



Τμήμα Δασολογίας, Επιστημών Ξύλου και Σχεδιασμού

Ξύλο & ξύλινες κατασκευές



Καθ. Γεώργιος Ι. Μαντάνης

PhD | Univ. of Wisconsin-Madison

e-mail: mantanis@uth.gr

Εργ. Επιστήμης & Τεχνολογίας Ξύλου
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

link: <http://mantanis.users.uth.gr/>

Ξύλο: φυσικό υλικό με απεριόριστες προοπτικές



ΞΥΛΟ *(ξύλωμα, xylem, lignocellulosic complex, wood)*

Επιστήμες που το μελετούν επισταμένα:

Βιολογία

Χημεία

Επιστήμες υλικών

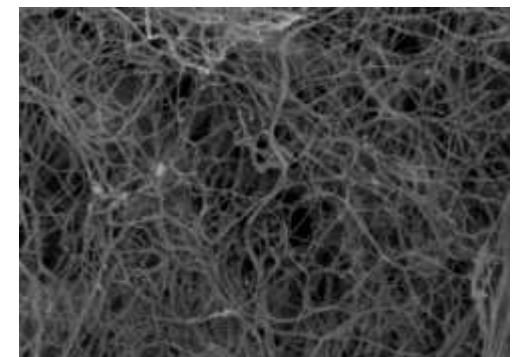
Φυσική

Μηχανική

Αρχιτεκτονική

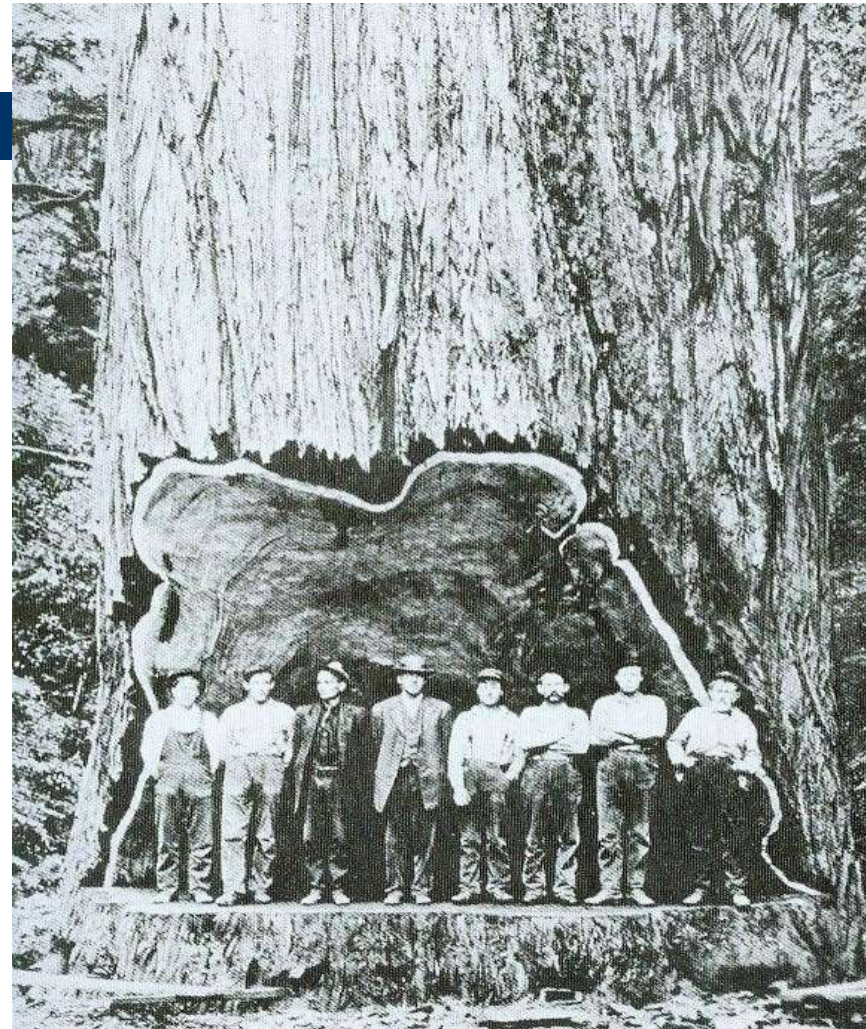
Συντήρηση υλικών & έργων τέχνης · Αρχαιολογία κ.ά.

