

***Dipartimento di Ingegneria***

***Università degli Studi di Ferrara***

*Corso di*

**“PROGETTAZIONE DEGLI ELEMENTI COSTRUTTIVI”**

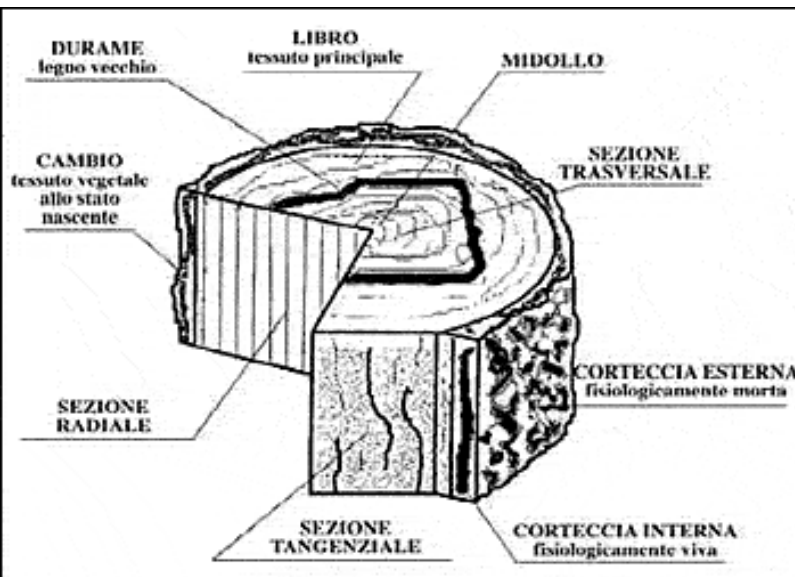
*Prof. Ing. Maurizio Biolcati Rinaldi*

***IL LEGNO DA COSTRUZIONE***

*Sintesi degli argomenti trattati a lezione*

# PROGETTAZIONE DEGLI ELEMENTI COSTRUTTIVI

## IL LEGNO DA COSTRUZIONE



**LEGNO DA COSTRUZIONE** - materiale che si ricava da tronchi e da rami di piante di alto fusto.

Tronchi e rami sono costituiti da una parte esterna – *corteccia* – e da un *cilindro centrale*. Il *cilindro centrale* rappresenta il *legno* inteso in senso merceologico

Le principali funzioni sono:

- **Sostegno**
- **Conduzione della linfa**
- **Funzione clorofilliana**
- **Organo di riserva**

E' costituito da diversi strati:

- la **corteccia esterna**, fisiologicamente morta ma con funzione protettiva;
- la **corteccia interna** o **alburno**, parte fisiologicamente attiva nella quale scorrono le sostanze nutritive;
- il **libro**, formato da cellule vive che distribuiscono i nutrienti;
- il **cambio**, strato sottile di tessuto vegetale di accrescimento interno;
- il **durame**, parte interna del tronco, vecchia e compatta, fisiologicamente morta con elevata resistenza meccanica e maggiore resistenza agli agenti chimici;
- il **midollo**, parte centrale del tronco poco differenziabile dal durame.

# PROGETTAZIONE DEGLI ELEMENTI COSTRUTTIVI

## IL LEGNO DA COSTRUZIONE

### PESO SPECIFICO LEGNO E LEGNAMI

legno	peso (t/m <sup>3</sup> )	legno	peso (t/m <sup>3</sup> )
abete rosso	1 - 0.4	ontano	1 - 0.5
acero	1 - 0.55	palissandro	1 - 0.65
balsa	0.1	pero	1 - 0.65
castagno	1.02 - 0.54	pino	0.9 - 0.4
ciliegio	1 - 0.7	pioppo	0.85 - 0.5
faggio	1.05 - 0.7	pitch-pine	0.9 - 0.75
frassino	1.1 - 0.6	platano	1 - 0.55
larice	0.85 - 0.5	robinia	1.05 - 0.75
mogano	1.01 - 0.6	rovere	1.1 - 0.75
noce	0.9 - 0.6	sughero	0.24
olmo	1 - 0.6	tiglio	0.85 - 0.4

## STRUTTURA DI LEGNO

In un fusto sezionato si distinguono tre tipi di sezioni, dalle quali si possono ricavare informazioni sulle caratteristiche fisiche e meccaniche del legno.

