

IL LEGNO

ESEMPI DI CALCOLO

DM 14.01.2008

LA NORMATIVA

- Le verifiche degli elementi devono essere condotte ai sensi del DM 14.01.2008.
- Circolare applicativa 617 del CS LL.PP. del 2009.

Calcoli statici

Le verifiche di resistenza e di sicurezza devono essere effettuate applicando il MSLS, Metodo degli Stati Limiti.

Nel calcolo delle tensioni interne viene considerata l'ipotesi di conservazione delle sezioni piane e il comportamento elastico-lineare del materiale.

Definizioni

Stati limite di esercizio SLE , corrispondono al normale utilizzo della struttura, oltre i quali la struttura stessa non soddisfa più una o più delle condizioni di esercizio previste, per cui vengono limitate le sue prestazioni.

Essi derivano da:

- Danneggiamenti locali.
- Spostamenti e deformazioni eccessive.
- Vibrazioni eccessive.
- Danni per fatiche.

Stati limiti ultimi SLU: corrispondono al limite ultimo della capacità portante di una struttura o di una sua parte, superati i quali si ha il collasso della struttura o altre forme di cedimento strutturale che possono compromettere l'incolumità delle persone.

Essi derivano da:

- Perdita di equilibrio della struttura o di parte di essa.
- Deformazioni elastiche o plastiche non ammissibili.
- Instabilità della struttura o di una sua parte.
- Raggiungimento della massima capacità di resistenza della struttura.
- Rottura di membrature e di collegamenti.

Il metodo degli stati limite

L'approccio al problema viene così affrontato:

- Si assumono i **valori caratteristici** o nominali delle **azioni esterne** (carichi) e delle proprietà meccaniche.
- I **valori caratteristici** vengono trasformati in **valori di calcolo** applicando opportuni coefficienti **g amplificativi per le azioni e riduttivi per le resistenze**.
- Le **caratteristiche di sollecitazione** prodotte dai carichi vengono determinate mediante un'analisi elastica – lineare. Si ipotizza la corrispondenza lineare tra sollecitazioni e deformazioni nei materiali. Solo nella verifica finale si può tenere conto che non venga soddisfatta la legge di Hooke.
- La verifica di calcolo consiste nel confrontare i **valori delle caratteristiche** di sollecitazione di calcolo con quelle **limite**, (le prime dovranno essere minori o uguali alle seconde), il **rapporto tra limite e caratteristiche** ci dà il grado di sicurezza della struttura.

Classi di Servizio

In relazione all'influenza dell'umidità è necessario assegnare alle strutture una classe di servizio

Classe di servizio 1	E' caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20°C e un'umidità relativa dell'aria circostante che non superi il 65% se non per poche settimane all'anno.
Classe di servizio 2	E' caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20°C e un'umidità relativa dell'aria circostante che non superi l'85% solo per poche settimane all'anno.
Classe di servizio 3	E' caratterizzata da umidità più elevata di quella della classe di servizio 2.

Classi di durata del carico

In relazione al tempo di applicazione alla tipologia del carico e alla classe di servizio e si determina il k_{mod}

Valori di k_{mod}						
Materiale	Classe di servizio	Classe di durata del carico				
		Permanente + di 10 anni	Lunga da 6 mesi a 10 anni	Media da 1 settimana a 6 mesi	Breve - di una settimana	Istantanea
		Peso proprio, permanenti non rimovibili	Permanenti rimovibili, variabili di magazzino e depositi.	Carichi variabili di edifici	Neve fino a 2 kN/mq	Vento e azioni eccezionali.
Legno massiccio Legno lamellare incollato	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

Resistenza di calcolo

Il valore di calcolo, genericamente indicato con X_d relativo alle proprietà di resistenza di un materiale viene calcolato con la

relazione:
$$X_{m,d} = \frac{k_{mod} X_{m,k}}{\gamma_M}$$

Le tensioni di calcolo sono ricavate da quelle caratteristiche moltiplicandone i valori per un coefficiente di modello k_{mod} (generalmente minore dell'unità) e dividendo il risultato per un coefficiente parziale relativo al materiale γ_m

