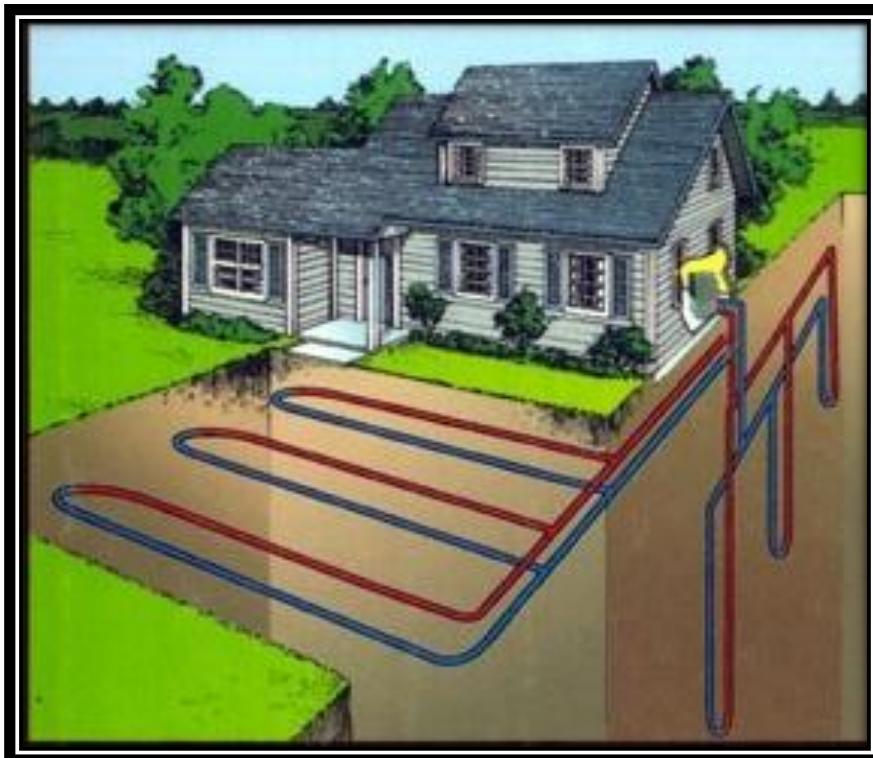


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΨΥΞΗΣ ΤΡΙΩΡΟΦΗΣ
ΟΙΚΙΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ
ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



ΚΥΤΟΥΔΗΣ ΘΩΜΑΣ (Α.Μ 6247)
ΣΠΥΡΙΔΗΣ ΜΑΡΚΟΣ (Α.Μ6149)
ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΒΟΥΡΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ (Ε.Υ)

ΙΟΥΛΙΟΣ
ΠΑΤΡΑ 2017

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας και πραγματοποιεί μελέτη θέρμανσης και ψύξης τριώροφης οικίας με την εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας.

Η απόφαση μας να εκπονήσουμε την παρούσα πτυχιακή εργασία είναι η πρόθεση μας να ασχοληθούμε με την εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας έχοντας ως σκοπό να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες μίας τριώροφης οικίας. Η εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας συμβάλλει ενεργά στην εξοικονόμηση συναλλάγματος (μείωση των εισαγωγών πετρελαίου) και ταυτόχρονα στην εξοικονόμηση φυσικών πόρων (ελάττωση κατανάλωσης των εγχώριων αποθεμάτων λιγνίτη).

Στο παρόν τεύχος της πτυχιακής εργασίας θα πραγματοποιηθεί αναλυτικός υπολογισμός της ενδοδαπέδιας εγκατάστασης της τριώροφης οικίας καθώς και αναλυτικός υπολογισμός θερμικών και ψυκτικών απωλειών. Επιπρόσθετα, θα αναλυθούν τα είδη των γεωθερμικών αντλιών καθώς και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της εκμετάλλευσης της γεωθερμικής ενέργειας. Με αυτήν την πτυχιακή ελπίζουμε να δοθεί η δυνατότητα στο μέλλον να πραγματοποιηθούν παρόμοιες μελέτες στο χώρο του Τμήματος των Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας με σκοπό την ευρύτερη εκπαίδευση των φοιτητών.

Από την θέση αυτή, θα θέλαμε να εκφράσουμε τις θερμότερες ευχαριστίες στον Εποπτεύων καθηγητή Βούρο Ανδρέα, για τις πολύτιμες συμβουλές του και την αμέριστη συμπαράστασή του κατά την διεξαγωγή της παρούσας εργασίας. Τον ευχαριστούμε για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μας προσέφερε για την πραγματοποίησή της. Επίσης, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τις οικογένειες μας, για την υπομονή και στήριξη που μας παρείχαν κατά τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής εργασίας αλλά και συνολικά κατά τη διάρκεια των σπουδών μας.

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστών: Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι σπουδαστές έχουμε επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνουμε υπεύθυνα ότι είμαστε συγγραφείς αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, αναλαμβάνοντας την ευθύνη επί ολοκλήρου του κειμένου εξ ίσου, έχουμε δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε και λάβαμε ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνουμε επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχουμε ενσωματώσει στην εργασία μας προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχουμε πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχουμε αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Οι σπουδαστές

(Ονοματεπώνυμο)

.....

(Ονοματεπώνυμο)

.....

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει σκοπό την εκπόνηση μελέτης θέρμανσης και ψύξης τριώροφης οικίας, η οποία θα κατασκευαστεί στην Αίγινα στην περιοχή Λιβάδι. Η οικία θα καλύπτει τις θερμικές και ψυκτικές τις ανάγκες με την εγκατάσταση ενδοδαπέδιου συστήματος και θα κάνει χρήση της ενέργειας της γεωθερμίας.

Αρχικά θα πραγματοποιηθεί ο σχεδιασμός της οικίας και κατ' επέκταση οι υπολογισμοί που απαιτούνται για τις θερμικές απώλειες που παρουσιάζει η οικία κατά την διάρκεια των χειμερινών μηνών αλλά και το θερμικό κέρδος κατά την διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών. Στην συνέχεια θα πραγματοποιηθεί ο υπολογισμός της ενδοδαπέδιας εγκατάστασης καθώς και η τεχνική περιγραφή της.

Ακολουθεί η ανάλυση της γεωθερμικής ενέργειας και μια σύντομη ιστορική αναδρομή. Περιγράφεται συνοπτικά το καθεστώς της και ποία η κατάσταση στον Ελλαδικό χώρο. Επιπλέον, αναγράφονται τα πεδία ενθαλπίας. Έπειτα, καταγράφονται οι εφαρμογές που χρησιμοποιείται η γεωθερμία, πώς γίνεται η εκμετάλλευση των γεωθερμικών πόρων δηλαδή πως παράγεται ηλεκτρική και θερμική ενέργεια. Ωστόσο, αναλύονται και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις με την χρήση της γεωθερμικής ενέργειας καθώς και οι πηγές ρύπανσης.

Στην συνέχεια αναλύονται οι αντλίες θερμότητας, η αρχή λειτουργίας τους καθώς και η λειτουργία τους σε θέρμανση και ψύξη αντίστοιχα. Ακόμα, γίνεται κατηγοριοποίηση των αντλιών και δίνονται βασικές εφαρμογές τους. Ωστόσο, πραγματοποιείται περαιτέρω ανάλυση για της γεωθερμικές αντλίες θερμότητας όπου χρησιμοποιούνται για την πραγματοποίηση της παρούσας μελέτης. Δίνονται οι προδιαγραφές τους και ο τρόπος λειτουργίας τους. Επιπλέον, καταγράφονται οι βασικοί παράμετροι των γεωθερμικών αντλιών που χρησιμοποιούνται για την εκπόνηση μελέτης, τα οφέλη και μη που παρουσιάζουν καθώς και το οικονομικό κόστος.

Με την ολοκλήρωση των βασικών στοιχείων δίνονται τα γεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής της Αίγινας όπου θα κατασκευαστεί η τριώροφη οικία και θα χρησιμοποιεί την ενέργεια της γεωθερμίας για την κάλυψη συγκεκριμένων ενεργειακών αναγκών. Αναλύεται η στρωματογραφία και η τεκτονική του νησιού και κατ' επέκταση οι γεωλογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή Λίβάδι. Στην συνέχεια δίνονται τα βασικά στοιχεία του ακινήτου όπως οι ενεργειακές απαιτήσεις της οικίας, τα γεωλογικά χαρακτηριστικά και ο καθορισμός των γεωτρήσεων που απαιτούνται. Ακολουθούν τα στοιχεία της γεωθερμικής αντλίας που θα χρησιμοποιηθεί, ο εξοπλισμός του μηχανοστασίου και το οικονομικό κόστος αυτών.

Τέλος, δίνονται τα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας καθώς και η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε με στόχο την εκπόνηση της.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	i
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	ii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΤΡΙΩΡΟΦΗΣ ΟΙΚΙΑΣ.....	5
1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
1.2. ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΤΡΙΩΡΟΦΗΣ ΟΙΚΙΑΣ	5
1.2.1. ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ & ΚΑΝΟΝΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ .	5
1.2.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΤΡΙΩΡΟΦΗΣ ΟΙΚΙΑΣ	8
1.3. ΨΥΚΤΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΤΡΙΩΡΟΦΗΣ ΟΙΚΙΑΣ.....	18
1.3.1. ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ & ΚΑΝΟΝΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ	18
1.3.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΤΡΙΩΡΟΦΗΣ ΟΙΚΙΑΣ	20
1.4. ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	27
1.4.1. ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ	
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	29
1.4.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	31
1.4.3. Τεχνική περιγραφή ενδοδαπέδιας εγκατάσταση	35
2.ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	39
2.1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	39
2.2. ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ	41
2.3. ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ	44
2.3.1. ΠΕΔΙΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΝΘΑΛΠΙΑΣ.....	44
2.3.2. ΠΕΔΙΑ ΥΨΗΛΗΣ ΚΑΙ ΜΕΣΗΣ ΕΝΘΑΛΠΙΑΣ	44
3.ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	45
3.1. ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ.....	45
3.1.1. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	45
3.1.2. ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	48
3.1.3. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ.....	54
3.2. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ.....	56
3.2.1. ΠΗΓΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ	57
3.3. ΠΑΡΟΝ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ	58
4.ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	61
4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	61
4.2. ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.....	61
4.2.1. ΟΡΙΣΜΟΣ	61
4.2.2. ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	62
4.2.3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΙΑΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΙΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ	
ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΨΥΞΗΣ	64
4.2.4. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	65
4.2.5. ΠΗΓΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	66
4.3. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	67
4.3.1. ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΔΑΠΕΔΟΥ	67
4.3.2. ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΥΖΕΥΓΜΕΝΗ ΜΕ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	68
4.4. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.....	68

4.4.1.	ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	68
4.4.2.	ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	70
4.4.3.	ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΣΥΖΕΥΞΗ	70
4.4.3.1.	<i>Συστήματα ανοικτού βρόχου</i>	71
4.4.3.2.	<i>Συστήματα κλειστού βρόχου</i>	72
4.4.3.3.	<i>Συστήματα άμεσης εκτόνωσης</i>	73
4.4.4.	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	75
4.4.5.	ΟΦΕΛΗ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	75
4.4.6.	ΜΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	76
4.4.7.	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	76
4.4.8.	ΔΑΠΑΝΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	77
5.	ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΙΓΙΝΑΣ	79
5.1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	79
5.2.	ΓΕΩΛΟΓΙΑ – ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΝΗΣΙΟΥ ΑΙΓΙΝΑΣ	80
5.3.	ΤΕΚΝΟΝΙΚΗ ΝΗΣΟΥ ΑΙΓΙΝΑΣ	83
5.4.	ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	85
6.	ΜΕΛΕΤΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ	87
6.1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	87
6.2.	ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΚΙΝΗΤΟΥ	87
6.3.	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΟΙΚΙΑΣ	88
6.4.	ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	88
6.5.	ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ	89
6.6.	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	89
6.7.	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	91
7.	ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ	99
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	101
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	103
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	109
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	129

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το σύνολο των καθημερινών δραστηριοτήτων μας (εφαρμογές στην βιομηχανία, οικιακές εφαρμογές και οπουδήποτε αλλού), απαιτεί την χρήση κάποιας μορφής ενέργειας (ηλεκτρισμός, χημική ενέργεια, θερμική ενέργεια κ.λπ.). Επομένως η ενέργεια αποτελεί βασικό παράγοντα για τις δραστηριότητες των ανθρώπων και παράλληλα για την οικονομία και την τεχνολογία.

Η ακατάπαυστη κατανάλωση των συμβατικών ενεργειακών πηγών (πετρέλαιο, βενζίνη και άνθρακα) για την κάλυψη των καθημερινών αναγκών των ανθρώπων θα έχει ως αποτέλεσμα την μη διαθεσιμότητά τους, καθώς δεν είναι δεδομένη η επάρκεια των αποθεμάτων τους. Επιπροσθέτως το περιβάλλον καθημερινά επιβαρύνεται ανεπανόρθωτα από την χρήση των συμβατικών ενεργειακών πηγών. Οι προαναφερθέντες λόγοι δημιούργησαν την ανάγκη αναζήτησης νέων τρόπων κάλυψης των ενεργειακών αναγκών του πλανήτη χωρίς να το επιβαρύνουν.

Την λύση στο πρόβλημα έρχεται να δώσει η εκμετάλλευση του ήλιου, του ανέμου, των ποταμών, της γεωθερμίας και των οργανικών υλών, καθώς είναι ανεξάντλητες πηγές ενέργειας και η αξιοποίησή τους δεν επιβαρύνει το περιβάλλον. Όσα προαναφέραμε είναι γνωστά ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.) διότι αναπληρώνονται διαρκώς μέσω των φυσικών κύκλων με αποτέλεσμα να μην εξαντλούνται ποτέ.

Στην συνέχεια καταγράφονται στον Πίνακα 1 οι ενέργειες που υπάρχουν στον πλανήτη είτε αυτές είναι ΑΠΕ είτε μη. Επιπλέον, στον πίνακα 2 καταγράφονται οι πηγές ενέργειας, ο φορέας που τις δημιουργεί και η μορφή που εκμεταλλεύεται ο άνθρωπος.

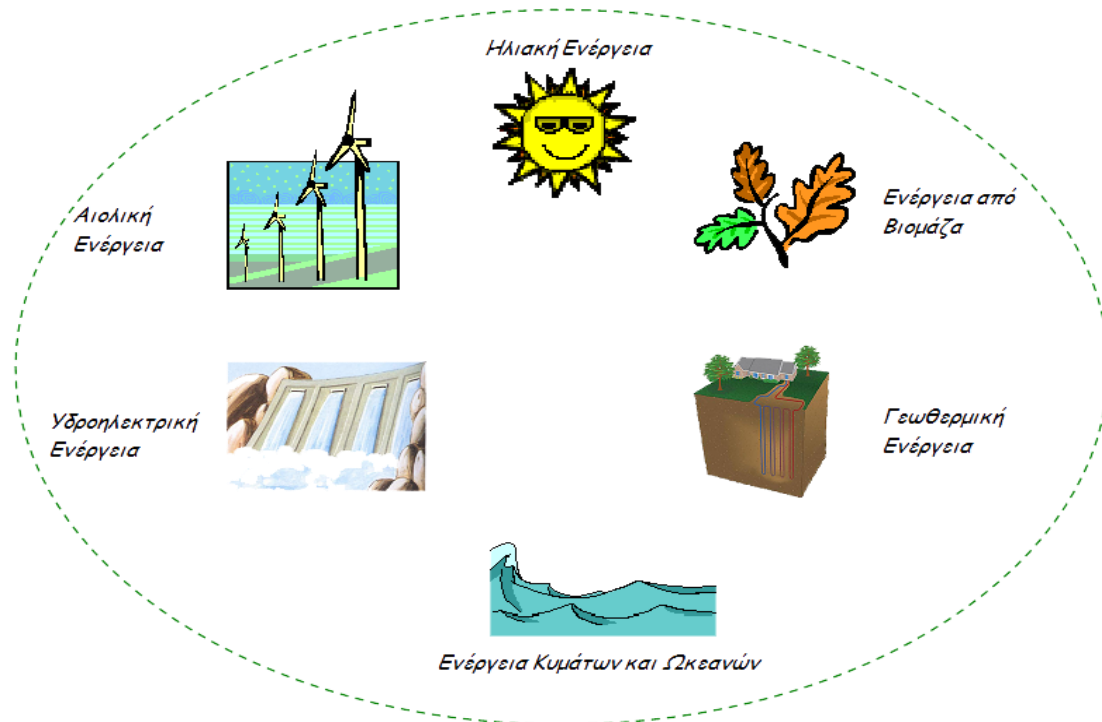
Πίνακας 1: Κατάταξη των πηγών ενέργειας ανάλογα με τη διαθεσιμότητα τους
[Πηγή: Ασημακόπουλος και συν., 2015]

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	Μη Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
Ηλιακή ακτινοβολία Άνεμος Βιομάζα Υδροίσχυς Ενέργεια της θάλασσας <i>Κύματα / ρεύματα</i> <i>Παλίρροια</i> <i>Θερμοκρασιακή διαφορά</i> Γεωθερμία	Στερεά καύσιμα <i>Λιθάνθρακας</i> <i>Γαιάνθρακας</i> <i>Λιγνίτης</i> <i>Τύρφη</i> Υδρογονάνθρακες <i>Πετρέλαιο αργό</i> <i>Πετρέλαιο πισσούχων άμμων</i> <i>Πετρέλαιο πισσούχων σχιστόλιθων</i> <i>Φυσικό αέριο, υγρά φυσικού αερίου</i> <i>Μη συμβατικές πηγές φυσικού αερίου</i> Πυρηνικά καύσιμα <i>Ουράνιο 235</i> <i>Ουράνιο 238</i>

Πίνακας 2: Πηγές και μορφές Ενέργειας
[Πηγή: Ασημακόπουλος και συν., 2015]

ΠΗΓΗ	ΦΟΡΕΑΣ	ΜΟΡΦΗ
Ήλιος	Ηλιακή ακτινοβολίας	Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολίας
Θερμός εσωτερικό γης	Έδαφος – υπόγεια ύδατα	Θερμική
Έλξη ουράνιων σωμάτων	Επιφανειακά ύδατα της γης (παλίρροιες)	Δυναμική
Άνεμος	Κινούμενες αέριες μάζες	Κινητική
Κατακρημνίσεις υδάτων (βροχή, χιόνι, χαλάζι)	Κινούμενο νερό (υδατόπτωση , ροή)	Δυναμική – κινητική
Βιομάζα	Οργανική ύλη	Χημική
Αποθέματα ορυκτών καυσίμων	Άνθρακες υδρογονάνθρακες	Χημική
Πυρηνικά ορυκτά	Ακτινοβολία Σωματιδίων	Κινητική

Η Ελλάδα λόγω της γεωφυσικής της θέσης διαθέτει αξιόλογο δυναμικό Α.Π.Ε. οι οποίες μπορούν να καλύψουν μεγάλο μέρος των ενεργειακών αναγκών της χώρας, ενώ ταυτόχρονα συμβάλει στην μείωση κατανάλωσης συμβατικών καυσίμων και κατ' επέκταση στην ελάττωση του φαινομένου του Θερμοκηπίου. Η Ελλάδα έχει την δυνατότητα να εκμεταλλευτεί τις περισσότερες ΑΠΕ (Εικόνα 1) για τους λόγους που προαναφέρθηκαν (Ασημακόπουλος και συν., 2015).



Εικόνα 1: Κατηγορίες Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
[Πηγή: Αντωνίου, 2014]

Στην συνέχεια πραγματοποιείται ανάλυση των ΑΠΕ (Ασημακόπουλος και συν., 2015):

❖ **Αιολική ενέργεια:**

Αποτελεί μία ήπια μορφή ενέργειας η οποία είναι έμμεσα συνδεδεμένη με την ηλιακή ακτινοβολία. Αυτό συμβαίνει διότι η μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από την μία περιοχή στην άλλη που δημιουργούν τους ανέμους προκαλούνται από την ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης. Η αιολική ενέργεια κατά κύριο λόγο χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού με τη χρήση μηχανών, τις λεγόμενες ανεμογεννήτριες, οι οποίες έχουν την δυνατότητα να μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια.

❖ **Ηλιακή ενέργεια:**

Αποτελεί μία μορφή ενέργειας της οποίας δημιουργός είναι ο ήλιος ο οποίος εκπέμπει τεράστια ποσά ακτινοβολίας. Η ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού είτε με θερμικές εφαρμογές (συλλογή της ηλιακής ενέργειας με στόχο την παραγωγή θερμότητας), είτε με φωτοβολταϊκές εφαρμογές (μετατροπή του φωτός του ηλίου σε ηλεκτρισμό με την χρήση φωτοβολταϊκών κυψελών ή συστοιχιών).

❖ **Γεωθερμική ενέργεια:**

Αποτελεί μία μορφή ενέργειας η οποία προέρχεται από το εσωτερικό της γης. Η δημιουργία της γεωθερμικής ενέργειας οφείλεται στην διαφορά θερμοκρασίας που υπάρχει ανάμεσα στα υπόγεια πετρώματα της γης και την επιφάνειά της. Η θερμική ενέργεια εμπεριέχεται σε φυσικούς ατμούς, σε επιφανειακά ή υπόγεια θερμά νερά και σε θερμά ξηρά πετρώματα. Η αξιοποίησή της πραγματοποιείται είτε άμεσα ως θερμότητα, είτε με τον μετασχηματισμό της σε ηλεκτρική ενέργεια.

❖ **Βιομάζα:**

Αυτή η μορφή ενέργειας χρησιμοποιεί τους υδατάνθρακες των φυτών (κυρίως αποβλήτων της βιομηχανίας ξύλου, των τροφίμων, των ζωοτροφών και της βιομηχανίας ζάχαρης) με σκοπό την αποδέσμευση της ενέργειας που δεσμεύτηκε από το φυτό με τη φωτοσύνθεση. Ακόμα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν αστικά απόβλητα και απορρίμματα. Έχει την δυνατότητα να δώσει βιοαιθινόλη και βιοαέριο που είναι καύσιμα πιο φιλικά προς το περιβάλλον από τα παραδοσιακά. Είναι μια πηγή ενέργειας με πολλές δυνατότητες και εφαρμογές.

❖ **Υδραυλική ενέργεια:**

Αυτή είναι μία μορφή ενέργειας η οποία δημιουργείται από την μετακίνηση του νερού. Όταν το νερό της φύσης βρίσκεται σε περιοχές με μεγάλο υψόμετρο, έχει δυναμική ενέργεια η οποία μετατρέπεται σε κινητική όταν αυτό ρέει προς χαμηλότερες περιοχές. Με τα υδροηλεκτρικά έργα είναι δυνατή η εκμετάλλευση της ενέργειας του νερού για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος όπου διοχετεύεται στην κατανάλωση με το ηλεκτρικό δίκτυο. Η μετατροπή της ενέργειας των υδατοπτώσεων με τις υδραυλικές τουρμπίνες παράγει την υδροηλεκτρική ενέργεια.

❖ **Ενέργεια της Θάλασσας:**

Αποτελεί μία μορφή ενέργειας η οποία μπορεί να διαχωριστεί στις ακόλουθες υποκατηγορίες:

- **Ενέργεια από παλίρροιες:** εκμεταλλεύεται τη βαρύτητα του Ήλιου και της Σελήνης, που προκαλεί ανύψωση της στάθμης του νερού. Τα εισερχόμενα νερά της παλίρροιας στην ακτή κατά την πλημμυρίδα μπορούν να παγιδευτούν σε φράγματα, οπότε κατά την άμπωτη τα αποθηκευμένα νερά ελευθερώνονται και αναγκάζονται να περάσουν από την τουρμπίνα με

συνέπεια να κινούν υδροστρόβιλο, παράγοντας ηλεκτρισμό. Τα πλέον κατάλληλα μέρη για την κατασκευή σταθμών ηλεκτροπαραγωγής είναι οι στενές εκβολές ποταμών.

- *Ενέργεια από κύματα:* εκμεταλλεύεται την κινητική ενέργεια των κυμάτων της θάλασσα όπου η ενέργεια αυτή μπορεί να περιστρέψει την τουρμπίνα. Η ανυψωτική κίνηση του κύματος πιέζει τον αέρα προς τα πάνω, μέσα στο θάλαμο και θέτει σε περιστροφική κίνηση την τουρμπίνα έτσι ώστε η γεννήτρια να παράγει ρεύμα. Αυτός είναι ένας μόνο τύπος εκμετάλλευσης της ενέργειας των κυμάτων. Η παραγόμενη ενέργεια είναι σε θέση να καλύψει τις ανάγκες μιας οικίας, ενός φάρου κ.ά..
- *Ενέργεια από ωκεανούς:* εκμεταλλεύεται τη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στα στρώματα του ωκεανού, κάνοντας χρήση θερμικών κύκλων. Η θερμική ενέργεια των ωκεανών μπορεί να αξιοποιηθεί με την εκμετάλλευση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του θερμότερου επιφανειακού νερού και του ψυχρότερου νερού του πυθμένα. Η τεχνολογία μετατροπής της ωκεάνιας θερμικής ενέργειας, χρησιμοποιεί σε πρώτη φάση το θερμό νερό για να ζεστάνει σε ειδικό θάλαμο μια ποσότητα υγρού που έχει χαμηλό σημείο βρασμού, όπως η αμμωνία ή ένα μίγμα αμμωνίας και νερού. Όταν το μίγμα αυτό βράσει, το αέριο που απελευθερώνεται δημιουργεί αρκετή πίεση ώστε να οδηγήσει έναν αεριοστρόβιλο ο οποίος παράγει την ενέργεια. Στη συνέχεια, το αέριο αυτό παγώνει καθώς διέρχεται μέσα από το ψυχρό νερό του πυθμένα του ωκεανού. Σημειώνεται ότι η μέθοδος βρίσκεται ακόμα σε ερευνητικό στάδιο.

1. ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΤΡΙΩΡΟΦΗΣ ΟΙΚΙΑΣ

1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η θερμική άνεση του χώρου είναι ένας από τους βασικούς παράγοντες που μελετώνται με στόχο την πλήρη λειτουργικότητα των χώρων μιας οικίας. Η μελέτη της θέρμανσης και της ψύξης θεωρείται υποχρεωτική κατά την κατασκευή μιας οικίας με στόχο την κάλυψη τους. Αρχικά θα πρέπει να υπολογισθούν οι θερμικές και ψυκτικές απώλειες με στόχο ο ιδιοκτήτης να έχει την δυνατότητα να επιλέξει τον καλύτερο δυνατό τρόπο κάλυψής τους.

Με το πέρασμα των χρόνων έγινε επιτακτική ανάγκη η κατασκευή των οικιών σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ και η βελτίωση των υφιστάμενων οικιών με στόχο την μείωση των θερμικών και ψυκτικών απωλειών στα κατώτερα επίπεδα. Όπως προαναφέρθηκε η μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι εξαντλήσιμες, έχουν μεγαλύτερο κόστος και προκαλούν πολλά περιβαλλοντικά προβλήματα.

Για τους προαναφερόμενους λόγους και σύμφωνα με την μελέτη των θερμικών και ψυκτικών απωλειών καθώς και με την περιοχή όπου βρίσκεται μία οικία επιλέγεται η κατάλληλη ΑΠΕ που μπορεί να χρησιμοποιηθεί – εκμεταλλευτεί με στόχο την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών που θα προκύψουν.

Σε αυτό το Κεφάλαιο θα πραγματοποιηθεί η μελέτη των θερμικών και ψυκτικών απωλειών τριώροφης οικίας η οποία βρίσκεται στην Αίγινα και συγκεκριμένα στην περιοχή Λιβάδι. Η οικία αποτελείται από τον υπόγειο χώρο, το ισόγειο και το πρώτο όροφο και τονίζεται ότι και οι τρεις οροφή χρησιμοποιούνται για καθημερινές δραστηριότητες με συνέπεια να απαιτείται να είναι θερμαινόμενοι.

1.2. ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΤΡΙΩΡΟΦΗΣ ΟΙΚΙΑΣ

Θερμική απώλεια ορίζεται το ποσό θερμότητας που πρέπει να προστεθεί στο κτίριο ώστε να διατηρείται στους διάφορους χώρους ή θερμοκρασία που έχει επιλεγεί και να πληρούνται οι συνθήκες ευεξίας, όταν στο εξωτερικό περιβάλλον επικρατούν οι συνθήκες σχεδιασμού χειμώνα (Καλογήρου, 2016).

1.2.1. ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

Με βάση το DIN4701, οι θερμικές απώλειες ενός χώρου συνίστανται από τα ακόλουθα:

- Απώλειες θερμοπερατότητας Q_o , που προέρχονται από τα περιβάλλοντα δομικά στοιχεία (τοίχοι, ανοίγματα, δάπεδα, οροφές κ.ά.)
- Απώλειες λόγω προσαιξήσεων

- Απώλειες αερισμού χώρου Q_L

Στην συνέχεια θα αναλυθούν οι προαναφερόμενες παραδοχές και οι τύποι που απαιτούνται (Γιανναδάκης, 2010) με σκοπό το υπολογισμό των θερμικών απωλειών τις τριώροφης οικίας.

➤ **Απώλειες θερμοπερατότητας**

Οι απώλειες θερμοπερατότητας υπολογίζονται από την ακόλουθη σχέση:

$$Q_o = U \cdot A \cdot \Delta T \quad [1]$$

Όπου: Q_o = απώλειες θερμότητας χώρου (Watt)

A = επιφάνεια του δομικού τμήματος (m^2)

U = συντελεστής θερμοπερατότητας (W/m^2K)

$\Delta T=(t_i -t_a)$ = διαφορά θερμοκρασίας (t_i =θερμοκρασία χώρου σε $^{\circ}C$ και t_a =θερμοκρασία εξωτερικού αέρα σε $^{\circ}C$)

➤ **Απώλειες λόγω προσαυξήσεων**

Οι απώλειες λόγω προσαυξήσεων υπολογίζονται επί τις % και διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες οι οποίες είναι οι ακόλουθες:

- Προσαύξηση Z_H την επίδραση του προσανατολισμού

Σε αυτή την προσαύξηση λαμβάνεται υπόψη ο προσανατολισμός κάθε στοιχείου που μελετάτε με συνέπεια να ισχύουν τα ακόλουθα όπου:

- | | |
|---|------------|
| ✓ Νότιο, Νοτιοανατολικό, Νοτιοδυτικό | → $Z_H=-5$ |
| ✓ Βόρειο, Βορειοανατολικό, Βορειοδυτικό | → $Z_H=+5$ |
| ✓ Ανατολικό, Δυτικό | → $Z_H=0$ |

- Προσαύξηση διακοπής λειτουργίας και ψυχρών εξωτερικών τοίχων

Η προσαύξηση διακοπής λειτουργίας και ψυχρών εξωτερικών τοίχων υπολογίζεται από την σχέση:

$$Z_D=Z_U+Z_A \quad [2]$$

Ωστόσο, σύμφωνα με το DIN 4701/83 αγνοείται ο συντελεστής Z_U . Επιπλέον, η προσαύξηση Z_D προσδιορίζεται με βάση την σχέση:

$$D = \frac{Q_o}{F_{ges} \cdot \Delta T} \quad [3]$$

Όπου: F_{ges} = συνολική επιφάνεια που περιβάλλει τον χώρο (m^2)

Q_o = συνολικές απώλειες χώρου (Watt)

ΔT = διαφορά θερμοκρασίας ($^{\circ}C$)

Σύμφωνα με το αποτέλεσμα της σχέσης, υπολογίζεται το Z_D για DIN77 οι ώρες λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης, σύμφωνα με τον Πίνακα 3.

Πίνακας 3: Τιμή D για τις ώρες λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης
[Πηγή: Γιανναδάκης, 2010]

Τρόπος Λειτουργίας	0.1-0.29	0.30-0.69	0.70-1.49
0 ώρες διακοπής	7	7	7
8-12 ώρες διακοπής	20	15	15
12-16 ώρες διακοπής	30	25	20

Όμως ο συντελεστής Z_D για το DIN83 μεταβάλλεται ανάλογα με την τιμή του D περίπου γραμμικά (καμπύλη Z_D για το DIN83) παίρνοντας τιμές από το 0 μέχρι το 13.

Σύμφωνα με τα προαναφερόμενα οι θερμικές απαιτήσεις μαζί με τις προσαυξήσεις υπολογίζονται από την ακόλουθη σχέση:

$$Q_T = Q_o \cdot (1 + Z_D + Z_H) = Q_o \cdot Z \quad [4]$$

Όπου: Q_o = απώλειες θερμότητας χώρου (cal)

Z_D = προσαυξήσεις λόγω συστήματος θέρμανσης

Z_H = προσαυξήσεις λόγω προσανατολισμού

➤ **Απώλειες αερισμού**

Οι απώλειες αερισμού Q_L , υπολογίζονται σύμφωνα με τα ανοίγματα τα οποία έχει το κτίριο και τις αντίστοιχες χαραμάδες αυτών:

$$Q_L = (10 \sim 30) \cdot I_{o\lambda} \quad [5]$$

Όπου: $I_{o\lambda}$ = συνολικές χαραμάδες ανοιγμάτων

Εναλλακτικά όμως οι απώλειες αερισμού μπορούν να υπολογιστούν από την ακόλουθη σχέση:

$$Q_L = Q_{L1} + Q_2 \quad [6]$$

Αρχικά υπολογίζεται ο απαιτούμενος αερισμός από την σχέση:

$$Q_{L1} = V \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta T \quad [7]$$

Όπου: Q_L = απώλειες αερισμού (Watt)

V = όγκος εισερχομένου αέρα (m^3 / s)

c = ειδική θερμότητα του αέρα (kJ/gK)

ρ = πυκνότητα του αέρα σε (kg/m^3)

$\Delta T = (t_i - t_a)$ = διαφορά θερμοκρασίας (t_i =θερμοκρασία χώρου σε $^{\circ}C$ και t_a =θερμοκρασία εξωτερικού αέρα σε $^{\circ}C$)

Στην συνέχεια υπολογίζονται οι απώλειες λόγω χαραμάδων (στην περίπτωση που δεν υπάρχει εξαερισμός) από την σχέση:

$$Q_{L2} = \sum Q \cdot A_i \quad [8]$$

$$Q \cdot A_i = \alpha \cdot \Sigma I \cdot R \cdot H \cdot \Delta T \cdot Z_r \quad [9]$$

Όπου: α = συντελεστής διείσδυσης αέρα

Σl = συνολική περίμετρος ανοίγματος (m)

R = συντελεστής διεισδυτικότητας (στο DIN 4701/83 ορίζεται ο συντελεστής r).

H = συντελεστής θέσης και ανεμόπτωσης (στο DIN 4701/83 ο συντελεστής H προσαυξάνεται αυτόματα)

Δt = διαφορά θερμοκρασίας (σε βαθμούς °C)

Z_r = συντελεστής γωνιακών παραθύρων (στην περίπτωση γωνιακών παραθύρων παίρνει την τιμή 1.2 αντί της κανονικής 1)

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι συντελεστές των σχέσεων [7] και [9] λαμβάνονται από πίνακες οι οποίοι παρατίθενται στο Παράρτημα Α.

➤ **Συνολικές θερμικές Απώλειες**

Άρα σύμφωνα με τα προαναφερόμενα οι συνολικές θερμικές απώλειες $Q_{ολ}$ υπολογίζονται από το άθροισμα των απωλειών λόγω προσαυξήσεων καθώς και τις απώλειες λόγω αερισμού. Η σχέση υπολογισμού των τελικών θερμικών απωλειών είναι η εξής:

$$Q_{ολ} = Q_T + Q_L \quad [10]$$

Όπου: Q_T = συνολικές απώλειες λόγω προσαυξήσεων

Q_L = συνολικές απώλειες λόγω αερισμού

1.2.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΤΡΙΩΡΟΦΗΣ ΟΙΚΙΑΣ

Η οικία όπου θα πραγματοποιηθεί μελέτη θερμικών απωλειών βρίσκεται στην Αίγινα και συγκεκριμένα στην περιοχή Λιβάδι και βρίσκεται παραθαλάσσια. Η οικία έχει Νότιο προσανατολισμό, δηλαδή είναι πλήρως αποδεκτός με τις προδιαγραφές του ΚΕΝΑΚ. Η οικία αποτελείται από τρία επίπεδα, το υπόγειο, το ισόγειο και τον πρώτο όροφο. Επιπλέον, και τα τρία επίπεδα χρησιμοποιούνται για την διαμονή και την εξυπηρέτηση των καθημερινών αναγκών με συνέπεια να υπολογίζονται και οι θερμικές απώλειες του υπογείου με στόχο την θέρμανση τους.

Για την διευκόλυνση των υπολογισμών των θερμικών απωλειών κάθε επίπεδο θα υπολογισθεί μεμονωμένα και θα διαχωριστεί στους αντίστοιχους χώρους, οι οποίοι καταγράφονται στα σχέδια που παρατίθενται στο Παράρτημα Β. Τα βασικά στοιχεία του κτιρίου που πρέπει να ληφθούν υπόψη για την πραγματοποίηση της μελέτης είναι τα ακόλουθα:

Μέση ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία	0 °C
Επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία	20 °C
Θερμοκρασία μη θερμαινόμενων χώρων	10 °C
Θερμοκρασία Εδάφους	10 °C

Επιπλέον, τα τυπικά στοιχεία που δίνονται από τον κατασκευαστή του κτιρίου είναι οι συντελεστές θερμοπερατότητας και είναι οι ακόλουθη για κάθε τυπικό στοιχείο:

T1	U=0,64 Watt/m ² hC	Δ1	U=0,58 Watt/m ² hC
T2	U=0,73 Watt/m ² hC	Δ2	U=2,46 Watt/m ² hC
O1	U=0,46 Watt/m ² hC	A1	U=3,71 Watt/m ² hC
E1	U=1,86 Watt/m ² hC	A2	U=3,48 Watt/m ² hC

Αρχικά θα πραγματοποιηθεί ο υπολογισμός των θερμικών απωλειών του Επιπέδου 1 όπου αποτελείται από το χώρο 1 που είναι το σιδερωτήριο, το χώρο 2 που είναι η αποθήκη και τους χώρους 3 και 4 που χρησιμοποιούνται δια διαφορές εργασίες. Επιπλέον, υπάρχει και ο χώρος στάθμευσής όπου δεν λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό των θερμικών απωλειών.

➤ Επίπεδο 1

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στο επίπεδο ένα δεν είναι όλοι οι χώροι θερμαινόμενοι με συνέπεια οι χώροι 3 και 4 να μην υπολογίζονται στις θερμικές απώλειες της μελέτης. Οι χώροι χρησιμοποιούνται ως χώροι στάθμευσης.

Θερμικές Απώλειες Χώρου 1: Σιδερωτήριο

Πίνακας 4: Θερμικές απώλειες επιπέδου 1- χώρου 1

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη Επιφάνεια (m ²)	Επιφάνεια Υπολογισμού (m ²)	Συντελεστής U (Watt/m ² hC)	Διαφορά θερμοκρασίας (°C)	Καθαρές Απώλειες (Watt)
T1	Δ	4,80	2,45	11,76	1	11,76	3,30	8,46	0,64	20,00	108,3
A1	Δ	1,00	1,00	1,00	1	1,00		1,00	3,71	20,00	74,20
A1	Δ	1,00	2,30	2,30	1	2,30		2,30	3,71	20,00	170,7
T1	N	4,90	2,45	12,01	1	12,01	1,00	11,01	0,64	20,00	140,9
A1	N	1,00	1,00	1,00	1	1,00		1,00	3,71	20,00	74,20
T2	A	0,70	2,45	1,72	1	1,72		1,72	0,73	10,00	12,56
E1	E	4,10	2,45	10,04	1	10,04	1,89	8,15	1,86	10,00	151,6
A1	E	0,90	2,10	1,89	1	1,89		1,89	3,71	10,00	70,12

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q ₀	803
Συνολική Προσαύξηση Z _D +Z _H	10% 80
Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού Z _H	-5
Προσαύξηση λόγω διακοπών Z _D D=803/(129.1 x 20)=0.31	15
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας	883
Απώλειες Χαραμάδων	575,0
Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου H	0,60
Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r)	0,9
Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων Z _F	1
Όγκος Χώρου V=1.00x18.00x2.45	44
Σύνολο Θερμικών Απωλειών	1458

Θερμικές Απώλειες Χώρου 2: Αποθήκη

Πίνακας 5: Θερμικές απώλειες επιπέδου 1- χώρου 2

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη Επιφάνεια (m ²)	Επιφάνεια Υπολογισμού (m ²)	Συντελεστής U (Watt/m ² hC)	Διαφορά θερμοκρασίας (°C)	Καθαρές Απώλειες (Watt)
T2	Δ	4,06	2,45	11,27	1	11,27		11,27	0,73	10,00	82,27
E1	E	10,50	2,45	25,73	1	25,73	3,78	21,95	1,86	10,00	408,3
A1	E	0,90	2,10	1,89	1	1,89		1,89	3,71	10,00	70,12
A1	E	0,90	2,10	1,89	1	1,89		1,89	3,71	10,00	70,12

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q ₀		631
Συνολική Προσαύξηση Z _D +Z _H	20%	126
Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού Z _H	0	
Προσαύξηση λόγω διακοπών Z _D D=631/(129.1x20)=0.24	20	
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας		757
Απώλειες χαραμάδων		203,0
Όγκος Χώρου V=1.00x18.00x2.45	44	
Σύνολο Θερμικών Απωλειών		960

➤ **Επίπεδο 2**

Θερμικές Απώλειες Χώρου 1: Δωμάτιο Πρωινού

Πίνακας 6: Θερμικές απώλειες επιπέδου 2 - χώρου 1

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη Επιφάνεια (m ²)	Επιφάνεια Υπολογισμού (m ²)	Συντελεστής U (Watt/m ² hC)	Διαφορά θερμοκρασίας (°C)	Καθαρές Απώλειες (Watt)
T1	B	5,65	3,00	16,95	1	16,95	3,98	12,97	0,64	20,00	166,0
A1	B	1,20	1,40	1,68	1	1,68		1,68	3,71	20,00	124,7
A2	B	1,00	2,30	2,30	1	2,30		2,30	3,48	20,00	160,1
T1	Δ	3,80	3,00	11,40	1	11,40		11,40	0,64	20,00	145,9
A1	N	1,00	2,30	2,30	1	2,30		2,30	3,71	20,00	170,7
T1	A	1,80	3,00	5,40	1	5,40		5,40	0,64	20,00	69,12
O1	O	1,00	18,00	18,00	1	18,00		18,00	0,46	20,00	165,6

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q ₀		1002
Συνολική Προσαύξηση Z _D +Z _H	20%	200
Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού Z _H	5	
Προσαύξηση λόγω διακοπών Z _D D= 1002/(150.0x20)=0.33	15	

Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας	1203
Απώλειες χαραμάδων	512.4
Όγκος Χώρου V=1.00x18.00x3.00	54
Σύνολο Θερμικών Απωλειών	1715

Θερμικές Απώλειες Χώρου 2: Κουζίνα

Πίνακας 7: Θερμικές απώλειες επιπέδου 2 – χώρου2

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη Επιφάνεια (m ²)	Επιφάνεια Υπολογισμού (m ²)	Συντελεστής U (Watt/m ² hC)	Διαφορά θερμοκρασίας (°C)	Καθαρές Απώλειες (Watt)
T1	Δ	4,60	3,00	13,80	1	13,80	4,08	9,72	0,64	20,00	124,4
A1	Δ	1,00	1,20	1,20	2	2,40		2,40	3,71	20,00	178,1
A1	Δ	1,40	1,20	1,68	1	1,68		1,68	3,71	20,00	124,7
O1	Ο	1,00	7,50	7,50	1	7,50		7,50	0,46	20,00	69,00

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q _o	496
Συνολική Προσαύξηση Z _D +Z _H	20% 99
Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού Z _H	0
Προσαύξηση λόγω διακοπών Z _D D= 496/(182.0x20)=0.14	20
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας	595
Απώλειες χαραμάδων	441.0
Όγκος Χώρου V=1.00x22.00x3.00	66
Σύνολο Θερμικών Απωλειών	1036

Θερμικές Απώλειες Χώρου 3: Καθημερινό Καθιστικό

Πίνακας 8: Θερμικές απώλειες επιπέδου 2 – χώρου 3

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη Επιφάνεια (m ²)	Επιφάνεια Υπολογισμού (m ²)	Συντελεστής U (Watt/m ² hC)	Διαφορά θερμοκρασίας (°C)	Καθαρές Απώλειες (Watt)
T1	B	5,00	6,00	30,00	1	30,00	9,27	20,73	0,64	20,00	265,3
A1	B	2,40	2,30	5,52	1	5,52		5,52	3,71	20,00	409,6
A1	B	2,50	1,50	3,75	1	3,75		3,75	3,71	20,00	278,3
O1	Ο	1,00	30,00	30,00	1	30,00		30,00	0,46	20,00	276.0

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q _o	1229
--	------

Συνολική Προσαύξηση Z_D+Z_H	25%	307
Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού Z_H	5	
Προσαύξηση λόγω διακοπών Z_D $D=1229/(432.0 \times 20)=0.14$	20	
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας		1537
Απώλειες χαραμάδων		531.2
Όγκος Χώρου $V=1.00 \times 30.00 \times 6.00$	180	
Σύνολο Θερμικών Απωλειών		2068

Θερμικές Απώλειες Χώρου 4: Γραφείο

Πίνακας 9: Θερμικές απώλειες επιπέδου 2 – χώρου 4

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη Επιφάνεια (m ²)	Επιφάνεια Υπολογισμού (m ²)	Συντελεστής U (Watt/m ² hC)	Διαφορά θερμοκρασίας (°C)	Καθαρές Απώλειες (Watt)
T1	B	3,75	3,00	11,25	1	11,25	1,68	9,57	0,64	20,00	122,5
A1	B	1,20	1,40	1,68	1	1,68		1,68	3,71	20,00	124,7
T1	A	2,95	3,00	8,85	1	8,85	1,40	7,45	0,64	20,00	95,36
A1	A	1,00	1,40	1,40	1	1,40		1,40	3,71	20,00	103,9
T1	Δ	1,80	3,00	5,40	1	5,40		5,40	0,64	20,00	69,12
O1	O	1,00	10,00	10,00	1	10,00		10,00	0,46	20,00	92,00

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q_o		608
Συνολική Προσαύξηση Z_D+Z_H	25%	122
Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού Z_H	5	
Προσαύξηση λόγω διακοπών Z_D $D=608/(86.0 \times 20)=0.35$	15	
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας		729
Απώλειες χαραμάδων		320.7
Όγκος Χώρου $V=1.00 \times 10.00 \times 3.00$	30	
Σύνολο Θερμικών Απωλειών		1050

Θερμικές Απώλειες Χώρου 5: Καθιστικό

Πίνακας 10: Θερμικές απώλειες επιπέδου 2 – χώρου 5

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη Επιφάνεια (m ²)	Επιφάνεια Υπολογισμού (m ²)	Συντελεστής U (Watt/m ² hC)	Διαφορά θερμοκρασίας (°C)	Καθαρές Απώλειες (Watt)
T1	A	3,60	3,00	10,80	1	10,80		10,80	0,64	20,00	138,2

T1	B	1,80	3,00	5,40	1	3,10	2,30	3,10	0,64	20,00	39,68
A1	B	1,00	2,30	2,30	1	2,30		2,30	3,71	20,00	170,7
O1	O	1,00	7,00	7,00	1	7,00		7,00	0,46	20,00	64,40

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q_o		413
Συνολική Προσαύξηση Z_D+Z_H	25%	103
Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού Z_H	5	
Προσαύξηση λόγω διακοπών Z_D $D=413/(206.0 \times 20)=0.10$	20	
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας		516
Απώλειες χαραμάδων		223.0
Όγκος Χώρου $V=1.00 \times 25.00 \times 3.00$	75	
Σύνολο Θερμικών Απωλειών		739

Θερμικές Απώλειες Χώρου 6: Λουτρό

Πίνακας 11:Θερμικές απώλειες επιπέδου 2 – χώρο 6

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη Επιφάνεια (m ²)	Επιφάνεια Υπολογισμού (m ²)	Συντελεστής U (Watt/m ² hC)	Διαφορά θερμοκρασίας (°C)	Καθαρές Απώλειες (Watt)
T1	A	2,80	3,00	8,40	1	8,40	1,12	7,28	0,64	22,00	102,5
A1	A	0,80	1,40	1,12	1	1,12		1,12	3,71	22,00	91,41
T1	Δ	4,80	3,00	14,40	1	14,40	1,40	13,00	0,64	22,00	183,0
A1	Δ	1,00	1,40	1,40	1	1,40		1,40	3,71	22,00	114,3
T1	A	1,00	3,00	3,00	1	3,00		3,00	0,64	22,00	42,24
O1	O	1,00	14,00	14,00	1	14,00		14,00	0,46	22,00	141,7

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q_o		675
Συνολική Προσαύξηση Z_D+Z_H	20%	135
Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού Z_H	0	
Προσαύξηση λόγω διακοπών Z_D $D= 675/(118.0 \times 20)=0.29$	20	
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας		810
Απώλειες χαραμάδων		330.7
Όγκος Χώρου $V=1.00 \times 14.00 \times 3.00$	42	
Σύνολο Θερμικών Απωλειών		1141