Το ξύλο ως υλικό ήταν, είναι και θα είναι παντού γύρω μας



Το ξύλο είναι **οικολογικό & ανανεώσιμο** υλικό

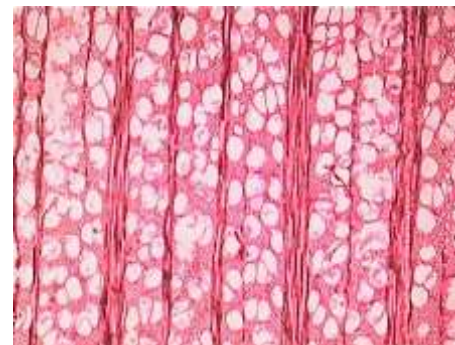
- Το ξύλο «επιτελεί» κύριες λειτουργίες του δένδρου.
- Τα δένδρα χρειάζονται πολλά χρόνια για να δημιουργήσουν την **ξυλώδη ύλη**.
- Ο στόχος της **αιιφορίας** απαιτεί ορθή διαχείριση, διαφορετικά τα δάση κινδυνεύουν από ένα βασικό εχθρό ... 
- Σήμερα τα τροπικά δάση της Γης αφανίζονται.



Sequoia giganteum

Το ξύλο έχει μια χαρακτηριστική **δομή**

- Στο εμπόριο της Ε.Ε. διακινούνται ~700 διαφορετικά είδη ξύλου
- Κάθε είδος "κρύβει" μια μοναδική **δομή** & **αρχιτεκτονική σύνθεση**
- Κάθε είδος είναι κατάλληλο για **ορισμένες χρήσεις**



