



Ελληνική Δημοκρατία
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό
Ίδρυμα Ηπείρου

Γεωργικές και Θερμοκηπιακές κατασκευές (Θεωρία)

Ενότητα 11 : Τα υλικά του σκελετού των
θερμοκηπίων

Δρ. Μενέλαος Θεοχάρης



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



11

Τα υλικά του σκελετού των θερμοκηπίων

11.1. Γενικά

Ο σκελετός του θερμοκηπίου είναι τα στοιχεία που φέρουν την επικάλυψη και μεταβιβάζουν τα φορτία στο έδαφος. Κατά τη στατική επίλυση του σκελετού πρέπει να δοθεί προσοχή ώστε τα στοιχεία του να είναι ικανά να παραλάβουν και να μεταβιβάσουν τα φορτία με τις μικρότερες δυνατές διατομές για να επιτευχθεί η ελάχιστη σκέδαση χωρίς να υπερβούμε τις μέγιστες επιτρεπόμενες τάσεις και παραμορφώσεις.

Τα υλικά, που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του σκελετού των θερμοκηπίων είναι το ξύλο, ο σίδηρος, το αλουμίνιο και συνδυασμοί τους. Η προτίμηση του ενός ή του άλλου υλικού εξαρτάται από το επιθυμητό ελεύθερο πλάτος της κατασκευής, το κόστος των υλικών το οποίο διαφέρει από περιοχή σε περιοχή, και από το μηχανολογικό εξοπλισμό που διαθέτει ο κατασκευαστής.

11.2. Το ξύλο

Το ξύλο είναι το πρώτο υλικό που χρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή των θερμοκηπίων. Είναι ένα από τα υλικά, που βρήκε μεγάλη εφαρμογή στη χώρα μας στην κατασκευή του σκελετού των θερμοκηπίων που σκεπάζονται με πλαστικό. Τα θερμοκήπια με ξύλινο σκελετό κατασκευάζονται από τους ίδιους τους παραγωγούς και έχουν γενικά μικρότερο κόστος κατασκευής. Αυτό οφείλεται στη σχετικά χαμηλή τιμή του ξύλου και στην ευκολία εξεύρεσης και κατεργασίας του. Η ξυλεία προσφέρεται στο εμπόριο πριονισμένη, πελεκητή, στρογγυλή και όλες οι μορφές αυτές της ξυλείας έχουν βρει εφαρμογή στις κατασκευές των θερμοκηπίων. Για να είναι η ξυλεία κατάλληλη για τα θερμοκήπια, πρέπει να είναι ξερή, χωρίς κόμβους, να μην παραμορφώνεται, να μη δυσκολεύει στο κάρφωμα και να μη σαπίζει εύκολα. Μερικά είδη δέντρων παράγουν ξυλεία ανθεκτική στο σάπισμα. Τα είδη όμως αυτά είναι σπάνια και η ξυλεία τους πολύ ακριβή. Οποσδήποτε όμως στα μέρη του σκελετού που αναπτύσσονται μεγάλα φορτία, δεν πρέπει να χρησιμοποιείται ελαττωματική ξυλεία.

11.2.1. Πλεονεκτήματα του ξύλου.

Το ξύλο ως υλικό κατασκευής, παρουσιάζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

1. Είναι ανανεώσιμη πρώτη ύλη (η σωστή εκμετάλλευση των δασών εξασφαλίζει συνεχή αποθέματα)
2. Συχνά υπάρχει κοντά στην περιοχή που μας χρειάζεται (αυτοφυής, ή καλλιεργούμενη ξυλεία κοντά σε αγροτικές περιοχές)
3. Χρειάζεται σχετικά εύκολη κατεργασία (η κοπή και συναρμολόγηση είναι εύκολο να γίνει επί τόπου, χωρίς την απαίτηση ηλεκτρισμού, μηχανημάτων κ.λπ. επίσης είναι εύκολη η επισκευή σε περίπτωση βλάβης).
4. Έχει μικρή θερμική αγωγιμότητα (μικρές απώλειες θερμότητας).

5. Δεν δημιουργεί σημαντικές φθορές στο πλαστικό, γιατί δεν υπερθερμαίνεται όπως το μέταλλο επειδή έχει μικρή θερμική αγωγιμότητα (μικρές απώλειες θερμότητας).
6. Έχει σχετικά μικρό κόστος.

11.2.2. Μειονεκτήματα του ξύλου.

Εκτός από τα πλεονεκτήματα, το ξύλο έχει και σημαντικά μειονεκτήματα τα εξής:

1. Έχει σχετικά μικρή αντοχή.
2. Είναι ανισότροπο υλικό από μηχανική άποψη (διαφορετική μηχανικά αντοχή σε διαφορετική φορά φόρτισης).
3. Έχει ανισότροπη συμπεριφορά σε συρρίκνωση – διόγκωση (με την αύξηση ή ελάττωση της υγρασίας του, σημειώνεται αύξηση ή ελάττωση του όγκου του η οποία είναι ελάχιστη αξονικά και μέγιστη ακτινικά) .
4. Σήψη. Οι συνθήκες που ευνοούν τη σήψη είναι η υγρασία, ο αέρας και η θερμότητα .
5. Το ξύλο αποτελεί τροφή για μύκητες και έντομα. Οι συνθήκες που ευνοούν την ύπαρξη μυκήτων είναι αυτές που συνήθως επικρατούν στο θερμοκήπιο, δηλαδή η υγρασία ο αέρας και η θερμότητα.
6. Έχει διαφορετικές μηχανικές ιδιότητες ανάλογα με το είδος, την ποιότητα και τις μεθόδους επεξεργασίας και προστασίας.
7. Απαιτεί μεγαλύτερες διατομές ξύλου ή περισσότερα στοιχεία για την ασφαλή μεταφορά των φορτίων, με αποτέλεσμα να κατασκευάζονται θερμοκήπια με περισσότερη σκίαση στο χώρο τους.

