



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

**«Θέρμανση κτιρίων με γεωθερμία και συστήματα
Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ)»**

**«Heating of buildings with geothermal energy and
Renewable Energy Systems (RES)»**



Μανωλιουδάκη Κατερίνα

Χριστοδουλάκη Ιωάννα

Επιβλέπον καθηγητής: Κατσίγιαννης Ιωάννης

Χανιά 2019

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	05
Σκοπός πτυχιακής εργασίας.....	07
Ευχαριστίες.....	08

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: Γεωθερμική ενέργεια

1.1 Ιστορική αναδρομή γεωθερμικής ενέργειας.....	09
1.2 Ορισμός.....	09
1.3 Η κατάσταση στην Ελλάδα.....	09

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: Αντληση γεωθερμικής ενέργειας

2.1 Γεωεναλλάκτες.....	13
2.1.1 Χαρακτηριστικά του εδάφους.....	13
2.2 Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας(ΓΑΘ).....	13
2.2.1 Αρχή λειτουργίας (ΓΑΘ).....	14
2.2.2 Δομή αντλίας και τρόποι εγκατάστασης.....	15
2.2.3 Ομαλή ή αβαθής γεωθερμία.....	16
2.3 Τύποι γεωθερμικών συστημάτων.....	17
2.3.1 Γεωθερμικά συστήματα άμεσης εκτόνωσης.....	17
2.3.2 Κλειστά Γεωθερμικά Συστήματα.....	18
2.3.3 Οριζόντιο κλειστό γεωθερμικό σύστημα.....	19
2.3.4 Κατακόρυφο κλειστό γεωθερμικό σύστημα.....	19
2.3.5 Κωνικά γεωθερμικά συστήματα.....	20
2.3.6 Ανοικτό γεωθερμικό σύστημα.....	22
2.4 Οφέλη από τη Χρήση των Γεωθερμικών Αντλιών.....	23
2.5 Εγκατάσταση ενός Γεωθερμικού Συστήματος.....	24
2.6 Εξοικονόμηση Ενέργειας - Χαμηλά Λειτουργικά Έξοδα.....	25

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: Χρήσεις της γεωθερμικής ενέργειας;

3.1 Γενικά.....	26
3.2 Κυριότερες εφαρμογές.....	26
3.2.1 Γεωθερμία και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.....	26
3.2.2 Μέθοδοι θέρμανσης ή και ψύξης.....	27
3.2.3 Η επιλογή ενός γεωθερμικού συστήματος σε κατοικίες.....	28
3.2.4 Θέρμανση – Ψύξη κτιρίων.....	29
3.2.5 Θέρμανση αγροτικών θερμοκηπίων.....	30
3.2.6 Αφαλάτωση.....	30
3.3 Τηλεθέρμανση.....	31

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο : Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

4.1 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις της Εκμετάλλευσης της Γεωθερμικής Ενέργειας.....	32
4.2 Διάθεση των Γεωθερμικών Ρευστών μετά τη χρήση τους από την Αξιοποίηση της Γεωθερμικής Ενέργειας Υψηλής Ενθαλπίας.....	33
4.3 Θόρυβος στις Γεωθερμικές Μονάδες Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	33
4.4 Η Διάθεση των Ρευστών Χαμηλής Ενθαλπίας.....	33
4.5 Επιπτώσεις από τη χρήση ρευστών υψηλής ενθαλπία	35
4.6 Επιπτώσεις από τη χρήση ρευστών μέσης ενθαλπίας	36
4.7 Επιπτώσεις της εκμετάλλευσης της αβαθούς γεωθερμίας.....	36
4.8 Θετικές περιβαλλοντικές συνέπειες.....	36

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο : Μελέτη θέρμανσης κτηρίου με χρήση γεωθερμία

5.1 Περίληψη	38
5.2 Υπηρεσίες έκδοσης –Δικαιούχοι Αδειών ΦΕΚ 1595 / 25-10-2004.....	38
5.3 Ορισμοί.....	38
5.4 Περιοριστικά μέτρα.....	39
5.5 Αίτηση ενδιαφερόμενου	39
5.6 Περιεχόμενα μελέτης όπως ορίζεται από το παράρτημα ΦΕΚ 1595 25-10-2004 συγκεντρωτικά στοιχεία	40
5.6.1 Στοιχεία ενδιαφερόμενου και στοιχεία ακινήτου.....	40
5.6.2 Περιγραφή του χώρου και της ευρύτερης περιοχής.....	40
5.6.3 Δρόμοι προσέλευσης	40
5.6.4 Περιγραφή των προς κλιματισμό χώρων – μέγιστες και ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις.....	40
5.6.5 Συμπεράσματα –σχεδιασμός –ασφάλεια – απόδοση	42
5.6.6 Ποσότητες αντλούμενων νερών και θερμοκρασία άντλησης	42
5.6.7 Υπολογισμός των ποσοτήτων και ποιοτήτων διακινούμενων ρευστών και ενεργειακές καταναλώσεις.....	42
5.6.8 Αναλυτική περιγραφή του ηλεκτρικού εξοπλισμού και μηχανικού του συστήματος (τύπος, ισχύς, διάγραμμα προορισμός)	43
5.6.9 Υπεύθυνη δήλωση για την στατική μελέτη το πολιτικού μηχανικό.....	45
5.6.10 Μέτρα για την προστασία από της οχλήσεις των περιοίκων	45
5.7 Μελέτη πυροπροστασίας - Έγγραφο Πυροσβεστικής Υπηρεσίας.....	45
5.8 Παράβολο ανόρυξης των γεωτρήσεων	45
5.9 Αποδείξεις κατάθεσης των δικαιωμάτων ταμείων μηχανικών	46
5.10 Υπεύθυνες δηλώσεις για την ανάληψη και επίβλεψη κατασκευής της εγκατάστασης ή έγκριση εγκατάστασης εφόσον βρίσκεται στη παραλία – ΦΕΚ 285 Α Ν. 2971/2001.....	47
5.11 Κατανάλωση ποσότητας νερού	47
5.12 Χαρακτηρισμός γεωθερμικού πεδίου ΦΕΚ 1012 19 – 07 – 2005	47
5.13 Υπογραφές μελετητών	47
5.14 Θέση της περιοχής.....	48
5.15 Περιγραφή του έργου.....	49

5.16 Παρούσα κατάσταση περιβάλλοντος.....	49
5.17 Πελαγονική ζώνη.....	50
5.17.1 Αλλοχθονή ενότητα.....	50
5.17.2 Αυτοχθονή ενότητα.....	50
5.18 Τεκτονική.....	52
5.19 Υδρογεωλογία	52
5.19.1 Γενικά.....	52
5.19.2 Υπόγεια αποθέματα νερού.....	54
5.19.3 Υδρολογική λεκάνη ενδιαφέροντος.....	54
5.20 Κλιματολογικά στοιχεία.....	54
5.21 Φωτογραφικό υλικό	55

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο : Νομοθετικό πλαίσιο.....57

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

7.1 Εισαγωγή.....	58
7.2 Πλεονεκτήματα.....	58
7.3 Μειονεκτήματα.....	58
7.4 Αιολική ενέργεια.....	59
7.4.1 Άνεμος.....	59
7.4.2 Ανεμογεννήτρια.....	59
7.5 Ηλιακή ενέργεια.....	60

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο Φωτοβολταϊκά

8.1 Εισαγωγή	61
8.2 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο.....	62
8.3 Ονοματολογία και κατασκευή φωτοβολταϊκών στοιχείων.....	63
8.4 Υβριδικά.....	65
8.5 Απόδοση φωτοβολταϊκού στοιχείου	65

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο Μελέτη NET METERING για φωτοβολταϊκά

9.1 Τι είναι το net metering.....	66
9.2 Πως λειτουργεί – Μηδενισμός του κόστους ρεύματος.....	66
9.3 Μελέτη NET METERING με το πρόγραμμα «RETSCREEN».....	67
9.3.1 Κόστος εγκατάστασης και συντήρησης φωτοβολταϊκών.....	69
9.3.2 Πιθανές περιπτώσεις δανεισμού.....	71

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο Συμπεράσματα.....75

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....78

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας αποτελεί η ανάλυση της τεχνικής μελέτης της διαδικασίας εγκατάστασης και αξιολόγησης της απόδοσης γεωθερμικών συστημάτων σε κτίρια.

Στο πλαίσιο της πτυχιακής εργασίας γίνεται αρχικά εισαγωγή στη γεωθερμία, ανάλυση της δομής ενός γεωθερμικού συστήματος και η δυνατότητα εφαρμογής του για παραγωγή ενέργειας.

Στη συνέχεια περιγράφεται η διαδικασία μελέτης και εγκατάστασης γεωθερμικών συστημάτων σε κτίρια με σκοπό τη θέρμανση ή το δροσισμό και τη παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.

Επιπλέον παρουσιάζεται αναλυτικά η υλοποιημένη μελέτη εγκατάστασης γεωθερμικού συστήματος σε ένα εξώροφο κτήριο.

Τέλος, για το συγκεκριμένο κτίριο παρουσιάζεται μια οικονομοτεχνική μελέτη για εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος ενεργειακού συμψηφισμού (net metering).

Λέξεις κλειδιά: θέρμανση-ΑΠΕ- γεωθερμία-ΦΒ-Αντλίες θερμότητας

ABSTRACT

The subject of this dissertation is the analysis of the technical study of the process of installation and evaluation of the performance of geothermal systems in buildings.

In the framework of the dissertation thesis, geothermal energy is initially introduced, as well as an analysis of the structure of a geothermal system and its applicability for energy production.

Then, a description is implemented for the process of studying and installing geothermal systems in buildings for heating or cooling and producing hot water.

Moreover, the realized geothermal system installation study is presented in a six-floor building.

Finally, for this particular building, a techno-economic study is presented for the installation of a net metering photovoltaic system.

Key words: heat - photovoltaic-heat pumps-geothermal

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η κατανόηση του τρόπου λειτουργίας των γεωθερμικών συστημάτων για θέρμανση κτηρίων και η εξέταση το εάν αυτά αποτελούν συμφέρουσα λύση. Επιπλέον, στην εργασία γίνεται μελέτη εγκατάστασης ενός συστήματος ενεργειακού συμψηφισμού με χρήση φωτοβολταϊκών.

Για τα παραπάνω παραθέτονται αναλυτικές λειτουργικές και οικονομοτεχνικές μελέτες.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα καθηγητή της πτυχιακής μας εργασίας κ. Κατσίγιαννη Ιωάννη, για την καθοδήγηση και τη συμβολή του στην εκπόνηση της εργασίας. Θέλουμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον κ. Ψαρρά Νικόλαο, επικεφαλής της « Aidengineering » όπου ειδικεύονται στις εφαρμογές της γεωθερμίας, για την πολύτιμη βοήθειά του στη περάτωση της μελέτης της παρούσης.

Επίσης ευχαριστούμε τον κ. Παπαευθυμίου Βασίλη, Προϊστάμενο τμήματος ακινήτων της Α.Ε ΤΣΙΜΕΝΤΩΝ ΤΙΤΑΝ, για τις χρήσιμες πληροφορίες και συμβουλές του.

Τέλος θέλουμε να εκφράσουμε την ευγνωμοσύνη στις οικογένειές μας, για την στήριξη και την πολύτιμη συμβολή τους όλα αυτά τα χρόνια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

1.1 Ιστορική αναδρομή γεωθερμικής ενέργειας

Η γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιήθηκε στην αρχαιότητα για θέρμανση και προσωπική καθαριότητα. Ακόμη και σήμερα οι ζεστές πηγές χρησιμοποιούνται παγκοσμίως για ζεστά μπάνια και πολλοί άνθρωποι θεωρούν ότι τα καυτά μεταλλικά νερά έχουν θεραπευτικές ιδιότητες.

Η χρησιμοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι νέα επινοήση. Μια ομάδα Ιταλών την χρησιμοποίησε αρχικά το 1904. Οι Ιταλοί χρησιμοποίησαν τον φυσικό ατμό που βγαίνει με δύναμη μέσα από τη γη για να κινήσει μια γεννήτρια με τη βοήθεια στροβίλου.

Η πρώτη αντλία θερμότητας με πηγή θερμότητας το έδαφος, έλαβε χώρα στην Ινδιανάπολις το 1945 στο σπίτι του Robert C. Webber, υπάλληλου στην εταιρία "Indianapolis Power and Light Co. Αναλυτικότερα, μ' έναν συμπιεστή 2,2 kW συνδεδεμένο με απευθείας επέκταση ενός συστήματος σπειρών σε υπόγειους τάφρους, παρείχε θέρμανση σε σύστημα θέρμανσης με θερμό αέρα.

Στα επόμενα χρόνια, ακολούθησαν πολυάριθμες προτάσεις για το πώς θα μπορούσε η γη να χρησιμοποιηθεί σαν πηγή θερμότητας και σαν δεξαμενή θερμότητας για τις αντλίες θερμότητας. Έρευνες που έχουν διεξαχθεί από το 1947, δείχνουν ουσιαστικά ότι όλες οι μέθοδοι εφαρμογής μέχρι σήμερα συμπεριλαμβάνοντας γεωτρήσεις υπόγειου νερού, οριζόντιες σπείρες με απευθείας επέκταση, κυκλώματα άλμης, κάθετες γεωτρήσεις εναλλαγών θερμότητας ομοαξονικές, σχήματος U και σπειροειδής μορφής δοκιμάστηκαν από τις πρώτες μέρες αυτής της τεχνολογίας. Η πρώτη εγκατάσταση αβαθούς γεωθερμίας στον Καναδά έλαβε χώρα το 1949 σε οίκημα που ανήκε στο Πανεπιστήμιο του Τορόντο. Στην Ευρώπη η χρήση της συγκεκριμένης τεχνολογίας ξεκίνησε περί το 1970.

Η γεωθερμική ενέργεια αξιοποιείται πλέον σε πολλές χώρες του κόσμου όπως οι ΗΠΑ, η Ισλανδία, η Ιταλία, η Νέα Ζηλανδία, η Ιαπωνία, οι Φιλιππίνες, το Μεξικό, η Ρωσία κ.α. Στην Ισλανδία, η ατμόσφαιρα της οποίας είναι από της καθαρότερες του κόσμου, το 70% του πληθυσμού χρησιμοποιεί για θέρμανση την ενέργεια των θερμών πηγών και των θερμοπιδάκων της χώρας. Στις αρχές της δεκαετίας του 1990 η παγκόσμια παραγόμενη ισχύς από γεωθερμικές μονάδες (οι μισές από τις οποίες βρίσκονται στις ΗΠΑ), ξεπερνούσαν τα 5.000 μεγαβάτ. Στις ΗΠΑ βρίσκεται και μία από τις μεγαλύτερες γεωθερμικές εγκαταστάσεις στον κόσμο, η μονάδα Geysertης Καλιφόρνια, που περιλαμβάνει 20 γεωθερμικούς σταθμούς συνολικής ισχύος 20.000 μεγαβάτ.

1.2 Ορισμός

Η λέξη γεωθερμική, προέρχεται από τις ελληνικές λέξεις γη και θερμότητα. Η γεωθερμική ενέργεια είναι η ενέργεια που περικλείεται στο εσωτερικό της γης με τη μορφή θερμότητας και η οποία με τις κατάλληλες μεθόδους μπορεί να αξιοποιηθεί και να καλύψει ενεργειακές ανάγκες. Γεωθερμικά πεδία υπάρχουν σε πάρα πολλές περιοχές της γης, στις οποίες συμπεριλαμβάνεται και η Ελλάδα.

Η γεωθερμική ενέργεια παράγεται στον γήινο πυρήνα, σχεδόν 6.500 χιλιόμετρα κάτω από τη γήινη επιφάνεια. Ο πυρήνας της γης αποτελείται από δύο τμήματα, τον εσωτερικό στερεό πυρήνα και τον εξωτερικό ο οποίος βρίσκεται σε ρευστή κατάσταση. Οι υψηλές θερμοκρασίες των 5.000 °C οι οποίες παρατηρούνται στο πυρήνα της γης προκαλούν την αργή αποσύνθεση των μορίων όλων των πετρωμάτων.

Η γεωθερμική ενέργεια, ως μία από τις εναλλακτικές – απέναντι στα ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο, γαιάνθρακες, φυσικό αέριο)- μορφές ενέργειας, θεωρείται πρακτικά ανεξάντλητη και οι δυνατότητες εκμετάλλευσής της δεν επηρεάζονται από τις καιρικές συνθήκες.

1.3 Κατάσταση στην Ελλάδα

Λόγω κατάλληλων γεωλογικών συνθηκών, ο ελλαδικός χώρος διαθέτει σημαντικές γεωθερμικές πηγές και των τριών κατηγοριών (υψηλής, μέσης και χαμηλής ενθαλπίας) σε οικονομικά βάθη (100 έως 1500 μ.). Σε μερικές περιπτώσεις τα βάθη των γεωθερμικών ταμιευτήρων είναι πολύ μικρά, κάνοντας ιδιαίτερα ελκυστική, από οικονομική άποψη, τη γεωθερμική εκμετάλλευση.

- Γεωθερμική ενέργεια υψηλής και μέσης ενθαλπίας: Πρόκειται για γεωθερμικά πεδία με θερμοκρασία

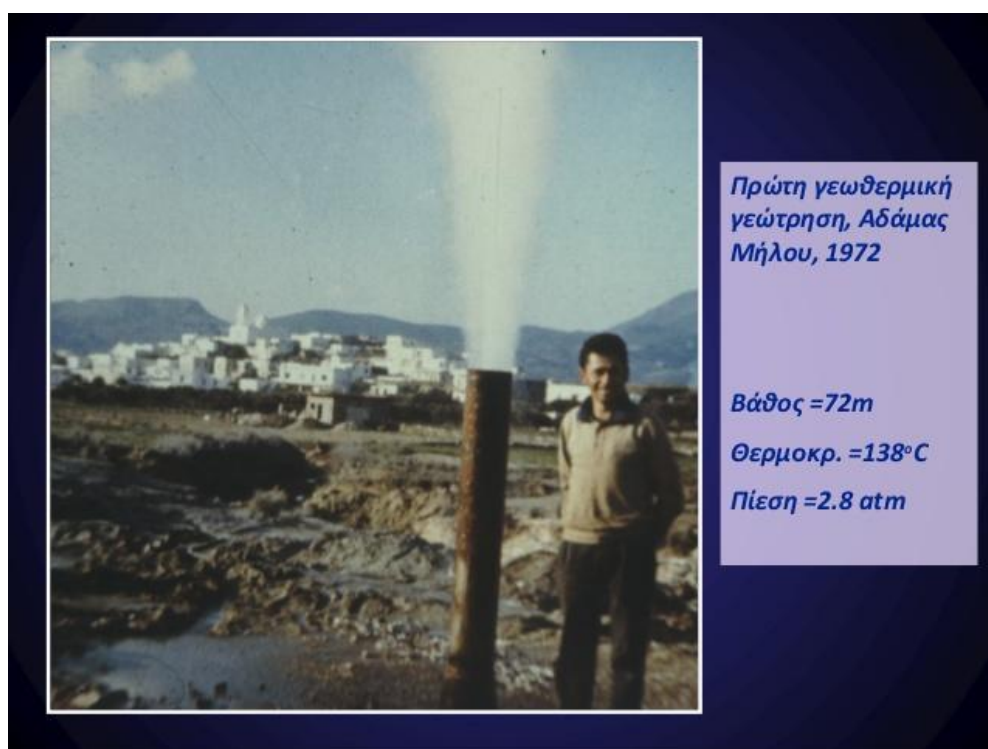
ρευστού μεγαλύτερη των 100°C. Συγκεκριμένα, είναι η θερμότητα της εδαφικής πίεσης που μετατρέπει το νερό σε ατμό.

• Γεωθερμική ενέργεια χαμηλής ενθαλπίας: Σε αυτήν την περίπτωση, πρόκειται για τη θερμότητα στο φλοιό της γης που ουσιαστικά δεν είναι άλλη από την αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια. Η ενέργεια αυτή έχει επικρατήσει ως αβαθής γεωθερμική ενέργεια.

Η έρευνα για την αναζήτηση γεωθερμικής ενέργειας άρχισε ουσιαστικά το 1971 με βασικό φορέα το ΙΓΜΕ (Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών) και μέχρι το 1979, (πριν από τη δεύτερη ενεργειακή κρίση) αφορούσε μόνο τις περιοχές υψηλής ενθαλπίας. (Στην *Εικόνα 1.1* εμφανίζεται η πρώτη γεωθερμική γεώτρηση που πραγματοποιήθηκε στον Αδάμια Μήλου το 1972)

Κατά την εξέλιξη των εργασιών η ΔΕΗ, ως άμεσα ενδιαφερόμενη για την ηλεκτροπαραγωγή, ανέλαβε τις παραγωγικές γεωτρήσεις υψηλής ενθαλπίας και την ανάπτυξη των πεδίων, χρηματοδοτώντας επιπλέον τις έρευνες στις πιθανές, για τέτοια ρευστά, γεωθερμικές περιοχές.

Από το 1971 ερευνήθηκαν οι περιοχές : Νίσυρος, Λέσβος, Μέθανα, Σουσάκι, Καμένα Βούρλα, Θερμοπύλες, Υπάτη, Αιδηψός, Κίμωλος, Πολύαιγος, Σαντορίνη, Κως, Νότια Θεσσαλία, Αλμωπία, περιοχή Στρυμόνα, περιοχή Ξάνθης, Σαμοθράκη και άλλες. Έτσι συντάχθηκε ο προκαταρκτικός χάρτης γεωθερμικής ροής του ελληνικού χώρου, όπου φάνηκε ότι η γεωθερμική ροή στην Ελλάδα είναι σε πολλές περιοχές εντονότερη από τη μέση γήινη.



Εικόνα 1.1: «Πρώτη γεωθερμική γεώτρηση Αδάμιας Μήλου 1972»

Η αυξημένη ροή θερμότητας, λόγω της έντονης τεκτονικής και μαγματικής δραστηριότητας, δημιούργησε εκτεταμένες θερμικές ανωμαλίες, με μέγιστες τιμές γεωθερμικής βαθμίδας που πολλές φορές ξεπερνούν του 100 °C/km. Σε κατάλληλες γεωλογικές συνθήκες, η ενέργεια αυτή θερμαίνει «ρηχούς» υπόγειους ταμιευτήρες ρευστών σε θερμοκρασίες μέχρι 100 °C.

Τα γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας είναι διάσπαρτα στη νησιωτική και ηπειρωτική Ελλάδα και η συμβολή τους στο ενεργειακό ισοζύγιο μπορεί να γίνει σημαντική, καθόσον αποτελούν ενεργειακό πόρο φιλικό στο περιβάλλον, κοινωνικά αποδεκτό και παρουσιάζουν σημαντικό οικονομικό και αναπτυξιακό ενδιαφέρον.

Στην Μήλο και Νίσυρο έχουν ανακαλυφθεί σπουδαία γεωθερμικά πεδία και έχουν πραγματοποιηθεί γεωτρήσεις παραγωγής. Στην Μήλο μετρήθηκαν θερμοκρασίες μέχρι 325 °C σε βάθος 1000 m. και στην Νίσυρο 350 °C σε βάθος 1500 m. Οι γεωτρήσεις αυτές θα μπορούσαν να στηρίξουν μονάδες ηλεκτροπαραγωγής 20 και 5 MW, ενώ το πιθανό συνολικό δυναμικό υπολογίζεται να είναι της

τάξης των 200 και 50 MW αντίστοιχα. Στην Βόρεια Ελλάδα η γεωθερμία προσφέρεται για θέρμανση, θερμοκήπια, ιχθυοκαλλιέργειες κ.λπ. Στην λεκάνη του Στρυμόνα έχουν εντοπισθεί τα πολύ σημαντικά πεδία Θερών-Νιγρίτας, Λιθότροπου-Ηράκλειας, Θερμοπηγής - Σιδηροκάστρου και Αγγίστρου. Πολλές γεωτρήσεις παράγουν νερά μέχρι 75 °C, συνήθως αρτεσιανά και πολύ καλής ποιότητας και παροχής. Ακόμη μεγάλα και μικρότερα γεωθερμικά θερμοκήπια λειτουργούν στην Νιγρίτα και το Σιδηρόκαστρο.



Εικόνα 1.2: «Γεωθερμικός χάρτης της Ελλάδας»

Στην πεδινή περιοχή του Δέλτα Νέστου έχουν εντοπισθεί δύο πολύ σημαντικά γεωθερμικά πεδία, στο Ερατεινό Χρυσούπολης και στο Ν. Εράσμιο Μαγάνων Ξάνθης, τα οποία αποτελούνται από νερά άριστης ποιότητας μέχρι 70 °C που βρίσκονται σε πολύ οικονομικά βάθη και παράγονται από γεωτρήσεις στις εύφορες αυτές πεδινές περιοχές. Στην Ν. Κεσσάνη και στο Πόρτο Λάγος Ξάνθης, σε μεγάλης έκτασης γεωθερμικά πεδία, παράγονται νερά θερμοκρασίας μέχρι 82 °C. Στην λεκάνη των λιμνών Βόλβης και Λαγκαδά έχουν εντοπισθεί τρία πολύ ρηχά πεδία με θερμοκρασίες μέχρι 56 °C. Στην Σαμοθράκη υπάρχουν ενθαρρυντικά στοιχεία καθώς σε γεωτρήσεις βάθους μέχρι 100 μ. συνάντησαν νερά της τάξης των 100 °C.

Από τα παραπάνω συνάγεται ότι ο ελλαδικός χώρος διαθέτει σημαντικές γεωθερμικές πηγές και των τριών κατηγοριών (υψηλής, μέσης και χαμηλής ενθαλπίας) σε οικονομικά βάθη (100-1500 μ). Επομένως, αν εξετάσει κανείς την συνολική εγκατεστημένη ισχύ (σε MW) των γεωθερμικών εφαρμογών στην Ελλάδα την δεκαετία 2002-2012 συμπεραίνει ότι ο μόνος τομέας που βελτιώθηκε σημαντικά είναι εκείνος των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας (δεν αποτελεί ουσιαστικά γεωθερμία εφόσον δεν

χρησιμοποιεί γεωθερμικά ρευστά) και μάλιστα χωρίς την ύπαρξη οικονομικών κινήτρων και ενισχύσεων. Αντιθέτως, η γεωθερμία υψηλής ενθαλπίας έχει να επιδείξει μηδενικές εφαρμογές στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στον τόπο μας, παρότι πρόκειται για μια ήπια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας (ΑΠΕ) με τον υψηλότερο συντελεστή χρήσης/λειτουργίας σε σχέση με τις υπόλοιπες ΑΠΕ. (βλ. *Εικόνα 1.2: «Γεωθερμικός χάρτης της Ελλάδας»*)

2.1 Γεωεναλλάκτες

Ο γεωθερμικός εναλλάκτης είναι ένα δίκτυο σωληνώσεων που τοποθετείται μέσα στο έδαφος και εντός του οποίου κυκλοφορεί νερό. Το νερό που κυκλοφορεί μέσα σε αυτό το δίκτυο σωληνώσεων, το χειμώνα απορροφά θερμότητα από την γη και την μεταφέρει μέσω της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας στο κτίριο που επιθυμούμε να ζεστάνουμε ενώ το καλοκαίρι, αν επιθυμούμε η εγκατάστασή μας να διαθέτει και κλιματισμό ή δροσισμό, μεταφέρει στην γη την θερμότητα που απορροφά η γεωθερμική αντλία θερμότητας από τους κλιματιζόμενους χώρους του κτιρίου .

2.1.1 Τα χαρακτηριστικά του εδάφους

Τα χαρακτηριστικά του εδάφους αποτελούν σημαντικότερη παράμετρο στο σχεδιασμό των γεωεναλλακτών. Η λειτουργία ενός γεωεναλλάκτη προκαλεί ταυτόχρονη ροή θερμότητας και υγρασίας στο περιβάλλον έδαφος. Η μετάδοση της θερμότητας μεταξύ του γεωεναλλάκτη και του εδάφους προέρχεται πρωτίστως από θερμική αγωγιμότητα και κατά ένα σημαντικό βαθμό από τη μετανάστευση της υγρασίας. Για το λόγο αυτό το φαινόμενο της μετάδοσης εξαρτάται απόλυτα από το είδος του εδάφους, τη θερμοκρασία καθώς και το βαθμό υγρασίας.

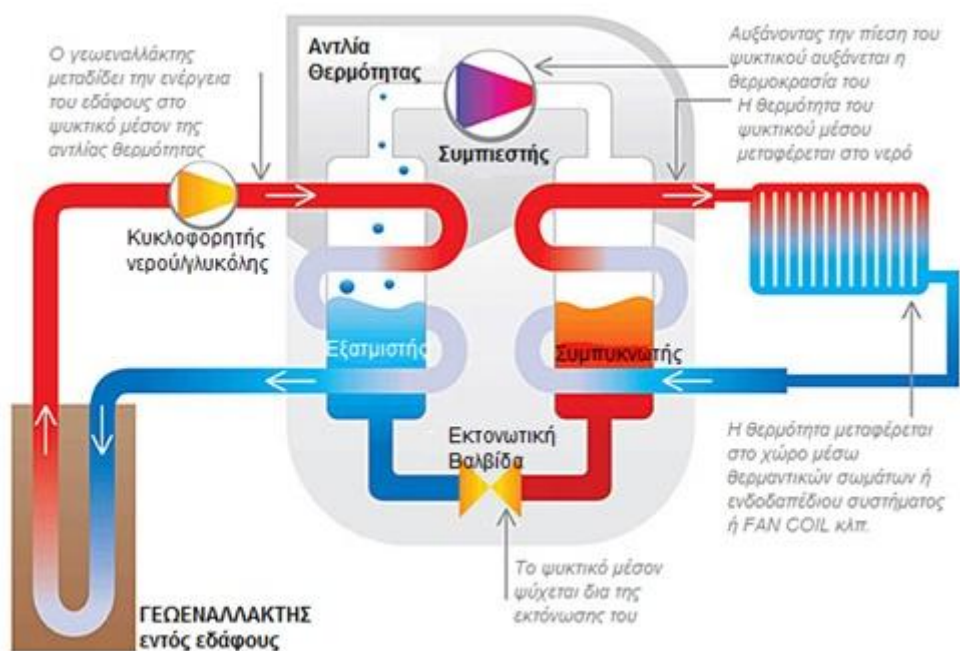
Η θερμική διαπερατότητα του εδάφους αποτελεί μία προσδιορισμένη ιδιότητα, προκύπτοντας ως ο λόγος της θερμικής αγωγιμότητας (ks) και της θερμικής ικανότητας (ps, Cs). Συνεπώς, οι τρεις αυτές ιδιότητες του εδάφους ks , ps , Cs θα πρέπει ή να είναι εκ των προτέρων γνωστές ή τουλάχιστον να μπορούν να εκτιμηθούν έτσι ώστε να υπάρχει δυνατότητα πρόβλεψης της θερμικής συμπεριφοράς των γεωεναλλακτών. Η απόκτηση όμως ακριβών τιμών των θερμικών ιδιοτήτων του εδάφους απαιτεί ενδελεχή έρευνα. Προκειμένου να εκτιμηθούν οι θερμικές ιδιότητες κοκκωδών εδαφών (αμμώδη, αργιλικά), είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί η περιεκτικότητα σε άμμο ή άργιλο, η ξηρή πυκνότητα και η περιεκτικότητα του εξεταζόμενου εδάφους σε υγρασία.

2.2 Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας(Γ.Α.Θ)

Ο πυρήνας της εγκατάστασης είναι η γεωθερμική αντλία θερμότητας, στην οποία πραγματοποιούνται όλες οι ενεργειακές μετατροπές. Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας έχουν υψηλότερους συντελεστές απόδοσης από τις κοινές αντλίες θερμότητας, καθώς και ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τα οποία ανταποκρίνονται στις γεωθερμικές εφαρμογές.

Η διαδικασία μεταφοράς του θερμικού φορτίου από το κτίριο προς το υπέδαφος και αντιστρόφως, γίνεται διά μέσου της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας (ΓΑΘ). Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας είναι μηχανήματα που κατευθύνουν τη θερμότητα αντίθετα από τη διεύθυνση που θα ακολουθούσε με φυσικό τρόπο, δηλαδή την εξαναγκάζουν να κατευθυνθεί από ένα ψυχρό μέσο σε ένα άλλο θερμότερο. Οι αντλίες θερμότητας δεν είναι τίποτα περισσότερο από συσκευές που λειτουργούν όπως τα κοινά ψυγεία. Κάθε ψυκτική συσκευή (air-condition, ψυγείο, καταψύκτης κ.λ.π.) παίρνει θερμότητα από ένα χώρο που πρέπει να παραμείνει σε χαμηλή θερμοκρασία και την απελευθερώνει σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Η μόνη διαφορά της αντλίας θερμότητας από μια ψυκτική μονάδα εντοπίζεται στην αντιστρέψιμη λειτουργία των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας, δηλαδή στην ικανότητά τους να παρέχουν τόσο ψύξη όσο και θέρμανση στο χώρο.

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας χωρίζονται στις αντλίες νερού – νερού και νερού - αέρος. Οι αντλίες θερμότητας νερού – νερού χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας το νερό και διοχετεύουν την παραγόμενη ενέργεια και πάλι δια μέσου του νερού σε ένα δεύτερο κύκλωμα. Οι αντλίες θερμότητας νερού – αέρος χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας και πάλι το νερό, αλλά διοχετεύουν την παραγόμενη ενέργεια απευθείας δια μέσου του αέρα. (βλ. εικόνα 2.1 *Διάγραμμα λειτουργίας αντλίας θερμότητας*)



Εικόνα 2.1: «Διάγραμμα λειτουργίας αντλίας θερμότητας»

2.2.1 Αρχή λειτουργίας(Γ.Α.Θ)

Για την παραλαβή ή εναπόθεση του ενεργειακού φορτίου από και προς το έδαφος απαιτείται ένα μέσο μεταφοράς της ενέργειας . Στην περίπτωση των γεωθερμικών συστημάτων κλιματισμού, ο μεταφορέας αυτός είναι το νερό, (ή ένα διάλυμα νερού – αντιψυκτικού), το οποίο είτε αντλείται μέσω υδρογεωτρήσεων είτε ανακυκλοφορεί σε ενταφιασμένες σωληνώσεις στο έδαφος. Στη περίπτωση της άντλησης μέσω υδρογεωτρήσεων αναφερόμαστε στα ανοικτά γεωθερμικά συστήματα ενώ στην περίπτωση της ανακυκλοφορίας του νερού στο έδαφος μέσα σε ενταφιασμένες σωληνώσεις αναφερόμαστε στα κλειστά γεωθερμικά συστήματα. Οι ενταφιασμένες σωληνώσεις στο έδαφος ονομάζονται γεωεναλλάκτες. Στην περίπτωση των κλειστών κυκλωμάτων, η διάταξη του γεωσυλλέκτη δύναται να είναι κατακόρυφη, οριζόντια, ή κωνική.(στη συνέχεια γίνεται περαιτέρω ανάλυση των παραπάνω συστημάτων)

Εκτός από τη γεωθερμική ενέργεια υψηλής (>150 °C), μέσης (80 έως 150 °C) και χαμηλής (25 έως 80 °C) ενθαλπίας που παρέχεται μέσω των γεωθερμικών ρευστών του υπεδάφους (σε οικονομικά εκμεταλλεύσιμα βάθη 100-1500 m) τα οποία θερμαίνονται σχεδόν αποκλειστικά από τη δραστηριότητα του πυρήνα της γης , υπάρχει και η δυνατότητα αξιοποίησης της λεγόμενης *αβαθούς γεωθερμικής ενέργειας* με θερμοκρασίες υπογείων πετρωμάτων και ρευστών μικρότερες από 25°C. Σε βάθη 0 - 100 m, όπου τυγχάνει εφαρμογής η αβαθής γεωθερμία, η αποθηκευμένη θερμική ενέργεια προέρχεται και ανανεώνεται συνεχώς από δύο πηγές: (α) αρχικά την ηλιακή ακτινοβολία και στη συνέχεια (β) τη ροή θερμότητας από το εσωτερικό της γης .Αυτή η θερμική ενέργεια εκφράζεται με θερμοκρασίες των 15-20°C, που είναι πολύ ευνοϊκές για τη λειτουργία και απόδοση των ΓΑΘ.

