A photograph of a greenhouse interior. The top half shows the metal frame and translucent covering. The bottom half shows rows of tomato plants growing in the ground, supported by vertical stakes. A yellow rectangular sign is hanging from the ceiling structure. A large green box with white text is overlaid in the center.

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ

Τι είναι το θερμοκήπιο

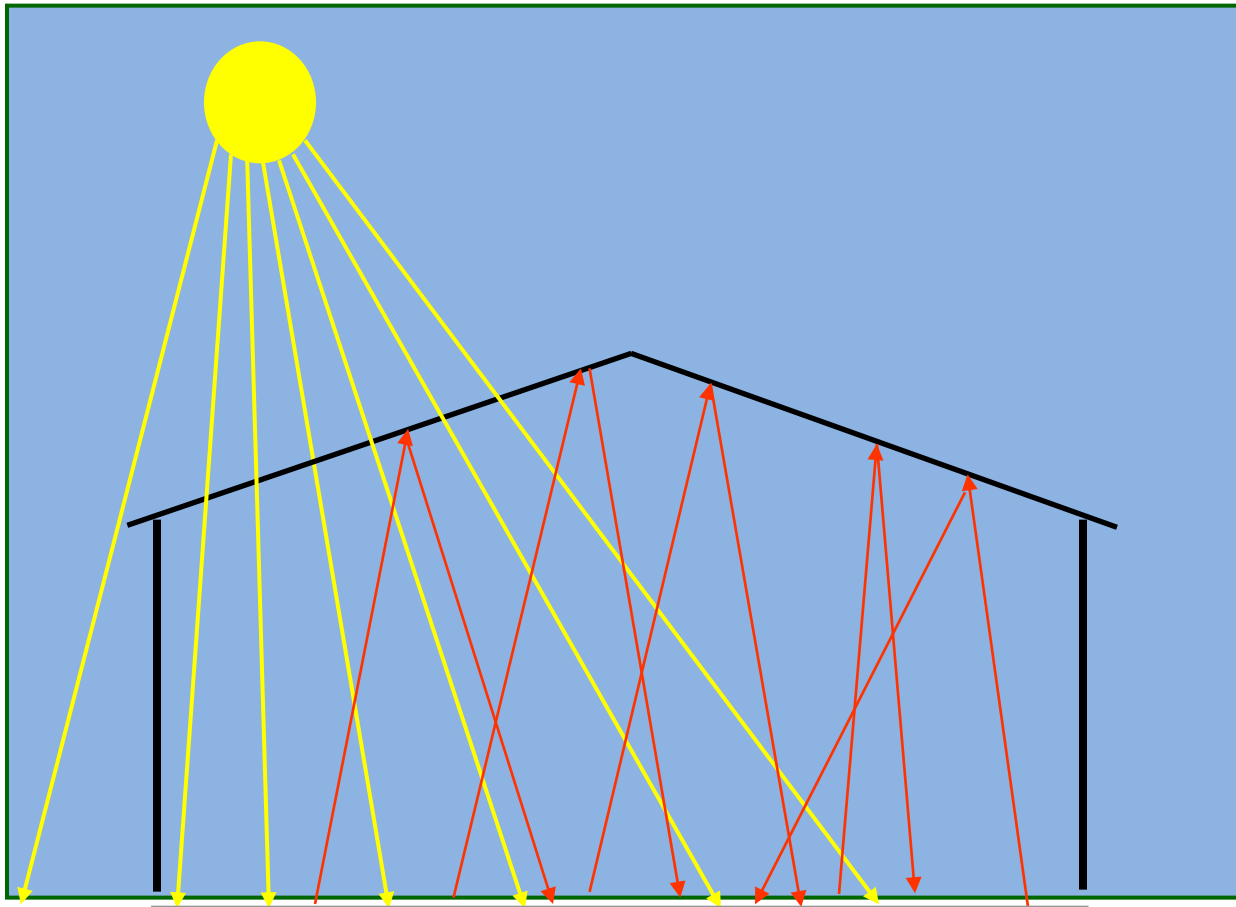
Θερμοκήπιο είναι μία κλειστή κατασκευή η οποία:

- ❑ είναι καλυμμένη με υλικό διαπερατό από την ορατή ηλιακή ακτινοβολία,
- ❑ έχει ικανό ύψος για την είσοδο ανθρώπων σε αυτήν,
- ❑ Αποσκοπεί στην τροποποίηση των κλιματικών συνθηκών στο εσωτερικό της σε σύγκριση με το εξωτερικό περιβάλλον,
- ❑ Χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη φυτών ή και την παραγωγή φυτικών προϊόντων, ανεξάρτητα από τις εξωτερικές κλιματικές συνθήκες.

Η επίδραση του θερμοκηπίου ως κλειστής κατασκευής στην τροποποίηση του εσωτερικού μικροκλίματος.

I. Παγίδευση της θερμικής ακτινοβολίας

Το διαφανές υλικό κάλυψης παρουσιάζει υψηλή διαπερατότητα στην υπεριώδη, φωτεινή & εγγύς υπέρυθρη ακτινοβολία (700-2.500 nm)



Παρουσιάζει όμως χαμηλή διαπερατότητα στη μεγάλη μήκους κύματος θερμική ακτινοβολία (>2.500 nm).

Η επίδραση του θερμοκηπίου ως κλειστής κατασκευής στην τροποποίηση του εσωτερικού μικροκλίματος.

