

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΥΠΟΒΟΗΘΗΣΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ Η ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΥΠΟΒΟΗΘΗΣΗ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΩΙΜΟΤΗΤΑ ΦΥΤΕΙΑΣ ΣΠΑΡΑΓΓΙΩΝ

ΜΙΝΕΡΒΙΝΟ ΡΟΜΠΕΡΤΟ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ
ΙΩΑΝΝΗΣ ΜΠΑΚΟΥΡΟΣ

ΚΟΖΑΝΗ 2014

Ευχαριστίες

Η εργασία μου δεν θα είχε εκπληρωθεί χωρίς τη συμπαράσταση, συνεργασία και βοήθεια πολλών ανθρώπων.

Θα ήθελα να ευχαριστώ τον κ. Ιωάννη Μπακούρο επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής εργασίας και την Ελπίδα Σαμαρά για την πολύτιμη βοήθεια τους καθώς και τα μέλη της επιτροπής κ. Γεώργιο Σκόδρα και κ. Μανώλη Σουλιώτη.

Επιπρόσθετα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Πασχάλη Δαλαμπάκη, Γεωλόγο-Γεωθερμολόγο, μέλος του Ινστιτούτου Εγγείων Βελτιώσεων για τις πολύτιμες πληροφορίες του όσο αφορά την πρωιμότητα των σπαραγγιών.

Οι τελικές μου ευχαριστίες προορίζονται στον κ. Κωσταντίνο Πάττα για την πολύτιμη επιστημονική βοήθεια αλλά και συμπαράσταση που μου προσέφερε σε όλη την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΟΙ ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΠΡΟΣΦΕΡΟΜΕΝΕΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ.....	4
ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΥΠΟΒΟΗΘΗΣΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΦΥΤΩΝ.....	4
1.1. Θερμοκρασία φυτού.....	4
1.2. Επίδραση της θερμοκρασίας.....	5
1.3. Συστήματα θέρμανσης θερμοκηπίων.....	6
1.3.1. Συμβατικά συστήματα θέρμανσης.....	7
1.3.2. Συστήματα θέρμανσης με χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.....	10
1.3.3. Υπέρυθρη ακτινοβολία (IR).....	18
1.3.4. Υδροπονία.....	20
1.3.5. Αεροπονία.....	21
1.3.6. Γεωθερμία.....	22
1.3.7. Απευθείας θέρμανση της ρίζας των φυτών εντός του εδάφους.....	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : Η ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	27
2.1. Ηλιακή ενέργεια.....	27
2.2. Γεωθερμία.....	28
2.2.1. Αβαθής γεωθερμία.....	28
2.3. Αιολική ενέργεια.....	30
2.4. Στερεά καύσιμα.....	31
2.5. Υγρά καύσιμα.....	32
2.6. Φυσικό αέριο.....	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : Παράδειγμα εφαρμογής : Πρωιμότητα Σπαραγγιών.....	34
3.1. Οι απαιτήσεις.....	34
3.2.1. Επιλογή κατάλληλης διαμόρφωσης του αγρού.....	36
3.2.2. Ενεργειακά δεδομένα εγκατάστασης.....	36

3.3. Χρήση του ζεστού νερού.....	37
3.4. Επιλογή της γεωθερμίας ως πρωτογενή πηγή ενέργειας.....	38
3.5. Σχεδίαση της μονάδας.....	39
3.6. Θερμοτεχνικός υπολογισμός της απαιτούμενης ενέργειας διατήρησης.....	41
του εδάφους πλησίον της ρίζας των φυτών στην επιθυμητή.....	41
Θερμοκρασία ανεξαρτήτως των περιβαλλοντικών θερμοκρασιών.....	41
3.7. Εκτίμηση του οικονομικού αποτελέσματος.....	54
3.7.1. Τιμές- Κόστος.....	54
3.8. Εκτίμηση του οικονομικού αποτελέσματος ανταγωνιστικών επιλογών.....	55
με βάση την επιλεγόμενη τεχνολογία.....	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : Συμπεράσματα.....	57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : Επέκταση –Συνέχιση έρευνας.....	59
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΠΗΓΕΣ.....	60

1. Οι συνήθειες προσφερόμενες δυνατότητες θερμικής υποβοήθησης ανάπτυξης φυτών

1.1 Θερμοκρασία φυτού

Ανάμεσα στο φυτό και το περιβάλλον του συμβαίνει συνεχώς ανταλλαγή ενέργειας κυρίως με συναγωγή, ακτινοβολία και λανθάνουσα θερμότητα. Προφανώς και η ενέργεια που εκπέμπεται από το περιβάλλον του φυτού απορροφάται από αυτό, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η θερμοκρασία του μέχρι να αποκατασταθεί ισορροπία. Η θερμοκρασία ισορροπίας καθορίζεται :

- Από την αφαίρεση ενέργειας από το φυτό μέσω αγωγής και συναγωγής. Καθώς την ημέρα αυξάνεται η μετακίνηση του αέρα λόγω εξαερισμού και διαφυγών του θερμοκηπίου, περισσότερη θερμότητα απομακρύνεται μέσω αγωγής και συναγωγής από το φυτό και η θερμοκρασία φυτού πλησιάζει την θερμοκρασία του αέρα. Όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι υψηλότερη από αυτήν του φυτού (κυρίως την θερμική νύχτα όταν λειτουργεί σύστημα θέρμανσης) τότε η θερμότητα ρέει σε αντίθετη κατεύθυνση τείνοντας να αυξήσει την θερμοκρασία του φυτού.

- Από το ποσό της ενέργειας που χρησιμοποιείται σε φωτοχημικές διαδικασίες όπως είναι η φωτοσύνθεση και η αναπνοή. Η ποσότητα αυτή είναι αμελητέα και στο ενεργειακό ισοζύγιο παραλείπεται.

- Από το ποσό της λανθάνουσας θερμότητας που μεταφέρεται με την διαπνοή των φυτών.

- Από την θερμική ικανότητα του φυτού να αποθηκεύει το ίδιο θερμότητα στους ιστούς και στην μάζα του, Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να παρατηρείται διαφοροποίηση της θερμοκρασίας μεταξύ λεπτότερων και πυκνότερων φύλλων του ίδιου φυτού.

Το τελικό αποτέλεσμα των παραπάνω είναι να ελαχιστοποιείται η δυνατότητα ελέγχου του ενεργειακού ισοζυγίου της φυτικής επιφάνειας κάτω από ραγδαίες αλλαγές συνθηκών όπως της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας, του εξαερισμού και της θερμοκρασίας περιβάλλοντος. Η επίτευξη ομοιόμορφα κατανεμημένης θερμοκρασίας σε όλο τον χώρο του θερμοκηπίου παρουσιάζει ειδικές δυσκολίες, καθώς η θερμοκρασία ποικίλει από την μία περιοχή του θερμοκηπίου στην άλλη, εξαρτώμενη από τον τύπο και την διάταξη των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης, από την ταχύτητα και την διεύθυνση του ανέμου, από τον προσανατολισμό του θερμοκηπίου, την δομή του θερμοκηπίου και την διάταξη της

καλλιέργειας. Ακόμα και αν η θερμοκρασία του αέρα δύναται να ελεγχθεί ομοιόμορφα σε όλο των χώρο του θερμοκηπίου, η ανταπόκριση των φυτών παραμένει λειτουργία εξαρτώμενη μερικώς από την θέση του φυτού. Έχει παρατηρηθεί ότι η νότια περιοχή του θερμοκηπίου που έχει προσανατολισμό στην διεύθυνση Α-Δ δίνει υψηλότερες αποδόσεις. Ο λόγος για αυτές τις διακυμάνσεις απόδοσης οφείλεται κυρίως στην μεταβολή της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας πάνω στα τοιχώματα του θερμοκηπίου και στο ποσό της εισερχόμενης ακτινοβολίας εντός του θερμοκηπίου.

1.2. Επίδραση της θερμοκρασίας

Η θερμοκρασία είναι μια σημαντική παράμετρος από την οποία εξαρτώνται βασικές φυσιολογικές λειτουργίες κοινές σε όλα τα φυτά. Αυτές είναι η φωτοσύνθεση, αναπνοή, διαπνοή, πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων, αναπαραγωγή, επιμήκυνση, και πολλές άλλες. Η θερμοκρασία επηρεάζει όλες αυτές τις διαδικασίες με διάφορους τρόπους και σε διαφορετικό βαθμό. Πρώτα ο Stalfelt (1937) ανέπτυξε μια σχέση ανάμεσα στην θερμοκρασία και στον ρυθμό της αναπνοής και φωτοσύνθεσης. Μέσα σε ένα περιορισμένο εύρος θερμοκρασιών εντός του οποίου γίνεται η ανάπτυξη του φυτού, οι χημικές αυτές διαδικασίες διπλασιάζονται από κοινού για κάθε 10 °C αύξηση της θερμοκρασίας. Η αναπνοή δείχνει μια συνεχή αύξηση καθώς η θερμοκρασία αυξάνει, το ίδιο και η φωτοσύνθεση. Αλλά η φωτοσύνθεση από ένα σημείο και μετά περιορίζεται από την πλεονάζουσα διαθέσιμη ενέργεια και συγκέντρωση CO₂. Το μέγιστο της διαφοράς (μέγιστο καθαρής φωτοσύνθεσης) καθορίζει την βέλτιστη θερμοκρασία για μεγιστοποίηση της παραγωγής . Η αύξηση της θερμοκρασίας επίσης επηρεάζει και φυσιολογικές λειτουργίες του φυτού όπως είναι η διαπνοή. Μια αύξηση της θερμοκρασίας των φύλλων θα οδηγήσει σε αύξηση του ρυθμού διαπνοής. Εξαιτίας αυτού η διαπνοή γίνεται με γρηγορότερο ρυθμό υπό την προϋπόθεση ότι η πίεση υδρατμών στο περιβάλλον του φύλλου παραμένει σταθερή. Επίσης αν η θερμοκρασία του εδάφους είναι χαμηλή ή πολύ χαμηλή, η πρόσληψη νερού και θρεπτικών στοιχείων καθώς και η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος μειώνονται, ακόμα και σε τέτοιο σημείο που να σταματήσει και η ανάπτυξη του υπέργειου μέρους του φυτού άσχετα από την θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η επίδραση της θερμοκρασίας στην διαδικασία της επιμήκυνσης διαφέρει ανάλογα με το μέρος του φυτού στο οποίο αναφερόμαστε. Για παράδειγμα μια νυχτερινή θερμοκρασία 20 °C προκαλεί καθημερινή επιμήκυνση του ριζικού συστήματος κατά 10 mm αλλά δεν

έχει την ίδια επίδραση στην επιμήκυνση του βλαστού. Όσον αφορά ολόκληρο το φυτό, η μέγιστη επιμήκυνση συμβαίνει σε κάποιες ενδιάμεσες θερμοκρασίες. Συνεπώς η απόδοση της παραγωγής είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τις επικρατούσες θερμοκρασίες εντός του θερμοκηπίου. Το γεγονός αυτό κάνει απαραίτητη την θερμική υποβοήθηση στην ανάπτυξη των φυτών με την εξασφάλιση των κατάλληλων συνθηκών.

1.3 Συστήματα θέρμανσης θερμοκηπίων

Τα συστήματα θέρμανσης που χρησιμοποιούνται σήμερα στα θερμοκήπια ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες:

- **Συμβατικά Συστήματα Θέρμανσης:** Είναι τα περισσότερο διαδεδομένα συστήματα θέρμανσης. Έχουν υψηλό συντελεστή ενεργειακής απόδοσης αλλά και πολύ υψηλό ενεργειακό προϋπολογισμό λόγω της κατανάλωσης συμβατικών καυσίμων (πετρέλαιο). Με αυτά τα συστήματα η ενέργεια προσφέρεται στον αέρα του θερμοκηπίου ή στο έδαφος. Επειδή η διατήρηση ισοθερμοκρασιακού κλίματος σε όλο το θερμοκήπιο είναι απαραίτητη, οι συνολικές ενεργειακές απώλειες είναι πολύ υψηλές. Πολύ σημαντικός παράγοντας σε θερμοκήπια με χρήση συμβατικών συστημάτων, είναι η ομοιόμορφη κατανομή της θερμοκρασίας για να διατηρηθούν εντός του θερμοκηπίου οι επιθυμητοί περιβαλλοντικοί όροι. Η ομοιόμορφη κατανομή της θερμοκρασίας είναι δύσκολη με αυτά τα συστήματα και η χρήση τους μπορεί να μην οδηγήσει και ένα ομοιόμορφο θερμικό περιβάλλον. Τα ανομοιόμορφα θερμικά περιβάλλοντα αναγκάζουν τα φυτά σε διαφορετικούς ρυθμούς αύξησης.

- **Συστήματα Θέρμανσης με Χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας:** Έχουν χαμηλό ενεργειακό κόστος συμβάλλοντας στην εξοικονόμηση ενέργειας στα θερμοκήπια αλλά και χαμηλό συντελεστή ενεργειακής απόδοσης λόγω της διακύμανσης που παρουσιάζουν στην διαθεσιμότητά τους, του κόστους αρχικής επένδυσης και των δαπανηρών μεθόδων αποθήκευσης που απαιτούν και γι αυτό έχουν μικρό μερίδιο στην ενεργειακή αγορά. Και με αυτά τα συστήματα η ενέργεια προσφέρεται στον αέρα του θερμοκηπίου ή στο έδαφος. Στο θερμοκήπιο πρέπει να επικρατεί ισοθερμοκρασιακό κλίμα, ομοιόμορφη κατανομή της

θερμοκρασίας και οι ενεργειακές απαιτήσεις του θερμοκηπίου όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλή παραμένουν υψηλές.

– **Συστήματα θέρμανσης με χρήση ακτινοβολίας:** Είναι τα λιγότερο γνωστά και χρησιμοποιούμενα συστήματα. Χρησιμοποιήθηκαν στην πρώτη ενεργειακή κρίση την δεκαετία του '70, παρουσιάζοντας μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης έως και 40%. Με αυτά τα συστήματα η ενέργεια προσφέρεται απευθείας στα φυτά, και η δημιουργία ισοθερμοκρασιακού κλίματος είναι απαραίτητη μόνο στην περιοχή του φυτικού θόλου. Επειδή ο αέρας του θερμοκηπίου δεν θερμαίνεται άμεσα, οι συνολικές ενεργειακές απώλειες δύναται να είναι χαμηλότερες έως και 50% σε σχέση με τις δύο προηγούμενες κατηγορίες συστημάτων θέρμανσης.

1.3.1 Συμβατικά Συστήματα Θέρμανσης

Τα συμβατικά θερμοκηπιακά συστήματα θέρμανσης διακρίνονται σε συστήματα που μεταδίδουν τη θερμότητα με: αγωγή, συναγωγή και ακτινοβολία μέσω μιας θερμαινόμενης επιφάνειας (μεταλλικοί ή πλαστικοί σωλήνες) και σε συστήματα που μεταδίδουν τη θερμότητα με εξαναγκασμένη συναγωγή (δυναμικά) μέσω του θερμού αέρα που ομοιογένεια θέρμανσης, ικανοποιητικό επίπεδο σχετικής υγρασίας και θέρμανσης του εδάφους και του αέρα. Επίσης, σε περίπτωση βλάβης του συστήματος, η πτώση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου γίνεται βαθμιαία. Τα δυναμικά συστήματα έχουν μικρότερο κόστος εγκατάστασης και συντήρησης, εύκολη ρύθμιση της λειτουργίας παράγεται από αερόθερμα και κυκλοφορεί εντός πλαστικών αγωγών πολυαιθυλενίου (PE). Τα πρώτα έχουν μεγάλο κόστος εγκατάστασης και συντήρησης και δύσκολη ρύθμιση της λειτουργίας, αλλά ελάχιστα προβλήματα από καυσαέρια, ενώ πετυχαίνουν καλή και πετυχαίνουν καλή ομοιομορφία θέρμανσης, γρήγορη θέρμανση των φυτών και μείωση της συμπύκνωσης των υδρατμών στην εσωτερική επιφάνεια του υλικού κάλυψης λόγω των ρευμάτων αέρα. Επίσης η χρήση θερμοδυναμικών συστημάτων διασφαλίζει μεγαλύτερη ευχέρεια κίνησης στο θερμοκήπιο, αφού καταλαμβάνουν μικρό όγκο. Όμως έχουν και σημαντικά μειονεκτήματα, όπως το γεγονός ότι δε θερμαίνεται το έδαφος, μειώνεται η σχετική υγρασία του αέρα του θερμοκηπίου, σε περίπτωση βλάβης του συστήματος μειώνεται απότομα η θερμοκρασία και όταν οι συσκευές είναι τοποθετημένες στο εσωτερικό υπάρχει κίνδυνος να ζημιωθούν τα φυτά από τα καυσαέρια. Ένας δεύτερος διαχωρισμός των συστημάτων θέρμανσης γίνεται στα τοπικά συστήματα, όπως αερόθερμα, θερμάστρες συναγωγής, κλπ και στα κεντρικά συστήματα θέρμανσης στα οποία περιλαμβάνονται οι λέβητες θερμού αέρα, θερμού νερού και ατμού. Τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα συμβατικά συστήματα θέρμανσης είναι: Θερμός αέρας

εξαναγκασμένης συναγωγής από αερόθερμα (air heating). Η θέρμανση με αερόθερμα χρησιμοποιείται πολύ στα θερμοκήπια διότι η αρχική εγκατάσταση στοιχίζει λιγότερο από ότι στην κεντρική θέρμανση με νερό. Αυτό το σύστημα θέρμανσης απαιτεί ένα σχετικά μέσο κεφάλαιο επένδυσης. Έχει υψηλή αποδοτικότητα, αυτοματοποιείται εύκολα, έχει γρήγορη ανταπόκριση στην ενέργεια του ελέγχου δηλ. δεν παρουσιάζει αδράνεια στην μεταβολή της θερμοκρασίας του χώρου. Τα μειονεκτήματα που παρουσιάζει είναι ότι σε περίπτωση βλάβης του συστήματος το θερμοκήπιο ψύχεται γρήγορα (ιδίως σε ψυχρότερα κλίματα), το έδαφος θερμαίνεται λιγότερο συγκριτικά με τα κεντρικά συστήματα θέρμανσης και η επιπλέον κατανάλωση ηλεκτρισμού η οποία μπορεί να είναι 15% περίπου της ενέργειας που απαιτείται για θέρμανση. Ανάλογα με την πηγή ενέργειας που χρησιμοποιούν διακρίνονται σε: ηλεκτρικά αερόθερμα, αερόθερμα ατμού ή ζεστού νερού, αερόθερμα φυσικού αερίου - πετρελαίου ή στέρεων καυσίμων. Όσον αφορά τα τελευταία διαθέτουν λέβητα με ενσωματωμένο καυστήρα ο οποίος μπορεί να έχει, είτε ανοιχτό θάλαμο καύσης είτε κλειστό. Κατά την λειτουργία των αερόθερμων με ανοιχτό θάλαμο καύσης στην διάρκεια της ημέρας (που λειτουργεί η φωτοσύνθεση) και εφόσον το καύσιμο είναι καθαρό, τα φυτά επωφελούνται από το CO₂ που απελευθερώνεται στον χώρο. Την νύχτα όμως που το θερμοκήπιο είναι κλειστό η μείωση της συγκέντρωσης του O₂ έχει σημαντικά αρνητικές επιπτώσεις στην αποτελεσματικότητα της καύσης και στην καθαρότητα του αέρα στον χώρο του θερμοκηπίου (παραγωγή CO και άλλων αερίων επιβλαβών για τον άνθρωπο και τα φυτά). Θερμός αέρας εξαναγκασμένης συναγωγής από σύστημα σωληνώσεων (Poly-Tube Systems) Τα αερόθερμα κάνουν οριζόντια μετακίνηση του αέρα μέσα στο θερμοκήπιο. Στα μικρής έκτασης θερμοκήπια ο ζεστός αέρας του αερόθερμου κατανέμεται στον χώρο του θερμοκηπίου απευθείας από την έξοδο του. Στα μεγαλύτερης έκτασης, για να αποφεύγεται η χρήση πολλών αερόθερμων, τοποθετούνται κατά μήκος του θερμοκηπίου λεπτοί διαφανείς σωλήνες πολυαιθυλενίου (Poly-Tube Systems) που συνδέονται με την έξοδο του θερμού αέρα του αερόθερμου, είναι κλειστοί στο άλλο άκρο και φέρουν κατά μήκος ζεύγη οπών διαμέτρου 5-7.5 cm. Οι σωλήνες αυτοί που κατανέμουν τον θερμό αέρα μπορεί να βρίσκονται στο επίπεδο του εδάφους ή να κρέμονται στην οροφή, πάνω από το ύψος των φυτών. Ο ζεστός αέρας που προέρχεται από το αερόθερμο, βγαίνει από τις οπές με ταχύτητα η οποία δεν πρέπει να ξεπερνά τα 7-9 ms και ανακατεύεται γρήγορα με τον αέρα του θερμοκηπίου. Μεγαλύτερη ταχύτητα είναι δυνατόν να ζημιώσει τα φυτά ειδικά όταν οι διάτρητοι πλαστικοί σωλήνες βρίσκονται στο έδαφος και η αντίσταση των φυτών στην ροή του αέρα δημιουργούν δυσκολία στην ομοιόμορφη κατανομή της θερμότητας στον χώρο του θερμοκηπίου. Όταν δεν υπάρχει ανάγκη για θέρμανση, είναι δυνατόν να λειτουργεί μόνο ο ανεμιστήρας, κυκλοφορώντας τον αέρα του θερμοκηπίου για πιο ομοιόμορφη κατανομή της θερμότητας

στον χώρο του θερμοκηπίου και την μείωση των ασθενειών από συμπυκνώσεις υγρασίας στην επιφάνεια των φύλλων.