Τα συστήματα ΓΑΘ αξιοποιούν την πρακτικά σταθερή (με μικρή διακύμανση) θερμοκρασία του εδάφους σε μικρό βάθος και των υπογείων και επιφανειακών υδάτων, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Έτσι επιτυγχάνεται η μέγιστη απόδοση των αντλιών θερμότητας έναντι των αντίστοιχων συμβατικών συστημάτων, με εξοικονόμηση ενέργειας έως και 80%. Οι ΓΑΘ μπορούν να είναι εγκατεστημένες είτε σε μεμονωμένα κτίρια οποιοδήποτε μεγέθους για θέρμανση/ψύξη και παροχή ζεστού νερού χρήσης, καθώς και σε μονάδες Τηλεθέρμανσης/Τηλεψύξης με ΓΑΘ. Οι ΓΑΘ διατίθενται συνήθως με αποδόσεις 3,5 ως 35 kW θέρμανσης/ ψύξης ανά μονάδα, επομένως για μεγάλα κτίρια απαιτείται η εγκατάσταση πολλαπλών μονάδων. Καθοριστική παράμετρος για την αξιοποίηση των θερμικών ιδιοτήτων του εδάφους είναι η θερμοκρασία του σε διάφορα βάθη. Στην πράξη όμως, πολύ λίγοι μετεωρολογικοί σταθμοί διενεργούν εις βάθος μετρήσεις της θερμοκρασία του εδάφους. Σημειώνεται ότι η θερμοκρασία εδάφους σε βάθος μέχρι 3 m μπορεί να ληφθεί ως περίπου ίση με τη μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα της περιοχής.

Οι ΓΑΘ αξιοποιούν την αποθηκευμένη ενέργεια του εδάφους ως θερμική πηγή. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, το μίγμα νερού και γλυκόζης που κυκλοφορεί στο κύκλωμα του γεωεναλλάκτη απορροφά ενέργεια από το έδαφος, που οδηγείται στον εξατμιστή της ΓΑΘ, ο οποίος τη δεσμεύει. Μέσω του εξατμιστή μεταδίδεται θερμότητα στο ψυκτικό μέσο της αντλίας (φιλικό προς το περιβάλλον) το οποίο μετατρέπεται από υγρό σε αέριο. Στη συνέχεια το ψυκτικό μέσο, το οποίο κινείται σε ένα κλειστό κύκλωμα, περνάει από το συμπιεστή και συμπιέζεται, ώστε να αυξηθεί η πίεση και η θερμοκρασία του. Έπειτα, οδηγείται στο συμπυκνωτή όπου και αποβάλλει όλη τη θερμότητα που έχει αποθηκεύσει στο νερό του κυκλώματος της εσωτερικής εγκατάστασης. Το ψυκτικό μέσο μεταφέρεται στη βαλβίδα εκτόνωσης και εκτονώνεται, ώστε να επιστρέψει στον εξατμιστή και να επαναλάβει την ίδια διαδικασία. Η διαδικασία αυτή μπορεί να αντιστραφεί το καλοκαίρι, οπότε οι ΓΑΘ απάγουν θερμότητα από το κτίριο - ή αλλιώς παρέχουν ψύξη/δροσισμό σε αυτό - και τη διοχετεύουν στο υπέδαφος μέσω του γεωεναλλάκτη.

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας παράγουν θερμοκρασίες της τάξης των 5 έως 60°C. Είναι ειδικά σχεδιασμένες για εφαρμογές ενδοδαπέδιας θέρμανσης, αποδίδοντας τις προ απαιτούμενες θερμοκρασίες των 35 έως 48°C, και ψύξης ή δροσισμού (7 έως 18°C) εξασφαλίζοντας υψηλό βαθμό απόδοσης (COP έως 6,5) με τη χαμηλότερη κατανάλωση. Για κάθε κιλοβάτ ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται από το συμπιεστή, παράγονται περίπου 6,5 KW θερμότητας ανάλογα με τη διαμόρφωση της εγκατάστασης. Με τον τρόπο αυτό εξοικονομείται πάνω από 70% στους λογαριασμούς θέρμανσης σε σύγκριση με τα παραδοσιακά συστήματα και σε συνδυασμό με το χαμηλότερο κόστος συντήρησης και καθαρισμού. Επίσης με τη χρήση της ΓΑΘ δε χρειάζεται λέβητας καθώς η αντλία θερμότητας επαρκεί από μόνη της για να διαθέσει αρκετή ενέργεια θέρμανσης, ακόμα και σε δυνατό ψύχος. Παράλληλα, δύνανται να παρέχουν ζεστό νερό χρήσης ανά πάσα στιγμή (χειμώνα- καλοκαίρι).

2.2.2 Δομή αντλίας & τρόποι εγκατάστασης

Η γεωθερμική αντλία θερμότητας αποτελείται από τρεις βρόγχους οι οποίοι λειτουργούν κατά την διάρκεια όλων των θερμοδυναμικών κύκλων της αντλίας (ψύξη – θέρμανση), καθώς και ένα τέταρτο προαιρετικό βρόγχο που λειτουργεί για την προθέρμανση του νερού χρήσης μιας εγκατάστασης.

Οι τέσσερις αυτοί βρόγχοι είναι οι κάτωθι:

1ος Βρόγχος : Βρόγχος νερού

Ο βρόγχος νερού χρησιμεύει για την μεταφορά του νερού (θεμού ή ψυχρού) από την αντλία θερμότητας στους χώρους που πρόκειται να θερμανθούν ή να κλιματιστούν. Ο βρόγχος αυτός αποτελείται από έναν εναλλάκτη θερμότητας (εξατμιστή - συμπυκνωτή) νερού-ψυκτικού μέσου και ένα κυκλοφορητή νερού, ο οποίος μεταφέρει το θερμό ή ψυχρό νερό μέσω σωληνώσεων στις εσωτερικές τερματικές μονάδες θέρμανσης ή ψύξης (fan coils, σωληνώσεις ενδοδαπέδιας θέρμανσης ή ακόμα και θερμομαντικά σώματα).

2ος Βρόγχος: Βρόγχος ψυκτικού μέσου

Είναι ένας κλειστός, καθαρά ψυκτικός βρόγχος, όπου το εξατμιζόμενο στον εκάστοτε εξατμιστή ψυκτικό μέσο αναρροφάται από ένα συμπιεστή ο οποίος καταναλώνοντας ηλεκτρική ενέργεια συμπιέζει τον ψυκτικό ατμό προκαλώντας αύξηση της θερμοκρασίας και της πίεσης του. Ο συγκεκριμένος βρόγχος περιλαμβάνει εκτός από τον συμπιεστή και μία ειδική τετράοδη βαλβίδα για την μεταγωγή της αντλίας θερμότητας από θέρμανση σε ψύξη και το αντίστροφο.

3ος Βρόγχος: Βρόγχος αντιψυκτικού μέσου

Είναι ένας κλειστός υπό πίεση βρόγχος νερού ή αντιψυκτικού διαλύματος . Ο βρόγχος αυτός περιλαμβάνει έναν εναλλάκτη θερμότητας (εξατμιστή – συμπυκνωτή) ψυκτικού μέσου – νερού, ένα κυκλοφορητή νερού και ένα δίκτυο σωληνώσεων θαμμένων στην γη (γεωεναλλάκτης) εντός των οποίων κυκλοφορεί νερό ή αντιψυκτικό διάλυμα το οποίο απορρόφα θερμότητα από την γη όταν η εγκατάσταση λειτουργεί σε θέρμανση και απορρίπτει θερμότητα σε αυτή όταν η εγκατάσταση λειτουργεί σε ψύξη.

4ος Βρόγχος: Προθέρμανση του νερού χρήσης

Είναι ένας προαιρετικός κλειστός υπό πίεση βρόγχος εντός του οποίου κυκλοφορεί νερό από την γεωθερμική αντλία θερμότητας προς ένα θερμαντήρα νερού (μπόιλερ). Ο βρόγχος αυτός περιλαμβάνει ένα πρόσθετο εναλλάκτη θερμότητας ψυκτικού μέσου – νερού και ένα κυκλοφορητή νερού. Στις αντλίες θερμότητας που διαθέτουν αυτό τον επιπλέον βρόγχο, το θερμό αέριο από την κατάθλιψη του συμπιεστή, πριν απορριφτεί στο εκάστοτε συμπυκνωτή, περνά πρώτα από τον πρόσθετο εναλλάκτη θερμότητας νερού – ψυκτικού μέσου και αποδίδει ένα μέρος της θερμότητας του με αποτέλεσμα να θερμαίνεται το νερό που κυκλοφορεί με την βοήθεια ενός κυκλοφορητή μεταξύ της αντλίας θερμότητας και του μπόιλερ. Ειδικά όταν η αντλία θερμότητας λειτουργεί σε ψύξη έχουμε μια επιπλέον αρκετά σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας καθώς, χωρίς να καταναλώνεται ενέργεια, μπορούμε να προθερμάνουμε σημαντικά το ζεστό νερό χρήσης. Η εγκατάσταση ολοκληρώνεται με τον τρόπο διανομής των θερμικών και ψυκτικών φορτίων εντός του χώρου που πρόκειται να κλιματιστεί. Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου εξαρτάται από τις προτιμήσεις του τελικού χρήστη, καθώς και το είδος της εφαρμογής.

Οι μονάδες διανομής της ενέργειας είναι τα καλοριφέρ, η ενδοδαπέδια σωλήνωση, οι μονάδες εξαναγκασμένης ανακυκλοφορίας του αέρα (FanCoilUnits) και τα κανάλια αέρα. Τα σώματα καλοριφέρ, η ενδοδαπέδια σωλήνωση που χρησιμοποιείται για τη θέρμανση και το δροσισμό, και το σύστημα διανομής FanCoilUnits (FCU) μπορούν να συνδυαστούν μονάχα με γεωθερμικές αντλίες θερμότητας νερού – νερού. Σε αντίθεση με τη περίπτωση διανομής του θερμού ή ψυχρού αέρα μέσω καναλιού, όπου τότε απαιτείται γεωθερμική αντλία θερμότητας νερού – αέρος.

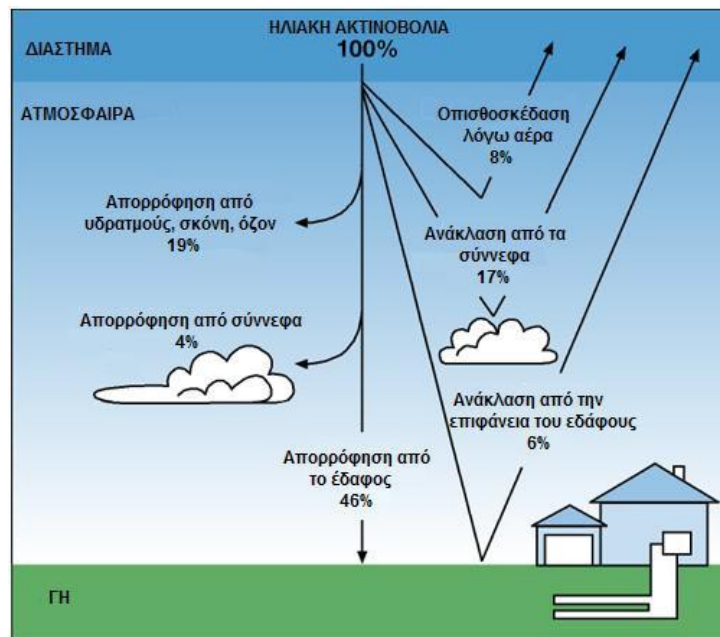
Η συνεργασία του γεωσυλλέκτη, της γεωθερμικής μονάδας και της μεθόδου θέρμανσης – ψύξης είναι αλληλένδετη μεταξύ τους. Στόχος κάθε γεωθερμικού συστήματος είναι ο κλιματισμός κάποιου χώρου. Το έδαφος ή ο υδροφόρος ορίζοντας είναι η πηγή ενέργειας η οποία θα προσδώσει ή θα απορροφήσει από το σύστημα τα απαιτούμενα ψυκτικά ή θερμικά φορτία αντίστοιχα. Όλες οι ενεργειακές μεταβολές πραγματοποιούνται εντός μίας ή περισσοτέρων γεωθερμικών αντλιών θερμότητας. Η γεωθερμική αντλία θερμότητας χρησιμοποιεί το νερό ως πηγή θερμότητας το οποίο είτε το αντλεί από το υπέδαφος και κατόπιν το επιστρέφει (ανοικτό γεωθερμικό σύστημα), είτε το επανακυκλοφορεί εξαναγκασμένα στο υπέδαφος δια μέσου γεωσυλλεκτών (κλειστό γεωθερμικό σύστημα).

2.2.3 Ομαλή ή αβαθής Γεωθερμία

Η πιο εκτεταμένη χρήση της γεωθερμίας αφορά στην εκμετάλλευση της θερμότητας που έχει το υπέδαφος μέχρι το βάθος των 150 μέτρων και βρίσκεται στη μέγιστη θερμοκρασία των 25°C. Η γεωθερμία αυτή ονομάζεται αβαθής γεωθερμία.

Σε ένα σύστημα αβαθούς γεωθερμίας τοποθετείται στο έδαφος, σε κάποιο βάθος ανάλογο με τον τύπο του συστήματος και τις ανάγκες, ένα δίκτυο σωληνώσεων συνήθως από πολυαιθυλένιο, που έχει την αρμοδιότητα να πάγει αυτή τη θερμότητα από το έδαφος ή την επιστρέφει σ' αυτό. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, μέσα στις σωληνώσεις κυκλοφορεί υγρό που μπορεί να είναι νερό ή κάποιο άλλο ψυκτικό υγρό και εκτελεί την λειτουργία αυτή. Αυτό το δίκτυο σωληνώσεων είναι θαμμένο στο έδαφος και αποτελεί τον γεωεναλλάκτη του συστήματος.

Υπάρχουν οι ακόλουθοι τύποι γεωθερμικών συστημάτων. Το ανοικτό και το κλειστό γεωθερμικό σύστημα. Αν στην περιοχή που εφαρμόζεται, υπάρχουν πλούσια κοιτάσματα νερού, τότε εφαρμόζεται το ανοικτό γεωθερμικό σύστημα. Στο σύστημα αυτό γίνεται εκμετάλλευση της θερμοκρασίας των υπόγειων υδάτων, μέσω δύο υδρογεωτρήσεων. Από τη μία αντλείται με αντλίες το νερό που κυκλοφορεί στον εναλλάκτη και ονομάζεται υδρογεώτρηση άντλησης και από την άλλη επιστρέφεται το νερό πίσω στον υδροφόρο ορίζοντα αφού έχει γίνει η απαγωγή της θερμότητάς του και ονομάζεται υδρογεώτρηση εμπλουτισμού. Σε περιοχές κοντά σε θάλασσα που υπάρχει υφάλμυρο νερό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτό στο γεωθερμικό σύστημα με την επιπρόσθετη τοποθέτηση εξοπλισμού προστασίας από τα άλατα. Αν δε, το σημείο που απαιτείται γεωθερμικό σύστημα γειτονεύει με θάλασσα ή λίμνη μπορεί το νερό να αντληθεί από εκεί με κυκλοφορητές.



Εικόνα 2.2: «απορρόφηση θερμότητας από το έδαφος»

Σε περιοχές με μικρή υδροφορία, μπορεί να γίνει χρήση της θερμότητας του εδάφους με κλειστό γεωθερμικό σύστημα.(βλ. Εικόνα 2.2 «απορρόφηση θερμότητας από το έδαφος»).Η λειτουργία του είναι παρόμοια με του ανοικτού, με τη διαφορά αντί για σύστημα υδρογεωτρήσεων εφαρμόζεται ένα κλειστό κύκλωμα αγωγών, ο γεωεναλλάκτης μέσα στο οποίο κυκλοφορεί ειδικό διάλυμα νερού με ψυκτικό υγρό το οποίο απορροφά ή αποβάλλει θερμότητα ανάλογα με την εποχή. Δύο υποκατηγορίες κυριαρχούν στην περίπτωση του κλειστού συστήματος. Αν υπάρχει μεγάλος χώρος γίνεται εκμετάλλευση του επιφανειακού στρώματος του εδάφους σε βάθος από 1,5 μέχρι 3 μέτρα. Στην περίπτωση αυτή οι σωλήνες του εναλλάκτη διαστρώνονται οριζόντια στο έδαφος και ονομάζεται οριζόντιος γεωεναλλάκτης. Αν ο χώρος που θα τοποθετηθεί το γεωθερμικό σύστημα είναι περιορισμένος, οι σωλήνες του γεωεναλλάκτη εφαρμόζονται κάθετα στη γη σε βάθος 30 έως 100 μέτρα και ονομάζεται κάθετος γεωεναλλάκτης.

2.3 Τύποι γεωθερμικών συστημάτων

2.3.1 Γεωθερμικά συστήματα άμεσης εκτόνωσης

Τα γεωθερμικά συστήματα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με την αλληλεπίδραση της εγκατάστασης με το υπέδαφος.

- Η πρώτη κατηγορία αφορά τα γεωθερμικά συστήματα ανοικτού κυκλώματος, στα οποία το εργαζόμενο μέσω είναι το νερό, το οποίο αντλείται και επανεισάγεται μέσω δύο ή περισσότερων υδρογεωτρήσεων.
- Η δεύτερη κατηγορία αφορά τα γεωθερμικά συστήματα κλειστού κυκλώματος. Τα κλειστά γεωθερμικά συστήματα διαχωρίζονται σε αυτά όπου στο κύκλωμα του γεωσυλλέκτη επανακυκλοφορεί νερό ή διάλυμα νερού – αντιψυκτικού – και σε αυτά όπου το ψυκτικό υγρό της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας επανακυκλοφορεί στο γεωσυλλέκτη. Τα τελευταία συστήματα ονομάζονται κλειστά γεωθερμικά συστήματα άμεσης εκτόνωσης.

Τα συστήματα άμεσης εκτόνωσης παρουσιάζουν καλύτερη συμπεριφορά και μεγαλύτερο συντελεστή απόδοσης από αυτά στα οποία ρέει διάλυμα νερού ή νερού – αντιψυκτικού. Το σύστημα με την επανακυκλοφορία του ψυκτικού υγρού χρειάζεται λιγότερα μέτρα γεωσυλλέκτη από οποιοδήποτε άλλο κλειστό σύστημα νερού. Ωστόσο όμως εγκυμονούν το κίνδυνο δημιουργίας κρυστάλλων ή παγετού στην επιφάνεια του εδάφους. Παρόλο που τα συστήματα άμεσης εκτόνωσης παρουσιάζουν υψηλούς συντελεστές απόδοσης, δεν είναι αρκετά διαδεδομένα. Σε αντίθεση με οποιοδήποτε άλλο κλειστό γεωθερμικό σύστημα, απαιτεί μικρότερο χώρο εγκατάστασης διότι η συνολική επιφάνεια του γεωσυλλέκτη

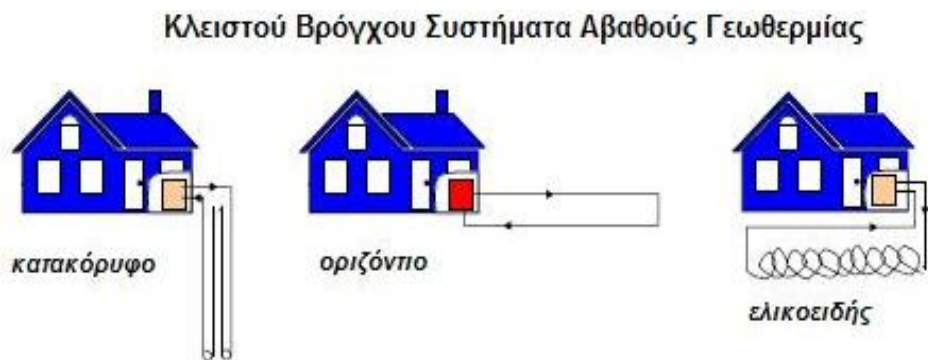
είναι μικρότερη λόγω της καλύτερης μεταφοράς της θερμότητας.

Η μεταφορά της θερμότητας γίνεται απευθείας από το ψυκτικό μέσο του εδάφους και αντίστροφα, με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν θερμικές απώλειες στο κύκλωμα του γεωσυλλέκτη. Επιπλέον ο συμπιεστής είναι αυτός που προκαλεί την επανακυκλοφορία του ψυκτικού υγρού στο γεωσυλλέκτη, επομένως δεν απαιτείται ούτε κυκλοφορητής. Τα συστήματα αυτά παρουσιάζουν το προτέρημα ότι δε χρειάζεται αντι-παγετική προστασία εφόσον δεν χρησιμοποιείται νερό στις σωληνώσεις του γεωσυλλέκτη. Ωστόσο όμως αδυνατούν να λειτουργήσουν σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες διότι το ψυκτικό υγρό παγώνει το έδαφος, με αποτέλεσμα να μειώνεται δραστικά η μεταφορά της θερμότητας. Τα συστήματα άμεσης εκτόνωσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε ως συστήματα φρέον – νερού, είτε ως συστήματα φρέον – αέρα, ανάλογα με τις μονάδες διανομής των ψυκτικών αλλά και των θερμικών φορτίων στον προς κλιματισμό χώρο.

Τα συστήματα φρέον - νερού χρησιμοποιούνται στη περίπτωση που ο κλιματισμός του χώρου πραγματοποιείται από fancoilsunits, σώματα χαμηλών θερμοκρασιών, ενδοδαπέδια σωλήνωση και κεντρικές κλιματιστικές μονάδες. Στη περίπτωση βέβαια που ο χώρος μας κλιματίζεται από κανάλια αέρα, τότε το σύστημα αυτό χαρακτηρίζεται ως σύστημα φρέον – αέρα.

2.3.2 Κλειστά Γεωθερμικά Συστήματα

Τα κλειστά γεωθερμικά συστήματα είναι αυτά που εκμεταλλεύονται τη θερμοκρασία των γεωλογικών σχηματισμών και πετρωμάτων ή του επιφανειακού υδροφόρου ορίζοντα (π.χ λίμνη). Τα κλειστά γεωθερμικά συστήματα επιλέγονται σε περιοχές όπου η υπόγεια υδροφορία δεν είναι πλούσια και συνεχής καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, ή τα κοστολόγια εκμετάλλευσης της υπόγειας υδροφορίας είναι υψηλά. Η μεγαλύτερη δυσκολία στην κατασκευή κλειστών γεωθερμικών συστημάτων είναι η εγκατάσταση του γεωσυλλέκτη στο έδαφος. Ανάλογα με τη διάταξη του γεωσυλλέκτη (δηλαδή τον τρόπο επίστρωσης των σωληνώσεων στο έδαφος) τα συστήματα αυτά χωρίζονται σε οριζόντια, κωνικά, και κατακόρυφα γεωθερμικά συστήματα. (βλ. εικόνα 2.3 *Συστήματα αβαθούς γεωθερμίας κλειστού βρόγχου*).



Εικόνα 2.3 «Συστήματα αβαθούς γεωθερμίας κλειστού βρόγχου»

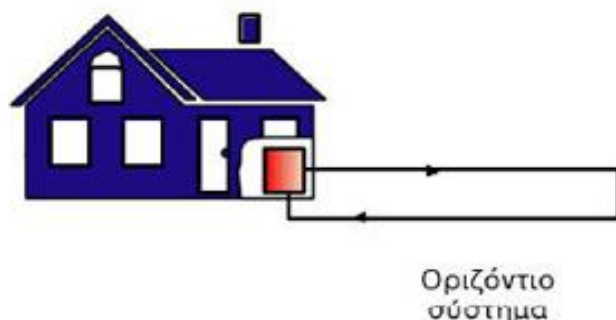
Η επιλογή μεταξύ κάθετης και οριζόντιας διάταξης, εξαρτάται από τη μορφολογία του εδάφους της περιοχής και τη διαθεσιμότητα του περιβάλλοντα χώρου σε κάθε περίπτωση.

Τα κλειστά γεωθερμικά κυκλώματα, αποτελούνται από το γεωσυλλέκτη, τη γεωθερμική αντλία θερμότητας και το δίκτυο διανομής θέρμανσης ή ψύξης. Είναι γεγονός ότι οι γεωεναλλάκτες κλειστού βρόγχου αποτελούνται από πολυάριθμους τύπους συστημάτων εφαρμογής, όλοι εκ των οποίων χρησιμοποιούν ένα συνεχές κύκλωμα, μέσα στο οποίο πραγματοποιείται η κυκλοφορία της θερμικής ροής. Το γεωθερμικό κύκλωμα, η τοποθέτηση του οποίου γίνεται υπόγεια, είναι τυπικά κατασκευασμένο από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE). Πρόκειται για πολύ σκληρό πλαστικό, το οποίο είναι εξαιρετικής ανθεκτικότητας, καθώς και μεγάλης διάρκειας ζωής, επιτρέποντας ταυτόχρονα τη μετάδοση θερμότητας με αποτελεσματικό τρόπο. Η συνένωση των επιμέρους τμημάτων επιτυγχάνεται με θερμική συγκόλληση, γεγονός που καθιστά εν τέλει τις συνδέσεις ανθεκτικότερες από τους ίδιους τους αγωγούς. Το

ρευστό που κυκλοφορεί στο εσωτερικό του κυκλώματος είναι είτε νερό, είτε αντιψυκτικό υγρό ασφαλές προς το περιβάλλον.

2.3.3 Οριζόντιο κλειστό γεωθερμικό σύστημα

Τα οριζόντια κλειστά γεωθερμικά συστήματα είναι τα πιο επωφελή από άποψη κόστους, με την προϋπόθεση ότι υπάρχει αρκετή διαθέσιμη έκταση τοποθέτησης και το έδαφος είναι κατάλληλο εκσκαφής υπόγειων τάφρων (βλ. *Εικόνα 2.4. «Οριζόντιο κλειστό γεωθερμικό σύστημα»*). Η διάνοιξη των σκαμμάτων γίνεται με ειδικά σκαπτικά μηχανήματα, όπως εκσκαφείς και γεωτρύπανα, σε βάθος 1,5 με 2 μέτρα κάτω από την επιφάνεια. Μετά την τοποθέτηση των αγωγών σε διάταξη που εξαρτάται από τη μελέτη, γίνεται επιχωμάτωση των υπόγειων τάφρων, λαμβάνοντας όμως ιδιαίτερη προσοχή στο υλικό συμπλήρωσης, καθώς υπολείμματα βράχου ή άλλων κοφτερών τεμαχίων μπορεί να προκαλέσουν ζημιιά στους αγωγούς. Για το λόγο αυτό, το υλικό επιχωμάτωσης που προτιμάται συνήθως είναι αμμοχάλικο.



Εικόνα 2.4. «Οριζόντιο κλειστό γεωθερμικό σύστημα»

Ένα τυπικό σύστημα οριζόντιου γεωθερμικού συστήματος, αποτελείται από αγωγούς συνολικού μήκους 150 με 200 μέτρα ανά τόνο θερμικής και ψυκτικής ικανότητας. Η απαιτούμενη έκταση γης για την τοποθέτηση οριζόντιων γεωεναλλακτών κυμαίνεται από 150 m² έως 300 m² ανά τόνο θερμικής/ψυκτικής ικανότητας, ενώ ταυτόχρονα καθοριστικό ρόλο έχουν οι ιδιότητες και η θερμοκρασία του εδάφους.

Σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν περιορισμοί στη διαθέσιμη έκταση γης για την εγκατάσταση της διάταξης, οι αγωγοί τοποθετούνται με σχετικά πιο πυκνή διάταξη και συνδέονται, ανάλογα την περίπτωση, είτε σε σειρά είτε παράλληλα. Μία άλλη διάταξη τοποθέτησης του κυκλώματος είναι η σπειροειδής. Ο τρόπος αυτός εφαρμόζεται με σκοπό τη μείωση του μήκους του γεωεναλλάκτη ανά μήκος ορύγματος, απαιτεί όμως περισσότερο μήκος αγωγού ανά τόνο ικανότητας. Ο αγωγός περιστρέφεται σε σπειροειδή μορφή, επικαλυπτόμενος και εν συνεχεία τοποθετείται μέσα στο όρυγμα.

Συστήματα αποτελούμενα από δύο αγωγούς απαιτούν 85 με 100 μέτρα αγωγού περισσότερα, ανά τόνο ονομαστικής ικανότητας του γεωεναλλάκτη. Επιπλέον, το μήκος του ορύγματος μειώνεται, καθώς ο αριθμός των τοποθετούμενων αγωγών αυξάνεται ή καθώς πυκνώνουν οι σπείρες της διάταξης.

Τέλος, μία εναλλακτική λύση τοποθέτησης του κυκλώματος που έχει αναπτυχθεί λόγω ανεπάρκειας διαθέσιμης έκτασης, είναι η εγκατάσταση των αγωγών σε μικρότερη επιφάνεια αλλά σε μεγαλύτερο βάθος ορύγματος, υπό τη μορφή κυκλωμάτων στενής διαμέτρου αγωγού.

2.3.4 Κατακόρυφο κλειστό γεωθερμικό σύστημα

Τα κατακόρυφα κλειστά γεωθερμικά συστήματα (βλ. *Εικόνα 2.5. «Κατακόρυφο κλειστό γεωθερμικό σύστημα»*) βρίσκουν ευρεία εφαρμογή εκεί όπου υπάρχει μικρός διαθέσιμος χώρος εγκατάστασης του κυκλώματος, ή στην περίπτωση όπου η παρουσία βράχων καθιστά το σκάψιμο μη πρακτικό, καθώς και όταν επιθυμείται η όσο το δυνατό λιγότερη διατάραξη του τοπίου. Αναλυτικότερα, πραγματοποιείται διάνοιξη κάθετων γεωτρήσεων με τη χρήση γεωτρύπανου, μήκους 50 έως 150 μέτρα, ακολουθεί

τοποθέτηση μονών ή πολλαπλών αγωγών σχήματος U στον πυθμένα της γεώτρησης και τέλος ακολουθεί εγκιβωτισμός των αγωγών. Κάθε κατακόρυφος αγωγός συνδέεται εν συνεχεία με οριζόντιο υπόγειο αγωγό, μέσα στον οποίο κυκλοφορεί το ρευστό από και προς την εσωτερική μονάδα εναλλαγής θερμότητας.



Εικόνα 2.5. «Κατακόρυφο κλειστό γεωθερμικό σύστημα»

Είναι γεγονός, ότι η τοποθέτηση κατακόρυφου συστήματος γεωεναλλακτών είναι πιο ακριβή, απαιτεί όμως μικρότερο μήκος αγωγών από τα οριζόντια συστήματα, καθώς η θερμοκρασία είναι πιο σταθερή καθώς απομακρυνόμαστε από την επιφάνεια. Οι τυπικές απαιτήσεις αγωγών ποικίλλουν από 150 έως 200 μέτρα μήκους γεώτρησης ανά τόνο θερμικού ψυκτικού συστήματος, εξαρτώμενο πάντα από τις ιδιότητες του εδάφους, καθώς και τις θερμοκρασιακές συνθήκες αυτού. Η απαίτηση αυτή οδηγεί σε διάνοιξη 1 με 2 γεωτρήσεων ανά τόνο θερμικού φορτίου του συστήματος, απαίτηση υπαγορευόμενη πάντα από τις θερμικές ιδιότητες του εδάφους.

Σημαντικό παράγοντα αποτελεί η απόσταση μεταξύ των γεωτρήσεων. Εμπειρικές τεχνικές μέθοδοι έχουν αποδείξει ότι η απόσταση αυτή θα πρέπει να είναι 5 με 8,5 μέτρα μακριά, έτσι ώστε να αποφεύγεται οποιαδήποτε θερμική αγωγιμότητα μεταξύ των γεωτρήσεων. Η απαιτούμενη, συνήθως, έκταση των γεωτρήσεων είναι 14 με 28 m. ανά τόνο θερμικής/ψυκτικής ικανότητας. Διάφοροι τύποι κατακόρυφων γεωεναλλακτών έχουν χρησιμοποιηθεί και ελεγχθεί.

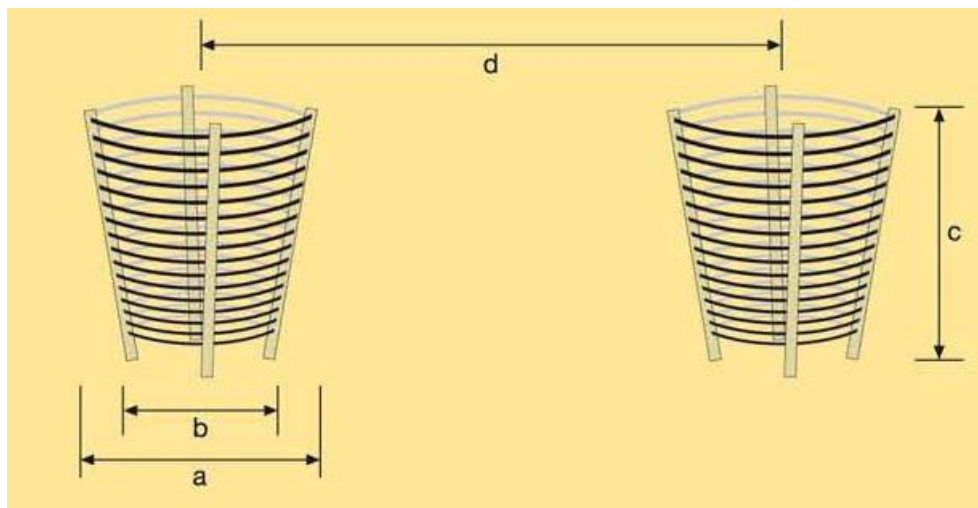
Η γεωθερμική βιομηχανία έχει αναπτύξει ταυτόχρονα σε διάφορες χώρες, ποικίλες μεθόδους εφαρμογής. Στην Ευρώπη, έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι ελαχιστοποίηση της απαιτούμενης έκτασης γης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η τοποθέτηση 2 ή 3 ζευγών αγωγών σχήματος U, έναντι της τοποθέτησης 1. Στις Η.Π.Α αντιθέτως, συνηθίζεται περισσότερο η χρήση μονού ζεύγους αγωγών. Μία αξιοσημείωτη μέθοδος κατακόρυφων γεωθερμικών συστημάτων, είναι αυτή των ενεργειακών πασσάλων. Πρόκειται για εξοπλισμό των πασσάλων θεμελίωσης σε συστήματα αγωγών γεωεναλλακτών. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται σε προκατασκευασμένους ή σε επί τόπου χωνευτούς πασσάλους, μεγέθους 3" έως 16".