II. Παρεμπόδιση κίνησης αέρα

II. Η θερμοκρασία, η υγρασία και η σύσταση του αέρα στο εσωτερικό του θερμοκηπίου τροποποιούνται λόγω του δραστικού περιορισμού της ανταλλαγής αέρα μεταξύ του εσωτερικού χώρου του θερμοκηπίου και του φυσικού εξωτερικού περιβάλλοντος.



Σκοπιμότητα καλλιέργειας στο θερμοκήπιο

- Στις χώρες με μεσογειακό κλίμα, όπως η Ελλάδα, τα κηπευτικά που έχουν ανάγκη να καλλιεργηθούν σε θερμοκήπιο είναι κυρίως τα θερμής εποχής.
- Στόχος είναι η παραγωγή των αντίστοιχων προϊόντων την ψυχρή εποχή του έτους, όταν δηλαδή η καλλιέργειά τους στην ύπαιθρο είναι αδύνατη κυρίως λόγω χαμηλών θερμοκρασιών.
- Συχνά όμως τα θερμής εποχής κηπευτικά καλλιεργούνται στο θερμοκήπιο και το καλοκαίρι με στόχο:
 - Να αποφευχθούν τα σοβαρά προβλήματα καρπόδεσης που παρουσιάζει τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο στην ύπαιθρο λόγω των υπερβολικά υψηλών θερμοκρασιών αέρα.
 - Να επιτευχθεί καλύτερη ποιότητα προϊόντων, λόγω αποφυγής φυσιολογικών διαταραχών και εγκαυμάτων, καθώς και λόγω ελέγχου των προσβολών από έντομα.

Θερμοκηπιακές καλλιέργειες κηπευτικών στην Ελλάδα

Είδος κηπευτικού	Θερμαινόμενα θερμοκήπια		Μη θερμαινόμενα θερμοκήπια		ΣΥΝΟΛΟ ΕΚ (στρ.)
	Υαλόφρακτα θερμοκήπια	Καλυμμένα με πλαστικό	Υαλόφρακτα θερμοκήπια	Καλυμμένα με πλαστικό	
	ΕΚ (στρ.)	ΕΚ (στρ.)	ΕΚ (στρ.)	ΕΚ (στρ.)	
Τομάτα	622	4.252	239	13.930	19.043
Αγγούρι	115	1.883	254	8.955	11.206
Κολοκύθι	9	150	30	574	763
Μελιτζάνα	7	160	30	1.558	1.756
Πιπεριά	119	789	83	6.269	7.259
Φασόλι	20	622	75	1.044	1.761
Μαρούλι	18	224	30	1.158	1.430
Πεπόνι	1	21	10	20	52
Καρπούζι	2	16	60	145	223
Φράουλα	0	0	0	11.630	11.630
Διάφορα	20	169	10	421	621
ΣΥΝΟΛΟ	933	8.286	821	45.704	55.744

Ελληνικά θερμοκήπια



Απλό θερμοκήπιο χαμηλής τεχνολογίας
& χαμηλού κόστους



Σύγχρονο υδροπονικό θερμοκήπιο
υψηλής τεχνολογίας

Δεύτερη καλλιέργεια στο ίδιο θερμοκήπιο

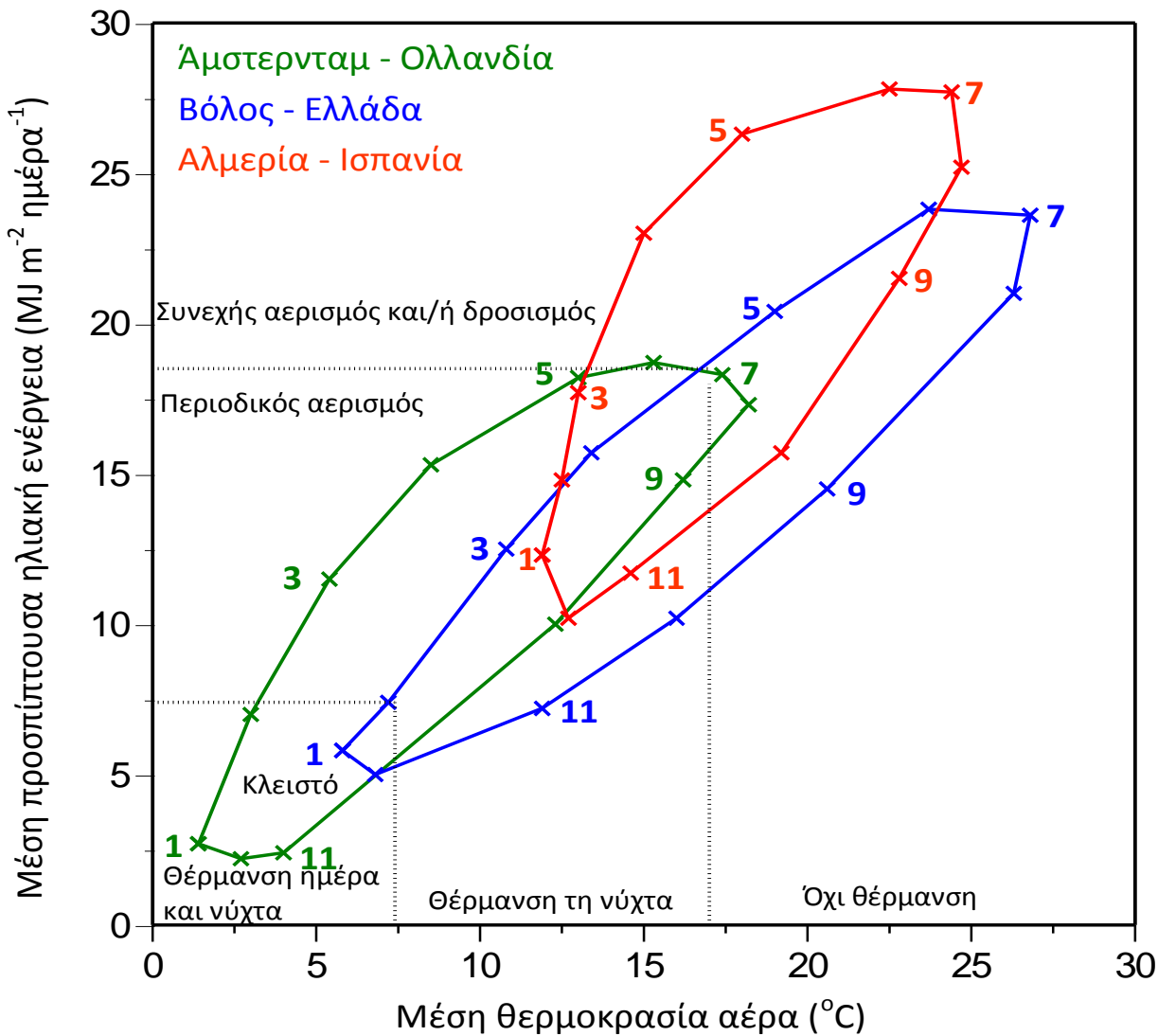
Είδος κηπευτικού	Καλλιεργούμενη έκταση (στρ.)
Τομάτα	7.109
Αγγούρι	3.179
Κολοκύθι	318
Μελιτζάνα	123
Πιπεριά	528
Φασόλι	1.259
Μαρούλι	2.378
Πεπόνι	1.180
Καρπούζι	6.850
Φράουλα	20
Διάφορα	509
ΣΥΝΟΛΟ	23.452

