



Università di Pisa

Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni

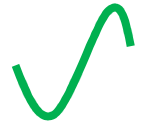
DESTEC

Corso di Tecnologie delle Costruzioni Civili

Linda Giresini

1 Ottobre 2013

Legno: origine e caratteristiche del materiale



✓ **Caratteristiche meccaniche “superiori”** rispetto ad altri materiali, in relazione alla massa necessaria a garantire determinate prestazioni statiche

✓ Risponde alle attuali esigenze di **sostenibilità**



❑ Soggetto all'azione negativa di **fenomeni fisici** (incendi), **biologici** (funghi/insetti), **chimici** e **radiazioni elettromagnetiche**

❑ Presenta **nodi**, **discontinuità** (cipollature e fratture longitudinali da vento) e **fratture** che riducono le caratteristiche meccaniche

❑ Materiale fortemente **igroscopico**

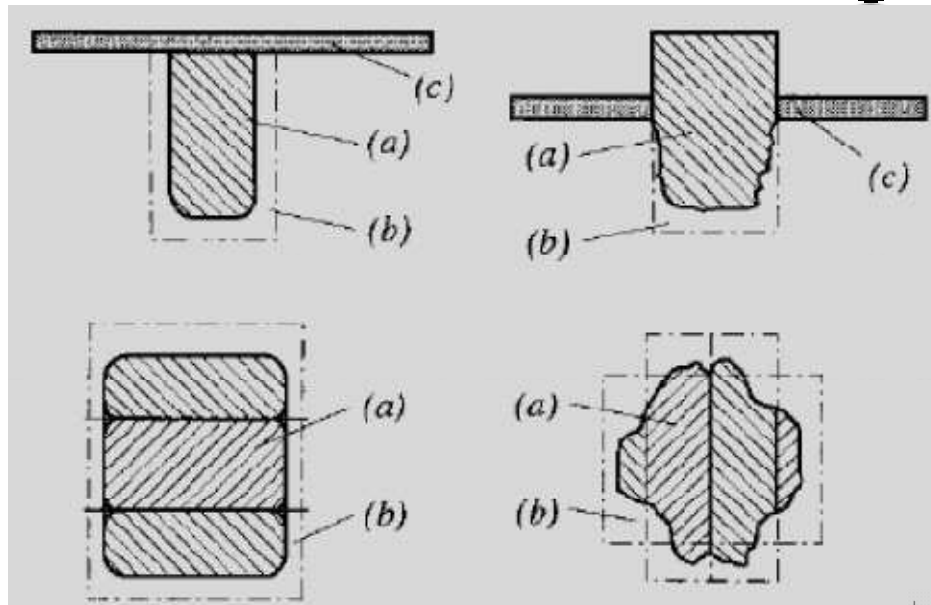


Legno: comportamento al fuoco/1

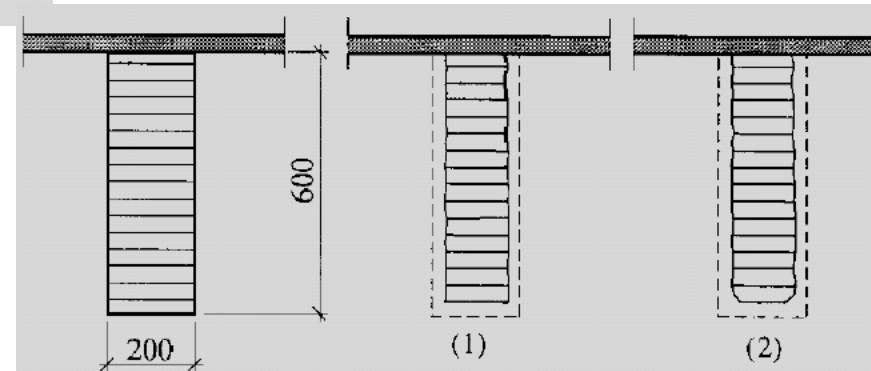


Fig. 20-4. After fire scene. Shows a wood beam supporting twisted steel I-beams. (Forest Products Laboratory)

Legno: comportamento al fuoco/2

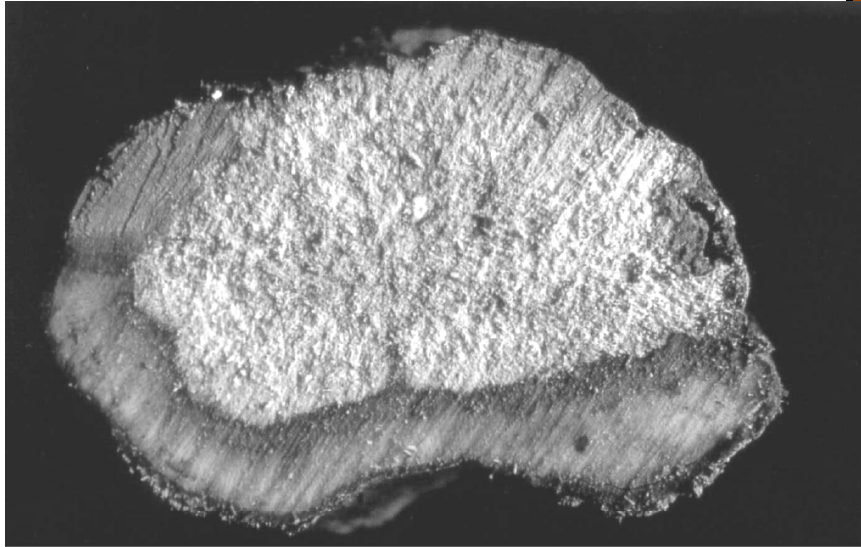


Travi e colonne prima e dopo l'esposizione al fuoco. (a) sezione trasversale residua, (b) legno carbonizzato, (c) barriere contro il fuoco.



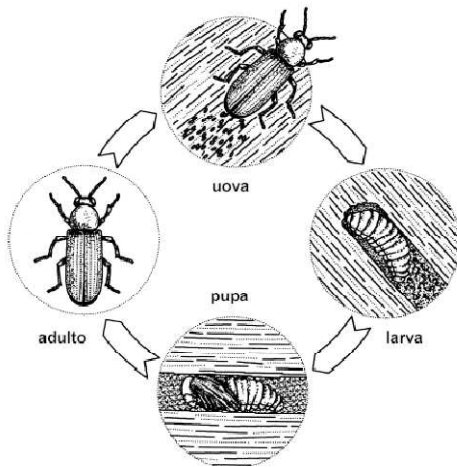
Sezione trasversale della trave in legno lamellare incollato

