

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

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ ΔΗΜΑΡΧΕΙΟΥ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΧΑΠΠΑΣ ΦΙΛΙΠΠΟΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΒΟΥΡΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ

ΠΑΤΡΑ- 2017

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας και αναφέρεται στον κλιματισμό του δημαρχείου Καλαμάτας με σύστημα γεωθερμίας. Είναι γνωστό πλέον πως όλο και περισσότερες εγκαταστάσεις κλιματισμού περιέχουν σύστημα γεωθερμίας λόγω της σημαντικής εξοικονόμησης ενέργειας μέσα από την χρήση της γεωθερμικής ενέργειας. Η επιλογή αυτού του θέματος έγινε κατά τη διάρκεια της πρακτικής μου άσκησης στο δήμο Καλαμάτας η οποία συνέπεσε με την ανέγερση του νέου δημαρχείου Καλαμάτας και είχα την ευκαιρία να ασχοληθώ ενεργά με αυτό το θέμα.

Ευχαριστώ θερμά τον Επιβλέποντα Καθηγητή κ. Ανδρέα Βούρο για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μου προσέφερε για την πραγματοποίηση της Εργασίας

Φίλιππος Χάππας
Καλαμάτα 2017

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

Ο σπουδαστής
Φίλιππος Χάππας

.....

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναφέρεται στον κλιματισμό του νέου δημαρχείου Καλαμάτας με σύστημα γεωθερμίας. Στην εκπόνηση της εργασίας έχει συμβάλει η εμπειρία και τα δεδομένα που ελήφθησαν κατά τη διάρκεια της πρακτικής μου άσκησης στο δήμο Καλαμάτας που είχε ως κύριο αντικείμενο την εφαρμογή κλιματισμού με σύστημα γεωθερμίας στο νέο δημαρχείο Καλαμάτας που ήταν υπό ανέγερση εκείνο το διάστημα.

Στο πλαίσιο της πτυχιακής μου άσκησης γίνεται αρχικά εισαγωγή στη γεωθερμία, τη χρήση της κυρίως στην Ελλάδα καθώς και το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο στο πρώτο κεφάλαιο

Στο δεύτερο κεφάλαιο εξετάζονται τα γεωθερμικά πεδία που χωρίζονται σε υψηλής και χαμηλής ενθαλπίας, οι διάφορες χρήσεις τις γεωθερμικής ενέργειας όπως η χρήση της για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και για θερμικές εφαρμογές καθώς επίσης και οι επιπτώσεις της στο περιβάλλον

Στο τρίτο κεφάλαιο η εργασία εστιάζει στις θερμικές εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας, στις αντλίες θερμότητας και στην αρχή λειτουργίας τους. Ακόμα γίνεται εκτενής αναφορά στα διάφορα συστήματα χρήσης της γεωθερμικής ενέργειας και στα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από τη χρήση της γεωθερμικής ενέργειας

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται ο υπολογισμός των θερμικών απωλειών του νέου δημαρχείου Καλαμάτας βάση των σχεδίων ώστε να δούμε πόσες αντλίες θερμότητας χρειαζόμαστε και πόσα σώματα θα μπουν σε κάθε δωμάτιο του δημαρχείου

Τέλος στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται η επιλογή των σωμάτων για κάθε δωμάτιο βάσει των θερμικών απωλειών

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή στη γεωθερμία	9
1.1 Εισαγωγή	10
1.2 Ιστορικό γεωθερμίας	10
1.3 Η γεωθερμία σήμερα	12
1.4 Η γεωθερμία στην Ελλάδα	13
1.5 Ισχύον νομοθετικό πλαίσιο	14
2. Γεωθερμία και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	17
2.1 Γεωθερμικά πεδία	18
2.1.1 Γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας	21
2.1.2 Γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας	21
2.2 Χρήσεις γεωθερμικής ενέργειας	21
2.3 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας	23
2.4 Θερμικές εφαρμογές	26
2.5 Επιπτώσεις στο περιβάλλον από τη γεωθερμία	33
2.5.1 Επιπτώσεις κατά το στάδιο έρευνας των γεωθερμικών πεδίων	34
2.5.2 Επιπτώσεις κατά το στάδιο ανάπτυξης των γεωθερμικών πεδίων	34
2.5.2.1 Επιπτώσεις από τη γεώτρηση την παραγωγή και την επανεισαγωγή	35
2.5.2.2 Αύξηση στάθμης Θορύβου	35
2.5.2.3 Εγκατάσταση δικτύου μεταφοράς	35
2.5.2.4. Πρόκληση καθιζήσεων	35
2.5.2.5 Δημιουργία μικροσεισμικότητας	36
2.5.2.6 Υδροθερμικές εκρήξεις	36
2.5.3 Επιπτώσεις από γεωθερμικές μονάδες υψηλής ενθαλπίας	36
2.5.3.1 Εκπομπές αερίων	36
2.5.3.2 Υδάτινη και θερμική ρύπανση	37
2.5.3.3 Απόθεση στερεών αποβλήτων	37
2.5.3.4 Χρήση γης και οπτική ρύπανση	38
2.5.3.5 Θόρυβος	38
2.5.4 Επιπτώσεις από γεωθερμικές μονάδες χαμηλής ενθαλπίας ενέργειας	38
2.6 Αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη χρήση της γεωθερμικής ενέργειας	39
2.6.1 Αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων κατά τα στάδια έρευνας και ανάπτυξης των γεωθερμικών πεδίων	39
2.6.2 Αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας	39
2.6.2.1 Αντιμετώπιση αερίων εκπομπών	39
2.6.2.1.1 Μέθοδοι περιορισμού εκπομπών υδρόθειου (H ₂ S)	39
2.6.2.1.2 Μέθοδοι περιορισμού εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO ₂)	41
2.6.2.1.3 Μέθοδοι περιορισμού εκπομπών από άλλα αέρια	41
2.6.2.2 Αντιμετώπιση υδάτινης και θερμικής μόλυνσης	41
2.6.2.2.1 Φυσικοχημική επεξεργασία του αλμόλοιπου πριν τη διάθεση	42
2.6.2.3 Αντιμετώπιση των στερεών αποβλήτων	42
2.6.2.4 Αντιμετώπιση θεμάτων που σχετίζονται με τις χρήσεις γης	43
2.6.3 Αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τις χρήσεις των γεωθερμικών ρευστών χαμηλής ενθαλπίας	43
2.6.3.1 Αντιμετώπιση των επιπτώσεων από τις αντλίες θερμότητας	43

2.6.3.2 Αντιμετώπιση των επιπτώσεων από τη θέρμανση κολυμβητικών δεξαμενών και ιατρικών εφαρμογών	43
2.6.3.3 Αντιμετώπιση των επιπτώσεων από τις βιομηχανικές εφαρμογές	44
3. Θερμικές εφαρμογές	45
3.1 Εισαγωγή	46
3.2 Αντλίες θερμότητας	46
3.2.1 Αρχή λειτουργίας αντλίας θερμότητας	47
3.2.2 Βασικά τμήματα αντλίας θερμότητας	47
3.2.3 Λειτουργία αντλίας θερμότητας στις δυο περιπτώσεις: θέρμανσης και ψύξης	49
3.2.4 Κατηγορίες Αντλιών Θερμότητας	50
3.2.5 Πηγές θερμότητας	51
3.3 Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας	54
3.3.1 Προδιαγραφές γεωθερμικών αντλιών θερμότητας	54
3.3.2 Τρόπος λειτουργίας των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας	54
3.4 Γεωθερμικές αντλίες υπόγειας συζευξης	55
3.4.1 Συστήματα ανοικτού βρόχου	55
3.4.2 Συστήματα κλειστού βρόχου	56
3.4.3 Συστήματα άμεσης εκτόνωσης	57
3.5 Παράμετροι μελέτης γεωθερμικών αντλιών θερμότητας	58
3.6 Οφέλη εξοικονόμησης ενέργειας από τη χρήση γεωθερμικών αντλιών θερμότητας	58
3.7 Μη ενεργειακά οφέλη από τη χρήση γεωθερμικών αντλιών θερμότητας	59
3.8 Μειονεκτήματα από τη χρήση γεωθερμικών αντλιών θερμότητας	59
3.9 Δαπάνη και περίοδος απόσβεσης γεωθερμικών αντλιών θερμότητας	59
4. Υπολογισμός ενεργειακών αναγκών δημαρχείου Καλαμάτας	61
4.1 Χαρακτηριστικά νέου δημαρχείου Καλαμάτας	62
4.2 Υπολογισμοί θερμικών απωλειών κτιρίου	68
4.2.1 Υπολογισμός θερμικών απωλειών ημιυπόγειου	68
4.2.2 Υπολογισμός θερμικών απωλειών ισογείου	78
4.2.3 Υπολογισμός θερμικών απωλειών α ορόφου	100
4.2.4 Υπολογισμός θερμικών απωλειών β ορόφου	100
5. Επιλογή και εγκατάσταση γεωθερμικών αντλιών και σωμάτων σε κάθε χώρο	101
5.1 Γενικά	102
5.1.2 Πολυδισαιρούμενο υδρόψυκτο σύστημα κλιματισμού μεταβλητού όγκου ψυκτικού υγρού	102
5.1.3 Κατακόρυφος γεωθερμικός εναλλάκτης από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο	103
5.1.4 Εσωτερικές μονάδες	105
5.1.5 Σχέδια κτιρίου με σώματα ανά χώρο και σωληνώσεις	106
5.2 Συμπεράσματα	112
Βιβλιογραφία	113

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ

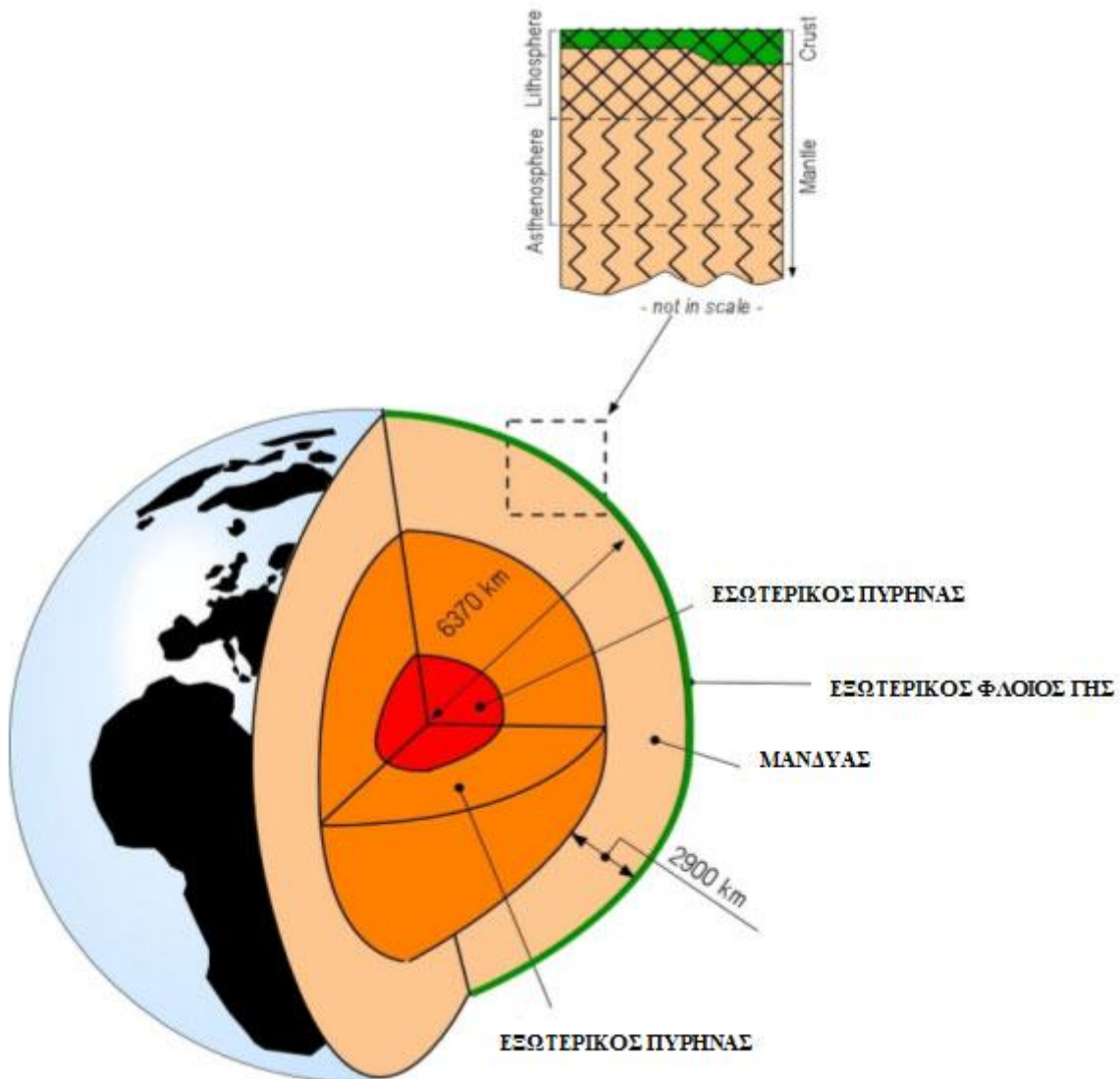
1 Εισαγωγή

Η γεωθερμική ενέργεια προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμφανίζεται με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού. Η ενέργεια αυτή σχετίζεται με την ηφαιστειότητα και τις ειδικότερες γεωλογικές και γεωτεκτονικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Αποτελεί μια ήπια και σχετικά ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή, που με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα μπορεί να καλύψει σημαντικές ενεργειακές ανάγκες. Η ενέργεια αυτή φθάνει στην επιφάνεια της γης και στη συνέχεια ακτινοβολείται στο διάστημα ενώ παράλληλα αποθηκεύεται και σε υπόγειους ή επιφανειακούς σχηματισμούς με τη μορφή θερμών ατμών, υπόγειων θερμών νερών καθώς και προηγμένων (ή τεχνητών) γεωθερμικών συστημάτων (enhanced geothermal systems).

1.1 Ιστορικό γεωθερμίας

Η παρουσία ηφαιστείων, θερμών πηγών και άλλων επιφανειακών εκδηλώσεων θερμότητας είναι αυτή που οδήγησε τους προγόνους μας στο συμπέρασμα ότι το εσωτερικό της γης είναι ζεστό. Όμως, μόνο κατά την περίοδο μεταξύ του 16ου και 17ου αιώνα, όταν δηλαδή κατασκευάστηκαν τα πρώτα μεταλλεία που ανορύχθηκαν σε βάθος μερικών εκατοντάδων μέτρων κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, οι άνθρωποι, με τη βοήθεια κάποιων απλών φυσικών παρατηρήσεων, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η θερμοκρασία της γης αυξάνεται με το βάθος. Οι πρώτες μετρήσεις με θερμομόετρο έγιναν κατά πάσα πιθανότητα το 1740, σε ένα ορυχείο κοντά στο Belfort της Γαλλίας (Bullard, 1965). Ήδη από το 1870, για τη μελέτη της θερμικής κατάστασης του εσωτερικού της γης χρησιμοποιούνταν κάποιες προχωρημένες για την εποχή επιστημονικές μέθοδοι, ενώ η θερμική κατάσταση που διέπει τη γη, η θερμική ισορροπία και εξέλιξή της κατανοήθηκαν καλύτερα τον 20ο αιώνα, με την ανακάλυψη του ρόλου της «ραδιενεργής θερμότητας». Πράγματι, σε όλα τα σύγχρονα πρότυπα (μοντέλα) της θερμικής κατάστασης του εσωτερικού της γης πρέπει να συμπεριλαμβάνεται η θερμότητα που συνεχώς παράγεται από τη διάσπαση των μακράς διάρκειας ζωής ραδιενεργών ισοτόπων του ουρανίου (U_{238} , U_{235}), του θορίου (Th_{232}) και του καλίου (K_{40}), τα οποία βρίσκονται στο εσωτερικό της γης (Lubimova, 1968). Εκτός από τη ραδιενεργό θερμότητα, δρουν αθροιστικά, σε απροσδιόριστες όμως ποσότητες, και άλλες δυναμικές πηγές θερμότητας, όπως είναι η «αρχέγονη ενέργεια» από την εποχή δημιουργίας και μεγέθυνσης του πλανήτη. Μέχρι τη δεκαετία του 1980 τα μοντέλα αυτά δεν βασίζονταν σε κάποιες ρεαλιστικές θεωρίες. Τότε όμως αποδείχθηκε ότι αφενός δεν υπάρχει ισοζύγιο μεταξύ της ραδιενεργής θερμότητας που δημιουργείται στο εσωτερικό της γης και της θερμότητας που διαφεύγει από τη γη προς στο διάστημα, και αφετέρου ότι ο πλανήτης μας ψύχεται με αργό ρυθμό και στο εσωτερικό του. Ως μια γενική ιδέα της φύσης και της κλίμακας του εμπλεκόμενου φαινομένου, μπορεί να αναφερθεί η λεγόμενη «θερμική ισορροπία», όπως διατυπώθηκε από τους Stacey and Loper (1988). Σύμφωνα με αυτήν, η ολική ροή θερμότητας από τη γη (αγωγή, συναγωγή και ακτινοβολία) εκτιμάται ότι ανέρχεται στα 42×10^{12} W. Από αυτά, 8×10^{12} W προέρχονται από το φλοιό, που αντιπροσωπεύει μόνο το 2% του συνολικού όγκου της γης αλλά είναι πλούσιος σε ραδιενεργά ισότοπα, $32,3 \times 10^{12}$ W προέρχονται από το μανδύα, ο οποίος αντιπροσωπεύει το 82% του συνολικού όγκου της γης, και $1,7 \times 10^{12}$ W προέρχονται από τον πυρήνα, ο οποίος αντιπροσωπεύει το 16% του συνολικού όγκου της γης και δεν περιέχει ραδιενεργά ισότοπα (βλέπε Σχήμα 1, ένα σχήμα της εσωτερικής δομής της γης). Αφού η ραδιενεργή θερμότητα του μανδύα εκτιμάται σε 22×10^{12} W, η μείωση της θερμότητας στο συγκεκριμένο τμήμα της γης είναι $10,3 \times 10^{12}$ W. Σύμφωνα με πιο πρόσφατες εκτιμήσεις και υπολογισμούς, που βασίζονται σε μεγαλύτερο αριθμό δεδομένων, η ολική θερμική ροή της γης είναι περίπου 6% υψηλότερη από τις τιμές που χρησιμοποιήσαν

οι Stacey and Loper το 1988. Ούτως ή άλλως όμως, η διαδικασία ψύξης παραμένει αργή. Η θερμοκρασία του μανδύα δεν έχει μειωθεί περισσότερο από 300-350°C τα τελευταία 3 δισεκατομμύρια χρόνια, παραμένοντας περίπου στους 4000°C στη βάση του. Έχει υπολογιστεί ότι το συνολικό θερμικό περιεχόμενο της γης (για θερμοκρασίες πάνω από τη μέση επιφανειακή των 15°C) είναι της τάξης των 12,6x10²⁴ MJ και του φλοιού 5,4x10²¹ MJ (Armstead, 1983).



Σχήμα 1 Ο Φλοιός, ο Μανδύας και ο Πυρήνας της γης. Πάνω δεξιά : τομή του φλοιού και του ανώτερου μανδύα

Όπως λοιπόν προκύπτει από τα παραπάνω, η θερμική ενέργεια της γης είναι απέραντη, όμως μόνο τμήμα αυτής μπορεί να χρησιμοποιηθεί τελικά από τον άνθρωπο. Μέχρι σήμερα η εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας έχει περιοριστεί σε περιοχές όπου οι γεωλογικές συνθήκες επιτρέπουν σε ένα μέσο (νερό σε υγρή ή αέρια φάση) να «μεταφέρει» τη θερμότητα από τις βαθιές θερμές ζώνες στην επιφάνεια ή κοντά σε αυτήν. Με τον τρόπο αυτό δημιουργούνται οι γεωθερμικοί πόροι (geothermal resources). Πιθανώς, στο άμεσο μέλλον, νέες πρωτοποριακές τεχνικές θα μας προσφέρουν καινούργιες προοπτικές στον τομέα αυτόν.

Σε πολλούς τομείς της ανθρώπινης ζωής οι πρακτικές εφαρμογές προηγούνται της επιστημονικής έρευνας και της τεχνολογικής ανάπτυξης. Η γεωθερμία αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα του φαινομένου αυτού. Αξιοποίηση του ενεργειακού περιεχόμενου των γεωθερμικών ρευστών γινόταν ήδη από τις αρχές του 19ου αιώνα. Εκείνη την περίοδο, στην Τοσκάνη της Ιταλίας, και συγκεκριμένα στην περιοχή του Larderello, λειτουργούσε μια χημική βιομηχανία για την παραγωγή βορικού οξέος από τα βοριούχα θερμά νερά που ανέβλυζαν από φυσικές πηγές ή αντλούνταν από ρηχές γεωτρήσεις. Η παραγωγή του βορικού οξέος γινόταν με εξάτμιση των βοριούχων νερών μέσα σε σιδερένιους «λέβητες», χρησιμοποιώντας ως καύσιμη ύλη ξύλα από τα κοντινά δάση. Το 1827, ο Francesco Larderel, ιδρυτής της βιομηχανίας αυτής, αντί να καίγονται ξύλα από τα διαρκώς αποψιλούμενα δάση της περιοχής, ανέπτυξε ένα σύστημα για τη χρήση της θερμότητας των βοριούχων ρευστών στη διαδικασία εξάτμισης.

Η εκμετάλλευση της μηχανικής ενέργειας του φυσικού ατμού ξεκίνησε περίπου την ίδια περίοδο. Ο γεωθερμικός ατμός χρησιμοποιήθηκε για την ανέλκυση των ρευστών, αρχικά με κάποιους πρωτόγονους αέριους ανυψωτήρες και στη συνέχεια με παλινδρομικές και φυγοκεντρικές αντλίες και βαρούλκα. Ανάμεσα στο 1850 και 1875, οι εγκαταστάσεις του Larderello κατείχαν το μονοπώλιο παραγωγής βορικού οξέος στην Ευρώπη. Μεταξύ του 1910 και του 1940, στην περιοχή αυτή της Τοσκάνης ο χαμηλής πίεσης ατμός άρχισε να χρησιμοποιείται για τη θέρμανση βιομηχανικών κτιρίων, κατοικιών και θερμοκηπίων. Εν τω μεταξύ, ολοένα και περισσότερες χώρες άρχισαν να αναπτύσσουν τους γεωθερμικούς τους πόρους σε βιομηχανική κλίμακα. Το 1892, το πρώτο γεωθερμικό σύστημα τηλε-θέρμανσης (district heating) τέθηκε σε λειτουργία στο Boise του Άινταχο των Η.Π.Α.. Το 1928, μια άλλη πρωτοπόρος χώρα στην εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας, η Ισλανδία, ξεκίνησε επίσης την εκμετάλλευση των γεωθερμικών ρευστών (κυρίως θερμών νερών) για τη θέρμανση κατοικιών. Το 1904, έγινε η πρώτη απόπειρα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμικό ατμό, και πάλι στο Larderello της Ιταλίας.

Η επιτυχία της αυτής πειραματικής προσπάθειας έδωσε μια ξεκάθαρη ένδειξη για τη βιομηχανική αξία της γεωθερμικής ενέργειας και σηματοδότησε την έναρξη μιας μορφής εκμετάλλευσης, που επρόκειτο έκτοτε να αναπτυχθεί σημαντικά. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο Larderello αποτέλεσε πράγματι μια εμπορική επιτυχία. Το 1942, η εγκατεστημένη γεωθερμοηλεκτρική ισχύς ανερχόταν στα 127.650 kWe. Σύντομα, πολλές χώρες ακολούθησαν το παράδειγμα της Ιταλίας. Το 1919 κατασκευάστηκαν οι πρώτες γεωθερμικές γεωτρήσεις στο Berpu της Ιαπωνίας, ενώ το 1921 ακολούθησαν εκείνες στο The Geysers της Καλιφόρνιας των ΗΠΑ. Το 1958 ένα μικρό εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τέθηκε σε λειτουργία στη Νέα Ζηλανδία, ένα άλλο στο Μεξικό το 1959, στις ΗΠΑ το 1960 και ακολούθησαν πολλά άλλα σε διάφορες χώρες.

1.2 Η γεωθερμία σήμερα

Μετά το 2ο Παγκόσμιο Πόλεμο, η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας έγινε ελκυστική σε πολλές χώρες, επειδή ήταν ανταγωνιστική ως προς άλλες μορφές ενέργειας. Επιπλέον, η ενέργεια αυτή δε χρειαζόταν να εισαχθεί από άλλες χώρες, όπως συμβαίνει με τα ορυκτά καύσιμα ενώ σε πολλές περιπτώσεις αποτελούσε τον μοναδικό διαθέσιμο εγχώριο ενεργειακό πόρο. Η εγκατεστημένη γεωθερμική ηλεκτρική ισχύς στις αναπτυσσόμενες χώρες το 1995 και το 2000 αντιπροσωπεύει αντίστοιχα το 38% και το 47% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος παγκοσμίως.

Η χρησιμοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας στις αναπτυσσόμενες χώρες παρουσιάζει ενδιαφέρουσες τάσεις με το χρόνο. Μεταξύ των ετών 1975 και 1979 η εγκατεστημένη γεωθερμική ηλεκτρική ισχύς σ' αυτές τις χώρες αυξήθηκε από 75 σε 462 MWe. Στο τέλος της επόμενης πενταετίας (1984) έφτασε στα 1.495 MWe, παρουσιάζοντας ένα ρυθμό αύξησης

κατά τη διάρκεια των δύο αυτών περιόδων 500% και 223% αντίστοιχα (Dickson and Fanelli, 1988). Στα επόμενα 16 χρόνια, από το 1984 έως το 2000, υπήρξε μια περαιτέρω αύξηση της τάξης του 150%. Η γεωθερμική ενέργεια συμμετέχει σημαντικά στο ενεργειακό ισοζύγιο αρκετών περιοχών. Για παράδειγμα, το 2001 η ηλεκτρική ενέργεια που παράχθηκε από γεωθερμικούς πόρους αντιπροσώπευε το 27% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας στις Φιλιππίνες, το 12,4 % στην Κένυα, το 11,4% στην Κόστα Ρίκα και το 4,3% στο Ελ Σαλβαδόρ. Όσον αφορά τις μη-ηλεκτρικές ή άμεσες εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας έχουν εγκατεστημένη ισχύ (15.145 MWt) και ενεργειακή παραγωγή και χρήση (190.699 TJ) σε παγκόσμια κλίμακα για το έτος 2000. Κατά τη διάρκεια του έτους αυτού, άμεσες χρήσεις (direct uses) της γεωθερμίας καταγράφηκαν σε 58 χώρες, σε σύγκριση με τις 28 το 1995 και τις 24 το 1985. Ο αριθμός των χωρών αυτών είναι πολύ πιθανόν να έχει αυξηθεί από το 2000, όπως φυσικά και το ύψος της εγκατεστημένης ισχύος και της ενεργειακής χρήσης. Η πιο συνηθισμένη μη-ηλεκτρική χρήση της γεωθερμίας παγκόσμια είναι οι αντλίες θερμότητας (heat-pumps) (34,80%) και ακολουθούν η λουτροθεραπεία (26,2%), η θέρμανση χώρων (21,62%), η θέρμανση θερμοκηπίων (8,22%), οι υδατοκαλλιέργειες (3,93%) και οι βιομηχανικές χρήσεις (3,13%) (Lund and Freeston, 2001).

1.3 Η γεωθερμία στην Ελλάδα

Οι γεωλογικές συνθήκες στην Ελλάδα ευνόησαν τη δημιουργία ενός πολύ σημαντικού γεωθερμικού δυναμικού χαμηλής ενθαλπίας. Η έρευνα για τον εντοπισμό αξιοποιήσιμων γεωθερμικών ρευστών χαμηλής ενθαλπίας άρχισε από το ΙΓΜΕ (Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών) το 1980 και εντατικοποιείται όλο και περισσότερο τα τελευταία χρόνια. Από αυτήν την έρευνα προκύπτει ότι το γεωθερμικό δυναμικό χαμηλής ενθαλπίας στην Ελλάδα είναι σίγουρα πολύ σημαντικό. Τα περισσότερα από τα γεωθερμικά πεδία που ερευνήθηκαν βρίσκονται σε περιοχές με ευνοϊκές αναπτυξιακές γεωλογικές συνθήκες για τη δημιουργία τους, ενώ οι προοπτικές άμεσης εκμετάλλευσης των ρευστών είναι πολύ ευοίωνες. Τα γεωθερμικά ρευστά έχουν συνήθως μικρή περιεκτικότητα σε διαβρωτικά άλατα και αέρια και δεν δημιουργούν σοβαρά τεχνικά προβλήματα εκμετάλλευσης ούτε βέβαια περιβαλλοντικά προβλήματα. Η διαβρωτική δράση των γεωθερμικών ρευστών σχετίζεται με το pH και το καθεστώς που διαμορφώνεται κατά την υπεδάφια κίνηση του ρευστού. Εάν δεν διαβρώνει το γεωθερμικό ρευστό, τότε αποθέτει.

Σε κάποιες περιοχές η έρευνα προχώρησε αρκετά, έτσι ώστε σήμερα να έχουν αναπτυχθεί αξιόλογες εφαρμογές. Γεωθερμικά θερμοκήπια συνολικής έκτασης 240 περίπου στρεμμάτων λειτουργούν σήμερα στη Νέα Απολλωνία Θεσσαλονίκης, στο Σιδηρόκαστρο και στη Νιγρίτα Σερρών, στο Νέο Εράσμιο Ξάνθης (80 στρέμματα), στον Πολυχνίτο Λέσβου και στη Μήλο. Αξιόλογες και πρωτοποριακές εφαρμογές αποτελούν η ξήρανση αγροτικών προϊόντων (κυρίως τομάτας) και η θέρμανση εδάφους για τη δημιουργία πρώιμων σπαραγγιών στο Νέο Εράσμιο, την παραγωγή σπιρουλίνας στη Νιγρίτα και τις ιχθυοκαλλιέργειες στο Νέο Εράσμιο και στο Πόρτο Λάγος.

1.4 Ισχύον νομοθετικό πλαίσιο

Η ισχύουσα νομοθεσία που αφορά στην Ενεργειακή χρήση της γεωθερμικής ενέργειας αποτελείται από τους κάτωθι νόμους, προεδρικά διατάγματα και υπουργικές αποφάσεις:

- Ν. 3175/03 ΦΕΚ 207 Α' 29-8-2003 «Αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού, τηλεθέρμανση, κ.α. διατάξεις»

- Υ. Α. Υπ. Αν. με αρ. Δ9B/Φ166/οικ1508/ΓΔΦΠ374/10/27-1-2004, ΦΕΚ 208B', 5-22004 «Χαρακτηρισμός των Γεωθερμικών Πεδίων».
- Υ. Α. Υπ. Αν. με αρ. Δ9B,Δ/Φ166/ΟΙΚ18508/5552/207/19-10-2004, ΦΕΚ 1595B', 2510-2004, «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».
- Υ. Α. Υπ. Αν. με αρ. Δ9B/Φ166/οικ8411/ΓΔΦΠ2373/117/6-5-2005, ΦΕΚ 635B', 12-52005 «Όροι και διαδικασία εκμίσθωσης του δικαιώματος του Δημοσίου για έρευνα και διαχείριση του γεωθερμικού δυναμικού και της εν γένει διαχείρισης των γεωθερμικών πεδίων της χώρας».
- Υ. Α. Υπ. Αν. με αρ. Δ9B/Φ166/12647/ΓΔΦΠ3557/193/8-7-2005, ΦΕΚ 1012B', 19-72005, «Χαρακτηρισμός και υπαγωγή σε κατηγορίες των γεωθερμικών πεδίων της χώρας».
- Υ. Α. Υπ. Αν. με αρ. Δ9B/Φ166/οικ20076/ΓΔΦΠ5258/329/24-10-2005, ΦΕΚ 1530B', 7-11-2005 «Κανονισμός Γεωθερμικών Εργασιών».
- Π.Δ. με αρ. 78, ΦΕΚ 80Α'/13-4-2006, «Διάρθρωση, στελέχωση και αρμοδιότητες της Διεύθυνσης Ανάπτυξης των Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων».

Σε ότι αφορά στην ηλεκτροπαραγωγή ισχύουν τα παρακάτω :

- Ν. 3468/2006, ΦΕΚ 129 Α' «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις»
- Υ.Α. Υπ. Αν. Δ6/Φ1/οικ.18359/14-9-2006,ΦΕΚ 1442B' «Τύπος και περιεχόμενο συμβάσεων αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας στο Σύστημα και το Διασυνδεδεμένο Δίκτυο σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 12 παρ. 3 του Ν.3468/2006».
- Υ.Α. Υπ.Αν. Δ6/Φ1/οικ.1725/25-1-2007, ΦΕΚ 148B' «Καθορισμός τύπου και περιεχομένου συμβάσεων πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται με χρήση Α.Π.Ε. και μέσω Συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης στο Δίκτυο των Μη Διασυνδεδεμένων Νήσων σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 12 παρ. 3 του Ν. 3468/2006».
- Υ.Α. Υπ. Αν. Δ6/Φ1/οικ.5707/13-3-2007 ΦΕΚ 448 Β' «Κανονισμός Αδειών Παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση Α.Π.Ε. και μέσω Συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης».
- Υ.Α. Υπ.Αν. Δ6/Φ1/οικ.13310/18-6-2007 ΦΕΚ 1153 Β' «Διαδικασία έκδοσης αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση Α.Π.Ε.».

Η διαδικασία εκμίσθωσης του γεωθερμικού δυναμικού απαρτίζεται από τους κάτωθι νόμους και υπουργικές αποφάσεις:

- Νόμος 3175/2003 (ΦΕΚ.207Α/29-8-2003) «Αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού, τηλεθέρμανσης και άλλες διατάξεις»
- Νόμος 1475/1984 (ΦΕΚ.131Α/11-9-1984) «Αξιοποίηση Γεωθερμικού Δυναμικού όπως τροποποιήθηκε με το Ν.2244/94 (άρθρο 8))ΦΕΚ.168Α/7-10-94)

- Μεταλλευτικός Κώδικας Ν.Δ.210/73 (ΦΕΚ.277Α/5-10-73 και ΦΕΚ.295Α/24-10-73)
- Η Υ.Α Δ9Β/Φ166/οικ1508/ΓΔΦΠ374/10/27.1.2004 (ΦΕΚ.208Β) «Χαρακτηρισμός γεωθερμικών πεδίων»
- Η Υ.Α.Δ9Β/Φ166/12647/ΓΔΦΠ3557/193/19-7-2005 (ΦΕΚ. 1012Β) «Χαρακτηρισμός και υπαγωγή σε κατηγορίες των γεωθερμικών πεδίων της χώρας»
- Η Υ.Α. Δ9Β/Φ166/ΟΙΚ8411/ΓΔΦΠ2373/117/12-5-2005 (ΦΕΚ.635Β) «Όροι και διαδικασία εκμίσθωσης του δικαιώματος του Δημοσίου για έρευνα και διαχείριση του γεωθερμικού δυναμικού και της εν γένει διαχείρισης των γεωθερμικών πεδίων της Χώρας»
- Η Υ.Α. Δ9Β/Φ166/ΟΙΚ20076/ΓΔΦΠ5258/359/7-11-2005 (ΦΕΚ.1530Β) «Κανονισμός Γεωθερμικών Εργασιών»

Βασικοί ορισμοί του Ν. 3175 Ο νόμος 3175/03 αντικατέστησε το Ν. 1475/84 ο οποίος είχε για πρώτη φορά εισαγάγει Βασικές διατάξεις σχετικά με δικαιώματα αναζητήσεως, έρευνας & εκμεταλλεύσεως του γεωθερμικού δυναμικού & εκμισθώσεως γεωθερμικών πηγών. Ο παλαιότερος νόμος είχε θεωρηθεί ως αναχρονιστικός και δεν συνέβαλε στην παραπέρα ανάπτυξη της γεωθερμικής ενέργειας. Η ουσιαστική εφαρμογή της νέας νομοθεσίας άρχισε περί το τέλος του 2005 οπότε ολοκληρώθηκε η έκδοση των προβλεπόμενων υπουργικών αποφάσεων.

Σκοπός του Νόμου είναι η δημιουργία των προϋποθέσεων για την ορθολογική αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού της χώρας, ως ανανεώσιμης πηγής ενέργειας η οποία προωθεί τη βιώσιμη ανάπτυξη και εξυπηρετεί το γενικό συμφέρον.

Αξιοποίηση θεωρείται η έρευνα, εκμετάλλευση και διαχείριση του γεωθερμικού δυναμικού και βεβαιωμένο γεωθερμικό πεδίο είναι το πεδίο, του οποίου τα χαρακτηριστικά είναι πιστοποιημένο με υψηλό βαθμό αξιοπιστίας με ερευνητικές εργασίες.

Πιθανό γεωθερμικό πεδίο είναι το πεδίο, του οποίου τα χαρακτηριστικά εκτιμώνται από προκαταρκτικά ερευνητικά έργα ενώ Διαχείριση του γεωθερμικού πεδίου, είναι το σύνολο των δραστηριοτήτων, που αποσκοπούν στην παραγωγική εξόρυξη του γεωθερμικού ρευστού, την ορθολογική αξιοποίηση του προϊόντος και παραπροϊόντων, τη διανομή και ελεύθερη διάθεση τους σε τρίτους, για κάθε είδους εφαρμογές και την περιβαλλοντικά συμβατή διάθεση των υποπροϊόντων.

Γεωθερμικό πεδίο χαμηλής θερμοκρασίας είναι ο ενιαίος μεταλλευτικός χώρος μέσα στον οποίο εντοπίζεται αυτοτελές γεωθερμικό δυναμικό που η θερμοκρασία του προϊόντος κυμαίνεται από 25°C – 900°C και το δικαίωμα έρευνας και διαχείρισης του γεωθερμικού δυναμικού και των γεωθερμικών πεδίων ανήκει, κατά την έννοια του άρθρου 143 του Ν.Δ.210/1973, μόνο στο Δημόσιο.

Το δικαίωμα του Δημοσίου για έρευνα και διαχείριση γεωθερμικού δυναμικού, εκμισθώνεται ύστερα από πλειοδοτικό διαγωνισμό με γραπτές σφραγισμένες προσφορές ενώ για χώρους που δεν έχουν ερευνηθεί ή για πιθανά γεωθερμικά πεδία εκμισθώνεται το δικαίωμα της έρευνας.

Στην περίπτωση των Βεβαιωμένων γεωθερμικών πεδίων εκμισθώνεται το δικαίωμα διαχείρισης. Για την εγκατάσταση δικτύου διανομής θερμικής ενέργειας σε τρίτους (τηλεθέρμανση ή τηλεψύξη) απαιτείται Άδεια Διανομής Θερμικής Ενέργειας .

Δικαιώματα έρευνας ή εκμετάλλευσης γεωθερμικού δυναμικού, που έχουν εκμισθωθεί ή παραχωρηθεί μέχρι την θέσπιση του νόμου αυτού, παραμένουν ισχυρά με τους ίδιους όρους.

Νεωτερισμοί του Ν. 3175/03 και των σχετικών Υπ. Αποφάσεων Ο Ν. 3175/03 αντιμετωπίζει το γεωθερμικό πεδίο ενιαία ως «κοίτασμα» για τη διαχείριση του και δίνει τη δυνατότητα μίσθωσης του συνολικού πεδίου ενώ οι επί μέρους μισθώσεις διακόπτονται. Καταργεί τις ανισότητες που πλήττουν τον ανταγωνισμό (υπέρ δημόσιων επιχειρήσεων, ΟΤΑ, κ.α.) και παρέχει τη δυνατότητα πώλησης γεωθερμικής ενέργειας. Διαχωρίζει τα βεβαιωμένα από τα πιθανά και άγνωστα γεωθερμικά πεδία Χαμηλής (25- 90οC) και υψηλής (>90οC) ενθαλπίας και προβλέπει τις διαδικασίες αδειοδότησης Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας.