Θέση εγκατάστασης θερμοκηπίου

- Κόστος και χρήση γης
- Κλιματικά δεδομένα περιοχής
- Ανάγλυφο εδάφους
- Φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά εδάφους
- Νερό άρδευσης
- Ρύπανση περιβάλλοντος
- Υποδομές για μεταφορές
- Δυνατότητα ηλεκτροδότησης
- Τηλεφωνική και διαδικτυακή σύνδεση
- Διαθεσιμότητα εργατικού προσωπικού



Κλιματικά δεδομένα περιοχής

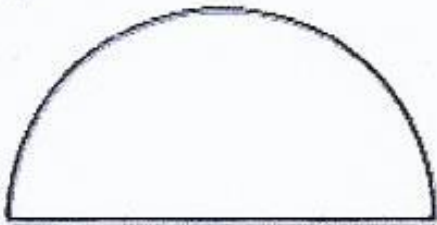


Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά θερμοκηπίων

- Σχήμα θερμοκηπίων
- Πλάτος ΒΚΜ θερμοκηπίων
- Ύψος θερμοκηπίων
- Τρόπος διάταξης ΒΚΜ
- Σκελετός και λοιπά κατασκευαστικά θερμοκηπίων
- Υλικά κάλυψης θερμοκηπίων