Οι επιτρεπόμενες τάσεις στους υπολογισμούς αντοχής του ξύλινου σκελετού του θερμοκηπίου στις αμερικανικές προδιαγραφές είναι συνήθως σε τιμή 50 % ανώτερες από αυτές που επιτρέπεται για άλλες κατασκευές.

11.2.3. Χρησιμοποιούμενα ξύλα για την κατασκευή θερμοκηπίων.

Τα περισσότερα είδη ξύλου μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή θερμοκηπίων. Στη χώρα μας χρησιμοποιείται πολύ η καστανιά για την κατασκευή των στύλων, λόγω της ιδιότητάς της να ανθίσταται στη σήψη. Χρησιμοποιείται επίσης πολύ και το ξύλο κυπαρισσιού, πεύκου και λιγότερο ελάτου για την κατασκευή του υπόλοιπου σκελετού. Επειδή οι ελληνικοί τύποι θερμοκηπίων πλαστικής κάλυψης επιβάλλουν το κάρφωμα του πλαστικού και την ανά διετία ή τριετία αντικατάστασή του, το ξύλο ελάτου προσφέρεται λιγότερο γι' αυτή την εργασία.

Η αναμενόμενη διάρκεια ζωής ενός σκελετού από κυπαρίσσι ή πεύκο, που δεν έχει εμποτιστεί με συντηρητικές ουσίες, είναι 4-5 χρόνια, ενώ της καστανιάς πάνω από 6 χρόνια.

Διεθνώς χρησιμοποιούνται και τα παρακάτω είδη ξυλείας μερικά από τα οποία παράγονται στη χώρα μας, ενώ άλλα εισάγονται και κυκλοφορούν στο εμπόριο.

- **Μαύρη Πεύκη (*Pinus sylvestris*):** Πρόκειται για ξύλο που χρησιμοποιείται πολύ στην κατασκευή θερμοκηπίων. Είναι ανθεκτικό στις μικροβιακές προσβολές, ανθεκτικό στα φορτία και ελαστικό. Επί πλέον το ξύλο αυτό είναι εύκολης κατεργασίας και καρφώνεται εύκολα.

Χρησιμοποιείται για όλα τα μέρη του σκελετού.

Η αναμενόμενη διάρκεια ζωής είναι 5-10 χρόνια, αλλά μετά από κατεργασία με ειδικά συντηρητικά η διάρκεια αυτή μπορεί να επεκταθεί.

- **Ψευδοτσούγια (*Pseudotsuga taxifolia*):** Παρουσιάζει τις ίδιες καλές ιδιότητες όπως και η πεύκη. Έχει το πλεονέκτημα ότι δεν φέρει ρόζους ακόμα και σε μεγάλα μήκη και πλάτη, μει-

ονεκτεί όμως στο ότι σχίζεται εύκολα κατά το κάρφωμα και είναι δύσκολος ο εμποτισμός του με συντηρητικά. Δεν φύτεται σε αξιόλογες ποσότητες στην Ελλάδα, συχνά όμως εισάγεται τέτοια ξυλεία.

-Τούγια (*Thuja plicata*): Πρόκειται για ελαφρό και μαλακό ξύλο. Έχει μικρότερη μηχανική αντοχή από τα δυο προηγούμενα, αλλά είναι πολύ ανθεκτικό στις σήψεις. Είναι μεγαλύτερου κόστους από τα προηγούμενα, γεγονός που αν συνδυασθεί με την ανάγκη υιοθέτησης μεγαλύτερης διατομής (λόγω μικρής αντοχής), δημιουργεί σημαντική οικονομική επιβάρυνση. Το μειονέκτημα αυτό μετριάζεται από το γεγονός ότι δεν απαιτεί προστασία με βαφή ή εμποτισμό.

Το ξύλο της τούγιας σχίζεται εύκολα και απαιτεί καρφιά από ανοξείδωτο χάλυβα ή μπρούντζο, γιατί αλλιώς οξειδώνονται.

Δεν συναντάται σαν δασικό δένδρο στην Ελλάδα.

-Ερυθρελάτη (*Picea excelsa*): Πρόκειται για ξύλο εύκολης κατεργασίας, αλλά μικρής αντοχής. Δεν συνιστάται για θερμοκήπια, αν και συχνά χρησιμοποιείται επειδή έχει μικρό κόστος.

11.2.4. Διάρκεια ζωής του ξύλου.

Το ξύλο αποτελείται από διάφορους κυτταρικούς ιστούς. Η διάταξη των κυττάρων των διαφόρων ξύλων δεν είναι σταθερή, αλλά εξαρτάται από το είδος του δένδρου. Τα διάφορα κωνοφόρα δένδρα έχουν απλή δομή, ενώ τα πλατύφυλλα περίπλοκη δομή.

Τα κυριότερα τμήματα ενός κορμού δένδρου από έξω προς το κέντρο, είναι:

Το σομό ξύλο είναι το εξωτερικό τμήμα του ξύλου, είναι ανοιχτόχρωμο και αποτελείται από ζωντανά, ενεργά κύτταρα. Περιέχει περισσότερη υγρασία και είναι περισσότερο πορώδες.

Το εγκάρδιο ξύλο έχει πιο σκοτεινή απόχρωση, λόγω της απόθεσης διαφόρων χρωστικών που είναι προϊόντα οξείδωσης των τανινών. Είναι λιγότερο πορώδες από το σομό και γενικά είναι ανθεκτικότερο. Η απόθεση των χρωστικών στο ξύλο δημιουργεί ένα είδος «ταρίχευσης» και το καθιστά ανθεκτικό στις προσβολές από βακτήρια ή μύκητες.