Θερμικές Απώλειες Χώρου 7: WC

Πίνακας 12: Θερμικές απώλειες επιπέδου 2 – χώρου 7

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμό	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη Επιφάνεια (m ²)	Επιφάνεια Υπολογισμού (m ²)	Συντελεστής U (Watt/m ² hC)	Διαφορά θερμοκρασίας (°C)	Καθαρές Απώλειες (Watt)
T1	N	2,00	3,00	6,00	1	6,00	0,98	5,02	0,64	22,00	70,68
A1	N	0,70	1,40	0,98	1	0,98		0,98	3,71	22,00	79,99
T1	Δ	0,70	3,00	2,10	1	2,10		2,10	0,64	22,00	29,57
E1	E	2,00	3,00	6,0	1	6,00		6,00	1,86	10,00	111,6

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q _o		292
Συνολική Προσαύξηση Z _D +Z _H	10%	29
Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού Z _H	-5	
Προσαύξηση λόγω διακοπών Z _D D= 292/(42.0x20)=0.35	15	
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας		321
Απώλειες χαραμάδων		154.3
Όγκος Χώρου V=1.00x4.50x3.00	14	
Σύνολο Θερμικών Απωλειών		475

Θερμικές Απώλειες Χώρου 8: Τραπεζαρία

Πίνακας 13: Θερμικές απώλειες επιπέδου 2 – χώρου 8

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη Επιφάνεια (m ²)	Επιφάνεια Υπολογισμού (m ²)	Συντελεστής U (Watt/m ² hC)	Διαφορά θερμοκρασίας (°C)	Καθαρές Απώλειες (Watt)
T1	Δ	4,50	3,00	13,50	1	13,50	1,26	12,24	0,64	20,00	156,7
A1	Δ	0,90	1,40	1,26	1	1,26		1,26	3,71	20,00	93,49
T1	N	5,60	3,00	16,80	1	16,80	1,40	15,40	0,64	20,00	197,1
A1	N	1,00	1,40	1,40	1	1,40		1,40	3,71	20,00	103,9
E1	E	2,90	3,00	8,70	1	8,70		8,70	1,86	10,00	161,8
O1	O	1,00	16,00	16,00	1	16,00		16,00	0,46	20,00	147,2

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q _o		860
Συνολική Προσαύξηση Z _D +Z _H	15%	129
Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού Z _H	-5	
Προσαύξηση λόγω διακοπών Z _D D= 860/(150.0x20)=0.29	20	
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας		989
Απώλειες χαραμάδων		305.7
Όγκος Χώρου V=1.00x18.00x3.00	54	

Σύνολο Θερμικών Απωλειών

1295

Θερμικές Απώλειες Χώρου 9: Ξενώνας

Πίνακας 14: Θερμικές απώλειες επιπέδου 2 – χώρου 9

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη Επιφάνεια (m ²)	Επιφάνεια Υπολογισμού (m ²)	Συντελεστής U (Watt/m ² hC)	Διαφορά θερμοκρασίας (°C)	Καθαρές Απώλειες (Watt)
T1	A	2,50	3,00	7,50	1	7,50	1,12	6,38	0,64	20,00	81,66
A1	A	0,80	1,40	1,12	1	1,12		1,12	3,71	20,00	83,10
O1	O	1,00	3,60	3,60	1	3,60		3,60	0,46	20,00	33,12

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q _o	198
Συνολική Προσαύξηση Z _D +Z _H	20%
Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού Z _H	0
Προσαύξηση λόγω διακοπών Z _D D=198/(34.8x20)=0.28	20
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας	237
Απώλειες χαραμάδων	145.3
Όγκος Χώρου V=1.00x3.60x3.00	11
Σύνολο Θερμικών Απωλειών	383

➤ **Επίπεδο 3**

Θερμικές Απώλειες Χώρου 1: Δωμάτιο 1

Πίνακας 15: Θερμικές απώλειες επιπέδου 3 - χώρου 1

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη Επιφάνεια (m ²)	Επιφάνεια Υπολογισμού (m ²)	Συντελεστής U (Watt/m ² hC)	Διαφορά θερμοκρασίας (°C)	Καθαρές Απώλειες (Watt)
T1	B	4,70	3,00	14,10	1	14,10	3,22	10,88	0,64	20,00	139,3
A1	B	1,40	2,30	3,22	1	3,22		3,22	3,71	20,00	238,9
T1	Δ	3,50	3,00	10,50	1	10,50		10,50	0,64	20,00	134,4
O1	O	1,00	17,00	17,00	1	17,00		17,00	0,46	20,00	156,4

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q _o	669
Συνολική Προσαύξηση Z _D +Z _H	25%
Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού Z _H	5
Προσαύξηση λόγω διακοπών Z _D D=669/(142.0x20)=0.24	20

Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας	836
Απώλειες χαραμάδων	243.0
Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου H	0.60
Όγκος Χώρου V=1.00x17.00x3.00	51
Σύνολο Θερμικών Απωλειών	1079

Θερμικές Απώλειες Χώρου 2: Λουτρό 2

Πίνακας 16: Θερμικές απώλειες επιπέδου 3 - χώρου 2

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη Επιφάνεια (m ²)	Επιφάνεια Υπολογισμού (m ²)	Συντελεστής U (Watt/m ² hC)	Διαφορά θερμοκρασίας (°C)	Καθαρές Απώλειες (Watt)
T1	N	2,70	3,00	8,10	1	8,10	0,72	7,38	0,64	22,00	103,9
A1	N	0,60	1,20	0,72	1	0,72		0,72	3,71	22,00	58,77
T1	Δ	1,40	3,00	4,20	1	4,20		4,20	0,64	22,00	59,14
O1	O	1,00	3,70	3,70	1	3,70		3,70	0,46	22,00	37,44

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q _o	259	
Συνολική Προσαύξηση Z _D +Z _H	10%	26
Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού Z _H	-5	
Προσαύξηση λόγω διακοπών Z _D D=259/(39.6x20)=0.33	15	
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας	285	
Απώλειες χαραμάδων	132.3	
Όγκος Χώρου V=1.00x4.20x3.00	13	
Σύνολο Θερμικών Απωλειών	417	

Θερμικές Απώλειες Χώρου 3: Δωμάτιο 2

Πίνακας 17: Θερμικές απώλειες επιπέδου 3 - χώρου 3

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη Επιφάνεια (m ²)	Επιφάνεια Υπολογισμού (m ²)	Συντελεστής U (Watt/m ² hC)	Διαφορά θερμοκρασίας (°C)	Καθαρές Απώλειες (Watt)
T1	B	4,70	3,00	14,10	1	14,10	3,01	11,09	0,64	20,00	142,0
A1	B	1,40	2,15	3,01	1	3,01		3,01	3,71	20,00	223,3
T1	A	5,00	3,00	15,00	1	15,00		15,00	0,64	20,00	192,0
T1	N	2,70	3,00	8,10	1	8,10	0,72	7,38	0,64	20,00	94,46
A1	N	0,60	1,20	0,72	1	0,72		0,72	3,71	20,00	53,42
O1	O	1,00	20,00	20,00	1	20,00		20,00	0,46	20,00	184,0

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q_o		889
Συνολική Προσαύξηση Z_D+Z_H	25%	222
Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού Z_H	5	
Προσαύξηση λόγω διακοπών Z_D $D=889/(166.0 \times 20)=0.27$	20	
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας		1111
Απώλειες χαραμάδων		352.0
Όγκος Χώρου $V=1.00 \times 20.00 \times 3.00$	60	
Σύνολο Θερμικών Απωλειών		1463

Θερμικές Απώλειες Χώρου 4: Λουτρό 1

Πίνακας 18: Θερμικές απώλειες επιπέδου 3 - χώρου 4

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m ²)	Αφαιρούμενη Επιφάνεια (m ²)	Επιφάνεια Υπολογισμού (m ²)	Συντελεστής U (Watt/m ² hC)	Διαφορά θερμοκρασίας (°C)	Καθαρές Απώλειες (Watt)
T1	A	2,70	3,00	8,10	1	8,10		8,10	0,64	22,00	114,0
T1	N	2,60	3,00	7,80	1	7,80	0,98	6,82	0,64	22,00	96,03
A1	N	0,70	1,40	0,98	1	0,98		0,98	3,71	22,00	79,99
T1	Δ	2,70	3,20	8,64	1	8,64		6,84	0,64	22,00	121,7
O1	O	1,00	6,50	6,50	1	6,50		6,50	0,46	22,00	65,78

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q_o		478
Συνολική Προσαύξηση Z_D+Z_H	10%	48
Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού Z_H	-5	
Προσαύξηση λόγω διακοπών Z_D $D=478/(58.0 \times 20)=0.41$	15	
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας		525
Απώλειες χαραμάδων		154.3
Απώλειες από εναλλαγές αέρα		
Όγκος Χώρου $V=1.00 \times 6.50 \times 3.00$	20	
Σύνολο Θερμικών Απωλειών		680

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι σε όλα τα επίπεδα και σε όλους τους χώρους έχουν χρησιμοποιηθεί τα κάτωθι:

Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου H	0,60
Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r)	0,9
Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων Z_r	1

Συνοψίζοντας οι συνολικές απώλειες κάθε επιπέδου παρουσιάζονται στον συγκεντρωτικό Πίνακα 21.

Πίνακας 19: Συνολικές θερμικές απώλειες τριώροφης οικίας

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΧΩΡΟΣ	ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ (WATT)
Επίπεδο 1	Χώρος 1	1458
	Χώρος 2	960
Συνολικές Απώλειες Επιπέδου 1		2418
Επίπεδο 2	Χώρος 1	1715
	Χώρος 2	1036
	Χώρος 3	2068
	Χώρος 4	1050
	Χώρος 5	739
	Χώρος 6	1141
	Χώρος 7	475
	Χώρος 8	1295
	Χώρος 9	383
Συνολικές Απώλειες Επιπέδου 2		9902
Επίπεδο 3	Χώρος 1	1079
	Χώρος 2	417
	Χώρος 3	1463
	Χώρος 4	680
Συνολικές Απώλειες Επιπέδου 3		3639
Συνολικές Απώλειες Τριώροφης Οικίας		15959

Άρα οι απώλειες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή του κατάλληλου συστήματος είναι $Q_{tot}=15959 \text{ Watt}$.

1.3. ΨΥΚΤΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΤΡΙΩΡΟΦΗΣ ΟΙΚΙΑΣ

Ψυκτικό φορτίο ορίζεται το ποσό της θερμότητας, το οποίο πρέπει να αφαιρεθεί από το κτίριο, ώστε να διατηρείται στους διάφορους χώρους η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία ή οι οποιεσδήποτε άλλες ειδικές απαιτήσεις που έχουν επιλεγεί, όταν στο εξωτερικό περιβάλλον επικρατούν οι συνθήκες σχεδιασμού θέρους (Καλογήρου, 2016).

1.3.1. ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

Οι πηγές που προσφέρουν θερμότητα σε ένα κτίριο είναι διάφορες. Για την επίτευξη όμως της θερμικής άνεσης θα πρέπει η θερμοκρασία και η υγρασία του αέρα να διατηρούνται σε συγκεκριμένα επίπεδα. Η διατήρηση των επιπέδων άνεσης πραγματοποιείται με την αφαίρεση θερμότητας και το ποσό αυτό ονομάζεται ψυκτικό φορτίο. Σκοπός είναι ο προσδιορισμός του θερμικού κέρδους και ο υπολογισμός του ψυκτικού φορτίου, από το οποίο εξαρτάται άμεσα ο υπολογισμός του εξοπλισμού ψύξης, σωληνώσεων, και αγωγών (Καλογήρου, 2016).

Αρχικά υπολογίζεται η συναγωγή της εξωτερικής δομής, δηλαδή τα κέρδη της θερμότητας που λαμβάνονται από την εξωτερική επιφάνεια της στέγης, των τοίχων

και των τζαμιών. Ο υπολογισμός των κερδών θερμότητας απολογιέται από την ακόλουθη σχέση:

$$Q = U * A * CLTDc \quad [11]$$

Όπου: Q = καθαρό θερμικό κέρδος λόγω συναγωγής (Btu/hr)
U = γενικός συντελεστής μετάδοσης θερμότητας (Btu/hft²F)
A = εμβαδόν επιφανειών (m²)
CLTDc = (διορθωμένη) διαφορά θερμοκρασίας(°F)

Ωστόσο, οι τιμές της (διορθωμένης) διαφοράς θερμοκρασίας (CLTDc) υπολογίζονται από την ακόλουθη σχέση:

$$CLTDc = [(CLTD + L_M) * K + (78 - t_R) + (t_o - 85)] * f \quad [12]$$

Όπου: CLTDc = (διορθωμένη) διαφορά θερμοκρασίας(°F)
CLTD = θερμοκρασιακή διαφορά (°F)
L_M = διόρθωση για το γεωγραφικό πλάτος και το μήνα
K = διόρθωση για το χρώμα της επιφάνειας
t_R = θερμοκρασία δωματίου (°F)
t_o = μέση εξωτερική θερμοκρασία σχεδιασμού (περιβάλλοντος) (°F)
f = διόρθωση για τον εξαερισμό οροφής (για τη στέγη μόνο)

Επιπλέον, για τζάμια η (διορθωμένη) διαφορά θερμοκρασίας (CLTDc) χρησιμοποιείται η ακόλουθη σχέση:

$$CLTDc = CLTD + (78 - t_R) + (t_o - 85) \quad [13]$$

Όπου: CLTDc = (διορθωμένη) διαφορά θερμοκρασίας(°F)
CLTD = θερμοκρασιακή διαφορά (°F)
t_R = θερμοκρασία δωματίου (°F)
t_o = μέση εξωτερική θερμοκρασία σχεδιασμού (περιβάλλοντος) (°F)

Οι συνθήκες άνεσης του καλοκαιριού ορίζουν την εσωτερική θερμοκρασία να κυμαίνεται, τις περισσότερες φορές, από 77-80 °F και η σχετική υγρασία (RH) 50%. Επιπλέον, η εξωτερική θερμοκρασία σχεδιασμού εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες, όπου ο τρόπος προσδιορισμού και τιμές αυτής για διάφορες ελληνικές πόλεις δίνονται από την βιβλιογραφία.

Ο υπολογισμός των θερμικών φορτίων κέρδους των ηλιακών τζαμιών από την ακόλουθη σχέση:

$$Q = SHGF * A * SC * CLF \quad [14]$$

Όπου: SHGF = μέγιστος παράγοντας ηλιακού θερμικού κέρδους (Btu/hft²)
A = εμβαδόν επιφανειών (m²)
SC = συντελεστής σκίασης
CLF = Παράγοντας ψυκτικού φορτίου τζαμιών

1.3.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΤΡΙΩΡΟΦΗΣ ΟΙΚΙΑΣ

Η μελέτη του απαραίτητου ψυκτικού φορτίου για την τριώροφη οικία στην Αίγινα θα πραγματοποιηθεί για τον μήνα Ιούλιο και ώρα 16:00. Ο λόγος που επιλέγονται τα προαναφερόμενα είναι διότι παρουσιάζουν τις μέγιστες τιμές με συνέπεια η μελέτη να γίνεται σύμφωνα με το δυσμενέστερο σενάριο.

Αρχικά υπολογίζονται η θερμοκρασία δωματίου T_R και η μέση εξωτερική θερμοκρασία σχεδιασμού T_o . Σύμφωνα με το TTE (Πίνακας Παραρτήματος Α: Συνθήκες Σχεδιασμού Θέρους) για την περιοχή της Αίγινας, η οποία ταυτίζεται με τις μέσες μέγιστες μηνιαίες θερμοκρασίες της Αθήνας στην περιοχή του Ελληνικού είναι: $T_R=25,00$ °C και $T_o=35,5$ °C μετατρέποντας της θερμοκρασίες σε βαθμούς Faraday που είναι απαραίτητο για τους υπολογισμούς οι θερμοκρασίες είναι $T_R=77,00$ και $T_o=95,90$ F αντίστοιχα.

Επιπλέον, τα τυπικά στοιχεία που δίνονται από τον κατασκευαστή του κτιρίου είναι οι συντελεστές μετάδοσης θερμότητας όπου καταγράφονται στην συνέχεια για κάθε τυπικό στοιχείο:

T1	$U=0,358$ Btu/hft ² F	O1	$U=0,213$ Btu/hft ² F
T2	$U=0,415$ Btu/hft ² F	A1	$U=0,61$ Btu/hft ² F

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο συντελεστής διόρθωσης L_M λαμβάνεται σύμφωνα με τον προσανατολισμό κάθε στοιχείου και ο συντελεστής διόρθωσης χρώματος K για όλες τις επιφάνειες λαμβάνεται 0,65. (Παράρτημα Α)

➤ Επίπεδο 1

Ψυκτικές Απώλειες Χώρου 1 και 2: Σιδερωτήριο και Αποθήκη

Πίνακας 20: Ψυκτικές απώλειες επιπέδου 1 - χώρου 1 και 2

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Επιφάνεια Υπολογισμών (ft ²)	Συντελεστής μετάδοσης θερμότητας U (Btu/hft ² F)	Συντελεστής διόρθωσης L_M	Συντελεστής διόρθωση Χρώματος K	Θερμοκρασία δωματίου T_R (F)	Μέση εξωτερική θερμοκρασία σχεδιασμού T_o (F)	Διόρθωση για τον εξαερισμό οροφής f	Θερμοκρασιακή διαφορά CLTD (F)	Διορθωμένη διαφορά θερμοκρασίας CLTDc (F)	Απώλειες Q (Btu/h)
Χώρος 1											
T1	Δ	91,03	0,358	0	0,65	77	95,9	1	18	23,6	769,10
T1	N	118,47	0,358	1	0,65	77	95,9	1	15	22,3	945,77
T2	A	18,51	0,415	0	0,65	77	95,9	1	23	26,85	206,22
A1	Δ	10,76	0,61	0	-	77	95,9	1	14	25,9	169,99
A1	Δ	24,75	0,61	0	-	77	95,9	1	14	25,9	390,99
A1	N	10,76	0,61	1	-	77	95,9	1	14	25,9	169,99
Χώρος 2											
T2	Δ	121,26	0,415	0	0,65	77	95,9	1	18	23,6	1187,67

Σύνολο Ψυκτικών Απωλειών Χώρου 1 2652,07Btu/h
Σύνολο Ψυκτικών Απωλειών Χώρου 2 1187,67Btu/h

➤ **Επίπεδο 2**

Ψυκτικές Απώλειες Χώρου 1: Δωμάτιο Πρωινού

Πίνακας 21: Ψυκτικές απώλειες επιπέδου 2 - χώρου 1

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Επιφάνεια Υπολογισμών (ft ²)	Συντελεστής μετάδοσης θερμότητας U (Btu/hft ² F)	Συντελεστής διόρθωσης Lm	Συντελεστής διόρθωση Χρώματος K	Θερμοκρασία δωματίου T _R (F)	Μέση εξωτερική θερμοκρασία σχεδιασμού T _o (F)	Διόρθωση για τον εξαερισμό οροφής f	Θερμοκρασιακή διαφορά CLTD (F)	Διορθωμένη διαφορά θερμοκρασίας CLTDc (F)	Απώλειες Q (Btu/h)
T1	B	139,56	0,358	0	0,65	77	95,9	1	10	18,4	919,29
T1	Δ	122,66	0,358	0	0,65	77	95,9	1	18	23,6	1036,36
T1	A	58,10	0,358	0	0,65	77	95,9	1	23	26,85	558,51
O1	O	193,68	0,213	1	0,65	77	95,9	1	48	43,75	1804,86
A1	N	24,75	0,61	-	-	77	95,9	-	14	25,9	390,99
A1	B	18,08	0,61	-	-	77	95,9	-	14	25,9	285,60

Σύνολο Ψυκτικών Απωλειών Χώρου 1 5381,61 Btu/h

Ψυκτικές Απώλειες Χώρου 2: Κουζίνα

Πίνακας 22: Ψυκτικές απώλειες επιπέδου 2 - χώρου 2

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Επιφάνεια Υπολογισμών (ft ²)	Συντελεστής μετάδοσης θερμότητας U (Btu/hft ² F)	Συντελεστής διόρθωσης Lm	Συντελεστής διόρθωση Χρώματος K	Θερμοκρασία δωματίου T _R (F)	Μέση εξωτερική θερμοκρασία σχεδιασμού T _o (F)	Διόρθωση για τον εξαερισμό οροφής f	Θερμοκρασιακή διαφορά CLTD (F)	Διορθωμένη διαφορά θερμοκρασίας CLTDc (F)	Απώλειες Q (Btu/h)
T1	Δ	104,59	0,358	0	0,65	77	95,9	1	18	23,6	883,64
O1	O	80,70	0,213	1	0,65	77	95,9	1	48	43,75	752,02
A1	Δ	25,82	0,61	-	-	77	95,9	-	14	25,9	407,99
A1	Δ	18,08	0,61	-	-	77	95,9	-	14	25,9	285,60

Σύνολο Ψυκτικών Απωλειών Χώρου 2 2329,25 Btu/h

Ψυκτικές Απώλειες Χώρου 3 και 4: Καθημερινό Καθιστικό και Γραφείο

Πίνακας 23: Ψυκτικές απώλειες επιπέδου 2 – χώρου 3 και 4

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Επιφάνεια Υπολογισμών (ft ²)	Συντελεστής μετάδοσης θερμότητας U (Btu/hft ² F)	Συντελεστής διόρθωσης Lm	Συντελεστής διόρθωση Χρώματος K	Θερμοκρασία δωματίου T _R (F)	Μέση εξωτερική θερμοκρασία σχεδιασμού T _o (F)	Διόρθωση για τον εξαερισμό οροφής f	Θερμοκρασιακή διαφορά CLTD (F)	Διορθωμένη διαφορά θερμοκρασίας CLTDC (F)	Απώλειες Q (Btu/h)
Χώρος 3											
T1	B	223,05	0,358	0	0,65	77	95,9	1	10	18,4	1469,3
O1	O	322,80	0,210	1	0,65	77	95,9	1	48	43,75	3008,1
A1	B	59,40	0,61	-	-	77	95,9	-	14	25,9	938,38
A1	B	40,35	0,61	-	-	77	95,9	-	14	25,9	637,49
Χώρος 4											
T1	B	232,60	0,358	0	0,65	77	95,9	1	10	18,4	678,31
T1	A	250,48	0,358	0	0,65	77	95,9	1	23	26,85	770,54
T1	Δ	181,55	0,358	0	0,65	77	95,9	1	18	23,6	490,91
O1	O	575,61	0,213	1	0,65	77	95,9	1	48	43,75	1002,7
A1	B	160,96	0,61	-	-	77	95,9	-	14	25,9	285,60
A1	A	134,13	0,61	-	-	77	95,9	-	14	25,9	238,00

Σύνολο Ψυκτικών Απωλειών Χώρου 3

6053,27 Btu/h

Σύνολο Ψυκτικών Απωλειών Χώρου 4

3466,04 Btu/h

Ψυκτικές Απώλειες Χώρου 5: Καθιστικό

Πίνακας 24: Ψυκτικές απώλειες επιπέδου 2 – χώρου 5

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Επιφάνεια Υπολογισμών (ft ²)	Συντελεστής μετάδοσης θερμότητας U (Btu/hft ² F)	Συντελεστής διόρθωσης Lm	Συντελεστής διόρθωση Χρώματος K	Θερμοκρασία δωματίου T _R (F)	Μέση εξωτερική θερμοκρασία σχεδιασμού T _o (F)	Διόρθωση για τον εξαερισμό οροφής f	Θερμοκρασιακή διαφορά CLTD (F)	Διορθωμένη διαφορά θερμοκρασίας CLTDC (F)	Απώλειες Q (Btu/h)
T1	A	116,21	0,358	0	0,65	77	95,9	1	23	26,85	1117,03
T1	B	33,36	0,358	0	0,65	77	95,9	1	10	18,4	219,72
O1	O	75,32	0,213	1	0,65	77	95,9	1	48	43,75	701,89
A1	B	24,75	0,61	-	-	77	95,9	-	14	25,9	390,99

Σύνολο Ψυκτικών Απωλειών Χώρου 5

2429,63 Btu/h

Ψυκτικές Απώλειες Χώρου 6 και 7: Λουτρό και WC

Πίνακας 25: Ψυκτικές απώλειες επιπέδου 2 – χώρου 6 και 7

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Επιφάνεια Υπολογισμών (ft ²)	Συντελεστής μετάδοσης θερμότητας U (Btu/hft ² F)	Συντελεστής διόρθωσης Lm	Συντελεστής διόρθωση Χρώματος K	Θερμοκρασία δωματίου T _R (F)	Μέση εξωτερική θερμοκρασία σχεδιασμού T _o (F)	Διόρθωση για τον εξαερισμό οροφής f	Θερμοκρασιακή διαφορά CLTD (F)	Διορθωμένη διαφορά θερμοκρασίας CLTDc (F)	Απώλειες Q (Btu/h)
Χώρος 6											
T1	A	78,33	0,358	0	0,65	77	95,9	1	23	26,85	752,96
T1	Δ	139,88	0,358	0	0,65	77	95,9	1	23	26,85	1344,57
T1	A	32,28	0,358	0	0,65	77	95,9	1	23	26,85	310,29
O1	O	150,64	0,213	1	0,65	77	95,9	1	48	43,75	1403,78
A1	A	12,05	0,61	-	-	77	95,9		14	25,9	190,40
A1	Δ	15,06	0,61	-	-	77	95,9		14	25,9	238,00
Χώρος 7											
T1	N	54,02	0,358	1	0,65	77	95,9	1	15	22,3	431,22
T1	Δ	22,60	0,358	0	0,65	77	95,9	1	18	23,6	190,91
A1	N	10,54	0,61	-	-	77	95,9	1	14	25,9	166,60

Σύνολο Ψυκτικών Απωλειών Χώρου 6 4239,98 Btu/h
Σύνολο Ψυκτικών Απωλειών Χώρου 7 788,53 Btu/h

Ψυκτικές Απώλειες Χώρου 8: Τραπεζαρία

Πίνακας 26: Ψυκτικές απώλειες επιπέδου 2 – χώρου 8

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Επιφάνεια Υπολογισμών (ft ²)	Συντελεστής μετάδοσης θερμότητας U (Btu/hft ² F)	Συντελεστής διόρθωσης Lm	Συντελεστής διόρθωση Χρώματος K	Θερμοκρασία δωματίου T _R (F)	Μέση εξωτερική θερμοκρασία σχεδιασμού T _o (F)	Διόρθωση για τον εξαερισμό οροφής f	Θερμοκρασιακή διαφορά CLTD (F)	Διορθωμένη διαφορά θερμοκρασίας CLTDc (F)	Απώλειες Q (Btu/h)
T1	Δ	131,70	0,358	0	0,65	77	95,9	1	18	23,6	1112,7
T1	N	165,70	0,358	1	0,65	77	95,9	1	15	22,3	1322,9
O1	O	172,16	0,213	1	0,65	77	95,9	1	48	43,75	1604,3
A1	Δ	13,56	0,61	-	-	77	95,9	-	14	25,9	214,20
A1	N	15,06	0,61	-	-	77	95,9	-	14	25,9	238,00

Σύνολο Ψυκτικών Απωλειών Χώρου 8 4492,12 Btu/h

Ψυκτικές Απώλειες Χώρου 9: Ξενώνας

Πίνακας 27: Ψυκτικές απώλειες επιπέδου 2 – χώρου 9

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Επιφάνεια Υπολογισμών (ft ²)	Συντελεστής μετάδοσης θερμότητας U (Btu/hft ² F)	Συντελεστής διόρθωσης Lm	Συντελεστής διόρθωση Χρώματος K	Θερμοκρασία δωματίου T _R (F)	Μέση εξωτερική θερμοκρασία σχεδιασμού T _o (F)	Διόρθωση για τον εξαερισμό οροφής f	Θερμοκρασιακή διαφορά CLTD (F)	Διορθωμένη διαφορά θερμοκρασίας CLTDc (F)	Απώλειες Q (Btu/h)
T1	A	68,65	0,358	0	0,65	77	95,9	1	23	26,85	659,87
O1	O	38,74	0,213	1	0,65	77	95,9	1	48	43,75	360,97
A1	A	12,05	0,61	-	-	77	95,9	-	14	25,9	190,40

Σύνολο Ψυκτικών Απωλειών Χώρου 9 1211,24 Btu/h

➤ **Επίπεδο 3**

Ψυκτικές Απώλειες Χώρου 1 και 2: Δωμάτιο 1 και Λουτρό 2

Πίνακας 28: Ψυκτικές απώλειες επιπέδου 3 - χώρου 1 και 2

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Επιφάνεια Υπολογισμών (ft ²)	Συντελεστής μετάδοσης θερμότητας U (Btu/hft ² F)	Συντελεστής διόρθωσης Lm	Συντελεστής διόρθωση Χρώματος K	Θερμοκρασία δωματίου T _R (F)	Μέση εξωτερική θερμοκρασία σχεδιασμού T _o (F)	Διόρθωση για τον εξαερισμό οροφής f	Θερμοκρασιακή διαφορά CLTD (F)	Διορθωμένη διαφορά θερμοκρασίας CLTDc (F)	Απώλειες Q (Btu/h)
Χώρος 1											
T1	B	117,07	0,358	0	0,65	77	95,9	1	10,00	18,40	771,16
T1	Δ	112,98	0,358	0	0,65	77	95,9	1	18,00	23,60	954,55
O1	O	182,92	0,213	1	0,65	77	95,9	1	48,00	43,75	1704,59
A1	B	34,65	0,61	-	-	77	95,9		14,00	25,90	547,39
Χώρος 2											
T1	N	79,41	0,358	1	0,65	77	95,9	1	15	22,3	633,95
T1	Δ	45,19	0,358	0	0,65	77	95,9	1	18	23,6	381,82
O1	O	39,81	0,213	1	0,65	77	95,9	1	48	43,75	371,00
A1	N	7,75	0,61	-	-	77	95,9		14	25,9	122,40

Σύνολο Ψυκτικών Απωλειών Χώρου 1 3977,98 Btu/h
Σύνολο Ψυκτικών Απωλειών Χώρου 2 1509,17 Btu/h

Ψυκτικές Απώλειες Χώρου 3 και 4: Δωμάτιο 2 και Λουτρό 1

Πίνακας 29: Ψυκτικές απώλειες επιπέδου 3 - χώρου 3 και 4

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Επιφάνεια Υπολογισμών (ft ²)	Συντελεστής μετάδοσης θερμότητας U (Btu/hft ² F)	Συντελεστής διόρθωσης Lm	Συντελεστής διόρθωση Χρώματος K	Θερμοκρασία δωματίου T _R (F)	Μέση εξωτερική θερμοκρασία σχεδιασμού T _o (F)	Διόρθωση για τον εξαερισμό οροφής f	Θερμοκρασιακή διαφορά CLTD (F)	Διορθωμένη διαφορά θερμοκρασίας CLTDc (F)	Απώλειες Q (Btu/h)
Χώρος 3											
T1	B	119,33	0,358	0	0,65	77	95,9	1	10	18,4	786,04
T1	A	161,40	0,358	0	0,65	77	95,9	1	23	26,85	1551,4
T1	N	79,41	0,358	1	0,65	77	95,9	1	15	22,3	633,95
O1	O	215,20	0,213	1	0,65	77	95,9	1	48	43,75	2005,4
A1	B	32,39	0,61	-	-	77	95,9		14	25,9	511,69
A1	N	7,75	0,61	-	-	77	95,9		14	25,9	122,40
Χώρος 4											
T1	A	87,16	0,358	0	0,65	77	95,9	1	23	26,85	837,77
T1	N	73,38	0,358	1	0,65	77	95,9	1	15	22,3	585,85
T1	Δ	73,60	0,358	0	0,65	77	95,9	1	18	23,6	621,82
O1	O	69,94	0,213	1	0,65	77	95,9	1	48	43,75	651,75
A1	N	10,54	0,61	-	-	77	95,9		14	25,9	166,60

Σύνολο Ψυκτικών Απωλειών Χώρου 3 5610,90 Btu/h
Σύνολο Ψυκτικών Απωλειών Χώρου 4 2863,79 Btu/h

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στους χώρους 3 και 4 στο επίπεδο ένα δεν υπολογίζεται το ψυκτικό φορτίο διότι είναι μη θερμαινόμενη χώροι. Επιπλέον, οι χώροι χρησιμοποιούνται ως χώροι στάθμευσης.

Στην συνέχεια ακολουθεί ο πίνακας 30 όπου καταγράφονται συνοπτικά οι ψυκτικές απώλειες τις οικίας όπως αυτές υπολογίσθηκαν με την παραπάνω διαδικασία.

Πίνακας 30: Ψυκτικές απώλειες τριώροφης οικίας

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΧΩΡΟΣ	ΨΥΚΤΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ	
		Btu/h	(Watt)
Επίπεδο 1	Χώρος 1	2652,07	777,24
	Χώρος 2	1187,67	348,07
Συνολικές Απώλειες Επιπέδου 1		30391,67	1125,32
Επίπεδο 2	Χώρος 1	5381,61	1577,19
	Χώρος 2	2329,25	682,64
	Χώρος 3	6053,27	1774,04
	Χώρος 4	3466,04	1015,80
	Χώρος 5	2429,63	712,05
	Χώρος 6	4239,98	1242,62
	Χώρος 7	788,53	231,10
	Χώρος 8	4492,12	1316,51
	Χώρος 9	1211,2	354,98
Συνολικές Απώλειες Επιπέδου 2		30391,67	8906,92
Επίπεδο 3	Χώρος 1	3977,98	1165,83
	Χώρος 2	1509,17	442,29
	Χώρος 3	5610,90	1644,39
	Χώρος 4	2863,79	839,29
Συνολικές Απώλειες Επιπέδου 3		13961,84	4091,81
Συνολικές Απώλειες Τριώροφης Οικίας		48193,25	14124,05

Στην συνέχεια ακολουθεί ο πίνακας με τον υπολογισμό του θερμικού κέρδους των τζαμιών τις τριώροφης οικίας. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι βασικό ρόλο παίζει ο συντελεστής σκίασης ο οποίος δίνεται από πίνακα (Παράρτημα Α) και εξαρτάται από την γωνία που σχηματίζει ο ακτινοβολία με την επίπεδη επιφάνεια. Επιπλέον, επηρεάζεται αν υπάρχουν σκέπαστρα ή κάποιος πρόβολός διότι η γωνία μεταβάλλεται ανάλογα.

Πίνακας 31: Υπολογισμός θερμικού κέρδους φορτίων στα ηλιακά τζάμια

Επίπεδο	Χώρος	Ανοίγματα	Προσανατολισμός	Επιφάνεια ft ²	Μέγιστος παράγοντας ηλιακού θερμικού κέρδους SHGF (Btu/hft ²)	Συντελεστής σκίασης SC	Παράγοντας ψυκτικού φορτίου τζαμιών CLF	Απώλειες Q (Btu/h)
1 ^ο	1	A1	Δ	10,8	216	0,63	0,82	1200,66
	1	A1	Δ	24,7	216	0,63	0,82	2761,52
	1	A1	N	10,8	109	0,93	0,35	381,76
2 ^ο	1	A1	N	24,75	109	0,93	0,35	878,05
	1	A1	B	18,08	38	0,85	0,85	496,30
	1	A2	B	24,75	38	0,85	0,85	679,46
	2	A1	Δ	25,82	216	0,63	0,82	2881,59

	2	A1	Δ	18,08	216	0,63	0,82	2017,11
	3	A1	B	59,40	38	0,85	0,85	1630,70
	3	A1	B	40,35	38	0,85	0,85	1107,81
	4	A1	B	18,08	38	0,85	0,85	496,30
	4	A1	A	15,06	216	0,63	0,17	348,48
	5	A1	B	24,75	38	0,85	0,85	679,46
	6	A1	A	12,05	216	0,63	0,17	278,79
	6	A1	Δ	15,06	216	0,63	0,82	2481,37
	7	A1	N	10,54	109	0,93	0,35	374,12
	8	A1	Δ	13,56	216	0,63	0,82	1512,83
	8	A1	N	15,06	109	0,93	0,35	534,46
	9	A1	A	12,05	216	0,63	0,17	278,79
3°	1	A1	B	34,65	38	0,85	0,85	951,24
	2	A1	N	7,75	109	0,93	0,35	274,87
	3	A1	B	32,39	38	0,85	0,85	889,20
	3	A1	N	7,75	109	0,93	0,35	274,87
	4	A1	N	10,54	109	0,93	0,35	374,12
Σύνολο								23783,84

Άρα από τον Πίνακα 31 προκύπτει το καθαρό θερμικό κέρδος από τα ηλιακά τζάμια που είναι **$Q_a=23783,84$ Btu/h** και με την μετατροπή που απαιτείται **$Q_a=6970,36$ Watt**.

Ωστόσο, σύμφωνα με του υπολογισμούς που πραγματοποιήθηκαν οι απώλειες ψύξης του τριώροφου κτιρίου είναι **$Q=48193,25$ Btu/h** και με την μετατροπή **$Q=14124,05$ Watt**. Άρα οι συνολικές απώλειες που λαμβάνονται υπόψη και το καθαρό θερμικό κέρδος από τα ηλιακά τζάμια είναι **$Q_{tot}=71977,09$ Btu/h** και με την μετατροπή που απαιτείται για την επιλογή του εξοπλισμού **$Q_{tot}=21094,41$ Watt**.

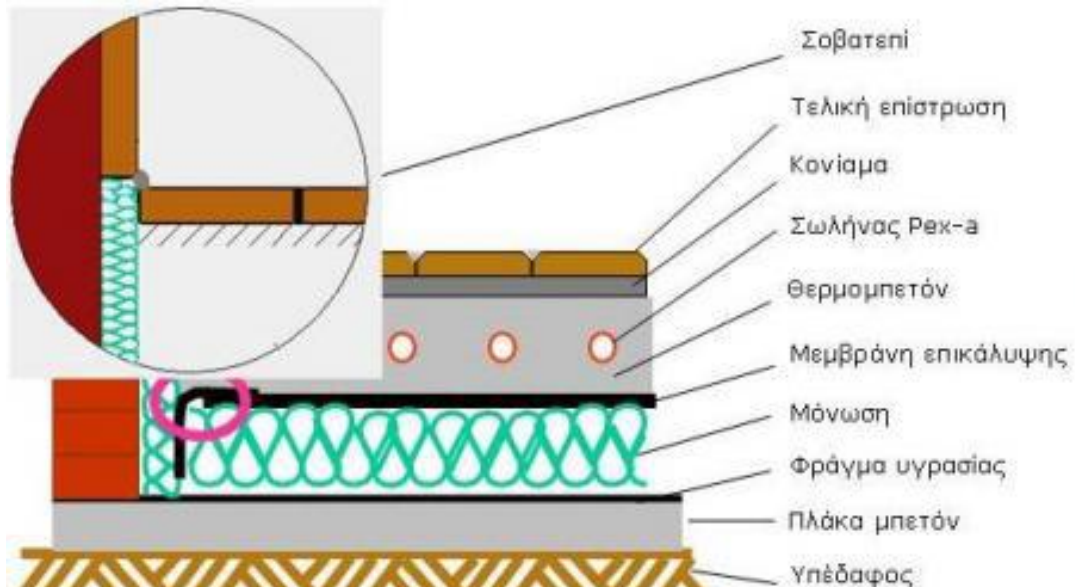
1.4. ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας τα θερμαντικά σώματα και κατ' επέκταση οι μονάδες κλιματισμού αντικαθίστανται με ενδοδαπέδιες εγκαταστάσεις. Με την ενδοδαπέδια εγκατάσταση το στοιχείο που αποδίδει τη θερμότητα και τη ψύξη στο χώρο είναι το δάπεδο του χώρου το οποίο θερμαίνεται ή ψύχεται αντίστοιχα, με τις σωληνώσεις, οι οποίες έχουν τοποθετηθεί στο εσωτερικό αυτού και κυκλοφορεί το νερό σε συγκεκριμένες θερμοκρασίες. Τα βασικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζονται με την ενδοδαπέδια εγκατάσταση είναι η μεγάλη θερμική άνεση διότι η θερμοκρασία στον χώρο κατανέμεται σχεδόν ιδανικά. Επιπλέον, παρουσιάζεται μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας και φιλικότητα προς το περιβάλλον, ιδιαίτερα στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται οι ΑΠΕ. Ένα ακόμα πλεονέκτημα είναι η καλαισθησία του χώρου αφού δεν απαιτούνται θερμαντικά και ψυκτικά σώματα.

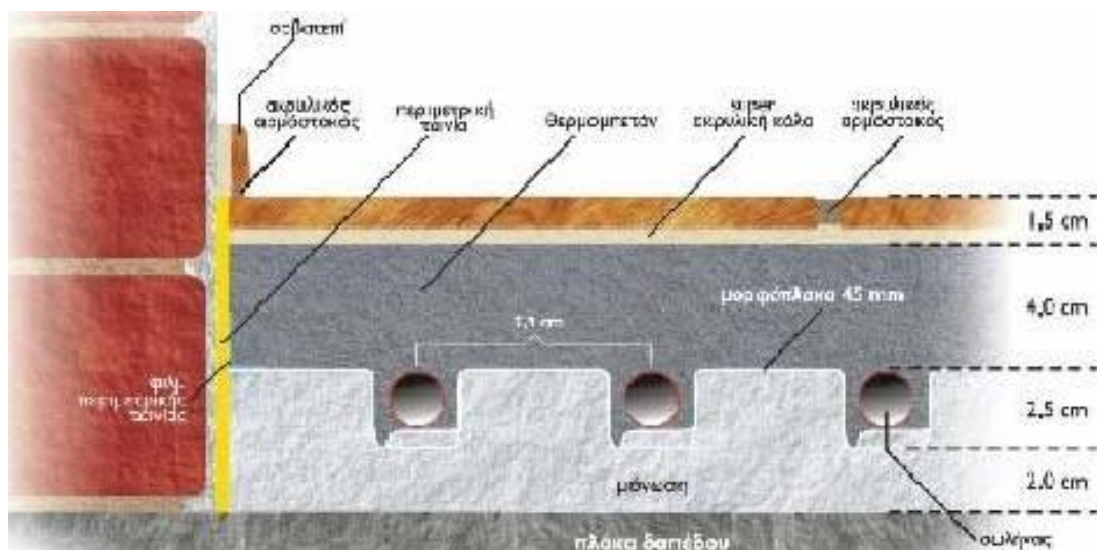
Η θερμοκρασία του δαπέδου δεν εξαρτάται μόνο από την ποιότητα της ενδοδαπέδιας εγκατάστασης, η οποία παίζει σημαντικό ρόλο, αλλά και από την ελάχιστη (χειμώνα) και μέγιστή (καλοκαίρι) εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος. Οι προαναφερόμενες θερμοκρασίες σε συνδυασμό με τις επιφάνειες της

εγκατάστασης εξασφαλίζουν την βέλτιστη και ανώτερη κλιματιστική κατάσταση του χώρου.

Στο Σχήμα 1 και 2 διακρίνονται οι τομές του δαπέδου με ενδοδαπέδια εγκατάσταση.



Σχήμα 1: Ενδοδαπέδιας εγκατάσταση, τομή δαπέδου Α
[Πηγή: Τζιούμας, 2012]



Σχήμα 2: Ενδοδαπέδιας εγκατάσταση, τομή δαπέδου Β
[Πηγή: Τζιούμας, 2012]

Αυτό που παρατηρείται από τα Σχήματα 1 και 2 είναι ότι στο πάνω μέρος της πλάκας του οπλισμένου σκυροδέματος τοποθετείται μονωτικό υλικό, το οποίο έχει τέτοιο πάχος ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του κανονισμού θερμομόνωσης κτιρίων. Ακολουθεί η τοποθέτηση ενός φύλλο πολυαιθυλενίου (νάιλον) πάχους 0,3

έως 0,5 mm για φράγμα υδρατμών, ένα δομικό πλέγμα, κατάλληλα στηρίγματα για να στερεωθεί ο σωλήνας ο οποίος είναι πλεγμένος σε σχήμα είτε ζιγκ ζαγκ είτε μαιάνδρου. Έπειτα τοποθετείται γαρμπιλοσκυρόδεμα ορισμένης σύνθεσης χονδρόκοκκης άμμου (0 έως 4 mm), λεπτόκοκκος γαρμπιλίος (έως 8mm), τσιμέντο, νερού και ένας πλαστικοποιητής. Στο τέλος, η ενδοδαπέδια εγκατάσταση επενδύεται με την επιθυμητή δαπεδόστρωση του χώρου (Τζιούμας, 2012).

1.4.1. ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Η μελέτη των ενδοδαπέδιων εγκαταστάσεων συνήθως πραγματοποιούνται σύμφωνα με την μεθοδολογία DIN 4701 και τις 2421/86 (μέρος 1 & 2) και 2427/86 ΤΟΤΕΕ.

Αρχικά θεωρείται ότι υπάρχει η ίδια θερμοκρασιακή πτώση νερού για όλα τα κυκλώματα. Επιπλέον, η εξισορρόπηση των τριβών στα κυκλώματα επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ρυθμιστικών βαλβίδων. Ακολουθούν οι υπολογισμοί στα κυκλώματα όπου γίνεται χρήση των παρακάτω βασικών σχέσεων:

Εξίσωση συνέχειας

$$Q = A * V \quad [15]$$

και

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad [16]$$

Όπου: Q= παροχή (m³/h)
D= εσωτερική διάμετρος (m)
V= μέση ταχύτητα (m/s)

Εξίσωση Darcy

$$J = \frac{\Delta h}{L} = \frac{\lambda}{D} * \frac{V^2}{2 * g} \quad [17]$$

Όπου: J= απώλειες πίεσης ανά μονάδα μήκους (m/m)
Δh= απώλειες πίεσης (m)
L= μήκος αγωγού σε m
λ= συντελεστής τριβής
D= εσωτερική διάμετρος (m)
V= μέση ταχύτητα (m/s)
g= επιτάχυνση της βαρύτητας (m/sec²)

Εξίσωση Colebrook

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{k}{3,7D} + \frac{2,51}{Re * \sqrt{\lambda}} \right) \quad [18]$$

Όπου: λ = συντελεστής τριβής
 k = απόλυτη τραχύτητα σωλήνα (mm)
 D = εσωτερική διάμετρος (mm)
 Re = αριθμός Reynolds

Εξίσωση Reynolds

$$Re = \frac{V * D}{\nu} \quad [19]$$

Όπου: Re = αριθμός Reynolds
 V = μέση ταχύτητα (m/s)
 D = εσωτερική διάμετρος (m)
 ν = ιξώδες νερού (m²/sec)

Οι υπολογισμοί των μεγεθών των κυκλωμάτων δαπεδοθέρμανσης γίνονται με τη βοήθεια των σχέσεων που καταγράφονται στην συνέχεια. Η πυκνότητα θερμοροής υπολογίζεται συμφώνα με την σχέση:

$$q_{fb} = Q_n / A_{fb} \quad [20]$$

Όπου: q_{fb} = πυκνότητα θερμοροής προς τα πάνω (W/m²)
 Q_n = θερμικό φορτίο χωρίς απώλειες δαπέδου (W)
 A_{fb} = επιφάνεια δαπέδου (m²)

Η μέση θερμοκρασία της επιφάνειας του εδάφους υπολογίζεται από την σχέση:

$$t_{fb} = (q_{fb} / a_{ges}) + t_i \quad [21]$$

Όπου: t_{fb} = μέση θερμοκρασία επιφάνειας δαπέδου (°C)
 q_{fb} = πυκνότητα θερμοροής προς τα πάνω (W/m²)
 a_{ges} = συντελεστής μετάβασης θερμότητας για θερμάνσεις επιφανειών (W/m²K)
 t_i = θερμοκρασία χώρου (°C)

Η απόσταση σωλήνων υπολογίζεται από την σχέση:

$$R_A = d_a + \left(\frac{2}{m} * ar * cosh * z \right) \quad [22]$$

και όπου:

$$Z = \frac{2}{3 * \left(\frac{a_c}{K_c} \right) * (t_{fb} - t_l) + 2 * K_b * (t_l - t_a) - (t_h - t_l)} \quad [23]$$

$$m = 0,45 * \nu * \left(\frac{K_b + K_c}{\lambda_b * d_a} \right) \quad [24]$$

Όπου: R_A = απόσταση σωλήνων (m)
 t_{fb} = μέση θερμοκρασία επιφάνειας δαπέδου (°C)
 t_a = θερμοκρασία χώρου κάτωθεν θερμαινομένου (°C)

t_h = θερμοκρασία θερμαντικού μέσου ($^{\circ}\text{C}$)

t_i = θερμοκρασία χώρου ($^{\circ}\text{C}$)

k_c = συντελεστής μετάβασης θερμότητας από την πάνω ακμή του σωλήνα έως την πάνω πλευρά του δαπέδου ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)

k_b = συντελεστής μετάβασης θερμότητας από την κάτω ακμή του σωλήνα έως την κάτω πλευρά του δαπέδου ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)

d_a = διάμετρος σωλήνα (m)

λ_b = συντελεστής θερμοαγωγιμότητας του υλικού μεταξύ των σωλήνων (W/mK)

Ο συντελεστής μετάβασης θερμότητας από την πάνω ή την κάτω ακμή του σωλήνα έως την πάνω πλευρά του δαπέδου υπολογίζεται από τις ακόλουθες σχέσεις:

$$K_b = \frac{K_b}{K_b + K_c} \quad [25]$$

$$K_c = \frac{K_c}{K_b + K_c} \quad [26]$$

Όπου:

k_c = συντελεστής μετάβασης θερμότητας από την πάνω ακμή του σωλήνα έως την πάνω πλευρά του δαπέδου ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)

k_b = συντελεστής μετάβασης θερμότητας από την κάτω ακμή του σωλήνα έως την κάτω πλευρά του δαπέδου ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)

Το μήκος των σωλήνων υπολογίζεται από την σχέση:

$$l = \frac{100}{(R_A * 100)} * A_{fb} \quad [27]$$

Όπου: l = μήκος του σωλήνα στο κύκλωμα (m)

A_{fb} = επιφάνεια δαπέδου (m^2)

R_A = απόσταση σωλήνων (m)

Ωστόσο, θα πρέπει να υπολογιστούν και οι τριβές που υπάρχουν στα εξαρτήματα του κάθε κυκλώματος δικτύου. Τα εξαρτήματα μπορεί να είναι είτε κάποιες γωνίες, είτε ταφ είτε κρουνοί κ.ά.. Οι τριβές υπολογίζονται από την ακόλουθη σχέση:

$$J = \frac{1}{2} * \Sigma \zeta * \rho * u^2 \quad [28]$$

Όπου: $\Sigma \zeta$ = συνολική αντίσταση των εξαρτημάτων του κλάδου

ρ = πυκνότητα νερού (Kg/m^3)

u = ταχύτητα ρευστού (m/sec)

1.4.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών στα κυκλώματα και τις κεντρικές στήλες παρουσιάζονται σε Πίνακες 38. Ωστόσο, για την εύκολη ανάγνωση αυτών θα πρέπει

να σημειώσει ότι κάθε γραμμή αντιστοιχεί σε κύκλωμα κάποιας στήλης και συμβολίζεται με τον α/α της στήλης και του κυκλώματος παρεμβάλλοντας τελεία «.» (π.χ. 1.2 σημαίνει στήλη 1, κύκλωμα 2). Επιπλέον, οι κεντρικές στήλες συμβολίζονται απλά με έναν α/α, π.χ. 1 για την στήλη 1, 2 για την στήλη 2 κ.ο.κ. τα τμήματα σωλήνων που συνδέουν δύο στήλες δίνονται με τους αριθμούς των στηλών παρεμβάλλοντας παύλα «-», π.χ. 1-2.