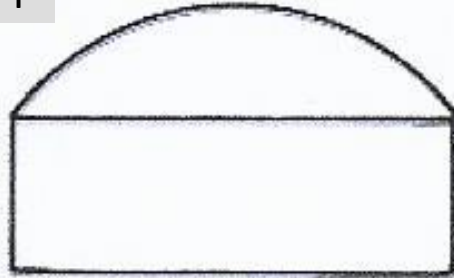
Σχήμα θερμοκηπίων

α



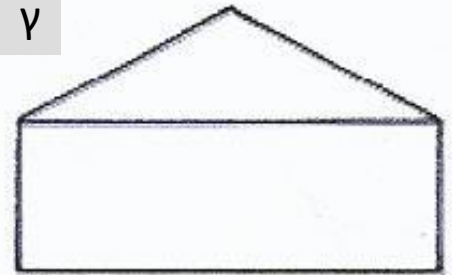
Τοξωτό

β



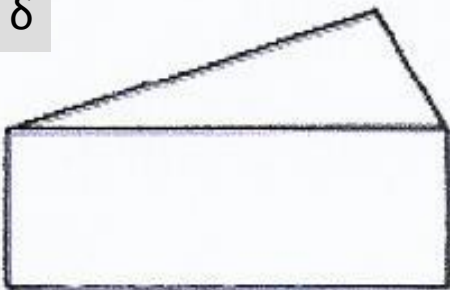
Τροποποιημένο τοξωτό

γ



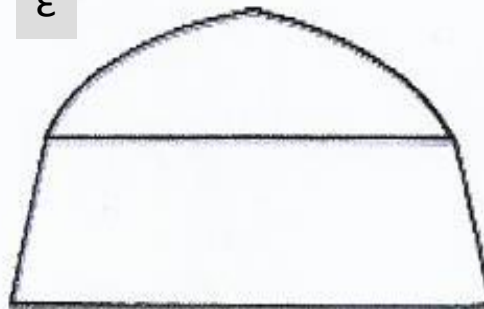
Αμφικλινές

δ



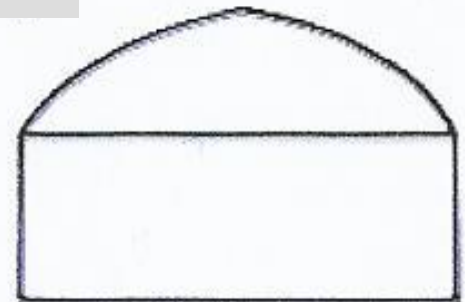
Ετεροκλινές

ε



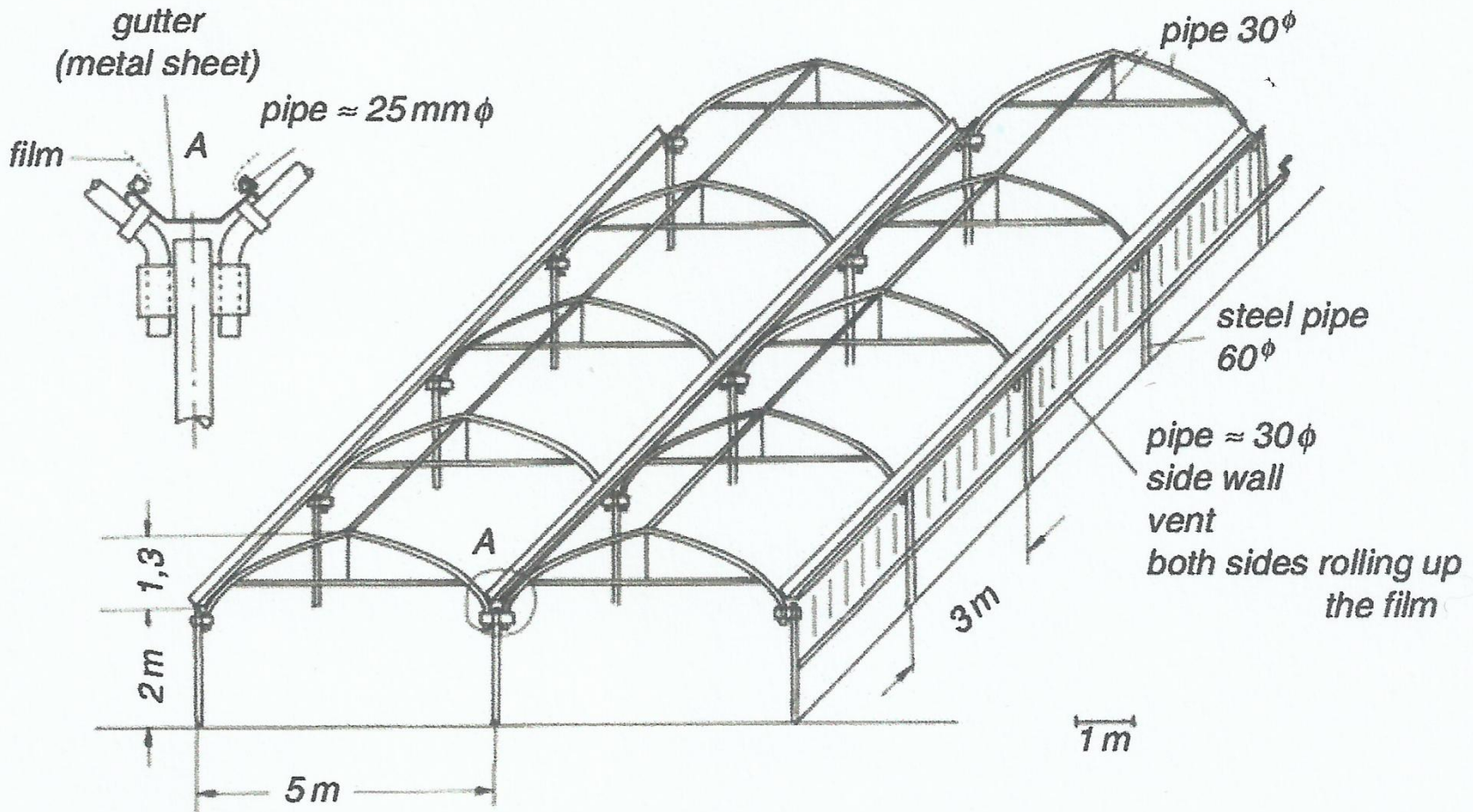
Γοτθικού τύπου

στ



Με στέγη γοτθικού τύπου

Βασική κατασκευαστική μονάδα θερμοκηπίου (ΒΚΜ)



Βασική κατασκευαστική μονάδα ενός θερμοκηπίου είναι το μικρότερο πλήρες τμήμα του, το οποίο επαναλαμβανόμενο κατά μήκος και κατά πλάτος σχηματίζει το σύνολο.

