

## Legno lamellare – scheda tecnica

La struttura portante in Legno Lamellare è composta da archi a due o tre cerniere, opportunamente curvati secondo le sagome di progetto, in legno di conifera.

Costituiscono gli archi un insieme di lamelle fresate nei giunti ed appositamente incollate con prodotti idonei e precisati nelle normative di incollaggio.

Il collegamento tra gli archi così realizzati è assicurato da appositi puntoni ottenuti sempre in legno lamellare di conifera. L'esecuzione dei collegamenti avviene mediante l'impiego di opportune piastre di carpenteria zincata, scarpette in acciaio e chiodi ad alta resistenza, viti o bulloni secondo le necessità e i dati di progetto.

Le campate esterne vengono normalmente corredate da controventi in acciaio in grado di scaricare a terra le spinte ortogonali agli archi.

Si riportano qui di seguito le tabelle guida per la resistenza da utilizzare nei calcoli strutturali, le normative di riferimento e le combinazioni delle azioni di carico.

### CLASSI DI RESISTENZA PER LEGNO MASSICCIO E LEGNO LAMELLARE DI CONIFERA

Valori caratteristici di resistenza, modulo elastico e densità	LEGNO MASSICCIO UNI EN 338		LEGNO LAMELLARE UNI EN 1194					
	C24	C30	GL24c	GL24h	GL28c	GL28h	GL32c	GL36c
Resistenze (Mpa)	C24	C30	GL24c	GL24h	GL28c	GL28h	GL32c	GL36c
<b>fm,g,k – flessione</b>	<b>24,00</b>	<b>30,00</b>	<b>24,00</b>	<b>24,00</b>	<b>28,00</b>	<b>28,00</b>	<b>32,00</b>	<b>36,00</b>
<b>ft,0,g,k – trazione parallela</b>	<b>14,00</b>	<b>18,00</b>	<b>14,00</b>	<b>16,50</b>	<b>16,50</b>	<b>19,50</b>	<b>19,50</b>	<b>22,50</b>
<b>ft,90,g,k – trazione perpendicolare</b>	<b>0,50</b>	<b>0,60</b>	<b>0,35</b>	<b>0,40</b>	<b>0,40</b>	<b>0,45</b>	<b>0,45</b>	<b>0,50</b>
<b>fc,0,g,k – compressione parallela</b>	<b>21,00</b>	<b>23,00</b>	<b>21,00</b>	<b>24,00</b>	<b>24,00</b>	<b>26,50</b>	<b>26,50</b>	<b>29,00</b>
<b>fc,90,g,k – compressione perpend.</b>	<b>2,50</b>	<b>2,70</b>	<b>2,40</b>	<b>2,70</b>	<b>2,70</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>	<b>3,30</b>
<b>fv,g,k – taglio</b>	<b>2,50</b>	<b>3,00</b>	<b>2,20</b>	<b>2,70</b>	<b>2,70</b>	<b>3,20</b>	<b>3,20</b>	<b>3,80</b>
Modulo Elastico (Gpa)	C24	C30	GL24c	GL24h	GL28c	GL28h	GL32c	GL36c
<b>E0,mean – Mod. El. Medio parallelo</b>	<b>11,00</b>	<b>12,00</b>	<b>11,60</b>	<b>11,60</b>	<b>12,60</b>	<b>12,60</b>	<b>13,70</b>	<b>14,70</b>
<b>E0,05 – Mod. El. Caratterist. Parall.</b>	<b>7,40</b>	<b>8,00</b>	<b>9,40</b>	<b>9,40</b>	<b>10,20</b>	<b>10,20</b>	<b>11,10</b>	<b>11,90</b>
<b>E90,meean – Mod. El. Caratterist. Perp.</b>	<b>0,37</b>	<b>0,40</b>	<b>0,32</b>	<b>0,39</b>	<b>0,39</b>	<b>0,42</b>	<b>0,42</b>	<b>0,46</b>
<b>Gg,mean – Mod. Taglio Medio</b>	<b>0,69</b>	<b>0,75</b>	<b>0,59</b>	<b>0,72</b>	<b>0,79</b>	<b>0,78</b>	<b>0,78</b>	<b>0,85</b>

densità caratteristica (kg/m <sup>3</sup> )	350	380	350	380	380	410	410	430
---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