Πληροφορίες: **Inside Wood**

**Ρητινοφόρος αγωγός
και κύτταρα
τραχειϊδών σε
εγκάρσια τομή
ψευδοτσούγκας
(Oregon pine)**

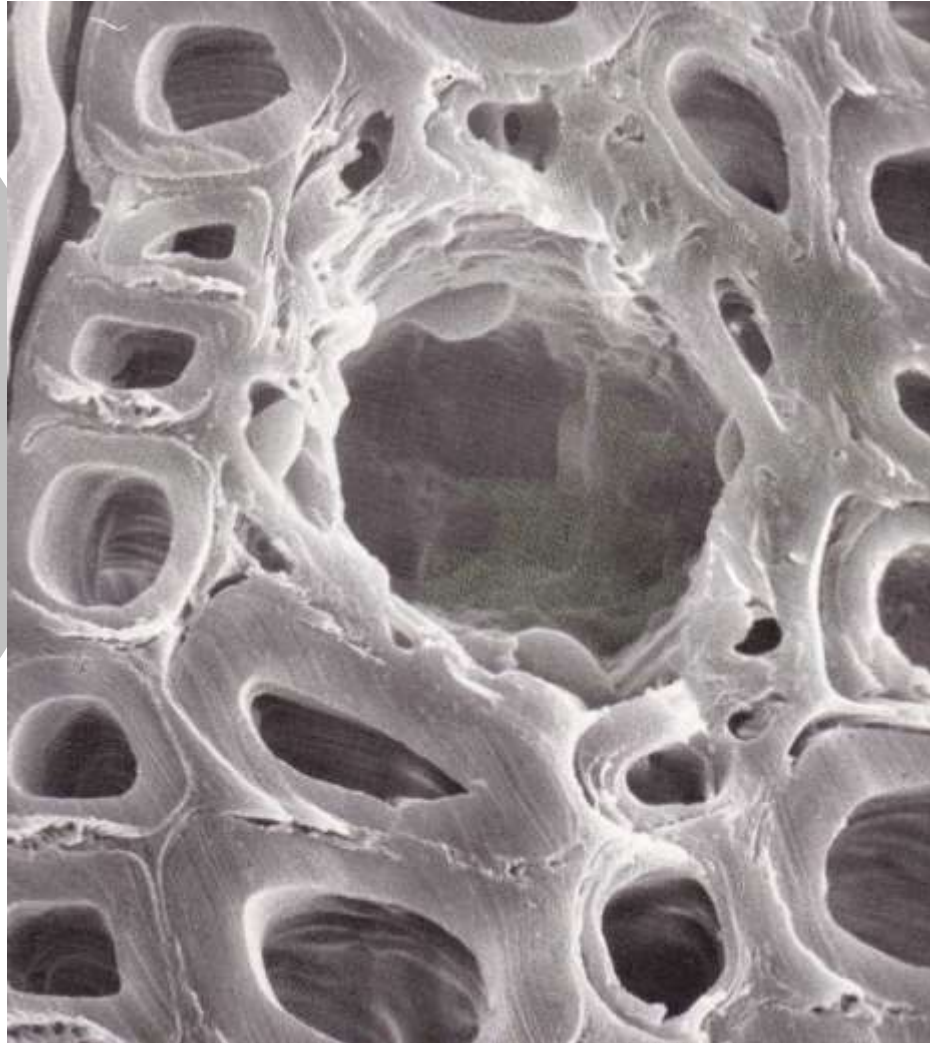


Photo: **Γ. Μαντάνης** (Αυγ. 2012)

Η ομορφιά της **εσωτερικής αρχιτεκτονικής** του ξύλου

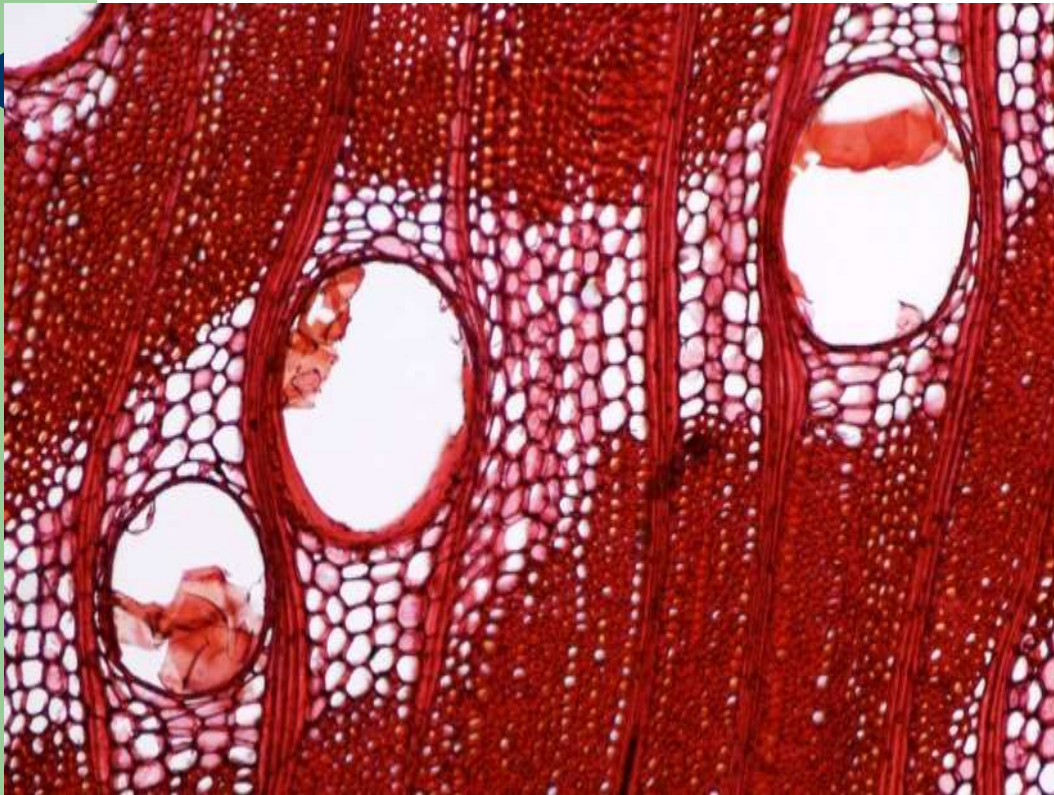
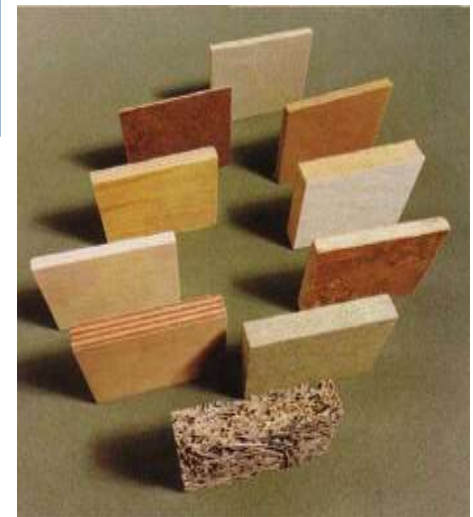