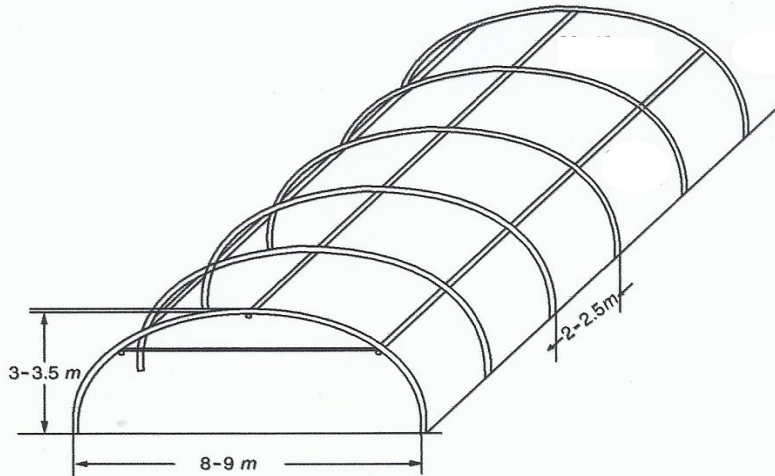


Απλής γραμμής (μονόρρικτο) θερμοκήπιο



Πολλαπλής γραμμής (πολύρρικτο) θερμοκήπιο

Απλό τοξωτό θερμοκήπιο



Τροποποιημένο τοξωτό θερμοκήπιο

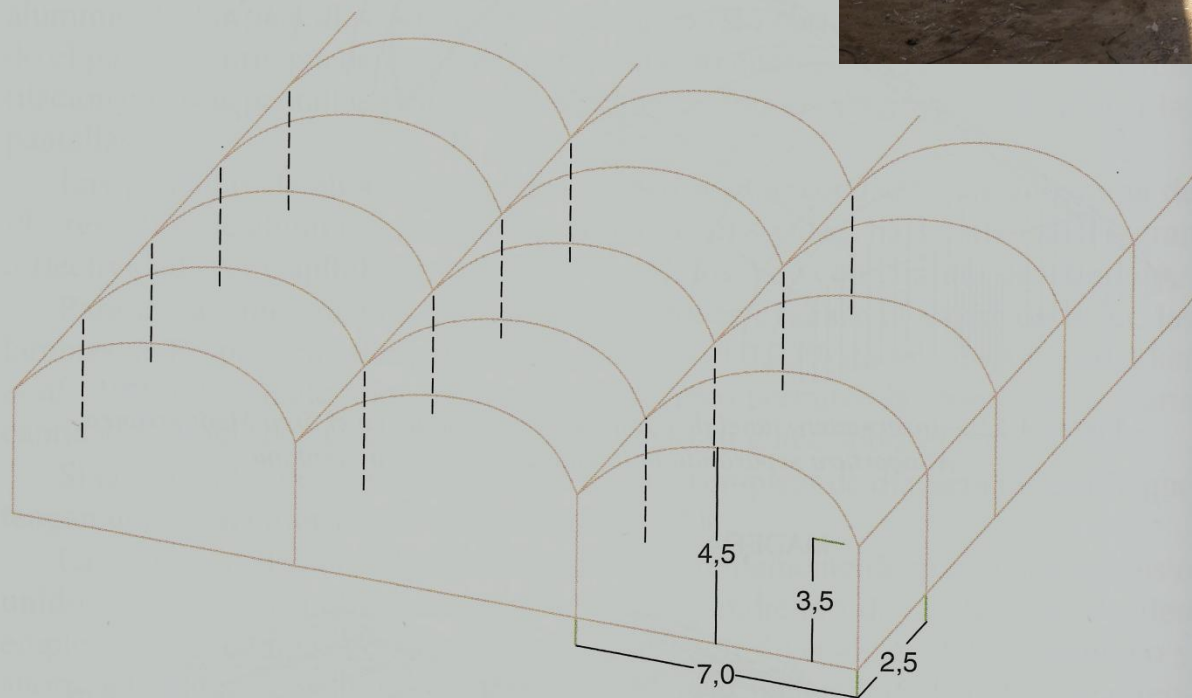
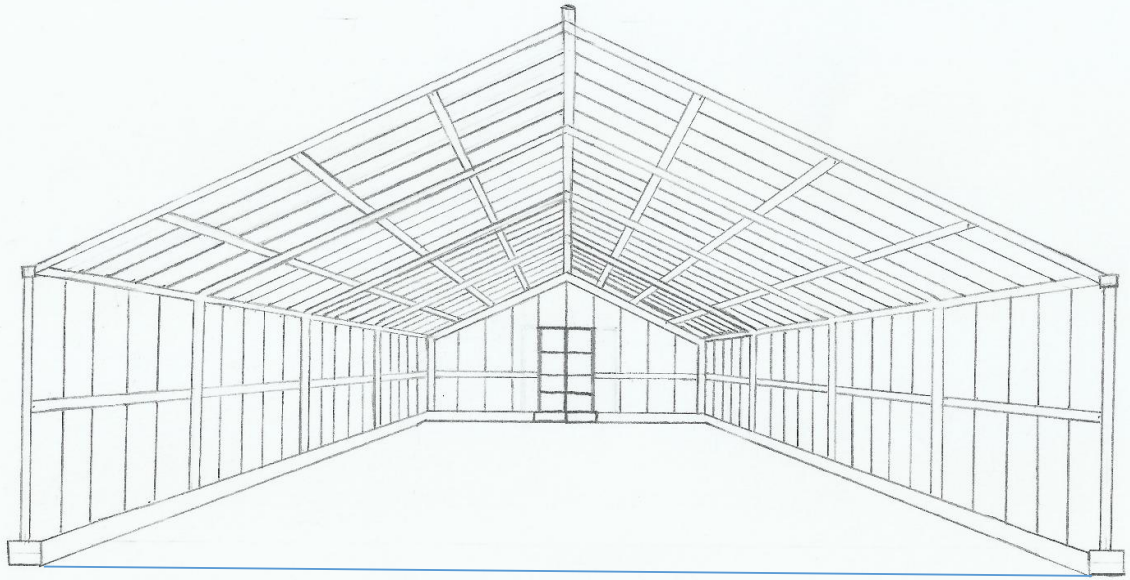