Legno: attacchi biologici



Cariè soffice

I funghi



Insetti

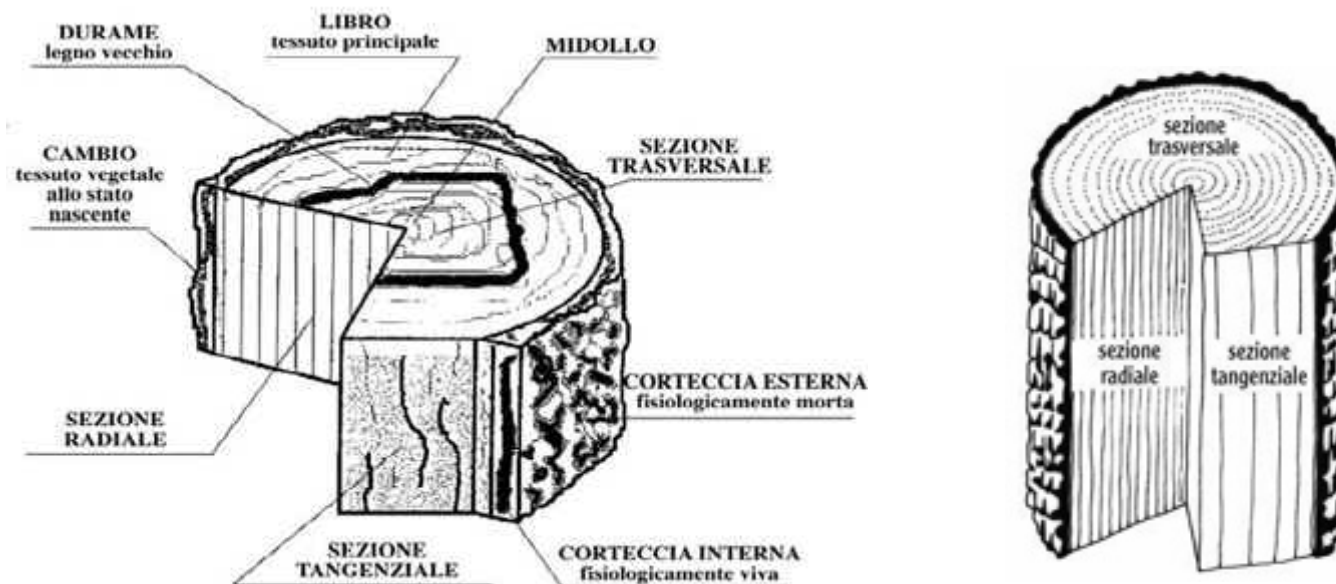


Costituzione del tronco e sezioni anatomiche

Accrescimento *primario* → altezza

Accrescimento *secondario* → diametro

Funzioni di trasporto della linfa, sostegno e formazione di nuovi tessuti legnosi



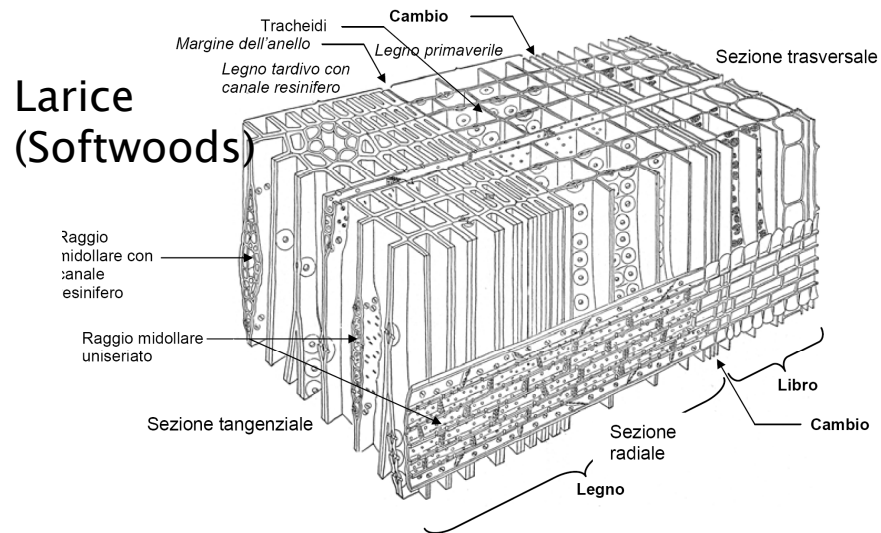
Classificazione del legno



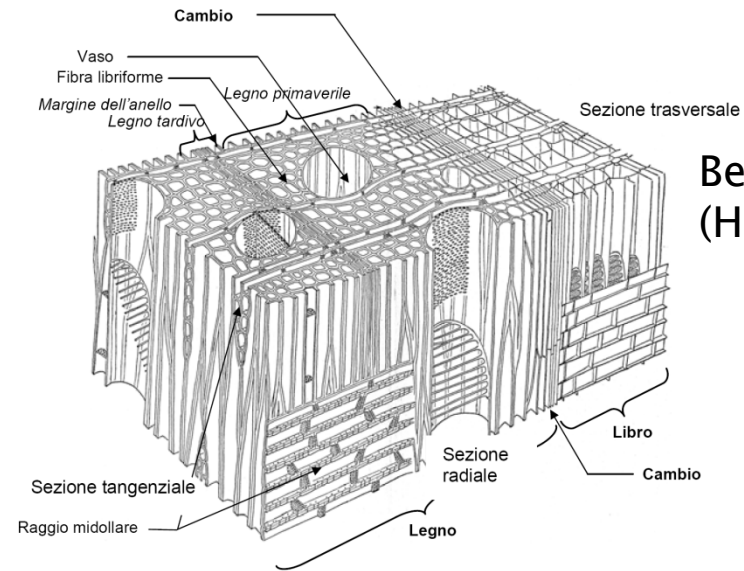
Conifers
(Gymnosperms)



Broadleaved trees
(Angiosperms/Dicotyledons)



Larice
(Softwoods)



Betulla
(Hardwoods)



Suddivisione per essenze e/o difetti

Per **essenze**:

- Legni duri o di essenza forte
- Legni teneri o di essenza debole

Per **difetti** (quantità e dimensione dei nodi–deviazione delle fibre):

- Legni di prima categoria
- Legni di seconda categoria
- Legni di terza categoria



Comportamento igroscopico / 1

Linfa = soluzione acquosa di sostanze nutritive

Tipologie di acqua:

1. acqua di imbibizione o acqua libera;
2. acqua di saturazione delle pareti cellulari o acqua “legata”;
3. acqua di costituzione;
4. vapore acqueo.

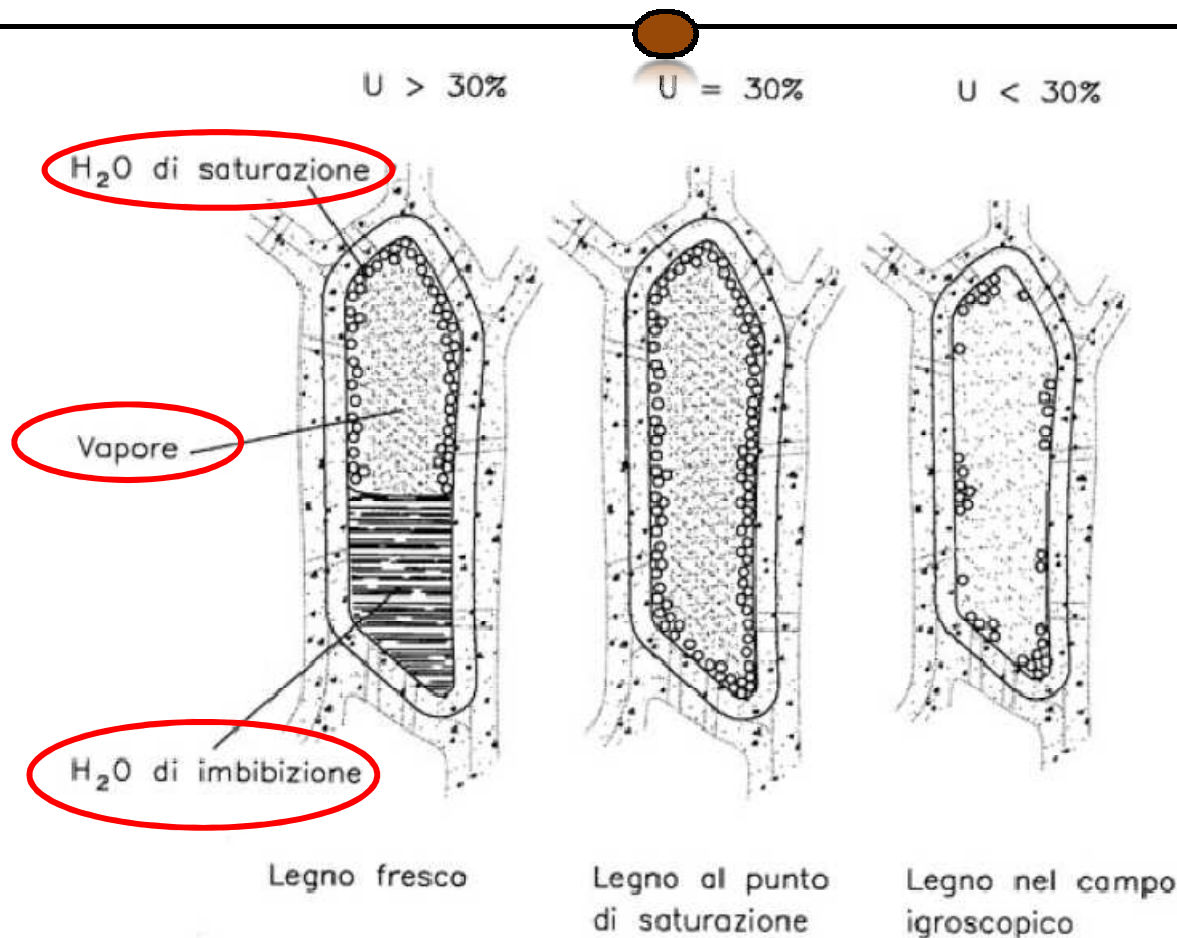
$$U = \text{UMIDITA' o CONTENUTO D'ACQUA} = \frac{m - m_0}{m_0} \cdot 100$$

