



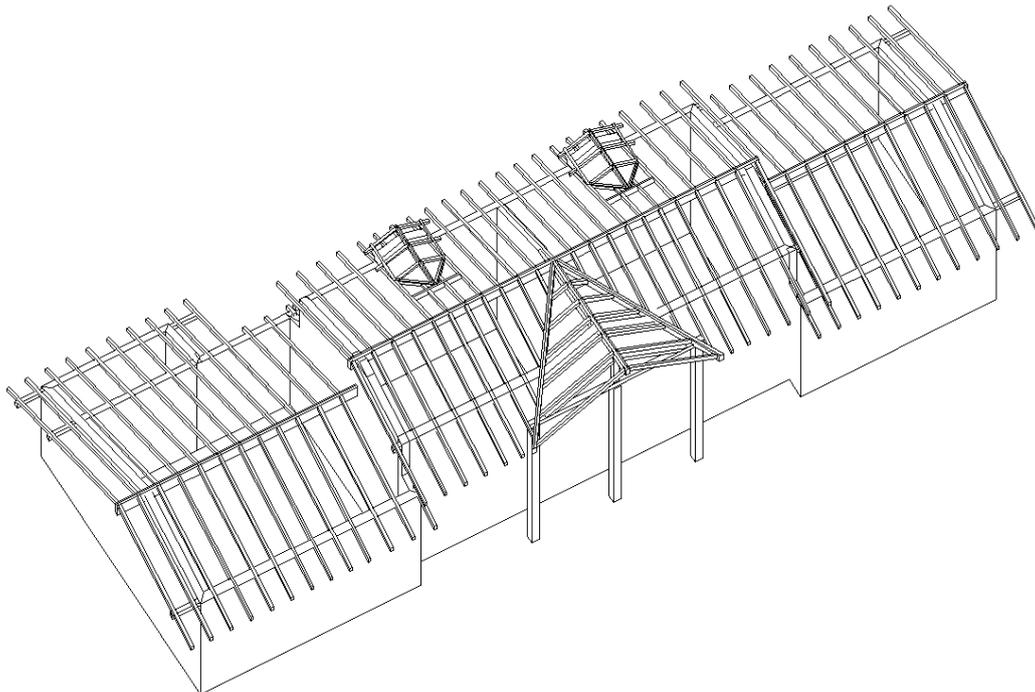
PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO
COMUNE DI CORTACCIA



REALIZZAZIONE DELLA NUOVA COPERTURA DI UN EDIFICIO RESIDENZIALE

RELAZIONE DI CALCOLO

(ai sensi della legge 1086/1971 art. 4 e D.M. 17/01/2018)



SOMMARIO

1	Introduzione	1
1.1	Descrizione generale dell'opera	1
1.2	Normativa di riferimento.....	2
1.3	Materiali	3
1.3.1	Legno lamellare incollato per travetti, travi	3
1.3.2	Acciaio per piastre ed elementi di ancoraggio	3
1.4	Norme esecutive.....	4
2	Analisi dei carichi.....	5
2.1	Carico permanente	5
2.2	Carico neve	5
3	Concetti di teoria.....	8
3.1	Schema statico.....	8
3.2	Valori caratteristici e di progetto	8
4	Predimensionamento di una trave in semplice appoggio.....	9
5	Verifica delle travi	11
5.1	Travetto (POS 01)	12
5.2	Travetto (POS 02)	13
5.3	Travetto (POS 03)	14
5.4	Trave di colmo (POS 04)	15
5.5	TRAVE DI COLMO (POS 05).....	16
5.6	Trave di colmo (POS 06)	17
5.7	DISPLUVIO A LIVELLO DELL'ABBAINO (POS 07)	18
5.8	TRAVETTO ORIZZONTALE A LIVELLO DELL'ABBAINO (POS 08).....	19
5.9	TRAVETTO (POS 09)	20
5.10	ANALISI DI UNA GIUNZIONE	21
5.10.1	Sollecitazioni agenti e geometria del giunto	21
5.10.2	Giunzione staffa – trave principale.....	21
5.10.3	Giunzione staffa – trave secondaria	22

1 INTRODUZIONE

1.1 Descrizione generale dell'opera

Le opere oggetto della presente relazione sono le strutture lignee della copertura di un edificio residenziale. Di seguito si riepilogano i dati necessari per il dimensionamento dei diversi elementi strutturali costituenti al copertura:

- Tipologia di copertura: due falde
- Livelli: copertura su tre livelli
- Abbaini: due tipologie: triangolari e a due falde
- Apertura: presente foro dell'ascensore
- Pendenze: $\alpha_{\text{copertura}}=24,20^\circ$ (45%); $\alpha_{\text{abbaini}}=31,70^\circ$ (62%)
- Travi principali: lamellare GL 24h
- Travi secondarie: lamellare GL 24h
- Ubicazione: quota = 218 m s.l.m. (zona alpina-1)

La copertura superiore è costituita da un colmo in legno lamellare diviso in 3 parti, corrispondenti ai tre livelli su cui si sviluppa la copertura stessa. I travetti poggiano sul colmo e sulle banchine che corrono al di sopra dei cordoli in c.a. realizzati lungo il perimetro dell'edificio. Nella zona centrale della copertura viene realizzato un abbaino triangolare che arriva fino al colmo e poggia su tre pilastri. Sulla falda opposta si realizzano due abbaini a due falde di dimensioni inferiori, come evidenziato in Figura 1.

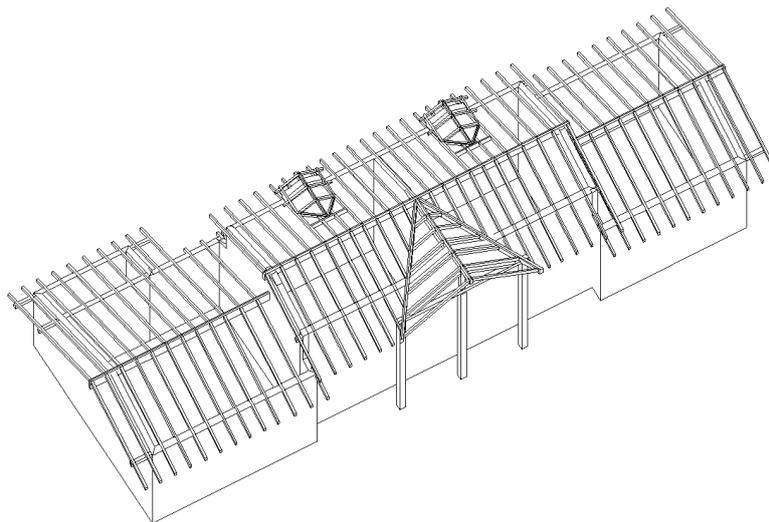


Figura 1: vista tridimensionale degli elementi costituenti la copertura lignea

1.2 Normativa di riferimento

In accordo a quanto prescritto dall'art. 21 della Legge 5 novembre 1971 n.1086 (G.U. n.321 del 21.12.1971) per l'esecuzione delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica, nonché dall'art.1 della Legge 2 febbraio 1974 n.64 (G.U. n.76 del 21.3.1974), per tutte le costruzioni devono essere rispettate le prescrizioni contenute nei seguenti Decreti Ministeriali e relative Circolari di istruzioni.

- a) DECRETO MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE – 17 gennaio 2018

Norme tecniche per le costruzioni

A chiarimento delle NTC:

- b) CIRCOLARE MINISTERIALE N. 617 – 2 febbraio 2009

Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni"

Documenti integrativi delle NTC:

- c) EN 1991-1-1 (2004) Eurocodice 1

Azioni sulle strutture - Parte 1-1: Azioni in generale, pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici

- d) EN 1993-1-1 (2014) Eurocodice 3

Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici

- e) UNI EN 1995-1-1 (2014) Eurocodice 5

Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-1: Regole generali, Regole comuni e regole per gli edifici

- f) UNI EN 1995-1-2 (2009) – Eurocodice 5

Progettazione delle strutture di legno Parte 1-2: Regole generali – Progettazione strutturale contro l'incendio

- g) EN 1998-1 (2013) – Eurocodice 8

Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.

- h) CNR - DT 206-R1/2018

Istruzioni per il Progetto, l'Esecuzione e il Controllo delle Strutture di Legno.

1.3 Materiali

1.3.1 Legno lamellare incollato per travetti, travi

Si utilizza legno lamellare incollato GL24h (NTC 2018) con le seguenti caratteristiche meccaniche:

$E_{0,m}$	11500	MPa
$E_{90,m}$	300	MPa
$f_{m,k}$	24.00	MPa
$f_{t,0,k}$	19.20	MPa
$f_{t,90,k}$	0.50	MPa
$f_{c,0,k}$	24.00	MPa
$f_{c,90,k}$	2.50	MPa
$f_{v,k}$	3.50	Mpa

1.3.2 Acciaio per piastre ed elementi di ancoraggio

Per gli elementi in acciaio strutturale si utilizza materiale appartenente alla classe S235 (NTC 2018) che deve garantire le seguenti caratteristiche meccaniche:

$$f_{yk} [\text{MPa}] \geq 235$$
$$f_{tk} [\text{MPa}] \geq 360$$
$$E [\text{MPa}] = 210000$$

Per gli acciai nelle zone non dissipative è richiesta una duttilità minima:

$$f_{tk} / f_{yk} \geq 1,10$$
$$\text{allungamento a rottura} \geq 15\%$$
$$\varepsilon (f_{tk}) > 15 \varepsilon (f_{yk})$$

Per gli acciai nelle zone dissipative è richiesta una duttilità minima:

$$f_{tk} / f_{yk} \geq 1,10$$
$$\text{allungamento a rottura} \geq 20\%$$
$$\varepsilon (f_{tk}) > 20 \varepsilon (f_{yk})$$

1.4 Norme esecutive

Le viti ed i sistemi di giunzione impiegati devono essere in possesso di idonee certificazioni e/o omologazioni rilasciate da enti abilitati e riconosciuti all'interno della comunità europea. La posa in opera deve essere effettuata nel rispetto delle indicazioni fornite dalle schede tecniche rilasciate dal produttore sia per quanto riguarda la collocazione geometrica che per gli strumenti di posa.

Le viti devono essere di tipo auto-forante e devono essere in possesso di apposite certificazioni che ne individuino le caratteristiche geometriche e meccaniche sia per quanto riguarda il materiale di cui sono composte che per le capacità resistenti in funzione della specie legnosa.

Bulloni e spinotti, in quanto elementi metallici di collegamento, dovranno rispettare quanto richiesto nel §11.7.8 delle NTC2018.

Gli ancoraggi per cemento armato (sia chimici che meccanici) devono essere in possesso di Marcatura CE o comunque avere dei certificati rilasciati da enti abilitati.

Tutti gli altri sistemi di giunzione "particolari" (che presentano, cioè, caratteristiche differenti o migliori di quelle riportate nelle normative vigenti) devono essere in possesso certificazioni rilasciate da enti abilitati; tali documenti devono comprovare le proprietà dichiarate attraverso test sperimentali effettuati presso laboratori autorizzati e dimostrare l'osservanza dei margini di sicurezza riportati nelle vigenti normative.

Nel caso in cui tali sistemi di giunzione non dispongano di omologazione, si prescrive comunque che debbano rispettare geometricamente i requisiti previsti dalle norme vigenti in termini di interassi minimi dei fori ed avere dei meccanismi di funzionamento e rottura facilmente individuabili nel rispetto dell'equilibrio e della conformità previsti dal teorema statico dell'analisi limite.

Eventuali giunti di carpenteria realizzati per la giunzione tra trave secondaria e principale quali il coda di rondine e le tasche sono da considerarsi solo come ausilio al montaggio salvo il fatto che se ne valuti e verifichi attentamente il reale comportamento; pertanto con tali unioni bisogna sempre prevedere l'inserimento di minimo due elementi metallici per giunzione.

In caso di richieste di prestazione al fuoco in termini di resistenza per tempi superiori ai 30 minuti si deve prevedere la copertura di tutti gli elementi metallici con elementi in legno o altri materiali aventi spessore adeguato. Per i giunti di carpenteria bisogna prevedere dei sistemi che garantiscano la completa resistenza con combinazione di carico prevista per le verifiche al fuoco.

2 ANALISI DEI CARICHI

Per i carichi si utilizza il file [CARICHI.xls](#), dove è possibile ricavare sia il valore del carico permanente che del carico neve agente sulla copertura (si veda la schermata di calcolo riportata di seguito).

2.1 Carico permanente

Si ipotizza che la copertura venga realizzata in maniera tale da garantire un pacchetto ventilato.

Il rivestimento superiore è previsto in tegole di cemento che vengono sovrapposte su listelli e controlistelli, a loro volta appoggiate su una guaina sottotegola traspirante.

Il pacchetto di isolamento comprende anche uno strato di isolante ed un foglio di freno al vapore.

La parte resistente viene assicurata da travetti in abete massiccio su cui vengono chiodate delle perline in abete ($s=20\text{mm}$) su cui poi si imposta l'isolamento e la copertura in tegole.



E' importante fare attenzione alla stima del carico permanente; troppo spesso, infatti, per fretta o imperizia si tende a sovrastimarne andando così ad utilizzare strumenti di calcolo precisi con carichi valutati però in maniera molto approssimata ("...si effettua l'analisi lasciando un peccato originale...")
A titolo puramente indicativo, si considera che il carico permanente per una copertura vari tra 0.5 kN/mq per una finitura in lamiera e 1.2 kN/mq per una copertura isolata con fibra di legno e con coppi. Per giustificare valori maggiori di carico ci deve essere, ad esempio, una caldaia in c.a. (una soletta di 5 cm di spessore, da sola, pesa 1.25 kN/mq.)



Nei file che effettuano la verifica delle travi soggette ad un certo carico distribuito agente sulle coperture ([2APPOGGI.xls](#), [APPOGGIO+SBALZO.xls](#), [MENSOLA.xls](#), [DISPLUVIO.xls](#), [CARICO TRIANGOLARE.xls](#)) esiste la possibilità di far considerare direttamente al programma il peso proprio dei travetti andando ad inserire le loro dimensioni geometriche ed il peso specifico del legno con cui vengono realizzati. Nel caso in cui questo carico sia già stato contemplato nel peso permanente della copertura, per evitare di conteggiarlo due volte, è sufficiente considerare come peso proprio del legno una $p = 0 \text{ KN/m}^3$ oppure, in alternativa, inserire l'effettivo peso specifico del legno e come peso proprio G_k il carico agente sulla copertura decurtato dal peso delle travi per unità di superficie (...difficile più a dirsi che a farsi!)

2.2 Carico neve

La struttura si trova a 218 m s.l.m., in provincia di Bolzano, e ricade nella "Zona 1-Alpina" secondo la classificazione proposta dalle NTC2018, § 3.4 "Azioni della neve".



Per conoscere l'altitudine esatta della località in cui si trova la struttura, è sufficiente digitare il nome del comune in un qualsiasi motore di ricerca su internet o attraverso l'impiego di programmi di geolocalizzazione.

Per una copertura a due falde, come quella in esempio, il software calcola il carico da neve considerando le diverse combinazioni di carico come previsto dalla norma e schematicamente riassunto nella schermata di seguito riportata.

PESO PROPRIO PACCHETTO DI COPERTURA				
Peso specifico legno:		5.00 kN/m ³		
manto di copertura		tipo: cls		0.500 kN/m ²
listelli portategole	b =	50 mm		
	h =	30 mm		
	i =	333 mm		0.023 kN/m ²
controlistelli in abete segato	b =	60 mm		
	h =	40 mm		
	i =	800 mm		0.015 kN/m ²
guaina bituminosa	sp =	0 mm		0.000 kN/m ²
guaina traspirante sottotegola				0.005 kN/m ²
tavolato di supporto - compensato / osb	sp =	0 mm		0.000 kN/m ²
listone intercapedine aerata	b =	40 mm		
	h =	50 mm		
	i =	800 mm		0.013 kN/m ²
coibentazione:	tipo fibra di legno	sp =	60 mm	0.096 kN/m ²
	tipo polistirolo	sp =	60 mm	0.021 kN/m ²
freno / barriera al vapore				0.004 kN/m ²
nastro forato (2 strisce a m ²)	larghezza =	0 mm		0.000 kN/m ²
	sp =	0 mm		
massetto c.a. ripartizione	sp =	0 mm		0.000 kN/m ²
tavolato piallato abete (perline)	sp =	20 mm		0.100 kN/m ²
travetti in legno	b =	0 mm		
	h =	0 mm		
	i =	800 mm		0.000 kN/m ²
cartongesso				0.000 kN/m ²
tavelle in cotto				0.000 kN/m ²
altro: -				0.000 kN/m ²
altro: -				0.000 kN/m ²
altro: -				0.000 kN/m ²
altro: -				0.000 kN/m ²
totale carico permanente copertura (valore caratteristico)			g =	0.776 kN/m²
in accordo con la Committenza, si utilizza il seguente carico			g =	1.000 kN/m²
SOVRACCARICO VARIABILE COPERTURA				
Secondo NTC 17/01/2018 si considerano i locali classificabili secondo categoria:				H
Descrizione:				
Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione				
Si assumono quindi i seguenti sovraccarichi verticali ed orizzontali ripartiti e le corrispondenti azioni locali concentrate (comprenditive degli effetti dinamici ordinari) secondo normativa:				
q_k: sovraccarico verticale uniformemente distribuito	0.50	kN/m²		
Q_k: sovraccarico verticale concentrato	1.20	kN con impronta cm	5x5	
H_k: sovraccarico orizzontale lineare	1.00	kN/m		
Il sovraccarico orizzontale lineare deve essere applicato a pareti - alla quota di 1.20 m dal rispettivo piano di calpestio- ed a parapetti o mancorrenti - alla quota del bordo superiore.				
In accordo con la Committenza si assumono i seguenti sovraccarichi verticali ed orizzontali ripartiti e le corrispondenti azioni locali concentrate (comprenditive degli effetti dinamici ordinari):				
q _k : sovraccarico verticale uniformemente distribuito	0.50	kN/m ²		
Q _k : sovraccarico verticale concentrato	1.20	kN con impronta cm	5x5	
H _k : sovraccarico orizzontale lineare su pareti e parapetti	1.00	kN/m		

Figura 2: schermata del software "CARICHI.XLS" per la determinazione dei pesi permanenti

CARICO DA NEVE

Normativa di riferimento: Norme Tecniche per le costruzioni (17/01/2018) § 3.4

Carico uniforme sulla proiezione orizzontale della superficie:

$$q_s = \mu_s q_{sk} C_E C_t$$

Provincia: **Bolzano**
 Zona di riferimento: I-Alpina
 Zona per il calcolo: Zona 1
 Altitudine: $a_s =$ **218**

ZONA	A	B	C
Zona 1	1.50	1.39	728

Carico da neve al suolo

$$q_{sk} = 1.51 \text{ kN/m}^2$$

$q_{sk} = A$ $hs < 200$ m.s.l.m.
 $q_{sk} = B \times (1 + (h_s / C)^{-1})$ $hs > 200$ m.s.l.m.

Caso $a_s > 1500$ m → si adotta un valore di q_{sk}

diverso da quello da formula? **no**

$q_{sk} = \dots$ kN/m² (adottato)
 $q_{sk} = 1.51$ kN/m² ($q_{sk}(a_s)$)
 $q_{sk} = 7.29$ kN/m² ($a_s = 1500$ m)

Nota: il carico q_{sk} adottato non può essere comunque inferiore a quello calcolato per $a_s = 1500$ m

Coefficiente di esposizione: $C_E = 1.00$ topografia: **normale**

Coefficiente termico: $C_t = 1.00$

Coefficienti di forma per le coperture μ_s e carico da neve q_s

Copertura a 1 falda

neve impedita di scivolare: **no**
 inclinazione della falda: $\alpha = 24.20^\circ$
 coefficiente di forma: $\mu_1 = 0.80$
 carico da neve: $q_s = 1.21$ kN/m²

Copertura a 2 falde

falda 1
 neve impedita di scivolare: **no**
 inclinazione delle falde: $\alpha_1 = 24.20^\circ$
 coefficiente di forma: $\mu_1 = 0.80$
 carico da neve comb. 1: $q_s = 1.21$ kN/m²
 carico da neve comb. 2: $q_s = 0.61$ kN/m²
 carico da neve comb. 3: $q_s = 1.21$ kN/m²

falda 2
 neve impedita di scivolare: **no**
 inclinazione delle falde: $\alpha_2 = 24.20^\circ$
 coefficiente di forma: $\mu_1 = 0.80$
 carico da neve comb. 1: $q_s = 1.21$ kN/m²
 carico da neve comb. 2: $q_s = 1.21$ kN/m²
 carico da neve comb. 3: $q_s = 0.61$ kN/m²

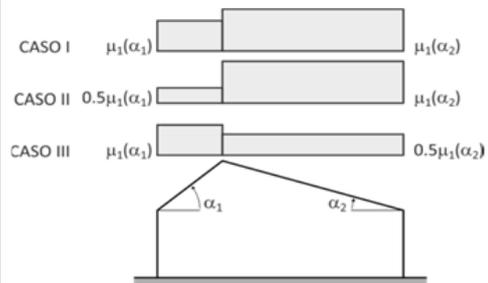
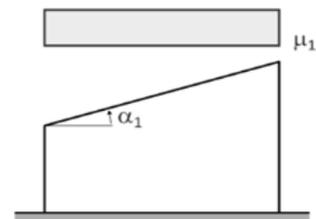
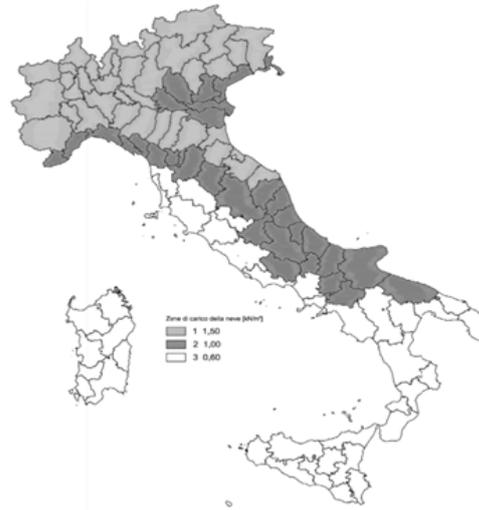


Figura 3: schermata del software "CARICHI.XLS" per la determinazione del carico neve

3 CONCETTI DI TEORIA

Come specificato in precedenza, le travi vengono verificate sulla base delle indicazioni e prescrizioni fornite dal DM 17 gennaio 2018 – “Norme Tecniche per le Costruzioni”.

Per la verifica in condizioni di incendio si fa riferimento alla parte 1-2 della suddetta norma (UNI EN 1995-1-2:2009).

Nelle pagine a seguire si riportano i concetti di teoria e le formule adottate in fase di verifica, sia in condizioni “normali” che in presenza di fuoco.

3.1 Schema statico

Lo schema statico si individua fissando la posizione dei vincoli su cui appoggia la trave.

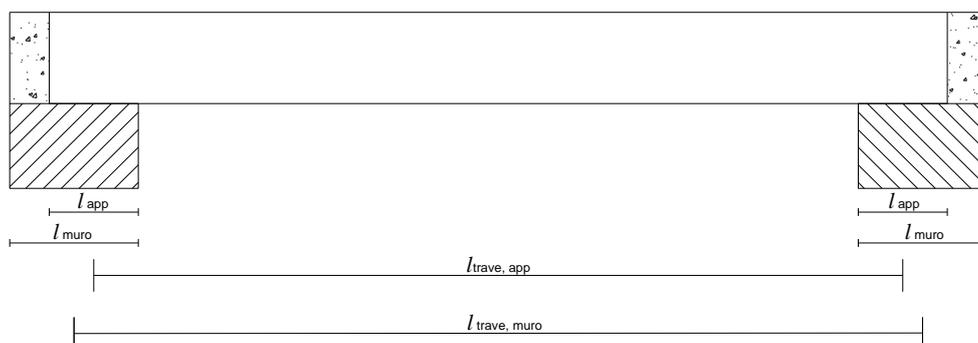


Figura 4: schema per la valutazione corretta della luce di calcolo



Nella generalità dei casi si fa coincidere l'appoggio con il centro muro ma sarebbe più esatto considerare la lunghezza della trave a partire dal punto centrale della superficie minima di appoggio (quella calcolata a rifollamento); come si evince dalla Figura 4, questo semplice accorgimento consente di ridurre la lunghezza della trave e quindi, in alcuni casi, può rivelarsi determinante per soddisfare le verifiche. A tal proposito è importante rimarcare l'importanza dei valori precisi: è meglio non arrotondare le misure per evitare spiacevoli sorprese in fase di verifica!

3.2 Valori caratteristici e di progetto

È importante porre l'attenzione sull'utilizzo e sulla distinzione fra valori di progetto e valori caratteristici delle azioni nella valutazione delle sollecitazioni agenti.



Nel caso in cui si verifichi una trave (es. “**FLESSIONE SEMPLICE.XLS**”) è necessario andare ad inserire nel programma i valori di momento e taglio ricavati da una combinazione agli stati limite ultimi delle azioni (e dunque M_d e V_d). Nel caso in cui, invece, si decida di utilizzare i valori di taglio all'appoggio di un travetto *per andare a caricare la trave di colmo o un altro elemento della copertura*, è necessario che tali azioni non derivino da una precedente combinazione agli SLU e quindi siano espresse in termini di valori caratteristici e non di progetto (si assumano le reazioni derivanti dalla combinazione rara agli SLE). In questo modo di riuscirà poi a combinarle in maniera opportuna con gli altri carichi presenti per andare a ricavare l'effettiva sollecitazione di progetto massima agente.

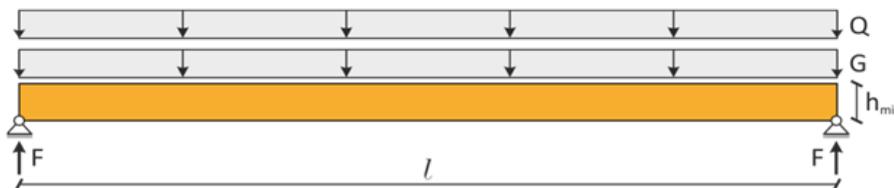
4 PREDIMENSIONAMENTO DI UNA TRAVE IN SEMPLICE APPOGGIO

Nel caso in cui si voglia progettare (o verificare) una trave in semplice appoggio soggetta ad un carico uniformemente distribuito in maniera rapida ed efficace, secondo il metodo di calcolo alle tensioni ammissibili, è possibile far riferimento al file "TRAVE BASE.XLS", di cui si riporta un esempio.

È sufficiente andare ad indicare, fra i dati iniziali, i carichi agenti e la geometria del sistema (luci ed interassi) nonché andare a scegliere la tipologia di trave, variando il parametro "k", che indica il limite sul rapporto tra luce netta e freccia ammissibile di normativa:

- k = 200 per travi secondarie
- k = 300 per travi principali
- k = 400 per travi di solaio

DATI:			
G=	1.00	kN/m ²	carico permanente a metro quadro
Q=	1.40	kN/m ²	carico accidentale a metro quadro
L=	4.50	m	lunghezza della trave
i=	0.88	m	interasse fra le travi
k=	200		coefficiente legato alla tipologia di trave



In un secondo momento si deve scegliere il materiale costituente la trave (legno massiccio C24 o lamellare GL24h) ed andare ad ipotizzare una base per ottenere l'altezza minima in grado di soddisfare le verifiche sia di resistenza che di flessione.

Scelta del materiale	Lamellare
	$\sigma_{amm} = 11.0 \text{ MPa}$
	$E = 11000 \text{ MPa}$

Scelta base	b=	140	mm
-------------	----	-----	----

$h_{min} =$	157	mm
-------------	-----	----

Nel caso riportato, ad esempio, sarà sufficiente adottare un'altezza delle trave **h = 160 mm** ($\geq 157 \text{ mm} = h_{min}$).

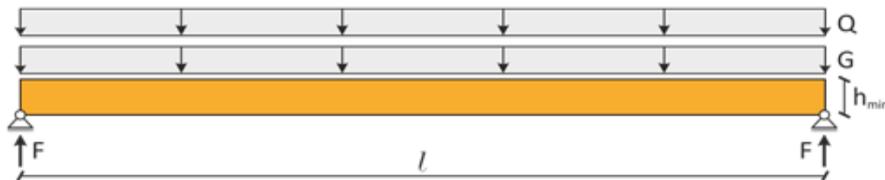
Trave in semplice appoggio

DA TI:			
G=	1.00	kN/m ²	carico permanente a metro quadro
Q=	1.40	kN/m ²	carico accidentale a metro quadro
L=	4.50	m	lunghezza della trave
i=	0.88	m	interasse fra le travi
k=	200		coefficiente legato alla tipologia di trave

Scelta del materiale	Lamellare
	$\sigma_{,amm} = 11.0$ MPa
	$E = 11000$ MPa

Scelta base	b=	140	mm
-------------	----	-----	----

$h_{min} =$	157	mm
-------------	-----	----



Reazione all'appoggio: $F = 4.75$ kN

Figura 5: schermata del software "TRAVE BASE.XLS" per il predimensionamento di una trave in semplice appoggio

5 VERIFICA DELLE TRAVI

Si riporta di seguito l'analisi delle varie tipologie di elementi presenti all'interno della copertura:

- pos 01: travetto con vincolo di appoggio - appoggio e sbalzo (2APPOGGI+SBALZO.XLS);
- pos 02: travetto con vincolo di appoggio - appoggio e sbalzo (2APPOGGI +SBALZO.XLS);
- pos 03: travetto con vincolo di appoggio - appoggio e sbalzo (2APPOGGI +SBALZO.XLS);
- pos 04: colmo con vincolo di appoggio - appoggio e sbalzo (2APPOGGI +SBALZO.XLS);
- pos 05: colmo con vincolo di appoggio - appoggio – appoggio (TRE_APPOGGI.XLS);
- pos 06: colmo con vincolo di appoggio - appoggio e sbalzo (2APPOGGI +SBALZO.XLS);
- pos 07: travetto di displuvio a livello dell'abbaino – lato esterno (DISPLUVIO.XLS);
- pos 08: travetto orizzontale a livello dell'abbaino (CARICO TRIANGOLARE.XLS);
- pos 09: travetto con vincolo di appoggio - appoggio e sbalzo (2APPOGGI +SBALZO.XLS);

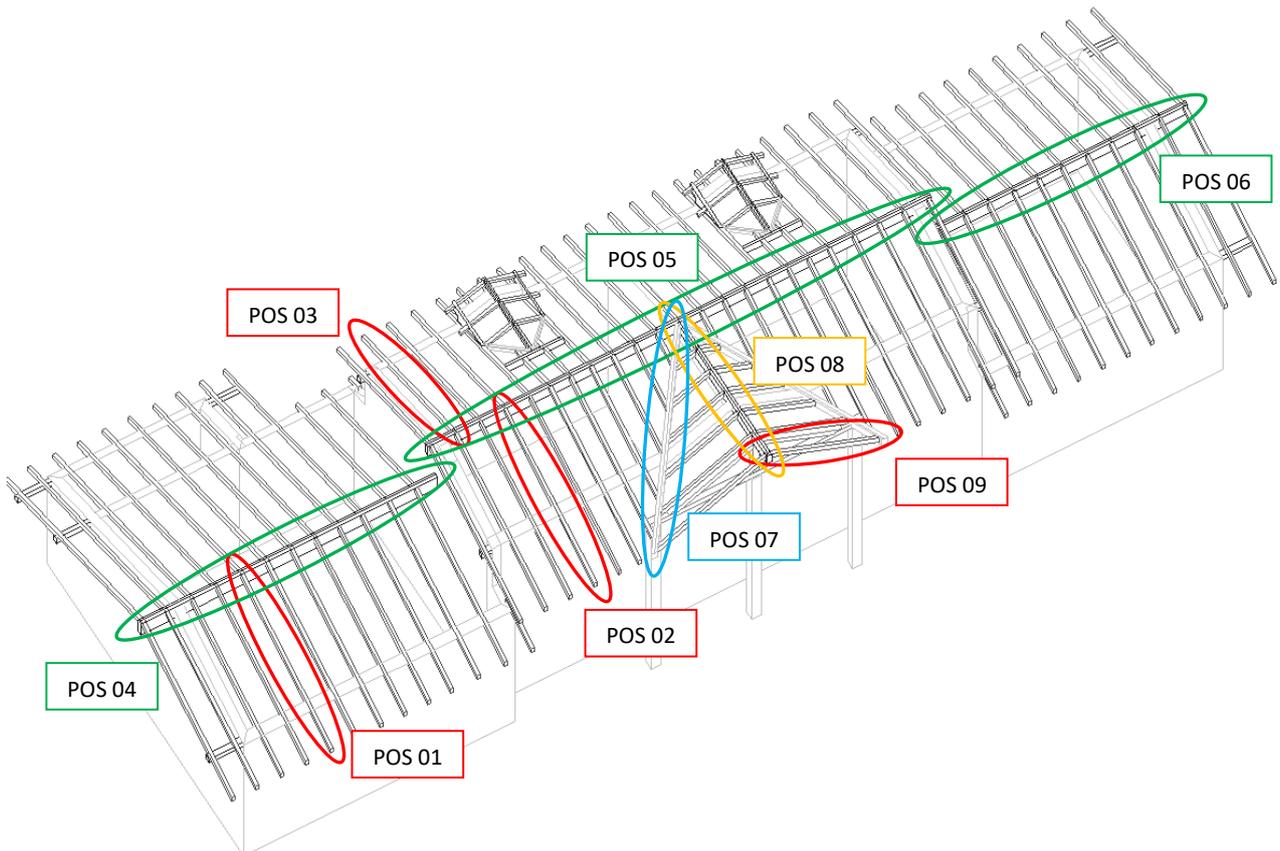


Figura 6: schema della copertura con evidenziate le posizioni degli elementi analizzati

5.1 Travetto (POS 01)

Oggetto della verifica è uno dei travetti della copertura, che presenta uno schema di semplice appoggio con uno sbalzo. Si fa riferimento al file “[2APPOGGI+SBALZO.XLS](#)”.

