

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**  
**& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
Αριθμ. Πρωτοκ. 250  
Ημερομηνία 29-1-09

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ**  
**ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**‘ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟ ΚΑΙ ΤΟ**  
**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΩΝ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ**  
**ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΤΗΣ ΣΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ’**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**Παπουλιά Στεφανία – Μαρία**

**Επιβλέπων καθηγητής: Κίττας Κωνσταντίνος.**

**Νέα Ιωνία, 2009**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 7145/1  
Ημερ. Εισ.: 15-05-2009  
Δωρεά: Συγγραφέα  
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΦΠΑΠ  
2009  
ΠΑΠ

‘ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟ ΚΑΙ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ  
ΤΩΝ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΤΗΣ ΣΤΟ  
ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ’

### **ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

- 1. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Καθηγητής κ. Κίττας Κωνσταντίνος.**
- 2. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Λέκτορας κ. Κατσούλας Νικόλαος.**
- 3. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Διδάσκων Π.Δ. 407/80 κ. Λύκας Χ.**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά:	3
1.2 Εξέλιξη θερμοκηπίων:	5
1.3 Εκτάσεις θερμοκηπίων:	6
1.4 Τύποι Θερμοκηπίων:	7
1.5 Κατασκευαστικές εταιρίες:	8

### ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ 2 8

2.1 Θερμοκρασία	9
2.2 Υγρασία	10
2.2α υγρασία αέρος	11
2.2β υγρασία εδάφους	11
2.3 Ακτινοβολία	11
2.4 CO <sub>2</sub>	13

### ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ 3 13

3.1 Τύποι θερμοκηπίου	14
3.2 Σκελετός Θερμοκηπίου – Φορτία και πιέσεις	18
3.3 Υλικά κατασκευής σκελετού	19
3.4 Υλικά κάλυψης Θερμοκηπίων	21
3.5 Χαρακτηριστικά υλικών κάλυψης και διάρκεια ζωής	23
3.5.1 Γυαλί	23
3.5.2 Πλαστικά	25
3.5.2.1 Άκαμπτα σκληρά πλαστικά	26
3.5.2.2 Μαλακά πλαστικά φύλλα	29
3.5.3 Παράγοντες που συντελούν στη φθορά των πλαστικών	35
3.6 Προσανατολισμός και εγκατάσταση θερμοκηπίου	36
3.7 Απώλεια ενέργειας και ενεργειακό ισοζύγιο.	36

### ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ 4 38

4.1 Μέσα θέρμανσης	38
4.1.1 Ατομικές θερμάστρες	39
4.1.2 Κεντρικό σύστημα θέρμανσης με κυκλοφορία ζεστού νερού	40
4.1.3 Αερόθερμο	41
4.1.4 Επιδαπέδια θέρμανση	41
4.1.5 Θέρμανση με ηλιακή ενέργεια	42
4.1.6 Άλλες πηγές θέρμανσης θερμοκηπίων	43
4.1.7 Υπολογισμοί αναγκών θέρμανσης	44
4.2 Συστήματα αερισμού	45
4.2.1 Συστήματα φυσικού αερισμού	46
4.2.2 Συστήματα τεχνητού αερισμού	47
4.2.3 Υπολογισμοί	48
4.3 Μέσα δροσισμού	50
4.3.1 Υπολογισμοί	52
4.4 Μέσα αφύγρανσης	53
4.5 Μέσα φωτισμού	53

4.6 Συστήματα σκίασης	55
4.7 Συστήματα ρύθμισης της ατμόσφαιρας	55
4.7.1 Μέθοδοι εμπλουτισμού της ατμόσφαιρας με CO <sub>2</sub>	56
4.8 Συστήματα άδρευσης	56
4.8.1 Υπολογισμοί	59
4.8.2 Ποιότητα νερού	61
4.9 Συστήματα λίπανσης	61
4.9.1 Υδρολίπανση	62
4.10 Υποστρώματα	62
4.10.1 Τύποι υποστρωμάτων	62
4.11 Χώροι καλλιέργειας	63
4.12 Αντιμετώπιση εχθρών και ασθενειών	69
4.13 Εξοικονόμησης ενέργειας	71
<b>ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ ΚΑΙ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ 5</b>	<b>72</b>
5.1.1 Υποστρώματα	72
5.1.2 Μέθοδοι ποτίσματος	73
5.1.3 Απαιτήσεις υδροπονικού συστήματος	73
5.2 Τεχνικές υδροπονικής καλλιέργειας	74
<b>Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ Η/Υ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ 6</b>	<b>75</b>
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ	78
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	79
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	<b>81</b>

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ:

### 1.1 Γενικά:

Στις μέρες μας, ο ηλεκτρονικός υπολογιστής (Η/Υ) , έχει καταλάβει σημαντική θέση στη ζωή του σύγχρονου ανθρώπου. Ο Η/Υ αποτελεί πολύτιμο εργαλείο και μέσο πληροφόρησης σε επιστημονικό επίπεδο, αλλά και σε ατομικό αποτελεί πολύτιμη πηγή πληροφοριών για τον μέσο άνθρωπο.

Ο Η/Υ βρίσκει χρήση τόσο στις ερευνητικές-θεωρητικές όσο και στις εφαρμοσμένες επιστήμες. Η συλλογή, ταξινόμηση, οργάνωση και επεξεργασία πληροφοριών σε κάθε επιστημονικό πεδίο, γίνεται εύκολα και γρήγορα με τη χρήση του Η/Υ. Επιπλέον, η συγκρότηση των υπολογιστών σε δίκτυα παγκοσμίου εμβέλειας, τον καθιστά πολύτιμο και εύχρηστο μέσο πληροφόρησης.

Για τους παραπάνω λόγους, και επειδή η Γεωπονία αποτελεί μια εφαρμοσμένη επιστήμη και επιπλέον γιατί ένα μεγάλο μέρος της ανθρωπότητας ασχολείται με τη γεωργία και επαγγέλματα που σχετίζονται με αυτή, η χρήση του Η/Υ και του internet, παίζουν ουσιαστικό ρόλο τόσο στην ανάπτυξη της επιστήμης όσο και στη διάδοση των νέων επιστημονικών εφαρμογών.

Αξίζει να σημειωθεί, ότι η βάση για μια ανεπτυγμένη και ανταγωνιστική οικονομία και μια εύρωστη κοινωνία, είναι η πρωτογενής παραγωγή, δηλαδή η Γεωργία. Γι' αυτό και κάθε επαγγελματίας, αλλά και σε κρατικό επίπεδο κάθε κράτος που επιδιώκει να αυξήσει την ανταγωνιστικότητά του, ενδιαφέρεται για κάθε νέα ανακάλυψη ή εφαρμογή που θα βοηθούσε να επιτύχει το σκοπό αυτό.

**Σκοπός αυτής της εργασίας αποτελεί η δημιουργία ιστοσελίδας που να εκθέτει επαρκείς πληροφορίες για τον εξοπλισμό και το περιβάλλον των μεσογειακών θερμοκηπίων, με τη βοήθεια του Η/Υ και ειδικότερα του διαδικτύου (internet). Με αυτόν τον τρόπο γίνεται δυνατή και εύκολη η ενημέρωση κάθε ενδιαφερομένου για τις νέες τεχνολογικές εφαρμογές. Επιπλέον, με τη χρήση διαφόρων μαθηματικών μοντέλων, τα οποία θα εκτεθούν παρακάτω, θα γίνει πιο εύκολη η κατανόηση και η σωστή επιλογή της εκάστοτε πληροφορίας και πιο προσιτή η εφαρμογή της.**

Με τον όρο **ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ**, κατά τον Γ. Ν. Μαυρογιανόπουλο,1990, είναι μια κατασκευή η οποία καλύπτεται με διαφανές υλικό, ώστε να είναι δυνατή η είσοδος όσο το δυνατόν περισσότερου φυσικού φωτισμού, που είναι απαραίτητος στην ανάπτυξη του φυτού.

Το θερμοκήπιο παρέχει τη δυνατότητα για τη δημιουργία και διατήρηση ευνοϊκού περιβάλλοντος για την ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών. Η ακρίβεια με την οποία όμως ρυθμίζεται το περιβάλλον ανάπτυξης των φυτών στο θερμοκήπιο προσδιορίζεται από:

- Τη σωστή κατασκευή
- Τον κατάλληλο εξοπλισμό
- Την ικανότητα του καλλιεργητή να χειριστεί και να καταναείμει τα διάφορα εφόδια. (Μαυρογιανόπουλος, 1990)

Κατά έναν άλλο παρόμοιο ορισμό του Paul V. Nelson, 2003, στις Η.Π.Α, ο όρος **ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ** αναφέρεται σε μια κατασκευή καλυμμένη κατάλληλη ώστε να υποβοηθείται η ανάπτυξη των φυτών που μεγαλώνουν εντός αυτής της δομής. Η δομή αυτή συνήθως θερμαίνεται τεχνητά και διαφέρει από άλλες δομές (όπως τα

χαμηλά σκέπαστρα) στο γεγονός ότι είναι αρκετά υψηλό ώστε να επιτρέπει να δουλεύει κάποιος (εργάτες) εκ των έσω.

Ο Ευρωπαϊκός ορισμός του τι είναι Θερμοκήπιο, διαφέρει στο γεγονός ότι αναφέρεται σε μια δομή που είναι καλυμμένη με διάφανο για το ηλιακό φως υλικό, που όμως μπορεί να δέχεται λίγη ή και καθόλου θέρμανση. (Paul V. Nelson, 2003)

Κατά έναν τέταρτο ορισμό του G. N. Tiwari, 2003, ως θερμοκήπιο μπορεί να οριστεί μια εξεζητημένη δομή, που παρέχει τις ιδανικές συνθήκες για ικανοποιητική ανάπτυξη των φυτών και την παραγωγή, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Το εσωτερικό περιβάλλον (μικροκλίμα) του θερμοκηπίου καθορίζεται από τους παράγοντες που παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη των φυτών, όπως το φως, η θερμοκρασία, η υγρασία και η συγκέντρωση/σύνθεση του αέρα. Αυτά ρυθμίζονται επιστημονικά σε άριστα επίπεδα κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, και ως αποτέλεσμα αυξάνεται η παραγωγικότητα. (Tiwari, 2003)

Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες που ελέγχονται στα ελεγχόμενα περιβάλλοντα και επιδρούν στην εκάστοτε καλλιέργεια είναι κυρίως:

- ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
- ΥΓΡΑΣΙΑ
- ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ
- CO<sub>2</sub> (Μαυρογιανόπουλος, 1990)

Κατά μια άλλη ταξινόμηση, πιο λεπτομερή, των περιβαλλοντικών παραγόντων που επηρεάζουν την θερμοκηπιακή παραγωγή, οι παράγοντες χωρίζονται σε:

A. Γενετικούς

B. Κλιματολογικούς:

- Θερμοκρασία αέρα
- Φως
- Κίνηση αέρα
- Διοξείδιο του άνθρακα
- Εξατμισοδιαπνοή
- Υγρασία

Γ. Εδαφικοί:

- Φυσικοί
  - α) θερμοκρασία εδάφους
  - β) Υγρασία εδάφους
  - γ) pH
  - δ) δομή εδάφους
- Χημικοί
  - α) θρεπτικά συστατικά
- Βιολογικοί
  - α) Μικροοργανισμοί εδάφους

Δ. Βιοτικοί

- Παράγοντες που προάγουν τις καλλιέργειες.
- Εχθροί των καλλιεργειών
- Ανταγωνιστές των καλλιεργειών
- Άνθρωπος (Γραφιαδέλης, 1987)



## 1.2 ΕΞΕΛΙΞΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ:

Αξίζει να σημειωθεί, ότι η παραγωγή φυτών υπό κάλυψη, είναι το αποτέλεσμα μιας προσπάθειας να διατηρηθούν φυτά σε αντίξοα περιβάλλοντα και να βοηθηθεί η ομαλότερη προσαρμογή τους στα περιβάλλοντα αυτά.

Από τον 5<sup>ο</sup> αιώνα, οι αρχαίοι Έλληνες από αναφορές του Πλάτωνα, γνωρίζουμε ότι σε ειδικές λατρευτικές τελετές που αναφέρονταν ως ‘Κήποι του Άδωνη’, αναπτύσσονταν φυτά με ταχύτατο ρυθμό σε ειδικούς χώρους. (Μαυρογιανόπουλος, 1990)

Επίσης, τον 1<sup>ο</sup> αιώνα, οι Ρωμαίοι καλλιεργούσαν φρούτα και λαχανικά σε απλά θερμοκήπια ή θερμοσπορία. Στην Πομπηία βρέθηκαν μεγάλες κατασκευές, που φαινόταν ότι καλύπτονταν με ένα είδος πρωτόγονου γυαλιού. (Μαυρογιανόπουλος, 1990)

Η δημιουργία θερμοκηπίων άρχισε γύρω στον 16<sup>ο</sup> αιώνα και γρήγορα αναπτύχθηκε και εξελίχθηκε σύμφωνα με τις ανάγκες της κάθε εποχής. Το θερμοκήπιο ως μέσο απλής διατήρησης φυτών και φυτικών υλικών, εξελίχθηκε και αποτελεί στις μέρες μας μέσο παραγωγής ενός ευρέου φάσματος φυτικών ειδών.

Τον 18<sup>ο</sup> αιώνα, είχε πλήρως αναγνωριστεί η αξία του καλού φωτισμού στη ανάπτυξη υγιών φυτών και άρχισε ο υπολογισμός της γωνίας κλίσης του γυαλιού, ώστε να εισέρχεται μεγαλύτερη ποσότητα φωτισμού στο χώρο όπου βρίσκονται τα φυτά. (Μαυρογιανόπουλος, 1990)

Σκοπός της χρήσης των θερμοκηπίων στη παραγωγή γεωργικών προϊόντων, είναι η τροποποίηση ή ρύθμιση πολλών από τους παράγοντες του περιβάλλοντος που επιδρούν στην ανάπτυξη των φυτών. (Μαυρογιανόπουλος, 1990)

Ειδικότερα, η αύξηση του πληθυσμού της Γης, σε συνδυασμό με τη σχετική σταθεροποίηση των αποδόσεων τα τελευταία χρόνια, καθώς επίσης και το αυξημένο βιοτικό επίπεδο των βιομηχανοποιημένων δυτικών χωρών, οδήγησε στην ανάγκη για συνεχή παραγωγή φυτών όλο το χρόνο (ανεξαρτήτου εποχής) αλλά και παραγωγή φυτικών ειδών σε αντίξοα περιβάλλοντα. Το θερμοκήπιο αποτέλεσε το κατάλληλο μέσο για την πραγματοποίηση αυτού του στόχου. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη και εξάπλωση της θερμοκηπιακής παραγωγής σε χώρες με ακραίες κλιματικές συνθήκες όπου η καλλιέργεια διαφόρων φυτικών ειδών είναι περιορισμένη, όσο και σε χώρες όπου πριν κάποια χρόνια θεωρούνταν πως οι κλιματικές συνθήκες είναι ευνοϊκές και η χρήση θερμοκηπιακών εγκαταστάσεων δεν θα ωφελούσε σημαντικά την παραγωγή. Ωστόσο, η αντίληψη αυτή, με τη πάροδο των χρόνων φάνηκε πόσο εσφαλμένη ήταν. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η περιοχή της Μεσογείου.

Οι χώρες που βρίσκονται στην περιοχή της Μεσογείου (Μεσογειακά κλίματα), θεωρούνταν ότι έχουν αρκετά ευνοϊκό κλίμα από πλευράς ηλιοφάνειας και θερμοκρασίας, με αποτέλεσμα να θεωρηθεί ότι δεν είναι απαραίτητη η χρήση θερμοκηπιακών εγκαταστάσεων. Παρόλα αυτά τα τελευταία χρόνια η θερμοκηπιακή καλλιέργεια στις μεσογειακές χώρες κερδίζει συνεχώς έδαφος και έχει αποδειχτεί ότι η αυξημένη απόδοση και ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων μειώνει το μεγάλο αρχικό κόστος της παραγωγής και με σωστούς χειρισμούς μπορεί να γίνει γρήγορα απόσβεση και η καλλιέργεια να είναι κερδοφόρα.

Για να είναι μια θερμοκηπιακή εγκατάσταση συμφέρουσα θα πρέπει να επιτρέπει τον έλεγχο εκείνων των παραγόντων που είναι απαραίτητο να διαχειριστούν, στο επίπεδο που πρέπει να διαχειριστούν, επιβαρύνοντας όσο το δυνατό λιγότερο το κόστος παραγωγής.

Πριν ρυθμίσουμε κάποιο παράγοντα του περιβάλλοντος, πρέπει να μελετήσουμε κατά πόσο η αλλαγή αυτή είναι οικονομικά συμφέρουσα. Ενώ, από τεχνική άποψη με τη χρήση της τεχνολογίας, είναι δυνατό να δημιουργήσουμε άριστες συνθήκες περιβάλλοντος για την ανάπτυξη των καλλιεργειών, από οικονομική άποψη όμως λίγες φορές συμφέρει να γίνουν οι σχετικές επενδύσεις. (Γραφιαδέλης, 1987)

### 1.3 ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ:

Σχετικά με την Ελλάδα: Οι εδαφοκλιματικές συνθήκες της χώρας θεωρούνταν ιδανικές για την καλλιέργεια φυτών στον αγρό (υψηλή ηλιοφάνεια, σχετικά ήπιο κλίμα), σε σύγκριση με τις συνθήκες που επικρατούν στις δυτικές χώρες της Ευρώπης.. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να καθυστερήσει η ανάπτυξη της θερμοκηπιακής καλλιέργειας στη χώρα μας.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι μόλις τη περίοδο '61-'81 εμφανίστηκε θεαματική αύξηση των θερμοκηπιακών εγκαταστάσεων, οι οποίες όμως χαρακτηρίζονταν από χαμηλής ποιότητας κατασκευής. Η επόμενη δεκαετία, '81-'91, που ακολούθησε χαρακτηρίστηκε με βραδύτερους ρυθμούς αύξησης των θερμοκηπιακών εγκαταστάσεων και εξίσου κακής ποιότητας κατασκευών. Τη δεκαετία '91-'00 οι ρυθμοί αύξησης των θερμοκηπιακών εγκαταστάσεων συνεχίστηκαν να μειώνονται με αποτέλεσμα η έκταση των θερμοκηπιακών εγκαταστάσεων να υπολογίζεται περίπου στα 40000 στρέμματα.

Αντίθετα, άλλες χώρες που δεν είχαν ευνοϊκές κλιματικές συνθήκες για την ανάπτυξη των θερμοκηπιακών καλλιεργειών, αξιοποίησαν την τεχνολογία και κατάφεραν να πετύχουν υψηλές αποδόσεις και καλή ποιότητα παραγόμενων προϊόντων και να καταλάβουν σημαντικές θέσεις στην παγκόσμια αγορά. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν η Ολλανδία και το Ισραήλ.

Επομένως θα μπορούσαμε να πούμε ότι στις μέρες μας το θερμοκήπιο εξελίχθηκε να αποτελεί μέσο αύξησης της παραγωγής σε σημαντικό βαθμό αλλά και των αποδόσεων των καλλιεργειών ανά μονάδα επιφανείας.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η κατανομή των θερμοκηπίων στην Ελλάδα είναι ανάλογη της κλιματικής διαφοροποίησης των επί μέρους περιοχών. Ο πίνακας που ακολουθεί, παρουσιάζει τις εκτάσεις των θερμοκηπίων στη χώρα μας.

Γεωγραφική Κατανομή Θερμοκηπίων στην Ελλάδα το 1998.

Γεωγραφικό διαμέρισμα	Έκταση σε στρέμματα	Έκταση %
Αν. Μακεδ & Θράκη	949	2,5
Δυτ. & Κεντρ. Μακεδ	6.818	18,0
Ήπειρος	1.676	4,5
Θεσσαλία	1.201	3,1
Πελοπόν&Δυτ. Στερεα	8.716	23,0
Αττική & νήσοι	2.812	7,4
Κρήτη	15.709	41,5
σύνολο	38.872	100

(Ολυμπίου Μ. Χρήστου, 2001)

Επίσης στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται η έκταση των θερμοκηπίων σε μεσογειακές Ευρωπαϊκές χώρες, ανάμεσα τους και η Ελλάδα, το έτος 1999.

Χώρα	Έκταση υψηλών Θερμοκηπίων (στρ.)	Έκταση υδροπονικών καλλιέργειών (στρ.)
Ισπανία	460.000	10.000
Ιταλία	250.000	4.000
Γαλλία	95.000	6.000
Ελλάδα	38.000	300
Πορτογαλία	20.000	-

(Ολυμπίου Μ. Χρήστου, 2001)



Θερμοκήπιο καλυμμένο με πλαστικό στη περιοχή της Μαγνησίας



Θερμοκήπιο καλλιέργειας καλλωπιστικών στη περιοχή της Μαγνησίας.

#### 1.4 ΤΥΠΟΙ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ:

Τα θερμοκήπια διακρίνονται κυρίως με βάση:

Α) το σχήμα της κατασκευαστικής μονάδας με κυριότερες μορφές το *αμφίρρικτο* (απλό και πολλαπλό), το *τοξωτό* και το *τροποποιημένο τοξωτό* (απλό και πολλαπλό).

Β) τον τρόπο κατασκευής τους, που διακρίνονται κυρίως σε θερμοκήπια *χωρικού τύπου* και *τυποποιημένα θερμοκήπια*.

Γ) το υλικό κάλυψής τους, και διακρίνονται κυρίως σε *πλαστικά* και *γυάλινα*.

Δ) το υλικό κατασκευής τους, και διακρίνονται σε *ξύλινα*, *πλαστικά* και *μεταλλικά*.

(Κίττας, 2000)

## 1.5 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΕΤΑΙΡΙΕΣ:

Η κατασκευή θερμοκηπίων, εξαρτάται από τους σκοπούς που εξυπηρετεί. Σε περιπτώσεις που η κατασκευή θερμοκηπίων εξυπηρετεί ερασιτεχνικούς σκοπούς, γίνεται από τον ίδιο τον παραγωγό.

Αντίθετα η κατασκευή μεγάλων θερμοκηπιακών εγκαταστάσεων και άρτια εξοπλισμένων, γίνεται από εταιρίες κατασκευής θερμοκηπίων που αναλαμβάνουν την δημιουργία και τον εξοπλισμό τέτοιων χωρών.

Ενδεικτικά αναφέρονται οι τέτοιου είδους εταιρίες που δραστηριοποιούνται στη χώρα μας, όπως:

ΑΓΡΕΚ Κ. ΣΑΜΑΝΤΟΥΡΟΣ Α.Ε., που δραστηριοποιείται τόσο στην κατασκευή θερμοκηπίων, στον εξοπλισμό και στην εγκατάσταση υδροπονικών συστημάτων. (7)

Θερμοκήπια Κρήτης Α.Β.Ε. , που αναλαμβάνει τόσο την κατασκευή της θερμοκηπιακής μονάδας, όσο και την τεχνική υποστήριξη αυτής. (8)

ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ, η οποία επίσης αναλαμβάνει τη κατασκευή και τον εξοπλισμό για τη δημιουργία μιας άρτιας θερμοκηπιακής μονάδας. (9)

## 2 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ:

Το θερμοκήπιο αποτελεί μια καλυμμένη ‘κατασκευή’ η οποία από μόνη της παρέχει ένα περιβάλλον του οποίου τα χαρακτηριστικά του διαφέρουν από το περιβάλλον που βρίσκεται εκτός ‘κατασκευής’. Το διαφοροποιημένο αυτό περιβάλλον που δημιουργείται υπό κάλυψη, ενδέχεται να είναι ακατάλληλο για την καλλιέργεια και γι’ αυτό να απαιτείται να ληφθούν μέτρα και οι απαραίτητες τεχνικές για τον έλεγχο του, ώστε να το καταστήσουν όσο το δυνατόν ευνοϊκότερο για παράγωγη φυτών αυξημένης ποιότητας και απόδοσης.

Με τη ρύθμιση του περιβάλλοντος των φυτών η παραγωγή μπορεί:

- 1) Να αυξηθεί ποσοτικά, λόγω βελτίωσης των συνθηκών του περιβάλλοντος.
- 2) Να προγραμματιστεί χρονικά η καλλιέργεια ώστε να σταλεί στην αγορά σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή, ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες που θα επικρατήσουν.
- 3) Να βελτιωθεί ποιοτικά, με τη προστασία που προσφέρει το θερμοκήπιο από αντίξοα καιρικά φαινόμενα. (Μαυρογιανόπουλος, 1990)

Τα ελεγχόμενα αυτά περιβάλλοντα, που χρησιμοποιούνται για τη παραγωγή φυτών, μπορεί να είναι τόσο απλά όσο τα χαμηλά σκέπαστρα ή τόσο πολύπλοκα όσο οι θάλαμοι ανάπτυξης. (6)

Ο τύπος του ελεγχόμενου περιβάλλοντος και κατ’ επέκταση του θερμοκηπίου, που θα επιλεγεί, το σύστημα και οι τεχνικές που θα χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία των άριστων συνθηκών για την καλλιέργεια, εξαρτώνται από το κλίμα, την εποχή, την καλλιέργεια, τους περιβαλλοντικούς παράγοντες που θα διαχειριστούμε και το βαθμό στον οποίο αυτοί θα τροποποιηθούν.(6)

Στη κλιματική περιοχή της Μεσογείου, το ευνοϊκό περιβάλλον θερμοκρασιών στο θερμοκήπιο για την ανάπτυξη των διαφόρων καλλιεργειών, ίσως είναι απαραίτητη η προσθήκη ενέργειας, που γίνεται με κατανάλωση συμβατικών καυσίμων. (Μαυρογιανόπουλος, 2005)

Όπως ήδη αναφέρθηκε και ανωτέρω, οι περιβαλλοντικοί παράγοντες που απασχολούν μια καλλιέργεια ‘υπό κάλυψη’ είναι:

## 2.1 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ:

Η θερμότητα πάνω στη γη προέρχεται, κατά κύριο λόγο, από τον ήλιο. Όταν οι ακτίνες του ήλιου φτάνουν πάνω στη γη (έδαφος και βλάστηση), ένα μέρος της ακτινοβολίας απορροφάται και μετατρέπεται σε θερμότητα και ένα μικρό μέρος ανακλάται. Στο θερμοκήπιο, το κάλυμμα απορροφά ένα μικρό μέρος της ακτινοβολίας, ένα άλλο μέρος ανακλάται και το υπόλοιπο περνά στο εσωτερικό του θερμοκηπίου. Από την ακτινοβολία που περνά στο θερμοκήπιο, μέρος της απορροφάται από τις επιφάνειες πάνω στις οποίες προσπίπτει και ένα άλλο ανακλάται για να ξαναπέσει στις επιφάνειες ή να βγει εκτός θερμοκηπίου. (Μαυρογιανόπουλος, 2005)

Ο κύριος λόγος παραγωγής φυτών υπό ελεγχόμενες συνθήκες αποτελεί ο έλεγχος της θερμοκρασίας.(6)

Η θερμοκρασία των φυτών ενός θερμοκηπίου καθορίζεται από την ακτινοβολία που δέχονται και εκπέμπουν, από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα, από τη θερμοχωρητικότητα τους και της λανθάνουσας θερμότητα που χάνουν ή δέχονται λόγω εξατμισοδιαπνοής ή συμπύκνωσης των υδρατμών πάνω τους. (Μαυρογιανόπουλος, 2005)

Με τον όρο εξατμισοδιαπνοή, εννοούμε τις ποσότητες του νερού που εξατμίζονται από την επιφάνεια του εδάφους και τις ποσότητες του νερού που διαπνέονται από τα φυτά. Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή είναι η ηλιακή ακτινοβολία, η σχετική υγρασία, η κίνηση του αέρα και το είδος της καλλιέργειας. (Γραφιαδέλης, 1987)

Μέσω της διαπνοής τους τα φυτά συμμετέχουν σημαντικά στο ενεργειακό ισοζύγιο του θερμοκηπίου. Η διαπνοή των φυτών εξαρτάται από το ισοζύγιο ακτινοβολίας ( μικρού και μεγάλου μήκους κύματος) και από το έλλειμμα κορεσμού υδρατμών το οποίο εξαρτάται από τη θερμοκρασία αέρα και φυλλώματος. (Μαυρογιανόπουλος, 2005)

Κάθε φυτικό είδος και κατ' επέκταση κάθε καλλιέργεια έχει ένα άριστο θερμοκρασιακό εύρος εντός του οποίου εκτελεί όλες τις οργανικές του λειτουργίες στο μέγιστο βαθμό.(6)

Γενικά, οι φυσιολογικές διαδικασίες στα φυτά του θερμοκηπίου εξελίσσονται σε θερμοκρασίες μεταξύ 0 °C και 46 °C. Τα όρια αυτά αλλάζουν ανάλογα με το είδος του φυτού. (Μαυρογιανόπουλος, 2005)

Η ανάπτυξη των φυτών ανάλογα με τις απαιτήσεις σε θερμοκρασία, μπορεί να χωριστεί σε τρεις κύκλους:

- 1) Απαιτήσεις σε χαμηλές θερμοκρασίες για διακοπή λήθαργου (θερμοκρασίες για διακοπή λήθαργου κυμαίνονται μεταξύ +1 °C και +7 °C) , διαφοροποίηση οφθαλμών και καρποφορία.
- 2) Απαιτήσεις σε θερμοκρασία εδάφους για βλάστηση και φύτευμα σπόρων.
- 3) Απαιτήσεις σε θερμοκρασία αέρος και εδάφους για τη βλαστική και αναπαραγωγική φάση.

Τα διάφορα φυτικά είδη έχουν διαφορετικό ελάχιστο, άριστο και μέγιστο όριο θερμοκρασιών. (Μαυρογιανόπουλος, 2005)

Με την ρύθμιση της θερμοκρασίας στο βέλτιστο της εκάστοτε καλλιέργειας αλλά και του εκάστοτε σταδίου ανάπτυξης, η παραγωγή μπορεί να επεκταθεί καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Επίσης, μπορεί να αυξηθεί τόσο η απόδοση όσο και η ποιότητα του τελικού προϊόντος, να γίνει έλεγχος της ανθοφορίας ώστε να έχουμε ομοιόμορφη ανθοφορία και ομοιόμορφη συγκομιδή.(6)

Σε ένα θερμοκήπιο, τις ηλιόλουστες ημέρες η θερμοκρασία του ανέρχεται σε πολύ υψηλά επίπεδα και τις νύχτες η θερμοκρασία πέφτει σε πού χαμηλά επίπεδα. (Μαυρογιανόπουλος, 2005)

## 2.2 ΥΓΡΑΣΙΑ:

- **Υγρασία αέρος:**

Ο ατμοσφαιρικός αέρας είναι μίγμα αερίων, οξυγόνου, αζώτου, διοξειδίου του άνθρακα, αργού και άλλα αέρια σε ελάχιστες ποσότητες και υδρατμών. Οι αναλογίες και η σύνθεση αυτή αλλάζει μέσα στο περιβάλλον του θερμοκηπίου λόγω των φαινομένων εξάτμισης, αναπνοής και διαπνοής των φυτών, λόγω της φωτοσύνθεσης ή ακόμα και από τη δραστηριότητα του ανθρώπου (εφαρμογή φυτοφαρμάκων, αιώρηση σκόνης κ.α.). (Μαυρογιανόπουλος, 2005)

Η διατήρηση ενός κατάλληλου περιβάλλοντος υγρασίας στο χώρο του θερμοκηπίου είναι απαραίτητη γιατί διατηρεί την υδάτινη ισορροπία των φυτών μέσω της διαπνοής, βοηθά στην ομαλή θρέψη( μέσω της μεταφοράς ιόντων), και γιατί μειώνεται η πιθανότητα ανάπτυξης παθογόνων μικροοργανισμών, εντόμων και ακαρέων. (Μαυρογιανόπουλος, 2005)

Η υγρασία που ενδιαφέρει στη θερμοκηπιακή καλλιέργεια είναι η σχετική υγρασία αέρος. Η υγρασία αέρος διακρίνεται σε *απόλυτη υγρασία αέρος* και σε *σχετική υγρασία αέρος*.

*Απόλυτη υγρασία αέρος* ορίζεται ως η μάζα των υδρατμών σε ορισμένο όγκο αέρος και μετράται σε γραμμάρια νερού ανά κυβικό μέτρο αέρα. (Γραφιαδέλης, 1987)

*Σχετική υγρασία αέρος* ονομάζουμε το λόγο της ποσότητας των υδρατμών που περιέχει ο αέρας, σε μια συγκεκριμένη πίεση και θερμοκρασία, προς την ποσότητα των υδρατμών που θα περιείχε ο αέρας αν ήταν κορεσμένος, στην ίδια πίεση και θερμοκρασία. (Μαυρογιανόπουλος, 1990) Η σχετική υγρασία εκφράζεται στα εκατό και μετριέται με όργανα που λέγονται υγρόμετρα. (Γραφιαδέλης, 1987)

Κορεσμένος είναι ο αέρας όταν σε ορισμένη θερμοκρασία και πίεση περιέχει τη μέγιστη ποσότητα υδρατμών, χωρίς να είναι υγροποιημένοι. (Μαυρογιανόπουλος, 1990)

Ανάλογα με τη καλλιέργεια, το κλίμα της περιοχής, η αύξηση ή η μείωση της υγρασίας μπορεί να είναι επιθυμητή. (6)

Κατά τη διάρκεια της άρδευσης, ή τα συστήματα υδρονέφωσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αυξήσουν τα επίπεδα της σχετικής υγρασίας. Κατά τη διάρκεια της ημέρας ο εξαερισμός του κορεσμένου σε υδρατμούς αέρα, ίσως είναι απαραίτητος για τη μείωση της σχετικής υγρασίας. Αύξηση επίσης της σχετικής υγρασίας μπορεί να συμβεί και κατά τη διάρκεια των ζεστών ημερών κατά τη φυσικής λειτουργίας των φυτών, της εξάτμισοδιαπνοής.(6)

Κατά τη διάρκεια των θερμών ημερών ή ωρών κατά τη διάρκεια της ημέρας, πολύ συχνά υπάρχει η ανάγκη να αυξηθεί η υγρασία στο χώρο του θερμοκηπίου, ώστε να περιοριστεί η υπερβολική διαπνοή. (Μαυρογιανόπουλος, 1990)

Αυξημένα επίπεδα υγρασίας σε συνδυασμό με χαμηλή θερμοκρασία μπορεί να οδηγήσουν σε αυξημένη πιθανότητα ανάπτυξης μυκητολογικών ασθενειών (π.χ. Botrytis sp). (6\*)

Όσο μειώνεται η θερμοκρασία του αέρα, τόσο μικρότερη ποσότητα υδρατμών μπορεί να συγκρατήσει, και οι υδρατμοί υγροποιούνται.