Αποτελέσματα νέας νομοθεσίας (Γεωθερμίας) Το χρονικό διάστημα που μεσολάβησε από την ολοκλήρωση νομοθετημάτων (τέλος 2005) είναι μικρό για να κριθεί η νέα νομοθεσία. Όμως μπορούν να διαφανούν κάποια θετικά σημεία, όπως:

- Η ταχύτατη ανάπτυξη των Γ.Α.Θ. παρά την ανυπαρξία οικονομικών κινήτρων και φοροαπαλλαγών.
- Η πρώτη μίσθωση γεωθερμικού πεδίου με σύντομες διαδικασίες (Χρυσούπολη).
- Το ενδιαφέρον μεγάλων ξένων εταιριών για ηλεκτροπαραγωγή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ **ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

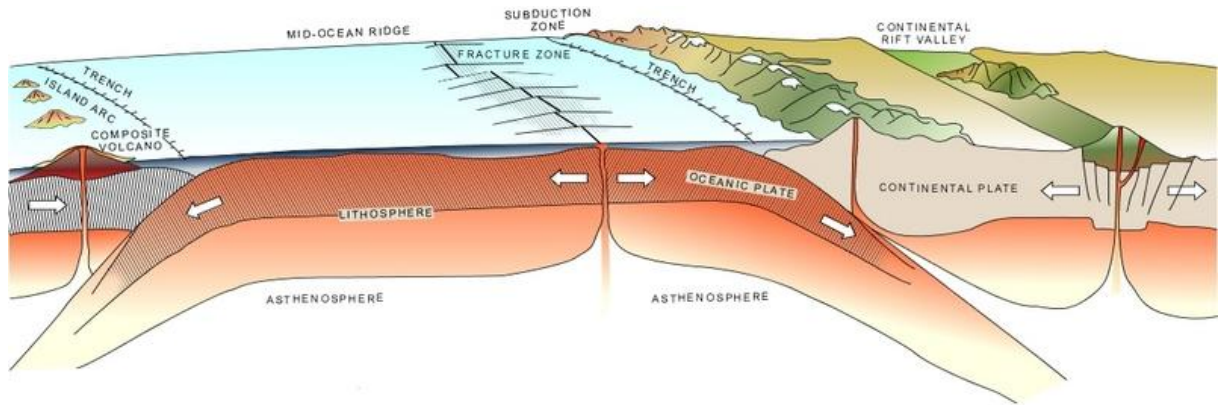
Η γεωθερμική ενέργεια, όπως και η Γη, έχει συνεχή και αδιάλειπτη παρουσία και δεν υπόκειται στην περιοδική συνθήκη που επηρεάζει άλλες ΑΠΕ. Ως παράδειγμα παραμένει η συνεχής ροή θερμών υδάτων στην περιοχή των Θερμοπυλών με μέση θερμοκρασία περί τους 40 οC από περίπου 400 πηγές, γνωστή και ονομαστή από την αρχαιότητα. Υπολογίζεται ότι μέσω της εκροής των ρευστών απορρίφθηκαν στη θάλασσα εκατομμύρια θερμικές GWh από την εποχή της αρχαίας Ελλάδας υπό συνεχή ρυθμό. Αντιθέτως, η υδραυλική ενέργεια των ποταμών, με την ηλιακή της προέλευση, παρουσιάζει περιοδική διακύμανση σε επίπεδο έτους, η ηλιακή ενέργεια επίσης περιοδική διακύμανση σε επίπεδο ημέρας, ενώ η αιολική ενέργεια εξαρτάται επίσης από τη συμπεριφορά του ήλιου και παρουσιάζει εποχική διακύμανση.

Συγκρινόμενη με άλλες εφαρμογές εκμετάλλευσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας η ηλεκτροπαραγωγή μέσω γεωθερμικών ρευστών παρουσιάζει σημαντικά μεγαλύτερο ετήσιο συντελεστή λειτουργίας της τάξης 0,92~0,98 (92~98%) αντίθετα με τα αιολικά που έχουν συντελεστή 0,25 ~ 0,30 (25%~30%) και τα υδροηλεκτρικά με συντελεστή 0,40 ~ 0,55 (40%~55%).

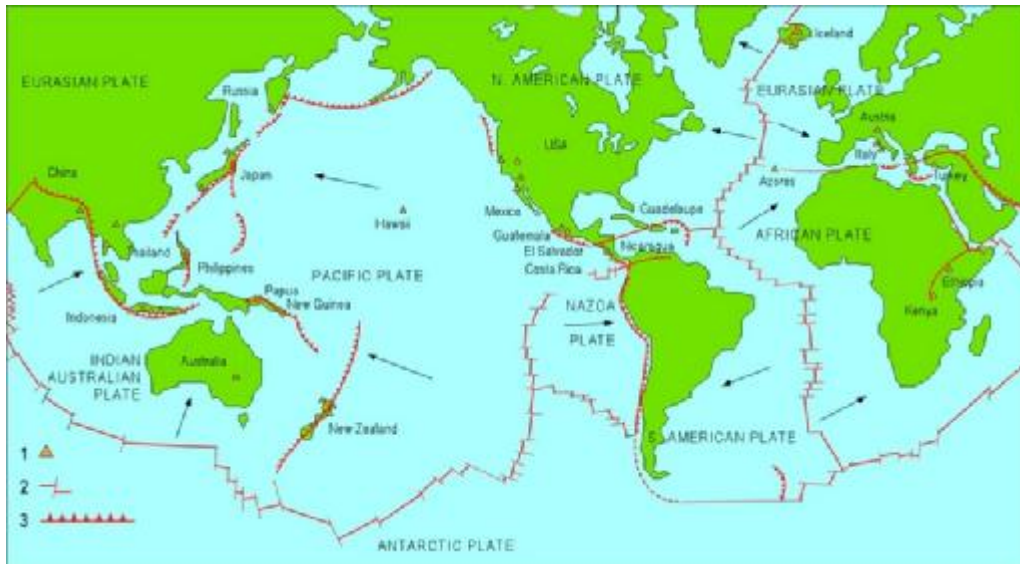
Σε ετήσια απόδοση λοιπόν, ένα σύστημα «γεωθερμικής» ηλεκτροπαραγωγής ισχύος 1,0 MW αντιστοιχεί με αιολικά της τάξης των 3,5 – 4,0 MW.

2.1 Γεωθερμικά πεδία

Η συγκεντρωμένη στο εσωτερικό της γης θερμότητα μεταφέρεται κοντά στην επιφάνειά της μέσω γεωλογικών φαινομένων, δημιουργώντας έτσι υπέρθερμες περιοχές με γεωθερμική βαθμίδα μεγαλύτερη από 700°C/km. Το σημαντικότερο από αυτά τα γεωλογικά φαινόμενα είναι αυτό της κίνησης των λιθόσφαιρικών πλακών: Το εξωτερικό κέλυφος της γης, η λιθόσφαιρα, δεν είναι ενιαίο αλλά αποτελείται από πολλά κομμάτια, τις λιθόσφαιρικές πλάκες. Οι πλάκες αυτές βρίσκονται σε μια διαρκή κίνηση που πραγματοποιείται με πολύ μικρή ταχύτητα, μερικά μόλις εκατοστά το χρόνο. Ανάλογα με τη σχετική κίνηση των πλακών, στα όριά τους παρατηρούνται τρία διαφορετικά φαινόμενα: 1. Οι δύο πλάκες αποκλίνουν, δηλαδή κινούνται έτσι που να απομακρύνονται η μια από την άλλη. Στο κενό που αφήνουν, αναβλύζει μάγμα που στερεοποιείται, γεμίζει το κενό και δημιουργεί καινούργια λιθόσφαιρα. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται οι λεγόμενες "ράχες". 2. Οι δύο πλάκες συγκλίνουν έτσι που η μια να βυθίζεται κάτω από την άλλη και τελικά να απορροφάται από το μανδύα ή να καταστρέφεται. Φαινόμενα τριβής στα όρια των πλακών έχουν σαν αποτέλεσμα, μέρος της μηχανικής ενέργειας να μετατρέπεται σε θερμότητα. Αυτή η θερμότητα εκτονώνεται με τη μορφή ηφαιστειακής δράσης. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται οι "τάφροι". Στις τάφρους η λιθόσφαιρα καταστρέφεται με το ρυθμό που δημιουργείται στις ράχες. 3. Οι δύο πλάκες "γλιστρούν" η μια παράλληλα στην άλλη με τρόπο που ούτε δημιουργείται ούτε καταστρέφεται λιθόσφαιρα.



Σχήμα 2: Σχηματική τομή που δείχνει τις διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στις τεκτονικές Πλάκες.



Σχήμα 3: Τεκτονικές πλάκες, μεσωκεάνιες ράχες, ωκεάνιες τάφροι, ζώνες καταβύθισης και γεωθερμικά πεδία. Τα βέλη δείχνουν την κατεύθυνση κίνησης των λιθοσφαιρικών πλακών προς τις ζώνες καταβύθισης. (1) Γεωθερμικά πεδία όπου παράγεται ηλεκτρική ενέργεια (2) Μεσωκεάνιες ράχες που τέμνονται από μεγάλα ρήγματα μετασχηματισμού (3) Ζώνες καταβύθισης, όπου η βυθιζόμενη πλάκα κάμπτεται προς τα κάτω και λιώνει μέσα στην ασθενόσφαιρα.

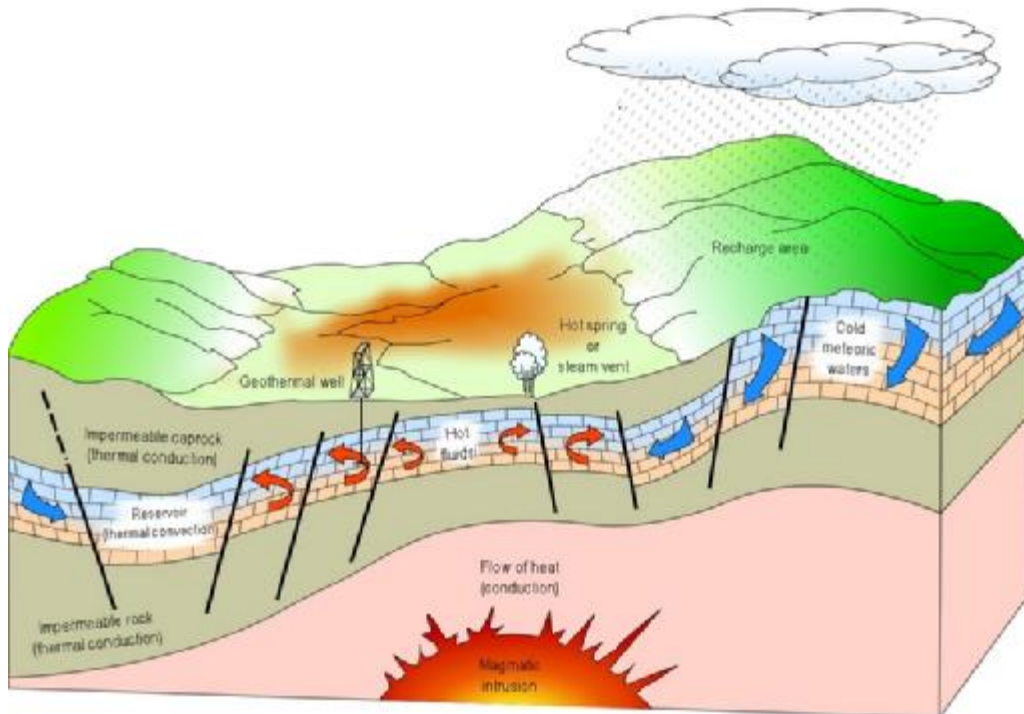
Τόσο οι "τάφροι" όσο και οι "ράχες" συνδέονται με ηφαιστειακή δράση και κατά συνέπεια με υπέρθερμες περιοχές. Γι' αυτό και τα σημαντικότερα γεωθερμικά πεδία εντοπίζονται σε συγκεκριμένες περιοχές, δηλαδή στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών, τις λεγόμενες "ζώνες σεισμικών εστιών". Περιοχές με μικρότερο γεωθερμικό ενδιαφέρον, δηλαδή με γεωθερμική βαθμίδα λίγο υψηλότερη από τη μέση, μπορεί να βρεθούν και εκτός των εν λόγω ζωνών.

Γενικά, θα μπορούσαμε να πούμε πως γεωθερμικά πεδία είναι οι περιοχές στις οποίες οι συνθήκες για την εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας είναι ευνοϊκές. Τα κύρια χαρακτηριστικά τους είναι τα ακόλουθα (Κατσιφαράκης, 2009):

α) Αυξημένη (σε μικρό ή μεγάλο βαθμό) θερμική ροή. Αυτή συνδέεται με την ύπαρξη μαγματικού όγκου σε μικρό σχετικά βάθος.

β) Ύπαρξη υπόγειου υδροφορέα, σε βάθος μικρότερο των 3 km, ο οποίος θερμαίνεται από τον μαγματικό όγκο. Μεταξύ του υδροφορέα και της πηγής θερμότητας πρέπει να υπάρχουν θερμοπερατά στρώματα ή ρήγματα, που ευκολύνουν την κυκλοφορία ρευστών (Σχήμα 4).

γ) Ύπαρξη πρακτικά αδιαπέρατου, θερμικά και υδραυλικά, στρώματος πάνω από τον υδροφορέα, για την προστασία του θερμικού περιεχομένου του.



Σχήμα 4: Σχηματική παράσταση γεωθερμικού πεδίου (www.geothermal-energy.org).

Τα γεωθερμικά πεδία διακρίνονται, όπως και οι γεωθερμικές ενεργειακές πηγές, σε υψηλής, μέσης και χαμηλής ενθαλπίας. Είναι φανερό ότι τα πεδία υψηλής ενθαλπίας είναι πολύ πιο αποδοτικά από οικονομική και τεχνική άποψη. Τα χαμηλής ενθαλπίας όμως είναι πολύ περισσότερα.

Η ύπαρξη όμως υψηλής γεωθερμικής βαθμίδας σε κάποια περιοχή δεν είναι η μοναδική συνθήκη-προϋπόθεση για την ύπαρξη εκμεταλλεύσιμου γεωθερμικού πεδίου. Η γεωθερμική ενέργεια είναι πρωτογενώς αποθηκευμένη μέσα στα πετρώματα, είναι διασκορπισμένη μέσα στη μάζα τους και πρέπει να συγκεντρωθεί και να μεταφερθεί στην επιφάνεια της γης, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί. Το μεταλλικό νερό (σε υγρή ή αέρια φάση) που περιέχεται μέσα σε πορώδη πετρώματα ή σε συστήματα ρηγμάτων αποτελεί το μέσο που μεταφέρει τη θερμότητα από τα πετρώματα αυτά στην επιφάνεια της γης. Έτσι, η παραγωγικότητα μιας θερμικής περιοχής προσδιορίζεται και συχνά καθορίζεται από την υδρολογία των γεωλογικών σχηματισμών. Έν έχουν όμως όλες οι θερμικές περιοχές κατάλληλη υδρολογία που αποτελεί τη δεύτερη συνθήκη για την ύπαρξη εκμεταλλεύσιμου γεωθερμικού πεδίου. Κατά συνέπεια, ένα φυσικό γεωθερμικό πεδίο είναι συνδυασμός θερμών πετρωμάτων και ύπαρξης νερού που να κυκλοφορεί μέσα σ' αυτά. Το οικονομικό ενδιαφέρον των γεωθερμικών πεδίων, όπως και όλων των γεωθερμικών πηγών, εξαρτάται και από τη μέγιστη παροχή γεωθερμικού ρευστού που μπορεί να αντληθεί, χωρίς εξάντληση του νερού του θερμού υδροφορέα και χωρίς σημαντική μείωση της θερμοκρασίας του (δηλαδή με βιώσιμη διαχείριση της ανανεώσιμης ενεργειακής πηγής). Η παροχή αυτή εξαρτάται από τον όγκο και τη διαπερατότητα του υδροφόρου στρώματος, καθώς και από την τροφοδοσία του σε νερό και τη διαδικασία θέρμανσής του.

2.1.1 Γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας

Η γεωθερμική ενέργεια υψηλής ενθαλπίας, που παρέχεται από τα αντίστοιχα πεδία, χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η εκμετάλλευση άρχισε από γεωθερμικά πεδία που παράγουν ξηρό ατμό. Η πρώτη μονάδα λειτούργησε στο Larderello, όπως αναφέρθηκε, το 1913 και είχε ισχύ 250 KW. Σήμερα η εκμετάλλευση έχει επεκταθεί και σε πεδία, τα οποία παράγουν θερμό νερό, ενώ η συνολική εγκαταστημένη ισχύς έχει ξεπεράσει τα 8000 MW. Στην Ελλάδα υπάρχουν γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας, που συνδέονται με το ηφαιστειακό τόξο του Αιγαίου. Πιο γνωστό είναι το πεδίο της Μήλου, όπου έγινε προσπάθεια για κατασκευή σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, χωρίς όμως να ολοκληρωθεί. Εξ ίσου αξιόλογο είναι και το γεωθερμικό πεδίο της Νισύρου.

2.1.2 Γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας

Στις περιοχές της Γης με κανονική θερμοβαθμίδα, δηλαδή στο μεγαλύτερο μέρος του πλανήτη, η θερμοκρασία σε βάθος 2000 m φθάνει τους 80°C. Επομένως όλοι οι υδροφορείς που υπάρχουν σ' αυτό το βάθος, αποτελούν γεωθερμικές πηγές χαμηλής ενθαλπίας. Για την εκμετάλλευσή τους απαιτούνται γεωτρήσεις μεγάλου βάθους. Γι' αυτό το κόστος κατασκευής και λειτουργίας είναι σχετικά μεγάλο. Πάντως σε ορισμένες χώρες γίνεται εκτεταμένη εκμετάλλευση των πηγών αυτών. Ενεργειακές πηγές πολύ χαμηλής ενθαλπίας αποτελούν οι υδροφορείς που βρίσκονται σε μικρό βάθος. Σε κλιματικές συνθήκες όμοιες με τις ελληνικές, η θερμοκρασία σε βάθος 30-50 m κυμαίνεται από 12°C ως 15°C. Επομένως το νερό των υδροφορέων αυτών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση, με τη βοήθεια αντλίας θερμότητας. Η απόδοση των πηγών αυτών βελτιώνεται, αν το καλοκαίρι διοχετεύεται στον υδροφορέα νερό, που έχει θερμανθεί με ηλιακούς συλλέκτες (ηλιογεωθερμία). Ο συνδυασμός αυτός παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον για τη χώρα μας. Κριτήρια αξίας των γεωθερμικών πηγών χαμηλής ενθαλπίας είναι το ποσό θερμίδων που παρέχουν και η θερμοκρασία του παρεχομένου νερού. Για τον λόγο αυτό η ενέργεια που παράγεται από τις πηγές αυτές, μετρείται με βάση την ποσότητα πετρελαίου που υποκαθιστούν στη θέρμανση κάποιου χώρου (ή σε άλλη χρήση). Η μονάδα μέτρησης ονομάζεται TEP (Tonne Equivalent Petrole = ισοδύναμο τόνου πετρελαίου). Η χώρα μας παρουσιάζει ένα αρκετά αξιόλογο δυναμικό γεωθερμικής ενέργειας χαμηλής ενθαλπίας. Με τις σημερινές γνώσεις μας από τα δεδομένα των γεωτρήσεων και από άλλες ενδείξεις στα γεωθερμικά πεδία, εκτιμάται ότι το βεβαιωμένο συνολικό δυναμικό της γεωθερμίας χαμηλής ενθαλπίας (με βάση την απόρριψη των νερών σε θερμοκρασίες περίπου 25°C) ανέρχεται σε 700-800 MW_{th}, περίπου.

2.2 Χρήσεις γεωθερμικής ενέργειας

Η γεωθερμική ενέργεια, ανάλογα με τη θερμοκρασία με την οποία μεταφέρεται στην επιφάνεια, χρησιμοποιείται για παραγωγή ηλεκτρισμού (θερμοκρασία > 80°), για θέρμανση κτηρίων, για θέρμανση θερμοκηπίων και εδαφών, για ιχθυοκαλλιέργειες, για θερμά λουτρά, κ.ά. Στην Ελλάδα, γεωθερμία κατάλληλη για θέρμανση και αγροτικές εφαρμογές απαντάται σε μικρά βάθη σε πολλές περιοχές στις πεδιάδες της Μακεδονίας και της Θράκης, αλλά και στη γειτονιά κάθε μιας από τις 750 θερμές πηγές της χώρας, εκ των οποίων περίπου 60 είναι τα θερμαλιστικά κέντρα.

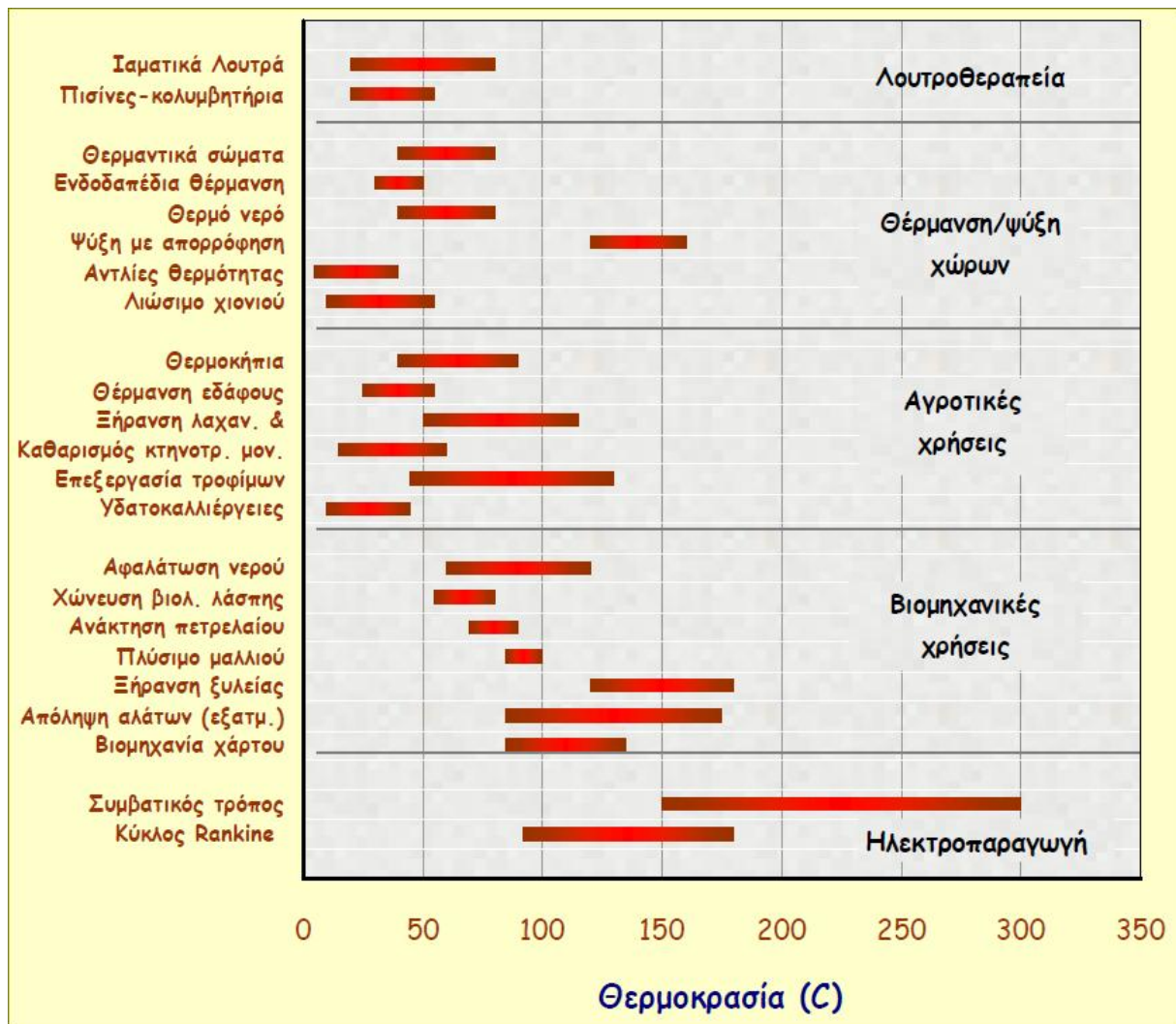
Στις ενδεικτικές χρήσεις της γεωθερμικής ενέργειας περιλαμβάνονται:

- 180 οC, εξάτμιση συμπυκνωμένων διαλυμάτων, ψύξη με απορρόφηση (βαθιά κατάψυξη), κατεργασία χαρτομάζας,
- 170 οC: παραγωγή βαρέως ύδατος, ξήρανση διατομών,

- 160 οC: ξήρανση ψαριών, ξυλείας, παραγωγή ηλεκτρισμού με ατμοστρόβιλο,
- 150 οC, παραγωγή αλουμίνας με τη μέθοδο Bayer,
- 140 οC: ξήρανση αγροτικών προϊόντων, κονσερβοποίηση,
- 130 οC: εξάτμιση στην παραγωγή ζάχαρης, ανάκτηση αλάτων με εξάτμιση και κρυστάλλωση,
- 120 οC: παραγωγή γλυκού νερού με απόσταξη,
- 110 οC: ξήρανση τσιμεντόλιθων,
- 100 οC: ξήρανση οργανικών ουσιών, φυκιών, οσπρίων, πλύσιμο και ξήρανση μαλλιού, παραγωγή ηλεκτρισμού με οργανικά μέσα,
- 90 οC: ξήρανση ψαριών,
- 80 οC: θέρμανση οικισμών, θέρμανση θερμοκηπίων, παραγωγή ηλεκτρισμού με οργανικά μέσα κάτω όριο,
- 70 οC: ψύξη (κατώτερο όριο) για κλιματισμό,
- 60 οC: εκτροφή διαφόρων ζώων,
- 50 οC: καλλιέργεια μανιταριών,
- 40 οC: θέρμανση εδάφους, θέρμανση οικισμών, ιαματικά λουτρά,
- 30 οC: πισίνες, ζύμωση, θέρμανση θερμοκηπίων με ακτινωτό δίκτυο αγωγών,
- 20 οC: ιχθυοκαλλιέργειες,
- $T < 20$ οC: εγκαταστάσεις αξιοποίησης κανονικού γεωθερμικού πεδίου.

Στο Σχήμα 2 παρουσιάζεται το διάγραμμα Lindal στο οποίο απεικονίζονται διαγραμματικά οι δυνητικές εφαρμογές για διάφορες θερμοκρασίες γεωθερμικών ρευστών

Η «γεωθερμία» είναι ένας ενεργειακός πόρος ο οποίος στην Ελλάδα, μέχρι την παρούσα χρονική περίοδο, δεν έχει προσελκύσει το επενδυτικό ενδιαφέρον, αν και έχουν δημιουργηθεί μικρές κυρίως εγκαταστάσεις αξιοποίησής της.

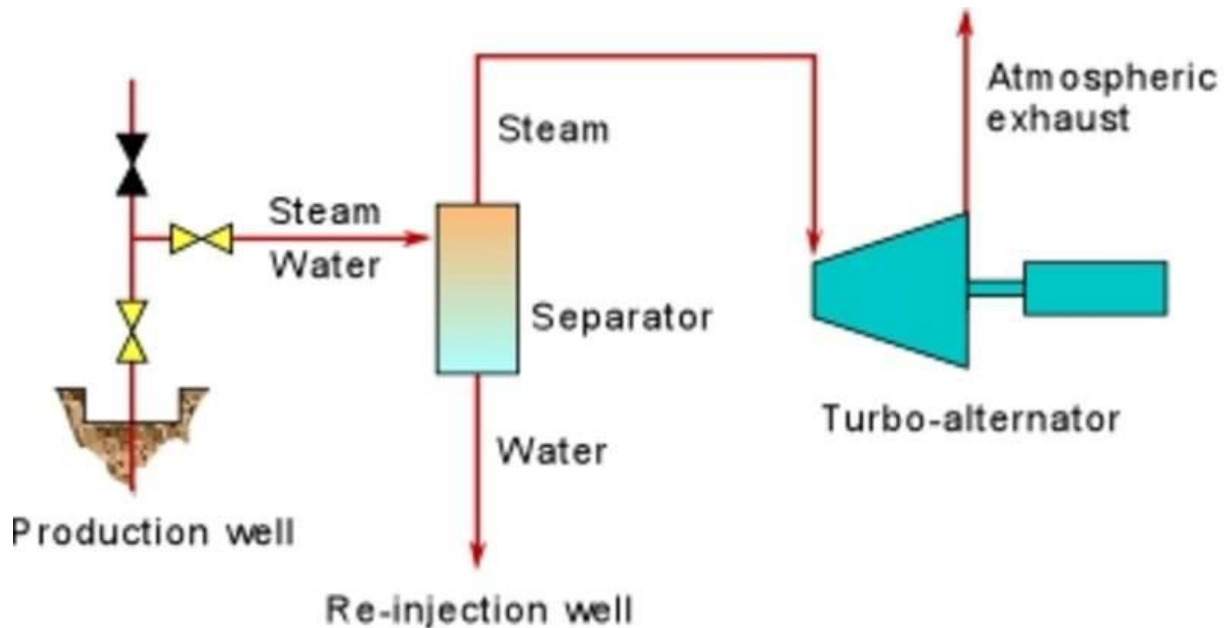


Σχημα 5: διαγραμμα lindal

2.3 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμικά ρευστά λαμβάνει χώρα σε μονάδες που λειτουργούν είτε με συμβατικούς αμοστρόβιλους ή με δυαδικό κύκλο, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του γεωθερμικού πόρου. Οι συμβατικοί αμοστρόβιλοι απαιτούν ρευστά που έχουν θερμοκρασίες τουλάχιστον 150°C. Η μονάδα μπορεί να λειτουργεί με συμπυκνωτές, όπου η πίεση διατηρείται συνεχώς σε χαμηλά επίπεδα (condensing type) ή χωρίς (back pressure type), οπότε γίνεται διάθεση του ατμού στην ατμόσφαιρα. Ο τύπος με αμοστρόβιλους αμοσφαιρικής εκτόνωσης είναι απλούστερος και φθηνότερος. Ο ατμός που έρχεται, είτε απευθείας από γεωτρήσεις που παράγουν ξηρό ατμό, είτε από γεωτρήσεις με υγρό ατμό αφού γίνει ο διαχωρισμός του νερού, περνά από τον αμοστρόβιλο και στη συνέχεια απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα. Σε μια τέτοια μονάδα, η κατανάλωση ατμού (με ίδια πίεση εισόδου) ανά παραγόμενη κιλοβατώρα είναι περίπου διπλάσια από αυτήν σε μια μονάδα με συμπυκνωτές. Όμως, οι αμοστρόβιλοι αμοσφαιρικής εκτόνωσης είναι εξαιρετικά χρήσιμοι σε πιλοτικές ή εφεδρικές μονάδες, σε περιπτώσεις μικρών παροχών από μεμονωμένες γεωτρήσεις, καθώς και στην παραγωγή ηλεκτρισμού στη φάση των δοκιμών παραγωγής των γεωτρήσεων κατά την ανάπτυξη του πεδίου. Χρησιμοποιούνται επίσης στις περιπτώσεις όπου ο ατμός περιέχει μεγάλες ποσότητες μη συμπυκνώσιμων αερίων (>12% κατά βάρος). Οι μονάδες διάθεσης του ατμού στην ατμόσφαιρα κατασκευάζονται και εγκαθίστανται πολύ γρήγορα και μπορούν να τεθούν σε λειτουργία μέσα σε περίπου 13-14

μήνες από την ημερομηνία παραγγελίας τους. Τέτοιου είδους μονάδες είναι συνήθως διαθέσιμες σε μικρά μεγέθη (2,5-5 Mwe).



Σχήμα 6: Σκαρίφημα γεωθερμικής μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με διάθεση του ατμού απευθείας στην ατμόσφαιρα. Η ροή του γεωθερμικού ρευστού σημειώνεται με κόκκινο χρώμα.

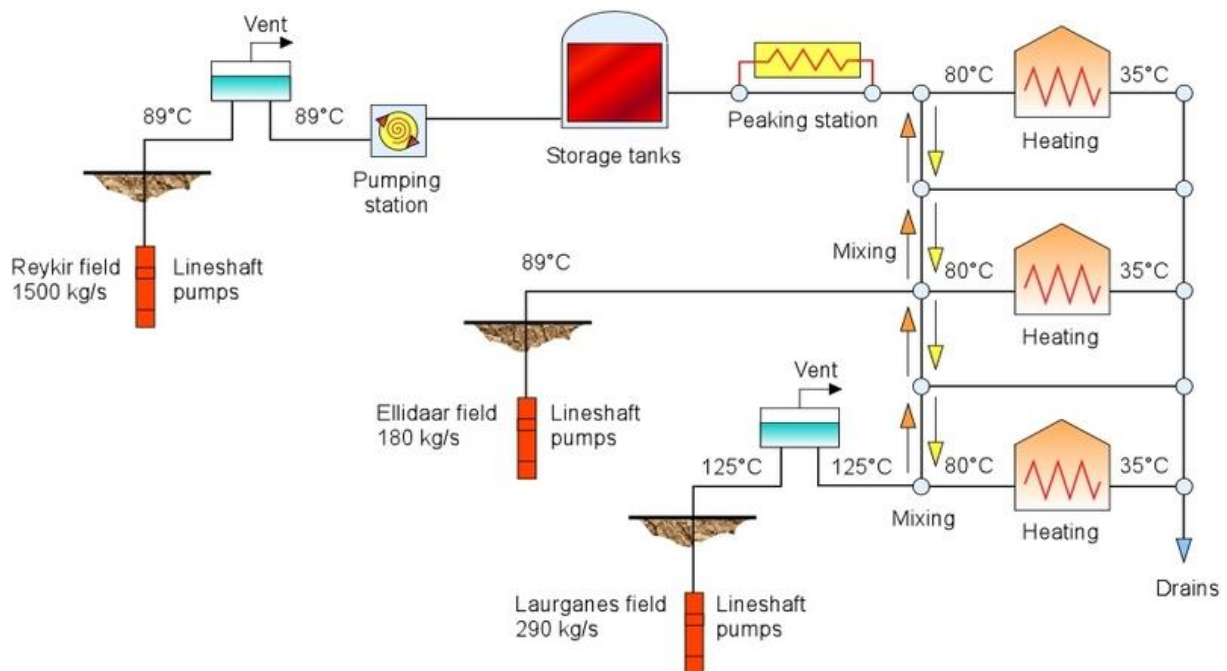
Οι μονάδες με συμπυκνωτές, εξαιτίας του ότι συνοδεύονται από περισσότερο βοηθητικό εξοπλισμό, είναι πιο περίπλοκες στο σχεδιασμό τους από τις προηγούμενες, και αυτές που είναι μεγαλύτερης ισχύος χρειάζονται διπλάσιο χρόνο κατασκευής και εγκατάστασης. Όμως, η κατανάλωση ατμού είναι περίπου μισή σε σχέση με την περίπτωση των αμοστροβίλων ατμοσφαιρικής εκτόνωσης. Οι πιο συνηθισμένες εγκαταστάσεις με συμπυκνωτές έχουν ισχύ 55-60 Mwe, όμως πρόσφατα κατασκευάστηκαν και έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται μονάδες με ισχύ 110 Mwe. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ρευστά χαμηλής-μέσης θερμοκρασίας και από το υψηλής θερμοκρασίας νερό που εξέρχεται από τους διαχωριστές στα γεωθερμικά πεδία υγρής φάσης, σημειώνει αξιόλογη ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια, κυρίως εξαιτίας της προόδου που επιτεύχθηκε στην τεχνολογία των δυαδικών ρευστών. Σε τέτοιου τύπου εγκαταστάσεις χρησιμοποιείται ένα δευτερεύον –συνήθως οργανικό–ρευστό (ισο-πεντάνιο), το οποίο έχει χαμηλό σημείο ζέσεως και υψηλή τάση ατμών σε χαμηλές θερμοκρασίες, αν συγκριθεί με τον υδάτινο ατμό. Το δευτερεύον ρευστό χρησιμοποιείται μέσα σε ένα συμβατικό οργανικό κύκλο Rankine (OCR) ως εξής: το γεωθερμικό ρευστό προσφέρει θερμότητα στο δευτερεύον υγρό μέσω εναλλακτών θερμότητας, οπότε το τελευταίο εξατμίζεται. Ο ατμός που παράγεται κινεί έναν κανονικό στρόβιλο αξονικής ροής, στη συνέχεια ψύχεται και συμπυκνώνεται, οπότε ο κύκλος αρχίζει ξανά.

Εάν γίνει σωστή επιλογή του δευτερεύοντος ρευστού, τα δυαδικά συστήματα μπορούν να σχεδιαστούν με τέτοιο τρόπο ώστε να αξιοποιούν γεωθερμικά ρευστά με θερμοκρασία που κυμαίνεται μεταξύ 85-170°C. Το ανώτερο όριο εξαρτάται από τη θερμική σταθερότητα του οργανικού ρευστού και το κατώτατο όριο από οικονομοτεχνικούς παράγοντες: κάτω από αυτή τη θερμοκρασία, εξαιτίας του μεγέθους και της ικανότητας των απαιτούμενων εναλλακτών, το όλο πρόγραμμα ίσως κατέληγε ασύμφορο από οικονομική άποψη. Εκτός από τις περιπτώσεις χαμηλής-μέσης ενθαλπίας, τα δυαδικά συστήματα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν εκεί όπου η εφαρμογή του κύκλου εκτόνωσης των ρευστών (flashing) θα

πρέπει να αποφεύγεται (π.χ. για την αποφυγή απόφραξης των γεωτρήσεων). Στην περίπτωση αυτή, μπορούν να χρησιμοποιηθούν υποβρύχιες αντλίες, ώστε να ρευστά να παραμένουν υπό σταθερή πίεση και σε υγρή φάση, ενώ η ενέργεια μπορεί να λαμβάνεται από το ρευστό κυκλοφορίας με τη βοήθεια του δυαδικού συστήματος. Τα δυαδικά συστήματα κατασκευάζονται συνήθως σε μικρές αρθρωτές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, των οποίων η ισχύς ποικίλλει από μερικές εκατοντάδες kWε έως λίγα Mwe. Τέτοια συστήματα εντούτοις έχουν τη δυνατότητα να κατασκευάζονται σε συστοιχία ώστε τελικά να δημιουργούνται μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συνολικής ισχύος κάποιων δεκάδων Mwe. Το κόστος τους εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες, ιδιαίτερα όμως από τη θερμοκρασία των παραγόμενων ρευστών, η οποία επηρεάζει το μέγεθος των στρόβιλων, των εναλλακτών και του συστήματος ψύξης. Το συνολικό μέγεθος των εγκαταστάσεων δεν επηρεάζει κατά πολύ το ειδικό κόστος, καθώς μια σειρά αρθρωτών μονάδων συνδέονται μεταξύ τους, για να επιτευχθεί τελικά μεγαλύτερη συνολική ισχύς. Η τεχνολογία των δυαδικών συστημάτων είναι ένα οικονομικά συμφέρον και αξιόπιστο μέσο για τη μετατροπή σε ηλεκτρική της ενέργειας των ρευστών ενός γεωθερμικού συστήματος υγρής φάσης με θερμοκρασία μικρότερη από 170°C. Ένας νέος τύπος δυαδικών συστημάτων, ο επονομαζόμενος κύκλος Kalina που αναπτύχθηκε στη δεκαετία του 1990, χρησιμοποιεί ως δευτερεύον ρευστό εργασίας ένα μίγμα νερού-αμμωνίας. Το ρευστό αυτό εκτονώνεται σε υπέρθερμες συνθήκες όταν διέρχεται από το στρόβιλο υψηλής πίεσης και στη συνέχεια επαναθερμαίνεται πριν εισέλθει στο στρόβιλο χαμηλής πίεσης. Μετά τη δεύτερη εκτόνωση, οι κορεσμένοι ατμοί μεταφέρονται σε ένα θερμαντήρα και ακολούθως συμπυκνώνονται σε έναν υδρόψυκτο συμπυκνωτή. Ο κύκλος Kalina είναι πιο αποτελεσματικός από τα υπάρχοντα OCR δυαδικά συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά είναι πολύ πιο περίπλοκος. Μικρές «κινητές», συμβατικές ή όχι, μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, θα μπορούσαν όχι μόνο να συμβάλλουν στη μείωση του κινδύνου μερικής αποτυχίας των νέων γεωτρήσεων, αλλά κυρίως να βοηθήσουν στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών απομονωμένων περιοχών. Το βιοτικό επίπεδο απομονωμένων κοινοτήτων θα μπορούσε να βελτιωθεί σημαντικά εάν υπήρχε η δυνατότητα να βασιστούν σε τοπικούς ενεργειακούς πόρους. Η ηλεκτρική ενέργεια θα διευκόλυνε πολλές, φαινομενικά απλοϊκές, αλλά, εξαιρετικά σημαντικές εργασίες, όπως η άντληση νερού για άρδευση και η ψύξη φρούτων και λαχανικών για συντήρηση σε μεγάλο χρονικό διάστημα. Η διευκόλυνση που παρέχουν οι «κινητές» μονάδες γίνεται περισσότερο εμφανής στις περιοχές που δεν έχουν άμεση πρόσβαση σε συμβατικά καύσιμα, και στις κοινότητες για τις οποίες το κόστος σύνδεσής τους με το εθνικό ηλεκτρικό δίκτυο είναι εξαιρετικά υψηλό, έστω και αν υπάρχουν γραμμές υψηλής τάσης σε κοντινές αποστάσεις. Τα έξοδα που απαιτούνται για την εξυπηρέτηση αυτών των μικρών κοινοτήτων είναι απαγορευτικά, καθώς οι μετασχηματιστές που χρειάζεται να εγκατασταθούν και να συνδεθούν με δίκτυα υψηλής τάσης κοστίζουν περισσότερο από 675.000 δολάρια ΗΠΑ ο καθένας, ενώ η πιο απλή μορφή τοπικής διανομής ηλεκτρισμού στα 11 kV, με τη χρήση ξύλινων στύλων, κοστίζει το λιγότερο 20.000 δολ.ΗΠΑ/χλμ. (τιμή δολαρίου 1994). Για σύγκριση, το κόστος κεφαλαίου (δολ.ΗΠΑ 1998) ενός δυαδικού συστήματος είναι της τάξης των 1500-2500 δολ.ΗΠΑ/εγκατεστημένο kWε, μη συμπεριλαμβανομένων των γεωτρητικών δαπανών. Οι απαιτήσεις για ηλεκτρική ισχύ ανά άτομο στις περιοχές εκτός δικτύου θα κυμαίνεται μεταξύ 0,2 kWε στις λιγότερο ανεπτυγμένες και 1,0 kWε ή περισσότερο στις ανεπτυγμένες περιοχές. Μία μονάδα ισχύος 100 kWε θα μπορούσε να εξυπηρετήσει 100-500 άτομα, ενώ αντίστοιχα μια μονάδα 1 Mwe 1000-5000 άτομα (Entingh et al., 1994).

