

# COMUNE DI BAGNACAVALLO

Provincia di Ravenna

## UFFICIO LAVORI PUBBLICI E PATRIMONIO



**Finanziato  
dall'Unione europea**

NextGenerationEU

PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR)  
MISSIONE 4 - COMPONENTE 1 - INVESTIMENTO 1.3:  
PIANO PER LE INFRASTRUTTURE PER LO SPORT NELLE  
SCUOLE - FINANZIATO DALL'UNIONE EUROPEA  
LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA COPERTURA PALESTRA  
SCUOLA PRIMARIA "F. BERTI" DI BAGNACAVALLO  
PROGETTO ESECUTIVO  
CUP C35F22000510006

Allegato	Elaborato	Scala	Oggetto
3	01	Data	RELAZIONE DI CALCOLO RELAZIONE SUI MATERIALI
		agosto 2023	
Il Progettista Ing. Stefano Gagliardi			II R.U.P.
Studio tecnico via Selice, 201 - 48017 Conselice (RA) tel.fax 0545 89245 email info@studiogagliardi.ra.it			

1	ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE.....	2
2	ANALISI STORICO-CRITICA ED ESITO DEL RILIEVO GEOMETRICO-STRUTTURALE.....	3
2.1	Analisi storico-critica .....	3
2.2	Esito del rilievo geometrico-strutturale.....	3
3	DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA E CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE, ANALISI E VERIFICA ....	4
4	QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO .....	5
4.1	Norme di riferimento cogenti.....	5
4.2	Altre norme e documenti tecnici integrativi .....	5
5	RELAZIONE SUI MATERIALI .....	6
5.1	Strutture nuova realizzazione.....	6
6	AZIONI DI PROGETTO SULLA COSTRUZIONE: ANALISI DEI CARICHI .....	8
6.1	Pesi propri strutturali .....	8
6.2	Carico neve .....	8
	Il carico medio sulla trave più caricata dall'accumulo ( $i=1.00m$ ) risulta $q_{max}=2.70 \text{ kN/m}$ .....	10
6.3	Carichi unitari.....	10
7	TERRENO DI FONDAZIONE.....	11
8	INQUADRAMENTO AMBIENTALE.....	13
8.1	Strutture in legno.....	13
9	INQUADRAMENTO SISMICO .....	15
10	MODELLO NUMERICO DELLE STRUTTURE.....	16
10.1	Metodologia di modellazione ed analisi .....	16
10.2	Informazioni sui codici di calcolo.....	16
10.3	Modellazione della geometria e delle proprietà meccaniche .....	16
10.4	Modellazione dei vincoli interni ed esterni.....	16
10.5	Modellazione delle azioni.....	16
10.6	Combinazioni e/o percorsi di carico .....	16
10.7	Modalità verifiche S.L.U.....	17
10.8	Modalità verifiche S.L.E.....	18
11	VERIFICA TRAVI IN LEGNO .....	19
11.1	Trave T1 $b=180m$ $h=280mm$ .....	19
12	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI .....	24
13	VERIFICA CONNESSIONI .....	25
13.1	Connessione Angolare-Trave in legno (appoggio inferiore Trave in legno) .....	25
13.2	Connessione Angolare-Cordolo in c.a.....	25
13.3	Connessione Angolare-trave in c.a. (appoggio superiore Trave in legno).....	26

## **1 ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE**

In accordo alla D.G.R. n.1373/2011 della Regione Emilia-Romagna, la presente relazione di calcolo elenca gli elementi essenziali del progetto delle strutture, volti a specificare in maniera unitaria e sintetica le modalità con cui il Progettista ha elaborato il progetto esecutivo riguardante le strutture.

## **2 ANALISI STORICO-CRITICA ED ESITO DEL RILIEVO GEOMETRICO-STRUTTURALE**

In coerenza con il paragrafo 8.5.1 del DM 17/01/2018 si è proceduto all'analisi storico-critica ed al rilievo geometrico-strutturale dell'edificio.

### **2.1 Analisi storico-critica**

Dalle informazioni raccolte presso gli uffici tecnici comunali è possibile far risalire la costruzione dell'edificio alla fine degli anni '50 del secolo scorso; non esistono tuttavia elaborati di progetto e, pertanto, la configurazione e le caratteristiche meccaniche del fabbricato e delle relative strutture portanti sono state desunte da un rilievo sul posto e dagli elaborati inerenti il recente intervento di adeguamento sismico.

La costruzione riflette lo stato delle conoscenze al tempo della sua realizzazione e dei recenti interventi di adeguamento sismico.

L'edificio oggetto di intervento è un semplice corpo di fabbrica a pianta rettangolare sormontato da un tetto a tre falde, di dimensioni in pianta 20,95 m x 12,96 m e altezza alla gronda circa 8,00 m.

La struttura portante verticale è costituita da muratura di mattoni pieni a tre teste rinforzato da intonaco armato, mentre la copertura è sostenuta da tre capriate in conglomerato cementizio armato gettato in opera con elementi di sezioni trasversale 32x47 cm (travi – correnti superiore e inferiore) e 32x32 cm (pilastri – monaco). Il piano inferiore della copertura è controventato da una reticolare metallica.

La palestra risulta fisicamente disgiunta dagli edifici adiacenti.

### **2.2 Esito del rilievo geometrico-strutturale**

Le strutture portanti principali sono interamente accessibili, si è quindi potuto procedere ad un rilievo geometrico diretto. Da quanto rilevato la costruzione:

- non presenta palesi difetti di impostazione e di realizzazione;
- la costruzione non risulta presumibilmente essere stata soggetta ad azioni eccezionali, i cui effetti non erano stati previsti originariamente;
- le strutture non presentano degrado e/o modificazioni significative rispetto alla situazione originaria.

### 3 DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA E CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE, ANALISI E VERIFICA

L'edificio ha struttura portante in muratura in mattoni pieni a tre teste rinforzate da intonaco armato su entrambe le facce. Il coperto è a tre acque in latero-cemento. La destinazione d'uso attuale è palestra scolastica

L'area oggetto di intervento è prevalentemente pianeggiante. Non vi sono corsi d'acqua nelle vicinanze e la falda è stata rilevata ad una profondità di circa 1.30-1.60 m dal piano di campagna. Gli strati di terreno interessati dalle fondazioni sono prevalentemente limoso-argillosi. Non si riscontrano problematiche particolari di stabilità globale dell'area derivanti dall'intervento.