$X_{m,k}$ = valore caratteristico del materiale

k_{mod} = coefficiente di modello correttivo

γ_m = coefficiente parziale di sicurezza

Coefficienti parziali di sicurezza

I valori del coefficiente parziale relativo al materiale valgono:

Stati limite ultimi	γ_M
-combinazioni fondamentali	
legno massiccio	1,50
legno lamellare incollato	1,45
pannelli di particelle o di fibre	1,50
microlamellare, compensato, pannelli di scaglie orientate	1,40
unioni	1,50
-combinazioni eccezionali	1,00
Stati limite di esercizio	1,00

AZIONI SULLE COSTRUZIONI

Si definisce azione ogni causa o insieme di cause capace di indurre stati limite in una struttura.

Classificazione delle azioni secondo la risposta strutturale

- a) **statiche**: azioni applicate alla struttura che non provocano accelerazioni significative della stessa o di alcune sue parti;
- b) **pseudo statiche**: azioni dinamiche rappresentabili mediante un'azione statica equivalente;
- c) **dinamiche**: azioni che causano significative accelerazioni della struttura o dei suoi componenti.

Classificazione delle azioni secondo la variazione della loro intensità nel tempo

- a) **permanenti (G)**: azioni che agiscono durante tutta la vita nominale della costruzione, la cui variazione di intensità nel tempo è così piccola e lenta da poterle considerare con sufficiente approssimazione costanti nel tempo.
- b) **variabili (Q)**: azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo.
- c) **eccezionali (A)**: azioni che si verificano solo eccezionalmente nel corso della vita nominale della struttura.
- d) **sismiche (E)**: azioni derivanti dai terremoti.

COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Le azioni sulla costruzione devono essere cumulate in modo da determinare le condizioni di carico più gravose ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della probabilità ridotta d'intervento simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori più sfavorevoli.

La presenza di stati di precompressione deve essere considerata con cautela e, se possibile, evitata a causa di fenomeni viscosi del materiale molto pronunciati per tali stati di sollecitazione, sia nel caso di compressione parallela alla fibratura ma, soprattutto, per il caso di compressione ortogonale alla fibratura.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni

Combinazione delle azioni

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

$$F_d = \gamma_{g1} G_1 + \gamma_{g2} G_2 + \gamma_p P + \gamma_{q1} Q_{k1} + \sum_{j=2}^{j=n} (\gamma_{qj} \cdot \Psi_{0j} \cdot Q_{kj})$$

G_{k1} valore caratteristico dei carichi permanenti strutturali;

G_{k2} valore caratteristico dei carichi permanenti non strutturali;

Q_{k1} valore caratteristico dell'azione variabile considerata dominante;

Q_{kj} valori caratteristici delle azioni variabili tra loro indipendenti;

$\gamma_{g1} = 1,3$ (1,0 se il contributo dell'azione aumenta la sicurezza);

$\gamma_{g2} = 1,5$ (0 se il contributo dell'azione aumenta la sicurezza);

$\gamma_q = 1,5$ (0 se il contributo dell'azione aumenta la sicurezza);

Ψ_0 = coefficiente di combinazione allo stato limite ultimo da determinarsi sulla base di considerazioni statistiche.

Combinazione delle azioni

Combinazione caratteristica (rara) da **utilizzare per gli stati limiti esercizio** (SLE), e **per le verifiche alle tensioni ammissibili** (MTA):

$$F_d = G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \sum_{j=2}^{j=n} (\Psi_{0j} \cdot Q_{kj})$$

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

$$F_d = G_1 + G_2 + P + \Psi_{1j} \cdot Q_{k1} + \sum_{j=2}^{j=n} (\Psi_{1j} \cdot Q_{kj})$$

Combinazione quasi permanente, da utilizzare per gli effetti a lungo termine delle azioni negli stati limite di esercizio (SLE):

$$F_d = G_1 + G_2 + P + \Psi_{2j} \cdot Q_{k1} + \sum_{j=2}^{j=n} (\Psi_{2j} \cdot Q_{kj})$$

Combinazione delle azioni

Il calcolo di una struttura deve essere effettuato in funzione delle massime sollecitazioni che potrebbero verificarsi per le azioni applicate (carichi).

