

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ

ΣΧΟΛΗ: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ: ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ

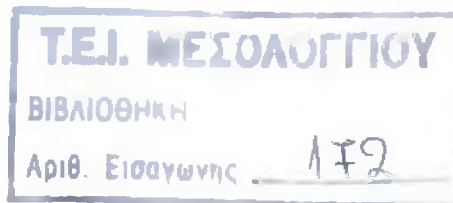
«Αξιολόγηση των συστημάτων θέρμανσης στο θερμοκήπιο. Σύγχρονες τάσεις»

Εισηγητής: Αλεξόπουλος Γιώργος

Σπουδαστές: Χριστόπουλος Θεόδωρος
Τόγιας Αθανάσιος



Μεσολόγγι 2008



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	8
ΠΕΡΙ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ.....	8
1.1. Η ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ.....	8
1.2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	9
1.3. Η ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΟΝ ΔΙΕΘΝΗ ΧΩΡΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	11
1.3.1. ΕΥΝΟΪΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΥΞΗΣΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	17
1.3.2 ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	18
1.4. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ.....	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	21
ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ.....	21
2.1. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ.....	21
2.2. ΘΕΡΜΑΝΣΗ.....	23
2.3. ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ.....	24
2.4. ΥΓΡΑΣΙΑ.....	29
2.5. ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ.....	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	33
ΤΥΠΟΙ – ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ.....	33
3.1. ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΧΗΜΑ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ.....	33
3.2. ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΙΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ.....	36
3.3 ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ ΣΚΕΛΕΤΟΥ.....	39
3.4. ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΛΥΨΗΣ.....	41
3.5. ΑΠΛΑ Η ΠΟΛΛΑΠΛΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ.....	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	ΣΦΑΛΜΑ! ΔΕΝ ΕΧΕΙ ΟΡΙΣΤΕΙ ΣΕΛΙΔΟΔΕΙΚΤΗΣ.
ΥΛΙΚΑ ΚΑΛΥΨΗΣ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ.....	44
4.1. ΥΛΙΚΑ ΚΑΛΥΨΗΣ.....	44

4.2. ΓΥΑΛΙ.....	46
4.3. ΕΥΚΑΜΠΤΑ ΦΥΛΛΑ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ.....	47
4.4. ΠΟΛΥΑΙΘΥΛΕΝΙΟ (PE).....	48
4.5. ΠΟΛΥΒΙΝΥΧΛΩΡΙΔΙΟ (PVC).....	50
4.6. ΠΟΛΥΕΣΤΕΡΙΚΑ ΦΥΛΛΑ.....	51
4.7. ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΣΚΛΗΡΟΥ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ.....	51
4.8. ΑΚΡΥΛΙΚΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ.....	53
4.9. ΥΛΙΚΑ ΚΑΛΥΨΗΣ ΜΕ ΕΠΙΛΕΚΤΙΚΗ ΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ ΦΩΤΟΣ.....	54
4.10. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ.....	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	56
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ.....	56
ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.....	56
5.1. ΔΙΑΚΡΙΣΕΙΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.....	56
5.2. ΤΟΠΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.....	57
5.2.1. ΘΕΡΜΑΣΤΡΕΣ.....	57
5.2.2. ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΕ ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ.....	58
5.2.3. ΤΥΠΟΙ ΑΕΡΟΘΕΡΜΩΝ.....	60
5.2.4. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.....	61
5.2.5. ΠΛΑΣΤΙΚΟΙ ΔΙΑΤΡΗΤΟΙ ΣΩΛΗΝΕΣ ΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	62
5.2.6. ΠΛΑΣΤΙΚΟΙ ΔΙΑΦΑΝΕΙΣ, ΔΙΑΤΡΗΤΟΙ ΣΩΛΗΝΕΣ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΜΕΡΟΥΣ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ.....	62
5.3. ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.....	64
5.3.1. ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ.....	65
5.3.2. ΚΑΥΣΙΜΑ.....	65
5.3.3. ΕΦΕΔΡΙΚΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ.....	66
5.3.4. ΔΙΑΝΟΜΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.....	66
5.3.5. ΘΕΡΜΟΣΤΑΤΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ.....	70
ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ – ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΑΣΕΙΣ.....	70
5.4. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	71
5.5. ΒΙΟΜΑΖΑ.....	75
5.6. ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	76
5.6.1. ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ.....	78
5.6.2. ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.....	79

5.6.3. ΠΑΘΗΤΙΚΟ ΗΛΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΩΝ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝ ΜΕ ΝΕΡΟ	86
5.7. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΟΥ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΣΕ ΕΝΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ	89
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....	91
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ	91
6.1. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	91
6.2. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	92
6.3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	92
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	97
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	99
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	104

Περίληψη

Το ζήτημα της θέρμανσης των θερμοκηπίων κατά καιρούς έχει απασχολήσει πολλούς μελετητές οι οποίοι επιδιώκουν να μελετήσουν την αποτελεσματικότητα των συστημάτων αυτών και να εξετάσουν κατά πόσο εναλλακτικά συστήματα (υπέρυθρη ακτινοβολία), αλλά και συστήματα που χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως βιομάζα, γεωθερμία και ηλιακή ενέργεια είναι πιο αποδοτικά από ότι τα συστήματα που χρησιμοποιούν συμβατικά καύσιμα όπως είναι οι λέβητες και τα αερόθερμα.

Στην Ελλάδα τα συστήματα θέρμανσης των θερμοκηπίων με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν έχουν αναπτυχθεί ιδιαίτερα στις μέρες μας και οι περισσότεροι επιλέγουν τα συμβατικά συστήματα καθότι ήδη είναι γνωστές οι δυνατότητες τους και η αποδοτικότητά τους.

Ωστόσο μελέτες έχουν δείξει ότι και τα συστήματα με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι πολύ αποδοτικά και μπορούν να έχουν 100% την ίδια απόδοση με τα συμβατικά αν και το κόστος τους σε αρκετές περιπτώσεις είναι απαγορευτικό και αποτρέπει τυχόν χρήση τους.

Στην μελέτη αυτή εξετάζουμε τα συστήματα θέρμανσης των θερμοκηπίων, συμβατικά και εναλλακτικά (με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας κ.α), προκειμένου να δούμε τις ιδιότητες τους, την χρησιμότητά τους και την απόδοσή τους.

Παράλληλα παρουσιάζουμε και μια οικονομική αξιολόγηση των συστημάτων αυτών με βάση τα στοιχεία που μας δόθηκαν από κάποιες εταιρίες που ασχολούνται με την θέρμανση των θερμοκηπίων.

Σκοπός της μελέτης είναι να παρουσιάσει στον αναγνώστη τα εναλλακτικά και συμβατικά συστήματα θέρμανσης των θερμοκηπίων, τις δυνατότητες που έχουν στις μέρες μας ελπίζοντας σε μια αυξανόμενη μελλοντική χρήση τους.

Εισαγωγή

Τα θερμοκήπια την σημερινή εποχή είναι ευρέως διαδεδομένα και χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό παγκοσμίως. Η παγκόσμια οικονομία επιβάλλει το συγκεκριμένο τρόπο καλλιέργειας και ο άνθρωπος επιλέγει να τον υιοθετεί με αυξανόμενους ρυθμούς. Τα τελευταία χρόνια τόσο στην Ελλάδα όσο και στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου η ανάπτυξη στον τομέα της καλλιέργειας υπό κάλυψη είναι αξιοσημείωτη. Βασική αιτία αυτής της αύξησης είναι η ανάγκη εντατικοποίησης και η προσπάθεια εκσυγχρονισμού της παραγωγής αγροτικών προϊόντων.

Ωστόσο η συνεχής ζήτηση εκτάσεων για θερμοκηπιακή καλλιέργεια και η προσπάθεια εξεύρεσης οικονομικότερων λύσεων οδήγησε στην υιοθέτηση εναλλακτικών μορφών ενέργειας για θερμοκηπιακές χρήσεις. Οι μεγάλες ποσότητες συμβατικών καυσίμων που καταναλώνονται ετησίως ώθησαν πολλούς κυρίως στο εξωτερικό στην χρήση άλλων μορφών ενέργειας όπως είναι η βιομάζα, η γεωθερμία και η ηλιακή ενέργεια προκειμένου να περιορίσουν το κόστος που προέρχεται από τα συμβατικά καύσιμα.

Στην μελέτη αυτή εξετάζουμε τα εναλλακτικά συστήματα θέρμανσης των θερμοκηπίων με σκοπό να ερευνήσουμε τις δυνατότητες τους και κατά πόσο έχουν την ίδια απόδοση με τα συμβατικά.

Η μελέτη διακρίνεται σε 6 κεφάλαια και ειδικότερα:

- Στο πρώτο κεφάλαιο της μελέτης παρουσιάζουμε γενικά στοιχεία για τα θερμοκήπια. Γίνεται μια ιστορική αναδρομή αυτών, παρουσιάζεται η χρησιμότητα τους, ο θερμοκηπιακός χάρτης της Ελλάδος, τι ισχύει στην Ελλάδα και διεθνώς στις μέρες μας και τι προβλήματα μπορεί να υπάρχουν.
- Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται το περιβάλλον του θερμοκηπίου δηλαδή τι ισχύει με την θερμοκρασία, τη θέρμανση, τον αερισμό, το διοξείδιο του άνθρακα και την υγρασία του θερμοκηπίου
- Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι τύποι των θερμοκηπίων ανάλογα με το σχήμα, τις διαστάσεις, τα υλικά του σκελετού και τα υλικά κάλυψης των θερμοκηπίων

- Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται αναλυτική παρουσίαση των υλικών κάλυψης των θερμοκηπίων. Το κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται αναλυτικά διότι θεωρείται ότι έχει άμεση σχέση με την θέρμανση του θερμοκηπίου και με το σύστημα που θα επιλεγεί τελικά, καθώς έχει αποδειχθεί ότι οι μεγαλύτερες απώλειες προέρχονται από το κάλυμμα του θερμοκηπίου. Τα υλικά που αναλύονται είναι το γυαλί, το πολυαιθυλένιο, το σκληρό πλαστικό, οι ακρυλικές επιφάνειες, ο πολυεστέρας κ.α..
- Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συστήματα θέρμανσης των θερμοκηπίων και ειδικότερα γίνεται διαχωρισμός του κεφαλαίου σε συμβατικά και σε εναλλακτικά συστήματα. Από τα εναλλακτικά συστήματα αναλύονται η ηλιακή ενέργεια, η βιομάζα και η γεωθερμία.
- Στο τελευταίο κεφάλαιο γίνεται μια οικονομική αξιολόγηση των συστημάτων θέρμανσης των θερμοκηπίων. Ειδικότερα παρουσιάζουμε ορισμένα στοιχεία που μας δόθηκαν από εταιρίες σχετικά με το ποια συστήματα θέρμανσης χρησιμοποιούν, ποιο είναι το κόστος τους και ποιο θεωρείται το πιο αποτελεσματικό.
- Στο τέλος της μελέτης παρουσιάζονται τα συμπεράσματα μας όπως αυτά προέκυψαν από την παρούσα μελέτη.

Κεφάλαιο 1

Περί θερμοκηπίων

1.1. Η χρησιμότητα του θερμοκηπίου

Το θερμοκήπιο αποτελεί μια κατασκευή οποία καλύπτεται από ένα διαφανές υλικό προκειμένου να είναι εφικτή η είσοδος όσο το δυνατόν περισσότερου φυσικού φωτισμού που είναι αναγκαίος για την ανάπτυξη των φυτών.

Τα θερμοκήπια μπορούν να είναι θερμαινόμενα ή μη και διαφέρουν από άλλες παρόμοιες κατασκευές όπως είναι για παράδειγμα τα χαμηλά σκέπαστρα και τα σπορεία λόγω του ότι τα θερμοκήπια είναι αρκετά ψηλά προκειμένου να μπορεί να εργάζεται ο άνθρωπος μέσα σε αυτά.

Βασικός σκοπός χρήσης των θερμοκηπίων στην παραγωγή γεωργικών προϊόντων είναι η αλλαγή ή η ρύθμιση πολλών από τους παράγοντες του περιβάλλοντος που ασκούν επιδράσεις στην ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών.

Με την κατάλληλη ρύθμιση του περιβάλλοντος των φυτών η παραγωγή μπορεί να:

1. να αυξηθεί σε ποσότητα εξαιτίας της βελτίωσης των συνθηκών που επικρατούν στο θερμοκήπιο
2. Να προγραμματιστεί σε χρόνο προκειμένου να σταλεί στην αγορά την επιθυμητή χρονική στιγμή άσχετα από τις καιρικές συνθήκες
3. να βελτιωθεί ποιοτικά με την προστασία που προσφέρει το θερμοκήπιο από τα αντίζοα καιρικά φαινόμενα

Η χρήση ενός θερμοκηπίου είναι σημαντική διότι:

- Αποφεύγονται οι ζημιές στα φυτά από αέρα, νερό και χαλάζι
- Ανάλογα με τον εξοπλισμό των θερμοκηπίου υπάρχει η δυνατότητα ρύθμισης των παραγόντων του περιβάλλοντός του όπως: της θερμοκρασίας, της υγρασίας και του διοξειδίου του άνθρακα με αρκετή ακρίβεια.

- Προσφέρεται η δυνατότητα ρύθμισης των παραγόντων του περιβάλλοντος της ρίζας των φυτών όπως: της υγρασίας, του οξυγόνου, της θερμοκρασίας και των ανόργανων θρεπτικών ουσιών, τα οποία με την χρήση κατάλληλων υποστρωμάτων εδάφους ή υδροπονικών καλλιεργειών μπορούν να φτάσουν με ακρίβεια τις απαιτήσεις των φυτών
- Περιορίζεται αλλά δεν εξαλείφεται η ζημιά από ασθένειες και έντομα. Πιο συγκεκριμένα σε ένα θερμοκήπιο που δίνει την δυνατότητα ακριβούς ρύθμισης του περιβάλλοντος, οι ασθένειες των φυτών είναι πολύ λιγότερες από ότι σε ένα θερμοκήπιο του οποίου ο εξοπλισμός δεν παρέχει τέτοια δυνατότητα.

Το θερμοκήπιο παρέχει την δυνατότητα δημιουργίας και διατήρησης ενός ευνοϊκού περιβάλλοντος για την παραγωγή και τη θρέψη των φυτών. Η ακρίβεια όμως με την οποία ρυθμίζεται το περιβάλλον ανάπτυξης των φυτών σε ένα θερμοκήπιο προσδιορίζεται από

1. την σωστή κατασκευή
2. τον κατάλληλο εξοπλισμό και
3. την ικανότητα του καλλιεργητή να χειριστεί και τα κατανείμει σωστά τα διάφορα εφόδια¹.

1.2. Ιστορική ανασκόπηση

Η ιστορία των θερμοκηπίων ξεκινά από τότε που ο άνθρωπος εγκαταστάθηκε για πρώτη φορά σε μόνιμη κατοικία και άρχισε να μαζεύει και να καλλιεργεί φυτά ώστε να εξασφαλίσει την διατροφή του. Αρχικά καλλιεργούσε διάφορα είδη φυτών ανάλογα με την εποχή τους ενώ οι πρωτοπόροι στην καλλιέργεια φυτών εκτός φυσικού περιβάλλοντος ήταν οι Κινέζοι πολλά χρόνια προ Χριστού. Στην Αίγυπτο και στην Περσία πολλούς αιώνες προ Χριστού καλλιεργούσαν όλο τον χρόνο λουλούδια σε δοχεία τα οποία οι βασιλείς και οι πρίγκιπες χρησιμοποιούσαν για στολισμό σε γιορτές.

¹ Μαυρογιαννόπουλος Γ., «Θερμοκήπια», εκδόσεις Σταμούλης

Πιο συστηματικές προσπάθειες καλλιέργειας λαχανικών έγιναν το 42 μ.Χ. όπου ο αυτοκράτορας Νέρων διέταξε την κατασκευή ενός θερμαινόμενου χώρου προκειμένου να χρησιμοποιηθεί τον χειμώνα για την καλλιέργεια αγγουριών. Ο ιστορικός Πολλίων γράφει ότι ο αυτοκράτορας Γαλλιηνός προσέφερε στους καλεσμένους του ακόμα και τον χειμώνα πεπόνια, σύκα και άλλα νωπά φρούτα τα οποία καλλιεργούσε ο ίδιος.

Το πρώτο θερμοκήπιο με την σημερινή μορφή του σχεδιάστηκε το 1611 στην Ολλανδία για την καλλιέργεια τουλίπας αλλά και στο Alort της Γερμανίας. Στην Αγγλία το πρώτο θερμοκήπιο κατασκευάστηκε το 1684 στο Apotherapy Garrden, ενώ στην Γαλλία το 1835 χρησιμοποιήθηκε σε θερμοκήπιο το γυαλί για την προστασία των φυτών από το κρύο.

Η μεγάλη διάδοση των εμπορικών γυάλινων θερμοκηπίων στις χώρες της Ευρώπης ξεκίνησε τον 19^ο αιώνα και το πρώτο θερμοκήπιο με διπλές πλάκες γυαλιού κατασκευάστηκε το 1806. Το πρώτο διαφανές υλικό που προτάθηκε να αντικαταστήσει το γυαλί ήταν το διαφανές πλαστικό φύλο γνωστό και ως flex-o-glass το οποίο κατασκευάστηκε το 1925 από τον Αμερικάνο Warp.

Η εξέλιξη των μέσων κλιματισμού των θερμοκηπίων ακολούθησαν την ίδια πορεία με την κατασκευή τους. Τα πρώτα θερμοκήπια δεν είχαν συστήματα θέρμανσης παρότι τότε ήταν γνωστό ένα κινέζικο σύστημα κεντρικής θέρμανσης κατοικιών. Η θέρμανση θερμοκηπίων με την κυκλοφορία ζεστού αέρα εφαρμόστηκε για πρώτη φορά στην Αγγλία το 1675 αλλά η μεγάλη διάδοση του συστήματος αυτού πραγματοποιήθηκε το 1730. Εν συνεχεία το 1788 χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στην Αγγλία ο ατμός για θέρμανση θερμοκηπίων και μέχρι το 1820 είχε εξαπλωθεί αυτή η ιδέα.

Τον 20^ο αιώνα εφαρμόστηκαν πολλές τεχνικές βελτιώσεις στις κατασκευές και στους κλιματισμούς των θερμοκηπίων και μερικές από τις πιο χαρακτηριστικές είναι τα αερόθερμα, τα συστήματα μείωσης της θερμοκρασίας με εξάτμιση νερού, οι θάλαμοι ανάπτυξης φυτών, ο εμπλουτισμός του αέρα του θερμοκηπίου με διοξείδιο του άνθρακα, η χρήση του τεχνητού φωτισμού στην κηποκομία, τα σπορεία που θερμαίνονται με ηλεκτρισμό, οι θάλαμοι υδρονέφωσης, η εκμηχάνιση εργασιών στα θερμοκήπια κ.α. Τον 20^ο αιώνα υπήρχε μεγάλη εξέλιξη στα θερμοκήπια και πλέον την σημερινή εποχή κατασκευάζονται θερμοκήπια από ξύλο, γαλβανισμένο σίδηρο και αλουμίνιο.

Τα θερμοκήπια από γυαλί άρχισαν να χρησιμοποιούνται από τα μέσα του περασμένου αιώνα στις χώρες της Δυτικής Ευρώπης. Τα θερμοκήπια από πλαστικό ξεκίνησαν να επεκτείνονται μετά το 1960 και σε άλλες χώρες όπως στην Ιαπωνία, Ιταλία, Ισπανία, Σοβιετική Ένωση, Ελλάδα κ.α. Με την ανάπτυξη των θερμοκηπίων από πλαστικό η χρήση των γυάλινων θερμοκηπίων περιορίστηκε στην ανθοκομία και στον πολλαπλασιασμό φυτών².

Τα πλαστικά φύλα για τα θερμοκήπια χρησιμοποιήθηκαν περισσότερο από τα γυάλινα διότι ήταν πιο φθηνά στην κατασκευή και έτσι μπόρεσαν να χρησιμοποιηθούν από όλους. Επίσης η αύξηση των γνώσεων σχετικά με την επίδραση των διάφορων συνδυασμών των παραγόντων του περιβάλλοντος στην ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών, καθώς και η εξέλιξη της τεχνολογίας επέτρεψαν την ανάπτυξη πολλών αυτοματισμών που ρυθμίζουν το επιθυμητό περιβάλλον με μεγάλη ακρίβεια.

Στην Ελλάδα οι πρώτες συστηματικές εγκαταστάσεις θερμοκηπίων ξεκίνησαν το 1955 και αποτελούνταν από υαλόφρακτα θερμοκήπια για παραγωγή καλλωπιστικών φυτών. Η σημαντική όμως εξάπλωση τους ξεκίνησε το 1961 με την χρήση πλαστικών φύλων πολυαιθυλενίου σαν υλικού κάλυψης των θερμοκηπίων. Το γεγονός ότι το υλικό αυτό ήταν εύκολο να προσαρμοστεί σε οποιοδήποτε σχήμα σκελετού και η χαμηλή του τιμή έδωσαν την δυνατότητα στην Ελλάδα και ειδικότερα στους καλλιεργητές να κατασκευάσουν μόνοι τους τα θερμοκήπια τους για πρόωμη παραγωγή κηπευτικών χωρίς να απαιτούνται τεράστια χρηματικά κεφάλαια³.

1.3. Η σημερινή κατάσταση στον διεθνή χώρο και την Ελλάδα

Η Ελλάδα έχει έντονη αγροτική ενασχόληση η οποία φτάνει περίπου το 20% του συνολικού πληθυσμού της χώρας μας. Ο θερμοκηπιακός τομέας έχει την τάση να εισέλθει δυναμικά στην γεωργική παραγωγή λόγω των ευνοϊκών καιρικών συνθηκών που επικρατούν στην Ελλάδα. Το πλεονέκτημα των θερμοκηπίων είναι ότι μπορούν να παράγουν κηπευτικά και ανθοκομικά προϊόντα τα οποία είναι εκτός εποχής.

² Κυρίτσης, Σ., & Μαυρογιαννόπουλος, Γ., «Θερμοκήπια», Γ' τάξη Τεχνικού Επαγγελματικού Λυκείου, Γ' έκδοση, Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, σελ. 4

³ Κυρίτσης, Σ., & Μαυρογιαννόπουλος, Γ., «Θερμοκήπια», Γ' τάξη Τεχνικού Επαγγελματικού Λυκείου, Γ' έκδοση, Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, σελ. 16

Ανήκουν στην κατηγορία των εντατικών εκμεταλλεύσεων και συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στην διαμόρφωση του γεωργικού και στην ενίσχυση του εθνικού εισοδήματος της χώρας.

Ειδικότερα τα κηπευτικά προϊόντα καταλαμβάνουν το 25% της συνολικής ακαθάριστης αξίας της φυτικής παραγωγής, με άλλα λόγια είναι μια από τις πιο προσοδοφόρες και σημαντικές καλλιέργειες στην Ελλάδα. Η αξία των κηπευτικών στα θερμοκήπια φτάνει το 15% της αξίας του συνόλου των κηπευτικών στην χώρα μας⁴.

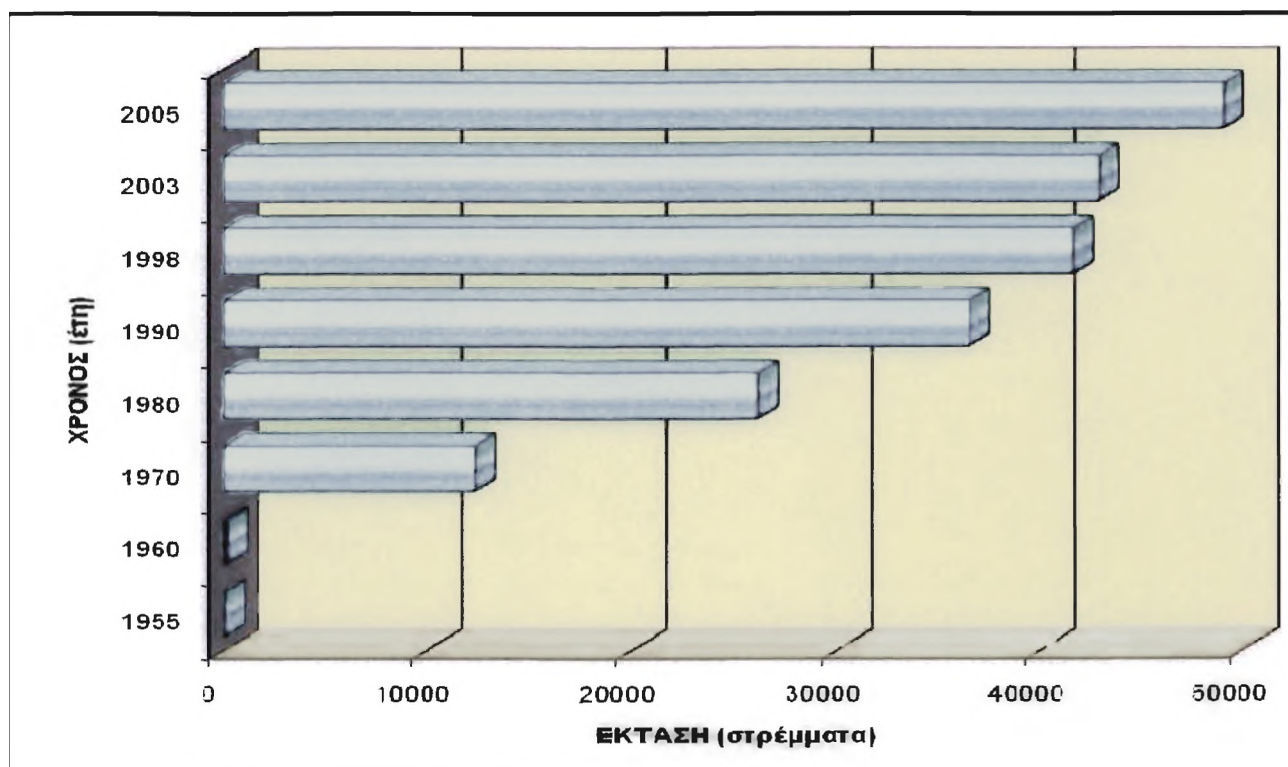
Όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 1.1 που ακολουθεί η αύξηση των θερμοκηπιακών εκτάσεων στην Ελλάδα από το 1955 μέχρι και το 2005 είναι εντυπωσιακή.

Όπως μπορούμε να δούμε ανά δεκαετία οι μεταβολές είναι πολύ μεγάλες ενώ για την περίοδο 1955-1960 υπήρχε μια μικρή μεταβολή. Από το 1980 μέχρι το 2005 οι μεταβολές είναι έντονες και χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι από το 2003 μέχρι το 2005 δηλαδή μέσα σε 2 χρόνια η μεταβολή είναι μεγαλύτερη σε σχέση με την περίοδο 1990-1998 γεγονός που δείχνει την ολοένα και μεγαλύτερη στροφή προς τις θερμοκηπιακές καλλιέργειες⁵.

⁴ Ντίνας, Γ., 2007, «Έλεγχος περιβάλλοντος σε θερμοκήπιο με ηλιακό σύστημα», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

⁵ Ινστιτούτο Ανάπτυξης και Διαχείρισης Φυσικών Πόρων, 1994

Διάγραμμα 1.1. Εξέλιξη των θερμοκηπίων στην Ελλάδα για την περίοδο 1955-2005



Πηγή: Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και τροφίμων, 2006

Σε περιφερειακό επίπεδο η έκταση των θερμοκηπιακών στρεμμάτων είναι διαφορετική ανά περιφέρεια εξαιτίας του γεγονότος ότι τα θερμοκήπια είναι περισσότερα σε περιοχές με ήπιο κλίμα, ενώ σε περιοχές με έντονες καιρικές συνθήκες τα θερμοκήπια είναι λιγιστά. Στους επόμενους πίνακες παρουσιάζονται τα στρέμματα που υπάρχουν ανά περιφέρεια στην Ελλάδα με βάση το προϊόν παραγωγής.

Σε ότι αφορά την θερμοκηπιακή καλλιέργεια της ντομάτας όπως μπορούμε να δούμε από τον πίνακα 1 η περιφέρεια της Κεντρικής Μακεδονίας, της Πελοποννήσου και της Κρήτης κατέχουν τα περισσότερα θερμοκηπιακά στρέμματα και την μεγαλύτερη συνολική παραγωγή τομάτας. Οι περιφέρειες με την μικρότερη παραγωγή είναι η περιφέρεια της Δυτικής Μακεδονίας και η περιφέρεια των Ιονίων Νήσων.

Πίνακας 1.1. Γεωγραφική κατανομή θερμοκηπιακής καλλιέργειας τομάτας

Περιφέρεια	Έκταση (στρέμματα)	% της συνολικής έκτασης	1η Παραγωγή (τόνοι)	2η Παραγωγή (τόνοι)	Ενοίκια Παραγωγή (τόνοι)
Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης	447	1.98	3280	174	3454
Κεντρικής Μακεδονίας	3485	15.4	30012	8483	38495
Δυτικής Μακεδονίας	18	0.08	111	2	113
Ηπείρου	1497	6.6	14433	1810	16243
Θεσσαλίας	884	3.9	8509	965	9474
Ιόνια Νησιά	160	0.71	1716	100	1816
Δυτικής Ελλάδας	1545	6.84	16344	380	16724
Στερεάς Ελλάδας	193	0.85	2024	60	2084
Αττικής	765	3.4	8672	1720	10412
Πελοποννήσου	1594	11.47	25758	1520	27278
Βορείου Αιγαίου	249	1.1	2855	200	3055
Νοτίου Αιγαίου	793	3.5	4925	150	5075
Κρήτης	9971	44.12	119063	40820	159883
Γενικό σύνολο χώρας	22601	100	237772	56384	294156

Πηγή: Υπουργείο Αγροτικής ανάπτυξης και Τροφίμων, 2003

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται τα στρέμματα θερμοκηπίου ανά περιφέρεια στην Ελλάδα με βάση την παραγωγή αγγουριού. Όπως μπορούμε να δούμε την πρωτιά την έχει η περιφέρεια της Κρήτης και ακολουθεί η Κεντρική Μακεδονία ενώ τα μικρότερα ποσοστά τα έχει η Δυτική Μακεδονία και πάλι, τα Ιόνια νησιά και η Στερεά Ελλάδα.

Πίνακας 1.2. Γεωγραφική κατανομή θερμοκηπιακής καλλιέργειας αγγουριού

Περιφέρεια	Έκταση (στρέμματα)	% της συνολικής έκτασης	1η Παραγωγή (τόνοι)	2η Παραγωγή (τόνοι)	Ενοίκια Παραγωγή (τόνοι)
Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης	175	1.75	1635	61	1696
Κεντρικής Μακεδονίας	1441	14.37	16037	9965	26002
Δυτικής Μακεδονίας	4	0.04	25	10	35
Ηπείρου	273	2.73	4377	1140	5417
Θεσσαλίας	260	2.59	1887	1085	2972
Ιόνια Νησιά	27	0.27	242	40	282
Δυτικής Ελλάδας	425	4.24	5575	1490	7065
Στερεάς Ελλάδας	48	0.49	44	304	348
Αττικής	443	4.43	3541	3756	7297
Πελοποννήσου	1163	11.6	21252	10790	32042
Βορείου Αιγαίου	126	1.26	1944	231	2175
Νοτίου Αιγαίου	340	3.39	2800	3500	6300
Κρήτης	5303	52.88	59480	9890	69370
Γενικό σύνολο χώρας	10028	100	118719	42252	160971

Πηγή: Υπουργείο Αγροτικής ανάπτυξης και Τροφίμων, 2003

Σε ότι αφορά την θερμοκηπιακή καλλιέργεια της πιπεριάς ανά περιφέρεια στην Ελλάδα και σε αυτή την περίπτωση τα μεγαλύτερα ποσοστά συνολικής παραγωγής τα έχει η Κεντρική Μακεδονία, η Κρήτη και η Πελοπόννησος ενώ τα μικρότερα ποσοστά θερμοκηπιακής παραγωγής και καλλιέργειας τα έχει η Ανατολική Μακεδονία και Θράκη, το Βόρειο Αιγαίο, η Δυτική Μακεδονία, η Ήπειρος και τέλος χαρακτηριστικό είναι το μηδενικό ποσοστό της Στερεάς Ελλάδος.

Πίνακας 1.3. Γεωγραφική κατανομή θερμοκηπιακής καλλιέργειας πιπεριάς.

