



ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ

ΣΧΟΛΗ: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ: ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΘΕΜΑ: Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΣΕ ΙΣΟΓΕΙΑ
ΑΓΡΟΤΙΚΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑ 100 m² ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΜΕ ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ
ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



Σπουδαστής: Δημόπουλος Παναγιώτης **Εισηγητής: Μπιζρέμης Παναγιώτης**

ΜΑΪΟΣ 2012

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η κατά το δυνατόν, ολοκληρωμένη ανάλυση της μεθόδου της γεωθερμίας, παρουσιάζονται τα τεχνικά και τα οικονομικά δεδομένα για μία τυπική κάθετη εγκατάσταση αγροικίας 100 m², καθώς και ο χρόνος απόσβεσης σε σχέση με συστήματα συμβατικής θέρμανσης και ψύξης. Ακόμη συζητούνται τα κίνητρα που θα πρέπει να θεσπίσει η πολιτεία αναφορικά με τα συστήματα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας και τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου.

ΠΕΡΙΟΧΟΜΕΝΑ

1.Εισαγωγή στη Γεωθερμία	1
1.1.Ταξινόμηση γεωθερμικών συστημάτων.....	2
2.Εισαγωγή στα γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας.....	4
3.Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας (G.H.P.).....	5
3.1 Εισαγωγή	5
3.2 Βασικές αρχές λειτουργίας	6
3.3 Τύποι συστημάτων με χρήση υπόγειων εναλλακτών	8
3.3.1 Συστήματα με σωλήνες κλειστού κυκλώματος	9
3.3.1.1 Οριζόντιο κύκλωμα.....	10
3.3.1.2 Σπειροειδές κύκλωμα.....	12
3.3.1.3 Κάθετο κύκλωμα.....	13
3.3.1.4 Καταβυθιζόμενο κύκλωμα.....	15
3.3.2 Συστήματα με σωλήνες ανοικτού κυκλώματος	16
3.4 Μεταβλητές που επιδρούν στο σχεδιασμό και στην εφαρμογή.....	19
3.4.1 Θερμοκρασία υπεδάφους.....	19
3.5 Σύγκριση των διατάξεων σε σειρά και παράλληλης.....	20
4.Τεχνική απόληψης ενέργειας	22
4.1 Με χρήση νερού.....	22
4.1.1 Γεωτρήσεις - Εναλλάκτες θερμότητας	22
4.1.1.1 Επιφανειακοί εναλλάκτες	22
4.1.1.2 Εναλλάκτες εντός της γεώτρησης.....	23
4.1.1.3 Σχεδιασμός εντός του συστήματος	24
4.1.1.4 Εναλλάκτες θερμότητας μέσα σε βαθιές γεωτρήσεις	26
4.1.1.5 Συμπεράσματα	26
4.2 Μερικές παρατηρήσεις	27
5.Οικονομικά δεδομένα	29
5.1 Εισαγωγή	29
5.2 Κόστος παραγωγής γεωθερμικής ενέργειας	29
5.3 Οικονομικά πλεονεκτήματα.....	30
6.Γεωλογικά και γεωλογοτεκτονικά στοιχεία περιοχής.....	32
6.1.Γεωλογία-Γεωτεκτονική.....	32
6.2.Στοιχεία ακινητού.....	34
7. Ενεργειακή μελέτη	35

7.1. Γενικά	35
7.2. Υπολογισμοί.....	38
7.2.1. Ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης (Αντλία Θερμότητας).....	38
7.2.2. Ενεργειακές απαιτήσεις ψύξης (Αντλία Θερμότητας).....	38
7.2.3. Ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης (Γεωεναλλάκτης).....	39
7.2.4. Ενεργειακές απαιτήσεις ψύξης (Γεωεναλλάκτης).....	40
7.3. Σχεδιασμός.....	41
7.3.1. Γεωεναλλάκτης	41
7.3.2. Σύνδεση με την Αντλία Θερμότητας	43
8. Σύγκριση κόστους με συμβατικές μορφές ενέργειας.....	46
8.1. Γενικά.....	46
8.2. Αποτελέσματα.....	46
8.3. Συμπεράσματα.....	48
9. Επίλογος.....	50
9.1. Συνοψή.....	50
10. Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις.....	51
10.1. Αειφορία και ανανεωσιμότητα της γεωθερμίας	51
10.2. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις.....	53
10. 3. Επιπτώσεις από μονάδες χαμηλής ενθαλπίας	54
10.4. Επιπτώσεις από μονάδες υψηλής ενθαλπίας.....	55
10.4.1. Χρήση γης και απόθεση στερεών αποβλήτων.....	55
10.4.2. Εκπομπές αερίων και αντιμετώπιση	57
10.4.3. Υδάτινη και θερμική ρύπανση.....	60
10.4.5. Θόρυβος	61
10.4.6. Δημιουργία μικροσεισμικότητας	62
10.4.7. Πρόκληση καθιζήσεων	62
10. 5. Περιβαλλοντικά οφέλη	62
10.6. Η γεωθερμία στην Ελλάδα.....	64
10.6.1 Γενικά.....	64
10.6.2 Γεωθερμικές χρήσεις στην Ελλάδα.....	67
11. Νομοθεσία για τη γεωθερμία.....	69
11.1. Συμπεράσματα και προοπτικές	76
11.3. Συμπεράσματα-προτάσεις.....	78
Πηγές έρευνας.....	80

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. Εισαγωγή στη Γεωθερμία

Η Γη είναι ζεστή στο εσωτερικό της και αυτό γίνεται αντιληπτό από την θερμοκρασία που αυξάνει όσο απομακρυνόμαστε με τεχνητά έργα από την επιφάνεια, καθώς εισερχόμαστε στο εσωτερικό της, είτε με υπόγειες στοές ορυχείων, σήραγγες δρόμων και κυρίως με γεωτρήσεις.

Γεωθερμική ενέργεια είναι η φυσική πηγή με γήινη προέλευση, που με τη μορφή θερμών ρευστών ατμού, νερού και αερίων, είναι οικονομικά εκμεταλλεύσιμη. Η γεωθερμική ενέργεια είναι μια σχετικά ήπια και πρακτικά ανεξάντλητη σε ανθρώπινη κλίμακα μορφή ενέργειας και με αυτή την έννοια ανανεώσιμη, γιατί τα ρευστά που εκμεταλλευόμαστε έχουν μετεωρική προέλευση και ανανεώνονται. Σε διάφορους τόπους υπάρχουν γεωθερμικά πεδία, των οποίων η χρήσιμη ενέργεια μπορεί να ληφθεί με διάφορους τρόπους. Τα γεωθερμικά πεδία κατατάσσονται σε 3 κατηγορίες ανάλογα με τη θερμοκρασία τους:

- α) Υψηλής ενθαλπίας, με θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 150° C (ή 180°C)
- β) Μέσης ενθαλπίας, με θερμοκρασίες 90-150° C(ή100-180°C)
- γ) Χαμηλής ενθαλπίας, με θερμοκρασίες 25-90° C(ή25-100°C)

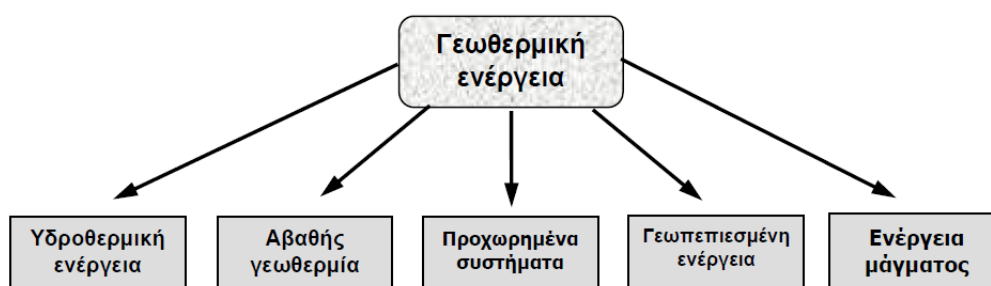
Η γεωθερμική ενέργεια κατατάσσεται στις: ανανεώσιμες, ήπιες, μη εξαντλήσιμες πηγές ενέργειας, όμως θα πρέπει να προσεχθούν δύο σημεία:

1. Κάθε γεωθερμικό πεδίο έχει ένα ορισμένο ενεργειακό δυναμικό, το οποίο με το χρόνο και ανάλογα με τη χρήση του μπορεί να εξαντληθεί.
2. Οι επιπτώσεις της γεωθερμικής ενέργειας στο περιβάλλον ορισμένες φορές δεν είναι καθόλου ήπιες.

Έτσι, ανάλογα με τη φύση του γεωθερμικού ρευστού και κατά τη διάρκεια της χρήσης του, μπορεί να προκληθεί σημαντική ρύπανση του περιβάλλοντος, αν δεν αντιμετωπιστεί έγκαιρα με σωστά και κατάλληλα μέτρα. Το γεωθερμικό ρευστό μπορεί να είναι είτε επιφανειακό, οπότε δεν χρειάζονται ή χρειάζονται απλές εγκαταστάσεις για τη λήψη του, είτε βρίσκεται σε κάποιο βάθος, οπότε χρειάζονται εκτεταμένες εργασίες για τη λήψη των γεωθερμικών ρευστών.

1.1. Ταξινόμηση Γεωθερμικών Συστημάτων

Τα γεωθερμικά συστήματα μπορούν να ταξινομηθούν με διάφορα κριτήρια, όπως είναι το είδος των γεωθερμικών πόρων, ο τύπος και η θερμοκρασία των ρευστών, ο τύπος του πετρώματος που φιλοξενεί τα ρευστά, το είδος της εστίας θερμότητας, αν κυκλοφορούν ή όχι ρευστά στον ταμιευτήρα κ.ά. Σε σχέση με το είδος των γεωθερμικών πόρων διακρίνονται πέντε κατηγορίες συστημάτων (Σχήμα 1), που περιγράφονται συνοπτικά ως εξής:

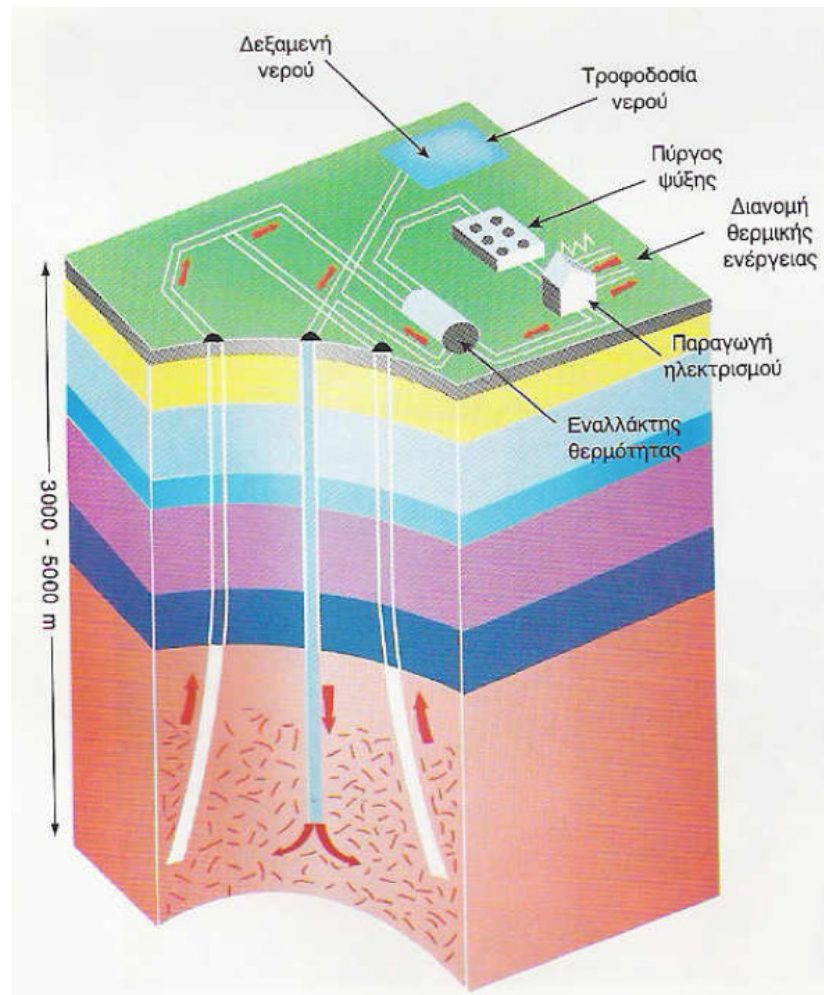


Σχήμα 1. Μορφές γεωθερμικής ενέργειας κατά σειρά ενδιαφέροντος χρήσεων σήμερα και προοπτικής στο εγγύς μέλος, από αριστερά προς τα δεξιά.

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

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

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



Σχήμα 2. Σχηματική παρουσίαση της αξιοποίησης των θερμών ξηρών πετρωμάτων με μία γεώτρηση τροφοδοσίας και δύο παραγωγικές γεωτρήσεις.

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

ε) **Τα μαγματικά συστήματα (magma systems)** αναφέρονται στην απόληψη θερμότητας με κατάλληλες γεωτρήσεις σε μαγματικές διεισδύσεις, που βρίσκονται σε μικρό σχετικά βάθος. Τα κύρια τυπικά τμήματα ενός υδροθερμικού συστήματος είναι η εστία θερμότητας, ο ταμειυτήρας, το αδιαπέρατο κάλυμμα και η περιοχή επαναφόρτισης. Ο ταμειυτήρας είναι το σημαντικότερο τμήμα ενός γεωθερμικού συστήματος από την άποψη της ενεργειακής αξιοποίησης των περιεχόμενων ρευστών.

Μία πρώτη ταξινόμηση-τυποποίηση των υδροθερμικών συστημάτων γίνεται συνήθως ανάμεσα στα συστήματα στα οποία το κυρίαρχο ρευστό είναι ο ατμός (συστήματα ατμού, π.χ. στο Larderello, Ιταλία), και τα οποία χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για ηλεκτροπαραγωγή, και στα συστήματα στα οποία κυρίαρχο ρευστό είναι το θερμό νερό

(συστήματα θερμού νερού). Το συνηθέστερο κριτήριο για την ταξινόμηση των υδροθερμικών συστημάτων νερού βασίζεται στην ενθαλπία των γεωθερμικών ρευστών, τα οποία είναι και οι φορείς της θερμότητας στην επιφάνεια της γης από τα θερμά βαθιά πετρώματα. Η ενθαλπία των ρευστών, ΔH , η οποία μπορεί να θεωρηθεί ανάλογη της θερμοκρασίας τους, χρησιμοποιείται για να εκφράσει το θερμικό περιεχόμενό τους. Οι γεωθερμικοί πόροι ταξινομούνται συνήθως για λόγους ευκολίας (αν και με κάπως αυθαίρετο τρόπο) σε ρευστά χαμηλής, μέσης και υψηλής ενθαλπίας ή θερμοκρασίας. Υψηλής ενθαλπίας ορίζονται τα ρευστά με θερμοκρασία μεγαλύτερη από 150°C , μέσης ενθαλπίας τα ρευστά με θερμοκρασία από 90°C μέχρι 150°C , και χαμηλής ενθαλπίας τα νερά με θερμοκρασία μικρότερη από 90°C (Nicholson, 1993, Dickson & Fanelli, 1995).

2. Εισαγωγή στα γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας

Σε όλη την έκταση της Γης συναντάμε περιοχές όπου οι θερμοκρασίες των γεωθερμικών ρευστών ποικίλλουν. Ανάλογα με τη θερμοκρασία των ρευστών, λοιπόν, μπορούμε να διαχωρίσουμε περιοχές με γεωθερμικά πεδία υψηλής, μέσης και χαμηλής ενθαλπίας.

Στη συγκεκριμένη εργασία, όμως, θα ασχοληθούμε με τα γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας (με θερμοκρασίες ρευστών $25-90^{\circ}\text{C}$), που χρησιμοποιούνται επωφελώς και κατά περίπτωση σε διάφορες βιομηχανικές και γεωργικές εφαρμογές, θερμάνσεις χώρων, οικιών, θερμοκηπίων, ιχθυοδεξαμενών, δεξαμενών κολύμβησης και πολλές άλλες.

Τα γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας τα συναντάμε σε λειάνες πρόσφατης ηλικίας που έχουν δημιουργηθεί από τεκτονική εφελκυστικού τύπου. Παρατηρείται σε αυτά μικρή θερμική ανωμαλία εξαιτίας των "ανοικτών" ρηγμάτων, που επιτρέπουν τη σύντομη άνοδο βαθύτερης προέλευσης θερμών ρευστών και τη μεταφορά σημαντικών ποσοτήτων ενέργειας. Μπορούν επίσης να εντοπιστούν σε παλιότερες λειάνες ή άλλες γεωλογικές περιοχές γεωτεκτονικά σταθερές, με γεωθερμική βαθμίδα κανονική. Με τον όρο γεωθερμική βαθμίδα εννοούμε το ρυθμό αύξησης της θερμοκρασίας με το βάθος, με μέση τιμή $30^{\circ}\text{C}/\text{Km}$.

Χαρακτηριστική είναι η εκμετάλλευση των γεωθερμικών πεδίων χαμηλής ενθαλπίας σε πολλές χώρες του εξωτερικού, όπως για παράδειγμα στην Ελβετία, στη Γαλλία και στις ΗΠΑ. Βέβαια τα τελευταία χρόνια γίνεται και στην Ελλάδα μια πρόοδος όσον αφορά στη χρησιμοποίηση των γεωθερμικών αυτών πεδίων για οικιακές και εμπορικές εφαρμογές.

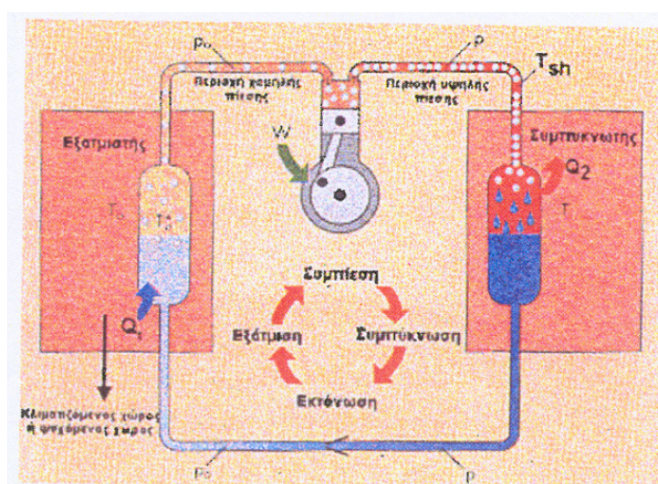
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3. Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας (G.H.P.)

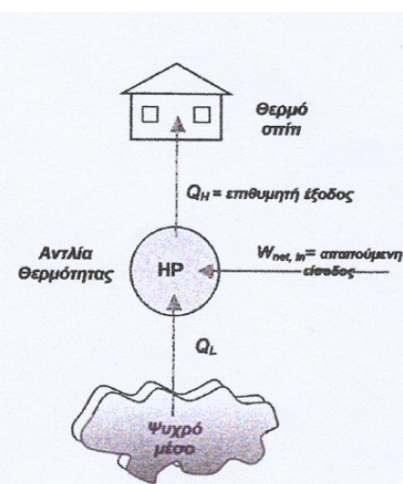
3.1 Εισαγωγή

Για την εκμετάλλευση των γεωθερμικών πεδίων χαμηλής ενθαλπίας χρησιμοποιούνται πολλές φορές και οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας. Πρόκειται για συσκευές που έχουν την ικανότητα να μεταφέρουν θερμότητα από ένα μέσο με χαμηλή θερμοκρασία σε ένα άλλο μέσο με υψηλότερη θερμοκρασία. Αυτό πραγματοποιείται με απορρόφηση θερμότητας από μια πηγή χαμηλής σχετικά θερμοκρασίας (όπως είναι το υπόγειο ή επιφανειακό νερό, ο εξωτερικός αέρας και το υπέδαφος) προμηθεύοντας τη θερμότητα αυτή σε ένα θερμότερο μέσο, όπως είναι για παράδειγμα ένα σπίτι. Τα βασικά εξαρτήματα μιας αντλίας θερμότητας είναι τα ίδια με τα κοινά κλιματιστικά και περιλαμβάνουν το συμπιεστή, τον

εξατμιστήρα, τη βαλβίδα εκτόνωσης και βέβαια μια πηγή ενέργειας. Σε ορισμένες περιπτώσεις η αντλία θερμότητας είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε να αντιστρέφει την ψυκτική και θερμαντική λειτουργία, επιτρέποντας τη χρήση της ίδιας συσκευής για ψύξη και θέρμανση. Στο Σχήμα 3.1 φαίνεται η αρχή λειτουργίας μιας αντλίας θερμότητας. (Μ. Φυτίκας, Ν. Ανδρίτσος Γεωθερμία Εκδόσεις Τζιόλλα)



Σχήμα 3.1



Σχήμα 3.2

Στην αντλία θερμότητας, τροφοδοτείται θερμότητα από το “ψυχρό” μέσο σε χαμηλή θερμοκρασία T_0 . Έτσι προσφέρεται μηχανικό έργο W_{net} για τη μεταφορά της θερμότητας σε υψηλότερη θερμοκρασία T_H (Σχήμα 3.2). Ισχύει λοιπόν ο τύπος: $Q_H = Q_L + W_{NET}$

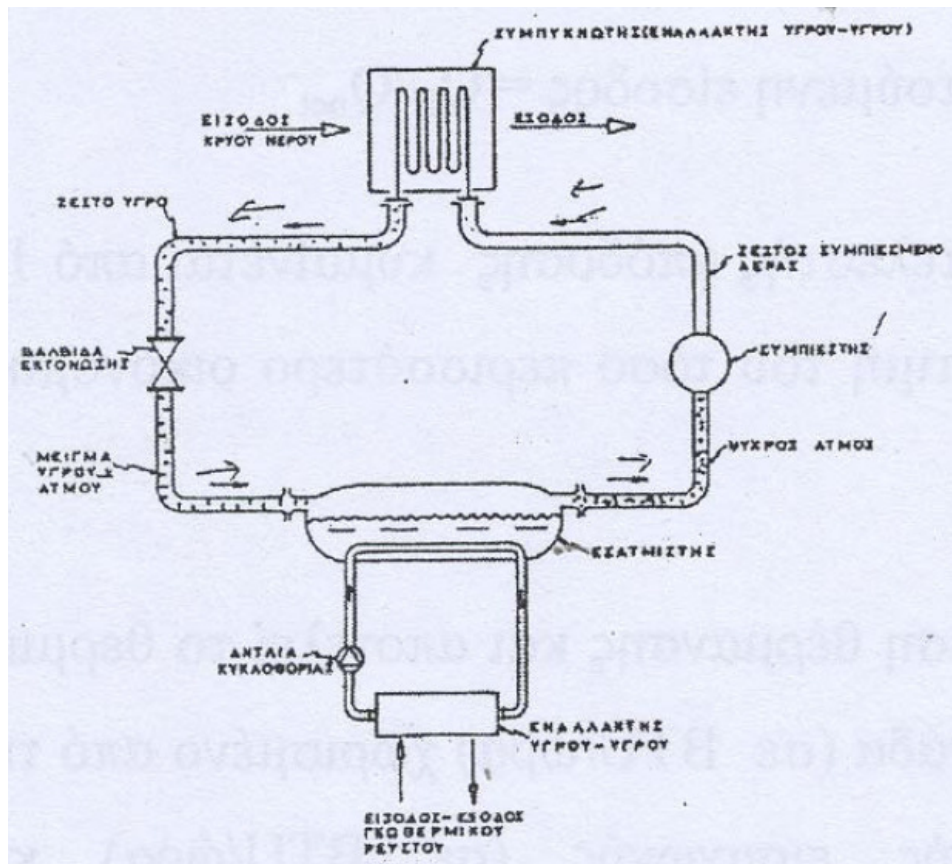
Η σωστή λειτουργία της αντλίας θερμότητας εκφράζεται από το συντελεστή απόδοσης(COP), ο οποίος ορίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$\text{COP} = \frac{\text{επιθυμητή έξοδος}}{\text{απαιτούμενη είσοδος}} = \frac{\text{θερμό αποτέλεσμα}}{\text{έργο εισόδου}} = \frac{\text{γυνθερμική και προστιθέμενη}}{\text{προστιθέμενη}} = Q_H / Q_{NET}$$

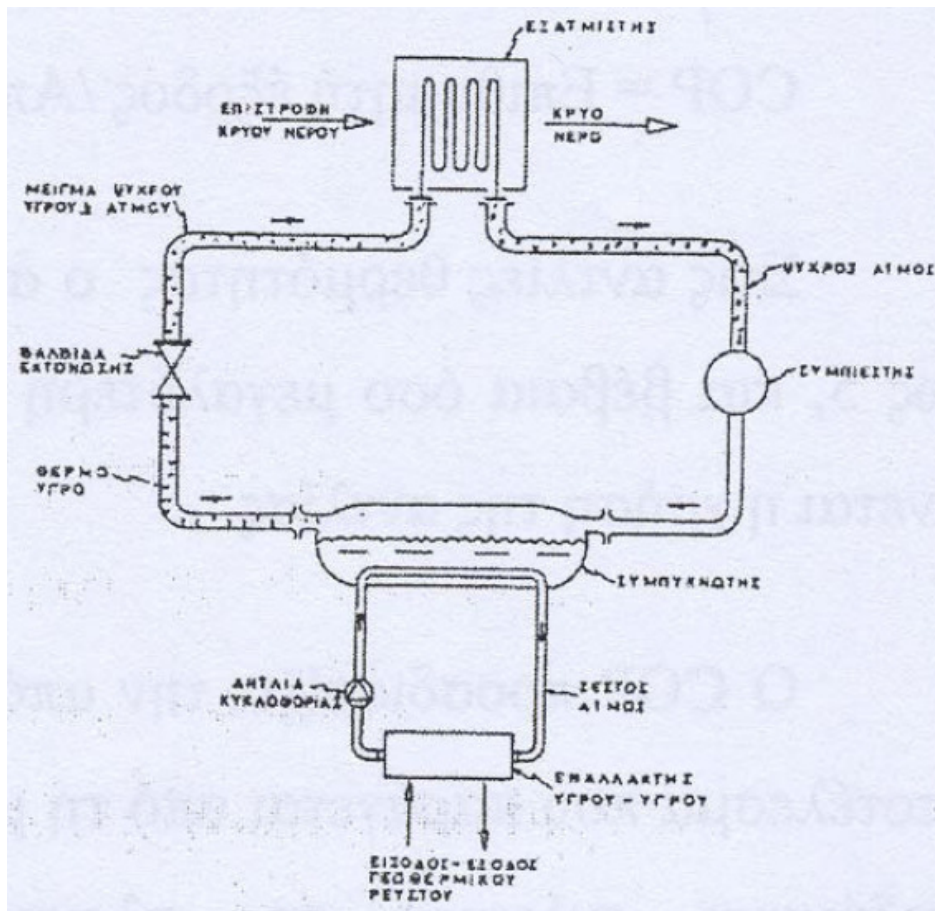
Στις αντλίες θερμότητας ο συντελεστής απόδοσης κυμαίνεται από 1.5 έως 7, και βέβαια όσο μεγαλύτερη η τιμή του τόσο περισσότερο οικονομική γίνεται η χρήση της αντλίας (και τόσο πιο ακριβή είναι προφανώς). Ο COP προσδιορίζει την απόδοση θέρμανσης και αποτελεί το θερμικό αποτέλεσμα που παράγεται από τη μονάδα (σε BTU/ώρα) διαιρεμένο με την ισοδύναμη ενέργεια της ηλεκτρικής εισαγωγής (σε BTU/ώρα) και καταλήγοντας σε έναν αδιάστατο αριθμό. Υπάρχει και ένας άλλος συντελεστής που προσδιορίζει την απόδοση ψύξης, λέγεται EER (Ρυθμός Απόδοσης Ενέργειας) και είναι το αποτέλεσμα ψύξης που παράγεται από τη μονάδα (σε BTU/ώρα) διαιρεμένο με την ηλεκτρική εισαγωγή (σε watt) και καταλήγοντας σε μονάδες BTU/Wh.

3.2. Βασικές αρχές λειτουργίας

Η αντλία θερμότητας είναι μια ψυκτική μονάδα. Κάθε ψυκτικός μηχανισμός (ψυγείο, καταψύκτης) μεταφέρει θερμότητα από ένα χώρο και αποβάλλει αυτή την θερμότητα σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Η μόνη διαφορά μεταξύ της αντλίας θερμότητας και της ψυκτικής μονάδας είναι το επιθυμητό αποτέλεσμα, το οποίο για την ψυκτική μονάδα, είναι η ψύξη και για την αντλία θερμότητας είναι η θέρμανση. Επιπλέον οι αντλίες θερμότητας μπορούν να παρέχουν θέρμανση ή ψύξη στο χώρο, όπως φαίνεται στα Σχήματα 3.3 και 3.4 αντίστοιχα.