2.4 Θερμικές εφαρμογές

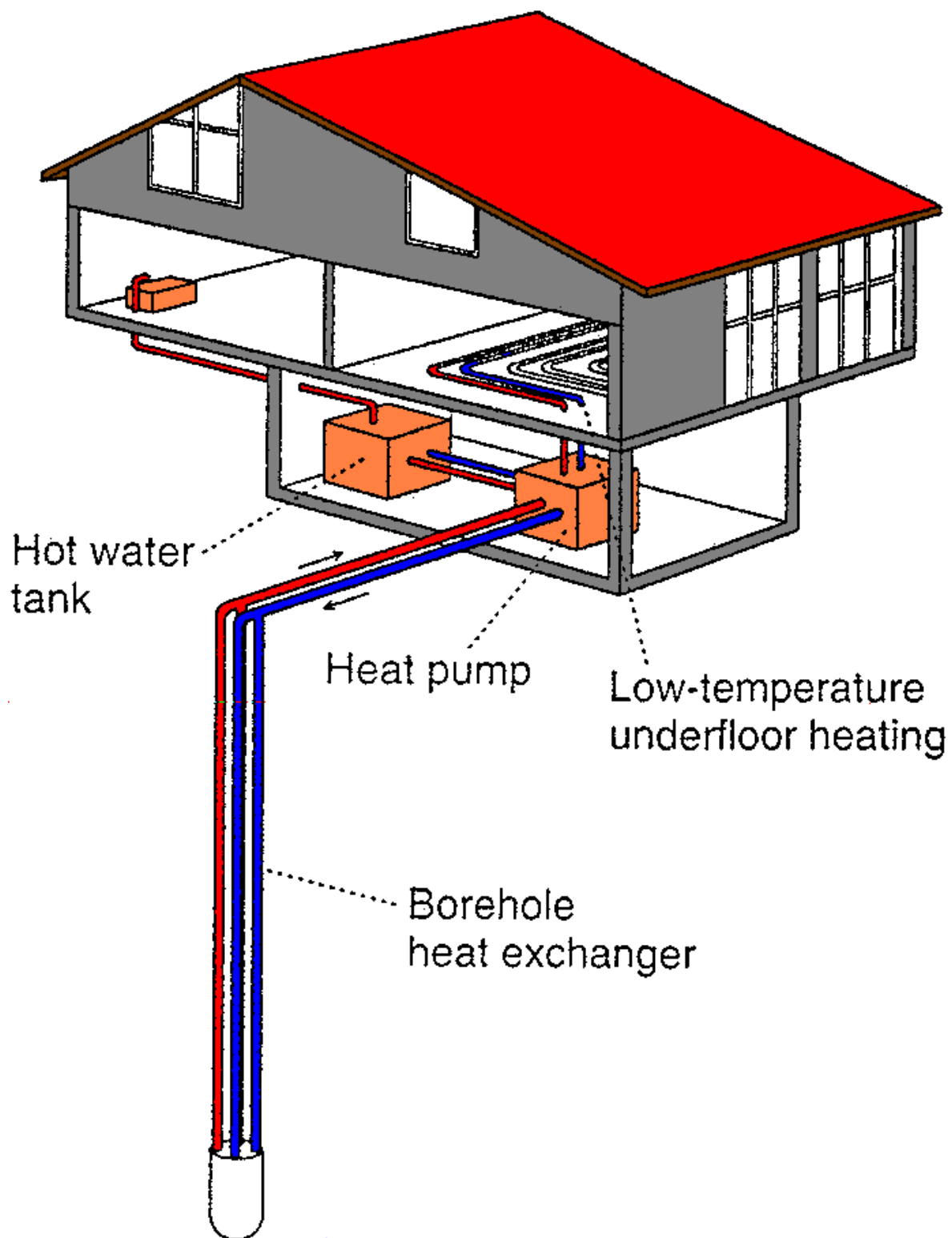
Οι άμεσες χρήσεις της θερμότητας των γεωθερμικών ρευστών για θέρμανση είναι οι παλαιότερες, οι πιο πολύπλευρες και οι πλέον συνηθισμένες μορφές αξιοποίησης της γεωθερμικής ενέργειας. Η λουτροθεραπεία, η θέρμανση χώρων και η τηλεθέρμανση, οι αγροτικές εφαρμογές, οι υδατοκαλλιέργειες και κάποιες βιομηχανικές χρήσεις είναι οι πιο γνωστές μορφές χρήσεις, όμως οι αντλίες θερμότητας αποτελούν την πιο διαδεδομένη μορφή αξιοποίησης (12,5 % της συνολικής χρήσης της γεωθερμικής ενέργειας κατά το έτος 2000). Υπάρχουν φυσικά και κάποιοι άλλοι μικρότερης κλίμακας τρόποι εκμετάλλευσης της γεωθερμίας, οι οποίοι όμως δεν είναι τόσο συνηθισμένοι. Η θέρμανση χώρων και η τηλεθέρμανση (space and district heating) παρουσίασαν μεγάλη ανάπτυξη στην Ισλανδία, όπου η συνολική ισχύς του γεωθερμικού συστήματος τηλεθέρμανσης ανέρχονταν στα τέλη του 1999 σε περίπου 1200 MWt (Σχήμα 7). Αποτελούν επίσης ιδιαίτερα διαδεδομένες εφαρμογές και στις χώρες της Ανατολικής Ευρώπης, καθώς και τις Η.Π.Α., Κίνα, Ιαπωνία, Γαλλία, κλπ.



Σχήμα 7: Απλοποιημένο διάγραμμα ροής του συστήματος τηλεθέρμανσης του Reykjavik

Τα γεωθερμικά συστήματα τηλεθέρμανσης είναι έντασης κεφαλαίου, δηλαδή απαιτούν μεγάλα αρχικά κεφάλαια. Το κύριο κόστος αφορά την αρχική επένδυση για την κατασκευή των γεωτρήσεων παραγωγής και επανεισαγωγής, την αγορά των συστημάτων άντλησης και μεταφοράς των ρευστών, την κατασκευή των δικτύων και των σωληνώσεων, την προμήθεια του εξοπλισμού ελέγχου και παρακολούθησης των εγκαταστάσεων, την κατασκευή των σταθμών διανομής και των δεξαμενών αποθήκευσης. Παρόλα αυτά, τα λειτουργικά έξοδα, τα οποία αφορούν στην ενέργεια που καταναλώνεται για την άντληση των ρευστών, τη συντήρηση του συστήματος και τη διαχείριση της εγκατάστασης, είναι σημαντικά μικρότερα σε σύγκριση με αυτά μιας συμβατικής μονάδας. Ένας κρίσιμος παράγοντας για τον υπολογισμό του αρχικού κόστους του συστήματος είναι η πυκνότητα του θερμικού φορτίου ή, αλλιώς, οι απαιτήσεις σε θέρμανση δια την επιφάνεια που καλύπτει η περιοχή που

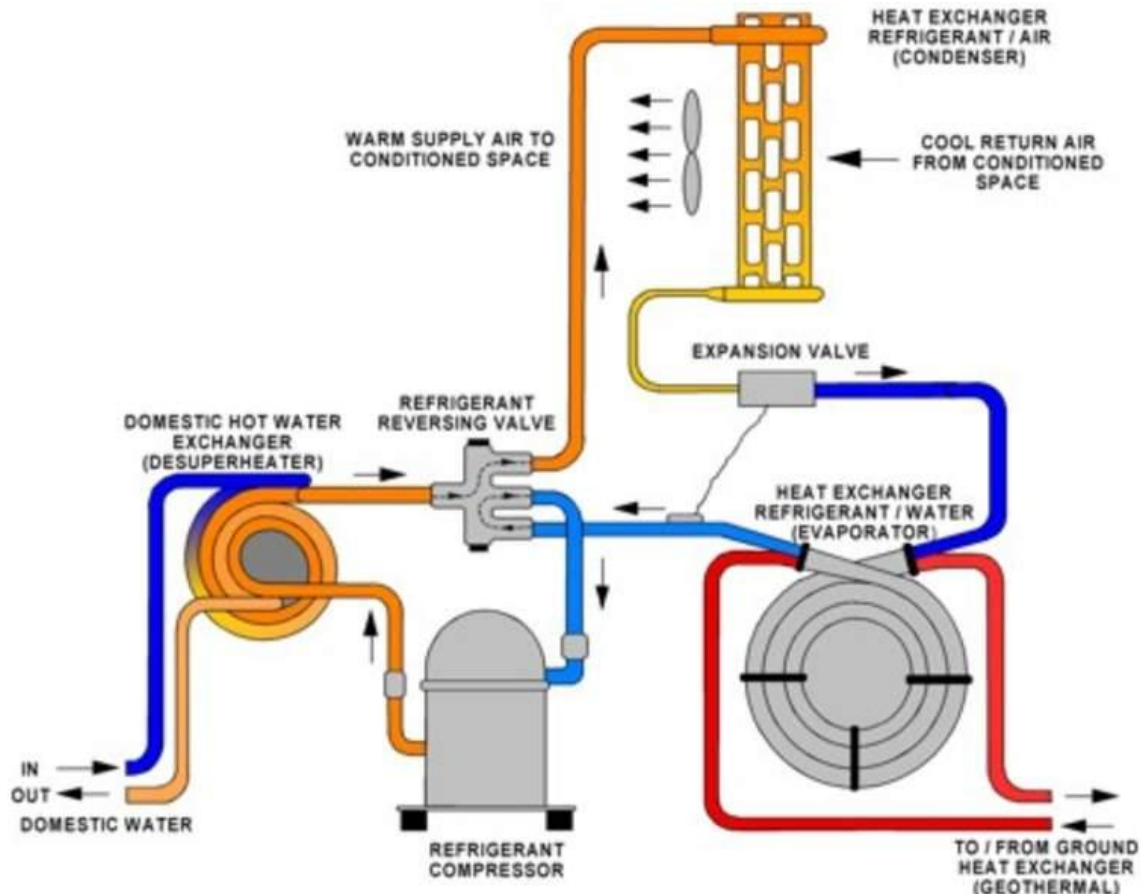
πρόκειται να θερμανθεί. Η υψηλή θερμική πυκνότητα καθορίζει την οικονομική βιωσιμότητα-σκοπιμότητα του έργου τηλεθέρμανσης, αφού το δίκτυο διανομής απορροφά μεγάλα κεφάλαια. Κάποια οικονομικά οφέλη θα μπορούσαν να προκύψουν από το συνδυασμό θέρμανσης και ψύξης σε περιοχές όπου οι κλιματικές συνθήκες επιτρέπουν τέτοιες εφαρμογές. Ο συντελεστής φορτίου σε ένα τέτοιο σύστημα ψύξηςθέρμανσης θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος από αυτόν που αντιστοιχεί μόνο στη θέρμανση, και η τιμή της ενεργειακής μονάδας πρέπει να είναι κατά συνέπεια χαμηλότερη (Gudmundsson, 1988). Η ψύξη χώρων αποτελεί μια αρκετά εφικτή και βιώσιμη επιλογή, στην περίπτωση όπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν μηχανές απορρόφησης, οι οποίες βρίσκονται εύκολα στο εμπόριο και η τεχνολογία τους είναι ευρέως γνωστή. Ο κύκλος της απορρόφησης είναι μια διαδικασία που χρησιμοποιεί ως πηγή ενέργειας τη θερμότητα έναντι του ηλεκτρισμού. Η ψύξη επιτυγχάνεται με τη χρήση δύο υγρών: ενός ψυκτικού, το οποίο κυκλοφορεί, εξατμίζεται και συμπυκνώνεται, και ενός δευτερεύοντος ρευστού ή απορροφητικού (absorbent). Για εφαρμογές πάνω από 0°C, ο κύκλος χρησιμοποιεί βρωμίδιο του λιθίου ως απορροφητικό και νερό ως ψυκτικό υγρό. Για εφαρμογές κάτω από τους 0°C χρησιμοποιείται ο κύκλος αμμωνίας/νερού, με την αμμωνία στο ρόλο του ψυκτικού και του νερού στο ρόλο του απορροφητικού μέσου. Τα γεωθερμικά ρευστά παρέχουν την απαιτούμενη ενέργεια για την κίνηση αυτών των μηχανών, όμως η αποτελεσματικότητά τους μειώνεται όταν οι θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες των 105°C. Ο γεωθερμικός κλιματισμός (θέρμανση και ψύξη) χώρων άρχισε να αναπτύσσεται σημαντικά από τη δεκαετία του 1980, ακολουθώντας την εμφάνιση και την ευρεία διάδοση των αντλιών θερμότητας (heat pumps). Οι πολλοί διαθέσιμοι τύποι αντλιών θερμότητας επιτρέπουν την απόληψη και χρήση με οικονομικό τρόπο του θερμικού περιεχομένου των σωμάτων χαμηλής θερμοκρασίας, όπως είναι το έδαφος ή οι ρηχοί υδροφόροι, τεχνητές ή φυσικές συγκεντρώσεις νερού (ponds), κλπ. (Sanner, 2001) (Σχήμα 8).



Σχήμα 8: Γήινοι εναλλάκτες θερμότητας

Όπως είναι γνωστό, οι αντλίες θερμότητας είναι μηχανές που κατευθύνουν τη θερμότητα αντίθετα από τη διεύθυνση που θα ακολουθούσε με φυσικό τρόπο, δηλαδή την εξαναγκάζουν να κατευθυνθεί από ένα ψυχρό μέσο σε ένα άλλο θερμότερο. Οι αντλίες θερμότητας δεν είναι τίποτε περισσότερο από συσκευές που λειτουργούν όπως τα κοινά ψυγεία (Rafferty, 1997).

Κάθε ψυκτική συσκευή (air-condition, ψυγείο, καταψύκτης κλπ.) παίρνει θερμότητα από ένα χώρο που πρέπει να παραμείνει σε χαμηλή θερμοκρασία και την απελευθερώνει σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Η μόνη διαφορά της αντλίας θερμότητας από μια ψυκτική μονάδα είναι το τελικό αποτέλεσμα, δηλαδή η θέρμανση στην πρώτη περίπτωση και η ψύξη στη δεύτερη. Μια άλλη διαφορά εντοπίζεται στην αντιστρέψιμη λειτουργία πολλών αντλιών θερμότητας, δηλαδή στην ικανότητά τους να παρέχουν τόσο ψύξη όσο και θέρμανση στο χώρο. Βέβαια, για τη λειτουργία των αντλιών θερμότητας απαιτείται δαπάνη ενέργειας, ενώ η χρήση τους ενδείκνυται κατά κύριο λόγο σε περιοχές κατάλληλων κλιματικών συνθηκών, οπότε για να είναι θετική η ενεργειακή ισορροπία πρέπει να προηγηθεί ένας σωστός σχεδιασμός (Σχήμα 9).

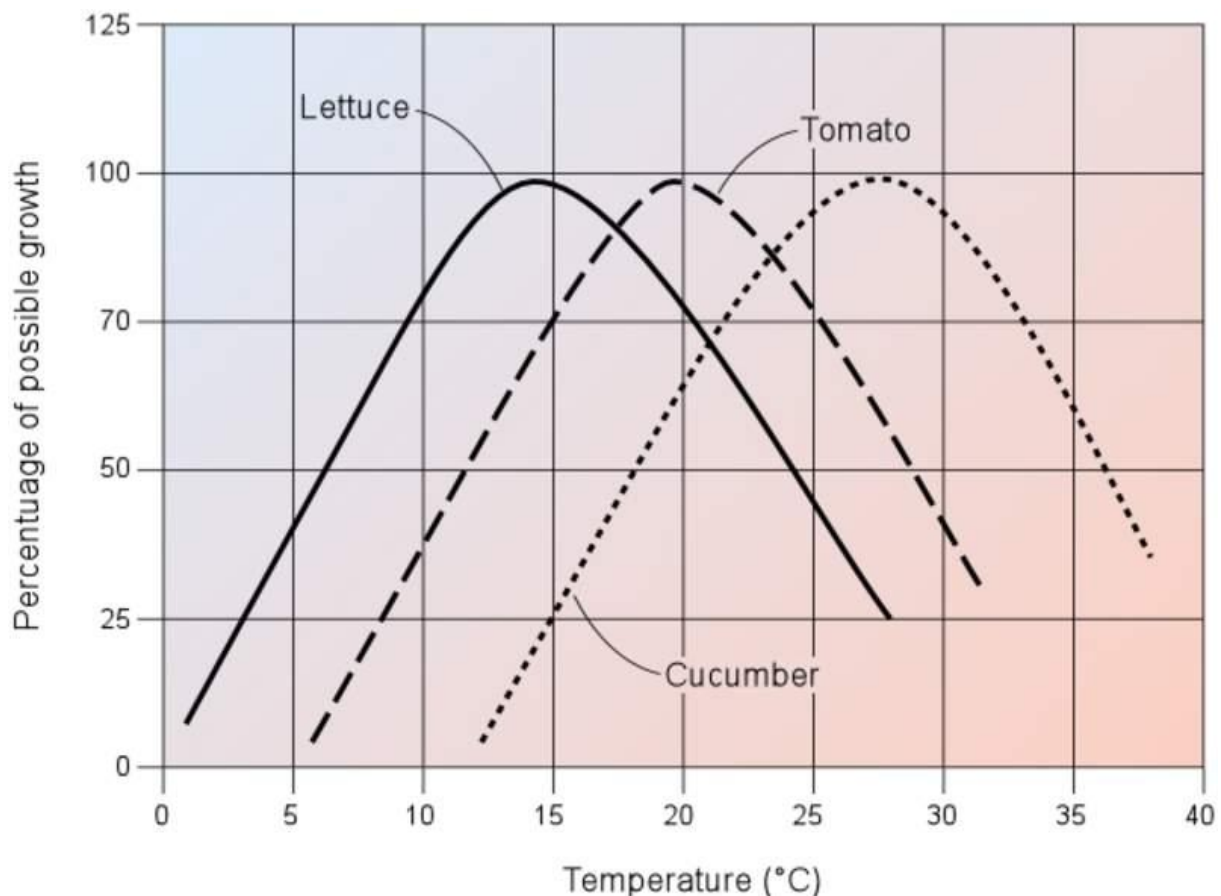


Σχήμα 9: Σχηματικό διάγραμμα μιας αντλίας θερμότητας που χρησιμοποιείται για θέρμανση

Συστήματα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας κλειστού κυκλώματος που είναι συνδεδεμένες με το υπέδαφος (ground-coupled) και αντλιών επιφανειακού ή επεδάφιου νερού (ground-water) βρίσκονται σήμερα εγκατεστημένα σε 27 χώρες, με συνολική θερμική ισχύ που ανήλθε σε 6.875 MWt κατά το έτος 2000. Η πλειοψηφία των εγκαταστάσεων βρίσκεται στις ΗΠΑ (4.800 MWt), την Ελβετία (500 MWt), τη Σουηδία (377 MWt), τον Καναδά (360 MWt), τη Γερμανία (344 MWt) και την Αυστρία (228 MWt) (Lund, 2001). Για τη λειτουργία των συστημάτων αυτών χρησιμοποιούνται ρηχοί υδροφόροι ορίζοντες ή εδάφη και υπόγεια πετρώματα, με θερμοκρασίες που κυμαίνονται μεταξύ 5-30°C. Οι αγροτικές εφαρμογές της γεωθερμίας συνίστανται κυρίως στις ανοικτές καλλιέργειες και τη θέρμανση θερμοκηπίων. Το θερμό νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις ανοικτές καλλιέργειες για την άρδυσή τους και/ή τη θέρμανση του εδάφους. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα της άρδευσης με χλιαρό νερό εντοπίζεται στο γεγονός ότι, για να επιτευχθεί κάποια αξιόλογη μεταβολή της θερμοκρασίας του εδάφους θα πρέπει οι μεγάλες ποσότητες νερού να έχουν θερμοκρασία τόσο χαμηλή ώστε

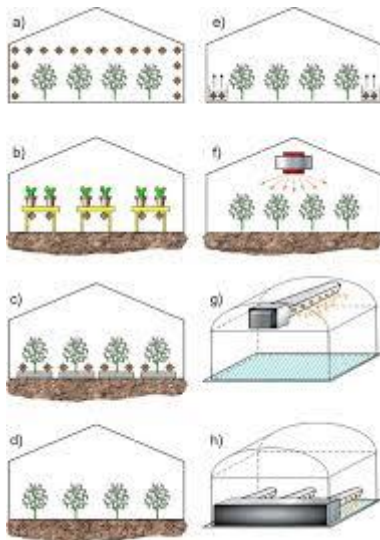
να μην προκαλούν ζημιές στις αρδευόμενες καλλιέργειες. Πιθανή λύση αυτού του προβλήματος θα ήταν η χρήση υπεδάφίων αρδευτικών συστημάτων σε συνδυασμό με ένα υπόγειο σύστημα σωλήνωσης, το οποίο θα λειτουργεί ως το μέσο θέρμανσης του εδάφους. Η θέρμανση του εδάφους με υπεδάφιους σωλήνες χωρίς την ύπαρξη του αρδευτικού συστήματος θα προκαλούσε μείωση της θερμικής αγωγιμότητάς του, εξαιτίας της μείωσης της υγρασίας γύρω από τους σωλήνες, και κατ' επέκταση θα οδηγούσε σε θερμική μόνωση. Η βέλτιστη λύση φαίνεται λοιπόν ότι θα ήταν ο συνδυασμός θέρμανσης εδάφους και άρδευσης. Η χημική σύσταση των γεωθερμικών νερών που χρησιμοποιούνται για άρδευση θα πρέπει να εξετάζεται και να παρακολουθείται προσεκτικά, ώστε να αποφεύγονται τυχόν βλαβερές συνέπειες στα φυτά. Ο θερμοκρασιακός έλεγχος στις ανοικτές καλλιέργειες έχει τα εξής πλεονεκτήματα: (α) αποτρέπει τις ζημιές λόγω χαμηλών θερμοκρασιών, παγετού, κλπ., (β) επεκτείνει την περίοδο ανάπτυξης των φυτών και δίνει σημαντική ώθηση στην παραγωγή, και (γ) αποστειρώνει το έδαφος (Barbier and Fanelli, 1977).

Η πιο συνηθισμένη γεωθερμική εφαρμογή στον αγροτικό τομέα είναι η θέρμανση θερμοκηπίων, η οποία αναπτύχθηκε ιδιαίτερα σε πολλές χώρες. Η εκτός εποχής καλλιέργεια κηπουρικών, οπωρικών και ανθοκομικών προϊόντων ή η ανάπτυξή τους σε περιοχές με μη ευνοϊκές κλιματολογικές συνθήκες, μπορεί σήμερα να βασιστεί σε μια ευρέως εφαρμοσμένη τεχνολογία. Υπάρχουν ποικίλες λύσεις για την επίτευξη των βέλτιστων συνθηκών ανάπτυξης των φυτών, οι οποίες βασίζονται στη χρήση της καλύτερης θερμοκρασίας για το κάθε είδος (Σχήμα 10), στη σωστή ένταση του φωτός, στην ιδανική συγκέντρωση CO₂ μέσα στο θερμοκήπιο, στην κατάλληλη υγρασία του εδάφους και του αέρα και στην κίνηση του αέρα μέσα στα θερμοκήπια.

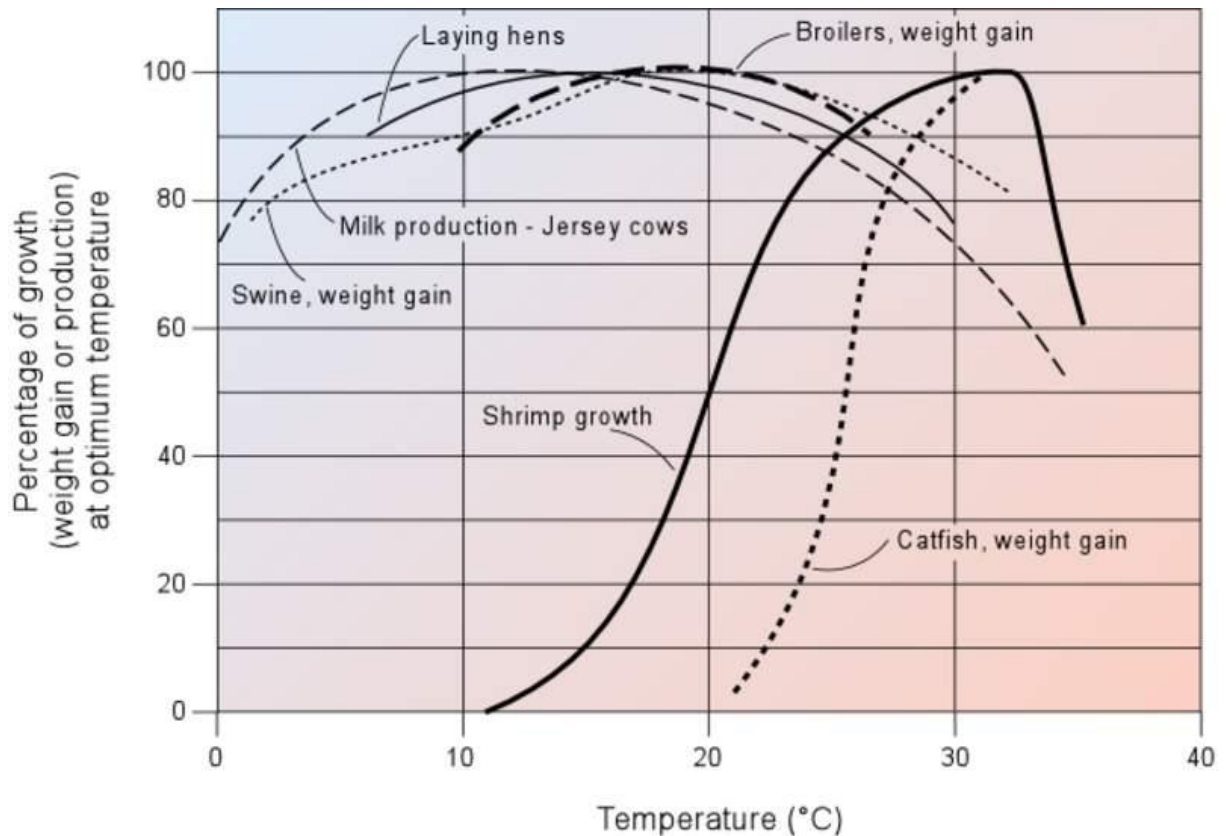


Σχήμα 10: Επίδραση της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη κάποιων φυτών

Το υλικό κάλυψης των τοιχωμάτων ενός θερμοκηπίου μπορεί να αποτελείται από γυαλί, fiberglass, πλάκες σκληρού πλαστικού ή πλαστικά φύλλα. Το γυαλί είναι το πλέον διαφανές υλικό και, σε σχέση με το πλαστικό, επιτρέπει σε μεγαλύτερο βαθμό τη διέλευση φωτός. Από την άλλη, το γυαλί προσφέρει μικρότερη θερμική μόνωση, είναι λιγότερο ανθεκτικό στην κρούση, είναι βαρύτερο και πολύ πιο ακριβό. Τα πιο απλά θερμοκήπια κατασκευάζονται από μονά φύλλα πλαστικού, όμως τελευταίως χρησιμοποιούνται και διπλά στρώματα πλαστικών, μεταξύ των οποίων υπάρχει ένα κενό αέρος. Με το σύστημα αυτό μειώνονται οι θερμικές απώλειες από τα τοιχώματα σε ποσοστό μέχρι και 30-40%, οπότε αυξάνεται σημαντικά η απόδοση του θερμοκηπίου. Η θέρμανση ενός θερμοκηπίου μπορεί επίσης να επιτευχθεί με εξαναγκασμένη κυκλοφορία αέρα στους εναλλάκτες θερμότητας, στους σωλήνες ή τους αγωγούς θερμού νερού που βρίσκονται τοποθετημένοι μέσα ή πάνω στο έδαφος, στα θερμαντικά σώματα κατά μήκος των πλευρικών τοιχωμάτων και κάτω από τους πάγκους ή με συνδυασμό των παραπάνω μεθόδων (Σχήμα 11). Η χρήση των γεωθερμικών ρευστών για τη θέρμανση ενός θερμοκηπίου μειώνει σημαντικά τα λειτουργικά του έξοδα, τα οποία σε κάποιες περιπτώσεις φτάνουν το 35% του κόστους παραγωγής (οπωρικά, άνθη, διακοσμητικά φυτά και δενδρύλλια). Η εκτροφή κτηνοτροφικών ειδών και οι υδρόβιοι οργανισμοί, όπως ακριβώς και τα φυτά, επωφελούνται σημαντικά από τις άριστες συνθήκες της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος χώρου, τόσο ως προς την ποιότητα όσο και ως προς την ποσότητα παραγωγής τους (Σχήμα 12). Σε πολλές περιπτώσεις τα γεωθερμικά νερά θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν ακόμη επικερδέστερα, μέσα από τη συνδυασμένη χρήση τους σε κτηνοτροφικές μονάδες και γεωθερμικά θερμοκήπια. Η ενέργεια που χρειάζεται για τη θέρμανση μιας μονάδας εκτροφής ζώων είναι περίπου το 50% αυτής που απαιτείται για ένα θερμοκήπιο ίδιας επιφάνειας, οπότε η κλιμακωτή χρήση των γεωθερμικών ρευστών θεωρείται ενδεδειγμένη. Η εκτροφή ζώων σε ένα περιβάλλον ελεγχόμενης θερμοκρασίας συνεισφέρει στη βελτίωση της υγείας τους, ενώ η χρήση των θερμών ρευστών θα μπορούσε να επεκταθεί στον καθαρισμό και την εξυγίανση των χώρων τους, αλλά και στην ξήρανση των αποβλήτων τους (Barbier and Fanelli, 1977).



Σχήμα 11: Συστήματα θέρμανσης σε γεωθερμικά θερμοκήπια. Εγκαταστάσεις θέρμανσης με φυσική κίνηση του αέρα (φυσική συναγωγή): (α) εναέριοι σωλήνες θέρμανσης (β) θέρμανση πάγκων (γ) σωλήνες θέρμανσης που είναι τοποθετημένοι χαμηλά (δ) θέρμανση εδάφους Εγκαταστάσεις θέρμανσης με εξαναγκασμένη κίνηση του αέρα (εξαναγκασμένη συναγωγή) (ε) πλευρική τοποθέτηση σωλήνων (στ) εναέρια αερόθερμα (ζ) αγωγοί τοποθετημένοι ψηλά (η) αγωγοί τοποθετημένοι χαμηλά



Σχήμα 12: Επίδραση της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη ή παραγωγή ζώων που εκτρέφονται για κατανάλωση

Οι υδατοκαλλιέργειες, οι οποίες στην ουσία αποτελούν την ελεγχόμενη εκτροφή υδρόβιων οργανισμών, αποκτούν σήμερα ολοένα και μεγαλύτερη σπουδαιότητα σε παγκόσμιο επίπεδο, λόγω της αυξημένης ζήτησής τους στην αγορά. Ο έλεγχος της θερμοκρασίας εκτροφής των ειδών αυτών είναι πολύ πιο σημαντικός σε σχέση με τα είδη που αναπτύσσονται στην ξηρά (θηλαστικά και πτηνά), όπως άλλωστε φαίνεται και στο Σχήμα 12, το οποίο δείχνει πόσο πιο διαφορετική είναι η τάση της καμπύλης ανάπτυξης των υδρόβιων ειδών. Διατηρώντας με τεχνητά μέσα τη θερμοκρασία σε βέλτιστα επίπεδα, καθίσταται δυνατή και η εκτροφή εξωτικών ειδών, η βελτίωση της παραγωγής ή ακόμη και ο διπλασιασμός του αναπαραγωγικού κύκλου σε μερικά είδη (Barbier and Fanelli, 1977). Τα είδη που κατά παράδοση εκτρέφονται σε τέτοιες μονάδες είναι: κυπρίνος, γατόψαρο, λαβράκια, κέφαλοι, χέλια, σολωμοί, μουρούνες, γαρίδες, αστακοί, караβίδες, κάβουρες, στρείδια, μύδια, χτένια κλπ. Οι υδατοκαλλιέργειες περιλαμβάνουν επίσης την εκτροφή κροκοδείλων και αλιγατόρων, που αξιοποιούνται συνήθως ως τουριστικό αξιοθέατο αλλά και για την εκμετάλλευση του δέρματός τους, η οποία μπορεί να αποτελέσει μια πολύ επικερδή δραστηριότητα. Με βάση την εμπειρία από τις Η.Π.Α., φαίνεται ότι, διατηρώντας τη θερμοκρασία ανάπτυξης του σταθερή στους 30°C, ένας αλιγάτορας μπορεί να μεγαλώσει σε μήκος περίπου 2 μέτρα μέσα σε 3 χρόνια, ενώ εάν ζούσε σε φυσικές συνθήκες η αύξηση του μήκους του δεν θα ξεπερνούσε τα 1,20 μέτρα κατά την ίδια χρονική περίοδο. Τέτοια ερπετά εκτρέφονται εδώ και χρόνια σε ειδικές εγκαταστάσεις στο Κολοράντο και το Άινταχο των Η.Π.Α., ενώ παρόμοιες εφαρμογές σχεδιάζονται και στην Ισλανδία. Οι θερμοκρασίες που απαιτούνται για τα υδρόβια είδη κυμαίνονται κατά βάση μεταξύ 20 και 30°C. Το μέγεθος των εγκαταστάσεων εξαρτάται από την αρχική θερμοκρασία των ρευστών, τη θερμοκρασία που απαιτείται στις δεξαμενές εκτροφής και από τις θερμικές απώλειες των τελευταίων. Η καλλιέργεια της σπιρουλίνας

(Spirulina) θεωρείται επίσης μια μορφή υδατοκαλλιέργειας. Λόγω της υψηλής διατροφικής του αξίας, αυτό το μονοκυτταρικό, σπειροειδές και γαλάζιο-πράσινο φύκος, συχνά αποκαλείται «υπερ-τροφή». Επίσης, έχει προταθεί ως λύση στο πρόβλημα της ασιτίας στις φτωχότερες περιοχές του πλανήτη, όμως για την ώρα χαρακτηρίζεται στο εμπόριο απλά ως «συμπλήρωμα διατροφής». Η σπιρουλίνα καλλιεργείται σήμερα σε αρκετές τροπικές και υπο-τροπικές χώρες, σε λίμνες ή τεχνητές δεξαμενές, όπου επικρατούν ιδανικές συνθήκες για τη γρήγορη ανάπτυξή της (μέσα σε ένα ζεστό, αλκαλικό περιβάλλον, πλούσιο σε CO₂). Παρόλα αυτά, σε αρκετές χώρες των εύκρατων ζωνών η γεωθερμική ενέργεια έχει ήδη αξιοποιηθεί επιτυχώς σε τέτοιες υδατοκαλλιέργειες, για την ανάπτυξη της spirulina σε ετήσια βάση, παρέχοντας την απαραίτητη θερμότητα αλλά και το CO₂. Τα γεωθερμικά ρευστά, σε ολόκληρο το θερμοκρασιακό τους εύρος, είτε πρόκειται για ατμό είτε για νερό, μπορούν να αξιοποιηθούν και σε βιομηχανικές εφαρμογές, όπως άλλωστε φαίνεται από το διάγραμμα του Lindal . Οι διάφορες δυνατές μορφές αξιοποίησης περιλαμβάνουν θέρμανση κατά τη διεργασία, εξάτμιση, ξήρανση, απόσταξη, αποστείρωση, πλύσιμο, λιώσιμο πάγων και ανάκτηση αλάτων. Η χρήση της γεωθερμικής θερμότητας κατά τη βιομηχανική επεξεργασία διάφορων προϊόντων εφαρμόζεται σε 19 χώρες (Lund and Freeston, 2001), όπου οι εγκαταστάσεις είναι γενικά πολύ μεγάλες και η κατανάλωση ενέργειας υψηλή. Άλλα συγκεκριμένα παραδείγματα βιομηχανικών εφαρμογών είναι η εμφιάλωση νερού και ανθρακούχων ποτών, η παραγωγή χαρτιού, τμημάτων αυτοκινήτων, η ανάκτηση λαδιού, η παστερίωση γάλακτος, η χρήση στη βυρσοδεψία, η χημική ανάκτηση προϊόντων, η παραγωγή με διαχωρισμό του CO₂, η χρήση σε πλυντήρια, η ξήρανση γης διατόμων, η επεξεργασία πολτού και χαρτιού και η παραγωγή βορικών αλάτων και βορικού οξέος. Υπάρχουν επίσης εφαρμογές για χρήση των γεωθερμικών ρευστών χαμηλής θερμοκρασίας για λιώσιμο πάγου και αντιπαγετική προστασία πεζοδρομίων, δρόμων και πλατειών, ως και σχέδια για τη διάλυση της ομίχλης σε κάποια αεροδρόμια. Στην Ιαπωνία λειτουργεί μια μικρή βιομηχανία που χρησιμοποιεί τις λευκαντικές ιδιότητες του υδρόθειου (H₂S) των γεωθερμικών νερών για την παραγωγή πρωτοποριακών και εξαιρετικής ποιότητας υφασμάτων για γυναικεία ρούχα. Στην ίδια χώρα, εφαρμόζεται σε πειραματικό στάδιο μια τεχνική για τη βιοτεχνική-βιομηχανική Παρασκευή ενός ελαφρού «γεωθερμικού ξύλου», το οποίο θεωρείται ιδιαίτερα κατάλληλο για ειδικές κατασκευές. Κατά την επεξεργασία του κανονικού ξύλου με το νερό μιας γεωθερμικής πηγής, τα πολυσακχαρίδια του υφίστανται υδρόλυση, οπότε το υλικό γίνεται πιο πορώδες και συνεπώς ελαφρύτερο.

2.5 Επιπτώσεις στο περιβάλλον από τη γεωθερμία

Από τα αρχικά στάδια κατασκευής μιας γεωθερμικής μονάδας παρατηρούνται οι πρώτες περιβαλλοντικές επιπτώσεις και είναι συνδεδεμένες με τις γεωτρήσεις που πραγματοποιούνται στην περιοχή είτε κατά το στάδιο της έρευνας είτε κατά την παραγωγή. Οι εργασίες εγκατάστασης της εξέδρας της γεώτρησης αλλά και αυτές της διάνοιξης δρόμων ή η επιδιόρθωση αυτών που υπάρχουν ήδη, τροποποιούν λίγο την επιφανειακή μορφολογία της περιοχής, αλλά μπορούν να προκαλέσουν ακόμα και μικρές ζημιές στην πανίδα και τη χλωρίδα του τοπικού οικοσυστήματος. Ρύπανση των επιφανειακών υδάτων από την απότομη έξοδο των γεωθερμικών ρευστών αλλά και της ατμόσφαιρας από την διαφυγή αερίων, μπορεί να αποφευχθεί με τη χρήση του κατάλληλου εξοπλισμού.

Κατά τη λειτουργία της μονάδας, είναι δυνατό να προκύψουν περιβαλλοντικά προβλήματα από την διαφυγή αερίων όπως διοξείδιο του άνθρακα, υδρόθειο, μεθάνιο, αμμωνία, βόρειο, αρσενικό και υδράργυρο, και άλλα, που μπορεί να αποτελέσουν πηγές ρύπανσης αν διατεθούν στο επιφανειακό περιβάλλον. Η βέλτιστη πρακτική για τον μηδενισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και για την αντιμετώπιση των υπόλοιπων επιβλαβών

αερίων είναι η τεχνική της ολικής επανεισαγωγής των γεωθερμικών ρευστών στον αρχικό ταμειυτήρα. Η άντληση μεγάλων ποσοτήτων ρευστού από τον γεωθερμικό ταμειυτήρα, είναι πιθανό να προκαλέσει καθιζήσεις, επίπτωση, που επίσης προλαμβάνεται με την επανεισαγωγή των γεωθερμικών ρευστών στον αρχικό ταμειυτήρα. Η διαδικασία αυτή, όμως μπορεί να προκαλέσει μια μικρή αύξηση της σεισμικής δραστηριότητας της περιοχής σε κάποιες περιπτώσεις. Αυτό το ενδεχόμενο, μπορεί να θεωρηθεί αμελητέο, καθώς τα σεισμικά φαινόμενα που έχουν παρατηρηθεί λόγω εκμετάλλευσης της γεωθερμίας είναι σπάνια αλλά και πολύ μικρής έντασης.

2.5.1 Επιπτώσεις κατά το στάδιο έρευνας των γεωθερμικών πεδίων

Για να ξεκινήσει η έρευνα και η αναζήτηση για τον εντοπισμό γεωθερμικών πεδίων θα πρέπει να υπάρχουν θετικές ενδείξεις για την ύπαρξη ηφαιστειακών και πλουτώνιων πετρωμάτων. Τέτοιες ενδείξεις συναντώνται σε ηφαιστειογενείς περιοχές ή σε περιοχές που γειτνιάζουν με μαγματικές εστίες σε μικρό σχετικά βάθος από την επιφάνεια. Επιφανειακές εκδηλώσεις που πιστοποιούν την ύπαρξη θερμών πετρωμάτων σε μικρό σχετικά βάθος από την επιφάνεια είναι οι θερμομεταλλικές πηγές, οι οποίες είναι καθοδηγητικές για την αναζήτηση γεωθερμικών πεδίων.