La configurazione planimetrica dell'edificio oggetto di intervento si presenta regolare e approssimativamente simmetrica.

Scopo del presente intervento è la sostituzione del solaio di copertura in latero cemento con orizzontamento in legno, costituito da travi a sezione rettangolare e un doppio tavolato incrociato superiore.

L'intervento in oggetto è classificabile come **riparazione o intervento locale** ai sensi del D.M. 17 Gennaio 2018 e come anche esplicitato dalla Circ. n.7/2019 al §8.4.1 RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE che così recita *"In tale categoria rientrano gli interventi di ripristino, rinforzo o sostituzione di elementi strutturali o di parti di essi non adeguati alla funzione che devono svolgere (ad esempio travi, architravi, **coperture**, impalcati o porzioni di impalcato, pilastri, pannelli murari)"*.

Il dimensionamento delle strutture è stato svolto secondo le regole della Scienza e della Tecnica delle Costruzioni, le verifiche di resistenza sono condotte secondo la teoria degli Stati Limite.

## **4 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO**

### **4.1 Norme di riferimento cogenti**

- D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380: Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia
- D. Min. 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle <<Norme tecniche per le costruzioni>>

### **4.2 Altre norme e documenti tecnici integrativi**

- Circolare n. 7/2019 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018
- Presidenza del Consiglio superiore dei LL.PP. – Servizio Tecnico Centrale: Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive, Edizione Febbraio 2008
- UNI-EN 206-1:2006 - Calcestruzzo - Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità
- CNR-DT 207/2008 – Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni
- CNR-DT 206/2018 – Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo delle Strutture di Legno
- UNI-EN 1992-1-1:2005 - Eurocodice 2: Progettazione delle strutture in calcestruzzo. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1992-1-2:2005 - Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio
- UNI-EN 1993-1-1:2005 - Eurocodice 3: Progettazione delle strutture in acciaio. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI-EN 1994-1-1:2005 - Eurocodice 4: Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI-EN 1995-1-1:2005 - Eurocodice 5: Progettazione delle strutture in legno. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI-EN 1997-1:2005 - Eurocodice 7: Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali
- UNI-EN 1998-1-2:2005 - Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici

## 5 RELAZIONE SUI MATERIALI

### 5.1 Strutture nuova realizzazione

#### 5.1.1 Calcestruzzi

Elementi	Classe di resistenza	Classe di esposizione	Slump	Diametro massimo aggregato [mm]
Cordoli	C25/30	XC3	S4	20

#### 5.1.2 Acciaio in barre per cemento armato

Classe acciaio	$f_{yk}$	$\gamma_s$	$f_{tk}$	$E_s$	$f_{yd}$	$\epsilon_{yd}$	$\epsilon_{uk}$	$(f_y/f_{y,nom})_k$	$\epsilon_{ud}$	$k = (f_t/f_y)_k$	$\sigma_{s,Rara}$	Diametro minimo mandrino di piegatura	
	MPa		MPa	MPa	MPa						MPa	$\Phi \leq 16mm$	$\Phi > 16mm$
B450C	450.00	1.15	540.00	210'000	391.30	0.00186	0.07500	$\leq 1.25$	0.06750	1.15 - 1.35	360.00	Cls normale 4Φ Cls alleggerito 6Φ	Cls normale 7Φ Cls alleggerito 11Φ

#### 5.1.3 Travi in legno della copertura

- Classe legno: GL24h
- Classe di servizio: 2
- Classe di carico: Breve Durata

Valori riferiti alla norma UNI EN 14080-2013

$\gamma_L$	$k_{mod}$	$f_{m,g,k}$	$f_{t,0,g,k}$	$f_{t,90,g,k}$	$f_{c,0,g,k}$	$f_{c,90,g,k}$	$f_{v,g,k}$	$f_{r,g,k}$	$E_{0,g,mean}$	$E_{0,g,05}$	$E_{90,g,mean}$	$E_{90,g,05}$	$G_{g,mean}$	$G_{g,05}$	$G_{r,g,mean}$	$G_{r,g,05}$	$\beta_c$	$\rho_{g,k}$	$\rho_{g,mean}$
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa		kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>
1.45	0.90	24.00	19.20	0.50	24.00	2.50	3.50	1.20	11'500	9'600	300	250	650	540	65	54	0.10	385	420

#### 5.1.4 Tavolato di copertura

- Classe legno: C24
- Classe di servizio: 2
- Classe di carico: Breve Durata

Valori riferiti alla norma UNI EN 338-2016

$\gamma_L$	$k_{mod}$	$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	$E_{m,0,mean}$	$E_{m,0,k}$	$E_{m,90,mean}$	$G_{mean}$	$\beta_c$	$\rho_k$	$\rho_{mean}$
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa		kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>
1.50	0.90	24.00	14.50	0.40	21.00	2.50	4.00	11'000	7'400	370	690	0.20	350	420

#### 5.1.5 Viti per legno

- Viti HBS a testa svasata Rothoblaas  $\phi 8$  HBS8120, acciaio  $f_{yk}=1000$  MPa
- Viti HBS a testa svasata Rothoblaas  $\phi 12$  HBS12240, acciaio  $f_{yk}=1000$  MPa

### 5.1.6 Acciaio da carpenteria (profili a L, piatti e piastre)

- Tipologia laminati: Laminati a caldo con profili a sezione aperta
- Saldature con elettrodi secondo UNI 5132
- Struttura non protetta
- Temperatura minima del sito  $T_{md} = -25\text{ °C}$
- Temperatura di riferimento  $T_{Ed} = -25\text{ °C}$

Classe acciaio	Subgrade	$f_{tk}$	$E_s$	$\nu$	$G_s$	$f_{yk}$	$\gamma_{Rd}$	$\gamma_{M0}$	$\gamma_{M1}$	$\gamma_{M2}$	$\beta$	$\beta_1$	$\beta_2$
		[MPa]	[MPa]		[MPa]	[MPa]							
S 235 - UNI EN 10025-2	JR	360.00	210'000	0.30	80'769	235.00	1.20	1.05	1.05	1.25	0.80	0.85	1.00

### 5.1.7 Barre filettate

- Acciaio Classe 8.8
- Dadi classe 8 conformi alla norma UNI EN 898-2

### 5.1.8 Ancoranti

- Resina vinilestere ad iniezione per muratura portante Wurth WIT-VM 250 o equivalente
- Resina epossidica bicomponente per ancoraggio barre da cemento armato tipo Hilty HIT-RES 500 SD o equivalente



## 6 AZIONI DI PROGETTO SULLA COSTRUZIONE: ANALISI DEI CARICHI

### 6.1 Pesì propri strutturali

Il peso proprio degli elementi strutturali viene computato automaticamente dal software.

