Αερισμός									19	66	119	168	206	230	240	230	209	175						
Σύνολο	207	178	148	126	103	105	115	119	1.106	1.202	1.334	1.448	1.549	1.587	1.608	1.589	653	608	395	369	337	292	268	237



Συγκεντρωτικός πίνακας ψυκτικών φορτίων, λανθάνουσας μορφής.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Πληθυσμός									180	180	180	180	180	180	180	180								
Αερισμός									-11	57	141	228	299	349	368	349	305	239						
Σύνολο									169	237	321	408	479	529	548	529	305	239						



**Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων**

Αντικείμενο:	Κτίριο γραφείων	Φύλλο:	4
Ιδιοκτήτης:	Πολυζώης	Χώρος	
Διεύθυνση Κτίσματος:	Σίνδος	υπολογισμού:	Ισόγειο / Γραφείο 4
Μελετητής:	Χριστόφορος Λαζαρίδης		
Γενικά στοιχεία χώρου:	Εσωτερική θερμοκρασία, t: <b>26,0°C</b> Μέση θερμ. περιβάλλοντος, t <sub>0</sub> : <b>29,0°C</b> Ημερήσια διακύμανση, DR: <b>11,0 K</b>	Σχετική υγρασία εσωτ. αέρα, φ <sub>i</sub> : Σχετική υγρασία εξωτ. αέρα, φ <sub>e</sub> : Ώρα μέγιστου φορτίου:	<b>45 %</b> <b>43 %</b> <b>15 :00</b>
			Q <sub>ασθ</sub> = <b>1.508 W</b> Q <sub>κλιεθ</sub> = <b>489 W</b> Q <sub>πρω</sub> = <b>1.997 W</b>

**1. Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου μέσω ανωγιμότητας από δομικά υλικά.**

a/a	Σύντομη αναμείαση	Προσανατολισμός	Επιφάνεια	Συντελεστής θερμοπερατότητας	Τοποθέτηση μάζας	Πρωτεύον υλικό	Δευτερεύον υλικό	Κατηγορία δομικού υλικού	Για την ώρα μέγιστου φορτίου:			
									CLTD	CLTD <sub>corr</sub>	Αισθητό	Λανθάνον
-	-	-	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> K	-	-	-	-	K	K	W	W
W1	T	N	9,92	0,698	Εσωτερικά	C4	Κονίαμα	5	17,0	16,1	111,4	
W2												
W3												
W4												
W5												
W6												
W7												
W8												
W9												
W10												
W11												
W12												

a/a	Σύντομη αναμείαση	Προσανατολισμός	Επιφάνεια	Συντελεστής θερμοπερατότητας	Τοποθέτηση μάζας	Υλικό οροφής	Υπαρξη ψευδοροφής	Κατηγορία δομικού υλικού	Για την ώρα μέγιστου φορτίου:			
									CLTD	CLTD <sub>corr</sub>	Αισθητό	Λανθάνον
-	-	-	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> K	-	-	-	-	K	K	W	W
F1	F1	N	1,84	3,024					8,0	7,1	39,5	
F2												
F3												
F4												
F5												

a/a	Σύντομη αναμείαση	Προσανατολισμός	Επιφάνεια	Συντελεστής θερμοπερατότητας	Τοποθέτηση μάζας	Υλικό οροφής	Υπαρξη ψευδοροφής	Κατηγορία δομικού υλικού	Για την ώρα μέγιστου φορτίου:			
									CLTD	CLTD <sub>corr</sub>	Αισθητό	Λανθάνον
-	-	-	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> K	-	-	-	-	K	K	W	W
D1	D	-	16,17	0,465	Εξωτερικά	C12	Ναι	13	21,0	20,1	151,2	
D2												

**2. Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου από ακτινοβολία μέσω παραθύρων**

a/a	Σύντομη αναμείαση	Προσανατολισμός	Επιφάνεια	Συντελεστής φωτοσκίασης	Κατηγορία εσωτερικής τοιχοποιίας για προσδιορισμό του τύπου ζώνης στην ακτινοβολία μέσω παραθύρων:	Κατηγορία δομικού υλικού	Για την ώρα μέγιστου φορτίου:		
							SCL	Αισθητό	Λανθάνον
-	-	-	m <sup>2</sup>	-				W	W
F1	F1	N	1,84	0,55		D	164,00	166,0	
F2									
F3									
F4									
F5									

**3. Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου από άτομα, φωτιστικά σώματα, συσκευές.**

Λειτουργία του συστήματος ψύξης - κλιματισμού:

**Διακοπόμενη λειτουργία, CLF=1**

Κατηγορία εσωτερικής τοιχοποιίας για άτομα:

Δραστηριότητα	Αριθμός ατόμων	Ώρα προσέλευσ.	Διάρκεια παραμονής h	Φορτία ανά άτομο		Για την ώρα μέγιστου φορτίου:		
				Αισθητό W	Λανθάνον W	CLF <sub>p</sub>	Αισθητό W	Λανθάνον W
-	-	-	-	-	-	-	W	W
Εργασία γραφείου	2	8	8	70	45	1,00	140,0	90,0

Κατηγορία εσωτερικής τοιχοποιίας για φωτιστικά σώματα:

Φωτιστικά σώματα	Συνολική ισχύς W	Ώρα έναυσης	Διάρκεια έναυσης h	Συντελεστής χρησιμ/σης	Ειδικός συντελεστής	Για την ώρα μέγιστου φορτίου:		
						CLF <sub>L</sub>	Αισθητό W	Λανθάνον W
-	-	-	-	-	-	-	W	W
Γενικός φωτισμός	200	8	8	1,00	1,20	1,00	240,0	

Κατηγορία εσωτερικής τοιχοποιίας για συσκευές:

Ισχύς κινητήρων και συσκευών στον εξεταζόμενο χώρο	Συνολική ισχύς W	Ώρα έναυσης	Διάρκεια έναυσης h	Για την ώρα μέγιστου φορτίου:		
				CLF <sub>E</sub>	Αισθητό W	Λανθάνον W
-	-	-	-	-	W	W
Εξοπλισμός γραφείου	400	8	8	1,00	400,0	

