

ΕΥΛΕΙΑ

Δρ Ουρανία Τσιούλου

# ΕΥΛΕΙΑ

## Metropol Parasol in Seville, Spain



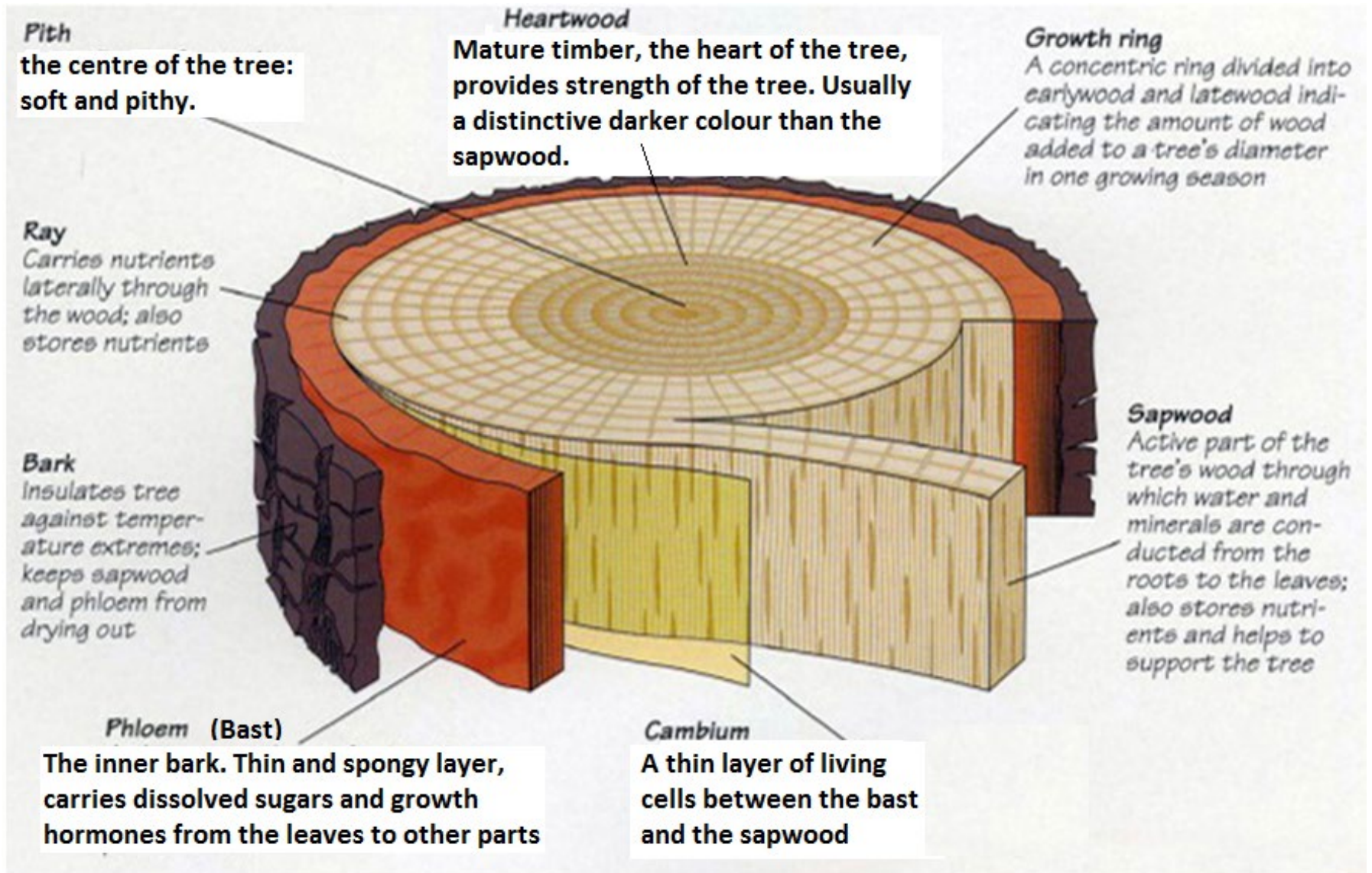
[inhabitat.com](http://inhabitat.com)



[inhabitat.com](http://inhabitat.com)

-150 by 70 m  
-height of 26 metres

# Διατομή κορμού δέντρου





## Μαλακ'η και σκληρή ξυλεία

**Το μαλακό ξύλο** είναι ξύλο από γυμνόσπερμα δέντρα όπως τα κωνοφόρα. Η μαλακή ξυλεία είναι η πηγή περίπου του 80% της παγκόσμιας παραγωγής ξυλείας.

### Παραδείγματα:

- Πεύκο
- Έλατο
- Κέδρος
- Ερυθρελάτη

### Χαρακτηριστικά:

- Συνήθως πιο **ελαφριά** και **ευκολοδουλεύτερη** ξυλεία
- Τα δέντρα μεγαλώνουν γρήγορα → **φθηνότερη** ξυλεία
- Χρησιμοποιείται σε κατασκευές, ξυλοτεχνίες, χαρτοβιομηχανία



Κέντρα παραγωγής είναι η περιοχή της Βαλτικής (συμπεριλαμβανομένης της Σκανδιναβίας και της Ρωσίας) και η Βόρεια Αμερική

**Το σκληρό ξύλο** είναι ξύλο από πλατύφυλλα δέντρα (αγγειόσπερμα)

**Παραδείγματα:**

- Δρυς (βελανιδιά)
- Οξιά
- Καρυδιά
- Σφένδαμος
- Τικ

**Χαρακτηριστικά:**

- Συνήθως πιο **πυκνή, σκληρή** και **ανθεκτική** ξυλεία
- Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και υψηλότερη αντοχή
- Χρησιμοποιείται σε πατώματα, έπιπλα, διακόσμηση



No higher resolution available.

