


LIVELLO DI PROGETTAZIONE		BIM			AMMINISTRATIVA
	PRELIMINARE	LIVELLO DI DETTAGLIO			GENERALE
	DEFINITIVO		LOD100		EDILE/ARCH
	ESECUTIVO		LOD200		IMPIANTI ELETTRICI
STATO			LOD300		IMPIANTI MECCANICI
	ATTUALE		LOD350		SICUREZZA CANTIERE
	PROGETTO		LOD400		STRUTTURE
	COMPARATIVO		LOD500		PREVENZIONE INCENDI

REVISIONE N.	DATA	DESCRIZIONE	REDAZIONE	CONTROLLATO	APPROVATO
00	06.06.2022	Prima emissione	MP	LS	LS

		ENNOVA S.R.L. SOCIETÀ DI INGEGNERIA VIA XXI LUGLIO, 21 – PALAZZOLO SULL'OGGIO (BS) WWW.ENNOVASRL.COM – INFO@ENNOVASRL.COM – 030 33 79 918	
EFFICIENTAMENTO ENERGETICO SCUOLA PRIMARIA SAN ZENO NAVIGLIO Piazza Marconi 1 – San Zeno naviglio (BS)		DATA: 06.06.2022	
		REVISIONE: 00-06.06.2022	
RELAZIONE DI CALCOLO E FASCICOLO CALCOLI		TAV. N. 01rfc	
COMMITTENTE: COMUNE DI S. ZENO NAVIGLIO	PROGETTISTA: ING. LUIGI SIGISMONDI	RIF INT: 045-PRO-2022	

## INDICE

1. Premessa
2. Normative di riferimento
3. Metodo e codici di calcolo
4. Tipologia di intervento
5. Caratteristiche e resistenze di calcolo dei materiali utilizzati
6. Vita nominale e classe d'uso
8. Durabilità
9. Azioni
10. Combinazioni di carico
11. Schematizzazione e modellazione della struttura e dei vincoli
12. Verifiche di sicurezza
13. Accettabilità dei risultati ottenuti
14. Conclusioni

Comune di San Zeno Naviglio Prot. n. 0010803 del 21-12-2022 in partenza  
Comune di San Zeno Naviglio Prot. n. 0005593 del 23-06-2022 in arrivo

## 1. PREMESSA

La presente relazione si riferisce al dimensionamento ed alla verifica degli elementi strutturali previsti nell'ambito dei lavori di efficientamento energetico, da eseguirsi in Piazza Marconi, 1 – San Zeno Naviglio (BS).

Tale relazione costituisce parte integrante dei disegni esecutivi di progetto nei quali sono riportate le caratteristiche geometriche e statiche delle sezioni strutturali adottate.

Ai fini delle verifiche sono state individuate le azioni che interessano il manufatto e le relative sollecitazioni; per le sezioni maggiormente caratterizzanti le strutture, sono state riportate le verifiche di stabilità e di resistenza adottando il metodo semiprobabilistico degli stati limite.

Per quanto qui non specificatamente riportato si rimanda agli eventuali elaborati prodotti.

## 2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

I calcoli e le verifiche riportate nella presente relazione sono stati condotti con riferimento al disposto delle seguenti norme:

- Legge 5 novembre 1971, n. 1086 – *“Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”*;
- Ministero dei Lavori Pubblici. Circolare n. 11951, 14 febbraio 1974 - *“Istruzioni relative alla Legge 5 novembre 1971”*;
- Legge 2 febbraio 1974, n. 64 – *“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”*;
- D.M. 17.01.2018 – *“Norme tecniche per le costruzioni”*;
- CIRCOLARE 2019, n. 7 – *“Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”*;
- Eurocodice 5 UNI EN 1995-1-1: *“Progettazione delle strutture in legno. Parte 1-1 Regole generali – Regole comuni e regole per gli edifici.”*;
- Eurocodice 5 UNI EN 1995 - 1-2: *“Progettazione delle strutture in legno. Parte 1-2 Regole generali – Progettazione strutturale contro l'incendio.”*;

- Eurocodice 5 UNI EN 1995 - 2: *"Progettazione delle strutture in legno. Parte 2 Ponti"*;
- CNR-DT 206/2007<sup>rev. 7 ottobre 2008</sup>: *"Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo delle strutture in Legno"*;
- D.P.R. 1 agosto 2011 n. 151: *"Nuovo regolamento di prevenzione incendi"*;
- D.P.R. 6 giugno 2001 n. 380: *"Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia"*.

### 3. METODO E CODICI DI CALCOLO

Le calcolazioni sono state condotte adottando il metodo semiprobabilistico agli stati limite; sono stati soddisfatti i requisiti per la sicurezza allo stato limite ultimo e allo stato limite di esercizio.

La schematizzazione della procedura progettuale adottata può essere così sinteticamente riassunta:

- individuazione della classe d'uso dell'opera e della sua vita utile;
- definizione delle azioni agenti in condizioni statiche e dinamiche attraverso l'individuazione delle condizioni di carico;
- predisposizione delle combinazioni di carico (con i relativi coefficienti di combinazione) allo SLU, SLE, SLV e SLD;
- stima dell'involuppo delle azioni agenti;
- predimensionamento delle membrature strutturali;
- applicazione dei criteri della gerarchia delle resistenze e scelta delle soluzioni strutturali che impediscono rotture fragili;
- verifica della funzionalità allo stato limite di danno delle strutture progettate.