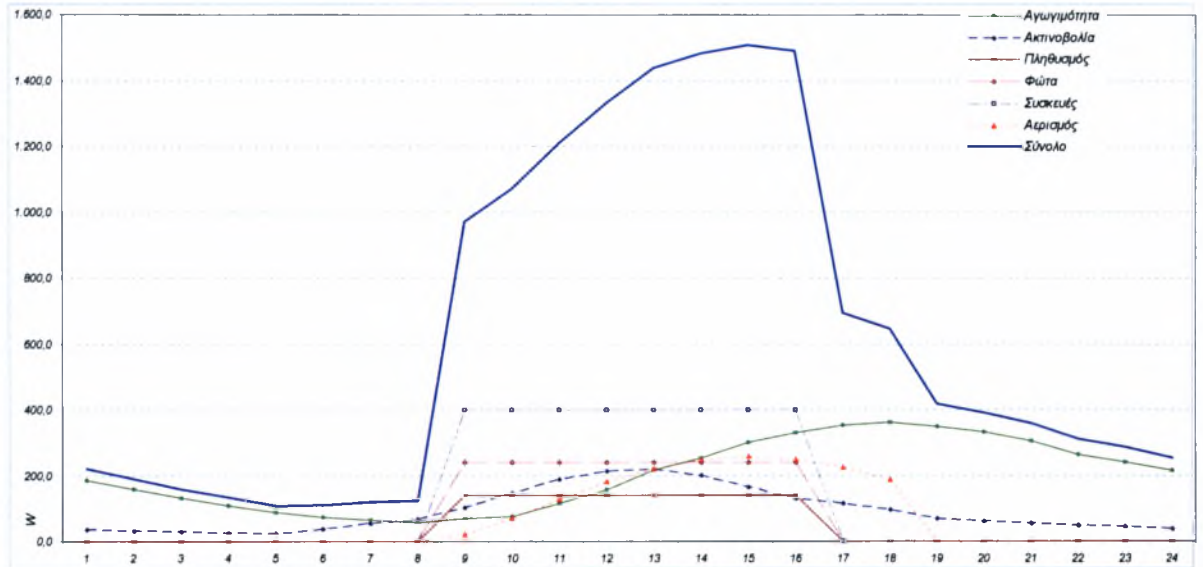
4. Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου από αερισμό.

Μενέβη: Πυκνότητα αέρα:  $\rho = 1,20 \text{ kg/m}^3$  Για τις συνθήκες του χώρου:  
 Θερμότητα εξάτμισης νερού:  $r = 2.501,5 \text{ kJ/kg}$  Τάση ατμών του νερού:  $P_s = 33,60 \text{ mbar}$   
 Ειδική θερμοχωρητικότητα:  $c = 1,007 \text{ kJ/kgK}$  Περστικότητα σε νερό του μίγματος:  $x_w = 0,0095$  Ια Η<sub>2</sub>O/Kg αέρα

Παροχή όγκου m <sup>3</sup> /h	Ώρα αρχής λειτουργίας	Διάρκεια λειτουργίας h	Υπαρξη συστήματος ανάκτησης θερμότητας	Ποσοστό ανάκτησης ενθαλπίας %	Για την ώρα μεγίστου φορτίου:				
					Παροχή m <sup>3</sup> /h	Δt K	Δx kg H <sub>2</sub> O/Kg	Αισθητό W	Λανθάνον W
91	8	10	Όχι		91	8,5	0,005	260	399

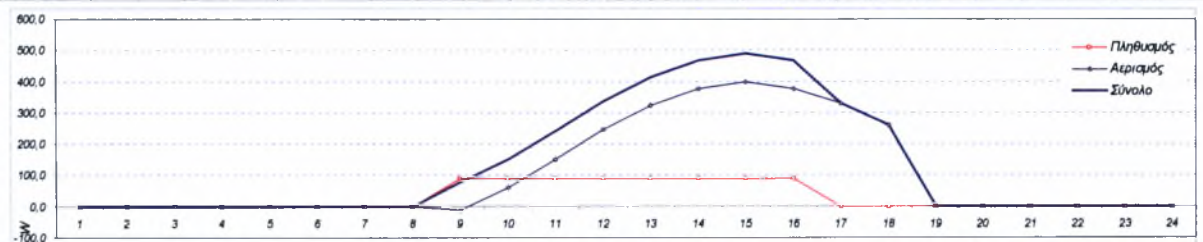
Συγκεντρωτικός πίνακας ψυκτικών φορτίων, αισθητής μορφής.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Αγωγιμότητα	186	158	131	109	87	73	65	57	69	75	115	156	217	253	302	331	355	362	350	332	305	264	242	215
Ακτινοβολία	35	32	28	25	22	38	55	67	102	147	188	214	220	200	166	131	114	96	70	61	55	48	45	38
Πληθυσμός									140	140	140	140	140	140	140	140								
Φώτα									240	240	240	240	240	240	240	240								
Συσκευές									400	400	400	400	400	400	400	400								
Αερισμός									21	71	129	182	223	250	260	250	226	189						
Σύνολο	221	191	160	135	110	111	120	123	972	1.073	1.212	1.332	1.440	1.483	1.508	1.491	695	648	420	393	360	311	286	253



Συγκεντρωτικός πίνακας ψυκτικών φορτίων, λανθάνουσας μορφής.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Πληθυσμός									90	90	90	90	90	90	90	90								
Αερισμός									-12	62	153	247	324	378	399	378	330	259						
Σύνολο									78	152	243	337	414	468	489	468	330	259						



**Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων**

Αντικείμενο:	Κτίριο γραφείων	Φύλλο:	5
Ιδιοκτήτης:	Πολυζώης	Χώρος Ισογείο / Γραφεία 5-	
Διεύθυνση Κτίσματος:	Σίνδος	υπολογισμού:	8
Μελετητής:	Χριστόφορος Λαζαρίδης		
Γενικά στοιχεία χώρου:	Εσωτερική θερμοκρασία, t <sub>i</sub> : <b>26,0°C</b> Μέση θερμ. περιβάλλοντος, t <sub>p</sub> : <b>29,0°C</b> Ημερήσια διακύμανση, DR: <b>11,0 K</b>	Σχετική υγρασία εσωτ. αέρα, φ <sub>i</sub> : Σχετική υγρασία εξωτ. αέρα, φ <sub>e</sub> : Ώρα μεγίστου φορτίου:	<b>45 %</b> <b>43 %</b> <b>15 :00</b>
		Q <sub>ασθ</sub> =	1.174 W
		Q <sub>λανθ</sub> =	342 W
		Q <sub>max</sub> =	1.516 W

**1. Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου μέσω ανωνιμότητας από δομικά υλικά.**

a/a	Σύντομη ονομασία	Προσανατολισμός	Επιφάνεια m <sup>2</sup>	Συντελεστής θερμοπερατότητας W/m <sup>2</sup> K	Τοποθέτηση μάζας	Πρωτεύον υλικό	Δευτερεύον υλικό	Κατηγορία δομικού υλικού	Για την ώρα μεγίστου φορτίου:			
									CLTD	CLTD <sub>corr</sub>	Αισθητό	Λανθάνον
-	-	-	-	-	-	-	-	-	K	K	W	W
W1	T	B	8,24	0,698	Εσωτερικά	C4	Κονίαμα	5	9,0	8,1	46,6	
W2												
W3												
W4												
W5												
W6												
W7												
W8												
W9												
W10												
W11												
W12												

a/a	Σύντομη ονομασία	Προσανατολισμός	Επιφάνεια m <sup>2</sup>	Συντελεστής θερμοπερατότητας W/m <sup>2</sup> K	Τοποθέτηση μάζας	Υλικό οραφής	Υπαρξη ψευδοραφής	Κατηγορία δομικού υλικού	Για την ώρα μεγίστου φορτίου:			
									CLTD	CLTD <sub>corr</sub>	Αισθητό	Λανθάνον
-	-	-	-	-	-	-	-	-	K	K	W	W
F1	F1	B	1,84	3,024					8,0	7,1	39,5	
F2												
F3												
F4												
F5												

a/a	Σύντομη ονομασία	Προσανατολισμός	Επιφάνεια m <sup>2</sup>	Συντελεστής θερμοπερατότητας W/m <sup>2</sup> K	Τοποθέτηση μάζας	Υλικό οραφής	Υπαρξη ψευδοραφής	Κατηγορία δομικού υλικού	Για την ώρα μεγίστου φορτίου:			
									CLTD	CLTD <sub>corr</sub>	Αισθητό	Λανθάνον
-	-	-	-	-	-	-	-	-	K	K	W	W
D1	D	-	13,86	0,465	Εξωτερικά	C12	Ναι	13	21,0	20,1	129,6	
D2												