m = massa dell'elemento ligneo

m_0 = massa dell'elemento anidro



Comportamento igroscopico / 2



Ringonfiamento del materiale - decremento delle proprietà meccaniche

Comportamento igroscopico / 3

$$\Delta U \Leftrightarrow \Delta U_{rel_amb} , T$$

Condizione di equilibrio igroscopico con l'ambiente =
la quantità di H₂O legata dal materiale è pari alla quantità di H₂O rilasciata all'ambiente in un determinato lasso temporale

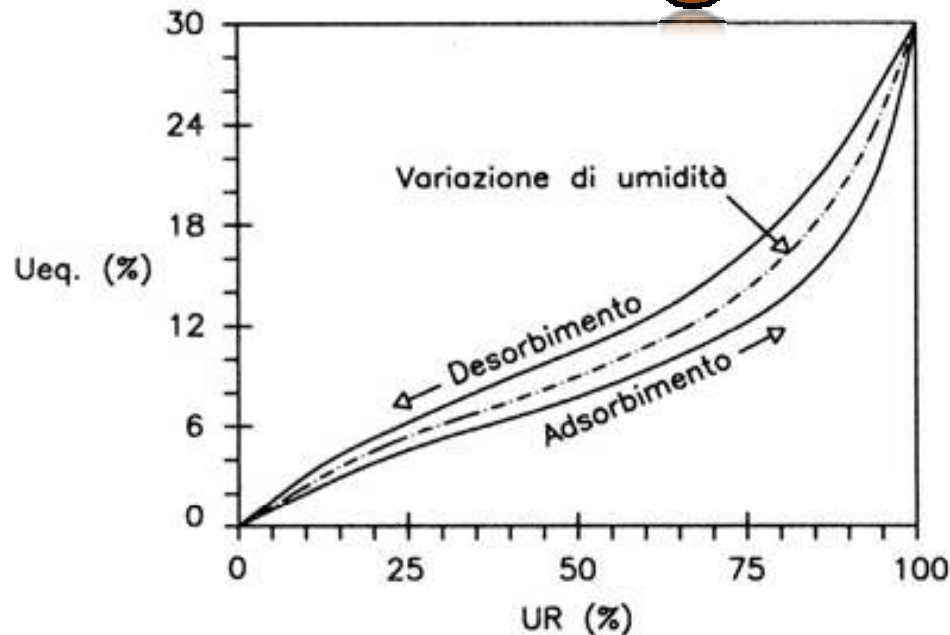
Condizione "normale" (in Italia)=

$$U=12\% * \text{ in equilibrio con } U_{rel_amb}=65\% , T=20^{\circ}\text{C}$$

* Valore convenzionale stimato per legno di conifera;
varia sensibilmente a seconda della specie legnosa, storia DU, etc.



Comportamento igroscopico / 4



Isteresi igroscopica

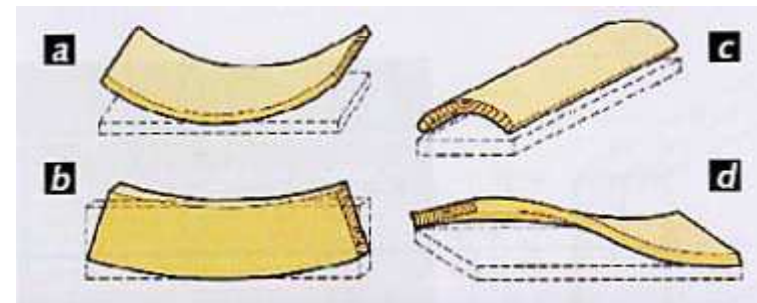
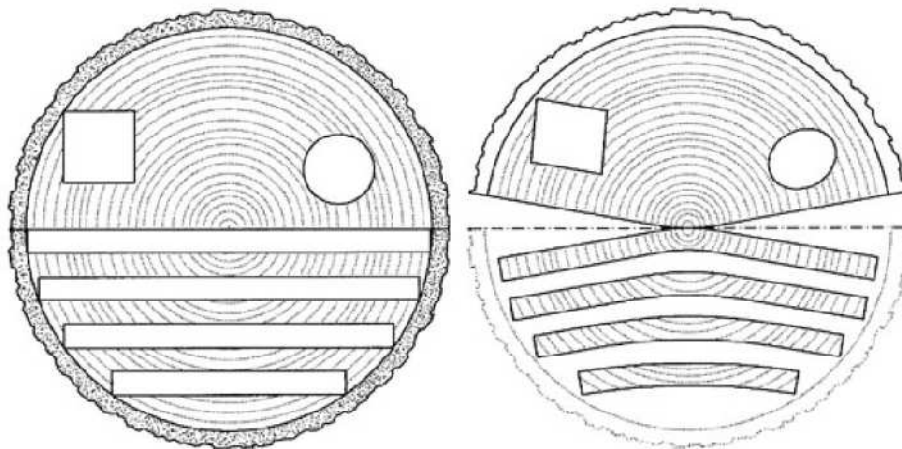
Fig. 6 - Fenomeno dell'isteresi igroscopica: a parità di condizioni ambientali, l'umidità di equilibrio del legno è diversa a seconda che venga raggiunta mediante adsorbimento oppure desorbimento. In condizioni ambientali fluttuanti, l'umidità di equilibrio tende a seguire la curva intermedia (da Hoadley, 1998)

Impiego corretto del legno strutturale: stagionatura (o essiccazione) che porti il legno alla condizione di equilibrio in cui verrà utilizzato il manufatto in maniera lenta (no stati di coazione)

Deformazioni tipiche dei legni segati

Quattro geometrie tipiche (igroscopicità):

