



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΙΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

***«Θερμοκηπιακές μονάδες για την καλλιέργεια  
λαχανικών στον ελλαδικό χώρο»***

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΠΑΡΑΣΚΕΥΟΠΟΥΛΟΥ ΜΑΡΙΑ**

ΑΘΗΝΑ, 2020

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

---

Περίληψη.....	3
Εισαγωγή.....	4
1.Ενεργειακός εξοπλισμός θερμοκηπίων.....	6
1.1 Συστήματα θέρμανσης και εξοικονόμησης ενέργειας.....	6
1.2 Συμβατικά Συστήματα θέρμανσης.....	7
1.2.1 Θερμός αέρα εξαναγκασμένης συναγωγής από αερόθερμα (air heating).....	9
1.2.2 Θερμός αέρα εξαναγκασμένης συναγωγής από συστήματα σωληνώσεων (Poly-tube Systems).....	9
1.2.3 Κεντρικά συστήματα θέρμανσης.....	10
1.2.4 Κεντρικά συστήματα θέρμανσης με σωληνώσεις θερμού νερού (Hot Water Systems).....	11
1.2.5 Κεντρικά συστήματα θέρμανσης με σωληνώσεις ατμού (Steam Heating System).....	12
1.3 Συστήματα θέρμανσης με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.....	12
1.3.1 Γεωθερμική ενέργεια για θέρμανση.....	13
1.3.2 Ηλιακή Ενέργεια.....	14
1.3.3 Ενεργητικά συστήματα θέρμανσης.....	15
1.3.4 Παθητικά συστήματα θέρμανσης.....	16
1.4 Συστήματα θέρμανσης με υπέρυθη ακτινοβολία.....	16
1.4.1 Gas-Fired Infrared Heating system.....	17
1.4.2 Σύγχρονα συστήματα θέρμανσης με ακτινοβολία (Infrared Heaters).....	18
1.5 Συστήματα Κλιματισμού - Ψύξης.....	18
1.5.1 Σκίαση.....	20
1.5.2 Συστήματα εξαερισμού.....	21
1.5.3 Παθητικά συστήματα εξαερισμού.....	21
1.5.4 Συστήματα δυναμικού εξαερισμού.....	23
1.5.5 Ψύξη με εξάτμιση.....	25
1.6 Συστήματα εμπλουτισμού με CO <sub>2</sub> .....	26

1.6.1 Παροχή CO <sub>2</sub> από κεντρικές δεξαμενές αποθήκευσης.....	27
1.6.2 Παροχή CO <sub>2</sub> που παράγεται στη θερμοκηπιακή μονάδα μέσω καύσης.....	28
1.7 Συστήματα τεχνητού φωτισμού.....	29
1.8 Θερμοκηπιακές μονάδες στην Ελλάδα.....	30
1.9 Χωροταξική κατανομή θερμοκηπίων.....	32
1.10 Καλλιέργεια λαχανικών.....	35
1.10.1 Προσφορά και ζήτηση-Εξαγωγές.....	35
1.10.2 Σύγχρονα θερμοκήπια και καλλιέργεια λαχανικών.....	37
1.10.3 Αλυσίδα εφοδιασμού και προστιθέμενο κόστος.....	38
1.10.4 Στοιχεία εμπορίου λαχανικών στην Ελλάδα.....	40
Συμπεράσματα.....	43
Βιβλιογραφία.....	44

# Περίληψη

---

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει την τεχνολογία των θερμοκηπίων στην Ελλάδα παράλληλα με οικονομικά στοιχεία για την καλλιέργεια λαχανικών. Παρατίθενται τα είδη θερμοκηπίων καθώς και η χωροταξική τους κατανομή ανά την χώρα με στοιχεία παραγωγής και εκτάσεων κάλυψης. Η εργασία παρουσιάζει το επιστημονικό και οικονομικό υπόβαθρο ανάπτυξης των σύγχρονων θερμοκηπίων για την καλλιέργεια λαχανικών στην χώρα. Στη συνέχεια, αναλύονται η αλυσίδα εφοδιασμού και το προστιθέμενο κόστος των προϊόντων για το λιανικό και το χονδρικό εμπόριο των λαχανικών. Τέλος, παρουσιάζεται η διαμόρφωση των τιμών χονδρικής πώλησης λαχανικών ανά μήνα του έτους 2019 με βάση επίσημα στοιχεία οργανισμών καθώς και οι παράγοντες που συνεισφέρουν στην τελική τιμή.

# Εισαγωγή

---

Ο όρος θερμοκήπια αναφέρεται σε «όλες τις μόνιμες κατασκευές, με ή χωρίς θέρμανση, οι οποίες καλύπτονται από γυαλί ή πλαστικό ή άλλο υλικό που να είναι διαπερατό στο ηλιακό φως, όπου καλλιεργούνται τρόφιμα (κηπευτικά και φρούτα) ή καλλωπιστικά φυτά».

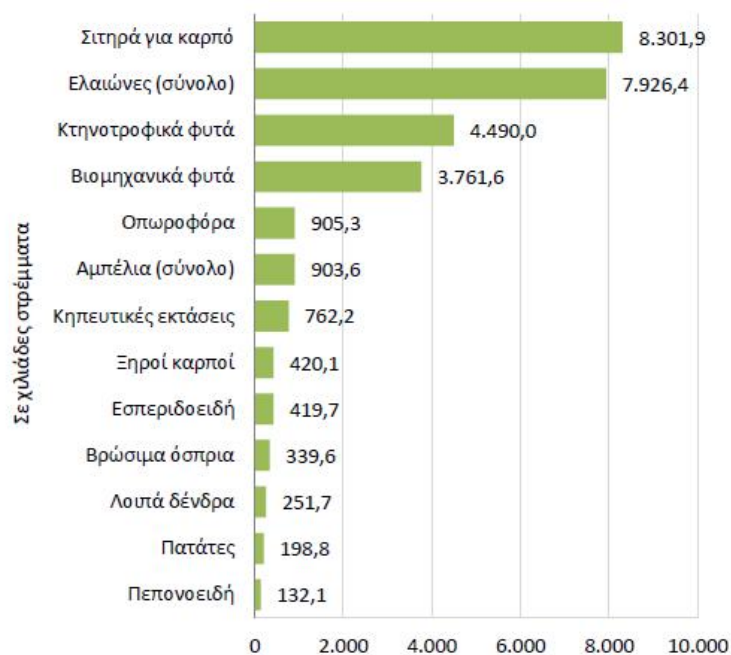
Ο αγροτικός τομέας αποτελούσε ανέκαθεν βασικό τομέα στήριξης τόσο της παγκόσμιας όσο και της εθνικής οικονομίας. Παράλληλα, η αναμενόμενη αύξηση του πληθυσμού της γης ως το 2050 αναμένεται να αυξήσει ραγδαία τις απαιτήσεις σε τρόφιμα ώστε να καλυφθούν οι διατροφικές ανάγκες. Εξαιτίας αυτής της ανάγκης, η γεωργία καλείται να καλύψει νέες προκλήσεις και προς αυτή τη κατεύθυνση η συμβολή των θερμοκηπιακών μονάδων θα είναι αναγκαία και ιδιαιτέρως σημαντική.

Κατά τη περίοδο της οικονομικής κρίσης, ο αγροτικός τομέας στην Ελλάδα διατήρησε την ακεραιότητα του αυξάνοντας τη συνεισφορά του στο ακαθάριστο εθνικό προϊόν (ΑΕΠ) της χώρας κατά τα έτη 2010-2014. Παρά το γεγονός ότι το ΑΕΠ του αγροτικού τομέα μειώθηκε κατά 8%, η μείωση του είναι σημαντικά χαμηλότερη από τον συνολικό ρυθμό μείωσης της ελληνικής οικονομίας. Παράλληλα, όσον αφορά το ποσοστό ανεργίας, ο πρωτογενής τομέας παρουσίασε μικρότερο ρυθμό μείωσης σε σχέση με τους υπόλοιπους τομείς απασχόλησης.

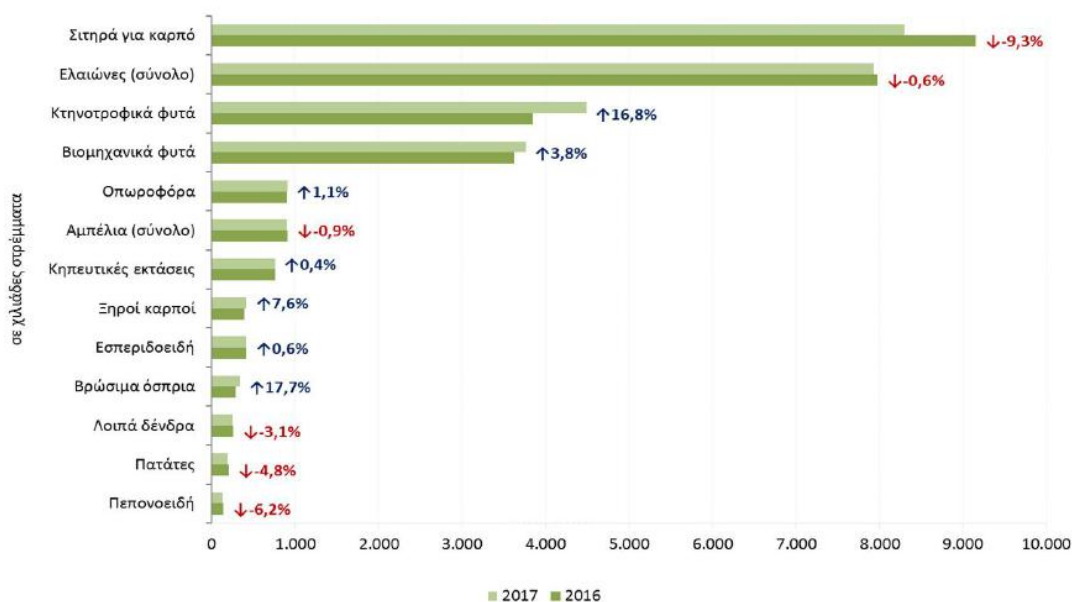
Με βάση στοιχεία της ετήσιας γεωργικής έρευνας της ελληνικής στατιστικής υπηρεσίας η συνολική καλλιεργούμενη γεωργική γη (αροτραίες καλλιέργειες, κηπευτική γη, μόνιμες καλλιέργειες και αγροναπαύσεις) ανέρχεται σε 32.209 χιλιάδες στρέμματα κατά το έτος 2017.

Στο Σχήμα 1 παρουσιάζονται οι εκτάσεις ανά είδος καλλιέργειας με τα σιτηρά να κατέχουν τη μεγαλύτερη έκταση στο σύνολο της χώρας. Στις επόμενες θέσεις ακολουθούν οι ελαιώνες (για παραγωγή ελαιολάδου και βρώσιμων ελιών) καθώς και τα κτηνοτροφικά/βιομηχανικά φυτά, τα οπωροφόρα, τα αμπέλια και τα κηπευτικά φυτά. Συγκριτικά με το έτος 2016, οι εκτάσεις με κτηνοτροφικά και βιομηχανικά φυτά καθώς και οι ξηροί καρποί παρουσίασαν το μεγαλύτερο ποσοστό αύξησης (σχήμα 2). Αντίθετα, τα

σιτηρά (-9,3%), οι πατάτες και τα πεπονοειδή μειώθηκαν μεταξύ των ετών 2016-2017.



**Σχήμα 1:** Κάλυψη χρησιμοποιούμενης γεωργικής γης κατά κατηγορία καλλιέργειας (σύνολο χώρας) το 2017 (Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία).



**Σχήμα 2:** Ποσοστιαία μεταβολή της έκτασης γεωργικής γης που χρησιμοποιείται ανά κατηγορία καλλιέργειας στο σύνολο της χώρας (2016-2017)(Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία).

Όσον αφορά στις θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις, οι θερμοκηπιακές καλλιέργειες αυξήθηκαν πανελλαδικά κατά 12.8% (σύνολο 59.736 στρέμματα) το 2015 σε σχέση με το 2012 ενώ οι αντίστοιχες εκτάσεις χωρίς κάλυψη για την παραγωγή λαχανικών μειώθηκαν κατά 18,3% (σύνολο 738.116 στρέμματα).

## **1.Ενεργειακός εξοπλισμός θερμοκηπίων**

### **1.1 Συστήματα θέρμανσης και εξοικονόμησης ενέργειας**

Ο κύριος σκοπός των θερμοκηπίων είναι η παραγωγή αγροτικών προϊόντων εκτός εποχής. Συνήθως, για να είναι εφικτή η καλλιέργεια σε ένα θερμοκήπιο, ακόμη και σε χρονικές περιόδους του έτους κατά τις οποίες οι κλιματολογικές συνθήκες δεν είναι ευνοϊκές, θα πρέπει να διαθέτουν εγκατεστημένα συστήματα θέρμανσης. Οι απαιτήσεις ενέργειας για θέρμανση εξαρτώνται από το είδος της καλλιέργειας και τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή που είναι εγκατεστημένο το θερμοκήπιο. Τα συστήματα κλιματολογικού ελέγχου που εγκαθίστανται στα θερμοκήπια περιλαμβάνουν συστήματα θέρμανσης για έλεγχο της θερμοκρασίας του εσωτερικού αέρα του θερμοκηπίου που περιβάλλει τον φυτικό θόλο, της θερμοκρασίας των φύλλων καθώς και της θερμοκρασίας του εδάφους στα ψυχρότερα κλίματα. Οι δύο κύριες κατηγορίες συστημάτων θέρμανσης είναι τα:

- Συμβατικά συστήματα θέρμανσης : Είναι τα πλέον διαδεδομένα συστήματα θέρμανσης με υψηλό συντελεστή ενεργειακής απόδοσης αλλά ταυτόχρονα υψηλό ενεργειακό προϋπολογισμό λόγω της κατανάλωσης συμβατικού τύπου καυσίμων όπως π.χ. πετρέλαιο. Η ενέργεια μέσω αυτών των συστημάτων προσφέρεται πρωταρχικά στον αέρα του θερμοκηπίου. Οι συνολικές απώλειες ενέργειας είναι υψηλές εξαιτίας της απαίτησης για διατήρηση ισοθερμοκρασιακών συνθηκών σε όλο το θερμοκήπιο. Σημαντικός παράγοντας στην λειτουργία θερμοκηπίων με συμβατικά συστήματα θέρμανσης είναι η ομοιόμορφη κατανομή της θερμοκρασίας για να διατηρηθούν εντός του θερμοκηπίου οι επιθυμητοί περιβαλλοντικοί όροι. Η επίτευξη

ομοιόμορφης κατανομής με χρήση των συμβατικών συστημάτων είναι δύσκολη και μπορεί να οδηγήσει σε ανομοιόμορφα θερμικά περιβάλλον που οδηγεί σε διαφορετικούς ρυθμούς ανάπτυξης στα φυτά και σε δυσκολότερο τρόπο παραγωγής (Giacomelli&Gene, 2002)

- Τα εναλλακτικά συστήματα θέρμανσης: Σε αυτή τη κατηγορία περιλαμβάνονται κατά κύριο λόγο τα συστήματα θέρμανσης με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Συγκριτικά με τα συμβατικά συστήματα έχουν χαμηλό ενεργειακό κόστος συμβάλλοντας στην εξοικονόμηση ενέργειας. Επίσης έχουν χαμηλό συντελεστή ενεργειακής απόδοσης λόγω της διακύμανσης που παρουσιάζει η διαθεσιμότητα τους και λόγω του κόστους αρχικής επένδυσης και των δαπανηρών μεθόδων αποθήκευσης που απαιτούν και γι αυτό έχουν μικρό μερίδιο στην ενεργειακή αγορά. Όπως και στα συμβατικά συστήματα η ενέργεια αποδίδεται πρωταρχικά στον αέρα του θερμοκηπίου.