Στο θερμοκήπιο, όταν έχει επέλθει ισορροπία, η απόλυτη θερμοκρασία είναι περίπου ίδια σε όλο τον ενιαίο χώρο του θερμοκηπίου, η θερμοκρασία όμως δεν είναι

ίδια σε όλα τα σημεία, επομένως η σχετική υγρασία αέρα δεν έχει την ίδια τιμή σε όλα τα σημεία του χώρου. (Μαυρογιανόπουλος, 1990)

- **Υγρασία εδάφους:**

Το νερό αποτελεί πηγή ζωής. Για μια επιτυχημένη καλλιέργεια το νερό αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα συστατικά. Οι εντατικές καλλιέργειες όπως είναι και οι θερμοκηπιακές, απαιτούν νερό τόσο σε μεγάλους όγκους όσο και με κατάλληλα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Η αλατότητα, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, η πιθανή συγκέντρωση φυτοτοξικών ιόντων (π.χ. θειικά, νιτρικά κ.α) (6)

## 2.3 ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Το φως σύμφωνα με πολλούς επιστήμονες αποτελεί τον μοναδικό παράγοντα που η επίδραση του είναι καθοριστική τόσο στην ανάπτυξη όσο αύξηση του φυτού και ο οποίος συχνά αποτελεί περιοριστικό παράγοντα. Το φως, μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης, στα κύτταρα των φυτών και συγκεκριμένα στους χλωροπλάστες μετατρέπουν το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό σε ενώσεις υδρογονανθράκων, δηλαδή σε ενέργεια. (6)

Παράλληλα το φως επηρεάζει την ανάπτυξη των φυτών καθώς εμπλέκεται σε λειτουργίες διαφορετικής λειτουργίας της φωτοσύνθεσης, και οι οποίες αναφέρονται ως φωτομορφογενετικές αντιδράσεις.

Επομένως είναι φανερό πως το φως ανάλογα για το αν αποτελεί περιοριστικό η όχι παράγοντα για μια καλλιέργεια, είναι απαραίτητο σε μια θερμοκηπιακή καλλιέργεια να ρυθμιστεί στα άριστα επίπεδα.

Στα θερμοκήπια, μπορεί να παρέχεται είτε φυσικός φωτισμός, είτε επιπλέον τεχνητός φωτισμός. Ο φωτισμός τους καλοκαιρινούς μήνες μπορεί να χρειαστεί να μειωθεί χρησιμοποιώντας μέσα σκίασης, ή σε άλλες περιπτώσεις όπως στους θαλάμους ανάπτυξης, να χρειαστεί συμπληρωματικός φωτισμός από τεχνητή πηγή.(6)

Οι κυριότεροι παράγοντες που ευνοούν τον φυσικό φωτισμό στο θερμοκήπιο:

- Το καθαρό υλικό κάλυψης. Βρέθηκε ότι το καθαρό υλικό κάλυψης μειώνει κατά 10% το φωτισμό που μπαίνει στο θερμοκήπιο. Ενώ το ακάθαρμο υλικό κάλυψης τον μειώνει κατά 70%.
- Η δομή του σκελετού. Όσο πιο απλή είναι η δομή του σκελετού, τόσο περισσότερο φως περνά στο χώρο του θερμοκηπίου. Σκελετοί και χοντρές διατομές μειώνουν σημαντικά το φυσικό φωτισμό.
- Ο φωτισμός μειώνεται σημαντικά από διάφορες σωληνώσεις, κουρτίνες και άλλες εγκαταστάσεις, για αυτό καλύτερα είναι τοποθετούνται υπόγεια.
- Η πυκνότητα των φυτών στο χώρο. Θα πρέπει τα φυτά να είναι στον άριστο αριθμό στο χώρο.
- Ο τύπος του θερμοκηπίου. Τα απλής γραμμής θερμοκήπια είναι πιο φωτεινά από τα πολλαπλής γραμμής. (Μαυρογιανόπουλος, 1990)

Τα χαρακτηριστικά του φωτός που έχουν ιδιαίτερη σημασία στη θερμοκηπιακή παραγωγή είναι:

### ΠΟΙΟΤΗΤΑ:

Τα φυτά για την ομαλή ανάπτυξή του και για να εκτελέσουν όλες τις λειτουργίες στο άριστο, πρέπει να δέχονται φως συγκεκριμένου μήκους κύματος. Για τη φωτοσύνθεση απαιτείται ακτινοβολία σε μήκη κύματος στο ορατό φάσμα δηλαδή

στα 400-700 nm. Η ακτινοβολία αυτή αναφέρεται και ως φωτοσυνθετική ενεργός ακτινοβολία – Photosynthetically Active Radiation (PAR).(6)

Η PAR ακτινοβολία είναι η ενέργεια που αποδίδει το φως μήκους κύματος μεταξύ 400 nm και 700 nm ανά δευτερόλεπτο και τετραγωνικό μέτρο, μετράται σε  $Wm^{-2}$  ( $Jm^{-2} s^{-1}$ ) και υπολογίζεται ότι αποτελεί περίπου το 45% της μικρού μήκους ακτινοβολία που μετρά το πυρανόμετρο. (Μαυρογιανόπουλος, 2005)

Τα φυτά χρησιμοποιούν την PAR ως πηγή ενέργειας για τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης.(5)

Ειδικότερα, η ερυθρή (650-700 nm) ακτινοβολία και η ιώδης (460-480 nm) χρησιμοποιούνται πιο ικανοποιητικά από στη φωτοσύνθεση. Ενώ, η ερυθρή, η υπέρυθη και η ιώδης επιδρούν σημαντικά στη φωτομορφωγένεση. (6)

Η πιο γνωστή περίπτωση όπου η ποιότητα του φωτός επηρεάζει τη μορφογενεση είναι αυτή που γίνεται μέσω φωτοαποδοχέα του φυτοχρώματος. (6)

Το φυτόχρωμα είναι ο υπεύθυνος δέκτης του φυτού στη σχετική διάρκεια μέρας – νύχτας. (Μαυρογιανόπουλος, 2005)

Το φυτόχρωμα έχει αποδειχτεί ότι παίζει σημαντικό ρόλο σε πολλές φωτομορφολογικές αντιδράσεις και μια από αυτές είναι και η εκβλάστηση των σπόρων και ο φωτοπεριοδισμός. Ένα άλλο παράδειγμα που έχει σχέση με τις φωτομορφολογικές αντιδράσεις παρατηρείται όταν φυτά μεγαλώνουν κάτω από συνθήκες χαμηλού φωτισμού και καθώς τα φυτά αναπτύσσονται παρουσιάζουν μεγάλα μεσογονάτια διαστήματα σε σχέση με αυτά που αναπτύσσονται σε συνθήκες υψηλού φωτισμού. Επίσης φυτά που μεγαλώνουν υπό συνθήκες υπεριόδους ακτινοβολίας, είναι πιο κοντά και με φύλλα σκούρο πράσινο σε σχέση με φυτά που μεγαλώνουν υπό φωτισμό υπέρυθρης ακτινοβολίας. (6)

#### *ΠΟΣΟΤΗΤΑ:*

Η ποσότητα του φωτός έχει σχέση με τον αριθμό των φωτονίων που δέχεται το φυτό. Κάθε είδος φυτού έχει ένα άριστο επίπεδο φωτός πέρα του οποίου μειώνεται η φωτοσυνθετική δραστηριότητα του φυτού. Ο σκοπός της θερμοκηπιακής παραγωγής είναι να βελτιωθούν τα επίπεδα του φωτός σε σημείο που ο ρυθμός φωτοσύνθεσης να είναι μέγιστος. (6)

#### *ΔΙΑΡΚΕΙΑ (ΦΩΤΟΠΕΡΙΟΔΟΣ)*

Η διάρκεια του φωτισμού επιδρά σημαντικά στη ποσότητα των παραγόμενων προϊόντων. Στα περισσότερα φυτά που καλλιεργούνται σε θερμοκήπιο η παραγωγή αυξάνει, όσο η διάρκεια φωτισμού αυξάνεται, έως 16 ώρες το 24ωρο. Αυτό συμβαίνει γιατί όσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια φωτισμού, τόσο είναι η διαθέσιμη ενέργεια για φωτοσύνθεση. (Μαυρογιανόπουλος, 2005)

Η φωτοπερίοδος δηλαδή η χρονική διάρκεια που το φως επιδρά στα φυτά ή διαφορετικά το μήκος της νύχτας, επηρεάζει την ανάπτυξη των φυτών. Ή λίγο διαφορετικά η αντίδραση των φυτών στον κύκλο ημέρας – νύχτας. Έτσι ανάλογα με τη φωτοπερίοδο τα φυτά είτε μπορούν να διατηρηθούν σε βλαστικό στάδιο είτε να γίνει η ανθοφορία πιο ομοιόμορφη ή καθορίζει το πότε ένα φυτό θα περάσει από βλαστικό σε αναπαραγωγικό στάδιο. Ο έλεγχος της φωτοπεριόδου μπορεί να γίνει απλά τοποθετώντας ένα μαύρο ύφασμα στο υλικό κάλυψης του θερμοκηπίου, δημιουργώντας συνθήκες μακράς νύχτας ή να δοθεί επιπλέον φωτισμός ώστε να δημιουργηθούν συνθήκες μακράς ημέρας (μικρής νύχτας). (6)



## 2.4 CO<sub>2</sub>:

Οι σπουδαιότεροι ατμοσφαιρικοί παράγοντες που έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον στη θερμοκηπιακή καλλιέργεια είναι η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), το αιθυλένιο και άλλες ουσίες που διαφεύγουν από άλλες διαδικασίες (π.χ ζιζανιοκτόνα, συντηρητικά ξύλου κ.α.) και οι οποίες είναι συνήθως τοξικές για το φυτό. (6)

Η αύξηση της συγκέντρωσης του CO<sub>2</sub> αυξάνει το ρυθμό της φωτοσύνθεσης, αυτό συμβαίνει γιατί το CO<sub>2</sub> μαζί με το φως και το νερό, αποτελούν τα βασικά υλικά για τη φωτοσύνθεση καθώς επίσης και γιατί το CO<sub>2</sub> αποτελεί περιοριστικό παράγοντα, όποτε οποιαδήποτε αύξηση της συγκέντρωσής του θα αυξήσει και το ρυθμό της φωτοσύνθεσης. Και κατ' επέκταση και στην απόδοση ορισμένων καλλιεργειών. (Μαυρογιανόπουλος, 2005)

Το CO<sub>2</sub> εκτός από το ρυθμό της φωτοσύνθεσης, επηρεάζει και τη μορφογένεση στα φυτά. Όσο το φως και η συγκέντρωση CO<sub>2</sub> αυξάνουν, η αναλογία της επιφάνειας του φύλλου ως προς το ξηρό βάρος του μειώνεται. (Μαυρογιανόπουλος, 2005)

Υψηλές συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub> (έως και 1800 ppm.) μέσα στο χώρο του θερμοκηπίου, κάνουν αποδοτικότερη τη φωτοσύνθεση και μειώνουν το ρυθμό της φωτοαναπνοής. Η φωτοαναπνοή αποτελείται από μια σειρά οξειδωτικών αντιδράσεων που μειώνουν το αποτέλεσμα της φωτοσύνθεσης. (Ευσταθιάδης, 1987)

Η συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα είναι περίπου 300 ppm (0,03 %) και μεταβάλλεται από 0,02 έως 0,04%. Η συγκέντρωση στο χώρο του θερμοκηπίου μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ στον ελεύθερο αέρα παραμένει πρακτικά αμετάβλητη. (Γραφιαδέλης, 1987)

Τις πρωινές ώρες, στο χώρο του θερμοκηπίου, η συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> μπορεί να είναι και μεγαλύτερη από αυτή της ατμόσφαιρας. Με τη πάροδο των ωρών, καθώς η ηλιακή ακτινοβολία αυξάνεται και η διαδικασία της φωτοσύνθεσης απαιτεί μεγάλη ποσότητα CO<sub>2</sub>, η συγκέντρωση πέφτει σε χαμηλά επίπεδα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι κατά τη διάρκεια του χειμώνα, η συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> μπορεί να αποτελεί περιοριστικό παράγοντα, γιατί καθώς το θερμοκήπιο παραμένει κλειστό, το CO<sub>2</sub> που υπάρχει στο εσωτερικό χρησιμοποιείται από τα φυτά και αντικαθίσταται από το εξωτερικό. (Γραφιαδέλης, 1987)

## 3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ:

### Γενικά:

Η επιλογή της κατασκευής που θα χρησιμοποιηθεί για να στεγάσει τη καλλιέργεια εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Συνήθως η απόφαση για την επιλογή της κατασκευής που θα χρησιμοποιήσουμε εξαρτάται κυρίως από το είδος της καλλιέργειας, από το κλίμα της περιοχής, από το είδος των περιβαλλοντικών παραγόντων που θα διαχειριστούμε και θα αλλάξουμε, το βαθμό τροποποίησης των παραγόντων αυτών ώστε να γίνει το περιβάλλον ιδανικό για τη καλλιέργεια, και τέλος το κόστος παραγωγής της καλλιέργειας.

Ο αντικειμενικός σκοπός είναι ο σχεδιασμός ενός θερμοκηπίου που να επιτρέπει τον έλεγχο και διαχείριση των περιβαλλοντικών συνθηκών που είναι απαραίτητο να τροποποιηθούν και στο επίπεδο που απαιτείται ώστε να έχουμε μέγιστη απόδοση και επομένως μεγαλύτερο κέρδος. (6)

Πέραν ενός ορίου το μόνο που προστίθεται είναι το επιπλέον κόστος.

Οι σχεδιαστές των θερμοκηπίων, σε ότι αφορά στο σχεδιασμό ενός θερμοκηπίου, στοχεύουν κυρίως στο να πετύχουν καλύτερο έλεγχο της θερμοκρασίας, χαμηλότερο κόστος κατασκευής, όσο το δυνατόν μεγαλύτερη διαπερατότητα στο φως και οι κατασκευές να διευκολύνουν την εκτέλεση των καλλιεργητικών εργασιών.

Γι' αυτό διάφοροι τύποι θερμοκηπίων αναπτύχθηκαν.

Γενικά, η εκλογή του κατάλληλου τύπου και του σχεδίου κατασκευής εξαρτάται κυρίως από τις εξής παραμέτρους:

- Τις κλιματολογικές συνθήκες τις περιοχής (π.χ. στις ανεμόπληκτες περιοχές πρέπει να επιλέγονται πιο ανθεκτικοί τύποι ή στις περιοχές με χιόνι αποφεύγεται να κατασκευάζονται τα πολύρρικτα.)
- Το είδος των καλλιεργειών. (π.χ. για ανθοκομικές καλλιέργειες προτιμούνται τα γυάλινα θερμοκήπια ή τα θερμοκήπια τύπου τολ χρησιμοποιούνται για χαμηλές καλλιέργειες κηπευτικών τομάτας, μελιτζάνας κ.λ.π.)
- Τις οικονομικές δυνατότητες του καλλιεργητή. (Ανάλογα τις οικονομικές δυνατότητες του καλλιεργητή μπορεί να επιλέξει θερμοκηπιακές κατασκευές που να ικανοποιούν όσο το δυνατό καλύτερα τις ανάγκες του καλλιεργητή και τις επιλεγόμενης καλλιέργειας.
- Η προσωπική εκλογή του καλλιεργητή. (Εξαρτάται από τις γνώσεις του καλλιεργητή και ποιος τύπου θερμοκηπίου, κατά τη γνώμη του καλλιεργητή, τον εξυπηρετεί καλύτερα.
- Άλλους παράγοντες. (π.χ. τα διαθέσιμα υλικά στη περιοχή για την κατασκευή των θερμοκηπίων, η ύπαρξη εργατικών χεριών στη περιοχή, η ζήτηση διαφόρων καλλιεργειών στη περιοχή.) (Γραφιαδέλης, 1987)

### 3.1 Τύποι θερμοκηπίων:

Τα είδη των θερμοκηπίων μπορούν να διακριθούν κυρίως με βάση

- το σχήμα της κατασκευαστικής τους μονάδας
- τον τρόπο κατασκευής τους
- ανάλογα με το υλικό κάλυψής τους

Ανάλογα με το σχήμα της κατασκευαστικής μονάδας διακρίνονται σε:

#### 1) ΑΜΦΙΡΡΙΚΤΟ:

Συνήθως έχει σειρές από δοκούς υποστήριξης που σχηματίζουν τη σκεπή και τα αετώματα. Τα φορτία/πίεσεις της δομής μεταφέρονται μέσω των κάθετων πλαϊνών τοίχων στο έδαφος. (6)

Ένα αμφίρρικτο θερμοκήπιο ίσως να είναι **απλό** ή **πολλαπλό**.

*Απλό αμφίρρικτο* είναι αυτό που σχηματίζεται με την κατά μήκος επανάληψη της κατασκευαστικής μονάδας του.

*Πολλαπλό αμφίρρικτο* είναι αυτό που σχηματίζεται με την κατά πλάτος επανάληψη της κατασκευαστικής μονάδας.

Οι εσωτερικοί τοίχοι στις παραπάνω περιπτώσεις μπορούν να λείπουν εντελώς.

(1) Αυτό σημαίνει ότι το κόστος των υλικών κατασκευής μειώνεται καθώς επίσης και το κόστος θέρμανσης. (6)

Τα περισσότερα τυποποιημένα θερμοκήπια χρησιμοποιούν ποικιλία σχεδίων τα οποία είναι ενωμένα στις υδρορροές. Αυτό είναι σημαντικό γιατί επιτρέπει ένα πιο ευρύχωρο εσωτερικό.

Η ευρυχωρία της δομής επιτρέπει μια σχετική ελευθερία κινήσεων. Έτσι δίνεται η δυνατότητα αυτοματοποίησης διαφόρων εργασιών (π.χ. άρδευση).

Μειονεκτήματα όμως αποτελούν για την κατασκευή η αδυναμία διατήρησης διαφορετικών περιβαλλοντικών συνθηκών (κάτι που συμβαίνει σε διαφορετικές δομές). Επίσης αυξάνοντας τον εσωτερικό χώρο, η ομοιομορφία και έλεγχος του φωτός, της θερμοκρασίας, του αέρα και της υγρασίας μπορεί να μειωθεί. (6)

Λύση στα παραπάνω προβλήματα μπορεί να είναι η τοποθέτηση διαχωριστικών από αιθυλένιο ή άλλο ελαφρύ υλικό τα οποία μπορούν να υψώνονται και να πέφτουν ανάμεσα στα τμήματα παραγωγής ανάλογα με τις ανάγκες που θέλουμε να καλύψουμε. (6)



Τύπος πολλαπλού αμφίρρικτου με υλικό κάλυψης το γυαλί.

(12)

## 2) ΤΟΞΩΤΟ:

Τα τοξωτά θερμοκήπια αναπτύχθηκαν μετά το 1980 σε διάφορες χώρες και πήραν διάφορες ονομασίες. Στις Η.Π.Α, τα τοξωτά, ονομάζονται Quonset, στη Γαλλία είναι γνωστά ως τα ημικυκλικά της Promosol της βιομηχανίας Societe Promosol ή τα Filcair της εταιρίας Filcair και τα Fenestrelle της εταιρίας Girard et Cie κ.α. (Γραφιαδέλης, 1987)

Είναι το θερμοκήπιο αυτό που η κατασκευαστική του μονάδα αποτελείται από δύο συνεχόμενα τόξα πλαστικά ή μεταλλικά διατομών L, H ή O. Οι διάμετροι των σωλήνων στις κυκλικές διατομές, κυμαίνονται μεταξύ 1,5 – 5 cm. Τα μεταλλικά τόξα έχουν άνοιγμα 5-10 m, ύψος 3 m και τοποθετούνται στη στέγη ανά 80 - 200 cm. Το πλαστικό στα πλαϊνά παραχώνεται και τοποθετείται σε λωρίδες κατά το πλάτος του θερμοκηπίου ώστε να δημιουργούνται ανοίγματα για τον αερισμό του θερμοκηπίου. Τα ανοίγματα ανοιγοκλείνουν με τη βοήθεια μοχλών και συρματόσκοινων.

Όπως φαίνεται στο σχήμα η κατασκευή βασίζεται σε μια αψιδωτή σκεπή η οποία εφάπτεται το έδαφος και επιτρέπει τη μεταφορά των φορτίων, που ασκούνται στο σκελετό στο έδαφος.

Τα τοξωτά θερμοκήπια έχουν μεγάλη διαπερατότητα στο φως, καλή αντοχή στον άνεμο, μικρό κόστος κατασκευής. Ωστόσο παρουσιάζουν δυσκολία στον φυσικό αερισμό, συγκέντρωση υγρασίας υπό μορφή σταγόνας, η οποία στάζει επάνω στα φυτά και αυξάνει τον κίνδυνο εμφάνισης μυκητολογικών ασθενειών ενώ παράλληλα μειώνει την διαπερατότητα του θερμοκηπίου στο φως, επίσης δυσκολία εκμετάλλευσης του χώρου που βρίσκεται κοντά στις πλευρές κ.α. (Γραφιαδέλης, 1987)



Τοξωτά πλαστικά καλυμμένα με πολυαιθυλένιο



Τοξωτό πλαστικό

(9)



τοξωτά διαφόρων τύπων.

(9)

### 3) ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΤΟΞΩΤΟ

Είναι το θερμοκήπιο όπου η κατασκευαστική μονάδα έχει το παρακάτω σχήμα.

Σε αυτή τη περίπτωση, η αμίδωτη σκεπή σε δύο κατακόρυφους τοίχους, μέσω των οποίων μεταφέρονται τα φορτία και οι πιέσεις στο έδαφος.(6)

Τα τροποποιημένα τοξωτά διακρίνονται σε:

*Τροποποιημένο τοξωτό απλό* είναι αυτό που σχηματίζεται από την κατά μήκος επανάληψη της κατασκευαστικής μονάδας.

*Τροποποιημένο τοξωτό πολλαπλό* είναι αυτό που σχηματίζεται από την κατά πλάτος επανάληψη της κατασκευαστικής μονάδας.



Τροποποιημένο τοξωτό πολλαπλό (9)



(9)

Άλλοι τύποι θερμοκηπίων είναι:

Ο τύπος **Γοθικής αψίδας** (Gothic arch), μοιάζει με το τοξωτό. Ο συγκεκριμένος τύπος θερμοκηπίου έχει ωραία εμφάνιση, χαμηλό κόστος κατασκευής, ικανοποιητική αντοχή σε χιόνι και άνεμο, παρουσιάζει ευκολία στη κατασκευή και στη κάλυψη, είναι ευρύχωρο λόγω ελλείψεως ενδιάμεσων σειρών πασσάλων στήριξης. (Γραφιαδέλης, 1987)



Τύπος γοθικού θερμοκηπίου (9)

Ο θερμοκήπιο **τύπου lean-to**, όπου έχει επίπεδη επικλινή σκεπή και η μία πλευρά του εφάπτεται και στηρίζεται σε σταθερή επιφάνεια- τοίχο, κ.α.

Ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους, τα θερμοκήπια διακρίνονται σε:

### 1) ΧΩΡΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ:

Είναι τα θερμοκήπια που κατασκευάζονται από τους ίδιους τους παραγωγούς και το μέγεθος, σχήμα, και λοιπός εξοπλισμός επιλέγεται από τους ίδιους ανάλογα με τις ανάγκες τους.

### 2) ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ:

Είναι τα θερμοκήπια που κατασκευάζονται από κατασκευαστές θερμοκηπίων σε μαζική παραγωγή, σε συγκεκριμένα σχήματα και μεγέθη. Έχουν αναπτυχθεί διάφοροι προκατασκευασμένοι τύποι.

Ανάλογα με το υλικό κάλυψής τους διακρίνονται σε γυάλινα και πλαστικά.

Ανάλογα με το υλικό κατασκευής του σκελετού τους διακρίνονται σε μεταλλικά, ξύλινα, αλουμινένια κ.α.

Η ρύθμιση της θερμοκρασίας, σε αυτόν τον τύπο θερμοκηπίου, γίνεται με εξαεριστήρα και ηλεκτρική θερμάστρα, που ρυθμίζονται αυτόματα με θερμοστάτες. (Γραφιαδέλης, 1987)

### 3.2 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΣΚΕΛΕΤΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ – ΦΟΡΤΙΑ ΚΑΙ ΠΙΕΣΕΣ

Αρχικά θα πρέπει να αναφερθεί ότι ό σκελετός είναι η κατασκευή πάνω στην οποία στηρίζεται και συγκρατείται το υλικό κάλυψης και δίνει σχήμα στο θερμοκήπιο.

Ο ρόλος του σκελετού είναι επιβαρυνμένος με το να αντέχει όλα τα φορτία και τις πιέσεις που ασκούνται στην κατασκευή και να τα 'μεταφέρει' στο έδαφος, ενώ παράλληλα να διατηρεί τη σταθερότητα της όλης κατασκευής.

Τα φορτία που ασκούνται πάνω στο σκελετό είναι:

Α) *Ανεμοπιέσεις*: φορτία που ασκούνται πάνω στη κατασκευή από ανέμους, όσο πιο δυνατός είναι ο άνεμος τόσο πιο μεγάλη είναι η πίεση που ασκεί άρα και μεγαλύτερο το φορτίο.

Για περιοχές που παρουσιάζουν συνήθως ανέμους υψηλών ταχυτήτων, η κατασκευή θερμοκηπίων καλό είναι να γίνεται πίσω από φυσικούς ανεμοθραύστες (π.χ. λόφους), ή να κατασκευάζονται φυσικοί ανεμοθραύστες (π.χ. αλές με ψηλά δένδρα), η ενίσχυση των κρατημάτων του υλικού κάλυψης κ.α.

Β) *Φορτίο χιονιού*: Το όριο του φορτίου χιονιού που πρέπει να αντέχει ο σκελετός κάθε θερμοκηπίου υπολογίζεται ανάλογα με τη χιονόπτωση που δέχεται η περιοχή στην οποία είναι εγκατεστημένο το θερμοκήπιο.

Γ) *Συγκεντρωμένο κάθετο φορτίο*:

Το συγκεντρωμένο κάθετο φορτίο της τραβέρσας, που για τη περιοχή μας ανέρχεται στα 50kg. Και το φορτίο των υπόλοιπων μερών της κατασκευής που υπολογίζεται στα 100kg.

Δ) *Αναρτημένα φορτία*: Είναι τα φορτία που ασκούν το βάρος της αναρτημένης καλλιέργειας και τα φορτία που ασκεί το βάρος των κρεμαστών φυτών γλάστρας.



Ε) *Άλλα φορτία*: Είναι τα φορτία που ασκούνται από συστήματα θέρμανσης , άρδευσης και γενικά όλου του μηχανολογικού εξοπλισμού που στηρίζεται στο σκελετό., και που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη κατασκευή. (Κίττας, 2000)



Σκελετός από αλουμίνιο στήριξης της οροφής πλαστικού θερμοκηπίου.

### 3.3 ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΚΕΛΕΤΟΥ

Τα κυριότερα υλικά κατασκευής του σκελετού που χρησιμοποιούνται είναι:

- 1) Ξύλα
- 2) Ατσάλι ή άλλα μέταλλα
- 3) Αλουμίνιο

Το ξύλο χρησιμοποιείται τόσο στα τυποποιημένα όσο και στα θερμοκήπια χωρικού τύπου. Τα ξύλα είναι δύσκολο στη διατήρηση και ακριβά και πρέπει να επιδέχεται ιδιαίτερη φροντίδα. (6)

Η ξυλεία προσφέρεται στο εμπόριο πριονισμένη, πελεκητή, στρογγυλή. Για να είναι η ξυλεία κατάλληλη για θερμοκήπια πρέπει να είναι ξερή, χωρίς κόμβους, να μην παραμορφώνεται, να με δυσκολεύει στο κάρφωμα και να μη σαπίζει εύκολα.

Η ξυλεία που χρησιμοποιείται στη χώρα μας στις κατασκευές θερμοκηπίου είναι του έλατου, της καστανιάς του πεύκου και του κυπαρισσιού. Για τους πασσάλους στήριξης της στέγης, εφαρμογή έχει βρει η ξυλεία της καστανιάς κυρίως και αν δεύτερη επιλογή η ξυλεία του κυπαρισσιού, ενώ στα άλλα μέρη του σκελετού χρησιμοποιούνται όλα τα υπόλοιπα είδη ξυλείας που αναφέρθηκαν.

Τα ξύλα που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι εμποτισμένα με κατάλληλα συντηρητικά, για να εμποδιστεί και να καθυστερήσει το σάπισμα. Ο εμποτισμός με συντηρητικά γίνεται με ψυχρή ή με θερμή μέθοδο ή με υποπίεση

Τα συντηρητικά ξύλου που χρησιμοποιούνται, όπως τα Dowcide, Tanalith κ.α. σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να είναι τοξικά για τα φυτά.

Οι παραγωγοί και οι κατασκευαστές θερμοκηπίου μπορούν να προμηθευτούν εμποτισμένη ξυλεία. Το απλό βάψιμο του ξύλου με λαδομπογιά πολύ λίγο προστατεύει την επιφάνεια του ξύλου από τις μυκητολογικές προσβολές γιατί εμποδίζει απλώς την απορρόφηση της υγρασίας. Η άσπρη βαφή όμως, εκτός του ότι βελτιώνει την εμφάνιση του θερμοκηπίου, ανακλά το φως και αυξάνει την έντασή του στα θερμοκήπια. Το βάψιμο πρέπει να γίνεται μετά από τον εμποτισμό της ξυλείας με συντηρητικά. (Γραφιαδέλης, 1987)

Αν χρησιμοποιείται ξυλεία καστανιάς δεν είναι απαραίτητος ο εμποτισμός με συντηρητικά ξύλου, αρκεί να καίγεται και να σχηματίζεται στρώμα κάρβουνου στη κάτω άκρη του ξύλου που μπαίνει στο έδαφος.

Για τη συγκόλληση των ξύλων στο υγρό περιβάλλον του θερμοκηπίου συνίσταται η ρεσορσινόλη.

Ένα από τα κυριότερα πλεονεκτήματα των ξύλινων θερμοκηπίων είναι ότι έχουν 3-10 % λιγότερες απώλειες θερμότητας από τα αντίστοιχα θερμοκήπια με μεταλλικό σκελετό.

Τα σύγχρονα θερμοκήπια και κυρίως τα τυποποιημένα κατασκευάζονται από **ατσάλι** ή άλλα **γαλβανιζέ μέταλλα** ή από αλουμίνιο.

Το ατσάλι ή άλλα μέταλλα για τη κατασκευή του σκελετού είναι καλά αρκεί τα μεταλλικά μέρη του σκελετού να είναι φροντισμένα με αντισκωριακό και κατόπιν επεξεργασία γαλβανίσματος θερμού ή ψυχρού ανάλογα με το ποια μέθοδος εξυπηρετεί.

Σε αντίθεση με το ξύλο, το ατσάλι και τα υπόλοιπα μέταλλα έχουν μεγαλύτερη αντοχή και διάρκεια ζωής, δεν σαπίζει και δεν προσβάλλεται από έντομα. Ωστόσο, έχει υψηλότερο κόστος, στο υγρό περιβάλλον του θερμοκηπίου κινδυνεύει να σκουριάσει αν δεν είναι γαλβανισμένο, και διαμορφώνεται δυσκολότερα από το ξύλο. (Γραφιαδέλης, 1987)

Για να αποφεύγεται το σκούριασμα, πρέπει να γίνεται γαλβάνισμα μετά τις ηλεκτροσυγκολλήσεις ή βάψιμο με μίνιο και λαδομπογιά ή κλύτερα κατά τη διαμόρφωση του σκελετού να χρησιμοποιούνται ειδικές γαλβανισμένες λαμαρίνες, οι οποίες να μην αφήνουν μεγάλες τομές. (Γραφιαδέλης, 1987)

Τα μέταλλα σκουριάζουν κατά τη χρησιμοποίηση οξέων για τον καθαρισμό του γυαλιού και κατά την επαφή με τα λιπάσματα. Το πλαστικό που έρχεται σε επαφή με το μέταλλο, υπερθερμαίνεται και φθείρεται πρόωρα. Αυτό μπορεί να αποφευχθεί αν περαστεί με βαφή στα σημεία επαφής πλαστικού και σιδήρου μια λωρίδα του φύλλου πλαστικού με λευκό πλαστικό χρώμα.