**Sezione trasversale.** Sezione perpendicolare all'asse del fusto che mostra gli anelli di crescita formati nel periodo vegetativo (periodo di riposo invernale). La fittezza degli anelli influisce sulla resistenza meccanica del legno (cfr. **UNI EN 1310**): per le conifere la resistenza meccanica è più alta se gli anelli sono più fitti; per le latifoglie la resistenza meccanica maggiore corrisponde ad anelli meno fitti. Esiste una classificazione UNI in base alla fittezza degli anelli in I, II, e III categoria, dai legni meno resistenti ai legni più resistenti.

**Sezione longitudinale tangenziale.** Sezione parallela all'asse del fusto non passante per il centro.

## STRUTTURA DI LEGNO

**Sezione longitudinale radiale.** Sezione parallela all'asse del fusto passante per il centro che consente di individuare le diverse zone in cui è strutturato il legno, che sono riportate di seguito procedendo concentricamente dall'interno all'esterno.

**Midollo.**

**Durame**, costituito da legno ormai vecchio, fisiologicamente morto con elevata resistenza meccanica e maggiore resistenza agli agenti chimici.

**Alburno**, legno fisiologicamente attivo.

**Cambio**, strato sottilissimo, costituito da tessuto vegetale nascente.

**Libro**, tessuto che provvede alla distribuzione dei nutrienti.

**Corteccia**, parte periferica, con funzione protettiva.

Si **hanno** inoltre:

**Canali resiniferi.**

**Raggi midollari**, destinati al trasporto delle sostanze nutritive dal *libro* verso il *midollo*, dove si accumulano per il periodo vegetativo.

La **figura** (o **disegno**) del legno è determinata da:

Colore.

Odore.

Tessitura (dimensioni delle cellule). Dipende dal genere di piante.

Fibratura (andamento delle cellule rispetto all'asse del fusto). Solitamente le cellule sono disposte in modo parallelo rispetto all'asse del fusto.

Venatura (forma e dimensioni degli anelli di crescita). Dipende dalle piante e dal clima.

## DIFETTI NELLA STRUTTURA DEL LEGNO

I difetti del legno sono discontinuità, imperfezioni o irregolarità nel colore, nella struttura e nel tessuto del legno che limitano o ne pregiudicano l'utilizzo.

### *Difetti nella forma del tronco.*

**Sviluppo eccentrico.** La posizione del midollo non coincide con il centro della sezione trasversale (che può essere assimilata ad una circonferenza). Le tavole ricavate da alberi con sviluppo eccentrico non sono omogenee.

**Rastremazione.** Il diametro del fusto diminuisce dalla base alla sommità. Se la rastremazione è notevole, non si può sfruttare il legno in tutta la sua volumetria per l'estrazione di tavole.

**Curvatura.** L'asse del tronco non è paragonabile ad una retta.

**Biforcazione** a due o più suddivisioni.

**Sinuosità periferica.** La sezione non è circolare, ma presenta sporgenze e rientranze.

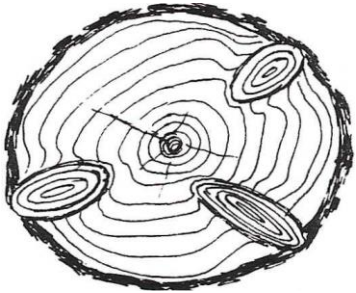
# PROGETTAZIONE DEGLI ELEMENTI COSTRUTTIVI

## IL LEGNO DA COSTRUZIONE



### ***Difetti nella struttura anatomica.***

**Nodi**. sono rami inglobati dal legno durante l'accrescimento della circonferenza del tronco. Si ritirano in modo diverso durante la stagionatura perché hanno massa volumica differente. Sono difetti che in genere riducono la qualità del legname e ne abbassano il valore se impiegato come materiale strutturale. La presenza di nodi compromette la resistenza (nelle travi inflesse i nodi devono essere in zona compressa e mai in zona tesa) e la lavorabilità (delle macchine utensili) del legname. Esistono due tipi di nodi: i nodi morti e i nodi aderenti.



I **nodi morti**, detti anche cadenti o mobili, derivano da rami formatisi in età giovanile della pianta, ormai spezzati che hanno lasciato dei mozziconi, in seguito inglobati durante lo sviluppo della pianta. L'assenza di collegamenti con i tessuti circostanti diminuisce la resistenza della tavola, ed anzi sono punti di discontinuità pericolosi, tanto che le tavole con nodi morti devono essere scartano.

I **nodi aderenti** costituiscono il collegamento tra il tronco ed i rami vivi (detti anche legati o fissi) e sono meno pericolosi dei nodi morti, in quanto i tessuti sono collegati con quelli del fusto.