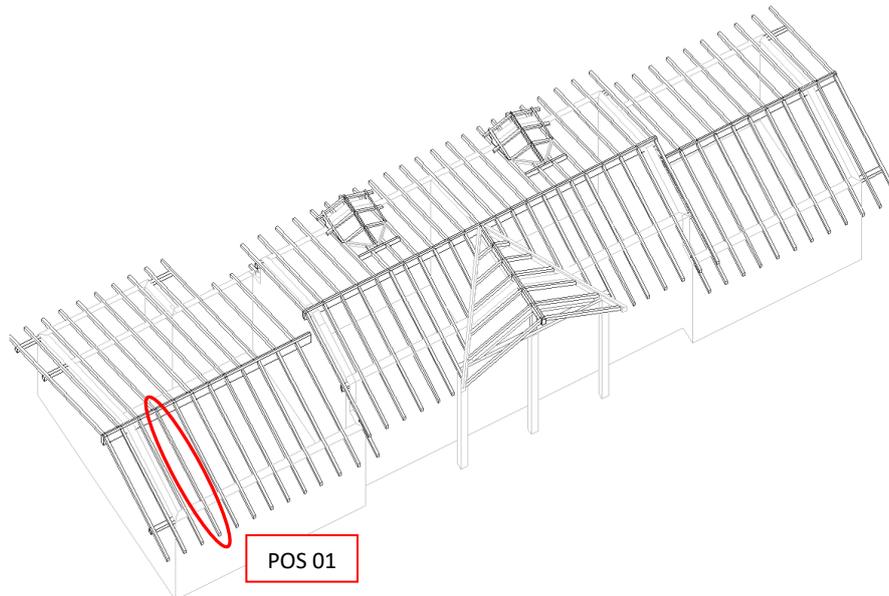


Figura 7: elemento analizzato – travetto POS 1

Come si può vedere in Figura 7, il travetto appoggia sul colmo e sulla trave di banchina (distanza fra gli appoggi in pianta $l_c=3.85$ m) e presenta uno sbalzo $l_s=1.33$ m, come mostrato in Figura 8.

Gli elementi presentano un'inclinazione $\alpha= 24.20^\circ$ e sono disposti con interasse pari a 0.82 m.

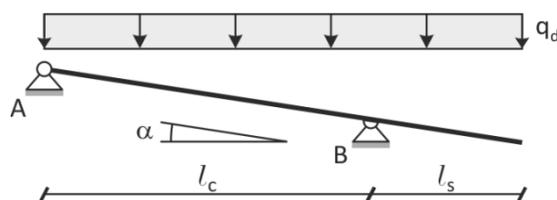


Figura 8: schema elemento analizzato – travetto POS 1

I carichi agenti sul travetto in esame sono i seguenti:

- peso permanente (ipotizzando $\rho_{\text{legno}} = 5 \text{ kN/m}^3$);
- $q_{G2k} = 1.00 \text{ kN/m}^2$;
- $q_{Vk} = 1.25 \text{ kN/m}^2$ (legato alla neve e calcolato in precedenza).

In fase di verifica si assumono come valori limiti di freccia $l/300$ per $u_{2,ist}$ e $l/200$ per $u_{net,fin}$.

Nella verifica a fuoco si prescrive che la trave garantisca almeno una R60.

Si avrà sezione $b/h = 140/160$ mm, come si vede dalle verifiche riportate nelle pagine a seguire.

5.2 Travetto (POS 02)

Oggetto della verifica è uno dei travetti della copertura, che presenta uno schema di semplice appoggio con uno sbalzo. Si fa riferimento al file “[2APPOGGI+SBALZO.XLS](#)”.

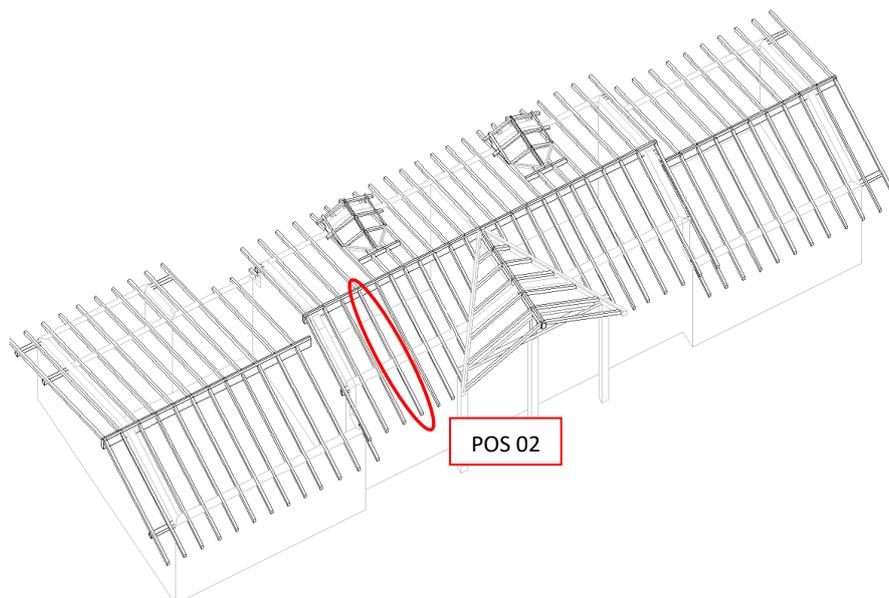


Figura 9: elemento analizzato – travetto POS 2

Come si può vedere in Figura 9, il travetto appoggia sul colmo e sulla trave di banchina (distanza fra gli appoggi in pianta $l_c = 3.05$ m) e presenta uno sbalzo $l_s = 2.13$ m, come mostrato in Figura 10.

Gli elementi presentano un'inclinazione $\alpha = 24.20^\circ$ e sono disposti con interasse pari a 0.88 m.

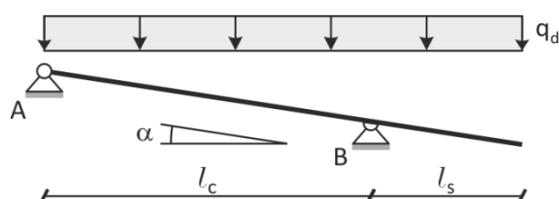


Figura 10: schema elemento analizzato – travetto POS 2

I carichi agenti sul travetto in esame sono i seguenti:

- peso permanente (ipotizzando $\rho_{\text{legno}} = 5 \text{ kN/m}^3$);
- $q_{G2k} = 1.00 \text{ kN/m}^2$;
- $q_{Vk} = 1.25 \text{ kN/m}^2$ (legato alla neve e calcolato in precedenza).

In fase di verifica si assumono come valori limiti di freccia $l/300$ per $u_{2,ist}$ e $l/200$ per $u_{net,fin}$.

Nella verifica a fuoco si prescrive che la trave garantisca almeno una R60.

Si avrà sezione $b/h = 140/200$ mm, come si vede dalle verifiche riportate nelle pagine a seguire.

5.3 Travetto (POS 03)

Oggetto della verifica è uno dei travetti della copertura, che presenta uno schema di semplice appoggio con uno sbalzo. Si fa riferimento al file “[2APPOGGI+SBALZO.XLS](#)”.

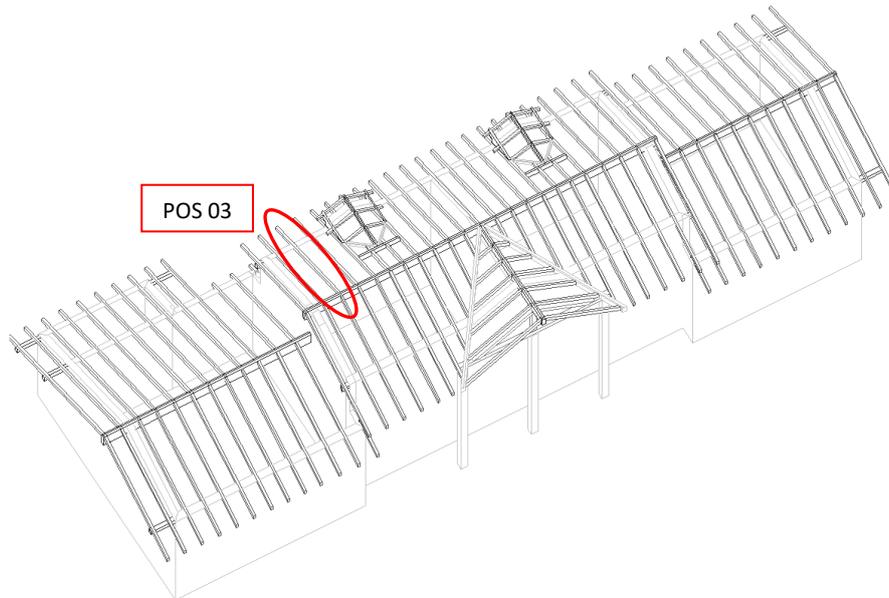


Figura 11: elemento analizzato – travetto POS 3

Come si può vedere in Figura 11, il travetto appoggia sul colmo e sulla trave di banchina (distanza fra gli appoggi in pianta $l_c=4.66$ m) e presenta uno sbalzo $l_s=0.39$ m, come mostrato in Figura 12.

Gli elementi presentano un'inclinazione $\alpha=24.20^\circ$ e sono disposti con interasse pari a 0.88 m.

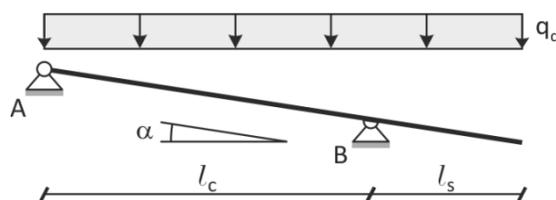


Figura 12: schema elemento analizzato – travetto POS 3

I carichi agenti sul travetto in esame sono i seguenti:

- peso permanente (ipotizzando $\rho_{\text{legno}} = 5 \text{ kN/m}^3$);
- $q_{G2k} = 1.00 \text{ kN/m}^2$;
- $q_{V_k} = 1.25 \text{ kN/m}^2$ (legato alla neve e calcolato in precedenza).

In fase di verifica si assumono come valori limiti di freccia $l/300$ per $u_{2,ist}$ e $l/200$ per $u_{net,fin}$.

Nella verifica a fuoco si prescrive che la trave garantisca almeno una R60.

Si avrà sezione $b/h = 140/200$ mm, come si vede dalle verifiche riportate nelle pagine a seguire.

5.4 Trave di colmo (POS 04)

Oggetto della verifica è una delle travi di colmo, che presenta uno schema di semplice appoggio con uno sbalzo. Si fa riferimento al file “[2APPOGGI+SBALZO.XLS](#)”.

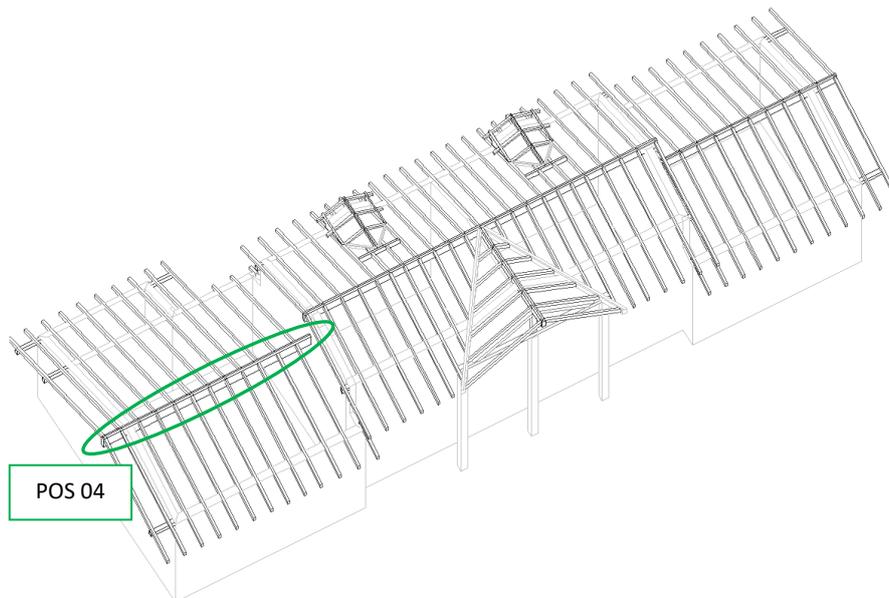


Figura 13: elemento analizzato – travetto POS 4

Come si può vedere in Figura 13, la trave di colmo appoggia su una parete perimetrale dell’edificio e su una posta all’interno (distanza fra gli appoggi in pianta $l_c=8.60$ m, sbalzo $l_s=1.24$ m), come mostrato in Figura 14.

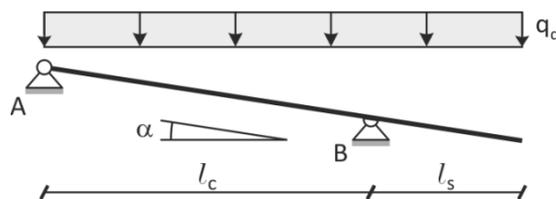


Figura 14: schema elemento analizzato – trave di colmo POS 4

I carichi agenti sul travetto in esame sono i seguenti:

- peso permanente (ipotizzando $\rho_{\text{legno}} = 5 \text{ kN/m}^3$);
- $q_{G2k} = 1.14 \text{ kN/m}^2$ (ora si considera anche il peso dei travetti!);
- $q_{V_k} = 1.25 \text{ kN/m}^2$ (legato alla neve e calcolato in precedenza).

Si considera che agiscano in maniera distribuita, andando a considerare un interasse opportuno (pari alla lunghezza dei travetti che gravano sul colmo, $i=4.16$ m).

In fase di verifica si assumono come valori limiti di freccia $l/300$ per $u_{2,\text{ist}}$ e $l/200$ per $u_{\text{net,fin}}$.

Nella verifica a fuoco si prescrive che la trave garantisca almeno una R60. Si avrà sezione $b/h = 180/640$ mm, come si vede dalle verifiche riportate nelle pagine a seguire.

5.5 TRAVE DI COLMO (POS 05)

Oggetto della verifica è la trave di colmo della zona centrale, più elevata che presenta uno schema di trave su tre appoggi. Si fa riferimento al file “[TRE_APPOGGI.XLS](#)”.

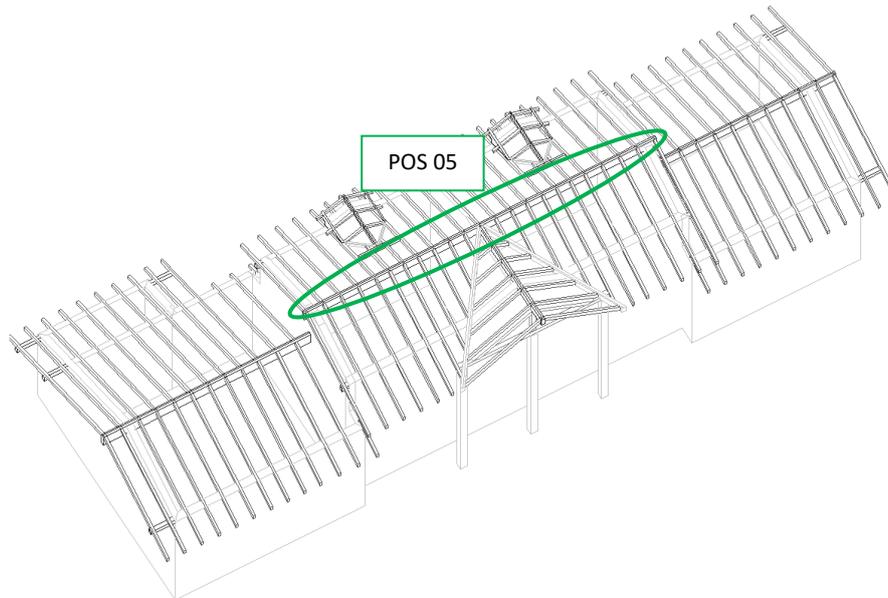


Figura 15: elemento analizzato - trave di colmo POS 05

Come si può vedere in Figura 15, la trave di colmo analizzata appoggia su pareti portanti poste all'interno dell'edificio (lunghezza totale dell'elemento $l=7.80$ m, distanza fra gli appoggi = 3.90 m), come mostrato in Figura 16.

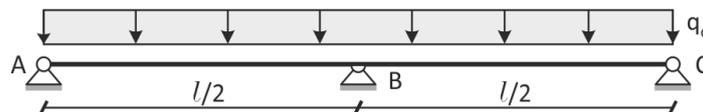


Figura 16: schema elemento analizzato – trave di colmo POS 06

I carichi agenti sulla trave in esame sono i seguenti:

- peso permanente (ipotizzando $\rho_{\text{legno}} = 5 \text{ kN/m}^3$);
- $q_{G2k} = 1.16 \text{ kN/m}^2$ (ora si considera anche il peso dei travetti!);
- $q_{Vk} = 1.25 \text{ kN/m}^2$ (legato alla neve e calcolato in precedenza).

Si considera che i carichi agiscano in maniera distribuita, andando a considerare un interasse opportuno (pari alla lunghezza dei travetti che gravano sul colmo, $i=3.45$ m).

In fase di verifica si assumono come valori limiti di freccia $l/300$ per $u_{2,ist}$ e $l/200$ per $u_{net,fin}$.

Nella verifica a fuoco si prescrive che la trave garantisca almeno una R60. Si avrà sezione $b/h = 160/320$ mm, come si vede dalle verifiche riportate nelle pagine a seguire.

5.6 Trave di colmo (POS 06)

Oggetto della verifica è una delle travi di colmo, che presenta uno schema di semplice appoggio con uno sbalzo. Si fa riferimento al file “[ZAPPOGGI+SBALZO.XLS](#)”.

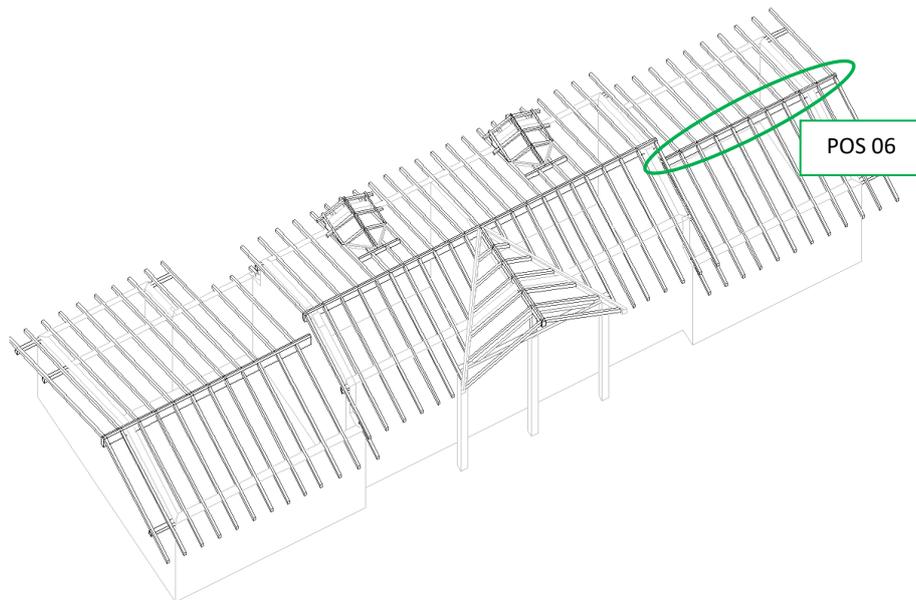


Figura 17: elemento analizzato – travetto POS 06

Come si può vedere in Figura 17, la trave di colmo appoggia su una parete perimetrale dell’edificio e su una posta all’interno (distanza fra gli appoggi in pianta $l_c=7.61$ m, sbalzo $l_s=1.24$ m), come mostrato in Figura 18.

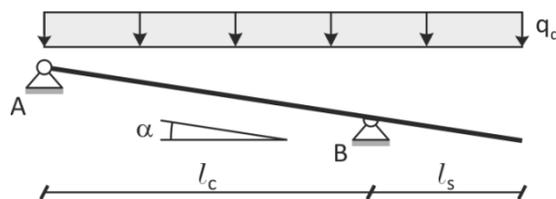


Figura 18: schema elemento analizzato – trave di colmo POS 06

I carichi agenti sul travetto in esame sono i seguenti:

- peso permanente (ipotizzando $\rho_{\text{legno}} = 5 \text{ kN/m}^3$);
- $q_{G2k} = 1.14 \text{ kN/m}^2$ (ora si considera anche il peso dei travetti!);
- $q_{V_k} = 1.25 \text{ kN/m}^2$ (legato alla neve e calcolato in precedenza).

Si considera che agiscano in maniera distribuita, andando a considerare un interasse opportuno (pari alla lunghezza dei travetti che gravano sul colmo, $i=3.85$ m).

In fase di verifica si assumono come valori limiti di freccia $l/300$ per $u_{2,\text{ist}}$ e $l/200$ per $u_{\text{net,fin}}$.

Nella verifica a fuoco si prescrive che la trave garantisca almeno una R60. Si avrà sezione $b/h = 180/520$ mm, come si vede dalle verifiche riportate nelle pagine a seguire.

5.7 DISPLUVIO A LIVELLO DELL'ABBAINO (POS 07)

Oggetto della verifica è una delle travi dell'abbaino, soggetta ad un carico triangolare. Si fa riferimento al file "DISPLUVIO.XLS".

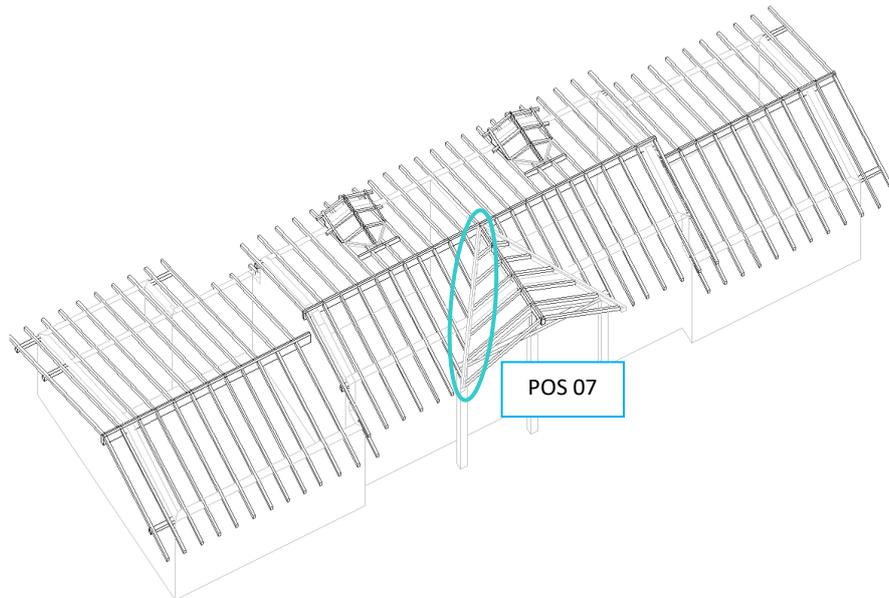


Figura 19: elemento analizzato - displuvio POS 07

Come si può vedere in Figura 19, il displuvio appoggia sulla trave di colmo e sulla trave di banchina che corre perimetralmente (distanza fra gli appoggi in pianta $l=5.33$ m, lunghezza effettiva del travetto $L_{\text{travetto}}=5.59$ m), come mostrato in Figura 20.

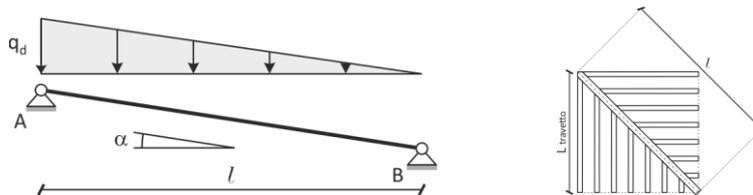


Figura 20: schema elemento analizzato – displuvio POS 07

I carichi agenti sulla copertura nell'area di influenza della trave in esame sono i seguenti:

- peso permanente (ipotizzando $\rho_{\text{legno}} = 5 \text{ kN/m}^3$);
- $q_{G2k} = 1.00 \text{ kN/m}^2$ (senza considerare il peso dei travetti);
- $q_{Vk} = 1.25 \text{ kN/m}^2$ (legato alla neve e calcolato in precedenza).

In fase di verifica si assumono come valori limiti di freccia $l/300$ per $u_{2,ist}$ e $l/200$ per $u_{net,fin}$.

Nella verifica a fuoco si prescrive che la trave garantisca almeno una R60.

Si avrà sezione $b/h = 160/280$ mm, come si vede dalle verifiche riportate nelle pagine a seguire.

5.8 TRAVETTO ORIZZONTALE A LIVELLO DELL'ABBAINO (POS 08)

Oggetto della verifica è una delle travi dell'abbaino, soggetta ad un carico triangolare. Si fa riferimento al file "CARICO TRIANGOLARE.XLS".

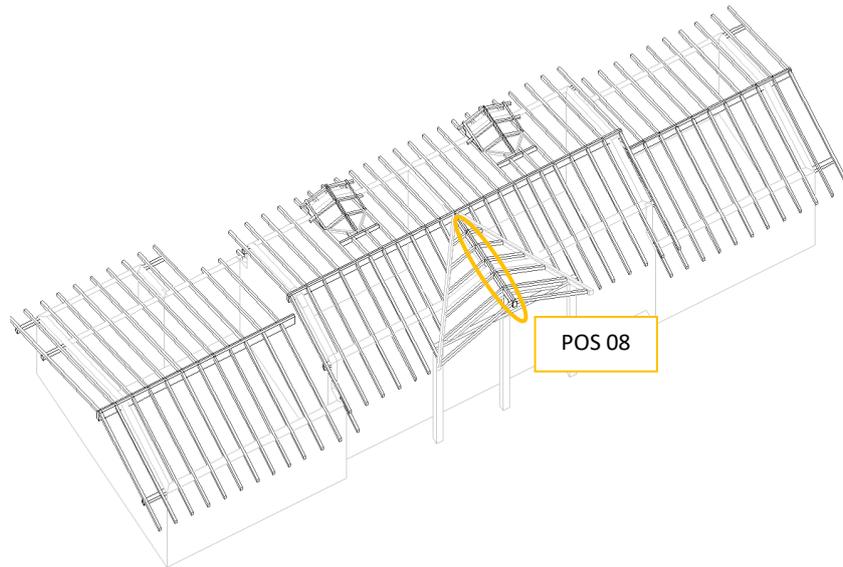


Figura 21: elemento analizzato - travetto orizzontale a livello dell'abbaino POS 08

Come si può vedere in Figura 21, il travetto appoggia sulla trave di colmo e su un pilastro esterno (distanza fra gli appoggi in pianta $l=4.29$ m), come mostrato in Figura 22.

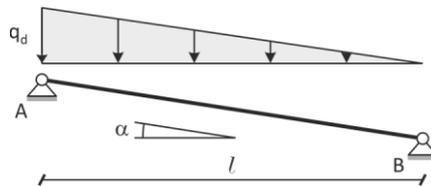


Figura 22: schema elemento analizzato – travetto orizzontale a livello dell'abbaino POS08

I carichi agenti, ad esclusione del peso proprio che si considera uniformemente distribuito, fanno riferimento all'estremità più caricata per la quale si considera un tratto di carico (passo max in A) pari a 3.2 m:

- peso permanente (ipotizzando $\rho_{\text{legno}} = 5 \text{ kN/m}^3$);
- $q_{G2k} = 1,00 \text{ kN/m}^2$ (senza considerare il peso dei travetti);
- $q_{Vk} = 1.25 \text{ kN/m}^2$ (legato alla neve e calcolato in precedenza).

In fase di verifica si assumono come valori limiti di freccia $l/300$ per $u_{2,ist}$ e $l/200$ per $u_{net,fin}$.

Nella verifica a fuoco si prescrive che la trave garantisca almeno una R60.

Si avrà sezione $b/h = 140/280 \text{ mm}$, come si vede dalle verifiche riportate nelle pagine a seguire.

5.9 TRAVETTO (POS 09)

Oggetto della verifica è uno dei travetti della copertura a livello dell'abbaino, che presenta uno schema di semplice appoggio con uno sbalzo. Si fa riferimento al file "2APPOGGI+SBALZO.XLS".

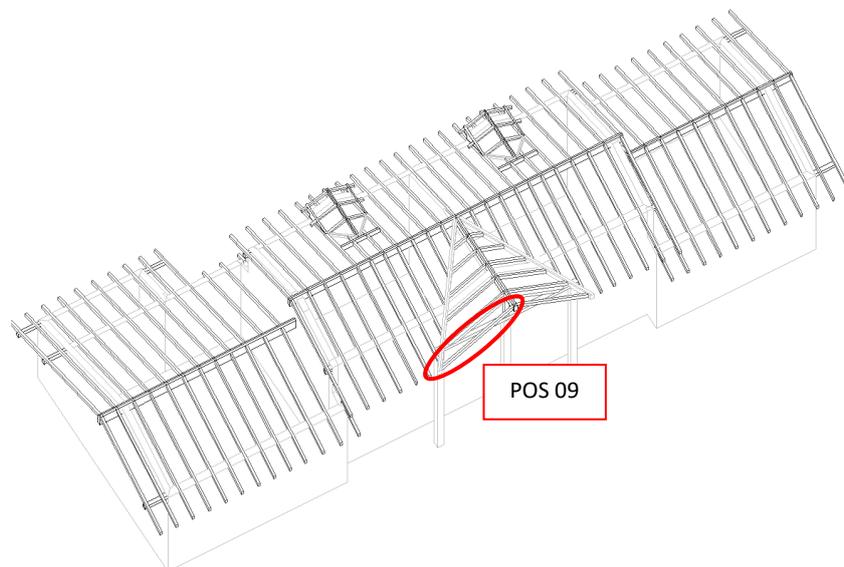


Figura 23: elemento analizzato - travetto POS 09

Come si può vedere in Figura 23, il travetto appoggia sulla trave orizzontale dell'abbaino e sul displuvio (distanza fra gli appoggi in pianta = 3.04 m) e presenta uno sbalzo di 0.41 m, come mostrato in Figura 24.

Gli elementi presentano un'inclinazione $\alpha=31.70^\circ$ e sono disposti con interasse pari a 0.80 m.

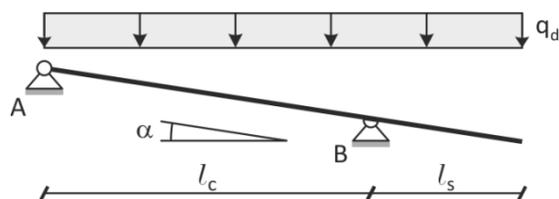


Figura 24: schema elemento analizzato – travetto POS 09

I carichi agenti sul travetto in esame sono i seguenti:

- peso permanente (ipotizzando $\rho_{\text{legno}} = 5 \text{ kN/m}^3$);
- $q_{G2k} = 1.00 \text{ kN/m}^2$;
- $q_{V_k} = 1.25 \text{ kN/m}^2$ (legato alla neve e calcolato in precedenza).

In fase di verifica si assumono come valori limiti di freccia $l/300$ per $u_{2,ist}$ e $l/200$ per $u_{net,fin}$.

Nella verifica a fuoco si prescrive che la trave garantisca almeno una R60.

Si avrà sezione $b/h = 140/140 \text{ mm}$, come si vede dalle verifiche riportate nelle pagine a seguire.

5.10 ANALISI DI UNA GIUNZIONE

Si riporta il calcolo di un giunto fra travetto e trave di colmo (es. tra POS 01 e POS 04) realizzato tramite staffa ALU chiodata alla trave principale e fissata con spinotti M8 alla trave secondaria, come si vede in Figura 25.

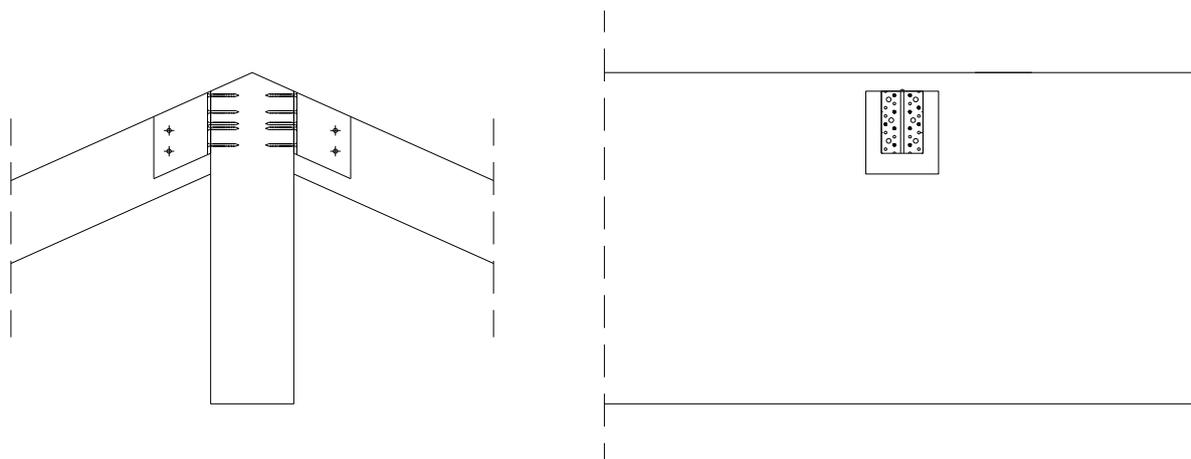


Figura 25 Giunzione travetto – colmo mediante staffa ALU

5.10.1 Sollecitazioni agenti e geometria del giunto

Dall'analisi e verifica del travetto denominato (POS 01), riportato al punto 5.1, è possibile ricavare la sollecitazione di taglio che viene trasmessa alla trave di colmo: $V_d = 5.16 \text{ kN}$.