I pesi delle unità di volume dei materiali strutturali sono congruenti con quanto indicato nella Tabella 3.1.I del DM 17/01/2018.

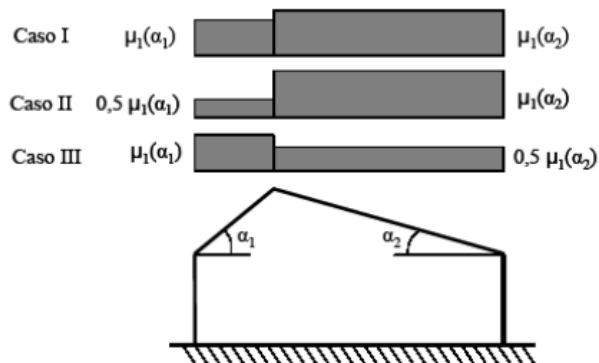
### 6.2 Carico neve



Fig. 3.4.1 - Zone di carico della neve

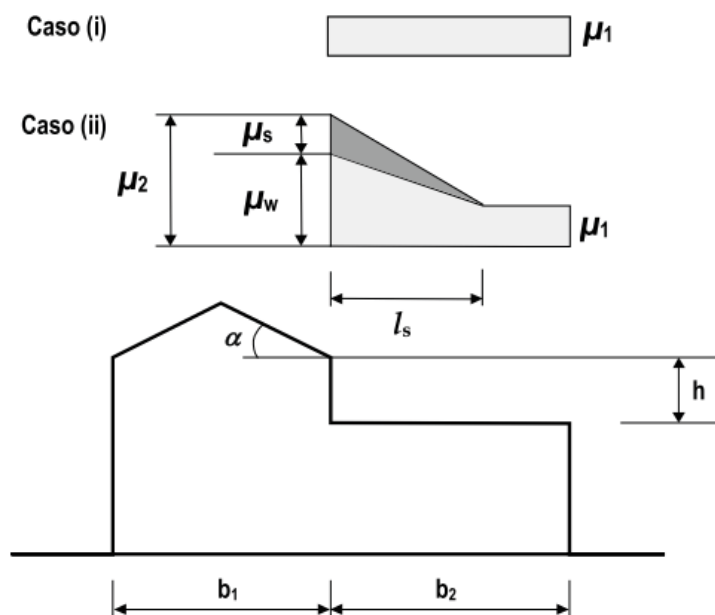
Provincia	Ravenna	
Regione	Emilia-Romagna	
Zona di appartenenza	I - Mediterranea	
Altezza sul livello del mare $a_s$	10.00	m
Topografia	Normale	
Coefficiente di esposizione $C_E$	1.00	
Coefficiente termico $C_t$	1.00	
Periodo di ritorno $T_n$	50.00	anni
Probabilità annua di superamento $P_n$	0.0200	
Coefficiente di variazione $v$	0.60	
Carico di neve al suolo s.l.m.m. e $T_n=50$ anni, $q_{sk}$	1.50	kN/m <sup>2</sup>
Carico di neve al suolo a quota $a_s$ e $T_R=50$ anni, $q_{sk,as}$	1.50	kN/m <sup>2</sup>
Carico di neve al suolo a quota $a_s$ e $T_R=T_{nr}$ , $q_{sn}$	1.50	kN/m <sup>2</sup>

### 6.2.1 Copertura a doppia falda



Angolo inclinazione falda $\alpha_1$	20.00	deg
Angolo inclinazione falda $\alpha_2$	20.00	deg
Coefficiente di forma $\mu_1(\alpha_1)$	0.80	
Coefficiente di forma $\mu_1(\alpha_2)$	0.80	
Caso I		
Carico neve su falda 1 $q_1$	1.20	kN/m <sup>2</sup>
Carico neve su falda 2 $q_2$	1.20	kN/m <sup>2</sup>
Caso II		
Carico neve su falda 1 $q_1$	0.60	kN/m <sup>2</sup>
Carico neve su falda 2 $q_2$	1.20	kN/m <sup>2</sup>
Caso III		
Carico neve su falda 1 $q_1$	1.20	kN/m <sup>2</sup>
Carico neve su falda 2 $q_2$	0.60	kN/m <sup>2</sup>

### 6.2.2 Carico neve su coperture adiacenti



Inclinazione copertura a quota superiore $\alpha$	0.00	deg
Larghezza edificio di altezza superiore $b_1$	50.00	m
Larghezza edificio di altezza inferiore $b_2$	21.00	m
Differenza di quote fra coperture $h$	1.50	m
Peso unità di volume della neve $\gamma$	2.00	kN/m <sup>3</sup>
Inclinazione copertura a quota inferiore $\alpha_{inf}$	0.00	deg
Coefficiente di forma copertura superiore $\mu_1(\alpha)$	0.80	
Coefficiente di forma copertura inferiore $\mu_1(\alpha_{inf})$	0.80	
Coefficiente di forma per scivolamento copertura superiore $\mu_s(\alpha)$	0.00	
Coefficiente di forma per redistribuzione operata dal vento $\mu_w$	2.00	
Coefficiente di forma $\mu_2 = \mu_s + \mu_w$	2.00	
Caso (i)		
Carico neve $q(\mu_1(\alpha_{inf}))$	1.20	kN/m <sup>2</sup>
Caso (ii)		
Lunghezza di accumulo $l_s$	5.00	m
Carico neve $q_{max}(\mu_2)$	3.00	kN/m <sup>2</sup>
Carico neve $q_{min}$	1.20	kN/m <sup>2</sup>

Il carico medio sulla trave più caricata dall'accumulo ( $i=1.00m$ ) risulta  $q_{max}=2.70$  kN/m.