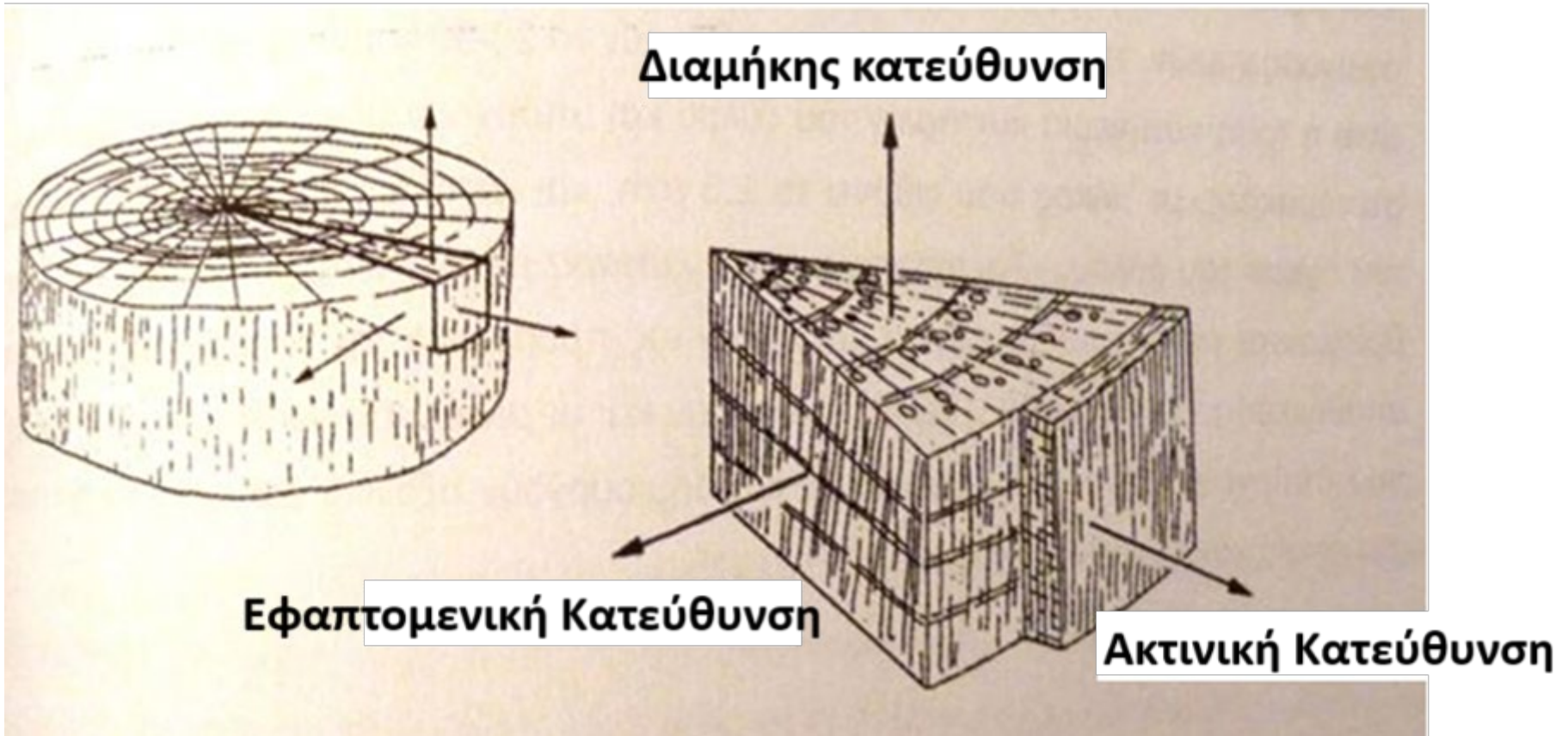
➤ Τα σκληρά ξύλα δεν είναι απαραίτητα πιο σκληρά από τα μαλακά ξύλα.

➤ Και στις δύο ομάδες υπάρχει διακύμανση στην πραγματική σκληρότητα του ξύλου.

➤ Το ξύλο, αντί να είναι ένα σχετικά συμπαγές υλικό όπως ο χάλυβας ή το σκυρόδεμα, αποτελείται βασικά από πολλές σωληνοειδείς ίνες

Πολλές ιδιότητες του ξύλου σχετίζονται άμεσα με τη δομή του

# Τρεις κύριες κατευθύνσεις



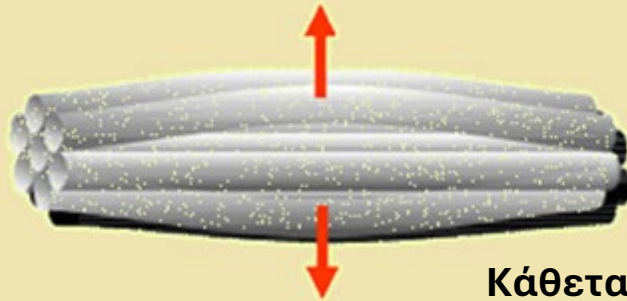
Διαμήκης: Παράλληλη προς τον άξονα του κορμού.