Le dimensioni degli elementi che convergono nel nodo, come precedentemente calcolato, sono le seguenti:

- trave di colmo (POS 04): $b/h = 180/640 \text{ mm}$;
- travetto (POS 01): $b/h = 140/160 \text{ mm}$.

La staffa dovrà avere altezza pari a 40 mm in meno rispetto all'altezza del travetto, per evitare problemi in caso di incendio. Si assumerà dunque $h_{\text{staffa}} = 160 - 40 = 120 \text{ mm}$.

5.10.2 Giunzione staffa – trave principale

La giunzione viene realizzata, come detto, attraverso chiodatura realizzata con connettori tipo Anker 4.0 x 60.

Dalle tabelle di resistenza fornite del produttore della staffa e di seguito riportate si può ricavare il carico massimo trasmissibile dalla staffa.

H _{staffa} [mm]	Larghezza trave sec. B _{n,min} [mm]	Altezza trave sec. H _{n,min} [mm]	Altezza trave princ. H _{n,min} [mm]	Numero chiodi 4x60 [pz.]	R _d [kN]		
					k _{mod} =0.5	k _{mod} =0.8	k _{mod} =1.1
120	60	160	160	2x5	7.1	10.7	13.9
	80				8.7	12.0	14.4
	≥ 100				9.3	12.3	14.8

Tabella 1: Collegamento trave secondaria su trave principale: Staffa a scomparsa con chiodatura parziale

Come supposto nella verifica della trave, si assume $k_{mod} = 0.9$ (carico accidentale legato alla neve) e quindi si avrà una resistenza R_d pari a 12.30 kN (ipotizzando di chiodare la staffa parzialmente e di assumere, a favore di sicurezza, la resistenza legata a $k_{mod} = 0.8$), valore nettamente superiore alla forza agente.

La verifica risulta quindi soddisfatta.

5.10.3 Giunzione staffa – trave secondaria

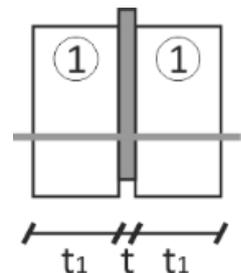
La giunzione fra trave secondaria e staffa viene realizzata con spinotti M8.

Tali connettori presentano diametro di 8 mm, lunghezza pari a 60 mm e sono realizzati in acciaio classe 6.6 ($f_{u,k} = 360 \text{ N/mm}^2$). La scelta di adottare una lunghezza inferiore alla larghezza della trave consente di garantire maggiore resistenza in caso di incendio (si provvederà ad inserire tappi in legno di $l = 40 \text{ mm}$ per parte).

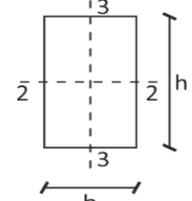
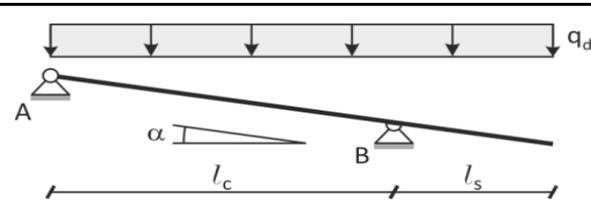
La connessione viene realizzata inserendo una piastra in alluminio all'interno della trave secondaria dello spessore di 6 mm; la fresatura all'interno della trave avrà larghezza pari allo spessore della piastra + 1 mm.

Si assuma $t_1 = \min\{\text{spessore dell'elemento in legno laterale; profondità di penetrazione}\} = \min\{66.5; 26.5\} = 26.5 \text{ mm}$.

Di seguito si riporta il programma di calcolo "[GIUNTO LEGNO_ACCIAIO_LEGNO.XLS](#)" da cui si evince che sono sufficienti 2 spinotti disposti su un'unica fila verticale con interasse e distanza dal bordo inferiore della staffa pari a 40 mm (si veda Figura 25).



Tipologia:	trave inclinata	Elemento:	TRAVETTO
Vincoli:	appoggio - appoggio - sbalzo	Posizione:	POS01
Norma:	NTC 17/01/2018 + DT206:2018	Note:	...

Tipo materiale:	GL24h	Proprietà del legno secondo la normativa europea UNI EN 14080 (lamellare), EN338 (massiccio), UNI EN 300 (OSB).	
Materiale legno in	assenza controllo qualità		
Sezione		Valori caratteristici di rigidezza	
b =	140 mm	mod. elast. parall. medio	$E_{0,mean}$ 11500 MPa
h =	160 mm	mod. elast. parall. caratt.	$E_{0,05}$ 9600 MPa
Geometria		mod. elast. ortog. medio	$E_{90,mean}$ 300 MPa
α trave =	24.20 °	modulo di taglio medio	G_{mean} 650 MPa
$l_{campata}$ =	3.85 m	Valori caratteristici di resistenza	
l_{sbalzo} =	1.33 m	flessione	$f_{m,k}$ 24.00 MPa
l_{totale} =	5.18 m	traz. parallela alle fibre	$f_{t,0,k}$ 19.20 MPa
Peso proprio del legno		traz. ortog. alle fibre	$f_{t,90,k}$ 0.50 MPa
q_{G1k} = (peso pr. trave) =	0.11 kN/m	compr. parallela alle fibre	$f_{c,0,k}$ 24.00 MPa
Carichi agenti per metro quadro		compr. ortog. alle fibre	$f_{c,90,k}$ 2.50 MPa
passo (o tratto di carico) =	0.82 m	taglio e torsione	$f_{v,k}$ 3.50 MPa
q_{G1k} = (permanente, in falda) =	0.00 kN/m ²	Lunghezza efficace	
q_{G1k} = (perm non str, in falda) =	1.00 kN/m ²	$l_{3,eff, campata}$ =	3.85 m
q_{Vk} = (variabile, in piano) =	1.25 kN/m ²	$l_{3,eff, sbalzo}$ =	1.33 m
Classe di servizio:	1	perm 1: $q_{G1k} = (q_{G1k} \cdot passo + q_{ppk}) \cdot \cos \alpha$	0.10 kN/m
Carichi accidentali:	Neve (<1000 m)	perm 2: $q_{G2k} = (q_{G2k} \cdot passo) \cdot \cos \alpha$	0.75 kN/m
tipo app:	intermedio	var: $q_{Vk} = q_{Vk} \cdot passo \cdot \cos^2 \alpha$	0.85 kN/m
appoggio:	cont.	Controfreccia: $u_0 = 0$ mm	
Resistenza al fuoco		Limiti di freccia	
R60		campata	$u_{2,ist} \leq l / 300$
Valori statici			$u_{net,fin} \leq l / 200$
k_h =	1.10		$u_{fin} \leq l / 200$
k_{cr} =	1.00	sbalzo	$u_{2,ist} \leq l / 150$
b_{ef} =	140 mm		$u_{net,fin} \leq l / 100$
$A = b \cdot h$ =	22400 mm ²		$u_{fin} \leq l / 100$
$J_{22} = bh^3/12$ =	47786667 mm ⁴		
$J_{33} = hb^3/12$ =	36586667 mm ⁴		
$W_{22} = bh^2/6$ =	597333 mm ³		
$W_{33} = hb^2/6$ =	522667 mm ³		
l_{totale} =	5.18 m		

Esito: **OK!**

Verifiche di resistenza		Verifiche di deformazione	
se $\leq 1 \rightarrow ok$		se $\leq 1 \rightarrow ok$	
Flessione	$\sigma_{m,2,d} / f_{m,d} = 0.45$	Freccia istantanea	$u_{2,ist} / u_{2,ist,lim} = 0.34$ campata
Stabilità	$\sigma_{m,2,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,d}) = 0.45$	Freccia netta finale	$u_{net,fin} / u_{net,fin,lim} = 0.58$
Taglio	$\tau_d / f_{v,d} = 0.18$	Freccia netta finale	$u_{fin} / u_{fin,lim} = 0.58$
Compr. app.	$\sigma_{c,90,d} / (k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}) = 0.46$	Freccia istantanea	$u_{2,ist} / u_{2,ist,lim} = *$ sbalzo
		Freccia netta finale	$u_{net,fin} / u_{net,fin,lim} = *$
		Freccia netta finale	$u_{fin} / u_{fin,lim} = *$
Verifiche al fuoco:		Verifiche soddisfatte per R60	

(* = freccia verso l'alto)

Ricerca combinazione più gravosa per SLU

- Combinaz. 1) $F_d = 1,30 G_{1k} + 1,5 G_{2k} \rightarrow k_{mod} = 0.60$
- Combinaz. 2) $F_d = 1,30 G_k + 1,5 G_{2k} + 1,50 Q_{var,k} \rightarrow k_{mod} = 0.90$

Forza assiale

Esito ricerca:	comb. 2)	→ $k_{mod} = 0.90$	$R_{assiale\ totale} =$	6.47 kN
Carico di progetto:	$q_d =$	2.53 kN/m	carico assiale totale scaricato dalla trave, compreso peso proprio trave	
Carico di progetto:	$q_{d,asse} =$	1.14 kN/m		
$R_{appoggio\ A} =$	5.16 kN	$q_d \cdot l_{totale} - R_{appoggio\ B}$	$M_{appoggio\ B} =$	-2.69 kNm $q_d \cdot l_{sbalzo}^2 / 2$
$R_{appoggio\ B} =$	10.61 kN	$q_d \cdot l_{tot}^2 / (2 \cdot l_{camp})$	$M =$	4.38 kNm (max M positivo in campata)
$V_A =$	4.71 kN	$(R_{appoggio\ A}) \cdot (\cos \alpha_{tr})$	$x =$	1.86 m (posizione M da appoggio A)
$V_{B\ campata} =$	-5.99 kN	$(R_{app\ B} - q_d \cdot l_{sbalzo}) \cdot (\cos \alpha_{tr})$		
$V_{B\ sbalzo} =$	3.69 kN	$(q_d \cdot l_{sbalzo}) \cdot (\cos \alpha_{tr})$		

Sollecitazioni massime

(azioni assiali trascurate)

$V_3 =$	5.99 kN
$M_{22} =$	4.38 kNm

Tensioni

$\tau_d = 1,5 V_3 / hb_{ef} =$	0.40 MPa
$\sigma_{m,2,d} = M_{22} / W_{22} =$	7.33 MPa
$\sigma_{c,90,d} = R_B / (b \cdot l_{app}) =$	0.71 MPa

Reazioni agli appoggi - sollecitazioni non combinate

$R_{appoggio\ A, g1,k} =$	0.21 kN
$R_{appoggio\ A, g2,k} =$	1.52 kN
$R_{appoggio\ A, q,k} =$	1.74 kN
$R_{appoggio\ B, g1,k} =$	0.43 kN
$R_{appoggio\ B, g2,k} =$	3.13 kN
$R_{appoggio\ B, q,k} =$	3.57 kN

Reazioni agli appoggi - c. di c. rara (g+q)

$R_{appoggio\ A, c. di c. rara} =$	3.47 kN
$R_{appoggio\ B, c. di c. rara} =$	7.13 kN

Coefficienti	
$k_{mod} =$	0.90
$\gamma_M =$	1.45
$k_{mod} / \gamma_M =$	0.62

Resistenze di calcolo

$f_{m,d} = k_n \cdot f_{m,k} \cdot k_{mod} / \gamma_M =$	16.39 MPa
$f_{v,d} = f_{v,k} \cdot k_{mod} / \gamma_M =$	2.17 MPa
$f_{c,90,d} = f_{c,90,k} \cdot k_{mod} / \gamma_M =$	1.55 MPa

Calcolo dei coefficienti di sbandamento laterale k_{crit} (sbandamento nel piano debole 1-2)

$k_{crit} =$ (formule in funzione di $\lambda_{rel,m}$)	1.00	secondo (4.4.12) di NTC 17/01/2018
$\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0.5} =$	0.33	snellezza a flessione
$f_{m,k} =$	26.40 MPa	resistenza caratteristica a flessione
$\sigma_{m,crit} = 0,78 b^2 / (l_{3,eff} \cdot h) \cdot E_{0,05} =$	238.25 MPa	tensione di flessione critica
$l_{3,eff} =$	3.85 m	lunghezza efficace
$E_{0,05} =$	9600 MPa	modulo elastico parallelo caratteristico
$G_{mean} =$	650 MPa	modulo di taglio medio
$E_{mean} =$	11500 MPa	determinato secondo eq. [7.10]

Calcolo del coefficiente di compressione ortogonale $k_{c,90}$

$l_{app-calcolo} =$	106.7 mm	determinato secondo eq. [7.10]
$k_{c,90} =$	1.00	parametro

Verifica di resistenza a flessione

$\eta = \sigma_{m,2,d} / f_{m,d} \leq 1$ $\eta = 0.45 \leq 1$

Verifica di stabilità (svergolamento)

$\eta = \sigma_{m,2,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,d}) \leq 1$ $\eta = 0.45 \leq 1$

Verifica di resistenza a taglio

$\eta = \tau_d / f_{v,d} \leq 1$ $\eta = 0.18 \leq 1$

Verifica a compressione all'appoggio

$\eta = \sigma_{c,90,d} / (k_{c,90,d} \cdot f_{c,90,d}) \leq 1$ $\eta = 0.46 \leq 1$

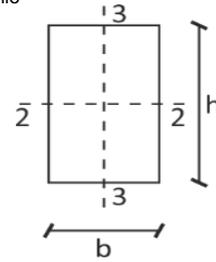
Verifica della freccia di inflessione

Controfreccia: $u_0 = 0$ mm

Valori di deformata: campata >0 se verso il basso

Valori di deformata: sbalzo >0 se verso l'alto

NOTA: per il calcolo della controfreccia dello sbalzo si ammette che l'andamento della controfreccia sia circolare



Componenti della freccia di inflessione:

u_1	freccia dovuta ai carichi permanenti
u_2	freccia dovuta ai carichi variabili
$u_{net} = u_1 + u_2 - u_0$	freccia netta (finale al netto della controfreccia)
$u_{fin} = u_1 + u_2$	freccia finale (o freccia totale)

Limiti:

Campata:	$u_{2,ist} \leq l_{campata} /$	300	=	14.07	mm	$l_{campata} =$	4.22	m
	$u_{net,fin} \leq l_{campata} /$	200	=	21.10	mm			
	$u_{fin} \leq l_{campata} /$	200	=	21.10	mm			
Sbalzo:	$u_{2,ist} \leq l_{sbalzo} /$	150	=	9.72	mm	$l_{sbalzo} =$	1.46	m
	$u_{net,fin} \leq l_{sbalzo} /$	100	=	14.58	mm			
	$u_{fin} \leq l_{campata} /$	100	=	14.58	mm			

Parametri:

$G_{mean} =$	650	MPa
$E_{mean} =$	11500	MPa
$q_{G1k} =$	0.10	kN/m
$q_{G2k} =$	0.75	kN/m
$q_{Vk} =$	0.85	kN/m
$l_{campata,\alpha} =$	4.22	m
$l_{sbalzo,\alpha} =$	1.46	m
$\alpha_{trave} =$	24.20	°

Valori di k_{def} secondo la tabella 4.4.V di NTC 17/01/2018:	
Classe di servizio della struttura:	1
Coefficienti:	$k_{def} = 0.60$
	$\Psi_{2i} = 0.00$

Verifica della freccia istantanea $u_{2,ist}$ per i soli carichi variabili

$q = q_{Vk} = 0.85$ kN/m

Campata

$u_{2,ist} = q l_{camp}^4 (5 l_{camp}^2 - 12 l_{sb}^2) (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l_{camp}^3 / (8 G_{mean} A) = 4.73$ mm

$\eta = u_{2,ist} / u_{2,ist,lim} \quad \eta = 0.34$ OK

Sbalzo (deformata a taglio trascurata)

$u_{2,ist} = [q l_{camp}^3 l_{sb} - q l_{sb}^3 (4 l_{camp} + 3 l_{sb})] (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (24 E_{0,mean} J_{22}) = 2.83$ mm

$\eta = u_{2,ist} / u_{2,ist,lim}$ (valore assoluto) freccia verso l'alto

Verifica della freccia netta finale $u_{net,fin}$

$q = (q_{G1k} + q_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + q_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) = 2.21$ kN/m

Campata

$u_{net,fin} = q l_{camp}^4 (5 l_{camp}^2 - 12 l_{sb}^2) (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l_{camp}^3 / (8 G_{mean} A) - u_0 = 12.28$ mm

$\eta = u_{net,fin} / u_{net,fin,lim} \quad \eta = 0.58$ OK

Sbalzo (deformata a taglio trascurata)

$u_{net,fin} = [q l_{camp}^3 l_{sb} - q l_{sb}^3 (4 l_{camp} + 3 l_{sb})] (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (24 E_{0,mean} J_{22}) - u_{0, sb} = 7.34$ mm

$\eta = u_{net,fin} / u_{net,fin,lim}$ (valore assoluto) freccia verso l'alto

Verifica della freccia totale finale u_{fin}

$q = (q_{G1k} + q_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + q_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) = 2.21$ kN/m

Campata

$u_{fin} = q l_{camp}^4 (5 l_{camp}^2 - 12 l_{sb}^2) (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l_{camp}^3 / (8 G_{mean} A) = 12.28$ mm

$\eta = u_{fin} / u_{fin,lim} \quad \eta = 0.58$ OK

Sbalzo (deformata a taglio trascurata)

$u_{fin} = [q l_{camp}^3 l_{sb} - q l_{sb}^3 (4 l_{camp} + 3 l_{sb})] (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (24 E_{0,mean} J_{22}) = 7.34$ mm

$\eta = u_{fin} / u_{fin,lim}$ (valore assoluto) freccia verso l'alto

Sezione integra

b = 140 mm
h = 160 mm

Metodo della sezione efficace

$\beta_n = 0.7$ mm/min
 $t_{fi,req} = 60.0$ min
 $d_{char} = \beta_n t_{fi,req} = 42.0$ mm
 $k_0 = 1.00$
 $d_0 = 7.0$ mm
 $d_{ef} = d_{char} + k_0 d_0 = 49.0$ mm

N.° superfici esposte al fuoco

lateralmente:	2
riduzione di b:	2 d _{ef}
inferiormente e superiormente:	1
riduzione di h:	1 d _{ef}

Sezione efficace

$b_{ef} = 42.0$ mm
 $h_{ef} = 111.0$ mm
 $b_{ef,\tau} = 42$ mm
 $A = b_{ef} h_{ef} = 4662$ mm²
 $J_{22} = b_{ef} h_{ef}^3 / 12 = 4786709$ mm⁴
 $W_{22} = b_{ef} h_{ef}^2 / 6 = 86247$ mm³

Lunghezza efficace (per sbandamento nel piano debole 1-2)

$l_{3,eff} = 3.85$ m (campata)
 $l_{3,eff} = 1.33$ m (sbalzo)

Combinazione di carico

$\Psi_{2,i} = 0.00$
 $F_d = 1,0 G_{1k} + 1,0 G_{2k} + \Psi_{2,1} Q_{var,k} \rightarrow q_d = 0.85$ kN/m

Sollecitazioni massime (azioni assiali trascurate)

$V_3 = 2.01$ kN
 $M_{22} = 1.47$ kNm
 $R_{appoggio B} = 3.56$ kN

Tensioni di progetto

$\tau_d = 1,5 V_3 / h_{ef} b_{ef\tau} = 0.65$ Mpa
 $\sigma_{m,2,d} = M_{22} / W_{22} = 17.02$ Mpa

Calcolo dei coefficienti di sbandamento laterale k_{crit} (sbandamento nel piano debole 1-2) e di $k_{c,90}$

$k_{crit} =$ (formule in funzione di $\lambda_{rel,m}$) = 0.91 secondo (4.4.12) di NTC 17/01/2018
 $\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0.5} = 0.86$ snellezza a flessione
 $f_{m,k} = 26.40$ Mpa resistenza caratteristica a flessione
 $\sigma_{m,crit} = 0,78 b^2 / (l_{3,eff} h) E_{0,05} = 35.55$ Mpa tensione di flessione critica
 $l_{3,eff} = 3.85$ m lunghezza efficace
 $E_{0,fi,d} = 11040$ Mpa modulo elastico parallelo caratteristico

Calcolo del coefficiente di compressione ortogonale $k_{c,90}$

$l_{app-calcolo} = 98.5$ mm determinato secondo eq. [7.10]
 $k_{c,90} = 1.00$ parametro

Verifica di resistenza a flessione

$\eta = \sigma_{m,2,d} / f_{m,fi,d} \leq 1$

$\eta = 0.62 \leq 1$

Verifica di stabilità (svergolamento)

$\eta = \sigma_{m,2,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,fi,d}) \leq 1$

$\eta = 0.68 \leq 1$

Verifica di resistenza a taglio

$\eta = \tau_d / f_{v,fi,d} \leq 1$

$\eta = 0.16 \leq 1$

Verifica a compressione all'appoggio

$\eta = \sigma_{c,90,d} / (k_{c,90,d} f_{c,90,d}) \leq 1$

$\eta = 0.30 \leq 1$

Resistenza al fuoco richiesta:

R 60

LEGNO LAMELLARE GL24h

Valori di calcolo dei moduli di elasticità

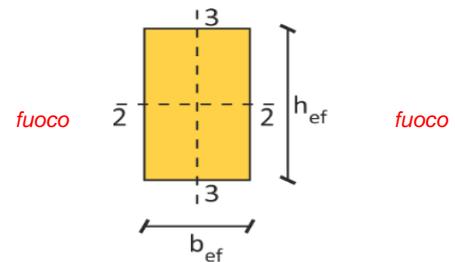
mod. elast. parall. $E_{0,fi,d} = 11040$ MPa
mod. elast. ortog. $E_{90,fi,d} = 345$ MPa
modulo di taglio $G_{fi,d} = 748$ MPa

Valori di calcolo di resistenza

flessione $f_{m,fi,d} = 27.60$ MPa
traz. parallela alle fibre $f_{t,0,fi,d} = 22.08$ MPa
traz. ortog. alle fibre $f_{t,90,fi,d} = 0.58$ MPa
compr. parallela alle fibre $f_{c,0,fi,d} = 27.60$ MPa
compr. ortog. alle fibre $f_{c,90,fi,d} = 2.88$ MPa
taglio $f_{v,fi,d} = 4.03$ MPa

Coefficienti di calcolo utilizzati:

$k_{mod,fi} = 1.00$
 $k_{fi} = 1.15$
 $\gamma_{M,fi} = 1.00$
} $k_{mod,fi} k_{fi} / \gamma_{M,fi} = 1.15$

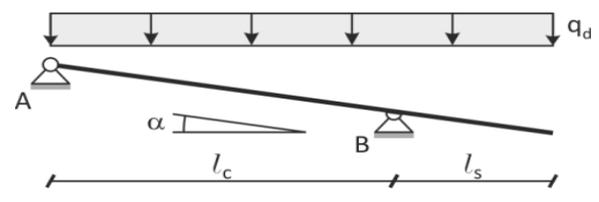
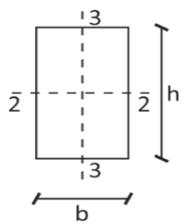


fuoco

Tipologia:	trave inclinata	Elemento:	TRAVETTO
Vincoli:	appoggio - appoggio - sbalzo	Posizione:	POS02
Norma:	NTC 17/01/2018 + DT206:2018	Note:	...

Tipo materiale: Materiale legno in Sezione Geometria Peso proprio del legno Carichi agenti per metro quadro Classe di servizio: Carichi accidentali: tipo app: appoggio: Resistenza al fuoco Valori statici	GL24h controllo qualità 140 mm 200 mm 24.20 ° 3.05 m 2.13 m 5.18 m 5.00 kN/m³ 0.14 kN/m 0.88 m 0.00 kN/m² 1.00 kN/m² 1.25 kN/m² 1 Neve (<1000 m) intermedio cont. 80 mm 140 mm 2130 mm R60 1.10 1.00 140 mm 28000 mm² 93333333 mm⁴ 45733333 mm⁴ 933333 mm³ 653333 mm³ 5.18 m	Proprietà del legno secondo la normativa europea UNI EN 14080 (lamellare), EN338 (massiccio), UNI EN 300 (OSB). Valori caratteristici di rigidezza mod. elast. parall. medio $E_{0,mean}$ 11500 MPa mod. elast. parall. caratt. $E_{0,05}$ 9600 MPa mod. elast. ortog. medio $E_{90,mean}$ 300 MPa modulo di taglio medio G_{mean} 650 MPa Valori caratteristici di resistenza flessione $f_{m,k}$ 24.00 MPa traz. parallela alle fibre $f_{t,0,k}$ 19.20 MPa traz. ortog. alle fibre $f_{t,90,k}$ 0.50 MPa compr. parallela alle fibre $f_{c,0,k}$ 24.00 MPa compr. ortog. alle fibre $f_{c,90,k}$ 2.50 MPa taglio e torsione $f_{v,k}$ 3.50 MPa Lunghezza efficace $l_{3,eff, campata} = 3.05$ m $l_{3,eff, sbalzo} = 2.13$ m perm 1: $q_{G1k} = (q_{G1k} \cdot passo + q_{ppk}) \cdot \cos \alpha$ 0.13 kN/m perm 2: $q_{G2k} = (q_{G2k} \cdot passo) \cdot \cos \alpha$ 0.80 kN/m var: $q_{Vk} = q_{Vk} \cdot passo \cdot \cos^2 \alpha$ 0.92 kN/m Controfreccia: $u_0 = 0$ mm Limiti di freccia campata $u_{2,ist} \leq l / 300$ $u_{net,fin} \leq l / 200$ $u_{fin} \leq l / 200$ sbalzo $u_{2,ist} \leq l / 150$ $u_{net,fin} \leq l / 100$ $u_{fin} \leq l / 100$
--	---	--

$k_h =$	1.10
$k_{cr} =$	1.00
$b_{ef} =$	140 mm
$A = b \cdot h =$	28000 mm ²
$J_{22} = bh^3/12 =$	93333333 mm ⁴
$J_{33} = hb^3/12 =$	45733333 mm ⁴
$W_{22} = bh^2/6 =$	933333 mm ³
$W_{33} = hb^2/6 =$	653333 mm ³
$l_{totale} =$	5.18 m



Esito: **OK!**

Verifiche di resistenza		Verifiche di deformazione	
se $\leq 1 \rightarrow ok$		se $\leq 1 \rightarrow ok$	
Flessione	$\sigma_{m,2,d} / f_{m,d} = 0.46$	Freccia istantanea	$u_{2,ist} / u_{2,ist,lim} = 0.01$ campata
Stabilità	$\sigma_{m,2,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,d}) = 0.46$	Freccia netta finale	$u_{net,fin} / u_{net,fin,lim} = 0.02$
Taglio	$\tau_d / f_{v,d} = 0.16$	Freccia netta finale	$u_{fin} / u_{fin,lim} = 0.02$
Compr. app.	$\sigma_{c,90,d} / (k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}) = 0.55$	Freccia istantanea	$u_{2,ist} / u_{2,ist,lim} = 0.39$ sbalzo
		Freccia netta finale	$u_{net,fin} / u_{net,fin,lim} = 0.69$
		Freccia netta finale	$u_{fin} / u_{fin,lim} = 0.02$
Verifiche al fuoco:		Verifiche soddisfatte per R60	

Ricerca combinazione più gravosa per SLU

- Combinaz. 1) $F_d = 1,30 G_{1k} + 1,5 G_{2k} \rightarrow k_{mod} = 0.60$
 Combinaz. 2) $F_d = 1,30 G_k + 1,5 G_{2k} + 1,50 Q_{var,k} \rightarrow k_{mod} = 0.90$

Forza assiale

Esito ricerca:	comb. 2)	→ $k_{mod} = 0.90$	$R_{assiale\ totale} = 7.00\ kN$
Carico di progetto: $q_d =$	2.74 kN/m	carico assiale totale scaricato dalla trave, compreso peso proprio trave	
Carico di progetto: $q_{d,asse} =$	1.23 kN/m		
$R_{appoggio\ A} =$	2.58 kN	$q_d l_{totale} - R_{appoggio\ B}$	$M_{appoggio\ B} = -7.48\ kNm$
$R_{appoggio\ B} =$	14.50 kN	$q_d l_{tot}^2 / (2l_{camp})$	$M = 1.01\ kNm$ (max M positivo in campata)
$V_A =$	2.35 kN	$(R_{appoggio\ A}) (cos\alpha_{tr})$	$x = 0.86\ m$ (posizione M da appoggio A)
$V_{B\ campata} =$	-6.82 kN	$(R_{app\ B} - q_d l_{sbalzo}) (cos\alpha_{tr})$	
$V_{B\ sbalzo} =$	6.40 kN	$(q_d l_{sbalzo}) (cos\alpha_{tr})$	

Sollecitazioni massime

(azioni assiali trascurate)

$V_3 =$	6.82 kN
$M_{22} =$	7.48 kNm

Tensioni

$\tau_d = 1,5 V_3 / hb_{ef} =$	0.37 MPa
$\sigma_{m,2,d} = M_{22} / W_{22} =$	8.01 MPa
$\sigma_{c,90,d} = R_B / (b l_{app}) =$	0.91 MPa

Coefficienti	
$k_{mod} =$	0.90
$\gamma_M =$	1.35
$k_{mod} / \gamma_M =$	0.67

Reazioni agli appoggi - sollecitazioni non combinate

$R_{appoggio\ A, g1,k} =$	0.12 kN
$R_{appoggio\ A, g2,k} =$	0.75 kN
$R_{appoggio\ A, q,k} =$	0.86 kN
$R_{appoggio\ B, g1,k} =$	0.68 kN
$R_{appoggio\ B, g2,k} =$	4.24 kN
$R_{appoggio\ B, q,k} =$	4.84 kN

Reazioni agli appoggi - c. di c. rara (g+q)

$R_{appoggio\ A, c. di c. rara} =$	1.73 kN
$R_{appoggio\ B, c. di c. rara} =$	9.76 kN

Resistenze di calcolo

$f_{m,d} = k_n f_{m,k} k_{mod} / \gamma_M =$	17.60 MPa
$f_{v,d} = f_{v,k} k_{mod} / \gamma_M =$	2.33 MPa
$f_{c,90,d} = f_{c,90,k} k_{mod} / \gamma_M =$	1.67 MPa

Calcolo dei coefficienti di sbandamento laterale k_{crit} (sbandamento nel piano debole 1-2)

$k_{crit} =$ (formule in funzione di $\lambda_{rel,m}$)	1.00	secondo (4.4.12) di NTC 17/01/2018
$\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0.5} =$	0.33	snellezza a flessione
$f_{m,k} =$	26.40 MPa	resistenza caratteristica a flessione
$\sigma_{m,crit} = 0,78 b^2 / (l_{3,eff} h) E_{0,05} =$	240.60 MPa	tensione di flessione critica
$l_{3,eff} =$	3.05 m	lunghezza efficace
$E_{0,05} =$	9600 MPa	modulo elastico parallelo caratteristico
$G_{mean} =$	650 MPa	modulo di taglio medio
$E_{mean} =$	11500 MPa	determinato secondo eq. [7.10]

Calcolo del coefficiente di compressione ortogonale $k_{c,90}$

$l_{app-calcolo} =$	113.3 mm	determinato secondo eq. [7.10]
$k_{c,90} =$	1.00	parametro

Verifica di resistenza a flessione

$\eta = \sigma_{m,2,d} / f_{m,d} \leq 1$ $\eta = 0.46 \leq 1$

Verifica di stabilità (svergolamento)

$\eta = \sigma_{m,2,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,d}) \leq 1$ $\eta = 0.46 \leq 1$

Verifica di resistenza a taglio

$\eta = \tau_d / f_{v,d} \leq 1$ $\eta = 0.16 \leq 1$

Verifica a compressione all'appoggio

$\eta = \sigma_{c,90,d} / (k_{c,90,d} f_{c,90,d}) \leq 1$ $\eta = 0.55 \leq 1$

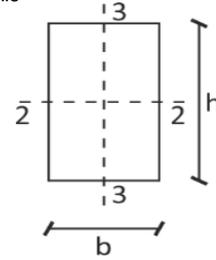
Verifica della freccia di inflessione

Controfreccia: $u_0 = 0$ mm

Valori di deformata: campata >0 se verso il basso

Valori di deformata: sbalzo >0 se verso l'alto

NOTA: per il calcolo della controfreccia dello sbalzo si ammette che l'andamento della controfreccia sia circolare



Componenti della freccia di inflessione:

u_1 freccia dovuta ai carichi permanenti
 u_2 freccia dovuta ai carichi variabili
 $u_{net} = u_1 + u_2 - u_0$ freccia netta (finale al netto della controfreccia)
 $u_{fin} = u_1 + u_2$ freccia finale (o freccia totale)

Limiti:

Campata:	$u_{2,ist} \leq l_{campata} /$	300	=	11.15	mm	$l_{campata} =$	3.34	m
	$u_{net,fin} \leq l_{campata} /$	200	=	16.72	mm			
	$u_{fin} \leq l_{campata} /$	200	=	16.72	mm			
Sbalzo:	$u_{2,ist} \leq l_{sbalzo} /$	150	=	15.57	mm	$l_{sbalzo} =$	2.34	m
	$u_{net,fin} \leq l_{sbalzo} /$	100	=	23.35	mm			
	$u_{fin} \leq l_{campata} /$	100	=	23.35	mm			