Το **αλουμίνιο** άρχισε να χρησιμοποιείται μετά το 1950 από διάφορες βιομηχανίες στις κατασκευές των γυάλινων θερμοκηπίων. (Νικήτα-Μαρτζοπούλου, Χ., Μαρτζόπουλος Γ., Βασιλείου Ν., 1990)

Είναι μια επιλογή που προτιμάται γιατί είναι ελαφρύ, γερό και προσφέρει σταθερότητα και δεν σκουριάζει εύκολα. Είναι υλικό με μεγάλη αντοχή, δεν απαιτεί ιδιαίτερη συντήρηση και εύχρηστο. Το αλουμίνιο όμως οξειδώνεται στο έδαφος όταν έρχεται σε επαφή με το λίπασμα. Οξειδώνεται επίσης όταν τριφτούν μεταξύ τους δύο τεμάχια αλουμινίου, οπότε και δημιουργείται ένα μαύρο υποπροϊόν. Αυτό αποφεύγεται με λάδωμα με ειδικά προϊόντα σιλικόνης ή Teflon. Η συγκόλληση του αλουμινίου μειώνει την αντοχή του.

Άλλα υλικά που χρησιμοποιούνται στη κατασκευή των θερμοκηπίων είναι τα πλαστικά όπου δεν σκουριάζουν, δεν σαπίζουν, αλλά υποβαθμίζονται με το χρόνο. Σε μερικές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται και πλαστικά πλέγματα. (Γραφιαδέλης, 1987)



### 3.4 ΥΛΙΚΑ ΚΑΛΥΨΗΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ

#### ΓΕΝΙΚΑ:

Η ποσότητα και η ποιότητα του φωτός που περνάει στο χώρο των φυτών εξαρτάται από τις ιδιότητες του διαφανούς υλικού κάλυψης.

Τα υλικά κάλυψης των θερμοκηπίων είναι τα διάφανα υλικά που αγκαλιάζουν το σκελετό και που επιτρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία να εισέλθει στο θερμοκήπιο. Το φως, αφού πέσει πάνω στο υλικό κάλυψης, τρία πράγματα είναι δυνατόν να συμβούν:

- Ένα μέρος του μπορεί να ανακλαστεί πάνω στο υλικό
- Ένα μέρος του μπορεί να απορροφηθεί από το υλικό
- Ένα μέρος του να διέλθει μέσα από το υλικό.

Ως ποσοστό διέλευσης της ακτινοβολίας, ορίζεται ο λόγος της διερχόμενης προς την προσπίπτουσα στην επιφάνεια ακτινοβολία:

$$\text{Ποσοστό διέλευσης \%} = \frac{\text{διερχόμενος φωτισμός}}{\text{Προσπίπτων φωτισμός}} \chi 100$$

Ένα καλής ποιότητας υλικό θα πρέπει να επιτρέπει να διέρχεται μέσα από το υλικό όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ποσότητα από τον προσπίπτοντα σε αυτόν φωτισμό κι να ευνοεί τη διάχυση του φωτισμού στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, ώστε να υπάρχει ομοιογένεια φωτισμού σε όλο τον χώρο και να επιτρέπει να διέρχονται όλα τα μήκη κύματος τα οποία ευνοούν την ανάπτυξη των φυτών. (Μαυρογιανόπουλος, 2005)

Όταν επιλέγουμε πιο υλικό κάλυψης θα χρησιμοποιήσουμε στο θερμοκήπιο θα πρέπει να λάβουμε υπόψη τη διάρκεια ζωής του υλικού που επιλέγουμε, την αντοχή του υλικού, το κόστος, πόσο διαπερατό είναι στο φως, το βάρος, τη θερμική αγωγιμότητα και τέλος της φροντίδες συντήρησης και το πόσο εύφλεκτο είναι. (6)

Ειδικότερα:

**ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ:** Υλικά με μικρή διάρκεια ζωής σημαίνει ότι πρέπει να αντικαθίστανται συχνά. Ως εκ τούτου, ενώ ένα υλικό μπορεί να έχει χαμηλό αρχικό κόστος, μετά από αρκετές αντικαταστάσεις γίνεται λιγότερο οικονομικά ελκυστικό από ένα υλικό με μεγαλύτερο αρχικό κόστος αλλά με μεγάλη διάρκεια ζωής.

**ΑΝΤΟΧΗ:** Όσο μεγαλύτερη είναι η αντοχή του υλικού τόσο δύσκολο σπάζει η καταστρέφεται από φυσικά φαινόμενα όπως δυνατή βροχή ή χαλάζι ή δυνατό άνεμο κ.α.

**ΚΟΣΤΟΣ:** Το κόστος ενός υλικού περιλαμβάνει το αρχικό κόστος του υλικού, το κόστος των υλικών στήριξης του υλικού και το κόστος εγκατάστασης του. Επίσης, για τον υπολογισμό του τελικού κόστους ενός υλικού ασκούν και άλλες παράμετροι όπως η διάρκεια ζωής και η θερμική αγωγιμότητα. Αυτό σημαίνει ότι ένα υλικό κάλυψης με μεγάλο αρχικό κόστος αλλά με μεγάλη διάρκεια ζωής ή χαμηλή θερμική αγωγιμότητα ίσως είναι πιο οικονομική επιλογή από ένα άλλο με χαμηλό αρχικό κόστος αλλά μικρή διάρκεια ζωής ή μεγάλη θερμική αγωγιμότητα.

**ΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ ΣΤΟ ΦΩΣ:** Όσο υψηλότερη είναι η διαπερατότητα στο φως, τόσο περισσότερο φως μπαίνει στο θερμοκήπιο. Για τα Βόρεια κλίματα, όπου το φως αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για τη θερμοκηπιακή παραγωγή, η μεγιστοποίηση του φυσικού φωτισμού που μπαίνει στο θερμοκήπιο είναι επιθυμητή. Αντίθετα, το καλοκαίρι στις νότιες και στις περιοχές γύρω από τον Ισημερινό, επειδή η ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται στο θερμοκήπιο ίσως είναι πάνω από τα άριστα επίπεδα. Σε αυτές τις περιπτώσεις, ίσως είναι απαραίτητη μείωση της εισερχόμενης ακτινοβολίας για κάποιες ώρες της ημέρας και αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση σκιάστρων και κουρτινών.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η διαπερατότητα στο φως ενός υλικού κάλυψης δεν είναι συνεχώς η ίδια. Με τον καιρό, το υλικό αλλοιώνεται και μειώνεται η διαπερατότητά του στο φως, εξαιτίας γρατσουνιών και κιτρινίσματος από την έκθεση στη UV ακτινοβολία.

**ΒΑΡΟΣ:** Όσο πιο βαρύ είναι το υλικό κάλυψης, τόσο πιο μεγάλο είναι το 'νεκρό' φορτίο της κατασκευής. Αυτό σημαίνει ότι απαιτεί περισσότερες δοκούς υποστήριξης, οπότε και αυξάνεται αυτόματα το κόστος ενώ παράλληλα μπορεί να μειωθεί η ποσότητα του φυσικού φωτός που εισέρχεται στο θερμοκήπιο εξαιτίας της αύξησης των φυσικών εμποδίων από τη δομή των στηριγμάτων.

**ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ:** Η θερμική αγωγιμότητα εκφράζει τον ρυθμό με τον οποίο η θερμική ενέργεια κινείται μέσω του υλικού κάλυψης και εκφράζεται σε μονάδες Btu. Γενικά, είναι επιθυμητή η χαμηλή θερμική αγωγιμότητα γιατί καθώς μειώνεται η απώλεια θέρμανσης και ελαχιστοποιούνται οι δαπάνες θέρμανσης

**ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΥΦΛΕΚΤΟΤΗΤΑ:** Όσο πιο λίγες είναι οι φροντίδες συντήρησης τόσο μικρότερο είναι το κόστος και οι δαπάνες. Επίσης, λιγότερο εύφλεκτο είναι το υλικό τόσο περισσότερη ασφάλεια προσφέρει και τόσο λιγότερες είναι οι φθορές από την αύξηση της θερμοκρασίας.

Άλλες ιδιότητες στις οποίες πρέπει να βασίζεται η επιλογή των διαφόρων υλικών κάλυψης είναι:

- Περαιτότητα μεγάλου μήκους ακτινοβολία
- Μέγεθος της διαφανούς επιφάνειας που μπορεί να κατασκευαστεί (επηρεάζει τη στεγανότητα του θερμοκηπίου)
- Αντίσταση στο σκίσιμο
- Ευαισθησία στη συγκράτηση σκόνης (επηρεάζει τη περατότητα στο φως του υλικού).
- Τρόπος συμπύκνωσης της υγρασίας (σε σταγόνες ή σε μεμβράνη).
- Περαιτότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία (U.V. μέχρι τα 400 nm)
- Ευαισθησία στις διάφορες χημικές ουσίες. (6)

#### **Οπτικές ιδιότητες υλικών κάλυψης:**

Κατά την επιλογή των υλικών κάλυψης ιδιαίτερη έμφαση σε αυτά που παρουσιάζουν μεγάλη διαπερατότητα στο φυσικό φως και μικρή διαπερατότητα στη θερμική ακτινοβολία του εδάφους. Το φως που προσπίπτει πάνω σε ένα υλικό κάλυψης, ένα μέρος ανακλάται, ένα μέρος απορροφάται και το υπόλοιπο διαπερνά και μπαίνει στο θερμοκήπιο. Το ποσοστό του φωτός που εισέρχεται στο θερμοκήπιο, εξαρτάται από το είδος, το χρώμα, το πάχος και την καθαριότητα του υλικού κάλυψης, από τη γωνία πρόσπτωσης και από τα αδιαφανή μέρη του σκελετού. (Γραφιαδέλης, 1987)

Τα πιο συνηθισμένα υλικά κάλυψης είναι:

#### **A) ΓΥΑΛΙ**

#### **B) ΑΚΑΜΠΤΑ ΠΛΑΣΤΙΚΑ**

#### **Γ) ΜΑΛΑΚΑ ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΦΙΛΜ**

## 3.5 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ

### 3.5.1 ΓΥΑΛΙ:

Συνηθισμένες ιδιότητες του γυαλιού:

- Το τυπικό γυαλί είναι σκληρό και εύθραυστο.
- Είναι συνήθως διαφανές με υψηλή περατότητα στο φως. Με ειδική διαμόρφωση μπορεί να επιτρέπει τη περατότητα του φωτός και να το διαχέει στο χώρο. (Επίσης μπορεί να παραχθεί χρωματισμένο ή θολό).
- Δεν μεταβάλλει τις οπτικές ιδιότητές του με την πάροδο του χρόνου.
- Έχει υψηλή διάρκεια ζωής και ανθεκτικότητα στις χημικές επιδράσεις.
- Είναι ανακυκλώσιμο υλικό. (Μαυρογιανόπουλος, 2005)

Το κοινό γυαλί έχει πολύ καλή διαπερατότητα στην ορατή ακτινοβολία, στην κοντινή υπέρυθη, ενώ απορροφά ένα μεγάλο ποσοστό της υπεριώδους και σχεδόν όλη τη μεγάλου μήκους ακτινοβολία. Ο βαθμός που ένα μήκος κύματος της ηλιακής ακτινοβολίας περνά, ανακλάται ή απορροφάται από ένα υαλοπίνακα εξαρτάται από τις ιδιότητες του υλικού(χημική σύνθεση, δείκτης διάθλασης και πάχος).

Η χημική σύνθεση ενός καθαρού υαλοπίνακα είναι πυρίτιο (73%), οξείδιο του ασβεστίου (9%), ανθρακικό νάτριο (9%) και μαγνήσιο (4%). (Hashimoto Y., Bot G.P.A., Day W., Tantau H.-J., Nonami H., 1993)

Η ποσότητα και το είδος των ακαθαρσιών που υπάρχουν στο γυαλί επηρεάζουν την απορρόφηση της ακτινοβολίας ενώ το πάχος του γυαλιού επηρεάζει την ποσότητα των ακαθαρσιών που υπάρχουν στο γυαλί. (Μαυρογιανόπουλος, 2005)

Το γυαλί έχει την υψηλότερη διαπερατότητα σε σχέση με άλλα υλικά, έχει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής περίπου 30 και πλέον έτη και είναι ακριβότερο σε σχέση με άλλα υλικά.

Το γυαλί μπορεί να είναι διαφανές, με τις δύο επιφάνειες λείες και επίπεδες, ή διαφώτιστο με τη μία επιφάνεια κυματοειδή ή φολιδωτή, ώστε να διευκολύνει τη διάχυση του φωτός. (Μαυρογιανόπουλος, 2005)

Υπάρχουν διαφορετικοί τύποι γυαλιού και διαφορετικού πάχους υαλοπίνακες μεγέθη. Ο κοινός υαλοπίνακας έχει ελάχιστο πάχος 4mm, ενώ οι υαλοπίνακες τύπου Μερτελέ (κυματοειδής η κάτω επιφάνεια) έχει ελάχιστο μέσο πάχος τα 5mm. (Hashimoto Y., Bot G.P.A., Day W., Tantau H.-J., Nonami H., 1993)

Το μέγιστο μέγεθος του υαλοπίνακα που χρησιμοποιείται για την οροφή είναι 1,00 x 1,65 m και σε μερικές περιπτώσεις 1,20 x 2,00 m.

Σε ένα υαλόφρακτο θερμοκήπιο, το μεγαλύτερο ποσοστό φωτεινής ακτινοβολίας, σε σχέση με άλλα υλικά κάλυψης, που αφήνει ο υαλοπίνακας να διέλθει δεν σημαίνει απαραίτητα και μεγαλύτερη φωτεινότητα. Αυτό το ασυμβίβαστο έγκειται στο γεγονός ότι το υαλόφρακτο θερμοκήπιο απαιτεί μεγαλύτερη υποστήριξη στο σκελετό εξαιτίας του μεγάλου βάρους και του μικρού μεγέθους των υαλοπινάκων με αποτέλεσμα να παρουσιάζεται μεγαλύτερο ποσοστό σκίασης. (Μαυρογιανόπουλος, 2005)

Το θερμικά επεξεργασμένο γυαλί προτιμάται γιατί έχει μεγαλύτερη αντοχή και αυτό σημαίνει ότι απαιτεί λιγότερες δοκούς υποστήριξης ή άλλα στηρίγματα, ενώ παράλληλα παρέχει μεγαλύτερη ασφάλεια στους εργάτες του θερμοκηπίου που βρίσκονται από κάτω, σε περίπτωση θραύσης.

Το γυαλί, ως υλικό κάλυψης των θερμοκηπίων, μπορεί να χρησιμοποιείται ως γυαλί απλής στρώσης ή διπλής στρώσης. (6)

Το γυαλί για να είναι κατάλληλο για την κάλυψη θερμοκηπίων πρέπει να έχει πάχος τουλάχιστον 3 mm, να είναι απαλλαγμένο από πέτρες και φυσαλίδες, επειδή οι πέτρες

δημιουργούν σπασίματα ενώ οι φυσαλίδες αέρα συγκεντρώνουν την ηλιακή ακτινοβολία, όπως οι φακοί, και προκαλούν εγκαύματα στα φυτά.. Το καλής ποιότητας γυαλί έχει ομοιόμορφο πάχος. (Γραφιαδέλης, 1987)

Συνήθως, το γυαλί απλής στρώσης έχει διαπερατότητα στο φως 88% έως 94% ενώ όταν χρησιμοποιείται γυαλί διπλής στρώση η διαπερατότητα του στο φως είναι γύρω στο 77%. (6)

Ο διπλός υαλοπίνακας με κενό χώρο μεταξύ των δύο επιφανειών ή γεμάτος με CO<sub>2</sub> μειώνει το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και σε συνδυασμό με το σκελετό του θερμοκηπίου ο οποίος συμμετέχει και αυτός στη περατότητα του θερμοκηπίου, ο συντελεστής μειώνεται κατά 40% περίπου.

Το γυαλί είναι αδιαπέραστο στα αέρια και στους υδρατμούς. Τα προβλήματα στεγανότητας που ενδέχεται να εμφανιστούν στα υαλόφρακτα θερμοκήπια, προέρχονται από την κακή επαφή που παρουσιάζεται σταδιακά στα σημεία στήριξης του υαλοπίνακα με το σκελετό και από το σπάσιμο των υαλοπινάκων από χαλάζι ή από απροσεξία λόγω του εύθραυστου που χαρακτηρίζει το γυαλί. (Μαυρογιανόπουλος, 2005)

Στα γυάλινα θερμοκήπια ο αέρας ανανεώνεται πιο γρήγορα εξαιτίας των κενών που υπάρχουν ανάμεσα στα πάνελ του γυαλιού. Και αυτός είναι ένας λόγος που τα γυάλινα θερμοκήπια έχουν και υψηλότερη θερμική αγωγιμότητα σε σχέση με άλλα υλικά κάλυψης. Θερμική αγωγιμότητα γυαλιού 1.1-1.3. (6) Τα περισσότερα γυάλινα θερμοκήπια που έχουν μια επίστρωση γυαλιού έχουν σχετικά υψηλό συντελεστή θερμικής απώλειας. (5)

Επίσης, εξαιτίας των κενών ανάμεσα στα πάνελ που έχουν σαν αποτέλεσμα τον αυξημένο ρυθμό ανανέωσης του αέρα, τα γυάλινα θερμοκήπια έχουν συνήθως πιο χαμηλά επίπεδα σχετικής υγρασίας από θερμοκήπια με άλλο υλικό κάλυψης. (6)

Έρευνες έδειξαν ότι με τη πάροδο του χρόνου, στο γυαλί δεν αλλάζουν οι οπτικές ιδιότητες, κάθε μείωση της διαπερατότητας του φωτός αποδίδεται σε αποθέσεις σκόνης, υγρασίας, και algae. Επίσης από πειράματα διαπιστώθηκε ότι με τη πάροδο του χρόνου το γυαλί γίνεται εύθραυστο. Το γυαλί μπορεί να υποστεί ζημιά από χαλάζι, σεισμούς, ιδίως στα σημεία όπου δεν υπάρχει δυνατότητα διαστολής της πισομαστίχας που το συγκρατεί.



Θερμοκήπιο με υλικό κάλυψης το γυαλί. (12)

**Άλλοι τύποι υαλοπινάκων** είναι ο κοινός υαλοπίνακας με μεταλλικό οξειδίο από την εξωτερική πλευρά (Hoti plus) ο οποίος έχει μειωμένη εκπομπή στη θερμική ακτινοβολία και επομένως γίνεται εξοικονόμηση ενέργειας τις κρύες νύχτες. Ωστόσο μειονέκτημα αποτελεί η σχετικά μειωμένη περατότητα στην ηλιακή ακτινοβολία.

Υαλοπίνακας τύπου HiT-mm Solar glass, όπου περιέχει μικρή περιεκτικότητα σε σίδηρο και επιτρέπει τη είσοδο του 37% της υπεριώδους ακτινοβολίας b. Η εξωτερική του επιφάνεια που έχει αντί- ανακλαστική επικάλυψη και η εσωτερική του που είναι ανάγλυφη και βοηθά τη διάχυση του φωτός, το καθιστούν ως τον καταλληλότερο τύπο υαλοπίνακα για τα θερμοκήπια. Υπολογίζεται ότι οι ιδιότητες αυτές του υαλοπίνακα αυτού του τύπου προς δίδουν 10% μεγαλύτερη περατότητα στην ενεργό ακτινοβολία (PAR) συγκριτικά με ένα θερμοκήπιο καλυμμένο με κοινού τύπου υαλοπίνακα. Ωστόσο το κόστος του είναι περίπου διπλάσιο. (Μαυρογιανόπουλος, 2005)

Ένας άλλος τύπος γυαλιού είναι το hammered glass, όπου έχει μεγαλύτερη αντοχή από το κοινό γυαλί και διαχέει το φως, οπότε εμποδίζει τις σκιάσεις.

Άλλος τύπος γυαλιού φέρει κινητούς κρυστάλλους, οι οποίοι προσανατολίζονται ανάλογα με τη θερμοκρασία. Οι κρύσταλλοι παίρνουν θέση τέτοια ώστε να ανακλούν τη θερμική ακτινοβολία και να αποφεύγεται η υπερθέρμανση του θερμοκηπίου. (Γραφιαδέλης, 1987)

**Υαλοπίνακες με μεταβλητή περατότητα στο φως:** Οι υαλοπίνακες αυτοί έχουν την ιδιότητα να μειώνουν επιλεκτικά την ακτινοβολία που περνά μέσα από αυτούς. Αυτό επιτυγχάνεται είτε αυξάνοντας το ποσοστό της ανακλώμενης ακτινοβολίας είτε αυξάνοντας το ποσοστό της απορροφώμενης ακτινοβολίας. Αυτή η ιδιότητα τους είναι πολύ σημαντική καθώς μπορούν να μειώσουν την εισερχόμενη ακτινοβολία όταν η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι υψηλή και έτσι αποφεύγεται η υπερθέρμανση του θερμοκηπίου.

Τύποι υαλοπινάκων με μεταβλητή περατότητα στο φως:

**Φωτοχρωμικοί:** Οι υαλοπίνακες αυτοί περιέχουν στη μάζα τους ενώσεις, οι οποίες όταν δέχονται υψηλή απευθείας ηλιακή ακτινοβολία, γίνονται σκούροι. Με αυτούς τους πίνακες γίνεται ο έλεγχος της περατότητας του φωτός αυτόματα.

**Ηλεκτροχρωμικοί:** Σε αυτούς τους πίνακες συμβαίνει μια αναστρέψιμη αλλαγή των οπτικών ιδιοτήτων με την απελευθέρωση ιόντων. Σε αυτή τη περίπτωση γίνεται αλλαγή των οπτικών ιδιοτήτων με εφαρμογή κατάλληλης διαφοράς δυναμικού.

**Υαλοπίνακες με διάχυτα σωματίδια σε ρευστό μέσο (SPD):** Και σε αυτή τη περίπτωση εφαρμόζεται μια διάφορα δυναμικού. Όμως εδώ η διαφορά δυναμικού εφαρμόζεται σε δύο αγωγίμες επιφάνειες όπου στο εσωτερικό τους έχουν μια λεπτή ρευστή μεμβράνη. Με την εφαρμογή της διαφοράς δυναμικού δημιουργείται πόλωση των σωματιδίων στις αγωγίμες επιφάνειες και αυτό επιτρέπει τη διαβάθμιση της περατότητας του υλικού στην ηλιακή ακτινοβολία. (Μαυρογιανόπουλος, 2005)

### 3.5.2 ΠΛΑΣΤΙΚΑ:

Γενικές πληροφορίες:

Τα πλαστικά είναι συνθετικά πολυμερή και έχουν ως βάση τον άνθρακα, εκτός από τις σιλικόνες που για βάση τους έχουν το πυρίτιο. Μερικά πλαστικά είναι άμορφα και άλλα κρυσταλλικά. Τα πλαστικά που βρήκαν εφαρμογή στα θερμοκήπια έχουν μορφή εύκαμπτων φύλλων ή στερεών πλακών. (Γραφιαδέλης, 1987)

Στη σύνθεση των μορίων συμμετέχουν χιλιάδες άτομα.

Τα πλαστικά υλικά μπορούν να ταξινομηθούν σε:

- Θερμοπλαστικά υλικά, τα οποία όταν θερμανθούν αλλάζει το σχήμα τους και όταν κρυώσουν μπορεί να ανασχηματισθούν, χωρίς να χάσουν τις ιδιότητες τους. Σε αυτήν την ιδιότητα βασίζεται η θερμοσυγκόλληση. Σ' αυτή την κατηγορία ανήκουν τα πολυαιθυλένιο, PVC, PC, PMMA και ETFE.
- Θερμόσκληρα υλικά, τα οποία αλλάζουν χημικά κατά τη διάρκεια του σχηματισμού τους από τη ρευστή στη στερεή κατάσταση που τα καθιστά αμετάβλητα στο σχήμα. Σ' αυτή την κατηγορία ανήκουν ο Βακελίτης και ο ενισχυμένος πολυεστέρας.
- Ελαστομερή τα οποία διακρίνονται από την πολύ υψηλή ελαστικότητα που έχουν σε συνήθεις θερμοκρασίες.

#### Γενικές ιδιότητες πλαστικών:

- Είναι ανθεκτικά στην διάβρωση (ατμοσφαιρική και χημική).
- Έχουν αρκετά χαμηλή σχετική πυκνότητα.
- Τα περισσότερα παρουσιάζουν πολύ καλή αντοχή στην έλξη σε σχέση με το βάρος τους. Στα θερμοπλαστικά υλικά η αντοχή τους μειώνεται με την άνοδο της θερμοκρασίας.
- Τα περισσότερα μαλακώνουν σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες και ελάχιστα μπορούν να φανούν χρήσιμα σε θερμοκρασίες πάνω από 100 °C
- Πλήθος πλαστικών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη παραγωγή διάφανων επιφανειών ή φύλλων χωρίς κανένα χρωματισμό, ενώ πολλά μπορούν να χρωματισθούν. (Μαυρογιανόπουλος, 2005)



Πλαστικό θερμοκήπιο τύπου τροποποιημένου τοξωτού. (12)

### 3.5.2.1 ΑΚΑΜΠΤΑ ΣΚΛΗΡΑ ΠΛΑΣΤΙΚΑ:

Είναι επιφάνειες σκληρές, με μεγαλύτερο πάχος από τα πλαστικά φύλλα και λιγότερο εύκαμπτες (βλ. παρακάτω)

Τα άκαμπτα πλαστικά (π.χ. polycarbonate, ακρυλικά πλαστικά) είναι πιο φθηνά υλικά από το γυαλί, τουλάχιστον τα τελευταία 20 έτη. Συνήθως κατασκευάζονται σε φύλλα διπλών τοιχωμάτων. Ο χώρος ανάμεσα στα δύο φύλλα έχει αέρα και ενεργεί ως μόνωση. Η μετάδοση του φωτός μέσω των άκαμπτων πλαστικών αρκετά υψηλή αλλά με την πάροδο του χρόνου μειώνεται καθώς τα πλαστικά αλλοιώνονται και κιτρινίζουν εξαιτίας της UV ακτινοβολίας που υπάρχει στο ηλιακό φως.(5)

Τα μεγάλα φύλλα άκαμπτου πλαστικού είναι πιο ελαφριά από το γυαλί και αυτό σημαίνει ότι απαιτούν λιγότερες δοκούς υποστήριξης για να προσαρμοστούν στο σκελετό του θερμοκηπίου. Ωστόσο, τα άκαμπτα υλικά δεν προσαρμόζονται πολύ εύκολα σε κυρτές στέγες. (5)

Στο εμπόριο κυκλοφορούν επιφάνειες σκληρού πλαστικού πλάτους 1,25 m και μήκους έως και 8 m και είναι σχετικά εύκαμπτες κι μπορούν να καλύψουν τόσο θερμοκήπια με πολύ ελαφρύ σκελετό, όπου συνήθως καλύπτονται με ελαφρύτερα πλαστικά όπως το πολυαιθυλένιο όσο και θερμοκήπια με βαρύ σκελετό όπου προορίζονται να καλυφθούν με υαλοπίνακες. (Μαυρογιανόπουλος,2005)



Κάλυψη οροφής θερμοκηπίου με σκληρό πλαστικό

### ΤΥΠΟΙ ΣΚΛΗΡΩΝ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ

*Πολυανθρακικές επιφάνειες ή polycarbonate (PC):* Είναι θερμοπλαστικοί πολυεστέρες, οι οποίοι έχουν υψηλή αντοχή στα χτυπήματα και στις υψηλές θερμοκρασίες. Η αντοχή στο χαλάζι είναι μεγαλύτερη από αυτή των ακρυλικών υλικών και είναι σχετικά λιγότερο εύφλεκτο.

Στις επιφάνειες με διπλό τοίχωμα το κόστος είναι αρκετά πιο υψηλό. Ενώ στις διπλές επιφάνειες παρατηρείται συχνά το φαινόμενο μεταξύ των δύο τοιχωμάτων να συμπυκνώνονται η υγρασία με αποτέλεσμα να μειώνεται η περατότητα στο φως. Γενικά όλες σε επιφάνειες με τη πάροδο του χρόνου, μειώνεται η περατότητα τους στο φως, με μεγαλύτερο ρυθμό αρχικά και μικρότερο αργότερα. Για να μειωθεί ο ρυθμός υποβάθμισης του υλικού ως προς την περατότητα, οι επιφάνειες μπορούν να βαφτούν με ακρυλικό διαφανές υλικό. Οι επιφάνειες κάλυψης θερμοκηπίων είναι

διαθέσιμες στην αγορά με τις εμπορικές ονομασίες Thermoclear, Lexan, Qualex, Polygar, Makrolon, Akyver κ.α.

*Ακρυλικές επιφάνειες:* Είναι πολυμερή που προέρχονται από τους εστέρες και στο μόριο τους περιέχουν τη βινυλομάδα ενωμένη με τον άνθρακα της καρβονυλιμάδας.

Το πιο γνωστό ακρυλικό είναι το poly(methyl methacrylate) ή αλλιώς PMMA. Είναι διάφανο σα το γυαλί, σκληρό και με μεγάλη αντοχή αλλά με σχετικά υψηλό κόστος. Έχει καλό συντελεστή περατότητας στο φως και μεγάλη διάρκεια ζωής. Πειράματα έδειξαν ότι μετά τη πάροδο 15 ετών η πτώση της περατότητας στο φως είναι μόλις 2%. Στο εμπόριο φέρεται σε επιφάνειες λείες ή αυλακωτές σε πάχος 2-4 mm. Έχει μεγαλύτερη αντοχή από το γυαλί, δεν μεταβάλλει τα χαρακτηριστικά του σε ευρεία κλίμακα θερμοκρασιών από -70 έως 80 °C. Σε σχέση με το γυαλί έχουν μικρότερο συντελεστή θερμοαγωγιμότητας. Τα ακρυλικά δεν προσβάλλονται εύκολά από αραιά διαλύματα οξέων και αρκετά συμπυκνωμένων βάσεων, ενώ προσβάλλονται από διαλύματα πυκνών οξέων και είναι διαλυτά σε οργανικούς διαλύτες. Στην αγορά κυκλοφορούν ακρυλικά που είναι περατά στην υπεριώδη ακτινοβολία UVa και UVb ενώ άλλα μόνο στη UVa.

Οι ακρυλικές επιφάνειες με διπλά τοιχώματα συνολικού πάχους 16mm παρουσιάζουν μια μείωση στη περατότητα της διάχυτης ακτινοβολίας κατά 8-10% σε σχέση με την απλή επιφάνεια. Επίσης παρουσιάζουν μείωση στην απώλεια ενέργειας δηλαδή η ακρυλικές επιφάνειες διπλών τοιχωμάτων προσφέρουν εξοικονόμηση ενέργειας που είναι ανάλογη του πάχους της επιφάνειας. Είναι υλικό με καλές οπτικές ιδιότητες και καλή θερμομόνωση αλλά υψηλό κόστος.

Το PMMA κυκλοφορεί στην αγορά με τα εμπορικά ονόματα Plexiglass, Perspex, Verdil, Altop και Mouch. (Μαυρογιανόπουλος, 2005)

*Ενισχυμένος πολυεστέρας:* Οι πιο συνηθισμένες ενισχυμένες πολυεστερικές επιφάνειες είναι γνωστές με το όνομα Plexiglass και προέρχονται από θερμόσκληρες πολυεστερικές ρητίνες. Οι ενισχυμένες πολυεστερικές επιφάνειες που χρησιμοποιούνται για κάλυψη θερμοκηπίων, προέρχονται από πολυεστέρα στον οποίο έχουν προστεθεί 20-34% ίνες γυαλιού. Είναι ελαφρότερο υλικό από τον υαλοπίνακα και είναι πιο ανθεκτικό. Για μεγαλύτερη αντοχή και αποφυγή κυρτώσεων χρησιμοποιούνται, στη κάλυψη της οροφής του θερμοκηπίου, αυλακωτές επιφάνειες ενισχυμένου πολυεστέρα και στα πλαϊνά χρησιμοποιούνται επίπεδες επιφάνειες. Ενώ ο ενισχυμένος πολυεστέρας είναι ανθεκτικός στις αντίξοες καιρικές συνθήκες, όμως με τη πάροδο του χρόνου παθαίνει διάβρωση στην εξωτερική του επιφάνεια, από τα σωματίδια της άμμου που πέφτουν πάνω παρασυρόμενα από τον αέρα, και επίσης από τη χημική μόλυνση. Για να αποφευχθεί αυτό, γίνεται συντήρηση με ακρυλική βαφή κάθε δύο με τρία χρόνια. Βελτιωμένος τύπος ενισχυμένος πολυεστέρας είναι αυτός που έχει καλυμμένη την εξωτερική του επιφάνεια με φύλλο πολυβινυλοφθοριδίου (PVF).

Γενικά, η περατότητα του ενισχυμένου πολυεστέρα είναι μικρότερη αυτής του υαλοπίνακα και κυμαίνεται περίπου στο 78%. Η διάρκεια ζωής του ενισχυμένου πολυεστέρα, αν αυτός έχει προστατευτικό στις υπεριώδεις ακτίνες, μπορεί να φτάσει και τα 10 έτη με ελάχιστη αλλαγή στη περατότητα του φωτός και στα 25 έτη με αλλαγή στη μηχανικά αντοχή. Επίσης ο ενισχυμένος πολυεστέρας έχει πολύ μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητα με αποτέλεσμα να έχει μικρή κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με άλλα υλικά κάλυψης.

