



Il legno

dall'albero agli
impieghi industriali

Franco Bulian

Programma

- Parte 1. Il legno: morfologia, anatomia, composizione e proprietà
- Parte 2. Il legno modificato
- Parte 3. I prodotti dell'industria del legno



Parte 1

Il legno: morfologia, anatomia, composizione e proprietà

Sommario

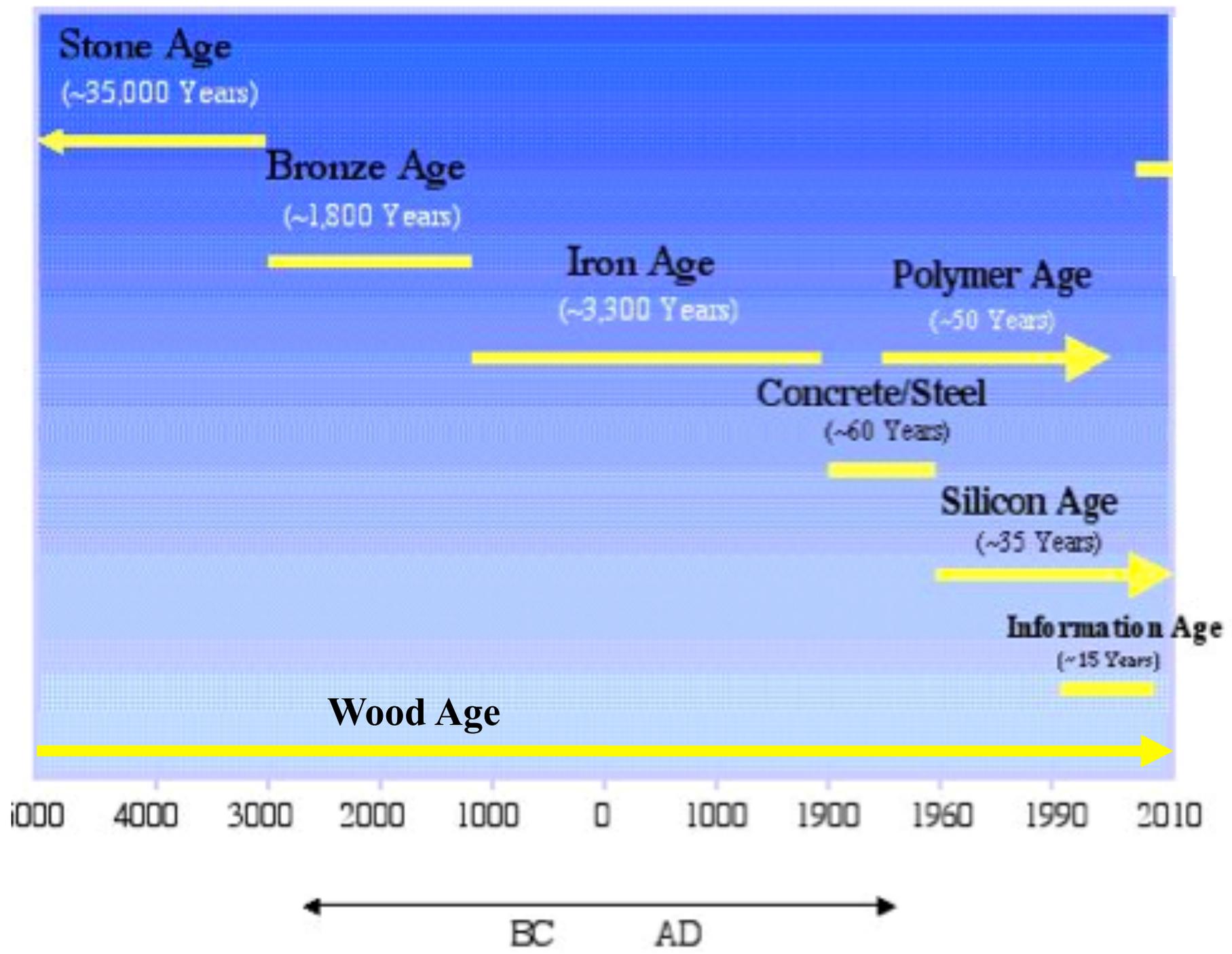


1. Introduzione

2. Le proprietà del legno

- Conseguenze derivanti dalle sue caratteristiche anatomiche e morfologiche
- Conseguenze derivanti dalla sua composizione chimica

3. Naturale, Ecologico e Biologico?



Il mercato del legno



- Il mercato del legno rappresenta uno dei 10 settori primari dell'economia globale.
- Il consumo globale di legno (2010) è stimato in circa 3,5 miliardi di metri cubi all'anno.
- La produzione Italiana di legno (8 milioni di m³) copre 1/3 del fabbisogno rappresentando una quota assai inferiore rispetto all'incremento forestale annuo.
- Il legno è molto utilizzato nell'industria della carta, ma la maggior parte è impiegata nella produzione di pannelli per il settore edilizio e per quello del mobile. Anche l'impiego del legno come fonte energetica è in crescita.





Imprese e addetti della filiera legno (Italia)

SETTORI	Imprese	Addetti
Imprese di utilizzazione boschiva (*)	n.a.	43.000
Industria di lavorazione del Legno	40.400 (**)	166.500 (*)
Settore Mobile – Arredo (**)	33.140	222.450
Fabbric. della pasta-carta, della carta e del cartone (***)	4.570	83.600
Totale complessivo	78.110	515.550

Fonte: (*) da tab.6.5a, *State of Europe's Forest 2011 - MCPFE 2011* (media 2005-2010 su dati Eurostat afferenti all'*EU Labour Force Survey*); (**) Centro Studi COSMIT - FederlegnoArredo (2010); (***) Assocarta (2010);

Saldo import-export in M€ per l'italia

	2009		2010		Var. % 2010/09	
	valore	quantità	valore	quantità	valore	quantità
Legname grezzo (mc)	-286	-3.660	-326	-4.076	13,9	11,4
Legname semilavorato (mc)	-1.006	-5.411	-1.167	-5.937	15,9	9,7
Prodotti semifiniti in legno (t)	-217	-608	-299	-878	38,0	44,4
Prodotti finiti in legno (senza i mobili) (t)	-101	-476	-200	-560	96,7	17,6
Mobili (t)	6.099	1.021	6.234	1.069	2,2	4,7

Fonte: elaborazioni su dati FederLegno-arredo, 2010.

Perchè utilizzare il legno



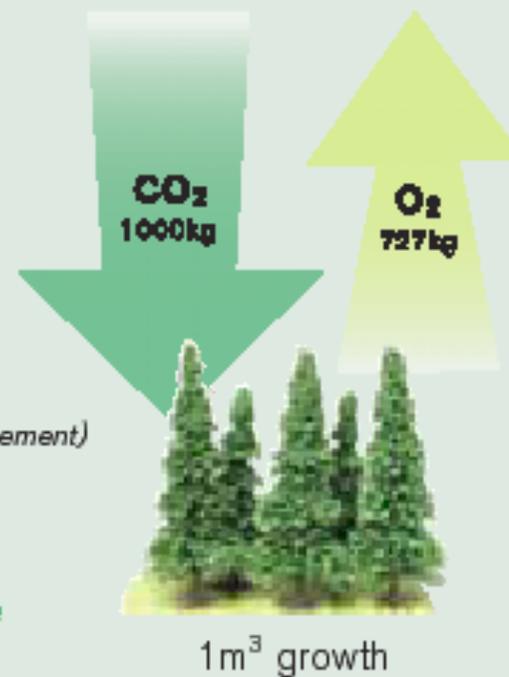
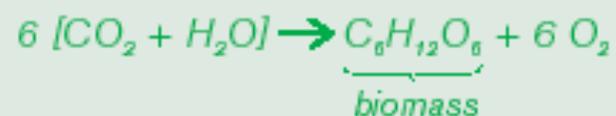
Legno e ambiente

- Materiale rinnovabile (sostenibile)
- Il legno è una sorta di “magazzino” di anidride carbonica

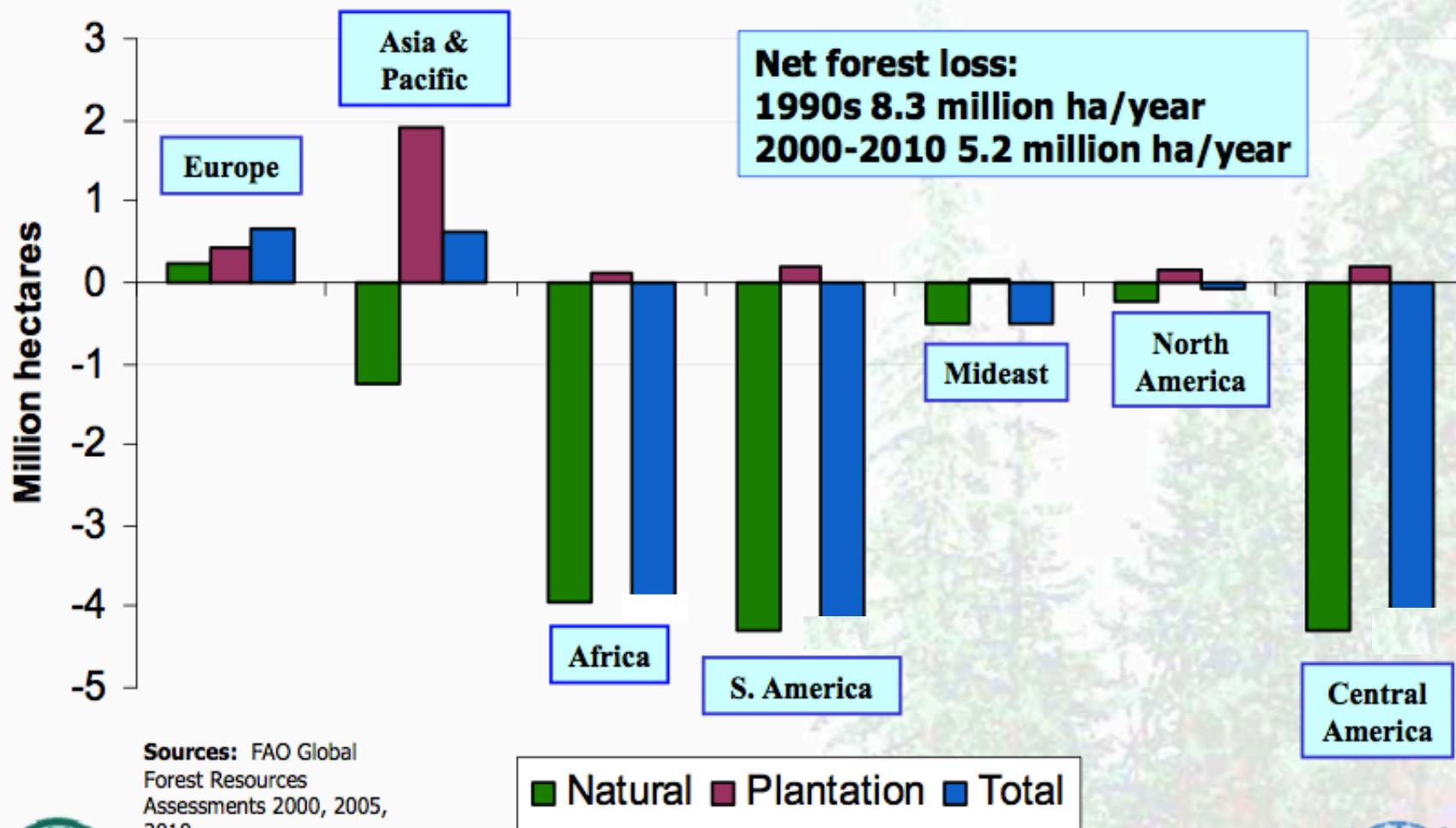
On average a typical tree absorbs, through photosynthesis, the equivalent of 1 tonne of carbon dioxide for every cubic metre's growth, while producing the equivalent of 727kg of oxygen.