Σχήμα 3.3: Λειτουργία αντλίας θερμότητας σε σύστημα θέρμανσης



Σχήμα 3.4: Λειτουργία αντλίας θερμότητας σε ψυκτικό σύστημα

Στην ορολογία των αντλιών θερμότητας, η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας στην οποία απορροφάται η θερμότητα (θερμοκρασία πηγής) και της θερμοκρασίας στην οποία η θερμότητα αποδίδεται (θερμοκρασία χώρου απόθεσης) αναφέρεται ως “ανύψωση”. Όσο μεγαλύτερη είναι η ανύψωση, τόσο μεγαλύτερη είναι η εισαγόμενη ενέργεια που απαιτείται από την αντλία θερμότητας. Αυτό είναι σημαντικό, επειδή αποτελεί πλεονέκτημα όσον αφορά στην απόδοση των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας σε σχέση με τις αντλίες θερμότητας με πηγή τον αέρα.

3.3. Τύποι συστημάτων με χρήση υπόγειων εναλλακτών

Τα συστήματα με χρήση υπόγειων εναλλακτών που χρησιμοποιούνται στις γεωθερμικές αντλίες θερμότητας από υδάτινη πηγή ταξινομούνται σε 3 κύριες κατηγορίες:

- σωλήνες κλειστού κυκλώματος.
- σωλήνες ανοικτού κυκλώματος.

- σωλήνες άμεσης διαστολής.

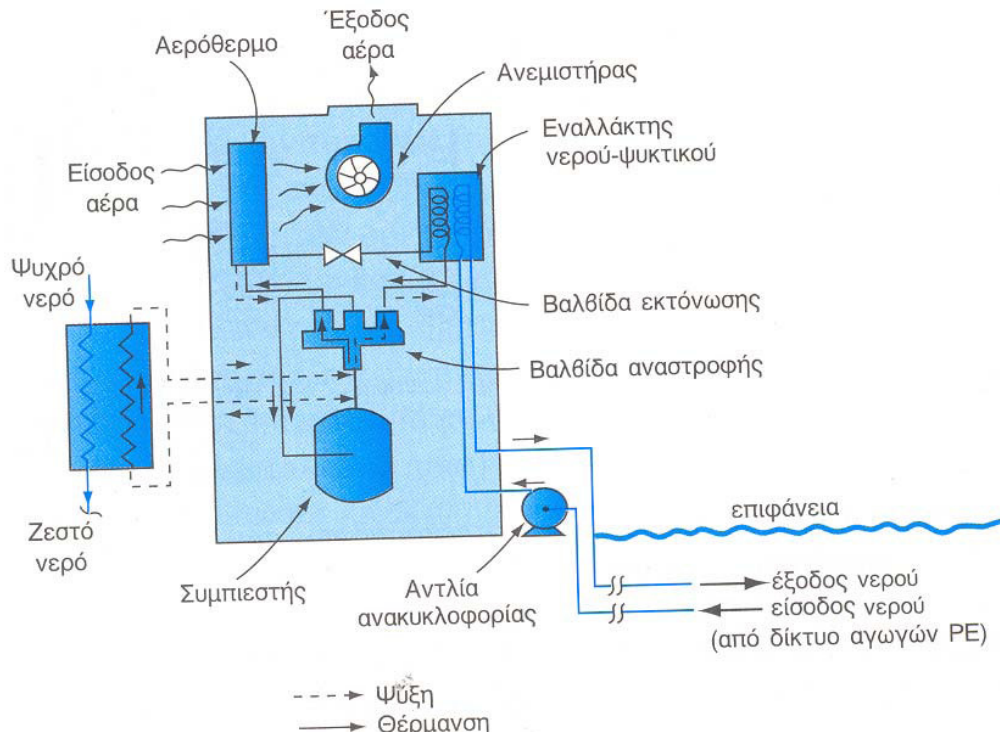
Ο τύπος του υπόγειου εναλλάκτη θα επηρεάσει τη λειτουργία του συστήματος αντλιών θερμότητας (επομένως την κατανάλωση ενέργειας της αντλίας θερμότητας), τις ενεργειακές απαιτήσεις για βοηθητικές αντλίες και το κόστος της εγκατάστασης. Η επιλογή του πιο κατάλληλου τύπου υπόγειων εναλλακτών για μια περιοχή εξαρτάται από τη γεωγραφία της περιοχής και τον οικονομικό παράγοντα.

3.3.1.Συστήματα με σωλήνες κλειστού κυκλώματος

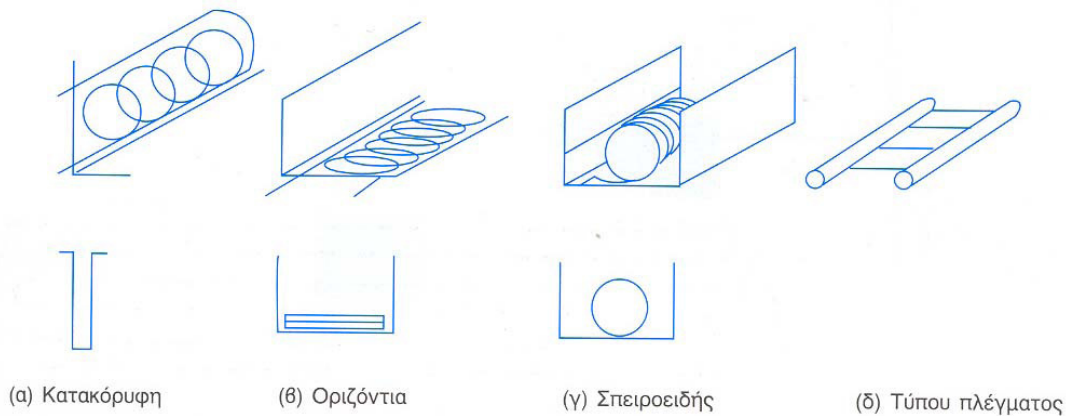
Τα συστήματα αυτά αποτελούνται από ένα υπόγειο δίκτυο στεγανοποιημένων, πλαστικών σωλήνων υψηλής αντοχής, που λειτουργεί ως εναλλάκτης θερμότητας. Στο κύκλωμα κυκλοφορεί ένα ρευστό υλικό μεταφοράς θερμότητας, τυπικά νερό ή ένα υδρο-αντιψυκτικό διάλυμα, μπορεί όμως να χρησιμοποιηθούν και άλλα ρευστά μεταφοράς θερμότητας. Όταν οι απαιτήσεις για ψύξη προκαλούν την αύξηση της θερμοκρασίας του υγρού στο κλειστό κύκλωμα, τότε μεταφέρεται θερμότητα στο ψυχρότερο έδαφος.

Αντιστρόφως, όταν οι απαιτήσεις για θέρμανση προκαλούν την πτώση της θερμοκρασίας του ρευστού στο κλειστό κύκλωμα, τότε θερμότητα απορροφάται από το θερμότερο έδαφος.

Υπάρχουν αρκετές ποικιλίες διατάξεων κλειστού κυκλώματος, όπως είναι το οριζόντιο, το σπειροειδές, το κάθετο και το καταβυθισμένο.



Σχήμα 3.5: Γ.Α.Θ κλειστού κυκλώματος



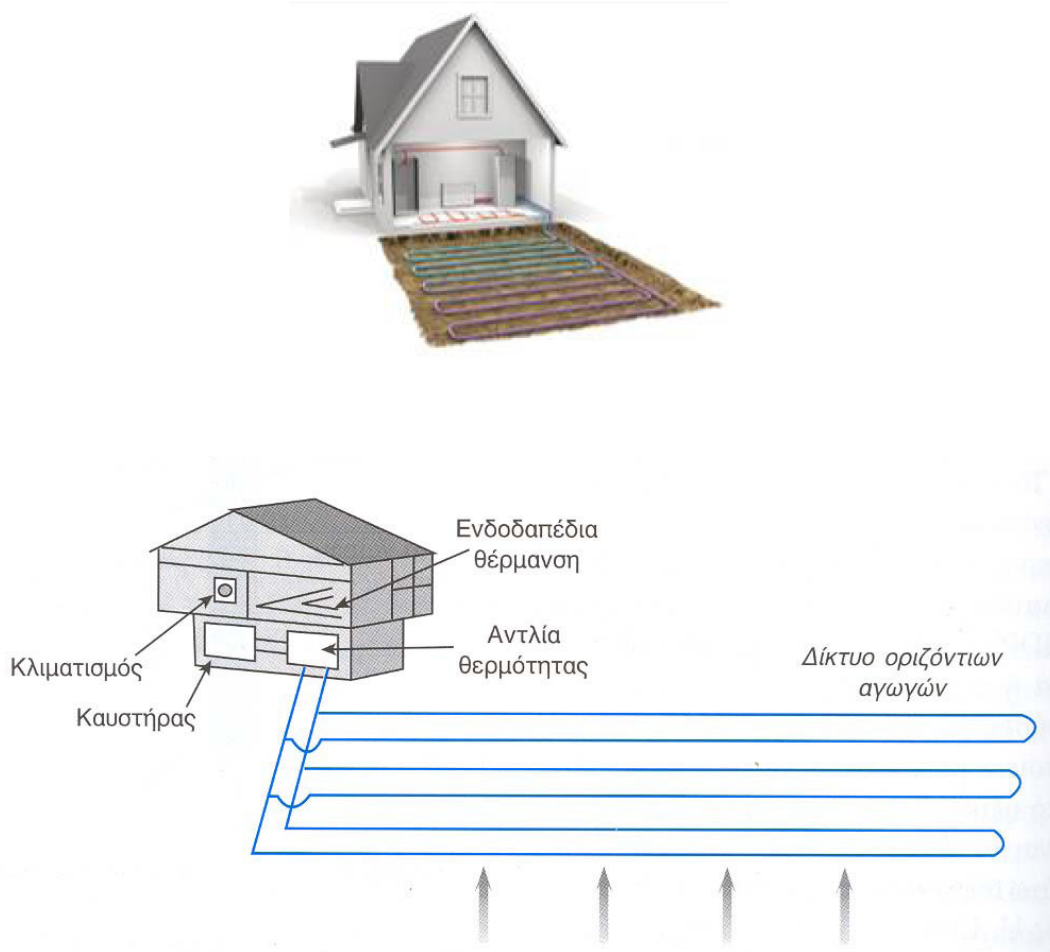
Σχήμα 3.6: Διάφοροι τύποι εγκατάστασης των σωληνώσεων (α) στα κατακόρυφα (β) στα οριζόντια συστήματα.

3.3.1.1. Οριζόντιο κύκλωμα

Τα οριζόντια κυκλώματα, που απεικονίζονται στο Σχήμα 3.5, χρησιμοποιούνται συχνά όταν υπάρχει διαθέσιμη επαρκής επιφάνεια του εδάφους. Οι σωλήνες τοποθετούνται σε τάφρους, τυπικά σε ένα βάθος 1,2 έως 3 m. Ανάλογα με το συγκεκριμένο σχεδιασμό, μπορούν να τοποθετηθούν από 1 μέχρι 6 σωλήνες σε κάθε τάφρο. Παρόλο που απαιτούν περισσότερο μήκος σωλήνων, οι διατάξεις πολλαπλών σωλήνων διατηρούν την επιφάνεια του

εδάφους, απαιτούν λιγότερες τάφρους και επομένως έχουν μικρότερο κόστος εγκατάστασης από τις διατάξεις μονού σωλήνα. Τα μήκη των τάφρων ποικίλλουν από 30-120 m ανά σύστημα τόνου ψύξης, εξαρτώνται από τις συνθήκες του εδάφους και τον αριθμό των σωλήνων μέσα στην

τάφρο. Οι τάφροι συνήθως απέχουν 1,8 έως 3,7 m. Αυτά τα συστήματα είναι συνηθισμένα σε οικιακές εφαρμογές, αλλά δεν εφαρμόζονται συχνά σε μεγάλης χωρητικότητας εμπορικές εφαρμογές, αφού απαιτείται μεγάλη επιφάνεια εδάφους για κατάλληλη μεταφορά θερμότητας. Τα οριζόντια συστήματα εφαρμόζονται συνήθως σε μεγάλες επιφάνειες εδάφους με υψηλή στάθμη νερού. Στους σωλήνες κυκλοφορεί νερό και αντιπηκτικό.



Σχήμα 3.7: οριζόντιο κόκλωμα

Πλεονεκτήματα:

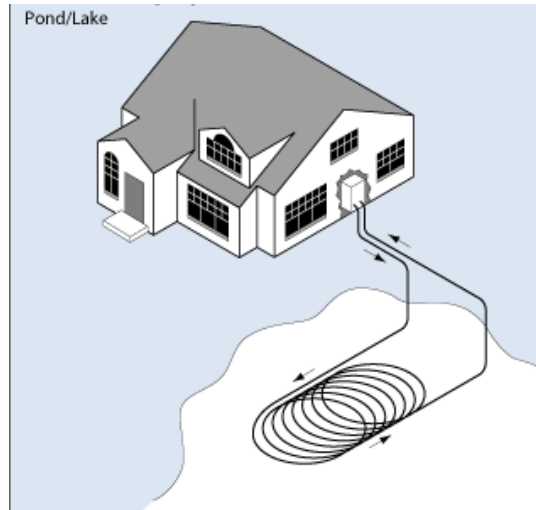
1. Το κόστος των τάφρων είναι τυπικά χαμηλότερο από το κόστος των γεωτρήσεων- υπάρχουν ευέλικτες επιλογές εγκατάστασης

Μειονεκτήματα:

1. Απαιτείται μεγάλη εδαφική περιοχή
2. Η θερμότητα του εδάφους υπόκειται σε εποχιακές διακυμάνσεις σε μικρά βάθη
3. Οι θερμικές ιδιότητες του εδάφους κυμαίνονται ανάλογα με την εποχή, τη βροχή και το βάθος ταφής. Η ξηρότητα του εδάφους πρέπει να μετρηθεί κατάλληλα για το σχεδιασμό του απαιτούμενου μήκους σωλήνων, ειδικά σε αμμώδη εδάφη και στις κορυφές των βουνών, όπου μπορούν να στερέψουν κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού
4. Το σύστημα σωλήνων μπορεί να καταστραφεί κατά τη διεργασία αναγεμίματος
5. Απαιτούνται μεγαλύτερα μήκη σωλήνων σε σχέση με τις κάθετες γεωτρήσεις
6. Η πυκνότητα του αντιψυκτικού διαλύματος αυξάνει την ενέργεια των αντλιών, μειώνει το ρυθμό μεταφοράς θερμότητας κι έτσι μειώνει τη συνολική απόδοση
7. Παρατηρείται χαμηλή απόδοση του συστήματος

3.3.1.2. Σπειροειδές κύκλωμα

Μια παραλλαγή της διάταξης οριζόντιου κυκλώματος με πολλαπλούς σωλήνες είναι το σπειροειδές κύκλωμα. Το κύκλωμα αυτό, που απεικονίζεται στο Σχήμα 3.8, αποτελείται από σωλήνες που στριφογυρίζουν σε ένα κυκλικό κύκλωμα μέσα σε τάφρους. Μια άλλη παραλλαγή του συστήματος με σπειροειδές κύκλωμα περιλαμβάνει την τοποθέτηση του κυκλώματος όρθιο σε στενές κάθετες τάφρους. Η διάταξη του σπειροειδούς κυκλώματος απαιτεί γενικά περισσότερους σωλήνες, τυπικά 150-300μ ανά σύστημα τόνου ψύξης, αλλά λιγότερες συνολικά τάφρους από τα συστήματα οριζόντιου κυκλώματος με πολλαπλούς σωλήνες. Για το σχεδιασμό των οριζόντιων σπειροειδών κυκλωμάτων, οι τάφροι έχουν πλάτος γενικά 0,9 έως 1,8 m, πολλαπλές τάφροι απέχουν τυπικά περίπου 3,7 m. Για το σχεδιασμό των κάθετων σπειροειδών κυκλωμάτων, οι τάφροι έχουν πλάτος γενικά 15,2 cm.



Σχήμα 3.8: Σπειροειδές κύκλωμα

Πλεονεκτήματα:

1. Απαιτεί λιγότερη περιοχή εδάφους και λιγότερες τάφρους από άλλα οριζόντια συστήματα.
2. Το κόστος εγκατάστασης είναι μερικές φορές μικρότερο από άλλα οριζόντια κυκλώματα.

Μειονεκτήματα :

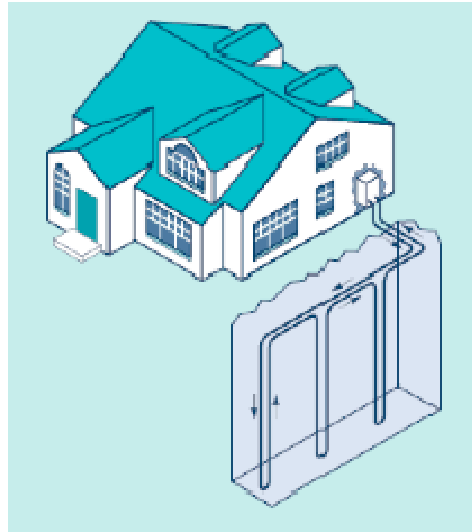
1. Απαιτεί μεγαλύτερο συνολικό μήκος σωλήνων σε σχέση με άλλα συστήματα υπόγειων εναλλακτών εδάφους.
2. Η θερμοκρασία του εδάφους υπόκειται σε εποχιακές μεταβολές.
3. Μεγαλύτερες απαιτήσεις ενέργειας των αντλιών από άλλα οριζόντια κυκλώματα που αναφέρονται παραπάνω.
4. Το σύστημα σωλήνων μπορεί να καταστραφεί κατά τη διεργασία του αναγεμίματος.

3.3.1.3.Κάθετο κύκλωμα

Τα κάθετα κυκλώματα απεικονίζονται στο Σχήμα 3.9 και χρησιμοποιούνται γενικά όταν η επιφάνεια του εδάφους είναι περιορισμένη. Διανοίγονται γεωτρήσεις σε τυπικά βάρη από 22,9 έως 91,4m βάθος. Οι σωλήνες κλειστού κυκλώματος εισάγονται μέσα στην κάθετη γεώτρηση και ποικίλλουν από 60- 180m ανά σύστημα ψύξης τόνου, εξαρτώμενες από το έδαφος και τις συνθήκες θερμοκρασίας. Χρησιμοποιούνται πολλαπλές γεωτρήσεις, που απέχουν 3 έως 4,9m και οι σωλήνες είναι τοποθετημένοι είτε σε σειρά ή σε παράλληλη διάταξη, ώστε να ικανοποιούν τις απαιτήσεις για τη συνολική μεταφορά θερμότητας. Τα

κάθετα συστήματα εφαρμόζονται εκεί που είναι περιορισμένη η εδαφική περιοχή, εκεί που το νερό βρίσκεται σε μεγάλο βάθος κι εκεί που το έδαφος είναι βραχώδες ή υπάρχει υπόβαθρο. Υπάρχουν 3 βασικοί τύποι για τους εναλλάκτες θερμότητας του κάθετου συστήματος:

- σωλήνας σε σχήμα U
- διαχωρισμένοι σωλήνες
- ομόκεντροι σωλήνες



Σχήμα 3. 9: Κάθετο κύκλωμα

Πλεονεκτήματα:

1. Απαιτεί λιγότερο μήκος σωλήνων από τα περισσότερα συστήματα κλειστού κυκλώματος.
2. Απαιτεί την ελάχιστη ενέργεια άντλησης από όλα τα συστήματα κλειστού κυκλώματος.
3. Απαιτεί την ελάχιστη ποσότητα επιφανειακής περιοχής.
4. Η θερμοκρασία του εδάφους δεν υπόκειται σε εποχιακές μεταβολές.

Μειονεκτήματα:

1. Απαιτεί εξοπλισμό για τη γεώτρηση.
2. Το κόστος των γεωτρήσεων είναι συχνά πιο υψηλό από το κόστος των οριζόντιων τάφρων (περίπου 30-40 ευρώ/μ).

3.3.1.4.Καταβυθιζόμενο κύκλωμα

Αν ένας μετρίου μεγέθους νερόλακκος ή λίμνη είναι διαθέσιμα, τότε το κλειστό κύκλωμα μπορεί να καταβυθιστεί όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 3.10.Οι εφαρμογές των καταβυθισμένων κυκλωμάτων απαιτούν κάποιες ειδικές συνθήκες και αυτό πρέπει να συζητηθεί άμεσα με έναν μηχανικό εξειδικευμένο σε τέτοιες εφαρμογές. Αυτός ο τύπος συστήματος απαιτεί επαρκή επιφάνεια εδάφους και βάθος, ώστε να αντεπεξέλθει στις απαιτήσεις θέρμανσης και ψύξης. Τυπικές εγκαταστάσεις απαιτούν σωλήνες 90 m ανά σύστημα τόνου ψύξης.



Σχήμα 3.11: Καταβυθιζόμενο κύκλωμα

Πλεονεκτήματα:

1. Χρησιμοποιούν το λιγότερο συνολικό μήκος σωλήνων από κάθε άλλο κλειστό κύκλωμα.
2. Είναι λιγότερο ακριβό σε σύγκριση με άλλα κλειστά κυκλώματα αν υπάρχει διαθέσιμη αρκετή ποσότητα νερού.

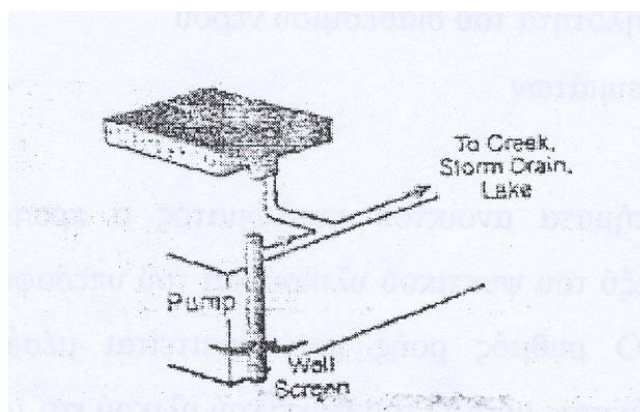
Μειονεκτήματα:

Απαιτεί μεγάλη ποσότητα νερού.

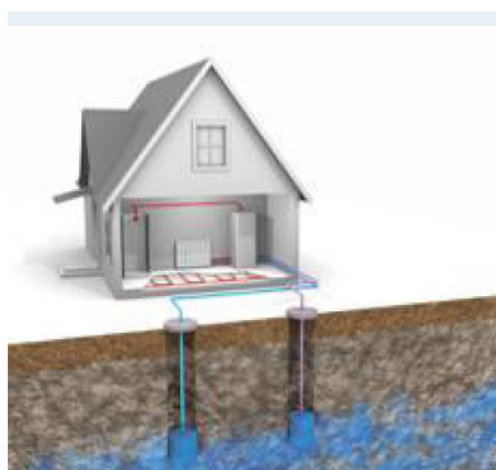
3.3.2. Συστήματα με σωλήνες ανοικτού κυκλώματος

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

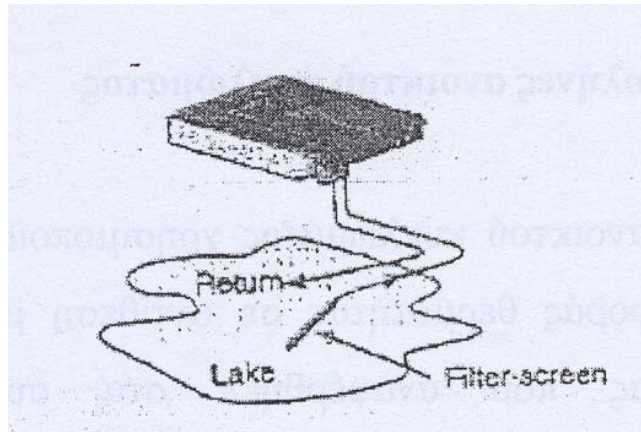
3.11,3.12,3.13 αντίστοιχως.



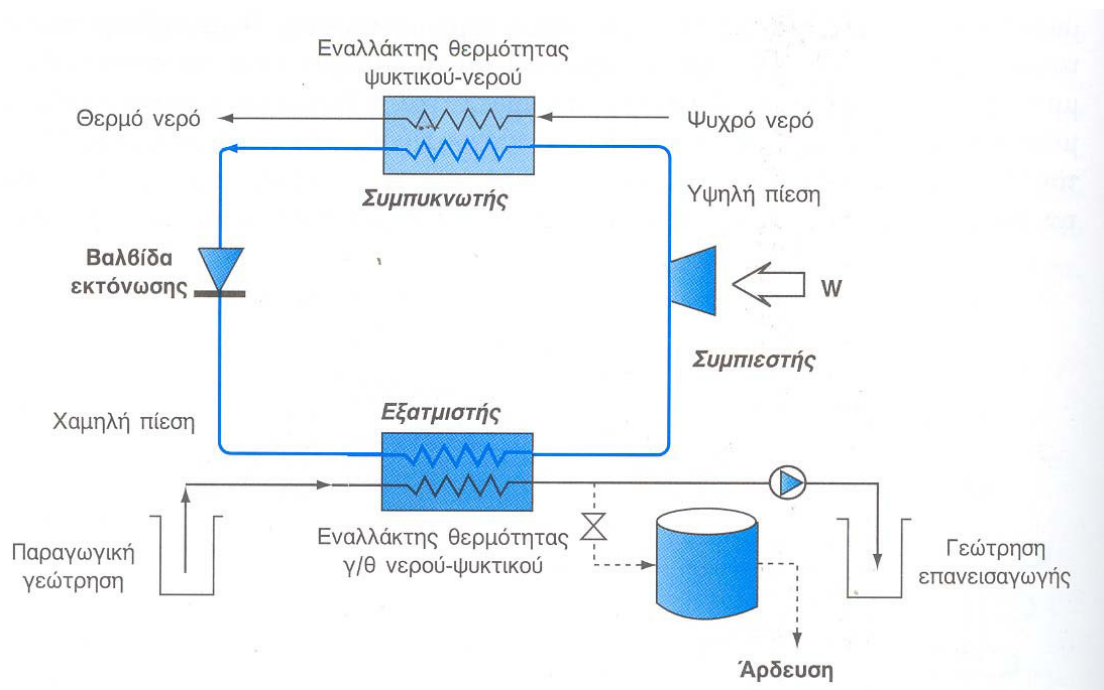
Σχήμα 3.11:γεώτρηση εξαγωγής



Σχήμα 3.12:γεώτρηση επανέγχυσης



Σχήμα 3.13: Σύστημα επιφανειακού νερού



Σχήμα 3.14: Σχηματικό διάγραμμα γ.α.θ νερού-νερού για θέρμανση θερμοκηπίου. Ο συμπυκνωτής μπορεί να είναι και αερόψυκτος(θερμαντικό στοιχείο αέρα)

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

- Η ποσότητα νερού

- Η καταλληλότητα του διαθέσιμου νερού
- Η εικροή ρευμάτων

Στα συστήματα ανοικτού κυκλώματος ο πρωταρχικός εναλλάκτης θερμότητας μεταξύ του ψυκτικού υλικού και του υπεδαφικού νερού μπορεί να υπόκειται σε διάβρωση. Ο ρυθμός ροής που απαιτείται μέσω του πρωταρχικού εναλλάκτη θερμότητας μεταξύ του ψυκτικού υλικού και του υπεδαφικού νερού κυμαίνεται από 0.4 έως 0.8 m³/h ανά σύστημα τόνου ψύξης. Το υπόγειο νερό πρέπει είτε να επανεγχύεται μέσα στο έδαφος από ξεχωριστές γεωτρήσεις ή να εκρέει σε ένα επιφανειακό σύστημα, όπως είναι ένα ποτάμι ή μια λίμνη.

Πλεονεκτήματα :

1. Χρησιμοποιούνται λιγότερες γεωτρήσεις σε σχέση με τα συστήματα κλειστού κυκλώματος.
2. Υπόκεινται σε καλύτερη θερμοδυναμική λειτουργία από ότι τα συστήματα κλειστού κυκλώματος, γιατί οι γεωτρήσεις χρησιμοποιούνται για να παραδώσουν υπόγειο νερό σε υπόγεια θερμοκρασία περισσότερο από ότι ένας εναλλάκτης θερμότητας παραδίδει ρευστό τροφοδοσίας πόσιμου νερού.
3. Χαμηλό κόστος λειτουργίας αν το νερό έχει ήδη αντληθεί για άλλους σκοπούς όπως η άρδευση.

Μειονεκτήματα :

1. Υψηλές απαιτήσεις ροής νερού.
2. Η διαθεσιμότητα σε νερό μπορεί να περιοριστεί.
3. Ο εναλλάκτης θερμότητας της αντλίας θερμότητας υπόκειται σε διαβρωτικούς παράγοντες, περιλίθωση και βακτηριακά συστατικά.
4. Υψηλό κόστος αν απαιτείται γεώτρηση επανέγχυσης.

