

## 1.1 Γενικά

Το ξύλο είναι ένα ελαφρό υλικό με σημαντική αντοχή. Το φαινόμενο βάρος του ξύλου κυμαίνεται από  $1 \text{ kN/m}^3$  (μπάλας) μέχρι  $13 \text{ kN/m}^3$  (σιδερόξυλο). Η τάξη μεγέθους της αντοχής σε θλίψη της συνήθους δομικής ξυλείας είναι 40 - 60 MPa και περίπου τόση είναι και η αντοχή της σε εφελκυσμό, για φόρτιση κατά τη διεύθυνση των ινών. Η τελευταία διάκριση για τη διεύθυνση φορτίσεως υπενθυμίζει ότι το ξύλο είναι ένα ανισότροπο υλικό, γεγονός που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη σε όλες τις φάσεις της κατεργασίας και της χρήσης του, από την κοπή και την αποθήκευση ως τον σχεδιασμό και την κατασκευή.

Στον πίν. 1.1 καταγράφονται μερικά χαρακτηριστικά μεγέθη, εκφρασμένα σε στρογγυλούς αριθμούς, που βοηθούν στη σύγκριση του ξύλου με τα άλλα δύο πιο διαδεδομένα δομικά υλικά, τον χάλυβα και το σκυρόδεμα. Φυσικά, για την τελική επιλογή του υλικού πρέπει να ληφθούν υπόψη οι οικονομικοί όροι και, ακόμη, παράγοντες όπως η διαθέσιμη τεχνική εμπειρία, η ευαισθησία στις επιρροές του συγκεκριμένου περιβάλλοντος, η συντήρηση, η εμφάνιση, οι προτιμήσεις του κυρίου (ή της κυρίας) του έργου, κτλ.

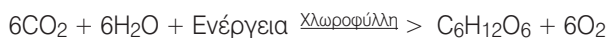
**Πίν. 1.1** Σύγκριση ιδιοτήτων ξύλου, χάλυβα, σκυροδέματος.

| Μέγεθος                             | Ξύλο | Χάλυβας | Σκυρόδεμα |
|-------------------------------------|------|---------|-----------|
| Φαινόμενο βάρος ( $\text{kN/m}^3$ ) | 5    | 79      | 25        |
| Μέτρο ελαστικότητας // ίνες (GPa)   | 10   | 210     | 30        |
| » » $\perp$ »                       | 0,5  |         |           |
| Θλιπτική αντοχή $f_{cd}$ (MPa)      | 10 ↗ | 220 ↗   | 10 ↗      |
| $f_{cd}$ / φαινόμενο βάρος (m)      | 2000 | 2800    | 400       |
| $f_{cd}$ / $f_{td}$                 | 1    | 1       | 0 (0,1)   |

## 1.2 Το δέντρο

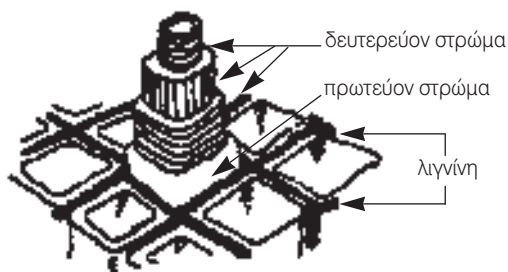
Χημικώς το ξύλο συντίθεται από υδατάνθρακες. Οι οργανικές ενώσεις αποτελούν το 99% του ξύλου. Σε ελάχιστες ποσότητες υπάρχουν άλλα στοιχεία και ενώσεις, όπως άζωτο, μέταλλα, θείο, πυρίτιο, τοξικές ενώσεις. Σε ορισμένα είδη ξύλων (κυρίως τα τροπικά) αυτά τα συστατικά προσδίδουν στο υλικό ιδιαίτερες ιδιότητες, όπως αυξημένη σκληρότητα, ασυνήθιστο χρώμα, μεγάλο ειδικό βάρος, ιδιαίτερη οσμή, ανθεκτικότητα στις προσβολές εντόμων και τη σήψη, κτλ.

Το δέντρο παίρνει το υδρογόνο και το οξυγόνο από το έδαφος με τη μορφή του νερού, το οποίο αποτελεί και το κύριο συστατικό του χυμού, ενώ ο άνθρακας λαμβάνεται από το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας με τη φωτοσύνθεση. Υπενθυμίζεται εδώ η χημική εξίσωση της φωτοσύνθεσης και σημειώνεται ότι το οξυγόνο που εκλύεται κατά τη φωτοσύνθεση προέρχεται από το νερό και όχι από το διοξείδιο του άνθρακα:



Ο άνθρακας που προέρχεται από τη φωτοσύνθεση σχηματίζει φορμαλδεΰδη· αυτή μετατρέπεται σε σάκχαρο, το βασικό συστατικό της θρέψης του δέντρου, το οποίο κυκλοφορεί διαλυμένο μέσα στο χυμό και σχηματίζει — μέσω δεσμών οξυγόνου — αλυσίδες κυτταρίνης, το υλικό του σκληρού σκελετού του δέντρου. Η κυτταρίνη αποτελεί τα 2/3 περίπου αυτού του σκελετού. Οι αλυσίδες της κυτταρίνης έχουν μήκος αρκετές εκατοντάδες μόρια σακχάρου.