**LEGENDA:**

GL24h
GL28c

LEGNO LAMELLARE DRITTO NORMALMENTE USATO PER I PUNTONI

LEGNO LAMELLARE CURVO NORMALMENTE USATO PER GLI ARCHI

**VALORI DI DEFORMAZIONI AMMISSIBILI**

	<b>Winst,Q</b> (combinazione rara)	<b>Wnet,fin</b> (combinaz. quasi perm.)
Elementi in appoggio	<b>L/300</b>	<b>L/200</b>
Elementi a sbalzo	<b>L/150</b>	<b>L/125</b>

**NORMATIVE DI RIFERIMENTO**

Il dimensionamento strutturale è fatto ottemperando alle indicazioni delle seguenti normative:

D.Min. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 17 Gennaio 2018 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".

Circolare 21/01/19, n. 7 C.S.LL.PP "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche delle Costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018"

D.Min. Infrastrutture e trasporti 14 Settembre 2005 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".

D.M. LL.PP. 9 Gennaio 1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche".

D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche relative ai <<Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>>".

D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".

Circolare 4/07/96, n.156AA.GG./STC. istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai <<Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>>" di cui al D.M. 16/01/96.

Circolare 10/04/97, n.65AA.GG. istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16/01/96.

D.M. LL.PP. 20 Novembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".

Circolare 4 Gennaio 1989 n. 30787 "Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".

D.M. LL.PP. 11 Marzo 1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".

D.M. LL.PP. 3 Dicembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate".

UNI 9502 - Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso - edizione maggio 2001

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modificazioni e integrazioni.

UNI EN 1990:2006 13/04/2006 Eurocodice 0 - Criteri generali di progettazione strutturale.

UNI EN 1991-1-1:2004 01/08/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-1: Azioni in generale - Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi per gli edifici.

UNI EN 1991-2:2005 01/03/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 2: Carichi da traffico sui ponti.

UNI EN 1991-1-3:2004 01/10/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-3: Azioni in generale - Carichi da neve.

UNI EN 1991-1-4:2005 01/07/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.

UNI EN 1991-1-5:2004 01/10/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche.

UNI EN 1992-1-1:2005 24/11/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.

UNI EN 1992-1-2:2005 01/04/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-2: Regole generali – Progettazione strutturale contro l'incendio.

UNI EN 1993-1-1:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.

UNI EN 1993-1-8:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti.

UNI EN 1994-1-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.

UNI EN 1994-2:2006 12/01/2006 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 2: Regole generali e regole per i ponti.

UNI EN 1995-1-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-1: Regole generali – Regole comuni e regole per gli edifici.

UNI EN 1995-2:2005 01/01/2005 Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 2: Ponti.

UNI EN 1996-1-1:2006 26/01/2006 Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 1-1: Regole generali per strutture di muratura armata e non armata.

UNI EN 1996-3:2006 09/03/2006 Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 3: Metodi di calcolo semplificato per strutture di muratura non armata.

UNI EN 1997-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali.

UNI EN 1998-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.

UNI EN 1998-3:2005 01/08/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici.