Εκτός των συστημάτων με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορούν να εφαρμοσθούν συστήματα θέρμανση με χρήση ακτινοβολίας. Η ενέργεια σε αυτή τη περίπτωση προσφέρεται απευθείας στα φυτά, και η δημιουργία ισοθερμοκρασιακού κλίματος είναι απαραίτητη μόνο στην περιοχή του φυτικού θόλου. Ο αέρας του θερμοκηπίου δεν θερμαίνεται άμεσα και έτσι οι συνολικές ενεργειακές απώλειες δύναται να είναι χαμηλότερες σε σχέση με τα άλλα συστήματα θέρμανσης.

### 1.2 Συμβατικά Συστήματα θέρμανσης

Οι βασικοί παράγοντες ενός συμβατικού συστήματος θέρμανσης που λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό είναι :

- Η θερμοκρασία στο θόλο πρέπει να είναι ομοιόμορφη κατά τη διάρκεια της θέρμανσης.
- Η θερμοκρασία των φυτών πρέπει να είναι υψηλότερη από τη θερμοκρασία δρόσου ώστε να εμποδίζεται η συμπύκνωση των



υδρατμών στις επιφάνειες των φυτών και να μειώνεται ο κίνδυνος ανάπτυξης ασθενειών στα φυτά.

- Η ενεργειακή κατανάλωση θα πρέπει να μην είναι υψηλή.

Τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες:

- Συστήματα θέρμανσης που μεταδίδουν τη θερμότητα με αγωγή, συναγωγή και ακτινοβολία μέσω μίας θερμαινόμενης επιφάνειας (μεταλλικοί ή πλαστικοί σωλήνες)
- Συστήματα θέρμανσης που μεταδίδουν τη θερμότητα με εξαναγκασμένη συναγωγή (δυναμικά) μέσω θερμού αέρα που παράγεται σε αερόθερμα και κυκλοφορεί εντός αγωγών κατασκευασμένων από πολυαιθυλένιο (PE).

Τα πρώτα έχουν συγκριτικά μεγάλο κόστος εγκατάστασης και συντήρησης και δύσκολη ρύθμιση λειτουργίας. Πετυχαίνουν καλή ομοιογένεια θέρμανσης και ικανοποιητικά επίπεδα υγρασίας ενώ δεν παρουσιάζουν προβλήματα σχετικά με τα καυσαέρια. Επίσης σε περίπτωση διακοπής λειτουργίας λόγω βλάβης ή πτώση της θερμοκρασίας γίνεται βαθμιαία.

Τα δυναμικά συστήματα έχουν μικρότερο κόστος εγκατάστασης και συντήρησης, εύκολη ρύθμιση των συνθηκών λειτουργίας και πετυχαίνουν καλή ομοιομορφία στη θέρμανση, γρήγορη θέρμανση των φυτών και μείωση της συμπύκνωσης υδρατμών. Όμως έχουν και σημαντικά μειονεκτήματα, όπως το γεγονός ότι δε θερμαίνεται το έδαφος, μειώνεται η σχετική υγρασία του αέρα του θερμοκηπίου, σε περίπτωση βλάβης του συστήματος μειώνεται απότομα η θερμοκρασία και όταν οι συσκευές είναι τοποθετημένες στο εσωτερικό υπάρχει κίνδυνος να ζημιωθούν τα φυτά από τα καυσαέρια.

Ένας επιπλέον τρόπο διαχωρισμού των συστημάτων θέρμανσης γίνεται ανάμεσα στα τοπικά συστήματα, όπως αερόθερμα, θερμάστρες συναγωγής κλπ. και στα κεντρικά συστήματα θέρμανσης στα οποία περιλαμβάνονται οι λέβητες θερμού αέρα, θερμού νερού και ατμού.

### ***1.2.1 Θερμός αέρα εξαναγκασμένης συναγωγής από αερόθερμα (air heating)***

Οι μονάδες θέρμανσης αέρα είναι ευρέως διαδομένες επειδή απαιτούν σχετικά μέτρια επένδυση κεφαλαίου, είναι εύκολο να εγκατασταθούν και μπορούν να επεκταθούν εύκολα εάν είναι απαραίτητο. Τα συστήματα αυτά πρέπει να τοποθετούνται σε απόσταση και να κατευθύνουν τον αέρα έτσι ώστε να καλύπτουν ολόκληρο το χώρο του θερμοκηπίου. Ο κάθε θερμαντήρας μπορεί να θερμάνει μία επιφάνεια 180-500 m<sup>2</sup> (Kittas, Katsoulas, & Bartzanas, Structures: design, technology and climate control, 2017) . Τα συστήματα αυτά χαρακτηρίζονται από υψηλή αποδοτικότητα, αυτοματοποιούνται εύκολα με αποτέλεσμα να αναπτύσσουν γρήγορη απόκριση στην μεταβολή της θερμοκρασίας του χώρου. Μειονέκτημα είναι ότι σε περίπτωση βλάβης το θερμοκήπιο ψύχεται γρήγορα. Επίσης το έδαφος θερμαίνεται λιγότερο συγκριτικά με τα κεντρικά συστήματα θέρμανσης, ενώ τέλος παρουσιάζουν υψηλή κατανάλωση ενέργειας.

Τα αερόθερμα εξαναγκασμένης συναγωγής ανάλογα τη πηγή ενέργειας που χρησιμοποιούν διακρίνονται σε ηλεκτρικά αερόθερμα, σε αερόθερμα ατμού ή ζεστού νερού, σε αερόθερμα φυσικού αερίου-πετρελαίου ή στερεών καυσίμων. Στην τελευταία κατηγορία είναι εγκατεστημένος λέβητας με ενσωματωμένο καυστήρα ο οποίος μπορεί να διαθέτει ανοιχτό θάλαμο καύσης ή κλειστό. Ο ανοιχτός θάλαμος καύσης λειτουργεί ενισχυτικά για την καλλιέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας (δηλ. κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης) απελευθερώνοντας CO<sub>2</sub> στο χώρο. Κατά τη διάρκεια της νύχτας όμως η μείωση συγκέντρωσης O<sub>2</sub> έχει αρνητικές επιπτώσεις στην αποτελεσματικότητα της καύσης και στην καθαρότητα του αέρα στο χώρο του θερμοκηπίου (παραγωγή CO και άλλων αερίων επιβλαβών για τον άνθρωπο και τα φυτά).

### ***1.2.2 Θερμός αέρα εξαναγκασμένης συναγωγής από συστήματα σωληνώσεων (Poly-tube Systems)***

Σε θερμοκήπια μεγάλης έκτασης για να αποφεύγεται η χρήση πολλών αερόθερμων, τοποθετούνται κατά μήκος του θερμοκηπίου λεπτοί διαφανείς σωλήνες πολυαιθυλενίου (Poly-Tube Systems) που συνδέονται με την έξοδο του θερμού αέρα του αερόθερμου είναι κλειστοί στο άλλο άκρο και φέρουν κατά μήκος ζεύγος οπών. Η θερμότητα με τα συστήματα Poly-tubes

μεταδίδεται μεταφορά και ακτινοβολία από τα τοιχώματα των σωλήνων και με εξαγωγή (infiltration) του θερμού αέρα από τις οπές των σωλήνων. Η τοποθέτηση των σωλήνων αυτών μπορεί να γίνει είτε στο επίπεδο του εδάφους ή να αναρτώνται στην οροφή του θερμοκηπίου πάνω από το ύψος των φυτών. Ο θερμός αέρας που προέρχεται από το αερόθερμο εξέρχεται από τις οπές με κατάλληλη ταχύτητα και έρχεται άμεσα σε ανάμειξη με τον αέρα του θερμοκηπίου. Μεγάλη ταχύτητα εξόδου του αέρα μπορεί να ζημιώσει τα φυτά ειδικά αν οι σωλήνες είναι τοποθετημένοι στο έδαφος εξαιτίας της αντίστασης των φυτών στην ροή του αέρα που έχει σαν συνέπεια την δυσκολία επίτευξης ομοιόμορφης κατανομής θερμότητας στο χώρο. Στην περίπτωση που οι συνθήκες δεν επιτρέπουν την θέρμανση το σύστημα αυτό έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να λειτουργεί μόνο ως ανεμιστήρας κυκλοφορώντας τον αέρα του θερμοκηπίου και συμβάλλοντας στην ομοιόμορφη κατανομή θερμοκρασίας στο χώρο.

### **1.2.3 Κεντρικά συστήματα θέρμανσης**

Πρόκειται για τα καταλληλότερα συστήματα θέρμανσης υαλοφρακτων θερμοκηπίων μεγάλης έκτασης. Παράγουν ατμό ή ζεστό νερό και η θερμότητα διασκορπίζεται σε όλο το θερμοκήπιο μέσω μηχανισμών μεταφοράς και ακτινοβολίας. Η ροή γίνεται μέσω ενός συστήματος σωλήνων (χάλυβα ή πλαστικού) εγκατεστημένου περιμετρικά, κάτω ή πάνω από τις καλλιέργειες. Το σύστημα περιλαμβάνει λέβητα, βαλβίδες και συστήματα ελέγχου. Σε αντίθεση με τα συστήματα θέρμανσης με αερόθερμα, μέρος της θερμότητας διοχετεύεται στη ρίζα και στη ζώνη του θόλου της καλλιέργειας. Το ζεστό περιβάλλον και το χαμηλό ρεύμα αέρα που αναπτύσσεται κοντά στην επιφάνεια της καλλιέργειας μπορεί να οδηγήσει σε βελτιωμένη ανάπτυξη των καλλιεργειών και σε υψηλότερο επίπεδο ελέγχου ανάπτυξης ασθενειών στα φυτά (Kittas, Katsoulas, & Bartzanas, Structures: design, technology and climate control, 2017) . Τα κυριότερο πλεονέκτημα τους είναι ότι για την λειτουργία και συντήρησή τους, συγκριτικά με τη χρησιμοποίηση πολλών αερόθερμων στα οποία κυκλοφορεί θερμός αέρας που διανέμεται μέσω αγωγών πολυαιθυλενίου PE (air heating), παρουσιάζουν χαμηλότερο κόστος.

#### *1.2.4 Κεντρικά συστήματα θέρμανσης με σωληνώσεις θερμού νερού (Hot Water Systems)*

Τα συστήματα θέρμανσης με σωληνώσεις θερμού νερού έχουν το πλεονέκτημα να θερμαίνουν ικανοποιητικά και τον αέρα και το έδαφος του θερμοκηπίου. Αποτέλεσμα είναι η ανάπτυξη ομοιόμορφης κατανομής θερμοκρασίας στο χώρο του θερμοκηπίου. Παρουσιάζουν όμως το μειονέκτημα της μεγάλης θερμικής αδράνειας δηλαδή της σχετικά αργής απόκρισης τους σε μεταβολές της θερμοκρασίας. Η μέθοδος με θερμό νερό εφαρμόζεται συχνότερα από τη μέθοδο με ατμό στην Ευρώπη, ακόμα και σε μεγάλα θερμοκήπια που βρίσκονται σε μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη. Σε αυτήν την περίπτωση εφαρμόζεται σύστημα υψηλής πίεσης που επιτρέπει υψηλότερες θερμοκρασίες (95 °C) στο νερό και επομένως μεγαλύτερη θερμική απόδοση, σε σχέση με τα συστήματα χαμηλής πίεσης (θερμοκρασία νερού 85 °C).

Η θερμότητα παράγεται στον λέβητα ο οποίος είναι εγκατεστημένος μέσα ή έξω από το θερμοκήπιο, και μεταφέρεται στο νερό το οποίο μέσα από σύστημα σωληνώσεων καταλήγει θερμό στο χώρο των καλλιεργειών. Οι σωληνώσεις απόδοσης της θερμότητας στο χώρο του θερμοκηπίου είναι συνήθως χαλύβδινοι και το μήκος τους προσδιορίζεται από τον σχεδιασμό και τη εκτιμώμενη θερμότητα που δύναται να μεταφέρουν.

Οι σωλήνες θέρμανσης τοποθετούνται παράλληλα προς τις γραμμές των φυτών για να μην εμποδίζουν την κυκλοφορία στο θερμοκήπιο. Η θερμότητα εντός του θερμοκηπίου χάνεται πιο γρήγορα στην περιφέρεια από ότι στο κέντρο. Γι' αυτό για να υπάρξει ομοιόμορφη θερμοκρασία στο χώρο του, θα πρέπει ένα πολύ μεγάλο μέρος της ενέργειας να αποδίδεται στην περιφέρεια με την εγκατάσταση ικανού μήκους σωληνώσεων. Δεν πρέπει όμως να τοποθετούνται όλοι περιμετρικά για τα ρεύματα του αέρα που δημιουργούνται από τις ψυχρές επιφάνειες της οροφής προκαλούν κατά τόπους ψυχρές θέσεις μέσα στο θερμοκήπιο. Ως γενικός κανόνας ισχύει το 1/3 των σωληνώσεων (όχι πάνω από 6 σειρές σωλήνων και όχι λιγότερο από 2 σειρές) να τοποθετείται περιμετρικά και τα 2/3 των σωληνώσεων να τοποθετούνται στο εσωτερικό του θερμοκηπίου χαμηλά μεταξύ των φυτών, ή ένα μέρος αυτών μεταξύ των φυτών και το άλλο στην οροφή. Τέλος εκτός από του

κοινούς χαλύβδινους σωλήνες για θέρμανση θερμοκηπίων υπάρχουν και οι πτερυγιοφόροι σωλήνες, έτσι ώστε η μεταφορά θερμότητας ανά μονάδα μήκους στον χώρο να είναι πολύ μεγαλύτερη, τετραπλάσια ή και παραπάνω από τους συνηθισμένους.

### ***1.2.5 Κεντρικά συστήματα θέρμανσης με σωληνώσεις ατμού (Steam Heating System)***

Τα κεντρικά συστήματα θέρμανσης με σωληνώσεις ατμού είναι πιο πολύπλοκα στην εγκατάσταση τους και απαιτούν περισσότερη συντήρηση έναντι των αντιστοίχων συστημάτων με θερμό νερό. Το κόστος της επένδυσης είναι υψηλό όμως η πρόβλεψη διάρκειας ζωής του συστήματος είναι συγκριτικά μεγαλύτερο. Το σύστημα χρειάζεται λέβητα, βαλβίδες, παγίδες και άλλα εξαρτήματα. Οι σωληνώσεις ατμού κατά την λειτουργία του συστήματος θέρμανσης βρίσκονται σε θερμοκρασία 102 °C κάτω από μια σχετικά χαμηλή πίεση των 25 Pa περίπου, σε αντίθεση με τις σωληνώσεις θερμού νερού που βρίσκονται σε θερμοκρασία χαμηλότερης αυτής του βρασμού. Λόγω της μετατροπής της λανθάνουσας θερμοκρασίας σε αισθητή με την συμπύκνωση του νερού μέσα στον σωλήνα, απαιτείται μικρότερη επιφάνεια σωλήνων για να αποδοθεί η ίδια ποσότητα ενέργειας στο χώρο του θερμοκηπίου, συγκριτικά με τα συστήματα θερμού νερού. Επίσης επειδή η κυκλοφορία του ατμού μέσα στις σωληνώσεις συναντά μικρότερες αντιστάσεις απ' όσο το νερό, η συνήθης διάμετρος για σωληνώσεις ατμού είναι 2.5-4 cm. Οι σωλήνες μπορεί να είναι λείοι ή πτερυγωτοί και το όλο σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης για την παστερίωση του εδάφους.