La sicurezza e le prestazioni saranno garantite verificando gli stati limite sopra definiti in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme; in particolare si è verificata:

- la sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (SLU e SLV) che possono provocare eccessive deformazioni permanenti, crolli parziali o globali, dissesti, che possono compromettere l'incolumità delle persone e/o la perdita di beni, provocare danni ambientali e sociali, mettere fuori servizio l'opera. Per le

verifiche sono stati utilizzati i coefficienti parziali relativi alle azioni ed alle resistenze dei materiali in accordo a quanto previsto dalle NTC per i vari tipi di materiale. I valori utilizzati sono riportati nel seguito;

- la sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio (SLE) che possono limitare nell'uso e nella durata l'utilizzo della struttura per le azioni di esercizio. In particolare di concerto con il committente e coerentemente alle norme tecniche si sono definiti i limiti riportati nel seguito;
- la sicurezza nei riguardi dello stato limite del danno (SLD) causato da azioni sismiche con opportuni periodi di ritorno definiti di concerto al committente ed alle norme vigenti per le costruzioni in zona sismica;
- la robustezza nei confronti di opportune azioni accidentali in modo da evitare danni sproporzionati in caso di incendi, urti, esplosioni, errori umani.

Per quando riguarda le fasi costruttive intermedie la struttura non risulta sollecitata in maniera più gravosa della fase finale.

L'analisi strutturale condotta è stata del tipo statica lineare.

La ricerca dei parametri di sollecitazione è stata fatta secondo le disposizioni di carico più gravose avvalendosi di codici di calcolo automatico per l'analisi strutturale. Tali codici sono di sicura ed accertata validità e sono stati impiegati conformemente alle loro caratteristiche.

Tale affermazione è suffragata dai seguenti elementi:

- grande diffusione del codice di calcolo sul mercato;
- storia consolidata del codice di calcolo (svariati anni di utilizzo);
- utilizzo delle versioni più aggiornate (dopo test);
- pratica d'uso frequente nell'attività professionale.

In particolare, sono stati utilizzati i seguenti programmi di calcolo:

Titolo: 1CAMP

Caratteristiche: Programma di calcolo delle sollecitazioni per travi ad una campata

Autore: Prof. Ing. Piero Gelfi

Produttore: -

Versione: 5.4

Estremi licenza: -

Il sottoscritto ha esaminato preliminarmente la documentazione a corredo dei software per valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico.

Tale documentazione, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati.

Il sottoscritto, inoltre, ha verificato l'affidabilità del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche. E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati ai seguenti link:

- gelfi.unibs.it;

e/o in allegato alla presente relazione.

La valutazione dell'attendibilità del software ha, inoltre, compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali e adottati, anche in fase di primo proporzionamento della struttura.

#### 4. TIPOLOGIA DI INTERVENTO

La denominazione dell'intervento edilizio è di intervento locale.

Gli interventi strutturali consistono in:

- posa travi in legno lamellare a sostegno di strisce radianti

#### 5. CARATTERISTICHE E RESISTENZE DI CALCOLO DEI MATERIALI UTILIZZATI

Nell'esecuzione delle opere in oggetto è previsto l'utilizzo dei seguenti materiali:

##### *Legno lamellare*

Classe di resistenza del legno:	GL24h
Resistenza caratteristica a flessione del legno:	24 MPa
Resistenza caratteristica a trazione parallela alla fibra:	19,2 MPa
Resistenza caratteristica a trazione perpendicolare alla fibra:	0,50 MPa
Resistenza caratteristica a compressione parallela alla fibra:	24 MPa
Resistenza caratteristica a compressione perpendicolare alla fibra:	2,50 Mpa
Resistenza caratteristica a taglio:	3,50 Mpa
Modulo elastico medio parallelo alle fibre:	11500 MPa
Modulo elastico medio perpendicolare alle fibre:	300 MPa
Modulo elastico medio a taglio:	650 MPa
Massa volumica 5° percentile:	3,85 kN/m <sup>3</sup>
Massa volumica media:	4,20 kN/m <sup>3</sup>

## 6. VITA NOMINALE E CLASSE D'USO

La struttura oggetto della presente relazione è localizzata in:

Comune: San Zeno Naviglio

Provincia: Brescia

Regione: Lombardia

Coordinate asse X: 595.073,11

Coordinate asse Y: 5.038.402,63

Le prestazioni della struttura e le condizioni per la sua sicurezza sono state individuate comunemente dal progettista e dal committente; a tal fine è stata posta attenzione al tipo della struttura, al suo uso e alle possibili conseguenze delle azioni indotte dal sisma. I parametri che, in questo senso, classificano la struttura sono:

Classe d'uso: III

Vita Nominale  $V_N$ : 50 anni

Coefficiente d'uso  $C_U$ : 1.50

Periodo  $V_R$ : 75 anni

## 7. DURABILITA'

Particolare cura è stata posta per garantire la durabilità della struttura, con la consapevolezza che tutte le prestazioni attese potranno essere garantite solo mediante opportune procedure da seguire non solo in fase di progettazione, ma anche di costruzione, manutenzione e gestione dell'opera; si dovranno, inoltre, utilizzare tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture.