ECCM (Edinburgh Centre for Carbon Management)

Photosynthesis:



Forests and deforestation



Sources: FAO Global Forest Resources Assessments 2000, 2005, 2010



International Forestry and Global Issues
 18 May 2010, Nancy, France



Regolamento EU 995/2010

Prescrive gli obblighi per gli operatori della filiera legno.
(noto come “The illegal Timber Regulation”)



Gli importatori devono applicare la cosiddetta “Due Diligence” rendendo disponibili informazioni su:

- nome commerciale del prodotto;
- Paese di origine;
- quantità importata;
- documenti che attestino la conformità del materiale al regolamento EU.

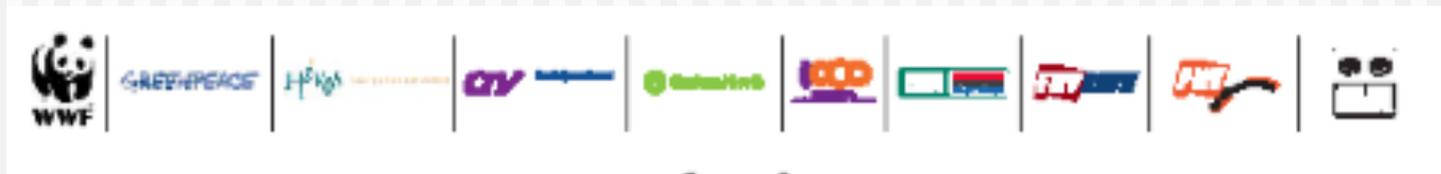
Essi devono anche effettuare una valutazione del rischio che il legno ed i materiali derivati siano commercializzati illegalmente.

I rivenditori devono mantenere un’degua documentazione su fornitori e clienti.





La certificazione del legno



Sommario



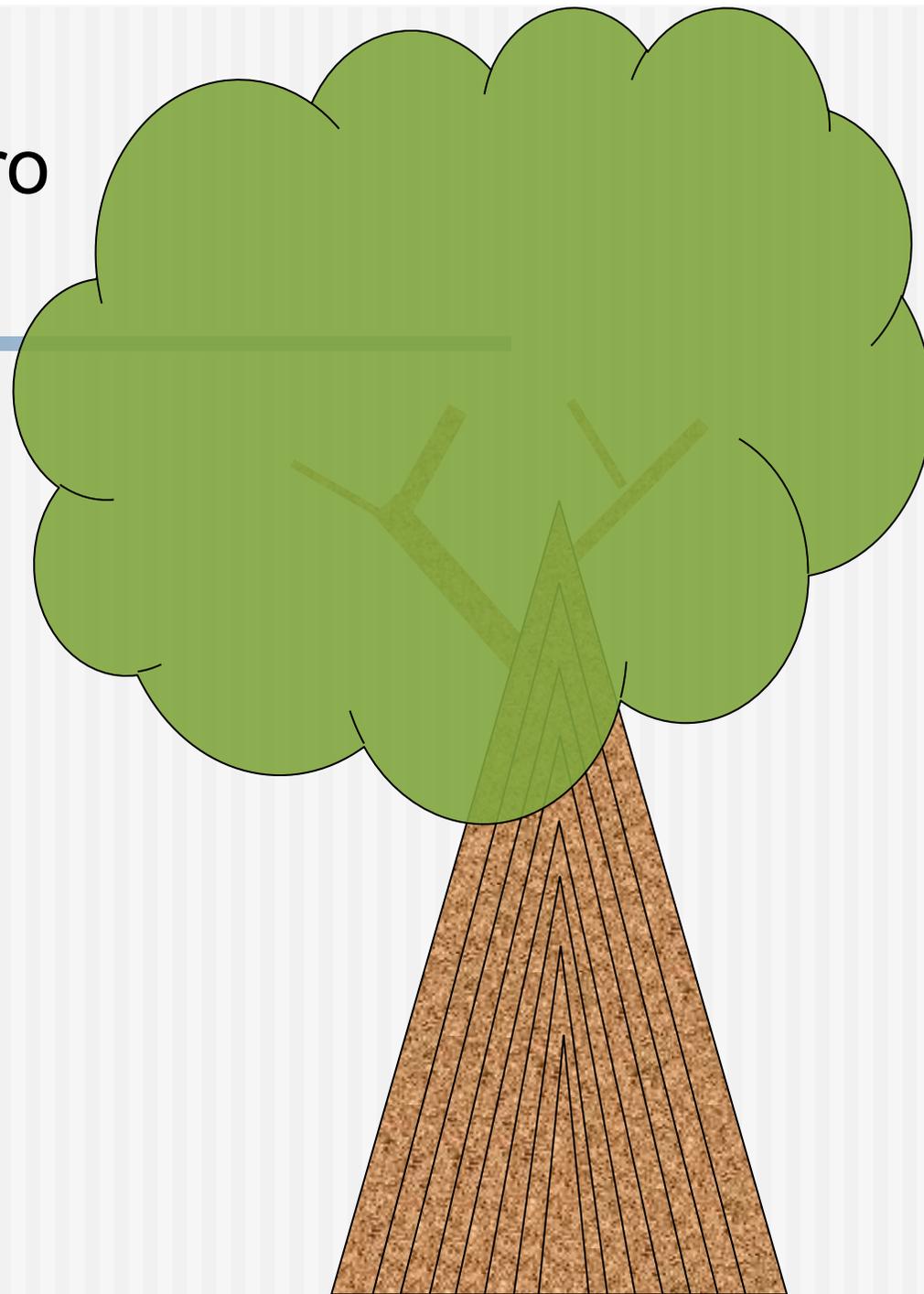
1. Introduzione

2. Le proprietà del legno

- Conseguenze derivanti dalle sue caratteristiche anatomiche e morfologiche
- Conseguenze derivanti dalla sua composizione chimica

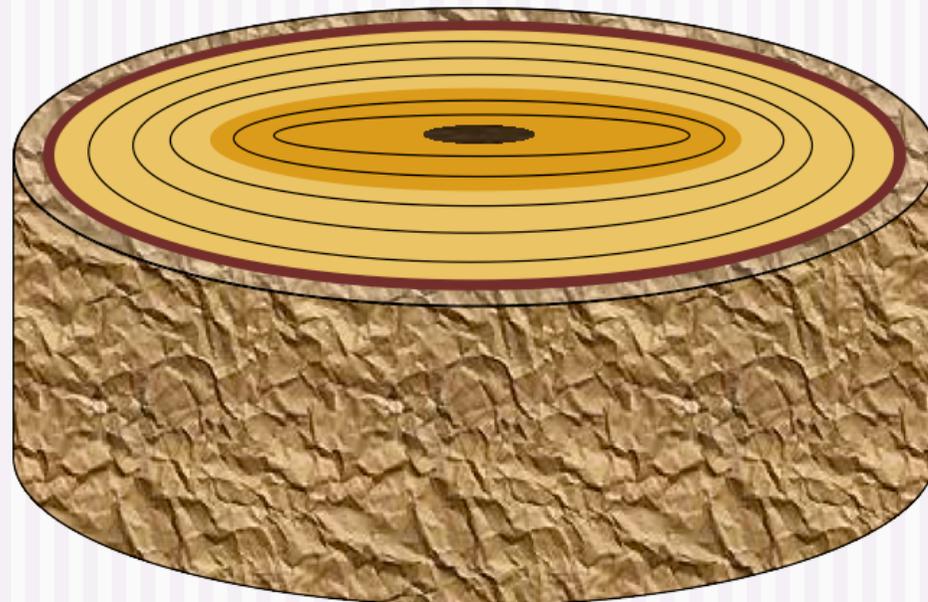
3. Naturale, Ecologico e Biologico?