Αρχικά δίνονται τα στοιχεία του δικτύου τα οποία είναι τα ακόλουθα:

- Θερμοκρασία νερού προσαγωγής: 45° C
- Τύπος σωλήνων κεντρικής στήλης: χαλκοσωλήνες
- Τραχύτητα σωλήνων κεντρικής στήλης: 45μm
- Τύπος σωλήνων κυκλώματος: πλαστικοί
- Τραχύτητα σωλήνων κυκλωμάτων: 6μm
- Απόσταση σωλήνων RA: 33cm
- Σζ εξαρτημάτων κεντρικών σωλήνων: 1,5

Ακολουθούν οι υπολογισμοί των σωληνώσεων της ενδοδαπέδιας εγκατάστασης για κάθε ένα επίπεδο (Πίνακας 32) καθώς και ο πραγματοποιείται ο υπολογισμός των μεγεθών της ενδοδαπέδιας εγκατάστασης για κάθε επίπεδο (Πίνακας 33).

Πίνακας 32: Σωλήνες ενδοδαπέδιας εγκατάστασης επιπέδου1

Αριθμός κυκλώματος	Μήκος σωλήνων κυκλώματος (m)	Μήκος σωλήνων πρ. & επιστ. κυκλώματος (m)	Μήκος σωλήνων (m)	Φορτίο Κυκλώματος (Kwatt)	Πτώση Θερμ.οκρασίας (°C)	Παροχή νερού (m ³ /h)	Διάμετρος σωλήνων (mm)	Ταχύτητα νερού (m/s)	Τριβές Εξαρτημάτων (mΥΣ)	Στραγγαλισμός (mΥΣ)	Τριβές σωλήνων (mΥΣ)	Ολικές τριβές (mΥΣ)
Επίπεδο 1												
2.1	75,00	12	87,00	0,801	17,22	0,040	Φ18	0,072	0,002	0,988	0,085	1,075
2.2	47,50	8	55,50	0,809	16,86	0,041	Φ18	0,075	0,002	1,016	0,057	1,075
2.3	47,00	12	59,00	0,385	24,89	0,013	Φ18	0,024	0,000	1,065	0,009	1,075
2.4	70,00	10	80,00	0,640	32,20	0,017	Φ18	0,031	0,000	1,056	0,019	1,075
1&2			0,50	2,635		0,111	DN18	0,144	0,002		0,001	0,003
1			25	15,88		0,944	DN28	0,486	0,018		0,290	0,308
Επίπεδο2												
3.1	60,00	24	84,00	0,881	4,473	0,170	Φ18	0,306	0,029		0,968	0,997
3.2	84,00	20	104,00	0,881	17,35	0,044	Φ18	0,079	0,002	0,877	0,118	0,997
3.3	95,00	15	110,00	1,106	26,91	0,035	Φ18	0,064	0,001	0,908	0,088	0,997
3.4	80,00	15	95,00	0,820	18,08	0,039	Φ18	0,071	0,002	0,906	0,089	0,997
3.5	80,00	10	90,00	1,388	15,81	0,076	Φ18	0,137	0,006	0,733	0,258	0,997
3.6	80,00	20	100,00	0,777	19,75	0,034	Φ18	0,061	0,001	0,922	0,074	0,997
3.7	95,00	12	107,00	0,801	33,16	0,021	Φ18	0,038	0,000	0,961	0,035	0,997

3.8	78,00	12	90,00	0,932	9,128	0,088	Φ18	0,159	0,008	0,655	0,334	0,997
3.9	33,00	8	41,00	0,394	9,128	0,037	Φ18	0,067	0,001	0,960	0,035	0,997
3.10	60,00	8	68,00	0,574	20,21	0,024	Φ18	0,044	0,001	0,967	0,029	0,997
3.11	50,00	8	58,00	0,854	16,33	0,045	Φ18	0,081	0,002	0,926	0,069	0,997
3.12	37,50	14	51,50	0,409	28,34	0,012	Φ18	0,022	0,000	0,989	0,007	0,997
1&3			0,50	9,817		0,625	DN28	0,322	0,008		0,003	0,011
1			6,00	13,25		0,833	DN28	0,429	0,014		0,056	0,070
Επίπεδο 3												
1.1	70,00	8	78,00	1,152	17,09	0,058	Φ18	0,105	0,003	0,812	0,143	0,958
1.2	27,00	8	35,00	0,323	8,678	0,032	Φ18	0,058	0,001	0,933	0,024	0,958
1.3	40,00	12	52,00	0,427	16,32	0,023	Φ18	0,041	0,001	0,938	0,020	0,958
1.4	70,00	12	82,00	1,135	17,57	0,056	Φ18	0,100	0,003	0,815	0,140	0,958
1.5	33,00	12	45,00	0,394	8,678	0,039	Φ18	0,071	0,002	0,914	0,042	0,958
1			6,00	3,431		0,208	DN18	0,270	0,006		0,045	0,050
1.1	70,00	8	78,00	1,152	17,09	0,058	Φ18	0,105	0,003	0,812	0,143	0,958

Πίνακας 33: Μέγεθος ενδοδαπέδιας εγκατάστασης

Αριθμός Κυκλωμάτων	Θερμαινόμενος Χώρος	Φορτίο Χώρου (kWatt)	Επιφάνεια Δαπέδου (m ²)	Θερμοκρασία Χώρος (°C)	Θερμοκρασία κάτω Χώρου(°C)	Συντελεστής θερμοπερατότητας πάνω (m ² Κ/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας κάτω (m ² Κ/W)	Πυκνότητα θερμορροής (Mcal/h/m ²)	Μέση θερμοκρασία δαπέδου (°C)	Υπολειπόμενη θερμική Ισχύ (Kwatt)	Απόσταση σωλήνων RA (cm)	Πυκνότητα θερμορροής προς τα Κάτω (Kwatt/m ²)
Επίπεδο 1												
2.1	0,011	0,750	7,50	20	20	0,05	0,50	0,100	29,21		10	0,007
2.2	0,012	0,758	9,50	20	20	0,05	0,50	0,080	27,56		20	0,005
2.3	0,021	0,360	4,70	20	20	0,05	0,50	0,077	27,29		10	0,005
2.4	0,022	0,600	14,00	20	20	0,05	0,50	0,043	24,30		20	0,003
Επίπεδο 2												
3.1	2,011	0,825	6,00	20	20	0,05	0,50	0,138	32,21		10	0,009
3.2	2,012	0,825	8,40	20	20	0,05	0,50	0,098	29,07		10	0,007
3.3	2,02	1,036	19,00	20	20	0,05	0,50	0,055	25,36		20	0,004
3.4	2,031	0,768	8,00	20	20	0,05	0,50	0,096	28,89		10	0,007
3.5	2,032	1,300	16,00	20	20	0,05	0,50	0,081	27,68		20	0,005
3.6	2,04	1,050	8,00	20	20	0,05	0,50	0,131	31,71	0,323	10	0,006
3.7	2,05	0,750	19,00	20	20	0,05	0,50	0,039	23,98		20	0,003
3.8	2,06	1,141	7,80	22	20	0,05	0,50	0,146	34,66	0,274	10	0,008

3.9	2,07	0,475	3,30	22	20	0,05	0,50	0,144	34,48	0,108	10	0,008
3.10	2,081	0,537	6,00	20	20	0,05	0,50	0,090	28,36		10	0,006
3.11	2,082	0,800	10,00	20	20	0,05	0,50	0,080	27,57		20	0,005
3.12	2,09	0,383	7,50	20	20	0,05	0,50	0,051	25,05		20	0,003
Επίπεδο 3												
1.1	3,01	1,079	14,00	20	20	0,05	0,50	0,077	27,33		20	0,005
1.2	3,02	0,417	2,70	22	20	0,05	0,50	0,154	35,28	0,117	10	0,008
1.3	3,031	0,400	4,00	20	20	0,05	0,50	0,100	29,21		10	0,007
1.4	3,032	1,063	14,00	20	20	0,05	0,50	0,076	27,23		20	0,005
1.5	3,04	0,680	3,30	22	20	0,05	0,50	0,206	39,05	0,313	10	0,008

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα πραγματοποιείται η εκλογή της αντλίας θερμότητας, ο υπολογισμός του κυκλοφορητή καθώς και ο υπολογισμός τους ασφαλιστικού καπνοδόχου.

Εκλογή Αντλία θερμότητας

Συνολικό θερμικό φορτίο:	$Q_{ολ}=15,90 \text{ kWatt}$
Συντελεστής προσαύξησης:	$z=0,25$
Θερμική ισχύς αντλία θερμότητας:	$Q_o=19,85 \text{ kWatt}$
Θερμαντική ικανότητα αντλίας θερμότητας:	$17+9 \text{ kWatt}$

Υπολογισμός κυκλοφορητή

Παροχή νερού:	$0,94 \text{ m}^3/\text{h}$
Τριβές δικτύου:	1,386
Τριβές λέβητα:	0,1
Τριβές διόδου:	0,25
Τριβές βαλβίδας αντεπιστροφής:	0,2
Λοιπές τριβές:	
Μανομετρικό ύψος Μ.Υ.Σ:	1,94
Τύπος κυκλοφορητή:	WILO RS 30/70
Μέγεθος:	95x142x244 mm
Παροχή:	$5,1 \text{ m}^3/\text{h}$
Μανομετρικό ύψος:	5,9 ΜΣΥ
Ισχύς κινητήρα:	47 Watt
Ηλεκτρικά δεδομένα:	0,65A – 220V- 2300n

Υπολογισμός Ασφαλιστικού – καπνοδόχου

Επιλογή κλειστού δοχείου διαστολής	
Θερμοκρασία προσαγωγής νερού t_v :	$45,00 \text{ }^\circ\text{C}$
Θερμοκρασία επιστροφής νερού t_r :	$28,18 \text{ }^\circ\text{C}$
Μέση Θερμοκρασία Λειτουργίας $t_m=(t_v+t_r)/2$:	$36,59 \text{ }^\circ\text{C}$
Στατική πίεση εγκατάστασης P_A :	0,8 bar
Τελική πίεση εγκατάστασης $P_E=P_A+0.7$:	1,5 bar
Συντελεστής διαστολής A_f :	0,01
Συντελεστής προσαύξησης περιεχομένου νερού:	60 %
Περιεχόμενο νερό στο σύστημα V_s :	512,46

Διαστολή του νερού $V_A=A_f \times V_s$:	4,05
Ελάχιστος όγκος δοχ. διαστολής $V_N=(P_E+1) \times V_A/(P_E-P_A)$:	14,46
Εκλέγεται κλειστό δοχείο διαστολής:	18
Χωρητικότητα δοχείου διαστολή:	18 lt/3 bar
Επιλέγεται βαλβίδα ασφαλείας:	1/2"
Ονομαστική πίεση βαλβίδας ασφαλείας $P_{BA}=P_A+1.6$:	3,5 bar

1.4.3. Τεχνική περιγραφή ενδοδαπέδιας εγκατάσταση

Για την μελέτη που πραγματοποιήθηκε λήφθηκε υπόψη επιθυμητή θερμοκρασία θερμαινόμενων χώρων ίση με 20°C. Καθώς επίσης και η θερμικές και ψυκτικές απώλειες που υπολογίσθηκαν στην αρχή του Κεφαλαίου.

Κατά τον υπολογισμό των θερμικών και ψυκτικών απωλειών δεν ελήφθηκαν υπόψη οι απώλειες από τα δάπεδα. Η θερμοκρασία προσαγωγής του νερού θα είναι ίση με $t=45^{\circ}\text{C}$. Επιπλέον, η θέρμανση και η ψύξη αντίστοιχα των χώρων γίνεται με το σύστημα της κεντρικής θέρμανσης/ψύξης με εξαναγκασμένη κυκλοφορία ζεστού/κρύου νερού με την βοήθεια κυκλοφορητή. Η διανομή του φορέα θερμότητας γίνεται από κάτω με διπλή γραμμή. Σημειώνεται ότι για την λειτουργία της ενδοδαπέδιας εγκατάστασης χρησιμοποιείται γεωθερμική αντλία θερμότητας.

Στην συνέχεια παρουσιάζεται αναλυτικά ο εξοπλισμός που απαιτείται για την λειτουργία της ενδοδαπέδιας εγκατάστασης και είναι ο ακόλουθος:

➤ *Αντλία θερμότητας:*

Για την τροφοδοσία της εγκαταστάσεως κεντρικής θέρμανσης προβλέπεται η τοποθέτηση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας νερού, αεριαυλωτού, αντιθλίψεως κατάλληλου για καύση πετρελαίου. Η προσαύξηση για την κάλυψη των απωλειών της αντλίας θερμότητας, σωληνώσεων και για την επιτάχυνση της έναρξης λειτουργίας πάρθηκε ίση με $Z=0,25$. Έτσι απαιτείται αντλία θερμότητας συνολικής ισχύος ίσης με $Q=19,850 \text{ kWatt}$. Η γεωθερμική αντλία θερμότητας που είναι τύπου NIBE FIGHTER 1140, με θερμική και ηλεκτρική ισχύ $17 + 9 \text{ kWatt}$ $3,8 \text{ kWatt}$ αντίστοιχα, τάση λειτουργίας 400V και διαστάσεις 1030mmx600mmx625mm. Τονίζεται ότι το μηχάνημα θα έχει πιστοποιητικό διασφάλισης ποιότητας EN ISO 9001.

➤ *Κυκλοφορητής:*

Στο λεβητοστάσιο για την αναγκαστική κυκλοφορία του ζεστού νερού τοποθετείται στον κεντρικό σωλήνα προσαγωγής νερού κυκλοφορητής. Αυτός αποτελείται από φυγόκεντρο αντλία ζευγμένη στον ίδιο άξονα του ηλεκτροκινητήρα, μέσω ελαστικού συνδέσμου. Ο ηλεκτροκινητήρας είναι στεγανού τύπου μονοφασικός 220 V/50 Hz. Η λειτουργία του κυκλοφορητή είναι αθόρυβη και χωρίς κραδασμούς, εγκαθίσταται δε στους σωλήνες με την βοήθεια φλαντζών. Ακόμα, ο κυκλοφορητής είναι υδρολίπαντος, κατάλληλος για κυκλοφορία νερού θερμοκρασίας ως και 120°C και πίεση 6 bar. Ο κυκλοφορητής πρέπει να έχει παροχή ίση με 0.944 m³/h. Επίσης, θα πρέπει να έχει μονομετρικό ύψος (H) ίσο με 1.936 ΜΥΣ.

Σύμφωνα με τα προαναφερόμενα προτείνεται κυκλοφορητής τύπου WILO RS 30/70, με διαστάσεις 95 x 142 x 244 (mm), παροχή ίση με 5.1 m³/h, μανομετρικό ύψος 5.9 Μ.Υ.Σ., ισχύς 47 W και ηλεκτρικά δεδομένα 0.65A – 220V – 2300n.

➤ *Δοχείο διαστολής:*

Το δίκτυο κεντρικής θέρμανσης ασφαρίζεται με κλειστό δοχείο διαστολής, τοποθετούμενο στην επιστροφή του ζεστού νερού. Αυτό θα τοποθετηθεί με κατάλληλα στηρίγματα στο δάπεδο του μηχανοστασίου. Το δοχείο διαστολής που εκλέγεται είναι REFLEX N 18 και έχει χωρητικότητα ίση με 18 lit.

➤ *Θερμαντικά κυκλώματα δαπέδου*

Για την τοποθέτηση των σωλήνων της ενδοδαπέδιας εγκατάστασης θα ακολουθηθεί συγκεκριμένη διαδικασία. Αρχικά, πάνω στη πλάκα του δαπέδου απλώνεται ένα μονωτικό υλικό σε τέτοιο πάχος, ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του κανονισμού θερμομόνωσης κτιρίων. Στη συνέχεια και προς τα πάνω τοποθετούνται τα ακόλουθα:

- Ένα φύλλο πολυαιθυλαινίου πάχους 0.4 mm για φράγμα υδρατμών.
- Κατάλληλα στηρίγματα για να στερεωθεί σε αυτό ο σωλήνας.
- Ο σωλήνας «πλεγμένος» σε σχήμα κοχλία (σαλιγκαριού όπως συνηθίζεται να λέγεται).
- Ένα γαρμπιλόδεμα ορισμένης σύνθεσης χονδρόκοκκης άμμου (0-4 mm) λεπτόκοκκου γαρμπιλίου (έως 8 mm), τσιμέντου, νερού και ενός πρόσθετου πλαστικοποιητή (γαλακτώματος).
- Επένδυση με την επιθυμητή δαπεδόστρωση του χώρου, π.χ. (πλακάκι, μάρμαρο, ξύλινο παρκέτο κλπ.)

➤ *Σωλήνες τροφοδοσίας*

Τα οριζόντια τμήματά τους θα παρουσιάζουν κλίση 1/100 έως 5/100. Τα τμήματα των σωλήνων που βρίσκονται μέσα στο δάπεδο, ή αυτά που διέρχονται από τις πλάκες των ορόφων θα περιτυλιχθούν με ειδικό ρυτιδωτό χαρτί. Στην αρχή κάθε κατακόρυφης στήλης θα τοποθετηθεί βάννα με κρουνό κένωσης ανάλογης διαμέτρου.

Όλες οι σωληνώσεις προσαγωγής και επιστροφής νερού που βρίσκονται σε μη θερμαινόμενους χώρους, θα μονωθούν για την αποφυγή απωλειών θερμότητας. Η μόνωση των σωλήνων θα γίνει με μονωτικούς σωλήνες τύπου Armaflex, πάχους εξαρτώμενου από την θερμοκρασία του νερού και την διάμετρο του σωλήνα.

➤ *Μηχανοστάσιο*

Οι διαστάσεις του μηχανοστασίου θα πρέπει να είναι σύμφωνες με τις προδιαγραφές. Ακόμα, για την επάρκεια λήψης αέρα, απαιτείται για το μηχανοστάσιο παράθυρο ή άνοιγμα κατάλληλων διαστάσεων. Θα φωτίζεται επαρκώς και τα νερά θα αποχετεύονται.

➤ *Δοκιμή*

Μετά τη αποπεράτωση του δικτύου των σωληνώσεων και πριν από την τοποθέτηση των σωλήνων δαπεδοθέρμανσης θα τεθεί το δίκτυο υπό υπερπίεση 8 ατμοσφαιρών για τρεις συνεχείς ώρες.

Εφόσον δεν παρουσιαστεί καμία διαρροή, θα τοποθετηθούν οι σωλήνες δαπεδοθέρμανσης. Θα γεμίσει με νερό, θα κλείσουν τα ελεύθερα άκρα των σωλήνων και θα τεθεί το δίκτυο με υπερπίεση 4 ατμοσφαιρών μετρούμενων στο Μηχανοστάσιο επί δύο συνεχείς ώρες. Σε περίπτωση κάποιας διαρροής, η οποία μπορεί να διαπιστωθεί εύκολα από την πτώση πίεσης που σημειώνεται στο μανόμετρο, θα επισκευαστεί η σχετική ατέλεια, θα αντικατασταθούν τα ελαττωματικά εξαρτήματα και η δοκιμή θα επαναληφθεί.

Στη συνέχεια θα τεθεί η εγκατάσταση σε λειτουργία υπό συνθήκες πλήρους θέρμανσης, θα ρυθμιστούν οι βαλβίδες ρύθμισης για την εξισορρόπηση των πτώσεων πίεσης των θερμαντικών κυκλωμάτων, και κατόπιν θα αφεθεί να ψυχρανθεί με παράλληλο έλεγχο της στεγανότητας των ενώσεων και παρεμβασμάτων κατά τις διακυμάνσεις της θερμότητας.

2. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

2.1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

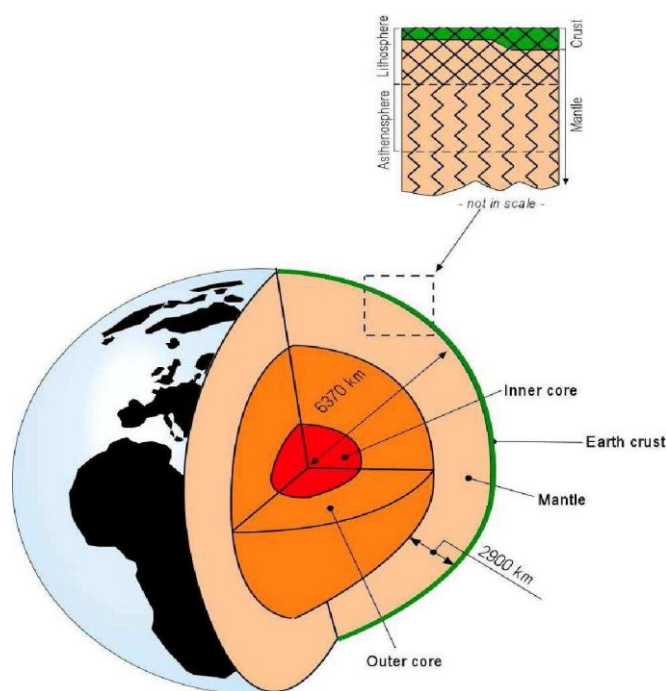
Από την αρχαιότητα η κάλυψη των καθημερινών ανθρώπινων αναγκών απαιτούσε την ύπαρξη ενέργειας. Οι πρόγονοί μας λοιπόν για να καλύψουν τις ανάγκες τους σε θέρμανση και προσωπική καθαριότητα έκαναν χρήση της γεωθερμικής ενέργειας. Με την πάροδο των χρόνων και εκμεταλλευόμενοι την θερμική ενέργεια των ηφαιστειών, των θερμών πηγών και άλλων επιφανειακών εκδηλώσεων θερμότητας, αντιλήφθηκαν πως το εσωτερικό της γης είναι ζεστό. Η παρατήρησή τους αυτή τεκμηριώθηκε κατά την περίοδο του 16^{ου} και 17^{ου} αιώνα. Εκείνη την περίοδο λόγω της κατασκευής των πρώτων ορυχείων οι άνθρωποι όχι μόνο επιβεβαίωσαν την άποψή τους ότι το εσωτερικό της γης είναι ζεστό, αλλά επιπλέον αντιλήφθηκαν ότι η θερμοκρασία της γης αυξάνεται με το βάθος. Είναι λοιπόν δύο μεγέθη ανάλογα μεταξύ τους.

Οι πρώτες μετρήσεις της θερμοκρασίας της γης πραγματοποιήθηκαν σε ένα ορυχείο κοντά στην γαλλική πόλη Belfort το 1740 (Bullard,1965). Νέες και αρκετά προχωρημένες για εκείνη την εποχή μέθοδοι για την έρευνα της θερμικής κατάστασης του εσωτερικού της γης άρχισαν να χρησιμοποιούνται το 1870. Ωστόσο, τον 20^ο αιώνα η ανακάλυψη της χρησιμότητας της «ραδιενεργής θερμότητας» έδωσε στους ανθρώπους μία νέα διάσταση στην κατανόηση της θερμικής κατάστασης που διέπει την γη. Είναι γεγονός ότι σε όλα τα σύγχρονα πρότυπα (μοντέλα) της θερμικής κατάστασης του εσωτερικού της γης πρέπει να συμπεριλαμβάνεται η θερμότητα που συνεχώς παράγεται από τη διάσπαση των μακράς διάρκειας ζωής ραδιενεργών ισότοπων του ουρανίου (U^{238} , U^{235}), του θορίου (Th^{232}) και του καλίου (K^{40}), τα οποία βρίσκονται στο εσωτερικό της γης (Lubimova,1968). Εκτός από τη ραδιενεργό θερμότητα, δρουν αθροιστικά, σε ποσότητες που δεν έχουν προσδιοριστεί, και άλλες δυναμικές πηγές θερμότητας, όπως είναι η «αρχέγονη ενέργεια» από την εποχή που δημιουργήθηκε ο πλανήτης. Ωστόσο, έως την δεκαετία του 1980 τα μοντέλα αυτά δεν βασίζονταν σε κάποιες ρεαλιστικές θεωρίες. Κατά την διάρκεια της δεκαετίας του 1980 αποδεικνύεται αρχικά πως δεν υπάρχει ισοζύγιο μεταξύ της ραδιενεργής θερμότητας η οποία δημιουργείται στο εσωτερικό της γης και της θερμότητας η οποία διαφεύγει από την γη προς το διάστημα. Επιπροσθέτως, αποδεικνύεται ότι και το εσωτερικό του πλανήτη μας ψύχεται με αργό ρυθμό.

Ως μια γενική ιδέα της φύσης και της κλίμακας του εμπλεκόμενου φαινομένου, μπορεί να αναφερθεί η λεγόμενη «θερμική ισορροπία», όπως διατυπώθηκε από τους Stacey and Loper το 1988. Σύμφωνα με την «θερμική ισορροπία» η ολική ροή θερμότητας από τη γη (αγωγή, συναγωγή και ακτινοβολία) εκτιμάται ότι ανέρχεται στα 42×10^{12} W. Από αυτά, 8×10^{12} W προέρχονται από το φλοιό, που αντιπροσωπεύει μόλις το 2% του συνολικού όγκου της γης αλλά είναι πλούσιος σε ραδιενεργά ισότοπα, $32,3 \times 10^{12}$ W προέρχονται από το μανδύα, ο οποίος αντιπροσωπεύει το 82% του συνολικού όγκου της γης, και $1,7 \times 10^{12}$ W προέρχονται από τον πυρήνα, ο οποίος αντιπροσωπεύει το 16% του συνολικού όγκου της γης και δεν περιέχει ραδιενεργά ισότοπα. Αφού η ραδιενεργή θερμότητα του μανδύα

εκτιμάται σε 22×10^{12} W, η μείωση της θερμότητας στο συγκεκριμένο τμήμα της γης είναι $10,3 \times 10^{12}$ W. Σύμφωνα με πρόσφατους υπολογισμούς και εκτιμήσεις, οι οποίοι είναι βασισμένοι σε μεγαλύτερο αριθμό δεδομένων, η ολική θερμική ροή της γης είναι περίπου 6% υψηλότερη από τις τιμές που χρησιμοποίησαν οι Stacey and Loper το 1988. Ωστόσο, η διαδικασία ψύξης πραγματοποιείται με αργούς ρυθμούς, γεγονός που τεκμηριώνεται με την παρατήρηση ότι η θερμοκρασία του μανδύα έχει μειωθεί λιγότερο από 300 – 350 °C τα τελευταία 3 δισεκατομμύρια χρόνια. Η θερμοκρασία στην βάση του μανδύα παραμένει περίπου στους 4000 °C. Έχει υπολογιστεί ότι το συνολικό θερμικό περιεχόμενο της γης (για θερμοκρασίες πάνω από τη μέση επιφανειακή των 15°C) είναι της τάξης των $12,6 \times 10^{24}$ MJ και του φλοιού $5,4 \times 10^{21}$ MJ (Armstead, 1983).

Συμπερασματικά καταλήγουμε ότι η θερμική ενέργεια της γης είναι απέραντη. Ωστόσο, ο άνθρωπος έχει την δυνατότητα να χρησιμοποιήσει μόνο ένα τμήμα της και σε συγκεκριμένες περιοχές στις οποίες οι γεωλογικές συνθήκες επιτρέπουν σε ένα μέσο (νερό σε υγρή ή αέρια φάση) να «μεταφέρει» τη θερμότητα από τις βαθιές θερμές ζώνες στην επιφάνεια ή κοντά σε αυτήν. Έτσι προκύπτει η δημιουργία των γεωθερμικών πόρων (geothermal resources). Πιθανότατα, στο άμεσο μέλλον, νέες πρωτοποριακές τεχνικές θα μας προσφέρουν καινούργιες προοπτικές στον τομέα αυτόν.



Σχήμα 3: Ο Φλοιός, ο Μανδύας και ο Πυρήνας της γης. Πάνω δεξιά η τομή του φλοιού και του ανώτερου μανδύα
[Πηγή: Μαρούδης, 2014]

Στον τομέα της γεωθερμίας πρώτα ξεκίνησαν οι πρακτικές εφαρμογές και έπειτα ακολούθησαν η έρευνα και η τεχνολογική της ανάπτυξη. Από τις αρχές του 19ου αιώνα άρχισε να αξιοποιείται το ενεργειακό περιεχόμενο των γεωθερμικών ρευστών. Την συγκεκριμένη περίοδο στην ιταλική πόλη της Τοσκάνης και συγκεκριμένα στην περιοχή Larderello, λειτουργούσε μία χημική βιομηχανία η οποία παρήγαγε βορικό οξύ από τα βοριούχα θερμά νερά που ανέβλυζαν από τις

υπάρχουσες φυσικές πηγές ή αντλούνταν από ρηχές γεωτρήσεις. Κατόπιν της εξάτμισης των βοριούχων νερών, η οποία λάμβανε χώρο μέσα σε σιδερένιους «λέβητες», παραγόταν βορικό οξύ. Οι «λέβητες» χρησιμοποιούσαν ως καύσιμη ύλη ξύλα από τα δάση. Λόγω της συνεχούς αποψίλωσης των δασών, ο Francesco Larderel οποίος ήταν και ο ιδρυτής της χημικής βιομηχανίας, ανέπτυξε ένα σύστημα για την χρήση της θερμότητας των βοριούχων ρευστών έτσι ώστε να πάψει η βιομηχανία αυτή να χρησιμοποιεί ως καύσιμη ύλη τα ξύλα.

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

Έπειτα από αυτήν την πρώτη απόπειρα έγινε αντιληπτή η σημαντικότητα της εκμετάλλευσης της γεωθερμικής ενέργειας, γεγονός που πυροδότησε την σημαντική ανάπτυξή της. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο Larderello αποτέλεσε πράγματι μια εμπορική επιτυχία. Το 1942, η εγκατεστημένη γεωθερμο-ηλεκτρική ισχύς ανερχόταν στα 127.650 kWe. Σύντομα, πολλές χώρες ακολούθησαν το παράδειγμα της Ιταλίας. Το 1919 κατασκευάστηκαν οι πρώτες γεωθερμικές γεωτρήσεις στο Berro της Ιαπωνίας, ενώ το 1921 ακολούθησαν εκείνες στο The Geysers της Καλιφόρνιας των ΗΠΑ. Το 1958 ένα μικρό εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τέθηκε σε λειτουργία στη Νέα Ζηλανδία, ένα άλλο στο Μεξικό το 1959, στις ΗΠΑ το 1960 και ακολούθησαν πολλά άλλα σε διάφορες χώρες (Μπινιάρης, 2012 ; Μαρούδης, 2014).

2.2. ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ

Η εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας αυξήθηκε σε πολύ μεγάλο βαθμό μετά τον 2^ο Παγκόσμιο Πόλεμο, εφόσον δεν υπήρχε ανάγκη εισαγωγής της από άλλες χώρες. Σε πολλές χώρες αποτελούσε τον μοναδικό διαθέσιμο εγχώριο ενεργειακό πόρο, γεγονός που την έκανε ιδιαίτερα ανταγωνιστική ως προς άλλες μορφές ενέργειας.

Στον Πίνακα 40 ακολουθεί αναφορά των χωρών οι οποίες αξιοποιούν την γεωθερμική ενέργεια για να παράγουν ηλεκτρισμό, καθώς και η εγκατεστημένη γεωθερμική ηλεκτρική ισχύς: 1995 (6.833 MWe), 2000 (7.974 MWe) αλλά και η αύξηση μεταξύ των ετών 1995-2000 (Huttrer, 2001).

Επιπροσθέτως, αναφέρεται η συνολική εγκατεστημένη ισχύς στις αρχές του 2003 (9.028 MWe). Η εγκατεστημένη γεωθερμική ηλεκτρική ισχύς στις αναπτυσσόμενες χώρες το 1995 και το 2000 αντιπροσωπεύει αντίστοιχα το 38% και το 47% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος παγκοσμίως.

Πίνακας 34: Εγκατεστημένη θερμική ισχύς σε παγκόσμια κλίμακα, από το 1995 έως το 2000 καθώς και στις αρχές του 2003.

[Πηγή:Huttrer, 2001]

Country	1995 (MWe)	2000 (MWe)	1995-2000 (increase in MW)	% increase (1995-2000)	2003 (MWe)
Argentina	0.67	-	-	-	-
Australia	0.15	0.15	-	-	0.15
Austria	-	-	-	-	1.25
China	28.7	29.1	0.39	1.35	28.1
Costa	55	142	87.5	159	162
EI	105	161	56	53.3	161
Ethiopia	-	7	-	-	7
France	4.2	4.2	-	-	15
German	-	-	-	-	0.23
Guatemala	-	33.4	33.4	-	29
Iceland	50	170	120	240	200
Indonesia	309	589	279	90.3	807
Italy	631	785	153	24.3	790
Japan	413	546	133	32.2	560
Kenya	45	45	-	-	121
Mexico	753	755	2	0.3	953
New	286	437	151	52.8	421
Nicaragua	70	70	-	-	77.5
Papua	-	-	-	-	6
Philippine	1227	1909	682	55.8	1931
Portugal	5	16	11	220	16
Russia	11	23	-	-	73
Thailand	0.3	0.3	-	-	0.3
Turkey	20.4	20.4	-	-	20.4
U.S.A.	2816	2228	-	-	2020
Total	6833	7972	172	16.7	8402

Οι αναπτυσσόμενες χώρες αξιοποιούν όλο και περισσότερο την γεωθερμική ενέργεια με την πάροδο των χρόνων. Έρευνα έδειξε ότι μέσα σε 4 μόλις χρόνια (1975-1979), η εγκατεστημένη γεωθερμική ηλεκτρική ισχύς σ' αυτές τις χώρες αυξήθηκε από 75 σε 462 MWe. Στα τέλη του 1984 έφτασε στα 1.495 MWe παρουσιάζοντας ένα ρυθμό αύξησης κατά την διάρκεια των δύο τελευταίων περιόδων 500% και 223% αντίστοιχα (Dickson & Fanelli, 1988). Από το 1984 έως το 2000 η αύξησή της άγγιξε το ποσοστό του 150%.

Η γεωθερμική ενέργεια συμμετέχει σε πολύ μεγάλο βαθμό στο ενεργειακό ισοζύγιο αρκετών περιοχών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το 2001 η ηλεκτρική ενέργεια που παράχθηκε από γεωθερμικούς πόρους, η οποία αντιπροσώπευε το 27% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας στις Φιλιππίνες, το 12,4% στην Κένυα, το 11,4% στην Κόστα Ρίκα και το 4,3% στο Ελ Σαλβαδόρ.

Όσον αφορά τις μη-ηλεκτρικές ή άμεσες εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας, ο Πίνακας 2 δίνει την εγκατεστημένη ισχύ (15.145 MW_t) και την ενεργειακή παραγωγή και χρήση (190.699 TJ) σε παγκόσμια κλίμακα για το έτος 2000. Κατά τη διάρκεια του έτους αυτού, άμεσες χρήσεις (direct uses) της γεωθερμίας καταγράφηκαν σε 58

χώρες, σε σύγκριση με τις 28 το 1995 και τις 24 το 1985. Ο αριθμός των χωρών αυτών είναι πολύ πιθανόν να έχει αυξηθεί από το 2000, όπως φυσικά και το ύψος της εγκατεστημένης ισχύος και της ενεργειακής χρήσης.

Η πιο συνηθισμένη μη-ηλεκτρική χρήση της γεωθερμίας παγκοσμίως είναι οι αντλίες θερμότητας (heat-pumps) (34,80%) και ακολουθούν η λουτροθεραπεία (26,2%), η θέρμανση χώρων (21,62%), η θέρμανση θερμοκηπίων (8,22%), οι υδατοκαλλιέργειες (3,93%) και οι βιομηχανικές χρήσεις (3,13%) (Lund & Freeston, 2001).

Πίνακας 35: Μη-ηλεκτρικές χρήσεις της ηλεκτρικής ενέργειας ανά τον κόσμο (2000): εγκατεστημένη ισχύς (σε MW_t) και ενεργειακή χρήση (σε TJ/έτος)

[Πηγή: Lund & Freeston, 2001]

Country	Power (MW _t)	Energy (TJ/έτος)	Country	Power (MW _t)	Energy (TJ/έτος)
Algeria	100	1586	Japan	1167	26933
Argentina	25.7		Jordan	153.3	1540
Armenia	1	15	Kenya	1.3	10
Australia	34.4	351	Korea	35.8	753
Austria	255.3	1609	Lithuania	21	599
Belgium	3.9	107	Norway	6	32
Bulgaria	107.2	1637	Peru	2.4	49
Canada Caribbean	377.6	1023	Macedonia	81.2	510
Islands	0.1	1	Mexico	164.2	3919
Chile	0.4	7	Nepal	1.1	22
China	2282	37908	Netherlands	10.8	57
Colombia	13.3	266	New Zealand	307.9	7081
Croatia	113,9	555	Philippines	1	25
Czech Republic	12.5	128	Poland	68.5	275
Denmark	7.4	75	Portugal	5.5	35
Egypt	1	15	Romania	152.4	2871
Finland	80.5	484	Russia	308.2	6144
France	326	4895	Serbia	80	2375
Georgia	250	6307	Slovak Republic	132.3	2118
Germany	397	1568	Slovenia	42	705
Greece	57.1	385	Sweden	377	4128
Guatemala	4.2	117	Switzerland	547.3	2386
Honduras	0,7	17	Thailand	0.7	15
Hungary	472.7	4086	Tunisia	23.1	201
Iceland	1469	20170	Turkey	820	15756
India	80	2517	United Kingdom	2.9	21
Indonesia	2.3	43	U.S.A.	3766	20302
Israel	63.3	1713	Venezuela	0.7	14
Italy	325.8	3774	Yemen	1	15
Power (MW_t)	15145	Energy total (TJ/έτος)	190699		

2.3. ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ

2.3.1. ΠΕΔΙΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΝΘΑΛΠΙΑΣ

Η Ελλάδα διαθέτει ένα αρκετά μεγάλο αριθμό επιβεβαιωμένων γεωθερμικών πεδίων χαμηλής ενθαλπίας. Τα γεωθερμικά αυτά πεδία είναι διασκορπισμένα σχεδόν σε ολόκληρο τον ελλαδικό χώρο. Επιπλέον, υπάρχουν κ κάποιες περιοχές οι οποίες παρουσιάζουν γεωθερμικό ενδιαφέρον, όμως δεν έχουν διερευνηθεί σε ικανοποιητικό βαθμό. Το επιβεβαιωμένο δυναμικό ανέρχεται σε 300 MW θερμικής ενέργειας (MW_{th}), ενώ το πιθανό στα 700 MW_{th} .

Για την ανάπτυξη των εφαρμογών της γεωθερμικής ενέργειας στη χώρα μας ισχύει ο Νόμος 1475/84, όπως τροποποιήθηκε με το Άρθρο 8 του Νόμου 2244/94. Σύμφωνα με αυτόν, το δικαίωμα χρήσης των γεωθερμικών πεδίων χαμηλής ενθαλπίας ανήκει στο Δημόσιο και μπορεί, υπό ορισμένες προϋποθέσεις, να εκχωρηθεί σε ιδιώτες. Οι Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης μπορούν να εκμεταλλεύονται τα γεωθερμικά πεδία είτε εγκαθιστώντας εφαρμογές για ίδια χρήση, είτε πουλώντας την παραγομένη ενέργεια σε ιδιώτες. Σήμερα, οι εφαρμογές της γεωθερμίας χαμηλής ενθαλπίας στην Ελλάδα περιορίζονται στη θέρμανση θερμοκηπίων, αν και κατά καιρούς έχουν γίνει πιλοτικές εφαρμογές υδατοκαλλιεργειών και ξήρανσης βαμβακιού (Καρατάσος & Τζιώλας, 2010).

2.3.2. ΠΕΔΙΑ ΥΨΗΛΗΣ ΚΑΙ ΜΕΣΗΣ ΕΝΘΑΛΠΙΑΣ

Ο ελλαδικός χώρος διαθέτει επίσης γεωθερμικά πεδία υψηλής και μέσης ενθαλπίας τα οποία έχουν εντοπισθεί στο ηφαιστειακό τόξο του Αιγαίου. Πιο συγκεκριμένα, γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας βρίσκονται στα νησιωτικά συμπλέγματα της Μήλου, της Σαντορίνης και της Νισύρου κυρίως λόγω της ύπαρξης του ηφαιστείου. Έπειτα από έρευνες που πραγματοποιήθηκαν στο νησιωτικό αυτό σύμπλεγμα προέκυψε ότι το συνολικό γεωθερμικό δυναμικό είναι της τάξεως των 180 W_{th} και αναλυτικότερα 120 W_{th} στην Μήλο και 60 W_{th} στην Νίσυρο. Επιπλέον, επιβεβαιωμένα είναι η ύπαρξη γεωθερμικών ρευστών υψηλής ενθαλπίας στο νησί της Λέσβου και πιο συγκεκριμένα στην περιοχή της Αργέννου.

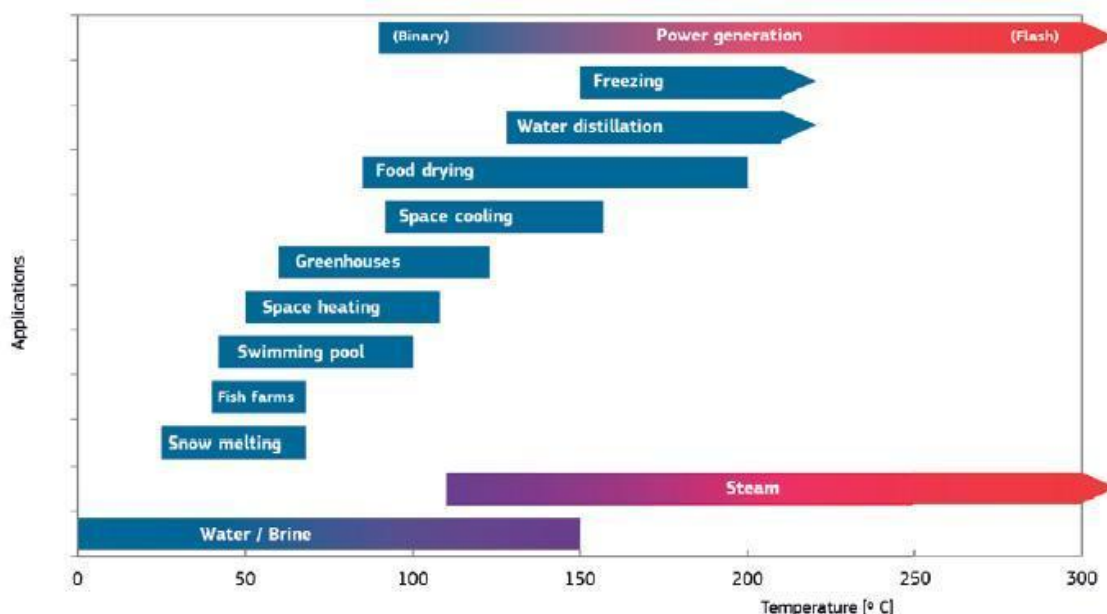
Το 1985 έως και το 1989, στο νησί της Μήλου λειτούργησε μία πειραματική μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ισχύος 2 MW, την οποία την εγκατέστησε η Δ.Ε.Η. με σκοπό να αξιοποιήσει την γεωθερμική ενέργεια της περιοχής. Γενικότερα, εκμετάλλευση των γεωθερμικών πεδίων υψηλής ενθαλπίας για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από ιδιώτες μπορεί να γίνει μόνο μετά από σχετική άδεια από το κράτος. Επιπλέον, το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα πρέπει υποχρεωτικά να πωλείται στη ΔΕΗ, σε τιμές που καθορίζονται από την εταιρεία (Μπινιάρης, 2012).

3. ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

3.1. ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

Η εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας είναι μία διαδικασία σημαντικά προσοδοφόρα για τις περιοχές που διαθέτουν γεωθερμικούς πόρους. Σημαντικός παράγοντας για την αξιοποίησή τους είναι η θερμοκρασία στην οποία βρίσκονται. Οι γεωθερμικοί πόροι υψηλής θερμοκρασίας, δηλαδή θερμοκρασίας υψηλότερης των 150°C, χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι γεωθερμικοί πόροι μέσης ή χαμηλής θερμοκρασίας, δηλαδή θερμοκρασίας μικρότερης των 150°C, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διάφορες εφαρμογές.

Αναλυτική απεικόνιση των δυνητικών εφαρμογών για τις διάφορες θερμοκρασίες των γεωθερμικών πόρων γίνεται στο διάγραμμα του Lindal, το οποίο ισχύει μέχρι και σήμερα (Lindal, 1973).



Διάγραμμα 1: Δυνητικές εφαρμογές για τις διάφορες θερμοκρασίες των γεωθερμικών πόρων [Πηγή: Lindal, 1973]

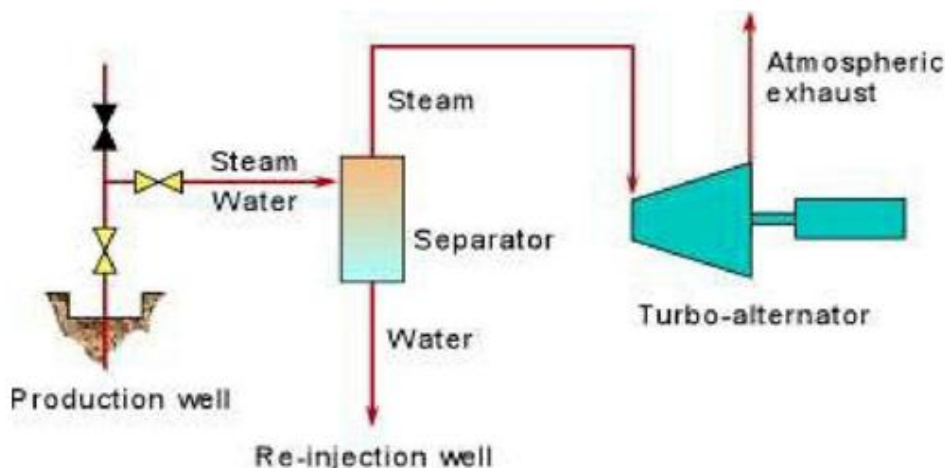
3.1.1. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας, έχουν δημιουργηθεί ειδικές μονάδες οι οποίες λειτουργούν με δυαδικό κύκλο ή με συμβατικούς ατμοστρόβιλους. Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος γίνεται με βάση τα χαρακτηριστικά του γεωθερμικού πόρου.