**2. Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου από ακτινοβολία μέσω παραθύρων**

a/a	Σύντομη ονομασία	Προσανατολισμός	Επιφάνεια m <sup>2</sup>	Συντελεστής φωτασκίασης	Κατηγορία εσωτερικής τοιχοποιίας για προσδιορισμό του τύπου ζώνης στην ακτινοβολία μέσω παραθύρων:	D	Για την ώρα μεγίστου φορτίου:		
							SCL	Αισθητό	Λανθάνον
-	-	-	-	-					
F1	F1	B	1,84	0,55			95,00	W	96,1
F2									
F3									
F4									
F5									

**3. Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου από άτομα, φωτιστικά σώματα, συσκευές.**

Λειτουργία του συστήματος ψύξης - κλιματισμού:

**Διακοπτόμενη λειτουργία, CLF=1**

Κατηγορία εσωτερικής τοιχοποιίας για άτομο:

Δραστηριότητα	Αριθμός ατόμων	Ώρα προσέλευσ.	Διάρκεια παραμονής h	Φορτία ανά άτομο		Για την ώρα μεγίστου φορτίου:		
				Αισθητό W	Λανθάνον W	CLF <sub>P</sub>	Αισθητό W	Λανθάνον W
-	-	-	-	-	-	-	-	-
Εργασία γραφείου	2	8	2	70	45			

Κατηγορία εσωτερικής τοιχοποιίας για φωτιστικά σώματα:

Φωτιστικά σώματα	Συνολική ισχύς W	Ώρα έναυσης	Διάρκεια έναυσης h	Συντελεστής χρησιμ/σης	Ειδικός συντελεστής	Για την ώρα μεγίστου φορτίου:		
						CLF <sub>L</sub>	Αισθητό W	Λανθάνον W
-	-	-	-	-	-	-	-	-
Γενικός φωτισμός	200	8	8	1,00	1,20	1,00	240,0	

Κατηγορία εσωτερικής τοιχοποιίας για συσκευές:

Ισχύς κινητήρων και συσκευών στον εξεταζόμενο χώρο	Συνολική ισχύς W	Ώρα έναυσης	Διάρκεια έναυσης h	Για την ώρα μεγίστου φορτίου:		
				CLF <sub>E</sub>	Αισθητό W	Λανθάνον W
-	-	-	-	-	-	-
Εξοπλισμός γραφείου	400	8	8	1,00	400,0	

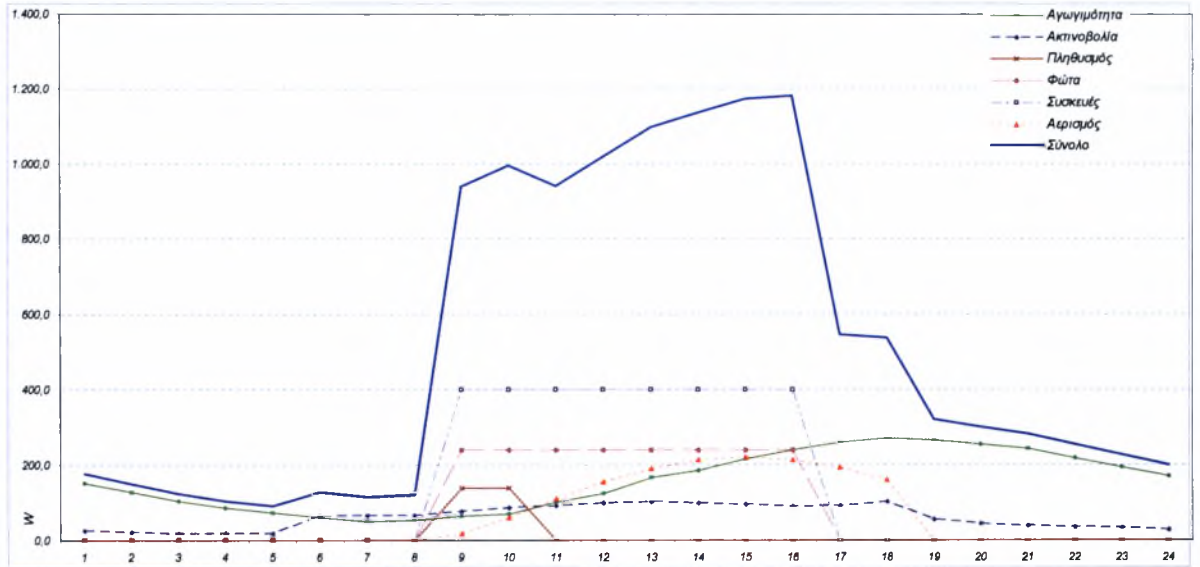
4. Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου από αερισμό.

Μεγέθη: Πυκνότητα αέρα:  $\rho = 1,20 \text{ kg/m}^3$  Για τις συνθήκες του χώρου:  
 Θερμότητα εξάτμισης νερού:  $r = 2.501,5 \text{ kJ/kg}$  Τάση ατμών του νερού:  $P_a = 33,60 \text{ mbar}$   
 Ειδική θερμοχωρητικότητα:  $c = 1,007 \text{ kJ/kgK}$  Περιεκτικότητα σε νερό του μίγματος:  $x_s = 0,0095 \text{ kg H}_2\text{O/Kg αέρα}$

Παροχή όγκου $\text{m}^3/\text{h}$	Ώρα αρχής λειτουργίας	Διάρκεια λειτουργίας h	Υπαρξη αισθητός ανάκτησης θερμότητας	Ποσοστό ανάκτησης ενθαλπίας %	Για την ώρα μεγίστου φορτίου:				
					Παροχή $\text{m}^3/\text{h}$	$\Delta t$ K	$\Delta x$ kg H <sub>2</sub> O/Kg	Αισθητό W	Λανθάνον W
78	8	10	Όχι		78	8,5	0,005	223	342