Valore caratteristico, di **un'azione variabile** è indicato con il pedice k (Q_k) senza pedice vengono indicati i valori nominali dei carichi (pesi propri).

I valori delle azioni variabili vengono moltiplicati per il coefficiente γ che avrà il pedice:

0 per *valore raro*, **1** per *valore frequente*, **2** per *valore quasi permanente*.

I valori dei coefficienti di γ dalla categoria dell'edificio e dal tipo di azione.

Tabella 2 (libro di testo). **Valori dei coefficienti di combinazione.**

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Combinazione delle azioni

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU
Tabella 2.6.I (DM 14.01.2008).

		Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali ⁽¹⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Nella Tab. 2.6.I il significato dei simboli è il seguente:

γ_{G1} coefficiente parziale del peso proprio della struttura, nonché del peso proprio del terreno e dell'acqua, quando pertinenti;

γ_{G2} coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;

γ_{Qi} coefficiente parziale delle azioni variabili.

Azioni sulle costruzioni - Esercizi svolti

➤ Una trave continua su due campate uguali di m.4,30 è soggetta ai seguenti carichi:

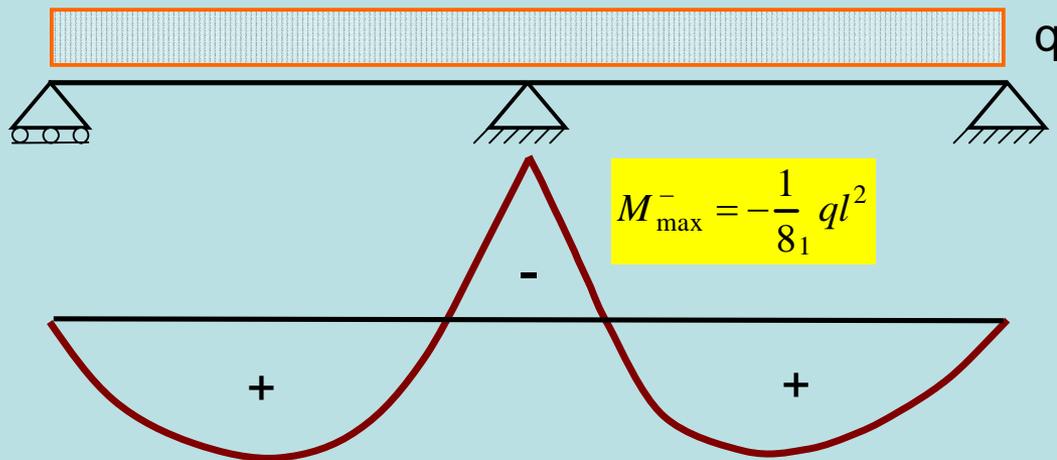
Peso proprio strutturale : $g_1 = 12,00\text{kN/m}$

Peso proprio non strutturale : $g_2 = 22,00\text{ kN/m}$

Carico variabile, per residenza $q_{k1} = 16,00\text{ kN/m}$

Determinare la condizione di carico più sfavorevole nei confronti della sollecitazione flettente negativa per la verifica della sezione dell'appoggio centrale, da utilizzare per le verifiche MTA e SLU.

Il momento massimo negativo è pari a : $M_{\max}^- = -\frac{1}{8l} ql^2$



M.T.A. Calcolo Q_d si applica la combinazione rara: $F_d = G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \sum_{j=2}^{j=n} (\Psi_{0j} \cdot Q_{kj})$

Non vengono applicati i coefficienti ai carichi ed essendo $P=0$, $Q_{kj}=0$, la combinazione si riduce a:

$$q_d = G_1 + G_2 + Q_{k1}$$

$$q_d = 12 + 22 + 16 = 50 \text{ kN/m} \quad M_{\max}^- = -\frac{1}{8} 50 \cdot (4,30)^2 = -115,5625 \text{ kNm}$$