Για ρευστά θερμοκρασίας μεγαλύτερης των 150°C απαιτούνται οι συμβατικοί ατμοστρόβιλοι. Η μονάδα μπορεί να λειτουργεί με συμπυκνωτές στους οποίους η τιμή της πίεσης διατηρείται χαμηλή (condensing type), είτε χωρίς (back pressure type), συνεπώς ο ατμός διατίθεται στην ατμόσφαιρα. Οι ατμοστρόβιλοι ατμοσφαιρικής εκτόνωσης είναι οικονομικότεροι και απλούστεροι. Στις γεωτρήσεις που παράγουν ξηρό ατμό ο ατμός περνά απευθείας από τον ατμοστρόβιλο και ακολουθεί η απελευθέρωσή του στην ατμόσφαιρα. Στις γεωτρήσεις που παράγουν ξηρό ατμό, πριν την είσοδο του ατμού στον ατμοστρόβιλο, προηγείται ο διαχωρισμός του νερού (Entingh et al., 1994)

Σε μονάδα στην οποία διατηρείται ίδια πίεση εισόδου, καταναλώνεται διπλάσια ποσότητα ατμού ανά κιλοβατώρα από ότι καταναλώνεται σε μία μονάδα με συμπυκνωτές. Ωστόσο, οι ατμοστρόβιλοι ατμοσφαιρικής εκτόνωσης παρουσιάζουν τα εξής χαρακτηριστικά (Entingh et al., 1994):

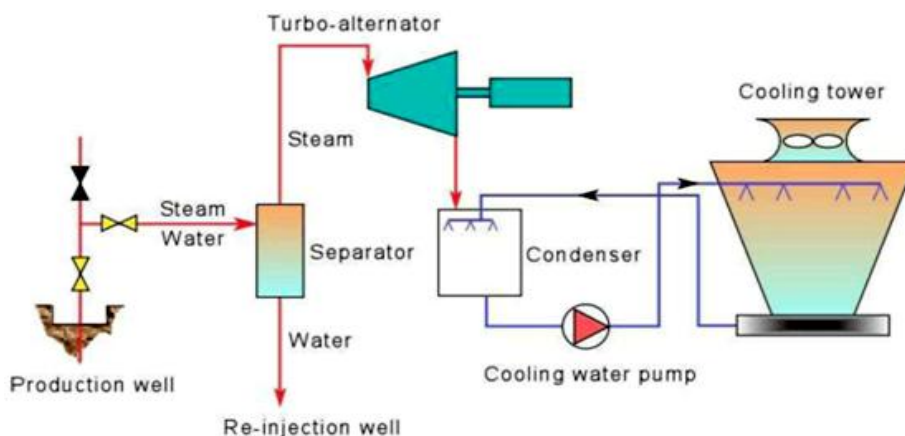
- Παρουσιάζουν ιδιαίτερη χρησιμότητα σε εφεδρικές ή πιλοτικές μονάδες και ιδιαίτερα σε μικρές παροχές μεμονωμένων γεωτρήσεων.
- Ιδιαίτερα χρήσιμοι σε περιπτώσεις μεγάλης περιεκτικότητας του ατμού σε μη συμπυκνωμένα αέρια (>12% κατά βάρος).
- Γρήγορη κατασκευή και εγκατάσταση.
- Έναρξη λειτουργίας σε 13-14 μήνες από την ημερομηνία παραγγελίας τους.
- Οι μονάδες είναι διαθέσιμες σε μεγέθη που κυμαίνονται περίπου 2.5-5 MWe.



Σχήμα 4: Σκαρίφημα γεωθερμικής μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με διάθεση του ατμού απευθείας στην ατμόσφαιρα. Με κόκκινο χρώμα σημειώνεται η ροή του γεωθερμικού ρευστού.

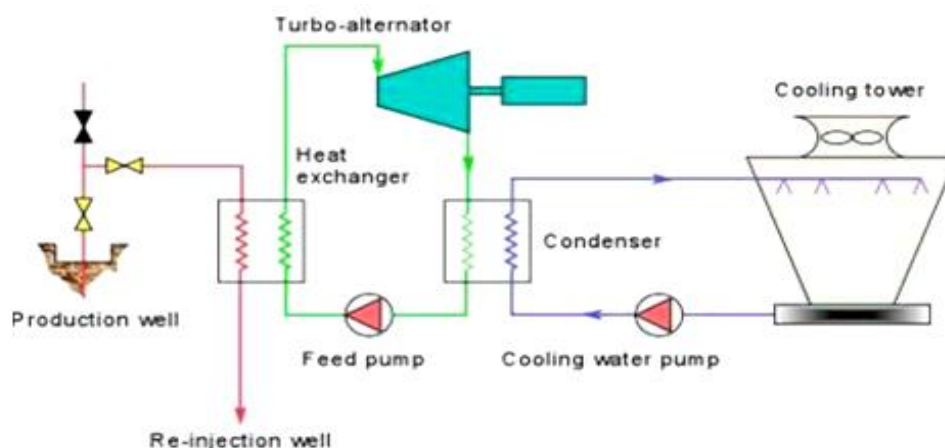
[Πηγή: Entingh et al., 1994]

Λόγω του βοηθητικού εξοπλισμού τους, οι μονάδες με συμπυκνωτές απαιτούν διπλάσιο σχεδόν χρόνο εγκατάστασης αλλά και κατασκευής, ενώ ο σχεδιασμός τους είναι αρκετά περίπλοκος. Ωστόσο, καταναλώνουν σχεδόν την μισή ποσότητα ατμού συγκριτικά με τους ατμοστρόβιλους ατμοσφαιρικής εκτόνωσης. Οι μονάδες με συμπυκνωτές συνήθως έχουν ισχύ που κυμαίνεται από 55 έως 60 MWe, ενώ πρόσφατη είναι η κατασκευή μονάδων με ισχύ 110 MWe (Entingh et al., 1994 ; Μπινιάρης, 2012).



Σχήμα 5: Σκαρίφημα μίας γεωθερμικής μονάδας ηλεκτρικής ενέργειας με συμπυκνωτές. Η ροή των ρευστών υψηλής θεοκρασίας σημειώνεται με κόκκινο χρώμα, ενώ του νερού ψύξης με μπλε.
[Πηγή: Entingh et al., 1994]

Σύμφωνα με τον Μπινιάρη Γ. (2012), η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από ρευστά χαμηλής ή μέσης θερμοκρασίας και από νερό υψηλής θερμοκρασίας το οποίο εξέρχεται από τους διαχωριστές στα γεωθερμικά πεδία υγρής φάσης, σημειώνει αξιόλογη ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια, κυρίως εξαιτίας της προόδου που επιτεύχθηκε στην τεχνολογία των δυαδικών ρευστών. Σε τέτοιου τύπου εγκαταστάσεις χρησιμοποιείται ένα δευτερεύον συνήθως οργανικό-ρευστό (ισοπεντάνιο), το οποίο έχει χαμηλό σημείο ζέσεως και υψηλή τάση ατμών σε χαμηλές θερμοκρασίες, αν συγκριθεί με τον υδάτινο ατμό. Το δευτερεύον ρευστό χρησιμοποιείται μέσα σε ένα συμβατικό οργανικό κύκλο Rankine (OCR) ως εξής: το γεωθερμικό ρευστό προσφέρει θερμότητα στο δευτερεύον υγρό μέσω εναλλακτών θερμότητας, οπότε το τελευταίο εξατμίζεται. Ο ατμός που παράγεται κινεί έναν κανονικό στρόβιλο αξονικής ροής, στην συνέχεια ψύχεται και συμπυκνώνεται, οπότε ο κύκλος αρχίζει ξανά.



Σχήμα 6: Σκαρίφημα μίας γεωθερμικής μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με δυαδικό κύκλο. Το γεωθερμικό ρευστό σημειώνεται με το κόκκινο χρώμα, το δευτερεύον ρευστό με πράσινο και το νερό ψύξης με μπλε.
[Πηγή: Entingh et al., 1994]

Ο σχεδιασμός των δυαδικών συστημάτων μπορεί να γίνει με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να γίνει αξιοποίηση γεωθερμικών ρευστών με θερμοκρασία η οποία κυμαίνεται από 85 έως και 170⁰C, ενώ βασική προϋπόθεση είναι η επιλογή του σωστού δευτερεύοντος ρευστού. Τα δυαδικά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περιπτώσεις χαμηλής ή μέσης ενθαλπίας αλλά και σε περιπτώσεις κατά τις οποίες επιδιώκουμε την αποφυγή χρήσης της εφαρμογής του κύκλου εκτόνωσης των ρευστών (flashing) για λόγους όπως η αποφυγή απόφραξης μίας γεώτρησης. Για να διατηρήσουμε την πίεση των ρευστών σταθερή και σε υγρή φάση, μπορεί να γίνει χρήση υποβρύχιων αντλιών, ενώ με την βοήθεια του δυαδικού συστήματος η ενέργεια μπορεί να λαμβάνεται από το ρευστό κυκλοφορίας.

Η κατασκευή των δυαδικών συστημάτων πραγματοποιείται σε μικρές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η ισχύς τους μπορεί να είναι εκατοντάδες kWe ή ακόμα και λίγα MWe. Υπάρχει δυνατότητα κατασκευής τέτοιων συστημάτων σε συστοιχία, με σκοπό την δημιουργία μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με συνολική ισχύ μερικών δεκάδων MWe. Βασικός παράγοντας όσον αφορά το κόστος των δυαδικών συστημάτων είναι η θερμοκρασία των παραγόμενων ρευστών, διότι επηρεάζει άμεσα το μέγεθος των στροβίλων, των εναλλακτών καθώς και του συστήματος ψύξης. Ένας επιπλέον παράγοντας που επηρεάζει το κόστος τους είναι το μέγεθος των εγκαταστάσεων.

Ωστόσο, τα δυαδικά συστήματα είναι μία αρκετά συμφέρουσα και αξιόπιστη μέθοδος της μετατροπής της ενέργειας των ρευστών ενός γεωθερμικού συστήματος υγρής φάσης με θερμοκρασία μικρότερη από 170⁰C σε ηλεκτρική ενέργεια (Entingh et al., 1994).

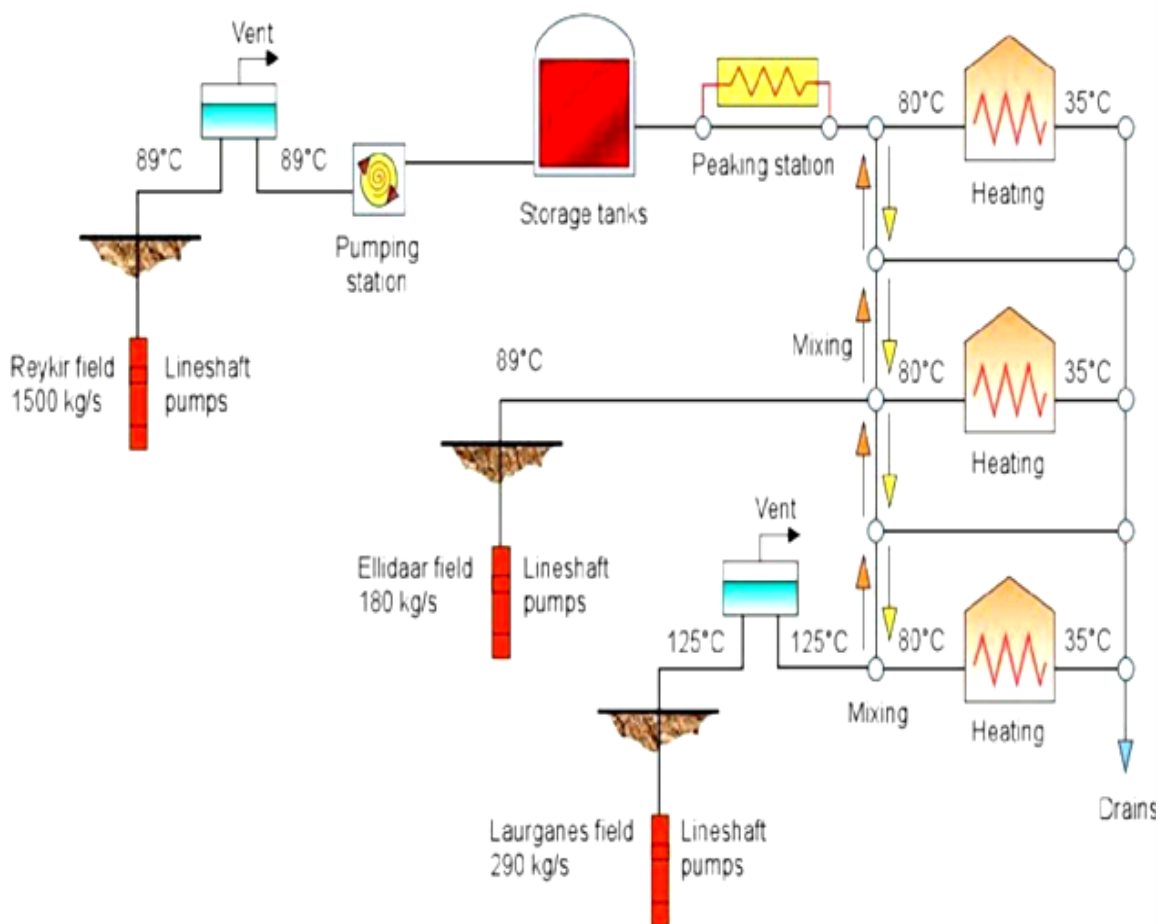
3.1.2. ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Η αρχαιότερη και η πιο συνηθισμένη αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας είναι η άμεση χρήση της θερμότητας των γεωθερμικών ρευστών. Η τηλεθέρμανση, η θέρμανση των χώρων, οι υδατοκαλλιέργειες αλλά και πολλές βιομηχανικές χρήσεις αποτελούν τους πιο γνωστούς τρόπους αξιοποίησης της γεωθερμικής ενέργειας. Ωστόσο, την πιο γνωστή μορφή αξιοποίησης αποτελούν οι αντλίες θερμότητας με ποσοστό 12,5% της συνολικής αξιοποίησης και χρήσης της γεωθερμικής ενέργειας για το έτος 2000. Η τηλεθέρμανση και η θέρμανση των χώρων αποτελούν τις πιο διαδεδομένες εφαρμογές στην Ισλανδία, με συνολική ισχύ του γεωθερμικού συστήματος να ανέρχονται σε σχεδόν 1200 MWt το 1999, αλλά και γενικότερα στις ανατολικές χώρες της Ευρώπης, στις Η.Π.Α, στην Γαλλία, στην Κίνα και την Ιαπωνία (Μπινιάρης, 2012).

Τα συστήματα τηλεθέρμανσης έχουν το μειονέκτημα ότι απαιτούν μεγάλα κεφάλαια ιδιαίτερα στην αρχή. Το μεγαλύτερο μέρος του κεφαλαίου αφορά την επένδυση που προϋποθέτει η κατασκευή των γεωτρήσεων παραγωγής και επανεισαγωγής. Επιπλέον μεγάλο είναι και το κόστος των συστημάτων που θα αντλούν και θα μεταφέρουν τα ρευστά, καθώς και όλου του εξοπλισμού που απαιτείται για τον έλεγχο και την παρακολούθηση των εγκαταστάσεων. Ωστόσο, τα συστήματα τηλεθέρμανσης σε αντίθεση με μία συμβατική μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, έχουν ελάχιστα λειτουργικά έξοδα (π.χ. έξοδα συντήρησης κ.λπ.). Για να υπολογίσουμε το αρχικό κόστος που απαιτεί ένα σύστημα τηλεθέρμανσης πρέπει να λάβουμε υπόψη μας την πυκνότητα του θερμικού φορτίου.

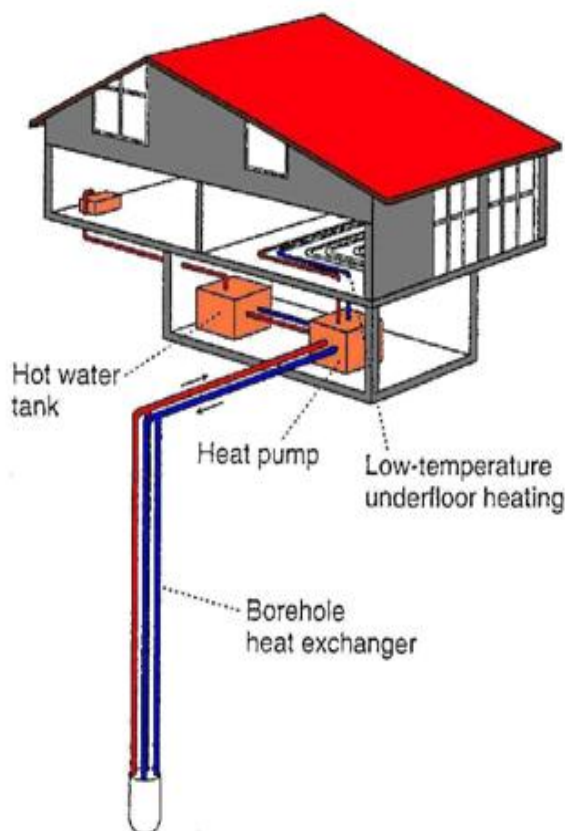
Εφόσον η πυκνότητα του θερμικού φορτίου είναι υψηλή, το κόστος του έργου τηλεθέρμανσης είναι οικονομικά βιώσιμο. Ο συνδυασμός ψύξης – θέρμανσης σε περιοχές όπου το κλίμα είναι κατάλληλο για τέτοιες εφαρμογές, θα μπορούσε να αποφέρει κάποιο οικονομικό όφελος. Ωστόσο, σε ένα σύστημα θέρμανσης – ψύξης ο συντελεστής φορτίου θα πρέπει αναγκαστικά να είναι πιο μεγάλος από αυτόν που αντιστοιχεί μόνο στην θέρμανση, ενώ ταυτόχρονα η τιμή της ενεργειακής μονάδας θα πρέπει να είναι μικρότερη.

Η ψύξη χώρων αποτελεί μια αρκετά εφικτή και βιώσιμη επιλογή, στην περίπτωση όπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν μηχανές απορρόφησης, οι οποίες βρίσκονται εύκολα στο εμπόριο και η τεχνολογία τους είναι ευρέως γνωστή. Ο κύκλος της απορρόφησης είναι μια διαδικασία που χρησιμοποιεί ως πηγή ενέργειας τη θερμότητα έναντι του ηλεκτρισμού. Η ψύξη επιτυγχάνεται με τη χρήση δύο υγρών: ενός ψυκτικού, το οποίο κυκλοφορεί, εξατμίζεται και συμπυκνώνεται, και ενός δευτερεύοντος ρευστού ή απορροφητικού (absorbent). Για εφαρμογές πάνω από 0°C, ο κύκλος χρησιμοποιεί βρωμίδιο του λιθίου ως απορροφητικό, και νερό ως ψυκτικό υγρό. Για εφαρμογές κάτω από τους 0°C χρησιμοποιείται ο κύκλος αμμωνίας/νερού, με την αμμωνία στο ρόλο του ψυκτικού και του νερού στο ρόλο του απορροφητικού μέσου. Τα γεωθερμικά ρευστά παρέχουν την απαιτούμενη ενέργεια για την κίνηση αυτών των μηχανών, όμως η αποτελεσματικότητά τους μειώνεται όταν οι θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες των 105°C (Gudmundsson, 1988).



Σχήμα 7: Διάγραμμα ροής του συστήματος τηλεθέρμανσης του Reykjavik
[Πηγή: Gudmundsson, 1988]

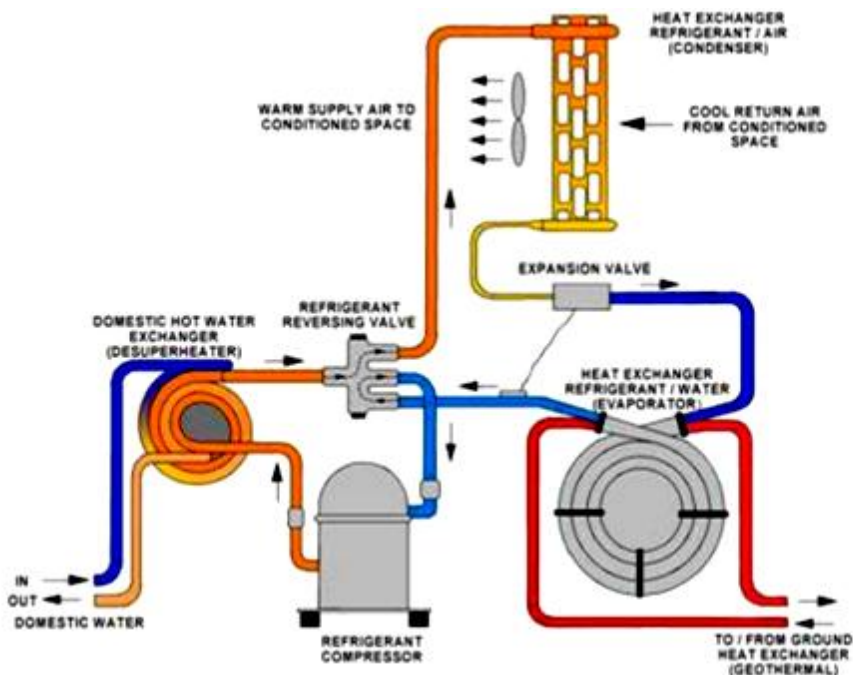
Τα συστήματα ψύξης – θέρμανσης έκαναν την εμφάνιση τους την δεκαετία του 1980. Έπειτα ακολούθησε η εμφάνιση των αντλιών θερμότητας οι οποίες διαδόθηκαν ευρέως. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι αντλιών θερμότητας οι οποίοι επιτρέπουν την απόληψη αλλά και την χρήση του θερμικού περιεχομένου των σωμάτων χαμηλής θερμοκρασίας (έδαφος κ.α.) με οικονομικό τρόπο (Sanner, 2001).



Σχήμα 8: Γήινοι εναλλάκτες θερμότητας
[Πηγή: Rafferty, 1997]

Είναι ευρέως γνωστό πως οι αντλίες θερμότητας έχουν την ιδιαιτερότητα να δίνουν στην θερμότητα αντίθετη διεύθυνση από εκείνη που θα ακολουθούσε υπό φυσικές συνθήκες. Η φυσική κατεύθυνση που ακολουθεί η θερμότητα είναι από ένα θερμό μέσο να κατευθύνεται σε ένα ψυχρότερο. Στην περίπτωση λοιπόν των αντλιών θερμότητας, η θερμότητα εξαναγκάζεται να κατευθυνθεί από ένα ψυχρό μέσο προς ένα θερμότερο μέσο. Η λειτουργία τους δεν έχει καμία διαφορά από εκείνη των κοινών ψυγείων (Rafferty, 1997).

Η βασική τους ωστόσο διαφορά έχει να κάνει με το τελικό αποτέλεσμα. Πιο συγκεκριμένα, η λειτουργία όλων των ψυκτικών μηχανών έχει σαν τελικό αποτέλεσμα την ψύξη, ενώ στην περίπτωση των αντλιών θερμότητας το τελικό αποτέλεσμα είναι η θέρμανση. Μία επιπλέον διαφορά τους είναι ότι οι αντλίες θερμότητας έχουν την δυνατότητα να αναστρέψουν την λειτουργία τους και να παρέχουν τόσο θέρμανση όσο και ψύξη στον χώρο. Η λειτουργία τους απαιτεί μεγάλη δαπάνη ενέργειας και η χρήση τους ενδείκνυται σε περιοχές με κατάλληλες κλιματικές συνθήκες. Συνεπώς, βασική προϋπόθεση της θετικής ενεργειακής ισορροπίας είναι ο σωστός σχεδιασμός.



Σχήμα 9: Διάγραμμα ροής αντλίας θερμότητας που χρησιμοποιείται για θέρμανση.
[Πηγή: Μπινιάρης Γ., 2012]

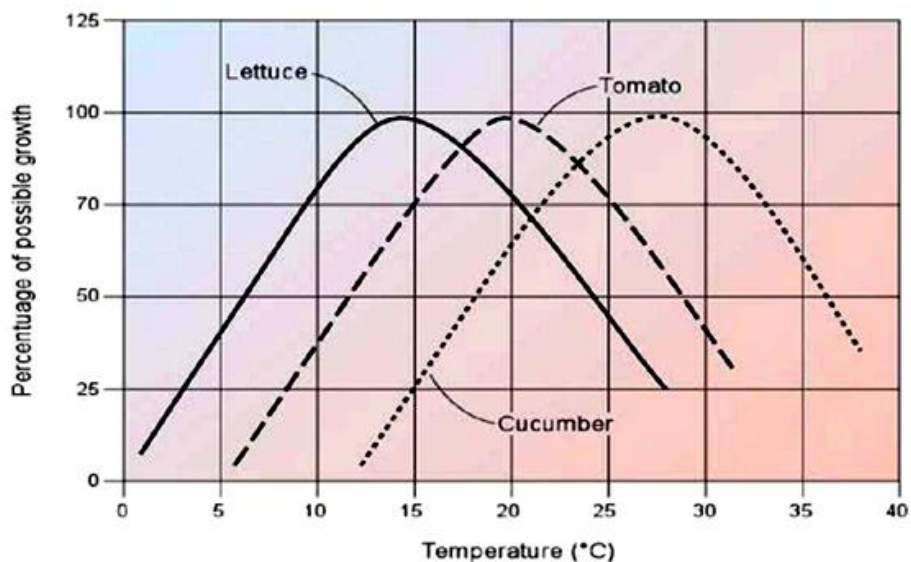
Με την πάροδο των χρόνων οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας κλειστού κυκλώματος που είναι συνδεδεμένες με το υπέδαφος (ground – coupled) και συστήματα αντλιών επιφανειακού ή υπεδάφειου νερού (ground – water). είναι εγκατεστημένες σε 27 χώρες. Ακόμα, η συνολική θερμική ισχύς τους αγγίζει τα 6.875 MWt το 2000. Η πλειοψηφία των εγκαταστάσεων βρίσκεται στις ΗΠΑ (4.800 MWt), την Ελβετία (500 MWt), τη Σουηδία (377 MWt), τον Καναδά (360 MWt), τη Γερμανία (344 MWt) και την Αυστρία (228 MWt). Η λειτουργία τους βασίζεται στην χρήση εδαφών, υδροφόρων οριζόντων ή υπόγειων πετρωμάτων με θερμοκρασίες 5 έως 30°C (Lund, 2001).

Η γεωθερμία χρησιμοποιείται και σε αγροτικές εφαρμογές όπως θέρμανση θερμοκηπίων. Γίνεται χρήση του θερμού νερού τόσο για την θέρμανση του εδάφους όσο και για την άρδευση. Ωστόσο, η άρδευση με ζεστό νερό παρουσιάζει ένα μεγάλο μειονέκτημα. Οι ποσότητες νερού που απαιτούνται για να πραγματοποιηθεί κάποια μεγάλη μεταβολή της θερμοκρασίας του εδάφους, πρέπει να έχουν πολύ χαμηλή θερμοκρασία για να μην προκληθούν ζημιές στις αρδευόμενες καλλιέργειες. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να επιλυθεί με την χρήση υπεδάφειων αρδευτικών συστημάτων σε συνδυασμό με ένα υπόγειο σύστημα σωλήνωσης, το οποίο θα λειτουργεί ως το μέσο θέρμανσης του εδάφους. Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που θα πρέπει να ελέγχεται είναι η χημική σύσταση των γεωθερμικών ρευστών, διότι μπορούν να προκαλέσουν βλαβερές συνέπειες στα φυτά. Ο έλεγχος της θερμοκρασίας παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα (Barbier & Fanelli, 1977):

- Αποτροπή των ζημιών λόγω χαμηλών θερμοκρασιών
- Επέκταση της περιόδου ανάπτυξης των φυτών
- Σημαντική ώθηση στην παραγωγή
- Αποστείρωση του εδάφους

Η ανάγκη για την καλλιέργεια οπωροκηπευτικών προϊόντων εκτός της εποχής τους οδήγησε στην συνηθέστερη πλέον γεωθερμική εφαρμογή, την θέρμανση των θερμοκηπίων. Για να έχουμε επιτύχουμε τις καλύτερες συνθήκες ανάπτυξης των φυτών υπάρχουν ποικίλοι τρόποι:

- Αξιοποίηση της βέλτιστης θερμοκρασίας για το κάθε είδος.
- Σωστή ένταση του φωτός.
- Ιδανική συγκέντρωση CO₂ στο εσωτερικό του θερμοκηπίου.
- Κατάλληλη υγρασία στο έδαφος και στον αέρα.

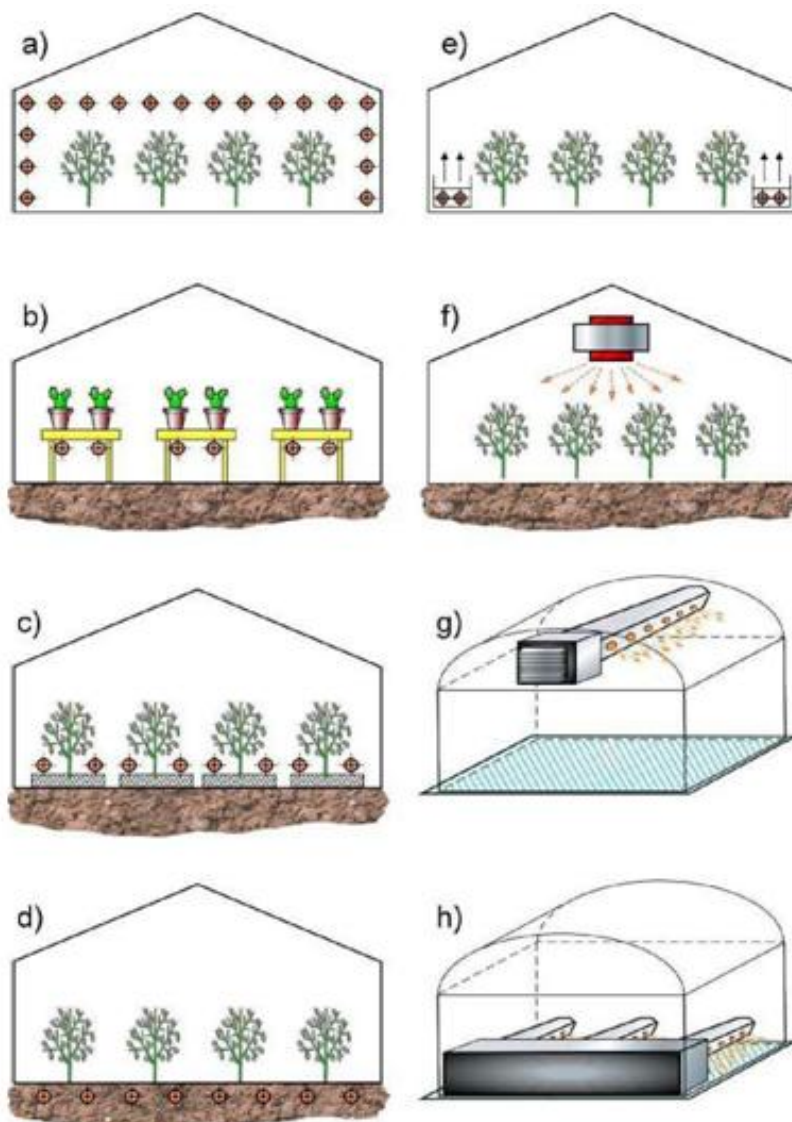


Διάγραμμα 2: Επίδραση της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη συγκεκριμένων φυτών
[Πηγή: Beall & Samuels, 1971]

Τα τοιχώματα ενός θερμοκηπίου μπορεί να καλύπτονται είτε από fiberglass, είτε από γυαλί, είτε από πλαστικά φύλλα, είτε από πλάκες σκληρού πλαστικού. Το γυαλί, ενώ επιτρέπει σε μεγάλο βαθμό συγκριτικά με το πλαστικό, την διέλευση του φωτός μειονεκτεί στο γεγονός ότι προσφέρει μικρή θερμική μόνωση, είναι εύθραυστο, πιο βαρύ και αρκετά ακριβό. Έτσι τα περισσότερα και απλούστερα θερμοκήπια καλύπτονται από μονά ή καλύτερα διπλά φύλλα πλαστικών για την μείωση των θερμικών απωλειών και την αύξηση της απόδοσης του θερμοκηπίου.

Ένας επιπλέον τρόπος θέρμανσης ενός θερμοκηπίου είναι η εξαναγκασμένη κυκλοφορία του αέρα στους εναλλάκτες θερμότητας, στους αγωγούς θερμού νερού ή στους σωλήνες που είναι τοποθετημένοι στο έδαφος. Τα λειτουργικά έξοδα της θέρμανσης ενός θερμοκηπίου μπορεί να μειωθούν σε ποσοστό που αγγίζει το 35% του κόστους παραγωγής, εάν γίνει χρήση των γεωθερμικών ρευστών (Barbier & Fanelli, 1977).

Οι συνθήκες θερμοκρασίας του χώρου που θερμαίνεται ωφελούν την εκτροφή κτηνοτροφικών ειδών αλλά και τους υδρόβιους οργανισμούς. Η ταυτόχρονη αξιοποίηση των γεωθερμικών νερών σε θερμοκήπια και σε κτηνοτροφικές μονάδες μπορεί να αποβεί ιδιαίτερα κερδοφόρα. Εκτός από την εκτροφή των ζώων σε ένα άριστα θερμοκρασιακό περιβάλλον, τα γεωθερμικά ρευστά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον καθαρισμό των χώρων της κτηνοτροφικής μονάδας, καθώς και στην ξήρανση των αποβλήτων τους (Barbier & Fanelli, 1977).



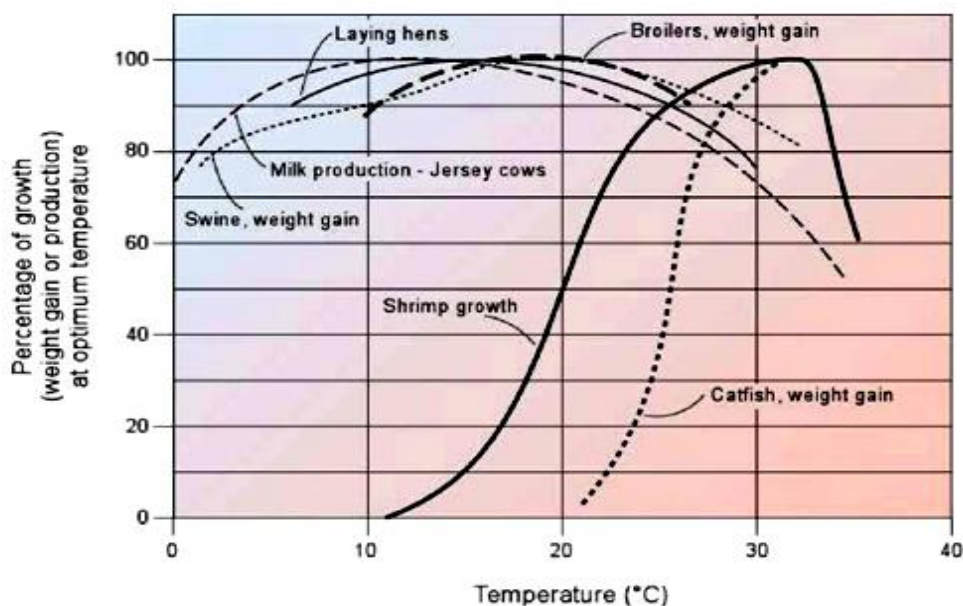
Σχήμα 10: Συστήματα θέρμανσης σε γεωθερμικά θερμοκήπια

<p>Εγκαταστάσεις θέρμανσης με φυσική κίνηση του αέρα (φυσική συναγωγή):</p> <p>(α) εναέριοι σωλήνες θέρμανσης</p> <p>(β) θέρμανση πάγκων</p> <p>(γ) σωλήνες θέρμανσης τοποθετημένοι χαμηλά</p> <p>(δ) θέρμανση εδάφους</p>	<p>Εγκαταστάσεις θέρμανσης με εξαναγκασμένη κίνηση του αέρα (εξαναγκασμένη συναγωγή):</p> <p>(ε) πλευρική τοποθέτηση σωλήνων</p> <p>(στ) εναέρια αερόθερμα</p> <p>(ζ) αγωγοί τοποθετημένοι ψηλά</p> <p>(η) αγωγοί τοποθετημένοι χαμηλά</p>
--	--

[Πηγή: Barbier & Fanelli, 1977]

Παρατηρώντας το πόσο διαφορετική είναι η τάση της καμπύλης ανάπτυξης των υδρόβιων ειδών στο Διάγραμμα 3 συμπεραίνουμε ότι ο έλεγχος της θερμοκρασίας παίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην εκτροφή των υδρόβιων οργανισμών, συγκριτικά με τα είδη που αναπτύσσονται στην ξηρά. Λόγω της ολοένα αυξανόμενης ζήτησης των υδρόβιων οργανισμών στην αγορά, οι υδατοκαλλιέργειες έχουν πλέον πολύ σημαντικό ρόλο σε παγκόσμιο επίπεδο. Στις υδατοκαλλιέργειες μπορεί να επιτευχθεί η εκτροφή ιδιαίτερα σπάνιων και εξωτικών ειδών ή η βελτίωση της παραγωγής τους, εφόσον καταφέρουμε να διατηρήσουμε την θερμοκρασία σε

κατάλληλα επίπεδα με την χρήση τεχνητών μέσων. Χαρακτηριστικά παραδείγματα ειδών εκτροφής σε υδατοκαλλιέργειες είναι τα λαβράκια, τα χέλια, οι κυπρίνοι, τα γατόψαρα, οι σολομοί, οι μουρούνες, οι αστακοί, οι γαρίδες, τα μύδια κ.λπ..



Διάγραμμα 3: Η επίδραση της θερμοκρασίας στην παραγωγή και την ανάπτυξη των εκτρεφόμενων ζώων
[Πηγή: Beall & Samuels, 1971]

Εκτός από την εκτροφή ειδών προς κατανάλωση, στις υδατοκαλλιέργειες μπορεί να γίνει εκτροφή σπάνιων ζώων είτε για την εκμετάλλευση του δέρματός τους, είτε για την αξιοποίησή τους ως τουριστικό αξιοθέατο. Γενικότερα η επιθυμητή θερμοκρασία για την ανάπτυξη των υδρόβιων ειδών κυμαίνεται μεταξύ 20 και 30°C. Η αρχική θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών, η επιθυμητή θερμοκρασία στις δεξαμενές εκτροφής αλλά και οι θερμικές απώλειες των δεξαμενών, είναι οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται το μέγεθος μίας εγκατάστασης.

Μελετώντας το διάγραμμα του Lindal που έχει παρατεθεί συμπεραίνουμε ότι τα γεωθερμικά ρευστά μπορούν να αξιοποιηθούν σε πολλές βιομηχανικές εφαρμογές όπως θέρμανση κατά την διεργασία της εξάτμισης, απόσταξης, ξήρανσης, αποστείρωσης και πολλών άλλων διεργασιών. Παράλληλα, πολλούς τρόπους αξιοποίησης έχουν και τα γεωθερμικά ρευστά όπως το λιώσιμο του πάγου αλλά και για προστασία δρόμων, πεζοδρομίων από τον πάγο. Τέλος, χρησιμοποιούνται για την διάλυση της ομίχλης σε ορισμένα αεροδρόμια (Beall & Samuels, 1971).

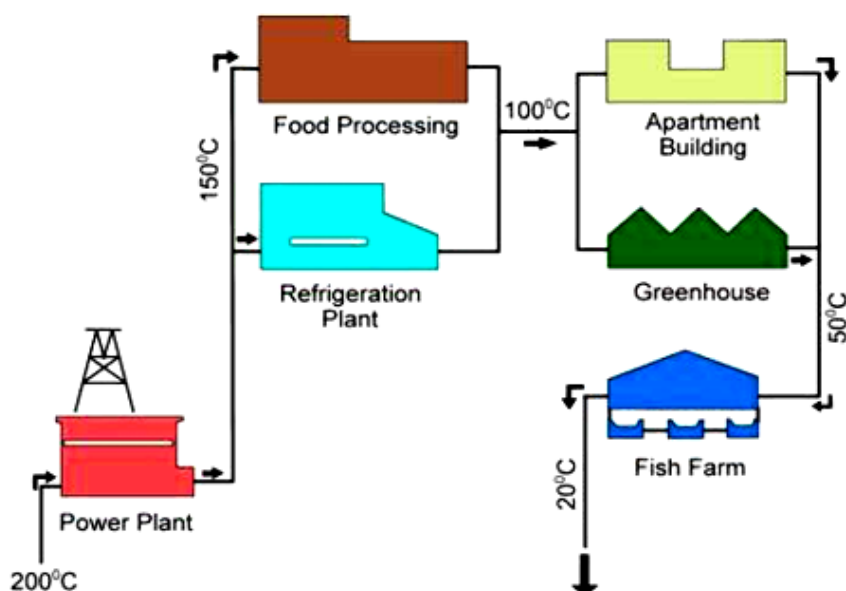
3.1.3. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Το κόστος που απαιτείται για να λειτουργήσει ή για να εγκατασταθεί μία γεωθερμική μονάδα εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Συνεπώς, για να καταφέρουμε να αξιολογήσουμε το κόστος μίας εγκατάστασης θα πρέπει να

αξιολογήσουμε πριν την εκπόνηση του γεωθερμικού προγράμματος όλους αυτούς τους παράγοντες.

Αρχικά ο μελλοντικός επενδυτής θα πρέπει να αναλύσει προσεκτικά τα τμήματα από τα οποία αποτελείται ένα μία γεωθερμική μονάδα (γεωθερμικές γεωτρήσεις, δίκτυο μεταφοράς των ρευστών, μονάδα παραγωγής, σύστημα επανεισαγωγής), διότι παίζουν πρωταρχικό πόλο στο κόστος της αρχικής επένδυσης. Αυτό που έχει γίνει αντιληπτό είναι ότι μία εγκατάσταση γεωθερμικής μονάδας απαιτεί πολύ μεγαλύτερο κεφάλαιο από αυτό που απαιτεί μία αντίστοιχη μονάδα συμβατικών καυσίμων. Ωστόσο, η ενέργεια που απαιτείται για την λειτουργία της, αλλά και το κόστος συντήρησης της μονάδας είναι πολύ λιγότερα από μίας αντίστοιχης μονάδας συμβατικών καυσίμων. Έτσι λοιπόν καταλήγουμε ότι μία γεωθερμική μονάδα πρέπει να κατασκευαστεί με τέτοιες βάσεις ώστε να καταφέρει να λειτουργήσει για μεγάλο χρονικό διάστημα για να αποσβέσει τις δαπάνες κατασκευής της αλλά και να αποφέρει επιπρόσθετα κέρδη.

Τεράστια οικονομικά οφέλη προκύπτουν από συνδυασμούς συστημάτων (ψύξης – θέρμανσης), καθώς και από συστήματα που εκμεταλλεύονται διαδοχικά της γεωθερμική ενέργεια (Friedleifsson, 2001).



Σχήμα 11: Διαδοχική (κλιμακωτή) χρήση της γεωθερμικής ενέργειας
[Πηγή: Friedleifsson, 2000]

Ο βαθμός πολυπλοκότητας μίας γεωθερμικής μονάδας θα πρέπει να είναι βατός για το τεχνικό προσωπικό. Έτσι θα εξασφαλιστεί η μείωση του κόστους συντήρησης, εφόσον δεν θα είναι απαραίτητοι οι πολύ εξειδικευμένοι τεχνικοί, και μειώνεται ο κίνδυνος διακοπής της λειτουργίας της εγκατάστασης.

Τονίζεται ότι στις γεωθερμικές εφαρμογές που αφορούν την παραγωγή καταναλωτικών αγαθών, είναι απαραίτητο να πραγματοποιείται προσεκτική έρευνα που θα αφορά την εξασφάλιση της διάθεσης των καταναλωτικών προϊόντων. Το πεδίο εφαρμογής των παραπάνω παρατηρήσεων καλύπτει όλες τις μορφές αξιοποίησης της γεωθερμικής ενέργειας και οποιεσδήποτε τοπικές συνθήκες, και γι αυτό έχουν έναν καθαρά ποιοτικό χαρακτήρα. Όσον αφορά στον αντικειμενικό υπολογισμό του ύψους της επένδυσης και του κόστους, προτείνεται το World Energy

Assessment Report, που συντάχθηκε από το UNDP, το UN-DESA και το Παγκόσμιο Συμβούλιο Ενέργειας (World Energy Council) και το οποίο δημοσιεύτηκε το 2000. Τα στοιχεία του WEA παρατίθενται στους Πίνακες 42 και 43, στους οποίους γίνεται επίσης η σύγκριση ανάμεσα στην γεωθερμική ενέργεια και άλλες ανανεώσιμες πηγές (Friedleifsson, 2001).

Πίνακας 36: Ενεργειακό και επενδυτικό κόστος για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές
[Πηγή: Friedleifsson, 2000]

Τύπος Ενέργειας	Τρέχων ενεργειακό κόστος (US\$/kWh)	Ενδεχόμενο μελλοντικό ενεργειακό κόστος (US\$/kWh)	Ολικό επενδυτικό κόστος (US\$/kWh)
Βιομάζα	5-15	4-10	900-3000
Γεωθερμική ενέργεια	2-10	1-8	800-3000
Αιολική ενέργεια	5-13	3-10	1100-1700
Φωτοβολταικά	25-125	5-25	5000-10000
Ηλιακοί συλλέκτες	12-18	4-10	3000-4000
Παλιρροιακά	8-15	8-15	1700-2500

Πίνακας 37: Ενεργειακό και επενδυτικό κόστος για απευθείας χρήση θερμότητας από ανανεώσιμες πηγές
[Πηγή: Friedleifsson, 2000]

Τύπος Ενέργειας	Τρέχων ενεργειακό κόστος (US\$/kWh)	Ενδεχόμενο μελλοντικό ενεργειακό κόστος (US\$/kWh)	Ολικό επενδυτικό κόστος (US\$/kWh)
Βιομάζα (αιθανόλη)	1-5	1-5	250-750
Γεωθερμική ενέργεια	0.5-5	0.5-5	200-2000
Αιολική ενέργεια	5-13	3-10	1100-1700
Φωτοβολταικά	3-20	2-10	500-1700

3.2. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Φλέγων ζήτημα στις μέρες μας αποτελεί η μόλυνση του περιβάλλοντος. Στην πραγματικότητα το πρόβλημα αυτό έκανε την πρώτη του εμφάνιση από την αρχαιότητα. Οι άνθρωποι στην προσπάθειά τους να εξυπηρετήσουν τις καθημερινές τους ανάγκες (θέρμανση, τροφή κ.α.), άρχισαν να καίνε ξύλα. Η καύση των ξύλων αποτέλεσε λοιπόν την πρώτη επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Έπειτα, στην προσπάθειά τους να βελτιώσουν το βιοτικό τους επίπεδο άρχισαν να χρησιμοποιούν και άλλους τρόπους παραγωγής ενέργειας. Αργότερα, έγινε αντιληπτό ότι κάθε τρόπος παραγωγής ενέργειας ή μετατροπής της από την μία μορφή στην άλλη έχει επιπτώσεις στο περιβάλλον. Παλαιότερα αυτό δεν είχε γίνει αντιληπτό διότι η ατμόσφαιρα δεν ήταν τόσο επιβαρυσμένη (ΥΠΕΚΑ, 2008).

3.2.1. ΠΗΓΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

Η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας, έχει και αυτή με την σειρά της αντίκτυπο στο περιβάλλον, όμως ανήκει στην κατηγορία των λιγότερων επιβλαβών για το περιβάλλον μορφών ενέργειας. Θα πρέπει να επισημανθεί ότι οι επιπτώσεις από την διάθεση των θερμών νερών που χρησιμοποιούνται για άμεσες χρήσεις, είναι ηπιότερες συγκριτικά με τις επιπτώσεις που έχει η χρήση συμβατικών καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η έκταση και η σοβαρότητα των επιπτώσεων της αξιοποίησης της γεωθερμικής ενέργειας εξαρτώνται από τους ακόλουθους παράγοντες (ΥΠΕΚΑ, 2008) :

- Τα χαρακτηριστικά του ταμιευτήρα
- Τον τύπο του εξαγόμενου ρευστού
- Τον τύπο της εφαρμογής
- Το μέγεθος των εγκαταστάσεων
- Την έκταση στην οποία αναπτύσσεται το έργο.

Οι πρώτες περιβαλλοντικές επιπτώσεις ξεκινούν από τις γεωτρήσεις, δηλαδή από το πρωταρχικό στάδιο του γεωθερμικού έργου. Δεν παίζει ρόλο εάν η γεώτρηση πραγματοποιείται σε μικρό ή μεγάλο βάθος. Απαραίτητη προϋπόθεση για την εγκατάσταση ενός γεωτρητικού συστήματος, είναι η διάνοιξη ή η επισκευή δρόμων. Κατά την εκτέλεση των απαιτούμενων εργασιών για να κατασκευαστεί μία γεώτρηση, επεμβαίνουμε στην μορφολογία της επιφάνειας της περιοχής. Μπορεί οι αλλαγές αυτές να μην είναι ιδιαίτερα έντονες, ωστόσο είναι ικανές να επηρεάσουν την χλωρίδα και την πανίδα της περιοχής. Η δημιουργία έντονης σεισμικότητας στην περιοχή και ο έντονος θόρυβος που προκαλείται από τις εργασίες εγκατάστασης ολοκληρώνουν τις επιπτώσεις που προκαλεί η εγκατάσταση ενός γεωτρητικού έργου. Θα πρέπει ωστόσο να επισημανθεί ότι όλες αυτές οι επιπτώσεις σταματούν να υφίστανται εφόσον ολοκληρωθεί η εγκατάσταση.

Επιπροσθέτως, ένα ακόμα πρόβλημα που πιθανότατα θα δημιουργηθεί είναι η ρύπανση των επιφανειακών υδάτων όταν πραγματοποιηθεί απότομη έξοδος των ρευστών. Αυτό συνήθως συμβαίνει κατά το στάδιο εγκατάστασης των απαραίτητων αγωγών για την μεταφορά των γεωθερμικών ρευστών. Ωστόσο και σε αυτό το στάδιο έχουμε επιπτώσεις όσον αφορά την χλωρίδα και την πανίδα της περιοχής.

Κατά την διάρκεια λειτουργίας της γεωθερμικής εγκατάστασης θα μπορούσαμε να πούμε πως το περιβάλλον επιβαρύνεται περισσότερο από κάθε άλλο στάδιο. Αυτό συμβαίνει διότι σε αυτό το στάδιο είναι δυνατόν να διαφύγουν στην ατμόσφαιρα αέρια που περιέχονται στα γεωθερμικά ρευστά, όπως διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), υδρόθειο (H_2S), αμμωνία (NH_3), μεθάνιο (CH_4), αλλά και ίχνη άλλων αερίων. Η διαφυγή όλων των αερίων που αναφέραμε αλλά και άλλων χημικών ενώσεων αποτελούν τον λόγο αύξησης της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αύξησης της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος είναι και η απόρριψη των νερών από τις γεωθερμικές εγκαταστάσεις. Τα νερά αυτά είναι σαφώς θερμότερα από τα νερά του περιβάλλοντος, συνεπώς αποτελούν ξεκάθαρα μια πηγή θερμικής ρύπανσης.