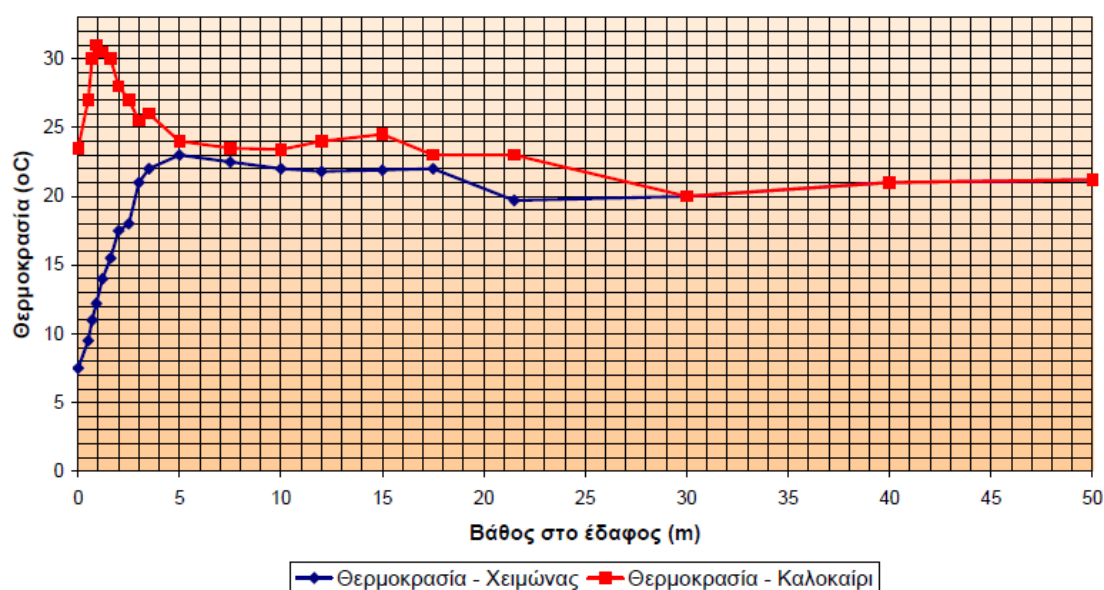
3.4. Μεταβλητές που επιδρούν στο σχεδιασμό και στην εφαρμογή

Ανάμεσα στις μεταβλητές που έχουν σημαντική επίδραση στο μέγεθος και την αποτελεσματικότητα ενός συστήματος χρήσης υπόγειων εναλλακτών, μεγάλη σημασία έχουν οι θερμοκρασίες υπεδάφους και ο τύπος του εδάφους.

3.4.1. Θερμοκρασία υπεδάφους

Η θερμοκρασία του υπεδάφους έχει σημασία για το σχεδιασμό και τη λειτουργία μιας αντλίας θερμότητας από υδάτινη πηγή. Σε ένα σύστημα ανοικτού κυκλώματος, η θερμοκρασία του υπεδάφους που εισέρχεται στην αντλία θερμότητας έχει μια άμεση επιρροή στην απόδοση του συστήματος. Σε ένα σύστημα κλειστού κυκλώματος και σε ένα σύστημα άμεσης διαστολής, η θερμοκρασία του υπεδάφους θα επηρεάσει το μέγεθος του απαιτούμενου συστήματος υπόγειων εναλλακτών και την αποτελεσματικότητα του υπόγειου θερμικού εναλλάκτη. Επομένως, είναι σημαντικό να προσδιοριστεί η θερμοκρασία του υπεδάφους προτού ξεκινήσει ο σχεδιασμός του συστήματος.

Οι ετήσιες θερμοκρασίες του αέρα, η περιεκτικότητα σε υγρασία, ο τύπος του εδάφους και το εδαφικό κάλυμμα επιδρούν στη θερμοκρασία του υπεδάφους. Επιπρόσθετα, η θερμοκρασία του υπεδάφους ποικίλλει ετησίως ως συνάρτηση της θερμοκρασίας του επιφανειακού αέρα, του τύπου του εδάφους, του βάθους.



Μετρήσεις Θερμοκρασίας εδάφους

3.5. Σύγκριση των διατάξεων σε σειρά και παράλληλης

Οι εναλλάκτες θερμότητας κλειστού κύκλωματος μπορούν να σχεδιαστούν σε σειρά ή σε παράλληλη διάταξη ή σε ένα συνδυασμό και των δύο.

Στα συστήματα σε σειρά, το ρευστό μεταφοράς θερμότητας μπορεί να πάρει ένα μονοπάτι μέσα στο κύκλωμα, ενώ στα συστήματα με παράλληλη διάταξη, το ρευστό μπορεί να πάρει δύο ή περισσότερα μονοπάτια μέσα στο κύκλωμα. Η επιλογή θα επηρεάσει τη λειτουργία, τις απαιτήσεις άντλησης και το κόστος. Τα περισσότερα μεγάλα συστήματα υπόγειων εναλλακτών χρησιμοποιούν και τα δύο συστήματα ροής σε σειρά και σε παράλληλη διάταξη. Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των διατάξεων συγκεντρώνονται παρακάτω. Σε μεγάλα εμπορικά συστήματα, η πτώση πίεσης και το κόστος άντλησης πρέπει να ληφθούν προσεκτικά υπόψη, αλλιώς θα έχουν πολύ υψηλές τιμές. Αγωγοί μεταβλητής ταχύτητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ελαττώσουν την ενέργεια άντλησης και το κόστος κατά τη διάρκεια των συνθηκών ημιφόρτωσης.

Πλεονεκτήματα του συστήματος σε σειρά:

- Ευκολότερη μετακίνηση αέρα από το σύστημα. ελαφρώς υψηλότερη θερμική απόδοση ανά μήκος του σωλήνα, επειδή απαιτείται μεγαλύτερο μέγεθος σωλήνα στα συστήματα σε σειρά

Μειονεκτήματα του συστήματος σε σειρά:

- Όσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος του ρευστού του σωλήνα σε σειρά, τόσο περισσότερος όγκος αντιψυκτικού υλικού απαιτείται.
- Παρατηρείται υψηλότερο κόστος σωλήνων ανά μονάδα λειτουργίας και αυξημένο κόστος εργασιών για την εγκατάσταση.
- Η χωρητικότητα είναι περιορισμένη εξαιτίας της πτώσης πίεσης του ρευστού.

Πλεονεκτήματα του συστήματος σε παράλληλη διάταξη :

- Μικρότερη διάμετρος σωλήνων αντιστοιχεί σε χαμηλότερο κόστος μονάδας. Μικρότερος όγκος απαιτεί λιγότερο αντιψυκτικό υλικό.
- Απαιτείται χαμηλότερο κόστος εργασιών για την εγκατάσταση.

Μειονεκτήματα του συστήματος σε παράλληλη διάταξη :

- Απαιτείται ειδική προσοχή για την εξασφάλιση της μεταφοράς αέρα και της ροής θερμότητας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.Τεχνική απόληψης ενέργειας

4.1.Με χρήση νερού

4.1.1.Γεωτρήσεις - Εναλλάκτες θερμότητας

Οι επικαθήσεις αλάτων και οι διαβρώσεις των συστημάτων κυκλοφορίας των γεωθερμικών ρευστών στο τμήμα της θερμικής αξιοποίησής τους (ανάκτηση θερμότητας) και ο χημισμός τους απαιτούν την αντιμετώπισή τους, που συνήθως γίνεται με εναλλάκτες θερμότητας (επιφανειακοί ή υπόγειοι). Συχνά η απευθείας χρήση των γεωθερμικών ρευστών δεν είναι εφικτή λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών (<35o C) τους, οπότε με την υποστήριξη της αντλίας θερμότητας είναι δυνατή η αύξηση της θερμοκρασίας και επομένως η αξιοποίηση των ρευστών.

4.1.1.1.Επιφανειακοί εναλλάκτες

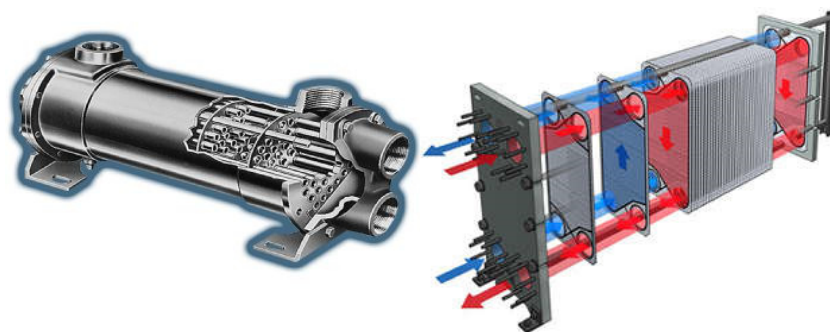
Για την αντιμετώπιση του προβλήματος της μεταφοράς της θερμότητας χρησιμοποιούνται κάποιες συσκευές, οι εναλλάκτες θερμότητας, όπου στο πρώτο κύκλωμα κυκλοφορεί το γεωθερμικό νερό και στο δεύτερο (ανοικτό ή κλειστό) νερό καλής ποιότητας (όπως στο κύκλωμα κεντρικής θέρμανσης) ή αέρας (αερόθερμο), που διοχετεύεται στους χώρους θέρμανσης. Οι εναλλάκτες θερμότητας (**heat exchangers**) **χρησιμοποιούνται για την εναλλαγή της θερμότητας μεταξύ δύο ρευστών, τα οποία διαχωρίζονται με ένα στερεό τοίχωμα, συνήθως μεταλλικό η δε μετάδοσή της θερμότητας γίνεται με την επαφή των ρευστών με την επιφάνεια θέρμανσης.**

Κατά την εναλλαγή της θερμότητας από το ένα ρευστό στο άλλο εμφανίζεται μια σχετική πτώση της θερμοκρασίας (1o – 4o C). Για το σχεδιασμό των εναλλακτών το βασικό μέγεθος προσδιορισμού είναι η επιφάνεια εναλλαγής θερμότητας, που καθορίζεται από τη διαφορά θερμοκρασίας, το συνολικό συντελεστή μεταφοράς θερμότητας και την πτώση πίεσης (Βιτσόρογλου, 1989). Ο συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας εξαρτάται από τις

φυσικές ιδιότητες, την ταχύτητα και τη θερμοκρασία του ρευστού και τη γεωμετρική διάταξη και το υλικό του συστήματος.

Οι συνήθεις τύποι που χρησιμοποιούνται για την ανάκτηση θερμότητας από τα γεωθερμικά ρευστά είναι:

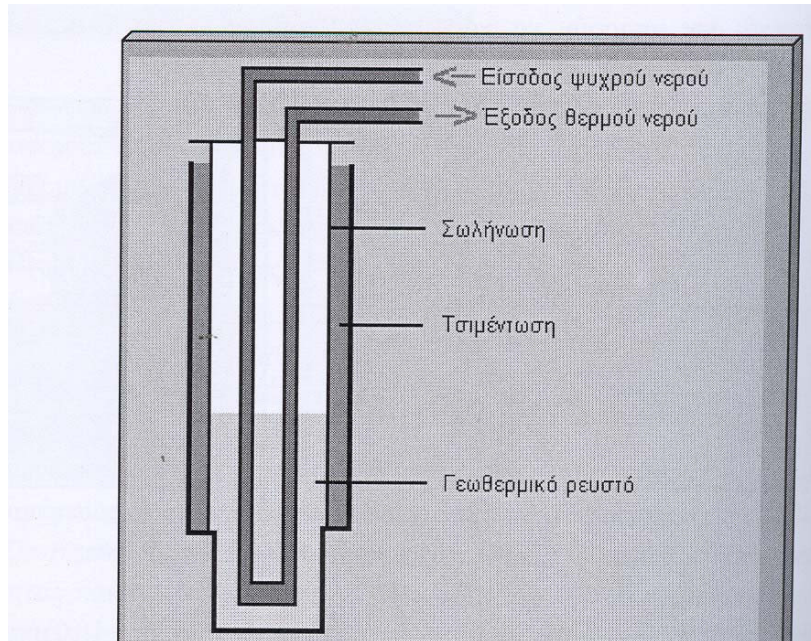
- Εναλλάκτες θερμότητας κελύφους και αυλών (shell and tube heat exchanger).
- Εναλλάκτες θερμότητας πλακών (plate heat exchanger).



4.1.1.2. Εναλλάκτες εντός της γεώτρησης

Ο συνήθης τύπος γεωθερμικού εναλλάκτη αποτελείται από ένα σύστημα διπλής σωλήνωσης τοποθετημένης εντός της γεώτρησης, όπου κυκλοφορεί καθαρό νερό με φυσική ροή ή με τη βοήθεια αντλίας. Με τη μέθοδο αυτή αντλείται μόνο θερμότητα από το γεωθερμικό ταμειυτήρα, αφού σε σχέση με του επιφανειακούς εναλλάκτες θερμότητας δεν απαιτείται η άντληση του γεωθερμικού ρευστού στην επιφάνεια και αποτελεί ένα παθητικό τρόπο εκμετάλλευσης της γεωθερμικής ενέργειας. Έτσι, λοιπόν δεν τίθεται θέμα διάθεσης των γεωθερμικών αποβλήτων, που συνήθως απαιτούν μια δεύτερη γεώτρηση επανεισαγωγής.

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται για μικρές μονάδες ανάκτησης γεωθερμικής ενέργειας και η χρήση της περιορίζεται συνήθως για θέρμανση οικιών και εμπορικών συγκροτημάτων, αλλά και για τη θέρμανση νερού οικιακής χρήσης. Τέτοιες μονάδες λειτουργούν στις ΗΠΑ, Νέα Ζηλανδία, Ιταλία κλπ.



Σχήμα 4.1 :Γεωθερμικός εναλλάκτης εντός της γεώτρησης

Το πεδίο εφαρμογής της μεθόδου αυτής είναι (Reistad et al.,1978):

- Μονάδες μικρού ή μεσαίου μεγέθους θερμικών εφαρμογών.
- Γεωθερμικές γεωτρήσεις συνήθως μικρού βάθους.
- Διαβρωτικά γεωθερμικά ρευστά, όπου το κόστος συντήρησης ενός αντλητικού συγκροτήματος είναι αυξημένο.
- Γεωθερμικές περιοχές όπου περιβαλλοντικοί όροι απαιτούν την επανεισαγωγή των ρευστών με αυξημένο κόστος για μικρό γεωθερμικό έργο.

Το βασικό μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι ο βαθμός θερμικής απόδοσης και το μέγεθος της μονάδας εξαρτάται από τη βασική ροή θερμότητας στο γεωθερμικό ταμιευτήρα της γεώτρησης, είναι δε μικρότερος από τον αντίστοιχο βαθμό απόδοσης ενός επιφανειακού εναλλάκτη θερμότητας.

4.1.1.3.Σχεδιασμός εντός του συστήματος

Η γεώτρηση θα πρέπει να έχει διάμετρο άνω των 12", ενώ η σωλήνωση που θα τοποθετηθεί θα πρέπει να είναι 1,5-2 φορές μικρότερης διαμέτρου. Το κενό ανάμεσα στη γεώτρηση και τη σωλήνωση που υπάρχει πάνω από το γεωθερμικό ταμιευτήρα πρέπει να

τσιμεντώνεται ενώ η τοποθέτηση μιας πιεζομετρικής σωλήνωσης διαμέτρου 1-2” μέχρι τον πυθμένα της γεώτρησης επιβάλλεται για μετρήσεις θερμοκρασίας και στάθμης.

Ο γεωθερμικός εναλλάκτης είναι συνήθως ένα σύστημα διπλής σωλήνωσης διαμέτρου 1,5-2” (μεταλλικός) τοποθετημένο στο εσωτερικό της σωλήνωσης της γεώτρησης σχηματίζοντας ένα U στο τμήμα του γεωθερμικού ταμιευτήρα. Το σύστημα U είναι έτσι κατασκευασμένο για να παγιδεύει τα υλικά της διάβρωσης ώστε να μην δημιουργούν προβλήματα στην ελεύθερη κυκλοφορία του νερού. Καθαρό νερό κυκλοφορεί μέσα στη σωλήνωση με ορισμένη ροή χωρίς να αναμιγνύεται με το γεωθερμικό ρευστό, θερμαίνεται και εξέρχεται από την άλλη σωλήνωση μεταφερόμενο στους προς θέρμανση χώρους.

Ακολούθως, το ίδιο νερό, αφού αποβάλλει μέρος της θερμότητάς του (ψύχεται), επιστρέφει πάλι στον εναλλάκτη για να θερμανθεί. Το νερό κυκλοφορεί σε ένα κλειστό κύκλωμα που συνδέει τον εναλλάκτη εντός της γεώτρησης με τους χώρους θέρμανσης. Πολλές φορές υπάρχει και δεύτερος εναλλάκτης εντός της γεώτρησης που θερμαίνει το νερό ύδρευσης για να χρησιμοποιηθεί για οικιακές χρήσεις σε ανοικτό κύκλωμα, όπου το νερό μετά τη χρήση του διοχετεύεται στην αποχέτευση. Βεβαίως, υπάρχουν και παραλλαγές του συστήματος ως προς τον εναλλάκτη (συνήθως με πολλαπλές σωληνώσεις), ενώ συχνά υποστηρίζεται με αντλία θερμότητας.

Η ποιότητα των υλικών και κυρίως των σωληνώσεων εξαρτάται από:

- Την τάση διαβρωτικότητας και επικάλυψης αλάτων των γεωθερμικών ρευστών.
- Τη θερμική αγωγιμότητα των σωληνώσεων.
- Τα είδη χρήσης του θερμαινόμενου νερού (ανοικτό ή κλειστό κύκλωμα).

Οι σωληνώσεις γεώτρησης θα πρέπει να επιλεγούν σωστά ποιοτικά, αφού η αντικατάστασή τους δεν είναι εφικτή. Σημειώνεται ότι οι γαλβανισμένες σωληνώσεις χάνουν την προστατευτική τους ικανότητα σε θερμοκρασίες άνω των 55ο C.

Η επιλογή μεταλλικών σωληνώσεων στον εναλλάκτη είναι η ενδεικνυόμενη, λόγω της αυξημένης θερμικής αγωγιμότητάς τους όμως σε γεωθερμικά ρευστά με τάση επικάλυψης αλάτων μειώνεται αισθητά. Επίσης, σε διαβρωτικά ρευστά η φθορά των μεταλλικών σωληνώσεων είναι αυξημένη. Έντονα προβλήματα διάβρωσης στις σωληνώσεις εμφανίζονται στο επίπεδο της στάθμης όπου το περιβάλλον του νερού-οξυγόνου (αέρα) είναι η βασική αιτία. Ικανοποιητική αντιμετώπιση γίνεται με το

αεροστεγές σφράγισμα της κεφαλής της γεώτρησης.

Η επιλογή σωληνώσεων θερμοσικληρυνόμενης ρητίνης (fiberglass) ή από πολυβουτυλένιο ή πολυβινίλιο προτείνονται σε γεωθερμικά ρευστά με τάσεις διάβρωσης ή επικάλυψης αλάτων, όμως η θερμική αγωγιμότητά τους είναι αρκετά μικρότερη αυτής των μεταλλικών σωληνώσεων. Η ποιότητα των σωληνώσεων σε συνδυασμό με το κόστος και τη διάρκεια ζωής πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα.

Η ενέργεια εφοδιασμού για τον εναλλάκτη θερμότητας μπορεί να γίνει από μερικές πηγές:

- Κάθετη ροή γεωθερμικής ενέργειας
- Οριζόντια εισαγωγή ενέργειας από αγωγιμότητα
- Το σύστημα BHE μπορεί να κλιμακωθεί ώστε να εγκατασταθεί σε διαφορετικές εγκαταλελειμμένες βαθιές γεωτρήσεις.

4.1.1.4.Εναλλάκτες θερμότητας μέσα σε βαθιές γεωτρήσεις

Οι εναλλάκτες θερμότητας μέσα σε βαθιές γεωτρήσεις (BHE) μπορούν να εξασφαλίσουν ενέργεια θέρμανσης σε πολλές περιοχές. Μπορούν να εγκατασταθούν είτε σε ειδικές ανοιχτές γεωτρήσεις ή εναλλακτικά σε "στεγνές" βαθιές γεωτρήσεις. Υπάρχουν αρκετές βαθιές γεωτρήσεις, οι οποίες μπορούν να αναπτυχθούν ως (BHE) και συνεπώς ως ένας νέος τύπος πηγής θερμότητας για θέρμανση χώρων.

Αυτές οι γεωτρήσεις διαιρούνται σε 2 κατηγορίες:

- Γεωτρήσεις παλιάς έρευνας ή εξερευνητικές
- Αποτυχημένες "στεγνές" γεωτρήσεις έρευνας υδρογεωθερμικών πόρων, και πόρων αερίου ή πετρελαίου

4.1.1.5.Συμπεράσματα

Τα συστήματα B.H.E .μπορούν να εγκατασταθούν πρακτικά σε όλα τα γεωλογικά μέσα και να λειτουργούν αξιόπιστα για δεκαετίες, εφόσον οι παράγοντες τροφοδοσίας θερμότητας (κάθετη γεωθερμική ροή θερμότητας, υπόγειο νερό μεταφοράς θερμότητας, ατμοσφαιρικός εναλλάκτης θερμότητας) παράγουν μια τροποποιημένη θερμική ισορροπία όσον αφορά τα συστήματα B.H.E.

Με βάση νέες αναπτύξεις πιστεύουμε ότι είναι εφικτά τα παρακάτω:

- αποδοτική, συνδυασμένη θερμική εξαγωγή/ αποθήκευση μπορεί να επιτευχθεί από πολλαπλά Β.Η.Ε.
- προσεκτική διαχείριση και λειτουργία των συστημάτων Β.Η.Ε. για την παραγωγή θερμότητας.
- οι σωλήνες θεμελίωσης μπορούν να εφοδιαστούν με εναλλάκτες θερμότητας.

4.2.Μερικές παρατηρήσεις

Όταν η αρχική θερμοκρασία του νερού είναι σχετικά υψηλή, τότε συμφέρει η κλιμακωτή εκμετάλλευση. Για παράδειγμα, το νερό αρχικά χρησιμοποιείται για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, μετά κυκλοφορεί σε διαμερίσματα εξοπλισμένα με θερμαντικά σώματα(τα οποία χρειάζονται 70-90° C),στη συνέχεια διοχετεύεται σε διαμερίσματα με επιδαπέδιο σύστημα θέρμανσης (40 °C) και τέλος χρησιμοποιείται σε θερμοκήπια (ή λουτρά) πριν την επανεισαγωγή του στους υδροφορείς. Μία άλλη σημαντική παρατήρηση αφορά τη χρήση συστημάτων επιδαπέδιας θέρμανσης και αντλιών θερμότητας. Αυτή παρουσιάζει μια σειρά πλεονεκτημάτων έναντι των περισσότερων συστημάτων. Επιγραμματικά αυτά είναι:

1. Υγιεινότερη θέρμανση.
2. Εξοικονόμηση χώρου.
3. Έλλειψη θορύβου.
4. Εξοικονόμηση ενέργειας.
5. Χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης.
6. Μεγάλο φάσμα εφαρμογών.

Ωστόσο υπάρχουν κάποια μειονεκτήματα που καλό θα ήταν να αναφερθούν:

1. Ρηγματώσεις στις πλάκες τελικής επικάλυψης
2. Διάβρωση μεταλλικών σωλήνων σε κάποιες περιπτώσεις.
3. Δυσμενή επίδραση στην κυκλοφορία του αίματος ανθρώπων, λόγω της υψηλής θερμοκρασίας στην επιφάνεια του δαπέδου.
4. Έλλειψη ομοιογένειας στην κατανομή της θερμοκρασίας στο δάπεδο.

5. Μεγάλη θερμική αδράνεια του στρώματος τσιμεντοκονίας, όπως και προβλήματα στη ρύθμιση της εγκατάστασης.
6. Διαρροές ή θραύση των σωληνώσεων.
7. Ίσως αδυναμία θέρμανσης σε πολύ ψυχρές περιοχές.

Αιτίες αυτών των αστοχιών ήταν κυρίως η υψηλή θερμοκρασία λειτουργίας του συστήματος, η λανθασμένη τοποθέτηση των σωληνώσεων και η χρήση ακατάλληλων σωλήνων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.Οικονομικά δεδομένα

5.1.Εισαγωγή

Τα οικονομικά στοιχεία των γεωθερμικών πόρων χαμηλής ενθαλπίας, είναι περιορισμένα και εξαρτώνται από:

- τη διαθεσιμότητα και τις τιμές των ορυκτών καυσίμων (κάρβουνο, πετρέλαιο)
- το ενδιαφέρον της κυβέρνησης για την ανάπτυξη νέων ενεργειακών πηγών
- τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις
- την προώθηση της «καθαρής» ενέργειας στον εμπορικό και στον ιδιωτικό τομέα

5.2.Κόστος παραγωγής γεωθερμικής ενέργειας

Ένας σημαντικός οικονομικός παράγοντας αποτελεί το κόστος της διάνοιξης των γεωτρήσεων καθώς και της άντλησης τους, το οποίο βρίσκεται σε υψηλό επίπεδο και μεταβάλλεται ανάλογα με την περιοχή, το υπέδαφος και τον εξοπλισμό διάτρησης.

Το κόστος παραγωγής γεωθερμικής ενέργειας κυμαίνεται μεταξύ 0.003 και 0.023 Ευρώ ανά KWh, ενώ το αντίστοιχο κόστος παραγωγής της από συμβατικά καύσιμα είναι περίπου 0.04 Ευρώ ανά KWh. Το κόστος βέβαια επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, είναι όμως εμφανές ότι υπάρχουν μεγάλες δυνατότητες για οικονομικά συμφέρουσα εκμετάλλευση της γεωθερμίας για την παραγωγή θερμότητας.

Κόστος Γεωθερμικής Ενέργειας & άλλων ΑΠΕ

Ενέργεια	Δυναμικότητα	Κόστος κατασκευής (US\$/kW)	Κόστος παραγωγής (US cents/kWh)
Γεωθερμική	20 MW δυαδικό	4100	6,7
	50 MW εκτόνωση	2500	4,3
Φωτοβολταϊκά	5 MW	7000	41,0
Ηλιακά-Θερμικά	30 MW (χωρίς απ. Θερ.)	2500	17,4
	30 MW (με αποθ. Θερμ.)	4850	13,0
Μικρά Υ/Η	5 MW	2400	7,0
Diesel	5 MW	600	9,5*

The World Bank, *Technical and economic assessment of off-grid, mini-grid and grid electrification technologies*, 2005.

* Τιμή πετρελαίου
2005: ~50 US\$/bbl
16/10/2008: 72 US\$/bbl

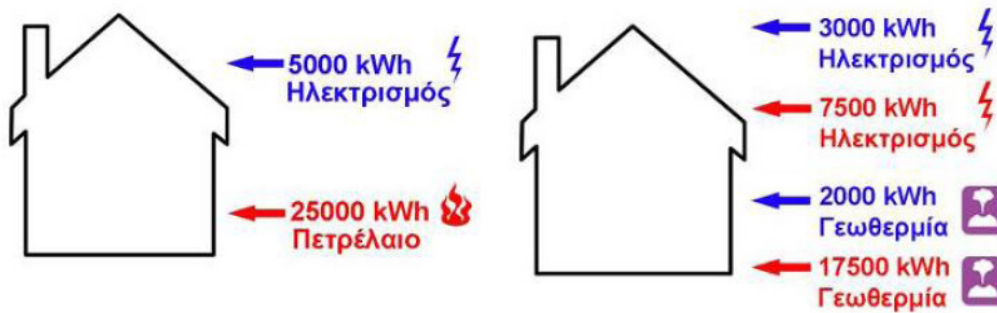
Σχήμα5.1 Κόστος γεωθερμικής ενέργειας και άλλων Α.Π.Ε.

5.3. Οικονομικά πλεονεκτήματα

Τα συστήματα των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας έχουν το πλεονέκτημα του χαμηλού κόστους λειτουργίας και συντήρησης, του μεγάλου κύκλου ζωής σε συνδυασμό με την αυξανόμενη αξιοπιστία και λειτουργικότητα τους σε σχέση με τα άλλα εναλλακτικά συστήματα ψύξης και θέρμανσης.

Η λειτουργικότητα των συστημάτων αυτών οφείλεται στο γεγονός ότι εκτός από τα κλιματιστικά σώματα (fan-coils), το boiler και την αντλία θερμότητας που έχει το μέγεθος ενός κοινού ψυγείου τροφίμων, δεν υπάρχει κανένας άλλος εξοπλισμός μέσα ή έξω από το κτίριο εγκατάστασης, αφού ο εναλλάκτης θερμότητας δεν καταλαμβάνει επιφανειακό χώρο. Επίσης, υπάρχει μεγάλη ποικιλία ειδών εγκατάστασης τόσο από πλευράς σχημάτων όσο και μεγεθών, με αποτέλεσμα να προσαρμόζονται ανάλογα με τις ανάγκες-απαιτήσεις του κάθε χώρου εγκατάστασης.

Για τα συστήματα από υδάτινες πηγές το κόστος περιλαμβάνει τα έξοδα μιας μεγαλύτερης αντλίας γεώτρησης και δεξαμενής, τις σωληνώσεις από και προς το κτίριο και μια γεώτρηση



Σχήμα5.2

Συμβατικός τρόπος θέρμανσης-ψύξης Κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης-ψύξης με ΓΑΘ

απόρριψης νερού βάθους 15m. Για τα συστήματα με υπόγειους εναλλάκτες, το κόστος περιλαμβάνει την εγκατάσταση των σωλήνων και την τοποθέτηση των κεφαλών στο σπίτι.