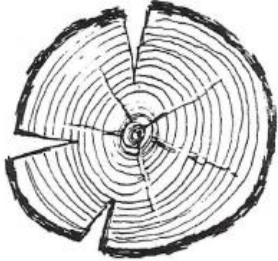




# PROGETTAZIONE DEGLI ELEMENTI COSTRUTTIVI

## IL LEGNO DA COSTRUZIONE

### **DIFETTI NELLA STRUTTURA ANATOMICA.**



**Fenditure radiali.** - Sono fenditure disposte in senso radiale con direzione dal midollo verso l'esterno. Interessano il durame e si riscontrano particolarmente nei legni duri a causa del fatto che l'essiccazione del durame è più rapida di quella dell'alburno. E' un difetto che si può togliere segando il legno nella direzione delle fenditure stesse.



**Cipollature** – E' dovuta all'azione del vento che provoca all'interno del tronco delle fenditure concentriche fra due cerchi annuali del legno. Si riscontrano con una certa frequenza nell'abete, nel larice e nel pino. Esse riducono notevolmente le possibilità di impiego del tronco, difatti in legno con questo difetto non potrà essere usato come legno da costruzione.



**Eccentricità del midollo** - E' causata dalla crescita della pianta su un terreno molto ripido o in zone molto ventilate e si presenta come una vistosa irregolarità degli anelli di crescita che assumono appunto un andamento eccentrico. Questo comporta una difficoltà nella lavorazione del legno perché in fase di stagionatura il ritiro non avviene in modo omogeneo.

### **ALTRI DIFETTI**

- **Tasche di resina:** Sono zone di accumulo della resina. Sono pericolose in quanto la resina si scioglie a temperature elevate e cola ed impedisce l'aderenza delle vernici protettive.
- **Fibratura irregolare.** Può causare inconvenienti nella stagionatura e nella lavorazione meccanica.
- **Decorso irregolare degli anelli.** E' dovuto a temperature anomale o ad attacchi di parassiti.



# PROGETTAZIONE DEGLI ELEMENTI COSTRUTTIVI

## IL LEGNO DA COSTRUZIONE

### AGENTI PATOGENI E BIODETERIORAMENTO

- La longevità del legno è intimamente correlata alle condizioni ambientali e alla presenza di agenti di biodeterioramento (principalmente insetti e funghi xilofagi). Il legno per gli xilofagi è fonte trofica, ma anche di riparo.
- Funghi, batteri e insetti xilofagi** (tarli) si nutrono delle componenti organiche del legno. Gli attacchi fungini sono facilmente riscontrabili dalla diversa cromia del legno.
- VERIFICARE** sempre l'appoggio del legno al muro: dove l'aria non circola è infatti sempre possibile un aumento dell'umidità, per condensa, per risalita capillare, per infiltrazione, ecc. Con l'umidità si creano le condizione di vita ideali per batteri, muffe e funghi.
- I **batteri**, organismi microscopici, distruggono le aperture alveolari delle conifere provocando alterazioni cromatiche, ma non strutturali.
- Le **muffe**, presenti solo sugli strati superficiali, non danneggiano le caratteristiche meccaniche.
- I **funghi cromogeni** (ad esempio la bluettatura) non sono pericolosi dal punto di vista strutturale, ma arrecano però grossi danni estetici.
- I **funghi basidiomiceti e ascomiceti, chiamati anche carie** sono pericolosi. Dapprima demoliscono la cellulosa e poi assorbono i prodotti demoliti. Senza i suoi legami, il legno perde le caratteristiche meccaniche e diminuisce di peso: ad una perdita di peso del 10% corrisponde una perdita di resistenza del 90%. Le più diffuse carie del legno sono la bruna e la bianca (entrambe basidiomiceti). La carie bruna distrugge soprattutto la cellulosa, lascia intatta la lignina e provoca la rottura del legno "a cubetti". La carie bianca distrugge anche la lignina, così il legno assume un aspetto stopposo e si sbriciola. La carie soffice è invece causata da ascomiceti ed è tipica del legno immerso nell'acqua.
- Ogni specie legnosa è bersaglio solo di alcuni **insetti**. Nei legni usati in edilizia si trovano soprattutto **coleotteri** e **isotteri**. Si nutrono preferibilmente di sostanze che si trovano nell'alburno, perciò sono poco attratti dal durame, che fortunatamente è la parte preponderante della sezione degli elementi strutturali.



Carie bruna



Carie bianca



Carie soffice

# PROGETTAZIONE DEGLI ELEMENTI COSTRUTTIVI

## IL LEGNO DA COSTRUZIONE



Esempio di attacco di carie bruna sulle teste di travi in corrispondenza degli appoggi.



Testa di capriata attaccata da carie e xilofagi.