M.S.L. Calcolo Q_d si applicherà la combinazione fondamentale:

$$F_d = \gamma_{g1} G_1 + \gamma_{g2} G_2 + \gamma_p P + \gamma_{q1} Q_{k1} + \sum_{j=2}^{j=n} (\gamma_{qj} \cdot \Psi_{0j} \cdot Q_{kj})$$

Pertanto i carichi dovranno essere incrementati tramite i coefficienti parziali di sicurezza ed essendo $P=0$, $Q_{kj}=0$, l'espressione diventa: $F_d = \gamma_{g1} G_1 + \gamma_{g2} G_2 + \gamma_{q1} Q_{k1}$

Dalla tabella 2.6.1 colonna A1 STR (strutturale) ricaviamo i coefficienti per la condizione sfavorevole dei carichi ottenendo:

$$q_d = 1,30 \cdot 12 + 1,50 \cdot 22 + 1,50 \cdot 16 = 15,60 + 33,00 + 24,00 = 72,60 \text{ kN/m}$$

$$M_{\max}^- = -\frac{1}{8} 72,60 \cdot (4,30)^2 = -167,80 \text{ kNm}$$

Azioni sulle costruzioni - Esercizi svolti

Sfruttando i dati dell'esercizio precedente calcolare i valori del carico che fornisce il massimo momento flettente per gli stati limiti di esercizio (SLE).

Combinazione caratteristica (rara) da utilizzare per gli stati limiti esercizio (SLE)

$$q_d = G_1 + G_2 + Q_{k1} \qquad q_d = 12 + 22 + 16 = 50kN/m$$

Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili, dalla tabella 2 abbiamo per $\Psi_{11} = 0,50$:

$$q_d = G_1 + G_2 + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} \qquad q_d = 12 + 22 + 0,50 \cdot 16 = 42kN/m$$

Combinazione quasi permanente, da utilizzare per gli effetti a lungo termine delle azioni negli stati limite di esercizio (SLE) dalla tabella 2 abbiamo per $\Psi_{21} = 0,30$:

$$q_d = G_1 + G_2 + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} \qquad q_d = 12 + 22 + 0,30 \cdot 16 = 38,80kN/m$$

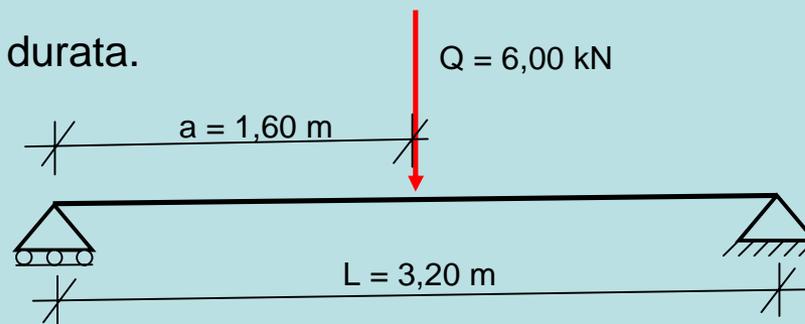
Dai risultati ottenuti si evince che la maggiore azione (carico) si ha per la **combinazione caratteristica rara**.

Esempio di calcolo a flessione di una trave in legno ($h > 150$ mm)

Dati di calcolo: $L = 3,20$ m; $a = 1,6$ m; $Q = 6$ kN;

Tipo materiale: legno Abete/Nord S1,

Classe di servizio 1- carichi variabili di lunga durata.