2.3.5 Κωνικά γεωθερμικά συστήματα

Παρόμοια συστήματα πρωτοεμφανίστηκαν στην Αμερική τα οποία εξελίχθηκαν από την Ευρώπη. Τα πρώτα συστήματα είχαν διάταξη κυλίνδρου ο οποίος απαιτούσε την ανόρυξη γεώτρησης από γεωτρύπανο με κοπτικό μηχάνημα μεγαλύτερο από πενήντα (50) εκατοστά. Η πιο συνήθης διάμετρος ανόρυξης ήταν αυτή του ενός (1) μέτρου. Ωστόσο μετά από έρευνα διαπιστώθηκε ότι η κυλινδρική διάταξη δεν ήταν η βέλτιστη συνθήκη λειτουργίας για τη διάχυση της θερμότητας.

Μετά από μελέτη διαπιστώθηκε ότι κατά τη λειτουργία της ψύξης, όπου η θερμότητα διοχετεύεται στο έδαφος, δημιουργείται θερμικός κορεσμός του εδάφους κατά τον κατακόρυφο άξονα. Αυτό παρουσιάζεται λόγω της μικρής διαθέσιμης επιφάνειας που δημιουργείται μεταξύ της διαμέτρου του κυλίνδρου. Με τη χρήση τρισδιάστατων μοντέλων διάχυσης της θερμότητας στο υπέδαφος, αποδείχτηκε ότι παρουσιάζεται μικρότερος κορεσμός όταν η διάταξη μετατραπεί από κυλινδρική σε κωνική.

Επιπλέον διαπιστώθηκε ότι η καλύτερη διάταξη του κώνου (βλ. Εικόνα 2.6 «Κωνικό γεωθερμικό σύστημα») είναι όταν η μικρότερη διάμετρος του τοποθετηθεί στο βαθύτερο σημείο εκσκαφής και όχι στο υψηλότερο. Αυτό το φαινόμενο είναι αποτέλεσμα της μικρότερης επιρροής που έχουν κλιματολογικές συνθήκες στα βαθύτερα στρώματα του εδάφους και της πιο σταθερής θερμοκρασίας που παρουσιάζει. Γι' αυτό το λόγο και απαιτείται μικρότερο μήκος σωλήνα στα βαθύτερα στρώματα από ότι στα επιφανειακά. Επομένως το κωνικό σχήμα προσδιορίστηκε σύμφωνα με τη διάχυση της θερμότητας στο υπέδαφος και υπερτερεί του κυλινδρικού διότι δεν επιτρέπει τη θερμική συμφόρηση του εδάφους κατά τον κατακόρυφο άξονα και βοηθά στην απαγωγή και απορρόφηση του ενεργειακού φορτίου.



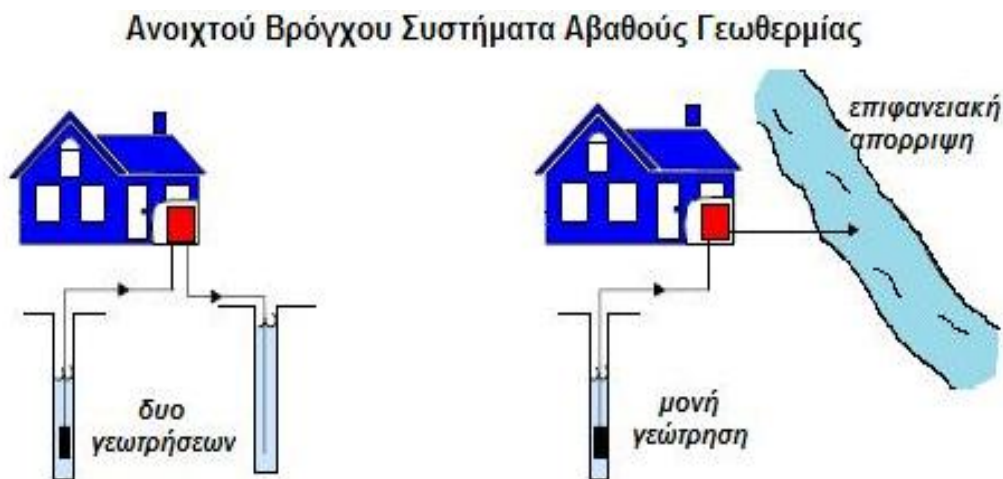
Εικόνα 2.6 «Κωνικό γεωθερμικό σύστημα»

Στα κωνικά συστήματα πραγματοποιούνται τοπικές εκσκαφές για την ταφή κωνικών γεωσυλλεκτών. Το πλήθος των κώνων εξαρτάται από τα θερμικά και τα ψυκτικά φορτία που απαιτούνται για τον κλιματισμό του χώρου. Το ελάχιστο βάθος τοποθέτησης του κατώτερου σημείου κάθε κώνου ανέρχεται στα 3,5μ από την επιφάνεια. Η κωνική διάταξη θεωρείται η βέλτιστη κατασκευαστική λύση στις περιπτώσεις όπου δεν μπορεί να εφαρμοστεί οριζόντιο σύστημα λόγω της περιορισμένης διαθεσιμότητας χώρου ή όταν η τοποθέτηση του γεωσυλλέκτη στη θεμελίωση του κτιρίου δεν είναι εφικτή. Επιπλέον υπερτερεί κοστολογικά έναντι του κατακόρυφου συστήματος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η κωνική διάταξη δύναται να μειώσει την κάλυψη του περιβάλλοντα χώρου που απαιτεί το οριζόντιο σύστημα και αντικαθιστά το υψηλό κόστος του κατακόρυφου.

Τα κωνικά συστήματα δεν δύναται να τοποθετηθούν στη θεμελίωση του κτιρίου διότι απαιτείται μπάζωμα της εκσκαφής, και δεν επιτρέπεται για λόγους θεμελίωσης και στατικής επάρκειας του κτιρίου. Τα κωνικά συστήματα είναι ακριβότερα από τα οριζόντια διότι απαιτούνται σκελετοί από ανοξείδωτο ή πλαστικό για τη διαμόρφωση του γεωσυλλέκτη σε κωνική διάταξη. Απαιτούν όμως αισθητά λιγότερο περιβάλλοντα χώρο σε σχέση με τα οριζόντια συστήματα, ενώ και τα δύο συστήματα εμφανίζουν παρόμοια ηλεκτρική κατανάλωση.

2.3.6 Ανοικτό γεωθερμικό σύστημα

Τα γεωθερμικά συστήματα ανοικτού κυκλώματος εκμεταλλεύονται τον υπόγειο ή επιφανειακό υδροφόρο ορίζοντα μέσω δύο ή περισσότερων υδρογεωτρήσεων. Απαραίτητα προϋπόθεση για την εφαρμογή ενός τέτοιου κυκλώματος είναι η ύπαρξη πλούσιας και συνεχούς υπόγειας υδροφορίας στην περιοχή της εγκατάστασης. Ένα ποτάμι ή η παρουσία της θάλασσας ευνοεί την εγκατάσταση ενός ανοικτού γεωθερμικού συστήματος. (βλ. Εικόνα 2.7 «Ανοικτά γεωθερμικά συστήματα»)



Εικόνα 2.7 «Ανοικτά Γεωθερμικά συστήματα»

Παρόλο που η παρουσία της επιφανειακής υδροφορίας προδιαθέτει την εγκατάσταση των ανοικτών γεωθερμικών συστημάτων, η διαθεσιμότητα της υπόγειας υδροφορίας είναι αυτή που θα προσδιορίσει την τελική εξέλιξη του έργου. Ένα ανοικτό γεωθερμικό σύστημα απαιτεί επαρκή διαπερατότητα για να παράγει την απαραίτητη ποσότητα νερού και καλή χημεία του υδροφόρου ορίζοντα, δηλαδή χαμηλή συγκέντρωση σιδήρου και υδρόθειου. Η σημαντικότερη όμως προϋπόθεση για τη σωστή λειτουργία ενός γεωθερμικού συστήματος είναι η σταθερή ποσότητα διαθέσιμου υπόγειου νερού καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου.

Τα ανοικτά γεωθερμικά συστήματα καταλαμβάνουν μικρό περιβάλλοντα χώρο και θεωρούνται η πιο εύκολη κατασκευαστική λύση. Ωστόσο όμως κατέχουν συνήθως τη πιο δαπανηρή λειτουργία εν συγκρίσει με οποιονδήποτε άλλο τύπο γεωθερμικού συστήματος, και αυτό οφείλεται στην υψηλή κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας υποβρύχιας αντλίας η οποία εγκαθίσταται στην παραγωγική γεώτρηση για την άντληση του υπόγειου νερού. Σε αντιπαράθεση με τη σχεδόν ανύπαρκτη συντήρηση του συνολικού εξοπλισμού, οι γεωτρήσεις χρειάζονται μερική συντήρηση και κατάλληλους υπόγειους ή επιφανειακούς ταμιευτήρες.

Η επιλογή ενός τέτοιου συστήματος θεωρείται συμφέρουσα σε χώρους άνω των 100τμ, όταν η υδροφορία είναι συνεχής και πλούσια και δεν απαιτείται ιδιαίτερα μεγάλο βάθος ανόρυξης (μέχρι 60 – 70μ.). Τα ανοικτά γεωθερμικά συστήματα παρουσιάζουν τη δυνατότητα παραγωγής υψηλού ποσοστού ενέργειας με μικρό κόστος, εφόσον η υδροφορία είναι πλούσια και συνεχής, και είναι κατάλληλα για μεγάλες εγκαταστάσεις διότι παρέχουν τη δυνατότητα κάλυψης υψηλών ενεργειακών φορτίων σε χαμηλό κόστος. Η χρηματική εξοικονόμηση σε σχέση με έναν συμβατικό τρόπο θέρμανσης, μπορεί να ξεπεράσει το 55%, δεδομένου ότι η τιμή του πετρελαίου κυμαίνεται στα 1,05€/lt, και η τιμή κατανάλωσης μια kWh ηλεκτρικής ενέργειας κυμαίνεται στα 0,14€.

Ένα ακόμη πλεονέκτημα που παρουσιάζουν τα γεωθερμικά συστήματα κλιματισμού έναντι των συμβατικών συστημάτων θέρμανσης, είναι το ότι δεν μεταβάλλεται η τιμή αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας σε σχέση με τη διακύμανση της τιμής του πετρελαίου θέρμανσης. Είναι κατανοητό λοιπόν, ότι η αύξηση της τιμής πώλησης του πετρελαίου θέρμανσης δεν επηρεάζει άμεσα τον τελικό καταναλωτή όσον αφορά την αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας, και βέβαια, όσο αυξάνεται η τιμή του πετρελαίου τόσο μεγαλώνει και η ψαλίδα της εξοικονόμησης των χρημάτων.

Συνήθως το ανοικτό γεωθερμικό σύστημα για να λειτουργήσει στην καλύτερη απόδοση, αποτελείται από δύο υδρογεωτρήσεις. Η απόσταση μεταξύ των υδρογεωτρήσεων εξαρτάται από τα πετρώματα, την ποσότητα νερού άντλησης, τη στάθμη ηρεμίας του υπόγειου νερού και το βάθος της υπόγειας υδροφορίας.

Εμπειρικά θεωρείτε ότι η απόσταση μεταξύ των δύο υδρογεωτρήσεων δεν πρέπει να είναι μικρότερη από το 10% του βάθους ανόρυξης. Η μία υδρογεώτρηση θα χρησιμοποιηθεί ως παραγωγική, δηλαδή από αυτή θα πραγματοποιείται η άντληση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, ενώ η άλλη θα χρησιμοποιηθεί ως υδρογεώτρηση εμπλουτισμού, δηλαδή προς επιστροφή του νερού στον υδροφόρο ορίζοντα απ' όπου προήλθε. Σε κάποιες περιπτώσεις συνεχούς και πλούσιας υδροφορίας, όπου η δυνατότητα άντλησης του υπόγειου νερού είναι μεγαλύτερη από την απαιτούμενη, τότε δύναται να χρησιμοποιηθεί μία μόνο «τηλεσκοπική υδρογεώτρηση».

Η τηλεσκοπική υδρογεώτρηση χρησιμοποιείται τόσο για την άντληση του νερού όσο και για την επανεισαγωγή του νερού αυτού στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα. Σε αυτή τη περίπτωση η άντληση του νερού πραγματοποιείται από τα βαθύτερα στρώματα της υδρογεώτρησης, ενώ η επανεισαγωγή του γίνεται στην ίδια γεώτρηση αλλά συνήθως σε πιο επιφανειακά – ρηχά στρώματα. Η τηλεσκοπική υδρογεώτρηση παρουσιάζει μορφή κώνου διότι έχει μεγαλύτερη διάμετρο στα αρχικά στρώματα της ανόρυξης, και η διάμετρος αυτή μικραίνει σταδιακά κατά το βάθος της. Ένα γεωθερμικό σύστημα που κάνει χρήση μιας τηλεσκοπικής υδρογεώτρησης, ενδέχεται να παρουσιάσει διακύμανση του συντελεστή απόδοσης της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας λόγω της άμεσης ανάμειξης του νερού άντλησης με το νερό του εμπλουτισμού. Ένα τέτοιο σύστημα απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή τόσο στη μελέτη όσο και στην κατασκευή του.

Σημαντικοί παράγοντες που καθορίζουν την λειτουργία αλλά και το βαθμό απόδοσης των υπεδάφικών ανοιχτών συστημάτων είναι:

- Η ποιότητα του υπόγειου νερού ώστε να μην δημιουργούνται διαβρώσεις ή φραξίματα στην υποβρύχια αντλία από σωματίδια στο νερό.
- Η ποιότητα της γεώτρησης και ειδικά ο τρόπος κατασκευής, η χαλίκωση γύρω από το φίλτρο και η σταθεροποίηση των διαφορετικών σχηματισμών του υπεδάφους.
- Ο σχεδιασμός των γεωτρήσεων όσον αφορά την απόσταση μεταξύ της γεώτρησης άντλησης και αυτής της επαναφοράς, η διάμετρος της γεώτρησης και της εσωτερικής σωλήνωσης.
- Αρτεσιανά νερά παρουσιάζουν μεταβολές στις θερμοκρασίες του νερού και μεταβάλλουν τους συντελεστές απόδοσης.

Σε περιπτώσεις που η γειτνίαση με τη θάλασσα ή με λίμνη είναι τέτοια που να επιτρέπει την χρήση της, δεν υπάρχει ανάγκη για διάνοιξη γεωτρήσεων αφού με ένα απλό υδραυλικό δίκτυο το νερό προσάγεται και απάγεται από την αντλία θερμότητας μέσω ενός κυκλοφορητή. Φυσικά στα συστήματα αυτά και ειδικά στις θάλασσας, είναι απαραίτητος ο ενδιάμεσος εναλλάκτης θερμότητας από τιτάνιο -Ti-, ή ντουραλουμίνιο -Ni/Cu-, για να προστατεύει τα εσωτερικά κυκλώματα της αντλίας θερμότητας από το υφάλμυρο νερό

2.4 Οφέλη από τη Χρήση των Γεωθερμικών Αντλιών

Μοναδικά πλεονεκτήματα συστήματος γεωθερμίας:

- Καταργείται η χρήση πετρελαίου και έχουμε μηδενικές εκπομπές CO₂.
- Το 70 - 80% της ενέργειας παρέχεται δωρεάν από το περιβάλλον.
- Το κόστος λειτουργίας μειώνεται πάνω από 60% σε σχέση με τους συμβατικούς τρόπους θέρμανσης και ψύξης.
- Δεν απαιτείται δεξαμενή καυσίμων και καμινάδα.
- Μεγάλη εξοικονόμηση χώρου. Γιατί χρειάζεται μόνο μια μικρή και συμπαγής αντλία για θέρμανση και ψύξη.
- Δεν απαιτείται καμία συντήρηση στους γεωεναλλάκτες, ενώ η αντλία θερμότητας χρειάζεται μόνο περιοδικό έλεγχο.
- Λειτουργεί αθόρυβα και δε χρειάζεται πυροπροστασία.
- Εγκατάσταση σε οποιοδήποτε μέρος - όχι ύπαρξη γεωθερμικού πεδίου
- Αδιάλειπτη λειτουργία, συνεχής παροχή θέρμανσης/ψύξης/ZNX – δεν απαιτείται σύστημα εφεδρείας
- Αθόρυβη λειτουργία
- Απόλυτα ασφαλής λειτουργία - μη ύπαρξη καύσης, όχι ανάφλεξη κ.λπ.
- Πολύ υψηλός βαθμός απόδοσης COP σε σχέση με άλλα συστήματα A/Θ
- Συνεισφορά στη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων (N.3661/19.05.08 - Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις)

- Εφαρμογή σε αστικό περιβάλλον: εναλλακτικές λύσεις συστήματος εναλλαγής θερμότητας με το έδαφος ακόμα και σε περίπτωση περιορισμένου χώρου
- Υπεδαφικό σύστημα – εκμετάλλευση του χώρου των γεωεναλλακτών για χώρους αναψυχής, θέσεις στάθμευσης κ.λπ.

Χρήση αβαθούς γεωθερμίας – Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας (άρθρο 2 2009/28/ΕΚ)

- Σημαντική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Greenhouse Gas - GHG)
- Μηδενικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις: μηδενικές κατά τη λειτουργία, μηδαμινές κατά την κατασκευή
- Υπεδαφικό σύστημα – χρήση του χώρου των γεωεναλλακτών για πάρκα, πλατείες, χώρους αναψυχής κ.λπ. με στόχο τη βελτίωση του μικροκλίματος αστικών περιοχών

2.5 Εγκατάσταση ενός Γεωθερμικού Συστήματος

Ένα σύστημα γεωθερμίας μπορεί να εγκατασταθεί σε οποιοδήποτε νέο κτίριο (κατοικία, επαγγελματικό κτίριο, ξενοδοχείο, βιομηχανική εγκατάσταση κλπ.) Επίσης μπορεί να εφαρμοστεί και σε υφιστάμενα κτίρια για θέρμανση, παραγωγή ζεστού νερού, καθώς και κλιματισμό εφόσον υπάρχουν οι απαραίτητες προϋποθέσεις. Η εφαρμογή της γεωθερμίας σε υφιστάμενα πολυώροφα κτήρια εντός του αστικού ιστού είναι τις περισσότερες φορές εξαιρετικά δύσκολη έως ανέφικτη.



Εικόνα 2.8 «Σύνδεση – εγκατάσταση γεωθερμικού συστήματος»

Για την εγκατάσταση σε νέα κτίρια (βλ. Εικόνα 2.8 «Σύνδεση – εγκατάσταση γεωθερμικού συστήματος») θα πρέπει :

- Να εκπονηθεί ειδική μηχανολογική μελέτη η οποία θα υποβληθεί στην αρμόδια Υπηρεσία του Υπουργείου Ανάπτυξης της κατά τόπου περιφέρειας ώστε να εκδοθεί η απαιτούμενη άδεια εγκατάστασης, σύμφωνα με τις διατάξεις της κείμενης νομοθεσίας (Δ9Β,Δ/Φ166/οικ. 13068/ΓΔΦΠ2488/ΦΕΚ 1249/24-62009).
- Να προβλέπεται από την ηλεκτρομηχανολογική μελέτη και την μελέτη ΚΕΝΑΚ που έχουν υποβληθεί στην πολεοδομία για την έκδοση της οικοδομικής άδειας.

Αν δεν έχουν γίνει και οι δύο παραπάνω ενέργειες και έχει υποβληθεί στην πολεοδομία μελέτη με άλλο σύστημα θέρμανσης, τότε για να εγκατασταθεί σύστημα θέρμανσης με γεωθερμία θα πρέπει να υποβληθούν έγκαιρα οι απαιτούμενες μελέτες στις παραπάνω αρμόδιες υπηρεσίες ώστε να εκδοθούν η απαιτούμενη άδεια εγκατάστασης και η αναθεώρηση της οικοδομικής αδείας για αλλαγή

ηλεκτρομηχανολογικών μελετών και μελέτης ΚΕΝΑΚ.

Για την εγκατάσταση σε υφιστάμενα παλαιά κτήρια θα πρέπει :

- Ο περιβάλλον χώρος του κτιρίου είναι κατάλληλος για την ανάπτυξη οριζόντιων ή κατακόρυφων γεωεναλλακτών ή να υπάρχει παλαιό νόμιμο πηγάδι νερού καθώς και η δυνατότητα να ανοιχθεί άλλο ένα, έστω και μικρότερο ή να υπάρχει πλησίον λίμνη ή θάλασσα από την οποία δύναται να ληφθεί νερό με νόμιμες διαδικασίες.
- Να εκπονηθεί ειδική μηχανολογική μελέτη η οποία θα υποβληθεί στην αρμόδια Υπηρεσία του Υπουργείου Ανάπτυξης της κατά τόπου περιφέρειας και να εκδοθεί η απαιτούμενη άδεια εγκατάστασης, σύμφωνα με τις διατάξεις της κείμενης νομοθεσίας (Δ9Β,Δ/Φ166/οικ. 13068/ΓΔΦΠ2488/ΦΕΚ 1249/24-62009).

Αν δεν γίνουν οι παραπάνω ενέργειες δεν μπορεί να εγκατασταθεί γεωθερμικό σύστημα και η οποιαδήποτε αυθαίρετη εγκατάσταση του είναι παράνομη και επισείει σοβαρούς κινδύνους μεγάλων προστίμων καθώς και άλλων ποινικών και αστικών κυρώσεων.

2.6 Εξοικονόμηση Ενέργειας - Χαμηλά Λειτουργικά Έξοδα

Τα συστήματα γεωθερμίας και οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας χρησιμοποιούν ως πηγές θερμότητας το νερό και την γη, άλλα για την λειτουργία του εξοπλισμού τους απαιτείται η χρήση μικρής ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας .

Βασικό χαρακτηριστικό των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας είναι ο συντελεστής COP.

Συντελεστής COP

Ο συντελεστής COP ή αλλιώς συντελεστής επίδοσης της αντλίας θερμότητας, είναι ο λόγος της ονομαστικής θερμικής ισχύος που παράγει στην μονάδα του χρόνου μία αντλία θερμότητας που δουλεύει σε θέρμανση υπό συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας προς την απορροφούμενη ηλεκτρική ισχύ. Είναι δηλαδή το κλάσμα, $COP = P_{\omega\phi}/P_{\alpha\pi\omicron\rho}$. Ο συντελεστής αυτός είναι χαρακτηριστικός της κάθε γεωθερμικής αντλίας θερμότητας, δίνεται από τον κατασκευαστή της υπό ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας. Ο συντελεστής αυτός για μια τυπική γεωθερμική αντλία θερμότητας σε ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας κυμαίνεται μεταξύ 4 και 4,5.

Αυτό σημαίνει ότι αν έχουμε μία αντλία θερμότητας που ο κατασκευαστής της αναγράφει στα τεχνικά της χαρακτηριστικά ότι έχει α)ωφέλιμη ονομαστική απόδοση π.χ $P_{\omega\phi}=12$ KW υπό ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας και β) $COP= 4$, τότε η ηλεκτρική ισχύς που απορροφά αυτή η αντλία θερμότητας προκύπτει αν επιλύσουμε απλά τον τύπο $COP = P_{\omega\phi}/P_{\alpha\pi\omicron\rho}$ ως προς $P_{\alpha\pi\omicron\rho}$. Επιλύοντας το τύπο προκύπτει ότι η απορροφούμενη ηλεκτρική ισχύς θα είναι $P_{\alpha\pi\omicron\rho} = P_{\omega\phi}/4 = 12/4= 3$ KW. (δηλαδή τέσσερις φορές χαμηλότερη από την ωφέλιμη που μας παρέχει).

Εκτός από τον συντελεστή επίδοσης της αντλίας θερμότητας υπάρχει και ο συντελεστής SCOP η αλλιώς ολικός μέσος ανοιγμένος εποχικός συντελεστής επίδοσης. Τον συντελεστή αυτόν δεν θα τον δούμε πουθενά γραμμένο στα τεχνικά χαρακτηριστικά της αντλίας θερμότητας αλλά είναι ο μέσος συντελεστής επίδοσής της για το χρονικό διάστημα (ολόκληρη εποχή) που η γεωθερμική αντλία θερμότητας παράγει θέρμανση. Ο συντελεστής COP μεταβάλλεται ανάλογα με της συνθήκες θερμοκρασίας του εδάφους και τις συνθήκες λειτουργίας της αντλίας. Παρά το γεγονός ότι στα συστήματα γεωθερμίας θεωρούμε ότι δεν υπάρχουν σημαντικές μεταβολές στην θερμοκρασία εδάφους, στη πράξη, έστω και αυτές οι μικρές μεταβολές προσφέρουν ένα μέσο ανοιγμένο εποχικό συντελεστής επίδοσης SCOP που για όλες τις περιοχές στη χώρα μας είναι μεγαλύτερος από τον ονομαστικό συντελεστή επίδοσης COP και μπορεί, για κανονική γεωθερμία, να κυμανθεί γύρω στο 5,1. Αυτό σημαίνει ότι η παραπάνω αναφερόμενη γεωθερμική αντλία θερμότητας με ονομαστικό συντελεστή $COP = 4$ θα λειτουργεί στην πραγματικότητα με τον μέσο ανοιγμένο εποχικό συντελεστή επίδοσης που θα κυμανθεί γύρω στο 5,1. Η ηλεκτρική ισχύς που απορροφά αυτή η αντλία θερμότητας προκύπτει αν επιλύσουμε απλά τον τύπο $SCOP = P_{\omega\phi}/P_{\alpha\pi\omicron\rho}$ ως προς $P_{\alpha\pi\omicron\rho}$. Τότε προκύπτει ότι η απορροφούμενη ηλεκτρική ισχύς θα είναι $P_{\alpha\pi\omicron\rho} = P_{\omega\phi}/5,1 = 12/5,1= 2,35$ KW. (δηλαδή 5,1 φορές χαμηλότερη από την ωφέλιμη που μας παρέχει).

3.1 Γενικά

Η αβαθής γεωθερμία δύναται να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη θέρμανσης - ψύξης κτιριακών εγκαταστάσεων. Την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και τη θέρμανση πισίνας. Ωστόσο όμως η χρήση της αβαθούς γεωθερμίας δεν περιορίζεται μόνο σε αυτές τις εφαρμογές αλλά επεκτείνεται και στα κολυμβητήρια, στη βιομηχανία, στα θερμοκήπια, καθώς και σε κάποιες παραγωγικές διαδικασίες ή αντιπαγετικές εφαρμογές. Σε κάθε τύπο κτιρίου μπορούν να εφαρμοστούν πολλές εναλλακτικές λύσεις ανάλογα με τις ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου και τις επικρατούσες συνθήκες. Σε κάθε περίπτωση ο στόχος είναι η μέγιστη δυνατή ενεργειακή και χρηματική εξοικονόμηση σε συνδυασμό με την ελαχιστοποίηση του αρχικού κόστους της εγκατάστασης.

3.2 Κυριότερες εφαρμογές

3.2.1 Γεωθερμία και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης

Η καρδιά του γεωθερμικού συστήματος είναι η γεωθερμική αντλία θερμότητας που τοποθετείται στην εγκατάσταση του μηχανοστασίου. Οι δυνατότητες αυτής της μονάδας είναι είτε νερού – νερού είτε νερού – αέρος. Η επιλογή της γεωθερμικής μονάδας εξαρτάται από τον τρόπο μετάδοσης της θερμότητας στο χώρο. Στις περιπτώσεις που εγκατασταθούν σώματα καλοριφέρ ή ενδοδαπέδια σωλήνωση ή μονάδες fancoil, τότε η γεωθερμική αντλία θερμότητας που θα επιλεγεί θα είναι νερού – νερού, ενώ στην περίπτωση της διανομής του θερμικού και ψυκτικού φορτίου στην εγκατάσταση μέσω καναλιών αέρα, τότε η μονάδα γεωθερμίας που θα επιλεγεί είναι νερού αέρος.

Η παραγωγή του ζεστού νερού χρήσης με μονάδες νερού – νερού

Η γεωθερμική αντλία θερμότητας νερού – νερού μπορεί να τροφοδοτήσει με ζεστό νερό το μπόιλερ τις εγκαταστάσεις. Η λύση αυτή θεωρείται οικονομική, εμφανίζει όμως το μειονέκτημα ότι η παραγωγή ζεστού νερού από τη γεωθερμική αντλία θερμότητας είναι ανέφικτη κατά τις περιόδους που δεν λειτουργεί η μονάδα ή λειτουργεί για τη ψύξη του χώρου. Επιπλέον μια γεωθερμική αντλία θερμότητας δεν μπορεί να παράγει ζεστό νερό υψηλότερης θερμοκρασίας από 45 – 55°C, με ικανοποιητικό βαθμό απόδοσης. Για τους παραπάνω λόγους συνηθίζεται ο συνδυασμός του μπόιλερ με ηλιακά ή ηλεκτρικά αντίσταση για να υποβοηθήσει το σύστημα αυτό καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η παραγωγή του ζεστού νερού σε υψηλές θερμοκρασίας ανεξαρτήτως της χρονικής περιόδου και της λειτουργίας της αντλίας θερμότητας (θέρμανση ή ψύξη).

Με τη μέθοδο που προαναφέρθηκε, η γεωθερμική αντλία θερμότητας συνδυάζεται τόσο με το κλιματισμό του χώρου όσο και με τη παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Εναλλακτικό σενάριο παραγωγής ζεστού νερού χρήσης είναι η εγκατάσταση της επιπρόσθετης γεωθερμικής αντλίας θερμότητας η οποία θα χρησιμοποιείται μόνο για τη παραγωγή του ζεστού νερού χρήσης. Βέβαια αυτή η λύση είναι υψηλού κόστους τόσο για την επιπλέον συσκευή όσο και για τον επιμέρους εξοπλισμό που απαιτείται, όπως για παράδειγμα το σύστημα του γεωσυλλέκτη. Το πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι η γεωθερμική αντλία θερμότητας λειτουργεί ανεξάρτητα και δεν επηρεάζεται από τις θερμικές και ψυκτικές απαιτήσεις του χώρου ή τις διάφορες εποχές του έτους.

Μια οικονομικότερη λύση είναι η αγορά της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας με προ εγκατεστημένο σύστημα υπερθερμαντήρα. Σε αυτή τη περίπτωση η αντλία θερμότητας εξοπλίζεται με έναν ακόμη εναλλάκτη θερμότητας στο κύκλωμα του ψυκτικού μέσου ο οποίος τροφοδοτεί το σύστημα με θερμό νερό ανεξαρτήτως αν η συσκευή εργάζεται ως θερμική ή ως ψυκτική μηχανή. Ο περιορισμός σε αυτή τη περίπτωση είναι στο μέγεθος του θερμικού φορτίου που δύναται να καλύψει ο υπερθερμαντήρας αυτός, διότι περιορίζεται από τη συνολική απόδοση της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας. Οι

συνηθέστερες μονάδες δεν μπορούν να δώσουν περισσότερο από 15 – 20 % της θερμικής τους ισχύος για την παραγωγή του ζεστού νερού χρήσης.

Η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης με μονάδες νερού – αέρος

Στη περίπτωση των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας νερού – αέρος δύναται να παραχθεί ζεστό νερό χρήσης είτε με την εγκατάσταση υπερθερμαντήρα είτε με την εγκατάσταση αυτόνομης αντλίας θερμότητας νερού – νερού. Είναι βέβαια κατανοητό ότι η τελευταία πρόταση αποτελεί μια ακριβότερη λύση και ο μελετητής του συστήματος πρέπει να λάβει υπόψη του τα ενεργειακά φορτία που απαιτούνται από το έδαφος για τη παραγωγή του ζεστού νερού χρήσης.

3.2.2 Μέθοδοι θέρμανσης ή και ψύξης

Η επιλογή της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας είναι συνάρτηση του τρόπου θέρμανσης εντός του κτιρίου. Τα γνωστά σε όλους μας σώματα καλοριφέρ, αποτελούν έναν από τους τρόπους θέρμανσης του κτιρίου και βασίζονται στην ακτινοβολία.

Στις εγκαταστάσεις με τα κλασικά συστήματα θέρμανσης, ο χειριστής δύναται να χρησιμοποιεί το θερμοστάτη και τις ώρες που θα θέτει το σύστημα σε λειτουργία όπως εκείνος επιθυμεί, πράγμα που δεν είναι δυνατό να επιτευχθεί σε συστήματα που έχουν ενδοδαπέδια θέρμανση. Ο λόγος έγκειται στην αδράνεια που διέπει τη θέρμανση του χώρου με την ενδοδαπέδια σωλήνωση. Σε αυτές τις εγκαταστάσεις ο χρήστης ναι μεν μπορεί να ασκήσει κάποια επιρροή στην επιθυμητή θερμοκρασία του χώρου, μεταβάλλοντας τη παράμετρο αυτή από το θερμοστάτη του χώρου, ωστόσο όμως καλείται να θέσει σε λειτουργία το σύστημα κατά την αρχή της χειμερινής περιόδου και να το θέσει εκτός λειτουργίας προς το τέλος αυτής. Αυτό σημαίνει ότι κατά την απουσία του ανθρώπινου παράγοντα από την εγκατάσταση, η θέρμανση θα παραμένει σε λειτουργία ίσως σε μία χαμηλότερη θερμοκρασία.

Είναι διαδεδομένο ότι η ενδοδαπέδια θέρμανση αποτελεί οικονομικότερο τρόπο θέρμανσης, ωστόσο όμως αυτό είναι αληθές κάτω από τις ίδιες συνθήκες λειτουργίας, σε διάστημα ωριαίο και όταν οι συνθήκες των θερμικών φορτίων στην εγκατάσταση έχουν ισορροπήσει. Κάτω από οποιασδήποτε άλλες συνθήκες η ενδοδαπέδια θέρμανση ίσως να αποτελεί μια αντιοικονομική λύση.

Τον τελευταίο λόγο στις μεθόδους θέρμανσης και ψύξης τον έχουν οι μονάδες εξαναγκασμένης ανακυκλοφορίας αέρα fancoilunit. Πρόκειται για μονάδες όπου ανακυκλοφορούν τον αέρα εντός της εγκατάστασης. Δυστυχώς οι μονάδες αυτές έχουν παρεξηγηθεί αρκετά, διότι στο παρελθόν έχουν υπάρξει εγκαταστάσεις οι οποίες δεν έχουν λειτουργήσει ορθά, λόγω είτε λανθασμένων μελετών είτε κατασκευαστικών λαθών.

Ένα από τα συνηθέστερα προβλήματα είναι η εγκατάσταση ή μη της τρίοδης βαλβίδας της μονάδας. Για να κατανοηθεί η λειτουργία της τρίοδης βαλβίδας, πρέπει να εξηγηθεί η λειτουργία της μονάδας εξαναγκασμένης ανακυκλοφορίας αέρα.