Τα στάδια έρευνας για την αναζήτηση ενός γεωθερμικού πεδίου περιλαμβάνουν τις εξής εργασίες:

1. Γεωλογικές και υδρογεωλογικές μελέτες.
2. Γεωχημικές έρευνες.
3. Γεωφυσικές έρευνες. Οι παράμετροι ενδιαφέροντος των σχηματισμών και οι μέθοδοι προσδιορισμού είναι:
 - Θερμοκρασία (θερμική έρευνα)
 - Ηλεκτρική αγωγιμότητα (γεωηλεκτρική και ηλεκτρομαγνητική μέθοδος)
 - Ταχύτητα διάδοσης των ελαστικών κυμάτων (σεισμική μέθοδος)
 - Πυκνότητα (βαρυτομετρική μέθοδος)
 - Μαγνητική επιδεκτικότητα (μαγνητική μέθοδος)
4. Όρυξη ερευνητικών γεωτρήσεων.
5. Χρήσεις γης

Από τα προαναφερόμενα στάδια σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις παρουσιάζει η όρυξη ερευνητικών γεωτρήσεων μιας και επιβαρύνει με υψηλά επίπεδα ηχορύπανσης την ευρύτερη περιοχή καθώς επίσης αλλάζει σημαντικά και την αισθητική του τοπίου. Επίσης σε μικρότερο βαθμό περιβαλλοντικές επιπτώσεις προκαλεί και η γεωφυσική έρευνα με χρήση ελαστικών κυμάτων (σεισμική μέθοδος) μιας και επηρεάζει την πανίδα και επιπλέον αυξάνει τα επίπεδα θορύβου της περιοχής.

2.5.2 Επιπτώσεις κατά το στάδιο ανάπτυξης των γεωθερμικών πεδίων

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας έρευνας και εφόσον διαπιστωθεί η ύπαρξη εκμεταλλεύσιμων γεωθερμικών πεδίων, ακολουθεί η ανάπτυξη της υποδομής που απαιτείται για την εκμετάλλευση των γεωθερμικών ρευστών. Κατά το στάδιο ανάπτυξης των γεωθερμικών πεδίων ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

1. Όρυξη των γεωτρήσεων παραγωγής – και των γεωτρήσεων επανεισαγωγής (εάν αυτό έχει κριθεί απαραίτητο για τη διάθεση των γεωθερμικών ρευστών μετά την εκμετάλλευσή τους).
2. Κατασκευή του δικτύου άντλησης, μεταφοράς και τελικής διάθεσης (απόρριψης) των γεωθερμικών ρευστών.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά το στάδιο ανάπτυξης των γεωθερμικών πεδίων διακρίνονται σε:

1. Επιπτώσεις κατά την κατασκευή της παραγωγικής γεώτρησης και της γεώτρησης επανεισαγωγής
2. Αύξηση στάθμης Θορύβου
3. Εγκατάσταση δικτύου μεταφοράς
4. Πρόκληση καθιζήσεων
5. Δημιουργία μικροσεισμικότητας
6. Υδροθερμικές εκρήξεις

2.5.2.1 Επιπτώσεις από τη γεώτρηση την παραγωγή και την επανεισαγωγή

Η πρώτη περιβαλλοντική επίπτωση που γίνεται αντιληπτή από τα πρώτα κιόλας στάδια εφαρμογής ενός γεωθερμικού έργου είναι οι γεωτρήσεις, ανεξάρτητα αν αυτές φτάνουν σε μικρά βάθη και αποσκοπούν στη μέτρηση της γεωθερμικής βαθμίδας κατά το στάδιο έρευνας ή αν είναι γεωτρήσεις παραγωγής και επανεισαγωγής. Η εγκατάσταση ενός γεωτρητικού συγκροτήματος, που περιλαμβάνει και όλο το βοηθητικό εξοπλισμό του, απαιτεί τη διάνοιξη-επισκευή δρόμων για την πρόσβαση στο σημείο των γεωτρήσεων. Αποτέλεσμα των εργασιών αυτών είναι η ελαφρά τροποποίηση της επιφανειακής μορφολογίας της περιοχής ενώ δεν αποκλείεται η πιθανότητα πρόκλησης μικρών ζημιών στη χλωρίδα και την πανίδα. Επίσης, κατά τη διάρκεια κατασκευής των γεωτρήσεων ή των δοκιμών παραγωγής, υπάρχει κίνδυνος διαφυγής στην ατμόσφαιρα κάποιων ανεπιθύμητων αερίων. Ιδιαίτερα προβλήματα διαρροών μπορεί να υπάρξουν από τα ρευστά που εκρέουν κατά την ανόρυξη των γεωτρήσεων, σε περίπτωση ατυχήματος ή διάρρηξης των σωληνώσεων (παραγωγής και επανεισαγωγής) και από τις όχι καλά στεγανοποιημένες τεχνητές λίμνες των γεωθερμικών ρευστών. Αρκετά υψηλή μπορεί να είναι επίσης και η οπτική όχληση κατά τη διάρκεια της διάτρησης, οφειλόμενη στην παρουσία των γεωτρυπάνων και στην έκταση του εργοταξίου.

2.5.2.2 Αύξηση στάθμης Θορύβου

Κατά το στάδιο ανόρυξης των γεωτρήσεων και της κατασκευής της μονάδας υπάρχει πιθανότητα να παρουσιαστούν αυξημένα επίπεδα θορύβου τα οποία επιβαρύνουν και την ευρύτερη περιοχή και κυρίως το προσωπικό του εργοταξίου κατασκευής της γεωθερμικής μονάδας.

2.5.2.3 Εγκατάσταση δικτύου μεταφοράς

Η εγκατάσταση του δικτύου μεταφοράς των γεωθερμικών ρευστών και η κατασκευή των εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης, επηρεάζει επιπλέον την πανίδα, τη χλωρίδα και την επιφανειακή μορφολογία της περιοχής. Το τοπίο της περιοχής μπορεί να αλλάξει ελαφρώς αν και είναι εφικτό το δίκτυο των σωληνώσεων που διαπερνά την περιοχή και οι πύργοι ψύξης των εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας να σχεδιαστούν έτσι ώστε να γίνουν αναπόσπαστα τμήματα του τοπίου.

2.5.2.4. Πρόκληση καθιζήσεων

Η αφαίρεση μεγάλων ποσοτήτων νερού ή ατμού από ένα γεωθερμικό πεδίο, ειδικά όταν οι ταμειυτήρες του αποτελούνται από πορώδεις σχηματισμούς, μπορεί να προκαλέσει ορισμένες φορές καθίζηση του εδάφους η οποία κυμαίνεται από λίγα εκατοστά μέχρι και μερικά μέτρα. Η καθίζηση του εδάφους μπορεί να έχει επιπτώσεις είτε στη σταθερότητα των σωληνώσεων

των δικτύων είτε σε άλλα μέρη της εγκατάστασης. Μπορεί επίσης να προκαλέσει το σχηματισμό λιμνών και ρωγμών στο έδαφος και εάν η θέση των εγκαταστάσεων είναι κοντά σε κατοικημένη περιοχή μπορεί να οδηγήσει σε ορισμένες περιπτώσεις ακόμη και σε αστάθεια των κτιρίων.

2.5.2.5 Δημιουργία μικροσεισμικότητας

Με την επανεισαγωγή των υγρών στον ταμιευτήρα υπάρχει πιθανότητα πρόκλησης μικροσεισμών στην περιοχή για το λόγο ότι τα υγρά κατά την επανεισαγωγή τους δρουν ως λιπαντικό για τα υπερκείμενα πετρώματα. Επειδή τα περισσότερα γεωθερμικά πεδία βρίσκονται σε σεισμογενείς περιοχές, είναι πιθανόν οι μικροί αυτοί σεισμοί να «ανακουφίζουν» τις τοπικές συνθήκες και έτσι να συνδράμουν στην αποφυγή μεγαλύτερου σεισμού.

2.5.2.6 Υδροθερμικές εκρήξεις

Αυτές είναι σπάνιες αλλά είναι ένας πιθανός κίνδυνος στα πεδία υψηλής θερμοκρασίας. Εμφανίζονται όταν η πίεση ατμού στα υδροφόρα στρώματα κοντά στην επιφάνεια μπορεί να εκτινάξει το εδαφικό υλικό και να προκαλέσει τη δημιουργία κρατήρων. Οι διαστάσεις των κρατήρων μπορεί να κυμαίνονται από 5 m – 500 m διάμετρο και βάθος έως 500 m (αν και οι περισσότερες εκρήξεις δημιουργούν κρατήρες με βάθος λιγότερο από 10 m).

2.5.3 Επιπτώσεις από γεωθερμικές μονάδες υψηλής ενθαλπίας

Τα γεωθερμικά ρευστά υψηλής ενθαλπίας χρησιμοποιούνται συνήθως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση των τεσσάρων τεχνολογιών που έχουν ήδη αναφερθεί (ξηρού ατμού, στρόβιλοι υγρού ατμού, δυαδικού κύκλου με πτητικό ρευστό ή κύκλος Rankine με οργανικό ρευστό, συνδυασμένος κύκλος).

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση γεωθερμίας έχει τις λιγότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε σχέση με άλλες μεθόδους. Οι επιπτώσεις αυτές κατηγοριοποιούνται σε:

1. Εκπομπές αερίων
2. Υδάτινη και θερμική ρύπανση
3. Απόθεση στερεών αποβλήτων
4. Χρήση γης και οπτική ρύπανση
5. Θόρυβος

2.5.3.1 Εκπομπές αερίων

Τα μη συμπυκνώσιμα αέρια που εμπεριέχονται στον γεωθερμικό ατμό και μπορούν να απελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα είναι κυρίως το διοξείδιο του άνθρακα και το υδρόθειο. Επίσης, υπάρχει περίπτωση να περιέχετε αμμωνία, υδρογόνο, άζωτο, μεθάνιο και ραδόνιο σε δευτερεύουσες ποσότητες, καθώς επίσης και πτητικά σωματίδια βορίου, αρσενικού και υδραργύρου. Η εκπομπή υδρόθειου (H₂S) αποτελεί τη σημαντικότερη πηγή ρύπανσης. Χαρακτηρίζεται από μία «οσμή κλούβιων αυγών» και ανιχνεύεται από τον άνθρωπο ακόμη και σε συγκεντρώσεις μικρότερες από 0,03 ppmv (parts per million by volume). Το υδρόθειο επιταχύνει τη διάβρωση των μεταλλικών επιφανειών και αποκλείει τη χρήση ορισμένων μεταλλικών υλικών. Στις γεωθερμικές εγκαταστάσεις με εκπομπές υδροθείου θα πρέπει να χρησιμοποιούνται φορητές συσκευές για την ανίχνευσή του, ιδιαίτερα για το προσωπικό που εισέρχεται σε κλειστούς χώρους.

Οι ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που εκπέμπονται από τις γεωθερμικές μονάδες εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά του πεδίου και από την τεχνολογία παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από γεωθερμικές μονάδες είναι κατά πολύ μικρότερες από τις αντίστοιχες εκπομπές ατμοηλεκτρικών μονάδων και συγκρίνονται ευνοϊκά με τις εκπομπές (έμμεσες) από άλλες μορφές ΑΠΕ. Οι γεωθερμικές μονάδες νέας γενιάς εκπέμπουν λιγότερο από 0,5 kg διοξειδίου του άνθρακα ανά MWh, συγκρινόμενες με τα 1000 kg περίπου διοξειδίου του άνθρακα ανά MWh που εκπέμπονται από ατμοηλεκτρικούς σταθμούς που χρησιμοποιούν άνθρακα.

Από τους υπόλοιπους αέριους ρύπους που εκπέμπονται, η αμμωνία μπορεί να προκαλέσει ερεθισμό των ματιών, των ρινικών κοιλοτήτων και του αναπνευστικού συστήματος, ενώ το ραδόνιο είναι καρκινογόνο εάν εισπνευσθεί. Οι εκπομπές αυτών των δύο αερίων είναι κανονικά σε χαμηλά επίπεδα και δεν προκαλούν ανησυχία. Από τα διάφορα μεταλλικά στοιχεία που εκπέμπονται, το αρσενικό είναι καρκινογόνο καθώς επίσης προσβάλλει και το δέρμα, το βόριο ερεθίζει το δέρμα και τους βλεννογόνους υμένες και επιπλέον είναι τοξικό και για τα φυτά και τέλος η εισπνοή ή η κατάποση του υδραργύρου μπορεί να προκαλέσει νευρολογικές διαταραχές. Όμως, αυτά τα μέταλλα εκπέμπονται γενικά σε χαμηλές ποσότητες με αποτέλεσμα να μη θέτουν σε κίνδυνο την ανθρώπινη υγεία. Τα μέταλλα είναι πιθανό επίσης να αποτεθούν στο έδαφος και με τη διήθηση τους να συμβάλουν στη μόλυνση των υπόγειων νερών.

2.5.3.2 Υδάτινη και θερμική ρύπανση

Η κύρια ανησυχία από την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας υψηλής ενθαλπίας προέρχεται από τη διάθεση των γεωθερμικών ρευστών στους υδάτινους αποδέκτες. Η σύσταση ενός γεωθερμικού ρευστού εξαρτάται από το είδος και την προέλευση των πετρωμάτων του ταμιευτήρα καθώς επίσης και από τη θερμοκρασία και την πίεση του. Η απόρριψη ή η διαρροή του γεωθερμικού ρευστού, από το οποίο έχει εξαχθεί ή όχι η θερμότητα, δημιουργεί συνήθως περιβαλλοντικό πρόβλημα (υδάτινη ρύπανση ή ρύπανση του εδάφους), τόσο λόγω της περιεκτικότητάς του σε διάφορα χημικά συστατικά (αρσενικό, βόριο, φθόριο, κλπ), όσο και λόγω της αρκετά υψηλότερης θερμοκρασίας του σε σχέση με τη θερμοκρασία των αποδεκτών. Ιδιαίτερα προβλήματα διαρροών μπορεί να υπάρξουν κυρίως στα αρχικά στάδια αξιοποίησης του πεδίου (από τα ρευστά που εκρέουν κατά την ανόρυξη των γεωτρήσεων) σε περίπτωση ατυχήματος ή διάρρηξης των σωληνώσεων (παραγωγής και επανεισαγωγής) ή από τις μη αποτελεσματικά στεγανοποιημένες τεχνητές λίμνες των γεωθερμικών ρευστών.

2.5.3.3 Απόθεση στερεών αποβλήτων

Επιπτώσεις από τη γεωθερμία στο έδαφος ή στο υπέδαφος μπορεί να υπάρξουν και από την απόθεση στερεών αποβλήτων. Σε γεωθερμικές εγκαταστάσεις στερεά απόβλητα μπορεί να δημιουργηθούν από τις εξής πηγές:

- α) λάσπη γεωτρήσεων και θρύμματα των διατρούμενων σχηματισμών κατά τη διάρκεια της διάτρησης,
- β) απόβλητα από τις τεχνολογίες δέσμευσης του υδρόθειου και
- γ) στερεά άλατα από την απομάκρυνση των διαλυμένων αλάτων στο γεωθερμικό ρευστό ή από τον καθαρισμό των σωληνώσεων από τις επικαθίσεις (ανθρακικό ασβέστιο, θειούχες ενώσεις βαρέων μετάλλων, πυριτικές ενώσεις). Οι ποσότητες στερεών αποβλήτων δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλες, ειδικά όταν συγκρίνονται με απόβλητα από μονάδες που λειτουργούν με

συμβατικά καύσιμα και τα περισσότερα από αυτά δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ως τοξικά.

2.5.3.4 Χρήση γης και οπτική ρύπανση

Το κύριο χαρακτηριστικό της γεωθερμικής ενέργειας αυτής της κατηγορίας είναι ότι απαντά σε ορισμένες μόνο περιοχές και η αξιοποίησή της γίνεται επιτόπου. Το θετικό σε αυτήν την περίπτωση είναι ότι ο «συνολικός κύκλος παραγωγής της ενέργειας» περιορίζεται σε μία μόνον περιοχή, κάτι που εξαλείφει την ανάγκη μεταφοράς των γεωθερμικών ρευστών σε αποστάσεις μεγαλύτερες από μερικά χιλιόμετρα. Η έκταση που απαιτείται για την αξιοποίηση της γεωθερμίας (πχ για την εγκατάσταση της μονάδας, το χώρο των γεωτρήσεων, τις σωληνώσεις μεταφοράς και τους δρόμους πρόσβασης) είναι γενικά μικρότερη από την έκταση της γης που απαιτούν άλλες μορφές ενέργειας, ιδιαίτερα αν συγκρίνει κανείς με τις εκτάσεις που απαιτούνται για την εξόρυξη και την αποθήκευση των καυσίμων ή τη δημιουργία φραγμάτων και τεχνητών λιμνών. Το ίδιο ισχύει και για την οπτική ρύπανση από τις γεωθερμικές μονάδες μιας και το κυριότερο ορατό τμήμα μίας μονάδας είναι ο πύργος ψύξης.

2.5.3.5 Θόρυβος

Κατά τη φάση λειτουργίας της γεωθερμικής μονάδας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας υπάρχει αρκετά υψηλό επίπεδο θορύβου που προέρχεται κυρίως από τους ανεμιστήρες του πύργου ψύξης, τον εκτοξευτή ατμού και το βόμβο των αμοστροβίλων.

Ο θόρυβος ελέγχεται κυρίως από μόνιμες εγκαταστάσεις σιγαστήρων ή άλλων συσκευών μείωσης θορύβου.

2.5.4 Επιπτώσεις από γεωθερμικές μονάδες χαμηλής ενθαλπίας

Η επιβάρυνση του περιβάλλοντος από την αξιοποίηση των γεωθερμικών ρευστών χαμηλής ενθαλπίας είναι ηπιότερη σε σχέση με την επιβάρυνση από τα ρευστά υψηλής ενθαλπίας. Η περιεκτικότητα των ρευστών σε μη συμπυκνώσιμα αέρια είναι γενικά περιορισμένη, εκτός από μερικές περιπτώσεις όπου υπάρχουν ορισμένες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα. Προβλήματα καθιζήσεων ή δημιουργίας μικροσεισμικότητας δεν έχουν ποτέ καταγραφεί σε πεδία χαμηλής θερμοκρασίας.

Η θερμική επιβάρυνση είναι σαφώς μικρότερη, με την προϋπόθεση ότι τα νερά μετά τη χρήση τους έχουν θερμοκρασία μικρότερη από 30-35°C. Το κύριο περιβαλλοντικό πρόβλημα από τα ρευστά χαμηλής θερμοκρασίας εντοπίζεται στη διάθεση των νερών μετά την απόληψη του θερμικού φορτίου τους. Η επιφανειακή διάθεση (τεχνητές ή φυσικές λίμνες, χείμαρροι, ποταμοί, θάλασσα) αποτελεί τη φθηνότερη λύση και τη μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε από τις αρχές της αξιοποίησης της γεωθερμίας. Τρία προβλήματα σχετίζονται με τη λύση αυτή: α) η αυξημένη θερμοκρασία των νερών (θερμική ρύπανση), β) η σχετικά υψηλή περιεκτικότητα των νερών σε διάφορα συστατικά (υδροθείο, βαρέα μέταλλα, κλπ) και γ) η «εξάντληση» του πεδίου με το χρόνο. Η διάθεση σε λίμνες, ποτάμια και χείμαρρους, λόγω της ευαισθησίας αυτών των οικοσυστημάτων, θα πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή και ύστερα από εμπεριστατωμένη μελέτη και με την προϋπόθεση ότι πληρούνται οι όροι διάθεσης των νερών στους συγκεκριμένους φυσικούς αποδέκτες. Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο έχει εκδώσει σειρά κατευθυντήριων οδηγιών που αφορούν την ποιότητα γλυκών επιφανειακών υδάτων προοριζομένων για υδροληψία, διαβίωση ιχθύων και κολύμβηση, όπου θεσπίζονται μέγιστα επιτρεπόμενα και επιθυμητά όρια συγκεντρώσεων των διαφόρων ουσιών. Οι οδηγίες αυτές έχουν κυρωθεί με νόμους και από το Ελληνικό Κράτος. Για τους θαλάσσιους αποδέκτες η

θέσπιση αντίστοιχων περιβαλλοντικών ορίων είναι ιδιαίτερα δύσκολη εξαιτίας της μεγάλης ποικιλίας των υδροδυναμικών συνθηκών που επικρατούν. Η EPA (Environmental Protection Agency) έχει προτείνει ανώτατα και συνιστώμενα όρια ορισμένων ουσιών που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σαν οδηγοί κατά τη μελέτη διάθεσης των γεωθερμικών ρευστών σε θαλάσσια ύδατα. Επίσης, επιπτώσεις στο έδαφος ή στο υπέδαφος μπορεί να υπάρξουν και από την απόθεση στερεών αποβλήτων. Πρόκειται για στερεά άλατα από την απομάκρυνση των διαλυμένων αλάτων στο γεωθερμικό ρευστό (π.χ. πυριτικά άλατα) ή από τον καθαρισμό των σωληνώσεων από τις επικαθίσεις (ανθρακικό ασβέστιο, θειούχες ενώσεις βαρέων μετάλλων, πυριτικές ενώσεις).

Τέλος υπάρχει και κίνδυνος από διαρροή υγρών ή αερίων αποβλήτων τα οποία επιβαρύνουν την χλωρίδα και την πανίδα της περιοχής.

2.6 Αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη χρήση της γεωθερμικής ενέργειας

Αν και η γεωθερμία αποτελεί μία ήπια μορφή ενέργειας σε σύγκριση με τις συμβατικές πηγές η ιδιάζουσα φύση των γεωθερμικών ρευστών μπορεί να προκαλέσει επιδράσεις στο περιβάλλον όπως αναλυτικά έχουν αναφερθεί. Η τεχνολογία που είναι διαθέσιμη διεθνώς, μπορεί να συμβάλλει στην αντιμετώπιση των εκπομπών υδρόθειου, της απόρριψης γεωθερμικών ρευστών, κλπ. Ταυτόχρονα έχουν θεσπιστεί παγκοσμίως κατάλληλοι περιβαλλοντικοί κανονισμοί που στηρίζουν την ανάπτυξη της γεωθερμικής ενέργειας. Θετικό είναι το γεγονός ότι οι περισσότερες από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις μπορούν να ελεγχθούν ή να περιοριστούν σε μεγάλο βαθμό.

2.6.1 Αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων κατά τα στάδια έρευνας και ανάπτυξης των γεωθερμικών πεδίων

Όλες οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλούνται από τις γεωτρητικές εργασίες τόσο στο στάδιο έρευνας όσο και σ' αυτό της παραγωγής εκλείπουν με το πέρας αυτών εφόσον εφαρμοστεί η εγκεκριμένη περιβαλλοντική μελέτη. Βέβαια, στη φάση της διάτρησης και των δοκιμών παραγωγής, για να μην υπάρξει επιβάρυνση και ρύπανση του εδάφους και των υπόγειων νερών από τη λάσπη της διάτρησης αλλά και τα στερεοποιημένα άλατα, απαιτούνται τεχνητές λίμνες απόλυτα στεγανοποιημένες. Οι καθιζήσεις μπορούν να αποφευχθούν ή να μειωθούν με την επανεισαγωγή των γεωθερμικών ρευστών στον ταμειυτήρα, ενώ η διατήρηση της πίεσης στον ταμειυτήρα μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της πιθανότητας εμφάνισης υδροθερμικών εκρήξεων.

2.6.2 Αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

2.6.2.1 Αντιμετώπιση αερίων εκπομπών

2.6.2.1.1 Μέθοδοι περιορισμού εκπομπών υδρόθειου (H₂S)

Οι διαθέσιμες τεχνολογίες δέσμευσης του υδρόθειου μπορούν γενικά να χωριστούν σε δύο κατηγορίες, αυτές που απομακρύνουν το υδρόθειο από τα αερία (πρωτογενής καθαρισμός) και αυτές που απομακρύνουν το υδρόθειο που έχει διαλυθεί στο συμπύκνωμα ή στο μίγμα συμπυκνώματος – νερού ψύξης (δευτερογενής καθαρισμός). Η κατανομή του υδρόθειου

σ'αυτά τα ρεύματα είναι βασικής σημασίας για το σχεδιασμό της κατάλληλης μεθόδου αντιρρύπανσης.

A) Διεργασία Stretford: Η διεργασία Stretford είναι μία διαδικασία αποθείωσης υγρού τύπου που χρησιμοποιείται σε διάφορες βιομηχανίες κατά την οποία το υδρόθειο αφαιρείται από τον ατμό του αερίου και ανακτάται το θείο. Πρόκειται για διαδικασίες αποθείωσης με άριστη απόδοση (σχεδόν 99,9%). Με τη μέθοδο αυτή μπορεί να απομακρυνθεί το υδρόθειο από τα απαέρια του συμπυκνωτή. Για μονάδες με εναλλάκτη έμμεσης επαφής, οι οποίες τροφοδοτούνται με σχετικά καθαρό ατμό που δεν περιέχει αμμωνία, η μονάδα Stretford μπορεί να επιτυγχάνει τον απαιτούμενο βαθμό απομάκρυνσης του υδρόθειου χωρίς δευτερογενή καθαρισμό.

Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της διαδικασίας Stretford είναι τα παρακάτω:

- 1) Αυτή η διαδικασία εφαρμόζεται σε οποιοδήποτε αέριο.
- 2) Το υδρόθειο που περιέχεται στο αέριο μπορεί να μειωθεί σε λιγότερο από 0,1 ppm σε ατμοσφαιρικές και υψηλότερες πιέσεις.
- 3) Το θείο ανακτάται με υψηλή καθαρότητα, περισσότερο από το 99,5% κατά βάρος.
- 4) Οι χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται στη διαδικασία είναι σταθερές, μη τοξικές και επεξεργάζονται εύκολα.
- 5) Η λύση της απορρόφησης είναι ελαφρώς αλκαλική (pH 8,5 – 9,0) και δεν προκαλεί διαβρώσεις.

Η τεχνολογία Stretford χρησιμοποιεί καταλύτη βαναδίου για τη μετατροπή του υδρόθειου σε στοιχειακό θείο και η αναγέννηση του καταλύτη γίνεται με τη βοήθεια δισουλφονικού οξέως ανθρακικώνης. Η διεργασία συνίσταται στην απομάκρυνση του υδρόθειου με απορρόφηση από υδατικό διάλυμα ανθρακικού νατρίου και στη συνέχεια καταλυτική οξείδωση του προς στοιχειακό θείο με αναγωγή πεντασθενούς βαναδίου. Το οξειδωτικό διάλυμα αναγεννάται με τροφοδοσία οξυγόνου που επαναφέρει το βανάδιο στην πεντασθενή του μορφή. Η μονάδα συμπληρώνεται με εγκαταστάσεις απομάκρυνσης του καθαρισμού του στοιχειακού θείου που παράγεται. Η μέθοδος αυτή χαρακτηρίζεται τεχνικά αξιόπιστη, ικανή να κατεργαστεί ρεύματα με διαφορετικά επίπεδα συγκέντρωσης του ρυπαντή και απαλλαγμένη σοβαρών μειονεκτημάτων. Για την ολοκληρωμένη αξιολόγηση όμως της μεθόδου για γεωθερμικές εφαρμογές θα πρέπει να τονισθούν και τα εξής σημεία:

- Η διεργασία Stretford είναι μία, σχετικά πολύπλοκη, χημική διεργασία που απαιτεί στενή παρακολούθηση και ρύθμιση. Επιπλέον απαιτεί σοβαρή τεχνική υποστήριξη ώστε να υπάρχει δυνατότητα αντιμετώπισης μίας σειράς προβλημάτων, όπως απόφραξης συσκευών, αφρισμού και αυξημένης κατανάλωσης χημικών.
- Έχει αναγνωρισθεί διεθνώς η αναγκαιότητα ανάπτυξης μεθόδων καθαρισμού του ατμού από το υδρόθειο. Εκτιμάται ότι μέθοδοι καθαρισμού των απαερίων, όπως η διεργασία Stretford, θα έχουν μελλοντικά μάλλον συμπληρωματικό ρόλο στις γεωθερμικές εφαρμογές.

B) Δευτερογενής καθαρισμός: Ο καθαρισμός του συμπυκνώματος και νερού ψύξης από το διαλυμένο υδρόθειο επιτυγχάνεται συνήθως με οξείδωσή του προς στοιχειακό θείο. Η οξείδωση μπορεί να γίνει με τρισθενή ιόντα σιδήρου που εισάγονται στο κύκλωμα με τη μορφή χημικών συμπλοκών. Στη συνέχεια τα ιόντα σιδήρου αναγεννώνται με ατμοσφαιρικό οξυγόνο στον πύργο ψύξης. Τα κυριότερα τεχνικά προβλήματα αυτής της μεθόδου καθαρισμού είναι η μείωση του χρόνου ζωής της εγκατάστασης λόγω διάβρωσης και τα προβλήματα αποφράξεων από το κολλοειδές θείο που παράγεται.

Γ) Διεργασία καύσης/έκπλυσης: Η μέθοδος αυτή αποτελεί βελτίωση του δευτερογενούς διαχωρισμού που περιγράφηκε παραπάνω. Το υδρόθειο καίγεται προς διοξείδιο του θείου το οποίο δεσμεύεται σε πλυντρίδα (scrubber) με το σχηματισμό θειώδους και θειικού οξέος. Εν

συνεχεία, χρησιμοποιούνται χηλικές ενώσεις σιδήρου για το σχηματισμό θειοθειικών αλάτων. Το κύριο προϊόν της διεργασίας είναι διάλυμα θειοθειικών, το οποίο επανεισάγεται στον ταμιευτήρα με το συμπύκνωμα. Κάτω από ορισμένες συνθήκες, το παραγόμενο με τη μέθοδο θειικό οξύ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μείωση του pH των γεωθερμικών νερών και τον έλεγχο της δημιουργίας επικαθίσεων.

2.6.2.1.2 Μέθοδοι περιορισμού εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂)

Για τον περιορισμό της περιεκτικότητας των γεωθερμικών ρευστών από το διοξείδιο του άνθρακα, μπορεί να εφαρμοστεί η υγρή λεγόμενη επανεισαγωγή των αερίων στον ταμιευτήρα. Με τη μέθοδο αυτή, το διοξείδιο του άνθρακα διαλύεται στο θερμό αλμόλιπο, το οποίο εν συνεχεία επανεισάγεται στον ταμιευτήρα μέσω των γεωτρήσεων επανεισαγωγής.

2.6.2.1.3 Μέθοδοι περιορισμού εκπομπών από άλλα αέρια

Όπως αναφέρθηκε ανωτέρω, η αμμωνία εμφανίζεται σε μικρές ποσότητες σε πολλά γεωθερμικά συστήματα. Στα γεωθερμικά εργοστάσια ξηρού ατμού, η αμμωνία οξειδώνεται σε άζωτο και νερό καθώς περνά στην ατμόσφαιρα. Άλλα επικίνδυνα αέρια που τυχόν υπάρχουν όπως το ραδόνιο, μεθάνιο, κλπ επανεισάγονται στον ταμιευτήρα. Τα φίλτρα επίσης μειώνουν τις αέριες εκπομπές αλλά παράγουν μία υγρή λάσπη πλούσια σε θείο και βανάδιο, ένα μέταλλο που είναι τοξικό σε μεγάλες συγκεντρώσεις. Επιπρόσθετη λάσπη παράγεται όταν υδροθερμικός ατμός συμπυκνώνεται προκαλώντας την καθίζηση των διαλυμένων στερεών. Αυτή η λάσπη έχει γενικά υψηλή περιεκτικότητα σε πυριτικά συστατικά, χλωρικά, αρσενικό, υδράργυρο, νικέλιο και άλλα τοξικά βαρέα μέταλλα. Μία δαπανηρή μέθοδος απόθεσης των αποβλήτων περιλαμβάνει την ξήρανση τους (όσο το δυνατόν περισσότερο) και τη μεταφορά σε χώρους που έχουν ειδική άδεια για απόθεση τοξικών αποβλήτων.

2.6.2.2 Αντιμετώπιση υδάτινης και θερμικής μόλυνσης

Η πλέον περιβαλλοντικά αποδεκτή μέθοδος διάθεσης των γεωθερμικών ρευστών είναι η επανεισαγωγή τους στον ταμιευτήρα. Για την επανεισαγωγή αρκεί να διανοιχτούν γεωτρήσεις μεγάλου βάθους, μέσα από τις οποίες τα ρευστά είτε με την υφιστάμενη πίεση τους, είτε με τη βαρύτητα, είτε με τη χρήση αντλιών, προωθούνται στο υπέδαφος. Τα απορριπτόμενα ρευστά μπορεί να είναι άλμη, συμπύκνωμα ατμού, μίγμα αυτών ή τέλος μίγμα με άλλο διαθέσιμο νερό (για αραιώση τυχόν συστατικών). Η θερμοκρασία των ρευστών μπορεί να είναι χαμηλότερη από 50°C, αν επανεισάγεται συμπύκνωμα ή μίγμα με ψυχρά ρευστά, ή και μεγαλύτερη από 100°C, αν επανεισάγεται κατ' ευθείαν άλμη από διαχωριστή υψηλής πίεσης. Από το είδος των ρευστών και τη θερμοκρασία τους εξαρτάται η επιτυχία της μεθόδου. Ο λόγος για τον οποίο μπορεί να μην είναι εφαρμόσιμη η επανεισαγωγή είναι ο σχηματισμός αποθέσεων με αποτέλεσμα την απαίτηση όλο και μεγαλύτερων πιέσεων και τελικά την απόφραξη των διαδρόμων ροής των ρευστών. Οι αποθέσεις αυτές δημιουργούνται όταν επανεισάγεται υπέρκορη άλμη ή όταν εισάγεται μίγμα συμπυκνώματος με άλλο νερό, που έχουν συστατικά των οποίων η διαλυτότητα μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Συνήθως, αντιμετωπίζεται η πρώτη από τις δύο αυτές περιπτώσεις, που όπως και η δεύτερη, έχουν ως αποτέλεσμα να θέτουν περιορισμούς στο χρόνο ζωής της γεώτρησης επανεισαγωγής. Ο χρόνος ημιζωής μίας γεώτρησης επανεισαγωγής ορίζεται ως το χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο η απαιτούμενη πίεση για την επανεισαγωγή ρευστών με σταθερή παροχή έχει πια, λόγω αποθέσεων, διπλασιαστεί

2.6.2.2.1 Φυσικοχημική επεξεργασία του αλμολοίπου πριν τη διάθεση

Τα συστατικά εκείνα που υπολογίζεται ότι, μετά τη διάλυση, θα εξακολουθούσαν να βρίσκονται σε συγκεντρώσεις πάνω από τα ανεκτά όρια, θα πρέπει να υποστούν κατάλληλη επεξεργασία, πριν αποτεθούν σε κάποιο υδάτινο αποδέκτη. Παρακάτω αναφέρονται μέθοδοι επεξεργασίας που έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικές από τις μέχρι τώρα εφαρμογές:

- Πυριτικά και κολλοειδή στερεά: Ο βέλτιστος τρόπος μείωσης τους είναι η κροκίδωση και χημική κατακρήμνιση με άλατα σιδήρου ή αλουμινίου ή με υδροξείδιο του ασβεστίου, που συνήθως προτιμάται για οικονομικούς λόγους. Οι απαιτούμενες δοσολογίες εξαρτώνται από τη σύσταση του αλμολοίπου και κυρίως από την αλκαλικότητά του.
- Αρσενικό: Επειδή το αρσενικό βρίσκεται στα αλμολοίπα συνήθως σε τρισθενή μορφή, είναι απαραίτητη κατ' αρχήν η οξειδωσή του σε πεντασθενές αρσενικό που είναι λιγότερο διαλυτό. Η οξειδωση επιτυγχάνεται με κατεργασία του αλμολοίπου με υποχλωριώδες νάτριο, σε αναλογίες 20-50 mg/L, ανάλογα με τη συγκέντρωση του αρσενικού. Μετά την οξειδωση είναι δυνατή η κατακρήμνιση του αρσενικού με υδροξείδιο του ασβεστίου ή άλατα σιδήρου ή αργιλίου.
- Βαρέα μέταλλα (Fe, Cr, Cd, Cu, Pb, Hg): Τα περισσότερα από τα βαρέα μέταλλα κατακρημνίζονται αμέσως με κατεργασία με υδροξείδιο του ασβεστίου. Οι απαιτούμενες αναλογίες εξαρτώνται από την αλκαλικότητα.
- Μαγγάνιο: Το μαγγάνιο κατακρημνίζεται με ασβέστη σε υψηλές τιμές pH. • Βόριο, Βάριο: Το Βόριο και το Βάριο είναι τα στοιχεία που παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη δυσκολία απομάκρυνσης με τις απλές φυσικοχημικές μεθόδους που εφαρμόζονται στη κατεργασία των αλμολοίπων.
- Αμμωνία: Η αμμωνία δεν απομακρύνεται γενικά με φυσικοχημικές μεθόδους παρά σε μικρά ποσοστά της τάξης του 20-30%. Εφόσον η συγκέντρωσή της είναι υψηλή και αποτελεί πρόβλημα για τον αποδέκτη, απαιτείται η αφαίρεση της με άλλες μεθόδους (ammonia stripping) ή με βιολογική επεξεργασία.

Σε περιπτώσεις διάθεσης του αλμολοίπου στο έδαφος σε περιοχές υπόγειας υδροφορίας, η πρόβλεψη των θέσεων και της έκτασης μίας ενδεχόμενης μελλοντικής ρύπανσης πηγών υδροληψίας μπορεί να είναι εξαιρετικά δυσχερής λόγω της μεγάλης αβεβαιότητας στις τιμές των συντελεστών διασποράς, της μεγάλης βραδύτητας διάδοσης της ρύπανσης και της σωρευτικής συμπεριφοράς ορισμένων συστατικών στον εδαφικό ιστό. Συνίσταται γι' αυτό η εφαρμογή επεξεργασίας ικανής να απομακρύνει τα επιβλαβή συστατικά σε βαθμό τουλάχιστον ανάλογο εκείνου που απαιτείται για διάθεση σε επιφανειακά ύδατα.

Τέλος, ο καλύτερος τρόπος αντιμετώπισης της θερμικής ρύπανσης είναι η ψύξη του νερού πριν διατεθεί σε υδάτινους αποδέκτες. Αυτό επιτυγχάνεται με τη φυσική ψύξη κατά την παραμονή του σε τεχνητές λίμνες. Άλλος τρόπος μείωσης του θερμικού φορτίου αποτελεί η διαδοχική χρήση των γεωθερμικών ρευστών (εν σειρά εφαρμογής).

2.6.2.3 Αντιμετώπιση των στερεών αποβλήτων

Τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας παράγουν κατά μέσο όρο 45 kg στερεών αποβλήτων ανά MWh παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Πρόσφατες τεχνολογικές πρόοδοι μειώνουν σημαντικά την προς απόθεση ποσότητα. Μερικά εργοστάσια, έχουν σήμερα την ικανότητα να αφυδατώνουν τα υποπροϊόντα και να τα αποπλύνουν, αφαιρώντας με τον τρόπο αυτό τα βαρέα μέταλλα. Το νερό που χρησιμοποιείται για την απόπλυση των βαρέων μετάλλων, επανεισάγεται στον ταμιευτήρα και τα εναπομείναντα στερεά, κυρίως πυριτικό οξύ, χρησιμοποιούνται ως υλικό πλήρωσης στο τσιμέντο που χρησιμοποιείται για την

κατασκευή δρόμων και αντιπλημμυρικών έργων. Τα άλατα που περιέχονται στα γεωθερμικά ρευστά κρυσταλλώνονται, απομακρύνονται και ανακυκλώνονται. Ο πολύτιμος ψευδάργυρος διαχωρίζεται και πωλείται, όχι μόνο ελαχιστοποιώντας τα απόβλητα αλλά και συμβάλλοντας στο οικονομικό κέρδος του εργοστασίου.

2.6.2.4 Αντιμετώπιση θεμάτων που σχετίζονται με τις χρήσεις γης

Η χρήση γης για την ανάπτυξη της γεωθερμίας μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με τον περιορισμό της περιοχής των γεωτρήσεων (χρήση κατευθυνόμενων τεχνικών διάτρησης) και με την αύξηση της δυναμικότητας των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής.

2.6.3 Αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τις χρήσεις των γεωθερμικών ρευστών χαμηλής ενθαλπίας

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τις χρήσεις των γεωθερμικών ρευστών χαμηλής ενθαλπίας είναι ηπιότερες από αυτές της υψηλής ενθαλπίας. Παρ' όλα αυτά, η υδάτινη και η θερμική μόλυνση που τυχόν εμφανίζονται, αντιμετωπίζονται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο, όπως αναφέρθηκε και στην αντιμετώπιση των επιπτώσεων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Δηλαδή, είτε με επανεισαγωγή των χρησιμοποιημένων ρευστών στον ταμιευτήρα ή με φυσικοχημική διεργασία των αλμολοίπων από τα τοξικά συστατικά και απόθεσή τους σε επιφανειακούς αποδέκτες. Βέβαια, ανάλογα με τη χρήση των γεωθερμικών ρευστών, υπάρχουν ορισμένοι ακόμη τρόποι αντιμετώπισης, οι οποίοι αναφέρονται παρακάτω.