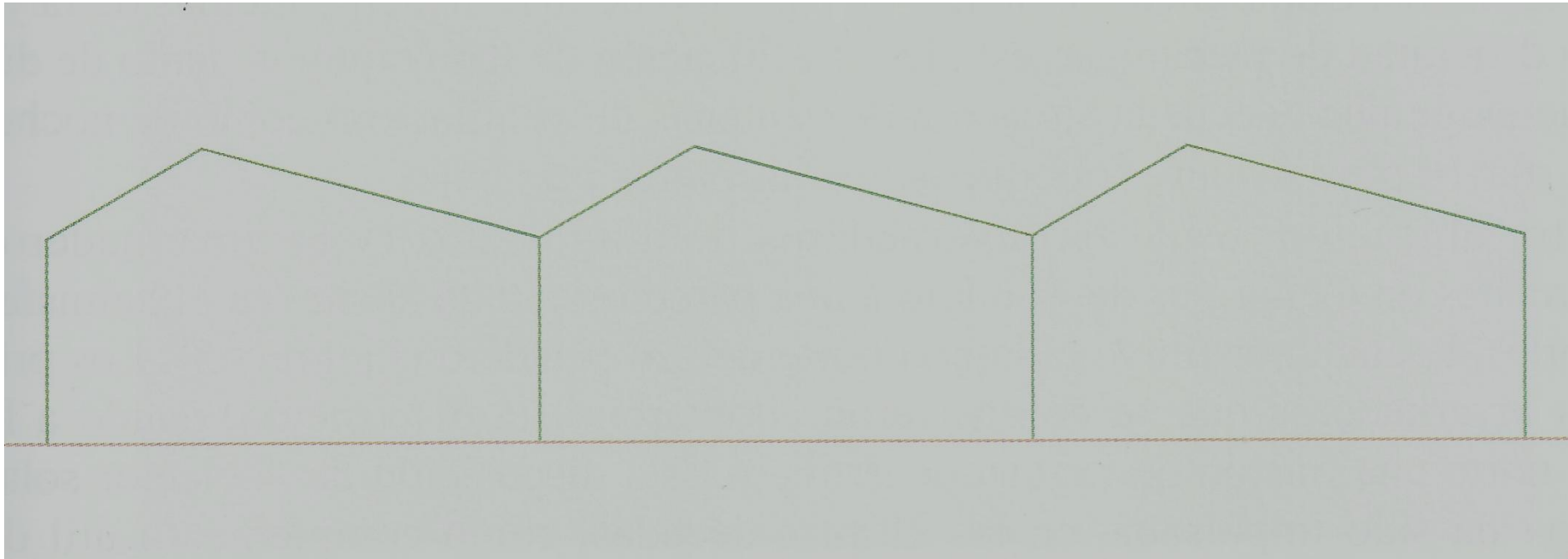
Fig. 4.15. Εξωτερική όψη του τροποποιημένου τοξωτού θερμοκήπιου.

Αμφικλινές
θερμοκήπιο με μία
στέγη σε κάθε ΒΚΜ
(wide-span type)



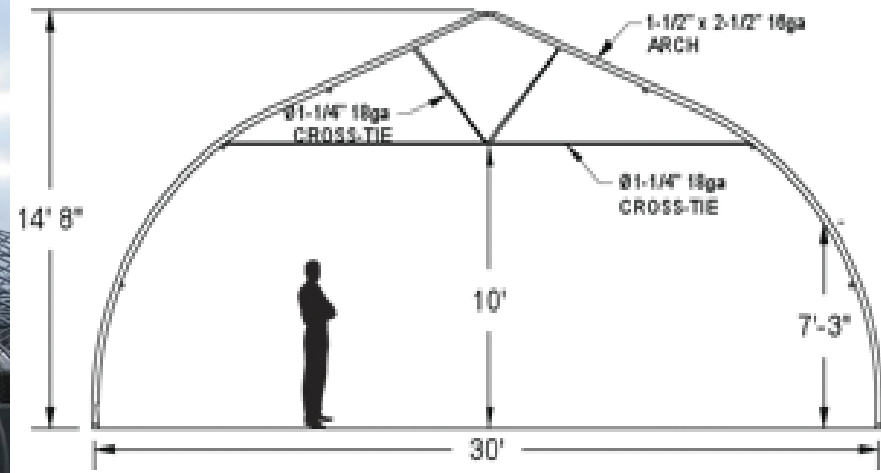
Αμφικλινές θερμοκήπιο
με δύο στέγες σε κάθε
ΒΚΜ (Venlo type)