Δεν είναι λίγες οι φορές που κάποιος έχει διανυκτερεύσει σε ένα ξενοδοχείο και τρόπος θέρμανσης ή ψύξης του ξενοδοχείου προκαλεί δυσφορία λόγω της υπερβολικής θέρμανσης ή ψύξης που έχει ο χώρος. Αυτό είναι αποτέλεσμα της μη λειτουργίας ή μη εγκατάστασης της τρίοδης βαλβίδας στο fancoil. Η λειτουργία του fancoil, όταν έχει τεθεί σε επιθυμητή λειτουργία από τον χρήστη, πρέπει να είναι συνεχής και αδιάκοπη. Αυτό σημαίνει ότι η λειτουργία του ανεμιστήρα θα είναι συνεχής στοχεύοντας στην εξισορρόπηση της της ίδιας θερμοκρασίας του χώρου. Αυτό επιτυγχάνεται με τη συνεχή επανακυκλοφορία του αέρα.

Εφόσον λοιπόν είναι αδιανόητο να σταματήσει η προσαγωγή του αέρα από το fancoilunit, τότε θα πρέπει να σταματήσει η προσαγωγή του θερμού ή του ψυχρού νερού στη μονάδα, διότι αν δεν γίνει αυτό είτε θα υπερθερμανθεί ο χώρος είτε θα γίνει πολύ ψυχρός. Αυτό καλείται να κάνει η τρίοδη βαλβίδα που εγκαθίσταται πάνω στη μονάδα.

Ο αυτοματισμός ενός τέτοιου συστήματος εξαρτάται από το θερμοστάτη του χώρου. Μετά από την εξισορρόπηση της ίδιας θερμοκρασίας του χώρου και όταν κατανοήσει ότι ο χώρος έφτασε στην επιθυμητή θερμοκρασία τότε και μόνο τότε σταματά η διέλευση του νερού από τη μονάδα fancoil. Έτσι επιτυγχάνεται ένα σωστό περιβάλλον διαβίωσης. Οι λόγοι που δεν εγκαθίσταται μία τέτοια βαλβίδα είναι κυρίως οικονομικοί και έπειτα λόγω έλλειψης τεχνογνωσίας.

Τέλος ένας ακόμη λόγος που οι μονάδες fancoil δεν έχουν εισχωρήσει στην ελληνική αγορά είναι από λανθασμένες κατασκευές που έχουν πραγματοποιηθεί επί σειρά ετών και έχουν οδηγήσει σε πολύ θορυβώδεις εγκαταστάσεις. Ο μελετητής καλείται να έχει εμπειρία στην επιλογή των μονάδων για την επίτευξη συστημάτων τα οποία οδηγούν σε αθόρυβη λειτουργία. Οι μονάδες κρυφού τύπου παράγουν λιγότερο αισθητό θόρυβο από τις μονάδες που είναι εμφανή τύπου.

Μια εγκατάσταση με μονάδες fancoil που θα λειτουργήσει τόσο στη θέρμανση όσο και στη ψύξη του χώρου προτείνεται να συνεργαστεί με ένα θερμό – ψυχρό δοχείο. Αυτό δεν είναι τίποτα παραπάνω από ένα δοχείο που αποθηκεύει θερμό ή ψυχρό νερό, το οποίο με τη σειρά του διοχετεύει το σύστημα κλιματισμού, ήτοι τις μονάδες εξαναγκασμένης ανακυκλοφορίας αέρα. Με αυτό τον τρόπο το σύστημα θέρμανσης – ψύξης έχει το ενεργειακό φορτίο που απαιτείται άμεσα και οποιαδήποτε στιγμή. Ο χρήστης, καλείται να διατηρεί σε σταθερή θερμοκρασία μονάχα το θερμοδοχείο και όχι ολόκληρη την εγκατάσταση. Παρόλο που και πάλι ο χρήστης θα θέσει σε λειτουργία τη θέρμανση τους πρώτους χειμερινούς μήνες και θα τη σταματήσει τους πρώτους ανοιξιάτικους, η θέρμανση θα λειτουργεί ως διατήρηση του θερμοδοχείου και όχι του κτιρίου με αποτέλεσμα να είναι οικονομικότερη και άμεση όταν τη χρειαστεί ο χρήστης. Επιπλέον με αυτή τη λύση επιτυγχάνεται η λειτουργία του συστήματος όπως ένα συμβατικό σύστημα με λέβητα και σώματα καλοριφέρ, ωστόσο όμως θα υπάρχει μία μικρή αδράνεια που οφείλεται στην αρχική θέρμανση του δοχείου και μετέπειτα του κτιρίου.

Οποιοσδήποτε τρόπος θέρμανσης και αν επιλεγθεί συνδυάζεται με γεωθερμικές αντλίες θερμότητας νερού – νερού. Η επιλογή θέρμανσης και ψύξης με κανάλια αέρα συνδυάζεται με γεωθερμική αντλία θερμότητας νερού – αέρος. Στη τελευταία περίπτωση ο τρόπος λειτουργίας του συστήματος είναι καθημερινός διότι τα αποτελέσματα της θέρμανσης ή της ψύξης είναι σχεδόν άμεσα. Ωστόσο συνήθως τέτοιες κατασκευές είναι μερικώς θορυβώδης και απαιτούν αρκετό χώρο στο εσωτερικό του κτιρίου ώστε να τοποθετηθούν τα κανάλια αέρα. Η αυτονομία του εκάστοτε χώρου δύναται να υπάρξει όπως και με τις μονάδες εξαναγκασμένης ανακυκλοφορίας αέρα, αλλά το κόστος κατασκευής είναι αρκετά υψηλότερο.

3.2.3 Η επιλογή ενός γεωθερμικού συστήματος σε κατοικίες

Η εφαρμογή της γεωθερμίας σε μια κατοικία δύναται να καλύψει ολόκληρες τις ανάγκες για θέρμανση, δροσισμό ή ψύξη του χώρου, παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και θέρμανση πισίνας. Ο τρόπος μετάδοσης της θέρμανσης ή και της ψύξης εντός της κατοικίας δύναται να είναι είτε με μονάδες εξαναγκασμένης ανακυκλοφορίας του αέρα (fancoilunits) για τη θέρμανση και ψύξη του χώρου, είτε με ενδοδαπέδια σωλήνωση στοχεύοντας στη θέρμανση και το δροσισμό της εγκατάστασης, είτε με τα κλασικά σώματα καλοριφέρ χαμηλών θερμοκρασιών. Σε ελάχιστες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται μέθοδοι με κανάλια αέρα. Είναι αρκετά συχνό το φαινόμενο του συνδυασμού και των τεσσάρων τρόπων διανομής της θέρμανσης ή και της ψύξης του χώρου.

Η επιλογή του συστήματος απορρόφησης ή απόρριψης της ενέργειας από και προς το έδαφος, σύστημα γεωσυλλέκτη, είναι ανεξάρτητη από τον τρόπο κλιματισμού εντός της κατοικίας.

Όποιος τρόπος θέρμανσης και ψύξης από τους παραπάνω και αν χρησιμοποιηθεί δύναται να συνδυαστεί με οποιοδήποτε σύστημα γεωθερμίας.

Η επιλογή εφαρμογής ανοικτού ή κλειστού κυκλώματος εξαρτάται από τον διαθέσιμο περιβάλλοντα χώρο, τη συνέχεια και τη πληρότητα της υδροφορίας, τη γεωλογία της ευρύτερης περιοχής, τα πετρώματα και τυχόν ογκόλιθοι στη θέση του έργου και τα κοστολογικά κριτήρια. Για παράδειγμα, για ένα ακίνητο με πλούσιο περιβάλλοντα χώρο σε μια περιοχή όπου αποτελείται από σκληρά επιφανειακά πετρώματα, το σύστημα του γεωσυλλέκτη δεν μπορεί να είναι τίποτα άλλο παρά κατακόρυφο, και αυτό οφείλεται στο κόστος εκσκαφής για την τοποθέτηση του οριζόντιου συστήματος γεωσυλλέκτη. Σε αυτές τις περιπτώσεις, παρόλο που ο διαθέσιμος περιβάλλοντα χώρος πληροί όλες τις προϋποθέσεις για την εγκατάσταση του οριζόντιου συστήματος, τα κοστολόγια εκσκαφής το κάνουν ασύμφορο, και επομένως ένα κατακόρυφο κλειστό γεωθερμικό σύστημα ίσως αποτελεί μία καλύτερη και οικονομικότερη λύση.

Η βελτιστοποίηση ενός γεωθερμικού συστήματος σε μία κατοικία μπορεί να προέλθει από πολλούς παράγοντες. Ωστόσο όμως ο συνηθέστερος και οικονομικότερος τρόπος είναι ο συνδυασμός των ηλιακών πλαισίων τόσο για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης όσο και για την υποβοήθηση στη θέρμανση του κτιρίου ή τη θέρμανση του εδάφους. Το τελευταίο βοηθά έμμεσα στην κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας της αντλίας θερμότητας και αυτό λόγω της διόρθωσης της θερμοκρασίας του

εδάφους. Όσο υψηλότερη η θερμοκρασία του εδάφους τόσο οικονομικότερη η λειτουργία της θέρμανσης. Και πάλι όμως αυτό θα πρέπει να μελετηθεί ώστε να διατηρείται στα ορθά όρια λειτουργίας του συστήματος και θερμικής αποσυμφόρησης του εδάφους.

Η εγκατάσταση των ηλιακών πλαισίων δύναται να παράγει θερμό νερό για χρήση. Ωστόσο όμως λόγω της αρκετά εκτεταμένης ηλιοφάνειας της ελληνικής επικράτειας, τα πλαίσια αυτά συνεχίζουν να παράγουν ακόμη και τότε που η ενέργεια αυτή δεν διοχετεύεται στο ζεστό νερό χρήσης παρά μένει ανεκμετάλλευτη. Σε αυτές τις περιπτώσεις είναι εφικτός ο συνδυασμός των πλαισίων αυτών με το σύστημα γεωθερμίας, στοχεύοντας στη μείωση των επενεργοποιήσεων των αντλιών θερμότητας και κατά συνέπεια στη κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας.

Για την επιτυχία του συστήματος, θα πρέπει με κάποιο τρόπο η νυν απορριπτόμενη ενέργεια στο περιβάλλον να διοχετευτεί στη κατοικία, στο σύστημα θέρμανσης του κτιρίου. Όμως θα πρέπει να εξεταστεί διεξοδικά τι θα απογίνει το παραγόμενο από τα ηλιακά πλαίσια θερμικό φορτίο κατά τη περίοδο του θέρους. Μία άλλη πρόταση βελτιστοποίησης είναι η σύνδεση των συστημάτων γεωθερμίας με ένα ενεργειακό τζάκι νερού. Σε αυτή τη περίπτωση εγκαθίσταται ένα σύστημα σωληνώσεων στο εσωτερικό του τζακιού το οποίο συν δέεται τόσο με το μπόιλερ της κατοικίας για τη παραγωγή του ζεστού νερού χρήσης όσο και με το σύστημα διανομής της θέρμανσης του κτιρίου.

Ένα ενεργειακό τζάκι δύναται να θερμάνει το χώρο και μέσω αέρα. Αλλά σε αυτή τη περίπτωση δεν μπορεί να συνδεθεί άμεσα με το γεωθερμικό σύστημα αλλά έμμεσα, υποβοηθώντας στη θέρμανση του κτιρίου και κατά συνέπεια στη μείωση των επενεργοποιήσεων της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας, στοχεύοντας στη μείωση της κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας. Ο συνδυασμός ενός γεωθερμικού συστήματος κλιματισμού με ένα φωτοβολταϊκό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με σκοπό τη πλήρη αυτονόμηση του κτιρίου τόσο από τον πάροχο της ηλεκτρικής ενέργειας όσο και από το πετρέλαιο θέρμανσης, δεν αποτελεί μια ορθή τεχνοοικονομική λύση, διότι το κόστος της επένδυσης των φωτοβολταϊκών συστημάτων θα είναι αρκετά υψηλό, λόγω του γεγονότος ότι η γεωθερμία θα αυξήσει της ετήσιες καταναλώσεις του ηλεκτρικού ρεύματος και αυτό κατά συνέπεια απαιτεί μεγαλύτερες φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις.

Σε αυτές τις περιπτώσεις είναι αρκετά προτιμότερο να συνδυαστεί η παραγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος με την μεταπώλησή της στον πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας παρά για την απευθείας κατανάλωση της ενέργειας αυτής στη γεωθερμική αντλία θερμότητας.

3.2.4 Θέρμανση – Ψύξη κτιρίων

Η χρήση γεωθερμίας για θέρμανση χώρων αυξήθηκε κατά 12% την περίοδο 1995-2000 και κατά μέσο όρο 2,3% ετησίως. Έχουν γίνει εφαρμογές σε 30 χώρες, με συνολικά εκμεταλλεύσιμη θερμική ενέργεια περίπου 12TWh/έτος. Περίπου 75% αντιστοιχούν σε εφαρμογές τηλεθέρμανσης και το υπόλοιπο για απ' ευθείας χρήση σε συστήματα θέρμανσης χώρων.

Η εκμετάλλευση χαμηλής ενθαλπίας ρευστών μπορεί επίσης να γίνει για εξοικονόμηση ενέργειας σε συνδυασμό με συμβατικά συστήματα θέρμανσης ή ψύξης, όπως οι αντλίες θερμότητας και μηχανές απορρόφησης. Η εκμετάλλευση αυτού του θερμικού περιεχομένου υδάτων χαμηλής ενθαλπίας μπορεί να γίνει με τις αντλίες θερμότητας για την θέρμανση και ψύξη εσωτερικών χώρων.

Η εφαρμογή συστημάτων θέρμανσης - ψύξης χώρων από τα υπόγεια νερά και τα πετρώματα μικρού βάθους, παρουσιάζει το μεγάλο πλεονέκτημα της χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης, σε αντίθεση με τα συμβατικά συστήματα, τα οποία είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρα. Με δεδομένο το σταθερό ενεργειακό δυναμικό που παρουσιάζεται, τόσο στα πετρώματα μικρού βάθους, όσο και τα νερά του υδροφόρου ορίζοντα, που στην Ελλάδα κυμαίνονται από 14 - 18 °C (αβαθής γεωθερμική ενέργεια), ο σχεδιασμός τέτοιων συστημάτων εξασφαλίζει οικονομικότερη λειτουργία, κατά 40 - 60%, ανάλογα με το αν πρόκειται για θέρμανση ή ψύξη αντίστοιχα. Συγκεκριμένα η υπηρεσία αφορά την ανάπτυξη συστημάτων θέρμανσης-ψύξης μέσω της εκμετάλλευσης της γεωθερμικής ενέργειας που εμπεριέχεται στα υπόγεια νερά και στα πετρώματα μικρού βάθους. Η θερμότητα αυτή σε μικρό βάθος μπορεί να είναι Χαμηλής θερμοκρασίας, πλην όμως παρουσιάζεται ως σταθερή πηγή ενέργειας, όπου σημαντικό ρόλο έχουν:

- Η σχεδίαση τιμής της θερμοκρασιακής διαφοράς (ΔT), καθώς και
- Η παροχή του ρευστού, όπου υπάρχει.

Η αξιοποίηση των υπόγειων νερών, παρουσιάζει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Ικανότητα αποθήκευσης θερμικής και ψυκτικής ενέργειας που μπορεί να αξιοποιηθεί.
- Μεγαλύτερη κατ' όγκο θερμοχωρητικότητα σε σχέση με τον αέρα.
- Πρόκειται πρακτικά για ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

Τόσο στα συστήματα εκμετάλλευσης ενέργειας από τα πετρώματα μικρού βάθους, όσο και στα συστήματα εκμετάλλευσης ενέργειας που προέρχεται από τον υδροφόρο ορίζοντα, κατασκευάζεται ένας γήινος εναλλάκτης, ο οποίος στη συνέχεια αξιοποιεί το επίπεδο θερμοκρασίας με τη βοήθεια αντλιών θερμότητας.

3.2.5 Θέρμανση αγροτικών θερμοκηπίων

Οι ολοένα και αυξανόμενες ενεργειακές και κλιματολογικές ανάγκες σε ένα πλήθος γεωργικών εφαρμογών, καθιστά την ένταξη συστημάτων εκμετάλλευσης της γεωθερμικής (Γ/Θ) ενέργειας χαμηλής ενθαλπίας σε γεωργικές εφαρμογές ιδιαίτερα αποτελεσματική.

Τα γεωθερμικά ρευστά εντοπίζονται κύρια σε γεωργικές περιοχές με αποτέλεσμα το ενδιαφέρον για την ανάπτυξη εφαρμογών, όπως η θέρμανση θερμοκηπίων, η προτίμηση υπαίθριων καλλιεργειών, η ξήρανση αγροτικών προϊόντων αλλά και η θέρμανση ιχθυοδεξαμενών, να είναι έντονο.

Η ανάγκη απεξαρτοποίησης της παραγωγής κηπευτικών και ανθοκομικών προϊόντων από τους κλιματολογικούς παράγοντες, αλλά κυρίως το πολύ χαμηλό κόστος θέρμανσης από τη χρήση της Γ/Θ ενέργειας χαμηλής ενθαλπίας οδήγησε στην ανάπτυξη της γεωθερμικής θέρμανσης θερμοκηπίων στη χώρα μας. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης κυμαίνεται από 6 μήνες μέχρι και 2 χρόνια.

Στην προώθηση υπαίθριων καλλιεργειών δεν απαιτείται η επένδυση υψηλού αρχικού κεφαλαίου, το κόστος θέρμανσης είναι αρκετά χαμηλό και ο χρόνος απόσβεσης μικρότερος του έτους. Στις μονάδες ιχθυοκαλλιεργειών αν και απαιτείται υψηλό αρχικό κεφάλαιο, ο χρόνος απόσβεσης είναι πολύ μικρός και η δυνατότητα της εν σειρά ανάπτυξης με τη θέρμανση θερμοκηπίων αξιοποιώντας το απορριπτόμενο ζεστό νερό ή γεωθερμικό ρευστό καθιστά ακόμα πιο συμφέρουσα οικονομικά την επένδυση σε τέτοιου είδους σχήματα.

Η σημαντική διαφοροποίηση, που μπορεί να παρουσιάζει η χημική σύσταση των ρευστών από γεώτρηση σε γεώτρηση και η ιδιαιτερότητα του κάθε Γ/Θ πεδίου και της κάθε εφαρμογής, δεν επιτρέπει την ανάπτυξη ενός ενιαίου συστήματος εκμετάλλευσης της γεωθερμικής ενέργειας. Γενικά όμως κατά την ανάπτυξη του συστήματος της Γ/Θ ενέργειας λαμβάνεται μέριμνα ώστε, από τη μια να περιορίζονται ταυτόχρονα οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τα τεχνολογικά προβλήματα και από την άλλη να επιτυγχάνεται ορθολογική διαχείριση του Γ/Θ πεδίου.

3.2.6 Αφαλάτωση

Ένας τομέας όπου η γεωθερμία μπορεί να εφαρμοστεί με τεχνική και οικονομική επιτυχία και να επιλύσει το σημαντικό πρόβλημα λειψυδρίας που αντιμετωπίζουν μικρά νησιά μας και παράκτιες περιοχές, είναι η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού. Η γεωθερμική αφαλάτωση έχει το μεγαλύτερο συντελεστή εκμετάλλευσης σε σύγκριση με όλες τις άλλες εφαρμογές, καθώς επίσης και σε σχέση με την "ηλιακή" και αιολική αφαλάτωση.

Σε πολλές περιοχές της Ελλάδας υπάρχει έντονη ανάγκη για παραγωγή υψηλής ποιότητας νερού κατάλληλου προς πόση, ή και για άλλη χρήση, με χαμηλό κόστος. Ιδιαίτερα σε περιοχές κοντά στη θάλασσα όπου το πόσιμο νερό είναι σπάνιο και δεν επαρκεί και το οποίο έχει ως συνέπεια να είναι ιδιαίτερα ακριβή η προμήθεια του, η ανάγκη αυτή είναι πιο έντονη. Το ΚΑΠΕ παρέχει ως υπηρεσία το σχεδιασμό συστημάτων αφαλάτωσης του θαλασσινού νερού με τη χρήση της γεωθερμικής ενέργειας, για την αντιμετώπιση του προαναφερθέντος προβλήματος. Συγκεκριμένα η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού γίνεται με χρήση της θερμικής ενέργειας των γεωθερμικών ρευστών χαμηλής και μέσης ενθαλπίας που υπάρχουν σε μικρά και επομένως οικονομικά βάθη. Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοσθεί με επιτυχία με γνωστές και δόκιμες τεχνολογίες θερμικών μεθόδων αφαλάτωσης.

Ειδικότερα η αφαλάτωση αυτή γίνεται με θερμικές απόσταξης πολλαπλών βαθμίδων (δράσεων) σε εξατμιστήρες, είτε καθέτων αυλών (ΜΕΟ-VΤ) η οριζοντίων αυλών (ΜΕΟ-ΗΤ) η υβριδικών συστημάτων (ΜSFΜΕΟ) ή και άλλων μεθόδων. Σε όλες τις θερμικές αυτές μεθόδους η εξάτμιση γίνεται μέσα σε κατακόρυφους ή οριζόντιους εξατμιστήρες.

Τα πλεονεκτήματα των προτεινομένων μεθόδων είναι:

- Έχουν εξαιρετική απόδοση σε χαμηλές σχετικά θερμοκρασίες.
- Είναι αρκετά οικονομικές.
- Παρουσιάζουν λίγα τεχνικά προβλήματα (διαβρώσεις, αποθέσεις).
- Έχουν ελάχιστες απαιτήσεις προσωπικού (αυτοματοποιημένες μονάδες).
- Δεν έχουν απαιτήσεις εξειδικευμένου προσωπικού.
- Ειδικότερα στην περίπτωση των εξατμιστήρων σε κατακόρυφη διάταξη ΜΕD-VΤ απαιτείται ελάχιστη επιφάνεια θερμοεναλλαγής.
- Έχουν ήδη εφαρμοσθεί στο παρελθόν σε εμπορικές εγκαταστάσεις σε συνδυασμό με συμβατικά καύσιμα η και με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

3.3 Τηλεθέρμανση

Η περιφερική θέρμανση οικισμών και πόλεων ευρίσκει εφαρμογή σε πολλές χώρες. Με την εφαρμογή τηλεθέρμανση με γεωθερμική ενέργεια δύναται να δημιουργηθούν ιδιαίτερα ευνοϊκές συνθήκες εκμετάλλευσης διότι η παραγωγή θερμικής ενέργειας εξασφαλίζεται από εγκαταστάσεις χαμηλού κόστους κατασκευής συντηρήσεως και κυρίως λειτουργίας.

Για να γίνει συνδυασμός τηλεθέρμανσης και κάλυψης αναγκών σε ζεστό νερό πρέπει η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού να είναι τουλάχιστον 65 ° C. Για να είναι οικονομικά συμφέρουσα μια εκμετάλλευση τηλεθέρμανσης με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας χαμηλής ενθαλπίας πρέπει το κόστος της γεωθερμικής ενέργειας να αντιστοιχεί στο 50-60 % του κόστους πετρελαίου.

4.1 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις της Εκμετάλλευσης της Γεωθερμικής Ενέργειας.

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1960, όταν το περιβάλλον ήταν περισσότερο «υγιές» και καθαρό σε σχέση με σήμερα και ο άνθρωπος είχε σαφώς λιγότερες γνώσεις σχετικά με οποιαδήποτε περιβαλλοντική απειλή, η γεωθερμική ενέργεια θεωρούνταν ακόμη ως μια «καθαρή ενέργεια». Στην πραγματικότητα όμως, δεν υπάρχει τρόπος παραγωγής ενέργειας ή μετατροπής της από μια μορφή σε άλλη για να χρησιμοποιηθεί από τον άνθρωπο, που να μην προκαλεί κάποιες άμεσες ή έμμεσες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ακόμη και η παλαιότερη και πιο απλούστερη μορφή παραγωγής θερμικής ενέργειας, δηλαδή η καύση του ξύλου, έχει καταστρεπτικές συνέπειες, ενώ η αποψίλωση των δασών, ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα τα τελευταία χρόνια, ξεκίνησε όταν οι πρόγονοί μας έκοψαν τα πρώτα δέντρα για να μαγειρέψουν την τροφή τους και να ζεστάνουν τα σπίτια τους. Η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας έχει όντως κάποιο αντίκτυπο στο περιβάλλον, όμως δεν υπάρχει καμία αμφιβολία ότι πρόκειται για μια από τις πλέον καθαρές και ελάχιστα έως καθόλου ρυπαντικές μορφές ενέργειας .

Οι κυριότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την χρησιμοποίηση της γεωθερμίας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι :

- υδρόθειο ή πυριτικό άλας στην αέρια φάση του γεωθερμικού ρευστού – ατμός και
- διάφορες ρυπογόνες ουσίες στην υγρή φάση του διφασικού ρευστού- αλμολοίπος (π,χ αρενικό) .

Τα προβλήματα αυτά μπορούν να αντιμετωπιστούν με επιτυχία εάν υπάρξει η σωστή μέριμνα και σχεδιασμός των συστημάτων. Μπορεί να γίνει επεξεργασία αερίων με μεγάλο όγκο αέρα χρησιμοποιώντας πύργο ψύξεων φυσικής ροής, επανεισαγωγής του απορριπτόμενου αλμολοίπου του υπεδάφους, ελαχιστοποίηση του θορύβου της απόρριψης των γεωθερμικών ρευστών κ.τ.λ. Τα βασικότερα προβλήματα και περιβαλλοντικές επιπτώσεις της γεωθερμίας παρουσιάζονται στις ενότητες που ακολουθούν .

Το υδρόθειο (H_2S) βρίσκεται σε κάθε γεωθερμικό πεδίο και αποτελεί τη βασική πηγή μόλυνσης του αέρα στην περιοχή της γεώτρησης και γενικότερα. Το αέριο αυτό απελευθερώνεται στη διάρκεια της γεώτρησης, κατά τον καθαρισμό των εσωτερικών χώρων στις εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης, στη διάρκεια της λειτουργίας των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και στην φάση συμπύκνωσης του ατμού.

Το H_2S είναι βέβαια τοξικό σε συγκεντρώσεις πάνω από 100ppm, ακόμα και θανατηφόρο όταν ξεπεράσει τα 600ppm. Όμως στις γεωθερμικές γεωτρήσεις υψηλής ενθαλπίας δεν φτάνει ποτέ σε αυτό το όριο, ενώ στην χαμηλή ενθαλπία είναι ανύπαρκτο, συνήθως, δεν ξεπερνά το 1 ppm (10ppm είναι το επιτρεπτό όριο για τους εργασιακούς χώρους . Σε μερικές ιαματικές πηγές είναι γνωστή και ανεκτή η οσμή του υδρόθειου, αφού μυρίζει ακόμα και σε συγκέντρωση 0,03 ppm. Όμως τα θειούχα νερά είναι γνωστό ότι κάνουν καλό.

Για την ασφάλεια των εργαζομένων σε μια γεωθερμική μονάδα υψηλής ενθαλπίας με μεγάλες συγκεντρώσεις υδρόθειου, είναι αρκετή η εγκατάσταση μιας καμινάδας 30m, προκειμένου να αραιωθεί το H_2S στην ατμόσφαιρα. Έτσι η συγκέντρωση του αέρα σε H_2S θα κατέβει πολύ κάτω από το επιτρεπόμενο , σε απόσταση λίγα μέτρα από την μονάδα. Συνήθως όμως εφαρμόζονται δυο πιο αποτελεσματικές και συγχρόνως οικονομικά αποδεκτές μέθοδοι για την αντιμετώπιση του H_2S :

- συγκράτηση του H_2S με την μέθοδο Stretford (διαδικασία οξείδωσης για τη μετατροπή του H_2S σε θείο) .
- Με επαναδιοχέτευση των ρευστών στον φυσικό τους ταμιευτήρα από άλλη γεώτρηση, μέσω κλειστού κυκλώματος. Αυτή η μέθοδος αντιμετώπισης εφαρμόζεται στις περισσότερες γεωθερμικές μονάδες, όπου έχει ευεργετικές επιπτώσεις στον ταμιευτήρα ο οποίος επανατροφοδοτείται και διατηρείται υπό πίεση.

Μικρές ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα μπορεί επίσης να απελευθερωθούν. Δεν υπάρχει όμως πρακτικά κανένας κίνδυνος ή ενόχληση. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι το CO_2 που επιβαρύνει την ατμόσφαιρα από μια γεωθερμική μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος είναι πολλαπλάσια λιγότερη από αυτό που παράγεται για κάθε εγκατεστημένο kW, σε μονάδες παραγωγής ενέργειας με συμβατικά καύσιμα (πετρέλαιο, λιγνίτη κ.λ.π) .

Άλλα αέρια που συνηθίζονται στην αέρια φάση των γεωθερμικών ρευστών είναι η αμμωνία, το διοξείδιο του θείου, αεριώδεις ενώσεις βορίου κ.λ.π. Οι συγκεντρώσεις αυτών των ρύπων στην περιοχή

μιας γεωθερμικής εγκατάστασης είναι πολύ μικρότερες ακόμα και σε σύγκριση με τα ελάχιστα επιτρεπτά όρια.

4.2 Διάθεση των Γεωθερμικών Ρευστών μετά τη χρήση τους από την Αξιοποίηση της Γεωθερμικής Ενέργειας Υψηλής Ενθαλπίας.

Μια άλλη ανησυχία από την αξιοποίηση της Γεωθερμικής Ενέργειας υψηλής ενθαλπίας είναι η διάθεση των Γεωθερμικών Ρευστών μετά τη χρήση τους, τα οποία είναι επιβαρυνόμενα σε άλατα (γι' αυτό ονομάζονται και αλμόλοιπα) και θα μπορούν να προκαλέσουν χημική και θερμική ρύπανση των επιφανειακών και υπόγειων ταμιευτήρων, εδάφους - υπεδάφους κ.λπ. Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται και αυτό ριζικά με την ολική επανεισαγωγή στον ταμιευτήρα ή εναλλακτικά με τη διαδοχική χρήση σε εφαρμογές μικρότερων θερμοκρασιακών απαιτήσεων για εξοικονόμηση Ενέργειας και εκμετάλλευση του θερμικού φορτίου των ρευστών και στη συνέχεια η επανεισαγωγή στον ταμιευτήρα.

4.3 Θόρυβος στις Γεωθερμικές Μονάδες Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας

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 την κατασκευή της μονάδας μπορούν να παρουσιαστούν ορισμένα προβλήματα από αυξημένα επίπεδα θορύβου και για το λόγο αυτό συνιστάται οπωσδήποτε η χρήση ωτοασπίδων από το προσωπικό του εργοταξίου. Στη φάση αυτή, κάποια ενδεικτικά επίπεδα θορύβου είναι:

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

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

4.4 Η Διάθεση των Ρευστών 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. Καταρχάς η θερμική επιβάρυνση είναι σαφώς μικρότερη, με την προϋπόθεση ότι τα νερά μετά τη χρήση τους έχουν θερμοκρασία μικρότερη από 30-3°C. Επίσης η περιεκτικότητα των νερών χαμηλής ή μέσης θερμοκρασίας σε ταξικά 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 500-3000 mg/l, αν και στη χώρα μας παρατηρούνται αρκετά υψηλότερες περιεκτικότητες στις νησιώτικες 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 καθίζησης 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 γεωθερμίας. Τρία προβλήματα σχετίζονται με τη λύση αυτή :

- αυξημένη θερμοκρασία των νερών (θερμική ρύπανση)
- σχετική υψηλή περιεκτικότητα των νερών σε διάφορα συστατικά (μερικά από τα οποία μπορεί να είναι επιβλαβή) και
- «εξάντληση» του πεδίου με το χρόνο

Η διάθεση σε λίμνες, ποτάμια, και χείμαρρους, λόγω της ευαισθησίας αυτών των συστημάτων, θα πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή και ύστερα από εμπειριστάωμένη μελέτη, και με την προϋπόθεση φυσικά ότι πληρούνται οι όροι διάθεσης των νερών στους συγκεκριμένους φυσικούς αποδέκτες.

Η καλύτερη μέθοδος διάθεσης των νερών είναι η επανεισαγωγή τους στον ταμιευτήρα. Πλεονεκτήματα της μεθόδου αποτελούν η αποφυγή οποιοσδήποτε θερμικής και χημικής ρύπανσης των αποδεκτών και η επαναφόρτιση του ταμιευτήρα., που διατηρείται έτσι πάντα υπό πίεση. Κύρια πλεονεκτήματα 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.

Εκπομπές γεωθερμικών αερίων:

Η περιεκτικότητα των ρευστών χαμηλής ενθαλπίας σε μη συμυκνώσιμα αέρια είναι περιορισμένη, εκτός από κάποιες περιπτώσεις πεδίων με αυξημένες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα, όπως συμβαίνει στο γεωθερμικό πεδίο Νιγρίτας Σερρών, όπου το αέριο αυτό ανακτάται και τροφοδοτεί τις δεξαμενές καλλιέργειας του φίκους σπιρουλίνα. Το διοξείδιο του άνθρακα αποδεικνύεται ευεργετικό όταν τα ρευστά χρησιμοποιούνται σε θερμοκήπια προκαλώντας σημαντική αύξηση της παραγωγής λόγω διευκόλυνσης της φωτοσύνθεσης.

Το υδροθείο όταν υπάρχει βρίσκεται συνήθως σε πολύ χαμηλές και μη επικίνδυνες ποσότητες, χωρίς να δημιουργεί προβλήματα ρύπανσης

Υγρά και στερεά απόβλητα:

Πολτός διάτρησης: ο πολτός διάτρησης που χρησιμοποιείται για την ανόρυξη των γεωτρήσεων είναι κατά κύριο λόγο πολτός με μετεονίτη, ο οποίος αποτελεί φυσικό προϊόν και δεν έχει επιβλαβείς επιπτώσεις στο περιβάλλον. Μετά τη πλύση – καθάρισμα των γεωτρήσεων και την απομάκρυνσή του, μπορεί να διοχετεύεται σε παρακείμενες δεξαμενές, όπου το υγρό του κλάσμα (νερό) εξατμίζεται και το στερεό καθιζάνει ως φυσικό στερεό υπόλειμμα, απόλυτα συμβατό και φιλικό προς το περιβάλλον.

Διάθεση γεωθερμικών ρευστών μετά τη χρήση τους:

Το πιο αξιόλογο ίσως περιβαλλοντικό ζήτημα που προκύπτει κατά την εκμετάλλευση των γεωθερμικών ρευστών χαμηλής ενθαλπίας είναι η διάθεση τους μετά την απόληψη της θερμότητάς τους. Τα ρευστά χαμηλής ενθαλπίας περιέχουν διαλυμένα άλατα σε μικρές ή μεγάλες ποσότητες αλλά συνήθως αβλαβή.