Περιφέρεια	Έκταση (στρέμματα)	% της συνολικής έκτασης	1η Παραγωγή (τόνοι)	2η Παραγωγή (τόνοι)	Συνολική Παραγωγή (τόνοι)
Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης	30	0.79	91	2	93
Κεντρικής Μακεδονίας	1847	48.64	11490	1000	12490
Δυτικής Μακεδονίας	10	0.26	30	0	30
Ήπειρου	16	0.42	44	0	44
Θεσσαλίας	88	2.32	233	0	233
Ιονία Νησιών	3	0.08	8	6	14
Δυτικής Ελλάδος	16	0.42	72	0	72
Στερεάς Ελλάδος	0	0	0	0	0
Αττικής	2	0.05	7	8	15
Πελοπόννησος	620	16.33	3810	440	4250
Βορείου Αιγαίου	3	0.08	7	0	7
Νοτίου Αιγαίου	56	1.49	295	0	295
Κρήτης	1106	29.13	10810	0	10810
Γενικό σύνολο χώρας	3797	100	26897	1450	28353

Πηγή: Υπουργείο Αγροτικής ανάπτυξης και Τροφίμων, 2003

Στην περιοχή της Μεσογείου στον θερμοκηπιακό τομέα υπερτερεί η Ισπανία η οποία κατέχει την πρώτη θέση με 283.000 στρέμματα θερμοκηπίων σε σύνολο 1.033.950 στρεμμάτων. Η Ελλάδα βρίσκεται στην 7^η θέση με το 3,8% της συνολικής έκτασης. Ωστόσο αξίζει να σημειωθεί ότι αυτή η έντονη διαφορά οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι πρόκειται για χώρες με διαφορετικό πληθυσμό και καλλιεργούμενη έκταση και συνεπώς το σωστό ποσοστό που θα έπρεπε να έχει η Ελλάδα ανέρχεται σε 6,85%⁶.

⁶ Ντίνας, Γ., 2007, «Έλεγχος περιβάλλοντος σε θερμοκήπιο με ηλιακό σύστημα», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Πίνακας 1.4. Κατανομή θερμοκηπίων στις μεσογειακές χώρες

Χώρα	Έκταση	Ποσοστό
Ισπανία	283.000	27,37%
Ιταλία	243.000	23,50%
Τουρκία	108.000	10,44%
Γαλλία	91.000	8,8%
Μαρόκο	64.650	6,2%
Πρώην Γιουγκοσλαβία	50.400	4,8%
Ελλάδα	39.750	3,8%
Αλγερία	35.000	3,3%
Πορτογαλία	26.050	2,5%
Ισραήλ	25.000	2,33%
Συρία	20.000	1,9%
Τυνησία	14.250	1,3%
Ιορδανία	12.000	1,1%
Λίβανος	11.000	1%
Αίγυπτος	8.000	0,77%
Κύπρος	2.000	0,1%
Μάλτα	350	0,03%
Λιβύη	70	0,006%
Σύνολο	1.033.950	

Πηγή: Θεοδωρακόπουλος, Α., 2003, σελ. 8

Σε διεθνές επίπεδο η Ιταλία έχει την πρώτη θέση με 29,48% του συνόλου και ακολουθεί η Ισπανία με 19,65% και η Ολλανδία και η Γαλλία 13,10% και 10,48% αντίστοιχα. Στα θερμοκήπια που καλύπτονται με πλαστικό η Ιταλία έχει την πρώτη θέση με ποσοστό 43%, και ακολουθεί η Ισπανία με ποσοστό 33% και η Γαλλία με 12%. Σχετικά με την προσφορά θερμοκηπιακών προϊόντων από τις χώρες της ΕΕ αξίζει να σημειωθεί ότι τον χειμώνα υπάρχει γενικά έλλειψη θερμοκηπιακών προϊόντων στην ΕΕ και γίνονται σημαντικές εισαγωγές από άλλες χώρες ενώ το καλοκαίρι υπάρχει πλεόνασμα το οποίο εξάγεται σε άλλες χώρες⁷.

⁷ Μαυρογιαννόπουλος Γ., «Θερμοκήπια», εκδόσεις Σταμούλης

Πίνακας 1.5. Θερμοκηπιακή κατανομή στις χώρες της ΕΕ

Χώρα	Έκταση	Ποσοστό
Ιταλία	225.000	29,48%
Ισπανία	150.000	19,65%
Ολλανδία	100.000	13,10%
Γαλλία	80.000	10,48%
Γερμανία	45.000	5,8%
Αγγλία	40.000	5,2%
Ελλάδα	30.000	3,9%
Βέλγιο	28.000	3,6%
Πορτογαλία	25.000	3,2%

Πηγή: Θεοδωρακόπουλος, Α., 2003, σελ. 9

1.3.1. Ευνοϊκοί παράγοντες για την αύξηση των θερμοκηπίων στην Ελλάδα

Η επέκταση των θερμοκηπίων κατά τα τελευταία χρόνια στην χώρα μας είναι εντυπωσιακή. Ειδικότερα από το 1966 μέχρι το 1982 η καλλιεργούμενη έκταση σε θερμοκήπια δεκαπλασιάστηκε. Οι πιο σημαντικοί παράγοντες που βοήθησαν σημαντικά στην αύξηση των θερμοκηπιακών καλλιεργειών στην Ελλάδα είναι καταρχήν οι εδαφοκλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην χώρα μας. Η Ελλάδα διακρίνεται για το ήπιο κλίμα της σε πολλές περιοχές της γεγονός που ευνοεί την δημιουργία θερμοκηπιακών καλλιεργειών.

Εξίσου σημαντικός παράγοντας ήταν η ανάγκη εξασφάλισης από τους κατοίκους αγροτικών περιοχών υψηλότερου εισοδήματος. Λόγω του ότι οι εκτάσεις που είχαν στην διάθεση τους δεν ήταν μεγάλες έπρεπε να στραφούν σε λύσεις που θα τους απέφεραν αρκετό εισόδημα με αποτέλεσμα να καταλήξουν τελικά στην εντατικοποίηση των καλλιεργειών και στην θερμοκηπιακή καλλιέργεια

Παράλληλα η ζήτηση για διάφορα αγροτικά προϊόντα, όπως είναι η τομάτα, το αγγούρι κ.α., αυξήθηκε με την πάροδο των ετών στην εσωτερική και στην εξωτερική αγορά με αποτέλεσμα να στρέψει πολλούς παραγωγούς στην παραγωγή και καλλιέργεια τους μέσω θερμοκηπίων προκειμένου να καλύψουν την ζήτηση, κυρίως για εκτός εποχής προϊόντα .

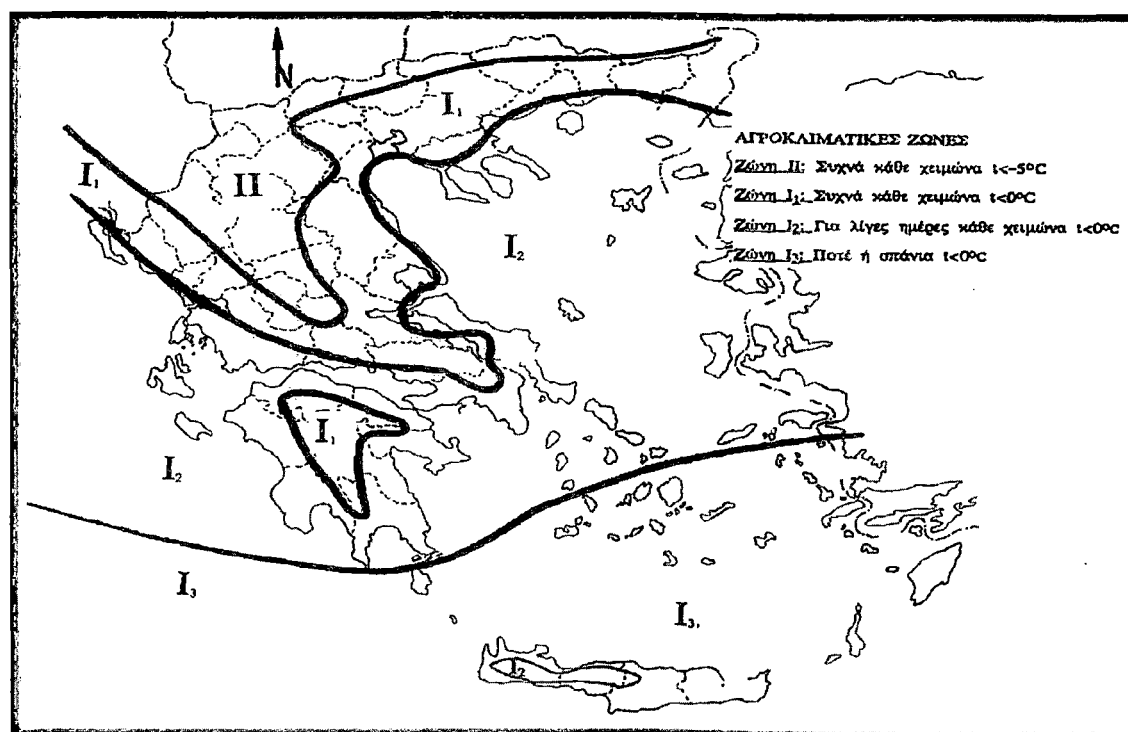
Τέλος η γεωργική πολιτική που χάραξε η χώρα μας ακολουθώντας τα μέτρα της Ευρωπαϊκής Κοινής Αγροτικής Πολιτικής ενθάρρυνε την προώθηση των θερμοκηπιακών καλλιεργειών μέσω της παροχής οικονομικών κινήτρων και της εκτέλεσης αρδευτικών έργων προσελκύοντας ακόμα περισσότερους αγρότες⁸.

1.3.2 Χωροταξική κατανομή των θερμοκηπίων στην Ελλάδα

Όπως φαίνεται στον Χάρτη 1.1 που ακολουθεί η χωροταξική κατανομή των θερμοκηπίων στην Ελλάδα διαφέρει ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν.

Σε περιοχές όπου ο χειμώνας είναι ήπιος και δεν έχουμε παγετούς όπως είναι η Κρήτη, η Αττική, οι Κυκλάδες, η Νοτιοδυτική Πελοπόννησος και η Χαλκιδική παρατηρούμε αυξημένη συγκέντρωση θερμοκηπίων γιατί δεν υπάρχουν μεγάλες ανάγκες για θέρμανση⁹.

Χάρτης 1.1. Αγροκλιματικές ζώνες στην Ελλάδα



Πηγή: Κυρίτσης, 1989

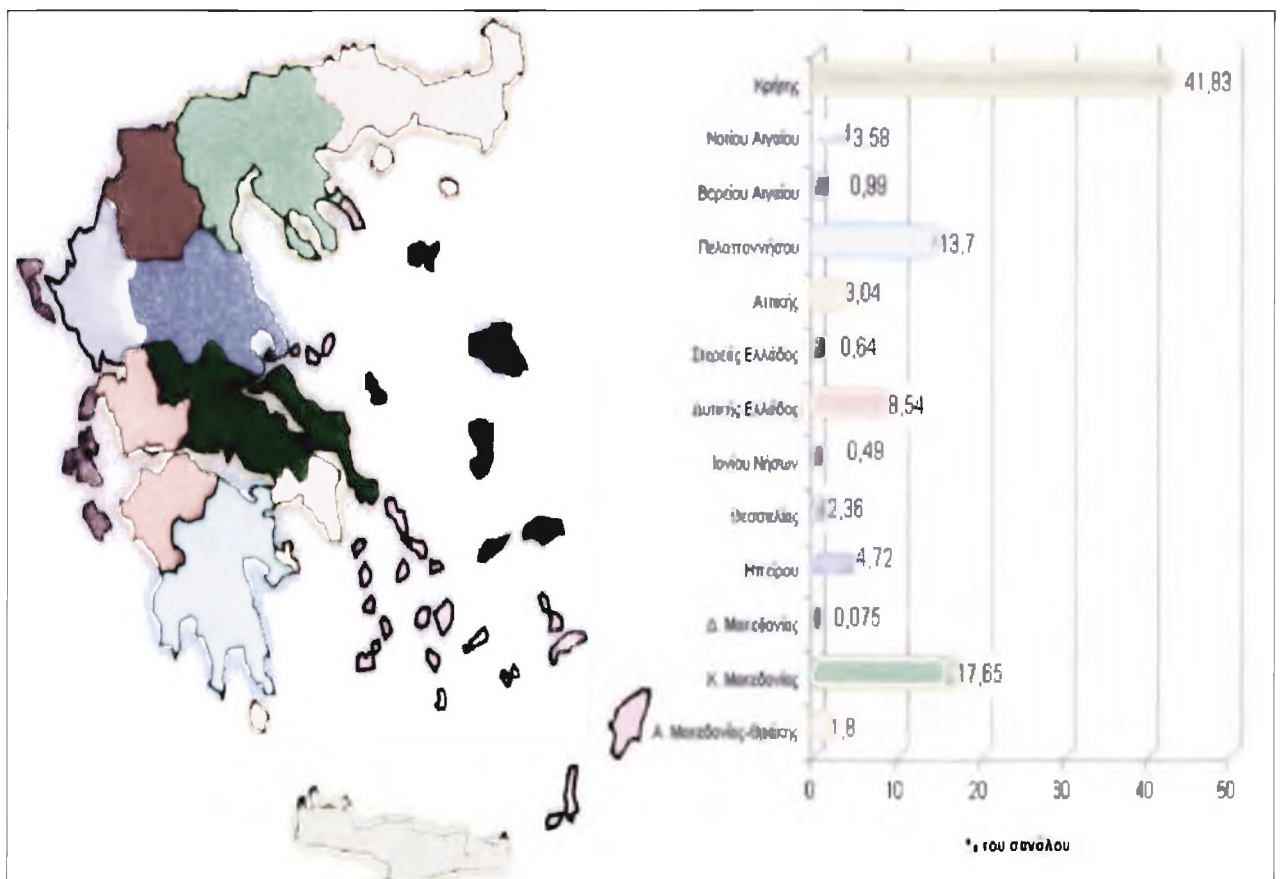
⁸ Κυρίτσης, Σ., & Μαυρογιαννόπουλος, Γ., «Θερμοκήπια», Γ' τάξη Τεχνικού Επαγγελματικού Λυκείου, Γ' έκδοση, Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, σελ. 16

⁹ Κυρίτσης, Σ., 1989, «Η ενέργεια στην ελληνική γεωργία και οι δυνατότητες της ηλιακής τεχνολογίας», Ελληνική Λιθογραφία ΕΠΕ, Αθήνα, σελ 4

Στον χάρτη 1.2 παρουσιάζεται ο λεγόμενος ελληνικός θερμοκηπιακός χάρτης για το έτος 2001. Όπως φαίνεται οι περιφέρειες με τις περισσότερες θερμοκηπιακές καλλιέργειες είναι η Κρήτη με ποσοστό 41,83%, η Κεντρική Μακεδονία με ποσοστό 17,65%, η Πελοπόννησος με 13,7%, η Δυτική Ελλάδα με 8,54% και η Ήπειρος με 4,72%.

Οι ελληνικές περιφέρειες που έχουν περιορισμένες θερμοκηπιακές καλλιέργειες είναι η Δυτική Μακεδονία με 0,075%, το Βόρειο Αιγαίο με 0,99% και τα Ιόνια Νησιά με 0,49%. Τα σημαντικότερα κηπευτικά είδη που καλλιεργούνται στα θερμοκήπια είναι το αγγούρι και η τομάτα. Ενώ ακολουθούν η πιπεριά, το κολοκυθάκι, η μελιτζάνα, η φράουλα, το φασολάκι, το μαρούλι και το καρπούζι.

Χάρτης 1.2. Ποσοστιαία κατανομή των θερμοκηπίων στην Ελλάδα κατά περιφέρεια



Πηγή: Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2003

1.4. Ποιότητα και προέλευση κατασκευής θερμοκηπίων

Σχετικά με τα τυποποιημένα θερμοκήπια που εγκαθίστανται στην Ελλάδα ένα μέρος τους εισάγεται από το εξωτερικό και το υπόλοιπο καλύπτεται από εγχώριες βιοτεχνίες κατασκευής μεταλλικών και ξύλινων θερμοκηπίων. Τα θερμοκήπια που εισάγονται στην Ελλάδα προέρχονται κυρίως από την Ολλανδία, Ιταλία, Ισπανία και Γαλλία και δευτερευόντως από την Αγγλία και το Ισραήλ.

Ωστόσο δεν υπάρχουν ακριβή στοιχεία για την ποσότητα και τον αριθμό των στρεμμάτων που εισάγονται λόγω της αδυναμίας που υπάρχει από τις αρμόδιες υπηρεσίες να ελέγξουν και να καταγράψουν τις εισαγωγές αυτές. Ενδεικτικά μπορούμε να αναφέρουμε ότι οι ανάγκες σε υαλόφρακτα θερμοκήπια καλύπτονται σχεδόν εξ' ολοκλήρου από εισαγωγές ενώ τα μεταλλικά με κάλυψη πλαστικού εισάγονται σε ποσοστό 10% περίπου.

Τα θερμοκήπια τα οποία έχουν εισαχθεί μέχρι σήμερα στην χώρα μας από άποψη ποιότητας παρουσιάζουν διάφορες διακυμάνσεις και ειδικότερα σε ότι έχει να κάνει με την αντοχή των υλικών κατασκευής τους και με τις προδιαγραφές που πληρούν για να ανταποκρίνονται στις κλιματικές συνθήκες της Ελλάδος.

Τα προβλήματα που έχουν εμφανιστεί στις θερμοκηπιακές εκμεταλλεύσεις που χρησιμοποιούν θερμοκήπια προέλευσης εξωτερικού εστιάζονται κυρίως στην αντοχή στον άνεμο, στο χιόνι και στην έλλειψη επαρκούς αερισμού κατά την διάρκεια της θερμής περιόδου. Αυτό συμβαίνει διότι όπως είναι αναμενόμενο τα θερμοκήπια που εισάγονται μέχρι σήμερα στην χώρα μας είναι κατασκευασμένα έτσι ώστε να πληρούν ποιοτικές προδιαγραφές για τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην χώρα κατασκευής τους.

Συνεπώς μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι για αρκετούς τα θερμοκήπια του εξωτερικού παρουσιάζουν διάφορα προβλήματα σε ζητήματα αντοχής, αερισμού και θέρμανσης με αποτέλεσμα να επηρεάζεται και η ποιότητα αντίστοιχα¹⁰

¹⁰ Μαυρογιαννόπουλος Γ., «Θερμοκήπια», εκδόσεις Σταμούλης

Κεφάλαιο 2

Το περιβάλλον του θερμοκηπίου

2.1. Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου θεωρείται πολύ σημαντικός παράγοντας και ασκεί επιρροή στην ταχύτητα της πορείας των φυσιολογικών διεργασιών που συντελούν στην ανάπτυξη του φυτού. Οι οριακές τιμές για την πλειοψηφία των φυτών είναι από 0 °C έως 40 °C. Ωστόσο για να είναι η απόδοση της καλλιέργειας καλύτερη χρειάζεται ένα ορισμένο εύρος τιμών, το οποίο καλείται άριστο και για τις θερμοκηπιακές καλλιέργειες βρίσκεται μεταξύ 10 °C και 30 °C.

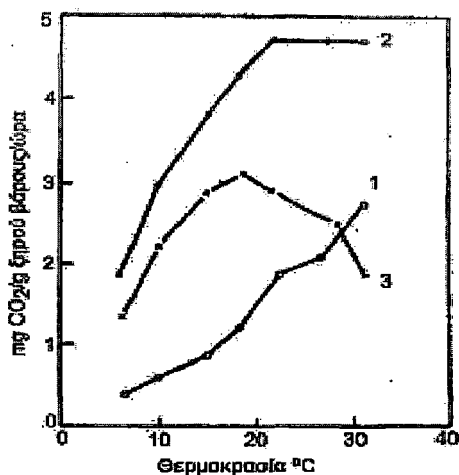
Οι άριστες θερμοκρασίες για την ανάπτυξη των θερμοκηπιακών φυτών προσδιορίζονται ανάλογα με το είδος, το στάδιο ανάπτυξης και τη φυσιολογική λειτουργία του φυτού. Σχεδόν όλες οι καλλιέργειες είναι ευπαθείς στο ψύχος (0-12 °C), ενώ το ιδανικό εύρος τιμών θερμοκρασίας είναι διαφορετικό για κάθε είδος φυτού.

Σχετικά με τις φυσιολογικές λειτουργίες του φυτού, αυξημένες τιμές θερμοκρασίας μέσα σε ένα θερμοκήπιο μπορεί να προκαλέσουν αύξηση στο ρυθμό αναπνοής των φυτών. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 2.1. καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία, το φυτό αυξάνει την αναπνοή του, ενώ την ίδια στιγμή αυξάνεται και ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης.

Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η μεγαλύτερη κατανάλωση των αποθηκευμένων οργανικών ουσιών του φυτού και η πιθανή μη αναπλήρωσή τους από τη φωτοσύνθεση, αφού ο ρυθμός φωτοσύνθεσης, σε αντίθεση με την αναπνοή, δεν μεταβάλλεται συνεχώς αλλά σταθεροποιείται μετά από κάποια τιμή¹¹.

¹¹ Hanan J.J., & Holley W.D., & Goldsberry K.L., 1978, «Greenhouse Management», Springer- Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, σελ. 13.

Διάγραμμα 2.1: Επίδραση της θερμοκρασίας στην αναπνοή (1), στη φωτοσύνθεση (2) και στην καθαρή φωτοσύνθεση (3).



Πηγή: Hanan, 1978

Άλλη μια φυσιολογική λειτουργία, η διαπνοή, δέχεται επιρροές από μεταβολές στη θερμοκρασία. Ειδικότερα η αύξηση της ηλιακής ακτινοβολίας μπορεί να προκαλέσει την έντονη διαπνοή των φυτών με άμεσο αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας τους και την εξάντληση των αποθεμάτων νερού που συντελείται εφόσον δεν είναι δυνατό να προσλάβει το φυτό νερό από το έδαφος. Συνεπώς, τα στόματα των φύλλων κλείνουν για να αποφευχθεί το φαινόμενο του μαρασμού και η διαδικασία της φωτοσύνθεσης σταματά, αφού δεν επιτρέπεται η είσοδος CO₂ στο φύλλο.

Οι Hughes and Cockshull¹² (1972) «παρατήρησαν ότι η ανάπτυξη των χρυσάνθεμων μπορεί να επιτευχθεί μέχρι τους 24 °C υπό την προϋπόθεση ότι τα επίπεδα της ηλιακής ακτινοβολίας είναι υψηλά. Ακόμα, σε καλλιέργεια τομάτας, ο αριθμός των ανθέων που διαφοροποιούνται σε κάθε ταξιανθία είναι μεγαλύτερος στους 13 °C, με υψηλή ένταση φωτός, συγκριτικά με τους 18 °C με χαμηλή ένταση φωτός».

Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας ασκεί επίδραση και στην απαιτούμενη διαφορά θερμοκρασίας ημέρας και νύχτας. Η πιο χαμηλή θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της νύχτας βοηθά στην εξοικονόμηση ενέργειας, διότι τις νυχτερινές ώρες

¹² Ντόγρας, Κ., 2001, «Καλλιέργεια Λαχανικών στο θερμοκήπιο», Μέρος Α', Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σελ. 15

σημειώνεται το μεγαλύτερο ποσοστό θερμικών απωλειών. Επιπλέον λόγω του μικρότερου ρυθμού αναπνοής παρατηρείται μικρότερη κατανάλωση οργανικών ουσιών από το φυτό¹³.

Η άριστη θερμοκρασία για την ανάπτυξη των φυτών επηρεάζεται από την συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Η αύξηση της συγκέντρωσης CO₂ σε ένα θερμοκήπιο μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της κατάλληλης θερμοκρασίας. Σε ένα θερμοκήπιο με σταθερή την θερμοκρασία και χωρίς περιοριστικούς παράγοντες, ο εμπλουτισμός με CO₂ θα έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση του ρυθμού φωτοσύνθεσης¹⁴.

2.2. Θέρμανση

Στην χώρα μας υπάρχουν τριών ειδών θερμοκήπια:

- Τα **μη θερμαινόμενα**, τα οποία χρησιμοποιούνται κυρίως στη Νότια Ελλάδα όπου εκεί οι καιρικές συνθήκες το χειμώνα είναι πιο ήπιες αλλά ενέχουν τον κίνδυνο ζημιάς όταν κατά τη νύχτα παρατηρηθεί έντονη πτώση θερμοκρασίας.
- Τα **ελαφρά θερμαινόμενα** στα οποία χρησιμοποιούνται απλά αερόθερμα με σκοπό την προστασία της καλλιέργειας από παγετό και τον περιορισμό συμπύκνωσης της υγρασίας.
- Τα **θερμαινόμενα** τα οποία διαθέτουν πιο ακριβά και πιο πολύπλοκα συστήματα αλλά δίνουν τη δυνατότητα προγραμματισμού της καλλιέργειας, διάθεσης προϊόντων εκτός εποχής και αποδοτικότερης παραγόμενης ποσότητας και ποιότητας.

Η χρήση της θέρμανσης στο θερμοκήπιο εφαρμόζεται α) όταν η θερμοκρασία στο χώρο του θερμοκηπίου είναι χαμηλή και συνεπώς περιορίζει την αύξηση της παραγωγής και β) εφόσον το οικονομικό όφελος της εγκατάστασης και λειτουργίας είναι μεγαλύτερο από τις δαπάνες για την εγκατάσταση και τη συντήρηση του συστήματος και την κατανάλωση καυσίμων.

¹³ Ντόγρας, Κ., 2001, «Καλλιέργεια Λαχανικών στο θερμοκήπιο», Μέρος Α', Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σελ. 15

¹⁴ Ντόγρας, Κ., 2001, «Καλλιέργεια Λαχανικών στο θερμοκήπιο», Μέρος Α', Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σελ. 15

Ένα σύστημα θέρμανσης για να είναι αποδοτικό και κατάλληλο για το θερμοκήπιο θα πρέπει να έχει τις εξής προϋποθέσεις:

- Να εξασφαλίζει την απαιτούμενη θερμοκρασία που χρειάζεται η καλλιέργεια.
- Να διανέμει την θερμότητα ομοιόμορφα μέσα στο θερμοκήπιο.
- Να χρησιμοποιεί οικονομικά καύσιμα τα οποία να βρίσκονται εύκολα.
- Να είναι εγγυημένης κατασκευής για να μην κινδυνεύει η καλλιέργεια από πιθανή βλάβη του.
- Να επισκευάζεται εύκολα.

Τα συστήματα θέρμανσης που χρησιμοποιούνται στα θερμοκήπια διακρίνονται σε τοπικά και κεντρικά. Τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται για την θέρμανση των θερμοκηπίων πρέπει να έχουν τις εξής προϋποθέσεις:

- Να έχουν μεγάλη θερμική απόδοση.
- Να έχουν χαμηλό κόστος.
- Να μην είναι τοξικά για τα φυτά.
- Να είναι διαθέσιμα στην περιοχή.
- Να παρέχουν ασφάλεια κατά τη χρήση.
- Αυτόματη ρύθμιση της κατανάλωσης.

Τα καύσιμα μπορεί να είναι στέρεα (ξύλο, γαιάνθρακες κ.ά.), υγρά (πετρέλαιο, μαζούτ) ή αέρια (υγραέριο). Τα αέρια ανάλογα με την προέλευση τους χωρίζονται σε φυσικά και τεχνητά αέρια. Τα φυσικά αέρια χρησιμοποιούνται όπως εξάγονται ενώ τα τεχνητά είναι υποπροϊόντα διαφόρων βιομηχανιών. Το προτιμότερο καύσιμο είναι γαιαέριο διότι αυτοματοποιείται εύκολα η λειτουργία του συστήματος θέρμανσης και η εγκατάσταση έχει χαμηλό αρχικό κόστος¹⁵.

2.3. Αερισμός των θερμοκηπίων

Λέγοντας αερισμός αυτόματα περιλαμβάνονται δύο βασικές έννοιες:

- Η ανάδευση του εσωτερικού αέρα του θερμοκηπίου για την δημιουργία ομοιόμορφων συνθηκών σε όλη την έκταση του.
- Η ανταλλαγή θερμού αέρα του θερμοκηπίου με τον εξωτερικό αέρα (εξαερισμός). Στόχος του εξαερισμού είναι η ρύθμιση της θερμοκρασίας τη θερμή περίοδο και η

¹⁵ Ηλιόπουλος, Π., 2007, «Φυτοπροστατευτική διαχείριση θερμοκηπίων», ΤΕΙ Λάρισας, σελ 9

ρύθμιση της συγκέντρωσης συστατικών της ατμόσφαιρας στο θερμοκήπιο (CO₂, O₂ κ.α.).

Ο ρυθμός και ο τρόπος αερισμού έχει άμεση σχέση με τη γεωγραφική θέση και την εποχή. Για τα θερμοκήπια της χώρας μας οι ανάγκες σε αερισμό είναι μεγάλες από την αρχή της άνοιξης μέχρι και το τέλος του φθινοπώρου χωρίς να αποκλείεται να απαιτείται αερισμός και τον χειμώνα.

Συστήματα Ανάδευσης Αέρα

Τα συστήματα ανάδευσης του αέρα που χρησιμοποιούνται στα θερμοκήπια είναι:

- **Οριζόντιας μετακίνησης του αέρα.** Απαιτείται μία εγκατάσταση ανεμιστήρων κοντά στην οροφή με μία κλίση 10-15° προς το εσωτερικό του θερμοκηπίου. Εάν το μήκος ενός στενού θερμοκηπίου είναι μικρότερο από 20 m, χρειάζονται 1 έως 2 ανεμιστήρες που τοποθετούνται διαγώνια στις δύο γωνίες. Αν το μήκος ξεπερνά τα 20m, χρειάζονται 2 ακόμη ανεμιστήρες στο μέσο του μήκους του θερμοκηπίου.
- **Αξονικής μετακίνησης του αέρα με διάτρητο σωλήνα.** Οι ανεμιστήρες τοποθετούνται στο άκρο ή στο μέσο του θερμοκηπίου και σπρώχνουν τον αέρα μέσα σε διάτρητους σωλήνες πολυαιθυλενίου, που κρέμονται σε όλο το μήκος του θερμοκηπίου.
- **Άλλοι τρόποι κυκλοφορίας.** Όλα τα συστήματα θέρμανσης με ζεστό νερό και τα συστήματα εξαερισμού, συνδέονται κατάλληλα για να προκαλέσουν την ανάδευση και μετακίνηση του αέρα μέσα στο θερμοκήπιο. Πολλές φορές για παράδειγμα οι ανεμιστήρες των αερόθερμων μπορούν να λειτουργήσουν ανεξάρτητα της θέρμανσης, για την ανάδευση του αέρα¹⁶.

Συστήματα Ανανέωσης Αέρα (εξαερισμού)

Υπάρχουν δύο συστήματα εξαερισμού των θερμοκηπίων:

- **Ο φυσικός,** όταν προκαλείται από διαφορές πιέσεων μεταξύ του εσωτερικού χώρου, που δημιουργούνται λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας και λόγω του ανέμου.

¹⁶ Ηλιόπουλος, Π., 2007, «Φυτοπροστατευτική διαχείριση θερμοκηπίων», ΤΕΙ Λάρισας, σελ 3-6

Εικόνα 2.3. Φυσικός εξαερισμός θερμοκηπίου



- Ο **δυναμικός**, όταν οι διαφορές πιέσεων μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού χώρου του θερμοκηπίου δημιουργούνται με μηχανικά μέσα. Στην εικόνα 2.2. μπορούμε να δούμε ότι η είσοδος του εξωτερικού αέρα στο θερμοκήπιο εμποδίζεται με το κλείσιμο των περσίδων

Εικόνα 2.4. Δυναμικός εξαερισμός θερμοκηπίου



Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τις ανάγκες σε εξαερισμό είναι:

- Η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα.
- Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας.
- Η μέγιστη ανεκτή θερμοκρασία μέσα στο θερμοκήπιο που εξαρτάται από το είδος του φυτού.
- Το μέγεθος και τα υλικά κατασκευής του θερμοκηπίου.

- Ο ρυθμός εξατμισο-διαπνοής στο χώρο του θερμοκηπίου¹⁷.

Φυσικός εξαερισμός

Ο φυσικός εξαερισμός πραγματοποιείται με την είσοδο του αέρα, μέσα στο χώρο του θερμοκηπίου, από τα παράθυρα που βρίσκονται στην οροφή και στις πλευρές. Έχει ως βάση την ιδιότητα του αέρα να ανυψώνεται όταν θερμαίνεται. Συνεπώς, ο ζεστός αέρας περνάει από τα ανοίγματα της οροφής και την θέση του την παίρνει ο ψυχρότερος αέρας που μπαίνει από τα πλευρικά παράθυρα. Η ταχύτητα και η κατεύθυνση του ανέμου καθώς και η έκταση και το σχήμα των παραθύρων επιδρούν στο ρυθμό εξαερισμού.