Κεντρικά συστήματα θέρμανσης

Είναι το καταλληλότερο σύστημα για υαλόφρακτα θερμοκήπια μεγάλης έκτασης, γιατί η λειτουργία και συντήρησή του, συγκριτικά με τη χρησιμοποίηση πολλών αερόθερμων στα οποία κυκλοφορεί θερμός αέρας που διανέμεται μέσω αγωγών πολυαιθυλενίου PE (air heating), στοιχίζει λιγότερο. Στα θερμοκήπια που χρησιμοποιούν υλικό κάλυψης το PE χρησιμοποιείται λιγότερο, γιατί ένα μεγάλο μέρος των σωληνώσεων τοποθετείται περιμετρικά δίπλα στο κάλυμμα και τα καλύμματα PE είναι διαπερατά στην μεγάλη μήκους κύματος ακτινοβολία και παρουσιάζονται έτσι πολύ μεγάλες απώλειες θερμότητας. Διακρίνονται σε κεντρικά συστήματα θέρμανσης με ζεστό νερό ή με ατμό. Κεντρικό σύστημα θέρμανσης με σωληνώσεις θερμού νερού (Hot Water Systems) Αυτά τα συστήματα θέρμανσης έχουν το πλεονέκτημα όταν σχεδιαστούν σωστά να θερμαίνουν ικανοποιητικά και τον αέρα και το έδαφος του θερμοκηπίου και να δημιουργούνται πιο ομοιόμορφες θερμοκρασίες εντός του θερμοκηπίων. Παρουσιάζουν όμως το μειονέκτημα της μεγάλης θερμικής αδράνειας σε σχέση με το σύστημα θερμού αέρα. Η θέρμανση με θερμό νερό προτιμάται στην Ευρώπη, ακόμα και σε μεγάλα θερμοκήπια που βρίσκονται σε μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη από τη θέρμανση με ατμό. Σε αυτήν την περίπτωση εφαρμόζεται σύστημα υψηλής πίεσης που επιτρέπει υψηλότερες θερμοκρασίες (95 °C) στο νερό και επομένως μεγαλύτερη θερμική απόδοση, σε σχέση με τα συστήματα χαμηλής πίεσης (θερμοκρασία νερού 85 °C). Τα συστήματα θέρμανσης αυτά απαιτούν λέβητα (boiler), βαλβίδες και άλλα απαραίτητα εξαρτήματα. Η θερμότητα παράγεται σε λέβητα που είναι σε μόνιμη θέση μέσα ή έξω από το θερμοκήπιο, μεταφέρεται με νερό το οποίο οδηγείται στο θερμοκήπιο με σωληνώσεις και αποδίδεται στον χώρο του θερμοκηπίου πάλι με σωληνώσεις. Οι σωληνώσεις απόδοσης της θερμότητας στον χώρο του θερμοκηπίου, είναι συνήθως χαλύβδινοι σωλήνες διαμέτρου 5 cm. Έχουν μήκος το οποίο προσδιορίζεται από τις απαιτούμενες θερμίδες και την απόδοση των σωλήνων, διατρέχουν το θερμοκήπιο και δημιουργούν μια μεγάλη επιφάνεια απόδοσης της θερμότητας με μεταφορά και ακτινοβολία. Γενικά το απαιτούμενο μήκος των σωλήνων είναι συνήθως μεγαλύτερο από το διπλάσιο του μήκους της περιμέτρου του θερμοκηπίου. Οι σωλήνες θέρμανσης τοποθετούνται παράλληλα προς τις γραμμές των φυτών για να μην εμποδίζουν την κυκλοφορία στο θερμοκήπιο. Η θερμότητα εντός του θερμοκηπίου χάνεται πιο γρήγορα στην περιφέρεια από ότι στο κέντρο. Γι' αυτό για να υπάρξει ομοιόμορφη θερμοκρασία στο χώρο του, θα πρέπει ένα πολύ μεγάλο μέρος της ενέργειας

να αποδίδεται στην περιφέρεια με την εγκατάσταση ικανού μήκους σωληνώσεων. Δεν πρέπει όμως να τοποθετούνται όλοι περιμετρικά για τα ρεύματα του αέρα που δημιουργούνται από τις ψυχρές επιφάνειες της οροφής προκαλούν κατά τόπους ψυχρές θέσεις μέσα στο θερμοκήπιο. Τέλος εκτός από του κοινούς χαλύβδινους σωλήνες για θέρμανση θερμοκηπίων υπάρχουν και οι πτερυγιοφόροι σωλήνες, έτσι ώστε η μεταφορά θερμότητας ανά μονάδα μήκους στον χώρο να είναι πολύ μεγαλύτερη, τετραπλάσια ή και παραπάνω από τους συνηθισμένους.

1.3.2 Συστήματα Θέρμανσης με Χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Από τη στιγμή που η εφαρμογή των συστημάτων θέρμανσης απαιτείται σχεδόν σε όλα τα θερμοκήπια, η κατανάλωση καυσίμων γίνεται ένας σημαντικός οικονομικός παράγοντας. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να ξεπεραστεί από την χρήση χαμηλού κόστους τεχνικών θέρμανσης αντί της θέρμανσης με συμβατικά καύσιμα. Εξαιτίας του υψηλού κόστους και της αβεβαιότητας της διαθεσιμότητας των συμβατικών καυσίμων, σημαντική προσοχή έχει δοθεί στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ως εναλλακτικοί τρόποι θέρμανσης των θερμοκηπίων.

Η ηλιακή, η αιολική, η γεωθερμική ενέργεια, η ενέργεια από θερμικά απόβλητα και η βιομάζα μπορούν να αξιοποιηθούν στη θέρμανση του θερμοκηπίου. Στην πράξη, εφαρμογή με σχετικά καλά αποτελέσματα έχουν βρει αρχικά η ηλιακή ενέργεια και δευτερευόντως η γεωθερμική ενέργεια και η βιομάζα. Η αιολική ενέργεια ελάχιστα η καθόλου έχει χρησιμοποιηθεί στην θέρμανση των θερμοκηπίων γιατί δεν είναι προβλέψιμη, ομαλή και συνεχής και το μεγάλο πρόβλημα βρίσκεται στην αποθήκευσή της, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί όταν χρειάζεται. Επίσης έχει υψηλό κόστος εγκατάστασης και συντήρησης των μεγάλης ισχύος συστημάτων που χρησιμοποιούνται. Η γεωθερμική ενέργεια συναντάται συνήθως σε περιοχές με σχετικά πρόσφατη ηφαιστειότητα, γιατί εκεί παρουσιάζεται το φαινόμενο, διάπυρο υλικό από το εσωτερικό της γης να έχει κινηθεί προς την επιφάνεια και το υπέδαφος να έχει θερμανθεί. Πρόκειται για την ενέργεια που παράγεται στο υπέδαφος και μεταφέρεται στην επιφάνεια του εδάφους μέσω διαφόρων ρευστών (κυρίως του νερού), τα οποία βρίσκουν φυσική διέξοδο από τα βάθη της γης προς την επιφάνεια ή ανεβαίνουν με ειδικές γεωτρήσεις. Στην χρήση της γεωθερμίας, οι παράγοντες που προσδιορίζουν το κόστος της εκμετάλλευσης σε συνδυασμό με τα φυσικά, χημικά και περιβαλλοντικά προβλήματα που μπορεί να προκύψουν κατά την παραγωγή και τη χρήση της, είναι η θερμοκρασία, το βάθος, η διαθεσιμότητα και η υψηλή περιεκτικότητα διαφόρων χημικών ουσιών και αλάτων στον θερμικό φορέα (νερό). Το σημαντικότερο πρόβλημα δημιουργείται από την υψηλή

αλατότητα που έχει το διαθέσιμο γεωθερμικό νερό. Ανάλογα με τα πετρώματα που συναντά στην διαδρομή του, εμπλουτίζεται με άλατα, τα οποία στις περισσότερες των περιπτώσεων είναι διαβρωτικά στα κοινά μέταλλα και απαιτείται η χρήση εναλλακτών από ακριβότερα μέταλλα (π.χ Τιτάνιο). Η ενέργεια της βιομάζας (βιοενέργεια ή πράσινη ενέργεια) είναι δευτερογενής ηλιακή ενέργεια. Η ηλιακή ενέργεια μετασχηματίζεται από τα φυτά μέσω της φωτοσύνθεσης, χρησιμοποιώντας ως βασικές πρώτες ύλες το διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα νερό και ανόργανα συστατικά από το έδαφος. Από τη στιγμή που σχηματίζεται η βιομάζα, μπορεί πλέον να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας. Η χρήση της βιομάζας ως πηγής ενέργειας δεν είναι νέα. Η βιομάζα χρησιμοποιήθηκε από την αρχαιότητα και συνεχίζει και σήμερα να χρησιμοποιείται για κάλυψη καθημερινών αναγκών κυρίως στον Τρίτο Κόσμο (αναπτυσσόμενες χώρες). Τώρα πια όμως υπάρχουν χώρες όπως η Βραζιλία που διαθέτουν ενεργειακές καλλιέργειες, δηλ. καλλιέργειες καταλλήλων ενεργειακών φυτών (ζαχαροκάλαμο, σόργο), από τα οποία με διάφορες μεθόδους παράγονται συνθετικά καύσιμα, που υποκαθιστούν σημαντικές ποσότητες των συμβατικών καυσίμων. Βασικό πλεονέκτημα της βιομάζας είναι ότι είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και ότι παρέχει ενέργεια αποθηκευμένη με χημική μορφή. Η αξιοποίηση της μπορεί να γίνει με μετατροπή της σε μεγάλη ποικιλία προϊόντων, με διάφορες μεθόδους και τη χρήση σχετικά απλής τεχνολογίας. Σαν πλεονέκτημά της καταγράφεται και το ότι κατά την παραγωγή και την μετατροπή της δεν δημιουργούνται οικολογικά και περιβαλλοντολογικά προβλήματα. Από την άλλη, σαν μορφή ενέργειας η βιομάζα χαρακτηρίζεται από πολυμορφία, χαμηλό ενεργειακό περιεχόμενο, σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα, λόγω χαμηλής πυκνότητας και/ή υψηλής περιεκτικότητας σε νερό, εποχικότητα, μεγάλη διασπορά, κλπ. Τα χαρακτηριστικά αυτά συνεπάγονται πρόσθετες, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα, δυσκολίες στη συλλογή, μεταφορά και αποθήκευσή της. Σαν συνέπεια το κόστος μετατροπής της σε πιο εύχρηστες μορφές ενέργειας παραμένει έως και σήμερα πολύ υψηλό. Γενικά τα συστήματα ανανεώσιμων μορφών ενέργειας έχουν μεγάλο αρχικό κόστος. Η ηλιακή ενέργεια όπως προαναφέρθηκε είναι αυτή που κυρίως χρησιμοποιείται και είναι η πλέον ελκυστική λύση για εφαρμογή στα θερμοκήπια, διότι αποτελεί μια ανεξάντλητη πηγή ενέργειας και συχνά εύκολα προσιτή. Το βασικό πρόβλημα και μεγάλο μειονέκτημά της οφείλεται στο γεγονός ότι είναι διαθέσιμη μόνο κατά την διάρκεια της ημέρας και η ποσότητά της μεταβάλλεται με τις διάφορες εποχές του χρόνου (μικρή ποσότητα τον χειμώνα), με αποτέλεσμα να μην συγχρονίζεται η ζήτηση της ενέργειας για θέρμανση που είναι τον χειμώνα και κυρίως την νύχτα. Αυτό επιβάλλει την χρησιμοποίηση εκτός των συστημάτων συλλογής της ηλιακής ενέργειας και αποθηκών ενέργειας για βραχυχρόνια ή μακροχρόνια χρήση. Τα θερμοκήπια που χρησιμοποιούν τη ηλιακή ενέργεια για σκοπούς θέρμανσης ταξινομούνται σε 2 κατηγορίες, τα ενεργητικά και παθητικά ηλιακά θερμοκήπια.

- Τα ενεργητικά ηλιακά θερμοκήπια είναι εξοπλισμένα με ηλιακά συστήματα που χρησιμοποιούν ένα σύστημα συλλογής και μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε θερμότητα το οποίο είναι ξεχωριστό από το θερμοκήπιο, και ένα ανεξάρτητο σύστημα αποθήκευσης της θερμότητας. Περιλαμβάνουν διάφορους τύπους ηλιακών συσσωρευτών και συστημάτων θέρμανσης.

- Τα παθητικά ηλιακά θερμοκήπια έχουν το σύστημα συλλογής θερμότητας ενσωματωμένο στο ίδιο το θερμοκήπιο, ή το ίδιο το θερμοκήπιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συλλέκτης, δεδομένου ότι σχεδιάζεται για τη μεγιστοποίηση των ηλιακών κερδών. Τα παθητικά ηλιακά θερμοκήπια μπορούν να ομαδοποιηθούν σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά του συστήματος αποθήκευσης θερμότητας. Το μέσο της αποθήκευσης θερμότητας μπορεί να ποικίλλει και χρησιμοποιούνται διαφορετικά υλικά όπως το νερό, η λανθάνουσα θερμότητα, διάφορα πετρώματα, ή το υπέδαφος του θερμοκηπίου (μέσω των θαμμένων σωλήνων).

Μια περιληπτική ανάπτυξη των κυριότερων ενεργητικών και παθητικών συστημάτων θέρμανσης που χρησιμοποιούνται σήμερα στα θερμοκήπια δίδεται παρακάτω. Τα ενεργητικά συστήματα θέρμανσης είναι λιγότερο ελκυστικά σε σχέση με τα παθητικά και η χρήση τους στα θερμοκήπια είναι περιορισμένη (και απαγορευτική για τις μικρές κλίμακας εφαρμογές λόγω: (i) του υψηλού κόστους των ηλιακών συσσωρευτών, (ii) του πολύτιμου εδάφους που καταλαμβάνουν και που συνήθως δεν είναι διαθέσιμο, (iii) του εφεδρικού συστήματος που πρέπει να διαθέτουν και (iv) της αποθήκευσης και του συστήματος διανομής της θερμότητας στο χώρο του θερμοκηπίου που πρέπει να διασφαλίζουν.

Συστήματα συλλογής και μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε θερμότητα : Στην κατηγορία ανήκουν οι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες (flat plate collector) που τοποθετούνται έξω από το θερμοκήπιο. Είναι οι πιο διαδεδομένοι όσον αφορά την θέρμανση νερού ή αέρα και η σπουδαιότερη κατηγορία συσκευών συλλογής της ηλιακής ενέργειας από πλευράς εφαρμογών σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες λειτουργίας έως 75 °C.

Ακόμα πιο περιορισμένη χρήση στα θερμοκήπια έχουν τα φωτοβολταϊκά συστήματα με τα οποία επιτυγχάνεται άμεση μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια και τα υβριδικά φωτοβολταϊκά /θερμικά συστήματα .Το γεγονός ότι τα μέρη στα οποία θα μπορούσαν να τοποθετηθούν θερμική ενέργεια οδήγησε στην δημιουργία των υβριδικών φωτοβολταϊκών που πετυχαίνουν εκτός από παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και απολαβή θερμότητας από το φωτοβολταϊκό μέσω της φυσικής η εξαναγκασμένης κυκλοφορίας ενός ρευστού (αέρας η νερό) .

Τα παθητικά συστήματα θέρμανσης έχουν ένα μικρότερο αρχικό και λειτουργικό κόστος σε σχέση με τα ενεργητικά συστήματα. Ένα παθητικό σύστημα χρησιμοποιείται για να αυξήσει την αποθήκευση θερμότητας μέσα στο θερμοκήπιο κατά την διάρκεια της ημέρας ή για να αφαιρέσει και να μεταφέρει την περίσσεια θερμότητας μέσα από το θερμοκήπιο σε περιοχή αποθήκευσης θερμότητας. Αυτή η θερμότητα ανακτάται την νύχτα μέσα στο θερμοκήπιο για να ικανοποιήσει τις θερμικές ανάγκες του. Τα πιο διαδεδομένα συστήματα είναι τα συστήματα αποθήκευσης νερού, η χρήση θερμικών αποθηκευτικών μονάδων από εγκιβωτισμένα στρώματα πετρωμάτων και η αποθήκευση σε υλικά αλλαγής φάσεως. Εκτός από αυτά, ο εναλλάκτης εδάφους-αέρα, η κινητή μόνωση (κουρτίνες εξοικονόμησης ενέργειας), η αποθήκευση θερμότητας στο βορεινό τοίχωμα και ο συλλέκτης εδάφους-αέρα χρησιμοποιούνται για την αύξηση της θερμοκρασίας την νύχτα μέσα στο θερμοκήπιο.

Συστήματα αποθήκευσης νερού Χρησιμοποιούνται συνήθως διαφανείς σωλήνες πολυαιθυλενίου, μεγάλης διαμέτρου (0.5-0.75m), λεπτών τοιχωμάτων, που είναι γεμάτοι με νερό και ενεργούν ως παθητικό σύστημα θέρμανσης. Κάτω από τους σωλήνες, που τοποθετούνται ανάμεσα στις γραμμές των φυτών υπάρχει μαύρο φύλλο πολυαιθυλενίου για αύξηση της απορροφητικότητας της ηλιακής ακτινοβολίας. Οι σωλήνες του νερού τη ημέρα θερμαίνονται κυρίως από την ηλιακή και θερμική ακτινοβολία αλλά και με συναγωγή από τον θερμότερο αέρα του θερμοκηπίου. Τις νυχτερινές ώρες το ζεστό νερό ελκύει θερμότητα προς το χώρο του θερμοκηπίου. Αντί για διαφανείς σωλήνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν δεξαμενές νερού τοποθετημένες κατά μήκος του βορινού τοιχώματος του θερμοκηπίου που ενεργούν σαν ηλιακοί συλλέκτες και μέσον αποθήκευσης θερμότητας. Σε αυτήν την περίπτωση η βορινή πλευρά συνήθως μονώνεται για να μειωθούν οι ενεργειακές απώλειες και οι δεξαμενές βάφονται μαύρες για να αυξηθεί η απορρόφηση θερμότητας.