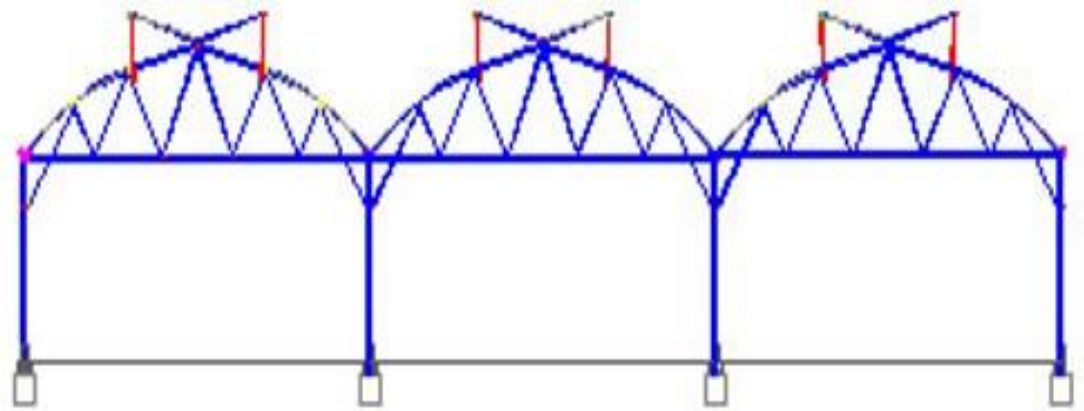


Ετεροκλινές θερμοκήπιο

Γοτθικού τύπου θερμοκήπιο



Θερμοκήπιο με στέγη γοτθικού τύπου



Πλάτος ΒΚΜ Θερμοκηπίων

- Το πλάτος μίας ΒΚΜ θερμοκηπίου καθορίζεται από τεχνικούς περιορισμούς που σχετίζονται με την στατική της ευστάθεια, καθώς και με τις διαστάσεις των διαθέσιμων υλικών κάλυψής της.
- Η πλειονότητα των τυποποιημένων θερμοκηπίων που υπάρχουν στη χώρα μας έχει ΒΚΜ με πλάτος που κυμαίνεται από 5 μέχρι 8 m.
- Για τα τοξωτά θερμοκήπια προβλέπεται ελάχιστο ελεύθερο πλάτος ίσο με 7 m.
- Πολλά θερμοκήπια χωρικού τύπου όμως έχουν πλάτος ΒΚΜ μικρότερο από 5 m.

Ύψος Θερμοκηπίων

Συνιστώνται τα ψηλά θερμοκήπια

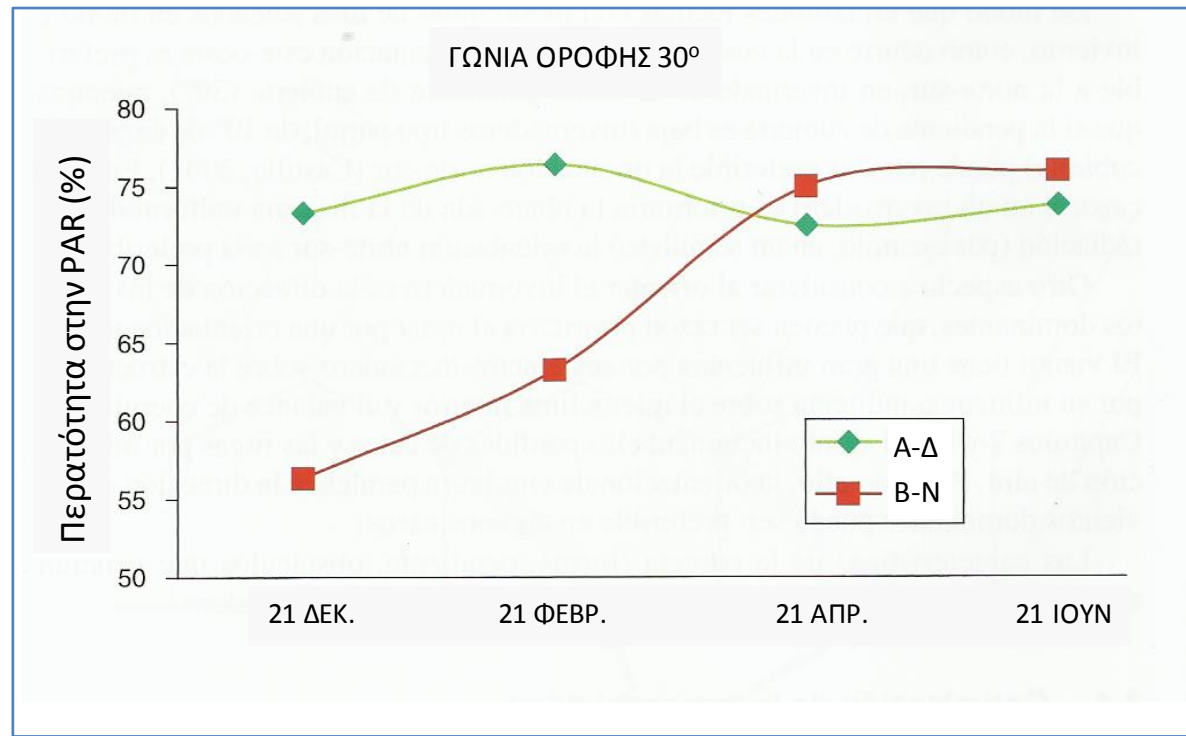
Πλεονεκτήματα:

- Μεγαλύτερος όγκος ανά μονάδα επιφάνειας και επομένως μεγαλύτερη “αδράνεια” σε μεταβολές θερμοκρασίας.
- Αργούν περισσότερο να θερμανθούν αλλά διατηρούν τη θερμοκρασία που απέκτησαν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Γι’ αυτό είναι ιδιαίτερα κατάλληλα για περιοχές όπου οι ημέρες με μεγάλη ηλιοφάνεια ακολουθούνται από ιδιαίτερα ψυχρές νύκτες.
- Λιγότερα προβλήματα έλλειψης CO₂ στην διάρκεια ψυχρών ημερών του χειμώνα (όταν δεν εφαρμόζεται ανθρακολίπανση).



Τρόπος διάταξης ΒΚΜ

Περατότητα δύο παρόμοιων αμφίρρικτων θερμοκηπίων στην PAR σε τέσσερις αντιπροσωπευτικές ημερομηνίες στη διάρκεια ενός έτους. Τα θερμοκήπια ήταν στην ίδια περιοχή και διέφεραν μόνο στον προσανατολισμό.