Για την αποδοτική λειτουργία του φυσικού αερισμού απαιτούνται μεγάλα ανοίγματα, τοποθετημένα στις κατάλληλες θέσεις. Όσο πιο μεγάλο είναι το πλάτος του θερμοκηπίου, τόσο πιο ανεπαρκής αποδεικνύεται ο αερισμός με πλευρικά μόνο ανοίγματα γι' αυτό απαιτούνται πρόσθετα ανοίγματα οροφής. Σε αρκετές περιπτώσεις, τα πρόσθετα αυτά ανοίγματα είναι απαραίτητα, γιατί τις ημέρες που δε φυσά άνεμος συντελούν στη λειτουργία του αερισμού που βασίζεται στη διαφορά θερμοκρασίας.

Για να είναι αποτελεσματικός ο φυσικός αερισμός πρέπει η συνολική επιφάνεια των ανοιγμάτων να είναι ίση, περίπου, με το 20-30% της καλυπτόμενης από το θερμοκήπιο επιφάνειας του εδάφους. Τα παράθυρα κατασκευάζονται, συνήθως συνεχόμενα, κατά μήκος των κατακόρυφων πλευρών και της οροφής.

Ο αυτοματισμός στα ανοίγματα είναι απαραίτητος, διότι οι απαιτήσεις σε αερισμό μεταβάλλονται ανάλογα με την εποχή και οι κυριότερες μεταβολές πραγματοποιούνται κυρίως την άνοιξη και το φθινόπωρο, που υπάρχουν μεγάλες εναλλαγές θερμοκρασίας. Το άνοιγμα και κλείσιμο των παραθύρων οροφής γίνεται μέσω οδοντωτών ή σπαστών βραχιόνων.

Στην Ελλάδα με βάση τις κλιματολογικές συνθήκες, για τον εξαερισμό την άνοιξη και το φθινόπωρο η έκταση των ανοιγμάτων θα πρέπει να επιτρέπει περισσότερες από 40 αλλαγές του αέρα την ώρα. Το χειμώνα, η θερμοκρασία ρυθμίζεται μόνο με τα ανοίγματα της οροφής, γιατί η άμεση εισαγωγή ψυχρού αέρα από έξω, μέσω των πλευρικών ανοιγμάτων, μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στα φυτά.

¹⁷ Ηλιόπουλος, Π., 2007, «Φυτοπροστατευτική διαχείριση θερμοκηπίων», ΤΕΙ Λάρισας, σελ 3-6

Τα τελευταία χρόνια με την αυτοματοποίηση των θερμοκηπίων, δεν παρουσιάζονται τα παλαιότερα προβλήματα όπως ήταν η δυσκολία αυτόματης ρύθμισης του εισερχόμενου αέρα, η ανάγκη εργατών για το άνοιγμα και κλείσιμο των παραθύρων, η παρακολούθηση για την αποφυγή ζημιών από ισχυρό άνεμο κ.α., διότι στις μέρες μας η ρύθμιση του ανοίγματος και του κλεισίματος των παραθύρων μπορεί να γίνεται αυτόματα με ειδικούς ελεγκτές αερισμού¹⁸.

Δυναμικός εξαερισμός

Ο δυναμικός εξαερισμός μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση ανεμιστήρων που τοποθετούνται στο τοίχωμα του θερμοκηπίου και μπορεί να προκαλέσουν τεχνητή διαφορά πίεσης στο χώρο του θερμοκηπίου. Οι ανεμιστήρες αναρροφούν και εξάγουν τον εσωτερικό αέρα, ενώ ο εξωτερικός αέρας εισέρχεται από τα ανοίγματα που βρίσκονται στην απέναντι πλευρά. Το χειμώνα, το άνοιγμα για την είσοδο του αέρα είναι πιο μικρό και βρίσκεται ψηλά στην απέναντι πλευρά, ή χρησιμοποιείται πλαστικός σωλήνας κατανόμης του αέρα από ψηλά, προκειμένου ο κρύος εξωτερικός αέρας πριν φτάσει στα φυτά, να έχει αναμιχθεί με τον θερμό αέρα του θερμοκηπίου.

Το καλοκαίρι, αντίθετα, το άνοιγμα για την είσοδο του αέρα είναι συνεχές σε όλο το πλάτος του θερμοκηπίου περίπου στο μέσο του ύψους της κατακόρυφης πλευράς. Ανάλογα με το ρυθμό εξαερισμού προσδιορίζεται ο κατάλληλος αριθμός και μέγεθος των ανεμιστήρων. Ο χρόνος εξαερισμού εξαρτάται από την θερμοκρασία που απαιτείται για την καλλιέργεια, από την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και από τη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα.

Η εγκατάσταση δυναμικού εξαερισμού σ' ένα θερμοκήπιο, με την σωστή τοποθέτηση ανεμιστήρων σε συγκεκριμένα σημεία, γίνεται ύστερα από λεπτομερή μελέτη των συνθηκών και από ειδικό σχεδιασμό, και χωρίζεται σε α) δυναμικό εξαερισμό με υπερπίεση, και β) δυναμικό εξαερισμό με υποπίεση. Το πρώτο σύστημα χρησιμοποιείται όταν υπάρχουν υποχρεωτικά ανοίγματα στο κάλυμμα του θερμοκηπίου και έτσι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα συστήματα με υποπίεση.

Η χρησιμοποίηση του δυναμικού εξαερισμού σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να είναι αντιοικονομική και ίσως επικίνδυνη. Αυτό ισχύει:

¹⁸ Ηλιόπουλος, Π., 2007, «Φυτοπροστατευτική διαχείριση θερμοκηπίων», ΤΕΙ Λάρισας, σελ 3-6

- Σε περιοχές όπου ο φυσικός εξαερισμός για το μεγαλύτερο διάστημα επαρκεί και έτσι η χρήση του δυναμικού εξαερισμού είναι περιττή και αυτόματα σημαίνει σπατάλη μεγάλης ποσότητας ενέργειας.
- Όταν συμβεί κάποια ζημιά στο σύστημα και δε μπορεί να επισκευαστεί άμεσα με αποτέλεσμα να κινδυνεύει η παραγωγή του θερμοκηπίου, κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες.

Ωστόσο ο δυναμικός εξαερισμός έχει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Μεγαλύτερη ακρίβεια στη ρύθμιση του όγκου του εισερχόμενου αέρα.
- Ανανέωση του αέρα ικανοποιητική ακόμη και σε περιπτώσεις που επικρατεί άπνοια.
- Ανανέωση του αέρα άσχετα από τις εξωτερικές συνθήκες.
- Αποτελεί λύση για τις περιοχές που επικρατούν ισχυροί άνεμοι¹⁹.

2.4. Υγρασία

Ένας άλλος παράγοντας που επιδρά στην ανάπτυξη των καλλιεργειών και των ασθενειών στο υπέργειο τμήμα των φυτών είναι η υγρασία. Τα υψηλά επίπεδα υγρασίας έχουν αρνητική επίδραση στην παραγωγή και στην ποιότητα των προϊόντων που θα συγκομισθούν λόγω της πιθανής εμφάνισης μυκητολογικών ασθενειών που μπορεί να προκληθούν. Η άριστη υγρασία στο θερμοκήπιο σε συνδυασμό με την άριστη θερμοκρασία βοηθούν στην αύξηση της παραγωγής αλλά και στη βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων²⁰.

Ισοζύγιο υδρατμών

Η διαπνοή των φυτών καθώς και η εξάτμιση από το έδαφος είναι οι παράγοντες που αυξάνουν την υγρασία εντός του θερμοκηπίου. Από την άλλη, οι παράγοντες που οδηγούν στην μείωση των επιπέδων υγρασίας είναι ο αερισμός και η συμπύκνωση των υδρατμών που πραγματοποιείται στις επιφάνειες του θερμοκηπίου.

Για την ομαλή λειτουργία των φυτών είναι αναγκαία η πρόσληψη νερού. Παρόλα αυτά το μεγαλύτερο μέρος του νερού που προσλαμβάνεται αποβάλλεται λόγω της διαπνοής, ενώ ένα σχετικά πολύ μικρό ποσοστό χρησιμοποιείται για την κάλυψη των φυσιολογικών αναγκών του φυτού. Το νερό κινείται από τις ρίζες του

¹⁹ Ηλιόπουλος, Π., 2007, «Φυτοπροστατευτική διαχείριση θερμοκηπίων», ΤΕΙ Λάρισας, σελ 3-6

²⁰ Hand D.W., 1998, «Effects of atmospheric humidity on greenhouse crops». Acta Horticulturae No 229, σελ 143-158.

φυτού και μέσω του βλαστού καταλήγει στα φύλλα. Η δομή του φύλλου είναι τέτοια ώστε τα στόματα που βρίσκονται στην κάτω επιφάνεια να επιτρέπουν την επικοινωνία του εσωτερικού μέρους των φύλλων και του ατμοσφαιρικού αέρα. Με πειράματα έχει επιβεβαιωθεί ότι από ένα χερσαίο φυτό, το ποσοστό προσλαμβανόμενου νερού που επιστρέφει μέσω της διαπνοής στην ατμόσφαιρα είναι 99%²¹.

Ο ρυθμός διαπνοής έχει άμεση σχέση με την θερμοκρασία, την ηλιακή ακτινοβολία, με το έλλειμμα κορεσμού του αέρα και με την ταχύτητα του ανέμου. Η αύξηση της ηλιακής ακτινοβολίας μπορεί να προκαλέσει αύξηση της διαπνοής των καλλιεργειών και για τον λόγο αυτό τα φύλλα που δέχονται άμεσα την ηλιακή ακτινοβολία διαπνέουν περισσότερο σε σχέση με τα φύλλα που έχουν σκιά.

Το φαινόμενο της υγροποίησης των υδρατμών πάνω στις επιφάνειες του θερμοκηπίου και το οποίο καλείται συμπύκνωση υδρατμών επηρεάζει την υγρασία. Η εμφάνιση αυτού του φαινομένου γίνεται όταν μία επιφάνεια έχει θερμοκρασία κάτω από το σημείο δρόσου του αέρα, με αποτέλεσμα όσο η θερμοκρασία του σημείου δρόσου είναι πιο κοντά στη θερμοκρασία του αέρα, τόσο πιο υψηλή είναι η σχετική υγρασία και τόσο ενισχύεται η πιθανότητα ο αέρας να καταστεί κορεσμένος και να συμπυκνωθούν οι υδρατμοί που περιέχει. Η συμπύκνωση των υδρατμών είναι πιο έντονη στην εσωτερική επιφάνεια του καλύμματος και στα σκελετικά στοιχεία του θερμοκηπίου, λόγω του ότι η θερμοκρασία αυτών των επιφανειών αλλάζει ευκολότερα εξαιτίας της άμεσης επαφής τους με τον ατμοσφαιρικό αέρα..

Η εναλλαγή του αέρα από το εσωτερικό του θερμοκηπίου προς το εξωτερικό περιβάλλον και αντίστροφα είναι άλλη μία παράμετρος που επηρεάζει τη διαμόρφωση του ισοζυγίου των υδρατμών στο θερμοκήπιο. Αυτή η εναλλαγή μπορεί να επιτευχθεί μέσω φυσικού ή δυναμικού αερισμού²².

2.5. Διοξείδιο του άνθρακα

Το CO₂ είναι το βασικό συστατικό με το οποίο τα φυτά οικοδομούν τις οργανικές τους ενώσεις και για το λόγο αυτό η μελέτη του είναι πολύ σημαντική.

²¹ Καράταγλης, Σ., 1999, «Φυσιολογία Φυτών», Art of Text, Θεσσαλονίκη, σελ 24

²² Bakker, J.C., & Bot, G.P.A., & Challa, H., & Van de Braak, N.J., 1995, «Greenhouse Climate Control: an intergrated approach», Wageningen Pers, σελ 18

Εκτιμάται ότι το 50% της ξηρής ουσίας των φυτικών ιστών αποτελείται από άνθρακα. Η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε διοξείδιο του άνθρακα είναι σταθερή και κυμαίνεται από 300 έως 340 ppm ανάλογα με την περιοχή μέτρησης²³.

Έχει βρεθεί ότι όσο ενισχύεται η περιεκτικότητα του αέρα με διοξείδιο του άνθρακα, τόσο πιο έντονη είναι η φωτοσυνθετική δραστηριότητα, λόγω αύξησης της καθαρής φωτοσύνθεσης (Net photosynthesis)²⁴.

Στο θερμοκήπιο, η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα παρουσιάζει μεγάλες μεταβολές σε αντίθεση με την συγκέντρωσή του στην ύπαιθρο. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, η συγκέντρωση του CO₂ περιορίζεται συνεχώς, λόγω της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτών μέχρι τα 250 ppm ή και χαμηλότερα, αφού τα παράθυρα του θερμοκηπίου παραμένουν ανοιχτά.

Τις ημέρες του χειμώνα, όπου τα παράθυρα είναι κλειστά λόγω χαμηλών θερμοκρασιών, δεν υπάρχει ανανέωση του αέρα μέσα στο θερμοκήπιο, οπότε η συγκέντρωση του CO₂ μπορεί να φτάσει τα 100 ppm.

Όταν η συγκέντρωση του CO₂ είναι κάτω από 300 ppm περιορίζεται και ο ρυθμός φωτοσύνθεσης των φυτών. Από την άλλη, κατά τη διάρκεια της νύχτας η συγκέντρωση του CO₂ αυξάνεται μέχρι 400- 500 ppm, λόγω της παραγωγής του από τα φυτά, εξαιτίας της φυσιολογικής δραστηριότητας της αναπνοής και της μη χρησιμοποίησης του για τη φωτοσύνθεση²⁵.

Στα θερμοκήπια η διακύμανση της συγκέντρωσης του CO₂ επηρεάζεται από την ηλιακή ακτινοβολία και τη θερμοκρασία. Όταν υπάρχει υψηλή ένταση ηλιακής ακτινοβολίας και θερμοκρασία, ενισχύεται η φωτοσυνθετική δραστηριότητα με άμεσο επακόλουθο τον περιορισμό της συγκέντρωσης CO₂. Από την άλλη με χαμηλά επίπεδα ακτινοβολίας και θερμοκρασίας, ευνοείται το φαινόμενο της αναπνοής και έτσι έχουμε αντίθετα αποτελέσματα²⁶.

²³ Levanon D., & Motro B., & Marchaim U., 1986, «Organic materials degradation for CO₂ enrichment of greenhouse crops», Carbon Dioxide Enrichment of Greenhouse Crops. Vol. I. H.Z, CRC Press, Boca Raton, Filand, σελ 23,.

²⁴ Καράταγλης, Σ., 1999, «Φυσιολογία Φυτών», Art of Text, Θεσσαλονίκη, σελ 27

²⁵ Nederhoff, E.M., 1994, «Effect of CO₂ concentrations on photosynthesis, transpiration and production on greenhouse fruit vegetable crops», Wageningen, σελ 213

²⁶ Hand, D.W. & Slack, G., 1988, «What price summer CO₂ enrichment?», The Grower, σελ 27-31

Εικόνα 2.1 Καυστήρας παραγωγής CO₂ Εικόνα 2.2. Δεξαμενή CO₂



Κεφάλαιο 3

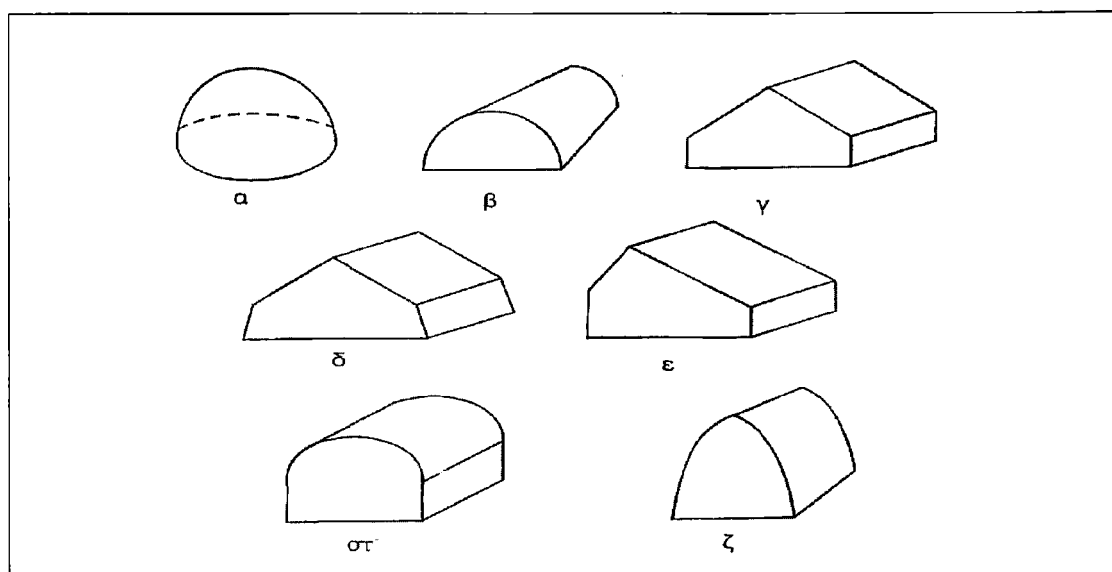
Τύποι – Διάκριση θερμοκηπίων

Υπάρχουν διάφορων ειδών θερμοκήπια τα οποία διαφέρουν μεταξύ τους από κατασκευαστικής πλευράς, στο σχήμα και στις διαστάσεις της βασικής τους μονάδας, καθώς και στα χρησιμοποιούμενα υλικά σκελετού και κάλυψης. Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε αναλυτικά τις διάφορες κατηγορίες των θερμοκηπίων.

3.1. Θερμοκήπια σε σχέση με το σχήμα της κατασκευαστικής μονάδας

Τα θερμοκήπια κατασκευάζονται σε διάφορα σχήματα. Τα δύο όμως βασικά σχήματα που επικράτησαν, το τοξωτό και το αμφικλινές, παρουσιάζονται στην εικόνα 3.1.

Εικόνα 3.1. Τύποι θερμοκηπίων ανάλογα με το σχήμα της κατασκευαστικής μονάδας: α. Ημισφαιρικό, β. τοξωτό, γ. αμφικλινές, δ. τροποποιημένο αμφικλινές, ε. ετεροκλινές, στ. τροποποιημένο τοξωτό, ζ. γοτθικό



Πηγή: Ηλιόπουλος, 2007, σελ. 3

Τα τοξωτά θερμοκήπια έχουν τα εξής πλεονεκτήματα :

- Για να κατασκευαστούν χρησιμοποιούνται επαναλαμβανόμενα ομοιόμορφα τόξα με αποτέλεσμα να θεωρούνται εύκολα στην κατασκευή
- Επίσης έχουν πιο ελαφρύ σκελετό και συνεπώς είναι πιο φθηνά

Ωστόσο έχουν και ορισμένα μειονεκτήματα όπως:

- Τα τοξωτά θερμοκήπια δεν προσφέρουν ευκολίες στους αυτοματισμούς του παθητικού εξαερισμού
- Συνήθως στις δύο άκρες του τόξου δημιουργούνται δυσκολίες σε επίπεδο εργασίας λόγω του χαμηλού ύψους τους
- Τέλος δεν είναι εύκολη η κατασκευή υαλόφρακτων θερμοκηπίων τοξωτού σχήματος

Εικόνα 3.2. Τοξωτό θερμοκήπιο



Τα τροποποιημένα τοξωτά θερμοκήπια αποτελούν υποκατηγορία των τοξωτών θερμοκηπίων. Τροποποιημένο τοξωτό θερμοκήπιο είναι το θερμοκήπιο του οποίου η κατασκευαστική μονάδα έχει επίπεδες πλευρές (ορθοστάτες) και τοξωτή στέγη²⁷. Η μορφή ενός τροποποιημένου τοξωτού θερμοκηπίου φαίνεται στην εικόνα 3.1.στ.

²⁷ Τράντας, Ε., 1997, «Τα θερμοκήπια στον Νομό Λασιθίου», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σελ. 21

Σε ότι αφορά στα αμφικλινή θερμοκήπια τα πλεονεκτήματά τους είναι τα εξής:

- Τα σκελετικά στοιχεία είναι ομοιόμορφα με αποτέλεσμα να είναι εύκολα στην τυποποίηση
- Είναι αρκετά ευρύχωρα
- Προσφέρουν δυνατότητες για καλό παθητικό εξαερισμό οροφής και πλευρικό
- Διευκολύνεται περισσότερο ο αυτοματισμός στα συστήματα εξαερισμού λόγω του ότι αποτελούνται από ευθύγραμμα τμήματα και επίπεδες επιφάνειες
- Οι επιφάνειές τους είναι επίπεδες και έτσι προσφέρουν την δυνατότητα χρησιμοποίησης των υαλοπινάκων για την κάλυψη του θερμοκηπίου

Εικόνα 3.3. Αμφικλινή θερμοκήπια



Εκτός από τα τοξωτά και τα αμφικλινή υπάρχουν και άλλα σχήματα στα θερμοκήπια τα οποία σχεδιάστηκαν για να καλύψουν ειδικές ανάγκες όπως είναι για παράδειγμα το ημισφαιρικό θερμοκήπιο που συναντάμε σε βοτανικούς κήπους ή ερευνητικά εργαστήρια, το θερμοκήπιο με βορεινή στήριξη στον τοίχο, που τοποθετείται στην νότια πλευρά ενός υπάρχοντος κτιρίου και το ετεροκλινές θερμοκήπιο του οποίου οι δυο κεκλιμένες επιφάνειες της οροφής έχουν διαφορετική κλίση και πλάτος η κάθε μια για περισσότερη ηλιακή ενέργεια τον χειμώνα.²⁸

²⁸ Μαυρογιαννόπουλος Γ., «Θερμοκήπια», εκδόσεις Σταμούλης

3.2. Θερμοκήπια σε σχέση με τις διαστάσεις της κατασκευαστικής μονάδας

Σε αυτή την κατηγορία υπάγονται τα χαμηλά και τα ψηλά θερμοκήπια. Ειδικότερα υπάρχουν τα χαμηλά θερμοκήπια δηλαδή αυτά που η χαμηλή πλευρά τους έχει ύψος 1,8 – 2,6 m. Τα θερμοκήπια αυτού του ύψους εξαιτίας του μικρού τους όγκου έχουν μικρότερες ενεργειακές απώλειες αλλά μειονεκτούν στα ακόλουθα σημεία:

- Οι θερμοκρασίες αλλάζουν απότομα από την μεταβολή ημέρα-νύχτα με αποτέλεσμα να δημιουργούνται αρνητικές συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας
- Υπάρχει δυσκολία σε μερικές καλλιεργητικές εργασίες εξαιτίας του χαμηλού ύψους.

Εικόνα 3.4. Χαμηλό θερμοκήπιο



Εκτός από τα χαμηλά θερμοκήπια υπάρχουν και τα ψηλά θερμοκήπια των οποίων η χαμηλή πλευρά τους έχει ύψος 2,6 m και άνω. Αυτά τα θερμοκήπια έχουν τα σημαντικά πλεονεκτήματα όπως:

- Παρέχουν καλύτερο παθητικό εξαερισμό
- Ικανοποιούν τις ανάγκες των περισσότερων καλλιεργειών από πλευράς χώρου
- Είναι πιο φωτεινά

Εικόνα 3.5.Υψηλό Θερμοκήπιο



Τα αμφικλινή θερμοκήπια που αναλύθηκαν παραπάνω έχουν την δυνατότητα να διακριθούν σε θερμοκήπια υψηλής και χαμηλής οροφής. Τα θερμοκήπια υψηλής οροφής έχουν δύο κεκλιμένες επιφάνειες στην οροφή τους οι οποίες δημιουργούν περισσότερο όγκο. Στα θερμοκήπια χαμηλής οροφής η οροφή δημιουργείται από δυο ζεύγη κεκλιμένων επιφανειών που δημιουργούν μικρότερο χώρο (ο τύπος αυτός είναι γνωστός διεθνών ως Venlo. Βλ. εικόνα 3.7.).

Εικόνα 3.6.Υψηλής οροφής



Εικόνα 3.7. Χαμηλής οροφής



Στην Βόρεια Ευρώπη τα θερμοκήπια χαμηλής οροφής είναι πιο διαδεδομένα για την καλλιέργεια λαχανικών ενώ τα υψηλής οροφής για την καλλιέργεια καλλωπιστικών φυτών.

Τα θερμοκήπια χαμηλής οροφής σε σχέση με τα υψηλής οροφής: α) έχουν μικρότερες απώλειες θερμότητας λόγω του μικρού όγκου, β) είναι πιο φθηνά, και γ) η κίνηση του αέρα μέσα σε αυτά γίνεται πιο δύσκολα ιδιαίτερα όταν πρόκειται για μεγάλης έκτασης θερμοκήπια με καλλιέργεια υψηλών φυτών. Συνεπώς στις περιοχές με θερμά κλίματα στα μεγάλης έκτασης θερμοκήπια αυτού του τύπου είναι πιο δύσκολο να κρατηθεί η θερμοκρασία χαμηλά.

Επίσης υπάρχουν και τα θερμοκήπια με κατασκευαστική μονάδα μεγάλου πλάτους (πάνω από 5 m) τα οποία:

- Διευκολύνουν την εκμηχάνιση των καλλιεργειών
- Κάνουν πιο εύκολη την κίνηση στον χώρο της καλλιέργειας
- Είναι πιο φωτεινά

Τέτοιου είδους θερμοκήπια παρουσιάζονται στην εικόνα 3.8. που ακολουθεί

Εικόνα 3.8.Θερμοκήπια μεγάλου πλάτους



Από την άλλη υπάρχουν και τα θερμοκήπια με μονάδα μικρού πλάτους δηλαδή κάτω από 5 m τα οποία είναι πιο φθηνά από τα μεγάλου πλάτους θερμοκήπια, αλλά έχουν το μειονέκτημα ότι έχουν τα αντίθετα χαρακτηριστικά από τα θερμοκήπια μεγάλου πλάτους²⁹.

²⁹ Μαυρογιαννόπουλος Γ., «Θερμοκήπια», εκδόσεις Σταμούλης

3.3 Θερμοκήπια σε σχέση με τα χρησιμοποιούμενα υλικά σκελετού

Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν τα θερμοκήπια από ξύλο. Το ξύλο ως υλικό σκελετού θερμοκηπίων χρησιμοποιείται για θερμοκηπιακές κατασκευές πλάτους κατασκευαστικής μονάδας μέχρι 6 m. Τα θερμοκήπια αυτά έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να κατασκευαστούν εύκολα και είναι πιο φθηνά σε σχέση με άλλα.

Εικόνα 3.9.Ξύλινο θερμοκήπιο



Ωστόσο έχουν μειονεκτήματα σε σχέση με τα μεταλλικά θερμοκήπια καθότι:

- Η διάρκεια ζωής τους είναι περιορισμένη
- Δεν είναι εύκολη η κατασκευή παραθύρων οροφής καθώς και η αυτοματοποίηση γενικά στους παθητικούς εξαερισμούς
- Συχνά τα ξύλα στρεβλώνουν, με αποτέλεσμα να υπάρχει κακή στεγανότητα του θερμοκηπίου
- Δεν είναι αρκετά φωτεινά

Εκτός από το ξύλο υπάρχουν και τα θερμοκήπια από γαλβανισμένο χάλυβα τα οποία προτιμώνται περισσότερο την σημερινή εποχή διότι α) τα στοιχεία του σκελετού έχουν μικρές διατομές με ανακλαστική επιφάνεια και για τον λόγο αυτό ο χώρος μέσα στο θερμοκήπιο είναι πιο φωτεινός, β) έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής σε σχέση με άλλα κατά 15 χρόνια, γ) οι μηχανισμοί του παθητικού εξαερισμού κατασκευάζονται και αυτοματοποιούνται πιο εύκολα, δ) μεταφέρονται με ευκολία σε περίπτωση μετεγκατάστασης της επιχείρησης.

Εικόνα 3.10.Θερμοκήπιο από γαλβανισμένο χάλυβα



Μια άλλη κατηγορία είναι τα θερμοκήπια από αλουμίνιο τα οποία:

- Έχουν πολύ ελαφρύτερα στοιχεία σκελετού
- Δεν διαβρώνονται στο περιβάλλον του θερμοκηπίου
- Οι διατομές των στοιχείων τους είναι μικρές με ανακλαστική επιφάνεια γεγονός που ευνοεί την φωτεινότητα του χώρου
- Κατασκευάζεται και αυτοματοποιείται πολύ εύκολα ο παθητικός εξαερισμός
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής³⁰.

Εικόνα 3.11.Θερμοκήπιο από αλουμίνιο



³⁰ Μαυρογιαννόπουλος Γ., «Θερμοκήπια», εκδόσεις Σταμούλης

3.4. Θερμοκήπια σε σχέση με τα υλικά κάλυψης

Τα θερμοκήπια διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με τα υλικά κάλυψης τους. Ειδικότερα υπάρχουν τα υαλόφρακτα θερμοκήπια τα οποία διατηρούν πολύ καλή περατότητα στο φως για πάρα πολλά χρόνια με αποτέλεσμα να μην είναι αναγκαίο να αντικατασταθεί το διαφανές κάλυμμα σε όλη την διάρκεια ζωής του θερμοκηπίου όπως γίνεται σε άλλες περιπτώσεις. Ωστόσο τα υαλόφρακτα απαιτούν σκελετό μεγαλύτερης αντοχής, άκαμπτο, με επίπεδες επιφάνειες.

Εικόνα 3.12.Υαλόφρακτο θερμοκήπιο



Υπάρχουν επίσης τα θερμοκήπια με διαφανές κάλυμμα από εύκαμπτο πλαστικό υλικό τα οποία απαιτούν πιο ελαφρύ σκελετό, μπορούν να έχουν διάφορα σχήματα, είναι πιο φθηνά, αλλά έχουν το μειονέκτημα ότι το κάλυμμα αντέχει μόνο για λίγα χρόνια (έως 3 χρόνια συνήθως) με αποτέλεσμα να απαιτείται συνεχώς η αντικατάστασή του.

Εικόνα 3.13.Θερμοκήπιο με εύκαμπτο διαφανές κάλυμμα



Τέλος υπάρχουν και τα θερμοκήπια με διαφανές κάλυμμα από σκληρό πλαστικό τα οποία σε σχέση με τα υαλόφρακτα έχουν σκελετό με μεγάλη ποικιλία σχημάτων, αντέχουν στο χαλάζι, ενώ κάποια είναι καλυμμένα με διπλές πολυκαρβονικές ή ακρυλικές επιφάνειες με αποτέλεσμα να εξοικονομούν και ενέργεια. Το βασικό μειονέκτημα αυτών των θερμοκηπίων είναι ότι μετά από μερικά χρόνια παρουσιάζουν περιορισμένη περατότητα στο φως σε σχέση με τα υαλόφρακτα.

Εικόνα 3.14. Θερμοκήπιο από σκληρό πλαστικό



Η διάρκεια της ικανοποιητικής περατότητας στο φως χωρίς αλλαγή υλικού κάλυψης φτάνει τα 6-10 χρόνια. Το θερμοκήπιο από σκληρό πλαστικό είναι πιο ακριβό από το θερμοκήπιο με εύκαμπτο πλαστικό αλλά είναι και πιο φθηνό από το υαλόφρακτο θερμοκήπιο³¹.

3.5. Απλά ή πολλαπλά θερμοκήπια

Απλά θερμοκήπια

Τα θερμοκήπια αυτής της κατηγορίας κατασκευάζονται από μια σειρά βασικών κατασκευαστικών μονάδων τοποθετημένων κατά μήκος. Τα απλά θερμοκήπια προσφέρουν μεγαλύτερη διείσδυση του φωτός στο εσωτερικό τους διότι δέχονται περισσότερο διάχυτο φωτισμό από όλες τις πλευρές τους. Είναι αναγκαίο να τοποθετούνται πολλά θερμοκήπια σε μια περιοχή και η μεταξύ τους απόσταση να είναι μεγαλύτερη από τα 2/3 του ύψους τους για καλύτερη φωτεινότητα.