Η περιεκτικότητά τους σε διαλυμένα άλατα κυμαίνεται από 500 - 3000 mg/l, εκτός από τις περιπτώσεις γεωθερμικών πεδίων που βρίσκονται σε παραθαλάσσιες ή νησιωτικές περιοχές εξαιτίας της συμμετοχής του θαλασσινού νερού στην τροφοδοσία του ταμιευτήρα, οπότε έχουν τα άλατα που έχει η θάλασσα και στην ίδια ή ελαφρά μεγαλύτερη περιεκτικότητα. Η περιεκτικότητά τους σε τοξικά και επιβλαβή συστατικά (βαρέα μέταλλα) είναι κατά κανόνα πολύ μικρή ή αμελητέα, με ελάχιστες μόνο εξαιρέσεις.

Στις περισσότερες περιπτώσεις τα γεωθερμικά ρευστά βρίσκονται κάτω από τα ανώτατα επιτρεπτά όρια συγκέντρωσης συστατικών για διάθεσή τους σε επιφανειακούς φυσικούς αποδέκτες, και θα ήταν ακόμη κατάλληλα να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αρδευτικών και υδρευτικών αναγκών της περιοχής.

Κατά την κατασκευή των γεωτρήσεων και τις δοκιμαστικές αντλήσεις, γίνεται συνήθως επιφανειακή διάθεση των γεωθερμικών ρευστών σε παρακείμενους φυσικούς αποδέκτες (εφόσον κρίνεται επιτρεπτό) ή σε τεχνητές δεξαμενές, οι οποίες απαιτούν στεγανοποίηση.

4.5 Επιπτώσεις από τη χρήση ρευστών υψηλής ενθαλπίας

Τα γεωθερμικά ρευστά υψηλής ενθαλπίας χρησιμοποιούνται συνήθως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και είναι αυτά που προκαλούν συνήθως τα περισσότερα προβλήματα. Οι τύποι των γεωθερμικών μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι α) ο κύκλος ατμού (όταν από τις γεωτρήσεις παράγεται υπέρθερμος ατμός), β) ο κύκλος εκτόνωσης διφασικού ρευστού, γ) ο δυαδικός τύπος ή κύκλος Rankine με διάφορα οργανικά ρευστά (για ρευστά θερμοκρασίας 85 – 175 °C ο οποίος συνήθως αφορά τα ρευστά μέσης ενθαλπίας, δ) ο συνδυασμένος κύκλος ατμού – δυαδικού συστήματος, και ε) ο κύκλος εκτόνωσης της συνολικής ροής.

Κύκλος ατμού (ή απευθείας χρήσης ατμού):

Είναι ο απλούστερος τύπος γεωθερμικής μονάδας και έχει το μικρότερο κόστος κεφαλαίου. Μπορεί να εφαρμοστεί όμως στα ολιγάριθμα πεδία που παράγουν υπέρθερμο ατμό. Ο ατμός από τις γεωτρήσεις οδηγείται κατευθείαν σε ένα στρόβιλο, χωρίς καμία επεξεργασία ή ύστερα από επεξεργασία για την αφαίρεση HCl ή άλλων επιβλαβών ουσιών. Ανάλογα με την περιεκτικότητα του ατμού σε συμπυκνώσιμα αέρια η μονάδα μπορεί να έχει συμπυκνωτή ή όχι, οπότε ο ατμός να εξέρχεται κατευθείαν στην ατμόσφαιρα.

Κύκλος εκτόνωσης διφασικού ρευστού:

Χρησιμοποιείται όταν έχουμε νερό υψηλής θερμοκρασίας (>150 °C) και πίεσης. Το γεωθερμικό ρευστό είτε έρχεται ως διφασική ροή από τη γεώτρηση είτε εκτονώνεται στη κεφαλή της γεώτρησης και μετατρέπεται σε διφασικό μίγμα. Το μίγμα διαχωρίζεται σε κατακόρυφο διαχωριστή και ο ατμός οδηγείται σε στρόβιλο για τη παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος. Υπό ορισμένες συνθήκες το υγρό μπορεί να εκτονωθεί για δεύτερη φορά ή και περισσότερες, αυξάνοντας έτσι την απόδοση της μονάδας, αλλά και το κατασκευαστικό κόστος.

Δυαδικός κύκλος ή κύκλος οργανικού ρευστού:

Η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιείται για ρευστά θερμοκρασίας 85 – 175 °C, δηλαδή ρευστά κυρίως μέσης ενθαλπίας. Επειδή τα πεδία μέσης ενθαλπίας είναι περισσότερα, αυτός ο τύπος τείνει τελευταίος να επικρατήσει. Τα δυαδικά συστήματα είναι μικρές αρθρωτές μονάδες, των οποίων η ισχύς κυμαίνεται από μερικές εκατοντάδες (kWe) έως περίπου 3MWe. Τα κύρια μέρη ενός τέτοιου κύκλου είναι ο εναλλάκτης γεωθερμικού ρευστού – οργανικού ρευστού, ο αμοστρόβιλος, η ηλεκτρική γεννήτρια, ο συμπυκνωτής, η αντλία κυκλοφορίας του οργανικού ρευστού και η αντλία επανεισαγωγής. Το γεωθερμικό ρευστό οδηγείται στον εναλλάκτη θερμότητας όπου αποβάλλει τη θερμότητά του και προκαλεί εξάτμιση του ψυκτικού υγρού, οι ατμοί του οποίου οδηγούνται στον αμοστρόβιλο και στη συνέχεια στο συμπυκνωτή όπου συμπιέζεται, συμπυκνώνεται και οδηγείται πάλι στον εναλλάκτη. Το γεωθερμικό ρευστό επανεισάγεται στον ταμιευτήρα αμέσως μετά τη χρήση του στον εναλλάκτη θερμότητας.

Συνδυασμένος κύκλος ατμού – δυαδικού συστήματος:

Πρόκειται για μονάδες όπου ο ατμός που συμπυκνώνεται μετά τη χρήση στον αμοστρόβιλο του κύκλου ατμού, οδηγείται σε έναν κύκλο δυαδικού συστήματος και ακολουθείται η παραπάνω διαδικασία.

Κύκλος εκτόνωσης της συνολικής ροής:

Σε αντίθεση με τις μονάδες εκτόνωσης διφασικού ρευστού, όπου μόνο μέρος της θερμότητας του θερμότητας του ρευστού αξιοποιείται, σε αυτόν το τύπο γίνεται εκτόνωση όλου του ρευστού με τη χρήση ενός ακροφυσίου. Το διφασικό ρευστό με μορφή τζετ κινεί μια περιστρεφόμενη συσκευή (έναν διφασικό στρόβιλο) που μετατρέπει την ορμή σε περιστροφική κίνηση. Ο ατμός από το διφασικό στρόβιλο οδηγείται στον συμβατικό αμοστρόβιλο όπου παράγεται ηλεκτρική ενέργεια.

Με βάση πρόσφατα στοιχεία, η παγκόσμια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τη γεωθερμία έφτασε τα 9064,1 MWe.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τις ηλεκτρικές χρήσεις διαφέρουν από πεδίο σε πεδίο και περιλαμβάνουν εκπομπές αερίων, διάθεση υγρών και στερεών αποβλήτων, θερμική και χημική ρύπανση, θόρυβο, επιφανειακές οχλήσεις και χρήση γης, καθιζήσεις, πτώση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα και δημιουργία μικροσεισμικότητας.

4.6 Επιπτώσεις από τη χρήση ρευστών μέσης ενθαλπίας

Τα γεωθερμικά ρευστά μέσης ενθαλπίας χρησιμοποιούνται σήμερα τόσο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με την τεχνολογία των μονάδων δυαδικού και τη χρήση δευτερεύοντος οργανικού ρευστού (δηλαδή σε κλειστό κύκλωμα), όσο και με άμεσες χρήσεις της γεωθερμίας, παρόμοιες με αυτές της χαμηλής ενθαλπίας.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις διαφέρουν ανάλογα με την εφαρμογή στην οποία τελικά θα χρησιμοποιηθούν αλλά και τα χαρακτηριστικά των ρευστών. Είναι σαφώς πιο ήπιες από τις επιπτώσεις των ρευστών υψηλής ενθαλπίας και οι λύσεις που παρέχονται ευκολότερες και αποτελεσματικότερες.

4.7 Επιπτώσεις της εκμετάλλευσης της αβαθούς γεωθερμίας

Η εκμετάλλευση της αβαθούς γεωθερμίας αποτελεί ένα νέο, ελκυστικό και συνεχώς αναπτυσσόμενο πεδίο εφαρμογών. Επειδή στην αβαθή γεωθερμία χρησιμοποιούνται κλειστά συστήματα, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι μηδαμινές και ενδέχεται μόνο να προέλθουν κατά το κατασκευαστικό στάδιο, τις τυχόν κακοτεχνίες του έργου ή από την κακή συντήρηση και λειτουργία του.

Οι επιπτώσεις από την κατασκευή του έργου συνίστανται στη λειτουργία του γεωτρύπανου (θόρυβος, αέριοι ρύποι, δονήσεις) και στη διάθεση του υγρού διάτρησης. Και οι δύο περιπτώσεις αφορούν περιορισμένο χρονικό διάστημα. Ο θόρυβος είναι πάντα εντός των επιτρεπτών, ενώ το υγρό της διάτρησης είναι ένα μείγμα σαπουνιού –νερού το οποίο όταν διαλυθεί δεν αφήνει κανέναν είδους κατάλοιπα. Η σημαντικότερη ίσως περιβαλλοντική επίπτωση θα μπορούσε να προκληθεί από τη διαφυγή του αντιψυκτικού υγρού στην ατμόσφαιρα, λόγω κακοτεχνιών ή διάβρωσης, κάτι όμως το οποίο αποτελεί σπάνια περίπτωση.

4.8 Θετικές περιβαλλοντικές συνέπειες

Τα περιβαλλοντικά οφέλη από τη χρήση της γεωθερμικής ενέργειας ανεξάρτητα από τις εφαρμογές, παρουσιάζουν σημαντικό συγκριτικό πλεονέκτημα σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα και μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- Συνεχής παροχή ενέργειας: Η γεωθερμική ενέργεια είναι πάντα διαθέσιμη – 24ώρες το 24ωρο, 365 ημέρες το χρόνο. Η βιομάζα, η γεωθερμία και τα μικρά υδροηλεκτρικά είναι οι μόνες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που βρίσκονται ήδη σε αποθηκευμένη μορφή, χωρίς να απαιτείται η χρήση ενδιάμεσης μορφής αποθήκευσης, όπως οι μπαταρίες. Για το λόγο αυτό οι γεωθερμικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος έχουν συντελεστή αξιοποίησης που φτάνει το 90%, όσο περίπου και ο δείκτης διαθεσιμότητας.
- Μικρό λειτουργικό κόστος: Μετά την κατασκευή και εγκατάσταση μια γεωθερμικής μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, το λειτουργικό της κόστος είναι ελάχιστο έως μηδενικό, και πάντως μικρότερο από τις άλλες συμβατικές μονάδες. Για τη λειτουργία τους απαιτείται το γεωθερμικό ρευστό ως φορέας της ενέργειας, το οποίο είναι πάντα διαθέσιμο, και μικρές ποσότητες βοηθητικής ενέργειας για τη λειτουργία των αντλιών.
- Απαιτήση για μικρή χρήση γης: Οι γεωθερμικές μονάδες καταλαμβάνουν μικρές εκτάσεις. Δεν απαιτούνται αποθηκευτικοί χώροι, όπως στη περίπτωση των ορυκτών καυσίμων και της βιομάζας.
- Μικρή κυκλοφοριακή επιβάρυνση: Δεν υπάρχει ανάγκη για μεταφορά υλικών ή καυσίμων μετά το πέρας των κατασκευαστικών εργασιών. Κατά συνέπεια, κίνδυνοι ανάφλεξης καυσίμων, διαρροών, δημιουργίας πετρελαιοκηλίδων κλπ είναι ανύπαρκτοι. Ταυτόχρονα, μειώνεται η επιβάρυνση της ατμόσφαιρας από την κίνηση των μεταφορικών μέσων.

Άλλα οφέλη από τη γεωθερμική ενέργεια είναι:

- Μείωση της ενεργειακής εξάρτησης μια χώρας ή μιας περιοχής
- Συμβολή στην οικονομική ανάπτυξη μιας περιοχής, με την παροχή φθηνής ενέργειας και τη

δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.

- Με την αβαθή γεωθερμία επιτυγχάνεται σοβαρή βελτίωση της ατμόσφαιρας σε πυκνοκατοικημένες περιοχές που αντιμετωπίζουν σοβαρό πρόβλημα αέριας μόλυνσης και δημιουργίας νέφους.

5.1 Περίληψη

Η παρούσα μελέτη είναι βασισμένη στη νομοθεσία περί έγκρισης άδειας για ίδια χρήση γεωθερμικής εγκατάστασης για την κάλυψη σε κλιματισμό του χώρου. Σύμφωνα με την Αριθμό Δ9Β, Δ/Φ166/ΟΙΚ 18508/5552/207 Νομοθεσία που δημοσιεύτηκε στις 25/10/2004 στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως με Αριθμό. Φ.Ε.Κ. 1595 / 25-10-2004 κατατάσσεται στην αξιοποίηση των υπόγειων υδάτων που δεν χαρακτηρίζονται ως Γεωθερμικό δυναμικό.

Ο στόχος της παρούσας μελέτης είναι η τεκμηρίωση και ολοκλήρωση των απαραίτητων δικαιολογητικών που απαιτούνται από τη νομοθεσία για την έκδοση άδειας εγκατάστασης και λειτουργίας από τη Δ/ση Βιομηχανίας, Τμήμα ορυκτού πλούτου. Η διάταξη της μελέτης αυτής δημιουργήθηκε σύμφωνα με την εν σειρά απαίτηση των δικαιολογητικών στοιχείων όπως αυτά παρουσιάζονται στην εν λόγω νομοθεσία. Αντικείμενο της παρούσας είναι τόσο ο προσδιορισμός των θερμικών απωλειών όσο και ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών των υδρογεωτρήσεων για την κάλυψη ολόκληρου του θερμικού και ψυκτικού φορτίου.

Το έργο λαμβάνει χώρα στη θέση Γούβα, ΟΤ 49007, Αθήνα, Αττική. Εντός του συγκεκριμένου οικοπέδου, υπάρχει πρόθεση να προβούμε στην ανόρυξη δύο γεωτρήσεων για την εξασφάλιση της αναγκαίας ποσότητας νερού που θα διοχετεύεται στην γεωθερμική αντλία θερμότητας (ΓΑΘ) για την παραγωγή θερμών νερών για ίδια χρήση ενεργειακών συστημάτων θέρμανσης χώρων, μέσω της εκμετάλλευσης της θερμότητας των υπόγειων νερών που δεν χαρακτηρίζονται ως Γεωθερμικό πεδίο της χώρας.

5.2 Υπηρεσίες έκδοσης –Δικαιούχοι Αδειών| ΦΕΚ 1595 / 25-10-2004

Οι υπηρεσίες έκδοσης της άδειας γεωθερμικών συστημάτων είναι η Διεύθυνση βιομηχανίας, Τμήμα Ορυκτού Πλούτου, όπως αυτή αναφέρεται στο άρθρο 2 της υπ' αριθμό Δ9Β, Δ/Φ166/ΟΙΚ 18508/5552/207 Νομοθεσίας που δημοσιεύτηκε στις 25/10/2004 στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως με Αριθμό. Φ.Ε.Κ. 1595 / 25-10-2004. Η αδειοδότηση μίας γεωθερμικής εγκατάστασης παρόλο που εμπλέκει την ανόρυξη δύο ή περισσότερων υδρογεωτρήσεων δεν ανήκει στο τμήμα την Δ/σης διαχείριση υπόγειων υδάτων της Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης. Αυτό σημαίνει ότι η αδειοδότηση, εκδίδεται από την Διεύθυνση Βιομηχανίας και μόνον.

Η διαδικασία αδειοδότησης δεν εμπλέκει ούτε το ΙΓΜΕ μετά την απόφαση έκδοσης της αρ. Δ9Β/Φ166/12647/ΓΔΦΠ3557/193 με ΦΕΚ 1012 |19-Ιουλίου – 2005, που χαρακτηρίζει τα γεωθερμικά πεδία της χώρας μας. Επομένως – και σύμφωνα με την μέχρι τώρα εμπειρία μας - η αδειοδότηση γεωθερμικών εγκαταστάσεων, εμπλέκει μονάχα τη Διεύθυνση Βιομηχανίας, Τμήμα ορυκτού πλούτου το οποίο αποτελεί και την αρμόδια αρχή γνωμάτευσης και αυτοψίας εφόσον αυτό κρίνεται απαραίτητο.

5.3 Ορισμοί

Οι κάτωθι ορισμοί ορίζονται από την νομοθεσία περί «Αδειών εγκατάστασης για ίδια χρήση ενεργειακών συστημάτων θέρμανσης ή ψύξης χώρων μέσω της εκμετάλλευσης της θερμότητας των γεωλογικών σχηματισμών και των νερών, επιφανειακών και υπογείων, που δεν χαρακτηρίζονται γεωθερμικό δυναμικό» Φ.Ε.Κ. 1595 – Β – 25/10/2004.

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

Παραγωγική Γεώτρηση: είναι η γεώτρηση άντλησης ρευστών από το υπέδαφος

Γεώτρηση επανεισαγωγής: είναι η γεώτρηση με τη οποία τα ρευστά οδηγούνται από την επιφάνεια στον υπόγειο αποδέκτη από τον οποίο αντλήθηκαν.

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

Αντλία θερμότητας: είναι ένα σύστημα μηχανολογικού εξοπλισμού η οποία αποτελείται από πλακοειδής εναλλάκτες θερμότητας, συμπιεστή και βαλβίδα εκτόνωσης. Στο σύστημα ρέει πτητικό υγρό, φιλικό προς το περιβάλλον, αντίστοιχων προδιαγραφών με αυτές που προτείνονται από την ASHRAE&DIN 47071.

5.4 Περιοριστικά μέτρα

Το υπό μελέτη έργο πληρεί τις προϋποθέσεις και είναι εκτός των περιοριστικών μέτρων που σχετίζονται με την ανόρυξη της παραγωγικής γεώτρησης και γεώτρησης επανεισαγωγής, οι οποίες απορρέουν από την Απόφαση με Αριθμό Δ9Β, Δ/Φ166/ΟΙΚ 18508 / 5552/207 και θέμα «Άδειες εγκατάστασης για ίδια χρήση ενεργειακών συστημάτων θέρμανσης ή ψύξης χώρων μέσω της εκμετάλλευσης της θερμότητας των γεωλογικών σχηματισμών και των νερών, επιφανειακών και υπογείων, που δεν χαρακτηρίζονται γεωθερμικό δυναμικό».

Σύμφωνα με το άρθρο 2 της προαναφερόμενης νομοθεσίας το έργο δεν εκπίπτει εντός των περιοριστικών μέτρων. Δηλαδή, η ανόρυξη της παραγωγικής γεώτρησης και γεώτρησης επανεισαγωγής απέχουν τουλάχιστον:

- 60 μέτρα από άξονα αυτοκινητοδρόμου
- 45 μέτρα από άξονα εθνικού δρόμου
- 20 μέτρα από άξονα επαρχιακού δρόμου και δρόμου εξυπηρέτησης των αυτοκινητόδρομων
- 6 μέτρα από όρια δημοτικού ή κοινοτικού ή αγροτικού δρόμου
- 15 μέτρα από το όριο απαλλοτριωμένης ζώνης σιδηροδρομικής γραμμής
- 20 μέτρα από κεντρικούς υπόγειους αγωγούς (φυσικού αερίου, ύδρευσης και άρδευσης)
- 5 μέτρα από γειτονικό κτίσμα διαφορετικής ιδιοκτησίας, και
- 20 μέτρα από γραμμές διανομής ηλεκτρικής ενέργειας μέσης τάσεως και 70 μέτρα από γραμμές διανομής ηλεκτρικής ενέργειας υψηλής τάσεως.

Η κατασκευή των εν λόγω γεωτρήσεων (παραγωγικής και επανεισαγωγής) θα εκπονηθούν σύμφωνα με τα παρακάτω στάδια:

1. Διατηρητική φάση
2. Τοποθέτηση Σωλήνωσης
3. Τοποθέτηση Πιεζομετρικού Σωλήνα
4. Τοποθέτηση Γεφυρωτών φίλτρων
5. Δοκιμαστική άντληση
6. Τοποθέτηση υδρομετρητή και θερμομέτρου στην κεφαλή του αντλητικού συγκροτήματος και την γεώτρηση επανεισαγωγής.

5.5 Αίτηση και εξουσιοδότηση ενδιαφερόμενου

Η εργοδότη (ιδιοκτήτρια), με αίτηση της προς τη Δ/ση Βιομηχανίας, τμήμα ορυκτού πλούτου έχει ζητήσει την έκδοση άδειας εγκατάστασης και λειτουργίας ενός γεωθερμικού συστήματος δια μέσου εξουσιοδότησης που εξουσιοδοτεί το Κύριο Νικόλαο Ψαρρά για την κατάθεση των απαραίτητων δικαιολογητικών. Η αίτηση και η εξουσιοδότηση του ενδιαφερόμενου υπάρχουν συνημμένες στον φάκελο που κατατέθηκε στην αρμόδια υπηρεσία.

5.6 Περιεχόμενα μελέτης όπως ορίζονται από το παράρτημα του ΦΕΚ 1595/25-10-2004.

5.6.1 Στοιχεία ακινήτου

Πίνακας 1: «στοιχεία ακινήτου»

Όνομασία Έργου	Άδεια Εγκατάστασης για ίδια χρήση ενεργειακών συστημάτων θέρμανσης ή ψύξης χώρων μέσω της εκμετάλλευσης της θερμότητας των γεωλογικών σχηματισμών και των νερών, επιφανειακών και υπογείων, που ΔΕΝ χαρακτηρίζονται γεωθερμικό δυναμικό.
Στοιχεία Ακινήτου	ΝΕΑ ΕΞΑΟΡΟΦΗ ΟΙΚΟΔΟΜΗ ΜΕ ΥΠΟΓΕΙΟ & PILOTIS.

5.6.2 Περιγραφή του χώρου και της ευρύτερης περιοχής

Η ανόρυξη των γεωτρήσεων (παραγωγικής και επανεισαγωγής) θα γίνουν **εντός** της ρυμοτομικής γραμμής του οικοπέδου.

Η ευρύτερη περιοχή του έργου αποτελεί μη δασική έκταση. Είναι κατοικημένη αστική περιοχή. Το εν λόγω οικόπεδο βορινά συνορεύει με δρόμο, ενώ νότια, δυτικά και ανατολικά με ιδιοκτησίες τρίτων.

5.6.3 Δρόμοι προσπέλασης

Οι οδικοί άξονες της περιοχής αποτελούν δημοτικούς & κοινοτικούς δρόμους που συνδέουν την ιδιοκτησία με την ευρύτερη περιοχή. Η ιδιοκτησία συνορεύει βόρεια με δρόμο που αποτελεί και το κόμβο εισόδου – εξόδου της μελλοντικής κατοικίας. Γενικότερα, οι δρόμοι που συνδέουν τα οικοδομικά τετράγωνα της περιοχής αποτελούν είτε δημοτικούς ή κοινοτικούς δρόμους και οι κεντρικοί άξονες της περιοχής χρησιμοποιούνται για την μετακίνηση των πολιτών που κατοικούν στην ευρύτερη περιοχή. Η είσοδος για την μελλοντική κατοικία βρίσκεται από την βόρεια πλευρά του οικοπέδου.

5.6.4 Περιγραφή των προς κλιματισμό χώρων – μέγιστες & ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις

Πίνακας 2 «Συνολικές απώλειες»

α/α	Περιγραφή	Θερμικές απώλειες(Watt)
ΥΠΟΓΕΙΟ : ΔΕΝ ΚΛΙΜΑΤΙΖΕΤΑΙ		
ΙΣΟΓΕΙΟ : ΔΕΝ ΚΛΙΜΑΤΙΖΕΤΑΙ		
΄Α ΟΡΟΦΟΣ		

1	ΔΩΜΑΤΙΟ	914,06
2	ΚΟΥΖΙΝΑ	513,00
3	ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ	1697,62
4	W.C.	108,55
5	ΛΟΥΤΡΟ	540,66
ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ		3773,89
‘Β ΟΡΟΦΟΣ		
1	ΔΩΜΑΤΙΟ	937,82
2	ΚΟΥΖΙΝΑ	526,33
3	ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ	1741,75
4	W.C.	111,37
5	ΛΟΥΤΡΟ	554,71
ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ		3866,98
‘Γ ΟΡΟΦΟΣ		
1	ΔΩΜΑΤΙΟ	962,20
2	ΚΟΥΖΙΝΑ	540,01
3	ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ	1787,03
4	W.C.	114,26
5	ΛΟΥΤΡΟ	569,13
ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ		3972,63
‘Δ ΟΡΟΦΟΣ		
1	ΔΩΜΑΤΙΟ 1	2004,75
2	ΔΩΜΑΤΙΟ 2	842,40
3	ΛΟΥΤΡΟ	900,31
ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ		3747,46
‘Ε ΟΡΟΦΟΣ		
1	ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ	2330.64
2	ΚΟΥΖΙΝΑ	1109.29
3	W.C.	156.87
ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ		3596.80
‘ΣΤ ΟΡΟΦΟΣ		
1	ΓΡΑΦΕΙΟ	463,25
ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ		463,25
ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΚΤΗΡΙΟΥ		15824,21
ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ ΛΕΒΗΤΑ 20%		3164,84
ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΚΤΗΡΙΟΥ		18989,05

5.6.5 Συμπεράσματα-Σχεδιασμός -Ασφάλεια-Απόδοση

Η θερμότητα των υπόγειων νερών σε συνδυασμό με τους γεωλογικούς σχηματισμούς και τη θερμομόνωση που παρουσιάζουν – υπόγειος υδροφόρος μεταξύ θερμοκρασιών των 16-18 °C - δίνει τη δυνατότητα να επιτευχθεί θέρμανση ή ψύξη του χώρου με σύστημα γεωτρήσεων. Στην περίπτωση αυτή, απαιτείται άντληση και επανεισαγωγή ολόκληρης της ποσότητας του νερού στον υπόγειο υδροφόρο από όπου και προήλθε. Με το σύστημα της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας, πραγματοποιείται εξοικονόμηση της ενέργειας και απελευθέρωση από την κατανάλωση του πετρελαίου θέρμανσης. Η ποσότητα του νερού που απαιτείται προσδιορίζεται από τις ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου. Ένα σύστημα ασφαλούς διακίνησης του νερού άντλησης και επανεισαγωγής θα πρέπει να εξασφαλίζει την ομαλή λειτουργία του συστήματος, ήτοι άντληση με σταθερή στάθμη εντός της γεώτρησης χωρίς την μεταφορά στερεών, κόκκων άμμου κλπ. και επανεισαγωγή στο σύστημα με ομαλές συνθήκες απορρόφησης.

5.6.6 Ποσότητες αντλούμενων νερών και θερμοκρασία άντλησης

Οι ποσότητες των αντλούμενων υπόγειων νερών δεν θα ξεπεράσουν την αναφερόμενη στη μελέτη ποσότητα. Η δυσμενέστερη περίπτωση δεν ξεπερνά τα 4,5 κυβικά ανά ώρα.

5.6.7 Υπολογισμός των ποσοτήτων και ποιοτήτων διακινούμενων ρευστών & ενεργειακές καταναλώσεις

Πίνακας 3 «Υπολογισμός των ποσοτήτων και ποιοτήτων διακινούμενων ρευστών & ενεργειακές καταναλώσεις

Υπολογισμοί Αντλίας θερμότητας - ΘΕΡΜΑΝΣΗ				
	(η) συντελεστής απόδοσης	Kcal/hr	KW (Υπολ.)	KW (Εμπ.)
Για την Παραγωγή Νερού 45 C		16330,54	18989	
Απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση (QH)				19,4
Απαιτούμενη από τον Υδροφόρο (QL)				17,46
Απαιτούμενο έργο θέρμανσης, ψύξης				1,94
Χαρακτηριστικά - Διαστασιολόγηση Αντλία Θερμότητας				
	(η) συντελεστής απόδοσης			
Για την Παραγωγή Νερού 45 C				
Συντελεστής Απόδοσης Ψύξης COP _{pref}	9,00			
Συντελεστής Απόδοσης Θέρμανσης COP _{hp}	10,00			
Απόδοση Λειτουργίας	9			
Για την Παραγωγή Νερού 65 C				
Συντελεστής Απόδοσης Ψύξης COP _{pref}	4,50			
Συντελεστής Απόδοσης Θέρμανσης COP _{hp}	5,00			
Απόδοση Λειτουργίας	4,5			
Θερμοκρασιακά στοιχεία για τον σχεδιασμό της αντλίας θερμότητας				
		ΔT (K)	C	
Ελάχιστη ΔT στον εξαμιστήρα Υδροφόρου		5		
Ελάχιστη ΔT στον Συμπυκνωτή Κατοικίας		5		
Απαιτούμενη Θερμοκρασία Ημέρας χώρου			20	
Απαιτούμενη Θερμοκρασία Νύχτας χώρου			20	
Προσδιορισμός Θερμοκρασίας Υδροφόρου			18	
Θερμοκρασία επιστροφής H ₂ O στην ΓΑΘ				
Θερμοκρασία Εξόδου Υδροφόρου από την ΓΑΘ			13	
Παροχές Συστήματος				
Για την Παραγωγή Νερού 45 C *			m ³ /s	m ³ /h
Παροχή Γεώτρησης			0,0008342	3,01
Παροχή Δικτύου Διανομής στην Κατοικία			0,0009269	3,34
Ρυθμός κυκλοφορίας ψυκτικού μέσου	Δεν μας ενδιαφέρει στην παρούσα κατάσταση			
* εξετάζεται πάντα η μεγαλύτερη τιμή θερμικής ισχύς				

5.6.8 Αναλυτική περιγραφή του ηλεκτρικού εξοπλισμού και μηχανικού του συστήματος (τύπος, ισχύς, διάγραμμα, προορισμός)

Στο παρόν κτήριο θα εφαρμοστεί μέθοδος θέρμανσης – ψύξης με ανοικτό κύκλωμα γεωθερμίας. Στο κτήριο θα τοποθετηθεί μία γεωθερμική αντλία η οποία θα απορροφά (ή απορρίπτει) θερμότητα στο υπέδαφος μέσω νερού το οποίο θα αντλείται από γεώτρηση και στη συνέχεια θα απορρίπτεται σε δεύτερη γεώτρηση για την επανέγχυσή του στον υδροφόρο ορίζοντα.

Τη καλοκαιρινή περίοδο η ψύξη των χώρων θα εκτελείται με αυτό το σύστημα υπό την προϋπόθεση της ικανοποίησης των παρακάτω θερμοκρασιών

1. Η ελάχιστη θερμοκρασία νερού είναι 8 βαθμοί Κελσίου
2. Η μέγιστη θερμοκρασιακή διαφορά δεν θα ξεπερνά τους 5 βαθμούς Κελσίου

Η κάλυψη των αναγκών του κτηρίου θα επιτευχθεί με την εγκατάσταση στοιχείων ανεμιστήρα αέρα (fancoils) τα οποία θα τροφοδοτούνται από την αντίστοιχη θέση των συλλεκτών.

Το σύστημα θα τροφοδοτείται με θερμό ή ψυχρό νερό μέσω δύο κάθετων κεντρικών στηλών, Συνολικά η εγκατάσταση θα αποτελείται από τα παρακάτω συστήματα:

A. Σύστημα Γεώτρησης – Εναλλάκτη

Το σύστημα αυτό θα αποτελείται από την παραγωγική γεώτρηση και την γεώτρηση επανεισαγωγής. Ενδιάμεσα στο κύκλωμα των δύο γεωτρήσεων θα υπάρχει μία γεωθερμική αντλία θερμότητας που αποτελείται από ανοξείδωτους πλακοειδής εναλλάκτες.

B. Σύστημα Πλακοειδή εναλλάκτη – Θερμαντλίας – εγκατάστασης

Η μεταφορά θερμότητας μεταξύ πλακοειδούς εναλλάκτη και γεωθερμικής αντλίας εκτελείται μέσω κλειστού κυκλώματος.

Οι πλακοειδής εναλλάκτες, αποτελούνται από ένα σύνολο ανοξείδωτων πλακών, ενωμένων και συγκολλημένων μεταξύ τους ή στερεωμένων με ειδικούς συνδέσμους. Οι πλάκες αυτές είναι κυματοειδής, για να προκαλείται στροβιλισμός, προς μεταφορά θερμότητας. Το όλο σύστημα δημιουργεί δύο ανεξάρτητα κανάλια, που περιέχουν δύο διαφορετικά υγρά με τέτοιο τρόπο, ώστε αυτά να ρέουν χωρίς να αναμειγνύονται

Γ. Σύστημα κατανομής του κλιματισμού

Το σύστημα αποτελείται από την εντός του κτηρίου εγκατάσταση θέρμανσης και ψύξης μέσω στοιχείων με ανεμιστήρα και θέρμανσης μέσω ενδοδαπέδιας σωλήνωσης.

Δ. Σύστημα αυτοματισμού

Θα είναι συνδυασμένο σύστημα θερμοστατικών διακόπτων (χώρου - κυκλώματος)

Ε. Σύστημα μετρητικό - Λογισμικό

Το μετρητικό σύστημα θα αποτελείται από αισθητήρες θερμοκρασίας, ισχύος, τάση, έντασης, χρόνου λειτουργίας. Τα διάφορα αισθητήρια θα τοποθετηθούν σε θέσεις που κρίνονται απαραίτητες για την ορθή εκτίμηση των αποτελεσμάτων του έργου. Οι απαιτήσεις περιλαμβάνουν:

- Καταγραφή μετρήσεων
- Επεξεργασία των μεγεθών

Απόδοση αποτελεσμάτων

Πίνακας 4 «Πίνακας τεχνικών αντλιών θερμότητας»

Πίνακας Τεχνικών Αντλιών Θερμότητας		
A/A	Περιγραφή	Στοιχεία μοντέλου
1	Διαστάσεις Αντλίας θερμότητας (ΜxΦxΥ) , μέτρα (μ)	800X600X620
2	Βάρος Αντλίας Θερμότητας (Kg)	195
3	Δυνατότητα Θέρμανσης (KW)	19,40
4	Δυνατότητα Ψύξης (KW)	15,8
5	Συντελεστής απόδοσης (η)	4,7
6	Παροχή ρεύματος κατά την έναρξη λειτουργίας (A)	20
7	Συμπιεστής	Scroll
8	Διαφορά θερμοκρασίας στον εναλλάκτη θερμότητας κατά την εξάτμιση του πτητικού (C)	5
9	Διαφορά θερμοκρασίας στον εναλλάκτη θερμότητας κατά την συμπύκνωση του πτητικού (C)	5
10	Μέγιστη παροχή νερού από την Γεώτρηση κ.β./ώρα	3,11
11	Τύπος πτητικού υγρού	R 410A
12	Κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας (KW)	4,05
13	Παροχή Ηλεκτρικού ρεύματος (Τάση / Συχνότητα)	380-420/3/50
14	Αντλία θερμότητας (hp)	---
15	Υποβρύχια Αντλία (hp)	5

5.6.9 Υπεύθυνη δήλωση για τη στατική μελέτη του πολιτικού μηχανικού

Σύμφωνα με το παράρτημα της Νομοθεσίας 1595/25-10-2004 παράγραφος 11, η στατική μελέτη για τις βάσεις έδρασης των μηχανημάτων κρίνεται αναγκαία όταν:

1^ο η κατανάλωση της ηλεκτρικής ισχύος είναι περισσότερο από 3 KW ή

2^ο όταν η μελέτη των βάσεων έδρασης των μηχανημάτων δεν περιλαμβάνεται στην στατική μελέτη της οικοδομής.