UNI EN 1998-5:2005 01/01/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

## **CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI**

Sono previsti i seguenti tipi di materiale:

- 1 materiale tipo cemento armato
- 2 materiale tipo acciaio
- 3 materiale tipo muratura
- 4 materiale tipo legno
- 5 materiale tipo generico

I materiali utilizzati nella modellazione sono individuati da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni materiale vengono riportati in tabella i seguenti dati:

- Young modulo di elasticità normale E
- Poisson coefficiente di contrazione trasversale  $\nu$
- G modulo di elasticità tangenziale
- Gamma peso specifico
- Alfa coefficiente di dilatazione termica
- Fattore di confidenza FC m Fattore di confidenza specifico per materiale; (è riportato solo se diverso da quello globale della struttura)
- Fattore di confidenza FC a Fattore di confidenza specifico per l'armatura (è riportato solo se diverso da quello globale della struttura)

Elasto-plastico Materiale elastico perfettamente plastico per aste non lineari  
 Massima compressione Massima tensione di compressione per aste non lineari  
 Massima trazione Massima tensione di trazione per aste non lineari  
 Fattore attrito Coefficiente di attrito per aste non lineari  
 Rapporto HRDb Rapporto di hardening a flessione  
 Rapporto HRDv Rapporto di hardening a taglio

I dati soprariportati vengono utilizzati per la modellazione dello schema statico e per la determinazione dei carichi inerziali e termici.

## DESCRIZIONE GENERALE DELLA STRUTTURA TIPO IN LEGNO LAMELLARE

Struttura principale caratterizzata da archi adue o tre cerniere e struttura secondaria costituita da puntoni.

Presenza di tiranti di controvento in acciaio.

L'analisi STATICA che viene realizzata è del tipo elastico-lineare.

L'analisi SISMICA della STRUTTURA che viene realizzata è del tipo dinamico modale.

Il progetto viene verificato con il metodo agli Stati Limite.

### Combinazione delle azioni (D.M. 17-01-2018 –Circolare 21-01-2019 n° 7 C.S.LL.PP.)

- Combinazione FONDAMENTALE, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1}G_1 + \gamma_{G2}G_2 + \gamma_P P + \gamma_{Q1}\psi_{01}Q_{K1} + \gamma_{Q2}\psi_{02}Q_{K2} + \gamma_{Q3}\psi_{03}Q_{K3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica (RARA), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{K1} + \psi_{02}Q_{K2} + \psi_{03}Q_{K3} + \dots$$

- Combinazione FREQUENTE, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11}Q_{K1} + \psi_{22}Q_{K2} + \psi_{23}Q_{K3} + \dots$$

- Combinazione QUASI PERMANENTE, per gli stati limite di esercizio (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21}Q_{K1} + \psi_{22}Q_{K2} + \psi_{23}Q_{K3} + \dots$$

- Combinazione SISMICA, impiegata per gli stati limite ultimi (SLU) e di esercizio (SLE), connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21}Q_{K1} + \psi_{22}Q_{K2} + \dots$$

- Combinazione ECCEZIONALE, impiegata per gli stati limite ultimi (SLU) connessi alle azioni eccezionali di progetto  $A_d$ :

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21}Q_{K1} + \psi_{22}Q_{K2} + \dots$$

Dove:

NTC 2018 Tabella 2.5.I

Destinazione d'uso/azione	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Categoria A residenziali	0,70	0,50	0,30
Categoria B uffici	0,70	0,50	0,30
Categoria C ambienti suscettibili di affollamento	0,70	0,70	0,60
Categoria D ambienti ad uso commerciale	0,70	0,70	0,60
Categoria E biblioteche, archivi, magazzini,...	1,00	0,90	0,80
Categoria F Rimesse e parcheggi (autoveicoli $\leq 30kN$ )	0,70	0,70	0,60
Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli $> 30kN$ )	0,70	0,50	0,30
Categoria H Coperture	0,00	0,00	0,00
Vento	0,60	0,20	0,00
Neve a quota $\leq 1000$ m	0,50	0,20	0,00
Neve a quota $> 1000$ m	0,70	0,50	0,20
Variazioni Termiche	0,60	0,50	0,00

Nelle verifiche possono essere adottati in alternativa due diversi approcci progettuali:

- per l'approccio 1 si considerano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti di sicurezza parziali per le azioni, per i materiali e per la resistenza globale (combinazione 1 con coefficienti A1 e combinazione 2 con coefficienti A2),
- per l'approccio 2 si definisce un'unica combinazione per le azioni, per la resistenza dei materiali e per la resistenza globale (con coefficienti A1).