Photo: **Γ. Μαντάνης** (Οκτ. 2013)

*Κύτταρα ξύλου **Iroko**
(διακρίνονται: μέλη
αγγείων, δίσειρες &
τρίσειρες ακτίνες,
αξονικά παρεγχυματικά
κύτταρα, θρεπτικά
συστατικά - άμυλο,
κύτταρα ινών,
λεπτότοιχες τυλώσεις
κ.α.)*

Ποια προϊόντα προέρχονται από το ξύλο;

- Πριστή ξυλεία
- Πελεκητή ξυλεία
- Προϊόντα χαρτιού
- Έπιπλα
- Εμποτισμένη ξυλεία
- Καυσόξυλα, pellets
- Επικολλητά (glulam)
- Συγκολλημένα
(PB, MDF, OSB, K/Π)
- Σύνθετα
(CLT, LVL, PSL, LSL κ.α.)
- Χημικά προϊόντα
- Εκχυλίσματα,
και πολλά άλλα ...



Τα φυσικά χαρακτηριστικά του ξύλου

- Οσμή
- Σχεδίαση
- Χρώμα
- Πυκνότητα
- Σκληρότητα
- Στιλπνότητα



Τα **πλεονεκτήματα** του ξύλου

- Είναι ανανεώσιμο υλικό
- Δεν μολύνει το περιβάλλον
- Έχει μεγάλη αισθητική αξία γιατί είναι διαθέσιμο σε πολυάριθμους συνδυασμούς χρωμάτων και σχεδίων
- Είναι θερμομονωτικό υλικό

Τα πλεονεκτήματα του ξύλου

- Έχει υψηλή μηχανική αντοχή, σε σχέση με το ειδικό βάρος του
- Δημιουργούμε ξύλινες **αντισεισμικές** δομές
- Είναι **άριστο δομικό υλικό** με απεριόριστες κατασκευαστικές προοπτικές και υψηλή αρχιτεκτονική αξία

Τα μειονεκτήματα του ξύλου

- Είναι υγροσκοπικό υλικό δηλ. προσλαμβάνει υγρασία από την ατμόσφαιρα
- Είναι επίσης ανισότροπο υλικό
- Προσβάλλεται από μύκητες και άλλους μικροοργανισμούς (έντομα, βακτήρια)
- Καίγεται

Το κυριότερο: πρέπει να το γνωρίζεις καλά ως υλικό, για να μπορείς να το αξιοποιήσεις σωστά

Κατηγορίες ειδών ξύλου

- **ΚΩΝΟΦΟΡΑ είδη**
-πεύκα, ερυθρελάτη, έλατο, κυπαρίσσι, Oregon pine
- **ΠΛΑΤΥΦΥΛΛΑ είδη**
-οξιιά, δρύες, καστανιά, σημύδα, σφενδάμι, λεύκη κ.α.
- **ΤΡΟΠΙΚΑ είδη**
-iroko, teak, azobé, doussie, bangkirai, sapele κ.α.