### 6.3 Carichi unitari

#### 6.3.1 Solaio di copertura pre-intervento

- Interasse travetti  $i = 0.95m$
- Sezione travetti (assimilata a rettangolare in cls a vantaggio di sicurezza):  $b=200mm$   $h=200mm$   
 $p=0.96$  kN/m
- Tavella spessore  $t=60mm$   $p=0.36$  kN/m<sup>2</sup>
- Manto di copertura in coppi (comprensivo dell'incidenza pannelli FV)  $0.70$  kN/m<sup>2</sup>
- Guaina  $0.05$  kN/m<sup>2</sup>

Peso nel riferimento locale:

- $G_{k1} = 0.96/0.95 + 0.36 = 1.37$  kN/m<sup>2</sup>
- $G_{k2} = 0.70 + 0.05 = 0.75$  kN/m<sup>2</sup>

#### 6.3.2 Solaio di copertura post-intervento

- Interasse travetti  $i = 1.00m$
- Sezione travetti  $b=180mm$   $h=280mm$   $p=0.30$  kN/m
- Tavolatto doppio  $t=30+30mm$   $p=0.36$  kN/m<sup>2</sup>
- Manto di copertura in coppi (comprensivo dell'incidenza pannelli FV)  $0.70$  kN/m<sup>2</sup>
- Guaina  $0.05$  kN/m<sup>2</sup>

Peso nel riferimento locale:

- $G_{k1} = 0.30/1.00 + 0.36 = 0.66$  kN/m<sup>2</sup>
- $G_{k2} = 0.70 + 0.05 = 0.75$  kN/m<sup>2</sup>

## 7 TERRENO DI FONDAZIONE

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, il terreno di fondazione appartiene alla **Categoria C**.

**Tab. 3.2.II** – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Sulla base della precedente classificazione, si valutano i coefficienti di amplificazione sismica  $S_s$  e  $C_c$ , secondo quanto indicato in Tab.3.2.V del DM 17/01/2018:

**Tab. 3.2.IV** – *Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$*

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Il sito su cui sorgerà l'opera presenta un andamento plano-altimetrico sub-pianeggiante, appartenente quindi alla **Categoria T1** della Tab.3.2.III del DM 17/01/2018:

**Tab. 3.2.III** – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Il coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  viene invece determinato secondo le indicazioni della

Tab.3.2.VI del DM 17/01/2018:

**Tab. 3.2.V** – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

e vale quindi  $S_T=1.0$ .

## 8 INQUADRAMENTO AMBIENTALE

### 8.1 Strutture in legno

La durabilità delle strutture in legno è legata alla Classe di Servizio.

Si assume che le strutture appartengano alla **Classe di servizio 2**.

**Tab. 4.4.II - Classi di servizio**

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

Sulla base del tipo di materiale, della Classe di Servizio e della Classe di durata del Carico si assumeranno i valori dei coefficienti  $k_{mod}$  e  $k_{def}$  definiti nelle Tabelle 4.4.IV e 4.4.V del DM 17/01/2018.

**Tab. 4.4.I - Classi di durata del carico**

Classe di durata del carico	Durata del carico
Permanente	più di 10 anni
Lunga durata	6 mesi - 10 anni
Media durata	1 settimana - 6 mesi
Breve durata	meno di 1 settimana
Istantaneo	--

Tabella 1-Classi di durata del carico

**Tab. 4.4.IV - Valori di  $k_{mod}$  per legno e prodotti strutturali a base di legno**

Materiale	Riferimento		Classe di servizio	Classe di durata del carico				
				Permanente	Lunga	Media	Breve	Istantanea
Legno massiccio	UNI EN 14081-1		1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
Legno lamellare incollato (*)	UNI EN 14080		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
LVL	UNI EN 14374, UNI EN 14279		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Compensato	UNI EN 636:2015		1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
			2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
			3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Pannello di scaglie orientate (OSB)	UNI EN 300:2006	OSB/2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		OSB/3	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		OSB/4	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Pannello di particelle (truciolare)	UNI EN 312 :2010	Parti 4, 5	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		Parte 5	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
		Parti 6, 7	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		Parte 7	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Pannello di fibre, pannelli duri	UNI EN 622-2:2005	HB.LA, HB.HLA 1 o 2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		HB.HLA 1 o 2	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
		MBH.LA1 o 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
Pannello di fibre, pannelli semiduri	UNI EN 622-3:2005	MBH.HLS1 o 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
			2	-	-	-	0,45	0,80
Pannello di fibra di legno, ottenuto per via secca (MDF)	UNI EN 622-5:2010	MDF.LA, MDF.HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		MDF.HLS	2	-	-	-	0,45	0,80

Per i materiali non compresi nella Tabella si potrà fare riferimento ai pertinenti valori riportati nei riferimenti tecnici di comprovata validità indicati nel Capitolo 12, nel rispetto dei livelli di sicurezza delle presenti norme.

(\*) I valori indicati si possono adottare anche per i pannelli di tavole incollate a strati incrociati, ma limitatamente alle classi di servizio 1 e 2.

Tabella 2-Coefficienti  $k_{mod}$

**Tab. 4.4.V** -Valori di  $k_{def}$  per legno e prodotti strutturali a base di legno

Materiale	Riferimento	Classe di servizio		
		1	2	3
Legno massiccio	UNI EN 14081-1	0,60	0,80	2,00
Legno lamellare incollato *	UNI EN 14080	0,60	0,80	2,00
LVL	UNI EN 14374, UNI EN 14279	0,60	0,80	2,00
Compensato	UNI EN 636:2015		0,80	-
			0,80	1,00
			0,80	1,00
Pannelli di scaglie orientate (OSB)	UNI EN 300:2006	OSB/2	2,25	-
		OSB/3 OSB/4	1,50	2,25
Pannello di particelle (truciolare)	UNI EN 312:2010	Parte 4	2,25	-
		Parte 5	2,25	3,00
		Parte 6	1,50	-
		Parte 7	1,50	2,25
Pannello di fibre, pannelli duri	UNI EN 622-2:2005	HB.LA	2,25	-
		HB.HLA1, HB.HLA2	2,25	3,00
Pannello di fibre, pannelli semiduri	UNI EN 622-3:2005	MBH.LA1, MBH.LA2	3,00	-
		MBH.HLS1, MBH.HLS2	3,00	4,00
Pannello di fibra di legno, ottenuto per via secca (MDF)	UNI EN 622-5:2010	MDF.LA	2,25	-
		MDF.HLS	2,25	3,00

Per materiale posto in opera con umidità prossima al punto di saturazione delle fibre, e che possa essere soggetto a essiccazione sotto carico, il valore di  $k_{def}$  dovrà, in assenza di idonei provvedimenti, essere aumentato a seguito di opportune valutazioni, sommando ai termini della tabella un valore comunque non inferiore a 2,0.