Ακτινική: Κατεύθυνση **από το κέντρο προς τον φλοιό**, δηλαδή κάθετη στους δακτυλίους ανάπτυξης.

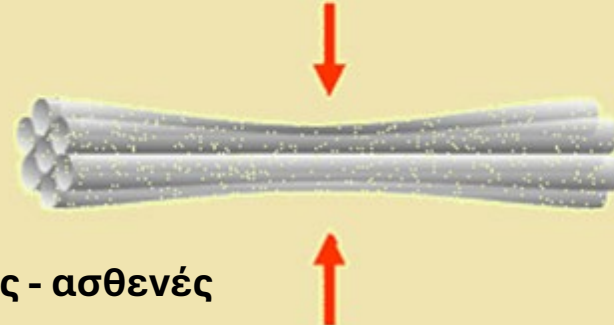
Εφαπτομενική: Κατεύθυνση **παράλληλη στους δακτυλίους ανάπτυξης** και κάθετη στην ακτινική.



Παράλληλα στις ίνες - ισχυρό



Κάθετα στις ίνες - ασθενές





## Πυκνότητα

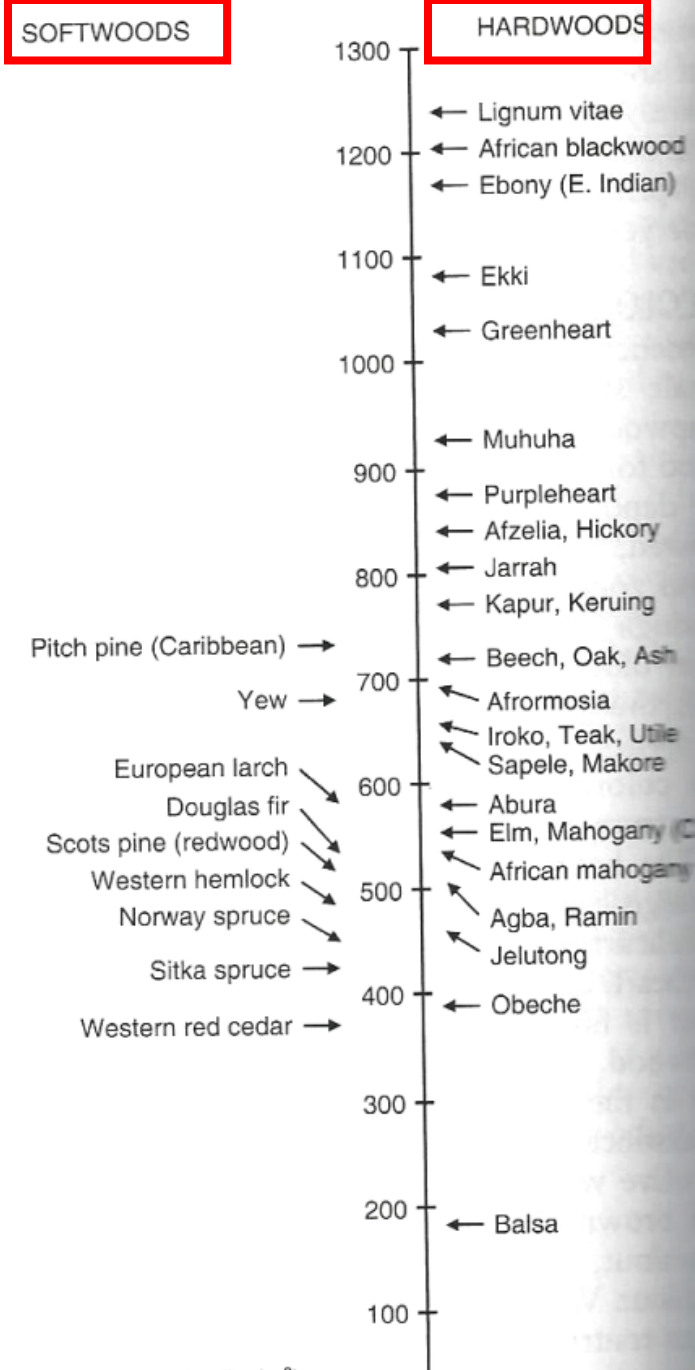
επηρεάζεται από το πάχος των κυττάρων

120-1200 kg/m<sup>3</sup>

- επηρεάζεται από την υγρασία

Ως πυκνότητα αναφέρεται περιεκτικότητα σε υγρασία ίση με **12%**

Peter Domone & John Illston, 4<sup>th</sup> Edition,  
'Construction Materials – Their Nature and behaviour '



(© Building Research Establishment)

# Πυκνότητα

➤ Οι τιμές πυκνότητας εκτιμώνται για περιεκτικότητα σε υγρασία **12%**

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Οι τιμές πυκνότητας για διαφορετική περιεκτικότητα σε υγρασία μπορεί να εκτιμηθεί αν γνωρίζουμε την ογκομετρική διαστολή

$$m_{\mu} = m_o (1 + 0.01\mu)$$

Μάζα ξυλείας σε  
περιεκτικότητα υγρασίας  $\mu$

Μάζα ξυλείας σε μηδενική υγρασία

Περιεκτικότητα σε υγρασία %

# Πυκνότητα

$$v_{\mu} = v_o (1 + 0.01 s_v)$$

Όγκος ξυλείας σε  
περιεκτικότητα υγρασίας  $\mu$

Όγκος ξυλείας σε  
μηδενική περιεκτικότητα υγρασίας

Ογκομετρική συρρίκνωση/  
διόγκωση %

Πυκνότητα  $\rho = \frac{m}{v}$

$$\rho_{\mu} = \frac{m_{\mu}}{v_{\mu}} = \frac{m_o(1 + 0.01\mu)}{v_o(1 + 0.01s_v)} = \rho_o \frac{(1 + 0.01\mu)}{(1 + 0.01s_v)}$$