Επίσης τα απλά θερμοκήπια έχουν καλύτερο φυσικό εξαερισμό λόγω του ότι το πλάτος τους είναι περιορισμένο. Τέλος τα απλά θερμοκήπια είναι ασφαλή για τις

³¹ Μαυρογιαννόπουλος Γ., «Θερμοκήπια», εκδόσεις Σταμούλης

χιονόπληκτες περιοχές επειδή το χιόνι μπορεί να απομακρυνθεί άμεσα από την οροφή τους. Ωστόσο το σημαντικό μειονέκτημα τους είναι ότι έχουν σημαντικές ενεργειακές απώλειες θέρμανσης

Πολλαπλά θερμοκήπια

Τα πολλαπλά θερμοκήπια προέρχονται από απλά που έχουν συνδεθεί μεταξύ τους. Στην ένωση των πλευρών της οροφής των θερμοκηπίων κατασκευάζεται υδρορροή για να μπορεί να απομακρύνεται το νερό της βροχής ή του λιωμένου χιονιού. Το κατασκευαστικό στοιχείο σε αυτά επαναλαμβάνεται κατά μήκος και κατά πλάτος. Τα πολλαπλά θερμοκήπια έχουν μεγάλο συνεχόμενο εσωτερικό χώρο που είναι χρήσιμος στην εκμηχάνιση και παρουσιάζουν οικονομία στην θέρμανση διότι έχουν μικρότερη επιφάνεια καλύμματος ανά μονάδα επιφάνειας του εδάφους.

Τα πολλαπλά θερμοκήπια όταν καλύπτουν μεγάλη συνεχόμενη έκταση δεν έχουν καλό παθητικό εξαερισμό και για τον λόγο αυτό σε θερμές περιοχές θα πρέπει να αποφεύγονται πολλαπλά θερμοκήπια πολύ μεγάλης έκτασης. Επίσης στην οροφή τους συνήθως συκρατείται μεγάλη ποσότητα χιονιού και έτσι σε περιοχές με προβλήματα χιονοπτώσεων είναι αναγκαίο να υπάρχει ασφαλές σύστημα θέρμανσης προκειμένου να λιώνει το χιόνι εύκολα και άμεσα³².

Εικόνα 3.15. Πολλαπλό θερμοκήπιο



³² Μαυρογιαννόπουλος Γ., «Θερμοκήπια», εκδόσεις Σταμούλης

Κεφάλαιο 4

Υλικά κάλυψης των θερμοκηπίων

4.1. Υλικά κάλυψης

Η ποσότητα και η ποιότητα του φωτός που περνά στο χώρο των φυτών, έχει άμεση σχέση με τις ιδιότητες του υλικού κάλυψης του θερμοκηπίου. Ένα υλικό κάλυψης καλής ποιότητας θα πρέπει να επιτρέπει στο φως να το διαπερνά όσο το δυνατόν περισσότερο ενώ παράλληλα θα πρέπει να ευνοεί την διάχυση του στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, ώστε να υπάρχει ομοιογένεια φωτισμού σε όλο τον καλυπτόμενο χώρο.

Επίσης θα πρέπει από το φυσικό φως να διέρχονται όλα τα μήκη κύματος τα οποία είναι αναγκαία για την ανάπτυξη των φυτών. Το φως αφού πέσει πάνω στο διαφανές υλικό κάλυψης τότε μπορεί α) να ανακλαστεί πάνω στο υλικό, β) να απορροφηθεί από το υλικό και γ) να διέλθει μέσα από το υλικό

Όλα τα μήκη κύματος του φωτός δεν ανακλώνται, απορροφώνται ή διέρχονται μέσω των διαφόρων υλικών κατά τον ίδιο τρόπο. Το γεγονός αυτό ασκεί επιρροή στην ποιότητα του φωτισμού που εισέρχεται μέσα στο θερμοκήπιο. Γενικά θα πρέπει όλα τα μήκη κύματος του φωτός που απαιτούνται για την ανάπτυξη των φυτών να μην ανακλώνται ή απορροφώνται αλλά να εισέρχονται στο χώρο του θερμοκηπίου μέσω του υλικού κάλυψης με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ένταση και συχνότητα.

Η διέλευση του φωτός μέσω ενός υλικού μπορεί να γίνει απευθείας ή δια διάχυσεως. Όταν το φως διέρχεται απευθείας τότε έχει την ίδια διεύθυνση με εκείνη του προσβάλλοντος φωτισμού. Το αποτέλεσμα είναι ότι οι σκιές από τα αντικείμενα μπορεί να εμποδίζουν την πορεία του. Από την άλλη όταν με την διέλευση του φωτός στο θερμοκήπιο γίνεται και διάχυση του τότε έχει ποικίλες κατευθύνσεις με αποτέλεσμα την έλλειψη έντονων σκιάσεων. Ο υαλοπίνακας με κυματοειδή ή φολιδωτή την εσωτερική του επιφάνεια ή οι ενισχυμένοι με ίνες υαλού πολυεστερικές επιφάνειες, περιορίζουν το απευθείας διερχόμενο φως μετατρέποντας το σε διάχυτο.

Η περατότητα ή μη στην θερμική ακτινοβολία είναι μια άλλη σημαντική ιδιότητα των υλικών κάλυψης των θερμοκηπίων. Η θερμική ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος εκπέμπεται από όλα τα σώματα που έχουν συνήθεις θερμοκρασίες. Ορισμένα υλικά κάλυψης είναι περατά στην θερμική ακτινοβολία ενώ άλλα είναι λιγότερα ή καθόλου περατά.

Τα υλικά κάλυψης που δεν είναι περατά στη θερμική ακτινοβολία εκδηλώνουν την καλούμενη «ιδιότητα θερμοκηπίου», δηλαδή ενώ επιτρέπουν την είσοδο της μικρού μήκους κύματος ηλιακής ακτινοβολίας κατά την διάρκεια της ημέρας μέσα στο θερμοκήπιο δεν επιτρέπουν την έξοδο της μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας που εκπέμπουν τα φυτά και το έδαφος με αποτέλεσμα να δημιουργείται μια παγίδα θερμότητας η οποία οφείλεται κατά 30% περίπου στην αύξηση της θερμοκρασίας του θερμοκηπίου.

Το υπόλοιπο ποσοστό οφείλεται στο φαινόμενο του κλειστού χώρου. Το ποσοστό διέλευσης της θερμικής ακτινοβολίας του πολυαιθυλενίου είναι πιο μεγάλο από εκείνο το γυαλιού ή των άλλων υλικών. Το γεγονός αυτό είναι η αιτία που τα καλυμμένα θερμοκήπια με πολυαιθυλένιο ψύχονται πιο γρήγορα τις βραδινές ώρες. Ωστόσο το ποσοστό περατότητας μικραίνει πολύ στην πράξη εξαιτίας της υγρασίας η οποία επικάθεται στο εσωτερικό του. Με την συμπύκνωση των υδρατμών πάνω στο πολυαιθυλένιο υπάρχει μείωση της περατότητας στην θερμική ακτινοβολία του συνόλου του θερμοκηπίου κατά 50%.

Το κοινό μειονέκτημα των περισσότερων υλικών κάλυψης των θερμοκηπίων είναι η μικρή αντοχή στον χρόνο. Πολλά από τα υλικά κάλυψης όπως είναι τα πλαστικά δείχνουν μικρή αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία, άλλα όπως το γυαλί δείχνουν μικρή αντοχή στο χαλάζι ενώ κάποια άλλα μικρή αντοχή στον άνεμο. Η αντοχή στον χρόνο βέβαια διαφέρει από υλικό σε υλικό διότι διαφέρουν οι παράγοντες που επιδρούν στην ταχύτητα καταστροφής τους³³.

Γενικά η επιλογή των διαφόρων υλικών κάλυψης πρέπει να βασίζεται στις παρακάτω ιδιότητες:

- Περατότητα στο φως
- Μηχανική αντοχή
- Αντίσταση στα χτυπήματα από χαλάζι

³³ Μαυρογιαννόπουλος Γ., «Θερμοκήπια», εκδόσεις Σταμούλης

- Περαιτότητα στην μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία
- Περαιτότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία (UV μέχρι 0,4 μ)
- Ευαισθησία στην γήρανση
- Αντίσταση στο σκίσιμο
- Ευαισθησία στην συγκράτηση σκόνης
- Ευαισθησία στις διάφορες χημικές ουσίες
- Τρόπος συμπύκνωσης υγρασίας σε σταγόνες ή σε μεμβράνη
- Μέγεθος της διαφανούς επιφάνειας που μπορεί να κατασκευαστεί³⁴

4.2. Γυαλί

Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό του γυαλιού σαν υλικό κάλυψης των θερμοκηπίων είναι η διατήρηση των ιδιοτήτων του με το πέρασμα του χρόνου. Έτσι ένα τζάμι θερμοκηπίου έχει την ίδια περαιτότητα μετά από 43 χρόνια με ένα καινούργιο τζάμι³⁵ γεγονός που δεν ισχύει για άλλα υλικά κάλυψης.

Το τζάμι είναι αδιαπέραστο στους υδρατμούς και τα προβλήματα στεγανότητας που μπορεί να εμφανιστούν στα γυάλινα θερμοκήπια οφείλονται στην κακή επαφή που παρουσιάζεται σταδιακά στα σημεία στήριξης του τζαμιού με τον σκελετό και το σπάσιμο των υαλοπινάκων λόγω απροσεξίας ή χαλαζιού ή λόγω του εύθραυστου που χαρακτηρίζει το γυαλί. Επίσης σε αρκετές περιπτώσεις έχει παρατηρηθεί ότι το γυαλί με την πάροδο των ετών γίνεται πιο εύθραυστο.

Ο υαλοπίνακας μπορεί να είναι διαφανής με τις δυο του επιφάνειες επίπεδες και λείες ή διαφώτιστος με την μια επιφάνεια κυματοειδή ή φολιδωτή προκειμένου να διευκολύνει την διάχυση του φωτός. Συνήθως στην οροφή του θερμοκηπίου τοποθετούνται υαλοπίνακες με κυματοειδή ή φολιδωτή την μια πλευρά για καλύτερη διάχυση του φωτός ενώ στις πλευρές τοποθετούνται υαλοπίνακες με τις δυο τους επιφάνειες επίπεδες διότι το φως που εισέρχεται από πλάγια είναι κατά το μεγαλύτερο μέρος διάχυτο προερχόμενο κυρίως από ανακλάσεις στο έδαφος ή άλλα αντικείμενα. Η μη επίπεδη πλευρά του υαλοπίνακα της οροφής τοποθετείται προς το εσωτερικό του θερμοκηπίου για να κρατά την σκόνη.

³⁴ Μαυρογιαννόπουλος Γ., «Θερμοκήπια», εκδόσεις Σταμούλης

³⁵ Nelson, P., 1981, «Greenhouse operation and management», 2nd edition, Reston publishing, Virginia

Το υαλόφρακτο θερμοκήπιο θα πρέπει κατασκευαστικά να αντέχει χωρίς να υφίσταται σημαντικές παραμορφώσεις από το βάρος των διαφόρων φορτίων. Επίσης τα λεπτά στοιχεία του σκελετού θα πρέπει να είναι κατασκευασμένα και τοποθετημένα έτσι ώστε να υπάρχει αποτελεσματική στεγανότητα.

Σε ένα καινούργιο θερμοκήπιο το μεγαλύτερο ποσοστό φωτός το οποίο αφήνει να διέλθει ο υαλοπίνακας σε σχέση με άλλα υλικά δεν σημαίνει αναγκαία και σημαντικά μεγαλύτερη φωτεινότητα στο θερμοκήπιο διότι ο σκελετός στηρίζεως του μεγάλου βάρους και μικρού μεγέθους υαλοπινάκων παρουσιάζει μεγαλύτερο ποσοστό σκίασης. Με την πάροδο των ετών όμως στα υλικά περιορίζεται η περατότητα του φωτός ενώ στους υαλοπίνακες παραμένει η ίδια και το θερμοκήπιο είναι τελικά σημαντικά φωτεινότερο.

Γενικά όλες οι θερμοκηπιακές επιφάνειες θα πρέπει να καλύπτονται με υαλοπίνακες διαστάσεων ελάχιστου πάχους 4 mm. Όταν χρησιμοποιούνται υαλοπίνακες με κυματοειδή την μια επιφάνεια το ελάχιστο μέσο πάχος θα πρέπει να είναι 5 mm.

Τα τελευταία χρόνια με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας κυκλοφορεί στο εμπόριο ο διπλός υαλοπίνακας με το χώρο μεταξύ των δυο επιφανειών του κενό ή πληρωμένο με διοξείδιο του άνθρακα. Αυτό μειώνει τον συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα στο μισό αφού συμμετέχει και ο σκελετός στην περατότητα του θερμοκηπίου και τελικά ο συντελεστής θερμοπερατότητας περιορίζεται κατά 40%.

Το γυαλί που είναι καλυμμένο με μεταλλικό οξείδιο από την έξω πλευρά έχει περιορισμένη εκπομπή στην ακτινοβολία και συνεπώς η ακτινοβολούμενη ενέργεια είναι λιγότερη. Τέτοιου είδους υαλοπίνακες εξοικονομούν σημαντική ενέργεια τις κρύες νύχτες. Η επικάλυψη αυτή του γυαλιού διαρκεί πολύ από την στιγμή που έχει κατασκευαστεί όταν ακόμα είναι θερμό κατά την κατασκευή του. Μειονέκτημα είναι η περιορισμένη περατότητα του στο ορατό φως³⁶.

4.3. Εύκαμπτα φύλλα πλαστικού

Στα εύκαμπτα φύλλα πλαστικού περιλαμβάνονται το πολυαιθυλένιο, το πολυβινυλχλωρίδιο και ο πολυεστέρας. Το πρώτο είναι το περισσότερο

³⁶ Μαυρογιαννόπουλος Γ., «Θερμοκήπια», εκδόσεις Σταμούλης

χρησιμοποιούμενο στις μέρες μας. Τα εύκαμπτα φύλλα πλαστικού πλεονεκτούν των άλλων υλικών κάλυψης λόγω της χαμηλής τιμής τους, του μικρού βάρους τους, της ευκολίας προσαρμογής τους σε διάφορα σχήματα του σκελετού, της δυνατότητας που έχουν για κατασκευή ελαφρύτερου και φθηνότερου σκελετού και κυρίως εξαιτίας του χαμηλού κόστους αρχικής επένδυσης που επιτυγχάνεται.

Κατά την στερέωση του πλαστικού φύλλου στον σκελετό θα πρέπει να δίνεται έμφαση στα παρακάτω:

- Η στερέωση θα πρέπει να μπορεί να αντισταθεί στα θετικά και στα αρνητικά φορτία που δημιουργεί ο άνεμος και το χιόνι και να είναι όσο το δυνατόν απλούστερη η διαδικασία αντικατάστασης του πλαστικού
- Το πλαστικό θα πρέπει να είναι τεντωμένο στην κατασκευή χωρίς συρρικνώσεις ή σακουλιάσματα
- Η άμεση επαφή με οξείες πλευρές του σκελετού θα πρέπει να αποφεύγεται με ειδική πλαστική λωρίδα προκειμένου να μην σκίζεται ιδιαίτερα όταν ο σκελετός υπερθερμανθεί από την ακτινοβολία.
- Η τοποθέτηση του φύλλου θα πρέπει να γίνεται σε μεγάλα πλάτη προκειμένου να επιτυγχάνεται στεγανότητα.
- Όταν η τοποθέτηση γίνεται σε ξύλινο ή μικτό σκελετό με κάρφωμα, θα πρέπει το πλαστικό φύλλο να παραμένει στην θέση του από τον πήχη στερέωσης που το συμπιέζει στο σκελετό και όχι το καρφί. Το καρφί προορίζεται να συγκρατεί σφιχτά τον πήχη με το σκελετό και όχι να συγκρατεί άμεσα το πλαστικό γιατί αλλιώς το πλαστικό θα σκιστεί.

4.4. Πολυαιθυλένιο (PE)

Το φύλλο πολυαιθυλενίου αναπτύχθηκε τον πρώτο καιρό της εμφάνισης του στην Αγγλία, στα τέλη του 1930, και χρησιμοποιήθηκε σε μεγάλη κλίμακα για την κάλυψη θερμοκηπίων από το 1950. Η χρήση του στα θερμοκήπια είναι πολύ εκτεταμένη στις χώρες της Μεσογειακής λεκάνης, την Ιαπωνία και σχετικά λιγότερο στην Αμερική όπου καλύπτουν ένα μεγάλο μέρος των νέων θερμοκηπίων.

Αντίθετα στην Βόρεια Ευρώπη η χρήση του είναι περιορισμένη και το γυαλί παραμένει το πιο διαδεδομένο υλικό. Στο προοριζόμενο για τα θερμοκήπια πολυαιθυλένιο προστίθενται περίπου 0,18% αντιοξειδωτικό, 2-3% άνθρακας για την

απορρόφηση των υπεριωδών ακτίνων και μέχρι 10% ελαστικό βουτύλιο για να καταστεί το πλαστικό εύκαμπτο.

Το πολυαιθυλένιο στις συνηθισμένες θερμοκρασίες της ατμόσφαιρας διατηρεί τις φυσικές του ιδιότητες, αλλά σε ακραίες όμως θερμοκρασίες -40°C χάνει την ελαστικότητα του και σε θερμοκρασίες άνω των 65°C ρευστοποιείται και χάνει πολλές από τις ιδιότητες του ή καταστρέφεται. Στις μέρες μας είναι παράνομο να χρησιμοποιείται πολυαιθυλένιο στο οποίο δεν έχει προστεθεί παράγοντας που το καθιστά ανθεκτικό στην υπεριώδη ακτινοβολία και αυτό διότι η υπεριώδης ακτινοβολία του ήλιου μπορεί να καταστρέψει βαθμιαία το πλαστικό, να το κάνει σκουρότερο, εύθραυστο και τελικά να το καταστρέψει εντελώς.

Οι ιδιότητες του πολυαιθυλενίου είναι οι εξής:

- Είναι αδιαπέραστο στο νερό και τους υδρατμούς
- Είναι σχετικά περατό στα αέρια ιδιαίτερα στο CO_2 και στο O_2
- Έχει καλή μηχανική αντοχή και περατότητα στο φως
- Έχει μικρή διάρκεια ζωής γεγονός που αποτελεί σημαντικό μειονέκτημα
- Φέρεται στο εμπόριο σε φύλλα μεγάλου πλάτους με αποτέλεσμα την δυνατότητα κατασκευής στεγανών θερμοκηπίων χωρίς διαρροές
- Έχει υδρόφοβη επιφάνεια με αποτέλεσμα η συμπύκνωση των υδρατμών πάνω σε αυτό να γίνεται με την μορφή σταγόνων οι οποίες με την παραμικρή δόνηση πέφτουν πάνω στα φυτά
- Η λύση της συνέχειας τους με το κάρφωμα αποτελεί μειονέκτημα του πολυαιθυλενίου το οποίο έτσι σχίζεται πιο εύκολα από τον άνεμο
- Η συγκόλληση φύλλων πολυαιθυλενίου επιτυγχάνεται μόνο με θέρμανση και υπό πίεση και μόνο με ειδικούς συρραπτικούς μηχανισμούς.
- Είναι περατό σχεδόν σε όλα τα μήκη της μεγάλης μήκους κύματος θερμικής ακτινοβολίας

Η σχετικά χαμηλή τιμή του πολυαιθυλενίου και η ευκολία προσαρμογής του σε φθηνές κατασκευές ευνοεί την δημιουργία θερμοκηπίων μικρού κόστους και εποχιακής χρησιμοποίησης. Υπάρχει και πολυαιθυλένιο ενισχυμένο με ίνες πολυαμιδίου ή άλλες συνθετικές ίνες όμως είναι μεγάλου κόστους και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί παρά μόνο ελάχιστα για την κάλυψη θερμοκηπίου³⁷.

³⁷ Μαυρογιαννόπουλος Γ., «Θερμοκήπια», εκδόσεις Σταμούλης

4.5. Πολυβινυλωρίδιο (PVC)

Το πολυβινυλωρίδιο σε θερμοκρασίες άνω των 50°C αλλοιώνεται, ενώ σε χαμηλές θερμοκρασίες γύρω στους -10 °C γίνεται εύθραυστο. Ωστόσο στο προοριζόμενο για κάλυψη θερμοκηπίων προστίθενται ουσίες οι οποίες διευρύνουν την ζώνη σταθερότητας του PVC. Στο PVC που χρησιμοποιείται για την κάλυψη θερμοκηπίων χρησιμοποιούνται επίσης πρόσθετα που το καθιστούν πιο ανθεκτικό στην υπεριώδη ακτινοβολία.

Το φύλλο PVC έχει τις εξής ιδιότητες:

- Είναι αδιαπέραστο στο νερό και πιο περατό στους υδρατμούς από το πολυαιθυλένιο ενώ παρουσιάζει μικρότερη περατότητα στο CO₂ και στο O₂
- Η θερμο-αγωγιμότητα του είναι πολύ μικρή σε σχέση με το πολυαιθυλένιο με αποτέλεσμα την καλύτερη θερμομόνωση του θερμοκηπίου
- Το PVC είναι λιγότερο περατό στην μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία σε σχέση με το πολυαιθυλένιο
- Διαρκεί περισσότερο από το πολυαιθυλένιο
- Το κόστος του είναι 3-4 φορές μεγαλύτερο από το πολυαιθυλένιο πάχους 0,15 mm
- Το φύλλο PVC παράγεται σε ρολά πλάτους 1,25m ως 2,5 m που μπορεί να αυξηθεί με κόλλημα αλλά επιβαρύνεται με επιπλέον κόστος
- Συγκρατεί ηλεκτροστατικά φορτία με αποτέλεσμα να έλκει και να κρατά την σκόνη περιορίζοντας την περατότητα του φωτός. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος απαιτείται συχνό πλύσιμο ή ψεκασμός με αντιστατικό υγρό.
- Όταν είναι καινούργιο το PVC έχει πολύ καλή περατότητα στο φως περίπου 90% και όταν ενισχυθεί το PVC με πλαστικές ίνες πολυαμιδίου αποκτά μεγαλύτερη αντοχή

Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν επιφάνειες από σκληρό διαφανές PVC σαν φθηνό υλικό για την κάλυψη των θερμοκηπίων επειδή είχε χαμηλό κόστος σε σχέση με το fiberglass. Στην συνέχεια δεν χρησιμοποιήθηκε σε μεγάλη έκταση διότι φάνηκε ότι είχε χαμηλή διάρκεια ζωής.

Το σκληρό PVC αποδομείται σχετικά γρήγορα από την υπεριώδη ακτινοβολία με αποτέλεσμα να σκουραίνει και να περιορίζεται τελικά η περατότητα του φωτός ενώ μετά από κάποιο διάστημα γίνεται και πιο εύθραυστο.

4.6. Πολυεστερικά φύλλα

Οι πολυεστέρες είναι προϊόντα πολυμερισμού της αιθυλικής αλκοόλης, της προπυλικής γλυκόζης και των μαλεϊκού και φουμαρικού οξέως. Τα πολυεστερικά φύλλα όπως αυτά με το εμπορικό όνομα mylar και melynex έχουν το πλεονέκτημα της μεγάλης διάρκειας ζωής. Για οροφή θερμοκηπίου συνήθως χρησιμοποιείται φύλλο πάχους 0,127 mm που έχει διάρκεια ζωής τουλάχιστον 4 χρόνια ενώ για τα κάθετα τοιχώματα, φύλλα 0,076 mm με διάρκεια ζωής 7 χρόνια.

Σημαντικά πλεονεκτήματα των πολυεστερικών φύλλων είναι η περατότητα τους, που είναι παρόμοια με εκείνη του τζαμιού καθώς και η έλλειψη στατικού ηλεκτρισμού με αποτέλεσμα να μην μπορεί να συγκρατηθεί η σκόνη όπως στο PVC.

Εξίσου σημαντικές ιδιότητες των πολυεστερικών φύλλων είναι:

- Η διατήρηση χαμηλής μηχανικής αντοχής στον χρόνο
- Οι πολύ καλές θερμικές ιδιότητες χωρίς να επηρεάζονται από την υψηλή και χαμηλή θερμοκρασία
- Δεν διαστέλλονται στις συνηθισμένες θερμοκρασίες
- Έχουν πολύ καλές οπτικές ιδιότητες
- Το Melynex πάχους 0,05 mm έχει περατότητα στην μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία περίπου 19%

Στο παρελθόν το υψηλό κόστος των πολυεστερικών φύλλων αντισταθμιζόταν από την μεγάλη τους διάρκεια, όμως στις μέρες μας η υπερβολικά υψηλή τιμή του καθιστά σχεδόν ασύμφορη την χρησιμοποίησή του.

4.7. Επιφάνειες σκληρού πλαστικού

Ο ενισχυμένος πολυεστέρας προέρχεται από πολυεστέρα στον οποίο έχει προστεθεί 20-34% ίνα γυαλιού προκειμένου να αυξηθεί η μηχανική αντοχή του και

να διαχυθεί καλύτερα το φως στο θερμοκήπιο. Στο εμπόριο τα προϊόντα αυτά είναι περισσότερο γνωστά με το όνομα fiberglass.

Επίσης η προσθήκη 15% ακρυλικού στον πολυεστέρα δίνει επιφάνειες μεγαλύτερης αντοχής ενώ είναι δυνατή η προσθήκη ινών πολυαμιδίου αντί των ινών γυαλιού. Για μεγαλύτερη αντοχή στην κάλυψη της οροφής του θερμοκηπίου χρησιμοποιούνται αυλακωτές επιφάνειες ενισχυμένου πολυεστέρα, αλλά στα πλαϊνά τοιχώματα του θερμοκηπίου χρησιμοποιούνται επίπεδες επιφάνειες.

Στο εμπόριο κυκλοφορούν επιφάνειες πλάτους 1,25 m και μήκους μέχρι και 8 m, πολύ εύκαμπτες προκειμένου να προσαρμόζονται εύκολα σε κάθε σχήμα και σκελετό θερμοκηπίου. Έχουν την δυνατότητα να καλύψουν θερμοκήπια με πολύ ελαφρύ σκελετό στα οποία συνήθως χρησιμοποιείται πολυαιθυλένιο, αλλά και με βαρύ σκελετό που προορίζεται να καλυφθεί με γυάλινο υλικό.

Στην πρώτη περίπτωση που υπάρχει ελαφρύς σκελετός το κόστος του θερμοκηπίου είναι μεταξύ αυτού που καλύπτεται με πλαστικό φύλλο και αυτού που καλύπτεται με τζάμι. Στην δεύτερη περίπτωση με τον βαρύ σκελετό το κόστος είναι περίπου το ίδιο ή μεγαλύτερο με αυτό που καλύπτεται με τζάμι.

Ο ενισχυμένος πολυεστέρας είναι ανθεκτικός στις χαλαζοπτώσεις και στις περιπτώσεις βανδαλισμών αλλά το μειονέκτημα του είναι η διάβρωση που παθαίνει με τον χρόνο στην εξωτερική του επιφάνεια από σωματίδια άμμου που πέφτουν επάνω του. Αποτέλεσμα της διάβρωσης είναι η καταστροφή της λείας εξωτερικής επιφάνειας του και έτσι μαζεύεται σκόνη περιορίζοντας την περατότητα του φωτός.

Για να αποφευχθεί αυτό το πρόβλημα απαιτείται η συντήρηση του με ακρυλική βαφή κάθε δεύτερο χρόνο αφού πρώτα έχει τριφτεί και καθαριστεί καλά η επιφάνεια με σκληρή βούρτσα. Όταν το fiberglass περιέχει προστατευτικό για τις υπεριώδεις ακτίνες μπορεί να διαρκέσει μέχρι 10 χρόνια αλλά μετά από κάποια χρόνια περιορίζεται η περατότητα του φωτός ως έναν βαθμό, ενώ η μηχανική αντοχή φτάνει τα 25 χρόνια.

Χωρίς προστατευτικό παρουσιάζει περίπου 3 χρόνια ικανοποιητική περατότητα και 5 χρόνια μηχανική αντοχή. Η εγγύηση που δίνεται για τον ενισχυμένο πολυεστέρα θερμοκηπίων αφορά την μείωση της περατότητας του φωτός με την πάροδο του χρόνου και την μείωση της μηχανικής αντοχής.

Ο ενισχυμένος πολυεστέρας κυκλοφορεί στο εμπόριο σε διάφορα χρώματα αλλά το διαφανές έχει την μεγαλύτερη περατότητα σε όλο το φάσμα του ορατού φωτός ενώ τα χρωματιστά έχουν σημαντικά μειωμένη. Για την κάλυψη των

θερμοκηπίων συνήθως χρησιμοποιείται ο διαφανής πολυεστέρας ενώ τα χρωματιστά χρησιμοποιούνται σε καλλιέργειες καλλωπιστικών φυτών που απαιτούν μικρή ένταση φωτισμού ή σε θερμοκήπια που χρησιμοποιούνται σαν εκθέσεις για πώληση φυτών.

Ο ενισχυμένος πολυεστέρας έχει πολύ μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και γενικά η κατανάλωση ενέργειας τον χειμώνα στο θερμοκήπιο είναι μικρότερη σε σχέση με αυτήν του θερμοκηπίου που είναι καλυμμένο με υαλοπίνακες. Αντίθετα η απαίτηση για ψύξη το καλοκαίρι είναι μικρότερη στο θερμοκήπιο που είναι καλυμμένο με επιφάνειες ενισχυμένου πολυεστέρα διότι έχει μικρότερη περατότητα στην κάθετη ακτινοβολία.

Για καλή στεγανότητα του θερμοκηπίου κατά την τοποθέτηση των ενισχυμένων πολυεστερικών επιφανειών θα πρέπει να τοποθετείται ειδική πλαστική λωρίδα στο σημείο που αλληλοκαλύπτονται καθώς και στις γωνίες. Η στερέωση των επιφανειών στον σκελετό γίνεται με αλουμινόβιδες.

Η επιφάνεια του ενισχυμένου πολυεστέρα είναι υδρόφοβη και συγκεντρώνει μεγάλες σταγόνες νερού που δεν κυλούν με ευκολία στις πλευρές και το έδαφος αλλά τινάζονται στα φυτά με την δόνηση του αέρα ή το χτύπημα της πόρτας. Για να αποφευχθεί αυτό θα πρέπει να ψεκαστεί η επιφάνεια με απορρυπαντικό ή με χημικό υγρό. Μόλις εξαφανιστούν οι σταγόνες βελτιώνεται και η περατότητα του φωτός την ημέρα. Τα θερμοκήπια από ενισχυμένο πολυεστέρα έχουν μεγαλύτερο κίνδυνο από φωτιά σε σχέση με τα υαλόφρακτα καθότι ο πολυεστέρας είναι εύφλεκτος. Συνεπώς δεν θα πρέπει μέσα στα θερμοκήπια να χρησιμοποιείται φλόγα και να αποθηκεύονται εύφλεκτα υλικά³⁸.

4.8. Ακρυλικές επιφάνειες

Είναι γνωστές στην αγορά ως Plexiglas και έχουν πάρα πολύ καλό συντελεστή περατότητας στο φως. Η καλή περατότητα του υλικού αυτού διαρκεί πολύ στο χρόνο. Φέρεται στο εμπόριο σε σκληρές επίπεδες ή κυματοειδείς πλάκες πάχους 2,4 mm καθώς και σε επιφάνειες διπλών τοιχωμάτων. Είναι υλικό διαφανές, άχρωμο ή με ποικίλους χρωματισμούς.

³⁸ Μαυρογιαννόπουλος Γ. «Θερμοκήπια», εκδόσεις Σταμούλης

Σημαντικές ιδιότητες της ακρυλικής επιφάνειας είναι ότι παρουσιάζει υψηλή μηχανική αντοχή πολύ μεγαλύτερη σε σχέση με το γυαλί και δεν μεταβάλλει τα χαρακτηριστικά του σε ευρεία κλίμακα θερμοκρασιών -70°C έως 80°C . Έχει συντελεστή θερμοαγωγιμότητας $0,2 \text{ W/m}^2$ και δεν προσβάλλεται από τα διαλύματα οξέων και αρκετά συμπυκνωμένων βάσεων καθώς και από φυτικά και ορυκτά λάδια αλλά προσβάλλεται από πυκνά οξέα, από αρωματικούς υδρογονάνθρακες, κετόνες και λοιπούς οργανικούς διαλυτές

Η διάρκεια στον χρόνο είναι συγκρίσιμη με εκείνη του υαλοπίνακα. Βέβαια έχει πολύ μεγαλύτερο κόστος από αυτό του υαλοπίνακα και η ακρυλική του επιφάνεια παρουσιάζει κάποια ευκαμψία προκειμένου να μπορεί να καμφθεί ελαφρά. Κατά την τοποθέτηση του απαιτείται ειδική μέθοδος στερέωσης στον σκελετό, διότι έχει υψηλό συντελεστή συστολής- διαστολής

Η συμπύκνωση των υδρατμών στην επιφάνεια του και σε αυτή την περίπτωση μειώνει την περατότητα του φωτός, αλλά στις μέρες μας πλέον κυκλοφορούν στο εμπόριο επιφάνειες εσωτερικά καλυμμένες με μεμβράνη υδρόφιλη, που επιτρέπει την ροή του συμπυκνώματος στην περιφέρεια. Σε αυτό το υλικό η χρήση σιλικόνης που έχει οργανικό οξύ πρέπει να αποφεύγεται. Από πλευράς οπτικών ιδιοτήτων και θερμομόνωσης είναι θαυμάσιο υλικό αλλά το κόστος του είναι πολύ υψηλό με αποτέλεσμα να είναι σχεδόν απαγορευτικό για χρήση³⁹.