Τα διάφορα είδη ξύλου παρουσιάζουν διαφορετική αντοχή στους παράγοντες που προκαλούν αλλοιώσεις στο ξύλο. Γενικά η αντοχή του ξύλου εκτιμάται με τη χρονική διάρκεια κατά την οποία το ξύλο διατηρεί τις ιδιότητές του χωρίς καμιά προστασία.

Το σομό ξύλο έχει σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις πολύ μικρή διάρκεια χρήσης που σπάνια υπερβαίνει τα 5 χρόνια. Σχετικά με το εγκάρδιο ξύλο, τα διάφορα είδη ξύλου δίνουν την παρακάτω κλίμακα διάρκειας ξύλου (Κανάς Α. 1988).

Πίνακας 11.1. Διάρκεια ζωής των διαφόρων ειδών ξυλείας που χρησιμοποιούνται στα θερμοκήπια .

Α. Πλατύφυλλα		Β. Κωνοφόρα	
Λεύκη μαύρη	< 5 χρόνια	Ελάτη	5-10 χρόνια
Απόδισκος Δρυς (<i>Q.Sessiliflora</i>)	15-25 χρόνια	Πεύκη <i>radiata</i>	5-10 χρόνια
Ευθύφυλλος Δρυς (<i>Q.Cerris</i>)	10-15 χρόνια	Πεύκη Μαύρη	5-10 χρόνια
Καστανιά	15-25 χρόνια	Πεύκη Δασική	5-10 χρόνια
Οξιά	< 5 χρόνια	Πεύκη <i>Maritima</i>	10-15 χρόνια
Iroko	> 25 χρόνια	Πεύκη Ερυθρελάτη	5-10 χρόνια
Teak	> 25 χρόνια		

11.2.5. Προστασία του ξύλου

Εκτός των περιπτώσεων των ξύλων με πολύ καλή φυσική αντοχή, όπως η καστανιά, η τούγια κλπ., στα υπόλοιπα ξύλα θα πρέπει να γίνεται επεξεργασία με προστατευτικά μέσα, για να μειωθούν στο ελάχιστο οι περιπτώσεις παραμόρφωσης του ξύλου, ιδίως όταν απαιτείται άριστη προσαρμογή.

Συνήθως τα βακτήρια δεν προκαλούν σημαντικές αλλοιώσεις στο ξύλο, σε μερικά ξύλα όμως κατά την τεχνητή ξήρανσή τους δημιουργούνται κυψελιδώσεις, με αποτέλεσμα την κατάρρευσή τους. Αρκετοί είναι οι μύκητες που προσβάλλουν το ξύλο και προκαλούν σημαντικές ζημιές. Το ξύλο προσβάλλεται από μύκητες όταν η υγρασία του είναι πάνω από 20 %, με άριστο επίπεδο 27-33 %. Το εντελώς ξηρό ή το ξύλο που βρίσκεται εξ ολοκλήρου μέσα στο νερό δεν προσβάλλεται, επειδή για την ανάπτυξη των μυκήτων, εκτός από υγρασία, απαιτείται και η παρουσία οξυγόνου. Για την ανάπτυξη των μυκήτων επίσης απαιτείται η κατάλληλη θερμοκρασία (συνήθως μεταξύ 10 και 35°C) και η παρουσία τροφής, την οποία στην περίπτωση του ξύλου αποτελούν η λιγνίνη, η κυτταρίνη και άλλα συστατικά του.

Για την προστασία του ξύλου από τους μύκητες, αρκεί η ρύθμιση ενός από τους παραπάνω παράγοντες σε αρνητικά επίπεδα. Στην πράξη στις περισσότερες περιπτώσεις γίνεται με τη μείωση της υγρασίας του ξύλου. Στο θερμοκήπιο όμως με το υγρό περιβάλλον του, είναι δύσκολο να εφαρμοσθεί αυτός ο τρόπος και για αυτό χρησιμοποιούνται ειδικές μυκητοκτόνες ουσίες που εμποτίζουν το ξύλο και το καθιστούν ακατάλληλη τροφή για μύκητες.

Σε αντίθεση με τους μύκητες, η δράση των ξυλοφάγων εντόμων ευνοείται από τις υψηλές θερμοκρασίες και τις χαμηλές υγρασίες. Στην Ελλάδα έχουν αναγνωρισθεί περισσότερα από 100 είδη ξυλοφάγων εντόμων και ακάρεων. Τα κυριότερα από αυτά είναι:

1. *Anobium punctatum*, κοινώς σαράκι ή ξυλοφάγο έντομο επίπλων.
2. *Lyctus brunneus*, κοινώς σαράκι των παρκέτων.
3. *Hylotrupes bajulus*, κοινώς ξυλοφάγος των παλαιών σπιτιών.
4. Τερμίτες.

Στην Ελλάδα έχουν βρεθεί δυο είδη τερμιτών, που προκαλούν όμως σημαντικές ζημιές και προσβάλλουν κάθε είδους ξυλοκατασκευή ή υλικό που έχει κυτταρίνη, όπως π.χ. βιβλία, υφάσματα κλπ.

Η προστασία του ξύλου από τα έντομα και ακάρεα γίνεται με:

1. συλλογή των εντόμων,
2. απομάκρυνση και καταστροφή προσβεβλημένων τμημάτων,
3. υψηλή θερμότητα,
4. εμβάπτιση,
5. βιολογική καταπολέμηση,
6. με ραδιοκύματα ή ακτίνες X ή ακτίνες Γ,
7. επεμβάσεις στο γενετικό τους κύκλο, με ακτινοβολίες στειρώσεως, χημειοστερωτικά, φερομόνες για σεξουαλική σύγχυση,
8. χημική καταπολέμηση.