Κατά προσέγγιση κανόνας:

Η πυκνότητα αυξάνεται κατά **0.5%** για **1%** αύξηση της υγρασίας



# Περιεκτικότητα της ξυλείας σε υγρασία ( $\mu$ )

$$\mu = \frac{m_{init} - m_{od}}{m_{od}} \times 100$$

$m_{init}$  Αρχική μάζα δείγματος ξυλείας

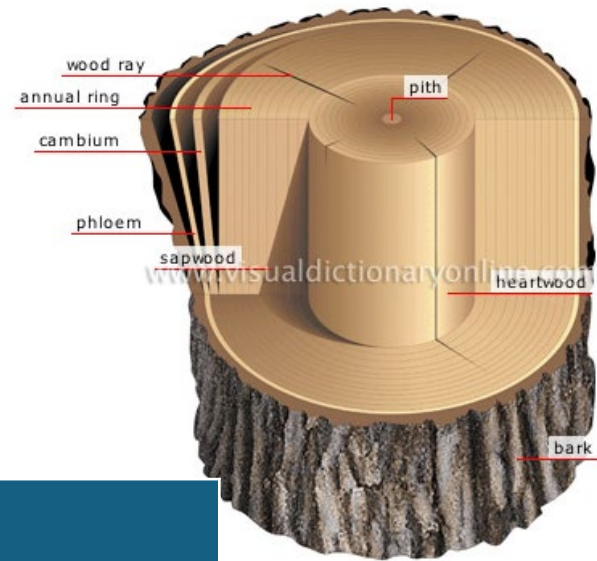
$m_{od}$  Μάζα ξυλείας μετά από ξήρανση στους 105o C  
(όλο το νερό έχει αφαιρεθεί)

# «Πράσινη» ξυλεία – Ζωντανό δέντρο

➤ Η υγρασία του πράσινου ξύλου είναι υψηλή(60-200 %)

(Υπάρχει νερό όχι μόνο στην κυτταρική κοιλότητα αλλά και μέσα στο κυτταρικό τοίχωμα)





| Botanical name        | Moisture content % |         |
|-----------------------|--------------------|---------|
|                       | Heartwood          | Sapwood |
| <b>Hardwoods</b>      |                    |         |
| Betula lutea          | 64                 | 68      |
| Fagus grandifolia     | 58                 | 79      |
| Ulmus americana       | 92                 | 84      |
| <b>Softwoods</b>      |                    |         |
| Pseudotsuga menziesii | 40                 | 116     |
| Tsuga heterophylla    | 93                 | 167     |
| Picea sitchensis      | 50                 | 131     |

### Softwoods:

Moisture content in **sapwood** almost **twice** the moisture content of **heartwood**

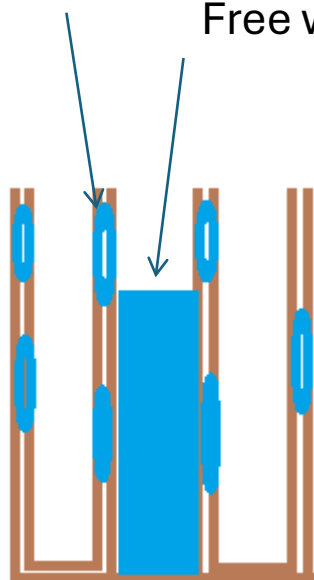
# Επίδραση υγρασίας

## Σημείο κορεσμού (FSP)

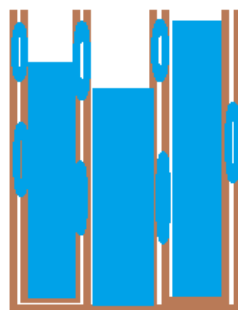
Το σημείο κορεσμού (FSP) είναι η περιεκτικότητα σε υγρασία στην οποία αφαιρείται όλο το ελεύθερο νερό - οι κυτταρικές κοιλότητες είναι κενές - αλλά τα κυτταρικά τοιχώματα εξακολουθούν να είναι πλήρως κορεσμένα.