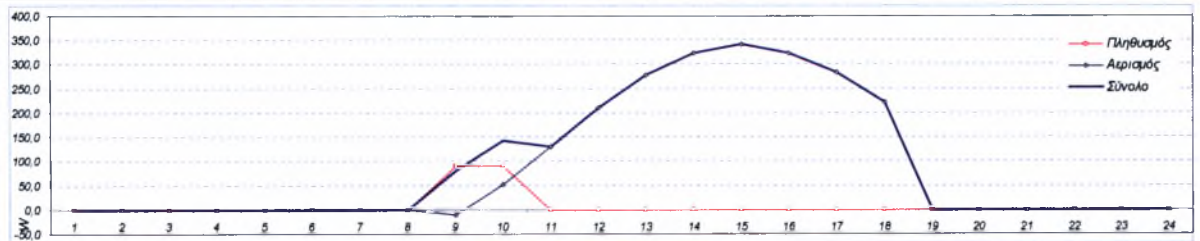
Συγκεντρωτικός πίνακας ψυκτικών φορτίων, αισθητής μορφής.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Αγωγιμότητα	152	128	105	86	73	61	49	54	65	70	100	124	166	185	216	240	260	272	266	255	243	219	194	171
Ακτινοβολία	25	22	19	19	19	67	67	67	77	86	92	99	102	99	96	89	92	102	55	45	38	35	32	28
Πληθυσμός									140	140														
Φώτα									240	240	240	240	240	240	240	240								
Συσκευές									400	400	400	400	400	400	400	400								
Αερισμός									18	61	110	156	191	214	223	214	194	162						
Σύνολο	178	150	124	105	92	128	115	120	940	998	943	1.020	1.099	1.138	1.174	1.183	545	536	321	300	282	254	227	199



Συγκεντρωτικός πίνακας ψυκτικών φορτίων, λανθάνουσας μορφής.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Πληθυσμός									90	90														
Αερισμός									-10	53	131	212	278	324	342	324	283	222						
Σύνολο									80	143	131	212	278	324	342	324	283	222						





**Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων**

Αντικείμενο:	Κτίριο γραφείων	Φύλλο:	6
Ιδιοκτήτης:	Πολυζώης	Χώρος:	
Διεύθυνση Κτίσματος:	Σίνδος	υπολογισμού:	Ισόγειο / Κουζίνα
Μελετητής:	Χριστόφορος Λαζαρίδης		
Γενικά στοιχεία χώρου:	Εσωτερική θερμοκρασία, $t_i$ : <b>26,0°C</b>	Σχετική υγρασία εσωτ. αέρα, $\phi_i$ :	<b>45 %</b>
	Μέση θερμ. περιβάλλοντος, $t_o$ : <b>29,0°C</b>	Σχετική υγρασία εξωτ. αέρα, $\phi_o$ :	<b>43 %</b>
	Ημερήσια διακύμανση, DR: <b>11,0 K</b>	Ώρα μεγίστου φορτίου:	<b>15 :00</b>
		$Q_{\text{ασθ}} =$	<b>2.189 W</b>
		$Q_{\text{λανθ}} =$	<b>519 W</b>
		$Q_{\text{συν}} =$	<b>2.708 W</b>

**1. Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου μέσω ανωγιμότητας από δομικά υλικά**

a/a	Σύντομη ονομασία	Προσανατολισμός	Επιφάνεια	Συντελεστής θερμοπερατότητας	Τοποθέτηση μάζας	Πρωτεύον υλικό	Δευτερεύον υλικό	Κατηγορία δομικού υλικού	Για την ώρα μεγίστου φορτίου:			
									CLTD	CLTD <sub>συντ</sub>	Αισθητό	Λανθάνον
-	-	-	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> K	-	-	-	-	K	K	W	W
W1	T	B	4,60	0,698	Εσωτερικά	C4	Κονίαμα	5	9,0	8,1	26,0	
W2												
W3												
W4												
W5												
W6												
W7												
W8												
W9												
W10												
W11												
W12												

a/a	Σύντομη ονομασία	Προσανατολισμός	Επιφάνεια	Συντελεστής θερμοπερατότητας	Κατηγορία δομικού υλικού	Για την ώρα μεγίστου φορτίου:			
						CLTD	CLTD <sub>συντ</sub>	Αισθητό	Λανθάνον
-	-	-	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> K	-	K	K	W	W
F1	F1	B	0,72	3,024		8,0	7,1	15,5	
F2									
F3									
F4									
F5									

a/a	Σύντομη ονομασία	Προσανατολισμός	Επιφάνεια	Συντελεστής θερμοπερατότητας	Τοποθέτηση μάζας	Υλικό οροφής	Υπαρξη ψευδοροφής	Κατηγορία δομικού υλικού	Για την ώρα μεγίστου φορτίου:			
									CLTD	CLTD <sub>συντ</sub>	Αισθητό	Λανθάνον
-	-	-	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> K	-	-	-	-	K	K	W	W
D1	D	-	7,32	0,465	Εξωτερικά	C12	Ναι	13	21,0	20,1	68,4	
D2												

**2. Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου από ακτινοβολία μέσω παραθύρων**

a/a	Σύντομη ονομασία	Προσανατολισμός	Επιφάνεια	Συντελεστής φωτιστικής	Κατηγορία εσωτερικής τοιχοποιίας για προσδιορισμό του τύπου ζώνης στην ακτινοβολία μέσω παραθύρων:	Κατηγορία δομικού υλικού	Για την ώρα μεγίστου φορτίου:		
							SCL	Αισθητό	Λανθάνον
-	-	-	m <sup>2</sup>	-		D	-	W	W
F1	F1	B	0,72	0,95			95,00	65,0	
F2									
F3									
F4									
F5									

**3. Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου από άτομα, φωτιστικά σώματα, συσκευές.**

Λειτουργία του συστήματος ψύξης - κλιματισμού:									
Κατηγορία εσωτερικής τοιχοποιίας για άτομα:									
<b>D</b>									
Δραστηριότητα	Αριθμός ατόμων	Ώρα προσέλευσ.	Διάρκεια παραμονής h	Φορτίο ανά άτομο	Αισθητό	Λανθάνον	CLF <sub>p</sub>	Αισθητό	Λανθάνον
-	-	-	-	W	W	W	-	W	W
Στατική εργασία	2	8	8	80	80	80	1,00	160,0	160,0
Κατηγορία εσωτερικής τοιχοποιίας για φωτιστικά σώματα:									
<b>D</b>									
Φωτιστικά σώματα	Συνολική ισχύς W	Ώρα έναυσης	Διάρκεια έναυσης h	Συντελεστής χρησιμο/σης	Ειδικός συντελεστής	CLF <sub>L</sub>	Αισθητό	Λανθάνον	W
-	-	-	-	-	-	-	W	W	W
Γενικός φωτισμός	100	8	8	1,00	1,20	1,00	120,0	120,0	
Κατηγορία εσωτερικής τοιχοποιίας για συσκευές:									
<b>D</b>									
Ισχύς κινητήρων και συσκευών στον εξεταζόμενο χώρο	Συνολική ισχύς W	Ώρα έναυσης	Διάρκεια έναυσης h	CLF <sub>E</sub>	Αισθητό	Λανθάνον	W	W	W
-	-	-	-	-	-	-	W	W	W
Εξοπλισμός κουζίνας	1500	8	8	1,00	1.500,0				