Σε περιοχές όπου το φυσικό αέριο δεν είναι διαθέσιμο ή όπου το κόστος του φυσικού αερίου ή άλλων καυσίμων είναι υψηλό σε σύγκριση με τον ηλεκτρισμό, οι αντλίες θερμότητας από υδάτινη πηγή αποτελούν μια οικονομική λύση. Λειτουργούν με ένα συντελεστή απόδοσης θέρμανσης περίπου 3-4,5, συγκρινόμενο με τη συμβατική απόδοση θέρμανσης που κυμαίνεται στο 80-97%. Επομένως όταν το κόστος του ηλεκτρισμού είναι λιγότερο από 3,5 φορές από τα συμβατικά καύσιμα θέρμανσης, οι αντλίες θερμότητας από υδάτινη πηγή έχουν ακόμη μικρότερο ενεργειακό κόστος.

Το υψηλό κόστος φυσικού αερίου (ή καυσίμου πετρελαίου) ευνοεί τις αντλίες θερμότητας από υδάτινη πηγή έναντι των συμβατικών συστημάτων θέρμανσης. Το υψηλό κόστος ηλεκτρισμού ευνοεί τις αντλίες θερμότητας από υδάτινες πηγές έναντι των αντλιών θερμότητας με πηγή τον αέρα. Είναι αναγκαίο να γνωρίζουμε το συνολικό ποσό της θερμότητας που απαιτείται κατά τη διάρκεια του χρόνου, για να υπολογίσουμε τις ετήσιες εξοικονομήσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6.Γεωλογικά και γεωτεκτονικά στοιχεία περιοχής ακινήτου

6.1.Γεωλογία-γεωτεκτονική

Γεωτεκτονικά η ευρύτερη περιοχή της τεκτονικής τάφρου της Λοκρίδας ανήκει στην υποπελαγονική ζώνη. Η υποπελαγονική γεωτεκτονική ζώνη εκτείνεται στον ελληνικό γεωγραφικό χώρο με γενική διεύθυνση των ελληνίδων γεωτεκτονικών ζωνών ΒΔ- ΝΑ από την Αλβανία κατά μήκος του μέσου περίπου του κορμού της Ελλάδος προς τη Δυτική Θεσσαλία και Ανατολική Στερεά Ελλάδα και από εκεί στα νησιά Σαλαμίνα, Ύδρα και Ανατολική Πελοπόννησο, Κρήτη, πιθανόν νήσο Κω και Μ.Ασία. Ο όρος υποπελαγονική ζώνη δόθηκε από τον J. Aubouin (1959) και καθόρισε τη παλαιογεωγραφική θέση της υποπελαγονικής σαν τη δυτική κατωφέρεια του ηβώματος της πελαγονικής προς την αύλακα της ζώνης της Πίνδου και της απέδωσε έτσι χαρακτηριστές ιζηματογένεσης ενδιάμεσες μεταξύ νηρητικής και πελαγιικής φάσης.

Κύριο χαρακτηριστικό γνώρισμα της υποπελαγονικής ζώνης είναι οι μεγάλες οφιολιθικές μάζες και η σχιστοκερατολιθική διάπλαση που τις συνορεύει και που έχει μεγάλη εξάπλωση. Σύμφωνα με τις σημερινές γεωτεκτονικές αντιλήψεις περί οφιολίθων η υποπελαγονική αντιπροσωπεύει την οφιολιθική συρραφή της παλαιάς ωκεάνιας περιοχής που βρισκόταν δυτικά του Πελαγονικού ηπειρωτικού τεμάχους.

Η τοποθέτηση των οφιολίθων της υποπελαγονικής ζώνης άλλοτε πάνω σε νηρητικά και άλλοτε πάνω σε πελαγιικά ιζήματα ήταν και ο λόγος για τον οποίο θεωρήθηκε η γεωτεκτονική αυτή ζώνη κατωφέρεια της Πελαγονικής, χαρακτηρισμός που δεν απέχει πολύ από τη σημερινή γεωτεκτονική αντίληψη στην οποία όμως, βαρύνουσα σημασία έχει η έννοια της οφιολιθικής συρραφής.

Σε πολλές θέσεις στις παρυφές της λειάνης καθώς και στο κεντρικό μεσοζωϊκό τμήμα της έχουν διαπιστωθεί ασβεστόλιθοι, δολομίτες, δολομιτικοί ασβεστόλιθοι και σχιστόλιθοι με οφιολίθους ηλικίας Τριαδικής – Ιουρασικής. Οι δολομίτες και οι ασβεστόλιθοι έχουν ηλικία μέσο-κατώτερο Τριαδικό, Ανωτριαδικό έως Ιουρασικό. Οι επικείμενοι δολομίτες ασβεστόλιθοι και οι μετ' οφιολίθων σχιστοκερατολιθική διάπλαση έχει Ιουρασική ηλικία εν μέρει δε τριαδική στα κατώτερα μέλη της. Οι δολομίτες είναι συμπαγείς άσπροι έως τεφροί.

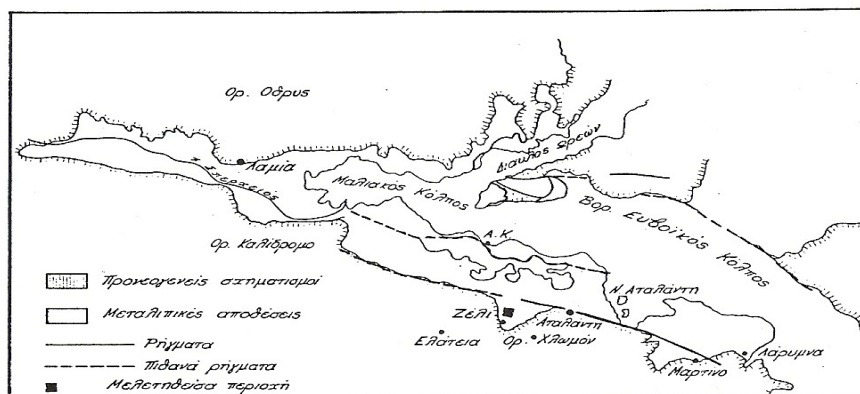
Η τεκτονική τάφρος της ευρύτερης περιοχής της Λοκρίδας δεν είναι ενιαία αλλά αποτελείται από μικρότερες τεκτονικές λειάνες όπως φανερώνουν τα ρήγματα και τα μεταβαλλόμενα κατά περιοχές πάχη των λιμναίων αποθέσεων, καθώς και οι μεσοζωϊκές ασβεστολιθικές και δολομιτικές νησίδες που περιεβάλλοντο η εκαλύπτοντο από τα νερά και τα ιζήματα της λίμνης του Νεογενούς-

Τεταρτογενούς. Στην περιοχή της Λοκρίδας στη νότια παρυφή του κόλπου έχουν διαπιστωθεί μεγάλα ρήγματα μήκους μερικών χιλιομέτρων με διεύθυνση 120ο

Η Θ. Ροντογιάννη (1984) μελέτησε με λεπτομέρεια την τεκτονική της περιοχής και διέκρινε τρεις τεκτονικές φάσεις παραμόρφωσης: Β και κλίση 80° ΝΔ (Γσόφλιας και Συμεωνίδης, 1990).

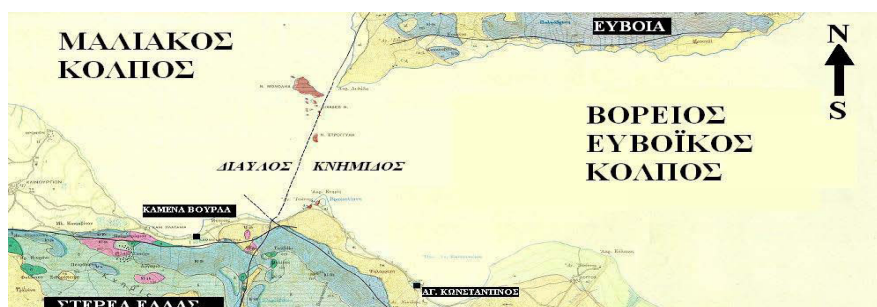
- α) μία φάση παραμόρφωσης ηλικίας πλειόκαινου που αντιστοιχεί σε ΒΒΑ – ΝΑ διεύθυνση.
- β) ένα επεισόδιο συμπίεσης στις αρχές του Τεταρτογενούς που αντιστοιχεί σε σμίρυνση διεύθυνσης περίπου Β – Ν, και
- γ) μια φάση υπέρτασης ηλικίας μέσου Πλειστόκαινου, με διεύθυνση ΒΒΔ – ΝΝΑ.

Η τελευταία φάση συνεχίζεται μέχρι τις μέρες μας και προκαλεί έντονη τεκτονική δραστηριότητα.



Σχήμα 6.1: Χάρτης της περιοχής της Λοκρίδας (από το γεωλογικό χάρτη της Ελλάδας Ι.Γ.Μ.Ε.)

Συγκεκριμένα στον Άγιο Κωνσταντίνο σύμφωνα και με το φύλλο γεωλογικού χάρτη «Μύλοι» (Σχήμα 6.2) κυριαρχούν οι προσχώσεις, άργιλοι, άμμοι, λατύπες, κροιάλες, παράκτια κροαλοπαγή και ηπειρωτικές αποθέσεις. Το κίτρινο το οποίο εξετάζει η παρούσα εργασία βρίσκεται στο ορεινό μέρος του χωριού όπου κυριαρχούν οι ασβεστόλιθοι.



Σχήμα 6.2: Επεξεργασμένος Γεωλογικός Χάρτης «Μύλοι» (Ι.Γ.Μ.Ε.)

6.2. Στοιχεία ακινήτου

Το ακίνητο στο οποίο έγινε η παρούσα μελέτη βρίσκεται στον Άγιο Κωνσταντίνο Φθιώτιδας στην περιοχή της Λοκρίδας όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.3.

Είναι χτισμένο σε υψόμετρο 70m και σε έντονη κατωφέρεια, «βλέποντας» την θάλασσα και έχοντας πίσω του το όρος Κνημής. Η έκταση των στεγασμένων χώρων είναι 100m². Τα κοντινότερα σπίτια βρίσκονται σε απόσταση 50m και είναι εκτεθειμένο από όλες τις πλευρές στα καιρικά φαινόμενα.



Σχήμα 6.3: Δορυφορική εικόνα της περιοχής (© 2000 Google)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

7. Ενεργειακή μελέτη

7.1. Γενικά

Οι θερμικές ανάγκες ενός χώρου και γενικότερα ενός κτιρίου είναι το ποσό θερμότητας που πρέπει να ληφθεί ως βάση για το σχεδιασμό της εγκατάστασης θέρμανσης. Οι θερμικές ανάγκες είναι μία ιδιότητα του κτιρίου ανεξάρτητη από το σύστημα θέρμανσης που θα εγκατασταθεί αλλά εξαρτώμενη από το μέγεθος του χώρου, το μέγεθος και το υλικό κατασκευής των τοίχων, τον αερισμό καθώς και από άλλους παράγοντες. Ωστόσο ο κυριότερος παράγοντας που επηρεάζει τις απαιτήσεις θέρμανσης είναι η εξωτερική θερμοκρασία στην εκάστοτε γεωγραφική περιοχή.

Η μεθοδολογία του υπολογισμού των θερμικών αναγκών βασίζεται στους νόμους της μετάδοσης θερμότητας. Επειδή όμως στους υπολογισμούς πρέπει να καθοριστούν πολλά μεγέθη (θερμοκρασίες χώρων διαφόρων χρήσεων, ποσότητες αερισμού κλπ), για να αποφευχθούν αυθαίρετες παραδοχές οι διάφορες χώρες καθιέρωσαν έναν ενιαίο τρόπο υπολογισμού που υπάρχει σε μορφή κανονισμού και διαφέρει από χώρα σε χώρα.

Ο ελληνικός Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων - Κ.Θ.Κ (ΦΕΚ 362/79) που βασίζεται κυρίως στο γερμανικό DIN 4108, περιέχει πολλά απαραίτητα στοιχεία για τον υπολογισμό των θερμικών αναγκών. Η νέα έκδοση του κανονισμού του 1983 περιέλαβε και τις σύγχρονες αντιλήψεις σχετικά με τη διείσδυση του αέρα στα κτίρια, την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας και τη θερμοχωρητικότητα των κτιρίων.

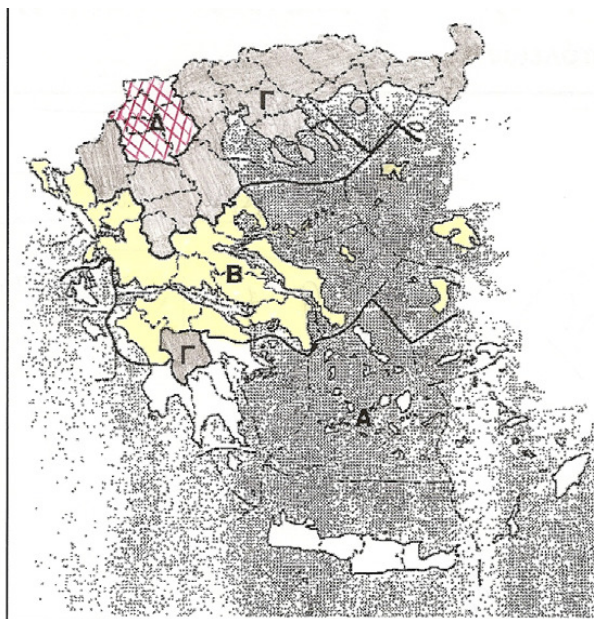
Στον υπολογισμό των θερμικών αναγκών διακρίνουμε τις κανονικές και τις ειδικές περιπτώσεις. Κανονικές είναι οι συνηθισμένες κατασκευές που περιλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος των κτιρίων όπως π.χ. μονοκατοικίες, πολυκατοικίες, δημόσια κτίρια, εμπορικά καταστήματα, τράπεζες, εκπαιδευτικά κτίρια, ξενοδοχεία, νοσοκομεία, εργοστάσια κ.λπ. Ως ειδικές περιπτώσεις ορίζονται οι σπάνια θερμαινόμενοι χώροι (π.χ. εκκλησίες), τα κτίρια με βαριά κατασκευή (π.χ. καταφύγια, κλειστά υπόγεια γκαράζ), οι μεγάλες αίθουσες και τέλος τα θερμοκήπια. Ο υπολογισμός των θερμικών απωλειών γίνεται για μόνιμη κατάσταση θέρμανσης δηλ. παραδεχόμαστε ότι όλα τα μεγέθη που υπεισέρχονται στους υπολογισμούς παραμένουν σταθερά στο χρόνο. Επίσης παραδεχόμαστε ότι η θερμοκρασία στις επιφάνειες των διαχωριστικών τοίχων που συνορεύουν με θερμαινόμενους χώρους, είναι η ίδια με την θερμοκρασία του αέρα του χώρου. Έτσι οι εσωτερικοί τοίχοι ανταλλάζουν ακτινοβολία μόνο με την εσωτερική επιφάνεια των εξωτερικών τοίχων.

Για τους υπολογισμούς των θερμικών αναγκών ενός κτιρίου πρέπει να προσδιοριστεί η πιθανή δυσμενέστερη (χαμηλότερη) εξωτερική θερμοκρασία στην περιοχή, που ήδη υπάρχει ή

πρόκειται να κατασκευαστεί το κτίριο. Ο ελληνικός Κανονισμός Θερμομόνωσης ορίζει ως θερμοκρασία υπολογισμού των θερμικών αναγκών τη "μέση ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία". Αυτή είναι η ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας που μπορεί να εμφανιστεί μια φορά το χρόνο, για δύο τουλάχιστον συνεχόμενες ημέρες (Ε. Καράμπαμπα, 2007).

Οι πραγματικές θερμικές απώλειες ενός κτιρίου είναι μικρότερες από το ποσό θερμότητας που μπορεί να δώσει η εγκατάσταση θέρμανσης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο σχεδιασμός της εγκατάστασης γίνεται έτσι ώστε να καλύψει τις απώλειες του κτιρίου ακόμη και στις ελάχιστες πιθανές τιμές της εξωτερικής θερμοκρασίας. Γι' αυτό το λόγο συμβουλευόμαστε τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων για την μέση ελάχιστη θερμοκρασία της περιοχής που μας ενδιαφέρει.

Κατά τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων λοιπόν και για τους υπολογισμούς των κύριων παραμέτρων θερμικής προστασίας του κτιριακού κελύφους, δηλαδή των συντελεστών θερμοπερατότητας κατά την περίοδο θέρμανσης, η χώρα υποδιαιρείται σε τέσσερις (4) κλιματικές ζώνες, με βάση τις ετήσιες Βαθμοημέρες Θέρμανσης (ΒΗΘ):



Ισχύει η παρακάτω κλιμάκωση :

Ζώνη Α από 601 - 1100 ΒΗΘ

Ζώνη Β από 1101 - 1600 ΒΗΘ

Ζώνη Γ από 1601 - 2200 ΒΗΘ

Ζώνη Δ περισσότερες από 2201 ΒΗΘ

Η περιοχή του Αγίου Κωνσταντίνου (Λοκρίδα) ανήκει στην Ζώνη Β. Αν λάβουμε υπόψη μας ότι η κοντινότερη πόλη από την οποία έχουμε δεδομένα στον Κ.Θ.Κ. είναι η Λαμία τότε βάσει του παρακάτω πίνακα

(Πίνακας 7.1) ένα σπίτι χρειάζεται 1.467 Βαθμοημέρες Θέρμανσης (ΒΗΘ) οι οποίες αν πολλαπλασιαστούν με τις 24 ώρες τις ημέρας θα μας δώσουν 35.208 Βαθμώρες Θέρμανσης (ΒΩΘ). Αυτό το μέγεθος είναι καθοριστικό για την συνέχεια.

ΠΟΛΕΙΣ	ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΒΑΘΜΟΗΜΕΡΕΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ
Αθήνα	ΖΩΝΗ B (από 1101 - 1600 BHΘ)	1228
Αγρίνιο		1331
Αίγιο		1210
Άραξος		1155
Άρτα		1276
Βόλος		1471
Ελευσίνα		1240
Κάρυστος		1140
Κέρκυρα		1203
Κόρινθος		1167
Κύμη		1516
Λαμία		1467
Λευκάδα		1146
Λήμνος		1449
Μυτιλήνη		1234
Πάτρα		1207
Πύργος		1110
Σκόπελος		1452
Σκύρος		1246
Χαλκίδα		1200

Πίνακας 7.1: Ταξινόμηση των ελληνικών πόλεων σε κλιματικές ζώνες

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι βαθμοημέρες θέρμανσης (BHΘ) είναι υπολογισμένες σε θερμοκρασία βάσης ($T_{\sigma\gamma\epsilon\delta\iota\alpha\sigma\mu\acute{o}\upsilon}$) τους 19 °C.

7.2.Υπολογισμοί

7.2.1.Ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης (Αντλία Θερμότητας)

Γνωρίζουμε από τον ΚΘΚ ότι:

- ΒΩΘ Λαμίας = 35.208
- Μέση $T_{\min \text{ εξ}} = -4$

Επίσης η $T_{\text{σχεδιασμού}} = 19 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Άρα μπορούμε να υπολογίσουμε το $\Delta T_{\text{σχεδ}} = T_{\text{σχεδ}} - T_{\min \text{ εξ}}$ (Harrison et al. , 1990)

- $\Delta T_{\text{σχεδιασμού}} = 19 - (-4) = 23 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Με βάση τον όγκο και τη θερμομόνωση του κτιρίου η ισχύς που χρειαζόμαστε είναι 10kWth . Επομένως η απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης είναι

- Ενέργεια = $(\text{ΙΣΧΥΣ} / \Delta T_{\text{σχεδιασμού}}) \cdot \text{ΒΩΘ} = 12.246 \text{ kWh}$

Για να υπολογίσουμε την ενέργεια που καταναλώνει μόνο η ΓΑΘ για θέρμανση διαιρούμε την συνολικά απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση με το $\text{SPF}_{\text{θέρμανσης}}$ της Γ.Α.Θ.. Οπότε έχουμε:

- $12.246 / 4,5 = 2.721 \text{ kWh}_e$

7.2.2.Ενεργειακές απαιτήσεις ψύξης (Αντλία Θερμότητας)

Εργαζόμαστε όπως στην περίπτωση της θέρμανσης:

- Θεωρούμε τις βαθμώρες ψύξης = 12.000
- Μέση $T_{\max \text{ εξ}} = 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Επίσης η $T_{\text{σχεδιασμού}} = 26 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Άρα μπορούμε να υπολογίσουμε το $\Delta T_{\text{σχεδ}} = T_{\max \text{ εξ}} - T_{\text{σχεδ}}$ (Harrison et al. , 1990)

- $\Delta T_{\text{σχεδιασμού}} = 35 - 26 = 9 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Με βάση τον όγκο και τη θερμομόνωση του κτιρίου η ισχύς που χρειαζόμαστε είναι 6kWc. Επομένως η απαιτούμενη ενέργεια ψύξης είναι:

- Ενέργεια = $(\text{ΙΣΧΥΣ} / \Delta T_{\text{σχεδιασμού}}) \cdot \text{ΒΩΘ} = 8.000 \text{ kWh}$

Για να υπολογίσουμε την ενέργεια που καταναλώνει μόνο η ΓΑΘ για ψύξη διαιρούμε την συνολικά απαιτούμενη ενέργεια για ψύξη με το $\text{SPF}_{\text{ψύξης}}$ της Γ.Α.Θ.. Οπότε έχουμε:

- $8.000 / 3,5 = 2286 \text{ kWh}_e$

7.2.3.Ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης (Γεωεναλλάκτης)

Για να υπολογίσουμε πόσα μέτρα γεωεναλλάκτη χρειαζόμαστε πρέπει να γνωρίζουμε πόση ισχύ απαιτούμε από αυτόν καθώς και την θερμική απόληψη / απόδοση του υπεδάφους.

Ισχύει ότι

- $\text{SPF}_{\text{th}} = (\text{P}_g + \text{P}_e) / \text{P}_e$ και
- $\text{P}_g + \text{P}_e = 10 \text{ kW}$

P_g : η ισχύς που παρέχεται στο σύστημα από το υπεδάφος

P_e : η ισχύς που παρέχεται στο σύστημα μέσω ηλεκτρικού ρεύματος στον συμπιεστή της ΓΑΘ.

Επομένως:

- $\text{SPF}_{\text{th}} = (\text{P}_g + \text{P}_e) / \text{P}_e \rightarrow$
 $4,5 = 10 / \text{P}_e \rightarrow$
 $\text{P}_e = 2,2 \text{ kW}$ και

- $\text{P}_g + \text{P}_e = 10 \text{ kW} \rightarrow$
 $\text{P}_g = 10 - \text{P}_e = 10 - 2,22 \rightarrow$
 $\text{P}_g = 7,8 \text{ kW}.$

Άρα υπολογίσαμε την $\text{P}_e = 2,2 \text{ kW}$

και την $\text{P}_g = 7,8 \text{ kW}$

Επομένως για να υπολογίσουμε το μήκος του Γ.Ε.Θ. θα λάβουμε υπόψη μας την ειδική θερμική απόδοση του πετρώματος που μας αφορά βάσει του παρακάτω πίνακα.

Είδος Πετρωμάτων Υπεδάφους	Ειδική Απόληψη/Απόδοση θερμότητας ανά m ΓΕΘ	
	για 1800 h/έτος	για 2400 h/έτος
Ξηρές φερτές ύλες	25 W/m	20 W/m
Αμμοχάλικο, άμμος - ξερή	< 25 W/m	< 20 W/m
Αμμοχάλικο, άμμος – κορεσμένα με νερό	65 - 80 W/m	55 - 65 W/m
Αργιλώδες έδαφος, υγρό	35 - 50 W/m	30 - 40 W/m
Αργιλικός Σχιστόλιθος	30 – 55 W/m	20 – 35 W/m
Ασβεστόλιθος (συμπαγής)	55 - 70 W/m	45 - 60 W/m
Ψαμμίτες	65 - 80 W/m	55 - 65 W/m
Γρανίτης	65 - 85 W/m	55 - 70 W/m

Το πέτρωμά μας είναι ασβεστόλιθος με ειδική θερμική απόληψη / απόδοση: 55W/m
Άρα θα χρειαστούμε:

$$\bullet P_g / (55W/m) = (7800W) / (55W/m) = 142m \text{ ΓΕΘ}$$

Δηλαδή θα χρειαστούμε σχεδόν 150m ΓΕΘ.

7.2.4.Ενεργειακές απαιτήσεις ψύξης (Γεωεναλλάκτης)

Όμοια θα εργαστούμε και για την ψύξη:

Ισχύει ότι

$$\bullet SPFC = (P_g - P_e)/P_e \text{ και}$$

- $P_g - P_e = 6\text{kW}$

P_g : η ισχύς που παρέχεται στο υπέδαφος από το σύστημα

P_e : η ισχύς που παρέχεται στο σύστημα μέσω ηλεκτρικού ρεύματος στον συμπιεστή της Γ.Α.Θ..

Επομένως:

- $SPF_c = (P_g - P_e) / P_e \rightarrow$

$$3,5 = 6 / P_e \rightarrow$$

$$P_e = 1,7 \text{ kW}$$

- $P_g - P_e = 6 \text{ kW} \rightarrow$

$$P_g = 6 + P_e = 6 + 1,7 \rightarrow$$

$$P_g = 11,7 \text{ kW.}$$

Άρα υπολογίσαμε την $P_e = 1,7\text{kW}$ και την $P_g = 11,7\text{kW}$.

Επομένως για να υπολογίσουμε το μήκος του Γ.Ε.Θ. θα λάβουμε υπόψη μας την ειδική θερμική απόληψη του πετρώματος που μας αφορά βάσει του πίνακα 7,1. Το πέτρωμά μας είναι ασβεστόλιθος με ειδική θερμική απόληψη / απόδοση: 55W/m . Άρα θα χρειαστούμε:

- $P_g / (55\text{W/m}) = (11700\text{W}) / (55\text{W/m}) = 213\text{m ΓΕΘ}$

Δηλαδή θα χρειαστούμε 213m ΓΕΘ . Βλέπουμε ότι για την ψύξη χρειαζόμαστε μεγαλύτερο μήκος γεωεναλλάκτη απ' ό,τι για τη θέρμανση, επομένως ο σχεδιασμός μας θα συνεχιστεί με βάση τα 213m αφού έτσι καλύπτονται και οι απαιτήσεις της θέρμανσης. Αυτό το μήκος γεωεναλλάκτη θα διαμοιραστεί σε 3 γεωτρήσεις των 72m . Αυτό γίνεται διότι σε γεωτρήσεις άνω των 100m οι πιέσεις του νερού είναι μεγάλες και είναι πολύ πιθανό να δημιουργήσουν σοβαρό πρόβλημα στην γεωθερμική εγκατάσταση (π.χ. 2 γεωτρήσεις των 108m).

7.3. Σχεδιασμός

7.3.1. Γεωεναλλάκτης

Προτείνεται η δημιουργία κλειστού κυκλώματος - ground coupled / closed loop διότι δεν υπάρχουν ευνοϊκές υδρολογικές συνθήκες στην περιοχή έτσι ώστε να τις εκμεταλλευτούμε γεωθερμικά. Για την υλοποίηση του έργου, προτείνεται να κατασκευασθούν 3 τυφλές γεωτρήσεις (κατακόρυφοι γήινοι εναλλάκτες θερμότητας) βάθους εκάστης 72m . Οι κατακόρυφοι γήινοι

εναλλάκτες θερμότητας θα έχουν μεταξύ τους αξονική απόσταση 3 m σχηματίζοντας τεθλασμένη γραμμή, με γενικά εύκολη οδήγηση των σωλήνων στο χώρο που υπάρχει το μηχανοστάσιο στο οποίο βρίσκονται η αντλία θερμότητας και ο λέβητας ζεστού νερού.

Οι γεωτρήσεις αποτελούν προέκταση της υδραυλικής εγκατάστασης κλιματισμού του κτιρίου και έτσι γίνεται η θερμική εκτόνωση του κτιρίου, μέσω του κλειστού εναλλάκτη θερμότητας νερού-εδάφους, κατακόρυφου τύπου (Καρύτσας 2004). Στους κατακόρυφους γήινους εναλλάκτες θερμότητας (γεωτρήσεις):

- Κυκλοφορεί σε κλειστό κύκλωμα καθαρό νερό.
- Δεν εμπεριέχεται ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός (π.χ. υποβρύχιο αντλητικό συγκρότημα).
- Δεν γίνεται καμία απόληψη υπόγειου νερού, ενώ αυτές δεν στεγάζονται σε οποιαδήποτε κατασκευή, π.χ. οικίσκιο, κιόσκι, στέγη, απλά βρίσκονται θαμμένες κάτω από το τελικώς διαμορφωμένο επίπεδο του εδάφους.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι δεν προκαλείται καμία αρνητική επίπτωση στο περιβάλλον από την κατασκευή τους και κυρίως δεν επηρεάζεται ούτε κατά την εγκατάσταση ούτε κατά την λειτουργία ο υδροφόρος ορίζοντας.