La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

Per garantire la durabilità della struttura sono stati presi in considerazioni opportuni stati limite di esercizio (SLE) in funzione dell'uso e dell'ambiente in cui la struttura dovrà vivere limitando gli stati tensionali. La definizione quantitativa delle prestazioni, la classe di esposizione e le verifiche sono riportati nel seguito e negli allegati di calcolo.

## 8. AZIONI

I valori delle azioni considerati nei calcoli sono quelli previsti dal D.M. 17.01.2018, in particolare sono stati considerati i carichi elementari di seguito riportati:

### ELEMENTI STRUTTURALI

- Peso legno lamellare	$G_{k1} = 420 \text{ daN/m}^3$
- Peso portato strisce radianti	$G_{k2} = 100 \text{ daN}$

### AZIONE DELLA TEMPERATURA

Variazioni giornaliere e stagionali della temperatura esterna, irraggiamento solare e convezione comportano variazioni della distribuzione di temperatura nei singoli elementi strutturali. La severità delle azioni termiche è in generale influenzata da più fattori, quali le condizioni climatiche del sito, l'esposizione, la massa complessiva della struttura e la eventuale presenza di elementi non strutturali isolanti.

Nel caso in cui la temperatura non costituisca azione fondamentale per la sicurezza o per la efficienza funzionale della struttura è consentito tener conto, per gli edifici, della sola componente  $\Delta T_u$ .

Le strutture in oggetto non hanno dimensioni tali da poter risentire delle azioni derivanti da variazioni termiche.

### AZIONI ECCEZIONALI

Le azioni eccezionali, che si presentano in occasione di eventi quali incendi, esplosioni ed urti, solo in taluni casi vanno considerate nella progettazione, quando ciò è richiesto da specifiche esigenze strutturali, si farà riferimento ai § 3.6.1, 3.6.2 e 3.6.3 delle NTC.

L'opera in oggetto è un'attività soggetta ai controlli del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco, la resistenza richiesta è pari a 30'.

## 9. COMBINAZIONI DI CARICO

Con riferimento alle azioni elementari prima determinate, si sono considerate le seguenti combinazioni di carico:

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

$$F_d = \gamma_g G_k + \gamma_p P_k + \gamma_q \left[ Q_{1k} + \sum_{i=2}^{i=n} \psi_{0i} Q_{ik} \right]$$



dove:

$G_k$  = valore caratteristico delle azioni permanenti

$P_k$  = valore caratteristico della forza di precompressione

$Q_{ki}$  = valore caratteristico dell'azione variabile di base di ogni combinazione

$Q_{ki}$  = valore caratteristico dell'i-esima azione variabile

$\gamma_g$  = coeff. parziale =1.3 (1.0 se il suo contributo aumenta la sicurezza)

$\gamma_p$  = coeff. parziale =0.9 (1.2 se il suo contributo diminuisce la sicurezza)

$\gamma_q$  = coeff. parziale =1.5 (0.0 se il suo contributo aumenta la sicurezza)

#### - Stato Limite di Esercizio (SLE):

Le combinazioni previste per gli SLE sono le seguenti:

$$F_r = G_k + P_k + Q_{1k} + \sum_i (\psi_{0i} Q_{ik})$$

combinazione rara

$$F_f = G_k + P_k + \psi_{11} Q_{1k} + \sum_i (\psi_{2i} Q_{ik})$$

combinazione frequente

$$F_q = G_k + P_k + \sum_i (\psi_{2i} Q_{ik})$$

combinazione quasi permanente

dove:

$\psi_{1i}$  = coeff. atto a definire i valori delle azioni ammissibili ai frattali di ordine 0.95 delle distribuzioni dei valori istantanei;

$\psi_{2i}$  = coeff. atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni ammissibili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.

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

## 10. SCHEMATIZZAZIONE E MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA E DEI VINCOLI

La struttura è stata modellata come trave appoggiata ai due estremi sottoposta a carichi concentrati puntuali corrispondenti ai punti di ancoraggio dell'impianto a pannelli radianti.

## 11. VERIFICHE DI SICUREZZA

In questo paragrafo si riportano le verifiche strutturali relative alle membrature della struttura; al fine di facilitare la lettura degli output di calcolo allegati si riportano informazioni utili ad interpretare i relativi tabulati del fascicolo e si riportano, in forma sintetica, i risultati maggiormente significativi.

Comune di San Zeno Naviglio Prot. n. 0010803 del 21-12-2022 in partenza.  
Comune di San Zeno Naviglio Prot. n. 0005593 del 23-06-2022 in arrivo

## 11.1 ANALISI STATICA

### Verifica trave

**VARIABILI DI PROGETTO**

**tipo di calcolo richiesto:** Stati Limite

**L:** 6,70 m Luce di calcolo trave

**Accidentale tipo 1:** copertura < 1000m slm

**Accidentale tipo 2:** copertura < 1000m slm

**Coefficienti parziali di sicurezza allo SLU:**

- carichi permanenti: 1,50
- carichi accidentali: 1,50

**Coefficienti di combinazione PSI:**

	PSi <sub>1</sub>	PSi <sub>2</sub>
- solaio	0,7	0,3
- copertura < 1000m	0,5	0,0
- copertura > 1000m	0,7	0,2
- ambiente affollato	0,7	0,6
- magazzino	1,0	0,8
- uso commerciale	0,7	0,6