Η χρήση συμβατικών γεωθερμικών εγκαταστάσεων κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί ένα πολύ σημαντικό παράγοντα στο μείζον θέμα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Αυτό οφείλεται στην εκπομπή μεγάλων ποσοτήτων υδρόθειου, ωστόσο το πρόβλημα μπορεί να περιοριστεί ή και να εξαλειφθεί με την χρήση των κατάλληλων μεθόδων. Εκτός από την εκπομπή ποσοτήτων υδρόθειου

στα ρευστά των εγκαταστάσεων, μπορεί να ανιχνευτεί και διοξείδιο του άνθρακα. Η ποσότητά του όμως μπορεί να θεωρηθεί άνευ σημασίας σε σύγκριση με εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που κάνουν χρήση συμβατικών καυσίμων. Οι μονάδες που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια με την χρήση δυαδικών συστημάτων καθώς και οι εγκαταστάσεις τηλεθέρμανσης δημιουργούν κάποια προβλήματα. Τα προβλήματα αυτά είναι δυνατόν να εξαλειφθούν με την χρήση κλειστών συστημάτων τα οποία θα εμποδίσουν την εκπομπή αερίων.

Η εναπόθεση των ρευστών που έχουν χρησιμοποιηθεί σε μία γεωθερμική εγκατάσταση, εκτός από την πρόκληση αύξησης θερμοκρασίας όπως προαναφέραμε, αποτελεί πηγή χημικής περιβαλλοντικής ρύπανσης. Για να αποφευχθεί η χημική ρύπανση, πρέπει να υπάρχει έλεγχος των ρευστών πριν την διάθεσή τους στο περιβάλλον. Έτσι, τα ρευστά στα οποία εμπεριέχονται μεγάλες ποσότητες χημικών στοιχείων όπως φθόριο, βόριο, αρσενικό, είναι απαραίτητο να επεξεργάζονται ή να εισάγονται ξανά στον ταμιευτήρα, ενώ ιδανικό θα ήταν να πραγματοποιούνται και τα δύο σε συνδυασμό.

Για τις περισσότερες εφαρμογές, γίνεται χρήση γεωθερμικών ρευστών μέσης έως και χαμηλής θερμοκρασίας. Η περιεκτικότητα αυτών σε χημικά στοιχεία είναι ελάχιστη, έτσι η διάθεση των ρευστών αυτών στο περιβάλλον δεν δημιουργεί σοβαρό πρόβλημα. Λόγω της «καθαρότητας» τους, πολύ συχνά εναποτίθενται σε επιφανειακούς υδάτινους αποδέκτες, αφού πρώτα ψυχθούν σε ειδικές δεξαμενές ή τεχνητές λίμνες για να μην υπάρξει καμία μεταβολή στα οικοσυστήματα των υδάτινων αποδεκτών (λίμνες, ποτάμια, θάλασσα).

Ως αποτέλεσμα της άντλησης μεγάλων ποσοτήτων γεωθερμικών ρευστών από τους ταμιευτήρες έχουμε το φαινόμενο της καθίζησης. Με τον όρο καθίζηση εννοούμε την σταδιακή βύθιση της επιφάνειας του εδάφους. Μπορεί το φαινόμενο της καθίζησης να μην μπορεί να ανατραπεί, ωστόσο δεν μπορεί να χαρακτηριστεί και καταστροφικό εφόσον η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται αργά και «κατανέμεται» σε πολύ μεγάλες επιφάνειες. Η καθίζηση έχει την δυνατότητα να φτάσει σε μετρήσιμα επίπεδα σε βάθος χρόνου. Τότε πρέπει να αρχίσει συστηματική παρακολούθησή της διότι μπορεί να επηρεάσει την σταθερότητα των κτιρίων που βρίσκονται στην περιοχή. Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα η καθίζηση να αποτραπεί εάν γίνεται εισαγωγή των γεωθερμικών ρευστών που έχουν χρησιμοποιηθεί ξανά στον ταμιευτήρα.

Τόσο η απόληψη όσο και η επανεισαγωγή των ρευστών μπορούν να αυξήσουν την σεισμική συχνότητα. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι πρόκειται για σεισμικά γεγονότα σχεδόν ανεπαίσθητα, τα οποία γίνονται αντιληπτά από όργανα σεισμικής καταγραφής και όχι από εμάς, ενώ ποτέ δεν έχει σημειωθεί μεγάλη σεισμική δόνηση λόγω της εκμετάλλευσης γεωθερμικών πόρων. Το πρόβλημα την ηχορύπανσης που λαμβάνει χώρα σε εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (μεταφορά ατμού μέσω των σωλήνων) βρίσκεται σε αποδεκτά επίπεδα, ενώ είναι αμελητέος στις εφαρμογές άμεσης χρήσης (Lunis & Breckenridge, 1991).

3.3. ΠΑΡΟΝ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ

Η θερμική ενέργεια που υπάρχει στο υπέδαφος είναι απροσδιόριστη, λόγω των τεράστιων αποθεμάτων της. Ωστόσο, μία ομάδα ερευνητών έκανε μία προσπάθεια υπολογισμού του γεωθερμικού δυναμικού των ηπείρων για τους υψηλής

και χαμηλής ενθαλπίας γεωθερμικούς πόρους (International Geothermal Association, 2001).

Σπουδαίο ρόλο όσον αφορά το ενεργειακό ισοζύγιο των χωρών μπορεί να παίξει η γεωθερμική ενέργεια, εάν και εφόσον αξιοποιηθεί σωστά. Υπάρχουν μάλιστα περιπτώσεις που γεωθερμικοί πόροι χαμηλής κλίμακας είναι αρκετοί για να λύσουν προβλήματα μικρών κοινοτήτων αλλά και να αναβαθμίσουν το βιοτικό επίπεδό τους.

Σύμφωνα με τον Friedleifsson (2003), στην συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας 2.826 TWh από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας το 1998, το ποσοστό 92% προέρχεται από υδροηλεκτρική ενέργεια, 5,5% από βιομάζα, 1,6% από γεωθερμική ενέργεια, 0,6% από αιολική ενέργεια, 0,05% από ηλιακή ενέργεια και 0,02% από παλιρροϊκή ενέργεια. Όσον αφορά την θερμότητα, στην βιομάζα ανήκει το ποσοστό 92% της συνολικής παραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, στην γεωθερμική ενέργεια το 5% και στην ηλιακή ενέργεια το 2%.

Πίνακας 38: Γεωθερμικό δυναμικό στον πλανήτη
[Πηγή: International Geothermal Association, 2001]

Περιοχή	Πηγές υψηλής θερμοκρασίας κατάλληλες για παραγωγή Ηλεκτρικής ενέργειας		Πηγές χαμηλής θερμοκρασίας για άμεση χρήση σε εκατομμύρια TJ/έτος θερμότητας
	Συμβατική Τεχνολογία σε TWh/έτος ηλεκτρισμού	Συμβατική και Δυαδική Τεχνολογία σε TWh/έτος ηλεκτρισμού	Συμβατική Τεχνολογία σε TWh/έτος ηλεκτρισμού
Ευρώπη	1830	3700	>370
Ασία	2970	5900	>320
Αφρική	1220	2400	>240
Βόρεια Αμερική	2800	5600	>240
Λατινική Αμερική	1050	2100	>110
Ωκεανία	1050	2100	>110
Παγκόσμιο δυναμικό	11200	22400	>1400

4. ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η γεωθερμική αντλία είναι ένα σύστημα υδρόψυκτων αντλιών θερμότητας είτε σε συνδυασμό με εναλλάκτες θερμότητας εδάφους, το λεγόμενο κλειστό κύκλωμα, είτε τροφοδοτούμενες από υδρογεώτρηση, το λεγόμενο ανοιχτό κύκλωμα. Η χρήση τους αποσκοπεί στην εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας. Οι εναλλάκτες από τους οποίους αποτελείται το κλειστό κύκλωμα, αποτελούνται από σωλήνα ο οποίος είναι τοποθετημένος μέσα στο έδαφος σε οριζόντια διάταξη εντός εκσκαφής ή τάφρου ή σε κατακόρυφη διάταξη μέσα σε γεωτρήσεις.

Οι αντλίες θερμότητας κάνουν χρήση της γης σαν πηγή θερμότητας με σκοπό την παροχή θέρμανσης. Επιπλέον, χρησιμοποιούν το νερό σαν μέσον μεταφοράς της θερμότητας της γης στον εξατμιστή της. Εάν αντιστρέψουμε τα πράγματα οι αντλίες θερμότητας μπορούν εκτός από την παροχή θέρμανσης μπορούν να παρέχουν ψύξη. Αυτό πραγματοποιείται εάν η γη χρησιμοποιηθεί σαν αποδέκτης και όχι σαν πηγή θερμότητας.

Η χρήση τους έχει καθιερωθεί εδώ και 50 περίπου χρόνια, τόσο σε χώρες της Ευρώπης όσο και στις Η.Π.Α.. Σε αντίθεση με τα κλασσικά γεωθερμικά συστήματα, οι αντλίες θερμότητας μπορούν να τοποθετηθούν σε οποιοδήποτε σημείο, χωρίς την απαίτηση ύπαρξης υπόγειων υδροφόρων υψηλής θερμοκρασίας. Ωστόσο στην Ελλάδα υπάρχουν λίγες μόνο πιλοτικές εφαρμογές τους (Βαλκάνος & Πανάγος, 2017).

4.2. ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

4.2.1. ΟΡΙΣΜΟΣ

Σύμφωνα με τους Βαλκάνο και Πανάγο (2017) αντλία θερμότητας ορίζεται γιατί δίνεται η δυνατότητα να αντλεί θερμότητα από μια ψυχρή πηγή (εξωτερικό περιβάλλον το χειμώνα ή ψυχόμενος χώρος το καλοκαίρι) και με την βοήθεια ενός ψυκτικού μέσου την αποβάλλει σε μια θερμή πηγή (θερμαινόμενος χώρος το χειμώνα ή εξωτερικό περιβάλλον το καλοκαίρι). Επειδή επιβάλλει μια ροή θερμότητας από το ψυχρότερο στο θερμότερο περιβάλλον, που είναι αντίθετη προς τη φυσική ροή θερμότητας, απαιτεί την κατανάλωση ενός μικρού ποσού ενέργειας (συνήθως ηλεκτρικής) για να συντηρήσει τη λειτουργία της. Ωστόσο, η θερμότητα που αντλεί από χαμηλή θερμοκρασιακή στάθμη, την αποδίδει σε μία υψηλή θερμοκρασιακή στάθμη καταναλώνοντας την είτε ως θερμική είτε ως ηλεκτρική ενέργεια.

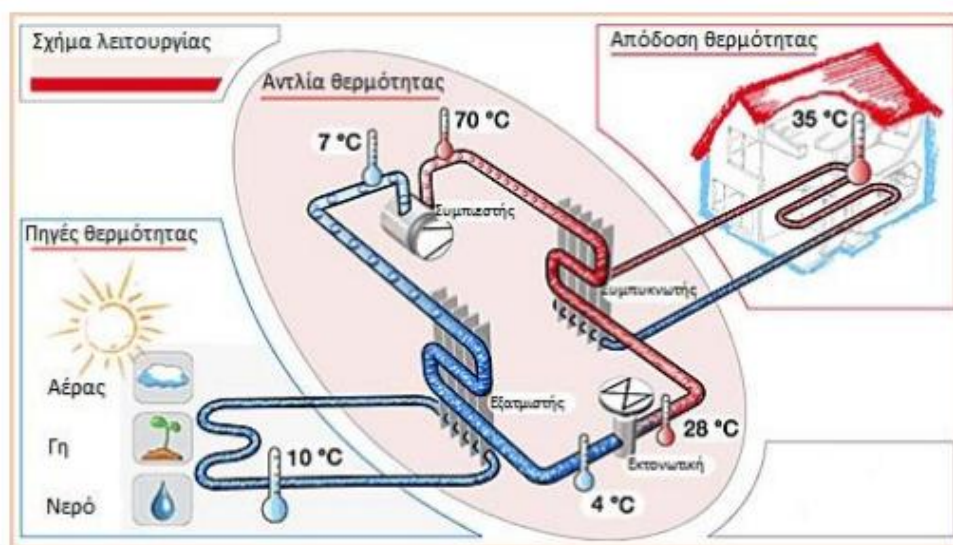
Σύμφωνα με τον Μπινιάρη (2012) στον εμπορικό χώρο με τον όρο αντλία θερμότητας αναφερόμαστε σε μία συσκευή η οποία έχει την δυνατότητα να

επεμβαίνει στον ψυκτικό κύκλο ενός συστήματος και να αποδίδει ζεστό ή κρύο αέρα, ανάλογα από τις ανάγκες που έχει ο χώρος.

Συνοπτολογίζοντας τα όσα προαναφερθήκαν οι αντλίες θερμότητας έχουν την δυνατότητα να παρέχουν με επιτυχία και θέρμανση αλλά και την ψύξη. Όμως οι νόμοι της φυσικής καταγράφουν πως η θερμότητα έχει την τάση να μεταφέρεται από μία κατάσταση υψηλής θερμοκρασίας σε μία κατάσταση χαμηλότερης θερμοκρασίας, με συνέπεια την ικανότητα αυτή να την αντιστρέφει η λειτουργία μίας αντλίας θερμότητας, καθώς μπορεί να προσφέρει μεταφορά θερμότητας αντίθετα από τη φυσική ροή της. Η ονομασία ως αντλία θερμότητας της αποδόθηκε διότι έχει την ικανότητα να αντλεί θερμότητα από μία χαμηλή θερμοκρασιακή στάθμη προς μία υψηλότερη θερμοκρασιακή στάθμη (Βαλκάνος & Πανάγος, 2017 ; Μπινιάρης, 2012).

4.2.2. ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Οι αντλίες θερμότητας έχουν πανομοιότυπη αρχή λειτουργία με τα ψυκτικά μηχανήματα (ψυγεία, καταψύκτες κ.ά.), η οποία βασίζεται στον ψυκτικό κύκλο, που είναι ένας επαναλαμβανόμενος κύκλος εκτόνωσης και συμπίεσης ενός ρευστού όπου είναι και το εργαζόμενο μέσο (Σχήμα 12).



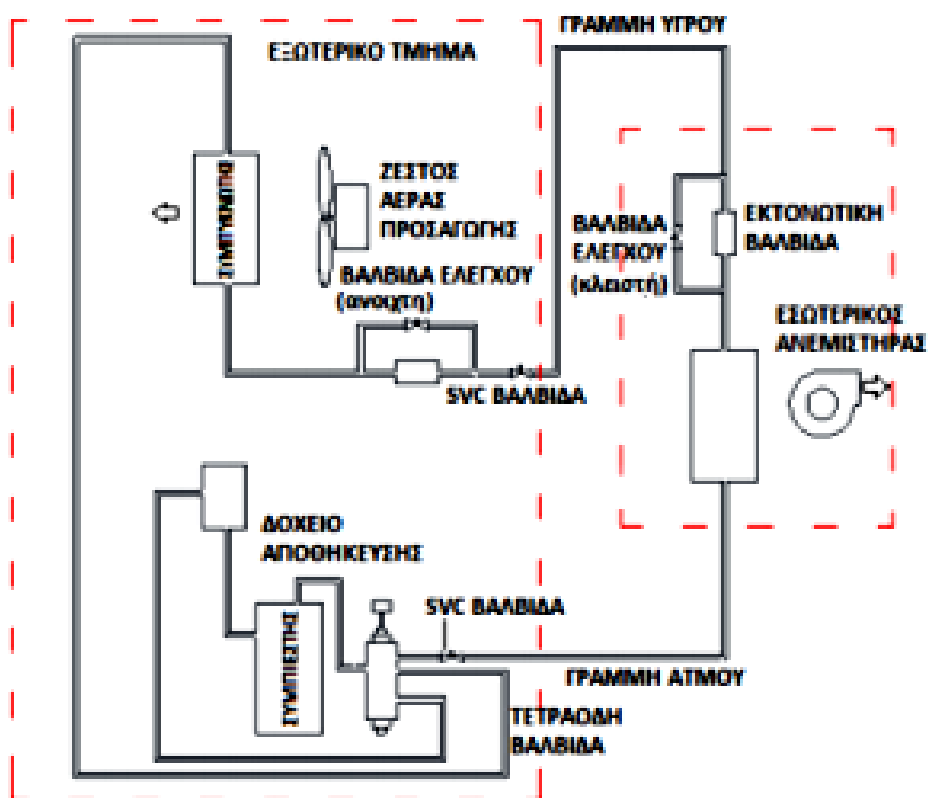
Σχήμα 12: Αρχή λειτουργίας αντλίας θερμότητας
[Πηγή: <https://engineeringissues.wordpress.com/>]

Το ρευστό που είναι το ψυκτικό μέσο, ρέει μέσα στους σωλήνες μετά το συμπίεστή. Το ρευστό είναι σε υγρή φάση και βρίσκεται σε μεγάλη πίεση και θερμοκρασία. Ωστόσο, η μεγάλη θερμοκρασία που δημιουργήθηκε κατά την συμπίεση αποβάλλεται στον συμπυκνωτή. Στη συνέχεια, το ψυκτικό μέσο εκτονώνεται με συνέπεια την μείωση της πίεσης στην βαλβίδα εκτόνωσης και εξατμίζεται στον εξατμιστή, όπου ψύχεται και προσλαμβάνει θερμότητα. Έπειτα, το κρύο ψυκτικό μέσο, το οποίο είναι σε αέρια μορφή, συμπιέζεται στον συμπίεστή, υγροποιείται, θερμαίνεται, αποβάλλει θερμότητα και ούτω κάθε εξής.

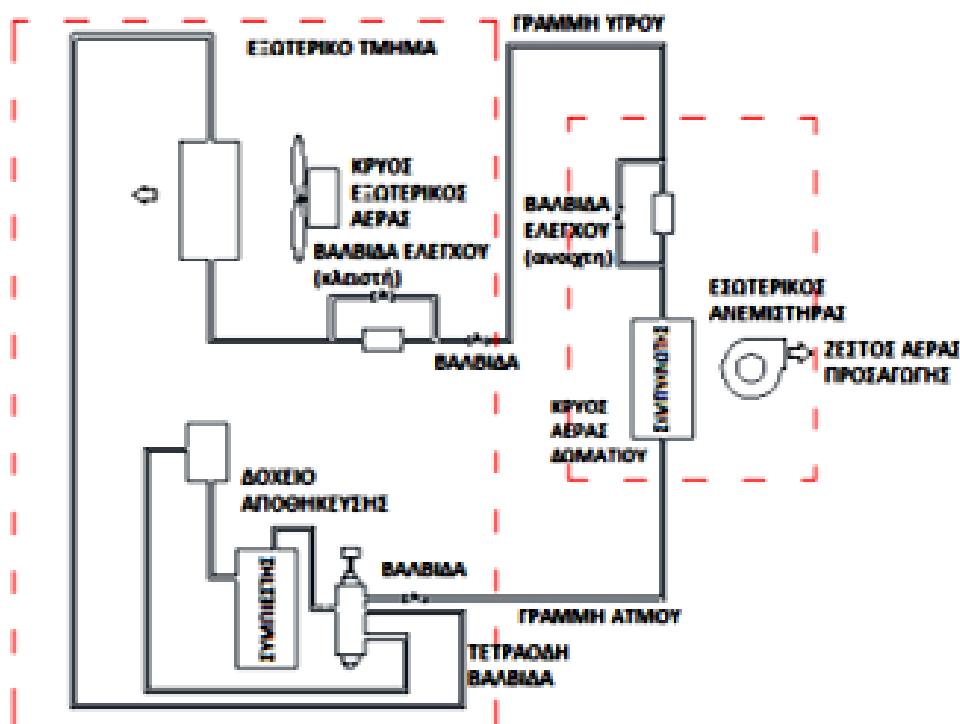
Θα πρέπει να σημειωθεί ότι σε κάθε κύκλο, αποβάλλεται θερμότητα (και προσλαμβάνεται θερμότητα και συνεπώς στον ψυκτικό κύκλο δίνεται η δυνατότητα μεταφοράς θερμότητας μεταξύ των δύο προαναφερόμενων σημείων. Η χαρακτηριστική αυτή λειτουργία δίνει την ονομασία στην αντλίες θερμότητας καθώς και στις συσκευές που λειτουργούν με βάση τον ψυκτικό κύκλο (Βαλκάνος & Πανάγος, 2017).

Σύμφωνα με όσο προαναφέρθηκαν μια αντλία θερμότητας αποτελείται από τα ακόλουθα βασικά τμήματα (Βραχόπουλος και συν., 2015):

- Συμπιεστής-συμπυκνωτής, ο οποίος ανάλογα με την περίπτωση απορροφά ή απορρίπτει θερμότητα στο περιβάλλον.
- Ανεμιστήρας-εξατμιστής, ο οποίος ανάλογα με την περίπτωση προσθέτει ή απορροφά θερμότητα από τον εσωτερικό χώρο.
- Μηχανισμός αντιστροφής (τετράοδη βαλβίδα), ο οποίος αναστρέφει την ροή του ψυκτικού μέσου με στόχο την ψύξη ή την θέρμανση.
- Αυτοματισμοί που είναι υπεύθυνοι για την λειτουργία και τον έλεγχο του συστήματος ψύξης ή θέρμανσης αντίστοιχα.
- Συμπληρωματική ηλεκτρική αντίσταση, η οποία αυξάνει την θερμική απόδοση του συστήματος σε περιπτώσεις που η εξωτερική θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή.



Σχήμα 13: Κύκλος αντλίας θερμότητας για ψύξη
[Πηγή: Βραχόπουλος και συν., 2015]



Σχήμα 14: Κύκλος αντλίας θερμότητας για θέρμανση
[Πηγή: Βραχόπουλος και συν., 2015]

4.2.3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΙΑΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΙΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΨΥΞΗΣ

Σύμφωνα με την βιβλιογραφική ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε με στόχο την εκπόνησης της παρούσας πτυχιακής εργασία διαπιστώθηκε ότι αναφέρεται συχνά ότι η αντλία θερμότητας αναστρέφει ή αντιστρέφει τον κύκλο του ψυκτικού μέσου, ανάλογα με την κάθε περίπτωση. Αυτό συμβαίνει διότι οι αντλίες θερμότητας λειτουργούν πάντα με ψυκτικό κύκλο. Έτσι το μόνο που ουσιαστικά αντιστρέφεται είναι ο ρόλος του εξαμιστή και του συμπυκνωτή. Συνεπώς, ο εξαμιστής την περίοδο του καλοκαιριού βρίσκεται μέσα στον χώρο που ψύχεται και ο ρόλος του είναι να τον ψύξει. Αντιθέτως, την περίοδο του χειμώνα είναι στον εξωτερικό χώρο και ουσιαστικά ψύχει το περιβάλλον.

Η αντλία θερμότητας δίνει την δυνατότητα να πραγματοποιούνται μεταφορές του εξαμιστή και του συμπυκνωτή ανάλογα με την εποχή. Η ειδική βαλβίδα που έχουν οι αντλίες θερμότητας, η οποία έχει την ικανότητα να αντιστρέφει την ροή του ψυκτικού μέσου ενώ ταυτόχρονα διατηρεί φυσικό τον ψυκτικό κύκλο, γλιτώνει από τις μεταφορές των συσκευών ανάλογα με την περίπτωση. Όπως προαναφέρθηκε, αρχικά το ψυκτικό μέσο εισέρχεται στον εξαμιστή. Κατά την είσοδό του γίνεται ο πρώτος έλεγχος του ψυκτικού μέσου από μία στραγγαλιστική-εκτονωτική βαλβίδα η οποία είναι υπεύθυνη για την ελάττωση της πίεσης του υγρού. Στην συνέχεια, το υγρό εξατμίζεται σε χαμηλή θερμοκρασία και παράλληλα προσδίδονται σε αυτό ποσά θερμότητας. Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας της εξάτμισης, προκύπτει το ψυκτικό υγρό σε αέρια μορφή, το οποίο εξαιτίας του συμπυκνωτή αποκτά υψηλή

θερμοκρασία και πίεση. Το συμπιεσμένο πλέον υγρό, προσδίδει στο μέσο συμπύκνωσης το οποίο μπορεί να είναι αέρας ή νερό, ποσά θερμότητας. Έπειτα το συμπιεσμένο αέριο υγροποιείται, επιστρέφει στην βαλβίδα εκτόνωσης και ο κύκλος αρχίζει από την αρχή.

Τα ίδια ακριβώς στάδια περιλαμβάνει και ο κύκλος θέρμανσης. Η διαφορά ωστόσο των δύο κύκλων είναι ότι στον κύκλο θέρμανσης ο εξατμιστής εργάζεται σαν συμπυκνωτής και ο συμπυκνωτής εργάζεται σαν εξατμιστής. Η μετατροπή των λειτουργιών των συσκευών οφείλεται στην λειτουργία μίας τετράοδης βαλβίδας (Βραχόπουλος και συν., 2015)

4.2.4. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Ανάλογα με το μέσο άντλησης και αποβολής της θερμότητας, οι αντλίες θερμότητας κατατάσσονται ως εξής (Μπινιάρη, 2012):

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

Ανάλογα με το είδος της κινητήριας μηχανής, οι αντλίες θερμότητας μπορούν να καταταχθούν ως εξής (Βραχόπουλος και συν., 2015):

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

Ανάλογα με την θέση των διάφορων μηχανισμών της αντλίας θερμότητας έχουμε τις εξής κατηγορίες:

- Αυτόνομες ή ενιαίες (COMPACT), στις οποίες όλοι οι μηχανισμοί βρίσκονται σε κοινό έδαφος
- Διαιρούμενες (SPIT), στις οποίες ο συμπυκνωτής είναι ανεξάρτητος από το υπόλοιπο σύστημα

Ανάλογα με τον τρόπο εναλλαγής της λειτουργίας των στοιχείων τους οι αντλίες θερμότητας διαχωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

- Σταθερού κυκλώματος (Σ.Κ.) ψυκτικού μέσου, όπου η ροή του ψυκτικού μέσου παραμένει σταθερή ενώ αλλάζει η θέση των μέσων απαγωγής ή προσαγωγής της θερμότητας
- Μεταβλητού κυκλώματος (Μ.Κ.) ψυκτικού μέσου, όπου αναστρέφεται η ροή του ψυκτικού μέσου

4.2.5. ΠΗΓΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Υπάρχουν αρκετές πηγές για την άντληση θερμότητας, όπως ο αέρας, το νερό, το έδαφος, η ηλιακή ενέργεια. Στην συνέχεια θα πραγματοποιηθεί μια σύντομη αναφορά στις πηγές θερμότητας (Βαλκάνος & Πανάγος, 2017 ; Βραχόπουλος και συν., 2015).

➤ Αέρας ως πηγή θερμότητας:

Ο αέρας αποτελεί μία από τις βασικότερες πηγές θερμότητας και πλεονεκτεί στο γεγονός ότι βρίσκεται σε αφθονία στην φύση. Ωστόσο, η χρήση του αέρα σαν πηγή θερμότητας μπορεί να δημιουργήσει και κάποια προβλήματα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το πάγωμα του εξατμιστή όταν η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα δεν υπερβαίνει τους 2⁰C. Με την αύξηση του πάγου στον εξατμιστή, έχουμε μείωση της παροχής του αέρα σε αυτόν, όμως οι ηλεκτρικές αντιστάσεις λύνουν το πρόβλημα αφού λιώνουν τον πάγο. Όμως με λύση δίνεται και με την μέθοδο της αντιστροφής του κύκλου όπου με την βοήθεια της τετράοδης βαλβίδας που ενεργοποιείται όταν η απόψυξη κριθεί αναγκαία, μπαίνει σε λειτουργία ο κύκλος σε φάση ψύξης. Έτσι το ζεστό αέριο κατευθύνεται προς τον εξατμιστή και λιώνει τον πάγο. Όσο διαρκεί η διαδικασία της απόψυξης, σταματά η παροχή κρύου αέρα από τον εξωτερικό ανεμιστήρα με σκοπό ο συμπιεστής να έχει να αντιμετωπίσει μόνο τα φορτία του πάγου. Ένα ακόμη πρόβλημα που δημιουργείται είναι ότι σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες η αντλία είναι αδύνατο να καταφέρει να αντλήσει από τον αέρα επαρκή θερμότητα. Για να δοθεί λύση σε αυτό το πρόβλημα χρησιμοποιούνται εφεδρικά συμβατικά συστήματα τα οποία καλύπτουν το φορτίο αιχμής.

➤ Νερό ως πηγή θερμότητας:

Το νερό θεωρείται ως την βασικότερη πηγή θερμότητας. Η ασύμφορη οικονομικά χρήση του νερού του δημόσιου δικτύου είναι ο λόγος που τις περισσότερες φορές προτιμάται το νερό από τις ιδιωτικές αντλήσεις. Ωστόσο, οι δαπάνες που απαιτεί η συντήρηση των αντλιών των φρεάτων κ.λπ. είναι πολύ μεγάλες. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και το θαλάσσιο νερό ή το νερό ενός ποταμού ή μίας λίμνης. Όμως στην περίπτωση χρήσης του θαλάσσιου νερού πρέπει να γίνει ιδιαίτερη μελέτη του τρόπου υδροληψίας διότι από την άμμο προκαλούνται φθορές στους εναλλάκτες και στις αντλίες του συστήματος.

➤ Έδαφος ως πηγή θερμότητας:

Η χρήση του εδάφους σαν πηγή θερμότητας απαιτεί τη ύπαρξη μεγάλης έκτασης εδάφους για την παραλαβή και την απόρριψη της θερμότητας. Ωστόσο, η πηγή αυτή παρουσιάζει δύο βασικά προβλήματα τα οποία είναι η συντήρηση του στοιχείου και την αντιμετώπιση της διάβρωσης και των διαρροών. Καθώς και απαιτούμενη μεγάλη έκταση για την παραλαβή και απόρριψη της θερμότητας στο έδαφος. Επιπροσθέτως, υπάρχει και τα προβλήματα διάβρωσης και διαρροών τα οποία πρέπει να αντιμετωπιστούν και γίνεται με την βοήθεια τις επιστήμης των υλικών. Σημειώνεται ότι με το πέρασμα των χρόνων και με την βοήθεια της τεχνολογίας έχει αξιοποιηθεί η μεγάλη θερμοχωρητικότητα που παρουσιάζει το έδαφος και γενικότερα ο υπεδάφικός χώρος ο οποίος λειτουργεί παράλληλα και ως φυσικός αποθηκευτικός χώρος θερμικής ενέργειας και φυσικά αυτό δύναται να δημιουργήσει σημαντική βελτίωση των συντελεστών λειτουργίας μιας αντλίας θερμότητας.

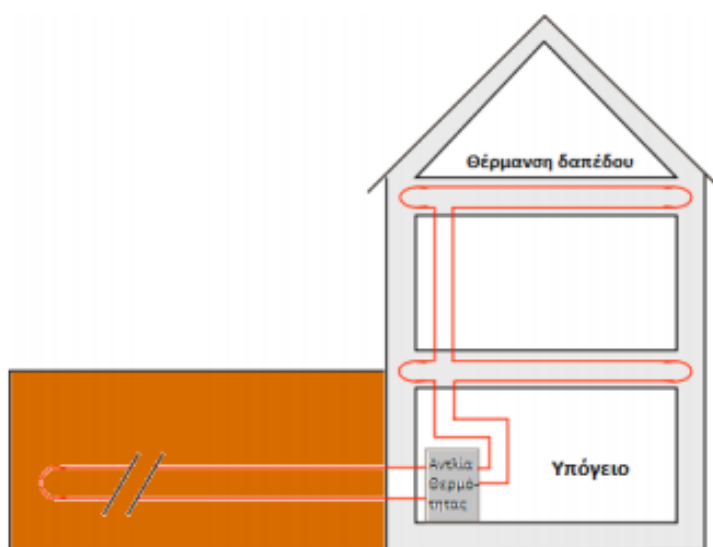
➤ Ηλιακή ενέργεια ως πηγή θερμότητας:

Η χρήση της ηλιακής ενέργειας ως πηγή θερμότητας, προκαλεί μεγάλο επιστημονικό ενδιαφέρον. Βασικό πλεονέκτημα είναι ότι δίνεται η δυνατότητα να παρέχει θερμότητα σε υψηλότερη θερμοκρασία από εκείνη των άλλων φυσικών πηγών. Η έρευνα και η ανάπτυξη των ηλιακών αντλιών θερμότητας κατευθύνθηκαν προς δύο βασικά συστήματα. Ένα από αυτά είναι το άμεσο σύστημα όπου οι σωλήνες του ατμοποιητή είναι ενσωματωμένοι σε έναν συνήθως επίπεδο ηλιακό συλλέκτη. Το δεύτερο σύστημα είναι του έμμεσου τύπου όπου χρησιμοποιεί ενδιάμεσο ρευστό, νερό ή αέρα, που κυκλοφορεί μέσα στον ηλιακό συλλέκτη μέχρι τον εναλλάκτη θερμότητας με το ψυκτικό. Σε όλα τα συστήματα αντλίας θερμότητας στα οποία η ηλιακή ενέργεια αποτελεί τη μοναδική ψυχρή πηγή, κατά τη διάρκεια των εποχών με ανεπαρκή ακτινοβολία απαιτείται ένα εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης ή μία συσσώρευση θερμότητας.

4.3. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

4.3.1. ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΔΑΠΕΔΟΥ

Σύμφωνα με τους Βραχόπουλο και συν. (2015) η αντλία θερμότητας αντλεί θερμότητα από το έδαφος και θερμαίνει νερό το οποίο στη συνέχεια κυκλοφορεί μέσα σε ένα ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης, που ως γνωστό διαχέει τη θερμότητα προς το θερμαινόμενο χώρο πιο εύκολα (Σχήμα 15). Η ενδοδαπέδια θέρμανση, λειτουργεί με νερό χαμηλής θερμοκρασίας που κυκλοφορεί σε σωλήνες εγκιβωτισμένους στο δάπεδο. Το ζεστό νερό μεταφέρει θερμότητα στο θερμομπετόν που περιβάλλει τους πλαστικούς σωλήνες και στη συνέχεια το δάπεδο ακτινοβολεί θερμότητα. Το έδαφος, σαν πηγή θερμότητας, έχει το πλεονέκτημα να διατηρεί ετησίως περίπου σταθερή θερμοκρασία.

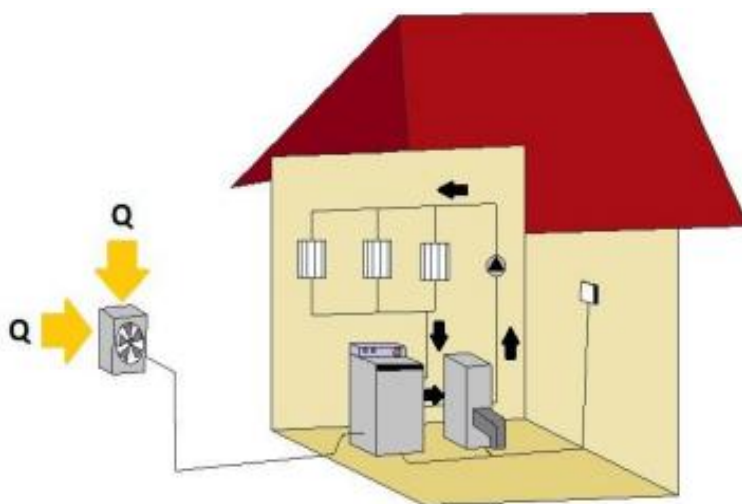


Σχήμα 15: Αντλία θερμότητας με θέρμανση δαπέδου
[Πηγή: Βραχόπουλος και συν., 2015]

4.3.2. ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΥΖΕΥΓΜΕΝΗ ΜΕ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

Σε οικίες που υπάρχει ήδη εγκατάσταση είτε λέβητα αερίου είτε πετρελαίου, δίνεται η δυνατότητα να συνδυαστεί η αντλία θερμότητας με το υπάρχον σύστημα θέρμανσης και να καλύψει τις ανάγκες θέρμανσης, σε όλη τη διάρκεια του έτους. Έτσι ο λέβητας, είτε χρησιμοποιείται μόνο ως ενισχυτική - δευτερεύουσα πηγή κατά τη διάρκεια ακραίων καιρικών συνθηκών, είτε μπορεί να αποξηλωθεί.

Στο σχήμα 16 διακρίνεται μια αντλία θερμότητας που έχει συνδεθεί σε σειρά με κεντρική θέρμανση, με στόχο την πλήρη θέρμανση της κατοικίας. Η αντλία θερμότητας που είναι τύπου αέρα/νερού, λειτουργεί ως φορτίο βάσης, χωρίς η κεντρική θέρμανση να λειτουργεί. Όταν εμφανίζεται φορτίο αιχμής (π.χ. πολύ ψυχρή χειμερινή περίοδος), τότε η κεντρική θέρμανση μπαίνει σε λειτουργία για την κάλυψη του φορτίου αιχμής (Βαλκάνος & Πανάγος, 2017).



Σχήμα 16: Αντλία θερμότητας δίπλα σε κεντρική θέρμανση
[Πηγή: Βραχόπουλος και συν., 2015]

4.4. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

4.4.1. ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Μία αντλία θερμότητας μπορεί να έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά όσον αφορά την λειτουργία της (Μπινιάρης, 2012):

- Μπορεί να είναι αναστρέψιμη
- Μπορεί να ελέγχεται τοπικά
- Έχει ικανότητα συμπύκνωσης με θερμοκρασία στην έξοδο του συμπυκνωτή τους 50°C , ώστε να υπάρχει η δυνατότητα παραγωγής κλιματισμού και ταυτόχρονα ζεστού νερού την περίοδο του καλοκαιριού.
- Έχει την ικανότητα λειτουργίας με θερμοκρασία στην είσοδο του εξατμιστή τους 25°C , ώστε να υπάρχει δυνατότητα διασύνδεσης σε

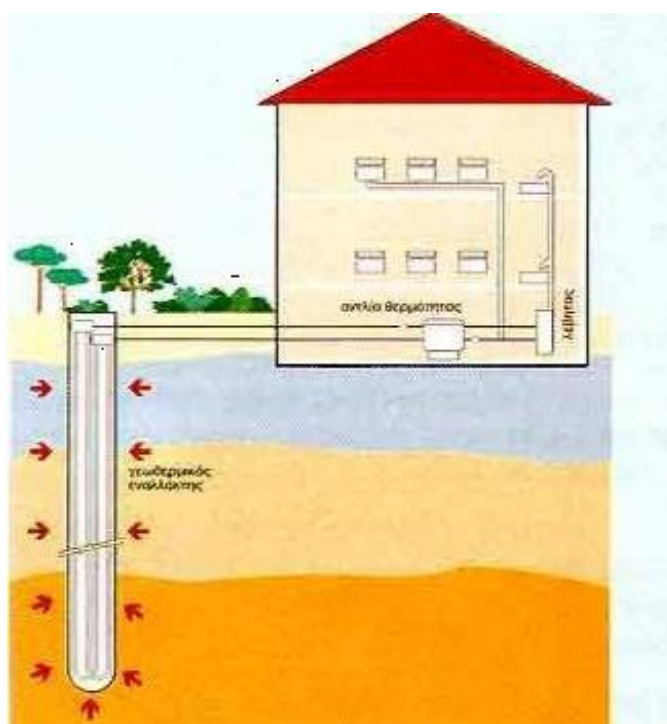
κοινό δίκτυο νερού αντλιών θερμότητας σε λειτουργία θέρμανσης και αντλιών θερμότητας σε λειτουργία ψύξης.

- Η διαθεσιμότητα της στατικής πίεσης των αεραγωγών είναι υψηλή.
- Περιεκτικότητα ψυκτικού R407C.

Επίσης, η ενέργεια που προσφέρεται δεν είναι επιβλαβής για το περιβάλλον (περιβαλλοντικά «καθαρή»), είναι απόλυτα ανανεώσιμη και εξοικονομεί μεγάλο ποσοστό της ενέργειας (50% έως και 60%) που θα απαιτούσε η μονάδα για να λειτουργήσει και να συντηρηθεί, διότι γίνεται χρήση συμβατικών μέσων θέρμανσης ή αποκλειστικά ηλεκτρικής ενέργειας.

Για την εγκατάσταση ενός γεωθερμικού συστήματος ψύξης – θέρμανσης και ταυτόχρονα παροχής ζεστού νερού, απαιτείται ένας ιδιαίτερα λεπτομερής σχεδιασμός ο οποίος πέραν των αντλιών θερμότητας θα πρέπει να περιλαμβάνει έναν εναλλάκτη γεωθερμικής επαφής ως εφεδρικό εξοπλισμό. Ειδικά αναφερόμενοι στους γήινους εναλλάκτες θερμότητας, πρέπει να τονίσουμε ότι αποτελούν κλειστό κύκλωμα νερού το οποίο είναι τοποθετημένο εντός οριζοντίων τάφρων (έως 2 m) αλλά και εντός γεωτρήσεων (έως και 40 m). Το νερό του κυκλώματος διατηρείται σε σταθερή θερμοκρασία η οποία κυμαίνεται από 14^oC έως και 18^oC.

Συνδέοντας έναν γήινο εναλλάκτη θερμότητας με μία εγκατάσταση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας, το σύστημα που προκύπτει έχει την δυνατότητα προσφοράς ενέργειας για κλιματισμό, θέρμανση και παράλληλα για παροχή θερμού νερού σε ένα κτίριο, ανεξάρτητα από το γεωγραφικό σημείο που βρίσκεται το κτίριο. Ουσιαστικά γίνεται πρόσληψη θερμότητας από το υπέδαφος με ειδικά υπολογισμένους μηχανισμούς (μήκος σωληνώσεων, ρυθμός της άντλησης κ.λπ.) και έπειτα αυτή η θερμότητα παρέχεται στον συμπυκνωτή ή στον εξαμιστή μίας αντλίας θερμότητας (Μπινιάρης 2012 ; Μαρούδης, 2014).



Σχήμα 17: Γεωθερμικό σύστημα ψύξης – θέρμανσης κατοικίας με αντλία θερμότητας νερού και γεωθερμικό εναλλάκτη.

[Πηγή: Μπινιάρης, 2012]

4.4.2. ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Η λειτουργία μίας αντλίας θερμότητας συστήματος νερού – αέρα (N-A) κατά την καλοκαιρινή περίοδο, απαιτεί την αποβολή της απορριπτόμενης θερμότητας από τον συμπυκνωτή και έτσι τροφοδοτείται από ένα ρεύμα νερού. Εφόσον λοιπόν προστίθεται στο νερό θερμότητα, δημιουργείται ανάγκη ψύξης του έτσι ώστε να επιστρέψει στην αρχική του θερμοκρασία και να εξασφαλιστεί η ορθή λειτουργία της αντλίας θερμότητας. Στην περίπτωση όπου η κανονική θερμοκρασία του νερού είναι στους 40°C και μετά την θέρμανση του η θερμοκρασία του αυξάνεται στους 45°C, τότε η ψύξη του πραγματοποιείται μέσω μίας γεωθερμικής επαφής η οποία μπορεί να είναι είτε νερό φρεάτων στους 25°C είτε θαλασσινό νερό ή νερό λιμνών, ποταμών στους 18°C είτε ένας γεωθερμικός πάσσαλος ο οποίος αποτελείται από σωλήνες κλειστού κυκλώματος και η ψύξης του πραγματοποιείται από την γη της οποίας η θερμοκρασία είναι περίπου στους 18°C. Όταν η θερμοκρασία του γεωθερμικού νερού ξεπερνά τους 60°C, μπορεί να πραγματοποιηθεί ψύξη χώρου χρησιμοποιώντας αποκλειστικά και μόνο θερμικές αντλίες θερμότητας.

Επιπροσθέτως, την περίοδο του χειμώνα τα φορτία που απαιτούνται για να θερμανθεί ένας χώρος μπορούν να καλυφθούν από την ικανότητα θέρμανσης της αντλία θέρμανσης συστήματος νερού – αέρα (N-A) αρκεί μόνο να έχει την δυνατότητα αναστροφής της λειτουργίας της (Καρατάσος & Τζιώλας, 2010)

Σε αυτήν την περίπτωση δημιουργείται ανάγκη αναρρόφησης της θερμότητας από τον εξαμιστή και η αντλία θερμότητας συστήματος νερού – αέρα τροφοδοτείται ομοίως από ένα ρεύμα νερού το οποίο σε αυτήν την περίπτωση ψύχεται εξαιτίας της αναρρόφησης θερμότητας. Κατ' επέκταση δημιουργείται ανάγκη θέρμανση για να επιστρέψει στην αρχική του θερμοκρασία και να εξασφαλιστεί η απρόσκοπτη λειτουργία της αντλίας θερμότητας. Στην περίπτωση που η αρχική θερμοκρασία του νερού ήταν στους 18°C και αφού ψύχθηκε η θερμοκρασία έπεσε στους 13°C, η θέρμανση του μπορεί να επιτευχθεί μέσω της ίδια γεωθερμικής επαφής και με τους ίδιους προαναφερόμενους τρόπους. Όταν η θερμοκρασία του γεωθερμικού νερού ξεπερνά τους 45°C, μπορεί να πραγματοποιηθεί άμεσα θέρμανση χώρου χωρίς να χρησιμοποιηθεί ηλεκτρική ενέργεια (Μπινιάρης, 2012).

4.4.3. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΣΥΖΕΥΞΗ

Η λειτουργία των γεωθερμικών αντλιών υπόγειας σύζευξης στηρίζεται στην αξιοποίηση της θερμότητας που βρίσκεται στο υπέδαφος. Σε ένα συγκεκριμένο βάθος η θερμοκρασία της γης παραμένει σταθερή καθ' όλη την διάρκεια του έτος. Έτσι εξασφαλίζεται η σταθερή λειτουργία των αντλιών και ταυτόχρονα η επιτυγχάνεται η μέγιστη ενεργειακή απόδοση. Η χρήση των γεωθερμικών αντλιών υπόγειας σύζευξης συνιστάται κυρίως σε ξενοδοχεία για την κάλυψη των αναγκών τους σε θέρμανση (πισίνες, θερμό νερό). Ο συγκεκριμένος εξοπλισμός επιτυγχάνει εξοικονόμηση τεράστιων ποσών ενέργειας (Καρατάσος & Τζιώλας, 2010).

Οι αντλίες θερμότητας υπόγειας σύζευξης αποτελούν κλασσικά συστήματα συμπίεσης και περιλαμβάνουν συμπιεστή, εξαμιστήρα, βαλβίδα εκτόνωσης, εξαρτήματα ελέγχου και ρύθμισης. Η μόνη διαφορά των συστημάτων υπόγειας σύζευξης από τα υπόλοιπα συστήματα είναι η υπεδάφια τοποθέτηση του εξαμιστήρα στην οποία οφείλονται και όλα τα πλεονεκτήματα του συστήματος (Καρατάσος & Τζιώλας, 2010 ; Μπινιάρης, 2012).

Τα συστήματα αντλιών υπόγειας σύζευξης αποτελούνται από τους ακόλουθους τρεις βασικούς τύπους (Μπινιάρης, 2012):

- Συστήματα ανοικτού βρόγχου
- Συστήματα κλειστού βρόγχου
- Συστήματα άμεσης εκτόνωσης

Για να γίνει επιλογή του κατάλληλου τύπου υπόγειας σύζευξης, θα πρέπει πρώτα να μελετηθεί η έκταση του οικοπέδου, η γεωγραφική του περιοχή αλλά και το κόστος του κύκλου ζωής του. Έχει ιδιαίτερη σημασία η λεπτομερής μελέτη αυτών των παραγόντων διότι η επιλογή του τύπου μπορεί να επηρεάσει τα εξής (Μπινιάρης, 2012):

- Την απόδοση του συστήματος αντλίας θερμότητας.
- Τις απαιτήσεις σε ενέργεια της βοηθητικής άντλησης.
- Το κόστος της εγκατάστασης.

Στην συνέχεια θα πραγματοποιηθεί αναλυτική περιγραφή των τύπων των συστημάτων αντλιών υπόγειας σύζευξης.

4.4.3.1. Συστήματα ανοικτού βρόχου

Τα συστήματα ανοικτού βρόχου με σκοπό την άμεση μεταφορά της θερμότητας κάνουν χρήση των υπόγειων υδάτων. Τα επιφανειακά ύδατα, τα φρεάτια εξαγωγής και τα φρεάτια επανεισαγωγής είναι ο κύριος κορμός των συστημάτων ανοικτού βρόγχου. Την άντληση των υδάτων από τα φρεάτια εξαγωγής διαδέχεται η επιστροφή τους στην γη. Ωστόσο η ποιότητα του νερού αποτελεί βασική παράμετρο όσον αφορά την λειτουργία του συστήματος καθώς ο ανταλλακτήρας θερμότητας μεταξύ του υπόγειου ύδατος και του ψυκτικού υπάρχει πιθανότητα να μπλοκάρει λόγω κακής ποιότητας του νερού ή ακόμα να σκουριάσει και κατ' επέκταση να σαπίσει. Ένας ακόμα βασικός παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει την λειτουργία του συστήματος είναι η επάρκεια της ποσότητας του νερού (συνηθέστερα 0.03 έως 0,05 l/s/kW) (Κουρτίδης, 2014).