4.9. Υλικά κάλυψης με επιλεκτική περατότητα φωτός

Τα υλικά αυτά προέρχονται από τα συνήθη πλαστικά φύλλα με την διαφορά ότι με διάφορα πρόσθετα γίνεται αλλαγή των οπτικών χαρακτηριστικών τους π.χ περιορίζεται η περατότητα σε ορισμένα μήκη κύματος του ορατού φωτός και ενισχύεται η περατότητα σε ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος. Ανάλογα με τις απαιτήσεις των φυτών μπορεί να υπάρξει προσαρμογή του θερμοκηπίου προκειμένου να εισέρχεται περισσότερη ακτινοβολία ενός καθορισμένου μήκους κύματος για την πραγματοποίηση διαφόρων στόχων.

Τα υλικά αυτά ασκούν επιρροή με διάφορους τρόπους στο περιβάλλον του θερμοκηπίου και στην ανάπτυξη των φυτών χωρίς σημαντικά πρακτικά αποτελέσματα. Η χρήση τους απαιτεί πολύ καλή γνώση των φυσιολογικών

³⁹ Μαυρογιαννόπουλος Γ., «Θερμοκήπια», εκδόσεις Σταμούλης

απαιτήσεων και αντιδράσεων των φυτών στα διάφορα μήκη κύματος φωτός. Τέλος με την χρήση συγκεκριμένου χρωματισμού στο φύλλο πολυαιθυλενίου παρατηρείται ο περιορισμός ή η απουσία ορισμένων εντόμων από τον χώρο του θερμοκηπίου, ωστόσο παρατηρείται σημαντική μείωση του φωτοσυνθετικά ενεργού φωτός

4.10. Οικονομική αξιολόγηση των υλικών κάλυψης

Οι σημαντικότεροι παράγοντες από οικονομικής απόψεως που είναι αναγκαίο να λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή ενός κατάλληλου υλικού κάλυψης είναι το αρχικό κόστος αγοράς, η διάρκεια ωφέλιμης χρήσης του και η απαιτούμενη συντήρηση και επισκευή.

Η διάρκεια ζωής δεν μπορεί να προσδιοριστεί πάντα διότι έχει άμεση σχέση με τις συνθήκες χρήσης των υλικών αλλά και με την ποιότητα του υλικού, η οποία στις δικές μας συνθήκες δεν είναι εξαρχής γνωστή.

Στην περίπτωση των υλικών μεγάλης διάρκειας ζωής θα πρέπει να εξετάσουμε και το ετήσιο κόστος συντήρησης, Για τους υαλοπίνακες το κόστος αυτό σχετίζεται με την αντικατάσταση των σπασμένων υαλοπινάκων και με τον καθαρισμό τους για την απομάκρυνση των βαφών σκιάσεως.

Στην περίπτωση των πολυεστέρων το κόστος αυτό περιλαμβάνει την επιθεώρηση και αντικατάσταση ορισμένων βιδών ή καρφιών στερεώσεως. Το πλύσιμο για τον καθαρισμό των επιφανειών και την ανανέωση της επιφάνειας των πολυεστέρων με ένα ακρυλικό προϊόν γίνεται ανά 2 ή 3 χρόνια⁴⁰.

Γενικότερα κλείνοντας το κεφάλαιο αυτό μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι το κάθε υλικό κάλυψης έχει τα δικά του πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τα οποία ανάλογα με την περιοχή που βρίσκεται το θερμοκήπιο παίζουν θετικό ή αρνητικό ρόλο. Για παράδειγμα μια περιοχή η οποία πλήττεται συνεχώς από χαλάζι δεν ευνοεί να έχει γυάλινα θερμοκήπια καθότι θα δέχονται πολλές ζημιές και το κόστος θα είναι υψηλό.

Οι ενδιαφερόμενοι θα πρέπει να εξετάζουν με μεγάλη προσοχή το κόστος και τα χαρακτηριστικά του κάθε υλικού κάλυψης προκειμένου να επιλέγουν εκείνο το οποίο θα ανταποκρίνεται στις ανάγκες των φυτών και θα μπορεί να επιβιώσει από διάφορους εξωγενείς παράγοντες π.χ. καιρικές συνθήκες.

⁴⁰ Μαυρογιαννόπουλος Γ., «Θερμοκήπια», εκδόσεις Σταμούλης

Κεφάλαιο 5

Συστήματα θέρμανσης θερμοκηπίων

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλύσουμε τα διάφορα συστήματα θέρμανσης των θερμοκηπίων που υπάρχουν στις μέρες μας. Προκειμένου η ανάλυση μας να είναι κατανοητή θα διακρίνουμε το κεφάλαιο αυτό σε δύο μέρη, στα συμβατικά συστήματα θέρμανσης και στα εναλλακτικά συστήματα θέρμανσης τα οποία βασίζονται στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Συμβατικά συστήματα θέρμανσης

5.1. Διακρίσεις συμβατικών συστημάτων θέρμανσης

Οι διακρίσεις των συμβατικών συστημάτων θέρμανσης γίνονται ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο δίνεται η θερμότητα στον χώρο του θερμοκηπίου. Τα κλασικά ή συμβατικά συστήματα θέρμανσης διακρίνονται στα τοπικά συστήματα στα οποία χρησιμοποιούνται θερμάστρες παραφίνης, επαγωγής, υπέρυθρης ακτινοβολίας ή αερόθερμα και στα κεντρικά συστήματα θέρμανσης όπου υπάρχει καυστήρας παραγωγής θερμού νερού ή ατμού που κυκλοφορούν σε σωληνώσεις μέσα στο θερμοκήπιο⁴¹.

Ένας άλλος διαχωρισμός, διακρίνει τα συστήματα θέρμανσης σε στατικά συστήματα τα οποία μεταδίδουν την θερμότητα με ακτινοβολία, μεταφορά και αγωγιμότητα μέσω μιας θερμαινόμενης επιφάνειας π.χ μεταλλικοί ή πλαστικοί σωλήνες και σε θερμοδυναμικά συστήματα που μεταδίδουν την θερμότητα με μεταφορά και αγωγιμότητα μέσω του θερμού αέρα που παράγεται από γεννήτριες θερμού αέρα ή αερόθερμα.

⁴¹ Τυροβολά, Ο., 1989, «Θέρμανση θερμοκηπίων», περιοδικό Γεωργική Τεχνολογία, Νοέμβριος '89, σελ 11

Τα στατικά ή συστήματα κεντρικής κυκλοφορίας του θερμού αέρα έχουν μεγάλο κόστος εγκατάστασης και συντήρησης και δύσκολα ρυθμίζεται η λειτουργία τους, ωστόσο έχουν ελάχιστα προβλήματα από καυσαέρια, καλή ομοιογένεια θέρμανσης, ικανοποιητικό επίπεδο σχετικής υγρασίας, θέρμανση του εδάφους και του αέρα και βαθμιαία πτώση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου σε περίπτωση βλάβης του συστήματος.

Αντίθετα τα θερμοδυναμικά συστήματα δεν θερμαίνουν το έδαφος, μειώνουν την σχετική υγρασία του αέρα του θερμοκηπίου, σε περίπτωση βλάβης του συστήματος μειώνεται απότομα η θερμοκρασία και όταν οι συσκευές είναι εσωτερικά τοποθετημένες υπάρχει κίνδυνος να ζημιωθούν τα φυτά από τα καυσαέρια.

Παρόλα αυτά τα θερμοδυναμικά συστήματα έχουν και αρκετά πλεονεκτήματα όπως χαμηλό κόστος εγκατάστασης και συντήρησης, καλή ομοιομορφία θέρμανσης, εύκολη ρύθμιση της λειτουργίας, γρήγορη θέρμανση των φυτών, μείωση της συμπύκνωσης των υδρατμών στην εσωτερική επιφάνεια του υλικού κάλυψης λόγω των ρευμάτων αέρα και μεγαλύτερη ευχέρεια κίνησης στο θερμοκήπιο αφού καταλαμβάνουν μικρό όγκο.

Κατά την επιλογή του κατάλληλου συστήματος θέρμανσης θα πρέπει να εξετάζεται:

1. Αν μπορεί να εξασφαλίσει την θερμοκρασία που χρειάζεται η καλλιέργεια
2. Αν διανέμει ομοιόμορφα την θερμότητα έτσι ώστε να υπάρχει ομοιογένεια θέρμανσης στο θερμοκήπιο
3. Αν τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται είναι σχετικά φτηνά και βρίσκονται εύκολα
4. Αν είναι εύκολη η συντήρηση και επισκευή του
5. Αν υπάρχει κίνδυνος να ζημιωθούν τα φυτά από καυσαέρια κ.α.⁴²

5.2. Τοπικά συστήματα θέρμανσης

5.2.1.Θερμάστρες

Τα θερμοκήπια χρησιμοποιούν για την θέρμανση τους θερμάστρες παραφίνης και θερμάστρες επαγωγής. Οι θερμάστρες παραφίνης χρησιμεύουν για να κρατήσουν

⁴² Τυροβολά, Ο., 1989, «Θέρμανση θερμοκηπίων», περιοδικό Γεωργική Τεχνολογία, Νοέμβριος '89, σελ 12

την θερμοκρασία του χώρου λίγο παραπάνω από τους 0°C, δηλαδή για αντι-παγετική προστασία χωρίς να μπορεί να ρυθμιστεί ακριβώς η θερμοκρασία. Όταν υπάρχει κίνδυνος παγετού χρησιμοποιούνται από τον καλλιεργητή πολλές θερμάστρες στον χώρο του θερμοκηπίου.

Οι θερμάστρες επαγωγής εφαρμόζονται μόνο σε πολύ μικρά ή ερασιτεχνικά θερμοκήπια λόγω του ότι έχουν πολύ μικρό κόστος αλλά δεν αυτοματοποιούνται ικανοποιητικά.

Τα αέρια της καύσης περνούν από έναν μεταλλικό σωλήνα σε λεπτά τοιχώματα και διατρέχουν μια αρκετά μεγάλη διαδρομή μέσα στο θερμοκήπιο προκειμένου να καταλήξουν έξω αφού έχουν πια χάσει την περισσότερη θερμότητα τους στο χώρο του θερμοκηπίου. Συνήθως η θερμάστρα τοποθετείται σε μια άκρη του θερμοκηπίου και ο σωλήνας βγαίνει από την απέναντι ενώ συχνά διακλαδίζεται σε μικρότερους. Καμία φορά προκειμένου να διευκολυνθεί η κυκλοφορία των αερίων της καύσης και να αποφευχθούν διαφυγές τους στο θερμοκήπιο τοποθετείται στην έξοδο απορροφητήρας⁴³.

5.2.2. Θέρμανση με υπέρυθη ακτινοβολία

Εικόνα 5.1. Θέρμανση με υπέρυθη ακτινοβολία



Με το σύστημα αυτό η θερμότητα στέλνεται με ακτινοβολία απευθείας από την πηγή παραγωγής της στα φυτά και στο έδαφος. Η πηγή υπέρυθρης ακτινοβολίας είναι σωλήνες κατά μήκος του θερμοκηπίου και μέσα στους οποίους κυκλοφορεί κάποιο ρευστό υψηλής θερμοκρασίας. Για να μην χαθεί ενέργεια με ακτινοβολία προς

⁴³ Τυροβολά, Ο., 1989, «Θέρμανση θερμοκηπίων», περιοδικό Γεωργική Τεχνολογία, Νοέμβριος '89, σελ 15

την επάνω πλευρά του θερμοκηπίου χρησιμοποιούνται ανακλαστικές επιφάνειες οι οποίες όμως πρέπει να είναι μικρές για να περιορίζονται τα προβλήματα σκίασης.

Κατά κανόνα με το σύστημα αυτό οι θερμοκρασίες των φύλλων και του εδάφους είναι πιο υψηλές από την θερμοκρασία του αέρα. Η υπέρυθρη ακτινοβολία χρησιμοποιείται λίγο καιρό με αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας.

Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται 4 σωλήνες οι οποίοι είναι τοποθετημένοι υψηλά στο θερμοκήπιο, υπερθερμαίνονται και ακτινοβολούν θερμότητα με την μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που μεταδίδονται σε ευθεία γραμμή. Τα αντικείμενα που δέχονται στην επιφάνεια τους αυτή την ακτινοβολία θερμαίνονται άμεσα, ενώ ο αέρας έμμεσα από την επαφή του με τα φυτά, το έδαφος και τα υπόλοιπα αντικείμενα.

Η θερμοκρασία του αέρα κρατιέται χαμηλότερα από ότι σε ένα θερμοκήπιο με συνηθισμένη θέρμανση. Οι πηγές ακτινοβολίας δεν πρέπει έχουν μικρή απόσταση με τα φυτά διότι δημιουργούν προβλήματα υπερθέρμανσης τους. Οι σωλήνες για υπέρυθρη ακτινοβολία που χρησιμοποιούνται συνήθως στα θερμοκήπια είναι 17.000 Watt ή 11.000 Kcal/h.

Οι σωλήνες θέρμανσης τοποθετούνται σε αποστάσεις ασφαλείας από τα φυτά, την οροφή και από τα πλαϊνά τοιχώματα για να εμποδίζονται οι καταστροφές. Οι μεγάλου μεγέθους σωλήνες τοποθετούνται σε απόσταση 7-10 μέτρα μεταξύ τους και κάθε σωλήνας είναι ένας καυστήρας στον οποίο εισάγεται μίγμα αέρα του θερμοκηπίου και καυσίμου που με την βοήθεια σπινθήρα αναφλέγεται. Η θερμοκρασία του σωλήνα φτάνει μέχρι τους 480°C και το μήκος του μέχρι έξω από το θερμοκήπιο από όπου μέσω μιας αναρροφητικής αντλίας βγαίνουν τα αέρια της καύσης.

Βέβαια σε ένα τέτοιο σύστημα θέρμανσης δεν χρησιμοποιούνται ανεμιστήρες μέσα στο θερμοκήπιο γιατί η κυκλοφορία του αέρα θα κρύωνε τα φυτά. Οι καλλιεργητές που χρησιμοποιούν υπέρυθρη ακτινοβολία στις ΗΠΑ αναφέρουν περιορισμό της κατανάλωσης καυσίμου κατά 30%-50% αλλά και σημαντικά προβλήματα ανομοιομόρφους θέρμανσης στα μέρη με σκιά και ιδιαίτερα του εδάφους του χώρου, με αποτέλεσμα ο χώρος να θερμαίνεται σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα από τότε που ο θερμοστάτης θα δώσει την εντολή στο αερόθερμο.

Σημαντικό μειονέκτημα των συστημάτων θέρμανσης με αερόθερμα είναι ότι δεν θερμαίνεται ικανοποιητικά το έδαφος με αποτέλεσμα να υπάρχουν προβλήματα σε καλλιέργειες που απαιτούν υψηλή θερμοκρασία στο ριζόστρωμα.

5.2.3. Τύποι αερόθερμων

Εικόνα 5.2. Αερόθερμο



Τα αερόθερμα που χρησιμοποιούνται στα θερμοκήπια είναι αερόθερμα πετρελαίου, αερίων ή στερεών καυσίμων και αερόθερμα ατμού ή ζεστού νερού. Αερόθερμα ηλεκτρικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο σε ερασιτεχνικά και πειραματικά θερμοκήπια γιατί παρόλο το υψηλό τους κόστος λειτουργίας ρυθμίζουν με ακρίβεια και αυτόματα την θερμοκρασία του χώρου.

Έτσι λοιπόν έχουμε:

- Αερόθερμα πετρελαίου, αερίου ή στερεών καυσίμων τα οποία αποτελούνται από μεταλλάκτη θερμότητας και τον ανεμιστήρα. Η θερμότητα αρχικά βρίσκεται στα αέρια της καύσης που ανεβαίνουν από ένα σύστημα πολλών σωλήνων με λεπτά τοιχώματα που αποτελεί και τον μεταλλάκτη και καταλήγουν στην καπνοδόχο. Ένας ηλεκτροκίνητος ανεμιστήρας στο πίσω μέρος του αερόθερμου σπρώχνει τον αέρα του θερμοκηπίου στον μεταλλάκτη, προκειμένου να πάρει την θερμότητα και να επιστρέψει στον χώρο του θερμοκηπίου. Η λειτουργία του αερόθερμου έχει άμεση σχέση με τον θερμοστάτη που είναι τοποθετημένος σε κατάλληλη θέση μέσα στο θερμοκήπιο.

- Αερόθερμα ατμού, ζεστού νερού στα οποία ο ατμός ή το ζεστό νερό προέρχονται από έναν κεντρικό σύστημα ατμού ή ζεστού νερού και κυκλοφορούν σε ένα σύστημα σωλήνων μεγάλης επιφάνειας μέσα στους οποίους ένας ηλεκτροκίνητος ανεμιστήρας ωθεί τον αέρα του θερμοκηπίου να περάσει και να θερμανθεί. Στην αγορά κυκλοφορούν αερόθερμα για κάθετη ή οριζόντια τοποθέτηση ανάλογα με το πώς κατευθύνουν τον αέρα του θερμοκηπίου.

Τα κάθετα αερόθερμα παρουσιάζουν ορισμένη ανομοιομορφία θέρμανσης του χώρου και καμία φορά μπορεί να στεγνώσει περισσότερο το έδαφος ακριβώς κάτω από αυτά με αποτέλεσμα να υπάρχει ανομοιομορφία στην καλλιέργεια. Αυτό το πρόβλημα περιορίζεται με τα οριζόντια αερόθερμα που χρησιμοποιούνται σήμερα στις περισσότερες περιπτώσεις.

Με την οριζόντια κατανομή του αέρα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν λιγότερα και μεγαλύτερα αερόθερμα με αποτέλεσμα να περιορίζεται ο αρχικός στόχος κτήσης και εγκατάστασης. Αυτό το σύστημα θέρμανσης προσαρμόζεται εύκολα σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα θέρμανσης και ψύξης⁴⁴.

5.2.4.Κατανομή της θερμότητας

Στα μικρής έκτασης θερμοκήπια ο ζεστός αέρας του αερόθερμου διαχέεται στο χώρο του θερμοκηπίου απευθείας από την έξοδο του. Αντίθετα στα μεγάλης έκτασης τοποθετείται κατά μήκος του θερμοκηπίου ένας λεπτός διαφανής σωλήνας πολυαιθυλενίου, που συνδέεται με την έξοδο του θερμού αέρα του αερόθερμου. Κάθε σωλήνας είναι κλειστός στο άλλο άκρο του και φέρει κατά μήκος στρογγυλές τρύπες διαμέτρου 5-7,5 cm κατά ζεύγη. Ο ζεστός αέρας από το αερόθερμο βγαίνει από τις τρύπες με μεγάλη ταχύτητα και ανακατεύεται γρήγορα με τον γύρω αέρα.

Με το σύστημα αυτό υπάρχει ομοιόμορφη κατανομή της θερμότητας από την μια άκρη του θερμοκηπίου στην άλλη και όταν δεν υπάρχει ανάγκη για θέρμανση λειτουργεί μόνο ο ανεμιστήρας κυκλοφορώντας τον αέρα του θερμοκηπίου με

⁴⁴ Τυροβολά, Ο., 1989, «Θέρμανση θερμοκηπίων», περιοδικό Γεωργική Τεχνολογία, Νοέμβριος '89, σελ 16

αποτέλεσμα πιο ομοιόμορφη κατανομή της θερμότητας και μείωση των ασθενειών από συμπτωκνώσεις στην επιφάνεια των φύλλων.

Λόγω του ότι στα ψυχρά κλίματα δεν είναι εύκολη η γρήγορη αναπλήρωση των μεγάλων απωλειών από τα πλευρικά τοιχώματα τοποθετούνται μια ή δυο γραμμές σωλήνων ζεστού αέρα που εξισορροπούν αυτές τις απώλειες προκειμένου να μην υποφέρουν τα φυτά που βρίσκονται σε αυτές τις θέσεις. Οι πλαστικοί διάτρητοι σωλήνες μπορούν να βρίσκονται στο επίπεδο του εδάφους ή να κρέμονται από την οροφή πάνω από το ύψος των φυτών.

5.2.5. Πλαστικοί διάτρητοι σωλήνες στο επίπεδο του εδάφους

Οι σωλήνες κατανομής του θερμού αέρα μέσα στο θερμοκήπιο τοποθετούνται σε ίσες αποστάσεις κατά μήκος του θερμοκηπίου. Η διάμετρος τους είναι 15-20 cm και οι οπές εξόδου του θερμού αέρα ανοίγονται σε ίδια διαστήματα 15-60 cm.

Το σύστημα πρέπει να μπορεί να αποσυνδεθεί εύκολα όταν δεν απαιτείται θέρμανση. Το βασικό μειονέκτημα του συστήματος είναι η δυσκολία της ομοιόμορφης κατανομής της θερμότητας σε όλο τον χώρο του θερμοκηπίου. Επίσης ο θερμός αέρας που εξέρχεται από τις οπές αναγκαστικά πέφτει πάνω στα φυτά που βρίσκονται κοντά, πριν προλάβει να αναμιχθεί με τον κρύο αέρα με αποτέλεσμα να προκαλεί ζημιές.

Εάν το μήκος του θερμοκηπίου είναι μικρότερο από 18 m τότε η κατανομή μπορεί να γίνει από την μια άκρη. Εάν όμως το μήκος είναι μεγαλύτερο η κατανομή γίνεται από το μέσο του θερμοκηπίου προς τις δυο άκρες.

5.2.6. Πλαστικοί διαφανείς, διάτρητοι σωλήνες κατά μήκος του επάνω μέρους του θερμοκηπίου

Εικόνα 5.3. Διαφανείς σωλήνες κατανομής του αέρα του αερόθερμου



Σε θερμοκήπια με πλάτος μικρότερο από 9 m τοποθετείται μόνο ένας σωλήνας κατά μήκος του κέντρου του θερμοκηπίου, ενώ σε θερμοκήπια μεγαλύτερου πλάτους χρησιμοποιούνται περισσότεροι σωλήνες. Ο ίδιος σωλήνας μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την εσωτερική κυκλοφορία του αέρα στο θερμοκήπιο χωρίς να λειτουργεί το αερόθερμο. Με το σύστημα αυτό εκτός από την ομοιόμορφη κατανομή της θερμοκρασίας μπορεί να επιτευχθεί η μείωση της σχετικής υγρασίας και η αναπλήρωση του διοξειδίου του άνθρακα στον χώρο γύρω από τα φύλλα.

Ο ίδιος διάτρητος σωλήνας χρησιμοποιείται και για τον εξαερισμό του θερμοκηπίου ή ακόμη και για την ομοιόμορφη κατανομή στον χώρο του θερμοκηπίου πτητικών φυτοφαρμάκων. Η παροχή των ανεμιστήρων στα αερόθερμα πρέπει να είναι από $3/8$ έως $1/2$ m^3/min του όγκου του θερμοκηπίου και από $3/4$ έως μια φορά του όγκου του θερμοκηπίου όταν χρησιμοποιούνται για εξαερισμό.

Εκτός από ειδικές περιπτώσεις στα μεικτά συστήματα που χρησιμοποιούνται και για θέρμανση και για ψύξη με εξαερισμό θα πρέπει να δοθεί έμφαση στα εξής:

- Ο εξοπλισμός θέρμανσης να είναι συνδεδεμένος με έναν θερμοστάτη για να διατηρεί την επιθυμητή ελάχιστη θερμοκρασία, ενώ την ίδια στιγμή να γίνεται μια εσωτερική σύνδεση του θερμοστάτη αερισμού προκειμένου να λειτουργήσει συγχρόνως η θέρμανση και ο εξαερισμός
- Όταν ο καιρός γίνεται θερμός και απαιτείται εξαερισμός, ο εξαεριστήρας στην πρώτη βαθμίδα παροχής θα πρέπει να λειτουργήσει συγχρόνως με το μηχανικό φράκτη, που είναι πίσω από τον αεριστήρα του διάτρητου σωλήνα προκειμένου να εισέλθει ο εξωτερικός αέρας για αερισμό. Η παροχή του

ανεμιστήρα σε αυτό το στάδιο πρέπει να είναι 10-20% μικρότερη από την παροχή του ανεμιστήρα όταν πρόκειται για θέρμανση

- Όταν ο καιρός γίνεται πιο θερμός λειτουργεί στην δεύτερη βαθμίδα παροχής και όταν γίνει ακόμα θερμότερος (πχ το μεσημέρι) λειτουργούν πρόσθετοι εξαεριστήρες τοποθετημένοι στην απέναντι πλευρά του θερμοκηπίου. Συγχρόνως ενεργοποιούνται και άλλα ανοίγματα εισόδου του αέρα που έχουν μηχανικούς φράκτες. Ο ανεμιστήρας του διάτρητου σωλήνα μπορεί να σταματήσει με διακόπτη χειρός ή αυτόματα με έναν θερμοστάτη υψηλής θερμοκρασίας και να λειτουργούν μόνο οι πρόσθετοι εξαεριστήρες

5.3. Κεντρικό σύστημα θέρμανσης

Η θερμότητα παράγεται στον καυστήρα που τοποθετείται μόνιμα είτε μέσα είτε έξω από το θερμοκήπιο και μεταφέρεται με σωληνώσεις με νερό που θερμαίνεται ή με ατμό που παράγεται στον καυστήρα.

Το σύστημα αυτό, με σωστό σχεδιασμό έχει πολλά πλεονέκτημα και μπορεί να θερμαίνει ομοιόμορφα τον αέρα και το έδαφος του θερμοκηπίου, ωστόσο μειονεκτεί στο ότι έχει μεγάλη αδράνεια δηλαδή από την στιγμή που θα δεχτεί την εντολή να θερμανθεί ή να σταματήσει μεσολαβεί μεγάλο χρονικό διάστημα⁴⁵.

Η κεντρική θέρμανση είναι το καταλληλότερο σύστημα για τα γυάλινα θερμοκήπια με επιφάνεια πάνω από 8 στρέμματα διότι η λειτουργία και η συντήρηση της συγκριτικά με την χρησιμοποίηση αερόθερμων είναι πιο φθηνή. Παλαιότερα η τοποθέτηση του καυστήρα για το κεντρικό σύστημα θέρμανσης γινόταν σε ξεχωριστό δωμάτιο αλλά στις μέρες μας τοποθετείται συνήθως στους χώρους εργασίας ή μέσα στο θερμοκήπιο προκειμένου να περιοριστούν οι απώλειες ενέργειας από τα τοιχώματα του καυστήρα και τους σωλήνες μεταφοράς.

Θα πρέπει όμως να λάβουμε υπόψη ότι στην περίπτωση που ο καυστήρας τοποθετηθεί μέσα στο θερμοκήπιο παρουσιάζει(συνήθως λόγω της υγρασίας) πρόωρη φθορά από διάβρωση σε διακόπτες, αντλίες κλπ

⁴⁵ Τυροβολά, Ο., 1989, «Θέρμανση θερμοκηπίων», περιοδικό Γεωργική Τεχνολογία, Νοέμβριος '89, σελ 17

Εικόνα 5.4. Λεβητοστάσιο για κεντρικό σύστημα θέρμανσης με θερμό νερό



5.3.1.Καυστήρες

Στην αγορά υπάρχουν πολλά είδη καυστήρων ζεστού νερού ή ατμού. Στα περισσότερα μικρής έκτασης θερμοκήπια, η θέρμανση γίνεται με θερμό νερό που παράγεται από καυστήρα ζεστού νερού. Στα μεγάλης έκτασης θερμοκήπια άνω των 10 στρεμμάτων προτιμάται ο καυστήρας παραγωγής ατμού.

Οι καυστήρες ατμού είναι περίπου ίδιοι με τους καυστήρες ζεστού νερού έχουν όμως μεγαλύτερη αντοχή τοιχωμάτων και μεγαλύτερο χρόνο ζωής, είναι περισσότερο αποδοτικοί και ο ατμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην απολύμανση του εδάφους και των εδαφικών μειγμάτων. Οι καυστήρες ατμού είναι πιο ακριβοί από τους καυστήρες θερμού νερού και απαιτούν συντήρηση από ειδικευμένο άτομο.

5.3.2.Καύσιμα

Τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται μπορεί να είναι στέρεα, υγρά και αέρια. Τα πλεονεκτήματα του καθενός έχουν σχέση με την διαθεσιμότητα του σε μια περιοχή, την τιμή κτήσης και την μόλυνση που προκαλεί το περιβάλλον. Πρώτο σε εκτίμηση είναι το γαιαέριο διότι αυτοματοποιείται εύκολα η λειτουργία του συστήματος θέρμανσης, η εγκατάσταση έχει μικρότερο αρχικό κόστος και δεν χρειάζονται δοχεία αποθήκευσης, καίγεται με πολύ μεγάλη απόδοση, με αποτέλεσμα να χρειάζεται

λιγότερη εργασία για να συντηρηθεί ο καυστήρας. Το προπάνιο και βουτάνιο έχουν τα ίδια πλεονεκτήματα αλλά κοστίζουν περισσότερο.

Δεύτερα σε προτίμηση έρχονται το πετρέλαιο και το μαζούτ. Με αυτά το σύστημα θέρμανσης μπορεί να αυτοματοποιηθεί εύκολα αλλά χρειάζεται συχνή συντήρηση του καυστήρα, περίπου κάθε δεκαήμερο.

Στην θέρμανση των θερμοκηπίων μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά καυστήρες γαιάνθρακα και ξύλου που στις περισσότερες περιπτώσεις μπορούν να αυτοματοποιηθούν αλλά απαιτούν μεγάλες αποθήκες για τα καύσιμα και περισσότερη εργασία συντήρησης και αποκομιδής της στάχτης. Η αποδοτικότητα της καύσης υπολογίζεται σε 60% για το ξύλο και 70% για το πετρέλαιο. Τέλος σε περιοχές που η τιμή του ξύλου σε chips ή του γαιάνθρακα είναι χαμηλή συμφέρει η χρήση τους από οικονομικής απόψεως.

5.3.3.Εφεδρική γεννήτρια

Στα μεγάλα θερμοκήπια αλλά και σε πιο μικρά που βρίσκονται σε περιοχές με πολλές χιονοπτώσεις ή ισχυρούς παγετούς ή έχουν μόνο δυναμικό εξαερισμό είναι αναγκαίο να συνδέεται με το ηλεκτρικό δίκτυο μια εφεδρική γεννήτρια η οποία θα μπαίνει αυτόματα σε λειτουργία σε περίπτωση διακοπής του ηλεκτρικού ρεύματος και θα ενεργοποιεί το σύστημα θέρμανσης και αερισμού

5.3.4.Διανομή θερμότητας

Η διανομή θερμότητας στον χώρο του θερμοκηπίου μπορεί να γίνει με σωληνώσεις ατμού, ζεστού νερού μέσω μεταλλάκτη ή με θερμό αέρα μέσω μεταλλάκτη.

Σωληνώσεις θερμού αέρα

Το νερό θερμαίνεται από έναν καυστήρα κατά μήκος της περιμέτρου του θερμοκηπίου. Οι περισσότεροι σωλήνες θέρμανσης θα πρέπει να κατευθύνονται παράλληλα προς τις γραμμές των φυτών. Σε ένα θερμοκήπιο επομένως με

προσανατολισμό Βορρά – Νότο οι σωληνώσεις θα πρέπει να διατρέχουν κατά μήκος το θερμοκήπιο.

Οι κεντρικές σωληνώσεις που φέρνουν το νερό από τον λέβητα και οι σωληνώσεις επιστροφής που μαζεύουν το νερό και το οδηγούν στον καυστήρα, τοποθετούνται στην περιφέρεια του θερμοκηπίου. Το 1/3 – 1/2 των σωληνώσεων τοποθετείται στο εσωτερικό, στην οροφή του θερμοκηπίου ή ένα μέρος στην οροφή με το άλλο χαμηλά μεταξύ των φυτών⁴⁶.