### **1.3 Συστήματα θέρμανσης με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας**

Η κατανάλωση καυσίμων αποτελεί ένα κρίσιμο επιβαρυντικό οικονομικό παράγοντα για την λειτουργία συστημάτων θέρμανσης στα θερμοκήπια. Εξαιτίας της αβεβαιότητάς της διαθεσιμότητας και το υψηλού κόστους των συμβατικών καυσίμων έχουν αναπτυχθεί τρόποι εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε συστήματα θέρμανσης.

Η απόδοση των συστημάτων αυτών εξαρτάται άμεσα από τις επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής καθώς και από τα πρότυπα

καλλιέργειας (Rozakis, Soldatos, Papadakis, Kyritsis, & Papantonis, 1997) . Για την θέρμανση θερμοκηπίου μπορούν να εφαρμοσθούν τεχνικές που θα αξιοποιούν:

- Ηλιακή ενέργεια
- Αιολική ενέργεια
- Γεωθερμική ενέργεια
- Θερμικά απόβλητα
- Βιομάζα

Από τα παραπάνω στην πράξη έχει χρησιμοποιηθεί κυρίως η ηλιακή ενέργεια και δευτερευόντως γεωθερμική ενέργεια και η βιομάζα. Η αιολική ενέργεια εξαιτίας της μη ομαλής και με συνεχή τρόπο απόδοσης της και με προβλήματα ως προς τον τρόπο αποθήκευσης της δεν έχει εφαρμόζεται συχνά για την θέρμανση θερμοκηπίου.

### *1.3.1 Γεωθερμική ενέργεια για θέρμανση*

Η γεωθερμική ενέργεια συναντάται συνήθως σε περιοχές με σχετικά πρόσφατη ηφαιστειότητα, γιατί εκεί παρουσιάζεται το φαινόμενο, διάπυρο υλικό από το εσωτερικό της γης να έχει κινηθεί προς την επιφάνεια και το υπέδαφος να έχει θερμανθεί. Πρόκειται για την ενέργεια που παράγεται στο υπέδαφος και μεταφέρεται στην επιφάνεια του εδάφους μέσω διαφόρων ρευστών (κυρίως του νερού), τα οποία βρίσκουν φυσική διέξοδο από τα βάθη της γης προς την επιφάνεια ή ανεβαίνουν με ειδικές γεωτρήσεις. Τα τελευταία 25 χρόνια , η πιο κοινή εφαρμογή της γεωθερμικής ενέργειας στη γεωργία είναι η θέρμανση θερμοκηπίων. Σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες, η γεωθερμική θερμότητα χρησιμοποιείται για την παραγωγή λαχανικών, φρούτων και λουλουδιών σε εμπορική κλίμακα όλο το χρόνο. Τα θερμοκήπια αντιπροσωπεύουν ένα μεγάλο μερίδιο της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας χαμηλής ενθαλπίας στη γεωργία. Ένα μέσο θερμοκήπιο μπορεί να εξοικονομήσει πάνω από τα τρία τέταρτα του λειτουργικού κόστους καυσίμων χρησιμοποιώντας γεωθερμική θέρμανση. Η χρήση της γεωθερμικής ενέργειας για τη θέρμανση των θερμοκηπίων έχει τα εξής οφέλη (Kittas,

Katsoulas, & Bartzanas, Structures: design, technology and climate control, 2017) :

- Μειωμένο κόστος σε σύγκριση με άλλες διαθέσιμες πηγές ενέργειας.
- Σχετικά απλή εγκατάσταση και συντήρηση.
- Η εγγύτητα γεωθερμικών δεξαμενών χαμηλής ενθαλπίας σε περιοχές θερμοκηπίου.
- Βελτίωση της απόδοσης με χρήση τοπικής πηγής ενέργειας

Στην εφαρμογή της γεωθερμίας, οι παράγοντες που προσδιορίζουν το κόστος της εκμετάλλευσης σε συνδυασμό με τα φυσικά, χημικά και περιβαλλοντικά προβλήματα που μπορεί να προκύψουν κατά την παραγωγή και τη χρήση της, είναι η θερμοκρασία, το βάθος, η διαθεσιμότητα και η υψηλή περιεκτικότητα διαφόρων χημικών ουσιών και αλάτων στον θερμικό φορέα (νερό). Το σημαντικότερο πρόβλημα δημιουργείται από την υψηλή αλατότητα που έχει το διαθέσιμο γεωθερμικό νερό. Ανάλογα με τα πετρώματα που συναντά στην διαδρομή του, εμπλουτίζεται με άλατα, τα οποία στις περισσότερες των περιπτώσεων είναι διαβρωτικά στα κοινά μέταλλα και απαιτείται η χρήση εναλλακτών από ακριβότερα μέταλλα (π.χ. Τιτάνιο). Ακόμη όμως και αν δεν είναι διαβρωτικά, καθιζάνουν στα τοιχώματα των σωλήνων και πολύ γρήγορα τους φράσσουν.

### **1.3.2 Ηλιακή Ενέργεια**

Η ηλιακή ενέργεια είναι η πλέον χρησιμοποιούμενη στα θερμοκήπια εξαιτίας του ότι είναι ανεξάντλητη και συνήθως εύκολα προσιτή. Το σημαντικότερο μειονέκτημα είναι ότι είναι διαθέσιμη μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας και η απόδοση της μεταβάλλεται ανάλογα την εποχή, ειδικότερα το χειμώνα που η ζήτηση της ενέργειας για θέρμανση είναι υψηλή το πρόβλημα είναι μεγαλύτερο. Τα θερμοκήπια που χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια ως μέσω για την θέρμανση ταξινομούνται σε 2 κατηγορίες, τα ενεργητικά και τα παθητικά ηλιακά θερμοκήπια (Santamouris , Balaras, Dascalaki, & Vallindras, 1994).

- Τα ενεργητικά ηλιακά θερμοκήπια είναι εξοπλισμένα με ένα σύστημα συλλογής και μετατροπής της ηλιακής ενέργειας και με ένα σύστημα

αποθήκευσης της θερμότητας. Χαρακτηριστικό των ενεργητικών συστημάτων είναι ότι είναι εγκατεστημένα και λειτουργούν ανεξάρτητα του θερμοκηπίου. Τα συστήματα αποθήκευσης μπορεί να περιλαμβάνουν διάφορους τύπους συσσωρευτών και συστημάτων αποθήκευσης θερμότητας.

- Τα παθητικά ηλιακά θερμοκήπια έχουν το σύστημα συλλογής θερμότητας ενσωματωμένο στο θερμοκήπιο ή ακόμα και το ίδιο το θερμοκήπιο λειτουργεί ως συλλέκτης σχεδιασμένο κατάλληλα για την μεγιστοποίηση της απορρόφησης της ηλιακής ενέργειας. Τα παθητικά ηλιακά θερμοκήπια ταξινομούνται σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά του συστήματος αποθήκευσης ενέργειας. Η αποθήκευση ενέργειας μπορεί να γίνεται στο νερό ή ακόμα και στο υπέδαφος του θερμοκηπίου μέσω θαμμένων σωλήνων.

### *1.3.3 Ενεργητικά συστήματα θέρμανσης*

Στη κατηγορία αυτή ανήκουν οι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες (flat plate collectors) που εγκαθίστανται εξωτερικά του θερμοκηπίου. Είναι διαδομένοι για την θέρμανση του νερού ή του αέρα και η σημαντικότερη κατηγορία συσκευών συλλογής της ηλιακής ενέργειας από άποψη εύρους εφαρμογών. Ένας τυπικός επίπεδος συλλέκτης αποτελείται από ένα μεταλλικό πλαίσιο επάνω στο οποίο τοποθετείται κάλυμμα από γυαλί ή πλαστικό, στο εσωτερικό χρησιμοποιείται απορροφητική φύσεως επιφάνεια μαύρου χρώματος ενώ όλες οι υπόλοιπες επιφάνειες είναι θερμικά μονωμένες. Κατά τη λειτουργία του συλλέκτη μέρος της προσπίπτουσας ακτινοβολία απορροφάται και μεταφέρεται σε κάποιο ρευστό ενώ το υπόλοιπο ανακλάται. Η απόδοση του συλλέκτη και το ωφέλιμο ενεργειακό κέρδος προσδιορίζονται από το ποσό της θερμότητας που αποδίδεται από το ρευστό. Ηλιακοί συλλέκτες που εφαρμόζονται στα ενεργητικά συστήματα θέρμανσης είναι :

- Ο ολοκληρωμένος ενεργειακό συλλέκτης ICS
- Ο σύνθετος παραβολικός συγκεντρωτικός συλλέκτης CPC
- Ο κυλινδροπαραβολικός συλλέκτης



#### **1.3.4 Παθητικά συστήματα θέρμανσης**

Τα παθητικά συστήματα θέρμανσης χαρακτηρίζονται από το μικρότερο αρχικό και λειτουργικό κόστος σε σχέση με τα ενεργητικά. Τα παθητικά συστήματα μπορούν να λειτουργήσουν ώστε να αυξήσουν την «αποθήκευση» θερμότητας μέσα στο θερμοκήπιο κατά τη διάρκεια της ημέρας ή να απομακρύνουν την περίσσεια θερμότητας μέσα από το θερμοκήπιο και να την μεταφέρουν σε περιοχή αποθήκευσης θερμότητας ώστε να ανακτηθεί κατά τη διάρκεια της νύχτας. Τα πλέον διαδεδομένα παθητικά συστήματα θέρμανσης είναι :

- Συστήματα αποθήκευσης νερού
- Συστήματα εγκιβωτισμένων πετρωμάτων
- Συστήματα αποθήκευσης με αλλαγή φάσης (PCMs)

Εκτός αυτών επίσης χρησιμοποιούνται για την ανάκτηση θερμότητας κατά τη διάρκεια της νύχτας συστήματα :

- Εναλλάκτη εδάφους – αέρα (EAHES)
- Κινητής μόνωσης (κουρτίνες εξοικονόμησης ενέργειας)
- Συλλέκτη εδάφους –αέρα (GAC)
- Βορινού τοιχώματος θερμοκηπίου

#### **1.4 Συστήματα θέρμανσης με υπέρυθρη ακτινοβολία**

Όταν εφαρμόζεται θέρμανση με υπέρυθρη ακτινοβολία στα θερμοκήπια σε αντιδιαστολή με τα συστήματα θερμού αέρα εξαναγκασμένης συναγωγής, η θερμότητα στέλνεται απ' ευθείας από την πηγή με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στα φυτά και το έδαφος που γίνονται στη συνέχεια η πρωταρχική πηγή θερμότητας μέσα στο θερμοκήπιο. Ο αέρας δεν θερμαίνεται απ' ευθείας από την ακτινοβολία, αλλά με συναγωγή λόγω της επαφής του με τα φυτά και το έδαφος.

Επειδή η διαφοροποίηση της θερμοκρασίας του εσωτερικού αέρα (διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας εδάφους και θερμοκρασίας οροφής) είναι σημαντικά χαμηλότερη από συστήματα θερμού αέρα εξαναγκασμένης συναγωγής, οι ενεργειακές απώλειες του θερμοκηπίου μειώνονται σημαντικά λόγω μείωσης των απωλειών λόγω συναγωγής από το κάλυμμα οδηγώντας σε

εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση (Hanan, 1998). Επίσης επιτυγχάνεται και σημαντική μείωση της υγρασίας της επιφάνειας των φυτών γεγονός που βοηθά στην μείωση της εξάπλωσης ασθενειών (Teitel&Tanny, 1998).

Τα συστήματα θέρμανσης με υπέρυθρη ακτινοβολία αρχικά χρησιμοποιήθηκαν αρκετά στα θερμοκήπια στη συνέχεια όμως η χρήση τους εγκαταλείφτηκε. Ο λόγος ήταν η καταλληλότητα της IR ακτινοβολίας για θέρμανση θερμοκηπίου. Σε ότι αφορά την ενέργεια μελέτες αναφέρονται ενεργειακά οφέλη της τάξεως των 33-40% σε σύγκριση με τον συμβατικό τρόπο θέρμανσης (Itagi&Takahashi) (Blom, Ingratta, &Hughes, 1982).

#### ***1.4.1 Gas-Fired Infrared Heating system***

Το σύστημα Gas-Fired Infrared Heating ήταν η πρώτη προσπάθεια εφαρμογής της υπέρυθρης ακτινοβολίας στα θερμοκήπια. Το σύστημα αποτελείται από σωλήνες υπέρυθρης ακτινοβολίας ισχύος 17.5 kW (εναλλάκτης θερμότητας), καυστήρα μείγματος αέρα-καυσίμου και αντλία. Τα καπναέρια οδεύουν μέσα από τους χαλύβδινους σωλήνες διαμέτρου 10-15 cm που αποτελούν την επιφάνεια ακτινοβολίας με θερμοκρασία επιφανείας 480 – 595 °C και μήκος κύματος εκπομπής 3.2-3.8 μm (μακρινό υπέρυθρο) και αποβάλλονται στην ατμόσφαιρα με αντλία αναρρόφησης. Όσπου να φθάνουν τα αέρια στην αντλία, σχεδόν όλη η ενέργεια θερμότητας λόγω της εξάπλωσής της σε μεγάλη περιοχή έχει απελευθερωθεί. Σε ένα τέτοιο σύστημα η καύση και η ροή αερίων πρέπει να γίνεται σε κενό, για αποφυγή διαφυγής αερίων στο θερμοκήπιο. Για τον έλεγχο της κατανομής της θερμικής ροής χρησιμοποιούνται ανακλαστήρες. Οι σωλήνες τοποθετούνται σε απόσταση 2.6 -3 m από τα φυτά, 1.5 m από την οροφή και 3 m από τα πλαϊνά τοιχώματα για να εμποδίζονται καταστροφές. Τα αποτελέσματα από την χρήση του συστήματος είναι η υψηλή θερμοκρασία αέρα, η ανομοιόμορφη κατανομή θερμοκρασίας στο επίπεδο των φυτών και του εδάφους, οι υψηλές απώλειες λόγω συναγωγής, οι διαφυγές καπναερίων και η ίδια η πολυπλοκότητα του συστήματος που το καθιστούσαν δύσχρηστο.

#### **1.4.2 Σύγχρονα συστήματα θέρμανσης με ακτινοβολία (Infrared Heaters)**

Θεωρούνται σύγχρονα συστήματα γιατί έχουν υψηλή απόδοση και ενεργειακή μετατροπή και η θερμοκρασία επιφανείας τους παραμένει σε σχετικά ήπια επίπεδα. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε εργοστάσια παραγωγής, βιομηχανικά κτίρια, αθλητικές εγκαταστάσεις, χώρους αναψυχής, βιομηχανία τροφίμων, εκθεσιακούς χώρους, αγροτικές φάρμες, θερμοκήπια, μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων, μονάδες ανακύκλωσης. Συνοπτικά διαθέτουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Υψηλή ενεργειακή αποδοτικότητα
- Συντελεστή ενεργειακής απόδοσης της ακτινοβολίας σε θερμότητα 60% – 96%
- Οικονομικά - Μειωμένο λειτουργικό κόστος
- Παροχή άμεσης θέρμανσης
- Ομοιόμορφη κατανομή της θερμότητας
- Υψηλή αντοχή στην σχετική υγρασία περιβάλλοντος
- Μεγάλη διάρκεια ζωής
- Μεγάλη δυναμικότητα
- Διζωνική λειτουργία
- Εύκολα στην εγκατάσταση - απεγκατάσταση συντήρηση και χρήση
- Φιλικά προς το περιβάλλον

Τα σύγχρονα συστήματα θέρμανσης με ακτινοβολία διακρίνονται ανάλογα με το μήκος κύματος που εκπέμπουν σε χαμηλής έντασης, low-intensity (3.2-3.8 μm) με μέγιστη θερμοκρασία επιφανείας 480–600 °C και σε υψηλής έντασης, high-intensity (1.0-2.9 μm) με μέγιστες θερμοκρασίες επιφάνειας 700–2000 °C.