Attacco di muffe, funghi cromogeni e insetti, causato da un infiltrazione d'acqua.

### **LESIONI DOVUTE ALL'ATTACCO DEGLI INSETTI - Soluzioni**

Esistono molte specie di insetti ("tarli") che attaccano il legno. Questi vengono distinti in due grandi gruppi:

- **insetti parassiti** (attaccano esclusivamente gli alberi in piedi)
- **insetti saprofiti** (attaccano tronchi di legname fresco e legname in opera). Tra gli insetti saprofiti sono molti quelli che si nutrono di sostanze presenti nel legno fresco; rimangono quindi poche specie che attaccano il legno stagionato in opera. Tra queste le più diffuse sono: il capricorno delle case (*Hilotrupes Bajolus*), insetto dalle caratteristiche antenne lunghe, che attacca indifferentemente il legname di conifere e latifoglie posto in opera, e il tarlo dei mobili (*Anobium*) che diversamente attacca solamente il legname da conifera.

L'utilizzo di **soluzioni preventive** ( **impregnazione con prodotti ecologici antisettici e antiparassitari**) rimane ancora il sistema più efficace nella lotta a questa specie di insetti.

### **LESIONI CAUSATE DALL'ATTACCO DEI FUNGHI**

I funghi sono organismi che **attaccano il legname fresco**, nutrendosi delle sostanze ancora presenti in esso; abbassando l'umidità della massa legnosa si blocca la proliferazione delle spore e del fungo stesso, che non trova più l'acqua sufficiente. La struttura del legno non viene mai danneggiata, anche se possono rimanere sulla superficie alcune striature bluastre, caratteristico segno dei funghi cromogeni.

### **PRODOTTI E TECNICHE PER LA PRESERVAZIONE DEL LEGNAME**

La maggior parte dei prodotti utilizzati per il trattamento del legname contengono una sostanza biocida e fungicida derivante dal petrolio.

I prodotti completamente eco-compatibili ossia composti da sostanze naturali, minerali e vegetali che non emettono alcuna sostanza nociva né durante né dopo l'applicazione, non sono volatili e, una volta evaporata l'acqua, il sale cristallizza proteggendo il legname. Alcune sostanze che compongono tali prodotti -come gli oli essenziali, resine e terpeni, etc.- sono ricavate dal legno e, con l'applicazione del prodotto ritornano al legno, rivitalizzando la materia. Gli estratti minerali che formano la pigmentazione del prodotto non sono fotosensibili e permettono dunque di preservare nel tempo la brillantezza del colore.



# PROGETTAZIONE DEGLI ELEMENTI COSTRUTTIVI

## IL LEGNO DA COSTRUZIONE

### CLASSIFICAZIONE A VISTA

<b>I</b> <b>CATEGORIA</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Legname sano: immune da perforazioni, alterazioni cromatiche, guasti provocati da insetti, tasche di resina, cipollature o lesioni in genere.</li><li>▪ Fibratura regolare con inclinazione rispetto all'asse longitudinale <math>&lt; 1/15</math>.</li><li>▪ (non è detto che l'asse della trave segata sia // all'asse della fibra).</li><li>▪ Nodi aderenti <math>\Phi &lt; 1/5</math> dimensione minima di sezione (comunque <math>&lt; 5</math> cm).</li><li>▪ Limitata frequenza dei nodi.</li></ul>
<b>II</b> <b>CATEGORIA</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Legname sano: immune da perforazioni, guasti provocati da insetti, tasche di resina, cipollature o lesioni in genere.</li><li>▪ Tollerate alcune variazioni cromatiche.</li><li>▪ Deviazione fibre <math>&lt; 1/8</math>.</li><li>▪ Nodi: <math>\Phi &lt; 1/3</math> della dimensione minima e comunque minore di 7 cm.</li><li>▪ Limitata frequenza dei nodi.</li><li>▪ Tollerate fessurazioni alle estremità (brevi).</li><li>▪ Tasche di resina <math>\Phi &lt; 3</math> mm.</li></ul>
<b>III</b> <b>CATEGORIA</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Legname sano: immune da perforazioni, guasti provocati da insetti, tasche di resina, cipollature o lesioni in genere.</li><li>▪ Tollerate alcune variazioni cromatiche.</li><li>▪ Deviazione fibre <math>&lt; 1/5</math>.</li><li>▪ Nodi: <math>\Phi &lt; 1/2</math> della dimensione minima.</li><li>▪ Maggiore frequenza dei nodi.</li><li>▪ Tollerate fessurazioni alle estremità.</li></ul>