Η απόσταση των σωλήνων της οροφής από τα φυτά πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 15-30 cm ενώ από το κάλυμμα της οροφής μεγαλύτερη από 30 cm. Τα υπόλοιπα 2/3 – 1/2 τοποθετούνται χαμηλά στα περιμετρικά τοιχώματα και είναι σε σειρά, με τον έναν σωλήνα να είναι πάνω στον άλλον με μεταξύ τους απόσταση πάνω από 5 cm ώστε να κυκλοφορεί ελεύθερα ο αέρας ανάμεσα τους. Σε περίπτωση που τοποθετηθούν πολλοί σωλήνες σε σειρές ο ένας πάνω από τον άλλον μπορεί να περιοριστεί η απόδοση σε θερμότητα ανά μέτρο του κάθε σωλήνα. Η μείωση αυτή είναι ασήμαντη στους δυο σωλήνες αλλά για κάθε επιπλέον σωλήνα γίνεται σημαντική.

Εκτός από τους σιδηρο-σωλήνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και πετυριοφόροι σωλήνες, οι οποίοι εξασφαλίζουν τετραπλάσια ή και μεγαλύτερη μεταφορά θερμότητας στο χώρο, ανά μονάδα μήκους. Η σύνδεση των σωλήνων μεταξύ τους στις σειρές, μπορεί να γίνει με δύο τρόπους:

1. Με το σύστημα του ορθογώνιου με το οποίο μειώνονται οι αντιστάσεις στην κυκλοφορία του ζεστού νερού
2. Με το σύστημα τρομπονιού που χρησιμοποιείται στην θέρμανση ατμού. Και στην περίπτωση του ζεστού νερού οι σωλήνες οροφής μπαίνουν σε διάταξη τρομπονιού όπως μπαίνουν δυο τρομπόνια για να μειωθούν οι αντιστάσεις

Η θέση των σωλήνων θέρμανσης εξαρτάται από τον τύπο του θερμοκηπίου και από την καλλιέργεια που αναπτύσσεται.

⁴⁶ Τυροβολά, Ο., 1989, «Θέρμανση θερμοκηπίων», περιοδικό Γεωργική Τεχνολογία, Νοέμβριος '89, σελ 18

1. Στα θερμοκήπια με μικρό πλάτος κατασκευαστικού στοιχείου και προσανατολισμό Βορρά- Νότο οι σωληνώσεις θέρμανσης τοποθετούνται κατά μήκος των στύλων, αφήνοντας το έδαφος ελεύθερο για την καλλιέργεια
2. Όπου χρησιμοποιούνται τραπέζια καλλιέργειας για τα γλαστρικά φυτά ή τον πολλαπλασιασμό των φυτών, οι σωληνώσεις θέρμανσης τοποθετούνται κάτω από το τραπέζι
3. Όταν καλλιεργούνται φυτά για δρεπτά άνθη θα πρέπει να τοποθετούνται μερικοί σωλήνες θέρμανσης υψηλά στο θερμοκήπιο προκειμένου να κρατούν τον αέρα στεγνό γύρω από τα λουλούδια για να αποφεύγονται προσβολές από μυκητολογικές ασθένειες
4. Συχνά οι σωληνώσεις θέρμανσης τοποθετούνται στην επιφάνεια του εδάφους με αποτέλεσμα την πολύ καλή θέρμανση του εδάφους και του ριζικού συστήματος των φυτών

Οι σωλήνες τοποθετούνται ανάμεσα στις σειρές των φυτών και μπορούν να μετακινούνται προς τα επάνω ή να λύνονται για να μην εμποδίζουν τις καλλιεργητικές φροντίδες πριν και κατά την φύτευση. Σε περιπτώσεις χιονοπτώσεων πρέπει να προβλέπεται να υπάρχουν σωλήνες στην οροφή διαφορετικά η εγκατάσταση δεν θα μπορεί να λιώσει τα χιόνια που μαζεύονται στις υδρορροές. Με την χρήση σωληνώσεων θερμού νερού, μπορεί να γίνει και κάποια εξοικονόμηση ενέργειας με την ανοχή μικρότερων θερμοκρασιών στα υψηλότερα στρώματα του θερμοκηπίου.

Εικόνα 5.5. Αερολέβητας



Σωληνώσεις ατμού

Ο ατμός παράγεται από τον καυστήρα ατμού και μεταφέρεται στο θερμοκήπιο μέσω των κύριων σωλήνων. Η ροή του ατμού από τις κύριες σωληνώσεις μέσα στις σωληνώσεις θέρμανσης που διατρέχουν το θερμοκήπιο ρυθμίζεται από ηλεκτρική βαλβίδα.

Η θέρμανση με ατμό έχει αρκετά μειονεκτήματα όπως κάψιμο φυτών ή ζημιές γιαντό και δεν χρησιμοποιείται αρκετά για την θέρμανση των θερμοκηπίων. Παρόλαυτά είναι μικρότερο το κόστος θέρμανσης μεγάλων θερμοκηπίων με ατμό λόγω του ότι χρησιμοποιούνται λιγότερες και μικρότερης διαμέτρου σωληνώσεις. Σε αρκετές περιπτώσεις όμως γίνεται εγκατάσταση μικτών συστημάτων θέρμανσης διότι ο καυστήρας ατμού πλεονεκτεί σε αρκετά σημεία από τον καυστήρα ζεστού νερού.

Στα θερμοκήπια που θερμαίνονται με σωληνώσεις θερμού αέρα ή ατμού δημιουργείται κάθετη μεταβολή της θερμοκρασίας $1,5^{\circ}\text{C}$ για κάθε μέτρο ύψους. Για να αποφευχθεί αυτό, χρησιμοποιούνται στην οροφή ανεμιστήρες καθέτου λειτουργίας που σπρώχνουν το θερμό αέρα της οροφής με μια μικρή γωνία προς τα κάτω στα φυτά.

Ένα σχετικά πρόσφατο σύστημα θεωρείται πως κάνει οικονομικότερα την ίδια δουλειά, μετακινώντας τον αέρα οριζόντια και δημιουργώντας έτσι ένα ρεύμα κίνησης του αέρα στο θερμοκήπιο, με ελάχιστη αποδεκτή ταχύτητα κίνησης τα 12 m/min.

Εικόνα 5.6. Σωλήνες κατανομής ζεστού ατμού από το αερόθερμο



5.3.5.Θερμοστατική λειτουργία

Με εξαίρεση τις απλές θερμάστρες η λειτουργία όλων των συστημάτων θέρμανσης ελέγχεται από έναν ή περισσότερους θερμοστάτες. Όταν η θερμοκρασία του χώρου πέσει κάτω από ένα προκαθορισμένο όριο, τότε ο θερμοστάτης κλείνει ένα ηλεκτρικό κύκλωμα και ενεργοποιείται η κυκλοφορία του καυσίμου, η ανάφλεξη του, το άνοιγμα των βαλβίδων κυκλοφορίας του ζεστού νερού ή του ατμού, ή στην περίπτωση του αερόθερμου η ανάφλεξη και ο ανεμιστήρας του αερόθερμου.

Από την άλλη όταν η θερμοκρασία ανέβει πάνω από το επιθυμητό επίπεδο τότε ο θερμοστάτης ανοίγει το ηλεκτρικό κύκλωμα και σταματά η παραγωγή και διανομή της θερμότητας.

Ο θερμοστάτης συνήθως τοποθετείται στο κέντρο του θερμοκηπίου στο ύψος των φυλλωμάτων. Στα γλαστρικά φυτά τοποθετείται 15-30 cm πάνω από το χείλος της γλάστρας ενώ στα λαχανικά το αισθητήριο θα πρέπει να μετακινείται προς τα πάνω παράλληλα με την ανάπτυξη των φυτών.

Το αισθητήριο του θερμοστάτη θα πρέπει να προστατεύεται από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία. Επίσης στο ίδιο σημείο με το αισθητήριο του θερμοστάτη αλλά σε χαμηλότερο επίπεδο θα πρέπει να τοποθετείται ένας δεύτερος θερμοστάτης ο οποίος θα συνδέεται με ένα σύστημα συναγερμού το οποίο θα λειτουργεί με μπαταρία, για να προειδοποιεί σε περιπτώσεις που κινδυνεύει η καλλιέργεια αν δεν λειτουργήσει το σύστημα θέρμανσης.

Λόγω του ότι οι θερμοστάτες δεν είναι πάντα μεγάλης ακριβείας θα πρέπει να συνοδεύονται και από υδραργυρικό θερμομέτρο βάσει του οποίου θα ρυθμίζονται⁴⁷.

Εναλλακτικά συστήματα θέρμανσης – Σύγχρονες τάσεις

Τα τελευταία χρόνια η ανάγκη για μια πιο οικονομική αντιμετώπιση του προβλήματος της θέρμανσης, οδήγησε σε μια πιο συστηματική προσπάθεια αποτελεσματικής χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε διάφορους τομείς

⁴⁷ Τυροβολά, Ο., 1989, «Θέρμανση θερμοκηπίων», περιοδικό Γεωργική Τεχνολογία, Νοέμβριος '89, σελ 19

αλλά και σε θερμοκηπιακό επίπεδο. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση των θερμοκηπίων είναι η ηλιακή ενέργεια, η ενέργεια που προέρχεται από καύση βιομάζας και η γεωθερμική ενέργεια⁴⁸.

Η αιολική ενέργεια δεν χρησιμοποιείται στις μέρες μας για την θέρμανση των θερμοκηπίων, λόγω του υψηλού κόστους εγκατάστασης των ανεμογεννητριών αλλά και εξαιτίας του ότι η εγκατάσταση των θερμοκηπίων συνήθως γίνεται σε περιοχές, όπου δεν υπάρχουν ισχυροί άνεμοι καθότι όπως αναφέραμε στο κεφάλαιο των υλικών κάλυψης, οι ισχυροί άνεμοι μπορεί να καταστρέψουν ένα θερμοκήπιο.

Η Ελλάδα είναι πολύ ευνοημένη σε ότι αφορά τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, καθότι σχεδόν στους περισσότερους νομούς της χώρας υπάρχει τουλάχιστον ένας εγγώριος ανανεώσιμος ενεργειακός πόρος, ο οποίος έχει δυνατότητες αξιοποίησης. Στην ακόλουθη ενότητα παρουσιάζονται και αναλύονται οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται για την θέρμανση των θερμοκηπίων.

5.4. Γεωθερμική ενέργεια

Η θερμική ενέργεια που παράγεται από τα βαθύτερα στρώματα του υπεδάφους και περιέχεται σε φυσικούς ατμούς και σε επιφανειακά ή υπόγεια θερμά νερά ορίζεται ως γεωθερμική ενέργεια. Τα μέσα με τα οποία η γεωθερμική ενέργεια μεταφέρεται και φτάνει στην επιφάνεια της γης είναι κάποια ρευστά μέσα, όπως το νερό, τα οποία είτε βρίσκουν μία φυσική διέξοδο προς την επιφάνεια, είτε οδηγούνται προς την επιφάνεια εφόσον εντοπισθούν μέσω γεωτρήσεων.

Στη γεωθερμία υπάρχουν δύο τύποι παραγωγικών συστημάτων⁴⁹:

1) Τα γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας στα οποία η ενέργεια προέρχεται από ηφαιστειακή ή υπο-ηφαιστειακή δράση και σχηματίζονται σε θύλακες βάθους 3 km.

⁴⁸ Kittas K., & Papadakis G., & Bartzanas Th. & Giaglaras P., 1999, «Renewable Energy Sources and Energy Saving in Mediterranean Greenhouses», Energy and Agriculture towards the Third Millennium, Athens, σελ. 919-926.

⁴⁹ Μαρτζόπουλος, Γ., 1993, «Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, Τεχνολογικές εφαρμογές στη γεωργία», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, σελ. 38

2) Τα γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας τα οποία βρίσκονται σε ιζηματογενείς λεκάνες ή τεκτονικά βυθίσματα και μπορούν να αποθηκεύσουν μεγάλες ποσότητες θερμών νερών υπό πίεση.

Στον πίνακα 5.1. που ακολουθεί παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των γεωθερμικών πεδίων χαμηλής ενθαλπίας στη Βόρεια Ελλάδα⁵⁰.

Πίνακας 5.1. Χαρακτηριστικά γεωθερμικών πεδίων χαμηλής ενθαλπίας στη Βόρεια Ελλάδα .

Περιοχή	Έκταση (km ²)	Θερμοκρασία (°C)
Ν. Εράσμιο-Μάγνανα	15	55-65
Ν. Κεσσάνη Ξανθής	15	45-81
Ελασιχώρια Χαλκιόκτης	30	33-42
Λαγκαδάς Θεσ/κης	6	33-40
Ν. Απολλωνία Θεσ/κης	4	40-56
Νιγρίτα Σερρών	10	40-63
Νιμφοπετρα Θεσ/κης	2	39-46
Σιδηροκαστρο Σερρών	10	35-75

Πηγή: Φυτίκας και Ανδρίτσος, 2004

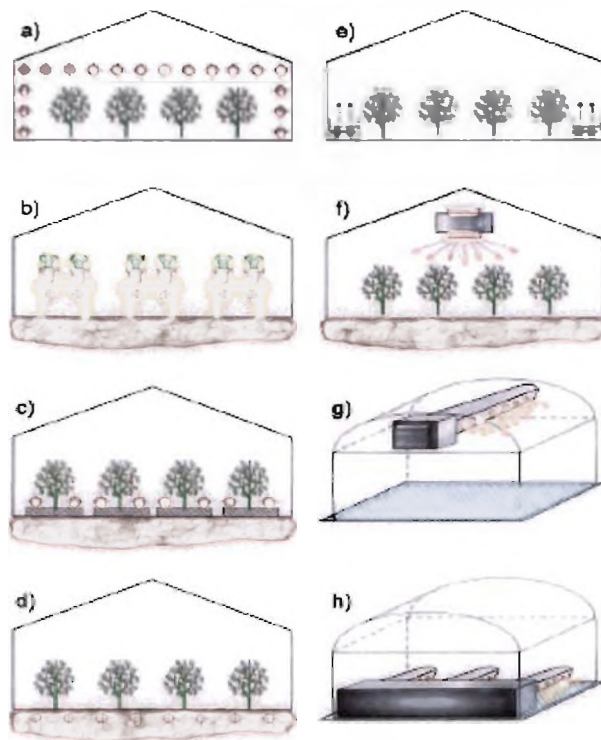
Για τη θέρμανση των θερμοκηπίων χρησιμοποιούνται τα γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας. Ειδικότερα τα γεωθερμικά ρευστά αντλούνται με τη βοήθεια αγωγών και κατευθύνονται προς το θερμοκήπιο.

Σύμφωνα με τους Dimitrov et al⁵¹ (1997), η χρήση γεωθερμικού ρευστού 60-80°C μπορεί να επιτύχει την κάλυψη της αναγκαίας θέρμανσης του θερμοκηπίου έως και 80%. Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζονται ορισμένα γεωθερμικά συστήματα θέρμανσης θερμοκηπίων

⁵⁰ Φυτίκας, Μ., & Ανδρίτσος, Ν., 2004, «Γεωθερμία», εκδόσεις Τζιόλα, σελ 40

⁵¹ Dimitrov K., & Mertoglou O., & Popovski K., 1997, «Geothermal District Heating Schemes», International Summer School on Direct Application of Geothermal Energy, σελ 45

Σχήμα 5.1. Συστήματα θέρμανσης σε γεωθερμικά θερμοκήπια.: (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



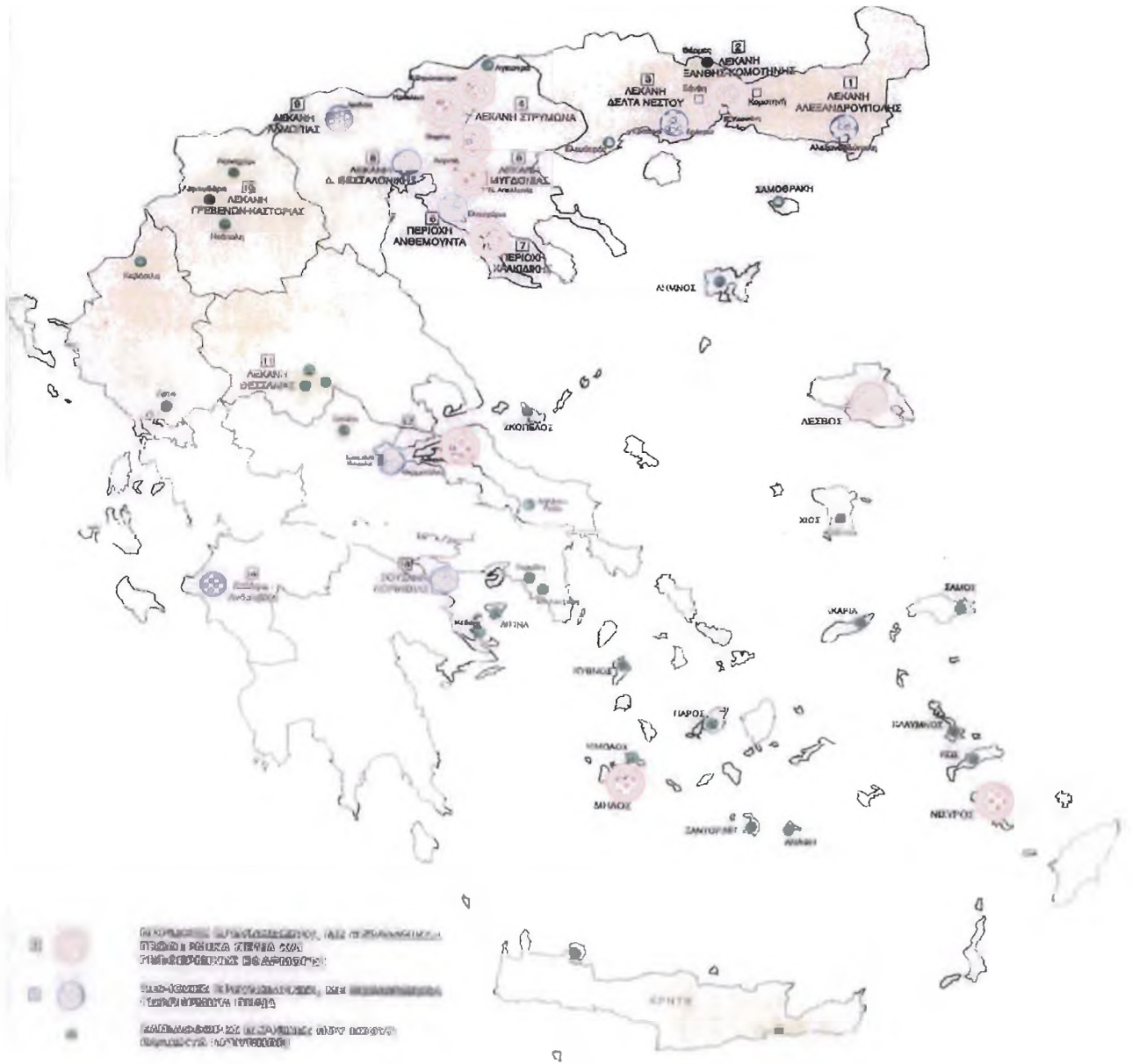
Ο Popovski (1998) αναφέρει ότι η χρήση αυτή είναι συμφέρουσα όταν⁵²:

- Υπάρχει καλή σχέση μεταξύ των περιοχών όπου υπάρχουν γεωθερμικά πεδία και των περιοχών όπου μπορούν να εγκατασταθούν θερμοκηπιακές μονάδες.
- Η χρήση των γεωθερμικών πεδίων χαμηλής ενθαλπίας για τη θέρμανση θερμοκηπίων αξιοποιείται με τον καλύτερο τρόπο.
- Τα συστήματα θέρμανσης που χρησιμοποιούνται είναι σχετικά απλά στην εφαρμογή.
- Από οικονομικής απόψεως, τα γεωθερμικά θερμοκήπια είναι ιδιαίτερα ανταγωνιστικά ως καλλιεργητικά συστήματα.

⁵² Popovski K., 1998, «Geothermally Heated Greenhouses in the World», Heating Greenhouses with Geothermal Energy, International Summer School, σελ. 425-430.

Η Ελλάδα σύμφωνα με τον χάρτη που ακολουθεί παρουσιάζει σημαντικό γεωθερμικό δυναμικό⁵³

Χάρτης 5.1. Γεωγραφική κατανομή του Ελληνικού γεωθερμικού δυναμικού.



Πηγή: Ενημερωτικός οδηγός Ε.Τ.Β.Α., 1995

⁵³ ΕΤΒΑ, 1995, «Ενημερωτικός οδηγός για την αξιοποίηση της Γεωθερμικής Ενέργειας στην Ελλάδα», ΕΤΒΑ

5.5.Βιομάζα

Με τον όρο βιομάζα ορίζουμε την ύλη που έχει οργανική προέλευση. Αποτελεί μία ανεξάντλητη και φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας η οποία ανανεώνεται συνεχώς εξαιτίας της φωτοσυνθετικής ικανότητας των φυτών. Η βιομάζα περιλαμβάνει όλα τα προϊόντα και υποπροϊόντα ζωικής και φυτικής προέλευσης καθώς επίσης και το βιολογικής προέλευσης μέρος των αστικών λυμάτων.

Η παραγωγή θερμικής ισχύος 10000 MW από βιομάζα αποτελεί για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή την κυριότερη δράση για την Εκστρατεία Απογείωσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ευρώπη. Οι βασικές μέθοδοι αξιοποίησης της βιομάζας είναι ο κλιβανισμός ή αλλιώς η καύση και η αεριοποίηση της βιομάζας.

Το κάψιμο της οργανικής ουσίας είναι η πιο κλασική μέθοδος για την παραγωγή ενέργειας από την βιομάζα. Με την καύση βιομάζας παράγονται αέρια, οι θερμοκρασίες των οποίων κυμαίνονται από 800 °C έως 1000 °C⁵⁴. Ωστόσο οι ποσότητες της βιομάζας που απαιτούνται για τη θέρμανση ενός θερμοκηπίου είναι αρκετά μεγαλύτερες σε σχέση με τις ποσότητες συμβατικών καυσίμων εξαιτίας της μικρότερης θερμογόνου ισχύος που εκλύουν όπως φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα 5.2⁵⁵.

Πίνακας 5.2. Μέση ενεργειακή τιμή διαφόρων καυσίμων

Κάσιμο	Θερμογόνος ισχύς (MJKg)
Πετρέλαιο	15
Πυρηνόξύλο	15
Ξύλο ελιάς	30
Ξύλο ροδακινιάς	6
Στελέχη σιταριού	4

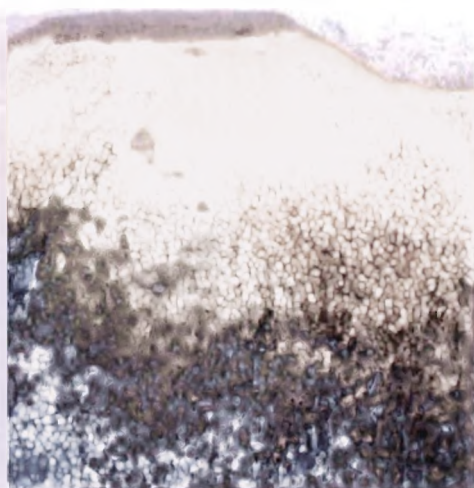
Πηγή: Νικολάου et al., 2003

⁵⁴ Mc Kendry P., 2002, «Energy production from biomass: conversion technologies», Bioresource Technology, vol. 83, σελ. 47-54.

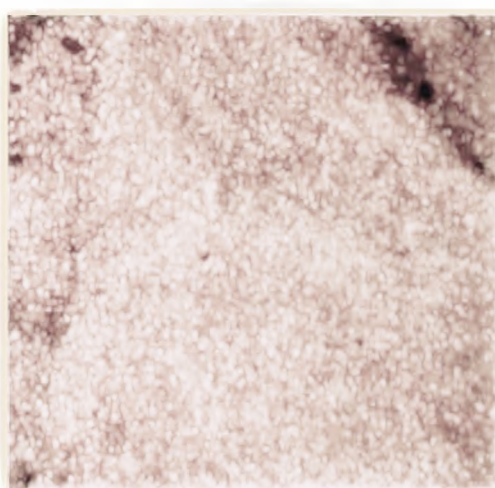
⁵⁵ Νικολάου, Α., & Παπαμιχαήλ, Ι., & Λυχνάρας, Β., & Πανούτσου, Κ., 2003, «Δυναμικό γεωργικών υπολειμμάτων για παραγωγή ενέργειας στην Ελλάδα», Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής, σελ. 457-464.

Η αεριοποίηση της βιομάζας μπορεί να επιτευχθεί με θερμοχημικές και βιοχημικές διεργασίες. Ειδικότερα οι θερμοχημικές διεργασίες ενεργειακής μετατροπής της οργανικής ουσίας βασίζονται στις προκαλούμενες χημικές αντιδράσεις από τη θερμική δράση. Από την άλλη οι βιοχημικές διεργασίες χρησιμοποιούνται για φυτικά ή ζωικά προϊόντα και υπολείμματα με C/N <30% και H₂O >50%.

Εικόνα 5.7. Πυρήνας ροδάκινου



Εικόνα 5.8. Πυρήνόςυλο ελιάς



5.6. Ηλιακή ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια είναι μια σημαντική μορφή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας. Στο 25% του εσωτερικού του ήλιου, το υδρογόνο διασπάται σε ήλιο με ρυθμό 7x10¹¹ kg υδρογόνου ανά δευτερόλεπτο. Αυτή η παραγωγή ενέργειας σε συνδυασμό με τη συμπίεση εξαιτίας της βαρύτητας, έχει ως αποτέλεσμα να διατηρεί τη θερμοκρασία στο κέντρο του Ήλιου στους 16000000 °K.

Η Ελλάδα ανήκει στις χώρες με πλούσια και μεγάλης διάρκειας ηλιοφάνεια και το γεγονός αυτό ευνοεί την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Η μέση ημερήσια ενέργεια που δίδεται από τον Ήλιο στην Ελλάδα είναι 4.6 KWh m⁻². Η επιφάνεια των εγκαταστημένων συλλεκτών στη χώρα μας ανέρχεται περίπου σε 2000000 m². Η τιμή

αυτή αποτελεί ποσοστό 50% περίπου, της επιφάνειας των εγκατεστημένων συλλεκτών σε ολόκληρη την Ευρώπη⁵⁶.

Για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας εφαρμόζονται τρεις τρόποι:

- *Ενεργητικά ηλιακά συστήματα* τα οποία συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία, και τη μεταφέρουν με τη μορφή θερμότητας σε νερό, σε αέρα ή σε κάποιο άλλο ρευστό. Η τεχνολογία που εφαρμόζεται είναι απλή και τα συστήματα αυτά είναι αρκετά διαδεδομένα.
- *Παθητικά ηλιακά συστήματα* τα οποία λειτουργούν χωρίς μηχανολογικά εξαρτήματα ή πρόσθετη παροχή ενέργειας αλλά με φυσικό τρόπο θερμαίνουν και δροσίζουν τις κατασκευές.
- *Φωτοβολταϊκά συστήματα* τα οποία μετατρέπουν άμεσα την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική.

Το θερμοκήπιο λειτουργεί ως ένας παθητικός ηλιακός συλλέκτης και ο βαθμός απόδοσής του έχει να κάνει με τον τρόπο κατασκευής και με τα υλικά κάλυψής του. Παράλληλα τα θερμοκήπια, για την μεγαλύτερη αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας, μπορούν να συνδυαστούν και με συστήματα συλλογής της ηλιακής ενέργειας.

Τα θερμοκήπια που χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια για τη θέρμανσή τους έχουν εισχωρήσει δυναμικά στην αγορά εξαιτίας των πολλών και επιτυχημένων εφαρμογών τους. Τα συστήματα αυτά είναι αναγκαίο να ισοσταθμίζουν τις ακραίες εξωτερικές συνθήκες, ιδιαίτερα κατά την διάρκεια των ψυχρών νυχτών του χειμώνα και των ζεστών ημερών του καλοκαιριού⁵⁷.

⁵⁶ Κούγιας, Π., 2007, «εξοικονόμηση ενέργειας σε θερμοκήπια με ηλιακό παθητικό σύστημα θέρμανσης συνδυασμένο με υδρορροή υδροπονίας», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σελ. 40

⁵⁷ Κούγιας, Π., 2007, «εξοικονόμηση ενέργειας σε θερμοκήπια με ηλιακό παθητικό σύστημα θέρμανσης συνδυασμένο με υδρορροή υδροπονίας», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σελ. 40

5.6.1. Ηλιακά συστήματα θέρμανσης θερμοκηπίων

Η αντικατάσταση των συμβατικών καυσίμων για σκοπούς θέρμανσης των θερμοκηπίων, με την ηλιακή ενέργεια, έχει ενισχύσει το ενδιαφέρον των αρμοδίων τα τελευταία χρόνια. Η συνεχόμενη έρευνα πάνω σε αυτό το αντικείμενο και η πραγματοποίηση πολλών πειραμάτων είχαν ως αποτέλεσμα την ταχύτερη ανάπτυξη και εμπορευματοποίηση αυτών των τεχνολογιών με ικανοποιητικά αποτελέσματα⁵⁸.

Βάσει των χαρακτηριστικών συλλογής της ηλιακής ενέργειας και του τρόπου λειτουργίας, τα συστήματα θέρμανσης των θερμοκηπίων διακρίνονται σε παθητικά και υβριδικά:

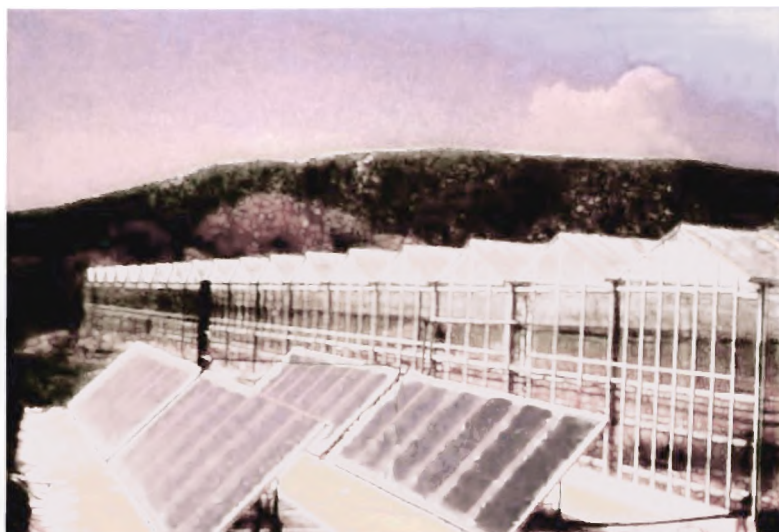
- Παθητικό ηλιακό σύστημα είναι εκείνο το οποίο εκμεταλλεύεται την ηλιακή ενέργεια άμεσα ή έμμεσα, χωρίς τη χρήση συμβατικών καυσίμων. Η αρχή λειτουργίας αυτών των συστημάτων έχει ως βάση το φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- Υβριδικό ηλιακό σύστημα είναι εκείνο το οποίο παράλληλα με το παθητικό σύστημα συλλογής της ηλιακής ενέργειας περιλαμβάνει και κάποιο βοηθητικό σύστημα το οποίο λειτουργεί με τη χρήση συμβατικής ενέργειας.

Οι πιο σημαντικές εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση των θερμοκηπίων εφαρμόζονται με τα ακόλουθα υβριδικά ηλιακά συστήματα:

- 1) Εξωτερικός ηλιακός συλλέκτης ζεστού νερού και υπόγεια αποθήκη θερμότητας νερού.
- 2) Εξωτερικός ηλιακός συλλέκτης ζεστού αέρα και αποθήκη θερμότητας με πετρώδη υλικά ή υλικά αλλαγής φάσης.
- 3) Ηλιακοί συλλέκτες, οι οποίοι ενσωματώνονται στην εγκατάσταση του θερμοκηπίου, με ή χωρίς αποθήκη θερμότητας.
- 4) Σύστημα υπόγειου εναλλάκτη θερμότητας εδάφους-αέρα.

⁵⁸ Κούγιας, Π., 2007, «εξοικονόμηση ενέργειας σε θερμοκήπια με ηλιακό παθητικό σύστημα θέρμανσης συνδυασμένο με υδρορροή υδροπονίας», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σελ. 40

Εικόνα 5.9. Ηλιακοί Συλλέκτες θέρμανσης θερμοκηπίου



5.6.2. Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης

Εικόνα 5.10. Παθητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης



Τα θερμοκήπια με παθητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του συστήματος αποθήκευσης της θερμικής ενέργειας.