Come cresce un albero

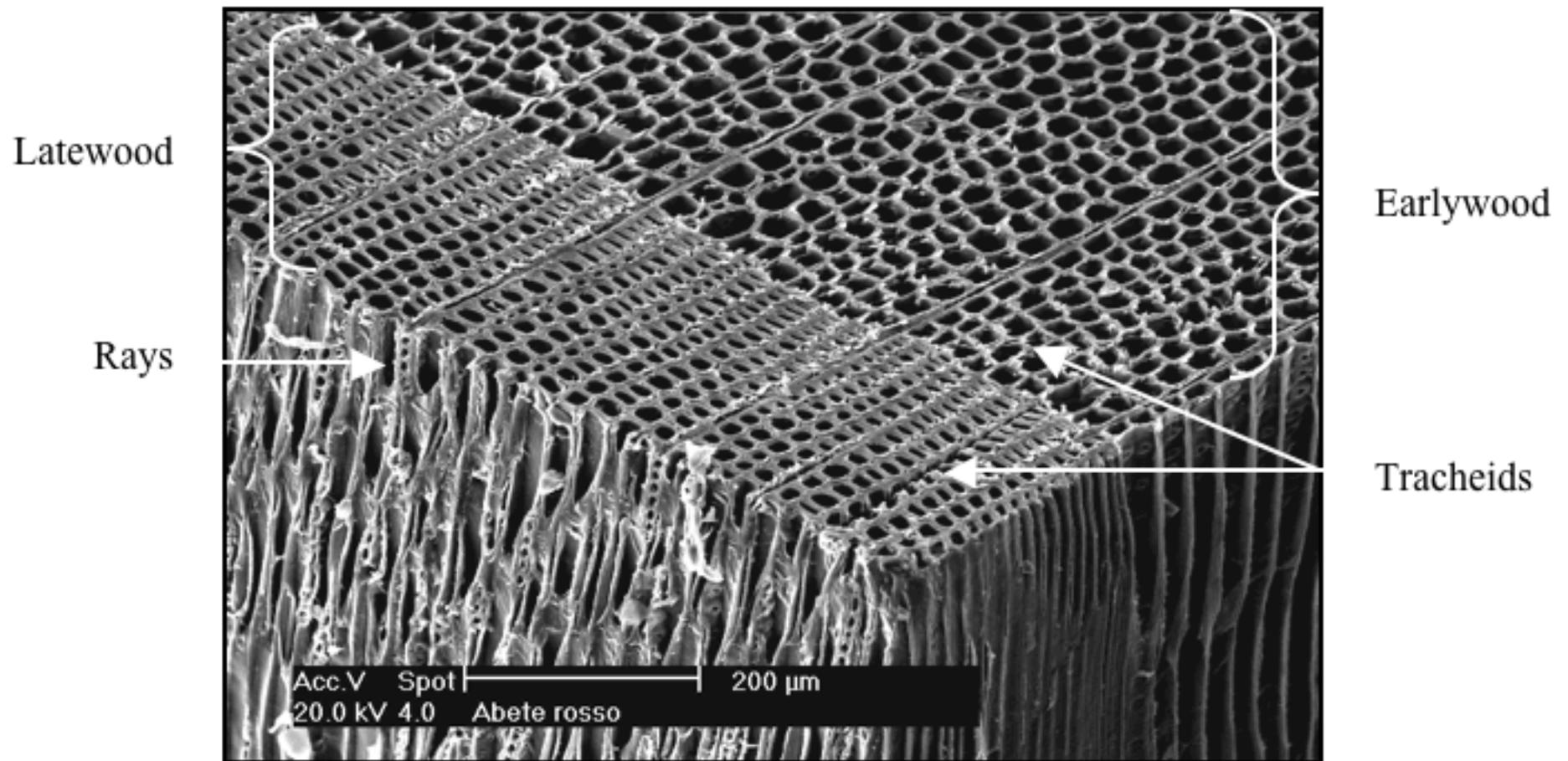


Conseguenze

- Anelli di accrescimento
- Alburno e Durame



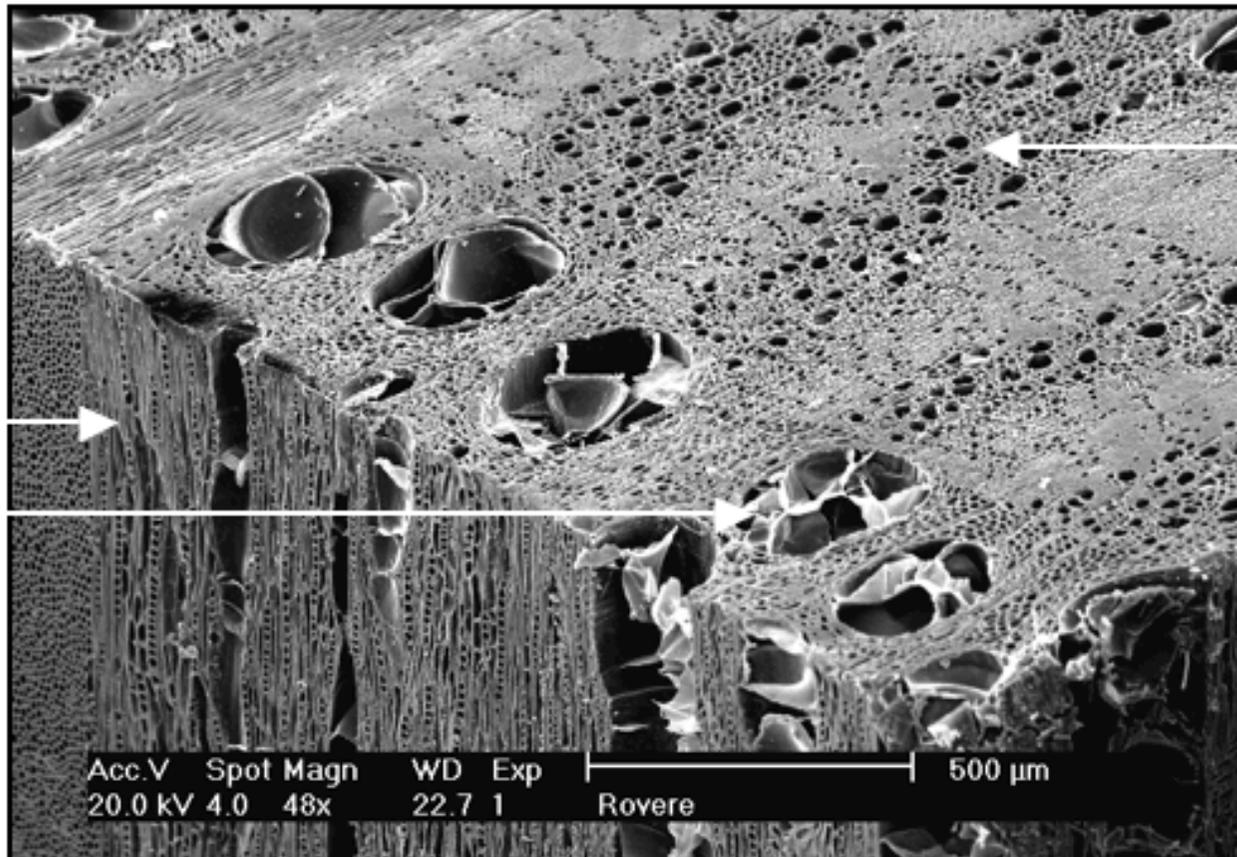
La struttura cellulare delle conifere (Softwoods)



La struttura cellulare delle Latifoglie (Hardwoods)

Large rays

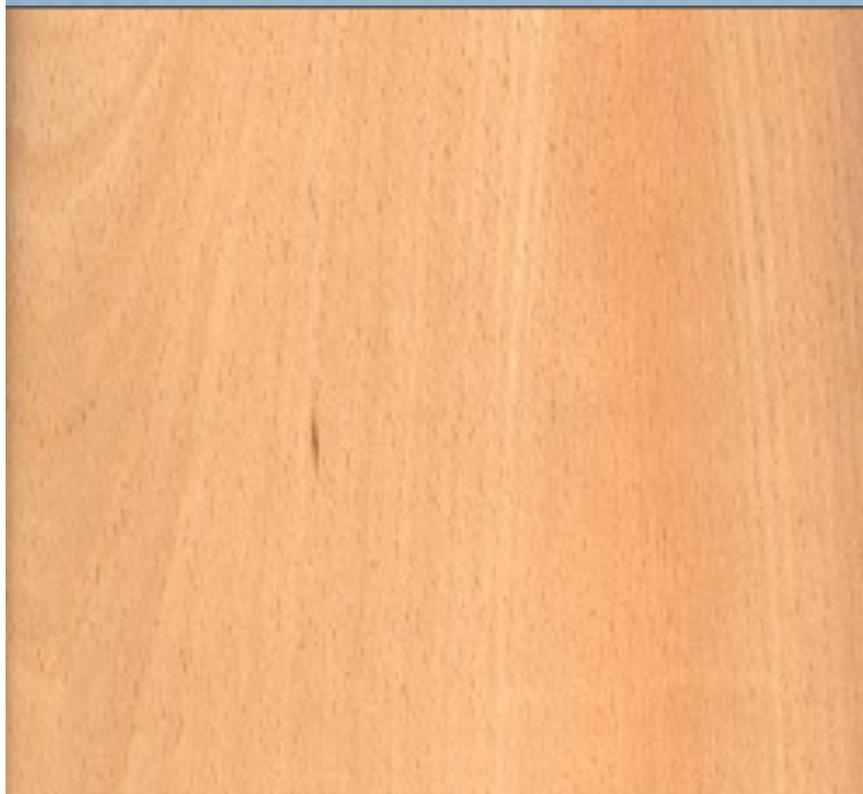
Very large
earlywood
vessels
(Pores)



Conseguenze: l'aspetto



Difetti?



Faggio



Rovere

Difetti?



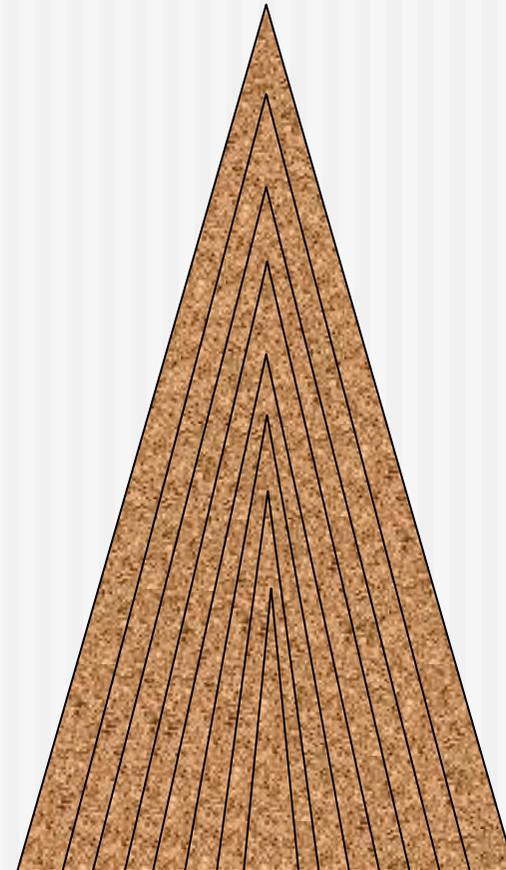
Nodo "sano"

Nodo "cadente"

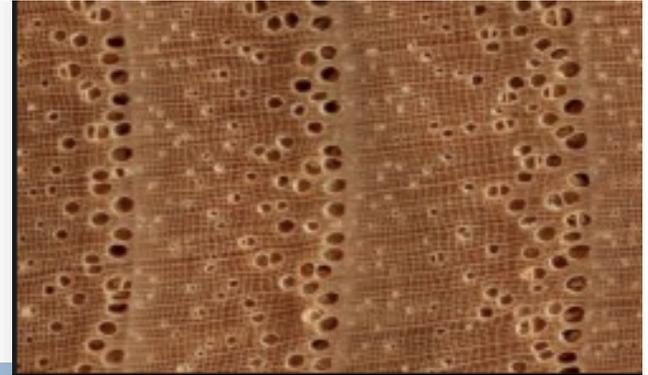


Conseguenze: anisotropia

- Trasversale T_R
- Radiale R_D
- Tangenziale T_A



Conseguenze: Porosità



- Bassa densità
- Buone proprietà isolanti (termiche e acustiche)
- Assorbimento direzionale dei liquidi