2.6.3.1 Αντιμετώπιση των επιπτώσεων από τις αντλίες θερμότητας

Ισχύουν ακριβώς τα ίδια για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, όσον αφορά τα ψυκτικά υγρά που χρησιμοποιούνται στα κυκλώματα, θα πρέπει να πληρούν όλες τις προδιαγραφές έτσι ώστε να μην συμβάλουν στην καταστροφή της στιβάδας του όζοντος. Η χρήση των χλωροφθορανθράκων που θεωρούνταν ιδανικοί για το σκοπό αυτό, έχει απαγορευτεί με το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ (1987), τον Κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 2037/2000 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και την Απόφαση 94/68/ΕΚ. Χρήση οποιονδήποτε άλλων ψυκτικών απαγορεύεται και τιμωρείται με ιδιαίτερα υψηλές κυρώσεις. Ψυκτικά που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι το R417a, HFC134a, R407c, R410a,b και τα Εξατμιστικά / Αποξηραντικά ψυκτικά.

2.6.3.2 Αντιμετώπιση των επιπτώσεων από τη θέρμανση κολυμβητικών δεξαμενών και ιατρικών εφαρμογών

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις τα περισσότερα από τα αέρια που περιέχονται στο γεωθερμικό ρευστό χρησιμοποιούνται για θεραπευτικούς σκοπούς. Επομένως, δεν απομακρύνονται, παρά μόνο ελέγχονται πολύ προσεκτικά οι συγκεντρώσεις τους. Για τη μείωση των υγρών αποβλήτων τόσο κατά τη θέρμανση των κολυμβητικών δεξαμενών όσο και κατά τη χρήση των ρευστών σε θέρετρα αναψυχής και λουτροθεραπευτικά κέντρα, γίνεται χρήση ειδικών φίλτρων. Κατά την είσοδο και την έξοδο του, το νερό φιλτράρεται κι έτσι είναι ασφαλές είτε να επανεισαχθεί και να χρησιμοποιηθεί ξανά, είτε να αποτεθεί σε επιφανειακούς αποδέκτες.

2.6.3.3 Αντιμετώπιση των επιπτώσεων από τις βιομηχανικές εφαρμογές

Ισχύουν όσα αναφέρθηκαν σχετικά με την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μπορούν να μειωθούν χρησιμοποιώντας διάφορα φίλτρα στις καπνοδόχους των βιομηχανιών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

3.1 Εισαγωγή

Η εκμετάλλευση της αβαθούς γεωθερμίας γίνεται με τις γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, οι οποίες είναι συστήματα υδρόψυκτων αντλιών θερμότητας σε συνδυασμό με εναλλάκτες θερμότητας εδάφους (κλειστό σύστημα) ή τροφοδοτούμενες από υδρογεώτρηση (ανοιχτό σύστημα). Οι εναλλάκτες εδάφους αποτελούνται από σωλήνα τοποθετημένο εντός του εδάφους, και μπορεί να είναι είτε σε οριζόντια διάταξη εντός τάφρου ή εκσκαφής, είτε σε κατακόρυφη διάταξη σε σχήμα U εντός γεωτρήσεων. Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας τροφοδοτούν εσωτερικά συστήματα θέρμανσης χαμηλής θερμοκρασίας. Χρησιμοποιούν τη γη σαν πηγή θερμότητας όταν παρέχουν θέρμανση, χρησιμοποιώντας νερό (με ή χωρίς αντιψυκτικό) ως το μέσον που μεταφέρει τη γήινη θερμότητα στον εξατμιστή της αντλίας θερμότητας. Τα ίδια συστήματα μπορούν να παρέχουν και ψύξη, χρησιμοποιώντας τη γη ως αποδέκτη θερμότητας. Εφαρμογές και έρευνα εδώ και 50 χρόνια στις ΗΠΑ και σε χώρες της Κεντρικής Ευρώπης, έχουν οδηγήσει στην καθιέρωση των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας ως αξιόπιστη τεχνολογία. Σε λειτουργία για θέρμανση, μια τυπική γεωθερμική αντλία θερμότητας που είναι διαθέσιμη στο εμπόριο αξιοποιεί 3 μέρη γεωθερμική ενέργεια και 1 μέρος ηλεκτρική ενέργεια, προκειμένου να παρέχει 4 μέρη ωφέλιμης θερμότητας. Γι' αυτό το λόγο τα συστήματα αυτά καταναλώνουν 25%-50% λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια από εκείνα των αερόψυκτων αντλιών θερμότητας. Το βασικό πλεονέκτημα των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας, απέναντι στα κλασικά γεωθερμικά συστήματα με απευθείας (χωρίς την παρεμβολή αντλίας θερμότητας) χρήση υπόγειων ρευστών, είναι ότι οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας μπορούν να εγκατασταθούν οπουδήποτε, χωρίς να απαιτείται η ύπαρξη υπόγειων υδροφόρων υψηλής θερμοκρασίας σε οικονομικό βάθος. Παρόλο που η χρήση των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας είναι ιδιαίτερα διαδεδομένες σε χώρες όπως οι ΗΠΑ, Γερμανία, Σουηδία, Αυστρία, Ελβετία και αλλού, στη χώρα μας υπάρχουν μερικές μόνον, πιλοτικές κυρίως εφαρμογές. Μεγάλης κλίμακας διάδοση των τεχνολογιών αυτών για θέρμανση και κλιματισμό στη χώρα μας, θα συνέβαλε ουσιαστικά προς την εκπλήρωση των στόχων του πρωτοκόλλου του Κυότο, δηλαδή στη διάδοση της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και στον περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

3.2 Αντλίες θερμότητας

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

Μία αντλία θερμότητας εξάγει τη θερμότητα από μία πηγή και τη μεταφέρει σε μία λεκάνη, σε μεγαλύτερη θερμοκρασία. Με βάση αυτόν τον ορισμό, όλοι οι εξοπλισμοί ψύξης, συμπεριλαμβανομένων των κλιματιστικών και των ψυκτών, είναι αντλίες θερμότητας. Ωστόσο, από τεχνικής άποψης ο όρος «αντλία θερμότητας» αναφέρεται γενικά μόνο σε εξοπλισμό που θερμαίνει για συγκεκριμένο σκοπό και δεν χρησιμοποιείται μόνο για ψύξη. Οι αντλίες θερμότητας που παρέχουν θέρμανση και ψύξη, είναι ουσιαστικά κλιματιστικά ή ψύκτες με αναστρέψιμο κύκλο λειτουργίας. Είναι σε όλους γνωστό, ότι η θερμότητα έχει φυσική ροή από καταστάσεις υψηλότερων θερμοκρασιών σε αντίστοιχες χαμηλότερων θερμοκρασιών. Η ΑΘ έχει την ικανότητα να μεταφέρει τη θερμότητα αντίθετα από τη φυσική

της ροή. Αντλεί δηλαδή θερμότητα – γι’ αυτό ονομάζεται έτσι - από μια χαμηλότερη στάθμη θερμοκρασίας προς μια υψηλότερη. Την ίδια εξ’ άλλου ικανότητα έχει και ένα ψυγείο, μόνο που στην περίπτωση της ΑΘ ενδιαφερόμαστε για την απορριπτόμενη θερμότητα και όχι για την παραγόμενη ψύξη στο στοιχείο του εξατμιστή.

3.2.1 Αρχή λειτουργίας αντλίας θερμότητας

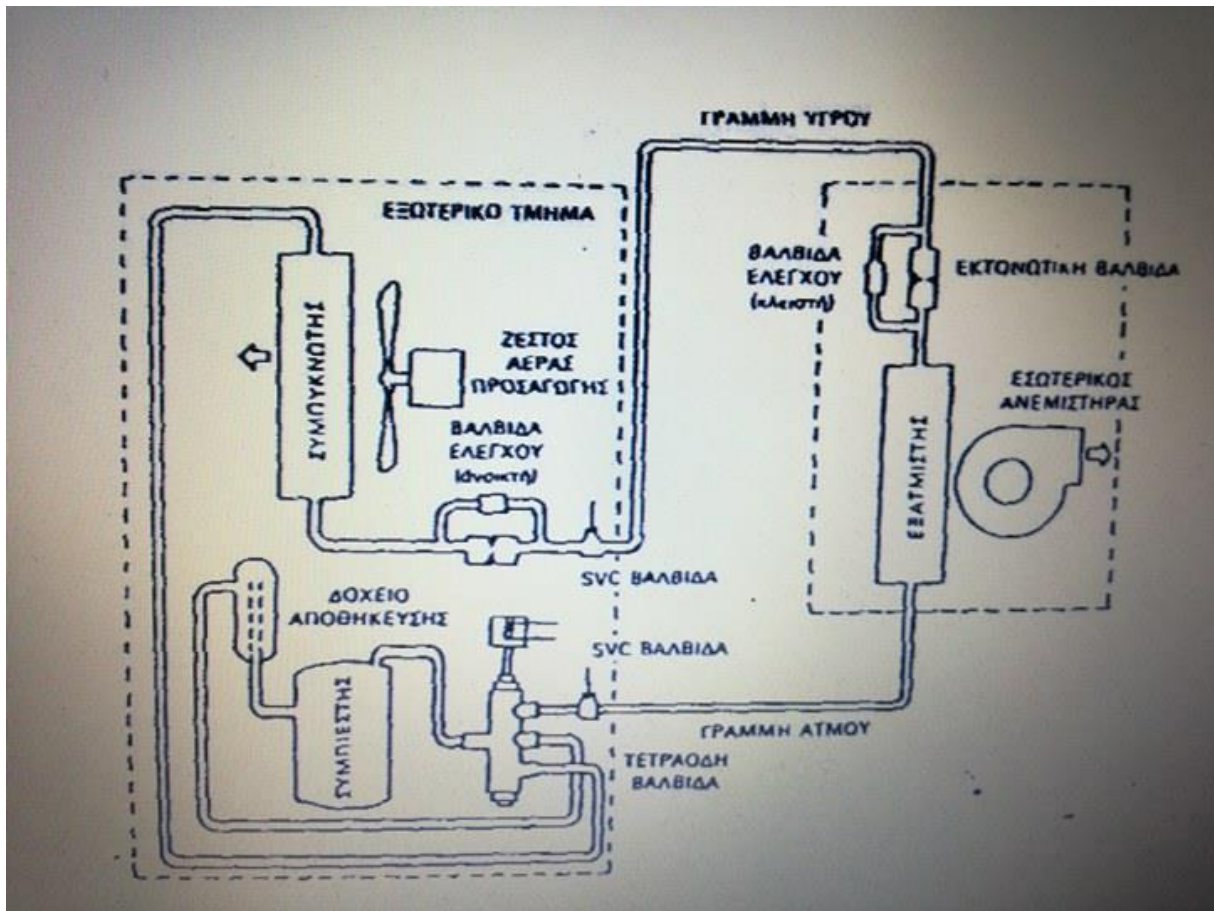
Η αντλία θερμότητας είναι συσκευή που έχει τη δυνατότητα αξιοποίησης του κύκλου ψύξης έτσι ώστε να δίνει άλλοτε ζεστό και άλλοτε κρύο αέρα ή νερό, ανάλογα πάντα με τις κλιματιστικές ανάγκες του χώρου. Όπως είναι γνωστό, η θερμότητα έχει φυσική ροή από καταστάσεις υψηλότερων θερμοκρασιών σε αντίστοιχες χαμηλότερων θερμοκρασιών. Το σύστημα όμως αυτό, έχει την ικανότητα να μεταφέρει τη θερμότητα αντίθετα προς τη φυσική της ροή. Αντλεί δηλαδή θερμότητα από χαμηλότερη στάθμη θερμοκρασίας προς μια υψηλότερη. Την ίδια ικανότητα έχει και ένα ψυγείο, μόνο που στην περίπτωση των αντλιών θερμότητας το ενδιαφέρον παρουσιάζεται για τη θερμότητα και όχι για την ψύξη.

Η αρχή λειτουργίας της είναι η ίδια με αυτή που εφαρμόζεται και στα ψυγεία, όπου η θερμότητα μεταφέρεται από το χώρο του ψυγείου (π.χ. -5 οC) στο χώρο του περιβάλλοντος (20 οC), ή στις κλιματιστικές συσκευές, με τις οποίες η θερμότητα μεταφέρεται από το δωμάτιο (26 οC) στην ύπαιθρο (π.χ. 35 οC). Έτσι λοιπόν, αν ο χώρος Α είναι το εσωτερικό κτηρίου και ο Β το περιβάλλον, η αντλία θερμότητας έχει τη δυνατότητα με κατάλληλο χειρισμό να μεταφέρει θερμότητα από το χώρο Α προς το χώρο Β (ψύξη του κτηρίου) ή αντίστροφα από το χώρο Β προς το χώρο Α (θέρμανση του κτηρίου).

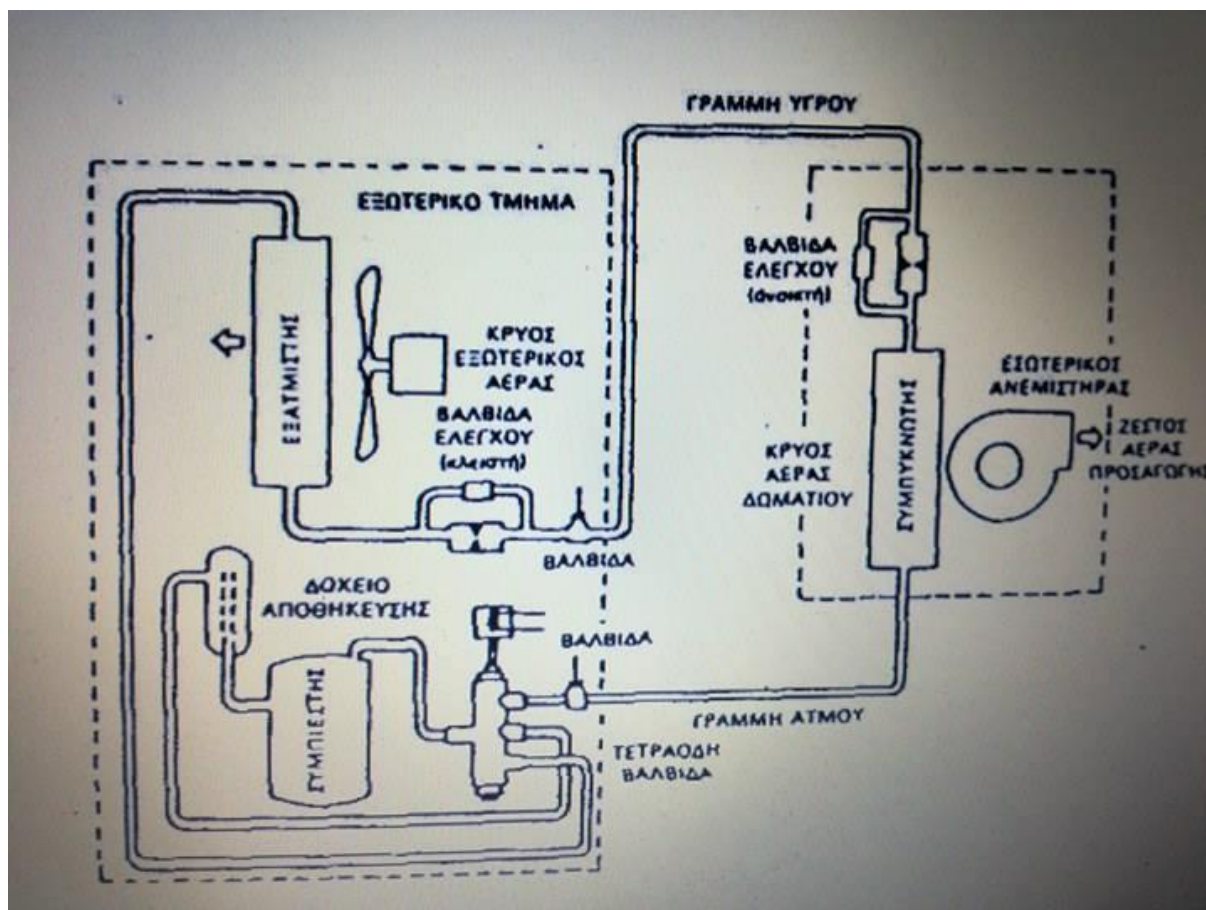
3.2.2 Βασικά τμήματα αντλίας θερμότητας

Τα βασικά μέρη από τα οποία αποτελείται μια αντλία θερμότητας είναι (Σχήμα 13 και Σχήμα 14):

- Το τμήμα συμπιεστή - συμπυκνωτή, που απορρίπτει θερμότητα στο περιβάλλον (ή κατά την αντίστροφη λειτουργία απορροφά θερμότητα).
- Το τμήμα ανεμιστήρα - ατμοποιητή, που απορροφά θερμότητα από τον εσωτερικό χώρο (ή κατά την αντίστροφη λειτουργία προσδίδει θερμότητα).
- Ο μηχανισμός αντιστροφής, που αποτελείται από μια τετράοδη βαλβίδα, η οποία μετατρέπει τον ψυκτικό κύκλο, σε θερμομαντικό (κύκλο θέρμανσης) και αντίστροφα.
- Οι αυτοματισμοί για τον έλεγχο και τη λειτουργία του συστήματος θέρμανσης ή ψύξης.
- Η συμπληρωματική ηλεκτρική αντίσταση, που αυξάνει τη θερμική απόδοση του συστήματος, όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή. Μερικές φορές το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με αντιστροφή του κύκλου για περιορισμένο χρόνο.



Σχήμα 13: Κύκλος Αντλίας Θερμότητας για ψύξη.



Σχήμα 14 Κύκλος Αντλίας Θερμότητας για θέρμανση.

3.2.3 Λειτουργία αντλίας θερμότητας στις δυο περιπτώσεις: θέρμανσης και ψύξης

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

Η λειτουργία της αντλίας θερμότητας βασίζεται στον ψυκτικό κύκλο συμπίεσης ατμού. Η μελέτη του κύκλου για ψύξη (Σχήμα 13) εκτελείται ξεκινώντας από οποιοδήποτε σημείο του συστήματος. Αρχίζοντας π.χ. από τη στιγμή που το ψυκτικό υγρό εισέρχεται στον ατμοποιητή.

1. Η είσοδος του ψυκτικού υγρού στον ατμοποιητή ελέγχεται από άεργη εκτονωτική - στραγγαλιστική βαλβίδα. Η βαλβίδα αυτή ελαττώνει την πίεση του υγρού, το οποίο ατμοποιείται σε χαμηλή θερμοκρασία. Κατά την ατμοποίηση, ποσά θερμότητας προσδίδονται στο αέριο, το οποίο αποκτά υψηλή πίεση και θερμοκρασία στο συμπιεστή.
2. Το συμπιεσμένο αέριο φθάνει στο συμπυκνωτή και προσδίδει ποσά θερμότητας στο μέσο συμπύκνωσης (αέρας ή νερό). Καθώς ο ατμός ψυκτικού υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας

διέρχεται από το συμπυκνωτή, υγροποιείται και εξέρχεται ως ψυκτικό υγρό υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας. Με την υγροποίηση του ατμού αφαιρείται θερμότητα από αυτόν.

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

Ο κύκλος θέρμανσης (Σχήμα 14) περιλαμβάνει τα ίδια στάδια με τον κύκλο ψύξης. Μόνο που στην περίπτωση αυτή το στοιχείο που εκτελούσε ατμοποίηση εκτελεί συμπύκνωση και το αντίστροφο.

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

3.2.4 Κατηγορίες Αντλιών Θερμότητας

Οι αντλίες θερμότητας κατατάσσονται ως ακολούθως:

A) Ανάλογα με το μέσο από όπου αντλείται και το μέσο όπου αποβάλλεται η θερμότητα, οι αντλίες θερμότητας διακρίνονται σε:

- Αέρα-Αέρα (A - A)
- Αέρα-Νερού (A - N)
- Νερού-Νερού (N - N)
- Νερού-Αέρα (N - A)
- Εδάφους-Αέρα (E - A)
- Εδάφους-Νερού (E - N)

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

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

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

i. Ηλεκτροκίνητοι συμπιεστές.

ii. Συμπιεστές κινούμενοι από μηχανές εσωτερικής καύσης (πετρέλαιο, ατμός, αέριο κ.λπ.).

iii. Συμπιεστές απορρόφησης και προσρόφησης (θερμική ενέργεια χαμηλής και μέσης θερμοκρασίας).

Οι πιο διαδεδομένοι συμπιεστές είναι οι ηλεκτροκίνητοι και τούτο διότι η μεγαλύτερη ανάπτυξη και χρήση των αντλιών θερμότητας γίνεται στον κτηριακό τομέα και ειδικότερα σε κτήρια γραφείων, εμπορικά και κατοικιών. Σε άλλες εφαρμογές όπως, βιομηχανίες, πλοία και μεταφορικά μέσα γενικότερα έχουν αναπτυχθεί και συμπιεστές κινούμενοι από μηχανές εσωτερικής καύσης ή συνδεδεμένες σε μηχανές εσωτερικής καύσης με μηχανικό τρόπο. Η περίπτωση των συμπιεστών απορρόφησης και προσρόφησης είναι μια ειδική περίπτωση και ειδική τεχνολογία όπου δεν υφίσταται η έννοια της συμπίεσης αλλά της αύξησης της πίεσης σε υγρό και η επωνυμία ,συμπιεστές, δεν αντιστοιχεί στην πραγματικότητα. Στην περίπτωση αυτή, εφαρμόζεται μια άλλη τεχνική όπου η μεταβολή της πίεσης προέρχεται από διαχωρισμό μέσων και άντληση υγρών.

Γ) Ανάλογα με τη θέση των διαφόρων μηχανισμών της αντλίας θερμότητας διακρίνονται δύο κατηγορίες:

i). Ενιαίες ή αυτόνομες (Compact). Σε αυτές όλοι οι μηχανισμοί βρίσκονται σε κοινό κέλυφος,

ii). Διμερούς τύπου (Split units). Εδώ ο ατμοποιητής (ή ο συμπυκνωτής) είναι ανεξάρτητος του υπόλοιπου συστήματος.

Οι πιο διαδεδομένες σήμερα αντλίες θερμότητας σε μικρές μονάδες είναι οι διμερούς τύπου. Αντίθετα κατά την ανάπτυξη των συστημάτων είχαν εφαρμοσθεί αρχικά οι αυτόνομες ή ενιαίες μονάδες αλλά λόγω προβλημάτων κυρίως θορύβου με το χρόνο αποσύρθηκαν (ως τεχνολογία).

Δ) Ανάλογα με τον τρόπο αναστροφής της λειτουργίας τους οι αντλίες θερμότητας διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

i) Σταθερού κυκλώματος ψυκτικού μέσου. Η ροή του ψυκτικού μέσου διατηρείται σταθερή και αλλάζει η θέση των μέσων προσαγωγής ή απαγωγής της θερμότητας.

ii) Μεταβλητού κυκλώματος ψυκτικού μέσου. Η αναστροφή της ροής του ψυκτικού μέσου γίνεται με χρήση τετράοδης βαλβίδας.

Στην περίπτωση των μικρού και μεσαίου μεγέθους μονάδων, οι πλέον διαδεδομένες είναι οι μονάδες μεταβλητού κυκλώματος ψυκτικού μέσου. Σε μεγαλύτερες μονάδες και σε ειδικές εφαρμογές έχουν χρησιμοποιηθεί και αντλίες θερμότητας σταθερού κυκλώματος ψυκτικού μέσου, με αντιστροφή στην περιοχή του μέσου προσαγωγής – απαγωγής θερμότητας (κυρίως σε εγκαταστάσεις νερού).

3.2.5 Πηγές θερμότητας

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

Α) Ο αέρας

Ο εξωτερικός αέρας αποτελεί ένα μέσο που χρησιμοποιείται παγκοσμίως ως ψυχρή πηγή για τις αντλίες θερμότητας. Για να μεταφερθεί η θερμότητα ανάμεσα στον αέρα και το ψυκτικό χρησιμοποιούνται εναλλάκτες θερμότητας (μονάδες θερμικής συναλλαγής) μεγάλης

επιφάνειας με βεβιασμένη κυκλοφορία αέρα (τεχνητό ρεύμα). Γενικά, στις μονάδες αέρα-αέρα, αυτές οι επιφάνειες είναι κατά 50-100 % μεγαλύτερες από εκείνες της εσωτερικής μονάδας. Η παροχή του εξωτερικού αέρα που διασχίζει τη μονάδα είναι συνήθως μεγαλύτερη από εκείνη του εσωτερικού αέρα κατά το ίδιο περίπου ποσοστό. Η διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στον εξωτερικό αέρα και στο ψυκτικό μέσο που ατμοποιείται μέσα στη μονάδα κατά τη λειτουργία σε θέρμανση κυμαίνεται συνήθως ανάμεσα σε $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ και $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Όταν πρέπει να γίνει επιλογή αντλίας θερμότητας που χρησιμοποιεί εξωτερικό αέρα ως ψυχρή πηγή, πρέπει να ληφθούν υπόψη δύο παράγοντες: η τοπική μεταβολή της θερμοκρασίας και ο σχηματισμός πάχνης στη μονάδα. Με την πτώση της εξωτερικής θερμοκρασίας μειώνεται η ισχύς θέρμανσης της αντλίας θερμότητας. Κατά τη θέρμανση, η επιλογή της συσκευής για ορισμένη θερμοκρασία μελέτης είναι πιο κρίσιμη από ότι σε ένα σύστημα κεντρικής θέρμανσης. Συνεπώς, πρέπει να δοθούν στη συσκευή οι διαστάσεις για ένα σημείο ισορροπίας που να είναι, στην πράξη, όσο το δυνατόν πιο χαμηλό γίνεται για τη θέρμανση, ώστε να μη καταλήγουμε σε υπερβολική ισχύ ψύξης για τη συσκευή η οποία είναι μεγαλύτερη από το σημείο σχεδιασμού της μελέτης και στην πράξη άχρηστη. Το πλεονέκτημα της πηγής αυτής είναι ότι βρίσκεται σε αφθονία στη φύση. Παρουσιάζει όμως πρόβλημα όταν η εξωτερική θερμοκρασία το χειμώνα είναι πολύ χαμηλή και η αντλία δεν έχει τη δυνατότητα να αντλήσει θερμότητα από τον αέρα. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται εφεδρικό συμβατικό σύστημα για την κάλυψη των φορτίων αιχμής. Το εφεδρικό σύστημα μπορεί να είναι λέβητας πετρελαίου ή αερίου, νυχτερινή ή ημερήσια ηλεκτρική ενέργεια κ.λ.π. Σημαντικό πρόβλημα είναι το πάγωμα του ατμοποιητή, όταν η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα είναι μικρότερη από $0 - 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ οπότε επέρχεται στερεοποίηση της υγρασίας του ατμοσφαιρικού αέρα. Όσο αυξάνει η ποσότητα του δημιουργούμενου πάγου, τόσο μειώνεται η παροχή του αέρα που διέρχεται από τον ατμοποιητή. Αρχικά το πρόβλημα αυτό επιλύθηκε με ηλεκτρικές αντιστάσεις με τις οποίες έλιωνε ο πάγος. Σήμερα όμως η πιο γνωστή μέθοδος είναι η αντιστροφή του ψυκτικού κύκλου (ή η παράκαμψη θερμού αερίου προς τον ατμοποιητή από την έξοδο του συμπιεστή μέσω ειδικού παρακαμπτήριου αγωγού). Με τον τρόπο αυτό, όταν απαιτείται απόψυξη, η τετράοδη βαλβίδα ενεργοποιείται και μπαίνει σε λειτουργία ο ψυκτικός κύκλος, οπότε το ζεστό αέριο οδηγείται στον ατμοποιητή και λιώνει τον πάγο (σύστημα απόψυξης). Κατά την απόψυξη, ο εξωτερικός ανεμιστήρας σταματά να παρέχει κρύο αέρα, με αποτέλεσμα ο συμπιεστής να αντιμετωπίζει μόνο τα φορτία του πάγου.

B) Το νερό

Το νερό σε πολλές περιπτώσεις αντιπροσωπεύει την ιδανική ψυχρή πηγή. Δυστυχώς η χρήση του είναι περιορισμένη λόγω προβλημάτων διαθεσιμότητας. Ιδιαίτερα, το νερό πηγαδιού έχει μεγάλο ενδιαφέρον λόγω της σχετικά υψηλής θερμοκρασίας του η οποία είναι σχεδόν σταθερή. Παρ' όλα αυτά, αυτή η πηγή γίνεται όλο και πιο σπάνια και η χρήση της σε εγκαταστάσεις είναι μάλλον περιορισμένη. Σε πολλές περιπτώσεις τα πηγάδια προσφέρουν ικανοποιητική διαθεσιμότητα νερού, συχνά όμως οι συνθήκες του νερού είναι τέτοιες που προκαλούν διάβρωση στους εναλλάκτες θερμότητας ή ευνοούν το σχηματισμό αλάτων. Άλλες επισημάνσεις γίνονται για το κόστος της γεώτρησης, της εγκατάστασης των σωληνώσεων, της άντλησης και των μέσων για τη διάθεση του χρησιμοποιημένου νερού. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί το νερό λιμνών ή ποταμών, αλλά σε περίπτωση χαμηλών χειμερινών θερμοκρασιών, η διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στην είσοδο και την έξοδο πρέπει να είναι περιορισμένη, για να εμποδιστεί το πάγωμα του εναλλάκτη. Σε ορισμένες βιομηχανικές εφαρμογές, το νερό που εκκενώνεται από διάφορες διαδικασίες, για παράδειγμα από πλυντήρια ή από συμπυκνωτές, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε θερμική πηγή σε ειδική εγκατάσταση αντλίας θερμότητας. Λόγω του υψηλού κόστους χρήσης νερού από το

δημόσιο δίκτυο, συχνά προτιμάται νερό από ιδιωτικές αντλήσεις. Σε αυτή την περίπτωση, προκύπτουν αρκετές δαπάνες λειτουργίας, όπως είναι η συντήρηση των αντλιών φρεάτων, οι αποχετεύσεις του απορριπτόμενου νερού κ.λπ. Επίσης, είναι δυνατή η χρησιμοποίηση νερού λίμνης, ποταμού ή ακόμα και θάλασσας (έχει ήδη εφαρμοσθεί σε παραθαλάσσια ξενοδοχεία). Στην τελευταία περίπτωση, πρέπει να μελετηθεί με ιδιαίτερη προσοχή ο τρόπος της υδροληψίας, γιατί αφενός μεν οι θαλάσσιοι οργανισμοί κλείνουν συχνά τις εισόδους των σωλήνων, αφετέρου δε η αναρρόφηση της άμμου μαζί με το νερό, προκαλεί προβλήματα φθοράς στις αντλίες και στους εναλλάκτες του συστήματος.

Γ) Το έδαφος

Το έδαφος χρησιμοποιείται σπάνια ως ψυχρή πηγή με εναλλάκτες θερμότητας τοποθετημένους εντός του υπεδάφους (θαμμένες σερπαντίνες). Αυτό οφείλεται στα μεγάλα έξοδα εγκατάστασης, στην αναγκαιότητα διάθεσης κάποιας επιφάνειας και στην αβεβαιότητα των προβλέψεων για τις επιδόσεις. Η σύνθεση του εδάφους είναι μεταβλητή, αφού μπορεί να ποικίλει από υγρή άργιλο μέχρι άμμο. Αυτό έχει μεγάλη επιρροή στις θερμικές ιδιότητες και συνεπώς στις γενικές επιδόσεις. Οι μέσες θερμοκρασίες του εδάφους ακολουθούν περίπου τη μέση ετήσια κλιματική θερμοκρασία. Γενικά, οι σερπαντίνες στο έδαφος απέχουν οριζόντια 1-2 μέτρα μεταξύ τους και θάβονται σε βάθος 1-2 μέτρων. Η πηγή αυτή παρουσιάζει δύο βασικά προβλήματα: α) Τη συντήρηση του στοιχείου και την αντιμετώπιση της διάβρωσης και των διαρροών. β) Την απαιτούμενη μεγάλη έκταση για την παραλαβή και απόρριψη της θερμότητας στο έδαφος. Τελευταία, ερευνητές έχουν αξιοποιήσει τη μεγάλη θερμοχωρητικότητα που παρουσιάζει το έδαφος και γενικότερα ο υπεδαφικός χώρος ο οποίος λειτουργεί παράλληλα και ως φυσικός αποθηκευτικός χώρος θερμικής ενέργειας (κυρίως ηλιογενούς προέλευσης) και φυσικά αυτό δύναται να δημιουργήσει σημαντική βελτίωση των συντελεστών λειτουργίας EER και COP μιας αντλίας θερμότητας. Σε συνδυασμό με την ανάγκη για μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων, τη μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος και την παράλληλη εξέλιξη της τεχνολογίας για την αντιμετώπιση των διαβρώσεων και της έκτασης των συστημάτων, εφαρμόζονται παγκοσμίως μέθοδοι εκμετάλλευσης της υπόγειας ενέργειας τόσο για τη θέρμανση κτηρίων αλλά και του υπόγειου χώρου για την αποθήκευση θερμότητας από τα κτήρια κατά την περίοδο του θέρους. Σήμερα, με την ανάπτυξη της τεχνολογίας των πλαστικών, το πρόβλημα των διαβρώσεων έχει επιλυθεί, με αποτέλεσμα η γη να αποτελεί μια σημαντική λύση στη χρήση της κανονικής γεωθερμίας.

Δ) Ηλιακή ενέργεια

Η χρήση της ηλιακής ενέργειας ως πηγή θερμότητας, προκαλεί μεγάλο ενδιαφέρον. Το κύριο πλεονέκτημά της ως θερμική πηγή είναι ότι μπορεί να παρέχει θερμότητα σε υψηλότερη θερμοκρασία από εκείνη των άλλων φυσικών πηγών. Η έρευνα και η ανάπτυξη των ηλιακών αντλιών θερμότητας κατευθύνθηκαν προς δύο βασικά συστήματα: το άμεσο και το έμμεσο. Στο άμεσο σύστημα, οι σωλήνες του ατμοποιητή είναι ενσωματωμένοι σε έναν συνήθως επίπεδο ηλιακό συλλέκτη. Ανακαλύφθηκε ότι, όταν ο συλλέκτης δεν έχει γυάλινο κάλυμμα, η ίδια επιφάνεια μπορεί να χρησιμεύσει για να αφαιρεθεί θερμότητα από τον εξωτερικό αέρα. Η ίδια επιφάνεια μπορεί ακόμη να χρησιμοποιηθεί ως συμπυκνωτής, χρησιμοποιώντας τον εξωτερικό αέρα για τη διάθεση της θερμότητας που αφαιρείται κατά τον κύκλο ψύξης. Το σύστημα του έμμεσου τύπου χρησιμοποιεί ενδιάμεσο ρευστό, νερό ή αέρα, που κυκλοφορεί μέσα στον ηλιακό συλλέκτη μέχρι τον εναλλάκτη θερμότητας με το ψυκτικό. Σε όλα τα συστήματα αντλίας θερμότητας στα οποία η ηλιακή ενέργεια αποτελεί τη μοναδική ψυχρή

πηγή, κατά τη διάρκεια των εποχών με ανεπαρκή ακτινοβολία απαιτείται ένα εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης ή μία συσσώρευση θερμότητας.

3.3 Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας

3.3.1 Προδιαγραφές γεωθερμικών αντλιών θερμότητας

Η αντλία θερμότητας μπορεί να:

- είναι καναλάτη,
- αναστρέψιμη,
- τοπικά ελέγξιμη
- είναι ικανή να συμπυκνώνει με έξοδο συμπυκνωτή 50 οC, ώστε να είναι δυνατή ταυτόχρονη παραγωγή κλιματισμού και ζεστού νερού (το καλοκαίρι)
- είναι ικανή να λειτουργεί με είσοδο εξατμιστή 25 οC (υψηλή εξάτμιση), ώστε να είναι δυνατή η διασύνδεση στο ίδιο δίκτυο νερού ορισμένων A/Θ σε λειτουργία θέρμανσης και άλλων A/Θ σε λειτουργία ψύξης
- έχει υψηλή διαθέσιμη στατική πίεση αεραγωγών
- παρουσιάζει υψηλό EER με στόχο την εξοικονόμηση της απορροφούμενης ηλεκτρικής ενέργειας από το συμπιεστή (πχ περίπου 15)
- περιέχει ψυκτικό R407C (οδηγία EC 2037/2000 ,29-06-2000, L-144)

Το σημαντικότερο γεγονός είναι ότι η προσφερόμενη ενέργεια είναι περιβαλλοντικά καθαρή, απεριόριστα ανανεώσιμη και εξοικονομεί το 50% έως 60% της ενέργειας, που θα κατανάλωνε η μονάδα για τη λειτουργία και τη συντήρησή της, χρησιμοποιώντας μόνο ηλεκτρική ενέργεια ή άλλα συμβατικά μέσα θέρμανσης. Η εγκατάσταση του προαναφερόμενου γεωθερμικού συστήματος ψύξης-θέρμανσης (και παροχής θερμού νερού) στηρίζεται σε ένα λεπτομερή σχεδιασμό που θα περιλαμβάνει, εκτός από τις αντλίες θερμότητας, και εφεδρικό εξοπλισμό, τον εναλλάκτη γεωθερμικής επαφής. Ειδικότερα για γήινους εναλλάκτες θερμότητας, αυτοί αποτελούν ένα κλειστό κύκλωμα νερού τοποθετημένο μέσα σε μια γεώτρηση ή μέσα σε οριζόντιες τάφρους και τροφοδοτούν την αντλία θερμότητας με νερό σταθερής θερμοκρασίας 14-18οC περίπου. Μια εγκατάσταση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας συνδεδεμένης με σύστημα με γήινο εναλλάκτη θερμότητας [κατακόρυφος μέχρι βάθους 20-40 m (αποκαλούμενος και ως γεωθερμικός πάσσαλος) οριζόντιο μέσα σε τάφρο βάθους μέχρι 2 m ή μέσα σε μικρές γεωτρήσεις βάθους μέχρι 40 m] μπορεί να προσφέρει σε ένα κτίριο, σε οποιοδήποτε γεωγραφικό σημείο και αν βρίσκεται, ενέργεια για θέρμανση, δροσισμό και ζεστό νερό. Στην ουσία προσλαμβάνεται η υπεδαφική θερμότητα με τον κατάλληλα υπολογισμένο μηχανισμό (ρυθμός άντλησης, μήκος σωληνώσεων κλπ.) και προσφέρεται στον εξατμιστή ή τον συμπυκνωτή μίας αντλίας θερμότητας.

3.3.2 Τρόπος λειτουργίας των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας

A) Το θέρος

Για να απορρίψει την απορριπτόμενη από το συμπυκνωτή (ψυγείο) θερμότητά της, αυτή η A/θ νερού-αέρα τροφοδοτείται από ρεύμα νερού. Το τελευταίο, λόγω της προστιθέμενης σ' αυτό θερμότητας, θερμαίνεται (πχ στους 45 οC) και έχει ανάγκη ψύξης για να επανέλθει στην κανονική του θερμοκρασία (40 οC) και για να εξασφαλίσει έτσι την απρόσκοπτη λειτουργία της A/Θ. Η επιθυμητή ψύξη του κυκλώματος αυτού από 45 σε 40 οC γίνεται μέσω μιας γεωθερμικής επαφής: - φρεατικού νερού στους 25 οC - θαλασινού νερού στους 18 οC (ή νερού ποταμών, λιμνών, κλπ) - ενός γεωθερμικού πάσαλου, στον οποίο οι σωλήνες

αποτελούν κλειστό κύκλωμα και ψύχονται από τη γη, αφού η θερμοκρασία της είναι περίπου 18 οC (η προσαρμογή των σωλήνων του κλειστού κυκλώματος νερού πάνω στον πάσαλο είναι συγκεκριμένη και δοκιμασμένη τεχνοτροπία και αποτελεί αντικείμενο ευρεσιτεχνιών). - Ειδικότερα όταν υπάρχει γεωθερμικό νερό θερμοκρασίας άνω των 60 οC, υπάρχει δυνατότητα ψύξης χώρων, χωρίς τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας για την κίνηση Α/Θ, παρά μόνο με τη χρήση θερμικών αντλιών θερμότητας.

B) Το χειμώνα

Το χειμώνα, για τη θέρμανση του χώρου, τα φορτία θέρμανσης του χώρου καλύπτονται από την θερμαντική ικανότητα της ίδιας αντλίας (Α/Θ) θερμότητας νερού-αέρα αρκεί αυτή να είναι και αναστρέψιμη. Για να αναρροφήσει την αναζητούμενη από τον εξατμιστή θερμότητα, η Α/Θ νερού-αέρα τροφοδοτείται από το ίδιο ρεύμα νερού. Το τελευταίο, λόγω της αναρροφούμενης απ' αυτό θερμότητας, ψύχεται (πχ στους 13 οC) και έχει ανάγκη θέρμανσης για να επανέλθει στην κανονική του θερμοκρασία (18 οC) και για να εξασφαλίσει έτσι την απρόσκοπτη λειτουργία της Α/Θ. Η επιθυμητή θέρμανση του κυκλώματος αυτού από 13 σε 18 οC γίνεται μέσω της ίδιας γεωθερμικής επαφής: - φρεατικού νερού στους 25 οC - θαλασσινού νερού στους 18 οC (ή νερού ποταμών, λιμνών, κλπ) - του γεωθερμικού πάσαλου, στον οποίο οι σωλήνες αποτελούν κλειστό κύκλωμα και θερμαίνονται από τη γη, αφού η θερμοκρασία της γης το χειμώνα είναι πάνω από 18 οC. - Ειδικότερα όταν υπάρχει γεωθερμικό νερό θερμοκρασίας άνω των 45 οC, η δυνατότητα θέρμανσης χώρων είναι άμεση, χωρίς τη χρήση Α/Θ και ηλεκτρικής ενέργειας για την κίνηση των συμπιεστών τους.