Η περισσευούμενη θερμότητα μεταφέρεται κατά τη διάρκεια της ημέρας στην περιοχή αποθήκευσης θερμικής ενέργειας και χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια της νύχτας ή τις επόμενες ημέρες, προκειμένου να ικανοποιήσει τις ανάγκες θέρμανσης του θερμοκηπίου.

Ανάλογα με το μέσο αποθήκευσης της θερμικής ενέργειας τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης μπορούν να διακριθούν σε:

- 1) θερμοκήπια με παθητικό ηλιακό σύστημα, όπου το μέσο αποθήκευσης είναι το νερό,
- 2) θερμοκήπια με παθητικό ηλιακό σύστημα, όπου το μέσο αποθήκευσης είναι υλικό αλλαγής φάσης,
- 3) θερμοκήπια με παθητικό ηλιακό σύστημα, όπου το μέσο αποθήκευσης είναι ένα στρώμα από χαλίκια,
- 4) θερμοκήπια με παθητικό ηλιακό σύστημα, όπου το μέσο αποθήκευσης μπορεί να είναι άλλου τύπου.
- 5) θερμοκήπια με παθητικό ηλιακό σύστημα, όπου το μέσο αποθήκευσης είναι ένας υπόγειος εναλλάκτης θερμότητας εδάφους- αέρα.

Η λειτουργία του συστήματος δέχεται επιρροές από διάφορες παραμέτρους, όπως είναι το μέγεθος του θερμοκηπίου, τα υλικά κάλυψης, η θέση και ο προσανατολισμός του και ο τύπος της καλλιέργειας. Στην συνέχεια ακολουθεί αναλυτική αναφορά και περιγραφή των παραπάνω κατηγοριών παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης.

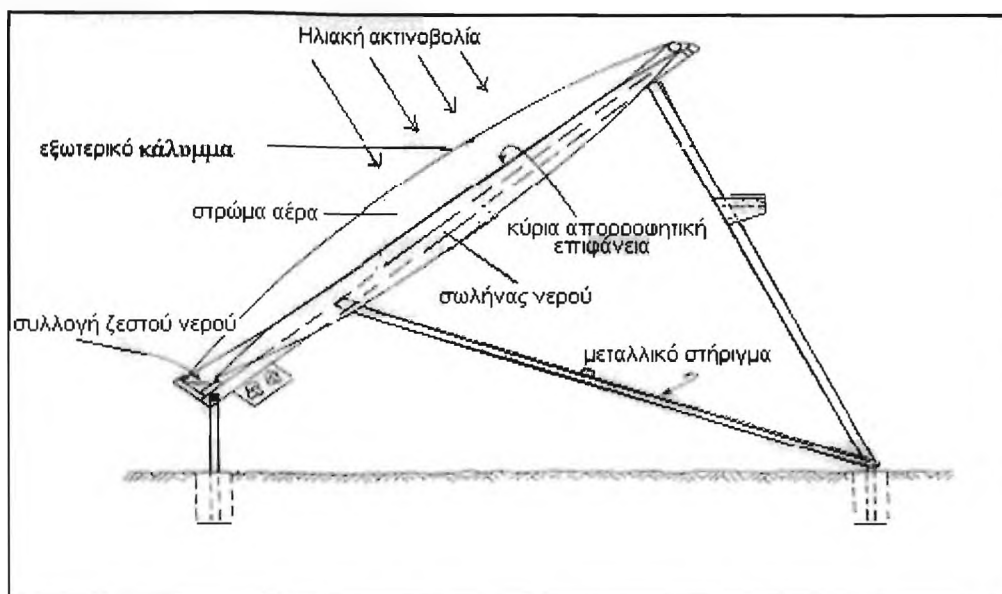
Θερμοκήπια με παθητικό ηλιακό σύστημα, όπου το μέσο αποθήκευσης θερμικής ενέργειας είναι το νερό.

Σύμφωνα με αυτό το σύστημα θέρμανσης, το μέσο αποθήκευσης της θερμότητας μπορεί να τοποθετηθεί εσωτερικά ή εξωτερικά του θερμοκηπίου. Στην περίπτωση που η τοποθέτηση είναι εξωτερική είναι αναγκαία η παρουσία ενός ρευστού μέσου, το οποίο μπορεί να δράσει ως μεταφορέας θερμότητας. Αντίθετα, όταν η εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος γίνει εντός του θερμοκηπίου, η ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ του συστήματος και του εσωτερικού αέρα γίνεται χωρίς την παρουσία κάποιου μέσου.

Η πλεονασματική θερμότητα που είναι διαθέσιμη στο θερμοκήπιο κατά τη διάρκεια της ημέρας, μπορεί να συλλεχθεί και να αποθηκευτεί προκειμένου να χρησιμοποιηθεί κατά τη διάρκεια της νύχτας ή τις επόμενες ημέρες εάν δεν υπάρχει ηλιοφάνεια

Σε αυτήν την κατηγορία ανήκει και το σύστημα που χρησιμοποιεί εξωτερικό ηλιακό συλλέκτη ζεστού νερού σε συνδυασμό με υπόγεια αποθήκη θερμότητας νερού το οποίο παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.1. Ο εξωτερικός ηλιακός συλλέκτης αποτελείται από μία σκουρόχρωμη πλάκα για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας και από ένα γυάλινο ή πλαστικό κάλυμμα που αποθηκεύει τη διερχόμενη από αυτό ηλιακή ακτινοβολία⁵⁹.

Σχήμα 5.2. Εξωτερικός ηλιακός συλλέκτης για τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας.



Πηγή: Mears et al., 1980

Για τη φύση της απορροφητικής πλάκας έχουν γίνει πολλές μελέτες και έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορα υλικά κατασκευής, όπως είναι το αλουμίνιο, τα μεταλλικά πλαίσια καλυμμένα με γυαλί, και οι απορροφητικοί συλλέκτες με χάλκινη επιφάνεια⁶⁰. Τα αποτελέσματα των ερευνών έδειξαν ότι για την ικανοποιητική θέρμανση του θερμοκηπίου χρειάζεται μεγάλη απορροφητική επιφάνεια και αυτό

⁵⁹ Mears D. R., & Roberts W. J., & Cipolletti J. P., 1980, «Solar heating of commercial greenhouses», Department of Biological and Agricultural Engineering, Rutgers University, New Brunswick, NJ, σελ. 71

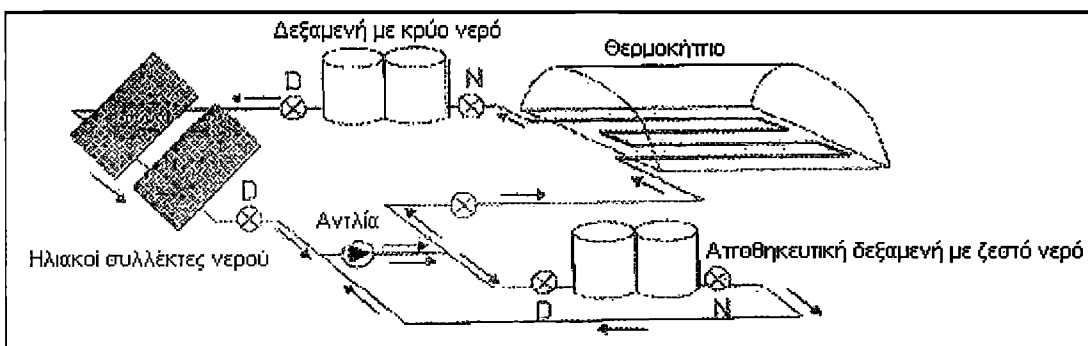
⁶⁰ Yelgova K., & Sallambas, H., & Durceylan E., 1987, «Heating of greenhouses by solar energy in Antalya», FAO Study, No 1, Rome, σελ. 54-57.

μπορεί να επιβαρύνει σημαντικά το κόστος εγκατάστασης αυτού του συστήματος θέρμανσης.

Για τον περιορισμό των απωλειών θερμότητας, είναι αναγκαία η κατάλληλη μόνωση του συλλέκτη. Κατά τη διάρκεια λειτουργίας αυτού του συστήματος το διερχόμενο νερό από το συλλέκτη μεταφέρεται σε μία δεξαμενή όπου και αποθηκεύεται. Το εν λόγω σύστημα θέρμανσης διαθέτει πλαστικούς ή μεταλλικούς σωλήνες για τη μεταφορά της θερμότητας στο χώρο του θερμοκηπίου και είναι εφοδιασμένο με αντλίες για την κίνηση του νερού ή με ανεμιστήρες για την κίνηση του αέρα.

Στο σχήμα 5.2. παρουσιάζεται ένα τυπικό σύστημα θέρμανσης θερμοκηπίου με εξωτερικό ηλιακό συλλέκτη.

Σχήμα 5.3. Σύστημα θέρμανσης θερμοκηπίου με εξωτερικό ηλιακό συλλέκτη νερού.



Πηγή: Bargach et al.,2004

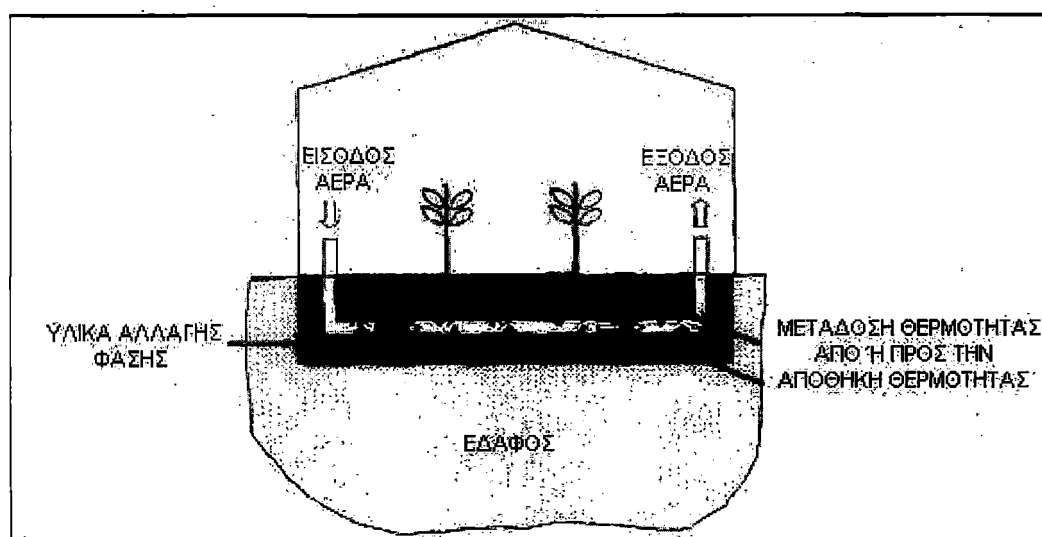
Τα υλικά αλλαγής φάσης είναι ανόργανα, ένυδρα άλατα και αποτελούν ένα εναλλακτικό μέσο αποθήκευσης θερμότητας. Το υλικό αποθήκευσης θερμότητας τοποθετείται συνήθως μέσα στο θερμοκήπιο, υπογείως, σε καλά μονωμένες ειδικές κατασκευές (Σχήμα 5.3) ή στην βορεινή πλευρά του θερμοκηπίου. Οι κατασκευές αυτές έχουν δύο ανοίγματα, από το ένα άνοιγμα γίνεται η είσοδος του θερμού αέρα από τον ηλιακό συλλέκτη και από το άλλο διοχετεύεται η θερμότητα στο χώρο του θερμοκηπίου⁶¹.

⁶¹ Kurklu A., 1997, «Energy storage applications in greenhouses by means of phase change materials», Renewable energy, Vol 13, No. 1, σελ. 89-103

Συνεπώς, κατά την διάρκεια της ημέρας, ο θερμός αέρας από το εσωτερικό του θερμοκηπίου περνά στην αποθήκη και η θερμότητα απορροφάται από τα υλικά αλλαγής φάσης.

Αντίστροφα, κατά τη διάρκεια της νύχτας, ο ψυχρός αέρας από το εσωτερικό του θερμοκηπίου εισέρχεται στην αποθήκη και ταυτόχρονα θερμαίνεται και έτσι τα υλικά μετατρέπονται στην αρχική συμπαγή μορφή τους⁶².

Σχήμα 5.4. Θερμοκήπια με παθητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης όπου το μέσο αποθήκευσης της θερμικής ενέργειας είναι υλικό αλλαγής φάσης.



Πηγή: Santamouris et al., 1994

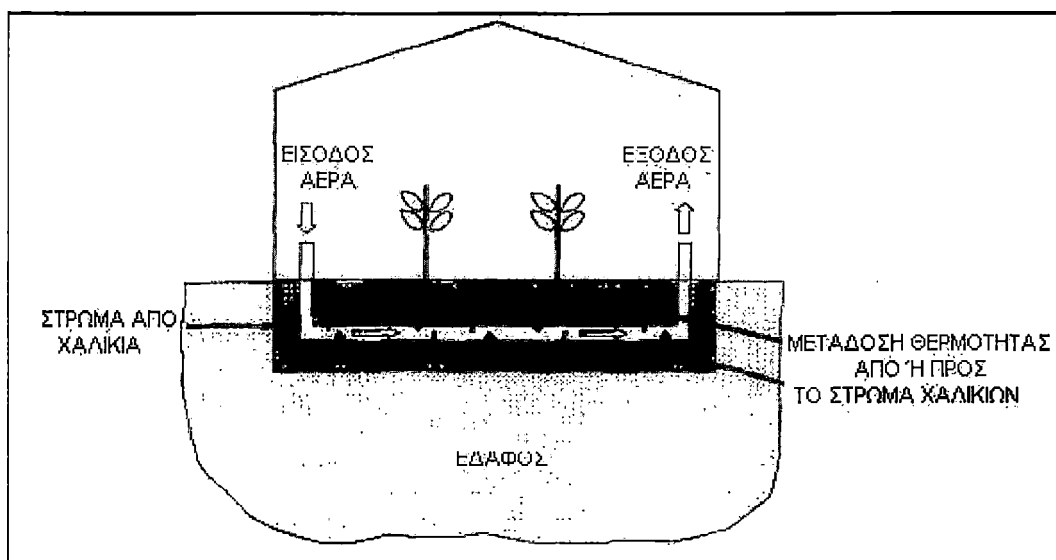
Θερμοκήπια με παθητικό ηλιακό σύστημα, όπου το μέσο αποθήκευσης θερμικής ενέργειας είναι ένα στρώμα από χαλίκια.

Κατά την εφαρμογή αυτού του συστήματος χρησιμοποιούνται χαλίκια διαμέτρου 20 έως 100 mm, τα οποία τοποθετούνται υπογείως του θερμοκηπίου σε βάθος μεταξύ 40 και 50 cm. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, η πλεονάζουσα θερμότητα μεταφέρεται από το εσωτερικό του θερμοκηπίου στην υπόγεια αποθήκη με τη χρήση ενός ανεμιστήρα (Σχήμα 5.4).

⁶² Santamouris M., & Balaras C.A., & Daskalaki E. & Vallindras M., 1994, «Passive solar agricultural greenhouses: A worldwide classification and evaluation of technologies and systems used for heating purposes» Solar Energy, Vol. 53, No. 5, σελ. 411-426.

Τη νύχτα, πραγματοποιείται η αντίστροφη διαδικασία και ειδικότερα ο ψυχρός αέρας κινείται μέσα από την αποθήκη, όπου η θερμότητα από τα χαλίκια μεταδίδεται στον ψυχρότερο αέρα, ο οποίος τελικά επιστρέφει στο θερμοκήπιο.

Σχήμα 5.5. Θερμοκήπια με παθητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης όπου το μέσο αποθήκευσης της θερμικής ενέργειας είναι ένα στρώμα από πέτρες.



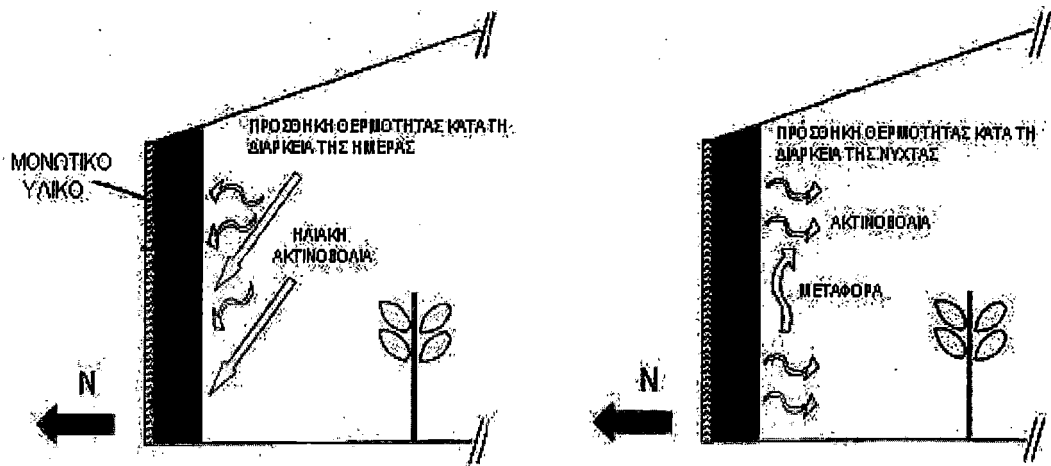
Πηγή: Santamouris et al., 1994

Θερμοκήπια με παθητικό ηλιακό σύστημα, όπου το μέσο αποθήκευσης μπορεί να είναι άλλου τύπου.

Το σύστημα αυτό έχει ως βάση την τοποθέτηση ενός μονωτικού υλικού στις πλευρές του θερμοκηπίου, με σκοπό τον περιορισμό των απωλειών θερμότητας. Η επιφάνεια του μονωτικού υλικού που βρίσκεται προς το εσωτερικό του θερμοκηπίου θα πρέπει να έχει μαύρο χρώμα προκειμένου να λειτουργεί ως αποθήκη θερμότητας. Το συγκριτικό πλεονέκτημα αυτού του συστήματος (σχήμα 5.5) είναι το μικρό κόστος κατασκευής του⁶³.

⁶³ Santamouris M., & Balaras C.A., & Daskalaki E. & Vallindras M., 1994, «Passive solar agricultural greenhouses: A worldwide classification and evaluation of technologies and systems used for heating purposes» Solar Energy, Vol. 53, No. 5, σελ. 411-426.

Σχήμα 5.6. Θερμοκήπια με παθητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης όπου το μέσο αποθήκευσης της θερμικής ενέργειας είναι ένας μονωμένος τοίχος



Πηγή: Santamouris et al., 1994

Θερμοκήπια με παθητικό ηλιακό σύστημα, όπου το μέσο αποθήκευσης θερμικής ενέργειας είναι το έδαφος, στο οποίο υπάρχουν υπεδάφιοι σωλήνες.

Έχει παρατηρηθεί ότι κάτω από την επιφάνεια του εδάφους και σε βάθος 0.5-2 m, υπάρχει μία καθυστέρηση στο ρυθμό μεταβολής της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου της υστέρησης. Η θερμοκρασία στο βάθος αυτό είναι αυξημένη κατά 2-3 °C σε σχέση με αυτήν του περιβάλλοντος. Συνεπώς το έδαφος θα μπορούσε να αποτελέσει μέσο αποθήκευσης θερμότητας. Αυτή η ιδιότητα του εδάφους αξιοποιείται με τη χρήση υπόγειων σωλήνων⁶⁴.

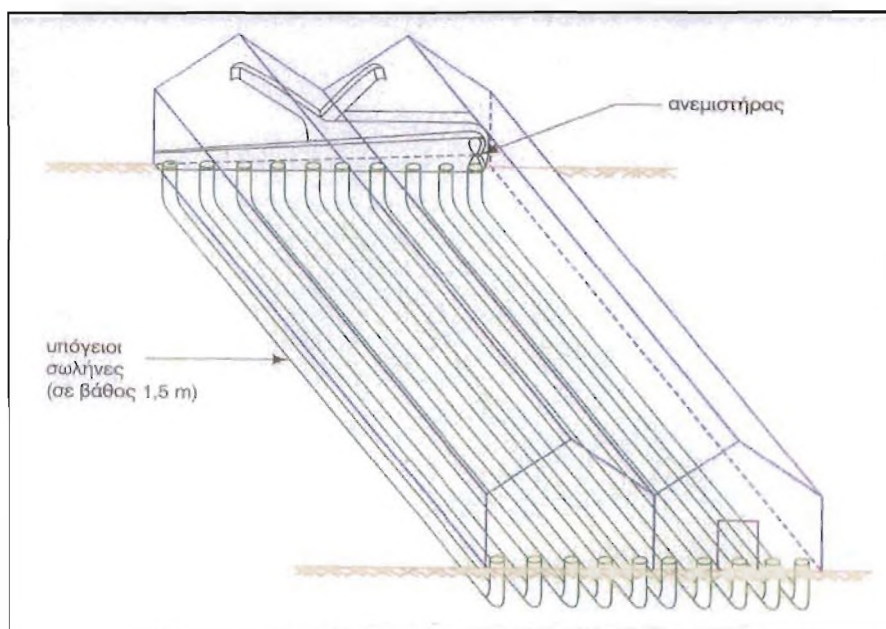
Οι σωλήνες είναι τοποθετημένοι κατά μήκος του θερμοκηπίου με σημεία εισόδου και εξόδου του αέρα σε διαφορετικές πλευρές. Την ημέρα ο θερμός αέρας που είναι εγκλωβισμένος στα υψηλότερα μέρη του θερμοκηπίου κατευθύνεται μέσω των σωλήνων κάτω από το έδαφος με αποτέλεσμα τη θέρμανση του υπεδάφους. Την νύχτα, ο ψυχρός αέρας από το εσωτερικό του θερμοκηπίου κυκλοφορεί ξανά μέσω των σωλήνων από το θερμό υπεδάφος με αποτέλεσμα την απόδοση ενέργειας στο ψυχρό ρεύμα αέρα. Η θερμότητα μεταφέρεται με δυναμικό αερισμό από το έδαφος στο περιβάλλον του θερμοκηπίου.

⁶⁴ Santamouris M., & Balaras C.A., & Daskalaki E. & Vallindras M., 1994, «Passive solar agricultural greenhouses: A worldwide classification and evaluation of technologies and systems used for heating purposes» Solar Energy, Vol. 53, No. 5, σελ. 411-426.

Σε πείραμα των Ghosal et al.⁶⁵,(2004), βρέθηκε ότι σε θερμοκήπιο έκτασης ενός στρέμματος, που χρησιμοποιείται το παραπάνω σύστημα θέρμανσης, η μέση θερμοκρασία του αέρα του θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια της νύχτας ήταν 6-7 °C.

Ακόμα οι Mavrogianopoulos και Kyritsis⁶⁶ (1986), βρήκαν ότι κατά τη διάρκεια του χειμώνα, ο αέρας του θερμοκηπίου ήταν 6-9 °C υψηλότερος σε σχέση με αυτόν του εξωτερικού περιβάλλοντος όταν τοποθέτησαν έναν εναλλάκτη θερμότητας σε βάθος 2 m κάτω από το έδαφος του θερμοκηπίου (Σχήμα 5.6). Το κύριο μειονέκτημα αυτού του συστήματος είναι το υψηλό κόστος εγκατάστασής του, που αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα εφαρμογής του στα θερμοκήπια .

Σχήμα 5.7. Θέρμανση θερμοκηπίου με υπόγειο εναλλάκτη θερμότητας εδάφους-αέρα.



Πηγή: Mavrogianopoulos and Kyritsis, 1986

5.6.3. Παθητικό ηλιακό σύστημα των πλαστικών σωλήνων με νερό

Το παθητικό ηλιακό σύστημα των πλαστικών σωλήνων είναι το πιο γνωστό σύστημα συλλογής της ηλιακής ενέργειας λόγω της αποτελεσματικής αξιοποίησης

⁶⁵ Ghosal M.K., & Tiwary G.N. & Srivastava N.S.L., 2004, «Thermal modeling of a greenhouse with an integrated earth to air heat exchanger: An experimental validation», Energy and Buildings, vol. 36, σελ. 219-227.

⁶⁶ Mavrogianopoulos G. and Kyritsis S., «The performance of a greenhouse heated by an earth-air heat exchanger», Agricultural and Forest Meteorology No.36, σελ. 263-268.

ενός σημαντικού ποσοστού τόσο της άμεσης όσο και της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας μέσα στο θερμοκήπιο. Επίσης ένα άλλο γεγονός που ευνοεί την εφαρμογή του είναι ο εύκολος τρόπος και το χαμηλό κόστος κατασκευής και εγκατάστασης του.

Το σύστημα αυτό, αποτελείται από διαφανείς σωλήνες πολυαιθυλενίου, οι οποίοι περιέχουν νερό, είτε καθαρό είτε σε πρόσμιξη με κάποια χρωστική ουσία. Η τοποθέτησή του μέσα στο θερμοκήπιο γίνεται κατά μήκος των σειρών των καλλιεργούμενων φυτών.

Οι διαφανείς σωλήνες απορροφούν και αποθηκεύουν μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει πάνω τους, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η θερμοκρασία του νερού που περιέχουν. Η αποθηκευμένη θερμότητα αποδίδεται στο χώρο του θερμοκηπίου όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου μειωθεί κάτω από τη θερμοκρασία του νερού των σωλήνων.

Στα θερμοκήπια που χρησιμοποιείται αυτό το σύστημα θέρμανσης, οι θερμοκρασίες του αέρα μπορούν να ανέλθουν έως και 6°C υψηλότερα σε σχέση με τα απλά θερμοκήπια και έως 8°C σε σχέση με το εξωτερικό περιβάλλον⁶⁷.

Αρχές λειτουργίας

Το παθητικό ηλιακό σύστημα απορροφά κατά τη διάρκεια της ημέρας μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει επάνω του. Το νερό που εμπεριέχεται στους σωλήνες θερμαίνεται και έτσι αποθηκεύεται η ενέργεια με τη μορφή θερμότητας. Μόλις η θερμοκρασία του αέρα στο εσωτερικό περιβάλλον του θερμοκηπίου μειωθεί κάτω από τη θερμοκρασία του νερού των σωλήνων, τότε η αποθηκευμένη θερμότητα απελευθερώνεται με αγωγή, μεταφορά και ακτινοβολία. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του εσωτερικού περιβάλλοντος του θερμοκηπίου.

Μηχανισμός απορρόφησης ενέργειας από το παθητικό ηλιακό σύστημα

⁶⁷ Grafiadellis M., & Spanomitsios G., & Mattas K., 1990, «Recent developments introduced in the passive solar system for heating greenhouses», Acta Hort. No. 263 σελ. 111-119.

Καθώς η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει στο σωλήνα, ένα μέρος της ανακλάται, ένα άλλο μέρος της θερμαίνει την εξωτερική επιφάνεια του πλαστικού, ενώ το μεγαλύτερο μέρος της διαπερνά το σωλήνα και θερμαίνει απευθείας το νερό που εμπεριέχεται. Με τη θέρμανση της εξωτερικής επιφάνειας του πλαστικού μεταδίδεται θερμότητα με αγωγή προς το εσωτερικό του σωλήνα με αποτέλεσμα την μεγαλύτερη θέρμανση του νερού.

Συνήθως κάτω από τον πλαστικό σωλήνα τοποθετείται υλικό εδαφο-κάλυψης μαύρου χρώματος που επιτρέπει την απορρόφηση της ακτινοβολίας και τη μετάδοση της θερμότητας προς το έδαφος και προς τους σωλήνες. Οι Short et al.⁶⁸ (1978) έδειξαν ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται από το στρώμα του νερού που βρίσκεται κοντά στο ανώτερο τοίχωμα του σωλήνα. Η γωνία πρόσπτωσης και το μήκος κύματος της ηλιακής ενέργειας ασκεί σημαντική επίδραση στο ποσοστό της ανακλώμενης ακτινοβολίας.

Η κατακόρυφη πρόσπτωση της ακτινοβολίας αντιστοιχεί σε διαπερατότητα, η οποία είναι της τάξης του 90%. Σύμφωνα με τους Nijskens et al.⁶⁹ (1985) η αύξηση της γωνίας πρόσπτωσης μπορεί να μειώσει το ποσοστό διαπερατότητας με παράλληλη αύξηση του ποσοστού ανάκλασης.

Η μέγιστη απορρόφηση ενέργειας παρατηρείται τις μεσημβρινές ώρες, στη διάρκεια των οποίων, οι ακτίνες του ηλίου πέφτουν στην επιφάνεια της γης με τη μικρότερη γωνία πρόσπτωσης. Επίσης, το καλοκαίρι, η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι πιο μεγάλη σε σχέση με το χειμώνα λόγω της υψηλότερης θέσης του ήλιου στον ουρανό και της μεγαλύτερης διάρκειας της ημέρας.

Πλεονεκτήματα του παθητικού ηλιακού συστήματος

Τα πλεονεκτήματα του παθητικού ηλιακού συστήματος συνοψίζονται στα εξής:

- **Εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων.** Με την τοποθέτηση του παθητικού ηλιακού συστήματος με πλαστικούς σωλήνες με νερό ενισχύεται η θερμοχωρητικότητα του θερμοκηπίου. Συνεπώς, η ενέργεια που συλλέγεται κατά τη διάρκεια της ημέρας απελευθερώνεται σταδιακά μέχρι και τις

⁶⁸ Short T. H., & Badger P. C. & Roller W. L., 1978, «The solar pond as an alternative energy source for greenhouses», Acta Hort. No. 76 σελ 185-192.

⁶⁹ Nijskens J., & Deltour S., & Coutisse S., & Nisen A., 1985, «Radiation transfer through covering materials, solar and thermal screens of greenhouses», Agricultural and Forest Meteorology, No. 35, σελ. 229-242.

επόμενες δύο έως τρεις ημέρες, εφόσον δεν επικρατεί ηλιοφάνεια⁷⁰. Το συγκεκριμένο παθητικό σύστημα συλλέγει κατά μέσο όρο ηλιακή ενέργεια που ισοδυναμεί με την ενέργεια που περιέχουν 18 τόνοι πετρελαίου ανά στρέμμα θερμοκηπίου για την περίοδο Οκτωβρίου- Μαΐου.

- **Επιμήκυνση της καλλιεργητικής περιόδου.** Σε ένα μη θερμαινόμενο θερμοκήπιο η εγκατάσταση του παθητικού ηλιακού συστήματος με σωλήνες που περιέχουν νερό μπορεί να αυξήσει την καλλιεργητική περίοδο από 1-4 εβδομάδες.
- **Μείωση του χρόνου παροχής τεχνητής θέρμανσης.** Ένα μέρος της θερμότητας που παρέχεται από το συμβατικό σύστημα θέρμανσης αποθηκεύεται στο παθητικό σύστημα μέχρι να υπάρξει θερμική ισορροπία. Το ποσοστό αυτό αποδίδεται στο εσωτερικό περιβάλλον του θερμοκηπίου, εφόσον η συμβατική θέρμανση σταματήσει.
- **Αύξηση της θερμοκρασίας του εδάφους.** Σύμφωνα με τους Μαντρογιαννοπούλος και Kyritsis⁷¹ (1993) η χρησιμοποίηση παθητικού ηλιακού συστήματος μπορεί να επιτύχει άνοδο της θερμοκρασίας του εδάφους από 1°C έως 3 °C .
- **Αντιπαγετική προστασία.** Το παθητικό ηλιακό σύστημα μπορεί να μειώσει την σχετική υγρασία του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου και να προστατεύσει την καλλιέργεια από τις έντονες αλλαγές της θερμοκρασίας.
- **Απλό στην εγκατάσταση και οικονομικό.** Το σύστημα αποτελείται από πλαστικό ενώ δεν απαιτείται κατανάλωση άλλων μορφών ενέργειας για τη λειτουργία του. Σύμφωνα με έρευνες αποδείχθηκε ότι είναι ικανό να βελτιώσει το εισόδημα των παραγωγών από 30-100%⁷².

5.7. Παράγοντες επιλογής του κατάλληλου συστήματος θέρμανσης σε ένα θερμοκήπιο

⁷⁰ Pavlou G., 1990, «Evaluation of thermal performance of water-filled polyethylene tubes used for passive solar greenhouse heating». Acta Hort., No. 287, σελ. 89-98.

⁷¹ Mavrogianopoulos G. & Kyritsis S., «Analysis and performance of a greenhouse with water filled passive solar sleeves», Agricultural and Forest Meteorology, No. 65, σελ. 47-61.

⁷² Mattas K., & Grafiadellis M., & Papanagioutou E. & Martika M., 1990, «Evaluating the effectiveness of the passive solar system for heating greenhouses», Acta Hort. No. 263 σελ. 97-101

Η επιλογή ενός αποδοτικού συστήματος θέρμανσης θερμοκηπίου αποτελεί ένα βασικό σημείο στο οποίο πρέπει να δίνεται έμφαση κατά την κατασκευή ενός θερμοκηπίου. Είναι αναγκαία η εύρεση ενός αποτελεσματικού από τεχνικοοικονομικής απόψεως συστήματος το οποίο να μπορεί να προσφέρει ομοιόμορφη κατανομή θερμοκρασίας .