Επειδή στην επιφάνεια του ενισχυμένου συγκεντρώνονται μεγάλες σταγόνες νερού, οι οποίες μπορούν να μειώσουν τη περατότητα στο φως, μπορεί να αντιμετωπιστεί



ψεκάζοντας την επιφάνεια με απορρυπαντικό ή με ειδικό διάλυμα που μειώνει την επιφανειακή τάση του νερού. Στην αγορά κυκλοφορούν τέτοια διαλύματα με τα εμπορικά ονόματα Sun clear και ReduCondens.

*Σκληρό πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC):* Το πολυβινυλοχλωρίδιο είναι υλικό με αρκετά χαμηλό κόστος, που όμως έχει πολύ μικρή διάρκεια ζωής. Το PVC αποδομείται σχετικά γρήγορα από την υπεριώδη ακτινοβολία, με αποτέλεσμα να σκουραίνει και γίνεται εύθραυστο. Επειδή η διάρκεια ζωής του PVC εξαρτάται από τον τρόπο κατασκευής και τη σύνθεσή του, υπάρχουν τύποι PVC που η διάρκεια ζωής τους μπορεί να φτάσει και τα 7 έτη. (Μαυρογιανόπουλος, 2005)



Κάλυψη θερμοκηπίου τύπου τροποποιημένου τοξωτού με πολυαιθυλένιο. Στο πλάι διακρίνονται και οι υδρορροές.

Πίνακας 1: Θερμομόνωση υαλοπίνακα και σκληρών πλαστικών διπλής επιφάνειας.

ΥΛΙΚΟ	ΠΑΧΟΣ (mm)	ΘΕΡΜΟΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (W/m <sup>2</sup> °C)
ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑΣ	4	5,8
PMMA	16	2,7
PMMA	32	1,9
PC (Qualex)	4-10	3,0-3,9
PVC	3	2,5

### 3.5.2.2 ΜΑΛΑΚΑ ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΦΥΛΛΑ:

Τα εύκαμπτα μαλακά πλαστικά φύλλα πλεονεκτούν σε σχέση με τα άλλα υλικά κάλυψης λόγω του μικρού βάρους τους, της ευκολίας προσαρμογής στα διάφορα σχήματα σκελετών θερμοκηπίων, της δυνατότητας να προσαρμόζονται σε σκελετούς πολύ ελαφριούς και τέλος λόγω της προσιτής, εκτός εξαιρέσεων, τιμής τους. Η διάρκεια ζωής των περισσότερων πλαστικών μαλακών φύλλων είναι σχετικά μικρή, εκτός εξαιρέσεων, και γι' αυτό το κάλυμμα πρέπει να αντικατασταθεί αρκετές φορές κατά τη διάρκεια της θερμοκηπιακής παραγωγής. (Μαυρογιανόπουλος, 2005)

#### ΤΥΠΟΙ ΜΑΛΑΚΩΝ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ

*Πολυαιθυλένιο (PE)*: Ανακαλύφθηκε το 1933 από τους βρετανούς χημικούς Faucett και Bibson, αλλά μόνο το 1938 διαμορφώθηκε σε μορφή φύλλου.

Παράγεται από το αέριο αιθυλένιο με πολυμερισμό, έχει ειδικό βάρος 0,92 και παρασκευάζεται από αργό πετρέλαιο ύστερα από πολυμερισμό, με πίεση του αερίου αιθυλενίου σύμφωνα με την εξίσωση:



Είναι το φθηνότερο υλικό κάλυψης, αλλά η διάρκεια ζωής του είναι σχετικά μικρή (3 έως 4 έτη). Έχει άριστη αντοχή στη διάβρωση από τα περισσότερα χημικά διαβρωτικά. Είναι εύκαμπτο και ισχυρό παράλληλα, έχει μεγάλη ηλεκτρικά αντίσταση και είναι πολύ ελαφρύ. (Γραφιαδέλης, 1987)

Γενικά το πολυαιθυλένιο είναι αδιαπέραστο σε νερό και υδρατμούς, είναι σχετικά περατό σε αέρια και ιδιαίτερα σε CO<sub>2</sub> και O<sub>2</sub>. Επίσης, έχει καλή μηχανική αντοχή, έχει καλή περατότητα στο φως, έχει υδρόφοβη επιφάνεια με αποτέλεσμα τη συμπύκνωση των υδρατμών πάνω σε αυτό με ότι αυτό συνεπάγεται (μείωση περατότητας του φωτός, στάξιμο των σταγόνων νερού πάνω στα φυτά με αποτέλεσμα τη πιθανότητα ανάπτυξης μυκητολογικών ασθενειών. Είναι περατό σχεδόν σε όλα τα μήκη κύματος θερμικής ακτινοβολίας που σημαίνει γρήγορη ψύξη του θερμοκηπίου τη νύχτα και τέλος έχει μικρή διάρκεια ωφέλιμης χρήσης γιατί η ακτινοβολία και η υψηλή θερμοκρασία το καταστρέφουν. (Μαυρογιανόπουλος, 2005)

Πλαστικά φιλμ, συνήθως 4-6mm πάχους, τοποθετούνται σε διπλά στρώματα και με έναν μικρό ανεμιστήρα, αέρας εμφουσείται ανάμεσα στα στρώματα. Αυτό παρέχει κάποια αντοχή στην εξωτερική επιφάνεια του θερμοκηπίου, ενώ παράλληλα ο αέρας προσφέρει ένα είδος μόνωσης μειώνοντας σημαντικά την απώλεια θερμότητας



α

Ανεμιστηράκι που χρησιμεύει στην παροχή αέρος ανάμεσα στα στρώματα του πλαστικού.

Το φύλλο πολυαιθυλενίου διαμορφώνεται με τη μέθοδο της συνεξώθησης που σημαίνει ότι το πλαστικό φύλλο αποτελείται από δύο ή τρία επίπεδα ενωμένα. Αυτό παρέχει μεγαλύτερη ομοιομορφία στο πάχος του φύλλου, αυξάνει την αντοχή, και επειδή υπάρχει η δυνατότητα το κάθε επίπεδο να έχει διαφορετικό μίγμα πολυαιθυλενίου δυνατότητες που προσφέρει αυτή η μίξη να είναι το συνολικό αποτέλεσμα του συνδυασμού. (Μαυρογιανόπουλος, 2005)

Ο αέρας που εμφυσείται ανάμεσα στα δύο φύλλα καλό θα είναι να προέρχεται από το εξωτερικό περιβάλλον του θερμοκηπίου, γιατί έτσι μειώνεται σημαντικά η πιθανότητα συμπύκνωσης των υδρατμών στην εσωτερική επιφάνεια, προς το θερμοκήπιο, φιλμ πολυαιθυλενίου.

Το δυσμενές, για την θερμοκηπιακή καλλιέργεια, φαινόμενο της συμπύκνωσης των υδρατμών, μπορεί να αντιμετωπιστεί χρησιμοποιώντας ειδικές προσθετικές ουσίες που εμποδίζουν τη συγκέντρωση του νερού σε σταγόνα και επομένως το στάξιμο του νερού πάνω στα φυτά που βρίσκονται υπό κάλυψη.

Άλλα φιλμ, έχουν ειδικά επεξεργασμένη επιφάνεια, η οποία εμποδίζει τις συμπληκνωθήσες σταγόνες νερού να συγκεντρωθούν και να στάξουν επάνω στα φυτά που βρίσκονται από κάτω. Αντίθετα, το συμπυκνωμένο νερό τρέχει κατά μήκος του πλαστικού και από εκεί στο έδαφος. (5)

Η εσωτερική επιφάνεια του φύλλου είναι υδρόφιλη, ώστε να μη συμπυκνώνονται οι υδρατμοί υπό μορφή σταγόνας, αλλά υπό μορφή μεμβράνης και το νερό ρέει προς τη περιφέρεια και δεν στάζει πάνω στα φυτά.

Το πολυαιθυλένιο παρουσιάζει μια μεταβολή στις διαστάσεις του με τη μεταβολή της θερμοκρασίας και γι' αυτό η τοποθέτησή του γίνεται σε μέση θερμοκρασία των 25 °C, ώστε να μην δημιουργούνται σκισίματα στα σημεία στήριξης το χειμώνα ή σακουλιάσματα το καλοκαίρι. (Μαυρογιανόπουλος, 2005)

Ο Kareven αναφέρει ότι το πολυαιθυλένιο αντέχει σε θερμοκρασίες από -60 έως 60 °C και λιώνει στους 115 °C. (Γραφιαδέλης, 1987)

Από χωρομετρήσεις βρέθηκε ότι η διαπερατότητα του καθαρού φύλλου στην υπεριώδη ακτινοβολία είναι 80%, στην ορατή 86% και στη θερμική 88%. Το πολυαιθυλένιο είναι πολύ διαπερατό στη θερμική ακτινοβολία του εδάφους, επιτρέπει το 77%, με συνέπεια όταν ο ουρανός είναι ακάλυπτος από σύννεφα, η θερμοκρασία αέρα μέσα στο θερμοκήπιο πέφτει κάτω από τη θερμοκρασία αέρα του

περιβάλλοντος. Το καλοκαίρι θερμοκήπια καλυμμένα με πολυαιθυλένιο είναι λιγότερο θερμά από τα γυάλινα θερμοκήπια, επειδή έχουν μεγαλύτερες απώλειες στη θερμότητα με ακτινοβολία.

Συνοψίζοντας: Τα κυριότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του πολυαιθυλενίου είναι:

*Πλεονεκτήματα:* Είναι ελαφρύ, έχει χαμηλό κόστος σε σχέση με άλλα υλικά κάλυψης, αντέχει σε υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες.

*Μειονεκτήματα:* Έχει μικρή διάρκεια ζωής, επιτρέπει την έξοδο της θερμικής ακτινοβολίας από το θερμοκήπιο και διευκολύνει τη δημιουργία σταγόνων πάνω στο πλαστικό και σκουραίνει το χρώμα του με τη πάροδο του χρόνου.

Η παλαιώση του πολυαιθυλενίου είναι φωτοοξειδωτικό φαινόμενο, που οδηγεί στον αποχρωματισμό του φύλλου του πολυαιθυλενίου και στη μείωση της μηχανικής αντοχής. Το απλό πολυαιθυλένιο μπορεί να ενισχυθεί, αν κατά τη διαμόρφωση του φύλλου προστεθούν αντιοξειδωτικά και σταθεροποιητές, όπως βενζοτριάζολες, ακρυλονιτρίδια κ.α. Τα υλικά αυτά δίνουν μια ελαφριά απόχρωση στο πλαστικό και αυξάνουν σημαντικά τη διάρκεια ζωής του, χωρίς να μεταβάλλουν σοβαρά τις οπτικές ιδιότητες. Υπολογίζεται ότι μείωση διαπερατότητας από τους σταθεροποιητές κυμαίνεται γύρω στο 1,5 – 5%. (Γραφιαδέλης, 1987)

Άλλοι τύποι PE, είναι το θερμοφίλο πολυαιθυλένιο (PE-IR), που είναι φύλλο πολυαιθυλενίου με προσμίξεις διαφόρων ενώσεων που απορροφούν ακτινοβολία μήκους κύματος πάνω από 3000nm. Αυτός ο τύπος PE μειώνει τη περατότητα στη μεγάλη ακτινοβολία και επομένως συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας. Τα IR φιλμ είναι φιλμ πλαστικού που περιέχουν στο υλικό τους μια προσθετική ουσία, η οποία βοηθά στη μείωση το απωλειών θερμότητας από το θερμοκήπιο, όταν επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες στο εξωτερικό περιβάλλον του θερμοκηπίου. (5)

Τα τελευταία χρόνια, έχουν γίνει πολλές βελτιώσεις στα φύλλα πολυαιθυλενίου και κατασκευάστηκαν τύποι με ενδιαφέρουσες ιδιότητες:

α) Πολυαιθυλένιο μεγάλης διάρκειας ζωής. (Διάρκεια ζωής περίπου 2 έτη, απόχρωση κίτρινη και απορροφά 1,5 % του ηλιακού φωτός)

β) Πολυαιθυλένιο αδιαπέραστο στη θερμική ακτινοβολία. (Απορροφά το 88 % της θερμικής ακτινοβολίας του εδάφους έναντι των συνηθισμένων φύλλων πολυαιθυλενίου που απορροφούν λιγότερο από 30 % της ίδια ακτινοβολίας).

γ) Πολυαιθυλένιο που εμποδίζει την απόθεση σταγόνων (PE anti-buee).

δ) Φωτοεκλεκτικά πολυαιθυλένια (πλαστικά με διάφορες αποχρώσεις, που απορροφούν μέρος του ηλιακού φωτός).

ε) Μαύρο πολυαιθυλένιο (έχει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από το απλό πολυαιθυλένιο).

στ) Πολυαιθυλένιο ενισχυμένο με συνθετικές ίνες. (Έχει μεγαλύτερη αντοχή από τα άλλα είδη του πολυαιθυλενίου αλλά έχει και υψηλότερο κόστος).

ζ) Πολυαιθυλένιο χρώματος γκρι. (Έχει ενδιαμέσες ιδιότητες, ανάμεσα στο μαύρο και στο διαφανές πολυαιθυλένιο και συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των δύο αυτών ειδών). (Γραφιαδέλης, 1987)

*EVA:* Είναι πολυμερές του αιθυλενίου και του οξεικού βινυλίου. Η αναλογία οξεικού βινυλίου μπορεί να ποικίλει και γι' αυτό το EVA μπορεί να έχει διάφορες διαβαθμίσεις ιδιοτήτων. Το ενισχυμένο EVA σε σχέση με το απλό φύλλο πολυαιθυλενίου έχει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής (έως και τα 5 έτη) και έχει μικρότερη περατότητα στη μεγάλη ακτινοβολία (επομένως λιγότερες απώλειες ενέργειας σε σχέση με το αιθυλένιο). Η τιμή του ωστόσο είναι κατά 12-40% μεγαλύτερη από αυτή του πολυαιθυλενίου. (Μαυρογιανόπουλος, 2005)

Η διάρκεια ζωής του απλού φύλλου EVA είναι μια καλλιεργητική περίοδος και του ενισχυμένου φύλλου EVA πλησιάζει τα 2 -3 έτη. Από πειράματα, βρέθηκε ότι εκτός του ότι μειώνει κατά 15 -20 % τη διαπερατότητα του φωτός, παθαίνει εύκολα ζημιές από ποντίκια και πουλιά. (Γραφιαδέλης, 1987)

*Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC):* Παράγεται από το βινυλοχλωρίδιο με πολυμερισμό. Το PVC που χρησιμοποιείται για την κάλυψη θερμοκηπίων, σε θερμοκρασίες άνω των 60 °C αλλοιώνεται και σε θερμοκρασίες κάτω από -20 °C γίνεται εύθραυστο. Επίσης με την ενσωμάτωση πρόσθετων το PVC αποκτά μεγαλύτερη αντοχή στην υπερϊώδη ακτινοβολία. Το PVC όταν είναι καινούριο έχει καλή περατότητα στο φως, 85-91%, έχει περατότητα στη μεγάλη μήκους ακτινοβολία στα 12%, έχει μικρότερη θερμοαγωγημότητα από το πολυαιθυλένιο, είναι αδιαπέραστο στο νερό και έχει μικρή περατότητα στο O<sub>2</sub> και στο CO<sub>2</sub>. Το PVC παράγεται σε φύλλα πλάτους 1,25m έως 2,5m και σε μεγάλο μήκος. Στην επιφάνεια του δημιουργείται στατικός ηλεκτρισμός, με αποτέλεσμα να συγκρατείται σκόνη και να μειώνεται σταδιακά με το χρόνο η περατότητα στο φως. Είναι πιο ακριβό από πολυαιθυλένιο (περίπου 3-4 φορές) και όταν είναι ενισχυμένο με ίνες πολυαμιδίου αποκτά μεγαλύτερη αντοχή και μόνωση. (Μαυρογιανόπουλος, 2005)

Κατά την αντίδραση:  $n\text{CH}_2=\text{CHCR} \rightarrow (n\text{CH}_2-\text{CHCl})_n$  Το PVC είναι λιγότερο κρυσταλλικό από το πολυαιθυλένιο και κυκλοφορεί στο εμπόριο υπό μορφή φύλλου ή ενισχυμένων πλακών.

Για τη βελτίωση των φυσικών και οπτικών ιδιοτήτων, προστίθενται στη μάζα του πλαστικοποιητές phthalates και dedecyl phthalates και όσο μεγαλύτερη είναι η αναλογία των πλαστικοποιητών, τόσο το φύλλο PVC γίνεται πιο εύκαμπτο.

Το είδος PVC που παράγεται στις χώρες της Ευρώπης, τείνει να γίνει εύκαμπτο σε χαμηλές θερμοκρασίες και μαλακώνει πολύ σε υψηλές θερμοκρασίες. Επίσης, το φύλλο PVC έχει δυσκολία παραγωγής σε μεγάλο πλάτος και έχει υψηλό κόστος κατασκευής.

Το φύλλο PVC που παράγεται σήμερα στη χώρα μας, δεν επιτρέπει την απόθεση υγρασίας, έχει διάρκεια ζωής 2 -3 έτη, πλάτος 2,20 m, πάχος 200 μ και επιτρέπει τη συγκέντρωση σκόνης.

Διάφοροι τύποι PVC που δημιουργήθηκαν:

\_PVC (non drop) και PVC (dust free) που δεν επιτρέπουν την δημιουργία σταγόνων στην επιφάνεια τους και την απόθεση σκόνης. (Γραφιαδέλης, 1987)

*Σελλουλόζη:* Η σελλουλόζη είναι πολυμερές της κυτταρίνης. Έχουν αναπτυχθεί διάφοροι τύποι σελλουλόζης οι οποίοι διαφέρουν στις ουσίες πρόσμιξης. Για παράδειγμα υπάρχει η νιτρική σελλουλόζη, η οποία παράγεται με προσθήκη νιτρικού οξέως, η οξική σελλουλόζη που αναπτύχθηκε αργότερα. Ως υλικό κάλυψης θερμοκηπίων δεν θεωρείται ικανοποιητικό και για αυτό τον λόγο δεν επεκτάθηκε η χρήση του. (Μαυρογιανόπουλος, 2005)

*Πολυεστερικά φύλλα:* : Χαρακτηρίζονται σαν υλικά κάλυψης θερμοκηπίων που χάνουν εύκολα τη φωτοδιαπερατότητά τους και έχουν μικρή διάρκεια ζωής.

Ο πολυεστέρας Mylar (από φωτομετρήσεις του Bowman) βρέθηκε ότι έχει διαπερατότητα 88 % στη φωτεινή ακτινοβολία μήκους κύματος 0,5 μ και 24 % στη θερμική ακτινοβολία 5 - 25 μ. Αυτό σημαίνει ότι πλησιάζει πολύ καλές οπτικές ιδιότητες, αλλά υστερεί έναντι του PVC στις απώλειες θερμότητας με ακτινοβολία.β. (Γραφιαδέλης, 1987)

Τα πολυεστερικά φύλλα προέρχονται κυρίως από ένα θερμοπλαστικό πολυεστέρα, το PET (Poly[ethylene terephthalate]). Έχουν σχετικά μεγάλη διάρκεια ζωής (φύλλο πάχους 0,127mm έχει διάρκεια ζωής τουλάχιστον 4 έτη και χρησιμοποιείται στην κάλυψη της οροφής, ενώ φύλλο πάχους 0,076mm που χρησιμοποιείται στα πλαϊνά έχει διάρκεια ζωής 7 έτη).

Τα πολυεστερικά φύλλα έχουν μεγάλη περατότητα στο φως και στην επιφάνειά του δεν αναπτύσσεται στατικός ηλεκτρισμός. Δεν επηρεάζονται από υψηλά και χαμηλή θερμοκρασία και διατηρούν τη μηχανική αντοχή αρκετά με τη πάροδο του χρόνου. Οι διαστάσεις τους δεν μεταβάλλονται πολύ με τη θερμοκρασία και η περατότητα στη μεγάλου μήκους ακτινοβολία δεν είναι πολύ μεγάλη (πολυεστέρας πάχους 0,05mm έχει περατότητα στη μεγάλου μήκους ακτινοβολίας γύρω στο 19%). Μειονεκτήματα θεωρούνται ότι παράγονται σε μικρό πάχος και το κόστος τους είναι αρκετά υψηλό. (Μαυρογιανόπουλος, 2005)

*Φθοριούχα* Στα φθοριούχα (Fluorocarbons), περιλαμβάνονται δύο σημαντικά υλικά το πολυτετραφθοροαιθυλένιο (PTFE), με εμπορικό όνομα 'Teflon', και το πολυβινυλοφθορίδιο (PVF) με εμπορικό όνομα 'Tedlar'.

Το PTFE έχει μεγάλη διάρκεια ζωής και ανθίσταται σε όλους τους οργανικούς διαλύτες και τα διαβρωτικά. Ανέχεται τις πιο υψηλές θερμοκρασίες από όλα τα πλαστικά (έως και 300 °C). Είναι άριστος ηλεκτρικός μονωτής και έχει πολύ χαμηλό συντελεστή ιζώδους. Η τιμή του είναι πολύ υψηλή και έτσι περιορίζεται η χρήση του.

Στη κάλυψη θερμοκηπίων συνήθως χρησιμοποιείται το συμπολυμερές αιθυλένιο-τετραφθοροαιθυλένιο (ETFE). Το ETFE έχει περατότητα στο φως 3-4% μεγαλύτερη του υαλοπίνακα, έχει περατότητα στη μεγάλου μήκους ακτινοβολία 17%, είναι διαφανές στην υπεριώδη ακτινοβολία UVA και UVB. Αντέχει σε θερμοκρασίες έως και 150 °C, έχει υδρόφιλη επιφάνεια που σημαίνει ότι δεν βοηθά στη συμπύκνωση των υδρατμών, δεν συγκρατεί ακαθαρσίες και έχει πολύ υψηλή μηχανική αντοχή. Το ETFE είναι ιδανικό υλικό κάλυψης θερμοκηπίων αλλά η τιμή του είναι πολύ υψηλή, κοστίζει 15-20 φορές πιο πολύ από το PE. (Μαυρογιανόπουλος, 2005)



Οροφή πλαστικού θερμοκηπίου καλυμμένη κατά ένα μέρος με διπλό πολυαιθυλένιο και στη περιοχή των ανοιγμάτων οροφής με σκληρό άκαμπτο πλαστικό

*Αλλά υλικά κάλυψης με επιλεκτική περατότητα στο φως:* Τα υλικά αυτά αποτελούν συνήθη πλαστικά με διάφορα πρόσθετα ή συμπολυμερή σχεδιασμένα για διάφορες οπτικές ιδιότητες. Στη κατηγορία αυτή ανήκουν πλαστικά φύλλα με περατότητα στη

UVb ακτινοβολία, πλαστικά φύλλα που απαγορεύουν την είσοδο στο θερμοκήπιο ακτινοβολίας μήκους κύματος κάτω από τα 300nm, φωτοεπιλεκτικά φύλλα που μετατρέπουν τη υπεριώδη ακτινοβολία σε ορατή ακτινοβολία στη περιοχή του ερυθρού κ.α. Γενικά, τα διάφορα υλικά κάλυψης με επιλεκτική περατότητα στο φως είναι κυρίως σε ερευνητικό στάδιο.

Στον πίνακα που ακολουθεί αναφέρεται ενδεικτικά η διαπερατότητα των πιο συνηθισμένων υλικών κάλυψης των θερμοκηπίων στις ακτινοβολίες του ηλιακού φωτός και η διάρκεια ζωής των υλικών αυτών κατά μέσο όρο. (14)

**Πίνακας 2.** Φως μετάδοση μέσω διαφόρων υλικών υαλοπινάκων θερμοκηπίου.

Υλικό	Διαπερατότητα PAR(%)	Διαπερατότητα IR (%)	Διαπερατότητα UV (%)	Ζωή (έτη)
Γυαλί	90	Λιγότερο από 3	70	30 +
Ακρυλικές *	86	Λιγότερο από 5	44	20
Πολυκαρβονικά *	83	Λιγότερο από 3	18	7-10
Πολυαιθυλένιο **	Λιγότερο από το 80	50	48	3-4

\* δίδυμα τοιχώματα, \*\* διπλό (Μαυρογιανόπουλος, 2005)

### 3.5.3 Παράγοντες που συντελούν στη φθορά των πλαστικών:

Οι σπουδαιότεροι παράγοντες που συντελούν στη παλαίωση και αποσύνθεση των πλαστικών υλικών κάλυψης, είναι η υπεριώδης ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία, η υγρασία, το οξυγόνο, το διοξείδιο του θείου, διάφοροι υδατάνθρακες και χημικές ενώσεις (π.χ. λιπάσματα, φυτοφάρμακα, ρύποι κ.α.), ελεύθερα σωματίδια και βακτήρια.

Πίνακας 3: Μέση διάρκεια ζωής πλαστικών που εκτέθηκαν σε 6 διαφορετικές περιοχές των Η.Π.Α. για τρία χρόνια.

Είδος πλαστικού	Πάχος πλαστικού σε μικρα (μ)	Διάρκεια ζωής σε μήνες
Πολυαιθυλένιο ενισχυμένο	50	11
Πολυαιθυλένιο ενισχυμένο	100	14,5
Πολυαιθυλένιο ενισχυμένο	150	19,5
PVC	100	18,5
PVC	150	26

(Γραφιαδέλης, 1987)

### 3.6 ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Ο προσανατολισμός του θερμοκηπίου είναι πολύ σημαντική εργασία γιατί επηρεάζει σε πολλές παραμέτρους της καλλιέργειας.

Ειδικότερα, η θέση εγκατάστασης και ο προσανατολισμός ενός θερμοκηπίου μπορεί να επηρεάσει την κατανάλωση καυσίμων, την προσφορά εργατικών χεριών, την ανάπτυξη ασθενειών και κατά επέκταση το κόστος των καλλιεργητικών φροντίδων με τελικό στόχο την επιτυχία ης καλλιέργειας.

Σχετικά με τον προσανατολισμό των θερμοκηπίων, πειράματα έδειξαν ότι, σε γεωγραφικά πλάτη μεγαλύτερα από 40<sup>0</sup>, τα θερμοκήπια πρέπει να έχουν κατεύθυνση από ανατολή προς δύση. Με αυτόν το προσανατολισμό εξασφαλίζεται κατά τη διάρκεια του χειμώνα, μεγαλύτερο ποσοστό φυσικής φωτεινής ακτινοβολίας. Επίσης, τα ίδια πειράματα έδειξαν ότι τα φυτά φωτίζονται καλύτερα όταν ο προσανατολισμός των γραμμών των φυτών είναι από βορρά προς νότο.

Ομοίως, για γεωγραφικά πλάτη μικρότερα από 40<sup>0</sup> και για καλλιεργητικές περιόδους εκτός των χειμερινών μηνών, τα θερμοκήπια φωτίζονται καλύτερα όταν έχουν προσανατολισμό από Βορρά προς Νότο.

Επίσης, πρέπει να αναφερθεί ότι στα πολύρρικτα θερμοκήπια ο προσανατολισμός δεν παίζει μεγάλο ρόλο. Ενώ, πολλές φορές οι παραγωγοί επιλέγουν να προσανατολίζουν τα θερμοκήπιά τους σύμφωνα με τη διεύθυνση της φοράς του ανέμου.



### 3.7 ΑΠΩΛΕΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

**Απώλειες θερμότητας:** Γενικά θα πρέπει να έχουμε υπόψη ότι ανάμεσα στο θερμοκήπιο που είναι πιο θερμό και στο εξωτερικό περιβάλλον που είναι ψυχρότερο, υπάρχει ροή θερμότητας από το θερμότερο θερμοκήπιο προς το ψυχρότερο



περιβάλλον. Έτσι έχουμε απώλεια ενέργειας θερμότητας με αγωγή, μετακίνηση μάζας αέρα, με ακτινοβολία και με εξάτμιση νερού. Άλλοι τρόποι απώλειας θερμότητας μπορεί να αποτελέσουν η απώλεια θερμότητας με αγωγή από το έδαφος, με αγωγή με τον ελεύθερο ατμοσφαιρικό αέρα, με εξαερισμό, με απορρόφηση μέσω της θερμότητας κατά τη φωτοσύνθεση των φυτών, με ακτινοβολία προς την ατμόσφαιρα και με την εξατμισοδιαπνοή των φυτών. Από την άλλη πλευρά είσοδος θερμότητας στο θερμοκήπιο μπορεί να συμβεί μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, από τεχνητά μέσα θέρμανσης, από την άνοδο θερμοκρασίας του υπεδάφους, και από την αναπνοή των φυτών.

*Υπολογισμός απωλειών θερμότητας:*

Πριν την εγκατάσταση των μέσων θέρμανσης, πρέπει να υπολογίσουμε τις απώλειες θερμότητας που έχουν τα θερμοκήπια σε αντόξοες συνθήκες περιβάλλοντος. Οι απώλειες θερμότητας με αγωγή προς τον ατμοσφαιρικό αέρα και προς το έδαφος υπολογίζονται με τον τύπο:

$$\Theta = A U(T_1 - T_2)$$

Όπου  $\Theta$ : οι απώλειες θερμότητας σε kcal/ώρα,

A: η επιφάνεια των υλικών κάλυψης σε  $m^2$

U: ο συντελεστής θερμοαγωγιμότητας ( $kcal/m^2 \text{ hour } ^\circ C$ ), ο οποίος για το απλό πολυαιθυλένιο είναι 5,4 και για το έδαφος 1,6.

$T_1$ : η κατώτερη επιθυμητή θερμοκρασία σε  $^\circ C$

$T_2$ : η κατώτερη θερμοκρασία αέρα που σημειώθηκε τα τελευταία 25 έτη.

Μετά από έρευνες υπολογίστηκε η θερμοαγωγιμότητα των διαφόρων υλικών κάλυψης των θερμοκηπίων. Ανάμεσα σε αυτές τις έρευνες, η έρευνα του Nisen, αφού μέτρησε τον συντελεστή θερμοαγωγιμότητας (U) διαφόρων υλικών κάλυψης, έδωσε τις παρακάτω τιμές για ταχύτητες ανέμου μικρότερες των 5 m/sec. Έρευνες έχουν δείξει ότι οι απώλειες από τα θερμοκήπια επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από την ταχύτητα του ανέμου. (Γραφιαδέλης, 1987)

Απλό πολυαιθυλένιο	6,6 kcal/ $m^2 \text{ hour } ^\circ C$
Απλό PVC	6,1-6,2kcal/ $m^2 \text{ hour } ^\circ C$
Απλό Γυαλί	5,8 kcal/ $m^2 \text{ hour } ^\circ C$
Διπλό πολυαιθυλένιο	4,9 kcal/ $m^2 \text{ hour } ^\circ C$

Διπλό PVC	4,0-4,3 kcal/ m <sup>2</sup> hour °C
Γυαλί πολυαιθυλένιο	3,6 kcal/ m <sup>2</sup> hour °C
Διπλό γυαλί	2,8 kcal/ m <sup>2</sup> hour °C

Επίσης έχουν υπολογιστεί οι συντελεστές θερμοαγωγημότητας για:

ΥΛΙΚΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ U (kcal/ m <sup>2</sup> hour °C)
Γυαλί	5,51
Φύλλο πολυαιθυλένιο	5,53
Φύλλο πολυαιθυλένιο <sup>(1)</sup>	3,44

(1) Φύλλο διπλού πολυαιθυλενίου.

Όπως παρατηρούμε από τον πίνακα, η τιμή του συντελεστή U θερμικής αγωγημότητας του απλού φύλλου πολυαιθυλενίου πλησιάζει με αυτή του συντελεστού του γυαλιού. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι απώλειες θερμότητας στα θερμοκήπια που καλύπτονται με πολυαιθυλένιο, αντισταθμίζονται κατά ένα μέρος, από τις απώλειες που οφείλονται σε ανεπιθύμητο εξαερισμό στα γυάλινα θερμοκήπια. (Γραφιαδέλης, 1987)

Επίσης, υπολογίστηκαν οι τιμές των συντελεστών θερμοαγωγημότητας των υλικών κάλυψης των θερμοκηπίων και άλλων οικοδομικών υλικών.

Απώλεια θερμότητας συντελεστών (τιμές U) για το φαινόμενο του υαλοπινάκων και  
Οικοδομικά υλικά.

Υλικό	U (BTU ανά ώρα ft ανά <sup>2</sup> ανά ° F) = (1 / R)
Single (double) στρώμα γυαλιού	1.1 (0.7)
Single (double) στρώμα πολυαιθυλενίου	1.1 (0.7)
Διπλό στρώμα + ενέργειας αυλαία	0.3-0.5
Twin walled ακρυλικό	0,6
Twin walled πολυανθρακικό	0,6
½ "κόντρα πλακέ	0,7
8 "Concrete block	0,5
2 "Πολυστυρόλιο	0,1 (R = 10)

(Μαυρογιανόπουλος, 2005)

Το είδος του υλικού κατασκευής του σκελετού του θερμοκηπίου, επηρεάζει τις απώλειες θερμότητας. Πειράματα έδειξαν ότι οι μεταλλικοί σκελετοί θερμοκηπίων αυξάνουν κατά 10% τις απώλειες θερμότητας έναντι των ξύλινων. (Γραφιαδέλης, 1987)

#### 4. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

##### 4.1 Μέσα θέρμανσης:

Αφού έχουμε υπολογίσει τις ανά ώρα απώλειες θερμότητας των θερμοκηπίων και από αυτές τη δυναμικότητα των προς εγκατάσταση μέσων θέρμανσης, τότε μπορούμε να προχωρήσουμε στην επιλογή του κατάλληλου συστήματος παραγωγής και διανομής θερμότητας.

Διάφορα συστήματα παραγωγής και διανομής θερμότητας έχουν αναπτυχθεί, ώστε να καλύπτουν τόσο τις ανάγκες τις καλλιέργειας όσο και να αποτελούν όσο το δυνατόν πιο οικονομικά συμφέρουσα επιλογή για τον παράγωγο.