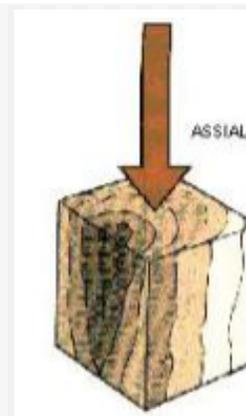


Conseguenze

- Elevata resistenza meccanica “direzionale”
- Le resistenze dipendono dalla specie legnosa
- Le resistenze dipendono da fattori anatomici (es. dimensioni anelli)
- La presenza di “difetti” (es. nodi) riduce la resistenza meccanica.
- Il legno è un materiale visco-elastico soggetto a fenomeni di creep



Proprietà meccaniche: anisotropia



	Resistenza a compressione longitudinale (N/mm²)	Resistenza a compressione trasversale (N/mm²)
Pino (Pinus sylvestris)	41,9	4,1

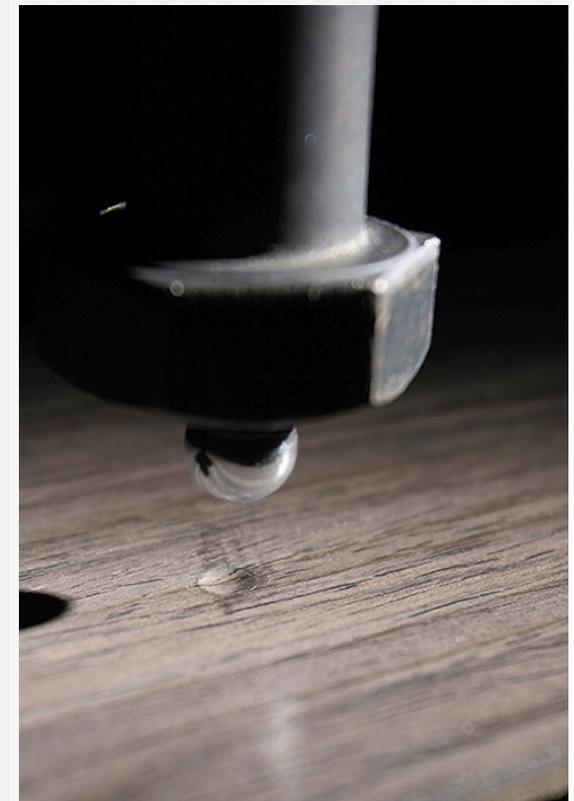
Proprietà meccaniche. L'influenza della specie legnosa

Specie	Nome botanico	Massa volumica (kg/dm³)	Compressione assiale (N/mm²)
Balsa	Ochroma pyramidale	0,16	14,9
Rovere	Quercus spp	0,76	48
Pino	Pinus sylvestris	0,46	41,9
Teak	Tectona grandis	0,55	58

Forest Products Laboratory. 1999. Wood handbook—Wood as an engineering material. Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory.

Specie	Nome botanico	Massa volumica (kg/dm ³)	Durezza Brinell
Pioppo	Populus tremulus	0,45	1
Abete Rosso	Picea abies	0,40	1,5
Ciliegio	Prunus avium	0,60	2,9
Acero	Acer pseudoplatanus	0,60	3,3
Quercia (Rovere)	Quercus robur	0,65	3,8
Doussiè	Azalia bipidensis	0,80	4,0

Proprietà meccaniche.
L'influenza della specie legnosa



Classificazione del legno

- Il legno è classificato in funzione della specie botanica a cui appartiene
- Il legno è classificato sulla base della presenza di difetti (tipologia, quantità) e delle resistenze meccaniche.

Il legno

dall'albero agli impieghi industriali

[riassunto](#)

Franco Bulian

Sommario



1. Introduzione

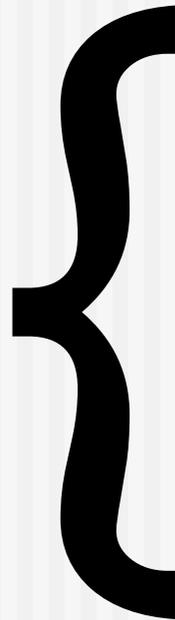
2. Le proprietà del legno

- Conseguenze derivanti dalle caratteristiche anatomiche e morfologiche
- Conseguenze derivanti dalla composizione chimica

3. Naturale, Ecologico e Biologico?

Composizione chimica

Sostanze
macromolecolari



■ Cellulosa

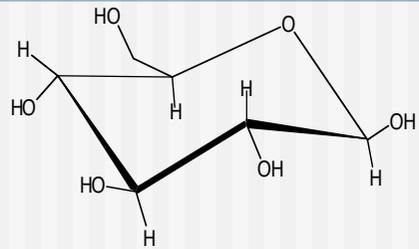
■ Emicellulosa

■ Lignina

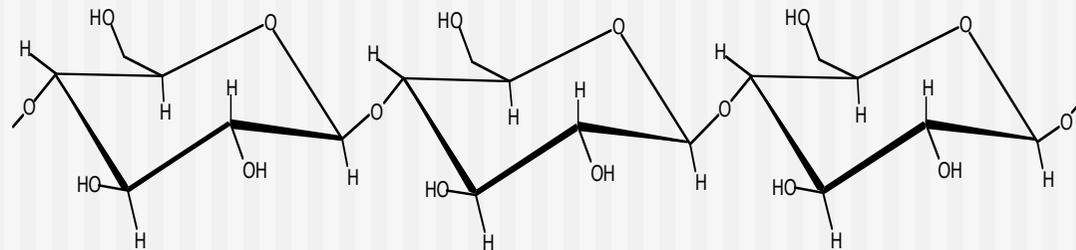
Sostanze a basso peso
molecolare

■ Estrattivi

Cellulosa



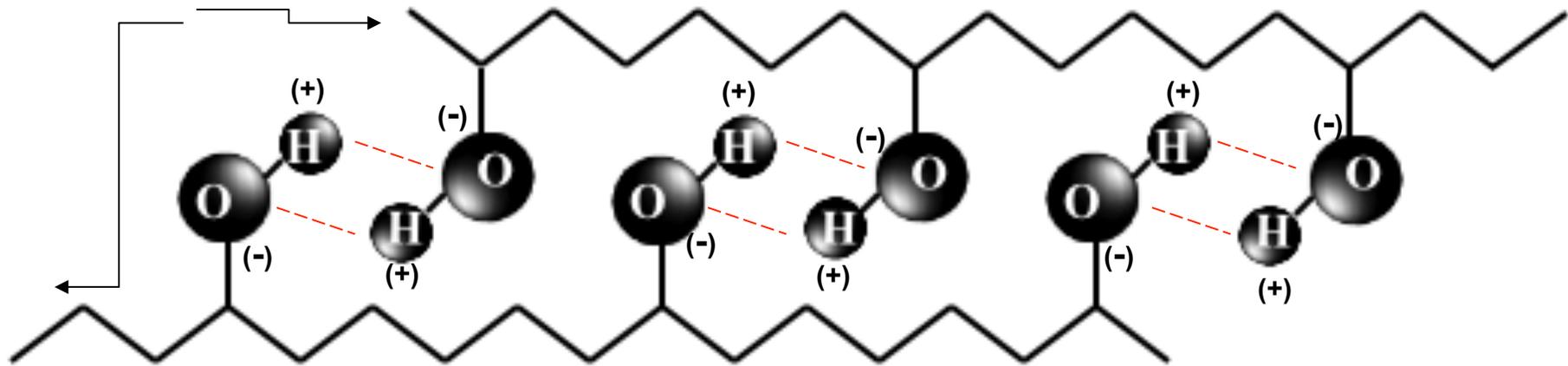
Glucosio (monomero)



Cellulosa (polimero)

Conseguenze: la resistenza meccanica

cellulosa



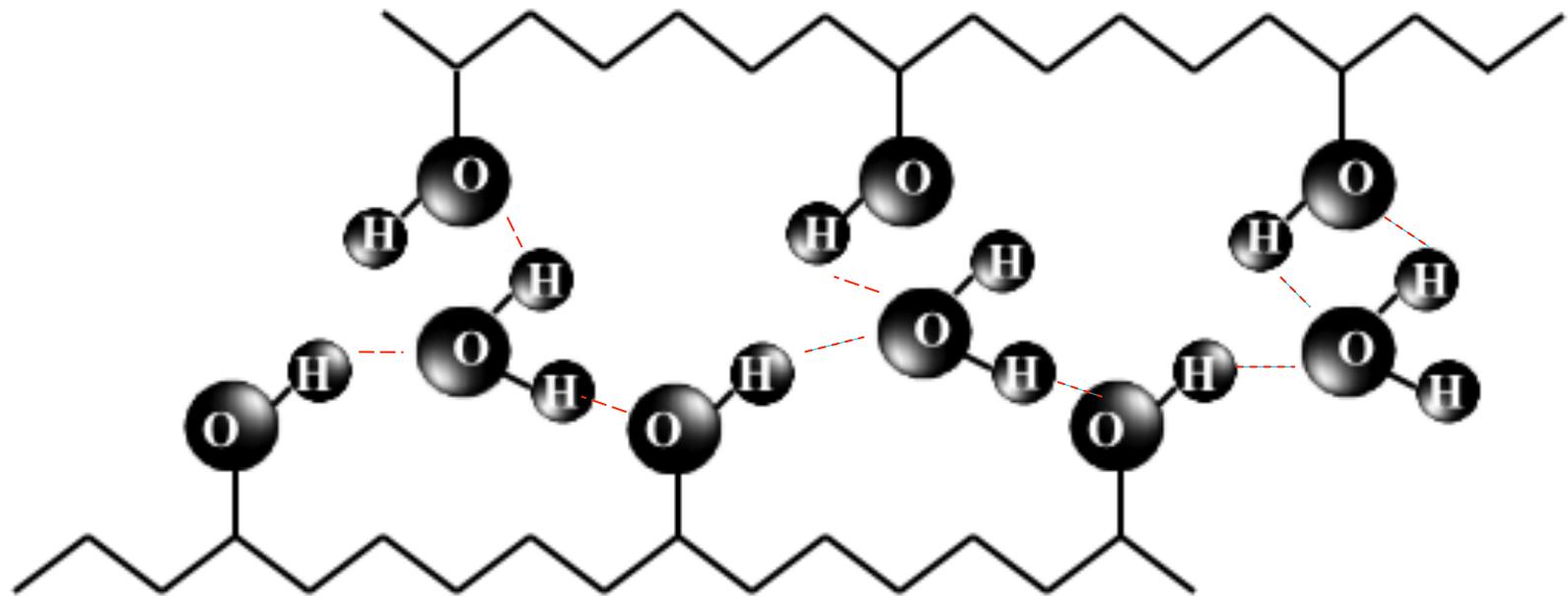
Conseguenze: la sensibilità biologica



Conseguenze: la sensibilità biologica

Agente biologico	Umidità del legno	Zona	Effetti	Danno
Insetti	-	Alburno	Fori/Gallerie	Strutturale
Funghi cromofori	> 20 %	Alburno	Macchie/Colorazioni	Aspetto/Incremento porosità
Funghi cariogeni	> 20 ÷ 30 %	Alburno	Degrado cellulosa e lignina	Strutturale
Muffe	Elevata umidità superficiale	Superficie	Macchie/Colorazioni (superficie)	Aspetto