Parametri:

$G_{mean} = 650$ MPa
 $E_{mean} = 11500$ MPa
 $q_{G1k} = 0.13$ kN/m
 $q_{G2k} = 0.80$ kN/m
 $q_{Vk} = 0.92$ kN/m
 $l_{campata,\alpha} = 3.34$ m
 $l_{sbalzo,\alpha} = 2.34$ m
 $\alpha_{trave} = 24.20$ °

Valori di k_{def} secondo la tabella 4.4.V di NTC 17/01/2018:	
Classe di servizio della struttura:	1
Coefficienti:	$k_{def} = 0.60$
	$\Psi_{2i} = 0.00$

Verifica della freccia istantanea $u_{2,ist}$ per i soli carichi variabili

$q = q_{Vk} = 0.92$ kN/m

Campata

$$u_{2,ist} = q l_{camp}^4 (5 l_{camp}^2 - 12 l_{sb}^2) (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l_{camp}^3 / (8 G_{mean} A) = -0.15 \text{ mm}$$

$$\eta = u_{2,ist} / u_{2,ist,lim} \quad \eta = 0.01 \quad \text{OK}$$

Sbalzo (deformata a taglio trascurata)

$$u_{2,ist} = [q l_{camp}^3 l_{sb} - q l_{sb}^3 (4 l_{camp} + 3 l_{sb})] (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (24 E_{0,mean} J_{22}) = -6.12 \text{ mm}$$

$$\eta = u_{2,ist} / u_{2,ist,lim} \quad (\text{valore assoluto}) \quad \eta = 0.39 \quad \text{OK}$$

Verifica della freccia netta finale $u_{net,fin}$

$$q = (q_{G1k} + q_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + q_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) = 2.40 \text{ kN/m}$$

Campata

$$u_{net,fin} = q l_{camp}^4 (5 l_{camp}^2 - 12 l_{sb}^2) (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l_{camp}^3 / (8 G_{mean} A) - u_0 = -0.40 \text{ mm}$$

$$\eta = u_{net,fin} / u_{net,fin,lim} \quad (*) \text{ freccia finale, comprensiva di controfreccia, verso l'alto} \quad \eta = 0.02 \quad \text{OK}$$

Sbalzo (deformata a taglio trascurata)

$$u_{net,fin} = [q l_{camp}^3 l_{sb} - q l_{sb}^3 (4 l_{camp} + 3 l_{sb})] (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (24 E_{0,mean} J_{22}) - u_{0, sb} = -16.07 \text{ mm}$$

$$\eta = u_{net,fin} / u_{net,fin,lim} \quad (\text{valore assoluto}) \quad \eta = 0.69 \quad \text{OK}$$

Verifica della freccia totale finale u_{fin}

$$q = (q_{G1k} + q_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + q_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) = 2.40 \text{ kN/m}$$

Campata

$$u_{fin} = q l_{camp}^4 (5 l_{camp}^2 - 12 l_{sb}^2) (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l_{camp}^3 / (8 G_{mean} A) = -0.40 \text{ mm}$$

$$\eta = u_{fin} / u_{fin,lim} \quad (*) \text{ freccia finale, comprensiva di controfreccia, verso l'alto} \quad \eta = 0.02 \quad \text{OK}$$

Sbalzo (deformata a taglio trascurata)

$$u_{fin} = [q l_{camp}^3 l_{sb} - q l_{sb}^3 (4 l_{camp} + 3 l_{sb})] (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (24 E_{0,mean} J_{22}) = -16.07 \text{ mm}$$

$$\eta = u_{fin} / u_{fin,lim} \quad (\text{valore assoluto}) \quad \eta = 0.69 \quad \text{OK}$$

Sezione integra

b = 140 mm
h = 200 mm

Metodo della sezione efficace

$\beta_n = 0.7$ mm/min
 $t_{fi,req} = 60.0$ min
 $d_{char} = \beta_n t_{fi,req} = 42.0$ mm
 $k_0 = 1.00$
 $d_0 = 7.0$ mm
 $d_{ef} = d_{char} + k_0 d_0 = 49.0$ mm

N.° superfici esposte al fuoco

lateralmente:	2
riduzione di b:	2 d _{ef}
inferiormente e superiormente:	1
riduzione di h:	1 d _{ef}

Sezione efficace

$b_{ef} = 42.0$ mm
 $h_{ef} = 151.0$ mm
 $b_{ef,\tau} = 42$ mm
 $A = b_{ef} h_{ef} = 6342$ mm²
 $J_{22} = b_{ef} h_{ef}^3 / 12 = 12050329$ mm⁴
 $W_{22} = b_{ef} h_{ef}^2 / 6 = 159607$ mm³

Lunghezza efficace (per sbandamento nel piano debole 1-2)

$l_{3,eff} = 3.05$ m (campata)
 $l_{3,eff} = 2.13$ m (sbalzo)

Combinazione di carico

$\Psi_{2,i} = 0.00$
 $F_d = 1,0 G_{1k} + 1,0 G_{2k} + \Psi_{2,1} Q_{var,k} \rightarrow q_d = 0.93$ kN/m

Sollecitazioni massime (azioni assiali trascurate)

$V_3 = 2.31$ kN
 $M_{22} = 2.54$ kNm
 $R_{appoggio B} = 4.92$ kN

Tensioni di progetto

$\tau_d = 1,5 V_3 / h_{ef} b_{ef\tau} = 0.55$ Mpa
 $\sigma_{m,2,d} = M_{22} / W_{22} = 15.89$ Mpa

Calcolo dei coefficienti di sbandamento laterale k_{crit} (sbandamento nel piano debole 1-2) e di $k_{c,90}$

$k_{crit} =$ (formule in funzione di $\lambda_{rel,m}$) = 0.89 secondo (4.4.12) di NTC 17/01/2018
 $\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0.5} = 0.89$ snellezza a flessione
 $f_{m,k} = 26.40$ Mpa resistenza caratteristica a flessione
 $\sigma_{m,crit} = 0,78 b^2 / (l_{3,eff} h) E_{0,05} = 32.98$ Mpa tensione di flessione critica
 $l_{3,eff} = 3.05$ m lunghezza efficace
 $E_{0,fi,d} = 11040$ Mpa modulo elastico parallelo caratteristico

Calcolo del coefficiente di compressione ortogonale $k_{c,90}$

$l_{app-calcolo} = 105.16667$ mm determinato secondo eq. [7.10]
 $k_{c,90} = 1.00$ parametro

Verifica di resistenza a flessione

$\eta = \sigma_{m,2,d} / f_{m,fi,d} \leq 1$

$\eta = 0.58 \leq 1$

Verifica di stabilità (svergolamento)

$\eta = \sigma_{m,2,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,fi,d}) \leq 1$

$\eta = 0.65 \leq 1$

Verifica di resistenza a taglio

$\eta = \tau_d / f_{v,fi,d} \leq 1$

$\eta = 0.14 \leq 1$

Verifica a compressione all'appoggio

$\eta = \sigma_{c,90,d} / (k_{c,90,d} f_{c,90,d}) \leq 1$

$\eta = 0.39 \leq 1$

Resistenza al fuoco richiesta:

R 60

LEGNO LAMELLARE GL24h

Valori di calcolo dei moduli di elasticità

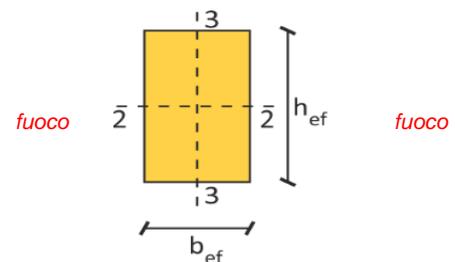
mod. elast. parall. $E_{0,fi,d} = 11040$ MPa
mod. elast. ortog. $E_{90,fi,d} = 345$ MPa
modulo di taglio $G_{fi,d} = 748$ MPa

Valori di calcolo di resistenza

flessione $f_{m,fi,d} = 27.60$ MPa
traz. parallela alle fibre $f_{t,0,fi,d} = 22.08$ MPa
traz. ortog. alle fibre $f_{t,90,fi,d} = 0.58$ MPa
compr. parallela alle fibre $f_{c,0,fi,d} = 27.60$ MPa
compr. ortog. alle fibre $f_{c,90,fi,d} = 2.88$ MPa
taglio $f_{v,fi,d} = 4.03$ MPa

Coefficienti di calcolo utilizzati:

$k_{mod,fi} = 1.00$
 $k_{fi} = 1.15$
 $\gamma_{M,fi} = 1.00$
} $k_{mod,fi} k_{fi} / \gamma_{M,fi} = 1.15$



fuoco

Tipologia:	trave inclinata	Elemento:	TRAVETTO
Vincoli:	appoggio - appoggio - sbalzo	Posizione:	POS03
Norma:	NTC 17/01/2018 + DT206:2018	Note:	...

Tipo materiale: GL24h Materiale legno in controllo qualità	Proprietà del legno secondo la normativa europea UNI EN 14080 (lamellare), EN338 (massiccio), UNI EN 300 (OSB).		
Sezione b = 140 mm h = 200 mm	Valori caratteristici di rigidezza mod. elast. parall. medio $E_{0,mean}$ 11500 MPa mod. elast. parall. caratt. $E_{0,05}$ 9600 MPa mod. elast. ortog. medio $E_{90,mean}$ 300 MPa modulo di taglio medio G_{mean} 650 MPa		
Geometria $\alpha_{trave} =$ 24.20 ° $l_{campata} =$ 4.66 m $l_{sbalzo} =$ 0.39 m $l_{totale} =$ 5.05 m	Valori caratteristici di resistenza flessione $f_{m,k}$ 24.00 MPa traz. parallela alle fibre $f_{t,0,k}$ 19.20 MPa traz. ortog. alle fibre $f_{t,90,k}$ 0.50 MPa compr. parallela alle fibre $f_{c,0,k}$ 24.00 MPa compr. ortog. alle fibre $f_{c,90,k}$ 2.50 MPa taglio e torsione $f_{v,k}$ 3.50 MPa		
Peso proprio del legno 5.00 kN/m ³ q_{G1k} = (peso pr. trave) = 0.14 kN/m	Valori caratteristici di resistenza perm 1: $q_{G1k} = (q_{G1k} \cdot passo + q_{ppk}) \cdot \cos \alpha$ 0.13 kN/m perm 2: $q_{G2k} = (q_{G2k} \cdot passo) \cdot \cos \alpha$ 0.80 kN/m var: $q_{Vk} = q_{Vk} \cdot passo \cdot \cos^2 \alpha$ 0.92 kN/m		
Carichi agenti per metro quadro passo (o tratto di carico) = 0.88 m q_{G1k} = (permanente, in falda) = 0.00 kN/m ² q_{G1k} = (perm non str, in falda) = 1.00 kN/m ² q_{Vk} = (variabile, in piano) = 1.25 kN/m ²	Lunghezza efficace $l_{3,eff, campata} =$ 4.66 m $l_{3,eff, sbalzo} =$ 0.39 m		
Classe di servizio: 1 Carichi accidentali: Neve (<1000 m)	Controfreccia: $u_0 =$ 0 mm		
tipo app: intermedio l_{app} 80 mm appoggio: cont. b_{app} 140 mm dist. bordo a: 390 mm	Limiti di freccia campata $u_{2,ist} \leq l /$ 300 $u_{net,fin} \leq l /$ 200 $u_{fin} \leq l /$ 200 sbalzo $u_{2,ist} \leq l /$ 150 $u_{net,fin} \leq l /$ 100 $u_{fin} \leq l /$ 100		
Resistenza al fuoco R60			
Valori statici $k_h =$ 1.10 $k_{cr} =$ 1.00 $b_{ef} =$ 140 mm $A = b \cdot h =$ 28000 mm ² $J_{22} = bh^3/12 =$ 93333333 mm ⁴ $J_{33} = hb^3/12 =$ 45733333 mm ⁴ $W_{22} = bh^2/6 =$ 933333 mm ³ $W_{33} = hb^2/6 =$ 653333 mm ³ $l_{totale} =$ 5.05 m			

Esito: **OK!**

Verifiche di resistenza		Verifiche di deformazione	
se $\leq 1 \rightarrow ok$		se $\leq 1 \rightarrow ok$	
Flessione	$\sigma_{m,2,d} / f_{m,d} =$ 0.54	Freccia istantanea $u_{2,ist} / u_{2,ist,lim}$	0.45 campata
Stabilità	$\sigma_{m,2,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,d}) =$ 0.54	Freccia netta finale $u_{net,fin} / u_{net,fin,lim}$	0.78
Taglio	$\tau_d / f_{v,d} =$ 0.18	Freccia netta finale $u_{fin} / u_{fin,lim}$	0.78
Compr. app.	$\sigma_{c,90,d} / (k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}) =$ 0.34	Freccia istantanea $u_{2,ist} / u_{2,ist,lim}$	* sbalzo
		Freccia netta finale $u_{net,fin} / u_{net,fin,lim}$	*
		Freccia netta finale $u_{fin} / u_{fin,lim}$	*
Verifiche al fuoco:		Verifiche soddisfatte per R60	

(* = freccia verso l'alto)

Ricerca combinazione più gravosa per SLU

- Combinaz. 1) $F_d = 1,30 G_{1k} + 1,5 G_{2k}$ $\rightarrow k_{mod} = 0.60$
Combinaz. 2) $F_d = 1,30 G_k + 1,5 G_{2k} + 1,50 Q_{var,k}$ $\rightarrow k_{mod} = 0.90$

Forza assiale

Esito ricerca:	comb. 2)	→ $k_{mod} = 0.90$	$R_{assiale\ totale} =$	6.82 kN
Carico di progetto:	$q_d =$	2.74 kN/m	carico assiale totale scaricato dalla trave, compreso peso proprio trave	
Carico di progetto:	$q_{d,asse} =$	1.23 kN/m		
$R_{appoggio\ A} =$	7.63 kN	$q_d \cdot l_{totale} - R_{appoggio\ B}$	$M_{appoggio\ B} =$	-0.25 kNm $q_d \cdot l_{sbalzo}^2 / 2$
$R_{appoggio\ B} =$	9.02 kN	$q_d \cdot l_{tot}^2 / (2 \cdot l_{camp})$	$M =$	8.82 kNm (max M positivo in campata)
$V_A =$	6.96 kN	$(R_{appoggio\ A}) \cdot (\cos\alpha_{tr})$	$x =$	2.54 m (posizione M da appoggio A)
$V_{B\ campata} =$	-7.06 kN	$(R_{app\ B} - q_d \cdot l_{sbalzo}) \cdot (\cos\alpha_{tr})$		
$V_{B\ sbalzo} =$	1.17 kN	$(q_d \cdot l_{sbalzo}) \cdot (\cos\alpha_{tr})$		

Sollecitazioni massime

(azioni assiali trascurate)

$V_3 =$	7.63 kN
$M_{22} =$	8.82 kNm

Tensioni

$\tau_d = 1,5 V_3 / hb_{ef} =$	0.41 MPa
$\sigma_{m,2,d} = M_{22} / W_{22} =$	9.45 MPa
$\sigma_{c,90,d} = R_B / (b \cdot l_{app}) =$	0.57 MPa

Coefficienti	
$k_{mod} =$	0.90
$\gamma_M =$	1.35
$k_{mod} / \gamma_M =$	0.67

Reazioni agli appoggi - sollecitazioni non combinate

$R_{appoggio\ A, g1,k} =$	0.36 kN
$R_{appoggio\ A, g2,k} =$	2.23 kN
$R_{appoggio\ A, q,k} =$	2.55 kN
$R_{appoggio\ B, g1,k} =$	0.42 kN
$R_{appoggio\ B, g2,k} =$	2.64 kN
$R_{appoggio\ B, q,k} =$	3.01 kN

Reazioni agli appoggi - c. di c. rara (g+q)

$R_{appoggio\ A, c. di c. rara} =$	5.13 kN
$R_{appoggio\ B, c. di c. rara} =$	6.07 kN

Resistenze di calcolo

$f_{m,d} = k_n \cdot f_{m,k} \cdot k_{mod} / \gamma_M =$	17.60 MPa
$f_{v,d} = f_{v,k} \cdot k_{mod} / \gamma_M =$	2.33 MPa
$f_{c,90,d} = f_{c,90,k} \cdot k_{mod} / \gamma_M =$	1.67 MPa

Calcolo dei coefficienti di sbandamento laterale k_{crit} (sbandamento nel piano debole 1-2)

$k_{crit} =$ (formule in funzione di $\lambda_{rel,m}$)	1.00	secondo (4.4.12) di NTC 17/01/2018
$\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0.5} =$	0.41	snellezza a flessione
$f_{m,k} =$	26.40 MPa	resistenza caratteristica a flessione
$\sigma_{m,crit} = 0,78 b^2 / (l_{3,eff} \cdot h) \cdot E_{0,05} =$	157.47 MPa	tensione di flessione critica
$l_{3,eff} =$	4.66 m	lunghezza efficace
$E_{0,05} =$	9600 MPa	modulo elastico parallelo caratteristico
$G_{mean} =$	650 MPa	modulo di taglio medio
$E_{mean} =$	11500 MPa	determinato secondo eq. [7.10]

Calcolo del coefficiente di compressione ortogonale $k_{c,90}$

$l_{app-calcolo} =$	113.3 mm	determinato secondo eq. [7.10]
$k_{c,90} =$	1.00	parametro

Verifica di resistenza a flessione

$\eta = \sigma_{m,2,d} / f_{m,d} \leq 1$ $\eta = 0.54 \leq 1$

Verifica di stabilità (svergolamento)

$\eta = \sigma_{m,2,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,d}) \leq 1$ $\eta = 0.54 \leq 1$

Verifica di resistenza a taglio

$\eta = \tau_d / f_{v,d} \leq 1$ $\eta = 0.18 \leq 1$

Verifica a compressione all'appoggio

$\eta = \sigma_{c,90,d} / (k_{c,90,d} \cdot f_{c,90,d}) \leq 1$ $\eta = 0.34 \leq 1$

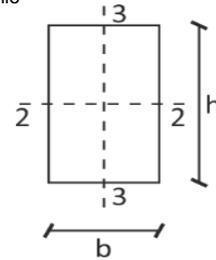
Verifica della freccia di inflessione

Controfreccia: $u_0 = 0$ mm

Valori di deformata: campata >0 se verso il basso

Valori di deformata: sbalzo >0 se verso l'alto

NOTA: per il calcolo della controfreccia dello sbalzo si ammette che l'andamento della controfreccia sia circolare



Componenti della freccia di inflessione:

u_1	freccia dovuta ai carichi permanenti
u_2	freccia dovuta ai carichi variabili
$u_{net} = u_1 + u_2 - u_0$	freccia netta (finale al netto della controfreccia)
$u_{fin} = u_1 + u_2$	freccia finale (o freccia totale)

Limiti:

Campata:	$u_{2,ist} \leq l_{campata} /$	300	=	17.03	mm	$l_{campata} =$	5.11	m
	$u_{net,fin} \leq l_{campata} /$	200	=	25.54	mm			
	$u_{fin} \leq l_{campata} /$	200	=	25.54	mm			
Sbalzo:	$u_{2,ist} \leq l_{sbalzo} /$	150	=	2.85	mm	$l_{sbalzo} =$	0.43	m
	$u_{net,fin} \leq l_{sbalzo} /$	100	=	4.28	mm			
	$u_{fin} \leq l_{campata} /$	100	=	4.28	mm			

Parametri:

$G_{mean} =$	650	MPa
$E_{mean} =$	11500	MPa
$q_{G1k} =$	0.13	kN/m
$q_{G2k} =$	0.80	kN/m
$q_{Vk} =$	0.92	kN/m
$l_{campata,\alpha} =$	5.11	m
$l_{sbalzo,\alpha} =$	0.43	m
$\alpha_{trave} =$	24.20	°

Valori di k_{def} secondo la tabella 4.4.V di NTC 17/01/2018:		
Classe di servizio della struttura:		1
Coefficienti:	$k_{def} =$	0.60
	$\Psi_{2i} =$	0.00

Verifica della freccia istantanea $u_{2,ist}$ per i soli carichi variabili

$q = q_{Vk} = 0.92$ kN/m

Campata

$u_{2,ist} = q l_{camp}^2 (5 l_{camp}^2 - 12 l_{sb}^2) (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l_{camp}^2 / (8 G_{mean} A) = 7.63$ mm

$\eta = u_{2,ist} / u_{2,ist,lim} \quad \eta = 0.45$ OK

Sbalzo (deformata a taglio trascurata)

$u_{2,ist} = [q l_{camp}^2 l_{sb} - q l_{sb}^3 (4 l_{camp} + 3 l_{sb})] (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (24 E_{0,mean} J_{22}) = 1.97$ mm

$\eta = u_{2,ist} / u_{2,ist,lim}$ (valore assoluto) freccia verso l'alto

Verifica della freccia netta finale $u_{net,fin}$

$q = (q_{G1k} + q_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + q_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) = 2.40$ kN/m

Campata

$u_{net,fin} = q l_{camp}^2 (5 l_{camp}^2 - 12 l_{sb}^2) (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l_{camp}^2 / (8 G_{mean} A) - u_0 = 20.05$ mm

$\eta = u_{net,fin} / u_{net,fin,lim} \quad \eta = 0.78$ OK

Sbalzo (deformata a taglio trascurata)

$u_{net,fin} = [q l_{camp}^2 l_{sb} - q l_{sb}^3 (4 l_{camp} + 3 l_{sb})] (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (24 E_{0,mean} J_{22}) - u_{0,sb} = 5.16$ mm

$\eta = u_{net,fin} / u_{net,fin,lim}$ (valore assoluto) freccia verso l'alto

Verifica della freccia totale finale u_{fin}

$q = (q_{G1k} + q_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + q_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) = 2.40$ kN/m

Campata

$u_{fin} = q l_{camp}^2 (5 l_{camp}^2 - 12 l_{sb}^2) (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l_{camp}^2 / (8 G_{mean} A) = 20.05$ mm

$\eta = u_{fin} / u_{fin,lim} \quad \eta = 0.78$ OK

Sbalzo (deformata a taglio trascurata)

$u_{fin} = [q l_{camp}^2 l_{sb} - q l_{sb}^3 (4 l_{camp} + 3 l_{sb})] (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (24 E_{0,mean} J_{22}) = 5.16$ mm

$\eta = u_{fin} / u_{fin,lim}$ (valore assoluto) freccia verso l'alto

Sezione integra

b = 140 mm
h = 200 mm

Metodo della sezione efficace

$\beta_n = 0.7$ mm/min
 $t_{fi,req} = 60.0$ min
 $d_{char} = \beta_n t_{fi,req} = 42.0$ mm
 $k_0 = 1.00$
 $d_0 = 7.0$ mm
 $d_{ef} = d_{char} + k_0 d_0 = 49.0$ mm

N.° superfici esposte al fuoco

lateralmente:	2
riduzione di b:	2 d_{ef}
inferiormente e superiormente:	1
riduzione di h:	1 d_{ef}

Sezione efficace

$b_{ef} = 42.0$ mm
 $h_{ef} = 151.0$ mm
 $b_{ef,\tau} = 42$ mm
 $A = b_{ef} h_{ef} = 6342$ mm²
 $J_{22} = b_{ef} h_{ef}^3 / 12 = 12050329$ mm⁴
 $W_{22} = b_{ef} h_{ef}^2 / 6 = 159607$ mm³

Lunghezza efficace (per sbandamento nel piano debole 1-2)

$l_{3,eff} = 4.66$ m (campata)
 $l_{3,eff} = 0.39$ m (sbalzo)

Combinazione di carico

$\Psi_{2,i} = 0.00$
 $F_d = 1,0 G_{1k} + 1,0 G_{2k} + \Psi_{2,1} Q_{var,k} \rightarrow q_d = 0.93$ kN/m

Sollecitazioni massime (azioni assiali trascurate)

$V_3 = 2.59$ kN
 $M_{22} = 2.99$ kNm
 $R_{appoggio B} = 3.06$ kN

Tensioni di progetto

$\tau_d = 1,5 V_3 / h_{ef} b_{ef\tau} = 0.61$ Mpa
 $\sigma_{m,2,d} = M_{22} / W_{22} = 18.75$ Mpa

Calcolo dei coefficienti di sbandamento laterale k_{crit} (sbandamento nel piano debole 1-2) e di $k_{c,90}$

$k_{crit} =$ (formule in funzione di $\lambda_{rel,m}$) = 0.73 secondo (4.4.12) di NTC 17/01/2018
 $\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0.5} = 1.11$ snellezza a flessione
 $f_{m,k} = 26.40$ Mpa resistenza caratteristica a flessione
 $\sigma_{m,crit} = 0,78 b^2 / (l_{3,eff} h) E_{0,05} = 21.59$ Mpa tensione di flessione critica
 $l_{3,eff} = 4.66$ m lunghezza efficace
 $E_{0,fi,d} = 11040$ Mpa modulo elastico parallelo caratteristico

Calcolo del coefficiente di compressione ortogonale $k_{c,90}$

$l_{app-calcolo} = 105.16667$ mm determinato secondo eq. [7.10]
 $k_{c,90} = 1.00$ parametro

Verifica di resistenza a flessione

$\eta = \sigma_{m,2,d} / f_{m,fi,d} \leq 1$

$\eta = 0.68 \leq 1$

Verifica di stabilità (svergolamento)

$\eta = \sigma_{m,2,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,fi,d}) \leq 1$

$\eta = 0.93 \leq 1$

Verifica di resistenza a taglio

$\eta = \tau_d / f_{v,fi,d} \leq 1$

$\eta = 0.15 \leq 1$

Verifica a compressione all'appoggio

$\eta = \sigma_{c,90,d} / (k_{c,90,d} f_{c,90,d}) \leq 1$

$\eta = 0.24 \leq 1$

Resistenza al fuoco richiesta:

R 60

LEGNO LAMELLARE GL24h

Valori di calcolo dei moduli di elasticità

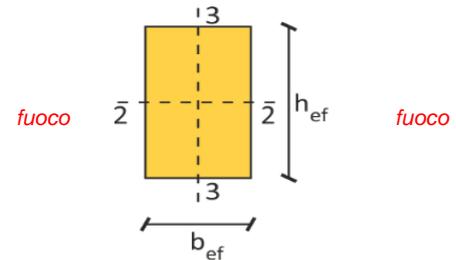
mod. elast. parall. $E_{0,fi,d} = 11040$ MPa
mod. elast. ortog. $E_{90,fi,d} = 345$ MPa
modulo di taglio $G_{fi,d} = 748$ MPa

Valori di calcolo di resistenza

flessione $f_{m,fi,d} = 27.60$ MPa
traz. parallela alle fibre $f_{t,0,fi,d} = 22.08$ MPa
traz. ortog. alle fibre $f_{t,90,fi,d} = 0.58$ MPa
compr. parallela alle fibre $f_{c,0,fi,d} = 27.60$ MPa
compr. ortog. alle fibre $f_{c,90,fi,d} = 2.88$ MPa
taglio $f_{v,fi,d} = 4.03$ MPa

Coefficienti di calcolo utilizzati:

$k_{mod,fi} = 1.00$
 $k_{fi} = 1.15$
 $\gamma_{M,fi} = 1.00$
} $k_{mod,fi} k_{fi} / \gamma_{M,fi} = 1.15$



fuoco

Tipologia:	trave inclinata	Elemento:	TRAVE DI COLMO
Vincoli:	appoggio - appoggio - sbalzo	Posizione:	POS04
Norma:	NTC 17/01/2018 + DT206:2018	Note:	...

Tipo materiale: GL24h Materiale legno in controllo qualità	Proprietà del legno secondo la normativa europea UNI EN 14080 (lamellare), EN338 (massiccio), UNI EN 300 (OSB).		
Sezione b = 180 mm h = 640 mm	Valori caratteristici di rigidezza mod. elast. parall. medio $E_{0,mean}$ 11500 MPa mod. elast. parall. caratt. $E_{0,05}$ 9600 MPa mod. elast. ortog. medio $E_{90,mean}$ 300 MPa modulo di taglio medio G_{mean} 650 MPa		
Geometria $\alpha_{trave} = 0.00^\circ$ $l_{campata} = 8.60$ m $l_{sbalzo} = 1.24$ m $l_{totale} = 9.84$ m	Valori caratteristici di resistenza flessione $f_{m,k}$ 24.00 MPa traz. parallela alle fibre $f_{t,0,k}$ 19.20 MPa traz. ortog. alle fibre $f_{t,90,k}$ 0.50 MPa compr. parallela alle fibre $f_{c,0,k}$ 24.00 MPa compr. ortog. alle fibre $f_{c,90,k}$ 2.50 MPa taglio e torsione $f_{v,k}$ 3.50 MPa		
Peso proprio del legno 5.00 kN/m ³ q_{G1k} = (peso pr. trave) = 0.58 kN/m	Valori caratteristici di resistenza flessione $f_{m,k}$ 24.00 MPa traz. parallela alle fibre $f_{t,0,k}$ 19.20 MPa traz. ortog. alle fibre $f_{t,90,k}$ 0.50 MPa compr. parallela alle fibre $f_{c,0,k}$ 24.00 MPa compr. ortog. alle fibre $f_{c,90,k}$ 2.50 MPa taglio e torsione $f_{v,k}$ 3.50 MPa		
Carichi agenti per metro quadro passo (o tratto di carico) = 4.16 m q_{G1k} = (permanente, in falda) = 0.14 kN/m ² q_{G1k} = (perm non str, in falda) = 1.00 kN/m ² q_{Vk} = (variabile, in piano) = 1.25 kN/m ²	Lunghezza efficace $l_{3,eff,campata} = 0.88$ m $l_{3,eff,sbalzo} = 1.24$ m		
Classe di servizio: 1 Carichi accidentali: Neve (<1000 m)	per m 1: $q_{G1k} = (q_{G1k} \cdot passo + q_{ppk}) \cdot \cos \alpha$ 1.14 kN/m per m 2: $q_{G2k} = (q_{G2k} \cdot passo) \cdot \cos \alpha$ 4.16 kN/m var: $q_{Vk} = q_{Vk} \cdot passo \cdot \cos^2 \alpha$ 5.20 kN/m		
tipo app: intermedio $l_{app} = 1505$ mm appoggio: scont. $b_{app} = 180$ mm dist. bordo a: 1240 mm	Controfreccia: $u_0 = 0$ mm Limiti di freccia campata $u_{2,ist} \leq l / 300$ $u_{net,fin} \leq l / 200$ $u_{fin} \leq l / 200$ sbalzo $u_{2,ist} \leq l / 150$ $u_{net,fin} \leq l / 100$ $u_{fin} \leq l / 100$		
Resistenza al fuoco R60 Valori statici $k_h = 1.00$ $k_{cr} = 1.00$ $b_{ef} = 180$ mm $A = b \cdot h = 115200$ mm ² $J_{22} = bh^3/12 = 3932160000$ mm ⁴ $J_{33} = hb^3/12 = 311040000$ mm ⁴ $W_{22} = bh^2/6 = 12288000$ mm ³ $W_{33} = hb^2/6 = 3456000$ mm ³ $l_{totale} = 9.84$ m			

Esito: **OK!**

Verifiche di resistenza		Verifiche di deformazione	
se $\leq 1 \rightarrow ok$		se $\leq 1 \rightarrow ok$	
Flessione	$\sigma_{m,2,d} / f_{m,d} = 0.70$	Freccia istantanea	$u_{2,ist} / u_{2,ist,lim} = 0.30$ campata
Stabilità	$\sigma_{m,2,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,d}) = 0.70$	Freccia netta finale	$u_{net,fin} / u_{net,fin,lim} = 0.52$
Taglio	$\tau_d / f_{v,d} = 0.38$	Freccia netta finale	$u_{fin} / u_{fin,lim} = 0.52$
Compr. app.	$\sigma_{c,90,d} / (k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}) = 0.73$	Freccia istantanea	$u_{2,ist} / u_{2,ist,lim} = *$ sbalzo
		Freccia netta finale	$u_{net,fin} / u_{net,fin,lim} = *$
		Freccia netta finale	$u_{fin} / u_{fin,lim} = *$
Verifiche al fuoco:		Verifiche soddisfatte per R60	

(* = freccia verso l'alto)

Ricerca combinazione più gravosa per SLU

- Combinaz. 1) $F_d = 1,30 G_{1k} + 1,5 G_{2k}$ $\rightarrow k_{mod} = 0.60$
Combinaz. 2) $F_d = 1,30 G_k + 1,5 G_{2k} + 1,50 Q_{var,k}$ $\rightarrow k_{mod} = 0.90$

Forza assiale

Esito ricerca:	comb. 2)	→ $k_{mod} = 0.90$	$R_{assiale\ totale} =$	0.00 kN
Carico di progetto:	$q_d =$	15.53 kN/m	carico assiale totale scaricato dalla trave, compreso peso proprio trave	
Carico di progetto:	$q_{d,asse} =$	0.00 kN/m		
$R_{appoggio\ A} =$	65.38 kN	$q_d \cdot l_{totale} - R_{appoggio\ B}$	$M_{appoggio\ B} =$	-11.94 kNm $q_d \cdot l_{sbalzo}^2 / 2$
$R_{appoggio\ B} =$	87.41 kN	$q_d \cdot l_{tot}^2 / (2 \cdot l_{camp})$	$M =$	137.64 kNm (max M positivo in campata)
$V_A =$	65.38 kN	$(R_{appoggio\ A}) \cdot (\cos \alpha_{tr})$	$x =$	4.21 m (posizione M da appoggio A)
$V_{B\ campata} =$	-68.16 kN	$(R_{app\ B} - q_d \cdot l_{sbalzo}) \cdot (\cos \alpha_{tr})$		
$V_{B\ sbalzo} =$	19.25 kN	$(q_d \cdot l_{sbalzo}) \cdot (\cos \alpha_{tr})$		