Ένα κατάλληλο σύστημα θέρμανσης πρέπει να έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Να εξασφαλίζει τη θερμοκρασία που χρειάζονται οι καλλιέργειες για την ανάπτυξή τους.
- Να διανέμει ομοιόμορφα τη θερμότητα στο θερμοκήπιο.
- Να χρησιμοποιεί καύσιμα υλικά προσιτά στην αγορά και οικονομικώς συμφέροντα.
- Να είναι εγγυημένης κατασκευής ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος από πιθανή βλάβη τους στις καλλιέργειες.
- Να μη μολύνει με καυσαέρια τον αέρα του θερμοκηπίου.
- Να επισκευάζεται εύκολα.

- Να είναι έτσι κατασκευασμένο ώστε ο παραγωγός να ειδοποιείται σε περίπτωση βλάβης ή όταν η θερμοκρασία πέσει κάτω από ένα ανεκτό όριο.
- Τέλος καλό είναι να υπάρχει πάντα ένα εφεδρικό σύστημα θέρμανσης στο θερμοκήπιο που να καλύπτει σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης (π.χ. διακοπή ρεύματος, βλάβης του κύριου συστήματος κ.α. (Γραφιαδέλης, 1987)

## ΕΙΔΗ ΜΕΣΣΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ:

### **4.1.1 ΑΤΟΜΙΚΕΣ ΘΕΡΜΑΣΤΡΕΣ:**

Ανάλογα την καύσιμη ύλη που χρησιμοποιούν οι ατομικές θερμάστρες, διακρίνονται σε:

A) *Θερμάστρες πετρελαίου:* Αυτές οι μονάδες θέρμανσης, αποτελούνται από το δοχείο πετρελαίου και τους σωλήνες απαγωγής των καυσαερίων. Ο αέρας και το πετρέλαιο καίγονται στο θάλαμο και η παραγόμενη θερμότητα διαχέεται με αγωγή και ακτινοβολία από το σώμα της θερμάστρας και τους αγωγούς των καυσαερίων.

#### Μειονεκτήματα:

- Η θερμότητα δεν διανέμεται ομοιόμορφα στο χώρο του θερμοκηπίου.
- Πολλές φορές σημειώνονται διαφορές καυσαερίων που είναι βλαβερές για τις καλλιέργειες.
- Επειδή μεγάλο μέρος της θερμότητας εκπέμπεται με ακτινοβολία και με δεδομένο ότι τα περισσότερα υλικά κάλυψης των θερμοκηπίων είναι διαπερατά στη ακτινοβολία, σημειώνεται διαρροή ενέργειας και επομένως σπατάλη χρημάτων.

Ωστόσο, η διαρροή καυσίμων μπορεί να αντιμετωπιστεί τοποθετώντας στην άκρη του σωλήνα καυσαερίων έναν εξαεριστήρα που θα απομακρύνει τα διαφυγόντα καυσαέρια από το χώρο του θερμοκηπίου. Ενώ, απώλεια θερμότητας μπορεί να μειωθεί σημαντικά τοποθετώντας πάνω στη θερμάστρα, καπέλο από αμιαντολαμαρίνα.

B) *Θερμάστρα ξύλου ή ξυλάνθρακος:* Η μονάδα θέρμανσης ομοιάζει με αυτή του πετρελαίου με τη διαφορά ότι η καύσιμη ύλη είναι ξυλεία ή ξυλάνθρακες.

#### Πλεονεκτήματα:

- Σχετικά φθηνή καύσιμη ύλη (πιο φθηνή από το πετρέλαιο)
- Χαμηλό κόστος αγοράς.

#### Μειονεκτήματα:

- Παρουσιάζουν τα ίδια μειονεκτήματα με τις θερμάστρες πετρελαίου.
- Και επιπλέον ρυθμίζονται δύσκολα και η θερμότητα που δίνουν είναι εξαιρετικά ανομοιόμορφη.

Γ) *Θερμάστρες υγραερίου:* Σε αυτή τη μονάδα μέτρησης, το υγραέριο καίγεται σε ειδικά ακροφύσια και ελευθερώνει CO<sub>2</sub>, νερό και θερμότητα. Επίσης μπορεί από την καύση του υγραερίου να προκύψουν αέρια πολλές φορές τοξικά για τα φυτά.

#### Πλεονεκτήματα:

- Οι θερμάστρες υγραερίου είναι φθηνές
- Εύκολες στη λειτουργία.
- Η λειτουργία τους δεν εξαρτάται από την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος.
- Παράγουν CO<sub>2</sub> που είναι αέριο λίπασμα για τις καλλιέργειες.

#### Μειονεκτήματα:

- Παράγουν αέρια τοξικά για τις καλλιέργειες.
- Χρησιμοποιούν υγραέριο που είναι σχετικά ακριβό .
- Αυξάνουν τη σχετική υγρασία του αέρα και επομένως αυξάνεται και ο κίνδυνος εμφάνισης ασθενειών.

Δ) *Ηλεκτρικές θερμάστρες*: Έχουν κατασκευαστεί ειδικές ηλεκτρικές θερμάστρες για τη θέρμανση θερμοκηπίων, στις οποίες θερμαίνεται μια αντίσταση και η θερμότητα που παράγεται μεταφέρεται με αέρα και διανέμεται στο θερμοκήπιο.

Πλεονεκτήματα:

- Δεν παράγει καυσαέρια.
- Είναι ένα πολύ καθαρό μέσω θέρμανσης.
- Εύκολα εφαρμόζονται αυτόματα συστήματα ρύθμισης της θερμοκρασίας του αέρα.
- Είναι εύκολο στη συντήρηση.
- Βοηθά στην εξοικονόμηση χώρου, καθώς δεν απαιτεί αποθήκη καυσίμων.

Μειονεκτήματα:

- Το σχετικά υψηλό κόστος του ηλεκτρικού ρεύματος.
- Σε περίπτωση διακοπής ρεύματος, τα προβλήματα που δημιουργούνται αντιμετωπίζονται σχετικά δύσκολα. (Γραφιαδέλης, 1987)

#### **4.1.2 ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΜΕ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ.**

Το σύστημα αυτό παραγωγής θερμότητας αποτελείται από:

- 1) Το τμήμα παραγωγής θερμότητας (πχ. Καυστήρας, λέβητας, δεξαμενή καυσίμων, κυκλοφορητής νερού κ.α.)
- 2) Από το τμήμα παραγωγής θερμότητας μέσα στα θερμοκήπια (π.χ. σωλήνες κυκλοφορίας νερού, θερμοστάτες κ.α.)

Πλεονεκτήματα:

- Είναι αξιόπιστο.
- Ρυθμίζεται αυτόματα.
- Δεν αφήνει καυσαέρια στο χώρο ανάπτυξης των φυτών.

Μειονεκτήματα:

- Δεν ενδείκνυται η επιλογή αυτού του συστήματος θέρμανσης σε πλαστικά θερμοκήπια που είναι σκεπασμένα με πολυαιθυλένιο γιατί μεγάλο μέρος της θερμότητας παρέχεται με ακτινοβολία, η οποία είναι διαπερατή από τα πλαστικά, με αποτέλεσμα να διαφεύγει.
- Το σοβαρότερο όμως μειονέκτημα αυτού του συστήματος είναι το υψηλό κόστος εγκατάστασης.

#### **4.1.3 ΑΕΡΟΘΕΡΜΟ.**

Το σύστημα αυτό θέρμανσης των θερμοκηπίων, αποτελείται από:

- 1) Το καυστήρα (καυστήρας μαζούτ, καυστήρας πετρελαίου ή αερίου)
- 2) Το χώρο καύσης.

- 3) Το σώμα του αερόθερμου μέσα στο οποίο κυκλοφορεί ο αέρας.
- 4) Το σύστημα σωληνώσεων που μέσα του κυκλοφορεί ο θερμός αέρας.
- 5) Τους σωλήνες των καυσαερίων.
- 6) Τη δεξαμενή του καυσίμου.

Στα αερόθερμα αναπτύχθηκαν διάφορα συστήματα διανομής του ζεστού αέρα.

*Σύστημα διανομής ζεστού αέρα χωρίς αγωγούς:* Το αερόθερμο τοποθετείται στο μέσο του θερμοκηπίου και ζεστός αέρας κατευθύνεται μέσω ειδικών βαλβίδων και διακλαδώσεις προς την επιθυμητή κατεύθυνση.

Πλεονεκτήματα:

- Είναι πολύ απλό σύστημα στην εγκατάσταση και λειτουργία.

Μειονεκτήματα:

- Δεν παρέχεται ομοιόμορφη θέρμανση στο θερμοκήπιο (η διαφορά θερμοκρασίας μπορεί να φτάσει και στους 6 -8 °C).

*Σύστημα διανομής του θερμού αέρα με διάτρητους αγωγούς πολυαιθυλενίου:* Το σύστημα αυτό αποτελείται από αγωγούς πολυαιθυλενίου, οι οποίοι είτε κρεμιούνται από τη στέγη και στο κάτω μέρος τους έχουν τρύπες, είτε τοποθετούνται στο έδαφος και οι τρύπες ανοίγονται προς τα επάνω. Από έρευνες αποδείχθηκε ότι για να λειτουργεί το σύστημα ικανοποιητικά πρέπει να είναι οι διατομές των αγωγών 1,5 με 2 φορές τη διατομή του αγωγού και οι σπές να έχουν διάμετρο μικρότερη των 5 cm. Οι διάμετρος του αγωγού πρέπει να είναι ίδια με τη διάμετρο του εξαεριστήρα και οι τρύπες να απέχουν 30 -60 cm η μια από την άλλη.

Αν η παροχή του εξαεριστήρα δεν είναι ικανοποιητική ή αν ο αγωγός δεν έχει πολλές τρύπες ή είναι πολύ μεγάλου μεγέθους, τότε η διανομή ζεστού αέρα δεν είναι επιτυχής.

*Σύστημα διανομής ζεστού αέρα από κεντρικό αγωγό.* Στο σύστημα αυτό ο κεντρικός αγωγός συνδέεται με πολλούς μικρούς αγωγούς πολυαιθυλενίου, οι οποίοι φέρνουν τον αέρα κοντά στο έδαφος (polytube system).

#### **4.1.4 ΕΠΙΔΑΠΕΔΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.**

Σε αυτό το σύστημα θέρμανσης, θερμαίνεται περισσότερο το έδαφος και τα φυτά και λιγότερο ο αέρας του θερμοκηπίου.

Στο σύστημα αυτό μέσα σε μαύρους σωλήνες πολυαιθυλενίου, διαμέτρου 25 mm, οι οποίοι απλώνονται στο έδαφος, κινείται ζεστό νερό. Το ζεστό νερό που κινείται μέσα στις σωληνώσεις, ζεσταίνεται σε καυστήρα, στους 50 °C, και αφού κυκλοφορήσει στο θερμοκήπιο επιστρέφει στον καυστήρα σε θερμοκρασία 45 °C. (Γραφιαδέλης, 1987)

#### **4.1.5 ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΕ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.**

Τα συστήματα θέρμανσης των θερμοκηπίων με ηλιακή ενέργεια που αναπτύχθηκαν, αποτελούνται από:

- 1) Το συλλέκτη: Είναι το τμήμα της μονάδας θέρμανσης όπου συγκεντρώνεται θερμότητα από την ηλιακή ενέργεια και με τη βοήθεια του νερού ή του αέρα μεταφέρεται στην αποθήκη. Ως συλλέκτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα ίδια τα θερμοκήπια ή επίπεδοι

γυάλινοι ή πλαστικοί εξωτερικοί συλλέκτες ή ακόμη και εξωτερικοί συγκεντρωτικοί συλλέκτες.

- 2) Τους επιδαπέδιους εξωτερικούς συλλέκτες: Αποτελούνται από μεταλλική ή πλαστική επιφάνεια μαυρισμένη, πάνω στην οποία κυκλοφορεί νερό ή αέρας, για να δεσμεύεται η συγκεντρούμενη ηλιακή ακτινοβολία, και εξωτερικά καλύπτεται με διαφανές υλικό. Ο επιδαπέδιος συλλέκτης πρέπει να προσανατολίζεται προς το νότο και με κλίση ώστε το μεσημέρι οι ακτίνες να πέφτουν κάθετα πάνω σε αυτόν, με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται μέγιστη απόδοση. Η επιφάνεια του συλλέκτη εξαρτάται από το μέγεθος του θερμοκηπίου που πρέπει να θερμάνει και από τη επιδιωκόμενη ανύψωση της θερμοκρασίας.
- 3) Την αποθήκη θερμότητας: Είναι ο χώρος όπου αποθηκεύεται η θερμότητα που συγκεντρώνεται από τον συλλέκτη. Η θερμότητα συγκεντρώνεται σε χαλίκια τα οποία βρίσκονται εντός ειδικής δεξαμενής ή σε διαδρόμους ή σε πάγκους ή τέλος σε δεξαμενή νερού. Αν επιλέξουμε η αποθήκη θερμότητας να γίνει σε χαλίκια, τότε ο όγκος της δεξαμενής θα είναι πολύ μεγαλύτερος σε σχέση με την δεξαμενή που θα απαιτούνταν αν η θερμότητα αποθηκευόταν σε αποθήκη νερού. Αυτό συμβαίνει γιατί η θερμοχωρητικότητα του νερού είναι μεγαλύτερη σε σχέση με αυτή των χαλικιών. Γενικά, ο όγκος της δεξαμενής νερού βρίσκεται εύκολα αν εφαρμόσουμε τον τύπο:

Όγκος δεξαμενής  $m^3 = \text{Απώλειες θερμότητας σε kcal/ώρες θέρμανσης.}$   
(Γραφιαδέλης, 1987)

- 4) Το διανομέα θερμότητας: Η διανομή θερμότητας γίνεται κυρίως με αέρα που μεταφέρεται στο θερμοκήπιο (αν η αποθήκευση θερμότητας γίνεται σε χαλίκια), με κυκλοφορία νερού σε μαύρες σακούλες πολυαιθυλενίου ή με κυκλοφορία νερού σε κατακόρυφο παραπέτασμα πλαστικής σακούλας. (Nelson V. Paul, 2003)
- 5) Άλλα εξαρτήματα: Άλλα εξαρτήματα είναι οι αντλίες νερού, οι εξαεριστήρες, οι θερμοστάτες, οι ηλεκτρικοί πίνακες και οι σωλήνες μεταφοράς και διανομής νερού.



Χώρος καλλιέργειας όπου στο βάθος διακρίνονται οι σωληνώσεις του συστήματος θέρμανσης, εντός των οποίων κυκλοφορεί ζεστό νερό ( σωλήνες κόκκινου χρώματος)

#### 4.1.6 Άλλες πηγές θέρμανσης θερμοκηπίων:

Στη Γαλλία έχει εφαρμοστεί σε ερευνητικά προγράμματα η χρήση σε θερμοκήπια, της αποβαλλόμενης από θερμοηλεκτρικά ή πυρηνικά εργοστάσια θερμικής ενέργειας. Για παράδειγμα, στη Grenoble, η Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας χρησιμοποίησε θερμό νερό από πυρηνικό εργοστάσιο για θέρμανση θερμοκηπίων, με μεγάλη επιτυχία.

Επίσης στην Ελλάδα και ειδικότερα στην ευρεία περιοχή της Θεσσαλονίκης, σε περιοχές όπου οι γεωθερμικές συνθήκες είναι ιδιαίτερα ευνοϊκές, επιχειρείται να γίνει θέρμανση των θερμοκηπίων με τη χρήση **γεωθερμικής** ενέργειας. Η διανομή θερμότητας γίνεται με κυκλοφορία ζεστού νερού σε μεταλλικές σωλήνες ή σε διαφανείς πλαστικές σωλήνες πολυαιθυλενίου.

Σε χώρες τις Δυτικής Ευρώπης (π.χ. Γαλλία, Ιταλία) γίνεται χρήση της γεωθερμικής ενεργείας για τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας μέσω εναλλάκτων τιτανίου. Ειδικότερα, χρησιμοποιούνται εναλλάκτες τιτανίου, όπου η θερμότητα των υπογείων νερών γίνεται στο κλειστό κύκλωμα του θερμοκηπίου. Παρόμοιο σύστημα χρησιμοποιείται και στην Ουγγαρία. (Γραφιαδέλης, 1987)

Άλλος τρόπος θέρμανσης των θερμοκηπίων είναι το **ηλιακό παθητικό σύστημα θέρμανσης**. Το σύστημα αυτό αποτελείται από μικρές πλαστικές σακούλες νερού που τοποθετούνται κατά μήκος των γραμμών των φυτών εντός του θερμοκηπίου. Η θερμότητα που αποθηκεύεται κατά τη διάρκεια της ημέρας στο νερό, αποβάλλεται κατά τη διάρκεια της νύχτας όταν η θερμοκρασία εντός του θερμοκηπίου πέφτει, επιτυγχάνοντας μια ομαλή και ήπια θέρμανση του θερμοκηπίου. (3)

Επίσης ένα άλλο σύστημα είναι η **χρησιμοποίηση ηλιακών λιμνών**. Οι ηλιακές λίμνες δεν έχουν κατασκευαστεί μέχρι σήμερα στη χώρα μας. Η αρχή λειτουργίας του συστήματος αυτού είναι η θέρμανση μιας ποσότητας νερού εντός μιας τεχνητής λίμνης από την ηλιακή ακτινοβολία και η ταυτόχρονη διατήρηση του θερμού νερού στον πυθμένα της λίμνης, που επιτυγχάνεται με την ύπαρξη στρωμάτων νερού με διάλυση  $\text{NaCl}$  ή  $\text{MgCl}_2$  έτσι που τα κατώτερα στρώματα υψηλότερη πυκνότητα από τα ανώτερα. Στο πυθμένα της λίμνης αναπτύσσονται θερμοκρασίες  $80 - 90^\circ\text{C}$  και η



θερμότητα παράγεται με εναλλάκτη μέσω σωληνώσεων, στις οποίες κυκλοφορεί νερό, στο θερμοκήπιο και το θερμαίνει. (3)

Τέλος υπάρχουν και οι **αντλίες θερμότητας**, που δεν χρησιμοποιούνται ακόμη εκτεταμένα, αν και θεωρούνται συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας. Χρησιμοποιούν ως πηγή καυσίμου το πετρέλαιο και διακρίνονται ανάλογα με τα ρευστά που αντλούν για να αποδώσουν ενέργεια, σε: α) αντλίες θερμότητας νερού – νερού, αντλίες νερού – αέρα, αέρα – αέρα, αέρα – νερού. Το αρχικό κόστος είναι αρκετά υψηλό, ενώ το κόστος λειτουργίας τους είναι σχετικά χαμηλό, καθώς αποδίδουν αρκετά καλά. (3)

#### 4.1.7 Υπολογισμοί απαιτήσεων θέρμανσης:

Για τον υπολογισμό του συστήματος θέρμανσης πρέπει να γνωρίζουμε την μέγιστη απαιτούμενη ενέργεια υπό μορφή θερμότητας. Αν γνωρίζουμε τις συνολικές απώλειες θερμότητας την περίοδο που μας ενδιαφέρει και στην οποία σημειώνονται πιο χαμηλές θερμοκρασίες, τότε μπορούμε να εκτιμήσουμε με σχετική ακρίβεια τις απαιτήσεις σε θερμότητα.

Σύμφωνα με τον Κίττα, 2001, ο τύπος που μας δίνει τις απαιτήσεις σε θερμότητα για θέρμανση του θερμοκηπίου είναι:

$$Q = (K \times A \times \Delta T + 0,36 \times V \times n \times \Delta T)$$

Όπου:

$K$  = ολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του καλύμματος, μετράται σε  $Wm^{-2}$  και δίνεται από πίνακα. (πίνακας 1)

$Q$  = οι απαιτήσεις σε θερμότητα για θέρμανση του θερμοκηπίου.

$A$  = το εμβαδόν επιφάνειας του καλύμματος σε  $m^2$ .

$\Delta T$  = διαφορά θερμοκρασίας μέσα – έξω σε  $^{\circ}C$ . Ως εσωτερική θερμοκρασία λαμβάνεται η επιθυμητή νυχτερινή για την εκάστοτε καλλιέργεια, ενώ ως εξωτερική θεωρείται η μέση ελάχιστη θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα για την περιοχή και που εμφανίζεται με συχνότητα τριετίας.

$V$  = ο όγκος του θερμοκηπίου.

$n$  = εκφράζει τον αριθμό των αλλαγών αέρα από διαφυγές με κλειστά παράθυρα ανά ώρα και δίνεται από πίνακα. (πίνακας 2)

Τέλος γνωρίζοντας τις απαιτήσεις σε θερμότητα μπορούμε να υπολογίσουμε το κατάλληλο σύστημα θέρμανσης, υπολογίζοντας την ονομαστική ισχύ του συστήματος σύμφωνα με τον τύπο:

$$I = Q/\alpha \quad (\text{Κίττας, 2001})$$

Όπου:

$I$  = η ονομαστική ισχύς του συστήματος θέρμανσης.

$Q$  = οι απαιτήσεις σε θερμότητα για θέρμανση του θερμοκηπίου.

$\alpha$  = ο βαθμός απόδοσης του συστήματος θέρμανσης ( $0 < \alpha < 1$ )

πίνακας 1: συντελεστής θερμοπερατότητας K ανάλογα με το υλικό κάλυψης.

Υλικό κάλυψης θερμοκηπίου	Τιμή K σε $Wm^{-2}$
Απλό τζάμι	5.8
Φύλλο πολυαιθυλενίου	6.3
Fiber Glass	4.0
Διπλό φύλλο πολυαιθυλενίου	2.9
Διπλό τζάμι	2.9
Απλό τζάμι και θερμοκουρτίνα	2.9

Πίνακας 2: Αλλαγές αέρα, λόγω διαφυγών, ανάλογα με τον τύπο του θερμοκηπίου.

Τύπος κατασκευής	Αλλαγές n ανά ώρα
Νέα κατασκευή υαλόφρακτο	0.8 – 1.8
Νέα κατασκευή-απλό πολυαιθυλένιο	0.8 – 2.5
Νέα κατασκευή-διπλό πολυαιθυλένιο	0.5 – 1.2
Παλιά κατασκευή-υαλόφρακτο, καλή συντήρηση	2,5
Παλιά κατασκευή-υαλόφρακτο, κακή συντήρηση	3.0

(Κίττας, 2001)

### Παράδειγμα:

Έστω γυάλινο θερμοκήπιο, αμφίρρικτο πολλαπλό με διαστάσεις :  
 Ύψος πλευράς A = 3 m, πλάτος θερμοκηπίου B = 20 m και μήκος θερμοκηπίου Γ = 50 m. Το πλάτος κεκλιμένου επιπέδου οροφής είναι ίσο με Δ = 2,8 m, το ύψος της κορυφής είναι ίσο με Η = 4,26 m και ο αριθμός των κεκλιμένων επιπέδων κορυφής Z = 8 (το θερμοκήπιο απαρτίζεται από 4 μονάδες).

Υπολογίζουμε:

Εμβαδόν πλευρικών τοιχωμάτων:  $2 (B + \Gamma)A = 420 \text{ m}$

Εμβαδόν επιφάνειας οροφής:  $2 * \Delta * \Gamma = 1120 \text{ m}$ .

Εμβαδόν τριγώνων στις μετόπες:  $B (H - A) = 25,2 \text{ m}$ .

Συνολικό εμβαδόν επιφανείας:  $1565,2 \text{ m}^2$

Όγκος V θερμοκηπίου:  $B * \Gamma [A + 0.5 (H - A)] = 3630 \text{ m}^3$

Το υλικό κάλυψης είναι το γυαλί με συντελεστή θερμοπερατότητας  $K = 5,8 \text{ W/ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  και έστω ότι ο συντελεστής διαφυγών κυμαίνεται στο  $N = 1,5 \text{ W/ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Αν η ελάχιστη επιθυμητή θερμοκρασία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου είναι  $\Theta_{\text{ε}} = 18 \text{ } ^\circ\text{C}$  και η μέση ελάχιστη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα στο δυσμενέστερο μήνα του έτους είναι  $\Theta_{\text{εξ}} = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$  και αν ο συντελεστής απόδοσης του συστήματος θέρμανσης είναι  $\alpha = 0,85$ , τότε σύμφωνα με τον τύπο:

$$Q = (K \times A \times \Delta T + 0,36 \times V \times n \times \Delta T)$$

$$Q = (5,8 * 1565,2 * 14 + 0,36 * 3630 * 1,5 * 14) 1,20 = 185445 \text{ W}$$

Και αντικαθιστώντας στον τύπο:

$$I = Q/\alpha$$

$$I = 185445/0,85 = 218170 \text{ W ή } 218,170 \text{ KW. (Κίττας, 2001)}$$

## 4.2 Συστήματα αερισμού:

Ο εξαερισμός στα θερμοκήπια είτε γίνεται συμπτωματικά (που οφείλεται συνήθως σε κακή κατασκευή του θερμοκηπίου) είτε γίνεται εσκεμμένα.

Ο εξαερισμός που γίνεται εσκεμμένα διακρίνεται:

α) σε φυσικό εξαερισμό (προκαλείται από τον άνεμο και την κίνηση του αέρα λόγω διαφοράς θερμοκρασίας του εξωτερικού από το εσωτερικό του θερμοκηπίου.)

β) σε τεχνητό εξαερισμό που προκαλείται από μηχανικά μέσα.

Για να είναι ένα σύστημα εξαερισμού αποδοτικό και κατάλληλο, πρέπει να έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Να εξασφαλίζει ικανοποιητικές συνθήκες θερμοκρασίας όταν οι κλιματολογικές συνθήκες είναι αντίξοες, όπως πολύ υψηλές ή πολύ χαμηλές θερμοκρασίες.
- Να μετακινεί ομοιόμορφα τον αέρα στο χώρο ανάπτυξης των φυτών.
- Να λειτουργεί αυτόματα.
- Να είναι αξιόπιστο και απλό στη χρήση.
- Να είναι φθινό στην κατασκευή και να καταναλώνει λίγα καύσιμα.

Τα διάφορα συστήματα εξαερισμού χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες.

### 4.2.1 Συστήματα φυσικού (παθητικού) αερισμού:

Ο αερισμός αυτός γίνεται από ανοίγματα του θερμοκηπίου που βρίσκονται στη στέγη και στις πλευρές. Όταν εξωτερικά του θερμοκηπίου φυσά άνεμος, ο εξαερισμός είναι ικανοποιητικός, ενώ όταν δεν φυσά άνεμος ο εξαερισμός μπορεί να είναι ανεπαρκής. Ωστόσο, σε συνθήκες υπερβολικά δυνατών ανέμων, τα θερμοκήπια υπεραερίζονται και πολλές φορές τα φυτά παθαίνουν μηχανικές βλάβες.

Ο φυσικός αερισμός γίνεται παθητικά και για αυτό δεν απαιτεί μηχανικά μέσα και επομένως είναι οικονομική λύση για τα καλλιέργειες που δεν χρειάζεται ακριβής έλεγχος των υψηλών θερμοκρασιών. (Γραφιαδέλης, 1987)

Ο φυσικός αερισμός συμβαίνει καθώς ο αέρας θερμαίνεται ανεβαίνει, καθώς είναι ελαφρύτερος και βγαίνει από τα ανοίγματα της στέγης, και το κενό που δημιουργείται καταλαμβάνεται από ψυχρότερο αέρα, που εισέρχεται από τα πλαϊνά ανοίγματα του θερμοκηπίου. (6)

Έρευνες έδειξαν ότι για είναι αποτελεσματικός ο φυσικός αερισμός πρέπει τα ανοίγματα να έχουν συνολική επιφάνεια ίση με το 1/4 με 1/6 της καλυπτόμενης από το θερμοκήπιο επιφάνειας του εδάφους. (Γραφιαδέλης, 1987)



Ανοίγματα οροφής τύπου 'πεταλούδα' (γιατί ανοίγουν στο πλάι σα τα φτερά της πεταλούδας)



Ανοίγματα οροφής





Μηχανισμός ανοιγμάτων οροφής

#### 4.2.2 Συστήματα τεχνητού αερισμού:

Ο τεχνητός αερισμός βασίζεται σε μηχανικά μέσα και δίνει η δυνατότητα ακριβούς ρύθμισης του όγκου του εισερχόμενου αέρα και επομένως προσφέρει σχετική ακρίβεια στη ρύθμιση των υψηλών θερμοκρασιών του θερμοκηπίου.

Ανάλογα με τη θέση των εξαεριστήρων και των τρόπων τοποθέτησής τους για να βάζουν και να βγάζουν τον αέρα από το θερμοκήπιο, δύο τύποι τεχνητού εξαερισμού βρήκαν εφαρμογή.

Α) Σύστημα υποπίεσης: Σε αυτό το σύστημα αερισμού, ο εξαεριστήρας τοποθετείται συνήθως στη μικρή πλαϊνή πλευρά και εξάγει από το θερμοκήπιο αέρα. Κατά αυτή την διαδικασία, δημιουργείται υποπίεση και εξαναγκάζει να εισέλθει αέρας από το εξωτερικό του θερμοκηπίου, μέσω ανοιγμάτων που βρίσκονται στην απέναντι πλευρά.

Από υπολογισμούς βρέθηκε ότι, η απόσταση μεταξύ των ανοιγμάτων δεν πρέπει να ξεπερνά τα 80 m.

Επίσης, μπορεί εύκολα να συνδυαστεί με εξάτμιση νερού και ψύξη του θερμοκηπίου.

Β) Σύστημα υπερπίεσης: Σε αυτό το σύστημα, ο εξωτερικός αέρας του θερμοκηπίου εισάγεται με πίεση στο θερμοκήπιο και ο θερμότερος και υγρότερος αέρας του θερμοκηπίου, βγαίνει μέσω ειδικών ανοιγμάτων.

Το σύστημα αυτό μπορεί να συνδυαστεί με ύγρανση, ψύξη, θέρμανση και φιλτράρισμα του αέρα για πιο αποτελεσματικό έλεγχο του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου. (Γραφιαδέλης, 1987)

#### 4.2.3 Υπολογισμοί:

- Φυσικός αερισμός:

Όταν το θερμοκήπιο διαθέτει πλαϊνά ανοίγματα και ανοίγματα οροφής ίδιας επιφάνειας, τότε η παροχή φυσικού αερισμού εκφράζεται από τη σχέση:

$$Q = AT/2 Cd [g \Delta T/Toh + Cwu^2]^{0.5} \quad (\text{Κίττας 2001})$$

Όπου:

$$Q = \text{παροχή αερισμού σε } m^3 s^{-1}$$

$Cd$  = συντελεστής αποφόρτισης

$AT$  = συνολική επιφάνεια των ανοιγμάτων σε  $m^2$

$g$  = επιτάχυνση της βαρύτητας σε  $m\ s^{-2}$

$\Delta T$  = διαφορά μεταξύ θερμοκρασίας εσωτερικού ( $T_i$ ) και εξωτερικού ( $T_o$ ) αέρα.

$h$  = υψομετρική διαφορά μεταξύ των ανοιγμάτων οροφής και πλαϊνών σε  $m$ .

$C_w$  = ολικός συντελεστής ανεμοπίεσης

$u$  = ταχύτητα εξωτερικού ανέμου σε  $m\ s^{-1}$

- Δυναμικός αερισμός:

Στον δυναμικό αερισμό η απαιτούμενη παροχή αερισμού δίνεται από τη σχέση:

$$N = [0.87t(1 - 0.67t) RS_{max}]/\Delta T \quad (\alpha) \quad (\text{Κίττας, 1987})$$

Όπου:

$N$  = απαιτούμενος αριθμός ανανέωσης αέρα ( $1/h$ )

$RS_{max}$  = μέγιστη εξωτερική ηλιακή ακτινοβολία (12:00 ηλιακή ώρα και σε συνθήκες καθαρού ουρανού). ( $Wm^{-2}$ )

$t$  = συντελεστής διαπερατότητας του υλικού κάλυψης.

Αν στον τύπο αντικαταστήσουμε τον απαιτούμενο ρυθμό ανανέωσης αέρα  $N$ , το συντελεστή διαπερατότητας του υλικού κάλυψης  $t$ , θα υπολογίσουμε την μέγιστη εξωτερική ηλιακή ακτινοβολία  $RS_{max}$ .

$\Delta T$  = διαφορά μεταξύ θερμοκρασίας εσωτερικού  $T_i$  και εξωτερικού  $T_o$  αέρα σε  $K$

Κατόπιν, μπορούμε να υπολογίσουμε την απαιτούμενη παροχή των ανεμιστήρων  $Q_a$ , αν πολλαπλασιάσουμε την παροχή αερισμού  $N$  επί τον όγκο του θερμοκηπίου.

$$Q_a = NV \quad (\beta)$$

Όπου,

$Q_a$  = απαιτούμενη συνολική παροχή ανεμιστήρων σε  $m^3 h^{-1}$ .

$N$  = παροχή αερισμού σε  $h^{-1}$

$V$  = όγκος του θερμοκηπίου σε  $m^3$

Η επιφάνεια των ανοιγμάτων που απαιτούνται είναι  $0.05\ m^2$  ανοιγμάτων αερισμού για κάθε  $10\ m^3\ min^{-1}$  παροχής αερισμού.