Boundary water

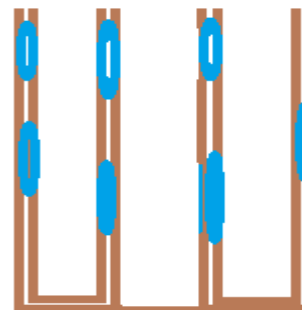
Free water



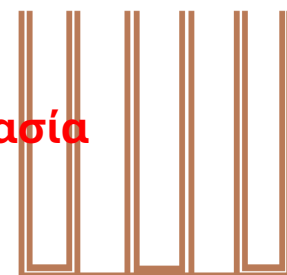
Above FSP



At FSP



Below FSP



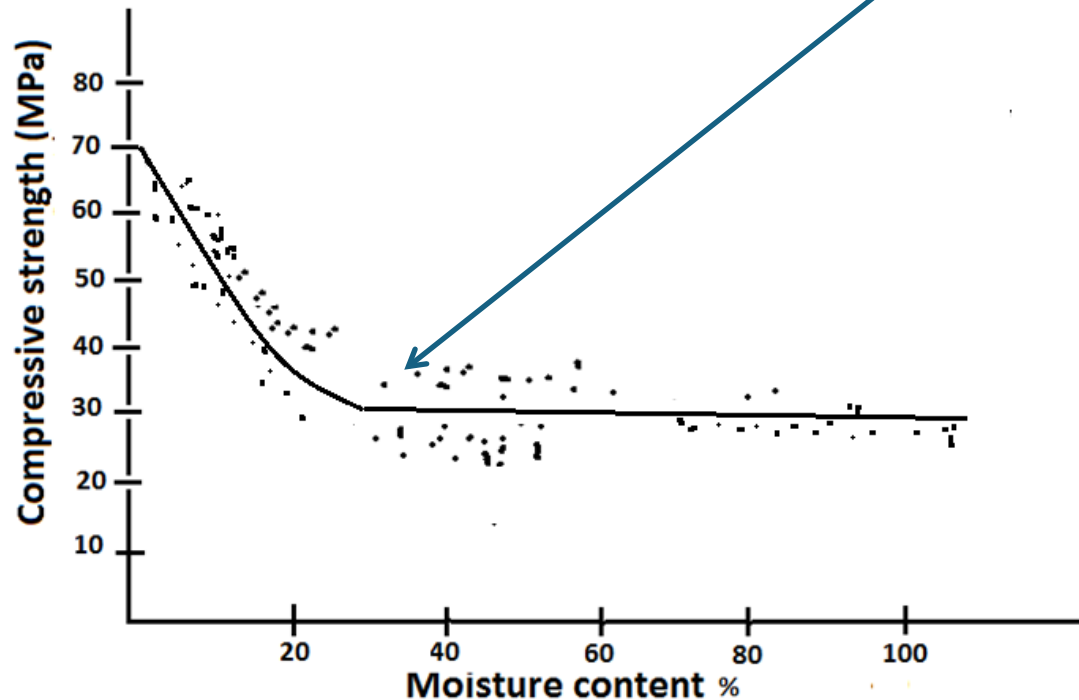
Διαφέρει ανάλογα με την ξυλεία  
αλλά μπορεί να θεωρηθεί 28% περιεκτικότητα σε υγρασία

# Επίδραση υγρασίας

➤ Μειωμένη αντοχή σε θλίψη υπό υψηλή υγρασία

**σημείο κορεσμού (FSP)**

**Fiber saturation point:  
28% Moisture content**



High moisture (above 20%) - Fungi attack can cause a great damage



# Αφαίρεση υγρασίας - Ξήρανση

**Ξήρανση στον αέρα:** η ξήρανση της ξυλείας με την έκθεσή της στον αέρα.

- Ο ρυθμός ξήρανσης εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες και από την κίνηση του αέρα (έκθεση στον άνεμο).
- Η ελάχιστη περιεκτικότητα σε υγρασία που μπορεί να επιτευχθεί καθορίζεται από τη χαμηλότερη σχετική υγρασία του καλοκαιριού



# Ξήρανση σε κλίβανο:

Μια μέθοδος για την επιτάχυνση της ξήρανσης τοποθετώντας την ξυλεία σε ξηραντήριο



- Ελεγχόμενη θερμοκρασία & υγρασία
- Σχεδόν όλη η εμπορική ξυλεία του κόσμου αποξηραίνεται σε βιομηχανικούς κλιβάνους.
- Οι χρόνοι στεγνώματος είναι σημαντικά μικρότεροι στη συμβατική ξήρανση σε κλίβανο
  - -Η ξήρανση του μαλακού ξύλου μπορεί να επιτευχθεί σε 4-7 ημέρες
  - - Το στέγνωμα του σκληρού ξύλου διαρκεί τρεις φορές περισσότερο από το μαλακό ξύλο

# Ηλιακοί Κλίβανοι

- Χαμηλό κόστος λειτουργίας.
- Χαμηλές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.
- Χαμηλή ταχύτητα

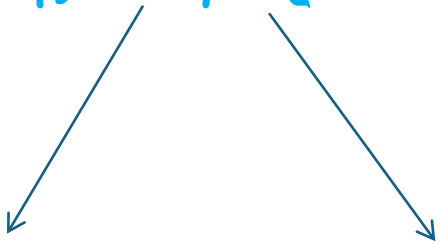


# Παραμορφώσεις – Αλλαγές λόγω υγρασίας

Συστολή Ξήρανσης:

Η μείωση των διαστάσεων λόγω απώλειας υγρασίας

Διαμήκης < Εγκάρσια



ακτινική συρρίκνωση ~ 60 - 70 % εφαπτομενική συρρίκνωση

| Botanical name     | Commercial name | Transverse |        | Longitudinal |
|--------------------|-----------------|------------|--------|--------------|
|                    |                 | Tangential | Radial |              |
| Chrophora excelsa  | Iroko           | 2.0        | 1.5    | <0.1         |
| Tectona grandis    | Teak            | 2.5        | 1.5    | <0.1         |
| Pinus strobus      | Yellow pine     | 3.5        | 1.5    | <0.1         |
| Picea abies        | White wood      | 4.0        | 2.0    | <0.1         |
| Pinus sylvestris   | Redwood         | 4.5        | 3.0    | <0.1         |
| Tsuga heterophylla | Western hemlock | 5.0        | 3.0    | <0.1         |
| Quercus robur      | European oak    | 7.5        | 4.0    | <0.1         |
| Fagus sylvatica    | European beech  | 9.5        | 4.5    | <0.1         |