Conseguenze: la sensibilità all'acqua



Legno e acqua

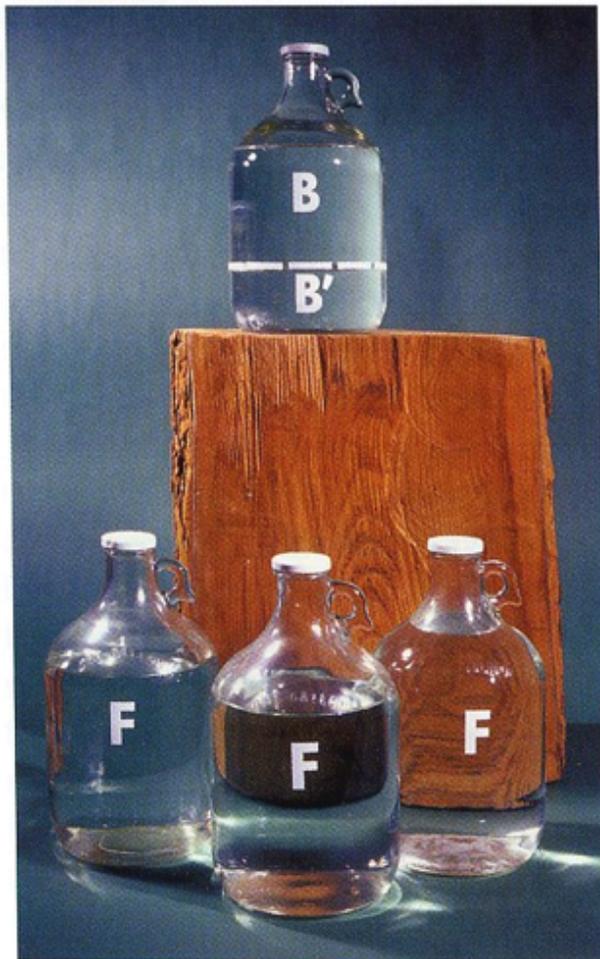
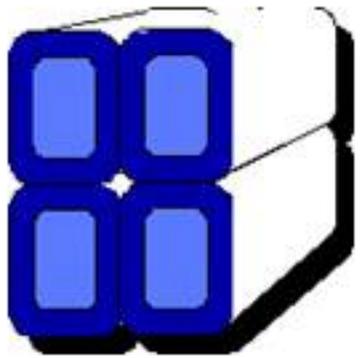


Figure 6.4 • This piece of catalpa had a moisture content of 114% and weighed almost 60 lb. when cut. When dried to 8% MC (for carving), it weighed only 30 lb. The gallon jugs show the amount of free water (F) and bound water (B) that was lost in drying. Some bound water (equivalent to B') still remains in the wood at 8% MC. (Photo by Randy O'Rourke)

Immagine da Stefano Berti - CNR (FI)

$$U (\%) = 100 \times \frac{(P_{\text{umido}} - P_{\text{secco}})}{P_{\text{secco}}}$$

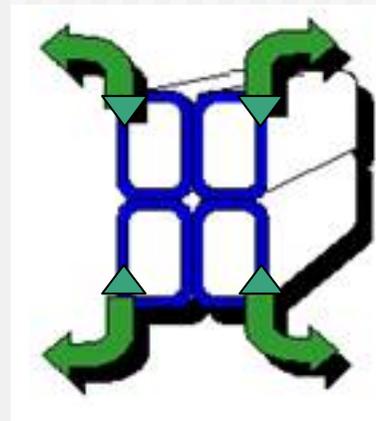
Legno e acqua



Legno appena tagliato (acqua libera + acqua legata)



Punto di saturazione delle fibre:
solo acqua legata



Equilibrio dinamico

L'umidità di equilibrio

Umidità u del legno in relazione alla temperatura e all'umidità relativa dell'aria ambiente

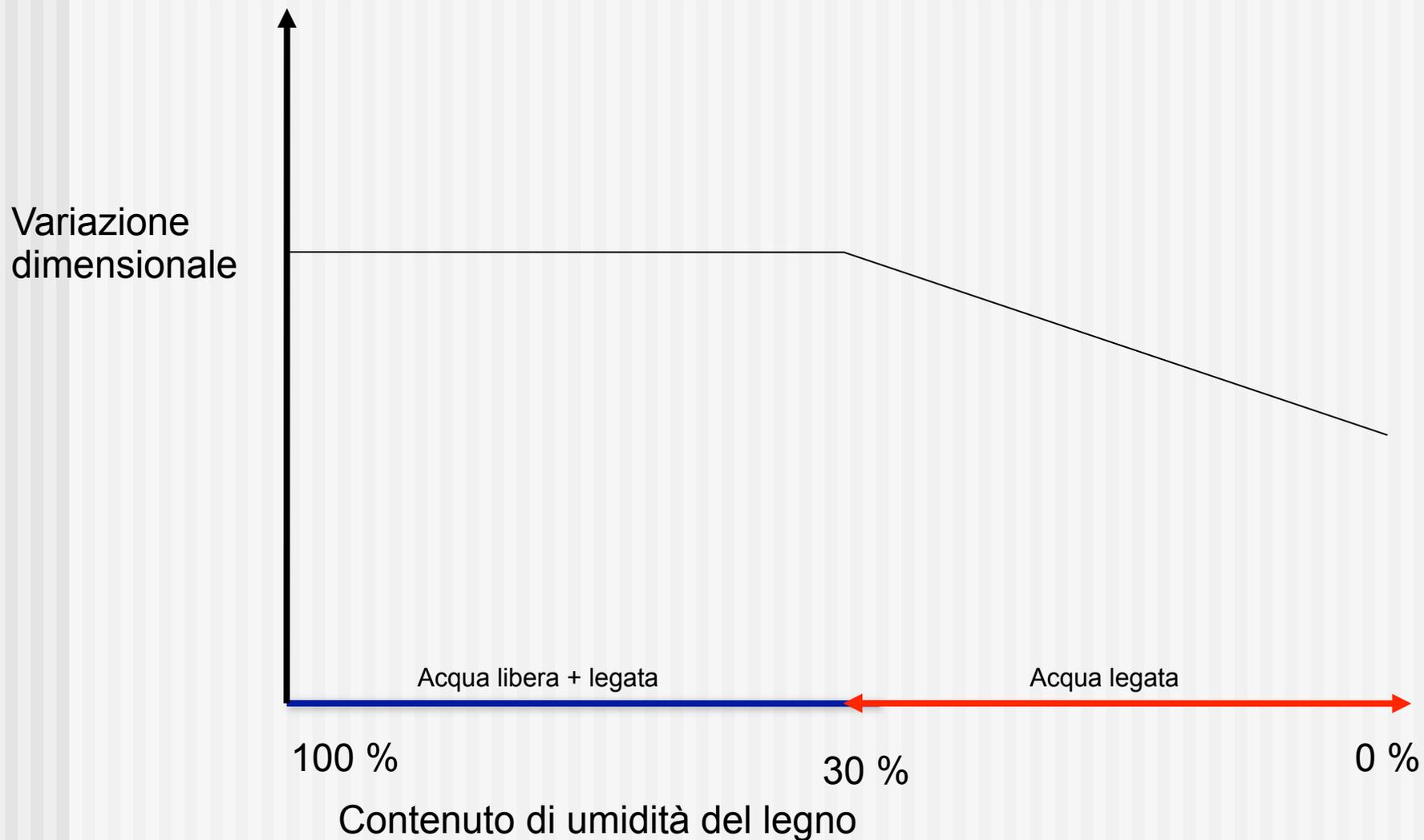
Umidità relativa dell'aria	Temperature in gradi centigradi									
	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
5%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
10%	3%	3%	3%	2%	2%	2%	2%	2%	1%	1%
15%	4%	4%	4%	3%	3%	3%	3%	2%	2%	2%
20%	5%	5%	5%	4%	4%	4%	3%	3%	3%	2%
25%	6%	5%	5%	5%	5%	5%	4%	4%	3%	3%
30%	6%	6%	6%	6%	6%	5%	5%	4%	4%	3%
35%	7%	7%	7%	7%	6%	6%	5%	5%	4%	4%
40%	8%	8%	8%	7%	7%	7%	6%	6%	5%	4%
45%	9%	9%	9%	8%	8%	7%	7%	6%	6%	5%
50%	10%	10%	9%	9%	9%	8%	7%	7%	6%	6%
55%	11%	10%	10%	10%	9%	9%	8%	7%	7%	6%
60%	12%	11%	11%	11%	10%	10%	9%	8%	7%	7%
65%	13%	12%	12%	12%	11%	10%	10%	9%	8%	8%
70%	14%	14%	13%	13%	12%	11%	11%	10%	9%	8%
75%	15%	15%	15%	14%	13%	13%	12%	11%	10%	9%
80%	17%	17%	16%	16%	15%	14%	14%	13%	12%	11%
85%	19%	19%	18%	18%	17%	16%	15%	14%	13%	12%
90%	22%	22%	21%	20%	19%	18%	17%	16%	15%	14%
95%	27%	26%	25%	24%	23%	22%	21%	20%	19%	18%
100%	33%	32%	31%	30%	29%	28%	27%	26%	25%	24%



Wood movements

Franco Bulian

Variazioni dimensionali del legno



Conseguenze: Movimenti e Anisotropia

Movimento in direzione longitudinale per ogni unità di umidità assorbita o rilasciata (%)	Movimento in direzione radiale per ogni unità di umidità assorbita o rilasciata (%)	Movimento in direzione tangenziale per ogni unità di umidità assorbita o rilasciata (%)
Praticamente nullo	0,1 ÷ 0,2	0,2 ÷ 0,4

Movimenti

		Movimento percentuale per ogni punto di umidità assorbita o rilasciata	
		Rd	Tg
Conifere			
Abete	Abies Alba	0,10 ÷ 0,15	0,28 – 0,33
Pino	Pinus Sylvestris	0,13 – 0,19	0,25 – 0,33
Douglasia	Pseudotsuga men.	0,17	0,22
Larice	Larix decidua	0,16	0,33
Latifoglie			
Faggio	Fagus sylvatica	0,19 – 0,22	0,38 – 0,44
Rovere	Quercus petraea	0,15 – 0,22	0,32 – 0,35
Doussié	Azadirachta indica	0,11	0,17 – 0,22
Teak	Tectona grandis	0,13 – 0,16	0,24 – 0,26
Noce	Juglans regia	0,18 – 0,20	0,25 – 0,30
Tiglio	Tilia parvifolia	0,18 – 0,23	0,25 – 0,35
Frassino	Fraxinus excelsior	0,17 – 0,21	0,27 – 0,40
Pioppo	Populus tremula	0,12	0,25
Ciliegio	Prunus avium	0,16	0,28
Betulla	Betula verrucosa	0,18 – 0,24	0,26 – 0,31

Problema

Un elemento di faggio ha una larghezza di 100 mm (tg) in un ambiente a 20°C e al 80 % di u.r.