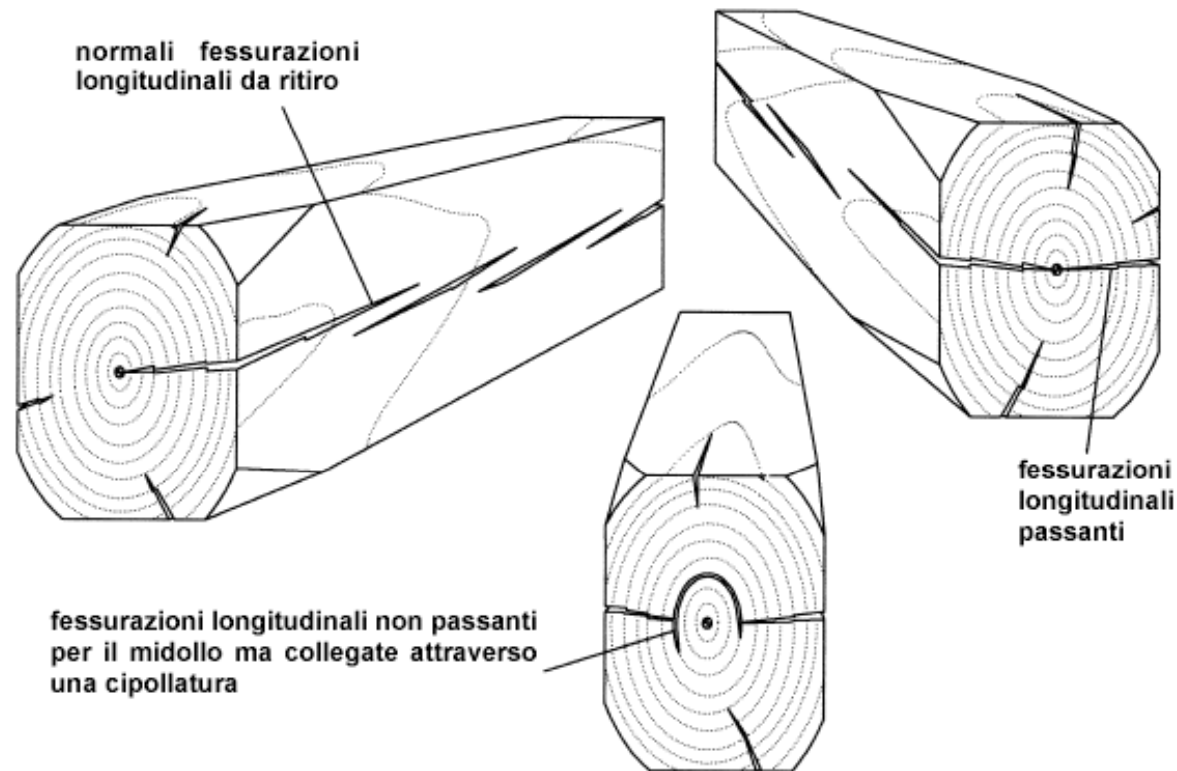
- a) arcuatura (appoggiato di piatto alza le testate)
- b) falcatura (si incurva restando nel proprio piano)
- c) imbarcamento (a tegola)
- d) svergolamento (si torce a elica)



Conseguenze del ritiro dovute all'anisotropia:

a sinistra il legno ancora allo stato fresco, a destra alcuni effetti dovuti al ritiro conseguente alla stagionatura; i fori risultano deformati e le tavole imbarcate

Deformazioni tipiche dei legni segati



-> NECESSITA' DI PROVVEDERE AD UN'ADEGUATA STAGIONATURA
(3 anni! - *De Re Aedificatoria*)

Velocità di essiccazione da valutarsi in funzione dei gradienti di umidità e stati di coazione

Peso specifico

Il peso specifico della materia legno
è dell'ordine di 1,5 t/mc a prescindere dall'essenza,

mentre

il peso specifico apparente, cioè quello del corpo legnoso,

è variabile in relazione alla **specie legnosa** e all'**umidità**

$$\gamma_u = \gamma_0 \frac{1 + u}{1 + 0,84 u}$$

Formula di Kollmann
 γ_0 = peso specifico a secco (400 700 kg/mc)
 γ_u = peso specifico ad una data temperatura



Massa volumica

La **massa volumica** del legno varia in relazione alla specie legnosa

300-400 kg/mc → legname di conifere e pioppo

500-900 kg/mc → legname di latifoglie

Sistema di classi di resistenza per il legname strutturale secondo UNI EN 338:2004

		LEGNAME DI CONIFERE E DI PIOPPO									LEGAME DI LATIFOGLIE					
		C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	C40	D30	D35	D40	D50	D60	D70
PROPRIETA' DI RESISTENZA	[N/mm ²]															
Flessione	$f_{m,k}$	14	16	18	22	24	27	30	35	40	30	35	40	50	60	70
Trazione parallela	$f_{t,0,k}$	8	10	11	13	14	16	18	21	24	18	21	24	30	36	42
Trazione perpendicolare	$f_{t,90,k}$	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,9
Compressione parallela	$f_{c,0,k}$	16	17	18	20	21	22	23	25	26	23	25	26	29	32	34
Compressione perpendicolare	$f_{c,90,k}$	4,3	4,6	4,8	5,1	5,3	5,6	5,7	6,0	6,3	8,0	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5
Taglio	$f_{v,k}$	1,7	1,8	2,0	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8	3,0	3,4	3,8	4,6	5,3	6,0
PROPRIETA' DI RIGIDEZZA	[kN/mm ²]															
Modulo elastico medio parallelo	$E_{0,mean}$	7	8	9	10	11	12	12	13	14	10	10	11	14	17	20
Modulo elastico 5° percentile parallelo	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,7	7,4	8,0	8,0	8,7	9,4	8,0	8,7	9,4	11,8	14,3	16,8
Modulo elastico medio perpendicolare	$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,33	0,37	0,40	0,40	0,43	0,47	0,64	0,69	0,75	0,93	1,13	1,33
Modulo tangenziale medio	G_{mean}	0,44	0,50	0,56	0,63	0,69	0,75	0,75	0,81	0,88	0,60	0,65	0,7	0,88	1,06	1,25
MASSA VOLUMICA	[kg/m ³]															
Massa volumica 5° percentile	ρ_k	290	310	320	340	350	370	380	400	420	530	560	590	650	700	900
Massa volumica media	ρ_{mean}	350	370	380	410	420	450	460	480	500	640	670	700	780	840	1080

Legno netto ed elementi lignei “in dimensioni d’uso”

*“Timber is as different from wood as concrete is from cement”
(Borg Madsen, 1999)*

Modellazione meccanica del legno netto



Proprietà meccaniche del legno

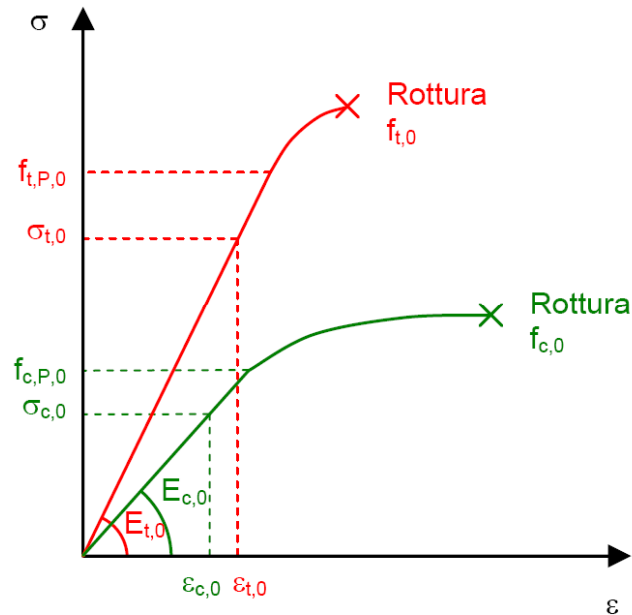
Sollecitazione	Tensione	Resistenza	Indicazione
Trazione parallela alla fibratura	$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_d}{A_n}$	$f_{t,0,d}$	Resistenza a trazione assiale
Compressione parallela alla fibratura	$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A_n}$	$f_{c,0,d}$	Resistenza a compressione assiale
Flessione e taglio	$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W_n}$	$f_{m,d}$	Resistenza a flessione
	$\tau_d = \frac{V_d \cdot S_n}{I_n \cdot b}$	$f_{v,d}$	Resistenza a taglio
Torsione	$\tau_{tor,d} = \frac{M_{T,d}}{W_{T,n}}$	$f_{v,d}$	Resistenza a torsione
Compressione perpendicolare alla fibratura (pressioni di contatto sugli appoggi)	$\sigma_{c,90,d} = \frac{N_d}{A}$	$f_{c,90,d}$	Resistenza a compressione trasversale
Trazione perpendicolare alla fibratura (elementi di collegamento)	$\sigma_{t,90,d} = \frac{N_d}{A}$	$f_{t,90,d}$	Resistenza a trazione trasversale
Scorrimento da taglio - “rotolamento delle fibre” - “scorrimento delle fibre”	$\tau_{r,d}$	$f_{r,k}$	Resistenza a taglio trasversale
	$\tau_{a,d}$	$f_{v,k}$	Resistenza a taglio longitudinale