Για την επιλογή του κατάλληλου συστήματος θέρμανσης ενός θερμοκηπίου πρέπει να ληφθούν υπόψη οι παρακάτω παράγοντες:

- Το είδος των καλλιεργούμενων φυτών. Αν δηλαδή τα φυτά απαιτούν υψηλή θερμοκρασία όλη την καλλιεργητική περίοδο ή μόνο για ορισμένους μήνες.
- Ο ρόλος του συστήματος θέρμανσης. Αν δηλαδή το σύστημα θέρμανσης θα βελτιώνει ή θα ελέγχει απλά τη θερμοκρασία.
- Ο τύπος της γεώτρησης - πηγής. Για την περίπτωση της γεωθερμίας έχει σημασία αν το νερό είναι αρτεσιανό ή το θερμό νερό αντλείται με την ηλεκτροκίνητη αντλία.
- Χημική σύσταση του γεωθερμικού ρευστού στην περίπτωση γεωθερμίας⁷³.

⁷³ Κούγιας, Π., 2007, «εξοικονόμηση ενέργειας σε θερμοκήπια με ηλιακό παθητικό σύστημα θέρμανσης συνδυασμένο με υδρορροή υδροπονίας», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σελ. 58

Κεφάλαιο 6

Οικονομική αξιολόγηση συστημάτων θέρμανσης των θερμοκηπίων

Το τελευταίο κεφάλαιο της μελέτης παρουσιάζει μια οικονομική αξιολόγηση των συστημάτων θέρμανσης των θερμοκηπίων με βάση τα δεδομένα που μας δόθηκαν από κάποιες εταιρίες που δραστηριοποιούνται με αυτά τα συστήματα

6.1. Μεθοδολογία

Προκειμένου να έχουμε μια ολοκληρωμένη άποψη γύρω από τα συστήματα θέρμανσης των θερμοκηπίων κρίθηκε αναγκαίο να προβούμε σε μια έρευνα ορισμένων εταιριών προκειμένου να μάθουμε τα συστήματα θέρμανσης θερμοκηπίων τα οποία χρησιμοποιούν αυτές οι εταιρίες αλλά και το κόστος αυτών.

Οι εταιρίες που κλήθηκαν να απαντήσουν ήταν οι εξής:

- ΕΛΒΙΜΕΚ (Κρήτη)
- Geomations A.E. (Αθήνα)
- Hydrogrow – Ελληνικές Υδροκαλλιέργειες ΕΠΕ (Αθήνα)
- Lambrakis Group (Κρήτη)
- Megatherm (Θεσσαλονίκη)
- Γεωθερμική Α.Ε.(Θεσσαλονίκη)
- Αφοί Εμμανουηλίδη (Θεσσαλονίκη)
- Aid Engineering (Αθήνα)

Η συνέντευξη έγινε με τους υπευθύνους της εταιρίας τηλεφωνικά από τους οποίους ζητήθηκε να απαντήσουν στις εξής ερωτήσεις:

- Ποια συστήματα θέρμανσης θερμοκηπίων χρησιμοποιεί η εταιρία σας;
- Ποιο είναι το κόστος αγοράς τους ανάλογα με το υλικό κάλυψης ή το σχήμα του θερμοκηπίου;
- Ποιο κατά την άποψη σας είναι το πιο αποδοτικό σύστημα θέρμανσης για θερμοκήπιο ενός στρέμματος;

Οι απαντήσεις στα παραπάνω ερωτήματα από κάθε εταιρία παρουσιάζονται στην συνέχεια του κεφαλαίου

6.2. Περιορισμοί έρευνας

Η παρούσα έρευνα αντιμετώπισε πολλές δυσκολίες προκειμένου να ολοκληρωθεί. Αρχικά αξίζει να σημειωθεί ότι υπήρχε αρκετή απροθυμία και αδιαφορία από τις περισσότερες εταιρίες. Ειδικότερα η εταιρία Hydrogrow ανέφερε ότι θα αποστείλει ενημερωτικό υλικό με φαξ ή mail τα οποία ποτέ δεν λάβαμε. Η εταιρία Lambrakis Group ανέφερε ότι λόγω φόρτου εργασίας δεν είχε χρόνο να απαντήσει στις ερωτήσεις μας, η εταιρία Megatherm δεν απάντησε ποτέ στο τηλέφωνο, ενώ η εταιρία Elvimek ΑΕ μας έλεγε συνεχώς ότι ο υπεύθυνος απουσιάζει εκτός Ελλάδος.

Οι εταιρίες οι οποίες συνεργάστηκαν μαζί μας και τους ευχαριστούμε για αυτό είναι η εταιρία Geomations, η Γεωθερμική Α.Ε., η εταιρία Αφεί Εμμανουηλίδη και η εταιρία Aid Engineering. Κοινό χαρακτηριστικό και των τριών εταιριών εκτός της Γεωθερμικής Α.Ε. ήταν ότι δεν μπορούσαν να προσδιορίσουν ακριβώς το κόστος αλλά μας ανέφεραν μια τάξη μεγέθους δηλαδή από πόσο μέχρι πόσο μπορεί να κοστίζει ένα σύστημα θέρμανσης. Από την άλλη η Γεωθερμική Α.Ε. μας παρουσίασε αναλυτικά το κόστος για κάθε κατηγορία συστήματος θέρμανσης

Όπως μας ανέφεραν οι υπόλοιπες εταιρίες για να προσδιοριστεί το κόστος του κάθε συστήματος απαιτείται ο συνυπολογισμός και η ανάλυση πολλών παραμέτρων (υλικό κάλυψης, σχήμα θερμοκηπίου, εξωγενείς παράγοντες κ.α) και κάτι τέτοιο θα ήταν δύσκολο να αναλυθεί στην περίπτωση μας καθώς απαιτούσε πολύ χρόνο από την μεριά τους για να μας ενημερώσουν.

6.3. Παρουσίαση έρευνας

Εταιρία Geomations Α.Ε

Η εταιρία Geomations Α.Ε. αποτελεί δημιούργημα του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών και ιδρύθηκε προκειμένου να αξιοποιηθούν τα

ερευνητικά αποτελέσματα της ομάδας του καθηγητή κ. Συγριμή Νικόλαου με την βοήθεια του προγράμματος «ανταγωνιστικότητα - ΕΠΑΝ» του Υπουργείου Ανάπτυξης.

Η δομή της εταιρείας και η άμεση σχέση της με το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών οδήγησε στην συνεχή συμμετοχή και συμβολή της εταιρίας στην παγκόσμια έρευνα σε συνεργασία με Ερευνητικά Ιδρύματα της Ελλάδας και της Ευρώπης.

Μιλώντας με τον υπεύθυνο της εταιρίας σχετικά με τα συστήματα θέρμανσης των θερμοκηπίων μας ανέφερε ότι η εταιρία χρησιμοποιεί κυρίως συμβατικά συστήματα και ειδικότερα τα αερόθερμα, τα καλοριφέρ και από καύσιμο συνήθως το πετρέλαιο ή το ελαιοπυρήναιο που ανήκει στην κατηγορία του βιοκαυσίμου.

Σχετικά με το κόστος της εγκατάστασης, μας ανέφερε ότι δεν μπορεί να το προσδιορίσει επακριβώς καθώς πολλοί παράγοντες το καθορίζουν αλλά μας ανέφερε ότι μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 15.000 €.

Κατά την άποψη του το πιο αποτελεσματικό σύστημα θέρμανσης θερμοκηπίου ενός στρέμματος είναι σύστημα λέβητα με fancoils, ενώ το καύσιμο μπορεί να ποικίλει και να είναι είτε πετρέλαιο, είτε ελαιοπυρήναιο.

Εταιρία Aid Engineering

Η εταιρία έχει ως έδρα την Αθήνα και δραστηριοποιείται κυρίως με τις μελέτες με σκοπό τον σχεδιασμό, ρύθμιση, εξοικονόμηση και λειτουργία βιομηχανικών εγκαταστάσεων. Με τα χρόνια εξελίχθηκε σε μια ενεργειακή εταιρία που δραστηριοποιείται με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και με τις κτιριακές εγκαταστάσεις.

Η εταιρία εκτός των άλλων ασχολείται και με συστήματα θέρμανσης των θερμοκηπίων και ειδικότερα μόνο με την γεωθερμία.

Σύμφωνα με τον υπεύθυνο της εταιρίας η γεωθερμία είναι το γενικότερο αντικείμενο της εταιρίας οπότε εφόσον τους ζητηθεί μπορούν να ασχοληθούν και με γεωθερμικό σύστημα θέρμανσης θερμοκηπίου.

Το κόστος εξαρτάται από το είδος της θέρμανσης θα χρησιμοποιηθεί δηλαδή αν θα είναι επιδαπέδια ή όχι. Όπως μας ανέφερε το κόστος κυμαίνεται από 25.000 € μέχρι 40.000 € με την επιδαπέδια θέρμανση να είναι η πιο ακριβή.

Στο ερώτημα για το κατά πόσο είναι αποτελεσματική η γεωθερμία για την θέρμανση των θερμοκηπίων μας ανέφερε ότι έχει 100% την ίδια απόδοση με τον λέβητα αλλά ακόμα στην χώρα μας δεν έχει αναπτυχθεί επαρκώς.

Ωστόσο μας τόνισε ότι η αποτελεσματικότητα ενός συστήματος θέρμανσης έχει άμεση σχέση με τις θερμικές απώλειες ενός συστήματος και συνεπώς όλα τα συστήματα θέρμανσης μπορούν να είναι αποτελεσματικά αρκεί να έχουν περιορισμένες απώλειες.

Εταιρία Αφοί Εμμανουηλίδη

Η εταιρία Αφοί Εμμανουηλίδη Ο.Ε. ιδρύθηκε το 1981 στη Θεσσαλονίκη από δύο πτυχιούχους εφαρμοστές οι οποίοι είχαν μεγάλη πείρα στις μηχανολογικές κατασκευές. Από το 1981 η εταιρία παρουσίασε μια αλματώδη πρόοδο κατοχυρώνοντας το 1985 δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για δύο μηχανήματα που βοηθούσαν σε μεγάλο βαθμό τους παραγωγούς.

Το 1986 η εταιρία εισέρχεται στο χώρο κατασκευής θερμοκηπίων προκειμένου να παράγει υψηλής ποιότητας παραγωγικές μονάδες με μεγάλη αξιοπιστία. Η εταιρία εκτός από την κατασκευή ασχολείται και με την θέρμανση των θερμοκηπίων.

Ειδικότερα όπως μας ενημέρωσαν χρησιμοποιούν αερόθερμα πετρελαίου ή αερίου για θέρμανση των θερμοκηπίου ή επιδαπέδια θέρμανση. Οι λέβητες που χρησιμοποιούνται στα θερμοκήπια μπορούν να ζεσταίνουν τον χώρο είτε με ζεστό νερό είτε με ζεστό αέρα.

Σχετικά με τα εναλλακτικά συστήματα θέρμανσης των θερμοκηπίων η εταιρία δεν χρησιμοποιεί κάποια αλλά εφόσον της ζητηθεί μπορεί να κάνει εμπόριο. Γενικότερα ωστόσο η χρήση των εναλλακτικών συστημάτων θέρμανσης στην χώρα μας είναι σπάνια.

Σχετικά με το κόστος των συστημάτων θέρμανσης, όπως μας ανέφεραν, η επιδαπέδια θέρμανση είναι πιο ακριβή σε σχέση με την αεροθέρμανση και κοστίζει 6000 €, ενώ η αεροθέρμανση κοστίζει περίπου 4000 € ανάλογα με το είδος του θερμοκηπίου.

Στο ερώτημα για το πιο είναι το πιο αποτελεσματικό σύστημα θέρμανσης σε θερμοκήπιο ενός στρέμματος μας ανέφεραν ότι η πιο αποτελεσματική θέρμανση είναι

ο συνδυασμός της αεροθέρμανσης και της επιδαπέδιας θέρμανσης η οποία βέβαια κοστίζει πολύ περισσότερο σε σχέση με την κάθε περίπτωση μεμονωμένα.

Εταιρία Γεωθερμική Α.Ε.

Η Γεωθερμική Α.Ε, ιδρύθηκε το 1981, έχοντας ως βασική δραστηριότητα την κατασκευή μεταλλικών Θερμοκηπίων από γαλβανισμένο σιδηροσκελετό. Στις μέρες μας η εταιρία παράγει πάνω από 20 τύπους θερμοκηπίων καθώς και πτηνοτροφικούς θαλάμους και μεταλλικά κτίρια ενώ παράλληλα ασχολείται και με συστήματα θέρμανσης των θερμοκηπίων.

Η εταιρία πρωτοπορεί για πολλά χρόνια στην σχεδίαση, έρευνα και βελτίωση των κατασκευών της αλλά και στην τεχνολογία και τεχνογνωσία που διαθέτει. Η εταιρία δραστηριοποιείται σε ένα πλήρως αυτοματοποιημένο και σύγχρονο χώρο παραγωγής μεγέθους 6.000 τ.μ., εξασφαλίζοντας για τον πελάτη της προϊόντα υψηλής ποιότητας, πιστοποιημένα με το Διεθνές πρότυπο ποιότητας ISO9001:2000.

Ειδικότερα η εταιρία μας ανέφερε ότι δραστηριοποιείται με τα εξής συστήματα θέρμανσης:

1. Αερόθερμα : Πετρελαίου - Υγραερίου - Μαζούτ - Πυρήνα
2. Αερόθερμα ζεστού νερού
3. Παροχή ζεστού νερού από κεντρικά λεβητοστάσια
4. Επιδαπέδια θέρμανση με σωλήνες πολυπροπυλενίου
5. Θέρμανση με σιδηροσωλήνα
6. Καύσιμο : Πυρήνας - Υγραέριο - Πετρέλαιο - Μαζούτ

Σχετικά με το κόστος μας δήλωσε ότι αυτό ποικίλει ανάλογα με το υλικό κάλυψης του θερμοκηπίου, με το είδος του θερμοκηπίου, αλλά και για τον λόγο που θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί. Ωστόσο μας ανέφερε ορισμένες περιπτώσεις κόστους οι οποίες είναι:

- Θερμοκουρτίνα: επίπεδη ανά στρέμμα 12.550,00€
- Θερμοκουρτίνα πυραμιδική τραπεζοειδής 14.210,00€
- Πλευρική κάλυψη θερμοκηπίου με θερμοκουρτίνα κόστος ανά m² 16,00 €/m²
- Θέρμανση θερμοκηπίου με αερόθερμα πετρελαίου ανά στρέμμα 9.220,00 €
- Θέρμανση θερμοκηπίου με αερόθερμα υγραερίου 10.845,00€

- Επιδαπέδια θέρμανση με καύσιμο πετρέλαιο 9.100,00€
- Επιδαπέδια θέρμανση με καύσιμο υγραέριο 11.570,00€
- Επιδαπέδια θέρμανση με καύσιμο μαζούτ 14.040,00€
- Επιδαπέδια θέρμανση με καύσιμο πυρήνας άνευ δεξαμενής 14.170,00€
- Προσαύξηση θέρμανσης με σιδηρο-σωλήνα 1 1/2" εντός των γραμμών φύτευσης 10.140,00€
- Προσαύξηση για πλευρική θέρμανση με σιδηροσωλήνα 1 1/2" και στήριξη 13,00 €/m
- Προσαύξηση διπλό κύκλωμα και με αερόθερμα ζεστού αέρα 4.992,00 €

Σχετικά με τα εναλλακτικά συστήματα θέρμανσης των θερμοκηπίων η εταιρία ασχολείται με την βιομάζα όπου σαν βιοκαύσιμο έχει το ελαιοπυρήναιο και το κουκούτσι ροδάκινου αλλά και με την ηλιακή ενέργεια η οποία όμως εφαρμόζεται στα θερμοκήπια μόνο ως βοηθητικό σύστημα.

Για την εταιρία το πιο αποδοτικό σύστημα θέρμανσης εξαρτάται από την καλλιέργεια, ωστόσο για θερμοκήπιο ενός στρέμματος θεωρεί ότι το πιο αποτελεσματικό σύστημα είναι αυτό της κεντρικής θέρμανσης με ζεστό νερό το οποίο όμως έχει υψηλό αρχικό κόστος.

Συμπεράσματα

Στην μελέτη αυτή ερευνήθηκαν τα βασικά χαρακτηριστικά ενός θερμοκηπίου και δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στα συστήματα θέρμανσης αυτών καθώς τα τελευταία χρόνια υπάρχουν πολλές εξελίξεις στα εναλλακτικά συστήματα τα οποία αναμένεται μετά από χρόνια να χρησιμοποιηθούν σε μεγάλο βαθμό για την θέρμανση ενός θερμοκηπίου.

Αναλύθηκαν οι διάφοροι τύποι των θερμοκηπίων, τα υλικά κάλυψης αυτών, το περιβάλλον ενός θερμοκηπίου και άλλα βασικά χαρακτηριστικά τα οποία πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη για την επιλογή ενός συστήματος θέρμανσης.

Για παράδειγμα ένα γυάλινο θερμοκήπιο κρατά περισσότερη θερμότητα στο εσωτερικό του από ότι ένα πλαστικό, επίσης ορισμένα υλικά κάλυψης δε είναι περατά δηλαδή δεν επιτρέπουν την έξοδο της ακτινοβολίας που εκπέμπουν τα φυτά και έτσι δεν αποφεύγεται η παγίδα της θερμότητας, από την άλλη τα υψηλά θερμοκήπια εξαερίζονται καλύτερα σε σχέση με τα χαμηλά, ενώ στα θερμοκήπια χαμηλής οροφής η κίνηση του αέρα γίνεται πιο δύσκολα σε σχέση με τα υψηλής οροφής.

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά παίζουν σημαντικό ρόλο στην επιλογή του κατάλληλου συστήματος θέρμανσης για ένα θερμοκήπιο και συνεπώς θα πρέπει να μελετώνται προσεκτικά για την καλύτερη επιλογή της θέρμανσης προκειμένου να περιορίζονται τυχόν προβλήματα και η καλλιέργεια να είναι αποδοτική.

Σχετικά με τα συστήματα θέρμανσης στα θερμοκήπια, στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται τα συμβατικά συστήματα και μόλις τα τελευταία χρόνια έχουν κάνει την εμφάνιση τους κάποια θερμοκήπια με εναλλακτικά συστήματα. Οι λόγοι που δεν ευνοούν την ανάπτυξη των εναλλακτικών συστημάτων στην χώρα μας είναι η άγνοια και η ελλιπής πληροφόρηση καθώς επίσης και το πολύ υψηλό κόστος τους.

Ωστόσο σε αρκετές χώρες του εξωτερικού όπως είναι η Ολλανδία τα εναλλακτικά συστήματα θέρμανσης στα θερμοκήπια χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό με πολύ θετικά αποτελέσματα τόσο σε κόστος όσο και σε καλλιέργεια. Η ηλιακή ενέργεια και η γεωθερμία είναι οι πιο γνωστές μορφές που εφαρμόζονται ήδη στα θερμοκήπια. Στην χώρα μας, που χαρακτηρίζεται για την πλούσια ηλιοφάνεια της, η ηλιακή ενέργεια μπορεί να αποτελέσει σημαντική ενεργειακή πηγή για ένα θερμοκήπιο και για την θέρμανση αυτού, εξοικονομώντας με αυτόν τον τρόπο ενέργεια αλλά και κόστος.

Διαπιστώνουμε λοιπόν ότι τα εναλλακτικά συστήματα θέρμανσης μπορούν να έχουν την ίδια απόδοση με τα συμβατικά αρκεί να υπάρξει προηγουμένως μια μελέτη των χαρακτηριστικών του θερμοκηπίου και των εξωτερικών συνθηκών(κλίμα, τοπογραφικό ανάγλυφο, διάρκεια ημέρας,κ.α) προκειμένου να επιλεγούν τα συστήματα θέρμανσης που θα αποδώσουν το καλύτερο αποτέλεσμα και τις μικρότερες απώλειες.

Εκτιμάται ότι με σωστή μέθοδο και χειρισμό τα εναλλακτικά συστήματα θέρμανσης των θερμοκηπίων στο μέλλον θα αποτελούν την πιο συμφέρουσα λύση για θερμοκηπιακές καλλιέργειες.

Παράρτημα Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1.1. Εξέλιξη των θερμοκηπίων στην Ελλάδα για την περίοδο 1955-2005	13
Διάγραμμα 2.1: Επίδραση της θερμοκρασίας στην αναπνοή (1), στη φωτοσύνθεση (2) και στην καθαρή φωτοσύνθεση (3).....	22

Παράρτημα Πινάκων

Πίνακας 1.1. Γεωγραφική κατανομή θερμοκηπιακής καλλιέργειας τομάτας	14
Πίνακας 1.2. Γεωγραφική κατανομή θερμοκηπιακής καλλιέργειας αγγουριού	14
Πίνακας 1.3. Γεωγραφική κατανομή θερμοκηπιακής καλλιέργειας πιπεριάς.	15
Πίνακας 1.4. Κατανομή θερμοκηπίων στις μεσογειακές χώρες	16
Πίνακας 1.5. Θερμοκηπιακή κατανομή στις χώρες της ΕΕ.....	17
Πίνακας 5.1. Χαρακτηριστικά γεωθερμικών πεδίων χαμηλής ενθαλπίας στη Βόρεια Ελλάδα	72
Πίνακας 5.2. Μέση ενεργειακή τιμή διαφόρων καυσίμων	75

Παράρτημα Εικόνων

Εικόνα 2.1 Καυστήρας παραγωγής CO ₂	Εικόνα 2.2. Δεξαμενή CO ₂	32
Εικόνα 2.3. Φυσικός εξαερισμός θερμοκηπίου		26
Εικόνα 2.4. Δυναμικός εξαερισμός θερμοκηπίου.....		26
Εικόνα 3.1. Τύποι θερμοκηπίων ανάλογα με το σχήμα της κατασκευαστικής μονάδας: α. τοξωτό, β. αμφικλινές, γ. τροποποιημένο αμφικλινές, δ. ετεροκλινές, ε. τροποποιημένο τοξωτό, ζ. γοθτικό.....		33
Εικόνα 3.2. Τοξωτό θερμοκήπιο		34
Εικόνα 3.3. Αμφικλινές θερμοκήπια.....		35
Εικόνα 3.4.Χαμηλό θερμοκήπιο		36
Εικόνα 3.5.Υψηλό Θερμοκήπιο		37
Εικόνα 3.6.Υψηλής οροφής	Εικόνα 3.7. Χαμηλής οροφής.....	37
Εικόνα 3.8.Θερμοκήπια μεγάλου πλάτους		38
Εικόνα 3.9.Ξύλινο θερμοκήπιο		39
Εικόνα 3.10.Θερμοκήπιο από γαλβανισμένο χάλυβα.....		40
Εικόνα 3.11.Θερμοκήπιο από αλουμίνιο		40
Εικόνα 3.12.Υαλόφρακτο θερμοκήπιο		41
Εικόνα 3.13.Θερμοκήπιο με εύκαμπτο διαφανές κάλυμμα		41
Εικόνα 3.14.Θερμοκήπιο από σκληρό πλαστικό		42
Εικόνα 3.15. Πολλαπλό θερμοκήπιο		43
Εικόνα 5.1. Θέρμανση με υπέρυθη ακτινοβολία		58
Εικόνα 5.2. Αερόθερμο		60
Εικόνα 5.3. Διαφανείς σωλήνες κατανομής του αέρα του αερόθερμου		63
Εικόνα 5.4. Λεβητοστάσιο για κεντρικό σύστημα θέρμανσης με θερμό νερό		65
Εικόνα 5.5. Αερολέβητας.....		68
Εικόνα 5.6. Σωλήνες κατανομής ζεστού ατμού από το αερόθερμο.....		69
Εικόνα 5.7. Πυρήνας ροδάκινου	Εικόνα 5.8. Πυργνόξυλο ελιάς.....	76
Εικόνα 5.9. Ηλιακοί Συλλέκτες θέρμανσης θερμοκηπίου		79
Εικόνα 5.10. Παθητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης.....		79

Παράρτημα Σχημάτων

Σχήμα 5.1. Συστήματα θέρμανσης σε γεωθερμικά θερμοκήπια.....	73
Σχήμα 5.2. Εξωτερικός ηλιακός συλλέκτης για τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας...	81
Σχήμα 5.3. Σύστημα θέρμανσης θερμοκηπίου με εξωτερικό ηλιακό συλλέκτη νερού.	82
Σχήμα 5.4. Θερμοκήπια με παθητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης όπου το μέσο αποθήκευσης της θερμικής ενέργειας είναι υλικό αλλαγής φάσης.	83
Σχήμα 5.5. Θερμοκήπια με παθητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης όπου το μέσο αποθήκευσης της θερμικής ενέργειας είναι ένα στρώμα από πέτρες.	84
Σχήμα 5.6. Θερμοκήπια με παθητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης όπου το μέσο αποθήκευσης της θερμικής ενέργειας είναι ένας μονωμένος τοίχος.....	85
Σχήμα 5.7. Θέρμανση θερμοκηπίου με υπόγειο εναλλάκτη θερμότητας εδάφους-αέρα.....	86

Παράρτημα Χαρτών

Χάρτης 1.1. Αγροκλιματικές ζώνες στην Ελλάδα	18
Χάρτης 1.2. Ποσοστιαία κατανομή των θερμοκηπίων στην Ελλάδα κατά περιφέρεια	19
Χάρτης 5.1. Γεωγραφική κατανομή του Ελληνικού γεωθερμικού δυναμικού.....	74

Βιβλιογραφία

Ελληνική

ΕΤΒΑ, 1995, «Ενημερωτικός οδηγός για την αξιοποίηση της Γεωθερμικής Ενέργειας στην Ελλάδα», ΕΤΒΑ

Ηλιόπουλος, Π., 2007, «Φυτοπροστατευτική διαχείριση θερμοκηπίων», ΤΕΙ Λάρισας

Θεοδωρακόπουλος, Α., 2003, «Χρήση καυστήρων μεικτής καύσης, για την θέρμανση των θερμοκηπίων», ΤΕΙ Ηρακλείου

Ινστιτούτο Ανάπτυξης και Διαχείρισης Φυσικών Πόρων, 1994

Καράταγλης, Σ., 1999, «Φυσιολογία Φυτών», Art of Text, Θεσσαλονίκη

Κούγιας, Π., 2007, «Εξοικονόμηση ενέργειας σε θερμοκήπια με ηλιακό παθητικό σύστημα θέρμανσης συνδυασμένο με υδρορροή υδροπονίας», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Κυρίτσης, Σ., & Μαυρογιαννόπουλος, Γ., «Θερμοκήπια», Γ' τάξη Τεχνικού Επαγγελματικού Λυκείου, Γ' έκδοση, Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων

Κυρίτσης, Σ., 1989, «Η ενέργεια στην ελληνική γεωργία και οι δυνατότητες της ηλιακής τεχνολογίας», Ελληνική Λιθογραφία ΕΠΕ, Αθήνα

Μαρτζόπουλος, Γ., 1993, «Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, Τεχνολογικές εφαρμογές στη γεωργία», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο

Μαυρογιαννόπουλος, Γ., «Θερμοκήπια», εκδόσεις Σταμούλης

Νικολάου, Α., & Παπαμιχαήλ, Ι., & Λυχνάρας, Β., & Πανούτσου, Κ., 2003, «Δυναμικό γεωργικών υπολειμμάτων για παραγωγή ενέργειας στην Ελλάδα», Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής

Ντίνας, Γ., 2007, «Έλεγχος περιβάλλοντος σε θερμοκήπιο με ηλιακό σύστημα», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ντόγρας, Κ., 2001, «Καλλιέργεια Λαχανικών στο θερμοκήπιο», Μέρος Α', Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Παπαδόπουλος Μ., & Αζαρή Κ, 1989, «Ενεργειακός σχεδιασμός και παθητικά ηλιακά συστήματα κτηρίων», *Πρακτικά 3ου Διεθνούς συνεδρίου: Ενέργεια και κτήριο στην περιοχή της Μεσογείου*, Θεσσαλονίκη

Τράντας, Ε., 1997, «Τα θερμοκήπια στον Νομό Λασιθίου», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Τυροβολά, Ο., 1989, «Θέρμανση θερμοκηπίων», *περιοδικό Γεωργική Τεχνολογία*, Νοέμβριος '89

Φυτίκας, Μ., & Ανδρίτσος, Ν., 2004, «Γεωθερμία», εκδόσεις Τζιόλα

Ξένη

Bakker, J.C., & Bot, G.P.A., & Challa, H., & Van de Braak, N.J., 1995, «*Greenhouse Climate Control: an intergrated approach*», Wageningen Press

Dimitrov K., & Mertoglou O., & Popovski K., 1997, «Geothermal District Heating Schemes», *International Summer School on Direct Application of Geothermal Energy*

Ghosal M.K., & Tiwary G.N. & Srivastava N.S.L., 2004, «Thermal modeling of a greenhouse with an integrated earth to air heat exchanger: An experimental validation», *Energy and Buildings*, vol. 36.

Grafiadellis M., & Spanomitsios G., & Mattas K., 1990, «Recent developments introduced in the passive solar system for heating greenhouses», *Acta Hort.* No. 263

Hanan J.J., & Holley W.D., & Goldsberry K.L., 1978, «*Greenhouse Management*», Springer- Verlag, Berlin, Heidelberg, New York

Hand D.W., 1998, «Effects of atmospheric humidity on greenhouse crops». *Acta Horticulturae*, No 229

Hand, D.W. & Slack, G., 1988, «What price summer CO₂ enrichment?», *The Grower*

Kittas K., & Papadakis G., & Bartzanas Th. & Giaglaras P., 1999, «Renewable Energy Sources and Energy Saving in Mediterranean Greenhouses», *Energy and Agriculture towards the Third Millennium*, Athens

Kurklu A., 1997, «Energy storage applications in greenhouses by means of phase change materials», *Renewable energy*, Vol 13, No. 1

Levanon D., & Motro B., & Marchaim U., 1986, «Organic materials degradation for CO₂ enrichment of greenhouse crops», *Carbon Dioxide Enrichment of Greenhouse Crops. Vol. I. H.Z*, CRC Press, Boca Raton, Filand

Mattas K., & Grafiadellis M., & Papanagiotou E. & Martika M., 1990, «Evaluating the effectiveness of the passive solar system for heating greenhouses», *Acta Hort. No. 263*

Mavrogianopoulos G. & Kyritsis S., «Analysis and performance of a greenhouse with water filled passive solar sleeves», *Agricultural and Forest Meteorology*, No. 65

Mavrogianopoulos G. and Kyritsis S., «The performance of a greenhouse heated by an earth-air heat exchanger», *Agricultural and Forest Meteorology* No.36

Mc Kendry P., 2002, «Energy production from biomass: conversion technologies», *Bioresource Technology*, vol. 83

Mears D. R., & Roberts W. J., & Cipolletti J. P., 1980, «*Solar heating of commercial greenhouses*», Department of Biological and Agricultural Engineering, Rutgers University, New Brunswick, NJ

Nederhoff, E.M., 1994, «*Effect of CO₂ concentrations on photosynthesis, transpiration and production on greenhouse fruit vegetable crops*», Wageningen

Nelson, P., 1981, «*Greenhouse operation and management*», 2nd edition, Reston publishing, Virginia

Nijskens J., & Deltour S., & Coutisse S., & Nisen A., 1985, «Radiation transfer through covering materials, solar and thermal screens of greenhouses», *Agricultural and Forest Meteorology*, No. 35

Pavlou G., 1990, «Evaluation of thermal performance of water-filled polyethylene tubes used for passive solar greenhouse heating», *Acta Hort.*, No. 287

Popovski K., 1998, «Geothermally Heated Greenhouses in the World», *Heating Greenhouses with Geothermal Energy, International Summer School*

Santamouris M., & Balaras C.A., & Daskalaki E. & Vallindras M., 1994, «Passive solar agricultural greenhouses: A worldwide classification and evaluation of technologies and systems used for heating purposes» *Solar Energy*, Vol. 53, No. 5

Short T. H., & Badger P. C. & Roller W. L., 1978, «The solar pond as an alternative energy source for greenhouses», *Acta Hort.* No. 76.

Yelgova K., & Sallambas, H., & Durceylan E., 1987, «Heating of greenhouses by solar energy in Antalya», *FAO Study*, No 1, Rome.