Πριν την έναρξη των εργασιών κατασκευής των γεωτρήσεων οι οποίες θα πρέπει να διανοιχθούν από εξειδικευμένο συνεργείο, θα πρέπει να κατασκευαστούν σε συνεργασία με τον προμηθευτή των σωληνώσεων και την σύμφωνη γνώμη του επιβλέποντα, πρότυπη διάταξη σύνδεσης των κάτω άκρων των σωληνώσεων της γεώτρησης σε σχήμα «U». Η διάταξη αυτή θα πρέπει να ελεγχθεί ως προς τη στιβαρότητά της, αλλά και την αντοχή της σε διαρροές σε πίεση 16 atm. Οι σωληνώσεις, που πρόκειται να βυθιστούν στην γεώτρηση θα παραληφθούν σε κουλούρες των 100 m. Στα άκρα δύο ρολών θα συνδεθεί το ειδικό τεμάχιο τύπου «U», όπως ακριβώς έχει αποφασισθεί. Στη συνέχεια η διπλή σωλήνωση θα καθαριστεί με νερό, θα πληρωθεί με νερό από τα άλλα δύο άκρα των ρολών και θα τεθεί υπό πίεση 16 bar για περίοδο τουλάχιστον τεσσάρων ωρών. Η μέγιστη επιτρεπόμενη πτώση της πίεσης κατά την περίοδο αυτή δεν επιτρέπεται να ξεπεράσει τα 1,5 bar υπό σκιά και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 20°C. Στη συνέχεια τα δύο ελεύθερα άκρα της σωλήνωσης θα τεθούν υπό ατμοσφαιρική πίεση, και ενώ η σωλήνωση παραμένει πλήρης με νερό, θα ταπωθούν. Η σωλήνωση τότε θα είναι έτοιμη για βύθιση. Κάθε γεώτρηση θα πληρωθεί με μείγμα 85% τσιμέντου και 15% μπετονίτη μέχρι των άνω άκρων της. Η διπλή σωλήνωση κάθε γεώτρησης συνδέεται με οριζόντιες υπόγειες σωληνώσεις πολυαιθυλενίου με το κύκλωμα της αντλίας θερμότητας μέσα στο μηχανοστάσιο του υπογείου.

Οι γεωτρήσεις θα έχουν διάμετρο 7" και θα διανοιχθούν στα σημεία που προβλέπει η μελέτη με χρήση ειδικού εξοπλισμού που θα απαιτηθεί. Οι γεωτρήσεις προτείνεται να κατασκευασθούν με υδραυλικό γεωτρώπανο, θετικής κυκλοφορίας.

Αμέσως μετά τη διάνοιξη και τον καθαρισμό της γεώτρησης, θα βυθιστεί μέσα σε αυτήν η προετοιμασμένη διπλή σωλήνωση (γεμισμένη με νερό) και αμέσως μετά θα πρέπει να ξεκινήσει η διαδικασία πλήρωσης της γεώτρησης με μείγμα τσιμέντου μπετονίτη - άμμου από κάτω προς τα πάνω. Οι εξωτερικές σωληνώσεις του πεδίου των γεωτρήσεων θα είναι από σωλήνα πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας εξωτερικής διαμέτρου 32mm, ονομαστικής πίεσης λειτουργίας 16atm, πάχους 4,4mm μέχρι τους συλλέκτες της αντλίας θερμότητας. Μετά την πλήρωση της γεώτρησης, η διπλή σωλήνωση θα παραμείνει πλήρης με νερό με τα δύο άνω άκρα της ταπωμένα.

Επίσης:

- Προβλέπεται η εγκατάσταση αντλητικού συγκροτήματος για την κυκλοφορία του νερού εντός του γεωεναλλάκτη.
- Ανάλογα με τον όγκο του νερού που απαιτείται για την ενδοδαπέδια θέρμανση θα επιλέξουμε και τον όγκο του δοχείου διαστολής.
- Για την απαλλαγή του πρωτεύοντος κυκλώματος νερού από τα διαλυμένα αέρια, προβλέπεται η τοποθέτηση συσκευής απαέρωσης του δικτύου.

7.3.2. Σύνδεση με την Αντλία Θερμότητας

Ο γεωεναλλάκτης έρχεται σε επαφή με τον εξαμιστή της αντλίας θερμότητας. Εκεί το νερό του γεωεναλλάκτη μεταφέρει θερμότητα στο ρευστό της αντλίας και ξεκινάει ο θερμικός κύκλος της.

Οι κατακόρυφοι γήινοι εναλλάκτες θερμότητας της υπό μελέτη περίπτωσης σχεδιάζονται έτσι ώστε να έχουν την εξής ειδική απόληψη θερμότητας από το υπέδαφος (κατά τη λειτουργία θέρμανσης) ή ειδική απόδοση θερμότητας στο υπέδαφος (κατά τη λειτουργία ψύξης).

1. Λειτουργία Θέρμανσης: • Απόληψη από το υπέδαφος 55W ανά m ΓΕΘ

- Παροχή = $8 \text{ m}^3/\text{h}$
- Έξοδος από ΓΕΘ 12°C
- Είσοδος στον ΓΕΘ 8°C
- Ενέργεια προερχόμενη από τους ΓΕΘ = 7,8 kWth

2.Λειτουργία Ψύξης:

- Απόδοση στο υπέδαφος 55 W ανά m ΓΕΘ
- Παροχή =8 m³/h
- Έξοδος από ΓΕΘ 18°C
- Είσοδος στον ΓΕΘ 23°C
- Ενέργεια αποδιδόμενη στους ΓΕΘ = 11,7 kWc

Αφού λοιπόν η γήινη θερμότητα αναβαθμιστεί στην Γ.Α.Θ., περνάει στο κτίριο μέσω ενδοδαπέδιας θέρμανσης αποτελούμενης από σωλήνες πολυαιθυλενίου. Μέσω της ενδοδαπέδιας διαχέεται σε ολόκληρο τον όγκο του κτιρίου από κάτω προς τα πάνω σε αντίθεση με τα θερμαντικά σώματα (καλοριφέρ) όπου η θερμότητα διαχέεται σφαιρικά

Όφελος από την κατασκευή του έργου.

Με το έργο θα καλυφθούν οι ανάγκες της κτιριακής εγκατάστασης για ψύξη και θέρμανση και τα πλεονεκτήματα της εγκατάστασης συνοψίζονται στα εξής:

- Η εγκατάσταση δεν θα χρειάζεται λέβητα, ούτε δεξαμενή πετρελαίου, διότι δεν χρησιμοποιείται καθόλου πετρέλαιο ή άλλο καύσιμο.
- Δεν θα χρειάζεται πύργο ψύξης ή ψυγείο, τα οποία παράγουν θόρυβο και είναι ιδιαίτερα ενοχλητικά στην λειτουργία τους.
- Κατά τη διάρκεια λειτουργίας του όλου συστήματος ο μόνος θόρυβος που παράγεται είναι αυτός της αντλίας θερμότητας (της τάξης των 50dB). Αν λάβουμε υπόψη ότι η αντλία βρίσκεται στο υπόγειο του σπιτιού τότε ο θόρυβος βρίσκεται σαφώς εντός των αποδεκτών ορίων.
- Δεν θα υπάρχει πουθενά καύση ή καπνοδόχος και δεν παράγονται κατά συνέπεια ρύποι (όπως μονοξείδιο του άνθρακα κτλ).
- Δεν υπάρχουν θερμές επιφάνειες και δεν δημιουργούνται σπινθήρες σε κανένα τμήμα της διαδικασίας ή των εγκαταστάσεων

Σε συνέπεια των δύο τελευταίων αναφορών δεν προκύπτουν αυξημένες ανάγκες για εξοπλισμό πυροπροστασίας.

- Δεν θα υπάρχουν στο κτίριο εξωτερικές εγκαταστάσεις και μονάδες (όπως στα κλασικά συστήματα ψύξης - Air Condition) που είναι αντιαισθητικά στην εικόνα του κτιρίου.
- Οι εγκαταστάσεις και τα υγρά και αέρια που χρησιμοποιούνται στο κλειστό κύκλωμα είναι 100% οικολογικά.
- Δεν λαμβάνεται σε καμία περίπτωση νερό από τον υδροφόρο ορίζοντα.

- Το ετήσιο κόστος κλιματισμού (ψύξης και θέρμανσης) θα είναι, συγκρινόμενο με τις συμβατικές μεθόδους θέρμανσης (φυσικό αέριο, πετρέλαιο θέρμανσης και ηλεκτρισμός), μειωμένο.
- Η ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας θα είναι μειωμένη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

8. Σύγκριση κόστους με συμβατικές μορφές ενέργειας

8.1. Γενικά

Στη συνέχεια παρουσιάζονται σε πίνακες οι ενεργειακές και κατά συνέπεια οικονομικές απαιτήσεις των γεωθερμικών αλλά και συμβατικών συστημάτων θέρμανσης και ψύξης προκειμένου να γίνει ευκολότερη η σύγκριση κόστους. Παρουσιάζονται αναλυτικά τα μεγέθη που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των ενεργειακών αναγκών στο Κεφάλαιο 7.

Λήφθηκαν υπόψη οι πιο πρόσφατες τιμές υλικών, προϊόντων, τιμών πετρελαίου θέρμανσης και ηλεκτρικής κιλοβατώρας έτσι ώστε η μελέτη να ανταποκρίνεται όσο το δυνατόν καλύτερα στις παρούσες οικονομικο-τεχνικές συνθήκες.

8.2. Αποτελέσματα

Σύμφωνα με τις σημερινές τιμές των συμβατικών μέσων θέρμανσης - ψύξης και σύμφωνα με την μελέτη που περιγράφηκε στα προηγούμενα κεφάλαια της παρούσας εργασίας θα γίνει η σύγκριση κόστους.

Με χρήση υπολογιστικών φύλλων Microsoft Office Excel προέκυψε ο παρακάτω πίνακας ο οποίος δείχνει τα κόστη των συμβατικών συστημάτων αλλά και γεωθερμικού συστήματος σε ετήσια βάση. Η σύγκριση του γεωθερμικού συστήματος έχει γίνει σε σχέση με το συμβατικό σύστημα θέρμανσης με λέβητα πετρελαίου και χρήση κλιματιστικών μονάδων για ψύξη και το συμβατικό σύστημα θέρμανσης με λέβητα φυσικού αερίου και χρήση κλιματιστικών μονάδων για ψύξη. (η ψύξη γίνεται και πάλι με συμβατικές κλιματιστικές μονάδες καθώς η χρήση φυσικού αερίου για ψύξη προσφέρεται μόνο για μεγαλύτερους επαγγελματικούς χώρους και όχι για κατοικίες).

ΕΤΗΣΙΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ							
ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ		ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ					
	ΒΑΘΜΩΡΕΣ	ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΚΟΣΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ		SPF	ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΚΟΣΤΟΣ
ΘΕΡΜΑΝΣΗ	35208	12246 kWh	0,12 €/kWh		4,5	2721 kWh	327 €
ΨΥΞΗ	12000	8000 kWh	0,12 €/kWh		3,5	2286 kWh	274 €
ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (ΛΕΒΗΤΑΣ πετρελαίου)							
			ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ		ΑΠΟΛΟΣΗ ΛΕΒΗΤΑ	ΕΝΡΓΕΙΑ	ΚΟΣΤΟΣ
ΘΕΡΜΑΝΣΗ	35208	12246 kWh	1,03	€/kWh (th)	0,85	14407 kWh	1.484 €
			ή 38.700 kJ / kg				
			ή 10,75 kWh / kg				
			ή 1.100 € / ton				
ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΑ)							
			ΚΟΣΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ		SPF	ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΚΟΣΤΟΣ
ΨΥΞΗ	12000	8000 kWh	0,12 €/kWh		2	4000 kWh	480 €
ΕΤΗΣΙΑ ΚΟΣΤΗ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ		ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ		
ΓΑΘ	327 €	274 €	150 €		751 €		
ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ	1.484 €	480 €	400 €		2.364 €		

Πίνακας 8.1 Τα κόστη των συμβατικών συστημάτων και γεωθερμικού συστήματος σε ετήσια βάση

Από τα ανωτέρω δεδομένα προκύπτει ότι το συνολικό ετήσιο κόστος της Γ.Α.Θ. είναι λιγότερο από το μισό του αντίστοιχου των συμβατικών συστημάτων θέρμανσης και ψύξης, με την Γ.Α.Θ. να απαιτεί περίπου 750 € ανά έτος και το συμβατικό σύστημα λέβητα και κλιματιστικών να απαιτεί περίπου 2400 € ανά έτος.

Σύμφωνα με την European Heat Pump Association (EHPA) και το GROUND HIT (Ground Coupled Heat Pumps of High Technology) το κόστος της εγκατάστασης (λέβητας πετρελαίου) που θα κάλυπτε τις ανάγκες θέρμανσης του κτιρίου ανέρχεται στα 6.500 € και ετήσιο κόστος συντήρησης 200 €. Αντίστοιχα για ψύξη με συμβατικό μέσο θέρμανσης (κλιματιστικά) η αγορά και εγκατάστασή τους θα κοστίσει 2.000 € και ετήσιο κόστος συντήρησης 200€. Το κόστος εγκατάστασης της Γ.Α.Θ. εκτιμάται περίπου στα 26.000 €.

Όπως φαίνεται λοιπόν το αρχικό κόστος του γεωθερμικού συστήματος είναι μεγαλύτερο του συμβατικού. Σε βάθος χρόνου όμως γίνεται απόσβεση χρημάτων και από εκεί και έπειτα το συμβατικό σύστημα είναι ασύμφορο οικονομικά.

8.3. Συμπεράσματα

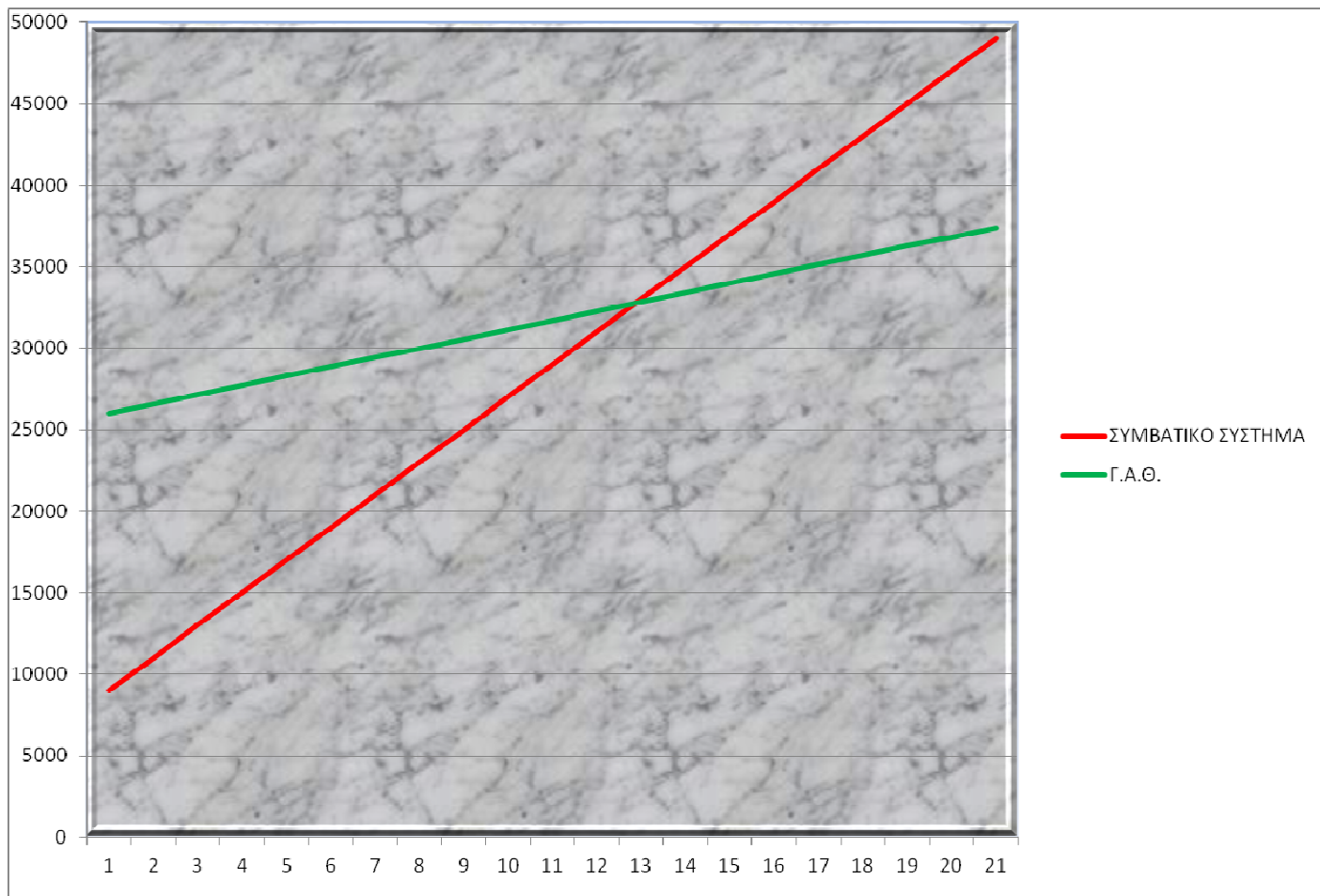
Το κόστος ενός συμβατικού συστήματος εκτιμάται σε 9.000 € με ετήσιο λειτουργικό κόστος περίπου 2.400 € (~2.364). Ενώ τα αντίστοιχα κόστη του γεωθερμικού συστήματος εκτιμώνται σε 26.000 € με ετήσιο λειτουργικό κόστος περίπου 570 € (~571). Δηλαδή από τη λειτουργία του γεωθερμικού συστήματος εξοικονομούνται κάθε χρόνο 1.830 €.

Η εξέλιξη του κόστους αναλογικά με τον χρόνο παρουσιάζεται στον πίνακα 8.2 και αφορά σε διάστημα εικοσαετίας που είναι τα χρόνια που συνήθως λειτουργεί μια εγκατάσταση συμβατικής θέρμανσης όπως είναι ο λέβητας πετρελαίου.

ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ			ΓΑΘ
ΕΤΗ	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ €	ΕΤΗ	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ €
0	9000	0	26000
1	11000	1	26570
2	13000	2	27140
3	15000	3	27710
4	17000	4	28280
5	19000	5	28850
6	21000	6	29420
7	23000	7	29990
8	25000	8	30560
9	27000	9	31130
10	29000	10	31700
11	31000	11	32270
12	33000	12	32840
13	35000	13	33410
14	37000	14	33980
15	39000	15	34550
16	41000	16	35120
17	43000	17	35690
18	45000	18	36260
19	47000	19	36830
20	49000	20	37400

Πίνακας 8.2 Η εξέλιξη του κόστους αναλογικά με τον χρόνο σε διάστημα εικοσαετίας

ενώ στο σχήμα 8.1 δίδεται το διάγραμμα σύγκρισης κόστους του γεωθερμικού και του συμβατικού συστήματος, για διάστημα 20 ετών.



Σχήμα 8.1: Διάγραμμα σύγκρισης κόστους συμβατικού και γεωθερμικού συστήματος για διάστημα 20 ετών.

Σε αυτό το σενάριο θεωρήσαμε ότι η τιμή του πετρελαίου και του ηλεκτρισμού θα παραμείνει στάσιμη και ότι δεν δίνονται επιδοτήσεις στους ιδιώτες για γεωθερμικές εφαρμογές, κάτι που συμβαίνει σε πολλές χώρες του εξωτερικού. Πιθανή αύξηση της τιμής του πετρελαίου θέρμανσης τα επόμενα χρόνια, και πιθανή επιδότηση κάποιου ποσοστού των εξόδων εγκατάστασης θα κάνει ακόμα πιο συμφέρουσα την επιλογή του γεωθερμικού συστήματος και η απόσβεση θα πραγματοποιηθεί ακόμα πιο σύντομα.

9.Επίλογος

9.1.Σύνοψη

Μετά την μελέτη που πραγματοποιήθηκε και περιγράφηκε στα προηγούμενα κεφάλαια προέκυψε ότι το συνολικό κόστος της εγκατάστασης συμβατικού συστήματος εκτιμάται στα 9.000 € με ετήσιο λειτουργικό κόστος περίπου 2.400 € και το αντίστοιχο κόστος του γεωθερμικού συστήματος κατακόρυφων γεωεναλλακτών συνδυασμένων με Γ.Α.Θ. εκτιμάται στα 26.000 € με ετήσιο λειτουργικό κόστος περίπου 570 €.

Πρακτικά, από τη λειτουργία του γεωθερμικού συστήματος εξοικονομούνται κάθε χρόνο 1.830 € με αποτέλεσμα να γίνει απόσβεση χρημάτων στα 12 χρόνια, χωρίς να λάβουμε υπόψη μας την διαρκώς αυξανόμενη τιμή του πετρελαίου, του ηλεκτρισμού και τις πιθανές επιδοτήσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

10. Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις

10.1. Αειφορία και ανανεωσιμότητα της γεωθερμίας

Η επιστημονική κοινότητα ταξινομεί συνήθως τη γεωθερμία ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας (ΑΠΕ). Αν και αυτή η ταξινόμηση ισχύει εδώ και δεκαετίες, συχνά διατυπώνονται κάποια ερωτηματικά, καθώς και η άποψη ότι με αυστηρά επιστημονικά κριτήρια η γεωθερμική ενέργεια δεν αποτελεί πάντα ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

Μία έννοια συνδεδεμένη με την ανανεωσιμότητα ενός ενεργειακού πόρου είναι η αειφορία (sustainability). Επειδή συχνά επικρατεί σύγχυση, είναι ανάγκη να διευκρινιστούν αυτές οι δύο έννοιες. Η ανανεωσιμότητα αποτελεί ιδιότητα του ενεργειακού πόρου, ενώ η αειφορία περιγράφει τον τρόπο με το οποίο χρησιμοποιείται οποιοσδήποτε φυσικός πόρος. Η αειφορία σχετίζεται με την ορθολογική διαχείριση των πόρων, τη διάθεσή τους με προσιτό κόστος στον άνθρωπο και χαρακτηρίζεται από κάποια μορφή ισορροπίας. Ο όρος «αειφορία» είναι δανεισμένος από την επιστήμη της δασολογίας και περιλαμβάνει σειρά πρακτικών, πολιτικών και τεχνολογιών, με τις οποίες προσπαθούμε να καλύψουμε τις ενεργειακές μας ανάγκες με το λιγότερο περιβαλλοντικό, κοινωνικό και οικονομικό κόστος. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μόνο με τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των διεργασιών και, κυρίως, με την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ανανεωσιμότητα ενός ενεργειακού πόρου σημαίνει ότι η οποιαδήποτε ποσότητα ενέργειας που λαμβάνεται από το συγκεκριμένο πόρο, η ίδια ποσότητα αναπληρώνεται κατά το ίδιο χρονικό διάστημα. Οι γεωθερμικοί πόροι, μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες: πόροι που παράγονται από συστήματα, τα οποία τροφοδοτούν και με ενέργεια από την άνοδο του μάγματος (και ακολούθως του νερού), αλλά και από τη συνεχή θερμική ροή από το εσωτερικό της γης προς την επιφάνεια, και στα λεγόμενα στατικά συστήματα, όπου η ενέργεια είναι αποθηκευμένη σε θερμά υπόγεια πετρώματα ή σε εγκλεισμένους ταμειυτήρες. Ο ρυθμός και η δυνατότητα ενεργειακής επαναφόρτισης ενός γεωθερμικού συστήματος αποτελεί το κρίσιμο κριτήριο στην ταξινόμηση ενός πεδίου ως ανανεώσιμου ή όχι. Σε όλες τις πρακτικές περιπτώσεις, κάποιος βαθμός τοπικής εξάντλησης των πόρων (στο συγκεκριμένο πεδίο/ταμειυτήρα) σίγουρα συμβαίνει κατά την αξιοποίηση του πόρου, όταν για παράδειγμα ο ταμειυτήρας των γεωθερμικών ρευστών δεν «επικοινωνεί» με την επιφάνεια

του εδάφους, παρά σε μακρινή απόσταση και ο ρυθμός επανατροφοδοσίας και θέρμανσης των ρευστών του δεν είναι ίσος με το ρυθμό άντλησης αυτών.

Κατά την εκμετάλλευση των υδροθερμικών συστημάτων, η επανατροφοδοσία της ενέργειας επιτυγχάνεται με τη φυσική αναπλήρωση του νερού στον ταμιευτήρα, στο ίδιο χρονικό διάστημα στο οποίο γίνεται η παραγωγή των ρευστών. Τα συστήματα αυτά είναι και τα πιο κοινά από αυτά που αποτελούν στόχο των γεωθερμικών ερευνών και τυχαίνουν εκμετάλλευσης σε μεγάλο ποσοστό. Από την άλλη μεριά, στα ξηρά-θερμά πετρώματα και σε μερικούς θερμούς, αλλά εγκλεισμένους, ταμιευτήρες σε ιζηματογενείς λεκάνες, η ενεργειακή επαναφόρτιση ελέγχεται από την αγωγή θερμότητας, μία ιδιαίτερα αργή διεργασία. Ο ρυθμός θερμικής αγωγής είναι αρκετά αργός για να γίνει δυνατή η επαναφόρτιση ενός εξαντλημένου ταμιευτήρα. Συνεπώς, μπορεί να λεχθεί ότι τα τελευταία γεωθερμικά συστήματα κατατάσσονται στις σχετικά πεπερασμένες ενεργειακές πηγές. Υπάρχει βέβαια και η ακραία περίπτωση των εντελώς κλειστών ταμιευτήρων, οπότε η εκμετάλλευση με άντληση των ρευστών θα οδηγήσει κάποια στιγμή στην πρακτική εκκένωση του ταμιευτήρα (όπως γίνεται με τους ταμιευτήρες των υδρογονανθράκων).

Η συνειδητοποίηση της ανάγκης για χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) και της περαιτέρω προώθησής τους από μεγάλο τμήμα της κοινωνίας προέρχεται από τους παρακάτω λόγους: (α) Οι ΑΠΕ διαθέτουν σημαντικά περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις συμβατικές μορφές ενέργειας (άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο και σχάσιμα πυρηνικά καύσιμα). (β) Οι ΑΠΕ είναι διαθέσιμες λιγότερο ή περισσότερο σε όλες σχεδόν τις περιοχές της γης, είναι δηλαδή περισσότερο «δίκαια» κατανεμημένες από ό,τι τα συμβατικά καύσιμα, με αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους και των κινδύνων από τη μεταφορά των καυσίμων. (γ) Οι πόροι αυτοί, παρόλη τη μικρή συγκέντρωση που τους χαρακτηρίζει, είναι τεράστιοι και ανεξάντλητοι. Είναι γεγονός βέβαια, ότι με τις παρούσες τεχνικο-οικονομικές συνθήκες, οι ΑΠΕ δεν μπορούν να καλύψουν τις ενεργειακές ανάγκες της ανθρωπότητας στο εγγύς μέλλον. Μπορούν όμως να υποκαταστήσουν μερικώς τα συμβατικά καύσιμα, με άμεσες συνέπειες στην ανακούφιση των περιβαλλοντικών πιέσεων από τη χρήση τους και την επιμήκυνση του χρόνου εξάντλησης τους. Δεν είναι τυχαίο ότι η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει ως πρωταρχικό στόχο για το 2010 την κάλυψη του 12% των ενεργειακών της αναγκών από τις ΑΠΕ. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο τοποθετείται και ο διπλασιασμός της παραγωγής γεωθερμικής ενέργειας ανάμεσα στο 1995 και το 2010. Είναι ενδεικτικό ότι ο στόχος αυτός επιτευχθηκε ήδη από το 2005, κυρίως από τη μεγάλη ανάπτυξη των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας και όχι από τη σημαντική χρήση των υδροθερμικών πόρων, όπως είχε προβλεφθεί το 1995.

Σε αντίθεση με άλλες ΑΠΕ, όπως η ηλιακή, η αιολική ενέργεια και η βιομάζα, οι οποίες προωθούνται συστηματικά μέσω διαφόρων προγραμμάτων και ομάδων πίεσης, η γεωθερμική ενέργεια έχει υποτιμηθεί κατά τη γνώμη μας, ιδιαίτερα στη χώρα μας από παρανοήσεις σε σχέση με τη φύση, τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και το μέγεθος των γεωθερμικών πόρων, την κατανομή τους στο χώρο και τα χαρακτηριστικά της ανανεωσιμότητάς τους.