Il legno si comporta elasticamente solo per carichi di breve durata: per carichi di lunga durata, anche se modesti, si osserva il fenomeno del “**fluage**”, sempre riscontrabile su travi inflesse o sottoposte a torsione.

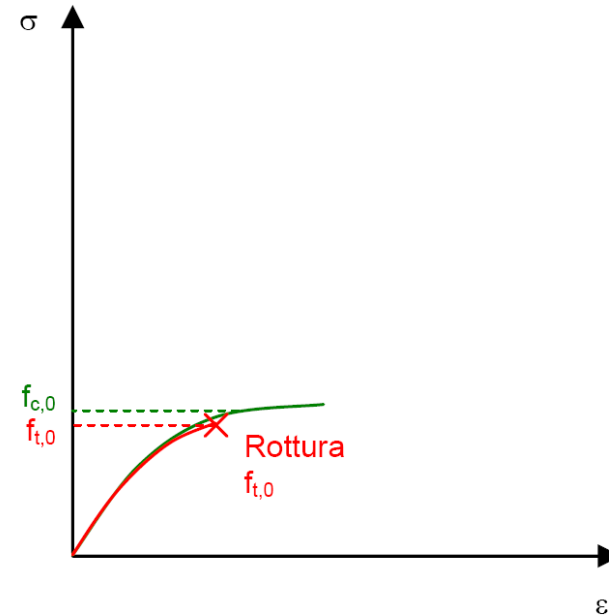


Legami costitutivi legno netto - legno strutturale

provino di legno di piccole dimensioni (privo di difetti)



provino in dimensione d'uso o strutturale



$$E_{t,0} = \tan \varphi_{t,0} = \frac{\sigma_{t,0}}{\epsilon_{t,0}}$$

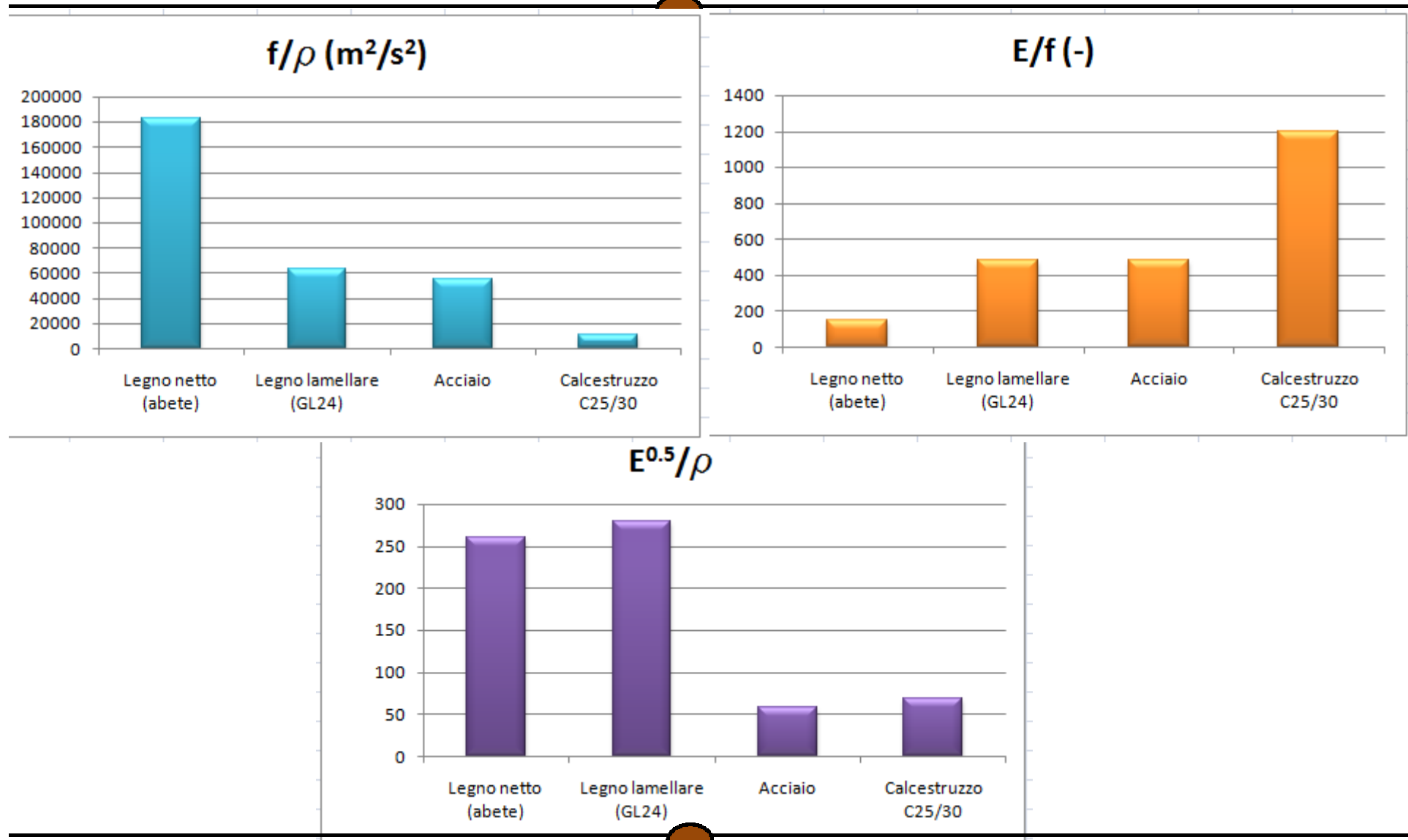
$$E_{c,0} = \tan \varphi_{c,0} = \frac{\sigma_{c,0}}{\epsilon_{c,0}}$$