Sollecitazioni massime

(azioni assiali trascurate)

$V_3 =$	68.16 kN
$M_{22} =$	137.64 kNm

Tensioni

$\tau_d = 1,5 V_3 / hb_{ef} =$	0.89 MPa
$\sigma_{m,2,d} = M_{22} / W_{22} =$	11.20 MPa
$\sigma_{c,90,d} = R_B / (b \cdot l_{app}) =$	1.21 MPa

Coefficienti	
$k_{mod} =$	0.90
$\gamma_M =$	1.35
$k_{mod} / \gamma_M =$	0.67

Reazioni agli appoggi - sollecitazioni non combinate

$R_{appoggio\ A, g1,k} =$	4.82 kN
$R_{appoggio\ A, g2,k} =$	17.52 kN
$R_{appoggio\ A, q,k} =$	21.90 kN
$R_{appoggio\ B, g1,k} =$	6.44 kN
$R_{appoggio\ B, g2,k} =$	23.42 kN
$R_{appoggio\ B, q,k} =$	29.27 kN

Reazioni agli appoggi - c. di c. rara (g+q)

$R_{appoggio\ A, c. di c. rara} =$	44.23 kN
$R_{appoggio\ B, c. di c. rara} =$	59.13 kN

Resistenze di calcolo

$f_{m,d} = k_n \cdot f_{m,k} \cdot k_{mod} / \gamma_M =$	16.00 MPa
$f_{v,d} = f_{v,k} \cdot k_{mod} / \gamma_M =$	2.33 MPa
$f_{c,90,d} = f_{c,90,k} \cdot k_{mod} / \gamma_M =$	1.67 MPa

Calcolo dei coefficienti di sbandamento laterale k_{crit} (sbandamento nel piano debole 1-2)

$k_{crit} =$ (formule in funzione di $\lambda_{rel,m}$)	1.00	secondo (4.4.12) di NTC 17/01/2018
$\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0.5} =$	0.24	snellezza a flessione
$f_{m,k} =$	24.00 MPa	resistenza caratteristica a flessione
$\sigma_{m,crit} = 0,78 b^2 / (l_{3,eff} \cdot h) \cdot E_{0,05} =$	430.77 MPa	tensione di flessione critica
$l_{3,eff} =$	0.88 m	lunghezza efficace
$E_{0,05} =$	9600 MPa	modulo elastico parallelo caratteristico
$G_{mean} =$	650 MPa	modulo di taglio medio
$E_{mean} =$	11500 MPa	determinato secondo eq. [7.10]

Calcolo del coefficiente di compressione ortogonale $k_{c,90}$

$l_{app-calcolo} =$	400.0 mm	determinato secondo eq. [7.10]
$k_{c,90} =$	1.00	parametro

Verifica di resistenza a flessione

$\eta = \sigma_{m,2,d} / f_{m,d} \leq 1$ $\eta = 0.70 \leq 1$

Verifica di stabilità (svergolamento)

$\eta = \sigma_{m,2,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,d}) \leq 1$ $\eta = 0.70 \leq 1$

Verifica di resistenza a taglio

$\eta = \tau_d / f_{v,d} \leq 1$ $\eta = 0.38 \leq 1$

Verifica a compressione all'appoggio

$\eta = \sigma_{c,90,d} / (k_{c,90,d} \cdot f_{c,90,d}) \leq 1$ $\eta = 0.73 \leq 1$

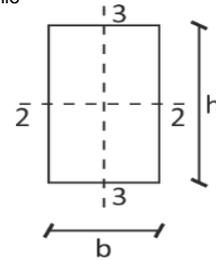
Verifica della freccia di inflessione

Controfreccia: $u_0 = 0$ mm

Valori di deformata: campata >0 se verso il basso

Valori di deformata: sbalzo >0 se verso l'alto

NOTA: per il calcolo della controfreccia dello sbalzo si ammette che l'andamento della controfreccia sia circolare



Componenti della freccia di inflessione:

u_1	freccia dovuta ai carichi permanenti
u_2	freccia dovuta ai carichi variabili
$u_{net} = u_1 + u_2 - u_0$	freccia netta (finale al netto della controfreccia)
$u_{fin} = u_1 + u_2$	freccia finale (o freccia totale)

Limiti:

Campata:	$u_{2,ist} \leq l_{campata} /$	300	=	28.67	mm	$l_{campata} =$	8.60	m
	$u_{net,fin} \leq l_{campata} /$	200	=	43.00	mm			
	$u_{fin} \leq l_{campata} /$	200	=	43.00	mm			
Sbalzo:	$u_{2,ist} \leq l_{sbalzo} /$	150	=	8.27	mm	$l_{sbalzo} =$	1.24	m
	$u_{net,fin} \leq l_{sbalzo} /$	100	=	12.40	mm			
	$u_{fin} \leq l_{campata} /$	100	=	12.40	mm			

Parametri:

$G_{mean} =$	650	MPa
$E_{mean} =$	11500	MPa
$q_{G1k} =$	1.14	kN/m
$q_{G2k} =$	4.16	kN/m
$q_{Vk} =$	5.20	kN/m
$l_{campata,\alpha} =$	8.60	m
$l_{sbalzo,\alpha} =$	1.24	m
$\alpha_{trave} =$	0.00	°

Valori di k_{def} secondo la tabella 4.4.V di NTC 17/01/2018:		
Classe di servizio della struttura:		1
Coefficienti:	$k_{def} =$	0.60
	$\Psi_{2i} =$	0.00

Verifica della freccia istantanea $u_{2,ist}$ per i soli carichi variabili

$q = q_{Vk} = 5.20$ kN/m

Campata

$u_{2,ist} = q l_{camp}^4 (5 l_{camp}^2 - 12 l_{sb}^2) (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l_{camp}^3 / (8 G_{mean} A) = 8.55$ mm

$\eta = u_{2,ist} / u_{2,ist,lim}$

$\eta = 0.30$ OK

Sbalzo (deformata a taglio trascurata)

$u_{2,ist} = [q l_{camp}^3 l_{sb} - q l_{sb}^3 (4 l_{camp} + 3 l_{sb})] (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (24 E_{0,mean} J_{22}) = 3.43$ mm

$\eta = u_{2,ist} / u_{2,ist,lim}$ (valore assoluto)

freccia verso l'alto

Verifica della freccia netta finale $u_{net,fin}$

$q = (q_{G1k} + q_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + q_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) = 13.69$ kN/m

Campata

$u_{net,fin} = q l_{camp}^4 (5 l_{camp}^2 - 12 l_{sb}^2) (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l_{camp}^3 / (8 G_{mean} A) - u_0 = 22.51$ mm

$\eta = u_{net,fin} / u_{net,fin,lim}$

$\eta = 0.52$ OK

Sbalzo (deformata a taglio trascurata)

$u_{net,fin} = [q l_{camp}^3 l_{sb} - q l_{sb}^3 (4 l_{camp} + 3 l_{sb})] (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (24 E_{0,mean} J_{22}) - u_{0,sb} = 9.03$ mm

$\eta = u_{net,fin} / u_{net,fin,lim}$ (valore assoluto)

freccia verso l'alto

Verifica della freccia totale finale u_{fin}

$q = (q_{G1k} + q_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + q_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) = 13.69$ kN/m

Campata

$u_{fin} = q l_{camp}^4 (5 l_{camp}^2 - 12 l_{sb}^2) (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l_{camp}^3 / (8 G_{mean} A) = 22.51$ mm

$\eta = u_{fin} / u_{fin,lim}$

$\eta = 0.52$ OK

Sbalzo (deformata a taglio trascurata)

$u_{fin} = [q l_{camp}^3 l_{sb} - q l_{sb}^3 (4 l_{camp} + 3 l_{sb})] (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (24 E_{0,mean} J_{22}) = 9.03$ mm

$\eta = u_{fin} / u_{fin,lim}$ (valore assoluto)

freccia verso l'alto

Sezione integra

b = 180 mm
h = 640 mm

Metodo della sezione efficace

$\beta_n = 0.7$ mm/min
 $t_{fi,req} = 60.0$ min
 $d_{char} = \beta_n t_{fi,req} = 42.0$ mm
 $k_0 = 1.00$
 $d_0 = 7.0$ mm
 $d_{ef} = d_{char} + k_0 d_0 = 49.0$ mm

N.° superfici esposte al fuoco

lateralmente:	2
riduzione di b:	2 d_{ef}
inferiormente e superiormente:	1
riduzione di h:	1 d_{ef}

Sezione efficace

$b_{ef} = 82.0$ mm
 $h_{ef} = 591.0$ mm
 $b_{ef,\tau} = 82$ mm
 $A = b_{ef} h_{ef} = 48462$ mm²
 $J_{22} = b_{ef} h_{ef}^3 / 12 = 1410571319$ mm⁴
 $W_{22} = b_{ef} h_{ef}^2 / 6 = 4773507$ mm³

Lunghezza efficace (per sbandamento nel piano debole 1-2)

$l_{3,eff} = 0.88$ m (campata)
 $l_{3,eff} = 1.24$ m (sbalzo)

Combinazione di carico

$\Psi_{2,i} = 0.00$
 $F_d = 1,0 G_{1k} + 1,0 G_{2k} + \Psi_{2,1} Q_{var,k} \rightarrow q_d = 5.30$ kN/m

Sollecitazioni massime (azioni assiali trascurate)

$V_3 = 23.28$ kN
 $M_{22} = 47.02$ kNm
 $R_{appoggio B} = 29.86$ kN

Tensioni di progetto

$\tau_d = 1,5 V_3 / h_{ef} b_{ef\tau} = 0.72$ Mpa
 $\sigma_{m,2,d} = M_{22} / W_{22} = 9.85$ Mpa

Calcolo dei coefficienti di sbandamento laterale k_{crit} (sbandamento nel piano debole 1-2) e di $k_{c,90}$

$k_{crit} =$ (formule in funzione di $\lambda_{rel,m}$) = 1.00 secondo (4.4.12) di NTC 17/01/2018
 $\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0.5} = 0.55$ snellezza a flessione
 $f_{m,k} = 24.00$ Mpa resistenza caratteristica a flessione
 $\sigma_{m,crit} = 0,78 b^2 / (l_{3,eff} h) E_{0,05} = 79.01$ Mpa tensione di flessione critica
 $l_{3,eff} = 1.24$ m lunghezza efficace
 $E_{0,fi,d} = 11040$ Mpa modulo elastico parallelo caratteristico

Calcolo del coefficiente di compressione ortogonale $k_{c,90}$

$l_{app-calcolo} = 400$ mm determinato secondo eq. [7.10]
 $k_{c,90} = 1.00$ parametro

Verifica di resistenza a flessione

$\eta = \sigma_{m,2,d} / f_{m,fi,d} \leq 1$

$\eta = 0.36 \leq 1$

Verifica di stabilità (svergolamento)

$\eta = \sigma_{m,2,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,fi,d}) \leq 1$

$\eta = 0.36 \leq 1$

Verifica di resistenza a taglio

$\eta = \tau_d / f_{v,fi,d} \leq 1$

$\eta = 0.18 \leq 1$

Verifica a compressione all'appoggio

$\eta = \sigma_{c,90,d} / (k_{c,90,d} f_{c,90,d}) \leq 1$

$\eta = 0.32 \leq 1$

Resistenza al fuoco richiesta:

R 60

LEGNO LAMELLARE GL24h

Valori di calcolo dei moduli di elasticità

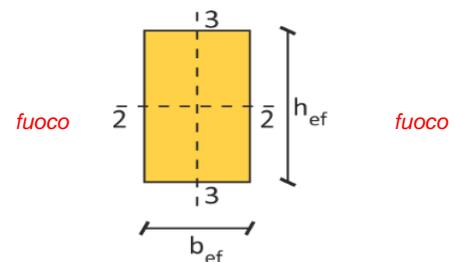
mod. elast. parall. $E_{0,fi,d} = 11040$ MPa
mod. elast. ortog. $E_{90,fi,d} = 345$ MPa
modulo di taglio $G_{fi,d} = 748$ MPa

Valori di calcolo di resistenza

flessione $f_{m,fi,d} = 27.60$ MPa
traz. parallela alle fibre $f_{t,0,fi,d} = 22.08$ MPa
traz. ortog. alle fibre $f_{t,90,fi,d} = 0.58$ MPa
compr. parallela alle fibre $f_{c,0,fi,d} = 27.60$ MPa
compr. ortog. alle fibre $f_{c,90,fi,d} = 2.88$ MPa
taglio $f_{v,fi,d} = 4.03$ MPa

Coefficienti di calcolo utilizzati:

$k_{mod,fi} = 1.00$
 $k_{fi} = 1.15$
 $\gamma_{M,fi} = 1.00$
} $k_{mod,fi} k_{fi} / \gamma_{M,fi} = 1.15$



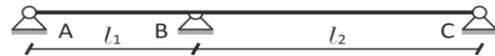
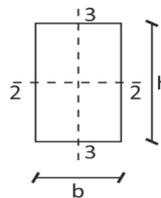
fuoco

Tipologia: trave, due campate	Elemento: TRAVE COLMO
Vincoli: tre appoggi	Posizione: POS05
Norma: NTC 17/01/2018 + DT206:2018	Note: ...

Tipo materiale: GL24h	Proprietà del legno secondo la normativa europea UNI EN 14080 (lamellare), EN338 (massiccio), UNI EN 300 (OSB).	
Materiale legno in: controllo qualità		
Sezione	Valori caratteristici di rigidità	
b = 160 mm	mod. elast. parall. medio	$E_{0,mean}$ 11500 MPa
h = 320 mm	mod. elast. parall. caratt.	$E_{0,05}$ 9600 MPa
$l_1 =$ 3.90 m	mod. elast. ortog. medio	$E_{90,mean}$ 300 MPa
$l_2 =$ 3.90 m	modulo di taglio medio	G_{mean} 650 MPa
Peso proprio del legno 5.00 kN/m ³	Valori caratteristici di resistenza	
q_{PPk} = (peso proprio trave) = 0.26 kN/m	flessione	$f_{m,k}$ 24.00 MPa
Campata 1: carichi agenti per metro quadro	traz. parallela alle fibre	$f_{t,0,k}$ 19.20 MPa
passo (o tratto di carico) = 3.45 m	traz. ortog. alle fibre	$f_{t,90,k}$ 0.50 MPa
q_{1G1k} = (permanente) = 0.08 kN/m ²	compr. parallela alle fibre	$f_{c,0,k}$ 24.00 MPa
q_{1G2k} = (perm non str) = 1.00 kN/m ²	compr. ortog. alle fibre	$f_{c,90,k}$ 2.50 MPa
q_{1Vk} = (variabile) = 1.25 kN/m ²	taglio e torsione	$f_{v,k}$ 3.50 MPa
Campata 2: carichi agenti per metro quadro	Lunghezze efficaci (sband. piano deb.1-2)	
passo (o tratto di carico) = 3.45 m	$l_{3,eff,campata 1} =$	3.90 m
q_{2G1k} = (permanente) = 0.16 kN/m ²	$l_{3,eff,campata 2} =$	3.90 m
q_{2G2k} = (perm non str) = 1.00 kN/m ²	Carichi agenti per metro lineare (campate 1 e 2)	
q_{2Vk} = (variabile) = 1.25 kN/m ²	perm. c. 1: $q_{1G1k} = q_{1G1k} \cdot \text{passo} + q_{PPk} =$	0.53 kN/m
Classe di servizio: 1	perm. non str c. 1: $q_{1G2k} = q_{1G2k} \cdot \text{passo} =$	3.45 kN/m
Carichi accidentali: Neve (<1000 m)	var. c. 1: $q_{1Vk} = q_{1Vk} \cdot \text{passo} =$	4.31 kN/m
(Carico accidentale di durata maggiore agente sulle due campate)	perm. c. 2: $q_{2G1k} = q_{2G1k} \cdot \text{passo} + q_{PPk} =$	0.80 kN/m
Appoggio estremità A, C	perm. non str c. 2: $q_{2G2k} = q_{2G2k} \cdot \text{passo} =$	3.45 kN/m
tipo app: estremità	var. c. 2: $q_{2Vk} = q_{2Vk} \cdot \text{passo} =$	4.31 kN/m
appoggio: discont.	Limiti di freccia (campata 1)	
dist. bordo a: 0 mm	$u_{2,ist} \leq l /$	300
	$u_{net,fin} \leq l /$	200
Appoggio intermedio B	Limiti di freccia (campata 2)	
tipo app: intermedio	$u_{2,ist} \leq l /$	300
appoggio: discont.	$u_{net,fin} \leq l /$	200
dist. bordo a: 0 mm	Resistenza al fuoco R60	

Valori statici

$k_n =$	1.06
$k_{cr} =$	1.00
$b_{ef} =$	160 mm
$A = b \cdot h =$	51200 mm ²
$J_{22} = bh^3/12 =$	436906667 mm ⁴
$J_{33} = hb^3/12 =$	109226667 mm ⁴
$W_{22} = bh^2/6 =$	2730667 mm ³
$W_{33} = hb^2/6 =$	1365333 mm ³



Verifiche di resistenza		Verifiche di deformazione	
se $\leq 1 \rightarrow ok$		se $\leq 1 \rightarrow ok$	
Flessione	$\sigma_{m,2,d} / f_{m,d} =$ 0.51	Freccia istantanea	$u_{2,ist} / u_{2,ist,lim} =$ 0.14
Stabilità	$\sigma_{m,2,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,d}) =$ 0.51	Freccia netta finale	$u_{net,fin} / u_{net,fin,lim} =$ 0.18
Taglio	$\tau_d / f_{v,d} =$ 0.39		
Compr. app. A, C	$\sigma_{c,90,d} / (k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}) =$ 0.58		
Compr. app. B	$\sigma_{c,90,d} / (k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}) =$ 0.97		
Verifiche al fuoco:		Verifiche soddisfatte per R60	

Esito: **OK!**

Combinazione di carico 1

→ $k_{mod} = 0.60$

$F_d = 1,30 G_{k1} + 1,50 G_{k2}$ $q_{d1} = 5.87$ kN/m

$F_d = 1,30 G_{k1} + 1,50 G_{k2}$ $q_{d2} = 6.22$ kN/m

$R_{appoggio A} = 8.49$ kN

$R_{appoggio B} = 29.46$ kN

$R_{appoggio C} = 9.19$ kN

$V_{B1} = -14.39$ kN

$V_{B2} = 15.08$ kN

$M_B = -11.49$ kNm

$M_{campata 1} = 6.15$ kNm (M_{max}^+ se $M > 0$)

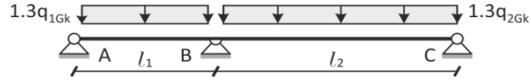
$M_{campata 2} = 6.78$ kNm (M_{max}^+ se $M > 0$)

Resistenze di calcolo $\gamma_M = 1.35$

$f_{m,d} = k_h f_{m,k} k_{mod} / \gamma_M = 11.36$ MPa

$f_{v,d} = f_{v,k} k_{mod} / \gamma_M = 1.56$ MPa

$f_{c,90,d} = f_{c,90,k} k_{mod} / \gamma_M = 1.11$ MPa



Sollecitazioni massime (valori assoluti)

$V_3 = 15.08$ kN

$M_{22} = 11.49$ kNm

Tensioni

$\tau_d = 1,5 V_3 / hb_{ef} = 0.44$ MPa

$\sigma_{m,2,d} = M_{22} / W_{22} = 4.21$ MPa

$\sigma_{c,90,d} = R_{appoggio A} / (b l_{app, A}) = 0.26$ MPa

$\sigma_{c,90,d} = R_{appoggio B} / (b l_{app, B}) = 0.52$ MPa

$\sigma_{c,90,d} = R_{appoggio C} / (b l_{app, C}) = 0.28$ MPa

Reazioni - sollecitazioni non combinate (g)

$R_{appoggio A, g,k} = 5.76$ kN
$R_{appoggio B, g,k} = 20.08$ kN
$R_{appoggio C, g,k} = 6.29$ kN

(c. di c. rara con soli carichi (g))

Combinazione di carico 2

→ $k_{mod} = 0.90$

$F_d = 1,30 G_{k1} + 1,50 G_{k2} + 1,50 Q_{var,k}$ $q_{d1} = 12.34$ kN/m

$F_d = 1,00 G_{k1} + 0,8 G_{k2}$ $q_{d2} = 3.56$ kN/m

$R_{appoggio A} = 20.18$ kN

$R_{appoggio B} = 38.76$ kN

$R_{appoggio C} = 3.08$ kN

$V_{B1} = -27.93$ kN

$V_{B2} = 10.83$ kN

$M_B = -15.12$ kNm

$M_{campata 1} = 16.50$ kNm (M_{max}^+ se $M > 0$)

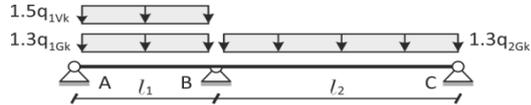
$M_{campata 2} = 1.33$ kNm (M_{max}^+ se $M > 0$)

Resistenze di calcolo $\gamma_M = 1.35$

$f_{m,d} = k_h f_{m,k} k_{mod} / \gamma_M = 17.04$ MPa

$f_{v,d} = f_{v,k} k_{mod} / \gamma_M = 2.33$ MPa

$f_{c,90,d} = f_{c,90,k} k_{mod} / \gamma_M = 1.67$ MPa



Sollecitazioni massime (valori assoluti)

$V_3 = 27.93$ kN

$M_{22} = 16.50$ kNm

Reazioni - sollecitazioni non combinate (g)

(come c. di c. 1, si veda sopra)

Reazioni - sollecitazioni non combinate (q)

$R_{appoggio A, q,k} = 7.36$ kN
$R_{appoggio B, q,k} = 10.51$ kN
$R_{appoggio C, q,k} = -1.05$ kN

Reazioni - combinazione di carico rara (g+q)

$R_{appoggio A, c. di c. rara} = 13.12$ kN
$R_{appoggio B, c. di c. rara} = 30.59$ kN
$R_{appoggio C, c. di c. rara} = 5.24$ kN

Tensioni

$\tau_d = 1,5 V_3 / hb_{ef} = 0.82$ MPa

$\sigma_{m,2,d} = M_{22} / W_{22} = 6.04$ MPa

$\sigma_{c,90,d} = R_{appoggio A} / (b l_{app, A}) = 0.62$ MPa

$\sigma_{c,90,d} = R_{appoggio B} / (b l_{app, B}) = 0.69$ MPa

$\sigma_{c,90,d} = R_{appoggio C} / (b l_{app, C}) = 0.09$ MPa

Combinazione di carico 3

→ $k_{mod} = 0.90$

$F_d = 1,00 G_{k1} + 0,8 G_{k2}$ $q_{d1} = 3.29$ kN/m

$F_d = 1,30 G_{k1} + 1,50 G_{k2} + 1,50 Q_{var,k}$ $q_{d2} = 12.69$ kN/m

$R_{appoggio A} = 2.52$ kN

$R_{appoggio B} = 38.96$ kN

$R_{appoggio C} = 20.85$ kN

$V_{B1} = -10.32$ kN

$V_{B2} = 28.64$ kN

$M_B = -15.19$ kNm

$M_{campata 1} = 0.97$ kNm (M_{max}^+ se $M > 0$)

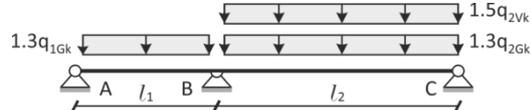
$M_{campata 2} = 17.13$ kNm (M_{max}^+ se $M > 0$)

Resistenze di calcolo $\gamma_M = 1.35$

$f_{m,d} = k_h f_{m,k} k_{mod} / \gamma_M = 17.04$ MPa

$f_{v,d} = f_{v,k} k_{mod} / \gamma_M = 2.33$ MPa

$f_{c,90,d} = f_{c,90,k} k_{mod} / \gamma_M = 1.67$ MPa



Sollecitazioni massime (valori assoluti)

$V_3 = 28.64$ kN

$M_{22} = 17.13$ kNm

Tensioni

$\tau_d = 1,5 V_3 / hb_{ef} =$	0.84	MPa
$\sigma_{m,2,d} = M_{22} / W_{22} =$	6.27	MPa
$\sigma_{c,90,d} = R_{appoggio A} / (b l_{app, A}) =$	0.08	MPa
$\sigma_{c,90,d} = R_{appoggio B} / (b l_{app, B}) =$	0.69	MPa
$\sigma_{c,90,d} = R_{appoggio C} / (b l_{app, C}) =$	0.64	MPa

Reazioni - sollecitazioni non combinate (g)

(come c.di c. 1, si veda sopra)

Reazioni - sollecitazioni non combinate (q)

$R_{appoggio A, q,k} =$	-1.05	kN
$R_{appoggio B, q,k} =$	10.51	kN
$R_{appoggio C, q,k} =$	7.36	kN

Reazioni - combinazione di carico rara (g+q)

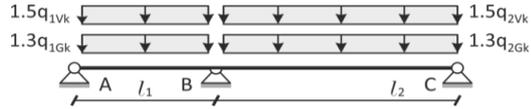
$R_{appoggio A, c. di c. rara} =$	4.71	kN
$R_{appoggio B, c. di c. rara} =$	30.59	kN
$R_{appoggio C, c. di c. rara} =$	13.65	kN

Combinazione di carico 4

	$\rightarrow k_{mod} =$	0.90	
$F_d = 1,30 G_{k1} + 1,50 G_{k2} + 1,50 Q_{var,k}$	$q_{d1} =$	12.34	kN/m
$F_d = 1,30 G_{k1} + 1,50 G_{k2} + 1,50 Q_{var,k}$	$q_{d2} =$	12.69	kN/m
$R_{appoggio A} =$	17.95	kN	
$R_{appoggio B} =$	61.00	kN	
$R_{appoggio C} =$	18.65	kN	
$V_{B1} =$	-30.15	kN	
$V_{B2} =$	30.85	kN	
$M_B =$	-23.79	kNm	
$M_{campata 1} =$	13.07	kNm	(M^+_{max} se $M > 0$)
$M_{campata 2} =$	13.70	kNm	(M^+_{max} se $M > 0$)

Resistenze di calcolo

$f_{m,d} = k_h f_{m,k} k_{mod} / \gamma_M =$	17.04	MPa
$f_{v,d} = f_{v,k} k_{mod} / \gamma_M =$	2.33	MPa
$f_{c,90,d} = f_{c,90,k} k_{mod} / \gamma_M =$	1.67	MPa



Sollecitazioni massime (valori assoluti)

$V_3 =$	30.85	kN
$M_{22} =$	23.79	kNm

Tensioni

$\tau_d = 1,5 V_3 / hb_{ef} =$	0.90	MPa
$\sigma_{m,2,d} = M_{22} / W_{22} =$	8.71	MPa
$\sigma_{c,90,d} = R_{appoggio A} / (b l_{app, A}) =$	0.55	MPa
$\sigma_{c,90,d} = R_{appoggio B} / (b l_{app, B}) =$	1.08	MPa
$\sigma_{c,90,d} = R_{appoggio C} / (b l_{app, C}) =$	0.57	MPa

Reazioni - sollecitazioni non combinate (g)

(come c.di c. 1, si veda sopra)

Reazioni - sollecitazioni non combinate (q)

$R_{appoggio A, q,k} =$	6.31	kN
$R_{appoggio B, q,k} =$	21.02	kN
$R_{appoggio C, q,k} =$	6.31	kN

Reazioni - combinazione di carico rara (g+q)

$R_{appoggio A, c. di c. rara} =$	12.06	kN
$R_{appoggio B, c. di c. rara} =$	41.10	kN
$R_{appoggio C, c. di c. rara} =$	12.60	kN

Calcolo del coefficiente di compressione ortogonale all'appoggio $k_{c,90}$

Appoggio A, C

$l_{app-calcolo} =$	203.33333	mm	determinato secondo eq. [7.10]
$k_{c,90} =$	1.00		parametro

Appoggio B

$l_{app-calcolo} =$	353.33333	mm	determinato secondo eq. [7.10]
$k_{c,90} =$	1.00		parametro

Calcolo del coefficiente di sbandamento laterale k_{crit} (sbandamento nel piano debole 1-2). Campata 1

$k_{crit} =$ (formule in funzione di $\lambda_{rel,m}$)	1.00		secondo (4.4.12) di NTC 17/01/2018
$\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0,5} =$	0.41		snellezza a flessione
$f_{m,k} =$	25.56	MPa	resistenza caratteristica a flessione
$\sigma_{m,crit} = 0,78 b^2 / (l_{3,eff} h) E_{0,05} =$	153.60	MPa	tensione di flessione critica
$l_{3,eff,campata 1} =$	3.90	m	lunghezza efficace
$E_{0,05} =$	9600	MPa	modulo elastico parallelo caratteristico
$G_{mean} =$	650	MPa	modulo di taglio medio
$E_{mean} =$	11500	MPa	modulo elastico parallelo medio

Calcolo del coefficiente di sbandamento laterale k_{crit} (sbandamento nel piano debole 1-2). Campata 2

$k_{crit} =$ (formule in funzione di $\lambda_{rel,m}$)	1.00	secondo (4.4.12) di NTC 17/01/2018
$\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0.5} =$	0.41	snellezza a flessione
$f_{m,k} =$	25.56 MPa	resistenza caratteristica a flessione
$\sigma_{m,crit} = 0,78 b^2 / (l_{3,eff} h) E_{0,05} =$	153.60 MPa	tensione di flessione critica
$l_{3,eff,campata 2} =$	3.90 m	lunghezza efficace
$E_{0,05} =$	9600 MPa	modulo elastico parallelo caratteristico
$G_{mean} =$	650 MPa	modulo di taglio medio
$E_{mean} =$	11500 MPa	modulo elastico parallelo medio

Verifiche di resistenza.		Combinazione di carico 1	
Verifica di resistenza a flessione			
$\eta = \sigma_{m,2,d} / f_{m,d} \leq 1$			$\eta = 0.37 \leq 1$
Verifica di stabilità, campata 1 (svergolamento)			
$\eta = \sigma_{m,2,d,campata 1} / (k_{crit} \cdot f_{m,d}) \leq 1$			$\eta = 0.37 \leq 1$
$\sigma_{m,2,d,campata 1} = M_{max} / W_{22} =$	4.21	Mpa	
Verifica di stabilità, campata 2 (svergolamento)			
$\eta = \sigma_{m,2,d,campata 2} / (k_{crit} \cdot f_{m,d}) \leq 1$			$\eta = 0.37 \leq 1$
$\sigma_{m,2,d,campata 2} = M_{max} / W_{22} =$	4.21	Mpa	
Verifica di resistenza a taglio			
$\eta = \tau_d / f_{v,d} \leq 1$			$\eta = 0.28 \leq 1$
Verifica a compressione all'appoggio			
$\eta = \sigma_{c,90,d} / (k_{c,90} f_{c,90,d}) \leq 1$		appoggi A,C	$\eta = 0.25 \leq 1$
$\eta = \sigma_{c,90,d} / (k_{c,90} f_{c,90,d}) \leq 1$		appoggio B	$\eta = 0.47 \leq 1$
Verifiche di resistenza.		Combinazione di carico 2	
Verifica di resistenza a flessione			
$\eta = \sigma_{m,2,d} / f_{m,d} \leq 1$			$\eta = 0.35 \leq 1$
Verifica di stabilità, campata 1 (svergolamento)			
$\eta = \sigma_{m,2,d,campata 1} / (k_{crit} \cdot f_{m,d}) \leq 1$			$\eta = 0.35 \leq 1$
$\sigma_{m,2,d,campata 1} = M_{max} / W_{22} =$	6.04	Mpa	
Verifica di stabilità, campata 2 (svergolamento)			
$\eta = \sigma_{m,2,d,campata 2} / (k_{crit} \cdot f_{m,d}) \leq 1$			$\eta = 0.35 \leq 1$
$\sigma_{m,2,d,campata 2} = M_{max} / W_{22} =$	6.04	Mpa	
Verifica di resistenza a taglio			
$\eta = \tau_d / f_{v,d} \leq 1$			$\eta = 0.35 \leq 1$
Verifica a compressione all'appoggio			
$\eta = \sigma_{c,90,d} / (k_{c,90} f_{c,90,d}) \leq 1$		appoggi A,C	$\eta = 0.56 \leq 1$
$\eta = \sigma_{c,90,d} / (k_{c,90} f_{c,90,d}) \leq 1$		appoggio B	$\eta = 0.62 \leq 1$
Verifiche di resistenza.		Combinazione di carico 3	
Verifica di resistenza a flessione			
$\eta = \sigma_{m,2,d} / f_{m,d} \leq 1$			$\eta = 0.37 \leq 1$
Verifica di stabilità, campata 1 (svergolamento)			
$\eta = \sigma_{m,2,d,campata 1} / (k_{crit} \cdot f_{m,d}) \leq 1$			$\eta = 0.37 \leq 1$
$\sigma_{m,2,d,campata 1} = M_{max} / W_{22} =$	6.27	Mpa	
Verifica di stabilità, campata 2 (svergolamento)			
$\eta = \sigma_{m,2,d,campata 2} / (k_{crit} \cdot f_{m,d}) \leq 1$			$\eta = 0.37 \leq 1$
$\sigma_{m,2,d,campata 2} = M_{max} / W_{22} =$	6.27	Mpa	
Verifica di resistenza a taglio			
$\eta = \tau_d / f_{v,d} \leq 1$			$\eta = 0.36 \leq 1$
Verifica a compressione all'appoggio			
$\eta = \sigma_{c,90,d} / (k_{c,90} f_{c,90,d}) \leq 1$		appoggi A,C	$\eta = 0.58 \leq 1$
$\eta = \sigma_{c,90,d} / (k_{c,90} f_{c,90,d}) \leq 1$		appoggio B	$\eta = 0.62 \leq 1$