#### **1.5 Συστήματα Κλιματισμού - Ψύξης**

Τα θερμοκήπια (τόσο αυτά που είναι κατασκευασμένα από πλαστικό όσο και από γυαλί) λειτουργούν ως ηλιακοί συλλέκτες και σε ηλιόλουστες ημέρες παγιδεύουν την ηλιακή ακτινοβολία και προκαλούν την αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας (το φαινόμενο του θερμοκηπίου). Εάν αυτή η θερμότητα δεν αφαιρεθεί από το θερμοκήπιο, μπορεί να οδηγήσει σε ανεπιθύμητες συνθήκες για την καλλιέργεια και την ανάπτυξη των φυτών. Έτσι τα θερμοκήπια χρειάζεται να ψύχονται και το ρεύμα αερισμού αποτελεί

κρίσιμη παράμετρο λειτουργίας ιδιαίτερα στα θερμά κλίματα της Μεσογειακής λεκάνης. Σημαντική διαδικασία για την επίτευξη των βέλτιστων συνθηκών είναι η εναλλαγή αέρα μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος του θερμοκηπίου. Αυτό άμεσα επιδρά στην μεταφορά της αισθητής θερμότητας, στην εξάτμιση H<sub>2</sub>O και στο CO<sub>2</sub> προς ή από τον εσωτερικό αέρα. Επομένως η ακριβής κατανόηση των μηχανισμών της εναλλαγής αέρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο της θερμοκρασίας του αέρα, της συγκέντρωσης CO<sub>2</sub> και της μείωσης της υπερβολικής υγρασίας που οφείλεται στην διαπνοή των φυτών (Roy, Boulard, Kittas, & Wang, 2002). Ο κλιματισμός των θερμοκηπίων κατά τη θερινή περίοδο είναι πρόβλημα που γίνεται όλο και πιο σοβαρό σε ζώνες μεσογειακού κλίματος όπως η Ελλάδα, Ιταλία, Νότια Γαλλία, Ισπανία και σε χώρες της Βόρειας Αφρικής. Οι περιοχές αυτές τον τελευταίο καιρό γνώρισαν μεγάλη ανάπτυξη στον τομέα των θερμοκηπιακών καλλιεργειών, χάρη στις κλιματολογικές συνθήκες του χειμώνα, οι οποίες είναι πολύ πιο ευνοϊκές από αυτές που επικρατούν στις βόρειες χώρες, όπως η Ολλανδία. Το πρόβλημα έγκειται στη συμπεριφορά αυτών των θερμοκηπίων κατά τις περιόδους μεγάλης ζέστης καθόσον οι πολύ υψηλές θερμοκρασίες που παρατηρούνται, συνδυαζόμενες συχνά με ανεπαρκή υγρασία, δεν ευνοούν την παραγωγή προϊόντων υψηλής ποιότητας. Ένας καλός κλιματισμός κατά την θερινή περίοδο είναι απαραίτητος, αλλά απαιτεί επενδύσεις μικρότερες ή μεγαλύτερες ανάλογα με την ποιότητα που επιθυμεί ο καλλιεργητής. Είναι προφανές ότι είναι πολύ πιο δύσκολο να ψυχθεί ένα θερμοκήπιο το καλοκαίρι από το να θερμανθεί τον χειμώνα. Η καθαρή ακτινοβολία στο θερμοκήπιο το καλοκαίρι φτάνει, στη μέγιστη τιμή, τα 500-600 Wm<sup>-2</sup> από τα οποία, αν θέλουμε να έχουμε θερμοκρασίες ανάλογες με τις εξωτερικές, πρέπει να αφαιρεθούν 200-250 Wm<sup>-2</sup> αισθητής θερμότητας. Η εξάλειψη αυτής της πλεονάζουσας ενέργειας δεν μπορεί να γίνει με κλασικά ψυκτικά μηχανήματα που είναι πολύ ακριβά, αλλά πρέπει να γίνει με μεθόδους όσο το δυνατόν λιγότερο δαπανηρές. Οι κλασικότεροι τρόποι μείωσης της θερμοκρασίας του αέρα του θερμοκηπίου είναι (Kittas, Katsoulas, & Bartzanas, Structures: design, technology and climate control, 2017):

- μείωση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας (σκίαση).

- απομάκρυνση επιπλέον θερμότητας μέσω της ανταλλαγής αέρα (εξαερισμός) και / ή
- αύξηση του κλάσματος της ενέργειας που χωρίζεται σε λανθάνουσα θερμότητα (ψύξη με εξάτμιση)
- Τεχνητή ομίχλη.
- Συνδυασμοί των παραπάνω.

### 1.5.1 Σκίαση

Η σκίαση του θερμοκηπίου μειώνει τα ποσοστά της εισερχόμενης ακτινοβολίας. Η καθαρή ακτινοβολία εντός του θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια της ημέρας εξαρτάται από :

- Την ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται μέσα στο θερμοκήπιο.
- Την μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας στο επίπεδο του εδάφους και των φυτών του θερμοκηπίου που είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας και του συντελεστή εκπομπής των τοιχωμάτων (στέγη, κάθετα τοιχώματα).
- Την μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία στο επίπεδο του εδάφους και των φυτών του θερμοκηπίου που είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας και του συντελεστή εκπομπής του εδάφους και των φυτών.

Η μείωση της ακτινοβολίας εντός του θερμοκηπίου εξαρτάται από τις παρεμβάσεις που μπορούν να γίνουν και είναι οι εξής :

- Λεύκανση ή τοποθέτηση σκιάστρων
- Ψεκασμός νερού στη στέγη ή τοποθέτηση συστήματος κυκλοφορίας νερού στη στέγη
- Εγκατάσταση κατάλληλων γυάλινων επιφανειών που φιλτράρουν την ακτινοβολία

Στα είδη σκίασης διακρίνονται δύο κύριες κατηγορίες:

- Διαρκής σκίαση: Γίνεται με λεύκανση των τοιχωμάτων ή τοποθέτηση μόνιμου σκιάστρου (σκιάστρο τοποθετημένο στο εξωτερική ή στο εσωτερικό του θερμοκηπίου)

- Προσωρινή σκίαση: Γίνεται με ύφασμα (κουρτίνα) το οποίο ξεδιπλώνεται είτε με το χέρι είτε αυτόματα, όταν η ηλιακή ακτινοβολία ή θερμοκρασία είναι υψηλές.

### *1.5.2 Συστήματα εξαερισμού*

Ο σκοπός του εξαερισμού του θερμοκηπίου είναι να μεταφέρει φρέσκο αέρα στον εσωτερικό χώρο του θερμοκήπιο και να ελέγχει τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία. Η υπερβολικά αυξημένη τιμή της υγρασίας του αέρα μπορεί να προκαλέσει συμπύκνωση των υδρατμών στις επιφάνειες των φυτών της καλλιέργειας με συνέπεια την αύξηση της πιθανότητας εκδήλωσης φυτικών ασθενειών. Ο εξαερισμός επίσης βοηθά στην ανασύσταση του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), που είναι απαραίτητο συστατικό στην ανάπτυξη των φυτών και καταναλώνεται από τα φυτά κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης.

Τα συστήματα εξαερισμού ταξινομούνται στις κατηγορίες :

- Παθητικά συστήματα : Επιτρέπουν την μετακίνηση αέριας μάζας μέσω απλών ανοιγμάτων στις εξωτερικές επιφάνειες του θερμοκηπίου
- Δυναμικά συστήματα : Επιτρέπουν την μετακίνηση αέριας μάζας μέσω μηχανολογικού εξοπλισμού και δημιουργώντας συνθήκες εξαναγκασμένης ροής.

Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά ενός συστήματος εξαερισμού που καθορίζουν την αποτελεσματικότητά του είναι (VonZabeltitz, IntergratedGreenhouseSystemsforMildClimates, 2011) :

- Ο ρυθμός ροής αέριας μάζας από και προς το χώρο του θερμοκηπίου
- Η διαφορά θερμοκρασίας που μπορεί να επιτευχθεί
- Η ομοιογένεια στις τιμές θερμοκρασίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου
- Η ταχύτητα κίνησης του αέρα στις επιφάνειες των φυτών.

### *1.5.3 Παθητικά συστήματα εξαερισμού*

Τα παθητικά συστήματα εξαερισμού αποτελούνται συνήθως από ανοίγματα (π.χ. τύπου παραθύρων) που βρίσκονται στην οροφή του θερμοκηπίου

καθώς και στα πλευρικά τοιχώματα. Ο έλεγχος τους γίνεται είτε μηχανικά είτε χειρωνακτικά και μπορούν να είναι είτε κλειστά , είτε τελείως ανοιχτά, είτε σε μία ενδιάμεση κατάσταση (μερικό άνοιγμα) ανάλογα τις συνθήκες εξαερισμού που πρέπει να επιτευχθούν. Η είσοδος του αέρα στο εσωτερικό του θερμοκηπίου ελέγχεται από τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου καθώς και από την ταχύτητα του ανέμου εξωτερικά. Η επίδραση της διαφοράς θερμοκρασίας παύει να παίζει ρόλο όταν η ταχύτητα του ανέμου υπερβαίνει τα 2 m/sec (Papadakis, Mernier, Meneses, &Boulard, 1996).

Τα καλύμματα των ανοιγμάτων εξαερισμού είναι δύο τύπων (Von Zabeltitz, Intergrated Greenhouse Systems for Mild Climates, 2011) :

- Πτυσσόμενα (roll-up)
- Πτερυγωτά (flap)

Τα πτυσσόμενα καλύμματα εξαερισμού αποτελούνται από ένα τμήμα πλαστικού φύλλου στερεωμένο στην μία πλευρά του στο σκελετό του θερμοκηπίου, το φύλλο κρέμεται προς τα κάτω καλύπτοντας το άνοιγμα του εξαερισμού. Τα ανοίγματα εξαερισμού που φέρουν πτερυγωτά καλύμματα χρησιμοποιούνται σε νεότερης τεχνολογίας θερμοκήπια και κατά κανόνα ο έλεγχος γίνεται αυτοματοποιημένα. Τα πτερυγωτά καλύμματα είναι σταθερά πλαίσια με την μία πλευρά τους στερεωμένη στο σκελετό του θερμοκηπίου και ανοίγουν μέσω στροφική κίνησης.

Το βασικότερο τεχνικό χαρακτηριστικό για ένα σύστημα παθητικού εξαερισμού είναι η συνολική επιφάνεια των ανοιγμάτων η οποία υπολογίζεται ως προς την συνολική έκταση που καλύπτει το θερμοκήπιο. Αναφέρεται πως η επιφάνεια των ανοιγμάτων πρέπει να είναι μεταξύ 18-2% της συνολικής έκτασης του θερμοκηπίου (Von Zabeltitz, Intergrated Greenhouse Systems for Mild Climates, 2011), ενώ τα πλευρικά ανοίγματα εξαερισμού μπορούν να μην χρησιμοποιούνται εφόσον τα ανοίγματα οροφής έχουν επιφάνεια τουλάχιστον 40% της συνολικής έκτασης του θερμοκηπίου.

Στα θερμοκήπια που βρίσκονται σε περιοχές με θερμότερα κλίματα, όπως αυτό της Μεσογείου, απαιτούνται προφανώς υψηλότερα ποσοστά επιφάνειας ανοιγμάτων εξαερισμού. Στα θερμότερα κλίματα, με δεδομένο ότι τα

ανοίγματα εξαερισμού καλύπτουν μεγαλύτερη επιφάνεια, συνήθως είναι αναγκαία και ανοίγματα στις πλάγιες πλευρές του θερμοκηπίου, ειδικά αν η ταχύτητα των ανέμων που πνέουν στην περιοχή είναι μικρή (Von Zabeltitz, *Intergrated Greenhouse Systems for Mild Climates*, 2011) . Στα ψυχρότερα κλίματα, κατά κανόνα αρκούν μόνο τα παράθυρα οροφής τα οποία συνήθως είναι ασυνεχή. Στα τοξωτά θερμοκήπια υπάρχουν σοβαρές δυσκολίες με την δημιουργία ανοιγμάτων εξαερισμού σε επαρκή έκταση, καθώς επίσης και με το άνοιγμα και κλείσιμό τους τον κατάλληλο χρόνο γιατί λειτουργούν χειρωνακτικά. Γι' αυτό συχνά τα τοξωτά θερμοκήπια παρουσιάζουν προβλήματα υπερβολικών θερμοκρασιών στο εσωτερικό τους.

#### *1.5.4 Συστήματα δυναμικού εξαερισμού*

Τα συστήματα δυναμικού εξαερισμού είναι πιο αποτελεσματικά από τα αντίστοιχα παθητικά συστήματα όσον αφορά την ανανέωση του αέρα και την μείωση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου (Kittas, Karamanis, & Katsoulas,

*Air temperature regime in a forced ventilated greenhouse with rose crop*, 2005). Ένα σύστημα δυναμικού εξαερισμού περιλαμβάνει ανεμιστήρες από την μία πλευρά του θερμοκηπίου οι οποίοι αναρροφούν τον εσωτερικό αέρα και τον βγάζουν έξω, καθώς και ανοίγματα από την απέναντι πλευρά, μέσω των οποίων εισέρχεται εντός του θερμοκηπίου ο εξωτερικός αέρας. Καθώς οι ανεμιστήρες τραβάνε τον εσωτερικό αέρα εκτός του θερμοκηπίου, στο εσωτερικό του τείνει να δημιουργηθεί υπό πίεση, με συνέπεια να εισέρχεται εξωτερικός αέρας μέσω των ανοιγμάτων της απέναντι πλευράς, λόγω της διαφοράς πίεσης μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού αέρα.