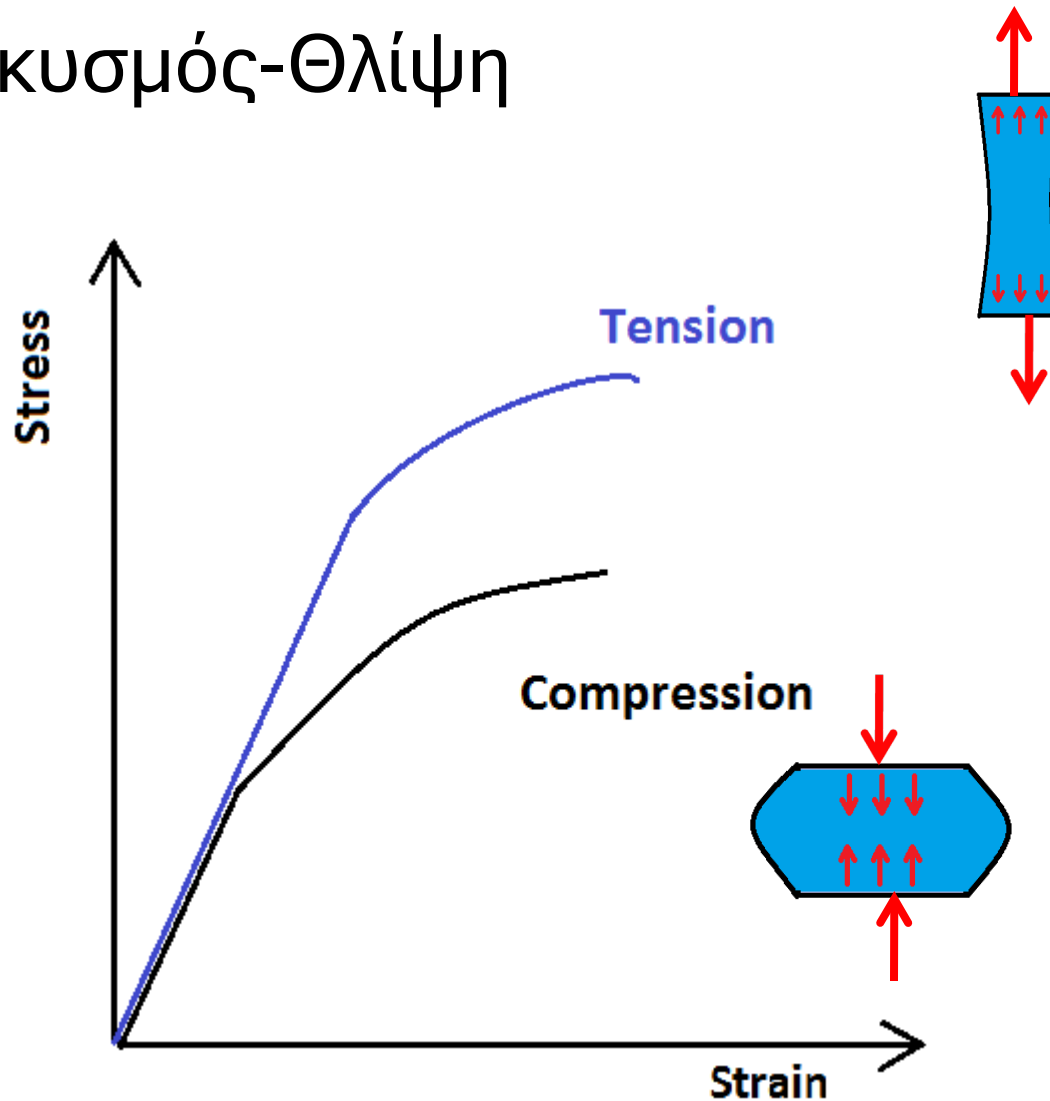
# Θερμική διαστολή

| Timber                          | Coefficient of thermal expansion<br>( $\times 10^{-6}$ ) |            |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------|------------|
|                                 | Longitudinal                                             | Transverse |
| Picea abies (Whitewood)         | 5.41                                                     | 34.1       |
| Pinus strobus<br>(Yellow pine)  | 4.00                                                     | 72.7       |
| Quercus robur<br>(European oak) | 4.92                                                     | 54.4       |