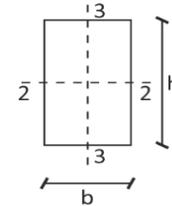
Verifiche di resistenza.		Combinazione di carico 4	
Verifica di resistenza a flessione			
$\eta = \sigma_{m,2,d} / f_{m,d} \leq 1$			$\eta = 0.51 \leq 1$
Verifica di stabilità, campata 1 (svergolamento)			
$\eta = \sigma_{m,2,d,campata\ 1} / (k_{crit} \cdot f_{m,d}) \leq 1$			$\eta = 0.51 \leq 1$
$\sigma_{m,2,d,campata\ 1} = M_{max} / W_{22} =$	8.71	Mpa	
Verifica di stabilità, campata 2 (svergolamento)			
$\eta = \sigma_{m,2,d,campata\ 2} / (k_{crit} \cdot f_{m,d}) \leq 1$			$\eta = 0.51 \leq 1$
$\sigma_{m,2,d,campata\ 2} = M_{max} / W_{22} =$	8.71	Mpa	
Verifica di resistenza a taglio			
$\eta = \tau_d / f_{v,d} \leq 1$			$\eta = 0.39 \leq 1$
Verifica a compressione all'appoggio			
$\eta = \sigma_{c,90,d} / (k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}) \leq 1$		appoggi A,C	$\eta = 0.52 \leq 1$
$\eta = \sigma_{c,90,d} / (k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}) \leq 1$		appoggio B	$\eta = 0.97 \leq 1$

Verifica della freccia di inflessione

Controfreccia assente: $u_0 = 0$ mm

Componenti della freccia di inflessione:

u_1 freccia dovuta ai carichi permanenti
 u_2 freccia dovuta ai carichi variabili
 $u_{net} = u_1 + u_2$ freccia netta (o freccia totale)



Limiti campata 1:

$u_{2,ist} \leq l_1 /$	300	=	13.00	mm
$u_{net,fin} \leq l_1 /$	200	=	19.50	mm
$u_{2,ist} \leq l_2 /$	300	=	13.00	mm
$u_{net,fin} \leq l_2 /$	200	=	19.50	mm

Limiti campata 2:

Parametri:

$G_{mean} =$	650	MPa
$E_{mean} =$	11500	MPa
$q_{1G1k} =$	0.53	kN/m
$q_{1G2k} =$	3.45	kN/m
$q_{1Vk} =$	4.31	kN/m
$q_{2G1k} =$	0.80	kN/m
$q_{2G2k} =$	3.45	kN/m
$q_{2Vk} =$	4.31	kN/m

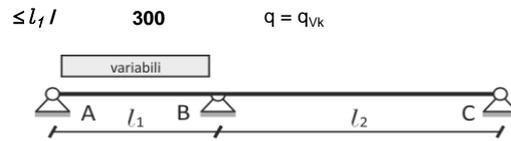
Valori di k_{def} secondo la tabella 4.4.V di NTC 17/01/2018:	
Classe di servizio della struttura:	1
Coeff. deformazione:	$k_{def} = 0.60$
	$\Psi_{2i} = 0.00$

Nota: freccia > 0 se verso il basso

Campata 1. Combinazione di carico 2

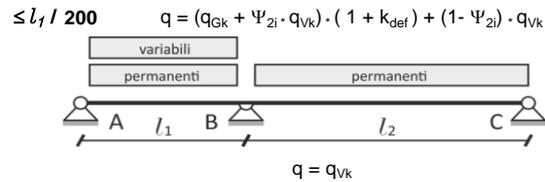
Verifica della freccia istantanea $u_{2,ist}$ (solo carichi variabili)

carico su l_1	$q_{campata\ 1} =$	4.31	kN/m
carico su l_2	$q_{campata\ 2} =$	0.00	kN/m
freccia su l_1	$u_{2,ist} =$	1.82	mm
$\eta = u_{2,ist} / u_{2,ist,lim}$	$\eta = 0.14$	OK	



Verifica della freccia totale finale $u_{net,fin}$

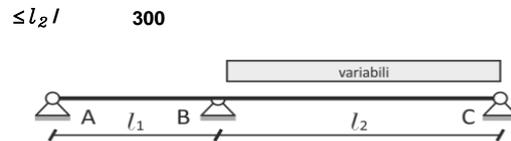
carico su l_1	$q_{campata\ 1} =$	10.68	kN/m
carico su l_2	$q_{campata\ 2} =$	6.81	kN/m
freccia su l_1	$u_{net,fin} =$	3.32	mm
$\eta = u_{net,fin} / u_{net,fin,lim}$	$\eta = 0.17$	OK	



Campata 2. Combinazione di carico 3

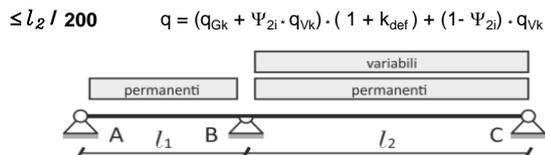
Verifica della freccia istantanea $u_{2,ist}$ (solo carichi variabili)

carico su l_1	$q_{campata\ 1} =$	0.00	kN/m
carico su l_2	$q_{campata\ 2} =$	4.31	kN/m
freccia su l_2	$u_{2,ist} =$	1.82	mm
$\eta = u_{2,ist} / u_{2,ist,lim}$	$\eta = 0.14$	OK	



Verifica della freccia totale finale $u_{net,fin}$

carico su l_1	$q_{campata\ 1} =$	6.37	kN/m
carico su l_2	$q_{campata\ 2} =$	11.12	kN/m
freccia su l_2	$u_{net,fin} =$	3.58	mm
$\eta = u_{net,fin} / u_{net,fin,lim}$	$\eta = 0.18$	OK	



Sezione integra

b = 160 mm
h = 320 mm

Metodo della sezione efficace

$\beta_n = 0.7$ mm/min
 $t_{fi,req} = 60.0$ min
 $d_{char} = \beta_n t_{fi,req} = 42.0$ mm
 $k_0 = 1.00$
 $d_0 = 7.0$ mm
 $d_{ef} = d_{char} + k_0 d_0 = 49.0$ mm

N.° superfici esposte al fuoco

lateralmente:	2
riduzione di b:	2 d_{ef}
inferiormente e superiormente:	2
riduzione di h:	2 d_{ef}

Sezione efficace

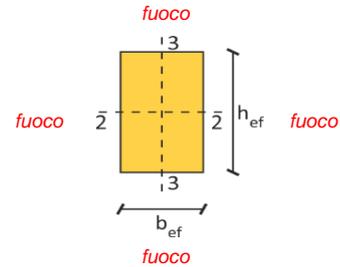
$b_{ef} = 62.0$ mm
 $h_{ef} = 222.0$ mm
 $b_{ef,t} = 62.0$ mm
 $A = b_{ef} h_{ef} = 13764$ mm²
 $J_{22} = b_{ef} h_{ef}^3 / 12 = 56528748$ mm⁴
 $W_{22} = b_{ef} h_{ef}^2 / 6 = 509268$ mm³

Formula di combinazione dei carichi

$F_d = 1,00 (G_{k1} + G_{k2}) + \Psi_{2,i} Q_{var,k}$ $\Psi_{2,i} = 0.00$

Resistenza al fuoco richiesta: R 60

LEGNO LAMELLARE GL24h			
Valori di calcolo dei moduli di elasticità			
mod. elast. parall.	$E_{0,fi,d} =$	11040	MPa
mod. elast. ortog.	$E_{90,fi,d} =$	345	MPa
modulo di taglio	$G_{fi,d} =$	748	MPa
Valori di calcolo di resistenza			
flessione	$f_{m,fi,d} =$	29.39	MPa
traz. parallela alle fibre	$f_{t,0,fi,d} =$	22.08	MPa
traz. ortog. alle fibre	$f_{t,90,fi,d} =$	0.58	MPa
compr. parallela alle fibre	$f_{c,0,fi,d} =$	27.60	MPa
compr. ortog. alle fibre	$f_{c,90,fi,d} =$	2.88	MPa
taglio	$f_{v,fi,d} =$	4.03	MPa
Coefficienti di calcolo utilizzati:			
$k_{mod,fi} =$	1.00	} $k_{mod,fi} k_{fi} / \gamma_{M,fi} =$	1.15
$k_{fi} =$	1.15		
$\gamma_{M,fi} =$	1.00		



Combinazione di carico 1

carico uniforme camp. 1: $q_{d1} = 3.98$ kN/m
carico uniforme camp. 2: $q_{d2} = 4.25$ kN/m
 $R_{appoggio A} = 5.76$ kN
 $R_{appoggio B} = 20.08$ kN
 $R_{appoggio C} = 6.29$ kN
 $V_{B1} = -9.77$ kN
 $V_{B2} = 10.30$ kN
 $M_B = -7.83$ kNm
 $M_{campata 1} = 4.16$ kNm (M^+_{max} se $M > 0$)
 $M_{campata 2} = 4.65$ kNm (M^+_{max} se $M > 0$)



Sollecitazioni massime (valori assoluti)
 $V_3 = 10.30$ kN $M_{22} = 7.83$ kNm

Tensioni
 $\tau_d = 1,5 V_3 / h_{ef} b_{ef,t} = 1.12$ MPa
 $\sigma_{m,2,d} = M_{22} / W_{22} = 15.38$ MPa

Combinazione di carico 2

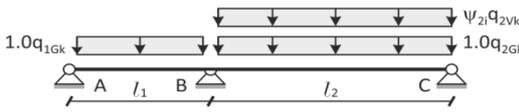
carico uniforme camp. 1: $q_{d1} = 3.98$ kN/m
carico uniforme camp. 2: $q_{d2} = 4.25$ kN/m
 $R_{appoggio A} = 5.76$ kN
 $R_{appoggio B} = 20.08$ kN
 $R_{appoggio C} = 6.29$ kN
 $V_{B1} = -9.77$ kN
 $V_{B2} = 10.30$ kN
 $M_B = -7.83$ kNm
 $M_{campata 1} = 4.16$ kNm (M^+_{max} se $M > 0$)
 $M_{campata 2} = 4.65$ kNm (M^+_{max} se $M > 0$)



Sollecitazioni massime (valori assoluti)
 $V_3 = 10.30$ kN $M_{22} = 7.83$ kNm

Tensioni
 $\tau_d = 1,5 V_3 / h_{ef} b_{ef,t} = 1.12$ MPa
 $\sigma_{m,2,d} = M_{22} / W_{22} = 15.38$ MPa

Combinazione di carico 3		
carico uniforme camp. 1: $q_{d1} =$	3.98	kN/m
carico uniforme camp. 2: $q_{d2} =$	4.25	kN/m
$R_{appoggio\ A} =$	5.76	kN
$R_{appoggio\ B} =$	20.08	kN
$R_{appoggio\ C} =$	6.29	kN
$V_{B1} =$	-9.77	kN
$V_{B2} =$	10.30	kN
$M_B =$	-7.83	kNm
$M_{campata\ 1} =$	4.16	kNm (M_{max}^+ se $M > 0$)
$M_{campata\ 2} =$	4.65	kNm (M_{max}^+ se $M > 0$)



Sollecitazioni massime (valori assoluti)

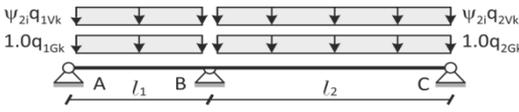
$V_3 = 10.30$ kN $M_{22} = 7.83$ kNm

Tensioni

$\tau_d = 1,5 V_3 / h_{ef} b_{ef,t} = 1.12$ MPa

$\sigma_{m,2,d} = M_{22} / W_{22} = 15.38$ MPa

Combinazione di carico 4		
carico uniforme camp. 1: $q_{d1} =$	3.98	kN/m
carico uniforme camp. 2: $q_{d2} =$	4.25	kN/m
$R_{appoggio\ A} =$	5.76	kN
$R_{appoggio\ B} =$	20.08	kN
$R_{appoggio\ C} =$	6.29	kN
$V_{B1} =$	-9.77	kN
$V_{B2} =$	10.30	kN
$M_B =$	-7.83	kNm
$M_{campata\ 1} =$	4.16	kNm (M_{max}^+ se $M > 0$)
$M_{campata\ 2} =$	4.65	kNm (M_{max}^+ se $M > 0$)



Sollecitazioni massime (valori assoluti)

$V_3 = 10.30$ kN $M_{22} = 7.83$ kNm

Tensioni

$\tau_d = 1,5 V_3 / h_{ef} b_{ef,t} = 1.12$ MPa

$\sigma_{m,2,d} = M_{22} / W_{22} = 15.38$ MPa

Calcolo del coefficiente di sbandamento laterale k_{crit} (sbandamento nel piano debole 1-2). Campata 1

$k_{crit} =$ (formule in funzione di $\lambda_{rel,m}$) =	0.95	secondo (4.4.12) di NTC 17/01/2018
$\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0.5} =$	0.82	snellezza a flessione
$f_{m,k} =$	25.56	Mpa resistenza caratteristica a flessione
$\sigma_{m,crit} = 0,78 b^2 / (l_{3,eff} h) E_{0,05} =$	38.23	Mpa tensione di flessione critica
$l_{3,eff,campata\ 1} =$	3.90	m lunghezza efficace
$E_{0,fi,d} =$	11040	Mpa modulo elastico parallelo caratteristico
$G_{mean} =$	650	Mpa modulo di taglio medio
$E_{mean} =$	11500	Mpa modulo elastico parallelo medio

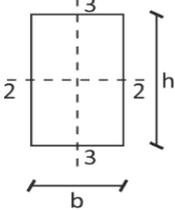
Calcolo del coefficiente di sbandamento laterale k_{crit} (sbandamento nel piano debole 1-2). Campata 2

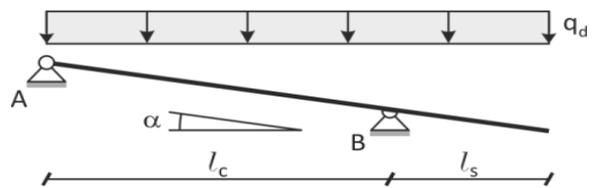
$k_{crit} =$ (formule in funzione di $\lambda_{rel,m}$) =	0.95	secondo (4.4.12) di NTC 17/01/2018
$\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0.5} =$	0.82	snellezza a flessione
$f_{m,k} =$	25.56	Mpa resistenza caratteristica a flessione
$\sigma_{m,crit} = 0,78 b^2 / (l_{3,eff} h) E_{0,05} =$	38.23	Mpa tensione di flessione critica
$l_{3,eff,campata\ 2} =$	3.90	m lunghezza efficace
$E_{0,fi,d} =$	11040	Mpa modulo elastico parallelo caratteristico
$G_{mean} =$	650	Mpa modulo di taglio medio
$E_{mean} =$	11500	Mpa modulo elastico parallelo medio

Verifiche di resistenza. Combinazione di carico 1	
Verifica di resistenza a flessione	
$\eta = \sigma_{m,2,d} / f_{m,fi,d} \leq 1$	$\eta = 0.52 \leq 1$
Verifica di stabilit� (svergolamento)	
$\eta = \sigma_{m,2,d,campata\ 1} / (k_{crit} \cdot f_{m,fi,d}) \leq 1$	$\eta = 0.55 \leq 1$
$\sigma_{m,2,d,campata\ 1} = M_{max} / W_{22} =$	15.38 Mpa
Verifica di stabilit� (svergolamento)	
$\eta = \sigma_{m,2,d,campata\ 2} / (k_{crit} \cdot f_{m,fi,d}) \leq 1$	$\eta = 0.55 \leq 1$
$\sigma_{m,2,d,campata\ 2} = M_{max} / W_{22} =$	15.38 Mpa
Verifica di resistenza a taglio	
$\eta = \tau_d / f_{v,fi,d} \leq 1$	$\eta = 0.28 \leq 1$

Verifiche di resistenza.		Combinazione di carico 2	
Verifica di resistenza a flessione			
$\eta = \sigma_{m,2,d} / f_{m,fi,d} \leq 1$			$\eta = 0.52 \leq 1$
Verifica di stabilità (svergolamento)			
$\eta = \sigma_{m,2,d,campata\ 1} / (k_{crit} \cdot f_{m,fi,d}) \leq 1$			$\eta = 0.55 \leq 1$
$\sigma_{m,2,d,campata\ 1} = M_{max} / W_{22} =$		15.38	Mpa
Verifica di stabilità (svergolamento)			
$\eta = \sigma_{m,2,d,campata\ 2} / (k_{crit} \cdot f_{m,fi,d}) \leq 1$			$\eta = 0.55 \leq 1$
$\sigma_{m,2,d,campata\ 2} = M_{max} / W_{22} =$		15.38	Mpa
Verifica di resistenza a taglio			
$\eta = \tau_d / f_{v,fi,d} \leq 1$			$\eta = 0.28 \leq 1$
Verifiche di resistenza.		Combinazione di carico 3	
Verifica di resistenza a flessione			
$\eta = \sigma_{m,2,d} / f_{m,fi,d} \leq 1$			$\eta = 0.52 \leq 1$
Verifica di stabilità (svergolamento)			
$\eta = \sigma_{m,2,d,campata\ 1} / (k_{crit} \cdot f_{m,fi,d}) \leq 1$			$\eta = 0.55 \leq 1$
$\sigma_{m,2,d,campata\ 1} = M_{max} / W_{22} =$		15.38	Mpa
Verifica di stabilità (svergolamento)			
$\eta = \sigma_{m,2,d,campata\ 2} / (k_{crit} \cdot f_{m,fi,d}) \leq 1$			$\eta = 0.55 \leq 1$
$\sigma_{m,2,d,campata\ 2} = M_{max} / W_{22} =$		15.38	Mpa
Verifica di resistenza a taglio			
$\eta = \tau_d / f_{v,fi,d} \leq 1$			$\eta = 0.28 \leq 1$
Verifiche di resistenza.		Combinazione di carico 4	
Verifica di resistenza a flessione			
$\eta = \sigma_{m,2,d} / f_{m,fi,d} \leq 1$			$\eta = 0.52 \leq 1$
Verifica di stabilità (svergolamento)			
$\eta = \sigma_{m,2,d,campata\ 1} / (k_{crit} \cdot f_{m,fi,d}) \leq 1$			$\eta = 0.55 \leq 1$
$\sigma_{m,2,d,campata\ 1} = M_{max} / W_{22} =$		15.38	Mpa
Verifica di stabilità (svergolamento)			
$\eta = \sigma_{m,2,d,campata\ 2} / (k_{crit} \cdot f_{m,fi,d}) \leq 1$			$\eta = 0.55 \leq 1$
$\sigma_{m,2,d,campata\ 2} = M_{max} / W_{22} =$		15.38	Mpa
Verifica di resistenza a taglio			
$\eta = \tau_d / f_{v,fi,d} \leq 1$			$\eta = 0.28 \leq 1$

Tipologia:	trave inclinata	Elemento:	TRAVE DI COLMO
Vincoli:	appoggio - appoggio - sbalzo	Posizione:	POS06
Norma:	NTC 17/01/2018 + DT206:2018	Note:	...

Tipo materiale: GL24h Materiale legno in controllo qualità	Proprietà del legno secondo la normativa europea UNI EN 14080 (lamellare), EN338 (massiccio), UNI EN 300 (OSB).		
Sezione b = 180 mm h = 520 mm	Valori caratteristici di rigidezza mod. elast. parall. medio $E_{0,mean}$ 11500 MPa mod. elast. parall. caratt. $E_{0,05}$ 9600 MPa mod. elast. ortog. medio $E_{90,mean}$ 300 MPa modulo di taglio medio G_{mean} 650 MPa		
Geometria $\alpha_{trave} = 0.00^\circ$ $l_{campata} = 7.61\text{ m}$ $l_{sbalzo} = 1.24\text{ m}$ $l_{totale} = 8.85\text{ m}$	Valori caratteristici di resistenza flessione $f_{m,k}$ 24.00 MPa traz. parallela alle fibre $f_{t,0,k}$ 19.20 MPa traz. ortog. alle fibre $f_{t,90,k}$ 0.50 MPa compr. parallela alle fibre $f_{c,0,k}$ 24.00 MPa compr. ortog. alle fibre $f_{c,90,k}$ 2.50 MPa taglio e torsione $f_{v,k}$ 3.50 MPa		
Peso proprio del legno 5.00 kN/m ³ q_{G1k} = (peso pr. trave) = 0.47 kN/m	Valori caratteristici di resistenza flessione $f_{m,k}$ 24.00 MPa traz. parallela alle fibre $f_{t,0,k}$ 19.20 MPa traz. ortog. alle fibre $f_{t,90,k}$ 0.50 MPa compr. parallela alle fibre $f_{c,0,k}$ 24.00 MPa compr. ortog. alle fibre $f_{c,90,k}$ 2.50 MPa taglio e torsione $f_{v,k}$ 3.50 MPa		
Carichi agenti per metro quadro passo (o tratto di carico) = 3.85 m q_{G1k} = (permanente, in falda) = 0.14 kN/m² q_{G1k} = (perm non str, in falda) = 1.00 kN/m² q_{Vk} = (variabile, in piano) = 1.25 kN/m²	Lunghezza efficace $l_{3,eff,campata} = 0.88\text{ m}$ $l_{3,eff,sbalzo} = 1.24\text{ m}$		
Classe di servizio: 1 Carichi accidentali: Neve (<1000 m)	perm 1: $q_{G1k} = (q_{G1k} \cdot \text{passo} + q_{ppk}) \cdot \cos\alpha$ 0.99 kN/m perm 2: $q_{G2k} = (q_{G2k} \cdot \text{passo}) \cdot \cos\alpha$ 3.85 kN/m var: $q_{Vk} = q_{Vk} \cdot \text{passo} \cdot \cos^2\alpha$ 4.81 kN/m		
tipo app: intermedio $l_{app} = 180\text{ mm}$ appoggio: cont. $b_{app} = 180\text{ mm}$ dist. bordo a: 1240 mm	Controfreccia: $u_0 = 0\text{ mm}$		
Resistenza al fuoco R60	Limiti di freccia campata $u_{2,ist} \leq l / 300$ $u_{net,fin} \leq l / 200$ $u_{fin} \leq l / 200$ sbalzo $u_{2,ist} \leq l / 150$ $u_{net,fin} \leq l / 100$ $u_{fin} \leq l / 100$		
Valori statici $k_h = 1.01$ $k_{cr} = 1.00$ $b_{ef} = 180\text{ mm}$ $A = b \cdot h = 93600\text{ mm}^2$ $J_{22} = bh^3/12 = 2109120000\text{ mm}^4$ $J_{33} = hb^3/12 = 252720000\text{ mm}^4$ $W_{22} = bh^2/6 = 8112000\text{ mm}^3$ $W_{33} = hb^2/6 = 2808000\text{ mm}^3$ $l_{totale} = 8.85\text{ m}$			



Esito: **OK!**

Verifiche di resistenza		Verifiche di deformazione	
se $\leq 1 \rightarrow ok$		se $\leq 1 \rightarrow ok$	
Flessione	$\sigma_{m,2,d} / f_{m,d} = 0.74$	Freccia istantanea	$u_{2,ist} / u_{2,ist,lim} = 0.35$ campata
Stabilità	$\sigma_{m,2,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,d}) = 0.74$	Freccia netta finale	$u_{net,fin} / u_{net,fin,lim} = 0.60$
Taglio	$\tau_d / f_{v,d} = 0.38$	Freccia netta finale	$u_{fin} / u_{fin,lim} = 0.60$
Compr. app.	$\sigma_{c,90,d} / (k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}) = 0.92$	Freccia istantanea	$u_{2,ist} / u_{2,ist,lim} = *$ sbalzo
		Freccia netta finale	$u_{net,fin} / u_{net,fin,lim} = *$
		Freccia netta finale	$u_{fin} / u_{fin,lim} = *$
Verifiche al fuoco:		Verifiche soddisfatte per R60	

(* = freccia verso l'alto)

Ricerca combinazione più gravosa per SLU

- Combinaz. 1) $F_d = 1,30 G_{1k} + 1,5 G_{2k} \rightarrow k_{mod} = 0.60$
Combinaz. 2) $F_d = 1,30 G_k + 1,5 G_{2k} + 1,50 Q_{var,k} \rightarrow k_{mod} = 0.90$

Forza assiale

Esito ricerca:	comb. 2)		→ $k_{mod} = 0.90$	$R_{assiale\ totale} = 0.00$ kN
Carico di progetto:	$q_d = 14.29$ kN/m			carico assiale totale scaricato dalla trave, compreso peso proprio trave
Carico di progetto:	$q_{d,asse} = 0.00$ kN/m			
$R_{appoggio\ A} = 52.91$ kN	$q_d \cdot l_{totale} - R_{appoggio\ B}$	$M_{appoggio\ B} = -10.98$ kNm	$q_d \cdot l_{sbalzo}^2 / 2$	
$R_{appoggio\ B} = 73.51$ kN	$q_d \cdot l_{tot}^2 / (2 \cdot l_{camp})$	$M = 98.00$ kNm	(max M positivo in campata)	
$V_A = 52.91$ kN	$(R_{appoggio\ A}) \cdot (\cos \alpha_{tr})$	$x = 3.70$ m	(posizione M da appoggio A)	
$V_{B\ campata} = -55.80$ kN	$(R_{app\ B} - q_d \cdot l_{sbalzo}) \cdot (\cos \alpha_{tr})$			
$V_{B\ sbalzo} = 17.71$ kN	$(q_d \cdot l_{sbalzo}) \cdot (\cos \alpha_{tr})$			

Sollecitazioni massime

(azioni assiali trascurate)

$V_3 = 55.80$ kN	
$M_{22} = 98.00$ kNm	

Tensioni

$\tau_d = 1,5 \cdot V_3 / hb_{ef} = 0.89$ MPa	
$\sigma_{m,2,d} = M_{22} / W_{22} = 12.08$ MPa	
$\sigma_{c,90,d} = R_B / (b \cdot l_{app}) = 1.53$ MPa	

Coefficienti

$k_{mod} = 0.90$
$\gamma_M = 1.35$
$k_{mod} / \gamma_M = 0.67$

Reazioni agli appoggi - sollecitazioni non combinate

$R_{appoggio\ A, g1,k} = 3.68$ kN
$R_{appoggio\ A, g2,k} = 14.26$ kN
$R_{appoggio\ A, q,k} = 17.83$ kN
$R_{appoggio\ B, g1,k} = 5.11$ kN
$R_{appoggio\ B, g2,k} = 19.81$ kN
$R_{appoggio\ B, q,k} = 24.77$ kN

Reazioni agli appoggi - c. di c. rara (g+q)

$R_{appoggio\ A, c. di c. rara} = 35.77$ kN
$R_{appoggio\ B, c. di c. rara} = 49.69$ kN

Resistenze di calcolo

$f_{m,d} = k_n \cdot f_{m,k} \cdot k_{mod} / \gamma_M = 16.23$ MPa	
$f_{v,d} = f_{v,k} \cdot k_{mod} / \gamma_M = 2.33$ MPa	
$f_{c,90,d} = f_{c,90,k} \cdot k_{mod} / \gamma_M = 1.67$ MPa	

Calcolo dei coefficienti di sbandamento laterale k_{crit} (sbandamento nel piano debole 1-2)

$k_{crit} =$ (formule in funzione di $\lambda_{rel,m}$)	1.00	secondo (4.4.12) di NTC 17/01/2018
$\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0.5} =$	0.21	snellezza a flessione
$f_{m,k} =$	24.35 MPa	resistenza caratteristica a flessione
$\sigma_{m,crit} = 0,78 \cdot b^2 / (l_{3,eff} \cdot h) \cdot E_{0,05} =$	530.18 MPa	tensione di flessione critica
$l_{3,eff} =$	0.88 m	lunghezza efficace
$E_{0,05} =$	9600 MPa	modulo elastico parallelo caratteristico
$G_{mean} =$	650 MPa	modulo di taglio medio
$E_{mean} =$	11500 MPa	determinato secondo eq. [7.10]

Calcolo del coefficiente di compressione ortogonale $k_{c,90}$

$l_{app-calcolo} =$	266.7 mm	determinato secondo eq. [7.10]
$k_{c,90} =$	1.00	parametro

Verifica di resistenza a flessione

$$\eta = \sigma_{m,2,d} / f_{m,d} \leq 1 \quad \eta = 0.74 \leq 1$$

Verifica di stabilità (svergolamento)

$$\eta = \sigma_{m,2,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,d}) \leq 1 \quad \eta = 0.74 \leq 1$$

Verifica di resistenza a taglio

$$\eta = \tau_d / f_{v,d} \leq 1 \quad \eta = 0.38 \leq 1$$

Verifica a compressione all'appoggio

$$\eta = \sigma_{c,90,d} / (k_{c,90,d} \cdot f_{c,90,d}) \leq 1 \quad \eta = 0.92 \leq 1$$

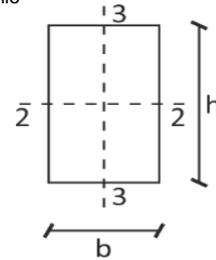
Verifica della freccia di inflessione

Controfreccia: $u_0 = 0$ mm

Valori di deformata: campata >0 se verso il basso

Valori di deformata: sbalzo >0 se verso l'alto

NOTA: per il calcolo della controfreccia dello sbalzo si ammette che l'andamento della controfreccia sia circolare



Componenti della freccia di inflessione:

u_1	freccia dovuta ai carichi permanenti
u_2	freccia dovuta ai carichi variabili
$u_{net} = u_1 + u_2 - u_0$	freccia netta (finale al netto della controfreccia)
$u_{fin} = u_1 + u_2$	freccia finale (o freccia totale)

Limiti:

Campata:	$u_{2,ist} \leq l_{campata} /$	300	=	25.37	mm	$l_{campata} =$	7.61	m
	$u_{net,fin} \leq l_{campata} /$	200	=	38.05	mm			
	$u_{fin} \leq l_{campata} /$	200	=	38.05	mm			
Sbalzo:	$u_{2,ist} \leq l_{sbalzo} /$	150	=	8.27	mm	$l_{sbalzo} =$	1.24	m
	$u_{net,fin} \leq l_{sbalzo} /$	100	=	12.40	mm			
	$u_{fin} \leq l_{campata} /$	100	=	12.40	mm			

Parametri:

$G_{mean} =$	650	MPa
$E_{mean} =$	11500	MPa
$q_{G1k} =$	0.99	kN/m
$q_{G2k} =$	3.85	kN/m
$q_{Vk} =$	4.81	kN/m
$l_{campata,\alpha} =$	7.61	m
$l_{sbalzo,\alpha} =$	1.24	m
$\alpha_{trave} =$	0.00	°

Valori di k_{def} secondo la tabella 4.4.V di NTC 17/01/2018:		
Classe di servizio della struttura:		1
Coefficienti:	$k_{def} =$	0.60
	$\Psi_{2i} =$	0.00

Verifica della freccia istantanea $u_{2,ist}$ per i soli carichi variabili

$q = q_{Vk} = 4.81$ kN/m

Campata

$u_{2,ist} = q l_{camp}^4 (5 l_{camp}^2 - 12 l_{sb}^2) (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l_{camp}^3 / (8 G_{mean} A) = 8.80$ mm

$\eta = u_{2,ist} / u_{2,ist,lim} \quad \eta = 0.35$ OK

Sbalzo (deformata a taglio trascurata)

$u_{2,ist} = [q l_{camp}^3 l_{sb} - q l_{sb}^3 (4 l_{camp} + 3 l_{sb})] (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (24 E_{0,mean} J_{22}) = 3.98$ mm

$\eta = u_{2,ist} / u_{2,ist,lim}$ (valore assoluto) freccia verso l'alto

Verifica della freccia netta finale $u_{net,fin}$

$q = (q_{G1k} + q_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + q_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) = 12.56$ kN/m

Campata

$u_{net,fin} = q l_{camp}^4 (5 l_{camp}^2 - 12 l_{sb}^2) (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l_{camp}^3 / (8 G_{mean} A) - u_0 = 22.97$ mm

$\eta = u_{net,fin} / u_{net,fin,lim} \quad \eta = 0.60$ OK

Sbalzo (deformata a taglio trascurata)

$u_{net,fin} = [q l_{camp}^3 l_{sb} - q l_{sb}^3 (4 l_{camp} + 3 l_{sb})] (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (24 E_{0,mean} J_{22}) - u_{0, sb} = 10.39$ mm

$\eta = u_{net,fin} / u_{net,fin,lim}$ (valore assoluto) freccia verso l'alto

Verifica della freccia totale finale u_{fin}

$q = (q_{G1k} + q_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + q_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) = 12.56$ kN/m

Campata

$u_{fin} = q l_{camp}^4 (5 l_{camp}^2 - 12 l_{sb}^2) (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l_{camp}^3 / (8 G_{mean} A) = 22.97$ mm

$\eta = u_{fin} / u_{fin,lim} \quad \eta = 0.60$ OK

Sbalzo (deformata a taglio trascurata)

$u_{fin} = [q l_{camp}^3 l_{sb} - q l_{sb}^3 (4 l_{camp} + 3 l_{sb})] (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (24 E_{0,mean} J_{22}) = 10.39$ mm

$\eta = u_{fin} / u_{fin,lim}$ (valore assoluto) freccia verso l'alto

Sezione integra

b = 180 mm
h = 520 mm

Metodo della sezione efficace

$\beta_n = 0.7$ mm/min
 $t_{fi,req} = 60.0$ min
 $d_{char} = \beta_n t_{fi,req} = 42.0$ mm
 $k_0 = 1.00$
 $d_0 = 7.0$ mm
 $d_{ef} = d_{char} + k_0 d_0 = 49.0$ mm