Le **tensioni caratteristiche** del materiale valgono

Flessione (5-percentile),	MPa	$f_{m,k}$	29
Trazione parallela alla fibratura (5-percentile),	MPa	$f_{t,0,k}$	17
Trazione perpendicolare alla fibratura (5-percentile),	MPa	$f_{t,90,k}$	0,4
Compressione parallela alla fibratura (5-percentile),	MPa	$f_{c,0,k}$	23
Compressione perpendicolare alla fibratura (5-percentile),	MPa	$f_{c,90,k}$	2,9
Taglio (5-percentile),	MPa	$f_{v,k}$	3,0
Modulo di elasticità parallelo alla fibratura (medio),	MPa	$E_{0,mean}$	12000
Modulo di elasticità parallelo alla fibratura (5-percentile),	MPa	$E_{0,05}$	8000
Modulo di elasticità perpendicolare alla fibratura (medio),	MPa	$E_{90,mean}$	400
Modulo di taglio (medio),	MPa	G_{mean}	750
Massa volumica (5-percentile),	kg/m ³	r_k	380
Massa volumica (media),	kg/m ³	r_{mean}	415

Valori delle caratteristiche di resistenza del materiale sono espressi in Mega Pascal. I valori sono calcolati con provini di altezza pari a 150 mm.

$$1\text{MPa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 100 \text{ N /cmq.} = 10 \text{ kg/cmq}$$

Il **coefficiente parziale di sicurezza** relativo al materiale (legno massiccio) vale: $\gamma_M = 1,50$

Tensioni caratteristiche adottate:

$$f_{m,k} = 29 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ a flessione} \quad f_{v,k} = 3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ a taglio}$$

Resistenza di calcolo a flessione $f_{m,d}$ e a taglio $f_{v,d}$

$$f_{m,d} = \frac{k_{\text{mod}} f_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{0,7 \times 29}{1,50} = 13,53 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{v,d} = \frac{k_{\text{mod}} f_{v,k}}{\gamma_M} = \frac{0,7 \times 3}{1,50} = 1,40 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Il **coefficiente correttivo di modello** per la **Classe di servizio 1** e con carichi variabili di lunga durata vale **$k_{\text{mod}} = 0,70$**

Valori di k_{mod}						
Materiale	Classe di servizio	Classe di durata del carico				
		Permanente	Lunga	Media	Breve	Istantanea
Legno massiccio Legno lamellare incollato	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

Calcolo delle sollecitazioni di taglio e momento

Metodo Stati Limite

Si calcola il Q_d applicando la combinazione fondamentale, non tenendo conto provvisoriamente del peso proprio strutturale e considerando che $P=0$ e $Q_{kj}=0$.

L'espressione si riduce a:

$$Q_d = \gamma_{q1} Q_{k1}$$

Dalla tabella 2.6.1 col. A1 STR (strutturale) ricaviamo il coefficiente $\gamma_{q1} = 1,50$ per la condizione sfavorevole dei carichi.

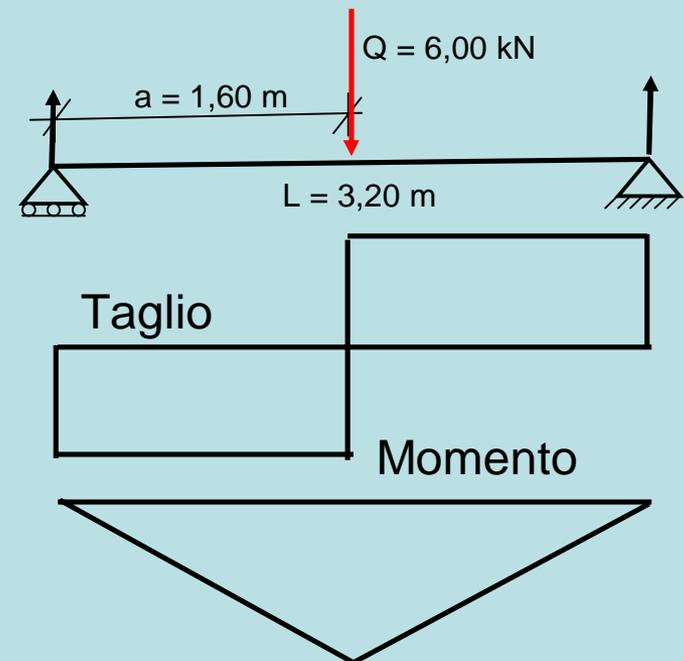
Pertanto sarà: $Q_d = 1,50 \cdot 6,00kN = 9,00kN$