Per i materiali non compresi nella Tabella si potrà fare riferimento ai pertinenti valori riportati nei riferimenti tecnici di comprovata validità indicati nel Capitolo 12, nel rispetto dei livelli di sicurezza delle presenti norme.

\* I valori indicati si possono adottare anche per i pannelli di tavole incollate a strati incrociati, ma limitatamente alle classi di servizio 1 e 2.

Tabella 3-Coefficienti  $k_{def}$

## 9 INQUADRAMENTO SISMICO

Il sito in cui insiste la struttura ricade nel territorio del Comune di Bagnacavallo (RA), definito come zona sismica dalle vigenti normative e classificato amministrativamente come **Zona 2**, con le seguenti coordinate geografiche: **Longitudine 11,9821° – Latitudine 44,4153°**.

Sulla base della destinazione d'uso dell'opera e della Tab.2.4.I del DM 17/01/2018 di seguito riportata, all'opera è assegnata l'appartenenza al gruppo 2, con vita utile  **$V_N=50$ anni**.

**Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale  $V_N$  di progetto per i diversi tipi di costruzioni**

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di $V_N$ (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Sulla base delle definizioni del punto 2.4.2 del DM 17/01/2018 si assegna **Classe d'uso IV**:

*Classe I:* Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

*Classe II:* Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

*Classe III:* Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

*Classe IV:* Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Il coefficiente d'uso vale quindi, secondo la Tab.2.4.II del DM 17/01/2018 di seguito riportata,  **$C_U=2.0$**

**Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$**

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

Il periodo di riferimento per la valutazione dell'azione sismica vale quindi  $V_R = V_N \times C_U = 100$  anni.



## **10 MODELLO NUMERICO DELLE STRUTTURE**

### **10.1 Metodologia di modellazione ed analisi**

Si è proceduto a modellare le travi di luce massima, mettendo in conto i carichi derivanti dalla zona di influenza, di larghezza pari all'interasse degli elementi. Sono state condotte delle analisi statiche.

### **10.2 Informazioni sui codici di calcolo**

Le elaborazioni numeriche sono state svolte con il software agli elementi finiti WinStrand, della En.Ex.Sys. S.r.l., con sede in via Tizzano 46/2, 40033 Casalecchio di Reno (Bologna), aggiornato alla versione attualmente corrente.

Il programma di analisi e verifica esegue il calcolo agli elementi finiti di strutture comunque disposte nello spazio. Il programma si basa su un suo solutore interno agli elementi finiti.

### **10.3 Modellazione della geometria e delle proprietà meccaniche**

La modellazione della struttura è stata eseguita utilizzando elementi finiti tipo beam.

Le caratteristiche meccaniche degli elementi sono assegnate in base al materiale di base.

### **10.4 Modellazione dei vincoli interni ed esterni**

Gli elementi strutturali oggetto del presente intervento sono elementi singoli a schema isostatico di trave in semplice appoggio alle estremità.

### **10.5 Modellazione delle azioni**

Il peso proprio degli elementi strutturali viene computato automaticamente dal software e assegnato agli elementi lungo il loro sviluppo.

I carichi di superficie sono assegnati tramite aree di carico capaci di trasferire il carico alle aste.

### **10.6 Combinazioni e/o percorsi di carico**

Le combinazioni di carico analizzate sono state determinate in accordo al punto 2.5.3 del DM 17/01/2018, utilizzando i coefficienti di combinazione di cui alla Tab.2.5.I.

**Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione**

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 – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse , parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
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

## 10.7 Modalità verifiche S.L.U.

Le combinazioni S.L.U. utilizzate indagano gli stati limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione STR.

### 10.7.1 Strutture in Legno

Il valore di calcolo  $X_d$  di una proprietà del materiale (o della resistenza di un collegamento) viene calcolato mediante la relazione:

$$X_d = \frac{k_{\text{mod}} \cdot X_k}{\gamma_M}$$

dove:

$X_k$  è il valore caratteristico della proprietà del materiale, come specificato al § 11.7 del DM 17/01/2018, o della resistenza del collegamento;

$\gamma_M$  è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al materiale, i cui valori sono riportati nella Tab. 4.4.III del DM 17/01/2018;

$k_{\text{mod}}$  è un coefficiente correttivo che tiene conto dell'effetto, sui parametri di resistenza, sia della durata del carico sia dell'umidità della struttura. I valori di  $k_{\text{mod}}$  sono forniti nella Tab. 4.4.IV del DM 17/01/2018.

Se una combinazione di carico comprende azioni appartenenti a differenti classi di durata del carico si

utilizzerà un valore di  $k_{mod}$  che corrisponde all'azione di minor durata.

## 10.8 Modalità verifiche S.L.E.

Per quanto riguarda le verifiche S.L.E., si sono indagati gli stati limite di deformabilità.

### 10.8.1 Strutture in Legno

Le verifiche di deformabilità delle **travi in legno** sono condotte in accordo al punto 7.5.1 della CNR 206/2007.

- $u_{fin} = u_{inst} + u_{dif}$  deformazione finale
- $u_{inst}$  deformazione iniziale (istantanea), con riferimento alla combinazione di carico rara;
- $u'_{inst}$  deformazione iniziale (istantanea), con riferimento alla combinazione di carico quasi permanente;
- $u_{dif} = k_{def} * u'_{inst}$  deformazione differita
- $k_{def}$  coefficiente S.L.E.;
- $u_1$  freccia dovuta ai soli carichi permanenti;
- $u_2$  freccia dovuta ai soli carichi variabili;
- $u_{net} = u_1 + u_2 - u_0$

Per la copertura:

$$u_{fin} = u_{inst} + u_{dif} = u_{inst} + k_{def} u'_{inst}$$

$$u_0 = 0$$

$$u_{net} = u_1 + u_2$$

$$u_{net,fin} = u_{net} + k_{def} u'_{net}$$

Per il carico neve a quote inferiori ai 1000m si ha  $\psi_2 = 0$ .

Per Classe di servizio 2 e Legno Lamellare incollato  $k_{def} = 0.80$ .