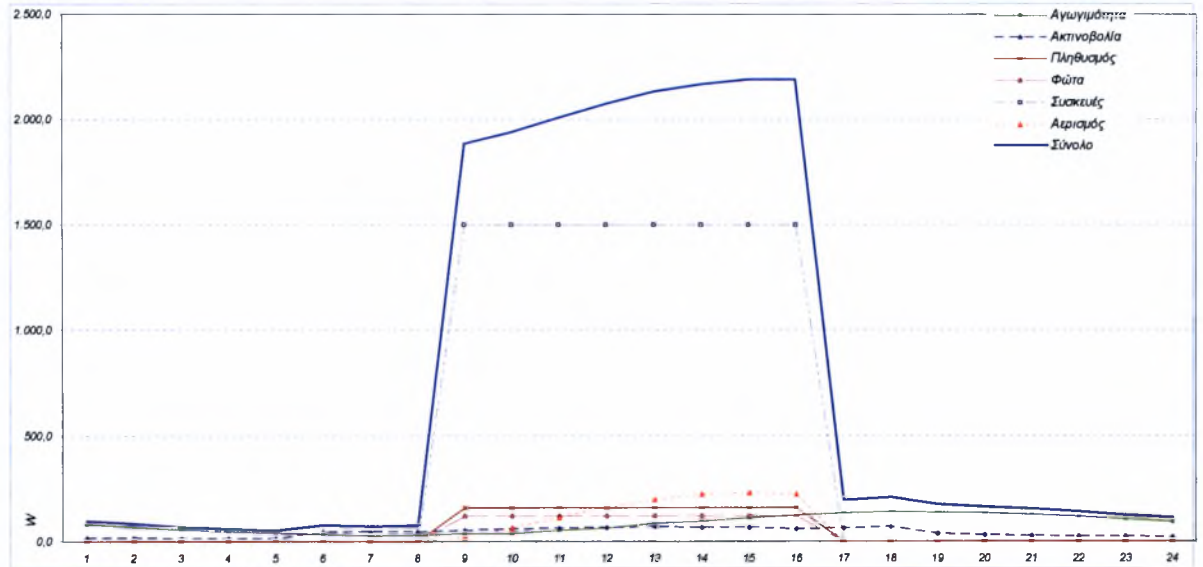
4. Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου από αερισμό.

Μεγέθη: Πυκνότητα αέρα:  $\rho = 1,20 \text{ kg/m}^3$  Για τις συνθήκες του χώρου:  
 Θερμότητα εξάτμισης νερού:  $r = 2.501,5 \text{ kJ/kg}$  Τάση ατμών του νερού:  $P_a = 33,60 \text{ mbar}$   
 Ειδική θερμοχωρητικότητα:  $c = 1,007 \text{ kJ/kgK}$  Περεκτικότητα σε νερό του μίγματος:  $x_w = 0,0095 \text{ kg H}_2\text{O/Kg αέρα}$

Παροχή όγκου $\text{m}^3/\text{h}$	Ώρα αρχής λειτουργίας	Διάρκεια λειτουργίας h	Υπαρξη αισθητού ανάκτησης θερμότητας	Ποσοστό ανάκτησης ενθαλπίας %	Για την ώρα μεγίστου φορτίου:				
					Παροχή $\text{m}^3/\text{h}$	$\Delta t$ K	$\Delta x$ kg $\text{H}_2\text{O}/\text{Kg}$	Αισθητό W	Λανθάνον W
82	8	8	Όχι		82	8,5	0,005	234	359

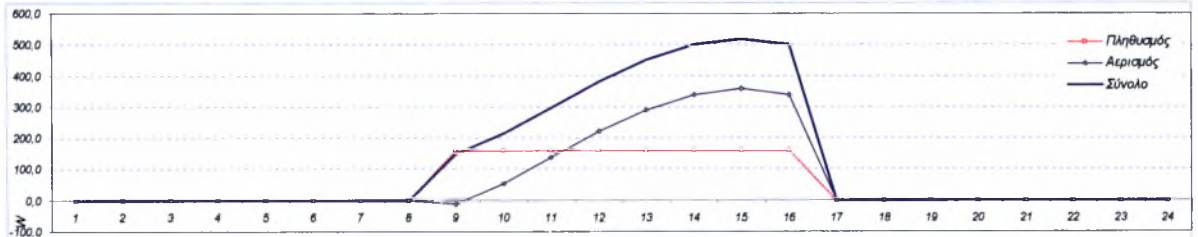
Συγκεντρωτικός πίνακας ψυκτικών φορτίων, αισθητής μορφής.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Αγωγιμότητα	81	69	57	47	40	34	27	29	35	37	51	63	84	94	110	123	134	141	139	134	129	117	103	91
Ακτινοβολία	17	15	13	13	13	45	45	45	52	58	62	67	69	67	65	60	62	69	37	30	26	24	22	19
Πληθυσμός									160	160	160	160	160	160	160	160								
Φώτα									120	120	120	120	120	120	120	120								
Συσκευές									1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500								
Αερισμός									19	64	116	164	201	225	234	225								
Σύνολο	99	84	70	60	53	79	72	74	1.886	1.939	2.009	2.075	2.134	2.166	2.189	2.188	197	210	176	165	155	141	125	111



Συγκεντρωτικός πίνακας ψυκτικών φορτίων, λανθάνουσας μορφής.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Πληθυσμός									160	160	160	160	160	160	160	160								
Αερισμός									-11	55	138	222	292	340	359	340								
Σύνολο									149	215	298	382	452	500	519	500								



Συγκεντρωτικός πίνακας ψυκτικών φορτίων ψύκτη

Αντικείμενο: Κτίριο γραφείων  
 Δοκίμητης: Πολυζωής  
 Διεύθυνση Κτίριματος: Σίνδος  
 Μελετητής: Χακισσοπούλου Λαζαράκης

Όσο μεγάλου φορτίου: 15:00 Τιμή μεγάλου ψυκτικού φορτίου:

26.219 W

Συγκεντρωτικός πίνακας ψυκτικών φορτίων, ασθενής μορφή, ανά φύλλο υπολογισμού.

Φύλλο	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Όσο μέγα
1	678	682	615	564	540	1.536	2.094	2.365	3.040	2.670	2.680	2.460	2.140	2.083	2.701	2.652	1.600	1.538	1.315	1.159	1.077	978	873	712	1
2	371	265	218	183	151	314	460	530	1.428	1.517	1.615	1.705	1.811	1.848	1.860	1.808	99	92	69	58	54	46	42	303	1
3	207	178	149	126	103	105	115	119	1.106	1.202	1.314	1.448	1.548	1.608	1.608	1.500	63	68	395	362	337	291	268	237	4
4	271	191	160	135	110	111	120	123	972	1.073	1.212	1.332	1.440	1.483	1.508	1.461	695	648	400	393	360	311	286	251	1
5	178	150	124	105	92	108	115	128	940	940	1.000	1.099	1.224	1.308	1.374	1.383	545	538	321	300	280	254	227	196	4
6	99	84	70	60	53	79	72	74	1.886	1.979	2.065	2.075	2.134	2.166	2.189	2.188	157	209	174	165	155	141	125	111	1
7	185	165	155	134	114	103	93	83	111	100	277	300	456	512	557	583	562	503	267	267	259	248	216	206	1
8																									
9																									
10																									
11																									
12																									
13																									
14																									
15																									
16																									
17																									
18																									
19																									
20																									
21																									
22																									
23																									
24																									
25																									
26																									
27																									
28																									
29																									

3.006	2.707	2.310	2.100	1.750	1.666	3.750	4.125	15.016	16.379	16.907	17.898	19.072	19.942	19.942	19.942	19.942	8.528	8.446	5.370	5.253	4.838	4.386	3.854	3.796
Συνολικό ασθενή φορτίο εξεταζόμενων χώρων																								