Οι εναλλασσόμενες καιρικές συνθήκες δημιουργούν ρωγμές στο ξύλο και διάσπαση των συστατικών του στην επιφάνεια, που ξεπλένονται με τη βροχή. Οι κυριότεροι μηχανικοί παράγοντες που επηρεάζουν το ξύλο, είναι οι δυνάμεις τριβής και η φόρτισή του. Η αντοχή του

ξύλου στις χημικές ουσίες όπως λιπάσματα κλπ., εξαρτάται από το είδος του ξύλου και από την πυκνότητα του χημικού διαλύματος. Συνήθως τα κωνοφόρα είναι ανθεκτικότερα από τα πλατύφυλλα, γιατί περιέχουν λιγότερες ημικυτταρίνες. Η επίδραση των χημικών ουσιών έχει αποτέλεσμα τη μείωση της μηχανικής αντοχής του. Η προστασία γίνεται με κάλυψη της επιφάνειάς του με ανθεκτικές ουσίες, όπως ρητίνες, ασφαλτο, κ.ά.

Για την προστασία του ξύλου γενικά, χρησιμοποιούνται διάφορα μέσα:

1. Επικαλυπτικές ουσίες, όπως χρώματα, βερνίκια και λάκες
2. Εμποτιστικές ουσίες, όπως βερνίκια εμποτισμού, υδροπροωθητικές ουσίες, συντηρητικά.

Οι επικαλυπτικές ουσίες χρησιμοποιούνται για να σφραγισθούν οι πόροι στην επιφάνεια του ξύλου και να αποτραπεί η απορρόφηση υγρασίας και η επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας ή άλλων φυσικοχημικών παραγόντων.

Οι εμποτιστικές ουσίες (που συνήθως εφαρμόζονται στο ξύλο του θερμοκηπίου γιατί παρέχουν οικονομικότερη προστασία) εμποτίζουν σε βάθος το ξύλο. Οι ουσίες αυτές που συντηρούν το ξύλο είναι τοξικές ουσίες ή μίγματα τοξικών ουσιών, που κάνουν το ξύλο ακατάλληλη τροφή για τους μύκητες και τα έντομα. Με τη συντήρηση του ξύλου επιμηκύνεται η διάρκεια χρήσης του κατά 2 ως 15 φορές, ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος και τη μέθοδο εμποτισμού. Τα διάφορα συντηρητικά διακρίνονται σε πισσέλαια, συντηρητικά οργανικού διαλύτη, υδατοδιαλυτά συντηρητικά και ατμούς χημικών ουσιών.

Η μέθοδος εφαρμογής του συντηρητικού έχει σημαντική επίδραση στην αποτελεσματικότητα της συντήρησης. Οι διάφορες μέθοδοι χωρίζονται σε εφαρμογές χωρίς πίεση, όπως επάλειψη, ψεκάσμος, εμβάπτιση κλπ., και σε εφαρμογές με χρήση πίεσης, όπως αυτή της θετικής πίεσης ή της αρνητικής πίεσης.

Παλαιότερα, η συντήρηση στα ξύλα του θερμοκηπίου γινόταν με πισσέλαιο ή πενταχλωροφαινόλη. Σήμερα, ο αποτελεσματικότερος τρόπος προστασίας του ξύλου του θερμοκηπίου είναι με τη μέθοδο του εμποτισμού, σε κενό και πίεση υδατοδιαλυτών συντηρητικών τύπου CCA (χαλκού, χρωμίου, αρσενικού). Με αυτήν τη μέθοδο, τα ξύλα μπαίνουν σε κυλίνδρους που σφραγίζονται και δημιουργείται ένα κενό αέρος μέσα στους κυλίνδρους αυτούς, 0,84 atm για ένα διάστημα που κυμαίνεται από 15 λεπτά μέχρι μερικές ώρες. Κατά τη διάρκεια αυτή, αποβάλλεται το μεγαλύτερο μέρος του αέρα από τα κύτταρα του ξύλου κι έτσι ελαττώνεται η αντίσταση του ξύλου στη διείσδυση του συντηρητικού. Ενώ υπάρχει το κενό, εισάγεται στους κυλίνδρους το συντηρητικό σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Συνήθως είναι αραιωμένο (2,0-2,5%) σε νερό. Μόλις γεμίσει ο κύλινδρος, σταματάει το κενό και εφαρμόζεται πίεση 7-17 atm για 1 ως 6 ώρες, ώστε το συντηρητικό να μετακινηθεί στους κενούς πόρους του ξύλου. Μετά αδειάζει ο κύλινδρος από το συντηρητικό, επαναφέρεται το ξύλο στην ατμοσφαιρική πίεση και ξαναδημιουργείται το κενό για μικρό χρονικό διάστημα, ώστε να στραγγίσει γρήγορα το πλεονάζον διάλυμα συντηρητικού.

Θεωρείται ότι ο εμποτισμός είναι ικανοποιητικός, αν έχει συγκρατηθεί 8-10 kg/m³ διάλυματος.