# PROGETTAZIONE DEGLI ELEMENTI COSTRUTTIVI

## IL LEGNO DA COSTRUZIONE

LEGNAME DA COSTRUZIONE	
<b>PREGI</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ <i>alta resistenza a compressione e a trazione</i></li><li>➤ <i>ottima qualità isolante dal calore</i></li><li>➤ <i>insensibilità agli sbalzi di temperatura</i></li><li>➤ <i>lunga durata senza variazioni di resistenza in ambiente sempre asciutto</i></li><li>➤ <i>non aggredibile da esalazioni ed emanazioni in aree industriali, ferroviarie</i></li><li>➤ <i>facilità di lavorazione</i></li></ul>
<b>DIFETTI</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ <i>anisotropia (non omogeneità) di comportamento secondo la direzione delle fibre</i></li><li>➤ <i>notevole sensibilità alle variazioni di umidità ambientale che provoca rigonfiamento e/o ritiro soprattutto in senso radiale e trasversale</i></li><li>➤ <i>deterioramento in presenza di funghi e di microrganismi</i></li><li>➤ <i>infiammabilità</i></li><li>➤ <i>presenza di nodi e deviazioni della fibratura che modificano notevolmente la resistenza meccanica</i></li></ul>



### **Stagionatura del legno**

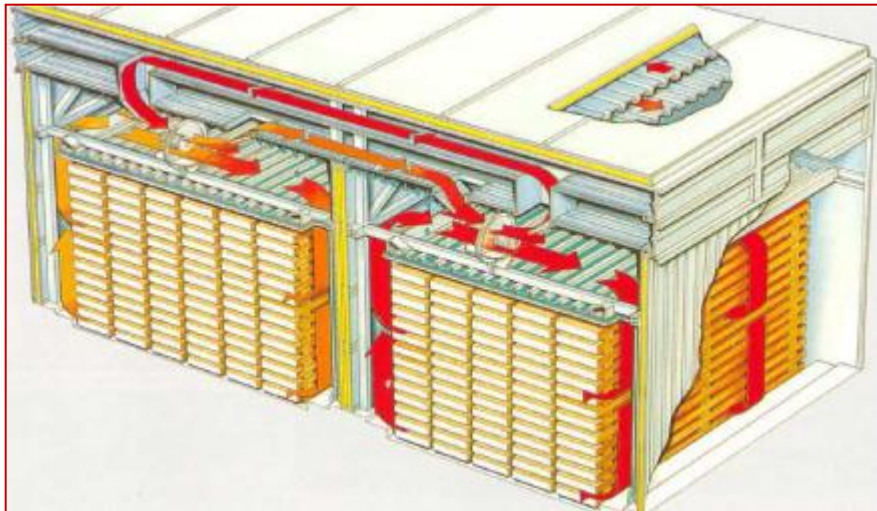
Il legno nell'albero contiene una quantità di acqua che può arrivare al 75% del suo peso umido. Dopo il taglio e la riduzione in tavole, il legno perde gradatamente la sua umidità iniziale fino a equilibrarla con quella dell'ambiente in cui viene a trovarsi permanentemente. Durante il processo di essiccazione il legno subisce notevoli variazioni di volume per cui è impossibile usarlo come materiale da lavoro prima della sua adeguata stagionatura.

**Essiccazione del legno** - è la somma di due fenomeni:

1. circolazione dell'acqua al suo interno fino a equilibrarsi in tutte le sue fibre
2. evaporazione dell'acqua influenzata dai fattori ambientali.

**Essiccazione corretta** - Dipende:

- dalla cura con cui viene accatastato il tavolame,
- dalla disposizione delle cataste nel deposito,
- dal terreno sul quale queste vengono erette.



Impianto di  
essiccazione

### **Difetti per errata stagionatura.**

Una volta tagliato, il legno perde velocemente circa il 30% di acqua presente nelle cavità cellulari.

Il legno continua, ma più lentamente a perdere acqua, fino a raggiungere l'equilibrio con l'ambiente circa il 17% - 23% di umidità

E' necessario tener presente che:

- a. il **legno fresco** può contenere una **umidità** anche superiore al 100% del proprio peso secco. Il 30% è definito come il punto di saturazione delle fibre (PSF), è un valore formale che tiene conto del fatto che questo valore è in realtà compreso tra il 25 e il 40% a seconda della specie e, principalmente ma non solo, della densità. Al di sopra del PSF oltre l'acqua di legame vi è anche acqua libera; al di sotto vi è solo acqua di legame. Il legno essiccato all'aria contiene ancora l'12%-16% di umidità. L'umidità del legno asciugato in essiccatoio può essere invece portata a valori più bassi (anche fino al 6-8%);
- b. **l'acqua** è presente nel legno vivo in due forme principali:
  - **acqua di legame o di saturazione** nella parete cellulare
  - **acqua di imbibizione**, libera nelle cavità dei tessuti
- c. il **legno regola continuamente la sua umidità con quella dell'aria circostante**; se viene portato in un ambiente chiuso e dotato di riscaldamento centrale, il suo contenuto di umidità diminuirà lentamente fino a circa il 10%, provocando ovviamente un maggior restringimento;