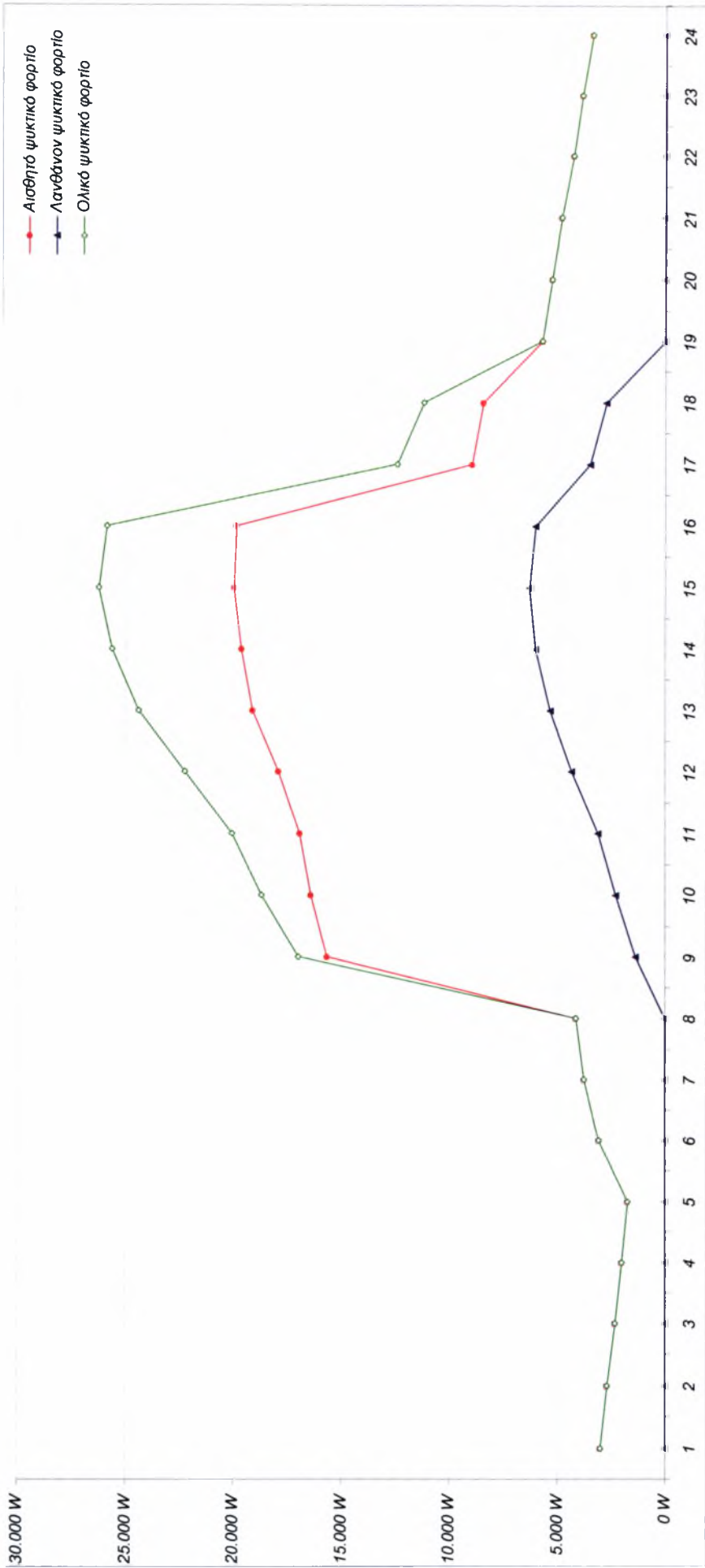
Συγκεντρωτικός πίνακας ψυκτικών φορτίων, λανθάνουσας μορφής, ανά φύλλο υπολογισμού.																								
Φύλλο	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1									73	179	311	448	560	638	668	638								
2									78	154	248	345	424	480	502	480	341	268						
3									169	237	321	408	479	529	548	529	305	239						
4									78	152	243	337	414	468	489	468	330	259						
5									80	143	131	212	278	324	342	324	283	222						
6									149	215	298	382	462	500	519	500								
7									-16	83	206	334	438	510	539	510	447	351						
8																								
9																								
10																								
11																								
12																								
13																								
14																								
15																								
16																								
17																								
18																								
19																								
20																								
21																								
22																								
23																								
24																								
25																								
26																								
27																								
28																								
29																								
									Συνολικό λανθάνον φορτίο εξεταζομένων χώρων															
									1.359	2.301	3.113	4.324	5.313	6.006	6.277	6.006	3.471	2.775						

Ολικό ψικτικό φορτίο, ανά φύλλο υπολογισμού.

Φύλλο	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	639	682	615	564	543	1.506	2.084	2.365	3.115	3.049	2.998	2.994	3.199	3.321	3.369	3.290	1.680	1.558	1.315	1.159	1.037	928	823	712	
2	321	265	218	183	151	334	460	532	1.500	1.670	1.862	2.050	2.235	2.328	2.362	2.308	1.340	1.200	659	596	534	466	422	363	
3	207	178	149	126	103	105	115	119	1.275	1.439	1.655	1.856	2.027	2.116	2.156	2.118	958	847	395	369	337	292	268	237	
4	221	191	160	135	110	111	120	123	1.051	1.224	1.454	1.669	1.853	1.951	1.997	1.959	1.026	907	420	393	360	311	286	253	
5	178	150	124	105	92	128	115	120	1.020	1.140	1.073	1.231	1.377	1.462	1.516	1.507	829	758	321	300	282	254	227	199	
6	99	84	70	60	53	79	72	74	2.035	2.155	2.307	2.457	2.586	2.667	2.708	2.689	197	210	176	165	155	141	125	111	
7	185	165	155	134	114	103	93	83	95	263	484	704	893	1.023	1.096	1.074	1.009	873	267	267	257	236	216	206	
8																									
9																									
10																									
11																									
12																									
13																									
14																									
15																									
16																									
17																									
18																									
19																									
20																									
21																									
22																									
23																									
24																									
25																									
26																									
27																									
28																									
29																									
	3.005	2.702	2.310	2.000	1.750	3.066	3.750	4.135	16.975	18.680	20.019	22.222	24.385	25.599	26.219	25.819	12.400	11.171	5.701	5.253	4.818	4.266	3.854	3.390	