TRAZIONE

COMPRESSIONE

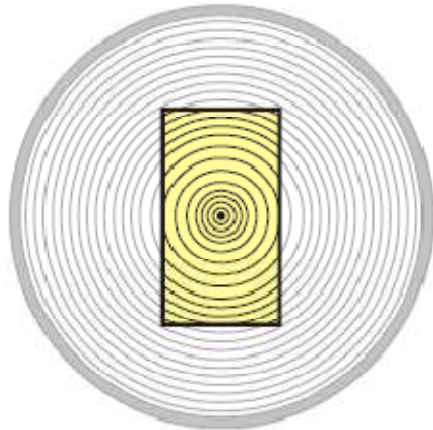


Coefficienti di qualità o efficienza statica



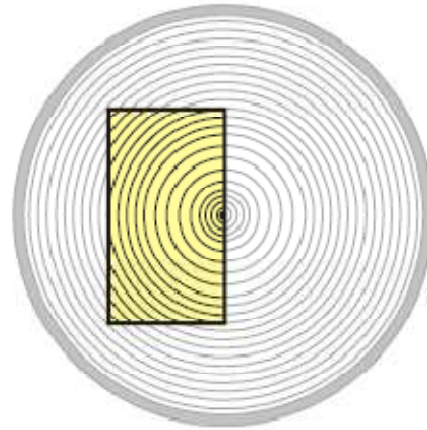
Prodotti a base di legno

Materia prima di tutti i tipi di legno: LEGNO TONDO



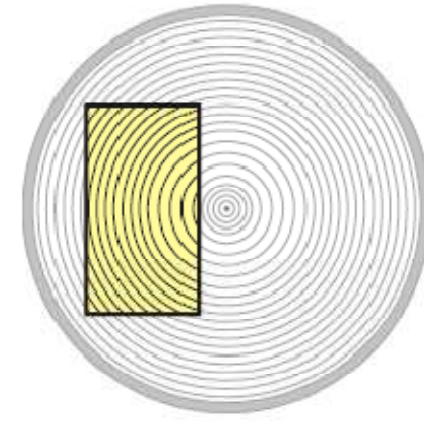
Taglio con cuore

Instabilità dimensionale
(deformazioni e svergolamento) e
rischio di fessurazione molto alti



Taglio cuore spaccato

Instabilità dimensionale
(deformazioni e svergolamento) e
rischio di fessurazione alti



Taglio fuori cuore

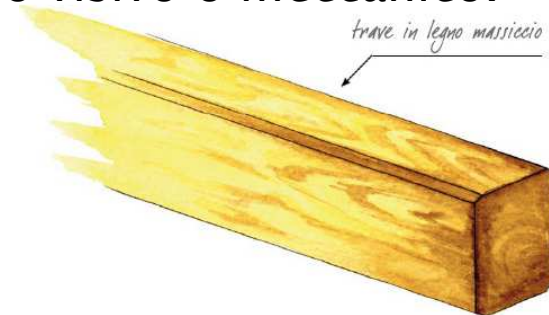
Instabilità dimensionale
(deformazioni e svergolamento) e
rischio di fessurazione limitati

Prodotti a base di legno: legno massiccio

Per legno massiccio si intendono listelli, tavole, tavoloni e legno squadrato dal taglio di tondame in segheria.

Taglio parallelo all'asse del tronco ed eventuale piallatura, senza superfici incollate e senza giunti a pettine.

Da classificarsi secondo la resistenza in modo visivo o meccanico.



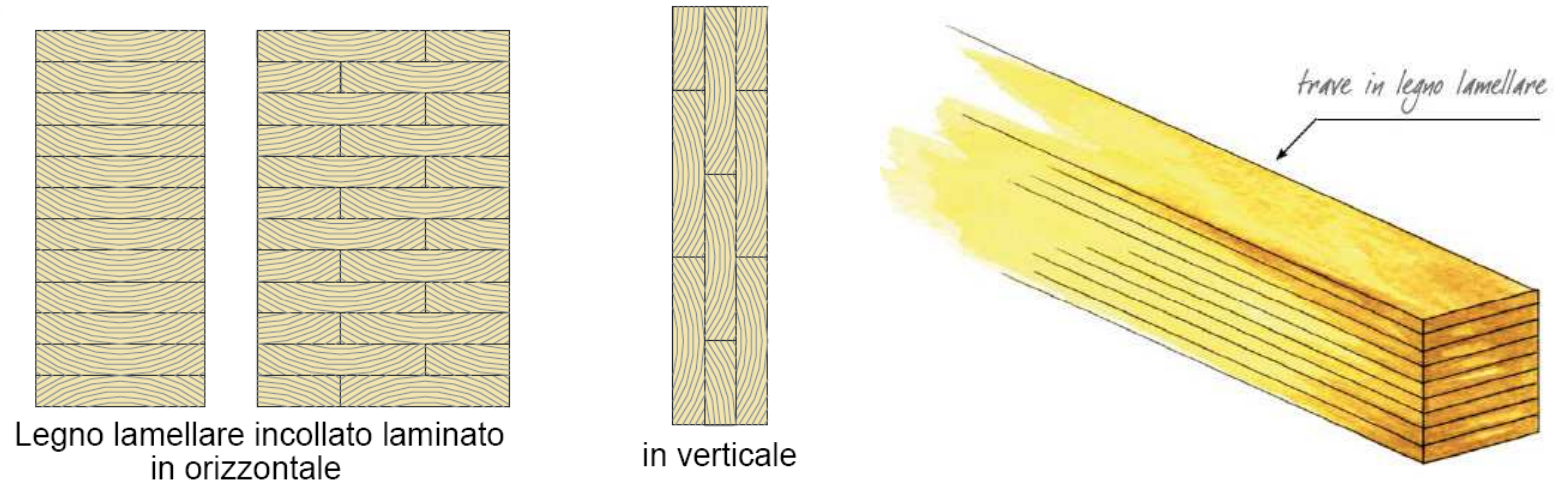
Classificazione del legno massiccio in base alle dimensioni

	Spessore d e/o altezza h	Larghezza b
Listello	$6 \text{ mm} \leq d \leq 40 \text{ mm}$	$b < 80 \text{ mm}$
Tavola	$6 \text{ mm} \leq d \leq 40^* \text{ mm}$	$b \geq 80 \text{ mm}$
Tavolone	$d > 40 \text{ mm}$	$b > 3 d$
Legname squadrato	$b \leq h \leq 3 b$	$b > 40 \text{ mm}$

* Questo valore limite non vale per le lamelle del legno lamellare incollato (secondo la Bozza ON DIN 4074-1:2004)

Prodotti a base di legno: legno lamellare

Per legno lamellare si intende un legno formato da almeno tre tavole o lamelle essiccate e incollate tra loro con le fibre parallele. Prima di essere incollate, le lamelle vengono classificate secondo la resistenza in modo visivo o meccanico e piallate.

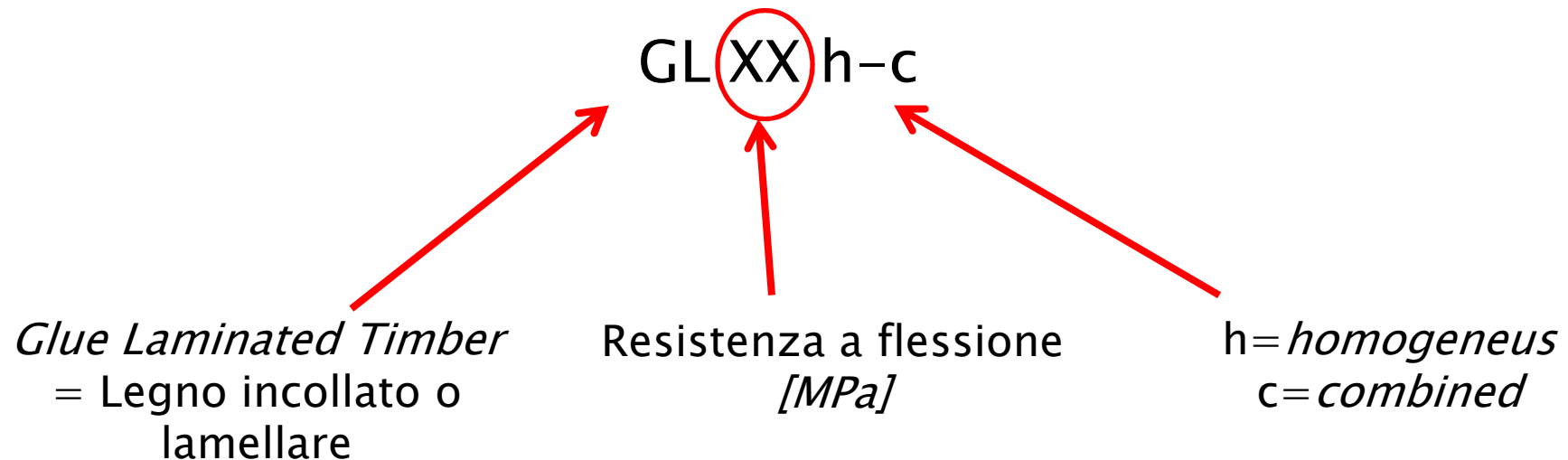


Legni più impiegati: *abete rosso, abete bianco e larice.*

- Legno lamellare incollato **omogeneo** (tutte le lamelle della sezione devono appartenere alla stessa classe di resistenza)
- Legno lamellare incollato **combinato** (le lamelle interne ed esterne della sezione possono appartenere a diverse classi di resistenza)