Σπάνια τροπικά είδη

Dalbergia cearensis



Tectona grandis



Diospyros celebica
(μαύρος έβενος)



ΞΥΛΙΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ



Ξύλινες κατασκευές



Photo: Γ. Μαντάνης (Νοε. 2011, Πεκίνο)

Παραδοχές (του Γ. Μαντάνη)

Δεν υπάρχει υλικό που να είναι **τέλειο**

Το ξύλο πρέπει να συνδυάζεται με άλλα υλικά, σε αρκετές κατασκευές

Στην Ελλάδα, το ξύλο είναι ένα **παρεξηγημένο** υλικό για πολλούς λόγους

Πληροφορίες:

<http://mantanis.users.uth.gr/TXK.pdf>

Διαβάθμιση επικινδυνότητας για τις ξύλινες κατασκευές

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή προδιαγραφή EN 335-1/2/3 οι ξύλινες κατασκευές, ανάλογα με τις **συνθήκες του περιβάλλοντος** (βλ. κίνδυνοι βιολογικής σήψης και φυσικοχημικής αλλοίωσης) διακρίνονται σε **5 κλάσεις**

ΚΛΑΣΗ 1: Κατασκευή **πλήρως προστατευμένη** από τις καιρικές συνθήκες σε ξηρό περιβάλλον και χωρίς κίνδυνο έκθεσης στην υγρασία

- Συνθήκες εσωτερικών χώρων
- Περιεχόμενη υγρασία ξύλου <20%

**1****2****3****4****5**

Διαβαθμίσεις επικινδυνότητας

Κλάση 3.2



Κλάση 4



Σύμφωνα με το πρότυπο EN 350 (2016), τα είδη ξύλου κατατάσσονται σε **5 κλάσεις** βιολογικής αντοχής σε μύκητες - έντομα - τερμίτες.

ΚΛΑΣΗ 1 (ανθεκτικότητας: >25 έτη)

teak, azobé, padauk, afzelia, makore, κυπαρίσσι, ακακία, jarrah, tali, greenheart, mansonia, okan, ipé, cumaru, accoya, kebony, tatajuba

ΚΛΑΣΗ 2 (ανθεκτικότητας: 15-25 έτη)

λευκή δρυς, albizia, καστανιά, ίταμος, σεκόγια, iroko, sipo, bubinga, jatoba, kempas, western red cedar, dark red meranti

ΚΛΑΣΗ 3 (ανθεκτικότητας: 10-15 έτη)

λάρικα, oregon pine, καρυδιά, tiama, kosipo, niangon, sapele, ελιά, movingui, grapia, bintangor, pitch pine, πουρνάρι, κόκκινη δρυς

ΚΛΑΣΗ 4 (ανθεκτικότητας: 5-10 έτη)