Ολικό φορτίο εξεταζόμενων χώρων

Φύλλο	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	639	682	615	564	543	1.506	2.084	2.365	3.115	3.049	2.998	2.994	3.199	3.321	3.369	3.290	1.680	1.558	1.315	1.159	1.037	928	823	712	
2	321	265	218	183	151	334	460	532	1.500	1.670	1.862	2.050	2.235	2.328	2.362	2.308	1.340	1.200	659	596	534	466	422	363	
3	207	178	149	126	103	105	115	119	1.275	1.439	1.655	1.856	2.027	2.116	2.156	2.118	958	847	395	369	337	292	268	237	
4	221	191	160	135	110	111	120	123	1.051	1.224	1.454	1.669	1.853	1.951	1.997	1.959	1.026	907	420	393	360	311	286	253	
5	178	150	124	105	92	128	115	120	1.020	1.140	1.073	1.231	1.377	1.462	1.516	1.507	829	758	321	300	282	254	227	199	
6	99	84	70	60	53	79	72	74	2.035	2.155	2.307	2.457	2.586	2.667	2.708	2.689	197	210	176	165	155	141	125	111	
7	185	165	155	134	114	103	93	83	95	263	484	704	893	1.023	1.096	1.074	1.009	873	267	267	257	236	216	206	
8																									
9																									
10																									
11																									
12																									
13																									
14																									
15																									
16																									
17																									
18																									
19																									
20																									
21																									
22																									
23																									
24																									
25																									
26																									
27																									
28																									
29																									
	3.005	2.702	2.310	2.000	1.750	3.066	3.750	4.135	16.975	18.680	20.019	22.222	24.385	25.599	26.219	25.819	12.400	11.171	5.701	5.253	4.818	4.266	3.854	3.390	



### Συγκεντρωτικός πίνακας ψυκτικών φορτίων χώρων

Αντικείμενο: Κτίριο γραφείων  
 Ιδιοκτήτης: Πολυζώης  
 Διεύθυνση Κτίσματος: Σίνδος  
 Μελετητής: Χριστόφορος Λαζαρίδης

Χώροι

Φύλλο	Χώρος υπολογισμού	Ώρα μεγίστου φορτίου	Αισθητό φορτίο	Λανθάνον φορτίο	Συνολικό ψυκτικό φορτίο
-	-	-	W	W	W
1	Ισόγειο / Υποδοχή - Γραμματεία	15:00	2.701	668	3.369
2	Ισόγειο / Γραφείο 1	15:00	1.860	502	2.362
3	Ισόγειο / Αίθουσα συσκέψεων - Γραφεία 1-3	15:00	1.608	548	2.156
4	Ισόγειο / Γραφείο 4	15:00	1.508	489	1.997
5	Ισόγειο / Γραφεία 5-8	15:00	1.174	342	1.516
6	Ισόγειο / Κουζίνα	15:00	2.189	519	2.708
7	Ισόγειο / Διάδρομος	15:00	557	539	1.096
8	/	1:00	0	0	0
9	/	1:00	0	0	0
10	/	1:00	0	0	0
11	/	1:00	0	0	0
12	/	1:00	0	0	0
13	/	1:00	0	0	0
14	/	1:00	0	0	0
15	/	1:00	0	0	0
16	/	1:00	0	0	0
17	/	1:00	0	0	0
18	/	1:00	0	0	0
19	/	1:00	0	0	0
20	/	1:00	0	0	0
21	/	1:00	0	0	0
22	/	1:00	0	0	0
23	/	1:00	0	0	0
24	/	1:00	0	0	0
25	/	1:00	0	0	0
26	/	1:00	0	0	0
27	/	1:00	0	0	0
28	/	1:00	0	0	0
29	/	1:00	0	0	0
30	/	1:00	0	0	0

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ. Υπολογισμός της ετήσιας κατανάλωσης θερμικής ενέργειας με την μέθοδο των βαθμομερών

---

## Η έννοια της κάλυψης

Τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης υπολογίζονται ώστε να καλύπτουν το μέγιστο πιθανό φορτίο, το οποίο ονομάζεται και ονομαστικό φορτίο υπολογισμού.

Η ωριαία διακύμανση της εξωτερικής θερμοκρασίας, προκαλεί και διακύμανση του απαιτούμενου θερμικού φορτίου. Έτσι είναι ιδιαίτερα δύσκολος ο υπολογισμός της θερμικής ενέργειας η οποία καταναλώνεται κατά τη διάρκεια του έτους. Γι' αυτό τον λόγο, έχουν αναπτυχθεί προσεγγιστικές μέθοδοι υπολογισμού.

## Θέρμανση χώρων

Για τον υπολογισμό των μέσων μηνιαίων φορτίων στην περίπτωση της θέρμανσης χώρων, χρησιμοποιείται η μέθοδος των βαθμομερών (Degree-days). Η μέθοδος στηρίζεται στην διαπίστωση ότι το ποσό ενέργειας που χρειάζεται για την διατήρηση της θερμοκρασίας άνεσης σε ένα χώρο εξαρτάται βασικά από τη διαφορά των θερμοκρασιών χώρου και περιβάλλοντος.

Το μηνιαίο φορτίο για την θέρμανση του χώρου είναι ανάλογο του αριθμού των βαθμομερών στην διάρκεια του μήνα:

$$L = 24 \cdot (U \cdot A)_b \cdot D \cdot F_e$$

όπου: L: το μηνιαίο φορτίο για τη θέρμανση του χώρου

U: ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου

A: η περιβάλλουσα εξωτερική επιφάνεια του κτιρίου

D: ο αριθμός βαθμομερών του μήνα

F<sub>e</sub>: ο συντελεστής εξοικονόμησης ενέργειας (ανάλογα με τη φύση του κτιρίου και τη διακοπή λειτουργίας).

Ο αριθμός βαθμομερών μιας ημέρας είναι η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας αναφοράς επί της μέσης θερμοκρασίας αυτής της ημέρας. Ο αριθμός των βαθμομερών του μήνα είναι το άθροισμα των βαθμομερών όλων των ημερών του μήνα. Η θερμοκρασία αναφοράς είναι συνήθως 18°C.

Ο παράγοντας (U · A)<sub>b</sub> προκύπτει σαν πηλίκο των θερμικών απωλειών του κτιρίου χωρίς προσαύξηση για διακοπτόμενη λειτουργία, προς τη θερμοκρασιακή διαφορά υπολογισμού.

Σε εφαρμογές όπου απαιτείται ο αριθμός των βαθμομερών με βάση διαφορετική από τους 18°C, τότε χρησιμοποιείται ο προσεγγιστικός τύπος συναρτήσεως των ετησίων βαθμομερών με βάση του



18°C και τη διαφορά  $\Delta T_b$  μεταξύ της νέας θερμοκρασίας βάσης μείον τη μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος του μήνα:

$$D = \left\{ N \cdot \Delta T_b + (0,744 + 0,00387 \cdot D_a - 0,50 \cdot 10^{-6} D_a^2) \cdot N \cdot \exp \left( - \left( \frac{\Delta T + 11,11}{9,02} \right)^2 \right) \right\}^+$$

όπου: N: ο αριθμός ημερών του μήνα

$\Delta T_b$ : η διαφορά μεταξύ της νέας θερμοκρασίας βάσης μείον τη μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος του μήνα

$D_a$ : ο ετήσιος αριθμός βαθμοημερών με βάση τους 18°C

Το πρόσημο + δείχνει ότι μόνο θετικές τιμές γίνονται αποδεκτές.