**DEFINIZIONE DEI CARICHI DISTRIBUITI: [kN/m]**

	PERMANENTI + PESO PROPRIO				ACCIDENTALI				tipo di accidentale
	q <sub>i</sub> : [kN/m]	d <sub>i</sub> : [m]	q <sub>f</sub> : [kN/m]	d <sub>f</sub> : [m]	q <sub>i</sub> : [kN/m]	d <sub>i</sub> : [m]	q <sub>f</sub> : [kN/m]	d <sub>f</sub> : [m]	
1°	0,20	0,00	0,20	0,00					Tipo 1
2°									Tipo 1
3°									Tipo 1
4°									Tipo 1
5°									Tipo 1

**DEFINIZIONE DEI CARICHI CONCENTRATI: [kN]**

	PERMANENTI + PESO PROPRIO		ACCIDENTALI		tipo di accidentale
	F: [kN]	d <sub>i</sub> : [m]	F: [kN]	d <sub>i</sub> : [m]	
1°	1,00	0,80			Tipo 1
2°	1,00	2,50			Tipo 1
3°	1,00	4,20			Tipo 1
4°	1,00	5,90			Tipo 1
5°					Tipo 1

**DISTRIBUZIONE DEI CARICHI**

**Carichi permanenti**

**Carichi accidentali**

**AZIONI SOLLECITANTI**

**Momento**

**Taglio**

**RIEPILOGO AZIONI SOLLECITANTI**

**MOMENTI MASSIMI SOLLECITANTI [kNm]**

per i soli carichi permanenti	-6,63
per i soli carichi accidentali	0,00
per i carichi perm. + acc.	-6,63

a 3,35m dall'appoggio sinistro  
a 6,7m dall'appoggio sinistro  
a 3,35m dall'appoggio sinistro

**TAGLI MASSIMI SOLLECITANTI: [kN]**

	App. sinistro	App. destro
per i soli carichi permanenti	-4,01	4,01
per i soli carichi accidentali	0,00	0,00
per i carichi perm. + acc.	-4,01	4,01