Η γεωθερμική ενέργεια θεωρείται η μόνη αξιόλογη πηγή ενέργειας που δεν εξαρτάται άμεσα ή έμμεσα από τον ήλιο. Μόνο που θα πρέπει να αντλείται από οικονομικά βάθη και με τέτοιο ρυθμό ώστε να ανανεώνεται. Υπάρχει και ένα μικρό τμήμα της γεωθερμίας, η αβαθής γεωθερμία, η οποία αντλεί θερμότητα ή ψύξη από το έδαφος και σε μικρό βάθος, αφού η θερμοκρασία του εδάφους δεν επηρεάζεται από τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην επιφάνεια κάθε περιοχής της γης κάτω από τα 15 m βάθους.

10.2. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Η γεωθερμική ενέργεια θεωρείται καθαρή μορφή ενέργειας, ιδιαίτερα όταν συγκρίνεται με τις συμβατικές μορφές ενέργειας, χωρίς βέβαια οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την εκμετάλλευσή της να είναι πάντα εντελώς αμελητέες. Σε γενικές γραμμές, η υψηλότερη περιεκτικότητα των γεωθερμικών ρευστών υψηλής ενθαλπίας σε διαλυμένα άλατα και αέρια σε σχέση με τα ρευστά χαμηλής ενθαλπίας, επιβάλλουν το διαχωρισμό των επιπτώσεων από την αξιοποίηση της γεωθερμίας. Τα προβλήματα από τη διάθεση των θερμών νερών που χρησιμοποιούνται για άμεσες χρήσεις είναι κατά κανόνα ηπιότερα από ό,τι των ρευστών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Επίσης, θα πρέπει να τονιστεί από την αρχή ότι, στην περίπτωση που εφαρμόζεται η άμεση επανεισαγωγή των γεωθερμικών ρευστών στον ταμεικτήρα, όπως στην περίπτωση των μονάδων δυαδικού κύκλου, οι επιπτώσεις είναι σχεδόν μηδενικές όσον αφορά στις εκπομπές αερίων και τη διάθεση των γεωθερμικών νερών. Η μόνη πιθανή επιβάρυνση μπορεί να προέλθει από διαρροές του δευτερεύοντος οργανικού ρευστού, αν και τα τελευταία χρόνια η χρήση των χλωροφθορανθράκων (ουσιών επιβλαβών στη στιβάδα του όζοντος) έχει υποκατασταθεί από υδροφθοράνθρακες, ουσίες με πολύ μικρότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Βεβαίως, κατά τη φάση της έρευνας, της ανόρυξης των γεωτρήσεων, των δοκιμών και κατασκευής των μονάδων μπορεί να υπάρξουν διαρροές και προσωρινή διάθεση γεωθερμικών νερών σε υδάτινους αποδέκτες, καθώς και αυξημένος θόρυβος.

Αναφορικά με τις άλλες μορφές επιπτώσεων (π.χ. χρήση γης, πρόκληση μικροσεισμικότητας κτλ.), αυτές είναι κοινές με τις ανοικτές μονάδες .

10.3.Επιπτώσεις από 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. Κατ' αρχάς, η θερμική επιβάρυνση είναι σαφώς μικρότερη, με την προϋπόθεση ότι τα νερά μετά τη χρήση τους έχουν θερμοκρασία μικρότερη από 30-35°C. Επίσης, η περιεκτικότητα των νερών χαμηλής ή μέσης θερμοκρασίας σε τοξικά και επιβλαβή συστατικά (As, H₂S, B, βαρέα μέταλλα κτλ) είναι κατά κανόνα πολύ μικρή ή και αμελητέα, χωρίς να απουσιάζουν και κάποιες εξαιρέσεις. Γενικά, η περιεκτικότητα σε διαλυμένα άλατα των νερών αυτών κυμαίνεται από 500-3.000 mg/L, αν και στη χώρα μας παρατηρούνται αρκετά υψηλότερες περιεκτικότητες στις νησιωτικές και παραθαλάσσιες περιοχές, εξαιτίας της συμμετοχής του θαλασσινού νερού στη τροφοδοσία των γεωθερμικών συστημάτων. Επίσης, η περιεκτικότητα σε μη συμπυκνώσιμα αέρια είναι γενικά περιορισμένη, εκτός από μερικές περιπτώσεις όπου υπάρχουν ορισμένες ποσότητες CO₂. Προβλήματα καθιζήσεων ή δημιουργίας μικροσεισμικότητας δεν έχουν ποτέ καταγραφεί σε πεδία χαμηλής ενθαλπίας.

Το κύριο περιβαλλοντικό πρόβλημα από τα ρευστά χαμηλής ενθαλπίας εντοπίζεται στη διάθεση των νερών μετά την απόληψη της θερμότητάς 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 γεώθερμίας. Τρία προβλήματα σχετίζονται με τη λύση αυτή: 1) αυξημένη θερμοκρασία των νερών (θερμική ρύπανση) ,2) σχετικά υψηλή περιεκτικότητα των νερών σε διάφορα συστατικά (μερικά από τα οποία μπορεί να είναι επιβλαβή) και 3) «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 εμπειριστατωμένη μελέτη, και με την προϋπόθεση φυσικά ότι πληρούνται οι όροι διάθεσης των νερών στους συγκεκριμένους φυσικούς αποδέκτες. Ορισμένα γεωθερμικά νερά, όχι μόνο πληρούν αυτά τα όρια και μπορούν να διατεθούν άφοβα σε όλους τους φυσικούς αποδέκτες, αλλά μπορούν ακόμη και να χρησιμοποιηθούν τόσο για άρδευση όσο και για ύδρευση. Οι τεχνητές λίμνες απαιτούν στεγανοποίηση (για να μην υπάρξει επιβάρυνση και ρύπανση του εδάφους και των υπόγειων νερών) και διάθεση των στερεοποιημένων αλάτων. Η μέθοδος αυτή γενικά δεν εφαρμόζεται, παρά μόνον κατά τη φάση των γεωτρήσεων και των δοκιμών.

Η δεύτερη και καλύτερη μέθοδος διάθεσης των νερών είναι η επανεισαγωγή τους στον ταμιευτήρα. Πλεονεκτήματα της μεθόδου αποτελούν η αποφυγή οποιασδήποτε θερμοϊκής και χημικής ρύπανσης των αποδεκτών και η επαναφόρτιση του ταμιευτήρα, που διατηρείται έτσι πάντα υπό πίεση. Κύρια μειονεκτήματα της μεθόδου είναι το κόστος κατασκευής της γεώτρησης επανεισαγωγής και το κόστος λειτουργίας (αντλία επανεισαγωγής), καθώς και η πιθανότητα απόφραξης των πετρωμάτων, γύρω από τα φίλτρα της γεώτρησης με άλατα, οπότε πρέπει να γίνει επέμβαση με χημικά μέσα ή αντικατάσταση της γεώτρησης με άλλη. Ένα άλλο μειονέκτημα είναι η δημιουργία ψυχρού μετώπου στη γεώτρηση επανεισαγωγής. Αν αυτό προχωρήσει και φτάσει την αρχική γεώτρηση τότε έχουμε πρόβλημα υποβιβασμού (θερμικό) ποιότητας υδροφορέα. Αν γίνει κατάλληλα μακρυνά μάλλον μηδενίζεται το πρόβλημα και σίγουρα θα χουν ζεσταθεί τα νερά όταν φθάσουν στην θέση της πρώτης γεώτρησης.

10.4.Επιπτώσεις από μονάδες υψηλής ενθαλπίας

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την αξιοποίηση των ρευστών υψηλής ενθαλπίας διαφέρουν από πεδίο σε πεδίο και περιλαμβάνουν τη χρήση της γης, εκπομπές αερίων, υγρά απόβλητα, θόρυβο, δημιουργία μικροσεισμικότητας και καθιζήσεις.

10.4.1.Χρήση γης και απόθεση στερεών αποβλήτων

Το κύριο χαρακτηριστικό της γεωθερμικής ενέργειας αυτής της κατηγορίας είναι ότι απαντά σε ορισμένες μόνο περιοχές και η αξιοποίησή της γίνεται αναγκαστικά επιτόπου. Το θετικό σε αυτήν την περίπτωση είναι ότι ο «συνολικός κύβλος 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 (π.χ. 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 (ατμοηλεκτρικοί σταθμοί άνθρακα, υδροηλεκτρικοί σταθμοί κτλ), ιδιαίτερα αν συνυπολογίσει κανείς 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 αισθητική ρύπανση από τις γεωθερμικές μονάδες. Το κυριότερο ορατό τμήμα μιας γεωθερμικής μονάδας είναι ο πύργος ψύξης. Κατά μέσο όρο, μία γεωθερμική μονάδα καταλαμβάνει έκταση περίπου 400 m² για την παραγωγή ενέργειας 1 GWh για 30 χρόνια.

Στον παρακάτω Πίνακα καταγράφονται οι απαιτήσεις γης για την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος από διάφορες μορφές ενέργειας, τόσο συμβατικές όσο και ανανεώσιμες, και καταδεικνύεται το σχετικό πλεονέκτημα της γεωθερμίας. Η χρήση γης για την ανάπτυξη της γεωθερμίας μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με τον περιορισμό της περιοχής των γεωτρήσεων και με την αύξηση της δυναμικότητας των μονάδων.

Μορφή ενέργειας	Απαιτούμενη έκταση γης σε m²
Άνθρακας*	3.640
Βιοαέριο	3.600
Ηλιακά-θερμικά	3.560
Φωτοβολταϊκά	3.237
Αιολική	1.335
Γεωθερμία	404

Πίνακας 10.1. Απαιτήσεις σε έκταση γης για διάφορες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (σε m² ανά παραγόμενη GWh για 30 χρόνια).

Ένα άλλο πρόβλημα που συνδέεται με τις περιοχές που γειτνιάζουν άμεσα (σε απόσταση μικρότερη από 1-2 km) με αξιοποιημένα πεδία, είναι η πιθανότητα επίδρασης της φυσικής ροής θερμών πηγών που χρησιμοποιούνται για λουτροθεραπευτικούς σκοπούς και της εκδήλωσης φυσικών ατμίδων ή θερμοπιδάκων, οι οποίοι πάντοτε αποτελούν χώρους τουριστικού ενδιαφέροντος. Εάν από την έρευνα του πεδίου καταδειχθεί ότι μπορούν να υπάρξουν τέτοιες επιδράσεις, η ανάπτυξη του πεδίου θα πρέπει να ματαιωθεί ή να περιοριστεί στις πιο μακρινές περιοχές ή να ανασταλεί για πληρέστερη μελέτη.

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) λάσπες γεωτρήσεων και τριμμάτα μόνο κατά τη διάρκεια της διάτρησης, (β) απόβλητα από τις τεχνολογίες δέσμευσης του υδροθείου (π. χ. στοιχειακό θείο) και (γ) στερεά άλατα από την απομάκρυνση των διαλυμένων αλάτων στο γεωθερμικό νερό (π.χ. πυριτικά άλατα στο Cerro Prieto του Μεξικού) ή από τον καθαρισμό σωληνώσεων από τις επικαθίσεις. Γενικά πάντως, οι ποσότητες στερεών αποβλήτων δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλες, ειδικά όταν συγκρίνονται με απόβλητα από μονάδες που λειτουργούν με συμβατικά καύσιμα. Επιπλέον, τα περισσότερα από τα στερεά αυτά απόβλητα δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ως τοξικά.

10.4.2.Εκπομπές αερίων και αντιμετώπιση

Η αέρια ρύπανση παρουσιάζει ίσως το μεγαλύτερο ενδιαφέρον από όλες τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, που προέρχονται από την αξιοποίηση της γεωθερμίας, κυρίως κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμικά ρευστά υψηλής ενθαλπίας. Τα μη συμπυκνώσιμα αέρια αποτελούν ποσοστό μικρότερο του 5% κ.β. των γεωθερμικών ρευστών. Από τα μη συμπυκνώσιμα αέρια το κυριότερο αέριο που εκπέμπεται, σε ποσοστό μεγαλύτερο από 90% κ.β., είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Άλλα αέρια είναι το υδρόθειο (H₂S), το ραδόνιο (Rn), η αμμωνία (NH₃), ενώ δεν εκπέμπονται καθόλου οξείδια του αζώτου. Το ραδόνιο βρίσκεται σε χαμηλές ή μηδαμινές συγκεντρώσεις και δεν παρουσιάζει κανένα πρόβλημα, αφού από φυσικές πηγές εκπέμπονται καθημερινά πολύ μεγαλύτερες ποσότητες.

Οι ποσότητες CO₂ που εκπέμπονται από γεωθερμικές μονάδες εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά του πεδίου, καθώς και από την τεχνολογία παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας. Πάντως, οι εκπομπές CO₂ από γεωθερμικές μονάδες είναι κατά πολύ μικρότερες από τις αντίστοιχες εκπομπές ατμοηλεκτρικών μονάδων και συγκρίνονται ευνοϊκά και με τις εκπομπές (έμμεσες ή άμεσες) από άλλες ΑΠΕ (Πίνακας 10.2). Οι γεωθερμικές μονάδες νέας γενιάς εκπέμπουν λιγότερο από 0,5 kg CO₂ ανά MWh, συγκρινόμενες με τα 1.000 kg περίπου CO₂ ανά MWh που εκπέμπονται από ατμοηλεκτρικούς σταθμούς που χρησιμοποιούν άνθρακα. Για τον περαιτέρω περιορισμό των γεωθερμικών εκπομπών CO₂ μπορεί να εφαρμοστεί η υγρή λεγόμενη επανεισαγωγή των αερίων στον ταμειυτήρα. Με τη μέθοδο αυτή, το CO₂ διαλύεται στο θερμό αλμόλοιπο, το οποίο εν συνεχεία επανεισάγεται στον

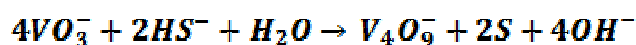
ταμειυτήρα με κατάλληλες γεωτρήσεις. Το H₂S, λόγω της έντονης οσμής του (γίνεται αντιληπτό από τον άνθρωπο ακόμη και σε συγκεντρώσεις μικρότερες από 0,03 ppmv) και της σχετικής τοξικότητάς του, είναι υπεύθυνο τις περισσότερες φορές για την προκατάληψη που εκδηλώνεται κατά της γεωθερμίας. Επιπλέον, το υδρόθειο επιταχύνει τη διάβρωση των μεταλλικών επιφανειών και αποκλείει τη χρήση ορισμένων μεταλλικών υλικών. Το αποδεκτό όριο για μέση συνεχή έκθεση των εργαζομένων είναι 10 ppmv, με οροφή τα 20 ppmv για 10 λεπτά της ώρας. Στις γεωθερμικές εγκαταστάσεις με εκπομπές H₂S θα πρέπει να χρησιμοποιούνται φορητές συσκευές για την ανίχνευσή του, ιδιαίτερα για το προσωπικό που εισέρχεται σε κλειστούς χώρους.

Μορφή ενέργειας	CO ₂	NO _x	SO _x
Ανθρακας	1042	4,4	11,8
Πετρέλαιο	839	12,4	1,6
Φ.Αέριο	453	1,4	0
Γεωθερμία	95	0,3	0,1
Φωτοβολταικά	135	0,3	0,4
Βιομάζα	20	1,8	0,5

Πίνακας 10.2 :έκπομπές επιβλαβών αερίων από τεχνολογίες παραγωγής (σε kg/MWh παραγόμενης ενέργειας)

Οι εκπομπές H₂S ποικίλλουν από <0,1 kg/MWh μέχρι και 6,4 kg/MWh. Οι εκπομπές του H₂S μπορεί να ελεγχθούν σχετικά εύκολα και να μειωθούν σε συγκεντρώσεις κάτω από 1 ppmv με πληθώρα μεθόδων, όπως με τη διεργασία Stretford, με τη μέθοδο της καύσης (θερμική οξειδωση) και της έκπλυσης (scrubbing) του παραγόμενου SO₂, με τη χρήση χημικών ενώσεων του σιδήρου, με την καταλυτική οξειδωση με H₂O₂, με τη μέθοδο BIOX κτλ. (Sanopoulos and Karabelas, 1996). Οι δύο πρώτες τεχνολογίες χρησιμοποιούνται στο γεωθερμικό πεδίο The Geysers της Καλιφόρνιας για την πρωτογενή απομάκρυνση του H₂S από το γεωθερμικό ατμό, ενώ η χημική οξειδωση και η χρήση χημικών ενώσεων του σιδήρου χρησιμοποιούνται στο δευτερογενή έλεγχο (για παράδειγμα από το συμπύκνωμα) των εκπομπών του H₂S.

Η τεχνολογία Stretford χρησιμοποιεί καταλύτη βαναδίου για τη μετατροπή του H₂S σε στοιχειακό θείο με απόδοση μεγαλύτερη από 95%, σύμφωνα με την αντίδραση:



Η αναγέννηση του καταλύτη γίνεται με τη βοήθεια δισουλφονικού οξέος ανθρακινόνης. Η χρησιμοποίηση της διεργασίας Stretford σε πολλές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας του πεδίου The Geysers οδηγεί στην παραγωγή και την απόθεση περίπου 2 τόνων θείου ως παραπροϊόντος ανά GWh ενέργειας που παράγεται.

Με τη διεργασία καύσης/έκπλυσης το H₂S καίγεται προς διοξείδιο του θείου (SO₂), το οποίο δεσμεύεται σε πλυντρίδα (scrubber) με το σχηματισμόθειώδους και θειικού οξέος. Εν συνεχεία, χρησιμοποιούνται ενώσεις σιδήρου για το σχηματισμόθειοθειικών αλάτων (S₂O₃). 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.

Μερικά πεδία υπέρθερμου ατμού (όπως το Larderello) περιέχουν και μικρές ποσότητες υδροχλωρίου (HCl). Αν και οι ποσότητες αυτές είναι συνήθως μικρές, και πιθανόν να μη δημιουργούν σημαντικό περιβαλλοντικό πρόβλημα (οξίνιση εδαφών και νερών), εντούτοις τις περισσότερες φορές απαιτείται η απομάκρυνσή του για λόγους προστασίας των μεταλλικών επιφανειών από τη διάβρωση.

Ειεί που υπερέχει η γεωθερμική ενέργεια σε σχέση με τις συμβατικές μονάδες είναι οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου και θείου και στα αιωρούμενα σωματίδια. Οξείδια του θείου δεν εκπέμπονται άμεσα από τις γεωθερμικές χρήσεις. Το εκπεμπόμενο H₂S στην ατμόσφαιρα όμως οξειδώνεται σχετικά γρήγορα σε SO₂ σε απόσταση μικρότερη των 5 km από το σημείο εκπομπής. Παρόλα αυτά, οι εκπομπές SO₂ από τις γεωθερμικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούν ένα μικρό ποσοστό των αντίστοιχων εκπομπών από μονάδες που χρησιμοποιούν συμβατικά καύσιμα, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 10.2. Η αμμωνία σε γεωθερμικές μονάδες βρίσκεται μόνο σε ορισμένα συστήματα, και σε μικρές ποσότητες. Στις μονάδες με εκτόνωση ατμού, η αμμωνία οξειδώνεται ταχύτατα σε άζωτο και νερό, καθώς οδηγείται στην ατμόσφαιρα.

Οι γεωθερμικές μονάδες δεν εκπέμπουν σχεδόν καθόλου οξείδια του αζώτου. Τέλος, τα γεωθερμικά αέρια μπορεί να περιέχουν ίχνη υδραργύρου (Hg), ατμούς βορίου (B) και υδρογονάνθρακες (κυρίως μεθάνιο, CH₄). Το βόριο βρίσκεται σε μικρές γενικά συγκεντρώσεις (5-100 mg/L) στο γεωθερμικό νερό, από το οποίο μικρό μέρος μπορεί να παρασυρθεί στην αέρια φάση. Μόνο στο πεδίο του Larderello περιέχεται σε σημαντικές ποσότητες και παλαιότερα γινόταν ανάκτησή του. Συνήθως, δεσμεύεται από το νερό της βροχής και μπορεί να προκαλέσει ρύπανση στο έδαφος με κάποιες επιπτώσεις για τη βλάστηση. Οι εκπομπές υδραργύρου φτάνουν και τα 900 g/MWh. Η πρόσληψη του Hg από τα ανώτερα φυτά μέσω του ριζικού τους συστήματος είναι πρακτικά μηδενική, αλλά διάφοροι μύκητες και λειχήνες βιοσυσσωρεύουν τον Hg περισσότερο αποδοτικά. Οι τιμές αυτές είναι συγκρίσιμες με τις τιμές που εκπέμπονται από ατμοηλεκτρικές μονάδες που χρησιμοποιούν άνθρακα. Το μεθάνιο, στα πεδία στα οποία βρίσκεται σε ιανές ποσότητες, μπορεί να διαχωριστεί και να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο.

10.4.3.Υδάτινη και θερμική ρύπανση

Η κύρια ανησυχία από την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας υψηλής ενθαλπίας προέρχεται από τη διάθεση των γεωθερμικών νερών στους υδάτινους αποδέκτες. Η συγκέντρωση των διαλυμένων αλάτων στο αλμολοίπο μπορεί να φτάσει μέχρι και 30% κ.β. Ως γνωστόν, η σύσταση ενός γεωθερμικού ρευστού εξαρτάται από το είδος και την προέλευση των πετρωμάτων ή του γεωλογικού σχηματισμού του ταμιευτήρα, τη θερμοκρασία και την πίεση. Ταμιευτήρες σε ιζηματογενή πετρώματα περιέχουν πολύ μεγαλύτερες ποσότητες διαλυμένων αλάτων από ό,τι π.χ. οι γρανιτικοί σχηματισμοί. Η απόρριψη ενός αλμολοίπου, από το οποίο έχει εξαχθεί ή όχι η θερμότητα, δημιουργεί συνήθως περιβαλλοντικό πρόβλημα, τόσο από την περιεκτικότητά του σε διάφορα χημικά συστατικά (αρσενικό, βόριο, φθόριο κτλ), όσο και από την αρκετά υψηλότερη θερμοκρασία του σε σχέση με τη θερμοκρασία των αποδεκτών. Έτσι, συνήθως απαιτείται επεξεργασία και ψύξη των νερών προτού διατεθούν σε υδάτινους αποδέκτες. Αυτό επιτυγχάνεται με τη φυσική ψύξη των νερών κατά την παραμονή τους σε τεχνητές λίμνες. Ένας άλλος τρόπος μείωσης του θερμικού φορτίου που διατίθεται στο περιβάλλον αποτελεί η διαδοχική χρήση των γεωθερμικών ρευστών. Βέβαια αυτό δεν είναι πάντοτε εφικτό, ιδιαίτερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Τέλος, τονίζεται ξανά ότι η περιβαλλοντικά περισσότερο αποδεκτή μέθοδος διάθεσης των γεωθερμικών ρευστών είναι η επανεισαγωγή τους στον ταμιευτήρα.

Ένα άλλο πρόβλημα που συνδέεται με την υδάτινη ρύπανση ή τη ρύπανση του εδάφους, είναι οι τυχόν διαρροές των ρευστών. 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) και από τις όχι καλά στεγανοποιημένες τεχνητές λίμνες του πολφού κυκλοφορίας ή των γεωθερμικών νερών.

Θερμική ρύπανση είναι η αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα ή του νερού από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, άμεσες ή έμμεσες. Στη γεωθερμία, η θερμική ρύπανση του αέρα σχετίζεται με τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου (που είναι σχετικά μικρές) και με την απόρριψη θερμότητας στην ατμόσφαιρα από διάφορες δραστηριότητες. Περισσότερο σοβαρή όμως μπορεί να είναι η θερμική ρύπανση των νερών, με την απελευθέρωση ποσοτήτων θερμότητας σε λίμνες, ποτάμια και θάλασσα, σε τέτοιο βαθμό που να επιδρούν στα υδάτινα οικοσυστήματα, έστω και τοπικά.

Η μεταβολή της θερμοκρασίας των υδάτινων όγκων γίνεται βεβαίως σε κάποιο βαθμό φυσικά, με την αλλαγή των εποχών. Εκείνο που ανησυχεί, είναι οι αλλαγές της θερμοκρασίας από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Η θερμική ρύπανση των νερών προκαλείται κυρίως από τη διάθεση θερμών νερών που χρησιμοποιήθηκαν στα συστήματα ψύξης των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος και από τη διάθεση θερμών γεωθερμικών απονέρων.

Η αυξημένη θερμοκρασία των νερών μειώνει τη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου, επιδρά στην ανάπτυξη και την αναπαραγωγική διαδικασία πολλών υδάτινων ειδών, μπορεί να προκαλέσει ασθένειες, ακόμη και το θάνατο ψαριών λόγω του θερμικού αιφνιδιασμού (thermal shock) και επιδρά στη χλωρίδα των οικοσυστημάτων. Βεβαίως, μερικοί υποστηρίζουν, και αυτό είναι σωστό σε ορισμένες περιπτώσεις, ότι το θερμό νερό μπορεί να είναι ευεργετικό (thermal enrichment). Για παράδειγμα, καλλιέργειες που κινδυνεύουν να παγώσουν τη νύχτα μπορούν να ψειαστούν με θερμό νερό, ενώ μπορεί να βοηθηθεί η ελεγχόμενη ανάπτυξη ιχθυοκαλλιεργειών.

10.4.5. Θόρυβος

Ο θόρυβος σε γεωθερμικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας δεν είναι μεγαλύτερος από το θόρυβο που προκαλείται σε συμβατικές μονάδες, ενώ σε εγκαταστάσεις χαμηλής ενθαλπίας ο θόρυβος είναι μηδαμινός. Κατά τη φάση της ανόρυξης των γεωτρήσεων και της κατασκευής της μονάδας μπορεί να παρουσιαστούν ορισμένα προβλήματα από αυξημένα επίπεδα θορύβου και για το λόγο αυτό συνιστάται οπωσδήποτε η χρήση ωτασπίδων από το προσωπικό του εργοταξίου.

Ενδεικτικά επίπεδα θορύβου στη φάση αυτή είναι:

- Ανόρυξη γεωτρήσεων με αέρα (air drilling): 120 dBa (γίνεται πολύ σπάνια).
- Ανόρυξη γεωτρήσεων με κυκλοφορία πολφού (mud drilling): 80 dBa.
- Άντληση τσιμέντου: 80 dBa.
- Δοιμή γεωτρήσεων: 70-120 dBa (ελεύθερη εκροή από γεωτρήσεις υψηλής ενθαλπίας: μέγιστο 120dBa, το οποίο μειώνεται στα 85 dBa με χρήση σιγαστήρα).
- Μηχανές ντιζελ (π.χ. συμπιεστές): 45-60 dBa.
- Εισκαφείς, φορτηγά, τρακτέρ κτλ.: 55-75 dBa.

Κατά τη φάση της λειτουργίας της μονάδας, τα επίπεδα του θορύβου ελέγχονται από μόνιμες εγκαταστάσεις σιγαστήρων ή άλλων συσκευών μείωσης του θορύβου.

10.4.6. Δημιουργία μικροσεισμικότητας

Με την επανεισαγωγή των υγρών στο ταμιευτήρα υπάρχει πιθανότητα πρόκλησης μικροσεισμών στην περιοχή, επειδή τα υγρά κατά την επανεισαγωγή δρουν ως λιπαντικό για τα υπερκείμενα πετρώματα. Αντίστοιχα φαινόμενα παρατηρούνται κατά την εισαγωγή νερού σε ταμιευτήρες πετρελαίου και φυσικού αερίου. Επειδή τα περισσότερα γεωθερμικά πεδία βρίσκονται σε σειсмоγενείς περιοχές, είναι πιθανόν οι μικροί αυτοί σεισμοί να «ανακουφίζουν» τις τοπικές συνθήκες και έτσι να συντελούν στην αποφυγή μεγαλύτερου σεισμού.

10.4.7. Πρόκληση καθιζήσεων

Η αφαίρεση μεγάλων ποσοτήτων νερού ή ατμού από ένα γεωθερμικό πεδίο, όταν οι ταμιευτήρες του αποτελούνται από πορώδεις σχηματισμούς, μπορεί να προκαλέσει ορισμένες φορές καθίζηση του εδάφους, από λίγα εκατοστά μέχρι μερικά μέτρα. Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και κατά την εξόρυξη πετρελαίου ή φυσικού αερίου, καθώς και από την άντληση νερού για άρδευση και ύδρευση. Οι καθιζήσεις μπορούν να αποφευχθούν ή να μειωθούν με την επανεισαγωγή των γεωθερμικών νερών στον ταμιευτήρα. Οι Mosson and Segal (1997) εκτίμησαν ότι η μέγιστη ετήσια υποχώρηση του εδάφους στην περιοχή The Geysers της Βόρειας Καλιφόρνιας ήταν $0,047+0,002$ m/έτος κατά τα έτη 1977-1996. Το φαινόμενο αυτό δεν μπορεί να εξηγηθεί μόνο από τη θερμοελαστική συστολή των πετρωμάτων. Η μεγαλύτερη καθίζηση μέχρι τώρα παρατηρήθηκε στο Wairakei της Νέας Ζηλανδίας και έφτασε τοπικά τα 13 m, εξαιτίας του είδους των γεωλογικών σχηματισμών του ταμιευτήρα.