Εγκιβωτισμένο στρώμα πετρωμάτων Ένα δημοφιλές και οικονομικό υλικό αποθήκευσης θερμότητας είναι το στρώμα πετρωμάτων (χαλίκι, αμμοχάλικο, τούβλα). Η αποθήκευση αισθητής θερμότητας (με τον αέρα ως μηχανισμό ενεργειακών μεταφορών) που τοποθετείται υπόγεια, έχει το πλεονέκτημα μιας μεγάλης και φτηνής επιφάνειας μεταφοράς θερμότητας. Τα μεγάλα αποθηκευτικά στρώματα πετρωμάτων είναι κατάλληλα τοποθετημένα στο υπεδάφους σε βάθος μεταξύ 40 – 50 cm ή έξω από το θερμοκήπιο εγκιβωτισμένα σε σκυρόδεμα για καλύτερη μόνωση. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, η θερμότητα μεταφέρεται μέσα από το θερμοκήπιο στο υπόγειο αποθηκευτικό στρώμα με τη βοήθεια ενός ανεμιστήρα. Τη νύχτα, η διαδικασία αντιστρέφεται. Ο ψυχρός αέρας μετακινείται προς το αποθηκευτικό στρώμα, όπου η θερμότητα μεταφέρεται από το πέτρωμα στον κρύο αέρα, ο οποίος εν συνεχεία επιστρέφει στο θερμοκήπιο. Η πτώση

πίεσης μεταξύ του ανώτερου και του κατώτερου χώρου (δηλ. το διάστημα που είναι γεμισμένο με το υλικό) πρέπει να είναι επαρκής για να εξασφαλίσει ομοιόμορφη κατανομή της θερμικής ροής μέσα στο στρώμα πετρωμάτων έτσι ώστε ένα μεγάλο μέρος της θερμοχωρητικότητας του πετρώματος να μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

Αποθήκευση θερμότητας σε υλικά με αλλαγή φάσεως : Η αποθήκευση λανθάνουσας θερμότητας με χρήση των υλικών αλλαγής φάσεως είναι ένας αποδοτικός τρόπος αποθήκευσης της θερμικής ενέργειας. Αντίθετα από την αποθήκευση αισθητής θερμότητας, η αποθήκευση λανθάνουσας θερμοκρασίας μεταξύ της αποθήκευσης και της απελευθέρωσης θερμότητας. Σε έναν κύκλο αποθήκευσης θερμότητας, τα υλικά αυτά μπορούν να αποθηκεύσουν μεγάλες ποσότητες θερμότητας στην αλλαγή της φάσης από την στερεά στην υγρή κατάσταση (λανθάνουσα θερμότητα τήξης) σε μια σταθερή θερμοκρασία που αντιστοιχεί στην θερμοκρασία μεταβολής φάσης. Σε ένα κύκλο έκλυσης θερμότητας, ένα ρευστό που κυκλοφορεί αέρας ή νερό, μπορεί να εξάγει τη θερμότητα από τη μονάδα αποθήκευσης αναγκάζοντας το αλλαγή φάσης υλικό σε στερεοποίηση . Υπάρχουν πολλά τέτοια υλικά που λειώνουν και στερεοποιούνται σε ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών και γίνονται ελκυστικά σε διάφορες εφαρμογές. Οι ιδιότητες τους σε ένα θερμοκρασιακό εύρος από 0-120 °C ερευνήθηκαν ως προς την συμπεριφορά τους κατά θερμοκήπια. Έτσι τα υλικά αυτά ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες: (i) ανόργανες ενώσεις (ένυδρα άλατα), (ii) οργανικές ενώσεις (παραφίνες) και (iii) εύτηκτα μίγματα για τα οποία η έρευνα είναι ακόμα σε προκαταρκτικό στάδιο με περιορισμένα δεδομένα πάνω στις θερμοφυσικές τους ιδιότητες. Στις έρευνες, ο τύπος εναλλακτών θερμότητας, η αποθήκευση και τα ποσά των υλικών που χρησιμοποιούνται είναι ανάμοια. Οι ανόργανες ενώσεις έχουν μια υψηλή λανθάνουσα θερμότητα ανά μονάδα όγκου, υψηλή θερμική αγωγιμότητα, δεν είναι εύφλεκτες και χαμηλός κόστος σε σύγκριση με τις οργανικές ενώσεις. Όμως είναι διαβρωτικές στα περισσότερα μέταλλα, υποφέρουν από χημική αποσύνθεση και υπό-ψύξη, τα οποία μπορούν να επηρεάζουν τις ιδιότητές τους στην αλλαγή φάσης. Τα περισσότερα οργανικά αυτά υλικά είναι μη διαβρωτικά και χημικά σταθερά, παρουσιάζουν ελάχιστη ή καθόλου υπό-ψύξη, έχουν υψηλή λανθάνουσα θερμότητα ανά μονάδα βάρους και χαμηλή πίεση ατμών .Τα μειονεκτήματά τους είναι η χαμηλή θερμική αγωγιμότητα, οι μεγάλες αλλαγές στον όγκο στην αλλαγή φάσης και το ότι είναι πολύ εύφλεκτες. Το δημοφιλέστερο υλικό αποθήκευσης λανθάνουσας θερμότητας είναι το χλωριούχο ασβέστιο για θερμοκηπιακές εφαρμογές. Έχει βέλτιστη θερμοκρασία αλλαγής φάσης που εξασφαλίζει μια καλή αποδοτικότητα για συλλογή και απόδοση της θερμότητας στο θερμοκήπιο Σε εκτάσεις θερμοκηπίων από 20-500 m η χρησιμοποίηση του χλωριούχου ασβεστίου μπορεί να καταλήξει σε εσωτερική θερμοκρασία αέρα 2-8 °C υψηλότερη από την ελάχιστη θερμοκρασία εξωτερικού αέρα σε περιοχές γεωγραφικού

πλάτους από 32 - 52.25 °N. Η αντιπροσωπευτική τιμή της λανθάνουσας θερμότητας του ανά m² επιφάνειας θερμοκηπίου είναι περίπου 2600 KJ, που είναι ισοδύναμα με 13.70 kg/ m². Η χρήση του χλωριούχου ασβεστίου μπορεί να ικανοποιήσει το 22-75% των ετήσιων αναγκών θέρμανσης του θερμοκηπίου. Επειδή η πυκνότητα αποθήκευσης ενέργειας του χλωριούχου ασβεστίου είναι πάνω από δέκα φορές μεγαλύτερη από το στρώμα πετρωμάτων, το σύστημα απαιτεί μόνο το ένα δέκατο του όγκου αποθήκευσης που απαιτείται από το σύστημα πετρωμάτων .

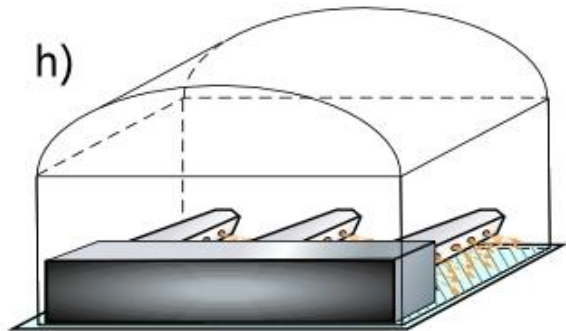
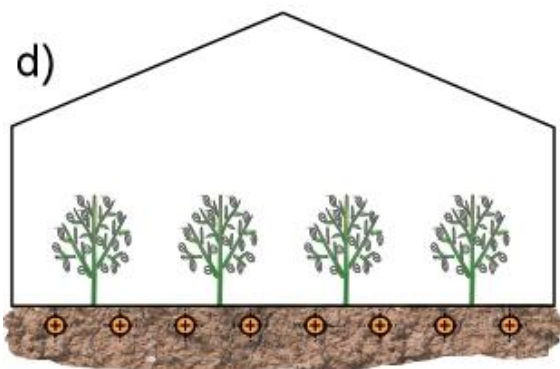
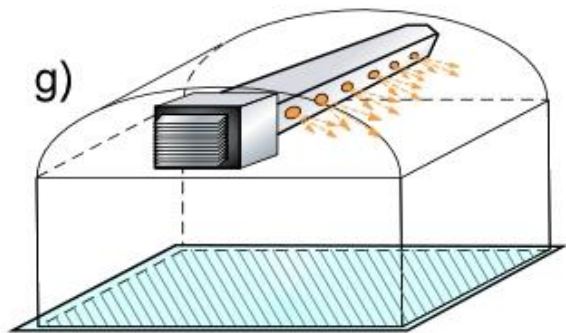
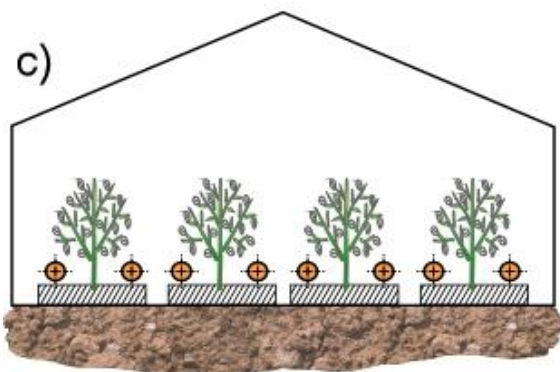
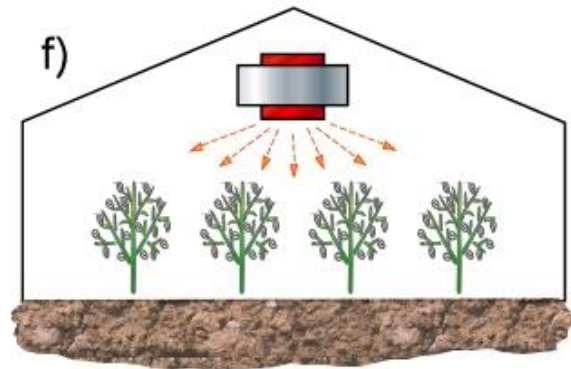
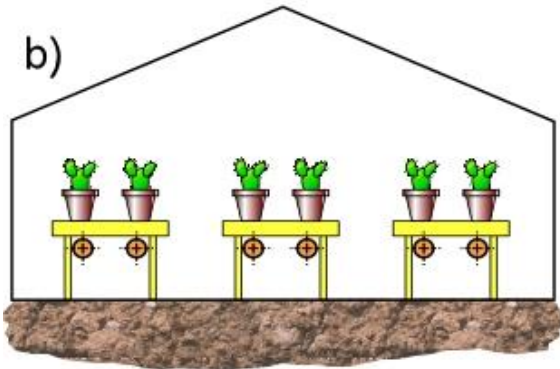
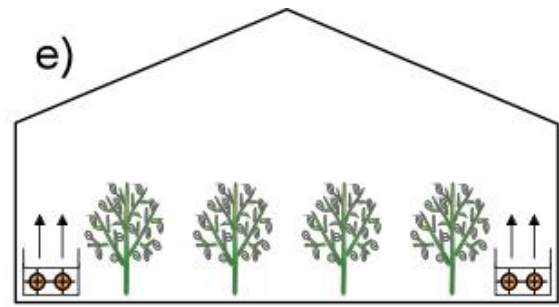
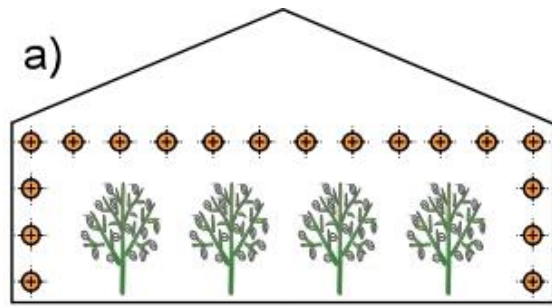
Εναλλάκτης εδάφους-αέρα

Η θερμοκρασία του εδάφους σε βάθος μόλις λίγων μέτρων από την επιφάνεια του εδάφους (3-4 m) παραμένει σχεδόν σταθερή σε όλη την διάρκεια του χρόνου. Ερευνητές έχουν επιτυχώς περιγράψει την χρήση τέτοιων συστημάτων για αποδοτική θέρμανση των θερμοκηπίων). Παρόλο που έχουν χρησιμοποιηθεί τσιμεντοσωλήνες , μεταλλικοί σωλήνες και ενίοτε σωλήνες αλουμινίου, οι σωλήνες PVC διαμέτρου 0.1-0.25 m είναι αυτοί που χρησιμοποιούνται συχνότερα. Οι θαμμένοι πλαστικοί σωλήνες διατρέχουν κατά μήκος του θερμοκηπίου τοποθετημένοι σε μία ή σε 2 γραμμές. Το βάθος των σωλήνων ποικίλλει από 0.3-3m και η μεταξύ τους απόσταση από 0.4-0.8 m. Η θερμοκρασία του χώρου του θερμοκηπίου ρυθμίζεται με κυκλοφορία του αέρα του θερμοκηπίου σε κλειστό κύκλωμα, μέσα από το σύστημα του εναλλάκτη. Η κυκλοφορία του αέρα γίνεται με τη λειτουργία ανεμιστήρων όταν η θερμοκρασία του χώρου πέσει κάτω από την ελάχιστη επιθυμητή θερμοκρασία ή υπερβεί τη μέγιστη επιθυμητή. Για διαφορετικές ροές αέρα που κυμαίνονται από 21.6 m³ h⁻¹ – 25.920 m³ h⁻¹ και διαμέτρους σωλήνων, η ταχύτητα του αέρα μέσα στους σωλήνες είναι μεταξύ 4.27 m s⁻¹ και 10.5 m s⁻¹. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι ένας ρυθμός ροής 0.31 m³ min⁻¹ και ανά m² επιφάνειας θερμοκηπίου μπορεί να αυξήσει την εσωτερική θερμοκρασία από 3-13°C και μπορεί να καλύψει το 28-62% των ετήσιων θερμικών αναγκών θερμοκηπίων σε περιοχές γεωγραφικού πλάτους από 23 °N ως 50 °N και με εμβαδόν επιφάνειας από 30-2500 m². Έτσι το υπέδαφος χρησιμοποιείται ως φθηνή αποθήκη ενέργειας που ταυτόχρονα αποθηκεύει και με φυσικό τρόπο ενέργεια από το καλοκαίρι μέχρι και το χειμώνα. Ο σημαντικότερος περιορισμός της χρήσης αυτών των συστημάτων είναι το κόστος σκαψίματος του εδάφους και το θάψιμο των σωλήνων μέχρι το βάθος 2-4 m. Το κόστος άντλησης του αέρα από τους σωλήνες, κινητήρες και ανεμιστήρες, προσθέτουν στο αρχικό και τρέχον κόστος. Επειδή η συνήθης απόδοση τους είναι αρκετά χαμηλή, για να ενισχυθεί χρησιμοποιούνται σε υβριδικά σχήματα με άλλα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας όπως τη μόνωση του βορινού τοιχώματος, το

συλλέκτη εδάφους- αέρα , τις κουρτίνες εξοικονόμησης ενέργειας και τη γεωθερμική ενέργεια.

Ο συλλέκτης εδάφους-αέρα

Είναι βασισμένος στην αρχή λειτουργίας του επίπεδου ηλιακού συλλέκτη (flat plate collector). Η διαφορά μεταξύ συλλέκτη εδάφους-αέρα και επίπεδου ηλιακού συλλέκτη είναι ότι ο πρώτος εγκαθίσταται λίγο κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, ενώ ο δεύτερος είναι μια φορητή συσκευή. Ο συλλέκτης εδάφους-αέρα αποτελείται από τέσσερα στοιχεία: (i) υαλοπίνακα για την εξασφάλιση του φαινομένου του θερμοκηπίου (ii) άμμο ή σκυρόδεμα ως απορροφητή για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας (iii) σωλήνα για μεταφορά του ρευστού μετάδοσης θερμότητας από το εσωτερικό στο εξωτερικό και (iv) ανεμιστήρα για την κυκλοφορία αέρα. Οι πληροφορίες για τη χρήση του συλλέκτη εδάφους-αέρα σε θερμοσκοπικές εφαρμογές είναι περιορισμένες στη βιβλιογραφία και λίγες μελέτες έχουν διεξαχθεί και δείχνουν ότι ο συλλέκτης εδάφους-αέρα σε θέρμανση θερμοκηπίων μπορεί να αυξήσει την θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα από 5-6 °C κατά τη διάρκεια ακραίων χειμερινών συνθηκών. Η απόδοσή του αυξάνεται εάν υπάρχει ταυτόχρονα σε υβριδικό σύστημα με βορινό τοίχωμα του θερμοκηπίου. Επίσης αναφέρεται, ότι σε σύγκριση με τον εναλλάκτη εδάφους-αέρα , η θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα σε ένα θερμοκήπιο συνδεδεμένο με συλλέκτη εδάφους-αέρα μπορεί να είναι 2-3°C υψηλότερη από το συνδεδεμένο θερμοκήπιο με εναλλάκτη εδάφους-αέρα. Οι πειραματικές έρευνες σχετικές με τους συλλέκτες εδάφους-αέρα έχουν πραγματοποιηθεί σε γεωγραφικά πλάτη από 28 °N έως 34 °N και σε μικρής έκτασης θερμοκήπια (24 m² μόνο) όπου η μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία (σε οριζόντια επιφάνεια) και η μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος μια χειμερινή ημέρα υπερβαίνουν τα 600 W m⁻² και 20 °C αντίστοιχα, το οποίο σημαίνει ότι η θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα του θερμοκηπίου θα είναι περίπου μεταξύ 26 και 28 °C. Η αποδοτικότητα του σε μεγάλα θερμοκήπια κάτω από συνθήκες καλλιέργειας σε ψυχρότερες κλιματολογικές ζώνες είναι υπό διερεύνηση. Επιπλέον, δεν υπάρχει καμία πρόβλεψη για αποθήκευση θερμικής ενέργειας κατά τη διάρκεια της ημέρας που θα αποδίδεται και θα χρησιμοποιείται τη νύχτα. Επίσης η επιφάνεια τους είναι συγκριτικά μεγάλη στο πεδίο της παθητικής θέρμανσης, καθώς 0.73 m² συλλέκτη εδάφους-αέρα απαιτούνται ανά τετραγωνικό μέτρο θερμοκηπίου. Τέλος την συνολική δυσκολία του εγχειρήματος περιλαμβάνεται το κόστος σωληνώσεων και άντλησης του αέρα, οι κινητήρες και ανεμιστήρες τα οποία προσθέτουν στο συνολικό κόστος.



Εικόνα 1:

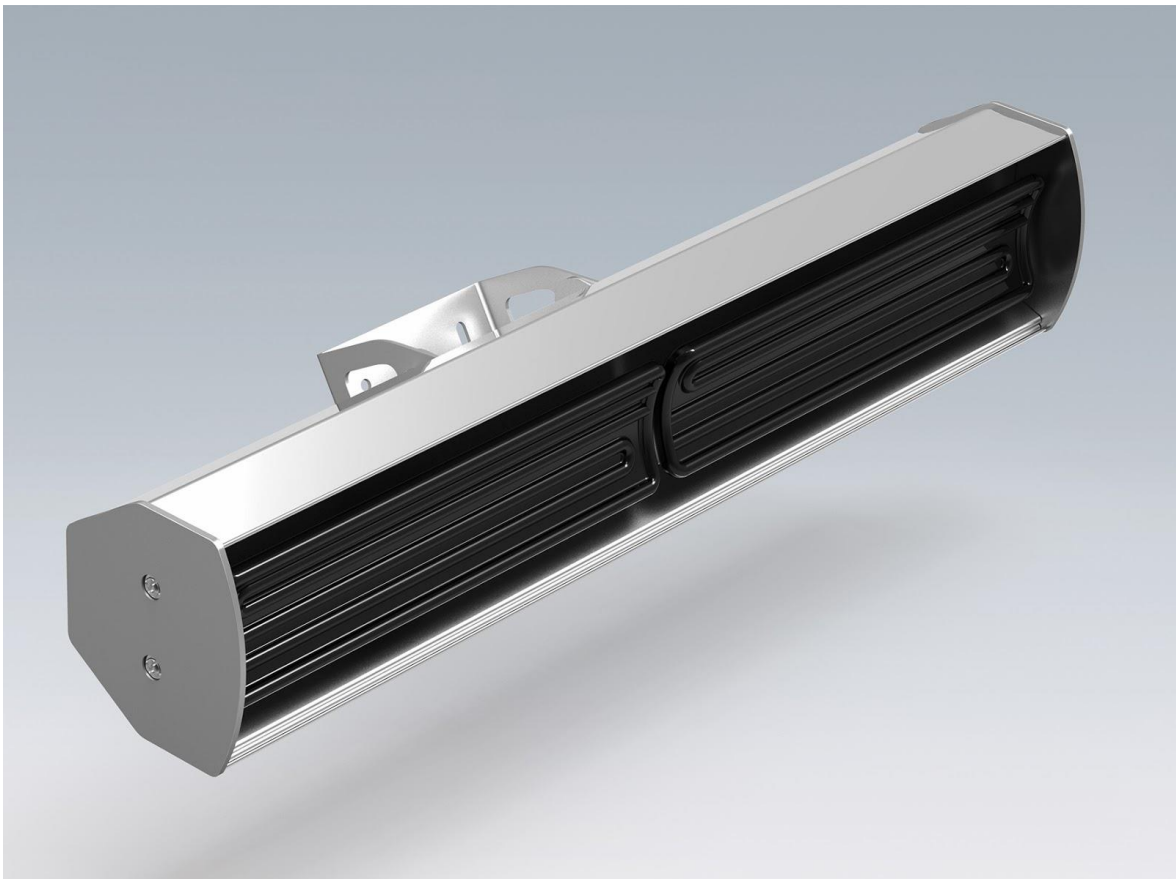
Εικόνα 1 : Συστήματα θέρμανσης σε γεωθερμικά θερμοκήπια.