3.4 Γεωθερμικές αντλίες υπόγειας σύζευξης

Οι αντλίες θερμότητας υπόγειας σύζευξης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν κυρίως για λόγους θέρμανσης στα ξενοδοχεία (ζεστό νερό, πισίνες). Αυτός ο εξοπλισμός έχει ένα σαφές δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας αλλά ωστόσο, τα οφέλη πέρα από την εξοικονόμηση ενέργειας είναι επίσης ιδιαίτερα ενδιαφέροντα. Μία αντλία θερμότητας υπόγειας σύζευξης χρησιμοποιεί τη θερμότητα που υπάρχει στη γη, κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, ως πηγή θερμότητας για την ανταλλαγή με την αντλία θερμότητας. Η θερμοκρασία της γης σε κάποιο βάθος είναι όλο το έτος σταθερή, γεγονός που εξασφαλίζει σταθερή λειτουργία με άριστη ενεργειακή απόδοση. Η ίδια η αντλία θερμότητας αποτελεί ένα κλασικό σύστημα συμπίεσης με ένα συμπιεστή, έναν εξατμιστήρα, ένα συμπυκνωτή, μία βαλβίδα εκτόνωσης και άλλα εξαρτήματα ελέγχου και ρύθμισης. Η ιδιαιτερότητα του συστήματος υπόγειας σύζευξης είναι ότι ο εξατμιστήρας είναι θαμμένος μέσα στο έδαφος, γεγονός που επιφέρει μια σειρά οφέλη. Υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι συστημάτων υπόγειας σύζευξης : - συστήματα ανοικτού βρόχου - συστήματα κλειστού βρόχου - συστήματα άμεσης εκτόνωσης

Ο τύπος της υπόγειας σύζευξης που θα επιλεγεί, επηρεάζει την απόδοση του συστήματος της αντλίας θερμότητας, τις ενεργειακές απαιτήσεις της βοηθητικής άντλησης και το κόστος εγκατάστασης. Για τον λόγο αυτό, για την επιλογή του πλέον κατάλληλου τύπου υπόγειας σύζευξης σε μία συγκεκριμένη θέση πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη θέματα όπως, η γεωγραφική περιοχή, η διαθέσιμη οικοπεδική έκταση και το κόστος κύκλου ζωής.

3.4.1 Συστήματα ανοικτού βρόχου

Τα συστήματα ανοικτού βρόχου χρησιμοποιούν τα υπάρχοντα υπόγεια ύδατα ως μέσο άμεσης μεταφοράς θερμότητας. Βασικά αποτελούνται από φρέατα εξαγωγής και φρέατα επανεισαγωγής ή από επιφανειακά ύδατα. Τα ύδατα που αντλούνται από τα φρέατα εξαγωγής

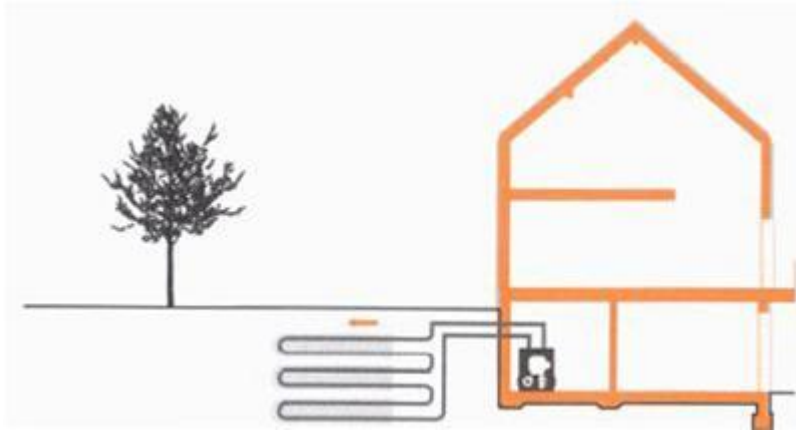
επιστρέφονται ξανά στη γη. Ωστόσο, πρέπει να ληφθούν υπόψη ορισμένες ειδικές παράμετροι, όπως η ποιότητα του νερού. Στα συστήματα ανοικτού βρόχου ο ανταλλακτήρας θερμότητας μεταξύ του ψυκτικού και του υπόγειου ύδατος μπορεί να σαπίσει, να σκουριάσει ή να μπλοκάρει. Επιπλέον πρέπει να υπάρχει επαρκής ποσότητα νερού (συνήθως 0,03 έως 0,05 l/s/kW). Σε ιδανικές συνθήκες, τα συστήματα ανοικτού βρόχου μπορεί να είναι ο πιο οικονομικός τύπος από τα συστήματα υπόγειας σύζευξης. Ο σχεδιασμός είναι εύκολος, το κόστος εγκατάστασης χαμηλό και τα έξοδα λειτουργίας μπορεί να είναι πολύ χαμηλά, εφόσον το νερό αντλείται ήδη για άλλους λόγους όπως π.χ. την άρδευση. Ωστόσο, συνήθως δεν υπάρχει νερό σε αρκετές ποσότητες και οι κανονισμοί για την χρήση του νερού σε πολλές περιοχές είναι περιοριστικοί. Για το λόγο αυτό το σύστημα ανοικτού βρόχου χρησιμοποιείται σπανιότατα.

3.4.2 Συστήματα κλειστού βρόχου

Τα συστήματα κλειστού βρόχου αποτελούνται από ένα υπόγειο δίκτυο στεγανών, πλαστικών σωλήνων μεγάλης αντοχής που λειτουργούν ως ανταλλακτήρες θερμότητας. Οι σωλήνες είναι γεμάτοι με νερό ή με ένα διάλυμα νερού και αντιψυκτικού. Δεν υπάρχει επικοινωνία με τα υπόγεια ύδατα. Από το υλικό των σωλήνων εξαρτάται η διάρκεια ζωής τους, το κόστος συντήρησης, η ισχύς της άντλησης, το κόστος κεφαλαίου και η απόδοση της αντλίας θερμότητας. Για το λόγο αυτό, το μέγεθος, η αντοχή και το υλικό των σωλήνων πρέπει να έχει μελετηθεί ειδικά για τη συγκεκριμένη εφαρμογή. Γενικά χρησιμοποιούνται σωληνώσεις από πολυαιθυλένιο ή πολυβουτυλένιο υψηλής πυκνότητας και διάμετροι σωλήνων μεταξύ 20 και 40 mm. Τα υλικά αυτά είναι εύκαμπτα και οι ενώσεις των σωλήνων μπορεί να γίνουν εύκολα με θερμική σύντηξη, προκειμένου να δημιουργηθούν δίκτυα στεγανά, που είναι αξιόπιστα, δεν παρουσιάζουν διαρροές και δεν χρειάζονται συντήρηση. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι διάταξης των κλειστών βρόχων αλλά οι πλέον συνηθισμένοι είναι η οριζόντια και η κάθετη διάταξη.

A) Οριζόντια διάταξη.

Εδώ οι σωλήνες τοποθετούνται μέσα σε ορύγματα βάθους 1,2 έως 3,0 μέτρων συνήθως. Το μήκος των ορυγμάτων κυμαίνεται από 9 έως 35 μέτρα ανά kW θερμικού δυναμικού, ανάλογα με τις συνθήκες του εδάφους και τον αριθμό των σωλήνων μέσα στο ορυγμα. Τα ορύγματα συνήθως απέχουν μεταξύ τους 2 έως 4 μέτρα. Οι σωλήνες πρέπει να τοποθετηθούν σε ένα υπόστρωμα άμμου στο πυθμένα του ορύγματος, μετά να καλυφθούν με μία στρώση άμμου 15 cm και στη συνέχεια τα ορύγματα κλείνονται με το χώμα που είχε εκσκαφθεί. Η εγκατάσταση πρέπει να «ποτιστεί» και να συμπιεστεί, προκειμένου να αποφευχθούν οι καθιζήσεις. Τα συστήματα κλειστού βρόχου μπορούν να κατασκευαστούν κάτω από επιφάνειες πρασίνου και χώρους στάθμευσης. Για τη να βελτίωση της μεταφοράς της θερμότητας έχουν αναπτυχθεί κάποια νέα συστήματα. Η σπειροειδής περιέλιξη δημιουργείται τεντώνοντας μια σφικτή περιέλιξη σωληνώσεων πολυαιθυλενίου μικρής διαμέτρου και έτσι διαμορφώνεται μία εκτεταμένη περιέλιξη με διάμετρο περίπου 600 mm. Στη συνέχεια η σπείρα τοποθετείται σε ένα στενό ορυγμα ή οριζοντίως στον πυθμένα ενός πλατύτερου ορύγματος. Η επιφάνεια ανταλλαγής θερμότητας αποτελεί ουσιαστικά, με τον τρόπο αυτό, έναν κύλινδρο με διάμετρο αυτήν της σπειροειδούς περιέλιξης και το απαιτούμενο μήκος ορύγματος είναι πολύ πιο μικρό : τρεις με τέσσερις φορές μικρότερο από τη διάταξη με μονό σωλήνα. Τα πλεονεκτήματα της οριζόντιας διάταξης είναι το πολύ χαμηλότερο κόστος για την εκσκαφή των ορυγμάτων και οι ευέλικτες εναλλακτικές λύσεις εγκατάστασης. Ωστόσο, χρειάζεται μεγαλύτερη επιφάνεια διαθέσιμου χώρου και το έδαφος υπόκειται σε μεγαλύτερες διακυμάνσεις θερμοκρασίας και ξηρασίας, καθώς βρίσκεται σχετικά κοντά στην επιφάνεια.



Σχήμα 15 Οριζόντια διάταξη

B) Κάθετη διάταξη.

Εδώ ανοίγονται πηγάδια σε βάθος από 20 έως 100 μέτρα και μερικές φορές ακόμη πιο βαθιά. Οι αγωγοί κλειστού βρόχου εισάγονται στο κάθετο πηγάδι. Χρειάζεται να χρησιμοποιηθεί ειδικός εξοπλισμός και σε πολύ βαθιές οπές ακόμη και το υλικό πλήρωσης των πηγαδιών πρέπει να αντληθεί μέχρι τον πυθμένα της οπής για να αποτελέσει μία ρευστή μάζα, που θα γεμίζει το κενό μεταξύ της επιφάνειας της οπής και του αγωγού. Το κατάλληλο υλικό ρευστής πλήρωσης θα πρέπει να επιλεγεί ανάλογα με τη θερμοκρασία και τις αναμενόμενες συνθήκες εργασίας. Οι χαρακτηριστικές απαιτήσεις μήκους είναι από 17 έως 52 μέτρα ανά kW θερμικού δυναμικού, ανάλογα με τις συνθήκες του εδάφους και της θερμοκρασίας. Τα πολλαπλά πηγάδια χρειάζονται συνήθως μια απόσταση μεταξύ τους από 3 έως 5 μέτρα. Τα πλεονεκτήματα της κάθετης διάταξης είναι το μικρότερο μήκος των αγωγών, η χαμηλότερη ενέργεια άντλησης όλων των συστημάτων κλειστού βρόχου και η μικρότερη απαιτούμενη διαθέσιμη επιφάνεια. Η θερμοκρασία του εδάφους δεν αποτελεί καθόλου αντικείμενο εποχιακών διακυμάνσεων. Ωστόσο, το κόστος των γεωτρήσεων είναι πολύ μεγαλύτερο από το κόστος διάνοιξης οριζόντιων ορυγμάτων και απαιτούνται ειδικά μηχανήματα διάτρησης.



Σχήμα 16 Κάθετη διάταξη

3.4.3 Συστήματα άμεσης εκτόνωσης

Τα συστήματα άμεσης εκτόνωσης δεν χρειάζονται ένα μέσο μεταφοράς θερμότητας και αντλία κυκλοφορίας. Οι χάλκινες σπείρες εγκαθίστανται μέσα στο έδαφος για να υπάρχει

άμεση ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ ψυκτικού και εδάφους. Τα χαρακτηριστικά μεταφοράς θερμότητας και η απόδοση της αντλίας θερμότητας βελτιώνονται. Οι σπείρες μπορούν να τοποθετηθούν μέσα στο έδαφος σε κάθετα ορύγματα ή σε πλατιά οριζόντια εκσκαφή. Τα κάθετα ορύγματα συνήθως απαιτούν επιφάνεια εδάφους 2,5 έως 4 τετραγωνικά μέτρα ανά kW θερμικού δυναμικού και βρίσκονται συνήθως σε βάθος 3 έως 4 μέτρα. Οι οριζόντιες εγκαταστάσεις απαιτούν επιφάνεια εδάφους 12 έως 15 τετραγωνικά μέτρα ανά kW θερμικού δυναμικού και βρίσκονται συνήθως σε 1,5 έως 3 μέτρα βάθος. Επειδή η υπόγεια σπείρα είναι μεταλλική, διαβρώνεται. Σε μερικές περιπτώσεις απαιτείται ένα καθοδικό σύστημα προστασίας. Το έδαφος υπόκειται σε μεγαλύτερες διακυμάνσεις θερμοκρασίας. Για τον λόγο αυτό, στα συστήματα άμεσης εκτόνωσης πρέπει να γίνει κατάλληλη μελέτη. Η χαμηλότερη θερμοκρασία στην υπόγεια σπείρα μπορεί να μετατρέψει την υγρασία του εδάφους σε πάγο. Άλλα μειονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι η μεγαλύτερη ποσότητα ψυκτικού που απαιτείται, η πιθανότητα διαρροής του ψυκτικού – που μπορεί να έχει καταστροφικές συνέπειες – και το υψηλότερο κόστος εγκατάστασης και συντήρησης, λόγω του πιο εξειδικευμένου προσωπικού που απαιτείται.

3.5 Παράμετροι μελέτης γεωθερμικών αντλιών θερμότητας

Η σωστή διαστασιολόγηση της υπόγειας σπείρας είναι σημαντική στα συστήματα αντλιών θερμότητας υπόγειας σύζευξης, γιατί το κόστος κεφαλαίου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον ανταλλακτήρα θερμότητας μέσα στο έδαφος. Η υπερδιαστασιολόγηση οδηγεί σε υψηλότερο κόστος και η υποδιαστασιολόγηση σε έλλειψη θερμικού δυναμικού και μειωμένη συνολική απόδοση. Για να βοηθηθούν οι μελετητές υπάρχουν εγχειρίδια μελέτης και ηλεκτρονικά μοντέλα σχεδιασμού. Σε αυτά τα συστήματα είναι πολύ σημαντικό – πολύ περισσότερο απ’ ότι σε άλλα – να γίνει ο σωστός συνδυασμός των διαφόρων στοιχείων και για το λόγο αυτό, είναι καλύτερα να αναλάβει τον σχεδιασμό και την επίβλεψη της κατασκευής της εγκατάστασης μία και μόνο εταιρία.

3.6 Οφέλη εξοικονόμησης ενέργειας από τη χρήση γεωθερμικών αντλιών θερμότητας

Οι αντλίες θερμότητας υπόγειας σύζευξης μπορούν να οδηγήσουν σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς επωφελούνται της σταθερής θερμοκρασίας του εδάφους. Η απόδοση της αντλίας θερμότητας εξαρτάται βασικά από τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των εσωτερικών χώρων του κτιρίου και του περιβάλλοντος. Εάν αυτή η διαφορά μπορεί να ελαχιστοποιηθεί, η απόδοση και το δυναμικό της αντλίας θερμότητας θα βελτιωθεί. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, όταν η εξωτερική θερμοκρασία στις χώρες της Μεσογείου κυμαίνονται από 0°C έως 15°C, η θερμοκρασία του εδάφους σε κάποιο βάθος παραμένει σταθερή στους 16°C. Έτσι η θερμοκρασία του εδάφους είναι πιο κοντά στη θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων, απ’ ότι στην εξωτερική θερμοκρασία του αέρος. Κατά συνέπεια οι αντλίες θερμότητας υπόγειας σύζευξης είναι εκ των πραγμάτων πιο αποδοτικές απ’ ότι οι μονάδες που χρησιμοποιούν τον εξωτερικό αέρα σαν πηγή θερμότητας. Η απόδοση ολόκληρου του συστήματος έχει βελτιωθεί σημαντικά. Μάλιστα η λειτουργία σε συνθήκες μερικού φορτίου είναι πιο αποδοτική. Όταν η υπόγεια σπείρα έχει μόνο μερικό φορτίο, η θερμοκρασία του νερού του βρόχου είναι πιο κοντά στη θερμοκρασία του εδάφους, γεγονός που αυξάνει την απόδοση. Οι απαιτήσεις για βοηθητικό ρεύμα μπορούν να μειωθούν σημαντικά σε σύγκριση με τα συμβατικά συστήματα. Καθώς χρειάζεται μόνο μια αντλία κυκλοφορίας, η συνολική απόδοση του συστήματος μπορεί να είναι υψηλότερη από αυτήν του συστήματος που χρησιμοποιεί ψύκτη υψηλής απόδοσης με ψυκτικό πύργο. Για τους λόγους αυτούς, τα συστήματα με αντλίες θερμότητας υπόγειας σύζευξης λειτουργούν με μεγαλύτερη απόδοση απ’ ότι οι συμβατικές θερμικές αντλίες αέρος και ο εξοπλισμός που τροφοδοτείται με ορυκτά

καύσιμα. Σε χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, οι εγκαταστάσεις υπόγειας σύζευξης μπορούν να λειτουργούν με υψηλότερο θερμικό δυναμικό και συνήθως έχουν ένα συντελεστή απόδοσης από 20% έως 30% μεγαλύτερο από τα αντίστοιχα συστήματα αέρος.

3.7 Μη ενεργειακά οφέλη από τη χρήση γεωθερμικών αντλιών θερμότητας

Οι αντλίες θερμότητας εξαλείφουν τον θόρυβο και τον οπτικά «ενοχλητικό» εξοπλισμό, που τοποθετείται συνήθως εξωτερικά ή στο δώμα. Καθώς όλα τα εξαρτήματα τοποθετούνται είτε εσωτερικά, είτε υπόγεια, το σύστημα είναι απόλυτα προστατευμένο από τις καιρικές συνθήκες και απαιτεί ελάχιστη συντήρηση. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, σε περιοχές όπου προκαλείται μεγάλη διάβρωση π.χ. κοντά στη θάλασσα, όπου το αλάτι μειώνει τη διάρκεια ζωής του εξωτερικού εξοπλισμού. Καθώς η θερμοκρασία μέσα στο έδαφος είναι πολύ πιο σταθερή από τη θερμοκρασία του αέρος, το σύστημα μπορεί γενικά να λειτουργεί με χαμηλότερη αναλογία πίεσης από το συμπιεστή και μικρότερη θερμική και μηχανική καταπόνηση. Η σχετικά υψηλή θερμοκρασία του εδάφους αποτρέπει τη δημιουργία πάγου στη σπείρα του εξαμιστήρα και δεν χρειάζεται κύκλος απόψυξης. Έτσι αποφεύγεται η έναρξη μετά την απόψυξη, που είναι η πιο κρίσιμη φάση για το συμπιεστή της αντλίας θερμότητας.

Τα συστήματα αυτά που αντλούν από τη θερμότητα του εδάφους, εφόσον προστατεύονται από το περιβάλλον και έχουν ήπιες συνθήκες λειτουργίας, είναι ιδιαίτερα αξιόπιστα και έχουν διάρκεια ζωής 25 έως 30 χρόνια. Το γεγονός αυτό συμβάλλει στο χαμηλό κόστος του κύκλου ζωής τους.

3.8 Μειονεκτήματα από τη χρήση γεωθερμικών αντλιών θερμότητας

Παρότι οι αντλίες θερμότητας υπόγειας σύζευξης είναι γνωστές εδώ και χρόνια και τα πλεονεκτήματά τους έχουν παρουσιαστεί και αποδειχθεί, η χρήση τους είναι περιορισμένη. Το πρώτο εμπόδιο είναι εμπορικό, καθώς τα συστήματα αυτά δεν έχουν ακόμη τυποποιηθεί, πολλοί εν δυνάμει πελάτες διστάζουν να επιλέξουν ένα σύστημα που μοιάζει να εφαρμόζει μια πειραματική τεχνολογία. Οι προμηθευτές συμβατικών συστημάτων θέρμανσης δεν ενδιαφέρονται να παρέχουν ένα σύστημα που δεν γνωρίζουν καλά και όπου οι αβεβαιότητες σχετικά με την κερδοφορία είναι μεγαλύτερες. Επιπροσθέτως, η έλλειψη εξειδικευμένων εταιριών και τεχνικών για τις βαθιές γεώτρηση που απαιτούνται στην κάθετη διάταξη αποτελεί πρόβλημα στις χώρες, στις οποίες οι τεχνικές αυτές δεν έχουν ακόμη αναπτυχθεί. Υπάρχουν επίσης και κάποια τεχνικά μειονεκτήματα, όπως ο τύπος του εδάφους, η περιεκτικότητά του σε υγρασία, η σύνθεσή του, η πυκνότητά του και η ανομοιομορφία της επιφάνειας γύρω από το κτίριο, που μπορεί να επηρεάζουν αρνητικά τη λειτουργία. Η διάβρωση από το έδαφος μπορεί σε ορισμένα υλικά σωληνώσεων να επηρεάσει την μεταφορά θερμότητας και τη διάρκεια ζωής τους. Ωστόσο, καθώς εγκαθίστανται όλο και περισσότερα συστήματα τα τελευταία 20 χρόνια και καθώς έχουν ολοκληρωθεί μια σειρά ερευνητικών έργων, οι αρνητικές αυτές πτυχές σταδιακά εξαλείφονται.

3.9 Δαπάνη και περίοδος απόσβεσης γεωθερμικών αντλιών θερμότητας

Η συνολική δαπάνη κεφαλαίου ενός συστήματος αντλίας θερμότητας υπόγειας σύζευξης αποτελείται από τη δαπάνη για τον εξοπλισμό δηλ. τη μονάδα της αντλίας θερμότητας, τη δαπάνη για τις σωληνώσεις της υπόγειας σπείρας και την εγκατάσταση, τη δαπάνη για το σύστημα διανομής και το αντίστοιχο κόστος εγκατάστασης. Τα έξοδα για τον ανταλλακτήρα θερμότητας στο έδαφος καθώς και οι γεωτρήσεις ή οι εκσκαφές που απαιτούνται για την εγκατάστασή του αποτελούν συνήθως το 20% – 50% της συνολικής επένδυσης. Οι

γεωτρήσεις και οι εκσκαφές ορυγμάτων γενικά κοστίζουν πολύ περισσότερο από την εγκατάσταση σωλήνων και για το λόγο αυτό είναι σημαντικό να μεγιστοποιηθεί η εξαγωγή θερμότητας ανά μονάδα μήκους. Συνιστάται ιδιαίτερα η χρήση προηγμένων συστημάτων όπως σωλήνων σπιδάλ. Οι τοπικές γεωλογικές συνθήκες επηρεάζουν καθοριστικά το κόστος για τις γεωτρήσεις ή τις εκσκαφές ορυγμάτων. Για την κάθετη εγκατάσταση πρέπει προηγουμένως να έχει γίνει μία γεώτρηση μικρής διαμέτρου για να διαπιστωθεί η ακριβής σύνθεση του εδάφους σε μεγαλύτερο βάθος. Αυτό φυσικά αυξάνει το συνολικό κόστος της εγκατάστασης. Η εγκατάσταση σωλήνων πολυαιθυλενίου μέσα σε ορύγματα για την οριζόντια διάταξη κοστίζει συνήθως από 6 έως 12 € ανά μέτρο, μπορεί μάλιστα να κοστίζει και λιγότερο για νέα ξενοδοχεία, όταν τα μηχανήματα εκσκαφής βρίσκονται ήδη επιτόπου. Το συνολικό κόστος για μία κάθετη εγκατάσταση συμπεριλαμβανομένων των υλικών, των γεωτρήσεων και της πλήρωσης είναι συνήθως στις Ηνωμένες Πολιτείες και τις Σκανδιναβικές Χώρες 40 – 70 € ανά μέτρο. Ωστόσο, καθώς για τις κάθετες εγκαταστάσεις χρειάζεται εξειδικευμένο τεχνικό προσωπικό, το οποίο δεν υπάρχει σε όλες τις χώρες, δεν είναι δυνατόν να δοθούν ακριβείς τιμές για όλες τις περιοχές της Μεσογείου. Γενικά η μέση δαπάνη της ίδιας της αντλίας θερμότητας μπορεί να εκτιμηθεί ότι ανέρχεται σε 300 €kW, αλλά σίγουρα υπάρχουν μεγάλες διαφορές στην αγορά. Το συνολικό κόστος της επένδυση εξαρτάται πολύ από διάφορες παραμέτρους και πρέπει να υπολογίζεται ειδικά για κάθε συγκεκριμένη εγκατάσταση. Η εξοικονόμηση των δαπανών για την ενέργεια και ως εκ τούτου, η περίοδος απόσβεσης εξαρτάται από το σχετικό κόστος του φυσικού αερίου ή άλλων καυσίμων. Οι αντλίες θερμότητας υπόγειας σύζευξης λειτουργούν με μέση απόδοση (COP-Coefficient of Performance = Συντελεστής Απόδοσης) που μπορεί να φθάνει το 4,5. Έτσι, εάν το κόστος του ηλεκτρικού ρεύματος για την ίδια θερμική ενέργεια είναι λιγότερο από το τετραπλάσιο του κόστους άλλων καυσίμων, τα συστήματα αντλιών θερμότητας υπόγειας σύζευξης καθίστανται ιδιαίτερα ανταγωνιστικά. Μία μελέτη που διεξήχθη στις ΗΠΑ δείχνει ότι το κόστος συντήρησης ενός συστήματος με αντλία θερμότητας υπόγειας σύζευξης είναι κατά μέσο όρο περίπου το ένα τρίτο του αντίστοιχου κόστους του συμβατικού συστήματος ψύξης και θέρμανσης. Κατά συνέπεια, σε σύγκριση με ένα κλασσικό αερόψυκτο σύστημα, το σύστημα με αντλία θερμότητας υπόγειας σύζευξης έχει χαμηλότερο κόστος κύκλου ζωής, παρότι η αρχική δαπάνη είναι σχεδόν διπλάσια. Η περίοδος απόσβεσης μίας συγκεκριμένης εγκατάστασης είχε εκτιμηθεί σε 7 έως 9 χρόνια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΝΕΟΥ **ΔΗΜΑΡΧΕΙΟΥ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ**

4.1 Χαρακτηριστικά νέου δημαρχείου Καλαμάτας

Σε αυτό το κεφάλαιο θα πραγματοποιηθεί μια μελέτη εφαρμογής για γεωθερμία στην τυπική κατοικία, με στόχο την κάλυψη των αναγκών αυτής για θέρμανση και κλιματισμό. Η μελέτη θα έχει την εξής πορεία:

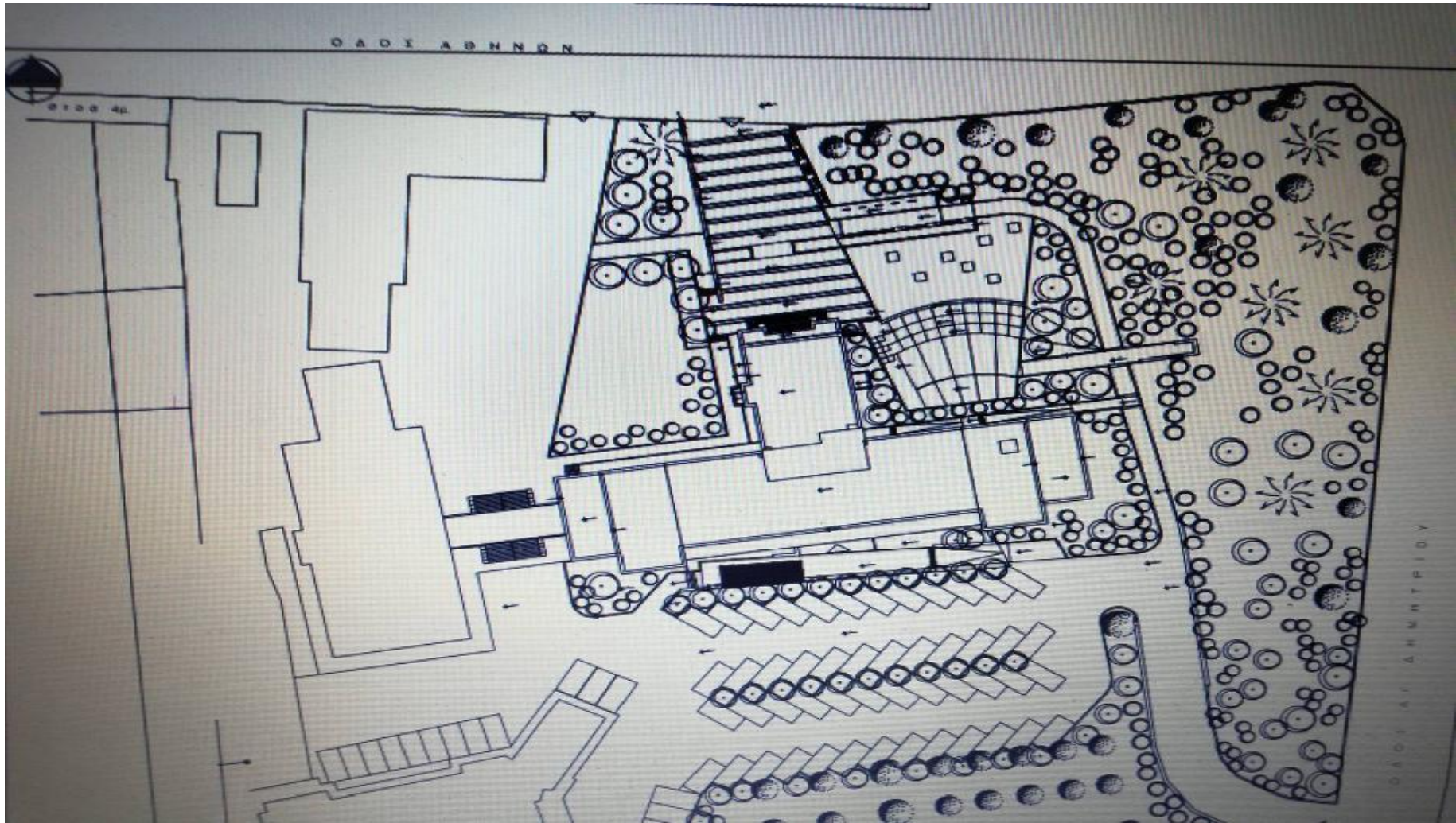
1. Μελέτη των αρχιτεκτονικών σχεδίων με σκοπό τον υπολογισμό έκτασης της κατοικίας και προσανατολισμού.
2. Μελέτη των δομικών χαρακτηριστικών της κατοικίας για τη μελέτη των Φορτίων (θερμικά & ψυκτικά)
3. Μελέτη των θερμικών απωλειών και των ψυκτικών φορτίων της κατοικίας.



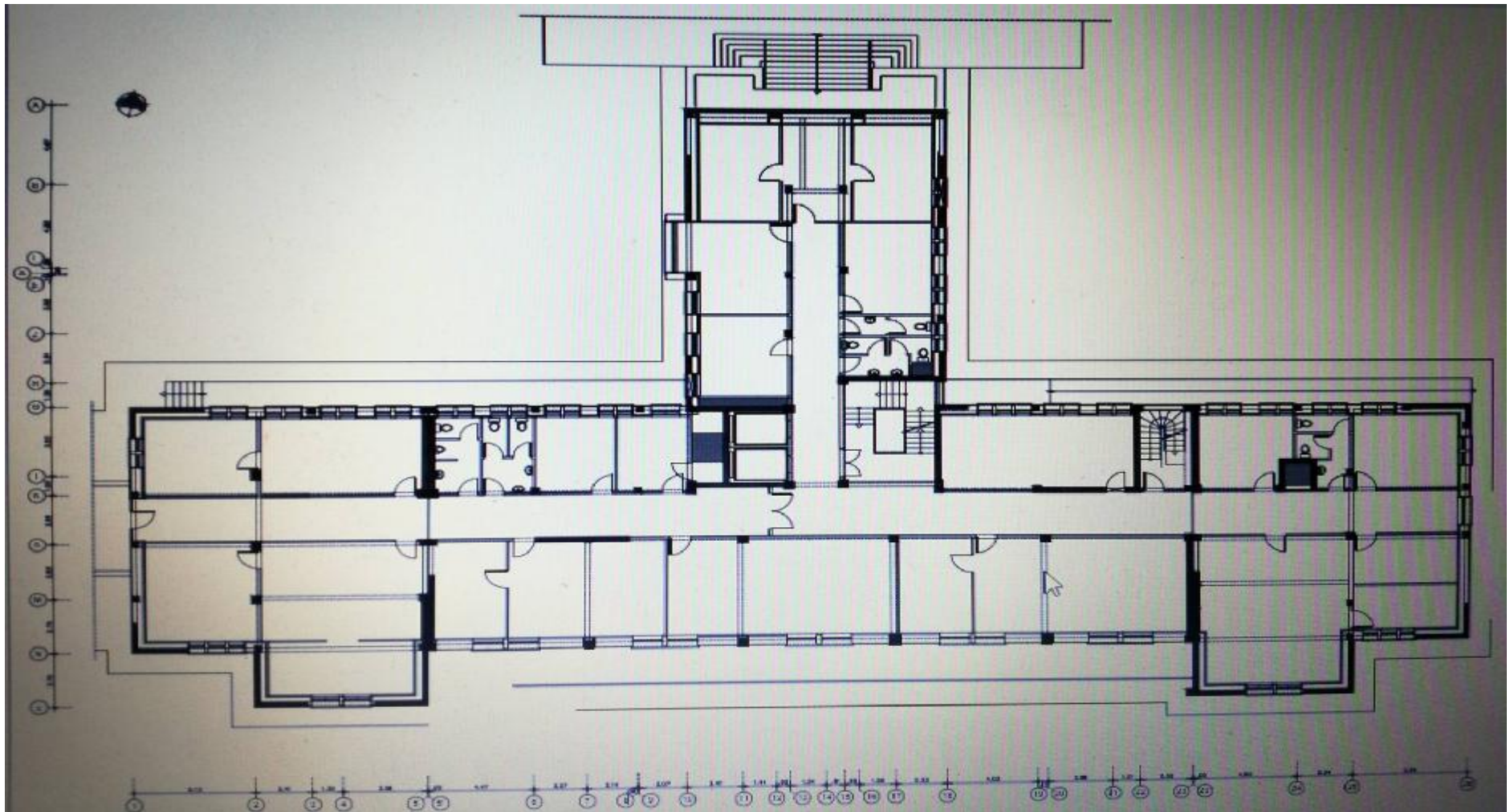
Εικόνα 17: Δημαρχείο Καλαμάτας

Το κτίριο του δημαρχείου που θα μελετηθεί για την εγκατάσταση της γεωθερμίας βρίσκεται στην Καλαμάτα και είναι το νέο δημαρχείο της πόλης. Το κτίριο αποτελείται από 4 επίπεδα, ημιυπόγειο, ισόγειο α όροφο και β όροφο. Το κτίριο έχει συνολική επιφάνεια 3800 m². Καταλαμβάνει έκταση 950 m² σε οικοπέδο συνολικής έκτασης 5000 m². Το κτίριο αποτελείται από 75 δωμάτια τα οποία χρησιμεύουν ως γραφεία, αίθουσες συνεδριάσεων, αίθουσες συσκέψεων κτλ.

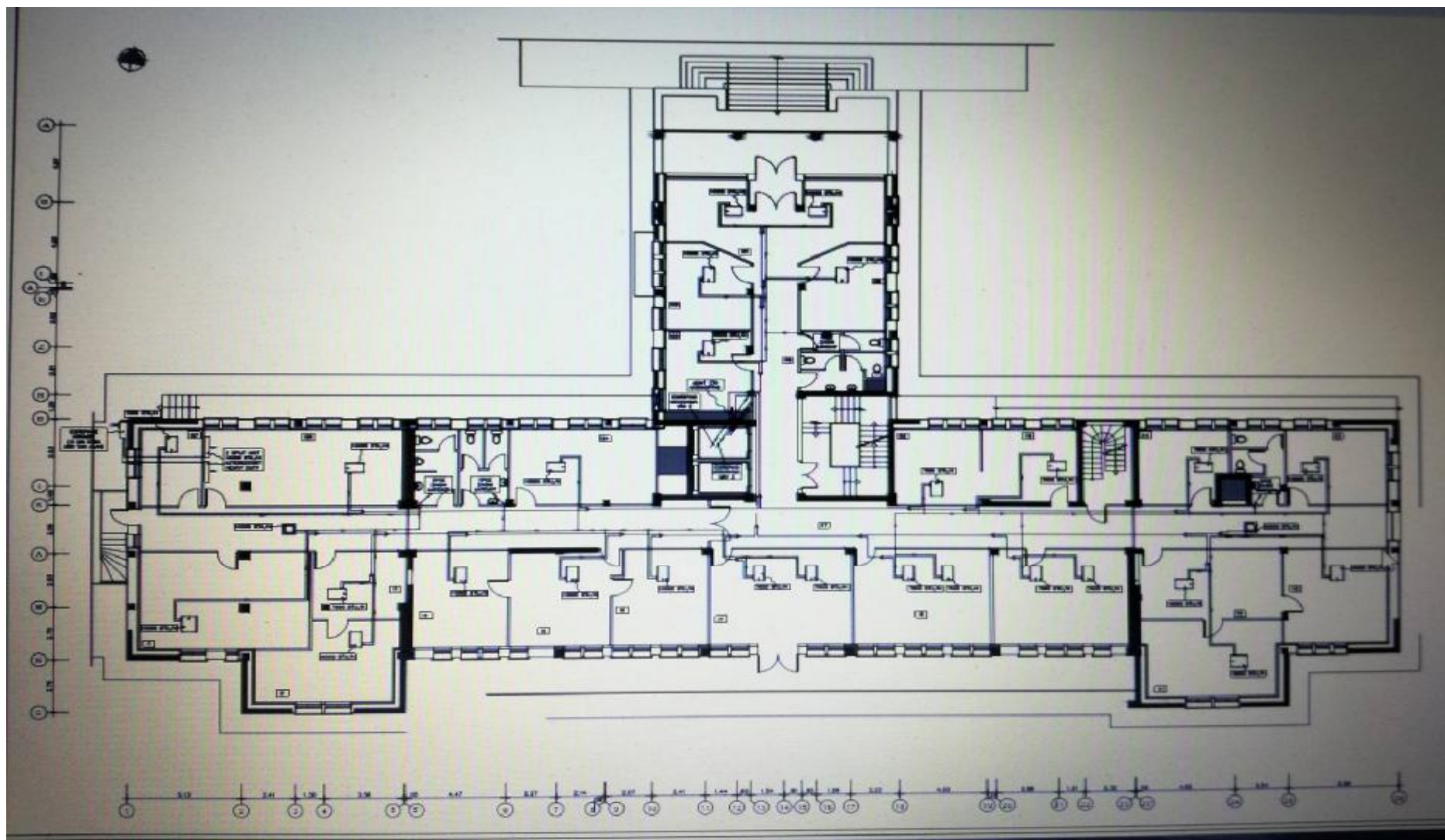
Παρακάτω φαίνονται τα σχέδια του κτιρίου



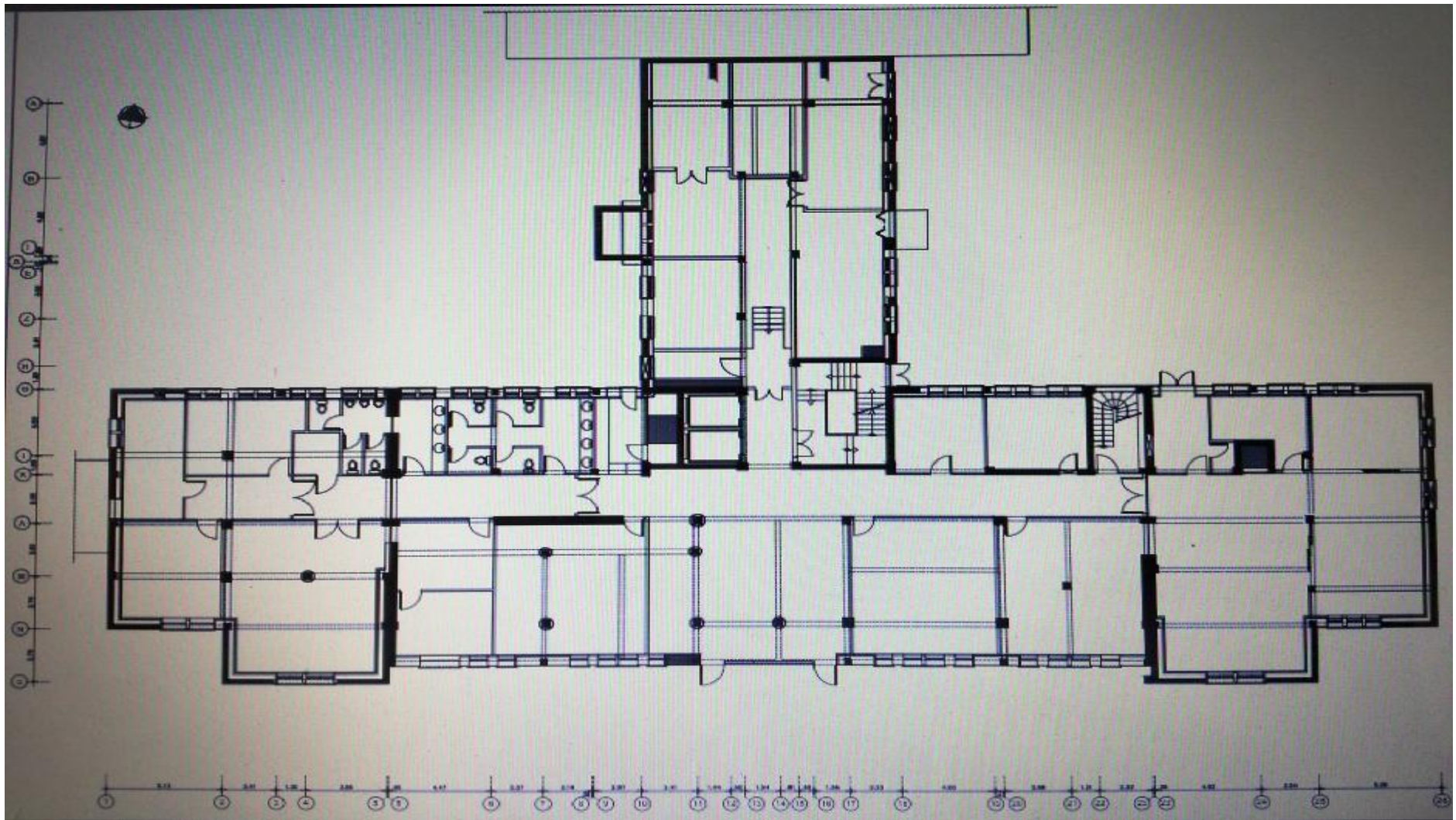
Σχήμα 18: Κάτοψη κτιρίου



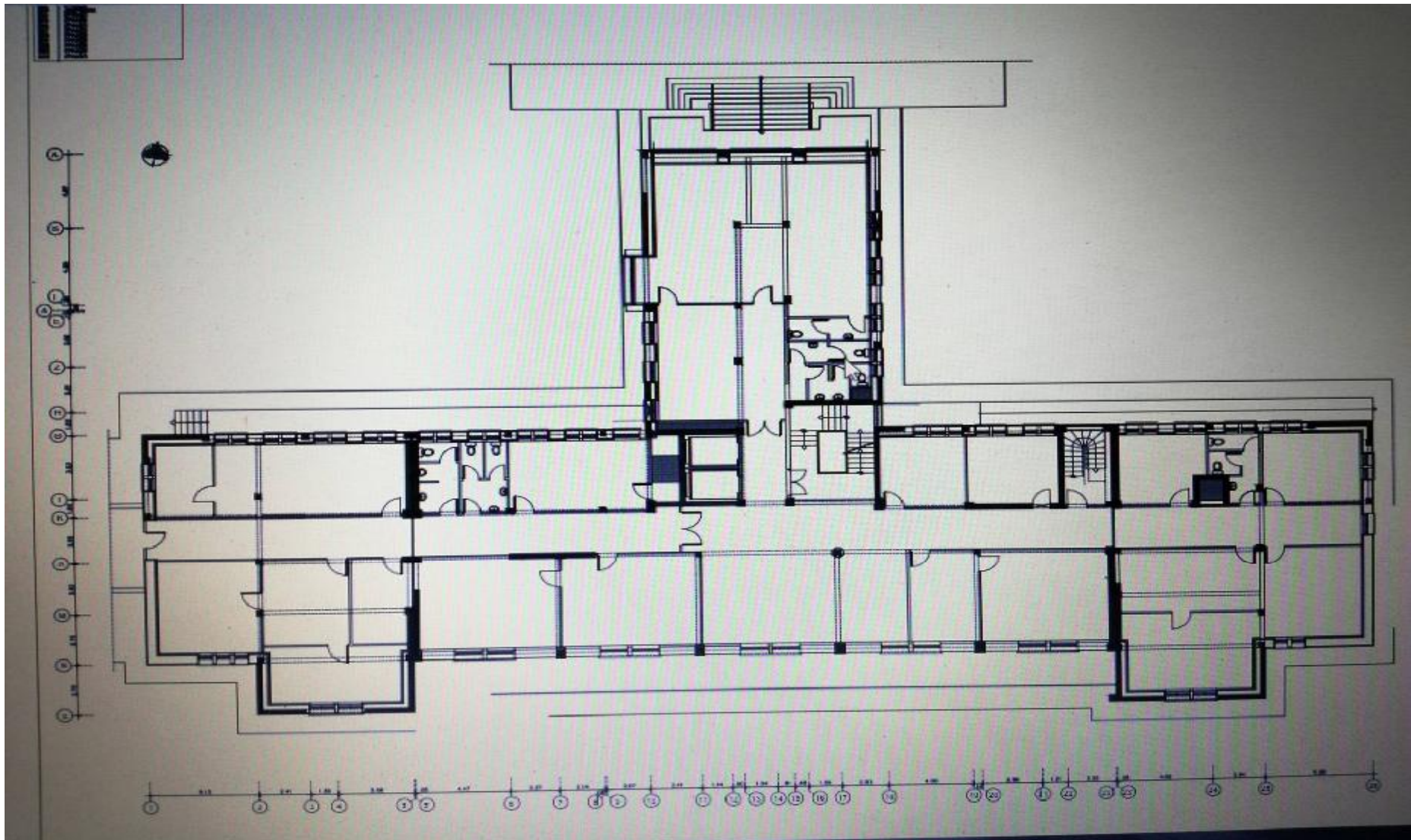
Σχήμα 19: Κάτοψη ημιπογείου



Σχήμα 20: Κάτοψη ισογείου



Σχήμα 21: Κάτοψη α ορόφου



Σχήμα 22: Κάτοψη β ορόφου

4.2 Υπολογισμοί θερμικών απωλειών κτιρίου

A) Εξωτερικοί τοίχοι

Οι εξωτερικοί τοίχοι είναι χτισμένοι με διπλό τούβλο και ανάμεσα τους υπάρχει φελιζόλ dow πάχους 4 cm με $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$.