Γενικά, για τη συντήρηση του ξύλου πρέπει να αποφεύγονται τα χρώματα που περιέχουν υδράργυρο, γιατί δρουν τοξικά πάνω στα φυτά. Επίσης πρέπει να αποφεύγονται οι συντηρητικές ουσίες Pentachlorophenol και Creosote, διότι οι ατμοί που παράγονται από αυτές στο θερμοκήπιο είναι τοξικοί για τα φυτά. Πολύ καλό συντηρητικό ξύλου είναι το copper naphthenate, που μπορεί να ψεκάσθει, να εμβαπτιστεί ή να βαφεί, καθώς και τα copper chromate acid, chromated chloride, chromated copper arsenate (chemonite). Το fluorchrome arsenate phenol (Tabtalith, Wolman Salt, Osmonalt) παρ' όλο που δεν έχει ατμούς, διαλύεται στο νερό. Αυτό έχει ως πιθανή συνέπεια όταν περάσει νερό πάνω από το ξύλο και στάξει στα

φυτά, την πρόκληση εγκαυμάτων:

Η επιλογή του ξύλου θα πρέπει να γίνεται προσεκτικά, ώστε να μην φέρουν σχισμές, μεγάλους ρόζους, κενά κλπ. Η επιλογή αυτή επιβάλλεται να γίνεται πριν από οποιαδήποτε βαφή του ξύλου, επειδή μετά δεν είναι φανερές οι ατέλειες των ξύλων. Σήμερα η αύξηση του κόστους του ξύλου, η ανάγκη συντήρησής του, η δυσκολία στην κατασκευή εξαιρεισμού οροφής, καθώς και η περιορισμένη διάρκεια ζωής του, έχουν στρέψει την προσοχή των κατασκευαστών περισσότερο στην μεταλλική προκατασκευή.

11.3. Ο χάλυβας

11.3.1. Γενικά

Ο χάλυβας σε σωλήνα ή σε διατομές διαφόρων σχημάτων C, E, T, H κλπ., χρησιμοποιείται σε ευρεία κλίμακα στην κατασκευή θερμοκηπίων. Έχουμε θερμοκήπια που είναι εξ ολοκλήρου κατασκευασμένα από χάλυβα και θερμοκήπια που μόνο τα κύρια στοιχεία του σκελετού τους είναι από χάλυβα, ενώ τα υπόλοιπα προέρχονται από συνδυασμό με το αλουμίνιο ή το ξύλο.

Ο χάλυβας, λόγω της υψηλής αντοχής του, απαιτεί σχετικά μικρές διατομές για δεδομένο φορτίο.

Στα υαλόφρακτα θερμοκήπια οι διαμορφωμένες με κάμψη (στραντζαρισμένες) ανοιχτές διατομές που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του σκελετού, πρέπει να έχουν πάχος τουλάχιστο 2 mm, ώστε να παρέχεται ικανοποιητική ακαμψία.

Για τον υπολογισμό των διαμορφωμένων διατομών λαμβάνονται υπόψη οι χαρακτηριστικές ιδιότητες, του σχήματος της κάθε διατομής σύμφωνα με τον Ευροκώδικα 3. Η σωληνωτή διατομή όπου εφαρμόζεται γενικά στο σκελετό, πρέπει να έχει πάχος τουλάχιστον 1,5 mm.

Το βασικότερο πρόβλημα με τον χάλυβα, είναι η προστασία στην επιφανειακή οξείδωση, που οι συνθήκες του θερμοκηπίου ευνοούν ιδιαίτερα. Ο συνηθέστερος τρόπος προστασίας του χάλυβα είναι το γαλβάνισμα.

Γαλβάνισμα είναι η επιψευδαργύρωση χαλύβδινων ή χυτοσιδηρών επιφανειών, με σκοπό κυρίως την προστασία τους από οξείδωση. Ο ρυθμός οξείδωσης του ψευδαργύρου είναι το 1/10 έως το 1/15 του ρυθμού οξείδωσης του κοινού χάλυβα.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι γαλβάνισματος

1. Το θερμό γαλβάνισμα
2. Το Sherardizing (θέρμανση των αντικειμένων και ανακάτεμα με σκόνη ψευδαργύρου και οξειδίου του ψευδαργύρου).
3. Το ηλεκτρολυτικό γαλβάνισμα (ανοδίωση, όπου άνοδος είναι ψευδάργυρος).
4. Το ψυχρό γαλβάνισμα (με κατάλληλο πιστόλι εκτοξεύεται σκόνη Zn στο κατάλληλα προετοιμασμένο αντικείμενο και μετά ψεκάζεται με συνδετικό υλικό. Συχνά λέγεται ψυχρό γαλβάνισμα και ο χρωματισμός με χρώματα που έχουν βάση τον ψευδάργυρο).

Ενώ οι τρεις τελευταίες μέθοδοι αφορούν απλή επικάλυψη της χαλύβδινης επιφάνειας, στο θερμό γαλβάνισμα εμβαπτίζεται το αντικείμενο σε ρευστοποιημένο ψευδάργυρο όπου, λόγω της υψηλής θερμοκρασίας, γίνεται κραματοποίηση σιδήρου – ψευδαργύρου, με αποτέλεσμα να υπάρχει κατά κανόνα πολύ ισχυρή συνάφεια της χαλύβδινης επιφάνειας και του ψευδαργύρου.

11.3.2. Πρότυπα αναφοράς χαλύβων των σκελετών θερμοκηπίων.

Το μέρος 1-1 του EC3 καλύπτει το σχεδιασμό δομημάτων από χάλυβα που υπόκεινται στο Πρότυπο Αναφοράς 1, σύμφωνα με το κανονιστικό Παράρτημα Β του υπόψη Ευρωκώδικα .

Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και για άλλους δομικούς χάλυβες, υπό την προϋπόθεση ότι υπάρχουν επαρκή στοιχεία π.χ να δικαιολογούν τους σχετικούς κανόνες σχεδιασμού και κατασκευής.

Οι ιδιότητες των υλικών που δίνονται στο παρόν κεφάλαιο είναι ονομαστικές τιμές που γίνονται δεκτές ως χαρακτηριστικές τιμές στους υπολογισμούς σχεδιασμού.