Τότε θα πιστοποιείται η ανοχή των στατικών του κτηρίου από μία υπεύθυνη δήλωση του πολιτικού μηχανικού του κτηρίου.

5.6.10 Μέτρα για την προστασία από τις οχλήσεις των περιοίκων

Μονάχα κατά την κατασκευή του έργου θα υπάρχουν οχλήσεις θορύβου λόγω της ανόρυξης με το γεωτρύπανο και της τροποποίησης της εγκατάστασης. Κατά την λειτουργία του έργου δεν θα υπάρχει καμίας μορφής ύπαρξη θορύβου διότι το αντλητικό σύστημα που θα τοποθετηθεί θα είναι υποβρύχιου τύπου και η αντλία θερμότητας είναι σχεδόν αθόρυβη.

5.7 Μελέτη πυροπροστασίας – έγγραφο Πυροσβεστικής Υπηρεσίας

Εφόσον πρόκειται για μία εγκατάσταση που δεν συμπεριλαμβάνει καύση εύφλεκτων πρώτων υλών, δεν είναι αναγκαία η μελέτη πυροπροστασίας όπως και αυτό βεβαιώνεται από τη Βεβαίωση που ακολουθεί του Αρχηγείου Πυροσβεστικού Σώματος.

«Ακαδημαϊκά αναφέρουμε ότι η μόνη αιτία που μπορεί να προξενήσει πυρκαγιά είναι ηλεκτρολογικής φύσεως. Επομένως, ένας πυροσβεστήρας ζηράς κόνεως είναι υπέρ αρκετός για τη κάλυψη του χώρου εγκατάστασης των γεωθερμικών συστημάτων.»

5.8. Παράβολο ανόρυξης των γεωτρήσεων

Σύμφωνα με την κοινή απόφαση των υφυπουργών οικονομίας και οικονομικών και ανάπτυξης υπ' αριθμό Δ7Β/οικ. 13803 / ΓΔΦΠ 4213/4.8.2004 (ΦΕΚ 1228Β) παράγραφος 11 το χρηματικό αντιστάθμισμα για τη χορήγηση άδειας εγκατάστασης για ίδια χρήση ενεργειακών συστημάτων θέρμανσης και ψύξης ανέρχεται στο ποσό των 150.00 Ευρώ. Το ποσό αυτό μπορεί να καταβληθεί είτε στις αρμόδιες Δ.Ο.Υ. με την έκδοση διπλοτύπων εισπραξης ΚΑΕ 3741 ή με τη χορήγηση εντύπων παραβόλων.

5.9 Αποδείξεις κατάθεσης των δικαιωμάτων ταμείων μηχανικών

Οι καταθέσεις των δικαιωμάτων των ταμείων μηχανικών είναι συνάρτηση του συνολικού κόστους της εγκατάστασης. Το συνολικό κόστος της εγκατάστασης περιγράφεται από τους πίνακες που ακολουθούν:

Πίνακας 5 «συνολικό Κόστος εγκατάστασης»

Ποσ.	Περιγραφή [Ευρώ]	Κόστος/Ποσ. [Ευρώ]	ΟλικόΚόστος
1	Εγκατάσταση Εξοπλισμού	€ 2,200.00	€ 2,200.00
1	Γεωθερμική Αντλία θερμότητας 40/45 C & 15/10 C.	€ 11,031.00	€ 11,301.00
1	Αυτοματισμοί ΓΑΘ	€ 2,450.00	€ 2,450.00
1	Ομαλή εκκίνηση λειτουργίας, Πίνακας, ηχομονώσεις, φίλτρα κ.λ.π. (έξοδα μεταφοράς)	€ 650.00	€ 650.00
1	Δοχείο διαστολής ΓΑΘ	€ 125.00	€ 125.00
2	Κυκλοφορητής ανακυκλοφορίας ZNK (WILO)	€ 777.00	€ 777.00
1	Δοχείο Αδρανείας 600 lt	€ 1,080.00	€ 1,080.00
1	Υποβρύχια Αντλητικό συγκρότημα – Grundfos	€ 2,120.00	€ 2,120.00
1	Εκτίμηση Κόστους ανόρυξης των υδρογεωτρήσεων	€ 7,500.00	€ 7,500.00
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ		€ 28,203.00	

5.10 Υπεύθυνες δηλώσεις για την ανάληψη και επίβλεψη κατασκευής της εγκατάστασης ή έγκριση εγκατάστασης εφόσον βρίσκεται στη παραλία – ΦΕΚ 285 Α | Ν. 2971/2001

Σύμφωνα με την νομοθεσία περί άδεια έγκρισης γεωθερμικών συστημάτων Φ.Ε.Κ. 1595 – Β – 25/10/2004 και το άρθρο 4 παράγραφο 9, κρίνονται ως απαραίτητα δικαιολογητικά οι υπεύθυνες δηλώσεις ανάθεσης και ανάληψης της επίβλεψης κατασκευής του έργου.

Το παρόν οικόπεδο δεν βρίσκεται στην παραλία και επομένως δεν εκπίπτει επί της συγκεκριμένης άδειας.

5.11 Κατανάλωση ποσότητας νερού

Το νερό που αντλείται μέσω της παραγωγικής γεώτρησης είναι ακατάλληλο για άρδευση ή ύδρευση. Η παρόν μελέτη δεν προβλέπει τη χρήση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα εκτός αυτής της γεωθερμικής εγκατάστασης.

5.12 Χαρακτηρισμός γεωθερμικού πεδίου/ ΦΕΚ 1012| 19 – 07 – 2005

Η παρούσα ιδιοκτησία που βρίσκεται στη θέση «ΓΟΥΒΑ Ο.Τ.49007 – Αθήνα», βρίσκεται εκτός γεωθερμικού ή πιθανόν γεωθερμικού πεδίου όπως αυτό τεκμηριώνεται από την αρ. Δ9Β/Φ166/12647/ΓΔΦΠ3557/193 με ΦΕΚ 1012 |19-Ιουλίου – 2005 που ορίζει τα γεωθερμικά πεδία της χώρας και από τους χάρτες του Ι.Γ.Μ.Ε. που ακολουθούν. Σύμφωνα με την Νομοθεσία περί χαρακτηρισμού Γεωθερμικών περιοχών της Ελλάδος, με αριθμό Δ9Β/Φ166/ΟΙΚ1508/ΓΔΦΠ374/10/27.1.2004 (ΦΕΚ 208Β), γεωθερμικό πεδίο χαρακτηρίζεται εφόσον η υπεδάφια θερμοκρασία ξεπερνά τους 25 °C. Σύμφωνα με το χάρτη του ΙΓΜΕ – απόσπασμα δίδεται παρακάτω – η περιοχή του έργου αποτελείται από υπεδάφια θερμοκρασίες που στα 250 μέτρα που δεν ξεπερνούν τους 18 °C. Εφόσον η προτεινόμενη γεώτρηση δεν θα ξεπεράσει τα 300 μέτρα, αναμένεται ότι το υπεδάφιο νερό δεν θα υπερβαίνει τους 18 βαθμούς Κελσίου, άρα η θέση του έργου δεν αποτελεί χαρακτηρισμένο Γεωθερμικό πεδίο.

5.13 Υπογραφές μελετητών

Συνηθέστερα, η παρούσα μελέτη συνυπογράφεται από Μηχανολόγο-Ηλεκτρολόγο ή Μηχανολόγο ή Ηλεκτρολόγο Μηχανικό και Γεωλόγο ή Μεταλλειολόγο Μηχανικό όπως αναφέρεται στην Αρ. Δ9Β, Δ/Φ166ΟΙΚ 18508/5552/207 νομοθεσία. Σύμφωνα με την Εγκύκλιο του Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ Αρ .14/ 27-03-2001 με θέμα «Εφαρμογή του Προεδρικού Διατάγματος Π.Δ. 274 / 1997 με τίτλο ‘Χαρακτηρισμός Χημικών Εγκαταστάσεων’ » και το Β.Δ. 16/17-3/1950 με τίτλο «Μηχανολογικές εγκαταστάσεις. Απογραφή, μελέτες, επίβλεψη κ.λ.π.» δίδεται το δικαίωμα εκπόνησης μελετών και πραγματογνωμοσυνών σε Χημικούς Μηχανικούς σε αυτές που νοούνται απλές ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις, δηλαδή τις εγκαταστάσεις εκείνες οι οποίες δεν ξεπερνούν την ισχύ των 200 Ηρ.

Η αξιολόγηση της εξοικονόμησης χρημάτων έχει βασιστεί στα στοιχεία που παρουσιάζει το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος και σχετίζεται με τις βαθμομημέρες θέρμανσης/ ψύξης και χρήσης του ακινήτου. Αναλυτικότερα, ως βαθμομημέρες θέρμανσης εννοούνται οι ώρες όπου η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι χαμηλότερη των 18°C, ενώ αντίστοιχα ως βαθμομημέρες ψύξης αναφερόμαστε στις ώρες όπου η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι υψηλότερη των 26°C.

Δεδομένα Υπολογισμού

Ηλεκτρικό ρεύμα: 0.21 Ευρώ/KWhr | τιμή σταθερή με ΦΠΑ, τέλη και πάγια
Πετρέλαιο: τιμή 1.3 Ευρώ/ltr | τιμή σταθερή με ΦΠΑ | θερμογόνος 10250 Kcal/kg |
πυκνότητα πετρελαίου 0.83 Kgr/ltr | απόδοση καυστήρα 90%

Βαθμοί απόδοσης: Σταθερές τιμές αλλά διαφορετικές για τη θέρμανση και τη ψύξη

5.14 Θέση της περιοχής

Η ιδιοκτησία βρίσκεται στην περιοχή της Γούβας Αθηνών Αττικής και συγκεκριμένα επί της οδού Αναξάρχου 50. Το οικόπεδο βρίσκεται εντός του σχεδίου πόλεως και πρόκειται να ανεγερθεί πενταόροφο κτίριο κατοικιών. Η περιοχή μελέτης βρίσκεται εντός του σχεδίου πόλεως του Δήμου Αθήνας. Το υψόμετρο στη θέση αυτή είναι 105 μέτρα. (βλ εικόνα 4.1 θέση οικοπέδου)
Η ευρύτερη περιοχή φαίνεται στο απόσπασμα χάρτη Γ.Υ.Σ. (φύλλο Αθήνα - Πειραιάς, κλίμακα 1: 50.000),

το οποίο ακολουθεί.

ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΧΑΡΤΗ Γ.Υ.Σ.

ΚΛΙΜΑΚΑ 1: 50. 000



Εικόνα 4.1 « θέση οικοπέδου »

5.15 Περιγραφή του έργου

Στο κτίριο κατοικιών που ανεγείρεται, θα γίνει χρήση των Γεωθερμικών συστημάτων για τη θέρμανση και την ψύξη του χώρου των κατοικιών. Σε αυτή την περίπτωση γίνεται χρήση δύο γεωτρύσεων που απέχουν μεταξύ τους έως 20 μέτρα, ούτως ώστε από τη μία αντλείται νερό από τον υδροφόρο ορίζοντα και από την άλλη το ίδιο νερό αφού περάσει από την αντλία θερμότητας επανεισέρχεται στον ίδιο υδροφόρο ορίζοντα. Έτσι, κατασκευάζονται δύο γεωτρύσεις του αυτού βάθους, οι θέσεις των οποίων φαίνονται στο τοπογραφικό διάγραμμα του οικοπέδου, που επισυνάπτεται στο φάκελο.

Η διάμετρος των γεωτρύσεων για να μπορέσουν να τοποθετηθούν όλοι οι σωλήνες που χρειάζονται πρέπει να είναι της τάξεως των 12 '' και η σωλήνωσή τους να γίνει με 8 ''.

Το έργο της αξιοποίησης των γεωθερμικών συστημάτων θα έχει τις ακόλουθες προδιαγραφές.

Τεχνικές προδιαγραφές των γεωτρύσεων

- Βάθος ανόρυξης : 130□10 μ.
- Διάμετρος ανόρυξης : 12 ''
- Διάμετρος σωλήνων : 8''
- Πάχος σωλήνων : 3 χλστ.
- Τύπος σωλήνων : βιδωτοί γαλβανισμένοι
- Τύπος φιλτροσωλήνων : 'γεφυρωτός'
- Βάθος τοποθέτησης φιλτροσωλήνων : αντικρυστά του υδροφόρου στρώματος και με συνολικό μήκος ίσο με το πάχος του υδροφόρου. Στο βαθύτερο τμήμα της σωλήνωσης θα τοποθετηθεί τυφλός σωλήνας ο οποίος θα κλείνει με κώνο (αμμοκράτης).
- Χαλίκωση : με διαβαθμισμένης διαμέτρου χάλικες (4-12 χλστ.) Τοποθέτηση του αντλητικού συγκροτήματος : στο βαθύτερο σημείο και αντικριστά από τυφλό σωλήνα.
- Δοκιμαστική άντληση : 'Συνεχιζόμενη' 24ωρης διάρκειας με μεταβαλλόμενες παροχές και τακτική παρακολούθηση των μεταβολών της 'δυναμικής' στάθμης.
- Δειγματοληψία : λήψη δείγματος νερού, στο τέλος της άντλησης για πλήρη υδροχημικό και μικροβιολογικό έλεγχο.
- Γεωλογικοί σχηματισμοί που αναμένεται να διατηρηθούν: προσχώσεις, σχιστόλιθοι.
- Η αναμενόμενη παροχής της υπό κατασκευήν γεώτρησης κυμαίνεται γύρω στα 5-7 κυβικά μέτρα ανά ώρα.
- Η αιτούμενη ποσότητα που θα αντλείται και θα επανεισάγεται πάλι είναι γύρω στα 6 κυβικά μέτρα ανά ώρα.

5.16 Παρούσα κατάσταση περιβάλλοντος

Μορφολογία

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στη Γούβα του Δήμου Αθηναίων Αττικής και συγκεκριμένα επί της οδού Αναξάρχου 50. Βρισκόμαστε ανατολικά της οδού Ηλιουπόλεως, μέσα σε ομαλή μορφολογικά περιοχή.

Το υψόμετρο στη θέση μελέτης είναι 105 μέτρα περίπου.

Μορφολογικά βρισκόμαστε στην πεδινή περιοχή, που αναπτύσσεται δυτικά του Υμηττού.

Γεωλογία

Η ερευνηθείσα περιοχή σύμφωνα με τις επιτόπου παρατηρήσεις μας και το γεωλογικό φύλλο Ερυθρές, (έκδοση Ι.Γ.Μ.Ε, κλίμακα 1:50.000) δομείται από τους παρακάτω γεωλογικούς σχηματισμούς:

Διλουβιακές Αποθέσεις

Αποτελούνται από αργιλοαμμώδη υλικά που προέρχονται από την αποσάθρωση και διάβρωση των "Αθηναϊκών σχιστολίθων" και των νεογενών σχηματισμών. Το πάχος των υλικών αυτών, αυξάνει στα χαμηλότερα υψομετρικά τμήματα της περιοχής. Υδρογεωλογικά ο σχηματισμός αυτός, θεωρείται από μέτρια ως ελάχιστα υδροπερατός. Στην περιοχή μελέτης έχει μικρό πάχος (2-3 μέτρα)

Νεογενή ιζήματα

Αποτελούνται κυρίως από μάργες, αργίλους, ψηφίτοπαγή, κροκαλοπαγή και μαργαϊκούς ασβεστολίθους και ψαμμίτες. Παρουσιάζουν σημαντική εξάπλωση στην ευρύτερη περιοχή του λεκανοπεδίου Αθηνών και καλύπτουν κυρίως τις χαμηλότερες υψομετρικά περιοχές. Το πάχος τους είναι σημαντικό.

Υδρογεωλογικά χαρακτηρίζονται ως αδιαπέρατα από το νερό, ως προς τα λεπτομερέστερα συστατικά (μάργες, αργίλους, πηλούς) και διαπερατά έως ημιπερατά από το νερό ως προς τα αδρομερέστερα υλικά (ψηφίτοπαγή, κροκαλοπαγή, μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι και ψαμμίτες). Στην περιοχή ερεύνης δεν αναμένεται η παρουσία του σχηματισμού των νεογενών ιζημάτων.

5.17 Πελαγονική ζώνη

5.17.1 Αλλοθονή ενότητα

A.1 Κατώτερη τεκτονική ενότητα

Ασβεστόλιθοι (Ηλικία Κενομάνιο-Τουρόνιο)

Τα ανώτερα μέλη τους είναι πολύχρωμοι, ανακρυσταλλωμένοι, πλακώδεις ασβεστόλιθοι με πυριτόλιθους. Τα μεσαία μέλη τους είναι λευκοί έως τεφροί, κιτρινόχρωμοι ως καστανόχρωμοι, κρυπτοκρυσταλλικοί ή κρυσταλλικοί, λεπτο- μεσο- παχυστρωματώδεις έως άστρωτοι, καρστικοί, δολομιτιωμένοι, αγκεριτιωμένοι ασβεστόλιθοι που κατά θέσεις περιέχουν διαστρώσεις ή κονδύλους πυριτόλιθων. Είναι έντονα διαρρηγμένοι, διασχίζονται από πυκνό και χαώδες δίκτυο φλεβιδίων δευτερογενούς ασβεσίτη, εμποτισμένων με οξείδια σιδήρου. Τα κατώτερα μέλη τους αποτελούν κιτρινόχρωμοι, μαργαϊκοί λεπτοστρωματώδεις ασβεστόλιθοι και κιτρινόχρωμες λεπτομερείς ή μικρολατυποπαγείς σκληρές σχιστοποιημένες ασβεστιτικές μάργες.

Βρίσκεται επωθημένος επί του σχηματισμού των Αθηναϊκών Σχιστολίθων και καλύπτει μικρή έκταση στο λόφο της Δάφνης, καθώς και το λόφο της Ακροπόλεως.

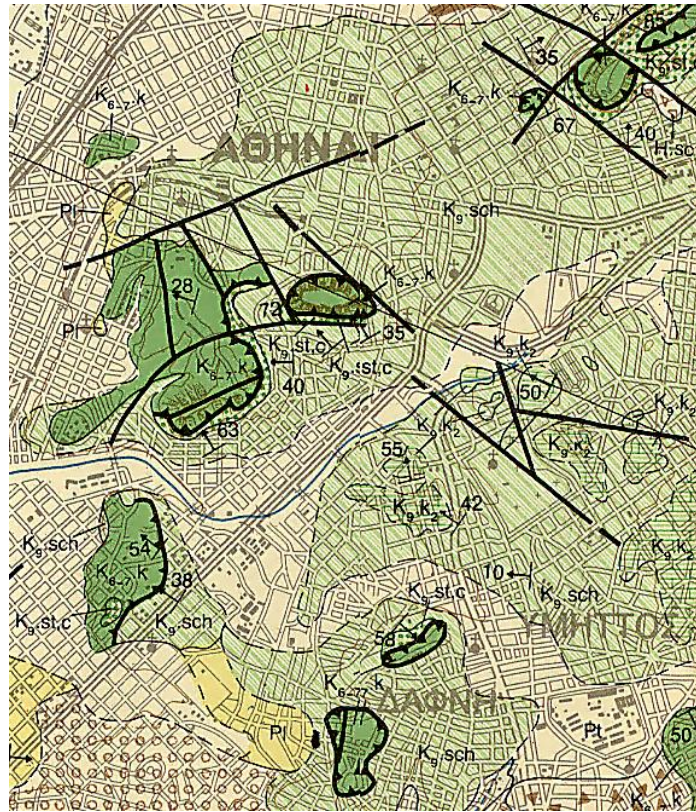
Είναι σχηματισμός έντονα υδροπερατός

5.17.2 Αυτοθονή ενότητα

Αθηναϊκοί Σχιστόλιθοι

Αποτελούνται από εναλλαγές σερικιτικών, χλωριτικών και αργιλικών σχιστολίθων που συχνά περιέχουν φακούς ψαμμιτών και ψαμμούχων κρυσταλλικών ασβεστολίθων. Κατά θέσεις τα στρώματα των Αθηναϊκών Σχιστολίθων διασχίζονται από φλέβες χαλαζία και από εξ αλλοιωμένα εκρηξιγενή πετρώματα. Το πάχος του σχηματισμού κυμαίνεται από 200-250 μέτρα.

Τα στρώματα των Αθηναϊκών Σχιστολίθων υπόκεινται των δλουβιακών αποθέσεων στην περιοχή μελέτης. Θεωρητικά ο σχηματισμός των Αθηναϊκών Σχιστολίθων είναι αδιαπέρατος από το νερό και μόνο τοπικά σχηματίζει ασθενείς υδροφόρους ορίζοντες, είτε μέσα στον αποσαθρωμένο μανδύα του, είτε μέσα σε ζώνες ρηγμάτωσης καθώς επίσης και μέσα στις ασβεστολιθικές ή ψαμμιτικές εν στρώσεις που συνήθως περιέχει.



Εικόνα 4.2 «Γεωλογικός χάρτης περιοχής Αθηνών Αττικής (Φύλλο Αθήνα – Πειραιάς, εκδ. ΙΓΜΕ) Κλίμακα 1 : 50.000

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Pt	Διλουβιακές αποθέσεις
----	-----------------------

Pl	Μαργαϊκοί Ασβεστόλιθοι & ψαμμίτες (Νεογενές)
----	--

ΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗ ΖΩΝΗ

A) **ΑΛΛΟΧΘΟΝΗ ΕΝΟΤΗΤΑ**

K7-K	Ασβεστόλιθοι
------	--------------

B) **ΑΥΤΟΧΘΟΝΗ ΕΝΟΤΗΤΑ**

Ksch	Αθηναϊκοί Σχιστόλιθοι
------	-----------------------

_____ **Ρήγμα ορατό**

5.18 Τεκτονική

Η ευρύτερη περιοχή του λεκανοπεδίου της Αττικής σχηματίστηκε από πτυχωσιγενή τεκτονική δράση κατά το Μειόκαινο και στη συνέχεια κατά το νεογενές δέχθηκε την ιζηματογένεση υλικών από την επιφανειακή απορροή πάνω στα υπάρχοντα πετρώματα. Μετά το νεογενές έχουμε τη δράση μιας νεότερης ρηξιγενούς περιόδου κατά το τεταρτογενές, κατά την οποία προέκυψαν ρήγματα διευθύνσεως σχεδόν Β - Ν, όπως αυτό που διέρχεται παράλληλα στον Κηφισό ποταμό και αρχίζει από το Μπογιάτι και φθάνει στο Περιστερί.

Η τεκτονική δομή της ευρύτερης περιοχής χαρακτηρίζεται από τη έπαρση του μεσοζωικού - παλαιοζωικού υποβάθρου, την βαθιά νεογενή διάβρωση με την ακολουθήσασα ρηγμάτωσή της, την νεογενή πλήρωση των ζωνών που βυθίστηκαν και την μετανεογενή ρηξιγενή δράση. Τέλος επιστέγασμα όλων αυτών των δράσεων είναι η προσχωσιγενής κάλυψη της ευρύτερης περιοχής.

Ειδικότερα από παλιότερες έρευνες (κ. Ρενιέρης) προέκυψε ότι στην περιοχή του Υμηττού έλαβαν χώρα έντονες ανοδικές ηπειρογενετικές κινήσεις.

Οι σχηματισμοί του Υμηττού αποτελούν το αυτόχθονο σύστημα, (ή άλλως κρυσταλλοσχιστώδες Αττικής), το οποίο τεκτονικά υπόκειται του αλλόχθονου συστήματος. Το αλλόχθον σύστημα κατά τους Κατσικάτσο και Αβουίη αποτελεί διπλό πολυφασικό τεκτονικό παράθυρο που σχηματίστηκε με την εφίπευση του συστήματος αυτού στο κρυσταλλοσχιστώδες της Αττικής. Στη συνέχεια, έχουμε την επώθηση επ'αυτών της μη μεταμορφωμένης σειράς της Πάρνηθας.

Την παλιότερη αυτή προ νεογενή τεκτονική ακολούθησε νεότερη τεκτονική, συνέπεια ηπειρογενετικών κινήσεων, μετά το τέλος της Αλπικής ορογένεσης, δηλαδή στο στάδιο της χαλάρωσης των τεκτονικών πιέσεων, οπότε οι μετατοπίσεις ήταν κατακόρυφες, με αποτέλεσμα τη δημιουργία τεκτονικών τάφρων και κεράτων. Μέσα στις τάφρους την νεογενή περίοδο έχουμε την απόθεση ιζημάτων λιμναίας ή χερσαίας προελεύσεως. Μετά την απόθεση των νεογενών ιζημάτων ακολούθησαν περίοδοι νεότερων διαρρήξεων που έπληξαν ακόμη και τους διλουβιακούς σχηματισμούς. Τέλος, κατά το Τεταρτογενές υπήρξαν ευστατικές κινήσεις ανοδικές ή καθοδικές. Η ύπαρξη αναβαθμίδων στους χείμαρρους της περιοχής πιστοποιεί θετική κατακόρυφη κίνηση.

Η επικρατέστερη διεύθυνση των διαρρήξεων στην ευρύτερη περιοχή είναι ΒΔ - ΝΑ ή ΒΒΔ - ΝΝΑ, που εμφανίζεται σε όλους τους σχηματισμούς.

Ακολουθεί με μικρότερο ποσοστό διαρρήξεων η διεύθυνση ΒΑ - ΝΔ, ενώ κατά την διεύθυνση Α - Δ αναμένεται ότι έδρασε η νεότερη τεκτονική (κατά το τεταρτογενές) και έχουμε τη δημιουργία διόδων της πεδινής περιοχής προς τη θάλασσα.

5.19 Υδρογεωλογία

5.19.1 Γενικά

Για τον υπολογισμό των βασικών υδρολογικών παραμέτρων της ευρύτερης περιοχής χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από βροχομετρικούς σταθμούς της ΕΜΥ στην ευρύτερη περιοχή. Τα στοιχεία από τους σταθμούς φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί :

ΠΙΝΑΚΑΣ:

Στοιχεία βροχομετρικών σταθμών.

Πίνακας 6 «Μέσες Μηνιαίες Βροχοπτώσεις σε mm»

Μήνες	Μετεωρολογικοί σταθμοί			
	Σπάτων 1974 - 1993	Παιανίας 1974 - 1983	Αστεροσκοπείου Αθηνών 1976 - 1991	Μέσος όρος
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	26.7	49.8	32.2	36.2
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	33.7	80.3	47.8	53.8
ΜΑΡΤΙΟΣ	27.6	91.4	46.4	55.1
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	12.8	42.0	39.6	31.5
ΜΑΙΟΣ	8.3	24.1	13.5	15.3
ΙΟΥΝΙΟΣ	3.7	7.9	9.1	6.9
ΙΟΥΛΙΟΣ	0.7	0.4	3.3	1.5
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2.7	7.1	4.8	4.9
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1.5	7.5	6.6	5.2
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	27.9	52.2	48.0	42.7
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	46.3	90.9	56.3	64.5
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	41.0	101.1	60.9	67.7
Μέση ετήσια μέγιστη	232.9	554.7	368.5	385.3

Το μέσο ύψος της βροχόπτωσης για την περιοχή ενδιαφέροντος κυμαίνεται γύρω στα 385 mm. Η τιμή αυτή συμφωνεί με παλιότερες μελέτες που έχουν γίνει στην ευρύτερη περιοχή. Η βασική εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου εκφράζεται από τον τύπο

$$P=R+E+I \text{ (σχέση 1)}$$

Όπου:

R = η ετήσια απορροή,

E = η ετήσια εξατμισιοδιαπνοή

I = η ετήσια κατείσδυση.

Για την επίλυση της εξίσωσης αυτής χρειάζονται στοιχεία τα οποία δεν υπάρχουν για την περιοχή ενδιαφέροντος λόγω της περιορισμένης έκτασης που καταλαμβάνει.

Από άλλες υδρογεωλογικές μελέτες της ευρύτερης περιοχής προέκυψε ότι ο συντελεστής απορροής σε σχιστολιθικούς σχηματισμούς που είναι αδιαπέρατοι είναι 50% περίπου.

Κατ' εκτίμηση και παίρνοντας υπ' όψιν και τους υδρολογικούς συντελεστές σε άλλες κοντινές περιοχές που παρουσιάζουν κάποιες ομοιότητες, μπορούμε να πούμε ότι οι υδρολογικοί συντελεστές παίρνουν τις εξής τιμές :

Συντελεστής απορροής	50%
Συντελεστής κατεισδύσεως	7%
Συντελεστής εξατμισιοδιαπνοής	43%
Σύνολο	100%

5.19.2 Υδρολογική λεκάνη ενδιαφέροντος

Η περιοχή στην οποία βρίσκεται η περιοχή μελέτης, αποτελεί τμήμα της υδρολογικής λεκάνης του Ιλισού ποταμού, που εκβάλλει στη θαλάσσια περιοχή του Φαλήρου.

Ένα μεγάλο μέρος από το κατεισδύον νερό της εν λόγω υδρολογικής λεκάνης, οδεύει προς εμπλουτισμό του υδροφορέα των προσχώσεων και προς τις υδροαποθεματικές ζώνες των μαρμάρων και των νεογενών σχηματισμών.

Κατ' εκτίμηση και παίρνοντας υπ' όψιν και τους υδρολογικούς συντελεστές σε άλλες κοντινές περιοχές που παρουσιάζουν κάποιες ομοιότητες, μπορούμε να πούμε ότι οι υδρολογικοί συντελεστές παίρνουν τις εξής τιμές :

Συντελεστής απορροής	50%
Συντελεστής κατεισδύσεως	7%
Συντελεστής εξάτμισιοδιαπνοής	43%
Σύνολο	100%

5.19.3 Υδρολογική λεκάνη ενδιαφέροντος

Η περιοχή στην οποία βρίσκεται η περιοχή μελέτης, αποτελεί τμήμα της υδρολογικής λεκάνης του Ιλισού ποταμού, που εκβάλλει στη θαλάσσια περιοχή του Φαλήρου.

Ένα μεγάλο μέρος από το κατεισδύον νερό της εν λόγω υδρολογικής λεκάνης, οδεύει προς εμπλουτισμό του υδροφορέα των προσχώσεων και προς τις υδροαποθεματικές ζώνες των μαρμάρων και των νεογενών σχηματισμών.

5.20 Κλιματολογικά στοιχεία

Το κλίμα της ευρύτερης περιοχής είναι εύκρατο, μεσογειακού χαρακτήρα, με ξηρό και θερμό καλοκαίρι και ήπιο χειμώνα. Από τους μετεωρολογικούς σταθμούς της ευρύτερης περιοχής προέρχονται τα στοιχεία που αναφέρονται στο χάρτη με τις υδρολογικές λεκάνες Αττικής που ακολουθεί και αφορούν την μέση ετήσια θερμοκρασία και το μέσο ύψος νετού.

Οι βόρειοι άνεμοι είναι επικρατέστεροι με ποσοστό 20,3%, ακολουθούν οι βορειοανατολικοί με ποσοστό 18,7% και η άπνοια έχει ποσοστό 17,4%. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 17,2⁰C, η μέση ελάχιστη 12,4⁰C και η μέση μέγιστη 21,1⁰C. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχοπτώσεων είναι 385 mm.

Το χιόνι δεν είναι συχνό φαινόμενο στην περιοχή. Οι βροχοπτώσεις είναι λίγες και σπάνια διαρκούν πολύ.

Η ανομβρία στην Αττική αρχίζει συνήθως τον Μάιο και παρατείνεται μέχρι τον Οκτώβριο. Οι βροχές έχουν συνήθως χαρακτήρα καταρακτώδη και σπάνια είναι συνεχείς και λεπτές βροχές. Αποτέλεσμα του φαινομένου αυτού είναι, το μεγαλύτερο μέρος του νερού που καταπέφτει με μεγάλη ένταση στο έδαφος, να απορρέει στη θάλασσα πριν εισχωρήσει στο έδαφος.

Η υγρασία στην Αττική είναι χαμηλή και θεωρείται μία από τις πιο ξηρές περιοχές της Ελλάδος. Η μέγιστη τιμή της σχετικής υγρασίας το πρωί είναι 77 βαθμούς το χειμώνα και 55 το θέρος. Αντίστοιχα η ελάχιστη τιμή κατά τις μεταμεσημβρινές ώρες για μεν το χειμώνα είναι 60 βαθμοί και το καλοκαίρι 35 βαθμούς.

Η εξάτμιση κατά τους θερινούς μήνες είναι μεγάλη, λόγω της μεγάλης ηλιοφάνειας, της υψηλής θερμοκρασίας του αέρα και της μικρής σχετικής υγρασίας. Η μέση μηνιαία μέγιστη εξάτμιση παρατηρείται κατά τον Ιούλιο και η ελάχιστη κατά το Δεκέμβριο. Η περιοχή της Αττικής έχει σχετικώς μικρή νέφωση. Ο Αύγουστος έχει τη μικρότερη νέφωση και ο Δεκέμβριος τη μεγαλύτερη. Ο αριθμός των παρατηρούμενων κατ' έτος αιθρίων ημερών είναι 120 ημέρες. Γενικώς η νέφωση είναι μικρή και βραχείας διάρκειας.

5.21 Φωτογραφικό υλικό



Φωτογραφία 1: Αποψη του οικοπέδου όπως φαίνεται από την οδό Αναζάρχου.