Di quanto si ritira se l'ambiente passa al 30 % di u.r. rimanendo a 20 °C.

Movimenti



Movimenti



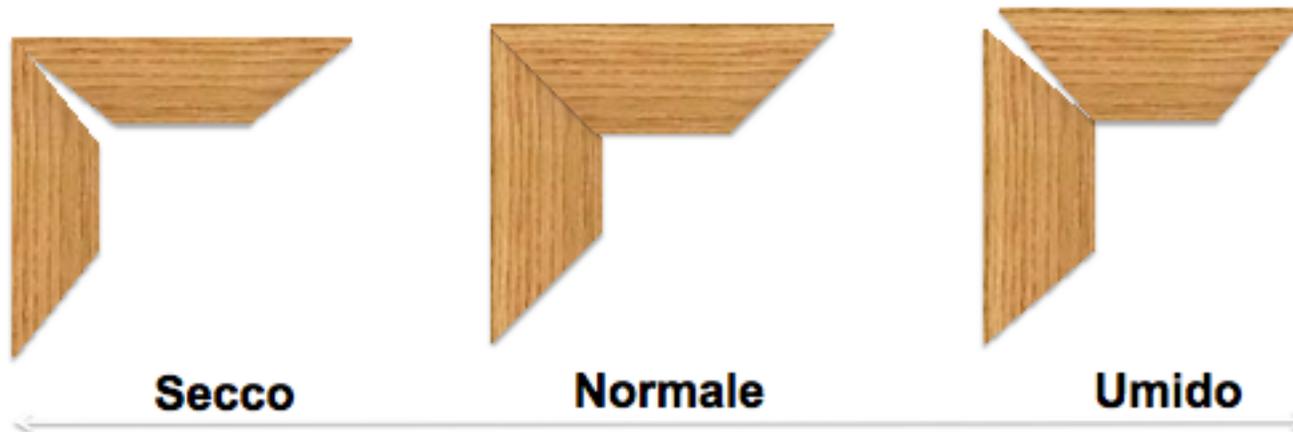
Movimenti



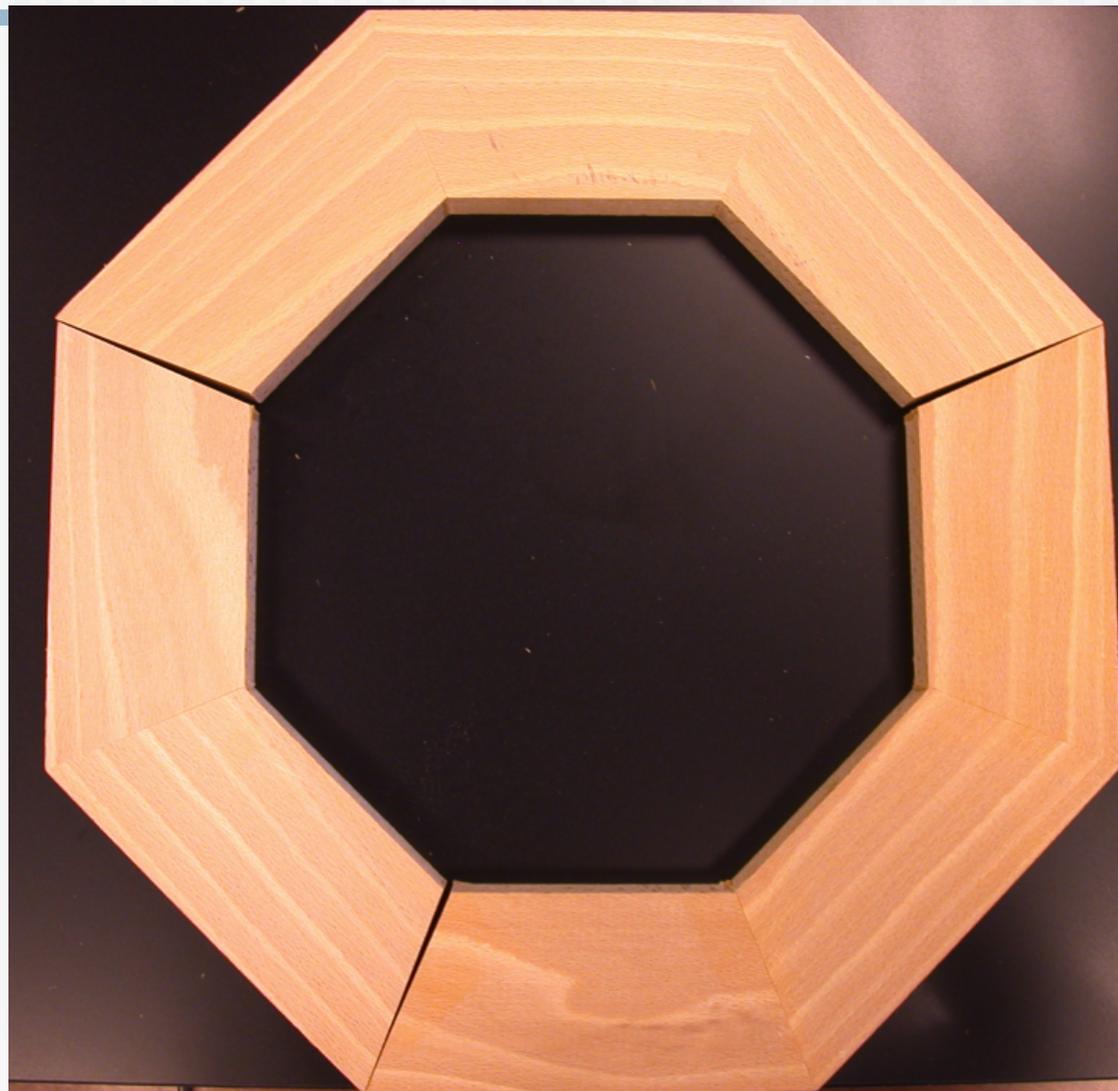
Movimenti



Movimenti



Movimenti



Movimenti

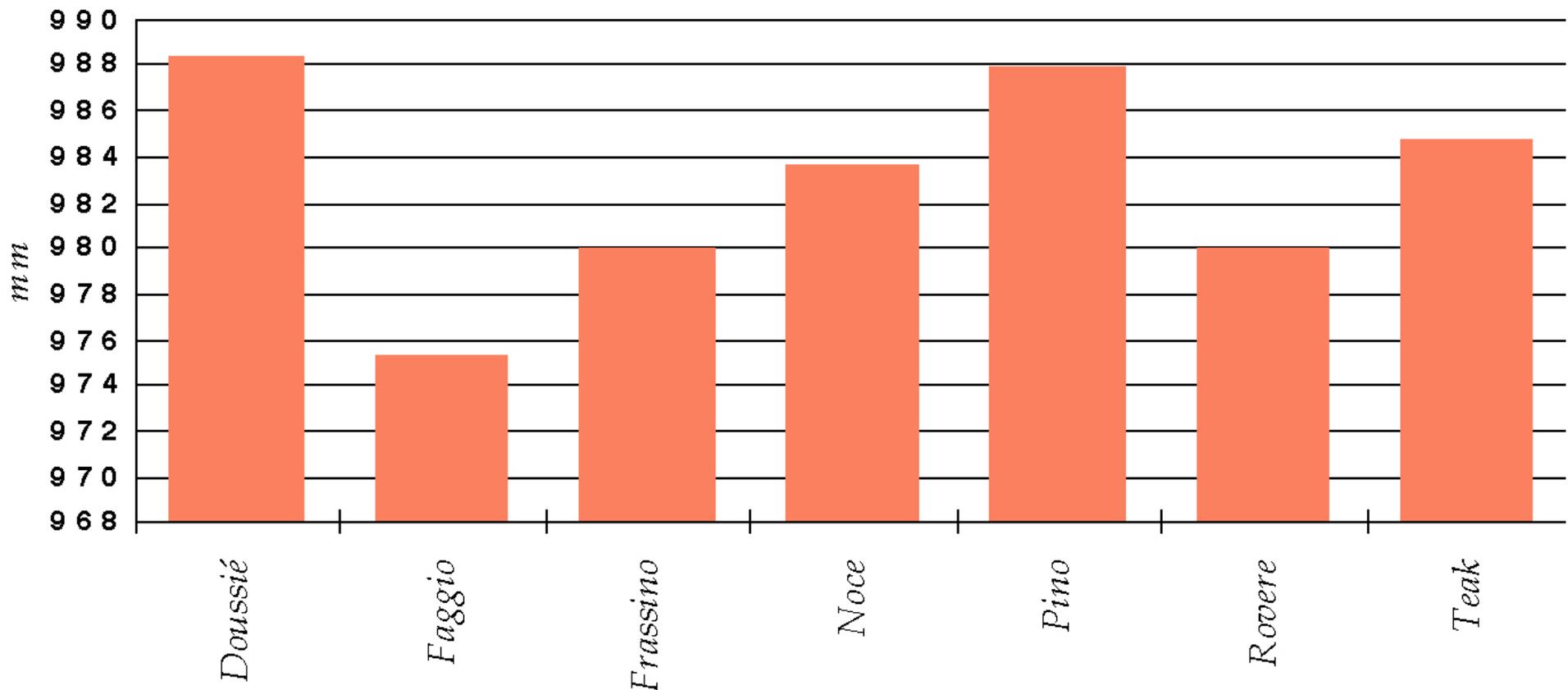


Movimenti



Movimenti: studio del CATAS

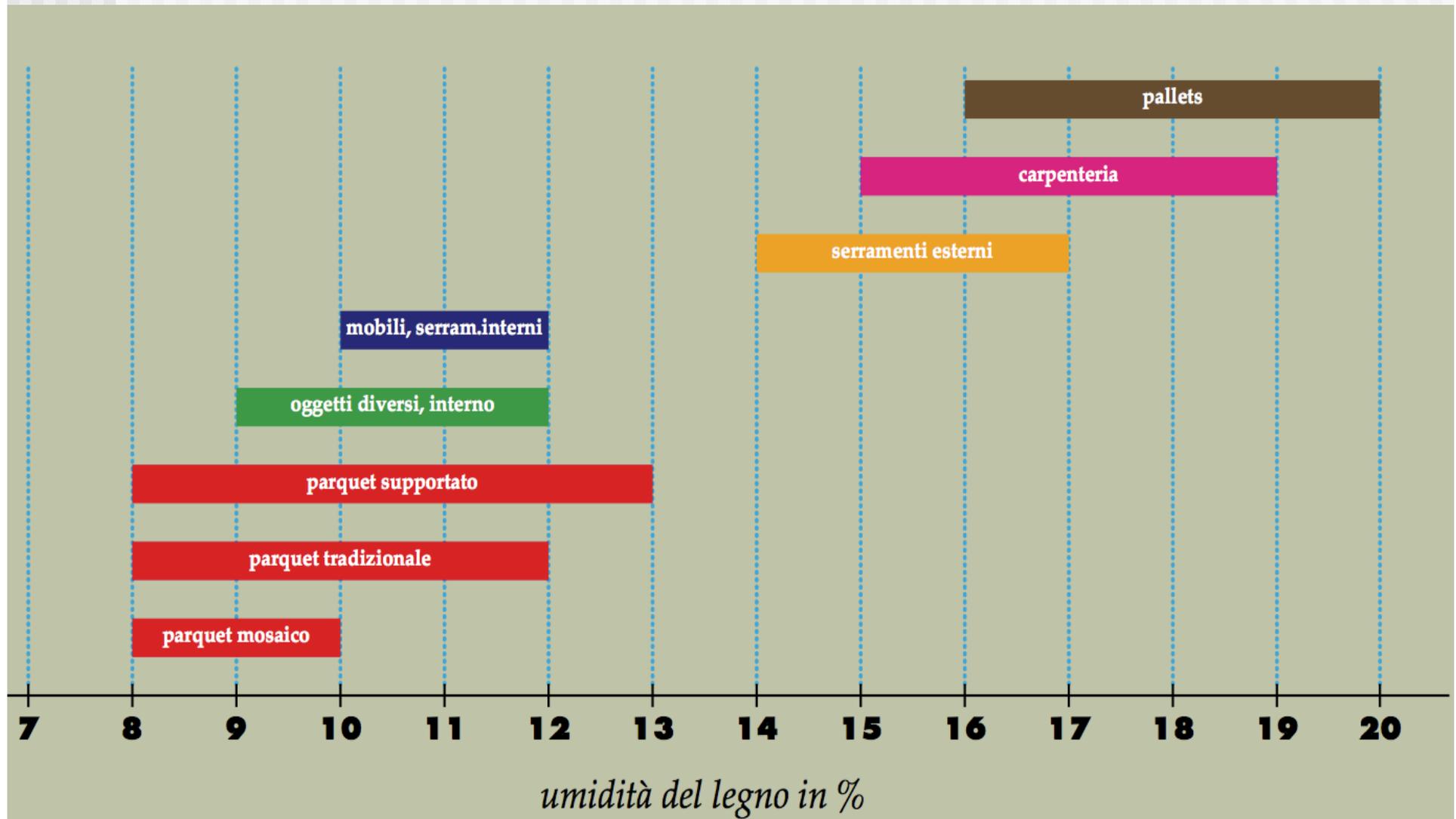
Larghezza finale (tg) di vari legni che hanno subito una variazione di umidità del 6% (da 16 a 10%) - larghezza iniziale 1000 mm



Conseguenze: fessurazioni

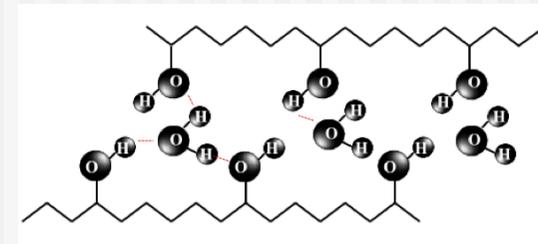
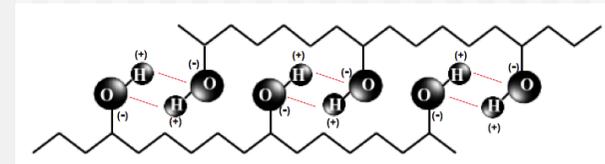