$$V_a = V_b = T_a = T_b = \frac{Q_d}{2} = \frac{9,00kN}{2} = 4,50kN$$

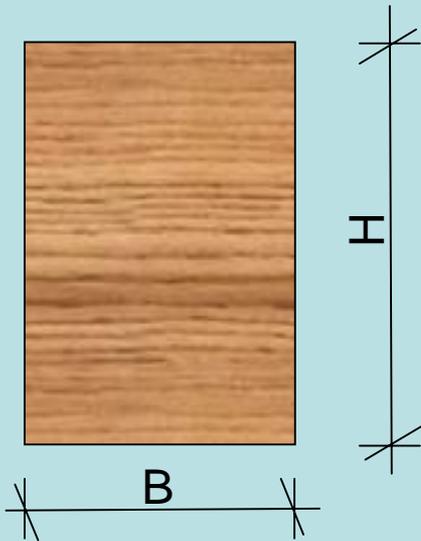
$M_d =$ momento flettente di calcolo

$$M_d = M_{\max} = V_a \cdot a$$

$$M_d = 4,50kN \cdot 1,60m = 7,20kNm$$



Calcolo della sezione



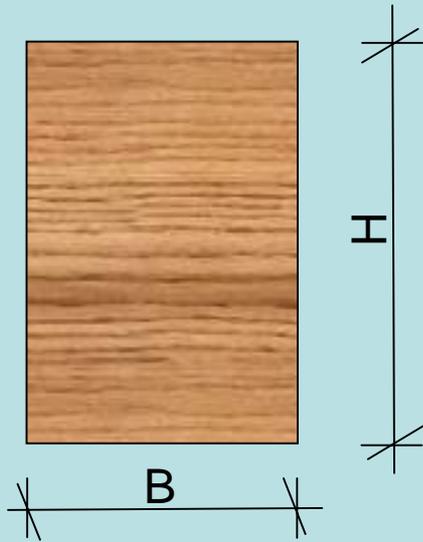
Il modulo di resistenza W_n di progetto è dato da:

$$W_n = \frac{M_{\max}}{f_{m,d}} = \frac{7,20 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{13,53 \text{ Nmm}^{-2}} = 532000 \text{ mm}^3$$

Essendo: $W_n = \frac{B \cdot H^2}{6}$; ponendo: $B = 0,71 \cdot H$; otteniamo: $W_n = \frac{0,71 \cdot H^3}{6}$

otteniamo: $H = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot W_d}{0,71}}$; $H = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 532000}{0,71}} = \sqrt[3]{4496000} = 165 \text{ mm} = 16,50 \text{ cm}$

Essendo: $B = 0,71 \cdot H$; otteniamo $B = 0,71 \cdot 16,50 = 12,00 \text{ cm}$



Verifica a flessione

La verifica a flessione è soddisfatta se risulta:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W_n} \leq f_{m,d}$$

Le dimensioni assunte dalle tabelle commerciali delle sezioni trasversali delle travi in legno sono per la base cm **12** per l'altezza cm **18**.

Dati per la verifica :

$B = 12,00 \text{ cm}$; $H = 18,00 \text{ cm}$; $A = 32400 \text{ mm}^2$;

$W_n = 648 \times 10^3 \text{ mm}^3$; $M_d = 7,20 \times 10^6 \text{ Nmm}$.

$$\sigma_{m,d} = \frac{7,20 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{648 \cdot 10^3 \text{ mm}^3} = 11,11 \text{ N/mm}^2 \quad \text{essendo } \sigma_{m,d} < f_{m,d} (= 13,53 \text{ N/mm}^2)$$

la sezione è verificata.

Verifica a Taglio

La verifica a taglio è soddisfatta se risulta: $\tau_d \leq f_{v,d}$

$$\tau_d = \frac{3 T}{2 A}; \tau_d = \frac{3 \cdot 4,50 \cdot 10^3 \text{ N}}{2 \cdot 32400 \text{ mm}^2} = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

essendo $\tau_d < f_{v,d} (= 1,40 \text{ N/mm}^2)$ la sezione è verificata.