# PROGETTAZIONE DEGLI ELEMENTI COSTRUTTIVI

## IL LEGNO DA COSTRUZIONE

- **l'essiccazione** provoca un **notevole aumento della resistenza del legno**, in modo particolare in alcune specie;
- l'acqua può legarsi al legno in forma di vapore che interagisce con la parete cellulare o in forma liquida che scorre nei lumen cellulari. Soltanto la prima influenza in modo significativo le proprietà del legname. Il contenuto d'acqua del legno viene espresso come rapporto tra la differenza del peso del legno umido e del legno secco, diviso il peso di legno secco.
- **per calcolare il contenuto di umidità** si pesa il campione di legno in esame  $M_u$ , lo si essicca in stufa a  $103 \pm 3 \text{ C}^\circ$  sino a peso costante  $M_s$  e si effettua il calcolo come  $CU = (M_u - M_s) / M_s$ . Il valore del contenuto di umidità del legno può quindi essere superiore al 100% qualora almeno metà del peso di un campione di legno sia dovuto all'acqua in esso contenuta.

d. Una **stagionatura insufficiente** porta ad usare un legno che continua ad essiccarsi anche dopo che è stato lavorato e messo in opera (trave, porta, finestra, ecc.) ed a muoversi dalla posizione in cui è stato collocato con grave danno all'uso del manufatto.

Una stagionatura errata (correnti d'aria irregolari, ecc.) porta ad avere travi ed assi non più complanari e, quindi, difficilmente utilizzabili se non con grande spreco di materiale e di manodopera.

e. Il contenuto d'umidità del legno può essere usato come un indice dello stato di degrado di un elemento ligneo. Al crescere del degrado delle cellule, infatti, il contenuto d'acqua, soprattutto di imbibizione, tende ad aumentare e quindi si può stimare il livello di degrado in funzione del contenuto massimo di umidità del legno. Nel caso del legno archeologico bagnato (o immerso) si sono riscontrati valori di contenuto massimo di umidità anche prossimi al 600%, indice di un quasi totale degrado della parete cellulare del legno.

## **A - CARATTERISTICHE FISICHE**

### **Tenore di umidità.** (cfr. **UNI EN 3130**)

L'acqua all'interno del legno è presente in forma libera ed endocellulare, che imbibisce e satura le pareti cellulari. La variazione di acqua endocellulare provoca il ritiro o il rigonfiamento del legno. Durante la stagionatura si perde l'acqua libera e si raggiunge un equilibrio igroscopico tra l'ambiente circostante e il legno.

Se aumenta il contenuto di acqua libera, aumenta il peso, diminuisce la resistenza meccanica (ad eccezione della resistenza ad urto), aumenta la proliferazione di funghi e parassiti, ma non varia il volume. Anche la quantità d'acqua presente nel legno è anisotropa ed eterogenea.

Il tenore di umidità è definito come:

$$\text{umidità} = 100 (P_u - P_o) / P_o$$

dove

- $P_u$  = peso del provino
- $P_o$  = peso del provino secco

Il legname da costruzione viene considerato:

- **secco** se l'umidità è inferiore al 20%,
- **semisecco** se l'umidità è compresa tra il 20% e il 30%,
- **non stagionato** se l'umidità è superiore al 30%.

Le determinazioni delle caratteristiche del legno vanno effettuate a umidità "normale", cioè del 12%. In ogni caso il legno tende sempre ad equilibrare il contenuto di umidità con l'ambiente, per cui non è sempre necessario che il contenuto di umidità sia del 12%.