Umidità del legno in funzione dell'impiego

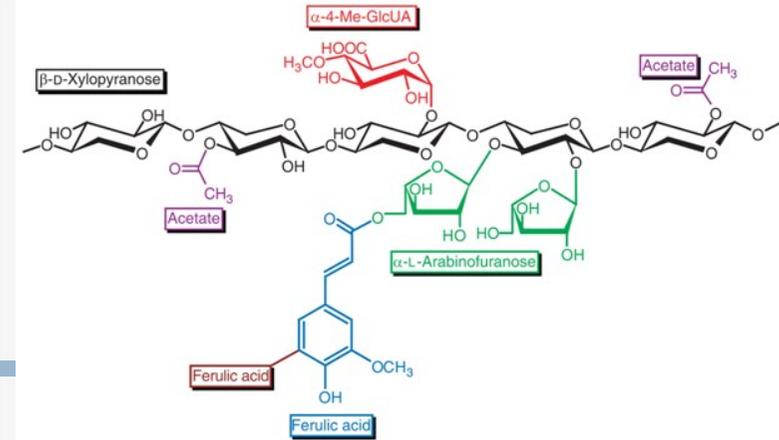
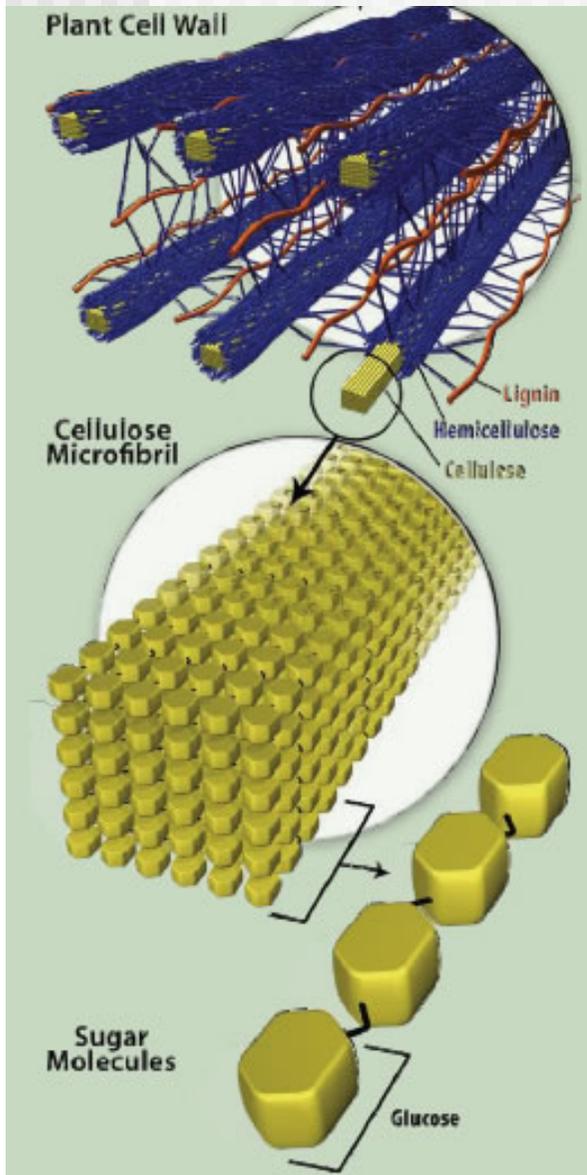


Influenza dell'umidità sulle proprietà meccaniche

	Resistenza a compressione longitudinale (N/mm ²)	Resistenza a compressione trasversale (N/mm ²)
Pino (Pinus sylvestris) 12 % umidità	41,9	4,1
Pino (Pinus sylvestris) Green	18,8	1,8



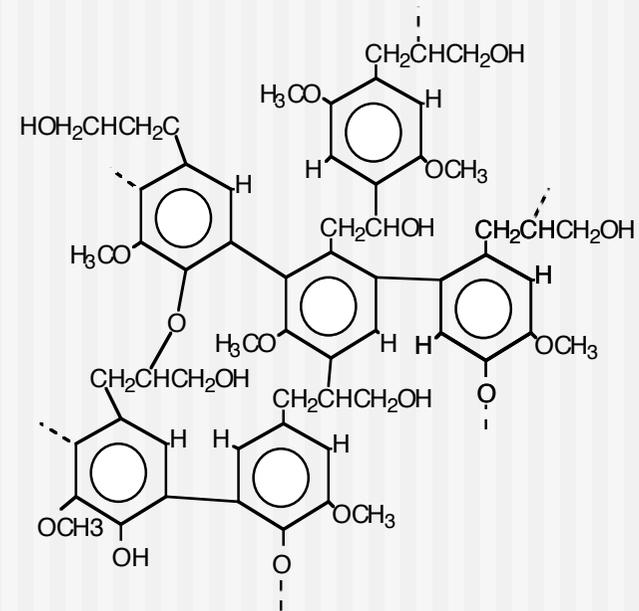
Emicellulosa



- L'emicellulosa è un polimero ramificato costituito da diverse tipologie di zuccheri semplici.
- L'emicellulosa è considerabile come una sorta di adesivo tra cellulosa e lignina.