Το συνολικό k του τοιχείου είναι $0,58 \text{ W/m}^2\text{K}$

B) Παράθυρα

Τα παράθυρα είναι κατασκευασμένα από διπλό μονωτικό τζάμι με διάκενο 12 mm και έχουν $k = 2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$

Γ) Πόρτες

Οι πόρτες είναι κατασκευασμένες από αλουμίνιο και έχουν $k = 6 \text{ W/m}^2\text{K}$

Δ) Οροφή

Πλάκα από σκυρόδεμα πάχους 15 cm με σοβά εσωτερικά και μόνωση με $k = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$

E) Δάπεδο

Πλάκα από σκυρόδεμα 20 cm με $k = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$

ΣΤ) Εσωτερικές πόρτες

Οι εσωτερικές πόρτες είναι ξύλινες με $k = 3,5 \text{ W/m}^2\text{K}$

Η μέση ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία για την πόλη της Καλαμάτας είναι $T_{\text{εξ}} = 1^\circ\text{C}$ και η επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία στο κτίριο είναι $T_{\text{εσ}} = 20^\circ\text{C}$

4.2.1 Υπολογισμός θερμικών απωλειών ημιυπόγειου

ΟΙΚΟΔΟΜΗ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ ΤΟΠΟΣ : ΚΑΛΑΜΑΤΑ ΧΩΡΟΣ: Υ2 (ΓΡΑΦΕΙΟ)		:ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ		ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΦΥΛΛΟ : 1.1 ΟΡΟΦΟΣ: ΗΜΙΥΠΟΓΕΙΟ			
Τεξωτερική(οC)	1	Τεσωτερική (οC)	20								

ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΛΑΧΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ					ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ		
			ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ/ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ (ZH)	ΔΙΑΚΟΠΩΝ (ZD)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ
Τεσ.		25	5,58	3	16,74			16,74	0,56	9,5	89			
Τεξ.	Δ	25	2,75	3	8,25			8,25	0,56	19	88			
Τεξ.	N	25	7,27	3	21,81		2,6	19,21	0,56	19	204			
A1			2,6	1	2,6			2,6	2,6	19	128			
Τεσ.		25	7,27	3	21,81		4,6	17,21	0,56	9,5	92			
A2			2	2,3	4,6			4,6	3,5	9,5	153			
Δ			8,33	7,27	60,5591			60,5591	0,9	9,5	518			
D	0,624													
ΣΥΝΟΛΟ											1272	0	0,25	1,25
ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		1590												
ΑΕΡΙΣΜΟΣ		321	276						82,796	524,6				
										0,3017				
									2,58					
		kcal/h							0,364	0,3672				
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ		1911												

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

ΟΙΚΟΔΟΜΗ : ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ
 ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
 ΤΟΠΟΣ : ΚΑΛΑΜΑΤΑ
 ΧΩΡΟΣ: Υ4 (ΓΡΑΦΕΙΟ)

ΦΥΛΛΟ : 1.1
 ΟΡΟΦΟΣ: ΗΜΙΥΠΟΓΕΙΟ

Τεξωτερική (οC) | 1 | Τεσωτερική (οC) | 20

ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ					ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ		
			ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ/ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ (ZH)	ΔΙΑΚΟΠΩΝ (ZD)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ
Τεξ.	N	25	4,47	3	13,41		2,5	10,91	0,56	19	116			
A1			2,5	1	2,5			2,5	2,6	19	124			
Δ			4,47	4	17,88			17,88	0,9	9,5	153			
D	0,477													
ΣΥΝΟΛΟ											392	0	0,25	1,25
ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		491												
ΑΕΡΙΣΜΟΣ		140	120,4				82,796		524,6					0,3017
						2,58								
						kcal/h	0,364	0,36722						
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ		631												

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

ΟΙΚΟΔΟΜΗ : ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ

ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΤΟΠΟΣ : ΚΑΛΑΜΑΤΑ

ΧΩΡΟΣ: Υ7 (ΓΡΑΦΕΙΟ)

ΦΥΛΛΟ : 1.1

ΟΡΟΦΟΣ: ΗΜΙΥΠΟΓΕΙΟ

Τεξωτερική (οC) 1 Τεσωτερική (οC) 20

ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ					ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ		
			ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ/ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ (ZH)	ΔΙΑΚΟΠΩΝ (ZD)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ
Τεσ.		25	8	3	24			24	0,56	9,5	128			
Τεξ.	N	25	6,65	3	19,95		2,4	17,55	0,56	19	187			
A1			0,6	1	0,6	4		2,4	2,6	19	119			
Τεσ.		25	6,65	3	19,95		2,3	17,65	0,56	9,5	94			
A2			1	2,3	2,3			2,3	3,5	9,5	76			
Δ			8,33	7,27	60,5591			60,5591	0,9	9,5	518			
D	0,565													
ΣΥΝΟΛΟ											1121	0	0,25	1,25
ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		1401												
ΑΕΡΙΣΜΟΣ		388	333,68					82,796		524,6				
														0,3017
														2,58

kcal/h
1789

0,364 0,36722

ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

ΟΙΚΟΔΟΜΗ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ ΤΟΠΟΣ : ΚΑΛΑΜΑΤΑ ΧΩΡΟΣ: Υ8 (ΓΡΑΦΕΙΟ)	: ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ	
Τεξωτερική (οC)	1	Τεσωτερική (οC)	20
		ΦΥΛΛΟ : 1.1	
		ΟΡΟΦΟΣ: ΗΜΙΥΠΟΓΕΙΟ	

ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ					ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ		
			ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ/ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ (ZH)	ΔΙΑΚΟΠΩΝ (ZD)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ
Τεξ.	N	25	6,41	3	19,23		2,4	16,83	0,56	19	179			
A1			0,6	1	0,6	4		2,4	2,6	19	119			
Τεσ.		25	6,41	3	19,23		2,3	16,93	0,56	9,5	90			
A2			1	2,3	2,3			2,3	3,5	9,5	76			
Δ			8,33	7,27	60,5591			60,5591	0,9	9,5	518			
D	0,498													
ΣΥΝΟΛΟ											982	0	0,25	1,25

ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ

1227

82,796

524,6

ΑΕΡΙΣΜΟΣ

388

333,68

0,3017

2,58

kcal/h

0,364 0,36722

ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ 1615

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

ΟΙΚΟΔΟΜΗ : ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
 ΤΟΠΟΣ : ΚΑΛΑΜΑΤΑ
 ΧΩΡΟΣ : Υ11 (ΑΙΘΟΥΣΑ
 ΣΥΣΚΕΨΕΩΝ)

ΦΥΛΛΟ : 1.1
 ΟΡΟΦΟΣ : ΗΜΙΥΠΟΓΕΙΟ

Τεξωτερική (οC) 1 Τεσωτερική (οC) 20

ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΛΑΧΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ				ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ			
			ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ/ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ (ZH)	ΔΙΑΚΟΠΩΝ (ZD)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ
Τεσ.		25	5,29	3	15,87		2,3	13,57	0,56	9,5	72			
A1			1	2,3	2,3			2,3	3,5	19	153			
Τεξ.	A	25	4,53	3	13,59		1,5	12,09	0,56	19	129			
A2			1,5	1	1,5			1,5	2,6	19	74			
Τεξ.	B	25	5,29	3	15,87		4	11,87	0,56	19	126			
A2			2	1	2	2		4	2,6	19	198			
Δ			5,29	4,53	23,9637			23,9637	0,9	9,5	205			
D	0,942													
ΣΥΝΟΛΟ											957	0,05	0,2	1,25
ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		1196												
ΑΕΡΙΣΜΟΣ		472	405,92					82,796		524,6				0,3017
														2,58

ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

kcal/h
1668

0,364 0,36722

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

ΟΙΚΟΔΟΜΗ : ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΤΟΠΟΣ : ΚΑΛΑΜΑΤΑ
ΧΩΡΟΣ: Υ12 (ΑΙΘΟΥΣΑ
ΣΥΣΚΕΨΕΩΝ)

ΦΥΛΛΟ : 1.1
ΟΡΟΦΟΣ: ΗΜΙΥΠΟΓΕΙΟ

Τεξωτερική (οC) 1 Τεσωτερική (οC) 20

ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΛΑΧΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ				ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ					ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ		
			ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ/ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ (ZH)	ΔΙΑΚΟΠΩΝ (ZD)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ
Τεσ.		25	5	3	15		2,3	12,7	0,56	9,5	68			
A1			1	2,3	2,3			2,3	3,5	19	153			
Τεξ.	B	25	5	3	15		4	11	0,56	19	117			
A2			2	1	2	2		4	2,6	19	198			
Τεσ.		25	4,53	3	13,59		2,3	11,29	0,56	9,5	60			
A2			1	2,3	2,3			2,3	3,5	9,5	76			
Δ			5	4,53	22,65			22,65	0,9	9,5	194			
D	0,889													
ΣΥΝΟΛΟ											865	0,05	0,2	1,25
ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		1082												
ΑΕΡΙΣΜΟΣ		504	433,44					82,796		524,6				
														0,3017
														2,58

ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

kcal/h
1586

0,364 0,36722

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

ΟΙΚΟΔΟΜΗ : ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΤΟΠΟΣ : ΚΑΛΑΜΑΤΑ
ΧΩΡΟΣ: Υ15 (ΑΡΧΕΙΟ)

ΦΥΛΛΟ : 1.1
ΟΡΟΦΟΣ: ΗΜΙΥΠΟΓΕΙΟ

Τεξωτερική (οC) 1 Τεσωτερική (οC) 20

ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ					ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ		
			ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ/ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ (ΖΗ)	ΔΙΑΚΟΠΩΝ (ΖΔ)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ
Τεσ.		25	4	3	12		2,3	9,7	0,56	9,5	52			
A1			1	2,3	2,3			2,3	3,5	9,5	76			
Τεσ.		25	4,53	3	13,59			13,59	0,56	9,5	72			
Τεξ.	B	25	4	3	12		2,5	9,5	0,56	19	101			
A2			2,5	1	2,5			2,5	2,6	19	124			
Τεσ.		25	4,53	3	13,59			13,59	0,56	9,5	72			
Δ			4	4,53	18,12			18,12	0,9	9,5	155			
D	0,785													
ΣΥΝΟΛΟ											652	0,05	0,2	1,25

ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ

815

82,796

524,6

ΑΕΡΙΣΜΟΣ

272

233,92

0,3017

2,58

0,364 0,36722

kcal/h

ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

1087

ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΗΜΙΥΠΟΓΕΙΟΥ $Q_1 = 12564 \text{ Kcal/h}$

4.2.2 Υπολογισμός θερμικών απωλειών ισογείου

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ																	
ΟΙΚΟΔΟΜΗ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ		: ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ															
ΤΟΠΟΣ : ΚΑΛΑΜΑΤΑ												ΦΥΛΛΟ : 1.1					
ΧΩΡΟΣ: Ι1 (ΓΡΑΦΕΙΟ)												ΟΡΟΦΟΣ: ΙΣΟΓΕΙΟ					
Τεξωτερική (οC)		1		Τεσωτερική (οC)		20											
ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΛΑΧΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ					ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ					
			ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ/ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ (ΖΗ)	ΔΙΑΚΟΠΩΝ (ΖΔ)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ			
Τεξ.	Δ	25	5,58	3	16,74			16,74	0,56	19	178						
Τεξ.	Ν	25	5,13	3	15,39		1,6	13,79	0,56	19	147						
A1			1,6	1	1,6			1,6	2,6	19	79						
D	0,12																
ΣΥΝΟΛΟ											404	0	0,3	1,3			
ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		525							82,796		524,6						
ΑΕΡΙΣΜΟΣ		104		89,44							0,3017						
									2,58								
		kcal/h							0,3638		0,3672						
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ		629															

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

ΟΙΚΟΔΟΜΗ : ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ

ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΤΟΠΟΣ : ΚΑΛΑΜΑΤΑ

ΧΩΡΟΣ: 14 (ΓΡΑΦΕΙΟ)

ΦΥΛΛΟ : 1.1

ΟΡΟΦΟΣ: ΙΣΟΓΕΙΟ

Τεξωτερική (οC) | 1 | Τεσωτερική (οC) | 20

ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ					ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ		
			ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ/ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ (ΖΗ)	ΔΙΑΚΟΠΩΝ (ΖΔ)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ
Τεξ.	N	25	4,47	3	13,41		1,8	11,61	0,56	19	124			
A1			0,6	1	0,6	3		1,8	2,6	19	89			
D	0,1													
ΣΥΝΟΛΟ											212	0	0,3	1,3
ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		276												
ΑΕΡΙΣΜΟΣ		192	165,1				82,796		524,6	0,3017				
						2,58								
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ		468				0,3638	0,3672							

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

ΟΙΚΟΔΟΜΗ : ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ

ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΤΟΠΟΣ : ΚΑΛΑΜΑΤΑ

ΧΩΡΟΣ: Ι5 (ΓΡΑΦΕΙΟ)

ΦΥΛΛΟ : 1.1

ΟΡΟΦΟΣ: ΙΣΟΓΕΙΟ

Τεξωτερική (οC) | 1 | Τεσωτερική (οC) | 20

ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ					ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ		
			ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ/ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ (ΖΗ)	ΔΙΑΚΟΠΩΝ (ΖΔ)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ
Τεξ.	N	25	4,41	3	13,23		1,8	11,43	0,56	19	122			
A1			0,6	1	0,6	3		1,8	2,6	19	89			
D	0,1													
ΣΥΝΟΛΟ											211	0	0,3	1,3
ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		274												
ΑΕΡΙΣΜΟΣ		192	165,1				82,796		524,6	0,3017				
						2,58								
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ		466				0,3638	0,3672							

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

ΟΙΚΟΔΟΜΗ : ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ

ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΤΟΠΟΣ : ΚΑΛΑΜΑΤΑ

ΧΩΡΟΣ: Ι6 (ΓΡΑΦΕΙΟ)

ΦΥΛΛΟ : 1.1

ΟΡΟΦΟΣ: ΙΣΟΓΕΙΟ

Τεξωτερική (οC) | 1 | Τεσωτερική (οC) | 20

ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ					ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ		
			ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ/ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ (ΖΗ)	ΔΙΑΚΟΠΩΝ (ΖΔ)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ
Τεξ.	N	25	4,48	3	13,44		2,4	11,04	0,56	19	117			
A1			0,6	1	0,6	4		2,4	2,6	19	119			
D	0,11													
ΣΥΝΟΛΟ											236	0	0,3	1,3
ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		307												
ΑΕΡΙΣΜΟΣ		256	220,2				82,796		524,6					
						2,58			0,3017					
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ		563				0,3638	0,3672							

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

ΟΙΚΟΔΟΜΗ : ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ
 ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
 ΤΟΠΟΣ : ΚΑΛΑΜΑΤΑ
 ΧΩΡΟΣ: 17 (ΓΡΑΦΕΙΟ)

ΦΥΛΛΟ : 1.1
 ΟΡΟΦΟΣ: ΙΣΟΓΕΙΟ

Τεξωτερική (οC) | 1 | Τεσωτερική (οC) | 20

ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ					ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ		
			ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ/ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ (ΖΗ)	ΔΙΑΚΟΠΩΝ (ΖΔ)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ
Τεξ.	N	25	6,6	3	19,8		7	12,8	0,56	19	136			
A1			0,6	1	0,6	4		2,4	2,6	19	119			
A2			2	2,3	4,6			4,6	6	19	524			
D	0,28													
ΣΥΝΟΛΟ											779	0	0,3	1,3
ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		1013												
ΑΕΡΙΣΜΟΣ		428	368,1					82,796		524,6				
						2,58								
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ		1441				0,3638	0,3672							

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

ΟΙΚΟΔΟΜΗ : ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ

ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΤΟΠΟΣ : ΚΑΛΑΜΑΤΑ

ΧΩΡΟΣ: 18 (ΓΡΑΦΕΙΟ)

ΦΥΛΛΟ : 1.1

ΟΡΟΦΟΣ: ΙΣΟΓΕΙΟ

Τεξωτερική (οC) | 1 | Τεσωτερική (οC) | 20

ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ					ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ		
			ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ/ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ (ΖΗ)	ΔΙΑΚΟΠΩΝ (ΖΔ)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ
Τεξ.	N	25	6,65	3	19,95		3,6	16,35	0,56	19	174			
A1			0,6	1	0,6	6		3,6	2,6	19	178			
D	0,13													
ΣΥΝΟΛΟ											352	0	0,3	1,3
ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		457												
ΑΕΡΙΣΜΟΣ		384	330,2				82,796		524,6	0,3017				
						2,58								
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ		841				0,3638	0,3672							

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

ΟΙΚΟΔΟΜΗ : ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ

ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΤΟΠΟΣ : ΚΑΛΑΜΑΤΑ

ΧΩΡΟΣ: Ι9 (ΓΡΑΦΕΙΟ)

ΦΥΛΛΟ : 1.1

ΟΡΟΦΟΣ: ΙΣΟΓΕΙΟ

Τεξωτερική (οC) | 1 | Τεσωτερική (οC) | 20

ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ					ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ		
			ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ/ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ (ΖΗ)	ΔΙΑΚΟΠΩΝ (ΖΔ)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ
Τεξ.	N	25	5,89	3	17,67		2,4	15,27	0,56	19	162			
A1			0,6	1	0,6	4		2,4	2,6	19	119			
D	0,11													
ΣΥΝΟΛΟ											281	0	0,3	1,3
ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		365												
ΑΕΡΙΣΜΟΣ		256	220,2				82,796		524,6	0,3017				
						2,58								
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ		621				0,3638	0,3672							

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

ΟΙΚΟΔΟΜΗ : ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ
 ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
 ΤΟΠΟΣ : ΚΑΛΑΜΑΤΑ
 ΧΩΡΟΣ: Ι11 (ΓΡΑΦΕΙΟ)

ΦΥΛΛΟ : 1.1
 ΟΡΟΦΟΣ: ΙΣΟΓΕΙΟ

Τεξωτερική (οC) | 1 | Τεσωτερική (οC) | 20

ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ					ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ		
			ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ/ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ (ZH)	ΔΙΑΚΟΠΩΝ (ZD)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ
Τεξ.	Δ	25	2,75	3	8,25			8,25	0,56	19	88			
Τεξ.	N		7,16	3	21,48			21,48	0,56	19	229			
A1			2	1	2			2	2,6	19	99			
Τεξ.	A	25	2,75	3	8,25			8,25	0,56	19	88			
D	0,12													
ΣΥΝΟΛΟ											503	0	0,3	1,3
ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		654												
ΑΕΡΙΣΜΟΣ		120	103,2				82,796			524,6				
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ		774				2,58	0,3638	0,3672						

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

ΟΙΚΟΔΟΜΗ : ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ
 ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
 ΤΟΠΟΣ : ΚΑΛΑΜΑΤΑ
 ΧΩΡΟΣ : Ι12 (ΓΡΑΦΕΙΟ)

ΦΥΛΛΟ : 1.1
 ΟΡΟΦΟΣ : ΙΣΟΓΕΙΟ

Τεξωτερική (οC) | 1 | Τεσωτερική (οC) | 20

ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ					ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ		
			ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ/ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ (ΖΗ)	ΔΙΑΚΟΠΩΝ (ΖΔ)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ
Τεξ.	N		5,29	3	15,87		1,8	14,07	0,56	19	150			
A1			1,8	1	1,8			2	2,6	19	99			
Τεξ.	A		5,58	3	16,74			16,74	0,56	19	178			
D	0,11													
ΣΥΝΟΛΟ											249	0	0,3	1,3
ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		323												
ΑΕΡΙΣΜΟΣ		112	96,32				82,796			524,6				0,3017
						2,58								
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ		435				0,3638	0,3672							

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

ΟΙΚΟΔΟΜΗ : ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ
 ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
 ΤΟΠΟΣ : ΚΑΛΑΜΑΤΑ
 ΧΩΡΟΣ : Ι13 (ΓΡΑΦΕΙΟ)

ΦΥΛΛΟ : 1.1
 ΟΡΟΦΟΣ : ΙΣΟΓΕΙΟ

Τεξωτερική (οC) | 1 | Τεσωτερική (οC) | 20

ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ					ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ		
			ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ/ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ (ΖΗ)	ΔΙΑΚΟΠΩΝ (ΖΔ)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ
Τεξ.	A		4,53	3	13,59		1,2	12,39	0,56	19	132			
A1			1,2	1	1,2			1,2	2,6	19	59			
Τεξ.	B		5,29	3	15,87			15,87	0,56	19	169			
A2			1,2	1	1,2		1,2	1,2	2,6	19	59			
Τεσ.			4,53	3	13,59			16,59	0,56	9,5	88			
D	0,25													
ΣΥΝΟΛΟ											508	0,05	0,3	1,35
ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		685												
ΑΕΡΙΣΜΟΣ		176	151,4				82,796			524,6				
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ		861					2,58	0,3638	0,3672					

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

ΟΙΚΟΔΟΜΗ : ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ

ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΤΟΠΟΣ : ΚΑΛΑΜΑΤΑ

ΧΩΡΟΣ: Ι14 (ΓΡΑΦΕΙΟ)

ΦΥΛΛΟ : 1.1

ΟΡΟΦΟΣ: ΙΣΟΓΕΙΟ

Τεξωτερική (οC) | 1 | Τεσωτερική (οC) | 20

ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ					ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ		
			ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ/ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ (ZH)	ΔΙΑΚΟΠΩΝ (ZD)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ
Τεξ.	B		4,62	3	13,86		2,4	11,46	0,56	19	122			
A1			1,2	1	1,2	2		2,4	2,6	19	119			
Τεσ.			4,53	3	13,59			16,59	0,56	9,5	88			
Τεσ.			4,53	3	13,59			16,59	0,56	9,5	88			
D	0,17													
ΣΥΝΟΛΟ											329	0,05	0,3	1,35
ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		444												
ΑΕΡΙΣΜΟΣ		176	151,4					82,796		524,6				
						2,58								
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ		620				0,3638	0,3672							

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

ΟΙΚΟΔΟΜΗ : ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ

ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΤΟΠΟΣ : ΚΑΛΑΜΑΤΑ

ΧΩΡΟΣ: Ι15 (ΓΡΑΦΕΙΟ)

ΦΥΛΛΟ : 1.1

ΟΡΟΦΟΣ: ΙΣΟΓΕΙΟ

Τεξωτερική (οC) | 1 | Τεσωτερική (οC) | 20

ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ					ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ		
			ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ/ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ (ΖΗ)	ΔΙΑΚΟΠΩΝ (ΖΔ)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ
Τεξ.	B		4,51	3	13,53		2,4	11,13	0,56	19	118			
A1			1,2	1	1,2	2		2,4	2,6	19	119			
Τεσ.			4,53	3	13,59			13,59	0,56	9,5	72			
D	0,16													
ΣΥΝΟΛΟ											309	0,05	0,3	1,35
ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		418												
ΑΕΡΙΣΜΟΣ		176	151,4				82,796			524,6				0,3017
						2,58								
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ		594				0,3638	0,3672							

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

ΟΙΚΟΔΟΜΗ : ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ
 ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
 ΤΟΠΟΣ : ΚΑΛΑΜΑΤΑ
 ΧΩΡΟΣ: Ι16 (ΓΡΑΦΕΙΟ)

ΦΥΛΛΟ : 1.1
 ΟΡΟΦΟΣ: ΙΣΟΓΕΙΟ

Τεξωτερική (οC) | 1 | Τεσωτερική (οC) | 20

ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ					ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ		
			ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ/ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ (ΖΗ)	ΔΙΑΚΟΠΩΝ (ΖΔ)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ
Τεξ.	B		4	3	12		1,8	10,2	0,56	19	109			
A1			1,8	1	1,8			1,8	2,6	19	89			
D	0,12													
ΣΥΝΟΛΟ											197	0,05	0,3	1,35
ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		267												
ΑΕΡΙΣΜΟΣ		112	96,32				82,796			524,6				0,3017
							2,58							
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ		379					0,3638	0,3672						

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

ΟΙΚΟΔΟΜΗ : ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ
 ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
 ΤΟΠΟΣ : ΚΑΛΑΜΑΤΑ
 ΧΩΡΟΣ: Ι17 (ΓΡΑΦΕΙΟ)

ΦΥΛΛΟ : 1.1
 ΟΡΟΦΟΣ: ΙΣΟΓΕΙΟ

Τεξωτερική (οC) | 1 | Τεσωτερική (οC) | 20

ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ				ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ			
			ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ/ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ (ΖΗ)	ΔΙΑΚΟΠΩΝ (ΖΔ)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ
Τεξ.	Δ		2,55	3	7,65		2,9	4,75	0,56	19	51			
A1			1	2,3	2,3			2,3	6	19	262			
A2			0,6	1	0,6			0,6	2,6	19	30			
Τεξ.	A		2,55	3	7,65		1,8	5,85	0,56	19	62			
A3			1,8	1	1,8			1,8	2,6	19	89			
D	0,02													
ΣΥΝΟΛΟ											313	0	0,3	1,3
ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		407												
ΑΕΡΙΣΜΟΣ		308	264,9				82,796				524,6			0,3017
						2,58								
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ		715				0,3638	0,3672							

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

ΟΙΚΟΔΟΜΗ : ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ
 ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
 ΤΟΠΟΣ : ΚΑΛΑΜΑΤΑ
 ΧΩΡΟΣ: Ι20 (ΓΡΑΦΕΙΟ)

ΦΥΛΛΟ : 1.1
 ΟΡΟΦΟΣ: ΙΣΟΓΕΙΟ

Τεξωτερική (οC) | 1 | Τεσωτερική (οC) | 20

ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ					ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ		
			ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ/ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ (ΖΗ)	ΔΙΑΚΟΠΩΝ (ΖΔ)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ
Τεξ.	A		6,69	3	20,07		4	16,07	0,56	19	171			
A1			2	1	2	2		4	2,6	19	198			
D	0,15													
ΣΥΝΟΛΟ											369	0	0,3	1,3
ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		479												
ΑΕΡΙΣΜΟΣ		240	206,4					82,796		524,6				
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ		719												

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

ΟΙΚΟΔΟΜΗ : ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ

ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΤΟΠΟΣ : ΚΑΛΑΜΑΤΑ

ΧΩΡΟΣ: Ι21 (ΓΡΑΦΕΙΟ)

ΦΥΛΛΟ : 1.1

ΟΡΟΦΟΣ: ΙΣΟΓΕΙΟ

Τεξωτερική (οC) | 1 | Τεσωτερική (οC) | 20

ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ					ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ		
			ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ/ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ (ΖΗ)	ΔΙΑΚΟΠΩΝ (ΖΔ)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ
Τεξ.	A		4	3	12		2	10	0,56	19	106			
A1			2	1	2	1		2	2,6	19	99			
Τεξ.	B		11,24	3	33,72		4,6	29,12	0,56	19	310			
A2			2	2,3	4,6			4,6	2,6	19	227			
Τεξ.	Δ		4	3	12		1,6	10,4	0,56	19	111			
A3			1,6	1	1,6			1,6	2,6	19	79			
D	0,06													
ΣΥΝΟΛΟ											205	0,05	0,3	1,35

ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ

277

ΑΕΡΙΣΜΟΣ

396

340,6

82,796

524,6

0,3017

2,58

0,3638 0,3672

kcal/h

ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ 673

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ															
ΟΙΚΟΔΟΜΗ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ		: ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ													
ΤΟΠΟΣ : ΚΑΛΑΜΑΤΑ		ΦΥΛΛΟ : 1.1													
ΧΩΡΟΣ: Ι22 (ΓΡΑΦΕΙΟ)		ΟΡΟΦΟΣ: ΙΣΟΓΕΙΟ													
Τεξωτερική (οC)		1		Τεσωτερική (οC)		20									
ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ					ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ			
			ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ/ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ (ΖΗ)	ΔΙΑΚΟΠΩΝ (ΖΔ)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ	
Τεξ.	Δ		6,69	3	20,07		3,3	16,77	0,56	19	178				
A1			2,5	1	2,5	1		3,3	2,6	19	163				
A2			1	1	0,8			0,8							
D	0,15														
ΣΥΝΟΛΟ											341	0	0,3	1,3	
ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		444							82,796		524,6				
ΑΕΡΙΣΜΟΣ		220		189,2							0,3017				
									2,58						
		kcal/h							0,3638		0,3672				
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ		664													

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

ΟΙΚΟΔΟΜΗ : ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ

ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΤΟΠΟΣ : ΚΑΛΑΜΑΤΑ

ΧΩΡΟΣ: Ι23 (ΓΡΑΦΕΙΟ)

ΦΥΛΛΟ : 1.1

ΟΡΟΦΟΣ: ΙΣΟΓΕΙΟ

Τεξωτερική (οC) | 1 | Τεσωτερική (οC) | 20

ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ					ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ		
			ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ/ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ (ΖΗ)	ΔΙΑΚΟΠΩΝ (ΖΔ)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ
Τεξ.	Δ		4,76	3	14,28		2	12,28	0,56	19	131			
A1			1	1	1	2		2	2,6	19	99			
D	0,13													
ΣΥΝΟΛΟ											229	0	0,3	1,3
ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		298												
ΑΕΡΙΣΜΟΣ		160	137,6					82,796		524,6				
						2,58								
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ		458				0,3638	0,3672							

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

ΟΙΚΟΔΟΜΗ : ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ

ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΤΟΠΟΣ : ΚΑΛΑΜΑΤΑ

ΧΩΡΟΣ: Ι24 (ΓΡΑΦΕΙΟ)

ΦΥΛΛΟ : 1.1

ΟΡΟΦΟΣ: ΙΣΟΓΕΙΟ

Τεξωτερική (οC) | 1 | Τεσωτερική (οC) | 20

ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ					ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ		
			ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ/ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ (ZH)	ΔΙΑΚΟΠΩΝ (ZD)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ
Τεξ.	B		6,56	3	19,68		3,6	16,08	0,56	19	171			
A1			0,6	1	0,6	6		3,6	2,6	19	178			
Τεσ.			4,53	3	13,59			13,59	0,56	9,5	72			
D	0,15													
ΣΥΝΟΛΟ											349	0,05	0,3	1,35
ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		471												
ΑΕΡΙΣΜΟΣ		384	330,2				82,796			524,6				
						2,58				0,3017				
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ		855				0,3638	0,3672							

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

ΟΙΚΟΔΟΜΗ : ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ

ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΤΟΠΟΣ : ΚΑΛΑΜΑΤΑ

ΧΩΡΟΣ: Ι26 (ΓΡΑΦΕΙΟ)

ΦΥΛΛΟ : 1.1

ΟΡΟΦΟΣ: ΙΣΟΓΕΙΟ

Τεξωτερική (οC) | 1 | Τεσωτερική (οC) | 20

ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ					ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ		
			ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ/ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ (ΖΗ)	ΔΙΑΚΟΠΩΝ (ΖΔ)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ
Τεξ.	B		9,27	3	27,81		4,8	23,01	0,56	19	245			
A1			0,6	1	0,6	8		4,8	2,6	19	237			
Τεσ.			4,53	3	13,59			13,59	0,56	9,5	72			
D	0,15													
ΣΥΝΟΛΟ											482	0,05	0,3	1,35
ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		651												
ΑΕΡΙΣΜΟΣ		512	440,3				82,796			524,6				0,3017
						2,58								
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ		1163				0,3638	0,3672							

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

ΟΙΚΟΔΟΜΗ : ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ
 ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
 ΤΟΠΟΣ : ΚΑΛΑΜΑΤΑ
 ΧΩΡΟΣ: Ι27 (ΓΡΑΦΕΙΟ)

ΦΥΛΛΟ : 1.1
 ΟΡΟΦΟΣ: ΙΣΟΓΕΙΟ

Τεξωτερική (οC) | 1 | Τεσωτερική (οC) | 20

ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ				ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ			
			ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ/ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ (ΖΗ)	ΔΙΑΚΟΠΩΝ (ΖΔ)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ
Τεξ.	Β		3,13	3	9,39			9,39	0,56	19	100			
Τεξ.	Δ		4,53	3	13,59		2	13,59	0,56	19	145			
A1			2	1	2			2	2,6	19	99			
D	0,24													
ΣΥΝΟΛΟ											343	0,05	0,3	1,35
ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		463												
ΑΕΡΙΣΜΟΣ		120	103,2					82,796			524,6			
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ		583						2,58			0,3638			0,3672

ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΙΣΟΓΕΙΟΥ Q₂= 15212 Kcal/h

4.2.3 Υπολογισμός θερμικών απωλειών α ορόφου

Το ισόγειο και ο α όροφος έχουν τις ίδιες θερμικές απώλειες καθώς έχουν ακριβώς την ίδια επιφάνεια και τα ίδια ανοίγματα οπότε

$$Q_3 = 15212 \text{ Kcal/h}$$

4.2.4 Υπολογισμός θερμικών απωλειών β ορόφου

Στον όροφο β έχουμε τις ίδιες θερμικές απώλειες όπως και στον α όροφο με τη διαφορά ότι θα έχουμε και επιπλέον θερμικές απώλειες λόγω της οροφής του κτιρίου. Έτσι θα έχουμε τον εξής πίνακα

Επιφάνεια m ²	Συντελεστής κ	διαφορά θερμοκρασίας	Q
933,24	0,8	19	14185,2

και επειδή στον α όροφο είχαμε μέση προσαύξηση 1,32 τότε θα έχουμε $Q = 14185,2 * 1,32 = 18724,2 \text{ Kcal/h}$ μόνο στην οροφή του κτιρίου.

Άρα για τις συνολικές θερμικές απώλειες του β ορόφου θα έχουμε $Q = 18724,2 + Q_3$. Επομένως θα έχουμε

$$Q_4 = 33936,2 \text{ Kcal/h}$$

4.2.5 Συνολικές θερμικές απώλειες κτιρίου

$$\underline{Q_{ολ} = 76924,2 \text{ Kcal/h}}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΚΑΙ ΣΩΜΑΤΩΝ ΣΕ ΚΑΘΕ ΧΩΡΟ

5.1 Γενικά

Στο κτίριο θα εκμεταλλευτούμε την αβαθή γεωθερμική ενέργεια με κατακόρυφο σύστημα γεωθερμίας κλειστού κυκλώματος.

Οι ανάγκες των κλιματιστικών εγκαταστάσεων του κτιρίου σε «θέρμανση - ψύξη» θα καλύπτονται από υδρόψυκτα συγκροτήματα VRV προεκτιμώμενης ψυκτικής ισχύος 250KW. Για τις υδρόψυκτες μονάδες προβλέπεται σύστημα ανάψυξης με 50 κάθετους κλειστούς γεωθερμικούς βρόγχους στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου όπου κάθε βρόγχος θα έχει βάθος 100m.

5.1.2 Πολυδιαιρούμενο υδρόψυκτο σύστημα κλιματισμού μεταβλητού όγκου ψυκτικού υγρού

Το σύστημα κλιματισμού τύπου πολλαπλών κλιματιζόμενων ζωνών (με την ονομασία VRV) θα περιλαμβάνει τις κεντρικές μονάδες, τις εσωτερικές μονάδες, τις σωληνώσεις ψυκτικού μέσου, τις καλωδιώσεις ισχύος και αυτοματισμού, τα όργανα αυτοματισμού και λειτουργίας. Θα υπάρχει η δυνατότητα, εφόσον απαιτείται από τη μελέτη, να επιτυγχάνεται ανάκτηση θερμότητας στην κεντρική μονάδα για περαιτέρω εξοικονόμηση ενέργειας κατά την λειτουργία του συστήματος.

Το σύστημα κλιματισμού θα επιτυγχάνει πολύ υψηλό βαθμό απόδοσης, όπως τιμές $cop > 5$ και $EER > 4.3$ κατά τη λειτουργία σε πλήρες φορτίο. Η υψηλή απόδοση του κλιματισμού θα επιτυγχάνεται σε όλη τη περιοχή φόρτισης του συστήματος (0-100% φορτίο).

Η λειτουργία του συστήματος θα βασίζεται στη χρήση πιεζοστατών για το ψυκτικό μέσο, ώστε να ελέγχεται η λειτουργία των συμπιεστών και η παροχή ψυκτικού μέσου προς τις εσωτερικές μονάδες. Έτσι, το σύστημα θα λειτουργεί με οικολογικό ψυκτικό μέσο R410A και θα φέρει τελευταίας τεχνολογίας σύστημα αναλογικής λειτουργίας της κεντρικής μονάδας.

Επιπλέον, η λειτουργία ανάκτησης θερμότητας θα επιτρέπει το άνοιγμα όλων των θερμοεκτονωτικών βαλβίδων παρέχοντας τη δυνατότητα αποστράγγισης του ψυκτικού από το κύκλωμα και την μη απόρριψη ψυκτικού στην ατμόσφαιρα.