# PROGETTAZIONE DEGLI ELEMENTI COSTRUTTIVI

## IL LEGNO DA COSTRUZIONE

### TENORE DI UMIDITA'

#### CONTENUTO DI UMIDITA' NEL LEGNO

**acqua di imbibizione**      acqua libera all'interno delle cavità cellulari

**acqua di saturazione**      acqua legata alle sostanze costituenti le pareti delle cellule

#### QUANTITATIVO D'ACQUA PRESENTE NEL LEGNO

- Viene espresso in % del peso secco del legno, cioè del peso ottenuto con un riscaldamento a 103 - 105 °C sino a peso costante.
- Il contenuto d'acqua è variabile (fino al 300 %).
- Umidità minima (30 - 32 %) del peso del legno assolutamente secco

#### TENORE DI UMIDITA' NEL LEGNO

- E' il grado di umidità determinato dall'umidità relativa media dell'aria, che si equilibria nel legno a costruzione ultimata e dopo un certo periodo.
- Valori normali di umidità del legno
  - in costruzioni chiuse da tutti i lati
    - con riscaldamento 9 - 3 %
    - senza riscaldamento 12 - 3 %
  - in costruzioni coperte ma perimetralmente aperte: 15 - 3 %
  - in costruzioni totalmente aperte: > 18 %

***Peso specifico. (cfr. UNI EN 3130)***

Il legno è un materiale poroso, quindi il suo è un peso specifico apparente che viene dato dall'interazione del peso specifico effettivo delle pareti cellulari (quasi uguale nelle varie specie legnose) e della quantità di vuoti. La misura del peso specifico viene effettuata ad umidità pari al 12%.

E' definito come:

$$\text{peso specifico} = P_u / V_u$$

dove

$V_u$  = volume del provino

Un peso specifico basso comporta vantaggi per l'abbattimento, la lavorazione, il trasporto.  
Un peso specifico più alto corrisponde solitamente a caratteristiche meccaniche migliori.

***Relazione tra legno ed elettricità.***

Il legno è tanto più isolante quanto è minore il contenuto d'acqua.

***Relazione tra legno e propagazione del suono.***

E' un buon isolante acustico a causa della sua struttura porosa



**Relazione tra legno e calore. (cfr. UNI EN 3130)**

Per il legno da costruzione le caratteristiche interessanti riguardano la conduttività termica e la resistenza al fuoco (la dilatazione termica è trascurabile).

La **conduttività termica** è maggiore :

- se è alto il contenuto d'acqua,
- se è alta la temperatura,
- se è alto il peso specifico,
- in direzione longitudinale.

Risulta evidente che il legno è un buon isolante.

La **dilatazione termica** è **trascurabile**.

La resistenza al fuoco è bassa, soprattutto per legni a basso peso specifico, tuttavia la carbonizzazione della superficie esposta al fuoco evita agli strati sottostanti di entrare a contatto con l'ossigeno, rendendo graduale la perdita di resistenza meccanica, a differenza di altri materiali soggetti a perdita improvvisa di resistenza e crollo.

### **B - CARATTERISTICHE MECCANICHE**

Il legno è un materiale anisotropo e tale caratteristica dipende dalla sua struttura che, peraltro, si accresce nel tempo. I tessuti cellulari da cui è costituito sono orientati in modo differente: ne deriva che la risposta alle sollecitazioni esterne non è uguale per tutte le direzioni, ma dipende dalla direzione di questa rispetto a quella delle fibre.

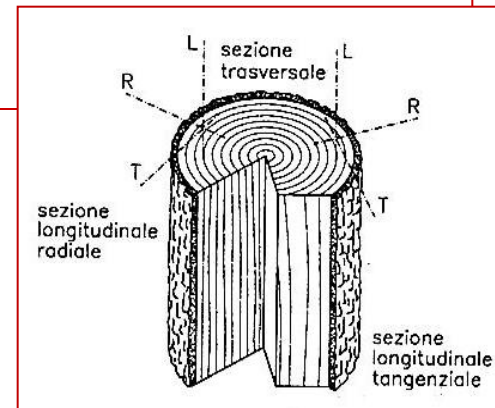
Le **caratteristiche meccaniche** del legno da costruzione sono:  
l'elasticità, cioè la deformazione sotto l'azione delle forze applicate;  
la resistenza, cioè il valore massimo delle sollecitazioni – compressione, trazione, flessione, taglio, torsione – che il materiale può sopportare prima di cedere.

I **principali fattori che influenzano le caratteristiche meccaniche** si possono riassumere in:

- **Direzione della sollecitazione rispetto alla direzione della fibratura.**
- **Peso specifico.** (Al suo aumentare, aumenta la resistenza)
- **Contenuto d'acqua.** (Al suo aumentare, diminuisce la resistenza)
- **Temperatura.** (Al suo aumentare, diminuisce la resistenza)
- **Presenza di difetti.** (Possono anche rendere inutilizzabile il legno)

In ogni punto del fusto è possibile individuare tre direzioni.

Le caratteristiche meccaniche sono migliori nella direzione parallela alla fibratura che, pertanto, rappresenta la direzione portante principale, mentre si registrano valori inferiori nelle altre due direzioni (radiale e tangenziale).