Η απαιτούμενη ισχύς ανεμιστήρων, δίνεται από τη σχέση:

$$P = Q_a Pa/3600n \quad (\gamma)$$

Όπου:

$P$  = η ισχύς των ανεμιστήρων σε  $W$

$Q_a$  = παροχή των ανεμιστήρων σε  $m^3 h^{-1}$

$Pa$  = στατική πίεση σε Pascal ( $20 - 50\ Pa$ )

$n$  = συντελεστής απόδοσης των ανεμιστήρων ( $\sim 0.7$ )

(Κίττας, 2001)

### Παράδειγμα:

Έστω ότι έχουμε θερμοκήπιο στην περιοχή σε γεωγραφικό μήκος  $32^{\circ}$  τον μήνα Ιούνιο (15 Ιουνίου), στο οποίο για  $\Delta T = 2.5 \text{ K}$  και με συντελεστή διαπερατότητας υλικού κάλυψης  $t = 0.55$ , έχει υπολογιστεί η μέγιστη εξωτερική ηλιακή ακτινοβολία  $RS_{max} = 40,95 \text{ MJ/m}^2/\text{ημέρα}$  (βλ παράρτημα) Τότε ο απαιτούμενος ρυθμός ανανέωσης υπολογίζεται από τη σχέση (α):

$$N = [0,87 * (1 - 0,67t) RS_{max}] / \Delta T = [0,87 * (1 - 0,67 * 0,55) 40,95] / 2,5 = 8.9$$

Ο ρυθμός ανανέωσης είναι  $89 \text{ h}^{-1}$  είναι ικανό να κρατήσει ένα  $\Delta T = 5 \text{ K}$

Η απαιτούμενη συνολική παροχή των ανεμιστήρων  $Q_a$  υπολογίζεται αν πολλαπλασιάσουμε την παροχή αερισμού  $N$  με τον όγκο  $V$  του θερμοκηπίου. Έστω ότι ο όγκος του θερμοκηπίου είναι  $3085 \text{ m}^3$ . Τότε,

$Q_a = 274565 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  και ο απαιτούμενος αριθμός ανεμιστήρων προκύπτει αν διαιρεθεί η παροχή με το διπλάσιο αριθμό των διαμερισμάτων του θερμοκηπίου.

Η απαιτούμενη ισχύς των ανεμιστήρων υπολογίζεται από τη σχέση (γ):

$$P = Q_a Pa / 3600n \quad (\gamma) \quad \text{Έστω } Pa = 30$$

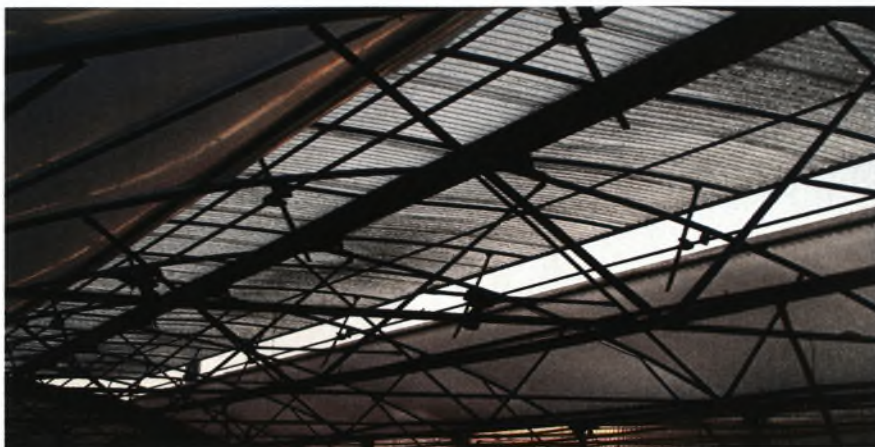
$$P = 274565 * 30 / 3600 * 0.7 = 3268,6 \text{ W}$$

### 4.3 Μέσα Δροσισμού:

Τα υλικά κάλυψης των θερμοκηπίων επιτρέπουν την ακτινοβολία μικρότερων μηκών κύματος να τα διαπερνά, ενώ η ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος (όπως η υπέρυθρη) παγιδεύεται μέσα στο θερμοκήπιο ανεβάζοντας τη θερμοκρασία του αέρα του θερμοκηπίου (Φαινόμενο του Θερμοκηπίου). (6) Έτσι, δημιουργήθηκε η ανάγκη ανάπτυξης συστημάτων ψύξης / δροσισμού των θερμοκηπίων, ώστε να διατηρείται η θερμοκρασία και να δημιουργούνται όσο το δυνατόν άριστες συνθήκες για την ανάπτυξη της εκάστοτε καλλιέργειας.

Ο δροσισμός το θερμοκηπίων επιτυγχάνεται με;

- *Παθητικό αερισμό:* Ο ζεστός αέρας του θερμοκηπίου αντικαθιστάται από τον ψυχρότερο αέρα του εξωτερικού περιβάλλοντος του θερμοκηπίου. Αυτό συμβαίνει γιατί καθώς ο θερμότερος αέρας του θερμοκηπίου είναι ελαφρύτερος και ανεβαίνει προς τα πάνω και εξέρχεται από τα ανοίγματα της οροφής του θερμοκηπίου. Παράλληλα, δημιουργείται κενό το οποίο καλύπτεται από δροσερό αέρα που εισέρχεται στο θερμοκήπιο μέσω των πλαϊνών ανοιγμάτων του θερμοκηπίου. (6)



Παθητικός αερισμός μέσω των ανοιγμάτων οροφής



Παθητικός αερισμός μέσω των ανοιγμάτων οροφής

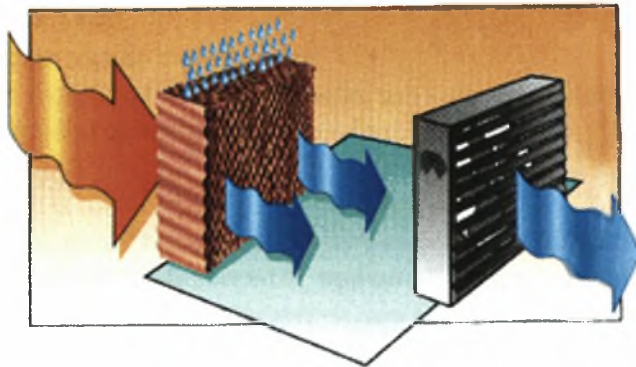
(12)

- *Συστήματα σκίασης:* Αυτά τα συστήματα λειτουργούν μειώνοντας τη ποσότητα της φωτεινής ακτινοβολίας και με αυτόν τον τρόπο μειώνεται το ηλιακό φορτίο. (6)  
 Σκίαση που επιτυγχάνεται με κάλυψη των διάφανων τμημάτων του θερμοκηπίου με λευκό latex, με κάποιο είδος υφασμάτινης κουρτίνας ή με κινητά αυτοματοποιημένα σκίαστρα. (6)
- *Σύστημα ψύξης υγρής παρειάς:* Αυτός είναι ο πιο κοινός τύπος συστήματος δροσισμού θερμοκηπίου με κατανάλωση ενέργειας. Το σύστημα αυτό εκμεταλλεύεται την ενέργεια που αφαιρείται από το περιβάλλον καθώς το νερό εξατμίζεται. Ειδικότερα, σε αυτό το σύστημα, τοποθετούνται στον έναν τοίχο του θερμοκηπίου παρειές από κυτταρίνη ή άλλο υλικό, και στον ακριβώς απέναντι τοίχο, τοποθετούνται ανεμιστήρες. Οι ανεμιστήρες εξάγουν αέρα από το εσωτερικό στο εξωτερικό περιβάλλον του θερμοκηπίου και έτσι δημιουργείται κενό, το οποίο καλύπτεται από τον εξωτερικό αέρα που εισέρχεται μέσω των παρειών. Αν οι παρειές είναι υγρές/βρεγμένες, τότε μέρος του νερού των παρειών απορροφά ενέργεια (σε μορφή θερμότητας) από τον αέρα και εξατμίζεται. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται ψύξη του αέρα που εισέρχεται μέσω της παρειάς στο θερμοκήπιο. Η παρειά διατηρείται καθώς διοχετεύεται με νερό, το οποίο αποθηκεύεται σε ένα δοχείο αποθήκευσης. Οι παρειές πρέπει να διατηρούνται σε καλή κατάσταση και να συντηρούνται ή και αντικαθίστανται όταν είναι απαραίτητο. Συχνά παρατηρείται συγκέντρωση αλάτων και δημιουργία αλγών, με αποτέλεσμα να μειώνεται η διάρκεια ζωής της παρειάς. Για την αποφυγή συγκέντρωσης αλάτων, καλό θα είναι να χρησιμοποιείται νερό με χαμηλή περιεκτικότητα αλάτων και για την αποφυγή ανάπτυξης αλγών κυκλοφορούν στην αγορά σκευάσματα τα οποία εμποδίζουν την ανάπτυξή τους όταν προστεθούν στο νερό.





Τύποι ανεμιστήρων (9)



(9)

- SWAMP FANS & POSITIVE PRESSURE COOLING:* Αυτό το είδος σύστημα ψύξης/δροσισμού των θερμοκηπίων αποτελείται από ένα ατομικό fan&rad σύστημα ψύξης, όπου βρίσκονται μαζί κλεισμένα μέσα σε μια μονάδα. Ο ανεμιστήρας φυσά τον αέρα έξω από τη μονάδα ψύξης στο χώρο ανάπτυξης των φυτών, και έτσι δημιουργείται κενό αέρος μέσα στη μονάδα το οποίο καλύπτεται από αέρα που εισρέει στη μονάδα. Στο εσωτερικό της μονάδας, υπάρχουν παρειές κορεσμένες με νερό και ο εισερχόμενος αέρας που περνά μέσα από τις παρειές, ψύχεται. Έτσι, όταν με τη σειρά του, θα εξέλθει από τη μονάδα με τη ώθηση του ανεμιστήρα, θα έχει χαμηλότερη θερμοκρασία. Επειδή ο αέρας ωθείτε μέσα στο θερμοκήπιο (το κενό αέρος δημιουργείται μέσα στη μονάδα ψύξης και όχι στον χώρο ανάπτυξης των φυτών), αυτό το σύστημα δροσισμού συχνά καλείται θετικής πίεσης σύστημα ψύξης.
- Συστήματα νέφωσης:* Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν την ιδιότητα της εξάτμισης, κατά την οποία αφαιρείται ενέργεια υπό μορφή θερμότητας από το περιβάλλον, όπως και τα συστήματα υγρής παρειάς. Η διαφορά είναι ότι σε αυτά τα συστήματα, πολύ μικρές σταγόνες νερού (περίπου 0,04 ίντσες σε διάμετρο) ωθούνται και αναμιγνύονται με τον αέρα. Εξαιτίας του μικρού τους μεγέθους, παραμένουν αιωρούμενες στον αέρα και δεν στάζουν στα φυτά. Καθώς αιωρούνται τα σταγονίδια του νερού στον αέρα του θερμοκηπίου, εξατμίζονται εξαιτίας της θερμότητας που υπάρχει στον αέρα

και με αυτόν τον τρόπο μέσω της εξάτμισης ψύχουν τον αέρα. Ο κορεσμένος σε υδρατμούς αέρας σταδιακά απομακρύνεται από το θερμοκήπιο μέσω των εξαεριστήρων που βρίσκονται στη οροφή. (6)

#### 4.3.1 Υπολογισμοί:

Στην περίπτωση του συστήματος δροσισμού δυναμικού αερισμού με υγρή παρειά, η απόδοση του συστήματος υγρής παρειάς PAD δίδεται από τη σχέση:

$$E = (T_o - T_e) / (T_o - T_c) \quad (\alpha)$$

Όπου:

E = συντελεστής απόδοσης PAD

T<sub>e</sub> = θερμοκρασία εξόδου από PAD

T<sub>c</sub> = υγρή θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα.

Ο εσωτερικός αέρας T<sub>i</sub> του θερμοκηπίου ισούται με τον μέσο όρο των θερμοκρασιών εισόδου T<sub>e</sub> και εξόδου T<sub>s</sub>.

$$T_i = (T_e + T_s) / 2$$

Το ίδιο συμβαίνει και με τις υγρασίες:

$q_i = (q_e + q_s) / 2$  όπου q<sub>i</sub> η υγρασία του εσωτερικού αέρα, q<sub>e</sub> η υγρασία του αέρα που εισέρχεται και q<sub>s</sub> η υγρασία του αέρα που εξέρχεται. (Κίττας, 2001)

#### Παράδειγμα:

Έστω ότι εισέρχεται στην παρειά του συστήματος ψύξης αέρας στους 28 °C και με 20% σχετική υγρασία και εξέρχεται της παρειάς έχοντας θερμοκρασία 12 °C και με σχετική υγρασία 80%. Ο εσωτερικός αέρας του θερμοκηπίου είναι ίσος με τον μέσο όρο των δύο θερμοκρασιών, δηλαδή,  $T_i = (28 - 12) / 2 = 8$  °C Το ίδιο συμβαίνει και με τις ειδικές υγρασίες.

Η απόδοση του συστήματος ψύξης PAD υπολογίζεται αντικαθιστώντας στη σχέση: Έστω T<sub>o</sub> (ο εξωτερικός αέρας σε ξηρή θερμοκρασία) = 32 °C, T<sub>e</sub> = ο ξηρός αέρας που ψύχθηκε με αδιαβατικό τρόπο (θερμοκρασία αέρα εξόδου από την παρειά) και είναι στους 28 °C και T<sub>c</sub> (υγρή θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα) = 30,5 °C Τότε, αντικαθιστώντας στη σχέση (α):

$E = 4 / 1.5 = 2.66$  είναι ο συντελεστής απόδοσης του PAD.

#### 4.4 Μέσα αφύγρανσης:

Όταν η ελεύθερη υγρασία είναι σε πολύ υψηλά επίπεδα, μέσα στο θερμοκήπιο, τότε λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα για να μειωθεί. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η ελεύθερη υγρασία είναι μη επιθυμητή στο περιβάλλον του θερμοκηπίου, γιατί αυξάνει τον κίνδυνο ανάπτυξης ασθενειών καθώς επίσης και να κάνει την ατμόσφαιρα αποπνικτική για το ανθρώπινο δυναμικό που εργάζεται στο χώρο του θερμοκηπίου.

Η αφύγρανση του θερμοκηπίου μπορεί να γίνει με δύο κυρίως τρόπους, παθητική αφύγρανση, δηλαδή χωρίς την κατανάλωση ενέργειας, και δυναμική αφύγρανση, δηλαδή με χρήση μηχανικών μέσων που απαιτούν κατανάλωση ενέργειας.

Η αφαίρεση υγρασίας από το θερμοκήπιο, μπορεί να γίνει παθητικά, με παθητικό αερισμό το θερμοκηπίου. Ανοίγοντας, τα πλαϊνά ανοίγματα του θερμοκηπίου, ο κορεσμένος με υδρατμούς αέρας του θερμοκηπίου αντικαθίσταται με φρέσκο αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον του θερμοκηπίου, ενώ παράλληλα ανανεώνεται και το ποσοστό το CO<sub>2</sub> που πιθανόν να είχε μειωθεί κατά τη διάρκεια της μέρας.

Η δυναμική αφύγρανση του θερμοκηπίου μπορεί να γίνει με τη χρήση ανεμιστήρων. Το σύστημα αυτό λειτουργεί παρόμοια με το σύστημα υποπίεσης και το σύστημα υπερπίεσης στο δυναμικό αερισμό.

Επίσης υπάρχουν αφυγραντές που λειτουργούν αυτόματα και που με αισθητήρες μετράνε την υγρασία στο χώρο του θερμοκηπίου. Όταν, τα επίπεδα υγρασίας ξεπεράσουν ένα ανώτατο όριο ασφαλείας μπαίνουν σε λειτουργία αυτόματα και 'αφαιρούν' την υγρασία από το χώρο. Αυτό που στην ουσία κάνουν είναι να απορροφούν τον γεμάτο υγρασία αέρα από το εσωτερικό του θερμοκηπίου και να τον αντικαθιστούν με άλλον πιο ξηρό. Η λειτουργία αυτών των μηχανημάτων είναι παρόμοια με αυτών που χρησιμοποιούνται στον δυναμικό αερισμό.

Με τη χρήση υγρασιόμετρων μετράμε την υγρασία του αέρα και αν αυτή ξεπεράσει κάποιο ανώτατο όριο παίρνουμε τα κατάλληλα μέτρα για την μείωση της υγρασίας.

#### 4.5 Μέσα Φωτισμού:

Η καλλιέργειες στα θερμοκήπια, όπως έχει ήδη αναφερθεί, αναπτύσσονται την εποχή που η ένταση του φωτός αποτελεί περιοριστικό παράγοντα στην ανάπτυξη των φυτών. Γι' αυτό κάθε προσπάθεια αύξησης της έντασης του φωτός, έχει ευνοϊκά αποτελέσματα στην απόδοση των καλλιεργειών.

Προτού επιλεγεί του θερμοκηπίου ή ενός θαλάμου ανάπτυξης ή γενικά κάθε ελεγχόμενου περιβάλλοντος, πρέπει να ληφθεί υπόψη:

- Η ολική ενέργεια που εκπέμπεται από τη πηγή φωτός.
- Η απόδοση (το % ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που μετατρέπεται σε φωτεινή).
- Τα μήκη κύματος που εκπέμπονται από την πηγή (ειδικά αυτά μεταξύ 400 με 700 nm).
- Το κόστος
- Η διάρκεια ζωής τόσο της πηγής (λαμπτήρες) όσο και όλης της εγκατάστασης (π.χ. καλώδια, πίνακες κ.α.)
- Η συντήρηση που απαιτεί όλη η εγκατάσταση. (6)

Πρόσθετος φωτισμός παρέχεται στα φυτά με:

- Λαμπτήρες υδραργύρου χαμηλής πίεσης: Οι λαμπτήρες αυτοί έχουν εσωτερικό ανακλαστήρα MBFR/U. Αναρτιούνται σε ύψος 0,75 m και πρέπει να έχουν ισχύ 60 W/m. (Γραφιαδέλης, 1987)

Οι λαμπτήρες υδραργύρου χαμηλής πίεσης περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά μήκη κύματος της ορατής ακτινοβολίας και μέρος της υπεριώδους ακτινοβολίας. Το εσωτερικό τοίχωμα του γυαλιού περιέχει φώσφορο, ο οποίος απορροφά την ακτινοβολία στα 0,254 nm, και αφήνει να περάσει η υπόλοιπη. Η ακτινοβολία που απορροφάται επανεκπέμπεται σε μήκη κύματος της ορατής ακτινοβολίας.

Οι λαμπτήρες υδραργύρου – σωλήνες φθορισμού χρησιμοποιούνται κυρίως σε θαλάμους ανάπτυξης και λιγότερο για συμπληρωματικό

φωτισμό. (Νικήτα-Μαρτζοπούλου Χ., Μαρτζόπουλος Γ., Βασιλείου Ν., 1990)

- Λαμπτήρες υδραργύρου υψηλής πίεσης: Έχουν το ίδιο φάσμα εκπομπής με τους λαμπτήρες υδραργύρου χαμηλής πίεσης, με τη διαφορά ότι δεν εκπέμπουν στα μήκη κύματος της υπεριώδους. Χρησιμοποιήθηκαν ευρέως στα θερμοκήπια της Ευρώπης, αλλά πλέον τείνουν να αντικατασταθούν από λαμπτήρες που στο εσωτερικό τους έχουν σκόνη φθορισμού. Η σκόνη φθορισμού μετατρέπει την υπεριώδη ακτινοβολία των 0,365 nm σε ορατή στα μήκη κύματος του κόκκινου η οποία βοηθά στην αποδοτικότητα των φυτών.
- Λαμπτήρες νατρίου χαμηλής πίεσης: Το φάσμα εκπομπής τους είναι κατάλληλο για συμπληρωματικό φωτισμό στα θερμοκήπια και αποτελούν την πιο οικονομικά συμφέρουσα επιλογή. Το 35% της ενέργειας που καταναλώνουν μετατρέπεται σε αρατή στο μήκος κύματος 400 – 700 nm. Οι λαμπτήρες νατρίου χαμηλής πίεσης είναι διαθέσιμοι σε διάφορα μεγέθη (35 W, 55 W, 90 W, 135 W, 180 W) αλλά οι λαμπτήρες των 180 W είναι αυτοί που χρησιμοποιούνται κυρίως. Οι λαμπτήρες των 180 W αποδίδουν ενέργεια για φωτοσύνθεση ισοδύναμη με αυτή που αποδίδει ένας λαμπτήρας υδραργύρου των 400 W, δηλαδή το κόστος λειτουργίας τους είναι στο μισό. Ωστόσο, η διάρκεια ζωής είναι λίγο μικρότερη από εκείνη του υδραργύρου αλλά η απόδοσή τους είναι καλύτερη και σταθερή μέχρι το τέλος.
- Λαμπτήρες νατρίου υψηλής πίεσης: Η αυξημένη πίεση των ατμών νατρίου που ασκείται σε κεραμικό σωλήνα υψηλής αντάστασης και προκαλεί διάχυση της ακτινοβολίας των μηκών κύματος των λαμπτήρων χαμηλής πίεσης. Από την ενέργεια που χρησιμοποιεί το 27% εμφανίζεται στα μήκη κύματος των 400 – 700 nm. Κυκλοφορεί σε μεγέθη 250 W, 400 W και 1 KW. Χρησιμοποιήθηκαν με επιτυχία σε σπορόφυτα τομάτας, μαρουλιού κ.α. (Νικήτα-Μαρτζοπούλου Χ., Μαρτζόπουλος Γ., Βασιλείου Ν., 1990)

#### 4.6 Συστήματα σκίασης:

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τα επίπεδα του φωτός, σε ένα θερμοκήπιο, μπορεί να χρειαστεί είτε να αυξηθούν (με χρήση μέσων πρόσθετου φωτισμού) είτε να μειωθούν (χρησιμοποιώντας μέσα σκίασης), ώστε να διατηρείται η ένταση του φωτός σε άριστα επίπεδα για την εκάστοτε καλλιέργεια. (6)

Τα πιο συνηθισμένες μέθοδοι μείωσης της έντασης του φωτός είναι:

A) Εφαρμογή/Τοποθέτηση χημικών ενώσεων στους υαλοπίνακες/υλικά κάλυψης των θερμοκηπίων. Υπάρχουν διάφορα εμπορικά σκευάσματα διαθέσιμα στην αγορά που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των υαλοπινάκων των θερμοκηπίων. Ωστόσο, ένα μίγμα που αποτελείται από 1 μέρος λευκού υγρού latex και 20 μέρη νερού έχουν πολύ καλά αποτελέσματα.

B) Χρήση κάποιου είδους κουρτίνας φτιαγμένη από ύφασμα ή πολυπροπυλένιο ή πολυεστέρα ή πολυεστέρα καλυμμένο με αλουμίνιο. Αυτό το είδος σκιάστρου μπορεί να τοποθετηθεί ή εσωτερικά στο θερμοκήπιο ή εξωτερικά του θερμοκηπίου.

Γ) Χρήση κινητών συστημάτων σκίασης. Αυτά τα συστήματα τοποθετούνται στα αετώματα των θερμοκηπίων και η λειτουργία τους ελέγχεται από υπολογιστή ο οποίος είναι συνδεδεμένος με φωτόμετρο. Τα επιθυμητά επίπεδα φωτός προγραμματίζονται στον υπολογιστή και το σύστημα σκίασης αυτόματα τραβιέται και καλύπτει τους υαλοπίνακες του θερμοκηπίου, όταν το επίπεδο φωτός υπερέρχει του επιθυμητού. (6)

Τα δύο πρώτα συστήματα έχουν το μειονέκτημα ότι η σκίαση παραμένει στη θέση της καθ' όλη τη διάρκεια της μέρας ή και σε μέρες που η ένταση του φωτός είναι χαμηλή (π.χ. μέρες με συννεφιά) και κάτω από τα άριστα επίπεδα για την καλλιέργεια.

Το τρίτο σύστημα σκίασης έρχεται να καλύψει το μειονέκτημα των δύο άλλων αφού το συγκεκριμένο σύστημα σκίασης μπορεί να ρυθμίζεται αυτόματα ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες. (6)

#### 4.7 Συστήματα ρύθμισης της ατμόσφαιρας:

Η σημαντικότερη ενέργεια στη ρύθμιση της ατμόσφαιρας του θερμοκηπίου είναι ο εμπλουτισμός της με CO<sub>2</sub>. Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την ατμόσφαιρα του θερμοκηπίου μπορεί να είναι το αιθυλένιο καθώς και ουσίες φυτοτοξικές που διαφεύγουν από συγκεκριμένα συντηρητικά ξύλου ή και από ζιζανιοκτόνα κατά την καταπολέμηση ζιζανίων με χημικά μέσα. (6)

Όπως έχει ήδη αναφερθεί το CO<sub>2</sub> αποτελεί βασικό στοιχείο για τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Τα φυτά προσλαμβάνουν το CO<sub>2</sub> από τα στόματα που βρίσκονται στη κάτω επιφάνεια των φύλλων και με τη παρουσία της ηλιακής ενέργειας και του νερού μετατρέπεται σε υδατάνθρακες (που αποτελούν τη πηγή ενέργειας όλων των ζώντων οργανισμών). Επομένως, η παρουσία του CO<sub>2</sub> είναι σημαντική. Ο αέρας έχει βρεθεί ότι περιέχει περίπου 300 ppm CO<sub>2</sub> κατά μέσω όρο.

Όταν, το ποσοστό του CO<sub>2</sub> πέφτει κατά τη διάρκεια της ημέρας στο θερμοκήπιο πέφτει και ο ρυθμός φωτοσύνθεσης.

Από έρευνες βρέθηκε ότι η ποσότητα του CO<sub>2</sub> που απαιτείται σε περιοχές με πολύ φως, είναι μεγαλύτερη από ότι περιοχές με μειωμένο φωτισμό, και αυτό συμβαίνει γιατί οι περιοχές με αυξημένο φωτισμό έχουν μεγαλύτερο ρυθμό φωτοσύνθεσης.

Έχει αποδειχθεί ότι ο εμπλουτισμός του θερμοκηπίου με CO<sub>2</sub> επιφέρει σημαντικές βελτιώσεις στη ποσότητα και στη ποιότητα των καλλιεργειών.

Ο εμπλουτισμός της ατμόσφαιρας του θερμοκηπίου με CO<sub>2</sub> είναι αποτελεσματικός μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας, όσο δηλαδή τα φυτά φωτοσυνθέτουν και αυτό γίνεται από την ανατολή του ηλίου έως και μια ώρα πριν τη δύση του ηλίου.

Ο χρόνος κατά τον οποίο πραγματοποιείται ο εμπλουτισμός εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής. Γενικά όμως αρχίζει κατά το τέλος Σεπτεμβρίου με αρχές Νοεμβρίου και διαρκεί έως τον Απρίλιο με Μάιο. (Νικήτα-Μαρτζοπούλου Χ., Μαρτζόπουλος Γ., Βασιλείου Ν., 1990)

##### 4.7.1 Μέθοδοι εμπλουτισμού της ατμόσφαιρας με CO<sub>2</sub>:

**Α) Με καύση προπανίου/φυσικού αερίου/κηροζίνης – καυστήρας τέλειας καύσης:** Οι καυστήρες κρέμονται κατά μήκος του κέντρου του θερμοκηπίου, σε ύψος που να ξεπερνά το μέσο ανθρώπινο. Λειτουργούν αυτόματα με φωτοκύτταρο ή χρονοδιακόπτη ώστε να ανοίγουν την ανατολή και να κλείνουν την δύση του ηλίου. Ο καυστήρας κάνει τέλεια καύση έχοντας μπλε φλόγα, και το αέριο μετατρέπεται σε νερό και CO<sub>2</sub>, που εξέρχεται από τον καυστήρα και διαχέεται στην ατμόσφαιρα του

θερμοκηπίου. Ατελής καύση στον καυστήρα δημιουργεί παραγωγή αιθυλενίου και μονοξειδίου του άνθρακα, τα οποία είναι επιβλαβή αέρια τόσο για τον άνθρωπο όσο και για την καλλιέργεια (καταστρέφουν τα άνθη). Τα ανώτερα όρια για το αιθυλένιο είναι 0,05 ppm και για το CO είναι 50 ppm.

Το καύσιμο των καυστήρων μπορεί να είναι προπάνιο, φυσικό αέριο ή κηροζίνη και πρέπει να είναι υψηλής καθαρότητας και κυρίως ως προς την περιεκτικότητα του σε θείο. Η περιεκτικότητα του φυσικού αερίου και προπανίου σε θείο δεν πρέπει να ξεπερνά το 0,02 κατά βάρος. Το θείο όταν έρθει σε επαφή με την υγρασία μετατρέπεται σε θειώδες και τελικά σε θειικό οξύ, το οποίο είναι καυστικό για τα φυτά.

Ο καυστήρας πρέπει να συντηρείται τακτικά, να καθαρίζονται για να μην υπάρχει διαρροή αερίων (καθώς το άκαυστο καύσιμο είναι επιβλαβές)

**Β) Συστήματα εμπλουτισμού με χρήση υγρού CO<sub>2</sub> ή εξάχνωση στερεού:** Το αέριο CO<sub>2</sub> υπό πίεση μετατρέπεται σε υγρό και αν βρεθεί σε συνθήκες χαμηλών θερμοκρασιών, στερεοποιείται υπό μορφή πάγου. Το υγρό CO<sub>2</sub> αποθηκεύεται σε δοχείο υπό πίεση και μέσω πλαστικών σωλήνων διαμέτρου 3 – 6 mm που φέρουν οπές ανά 30 cm, μεταφέρονται στο χώρο του θερμοκηπίου. Από την άλλη πλευρά, το στερεό CO<sub>2</sub> τοποθετείται υπό μορφή τεμαχίων πάγου, στο θερμοκήπιο που κατά την εξάχνωσή τους, εμπλουτίζουν το χώρο του θερμοκηπίου με CO<sub>2</sub>. Ωστόσο σε αυτή την περίπτωση είναι αδύνατον να υπολογιστεί η εξάχνωση.

Το υγρό ή στερεό CO<sub>2</sub> είναι δαπανηρότερα από ότι η καύση του αερίου, ωστόσο έχει μεγάλο βαθμό καθαρότητας. (Νικίτα-Μαρτζοπούλου Χ., Μαρτζόπουλος Γ., Βασιλείου Ν., 1990)

#### 4.8 Συστήματα άρδευσης :

##### Γενικά:

Στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες είναι δύσκολο να υπολογιστεί το νερό που χρειάζονται τα φυτά, ειδικά αν βρίσκονται στα πρώτα στάδια ανάπτυξής τους. Η συχνότητα των ποτισμάτων εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες και τον τύπο του εδάφους. (Ευσταθιάδης, 1987)

Στο θερμοκήπιο οι απώλειες νερού είναι μικρότερες από ότι στον ανοιχτό αγρό, και δίνονται από το τύπο:

$$E.T.\Delta. = \alpha(G/L) + \beta$$

Όπου E.T.Δ. : εξατμισοδιαπνοή σε mm/ημέρα.

G : συνολική ηλιακή ακτινοβολία του τόπου σε cal/cm<sup>2</sup>

L : λανθάνουσα θερμότητα της E.T.Δ. = 60 cal/cm<sup>2</sup>/mm.

α : συντελεστής 0,65 για ελεύθερο αέρα και 0,67 για θερμοκήπιο.

β: συντελεστής 0,8 για ελεύθερο αέρα και 0,2 για θερμοκήπιο.

Τα φυτά επηρεάζονται τόσο όταν η ποσότητα του νερού που υπάρχει στο έδαφος δεν ικανοποιεί την E.T.Δ. (τα φυτά μαραίνονται), όσο και όταν η ποσότητα του νερού είναι μεγαλύτερη από ότι χρειάζεται για την ικανοποίηση της E.T.Δ. (σχηματίζονται στο κάτω μέρος των φύλλων σκούρα οιδήματα.)(3)

Έρευνες έδειξαν ότι η παραγωγή είναι ικανοποιητικά όταν με την άρδευση η υδατοϊκανότητα του εδάφους καλύπτεται κατά 80% για τα περισσότερα είδη,

Η υγρασία μετριέται με τενσιόμετρα και με υγροστάτες. Τα *τενσιόμετρα* όταν το έδαφος βρίσκεται στην υδατοϊκανότητα δείχνει 0,1 – 0,3 atm (0,1 atm = 76 mm στήλης Hg = 1 decibar = 10 centibar).

Οι *υγροστάτες* λειτουργούν με ηλεκτρικό ρεύμα και δίνουν τη δυνατότητα αυτοματοποίησης της άρδευσης της καλλιέργειας. Άλλα συστήματα υπολογισμού της υγρασίας που δίνουν τη δυνατότητα αυτοματοποίησης της άρδευσης, βασίζονται σε μετρήσεις της θερμοκρασίας, της εξατμισοδιαπνοής, υγρασίας ριζοστρώματος και φύση του εδάφους. (Ευσταθιάδης, 1987)

**Συστήματα άρδευσης:** Υπάρχουν διάφορα συστήματα άρδευσης των θερμοκηπιακών καλλιέργειών. Η εφαρμογή του κάθε συστήματος εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας.

Α) *Σύστημα χαμηλής βροχής:* Εφαρμόζεται, κυρίως σε καλλιέργειες τριανταφυλλιάς και γαριφαλιάς. Το σύστημα αυτό περιλαμβάνει εκτοξευτήρες που τοποθετούνται στο έδαφος ή λίγο ψηλότερα από αυτό.

Β) *Σύστημα με ψηλή βροχή:* Περιλαμβάνει και αυτό εκτοξευτήρες, ωστόσο το νερό πέφτει ψηλότερα από τα φυτά.