10.5. Περιβαλλοντικά οφέλη

Έγινε αντιληπτό ότι η γεωθερμική ενέργεια, σε οποιαδήποτε μορφή, παρουσιάζει σημαντικά περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα. Συγκρινόμενη ακόμη και με τις άλλες ΑΠΕ, η γεωθερμία δεν υστερεί σε περιβαλλοντικά οφέλη. Αυτό βέβαια έρχεται σε προφανή αντίθεση με την εντύπωση που κυριαρχεί ότι ορισμένες ΑΠΕ (π.χ. φωτοβολταϊκά, αιολική ενέργεια) δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον. Η εντύπωση αυτή μεταβάλλεται όταν κανείς συνυπολογίσει τις επιπτώσεις οποιασδήποτε μορφής ενέργειας σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής της τεχνολογίας, αλλά και την επιβάρυνση στο περιβάλλον από την κατασκευή και λειτουργία των μονάδων. Για παράδειγμα, στα φωτοβολταϊκά

συστήματα θα πρέπει να υπολογιστεί η επιβάρυνση τόσο από την κατασκευή των στοιχείων, όσο και από την απόσυρση και την ασφαλή διάθεσή τους, όταν θα κλείσει ο κύκλος λειτουργίας τους.

Τα περιβαλλοντικά οφέλη της γεωθερμίας μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- Συνεχής παροχή ενέργειας. Η γεωθερμική ενέργεια είναι διαθέσιμη 24 ώρες την ημέρα, 365 ημέρες το χρόνο, σε αντίθεση με άλλες ΑΠΕ (αιολική, ηλιακή, κύματα-παλίρροιες), οι οποίες δεν μπορούν να παρέχουν συνεχώς ενέργεια και η χρήση τους προϋποθέτει αξιόπιστες τεχνολογίες αποθήκευσης της ενέργειας. Έτσι, δεν είναι τυχαίο ότι οι γεωθερμικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος έχουν συντελεστή αξιοποίησης (load factor) που μπορεί να φτάσει και το 90%. Για σύγκριση, ο συντελεστής αξιοποίησης μιας υδροηλεκτρικής μονάδας ανέρχεται μέχρι 70%, ενώ για ηλιακές και αιολικές μονάδες κυμαίνεται μεταξύ 20% και 35%.
- Ακόμη, η γεωθερμία διακρίνεται από υψηλό δείκτη διαθεσιμότητας (availability factor), της τάξης του 90%. Ο δείκτης αυτός δηλώνει το ποσοστό του χρόνου στον οποίο η μονάδα λειτουργεί στην ονομαστική της ισχύ. Για τις άμεσες χρήσεις της γεωθερμίας χαμηλής ενθαλπίας, ο δείκτης λειτουργίας είναι αρκετά μικρότερος και, προφανώς, αντιστοιχεί με τηζήτηση της γεωθερμικής ενέργειας. Τέλος, η συνεχής εξέλιξη της τεχνολογίας στο θέμα της αβαθούς γεωθερμίας, καθιστά δυνατή τη χρήση της πρακτικά οπουδήποτε και όλες τις εποχές του έτους (σε συνδυασμό με την ψύξη).
- Μικρό λειτουργικό κόστος. Αν και το πάγιο κόστος είναι σημαντικά αυξημένο σε σχέση και με τις συμβατικές μορφές ενέργειας, το λειτουργικό κόστος των γεωθερμικών μονάδων είναι σχεδόν μηδαμινό, ή αρκετά μικρότερο από τις άλλες μορφές ενέργειας, όπως συμβαίνει στην περίπτωση των αντλιών θερμότητας.
- Εκπομπές στο περιβάλλον. Οι εκπομπές αερίων στην ατμόσφαιρα είναι σημαντικά μικρότερες από τις εκπομπές που προκύπτουν από την καύση των συμβατικών καυσίμων, ενώ τονίζεται ιδιαίτερα ότι δεν εκπέμπονται καθόλου σωματίδια.
- Απαιτήσεις γης. Οι γεωθερμικές μονάδες καταλαμβάνουν σχετικά μικρή έκταση γης.

Κύριος λόγος γι' αυτό είναι ότι δεν απαιτούν αποθηκευτικούς χώρους, όπως συμβαίνει με ορισμένες ΑΠΕ (βιομάζα, υδροηλεκτρικά) και με τα συμβατικά καύσιμα.

- *Μικρές ανάγκες για μεταφορά υλικών.* Από τη στιγμή της αποπεράτωσης της κατασκευής της μονάδας δεν απαιτείται μεταφορά υλικών ή καυσίμων, σε αντίθεση με τις μονάδες με συμβατικά καύσιμα, στις οποίες υπάρχει πάντοτε ο κίνδυνος ατυχημάτων (ανάφλεξη καυσίμων, διαρροές, πετρελαιοκηλίδες κτλ.) και επιβάρυνση της ατμόσφαιρας από την κίνηση των μεταφορικών μέσων.
- *Αξιόπιστη και ασφαλής ενεργειακή πηγή.* Η γεωθερμική ενέργεια παράγεται 24 ώρες την ημέρα, με γνωστή και καθιερωμένη τεχνολογία.
- *Συμβολή στην επίτευξη των στόχων της Λευκής Βίβλου της Ε.Ε και του Πρωτοκόλλου του Κιότο, με τον περιορισμό των εκπομπών CO₂ και άλλων αερίων.*
- *Τοπική μορφή ενέργειας.* Η ανάπτυξη της γεωθερμικής ενέργειας σε μία περιοχή οδηγεί και στην οικονομική ανάπτυξη της ευρύτερης περιοχής, αφού παρέχει φθηνή ενέργεια και δημιουργεί νέες θέσεις εργασίας.
- *Συμβολή στη μείωση της ενεργειακής εξάρτησης μιας χώρας, με τον περιορισμό των εισαγωγών ορυκτών καυσίμων.*

10.6. Η γεωθερμία στην Ελλάδα

10.6.1. Γενικά

Τα αποθέματα γεωθερμικής ενέργειας είναι τεράστια σε παγκόσμιο επίπεδο και πολύ μεγάλα στη χώρα μας. Η Ελλάδα είναι μια γεωθερμικά ευνοημένη χώρα λόγω κατάλληλων γεωλογικών συνθηκών, έντονης ηφαιστειακής και σεισμικής δραστηριότητας και έντονης παρουσίας σχετικά νέων ρηγμάτων. Αυτό έχει αποδειχθεί πειραματικά με μετρήσεις και γεωτρήσεις. Είναι μαζί με την Ιταλία, την Πορτογαλία (Αζόρες Νήσοι) και τη Γαλλία (νήσος Γουαδελούπη στην Καραϊβική) οι μόνες χώρες της Ε.Ε. που διαθέτουν πεδία υψηλής ενθαλπίας. Επίσης υπάρχει πληθώρα περιοχών στην Κεντρική, Βόρεια και Αιγιακή Ελλάδα με θερμοκρασίες ταμειυτήρων που μερικές φορές ξεπερνούν τους 100 °C.

Δυστυχώς όμως η αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού της χώρας μας βρίσκεται σε πολύ χαμηλό επίπεδο. Συνήθως τα γεωθερμικά πεδία στην Ελλάδα βρίσκουν εφαρμογή στη λουτροθεραπεία, ένα μικρό ποσοστό στην θέρμανση θερμοκηπίων και μόλις τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να εφαρμόζεται δυναμικά η φιλοσοφία των αντλιών θερμότητας σε κτίρια. Η εγκατεστημένη ισχύς των γεωθερμικών εφαρμογών χαμηλής θερμοκρασίας (μέχρι 90 °C) στο τέλος του 2008 στην Ελλάδα, υπερέβαινε τα 115 MW_{th} (Μ.Φυτίκας, 2009). Όλα τα γνωστά σήμερα ελληνικά γεωθερμικά πεδία ανέρχονται σε περίπου 40 (βεβαιωμένα και πιθανά σύμφωνα

με την ισχύουσα νομοθεσία), ενώ οι περιοχές γεωθερμικού ενδιαφέροντος είναι πολύ περισσότερες. Τα βέβαια και πιθανά αποθέματα υψηλής ενθαλπίας στα νησιά Μήλο και Νίσυρο μόνο, μπορούν να υποστηρίξουν μονάδες ηλεκτροπαραγωγής της τάξης των 250 MWe εγκατεστημένης ισχύος ενώ τα δυνατά είναι πολύ μεγαλύτερα. Η τυχόν αξιοποίησή τους θα μειώσει τις εκπομπές CO₂ σε σχέση με ισοδύναμης ισχύος λιγνιτικό σταθμό, περίπου κατά 2,5 εκ τόνους ετησίως. Πρέπει εδώ να επισημάνουμε ότι η Ε.Ε. έχει θέσει ως στόχο τη συμμετοχή των Α.Π.Ε. στο ενεργειακό ισοζύγιο κάθε χώρας κατά 20% μέχρι το 2020 (για την Ελλάδα κατά 18%) σε σχέση με το 2005. (Γεωργακόπουλος και Χατζηγιάννης, 2009).

Το Αιγαίο είναι μια περιοχή η οποία επηρεάζεται από την σύγκλιση των λιθοσφαιρικών πλακών, με την Αφρικανική πλάκα να καταβυθίζεται κάτω από την Ευρασιατική, με συνέπεια την εμφάνιση ενός ενεργού ηφαιστειακού τόξου που εκτείνεται από το Σουσάκι Κορινθίας μέχρι την Κω περνώντας κάτω από τις Κυκλάδες. Σε αυτό το τόξο ανήκει το ηφαίστειο της Σαντορίνης και τα γεωθερμικά πεδία της Μήλου και της Νισύρου. Αυτά τα πεδία οφείλονται στην εμφάνιση αυξημένων όγκων βασικού μάγματος σε βάθος 3 - 5 km.

Μετά από ολοκληρωμένη γεωθερμική έρευνα (1971-73) στη Μήλο, η Δ.Ε.Η. αποφάσισε την εκτέλεση (1975-76) δύο γεωτρήσεων για τον εντοπισμό γεωθερμικών ρευστών υψηλής ενθαλπίας. Τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν την ύπαρξη γεωθερμικού πεδίου υψηλής ενθαλπίας σε βάθος 1000m με θερμοκρασίες ταμειυτήρα 300 - 320 °C και αξιόλογες ποσότητες ρευστών. Έγιναν τρεις επιπλέον παραγωγικές γεωτρήσεις οι οποίες εντόπισαν στα 1000 - 1300m θερμοκρασίες 290 - 320 °C με παροχή 40 - 120 τόνους ανά ώρα μίγματος υγρού - ατμού. Η θερμοκρασία στην κεφαλή των γεωτρήσεων ήταν 180 - 240 °C και το δυναμικό των γεωτρήσεων εκτιμήθηκε ότι θα μπορούσε να υποστηρίξει μια μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας των 25 MWe, ενώ το συνολικό δυναμικό του νησιού εκτιμήθηκε άνω των 120 MWe. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ξεκίνησε το 1985 με την εγκατάσταση μονάδας 2 MWe η οποία όμως αντιμετώπισε προβλήματα επικαθίσεων και εκπομπής υδροθείου η οποία προκάλεσε και τις έντονες αντιδράσεις των κατοίκων του νησιού. Τότε σταμάτησε και η λειτουργία της μονάδας (Φυτίκας, 2009).

Παρόμοια ερευνητική προσπάθεια έγινε και στη Νίσυρο με τη Δ.Ε.Η. να εντοπίζει θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 350 °C σε βάθη 1550 - 1820m με αξιόλογες ποσότητες γεωθερμικών ρευστών. Το συνολικό δυναμικό του νησιού εκτιμήθηκε στα 50 MWe.

Η περιοχή του κεντρικού και βορείου Αιγαίου χαρακτηρίζεται από εφελκυστική τεκτονική με μεγάλα βαθιά ρήγματα μέσω των οποίων κυκλοφορούν γεωθερμικά ρευστά. Τα ρήγματα αυτά είναι προέκταση του μεγάλου ρήγματος της Ανατολίας που ξεκινά από τη βόρεια Τουρκία, διασχίζει το Β. Αιγαίο και καταλήγει στη λειάνη του Σπερχειού. Το ρήγμα αυτό εμφανίστηκε

κατά το Αν. Μειόκαινο, οπότε ενεργοποιήθηκε πάλι ο χώρος των τεκτονικών βυθισμάτων με συνέπεια τη συγκέντρωση θερμικής ενέργειας και τη δημιουργία κυρίως θερμικών πεδίων χαμηλής και πιθανόν μέσης ενθαλπίας (Καρυδάκης, 2005).

Στην πεδινή περιοχή του δέλτα Νέστου έχουν εντοπιστεί δύο πολύ σημαντικά γεωθερμικά πεδία: Στο Ερατεινό - Χρυσούπολης Καβάλας και στο Ν. Εράσμιο - Μαγγάνων Ξάνθης με νερά άριστης ποιότητας μέχρι 70 °C σε πολύ οικονομικά βάθη. Στη Ν. Κεσσάνη και στο Πόρτο Λάγος Ξάνθης αναβλύζουν μέσω γεώτρησης νερά με θερμοκρασίες έως 82 °C . Πεδία χαμηλής ενθαλπίας έχουν εντοπιστεί στις λεκάνες των λιμνών Βόλβης και Λαγκαδά.

Η δυτική Ελλάδα δεν παρουσιάζει ιδιαίτερο γεωθερμικό ενδιαφέρον. Ο ορεινός όγκος της Πίνδου με μεγάλου πάχους και βάθους φλύσχες και οφιολίθους, δε φαίνεται να ευνοεί την ύπαρξη γεωθερμικών ταμιευτήρων. Αν και έχουν εντοπιστεί περιοχές με αυξημένες θερμοκρασίες μικρότερες όμως των 50 °C , το γεωθερμικό ενδιαφέρον στη δυτική Ελλάδα είναι μέχρι σήμερα μικρό.

Η κεντρική Ελλάδα και ειδικά η ιζηματογενής λειάνη του Σπερχειού όπου καταλήγει το μεγάλο ρήγμα της Ανατολίας παρουσιάζει αξιόλογο γεωθερμικό ενδιαφέρον. Τα μεγάλα ρήγματα και οι διασταυρώσεις τους δημιουργούν τις προϋποθέσεις κυκλοφορίας γεωθερμικών ρευστών, κάτι που επιβεβαιώνεται και από τις πολλές θερμές πηγές της περιοχής. Οι πηγές στα Καμένα Βούρλα δίνουν 24 - 48 °C, στην Υπάτη 33 °C, στο Πλατύστομο 25-35 °C, στην Αιδηφό 72-82 °C με παροχή 250 m³/h και στις Θερμοπύλες 37-39 °C με παροχή 1000m³/h επί τουλάχιστον 2.500 χρόνια.

Η Πελοπόννησος λόγω της κάλυψής της από ασβεστόλιθους μεγάλης περατότητας δε φαίνεται να ευνοείται γεωθερμικά, αν και υπάρχουν θερμές πηγές (Καϊιάφα, Κυλλήνη). Στην Κρήτη και τα Δωδεκάνησα δεν παρουσιάζεται γεωθερμικό ενδιαφέρον. Τα νησιά του ΒΑ Αιγαίου παρουσιάζουν αξιόλογο γεωθερμικό ενδιαφέρον. Τα μεγάλα ρήγματα διεύθυνσης Α-Δ και ΒΑ-ΝΔ που συναντώνται στη Λέσβο δημιουργούν πεδία χαμηλής και μέσης ενθαλπίας, κάτι που επιβεβαιώνει και η ύπαρξη θερμών πηγών (θερμοκρασία > 85 °C).

Συμπερασματικά τα γεωθερμικά πεδία της Ελλάδας είναι αρκετά και κάθε είδους, με δυνατότητες σε όλο το φάσμα των χρήσεων, από θέρμανση θερμοκηπίων και λουτροθεραπείες μέχρι και ηλεκτροπαραγωγή. Δυστυχώς όμως παραμένουν αναξιοποίητα.

10.6.2.Γεωθερμικές χρήσεις στην Ελλάδα

Οι χρήσεις της γεωθερμίας στη Ελλάδα είναι λίγες σχετικά με άλλες χώρες. Παρατηρείται όμως μια συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση για γεωθερμικές εγκαταστάσεις. Οι αντλίες θερμότητας είναι αυτές που κατέχουν την μερίδα του λέοντος της ζήτησης στην παρούσα φάση και αποτελούν την αιχμή του δόρατος της διεύδυσης της γεωθερμίας στην ελληνική αγορά. Ακολουθούν μερικά χαρακτηριστικά παραδείγματα γεωθερμικών εφαρμογών στον ελληνικό χώρο:

Ξενώνας Λουτρών Τραϊανούπολης

Το σύστημα περιλαμβάνει θέρμανση των 4 κτηρίων του ξενώνα από γεωθερμική γεώτρηση παραγωγής ~60 m³/h ζεστού νερού, θερμοκρασίας 52 °C, μέσω εναλλάκτη θερμότητας. Το γεωθερμικό νερό, αφού μεταδώσει τη θερμότητα του στο κλειστό κύκλωμα τηλεθέρμανσης των κτηρίων, διοχετεύεται στους υδροφόρους ορίζοντες από όπου προήλθε σε θερμοκρασία 37 °C διαμέσου γεώτρησης επανεισαγωγής. Η μεταφορά της θερμικής ενέργειας προς και από το κάθε κτήριο, γίνεται με υπόγειες σωλήνες πολυπροπυλενίου (PP). Κάθε ένα από τα 11 δωμάτια του κάθε ξενώνα θερμαίνεται με αυτόνομο ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης που λειτουργεί σε θερμοκρασία 30-40 °C. Παράλληλα γίνεται και προθέρμανση του ζεστού νερού χρήσης, ενώ η συνολική θερμική ισχύς του συστήματος ανέρχεται σε 1050 kW.

Δημαρχείο Πυλαίας

Η θέρμανση και ο κλιματισμός του νέου κτιρίου του Δημαρχείου Πυλαίας γίνεται με γεωθερμικές αντλίες θερμότητας. Το σύστημα περιλαμβάνει: α) πεδίο κατακόρυφων εναλλακτικών θερμότητας εδάφους που αποτελείται από 21 γεωτρήσεις βάθους 80 μέτρων η κάθε μια και διαμέτρου 6 ιντσών, οι οποίες περιέχουν 1 σωλήνα τύπου U, Ø40, από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας, β) υδροψυκτικές αντλίες θερμότητας που παρέχουν 215 kWc ψύξη και 155 kWth θέρμανση, και γ) σύστημα θέρμανσης-κλιματισμού χαμηλής θερμοκρασίας με fan-coil και 2 κεντρικές μονάδες τροφοδοσίας αέρα. Το πεδίο των κατακόρυφων εναλλακτικών θερμότητας εδάφους χρηματοδοτήθηκε από το Κ.Α.Π.Ε., ενώ το σύστημα λειτουργεί επιτυχώς από τον Οκτώβριο του 2002.

Ευρωπαϊκό Κέντρο Δημοσίου Δικαίου

Το Ευρωπαϊκό Κέντρο Δημοσίου Δικαίου που βρίσκεται στα Λεγραινά στην Αττική, κοντά στο Σούνιο εγκαινιάστηκε στις 28/11/2003. Η θέρμανση και ο κλιματισμός του γίνεται από συνδυασμό γεωθερμικών αντλιών θερμότητας και ηλιακών συλλεκτών. Το σύστημα περιλαμβάνει

υδρογέωτρωση, δεξαμενή αποθήκευσης νερού που εξασφαλίζει 6 ώρες αυτονομία, inverter για ρύθμιση της παροχής του υπόγειου νερού, εναλλάκτη θερμότητας, δύο υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας ισχύος 100 kWth και 70 kWth τοποθετημένες σε σειρά, fan - coil, κεντρικές μονάδες τροφοδοσίας αέρα, καθώς και ηλιακούς συλλέκτες για προθέρμανση του αέρα τον χειμώνα. Η μελέτη και η επίβλεψη του έργου έγινε από το Κ.Α.Π.Ε.. Η παρακολούθηση και καταγραφή της λειτουργίας του συστήματος έδειξε ικανοποιητική ενεργειακή απόδοση, με συντελεστή απόδοσης (COP) των αντλιών θερμότητας ίσο με 4,3 και 3,9 αντίστοιχα.

Γραφεία Κ.Α.Π.Ε.

Το νέο κτίριο γραφείων του Κ.Α.Π.Ε. στο Πικέρι Αττικής, το οποίο λειτουργεί εδώ και 4 χρόνια τώρα, θερμαίνεται και κλιματίζεται από γεωθερμική αντλία θερμότητας, υποβοηθούμενη από ηλιακούς συλλέκτες και συστήματα βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Οι ανάγκες του κτιρίου για θέρμανση και κλιματισμό ανέρχονται σε 14,5 kWth και 21,5 kWc αντίστοιχα, και καλύπτονται από υδρόψυκτη αντλία θερμότητας τροφοδοτούμενη από 1,5 m³/h νερό γειτονικής υδρογέωτρωσης, θερμοκρασίας 18°C, το οποίο κατόπιν επαναδιοχετεύεται στην ίδια γεώτρηση. Το κτίριο, μαζί με το σύστημα θέρμανσης-κλιματισμού μελετήθηκε και κατασκευάστηκε από το Κ.Α.Π.Ε.. Το κτίριο λειτουργεί καθημερινά, Δευτέρα έως Παρασκευή, από τις 08:30 το πρωί μέχρι τις 18:00 το απόγευμα, χωρίς να έχει παρουσιαστεί κανένα πρόβλημα υπερθέρμανσης ή ψύξης του υπόγειου νερού.

Κτίριο των Μεταλλειολόγων στην Πολυτεχνειούπολη του ΕΜΠ

Οι ανάγκες για θέρμανση και κλιματισμό του κτιρίου των Μεταλλειολόγων στην Πολυτεχνειούπολη του Ε.Μ.Π. στην Αθήνα, που ανέρχονται αντίστοιχα σε 1000 kWth και 700 kWc, καλύπτονται μερικά από σύστημα δύο γεωθερμικών αντλιών θερμότητας. Αυτό περιλαμβάνει υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας τροφοδοτούμενες με νερό θερμοκρασίας 18-22 °C, προερχόμενο από συνδυασμό υδρογέωτρωσης βάθους 280m και παροχής 35 m³/h και πεδίου 13 κατακόρυφων υπόγειων εναλλακτών θερμότητας. Ο κάθε κατακόρυφος εναλλάκτης αποτελείται από σωλήνα πολυαιθυλενίου τύπου U, Ø32, τοποθετημένο εντός γεώτρησης βάθους 90m και διαμέτρου 8½ ίντσες. Η υδρογέωτρωση παρέχει το 80% της γεωθερμικής ενέργειας στις αντλίες θερμότητας, ενώ οι υπόγειοι εναλλάκτες το υπόλοιπο 20%. Το γεωθερμικό σύστημα παρέχει 526 kWth θέρμανσης και 461 kWc ψύξης. Η μονάδα έχει εγκατασταθεί με χρηματοδότηση από το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα THERMIE, και συντονιστή έργου το Κ.Α.Π.Ε.. Μετρήσεις που έγιναν κατά τη διάρκεια των αρχικών δοκιμών και της λειτουργίας του συστήματος για θέρμανση και κλιματισμό, έδειξαν ότι και οι δύο αντλίες θερμότητας λειτουργούν με συντελεστή COP = 3,3-3,5.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

11.1. Νομοθεσία για τη γεωθερμία

Για τη γεωθερμική ενέργεια και την αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού στην Ελλάδα ψηφίστηκε πρόσφατα ο Νόμος 3175/2003 (Αρ. ΦΕΚ 207ΑΙ29.8.2003), ο οποίος αντικατέστησε τον προηγούμενο νόμο 1475/84.

Συνοπτικά, ο νέος νόμος περιλαμβάνει τις εξής διατάξεις που αφορούν στη γεωθερμία:

- Το γεωθερμικό δυναμικό χαρακτηρίζεται ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, η οποία συμβάλλει στην αιφόρο ανάπτυξη και το γενικό συμφέρον των πολιτών. Για την αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού (Γ.Δ.) και για πρακτικούς λόγους χρησιμοποιούνται οι διατάξεις του Μεταλλευτικού Κώδικα (Ν.Δ. 210/73).
- Ως Γ.Δ. θεωρούνται οι γηγενείς φυσικοί ατμοί, τα θερμά νερά και η θερμότητα των γεωλογικών σχηματισμών που υπερβαίνουν τους 25°C.
- Για τα γεωθερμικά πεδία χαμηλής θερμοκρασίας (25-90°C) η αρμοδιότητα ανήκει στις Περιφέρειες που ανήκουν, ενώ για τα "πεδία με θερμοκρασίες μεγαλύτερη των 90°C αρμόδιο είναι το Υπουργείο Ανάπτυξης (Υ.Α).
- Εισάγεται ο όρος της διαχείρισης του γεωθερμικού πεδίου για την παραγωγική εξόρυξη των ρευστών, την ορθολογική αξιοποίηση των διαφόρων προϊόντων κτλ., τη διανομή και ελεύθερη διάθεσή τους σε τρίτους και για κάθε είδους χρήσιμες εφαρμογές.
- Το δικαίωμα έρευνας και διαχείρισης του Γ.Δ. ανήκει στο Δημόσιο. Στα βεβαιωμένα πεδία εκμισθώνεται το δικαίωμα διαχείρισης σε τρίτους ύστερα από πλειοδοτικό διαγωνισμό για 25 χρόνια και δυνατότητα μονομερούς παράτασης από το μισθωτή για πέντε ακόμα χρόνια.
- Για τους χώρους και πεδία που δεν έχουν ερευνηθεί εκμισθώνεται το δικαίωμα έρευνας, πάλι με διαγωνισμό, για 5 χρόνια, με δικαίωμα παράτασης για άλλα δύο.

Εφόσον η έρευνα καταλήξει θετικά, παρέχεται στο μισθωτή και το δικαίωμα διαχείρισης χωρίς νέο διαγωνισμό.

- Οι ειδικότεροι όροι και οι διαδικασίες της εκμίσθωσης θα ρυθμίζονται με απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης. Η εκμίσθωση και η διαχείριση των πεδίων χαμηλής θερμοκρασίας διενεργείται σύμφωνα με το μεταλλευτικό κώδικα.
- Ο μισθωτής υποχρεώνεται σε κατάθεση εγγυητικών επιστολών εκπλήρωσης των όρων της σύμβασης και στην εκτέλεση των ερευνητικών προγραμμάτων και των οικονομοτεχνικών μελετών. Επίσης καταβάλλει στο Δημόσιο αναλογικό μίσθωμα βάσει του μεταλλευτικού κώδικα (5 ή 10% της καταναλισκόμενης θερμικής ενέργειας) και εφοδιάζεται με τις προβλεπόμενες διοικητικές άδειες και εγκρίσεις.
- Το 30% του εισπραττόμενου μισθώματος προορίζεται για τους ΟΤΑ, στην περιοχή των οποίων βρίσκεται το πεδίο.
- Ο μισθωτής δικαιούται να διαχειρίζεται το γεωθερμικό πεδίο στο πλαίσιο της μελέτης και να διαθέτει ελεύθερα τα προϊόντα, παραπροϊόντα και υποπροϊόντα του πεδίου. Απόμνη, μπορεί να καταλαμβάνει προσωρινώς εδάφη με τη διαδικασία του μεταλλευτικού κώδικα.
- Τα δικαιώματα εκμίσθωσης μπορούν να ειχωρηθούν σε τρίτους μόνο ύστερα από έγκριση του Δημοσίου.
- Με απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης θεσπίζεται Κανονισμός Γεωθερμικών Εργασιών.
- Απαγορεύεται η έρευνα, διαχείριση, εκμετάλλευση γεωθερμικών πεδίων χωρίς το σχετικό δικαίωμα. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Γ.Δ. επιτρέπεται μόνο ύστερα από διαγωνισμό και την έκδοση άδεια παραγωγής σύμφωνα με τις διατάξεις του ν. 2773/1999 (ΦΕΚ286Α', «Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας-Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις»).

- Αντιμετωπίζεται και η δυνατότητα θέρμανσης-ψύξης χώρων με εκμετάλλευση της θερμότητας των γεωλογικών σχηματισμών και των νερών με θερμοκρασίες < 25°C (αβαθής γεωθερμίας), για την οποία αρμόδια είναι η Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση.
- Δικαιώματα έρευνας ή εκμετάλλευσης Γ.Δ., που έχουν παραχωρηθεί μέχρι την έκδοση του Νόμου αυτού, παραμένουν ισχυρά με τους ίδιους όρους. Επέκταση αυτών μπορεί να γίνει μόνο με τις διαδικασίες του νέου νόμου.
- Επιτρέπεται η εγκατάσταση, διαχείριση και εκμετάλλευση δικτύου διανομής θερμικής ενέργειας σε τρίτους ύστερα από άδεια του Υ.Α. και γνωμάτευση της Ρ.Α.Ε. (Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας).