Στα συστήματα δυναμικού αερισμού τα ανοίγματα που επιτρέπουν στον αέρα να εισέλθει εντός του θερμοκηπίου είναι πτερυγωτά (flap) και μικρότερα από αυτά που απαιτούνται για παθητικό αερισμό. Τεχνικά γίνεται και το αντίθετο, δηλαδή να εισάγουν οι ανεμιστήρες από την μία πλευρά τον αέρα μέσα στο θερμοκήπιο, οπότε τείνει να δημιουργηθεί υπερπίεση με συνέπεια να ωθείται ο εσωτερικός αέρας σε έξοδο εκτός θερμοκηπίου μέσω των ανοιγμάτων της άλλης πλευράς. Κατά κανόνα όμως, στα συστήματα δυναμικού αερισμού των



θερμοκηπίων οι ανεμιστήρες αναρροφούν τον εσωτερικό αέρα και τον βγάζουν εκτός θερμοκηπίου

Τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένα σύστημα δυναμικού αερισμού είναι τα εξής (VonZabeltitz, Greenhousestructures, 1999):

- Οι ανεμιστήρες πρέπει να αναρροφούν τον αέρα και να τον βγάζουν εκτός θερμοκηπίου
- Η απόσταση μεταξύ δύο ανεμιστήρων δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 8–10 m.
- Οι ανεμιστήρες πρέπει να ασκούν μία απορροφητική δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας ίση με 30–50 Pascal λαμβάνοντας υπόψη και την εφαρμογή δροσισμού με υγρό παραπέτασμα, καθώς και την ύπαρξη εντομοστεγών διχτυών στα ανοίγματα της άλλης πλευράς.
- Συνιστάται η τοποθέτηση των ανεμιστήρων από την πλευρά που δεν είναι εκτεθειμένη στον επικρατούντα ισχυρό άνεμο.
- Από το σημείο εξόδου του ανεμιστήρα θα πρέπει να υπάρχει μία ελεύθερη ζώνη χωρίς εμπόδια σε απόσταση τουλάχιστον ίση με 1,5 φορές την διάμετρό του.
- Η επιφάνεια των ανοιγμάτων της απέναντι πλευράς για την είσοδο του αέρα θα πρέπει να αντιστοιχεί σε τουλάχιστον 1,25 φορές την συνολική επιφάνεια των ανοιγμάτων των ανεμιστήρων.
- Η ταχύτητα του εισερχόμενου αέρα δεν πρέπει να είναι πολύ μεγάλη και στην κόμη των φυτών δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 0,5 m/s.
- Τα ανοίγματα εισόδου του αέρα στην απέναντι πλευρά θα πρέπει να κλείνουν αυτόματα όταν οι ανεμιστήρες εξαερισμού δεν λειτουργούν.
- Η απόσταση μεταξύ της μίας πλευράς στην οποία είναι τοποθετημένοι οι ανεμιστήρες και της άλλης πλευράς στην οποία υπάρχουν τα ανοίγματα εισόδου του αέρα συνιστάται να μην υπερβαίνει τα 30-40 m

- Συνιστάται η χρήση ανεμιστήρων χαμηλής πίεσης (μύζησης) και χαμηλής ταχύτητας περιστροφής (380–725 στροφές ανά λεπτό) με διάμετρο μεταξύ 0,75 – 1,25 m.

Τα συστήματα δυναμικού αερισμού είναι πολύ αποτελεσματικά όσον αφορά τον ρυθμό ανανέωσης του αέρα και την μείωση της θερμοκρασίας που επιτυγχάνουν, ενώ συμβάλλουν και σε μεγαλύτερη ομοιομορφία όσον αφορά την κατά ύψος διακύμανση της θερμοκρασίας και υγρασίας μέσα στο θερμοκήπιο (Kittas, Katsoulas, & Baille, In#uenceofGreenhouseVentilationRegimeontheMicroclimateandEnergyPartitoningofaRoseCanopyduringSummerConditions, 2001) . Το μόνο τους μειονέκτημα είναι το σημαντικό κόστος που συνεπάγεται τόσο η αγορά και εγκατάστασή τους όσο και η λειτουργία τους λόγω κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος. Παρά το κόστος τους όμως, φαίνεται ότι για τα μεσογειακά θερμοκήπια που λειτουργούν τους περισσότερους τουλάχιστον θερμούς μήνες του έτους το όφελος που παρέχουν είναι σημαντικότερο από το κόστος τους. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα όταν τα συστήματα δυναμικού αερισμού φέρουν και πρόσθετο εξοπλισμό, ώστε να λειτουργούν και ως συστήματα δροσισμού μέσω διαβρεχόμενων πορωδών πλαισίων.

#### **1.5.5 Ψύξη με εξάτμιση**

Τα συστήματα σκίασης και εξαερισμού (φυσικού ή μηχανικού) δεν μπορούν να ανταποκριθούν όταν οι συνθήκες απαιτούν χαμηλότερη θερμοκρασία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου από την θερμοκρασία που επικρατεί εξωτερικά στο περιβάλλον. Σε αυτές τις περιπτώσεις είναι απαραίτητη η εγκατάσταση ενός συστήματος ψύξης. Τα συστήματα ψύξης με εξάτμιση βασίζονται στην μετατροπή της αισθητής θερμότητας σε λανθάνουσα θερμότητα μέσω της εξάτμισης του νερού που τροφοδοτείται κατευθείαν στην ατμόσφαιρα του θερμοκηπίου (σύστημα ομίχλης) ή μέσω «υγρών μαξιλαριών» (wetpads) εξάτμισης.

Στα συστήματα ομίχλης το νερό ψεκάζεται με υψηλή πίεση στον αέρα πάνω από τα φυτά, υπό τη μορφή μικρών σταγονιδίων (διαμέτρου 2-60 μm), έτσι ώστε να υπάρχει μεγάλη επιφάνεια επαφής του νερού με τον αέρα. Η ταχύτητα της ελεύθερης πτώσης των σταγονιδίων είναι μικρή και τα ρεύματα

αέρα στο θερμοκήπιο μπορούν εύκολα να απορροφήσουν τις σταγόνες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την υψηλή απόδοση του νερού εξάτμισης διατηρώντας ταυτόχρονα το φύλλωμα ξηρό. Η ομίχλη δημιουργεί επίσης υψηλή σχετική υγρασία, με αποτέλεσμα την ψύξη μέσα στο θερμοκήπιο.

Το σύστημα ψύξης με ανεμιστήρες και «υγρά μαξιλάρια» χρησιμοποιείται πιο συχνά σε θερμοκήπια σε θερμά κλίματα. Ο αέρας από το εξωτερικό διοχετεύεται μέσω των μαξιλαριών που καλύπτουν όσο το δυνατόν μεγαλύτερη επιφάνεια. Τα μαξιλάρια διατηρούνται μόνιμα βρεγμένα με νερό μέσω ψεκασμού. Το νερό από τα «υγρά μαξιλάρια» εξατμίζεται και εμπλουτίζει τον αέρα. Για το λόγο αυτό, η εξωτερική υγρασία του αέρα πρέπει να είναι χαμηλή. Ο ρυθμός ροής του νερού, το σύστημα διανομής νερού, η δυναμικότητα της αντλίας, ο ρυθμός ανακύκλωσης και ο ρυθμός εξόδου του συστήματος ψύξης ανεμιστήρα και «υγρών μαξιλαριών» πρέπει να υπολογίζονται και να σχεδιάζονται προσεκτικά ώστε να εξασφαλίζεται ότι τα μαξιλάρια είναι αρκετά υγρά και παράλληλα να αποφεύγεται η εναπόθεση άλλων υλικών σε αυτά. Το σύστημα καταναλώνει περίπου 8-12 kWh/m<sup>2</sup> για την λειτουργία των ανεμιστήρων και των αντλιών κυκλοφορίας νερού (Kittas, Katsoulas, & Bartzanas, Structures: design, technology and climate control, 2017) .

### 1.6 Συστήματα εμπλουτισμού με CO<sub>2</sub>

Όταν επικρατούν χαμηλές εξωτερικές θερμοκρασίες, το θερμοκήπιο παραμένει κλειστό και δεν αερίζεται, με συνέπεια η συγκέντρωση CO<sub>2</sub> κοντά στην κόμη των φυτών να μειώνεται σε επίπεδα σημαντικά χαμηλότερα από αυτά που επικρατούν στον εξωτερικό αέρα. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, οι ρυθμοί φωτοσύνθεσης περιορίζονται δραστικά, με συνέπεια η παραγωγή των κηπευτικών που καλλιεργούνται μέσα στο θερμοκήπιο να μειώνεται σημαντικά. Από την άλλη πλευρά, έχει διαπιστωθεί ότι η ανύψωση της φυσικής συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα στο εσωτερικό του θερμοκηπίου μέσω συστημάτων εμπλουτισμού σε επίπεδα μεταξύ 700 και 1000 ppm αυξάνει τους ρυθμούς φωτοσύνθεσης, με συνέπεια να λαμβάνεται υψηλότερη παραγωγή κατά 21-61% σε ξηρή μάζα (Dion, Iefsrud, & Orsat, 2011) . Επιπλέον, η αύξηση της συγκέντρωσης CO<sub>2</sub> στο εσωτερικό του θερμοκηπίου

μέσω συστημάτων τεχνητού εμπλουτισμού επιταχύνει την ανάπτυξη των φυτών, με συνέπεια την πρώιμη παραγωγή.

Για τους παραπάνω λόγους, πολλά θερμοκήπια είναι εξοπλισμένα με συστήματα εμπλουτισμού του εσωτερικού αέρα του θερμοκηπίου με CO<sub>2</sub>. Επειδή ο άνθρακας είναι ένα θρεπτικό στοιχείο το οποίο προσλαμβάνεται από τα φυτά ως CO<sub>2</sub> κατά την λειτουργία της φωτοσύνθεσης, η παροχή CO<sub>2</sub> σε μία καλλιέργεια συχνά αποκαλείται ανθρακολίπανση στην καλλιεργητική πράξη. Όταν παρέχεται CO<sub>2</sub> μέσα σε ένα θερμοκήπιο, θα πρέπει να υπάρχει ικανοποιητικής δυναμικότητας σύστημα ανάμειξης του εσωτερικού αέρα με ανεμιστήρες για την γρήγορη και ομοιόμορφη κατανομή του CO<sub>2</sub> σε όλον τον χώρο και την γρήγορη μεταφορά του στην κόμη των φυτών. Ακόμη και όταν υπάρχει ο σχετικός εξοπλισμός, ο εσωτερικός αέρας του θερμοκηπίου δεν εμπλουτίζεται συνεχώς με CO<sub>2</sub> αλλά μόνο σε συγκεκριμένες:

- a) ώρες στη διάρκεια του εικοσιτετραώρου,
- b) εποχές του έτους, και
- c) κλιματικές συνθήκες.

Επιπλέον, οι συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub> που διατηρούνται στο εσωτερικό του θερμοκηπίου όταν εφαρμόζεται εμπλουτισμός μπορούν να διαφοροποιούνται ανάλογα με το είδος του φυτού αλλά και άλλους παράγοντες. Η έναρξη καθώς και η διακοπή της παροχής CO<sub>2</sub> μέσα στο θερμοκήπιο ρυθμίζονται αυτόματα με βάση μετρήσεις της περιεκτικότητας του αέρα σε CO<sub>2</sub> και της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας σε πραγματικό χρόνο, καθώς και σε συντονισμό με την λειτουργία των ανοιγμάτων εξαερισμού.

#### ***1.6.1 Παροχή CO<sub>2</sub> από κεντρικές δεξαμενές αποθήκευσης***

Ένας τρόπος παροχής CO<sub>2</sub> στα θερμοκήπια είναι η εγκατάσταση μία εξωτερικής δεξαμενής με ανθεκτικά τοιχώματα για την αποθήκευση πεπιεσμένου (υγροποιημένου) CO<sub>2</sub>. Το CO<sub>2</sub> παρέχεται στην καλλιέργεια μέσω κεντρικού συστήματος διανομής. Το πεπιεσμένο CO<sub>2</sub> μεταφέρεται αρχικά μέσω μεταλλικών σωλήνων στο θερμοκήπιο ενώ ένα σύστημα βαλβίδων ρύθμισης της πίεσης μειώνει την αρχική πίεση που είχε μέσα στην δεξαμενή αποθήκευσης. Όταν εισέρχεται στο θερμοκήπιο, το CO<sub>2</sub> διανέμεται

στα φυτά μέσω πλαστικών σωλήνων από μαλακό πολυαιθυλένιο (συνήθης διάμετρος 3-6 mm) οι οποίοι φέρουν οπές.

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα του έτοιμου CO<sub>2</sub> είναι ότι είναι καθαρό και δεν περιέχει προσμίξεις άλλων αερίων που μπορούν να βλάψουν τα φυτά. Γενικά, η χρήση έτοιμου CO<sub>2</sub> για τον εμπλουτισμό των θερμοκηπίων είναι ο πιο εύκολος και ασφαλής τρόπος ανθρακολίπανσης των κηπευτικών στις καλλιέργειες υπό κάλυψη. Το μειονέκτημα όμως του έτοιμου CO<sub>2</sub> είναι το υψηλότερο κόστος που έχει κατά κανόνα αυτή η μέθοδος.

#### ***1.6.2 Παροχή CO<sub>2</sub> που παράγεται στη θερμοκηπιακή μονάδα μέσω καύσης***

Πρόκειται για το CO<sub>2</sub> των καυσαερίων που παράγονται από την τέλεια καύση υγραερίου, φυσικού αερίου, πετρελαίου, κηροζίνης, βιομάζας ή άλλης θερμαντικής πηγής. Τα προϊόντα της τέλει καύσης που αποβάλλονται ως καυσαέρια υπό αερόβιες συνθήκες είναι το CO<sub>2</sub> και το νερό. Συνεπώς τα καυσαέρια μπορούν να χρησιμοποιηθούν απευθείας για τον εμπλουτισμό του θερμοκηπίου με CO<sub>2</sub>, εφόσον ο καυστήρας είναι κατάλληλα σχεδιασμένος για το σκοπό αυτό και συντηρημένος, ώστε η καύση να είναι τέλεια. Ατελής καύση μπορεί να οδηγήσει στην παραγωγή αιθυλενίου και μονοξειδίου του άνθρακα (CO), τα οποία είναι τοξικά για τα φυτά. Επιπλέον, το CO σε συγκέντρωση πάνω από 50 ppm στον αέρα είναι δηλητηριώδες. Ορισμένα καύσιμα, όπως π.χ. το φυσικό αέριο, μπορούν να περιέχουν μικρές ποσότητες θειούχων ουσιών με συνέπεια την παραγωγή διοξειδίου του θείου κατά την καύση τους. Το SO<sub>2</sub> σε συγκεντρώσεις πάνω από 0,02% στον αέρα του θερμοκηπίου είναι τοξικό για τα φυτά γιατί, όταν διαλύεται στο νερό, μετατρέπεται σε θειώδες οξύ, το οποίο μπορεί να προκαλέσει εγκαύματα στους φυτικούς ιστούς. Για να αποφευχθούν τέτοια προβλήματα, τα καυσαέρια που προκύπτουν από έναν καυστήρα συνιστάται να διέρχονται από κατάλληλα φίλτρα πριν απελευθερωθούν μέσα στον χώρο του θερμοκηπίου για να εμπλουτίσουν τον αέρα με CO<sub>2</sub>. Μέσα στο θερμοκήπιο, το CO<sub>2</sub> που προέρχεται από καύση διανέμεται στα φυτά μέσω διάτρητων πλαστικών σωλήνων, όπως ακριβώς και το έτοιμο CO<sub>2</sub> που είναι αποθηκευμένο υπό πίεση σε δεξαμενές. Πριν διανεμηθούν στο θερμοκήπιο τα καυσαέρια με το CO<sub>2</sub>, θα πρέπει να αναμειγνύονται με καθαρό εξωτερικό αέρα για να ψύχονται και να μην αυξάνουν πολύ την υγρασία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου.

Κατά κανόνα, για εμπλουτισμό με CO<sub>2</sub> χρησιμοποιούνται τα καυσαέρια που προέρχονται από το σύστημα θέρμανσης του θερμοκηπίου. Συνεπώς, όταν το CO<sub>2</sub> παράγεται με επιτόπια καύση, μπορεί να προέρχεται είτε από συστήματα κεντρικής θέρμανσης, είτε από αερόθερμα που είναι τοποθετημένα μέσα στο θερμοκήπιο (Von Zabeltitz, Intergrated Greenhouse Systems for Mild Climates, 2011). Σε περίπτωση που η καύση γίνεται μέσα στο θερμοκήπιο, ο καυστήρας πρέπει να τροφοδοτείται με οξυγόνο μέσω παροχής εξωτερικού αέρα γιατί, όταν το θερμοκήπιο είναι κλειστό, υπάρχει κίνδυνος γρήγορης πτώσης των επιπέδων του οξυγόνου στον εσωτερικό αέρα.