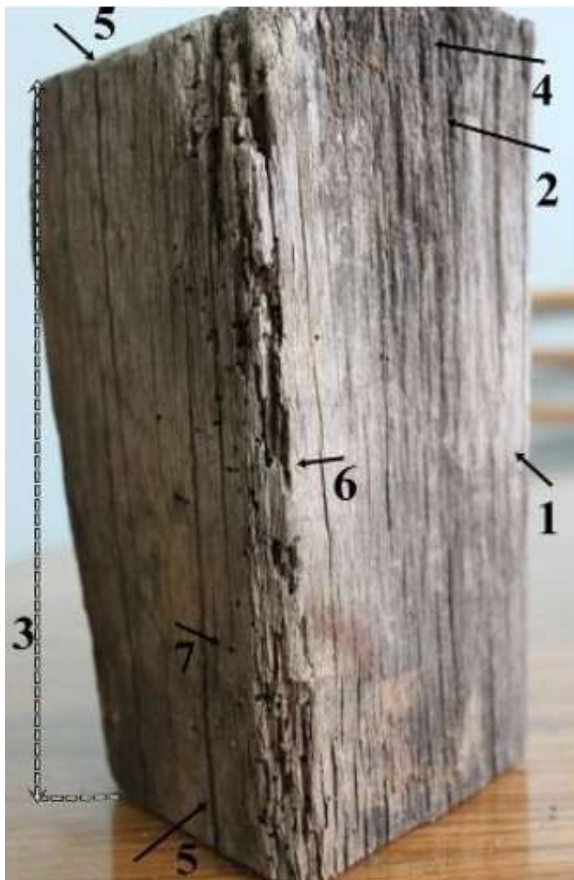
μαύρη πεύκη, δασική πεύκη, έλατο, ερυθρελάτη, φτελιά, κερασιά, limba, yellow & light red meranti, aniegre, okoume, poplar

ΚΛΑΣΗ 5 (ανθεκτικότητας: <5 έτη)

οξιά, λεύκη, σημύδα, φλαμούρι, κλήθρα, φράξος, ιτιά, agous, abura, σφενδάμι, πλατάνι, paulownia, σομφό ξύλο των περισσότερων ειδών

Παραδείγματα από την πράξη (EN 350/2016)

Λ. Δρυς (κλάσης 1-2)



Ερυθρελάτη (κλάσης 4-5)



Παραδείγματα

Ξύλινες κατασκευές στη χώρα μας που αντέχουν στο χρόνο

Ξύλινη κολώνα από **λευκή δρυ** στην Ι.Μ. Μεγ. Μετεώρου (~1850), φωτ. Ι. Κακαράς



Σκεπόξυλα **χαλεπίου πεύκης** στο κτίριο WEILER (1835), φωτ. Μιχ. Σκαρβέλης



Σύμφωνα με το πρότυπο **EN 338**, η δομική ξυλεία που προορίζεται για κατασκευές που θα δεχθούν μηχανικά φορτία, θα πρέπει να είναι πιστοποιημένη ως προς την αντοχή της (MoE, MoR, compression)

ΞΥΛΕΙΑ ΚΩΝΟΦΟΡΩΝ (softwoods)

δασική πεύκη, μαύρη πεύκη, ερυθρελάτη (εισαγωγής), ελληνικό έλατο, Oregon pine, λάρικα κ.α.

C18

χαμηλή κλάση, συνήθως για πελεκητή ξυλεία ερυθρελάτης

C24

συνήθως πεύκα εισαγωγής και Oregon pine, μαύρη πεύκη, έλατο

C27

Oregon pine – unsorted πεύκο (Λαπωνίας), λάρικα

C30

κυρίως από Oregon pine

Διαβάθμιση ξυλείας με βάση τη μηχανική αντοχή

Σύμφωνα με το πρότυπο EN 338, η δομική ξυλεία που προορίζεται για κατασκευές που θα δεχθούν μηχανικά φορτία, θα πρέπει να είναι πιστοποιημένη ως προς την αντοχή της (MOE, MOR, compression)

ΞΥΛΕΙΑ ΠΛΑΤΥΦΥΛΛΩΝ (hardwoods)

καστανιά, iroko, sipo, niangon, λευκή δρυς, azobé, κ.α.