Τα πρότυπα αναφοράς της ομάδας 1 “Κατάλληλοι για συγκόλληση δομικοί χάλυβες” του παραρτήματος Β είναι τα εξής:

1. EN 10 025. Είναι το DIN EN 10 025
2. EN 10 113. Είναι το DIN EN 10 113 Μέρος 1 έως Μέρος 3.
3. Fe E 420 και Fe E 460. Είναι εγκριτικές αποφάσεις του Ινστιτούτου Δομικής Τεχνικής και η οδηγία 011 της Γερμανικής Επιτροπής χάλυβα (DAST) : “Λεπτόκοκκοι δομικοί χάλυβες υψηλής αντοχής κατάλληλοι για συγκόλληση StE 460 και StE 690, εφαρμογή τους στις κατασκευές από χάλυβα ”
4. prEN 10 210-1. Το prEN 10 210-1 δεν είναι ακόμη διαθέσιμο. Ισχύουν αντ’ αυτού οι κανονισμοί DIN 2448, DIN 2458 και DIN 59410.
5. prEN 10 219-1. Το prEN 10 219-1 δεν είναι ακόμη διαθέσιμο. Ισχύουν αντ’ αυτού ο κανονισμός DIN 59411 .
6. prEN 1993-1-3. Είναι η οδηγία 019 της (DAST) : “Διαστασιολόγηση και κατασκευαστική διαμόρφωση φορέων από δομικά στοιχεία με λεπτότειχες διατομές που μορφώνονται εν ψυχρώ ”.

Οι δομικοί χάλυβες που περιλαμβάνονται στους πίνακες 3.1. και 3.2., πληρούν τους παραπάνω κανονισμούς.

11.3.3. Ιδιότητες ελατού χάλυβα κατεργασμένου εν θερμώ.

Οι ονομαστικές τιμές της αντοχής διαρροής f_y και της οριακής εφελκυστικής αντοχής αστοχίας f_u για ελατό χάλυβα εν θερμώ δίνονται στον πίνακα 11.2 για κατηγορίες χάλυβα Fe 360, Fe 430 και Fe 510 σύμφωνα με το EN 10025 και για κατηγορίες χάλυβα FeE 275 και FeE 355 σύμφωνα με το prEN 10113.

Πίνακας 11.2. Ονομαστικές τιμές διαρροής f_y , και οριακής εφελκυστικής αντοχής αστοχίας f_u , για δομικούς χάλυβες εν θερμώ κατά EN 10025 ή prEN10113.

Τύπος χάλυβα	Ονομαστική κατηγορία χάλυβα	Ονομαστικό πάχος του στοιχείου t (mm)			
		t ≤ 40 mm		40 mm ≤ t ≤ 100 mm *	
		f_y (N/mm ²)	f_u (N/mm ²)	f_y (N/mm ²)	f_u (N/mm ²)
Ελατά προϊόντα δια-μορφωμένα εν θερμώ από δομικούς χάλυβες	EN 10025				
	Fe360	235	360	215	340
	Fe430	275	430	255	410
	Fe510	355	510	335	490
Ελατά προϊόντα δια-μορφωμένα εν θερμώ από δομικούς χάλυβες με υψηλή τάση διαρροής	prEN10113				
	FeE275	275	390	255	370
	FeE355	355	490	335	470

* Για ελάσματα και άλλα επίπεδες προϊόντα χάλυβων σε κατάσταση παράδοσης κατά prEN 10113-3 το μέγιστο ονομαστικό πάχος είναι 63 mm.

11.3.4. Ιδιότητες χάλυβα κατεργασμένου εν ψυχρώ.

Οι ονομαστικές τιμές της αντοχής διαρροής f_y και της οριακής εφελκυστικής αντοχής αστοχίας f_u για δομικούς χάλυβες κατεργασμένους εν ψυχρώ κατά ISO4997 ή prEN10419 δίνονται στον πίνακα 11.3.

11.3.5. Τιμές σχεδιασμού των μέτρων του υλικού.

Οι τιμές των μέτρων του υλικού που θα χρησιμοποιούνται στους υπολογισμούς για χάλυβες του EC3 είναι οι εξής:

- μέτρο ελαστικότητας $E = 210.000 \text{ N/mm}^2 = 21000 \text{ KN/cm}^2$
- μέτρο διάτμησης $G = E/2 (1-\nu)$
- λόγος Poisson $\nu = 0,3$
- πυκνότητα $\rho = 7850 \text{ Kg/m}^3$
- συντελεστής γραμμικής θερμικής διαστολής $\alpha = 12 \times 10^{-6}$ ανά $^\circ\text{K}$

Πίνακας 11.3. Ονομαστικές τιμές της βασικής τάσης διαρροής f_{yb} , και της οριακής ελκυστικής αντοχής f_u , για δομικούς χάλυβες εν ψυχρώ .

Τύπος χάλυβα	Ονομαστική κατηγορία χάλυβα	f_{yb} (N/mm^2)	f_u (N/mm^2)
Εν ψυχρώ αναγωγή των χαλυβδοφύλλων δομικής ποιότητας .	ISO4997		
	CR220	220	300
	CR250	250	330
	CR320	320	400
Χάλυβες με υψηλή τάση διαρροής για εν ψυχρώ διαμόρφωση	prEN10419 Μέρος 2		
	S315MC	315	390
	S355MC	355	430
	S420MC	420	480
	S460MC	460	520
	S500MC	500	550
	S550MC	550	600
	prEN10419 Μέρος 3		
	S260NC	260	370
	S315NC	315	430
	S355NC	355	470
S420NC	420	530	

11.3.6. Εξαρτήματα χαλυβδίνων συνδέσεων,

11.3.6.1. Γενικά.