### 1.7 Συστήματα τεχνητού φωτισμού

Για την τεχνητή παροχή συμπληρωματικού φωτισμού με στόχο την αύξηση της καθαρής φωτοσύνθεσης απαιτείται η εγκατάσταση ενός συστήματος αποτελούμενου από κατάλληλους λαμπτήρες. Ένα τέτοιο σύστημα πρέπει να λειτουργεί αυτόματα βασιζόμενο στην συνεχή καταγραφή της έντασης του φυσικού φωτισμού σε πραγματικό χρόνο μέσω κατάλληλου αισθητήρα. Οι τύποι λαμπτήρων που χρησιμοποιούνται για την παροχή τεχνητού αφομοιωτικού φωτισμού περιγράφονται πολύ συνοπτικά παρακάτω:

- Λαμπτήρες ατμών νατρίου υψηλής πίεσης (HPS: high-pressure sodium). Είναι οι πλέον συχνά χρησιμοποιούμενοι λαμπτήρες για παροχή αφομοιωτικού φωτισμού στα θερμοκήπια. Εκπέμπουν κυρίως στην περιοχή του ορατού φάσματος μεταξύ 540-650 nm με μέγιστη κορυφή τα 589 nm, ενώ παρουσιάζουν και μία δεύτερη περιοχή εκπομπής ακτινοβολίας στα 810-840 nm. Μετατρέπουν σε φωτεινή ακτινοβολία περίπου το 25% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνουν και έχουν διάρκεια ζωής έως 24.000 ώρες (Nelson, 1998).
- Λαμπτήρες φθορισμού (Fluorescent). Οι λαμπτήρες φθορισμού μετατρέπουν το 20% περίπου της συνολικής ενέργειας που καταναλώνουν σε φωτεινή ακτινοβολία. Έχουν σχετικά υψηλό κόστος εγκατάστασης. Οι λαμπτήρες cool white που εκπέμπουν κυρίως στο κυανού είναι οι πλέον κατάλληλοι για παροχή συμπληρωματικού αφομοιωτικού φωτισμού στα θερμοκήπια.

- Λαμπτήρες μεταλλικών αλάτων αλογόνων. Συνήθως χρησιμοποιούνται λαμπτήρες μεταλλικών αλάτων ιωδίου. Μετατρέπουν το 20% της συνολικά καταναλισκόμενης ενέργειας σε φωτεινή ενέργεια. Δεν χρησιμοποιούνται πολύ στα θερμοκήπια, λόγω του σχετικά υψηλού κόστους αγοράς τους και της σχετικά μικρής διάρκειας ζωής τους.
- Λαμπτήρες LED (light emitting diode). Οι λαμπτήρες LED άρχισαν να χρησιμοποιούνται τα τελευταία χρόνια στα θερμοκήπια για τεχνητό φωτισμό. Παρέχουν ακτινοβολία σε συγκεκριμένες στενές περιοχές του φάσματος αλλά η αποδοτικότητά τους σε φωτεινή ακτινοβολία είναι πολύ υψηλότερη από αυτή των υπόλοιπων λαμπτήρων, ενώ έχουν σημαντικά μεγαλύτερη διάρκεια ζωής . Η αρχική αξία αγοράς τους όμως είναι υψηλότερη. Στα θερμοκήπια χρησιμοποιούνται λαμπτήρες LED που εκπέμπουν στο κυανού (μπλε) και στο κόκκινο.

Η επιλογή κατάλληλου ενεργειακού εξοπλισμού εξαρτάται τόσο από της κλιματικές αλλαγές που επικρατούν στο εξωτερικό του θερμοκηπίου, ανάλογα με την γεωγραφική θέση που έχει επιλεγεί για την τοποθέτηση του, όσο και από τον τύπο του θερμοκηπίου που έχει επιλεγεί και τις συνθήκες που επικρατούν στο εσωτερικό του. Η ηλιακή ενέργεια, η θερμότητα που εκπέμπεται από το λέβητα και τα υπόλοιπα μηχανήματα παραγωγής έργου, η ανταλλαγή θερμικών ακτινοβολιών και η αγωγιμότητα από το κάλυμμα του θερμοκηπίου και του εδάφους, οι διαφυγές του αέρα, η συμπύκνωση των υδρατμών, η αναπνοή των φυτών καθώς και η φωτοσύνθεση είναι τα κυριότερα στοιχεία που λαμβάνονται υπόψιν για την επιλογή του κατάλληλου εξοπλισμού. Οι παράγοντες αυτοί επηρεάζουν την απαιτούμενη ισχύ και την παραγόμενη ενέργεια του κάθε ενεργειακού συστήματος που έχει τοποθετηθεί στο θερμοκήπιο για την επίτευξη των καταλληλότερων συνθηκών για τα καλλιεργήσιμα προϊόντα.

### 1.8 Θερμοκηπιακές μονάδες στην Ελλάδα

Η Ελλάδα αποτελεί μια χώρα η οποία προσφέρει πολλές δυνατότητες για την ανάπτυξη θερμοκηπιακών εκτάσεων. Συγκεκριμένα, οι εδαφοκλιματικές συνθήκες της χώρας, η τάση για εντατικοποίηση των

καλλιεργειών καθώς και η κρατική πολιτική με τα οικονομικά κίνητρα που έχει θεσπίσει, ενθαρρύνουν την προώθηση τέτοιων εγκαταστάσεων. Συγκεκριμένα, το 2012 δημιουργήθηκε μια ηλεκτρονική πλατφόρμα η οποία διασύνδεει διάφορες κυβερνητικές ιστοσελίδες και υπηρεσίες. Το 2015, με την κατάλληλη νομοθεσία διευκολύνθηκε η μεταβίβαση περιουσίας με μικρότερη φορολογία χωρίς να απαιτείται βεβαίωση φορολογικής ενημερότητας. Τέλος, το ελάχιστο απαιτούμενο κεφάλαιο το οποίο οι εταιρείες πρέπει να καταβάλουν πριν την έναρξη εργασιών μειώθηκε από 60.000 ευρώ στις 24.000 ευρώ.

Επίσης, όσο αφορά την εφαρμογή *σύγχρονων* θερμοκηπιακών μονάδων παρέχονται αξιοσημείωτες επενδυτικές δυνατότητες για τους παρακάτω λόγους:

### **1) Παραγωγή και κατανάλωση**

- i) Δυνατότητα μείωσης του ενεργειακού κόστους λόγω βελτιωμένων καιρικών συνθηκών και της χρήσης γεωθερμικών εδαφών.
- ii) Μικρότερο κόστος εργασίας σε σύγκριση με άλλες ευρωπαϊκές χώρες.
- iii) Βελτιωμένη ποιότητα καλλιεργειών λόγω ηλιοφάνειας και καιρικών συνθηκών.
- iv) Υψηλά ποσοστά εσωτερικής κατανάλωσης τα οποία βελτιώνονται τους καλοκαιρινούς μήνες λόγω αύξησης του τουρισμού.

### **2) Οικονομία**

Νέα επενδυτικές δυνατότητες μέσω κρατικών ενισχύσεων και ευρωπαϊκών προγραμμάτων 2014-2020.

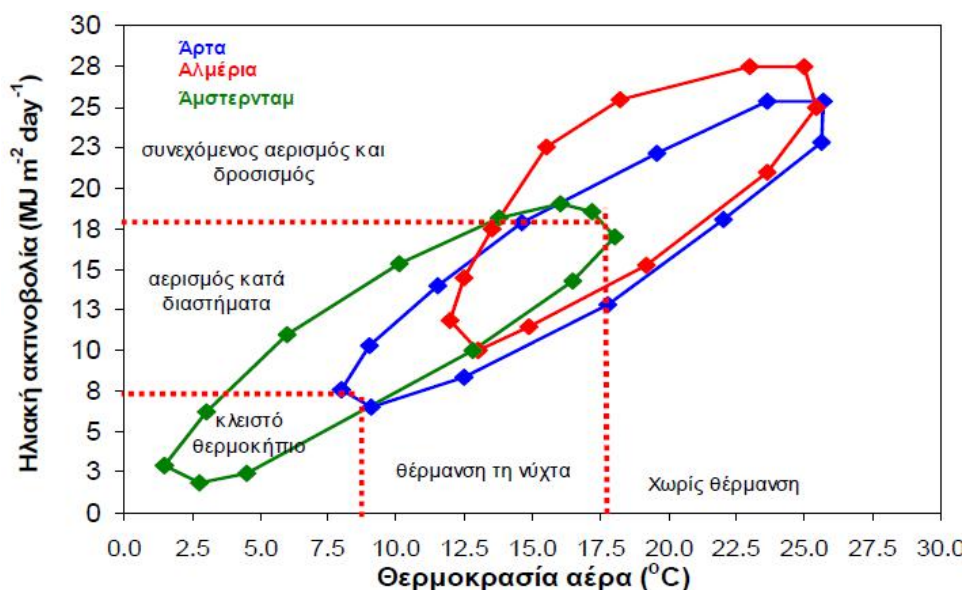
Με βάση τα παραπάνω, η παραγωγή μέσω των θερμοκηπιακών εγκαταστάσεων μπορεί να οδηγήσει σε βελτιωμένα, σταθερής ποιότητας προϊόντα τα οποία θα καλύψουν το κενό της ελληνικής αγοράς. Παράλληλα, η ενισχυμένη παραγωγή θα δώσει ώθηση στις εξαγωγές και θα θέσει τα θεμέλια για την ανάπτυξη μιας στοχευμένης εξαγωγικής στρατηγικής. Ωστόσο, η ασθενής οικονομική κατάσταση κυρίως η ρευστότητα πιθανώς θα καταστήσει



τις μικρομεσαίες επιχειρήσεις υποψήφιες στην απολαβή οικονομικής στήριξης από νέα ευρωπαϊκά προγράμματα.

### 1.9 Χωροταξική κατανομή θερμοκηπίων

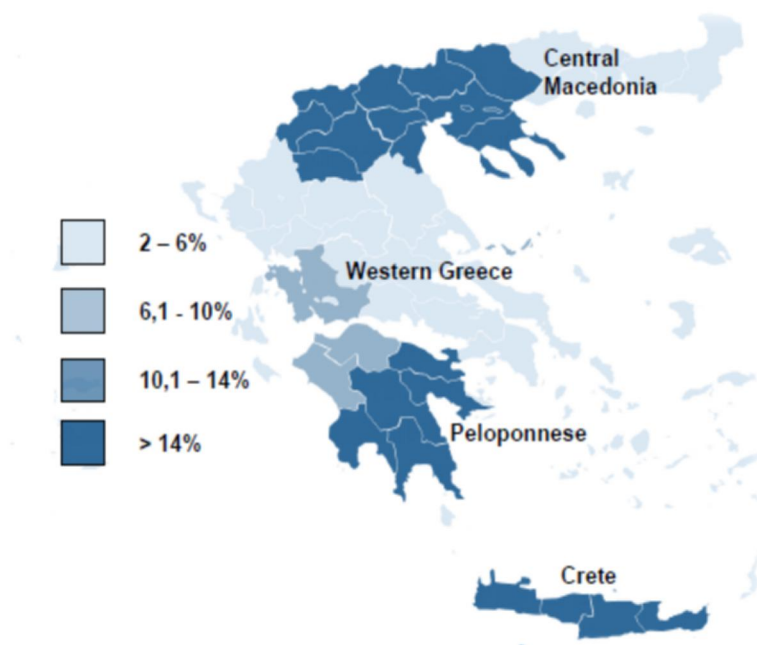
Σύμφωνα με σχετικές μελέτες, η παραγωγή λαχανικών και κηπευτικών είναι η κυρίαρχη κατηγορία στη συνολική αγροτική παραγωγή. Ωστόσο, το τοπικό κλίμα και τα χαρακτηριστικά του εδάφους καθορίζουν τη καταλληλότητα των ποικιλιών και το εύρος της καλλιέργειας τους στις διάφορες γεωγραφικές περιοχές της χώρας. Οι περισσότερες θερμοκηπιακές μονάδες συγκεντρώνονται σε περιοχές με πλούσια ηλιοφάνεια, με ήπιο σχετικά χειμώνα ώστε να μειώνεται το κόστος θέρμανσης και παραγωγής. Ενδεικτικά, όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας ανά περιοχή (Άρτα, Άμστερνταμ, Αλμέρια Ισπανίας) καθορίζει τη θερμοκρασία εντός του θερμοκηπίου και την αναγκαιότητα θέρμανσης και αερισμού/δροσισμού.



Σχήμα 3: (Κίττας, 2011)

Οι καλλιέργειες ανοιχτού τύπου επεκτείνονται στο μεγαλύτερο μέρος της χώρας ενώ οι θερμοκηπιακές εκτάσεις επικρατούν σε συγκεκριμένες περιοχές. Όπως παρουσιάζεται και στην ακόλουθη εικόνα οι περισσότερες

θερμοκηπιακές εκτάσεις συναντώνται στην Κεντρική Μακεδονία, τη Πελοπόννησο και την Κρήτη. Σύμφωνα με έρευνες, παράλληλα με την αύξηση των θερμοκηπιακών εκτάσεων κατά 12.8%, έχουν σημειωθεί ανακατατάξεις και στην ποσοστιαία κατανομή των θερμοκηπίων ανά τη χώρα. Στη Ήπειρο και την Κεντρική Μακεδονία παρουσιάστηκε μείωση (-37%) των θερμοκηπιακών εγκαταστάσεων ενώ αντίθετα στην Αττική, τη Κρήτη και την Δυτική Ελλάδα παρουσιάστηκε αύξηση έως και 50% ανά περίπτωση (3).



**Εικόνα 1:** Κατανομή των θερμοκηπίων το 2012 (% της συνολικής έκτασης καλλιεργούμενης γης).

Γενικά, η συνολική παραγωγή λαχανικών παρουσιάζει συνεχή μείωση κατά τα έτη 2006-2014 αλλά η παραγωγή τομάτας, αγγουριού και μελιτζάνας, που αποτελούν τα κύρια καλλιεργούμενα λαχανικά, παραμένει σταθερή. Οι γεωργικές εκτάσεις καλλιέργειας λαχανικών (τομάτα, αγγούρι, μελιτζάνα κτλ.) αποτελούν περίπου το 3% της συνολικής καλλιεργούμενης γης στην Ελλάδα. Ωστόσο, οι θερμοκηπιακές εκτάσεις για την παραγωγή λαχανικών αποτελούν ένα μικρό τμήμα των συνολικών καλλιεργούμενων εκτάσεων (5%), αλλά παρουσιάζουν αυξητικές τάσεις (0,46%) τα τελευταία χρόνια. Όπως

παρουσιάζεται και στον παρακάτω πίνακα, τα θερμοκήπια για την παραγωγή κηπευτικών αποτελούν το 10% της συνολικά καλλιεργούμενης γης.