Transverse > Longitudinal expansion

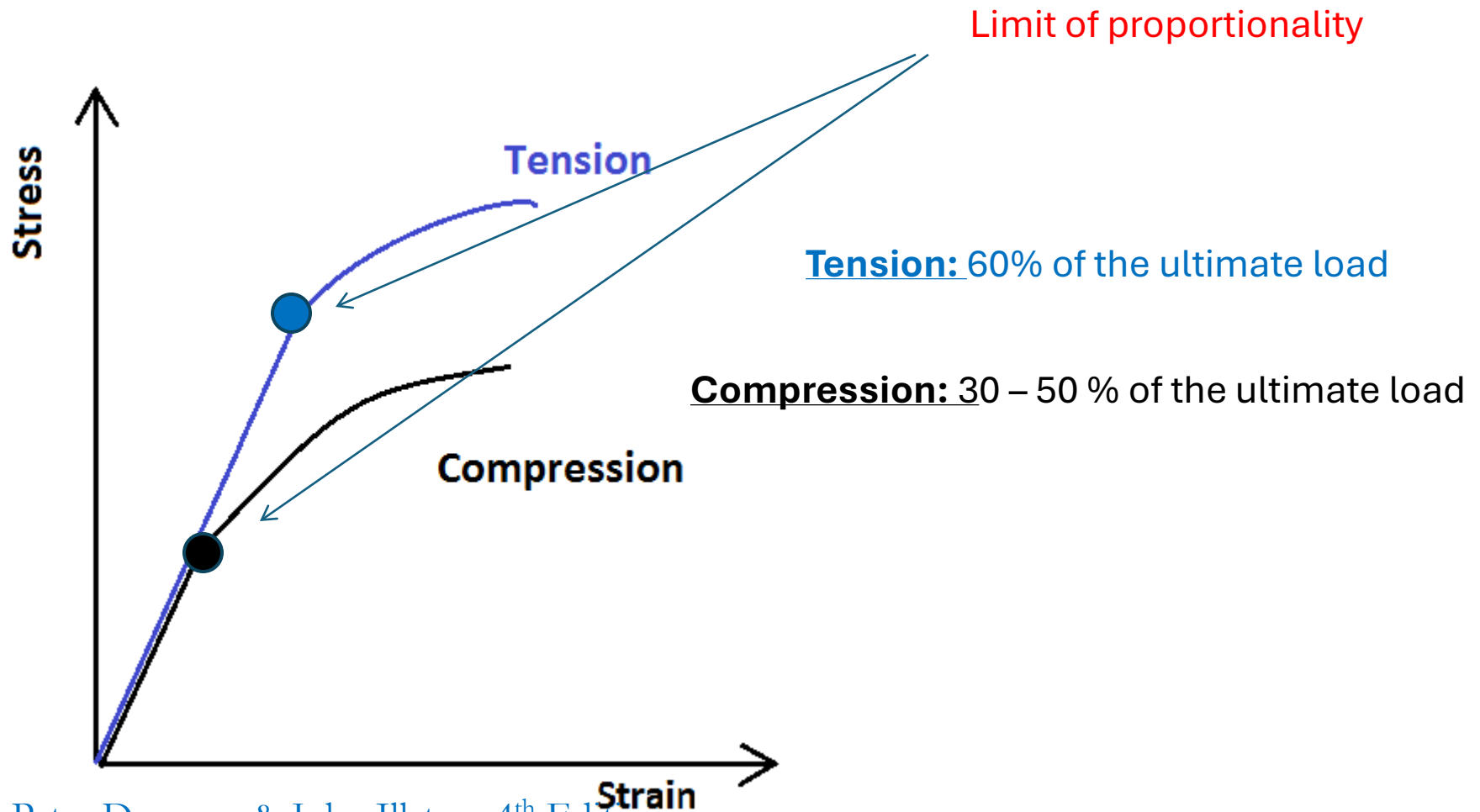


# Εφελκυσμός-Θλίψη



Peter Domone & John Illston, 4<sup>th</sup> Edition,  
'Construction Materials – Their Nature and behaviour '

Όριο αναλογιάς (LoP): Σημείο εκκίνησης της μη γραμμικής συμπεριφοράς



Peter Domone & John Illston, 4<sup>th</sup> Edition,  
'Construction Materials – Their Nature and behaviour'

SOFTWOOD

|                                                  | <u>C14</u> | <u>C16</u> | <u>C18</u> | <u>C20</u> | <u>C22</u> | <u>C24</u> | <u>C27</u> | <u>C30</u> | <u>C35</u> | <u>C40</u> | <u>C45</u> | <u>C50</u> |
|--------------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Tension parallel (Mpa)                           | 8          | 10         | 11         | 12         | 13         | 14         | 16         | 18         | 21         | 24         | 27         | 30         |
| Tension perpendicular (Mpa)                      | 0.4        | 0.4        | 0.4        | 0.4        | 0.4        | 0.4        | 0.4        | 0.4        | 0.4        | 0.4        | 0.4        | 0.4        |
| Compression parallel (Mpa)                       | 16         | 17         | 18         | 19         | 20         | 21         | 22         | 23         | 25         | 26         | 27         | 29         |
| Compression perpendicular (Mpa)                  | 2          | 2.2        | 2.2        | 2.3        | 2.4        | 2.5        | 2.6        | 2.7        | 2.8        | 2.9        | 3.1        | 3.2        |
| Modulus of Elasticity parallel (mean) (GPa)      | 7          | 8          | 9          | 9.5        | 10         | 11         | 11.5       | 12         | 13         | 14         | 15         | 16         |
| Modulus of Elasticity perpendicular (mean) (GPa) | 0.23       | 0.27       | 0.3        | 0.32       | 0.33       | 0.37       | 0.38       | 0.4        | 0.43       | 0.47       | 0.5        | 0.53       |
| Density (kg/m3)                                  | 290        | 310        | 320        | 330        | 340        | 350        | 370        | 380        | 400        | 420        | 440        | 460        |

Parallel to the grain

Tensile strength (MPa): 8-30 MPa

Compressive strength (MPa): 16-29 MPa

Modulus of Elasticity (GPa): 7-16

Perpendicular to the grain

Tensile strength (MPa): 0.4 MPa

Compressive strength (MPa): 2-3.2 MPa

Modulus of Elasticity (GPa): 0.23-0.53

HARDWOOD

|                                                  | <u>D18</u> | <u>D24</u> | <u>D30</u> | <u>D35</u> | <u>D40</u> | <u>D50</u> | <u>D60</u> | <u>D70</u> |
|--------------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Tension parallel (Mpa)                           | 11         | 14         | 18         | 21         | 24         | 30         | 36         | 42         |
| Tension perpendicular (Mpa)                      | 0.6        | 0.6        | 0.6        | 0.6        | 0.6        | 0.6        | 0.6        | 0.6        |
| Compression parallel (Mpa)                       | 18         | 21         | 23         | 25         | 26         | 29         | 32         | 34         |
| Compression perpendicular (Mpa)                  | 7.5        | 7.8        | 8          | 8.1        | 8.3        | 9.3        | 10.5       | 13.5       |
| Modulus of Elasticity parallel (mean) (GPa)      | 9.5        | 10         | 11         | 12         | 13         | 14         | 17         | 20         |
| Modulus of Elasticity perpendicular (mean) (GPa) | 0.63       | 0.67       | 0.73       | 0.8        | 0.86       | 0.93       | 1.13       | 1.33       |
| Density (kg/m3)                                  | 475        | 485        | 530        | 540        | 550        | 620        | 700        | 900        |