Τα εξαρτήματα συνδέσεων θα είναι κατάλληλα για τη χρήση για την οποία προορίζονται.

Στα κατάλληλα εξαρτήματα περιλαμβάνονται κοχλίες, συσφιγκτήρες τριβής, ήλοι και συγκολλήσεις, καθένα σύμφωνα με το ανάλογο πρότυπο αναφοράς, του κανονιστικού Παραρτήματος Β του EC3 .

11.3.6.2. Κοχλίες, περικόχλια και ροδέλες.

Κοχλίες, περικόχλια και ροδέλες θα είναι σύμφωνα με το Πρότυπο Αναφοράς 3, του κανονιστικού Παραρτήματος Β του ENV1993 .

Κοχλίες κατηγορίας χαμηλότερης του 4.6 ή υψηλότερης του 10.9 δεν θα χρησιμοποιούνται εκτός εάν πειραματικές μετρήσεις αποδεικνύουν ότι είναι αποδεκτοί για συγκεκριμένη εφαρμογή.

Οι ονομαστικές τιμές της αντοχής διαρροής f_{yb} και της οριακής εφελκυστικής αντοχής αστοχίας f_{ub} (που θα χρησιμοποιούνται ως χαρακτηριστικές τιμές στους υπολογισμούς) δίνονται στον πίνακα 2.3., ενώ στον πίνακα 2.4 δίνονται τα εμβαδά των διατομών των τυποποιημένων κοχλιών.

Πίνακας 11.4. Ονομαστικές τιμές της αντοχής διαρροής f_{yb} και της οριακής εφελκυστικής αντοχής αστοχίας f_{ub} , για κοχλίες.

Κατηγορία κοχλία	4,6	4,8	5,6	5,8	4,6	8,8	10,9
Ονομαστική αντοχή διαρροής f_{yb} (N/mm ²)	240	320	300	400	480	640	900
Οριακή εφελκυστική αντοχή αστοχίας f_{ub} (N/mm ²)	400	400	500	500	600	800	1000

Πίνακας 11.5. Εμβαδά διατομών κοχλιών.

Τύπος κοχλία	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30
Διάμετρος κοχλία (mm)	12	16	20	22	24	27	30
Διατομή κορμού (cm ²)	1,13	2,01	3,14	3,80	4,52	5,73	7,07
Ενεργός διατομή (cm ²)	0,843	1,57	2,45	3,03	3,53	4,59	5,61
Διατομή πυρήνα (cm ²)	0,763	1,44	2,25	2,82	3,24	4,27	5,19

11.3.6.3. Αναλώσιμα συγκολλήσεων (ηλεκτρόδια).

Όλα τα αναλώσιμα συγκολλήσεων θα ικανοποιούν το Πρότυπο Αναφοράς 4, του κανονιστικού Παραρτήματος Β του EC3.

Η καθορισμένη αντοχή διαρροής, οριακή εφελκυστική αντοχή αστοχίας, επιμήκυνση αστοχίας και η ελάχιστη τιμή ενέργειας κρούσης εγκοπής του υλικού συγκόλλησης, θα είναι είτε ίσες είτε καλύτερες των αντιστοιχών τιμών που καθορίζονται για την κατηγορία του συγκολλημένου χάλυβα.

11.4. Το αλουμίνιο

Η χρήση του αλουμινίου σήμερα στα θερμοκήπια έχει γενικευθεί ιδιαίτερα στην κατασκευή των λεπτών σκελετικών στοιχείων, καθώς και των υδρορροών.

Η χρήση του αλουμινίου παρουσιάζει ορισμένα πλεονεκτήματα έναντι των άλλων μετάλλων και του ξύλου:

- Είναι ανθεκτικό στην επιφανειακή διάβρωση και δεν έχει ανάγκη σχεδόν καθόλου συντήρησης.
- Οι διατομές των διαφόρων στοιχείων είναι μικρότερες, γεγονός που αν συνδυασθεί με το μικρό ειδικό βάρος, δίνει πολύ μικρού βάρους κατασκευή. Επομένως η κατασκευή αυτή απαιτεί επίσης μικρότερης διατομής φέροντα στοιχεία ή παρέχει τη δυνατότητα χρησιμοποίησης λιγότερων τέτοιων στοιχείων. Το γεγονός αυτό έχει σαν συνέπεια τη μειωμένη σκίαση του θερμοκηπίου και την επίτευξη μεγαλύτερων ανοιγμάτων από στύλο σε στύλο.
- Τα διάφορα στοιχεία, επειδή διαμορφώνονται με εξώθηση, μπορούν να κατασκευασθούν σε πολύπλοκες διατομές, ικανές να δώσουν καλή στεγανότητα και αποκομιδή του νερού της συμπύκνωσης.
- Προσφέρεται πολύ για την κατασκευή των ανοιγμάτων εξαερισμού, γιατί δίνει ελαφρότερα πλαίσια που δεν δημιουργούν προβλήματα λειτουργίας.

Στις συνήθεις περιπτώσεις υαλόφρακτων θερμοκηπίων για οικονομικούς λόγους το αλουμίνιο χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τον χάλυβα. Από αλουμίνιο κατασκευάζονται τα λεπτά στοιχεία του σκελετού, πάνω στα οποία τοποθετούνται οι υαλοπίνακες, ενώ από χάλυβα κατασκευάζονται τα στοιχεία που σχηματίζουν το βασικό σκελετό του.