Lignina

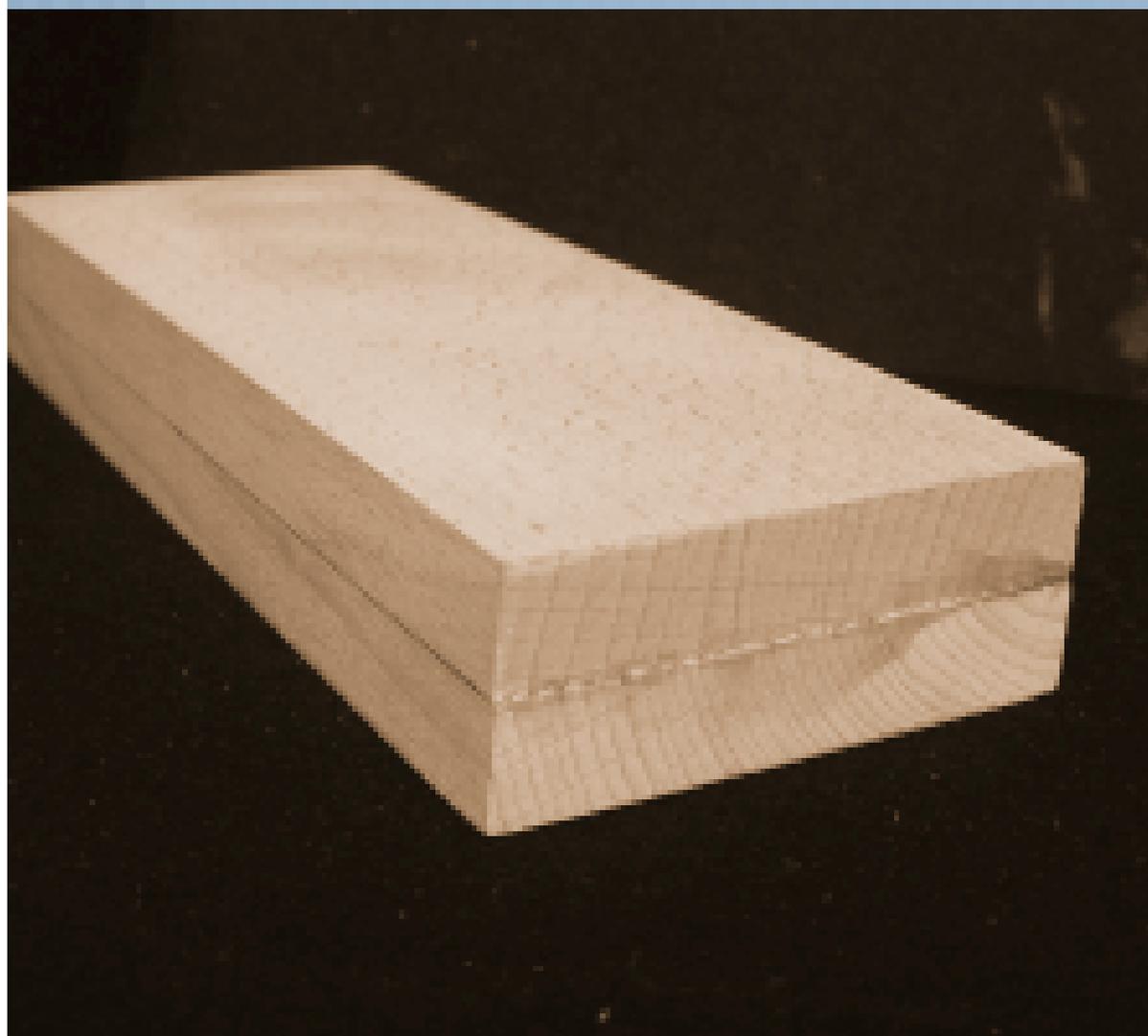
- polimero termoplastico contenente diversi gruppi aromatici
 - rigidità
 - idrorepellenza
 - plasticità (quando riscaldato)
 - sensibilità alla luce solare



Conseguenze: la curvatura del legno



Conseguenze: la saldatura del legno



Plastic from wood



Images: Tecnar GmbH

Sostanze a basso peso molecolare

Gli estrattivi

⌘ Inorganici

⌘ Organici

Conseguenze: la durabilità del legno



Conseguenze: il colore del legno



PIOPPO



PAU-ROXO



CILIEGIO

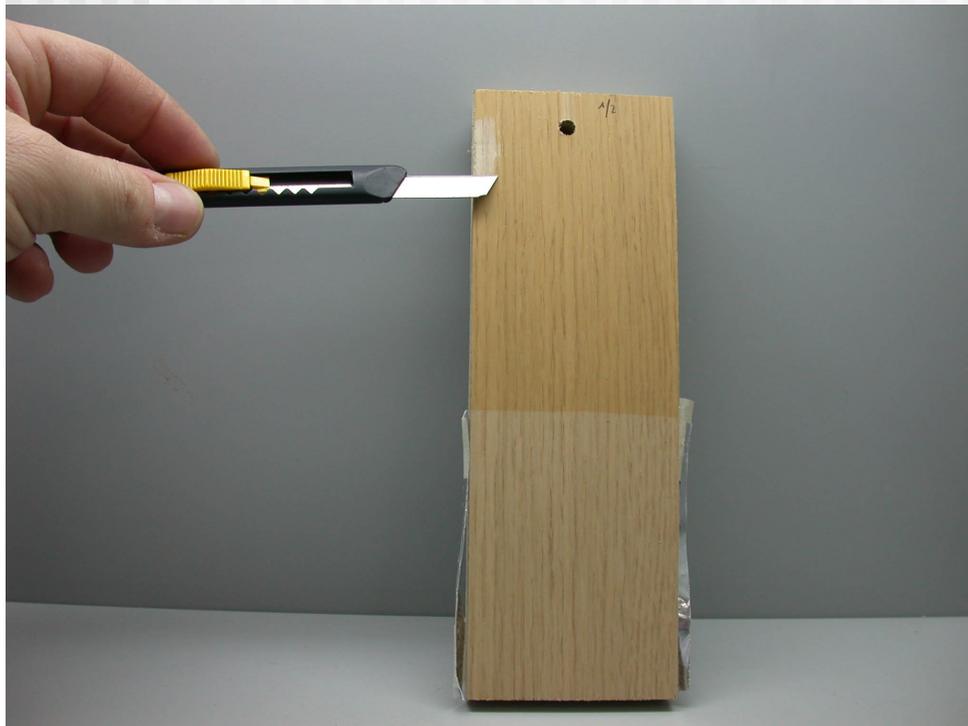


CASTAGNO

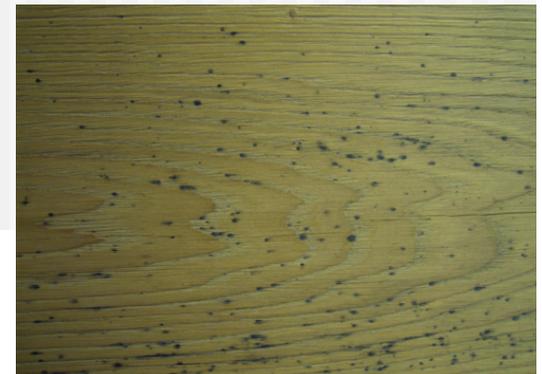


EBANO

Conseguenze: la sensibilità alla luce



Conseguenze della presenza di sostanze acide: corrosione metalli



Conseguenze della natura organica del legno: la sensibilità al fuoco

- Il legno è un materiale combustibile.
- Il propagarsi del fuoco è tuttavia influenzato dalla *conducibilità termica*. Il legno, carbonizzato in superficie ha una conducibilità termica molto bassa.
- La resistenza al fuoco del legno si può migliorare:
 - aumentandone la sezione degli elementi
 - trattandolo con sostanze ignifughe.



Sommario



1. Introduzione

2. Le proprietà del legno

- Conseguenze derivanti dalle sue caratteristiche anatomiche e morfologiche
- Conseguenze derivanti dalla sua composizione chimica

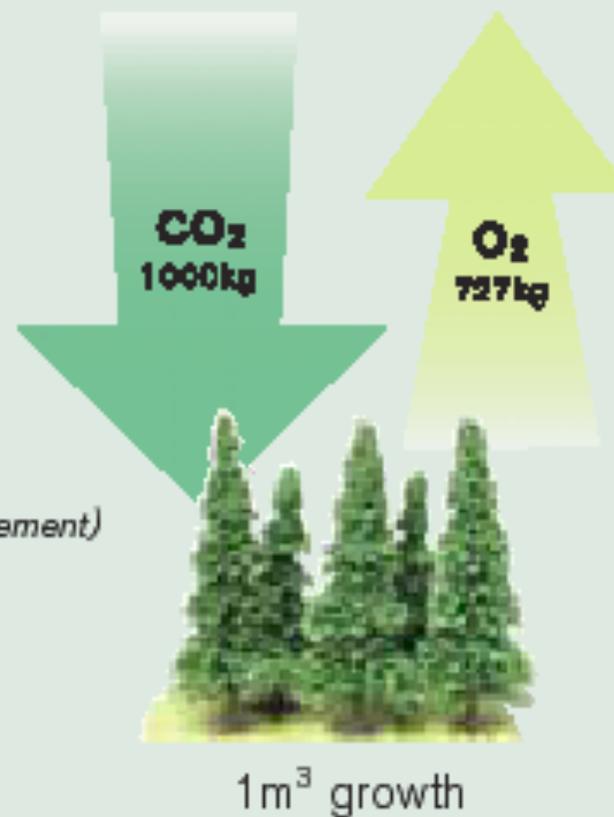
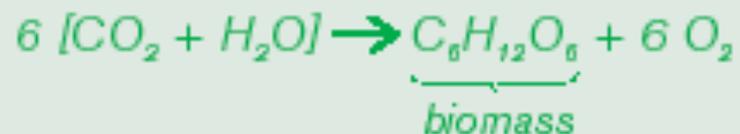
3. Naturale, Ecologico e Biologico?

Ecologico?

On average a typical tree absorbs, through photosynthesis, the equivalent of 1 tonne of carbon dioxide for every cubic metre's growth, while producing the equivalent of 727kg of oxygen.

ECCM (Edinburgh Centre for Carbon Management)

Photosynthesis:



Biologico?

- Gli estrattivi contenuti in alcune specie legnose possono causare reazioni allergiche o altri effetti ai lavoratori (ad es. Epistassi).

Biologico?

194

IARC MONOGRAPHS VOLUME 62

Exposure to wood dust may cause cellular changes in the nasal epithelium. Increased frequencies of cuboidal metaplasia and dysplasia were found in some studies of workers exposed to dust from both hardwood and softwood. These changes can potentially progress to nasal carcinoma.

Impaired respiratory function and increased prevalences of pulmonary symptoms and asthma occur in workers exposed to wood dust, especially that from western red cedar.

There is little reliable information on the effects of wood dusts on the respiratory tract of rodents. One study *in vitro* showed that various wood dusts are cytotoxic and can induce drug metabolizing enzymes.

Constituents of beech that can be extracted with polar organic solvents are genotoxic, as demonstrated by the induction of point mutations in bacteria, DNA single-strand breaks in rat hepatocytes *in vitro* and micronuclei in rodent tissues *in vivo*. Extracts of oak wood showed similar activity, but fewer data were available. Extracts of spruce, the only softwood tested, gave consistently negative results.

5.5 Evaluation¹

There is *sufficient evidence* in humans for the carcinogenicity of wood dust.

There is *inadequate evidence* in experimental animals for the carcinogenicity of wood dust.

Overall evaluation²

Wood dust *is carcinogenic to humans (Group 1)*.

WORLD HEALTH ORGANIZATION
INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER



IARC MONOGRAPHS
ON THE EVALUATION
OF CARCINOGENIC
RISKS TO HUMANS

VOLUME 62
WOOD DUST AND
FORMALDEHYDE

1995
IARC
LYON
FRANCE

Bibliografia



F. Bulian, Materiali e Tecnologie dell'Industria del Mobile, Edizioni goliardiche, 2011

Il materiale contenuto in questa presentazione è di esclusivo uso interno. Nessuna parte può essere riprodotta o divulgata in qualsiasi forma essendo coperta da copyright.