Εγκαταστάσεις θέρμανσης με φυσική κίνηση του αέρα (φυσική συναγωγή): (a) εναέριοι σωλήνες θέρμανσης (b) θέρμανση πάγκων (c) σωλήνες θέρμανσης που είναι τοποθετημένοι χαμηλά, (d) θέρμανση εδάφους
Εγκαταστάσεις θέρμανσης με εξαναγκασμένη κίνηση του αέρα (εξαναγκασμένη συναγωγή), (e) πλευρική τοποθέτηση σωλήνων (f) εναέριο αερόθερμα (g) αγωγοί τοποθετημένοι ψηλά (h) αγωγοί τοποθετημένοι χαμηλά

1.3.3. Υπέρυθρη ακτινοβολία (IR)

Η υπέρυθρη φυσική ακτινοβολία (IR) είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με μήκος κύματος στην κλίμακα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος από 0.7 μm έως 100 μm . Διακρίνεται στην μικρού μήκους ακτινοβολία NIR (κοντινό υπέρυθρο) με μήκος κύματος 0.7–3 μm και στην μεγάλου μήκους ακτινοβολία (μακρινό υπέρυθρο) με μήκος κύματος 3–100 μm . Η εκπεμπόμενη υπέρυθρη ενέργεια απορροφάται από τις ψυχρές επιφάνειες χωρίς φυσική επαφή με την πηγή θερμότητας ή μέσω θέρμανσης του περιβάλλοντος αέρα, όπως συμβαίνει με τα εξαναγκασμένης συναγωγής συστήματα θέρμανσης. Οι επιφάνειες θερμαίνονται και στην συνέχεια απελευθερώνουν θερμότητα στο περιβάλλον με συναγωγή αυξάνοντας την περιβαλλοντική θερμοκρασία. Ένα υπέρυθρο σύστημα προσομοιάζει την ηλιακή ακτινοβολία. Όπως ο ήλιος, έτσι και το σύστημα εκπέμπει υπέρυθρη ενέργεια προς όλες τις κατευθύνσεις. Οι απώλειες συναγωγής από το σύστημα αν δεν καλύπτεται από ανακλαστήρα είναι μεγάλες. Οι ανακλαστήρες τοποθετούνται επάνω από το σύστημα ακτινοβολίας και κατευθύνουν την υπέρυθρη προς τα κάτω. Η υπέρυθρη ακτινοβολία μετατρέπεται σε θερμότητα όταν απορροφάται από τα αντικείμενα που βρίσκονται στην πορεία της. Όταν εφαρμόζεται θέρμανση με υπέρυθρη ακτινοβολία στα θερμοκήπια σε αντιδιαστολή με τα συστήματα θερμού αέρα εξαναγκασμένης συναγωγής, η θερμότητα στέλνεται απ' ευθείας από την πηγή με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στο δέκτη, δηλαδή στα φυτά και το έδαφος που γίνονται η πρωταρχική πηγή θερμότητας μέσα στο θερμοκήπιο. Ο αέρας δεν θερμαίνεται απ' ευθείας από την ακτινοβολία, αλλά με συναγωγή λόγω της επαφής του με τα φυτά και το έδαφος που θερμαίνονται άμεσα. Επειδή η στρωματοποίηση του εσωτερικού αέρα (διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας εδάφους και θερμοκρασίας οροφής) είναι σημαντικά χαμηλότερη από συστήματα θερμού αέρα εξαναγκασμένης συναγωγής, οι ενεργειακές απώλειες από την δομή του θερμοκηπίου μειώνονται σημαντικά λόγω μείωσης των απωλειών λόγω συναγωγής από το κάλυμμα και μείωσης των διαφυγών, καταλήγοντας

σε μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση . Επίσης επιτυγχάνεται και σημαντική μείωση της υγρασίας της επιφάνειας των φυτών γεγονός που βοηθά στην μείωση της εξάπλωσης ασθενειών που είναι σοβαρότατο πρόβλημα εντός των θερμοκηπίων . Τα συστήματα θέρμανσης με υπέρυθρη ακτινοβολία χρησιμοποιήθηκαν αρκετά στα θερμοκήπια στις μεγάλες πετρελαϊκές κρίσεις (70's) (κυρίως στις ΗΠΑ), εν συνεχεία όμως η χρήση τους εγκαταλείφτηκε. Γι' αυτόν τον λόγο λίγες μελέτες δημοσιεύτηκαν στις αρχές της δεκαετίας του '80, που διερευνούσαν την καταλληλότητα της υπέρυθρης ακτινοβολίας για θέρμανση του θερμοκηπίου. Οι έρευνες είναι κυρίως πειραματικές και δεν υπάρχουν ολοκληρωμένες προσπάθειες μοντελοποίησης του συγκεκριμένου τρόπου θέρμανσης. Σε αυτές τις έρευνες αναφέρονται ενεργειακά οφέλη της τάξεως των 33-40% σε σύγκριση με τον συμβατικό τρόπο θέρμανσης .



Εικόνα 2

ceramic sun 2 1300w black elements κατάλληλο για θερμοκήπια

1.3.4 Υδροπονία

Υδροπονία είναι κάθε καλλιέργεια φυτών που γίνεται εκτός εδάφους, κυρίως σε αδρανές υπόστρωμα. Το αδρανές υπόστρωμα είναι ο χώρος στον οποίο αναπτύσσεται η ρίζα του φυτού. Δεν περιέχει θρεπτικά συστατικά που χρειάζονται για την ανάπτυξη του φυτού, γι' αυτό τα παρέχουμε εμείς μέσω του θρεπτικού διαλύματος. Στην υδροπονία έχουμε την δυνατότητα να ελέγχουμε και να ορίζουμε πλήρως τον χώρο στον οποίο αναπτύσσονται οι ρίζες των φυτών μας, σημείο κρίσιμο για την ανάπτυξη μιας εύρωστης καλλιέργειας με διάρκεια στο χρόνο. Επιπλέον, καθώς το υπόστρωμα είναι αδρανές, απουσιάζουν από το περιβάλλον του φυτού εχθροί και ασθένειες οι οποίοι αναπτύσσονται σε καλλιέργειες εδάφους. Η υδροπονία (ξανα)ανακαλύφθηκε τον 18ο αιώνα, όταν παρατηρήθηκε ότι το νερό είναι εκείνο που τρέφει τις ρίζες των φυτών και πως το χώμα συγκρατεί και τρέφει το νερό.

Έκτοτε βγήκε το συμπέρασμα ότι με την καλλιέργεια φυτών σε ένα υγρό μέσο και με την τροφοδότηση αυτού με ωφέλιμα ιχνοστοιχεία και διατηρώντας τις κατάλληλες θερμοκρασίες, θα λύνονταν πολλά προβλήματα που προκύπτουν από την κλασική καλλιέργεια. Υπάρχουν αρκετές τεχνικές υδροπονίας και χωρίζονται στις εξής βασικές κατηγορίες:

Παθητικό σύστημα

Είναι η τεχνική υδροπονίας στην οποία το νερό είναι τοποθετημένο ακίνητο σε ένα δοχείο και οι ρίζες των φυτών μεγαλώνουν εξ ολοκλήρου σε αυτό. Με την χρήση τρόμπας αέρος και ειδικής πέτρας, τοποθετημένης στο νερό, δημιουργούνται φυσαλίδες οξυγόνου στις ρίζες των φυτών. Το βασικό μειονέκτημα αυτού του συστήματος είναι η έλλειψη αρκετού οξυγόνου στις ρίζες, που είναι απαραίτητο για μεγάλη καρποφορία. Στα θετικά συγκαταλέγεται η ευκολία της λειτουργίας του συστήματος.

Ενεργητικό σύστημα

Είναι η τεχνική υδροπονίας, όπου οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται σε ένα μέσο-υποκατάστατο του χώματος, όπως ο περλίτης, οι κόκκοι φοίνικα, ο πετροβάμβακας κ.ά. Με την χρήση μια τρόμπας νερού μεταφέρεται συνεχώς νερό συμπληρωμένο με ωφέλιμα ιχνοστοιχεία από μια δεξαμενή στις ρίζες των φυτών μας, το οποίο χάρη στη βαρύτητα καταλήγει πάλι στην δεξαμενή. Δημιουργείται έτσι μία συνεχής ανακύκλωση στο νερό, που εμπλουτίζεται με χρήσιμα στοιχεία και οξυγόνο. Το αρνητικό αυτού του συστήματος είναι η μεγάλη δυσκολία συντήρησης ενώ στα θετικά του είναι η αυξημένη παραγωγικότητα.



Εικόνα 3

Υδροπονική καλλιέργεια ντομάτας

1.3.5. Αεροπονία

Πρόκειται για μία υπερσύγχρονη τεχνική, η οποία απαιτεί ειδικούς ψεκαστήρες ή ακόμα και συστήματα ατμοποίησης, που τροφοδοτούν τις ρίζες με ιχνοστοιχεία συνεχόμενα σε μορφή ατμού. Στα αρνητικά της περιλαμβάνεται το υπερβολικό κόστος και στα θετικά η τεράστια και ταχύτατη παραγωγή.

Το συμπέρασμα μετά από αρκετά χρόνια καλλιέργειας υδροπονίας, είναι πως ως μέθοδος μας προσφέρει αρκετές λύσεις αλλά έχουν προκύψει και σημαντικά προβλήματα: Παρά τη μεγάλη μελέτη που έχει γίνει για την εύρεση και την αναπαραγωγή των ωφέλιμων ιχνοστοιχείων, έχουμε κατορθώσει να αναπαράγουμε μόνο τα πρωτεύοντα από αυτά, που σχετίζονται με την ανάπτυξη του καρπού και όχι τα δευτερεύοντα, που έχουν να κάνουν

με τη γεύση του, ενδεχομένως και με την υγεία μας. Ως αποτέλεσμα, το αγγούρι και η ντομάτα που καλλιεργούνται σε συστήματα υδροπονίας παρατηρείται να έχουν παρόμοια γεύση, όπως και πολλά άλλα λαχανικά. Επίσης η καλλιέργεια υδροπονίας απαιτεί ακριβά όργανα έλεγχου, λόγω των μεγάλων αλλαγών στην αλκαλικότητα του νερού και απαιτεί βασικές γνώσεις χημείας. Ακόμα έχουν αναπτυχθεί νέες παθήσεις που έχουν ως βάση το νερό και προκαλούν πολύ μεγαλύτερες ζημιές σε σχέση με της κοινές παθήσεις του χώματος, που αντιμετωπίζονται πιο εύκολα.



Εικόνα 4

Αεροπονική καλλιέργεια

1.3.6 Γεωθερμία

Η θερμοκρασία του εδάφους είναι ψηλότερη από την ατμοσφαιρική κατά τη χειμερινή περίοδο, χαμηλότερη κατά την καλοκαιρινή και επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες ανάλογα με το βάθος.

Το έδαφος χωρίζεται κυρίως σε τρία στρώματα, το επιφανειακό, η θερμοκρασία του οποίου επηρεάζεται από την καθημερινή αλλαγή θερμοκρασίας στην ατμόσφαιρα και από παράγοντες όπως την ηλιακή ακτινοβολία, τον αέρα, τη βροχόπτωση, κτλ, το αβαθές,

που επηρεάζεται κυρίως από εποχιακές καιρικές αλλαγές και το βαθύτερο, η θερμοκρασία του οποίου παραμένει σχετικά σταθερή και ανεπηρέαστη από τις καιρικές συνθήκες. Το πεδίο βάθους κάθε στρώματος σχετίζεται κυρίως με την μορφολογία του εδάφους και τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή.

Η μεταβολή της θερμοκρασίας μειώνεται με το βάθος και γίνεται αμελητέα κάτω από 10 μ. Οι τοπικές θερμοκρασίες εδάφους εξαρτώνται από το κλίμα κάλυψη εδάφους, κλίση, ιδιότητες χώματος κλπ.

Η θερμότητα που περιέχεται στο εσωτερικό της γης αποτελεί την γεωθερμική ενέργεια και είναι τόσο μεγάλη, ώστε μπορεί να θεωρηθεί πρακτικά ανεξάντλητη μορφή ενέργειας για τα ανθρώπινα μέτρα. Η τεχνολογία για την άντληση γεωθερμικής ενέργειας διαφοροποιείται σε αβαθή γεωθερμική σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες, και σε βαθιά γεωθερμική στις υψηλότερες θερμοκρασίες.

Αβαθής γεωθερμική ενέργεια είναι η αποθηκευμένη σε μορφή θερμότητας ενέργεια του φλοιού της γης, σε βάθη έως 150 m. και με θερμοκρασίες υπεδάφους έως 18C , η ενέργεια προέρχεται από την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας (σχεδόν το 50% από τη συνολική ποσότητα που φθάνει στη Γη) από τη γήινη επιφάνεια και που στα γεωγραφικά πλάτη της εύκρατης ζώνης κάτω από κάποιο βάθος παραμένει περίπου σταθερή (10-18 °C) καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Στις περιοχές στις οποίες η θερμική ενέργεια της γης είναι επαρκώς συγκεντρωμένη ώστε να δημιουργεί εκμεταλλεύσιμη ενεργειακή πηγή, αναπτύσσονται γεωθερμικά συστήματα που ανάλογα με τα θερμικά χαρακτηριστικά τους ταξινομούνται σε υψηλής, μέσης και χαμηλής ενθαλπίας.

Τα υψηλής ενθαλπίας χρησιμοποιούνται συνήθως για την παραγωγή ηλεκτρισμού, τα μεσαίας ενθαλπίας για παροχή άμεσης θερμότητας σε κατοικίες και βιομηχανία ενώ τα χαμηλής ενθαλπίας για θέρμανση και ψύξη κτιρίων μέσω γεωθερμικών αντλιών θερμότητας.

Η θέρμανση θερμοκηπίων με χαμηλή ενθαλπίας της γεωθερμικής ενέργειας, (θερμοκρασίες κάτω των 100 °C) θεωρείται εύκολος τρόπος θέρμανσης . Το γεωθερμικό ρευστό μπορεί να μεταφερθεί από το εσωτερικό της γης, μέσω μονωμένων σωλήνων και μπορεί να διανεμηθεί είτε απευθείας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου σε πλαστικούς σωλήνες, είτε έμμεσα, μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας.

Τα συστήματα εκμετάλλευσης της αβαθούς γεωθερμικής ενέργειας ονομάζονται Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας (ΓΑΘ). Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας εφαρμόζονται σε οικίες άλλα και στη γεωργία για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης και ψύξης και ζεστού νερού χρήσης. Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας αντικαθιστούν τους καυστήρες πετρελαίου και τα κλιματιστικά για την κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση και ψύξη. Εξοικονομεί το 40 με 60% της ενέργειας που θα κατανάλωνε ένα υποστατικό εάν χρησιμοποιούνταν μόνο συμβατικά μέσα θέρμανσης. Το όφελος από τη χρήση γεωθερμίας, είναι τόσο οικονομικό όσο και περιβαλλοντικό. Η χρήση γεωθερμικού συστήματος δεν έχει καμία εκπομπή καυσαερίων, ενώ συνεπάγεται μείωση από 40% έως 60% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, σε σύγκριση με τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης -ψύξης.

Υπάρχουν δύο είδη συστημάτων: ανοικτού και κλειστού βρόγχου και αυτά χωρίζονται σε κατακόρυφα και οριζόντια.

1.3.6.1 Συστήματα ανοιχτού βρόγχου

Τα συστήματα ανοιχτού βρόγχου τύπου φρέατος χρησιμοποιούν νερό υπεδάφους σαν απ' ευθείας πηγή ενέργειας, όταν το διαθέσιμο νερό είναι καλής ποιότητας, επαρκούς ποσότητας και σε βολικό βάθος άντλησης, καθ' όλο το χρόνο. Χαντάκια, μικρές λίμνες ή ρυάκια χρησιμοποιούνται πολλές φορές για την απόρριψη του νερού, όπως επίσης και η ίδια η πηγή προέλευσης του.

1.3.6.2 Συστήματα κλειστού βρόγχου

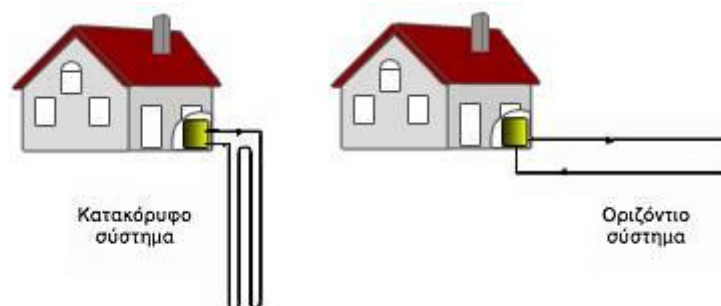
1.3.6.2.1 Κατακόρυφο κλειστό γεωθερμικό σύστημα

Το μέγεθος του διαθέσιμου ελεύθερου χώρου και η σύσταση του υπεδάφους καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τον τύπο του γεωθερμικού εναλλάκτη. Ο κάθετος γεωεναλλάκτης κλειστού κυκλώματος εφαρμόζεται σε εγκαταστάσεις με περιορισμένο περιβάλλοντα χώρο και σε περιοχές με αδυναμία πρόσληψης νερού από τον υδροφόρο ορίζοντα. Το πλήθος των γεωτρήσεων είναι συνάρτηση της ισχύος της εγκατάστασης, ενώ η απόδοσή των κατακόρυφων συστημάτων παρουσιάζει σταθερότητα σε όλη τη

διάρκεια του έτους. Σημαντικό πλεονέκτημα των κάθετων συστημάτων αποτελεί το γεγονός της γρήγορης αποκατάστασης των θερμοκρασιακών διαταραχών του υπεδάφους, οι οποίες προκαλούνται από την εκμετάλλευση του θερμικού περιεχομένου του καθώς επίσης η ελάχιστη επιφάνεια εδάφους που απαιτούνται για την εγκατάσταση αυτού του γεωεναλλάκτη.

1.3.6.2.2 Οριζόντιο κλειστό γεωθερμικό σύστημα

Ο οριζόντιος γεωεναλλάκτης κατασκευάζεται σε σκάμμα ορισμένης επιφάνειας στον περιβάλλοντα, σε βάθος 1 – 2.5m πυκνότητα σωληνώσεων 0,5 - 0,8m. Στο επίπεδο αυτό αναπτύσσεται το οριζόντιο σύστημα αποτελούμενο από κυκλώματα σωλήνων δικτυωμένου πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας μέγιστου μήκους 100m, τα οποία μέσω των επιμέρους συλλεκτών οδηγούνται στην αντλία θερμότητας. Στο οριζόντιο κλειστό γεωθερμικό σύστημα το υπέδαφος λειτουργεί και ως εποχιακή αποθήκη θερμικής και ψυκτικής ενέργειας ,γεγονός που συμβάλει σημαντικά στην υψηλότερη απόδοση της εγκατάστασης. Τα οριζόντια γεωθερμικά συστήματα αποτελούν ίσως την οικονομικότερη κατασκευαστική λύση από οποιοδήποτε άλλο γεωθερμικό σύστημα μόνο όταν διατίθεται σημαντική επιφάνεια εδάφους για την τοποθέτηση του. Για την διαστασιολόγηση του γεωθερμικού εναλλάκτη, απαιτείται η γνώση των θερμοκρασιών του εδάφους και των θερμικών αποκρίσεων στο βάθος εγκατάστασης.



Εικόνα 5

1.3.7 Απευθείας θέρμανσης της ρίζας των φυτών εντός του εδάφους

Σε ορισμένες καλλιέργειες, όπως αυτές των σπαραγγιών , βολβών και άλλων , τα φυτά ωριμάζουν εντός του εδάφους. Η επιδιωκόμενη ανάπτυξη έχει κυρίως στόχο την βελτίωση της ποιότητας και της ποσότητας της παραγωγής. Ειδικώς σε ότι αφορά στα σπαράγγια επιδιώκεται κυρίως η πρωιμότητα της παραγωγής , διότι αυτό αποτελεί πλεονέκτημα τοποθέτησης μεγάλων ποσοτήτων στην Ευρωπαϊκή αγορά σε πολύ υψηλή τιμή. Σε συστήματα θέρμανσης των φυτών στην ρίζα τους εντός του εδάφους, έχει προταθεί η τοποθέτηση σωλήνων πολυαιθυλενίου εντός του εδάφους σε κατάλληλο βάθος , οι οποίοι διαρρέονται από νερό θερμοκρασίας 10°-20°C. Το δίκτυο των σωλήνων κατασκευάζεται έτσι ώστε τα φυτά να τοποθετούνται πλησίον των σωλήνων, ώστε το δημιουργούμενο θερμοκρασιακό πεδίο πλησίον των φυτών να προάγει τον βασικό σκοπό για τον οποίο τοποθετήθηκε.

2. Η Προέλευση πρωτογενούς ενέργειας

2.1 Ηλιακή Ενέργεια

Ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον ήλιο. Τέτοιες είναι το φως ή φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα ή θερμική ενέργεια καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργεια ακτινοβολίας. Η αρχική εφαρμογή της ηλιακής ενέργειας ήταν με την μορφή της φωτιάς. Η ηλιακή ενέργεια στο σύνολο της είναι πρακτικά ανεξάντλητη, αφού προέρχεται από τον ήλιο, και ως εκ τούτου δεν υπάρχουν περιορισμοί χώρου και χρόνου για την εκμετάλλευσή της. Η ηλιακή ενέργεια που συλλέγει η γη κατά την διάρκεια ενός χρόνου είναι δέκα φορές μεγαλύτερη από τις συνολικές πηγές φυσικών καυσίμων, συμπεριλαμβανομένων εκείνων των αποθεμάτων που δεν έχουν ανακαλυφθεί ή εξερευνηθεί και που δεν είναι ανανεώσιμα. Ο ήλιος καθώς στέλνει στην γη ενέργεια ισχύος 150.109 MW. Από την ενέργεια αυτή το 30% ανακλάται στο διάστημα από τα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Το 46% φτάνει στην επιφάνεια της γης όπου μετατρέπεται σε θερμότητα και επανακλάται με θερμική ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος. Από το υπόλοιπο 24% το 23% δαπανάται για την εξάτμιση του νερού των θαλασσών και το εναπομένον 1% για την αιολική ενέργεια, την ενέργεια των κυμάτων, καθώς και την φωτοσύνθεση. Η άμεση χρήση της ηλιακής ενέργειας με την παραγωγή και εγκατάσταση συσκευών αποτέλεσε καινοτομία στην ενεργειακή εξέλιξη του ανθρώπου. Ενώ η έμμεση ηλιακή ενέργεια επιδρά με φυσικές διαδικασίες στο νερό, τον αέρα και την φωτοσύνθεση, η άμεση χρήση της ηλιακής ακτινοβολίας απαιτεί ειδικά σχεδιασμένα και εγκατεστημένα τεχνικά συστήματα προκειμένου να απορροφούν και να μετατρέπουν την συλλεγόμενη ηλιακή ενέργεια.

2.2 Γεωθερμία

2.2.1 Αβαθής γεωθερμία

Ομαλή ή αβαθής γεωθερμική ενέργεια καλείται η ενέργεια που προέρχεται από την εκμετάλλευση της θερμότητας των γεωλογικών σχηματισμών και των νερών, επιφανειακών και υπόγειων, που δεν χαρακτηρίζονται γεωθερμικό δυναμικό και βρίσκονται σε μικρό βάθος.