Ένα ξυλώδες κύτταρο (ίνα) είναι κούφιο, επίμηκες κατά τη διεύθυνση του άξονα του κορμού, και σχηματίζεται σιγά-σιγά, με την εναπόθεση ανοιχτών αλυσίδων κυτταρίνης. Υπάρχουν διάφορων μορφών κύτταρα: Το κύτταρο ενός κωνοφόρου έχει μήκος 3 ÷ 5 mm και πλάτος περίπου 0,04 mm· το κύτταρο ενός πλατύφυλλου είναι κοντότερο, με μήκος περίπου 1 mm.



Σχ. 1.1 Η κυτταρική δομή του ξύλου.

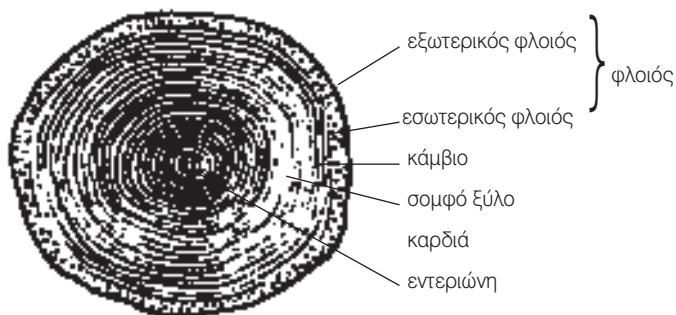
Το τοίχωμα των κυττάρων αποτελείται από το πρωτεύον (εξωτερικό) στρώμα, που σχηματίζεται πρώτο, και το δευτερεύον (εσωτερικό) στρώμα, το οποίο εξασφαλίζει το μεγαλύτερο μέρος της αντοχής του ξύλου (σχ. 1.1). Το δευτερεύον στρώμα αποτελείται από τρεις ομόκεντρες στιβάδες: δύο λεπτές ακραίες και μια παχύτερη μεσαία.

Οι στιβάδες των τοιχωμάτων αποτελούνται από έναν προσανατολισμένο ιστό κυτταρίνης, με πολύ υψηλή εφελκυστική αντοχή, ο οποίος συγκολλάται και οπλίζει τη μάζα μιας κολλώδους ουσίας, της λιγνίνης. Η λιγνίνη δεν είναι υδατάνθρακας αλλά ουσία αρωματικής συστάσεως, η οποία διαφοροποιείται ανάλογα με το είδος του δέντρου. Η κυτταρίνη και η λιγνίνη αποτελούν, ανάλογα με το είδος του δέντρου, το 70 έως 90 % του ξυλώδους ιστού.

Ιδιαίτερως ενδιαφέρουσα είναι η παρατήρηση ότι οι τρεις στιβάδες του δευτερεύοντος στρώματος διατάσσονται κατά σειρά, με τις μικροϊνες της κυτταρίνης κάθετες-παράλληλες-κάθετες προς τη διεύθυνση του άξονα του κυτταρικού στοιχείου (σχ. 1.1). Αυτή η μορφολογία αντικολλητής ξυλείας (κόντρα-πλακέ) εξασφαλίζει αυξημένη αντοχή και ακαμψία στο κυτταρικό στοιχείο.

Το ξύλο αποτελείται από ίνες σωληνωτών κυττάρων, οι οποίες συνενώνονται μεταξύ τους με τη λιγνίνη σε δέσμες.

Τα τρία βασικά μέρη ενός κορμού, ο φλοιός, το ξύλο και η εντεριώνη, διακρίνονται αμέσως σε μια τομή· το τέταρτο, το κάμβιο, είναι ένα λεπτό στρώμα ζωντανών κυττάρων μεταξύ του φλοιού και του ξύλου. Ο κορμός ενός δέντρου απαρτίζεται από τα εξής στρώματα, από έξω προς τα μέσα, παχύτερα ή λεπτότερα ανάλογα με το είδος και την ηλικία του δέντρου (σχ. 1.2):



Σχ. 1.2 Τα στρώματα του κορμού ενός δέντρου.