**Πίνακας 1: Εκτάσεις κηπευτικής γης (ανοιχτού πεδίου και θερμοκηπιακών μονάδων) ανά περιφέρεια (Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία, 2017)**

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΕΣ	ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ*		
	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΚΤΑΣΗ (στρέμματα)	ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ (στρέμματα)	% ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ ΣΤΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΓΗ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ & ΘΡΑΚΗΣ	180.119	6.066	3,4
ΗΠΕΙΡΟΥ	8.495	1.193	14,0
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	72.042	1.859	2,6
ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	70.100	485	0,7
ΙΟΝΙΩΝ ΝΗΣΩΝ	5,060	311	6,1
ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	90.454	17.837	19,7
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ	56.545	5.833	10,3
ΑΤΤΙΚΗΣ	31.140	3.401	10,9
ΚΡΗΤΗΣ	66.161	22.385	33,8
ΑΙΓΑΙΟΥ(ΒΟΡΕΙΟ&ΝΟΤΙΟ)	31.760	1.603	5,0
ΣΥΝΟΛΟ ΕΛΛΑΔΑΣ	611.876	60.973	10,0

*\*Αναφορά στην καθαρή έκταση της κηπευτικής γης. Δεν περιλαμβάνονται οι διαδοχικές καλλιέργειες και συγκαλλιέργειες.*

Όσον αφορά την καλλιέργεια της τομάτας, του αγγουριού και της μελιτζάνας που αποτελούν το 75% της συνολικής παραγωγής λαχανικών, η παραγωγή και οι καλλιεργούμενες εκτάσεις ανά περιφέρεια παρατίθενται στον Πίνακα 2. Στην περίπτωση της καλλιέργειας τομάτας, τρεις περιφέρειες αθροιστικά καλύπτουν το 75% της συνολικά καλλιεργούμενης έκτασης και το 80.4% της συνολικής παραγωγής. Παρομοίως για την καλλιέργεια του αγγουριού το ποσοστό ανέρχεται στο 83.4% και 89.6% αντίστοιχα. Τέλος, σχετικά με την καλλιέργεια μελιτζάνας η Κρήτη παράγει το υψηλότερο ποσοστό προϊόντος και στο σύνολο τρεις περιφέρειες αθροιστικά παράγουν το 89,9% της συνολικής παραγωγής μελιτζάνας.

**Πίνακας 2:** Στατιστικά στοιχεία των περιφερειών με υψηλά ποσοστά θερμοκηπιακών εκτάσεων για την παραγωγή τομάτας, αγγουριού και μελιτζάνας (περίοδος 2003-2012) (Kantor Managements consultants, 2015).

	Έκταση (% της συνολικής έκτασης)	Παραγωγή (%επι του συνόλου)
<b><u>Τομάτα</u></b>		
Κρήτη	38,8	47,4
Μακεδονία	15,2	16,6
Πελοπόννησος	9,5	10
Δυτική Ελλάδα	12,3	6,4
<b><u>Αγγούρι</u></b>		
Κρήτη	44,6	45,7
Μακεδονία	11	17,6
Πελοπόννησος	16,8	16,1
Δυτική Ελλάδα	11	10,2
<b><u>Μελιτζάνα</u></b>		
Κρήτη	35,2	49,5
Μακεδονία	23,9	23,1
Πελοπόννησος	12	7,9
Δυτική Ελλάδα	9,8	9,4

## **1.10 Καλλιέργεια λαχανικών**

### **1.10.1 Προσφορά και ζήτηση-Εξαγωγές**

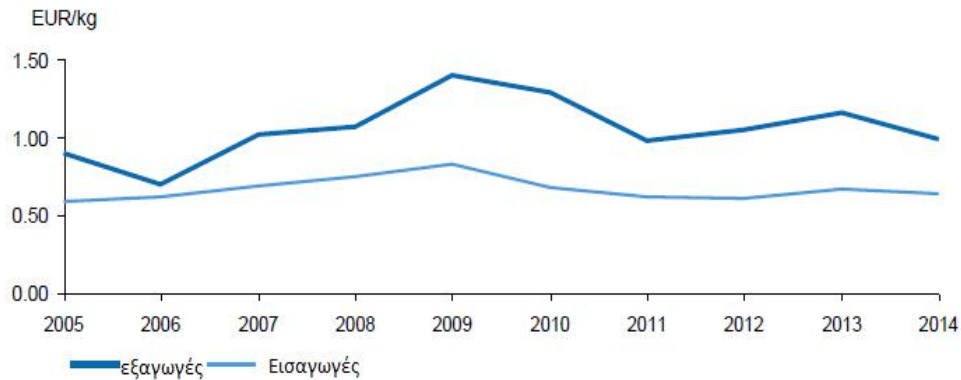
Στην Ελλάδα, η τομάτα αποτελεί το λαχανικό με τη μεγαλύτερη κατανάλωση και καλύπτει το 40% της συνολικής κατανάλωσης λαχανικών. Ιδιαίτερως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες λόγω της αυξημένης ζήτησης της παραδοσιακής χωριάτικης σαλάτας παράλληλα με την αύξηση του τουρισμού, η ζήτηση κορυφώνεται. Οι περίοδοι ανάπτυξης της τομάτας κυμαίνονται μεταξύ Απριλίου-Νοεμβρίου και απαιτούνται υψηλές θερμοκρασίες και εκτενής ηλιοφάνεια ώστε να ευνοηθεί η ανάπτυξη των χαρακτηριστικών της καλλιέργειας (χρώμα, σφριγηλότητα, γεύση).

Η παραγωγή και η διαθεσιμότητα της τομάτας πρέπει να συνάδει με την ζήτηση της, ιδιαίτερως κατά την καλοκαιρινή τουριστική περίοδο. Συνεπώς, η περίοδος της μεγαλύτερης ζήτησης ταυτίζεται με την περίοδο κορύφωσης

της τουριστικής κίνησης. Οι θερμοκηπιακές μονάδες αποτελούν ένα πολύτιμο εργαλείο το οποίο μπορεί να συνεισφέρει στη λύση του προβλήματος της ελλιπούς προσφοράς τομάτας από τη συμβατική καλλιέργεια κατά τη περίοδο αιχμής. Συχνά, διαφορετικά κριτήρια και προτεραιότητες για την επιλογή των προϊόντων μεταξύ των καταστημάτων λιανικής και των τελικών καταναλωτών οδηγούν σε αστάθεια του συστήματος «παραγωγός-καταστήματα λιανικής-καταναλωτής».

Όσον αφορά το εμπόριο της τομάτας, το προϊόν εξάγεται σε σχετικά σταθερή τιμή, ενώ οι τομάτες εισάγονται σε υψηλότερη τιμή. Η εξαγωγή της τομάτας κατευθύνεται κυρίως προς τις γειτονικές αγορές και κυρίως στη Βουλγαρία. Σύμφωνα με τον Σύνδεσμο Ελληνικών Επιχειρήσεων Εξαγωγής INCOFRUIT-HELLAS, το χρονικό διάστημα 2015-2016, οι εξαγωγές τομάτας ανήλθαν στους 41.900 τόνους από τους οποίους περίπου οι 28.000 τόνοι ήταν τομάτα θερμοκηπιακής καλλιέργειας (5). Οι κυριότερες χώρες από τις οποίες εισάγεται τομάτα για την κάλυψη των αναγκών είναι η Δημοκρατία Βόρειας Μακεδονίας (25%), η Γερμανία (24%), η Ιταλία (11%), το Βέλγιο (9%), η Αλβανία (8%), η Ολλανδία (8%) κ.α. Η τιμή της εισαγόμενης τομάτας από την Γερμανία είναι περίπου 40% υψηλότερη από την αντίστοιχη τιμή των Σκοπίων λόγω της καλύτερης ποιότητας του προϊόντος. Η κύρια περίοδος εισαγωγών είναι μεταξύ Αυγούστου-Σεπτεμβρίου και σε ορισμένες περιπτώσεις έως τον Νοέμβριο και τον Μάρτιο.

Όσον αφορά την παραγωγή **αγγουριού**, το οποίο απαιτείται σε μεγάλες ποσότητες τους καλοκαιρινούς μήνες, υπάρχει μικρότερο κενό στην αγορά μεταξύ προσφοράς και ζήτησης. Οι εξαγωγές του, αν και σε χαμηλά επίπεδα, παρουσιάζουν ανοδική πορεία τα τελευταία χρόνια ενώ το εισαγωγικό εμπόριο είναι αμελητέο. Η τιμή του εξαγόμενου προϊόντος είναι ασταθής συγκριτικά με την τιμή της τομάτας, ενώ η τιμή των αγγουριών που εξάγονται είναι υψηλότερη από την τιμή των εισαγόμενων προϊόντων.



**Σχήμα 4: Σύγκριση τιμών εισαγωγών-εξαγωγών αγγουριού (2005-2014).**

#### **1.10.2 Σύγχρονα θερμοκήπια και καλλιέργεια λαχανικών**

Οι σύγχρονες θερμοκηπιακές μονάδες, σε αντίθεση με τα αυτοσχέδια θερμοκήπια και τις υπαίθριες καλλιέργειες, προσφέρουν ένα περιβάλλον ανάπτυξης με απόλυτα ελεγχόμενες συνθήκες κατά τη διάρκεια όλου του έτους. Με αυτό τον τρόπο, οι παραγωγοί έχουν τη δυνατότητα να αναπτύσσουν προϊόντα σταθερής ποιότητας ανάλογα με τις ανάγκες της αγοράς και να έχουν ομοιόμορφη κατανομή της περιόδου συγκομιδής.

Συνεπώς, τα σύγχρονα θερμοκήπια με τη τεχνολογία που παρέχουν μπορούν να προσφέρουν μια βιώσιμη λύση στο πρόβλημα του κενού της αγοράς με σταθερή παραγωγή όλο το χρόνο. Με αυτό τον τρόπο, οι έμποροι λιανικής μπορούν να κλείσουν συμφέρουσες συμφωνίες με παραγωγούς ώστε να υπάρχει η διαθεσιμότητα σταθερής ποσότητας προϊόντος με σταθερή τιμή μειώνοντας τις εισαγωγές εμπορεύματος. Παράλληλα, η χρήση φυσικού αερίου ή γεωθερμικής ενέργειας μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στη μείωση του κόστους θέρμανσης των μονάδων.

### 1.10.3 Αλυσίδα εφοδιασμού και προστιθέμενο κόστος

Σε γενικές γραμμές, η κλασική αλυσίδα εφοδιασμού είναι η ακόλουθη:



Η προστιθέμενη αξία και η τελική τιμή του προϊόντος εξαρτώνται από την προέλευση των λαχανικών και την αλυσίδα εφοδιασμού που χρησιμοποιείται. Οι κεντρικές αγορές λειτουργούν με ένα σταθερό περιθώριο κέρδους 12% επί της τελικής τιμής πώλησης. Ως αποτέλεσμα, σε πολλές περιπτώσεις ο τελικός καταναλωτής μπορεί να αγοράσει την τομάτα σε διπλάσια τιμή από ότι την πουλάει ο παραγωγός λόγω των μεσαζόντων.

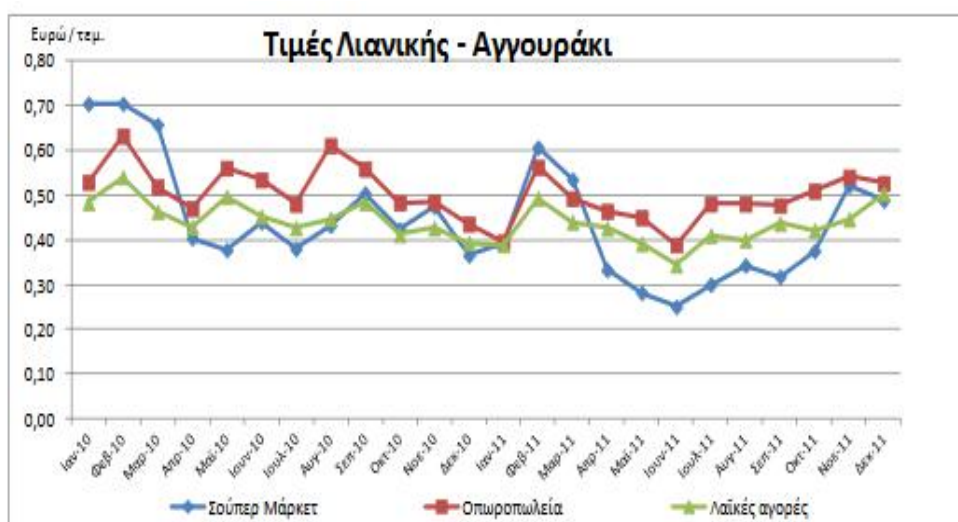
Στη περίπτωση των σύγχρονων θερμοκηπίων, μειώνονται οι ενδιάμεσοι μεσάζοντες και το προϊόν διοχετεύεται απευθείας στο λιανικό εμπόριο εξοικονομώντας χρήματα από τα ενδιάμεσα στάδια. Η ίδια η τεχνολογία του σύγχρονου θερμοκηπίου περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες διεργασίες από την συγκομιδή ως τη μεταφορά του προϊόντος μειώνοντας τα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας. Με αυτό τον τρόπο, η δυνατότητα μακροπρόθεσμων συμβολαίων με τους πωλητές λιανικής παρέχει σταθερότητα ζήτησης που πιθανώς ευνοεί περαιτέρω επενδύσεις. Ωστόσο, το τελικό προϊόν πιθανώς να έχει υψηλότερο κόστος προς το παρόν από ότι το συμβατικό διότι είναι μια καλλιέργεια σταθερά υψηλής ποιότητας διαθέσιμοι 10 μήνες/έτος και η διανομή της προορίζεται για εξειδικευμένες αγορές.

Για παράδειγμα στη περίπτωση των μαρουλιών, η τιμή παραγωγού ανέρχεται στο 47% της τελικής τιμής του μαρουλιού, η τιμή χονδρέμπορου στο 26%, ενώ η τιμή λιανικής στο 18% της τελικής τιμής του προϊόντος. Όπως φαίνεται και στο σχήμα 5 ο παραγωγός συνεισφέρει περισσότερο στην συνολική τιμή του προϊόντος που φτάνει στον καταναλωτή. Παράλληλα, λόγω της μικρής διάρκειας διατήρησης του προϊόντος (μέγιστο 2 εβδομάδες) η παραγωγή βρίσκεται κοντά στη κατανάλωση με συνέπεια η διαφορά τιμής παραγωγού και καταναλωτή είναι η μικρότερη σε σχέση με τα υπόλοιπα οπωροκηπευτικά (4).



**Σχήμα 5:** Διαμόρφωση της τιμής των μαρουλιών κατά τα διάφορα στάδια της αλυσίδας εφοδιασμού.

Στη συνέχεια, όσον αφορά στα αγγούρια η τιμή παραγωγού ανέρχεται στο 38% της τελικής τιμής του αγγουριού, η τιμή χονδρέμπορου στο 21%, ενώ η τιμή λιανικής στο 33% της τελικής τιμής του προϊόντος. Σύμφωνα με σχετικά στοιχεία, οι παραγωγοί ενισχύονται αφού τα σουπερμάρκετ και οι χονδρέμποροι προμηθεύονται απευθείας από αυτούς. Με βάση το παρακάτω σχήμα δεν μπορεί να εξαχθεί κάποιο συμπέρασμα ως προς το ποιος από τους τρεις τρόπους λιανικής πώλησης (λαϊκές αγορές, οπωροπωλεία, σουπερμάρκετ) είναι συστηματικά φθηνότερο για το διάστημα που μελετήθηκε.



**Σχήμα 6:** Τιμές λιανικής πώλησης αγγουριού κατά τα έτη 2010-2011 σε οπωροπωλεία, λαϊκή αγορά και σουπερμάρκετ.



Τέλος, για την περίπτωση της τομάτας, ο δείκτης τιμών χονδρεμπόρου παρουσιάζει εντονότερη μεταβλητότητα σε σχέση με τους δείκτες τιμών παραγωγού και καταναλωτή τα έτη 2005-2011(σχήμα 7). Παρατηρείται ότι ο ρόλος των παραγωγών είναι ενισχυμένος και οι άμεσες πωλήσεις τους στα σουπερμάρκετ είναι σε υψηλά επίπεδα (43%) ενώ σημαντική πτωτική τάση καταγράφουν οι κεντρικές αγορές (λαχαναγορές). Η τιμή παραγωγού και της λιανικής συνεισφέρουν ισάξια στο 35% έκαστος και η τιμή του χονδρεμπόρου στο 18% της τελικής τιμής.