Το αλουμίνιο, ιδιαίτερα το ανοδιωμένο, δεν διαβρώνεται από την ατμόσφαιρα του θερμοκηπίου και δεν απαιτεί βαφή. Στα σημεία όμως που ευρίσκεται σ' επαφή με τον σίδηρο, θα πρέπει να γίνει ειδική προστασία, ώστε ν' αποφευχθεί η ηλεκτρολυτική διάβρωση. Στα σημεία ενώσεως επομένως με όλα τα χαλύβδινα στοιχεία, παρεμβάλλεται συνήθως πισσόχαρτο. Επίσης μέσα στο σκυρόδεμα διαβρώνεται, γι' αυτό πρέπει να προστατεύεται με βαφή πίσσας.

Στην κατασκευή των λεπτών στοιχείων του σκελετού του θερμοκηπίου χρησιμοποιούνται ειδικές διατομές αλουμινίου. Λόγω της υψηλής θερμικής αγωγιμότητας ($\lambda = 233 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$), το αλουμίνιο δημιουργεί θερμικές γέφυρες όπου συμπυκνώνεται η υγρασία, για αυτό πρέπει να προβλεφθεί ειδική διατομή στα διάφορα τεμάχια, ώστε να οδηγείται η υγρασία που συμπυκνώνεται στην περιφέρεια του θερμοκηπίου.

Οι μηχανικές ιδιότητες των διατομών αλουμινίου (extruded), καθορίζονται σύμφωνα με τον Ευροκόδικα 9.

Σύμφωνα με τις Ολλανδικές προδιαγραφές, η διασταλτικότητα μετά από σπάσιμο πρέπει να είναι τουλάχιστον 8 %. Η τιμή υπολογισμού της τάσης παραμόρφωσης είναι 0,2 % του ορίου διασταλτικότητας του υλικού, αλλά το πολύ 70 % της ελάχιστης δύναμης έλξης. Η τιμή υπολογισμού της τάσης παραμόρφωσης είναι το πολύ 100 N/mm² και συνήθως δίδεται από τους κατασκευαστές του αλουμινίου.

Προτεινόμενη Βιβλιογραφία

1. EN13031-1. Greenhouses-Design and construction - Part 1: Commercial production Greenhouses, CEN/TC284, December 2001.
2. EN 1990. Eurocode 0 – Basis of structural design, CEN, April 2002.
3. EN 1991. Eurocode 1: Actions on structures, General actions. Part 1-1: Densities, self-weight, imposed loads for buildings, CEN, April 2002, Part 1-3: Snow loads, CEN, July 2003, Part 1-4: Wind actions, CEN, April 2005, Part 1-5: Thermal actions, CEN, Nov. 2003.
4. Θεοχάρης, Μ., 2000. Η εφαρμογή των Ευρωκώδικων στη μελέτη των Ελληνικών θερμοκηπίων, Μεταπτ. Διατρ., Τμ. Γεωπ. Φυτ. και Ζωικ. Παρ/γής Παν/μίου Θεσσαλίας, Βόλος, Μάρτ. 2000, σελ. 215.
5. Θεοχάρης, Μ., 2000. Η ανεμοφόρτιση των θερμοκηπιακών κατασκευών σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες, Πρακτ. 2ου Πανελλ. Συν. Γεωργ. Μηχαν., σελ. 406-414, Βόλος, Σεπτ. 2000.
6. Θεοχάρης, Μ., 2003. Η Χιονοφόρτιση των θερμοκηπιακών κατασκευών σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες, Πρακτ. 3ου Πανελλ. Συν. Γεωργ. Μηχαν., σελ.337-344, Θεσ/νίκη, Μαΐος 2003.
7. Θεοχάρης Μ.: " Γεωργικές Κατασκευές", Άρτα 2000
8. Θεοχάρης Μ.: " Γεωργικές Κατασκευές, Εργαστηριακές Ασκήσεις", Άρτα 2000
9. Θεοχάρης Μ.: " Θερμοκηπιακές Κατασκευές", Άρτα 2000
10. Ιωαννίδης Π. " Οι στέγες στην Οικοδομή " , Αθήνα 1986
11. Αναστασόπουλος Α.: "Γεωργικές Κατασκευές" Αθήνα 1993
12. Beton Kalender 1984: Τόμοι 1 και 2. Μετάφραση στα Ελληνικά , Εκδότης Μ. Γκιούρδας.
13. Βαγιανός Ι. : "Πρακτική των Θερμοκηπίων και των Σηράγγων "
14. Γεωργακάκης Δ. : "Στοιχεία Ρύθμισης Περιβάλλοντος και Σχεδιασμού Αγροτικών Κατασκευών " , Αθήνα 1992
15. Γραφιαδέλλης Μ : "Σύγχρονα Θερμοκήπια" Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη 1980.
16. Δεϊμέζης Α : " Γενική Δομική " , Τόμοι Ι , ΙΙ , Αθήνα 1992
17. Δούκας Σ. : " Οικοδομική", Αθήνα 1994
18. Ευσταθιάδης Α. : " Θερμοκήπια Στοιχεία Κατασκευής, Λειτουργίας και Καλλιέργειας"
19. Μαυρογιαννόπουλος Γ. : " Θερμοκήπια " , Εκδοση Γ' , Αθήνα 2001
- Μπουρνιά Ε. : "Αγροτικά Κτίρια " , Έκδοση Ο.Ε.Δ.Β. , Αθήνα 1995

Σημείωμα Αναφοράς

Θεοχάρης Μενέλαος, (2015). Γεωργικές και Θερμοκηπιακές Κατασκευές (Θεωρία). ΤΕΙ Ηπείρου. Διαθέσιμο από:

<http://eclass.teiep.gr/courses/TEXG109/>

Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά Δημιουργού-Μη Εμπορική Χρήση-Όχι Παράγωγα Έργα 4.0 Διεθνές [1] ή μεταγενέστερη. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, Διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.el>



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Επεξεργασία: Δημήτριος Κατέρης

Άρτα, 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
Πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