NTC 2018 Tabella 2.6.1

		Coefficiente $\gamma_f$	EQU	A1	A2
Carichi permanenti	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali (Non compiutamente definiti)	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	Favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

Viene presa in debita considerazione la pretensione biassiale della membrana tessile di copertura che, anche se non prevista dalle normative vigenti, esercita sull'arco un carico costante.

## PARTICOLARI DELLA COSTRUZIONE DEL LEGNO LAMELLARE

La struttura portante è costituita da elementi in legno lamellare incollato prefabbricato.

Tensioni e deformazioni vengono assunte alla base dei calcoli e si riferiscono ad una qualità del legno e di incollaggio come precisato nella tabella 6 delle norme DIN 1052.

Le lamelle costituenti gli elementi incollati sono in legno di conifera (abete) GL28c per le parti curve e GL24h per le parti , o secondo i dati di progetto, ed in base alle direttive delle norme vigenti.

### a) Preparazione delle lamelle.

Le lamelle di sezione massima di cm<sup>2</sup> 72 saranno essiccate ad alta temperatura.

Avranno umidità relativa del 9% (+3% o -3%), per ambienti chiusi o riscaldati; saranno incollate su una faccia con una quantità di colla pari a 0,6 Kg/m<sup>2</sup> mediante incollatrice a fili; la pressione sarà omogenea di circa 8,5 Kg/m<sup>2</sup>.

Il tutto in conformità con le DIN 1052.

Le lamelle saranno incollate di testa con giunto a pettine secondo le norme DIN 68140.

### b) Colle.

Le colle impiegate saranno a base di resine sintetiche chimicamente neutre a base di formaldeide o kaurit secondo DIN-FMPA.

### c) Legno lamellare.

Le lamelle costituenti gli elementi incollati saranno conformi alle direttive della norma DIN 4074, inoltre la composizione, mediante colla, delle tavole di abete deve dare luogo ad una qualità del lamellare del tipo scelto nella progettazione sia per le parti curve sia per le parti diritte, in base alle direttive delle norme vigenti.

### d) Protezione delle superfici.

Onde proteggere gli elementi in legno incollato dagli agenti atmosferici o, comunque, dagli attacchi di parassiti vegetali e dagli insetti xylofagi, tutte le superfici vanno trattate con prodotti Bayer, tipo xyladecor o similari.

e) Carpenteria e connessioni metalliche.

Gli accessori metallici saranno, salvo prescrizione specifica, in acciaio S235 (UNI EN 10025) trattati con zincatura a caldo o verniciati con colore a scelta, previa una mano di antiruggine.

I chiodi, i bulloni e gli elementi zincati standard per la formazione dei giunti e dei collegamenti, seguiranno le norme DIN 1052.

## **PARTICOLARI DELLA COSTRUZIONE DELLA MEMBRANA IMPERMEABILIZZATA**

La membrana di copertura è costituita da un tessuto in fibra sintetica di poliestere (PES), sintetico e inputriscibile, ad alta resistenza ed impermeabilizzato mediante una spalmatura di PVC eseguita su entrambe le facce.

Il titolo del filo che lo compone è Dtex 1.500 e corrisponde al peso di una bobina di 10.000 m. di filato.

Le caratteristiche meccaniche della membrana vengono scelte in funzione dei sovraccarichi accidentali ai quali viene sottoposta e questo avviene durante la progettazione.

I materiali disponibili sono suddivisi in 6 tipologie aventi caratteristiche diverse e riportate nelle apposite schede.