Parallel to the grain

Tensile strength (MPa): 11-42 MPa  
Compressive strength (MPa): 18-34 MPa  
Modulus of Elasticity (GPa): 9.5-20

Perpendicular to the grain

Tensile strength (MPa): 0.6 MPa  
Compressive strength (MPa): 7.5-13.5 MPa  
Modulus of Elasticity (GPa): 0.63-1.33

# Timber

- **Glulam** - Glue laminated
- **LVL** - Laminated Veneer Lumber
- **PSL** - Parallel Strand Lumber
- **OSB** - Oriented Strand Board
- **LSL** - Laminated Strand Lumber

# Glulam (επικολλητή ξυλεία)

**Glued laminated timber:** Structural timber composed of timber layers bonded together with durable, moisture-resistant adhesives.



Curved timbers



Improved Fire performance

Density 450 kg/m<sup>3</sup>

Very high strength  
and Stiffness



➤ Long spans

Bridge beams, floor beams,  
headers, complex arches



# Glulam

- Columns
- Beams
- Curved arched shapes
- Bridge beams

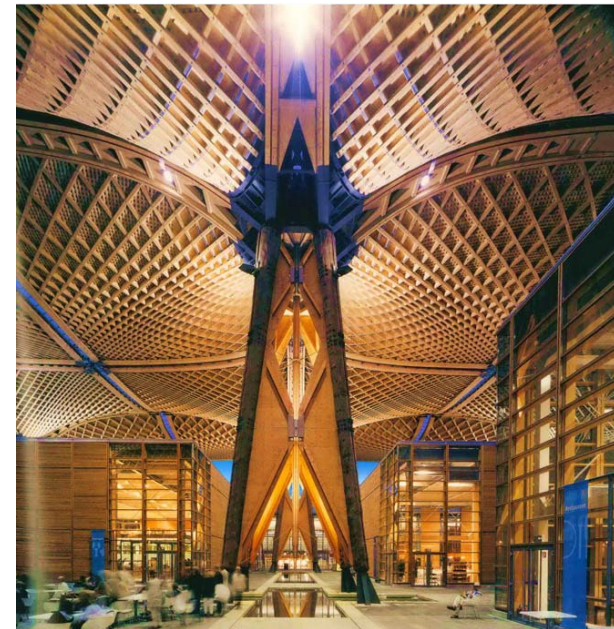


[www.carpenteroakandwoodland.com](http://www.carpenteroakandwoodland.com)



<http://en.wikipedia.org>

Connections are usually made with bolts or plain steel dowels and steel plates.



[www.carpenteroakandwoodland.com](http://www.carpenteroakandwoodland.com)

# Laminated Veneer Lumber (LVL) (Στρώσεις καπλαμά)

**Laminated veneer lumber (LVL)** is a composite of wood veneers glued with a durable adhesive with the grain running parallel to the main axis of the member



## **Advantages :**

- High strength
- Good for long spans with minimal deflection (ideal for roofs)

## **Applications:**

- Framing
- Trusses (high tensile strength)
- Beams
- Used when finished appearance is not important

<http://www.jewson.co.uk/en/download/products/timber/LaminatedVeneerLumber.pdf>

<http://www.nzwood.co.nz/>

# Parallel Strand Lumber (PSL)

## (παράλληλες ίνες)

**Parallel strand lumber (PSL)** is manufactured from long strands of wood veneer that are laid parallel to one another and adhered



### **Advantages :**

- High strength
- It is much less likely than conventional lumber to twist, bow or shrink
- Good for long spans with minimal deflection (ideal for roofs)

### **Applications:**

- Heavily loaded columns and beams
- Used when finished appearance is important

•PSL is used in the same applications as LVL

# Oriented Strand Board (OSB)

## (προσανατολισμένη μοριοσανίδα)

**Oriented Strand Board (OSB)** is formed by layering strands (flakes) of wood in specific orientation.



### **Advantages :**

- No internal gaps or voids
- Water resistant

### **Applications:**

- Furniture
- Construction: Walls, floors and roofs

<http://www.sslumbr.com>

<http://en.wikipedia.org/>



# Laminated Strand Lumber (LSL)

## (επικολλητή ινοξύλεια)

**Laminated strand lumber (LSL)** is manufactured from strips of wood that may be too weak, small or misshapen to otherwise be cut into solid joints and studs, pressed together.



### Advantages :

- Stronger and straighter than traditional lumber
- Good for long spans with minimal deflection (ideal for roofs)

### Applications:

- Roof and floor beams
- Door and window headers
- Framing
- trusses

• LSL is similar to LVL but it uses smaller veneer and it is similar in appearance to OSB

- <https://www.youtube.com/watch?v=v3JqSsc8ZKk>