VARIABILI DI PROGETTO																																													
<b>Tipologia legname:</b> <input type="text" value="LAMELLARE GL24H"/>	<b>Proprietà caratteristiche del legname</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">LAMELLARE GL24H</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>E0,mean</td><td>MPa</td><td>11500</td></tr> <tr><td>E0,05</td><td>MPa</td><td>9600</td></tr> <tr><td>E90,mean</td><td>MPa</td><td>300</td></tr> <tr><td>Gmean</td><td>MPa</td><td>650</td></tr> <tr><td>f<sub>m,k</sub></td><td>MPa</td><td>24</td></tr> <tr><td>f<sub>t,0,k</sub></td><td>MPa</td><td>19,2</td></tr> <tr><td>f<sub>t,90,k</sub></td><td>MPa</td><td>0,5</td></tr> <tr><td>f<sub>c,0,k</sub></td><td>MPa</td><td>24</td></tr> <tr><td>f<sub>c,90,k</sub></td><td>MPa</td><td>2,5</td></tr> <tr><td>f<sub>v,k</sub></td><td>MPa</td><td>3,5</td></tr> <tr><td>ρ<sub>legno</sub></td><td>kg/m<sup>3</sup></td><td>385</td></tr> </tbody> </table>			LAMELLARE GL24H			E0,mean	MPa	11500	E0,05	MPa	9600	E90,mean	MPa	300	Gmean	MPa	650	f <sub>m,k</sub>	MPa	24	f <sub>t,0,k</sub>	MPa	19,2	f <sub>t,90,k</sub>	MPa	0,5	f <sub>c,0,k</sub>	MPa	24	f <sub>c,90,k</sub>	MPa	2,5	f <sub>v,k</sub>	MPa	3,5	ρ <sub>legno</sub>	kg/m <sup>3</sup>	385						
LAMELLARE GL24H																																													
E0,mean	MPa	11500																																											
E0,05	MPa	9600																																											
E90,mean	MPa	300																																											
Gmean	MPa	650																																											
f <sub>m,k</sub>	MPa	24																																											
f <sub>t,0,k</sub>	MPa	19,2																																											
f <sub>t,90,k</sub>	MPa	0,5																																											
f <sub>c,0,k</sub>	MPa	24																																											
f <sub>c,90,k</sub>	MPa	2,5																																											
f <sub>v,k</sub>	MPa	3,5																																											
ρ <sub>legno</sub>	kg/m <sup>3</sup>	385																																											
<b>Classe di servizio:</b> <input type="text" value="Classe 1"/>	<b>Coefficienti correttivi</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Durata:</th> <th>Permanente</th> <th>Permanente</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>K<sub>mod</sub>:</td> <td>adm</td> <td>0,6</td> </tr> <tr><td>γ<sub>Mw</sub>:</td> <td>adm</td> <td>1,35</td> </tr> <tr><td>K<sub>def</sub>:</td> <td>adm</td> <td>0,6</td> </tr> </tbody> </table>			Durata:	Permanente	Permanente	K <sub>mod</sub> :	adm	0,6	γ <sub>Mw</sub> :	adm	1,35	K <sub>def</sub> :	adm	0,6																														
Durata:	Permanente	Permanente																																											
K <sub>mod</sub> :	adm	0,6																																											
γ <sub>Mw</sub> :	adm	1,35																																											
K <sub>def</sub> :	adm	0,6																																											
<b>Durata del carico:</b> <input type="text" value="Permanente"/>	<b>Proprietà di progetto del legname</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Durata:</th> <th>Permanente</th> <th>Permanente</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>f<sub>m,d</sub></td> <td>MPa</td> <td>10,67</td> </tr> <tr><td>f<sub>t,0,d</sub></td> <td>MPa</td> <td>8,53</td> </tr> <tr><td>f<sub>c,0,d</sub></td> <td>MPa</td> <td>10,67</td> </tr> <tr><td>f<sub>c,90,d</sub>*</td> <td>MPa</td> <td>1,67</td> </tr> <tr><td>f<sub>v,d</sub>**</td> <td>MPa</td> <td>1,11</td> </tr> </tbody> </table>			Durata:	Permanente	Permanente	f <sub>m,d</sub>	MPa	10,67	f <sub>t,0,d</sub>	MPa	8,53	f <sub>c,0,d</sub>	MPa	10,67	f <sub>c,90,d</sub> *	MPa	1,67	f <sub>v,d</sub> **	MPa	1,11																								
Durata:	Permanente	Permanente																																											
f <sub>m,d</sub>	MPa	10,67																																											
f <sub>t,0,d</sub>	MPa	8,53																																											
f <sub>c,0,d</sub>	MPa	10,67																																											
f <sub>c,90,d</sub> *	MPa	1,67																																											
f <sub>v,d</sub> **	MPa	1,11																																											
<b>Tipologia di elemento:</b> <input type="text" value="Solaio - Orditura Primaria"/>	<small>* secondo CNR 206/2007 - ** secondo NTC 2018/istruzioni</small>																																												
CARATTERISTICHE SEZIONALI																																													