N.° superfici esposte al fuoco

lateralmente:	2
riduzione di b:	2 d _{ef}
inferiormente e superiormente:	1
riduzione di h:	1 d _{ef}

Sezione efficace

$b_{ef} = 82.0$ mm
 $h_{ef} = 471.0$ mm
 $b_{ef,\tau} = 82$ mm
 $A = b_{ef} h_{ef} = 38622$ mm²
 $J_{22} = b_{ef} h_{ef}^3 / 12 = 713995259$ mm⁴
 $W_{22} = b_{ef} h_{ef}^2 / 6 = 3031827$ mm³

Lunghezza efficace (per sbandamento nel piano debole 1-2)

$l_{3,eff} = 0.88$ m (campata)
 $l_{3,eff} = 1.24$ m (sbalzo)

Combinazione di carico

$\Psi_{2,i} = 0.00$
 $F_d = 1,0 G_{1k} + 1,0 G_{2k} + \Psi_{2,1} Q_{var,k} \rightarrow q_d = 4.84$ kN/m

Sollecitazioni massime (azioni assiali trascurate)

$V_3 = 18.92$ kN
 $M_{22} = 33.23$ kNm
 $R_{appoggio B} = 24.93$ kN

Tensioni di progetto

$\tau_d = 1,5 V_3 / h_{ef} b_{ef\tau} = 0.73$ Mpa
 $\sigma_{m,2,d} = M_{22} / W_{22} = 10.96$ Mpa

Calcolo dei coefficienti di sbandamento laterale k_{crit} (sbandamento nel piano debole 1-2) e di $k_{c,90}$

$k_{crit} =$ (formule in funzione di $\lambda_{rel,m}$) = 1.00 secondo (4.4.12) di NTC 17/01/2018
 $\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0.5} = 0.50$ snellezza a flessione
 $f_{m,k} = 24.35$ Mpa resistenza caratteristica a flessione
 $\sigma_{m,crit} = 0,78 b^2 / (l_{3,eff} h) E_{0,05} = 99.14$ Mpa tensione di flessione critica
 $l_{3,eff} = 1.24$ m lunghezza efficace
 $E_{0,fi,d} = 11040$ Mpa modulo elastico parallelo caratteristico

Calcolo del coefficiente di compressione ortogonale $k_{c,90}$

$l_{app-calcolo} = 258.5$ mm determinato secondo eq. [7.10]
 $k_{c,90} = 1.00$ parametro

Verifica di resistenza a flessione

$\eta = \sigma_{m,2,d} / f_{m,fi,d} \leq 1$

$\eta = 0.40 \leq 1$

Verifica di stabilità (svergolamento)

$\eta = \sigma_{m,2,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,fi,d}) \leq 1$

$\eta = 0.40 \leq 1$

Verifica di resistenza a taglio

$\eta = \tau_d / f_{v,fi,d} \leq 1$

$\eta = 0.18 \leq 1$

Verifica a compressione all'appoggio

$\eta = \sigma_{c,90,d} / (k_{c,90,d} f_{c,90,d}) \leq 1$

$\eta = 0.41 \leq 1$

Resistenza al fuoco richiesta:

R 60

LEGNO LAMELLARE GL24h

Valori di calcolo dei moduli di elasticità

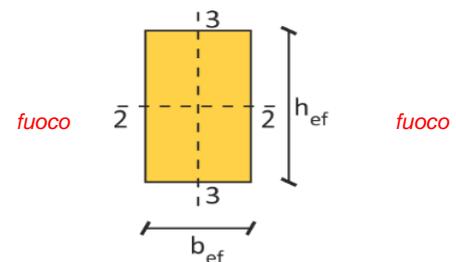
mod. elast. parall. $E_{0,fi,d} = 11040$ MPa
mod. elast. ortog. $E_{90,fi,d} = 345$ MPa
modulo di taglio $G_{fi,d} = 748$ MPa

Valori di calcolo di resistenza

flessione $f_{m,fi,d} = 27.60$ MPa
traz. parallela alle fibre $f_{t,0,fi,d} = 22.08$ MPa
traz. ortog. alle fibre $f_{t,90,fi,d} = 0.58$ MPa
compr. parallela alle fibre $f_{c,0,fi,d} = 27.60$ MPa
compr. ortog. alle fibre $f_{c,90,fi,d} = 2.88$ MPa
taglio $f_{v,fi,d} = 4.03$ MPa

Coefficienti di calcolo utilizzati:

$k_{mod,fi} = 1.00$
 $k_{fi} = 1.15$
 $\gamma_{M,fi} = 1.00$
} $k_{mod,fi} k_{fi} / \gamma_{M,fi} = 1.15$



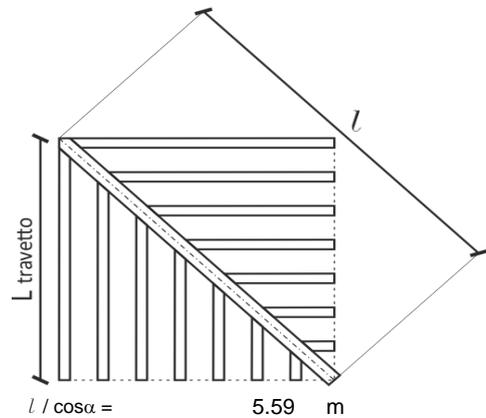
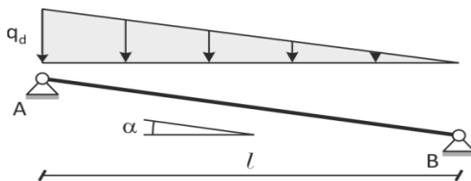
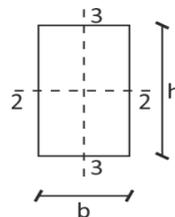
fuoco

Tipologia: trave inclinata - displuvio	Elemento: DISPLUVIO
Vincoli: appoggio - appoggio	Posizione: POS07
Norma: NTC 17/01/2018 + DT206:2018	Note: ...

Tipo materiale: GL24h	Proprietà del legno secondo la normativa europea UNI EN 14080 (lamellare), EN338 (massiccio), UNI EN 300 (OSB).		
Materiale legno in controllo qualità			
Sezione	Valori caratteristici di rigidezza		
b = 160 mm	mod. elast. parall. medio	$E_{0,mean}$	11500 MPa
h = 280 mm	mod. elast. parall. caratt.	$E_{0,05}$	9600 MPa
L travetto pianta sul displ. = 3.77 m	mod. elast. ortog. medio	$E_{90,mean}$	300 MPa
(tratto di carico massimo sul displuvio)	modulo di taglio medio	G_{mean}	650 MPa
Geometria	Valori caratteristici di resistenza		
$\alpha_{tetto} = 24.20^\circ$	flessione	$f_{m,k}$	24.00 MPa
$\alpha_{displ.} = 17.63^\circ$	traz. parallela alle fibre	$f_{t,0,k}$	19.20 MPa
$l = 5.33 m$	traz. ortog. alle fibre	$f_{t,90,k}$	0.50 MPa
Peso proprio del legno	compr. parallela alle fibre	$f_{c,0,k}$	24.00 MPa
$q_{G1k} = (\text{peso pr. trave}) = 0.22 \text{ kN/m}$	compr. ortog. alle fibre	$f_{c,90,k}$	2.50 MPa
Carichi agenti per metro quadro	taglio e torsione	$f_{v,k}$	3.50 MPa
$q_{G1k} = (\text{permanente}) = 0.00 \text{ kN/m}^2$	Lunghezza efficace		
$q_{G2k} = (\text{perm non str}) = 1.00 \text{ kN/m}^2$	$l_{3,eff} = 5.59 m$		
$q_{Vk} = (\text{variabile}) = 1.25 \text{ kN/m}^2$	perm. max: $q_{G1k} = (q_{G1k} \cdot L + q_{PPk}) \cdot \cos \alpha_{displ.} = 0.00 \text{ kN/m}$		
Classe di servizio: 1	perm non str max: $q_{G2k} = (q_{G2k} \cdot L) \cdot \cos \alpha_{displ.} = 2.65 \text{ kN/m}$		
Carichi accidentali: Neve (<1000 m)	var. max: $q_{Vk} = q_{Vk} \cdot \text{passo} \cdot \cos^2 \alpha_{displ.} = 3.03 \text{ kN/m}$		
tipo app: estremità $l_{app} = 100 \text{ mm}$	Controfreccia: $u_0 = 0 \text{ mm}$		
appoggio: discont. $b_{app} = 160 \text{ mm}$	Limiti di freccia		
dist. bordo a: 0 mm	$u_{2,ist} \leq l / 300$		
Resistenza al fuoco R60	$u_{net,fin} \leq l / 200$		
	$u_{fin} \leq l / 200$		

Valori statici

$k_h = 1.08$
$k_{cr} = 1.00$
$b_{ef} = 160 \text{ mm}$
$A = b \cdot h = 44800 \text{ mm}^2$
$J_{22} = bh^3/12 = 292693333 \text{ mm}^4$
$J_{33} = hb^3/12 = 95573333 \text{ mm}^4$
$W_{22} = bh^2/6 = 2090667 \text{ mm}^3$
$W_{33} = hb^2/6 = 1194667 \text{ mm}^3$



Verifiche di resistenza		Verifiche di deformazione	
se $\leq 1 \rightarrow \text{ok}$		se $\leq 1 \rightarrow \text{ok}$	
Flessione	$\sigma_{m,2,d} / f_{m,d} = 0.50$	Freccia istantanea	$u_{2,ist} / u_{2,ist,lim} = 0.31$
Stabilità	$\sigma_{m,2,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,d}) = 0.50$	Freccia netta finale	$u_{net,fin} / u_{net,fin,lim} = 0.54$
Taglio	$\tau_d / f_{v,d} = 0.24$	Freccia finale	$u_{fin} / u_{fin,lim} = 0.54$
Compr. app.	$\sigma_{c,90,d} / (k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}) = 0.45$		
Verifiche al fuoco:		Verifiche soddisfatte per R60	

Esito: **OK!**

Ricerca combinazione più gravosa per SLU

Combinaz. 1) $F_d = 1,30 G_{1k} + 1,5 G_{2k}$	$\rightarrow k_{mod} = 0.60$
Combinaz. 2) $F_d = 1,30 G_k + 1,5 G_{2k} + 1,50 Q_{var,k}$	$\rightarrow k_{mod} = 0.90$

Esito ricerca: comb. 2) → $k_{mod} = 0.90$
 Carico di progetto: $q_d = 8.52$ kN/m
 Carico di progetto: $q_{d,asse} = 2.71$ kN/m

Forza assiale
 $R_{assiale\ totale} = 8.05$ kN
 carico assiale totale scaricato dalla trave, compreso peso proprio trave

$R_{appoggio\ A} = 17.49$ kN ($q_d l / 3$)
 $R_{appoggio\ B} = 9.15$ kN ($q_d l / 6$)
 $V_A = 16.67$ kN ($R_{appoggio\ A} \cos\alpha_{displ}$)
 $V_B = 8.72$ kN ($R_{appoggio\ B} \cos\alpha_{displ}$)
 $M_{campata} = 18.19$ kNm ($q_d l^2 / 15,588$)

Sollecitazioni massime
 (azioni assiali trascurate)

$V_3 = 16.67$ kN
 $M_{22} = 18.19$ kNm

Tensioni

$\tau_d = 1,5 V_3 / hb_{ef} = 0.56$ MPa
 $\sigma_{m,2,d} = M_{22} / W_{22} = 8.70$ MPa
 $\sigma_{c,90,d} = R_A / (b l_{app}) = 0.75$ MPa

Coefficienti

$k_{mod} = 0.90$
 $\gamma_M = 1.35$
 $k_{mod} / \gamma_M = 0.67$

Reazioni agli appoggi - sollecitazioni non combinate

$R_{appoggio\ A, g1,k} =$	0.63	kN
$R_{appoggio\ A, g2,k} =$	5.19	kN
$R_{appoggio\ A, q,k} =$	5.92	kN
$R_{appoggio\ B, g1,k} =$	0.63	kN
$R_{appoggio\ B, g2,k} =$	2.60	kN
$R_{appoggio\ B, q,k} =$	2.96	kN

Reazioni agli appoggi - c. di c. rara (g+q)

$R_{appoggio\ A, c. di c. rara} =$	11.74	kN
$R_{appoggio\ B, c. di c. rara} =$	6.18	kN

Resistenze di calcolo

$f_{m,d} = k_h f_{m,k} k_{mod} / \gamma_M = 17.27$ MPa
 $f_{v,d} = f_{v,k} k_{mod} / \gamma_M = 2.33$ MPa
 $f_{c,90,d} = f_{c,90,k} k_{mod} / \gamma_M = 1.67$ MPa

Calcolo del coefficiente di sbandamento laterale k_{crit} (sbandamento nel piano debole 1-2)

$k_{crit} =$ (formule in funzione di $\lambda_{rel,m}$) 1.00 secondo (4.4.12) di NTC 17/01/2018
 $\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0.5} = 0.46$ snellezza a flessione
 $f_{m,k} = 25.90$ MPa resistenza caratteristica a flessione
 $\sigma_{m,crit} = 0,78 b^2 / (l_{3,eff} h) E_{0,05} = 122.38$ MPa tensione di flessione critica
 $l_{3,eff} = 5.59$ m lunghezza efficace
 $E_{0,05} = 9600$ MPa modulo elastico parallelo caratteristico
 $G_{mean} = 650$ MPa modulo di taglio medio
 $E_{mean} = 11500$ MPa modulo elastico parallelo medio

Calcolo del coefficiente di compressione ortogonale $k_{c,90}$

$l_{app-calcolo} = 146.66667$ mm determinato secondo eq. [7.10]
 $k_{c,90} = 1.00$ parametro

Verifica di resistenza a flessione

$\eta = \sigma_{m,2,d} / f_{m,d} \leq 1$ $\eta = 0.50 \leq 1$

Verifica di stabilità (svergolamento)

$\eta = \sigma_{m,2,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,d}) \leq 1$ $\eta = 0.50 \leq 1$

Verifica di resistenza a taglio

$\eta = \tau_d / f_{v,d} \leq 1$ $\eta = 0.24 \leq 1$

Verifica a compressione all'appoggio

$\eta = \sigma_{c,90,d} / (k_{c,90,d} f_{c,90,d}) \leq 1$ $\eta = 0.45 \leq 1$

Verifica della freccia di inflessione

Controfreccia: $u_0 = 0$ mm

Valori di deformata >0 se verso il basso

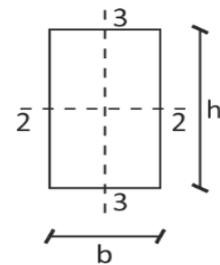
Componenti della freccia di inflessione:

u_1 freccia dovuta ai carichi permanenti
 u_2 freccia dovuta ai carichi variabili
 $u_{net} = u_1 + u_2 - u_0$ freccia netta (finale al netto della controfreccia)
 $u_{fin} = u_1 + u_2$ freccia finale (o freccia totale)

Limiti:

$u_{2,ist} \leq l /$	300	=	18.65	mm
$u_{net,fin} \leq l /$	200	=	27.97	mm
$u_{fin} \leq l /$	200	=	27.97	mm

$l = 5.59$ m



Parametri:

$G_{mean} = 650$ MPa
 $E_{mean} = 11500$ MPa
 $q_{G1k} = 0.00$ kN/m
 $q_{G2k} = 2.65$ kN/m
 $q_{Vk} = 3.03$ kN/m

Valori di k_{def} secondo la tabella 4.4.V di NTC 17/01/2018:

Classe di servizio della struttura:	1
Coefficienti:	
$k_{def} =$	0.60
$\Psi_{2i} =$	0.00

Verifica della freccia istantanea $u_{2,ist}$ per i soli carichi variabili

$q = q_{Vk} = 3.03$ kN/m

$u_{2,ist} = 0,00652 q l^4 / E_{0,mean} J_{22} = 5.74$ mm

$\eta = u_{2,ist} / u_{2,ist,lim} = 0.31$ OK

Verifica della freccia netta finale $u_{net,fin}$

$q = (q_{G1k} + q_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + q_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) = 7.27$ kN/m

$u_{net,fin} = 0,00652 q l^4 / E_{0,mean} J_{22} - 0,9614 u_0 = 15.15$ mm

$\eta = u_{net,fin} / u_{net,fin,lim} = 0.54$ OK

Verifica della freccia totale finale u_{fin}

$q = (q_{G1k} + q_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + q_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) = 7.27$ kN/m

$u_{fin} = 0,00652 q l^4 / E_{0,mean} J_{22} = 15.15$ mm

$\eta = u_{fin} / u_{fin,lim} = 0.54$ OK

Sezione integra

b = 160 mm
h = 280 mm

Metodo della sezione efficace

$\beta_n = 0.7$ mm/min
 $t_{fi,req} = 60.0$ min
 $d_{char} = \beta_n t_{fi,req} = 42.0$ mm
 $k_0 = 1.00$
 $d_0 = 7.0$ mm
 $d_{ef} = d_{char} + k_0 d_0 = 49.0$ mm

N.° superfici esposte al fuoco

lateralmente:	2
riduzione di b:	2 d_{ef}
inferiormente e superiormente:	2
riduzione di h:	2 d_{ef}

Sezione efficace

$b_{ef} = 62.0$ mm
 $h_{ef} = 182.0$ mm
 $b_{ef,\tau} = 62$ mm
 $A = b_{ef} h_{ef} = 11284$ mm²
 $J_{22} = b_{ef} h_{ef}^3 / 12 = 31147601$ mm⁴
 $W_{22} = b_{ef} h_{ef}^2 / 6 = 342281$ mm³

Combinazione di carico $\Psi_{2,i} = 0.00$

$F_d = 1,0 G_{1k} + 1,0 G_{2k} + \Psi_{2,1} Q_{var} \rightarrow q_d = 2.65$ kN/m

Sollecitazioni massime (azioni assiali trascurate)

$V_3 = 5.55$ kN
 $M_{22} = 6.16$ kNm

Tensioni di progetto

$\tau_d = 1,5 V_3 / h_{ef} b_{ef,\tau} = 0.74$ Mpa
 $\sigma_{m,2,d} = M_{22} / W_{22} = 18.01$ Mpa

Lunghezza efficace

$l_{03} = 5.59$ m (per sbandamento nel piano debole 1-2)

Calcolo dei coefficienti di sbandamento laterale k_{crit} (sbandamento nel piano debole 1-2) e di $k_{c,90}$

$k_{crit} =$ (formule in funzione di $\lambda_{rel,m}$) = 0.89 secondo (4.4.12) di NTC 17/01/2018
 $\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0.5} = 0.89$ snellezza a flessione
 $f_{m,k} = 25.90$ Mpa resistenza caratteristica a flessione
 $\sigma_{m,crit} = 0,78 b^2 / (l_{3,eff} h) E_{0,05} = 32.51$ Mpa tensione di flessione critica
 $l_{3,eff} = 5.59$ m lunghezza efficace
 $E_{0,fi,d} = 11040$ Mpa modulo elastico parallelo caratteristico

Calcolo del coefficiente di compressione ortogonale $k_{c,90}$

$l_{app-calcolo} = 130.33333$ mm determinato secondo eq. [7.10]
 $k_{c,90} = 1.00$ parametro

Verifica di resistenza a flessione

$\sigma_{m,2,d} / f_{m,fi,d} \leq 1$ $\eta = 0.65 \leq 1$

Verifica di stabilità (svergolamento)

$\sigma_{m,2,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,fi,d}) \leq 1$ $\eta = 0.73 \leq 1$

Verifica di resistenza a taglio

$\tau_d / f_{v,fi,d} \leq 1$ $\eta = 0.18 \leq 1$

Verifica a compressione all'appoggio

$\sigma_{c,90,d} / (k_{c,90,d} f_{c,90,d}) \leq 1$ $\eta = 0.25 \leq 1$

Resistenza al fuoco richiesta:

R 60

LEGNO LAMELLARE GL24h

Valori di calcolo dei moduli di elasticità

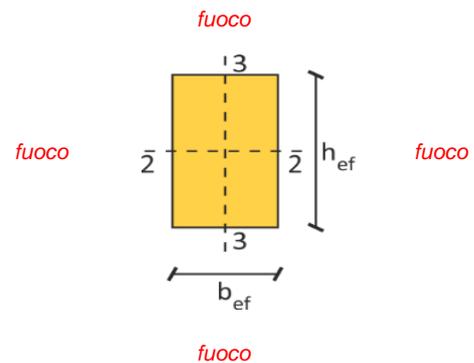
mod. elast. parall. $E_{0,fi,d} = 11040$ MPa
mod. elast. ortog. $E_{90,fi,d} = 345$ MPa
modulo di taglio $G_{fi,d} = 748$ MPa

Valori di calcolo di resistenza

flessione $f_{m,fi,d} = 27.60$ MPa
traz. parallela alle fibre $f_{t,0,fi,d} = 22.08$ MPa
traz. ortog. alle fibre $f_{t,90,fi,d} = 0.58$ MPa
compr. parallela alle fibre $f_{c,0,fi,d} = 27.60$ MPa
compr. ortog. alle fibre $f_{c,90,fi,d} = 2.88$ MPa
taglio $f_{v,fi,d} = 4.03$ MPa

Coefficienti di calcolo utilizzati:

$k_{mod,fi} = 1.00$
 $k_{fi} = 1.15$
 $\gamma_{M,fi} = 1.00$
} $k_{mod,fi} k_{fi} / \gamma_{M,fi} = 1.15$

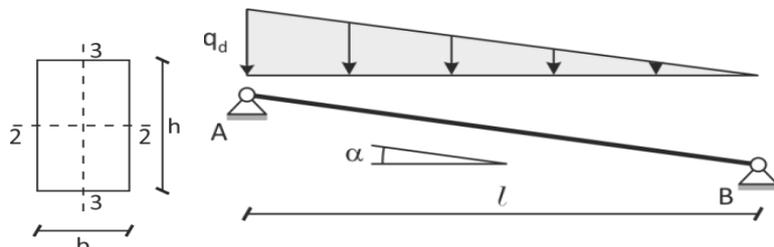


Tipologia: trave con carico triangolare	Elemento: COLMO ABBAINO
Vincoli: appoggio - appoggio	Posizione: POS08
Norma: NTC 17/01/2018 + DT206:2018	Note: ...

Tipo materiale: GL24h	Proprietà del legno secondo la normativa europea UNI EN 14080 (lamellare), EN338 (massiccio), UNI EN 300 (OSB).	
Materiale legno in controllo qualità		
Sezione	Valori caratteristici di rigidezza	
b = 140 mm	mod. elast. parall. medio $E_{0,mean}$	11500 MPa
h = 280 mm	mod. elast. parall. caratt. $E_{0,05}$	9600 MPa
Geometria	mod. elast. ortog. medio $E_{90,mean}$	300 MPa
$\alpha = 0.00^\circ$	modulo di taglio medio G_{mean}	650 MPa
$l = 4.29$ m	Valori caratteristici di resistenza	
Peso proprio del legno 5.00 kN/m ³	flessione $f_{m,k}$	24.00 MPa
q_{G1k} (peso pr. trave) = 0.20 kN/m	traz. parallela alle fibre $f_{t,0,k}$	19.20 MPa
Carichi agenti per metro quadro	traz. ortog. alle fibre $f_{t,90,k}$	0.50 MPa
q_{G1k} (permanente, in falda) = 0.00 kN/m ²	compr. parallela alle fibre $f_{c,0,k}$	24.00 MPa
q_{G2k} (perm non str, in falda) = 1.00 kN/m ²	compr. ortog. alle fibre $f_{c,90,k}$	2.50 MPa
q_{Vk} (variabile, in pianta) = 1.25 kN/m ²	taglio e torsione $f_{v,k}$	3.50 MPa
Tratti di carico	Lunghezza efficace	
massimo (punto A): 3.20 m	$l_{3,eff} = 3.65$ m	
minimo (punto B): 0.00 m	perm. max: $q_{G1k} = q_{G1k} \cdot \text{PASSO} \cdot \cos\alpha$	0.00 kN/m
Classe di servizio: 1	perm. max: $q_{G2k} = q_{G2k} \cdot \text{PASSO} \cdot \cos\alpha$	3.20 kN/m
Carichi accidentali: Neve (<1000 m)	var. max: $q_{Vk} = q_{Vk} \cdot \text{PASSO} \cdot \cos^2\alpha$	4.00 kN/m
tipo app: estremità $l_{,app} = 100$ mm	Controfreccia: $u_0 = 0$ mm	
appoggio: discont. $b_{,app} = 140$ mm	Limiti di freccia	
dist. bordo a: 0 mm	$u_{2,ist} \leq l / 300$	300
Resistenza al fuoco: R60	$u_{net,fin} \leq l / 200$	200
	$u_{fin} \leq l / 200$	200

Valori statici

$k_h = 1.08$
$k_{cr} = 1.00$
$b_{ef} = 140$ mm
$A = b \cdot h = 39200$ mm ²
$J_{22} = bh^3/12 = 256106667$ mm ⁴
$J_{33} = hb^3/12 = 64026667$ mm ⁴
$W_{22} = bh^2/6 = 1829333$ mm ³
$W_{33} = hb^2/6 = 914667$ mm ³
$l = 4.29$ m
$l_\alpha = l / \cos\alpha = 4.29$ m



Verifiche di resistenza		Verifiche di deformazione	
se $\leq 1 \rightarrow ok$		se $\leq 1 \rightarrow ok$	
Flessione	$\sigma_{m,2,d} / f_{m,d} = 0.42$	Freccia istantanea	$u_{2,ist} / u_{2,ist,lim} = 0.21$
Stabilità	$\sigma_{m,2,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,d}) = 0.42$	Freccia netta finale	$u_{net,fin} / u_{net,fin,lim} = 0.34$
Taglio	$\tau_d / f_{v,d} = 0.26$	Freccia finale	$u_{fin} / u_{fin,lim} = 0.34$
Compr. app.	$\sigma_{c,90,d} / (k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}) = 0.47$		
Verifiche al fuoco:		Verifiche soddisfatte per R60	

Esito: **OK!**

Ricerca combinazione più gravosa per SLU

Combinaz. 1)	$F_d = 1,30 G_{1k} + 1,5 G_{2k}$	$\rightarrow k_{mod} = 0.60$
Combinaz. 2)	$F_d = 1,30 G_k + 1,5 G_{2k} + 1,50 Q_{var,k}$	$\rightarrow k_{mod} = 0.90$

Forza assiale

$R_{assiale\ totale} = 0.00$

kN carico assiale totale scaricato dalla trave, compreso peso proprio trave

Esito ricerca:

comb. 2) $\rightarrow k_{mod} = 0.90$

Carico di progetto: $q_d = 10.80$ kN/m carico triangolare ortogonale all'asse (valore max in A)

Carico di progetto: $q_{d,asse} = 0.00$ kN/m carico triangolare parallelo all'asse (valore max in A)

$R_{\text{appoggio A}} =$	15.99	KN (verticali)
$R_{\text{appoggio B}} =$	8.27	KN (verticali)
$V_A =$	15.99	kN ($q_d l_\alpha / 3$)
$V_B =$	8.27	kN ($q_d l_\alpha / 6$)
$M_{\text{campata}} =$	13.34	kNm ($q_d l_\alpha^2 / 15,588$)

Sollecitazioni massime

(azioni assiali trascurate)

$V_3 =$	15.99	kN
$M_{22} =$	13.34	kNm

Tensioni

$\tau_d = 1,5 V_3 / hb_{ef} =$	0.61	MPa
$\sigma_{m,2,d} = M_{22} / W_{22} =$	7.29	MPa
$\sigma_{c,90,d} = R_A \cos\alpha / (b l_{app}) =$	0.78	MPa

Reazioni agli appoggi - sollecitazioni non combinate

$R_{\text{appoggio A, g1,k}} =$	0.42	kN
$R_{\text{appoggio A, g2,k}} =$	4.58	kN
$R_{\text{appoggio A, q,k}} =$	5.72	kN
$R_{\text{appoggio B, g1,k}} =$	0.42	kN
$R_{\text{appoggio B, g2,k}} =$	2.29	kN
$R_{\text{appoggio B, q,k}} =$	2.86	kN

Reazioni agli appoggi - c. di c. rara (g+q)

$R_{\text{appoggio A, c. di c. rara}} =$	10.72	kN
$R_{\text{appoggio B, c. di c. rara}} =$	5.57	kN

Coefficienti

$k_{\text{mod}} =$	0.90
$\gamma_M =$	1.35
$k_{\text{mod}} / \gamma_M =$	0.67

Resistenze di calcolo

$f_{m,d} = k_h f_{m,k} k_{\text{mod}} / \gamma_M =$	17.27	MPa
$f_{v,d} = f_{v,k} k_{\text{mod}} / \gamma_M =$	2.33	MPa
$f_{c,90,d} = f_{c,90,k} k_{\text{mod}} / \gamma_M =$	1.67	MPa

Calcolo del coefficiente di sbandamento laterale k_{crit} (sbandamento nel piano debole 1-2)

$k_{\text{crit}} =$ (formule in funzione di $\lambda_{\text{rel,m}}$)	1.00	secondo (4.4.12) di NTC 17/01/2018
$\lambda_{\text{rel,m}} = (f_{m,k} / \sigma_{m,\text{crit}})^{0.5} =$	0.42	snellezza a flessione
$f_{m,k} =$	25.90	MPa resistenza caratteristica a flessione
$\sigma_{m,\text{crit}} = 0,78 b^2 / (l_{3,\text{eff}} h) E_{0,05} =$	143.74	MPa tensione di flessione critica
$l_{3,\text{eff}} =$	3.65	m lunghezza efficace
$E_{0,05} =$	9600	MPa modulo elastico parallelo caratteristico
$G_{\text{mean}} =$	650	MPa modulo di taglio medio
$E_{\text{mean}} =$	11500	MPa modulo elastico parallelo medio

Calcolo del coefficiente di compressione ortogonale $k_{c,90}$

$l_{\text{app-calcolo}} =$	146.66667	mm	determinato secondo eq. [7.10]
$k_{c,90} =$	1.00		parametro

Verifica di resistenza a flessione

$$\eta = \sigma_{m,2,d} / f_{m,d} \leq 1 \quad \eta = 0.42 \leq 1$$

Verifica di stabilità (svergolamento)

$$\eta = \sigma_{m,2,d} / (k_{\text{crit}} \cdot f_{m,d}) \leq 1 \quad \eta = 0.42 \leq 1$$

Verifica di resistenza a taglio

$$\eta = \tau_d / f_{v,d} \leq 1 \quad \eta = 0.26 \leq 1$$

Verifica a compressione all'appoggio

$$\eta = \sigma_{c,90,d} / (k_{c,90,d} f_{c,90,d}) \leq 1 \quad \eta = 0.47 \leq 1$$

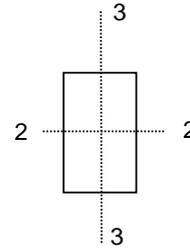
Verifica della freccia di inflessione

Controfreccia: $u_0 = 0$ mm

Valori di deformata >0 se verso il basso

Componenti della freccia di inflessione:

u_1 freccia dovuta ai carichi permanenti
 u_2 freccia dovuta ai carichi variabili
 $u_{net} = u_1 + u_2 - u_0$ freccia netta (finale al netto della controfreccia)
 $u_{fin} = u_1 + u_2$ freccia finale (o freccia totale)



Limiti:

$u_{2,ist} \leq l_\alpha /$	300	=	14.30	mm
$u_{net,fin} \leq l_\alpha /$	200	=	21.45	mm
$u_{fin} \leq l_\alpha /$	200	=	21.45	mm
$l_\alpha =$	4.29			m

Parametri:

$G_{mean} = 650$ MPa
 $E_{mean} = 11500$ MPa
 $q_{G1k} = 0.00$ kN/m
 $q_{G2k} = 3.20$ kN/m
 $q_{Vk} = 4.00$ kN/m

Valori di k_{def} secondo la tabella 4.4.V di NTC 17/01/2018:

Classe di servizio della struttura:	1
Coefficienti:	
$k_{def} =$	0.60
$\Psi_{2i} =$	0.00

Verifica della freccia istantanea $u_{2,ist}$ per i soli carichi variabili

$q = q_{Vk} = 4.00$ kN/m

$u_{2,ist} = 0,00652 q l_\alpha^4 / E_{0,mean} J_{22} = 3.00$ mm

$\eta = u_{2,ist} / u_{2,ist,lim} = 0.21$ OK

Verifica della freccia netta finale $u_{net,fin}$

$q = (q_{G1k} + q_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + q_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) = 9.12$ kN/m

$u_{net,fin} = 0,00652 q l_\alpha^4 / E_{0,mean} J_{22} - 0,9614 u_0 = 7.34$ mm

$\eta = u_{net,fin} / u_{net,fin,lim} = 0.34$ OK

Verifica della freccia totale finale u_{fin}

$q = (q_{G1k} + q_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + q_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) = 9.12$ kN/m

$u_{fin} = 0,00652 q l_\alpha^4 / E_{0,mean} J_{22} = 7.34$ mm

$\eta = u_{fin} / u_{fin,lim} = 0.34$ OK

Sezione integra

b = 140 mm
h = 280 mm

Metodo della sezione efficace

$\beta_n = 0.7$ mm/min
 $t_{fi,req} = 60.0$ min
 $d_{char} = \beta_n t_{fi,req} = 42.0$ mm
 $k_0 = 1.00$
 $d_0 = 7.0$ mm
 $d_{ef} = d_{char} + k_0 d_0 = 49.0$ mm

N.° superfici esposte al fuoco

lateralmente:	2
riduzione di b:	2 d_{ef}
inferiormente e superiormente:	2
riduzione di h:	2 d_{ef}