D24

καστανιά

D27

καστανιά και sipo

D30

χωρίς σφάλματα καστανιά, iroko και sipo

D36

iroko καλής ποιότητας, και οπωσδήποτε λευκή δρυς

Μετρήσεις της μηχανικής αντοχής με πιστοποιημένα όργανα (EN 338)

*Μετρήσεις σε ξυλεία Oregon pine
(βλ. πέργκολα)*

κλάσης **C24 – C30**



Μετρήσεις της μηχανικής αντοχής

Μετρήσεις σε καστανιά (βλ. αναστήλωση παλαιού φρουρίου)



D27 - D30

Συντήρηση - Τεχνικές προστασίας του ξύλου

1) Κλασική μέθοδος, από τα αρχαία χρόνια, η **εμβάπτιση του ξύλου σε λάδια (έλαια)** κυρίως οικολογικά από φυτικές πρώτες ύλες με στόχο την «υδροφοβία» του ξύλου. Σε πολλούς πολιτισμούς βλ. Αιγύπτιοι, Έλληνες, ήταν ευρέως γνωστή η μέθοδος αυτή. Σήμερα γίνεται με **λινέλαιο**, **σπορέλαια**, υπό χαμηλή πίεση ή/και χωρίς πίεση.

2) Θερμική τροποποίηση του ξύλου ή μέθοδοι με **μισοκάψιμο του ξύλου επιφανειακά**. Η δεύτερη προσέγγιση (μερική απανθράκωση) είναι γνωστή από τα αρχαία χρόνια (βλ. αρχαίοι Έλληνες) για βελτίωση της ρίκνωσης-διόγκωσης και της σκληρότητας του ξύλου. Χρησιμοποιούνταν και στην Αφρική τα παλιά χρόνια, όμως στη Σκανδιναβία και την Ιαπωνία είχε πολύ πετυχημένες εφαρμογές γύρω στο Μεσαίωνα. Σήμερα χρησιμοποιείται σε εμπορική κλίμακα (ως **θερμική τροποποίηση**) σε όλο τον κόσμο με παρεμφερείς τεχνολογίες γνωστές ως *Thermowood*.

Συντήρηση - Τεχνικές προστασίας του ξύλου

3) Γνωστή μέθοδος βαφής με ελαιοχρώματα ή άλλες χρωστικές ουσίες που βοηθάει στη μείωση της ρίκνωσης και της διόγκωσης του ξύλου. Η μέθοδος αυτή είναι κλασική και χρησιμοποιεί βαφές ή επιχρίσματα ποικίλης προέλευσης. Στην Ελλάδα ήταν/είναι συνηθισμένη με χρήση **λαδομπογιάς** και **τσίγκου** (Zn). Σήμερα ενδεικνυόμενη βαφή σε ξυλεία εξωτερική, για μεγάλη διάρκεια ζωής, είναι η εφαρμογή **ακρυλικής λάκας εξωτερικής χρήσεως με αλκύδια** στο επιθυμητό χρώμα.

4) Εμποτισμός του ξύλου (υπό υψηλή πίεση) με **υδατοδιαλυτά άλατα βορίου – χαλκού - αζόλης**. Ξύλο εμποτισμένο με υδατοδιαλυτά άλατα παρουσιάζει ρίκνωση-διόγκωση, μειωμένη μέχρι το 50%. Τα άλατα αυτά προσδίδουν στο ξύλο ένα ελαφρύ πρασινωπό ή καφέ χρώμα. Το ξύλο αυτό ανήκει στην εμποτισμένη ξυλεία. Καλό είναι **μόνο πεύκα** να χρησιμοποιούνται σε εμποτισμό.

5) Τροποποίηση του ξύλου (σύγχρονες τεχνολογίες) **ακετυλίωση, φουρφουρυλίωση, νανοσκευάσματα κ.ά.**

Χρήσιμες ιστοσελίδες για το ξύλο

<http://kakarasioannis.blogspot.com/>

<http://mantanis.users.uth.gr/technical-articles.pdf>

<http://mantanis.users.uth.gr/technical-projects.pdf>

<https://tropix.cirad.fr/en/technical-sheets-available>

<https://www.wood-database.com/>

https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fpl_gtr190.pdf

Ευχαριστώ για την προσοχή σας!

Καθ. Γεώργιος Ι. Μαντάνης

URL: <http://mantanis.users.uth.gr/>

«Το ξύλο ... δεν τελειώνει»