In assenza di carichi accidentali concomitanti alla neve, le combinazioni di verifica risultano quindi :

- $u_{inst}$  Comb. Rara  $G_{k1} + G_{k2} + Q_k$
- $u'_{inst}$  Comb. Q.P.  $G_{k1} + G_{k2} + \psi_2 Q_k$
- $u_{net,fin}$  Comb.  $(k_{def} + 1) (G_{k1} + G_{k2}) + (1 + k_{def} \psi_2) Q_k = 1.8(G_{k1} + G_{k2}) + Q_k$
- $u_{fin}$  Comb.  $(k_{def} + 1) (G_{k1} + G_{k2}) + (1 + k_{def} \psi_2) Q_k = 1.8(G_{k1} + G_{k2}) + Q_k$

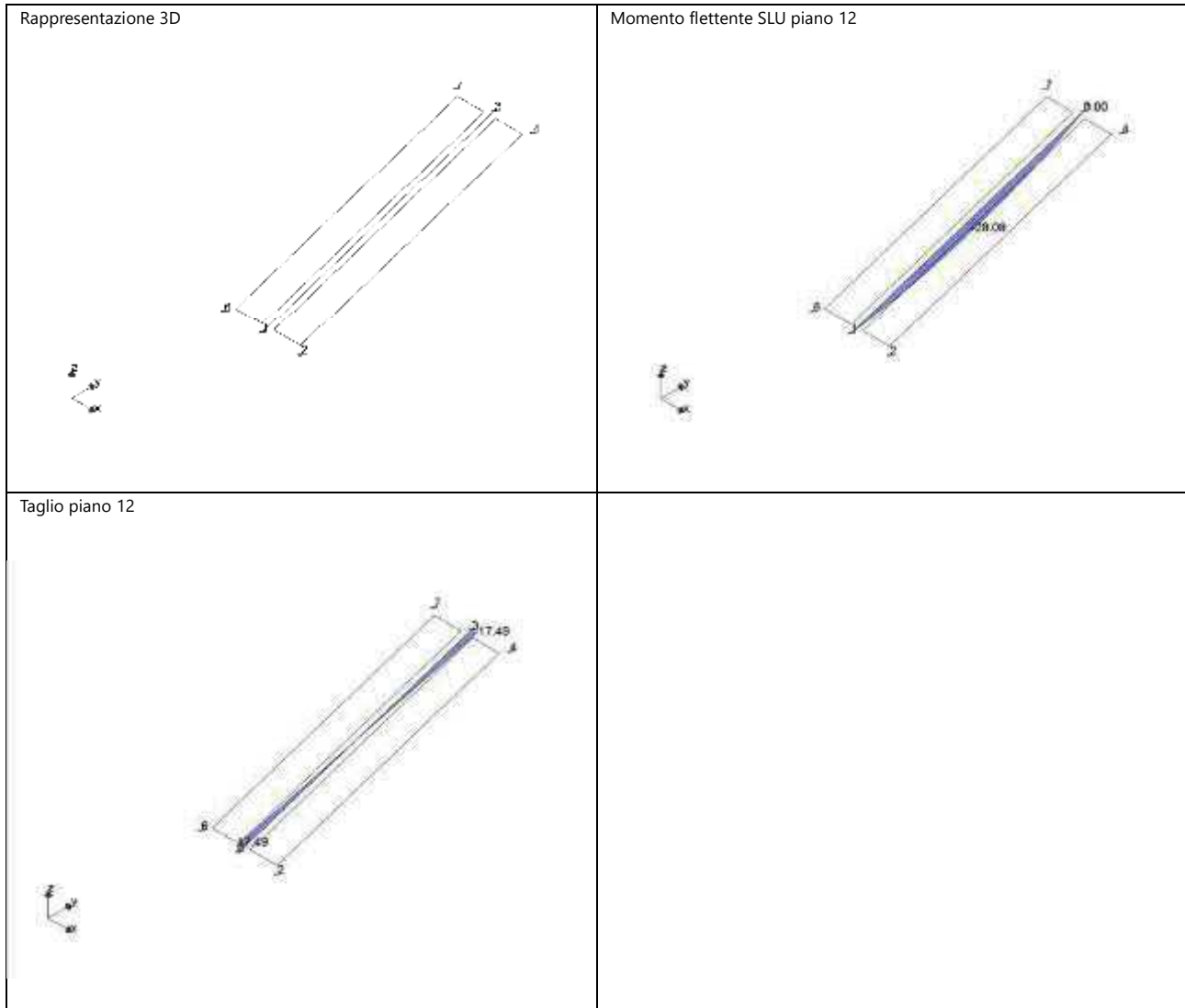
Tabella 7-3 - Intervalli consigliati di valori limite per la freccia di travi

	$W_{ist}$	$W_{nef,fin}$	$W_{fin}$
Travi su due appoggi	$L/300 - L/500$	$L/250 - L/350$	$L/150 - L/300$
Mensole	$L/150 - L/250$	$L/125 - L/175$	$L/75 - L/150$

## 11 VERIFICA TRAVI IN LEGNO

Le verifiche riportate sono inerenti la trave di luce maggiore e soggetta al carico massimo (accumulo neve).  
Le successive travi sono in condizioni maggiormente favorevoli.

### 11.1 Trave T1 b=180m h=280mm



#### 11.1.1.1.1 Materiale GL24h lamellare Omogeneo UNI EN 14080:2013

$f_{mk}$	24.00 [MPa]
$f_{t0k}$	19.20 [MPa]
$f_{c0k}$	24.00 [MPa]
$f_{vk}$	3.50 [MPa]
$f_{t90k}$	0.50 [MPa]
$f_{c90k}$	2.50 [MPa]
$E_{w5}$	9600.00 [MPa]

Relazione di calcolo

$f_{mk}$	24.00 [MPa]
$E_{0Mean}$	11500.00 [MPa]
$G_{Mean}$	650.00 [MPa]
$E_{90Mean}$	300.00 [MPa]
$\beta_c$	0.10
$\gamma_M$	1.45
$k_{cr}$	1.00

11.1.1.1.2 Sezione 1 180.00 x 280.00 [mm]

Parametro	Valore
Area	50400 [mm <sup>2</sup> ]
$J_x$	329279990 [mm <sup>4</sup> ]
$J_y$	136079983 [mm <sup>4</sup> ]
$W_x$	2352000 [mm <sup>3</sup> ]
$W_y$	1512000 [mm <sup>3</sup> ]
$i_x$	80.83 [mm]
$i_y$	51.96 [mm]
$J_t$	392808204 [mm <sup>4</sup> ]
$W_t$	2805773 [mm <sup>3</sup> ]
$k_{sh}$	1.096
$k_m$	0.700
$k_{ht}$	1.100
$k_{hMx}$	1.096
$k_{hMy}$	1.100