Η εφαρμογή της παραπάνω υπολογιστικής μεθόδου στο συγκεκριμένο κτίριο, δίνει τα παρακάτω αποτελέσματα:

### **Εκτίμηση της ετήσιας κατανάλωσης θερμοκίνης ενέργειας, με την μέθοδο των βαθμομερών θέρμανσης**

Εκτίμηση θερμικής ισχύος απωλειών (με αερισμό) χωρίς προσαύξηση: 20.951 W

Θερμοκρασία εσωτερικού χώρου: 22,00 °C

Θερμοκρασία περβάλλοντος: -5,00 °C

Θερμοκρασιακή διαφορά: 27,00 °C

Γνώμενο συντελεστή θερμοπερατότητας επί επιφάνεια: 776 W/°C

Συντελεστής εξοικονόμησης ενέργειας:  $f_e = 0,45$

Κατώτερη θερμογόνος ικανότητα καυσίμου (diesel): 11,92 kWh/kg

Πυκνότητα καυσίμου (diesel): 0,835 kg/l

75%

Ολικός βαθμός απόδοσης θερμικής εγκατάστασης

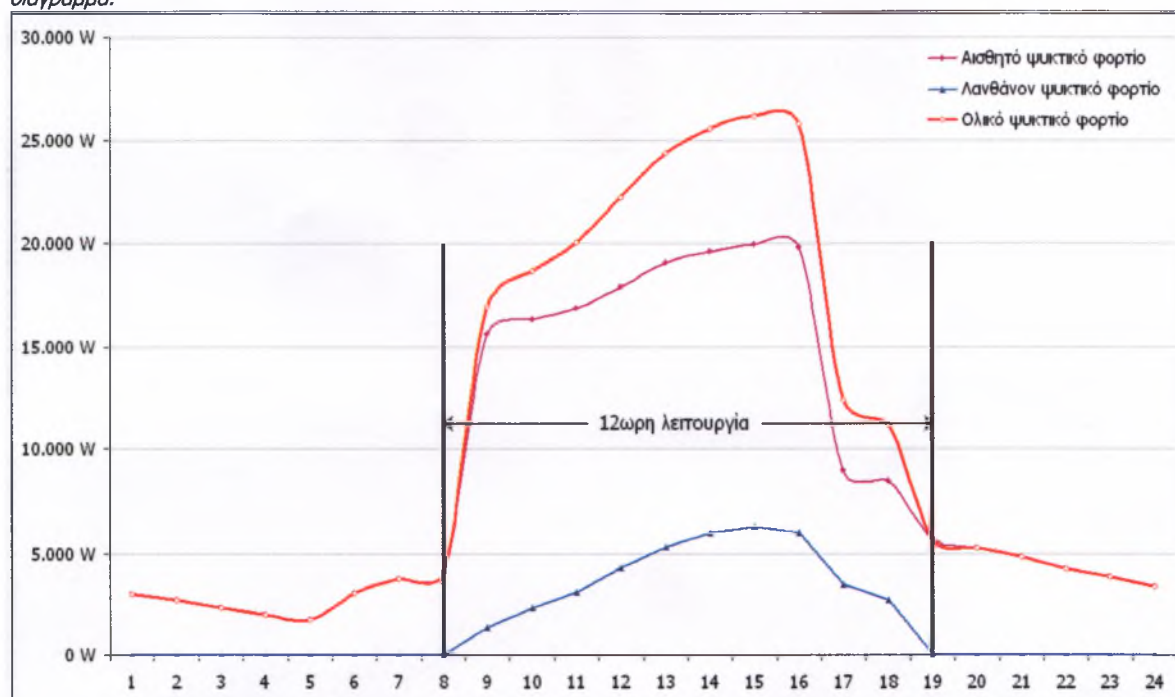
Γύλη	Στοιχείο	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος	Σύνολο
	Μέση θερμοκρασία αέρα	5,5	7	9,9	14,6	19,7	24,1	26,7	26,3	22,2	16,7	11,9	7,4	
	Μέση μέγιστη θερμοκρασία αέρα	9,5	11,2	14,5	19,5	24,7	29,5	32,3	33,1	27,7	22,1	16,5	11,3	
	Μέση διακύμανση θερμοκρασίας 24-ώρου	8	8,4	9,2	9,8	10	10,8	11,2	13,6	11	10,8	9,2	7,8	
	Βαθμοημέρες με βάση 18°C	396	313	268	130	23					70	187	338	1725
	Ημέρες/μήνα	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
	<b>Ημέρες εργασίας/μήνα</b>	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	
	Θερμοκρασιακή διαφορά [K]	16,5	15	12,1	7,4	2,3					5,3	10,1	14,6	
	Βαθμοημέρες με βάση 20°C	512	420	375	225	91					171	304	453	
D		512	420	375	225	91					171	304	453	2550
	<b>Μηνιαία θερμική ενέργεια απωλειών [kWh]</b>	<b>3.042</b>	<b>2.766</b>	<b>2.232</b>	<b>1.381</b>	<b>544</b>					<b>1.017</b>	<b>1.867</b>	<b>2.692</b>	<b>15.541</b>

<b>Μηνιαία κατανάλωση καυσίμου (ελαφρύ πετρέλαιο θέρμανσης) [l]</b>	407,54	370,51	299,05	184,94	72,87						136,25	250,04	360,64	<b>2.082</b>
---	--------	--------	--------	--------	-------	--	--	--	--	--	--------	--------	--------	--------------

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV. Υπολογισμός της κατανάλωσης ενέργειας για την ψύξη

Σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας για την ψύξη του κτιρίου, δεν υπάρχει κάποια απλή μέθοδος η οποία εύκολα και μονοσήμαντα να μπορεί να μας υποδείξει την αναγκαία απορριπτόμενη ενέργεια προκειμένου να επιτευχθεί η ψύξη των χώρων. Έτσι θα βασιστούμε στα αποτελέσματα των υπολογισμών όπως αυτοί έχουν επεξηγηθεί σε προηγούμενη παράγραφο και περιέχονται στο σχετικό παράρτημα.

Η ωριαία διακύμανση του ψυκτικού φορτίου για την ημέρα σχεδιασμού του συστήματος παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 1. Ωριαία διακύμανση του ψυκτικού φορτίου για την ημέρα σχεδιασμού


Αν από την παραπάνω διακύμανση, αφαιρέσουμε τις ώρες με αρνητικό λανθάνον φορτίο (θεωρώντας ότι αυτές εμπίπτουν εντός της περιοχής ευεξίας του ανθρώπινου σώματος), τότε η ημερήσια ενέργεια ψυκτικού φορτίου είναι περίπου 213 kWh, ενώ η μέση ωριαία ενέργεια (αν θεωρήσουμε ότι το χρονικό διάστημα είναι 12 ώρες) είναι 17,75 kWh, δηλαδή το μέσο ψυκτικό φορτίο για την δεκάωρη ημερήσια λειτουργία του συστήματος ψύξης είναι 17,75 kW.

Με δεδομένο ότι για τις συνθήκες της Θεσσαλονίκης, η περίοδος ψύξης ισοδυναμεί με 900 ώρες μέσου ψυκτικού φορτίου, προκύπτει ότι η ενέργεια ψυκτικού φορτίου για την θερινή περίοδο είναι 15.975 kWh (με δεδομένο την πλήρη κάλυψη των χώρων).

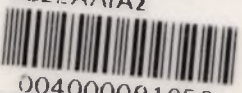


ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ	
ΤΙΤΛΟΣ	
ΛΗΞΗ	ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΔΑΝΕΙΖΟΜΕΝΟΥ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
 ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
 Τηλ.: 24210 06300 ↓




ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
 ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000091658