Το σύστημα βροχής μπορεί να είναι κινητό με βραχίονες και τροχούς που στηρίζονται στους ελκυστήρες του θερμοκηπίου.



Σύστημα ποτίσματος με ψηλή βροχή



Σύστημα ποτίσματος με ψηλή βροχή

Γ) Σύστημα με σταγόνες (στάγδην άρδευση): Τα φυτά ποτίζονται πλησίον του ριζοστρώματος με τη βοήθεια σταλάκτων που παρέχουν νερό υπό μορφή σταγόνας σε τακτούς χρόνους. Το σύστημα αυτό ποτίζει ομοιόμορφα, βοηθά στην εξοικονόμηση του νερού και επειδή δεν βρέχει τις καλλιέργειες μειώνει την πιθανότητα ανάπτυξης ασθενειών.



Σύστημα ποτίσματος με σταγόνες. Στη φωτό διακρίνονται κρεμάμενοι σταλάκτες (κίτρινα ακροφύσια), οι οποίοι παρέχουν νερό στο ριζόστρωμα των καλλιεργειών υπό μορφή σταγόνας.

Δ) Σύστημα άρδευσης φυτών σε δοχεία που τοποθετούνται πάνω σε πάγκους και καναλέτα: Εδώ χρησιμοποιείται ειδική τεχνική. Τα δοχεία είναι τοποθετημένα πάνω σε τραπέζια ή πάγκους. Τα τραπέζια έχουν από κάτω διάτρητο σωλήνα που παρέχει νερό. Και πάνω υπάρχουν στρώσεις πλαστικού πολυπροπυλενίου ή άμμου, χαλικιών και από κάτω για να μη διαφεύγει η το νερό έχουν μια στρώση αμιαντοτσιμέντο. (Ευσταθιάδης, 1987)

#### 4.8.1 Υπολογισμοί:

Οι ανάγκες της κάθε καλλιέργειας σε νερό, υπολογίζονται από τη σχέση:

$$A.N: r \times K \times E.\Delta$$

Όπου:

A.N: οι ανάγκες τις καλλιέργειας σε νερό.

r: συντελεστής είδους μικροάρδευσης, (δίδεται από πίνακα).

K: καλλιεργητικός συντελεστής.

E.Δ: εξατμισοδιαπνοή.



Για  $K=1$  και  $r=0.75$  κατά μία άλλη προσέγγιση τύπο η Ε.Δ ισούται με:

$$E.A: 0.67 \times t \times H.A/2.5$$

Και έστω ότι έχουμε ένα θερμοκήπιο με υλικό κάλυψης το πολυαιθυλένιο, τότε ο συντελεστής διαπερατότητας  $t=0.7$  (πίνακας 1) έχουμε:

$$H.A: RGo (0.18 + 0.65 n/N)$$

Όπου:

RGo: η ηλιακή ακτινοβολία στα όρια της ατμόσφαιρας (δίνεται από πίνακα)

N: διάρκεια της ημέρας (δίνεται από πίνακα)

n: ηλιοφάνεια (αποτελεί μετεωρολογικό δεδομένο)

έστω ότι είμαστε σε γεωγραφικό μήκος:  $\varphi = 38^0$ , και είμαστε στο τρίτο δεκαήμερο του Ιουνίου άρα από τους πίνακες (βλ. παραρτήματα) βρίσκουμε:

$$n = 10.5 \text{ και } N = 14.64$$

Επομένως: αντικαθιστώντας στη παραπάνω σχέση υπολογίζουμε την ηλιακή ακτινοβολία και στη συνέχεια αντικαθιστούμε την τιμή της ηλιακής ακτινοβολία στη σχέση που μας δίνει την εξατμισοδιαπνοή. Αφού υπολογίσουμε και την εξατμισοδιαπνοή, αντικαθιστούμε το αποτέλεσμα στην σχέση που μας δίνει τις ανάγκες σε νερό και βρίσκουμε τις ανάγκες σε νερό της καλλιέργειας. (Κίττας 2001)

Πίνακας 1: ενδεικτικές τιμές συντελεστή διαπερατότητας ανάλογα με το υλικό κάλυψης. (Κίττας, 2001)

Υλικό κάλυψης	Συντελεστής διαπερατότητας t
Γυαλί	0.7
Απλό πολυαιθυλένιο	0.7
Εύκαμπτο οπλισμένο PVC	0.65
Διπλό πολυαιθυλένιο	0.6

Υπολογισμός δόσης άρδευσης:

Η μαθηματική σχέση που μας δίνει την δόση άρδευσης είναι:

$$\Delta.A: [(Y.I - \Sigma.M.M)/100] \times dE \times Ea \times f \times P$$

Όπου:

Y.I: υδατοϊκανότητα

$\Sigma.M.M.$ : σημείο μόνιμης μάρανσης

f: συντελεστής εξάντλησης υγρασίας

P: ποσοστό ύγρανσης εδάφους

Ea: βαθμός απόδοσης κατά την εφαρμογή.

Η δόση εφαρμογής δίνεται από τη σχέση:

$$\Delta.E = \Delta.A/Ea$$

Όπου:

$\Delta.E$ : η δόση εφαρμογής

$\Delta.A$ : η δόση άρδευσης

Ea: βαθμός απόδοσης κατά την εφαρμογή.

Το εύρος άρδευσης δίνεται από τη σχέση που συνδέει τη δόση άρδευσης με τις ανάγκες σε νερό:

$$E.A = \Delta.A/A.N$$

Όπου:

E.A: η εφαρμογή άρδευσης.

$\Delta.A$ : η δόση άρδευσης

A.N: οι ανάγκες σε νερό

Η διάρκεια άρδευσης δίνεται από τη σχέση:

$$t = \Delta.E/E.\Delta \quad \text{σε ώρες}$$

όπου:

t: η διάρκεια άρδευσης

$\Delta.E$ : δόση εφαρμογής

E. $\Delta$ : η εκροή του δικτύου

Η εκροή του δικτύου ισούται με:

$$E.\Delta = q/(S_e \times S_d)$$

Όπου:

E. $\Delta$ : εκροή δικτύου

q: παροχή σταλακτήρα

$S_e$ : απόσταση μεταξύ σταλακτάρων.

$S_d$ : απόσταση μεταξύ των γραμμών άρδευσης.

Κι η απαιτούμενη παροχή λειτουργίας του δικτύου υπολογίζεται από τη σχέση:

$$RA = S \times E.\Delta$$

Όπου:

RA: η απαιτούμενη παροχή του δικτύου

S: έκταση σε στρέμματα

E. $\Delta$ : εκροή δικτύου

(Κίττας, 2001)

**Παράδειγμα:** Έστω ότι έχουμε θερμοκήπιο με υλικό κάλυψης το πολυαιθυλένιο, και στο οποίο καλλιεργείται τομάτα την περίοδο αρχές Μαρτίου έως μέσα Ιουλίου. Έστω ότι θέλουμε να υπολογίσουμε τις ανάγκες σε νερό της καλλιέργειας για το μήνα Μάιο το τρίτο δεκαήμερο του μήνα.

Η μέση διάρκεια ηλιοφάνειας (n) σε ώρες είναι 10,87 h, η μέση διάρκεια ημέρας (N) σε ώρες είναι 14,13 h, η μέση τιμή της ηλιακής ακτινοβολίας  $RG_0$  είναι  $965,7 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2}/\text{h}$ . Ο συντελεστής διαπερατότητας του αιθυλενίου είναι  $t = 0.7$  (οι παραπάνω τιμές έχουν υπολογιστεί και βρίσκονται στο παράρτημα ή αποτελούν σταθερές ανά περιοχή, υλικό, καλλιέργεια.)

Καλλιεργητικός συντελεστής  $K = 1$

Δυνητική εξατμισοδιαπνοή =  $0,76 \cdot t \cdot P \cdot RG_0 / 60 = 0,76 \cdot 0,7 \cdot 965,7 / 60 = 8,2 \text{ mm/day}$

Μέγιστη εξατμισοδιαπνοή = Δυνητική εξατμισοδιαπνοή \* καλλιεργητικός συντελεστής =  $8,2 \cdot 1 = 8,2 \text{ mm/day}$ .

Οι ανάγκες σε νερό της καλλιέργειας για την περίοδο που μελετάμε υπολογίζονται από τον τύπο:  $A.N: r \times K \times E.A$

Αντικαθιστώντας στον παραπάνω τύπο:

$$A.N = 0,75 * 1 * 8,2 = 6,15 \text{ mm/day}$$

Η δόση άρδευσης υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\Delta.A: [(Y.I - \Sigma.M.M)/100] \times dE \times E\phi \times f \times P$$

Έστω ότι  $E\phi = 1$ ,  $dE = 0,4$ ,  $f = 0.35$  και  $P = 1$

Οπότε: αν  $Y.I = 10,5$  και  $\Sigma.M.M = 2.7$  τότε

$$\Delta.A = [(10,5 - 2.7) 100] 0,4 * 1 * 0,35 * 1 = 0,01092 \text{ m} = 10,92 \text{ mm}$$

Και υπολογίζουμε τη δόση εφαρμογής από τον τύπο  $\Delta.E = \Delta.A/Ea$

Αν ο βαθμός απόδοσης  $Ea = 0,90$  τότε  $\Delta.E = 10,90/0,90 = 12,11 \text{ mm}$

Το εύρος άρδευσης δίνεται από τον τύπο:  $E.A = \Delta.A/A.N$

Επομένως  $E.A = 10,92/6,15 = 1,77$  δηλαδή κάθε 2 ημέρες περίπου.

Ομοίως αντικαθιστώντας στους τύπους που αντιπαρατίθενται άνωθεν, μπορούμε να υπολογίσουμε τη διάρκεια άρδευσης, και την απαιτούμενη παροχή λειτουργίας του δικτύου.

#### 4.8.2. Ποιότητα νερού άρδευσης:

Για την επιτυχία μιας θερμοκηπιακής καλλιέργειας πρέπει πριν την επιλεγεί η περιοχή εγκατάστασης του θερμοκηπίου, να γίνεται έλεγχος ποιότητας του νερού και η διαθέσιμη ποσότητα. Το κόστος αφαίρεσης των ιόντων όπως τα θειικά, χλωρίδια και διακαρβονικά, μπορούν να μειώσουν σημαντικά το κέρδος της επιχείρησης ή ακόμη και να βλάψουν την καλλιέργεια. (Nelson V. Paul, 2003)

#### 4.9 Συστήματα λίπανσης:

Τα φυτά χρειάζονται μεταλλικά στοιχεία, όπως N, P, K, Ca, Mg κ.α., τα οποία είναι απαραίτητα για την ανάπτυξή τους. Απώτερος σκοπός είναι η παροχή των στοιχείων σε συγκεκριμένες συγκεντρώσεις και σε ρυθμούς (δόσεις) που μεγιστοποιούν την παραγωγή. Τροφопενίες, τοξικότητες και ανισορροπίες μπορούν να παίξουν καθοριστικό ρόλο στην μη ομαλή ανάπτυξη των φυτών και στην κακή ποιότητα του τελικού παραγόμενου προϊόντος. (6)

Η διανομή λιπασμάτων στο θερμοκήπιο παρουσιάζει δυσκολίες καθώς ο χώρος και η απόσταση των φυτών είναι περιορισμένος. Οι τρόποι εφαρμογής των λιπασμάτων είναι κυρίως:

α) Τοπική διανομή: Είναι επικίνδυνη όταν στο έδαφος έχουν συγκεντρωθεί άλατα και γι' αυτό είναι απαραίτητο να είναι γνωστός ο δείκτης αλατότητας του εφαρμοζόμενου λιπάσματος.

β) Διαφυλλική λίπανση: συνιστάται σε περιπτώσεις που απαιτείται ταχύτερη δράση και όταν υπάρχει πρόβλημα στο ριζικό σύστημα των φυτών. (Ευσταθιάδης, 1987)

#### Υδρολίπανση:

Με την υδρολίπανση επιτυγχάνονται:

- Διανομή λιπάσματος, πιο ομοιόμορφη και καλύτερα ρυθμιζόμενη στο χρόνο.
- Μικρότερη συγκέντρωση αλάτων στο έδαφος.
- Μεγάλη διαθεσιμότητα και γρήγορη απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων.
- Μείωση του κόστους εργασίας και δυνατότητα αυτοματοποίησης.

Στην υδρολίπανση πρέπει να χρησιμοποιούνται διαλυτά λιπάσματα, όπως: φωσφορικό οξύ, νιτρικό κάλι, νιτρικό αμμώνιο, ουρία κ.α. Τα διαλύματα υδρολίπανσης μπορούν να εφαρμόζονται με τα συστήματα άρδευσης.

Τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται για την υδρολίπανση είναι ο αναμεικτής λιπασμάτων, οι αντλίες και ο ηλεκτρονικός προγραμματιστής. (Ευσταθιάδης, 1987)

#### 4.10 Υποστρώματα:

**Γενικά:** Τα χαρακτηριστικά ενός καλού υποστρώματος είναι:

α) Δυνατότητα στήριξης των φυτών ή μοσχευμάτων.

β) Ύπαρξη μεγάλων και πολλών πόρων με σταθερότητα στο χρόνο. Για τις καλλιέργειες σε δοχεία το ιδανικό υπόστρωμα πρέπει να έχει όγκο πορώδους 75% (το 42% σε υγρή φάση και το 33% σε αέρια). Η μεγάλη υδατοϊκανότητα του υποστρώματος πρέπει να συνοδεύεται από την μεγάλη ικανότητα συγκράτησης του νερού, για να διατηρούνται σταθερά τα επίπεδα υγρασίας.

γ) Μεγάλη ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων.

δ) pH προσαρμοζόμενο σε μεγάλο αριθμό ειδών. Τα υποστρώματα με χαμηλό pH προσαρμόζονται ευκολότερα στα επιθυμητά επίπεδα και ανταποκρίνονται σε μεγαλύτερο αριθμό ειδών.

ε) Παρουσία ή όχι θρεπτικών στοιχείων. Στην υδατοκαλλιέργεια, ωστόσο, το υπόστρωμα πρέπει να είναι χημικά αδρανές, κατά τρόπο που να διευκολύνεται ο έλεγχος της σύστασης του θρεπτικού διαλύματος.

στ) Δυνατότητα μόνωσης. Έχει άμεση σχέση με τη συγκράτηση νερού, ενώ ακόμη μπορεί να εξαρτάται από το χρώμα και τη θερμική αγωγιμότητα του υλικού.

ζ) Απουσία ζωικών και φυτικών παρασίτων. (Ευσταθιάδης, 1987)

##### 4.10.1 Τύποι υποστρωμάτων:

Υπάρχουν διάφοροι τύποι των υποστρωμάτων, τα οποία χωρίζονται σε κατηγορίες όπως:

α) Φυσικά υποστρώματα: Τα φυσικά υποστρώματα είναι υποστρώματα τα οποία τα βρίσκουμε και στη φύση, όπως: καστανόχωμα, πρινόχωμα, φύλλα πεύκου, φλοιός πεύκου, φύλλα οξιάς, τύρφη (μαύρη ή κίτρινη).

β) Τεχνητά υποστρώματα: Τα τεχνητά υποστρώματα είναι:

α. **Βερμικουλίτης:** Η σύνθεσή του είναι  $\text{SiO}_2$  (39,4%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (12,1%), Mg (23,4%) και K (2,5%). Διατίθεται στο εμπόριο αποστειρωμένο και έχει πορώδες 80%, pH ουδέτερο και ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων 100 - 150 meq/100 g. Η ικανότητα συγκράτησης νερού είναι 5 φορές το βάρος του.

β. **Περλίτης:** Η σύνθεσή του προέρχεται από ηφαιστειογενή πυριτικά πετρώματα. Η σύνθεσή του είναι  $\text{SiO}_2$  (75%) και  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (13%). Έχει πορώδες 80%, pH ουδέτερο και ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων 1,5 meq/100 g. Η ικανότητα συγκράτησης νερού είναι 34% σε όγκο.

γ. **Πλέγματα ορυκτών:** Παράγονται από μίγματα ορυκτών ινών υπό συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών (1500 – 2000 °C). Το υπόστρωμα αυτό έχει πορώδες 96% και το βάρος του είναι 80 kg/m<sup>3</sup>.

δ. **Διογκωμένη πολυστερίνη:** Έχει κοκκομετρική σύσταση 4 -10 mm, βάρος 20 kg/m<sup>3</sup> και ικανότητα συγκράτησης νερού 57 kg/m<sup>3</sup>.

Τα υποστρώματα για να είναι ομοιόμορφα, επεξεργάζονται με διάφορα μηχανήματα όπως μύλους, κοσκίνα, αναμεικτήρες και μηχανές για γέμισμα δοχείων.

Τα υποστρώματα κυκλοφορούν και στο εμπόριο υπό μορφή δίσκων και κύβων. Αποτελούν μίγματα φυσικών και υποστρωμάτων. Διακρίνονται σε:

α) *Δίσκους από πιεσμένη τύρφη (Jiffy):* Οι δίσκοι έχουν διάμετρο και το ύψος τους όταν είναι στεγνά είναι 7mm (Jiffy 7) και περιβάλλεται από πλαστικό δίχτυ και 9mm (Jiffy 9) το οποίο περιέχει ανθεκτικές ύλες που του επιτρέπουν να διατηρεί το σχήμα του.

β) *Baystrat:* Κύβοι διαστάσεων 4x4x4, από πολυουρεθάνη με κατακόρυφους πόρους.

γ) *Ορυκτές ίνες (Grodan):* Πλάκες διαστάσεων 30x30 cm που χωρίζονται σε 36 κύβους διαστάσεων 5x5x5 cm ή 64 κύβους διαστάσεων 3,8 x 3,8 x 3,8 cm ή σε 100 κύβους διαστάσεων 3x3x3 cm.

δ) *Χωμάτινοι κύβοι:* Κατασκευάζονται με πίεση των μιγμάτων σε ειδικές μηχανές που έχουν και συσκευή για σπορά. (Ευσταθιάδης, 1987)

#### 4.11 Χώροι καλλιέργειας:

Οι χώροι καλλιέργειας, είναι δομές οι οποίες κρατούν την καλλιέργεια εκτός του πατώματος του θερμοκηπίου. (3)

Ως χώροι καλλιέργειας θεωρούνται τα κιβώτια, τα τραπέζια, οι δίσκοι και δοχεία που χρησιμοποιούνται στα θερμοκήπια για βάση της ριζοβολίας και την ανάπτυξη των φυτών.

Τα υλικά κατασκευής των χώρων καλλιέργειας είναι συνήθως ξύλο, μέταλλο, σκυρόδεμα, τύρφη, πλαστικά και κεραμικά. (Ευσταθιάδης, 1987)



Χώρος καλλιέργειας γυάλινου θερμοκηπίου. (12)

Διάφοροι συστημάτων υπάρχουν. Άλλα είναι υπερυψωμένα, ενώ άλλα χρησιμοποιούν το έδαφος ως επιφάνεια παραγωγής. Άλλα εξυπηρετούν μόνο στη στήριξη των φυτών και άλλα είναι ‘υβριδικά’ συστήματα που συνδυάζουν και άρδευση, ακόμη και μεταφορά των φυτών (ή φυτικών υλικών) γύρω και εντός των εγκαταστάσεων. (6)

Τα τραπέζια και οι πάγκοι έχουν τα πλεονεκτήματα ότι

- α) Κρατούν την καλλιέργεια σε ένα βολικό επίπεδο για τον εργατή.
- β) Επιτρέπουν την καλή στράγγιση του νερού

γ) Βοηθούν στην κίνηση και γύρω από τα φυτά και διευκολύνουν στις μεταχειρίσεις. (3)

Οι χώροι καλλιέργειας των θερμοκηπίων διακρίνονται σε:

- **Κιβώτια:**

Τα κιβώτια διακρίνονται σε επιπαπέδια και σε υπερυψωμένα.

α) **Επιπαπέδια:** Κατασκευάζονται από γωνίες οπλισμένου σκυροδέματος, τσιμεντόλιθους και ξύλα. Μονώνονται από το έδαφος με μαύρο πλαστικό φύλλο που απλώνεται σε βάθος 25 -30 cm και ένας διάτρητος σωλήνας υποστράγγισης, που σκεπάζεται με χαλίκι, εξασφαλίζει την απορροή του νερού της άρδευσης.

Στους επιπαπέδιους χώρους καλλιέργειας περιλαμβάνονται και οι

**Επιφάνειες κατάκλισης (Floodfloors):** Το έδαφος του θερμοκηπίου είναι κατασκευασμένο από τσιμέντο και είναι ανυψωμένο στις άκρες. Οι ανυψωμένες άκρες επιτρέπουν την κατάκλιση του εδάφους με νερό και τη στράγγισή του, καθώς το νερό που διοχετεύεται επιστρέφει μετά την κατάκλιση σε δοχεία και ξαναχρησιμοποιείται. (6)

β) **Υπερυψωμένα:** Κατασκευάζονται από προκατασκευασμένα κομμάτια από οπλισμένο σκυρόδεμα και σε ύψος 20 – 40 cm, ώστε να διαχωρίζεται το υπόστρωμα από το έδαφος και να τοποθετείται σωλήνας θέρμανσης.

- **Τραπέζια:** Κατασκευάζονται από προκατασκευασμένα στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος, γαλβανισμένο χάλυβα, αλουμίνιο και πλαστικά υλικά. Τα τραπέζια της σύγχρονης τεχνολογίας είναι ρυθμιζόμενα σε ύψος και κυλιόμενα ώστε να εξοικονομείται χώρος.



Τραπέζι κατασκευασμένο από πλαστικό και αλουμίνιο.

- **Δίσκοι:** Κατασκευάζονται από ξύλο ή πλαστικά υλικά, όπως PVC και πολυστερίνη. Έχουν ύψος 10 cm, μήκος 60 cm και πλάτος 40 cm.
- **Δοχεία:** Κατασκευάζονται από κεραμικά υλικά, πιεσμένη τύρφη, χαρτί και πλαστικά υλικά.
- **Peperports:** Είναι δοχεία κατασκευασμένα από χαρτί, εξαγωνικού σχήματος, διαμέτρου 3 -10 cm και ύψους 5 -20 cm.

- *Πλαστικές σακούλες*: Κατασκευάζονται από μαύρο πλαστικό φύλλο πάχους 0,7 - 0,10 mm. Ποικίλουν σε σχήμα, ανάλογα με το είδος του φυτού που καλλιεργείται. (Ευσταθιάδης, 1987)



Τραπέζια με θέρμανση από κάτω με σωλήνες ζεστού νερού (11)

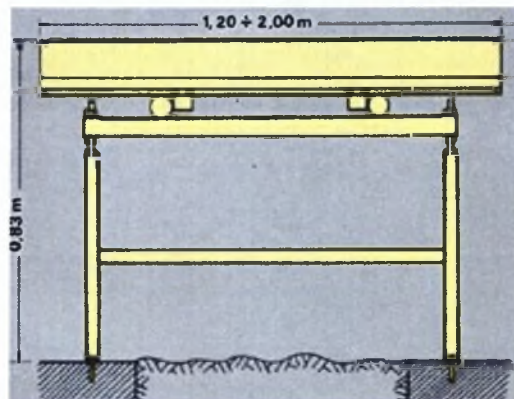


Τραπέζι που καλύπτεται με πλαστικό και διαθέτει μηχανισμό δημιουργίας υδρονέφωσης, δημιουργώντας συνθήκες κατάλληλες για τη βλάστηση των σπόρων.

Μια άλλη διάκριση των χώρων καλλιέργειας μπορεί να γίνει με βάση το αν οι επιφάνειες αυτές μετακινούνται ή όχι. Διακρίνονται σε:

α) Στατικές επιφάνειες: Είναι υπερυψωμένες και στατικές με τέτοιο τρόπο που δεν μπορούν να μετακινηθούν. Σε μερικές περιπτώσεις είναι χτισμένες με τσιμέντο στο έδαφος και ποτέ δεν μετακινούνται. Σε άλλες περιπτώσεις μπορούν να μετακινηθούν όταν επάνω τους δεν υπάρχει φυτικό υλικό. (6)

β) Κυλιόμενες επιφάνειες: Είναι τοποθετημένες στο σκελετό στήριξης κατά τέτοιο τρόπο που να επιτρέπεται η κίνηση ή καλύτερα η κύλιση της επιφάνειας από τη μια άκρη στην άλλη. Αυτό επιτρέπει μείωση στον αριθμό των διαδρόμων και επομένως αύξηση της χρηστικότητας του χώρου. Ωστόσο είναι πιθανό να μειώνεται η προσβασιμότητα στο φυτικό υλικό. Μερικοί τύποι κυλιόμενων επιφανειών είναι σχεδιασμένοι στο να διευκολύνουν τη μετακίνηση των φυτών εντός των εγκαταστάσεων. (6)



(9)

γ) Αφαιρούμενες επιφάνειες: Είναι επιφάνειες οι οποίες δεν είναι προσαρμοσμένες στο έδαφος του θερμοκηπίου και όταν χρειαστεί μπορεί να τοποθετηθούν ή να απομακρυνθούν στο ή από το χώρο καλλιέργειας του θερμοκηπίου. Κατασκευάζονται από πλήθος υλικών, αλλά προτιμούνται τα ελαφρά υλικά για την κατασκευή τους, ώστε να τοποθετούνται ή να αφαιρούνται εύκολα. (6)



Διαμόρφωση του εσωτερικού χώρου του θερμοκηπίου. Διακρίνονται οι πάγκοι καλλιέργειας και οι διάδρομοι.





Χώροι καλλιέργειας και αποθήκευσης φυτών.



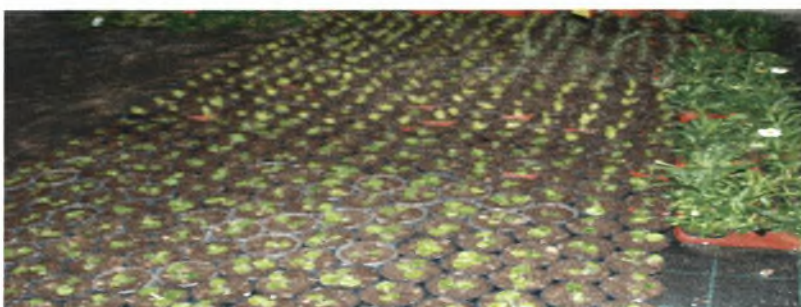
Πάγκοι καλλιέργειας στο εσωτερικό θερμοκηπίου.



Πάγκος εκβλάστησης σπόρων και ανάπτυξη φυταρίων



Σύστημα δημιουργίας συνθηκών υδρονέφωσης.



Χώρος καλλιέργειας φυταρίων



Χώρος καλλιέργειας φυταρίων.



Πάγκος ριζοβολίας.

(9)

#### 4.12 Αντιμετώπιση εχθρών και ασθενειών:

Όπως έχει ήδη αναφερθεί και παραπάνω, συνθήκες υψηλού ποσοστού υγρασίας, σε συνδυασμό χαμηλού ποσοστού αερισμού, δημιουργούν το κατάλληλο περιβάλλον για την ανάπτυξη παρασίτων. (Ευσταθιάδης, 1987)

Τα παράσιτα επηρεάζουν την ποιότητα της παραγωγής και πρέπει να διατηρούνται σε επίπεδα όπου η ζημία που προκαλούν να είναι οικονομικά ασήμαντη. (6)

##### Έλεγχος ζιζανίων:

Τα ζιζάνια αποτελούν έντονα και επίμονα προβλήματα στις καλλιέργειες θερμοκηπίου. Όχι μόνο υποβαθμίζουν την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων, αλλά αποτελούν και φορείς εντόμων και άλλων εχθρών (θρίπες, μύγες, σαλαγκάρια), αλλά και φορείς ιώσεων (INSV – Necrotic Spot Virus, TSWV – Tobacco Spotted Wilt Virus). Γι' αυτό η απομάκρυνση των ζιζανίων από το θερμοκήπιο, φράκτες, υποστρώματα και διαδρόμους είναι σημαντική τόσο για αισθητικούς λόγους αλλά και για έλεγχο και αποτελεσματική αντιμετώπιση των παρασίτων. (3)

##### Τρόποι ελέγχου των ήδη υπαρχόντων ζιζανίων:

- Απομάκρυνση με τα χέρια
- Ηλιοαπολύμανση (solarization)
- Χρήση καπνιστικών μέσων
- Χρήση ζιζανιοκτόνων

Κάθε μέθοδος, εκτός από τα καπνιστικά μέσα, καταστρέφουν το φυτό και δεν καταστρέφουν την βλάστηση των σπόρων ζιζανίων που πιθανόν ήδη να υπάρχουν στο υπόστρωμα του θερμοκηπίου. Κατά τη μέθοδο της ηλιοαπολύμανσης σπανίως παράγεται αρκετή θερμότητα ικανή να καταστρέψει τους σπόρους των ζιζανίων. Επίσης εκεί όπου τα ζιζάνια αποτελούν ένα συνεχές πρόβλημα, ο καθαρισμός της περιοχής ή η κάλυψη του εδάφους με πλαστικό ή ύφασμα, εμποδίζει την ανάπτυξη ζιζανίων σε ικανοποιητικό βαθμό. (6)

Γενικά όμως αυτό που ισχύει είναι ότι είναι πιο εύκολο να εμποδίσεις την εισαγωγή ενός παθογόνου στο θερμοκήπιο, από ότι να ελέγξεις κάποιο που έχει ήδη εισέλθει. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ελάχιστα εντομοκτόνα επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται στα θερμοκήπια. (1)

Εμπόδιση ανάπτυξης ζιζανίων με αποφυγή: Ένας σημαντικός και αποτελεσματικός τρόπος μείωσης / ελέγχου των ζιζανίων είναι η αποφυγή εισροής αυτών στο χώρο του θερμοκηπίου. Αυτό μπορεί να συμβεί κρατώντας έξω από το θερμοκήπιο τα μέρη πολλαπλασιασμού των ζιζανίων (σπόροι, ριζώματα, βολβοί κ.α.), χρησιμοποιώντας 'καθαρά' φυτικά υλικά και να γίνεται έλεγχος των ζιζανίων στον εξωτερικό χώρο γύρο από θερμοκήπιο. Όπου είναι δυνατόν να περιοριστούν τα σπόρια των ζιζανίων και τα ιπτάμενα έντομα που μπορούν να εισχωρήσουν μέσω των πλαϊνών και άλλων ανοιγμάτων, τοποθετώντας ειδικά καλύμματα και φίλτρα. (3)

##### Γενικές στρατηγικές για τον έλεγχο των εντόμων και παρασίτων:

- 1) Έλεγχος – επιθεώρηση των νέων φυτών, για να εμποδιστεί η εισαγωγή παρασίτων στο θερμοκήπιο.
- 2) Διατήρηση των θυρών, παραθύρων και εξαερισμών σε καλή κατάσταση .
- 3) Χρήση απολυμασμένων και καθαρών εδαφών και εδαφικών μέσων, καθαρά και απολυμασμένα εργαλεία, εξοπλισμός κ.α.

- 4) Διατήρηση καθαρή από παράσιτα και της περιοχής γύρω από το θερμοκήπιο, ώστε να αποφεύγεται η εισαγωγή παρασίτων από έξω χώρους.
- 5) Περιορισμός λεκανών και χώρων όπου λιμνάζουν στάσιμα νερά το πάτωμα του θερμοκηπίου. Άλγη και μούχλα αναπτύσσονται σε τέτοια περιβάλλοντα και μπορούν να αποτελέσουν πηγή μυκητολογικών και εντομολογικών προβλημάτων.
- 6) Απομάκρυνση υπολειμμάτων παλιών φυτών και φυτικών υπολειμμάτων τόσο από το χώρο του θερμοκηπίου όσο και από τη γύρω περιοχή του θερμοκηπίου.
- 7) Αν είναι εφικτό, αφήνουμε το θερμοκήπιο να παγώσει το χειμώνα έτσι ώστε να εξοντωθούν πιθανά έντομα.
- 8) Αποφυγή υπερβολικού ποτίσματος και ο καλός αερισμός, μειώνουν την συγκέντρωση εντόμων
- 9) Το προσωπικό που εργάζεται στο θερμοκήπιο να αποφεύγει να φορά κίτρινα ρούχα, γιατί πολλά έντομα έλκονται από το κίτρινο χρώμα.
- 10) Διατήρηση του θερμοκηπίου καθαρό από τα ζιζάνια όλο το χρόνο.
- 11) Περιορισμός/Εξάλειψη μολύνσεων με την αφαίρεση και απομάκρυνση βαριά προσβεβλημένων φυτών. (2)

#### Παράγοντες βιολογικού ελέγχου των παρασίτων:

- 1) Φυσικοί εχθροί είναι διαθέσιμοι στο εμπόριο για τον έλεγχο ορισμένων παρασίτων.
- 2) Τα είδη των παρασίτων.
- 3) Τα είδη φυσικών εχθρών που χρησιμοποιούνται.
- 4) Ο χρόνος απελευθέρωσης του φυσικού εχθρού, σε συνάρτηση με το μέγεθος / ανάπτυξη του παρασίτου και το στάδιο της καλλιέργειας.
- 4) Η θερμοκρασία του θερμοκηπίου
- 5) Η εποχή του χρόνου.
- 6) Η κατάσταση των ωφέλιμων στην απελευθέρωση.
- 7) Η χρήση παρασιτοκτόνων πριν και μετά την απελευθέρωση.