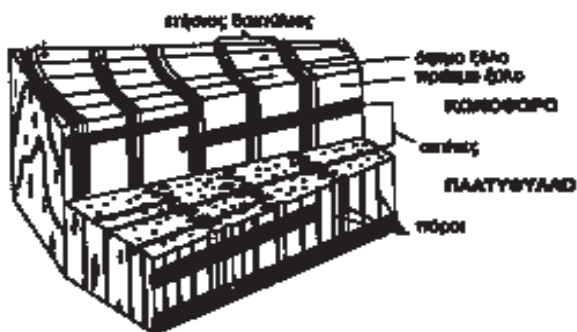
### α) Φλοιός

Είναι ο προστατευτικός μανδύας του δέντρου. Η μορφή του διαφέρει ανάλογα με το είδος του δέντρου. Αποτελείται εξωτερικώς από σκληρά φελλοποιημένα κύτταρα (εξωτερικός φλοιός) και εσωτερικώς από μια ζωντανή, λεπτότερη, χυμώδη στιβάδα, ανοιχτότερου χρώματος (εσωτερικός φλοιός), στην οποία αποθηκεύονται θρεπτικές ουσίες για να διοχετευθούν στο δέντρο. Βαθμιαία ο εσωτερικός φλοιός μετασχηματίζεται σε εξωτερικό, και αυτού φύλλα ή κομμάτια, ανάλογα με το δέντρο, πέφτουν στο έδαφος.

(Φλοιός: αρχαία Ελληνική λέξη, συγγ. φελλός, ρ. φλέω, ρίζα ΦΛΥ, ΦΛΥΔ, ιαπετική ρίζα \*bhel-, ρωσ. bolona, τσεχ. Blan: το ίδιο υλικό, οι ίδιες λέξεις).

### β) Κάμβιο και αυξητικοί δακτύλιοι

Είναι λεπτό αναπτυσσόμενο στρώμα που σχηματίζει τον εσωτερικό φλοιό, προς τα έξω, και το σομφό ξύλο, προς τα μέσα. Κάθε χρόνο το κάμβιο δημιουργεί τον «αυξητικό» ή «ετήσιο δακτύλιο», πάχους αρκετών κυττάρων. Τα πρώιμα κύτταρα του ετήσιου δακτυλίου, το «πρώιμο» ή «εαρινό ξύλο», είναι μεγαλύτερα και πιο λεπτότοιχα, επειδή μεταφέρουν μεγαλύτερη ποσότητα χυμών απ' όσο τα όψιμα κύτταρα, το «όψιμο» ή «θερινό ξύλο», του ίδιου δακτυλίου. Στα πλατύφυλλα δέντρα (βλ. 1.3) το όψιμο ξύλο έχει πόρους, που διακρίνονται με φακό και κάποτε με το μάτι. Οι προηγούμενες διαφορές της δομής εκφράζονται με αντίστοιχες διαφορές πάχους, χρώματος, πυκνότητας και σκληρότητας, μεταξύ πρώιμης (παχύτερη, ανοιχτότερη και μαλακότερη) και όψιμης (σκουρότερη και σκληρότερη) στιβάδας του ετήσιου δακτυλίου. Η αντίστοιχη εναλλαγή χρωμάτων στους δακτυλίους τούς καθιστά διακριτούς, επιτρέποντας και την ανάγνωση της ηλικίας του κορμού (σχ. 1.3).



Σχ. 1.3 Τυπική μορφολογία του ξύλου κωνοφόρων και πλατύφυλλων.

Ο λόγος των πυκνοτήτων όψιμου και πρώιμου ξύλου μπορεί να φτάσει το 3:1. Το πάχος των ετήσιων δακτυλίων καθορίζεται κυρίως από το πάχος της στιβάδας του πρώιμου ξύλου. Έτσι, στα περισσότερα κωνοφόρα (βλ. 1.3) η πυκνότητα του ξύλου μειώνεται με την αύξηση του πάχους των ετήσιων δακτυλίων. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο το πάχος των ετήσιων δακτυλίων περιλαμβάνεται συχνά στα κριτήρια της οπτικής ταξινομήσεως της δομικής ξυλείας (βλ. Κεφ. 2)· καθώς όμως η πυκνότητα του ετήσιου δακτυλίου εξαρτάται από το έδαφος, τις κλιματικές συνθήκες και την εφαρμοζόμενη δενδροκαλλιέργεια, το κριτήριο αυτό είναι επισφαλές και πρέπει να εφαρμόζεται με ιδιαίτερη προσοχή.

(Κάμβιο: από το Λατ. *p. cambire* = αλλάζω)

### γ) Ξύλο

Είναι το μέρος του δέντρου μεταξύ φλοιού και εντεριώνης. Διακρίνεται σε «σομφό ξύλο», το οποίο, καθώς γερνά, μετατρέπεται προς «εγκάρδιο ξύλο». Στα περισσότερα δέντρα το ξύλο παρουσιάζει «ακτίνες» από την εντεριώνη προς τα έξω, ενώ σε αρκετά κωνοφόρα εμφανίζονται ορατοί θύλακες ρητίνης.