Φωτογραφία 2: Θέση της Γ1 προτεινόμενης γεώτρησης, στο οικοπέδο



Φωτογραφία 3: Θέση της Γ2 προτεινόμενης γεώτρησης, στο οικόπεδο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

- **N. 1475/84** (ΦΕΚ Α' 131/11-09-1984). Τα άρθρα 1-6 που αφορούσαν τη Γεωθερμία καταργήθηκαν με τον Ν.3175/2003.20
- **N.3175/03** όπως ισχύει (με ενσωματωμένες τροποποιήσεις από τον Ν.3734/2009 και Ν.4001/2011). Αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού, τηλεθέρμανση και άλλες διατάξεις.
- **N.4001/2011**, άρθρο 180
- **N.3734/2009 (ΦΕΚ 8 Α/28.01.2009)**. Άρθρο 37. Προώθηση της συμπαραγωγής δύο ή περισσότερων χρήσιμων μορφών ενέργειας, ρύθμιση ζητημάτων σχετικών με το Υδροηλεκτρικό Έργο Μεσοχώρας και άλλες διατάξεις.
- **N. 4123/2013** (ΦΕΚ Α'43/19.2.2013) Άρθρο 25 : Καθορισμός των δικαιωμάτων των συμβολαιογράφων κατά την κατάρτιση των συμβάσεων εκμίσθωσης των δικαιωμάτων έρευνας και διαχείρισης γεωθερμικού δυναμικού και εν γένει δημόσιων μεταλλευτικών χώρων.
- **Νόμος 4342/2015**(ΦΕΚ 143/Α/09-11-2015). Άρθρο 30. Πενταετής παράταση των παλαιών συμβάσεων της ΔΕΗ ΑΝ
- **ΥΑ Δ9 Β/Φ166/23880/ΓΔΦΠ4211 (24.10.2011)**. Άδειες διανομής θερμικής ενέργειας αποκλειστικά για αγροτικές εκμεταλλεύσεις από εκμετάλλευση γεωθερμικού δυναμικού γεωθερμικού πεδίου χαμηλής θερμοκρασίας.
- **Δ9Δ,Β/Φ166/οικ18513/ΓΔΦΠ 3512 (24/8/2009)**. Όροι και διαδικασία εκμίσθωσης του δικαιώματος του Δημοσίου για έρευνα και διαχείριση του γεωθερμικού δυναμικού και της εν γένει διαχείρισης των γεωθερμικών πεδίων της Χώρας.
- **Δ9 Β,Δ/Φ166/οικ25158/ΓΔΦΠ4398 (08.11.2011) ΦΕΚ2647Β/9-11-11**. Όροι και διαδικασία εκμίσθωσης του δικαιώματος του Δημοσίου για έρευνα και διαχείριση του γεωθερμικού δυναμικού βεβαιωμένων ή πιθανών Γεωθερμικών Πεδίων Χαμηλής Θερμοκρασίας της Χώρας.
- **Καθορισμός Γεωθερμικών Επιχειρηματικών Πάρκων**, σύμφωνα με τις διατάξεις της παραγράφου 14 του άρθρου 41 του Νόμου **3982/2011**.
- **Δ9Β/Φ166/οικ20076/ΓΔΦΠ5258/329**.Κανονισμός Γεωθερμικών Εργασιών.
- **Δ9 Β,Δ/Φ166/οικ13068/ΓΔΦΠ2488 (11/6/2009)**. Άδειες εγκατάστασης για ίδια χρήση ενεργειακών συστημάτων θέρμανσης -ψύξης χώρων μέσω εκμετάλλευσης της θερμότητας των γεωλογικών σχηματισμών και των νερών, επιφανειακών και υπόγειων, που δεν χαρακτηρίζονται γεωθερμικό δυναμικό.
- **Δ9Β/Φ166/ οικ8411/ΓΔΦΠ2373/117 (27/1/2004)** Κριτήρια Χαρακτηρισμού Γεωθερμικών Πεδίων (ΓΘΠ)

7.1 Εισαγωγή

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) ή *ήπιες μορφές ενέργειας*, ή *νέες πηγές ενέργειας*, ή *πράσινη ενέργεια* είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού και άλλες. Συγκεκριμένα σύμφωνα με την οδηγία 2009/28/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου ως ενέργεια από ανανεώσιμες μη ορυκτές πηγές θεωρείται η αιολική, ηλιακή, αεροθερμική, γεωθερμική, υδροθερμική και ενέργεια των ωκεανών, υδροηλεκτρική, από βιομάζα, από τα εκλυόμενα στους χώρους υγειονομικής ταφής αέρια, από αέρια μονάδων επεξεργασίας λυμάτων και από βιοαέρια.

Ο όρος «ήπιες» αναφέρεται σε δυο βασικά χαρακτηριστικά τους. Καταρχάς, για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, όπως εξόρυξη, άντληση ή καύση όπως με τις μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας, αλλά απλώς η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση. Δεύτερον, πρόκειται για «καθαρές» μορφές ενέργειας, πολύ «φιλικές» στο περιβάλλον, που δεν αποδεδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα, όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα. Έτσι θεωρούνται από πολλούς μία αφετηρία για την επίλυση των οικολογικών προβλημάτων που αντιμετωπίζει η Γη.

Ως «ανανεώσιμες πηγές» θεωρούνται γενικά οι εναλλακτικές των παραδοσιακών πηγών ενέργειας (π.χ. του πετρελαίου ή του άνθρακα), όπως η ηλιακή και η αιολική. Ο χαρακτηρισμός «ανανεώσιμες» είναι κάπως καταχρηστικός, αφού ορισμένες από αυτές τις πηγές, όπως η γεωθερμική ενέργεια δεν ανανεώνονται σε κλίμακα χιλιετιών. Σε κάθε περίπτωση οι ΑΠΕ έχουν μελετηθεί ως λύση στο πρόβλημα της αναμενόμενης εξάντλησης των (μη ανανεώσιμων) αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων. Τελευταία, από την Ευρωπαϊκή Ένωση, αλλά και από πολλά μεμονωμένα κράτη, υιοθετούνται νέες πολιτικές για τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, που προάγουν τέτοιες εσωτερικές πολιτικές και για τα κράτη μέλη. Οι ΑΠΕ αποτελούν τη βάση του μοντέλου οικονομικής ανάπτυξης της πράσινης οικονομίας και κεντρικό σημείο εστίασης της σχολής των οικολογικών οικονομικών, η οποία έχει κάποια επιρροή στο οικολογικό κίνημα.

7.2 Πλεονεκτήματα

- Είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα.
- Δεν πρόκειται να εξαντληθούν ποτέ, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα.
- Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτόρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
- Είναι ευέλικτες εφαρμογές, που μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του επί τούτου πληθυσμού, καταργώντας την ανάγκη για τεράστιες μονάδες παραγωγής ενέργειας (καταρχήν για την ύπαιθρο) αλλά και για μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.
- Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση και έχει πολύ μεγάλο χρόνο ζωής.
- Επιδοτούνται από τις περισσότερες κυβερνήσεις.

7.3 Μειονεκτήματα

Έχουν ένα αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια της γης. Γι' αυτό το λόγο μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται ως συμπληρωματικές πηγές ενέργειας.

Για τον παραπάνω λόγο προς το παρόν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.

Η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους, αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται.

- Για τις αιολικές μηχανές υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές από αισθητική άποψη κι ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους και την

προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης (π.χ. σε πλατφόρμες στην ανοιχτή θάλασσα) αυτά τα προβλήματα έχουν σχεδόν λυθεί.

- Για τα υδροηλεκτρικά έργα λέγεται ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω από το νερό κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

7.4 Αιολική ενέργεια

Αιολική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση του πνέοντος ανέμου. Πρόκειται, δηλαδή για τη διαδικασία κατά την οποία η κινητική ενέργεια του ανέμου χρησιμοποιείται για την παραγωγή μηχανικής ισχύος ή ηλεκτρισμού.

7.4.1 Άνεμος

Ο άνεμος είναι μία μορφή ηλιακής ενέργειας. Η ηλιακή ακτινοβολία θερμαίνει άμεσα την επιφάνεια της γης, δημιουργώντας έτσι διαφορετικές ζώνες θερμοκρασιών, πυκνοτήτων και πιέσεων. Οι άνεμοι αποτελούν τις μετακινήσεις του αέρα στις διαφορετικές αυτές ζώνες. Υπάρχουν, καταρχήν, άνεμοι πλανητικοί που οφείλονται στο γεγονός ότι οι κινήσεις του αέρα μεταφέρουν τη θερμότητα των τροπικών περιοχών προς τους ψυχρότερους πόλους. Άλλοι άνεμοι είναι πιο τοπικοί που επηρεάζονται από τη μορφολογία του εδάφους, όπως στις ακτές ή στις ορεινές περιοχές. Η ταχύτητα του ανέμου επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Πρώτα από όλα, στη μεταβολή της σημαντικό ρόλο παίζουν οι τοπικοί παράγοντες. Ο άνεμος επιταχύνεται στις πλαγιές και ακόμα περισσότερο στις κορυφές των λόφων, ιδίως όταν οι πλαγιές είναι μαλακές. Ακόμη, η ταχύτητα του ανέμου ποικίλει σε σχέση με το ύψος στο οποίο μετράτε σε απόσταση από το έδαφος, αφού, καθώς, απομακρυνόμαστε από το έδαφος ο άνεμος δεν εμποδίζεται από την τραχύτητα του εδάφους. Σημαντικό είναι, επίσης, ότι ο άνεμος πνέει με μεταβλητή ένταση και κατεύθυνση και ποικίλει ανάλογα με τη χρονική στιγμή και ανάλογα με την εποχή. Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο λαμβάνουμε υπόψη μας την μέση ταχύτητα του ανέμου που επικρατεί σε μια περιοχή.

7.4.2 Ανεμογεννήτρια



Εικόνα 7.1 «Ανεμογεννήτριες»

Η ανεμομηχανή (βλ.Εικόνα 7.1 «Ανεμογεννήτριες»)είναι ο βασικός εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για τη μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε κάποια άλλη ωφέλιμη μορφή. Επειδή τις τελευταίες δεκαετίες η μετατροπή της αιολικής ενέργειας γίνεται κυρίως σε ηλεκτρική επικράτησε ο όρος ανεμογεννήτρια.

Οι ανεμογεννήτριες κατατάσσονται σε δύο γενικές κατηγορίες, στις ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα και στις ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα. Οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα περιστρέφονται γύρω από έναν άξονα οριζόντιο ως προς το επίπεδο του εδάφους. Αυτές οι ανεμογεννήτριες πρέπει να προσανατολίζονται κάθε φορά με την κατεύθυνση του ανέμου. Είναι πιο

γνωστές σε εμάς γιατί τις βλέπουμε έξω από πόλεις τοποθετημένες.

Οι ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα είναι εκείνες που περιστρέφονται γύρω από έναν άξονα ο οποίος είναι κάθετος ως προς το επίπεδο του εδάφους. Αυτές οι ανεμογεννήτριες δεν χρειάζονται να αλλάζουν συνεχώς προσανατολισμό αναλόγως με την κατεύθυνση του ανέμου γιατί πολύ απλά έχουν την δυνατότητα να λειτουργούν με οποιαδήποτε κατεύθυνση και αν έχει ο αέρας. Αυτό οφείλεται στη συμμετρία της ανεμογεννήτριας.

7.5 Ηλιακή ενέργεια

Ο ήλιος αν και βρίσκεται σε απόσταση 150 εκατομμυρίων χιλιομέτρων από τον πλανήτη μας, αποτελεί αναμφισβήτητα τη μεγαλύτερη πηγή ενέργειας. Κατά μέσο όρο, η ισχύς που δέχεται ετησίως η επιφάνεια της γης μπορεί να φτάσει στα 85 με 290 W/m², η οποία, όμως, επηρεάζεται από διάφορες παραμέτρους. Έτσι, ανάλογα με την περίοδο της ημέρας η λαμβανόμενη ενέργεια εξαρτάται από τη γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών πάνω στην επιφάνεια της ατμόσφαιρας. Επίσης, η ενέργεια αυτή ποικίλει ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος, τη χρονική στιγμή της ημέρας και την εποχή του χρόνου. Οι νύχτες, τα περάσματα νεφών είναι στιγμές που η ηλιακή ενέργεια είναι ανύπαρκτη ή ελάχιστη. Καμία, όμως, περιοχή της γης δεν στερείται ηλιακής ενέργειας. Η ηλιακή ενέργεια πρόκειται για μία ανεξάντλητη πηγή ενέργειας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί με τρεις τρόπους. Με τη χρησιμοποίηση παθητικών ηλιακών συστημάτων και με τη χρησιμοποίηση ενεργητικών παθητικών συστημάτων για να καλύψει ανάγκες θέρμανσης. Καθώς, επίσης και με την παραγωγή ηλεκτρισμού χρησιμοποιώντας την φωτοβολταϊκή τεχνολογία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ

8.1 Εισαγωγή

Τα φωτοβολταϊκά (ΦΒ)στοιχεία μετατρέπουν μέρος της διαθέσιμης ηλιακής ενέργειας σε συνεχές ρεύμα (DC). Αυτή η άμεση εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καθιστά το ΦΒ σε μια από τις πλέον κατάλληλες για την κάλυψη των αναγκών απομονωμένων περιοχών. Η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα είτε να αποθηκευτεί σε μπαταρίες. Το συνεχές ρεύμα μπορεί μέσω ενός μετατροπέα να μετατραπεί σε εναλλασσόμενο (AC) το οποίο χρησιμοποιούν οι περισσότερες ηλεκτρικές συσκευές.

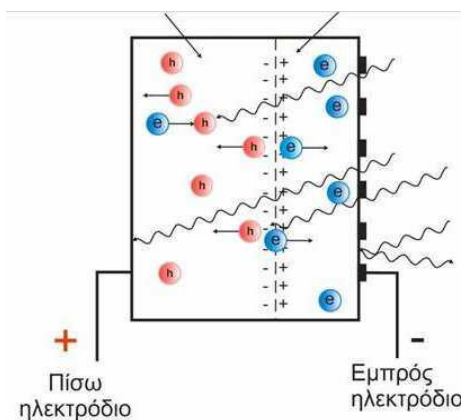
Τα ΦΒ συστήματα παρουσιάζουν τα εξής πλεονεκτήματα :

- δεν καταναλώνουν άλλη πρωτογενή ενέργεια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας,
- δεν ρυπαίνουν κατά την λειτουργία τους,
- δεν αφήνουν κατάλοιπα (με εξαίρεση τις μπαταρίες όταν χρησιμοποιούνται σαν αποθηκευτικό μέσο), μπορούν να εγκατασταθούν σε απομονωμένες περιοχές,
- έχουν την δυνατότητα να λειτουργήσουν αυτόνομα.

Θεωρητικά, τα ΦΒ έχουν διάρκεια ζωής όση και τα υλικά από τα οποία κατασκευάζονται και σε περίπτωση βλάβης κάποιου στοιχείου η επισκευή γίνεται σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα (λιγότερο από δύο μέρες). Οι μπαταρίες έχουν συνήθως μικρότερη διάρκεια ζωής, περίπου πέντε χρόνια. Συνεπώς τα ΦΒ είναι μια αξιόπιστη τεχνολογία και η συχνότητα διακοπής λειτουργίας τους δεν είναι πάνω από δύο φορές ετησίως (π.χ για συντήρηση ή μεγάλης διάρκειας νεφώσεων). Η μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας είναι τουλάχιστον κατά το 20% το φορτίου αιχμής μιας περιοχής.

8.2 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

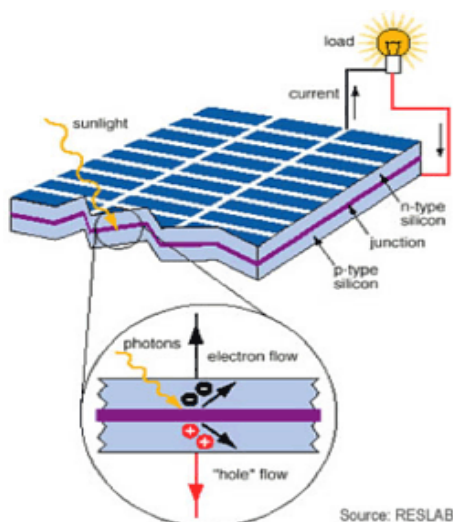
Τα ηλιακά στοιχεία είναι δίοδοι ημιαγωγού με τη μορφή ενός δίσκου, (δηλαδή η ένωση p-n εκτείνεται σε όλο το πλάτος του δίσκου), βλ *Εικόνα 8.1 «ένωση p-n»*, που δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία. Κάθε φωτόνιο της ακτινοβολίας με ενέργεια ίση ή μεγαλύτερη από το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού, έχει τη δυνατότητα να απορροφηθεί σε ένα χημικό δεσμό και να ελευθερώσει ένα ηλεκτρόνιο. Δημιουργείται έτσι, όσο διαρκεί η ακτινοβολία, μία περίσσεια από ζεύγη φορέων (ελεύθερα ηλεκτρόνια και οπές), πέρα από τις συγκεντρώσεις που αντιστοιχούν στις συνθήκες ισορροπίας. Οι φορείς αυτοί, καθώς κυκλοφορούν στο στερεό (και εφόσον δεν επανασυνδεθούν με φορείς αντιθέτου πρόσημου), μπορεί να βρεθούν στην περιοχή της ένωσης p-n οπότε θα δεχθούν την επίδραση του ενσωματωμένου ηλεκτροστατικού πεδίου.



Εικόνα 8.1 «ένωση p-n»

Στο μηχανισμό της εκδήλωσης του Φ/Β φαινομένου σε ένα ηλιακό στοιχείο, τα φωτόνια της ακτινοβολίας, που δέχεται το στοιχείο στην εμπρός του όψη, τύπου n, παράγουν ζεύγη φορέων (ελεύθερα ηλεκτρόνια και οπές). Ένα μέρος από τους φορείς αυτούς διαχωρίζεται με την επίδραση του ενσωματωμένου πεδίου της διόδου και εκτρέπεται προς τα εμπρός (τα ελεύθερα ηλεκτρόνια, e-) ή προς τα πίσω (οι οπές, h+), δημιουργώντας μια διαφορά δυναμικού ανάμεσα στις δυο όψεις του στοιχείου. Οι υπόλοιποι φορείς επανασυνδέονται και εξαφανίζονται. Επίσης, ένα μέρος της ακτινοβολίας ανακλάται στην επιφάνεια του στοιχείου, ενώ ένα άλλος μέρος της διέρχεται από το στοιχείο χωρίς να απορροφηθεί, μέχρι να συναντήσει το πίσω ηλεκτρόδιο. Έτσι, τα ελεύθερα ηλεκτρόνια εκτρέπονται προς το τμήμα τύπου Ω και οι οπές εκτρέπονται προς το τμήμα τύπου p, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί μια διαφορά δυναμικού ανάμεσα στους ακροδέκτες των δύο τμημάτων της διόδου. Δηλαδή, η διάταξη αποτελεί μία πηγή ηλεκτρικού ρεύματος που διατηρείται όσο διαρκεί η πρόσπτωση του ηλιακού φωτός πάνω στην επιφάνεια του στοιχείου. Η εκδήλωση της διαφοράς δυναμικού ανάμεσα στις δύο όψεις του φωτιζόμενου δίσκου, η οποία αντιστοιχεί σε ορθή πόλωση της διόδου, ονομάζεται φωτοβολταϊκό φαινόμενο.

Η αποδοτική λειτουργία των ηλιακών φωτοβολταϊκών στοιχείων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στηρίζεται στην πρακτική εκμετάλλευση του παραπάνω φαινομένου. Εκτός από τις προσμίξεις των τμημάτων p και n μιας ομοένωσης, δηλαδή υλικού από τον ίδιο βασικά ημιαγωγό, το ενσωματωμένο ηλεκτροστατικό πεδίο, που είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την πραγματοποίηση ενός ηλιακού στοιχείου, αλλά και κάθε φωτοβολταϊκής διάταξης, μπορεί να προέρχεται επίσης και από διόδους άλλων. (Βλ. Εικόνα 8.2 «Δομή –λειτουργία φωτοβολταϊκού»)



Εικόνα 8.2 «Δομή –λειτουργία φωτοβολταϊκού»

Στα φωτοβολταϊκά στοιχεία δεν είναι δυνατή η μετατροπή σε ηλεκτρική ενέργεια του συνόλου της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχονται στην επιφάνειά τους. Ένα μέρος από την ακτινοβολία ανακλάται πάνω στην επιφάνεια του στοιχείου και διαχέεται πάλι προς το περιβάλλον. Στη συνέχεια, από την ακτινοβολία που διεισδύει στον ημιαγωγό, προφανώς δεν μπορεί να απορροφηθεί το μέρος που αποτελείται από φωτόνια με ενέργεια μικρότερη από το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού. Για τα φωτόνια αυτά, ο ημιαγωγός συμπεριφέρεται σαν διαφανές σώμα. Έτσι, η αντίστοιχη ακτινοβολία διαπερνά άθικτη το ημιαγωγίμο υλικό του στοιχείου και απορροφάτε τελικά στο μεταλλικό ηλεκτρόδιο που καλύπτει την πίσω όψη του, με αποτέλεσμα να το θερμαίνει. Αλλά και από τα φωτόνια που απορροφά ο ημιαγωγός, μόνο με το μέρος εκείνο της ενέργειάς τους που ισούται με το ενεργειακό διάκενο συμβάλλει, όπως είδαμε, στην εκδήλωση του φωτοβολταϊκού φαινομένου. Το υπόλοιπο μεταφέρεται, σαν κινητική ενέργεια, στο ηλεκτρόνιο που ελευθερώθηκε από τον δεσμό, και τελικά μετατρέπεται επίσης σε θερμότητα.

8.3 Ονοματολογία και κατασκευή φωτοβολταϊκών στοιχείων

Ο φωτοβολταϊκός συλλέκτης έχει τη μορφή ενός πλαισίου που αποτελείται από ένα υαλοπίνακα κάτω από τον οποίο έχουν προσαρμοστεί τα φωτοβολταϊκά στοιχεία συνδεδεμένα μεταξύ τους. Ένα φύλλο συνθετικού υλικού καλύπτει τα φωτοβολταϊκά στοιχεία και τις συνδέσεις τους δημιουργώντας ένα περικλειστο με τον υαλοπίνακα και αφήνοντας έξω μόνο τους ακροδέκτες σύνδεσης του φωτοβολταϊκού συλλέκτη. Έτσι, τα ευαίσθητα φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι προστατευμένα από τις καιρικές συνθήκες. Η όλη κατασκευή τοποθετείται μέσα σε ένα πλαίσιο το οποίο της προσδίδει στιβαρότητα και προστασία.



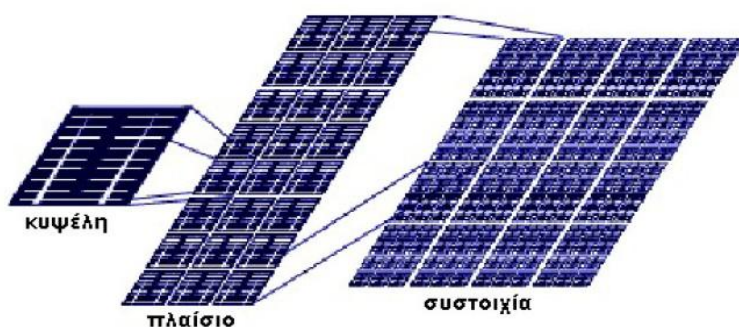
Εικόνα 8.3 «Φωτοβολταϊκό στοιχείο»

Για την κατασκευή των φωτοβολταϊκών στοιχείων (βλ. Εικόνα 8.3 «Φωτοβολταϊκό στοιχείο») χρησιμοποιούνται δύο τύποι πυριτίου, το άμορφο και το κρυσταλλικό πυρίτιο. Στις μέρες μας τα φωτοβολταϊκά στοιχεία κατασκευάζονται συνήθως από μία μορφοποιημένη μπάρα κρυσταλλικού πυριτίου το οποίο μπορεί να είναι είτε μονοκρυσταλλικό είτε πολυκρυσταλλικό. Η μπάρα αυτή κόβεται με τη βοήθεια λέιζερ σε λεπτές φέτες οι οποίες αποτελούν τη βάση του φωτοβολταϊκού στοιχείου. Στις φέτες αυτές γίνεται επίστρωση ενός μονωτικού υλικού και τοποθετούνται οι ακροδέκτες μεταφοράς της τάσης οι οποίοι είναι λεπτά συρματάκια τα οποία καταλήγουν στους ακροδέκτες του φωτοβολταϊκού στοιχείου. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία συνδέονται μεταξύ τους μέσω των ακροδεκτών και φτιάχνουν τους φωτοβολταϊκούς συλλέκτες. Πολλοί φωτοβολταϊκοί συλλέκτες συνδεδεμένοι μεταξύ τους φτιάχνουν τα πεδία φωτοβολταϊκών συλλεκτών.

- **Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο (m-Si):**

Το μονοκρυσταλλικό πυρίτιο έχει μία ομοιόμορφη μοριακή δομή και είναι πολύ υψηλής καθαρότητας (βλ. Εικόνα 8.4 «Μονοκρυσταλλικές κυψέλες»)

Οι μονοκρυσταλλικές κυψέλες κατασκευάζονται τεμαχίζοντας έναν ενιαίο κρύσταλλο (πάχος κυψέλης 1/3 έως 1/2 του χιλιοστού) από ένα μεγάλο πλίνθωμα ενιαίου κρυστάλλου που έχει επεξεργαστεί σε θερμοκρασίες περίπου 1400ο C, κάτι που είναι μια πολύ ακριβή διεργασία. Αυτού του είδους τα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν και το μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης, μετατρέπουν δηλαδή μεγαλύτερο ποσοστό της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρισμό. Η απόδοσή τους κυμαίνεται από 14% έως 18%.



Εικόνα 8.4 «Μονοκρυσταλλικές κυψέλες»

- **Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο (p-Si)**

Το πολυκρυσταλλικό πυρίτιο (βλ. *Εικόνα 8.5 «Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο (p-Si)*) αποτελείται από περιοχές μονοκρυσταλλικού πυριτίου, αλλά δεν έχει την ομοιόμορφη κρυσταλλική δομή του μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν χαμηλότερο βαθμό απόδοσης από τα στοιχεία που αποτελούνται από μονοκρυσταλλικό πυρίτιο. Η απόδοσή τους κυμαίνεται από 10% έως 14%.



Εικόνα 8.5 «Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο (p-Si)

- **Άμορφο πυρίτιο (a-Si) – Λεπτής μεμβράνης**

Το άμορφο πυρίτιο μία από τις τεχνολογίες λεπτής μεμβράνης (βλ *Εικόνα 8.6 «Άμορφο πυρίτιο (a-Si) – Λεπτής μεμβράνης*), γίνεται με την εναπόθεση του πυριτίου επάνω σε ένα υπόστρωμα γυαλιού από ένα αντιδραστικό αέριο όπως το σιλάνιο. Δεν έχει κρυσταλλική δομή και το πάχος του (2-3 μm) είναι ιδιαίτερα μικρότερο από το κρυσταλλικής μορφής πυρίτιο (200-500 μm). Το άμορφο πυρίτιο διαφέρει από το κρυσταλλικό στο ότι τα άτομα δεν είναι τοποθετημένα μεταξύ τους σε ακριβείς αποστάσεις και οι γωνίες των δεσμών τους δεν είναι συγκεκριμένες. Έτσι, από κατασκευαστική άποψη είναι το απλούστερο και επομένως το πιο φτηνό, αλλά η απόδοσή του είναι συγκριτικά μικρότερη. Παρόλα αυτά, είναι ικανοποιητική ακόμη και σε συνθήκες έλλειψης ηλιοφάνειας. Τα ηλιακά στοιχεία άμορφου πυριτίου έχουν μια κοκκινωπή – καφέ απόχρωση, σχεδόν μαύρη, επιφάνεια αποτελούμενη από στενές, μεγάλου μήκους λωρίδες. Η αποδοτικότητα των φωτοβολταϊκών άμορφου πυριτίου κυμαίνεται μεταξύ 4% και 11% ανάλογα με την τεχνολογία και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν.



Εικόνα 8.6 «Άμορφο πυρίτιο (a-Si) – Λεπτής μεμβράνης

8.4 Φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις

Μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση περιλαμβάνει πολλούς φωτοβολταϊκούς συλλέκτες συνδεδεμένους κατάλληλα μεταξύ τους, προκειμένου να αποδίδουν την επιθυμητή ηλεκτρική τάση και ισχύ, που σχηματίζουν τις φωτοβολταϊκές συστοιχίες (βλ. *Εικόνα 8.7 « Φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις»*). Στους συλλέκτες τα κύτταρα του πυριτίου πρέπει να προστατεύονται από την υγρασία και ηλεκτροπληξίες. Γι' αυτό το λόγο είναι τοποθετημένα ανάμεσα σε δύο φύλλα γυαλιού και σφιγμένα στην περιφέρειά τους μέσα σε ένα πλαίσιο αλουμινίου ή ανοξείδωτου χάλυβα. Επίσης, μία φωτοβολταϊκή εγκατάσταση περιλαμβάνει πλαίσια και στηρίγματα για την εγκατάσταση και τη σταθεροποίηση των συστοιχιών στην περιοχή και για το βέλτιστο προσανατολισμό τους στον ήλιο. Απαραίτητα είναι και τα εξαρτήματα καλωδίωσης, όπως καλώδια και αλεξικέραυνη προστασία, αλλά και ένας αναστροφέας, αφού χρειάζεται να μετατρέψουμε το συνεχές ρεύμα από τις φωτοβολταϊκές συστοιχίες σε εναλλασσόμενο.

Τέλος, πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη μας ότι η ηλιακή ενέργεια είναι διαλείπουσα. Έτσι, είναι αναγκαίο να υπάρχει ένας συσσωρευτής για να αποθηκεύεται η ενέργεια. Ένας ρυθμιστής πλήρωσης και εκκένωσης συσσωρευτή είναι απαραίτητος κυρίως για την προστασία των συσσωρευτών ενάντια στην υπερφόρτωση και αποφόρτιση. Όλα αυτά τα εξαρτήματα της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης βαραίνουν εν μέρει στις επιδόσεις και στη συντήρηση των εγκαταστάσεων και στο κόστος. Τα περισσότερα προβλήματα οφείλονται κυρίως σ' αυτά και όχι στις συστοιχίες. Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται μία φωτοβολταϊκή εγκατάσταση.



Εικόνα 8.7 « Φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις»

8.5 Απόδοση φωτοβολταϊκού στοιχείου

Ως απόδοση φωτοβολταϊκού στοιχείου εννοούμε το λόγο της ωφέλιμης ηλεκτρικής ισχύος που παίρνουμε στην έξοδο ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου προς την προσπίπτουσα στην επιφάνειά του ολική φωτεινή ισχύ. Η απόδοση του φωτοβολταϊκού στοιχείου σε ισχύ είναι συνάρτηση εκτός των υλικών κατασκευής, του μεγέθους των στοιχείων και της μεταξύ τους συνδεσμολογίας, παράλληλη ή εν σειρά συνδεσμολογία. Επίσης, η απόδοσή τους επηρεάζεται από τη θερμοκρασία που αναπτύσσονται κατά τη διάθεσή τους στην ηλιακή ακτινοβολία. Η επιρροή αυτή διαφέρει με τον τύπο του φωτοβολταϊκού.

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που μπορεί να μειώσει την απόδοση ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου είναι η γήρανση του φωτοβολταϊκού στοιχείου και εκφράζεται από το ποσοστό γήρανσης ανά έτος. Προσδιορίζει την ελάττωση της απόδοσής του και της ισχύος αιχμής του. Στο κρυσταλλικό πυρίτιο εμφανίζονται αλλοιώσεις στη δομή του υλικού των κρυσταλλικών φωτοβολταϊκών στοιχείων του πλαισίου, που οφείλονται σε διάφορες αιτίες και κυρίως σε υπερθέρμανση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο ΜΕΛΕΤΗ NET METERING ΓΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ

9.1 Τι είναι το net metering

Είναι ο συμψηφισμός παραγόμενης – καταναλισκόμενης ενέργειας και εφαρμόζεται κυρίως για εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών σε διάφορες χώρες όπως η Κύπρος, ή Ιταλία, η Γερμανία, η Δανία και οι ΗΠΑ. Το net Metering επιτρέπει στον καταναλωτή να καλύψει ένα σημαντικό μέρος της ενέργειας που καταναλώνει ενώ παράλληλα του δίνει την δυνατότητα να χρησιμοποιήσει το δίκτυο για έμμεση αποθήκευση της πράσινης ενέργειας που παράγει το φωτοβολταϊκό του σύστημα. Ο όρος “net” προκύπτει από την διαφορά μεταξύ καταναλισκόμενης και παραγόμενης ενέργειας σε μια ορισμένη χρονική περίοδο. Η περίοδος αυτή είναι συνήθως ο κάθε κύκλος καταμέτρησης και τιμολόγησης της καταναλισκόμενης ενέργειας. Αν υπάρχει περίσσεια ενέργειας, αυτή συνήθως δεν χάνεται για τον καταναλωτή αλλά συμψηφίζεται για μια ορισμένη χρονική περίοδο οπότε γίνεται η τελική εκκαθάριση.

9.2 Πως λειτουργεί – Μηδενισμός του κόστους ρεύματος

Τα φωτοβολταϊκά πάνελ, που εγκαθιστούμε στα πλαίσια του net metering, συνδέονται με έναν αντιστροφέα τάσης (ινβέρτερ) διασυνδεδεμένων φωτοβολταϊκών (on grid). Το ινβέρτερ συνδέεται με τον μετρητή 1, που καταγράφει την παραγόμενη ενέργεια των φωτοβολταϊκών. Στην συνέχεια η ενέργεια καταναλώνεται απευθείας από τον ιδιοκτήτη του Φ/Β. Εάν περισσεύει ή εάν ο ιδιοκτήτης δεν έχει καταναλώσει εκείνη την χρονική στιγμή, τότε διοχετεύεται στο δίκτυο της ΔΕΗ μέσω του μετρητή 2 (ρολόι ΔΕΗ).

Ο μετρητής 2 είναι διπλής κατεύθυνσης και καταγράφει τόσο το εισερχόμενο προς το κτίριο ρεύμα (συνολική κατανάλωση ιδιοκτήτη), όσο και το εξερχόμενο προς το δίκτυο της ΔΕΗ. Η διαφορά με τα υπόλοιπα φωτοβολταϊκά, που εγκαθίστανται σε σπίτια και επιχειρήσεις ή σε χωράφια(πάρκα), είναι στον τρόπο συμψηφισμού της παραγόμενης ενέργειας.

Στο net metering ο συμψηφισμός είναι ενεργειακός. Ο μετρητής της ΔΕΗ (μετρητής 2) μετράει την ενέργεια που καταναλώνει το ακίνητο στο οποίο είναι εγκατεστημένο το φωτοβολταϊκό και ο μετρητής του ιδιοκτήτη (μετρητής 1) την ενέργεια που παράγει το φωτοβολταϊκό. Στο τέλος κάθε μετρητικής περιόδου (εκκαθαριστικός λογαριασμός), το ποσό που θα πληρώσετε στην ΔΕΗ για το **ρεύμα**, θα είναι το κόστος των κιλοβατώραν (kWh), που προκύπτουν από την διαφορά ανάμεσα στον μετρητή 2 και τον μετρητή 1.

- Εάν η διαφορά είναι μηδενική τότε δεν θα πληρώσουμε για το ρεύμα που καταναλώσαμε. Εάν η διαφορά είναι πλεονασματική, τότε η περίσσεια ενέργεια μεταφέρεται στον επόμενο λογαριασμό μέχρι να κλείσει ο ετήσιος κύκλος και να γίνει η εκκαθάριση.
- Εάν με την εκκαθάριση προκύψει, ότι η ενέργεια που δώσαμε στη ΔΕΗ, είναι λιγότερη από την ενέργεια που καταναλώσαμε, τότε θα πληρώσουμε την διαφορά.
- Εάν όμως έχουμε δώσει περισσότερη ενέργεια στη ΔΕΗ, τότε αυτή μεταβιβάζεται στους λογαριασμούς της επόμενης χρονιάς και αυτό συνεχίζεται για χρονικό διάστημα 3 ετών. Μετά τα 3 χρόνια, ακόμα και εάν υπάρχει περίσσεια ενέργειας, αυτή μηδενίζεται και δεν αποζημιώνεται

Είναι σημαντικό λοιπόν να εγκαταστήσουμε ένα φωτοβολταϊκό, που να παράγει ετήσια όση ενέργεια καταναλώνουμε.