Είναι γνωστό ότι τα πηγάδια έχουν ζεστό νερό το χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι το ίδιο νερό είναι δροσερό. Βέβαια, το νερό δεν αλλάζει θερμοκρασία, όμως στο βάθος που ρέει, η θερμοκρασία της γης είναι περίπου σταθερή ανεξάρτητα αν είναι καλοκαίρι ή χειμώνας. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι σε βάθος από 6 μ. έως 100 μ. η θερμοκρασία παραμένει σταθερή και είναι περίπου ίση με την μέση ετήσια θερμοκρασία του αέρα για τον συγκεκριμένο τόπο. Στην χώρα μας αυτό σημαίνει ότι σε τέτοιο βάθος η θερμοκρασία βρίσκεται ανάμεσα στους 18-20°C.

Η διατήρηση της θερμοκρασίας αυτής οφείλεται στο γεγονός ότι κατά την διάρκεια του καλοκαιριού ο ήλιος ζεσταίνει την επιφάνεια του εδάφους, το οποίο απορροφά στο βάθος την θερμότητα που του παρέχεται, ενώ στη διάρκεια του χειμώνα η ίδια επιφάνεια ψύχεται και αφαιρεί θερμότητα από εκείνη που είχε συσσωρευτεί στο υπέδαφος. Αυτό όμως γίνεται πολύ αργά και με μεγάλη διαφορά φάσης, έτσι ώστε ενώ στην επιφάνεια του εδάφους η θερμοκρασία παρουσιάζει σημαντική διακύμανση, όσο προχωρούμε σε βάθος η διακύμανση αυτή στη διάρκεια ενός έτους γίνεται μικρότερη και ουσιαστικά κάτω από τα 5 μ. σχεδόν εξαφανίζεται. Έτσι αποκαθίσταται μια κατάσταση ισορροπίας στο επίπεδο των 18-20°C. Σε βόρειες χώρες, όπως η Σουηδία ή ο Καναδάς αυτή η ισορροπία αποκαθίσταται σε χαμηλότερες τιμές θερμοκρασίας.

Λόγω της πολύ μεγάλης θερμοχωρητικότητας του υπεδάφους η αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια, όπως εξηγήθηκε παραπάνω, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί για την θέρμανση κατοικιών και γενικά χώρων, όπου ζούμε και εργαζόμαστε. Η δυνατότητα αυτή έχει εξαιρετικό ενδιαφέρον, γιατί εξοικονομείται έτσι σημαντική ποσότητα καυσίμου για την θέρμανση κατοικημένων χώρων προς όφελος της οικονομίας, αλλά και του περιβάλλοντος, αφού όπως ξέρουμε η χρήση του οποιουδήποτε καυσίμου οδηγεί αναπόφευκτα και σε ατμοσφαιρική ρύπανση. Πολλές χώρες ανάμεσά τους οι Σκανδιναβικές, ο Καναδάς και οι Ηνωμένες Πολιτείες αξιοποιούν τη δυνατότητα αυτή για θέρμανση τον χειμώνα. Βέβαια, στη διάρκεια του καλοκαιριού θα πρέπει να φροντίσει

κανείς για την επαναφόρτιση του ταμιευτήρα αυτού θερμότητας, δηλαδή του υπεδάφους, ώστε κατά την επόμενη θερμαντική περίοδο να ξεκινήσει η θέρμανση από το ίδιο θερμοκρασιακό επίπεδο. Η επαναφόρτιση αυτή γίνεται σχετικά εύκολα. Στην εύκρατο ζώνη η αξιοποίηση της αβαθούς γεωθερμίας έχει ακόμη μεγαλύτερη σημασία, διότι παρέχει τη δυνατότητα θέρμανσης τον χειμώνα και ψύξης το καλοκαίρι. Εφαρμογές, λοιπόν, στην ελληνική επικράτεια παρουσιάζουν το πλεονέκτημα αξιοποίησής της σε όλη τη διάρκεια του έτους, και επειδή περίπου όση ενέργεια καταναλώνεται στην περίοδο της θέρμανσης αποδίδεται κατά την περίοδο της ψύξης, δεν υπάρχει ανάγκη αποκατάστασης ισορροπίας του αβαθούς γεωθερμικού πεδίου. Για έναν παραπάνω λόγο λοιπόν, προσφέρεται η αξιοποίηση της αβαθούς γεωθερμίας στην χώρα μας σε σχέση με τις βόρειες χώρες που έχουν σήμερα ήδη σχετική πρωτοπορία.

Η πηγή αυτή ενέργειας έχει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Είναι καθαρή και φιλική προς το περιβάλλον
- Είναι διαθέσιμη σε οποιοδήποτε σημείο
- Μπορεί να προσφέρει θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης

2.3 Αιολική Ενέργεια

Η αιολική ενέργεια δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία, γιατί η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μια περιοχή στην άλλη, δημιουργώντας έτσι τους ανέμους. Είναι μια ήπια μορφή ενέργειας, φιλική προς το περιβάλλον, πρακτικά ανεξάντλητη, γι' αυτό και είναι ανανεώσιμη. Αν υπήρχε η δυνατότητα, με την σημερινή τεχνολογία, να καταστεί εκμεταλλεύσιμο το συνολικό αιολικό δυναμικό της γης, εκτιμάται ότι η παραγόμενη σε ένα χρόνο ηλεκτρική ενέργεια θα ήταν υπερδιπλάσια από τις ανάγκες της ανθρωπότητας στο ίδιο διάστημα. Υπολογίζεται ότι στο 25% της επιφάνειας της γης επικρατούν άνεμοι μέσης ετήσιας ταχύτητας πάνω από 5,1m/sec, σε ύψος 10m πάνω από το έδαφος. Όταν οι άνεμοι πνέουν με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτή την τιμή, τότε το αιολικό δυναμικό του τόπου θεωρείται εκμεταλλεύσιμο και οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις μπορούν να καταστούν οικονομικά βιώσιμες, σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα. Άλλωστε το κόστος κατασκευής των ανεμογεννητριών έχει μειωθεί σημαντικά και μπορεί να θεωρηθεί ότι η αιολική ενέργεια διανύει την πρώτη περίοδο ωριμότητας, καθώς είναι πλέον ανταγωνιστική των συμβατικών μορφών ενέργειας. Η χώρα μας διαθέτει εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό και η αιολική ενέργεια μπορεί αν γίνει σημαντικός μοχλός ανάπτυξής της.

2.4 Στερεά καύσιμα

Στα στερεά καύσιμα περιλαμβάνονται όλα τα συμβατικά καύσιμα που βρίσκονται σε στερεή κατάσταση. Τέτοια είναι κυρίως οι ορυκτοί άνθρακες ή γαιάνθρακες που αποτελούν φυσικά (πρωτογενή) προϊόντα και βρίσκουν τεράστια βιομηχανική εφαρμογή, το κώκ και οι ξυλάνθρακες, που αποτελούν τεχνητά (δευτερογενή) προϊόντα, και το ξύλο. Οι γαιάνθρακες αποτέλεσαν την κινητήρια δύναμη για τη βιομηχανική επανάσταση. Οι πρώτες ατμομηχανές λειτουργούσαν με καύση γαιάνθρακα. Οι γαιάνθρακες προήλθαν από την ενανθράκωση, δηλαδή τον εμπλουτισμό σε άνθρακα, συσσωρευμένης φυτικής ύλης υπό κατάλληλες συνθήκες. Από την Ανθρακοφόρο Περίοδο του Παλαιοζωικού αιώνα (300 εκατ. χρόνια πριν) και την Τεταρτογενή Περίοδο (20.000 χρόνια πριν) οι κλιματολογικές συνθήκες επέτρεψαν την ανάπτυξη πλούσιας βλάστησης η οποία σκεπάστηκε αρχικά από νερό και στη συνέχεια από γαιώδη υλικά και μετασχηματίστηκε σταδιακά στις διάφορες μορφές τους. Η ενανθράκωση είναι ένα σύνθετο φαινόμενο που πραγματοποιήθηκε σε δύο φάσεις με ασαφή μεταξύ τους χρονικά όρια.

Κατά την πρώτη (Βιοχημική φάση) η φυτική ύλη υπέστη μερική αποσύνθεση, δηλαδή διάσπαση σε απλούστερα μόρια και στη συνέχεια μετασχηματισμό σε πολυμερή μόρια με τη βοήθεια αναερόβιων μικροοργανισμών που δρούσαν κάτω από την επιφάνεια του νερού. Σε αυτή τη φάση σχηματίστηκαν η τύρφη και ίσως ο λιγνίτης, μορφές που αποτελούν τις φτωχότερες κατηγορίες ορυκτών ανθράκων με τη χαμηλότερη θερμογόνο δύναμη.

Κατά τη δεύτερη (Δυναμοχημική φάση) η φυτική ύλη καταπλακώθηκε από γαιώδη υλικά με αποτέλεσμα τη διακοπή των βιοχημικών δράσεων και την πρόοδο της ενανθράκωσης με τη δράση γεωλογικών παραγόντων, όπως η πίεση και η θερμοκρασία. Σε αυτή τη φάση η τυρφοποιημένη ύλη συμπυκνώθηκε με απομάκρυνση υγρασίας και πτητικών και μεταμορφώθηκε σταδιακά, με πολύ αργό ρυθμό, σε υποπισσούχο άνθρακα, πισσούχο άνθρακα και ανθρακίτη. Οι μορφές αυτές, που αποτελούν και τις ευγενέστερες κατηγορίες γαιανθράκων, παρουσιάζουν υψηλότερη θερμογόνο δύναμη.

2.5 Υγρά καύσιμα

Το φυσικό πετρέλαιο ή αργό πετρέλαιο (crude-oil) είναι το ορυκτό διάλυμα οργανικών ενώσεων που εξέρχεται από τη γη σε υγρή μορφή και αποτελείται από μείγμα υδρογονανθράκων, νερού και ενώσεων θείου, αζώτου και φωσφόρου.

Τα πετρέλαια σχηματίσθηκαν από φυτικές και ζωικές πρώτες ύλες (κυρίως πλαγκτόν) υπό την επίδραση μέτρια υψηλής θερμοκρασίας (100°C - 250°C) και πολύ υψηλής πίεσης. Πρόκειται για την υγρή μορφή ορυκτών υδρογονανθράκων γνωστή ως αργό πετρέλαιο.

Ιδιαίτερα ευνοϊκά γεωλογικά περιβάλλοντα, στα οποία τέτοιες συνθήκες και διεργασίες είναι δυνατές, είναι τα αργιλικά. Επίσης κατάλληλες για γένεση πετρελαίου θεωρούνται οι περιοχές που χαρακτηρίζονται από παχιές εναποθέσεις ιζημάτων και γρήγορη βύθιση σε κατάλληλο περιβάλλον.

Από πλευράς χαρακτηριστικών το πετρέλαιο είναι καστανόχρωμο, παχύρρευστο ή ελαιώδες υγρό, με χαρακτηριστική οσμή, ειδικού βάρους (0,79 - 0,94 Kg/m³) και αδιάλυτο στο νερό. Είναι εύφλεκτο με μεγάλη θερμότητα καύσης, η οποία ποικίλλει από 10000 έως 11000 Kcal/Kg, γεγονός που το κάνει ακόμα και σήμερα πολύ περιζήτητο ως καύσιμη ύλη.

2.5.1 Κατηγορίες φυσικών πετρελαίων

Τα φυσικά πετρέλαια διαφέρουν ως προς τη σύσταση, όχι μόνο από τόπο σε τόπο, αλλά και σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία. Είναι δυνατόν πετρέλαιο που προέρχεται από πετρελαιοπηγή δεδομένου βάθους να έχει διαφορετική σύσταση από πετρέλαιο που προέρχεται από την ίδια πηγή αλλά από μικρότερο βάθος. Στο σημείο αυτό αναφέρονται τρεις κατηγορίες με κριτήριο διάκρισης την περιεκτικότητα σε δύο ουσίες: παραφίνη και άσφαλτο.

A) Πετρέλαια παραφινούχου βάσης: χαρακτηρίζονται από μικρό ειδικό βάρος και περιέχουν κυρίως κορεσμένους υδρογονάνθρακες κρυσταλλικής υφής με μεγάλο μοριακό βάρος.

B) Πετρέλαια ασφαλτούχου βάσης (ναφθениκής βάσης): χαρακτηρίζονται από μεγάλο ειδικό βάρος, περιέχουν άσφαλτο, δηλαδή κρυσταλλικές

Γ) Πετρέλαια μικτής βάσης: χαρακτηρίζονται από ενδιάμεσες ιδιότητες, περιέχουν άσφαλτο και παραφίνη.

2.6 Φυσικό αέριο

Το φυσικό αέριο είναι ένα φυσικό προϊόν το οποίο βρίσκεται σε υπόγεια κοιτάσματα της γης και μπορεί να συνυπάρχει με κοιτάσματα πετρελαίου ή να συναντάται μόνο του. Προέρχεται από αναερόβια αποσύνθεση οργανικής ύλης και αποτελεί μίγμα υδρογονανθράκων σε αέρια μορφή. Το κύριο συστατικό του είναι το μεθάνιο (CH_4) σε ποσοστό άνω του 85%, ενώ τα υπόλοιπα συστατικά του είναι το αιθάνιο, το προπάνιο, το κανονικό και το ίσο – βουτάνιο, το κανονικό και το ίσο – πεντάνιο, το εξάνιο, το υδρογόνο, το διοξείδιο του άνθρακα, το οξυγόνο και ίχνη υδρογόνου.

Το φυσικό αέριο είναι άοσμο και άχρωμο, ενώ η πυκνότητά του είναι μικρότερη από του αέρα. Επειδή όμως το φυσικό αέριο είναι ορυκτό καύσιμο η διαθεσιμότητά του είναι περιορισμένη και εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα των κοιτασμάτων. Κατά την καύση του το φυσικό αέριο προκαλεί χαμηλότερη εκπομπή ρύπων σε σύγκριση με τα υπόλοιπα ορυκτά καύσιμα, λόγω της σύστασής του και την απουσία του μονοξειδίου του άνθρακα το οποίο το καθιστά μη – τοξικό. Η τιμή της Ανωτέρας Θερμογόνου Δύναμης (ΑΘΔ) του φυσικού αερίου δεν είναι σταθερή και ποικίλει ανάλογα με τη σύστασή του. Η μέση τιμή της ΑΘΔ είναι περίπου 11,5 kWh / Nm³, ενώ η μέση τιμή της Κατωτέρας Θερμογόνου Δύναμης (ΚΘΔ) είναι 10,4 kWh / Nm³, δηλαδή είναι μικρότερη κατά 10% περίπου από την ΑΘΔ. Το φυσικό αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη βιομηχανία, στην παραγωγή ηλεκτρισμού, και ως οικιακό καύσιμο. Η οικιακή χρήση αφορά κυρίως στην κεντρική ή την ατομική θέρμανση, στο ζεστό νερό, το μαγείρεμα και τον κλιματισμό.

3. Παράδειγμα εφαρμογής: Πρωιμότητα Σπαραγγιών

3.1 Οι απαιτήσεις

Το σπαράγγι ως καλλιέργεια ξεκίνησε στη χώρα μας το 1961, εντούτοις συγκεντρώνει το ενδιαφέρον των καλλιεργητών από τη δεκαετία του '80. Αποτελεί δυναμική καλλιέργεια, ο κύριος όγκος παραγωγής (περίπου το 95%) βρίσκεται στη Μακεδονία και τη Θράκη και αφορά μόνο το λευκό σπαράγγι. Σύμφωνα με στοιχεία του υπουργείου Γεωργίας, το 2008 η καλλιεργούμενη έκταση έφτασε τα 42.420 στρέμματα και η παραγωγή τους 18.328 τόνους. Το σύνολο σχεδόν της παραγωγής εξάγεται στις ευρωπαϊκές αγορές (92%), με κυριότερη τη γερμανική, όπου το ελληνικό σπαράγγι αντιπροσωπεύει το 52% της συνολικής εισαγομένης ποσότητας στη χώρα αυτή. Η συνολική αξία των εξαγόμενων ποσοτήτων ανήλθε στα 49,4 εκατ. ευρώ.

Η καλλιέργεια του σπαραγγιού είναι πολυετής (10 χρόνια) και η συγκομιδή ξεκινά μετά το δεύτερο χρόνο. Το μέγιστο της απόδοσης είναι μεταξύ του τρίτου και του έβδομου χρόνου και φθάνει περίπου τα 800 κιλά ανά στρέμμα. Για να καλλιεργηθεί 1 στρέμμα απαιτούνται περί τα 1.800-2.000 ριζώματα. Το κόστος για κάθε ριζώμα είναι 48-50 λεπτά, άρα το αρχικό κόστος φθάνει τα 1.000 ευρώ, ενώ όπως προείπαμε δεν υπάρχει απόδοση για τα δύο πρώτα χρόνια.

Η βλαστική ικανότητα του φυτού έχει να κάνει αποκλειστικά και μόνο με τη θερμοκρασία του εδάφους, η οποία με τη σειρά της επηρεάζεται άμεσα από την θερμοκρασία του αέρα. Η ημερήσια παραγωγική ικανότητα της φυτείας βελτιστοποιείται σε θερμοκρασίες εδάφους της τάξης των 20-30°C.

Η μέγιστη σωρευτική παραγωγική ικανότητα μιας φυτείας σπαραγγιού (έως 60% της συνολικής παραγωγής) τοποθετείται μεταξύ της 4^{ης} και 8^{ης} εβδομάδας από την έναρξη της βλαστικής περιόδου. Η περίοδος για τις θερμαινόμενες φυτείες μεταφέρεται μεταξύ 20/2 και 20/3. Το τελευταίο έχει και άμεση αντανάκλαση στις καθαρές τιμές κλεισίματος που απολαμβάνει ο παραγωγός και οι οποίες ποικίλουν από 11 έως 12 ευρώ/κιλό, εξαπλάσιες τουλάχιστον από τις αντίστοιχες των συμβατικών παραγωγών (1.80-2.20 ευρώ/κιλό).

Η ενεργειακή φροντίδα είναι απαραίτητη από τις 15 Δεκεμβρίου ως 15 Μάρτιου, όποτε αρχίζουν να βγαίνουν τα σπαράγγια πάνω από το χώμα της τούμπας και πιέζουν το πλαστικό κάλυμμα.

Τους τρεις χειμερινούς μήνες η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας στην πεδινή περιοχή της Μακεδονίας ,ως μέση τιμή φτάνει τούς +5°C. Ως ελάχιστη τιμή τους -8°C, ο δε ολικός παγετός μπορεί να διαρκέσει και μια εβδομάδα. Οι συνθήκες αυτές δεν ευνοούν την γρήγορη ωρίμανση των σπαραγγιών παρά την κάλυψη και παγίδευση ηλιακής ενεργείας λόγο των χαμηλών θερμοκρασιών. Τα σπαράγγια ωριμάζουν την άνοιξη , όπου τόσο στην διάρκεια της ημέρας ,όσο και της νύχτας η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας είναι σημαντικά βελτιωμένη, επιτρέποντας την συγκομιδή.

Την περίοδο όμως αυτή οι ευρωπαϊκές αγορές δέχονται μεγάλες ποσότητες προς διάθεση με αποτέλεσμα τις τιμές που αναφέρονται παραπάνω. Το γεγονός της συσσώρευσης προσφοράς σπαραγγιών στην συγκεκριμένη χρονική στιγμή εντόπισαν παραγωγικές μονάδες στην Ολλανδία, οι , οι οποίες με την βοήθεια θερμαινόμενων θερμοκηπίων στην διάρκεια του χειμώνα επέτυχαν παράγωγη και συγκομιδή πολύ νωρίτερα. Η συγκομιδή αυτή έγινε δυο έως τρεις μήνες νωρίτερα της συνήθους περιόδου στην Μακεδονία ,όπου η μονή ενεργειακή βοήθεια είναι η κάλυψη με πλαστικές ταινίες.)

Παρατηρούμε λοιπόν πως η πρωιμότητα απαιτεί ,εκτός από εγκαταστάσεις , επίσης κατανάλωση ενεργείας και προκαλεί αύξηση του κόστους παράγωγης. Είναι όμως πολύ ενδιαφέρουσα ,διότι τα πρώιμα σπαράγγια επιτυγχάνουν τιμές στις αγορές κατά περίπου 6 φορές μεγαλύτερες των συνηθών.

Στόχος λοιπόν είναι η επίτευξη πρωιμότητας της παράγωγης μας , έτσι ώστε το προϊόν μας να βγει στις αγορές ,κυρίως του εξωτερικού , αναμένοντας πολύ υψηλότερες τιμές πωλήσεων σε σχέση με τα συμβατικά. Το κλίμα της χώρας μας ευνοεί την γρήγορη ωρίμανση των σπαραγγιών, πόσο περισσότερο αν υποβοηθήσουμε την παράγωγη μας με τον βέλτιστο τεχνολογικό τρόπο.