Η χρήση συστημάτων ανοικτού βρόγχου πλεονεκτεί στα εξής (Κουρτίδης, 2014):

- Εύκολος σχεδιασμός του συστήματος.
- Χαμηλό κόστος εγκατάστασης.
- Χαμηλά έξοδα λειτουργίας εφόσον πραγματοποιείται ήδη άντληση νερού για άλλους λόγους.

Ωστόσο θα πρέπει σημειωθεί ότι η χρήση των συστημάτων ανοικτού βρόγχου δεν είναι συχνή διότι υπάρχει ανεπάρκεια του νερού σε πολλές περιοχές. Επιπλέον, υπάρχουν περιοριστικοί όροι χρήσης του νερού σε πολλές περιοχές με αποτέλεσμα η χρήση αυτών των συστημάτων να μην είναι αποδεκτή (Καρατάσος & Τζιώλας, 2010).

4.4.3.2. Συστήματα κλειστού βρόγχου

Ένα υπόγειο δίκτυο στεγανών, πλαστικών, μεγάλης αντοχής σωλήνων, οι οποίοι λειτουργούν ως ανταλλακτήρες θερμότητας, είναι ο κορμός των συστημάτων κλειστού βρόγχου. Το γέμισμα των σωλήνων γίνεται με νερό ή με διάλυμα νερού και αντιψυκτικού υγρού. Λόγω της στεγανότητας των σωλήνων τα υγρά των σωλήνων δεν έρχονται σε επαφή με τα υπόγεια νερά. Πρωταρχικό ρόλο στην κατασκευή ενός συστήματος κλειστού βρόγχου παίζει η επιλογή των σωλήνων και τα χαρακτηριστικά τους. Αυτό συμβαίνει διότι η επιλογή του υλικού επηρεάζει τους ακόλουθους παράγοντες (Κουρτίδης, 2014):

- Την διάρκεια ζωής των σωληνώσεων
- Το κόστος συντήρησης
- Την ισχύ άντλησης
- Το κόστος κεφαλαίου
- Την απόδοση της αντλίας θερμότητας

Τις περισσότερες φορές γίνεται χρήση σωλήνων από πολυβουτυλένιο υψηλής πυκνότητας ή από πολυαιθυλένιο. Οι διάμετροι των σωλήνων κυμαίνονται από 20 έως και 40 mm. Τα προαναφερθέντα υλικά χρησιμοποιούνται λόγω της ευκαμψίας τους. Έτσι η ένωση των σωλήνων γίνεται πολύ εύκολα με την μέθοδο της θερμικής σύντηξης με σκοπό την δημιουργία απόλυτα στεγανών δικτύων τα οποία θα είναι αξιόπιστα, χωρίς διαρροές και κατ' επέκταση χωρίς την απαίτηση συντήρησης.

Γενικά οι τρόποι διάταξης των κλειστών βρόγχων ποικίλουν. Ωστόσο οι συνηθέστερες είναι η κάθετη και η οριζόντια διάταξη. Στην οριζόντια διάταξη η τοποθέτηση των σωλήνων λαμβάνει χώρο μέσα σε ορύγματα, το βάθος των οποίων κυμαίνεται από 1,2 έως και 3,0 m ενώ το μήκος τους ξεκινά από 9 και φτάνει έως και 35 m ανά kW θερμικού δυναμικού. Για την επιλογή του μήκους των ορυγμάτων βασικοί παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη είναι τόσο οι συνθήκες του εδάφους, όσο και ο αριθμός των σωληνώσεων μέσα στα ορύγματα. Η απόσταση μεταξύ των ορυγμάτων κυμαίνεται από 2 έως και 4 m. Η τοποθέτηση των σωλήνων πραγματοποιείται στον πυθμένα του ορύγματος σε ένα υπόστρωμα άμμου. Έπειτα καλύπτονται από στρώση άμμου 15 cm και ακολουθεί το κλείσιμο των ορυγμάτων με το χώμα το οποίο είχε εκσκαφθεί. Για να μειώσουμε τον κίνδυνο καθιζήσεων, θα πρέπει να ποτιστεί η εγκατάσταση και κατόπιν να συμπιεστεί. Προτεινόμενοι χώροι για την κατασκευή συστημάτων κλειστού βρόγχου είναι οι χώροι στάθμευσης αλλά και οι επιφάνειες πρασίνου.

Η ανάγκη βελτίωσης της μεταφοράς θερμότητας, οδήγησε στην ανάπτυξη κάποιων νέων συστημάτων όπως η σπειροειδής περιέλιξη. Για την εφαρμογή της πρέπει να τεντώσουμε μία σφικτή περιέλιξη σωληνώσεων πολυαιθυλενίου με μικρή διάμετρο. Με αυτόν τον τρόπο έχουμε την διαμόρφωση μίας εκτεταμένης περιέλιξης διαμέτρου περίπου 600 mm. Έπειτα ακολουθεί η τοποθέτηση της σπείρας σε ένα στενό ορύγμα ή οριζόντια στον πυθμένα ενός ορύγματος με επαρκή πλάτος. Με αυτή την μέθοδο έχουμε πολύ μικρότερη απαίτηση όσον αφορά το μήκος του ορύγματος (τρεις έως και τέσσερις φορές μικρότερο από ότι απαιτεί μία διάταξη μονού σωλήνα) (Κουρτίδης, 2014).

Η οριζόντια διάταξη των συστημάτων κλειστού βρόγχου παρουσιάζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα (Κουρτίδης, 2014):

- Ιδιαίτερα χαμηλό κόστος για την εκσκαφή ορυγμάτων.

- Ευέλικτες εναλλακτικές λύσεις εγκατάστασης.

Ωστόσο, η εφαρμογή της εμφανίζει και κάποια μειονεκτήματα όπως (Κουρτίδης, 2014):

- Απαιτήση μεγάλης επιφάνειας διαθέσιμου χώρου.
- Μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις του εδάφους

Για την εγκατάσταση ενός συστήματος κλειστού κυκλώματος σε κάθετη διάταξη, απαιτείται άνοιγμα πηγαδιών βάθους που κυμαίνεται από 20 έως και 100 m, τα οποία κάποιες φορές τα ξεπερνά. Σε τέτοιες εγκαταστάσεις γίνεται εισαγωγή των αγωγών κλειστού βρόγχου στο κάθετο πηγάδι. Επιπλέον, πρέπει να αναφερθεί πως γίνεται χρήση ειδικού εξοπλισμού, ενώ το υλικό πλήρωσης των πηγαδιών πρέπει να αντληθεί έως τον πυθμένα της οπής για να αποτελέσει μία ρευστή μάζα η οποία θα γεμίσει το κενό μεταξύ του αγωγού και της επιφάνειας της οπής. Η επιλογή του κατάλληλου υλικού πλήρωσης εξαρτάται από την θερμοκρασία και τις συνθήκες εργασίας που αναμένονται. Η απόσταση μεταξύ των πηγαδιών είναι 3 έως και 5 m ενώ το μήκος κυμαίνεται από 17 έως και 52 m ανά kW θερμικού δυναμικού (Κουρτίδης, 2014).

Η κάθετη διάταξη παρουσιάζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα (Κουρτίδης, 2014):

- Μικρότερο μήκος αγωγών
- Χαμηλότερη ενέργεια άντλησης όλων των συστημάτων κλειστού βρόγχου
- Μικρότερη απαιτούμενη διαθέσιμη επιφάνεια.

Επιπροσθέτως, παρουσιάζει και κάποια μειονεκτήματα (Κουρτίδης, 2014):

- Πολύ μεγαλύτερο κόστος.
- Απαιτήση ειδικών μηχανημάτων διάτρησης.

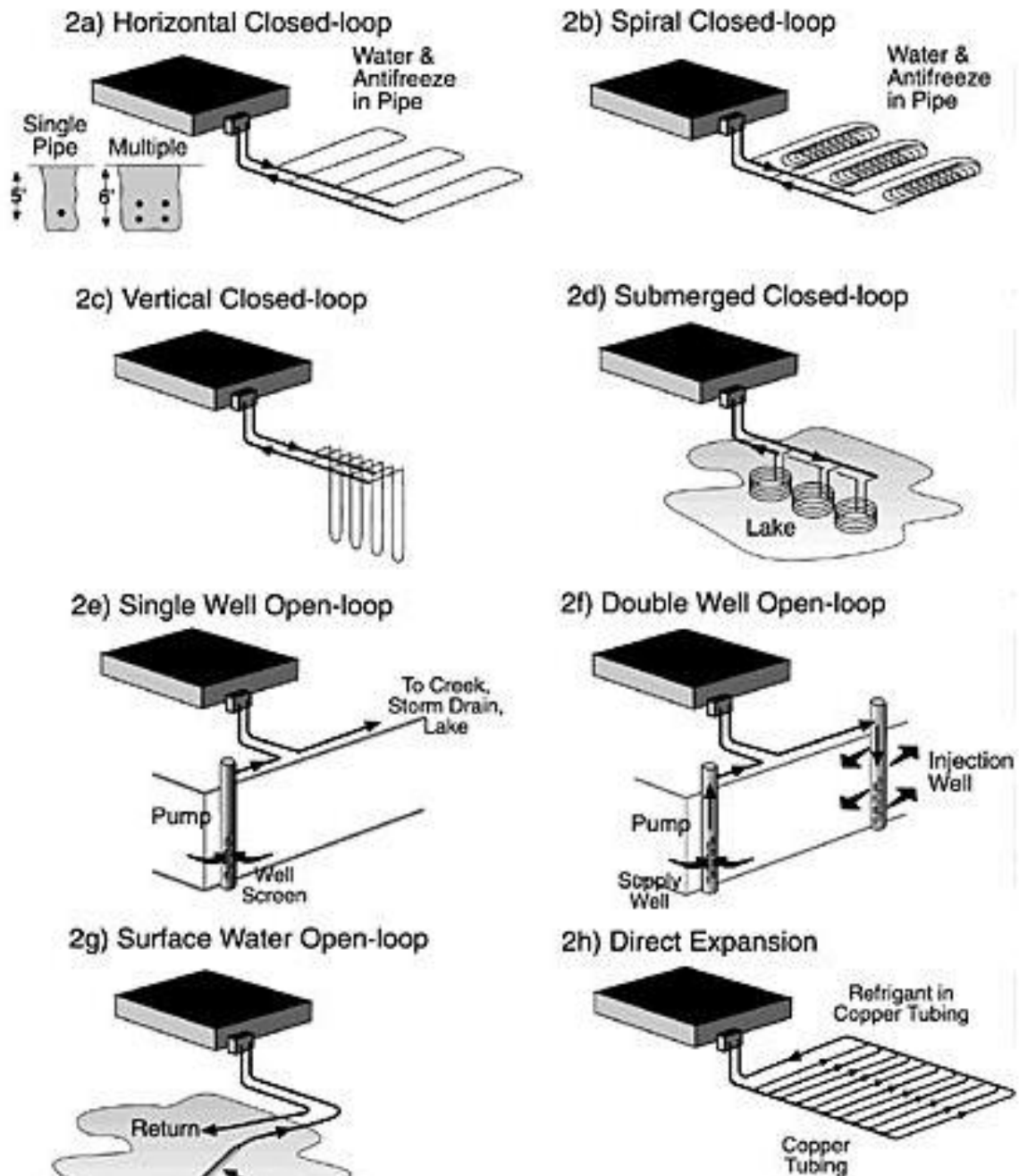
4.4.3.3. Συστήματα άμεσης εκτόνωσης

Οι χάλκινες σπείρες είναι το βασικό εργαλείο όσον αφορά τα συστήματα άμεσης εκτόνωσης. Οι σπείρες είναι εγκατεστημένες μέσα στο έδαφος και έτσι πραγματοποιείται άμεσα ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ εδάφους και ψυκτικού υγρού. Έτσι λοιπόν παρατηρούμε ότι στα συστήματα άμεσης εκτόνωσης δεν είναι αναγκαία η αντλία κυκλοφορίας, ούτε το μέσο μεταφοράς θερμότητας. Η τοποθέτηση των σπειρών γίνεται είτε σε πλάγια οριζόντια εκσκαφή, είτε σε κάθετα ορύγματα μέσα στο έδαφος. Το βάθος των κάθετων ορυγμάτων κυμαίνεται από 3 έως και 4 m, ενώ η απαιτούμενη επιφάνεια εδάφους σε αυτήν την περίπτωση κυμαίνεται από 2,5 έως και 4 τετραγωνικά μέτρα ανά kW θερμικού δυναμικού (Μπιινιάρης, 2012).

Τα συστήματα άμεσης εκτόνωσης παρουσιάζουν πολλά μειονεκτήματα (Μπιινιάρης, 2012):

- Διάβρωση των σπειρών λόγω της μεταλλικότητας
- Απαιτήση καθοδικού συστήματος προστασίας

- Το έδαφος υπόκειται σε μεγάλες διακυμάνσεις θερμοκρασίας
- Απαιτεί μεγάλη ποσότητα ψυκτικού υγρού
- Η χαμηλότερη θερμοκρασία στην υπόγεια σπείρα είναι δυνατόν να οδηγήσει στην μετατροπή της υγρασίας σε πάγο
- Η πιθανή διαρροή του ψυκτικού μπορεί να έχει καταστροφικές συνέπειες
- Υψηλό κόστος εγκατάστασης
- Υψηλό κόστος συντήρησης (λόγω εξειδίκευσης του προσωπικού).



Σχήμα 18: Διάφορες διατάξεις συστημάτων αντλιών θερμότητας υπόγειας σύζευξης
[Πηγή: Μπινιάρης, 2012]

4.4.4. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Βασική παράμετρος, όσον αφορά την μελέτη των συστημάτων γεωθερμικών αντλιών θερμότητας υπόγειας σύζευξης, είναι η ορθή διαστασιολόγηση της υπόγειας σπείρας. Αυτό συμβαίνει διότι μία λανθασμένη διαστασιολόγησή της επηρεάζει σε πολύ μεγάλο βαθμό το κόστος κεφαλαίου. Η υπερδιαστασιολόγηση της υπόγειας σπείρας έχει σαν αποτέλεσμα το υψηλότερο κόστος, ενώ η υποδιαστασιολόγηση έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση της συνολικής απόδοσης αλλά και την έλλειψη του θερμικού δυναμικού.

Για να λάβουν επιπλέον βοήθεια οι μελετητές, κατασκευάστηκαν ειδικά εγχειρίδια μελέτης αλλά και ηλεκτρονικά μοντέλα σχεδιασμού. Ο σωστός συνδυασμός των διάφορων στοιχείων είναι πάρα πολύ σημαντικός και προτείνεται τόσο σχεδιασμός όσο και η επίβλεψη της κατασκευής μίας εγκατάστασης να πραγματοποιείται από μία μόνο εταιρία (Βαλκάνος & Πανάγος, 2017).

4.4.5. ΟΦΕΛΗ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Μεγάλα οφέλη εξοικονόμησης ενέργειας αποφέρει η χρήση των αντλιών θερμότητας υπόγειας σύζευξης. Αυτό συμβαίνει λόγω της θερμοκρασίας του εδάφους που παραμένει σχεδόν σταθερή καθ' όλη την διάρκεια του έτους. Η απόδοση μίας αντλίας θερμότητας είναι άμεσα εξαρτημένη από την διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στους εσωτερικούς χώρους ενός κτιρίου και του εξωτερικού περιβάλλοντος. Όσο μικρότερη είναι αυτή η διαφορά θερμοκρασίας, τόσο βελτιώνεται το δυναμικό και η απόδοση της αντλίας. Αντίθετα, όταν αυτή η διαφορά θερμοκρασίας είναι μεγάλη, τότε έχουμε μείωση της απόδοσης της αντλίας θερμότητας.

Γενικότερα έχει διαπιστωθεί πως η θερμοκρασία του αέρος δεν είναι τόσο κοντά στην θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων, ενώ η θερμοκρασία του εδάφους είναι πάρα πολύ κοντά στην θερμοκρασία εσωτερικών χώρων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι μεσογειακές χώρες. Σε αυτές τις χώρες η εξωτερική θερμοκρασία τον χειμώνα κυμαίνεται από 0⁰C έως 15⁰C και η θερμοκρασία του εδάφους σε κάποιο βάθος διατηρείται σταθερή στους 16⁰C.

Παρατηρείται λοιπόν πως οι αντλίες θερμότητας υπόγειας σύζευξης είναι αποδοτικότερες σε σύγκριση με τις μονάδες που κάνει χρήση του εξωτερικού αέρα ως πηγή θερμότητας. Επιπλέον, η λειτουργία τους είναι πιο αποδοτική σε συνθήκες μερικού φορτίου. Αυτό συμβαίνει διότι στην περίπτωση που η υπόγεια σπείρα έχει μόνο μερικό φορτίο, η θερμοκρασία του νερού του βρόγχου πλησιάζει περισσότερο την θερμοκρασία του εδάφους και κατά συνέπεια έχουμε αύξηση της απόδοσης.

Επιπροσθέτως, επειδή στις αντλίες υπόγειας σύζευξης απαιτείται μόνο μια αντλία κυκλοφορίας, έχει υψηλότερη απόδοση από ένα σύστημα που χρησιμοποιεί ψύκτη υψηλής απόδοσης. Παράλληλα έχει παρατηρηθεί ότι η απαίτηση βοηθητικού ρεύματος είναι σημαντικά μειωμένη συγκριτικά με τα συμβατικά συστήματα (Βραχόπουλος και συν., 2015 ; Μαρούδης, 2014).

4.4.6. ΜΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Τα εξαρτήματα των αντλιών θερμότητας είναι τοποθετημένα είτε υπόγεια, είτε εσωτερικά. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την απόλυτη προστασία του συστήματος από τα καιρικά φαινόμενα γεγονός που συνεπάγεται την ελάχιστη απαίτηση σε συντήρηση του συστήματος. Επιπλέον, η εσωτερική ή υπόγεια τοποθέτηση των εξαρτημάτων ευνοεί περισσότερο τις εγκαταστάσεις που είναι τοποθετημένες σε περιοχές με μεγάλες διαβρώσεις όπως περιοχές κοντά στην θάλασσα στις οποίες λόγω του αλατιού προκαλείται ταχύτατη φθορά του εξοπλισμού.

Λόγω της σταθερότητας της θερμοκρασίας του εδάφους, το σύστημα λειτουργεί με χαμηλότερη αναλογία πίεσης από το συμπιεστή και μικρότερη μηχανική και θερμική καταπόνηση. Παράλληλα, η θερμοκρασία του εδάφους είναι σχετικά υψηλή και έτσι αποτρέπεται η δημιουργία πάγων στην σπείρα του εξατμιστήρα ενώ δεν απαιτείται κύκλος απόψυξης. Γενικότερα, τα συστήματα που κάνουν χρήση της γεωθερμικής ενέργειας είναι αρκετά αξιόπιστα και έχουν κατά μέσο όρο διάρκεια ζωής 25 έως 30 χρόνια (Μαρούδης, 2014 ; Μπινιάρης, 2012).

4.4.7. ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Είναι γεγονός πως παρόλο που οι αντλίες θερμότητας υπόγειας σύζευξης είναι ιδιαίτερα γνωστές εδώ και αρκετά χρόνια και παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα, δεν χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα. Ο πρώτος λόγος είναι καθαρά εμπορικός, διότι τα συστήματα δεν είναι τυποποιημένα και οι αγοραστές δεν είναι διατεθειμένοι να αγοράσουν ένα σύστημα που βρίσκεται ακόμα σε πειραματική τεχνολογία. Επιπλέον, οι ίδιοι οι προμηθευτές δεν είναι διατεθειμένοι να παρέχουν ένα σύστημα το οποίο δεν γνωρίζουν απόλυτα και υπάρχει πάντα και ο φόβος αποτυχίας της κερδοφορίας. Τέλος, δεν υπάρχουν εξειδικευμένες εταιρίες και τεχνικοί για τις βαθιές γεωτρήσεις που είναι απαραίτητες στην κάθετη διάταξη (Μαρούδης, 2014).

Επίσης, πρέπει να γίνει αναφορά και στα μειονεκτήματα τεχνικής φύσεως όπως (Μπινιάρης, 2012):

- Ο τύπος του εδάφους.
- Η περιεκτικότητα του εδάφους σε υγρασία.
- Η σύνθεση του εδάφους.
- Η πυκνότητα του εδάφους.
- Η ανομοιομορφία της επιφάνειας γύρω από το κτίριο.
- Η διάβρωση του εδάφους.

Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι λόγω της εγκατάσταση όλων και περισσότερων συστημάτων τα τελευταία 20 χρόνια και έπειτα από μία σειρά ερευνών τα μειονεκτήματα της μεθόδου εξαλείφονται σταδιακά (Μαρούδης, 2014).

4.4.8. ΔΑΠΑΝΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Όταν κάνουμε αναφορά στην συνολική δαπάνη κεφαλαίου για ένα σύστημα αντλίας θερμότητας υπόγειας σύζευξης τότε αναφερόμαστε στην δαπάνη για όλα τα ακόλουθα (Μπινιάρης, 2012):

- Τον εξοπλισμό (μονάδα αντλίας θερμότητας).
- Τις σωληνώσεις της υπόγειας σπείρας.
- Την εγκατάσταση του συστήματος.
- Το σύστημα διανομής.
- Τον ανταλλακτήρα θερμότητας στο έδαφος.
- Τις γεωτρήσεις.
- Τις εκσκαφές (20%-50% της συνολικής επένδυσης).

Γενικά το κόστος των γεωτρήσεων αλλά και των εκσκαφών είναι πολύ μεγαλύτερο από το κόστος της εγκατάστασης των σωλήνων και επηρεάζεται άμεσα από τις γεωλογικές συνθήκες της περιοχής.

Η τοποθέτηση σωλήνων πολυαιθυλενίου εντός ορυγμάτων για μία οριζόντια διάταξη μπορεί να κοστίσει από 6 έως και 12 ευρώ ανά μέτρο, ενώ για νέες ξενοδοχειακές μονάδες μπορεί να κοστίσει λιγότερο. Το κόστος μίας κάθετης εγκατάστασης εάν συμπεριλάβουμε τα υλικά, τις γεωτρήσεις αλλά και της πλήρωσης αγγίζει τα 40 έως και 70 ευρώ ανά μέτρο κυρίως στις Ηνωμένες Πολιτείες αλλά και στις Σκανδιναβικές χώρες. Σε άλλες χώρες δεν υπάρχει δυνατότητα προσδιορισμού του κόστους λόγω της έλλειψης εξειδικευμένου προσωπικού. Γενικότερα, το συνολικό κόστος μίας τέτοιας επένδυσης εξαρτάται από πολλές παραμέτρους. Γι' αυτό, πρέπει να πραγματοποιείται μεμονωμένος υπολογισμός για κάθε διαφορετική εγκατάσταση.

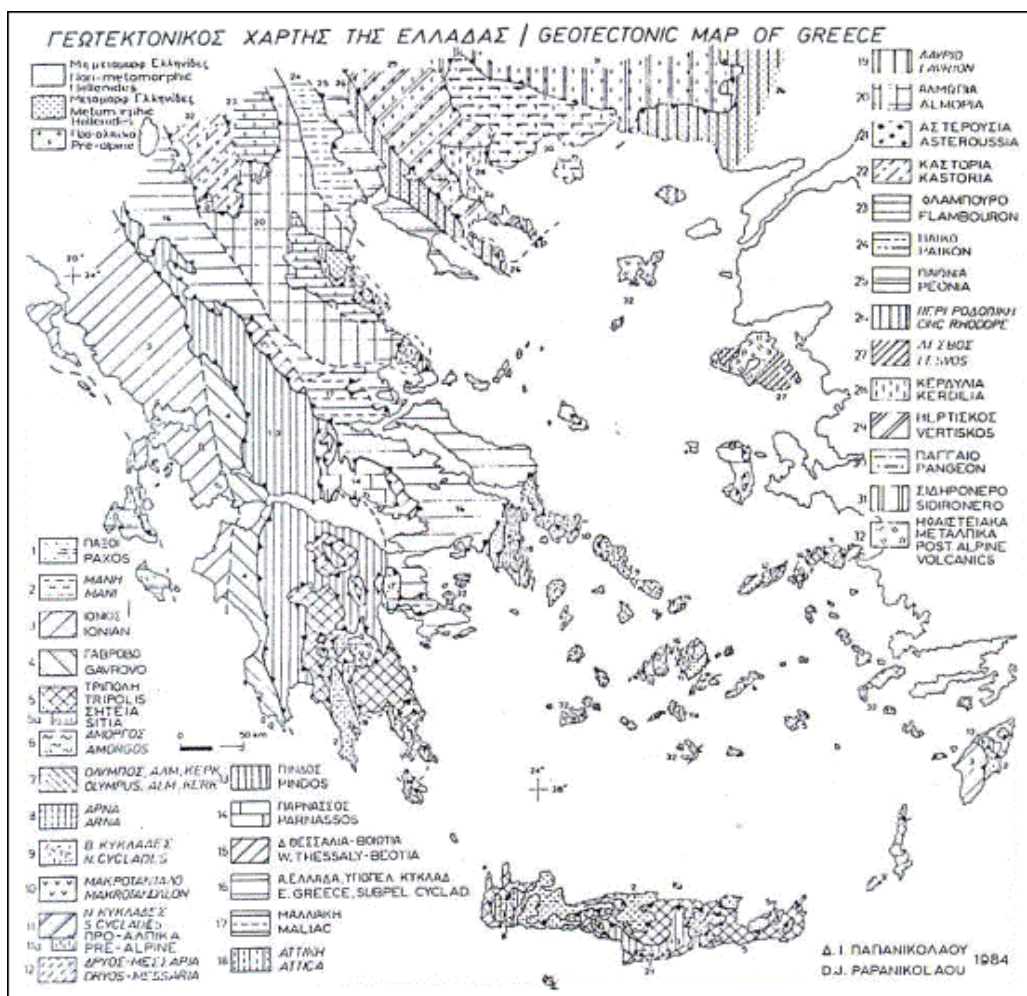
Οι αντλίες θερμότητας υπόγειας σύζευξης λειτουργούν με μέση απόδοση (COP- Coefficient of Performance = Συντελεστής Απόδοσης) που μπορεί να φθάνει το 4,5. Έτσι, εάν το κόστος του ηλεκτρικού ρεύματος για την ίδια θερμική ενέργεια είναι λιγότερο από το τετραπλάσιο του κόστους άλλων καυσίμων, τα συστήματα αντλιών θερμότητας υπόγειας σύζευξης καθίστανται ιδιαίτερα ανταγωνιστικά. Έπειτα από μία μελέτη που πραγματοποιήθηκε στις Η.Π.Α., οι ερευνητές κατέληξαν ότι το κόστος συντήρησης ενός συστήματος με αντλία θερμότητας υπόγειας σύζευξης είναι κατά μέσο όρο περίπου το ένα τρίτο του αντίστοιχου κόστους του συμβατικού συστήματος ψύξης και θέρμανσης (Μαρούδης, 2014).

5. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΙΓΙΝΑΣ

5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η στρωματογραφική τομή είναι μια γραφική απεικόνιση όλων των λιθολογικών, δομικών αλλά και όλων των στοιχείων του εδάφους καθώς και του πάχους και των απολιθωμάτων που περιέχουν τα στρώματα, μιας ακολουθίας στρωμάτων σε μία συγκεκριμένη θέση. Η στρωματογραφική τομή η κολώνα όπως ονομάζεται θεωρείται βασικό στοιχείο για την γεωλογική μελέτη που πρέπει να πραγματοποιηθεί για την έγκριση της δυνατότητας εκμετάλλευση της γεωθερμίας για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών για θέρμανση.

Η Ελλάδα παρουσιάζει έντονα και πολύμορφα γεωλογικά στοιχεία και κάθε περιοχή με τις σειρά τις παρουσιάζει μια έντονη ποικιλομορφία αυτών. Στην Εικόνα 2 απεικονίζεται ο γεωτεχνικός χάρτης της Ελλάδας.



Εικόνα 2: Γεωτεκτονικός Χάρτης Ελλάδας
[Πηγή: Παπανικολάου, 1984]

Όπως έχει προαναφερθεί η γεωθερμία είναι η φυσική θερμική ενέργεια της γης που διαρρέει από το θερμό εσωτερικό του πλανήτη προς την επιφάνεια. Η μετάδοση αυτής της θερμότητας μπορεί να πραγματοποιηθεί με την αγωγή από το εσωτερικό της γης προς την επιφάνεια και με τα ρεύματα μεταφοράς που επηρεάζονται άμεσα από τις ζώνες που βρίσκονται κοντά στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών λόγω ηφαιστειακών και υδροθερμικών φαινομένων (Τσιλιγκιρίδης, 2007).

Η ηφαιστειακή δράση στο νησί της Αίγινας ξεκίνησε από την περιοχή της νότιας Δραγονέρας – Παλαιομύλων. Η πρώτη ηφαιστειακή φάση διήρκεσε από 4,4 έως 3 εκατομμύρια έτη, σύμφωνα με τις ηλικίες Καλίου – Αργού στους βιοτίτες των αρχικών πυροκλαστικών αποθέσεων που αποτελούν την ηφαιστειακή βάση της Αίγινας. Με τα στοιχεία που προέκυψαν διαχωρίστηκαν δυο διαφορετικοί τύποι εκρήξεων. Το πρώτο ηφαιστειακό επεισόδιο από όπου δημιουργήθηκαν οι δακίτικες φάσεις και το δεύτερο ηφαιστειακό επεισόδιο από όπου προέκυψαν οι ανδεσιτικές φάσεις.

Οι υδροθερμικές ζώνες με διεύθυνση περίπου Β-Ν έως ΒΒΑ-ΝΝΔ. Η κύρια ζώνη περνάει από την περιοχή Σουβαλά. Εκεί εμφανίζονται σε δύο θέσεις θερμά νερά χαμηλής θερμοκρασίας, περί των 25° C. Η υδροθερμική εξαλλοίωση απαντά πιο νότια στο δακίτικο συγκρότημα στα βόρεια και νότια της ράχης του βουνού Δένδρου και βόρεια της Κουτάλας. Οι δακίτες σε ορισμένα μέρη είναι έντονα καολιντιπιώμενοι ενώ εμφανίζονται κατά τόπους και εμποτισμένοι από θείο. Η δεύτερη ζώνη εξαλλοίωσης συμπίπτει με μία κατακόρυφη, ΒΒΑ-ΝΝΔ ζώνη ρηγμάτων στους δακίτες και στα Νεογενή ιζήματα του ακρωτηρίου Κυρανίτσας.

Η γεωγραφική θέση της Αίγινας είναι πάνω στο τεταρτογενές ηφαιστειακό τόξο του Αιγίου το οποίο δημιουργήθηκε από την βύθιση της Αφρικανικής τεκτονικής πλάκας κάτω από την Ευρασιατική. Κάθε ηφαιστειακό κέντρο παρουσιάζει κάποια προϊόντα τα οποία διαμορφώνουν τα γεωλογικά χαρακτηριστικά του εδάφους (Αλεξοπούλου, 2011).

Στην συνέχεια θα πραγματοποιηθεί η γεωλογική ανάλυση και η στρωματογραφία του νησιού της Αίγινας. Επίσης θα πραγματοποιηθεί τεκτονική περιγραφή καθώς και οι γεωλογικές συνθήκες της περιοχής όπου θα πραγματοποιηθεί η εκμετάλλευση της γεωθερμίας.

5.2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ – ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΝΗΣΙΟΥ ΑΙΓΙΝΑΣ

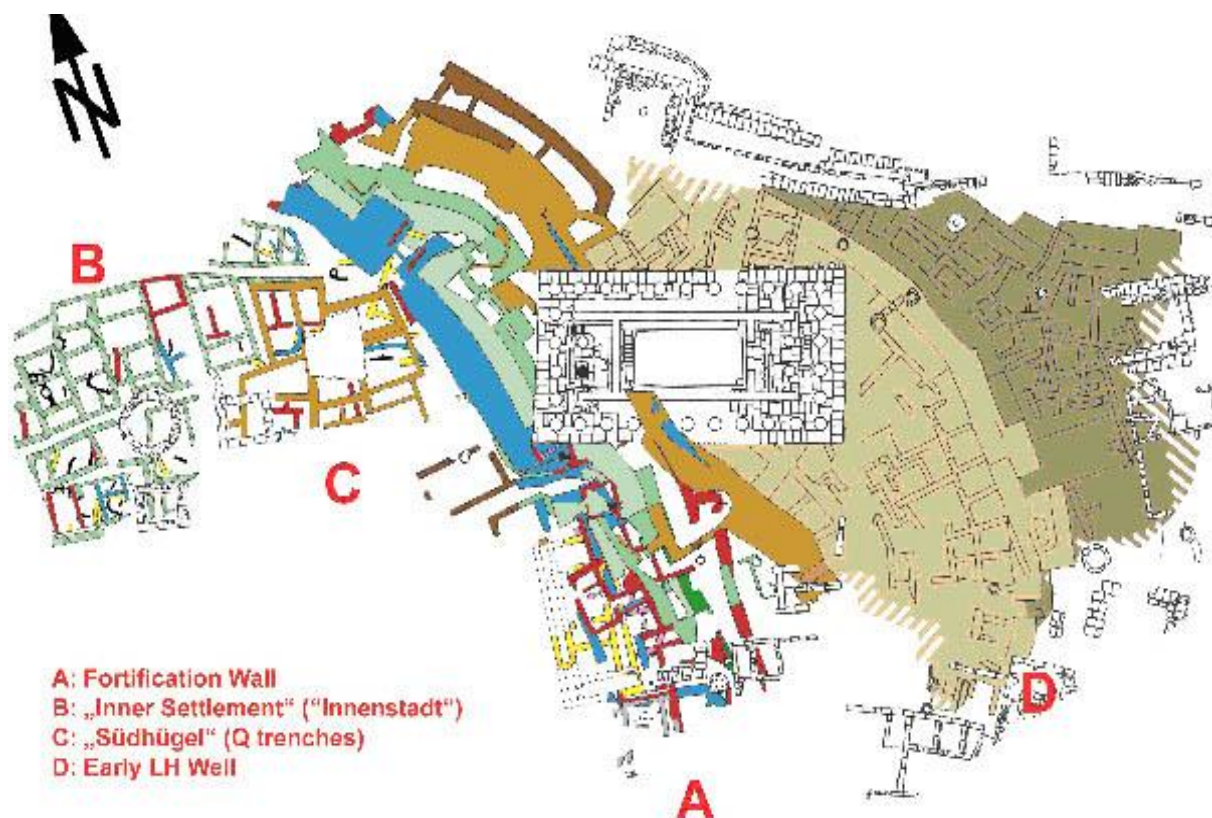
Το νησί της Αίγινας ανήκει στο ΒΔ τμήμα του ηφαιστειακού τόξου του Αιγίου. Τα ηφαιστειακά πετρώματα που επικρατούν κατά μήκος των νησιών που απαρτίζουν το τόξο είναι ο δακίτες και οι ανδεσίτες με ασβεσταλκαλικά χαρακτηριστικά. Το ηφαιστειακό τόξο θεωρείται ως συνέχεια της συνεχιζόμενης, μέχρις και σήμερα καταβύθιση της Αφρικανικής πλάκας κάτω από την πλάκα του Αιγαίου, η οποία ξεκίνησε κατά το Μέσο Μειόκαινο (Λυκούδη, 2005).

Στην Αίγινα συναντώνται τεταρτογενείς αποθέσεις, ηφαιστειακών πετρωμάτων νεογενείς αποθέσεις, μια επωθημένη σειρά από λέπια φλύσχη, κρητιδικούς ασβεστόλιθους και οφιολιθικά μελανζέ (mélange) και τέλος μια αυτόχθονη σειρά που αποτελείται από σχηματισμούς της Υποπελαγονικής ζώνης (Παπαϊκολάου, 2015).

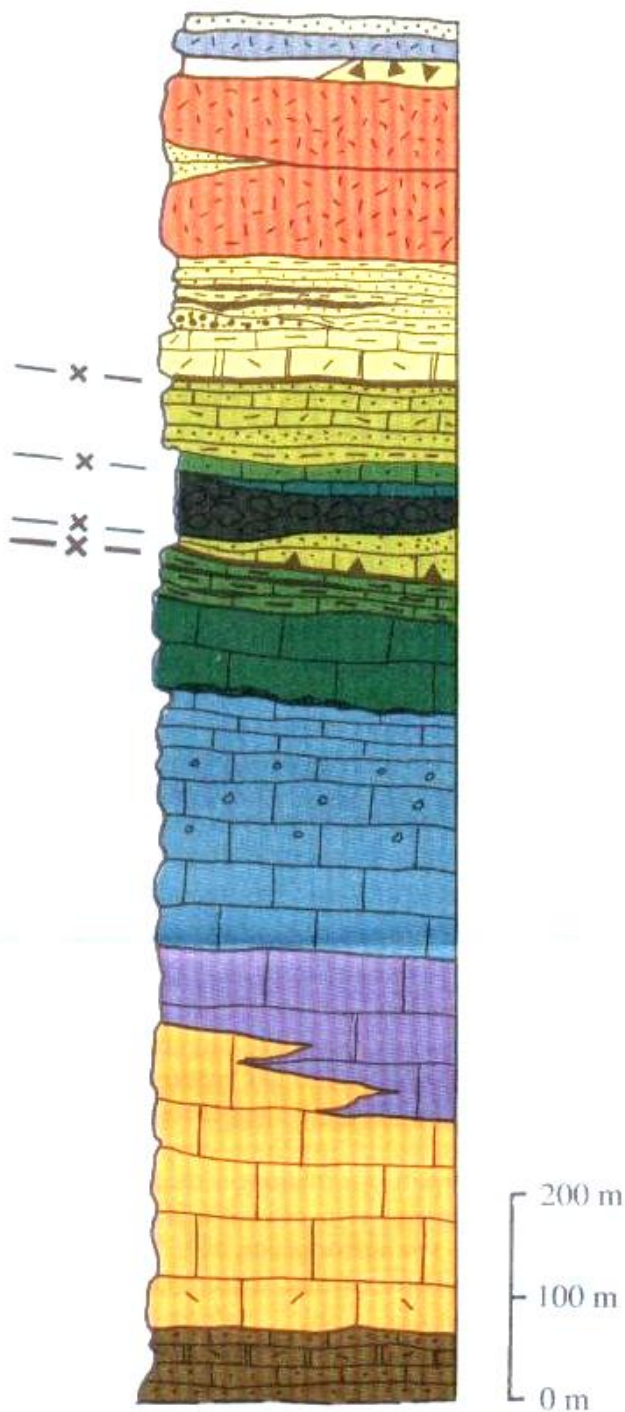
Πραγματοποιώντας μια πιο αναλυτική περιγραφή οι τεταρτογενείς αποθέσεις αποτελούνται από τα ακόλουθα (Παπαϊκολάου, 2015):

- Ολοκαινικές αλλουβιακές αποθέσεις (άμμοι, κροκάλες και αργιλοαμμώδη υλικά)
- Σύγχρονα πλευρικά κορήματα και κώνους κορημάτων
- Ποταμολιμναίες και λιμναίες αποθέσεις
- Πλειστοκαινικές παράκτιες αποθέσεις (άμμοι και ίλος)
- Παλαιά πλευρικά κορήματα και κώνους αυτών (συνθετικά λατυποπαγή με συνθετικό υλικό ασβεστιτικό ή αργιλικό σε στρώσεις ή πάγκους)
- Παρόλιθους
- Ποταμίες υφάλμυρες και λιμναίες αποθέσεις (άργιλος, ίλος, άμμος)

Τα ηφαιστειακά πετρώματα που συναντώνται στο νησί της Αίγινας είναι υπερσθενικός ανδεσίτης, ανδεσίτης, βασαλικός ανδεσίτης ή υπεραλουμιούχος βασάλτης, κεροσιλβικός ανδεσίτης και ροδατικής. Αντιπροσωπευτικά την περίοδο της ηφαιστειακής ηρεμίας στο όριο του πλειο – πλειστοκαίνου είναι επικλαστικές εκχύσεις, ηφαιστειοκλαστικές εκχύσει, κεροσιλβικός δακίτης, βιοτιτικός – κεροσιλβικός δακίτης, ανδεσιτικός δακίτης, καθώς και πυροπλαστικά πετρώματα όπως ρυοδακίτη κίσηρης, τόφφοι και τοφφίτες.



Εικόνα 3: Στρωματογραφία διάφορων περιοχών νήσου Αίγινας
[Πηγή: Gauss,2000]



Εικόνα 4: Στρωματογραφική κολώνα Νήσου Αίγινας από τον γεωλογικό χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε. κλίμακας 1:25.000
[Πηγή: <http://www.igme.gr/>]

Οι νεογενείς αποθέσεις είναι ηλικίας πλειοκαίνου, συγκεκριμένα αβαθής θαλάσσης αποτελούμενες από επικλυσιογενή κροκαλοπαγή δολομιτωμένους ασβεστόλιθους, μάργες, άμμους, ιλύς, μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, μάργες νε παρεμβολές κροκαλοπαγών και λατυποπάγων πλούσιων σε οφθιολιθικά και κερατιολιθικά συντρίμματα κ.ά.

Η επωθημένη σειρά αποτελείται από φλύσχη ηλικία μαιστριχτιού – κατ. ηωκαίνου, ασβεστόλιθους με globotruncana καμπάνιου – μαιστριχτιού ασβεστόλιθους με globotruncana και μάργες ηλικίας κουρώνιου – κονιάσιου, ασβεστόλιθους κενομάνιου – ουρώνιου και τέλος από ένα οφιολιθικό mélange.

Η αυτόχθονη σειρά αποτελείται από πετρώματα της υποπελαγονικής ζώνης. Στην Αίγινα δεν εμφανίζεται το ανώτερο κρητιδικό της υποπελαγονικής ζώνης με εξαίρεση μερικά μέτρα πελαγικών ασβεστόλιθων υποκείμενα των η ηφαιστειακών εκχύσεων σε περιοχή της νότιας Πέρδικας καθώς και στην ακτή του όρμου Σάρπα. Η υπόλοιπη σειρά αποτελείται από ασβεστολιθικά πετρώματα όπως ασβεστόλιθοι και κλαστικά ιζήματα ανωτέρου παλαιοζωικού, ασβεστόλιθοι μερικώς ανακρυσταλλωμένοι τριαδικού, ασβεστόλιθοι ανωτέρου τριαδικού – μέσου ιουρασικού, ασβεστολιθικός- κερατολιθικός σχηματισμός δογγέριου – μάλμιου, ρουδιστοφόροι ασβεστόλιθοι κενομάνιου – τουρωνίου και ασβεστόλιθοι globotruncana καμπάνιου – μαιστριχτιού (Gauss, 2000 ; Αλεξοπούλου, 2011)

5.3. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΝΗΣΟΥ ΑΙΓΙΝΑΣ

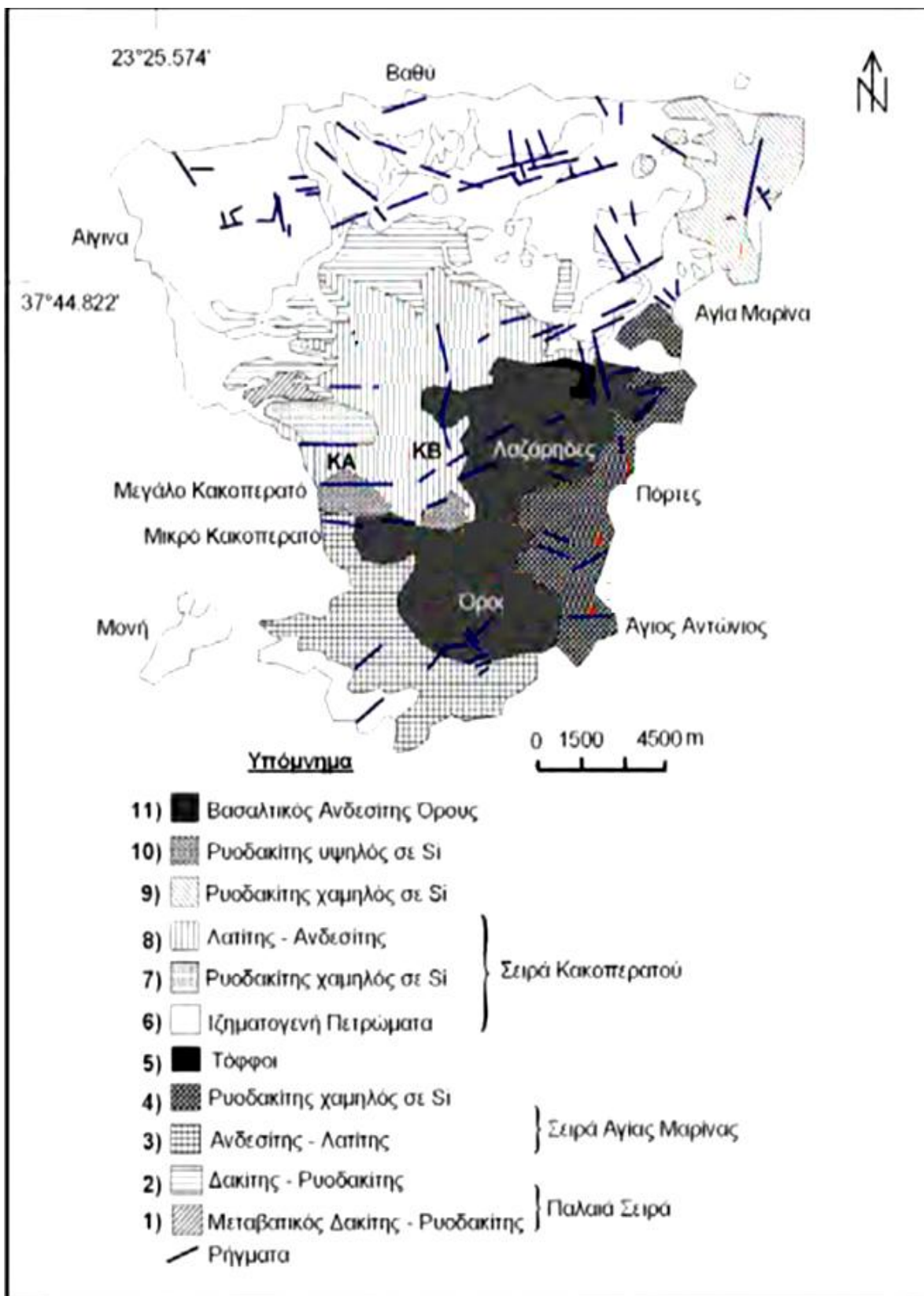
Το νησί της Αίγινας βρίσκεται στην εσωτερική ζώνη του Αιγίου όπου κυριαρχούν εφελκυστική τεκτονική, ανυψώσεις και βυθίσματα που οδηγούν στην δημιουργία κεράτων και τάφρων.

Στην Αίγινα, στα Μέθανα καθώς και στην ευρύτερη γειτονική περιοχή μπορούν να αναγνωριστούν τρία συστήματα ρηγμάτων. Το πρώτο σύστημα ρηγμάτων που θεωρείται και το κύριο με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ αρχίζει από την κεντρική Εύβοια, διασχίζει την λεκάνη της Αττικής και τις ανατολικές ακτές της Αίγινας και των Μεθάνων και καταλήγει στη χερσόνησο της Αργολίδας. Αυτό το σύστημα αποτελεί ένα χαρακτηριστικό τεκτονικό όριο, τέμνοντας προς τα ΝΑ την κυκλαδική ζώνη των μπλε σχιστόλιθων και προς τα δυτικά τα παλαιοζωικά έως μεσοζωικά ανθρακικά ιζήματα της υποπελαγονικής πλατφόρμας.

Ωστόσο, τα προαναφερόμενα μπορούν να έχουν προέλθει από μια επώθηση κατά την διάρκεια τριτογενούς και στην συνέχεια να έλαβε χώρα μια κατακόρυφη αναδιάταξη κατά την διάρκεια του μέσου – ανωτέρου μειοκαίνου που οφειλόταν σε κινήσεις πλακών και σμίκρυνση του φλοιού. Η κίνηση αυτή έχει ενεργοποιηθεί από το κάτω πλειόκαινο με αριστερόστροφη περιστροφή προς την ΒΒΑ - ΝΝΔ διεύθυνση. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι κατά μήκος του συστήματος αυτού πραγματοποιήθηκαν μεγάλες κατακόρυφες μετατόπισες με συνέπεια να την ανύψωση του ανατολικού τμήματος του νησιού και την βύθιση προς τα νοτιοανατολικά του πυθμένα του.

Από το πλειόκαινο έλαβαν χώρα μετατοπίσεις και στο δεύτερο σύστημα ρηγμάτων που έχουν διεύθυνση Α - Δ, εκ των οποίων δημιουργήθηκαν οι τάφροι του κόλπου την Κορίνθου και η σύνδεση της με τον Σαρωνικό. Το τρίτο σύστημα των ρηγμάτων με διεύθυνση ΑΒΑ-ΔΝΔ δημιουργήθηκε κατά το πλειο – πλειοστόκαινο στην Αίγινα.