11.1.1.1.3 Verifiche di resistenza

Verifiche a presso-flessione

Combinazione critica:1 x=3.210 [m]

$k_{mod}$	0.90
$f_{md}$	14.90 [MPa]
$f_{td}$	11.92 [MPa]
$f_{cd}$	14.90 [MPa]
$f_{vd}$	2.17 [MPa]

		$\sigma$ [MPa]
N	4.71 [kN]	0.09
$M_x$	-28.08 [kNm]	11.94

Relazione di calcolo

		$\sigma$ [MPa]
$M_y$	-0.00 [kNm]	0.00
	$\sigma_D/\sigma_R$	0.73

Verifiche a taglio-torsione

Combinazione critica:1  $x=0.000$  [m]

$k_{mod}$	0.90
$f_{md}$	14.90 [MPa]
$f_{td}$	11.92 [MPa]
$f_{cd}$	14.90 [MPa]
$f_{vd}$	2.17 [MPa]

		$\tau$ [MPa]
$V_{12}$	17.49 [kN]	0.52
$V_{13}$	0.00 [kN]	0.00
$T$	-0.00 [kNm]	0.00
	$\sigma_D/\sigma_R$	0.06

#### 11.1.1.1.4 Verifiche di Instabilità

Combinazione critica:1

$k_{mod}$	0.90
$f_{md}$	14.90 [MPa]
$f_{td}$	11.92 [MPa]
$f_{cd}$	14.90 [MPa]
$f_{vd}$	2.17 [MPa]

Piano 1/2

$\beta$	1.00
$\lambda_{Rel}$	1.26
$k_c$	0.55

Piano 1/3

$\beta$	1.00
$\lambda_{Rel}$	1.97
$k_c$	0.24

Verifica

$N$	4.71 [kN]	0.09 [MPa]
$M_x$	-28.08 [kNm]	11.94 [MPa]

## Relazione di calcolo

N	4.71 [kN]	0.09 [MPa]
M <sub>y</sub>	-0.00 [kNm]	0.00 [MPa]
$\sigma_D/\sigma_R$		0.74

### 11.1.1.1.5 Verifiche di Svergolamento

Combinazione critica: 1  $x=3.210$  [m]

$k_{mod}$	0.90
$f_{md}$	14.90 [MPa]
$f_{td}$	11.92 [MPa]
$f_{cd}$	14.90 [MPa]
$f_{vd}$	2.17 [MPa]

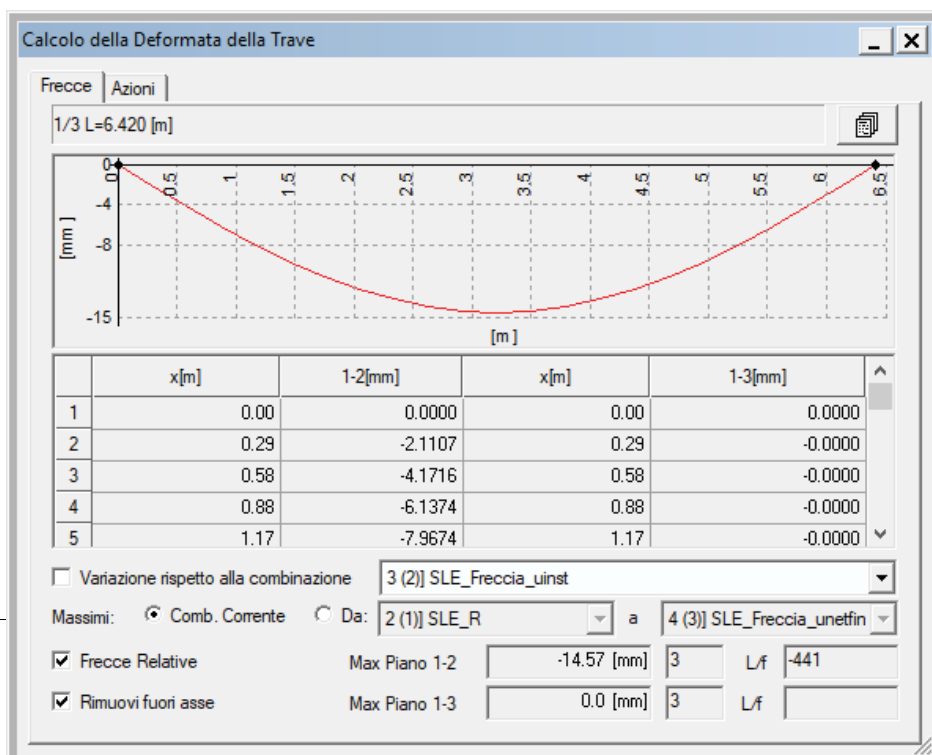
$L_{eff}$	6.420 [m]
$\lambda_{Rel}$	0.45
$k_{crit,Rel}$	1.00
$k_{c,13}$	0.24

		$\sigma$ [MPa]
N	4.71 [kN]	0.09
M <sub>x</sub>	-28.08 [kNm]	11.94
$\sigma_D/\sigma_R$		0.56