Εικόνα 6

3.2.1 Επιλογή κατάλληλης διαμόρφωσης του αγρού

Η περιοχή στην οποία θα γίνει η καλλιέργεια αυτή είναι η περιοχή των Σερρών. Η φυτεία μας θα έχει έκταση 40 στρέμματα στην οποία θα καλλιεργήσουμε σπαραγγία. Η καλλιέργεια των σπαραγγιών αρχίζει με την φύτευση ριζιδίων μεγέθους καρυδιού σε βάθος 0.30m σε σειρές. Η απόσταση των φυτών της ίδιας σειράς είναι 0.30 m επίσης ενώ οι σειρές απέχουν μεταξύ τους 2.20 m. Όταν ωριμάσει το φυτό και μετά την συγκομιδή των σπαραγγιών, δηλαδή τον Ιούνιο σαρώνετε /επιπεδώνεται ο αγρός προκειμένου να μεγαλώσει το φυτό ως θάμνος στην διάρκεια του καλοκαιριού, όπου ποτίζετε λιπαίνεται και ραντίζετε μέχρι τον Νοέμβριο. Τον μήνα αυτόν κουρεύεται πάλι ο αγρός και δημιουργούνται τα λεγόμενα «σαμάρια», δηλαδή ημικυκλικά αναχώματα βάσης περίπου 1m κατά μήκος των σειρών πάνω από τις ρίζες των φυτών. Τα σαμάρια σκεπάζονται με λευκά ή έγχρωμα πλαστικά φύλλα πακτωμένα από την μια πλευρά τους στην μια από τις βάσεις του σαμαριού. Από την άλλη πλευρά η στήριξη είναι πρόχειρη ώστε να μπορεί να ξεσκεπάζεται. Με τα πλαστικά καλύμματα παγιδευεται μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας, αυξάνετε η θερμοκρασία του χώματος του σαμαριού και βελτιώνεται η παράγωγη σπαραγγιών στα επίπεδα που αναφέραμε και παραπάνω.

Η παράγωγη θα υποβοηθηθεί με την παροχή ζεστού νερού κάτω από τα σαμάρια την περίοδο που η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας και επομένως του χώματος του αγρού κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα. Επιλέγεται η τοποθέτηση σωλήνων για την προσαγωγή και απαγωγή του νερού κατά μήκος των σειρών στο επίπεδο -0.30 m (0.30 m από την επιφάνεια του εδάφους) δεξιά και αριστερά της ρίζας των φυτών και σε απόσταση από την ρίζα 0.20 m μεταξύ τους δε 0.40 m. Οι σωλήνες θα διαθέτουν διάμετρο 0.04 m και θα είναι κατασκευασμένες από πολυαιθυλαίνιο.

3.2.2 Ενεργειακά δεδομένα εγκατάστασης

Γεώτρηση παράγωγης

Μέγιστο βάθος διάτρησης : 100m

Περιφράγματος σωλήνας 0-10m (15")

Σωλήνωση παράγωγης : 0-42m (8") , 42-100 (6")

Γεώτρηση Επαναεισαγωγής

Η γεώτρηση επαναεισαγωγής θα κατασκευαστεί εντός του ίδιου αγροτεμαχίου σε απόσταση 250 m από την γεώτρηση παραγωγής, ικανή για να εξασφαλίσει τη θερμοκρασιακή σταθερότητα του ψυχρού υδροφορέα στο επίπεδο της γεώτρησης παραγωγής. Οι προδιαγραφές θα είναι ίδιες με αυτές της γεώτρησης παραγωγής.

3.3 Χρήση του ζεστού νερού

Όπως είπαμε και προηγουμένως, το ζεστό νερό θα αποτελέσει τον καθοριστικό παράγοντα που θα συμβάλει στην πρωίμανση της παράγωγης. Θα αυξήσει την θερμοκρασία του εδάφους κοντά στην ρίζα του φυτού και κάτω από τα σαμάρια, την περίοδο που η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας και επομένως του χώματος του αγρού κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα.. Το νερό αυτό θα πρέπει να εισαχθεί στο δίκτυο των σωληνώσεων μας σε θερμοκρασία $T=15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Εξετάζονται τρία δυνατά σενάρια για την τροφοδοσία του δικτύου των σωληνώσεων με νερό κατάλληλης θερμοκρασίας:

1. Τοποθέτηση λέβητας πετρελαίου, δεξαμενής κυκλοφορητή. Η θερμοκρασία που επιτυγχάνεται από το εν λόγω ενεργειακό σύστημα μπορεί να φτάσει τους $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ Για να χρησιμοποιηθεί στο δίκτυο πρέπει να μειωθεί στους $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ το πολύ η ακόμη χαμηλότερα.
2. Τοποθέτηση γεωεναλλάκτη και κυκλοφορητή. Κατά το σενάριο αυτό κατασκευάζονται για κάθε στρέμμα μια γεώτρηση τυφλή σε βάθος 100 m και ποντίζεται ζεύγος σωλήνων για την κυκλοφορία του νερού. Η ισχύς για τα $15\text{-}20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ανέρχεται σε 10 KW_e για κάθε γεώτρηση και στρέμμα.
3. Κατασκευή δύο γεωτρήσεων για αξιοποίηση των γεωθερμικών ρευστών της περιοχής. Οι δύο αυτές γεωτρήσεις θα γίνουν σε βάθος 700 m. Αναμένετε παροχή περίπου $60\text{ m}^3/\text{h}$ από την μια γεώτρηση. Το νερό θερμοκρασίας περίπου $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ψύχετε στους $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ενδεχομένως και με ανακυκλοφορία) και διοχετεύεται από την δεύτερη γεώτρηση πάλι στον γεωθερμικό φορέα. Εδώ απαιτείται αντλία άντλησης και κυκλοφορίας του γεωθερμικού ρευστού. Η εκτιμώμενη απορρόφηση θερμικής ισχύς ανέρχεται σε 1500KW από το ζεύγος των γεωτρήσεων και είναι αρκετή για να τροφοδοτήσει περίπου 100 στρέμματα αγρού.

Εκτιμάται, ότι η χρήση νερού 20 °C με οποιοδήποτε από τα τρία αναφερόμενα σενάρια στην περίοδο από 15 Δεκεμβρίου ως 31 Μαρτίου είναι δυνατόν να επιτύχει έναρξη συγκομιδής τον Ιανουάριο και τέλος συγκομιδής στο τέλος Μαΐου.

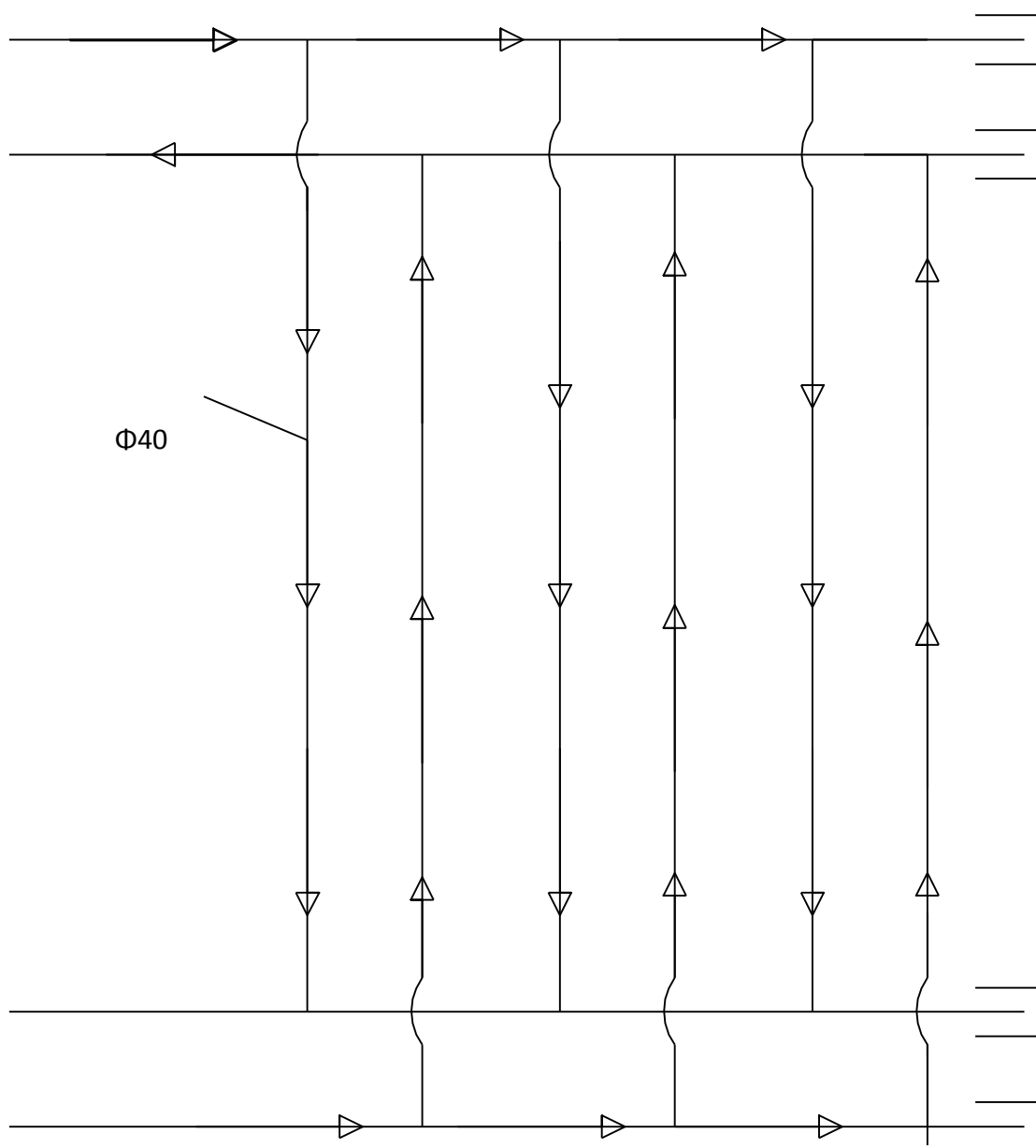
3.4 Επιλογή της γεωθερμίας ως πρωτογενή πηγή ενέργειας

Είναι αναμφισβήτητο γεγονός ότι η παγκόσμια ζήτηση πετρελαίου θα συνεχίσει να αυξάνει και στην επόμενη εικοσαετία, ενώ μάλλον παροδική φαίνεται η τωρινή κάμψη των τιμών του πετρελαίου ύστερα από τις τιμές-ρεκόρ του περασμένου καλοκαιριού. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, το ενεργειακό κόστος μπορεί να υπερκεράσει σε σπουδαιότητα το εργασιακό κόστος στις σύγχρονες αγροτικές επιχειρήσεις, με άμεσο αντίκτυπο στην οικονομικότητα και τη βιωσιμότητα αυτών των μονάδων. Ο αγροτικός κλάδος από την φύση του είναι ενεργοβόρος και στον τομέα αυτό σημαντικό ρόλο μπορούν να παίξουν οι ανανεώσιμες πηγές. Ιδιαίτερα στην Μακεδονία και την Θράκη, η γεωθερμική ενέργεια παρουσιάζει πρόσθετα πλεονεκτήματα που έχουν σχέση με τις εύφορες πεδιάδες και τις παράκτιες ζώνες όπου και εντοπίζεται η ενεργειακή αυτή πηγή. «Δυστυχώς, μέχρι σήμερα οι εφαρμογές και η αξιοποίησή της γεωθερμικής ενέργειας είναι μικρή και τη μεγαλύτερη ίσως ευθύνη σε αυτό φέρει η πολιτεία.

Για την συγκεκριμένη εφαρμογή επιλέγεται η γεωθερμία ως πρωτογενής πηγή θερμότητας. Αποτελεί μία οικονομική και παράλληλα οικολογική επιλογή. Θα χρησιμοποιηθούν δυο γεωτρήσεις σε βάθος 700 μ για την αξιοποίηση των γεωθερμικών ρευστών της περιοχής. (Σενάριο 3). Επίσης θα χρησιμοποιηθούν αντλίες θερμότητας (ΓΑΘ) έτσι ώστε να μπορούμε να θερμάνουμε ή να ψύξουμε το νερό άντλησης στην επιθυμητή θερμοκρασία. Σε αυτή την περίπτωση βέβαια για να λειτουργήσει το όλο σύστημα απαιτείται και η μερική χρήση ηλεκτρισμού (για το συμπιεστή στην ΓΑΘ και την άντληση του νερού). Δηλαδή, για κάθε ηλεκτρική κιλοβατώρα που χρησιμοποιούμε μπορούμε να πάρουμε 4-5 θερμικές κιλοβατώρες. Λόγω του ειδικού τιμολογίου της ηλεκτρικής ενέργειας για τις αγροτικές επιχειρήσεις, η όλη διαδικασία είναι ιδιαίτερα συμφέρουσα με τις σημερινές τιμές πετρελαίου και ηλεκτρισμού.

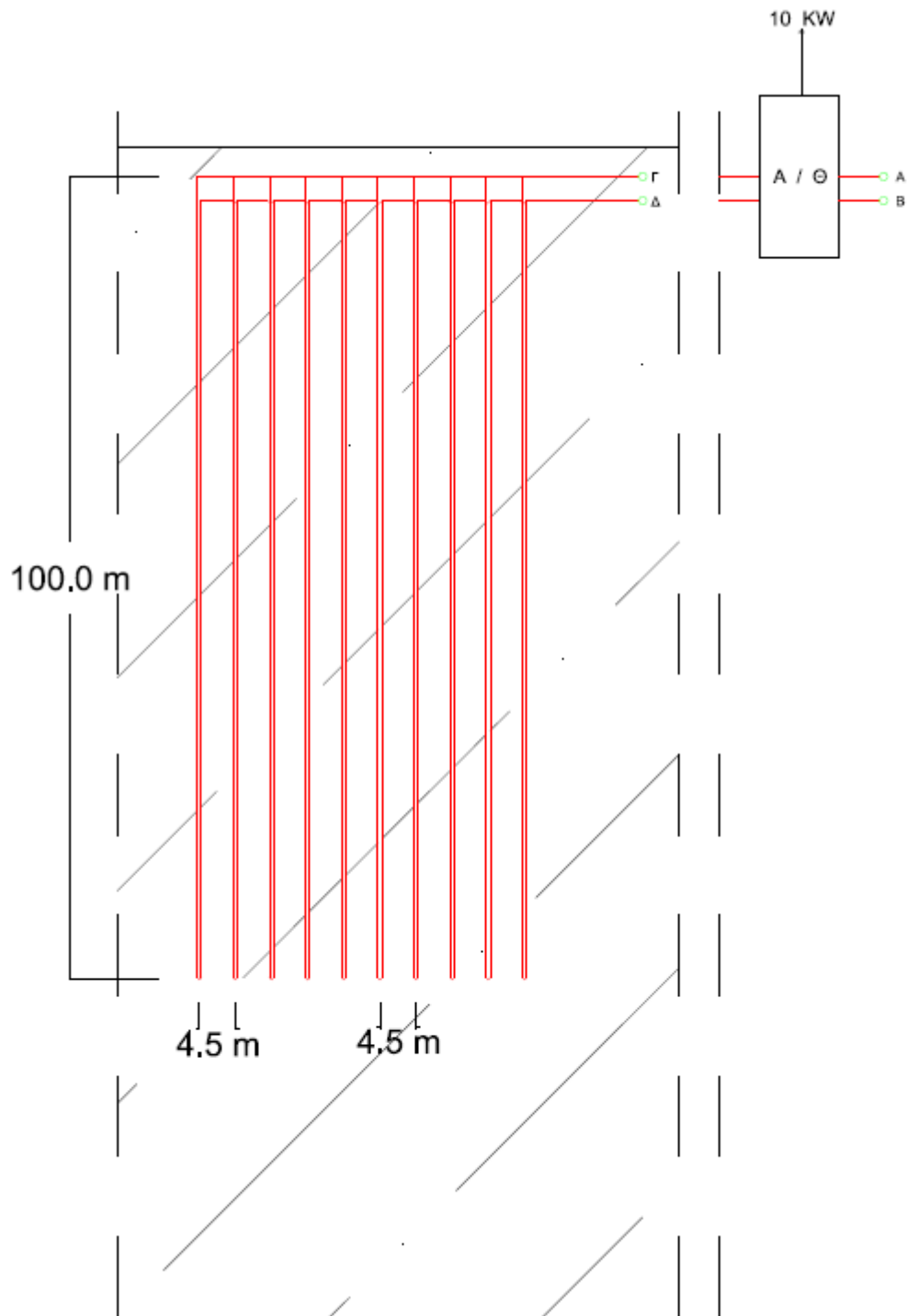
3.5 Σχεδίαση της μονάδας

Στο σχήμα 1 φαίνεται η κάτοψη του αγρού και ο τρόπος που διαμορφώνεται το δίκτυο των σωλήνων κάτω από το έδαφος



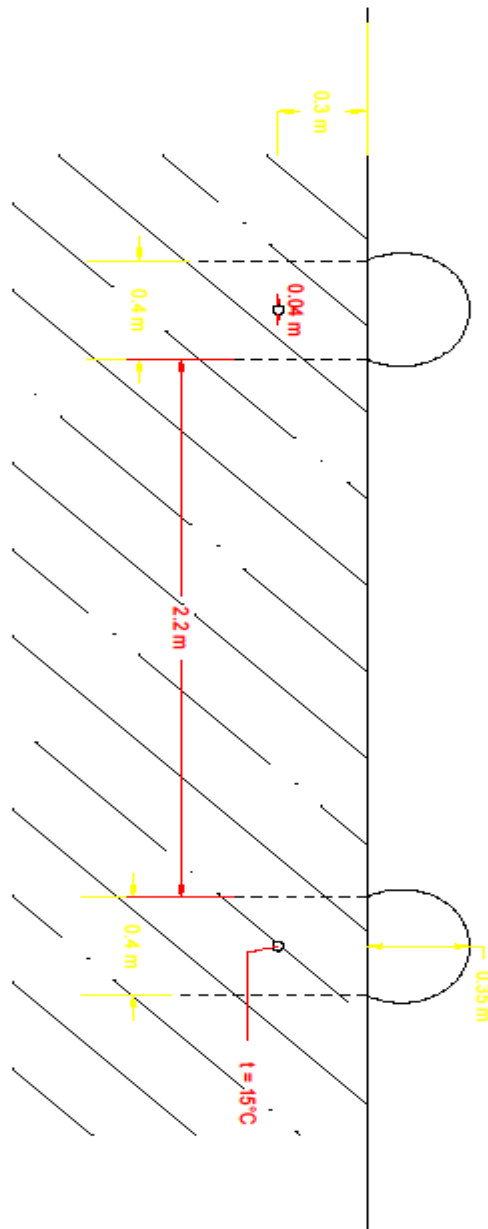
Σχήμα 1

Στο σχήμα 2 παρουσιάζεται η διαμόρφωση των γεωτρήσεων εντός εδάφους και η Αντλία Θερμότητας η οποία μεταφέρει το νερό στην απαιτούμενη θερμοκρασία , στο δίκτυο μας.



Σχήμα 2

3.6 Θερμοτεχνικός υπολογισμός της απαιτούμενης ενέργειας διατήρησης του εδάφους πλησίον της ρίζας των φυτών στην επιθυμητή θερμοκρασία, ανεξαρτήτως των περιβαλλοντικών θερμοκρασιών.



Σχήμα 3

Η ενεργειακή αντιμετώπιση του προβλήματος διατήρησης της θερμοκρασίας της ρίζας των φυτών σε σταθερή, επιλέξιμη τιμή, ρυθμιζόμενη σε συνάρτηση με τον χρόνο, δεν έχει προηγηθεί της παρούσης εργασίας και κατά συνέπεια δεν υπάρχουν ιστορικά στοιχεία που θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν. Αντιθέτως υπάρχουν πληροφορίες από τις αγορές που οδηγούν τους παραγωγούς κυρίως :

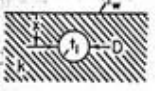
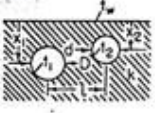

- Στην γεωμετρική διευθέτηση και φύτευση στον αγρό.
- Στην κάλυψη των φυτών με πλαστικό φόνι προς βελτίωση της θερμοκρασίας εδάφους.
- Στην αναζήτηση πρωιμότητας παραγωγής, προκειμένου να αξιοποιηθούν δυνατότητες επίτευξης υψηλών τιμών πώλησης

Είναι λοιπόν φανερό, ότι το θερμοκηπιακό πεδίο του εδάφους πλησίον των ριζών, μέχρι την επιφάνεια, πρέπει να αποτελεί τον πιο πρόσφορο δείκτη, ώστε να επιτραπεί μια πλήρης παραμετρική ανάλυση, ως απαίτηση στον θερμοτεχνικό υπολογισμό. Εντούτοις δεν αρκεί μόνο μία απεικόνιση της υπάρχουσας θερμοκρασιακής κατάστασης σε δύο ή τρεις διαστάσεις. Πολύ περισσότερο απαιτείται η δημιουργία θερμοκρασιακών διαφοροποιήσεων μέσω πρόσθετης θερμικής ενέργειας σε κατάλληλες θέσεις.

Το σχήμα 4 (Από Μελέτη του ΕΕΘ/ΑΠΘ, με την άδεια του καθ. Κ.Πάττα) απεικονίζει το δισδιάστατο θερμοκρασιακό πεδίο σε κατακόρυφη τομή του εδάφους πλησίον της ρίζας. Παρακολουθώντας τις θερμοκρασίες προς την άνω πλευρά (την επιφάνεια του εδάφους) διακρίνεται η προσαρμογή του πεδίου προς την θερμοκρασία της ατμόσφαιρας. Στο σημείο των υψηλών θερμοκρασιών διέρχονται οι σωλήνες ζεστού νερού μέσω του οποίου παρέχεται θερμική ενέργεια για την απαραίτητη αντιστάθμιση των απωλειών επιφάνειας εδάφους, αλλά και των σαφώς μικρότερων απωλειών θερμότητας προς τον υπόλοιπο ημιχώρο.