## IL LEGNO DA COSTRUZIONE

Modulo di elasticità nelle tre sezioni principali cioè trasversale (assiale), radiale e tangenziale, espressi in [kg/ cm<sup>2</sup>]

	$E_{\text{ass}}$	$E_{\text{rad}}$	$E_{\text{tan}}$
Conifere	75.000 ÷ 125.000	9.000 ÷ 10.000	4.000 ÷ 5.000
Latifoglie	80.000 ÷ 150.000	19.000 ÷ 20.000	9.000 ÷ 10.000

Modulo di elasticità secondo le principali specie, espressi in [kg/ cm<sup>2</sup>]

	$E_{\text{min}}$	$E_{\text{max}}$	$E_{\text{medio}}$
Abete bianco	94.000	191.000	142.000
Cipresso	95.000	152.000	125.000
Larice	106.000	186.000	140.000
Pino silvestre	76.500	191.500	137.500
Castagno	84.500	144.000	113.800
Faggio	83.500	194.500	147.000
Farnia	106.000	137.000	125.000
Olmo	83.000	128.000	103.000
Pioppo	63.500	91.500	78.500
Douglasia	108.000	147.000	130.000

**Legame tra  $E$ , umidità e temperatura:** il modulo elastico aumenta se l'umidità e la temperatura diminuiscono.

### **Resistenza**

Si fa riferimento al carico massimo oltre il quale il campione sottoposto a sforzo si rompe.

Influenza delle caratteristiche fisiche del legno sulla resistenza:

**umidità**: la resistenza è massima se il pezzo è secco

**temperatura**: tra  $-150^{\circ}\text{C}$  e  $+150^{\circ}\text{C}$  la resistenza decresce all'aumentare della temperatura

**peso specifico**: la resistenza aumenta linearmente all'aumentare del peso specifico

**deviazione della direzione del carico rispetto alle fibre**: la resistenza è tanto minore quanto maggiore è l'angolo di deviazione

**difetti**: è particolarmente nociva la presenza di nodi, calli, ferite, difetti di fibratura e di tasche di resina, che causano un aumento del peso specifico, che può portare a conclusioni erranee sulla resistenza del legno.



Briccole nella laguna di Venezia – la parte esposta alla marea e al carico umido/secco riduce la sezione del legno

# PROGETTAZIONE DEGLI ELEMENTI COSTRUTTIVI

## IL LEGNO DA COSTRUZIONE

### CONFRONTO FRA LE CARATTERISTICHE DI MATERIALI DA COSTRUZIONE mattone/pietra naturale e legno

<b>MATTONI/PIETRA NATURALE</b>	<b>LEGNO</b>
<i>peso</i>	<i>leggerezza</i>
<i>densità</i>	<i>porosità</i>
<i>durezza</i>	<i>scarsa durezza</i>
<i>asperità</i>	<i>tenacità</i>
<i>durata</i>	<i>elasticità</i>
<i>peso</i>	<i>conducibilità</i>
<i>incombustibilità</i>	<i>combustibilità</i>
<i>lavorazione laboriosa</i>	<i>facilità di lavorazione</i>
<i>igroscopia limitata</i>	<i>alta igroscopia (con diminuzione di volume col caldo ed aumento con l'umidità)</i>
<b>tre dimensioni</b>	<b>due dimensioni</b> (lunghezza, grossezza)

# PROGETTAZIONE DEGLI ELEMENTI COSTRUTTIVI

## IL LEGNO DA COSTRUZIONE

CONFRONTO FRA GLI ASPETTI COSTRUTTIVI DI MATERIALI DA COSTRUZIONE - mattone/pietra naturale e legno	
<b>MATTONE / PIETRA NATURALE</b>	<b>LEGNO</b>
<b>ASPETTI COSTRUTTIVI</b>	
indipendenza	dipendenza
<b>PILASTRI</b>	
si reggono da soli	devono essere collegati in alto ed in basso
<b>COSTRUZIONI</b>	
si possono eseguire senza far entrare una sua parte nell'altra	è necessaria la compenetrazione
<b>INTELAIATURA</b>	
forma un complesso solido, compatto, omogeneo	forma solo l'intelaiatura che viene riempita con altro materiale
<b>SPORGENZE</b>	
murature a piombo ai vari piani	pareti di legno possono essere sporgenti ai vari piani
<b>CORNICIONE</b>	
poco importante perché le pietre non hanno bisogno di protezione	necessario (come prolunga mento della falda del tetto) per proteggere la parete sottostante