Ο βιολογικός έλεγχος γενικά απαιτείται να επαναλαμβάνεται περισσότερες από ότι ένα παρασιτοκτόνο, ώστε να έρθει ο πληθυσμός του παρασίτου υπό έλεγχο. Οι φυσικοί εχθροί χρειάζονται χρόνο να εξαπλωθούν από τα σημεία απελευθέρωσης και να ψάξουν την τροφή/ξενιστές. Κατάλληλοι φυσικοί εχθροί πρέπει να απελευθερώνονται όσο το δυνατόν νωρίτερα από τον εντοπισμό του παρασίτου στο θερμοκήπιο. (2)

#### **4.13 ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ:**

Η ενεργειακή κρίση και η εξοικονόμηση των φυσικών πόρων, με την παράλληλη επιθυμία για αύξηση του κέρδους και την παραγωγή ανταγωνιστικών προϊόντων, έκανε την ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας επιτακτική. Στη θερμοκηπιακή καλλιέργεια υπάρχουν διάφορες μέθοδοι εξοικονόμησης ενέργειας, από τις οποίες οι πιο διαδεδομένες είναι:

α) *Διπλά στρώματα υλικών κάλυψης:* Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, απώλειες ενέργειας σημειώνονται μέσω των υλικών κάλυψης. Επομένως, αυξάνοντας την μόνωση των υλικών κάλυψης, μειώνονται οι απώλειες θερμότητας, και με αυτόν τον

τρόπο εξοικονομείται ενέργεια. Σύμφωνα με τον Joe J. Hanan, 1998, έρευνες που έγιναν στην Αμερική και Μ. Βρετανία έδειξαν ότι τα διπλά υλικά κάλυψης είχαν ικανοποιητικά αποτελέσματα στην εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με την θερμοαγωγημότητάς τους.

β) *Θερμοκουρτίνες*: Σύμφωνα με τον Joe J. Hanan, 1998, τα υλικά που χρησιμοποιούνται για θερμοκουρτίνες είναι κυρίως το πολυαιθυλένιο, ο πολυεστέρας ή το ακρυλικό. Το πολυπροπυλένιο και το πολυαμίδιο σελλουλόζης έχουν μικρή διάρκεια ζωής. Επίσης, αναφέρει ότι, έρευνες έδειξαν έως 60% εξοικονόμηση ενέργειας, σε σχέση με συμβατικά θερμοκήπια που δεν έχουν θερμοκουρτίνες τη νύχτα, καθώς επίσης μείωση των απωλειών ενέργειας ανά καλλιεργητική περίοδο από 25-30%



Θερμοκήπιο με θερμοκουρτίνα

(9)



Θερμοκήπιο με θερμοκουρτίνα.

(9)

γ) *Θερμαινόμενες επιφάνειες*: Τόσο η θέρμανση όσο και η ψύξη θερμοκηπίου μπορεί να επιτευχτεί με ροή νερού (θερμού ή ψυχρού αντίστοιχα) κάτω από τις επιφάνειες καλλιέργειας ή ανάμεσα στα πλαϊνά τοιχώματα ή ακόμη και ανάμεσα στα διπλά στρώματα του υλικού κάλυψης. Ο Walker, 1987, σύμφωνα με τον Joe J. Hanan, 1998, βρήκε ότι σε πειραματικό θερμοκήπιο με θερμαινόμενες επιφάνειες, εξωτερική θερμοκρασία στους  $-6^{\circ}\text{C}$  και με νερό θερμοκρασίας στους  $30^{\circ}\text{C}$ , το κλίμα του θερμοκηπίου μπορεί να διατηρηθεί στους  $15^{\circ}\text{C}$  χωρίς παράλληλη αύξηση της υγρασίας.

δ) *Θέρμανση υπεδάφους*: Γίνεται με κυκλοφορία ζεστού νερού ή αέρα κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Γι' αυτόν τον λόγο πρέπει να το πόσο ανεκτικό είναι το ριζικό σύστημα των φυτών στη θερμότητα, ειδικά σε καλλιέργειες που τοποθετούνται απευθείας στο έδαφος. Ο Joe J. Hanan, 1998, αναφέρει ότι

ικανοποιητική θέρμανση του υπεδάφους μπορεί να αποδώσει 25-30% της θερμότητας που απαιτείται σε μέσα κλίματα.

*Άλλες μέθοδοι εξοικονόμησης ενέργειας:*

Άλλοι τρόποι για εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να είναι η χρήση ηλιακών συλλεκτών και θερμοσυσσωρευτών, η θέρμανση των θερμοκηπίων με άλλες πηγές ενέργειας όπως η γεωθερμία όπως έχει ήδη αναφερθεί. Η χρήση υλικών στην κατασκευή του θερμοκηπίου με μικρή θερμική αγωγιμότητα ακόμα και η μερική μόνωση των διαφόρων τμημάτων του θερμοκηπίου με την τοποθέτηση ειδικών θερμομονωτικών τοιχωμάτων και κουρτινών. Σε αυτές τις περιπτώσεις καλό είναι να υπάρχουν οι χώροι αποθηκεύσεις αυτών των υλικών ώστε να αποθηκεύονται όταν δεν χρησιμοποιούνται και να μην παρεμποδίζουν τις καλλιεργητικές εργασίες.

## **5 ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ ΚΑΙ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ**

### **5.1.1 Υποστρώματα:**

Τα πιο συνηθισμένα υποστρώματα είναι μίγματα από τύρφη, φυτόχωμα, άμμος, χαλικόχωμα, πηλό, διάφορα ανόργανα και οργανικά και ανόργανα στοιχεία, περλίτης, βερμικουλίτης, τύρφη, άχυρο, και διάφορα τεχνητά υποστρώματα όπως π.χ. Rockwool (Grodan), Glasswool (Minwool) κ.α.

Τα φυσικά υποστρώματα πρέπει να έχουν την ιδιότητα να αποθηκεύουν αρκετή ποσότητα αρκετή ποσότητα νερού και όταν χρειάζεται να την αποδίδουν στο φυτό, να διαπερνούνται εύκολα από τις ρίζες και να επιτρέπουν στους γόνιμους σπόρους και να βλαστάνουν εύκολα. Για να είναι ένα υπόστρωμα ιδανικό δεν πρέπει να είναι πολύ υγρό (ώστε να υπάρχει επάρκεια οξυγόνου στις ρίζες) και να μην είναι πολύ πυκνό (ώστε να μπορεί ο καθαρός αέρας να φτάσει στις ρίζες). Επίσης, πρέπει να διατηρεί μια ιδανική ποσότητα νερού και αέρα και στο ίδιο ποσοστό από την κορυφή ως τον πυθμένα. (Ευσταθιάδης, 1987)

### **5.1.2 Μέθοδοι ποτίσματος**

Δύο είναι οι βασικές μέθοδοι ποτίσματος εφαρμόζονται α) *το περιοδικό σύστημα* β) *το συνεχές σύστημα*. Συνδυάζοντας τις δύο μεθόδους μπορούμε να εφαρμόσουμε το νερό μέσα ή κάτω από το υπόστρωμα, χρησιμοποιώντας ειδικά φιτίλια για τη σταδιακή απορρόφηση και διανομή του νερού. Με αυτούς τους συνδυασμούς μπορούμε να έχουμε μια μεγάλη ποικιλία από υδροπονικά συστήματα. (Ευσταθιάδης Θ., 1987)

### **5.1.3 Απαιτήσεις ενός υδροπονικού συστήματος**

- Η σταθεροποίηση του φυτού πρέπει να είναι εύκολη και χωρίς να τραυματίζεται ο λαιμός.
- Ο λαιμός να διατηρείται στεγνός. Μεταξύ της επιφάνειας του νερού και της κορυφής του δοχείου πρέπει να υπάρχει καλός αερισμός, ώστε να αποφεύγεται η προσβολή από μύκητες.
- Να υπάρχει καλή αποχέτευση και φιλτράρισμα.

- Απαιτείται ανά κυκλοφορία των υγρών, ώστε να εξασφαλίζεται η απομάκρυνση των άχρηστων προϊόντων και επίσης άφθονος εφοδιασμός με οξυγόνο και θρεπτικές ουσίες.
- Ύπαρξη τεχνητών μέσων για τη θέρμανση ή το δροσισμό των ριζών.
- Δυνατότητα ρύθμισης της ταχύτητας ροής.
- Διατήρηση του θαλάμου της ρίζας σκοτεινού, ώστε να αποφεύγεται η ανάπτυξη αλγών.
- Δυνατότητα απολύμανσης του συστήματος.
- Μέσα διατήρησης του κατάλληλου pH και της συγκεντρώσεως του θρεπτικού διαλύματος.
- Εύκολη απομάκρυνση των βλαστών από το σύστημα μετά τη συγκομιδή.
- Επαρκής ποσότητα νερού. (Ευσταθιάδης, 1987)



Θερμοκήπιο υδροπονικής καλλιέργειας. (7)

## 5.2 Τεχνικές υδροπονικής καλλιέργειας:

1) *Αεροπονική καλλιέργεια*: Η ρίζα του φυτού είναι στον αέρα και το διάλυμα των θρεπτικών ουσιών ψεκάζεται με ακροφύσια. Μειονέκτημα της τεχνικής αυτής είναι ότι τα ακροφύσια βουλώνουν εύκολα και οι ρίζες των φυτών απαιτούν μεγάλο χώρο ανάπτυξης για να λειτουργήσουν ικανοποιητικά.

2) *NFT. Τεχνική θρεπτικής ταινίας*: Τα φυτά τοποθετούνται πάνω σε μια λεπτή ταινία που περιέχει θρεπτικές ουσίες, και καθώς οι ρίζες των φυτών μεγαλώνουν, σχηματίζουν ένα στρώμα και απορροφούν από πάνω οξυγόνο και από κάτω θρεπτικά στοιχεία και νερό. Το μειονέκτημα της τεχνικής αυτής είναι ότι η ροή του νερού ρυθμίζεται δύσκολα σε σχέση με τον όγκο της ρίζας και η απομάκρυνση των άχρηστων προϊόντων από το στρώμα της ρίζας είναι προβληματική. Τέλος το κόστος αυτής της τεχνικής είναι σχετικά μεγάλο.

3) *DFT. Τεχνική κατακόρυφης ροής*: Στην τεχνική αυτή το θρεπτικό διάλυμα ανανεώνεται συνεχώς με αποτέλεσμα τον έλεγχο και ρύθμιση του οξυγόνου και των θρεπτικών ουσιών, την ψύξη ή θέρμανση των ριζών και απομάκρυνση των άχρηστων προϊόντων από τις ρίζες.

Τεχνική της κατακόρυφης ροής περιλαμβάνει τα μηχανήματα επεξεργασίας νερού, ελέγχου και ρύθμισης του διαλύματος και τις συσκευές καλλιέργειας συνδυάζοντας τα ως εξής:

α) Μηχανικά φίλτρα, συσκευές αντίστροφης ώσμωσης και αποσκληρυντές νερού για την επεξεργασία του νερού σε συνάρτηση με την ποιότητα του νερού.

β) Μετρητής νερού, ηλεκτροβαλβίδες, αντλία, δεξαμενή και συσκευή ελέγχου pH, για τον έλεγχο και ρύθμιση του θρεπτικού διαλύματος. Επίσης η δεξαμενή μπορεί να είναι εξοπλισμένη με ηλεκτρική αντίσταση για τη θέρμανση του διαλύματος ή να είναι εξοπλισμένη με ψυκτικούς πύργους με άμεση εξάτμιση που βοηθούν στην ψύξη του θρεπτικού διαλύματος. Επίσης περιλαμβάνεται συσκευή υπεριώδους ακτινοβολίας για την απολύμανση του διαλύματος και αεροσυμπιεστής για τον εμπλουτισμό του διαλύματος με οξυγόνο.

γ) Συσκευές καλλιέργειας που περιλαμβάνουν δοχείο, κάλυμμα, σωλήνα κατακόρυφης ροής και σωληνώσεις κυκλοφορίας του διαλύματος. (Ευσταθιάδης, 1987)



Υδροπονική καλλιέργεια NFT (7)



Θερμοκήπιο υδροπονικής καλλιέργειας. (7)





Σύστημα παρασκευής θρεπτικού διαλύματος (μονάδα άντλησης-δοσομέτρησης – αραιώσης πυκνών διαλυμάτων. (7)

## 6 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ Η/Υ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στον έλεγχο και τη διαχείριση των περιβαλλοντικών συνθηκών μέσα στο θερμοκήπιο.

Στο θερμοκήπιο υπάρχει ένα κεντρικό σύστημα ρύθμισης και ελέγχου μια ή και περισσότερων θερμοκηπιακών μονάδων. Το κεντρικό σύστημα συλλέγει τα μετεωρολογικά στοιχεία, δίνει εντολές στη κεντρική μονάδα θέρμανσης, συντονίζει την άρδευση και λίπανση και επικοινωνεί με τις περιφερειακές μονάδες,

Ειδικότερα, στο θερμοκήπιο ο Η/Υ και τα ηλεκτρονικά μέσα οδήγησαν στον αυτοματισμό των θερμοκηπιακών καλλιεργειών. Τα όργανα και οι συσκευές που χρησιμοποιούνται είναι για τη δημιουργία του μικροκλίματος στο θερμοκήπιο είναι:

- Το κέντρο ρύθμισης.
- Αισθητήρια θερμοκρασίας.
- Βροχόμετρα.
- Υγρόμετρα.
- Ανεμόμετρα.
- Αισθητήρια φωτεινότητας.
- Αισθητήρια σταθεροποίησης. (Ευσταθιάδης, 1987)



(α)



(β)



(γ)



(δ)



(ε)



(στ)



(ζ)

α – ζ όργανα μέτρησης υγρασίας, αγωγιμότητας και pH, που χρησιμοποιούνται στα θερμοκήπια και συμβάλλουν στην αυτοματοποίηση των καλλιεργειών. (9)

Τα όργανα αυτά ελέγχουν και ρυθμίζουν τη θέρμανση, τη φωτεινότητα, το δροσισμό, το άνεμο, την άρδευση – υδρολίπανση και την περιεκτικότητα σε CO<sub>2</sub>.

Τα παραπάνω όργανα με τον κατάλληλο συνδυασμό δημιουργούν:

**A) Σύστημα συνεχούς ρύθμισης θέρμανσης – αερισμού.**

Η λειτουργία αυτού του συστήματος έγκειται σε έναν ανιχνευτή ή αισθητήριο του περιβάλλοντος. Όταν η θερμοκρασία πέφτει, ανιχνευτής εντοπίζει την πτώση, και το κέντρο δίνει εντολές στις ειδικές ηλεκτροβαλβίδες και στους ηλεκτροκινητήρες για αερισμό.

**B) Σύστημα αριστοποίησης της θέρμανσης.**

Προσαρμόζει τη θερμοκρασία του θερμοκηπίου προοδευτικά προς τις τιμές της φωτεινότητας γιατί τις φωτεινές ημέρες το θερμοκήπιο θερμαίνεται από την ηλιακή ακτινοβολία. Η λειτουργία βασίζεται σε ένα αισθητήριο που μετρά τη φωτεινότητα, και στέλνει τα στοιχεία στη συσκευή αριστοποίησης, ο οποίος με τη σειρά του μεταδίδει σήματα στο κέντρο τα οποία μεταβάλλουν την τιμή πιλότο ανάλογα με τη φωτεινότητα.

**Γ) Σύστημα αριστοποίησης του αερισμού.**

Ένα αισθητήριο μετρά συνεχώς τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και ο αριστοποιητής υπολογίζει την πιο πρόσφορη στιγμή πριν τη δύση για το κλείσιμο των παραθύρων. Τότε, η τιμή πιλότος ανεβαίνει και το κέντρο δίνει εντολή να κλείσουν τα παράθυρα.

**Δ) Σύστημα αυτόματης ρύθμισης της σκίασης.**

Το σύστημα προγραμματίζει τη σκίαση πολλών ημερών. Η λειτουργία του συστήματος βασίζεται σε ένα αισθητήριο που μετρά την ένταση του φωτός. Εάν η

φωτεινότητα ξεπερνά την τιμή πιλότο που τέθηκε στο κέντρο, η ψευδοροφή κλείνει και ξανά ανοίγει όταν η φωτεινότητα μειώνεται. Ένα σύστημα καθυστέρησης σταματά το συνεχές κλείσιμο - άνοιγμα όταν παρουσιάζονται μεταβολές τις φωτεινότητας από σύννεφα.

#### **Ε) Σύστημα ελέγχου του ανέμου.**

Αυτό το σύστημα λειτουργεί με δύο τρόπους

*α) Απλός έλεγχος του ανέμου:* Ένας ανιχνευτής μετρά συνεχώς την ταχύτητα του ανέμου. Όταν η ταχύτητα γίνει πολύ μεγάλη ώστε να δημιουργήσει πρόβλημα στο θερμοκήπιο, μπαίνει σε λειτουργία ένας ρυθμιστής του αερισμού και όλα τα παράθυρα κλείνουν. Όταν ο άνεμος πέσει στη συνηθισμένη του τιμή, ξεμπλοκάρονται οι μηχανισμοί των παραθύρων.

*β) Έλεγχος ανέμου ανάλογα με τη διεύθυνσή του:* Ο ανιχνευτής εκτός από την ένταση του ανέμου ανιχνεύει και τη διεύθυνση του και η μονάδα ελέγχου εκλέγει ποιες πλευρές δέχονται άνεμο και ποιες όχι. Έτσι κλείνουν πρώτα οι πλευρές που δέχονται τον άνεμο και να διατηρεί ακόμη τον αερισμό στα πλευρές που δεν δέχονται τον άνεμο.

#### **Στ) Σύστημα ελέγχου της βροχής.**

Ένας ανιχνευτής βροχής είναι συνδεδεμένος με τον έλεγχο του αερισμού. Όταν αρχίζει να βρέχει, μειώνεται το άνοιγμα των παραθύρων, για να μην μπαίνει βροχή στο θερμοκήπιο. Τα παράθυρα δεν κλείνουν τελείως, αλλά έως ένα σημείο. (Ευσταθιάδης, 1987)

Τα πιο συμβατικά συστήματα ελέγχου που χρησιμοποιούνται στην θερμοκηπιακή καλλιέργεια είναι είτε αναλογικά είτε χρησιμοποιούν τύπους Απευθείας Ψηφιακούς Ελέγχου (Direct Digital Control – DDC).

Στην περίπτωση των DDC, είναι συνήθως σε μορφή ψηφιακών παραγόντων, οι οποίοι συντονίζονται 'με το χέρι' και όχι αυτόματα. Επιπλέον οι ρυθμιστές, αν οι δυναμικές του συστήματος αλλάξουν με το χρόνο, πρέπει να επανασυντονιστούν. (Hashimoto et al, 1993)

## **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ:**

Το κλίμα του θερμοκηπίου αποτελεί μια σύνθετη αλληλεπίδραση πολλών παραγόντων. Για να είναι μια θερμοκηπιακή καλλιέργεια συμφέρουσα και προσοδοφόρα, ενώ παράλληλα η ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος να βρίσκεται στο καλύτερο δυνατό επίπεδο, πρέπει οι κλιματικοί παράγοντες του θερμοκηπίου να ρυθμίζονται στα άριστα επίπεδα. Σε αυτή τη διαδικασία ο Η/Υ και η ψηφιακή τεχνολογία αποτελούν πολύτιμο εργαλείο και αναντικατάστατος 'συνεργάτης'.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 6. Διάρκεια ημέρας για γεωγραφικά μήκη χωρών της Ευρώπης (ώρες)**

Μήνας	10ή μερο	Γεωγραφικό μήκος							
		32°	34°	36°	38°	40°	42°	44°	46°
Ιανουάριος	1	9.99	9.83	9.66	9.47	9.28	9.07	8.85	8.60
	2	10.13	9.98	9.82	9.65	9.47	9.28	9.07	8.85
	3	10.34	10.21	10.07	9.92	9.76	9.59	9.41	9.21
Φεβρουάριος	1	10.60	10.49	10.37	10.25	10.11	9.97	9.82	9.66
	2	10.88	10.79	10.70	10.60	10.50	10.39	10.27	10.14
	3	11.16	11.09	11.02	10.95	10.87	10.79	10.70	10.60
Μάρτιος	1	11.45	11.41	11.36	11.31	11.26	11.21	11.15	11.09
	2	11.78	11.76	12.75	11.73	11.71	11.69	11.66	11.64
	3	12.13	12.15	12.16	12.17	12.18	12.19	12.21	12.22
Απρίλιος	1	12.48	12.52	12.56	12.61	12.65	12.70	12.75	12.80
	2	12.81	12.87	12.94	13.01	13.09	13.17	13.25	13.34
	3	13.12	13.21	13.30	13.40	13.50	13.61	13.75	13.86
Μάιος	1	13.40	13.51	13.63	13.75	13.89	14.03	14.18	14.34
	2	13.65	13.78	13.92	14.07	14.23	14.39	14.57	14.77
	3	13.89	14.01	14.17	14.34	14.51	13.71	14.91	15.13
Ιούνιος	1	14.01	14.17	14.34	14.53	14.72	14.93	15.15	15.40
	2	14.08	14.25	14.43	14.62	14.83	15.04	15.28	15.53
	3	14.09	14.26	14.44	14.63	14.83	15.05	15.29	15.54
Ιούλιος	1	14.02	14.19	14.36	14.55	14.74	14.95	15.18	15.43
	2	13.89	14.04	14.21	14.38	14.56	14.76	14.97	15.19
	3	13.69	13.83	13.97	14.12	14.29	14.46	14.64	14.84
Αύγουστος	1	13.44	13.55	13.68	13.80	13.94	14.09	14.24	14.41
	2	13.16	13.25	13.35	13.45	13.56	13.68	13.80	13.94
	3	12.84	12.91	12.98	13.05	13.13	13.21	13.30	13.40
Σεπτέμβριος	1	12.50	12.54	12.58	12.63	12.67	12.72	12.77	12.83
	2	12.17	12.18	12.20	12.21	12.23	12.24	12.26	12.28
	3	11.83	11.82	11.80	11.79	11.77	11.76	11.74	11.72
Οκτώβριος	1	11.50	11.46	11.42	11.37	11.33	11.28	11.23	11.17
	2	11.18	11.11	11.04	10.97	10.89	10.81	10.72	10.63
	3	10.85	10.76	10.67	10.57	10.46	10.34	10.22	10.09
Νοέμβριος	1	10.56	10.45	10.32	10.20	10.06	9.91	9.76	9.59
	2	10.32	10.18	10.04	9.89	9.73	9.56	9.37	9.17
	3	10.13	9.97	9.81	9.64	9.46	9.27	9.06	8.83
Δεκέμβριος	1	9.99	9.82	9.65	9.47	9.27	9.06	8.84	8.59
	2	9.92	9.75	9.57	9.37	9.17	8.95	8.72	8.46
	3	9.92	9.75	9.57	9.38	9.19	8.95	8.72	8.46

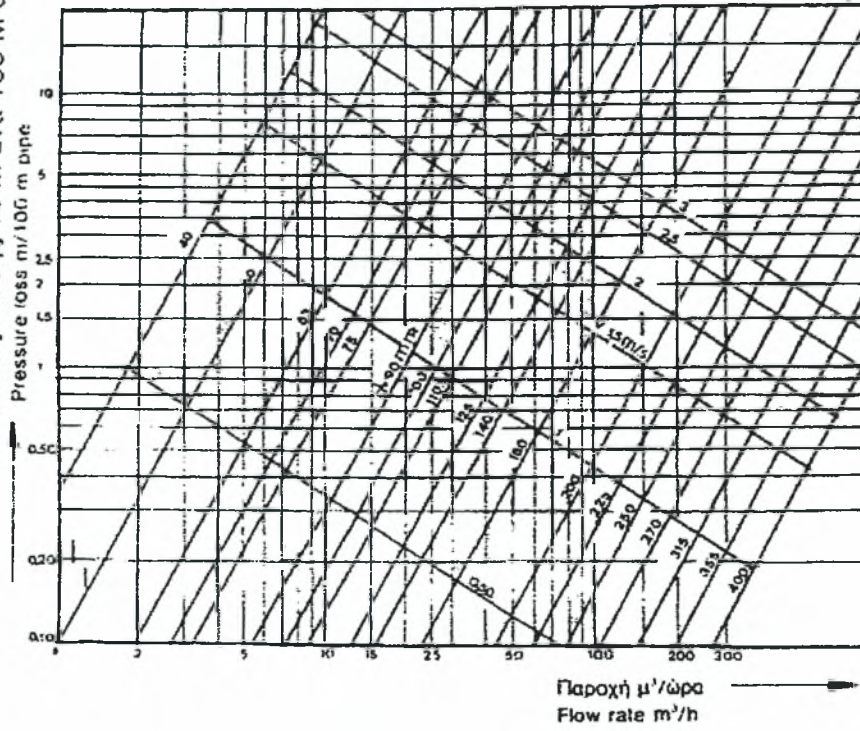
ΠΙΝΑΚΑΣ. 7... ηλιακή ακτινοβολία για γεωγραφικά μήκη Μεσογειακών κρατών  
(MJ/m<sup>2</sup>/day)

Μήνας	10ήμερο	Γεωγραφικό μήκος							
		32°	34°	36°	38°	40°	42°	44°	46°
Ιανουάριος	1	18.84	17.63	16.41	15.19	13.97	12.74	11.52	10.31
	2	19.72	18.53	17.33	16.11	14.90	13.68	12.46	11.24
	3	21.05	19.89	18.71	17.52	16.32	15.12	13.90	12.69
Φεβρουάριος	1	22.73	21.61	20.48	19.32	18.16	16.97	15.78	14.58
	2	24.59	23.53	22.45	21.35	20.23	19.09	17.93	16.75
	3	26.40	25.42	22.40	23.36	22.30	21.21	20.10	18.96
Μάρτιος	1	28.29	27.39	26.46	25.50	24.51	23.49	22.44	21.36
	2	30.40	29.61	28.78	27.92	27.03	26.10	25.14	24.16
	3	32.53	31.87	31.17	30.43	29.66	28.85	28.00	27.13
Απρίλιος	1	34.49	33.97	33.41	32.81	32.17	31.49	30.77	30.02
	2	36.15	35.77	35.34	34.87	34.37	33.82	33.24	32.62
	3	37.57	37.32	37.03	36.69	36.32	35.91	35.46	34.97
Μάιος	1	38.73	38.61	38.44	38.23	37.98	37.70	37.38	37.02
	2	39.64	39.62	39.57	39.47	39.33	39.16	38.96	38.72
	3	40.33	40.40	40.44	40.44	40.40	40.32	40.22	40.08
Ιούνιος	1	40.77	40.90	41.00	41.07	41.10	41.09	41.06	40.99
	2	40.95	41.12	41.25	41.35	41.42	41.45	41.45	41.42
	3	40.92	41.10	41.23	41.33	41.40	41.63	41.44	41.41
Ιούλιος	1	40.69	40.83	40.94	41.01	41.05	41.05	41.02	40.97
	2	40.24	40.33	40.38	40.39	40.37	40.31	40.22	40.10
	3	39.53	39.53	39.49	39.41	39.30	39.15	38.97	38.75
Αύγουστος	1	38.57	38.46	38.31	38.12	37.89	37.63	37.32	36.99
	2	37.40	37.17	36.90	36.59	36.24	35.85	35.42	34.96
	3	35.92	35.55	35.14	34.69	34.21	33.68	33.12	32.51
Σεπτέμβριος	1	34.19	33.68	33.14	32.55	31.92	31.26	30.56	29.82
	2	32.35	31.71	31.03	30.31	29.56	28.77	27.95	27.09
	3	30.36	29.60	28.80	27.96	27.10	26.20	25.26	26.30
Οκτώβριος	1	28.30	27.42	26.52	25.58	24.61	23.61	22.59	21.54
	2	26.23	25.26	24.27	23.24	22.19	21.11	20.02	18.50
	3	24.17	23.11	22.04	20.94	19.82	18.69	17.54	16.37
Νοέμβριος	1	22.29	21.18	20.04	18.89	17.73	16.55	15.36	14.17
	2	20.77	19.61	18.44	17.26	16.06	14.86	13.65	12.45
	3	19.58	18.39	17.19	15.98	14.77	13.55	12.34	11.13
Δεκέμβριος	1	18.75	17.55	16.33	15.11	13.89	12.67	11.45	10.24
	2	18.34	17.12	15.90	14.67	13.45	12.22	11.00	9.80
	3	18.36	17.14	15.92	14.69	13.46	12.24	11.02	9.81



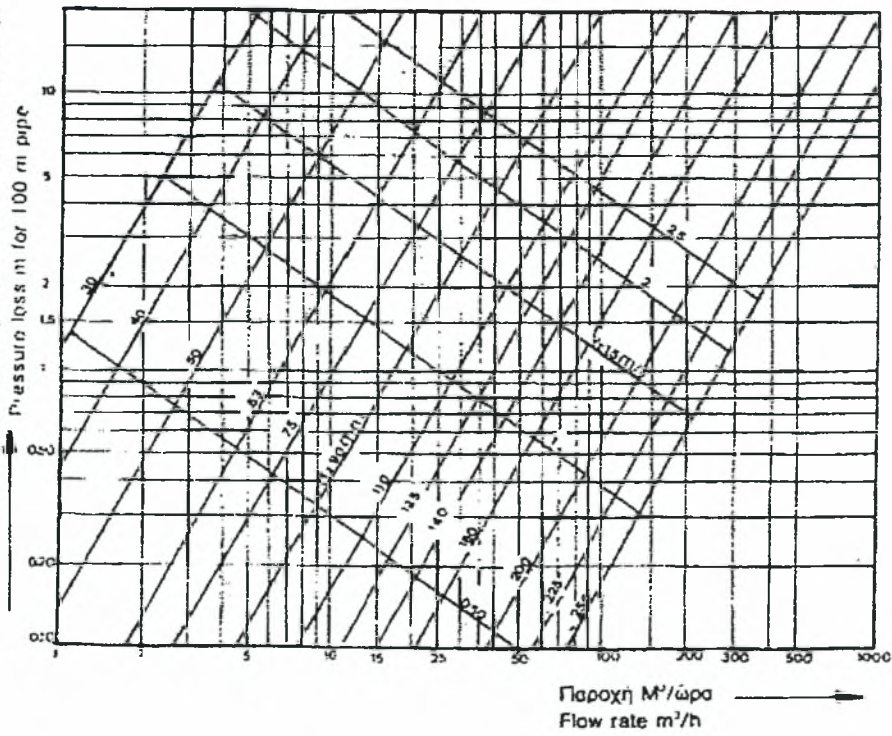
Απώλειες πίεσης σε M ανά 100 M σωλήνα

Β' ΝΟΜΟΓΡΑΦΗΜΑ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΠΙΕΣΗΣ ΣΩΛΗΝΩΝ PVC 6 ATM  
PRESSURE LOSS DIAGRAM OF PVC PIPES 6 ATM



Γ' ΜΟΝΟΓΡΑΦΗΜΑ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΠΙΕΣΗΣ ΣΩΛΗΝΩΝ PVC 10 ATM  
PRESSURE LOSS DIAGRAM OF PVC PIPES 10 ATM

Απώλειες πίεσης σε M ανά 100 M σωλήνα





## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Μαυρογιαννόπουλος, Γεώργιος Ν., 1990, ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ-ΥΛΙΚΑ-ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ-ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Μαυρογιαννόπουλος, Γ. Ν., 2005, Θερμοκήπια, Δ΄ Έκδοση Βελτιωμένη.

Ευσταθιάδης Θ. Σ., 1987, Θερμοκήπια, Περιβάλλον – Υλικά – Κατασκευή – Εξοπλισμός.

Νικήτα Μαρτζοπούλου Χ., Μαρτζόπουλος Γ., Βασιλείου Ν., 1990, Διδακτικές σημειώσεις Τμήματος Γεωπονίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Περιοδικό Γεωργία και Πτηνοτροφία, Απρίλιος 1996, Βαρδούμπας Γιάννης, ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ, Κριτήρια αξιολόγησης διαφόρων μη συμβατικών μεθόδων θέρμανσης.

Γραφιαδέλλης, Μ., 1987, ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ, Β΄ Έκδοση.

Ολυμπίου Μ. Χρήστου, 2001, Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια.

Hashimoto Y., Bot G.P.A., Day W., Tantau H.– J., Nonami H., 1993, The Computerized Greenhouse, Automatic Control Application in Plant Production.

Nelson V. Paul, 2003, Greenhouse Operation and Management, Sixth edition.

Tiwari G. N. 2005, Greenhouse Technology for Controlled Environment.

Kittas K., 2001, Γεωργικές Κατασκευές & Έλεγχος Περιβάλλοντος Μονάδων Φυτικής Και Ζωικής Παραγωγής. Ι θερμοκήπια. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος.

Hanan J., Joe, 1998, Greenhouses, Advanced Technology for Protected Horticulture.

Boodley W. James, 1998, The commercial Greenhouse, Second Edition.

Ηλεκτρονικές Διευθύνσεις

1) <http://edis.ifas.ufl.edu/cv273>

2) [www.ca.uky.edu/ogc](http://www.ca.uky.edu/ogc)

3) [www.ces.ncsu.edu/](http://www.ces.ncsu.edu/)

4) [www.niha.org/pdfs](http://www.niha.org/pdfs)



- 5) [www.rosenic.org](http://www.rosenic.org)
- 6) [www.uark.edu/~revans/](http://www.uark.edu/~revans/)
- 7) [www.agrek.gr](http://www.agrek.gr)
- 8) [www.sari.gr/gr/kataskev\\_h\\_thermok.php](http://www.sari.gr/gr/kataskev_h_thermok.php)
- 9) [www.geotherm.gr/](http://www.geotherm.gr/)
- 10) [www.agronews.gr/content/view/](http://www.agronews.gr/content/view/)
- 11) <http://ohioline.osu.edu/aex-fact/0800.html>
- 12) <http://commons.wikipedia.org/wiki/Greenhouse>



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000097878