Prodotti a base di legno: legno lamellare

Nell'ambito del legno lamellare incollato laminato orizzontalmente la norma UNI EN 1194:2000 (ON EN 1194:1999) distingue tra sezioni omogenee (indicate aggiungendo h, ad esempio GL 24h) e sezioni combinate (indicate aggiungendo c, ad esempio GL 24c).



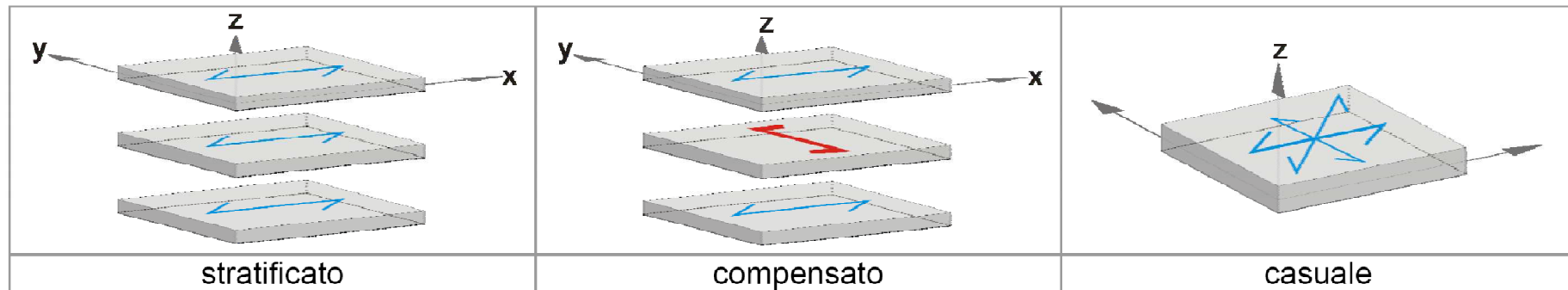
Prodotti piani a base di legno

Si possono classificare, in base al materiale di partenza (tavola, piallaccio, truciolo e fibra), in elementi portanti, non portanti e isolanti.

Piani di tipo compensato: (compensati ottenuti con tavole, piallacci e trucioli), caratterizzati dalla capacità più o meno elevata di trasmettere carichi nelle due direzioni principali del loro piano.

componenti

TAVOLA, PIALLACCIO, TRUCIOLO, FIBRE



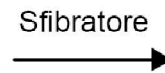
orientamento degli strati

Prodotti piani a base di legno: fibre

Legno fragile
Legno di scarto
dei processi
industriali
Legno riciclato



Minuzzolo



Fibre di legno (fasci di fibre)

Pannelli di fibra di legno porosi
Pannelli isolanti



Pannelli di fibra di legno duri e medio-duri
Rivestimenti e/o tamponature
con funzione portante (impiego limitato)



Prodotti piani a base di legno: trucioli e strands

Pannelli composti da trucioli

elementi di forma piana a base legno, ottenuti mediante la pressatura a caldo di particelle di legno (trucioli di legno, trucioli da pialla, trucioli di segatura, wafer, strand) e/o altre particelle con contenuto di lignocellulosa (cascami di lino, cascami di canapa), miscelate a colla.

- monostrato
- multistrato



OSB (trucioli lunghi, stretti e orientati)

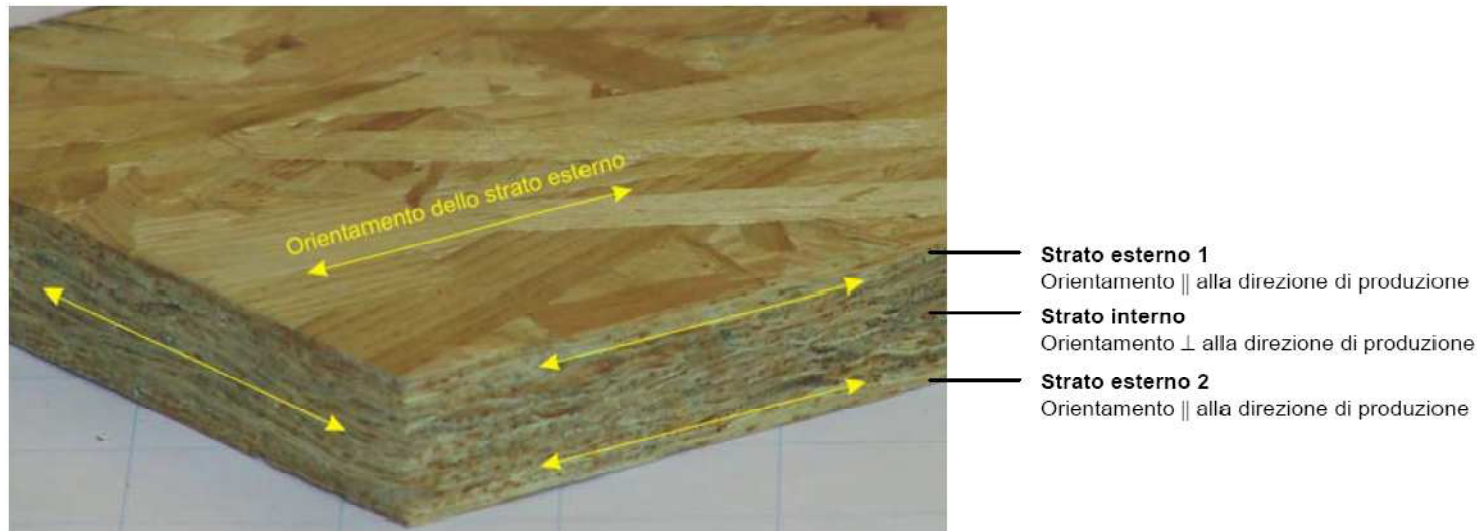


Pannello di trucioli

Prodotti piani a base di legno: trucioli e strands

Pannelli OSB

Per pannello OSB (Oriented Strand Board) si intende un pannello di legno a tre strati a struttura simmetrica composto da strand (i cosiddetti trucioli piatti).



Rivestimento di costruzioni leggere (sistemi intelaiati). In questo ambito i pannelli vengono utilizzati principalmente per la resistenza ai carichi orizzontali dovuti a vento, sisma, ecc., ma anche per garantire la distribuzione di carichi concentrati e superficiali distribuiti (su nervature oppure nella costruzione di pavimenti).