Verifica allo Stato Limite di Esercizio S. L. E. - La deformazione

Questa verifica ha lo scopo di valutare il comportamento della struttura relativamente al suo normale utilizzo, riguardo allo stato di deformazione. In particolare negli elementi in legno a causa del **limitato valore del modulo elastico** e dell'elevata influenza del **fluage** (*effetto viscoso*) che determina un incremento delle deformazioni per carichi costanti applicati per lungo tempo. Per via di questi fattori risulta a volte necessario dimensionare gli elementi inflessi in funzione della freccia massima ammissibile anziché in funzione della resistenza di calcolo,

Freccie massime per travi inflesse in legno	
Natura della deformazione (l = luce della trave e dello sbalzo)	Valore della freccia
Freccia istantanea $f_{2,in}$ per soli carichi variabili:	
Travi	L / 300
Sbalzi	L / 150
Per limitare la freccia finale f_{fin} si deve avere:	
a) per soli carichi variabili $f_{2,fin}$:	
Travi	L / 200
Sbalzi	L / 100
b) per carichi permanenti e variabili $f_{net,fin}$:	
Travi	L / 250
Sbalzi	L / 125

Valori del coefficiente K_{def}			
Materiale	Classe di servizio		
	1	2	3
Legno massiccio	0,60	0,80	2,00
Legno lamellare incollato	0,60	0,80	2,00
Compensato	0,80	1,00	2,50

Verifica allo Stato Limite di Esercizio S. L. E. - La deformazione

Le verifiche allo SLE vengono in genere effettuate solo nei confronti dello stato limite di deformazione relativamente agli elementi inflessi. La deformazione o freccia finale f_{fin} di elementi inflessi è data da:

$$f_{fin} = f_{in} + f_{dif}$$

$f_{in} =$ Deformazione iniziale (o istantanea) calcolata considerando per i carichi la combinazione rara, che nel caso di un solo carico variabile è data da: $F_d = G_1 + G_2 + Q_{kj}$

$f_{dif} =$ Deformazione differita a lungo termine dovuta all'umidità e agli effetti viscosi, ai quali il legname è particolarmente sensibile viene calcolata con la relazione: $f_{dif} = f'_{in} * K_{def}$

$f'_{in} =$ Deformazione iniziale (o istantanea) calcolata considerando per i carichi la combinazione quasi permanente, nel caso di un solo carico variabile è data da: $F_d = G_1 + G_2 + Y_{21} * Q_{kj}$

$K_{def} =$ Coefficiente che tiene conto dell'umidità e del fluage (viscosità)

La freccia netta è data da:

$$f_{net} = f_1 + f_2 - f_0$$

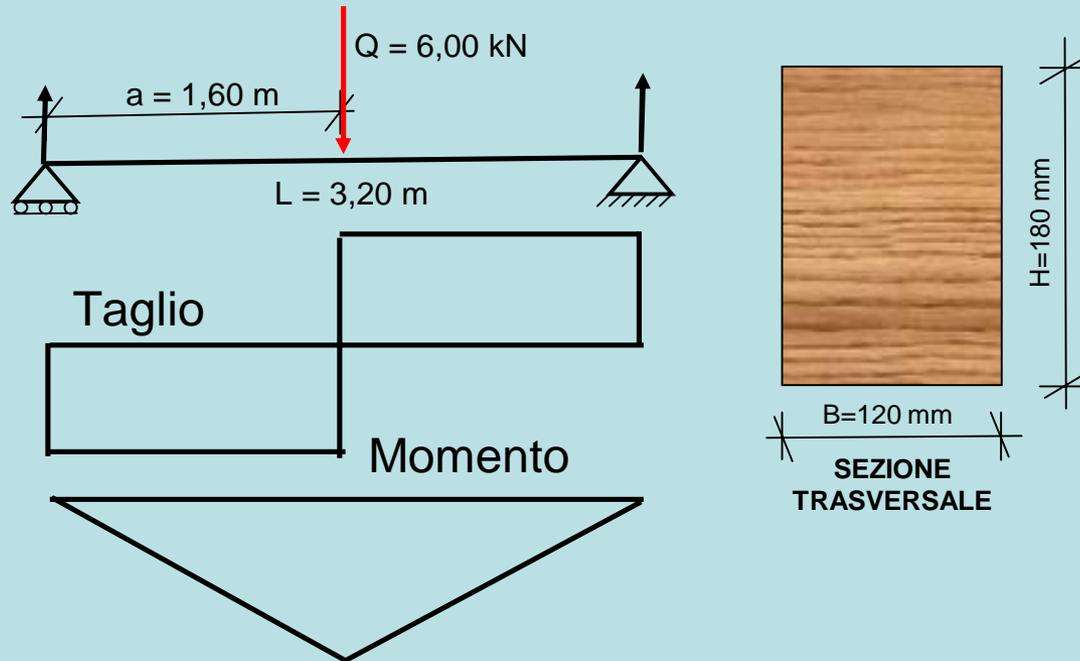
$f_1 =$ Freccia dovuta ai soli carichi permanenti