<b>TIPOLOGIA SEZIONE</b> <input type="text" value="SEZIONE RETTANGOLARE"/>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">DATI RICHIESTI</th> <th colspan="2">Proprietà sezione scelta</th> <th colspan="2">Sezione rettangolare equivalente</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>B:</td> <td>140,0 mm</td> <td>Area:</td> <td>3,92E+04 mm<sup>2</sup></td> <td>Base: [mm]</td> <td>Altezza: [mm]</td> </tr> <tr> <td>H:</td> <td>280,0 mm</td> <td>x<sub>g</sub>:</td> <td>70,00 mm</td> <td>Pari J:</td> <td>200,0 248,61</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>y<sub>g</sub>:</td> <td>140,00 mm</td> <td>Pari W:</td> <td>200,0 234,26</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>J:</td> <td>2,56E+08 mm<sup>4</sup></td> <td colspan="2"> <b>Fattore di amplificazione geometrica</b>                      k<sub>h</sub>: 1,079 adm                 </td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>W<sub>min</sub>:</td> <td>1,83E+06 mm<sup>3</sup></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Peso p.:</td> <td>0,15 kN/m</td> <td colspan="2"></td> </tr> </tbody> </table>			DATI RICHIESTI		Proprietà sezione scelta		Sezione rettangolare equivalente		B:	140,0 mm	Area:	3,92E+04 mm <sup>2</sup>	Base: [mm]	Altezza: [mm]	H:	280,0 mm	x <sub>g</sub> :	70,00 mm	Pari J:	200,0 248,61			y <sub>g</sub> :	140,00 mm	Pari W:	200,0 234,26			J:	2,56E+08 mm <sup>4</sup>	<b>Fattore di amplificazione geometrica</b> k <sub>h</sub> : 1,079 adm				W <sub>min</sub> :	1,83E+06 mm <sup>3</sup>					Peso p.:	0,15 kN/m		
DATI RICHIESTI		Proprietà sezione scelta		Sezione rettangolare equivalente																																									
B:	140,0 mm	Area:	3,92E+04 mm <sup>2</sup>	Base: [mm]	Altezza: [mm]																																								
H:	280,0 mm	x <sub>g</sub> :	70,00 mm	Pari J:	200,0 248,61																																								
		y <sub>g</sub> :	140,00 mm	Pari W:	200,0 234,26																																								
		J:	2,56E+08 mm <sup>4</sup>	<b>Fattore di amplificazione geometrica</b> k <sub>h</sub> : 1,079 adm																																									
		W <sub>min</sub> :	1,83E+06 mm <sup>3</sup>																																										
		Peso p.:	0,15 kN/m																																										
VERIFICHE DI RESISTENZA ALLO STATO LIMITE ULTIMO																																													
<b>VERIFICA NEI CONFRONTI DEI SOLI CARICHI PERMANENTI</b> durata del carico: Permanente		<b>VERIFICA NEI CONFRONTI DEI CARICHI PERMANENTI + ACCIDENTALI</b> durata del carico: Permanente																																											
<b>M<sub>ed</sub>:</b> 6,63 kNm <b>V<sub>ed</sub>:</b> 4,01 kN <b>σ<sub>c0d</sub>:</b> 3,626 MPa <b>τ<sub>d</sub>:</b> 0,153 MPa	momento flettente sollecitante massimo allo SLU taglio sollecitante massimo allo SLU OK 31,50 % della resistenza OK 13,79 % della resistenza	<b>M<sub>ed</sub>:</b> 5,63 kNm <b>V<sub>ed</sub>:</b> 4,01 kN <b>σ<sub>c0d</sub>:</b> 3,626 MPa <b>τ<sub>d</sub>:</b> 0,153 MPa	momento flettente sollecitante massimo allo SLU taglio sollecitante massimo allo SLU OK 31,50 % della resistenza OK 13,79 % della resistenza																																										
VERIFICHE DI DEFORMAZIONE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO																																													
<b>Freccia istantanea:</b> 7,16 mm <b>Freccia a T infinito:</b> 11,45 mm	equivalente a L/936 OK equivalente a L/585 OK	considerato il limite di L/ 500 per elementi di tipologia: Solaio - Orditura Primaria considerato il limite di L/ 300 per elementi di tipologia: Solaio - Orditura Primaria																																											
VERIFICHE DI APPOGGIO ALLO STATO LIMITE ULTIMO [secondo CNR 206/2007]																																													
<b>VERIFICA NEI CONFRONTI DEI SOLI CARICHI PERMANENTI</b> durata del carico: Permanente		<b>VERIFICA NEI CONFRONTI DEI CARICHI PERMANENTI + ACCIDENTALI</b> durata del carico: Permanente																																											
<b>B<sub>app</sub>:</b> 0 mm <b>L<sub>app</sub>:</b> 200 mm <b>L<sub>eff</sub>:</b> 246,67 mm <b>R<sub>ed</sub>:</b> 4,01 kN <b>σ<sub>c,90,d</sub>:</b> 0,12 MPa	larghezza reale dell'appoggio, indicare 0 se uguale alla base della trave lunghezza di appoggio prevista lunghezza efficace di appoggio reazione massima sollecitante allo SLU OK 6,96 % della resistenza	<b>B<sub>app</sub>:</b> 0 mm <b>L<sub>app</sub>:</b> 150 mm <b>L<sub>eff</sub>:</b> 196,67 mm <b>R<sub>ed</sub>:</b> 4,01 kN <b>σ<sub>c,90,d</sub>:</b> 0,15 MPa	larghezza reale dell'appoggio, indicare 0 se uguale alla base della trave lunghezza di appoggio prevista lunghezza efficace di appoggio reazione massima sollecitante allo SLU OK 8,73 % della resistenza																																										