Μια απλούστερη δυνατότητα παραμετρικής ανάλυσης ελέγχου της θερμοκρασίας του εδάφους σε επιλέξιμες θέσεις παρέχεται από το σύγγραμμα Handbook of Heat Transfer υπό Rohsenow and Hartnett στο σχήμα 5.

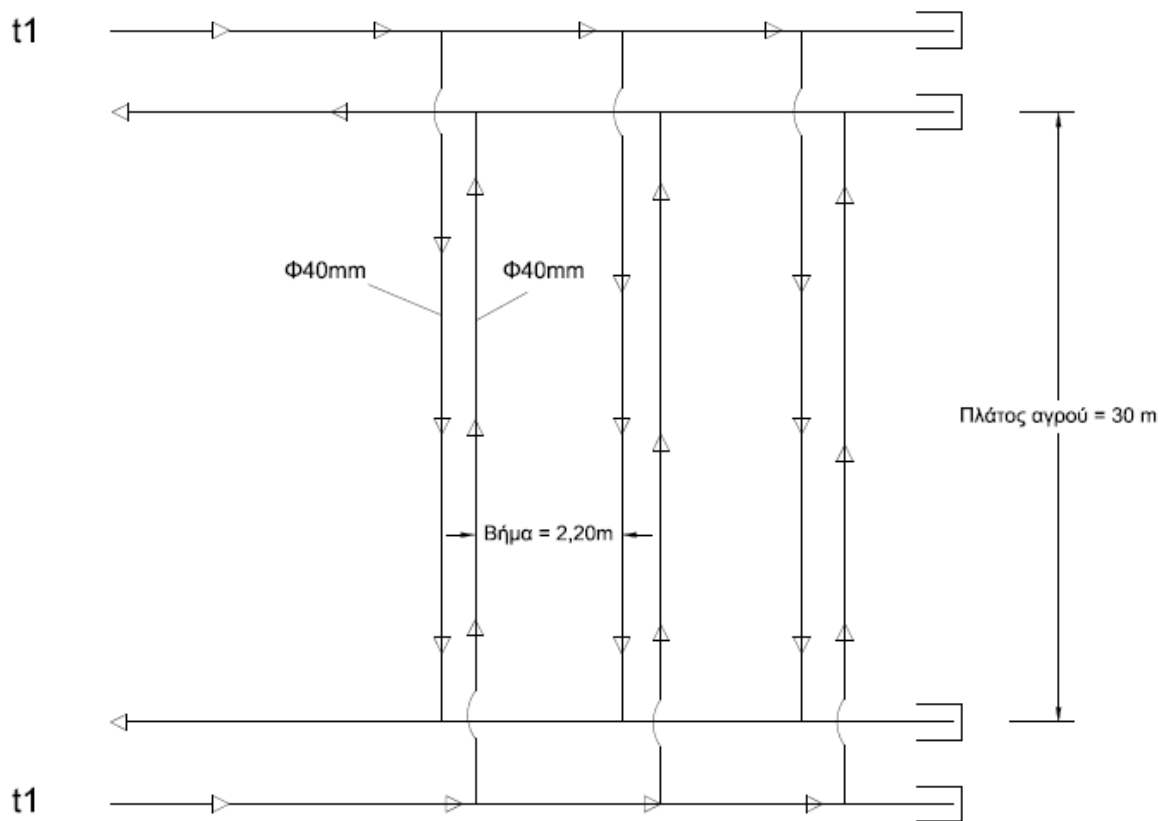
TABLE 7. Equations for Heat Loss from Buried Objects and Cavities (Continued)

Infinite circular hole in semi-infinite solid		
	$q'/k(t_s - t_w) = 2\pi / \cosh^{-1}(2x/D)$ $= 2\pi / \ln \left[2x/D + \sqrt{(2x/D)^2 - 1} \right]$ $= 2\pi / \ln(4x/D)$	$x \approx D$ $x > 2D$ $x \gg D$
Two infinite circular holes in semi-infinite solid		
	$q'/k(t_s - t_w) = 2\pi \left[\frac{\ln \left(\frac{4x_1}{D} \right) \ln \left(\frac{4x_2}{d} \right) + \left[\ln \frac{\sqrt{(x_1+x_2)^2 + L^2}}{\sqrt{(x_1-x_2)^2 + L^2}} \right]^2}{\ln \left(\frac{4x_2}{d} \right) - \left(\frac{t_2 - t_w}{t_1 - t_w} \right) \ln \frac{\sqrt{(x_1+x_2)^2 + L^2}}{\sqrt{(x_1-x_2)^2 + L^2}}} \right]$ <p>(Interchange subscripts for q_2)</p>	$D > d$ $x_1 > 2D$ $x_2 > 2d$
Row of infinite circular holes at equal depth in semi-infinite solid		
	$q'/k(t_s - t_w) = 2\pi / \ln \left[(2L/\pi D) \sinh(2\pi x/L) \right]$ <p>(Any one hole)</p>	$x > D$

Σχήμα 5

Βέβαια με εξασφάλιση εργασίας στην περιοχή ισχύος της διδόμενης προσέγγισης, πρέπει επίσης να επισημανθεί ότι υπάρχει απαίτηση σταθερής θερμοκρασίας στην εξωτερική επιφάνεια των σωλήνων, πράγμα που δεν τηρείται, αφού η ενεργειακή παροχή κατά μήκος του σωλήνα ή σωλήνων εντός του εδάφους οφείλεται στην διαρκώς μειούμενη θερμοκρασία του νερού κατάντη της ροής του νερού. Το εν λόγω πρόβλημα αίρεται με

χρήση δικτύου αγωγών μορφής A ή B ή C , με την υπόθεση γραμμικής πτώσης της θερμοκρασίας του νερού κατά μήκος του αγωγού εντός του οποίου ρέει. Ειδικώς για την μορφή C και την όμοια της C' μπορεί να θεωρηθεί ότι στο ζεύγος των σωλήνων $\Phi 40$ mm επικρατεί σταθερή θερμοκρασία t_1 σε όλο το μήκος των 30m, που αντιστοιχεί στο πλάτος αγρού τετραγωνικής γεωμετρίας ενός στρέμματος. Όπως φαίνεται στο σχήμα 6 απαιτούνται 13 σειρές διπλών σωλήνων $\Phi 40$ mm.



Σχήμα 6

Λόγω της αρχής της ενεργειακής επαλληλίας , θα πρέπει στην θέση της διαμέτρου να θεωρηθεί ζεύγος ως ένας σωλήνας με : $D= d_1$

Όπως φαίνεται η πρώτη περίπτωση Σχήμα 1 , αντιστοιχεί στο δίκτυο όπως στο σχήμα 6 με 13 σειρές να αντιστοιχούν σε αγρό ενός στρέμματος.

Το παραπάνω σχήμα αποτελεί τομή του εδάφους της φυτείας και φαίνεται το πώς έχει τοποθετηθεί το δίκτυο των σωληνώσεων δίπλα στη ρίζα των φυτών. Αρχικά θα πρέπει να υπολογιστούν οι απώλειες θερμότητας μεταξύ εδάφους σωλήνα. Πρέπει να επισημανθεί πως οι απώλειες αυτές διαφοροποιούνται και επηρεάζονται όπως είναι φυσικό από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Για την περιοχή των Σερρών όπου θα δημιουργηθεί και η καλλιέργειά μας οι μέσες τιμές θερμοκρασίας 24ώρου δίνονται ως εξής :

Δεκέμβριος : 5.6 °C

Ιανουάριος : 4.0 °C

Φεβρουάριος : 6.9 °C

Μάρτιος : 9.4 °C

Απρίλιος : 14.5 °C

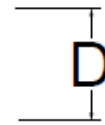
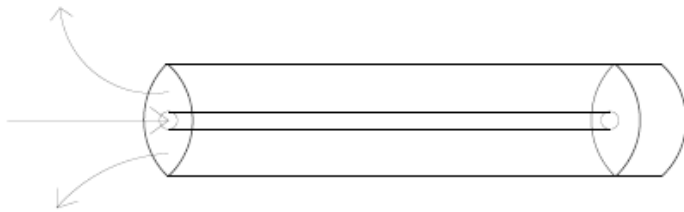
Μάιος : 19.7 °C

Υπολογίζεται για την περίπτωση ενός αγωγού (διπλού), λόγω του ότι $x \gg D$

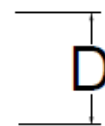
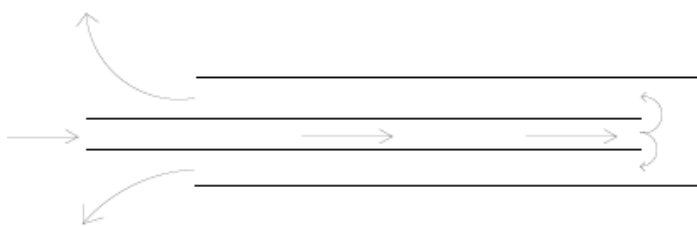
$$\bullet \quad q' = 2\pi k(t_1 - t_w) / \ln(4x/D) \quad (2)$$

όπου :

- $x=0.3\text{m}$ (κατακόρυφη απόσταση εδάφους σωλήνα)
- $k= 0.52 \text{ W/mK}$ (θερμική αγωγιμότητα εδάφους για χοντρό χώμα (VDI- Wärmeatlas)
- $D=0.04 \text{ m}$ (διάμετρος σωλήνα)
- $T_1=15, 20,25 \text{ }^\circ\text{C}$ (θερμοκρασία σωλήνα)
- $T_w=$ Μέση 24-ωρη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας του αγρού κατά τον εξεταζόμενο μήνα (IHT πρώτος τόμος)

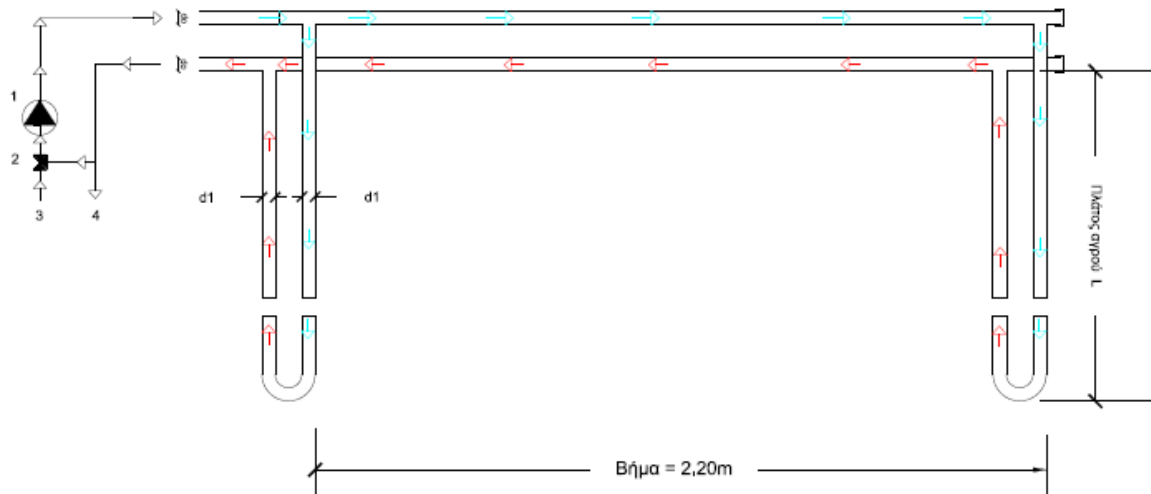


ΜΟΡΦΗ Α



ΜΟΡΦΗ Β

Σχήμα 7 , Μορφή Α, Β



Σχήμα 7 , Μορφή C

- Σημείο 1 : Αντλητικό Συγκρότημα
- Σημείο 2 : Τρίοδος αυτόματης ρύθμισης νερού ανακύκλωσης
- Σημείο 3 : Νερό από γεώτρηση τροφοδοσίας
- Σημείο 4 : Επιστροφή στην γεώτρηση επαναεισαγωγής

Με βάση τα σχήματα 3 ή 6 για μια διαδρομή 60m ή δύο διαδρομές των 30m απαιτείται ισχύς

- $2q'_{30} = C_p V' \rho \Delta\theta$

Όπου :

- $C_p = 4.2 \text{ KJ/kg } ^\circ\text{C}$ ειδική θερμοχωρητικότητα
- $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ πυκνότητα νερού
- $v' = A w$ ροή όγκου νερού
- $A = \pi d^2/4 = 0.001256 \text{ m}^2$ διατομή σωλήνων PE
- $w : \text{m/s}$ ταχύτητα ροής νερού
- $\Delta\theta = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$ αυθαίρετη θερμοκρασιακή διαφορά την οποία δεχόμαστε ως μέγιστη

Υπολογίζεται :

- $q'_{30} = 52.7w \text{ KW}_{th}$

Και για 2 διαδρομές

- $2q'_{30} = 105.5w \text{ KW}_{th}$

Εξάλλου το έδαφος απορροφά ισχύ με βάση την σχέση (2)

Οπότε η σχέση (2) διαμορφώνεται με θερμοκρασία σωλήνα $t_1 = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$ και μέση 24-ωρη θερμοκρασία για τον μήνα Δεκέμβρη με $T_w = 5.6 \text{ } ^\circ\text{C}$:

- $(2) \Rightarrow q' = 6.28 \times 0.52 \times 9.4 / 3.4 \Rightarrow q = 9,025 \text{ w}_{th}/\text{τρέχον μέτρο}$

επομένως απορροφά :

- για κάθε σειρά: $30q' = 270.75 W_{th}$ (σχέση 3)
- και για τις 13 σειρές : $13 \times 270.75 = 3520 W_{th}$ (σχέση 4)

Ένας μήνας αποτελείται από 720 ώρες ,οπότε για ολόκληρο τον μήνα απορροφάται από το έδαφος Ενέργεια :

- $E = 3.52 \times 720 = 2534 KWh_{th}$

Αντίστοιχα για τους υπόλοιπους μήνες έχω :

Ιανουάριος : $q = 10,56 w_{th}$ /τρέχον μέτρο

Φεβρουάριος : $q = 7,78 w_{th}$ /τρέχον μέτρο

Μάρτιος : $q = 4.9 w_{th}$ /τρέχον μέτρο

Υπολογίζοντας όπως παραπάνω την ισχύ που απορροφά το έδαφος για κάθε σειρά αρχικά και στην συνέχεια για τις 13 σειρές. Αντίστοιχα κάνω τους υπολογισμούς για όλους τους μήνες λαμβάνοντας για κάθε μήνα την μέση 24-ωρη θερμοκρασία του και προκύπτει

Δεκέμβριος : $E_{th1} = 3.52 \times 720 = 2534 KWh_{th}$

Ιανουάριος : $E_{th2} = 4.1 \times 720 = 2952 KWh_{th}$

Φεβρουάριος : $E_{th3} = 3 \times 720 = 2160 KWh_{th}$

Μάρτιος : $E_{th4} = 1.9 \times 720 = 1368 KWh_{th}$

Απρίλιος : $E_{th5} = 0 KWh_{th}$

Μάιος : $E_{th6} = 0 KWh_{th}$

Η αντλία θερμότητας έχει COP=5 οπότε προκύπτει :

Δεκέμβριος : $E_{e1} = E_{th1} / COP = 506.8 KWh_e$

Ιανουάριος : $E_{e2} = E_{th2} / COP = 590.4 KWh_e$

Φεβρουάριος : $E_{e3} = E_{th3}/COP = 432 \text{ KWh}_e$

Μάρτιος : $E_{e4} = E_{th4}/COP = 273.6 \text{ KWh}_e$

Η τιμή τιμολογίου για αγροτικό τιμολόγιο διαμορφώνεται στα 0.064 ευρώ/KWh_e

Οπότε το κόστος κατανάλωσης ρεύματος για κάθε μήνα διαμορφώνεται:

Δεκέμβριος : Κόστος₁=506.8 KWh_e x 0.064 ευρώ/KWh_e =32.44 ευρώ

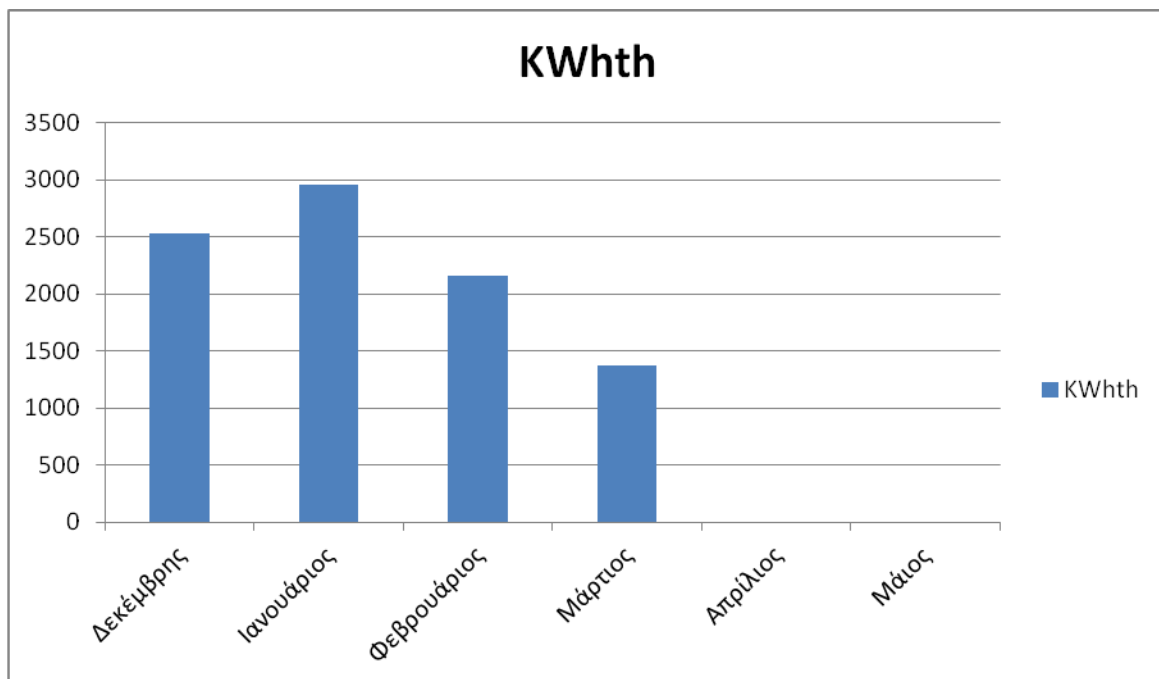
Ιανουάριος : Κόστος₂=590.4 KWh_e x 0.064 ευρώ/KWh_e = 37.79 ευρώ

Φεβρουάριος : Κόστος₃= 432 KWh_e x 0.064 ευρώ/KWh_e = 27.65 ευρώ

Μάρτιος : Κόστος₄=273.6 KWh_e x 0.064 ευρώ/KWh_e = 17.51 ευρώ

Απρίλιος : Κόστος₅= 0 ευρώ

Μάιος : Κόστος₆= 0 ευρώ



Διάγραμμα 1

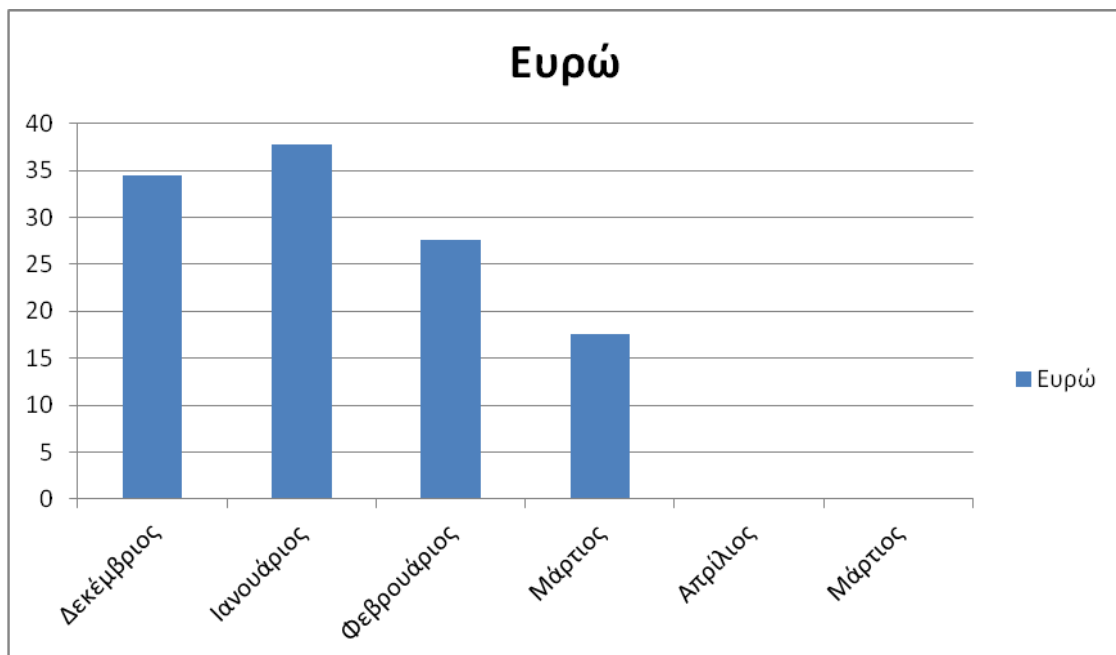
Για τους μήνες Απριλίου και Μαΐου δεν θα υπάρχει κόστος κατανάλωσης εξαιτίας του γεγονότος πως για αυτούς τους μήνες η μέση θερμοκρασία του αέρα είναι μεγαλύτερη των 14.5 °C θερμοκρασία που καλύπτει της ανάγκες της καλλιέργειας για πρωίμανση της παραγωγής.