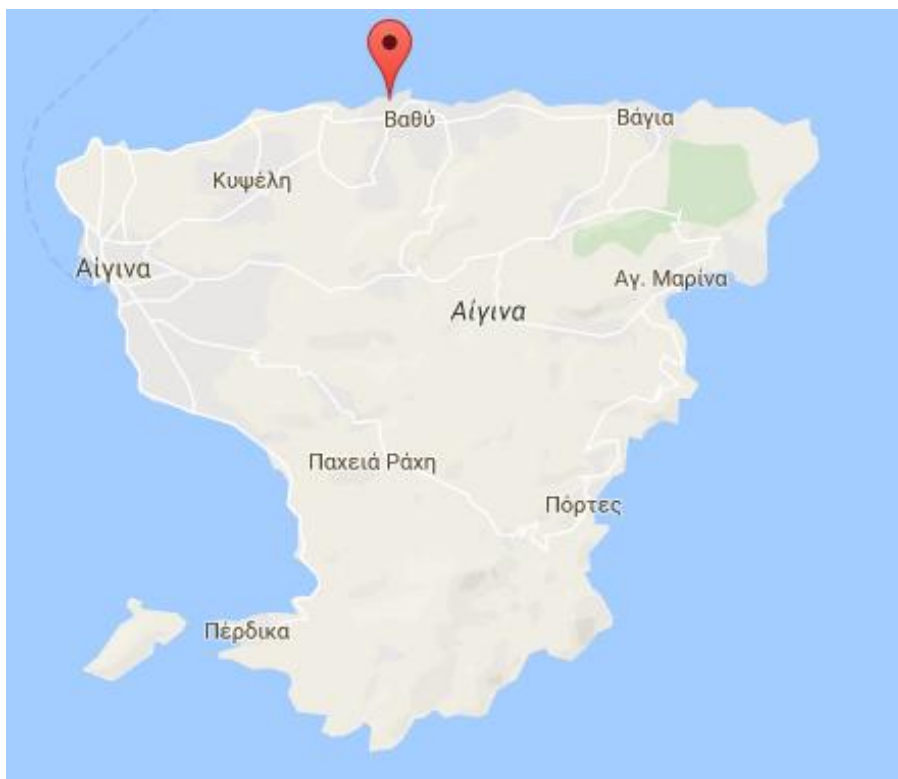
Οι προεκτάσεις αυτών των ρηγμάτων διέρχονται από την νησίδα Μονή και Αγκίστρι, το βόρειο τμήμα των Μεθάνων και την χερσόνησο της Αργολίδας. Τα ρήγματα αυτά φαίνεται ότι είναι ευθυγραμμισμένα με τους κύριους άξονες πτυχών των αντικλινικών δομών των μεσοζωικών ανθρακικών ιζημάτων της υποπελαγονικής. Οι κατακορυφες και οριζόντιες κινήσεις μπορούν να θεωρηθούν και σαν αποτέλεσμα εφελκυστικών κινήσεων με βόρεια – νότια διεύθυνση.



Εικόνα 5: Γεωλογικός χάρτης Αίγινας, διάκριση των λιθολογικών ενοτήτων ηφαιστειακών πετρωμάτων
[Πηγή: Αλεξοπούλου, 2011]

5.4. ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η περιοχή της μελέτης βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα του νησιού της Αίγινας και συγκεκριμένα στην περιοχή Λιβιάδι 3km βορειοανατολικά της πόλης της Αίγινας.



Εικόνα 6: Περιοχή μελέτης από δορυφορική εικόνα Google



Εικόνα 7: Περιοχή μελέτης από δορυφορική εικόνα Google

Το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής που πραγματοποιείται η μελέτη καλύπτεται με πορόλιθους. Πρόκειται για συνεκτικούς, κίτρινους έως φαιότεφρους και ερυθρωπούς ασβεστολιθικούς ψαμμίτες παράκτιας φάσης ηλικίας πλειστοκαίνου. Επίσης, παρατηρούνται αλλουβιακές αποθέσεις ολοκαινικής ηλικίας οι οποίες αποτελούνται από άμμους, γωνιώδεις και αποστρογγυλεμένες κροκάλες και χαλαρά αργιλοαμμώση υλικά.

Ωστόσο, αυτές οι αποθέσεις εμφανίζονται στις εκβολές μικρών ρεμάτων και είναι προϊόντα αποσαθώσεως δилουβιακών, νεογενών, μεσοζωικών και παλαιοζωικών σχηματισμών. Στις εκβολές των ορμίσκων παρατηρούνται παράκτιες άμμοι και ιλύς τενάγων.

Όσο αφορά τις υδρολογικές συνθήκες της περιοχής που πραγματοποιείται η μελέτη οι πορόλιθοι είναι στην ουσία αδιαπέρατοι σχηματισμοί. Αναμενόμενη υδροφορία αναμένεται εντός των γεωτρήσεων στο επίπεδο της στάθμης της θάλασσα το οποίο αναμένεται να συναντάται σε βάθος περίπου των 8 μέτρων.

6. ΜΕΛΕΤΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ

6.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για την πραγματοποίηση της μελέτης της γεωθερμίας, η οποία όπως έχει προαναφερθεί θα πραγματοποιηθεί για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών για θέρμανση και ψύξη οικίας η οποία απαρτίζεται από υπόγειο, ισόγειο και έναν όροφο, θα πρέπει να ακολουθηθεί μια διαδικασία η οποία απαρτίζεται από μια σειρά βημάτων και συλλογή δεδομένων. Τα βήματα αυτά είναι τα ακόλουθα:

- Στοιχεία ενδιαφερόμενου
- Στοιχεία ακινήτου
- Περιγραφή χώρου
- Δρόμοι προσπέλασης
- Περιγραφή των προς κλιματισμό χώρων (μέγιστες και ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις)
- Γεωλογικά στοιχεία και γεωλογική χαρτογράφηση των χώρων στην αντίστοιχη κλίμακα
- Καθορισμός απαραίτητων γεωτρήσεων
- Ποσότητες αντλούμενων ρευστών
- Διάγραμμα ροής διακινούμενων ρευστών
- Ηλεκτρολογικός και μηχανολογικός εξοπλισμός

Στην συνέχεια του κεφαλαίου θα πραγματοποιηθεί αναλυτική περιγραφή των προαναφερομένων βημάτων με στόχο την ολοκλήρωση της μελέτης.

6.2. ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΚΙΝΗΤΟΥ

Αρχικά θα πρέπει να συμπληρωθούν τα στοιχεία του ενδιαφερόμενου τα οποία είναι τα ακόλουθα:

- Ονοματεπώνυμο ενδιαφερόμενου
- Διεύθυνση Κατοικίας ενδιαφερόμενου
- Ταχυδρομικός Κώδικάς
- Τηλέφωνο
- Αστυνομικό τμήμα

Στην συνέχεια καταγράφονται τα στοιχεία του ακινήτου που είναι τα ακόλουθα:

- Διεύθυνση: Λιβάδι Αίγινας
- Τηλέφωνο κατόχου
- Αστυνομικό τμήμα περιοχής ακινήτου

Το κτήμα που θα πραγματοποιηθεί η μελέτη της οικίας είναι έκτασης 7.114,50 m² βρίσκεται στην περιοχή Λιβιάδι Αίγινας, όπου είναι στο βόρειο τμήμα του νησιού. Ωστόσο βασικό στοιχείο είναι οι δρόμοι που έρχεται σε επαφή η οικίας. Συγκεκριμένα η οικία στο βόρειο τμήμα της υπάρχει ο κεντρικό δρόμος της Αίγινας που φέρει το όνομα Σουβάλας και στα δυτικά υπάρχει ένας μικρός δημοτικός δρόμος ο οποίος βρίσκεται κατά μήκος όλου του κτήματος.

6.3. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΟΙΚΙΑΣ

Στο 1^ο Κεφάλαιο της παρούσας πτυχιακής εργασίας πραγματοποιήθηκε η αναλυτική μελέτη των ενεργειακών αναγκών θέρμανσης και ψύξης με στόχο την επιλογή της κατάλληλης ανανεώσιμης ενέργειας και κατ' επέκταση την επιλογή του κατάλληλου συστήματος γεωθερμίας. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς οι συνολικές θερμικές απώλειες της οικίας για κάθε όροφο είναι οι ακόλουθες:

- Θερμικές απώλειες 1^ο Επιπέδου: Υπόγειο 2418 Watt
- Θερμικές απώλειες 2^ο Επιπέδου: Ισόγειο 9902 Watt
- Θερμικές απώλειες 3^ο Επιπέδου: 1^{ος} όροφος 3640 Watt

Άρα σύμφωνα με τα προαναφερόμενα οι συνολικές θερμικές απώλειες της οικίας είναι 15959 Watt.

Οι συνολικές ψυκτικές απώλειες της οικίας για κάθε όροφο είναι οι ακόλουθες:

- Ψυκτικές απώλειες 1^ο Επιπέδου: Υπόγειο 1125,32Watt
- Ψυκτικές απώλειες 2^ο Επιπέδου: Ισόγειο 8906,92Watt
- Ψυκτικές απώλειες 3^ο Επιπέδου: 1^{ος} όροφος 4091,81Watt

Ωστόσο, σύμφωνα με του υπολογισμούς που πραγματοποιήθηκαν οι απώλειες ψύξης του τριώροφου $Q=14124,05\text{Watt}$. Άρα οι συνολικές απώλειες που λαμβάνονται υπόψη προσθέτοντας το θερμικό κέρδος από την ακτινοβολία των τζαμιών είναι $Q_{\text{tot}}=21094,41\text{Watt}$.

6.4. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η Αίγινα θεωρείται κατάλληλη για την εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας, αφού βρίσκεται στο ηφαιστειακό τόξο του Αιγαίου. Ωστόσο, θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη έμφαση διότι δεν δύναται η δυνατότητα να εκμεταλλευτεί αυτή η ενέργεια κατά μήκος όλου του νησιού διότι παρουσιάζει ποικιλομορφία πετρωμάτων, τα οποία συντελούν το έδαφος.

Τα γεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής έχουν αναλυθεί στο Κεφάλαιο 5. Ωστόσο, πραγματοποιώντας μια σύντομη περιγραφή η περιοχή που λαμβάνει χώρα η οικία καλύπτεται σε μεγάλο ποσοστό από πορόλιθους. Επιπλέον, υπάρχουν αλλουβιακές αποθέσεις ολοκαινικής ηλικίας οι οποίες αποτελούνται από άμμους, γωνιώδεις και αποστρογγυλλεμένες κροκάλες και χαλαρά αργιλοαμμώση υλικά. Σημειώνεται ότι οι αποθέσεις βρίσκονται στις εκβολές ρεμάτων και είναι προϊόντα

αποσαθρώσεως δилουβιακών, νεογενών, μεσοζωικών και παλαιοζωικών σχηματισμών.

6.5. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ

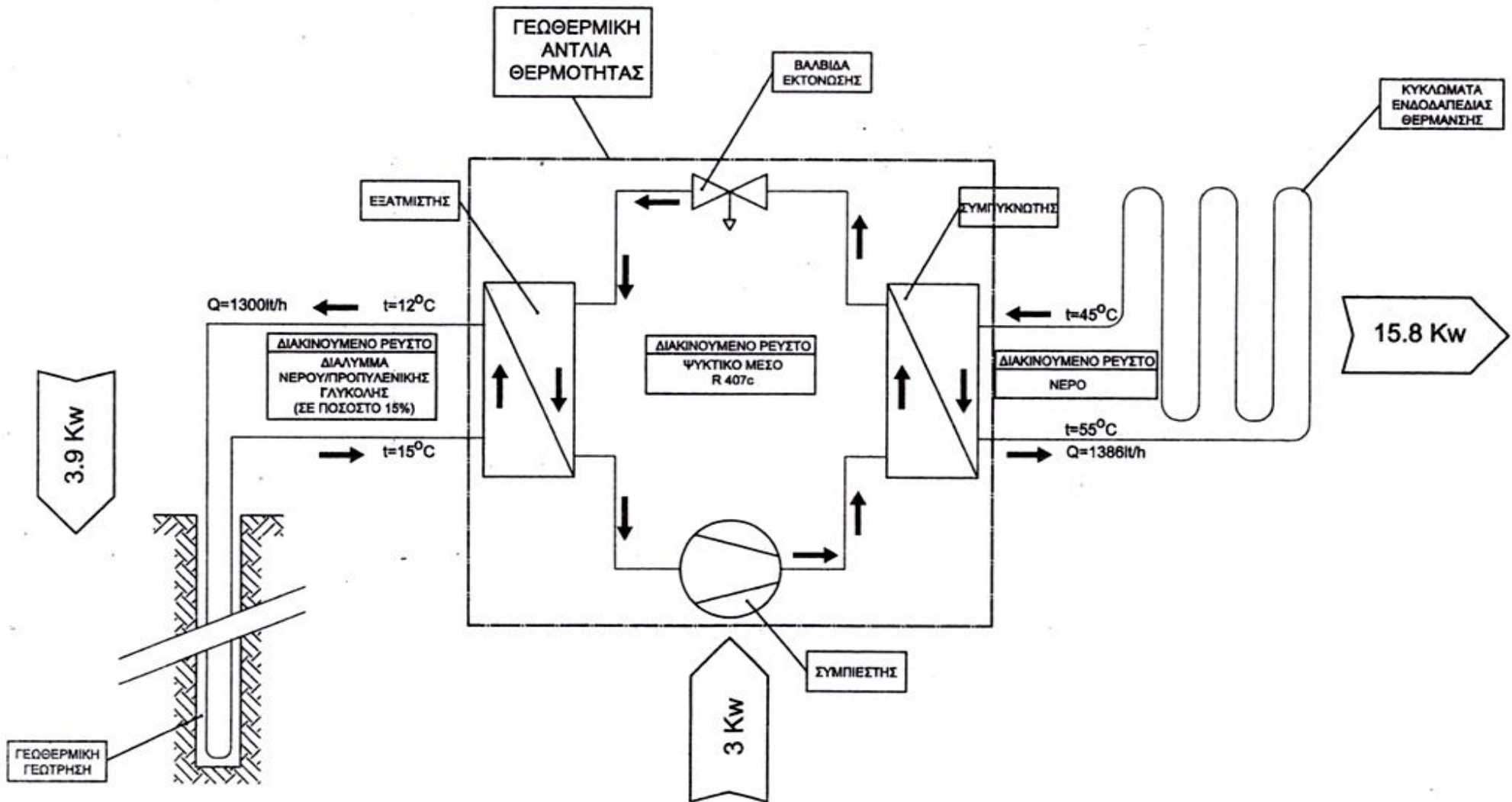
Στην παρούσα μελέτη θα πρέπει να πραγματοποιηθούν γεωτρήσεις, οι οποίες θα είναι τρεις. Οι γεωτρήσεις θα είναι κάθετες και θα δημιουργηθούν στο βορειοδυτικό τμήμα του οικοπέδου και συγκεκριμένα στο μπροστινό τμήμα της εν λόγω κατοικίας. Η πρώτη γεώτρηση θα κατασκευαστεί στο αριστερό άκρο της οικίας και συγκεκριμένα 3m από αυτό. Οι άλλες δύο γεωτρήσεις θα διατηρηθούν σε απόσταση 8m η κάθε μια στην ίδια ευθεία από την πρώτη. Επιπλέον το βάθος το γεωτρήσεων θα είναι σε όλες το ίδιο και θα αγγίζει τα 100m και η διατομή διάνοιξης της κάθε γεώτρησης θα είναι 7,62in δηλαδή 0,1935m.

Επιπλέον, εντός των γεωτρήσεων θα βυθιστεί σωλήνα η οποία θα έχει σχήμα U, δηλαδή στην άνοδο και στην κάθοδο θα υπάρχει ειδικό τεμάχιο σχήματος U, στο κάτω άκρο. Ακόμα κάθε γεώτρηση θα πληρωθεί με μείγμα ποσοστού 85% τσιμέντου και 15% μπετονίτη μέχρι το άνω άκρο της. Η διπλή σωλήνα κάθε γεώτρησης συνδέεται με οριζόντιες υπόγειες σωληνώσεις πολυαιθυλενίου με το πρωτεύον κύκλωμα των αντλιών θερμότητας μέσα στο Μηχανοστάσιο, το οποίο βρίσκεται στο υπόγειο, μέσω συλλεκτών – διανομών.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι λόγω των υδρολογικών συνθηκών αναμένεται υδροφορία εντός των γεωτρήσεων στο επίπεδο της στάθμης της θάλασσα το οποίο αναμένεται να συναντάται σε βάθος περίπου των 8 μέτρων με αποτέλεσμα να απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή.

6.6. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Σε αυτό το σημείο θα αναλυθεί το διάγραμμα ροής της γεωθερμικής αντλίας η οποία θα επιλεχθεί με στόχο την κάλυψη των ενεργειακών καταναλώσεων καθώς και την διακίνηση των ρευστών κάτω από όλες τις συνθήκες που μπορούν να επικρατούν.



Σχήμα 19: Διάγραμμα ροής γεωθερμικής αντλίας θερμότητας

6.7. ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Ο ηλεκτρολογικός και μηχανολογικός εξοπλισμός είναι το βασικό βήμα της υλοποίησης της μελέτης της γεωθερμίας. Η επιλογή του εξοπλισμού πρέπει να πραγματοποιηθεί σύμφωνα με όσα έχουν αναλυθεί στην παρούσα εργασία και ιδιαίτερα στις ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου με στόχο την πλήρη κάλυψη του.

Αρχικά θα αναλυθεί ο εξοπλισμός του μηχανοστασίου, όπως διακρίνεται και από τα σχέδια του Παραρτήματος Β, που βρίσκεται στο υπόγειο της οικίας (Πίνακα 39).

Πίνακας 39: Εξοπλισμός Μηχανοστασίου

Περιγραφή	Εταιρία	Τύπος	Ποσότητα
Γεωθερμική αντλία	NIBE	F1140-17kW	1
Θερμική – ψυκτική μονάδα	NIBE	HPAC 28	1
Τρίοδη ηλεκτροβάννα για έλεγχο	NIBE	VST 12	1
Δοχείο αδρανείας	Sigma	300 lit	1
Δοχείο διαστολής		25 lit	1
Βαλβίδα κλεισίματος			3
Ασφαλιστικές βαλβίδες			2 Sigma
Κυκλοφορητής		Wilo 25/4	1
Χαλκοσωλήνες, ταφ, εξαρτήματα			1
Υδραυλική – ηλεκτρολογική σύνδεση			1

Σημειώνεται ότι ο εξοπλισμός του μηχανοστασίου θα αναλυθεί εκτενέστερα δίνοντας τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους. Στην συνέχεια ακολουθεί ο εξοπλισμός του συστήματος γεωσυλλέκτη κάθετης γεώτρησης.

Πίνακας 40: Εξοπλισμός συστήματος γεωσυλλέκτη κάθετης γεώτρησης

Περιγραφή	Εταιρία	Ποσότητα
Γεωσυλλέκτης κατάλληλος για θερμικά φορτία 17kW απαιτείται συνολικό βάθος 270m -320m	Muovitech	270m
Συλλέκτης για κυκλώματα 3 γεωεναλλάκτων (βαλβίδες και ροομετρα)	Muovitech	
Αντιψυκτικό – μίγμα		75Lit
Εξωτερικά μονωμένες σωλήνες	Muovitech	270m
Δοχείο διαστολής 25lit	Sigma	1
Βαλβίδες κλεισίματος		4
Ασφαλιστικές βαλβίδες		1

Ωστόσο, για την καλή λειτουργία του συστήματος ο προαναφερόμενος εξοπλισμός επιλέχθηκε σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους. Αρχικά τύπου F1140-17kW.

Πίνακας 41: Τεχνικά χαρακτηριστικά γεωθερμικής αντλίας θερμότητας F1140-17kW
[Πηγή: <http://www.nibe.hr/>]

Χαρακτηριστικά	Μεγέθη	Μονάδες Μέτρησης
Αποδιδόμενη / Προσδιδόμενη ενέργεια στους 0-35° C	17/3,8	kW
Τάση λειτουργίας	3x400+N+Pe* 50Hz	Volt
Ένταση ρεύματος χωρίς ρελέ	30	A
Μέγιστη ένταση ρεύματος στο συμπιεστή	12,3	A
Ηλεκτρική ασφάλεια, μόνο για την ΓΑΘ	35	A
Ισχύς, για το θερμικό μέσο, μονοφασικό	170	Watt
Στάθμη θορύβου	49	dB
Διάμετρος σύνδεσης της αντλίας στην είσοδο από την γεώτρηση	35	mm
Σύνδεση για το θερμικό μέσο, αρσενικό	28	mm
Ποσότητα ψυκτικού μέσου (R410A)	2,3	kg
Παροχή μίγματος	0,8	L/s
Μέγιστη πίεση στο σύστημα του μίγματος	3	Bar
Πτώση πίεσης στον ατμοποιητή	20	kPa
Εύρος θερμοκρασιακής λειτουργίας,cooling medium system	-5 έως +20	°C
Μέγιστη πίεση στο θερμικό μέσο	6	Bar
Παροχή στο θερμικό μέσο	0.40	L/s
Πτώση πίεσης στον συμπυκνωτή	3.4	kPa
Μέγιστη θερμοκρασία στο σύστημα (εισαγωγή/επιστροφή)	70/58	°C
Πρεσσοστατική ασφάλεια στο σύστημα υψηλής πίεσης	29	Bar
Πρεσσοστατική διαφορά στο σύστημα υψηλής πίεσης	-7	Bar
Πρεσσοστατική ασφάλεια στο σύστημα χαμηλής πίεσης	1.5	Bar
Πρεσσοστατική διαφορά στο σύστημα χαμηλής πίεσης	+1.5	Bar
Βάρος	229	kg



Εικόνα 8: Γεωθερμική αντλία θερμότητας NIBE F1140-17kW
[Πηγή: <http://www.nibe.hr/>]

Στην συνέχεια ακολουθούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά θερμικής /ψυκτικής μονάδας που θα χρησιμοποιηθεί για την θέρμανσης καθώς και την ενεργητική ψύξη. Η θερμική /ψυκτική μονάδα είναι της εταιρίας NIBE τύπου HPAC28.

Πίνακας 42: Τεχνικά χαρακτηριστικά θερμικής /ψυκτικής μονάδας NIBE HPAC28
[Πηγή: <http://www.nibe.hr/>]

Χαρακτηριστικά	Μεγέθη	Μονάδες Μέτρησης
Ύψος	515	mm
Πλάτος	600	mm
Βάθος	360	mm
Καθαρό βάρος	30	kg
Διάμετρος συνδέσεων	11	“
Θερμική ικανότητα προοριζόμενη για αντλίες	5 έως 17	kW
Θερμική ικανότητα μονάδας	4.8 έως 17	kW
Ψυκτική ικανότητα μονάδας	11 έως 20	kW

Η θερμική / ψυκτική μονάδα, τοποθετείται με στόχο την βελτίωση της απόδοσης του συστήματος κατά την θέρμανση και την ψύξη. Στην περίπτωση της παθητικής ψύξης (δροσιμός), το μίγμα από την γεώτρηση διακινείται από την γεώτρηση διαμέσου της ψυκτικής μονάδας προς το κύκλωμα ψύξης, χωρίς να περνάει μέσα από την αντλία θερμότητας, νε αυτόν τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα εξοικονόμησης ενός μεγάλου ποσοστού ενέργειας.

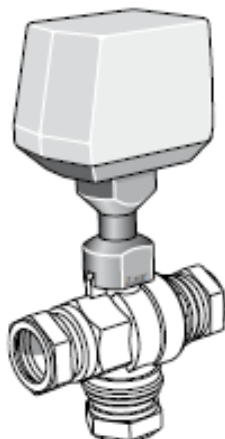


Εικόνα 9: Θερμική /ψυκτική μονάδας NIBE HPAC28
[Πηγή: <http://www.nibe.hr/>]

Ακολουθούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά της τρίοδης ηλεκτροβάνας για τον έλεγχο του ζεστού νερού χρήσης. Η τρίοδη ηλεκτροβάνα που επιλέχθηκε είναι της εταιρίας NIBE τύπου VST12.

Πίνακας 43: Τεχνικά χαρακτηριστικά τρίοδης ηλεκτροβάνας NIBE VST12
[Πηγή: <http://www.nibe.hr/>]

Χαρακτηριστικά	Μεγέθη	Μονάδες Μέτρησης
Τάση λειτουργίας	230	Volt
Μέγιστη φόρτιση	17	kW
Διάμετρος συνδέσεων	Φ28 (με ρακόρ)	



Εικόνα: Τρίοδη ηλεκτροβάνα NIBE VST12
[Πηγή: <http://www.nibe.hr/>]

Η τρίοδη ηλεκτροβάνα τοποθετείται με σκοπό για τον έλεγχο της θερμοκρασίας εισόδου του νερού στο Boiler του ζεστού νερού χρήσης. Το Boiler του νερού χρήσης παίρνει τα ζεστά νερά κυρίως από ηλιακό συλλέκτη καθώς και από την αντλία όταν δεν επαρκεί η ηλιακή ενέργεια. Η τρίοδη ηλεκτροβάνα θα ελέγχεται πλήρως από την αντλία,

Το σύστημα αποτελείται και από ένα δοχείο αδρανείας το οποίο χρησιμοποιείται για τη μη καταπόνηση του συμπιεστή κατά την θέρμανση και την ψύξη. Όλος ο όγκος του νερού που θα διοχετεύεται προς το σύστημα θέρμανσης και ψύξης, θα είναι αποθηκευμένο στο δοχείο αδρανείας. Άρα συμπέρασμα αυτού είναι ότι στην περίπτωση που πέφτει η θερμοκρασία του δοχείου αδρανείας, κάτω από την σεταρισμένη θερμοκρασία, θα μπαίνει σε λειτουργία ο συμπιεστής. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της διάρκειας ζωής του συμπιεστή. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του δοχείου αδρανείας που θα χρησιμοποιηθεί για την λειτουργία του συστήματος παρουσιάζονται στην συνέχεια. Το δοχείο αδρανείας είναι της εταιρίας Sigma.

Πίνακας 44: Τεχνικά χαρακτηριστικά δοχείου αδρανείας Sigma
[Πηγή: <http://www.sigma-sa.com/>]

Χαρακτηριστικά	Μεγέθη	Μονάδες Μέτρησης
Χωρητικότητα	300	Lit
Πάχος μόνωσης	50	mm
Διαστάσεις (διάμετρος * ύψος)	650*1320	mm
Διάμετρος συνδέσεων	1/1/4	“

Στην συνέχεια ακολουθεί το δοχείο διαστολής όπου τοποθετείται για να δέχεται τις διαστολές και συστολές του συστήματος θέρμανσης. Κατα κανόνα, το δοχείο διαστολής για συμβατικά συστήματα διαστασιολογείται στο 15% του συνολικού όγκου του συστήματος θέρμανσης. Το δοχείο διαστολής που επιλέγεται είναι της εταιρίας της εταιρίας Sigma και τα χαρακτηριστικά του καταγράφονται στον Πίνακα 45.

Πίνακας 45: Τεχνικά χαρακτηριστικά δοχείου διαστολής οβάλ με εσωτερική μεμβράνη Sigma

[Πηγή: <http://www.sigma-sa.com/>]

Χαρακτηριστικά	Τιμές	Μονάδες Μέτρησης
Χωρητικότητα	25	Lit
Μέγιστη πίεση λειτουργίας	3	Bar
Διαστάσεις (Διάμετρος x Ύψος)	380 x 320	Mm
Σύνδεση – Παροχή	¾ Πλάγια	in
Θερμοκρασία λειτουργίας (max)	110	°C

Ωστόσο, όπως στον εξοπλισμό μηχανοστασίου περιλαμβάνονται και οι βαλβίδες κλεισίματος, ασφαλιστικές βαλβίδες όπου τοποθετούνται για τυχόν μελλοντική συντήρηση του συστήματος, αλλά και για να διασφαλιστεί η σωστή και ασφαλή λειτουργία του συστήματος παράλληλα. Η διάμετρος των βαλβίδων θα είναι 1''- 1/1/4'' ανάλογα με την επιλογή διαμέτρου των χαλκοσωληνώσεων.



Εικόνα 10: Δοχείου αδρανείας Sigma
[Πηγή: <http://www.sigma-sa.com/>]



Εικόνα 11: Ασφαλιστική βαλβίδα
[Πηγή: <http://www.in.all.biz/el>]

Ο κυκλοφορητής είναι ένας τυπικός κυκλοφορητής, ο οποίος προορίζεται για συστήματα θέρμανσης και είναι της εταιρίας Wilo. Επιπλέον, ο κυκλοφορητής θα τοποθετηθεί μετά το δοχείο αδρανείας προς το κύκλωμα θέρμανσης, με στόχο να δίνεται η δυνατότητα να κυκλοφορεί το νερό από το δοχείο αδρανείας προς το κύκλωμα.

Πίνακας 46: Τεχνικά χαρακτηριστικά κυκλοφορητή Wilo RS25/4
[Πηγή: <http://www.wilo.gr/>]

Χαρακτηριστικά	Τιμές	Μονάδες Μέτρησης
Μανομετρικό	4.2	m
Παροχή	3.7	m ³ /h
Συνδέσεις στομίων	R1	in



Εικόνα 12: Κυκλοφορητή Wilo RS25/4
[Πηγή: <http://www.wilo.gr/>]

Σωληνώσεις που θα χρησιμοποιηθούν θα είναι όλες από χαλκό και η διάμετρος τους θα κυμαίνεται από Φ28mm-Φ35mm.

Μέσα στον γεωσυλλέκτη κυκλοφορεί το μίγμα το οποίο είναι και το μέσο μετάδοσης της θερμότητας. Ο γεωσυλλέκτης έρχεται σε επαφή με τον εκάστοτε γεωλογικό σχηματισμό, και με αυτόν τον τρόπο εκμεταλλεύεται την θερμότητα που περικλείεται εντός αυτών. Επιπλέον, ο γεωσυλλέκτης είναι κατασκευασμένος από πυκνό δικτυωμένο πολυαιθυλένιο και πληροί όλες τις απαραίτητες προϋποθέσεις. Ο γεωσυλλέκτης είναι της εταιρίας Muovitech και τα χαρακτηριστικά του καταγράφονται στον Πίνακα 47.

Πίνακας 47: Τεχνικά χαρακτηριστικά γεωσυλλέκτη Muovitech
[Πηγή: <https://www.muovitech.com/>]

Χαρακτηριστικά	Τιμές	Μονάδες Μέτρησης
Τύπος	PEM 40 x 2.4 – PE 80 PN8 SDR 17 Φυγόκεντρος – Διπλός	
Διάμετρος	40	mm
Πάχος τοιχώματος	2.4	mm
Μέγιστη πίεση προς τα τοιχώματα του γεωσυλλέκτη (100 m)	1.2	bar

Στην συνέχεια χρησιμοποιείται και ένα κολλεκτέρ όπου σε εκείνο το σημείο συγκεντρώνονται τα κυκλώματα του γεωσυλλέκτη. Το κολλεκτερ που επιλέχθηκε για την παρούσα μελέτη διαθέτει ροόμετρα και ασφαλιστικές βαλβίδες για το κάθε κύκλωμα, με στόχο να εξασφαλίζεται η βέλτιστη και η ασφαλέστερη λειτουργία του

συστήματος. Επιπλέον, το κολλεκτέρ του γεωσυλλέκτη είναι της ίδιας εταιρίας (Μιονitech) που είναι και ο γεωσυλλέκτης.

Πίνακας 48: Τεχνικά χαρακτηριστικά κολλεκτέρ γεωσυλλέκτη Μιονitech
[Πηγή: <https://www.muovitech.com/>]

Χαρακτηριστικά	Τιμές	Μονάδες Μέτρησης
Τύπος	PN625 – H800	
Διάμετρος	625	mm
Ύψος Κολλεκτέρ	800	mm
Ελεγμένο εργοστασιακά	5	Bar
Ρόομετρα	1	in
Ασφαλιστικές βαλβίδες	1	in
Κυκλώματα	3	

7. ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Σε αυτό το Κεφάλαιο της παρούσας πτυχιακής εργασίας θα πραγματοποιηθεί ο αναλυτικός προϋπολογισμός του ύψους της σχετικής επένδυσης και του κόστους λειτουργίας της τριώροφης οικίας. Αρχικά θα πραγματοποιηθεί ο υπολογισμός του κόστους λειτουργίας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας στην θέρμανση (Πίνακας 49) και θα ακολουθήσει ο υπολογισμός του κόστους για την ψύξη της οικίας (Πίνακας 50).

Οι οικονομικοί υπολογισμοί για το κόστος λειτουργίας της γεωθερμικής αντλίας στην θέρμανση παρουσιάζεται στην συνέχεια.

$$\begin{aligned} & \text{(Ηλεκτρική κατανάλωση αντλίας + Κατανάλωση κυκλοφορητή γεωσυλλέκτη)*} \\ & \text{Ώρες θέρμανσης/Έτος =} \\ & (3,8 \cdot 10^3 \text{ Watt} + 250 \text{ Watt}) * 1.194 \text{ h/Έτος} = 4.835,6 \text{ Kwh/ Έτος} = 4.836 \text{ Kwh/Έτος} \end{aligned}$$

Άρα σύμφωνα με τις kWh που καταναλώνεται εντός τους έτους καθώς και με την μέση τιμή που έχει η kWh του ηλεκτρικού ρεύματος, το κόστος της λειτουργίας της γεωθερμικής αντλίας στην θέρμανση είναι:

$$4.835 \text{ Kwh/Έτος} * 0.12 \text{ €/Kwh} = 580 \text{ €}$$

Κόστος λειτουργίας Γεωθερμικής Αντλίας /Έτος στην θέρμανση → 580 €/Έτος

Πίνακας 49: Κόστος λειτουργίας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας στην θέρμανση

Περιγραφή	Κόστος λειτουργίας (€/Ωρα)	Ώρες θέρμανσης/ Έτος	Κόστος λειτουργίας (€/Έτος)
Κάθετο γεωθερμικό σύστημα Θερμική ικανότητα αντλίας 17 KW με COP 4.8 και ηλεκτρική κατανάλωση	0.48 €	1194	580

Ωστόσο, οι οικονομικοί υπολογισμοί για το κόστος λειτουργίας της γεωθερμικής αντλίας στην ψύξη πραγματοποιούνται με παρόμοια διαδικασία όπως και με την θέρμανση. Οι οικονομικοί υπολογισμοί παρουσιάζονται στην συνέχεια.

$$\begin{aligned} & \text{Ηλεκτρική Κατανάλωση κυκλοφορητή γεωσυλλέκτη * Ώρες ψύξης/Έτος =} \\ & 0,25 \cdot 10^3 \text{ Watt} * 2.726 \text{ h/Έτος} = 681,5 \text{ kWh/ Έτος} = 682 \text{ kWh/ Έτος} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Ηλεκτρική κατανάλωση αντλίας * Ώρες ψύξης/Έτος =} \\ & 3,8 \cdot 10^3 \text{ Watt} * 1.363 \text{ h/Έτος} = 5.179,4 \text{ kWh/ Έτος} = 5.179 \text{ kWh/Έτος} \end{aligned}$$

Άρα προσθέτοντας τους προαναφερόμενους υπολογισμούς η συνολική κατανάλωση kWh εντός του έτους είναι το η εξής:

$$682 \text{ kWh/Έτος} + 5.179 \text{ kWh/Έτος} = 5.861 \text{ kWh/Έτος}$$

Άρα σύμφωνα με τις kWh που καταναλώνεται εντός τους έτους καθώς και με την μέση τιμή που έχει η kWh του ηλεκτρικού ρεύματος, το κόστος της λειτουργίας της γεωθερμικής αντλίας στην ψύξη είναι:

$$5.861 \text{ kWh/Έτος} \times 0.12 \text{ €/kWh} = 703\text{€}$$

Κόστος λειτουργίας Γεωθερμικής Αντλίας /Έτος στην Ψύξη → 703 €/Έτος

Πίνακας 50: Κόστος λειτουργίας Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας στην Ψύξη

Περιγραφή	Κόστος λειτουργίας (€/Ωρα)	Ώρες Ψύξης/ Έτος	Κόστος λειτουργίας (€/Έτος)
Κάθετο γεωθερμικό σύστημα Θερμική ικανότητα αντλίας 17 KW με COP 3.4 και ηλεκτρική κατανάλωση	0.25 €	2726	703

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι για του παραπάνω υπολογισμούς θεωρήθηκε ότι ο συμπιεστής θα είναι σε λειτουργία μόνο για την μισή ψυκτική περίοδο. Τα υπόλοιπα ψυκτικά φορτία θα καλυφθούν μέσω της κυκλοφορίας του μίγματος του γεωεναλλάκτη. Άρα σε αυτήν την περίπτωση η μόνη κατανάλωση είναι αυτή των κυκλοφορητών.

Στην συνέχεια ακολουθεί ο αναλυτικός προϋπολογισμός του ύψους της συγκεκριμένης επένδυσης (Πίνακας 51). Έχει ληφθεί υπόψη ο εξοπλισμός που απαρτίζει το μηχανοστάσιο που αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 6. Ωστόσο, τονίζεται ότι οι τιμές μπορούν αν παρουσιάζουν κάποια διακύμανση.

Πίνακας 51: Κόστος εξοπλισμού μηχανοστασίου

Περιγραφή	Τύπος	Ποσότητα	Κόστος/ Τεμάχιο (€)	Τελικό κόστος (€)
Γεωθερμική Αντλία NIBE	F1140 - 17KW	1	8.047	8.047
Θερμική / Ψυκτική Μονάδα NIBE	HPAC 28	1	2.958	2.704
Τρίοδη ηλεκτροβάνα για έλεγχο ζεστού νερού NIBE	VST 12	1	325	325
Δοχείο αδρανείας Sigma	300 lt	1	524	524
Δοχείο διαστολής Sigma	25lt	1	33	33
Βαλβίδες κλεισίματος		3	10	30
Ασφαλιστικές βαλβίδες		2	25	50
Κυκλοφορητής	Wilо 25/4	1	150	150
Χαλκοσωλήνες, εξαρτήματα		1	800	800
Συνολικό κόστος				14.663

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ενέργεια αποτελεί αγαθό και θεωρείται είδος πρώτης ανάγκης για την επιβίωση του ανθρώπου. Ωστόσο, καθημερινά οι απαιτήσεις της ενέργειας αυξάνονται με συνέπεια να χρειάζονται μεγαλύτερες ποσότητες οι οποίες με το πέρασμα των χρόνων δεν μπορούν να καλυφθούν από τις συμβατικές ενέργειες διότι είναι εξαντλήσιμες, έχουν αυξημένο οικονομικό κόστος και προκαλούν περιβαλλοντικά προβλήματα. Η λύση δίνεται από τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας όπου είναι ανεξάντλητές, το κόστος τους είναι μειωμένο και είναι αρκετά φιλικές με το περιβάλλον.

Ο συνδυασμός των ενεργειακών πόρων που δίνονται με τις νέες τεχνολογικές διατάξεις, επιτρέπουν τον βέλτιστο σχεδιασμό ενεργειακών μονάδων για την κάλυψη συγκεκριμένων αναγκών καθώς και για την παραγωγή ενέργειας είτε αυτή είναι θερμική είτε είναι ηλεκτρική. Σημειώνεται ότι το κόστος μιας εγκατάσταση εκμετάλλευσης ΑΠΕ μπορεί να θεωρηθεί υψηλό αλλά η αποπληρωμή πραγματοποιείται σχετικά σε σύντομο χρονικό διάστημα συγκρινόμενη με το κόστος για την κάλυψη των ίδιων αναγκών με συμβατικές ενέργειες.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε με σκοπό την εκπόνηση μελέτης θερμικών και ψυκτικών απωλειών τριώροφης οικίας, η οποία βρίσκεται στην Αίγινα και συγκεκριμένα στην παραθαλάσσια περιοχή Λίβαδι. Στόχο ήταν η κάλυψη αυτών των ενεργειακών αναγκών της οικίας με την εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας.

Η γεωθερμία είναι φυσική θερμική ενέργεια και προέρχεται από το εσωτερικό της γης προς την επιφάνεια είτε με θερμική αγωγιμότητα πετρωμάτων είτε με την φυσική ή τεχνική κίνηση των υπόγειων ρευστών. Στην περίπτωση της μελέτης με την βοήθεια κατάλληλου συστήματος πραγματοποιείται τεχνική κίνηση των υπόγειων ρευστών με στόχο την εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας.

Με την εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας δίνεται η δυνατότητα της απόλυτης θερμικής άνεσης των χώρων αφού η τοποθέτηση ενδοδαπέδιας εγκατάσταση για την θέρμανση και ψύξη των χώρων κρατά σταθερή θερμοκρασία εντός της οικίας και ο ανθρώπινος οργανισμός διατηρεί θερμοκρασία ίση με 37°C με συνέπεια να μην απαιτείται κάποια θερμική αλλαγή. Ωστόσο, η πραγματοποίηση αυτού γίνεται με το χαμηλότερο δυνατό κόστος συγκρινόμενο με το κόστος που θα υπήρχε αν γινόταν χρήση συμβατικών ενεργειών.

Το σύστημα που επιλέχθηκε αποτελείται από γεωθερμική αντλία, θερμική και ψυκτική μονάδα, τρίοδη ηλεκτροβάννα για έλεγχο ζεστού νερού, δοχείο αδρανείας και διαστολής, βαλβίδες κλεισίματος και ασφάλειας, κυκλοφορητή καθώς και εξαρτήματα (χαλκωσωλήνες, γωνίες, ταφ) και το κόστος του ανέρχεται στις 14.663 €.

Εν κατακλείδι σημειώνεται ότι με την παρούσα πτυχιακή εργασία δίνεται βήμα στους Μηχανολόγους Μηχανικούς Τ.Ε. του Τ.Ε.Ι Δυτικής Ελλάδας να πραγματοποιήσουν μια συγκριτική μελέτη κάλυψης ενεργειακών αναγκών με και χωρίς χρήση ΑΠΕ με στόχο την ένδειξη των οικονομικών και περιβαλλοντικών πλεονεκτημάτων που δίνονται από τις εναλλακτικές μορφές ενέργειας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Αλεξόπουλος Ν., 2011, Πιθανές συγγενικές σχέσεις και φαινόμενα μείξης στα ηφαιστειακά κέντρα του δικτύου ηφαιστειακού τόξου του Αιγαίου και προσδοκισιμότητα του ηφαιστειακού κινδύνου στην περιοχή, Εκδόσεις Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα
- Αντωνίου Ι., 2014, Οργανικά φωτοβολταϊκά συστήματα και σύγκριση με την τεχνολογία πυριτίου, Εκδόσεις Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδας, Πάτρα
- Ασημακόπουλος και συνεργάτες, 2015, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας Δυναμικό και Τεχνολογίες, Εκδόσεις σοφία, Θεσσαλονίκη
- Βαλκάνος Ρ. και Πανάγος Κ., 2017, Διερεύνηση ενεργειακής αναβάθμισης του κτιρίου της Παιδαγωγικής Σχολής του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, Εκδόσεις Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Κοζάνη
- Βραχόπουλος Μ., Κούκου Μ. και Καρυτσάς Κ., Κανονική γεωθερμία - αρχές σχεδιασμού γεωθερμικών συστημάτων και εφαρμογές, Εκδόσεις Καλλιπός, Αθήνα
- Γιανναδάκης Α., 2010, ΚΕΝΑΚ, Σημειώσεις μαθήματος, Μηχανολογικές Εγκαταστάσεις και Κατασκευές, Εκδόσεις Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδας, Πάτρα
- Καλογήρου Ι., 2016, Θέρμανση Ψύξη Κλιματισμός, Σημειώσεις Μαθήματος Θέρμανσης Ψύξη και Κλιματισμός, Εκδόσεις Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδας, Πάτρα
- Καρατάσος Α. και Τζίωλας Δ., 2010, Αβαθής γεωθερμία και τρόποι εκμετάλλευσης της, Εκδόσεις Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, Καβάλα.
- Κουρτίδης Α., 2014, Σύγκριση συστημάτων θέρμανσης χώρων με τη χρήση πετρελαίου και αντλίας θερμότητας, Εκδόσεις Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, Καβάλα.
- Μαρούδης Β., 2014, Πρακτικές εφαρμογές γεωθερμίας σε κτηριακές εγκαταστάσεις στην Ελλάδα, Εκδόσεις Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά
- Παπανικολάου Δ., 1986, Γεωλογία Ελλάδος, Εκδόσεις Επτάλοφος ΑΕΒΕ, Αθήνα
- Παπανικολάου Δ., 2015, Γεωλογία Ελλάδας, Εκδόσεις Πατάκη, Αθήνα
- Σελλούντος Β., 2002, Θέρμανση και Κλιματισμός – μελέτη – κατασκευή – εγκαταστάσεις – υλικά – δίκτυα – εξοπλισμός, Εκδόσεις ΤεΚΔΟΤΙΚΗ/ ΣΕΛΚΑ 4Μ, Αθήνα
- Τζιούμας Κ., 2012, Μελέτη Ενδοδαπέδιας Εγκατάστασης, Εκδόσεις Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Μακεδονίας, Σέρρες
- Τσιλιγκιρίδης, 2007, Ανανεώσιμες πηγές Ενέργειας, Εκδόσεις Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη

Ξένη Βιβλιογραφία

- Armstead H.C.H., 1983, Geothermal Energy. E. & F. N. Spon, London, 404 pp.
- Barbier, E. and Fanelli, M., 1977, Non-electrical uses of geothermal energy, Prog. Energy Combustion Sci., 3, 73-103.
- Beall S. E, and SAMUELS G., 1971, The use of warm water for heating and cooling plant and animal enclosures, Oak Ridge National Laboratory, ORNL-TM-3381, 56 pp.
- Bullard E.C., 1965, Historical introduction to terrestrial heat flow, In: Lee, W.H.K., ed. Terrestrial Heat Flow, Amer Geophys Un., Geophys. Mon. Ser., 8, pp.1-6.
- Entingh D. J., Easwaran E. and McLarty L., 1994, Small geothermal electric systems for remote powering, U.S. DoE, Geothermal Division, Washington D.C., 12 pp.
- Fridleifsson I.B., 2001, Geothermal energy for the benefit of the people, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 5, 299-312.
- Fridleifsson I. B., 2003, Status of geothermal energy amongst the world's energy sources, IGA News, No.52, 13-14
- Gudmundsson J.S., 1988, The elements of direct uses, Geothermics, 17,119-136.
- Huttrer G.W., 2001. The status of world geothermal power generation 1995-2000, Geothermics, 30, 7-27.
- Lubimova E., 1968, Thermal history of the Earth. In: The Earth's Crust and Upper Mantle, Amer Geophys Un., Geophys. Mon. Ser., 13, pp.63-77.
- LINDAL B., 1973, Industrial and other applications of geothermal energy, In: Armstead, H.C.H., ed., Geothermal Energy, UNESCO, Paris, pp.135-148.
- Lund J. W., and Freeston, D., 2001, World-wide direct uses of geothermal energy 2000, Geothermics 30, 29- 68.
- Lund J. W., and Boyd T. L., 2001, Direct use of geothermal energy in the U.S. – 2001, Geothermal Resources Council Transactions, 25, 57-60.
- Lunis B. and Breckenridge R., 1991, Environmental considerations, In: Lienau P.J. and Lunis B.C., eds., Geothermal Direct Use, Engineering and Design Guidebook, Geo-Heat Center, Klamath Falls, Oregon, pp.437—445.
- Rafferty K., 1997, An information survival kit for the prospective residential geothermal heat pump owner, Bull, Geo-Heat Center, 18, 2, 1—11.
- Sanner B., Karytsas C., Mendrinou D. and Rybach L., 2003, Current status of ground source heat pumps and underground thermal energy storage. Geothermics, Vol.32, 579-588.

Ιστοτόποι

- Engineeringissues, All about engineering, <https://engineeringissues.wordpress.com/>
- Εξοπλισμός από την εταιρία NIBE: <http://www.nibe.hr/>
- Εξοπλισμός από την εταιρία Sigma: <http://www.sigma-sa.com>
- Εξοπλισμός από την εταιρία all biz <http://www.in.all.biz/el>
- Εξοπλισμός εταιρία Wilo <http://www.wilo.gr>
- Εξοπλισμός εταιρία Muovitech <https://www.muovitech.com/>

Gauss W., 2000, Stratigraphic Project Aegina Kolonna,
<http://www.oeaw.ac.at/sciem2000/Pr15.html>

Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ) <http://www.igme.gr/>

Λυκούδη Ε., 2005, Γεωλογική εξέλιξη της Ελλάδας - Το Ελληνικό τόξο
<http://www.metal.ntua.gr/>

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΚΑ) ,2008 <http://www.ypeka.gr/>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Στο Παράρτημα Α θα παρατεθούν οι πίνακες που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της μελέτης. Ακολουθούν οι πίνακες που χρησιμοποιήθηκαν για την πραγματοποίηση των υπολογισμών των θερμικών απωλειών της τριώροφης οικίας.

Πίνακας 3.4α. Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα κατακόρυφα αδιαφανή δομικά στοιχεία που συναντώνται σε κτήρια η οικοδομική άδεια των οποίων εκδόθηκε πριν από την εφαρμογή του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτηρίων (1979).