Prodotti piani a base di legno: pannelli OSB

Pannelli OSB



Prodotti piani a base di legno: pannelli OSB

Pannelli OSB



Capannone con costruzione leggera
intelaiata – tamponamento interno in OSB

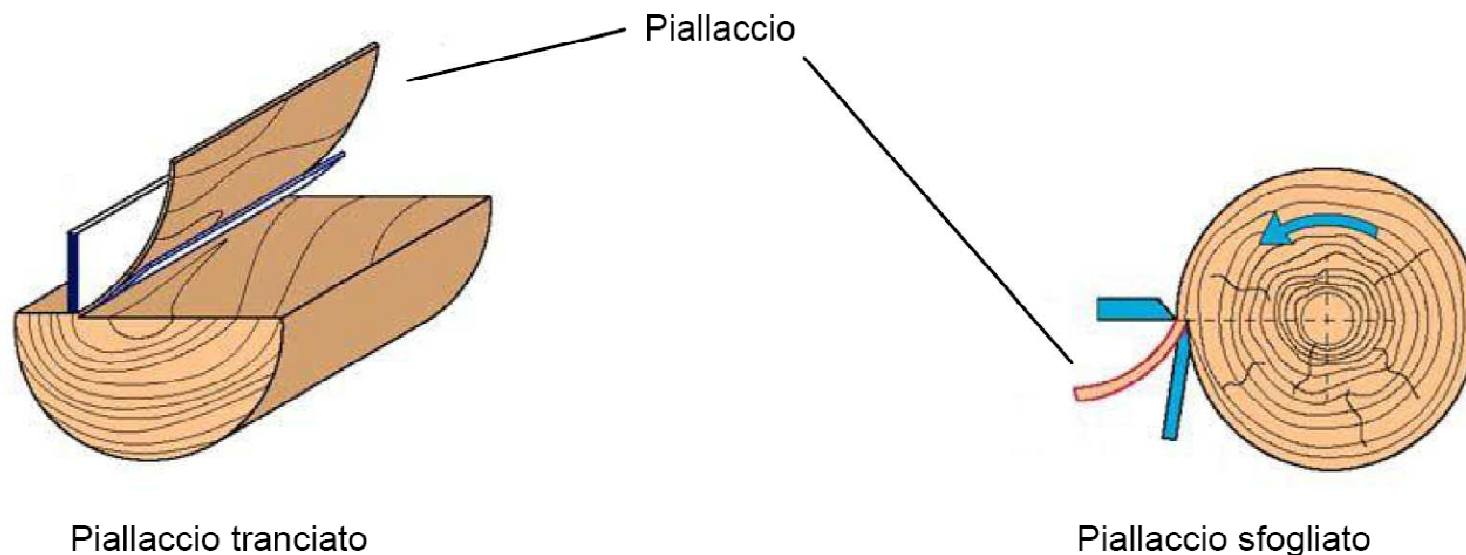


OSB in edilizia abitativa – costruzione
leggera intelaiata

Prodotti piani a base di legno: piallacci

Pannelli composti da piallacci

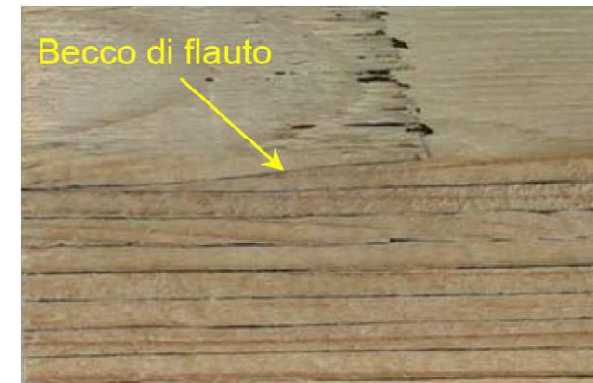
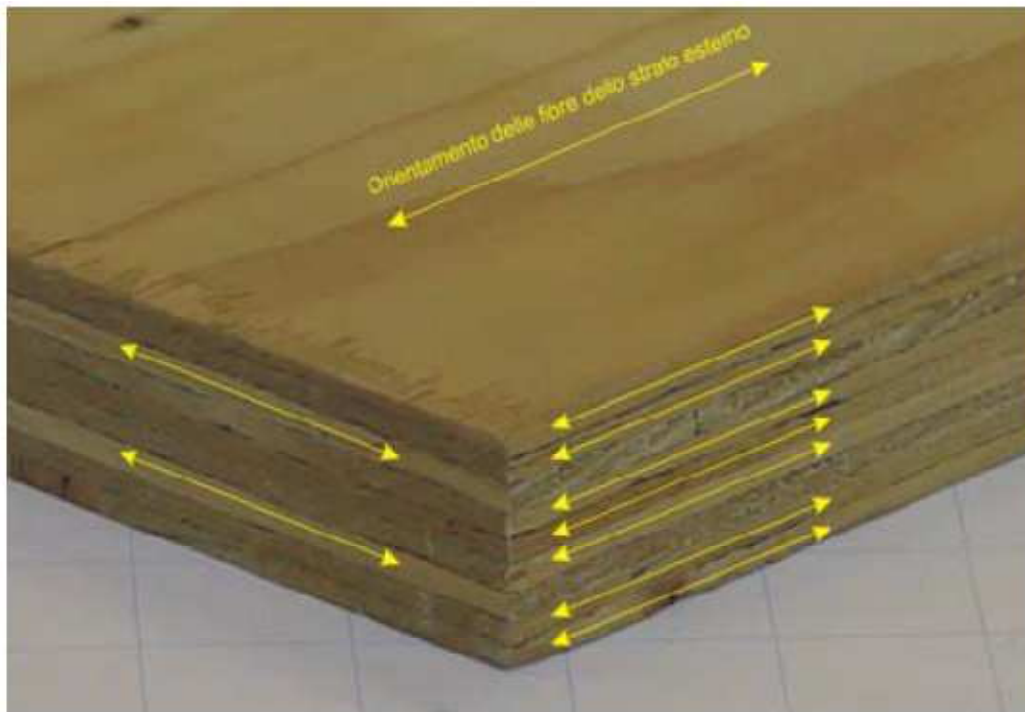
Il prodotto di base “piallaccio” è realizzato con modalità produttive diverse in base alla specie legnosa, alla destinazione d’uso ed alla conseguente qualità richiesta. Si distingue in tranciato e sfogliato ed è ottenuto partendo direttamente dal tondame intero o sezionato che, se necessario, viene trattato preventivamente a vapore.



Dopo la prima lavorazione il piallaccio viene essiccato, levigato, sottoposto ad un’ulteriore selezione e tagliato in formato.

Prodotti piani a base di legno: piallacci

Compensato. Piallacci dello stesso spessore e della stessa specie legnosa, con le fibre disposte alternativamente in modo ortogonale. Il numero di strati è dispari per mantenere una struttura simmetrica, essenziale per la stabilità della forma.



Costo elevato -> impiego limitato

Prodotti piani a base di legno: tavole

Pannelli composti da tavole

Il prodotto di base tavola viene ricavato prevalentemente mediante segazione direttamente dalla materia prima tronco. I prodotti compensati composti da tavole sono i *pannelli di legno massiccio multistrato* ed i *pannelli di legno compensato di tavole*. La struttura di questi pannelli è la stessa: singoli strati composti ciascuno da tavole dello stesso spessore vengono incollati uno sull'altro, generalmente sotto un angolo di 90°. Il numero di strati è dispari, per avere una struttura simmetrica che garantisca la stabilità nella forma del prodotto.



pannello di legno massiccio a tre strati



pannello di legno compensato di tavole a 5 strati

Fonti bibliografiche

Strutture in legno, M. Piazza, R. Tomasi, R. Modena – Hoepli 2011

Per le figure:

<http://www.bertanigino.it>

<http://www.abruzzoisolanti.it>

<http://www.lamicolors.it>

www.promolegno.it