Επομένως το συνολικό κόστος που διαμορφώνεται είναι :

$$\text{Κόστος}_{\text{συνολικό}} = \text{Κόστος}_1 + \text{Κόστος}_2 + \text{Κόστος}_3 + \text{Κόστος}_4 + \text{Κόστος}_5 + \text{Κόστος}_6 =$$

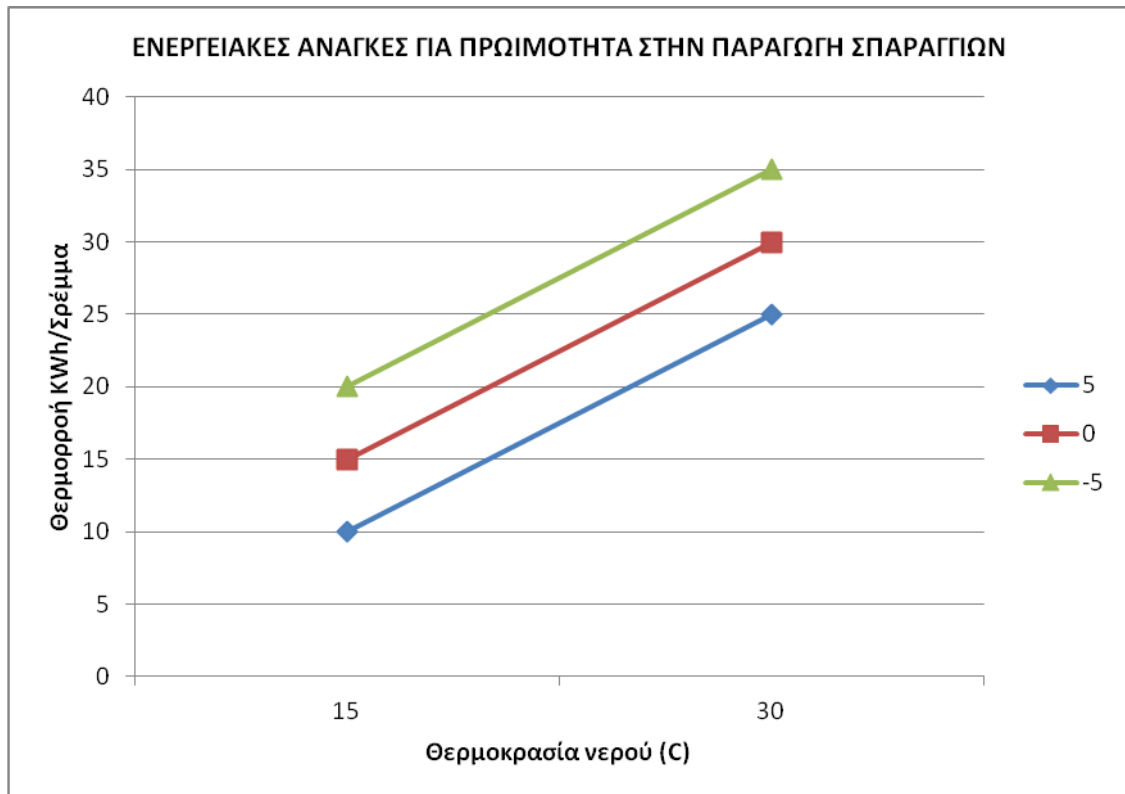
$$= 32.44 \text{ ευρώ} + 37.79 \text{ ευρώ} + 27.65 \text{ ευρώ} + 17.51 \text{ ευρώ} + 0 \text{ ευρώ} + 0 \text{ ευρώ}$$

$$= 115.39 \text{ ευρώ}$$



Διάγραμμα 2

Στο διάγραμμα 3 βλέπουμε τις ενεργειακές ανάγκες της πρωιμότητας της παράγωγης των σπαραγγιών σε συνάρτηση προς την μέση θερμοκρασία προσαγωγής και απαγωγής του νερού στο δίκτυο των σωληνώσεων κάτω από τα σαμάρια και τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας για 5 , 0 και -5 °C αντίστοιχα.



Διάγραμμα 3

Τέλος έχοντας υπολογίσει τις ανάγκες του δικτύου με όλες τις διαδρομές παράλληλα σε 3.52 KW_{th}

Έτσι υπολογίζεται η ελάχιστη ταχύτητα κυκλοφορίας : $W = 3520 / (13 \times 105,5) = 2.56 \text{ m/s}$

, που είναι μία πολύ καλή ταχύτητα ροής

Υπολογίζεται επίσης πτώση πίεσης σε μήκος 60 m (Wärme Atlas), σελ 115

$$\Delta\rho / L = 1.05 \times 10^{-2} \text{ bar/ m}$$

Και συνολικώς : $\Delta\rho = 1.05 \times 60 \times 10^{-2} = 0.63 \text{ bar/ m}$

, που αποτελεί αποδεκτή πτώση πίεσης.

3.7 Εκτίμηση του οικονομικού αποτελέσματος

Η απορροφούμενη ηλεκτρική ισχύς από την αντλία θερμότητας, με βάση τον εποχιακό COP=5, αντιστοιχεί περίπου στο 20% της αντίστοιχης αποδιδόμενης θερμικής στη φυτεία, προσφέροντας κατά αυτόν τον τρόπο σημαντική εξοικονόμηση σε συμβατικά καύσιμα της τάξης του 80%

3.7.1 Τιμές- Κόστος

Στα μέσα του έτους 2014, που ολοκληρώνεται η αναχείρας διπλωματική εργασία, το ενεργειακό κόστος διαφόρων ενεργειακών φορέων έχει ήδη σταθεροποιηθεί. Υπολογίζεται παρακάτω το σημερινό κόστος.

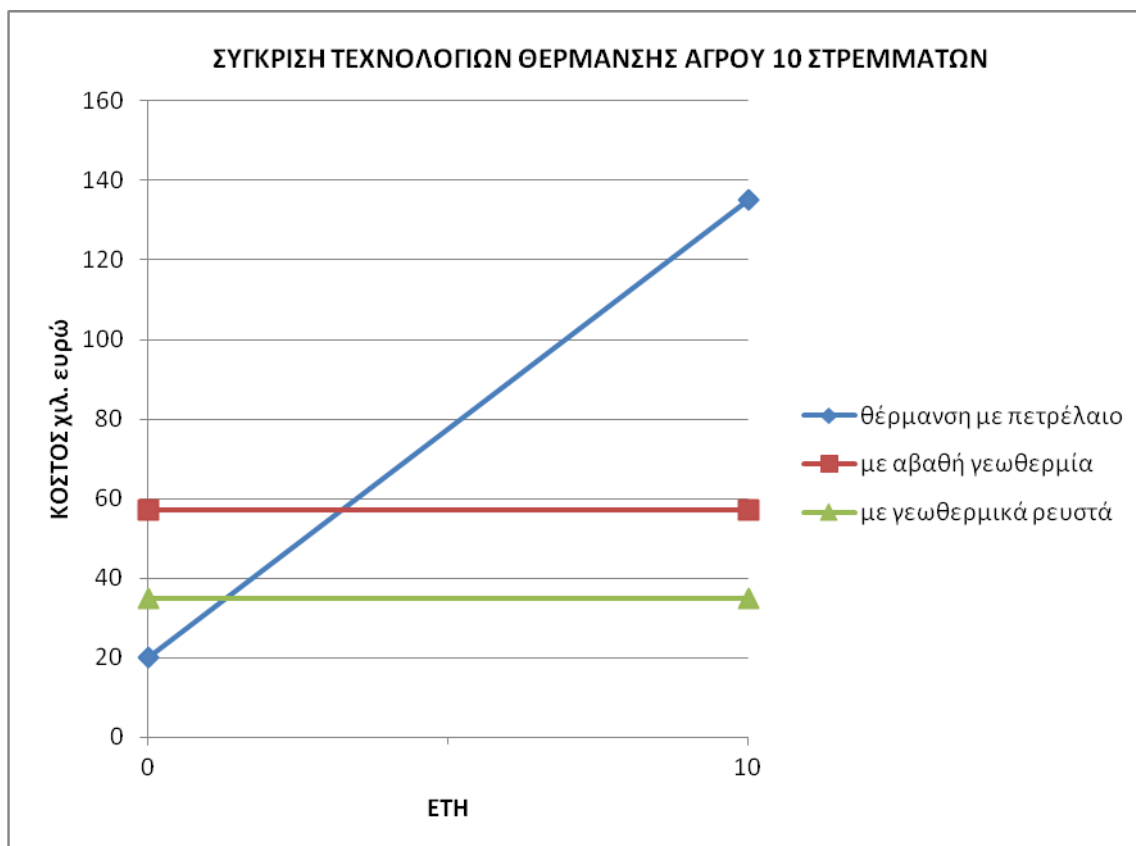
Φυσικό αέριο (NPG) : 0.077 ευρώ/KWH

Φυσικό αέριο (LPG) : 0.085 ευρώ/KWH

Πετρέλαιο : 0.134 ευρώ/ KWH

3.8 Εκτίμηση του οικονομικού αποτελέσματος ανταγωνιστικών επιλογών με βάση την επιλεγόμενη τεχνολογία

Στο διάγραμμα 4 πραγματοποιείτε μια σύγκριση τεχνολογιών θέρμανσης αγρού για 10 στρέμματα. Γίνεται σύγκριση του κόστους των τριών σεναρίων για μονάδες των 10 στρεμμάτων.



Διάγραμμα 4

Ο υπολογισμός έλαβε υπόψη το κόστος εγκατάστασης με λέβητα, δεξαμενή πετρελαίου, κυκλοφορητές και δίκτυο σωληνώσεων 10.000μ συνολικής αξίας 20.000 ευρώ για το σενάριο (1). Για το σενάριο (2) θεωρήσαμε το ίδιο δίκτυο σωληνώσεων θέρμανσης των φυτών με την βοήθεια 10 γεωτρήσεων και κυκλοφορητή μόνο, χωρίς αλλαγή θερμοκρασιακής στάθμης (πχ μέσω αντλίας θερμότητας) αξίας 57.000 ευρώ. Για το σενάριο (3) υπολογίζεται δαπάνη της 3.500 ευρώ περίπου ανά στρέμμα και επομένως για την μονάδα των 10 στρεμμάτων 35.000 ευρώ.

Είναι φανερό πως από τα 3 σενάρια πρέπει να απορριφθεί το πρώτο διότι είναι εξαιρετικά δαπανηρό.

Τα δυο υπόλοιπα σενάρια μπορεί να είναι ανταγωνιστικά, διότι η αξιοποίηση της άβαθους γεωθερμίας δεν απαιτεί μεγάλες εκτάσεις και σημαντικά έργα υποδομής και προσφέρεται σε περιπτώσεις μικρών κλήρων. Επίσης διαθέτει το πλεονέκτημα ότι κατασκευάζεται επί τόπου.

Η αξιοποίηση γεωθερμικών ρευστών μεγάλου βάθους προσφέρεται για την εφαρμογή σε μεγάλες εκτάσεις και προκύπτει πως η δημιουργία μιας τέτοιας μονάδας απαιτεί τα λιγότερα έξοδα εγκατάστασης . Το σενάριο αυτό μάλιστα ενισχύεται από το Δημόσιο (μέσω κοινοτικών κονδυλίων) κατά 40% περίπου.)

4. Συμπεράσματα

Το πρώτο μέρος της παρούσας εργασίας ανέδειξε κατασκευές και συσκευές που έχουν στόχο αφενός να προστατεύσουν από απώλειες της φυτείας που προκαλούνται από την άγρια ζωή ή πουλιά, ταυτόχρονα όμως να προσφέρουν στα φυτά τις κατάλληλες περιβαλλοντολογικές συνθήκες, κυρίως με κατανάλωση ενέργειας, ώστε εκτός από την προστασία να εξασφαλίζεται η κατάλληλη θερμοκρασία ανάπτυξής τους. Στο μέρος αυτό γνωρίσαμε την λειτουργία του θερμοκηπίων ως παγίδων ηλιακής ενέργειας στην διάρκεια της ημέρας, καθώς πηγή της παρεχόμενης θερμικής ενέργειας κατά την διάρκεια της νύχτας. Με ανάλογα μέσα και με διάφορους τρόπους μέσω ζεστού αέρα, ζεστού νερού στην ατμόσφαιρα των θερμοκηπίων ή ακόμη υπόγεια, κάτω από το δάπεδο παρέχεται και παγιδεύεται θερμική ενέργεια για την διατήρηση της βέλτιστης θερμοκρασίας ανάπτυξης των φυτών.

Το δεύτερο μέρος παραθέτει τους χρησιμοποιούμενους φορείς πρωτογενούς ενέργειας για την ενεργειακή υποβοήθηση ανάπτυξης φυτών, εξετάστηκαν οι ιδιομορφίες και η καταλληλότητα τους προς αποτελεσματική και οικονομική χρήση. Παρουσιάστηκαν επίσης τα ισχύοντα τιμολόγια χρήσης της μονάδας ενέργειας. Εδώ έγινε φανερό ότι σήμερα πλέον η χρήση πετρελαίου αλλά και φυσικού αερίου είναι ακριβοί ενεργειακοί φορείς προκειμένου να χρησιμοποιούνται σε τρέχουσες καλλιέργειες ,όπως οπωροκηπευτικών και άλλων συναφών.

Το τρίτο μέρος , ως παράδειγμα ενεργειακής υποβοήθησης ανάπτυξης φυτών, παρουσιάζει την δυνατότητα επιτυχίας πρωιμότητας στην παραγωγή σπαραγγιών, με κατανάλωση θερμικής ενέργειας πλησίον της ρίζας των φυτών εντός του εδάφους. Προς τον σκοπό αυτόν επιλέγεται φυτεία στην οποία κατά τον χρόνο ανάπτυξης της παραγωγής σπαραγγιών ,από 15 Δεκεμβρίου μέχρι 15 Ιουνίου, οι ρίζες των φυτών θερμαίνονται μέσω δικτύου σωλήνων στο οποίο ρέει νερό υψηλότερης θερμοκρασίας από αυτής που θα είχε το έδαφος πλησίον της ρίζας , αν δεν παρείχετο θερμική ενέργεια. Η αναμονή πρωιμότητας στην προκειμένη περίπτωση, όχι μόνο εικάζεται, αλλά και θεωρείται τόσο θετικότερη, όσο αυξάνεται η θερμοκρασία του εδάφους μέσω του δικτύου ζεστού νερού. Σε κατάλληλα διαγράμματα παρατίθενται, μέσω πυροτεχνικών υπολογισμών, αφενός η επίδραση διαφόρων παραμέτρων, όπως επίσης το κόστος ενέργειας και μάλιστα για τρεις διακεκριμένους ενεργειακούς φορείς.

Η ανάλυση έδειξε μια πολύ καλή ποιοτική προσέγγιση αύξησης της πρωιμότητας, γεγονός πολύ σημαντικό, αφού μέσω του χρηματιστηρίου σπαραγγιών που λειτουργεί στην

κεντρική και βόρεια Ευρώπη, οι παραγωγοί μας θα μπορούσαν να επιτύχουν τιμές αντί 5 ευρώ/κιλό, τουλάχιστον 15 ευρώ /κιλό ή και περισσότερο.

5. Επέκταση- Συνέχιση της έρευνας

Είναι κατανοητό ότι η παρούσα εργασία δεν ήταν δυνατό να επεκταθεί πέρα από το πλαίσιο που μόλις πριν περιγράφηκε αφού έπρεπε να περιοριστεί σε ποιοτική ανάλυση με την βοήθεια μιας πλειάδας κρίσιμων παραμέτρων.

Κρίνεται λοιπόν σκόπιμη μία “εργαστηριακή” δραστηριότητα σε φυτεία με τμήματα διαφοροποιημένα με βάση τις επιλεγμένες παραμέτρους με μετρήσεις in situ κατά την διάρκεια μιας ετήσιας περιόδου. Έτσι εκτός από τον οικονομικότερο προσδιορισμό της πρωιμότητας είναι δυνατόν να τεθούν οι βέλτιστες οικονομικές προϋποθέσεις ενός σχεδίου επιχειρηματικότητας υλοποίησης μιας προσοδοφόρου επένδυσης.

6. Βιβλιογραφία

ΒΙΒΛΙΑ

1. Δημαρχείο Πυλαίας: Οριστική μελέτη Εγκαταστάσεων, Ιούλιος 1994. Πρόγραμμα Ενεργειακής – λειτουργικής και Κατασκευαστικής Διαμόρφωσης του Νέου Δημοτικού Καταστήματος Πυλαίας.
2. Α. Πελεκάνος , κ. Παπαχριστόπουλος ΑΠΘ , Σύνταξη πινάκων μετεωρολογικών στοιχείων για ηλιακές εφαρμογές των κυριότερων πόλεων της Ελλάδας, α) Εθνικό Συνέδριο Ινστιτούτου ηλιακής τεχνικής , 1982.
3. VDI- [VDI-Wärmeatlas](#) , 1978 μετάφραση κ. Πάττα.
4. Handbook of Heat transfer, Rohsenow Hartnett, Mc Graw-Hill 1973
5. Ινστιτούτο Εγγείων Βελτιώσεων /ΕΘΙΑΓΕ Μ. Φερσίδου – Λαδά και Σία Ε.Ε
6. Φυτίκας Μ. & Ανδρίτσος Ν. (2004), «Γεωθερμία», Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη
7. Andritsos N., Dalampakis P. & Kolios N. (2002), “Use of Geothermal Energy for Tomato Drying”, GeoHeat Center Quarterly Bulletin. Vol. 24
8. Andritsos N., Dalabakis P., Karydakis G., Kolios N. & Fytikas M. (2007), “Update and Characteristics of Low-Enthalpy Geothermal Applications in Greece”, Proceedings of The European Geothermal Congress 2007, Unterhaching Germany (30 May - 1 June, 2007) Unterhaching Germany (30 May - 1 June 2007), I.G.A.-European Branch Forum, GtV-BV, SVG/SSG.
9. Dalabakis P. & Kolios N. (2006), “Asparagus early season production using low enthalpy geothermal energy”, EUROASPER 2006.
10. Κατσούλας Ν, Κίττας Κ , <<Συστήματα θέρμανσης θερμοκηπίων>> , Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος.
11. Γεώργιος Σκόδρας , Ήπιες και νέες μορφές ενέργειας - σημειώσεις , Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών , Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας.

12. Ινστιτούτο Ηλιακής Τεχνικής : Πέμπτο Εθνικό Συνέδριο για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας, Αθήνα 6-8 Νοεμβρίου 1996 , Πρακτικά Τόμος Α
13. Χρηματοπούλου Μαρία : Διπλωματική Εργασία <<Προσομοίωση Ηλιακά Υποβοηθούμενης Αντλίας θερμότητας>> Αθήνα 2009,
14. Αγγελική Καύγα : Διπλωματική Εργασία <<Μελέτη αξιοποίησης ενέργειας για τον έλεγχο του φωτισμού και της θερμοκρασίας του θερμοκηπίου>> , Πάτρα 2005
15. Αγγελική Καύγα : Διδακτορική Διατριβή << Ενεργειακή βελτιστοποίηση θερμοκηπίου με χρήση συστήματος θέρμανσης με υπέρυθρη ακτινοβολία>> , Πάτρα 2010.
16. Μαχαίρα Σουλτάνα-Μάρθα , Σιμούλη Ασπασία : Διπλωματική Εργασία <<Θέρμανση θερμοκηπίου με χρήση γεωθερμίας >> Θεσσαλονίκη 2009
17. Αρβανίτης Απ., Κολιός Νικ., <<Το γεωθερμικό δυναμικό της Βορείου Ελλάδος και προτάσεις για ορθολογική αξιοποίηση τους σε αστικές, βιομηχανικές και λοιπές χρήσεις.>>, Θεσ/νίκη, 3/7/2008, Forum Ενέργειας ΑΠΕ/ΣΗΘ <<Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στη σύγχρονη Ελλάδα>>.
18. Αρβανίτης Απ., Κολιός Νικ., <<Το γεωθερμικό δυναμικό της Βορείου Ελλάδος και προτάσεις για ορθολογική αξιοποίηση τους σε αστικές, βιομηχανικές και λοιπές χρήσεις.>>, Θεσ/νίκη, 3/7/2008, Forum Ενέργειας ΑΠΕ/ΣΗΘ <<Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στη σύγχρονη Ελλάδα>>.
19. Κυριάκης Ν., Μιχόπουλος Α., Πάττας Κ., <<Πρώτος Χρόνος Λειτουργίας του Γεωεναλλάκτη Πυλαίας, Ενεργειακή Αξιολόγηση>>, Τεχν. Χρον. Επιστ. Έκδοση ΤΕΕ, IV, τεύχος 1-2 2002.

ΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ

<http://www.poseidonenergy.gr>

<http://www.dei.gr/>

<http://www.desmie.gr>

<http://www.geoexchange.gr>

<http://www.megatherm.gr>

<http://www.aenaon.net>

<http://www.energyhomes.gr>

<http://www.renewablesource.wordpress.com>

<http://greek-agriculture.blogspot.gr/>

<http://www.paragogi.net/>

<http://www.ecotec.gr/index.php>

<http://www.ilialive.gr/>