Περιγραφή στοιχείου	Χωρίς θερμομονωτική προστασία			Με ανεπαρκή θερμομονωτική προστασία κατά Κ.Θ.Κ.		
	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαινόμεν. χώρο	Σε επαφή με έδαφος	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαινόμεν. χώρο	Σε επαφή με έδαφος
	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]
Στοιχείο φέροντος οργανισμού οπλισμένου σκυροδέματος (πάχους μικρότερου των 80 cm)						
Ανεπίχριστο από τη μία ή τις δύο όψεις.	3,65	2,75	4,30	1,00	0,90	1,05
Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις.	3,40	2,60	–	1,00	0,90	–
Επενδεδυμένο με απλή ή διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	2,45	2,00	2,90	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένο με αργολιθοδομή.	2,90	2,30	3,25	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένο με μαρμάρινες πλάκες.	3,50	2,05	4,00	1,00	0,90	1,05
Επενδεδυμένο με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	2,05	1,75	2,25	0,80	0,75	0,85
Οπτοπλινθοδομή, φέρουσα ή πλήρωσης (με ή χωρίς κλειστό διάκενο αέρος)						
Μπατική ή δικέλυφη δρομική οπτοπλινθοδομή						
Ανεπίχριστη από τη μία ή τις δύο όψεις.	2,30	1,90	2,55	0,85	0,80	0,90
Επιχρισμένη και από τις δύο όψεις.	2,20	1,85	–	0,85	0,80	–
Επενδεδυμένη με διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	1,90	1,60	2,05	0,80	0,75	0,85
Επενδεδυμένη με αργολιθοδομή.	2,10	1,75	2,25	0,80	0,75	0,85
Επενδεδυμένη με μαρμάρινες πλάκες.	2,25	1,85	2,45	0,85	0,80	0,85
Επενδεδυμένη με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	1,55	1,35	1,65	0,70	0,70	0,75
Δρομική οπτοπλινθοδομή						
Ανεπίχριστη από τη μία ή τις δύο όψεις.	3,25	2,50	3,75	0,95	0,90	1,00
Επιχρισμένη και από τις δύο όψεις.	3,05	2,40	–	0,95	0,85	–
Επενδεδυμένη με διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	2,50	2,00	2,75	0,85	0,80	0,90
Επενδεδυμένη με αργολιθοδομή.	2,80	2,25	3,20	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένη με μαρμάρινες πλάκες.	3,10	2,40	3,55	0,95	0,85	1,00
Επενδεδυμένη με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	1,90	1,65	2,05	0,80	0,75	0,85

άλλες πλάκες.						
Αργολιθοδομή						
Ανεπίχριστη από τη μία ή τις δύο όψεις.	4,25	3,10	5,00	1,05	0,95	1,10
Επιχρισμένη και από τις δύο όψεις.	3,85	2,85	–	1,00	0,95	–
Επενδεδυμένη με διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	2,85	2,30	3,25	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένη με μαρμάρινες πλάκες.	4,10	3,00	4,95	1,00	0,95	1,05
Επενδεδυμένη με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	2,30	1,95	2,60	0,85	0,80	0,90

Πίνακας 3.4β. Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα οριζόντια αδιαφανή δομικά στοιχεία που συναντώνται σε κτήρια η οικοδομική άδεια των οποίων εκδόθηκε πριν από την εφαρμογή του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτηρίων (1979).

Περιγραφή στοιχείου	Χωρίς θερμομονωτική προστασία			Με ανεπαρκή θερμομονωτική προστασία κατά Κ.Θ.Κ.		
	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαινόμεν. χώρο	Σε επαφή με έδαφος	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμ. χώρο	Σε επαφή με έδαφος
	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]
Επιστεγάσεις (με ή χωρίς ψευδοροφή)						
Συμβατικού τύπου δώμα.	3,05	–	–	0,95	–	–
Αντεστραμμένου τύπου δώμα.	–	–	–	0,95	–	–
Αεριζόμενο δώμα.	–	3,70	–	1,00	–	–
Φυτεμένο δώμα.	1,20	–	–	0,70	–	–
Οριζόντια οροφή κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη.	3,70	–	–	1,00	–	–
Οροφή κάτω από μη θερμαινόμενο χώρο.	–	2,90	–	–	0,90	–
Κεραμοσκεπή επί κεκλιμένης πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος.	4,70	–	–	1,05	–	–
Κεραμοσκεπή επί κεκλιμένης ξύλινης στέγης.	4,25	–	–	1,00	–	–
Δάπεδα με επικάλυψη παντός τύπου (ξύλο, μάρμαρο, πλακάκι, μωσαϊκό κ.τ.λ.)						
Επάνω από ανοικτό υπόστυλο χώρο (πυλωτή).	2,75	–	–	0,90	–	–
Επί εδάφους.	–	–	3,10	–	–	0,95
Επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο.	–	2,00	–	–	0,80	–

Πίνακας 3β. Τιμές συντελεστών θερμικής μετάβασης και αντιστάσεων θερμικής μετάβασης κατά το ISO 6946, εξειδικευμένες ανά δομικό στοιχείο (πηγή: πρωτότυπος πίνακας, επεξεργασμένος βάσει του ISO 6946).

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

Παρατηρήσεις

- Οι τιμές για την αντίσταση θερμικής μετάβασης εσωτερικού χώρου έχουν υπολογισθεί κατά παραδοχή για θερμοκρασία εσωτερικού χώρου $\theta_i = 20^\circ\text{C}$.
- Οι τιμές για την αντίσταση θερμικής μετάβασης εξωτερικού χώρου έχουν υπολογισθεί κατά παραδοχή για θερμοκρασία εξωτερικού χώρου $\theta_a = 0^\circ\text{C}$ και ταχύτητα ανέμου $u = 4 \text{ m/s}$.

Πίνακας 6. Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας διαφόρων δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη (πηγή: Κ.Εν.Α.Κ.).

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

Πίνακας 3.23. Συντελεστής αεροδιαπερατότητας από χαραμάδες ανοιγμάτων για τον υπολογισμό του αερισμού.

Συντελεστής αεροδιαπερατότητας α		
Υλικό πλαισίου	Είδος ανοίγματος	α [m ³ /(h.m)]
Ξύλο	Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, χωνευτό, επάλληλο, ανοιγόμενο. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα) και χωρίς αεροστεγανότητα.	3,0
	Κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, επάλληλα συρόμενο, με ψήκτρες. Ανοιγόμενο κούφωμα, με διπλό υαλοπίνακα, χωρίς πιστοποίηση. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα), με αεροστεγανότητα μη πιστοποιημένη.	2,5
	Ανοιγόμενο κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, αεροστεγές, με πιστοποίηση. Αεροστεγές κούφωμα, χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα), με πιστοποίηση	2,0
Μέταλλο ή Συνθετικό	Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, χωνευτό, επάλληλο, ανοιγόμενο. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα) και χωρίς αεροστεγανότητα.	1,5
	Κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, επάλληλα συρόμενο, με ψήκτρες. Ανοιγόμενο κούφωμα, με διπλό υαλοπίνακα, χωρίς πιστοποίηση. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα), με αεροστεγανότητα μη πιστοποιημένη.	1,4
	Ανοιγόμενο κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, αεροστεγές, με πιστοποίηση. Αεροστεγές κούφωμα, χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα), με πιστοποίηση	1,2

Πίνακας 3.24. Συντελεστής διεισδυτικότητας R για τον υπολογισμό του αερισμού από χαραμάδες των κουφωμάτων.

Συντελεστής διεισδυτικότητας R		
Εξωτερικό παράθυρο ή πόρτα	Λόγος εξωτερικών προς εσωτερικά ανοίγματα	R
Κούφωμα με ξύλινο πλαίσιο	< 3	0,9
	3 + 9	0,7
Κούφωμα με μεταλλικό ή συνθετικό πλαίσιο	< 6	0,9
	≥ 6	0,7

Πίνακας 3.25. Συντελεστής λόγω θέσης του ανοίγματος και ανεμόπτωση H για τον υπολογισμό του αερισμού από χαραμάδες των κουφωμάτων.

Συντελεστής θέσης και ανεμόπτωσης H			
Ανεμόπτωση	Θέση εξωτερικής επιφάνειας	Τρόπος δόμησης	
		Όψεις σε επαφή με όμορου	Ελεύθερες όψεις
Κανονική	Προστατευμένη	0,78	1,10
	Ελεύθερη	1,32	1,87
	Άκρως απροστάτευτη	1,94	2,71
Ισχυρή	Προστατευμένη	1,32	1,87
	Ελεύθερη	1,94	2,71
	Άκρως απροστάτευτη	2,65	3,65

**ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΨΥΞΗΣ ΤΡΙΩΡΟΦΗΣ ΟΙΚΙΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
Τ.Ε.Ι. ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**

Ακολουθούν οι πίνακες που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό του ψυκτικού φορτίου της τριώροφης οικίας.

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

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ (CLTD) ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΦΟΡΤΙΩΝ ΓΙΑ ΗΛΙΑΖΟΜΕΝΟΥΣ ΤΟΙΧΟΥΣ, F																													
	Ηλιακός Χρόνος σε ώρες																								Ωρα		Ελάχιστο CLTD	Μέγιστο CLTD	Διαφορά CLTD
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Μέγιστου CLTD				
																									CLTD	CLTD			
Ομάδα Τοίχων Α																													
B	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	2	10	14	4	
BA	19	19	19	18	17	17	16	15	15	15	15	15	16	16	17	18	18	18	19	19	20	20	20	20	22	15	20	5	
A	24	24	23	23	22	21	20	19	19	18	19	19	20	21	22	23	24	24	25	25	25	25	25	25	22	18	25	7	
NA	24	23	23	22	21	20	20	19	18	18	18	18	18	19	20	21	22	23	23	24	24	24	24	24	22	18	26	6	
N	20	20	19	19	18	18	17	16	16	15	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	20	20	20	23	14	20	6	
NΔ	25	25	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	17	17	17	17	18	19	20	22	23	24	25	25	24	17	25	8	
Δ	27	27	26	26	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	18	18	18	19	20	22	23	25	26	26	1	18	27	9	
BΔ	21	21	21	20	20	19	19	18	17	16	16	15	15	14	14	14	15	15	16	17	18	19	20	21	1	14	21	7	
Ομάδα Τοίχων Β																													
B	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	9	8	9	9	9	10	11	12	13	14	14	15	15	15	24	8	15	7	
BA	19	18	17	16	15	14	13	12	12	13	14	15	16	17	18	19	19	20	20	21	21	21	20	20	21	12	21	9	
A	23	22	21	20	18	17	16	15	15	15	17	19	21	22	24	25	26	26	27	27	26	26	25	24	20	15	27	12	
NA	23	22	21	20	18	17	16	15	14	14	15	16	18	20	21	23	24	25	26	26	26	26	25	24	21	14	26	12	
N	21	20	19	18	17	15	14	13	12	11	11	11	11	12	14	15	17	19	20	21	22	22	22	21	23	11	22	11	
NΔ	27	26	25	24	22	21	19	18	16	15	14	14	13	13	14	15	17	20	22	25	27	28	28	28	24	13	28	15	
Δ	29	28	27	26	24	23	21	19	18	17	16	15	14	14	14	15	17	19	22	25	27	29	29	30	24	14	30	16	
BΔ	23	22	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	12	11	12	12	13	15	17	19	21	22	23	23	24	11	23	12	

ΠΙΝΑΚΑΣ 3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΟΜΑΔΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΙΧΩΝ				
Κωδικός ομάδας	Κύριο στοιχείο -Πρόσθετα στοιχεία	Μάζα (lb/ft ²)	Συντελεστής k (Btu/h.ft ² .F)	Θερμοχωρητικότητα BTU/(ft ² .F)
Τούβλο όψεως 4"				
C	Κενό αέρα και τούβλο όψεως 4"	83	0,358	18,3
D	Τούβλο όψεως 4"-κοινό τούβλο 4"	90	0,415	18,4
C	1" μόνωση ή κενό και 4" κοινό τούβλο	90	0,174-0,301	18,4
B	2" μόνωση και 4" κοινό τούβλο	88	0,111	18,5
B	8" κοινό τούβλο	130	0,302	26,4
A	μόνωση ή κενό και 8" κοινό τούβλο	130	0,154-0,243	26,4
Τούβλο όψεως 4"				
C	Κενό αέρα και συμπαγές (π.χ μπετόν) 2"	94	0,350	19,7
B	2" μόνωση και 4" συμπαγές (π.χ μπετόν)	97	0,116	19,8
A	Κενό αέρα ή μόνωση και συμπαγές (π.χ μπετόν) 8" ή παραπάνω	143-190	0,110-0,112	29,1-38,4
Τούβλο όψεως 4"				
E	4" Block	62	0,319	12,9
D	Κενό αέρα ή μόνωση και 4" Block	62	0,153-0,246	12,9
D	8" Block	70	0,274	15,1
C	Κενό αέρα ή 1" μόνωση και 6" έως 8" Block	73-89	0,221-0,274	15,5-18,5
B	2" μόνωση και 8" Block	89	0,096-0,107	15,5-18,5
Τούβλο όψεως 4" και κεραμικό τούβλο				
D	4" τούβλο	71	0,381	15,1
D	Κενό αέρα και 4" τούβλο	71	0,281	15,1
C	μόνωση και 4" τούβλο	71	0,169	15,1
C	8" κεραμικό τούβλο	96	0,275	19,7
B	Κενό αέρα ή 1" μόνωση και 8" τούβλο	96	0,142-0,221	19,7
A	2" μόνωση και 8" τούβλο	97	0,097	19,8
Βαρέως τύπου τσιμεντένιος τοίχος και φινιρίσμα				
E	4" συμπαγές μπετόν	63	0,585	12,5
D	4" συμπαγές μπετόν και 1" ή 2" μόνωση	63	0,119-0,200	12,5
C	2" μόνωση και 4" συμπαγές μπετόν	63	0,119	12,7
C	8" συμπαγές μπετόν	109	0,490	21,9
B	8" συμπαγές μπετόν και 1" ή 2" μόνωση	110	0,115-0,187	22,0
A	2" μόνωση και 8" συμπαγές μπετόν	110	0,115	21,9
E	12" συμπαγές μπετόν	156	0,421	31,2
A	12" συμπαγές μπετόν και μόνωση	156	0,113	31,3

ΠΙΝΑΚΑΣ 4 ΔΙΟΡΘΩΣΗ CLTD ΓΙΑ ΤΟ ΜΗΝΑ ΚΑΙ ΤΟ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ ΓΙΑ ΤΟΙΧΟΥΣ ΚΑΙ ΟΡΟΦΕΣ, ΓΙΑ ΒΟΡΕΙΑ ΠΛΑΤΗ											
ΠΛΑΤΟΣ	ΜΗΝΑΣ	BBA	BA	ABA	A	ANA	NA	NNA			
		B	BΔ	ΒΔ	ΔΒΔ	Δ	ΔΝΔ	ΝΔ	ΝΝΔ	N	ΟΡΙΖ
32	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	-5	-7	-10	-11	-8	-5	2	9	12	-17
	ΙΑΝ./ΝΟΕΜΒ.	-5	-7	-9	-11	-8	-4	2	9	12	-15
	ΦΕΒ./ΟΚΤ.	-4	-6	-7	-8	-4	-2	4	8	11	-10
	ΜΑΡΤ./ΣΕΠΤΕΜ.	-3	-4	-4	-4	-2	-1	3	5	7	-5
	ΑΠΡΙΛ./ΑΥΓΟΥΣΤ.	-2	-2	-1	-2	0	-1	0	1	1	-1
	ΜΑΙΟΣ/ΙΟΥΛΙΟΣ	1	1	1	0	0	-1	-1	-3	-3	1
	ΙΟΥΝΙΟΣ	1	2	2	1	0	-2	-2	-4	-4	2
40	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	-6	-8	-10	-13	-10	-7	0	7	10	-21
	ΙΑΝ./ΝΟΕΜΒ.	-5	-7	-10	-12	-9	-6	1	8	11	-19
	ΦΕΒ./ΟΚΤ.	-5	-7	-8	-9	-6	-3	3	8	12	-14
	ΜΑΡΤ./ΣΕΠΤΕΜ.	-4	-5	-5	-6	-3	-1	4	7	10	-8
	ΑΠΡΙΛ./ΑΥΓΟΥΣΤ.	-2	-3	-2	-2	0	0	2	3	4	-3
	ΜΑΙΟΣ/ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	ΙΟΥΝΙΟΣ	1	1	1	0	1	0	0	-1	-1	2

ΠΙΝΑΚΑΣ 5 ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΓΙΑ ΣΥΝΑΓΩΓΗ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΓΥΑΛΙΟΥ.												
Ωρα	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
CLTD,F	0	-2	-2	0	4	9	13	14	12	8	4	2

ΠΙΝΑΚΑΣ 6 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ						
ΠΟΛΗ Η' ΠΕΡΙΟΧΗ	ΜΕΣΗ	ΜΕΣΗ	DB 1%	DB 1%	DB 2,5%	DB 2,5%
	ΗΜ/ΣΙΑ	ΗΜ/ΣΙΑ	ΘΕΡ/ΣΙΑ	ΘΕΡ/ΣΙΑ	ΘΕΡ/ΣΙΑ	ΘΕΡ/ΣΙΑ
	ΔΙΑΚ. (DR)	ΔΙΑΚ. (DR)	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ
	°C	F	°C	F	°C	F
ΑΓΡΙΝΙΟ	16	28,8	35,5	95,9	34,5	94,1
ΑΓΧΙΑΛΟΣ	13		34,0		32,5	90,5
ΑΘΗΝΑ(ΑΣΤΕΡ/ΕΙΟ)	10	18,0	36,0	96,8	34,0	93,2
ΑΘΗΝΑ(ΕΛΛΗΝΙΚΟ)		0,0	34,5	94,1	33,0	91,4
ΑΘΗΝΑ(Ν.ΦΙΛ/ΦΕΙΑ)	12	21,6	36,5	97,7	35,0	95,0
ΑΘΗΝΑ(ΤΑΤΟΙ)	12	21,6	35,5	95,9	34,0	93,2
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗ	12	21,6	33,5	92,3	32,0	89,6
ΑΡΑΞΟΣ	12	21,6	34,5	94,1	33,5	92,3
ΑΡΓΟΣΤΟΛΙ	11	19,8	31,5	88,7	30,0	86,0
ΕΛΕΥΣΙΝΑ	10	18,0	36,0	96,8	34,5	94,1
ΖΑΚΥΝΘΟΣ	8	14,4	33,0	91,4	31,5	88,7
ΗΡΑΚΛΕΙΟ	7	12,6	32,5	90,5	31,0	87,8
ΘΕΣ/ΝΙΚΗ(ΠΑΝ/ΜΙΟ)	11	19,8	35,0	95,0	34,0	93,2
ΘΕΣ/ΝΙΚΗ(ΜΙΚΡΑ)	14	25,2	34,5	94,1	33,0	91,4
ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	8	14,4	35,0	95,0	33,5	92,3
ΙΩΑΝΝΙΝΑ	17	30,6	34,5	94,1	33,0	91,4
ΚΑΛΑΜΑΤΑ	14	25,2	34,5	94,1	32,5	90,5
ΚΕΡΚΥΡΑ	14	25,2	33,5	92,3	32,5	90,5
ΚΟΖΑΝΗ	16	28,8	33,5	92,3	32,0	89,6
ΚΟΜΟΤΗΝΗ	13	23,4	33,5	92,3	32,5	90,5
ΚΟΡΙΝΘΟΣ	10	18,0	33,5	92,3	32,0	89,6
ΛΑΜΙΑ	11	19,8	36,0	96,8	34,0	93,2

ΠΙΝΑΚΑΣ 7 ΜΕΓΙΣΤΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΚΕΡΔΟΥΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΟ ΓΥΑΛΙ, BTU/HR-FT ² ΓΙΑ ΒΟΡΕΙΑ ΠΛΑΤΗ										
0 ΜΟΙΡΕΣ										
	B	BBA	BA	ABA	A	ANA	NA	NNA	N	ΟΡΙΖ.
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	34	34	88	177	234	254	237	182	118	296
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	36	39	132	205	245	247	210	141	67	306
ΜΑΡΤΙΟΣ	38	87	170	223	242	223	170	87	38	303
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	71	134	193	224	221	184	118	38	37	284
ΜΑΙΟΣ	113	164	203	218	201	154	80	37	37	265
ΙΟΥΝΙΟΣ	129	173	206	212	191	140	66	37	37	255
ΙΟΥΛΙΟΣ	115	164	201	213	195	149	77	38	38	260
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	75	134	187	216	212	175	112	39	38	276
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	40	84	163	213	231	213	163	84	40	293
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	37	40	129	199	236	238	202	135	66	299
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	35	35	85	175	230	250	230	179	117	293
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	34	34	71	164	226	283	240	196	138	288

ΠΙΝΑΚΑΣ 8 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΚΙΑΣΕΩΣ SC ΓΙΑ ΤΖΑΜΙΑ ΜΕ Η ΧΩΡΙΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΣΚΙΑΣΗ ΑΠΟ ΒΕΝΕΤΙΚΑ ΣΤΟΡΙΑ Η ΡΟΛΛΑ ΣΚΙΑΣΗΣ									
Τύπος γυαλιού	Ονομαστικό Πάχος σε in	Ηλιακή Μεταβίβαση	Χωρίς Εσωτερική Σκίαση h ₀ =4,0	Τύπος Εσωτερικής Σκίασης					
				Βενετικά Στόρια		Ρολλά Σκίασης			
				Μέτρια	Ανοιχτά	Σκούρα	Ανοιχτά	Ανοιχτά	
ΔΙΠΛΟ ΤΖΑΜΙ	Διπλό								
	Καθαρό έξω	3/32, 1/8	0,71 ^R	0,88	0,57	0,51	0,6	0,25	0,37
	Καθαρό μέσα								
	Καθαρό έξω	1/4	0,61 ^R	0,81					
	Καθαρό μέσα								
	Τζάμι απορροφητικό απέξω		0,36 ^R	0,55					
ΔΙΠΛΟ ΤΖΑΜΙ	Καθαρό μέσα			0,20	0,39	0,36	0,4	0,22	0,3
	Τζάμια αντανακλαστικά βαμμένα			0,30	0,19	0,18			
				0,40	0,27	0,26			
					0,34	0,33			
ΤΡΙΠΛΟ	Καθαρό	1/4		0,71					
	Καθαρό	1/8		0,80					

**ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΨΥΞΗΣ ΤΡΙΩΡΟΦΗΣ ΟΙΚΙΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
Τ.Ε.Ι. ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**

ΠΙΝΑΚΑΣ 9 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΓΙΑ ΤΖΑΜΙΑ (CLF) Για τζάμια χωρίς εσωτερ. σκίαση (βόρειο πλάτος)																									
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΤΖΑΜΙΟΥ	Είδος Κατασκευής	ΗΛΙΑΚΗ ΩΡΑ																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
B	L	0,17	0,14	0,11	0,09	0,08	0,33	0,42	0,48	0,56	0,63	0,71	0,76	0,80	0,82	0,82	0,79	0,80	0,84	0,61	0,48	0,38	0,31	0,25	0,20
	M	0,23	0,20	0,18	0,16	0,14	0,34	0,41	0,46	0,52	0,59	0,65	0,70	0,73	0,75	0,76	0,74	0,75	0,79	0,61	0,50	0,42	0,36	0,31	0,27
	H	0,25	0,23	0,21	0,20	0,19	0,38	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,69	0,72	0,73	0,72	0,70	0,70	0,74	0,57	0,46	0,39	0,34	0,31	0,28
BA	L	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,23	0,41	0,51	0,51	0,45	0,39	0,36	0,33	0,31	0,28	0,26	0,23	0,19	0,15	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05
	M	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	0,21	0,36	0,44	0,45	0,40	0,36	0,33	0,31	0,30	0,28	0,26	0,23	0,21	0,17	0,15	0,13	0,11	0,09	0,08
	H	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07	0,23	0,37	0,44	0,44	0,39	0,34	0,31	0,29	0,27	0,26	0,24	0,22	0,20	0,16	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10
A	L	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,19	0,37	0,51	0,57	0,57	0,51	0,42	0,36	0,32	0,29	0,25	0,22	0,19	0,14	0,12	0,09	0,08	0,06	0,05
	M	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	0,18	0,33	0,44	0,50	0,51	0,45	0,39	0,35	0,32	0,29	0,26	0,23	0,21	0,17	0,15	0,13	0,11	0,10	0,08
	H	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07	0,21	0,34	0,45	0,50	0,49	0,43	0,36	0,32	0,29	0,26	0,24	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10
NA	L	0,05	0,04	0,04	0,03	0,02	0,13	0,28	0,43	0,55	0,62	0,63	0,57	0,48	0,42	0,37	0,33	0,28	0,24	0,19	0,15	0,12	0,10	0,08	0,07
	M	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,14	0,26	0,38	0,48	0,57	0,55	0,51	0,45	0,40	0,36	0,33	0,29	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,12	0,10
	H	0,11	0,10	0,10	0,09	0,08	0,17	0,28	0,40	0,49	0,53	0,53	0,48	0,41	0,36	0,33	0,30	0,27	0,24	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12
N	L	0,08	0,07	0,05	0,04	0,04	0,06	0,09	0,14	0,22	0,34	0,48	0,59	0,65	0,65	0,59	0,50	0,43	0,36	0,28	0,22	0,18	0,15	0,12	0,10
	M	0,12	0,11	0,09	0,08	0,07	0,08	0,11	0,14	0,21	0,31	0,42	0,52	0,57	0,58	0,53	0,47	0,41	0,36	0,29	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14
	H	0,13	0,12	0,12	0,11	0,10	0,12	0,14	0,17	0,24	0,33	0,43	0,51	0,56	0,55	0,50	0,43	0,38	0,32	0,26	0,22	0,20	0,18	0,16	0,15
NΔ	L	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,24	0,36	0,49	0,60	0,66	0,66	0,58	0,43	0,33	0,27	0,22	0,18	0,14
	M	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09	0,09	0,10	0,12	0,13	0,15	0,17	0,23	0,33	0,44	0,53	0,58	0,59	0,53	0,41	0,33	0,28	0,24	0,21	0,18
	H	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,12	0,13	0,14	0,16	0,17	0,19	0,25	0,34	0,44	0,52	0,56	0,56	0,49	0,33	0,30	0,25	0,21	0,19	0,17
Δ	L	0,12	0,10	0,08	0,07	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14	0,20	0,32	0,45	0,57	0,64	0,61	0,44	0,34	0,27	0,22	0,18	0,14
	M	0,15	0,13	0,11	0,10	0,09	0,09	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,19	0,29	0,40	0,50	0,56	0,55	0,41	0,33	0,27	0,23	0,20	0,17
	H	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	0,11	0,12	0,13	0,13	0,14	0,15	0,16	0,21	0,30	0,40	0,49	0,54	0,52	0,38	0,30	0,24	0,21	0,18	0,16
BΔ	L	0,11	0,09	0,08	0,06	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,17	0,19	0,23	0,33	0,47	0,59	0,60	0,43	0,33	0,26	0,21	0,17	0,14
	M	0,14	0,12	0,11	0,09	0,08	0,09	0,10	0,11	0,13	0,14	0,16	0,17	0,18	0,21	0,30	0,42	0,51	0,53	0,39	0,32	0,26	0,22	0,19	0,16
	H	0,14	0,12	0,11	0,11	0,10	0,11	0,12	0,13	0,15	0,16	0,18	0,19	0,19	0,22	0,30	0,41	0,50	0,51	0,36	0,29	0,23	0,20	0,17	0,15
ΟΡΙΖ	L	0,11	0,09	0,07	0,06	0,05	0,07	0,14	0,24	0,36	0,48	0,58	0,66	0,72	0,74	0,73	0,67	0,59	0,47	0,37	0,30	0,24	0,19	0,16	0,13
	M	0,16	0,14	0,12	0,11	0,09	0,11	0,16	0,24	0,33	0,43	0,52	0,59	0,64	0,67	0,66	0,62	0,55	0,47	0,38	0,32	0,28	0,24	0,21	0,18
	H	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,15	0,20	0,27	0,36	0,45	0,52	0,59	0,62	0,64	0,62	0,58	0,51	0,42	0,35	0,29	0,26	0,23	0,21	0,19

**ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΨΥΞΗΣ ΤΡΙΩΡΟΦΗΣ ΟΙΚΙΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
Τ.Ε.Ι. ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΓΙΑ ΤΖΑΜΙΑ (CLF) Για τζάμια με εσωτερ. σκίαση (βόρειο πλάτος)																									
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΤΖΑΜΙΟΥ	Είδος Κατασκευής	ΗΛΙΑΚΗ ΩΡΑ																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
B	L	0,07	0,05	0,04	0,04	0,05	0,70	0,65	0,65	0,74	0,81	0,87	0,91	0,91	0,88	0,84	0,87	0,80	0,92	0,27	0,19	0,15	0,12	0,10	0,08
	M	0,08	0,07	0,06	0,06	0,07	0,73	0,66	0,65	0,73	0,80	0,86	0,89	0,89	0,86	0,82	0,85	0,78	0,91	0,24	0,18	0,15	0,13	0,11	0,09
	H	0,09	0,09	0,08	0,07	0,09	0,75	0,67	0,66	0,74	0,80	0,86	0,89	0,88	0,85	0,80	0,73	0,76	0,88	0,23	0,17	0,14	0,13	0,11	0,10
BA	L	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,55	0,76	0,75	0,60	0,39	0,31	0,28	0,27	0,25	0,23	0,20	0,16	0,12	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02
	M	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,56	0,76	0,74	0,58	0,37	0,29	0,27	0,26	0,24	0,22	0,20	0,16	0,12	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03
	H	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,57	0,77	0,74	0,58	0,36	0,28	0,26	0,25	0,23	0,21	0,19	0,16	0,11	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
A	L	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,45	0,71	0,80	0,77	0,64	0,43	0,29	0,25	0,23	0,20	0,17	0,14	0,10	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02
	M	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,47	0,72	0,80	0,76	0,62	0,41	0,27	0,24	0,22	0,20	0,17	0,14	0,11	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03
	H	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,48	0,72	0,80	0,75	0,61	0,40	0,25	0,22	0,21	0,19	0,16	0,14	0,10	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
NA	L	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,29	0,56	0,74	0,82	0,81	0,70	0,52	0,35	0,30	0,26	0,22	0,18	0,13	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03
	M	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,30	0,56	0,74	0,81	0,79	0,68	0,46	0,33	0,28	0,25	0,22	0,18	0,13	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04
	H	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,31	0,57	0,74	0,81	0,79	0,67	0,48	0,31	0,27	0,23	0,20	0,17	0,13	0,07	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05
N	L	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,08	0,15	0,22	0,37	0,58	0,75	0,84	0,82	0,71	0,53	0,37	0,29	0,20	0,11	0,09	0,07	0,06	0,05	0,04
	M	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,09	0,16	0,22	0,38	0,58	0,75	0,83	0,80	0,68	0,50	0,35	0,27	0,19	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05
	H	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,11	0,17	0,24	0,39	0,59	0,75	0,82	0,79	0,67	0,49	0,33	0,26	0,18	0,10	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05
NΔ	L	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,06	0,10	0,13	0,16	0,18	0,22	0,38	0,59	0,76	0,84	0,83	0,72	0,48	0,18	0,13	0,11	0,08	0,07	0,06
	M	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,07	0,11	0,14	0,16	0,19	0,22	0,38	0,59	0,75	0,83	0,81	0,69	0,45	0,15	0,12	0,10	0,08	0,07	0,06
	H	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,08	0,12	0,15	0,18	0,20	0,23	0,39	0,59	0,75	0,82	0,80	0,68	0,43	0,14	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06
Δ	L	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,05	0,08	0,11	0,13	0,14	0,15	0,17	0,30	0,53	0,72	0,83	0,83	0,63	0,19	0,14	0,11	0,08	0,07	0,06
	M	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,06	0,09	0,11	0,13	0,15	0,16	0,17	0,31	0,53	0,72	0,82	0,81	0,61	0,16	0,12	0,10	0,08	0,07	0,06
	H	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,07	0,10	0,12	0,14	0,16	0,17	0,18	0,31	0,54	0,71	0,81	0,80	0,59	0,15	0,11	0,09	0,07	0,06	0,06
BΔ	L	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,06	0,10	0,13	0,16	0,19	0,20	0,21	0,22	0,30	0,52	0,73	0,83	0,71	0,19	0,13	0,10	0,08	0,07	0,05
	M	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,07	0,11	0,14	0,17	0,19	0,20	0,21	0,22	0,30	0,52	0,73	0,82	0,69	0,16	0,12	0,09	0,08	0,07	0,06
	H	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,08	0,12	0,15	0,18	0,20	0,21	0,22	0,23	0,30	0,52	0,73	0,81	0,67	0,15	0,11	0,08	0,07	0,06	0,05
BΔ	L	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,06	0,10	0,13	0,16	0,19	0,20	0,21	0,22	0,30	0,52	0,73	0,83	0,71	0,19	0,13	0,10	0,08	0,07	0,05
	M	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,07	0,11	0,14	0,17	0,19	0,20	0,21	0,22	0,30	0,52	0,73	0,82	0,69	0,16	0,12	0,09	0,08	0,07	0,06
	H	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,08	0,12	0,15	0,18	0,20	0,21	0,22	0,23	0,30	0,52	0,73	0,81	0,67	0,15	0,11	0,08	0,07	0,06	0,05
ΟΡΙΖ	L	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,10	0,26	0,43	0,59	0,72	0,83	0,87	0,87	0,83	0,74	0,60	0,44	0,27	0,15	0,12	0,09	0,08	0,06	0,05
	M	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,12	0,27	0,44	0,59	0,72	0,81	0,85	0,85	0,81	0,71	0,58	0,42	0,25	0,14	0,12	0,10	0,08	0,07	0,06
	H	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,13	0,29	0,45	0,60	0,72	0,81	0,85	0,84	0,79	0,70	0,56	0,40	0,23	0,13	0,11	0,09	0,08	0,08	0,07

L=Ελαφρά Κατασκευή

M=Μεσαία Κατασκευή

H=Βαριά Κατασκευή

ΠΙΝΑΚΑΣ 15 ΟΛΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ U ΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ		
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	Τιμές U σε BTU/Hr - ft ² °F	
	καλοκαίρι	χειμώνας
ΤΟΙΧΟΙ		
Πλαίσιο με ξύλινη κορνίζα, επίχρισμα και εσωτερικό φινίρισμα χωρίς μόνωση	.22	.23
R-7 μόνωση (2 in - 2 1/2 in)	.09	.09
R-11 μόνωση (3 in - 3 1/2 in)	.07	.07
Πλαίσιο με 4 in με τούβλινη ή πέτρινη επίστρωση, επίχρισμα και εσ.φινίρισμα χωρίς μόνωση	.24	.24
R-7 μόνωση	.09	.09
R-11 μόνωση	.07	.07
Πλαίσιο με 1 in γυψομάρμαρο, επίχρισμα και εσωτερικό φινίρισμα χωρίς μόνωση	.29	.29
R-7 μόνωση	.10	.10
R-11 μόνωση	.07	.07
Πλινθοδομή:		
8 in μπετον χωρίς φινίρισμα	.49	.51
12 in μπετον χωρίς φινίρισμα	.45	.47
Πλινθοδομή (8 in μπετον) εσωτερικό φινίρισμα:		
γυψοσανίδα (1/2 in) χωρίς μόνωση	.29	.30
γυψοσανίδα με επένδυση αλουμινίου	.29	.30
1 in μόνωση πολυστερίνης σε φύλλο (R-5) και 1/2 in γυψοσανίδα	.13	.13
Πλινθοδομή (8 in τσιμεντόπλιθα ή διάτρητο κεραμικό τούβλο) εσωτερικό φινίρισμα:		
γυψοσανίδα (1/2 in) χωρίς μόνωση	.25	.25
γυψοσανίδα με επένδυση αλουμινίου (1/2 in) χωρίς μόνωση	.17	.17
1 in μόνωση πολυστερίνης σε φύλλο (R-5) και 1/2 in γυψοσανίδα	.12	.12
Πλινθοδομή (4 in εμφανές τούβλο και 8 in τσιμ/πλιθα ή 8 in διάτρητο τούβλο) εσωτερικό φινίρισμα:		
γυψοσανίδα (1/2 in) χωρίς μόνωση	.22	.22

**ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΨΥΞΗΣ ΤΡΙΩΡΟΦΗΣ ΟΙΚΙΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
Τ.Ε.Ι. ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**

γυψοσανίδα με επένδυση αλουμινίου (1/2 in) χωρίς μόνωση	.15	.16
1 in μόνωση πολυστερίνης σε φύλλο (R-5) και 1/2 in γυψοσανίδα	.12	.12
Πλινθοδομή (12 in διάτρητο κεραμικό τούβλο ή 12 in τσιμεντόπλιθα) εσωτερικό φινίρισμα:		
γυψοσανίδα (1/2 in) χωρίς μόνωση	.24	.24
γυψοσανίδα με επένδυση αλουμινίου (1/2 in) χωρίς μόνωση	.16	.17
1 in μόνωση πολυστερίνης σε φύλλο (R-5) και 1/2 in γυψοσανίδα	.12	.12
Πλινθοδομή (4 in εμφανές τούβλο, 4 in κοινό τούβλο) εσωτερικό φινίρισμα:		
γυψοσανίδα (1/2 in) χωρίς μόνωση	.28	.28
γυψοσανίδα με επένδυση αλουμινίου (1/2 in) χωρίς μόνωση	.18	.19
1 in μόνωση πολυστερίνης σε φύλλο (R-5) και 1/2 in γυψοσανίδα	.13	.13
Πλινθοδομή (8 in μπετον ή 8 in πέτρα) εσωτερικό φινίρισμα:		
γυψοσανίδα (1/2 in) χωρίς μόνωση	.33	.34
γυψοσανίδα με επένδυση αλουμινίου (1/2 in) χωρίς μόνωση	.21	.21
1 in μόνωση πολυστερίνης σε φύλλο (R-5) και 1/2 in γυψοσανίδα	.14	.14
Μεταλλική κατασκευή με εσωτερικό φινίρισμα βινυλίου, R-7	.14	.14
ΧΩΡΙΣΜΑΤΑ		
πλαίσιο (γυψοσανίδα (1/2 in) μόνο στη μια πλευρά) χωρίς μόνωση	.55	.55
πλαίσιο (γυψοσανίδα (1/2 in) και στις δύο πλευρές) χωρίς μόνωση	.31	.31
R-11 μόνωση	.08	.08
Πλινθοδομή (4 in τσιμεντόπλιθα) χωρίς μόνωση, χωρίς φινίρισμα	.40	.40
χωρίς μόνωση, γυψοσανίδα (1/2 in) μόνο στη μια πλευρά	.26	.26
χωρίς μόνωση, γυψοσανίδα (1/2 in) και στις δύο πλευρές	.19	.19
1 in μόνωση πολυστερίνης σε φύλλο στη μια πλευρά και 1/2 in γυψοσανίδα	.13	.13
ΤΑΒΑΝΙΑ ΔΑΠΕΔΑ		
Asphalt tile floor 5/8 in κοντραπλακέ, 25/32 in ξύλινο υποπάτωμα		
Ροή θερμότητας προς τα επάνω	.23	.23
Ροή θερμότητας προς τα κάτω	.20	.19
Τσιμεντένιο		
Ροή θερμότητας προς τα επάνω	.34	.33
Ροή θερμότητας προς τα κάτω	.26	.25

ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΨΥΞΗΣ ΤΡΙΩΡΟΦΗΣ ΟΙΚΙΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
Τ.Ε.Ι. ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΟΡΟΦΕΣ		
μεταλικό πάτωμα		
χωρίς μόνωση	.64	.86
1 in μόνωση (R-2.78)	.23	.25
2 in μόνωση (R-5.56)	.15	.16
1 in ξύλινο πάτωμα		
χωρίς μόνωση	.40	.48
1 in μόνωση (R-2.78)	.19	.21
2 in μόνωση (R-5.56)	.12	.13
2.5 in ξύλινο πάτωμα		
χωρίς μόνωση	.25	.26
1 in μόνωση (R-2.78)	.15	.16
2 in μόνωση (R-5.56)	.10	.11
4 in ξύλινο πάτωμα		
χωρίς μόνωση	.17	.18
1 in μόνωση (R-2.78)	.12	.12
2 in μόνωση (R-5.56)	.09	.09
ΣΤΕΓΕΣ-ΔΑΠΕΔΑ		
μεταλικό πάτωμα		
χωρίς μόνωση	.33	.40
1 in μόνωση (R-2.78)	.17	.19
2 in μόνωση (R-5.56)	.12	.13
1 in ξύλινο πάτωμα		
χωρίς μόνωση	.26	.29
1 in μόνωση (R-2.78)	.15	.16
2 in μόνωση (R-5.56)	.11	.11
2.5 in ξύλινο πάτωμα		
χωρίς μόνωση	.18	.20
1 in μόνωση (R-2.78)	.12	.13
2 in μόνωση (R-5.56)	.09	.10
4 in ξύλινο πάτωμα		
χωρίς μόνωση	.14	.15
1 in μόνωση (R-2.78)	.10	.10
2 in μόνωση (R-5.56)	.08	.08

**ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΨΥΞΗΣ ΤΡΙΩΡΟΦΗΣ ΟΙΚΙΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
Τ.Ε.Ι. ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**

4 in ελαφράς κατασκευής τσιμεντένιο πάτωμα χωρίς μόνωση	.14	.15
6 in ελαφράς κατασκευής τσιμεντένιο πάτωμα χωρίς μόνωση	.10	.11
8 in ελαφράς κατασκευής τσιμεντένιο πάτωμα χωρίς μόνωση	.08	.09
2 in βαριάς κατασκευής τσιμεντένιο πάτωμα χωρίς μόνωση	.32	.38
1 in μόνωση (R-2.78)	.17	.19
2 in μόνωση (R-5.56)	.11	.12
4 in βαριάς κατασκευής τσιμεντένιο πάτωμα χωρίς μόνωση	.30	.36
1 in μόνωση (R-2.78)	.16	.18
2 in μόνωση (R-5.56)	.11	.12
6 in βαριάς κατασκευής τσιμεντένιο πάτωμα χωρίς μόνωση	.28	.33
1 in μόνωση (R-2.78)	.16	.17
2 in μόνωση (R-5.56)	.11	.12
ΣΚΕΠΗ ΟΡΟΦΗΣ (ξύλινο πλαίσιο με κεκλιμένη στέγη) χωρίς μόνωση	.28	.29
R-19 μόνωση (5 1/2 in - 6 1/2 in)	.05	.05
ΣΤΕΓΕΣ-ΣΟΦΙΤΕΣ-ΤΑΒΑΝΙΑ (σοφίτα με φυσικό αερισμό) χωρίς μόνωση	.15	.29
R-19 μόνωση(5 1/2 in-6 1/2 in)	.04	.05
ΔΑΠΕΔΑ		
δάπεδο πάνω από μη κλιματιζόμενο χώρο,χωρίς οροφή ξύλινο πλαίσιο χωρίς μόνωση	.33	.27
R-7 μόνωση(2 in-2 1/2 in)	.09	.08
τσιμεντένιο πάτωμα χωρίς μόνωση	.59	.43
R-7 μόνωση	.10	.09

**ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΨΥΞΗΣ ΤΡΙΩΡΟΦΗΣ ΟΙΚΙΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
Τ.Ε.Ι. ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**

ΘΥΡΕΣ		
συμπαγές ξύλο		
1 in πάχος	.61	.64
1 1/2 in πάχος	.47	.49
2 in πάχος	.42	.43
μεταλλικές		
1 1/2 in πάχος μεταλλικός πυρήνας	.58	.59
1 1/2 in πάχος πυρήνας πολυστερίνης	.46	.47
1 1/2 in πάχος πυρήνας αφρού ουρεθάνης	.39	.40

ΠΙΝΑΚΑΣ 16
ΟΛΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ (BTU/hr² - F)

ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΙ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ (ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ, ΣΥΡΩΜΕΝΕΣ ΓΙΑΛΙΝΕΣ ΠΟΡΤΕΣ ΚΑΙ ΧΩΡΙΣΜΑΤΑ) -- ΕΠΙΠΕΔΑ ΤΖΑΜΙΑ, ΥΑΛΟΤΟΥΒΛΑ ΚΑΙ ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΤΖΑΜΙΑ				ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΙ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ (ΦΕΓΓΙΤΕΣ) -- ΕΠΙΠΕΔΑ ΤΖΑΜΙΑ, ΥΑΛΟΤΟΥΒΛΑ ΚΑΙ ΠΛΑΣΤΙΚΟΙ ΘΟΛΟΙ			
Περιγραφή	Εξωτερικά			Περιγραφή	Εξωτερικά		
	Χειμώνας	Καλοκαίρι	Εσωτερικά		Χειμώνας	Καλοκαίρι	Εσωτερικά
Επίπεδοι Υαλοπίνακες Μονό τζάμι	1.10	1.04	0.73	Επίπεδοι Υαλοπίνακες Μονό τζάμι	1.23	0.83	0.96
μονωμένο τζάμι--διπλό 1/4" διάκενο	0.58	0.61	0.49	μονωμένο τζάμι--διπλό 1/4" διάκενο	0.65	0.54	0.59
1/2" διάκενο	0.49	0.56	0.46	1/2" διάκενο	0.59	0.49	0.56
1/2" διάκενο, χαμηλό προστατ. Στρώμα για μείωση ακτινοβολίας				1/2" διάκενο, χαμηλό προστατ. Στρώμα για μείωση ακτινοβολίας			
e = 0.20	0.32	0.38	0.32	e = 0.20	0.48	0.36	0.39
e = 0.40	0.38	0.45	0.38	e = 0.40	0.52	0.42	0.45
e = 0.60	0.43	0.51	0.42	e = 0.60	0.56	0.46	0.50
μονωμένο τζάμι--τριπλό 1/4" διάκενο	0.39	0.44	0.38	Υαλότουβλο 11 x 11 x 3 in. πάχους			
1/2" διάκενο	0.31	0.39	0.30		0.53	0.35	0.44
παράθυρα θυέλλης 1" to 4" διάκενο	0.50	0.50	0.44	12 x 12 x 4 in. πάχους	0.51	0.34	0.42
Πλαστικό τζάμι μονό				Πλαστικοί θόλοι μονοί	1.15	0.80	--
1/8" πάχους	1.06	0.98	--	διπλοί	0.70	0.46	--
1/4" πάχους	0.96	0.89	--	ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΓΙΑ ΚΑΘΕΤΟΥΣ ΚΑΙ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ			
1/2" πάχους	0.81	0.76	--	Περιγραφή	Μονό τζάμι	Διπλοί ή Τριπλό τζάμι	Παράθυρα Θυέλλης
μονωμένη μονάδα--διπλή 1/4" διάκενο	0.55	0.56	--	Παράθυρα			
1/2" διάκενο	0.43	0.45	--	Όλο γιάλινο	1.00	1.00	1.00
Υαλότουβλο				Σασι ξύλου--80%Γιαλί	0.90	0.95	0.90
6 x 6 x 4 in. πάχους	0.60	0.54	0.46	Σασι ξύλου--60%Γιαλί	0.80	0.85	0.80
8 x 8 x 4 in. πάχους	0.56	0.54	0.44	Σασι ξύλου--80%Γιαλί	1.00	1.20 ⁹	1.20 ⁹
με ενδιάμεσο χώρισμα	0.48	0.46	0.38	Συρσίμμενες Υαλόπορτες			
12 x 12 x 4 in. πάχους	0.52	0.50	0.41	Εύλινο πλαίσιο	0.95	1.00	--
με ενδιάμεσο χώρισμα	0.44	0.42	0.36	Μεταλλικό πλαίσιο	1.00	1.10 ⁹	--
12 x 12 x 2 in. Πάχους	0.60	0.57	0.46				

Πίνακας 3.18. Συντελεστής σκίασης

Γωνία α	Περίοδος	Προσανατολισμός επιφάνειας				
		N	NA και ΝΔ	A και Δ	ΒΑ και ΒΔ	B
0°	θέρμανσης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	ψύξης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5°	θέρμανσης	0,98	0,97	0,96	0,98	1,00
	ψύξης	1,00	0,98	0,97	0,96	0,96
10°	θέρμανσης	0,96	0,95	0,93	0,95	1,00
	ψύξης	1,00	0,97	0,94	0,92	0,92
15°	θέρμανσης	0,91	0,89	0,86	0,92	1,00
	ψύξης	1,00	0,94	0,90	0,88	0,90
20°	θέρμανσης	0,86	0,84	0,80	0,89	1,00
	ψύξης	1,00	0,92	0,86	0,84	0,87
25°	θέρμανσης	0,73	0,73	0,72	0,87	1,00
	ψύξης	1,00	0,90	0,83	0,82	0,87
30°	θέρμανσης	0,61	0,62	0,65	0,85	1,00
	ψύξης	1,00	0,89	0,81	0,81	0,86
35°	θέρμανσης	0,53	0,54	0,61	0,84	1,00
	ψύξης	0,99	0,85	0,77	0,77	0,86
40°	θέρμανσης	0,44	0,47	0,57	0,83	1,00
	ψύξης	0,98	0,82	0,72	0,73	0,85
45°	θέρμανσης	0,40	0,44	0,55	0,82	1,00
	ψύξης	0,95	0,78	0,68	0,70	0,85
50°	θέρμανσης	0,36	0,40	0,53	0,81	1,00
	ψύξης	0,93	0,74	0,63	0,67	0,85
55°	θέρμανσης	0,34	0,38	0,52	0,81	1,00
	ψύξης	0,89	0,70	0,60	0,65	0,85
60°	θέρμανσης	0,32	0,37	0,51	0,81	1,00
	ψύξης	0,86	0,67	0,57	0,63	0,85
65°	θέρμανσης	0,32	0,36	0,50	0,81	1,00
	ψύξης	0,79	0,63	0,55	0,63	0,85
≥70°	θέρμανσης	0,31	0,36	0,50	0,81	1,00
	ψύξης	0,73	0,58	0,52	0,62	0,85

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ Α

Γιανναδάκης Α., 2010, ΚΕΝΑΚ, Σημειώσεις μαθήματος, Μηχανολογικές Εγκαταστάσεις και Κατασκευές, Εκδόσεις Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδας, Πάτρα

Καλογήρου Ι., 2016, Θέρμανση Ψύξη Κλιματισμός, Σημειώσεις Μαθήματος Θέρμανσης Ψύξη και Κλιματισμός, Εκδόσεις Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδας, Πάτρα

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΚΑ), 2008 <http://www.ypeka.gr/>
Τ.Ε.Ε. <http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tptee/totee/TOTEE>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Στο Παράρτημα Β θα παρατεθούν τα σχέδια της τριώροφης οικίας όπου δημιουργήθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της μελέτης.