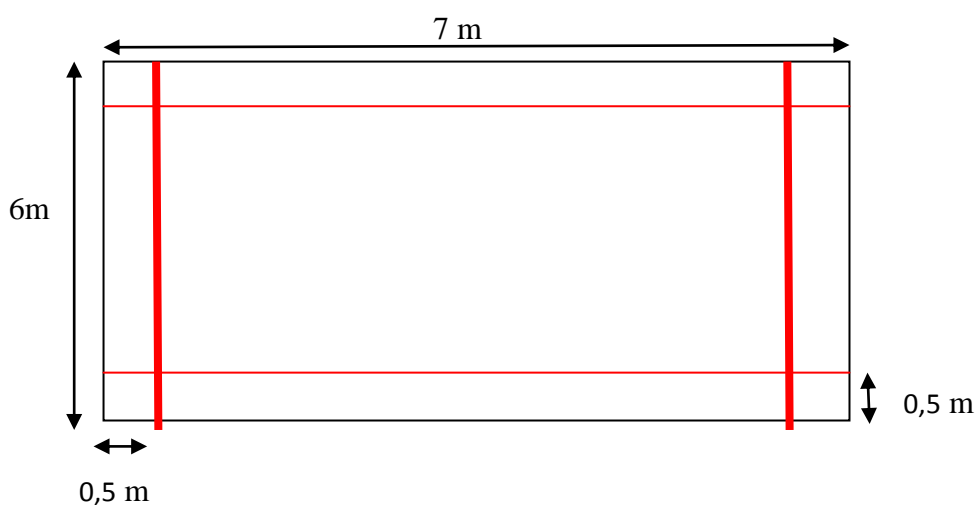


Εικόνα 9.1 Net Metering – Σχδιάγραμμα συνδεσμολογίας και τρόπος λειτουργίας

9.3 Μελέτη NET METERING με το πρόγραμμα «RETScreen»

Στην παρακάτω μελέτη έχουν χρησιμοποιηθεί στοιχεία του κτηρίου πάνω στο οποίο έχει γίνει και η γεωθερμική μελέτη. Σκοπός της παρούσας είναι η σύγκριση της θέρμανσης κτηρίου με γεωθερμία και με φωτοβολταϊκά συστήματα. Αρχικά γίνεται αναφορά στην κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος των φωτοβολταϊκών που απαιτείται για την θέρμανση του κτιρίου και στη συνέχεια δίνονται παραδοχές μεταβολής της ηλεκτρικής ισχύος έτσι ώστε να υπερβεί το ποσοστό κατανάλωσης των φωτοβολταϊκών το αντίστοιχο ποσοστό κατανάλωσης της γεωθερμίας έως και 10%. Έπειτα δίνεται η ανάλυση κόστους εγκατάστασης και συντήρησης των φωτοβολταϊκών συστημάτων καθώς και το κόστος ετήσιας κατανάλωσης.

Σύμφωνα με τα στοιχεία του αρχιτέκτονα μηχανικού του ως άνω κτιρίου, το εμβαδό της επίπεδης επιφάνειας της ταράτσας είναι $E=42\text{m}^2$. Για την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών είναι απαραίτητη η χρήση εσοχών των $0,5\text{m}$ από την κάθε πλευρά.



Επομένως το εμβαδό μεταβάλλεται και έχουμε τελικά $E=30\text{m}^2$ για την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών. Στην περίπτωση της επίπεδης επιφάνειας το σύστημα καταλαμβάνει περισσότερο χώρο μιας και η έτοιμη κλίση για τα φωτοβολταϊκά που προσφέρει μια στέγη θα πρέπει να κατασκευαστεί με ειδικές βάσεις στήριξης των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Το αποτέλεσμα είναι η κάθε σειρά φωτοβολταϊκών πλαισίων να απαιτεί μια απόσταση από την προηγούμενη σειρά ώστε να αποφεύγεται η σκίαση των φωτοβολταϊκών στοιχείων. Σε αυτήν την περίπτωση θα πρέπει να γίνει ένας υπολογισμός της σκίασης που παράγουν οι συστοιχίες και να υπάρχει κατάλληλη απόσταση μεταξύ των στοιχειοσειρών. Ένας γενικός κανόνας για τις επίπεδες οροφές είναι ότι χρειάζονται χονδρικά 15 τετραγωνικά μέτρα ανά εγκατεστημένο κιλοβάτ.

Άρα για τα 30m^2 θα χρησιμοποιηθούν 2 φωτοβολταϊκά. Η ισχύς κάθε φωτοβολταϊκού συστήματος μπορεί να ανέρχεται μέχρι 1 κιλοβάτ (kWp), δηλαδή στη συγκεκριμένη περίπτωση $2 \cdot 1 \text{ kW} = 2\text{ kW}$ ή $0,02\text{MW}$.

Παρακάτω ακολουθεί πίνακας από το πρόγραμμα retscreen με τα δεδομένα των φωτοβολταϊκών συστημάτων που χρησιμοποιήσαμε (αφορούν 12 μήνες).

Φωτοβολταϊκό		
Τύπος		μονο-Si
Ηλεκτρική ισχύς	kW	2
Βαθμός απόδοσης	%	16,0%
Ονομαστική θερμοκρασία λειτουργίας κελλίου	°C	45
Συντελεστής θερμοκρασίας	% / °C	0,40%
Επιφάνεια ηλιακού συλλέκτη	m ²	13
Λοιπές απώλειες	%	7,0%
Μετατροπέας (inverter)		
Βαθμός απόδοσης	%	90,0%
Ισχύς	kW	2,0
Λοιπές απώλειες	%	0,0%
Περίληψη		
Συντελεστής ισχύος	%	16,3%
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	2,856

Παρατηρείται λοιπόν ότι για ηλεκτρική ισχύ =2 kW η ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο = 2,856MWh

1^η παραδοχή για Ηλεκτρική ισχύς = 4 kW

Φωτοβολταϊκό		
Τύπος		μονο-Si
Ηλεκτρική ισχύς	kW	4,00
Βαθμός απόδοσης	%	16,0%
Ονομαστική θερμοκρασία λειτουργίας κελλίου	°C	45
Συντελεστής θερμοκρασίας	% / °C	0,40%
Επιφάνεια ηλιακού συλλέκτη	m ²	25
Λοιπές απώλειες	%	7,0%
Μετατροπέας (inverter)		
Βαθμός απόδοσης	%	90,0%
Ισχύς	kW	4,0
Λοιπές απώλειες	%	0,0%
Περίληψη		
Συντελεστής ισχύος	%	16,3%
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	5,712

Για ηλεκτρική ισχύ = 4kW η ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο = 5,712MWh

2^η παραδοχή για Ηλεκτρική ισχύς = 6 kW

Φωτοβολταϊκό		
Τύπος		mono-Si
Ηλεκτρική ισχύς	kW	6,00
Βαθμός απόδοσης	%	16,0%
Ονομαστική θερμοκρασία λειτουργίας κελλίου	°C	45
Συντελεστής θερμοκρασίας	% / °C	0,40%
Επιφάνεια ηλιακού συλλέκτη	m ²	38
Λοιπές απώλειες	%	7,0%
Μετατροπέας (inverter)		
Βαθμός απόδοσης	%	90,0%
Ισχύς	kW	6,0
Λοιπές απώλειες	%	0,0%
Περίληψη		
Συντελεστής ισχύος	%	16,3%
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	8,567

Για ηλεκτρική ισχύ =6 kW η ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο = 8,567 MWh

Επομένως για να φτάσει ή και να ξεπεράσει την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας με γεωθερμία που ισούται με 8,333 MWh/έτος, απαιτείται χρήση ηλεκτρικής ισχύος 6 kW που ισούται με κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας 8,567 MWh/έτος.

9.3.1 Κόστος εγκατάστασης και συντήρησης φωτοβολταϊκών

Τα χρήματα που χρειάζεται κάποιος για ένα μικρό φωτοβολταϊκό σύστημα είναι ανάλογα με το μέγεθος της εγκατάστασης που θέλει να κάνει.

Τα πλαίσια (ή πάνελ ή συλλέκτες ή πανέλα ή καθρέφτες ή ακόμα και τζάμια αποτελούν το 50% - 70% του συνολικού κόστους. Το υπόλοιπο κόστος επιμερίζεται στους αντιστροφείς, το σύστημα στήριξης και κατά δεύτερο λόγο στις καλωδιώσεις και ηλεκτρολογικούς πίνακες (ασφάλειες, διακόπτες, κλπ).

Ως αντιπροσωπευτικό κόστος ενός μικρού οικιακού συστήματος φωτοβολταϊκών θεωρήθηκαν τα 1500 €/kWp. Ως αποτέλεσμα, το κόστος εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού συστήματος των 6 kWp είναι τα 9000 €.

Επιπλέον σύμφωνα με τα στοιχεία της HELAPCO το κόστος σύνδεσης του φωτοβολταϊκού συστήματος με το δίκτυο παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

Επίπεδο τάσης σύνδεσης των εγκαταστάσεων των χρηστών	Είδος παροχής	Ισχύς φωτοβολταϊκού (kWp)	Κόστος σύνδεσης (€)	
			Χωρίς αντικατάσταση του υφιστάμενου μετρητή κατανάλωσης	Με αντικατάσταση του υφιστάμενου μετρητή κατανάλωσης
ΧΤ	Μονοφασική (03,05)	≤5	300	370
	Τριφασική	≤55	300	390

	Τριφασική	55-100	450
MT	Τριφασική	≤1000	650

Τα φωτοβολταϊκά της εγκατάστασης σύμφωνα με τα στοιχεία που δίνονται, κατατάσσονται στη κατηγορία χαμηλής τάσης (ΧΤ) του ως άνω πίνακα με κόστος σύνδεσης 390€.

Παρακάτω δίνεται ο πίνακας από το πρόγραμμα retscreen που αφορά στο κόστος συντήρησης των φωτοβολταϊκών για ένα έτος:

Ετήσια κόστη (πιστώσεις)	Μονάδα	Ποσότητα	Μονάδα κόστους	Ποσό
Λειτουργία & Συντήρηση				
Τμήματα & Εργασία	έργο	1	€ 200	€ 200
Οριζόμενο από τον χρήστη	κόστος			€ -
Απρόβλεπτα	%		€ 200	€ -
Υπό-σύνολο:				€ 200

Συμπεραίνουμε ότι το συνολικό κόστος εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών στο συγκεκριμένο κτίριο ανέρχεται σε:

9000€(κόστος εγκατάστασης) + 390€(κόστος σύνδεσης στο δίκτυο) = 9390€ (στις τιμές έχει προστεθεί ο ΦΠΑ) ενώ το κόστος συντήρησης για κάθε έτος ισούται με 200€.

Κόστος κατανάλωσης ετησίως

Αρχικό κόστος (πιστώσεις)	Μονάδα	Ποσότητα	Μονάδα κόστους	Ποσό	Σχετικό κόστος
Μελέτη σκοπιμότητας					
Μελέτη σκοπιμότητας	κόστος			€ -	
Υπο-σύνολο:				€ -	0.0%
Ανάπτυξη					
Ανάπτυξη	κόστος			€ -	
Υπο-σύνολο:				€ -	0.0%
Μηχανολογικά					
Μηχανολογικά	κόστος			€ -	
Υπο-σύνολο:				€ -	0.0%
Σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας					
Φωτοβολταϊκό	kW	6.00	€ 1,500	€ 9,000	
Εργα οδοποιίας	km			€ -	
Γραμμή μεταφοράς ηλεκτρισμού	km			€ -	
Υποσταθμός	έργο			€ -	
Μέτρα ενεργειακής απόδοσης	έργο			€ -	
Οριζόμενο από τον χρήστη	κόστος	1	€ 390	€ 390	
Υπο-σύνολο:				€ 9,390	100.0%
Ισοζύγιο συστήματος & διάφορα					
Ανταλλακτικά	%			€ -	
Μεταφορά	έργο			€ -	
Εκπαίδευση & θέση σε λειτουργία	ανά ημέρα			€ -	
Οριζόμενο από τον χρήστη	κόστος			€ -	
Απρόβλεπτα	%		€ 9,390	€ -	
Τόκος κατά την κατασκευή			€ 9,390	€ -	
Υπο-σύνολο:				€ -	0.0%
Συνολικά αρχικά κόστη				€ 9,390	100.0%

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα από το πρόγραμμα retscreen προκύπτει ότι το ετήσιο κόστος κατανάλωσης του φωτοβολταϊκού συστήματος ισούται με 3.000€.

Στη γεωθερμική μελέτη το συνολικό κόστος της εγκατάστασης ανέρχεται σε **28,203.00€** ενώ για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος το συνολικό κόστος ανέρχεται σε **9.390€**.

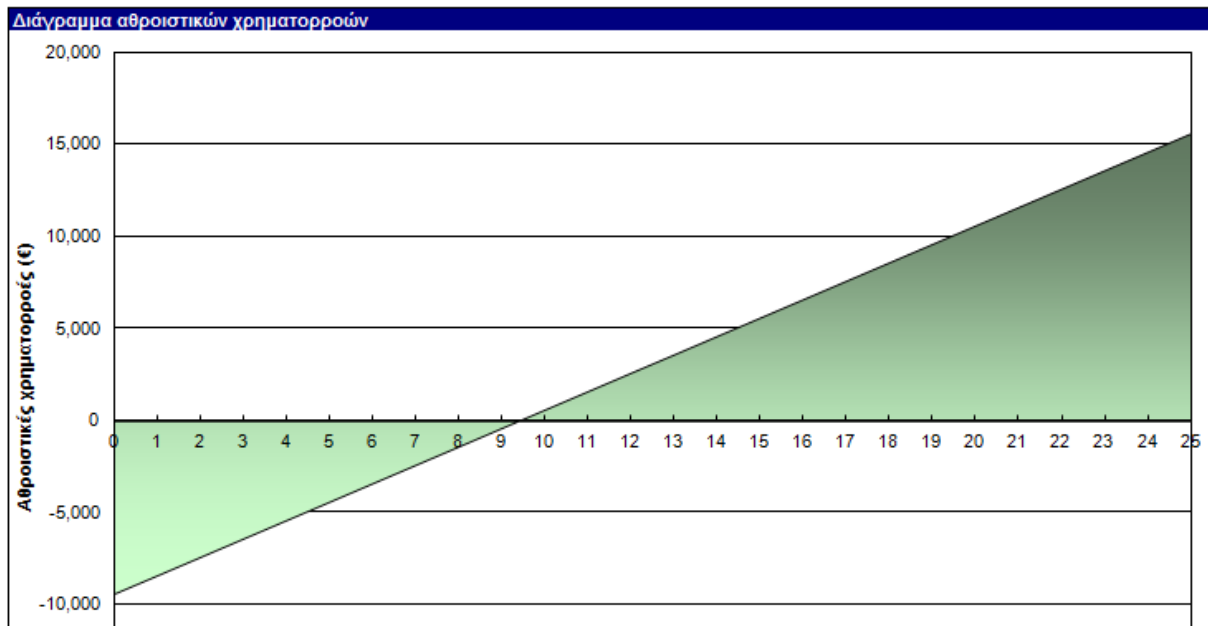
9.3.2 Πιθανές περιπτώσεις δανεισμού

1^η περίπτωση: τοκοχρεολύσιο 0%

Οικονομικοί Παράμετροι			
Γενικά			
Κυλιόμενος φόρος κόστους καυσίμου	%		
Τιμή πληθωρισμού	%		
Επτόκιο αναγωγής	%	8.0%	
Διάρκεια ζωής έργου	έτος	25	
Χρηματοδότηση			
Κίνητρα και επιχορηγήσεις	€	0	
Τοκοχρεολύσιο	%	0.0%	

Οικονομική Βιωσιμότητα			
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχή (IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	9.6%	
(IRR) μετά-φόρου - μετοχές (IRR) μετά φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	9.6%	
Απλή αποπληρωμή	έτος	9.4	
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	9.4	
Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€	1,279	
Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/έτος	120	
Αναλογία Οφέλους-Κόστους (O-K)		1.14	
Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/MWh	126.02	
Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tCO2	(71)	

Ετήσια χρηματοροή				
Ετος	Προ-φόρων	Μετά-φόρων	Αθροιστικά	
#	€	€	€	
0	-9,390	-9,390	-9,390	
1	999	999	-8,391	
2	999	999	-7,391	
3	999	999	-6,392	
4	999	999	-5,392	
5	999	999	-4,393	
6	999	999	-3,393	
7	999	999	-2,394	
8	999	999	-1,395	
9	999	999	-395	
10	999	999	604	
11	999	999	1,604	
12	999	999	2,603	
13	999	999	3,602	
14	999	999	4,602	
15	999	999	5,601	
16	999	999	6,601	
17	999	999	7,600	
18	999	999	8,600	
19	999	999	9,599	
20	999	999	10,598	
21	999	999	11,598	
22	999	999	12,597	
23	999	999	13,597	
24	999	999	14,596	
25	999	999	15,596	



2^η περίπτωση: τοκοχρεολύσιο 100%

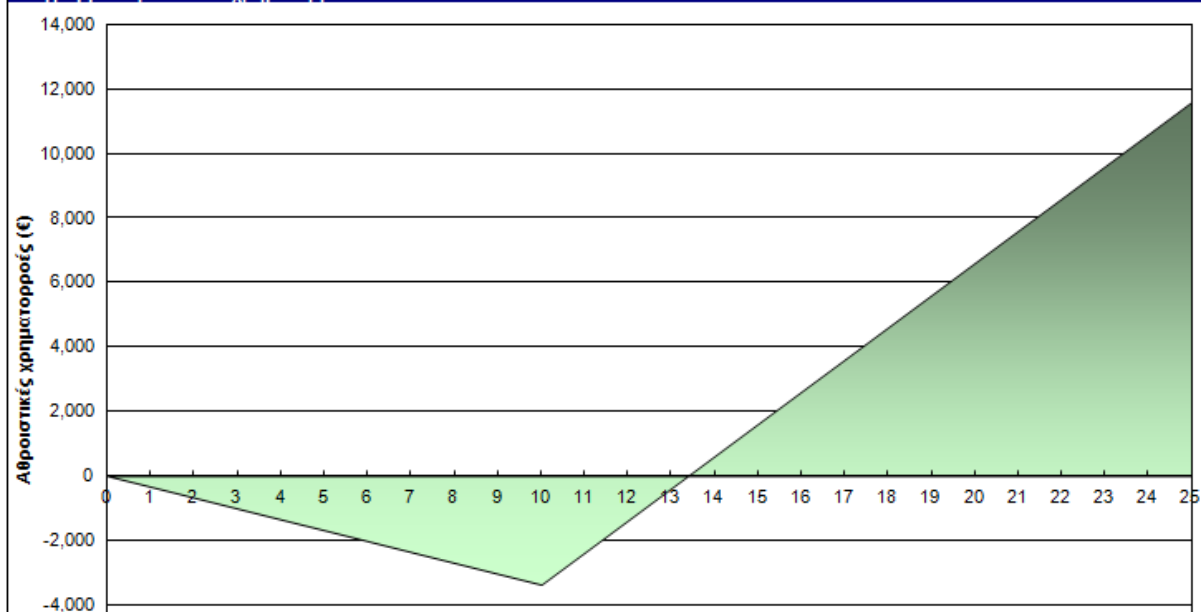
Οικονομικοί Παράμετροι		
Γενικά		
Κυλιόμενος φόρος κόστους καυσίμου	%	
Τιμή πληθωρισμού	%	
Επτόκιο αναγωγής	%	8.0%
Διάρκεια ζωής έργου	έτος	25

Χρηματοδότηση		
Κίνητρα και επιχορηγήσεις	€	0
Τοκοχρεολύσιο	%	100.0%
Χρέος	€	9,390
Μετοχή	€	0
Επτόκιο δανεισμού	%	7.00%
Περίοδος χρέους	έτος	10
Πληρωμές χρέους	€/έτος	1,337

Οικονομική Βιωσιμότητα		
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχή (IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	13.4%
(IRR) μετά-φόρου - μετοχές (IRR) μετά φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	1.0%
Απλή αποπληρωμή	έτος	9.4
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	άμεσο
Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€	1,698
Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/έτος	159
Αναλογία Οφέλους-Κόστους (O-K)		#ΔΙΑΠ/0!
Κάλυψη δανειακών υποχρεώσεων		0.75
Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/MWh	121.44
Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΟ	€/CO2	(95)

Ετήσια χρηματοροή			
Ετος #	Προ-φόρων €	Μετά-φόρων €	Αθροιστικά €
0	0	0	0
1	-338	-338	-338
2	-338	-338	-675
3	-338	-338	-1,013
4	-338	-338	-1,350
5	-338	-338	-1,688
6	-338	-338	-2,025
7	-338	-338	-2,363
8	-338	-338	-2,700
9	-338	-338	-3,038
10	-338	-338	-3,375
11	999	999	-2,376
12	999	999	-1,376
13	999	999	-377
14	999	999	623
15	999	999	1,622
16	999	999	2,622
17	999	999	3,621
18	999	999	4,620
19	999	999	5,620
20	999	999	6,619
21	999	999	7,619
22	999	999	8,618
23	999	999	9,617
24	999	999	10,617
25	999	999	11,616

Διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών



9.4 Συμπεράσματα

	1 ^η περίπτωση 0%	2 ^η περίπτωση 100%
Αποπληρωμή	9,4 έτη	13,4 έτη
ΚΠΑ (Καθαρή παρούσα αξία)	1279€	1698€
IRR (μετά φόρου μετοχές)	9,6%	13,4%
Λόγος Ο/Κ	1,14	-

Σε κάθε περίπτωση από τις παραπάνω η καθαρή παρούσα αξία είναι μεγαλύτερη το μηδενός, άρα η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα.

Επιπλέον από τους πίνακες του retscreen παρατηρείται ότι:

- Στην περίπτωση πληρωμής όλου του ποσού από τον ιδιοκτήτη, η αποπληρωμή θα γίνει νωρίτερα κατά 4 έτη (9,4 έτη αντί για 13,4 έτη)
- Η καθαρή παρούσα αξία είναι μεγαλύτερη στην περίπτωση δανεισμού όλου του ποσού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ότι η δεύτερη επιλογή κρίνεται ως η πιο συμφέρουσα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10° ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας συναντά ορισμένα βασικά προβλήματα, τα οποία θα πρέπει να λυθούν ικανοποιητικά για την οικονομική εκμετάλλευση της εναλλακτικής αυτής μορφής ενέργειας. Οι τύποι αυτοί των προβλημάτων είναι ο σχηματισμός επικαθίσεων σε κάθε σχεδόν επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με το γεωθερμικό ρευστό, η διάβρωση των μεταλλικών επιφανειών, καθώς και ορισμένες περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις (διάθεση των ρευστών μετά τη χρήση τους, εκπομπές τοξικών αερίων, ιδίως του υδρόθειου). Όλα αυτά τα προβλήματα σχετίζονται άμεσα με την ιδιόζουσα χημική σύσταση των περισσότερων γεωθερμικών ρευστών. Τα γεωθερμικά ρευστά λόγω της υψηλής θερμοκρασίας και της παραμονής τους σε επαφή με διάφορα πετρώματα, περιέχουν κατά κανόνα σημαντικές ποσότητες διαλυμένων αλάτων και αερίων.

Η αλλαγή των θερμοδυναμικών χαρακτηριστικών των ρευστών στο στάδιο της εκμετάλλευσης μπορεί να δημιουργήσει συνθήκες ευνοϊκές τόσο για την χημική προσβολή των μεταλλικών επιφανειών, όσο και για την απόθεση ορισμένων διαλυμένων ή αιωρούμενων στερεών και την απελευθέρωση επιβλαβών ουσιών στο περιβάλλον. Ο σχηματισμός επικαθίσεων σε γεωθερμικές μονάδες μπορεί να ελεγχθεί σε κάποιο βαθμό με μια πληθώρα τεχνικών και μεθόδων. Μερικές από τις πιο τυπικές πρακτικές είναι ο σωστός σχεδιασμός της μονάδας και η επιλογή των κατάλληλων συνθηκών λειτουργίας της, η ρύθμιση του ρήτου ρευστού, η προσθήκη χημικών ουσιών, και τέλος, η απομάκρυνση των σχηματιζόμενων στερεών με χημικά ή φυσικά μέσα, στη διάρκεια προγραμματισμένων ή όχι διακοπών λειτουργίας της μονάδας. Οι διάφορες δυνατότητες ελέγχου της διάβρωσης στις γεωθερμικές μονάδες επικεντρώνονται (1) στην επιλογή κατάλληλου υλικού κατασκευής, (2) στην επικάλυψη των μεταλλικών επιφανειών με ανθεκτικά στη διάβρωση σώματα, (3) στην προσθήκη αναστολέων διάβρωσης, και (4) στον ορθό σχεδιασμό της μονάδας.

Η γεωθερμική ενέργεια θεωρείται «ήπια» μορφή ενέργειας, σε σύγκριση με τις συμβατικές μορφές ενέργειας, χωρίς όμως οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την εκμετάλλευσή της να είναι συχνά αμελητέες. 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 νερών που χρησιμοποιούνται είναι κατά κανόνα ηπιότερα και σχεδόν μηδενικά από ότι τα ρευστά που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης θα πρέπει να γίνει κατανοητό ότι σε περίπτωση που εφαρμόζεται η άμεση επανεισαγωγή των γεωθερμικών ρευστών στον ταμιευτήρα, οι επιπτώσεις είναι ελάχιστες. Βεβαίως κατά τη φάση της έρευνας, της ανόρυξης των γεωτρήσεων, των δοκιμών και της κατασκευής της μονάδας μπορούν να υπάρξουν διαρροές και διάθεση γεωθερμικών νερών σε υδάτινους αποδέκτες, καθώς και αυξημένος θόρυβος. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την αξιοποίηση των ρευστών υψηλής ενθαλπίας διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή και ταξινομούνται ανάλογα με την αιτία όπως τη χρήση γης, εκπομπές αερίων, τη διάθεση υγρών αποβλήτων, θόρυβος, δημιουργία μικροσεισμικότητας και καθιζήσεις.

Η έκταση της γης που απαιτείται για την αξιοποίηση της γεωθερμίας (για την εγκατάσταση της μονάδας, το χώρο για τις γεωτρήσεις, τις σωληνώσεις μεταφοράς και τους δρόμους πρόσβασης) είναι γενικά μικρότερη από την έκταση γης που απαιτούν άλλες μορφές ενέργειας. Το CO₂ που εκπέμπεται από γεωθερμικές μονάδες ποικίλλει με τα χαρακτηριστικά του πεδίου, καθώς και την τεχνολογία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αν και οι εκπομπές του είναι κατά πολύ μικρότερες από άλλες αντίστοιχες μονάδες και συγκρίνονται ευνοϊκά και με τις εκπομπές από άλλες ΑΠΕ. Το H₂S, λόγω της έντονης οσμής του και της σχετικής τοξικότητάς του είναι υπεύθυνο τις περισσότερες φορές για την προκατάληψη που εκδηλώνεται κατά της γεωθερμίας.

Η κύρια ανησυχία από την αξιοποίηση της γεωθερμίας υψηλής ενθαλπίας προέρχεται από την διάθεση των γεωθερμικών νερών στους υδάτινους αποδέκτες. Λόγω της υψηλής θερμοκρασίας και της περιεκτικότητάς του σε διάφορα χημικά συστατικά, το γεωθερμικό ρευστό προτού διατεθεί σε υδάτινους αποδέκτες θα πρέπει να υποστεί κάποια επεξεργασία και να μειωθεί η θερμοκρασία του. Η επιβάρυνση του περιβάλλοντος από την αξιοποίηση γεωθερμικών ρευστών χαμηλής ενθαλπίας (θερμοκρασίας 25 – 90 C) σε διάφορες άμεσες εφαρμογές (όπως θέρμανση χώρων) είναι πολύ ήπια έως αμελητέα. Τα ρευστά αυτά έχουν περιορισμένη έως μηδενική περιεκτικότητα σε μη συμπυκνώσιμα αέρια, εκτός από την περίπτωση όπου υπάρχουν ορισμένες ποσότητες CO₂, το οποίο όμως μπορεί να ανακτηθεί ως χρήσιμο προϊόν.

Η γεωθερμική ενέργεια σε οποιαδήποτε μορφή της παρουσιάζει σημαντικά περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα. Συγκρινόμενη με τις άλλες ΑΠΕ, η γεωθερμία δεν υστερεί σε περιβαλλοντικά οφέλη. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με την εντύπωση που κυριαρχεί ότι ορισμένες ΑΠΕ (π.χ. φωτοβολταϊκά) δεν επιβαρύνουν καθόλου το περιβάλλον. Η εντύπωση αυτή μεταβάλλεται όταν συνυπολογίσει κανείς τις επιπτώσεις οποιασδήποτε μορφής ενέργειας σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής της τεχνολογίας καθώς και την επιβάρυνση στο περιβάλλον από τη λειτουργία των μονάδων. Για παράδειγμα στα φωτοβολταϊκά συστήματα θα πρέπει να υπολογιστεί και η επιβάρυνση στο περιβάλλον τόσο από την κατασκευή των στοιχείων όσο και από την απόσυρση και την ασφαλή διάθεσή τους, όταν κλείσει ο κύκλος ζωής τους. Επίσης, θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψη η οπτική όχληση, η οποία για την γεωθερμία είναι περιορισμένη, σε αντίθεση με τους τεράστιους όγκους των ανεμογεννητριών στα αιολικά πάρκα.

Τα περιβαλλοντικά οφέλη της γεωθερμίας και τα πλεονεκτήματά της σε σχέση με τις άλλες ΑΠΕ, συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Συνεχής παροχή ενέργειας. Η γεωθερμική ενέργεια είναι διαθέσιμη 24 ώρες την ημέρα, 365 ημέρες τον χρόνο, σε αντίθεση με άλλες ΑΠΕ (αιολική, ηλιακή) οι οποίες δεν μπορούν να παρέχουν συνεχώς ενέργεια και η χρήση τους προϋποθέτει αξιόπιστες τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας. Οι γεωθερμικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έχουν συντελεστή αξιοποίησης μέχρι και 90%, ενώ ο συντελεστής αξιοποίησης μιας υδροηλεκτρικής μονάδας ανέρχεται σε 70% και για τις ηλιακές και αιολικές μονάδες κυμαίνεται μεταξύ 20% και 35%. Η γεωθερμία παρουσιάζει και υψηλό δείκτη διαθεσιμότητας (ποσοστό του χρόνου στον οποίο λειτουργεί η μονάδα στην ονομαστική της ισχύ) της τάξης του 90%. Για τις άμεσες χρήσεις της γεωθερμίας χαμηλής ενθαλπίας (θερμική χρήση) ο δείκτης λειτουργίας είναι αρκετά μικρότερος και αντιστοιχεί με τη ζήτηση τη γεωθερμικής ενέργειας. Τέλος με την αβαθή γεωθερμία και την εφαρμογή συστημάτων γεωθερμικών αντλιών θερμότητας είναι δυνατός ο συνδυασμός θέρμανσης τον χειμώνα και ψύξης το καλοκαίρι και επομένως η χρήση της σε όλη τη διάρκεια του έτους.
- Μικρό λειτουργικό κόστος. Αν και το κόστος παγίων 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 γεωθερμικών αντλιών θερμότητας.
- Σπάνιες ή πολύ μικρές εκπομπές ρύπων στην ατμόσφαιρα. Είναι πολύ μικρότερες από αυτές που προκύπτουν από την καύση των συμβατικών καυσίμων. Δεν εκπέμπονται καθόλου σωματίδια.
- Απαιτήση για μικρή χρήση γης, πολύ μικρότερης από αυτή που απαιτούν ηλιακά, φωτοβολταϊκά και αιολικά συστήματα. Δεν απαιτούν αποθηκευτικούς χώρους, όπως συμβαίνει με άλλες ΑΠΕ (βιομάζα, υδροηλεκτρικά) και με τα συμβατικά καύσιμα.
- Μικρότερη κυκλοφοριακή επιβάρυνση. Από τη στιγμή αποπεράτωσης της κατασκευής της γεωθερμικής μονάδας δεν απαιτείται μεταφορά υλικών ή καυσίμων, σε αντίθεση με τις μονάδες συμβατικών καυσίμων, στις οποίες υπάρχει πάντα ο κίνδυνος ατυχημάτων (ανάφλεξη καυσίμων, διαρροές, κλπ) 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.
- Μείωση της ενεργειακής εξάρτησης μιας χώρας ή μιας περιοχής, με τον περιορισμό της εισαγωγής συμβατικών ορυκτών καυσίμων.
- Τοπική παροχή ενέργειας. Η ανάπτυξη της γεωθερμικής ενέργειας σε μια περιοχή οδηγεί στην οικονομική ανάπτυξη της ευρύτερης περιοχής, αφού παρέχει φθηνή ενέργεια και δημιουργεί νέες θέσεις εργασίας. Δημιουργούνται κατ' αυτό το τρόπο τοπικά, αυτόνομα, ενεργειακά κέντρα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- <http://5dim-pyrgou.ilei.sch.gr/energy/html/anan5.htm#geo3>
- <http://5dim-pyrgou.ilei.sch.gr/energy/html/anan5.htm#geo1>
- <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%93%CE%B5%CF%89%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%AF%CE%B1>
- <http://www.anadrasi.com/geothermia.php>
- <http://apothesis.teicm.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/697/miltiadous.pdf?sequence=1>
- <http://www.interplast.gr/el/proionta/geothermia/geothermikes-antlies>
- <http://www.interplast.gr/el/proionta/geothermia/geothermikes-antlies>
- <http://www.anadrasi.com/geothermia.php>
- <http://www.geotrisesis.com/geothermika-systimata.php>
- <http://apothesis.teicm.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/697/miltiadous.pdf?sequence=1>
- <http://www.infloorsystem.gr/html/geoth2-gr.html>
- <http://www.anadrasi.com/geothermia.php>
- <http://www.ergon.com.gr/download/1/20110628114703.pdf>
- <http://regeocities.eu/wp-content/uploads/2013/06/2.REGEOCITIES-BENOU.pdf> **φορτό 2/3/2018**
- <http://www.anadrasi.com/geothermia.php>
- http://www.oryktosploutos.net/2014/12/blog-post_11.html#.Wp_mp1Vl_cu
- Βιβλίο «Γεωθερμία και Κλιματισμός Θεωρία και Πρακτικοί Κανόνες» του Νικόλαου Ψαρρά
- <http://digilib.teiemt.gr/jspui/bitstream/123456789/4120/1/STEF372005.pdf>
- Βιβλίο "Συμβατικές και ήπιες μορφές ενέργειας" του Κωνσταντίνου Α.Μπαλάρας.
- http://www.garyfallidou.org/elec_prod/gr_geothermy_environmental.html
- <http://apothesis.teicm.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/696/mitraka.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (<http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/stef/hle/2012/MpiniarisGeorgios/attached-document-1331906967-456797-16962/Mpiniaris2012.pdf>)
- http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/stef/mhx/2013/AnogeianakisDimitrios/attached-document-1395314044-835921-27091/Anogeianakis_Dimitrios.2013.pdf
- <http://www.tepse.gr/dat/784B3119/file.pdf>
- https://helapco.gr/wp-content/uploads/HELAPCO_Net_Metering_18Mar2019.pdf