## 11.2 ANALISI AL FUOCO

### Verifica trave

VARIABILI DI PROGETTO																																																																													
<b>tipo di calcolo richiesto:</b> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Stati Limite</span>		<b>DEFINIZIONE DEI CARICHI DISTRIBUITI: [kN/m]</b>																																																																											
<b>L:</b> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">6,70</span> m Luce di calcolo trave		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="4">PERMANENTI + PESO PROPRIO</th> <th colspan="4">ACCIDENTALI</th> <th rowspan="2">tipo di accidentale</th> </tr> <tr> <th>q<sub>i</sub>: [kN/m]</th> <th>d<sub>i</sub>: [m]</th> <th>q<sub>f</sub>: [kN/m]</th> <th>d<sub>f</sub>: [m]</th> <th>q<sub>i</sub>: [kN/m]</th> <th>d<sub>i</sub>: [m]</th> <th>q<sub>f</sub>: [kN/m]</th> <th>d<sub>f</sub>: [m]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1°</td> <td>0,20</td> <td>0,00</td> <td>0,20</td> <td>0,00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Tipo 1</td> </tr> <tr> <td>2°</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Tipo 1</td> </tr> <tr> <td>3°</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Tipo 1</td> </tr> <tr> <td>4°</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Tipo 1</td> </tr> <tr> <td>5°</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Tipo 1</td> </tr> </tbody> </table>									PERMANENTI + PESO PROPRIO				ACCIDENTALI				tipo di accidentale	q <sub>i</sub> : [kN/m]	d <sub>i</sub> : [m]	q <sub>f</sub> : [kN/m]	d <sub>f</sub> : [m]	q <sub>i</sub> : [kN/m]	d <sub>i</sub> : [m]	q <sub>f</sub> : [kN/m]	d <sub>f</sub> : [m]	1°	0,20	0,00	0,20	0,00					Tipo 1	2°									Tipo 1	3°									Tipo 1	4°									Tipo 1	5°									Tipo 1
	PERMANENTI + PESO PROPRIO				ACCIDENTALI				tipo di accidentale																																																																				
	q <sub>i</sub> : [kN/m]	d <sub>i</sub> : [m]	q <sub>f</sub> : [kN/m]	d <sub>f</sub> : [m]	q <sub>i</sub> : [kN/m]	d <sub>i</sub> : [m]	q <sub>f</sub> : [kN/m]	d <sub>f</sub> : [m]																																																																					
1°	0,20	0,00	0,20	0,00					Tipo 1																																																																				
2°									Tipo 1																																																																				
3°									Tipo 1																																																																				
4°									Tipo 1																																																																				
5°									Tipo 1																																																																				
<b>Accidentale tipo 1:</b> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">ambiente affollato</span> <b>Accidentale tipo 2:</b> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">copertura &lt; 1000m slm</span>		<b>DEFINIZIONE DEI CARICHI CONCENTRATI: [kN]</b>																																																																											
<b>Coefficienti parziali di sicurezza allo SLU:</b> - carichi permanenti <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1,00</span> - carichi accidentali <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1,00</span>		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">PERMANENTI + PESO PROPRIO</th> <th colspan="2">ACCIDENTALI</th> <th rowspan="2">tipo di accidentale</th> </tr> <tr> <th>F: [kN]</th> <th>d<sub>i</sub>: [m]</th> <th>F: [kN]</th> <th>d<sub>i</sub>: [m]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1°</td> <td>1,00</td> <td>0,80</td> <td></td> <td></td> <td>Tipo 1</td> </tr> <tr> <td>2°</td> <td>1,00</td> <td>2,50</td> <td></td> <td></td> <td>Tipo 1</td> </tr> <tr> <td>3°</td> <td>1,00</td> <td>4,20</td> <td></td> <td></td> <td>Tipo 1</td> </tr> <tr> <td>4°</td> <td>1,00</td> <td>5,90</td> <td></td> <td></td> <td>Tipo 1</td> </tr> <tr> <td>5°</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Tipo 1</td> </tr> </tbody> </table>									PERMANENTI + PESO PROPRIO		ACCIDENTALI		tipo di accidentale	F: [kN]	d <sub>i</sub> : [m]	F: [kN]	d <sub>i</sub> : [m]	1°	1,00	0,80			Tipo 1	2°	1,00	2,50			Tipo 1	3°	1,00	4,20			Tipo 1	4°	1,00	5,90			Tipo 1	5°					Tipo 1																												
	PERMANENTI + PESO PROPRIO		ACCIDENTALI		tipo di accidentale																																																																								
	F: [kN]	d <sub>i</sub> : [m]	F: [kN]	d <sub>i</sub> : [m]																																																																									
1°	1,00	0,80			Tipo 1																																																																								
2°	1,00	2,50			Tipo 1																																																																								
3°	1,00	4,20			Tipo 1																																																																								
4°	1,00	5,90			Tipo 1																																																																								
5°					Tipo 1																																																																								
<b>Coefficienti di combinazione PSI:</b> - solaio - copertura < 1000m - copertura > 1000m - ambiente affollato - magazzino - uso commerciale		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Psi<sub>0</sub></th> <th>Psi<sub>2</sub></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>solaio</td> <td>0,7</td> <td>0,3</td> </tr> <tr> <td>copertura &lt; 1000m</td> <td>0,5</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>copertura &gt; 1000m</td> <td>0,7</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>ambiente affollato</td> <td>0,7</td> <td>0,6</td> </tr> <tr> <td>magazzino</td> <td>1,0</td> <td>0,8</td> </tr> <tr> <td>uso commerciale</td> <td>0,7</td> <td>0,6</td> </tr> </tbody> </table>									Psi <sub>0</sub>	Psi <sub>2</sub>	solaio	0,7	0,3	copertura < 1000m	0,5	0,0	copertura > 1000m	0,7	0,2	ambiente affollato	0,7	0,6	magazzino	1,0	0,8	uso commerciale	0,7	0,6																																															
	Psi <sub>0</sub>	Psi <sub>2</sub>																																																																											
solaio	0,7	0,3																																																																											
copertura < 1000m	0,5	0,0																																																																											
copertura > 1000m	0,7	0,2																																																																											
ambiente affollato	0,7	0,6																																																																											
magazzino	1,0	0,8																																																																											
uso commerciale	0,7	0,6																																																																											
DISTRIBUZIONE DEI CARICHI																																																																													
AZIONI SOLLECITANTI																																																																													
RIEPILOGO AZIONI SOLLECITANTI																																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr> <th colspan="3">MOMENTI MASSIMI SOLLECITANTI [kNm]</th> <th colspan="3">TAGLI MASSIMI SOLLECITANTI: [kN]</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th></th> <th>App. sinistro</th> <th>App. destro</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>per i soli carichi permanenti</td> <td>-4,42</td> <td>a 3,35m dall'appoggio sinistro</td> <td>-2,67</td> <td>2,67</td> <td></td> </tr> <tr> <td>per i soli carichi accidentali</td> <td>0,00</td> <td>a 6,7m dall'appoggio sinistro</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>per i carichi perm. + acc.</td> <td>-4,42</td> <td>a 3,35m dall'appoggio sinistro</td> <td>-2,67</td> <td>2,67</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										MOMENTI MASSIMI SOLLECITANTI [kNm]			TAGLI MASSIMI SOLLECITANTI: [kN]						App. sinistro	App. destro		per i soli carichi permanenti	-4,42	a 3,35m dall'appoggio sinistro	-2,67	2,67		per i soli carichi accidentali	0,00	a 6,7m dall'appoggio sinistro	0,00	0,00		per i carichi perm. + acc.	-4,42	a 3,35m dall'appoggio sinistro	-2,67	2,67																																							
MOMENTI MASSIMI SOLLECITANTI [kNm]			TAGLI MASSIMI SOLLECITANTI: [kN]																																																																										
			App. sinistro	App. destro																																																																									
per i soli carichi permanenti	-4,42	a 3,35m dall'appoggio sinistro	-2,67	2,67																																																																									
per i soli carichi accidentali	0,00	a 6,7m dall'appoggio sinistro	0,00	0,00																																																																									
per i carichi perm. + acc.	-4,42	a 3,35m dall'appoggio sinistro	-2,67	2,67																																																																									