#### Σομφό ξύλο

(Σομφός=σπογγώδης, πορώδης, αγγλ. *sapwood*, *sap*=χυμός)

Περιέχει κύτταρα μέσω των οποίων μεταφέρεται το νερό και οι διαλυμένες ουσίες από τις ρίζες στα φύλλα, και σ' αυτά αποθηκεύονται τα θρεπτικά συστατικά μετά τη φωτοσύνθεση. Είναι μαλακότερο και συνήθως πιο ανοιχτόχρωμο από το επόμενο στρώμα, προς το οποίο μετασχηματίζεται βαθμιαία.

Από πλευράς συντηρήσεως, το σομφό ξύλο είναι προτιμότερο από το εγκάρδιο, επειδή το τελευταίο εμποτίζεται δυσκολότερα, σε μερικά δε είδη (π.χ. πεύκη) είναι πρακτικώς αδιαπέραστο.

#### Εγκάρδιο ξύλο ή Καρδιά

Είναι το αδρανές, σκληρότερο και συνήθως σκουρότερο στρώμα, μέσα από το σομφό ξύλο. Σκουρότερο εγκάρδιο από το σομφό έχουν η πεύκη, το κυπαρίσσι, η δρυς, η καστανιά, η καρυδιά, ο κέδρος, η πευλιά, κ.ά. Αποτελεί το κύριο φέρον τμήμα του δέντρου. Αυξάνεται με την ηλικία του δέντρου, αλλά το ποσοστό του στη διατομή του κορμού διαφοροποιείται, ανάλογα με το είδος του δέντρου. Το εγκάρδιο ξύλο ενός κορμού δίνει την καλύτερη ποιότητα ξυλείας. Σημειώνεται πάντως ότι, ιδίως στα κωνοφόρα,

οι πρώτοι 5 έως 20 ετήσιοι δακτύλιοι, το «νεανικό ξύλο», παρουσιάζουν χαμηλότερες μηχανικές ιδιότητες από τους επόμενους, εξωτερικούς, δακτυλίους. Έτσι, το εγκάρδιο ξύλο μικρής ηλικίας δέντρων ταχείας αναπτύξεως, το οποίο έχει μεγάλο ποσοστό νεανικού ξύλου, μπορεί να έχει χαμηλότερες μηχανικές ιδιότητες από το σομφό ξύλο του κορμού.

#### δ) Εντεριώνη

Είναι ο κεντρικός πυρήνας του δέντρου, γύρω από τον οποίο αναπτύσσονται οι ετήσιοι δακτύλιοι. Το σχήμα, το μέγεθος και το χρώμα της αλλάζουν ανάλογα με το είδος του δέντρου. Στα κωνοφόρα είναι κυκλική, μικρή και σκούρα ενώ στα πλατύφυλλα έχει διάφορα σχήματα: αστεροειδής στην δρυ, τριγωνική στην οξιά, κυκλική στην καρυδιά, κτλ.

Ο παραπάνω τρόπος αναπτύξεως αφορά στην «εξωγενή» ξυλεία, κατηγορία στην οποία υπάγονται όλοι σχεδόν οι τύποι δομικής ξυλείας. Στην «ενδογενή» ξυλεία δεν διακρίνονται δακτύλιοι αναπτύξεως του κορμού (π.χ. φοινικοειδή).

Επειδή οι χυμοί που κυκλοφορούν στο δέντρο είναι πολύ μειωμένοι το φθινόπωρο και τον χειμώνα, τότε συνιστάται και η υλοτόμηση, ώστε το δέντρο που κόβεται να περιέχει όσο το δυνατόν λιγότερο νερό, άρα να υφίσταται μικρότερες παραμορφώσεις (σκέβρωμα) κατά τη συστολή ξηράνσεως. Ακόμη, πανάρχαιη πρακτική συνιστά η υλοτόμηση να γίνεται κατά το τελευταίο μισό του σεληνιακού κύκλου, συνδέοντας την περίοδο αυτή με μείωση των χυμών του δέντρου. Τη σύσταση αυτή καταγράφει ήδη ο Βιτρούβιος (1ος αι. π.Χ., *De Architectura*, Βιβλίο 2, Κεφ. 9) και αντιγράφει ο Andrea Palladio (1518-1589) στο Πρώτο Βιβλίο της *Αρχιτεκτονικής*.



Κωνοφόρο



Πλατύφυλλο

Σχ. 1.4 Τυπική μορφή κωνοφόρων και πλατύφυλλων δέντρων.