$f_2 =$ Freccia dovuta ai soli carichi variabili

$f_0 =$ Controfreccia (quando viene data)

Verifica a deformazione

Verificare la deformazione della trave calcolata nell'esercizio precedente



Modulo di elasticità parallelo alla fibratura (medio) in MPa

$E_{0,\text{mean}}$

12000

$I = \frac{B \cdot H^3}{12}$; Momento d'inerzia rispetto all'asse baricentrico

Calcolo della deformazione iniziale, si trascurano le influenze delle azioni G1 e G2

$f_{in} =$ Deformazione iniziale (o istantanea) calcolata considerando per i carichi la combinazione rara, si trascurano le azioni G1 e G2 per cui avremo : $Q_d = Q_{kj} = 6 \text{ kN}$

$$f_{in} = \frac{Q \cdot l^3}{48E \cdot I}$$

$$f_{in} = \frac{6000 \cdot 3300^3}{48 \cdot 12000 \cdot \frac{120 \cdot 180^3}{12}} = 6,41 \text{ mm}$$

Calcolo della deformazione differita si trascurano le influenze delle azioni G1 e G2

$f_{dif} =$ Deformazione differita a lungo termine dovuta all'umidità e agli effetti viscosi, ai quali il legname è particolarmente sensibile viene calcolata con la relazione: $f_{dif} = f'_{in} \cdot K_{def}$

$f'_{in} =$ Deformazione iniziale (o istantanea) calcolata considerando per i carichi la combinazione quasi permanente, nel caso specifico è data da: $Q_d = Y_{21} \cdot Q_{kj}$; $Y_{21} = 0,30$

$$Q_d = Y_{21} \cdot Q_{kj}; 0,30 \cdot 6000 \text{ N} = 1800 \text{ N}$$

$$f'_{in} = \frac{1800 \cdot 3300^3}{48 \cdot 12000 \cdot \frac{120 \cdot 180^3}{12}} = 1,923 \text{ mm}$$

La freccia f' viene confrontata con quella limite pertanto dovrà risultare $f' < f_{2,in}$

$$f_{2,in} = \frac{L}{300}$$

$$f_{2,in} = \frac{3300 \text{ mm}}{300} = 11 \text{ mm}$$

risulta $f'_{in} < f_{2,in}$

Il valore del coefficiente K_{def} per legno massiccio e classe di servizio 2 si assume pari a **0,80**.

$$f_{dif} = f'_{in} \cdot K_{def}$$

$$f_{dif} = 1,923 \cdot 0,80 = 1,54mm$$

Calcolo della deformazione finale

$$f_{fin} = f_{in} + f_{dif}$$

$$f_{fin} = 6,41 + 1,54 = 7,95mm$$

La freccia finale f_{fin} viene confrontata con quella limite pertanto dovrà risultare $f_{fin} < f_{net,lim}$

$$f_{net,lim} = \frac{L}{250}$$

$$f_{net,lim} = \frac{3300}{250} = 13,20mm$$

$$\text{risulta } f_{fin} < f_{net,lim}$$

La trave risulta verificata a deformazione con metodo degli SLE