Anche le laccature superficiali possono essere di diversa tipologia in funzione del risultato che si vuole ottenere e il trattamento più utilizzato consiste in una laccatura acrilica.

La confezione del manto di copertura avviene mediante la giunzione di strisce sagomate nella fase di taglio e saldate tra loro ad alta frequenza, la membrana così ottenuta, dove possibile, è in un unico pezzo, anche per coperture di grandi dimensioni, senza possibilità alcuna di infiltrazioni nei punti di giunzione.

La sagomatura ottenuta durante la confezione permette un insellamento tra arco ed arco ottenendo così due importanti risultati:

- 1) validità estetica in quanto la membrana sagomata si presenta come una tensostruttura a doppia curvatura;
- 2) distribuzione ottimale degli sforzi su tutta la superficie senza concentrazioni pericolose e zone di scarsa tensione che si muovono al vento;

La confezione prevede poi una serie di appositi accessori di tensionamento come cinghie tessili con tensionatori o cavi di acciaio per la trazione e la resistenza ai sovraccarichi, adatti a distribuire gli sforzi ed impiegati in zone particolarmente ventose.

Il manto di copertura ottenuto viene sollevato e steso sopra la struttura in legno ed ancorato, nella versione standard, a terra nelle due testate mediante tubi inseriti in un apposito risvolto e ancorato alla base della struttura, in quota sulle trave di bordo sui lati lunghi, mediante appositi elementi di trazione ancorati alla struttura in legno lamellare; il tutto con applicazione della pretensione necessaria per un corretto montaggio.

Nella versione con Baraccatura di Testata il manto di copertura viene ancorato in quota alla stessa altezza dei laterali sulle apposite travi di banchina previste nelle testate.

Si evidenzia come la pretensione della membrana di copertura e la sua sagomatura a doppia curvatura sono importanti ai fini di una lunga durata nel tempo permettendo di ottenere anche nelle condizioni di sovraccarichi gravosi, quali neve e vento, una distribuzione ottimale degli sforzi e un coefficiente di sicurezza elevato in tutte le zone della membrana stessa.

La parte bassa strutturale, del tutto verticale, viene completata da un tamponamento, sempre in manto tessile impermeabilizzato, di tipo scorrevole lateralmente, dotato di apposite rotaie e carrelli di sospensione della membrana e spesse volte con guida a terra, cancelletti di manovra e maniglioni di chiusura.

Detto tamponamento consente facili e veloci operazioni di apertura e chiusura, permettendo così di trasformare in

brevissimo tempo l'impianto chiuso in impianto all'aria aperta.

In tutte le coperture tessili da noi applicate è possibile installare anche una second membrana avente funzione coibente ed in grado di abbattere il coefficiente di trasmissione del calore con ottimi risultati nella riduzione dei consumi di combustibile per il riscaldamento invernale e più che soddisfacente risultato anche per la riduzione degli effetti dell'irraggiamento solare nelle mezze stagioni.

Anche per le coperture di arcostrutture in legno lamellare siamo in grado di applicare la versione "Energy" che risulta particolarmente significativa sia per il risparmio dei costi del riscaldamento invernale sia per la possibilità di refrigerare l'ambiente interno con ottimi risultati e bassi consumi, soluzione particolarmente adatta a palestre e sale conferenze.

## **ACCESSORI**

A completamento delle nostre forniture sono disponibili impianti accessori quali:

- Impianti di illuminazione artificiale con lampade LED particolarmente performanti per un valido risparmio energetico;
- Impianti di illuminazione di emergenza con lampade a LED autoalimentate con batteria;
- Impianti di riscaldamento ad aria con generatori a condensazione di ultima generazione e con adeguati bruciatori;
- Impianti di destratificazione con diffusori tessili a condotta forzata;
- Ingressi speciali di varie dimensioni, anche carrabili;
- Collegamenti in quota con converse in lamiera metallica per unire tra loro strutture diverse o per collegamenti alle opere esistenti;