Ημερομηνία	Ανατολή-Δύση	Βορράς-Νότος
2 Ιανουαρίου	379	293
4 Ιανουαρίου	426	322
6 Φεβρουαρίου	578	530
10 Μαρτίου	1.243	1.226
14 Απριλίου	1.955	2.104
20 Ιουνίου	2.720	2.969

Επίδραση του προσανατολισμού του θερμοκηπίου στην ημερήσια ποσότητα PAR (Wh m^{-2}) που προσπίπτει στην κόμη των φυτών στην Ολλανδία σε διαφορετικές αντιπροσωπευτικές ημερομηνίες.

Σκελετός θερμοκηπίων



Υλικά κάλυψης θερμοκηπίων

Τα διαφανή υλικά κάλυψης των θερμοκηπίων διακρίνονται σε τρεις γενικές κατηγορίες και ειδικότερα:

- μαλακό (εύκαμπτο) πλαστικό,
- σκληρό πλαστικό,
- γυαλί.

Διαφανή φύλλα μαλακού πλαστικού

- Πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας (LDPE: low density polyethylene).
- Αιθυλένιο - οξικό βινύλιο (EVA: ethylene vinyl acetate).
- Αιθυλένιο - ακρυλικό βουτύλιο (EBA: ethylene butyl acrylate).
- Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC: Polyvinyl chloride).
- Πολυεστέρας (Polyester).
- Αιθυλένιο – τετραφθοροαιθυλένιο (ETFE: Ethylene – tetrafluoroethylene).

Διαφανείς επιφάνειες σκληρού πλαστικού

- Πολυκαρβονικές επιφάνειες
- Ενισχυμένος πολυεστέρας (Fibreglass)
- Σκληρό πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)
- Πολυμεθυλομεθακρυλικό πολυμερές (PMMA: Polymethyl methacrylate)

Γυαλί

Είναι πολύ διαδεδομένο κυρίως στα υψηλής τεχνολογίας θερμοκήπια.

Πλεονεκτήματα:

- Πολύ μεγάλη περατότητα στην φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία,
- Διατήρηση της περατότητάς του στο φώς για θεωρητικά άπειρο χρόνο,
- Πρακτικά μηδενική περατότητά του στην υπέρυθρη ακτινοβολία μήκους κύματος πάνω από 3000 nm
- Υψηλή αντίσταση στον άνεμο
- Σχετικά αποδεκτό κόστος

Μειονεκτήματα:

Σχετικά υψηλό αρχικό κόστος εγκατάστασης:

- i) λόγω αυξημένου κόστους αγοράς του γυαλιού,
- ii) επειδή το σχετικά υψηλό ειδικό βάρος του απαιτεί ενισχυμένο σκελετό, ο οποίος επίσης έχει υψηλό κόστος

Χαρακτηριστικά υλικών κάλυψης θερμοκηπίων

Υλικό κάλυψης	Ειδικό βάρος (kg/m ³)
LDPE	915-930
EVA	920-930
EBA	920-930
PVCP	1.250-1.500
MMA	1.180
Πολυεστέρας/Fibreglass*	1.500-1600
Γυαλί	2.400

Διαπερατότητα των σημαντικότερων υλικών κάλυψης θερμοκηπίων στη φωτεινή & την υπέρυθη (IR) ακτινοβολία

Υλικό κάλυψης	Πάχος	Διαπερατότητα (%)	
	(mm)	Φως	IR
Απλό γυαλί	4,00	82	0
Αντι-ανακλαστικό γυαλί	4,00	89	0
LDPE με προστασία από UV	0,20	81	40-60
EVA	0,18	82	20-40
PVC	0,1-0,2	87-91	
ETFE	0,10	88	15-20
Πολυκαρβονικό φύλλο (PC) διπλό	12,00	61	0
PC με κυματοειδή επιφάνεια	25,00	80	0
PMMA διπλό φύλλο	16,00	76	0

Ολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού αέρα (u)

Υλικό κάλυψης	Συντελεστής u ($W m^{-2} K^{-1}$)
Απλό γυαλί	6,0-8,8
Διπλό γυαλί με κενό αέρα 9 mm	4,2-5,2
Διπλό ακρυλικό με κενό αέρα 16 mm	4,2-5,0
Απλό πλαστικό φύλλο*	6,0-8,0
Διπλό πλαστικό φύλλο*	4,2-6,0
Απλό γυαλί και θερμοκουρτίνα με:	
- απλό φύλλο, μη υφασμένη	4,1-4,8
- απλό φύλλο με στρώση αλουμινίου	3,4-3,9

Ειδικοί τύποι πλαστικών κάλυψης θερμοκηπίων

- Σταθεροποιημένα πλαστικά
- Πλαστικά που εμποδίζουν την διέλευση της υπεριώδους ακτινοβολίας
- Πλαστικά που μειώνουν την διαπερατότητα στην υπέρυθρη ακτινοβολία (θερμόφυλλα)
- Πλαστικά που ανακλούν την εγγύς υπέρυθρη ακτινοβολία (NIR)
- Πλαστικά που αυξάνουν το ποσοστό της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας
- Αντισταγονικά πλαστικά υλικά κάλυψης
- Αντισκονικά πλαστικά υλικά κάλυψης

Αντισταγονικά φύλλα κάλυψης