Οι κυριότεροι νεωτερισμοί και βελτιώσεις που εισάγονται με το νέο νόμο είναι:

- Ίση αντιμετώπιση των υποψηφίων μισθωτών του Γ.Δ. ύστερα από διαγωνισμό, οι όροι του οποίου είναι διοικητικά ίδιοι και η πλειοδοσία προκύπτει από τα στοιχεία, τις μελέτες και τις ικανότητες των υποψηφίων.
- Προκήρυξη διαγωνισμού με πρωτοβουλία της δημόσιας αρχής, που αφορούν σε ενιαία κατά το δυνατόν γεωθερμικά πεδία (και όχι κατατεμαχισμένα) και για κάθε πεδίο χωριστά. Οι ειδικοί όροι των διαγωνισμών και η διαδικασία εκμίσθωσης ρυθμίζονται από την απόφαση του Υ.Α. και είναι ενιαίοι.
- Ο διαχειριστής πεδίου θα πρέπει να έχει τα τεχνικά προσόντα και να μπορεί να προβεί στις αναγκαίες επενδύσεις, ώστε να εξασφαλίζεται η απαραίτητη υποδομή για παραγωγή και διάθεση σε τρίτους έτοιμης ενέργειας (θερμικής ή ηλεκτρικής). Αποφασιστικό ρόλο για την ανάπτυξη της γεωθερμικής ενέργειας των εφαρμογών της γεωθερμικής ενέργειας στη χώρα (όπου υπάρχει σημαντικό έλλειμμα) πιστεύεται ότι θα παίζουν οι κατάλληλοι διαχειριστές των βεβαιωμένων γεωθερμικών πεδίων, τα οποία είναι αρκετά και το βεβαιωμένο δυναμικό τους ανέρχεται σε πολλές εκατοντάδες MW.

Υπουργική Απόφαση Δ9ΒΔ/Φ166/0ΙΚ18508/5552/207/2004 «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» (ΦΕΚ Β 1595/25.10.2004)

Ο ΥΦΥΠΟΥΡΓΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Έχοντας υπόψη:

1. Τις διατάξεις:

α) Του άρθρου 11 του Ν. 3175/2003 «Αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού, τηλεθέρμανση και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ Α' 207).

β) Του π.δ/τος 381/1989 «Οργανισμός του Υπουργείου Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας» (ΦΕΚ Α'168).

γ) Του Π.Δ./τος 27/1996 «Συγχώνευση των Υπουργείων Τουρισμού, Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας και Εμπορίου στο Υπουργείο Ανάπτυξης» (ΦΕΚ Α' 19), όπως τροποποιήθηκε με το π.δ/μα 122/2004 (ΦΕΚ Α' 85).

δ) Της απόφασης του Υφυπουργού Ανάπτυξης υπ' αριθμ. Δ9Β/Φ166/οικ1508/ΓΔΦΠ374/10/ 27.1.2004 (ΦΕΚ Β' 208) «Χαρακτηρισμός γεωθερμικών πεδίων».

ε) Της κοινής απόφασης των Υφυπουργών Οικονομίας και Οικονομικών και Ανάπτυξης υπ' αριθμ. Δ7/Β/οικ. 13803/ΓΔΦΠ 4213/4.8.2004 (ΦΕΚ Β' 1228) «Θεσμοθέτηση χρηματικού αντισταθμίσιματος (παραβόλου) για τη χορήγηση οποιασδήποτε άδειας ή έγκρισης ή δικαιώματος που προβλέπονται από τη μεταλλευτική και λατομική νομοθεσία».

2. Την υπ' αριθμ. Δ15/Α/Φ19/οικ4889 (ΦΕΚ5 28/Β/26.3.2004) κοινή απόφαση του Πρωθυπουργού και του Υπουργού Ανάπτυξης «Ανάθεση αρμοδιοτήτων στους Υφυπουργούς Ανάπτυξης Γεώργιο Σαλαγκούδη και Ιωάννη Παπαθανασίου».

3. Το γεγονός ότι από την έκδοση της αποφάσεως αυτής δεν προκαλείται δαπάνη σε βάρος του Κρατικού Προϋπολογισμού, αποφασίζουμε:

Άρθρο 1

Σκοπός - Ορισμοί

1. Με την απόφαση αυτή καθορίζονται οι όροι, οι προϋποθέσεις, τα απαιτούμενα δικαιολογητικά και οι διαδικασίες έκδοσης των αδειών 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.

2. Για την εφαρμογή της απόφασης αυτής:

α) Σύστημα, είναι ο συνδυασμός μηχανημάτων ή δικτύων ή γεωτρήσεων ή εγκαταστάσεων, με τον οποίο επιτυγχάνεται η θέρμανση ή ψύξη χώρων μέσω της εκμετάλλευσης της θερμότητας των γεωλογικών σχηματισμών και των νερών, επιφανειακών και υπόγειων, που δεν χαρακτηρίζονται γεωθερμικό δυναμικό.

β) Η παραγωγική γεώτρηση είναι η γεώτρηση άντλησης ρευστών, από το υπέδαφος.

γ) Γεώτρηση επανεισαγωγής (ή επανεγχυσης) είναι η γεώτρηση, με την οποία τα ρευστά οδηγούνται από την επιφάνεια στον υπόγειο αποδέκτη από τον οποίο αντλήθηκαν.

δ) Σύστημα ανοικτού κυκλώματος είναι το σύστημα που αξιοποιεί τη θερμότητα επιφανειακών ή υπογείων ρευστών με άντληση και επαναφορά τους στον αρχικό αποδέκτη και μπορεί να περιλαμβάνει μεταξύ των άλλων παραγωγική γεώτρηση και γεώτρηση επανεισαγωγής.

Άρθρο 2

Υπηρεσίες έκδοσης - δικαιούχοι αδειών

Η κατά το προηγούμενο άρθρο άδεια εκδίδεται από τη Διεύθυνση ή Τμήμα Βιομηχανίας και Ορυκτού Πλούτου της νομαρχιακής αυτοδιοίκησης, στην αρμοδιότητα της οποίας υπάγεται το ακίνητο, στο οποίο θα γίνει η εγκατάσταση του ενεργειακού συστήματος υπέρ του ιδιοκτήτη ή επικαρπωτή του ακινήτου με την υποβολή των δικαιολογητικών και εφόσον συντρέχουν οι προϋποθέσεις των επόμενων άρθρων.

Άρθρο 3

Περιοριστικοί όροι

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

α) 60 μέτρα από τον άξονα αυτοκινητοδρόμου, β) 45 μέτρα από τον άξονα εθνικού δρόμου.

γ) 20 μέτρα από τον άξονα επαρχιακού δρόμου και δρόμου εξυπηρέτησης των αυτοκινητοδρόμων.

δ) 6 μέτρα από τα όρια δημοτικού ή κοινοτικού ή αγροτικού δρόμου.

ε) 15 μέτρα από το όριο της απαλλοτριωμένης ζώνης σιδηροδρομικής γραμμής.

στ) 20 μέτρα από κεντρικούς υπόγειους αγωγούς (φυσικού αερίου, ύδρευσης, άρδευσης κλπ.). . .

ζ) 20 μέτρα από γραμμές διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, μέσης τάσεως και 70 μέτρα από γραμμές υψηλής τάσεως, εκτός εάν ανάμεσα στη γραμμή και τη γεώτρηση μεσολαβεί κτίσμα.

- η) 5 μέτρα από γειτονικό κτίσμα διαφορετικής ιδιοκτησίας.
2. Σε περίπτωση ανόρυξης παραγωγικής γεώτρησης ή και επανεισαγωγής, εντός σχεδίου πόλεως, αυτή πρέπει να βρίσκεται εντός της ρυμοτομικής γραμμής και να απέχει τις αποστάσεις που ορίζονται στα εδάφια στ, ζ και η της παραγράφου 1 του παρόντος άρθρου.
3. Σε περίπτωση εκμετάλλευσης θερμότητας με τη χρήση επιφανειακών ή υπόγειων νερών, ο χρήστης υποχρεούται στην επαναφορά του συνόλου των χρησιμοποιηθέντων νερών και με την ίδια ποιότητα, στον αρχικό αποδέκτη. Σε αντίθετη περίπτωση ανάλωσης ποσότητας νερού ή αλλοίωσης της ποιότητας, η έκδοση της σχετικής άδειας υπόκειται και στις διατάξεις του ν. 3199/2003 (ΦΕΚ Α'280), άρθρο 11 σε συνδυασμό με το άρθρο 16 αυτού.

Άρθρο 4

Απαιτούμενα δικαιολογητικά

Για την έκδοση της αναφερόμενης στο άρθρο 1 άδειας απαιτείται να υποβληθούν τα εξής δικαιολογητικά:

1. Αίτηση του ενδιαφερόμενου που απευθύνεται στην κατά το άρθρο 2 αρμόδια υπηρεσία.
2. Τίτλος κυριότητας ή επικαρπίας επί του ακινήτου καθώς και σύμβαση εργολαβικής ανάθεσης, σε περίπτωση που η αίτηση υποβάλλεται από τον εργολάβο ή σύμβασης Χρηματοδότησης από Τρίτους σε περίπτωση που η αίτηση υποβάλλεται από τρίτο χρηματοδότη.
3. Οικοδομική άδεια προκειμένου περί κοινού κτίσματος ή άδεια εγκατάστασης προκειμένου περί βιομηχανικής ή μεταλλευτικής λατομικής εγκατάστασης ή άδεια ανέγερσης ξενοδοχείου ή τουριστικής εγκατάστασης προκειμένου περί ξενοδοχείου ή τουριστικής εγκατάστασης.
4. Τοπογραφικό σχεδιάγραμμα, που υπογράφεται από διπλωματούχο Τοπογράφο ή Πολιτικό Μηχανικό, κατάλληλης κλίμακας. Ειδικότερα:
 - α) Αν το ακίνητο βρίσκεται εντός σχεδίου πόλεως ή οικισμού το σχεδιάγραμμα πρέπει να είναι κλίμακας 1:500 με πλήρη αποτύπωση του χώρου του ακινήτου και της ευρύτερης περιοχής, σε ακτίνα 100 μέτρων (με τα στοιχεία της παραγράφου 1 του άρθρου 3).
 - β) Αν το ακίνητο βρίσκεται εκτός σχεδίου πόλεως ή οικισμού το σχεδιάγραμμα πρέπει να είναι τριγωνομετρικό κλίμακας 1:5000 (εξαρτημένο απ' το κέντρο φύλλου χάρτη κλ. 1:100000) με πλήρη αποτύπωση του χώρου του ακινήτου και της ευρύτερης περιοχής, σε ακτίνα 500 μέτρων (με τα στοιχεία της παραγράφου 1 του άρθρου 3).
5. Μελέτη που υπογράφεται από διπλωματούχο Μηχανολόγο Ηλεκτρολόγο ή Μηχανολόγο ή Ηλεκτρολόγο Μηχανικό και συνυπογράφεται από πτυχιούχο Γεωλόγο ή διπλωματούχο

Μηχανικό Μεταλλείων, οι προδιαγραφές της οποίας καθορίζονται στο Παράρτημα της παρούσης απόφασης.

6. Μελέτη πυροπροστασίας εγκεκριμένη από την αρμόδια Πυροσβεστική Υπηρεσία, εφόσον απαιτείται από την κείμενη νομοθεσία.

7. Παράβολο που προβλέπεται για την περίπτωση από την κοινή απόφαση των Υφυπουργών Οικονομίας και Οικονομικών και Ανάπτυξης αριθμ. Δ7/ Β/ οικ. 13803/ ΓΔΦΠ 4213/4.8.2004 (ΦΕΚ Β' 1228).

8. Αποδείξεις κατάθεσης των δικαιωμάτων Ταμείων και των αμοιβών μελετητών, σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία.

9. Υπεύθυνες δηλώσεις του Ν. 1599/ 1986, για ανάθεση και ανάληψη της επίβλεψης κατασκευής της εγκατάστασης, από τους κατά νόμο, Διπλωματούχους. ή Πτυχιούχους. ή αδειούχους Τεχνικούς.

10. Άδεια ή έγκριση που απαιτείται από τις διατάξεις του Ν. 2971/2001 (ΦΕΚ Α' 285) εφόσον το ακίνητο βρίσκεται σε παραλία ή δίπλα του συστήματος εκτείνονται επί της παραλίας ή του αιγιαλού

11. Σε περίπτωση ανάλωσης ποσότητας νερού (δηλ. μη επαναφοράς του συνόλου των χρησιμοποιηθέντων νερών στον αρχικό αποδέκτη) οι απαιτούμενες από τις διατάξεις του άρθρου 11 σε συνδυασμό με το άρθρο 16 του Ν. 3199/2003 (ΦΕΚ Α' 280), άδειες. ^

Άρθρο 5

Διαδικασία χορηγήσεως ανακλήσεως της αδείας

1. Η αρμόδια κατά το άρθρο 2 υπηρεσία εφόσον, μετά τον έλεγχο της πληρότητας των δικαιολογητικών του προηγούμενου άρθρου, διαπιστώσει ότι η περιοχή του ακινήτου βρίσκεται εντός χαρακτηρισμένου, με τη διαδικασία που προβλέπεται στην παρ. 2 του άρθρου 2 του ν. 3175/2003, γεωθερμικού πεδίου απευθύνεται στον Υπουργό Ανάπτυξης ή το Γενικό Γραμματέα Περιφέρειας κατά τις διακρίσεις του άρθρου 5 παρ. 2 και 3 του ανωτέρω νόμου, προκειμένου μετά από γνωμοδότηση του Ι.Γ.Μ.Ε να καθορισθεί το ανώτατο βάθος μέχρι το οποίο είναι επιτρεπτή η άντληση ρευστών ή γενικότερα η εκμετάλλευση της θερμότητας των γεωλογικών σχηματισμών που δεν χαρακτηρίζονται γεωθερμικό δυναμικό. Η ίδια διαδικασία ακολουθείται για την εξέταση αιτήσεων μέχρι την έκδοση αποφάσεων χαρακτηρισμού των γεωθερμικών πεδίων της χώρας. .

2. Αν διαπιστωθεί ότι δεν συντρέχουν οι προϋποθέσεις για την έκδοση της αιτούμενης αδείας, εκδίδεται αιτιολογημένη απορριπτική απόφαση του νομάρχη.

3. Η απόφαση χορηγήσεως της άδειας περιλαμβάνει απαραίτητα: α) Τα στοιχεία του χρήστη και τη θέση του ακινήτου.

β) Την ισχύ του συστήματος και το μέγιστο βάθος των γεωτρήσεων, γ) Το χρόνο αποπεράτωσης του συστήματος.

δ) Όρο ότι μετά την αποπεράτωση του συστήματος θα υποβληθεί γεωλογική τομή των γεωτρήσεων που ανορύχθηκαν καθώς και πλήρη στοιχεία σχετικά με τα χαρακτηριστικά τους (βάθη, ποσότητα αντλούμενου επανεισαγόμενου νερού, θερμοκρασία άντλησης επανεισαγωγής κτλ).

ε) Όρο ότι θα τοποθετηθούν υδρομετρητές και θερμομέτρα στα στόμια των γεωτρήσεων (παραγωγικής ή και επανεισαγωγής).

στ) Όρο ότι θα χρησιμοποιείται το προβλεπόμενο από την κείμενη νομοθεσία εργατοτεχνικό προσωπικό και το προσωπικό επίβλεψης και θα λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα για τον περιορισμό των οχλήσεων των γειτόνων καθώς και για την προστασία της υγείας και ασφάλειας των εργαζόμενων.

ζ) Όρο ότι θα εφαρμοσθεί η εγκεκριμένη μελέτη και οι όροι της άδειας και της παρούσης αποφάσεως.

4. Σε περίπτωση κατά την οποία διαπιστωθεί ότι δεν εφαρμόζεται η εγκεκριμένη μελέτη, ή οι όροι της άδειας ή ότι γίνεται εκμετάλλευση γεωθερμικού δυναμικού, η χορηγηθείσα άδεια ανακαλείται με απόφαση του νομάρχη.

Πριν από την ανάκληση της άδειας, καλείται ο ενδιαφερόμενος από το νομάρχη σε ακρόαση εντός πέντε (5) εργάσιμων ημερών από την επίδοση της σχετικής προσκλήσεως.

Άρθρο 6

Η απόφαση αυτή να δημοσιευθεί στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως και ισχύει από τη δημοσίευσή της.

11.2. Συμπεράσματα και προοπτικές

Η χώρα μας σύγκραταλέγεται αναμφισβήτητα στις πλούσιες γεωθερμικά χώρες, παρά το γεγονός ότι μέρος μόνο του γεωθερμικού δυναμικού έχει βεβαιωθεί και αυτό είναι ήδη τεράστιο. Δυστυχώς όμως, το επίπεδο αξιοποίησης της γεωθερμίας ως ήπιας εναλλακτικής πηγής ενέργειας κρίνεται μέχρι τώρα σχεδόν απογοητευτικό. Η προσπάθεια παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος στη Μήλο έληξε άδοξα το 1989.

Αξίζει να σημειωθεί ότι από τεχνολογικής άποψης το πρόβλημα των εκπομπών υδροθείου (που ήταν η κύρια αιτία αντίδρασης των κατοίκων) μπορούσε να επιλυθεί, αλλά και το

πρόβλημα δημιουργίας επικαθίσεων μπορούσε να περιορισθεί και περιορίστηκε σημαντικά. Η γεωθερμία υψηλής ενθαλπίας στη Μήλο και τη Νίσυρο θα ήταν δυνατό να αναπτυχθεί, αφού ξεπερασθούν τα προβλήματα της αντίδρασης των κατοίκων ύστερα από μια σοβαρή προσπάθεια ενημέρωσης, νέας πρωτοβουλίας από αξιόπιστο φορέα, με τη συμμετοχή της τοπικής αυτοδιοίκησης και για αμοιβαίο όφελος.

Στο πλαίσιο δημιουργίας κλίματος εμπιστοσύνης του κόσμου προς τη γεωθερμία, θα ήταν ίσως σκόπιμη η επιτυχής λειτουργία μικρής μονάδας με δυαδικό κύκλο (Rankine) ισχύος 1 MWe, ή και με μικρότερη ισχύ, σε ένα από τα νησιά του ενεργού ηφαιστειακού τόξου (Μήλο, Νίσυρο) ή τη Λέσβο, με ολική επανεισαγωγή των ρευστών, χωρίς κανένα περιβαλλοντικό πρόβλημα. Η προσπάθεια αυτή μπορεί να γίνει σε συνδυασμό με παραπέρα άμεσες χρήσεις (π.χ. θέρμανση οικισμών και θερμοκηπίων, αφαλάτωση κτλ.).

Η κατανομή των γεωθερμικών περιοχών χαμηλής ενθαλπίας στη Βόρεια Ελλάδα και στα νησιά του Βόρειου Αιγαίου, σε περιοχές δηλαδή που οι θερμοαντικές ανάγκες είναι μεγάλες, θα αποτελούσε σημαντικό πλεονέκτημα για την επέκταση των υπαρχόντων γεωθερμικών θερμοκηπίων στις περιοχές αυτές, με σωστή όμως διαχείριση των γεωθερμικών πόρων και επανεισαγωγή στον ταμιευτήρα των ρευστών μετά τη χρήση τους. Στις περιοχές αυτές βεβαίως θα πρέπει να ενταθούν οι προσπάθειες για τη διεύρυνση των γεωθερμικών εφαρμογών. Υπάρχουν ήδη πολλές έτοιμες γεωτρήσεις παραγωγής που είναι ανειμετάλλευτες, και μπορούν γρήγορα και εύκολα να δημιουργήσουν αναπτυξιακές εφαρμογές στις περιοχές όπου βρίσκονται. Όχι μόνο η ανάπτυξη της γεωθερμίας είναι περιορισμένη, αλλά και τα αποτελέσματα από τη λειτουργία αρχικών θερμοκηπίων (κυρίως των συνεταιριστικών) είναι πενιχρά. Ορισμένα γεωθερμικά θερμοκήπια είναι εκτός λειτουργίας ή υπολειτουργούν για διάφορους λόγους, συνήθως άσχετους με τη γεωθερμία, και άλλα παρουσιάζουν ορισμένα τεχνικά προβλήματα. Από την εικόνα που δίνουν τα υπάρχοντα γεωθερμικά θερμοκήπια γίνονται φανεροί και άλλοι παράγοντες. Τέτοιοι παράγοντες είναι και ο ερασιτεχνισμός που επικρατεί στο σχεδιασμό των συστημάτων θέρμανσης, στην κατασκευή και τη λειτουργία των θερμοκηπίων, καθώς και η ανυπαρξία συμβουλευτικής καθοδήγησης από τους αρμόδιους φορείς.

Παρόλα τα πενιχρά αποτελέσματα των μέχρι τώρα προσπαθειών ανάπτυξης της γεωθερμίας στη χώρα μας, υποστηρίζεται ότι είναι θετικές οι προοπτικές για την καλύτερη αξιοποίησή της. Τονίζεται επίσης ότι θα πρέπει να προωθηθεί και στη χώρα μας η χρήση των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας, ιδιαίτερα σε περιοχές με αυξημένες ανάγκες θέρμανσης, με τη θέσπιση οικονομικών κινήτρων. Προφανώς, η πρόσφατη άρση των φορολογικών κινήτρων για τις Α.Π.Ε. δε βοηθά σε αυτή την κατεύθυνση.

Μερικά από τα ενδιαφέροντα νέα προγράμματα, που άλλα βρίσκονται υπό μελέτη και άλλα ξεκίνησαν να υλοποιούνται είναι:

- Τηλεθέρμανση δημόσιων κτιρίων στο Λαγκαδά Θεσσαλονίκης, με ρευστά 30-40°C και αντλίες θερμότητας.
- Πρόγραμμα αφαλάτωσης και ηλεκτροπαραγωγής στη Μήλο (2000 m³/ημέρα και 350 kW αντίστοιχα) με ρευστά 80-98°C.
- Πρόγραμμα θέρμανσης-κλιματισμού ΑΠΘ/Θέρμη με αντλίες θερμότητας.
- Πρόγραμμα θέρμανσης-κλιματισμού του νέου αεροδρομίου «ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ» με νερά θερμοκρασίας 50°C και 20°C για θέρμανση και ψύξη, αντίστοιχα.
- Νέες θερμοκηπιακές μονάδες στη βόρεια Ελλάδα και επέκταση υπαρχουσών.

11.3. Συμπεράσματα-προτάσεις

Η διείσδυση των συστημάτων ΓΑΘ στη χώρα μας είναι απειριστικά χαμηλή, και οι όποιες προσπάθειες έχουν γίνει μέχρι σήμερα οφείλονται στο προσωπικό ενδιαφέρον των συνανθρώπων μας που προχώρησαν σε εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων. Η τεχνολογία της αβαθούς γεωθερμίας έχει μεγάλες προοπτικές ανάπτυξης, κυρίως στην ορεινή και τη Βόρεια Ελλάδα για θέρμανση, αλλά και στη Νότια Ελλάδα για ψύξη/θέρμανση. Προϋπόθεση βεβαίως για τη διείσδυση της νέας (για τη χώρα μας) αυτής τεχνολογίας αποτελεί η ύπαρξη κινήτρων, ιδίως σε ανεγειρόμενα κτίρια, η ενημέρωση του κόσμου και η εγκατάσταση και λειτουργία επιδεικτικών έργων σε όλη τη χώρα.

Ιδιαίτερα, η προώθηση της αβαθούς γεωθερμίας με τα συστήματα κλειστού βρόχου στον οικιακό τομέα θα μπορούσε να γίνει με το συνδυασμό των παρακάτω μέτρων, ορισμένα από τα οποία εφαρμόζονται με επιτυχία σε πολλές χώρες:

- α) Έκπτωση του κόστους εγκατάστασης από το φορολογητέο εισόδημα εφ' άπαξ ή κατανομή του σε χρονικό ορίζοντα 2-3 ετών. Από φέτος αυτό γίνεται εν μέρει, θα ήταν όμως ευκαίριο να αυξανόταν το ποσό που εκπίπτει από το φορολογητέο εισόδημα.
- β) Μείωση του Φ.Π.Α. από 23% σε 9% για όλες τις μηχανολογικές εγκαταστάσεις (κυρίως αντλίες θερμότητας με πηγή το νερό).
- γ) Εναλλακτικά του πρώτου μέτρου, θα μπορούσε να γίνει επιδότηση των εγκαταστάσεων με 1500-3000 € για κάθε αυτόνομη εγκατάσταση σε νέα οικία, όπως γίνεται σε άλλες χώρες της Ε.Ε.

δ) Εφαρμογή ευνοϊκών τιμολογίων ηλεκτρισμού από τη ΔΕΗ, η οποία ευνοείται άμεσα από την ανάπτυξη της αβαθούς γεωθερμίας με τη βελτίωση των συνθηκών ζήτησης ηλεκτρισμού κατά ώρες αιχμής (στις ημέρες καύσωνα και παγετού).

ε) Προσφορά δανείων με μηδενικό ή μικρό επιτόκιο για την εγκατάσταση του συστήματος.

ΠΗΓΕΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Π.Λατινόπουλος: Υδραυλική των Υπόγειων Ροών,Θεσσαλονίκη 1998.Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Α.Π.Θ
- Δ.Τολίκας:Υπόγεια Υδραυλική, Εκδόσεις Παρατηρητής
- Γ.Ι.Καρυδάκης:Γεωθερμική Ενέργεια,Εκδόσεις Αθλότυπο,Αθήνα 2005
- Τσίτση Μαρία και Καίτη Παρασκευή, Διπλωματική εργασία με τίτλο:”Χρησιμοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας χαμηλής θερμοκρασίας στη θέρμανση και ψύξη με αντλίες θερμότητας”. Θεσσαλονίκη Ιανουάριος 2001.
- Ευφροσύνη Αθαν. Καράμπαμπα, Πολ. Μηχ. ΕΜΠ (2007). *Ενεργειακή συμπεριφορά κτιρίων – μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας στα υφιστάμενα κτίρια*, Αθήνα.
- Καρυδάκης Γρηγόριος Ι. (2005). *Γεωθερμική Ενέργεια*. Αθλότυπο, Αθήνα.
- Μ. Φυτίκας και Ν. Ανδρίτσος (2004). *Γεωθερμία*. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
- Γεντεκάκης Ιωάννης (2003). *Φυσιοχημεία*, Πολυτεχνείο Κρήτης, Γενικό Τμήμα, Χανιά.
- Αγιουτάντης Ζ. Γ. και Μερτίκας Σ. Π. (2003). *Ένας πρακτικός οδηγός για τη συγγραφή τεχνικών κειμένων*, Εκδόσεις Ίων, Περιστέρι, Αθήνα.
- Μ. Φυτίκας (2009). *Γεωθερμική ενέργεια: Η μεγάλη «αδικημένη» των Α.Π.Ε. στην Ελλάδα*. Energy Point, τεύχος 23, Μάιος 2009.
- Καρύτσας Κ. και Μενδρινός Δ. (2005). *Γεωθερμία, γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, εμπειρία Κ.Α.Π.Ε. . Μεταλλειολογικά Μεταλλουργικά Χρονικά*, τόμος 15, Ιούλιος – Δεκέμβριος 2005.
- *Εθνικό Συνέδριο Εφαρμογών Γεωθερμίας: πρακτικά των εργασιών του Συνεδρίου*, Θεσσαλονίκη, 23 – 25 Οκτωβρίου 1989.
- Π. Τσόφλιας και Σ. Σιμεωνίδης (1990). *Γεωλογική μελέτη τμήματος της λιγνιτοφόρου λεκάνης της ευρύτερης περιοχής της Λοκρίδος*. Μεταλλειολογικά Μεταλλουργικά Χρονικά, 75/1990.

Ξένη Βιβλιογραφία

- Young Hugh D. (1992). *Πανεπιστημιακή Φυσική*. Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα.
- Dickson H. Mary and Fanelli Mario (2004). *Τι είναι Γεωθερμική Ενέργεια*; Istituto di Geoscienze e Georisorse. CNR, Pisa, Italy, Μετάφραση Μ. Φυτίκας και Μαρία Παπαχρήστου. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωλογίας.
- Harrison R., Mortimer N. D. and Smarason O. B. (1990). *Geothermal Heating: A Handbook of Engineering Economics*. Oxford, New York, Pergamon Press.

Ηλεκτρονικές Σελίδες

- Ground Coupled Heat Pumps of High Technology, www.groundhit.eu
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, www.cres.gr
- Geothermal Heat Pump Consortium, www.geoexchange.org
- Reaching the Kyoto targets by Ground Source Heat Pumps www.groundreach.eu
- International Geothermal Association, <http://iga.igg.cnr.it>
- European Geothermal Energy Council, www.egec.org
- European Heat Pump Association (EHPA), www.ehpa.org
- GEOTHERMMAPCY, www.cut.ac.cy/geothermapcy/
- G. Florides, S. Kalogirou, Renewable Energy 32 (2007), 246 1–2478
- Project GroundReach, Οι Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, www.groundreach.eu
- National Renewable Energy Laboratory, www.nrel.gov
- Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, ΙΓΜΕ, www.igme.gr
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, www.cres.gr

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων (ΦΕΚ 362/79)
- Αναστασία Μπένου (2007). *Οι Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας*, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.).
- Κανονισμός Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας (Κ.Ο.Χ.Ε.Ε.)