### 11.1.2 Verifiche SLE

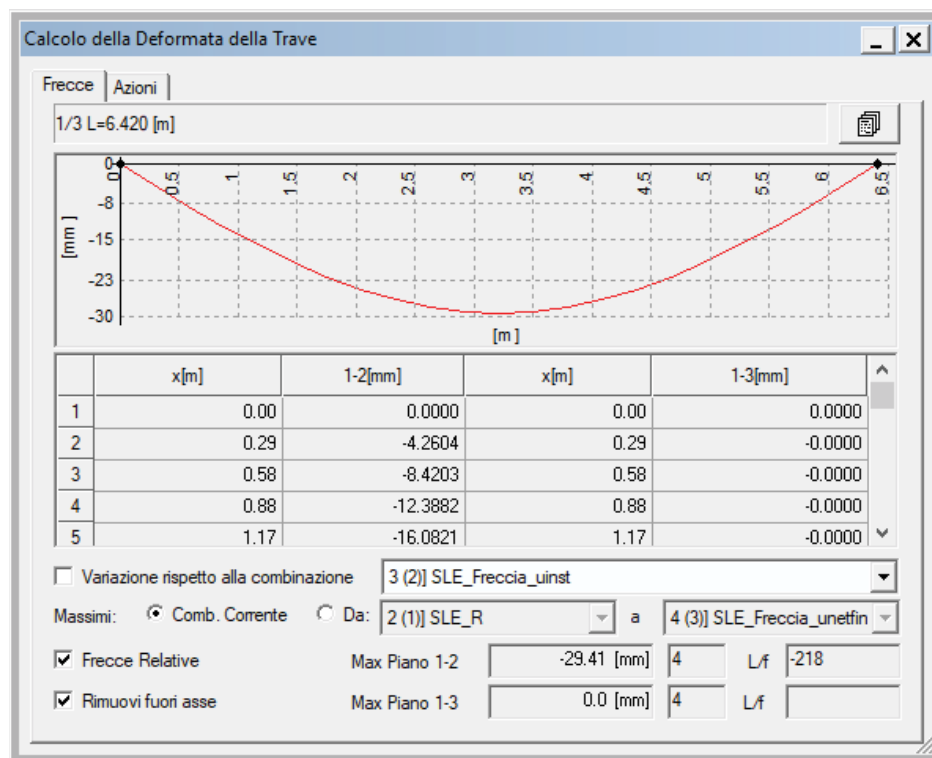
#### 11.1.2.1 Freccia istantanea (combinazione caratteristica)

Limite  $f=L/300$



### 11.1.2.2 Freccia finale

Limite  $f=L/200$





## **12 GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI**

Il codice di calcolo utilizzato è da considerarsi estremamente affidabile perché basato su un solutore collaudato, inoltre la documentazione fornita è corredata da una serie di esempi tratti dalla bibliografia tecnica e calcolati con altre procedure o risolti in forma chiusa.

La scelta del codice è stata fatta sulla base della documentazione fornita, ritenuta esaustiva delle tecniche di risoluzione implementate; il software permette inoltre la modellazione, la risoluzione e l'analisi dei risultati delle strutture calcolate in maniera completa.

La valutazione dei risultati forniti dai software è positiva, in quanto i valori ottenuti risultano concordi con i calcoli di predimensionamento svolti in maniera manuale.

### 13 VERIFICA CONNESSIONI

Le travi in legno della copertura sono collegate all'appoggio inferiore al cordolo in c.a. mediante un angolare metallico, mentre l'appoggio superiore è su un angolare metallico fissato alla trave di colmo in c.a..

#### 13.1 Connessione Angolare-Trave in legno (appoggio inferiore Trave in legno)

La connessione è realizzata mediante 6 chiodi tipo Anker 4x60 o equivalente su entrambe le facce.

<b>Legno</b>		
Legno	GL24h	
Massa volumica caratteristica $\rho_k$	380 kg/m <sup>3</sup>	
Spessore elemento in legno $t_1$	180 mm	
Foro	senza preforo	
Resistenza a rifollamento $f_{h,k}$	20.56 MPa	
Spessore piastra acciaio	10 mm	
Connessione	piastra spessa	OK
Resistenza caratteristica a trazione chiodo Anker $f_{u,k}$	600 MPa	
Numero chiodi	6	
Diametro d	4 mm	
Momento di snervamento caratteristico $M_{y,Rk}$	6616.50 Nmm	
$F_{v,Rk,(c)}$	14.80 kN	
$F_{v,Rk,(d)}$	6.18 kN	
$F_{v,Rk,(e)}$	1.70 kN	
$F_{v,Rk}$	1.70 kN	
Coefficiente di sicurezza $\gamma_1$	1.45	
Coefficiente $k_{mod}$	0.80	
$F_{v,Rd,tot}$	5.62 kN	

Lo sfruttamento massimo, essendo la sollecitazione  $V_{Ed}=3.50$  kN, vale quindi  $E_d/R_d = 3.50 / (2 \times 5.62) = 0.311$ .

La connessione è verificata.

#### 13.2 Connessione Angolare-Cordolo in c.a.

La connessione è realizzata mediante 1 vite Multi-Monti 7.5x80 o equivalente su entrambe le facce.

Legno	
Legno	GL24h
Massa volumica caratteristica $\rho_k$	380 kg/m <sup>3</sup>
Spessore elemento in legno $t_k$	180 mm
Foro	senza preforo
Resistenza a rifollamento $f_{h,k}$	17.02 MPa
Spessore piastra acciaio	10 mm
Connessione	piastra spessa: OK
Resistenza caratteristica a trazione connettore $f_{u,k}$	600 MPa
Numero chiodi	1
Diametro d	7.5 mm
Momento di snervamento caratteristico $M_{y,sk}$	33918.12 Nmm
$F_{v,Rk,(c)}$	22.98 kN
$F_{v,Rk,(d)}$	9.79 kN
$F_{v,Rk,(e)}$	4.79 kN
$F_{v,Rk}$	4.79 kN
Coefficiente di sicurezza $\gamma_k$	1.45
Coefficiente $k_{mod}$	0.80
$F_{v,Rd,tot}$	2.64 kN

Lo sfruttamento massimo, essendo la sollecitazione  $V_{Ed}=3.50$  kN, vale quindi  $E_d/R_d = 3.50 / (2 \times 2.64) = 0.662$ .

La connessione è verificata.

### 13.3 Connessione Angolare-trave in c.a. (appoggio superiore Trave in legno)

La connessione è realizzata mediante 1M16 passo 500mm in acciaio 8.8 su angolari a L 100x100x10 in acciaio S235.

La sollecitazione massima  $V_{Ed}=16.62$  kN/m.

Verifica tassello		Verifica angolare metallico	
$V_{Ed}$	16.62 kN	franco f	0 mm
$l_{conn}$	500 mm	prof. appoggio a	100 mm
$\phi$	16 mm	largh. collab. b	500 mm
$f_{yb}$	640.00 MPa	M	1.11 kNm
$\gamma$	1.25	spessore ang. t	10 mm
$f_{yd}$	295.60 MPa	$W_{el}$	8333.333 mm <sup>2</sup>
A	150.80 mm <sup>2</sup>	$\sigma$	132.96 MPa
$R_d$	89.15 kN	$\tau$	3.324 MPa
$E_d/R_d$	0.186 OK	$\sigma_d$	133.08 MPa
		$f_{yk}$	235.00 MPa
		$f_{yd}$	223.81 MPa
		$E_d/R_d$	0.595 OK

La connessione è verificata.