Το υδρόψυκτο σύστημα θα διατίθεται σε τρία μεγέθη (10HP, 20HP και 30HP) ονομαστικής ψυκτικής απόδοσης από 27KW έως 82KW και θερμικής απόδοσης από 31KW έως 94KW.

Κάθε κεντρική μονάδα θα μπορεί να συνδεθεί με τριάντα δύο το πολύ εσωτερικές μονάδες (το μεγάλο μοντέλο), η πλέον απομακρυσμένη από τις οποίες θα μπορεί να βρίσκεται σε πραγματική απόσταση (ισοδύναμο μήκος σωληνώσεων) 140 m, και με υψομετρική διαφορά έως 50 m.

Η επίδραση των αποστάσεων μεταξύ εσωτερικών και κεντρικών μονάδων (εξωτερικών) στην ψυκτική απόδοση των εσωτερικών μονάδων θα αποτυπώνεται με κατάλληλους πίνακες στα τεχνικά χαρακτηριστικά του κατασκευαστή.

Η κεντρική μονάδα αντλίας θερμότητας θα είναι κατάλληλη για θέρμανση και ψύξη, υδρόψυκτη ειδικού τύπου ώστε να λειτουργεί με σύστημα INVERTER, και κατάλληλη για εσωτερική τοποθέτηση. Θα περιλαμβάνει ερμητικό περιστροφικό συμπιεστή τύπου «scroll», μονάδα συμπύκνωσης, εναλλάκτη θερμότητας, σωληνώσεις, καλωδιώσεις και αυτοματισμούς.

Οι σπειροειδείς συμπιεστές θα είναι προημένης σχεδίασης τύπου DC κινητήρα μαγνητικής αντίστασης με inverter επιτυγχάνοντας υψηλό βαθμό απόδοσης και υψηλή ενεργειακή απόδοση στις χαμηλές και μεσαίες ρυθμίσεις, ενώ το εσωτερικό του κινητήρα θα φέρει μαγνήτες νεοδυμίου βελτιστοποίησης της αποδιδόμενης ισχύος του.

Θα φέρει τελευταίας τεχνολογίας σύστημα inverter με έξυπνη ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου λειτουργίας και θα είναι υψηλής απόδοσης.

Εξελιγμένο σύστημα ελέγχου και διαχείρισης της λίπανσης του συμπιεστή θα εξασφαλίζει αξιόπιστη λειτουργία.

Η μονάδα θα είναι compact, μικρού μεγέθους (περίπου 100x78x55cm) και θα φέρει μέσα στο περίβλημα πλακοειδή εναλλάκτη συμπύκνωσης που θα τροφοδοτείται με νερό θερμοκρασίας από 10°C έως 45°C.

Σ' αυτή την περίπτωση, θα εφαρμοστούν οι απαιτούμενες από την μελέτη μονάδες εναλλαγής λειτουργίας μεταξύ ψύξης-θέρμανσης, πριν από την υδραυλική σύνδεση με το εσωτερικό μηχάνημα και ανάλογα με την απαιτούμενη θερμοκρασία στους χώρους.

Η αντλία θερμότητας θα είναι κατάλληλη για τροφοδότηση από τριφασικό δίκτυο 400V, 50Hz, ενώ η ηχητική πίεση λειτουργίας της δεν θα ξεπερνά τα 56 dBA. Η σύνδεση της παροχής τροφοδοσίας της μονάδας συμπύκνωσης θα γίνεται είτε στο πλάι είτε στο μπροστινό μέρος.

Θα χρησιμοποιηθούν 11 αντλίες θερμότητας οι οποίες θα αποτελούν 6 συστήματα

1) Το υδρόψυκτο συγκρότημα VRV 1 το οποίο θα αποτελείται από μια αντλία θερμότητας 10 hp και θα είναι υπεύθυνο για τον κλιματισμό των φουαγιέ και των αιθουσών εκδηλώσεων

2) Το υδρόψυκτο συγκρότημα VRV 2 το οποίο θα αποτελείται από μια αντλία θερμότητας 10 hp και θα είναι υπεύθυνο για τον κλιματισμό του ημιυπόγειου

3) Το υδρόψυκτο συγκρότημα VRV 3 το οποίο θα αποτελείται από δύο αντλίες θερμότητας 8 hp σε συστοιχία δηλαδή σύνολο 16 hp και θα είναι υπεύθυνο για τον κλιματισμό του μεγαλύτερου μέρους του ισογείου

4) Το υδρόψυκτο συγκρότημα VRV 4 το οποίο θα αποτελείται από δύο αντλίες θερμότητας 8 hp σε συστοιχία δηλαδή σύνολο 16 hp και θα είναι υπεύθυνο για τον κλιματισμό του μεγαλύτερου μέρους του α ορόφου

5) Το υδρόψυκτο συγκρότημα VRV 5 το οποίο θα αποτελείται από δύο αντλίες θερμότητας 8 hp σε συστοιχία δηλαδή σύνολο 16 hp και θα είναι υπεύθυνο για τον κλιματισμό του μεγαλύτερου μέρους του β ορόφου

6) Το υδρόψυκτο συγκρότημα VRV 6 το οποίο θα αποτελείται από τρεις αντλίες θερμότητας 10 hp σε συστοιχία δηλαδή σύνολο 30 hp και θα είναι υπεύθυνο για τον κλιματισμό των εναπομεινάντων τμημάτων του ισογείου του και α και β ορόφου

Οπότε συνολικά οι ανάγκες του κτιρίου καλύπτονται από υδρόψυκτα συγκροτήματα VRV προεκτιμώμενης ψυκτικής ισχύος 98hp ή 250KW

5.1.3 Κατακόρυφος γεωθερμικός εναλλάκτης από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο

Υλικό σωληνώσεων συστήματος

Μετά την ολοκλήρωση της διάνοιξης της γεώτρησης γίνεται κατασκευή του δικτύου του κατακόρυφου γεωεναλλάκτη. Ο κατακόρυφος γεωθερμικός εναλλάκτης αποτελεί προκατασκευασμένο σύστημα τετραπλής σωλήνωσης (διπλό U), εύκαμπτο, που διατίθεται σε ρολό κατάλληλου μήκους.

Το μήκος του εναλλάκτη θα είναι ενιαίο (χωρίς σύνδεση) και σύμφωνα με τα σχέδια και την τεχνική περιγραφή της μελέτης.

Το υλικό των σωληνώσεων είναι PE-Χα δικτυωμένο πολυαιθυλένιο, παραγόμενο με διαδικασία κατά την οποία δημιουργούνται χημικοί δεσμοί μεταξύ των αλυσίδων μορίων που ενισχύουν σημαντικά τη δομή τους. Έτσι, το υλικό παρουσιάζει ιδιαίτερα αυξημένες αντοχές σε πιέσεις και μηχανική καταπόνηση, ενώ εμφανίζει υψηλή ανθεκτικότητα έναντι τομών, αυλακώσεων και σημειακών φορτίων και εσωτερική λεία επιφάνεια μικρών απωλειών πίεσης.

Ο κατακόρυφος γεωεναλλάκτης θα φέρει στο κατώτερο σημείο του βάση διπλού U, ομαλής καμπυλότητας έναντι της ροής, πλήρως προκατασκευασμένη από το εργοστάσιο κατασκευής του, χωρίς καμιά σύνδεση συγκόλλησης ώστε να εξασφαλίζεται η στεγανότητα της εγκατάστασης απόλυτα. Ο κατασκευαστής θα παρέχει εγγύηση αξιόπιστης και ασφαλής λειτουργίας του συστήματος.

Το κάθετο άκρο του γεωεναλλάκτη θα είναι ισχυρή και ανθεκτική κατασκευή νέας γενιάς. Θα αποτελείται από διπλό αγωγό που έχει κυρτωθεί στη βάση του εναλλάκτη (χωρίς σύνδεση συγκόλλησης) εντός πλαισίου ειδικής κατασκευής και φέρει επικάλυψη ρητίνης πολυεστέρα ενισχυμένου με υαλόνημα, εξασφαλίζοντας αντοχή έναντι καταστροφής του σωλήνα.

Οι διαστάσεις – διατομές ASTM των σωληνώσεων θα είναι κατασκευασμένες με τα πρότυπα ASTM F876, F877 και PPI TR-3 και οι σωληνώσεις θα είναι σύμφωνα με το DIN 16892 και 16893.

Ο τύπος δικτύωσης του πολυαιθυλενίου θα επιτυγχάνεται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις. Οι μακρομοριακοί τύποι πολυαιθυλενίου PE με τη μέθοδο δικτύωσης σε υψηλή πίεση, μέσω διάτμησης, θερμοκρασίας και επιταχυντών (υπεροξειδία), σχηματίζουν ένα τρισδιάστατο δίκτυωμα το οποίο σε κατάλληλες συνθήκες θα διαμορφώνεται θερμοπλαστικά σε σωλήνες. Ο έτοιμος σωλήνας απομακρύνεται από το εργαλείο διαμόρφωσης και ψύχεται χωρίς καμιά άλλη καταπόνηση, παρουσιάζοντας ομοιόμορφη δικτύωση σε ολόκληρη τη διατομή του.

Η ανωτέρω μέθοδος θα καλύπτει τις προδιαγραφές του DIN 16892 και DIN 4726 και θα εξασφαλίζει τις ακόλουθες ιδιότητες του υλικού : μεγάλη ευκαμψία και υψηλή αντοχή σε φορτία εσωτερικών πιέσεων, άριστη αντοχή στο χρόνο και στη γήρανση λόγω υψηλών θερμοκρασιών, πολύ καλή αντοχή στα κτυπήματα, καμιά ζημιά κατά το λύγισμα και άριστες δυνάμεις επαναφοράς, καλές ηλεκτρικές ιδιότητες, άριστη χημική αντοχή, οξυγονοστεγείς σύμφωνα με το DIN 4726, αντοχή στη διάβρωση και ελεύθεροι από σχηματισμούς επιφλοιώσεων.

Θα παρέχεται η δυνατότητα προμήθειας σε μεγάλο ενιαίο μήκος αγωγού, θα παρουσιάζει μεγάλη ευκαμψία, ενώ θα επιτυγχάνεται απόλυτη στεγανότητα στα σημεία σύνδεσης σωλήνων και εξαρτημάτων με μηδενική διαροή (συνδέσεις εκτός γεώτρησης).

Η εσωτερική επιφάνεια θα είναι λεία προκαλώντας μικρή πτώση πίεσης νερού, ενώ δεν θα δημιουργούνται επικαθήσεις λόγω της λείας επιφάνειας και της χημικής αδράνειας του υλικού.

Το σύστημα σωληνώσεων PE θα παρέχεται σε μήκη :

- για διατομή Φ32mm σε ρολά των 50,60,70,80,90,100,110,125,140,150m. - για διατομή Φ40mm σε ρολά των 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 225, 250.

Τεχνικά χαρακτηριστικά σωληνώσεων Τα τεχνικά χαρακτηριστικά θα είναι :

- Συντελεστής τραχύτητας κατά DIN 53479 : 930 kg/m³
- Θερμική αγωγιμότητα κατά DIN 52612 : 0,40 W/(m*°k)
- Περαιότητα O₂ κατά DIN 4726 στο σύστημα ≤ 0,1mg/l/ημέρα στους 40°C
- Συντελεστής ελαστικότητας κατά DIN 53457 στους 20°C : 600 – 900 N/mm²
- Αντοχή σε κρούση κατά DIN 53453, χωρίς ρωγμή στους 20°C και στους -20°C
- Μέγιστη θερμοκρασία έκθεσης σωλήνα για μικρό χρονικό διάστημα : 110°C

Ιδιαίτερη προσοχή θα δίνεται κατά την τοποθέτηση ώστε να μην εκτίθεται το σύστημα στην ηλιακή ακτινοβολία χωρίς προστασία για περισσότερες από 30 ημέρες.

5.1.4 Εσωτερικές μονάδες

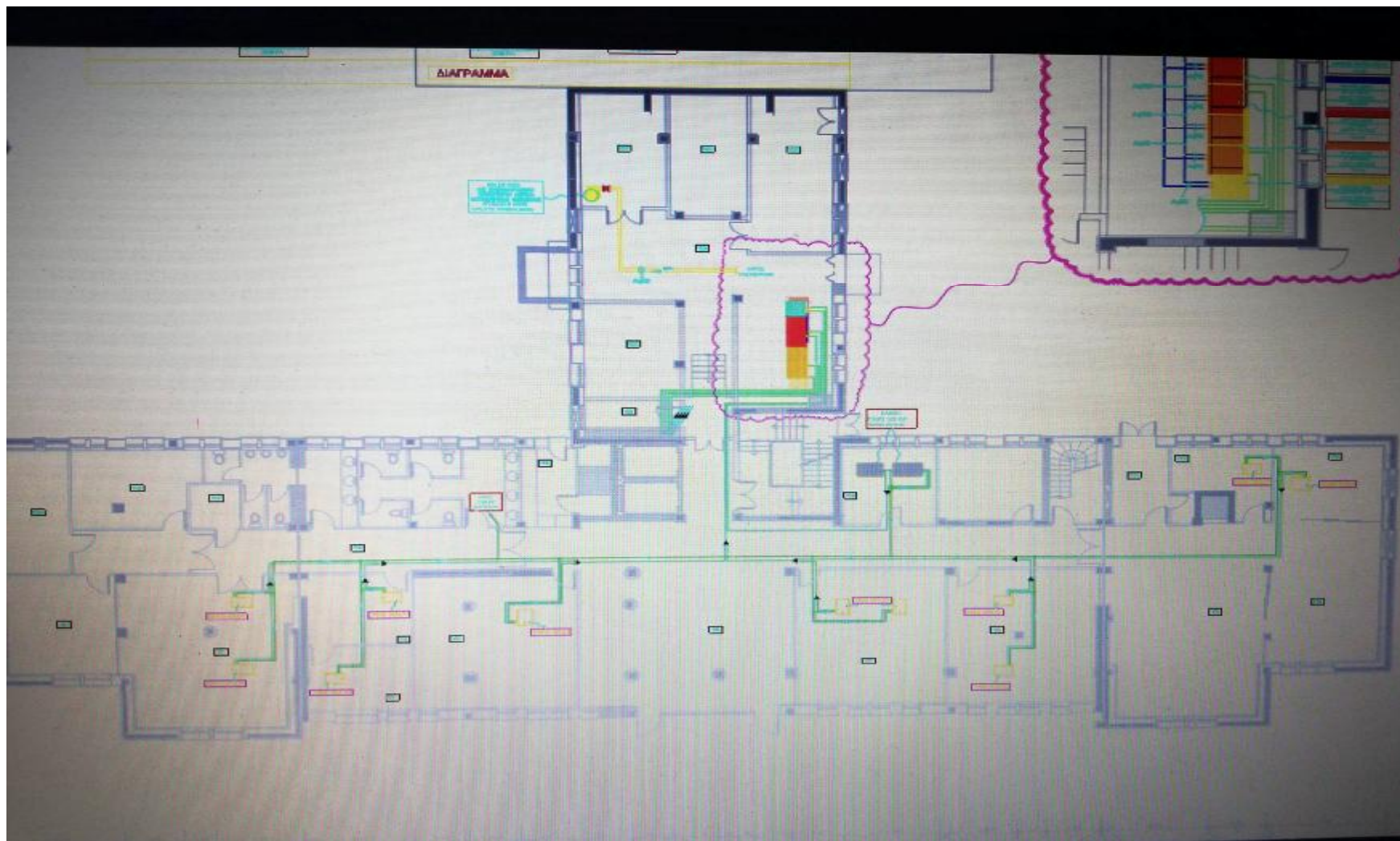
Κάθε εσωτερική μονάδα θα είναι τύπου κασσέτας ή τύπου κατάλληλου για τοποθέτηση σε ψευδοροφή ή για τοποθέτηση στο δάπεδο ή στο τοίχο και θα είναι συνεργάσιμη με σύστημα inverter.

Θα περιλαμβάνει περίβλημα από γαλβανισμένο χάλυβα, εναλλάκτη θερμότητας, ανεμιστήρα, λεκάνη συγκεντρώσεως συμπυκνωμάτων, αντλία συμπυκνωμάτων (κασσέτα και ψευδοροφής), φίλτρο υψηλής απόδοσης, υγραντή και θα είναι έτοιμη για σύνδεση με τα δίκτυα ψυκτικού μέσου, αποχέτευσης συμπυκνωμάτων και ηλεκτρικού ρεύματος.

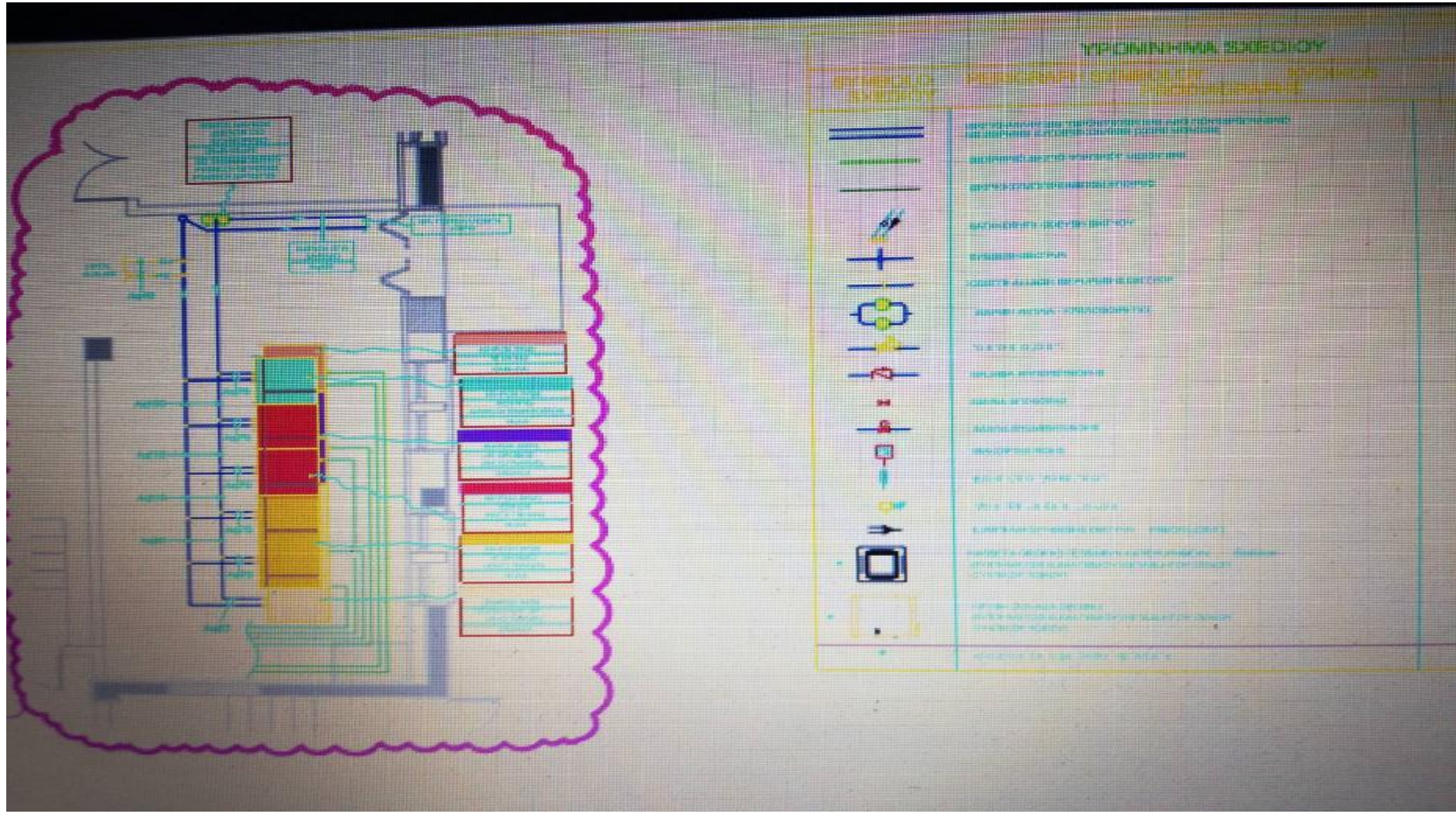
Η διασύνδεση της κεντρικής μονάδας με τις πολλαπλές εσωτερικές μονάδες θα είναι ιδιαίτερα απλή και γρήγορης εγκατάστασης, με σύστημα πολλαπλής μετάδοσης 2 καλωδίων.

Οι εσωτερικές μονάδες θα είναι της εταιρίας θα τοποθετηθούν σε κάθε γραφείο σύμφωνα με τους παραπάνω πίνακες υπολογισμού θερμικών απωλειών

5.1.5 Σχέδια κτιρίου με σώματα ανά χώρο και σωληνώσεις



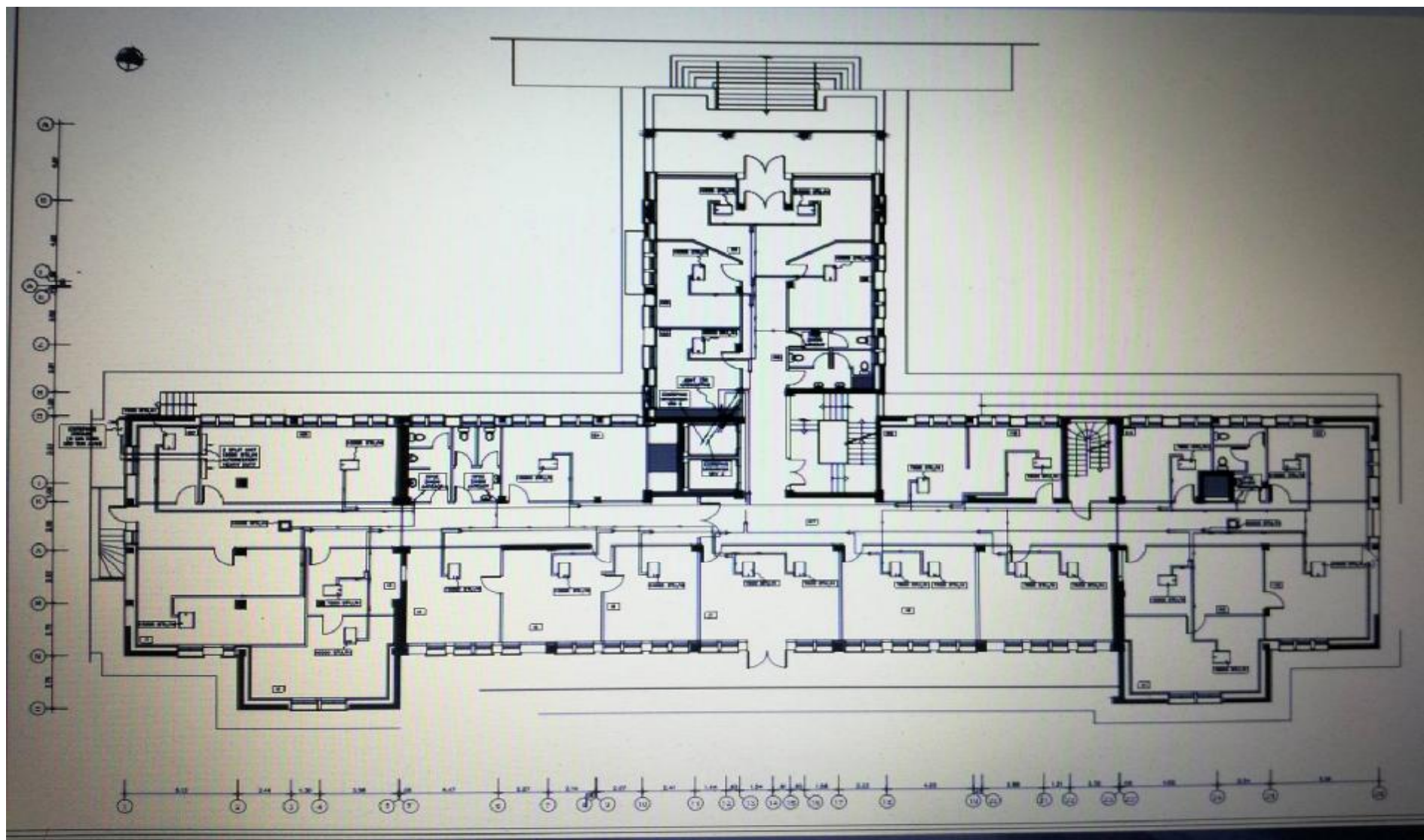
Σχήμα 24: Κάτοψη ημιπογείου



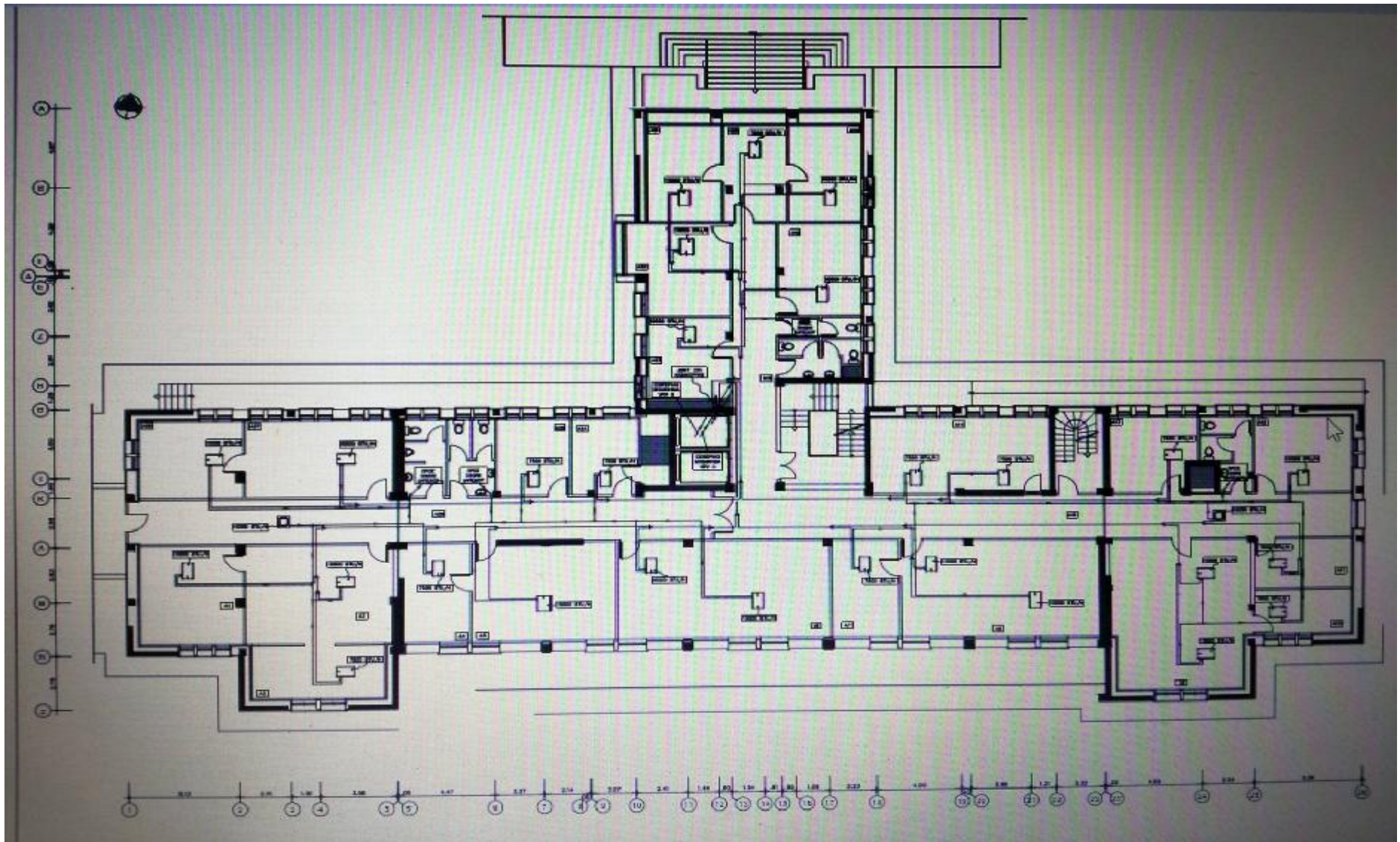
Σχήμα 25 : Κάτοψη μηχανοστασίου



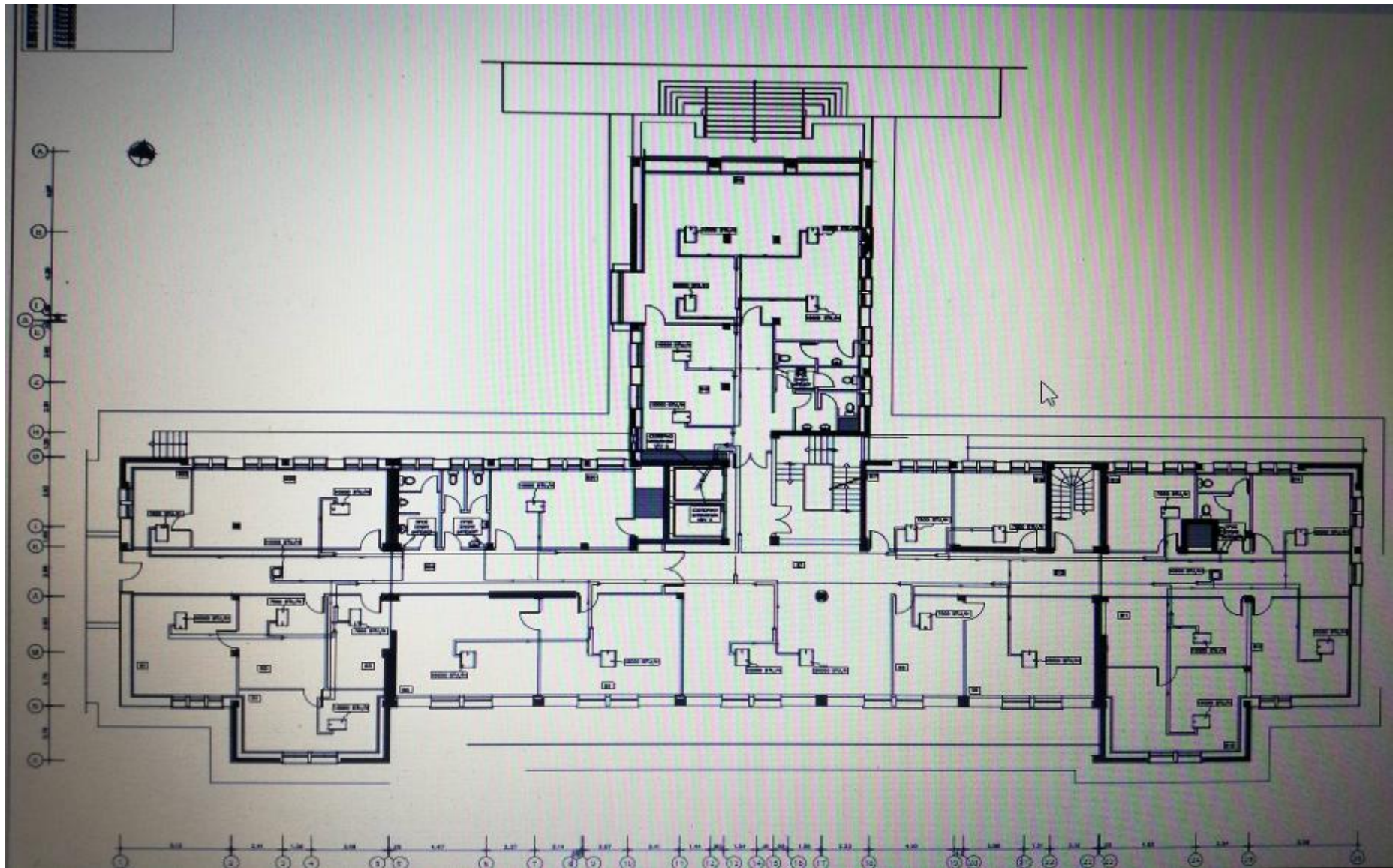
Σχήμα 26 : Ανάλυση μηχανοστασίου



Σχήμα 27 : Κάτοψη ισογείου



Σχήμα 28 : Κάτοψη α ορόφου



Σχήμα 29 : Κάτοψη β ορόφου

5.2 Συμπεράσματα

A) Το κόστος εγκατάστασης του συστήματος γεωθερμίας κόστισε περίπου 250.000 € σύμφωνα με στοιχεία του δήμου Καλαμάτας

Επίσης με στοιχεία του δήμου Καλαμάτας φαίνεται ότι θα εξοικονομεί περίπου 45.000 € κάθε χρόνο από έξοδα κλιματισμού. Έτσι φαίνεται ότι θα έχει γίνει απόσβεση της δαπάνης σε 5,5 χρόνια και ύστερα ο δήμος θα απολαμβάνει πολύ χαμηλά έξοδα για κλιματισμό του δημαρχείου του

B) Μέγιστο όφελος από την χρήση Γ.Α.Θ. θα επιτύχουμε όταν:

- Απαιτείται θέρμανση και ψύξη.
- Έχουμε μεγάλες εποχιακές αλλαγές θερμοκρασίας.
- Πρόκειται για νέα κατασκευή ή αλλαγή - ολική αντικατάσταση συστημάτων.

Γ) Τα πλεονεκτήματα της χρήσης Γ.Α.Θ. συμπυκνώνονται στα εξής:

- Κατάργηση του πετρελαίου (μηδενικές εκπομπές °CO₂ στο άμεσο περιβάλλον πραγματική συνολική μείωση 45~55%).
- Το 70-80% της ενέργειας παρέχεται από το περιβάλλον.
- Μείωση του κόστους λειτουργίας ~50% σε σχέση με συμβατικούς τρόπους θέρμανσης και ψύξης.
- Δεν απαιτείται δεξαμενή καυσίμων, καμινάδα και καπνοδόχος.
- Αισθητική αναβάθμιση των κτηρίων (Απουσία αντιαισθητικών εγκαταστάσεων όπως ψύκτης, A/C κλπ).
- Ένα μηχάνημα για θέρμανση και ψύξη με μικρότερο κόστος συντήρησης.
- Αθόρυβη λειτουργία.
- Απουσία καύσεων και σπινθήρων (συνεπώς δεν απαιτείται πυροπροστασία).
- Απουσία οσμών καυσαερίων, οσμών από δεξαμενή πετρελαίου.
- Απουσία ανάγκης χώρου για δεξαμενή καυσίμου.
- Δεν απαιτείται συντήρηση στους γεωεναλλάκτες, ενώ οι αντλίες θερμότητας χρειάζονται μακρόχρονο περιοδικό έλεγχο.
- Σταθερή απόδοση.

Βιβλιογραφία

Σταυρόπουλος Αλ., 1980, Το Ενεργειακό Πρόβλημα. Το Παρόν και το Μέλλον', Εκδ. Καραμπερόπουλος, Πειραιάς.

Balaras, C.A., Kallos G., Stathi A., Kritikou S., 1989, On the Relationship of Beam Transmittance on Clearness Index for Athens, Greece', Int J. Solar Energy, Vol.7, p.171.

Gueymard C, 1998, 'An Isotropic Solar Irradiance Model for Tilted Surfaces and its Comparison with Selected Engineering Algorithms', Solar Energy Vol. 40, pp.175.

Iqbal M., 1983, 'An Introduction to Solar Radiation', Academic Press, Toronto.

Καράγιωργας Μ., 1992, 'Αντλίες θερμότητας : Διεποχικός συντελεστής συμπεριφοράς και η σχέση του με την οικονομικότητα', 4^ο Εθνικό Συνέδριο για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας, Πρακτικά Τομ. Β', Ξάνθη.

Βραχόπουλος Μ., 2000, 'Ψυκτικές Διατάξεις', Εκδόσεις ΙΩΝ.

IEA . Report on Solar Air Systems-A Design Handbook

Καράγιωργας Μιχ., ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ, Σημειώσεις στο Μάθημα «ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΨΥΞΗΣ-ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ», Μάιος 2002.

ASHRAE, 1997. Handbook of Fundamentals, American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers.

ARMSTEAD, H.C.H., 1983. Geothermal Energy. E. & F. N. Spon, London, 404 pp.

AXELSSON, G. and GUNNLAUGSSON, E., 2000. Background: Geothermal utilization, management and monitoring. In: Long-term monitoring of high- and lowenthalpy fields under exploitation, WGC 2000 Short Courses, Japan, 3-10.

BARBIER, E. and FANELLI, M., 1977. Non-electrical uses of geothermal energy. Prog. Energy Combustion Sci., 3, 73-103.

BEALL, S. E, and SAMUELS, G., 1971. The use of warm water for heating and cooling plant and animal enclosures. Oak Ridge National Laboratory, ORNL-TM-3381, 56 pp.

BENDERITTER, Y. and CORMY, G., 1990. Possible approach to geothermal research and relative costs. In: Dickson, M.H. and Fanelli, M., eds., Small Geothermal Resources: A Guide to Development and Utilization, UNITAR, New York, pp. 59-69.

BROWN, K. L., 2000. Impacts on the physical environment. In: Brown, K.L., 202 ed., Environmental Safety and Health Issues in Geothermal Development, WGC 2000 Short Courses, Japan, 43-56.

BULLARD, E.C., 1965. Historical introduction to terrestrial heat flow. In : Lee, W.H.K., ed. Terrestrial Heat Flow, Amer. Geophys. Un., Geophys. Mon. Ser., 8, pp.1-6.

COMBS, J. and MUFFLER, L.P.J., 1973. Exploration for geothermal resources. In : Kruger, P. and Otte, C., eds., Geothermal Energy, Stanford University Press, Stanford, pp.95-128.

ENTINGH, D. J., EASWARAN, E. and McLARTY, L., 1994. Small geothermal electric systems for remote powering. U.S. DoE, Geothermal Division, Washington D.C., 12 pp.

- FRIDLEIFSSON, I.B., 2001. Geothermal energy for the benefit of the people. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 5, 299-312.
- FRIDLEIFSSON, I. B., 2003. Status of geothermal energy amongst the world's energy sources. *IGA News*, No.52, 13-14.
- GARNISH, J.D., ed., 1987. *Proceedings of the First EEC/US Workshop on Geothermal Hot-Dry Rock Technology*, *Geothermics* 16, 323-461.
- GUDMUNDSSON, J.S., 1988. The elements of direct uses. *Geothermics*, 17, 119-136.
- HOCHSTEIN, M.P., 1990. Classification and assessment of geothermal resources. In: Dickson, M.H. and Fanelli, M., eds., *Small Geothermal Resources: A Guide to Development and Utilization*, UNITAR, New York, pp. 31-57.
- HUTTRER, G.W., 2001. The status of world geothermal power generation 1995-2000. *Geothermics*, 30, 7-27.
- INTERNATIONAL GEOTHERMAL ASSOCIATION, 2001. Report of the IGA to the UN Commission on Sustainable Development, Session 9 (CSD-9), New York, April.
- LINDAL, B., 1973. Industrial and other applications of geothermal energy. In: Armstead, H.C.H., ed., *Geothermal Energy*, UNESCO, Paris, pp.135-148.
- LUBIMOVA, E.A., 1968. Thermal history of the Earth. In: *The Earth's Crust and Upper Mantle*, Amer. Geophys. Un., Geophys. Mon. Ser., 13, pp.63-77.
- LUMB, J. T., 1981. Prospecting for geothermal resources. In: Rybach, L. and Muffler, L.J.P., eds., *Geothermal Systems, Principles and Case Histories*, J. Wiley & Sons, New York, pp. 77-108.
- LUND, J. W., 2001. Geothermal heat pumps- an overview. *Bulletin Geo-Heat Center*, 22, 1, 1-2.
- LUND, J. W., 2003. The USA country update. *IGA News*, No. 53, 6-9.
203
- LUND, J. W., and BOYD, T. L., 2001. Direct use of geothermal energy in the U.S. – 2001. *Geothermal Resources Council Transactions*, 25, 57-60.
- LUND, J. W., and FREESTON, D., 2001. World-wide direct uses of geothermal energy 2000. *Geothermics* 30, 29- 68.
- MEIDAV, T., 1998. Progress in geothermal exploration technology. *Bulletin Geothermal Resources Council*, 27, 6, 178-181.
- MUFFLER, P. and CATALDI, R., 1978. Methods for regional assessment of geothermal resources. *Geothermics* , 7, 53—89.

NICHOLSON, K., 1993. *Geothermal Fluids*. Springer Verlag, Berlin, XVIII-264pp.
POLLACK, H.N., HURTER, S.J. and JOHNSON, J.R., 1993. Heat flow from the Earth's interior: Analysis of the global data set. *Rev. Geophys.* 31, 267—280.

RAFFERTY, K., 1997. An information survival kit for the prospective residential geothermal heat pump owner. *Bull. Geo-Heat Center* , 18, 2, 1—11.

STACEY, F.D. and LOPER, D.E., 1988. Thermal history of the Earth: a corollary concerning non-linear mantle rheology. *Phys. Earth. Planet. Inter.* 53, 167 - 174.

STEFANSSON, V., 2000. The renewability of geothermal energy. *Proc. World Geothermal Energy, Japan*. On CD-ROM

TENZER, H., 2001. Development of hot dry rock technology. *Bulletin Geo-Heat Center*, 32, 4, 14-22.

WRIGHT, P.M., 1998. The sustainability of production from geothermal resources. *Bull. Geo-Heat Center*, 19, 2, 9-12.

CRES . Centre of Renewable Energy Sources.