**Σχήμα 7: Διακύμανση τιμών της τομάτας για τον παραγωγό, τον χονδρέμπορο και τον καταναλωτή κατά τα έτη 2005-2011.**

#### 1.10.4 Στοιχεία εμπορίου λαχανικών στην Ελλάδα

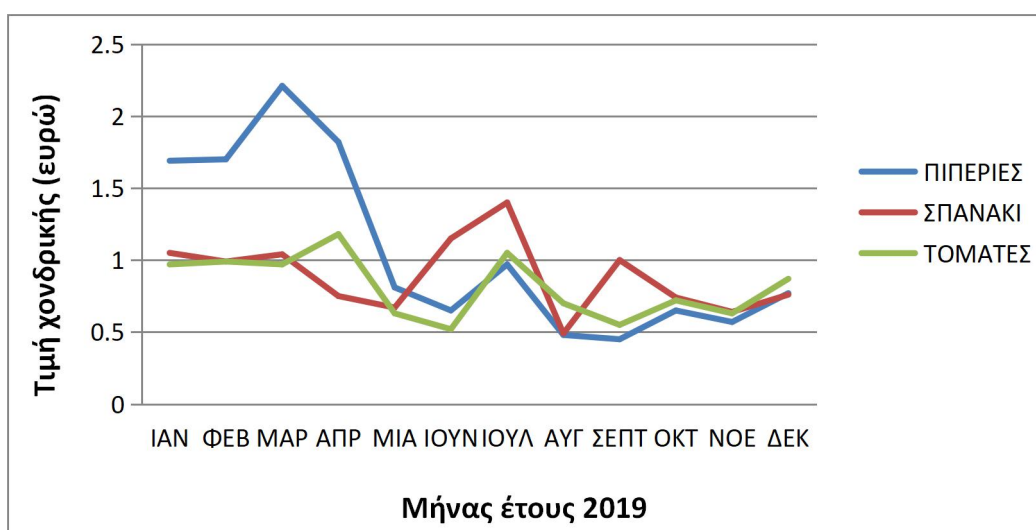
Στο χονδρικό εμπόριο, οι τιμές καθορίζονται μετά από διαπραγμάτευση με βάση τη ζήτηση και την προσφορά του προϊόντος από άλλους εμπόρους. Ωστόσο, οι τιμές χονδρικής πώλησης δεν είναι ίδιες προς όλους τους πελάτες. Παράγοντες όπως ο όγκος των αγορών και ο τρόπος πληρωμής αποτελούν κύρια κριτήρια διαφοροποίησης. Επίσης, λαμβάνονται υπ' όψιν και δευτερεύουσες παράμετροι όπως τα έξοδα μεταφοράς, η διάρκεια συνεργασίας, η ποικιλία των προϊόντων κ.α. Η πλειοψηφία του κόστους αφορά την αγορά των προϊόντων ενώ λιγότερο συνεισφέρουν τα λειτουργικά έξοδα, η μεταφορά και η διαλογή ανά περίπτωση. Οι τιμές χονδρικού εμπορίου παρουσιάζουν σύντομη μεταβολή (τουλάχιστον εβδομαδιαίως) κυρίως λόγω αλλαγών στις τιμές προμηθευτών και ανταγωνιστών.

Όσον αφορά το λιανικό εμπόριο, οι τιμές καθορίζονται κεντρικά από τα σουπερμάρκετ και συνήθως παρουσιάζουν ομοιογένεια για όλα τα υποκαταστήματα. Οι βασικοί παράγοντες που καθορίζουν τη τιμή λιανικής είναι ο ανταγωνισμός από άλλες εταιρείες και το κόστος αγοράς. Η μεταβολή των λιανικών τιμών γίνεται συχνά μέσα στην εβδομάδα κυρίως λόγω μεταβολής της τιμής των προϊόντων.

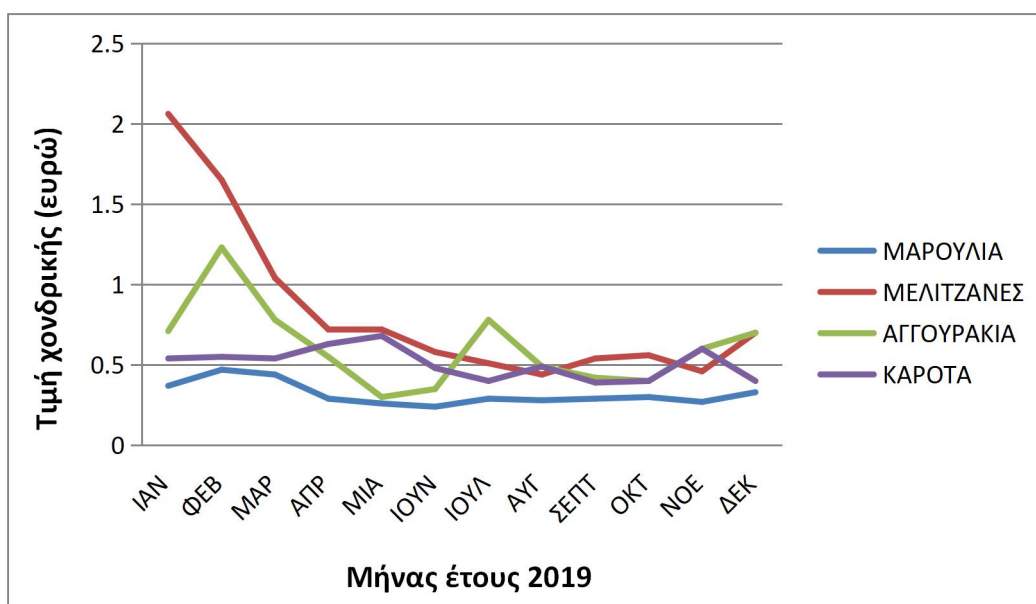
Ο Οργανισμός Κεντρικών Αγορών και Αλιείας Α.Ε. (ΟΚΑΑ) δημοσιεύει κάθε Τρίτη, Τετάρτη, Πέμπτη και Παρασκευή Δελτία τιμών χονδρικής για τις κυριότερες κατηγορίες φρούτων, λαχανικών και κρεάτων. Η σύνταξη των συγκεκριμένων δελτίων ανήκει αποκλειστικά στους αντίστοιχους Συνδέσμους Εμπόρων της Αγοράς. Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία του Οργανισμού για διάφορα είδη λαχανικών, παρατίθενται τα παρακάτω γραφήματα μεταβολής των τιμών τους. Η μεταβολή των τιμών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την εποχικότητα του κάθε λαχανικού.

Στο Σχήμα 8, παρουσιάζεται η διακύμανση των τιμών της τομάτας του σπανακιού και των πιπεριών κάθε μήνα για το έτος 2019. Όσον αφορά τις πιπεριές, στην αρχή του έτους οι τιμές χονδρικής είναι υψηλές, με κορύφωση τον Μάρτιο, ενώ οι υπόλοιποι μήνες έχουν χαμηλότερες τιμές με τις ελάχιστες να σημειώνονται τον Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο. Οι τιμές της τομάτας παρουσιάζουν παρόμοια εικόνα με την υψηλότερη τιμή να παρουσιάζεται τον Απρίλιο και Ιούλιο και τις χαμηλότερες τιμές να λαμβάνονται Μάιο-Ιούνιο και Σεπτέμβριο. Στο σπανάκι παρατηρείται διαφορετική εικόνα, με την υψηλότερη τιμή να σημειώνεται τον Ιούλιο και τις χαμηλότερες Αύγουστο, Οκτώβριο-Δεκέμβριο και Απρίλιο-Μάιο. Παρατηρείται ότι και για τα τρία λαχανικά τους καλοκαιρινούς μήνες παρουσιάζεται μερική αύξηση των τιμών πιθανώς λόγω αυξημένης ζήτησης κατά την τουριστική περίοδο.

Σχετικά με τις τιμές χονδρικής της μελιτζάνας και των αγγουριών, οι υψηλότερες τιμές εμφανίζονται στις αρχές του έτους ενώ τα καρότα είναι ακριβότερα τον Μάιο. Τέλος, τα μαρούλια παρουσιάζουν μικρότερες διακυμάνσεις σε σχέση με τα υπόλοιπα λαχανικά που μελετήθηκαν με τις σχετικά υψηλότερες τιμές να παρουσιάζονται τον Φεβρουάριο-Μάρτιο (σχήμα 9).



**Σχήμα 8:** Μεταβολή των τιμών χονδρικής για την πώληση της τομάτας, του σπανακιού και των πιπεριών κατά τη διάρκεια του έτους 2019.



**Σχήμα 9:** Μεταβολή των τιμών χονδρικής για την πώληση του καρότου, των αγγουριών, της μελιτζάνας και των μαρουλιών κατά τη διάρκεια του έτους 2019.

# Συμπεράσματα

---

Η παρούσα εργασία παρουσίασε την συνεχώς αναπτυσσόμενη τεχνολογία των θερμοκηπίων στην Ελλάδα για την καλλιέργεια λαχανικών. Η ανάπτυξη των θερμοκηπιακών εγκαταστάσεων ενισχύεται από τις κλιματικές συνθήκες και τα επενδυτικά προγράμματα. Γεωγραφικά, παρατηρείται εντοπισμός των θερμοκηπιακών εγκαταστάσεων σε συγκεκριμένα περιοχές ανά την χώρα με βάση τις βέλτιστες συνθήκες ανάπτυξης και εμπορίου. Όσον αφορά το προστιθέμενο κόστος, υπάρχει αύξηση της τιμής από τον παραγωγό στον καταναλωτή ανάλογα με τον αριθμό των μεσαζόντων οι οποίοι στη περίπτωση των σύγχρονων θερμοκηπίων είναι λιγότεροι. Παρατηρείται διαφορετική εποχιακή εξάρτηση τις χονδρικής και λιανικής τιμής ανάλογα με την διαθεσιμότητα της καλλιέργειας. Συνεπώς, οι θερμοκηπιακές καλλιέργειας διαθέτουν όλες τις πρόσφορες βάσεις για την ενίσχυση της γεωργικής ανάπτυξης.

# Βιβλιογραφία

---

- Dion, L., Iefsrud, M., & Orsat, V. (2011, 35). Review of CO<sub>2</sub> recovery methods from the exhaust gas of biomass heating systems for safe enrichment in greenhouses. *Biomass Bioenergy*, σσ. 3422-3432.
- Ghosal, M., Tiwari, G., Das, D., & Pandey, K. (2005). Modeling and comparative thermal performance of ground air collector and earth air heat exchanger for heating of greenhouse. *Energy and Buildings* 37, σσ. 613-621.
- Giacomelli, & Gene, A. (2002). *Considerations for Energy Management of Greenhouse*. Shreveport, LA: Southern Greenhouse Vegetable Growers Association Conference.
- Kittas, C., Karamanis, M., & Katsoulas, N. (2005). Air temperature regime in a forced ventilated greenhouse with rose crop. *Energy and Buildings* 37, σσ. 807-812.
- Kittas, C., Katsoulas, N., & Baille, A. (2001). Influence of Greenhouse Ventilation Regime on the Microclimate and Energy Partitioning of a Rose Canopy during Summer Conditions. *J. agric. Engng Res.* 79, σσ. 349-360.
- Kittas, C., Katsoulas, N., & Bartzanas, T. (2017). Structures: design, technology and climate control. *Good Agricultural Practices for greenhouse vegetable production in the South East European countries*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Mavrogianopoulos, G., & Kyritsis, S. (1993). Analysis and performance of a greenhouse with water filled passive solar sleeves. *Agricultural and Forest Meteorology*, 65, σσ. 47-61.
- Ozturk, H. (2005). Experimental evaluation of energy and exergy efficiency of a seasonal latent heat storage system for greenhouse heating. *Energy Conversion and Management* 46, σσ. 1532-1542.
- Ozturk, H., & Bascetincelik, A. (2003). Energy and Exergy Efficiency of a Packed-bed Heat Storage Unit for Greenhouse Heating (86). *Biosystems Engineering*, σσ. 231-245.
- Papadakis, G., Mernier, M., Meneses, J., & Boulard, T. (1996). Measurement and analysis of air exchange rates in a greenhouse with continuous roof and side openings. *J. Agric. Eng. Res.* 63, σσ. 219-228.
- Roy, C., Boulard, T., Kittas, C., & Wang, S. (2002, Vol. 83 (1)). Corrective and Ventilation Transfers in Greenhouses, Part 1: the Greenhouse considered as a Perfect Stirred Tank. *Biosystems Engineering*, σσ. 1-20.
- Rozakis, S., Soldatos, P., Papadakis, G., Kyritsis, S., & Papantonis, D. (1997). Evaluation of an Integrated Renewable energy System for Electricity Generation in Rural Areas. *Energy Policy* vol.25, σσ. 337-347.

- Santamouris , M., Balaras, C., Dascalaki, E., & Vallindras, M. (1994). Passive solar agricultural greenhouses: a worldwide classification and evaluation of technologies and systems used for heating purposes. *Solar Energy* 53 (5), σσ. 411–426.
- Sethi, V., & Sharma, S. (2008). Survey and evaluation of heating technologies for worldwide agricultural greenhouse applications. *Solar Energy* 82, σσ. 832-859.
- Sharan, G., Prakash, H., & Jadhav, R. (2003). Performance of greenhouse coupled to earth tube heat exchanger in closed-loop mode. *Proceedings on Management and Technology Applications to Empower Agriculture and Agro-food Systems* (σσ. 865-873). Turin, Italy: XXX CIOSTA-CIGR V Congress, vol. 2.
- Sharma, D., Kitano, H., & Sagara, K. (2004). Phase Change Materials for Low Temperature Solar Thermal Applications . *Res. Rep. Fac. Eng. Mie Univ., Vol. 29*, σσ. 31-64.
- Singh, R., & Tiwari, G. (2000). Thermal heating of a controlled environment greenhouse: a transient analysis. *Energy Conversion and Management* (41), σσ. 505-507.
- Taki, M., Rohani, A., & Rahmati-Joneidabad, M. (2018). Solar thermal simulation and applications in greenhouse. *INFORMATION PROCESSING IN AGRICULTURE 5*.
- Von Zabeltitz, C. (1999). Greenhouse structures. *Greenhouse Ecosystems. Ecosystems of the World, Elsevier,,* σσ. 17-69.
- Von Zabeltitz, C. (2011). *Intergrated Greenhouse Systems for Mild Climates*. Berlin, Heidelberg, Germany: Springer-Verlag.
- Kantor Managements Consultants. 2015. Presentation for “Greece-Market special developments in the greek horticulture sector: Greenhouses and agrologistics-Evaluation of current situation d business opportunities for strategic investors”
- Κίπτας, Κ. 2011. Ο Κλάδος των θερμοκηπιακών καλλιεργειών στην Ελλάδα. Παρουσίαση στην ημερίδα «Τα θερμοκήπια ως μοχλός ανάπτυξης στην Ελλάδα», Δήμος Ελασσόνας.  
<http://w2.minagric.gr/index.php/el/for-farmer-2/crop-production/thermokipia>  
<https://richhouse.eu/el/houses/%ce%b8%ce%b5%cf%81%ce%bc%ce%bf%ce%ba%ce%ae%cf%80%ce%b9%ce%b1-el/%ce%b8%ce%b5%cf%81%ce%bc%ce%bf%ce%ba%ce%ae%cf%80%ce%b9%ce%bf-kin-premium-2/>  
<https://www.ypaithros.gr/ekdoseis/thermokipia-2018/>  
<https://www.taxheaven.gr/pagesdata/EKTHESI/PARARTHMAi.pdf>  
<https://www.ypaithros.gr/ekdoseis/ntomata-thermokiopiou-xristikos-odigos/>  
<https://www.okaa.gr/gr/nea-kai-anakoinoseis/statistika-deltia-timon/>