## VARIABILI DI PROGETTO

Tipologia legname: LAMELLARE GL24H  
Classe di servizio: Classe 1  
Durata del carico: Fuoco  
Tipologia di elemento: Solaio - Orditura Primaria

Proprietà caratteristiche del legname		
LAMELLARE GL24H		
E0,mean	MPa	11500
E0,05	MPa	9600
E90,mean	MPa	300
Gmean	MPa	650
f <sub>m,k</sub>	MPa	24
f <sub>t,0,k</sub>	MPa	19,2
f <sub>t,90,k</sub>	MPa	0,5
f <sub>c,0,k</sub>	MPa	24
f <sub>c,90,k</sub>	MPa	2,5
f <sub>v,k</sub>	MPa	3,5
ρ <sub>legno</sub>	kg/m <sup>3</sup>	385

Coefficienti correttivi		
Durata:		Fuoco
K <sub>mod</sub> :	adm	1,1
γ <sub>Mw</sub> :	adm	1
K <sub>def</sub> :	adm	0,6
Proprietà di progetto del legname		
Durata:		Fuoco
f <sub>m,d</sub>	MPa	26,40
f <sub>t,0,d</sub>	MPa	21,12
f <sub>c,0,d</sub>	MPa	26,40
f <sub>c,90,d</sub>	MPa	4,13
f <sub>v,d</sub>	MPa	2,73
* secondo CNR 206/2007		

## CARATTERISTICHE SEZIONALI

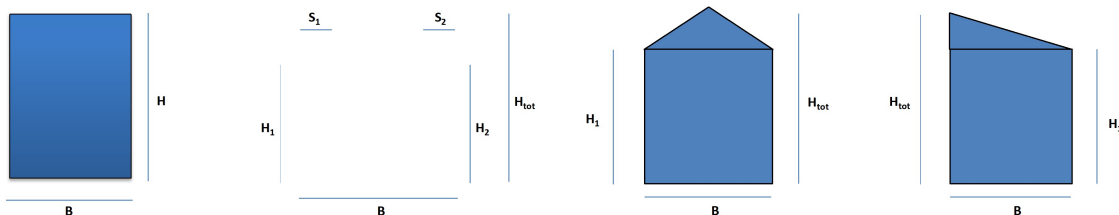
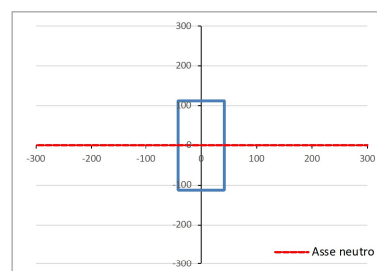
TIPOLOGIA SEZIONE: SEZIONE RETTANGOLARE

DATI RICHIESTI	
B:	84,0 mm
H:	224,0 mm

Proprietà sezione scelta	
Area:	1,88E+04 mm <sup>2</sup>
x <sub>g</sub> :	42,00 mm
y <sub>g</sub> :	112,00 mm
J:	7,87E+07 mm <sup>4</sup>
W <sub>min</sub> :	7,02E+05 mm <sup>3</sup>
Peso p <sub>z</sub> :	0,07 kN/m

Sezione rettangolare equivalente	
Base: [mm]	Altezza: [mm]
Pari J:	200,0 167,75
Pari W:	200,0 145,17

Fattore di amplificazione geometrica	
k <sub>h</sub> :	1,100 adm



## VERIFICHE DI RESISTENZA ALLO STATO LIMITE ULTIMO - FUOCO

VERIFICA NEI CONFRONTI DEI CARICHI PERMANENTI + ACCIDENTALI			
durata del carico:		Fuoco	
M <sub>ed</sub> :	4,42 kNm	momento flettente sollecitante massimo allo SLU	
V <sub>ed</sub> :	2,67 kN	taglio sollecitante massimo allo SLU	
σ <sub>c0d</sub> :	6,295 MPa	OK	21,68 % della resistenza
τ <sub>d</sub> :	0,213 MPa	OK	7,79 % della resistenza

## 12. ACCETTABILITA' DEI RISULTATI OTTENUTI

La visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dalle analisi quali sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti, reazioni vincolari hanno permesso un immediato controllo con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati di cui è nota la soluzione in forma chiusa nell'ambito della Scienza delle Costruzioni.

## 13. CONCLUSIONI

Al fine di fornire un giudizio motivato di accettabilità dei risultati, come richiesto al § 10.2 NTC18, il sottoscritto progettista strutturale assevera di aver:

- a) esaminato preliminarmente la documentazione a corredo dei software e di ritenerli affidabili ed idonei per la progettazione della struttura in oggetto;
- b) controllato accuratamente i tabulati di calcolo;
- c) confrontato i risultati del software con quelli ottenuti con semplici calcoli di massima;
- d) esaminato gli stati tensionali e deformativi e di ritenerli consistenti e coerenti con la schematizzazione e modellazione della struttura.

Il sottoscritto, pertanto, ritiene che i risultati riportati nel presente elaborato siano corretti e che il progetto strutturale sia conforme alle Leggi 1086/71 e 64/74, e al DM 17/01/2018 (Norme tecniche per le costruzioni)

Il progettista