Sezione efficace

$b_{ef} = 42.0$ mm
 $h_{ef} = 182.0$ mm
 $b_{ef,\tau} = 42$ mm
 $A = b_{ef} h_{ef} = 7644$ mm²
 $J_{22} = b_{ef} h_{ef}^3 / 12 = 21099988$ mm⁴
 $W_{22} = b_{ef} h_{ef}^2 / 6 = 231868$ mm³

Combinazione di carico

$\Psi_{2,i} = 0.00$
 $F_d = 1,0 G_{1k} + 1,0 G_{2k} + \Psi_{2,1} Q_{var,i} \rightarrow q_d = 3.20$ kN/m

Sollecitazioni massime (azioni assiali trascurate)

$R_{appoggio A} = 5.00$ kN
 $V_3 = 5.00$ kN
 $M_{22} = 4.23$ kNm

Tensioni di progetto

$\tau_d = 1,5 V_3 / h_{ef} b_{ef\tau} = 0.98$ Mpa
 $\sigma_{m,2,d} = M_{22} / W_{22} = 18.24$ Mpa

Lunghezza efficace

$l_{03} = 3.65$ m (per sbandamento nel piano debole 1-2)

Calcolo dei coefficienti di sbandamento laterale k_{crit} (sbandamento nel piano debole 1-2) e di $k_{c,90}$

$k_{crit} =$ (formule in funzione di $\lambda_{rel,m}$) = 0.76 secondo (4.4.12) di NTC 17/01/2018
 $\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0.5} = 1.06$ snellezza a flessione
 $f_{m,k} = 25.90$ Mpa resistenza caratteristica a flessione
 $\sigma_{m,crit} = 0,78 b^2 / (l_{3,eff} h) E_{0,05} = 22.89$ Mpa tensione di flessione critica
 $l_{3,eff} = 3.65$ m lunghezza efficace
 $E_{0,fi,d} = 11040$ Mpa modulo elastico parallelo caratteristico

Calcolo del coefficiente di compressione ortogonale $k_{c,90}$

$l_{app-calcolo} = 130.33333$ mm determinato secondo eq. [7.10]
 $k_{c,90} = 1.00$ parametro

Verifica di resistenza a flessione

$\eta = \sigma_{m,2,d} / f_{m,fi,d} \leq 1$

$\eta = 0.66 \leq 1$

Verifica di stabilità (svergolamento)

$\eta = \sigma_{m,2,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,fi,d}) \leq 1$

$\eta = 0.87 \leq 1$

Verifica di resistenza a taglio

$\eta = \tau_d / f_{v,fi,d} \leq 1$

$\eta = 0.24 \leq 1$

Verifica a compressione all'appoggio

$\eta = \sigma_{c,90,d} / (k_{c,90,d} f_{c,90,fi,d}) \leq 1$

$\eta = 0.32 \leq 1$

Resistenza al fuoco richiesta:

R R60

LEGNO LAMELLARE GL24h

Valori di calcolo dei moduli di elasticità

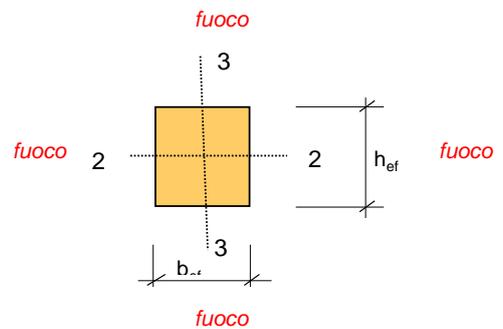
mod. elast. parall. $E_{0,fi,d} = 11040$ MPa
mod. elast. ortog. $E_{90,fi,d} = 345$ MPa
modulo di taglio $G_{fi,d} = 748$ MPa

Valori di calcolo di resistenza

flessione $f_{m,fi,d} = 27.60$ MPa
traz. parallela alle fibre $f_{t,0,fi,d} = 22.08$ MPa
traz. ortog. alle fibre $f_{t,90,fi,d} = 0.58$ MPa
compr. parallela alle fibre $f_{c,0,fi,d} = 27.60$ MPa
compr. ortog. alle fibre $f_{c,90,fi,d} = 2.88$ MPa
taglio $f_{v,fi,d} = 4.03$ MPa

Coefficienti di calcolo utilizzati:

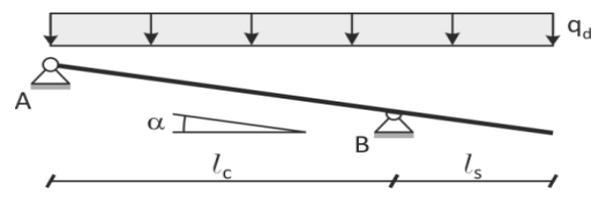
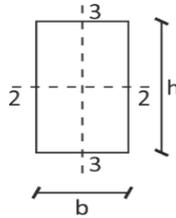
$k_{mod,fi} = 1.00$
 $k_{fi} = 1.15$
 $\gamma_{M,fi} = 1.00$
} $k_{mod,fi} k_{fi} / \gamma_{M,fi} = 1.15$



Tipologia:	trave inclinata	Elemento:	TRAVETTO
Vincoli:	appoggio - appoggio - sbalzo	Posizione:	POS09
Norma:	NTC 17/01/2018 + DT206:2018	Note:	...

Tipo materiale: Materiale legno in Sezione Geometria Peso proprio del legno Carichi agenti per metro quadro Classe di servizio: Carichi accidentali: tipo app: appoggio: Resistenza al fuoco Valori statici	GL24h controllo qualità 140 mm 140 mm 31.70 ° 3.04 m 0.41 m 3.45 m 5.00 kN/m³ 0.10 kN/m 0.80 m 0.00 kN/m² 1.00 kN/m² 1.25 kN/m² 1 Neve (<1000 m) intermedio cont. 150 mm 140 mm 410 mm R60 1.10 1.00 140 mm 19600 mm² 32013333 mm⁴ 32013333 mm⁴ 457333 mm³ 457333 mm³ 3.45 m	Proprietà del legno secondo la normativa europea UNI EN 14080 (lamellare), EN338 (massiccio), UNI EN 300 (OSB). Valori caratteristici di rigidezza mod. elast. parall. medio $E_{0,mean}$ 11500 MPa mod. elast. parall. caratt. $E_{0,05}$ 9600 MPa mod. elast. ortog. medio $E_{90,mean}$ 300 MPa modulo di taglio medio G_{mean} 650 MPa Valori caratteristici di resistenza flessione $f_{m,k}$ 24.00 MPa traz. parallela alle fibre $f_{t,0,k}$ 19.20 MPa traz. ortog. alle fibre $f_{t,90,k}$ 0.50 MPa compr. parallela alle fibre $f_{c,0,k}$ 24.00 MPa compr. ortog. alle fibre $f_{c,90,k}$ 2.50 MPa taglio e torsione $f_{v,k}$ 3.50 MPa Lunghezza efficace $l_{3,eff, campata} = 3.04$ m $l_{3,eff, sbalzo} = 0.41$ m perm 1: $q_{G1k} = (q_{G1k} \cdot passo + q_{ppk}) \cdot \cos \alpha$ 0.08 kN/m perm 2: $q_{G2k} = (q_{G2k} \cdot passo) \cdot \cos \alpha$ 0.68 kN/m var: $q_{Vk} = q_{Vk} \cdot passo \cdot \cos^2 \alpha$ 0.72 kN/m Controfreccia: $u_0 = 0$ mm Limiti di freccia campata $u_{2,ist} \leq l / 300$ $u_{net,fin} \leq l / 200$ $u_{fin} \leq l / 200$ sbalzo $u_{2,ist} \leq l / 150$ $u_{net,fin} \leq l / 100$ $u_{fin} \leq l / 100$
--	---	--

$k_h =$	1.10
$k_{cr} =$	1.00
$b_{ef} =$	140 mm
$A = b \cdot h =$	19600 mm ²
$J_{22} = bh^3/12 =$	32013333 mm ⁴
$J_{33} = hb^3/12 =$	32013333 mm ⁴
$W_{22} = bh^2/6 =$	457333 mm ³
$W_{33} = hb^2/6 =$	457333 mm ³
$l_{totale} =$	3.45 m



Esito: **OK!**

Verifiche di resistenza		Verifiche di deformazione	
se $\leq 1 \rightarrow ok$		se $\leq 1 \rightarrow ok$	
Flessione	$\sigma_{m,2,d} / f_{m,d} = 0.42$	Freccia istantanea	$u_{2,ist} / u_{2,ist,lim} = 0.34$ campata
Stabilità	$\sigma_{m,2,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,d}) = 0.42$	Freccia netta finale	$u_{net,fin} / u_{net,fin,lim} = 0.62$
Taglio	$\tau_d / f_{v,d} = 0.15$	Freccia netta finale	$u_{fin} / u_{fin,lim} = 0.62$
Compr. app.	$\sigma_{c,90,d} / (k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}) = 0.15$	Freccia istantanea	$u_{2,ist} / u_{2,ist,lim} = *$ sbalzo
		Freccia netta finale	$u_{net,fin} / u_{net,fin,lim} = *$
		Freccia netta finale	$u_{fin} / u_{fin,lim} = *$
Verifiche al fuoco:		Verifiche soddisfatte per R60	

(* = freccia verso l'alto)

Ricerca combinazione più gravosa per SLU

- Combinaz. 1) $F_d = 1,30 G_{1k} + 1,5 G_{2k} \rightarrow k_{mod} = 0.60$
 Combinaz. 2) $F_d = 1,30 G_k + 1,5 G_{2k} + 1,50 Q_{var,k} \rightarrow k_{mod} = 0.90$

Forza assiale

Esito ricerca:	comb. 2)	→ $k_{mod} = 0.90$	$R_{assiale\ totale} =$	5.55 kN
Carico di progetto:	$q_d =$	2.22 kN/m	carico assiale totale scaricato dalla trave, compreso peso proprio trave	
Carico di progetto:	$q_{d,asse} =$	1.37 kN/m		
$R_{appoggio\ A} =$	4.57 kN	$q_d l_{totale} - R_{appoggio\ B}$	$M_{appoggio\ B} =$	-0.26 kNm $q_d l_{sbalzo}^2 / 2$
$R_{appoggio\ B} =$	5.99 kN	$q_d l_{tot}^2 / (2l_{camp})$	$M =$	3.41 kNm (max M positivo in campata)
$V_A =$	3.89 kN	$(R_{appoggio\ A}) (cos\alpha_{tr})$	$x =$	1.75 m (posizione M da appoggio A)
$V_{B\ campata} =$	-4.03 kN	$(R_{app\ B} - q_d l_{sbalzo}) (cos\alpha_{tr})$		
$V_{B\ sbalzo} =$	1.07 kN	$(q_d l_{sbalzo}) (cos\alpha_{tr})$		

Sollecitazioni massime

(azioni assiali trascurate)

$V_3 =$	4.57 kN
$M_{22} =$	3.41 kNm

Tensioni

$\tau_d = 1,5 V_3 / hb_{ef} =$	0.35 MPa
$\sigma_{m,2,d} = M_{22} / W_{22} =$	7.45 MPa
$\sigma_{c,90,d} = R_B / (b l_{app}) =$	0.25 MPa

Coefficienti	
$k_{mod} =$	0.90
$\gamma_M =$	1.35
$k_{mod} / \gamma_M =$	0.67

Reazioni agli appoggi - sollecitazioni non combinate

$R_{appoggio\ A, g1,k} =$	0.17 kN
$R_{appoggio\ A, g2,k} =$	1.40 kN
$R_{appoggio\ A, q,k} =$	1.49 kN
$R_{appoggio\ B, g1,k} =$	0.23 kN
$R_{appoggio\ B, g2,k} =$	1.84 kN
$R_{appoggio\ B, q,k} =$	1.96 kN

Reazioni agli appoggi - c. di c. rara (g+q)

$R_{appoggio\ A, c. di c. rara} =$	3.07 kN
$R_{appoggio\ B, c. di c. rara} =$	4.02 kN

Resistenze di calcolo

$f_{m,d} = k_n f_{m,k} k_{mod} / \gamma_M =$	17.60 MPa
$f_{v,d} = f_{v,k} k_{mod} / \gamma_M =$	2.33 MPa
$f_{c,90,d} = f_{c,90,k} k_{mod} / \gamma_M =$	1.67 MPa

Calcolo dei coefficienti di sbandamento laterale k_{crit} (sbandamento nel piano debole 1-2)

$k_{crit} =$ (formule in funzione di $\lambda_{rel,m}$)	1.00	secondo (4.4.12) di NTC 17/01/2018
$\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0.5} =$	0.28	snellezza a flessione
$f_{m,k} =$	26.40 MPa	resistenza caratteristica a flessione
$\sigma_{m,crit} = 0,78 b^2 / (l_{3,eff} h) E_{0,05} =$	344.84 MPa	tensione di flessione critica
$l_{3,eff} =$	3.04 m	lunghezza efficace
$E_{0,05} =$	9600 MPa	modulo elastico parallelo caratteristico
$G_{mean} =$	650 MPa	modulo di taglio medio
$E_{mean} =$	11500 MPa	determinato secondo eq. [7.10]

Calcolo del coefficiente di compressione ortogonale $k_{c,90}$

$l_{app-calcolo} =$	173.3 mm	determinato secondo eq. [7.10]
$k_{c,90} =$	1.00	parametro

Verifica di resistenza a flessione

$\eta = \sigma_{m,2,d} / f_{m,d} \leq 1$ $\eta = 0.42 \leq 1$

Verifica di stabilità (svergolamento)

$\eta = \sigma_{m,2,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,d}) \leq 1$ $\eta = 0.42 \leq 1$

Verifica di resistenza a taglio

$\eta = \tau_d / f_{v,d} \leq 1$ $\eta = 0.15 \leq 1$

Verifica a compressione all'appoggio

$\eta = \sigma_{c,90,d} / (k_{c,90,d} f_{c,90,d}) \leq 1$ $\eta = 0.15 \leq 1$

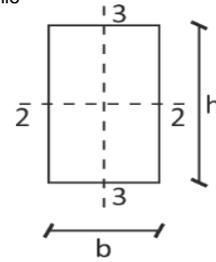
Verifica della freccia di inflessione

Controfreccia: $u_0 = 0$ mm

Valori di deformata: campata >0 se verso il basso

Valori di deformata: sbalzo >0 se verso l'alto

NOTA: per il calcolo della controfreccia dello sbalzo si ammette che l'andamento della controfreccia sia circolare



Componenti della freccia di inflessione:

u_1	freccia dovuta ai carichi permanenti
u_2	freccia dovuta ai carichi variabili
$u_{net} = u_1 + u_2 - u_0$	freccia netta (finale al netto della controfreccia)
$u_{fin} = u_1 + u_2$	freccia finale (o freccia totale)

Limiti:

Campata:	$u_{2,ist} \leq l_{campata} /$	300	=	11.91	mm	$l_{campata} =$	3.57	m
	$u_{net,fin} \leq l_{campata} /$	200	=	17.87	mm			
	$u_{fin} \leq l_{campata} /$	200	=	17.87	mm			
Sbalzo:	$u_{2,ist} \leq l_{sbalzo} /$	150	=	3.21	mm	$l_{sbalzo} =$	0.48	m
	$u_{net,fin} \leq l_{sbalzo} /$	100	=	4.82	mm			
	$u_{fin} \leq l_{campata} /$	100	=	4.82	mm			

Parametri:

$G_{mean} =$	650	MPa
$E_{mean} =$	11500	MPa
$q_{G1k} =$	0.08	kN/m
$q_{G2k} =$	0.68	kN/m
$q_{Vk} =$	0.72	kN/m
$l_{campata,\alpha} =$	3.57	m
$l_{sbalzo,\alpha} =$	0.48	m
$\alpha_{trave} =$	31.70	°

Valori di k_{def} secondo la tabella 4.4.V di NTC 17/01/2018:	
Classe di servizio della struttura:	1
Coefficienti:	$k_{def} = 0.60$
	$\Psi_{2i} = 0.00$

Verifica della freccia istantanea $u_{2,ist}$ per i soli carichi variabili

$q = q_{Vk} = 0.72$ kN/m

Campata

$u_{2,ist} = q l_{camp}^4 (5 l_{camp}^2 - 12 l_{sb}^2) (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l_{camp}^3 / (8 G_{mean} A) = 4.10$ mm

$\eta = u_{2,ist} / u_{2,ist,lim} \quad \eta = 0.34 \quad \text{OK}$

Sbalzo (deformata a taglio trascurata)

$u_{2,ist} = [q l_{camp}^3 l_{sb} - q l_{sb}^3 (4 l_{camp} + 3 l_{sb})] (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (24 E_{0,mean} J_{22}) = 1.66$ mm

$\eta = u_{2,ist} / u_{2,ist,lim}$ (valore assoluto) freccia verso l'alto

Verifica della freccia netta finale $u_{net,fin}$

$q = (q_{G1k} + q_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + q_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) = 1.95$ kN/m

Campata

$u_{net,fin} = q l_{camp}^4 (5 l_{camp}^2 - 12 l_{sb}^2) (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l_{camp}^3 / (8 G_{mean} A) - u_0 = 11.02$ mm

$\eta = u_{net,fin} / u_{net,fin,lim} \quad \eta = 0.62 \quad \text{OK}$

Sbalzo (deformata a taglio trascurata)

$u_{net,fin} = [q l_{camp}^3 l_{sb} - q l_{sb}^3 (4 l_{camp} + 3 l_{sb})] (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (24 E_{0,mean} J_{22}) - u_{0,sb} = 4.45$ mm

$\eta = u_{net,fin} / u_{net,fin,lim}$ (valore assoluto) freccia verso l'alto

Verifica della freccia totale finale u_{fin}

$q = (q_{G1k} + q_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + q_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) = 1.95$ kN/m

Campata

$u_{fin} = q l_{camp}^4 (5 l_{camp}^2 - 12 l_{sb}^2) (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l_{camp}^3 / (8 G_{mean} A) = 11.02$ mm

$\eta = u_{fin} / u_{fin,lim} \quad \eta = 0.62 \quad \text{OK}$

Sbalzo (deformata a taglio trascurata)

$u_{fin} = [q l_{camp}^3 l_{sb} - q l_{sb}^3 (4 l_{camp} + 3 l_{sb})] (1 / \cos \alpha_{tr})^2 / (24 E_{0,mean} J_{22}) = 4.45$ mm

$\eta = u_{fin} / u_{fin,lim}$ (valore assoluto) freccia verso l'alto

Sezione integra

b = 140 mm
h = 140 mm

Metodo della sezione efficace

$\beta_n = 0.7$ mm/min
 $t_{fi,req} = 60.0$ min
 $d_{char} = \beta_n t_{fi,req} = 42.0$ mm
 $k_0 = 1.00$
 $d_0 = 7.0$ mm
 $d_{ef} = d_{char} + k_0 d_0 = 49.0$ mm

N.° superfici esposte al fuoco

lateralmente:	2
riduzione di b:	2 d _{ef}
inferiormente e superiormente:	1
riduzione di h:	1 d _{ef}

Sezione efficace

$b_{ef} = 42.0$ mm
 $h_{ef} = 91.0$ mm
 $b_{ef,\tau} = 42$ mm
 $A = b_{ef} h_{ef} = 3822$ mm²
 $J_{22} = b_{ef} h_{ef}^3 / 12 = 2637499$ mm⁴
 $W_{22} = b_{ef} h_{ef}^2 / 6 = 57967$ mm³

Lunghezza efficace (per sbandamento nel piano debole 1-2)

$l_{3,eff} = 3.04$ m (campata)
 $l_{3,eff} = 0.41$ m (sbalzo)

Combinazione di carico

$\Psi_{2,i} = 0.00$
 $F_d = 1,0 G_{1k} + 1,0 G_{2k} + \Psi_{2,1} Q_{var,k} \rightarrow q_d = 0.76$ kN/m

Sollecitazioni massime (azioni assiali trascurate)

$V_3 = 1.58$ kN
 $M_{22} = 1.18$ kNm
 $R_{appoggio B} = 2.07$ kN

Tensioni di progetto

$\tau_d = 1,5 V_3 / h_{ef} b_{ef\tau} = 0.62$ Mpa
 $\sigma_{m,2,d} = M_{22} / W_{22} = 20.28$ Mpa

Calcolo dei coefficienti di sbandamento laterale k_{crit} (sbandamento nel piano debole 1-2) e di $k_{c,90}$

$k_{crit} =$ (formule in funzione di $\lambda_{rel,m}$) = 1.00 secondo (4.4.12) di NTC 17/01/2018
 $\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0.5} = 0.69$ snellezza a flessione
 $f_{m,k} = 26.40$ Mpa resistenza caratteristica a flessione
 $\sigma_{m,crit} = 0,78 b^2 / (l_{3,eff} h) E_{0,05} = 54.91$ Mpa tensione di flessione critica
 $l_{3,eff} = 3.04$ m lunghezza efficace
 $E_{0,fi,d} = 11040$ Mpa modulo elastico parallelo caratteristico

Calcolo del coefficiente di compressione ortogonale $k_{c,90}$

$l_{app-calcolo} = 165.16667$ mm determinato secondo eq. [7.10]
 $k_{c,90} = 1.00$ parametro

Verifica di resistenza a flessione

$\eta = \sigma_{m,2,d} / f_{m,fi,d} \leq 1$

$\eta = 0.73 \leq 1$

Verifica di stabilità (svergolamento)

$\eta = \sigma_{m,2,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,fi,d}) \leq 1$

$\eta = 0.73 \leq 1$

Verifica di resistenza a taglio

$\eta = \tau_d / f_{v,fi,d} \leq 1$

$\eta = 0.15 \leq 1$

Verifica a compressione all'appoggio

$\eta = \sigma_{c,90,d} / (k_{c,90,d} f_{c,90,d}) \leq 1$

$\eta = 0.10 \leq 1$

Resistenza al fuoco richiesta:

R 60

LEGNO LAMELLARE GL24h

Valori di calcolo dei moduli di elasticità

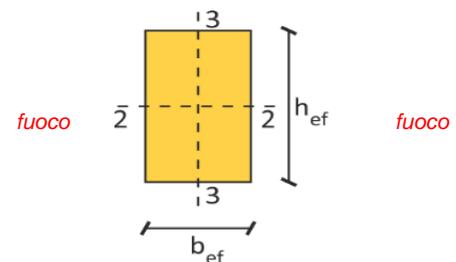
mod. elast. parall. $E_{0,fi,d} = 11040$ MPa
mod. elast. ortog. $E_{90,fi,d} = 345$ MPa
modulo di taglio $G_{fi,d} = 748$ MPa

Valori di calcolo di resistenza

flessione $f_{m,fi,d} = 27.60$ MPa
traz. parallela alle fibre $f_{t,0,fi,d} = 22.08$ MPa
traz. ortog. alle fibre $f_{t,90,fi,d} = 0.58$ MPa
compr. parallela alle fibre $f_{c,0,fi,d} = 27.60$ MPa
compr. ortog. alle fibre $f_{c,90,fi,d} = 2.88$ MPa
taglio $f_{v,fi,d} = 4.03$ MPa

Coefficienti di calcolo utilizzati:

$k_{mod,fi} = 1.00$
 $k_{fi} = 1.15$
 $\gamma_{M,fi} = 1.00$
} $k_{mod,fi} k_{fi} / \gamma_{M,fi} = 1.15$



fuoco

Unione:	acciaio-legno	Normativa:	NTC 17/01/2018	+ DT206:2018
Connettori:	bulloni o spinotti	Posizione:	POS 01 - POS 04	
Piani di taglio:	2	Descrizione:	COLLEGAMENTO PIASTRA SCOMPARSA	

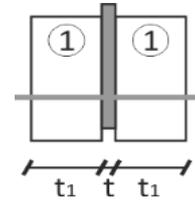
$R_{d,totale} = n_{righe} n_{ef} R_{d,connettore} =$	6.97	kN
$V_d =$	5.16	kN
Verifica: $V_d / R_{d,tot} =$	74%	ok

Coefficienti

$k_{mod} =$	0.90
$\gamma_{M,connessione} =$	1.50

Connettori

Tipologia di connettore	2	[1 = bullone, 2 = spinotto]
$\phi =$	8	mm diametro del connettore
$f_{u,k} =$	360	MPa resistenza caratteristica a trazione dell'acciaio
$M_{y,k} = 0,3 f_{u,k} \phi^{2,6} =$	24069	Nmm momento caratteristico di snervamento del connettore



Piastra in acciaio

$t =$	6.0	mm spessore della piastra
-------	-----	---------------------------

Legno

$t_1 =$	26.5	mm min {spessore dell'elemento 1; profondità di penetrazione}
Classe:	legno lamellare GL24h	in assenza controllo qualità
Tipo di legno:	conifere	elemento: legno
$\rho_k =$	385	kg/m ³ densità caratteristica del legno
$\gamma_M =$	1.5	coefficiente di sicurezza
$\alpha =$	90.00	° angolo tra sforzo e fibre
$f_{h,1,k} =$	19.76	MPa resistenza caratteristica a rifollamento nel legno
$f_{h,1,k} = f_{h,0,k} / (k_{90} \sin^2 \alpha_1 + \cos^2 \alpha_1) =$	19.76	MPa resistenza caratteristica a rifollamento nel legno
$f_{h,0,k} = 0,082 (1-0,01\phi) \rho_k =$	29.04	MPa resistenza caratteristica a rifollamento di base
$k_{90} = 1.35 + 0,015 \phi =$	1.47	
$f_{h,1,k} = 0,11 (1-0,01\phi) \rho_k =$	39.0	MPa resistenza k a rifollamento p. compensato
$f_{h,1,k} = 50 \phi^{-0,6} t^{0,2} =$	27.7	MPa resistenza k a rifollamento p. di particelle o OSB

Capacità portante di progetto di un connettore

La capacità portante di progetto per ciascun piano di taglio e mezzo di unione è funzione dello spessore delle piastre.

$$R_k = \min \begin{cases} f_{h,1,k} t_1 \phi [[2 + 4 M_{y,k} / (f_{h,1,k} \phi t_1^2)]^{0,5} - 1] & = & 2.90 \text{ kN} \\ 2,3 (M_{y,k} f_{h,1,k} \phi)^{0,5} & = & 4.49 \text{ kN} \\ f_{h,1,k} t_1 \phi & = & 4.19 \text{ kN} \end{cases}$$

$R_k =$ 2.90 kN capacità portante caratteristica per un piano di taglio

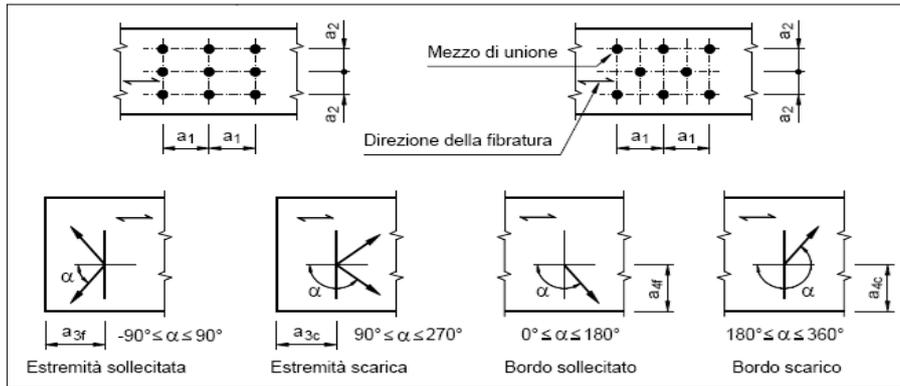
$R_{d,connettore} =$ 1.74 kN capacità portante di progetto per un piano di taglio

n° piani di taglio 2

$R_{d,connettore} = n^\circ \text{ piani di taglio} * R_d =$ 3.48 kN capacità portante di progetto di un connettore

$$R_d = k_{mod} R_{k,conn} / \gamma_M$$

DISTANZE MINIME PREVISTE DALLA NORMATIVA



SPINOTTI	Spaziature e distanze da bordi/estremità	Angolo
$a_{1,MIN}$	$(3+2 \cos\alpha)d$	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$
$a_{2,MIN}$	$3d$	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$
$a_{3,t,MIN}$	$\max(7d; 80 \text{ mm})$	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$
$a_{3,c,MIN}$	$\max(a_{3,t} \sin\alpha ; 3d)$	$90^\circ \leq \alpha \leq 150^\circ$
	$3,0d$	$150^\circ \leq \alpha \leq 210^\circ$
$a_{4,t,MIN}$	$\max(a_{3,t} \sin\alpha ; 3d)$	$210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$
	$\max([2+2\sin\alpha]d; 3d)$	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$
$a_{4,c,MIN}$	$3d$	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$

Le spaziature e distanze di seguito riportate sono le minime fra quelle previste per i due elementi lignei, dipendenti dall'angolo fra forza e fibratura (rispettivamente α_1 ed α_2).

Spaziature e distanze minime tra bordi/estremità	[mm]
$a_{1,MIN}$ parallela alla fibratura	24.00
$a_{2,MIN}$ ortogonale alla fibratura	24.00
$a_{3,t,MIN}$ estremità sollecitata	80.00
$a_{3,c,MIN}$ estremità scarica	80.00
$a_{4,t,MIN}$ bordo sollecitato	32.00
$a_{4,c,MIN}$ bordo scarico	24.00

Capacità portante di progetto di più connettori allineati lungo la direzione dello sforzo

La capacità portante di più elementi di collegamento allineati è in generale minore della somma delle capacità portanti dei singoli elementi.

$$R_{d,totale} = n_{file} n_{ef} R_{d,connettore} = \mathbf{6.97 \text{ kN}} \quad \text{capacità portante totale di progetto dei connettori}$$

dove:

$n =$	1	numero di connettori allineati lungo la direzione della fibratura
$n_{file,min} =$	2	numero minimo di file di connettori allineati $= V_{,d} / (n_{ef} \cdot R_{d,connettore})$
$n_{file} =$	2	numero di file di connettori allineati
$a_1 =$	40 mm	spaziatura fra i bulloni in direzione della fibratura
$d =$	8 mm	diametro del connettore
$n_{ef} =$	1.00	numero di connettori efficaci (per carichi ortogonali alla fibratura $n_{ef} = n$)
$R_{d,connettore} =$	3.48 kN	capacità portante (non ridotta) di progetto del singolo connettore

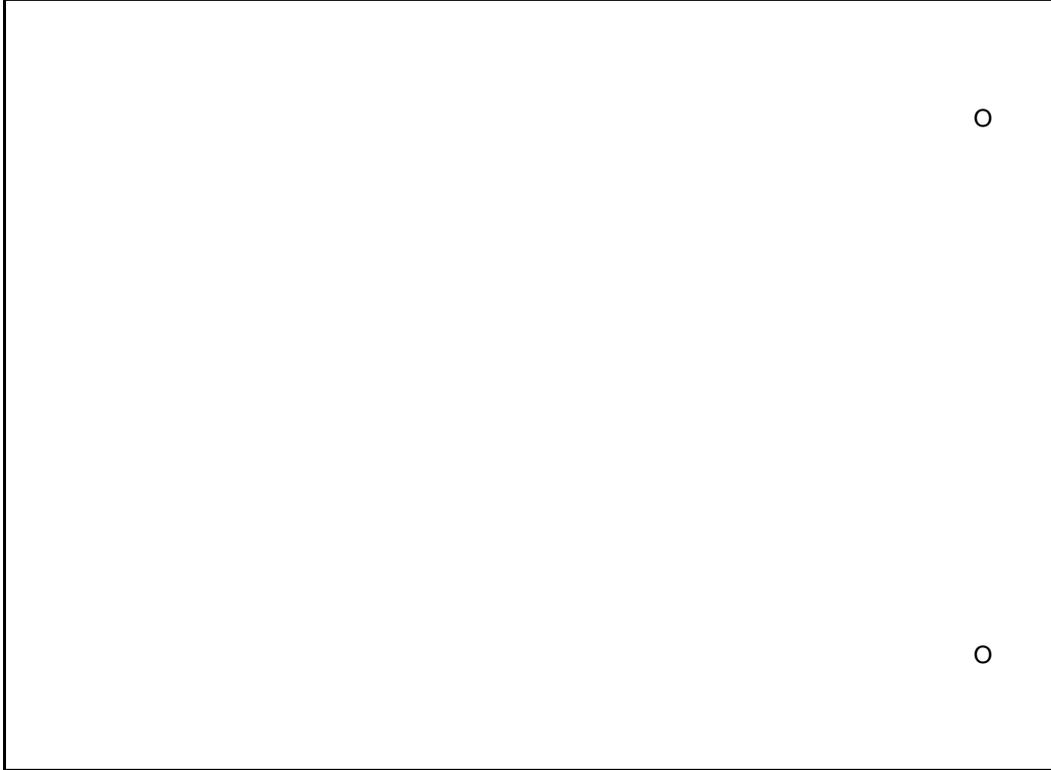
Nel caso di unione con bulloni o spinotti, per una serie di elementi di collegamento allineati lungo la direzione dello sforzo, il numero efficace di connettori n_{ef} si calcola come segue:

$$n_{ef} = \min \{ n ; n^{0.9} (a_1 / (13d))^{1/4} \}$$

DISPOSIZIONE INDICATIVA DEI CONNETTORI (*)

$n_{\text{connettori/fila}} = 1$ numero di connettori allineati
 $n_{\text{file}} = 2$ numero di file di connettori allineati

$R_{d, \text{totale}} = n_{\text{righe}} n_{\text{ef}} R_{d, \text{connettore}} = \mathbf{6.97 \text{ kN}}$



(*) Nel disegno si riportano al massimo 12 file di 6 connettori ciascuna.

Il disegno ha solo scopo illustrativo; sono da verificare le distanze minime fra i connettori e dai bordi della trave.