


**CITTA' di TRAVAGLIATO**

Piazza Libertà 2 – 25039 Travagliato (BS) - c.f. 002935040175

**PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO**  
**RELATIVO AI LAVORI DI RESTAURO E CONSOLIDAMENTO**  
**DELLA TORRE CIVICA DI PIAZZA LIBERTA'**

ART. 23 - D. Lgs. 18 aprile 2016 n. 50

CIG. ZEAZA9036E

Studio di Progettazione

**Rizzinelli e Vezzoli Architetti Associati**

Via Cefalonia 41/a – 25124 Brescia

Arch. Anna Rizzinelli

**INTEGRAZIONE a seguito dell'AUTORIZZAZIONE con PRESCRIZIONI**

Registro: SABAP-BS

Numero di protocollo: 13782

Data protocollazione: .....

Segnatura: MIBACT|MIBACT\_SABAP-BS\_UO10|24/09/2020|0013782-P

Titolo	Elaborato	rev.
<b>RELAZIONE</b>	<b>ST</b>	<b>0</b>

**COMUNE DI TRAVGLIATO**

Provincia di Brescia



---

**RELAZIONE SUI MATERIALI**

(6.6 all. E del DGR 30/03/2016 n. X/5001)

---

CUP: J58C18000060001

Ente appaltante: comune di Travagliato

R.U.P.: arch. Luigi Mensi

**LAVORI DI RESTAURO E CONSOLIDAMENTO  
DELLA TORRE CIVICA DI PIAZZA LIBERTÀ**

piazza Libertà

Vobarno, novembre 2022

## **INDICE**

<b>1 GENERALITÀ.....</b>	<b>2</b>
1.1 Premessa .....	2
<b>2 MATERIALI IMPIEGATI E CARATTERISTICHE .....</b>	<b>3</b>
2.1 Calcestruzzo .....	3
2.1.1 Controllo di accettazione .....	3
2.1.2 Impasti di calcestruzzo .....	3
2.1.3 Controlli sul calcestruzzo.....	3
2.1.4 Caratteristiche meccaniche e di fornitura .....	4
2.2 Acciaio per cemento armato .....	4
2.3 Acciaio per carpenteria.....	4
2.4 Acciaio per solaio in lamiera grecata.....	8
2.5 Bulloni.....	8
2.6 Muratura esistente .....	8
2.7 Legno massiccio (esistente) .....	9
2.7.1 Castagno Italia S.....	13

## **1 GENERALITÀ**

### **1.1 Premessa**

I materiali ed i prodotti per uso strutturale, utilizzati nelle opere soggette al D.M. 17 gennaio 2018 devono rispondere ai requisiti indicati nel seguito.

I materiali e prodotti per uso strutturale devono essere:

- identificati univocamente a cura del fabbricante, secondo le procedure richiamate nel DM 17/01/2018;
- qualificati sotto la responsabilità del fabbricante, secondo le procedure richiamate nel DM 17/01/2018;
- accettati dal Direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di identificazione e qualificazione, nonché mediante eventuali prove di accettazione.

Per ogni materiale o prodotto identificato e qualificato mediante Marcatura CE è onere del Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, accertarsi del possesso della marcatura stessa e richiedere copia della documentazione di marcatura CE e della Dichiarazione di Prestazione di cui al Capo II del Regolamento UE 305/2011, nonché – qualora ritenuto necessario, ai fini della verifica di quanto sopra - copia del certificato di costanza della prestazione del prodotto o di conformità del controllo della produzione in fabbrica, di cui al Capo IV ed Allegato V del Regolamento UE 305/2011, rilasciato da idoneo organismo notificato ai sensi del Capo VII dello stesso Regolamento (UE) 305/2011.

Sarà inoltre onere del Direttore dei Lavori, nell'ambito dell'accettazione dei materiali prima della loro installazione, verificare che tali prodotti corrispondano a quanto indicato nella documentazione di identificazione e qualificazione, nonché accertare l'idoneità all'uso specifico del prodotto mediante verifica delle prestazioni dichiarate per il prodotto stesso nel rispetto dei requisiti stabiliti dalla normativa tecnica applicabile per l'uso specifico e dai documenti progettuali, con particolare riferimento alla Relazione sui materiali, di cui al § 10.1.

Per i prodotti non qualificati mediante la Marcatura CE, il Direttore dei Lavori dovrà accertarsi del possesso e del regime di validità della documentazione di qualificazione (caso B) o del Certificato di Valutazione Tecnica (caso C). I fabbricanti possono usare come Certificati di Valutazione Tecnica i Certificati di Idoneità tecnica all'impiego, già rilasciati dal Servizio Tecnico Centrale prima dell'entrata in vigore delle presenti norme tecniche, fino al termine della loro validità.

Le prove su materiali e prodotti, a seconda delle specifiche procedure applicabili, devono generalmente essere effettuate da:

- a) laboratori di prova notificati ai sensi del capo VII del Regolamento UE n. 305/2011;
- b) laboratori di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001.;
- c) altri laboratori, dotati di adeguata competenza ed idonee attrezzature, appositamente abilitati dal Servizio Tecnico Centrale.

## **2 MATERIALI IMPIEGATI E CARATTERISTICHE**

Nel seguito verranno illustrati i materiali previsti nel progetto di ristrutturazione edilizia.

### **2.1 Calcestruzzo**

#### **2.1.1 Controllo di accettazione**

La Direzione dei Lavori ha l'obbligo di eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la conformità delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera rispetto a quello stabilito dal progetto e sperimentalmente verificato in sede di valutazione preliminare.

Il controllo di accettazione va eseguito su miscele omogenee e si configura, in funzione del quantitativo di calcestruzzo in accettazione come previsto dal D.M. 17 gennaio 2018.

Il prelievo dei provini per il controllo di accettazione va eseguito alla presenza della Direzione dei Lavori o di un tecnico di sua fiducia che provvede alla redazione di apposito verbale di prelievo e dispone l'identificazione dei provini mediante sigle, etichettature indelebili, ecc.; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali deve riportare riferimento a tale verbale.

La domanda di prove al laboratorio deve essere sottoscritta dalla Direzione dei Lavori e deve contenere precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo.

Le prove non richieste dalla Direzione dei Lavori non possono fare parte dell'insieme statistico che serve per la determinazione della resistenza caratteristica del materiale.

Le prove a compressione vanno eseguite conformemente alle norme UNI EN 12390-3:2009 e UNI EN 12390-4:2002.

#### **2.1.2 Impasti di calcestruzzo**

Gli impasti di calcestruzzo dovranno essere eseguiti in conformità di quanto previsto dal D.M. 17 gennaio 2018 e dalle relative norme vigenti.

La distribuzione granulometrica degli inerti, il tipo di cemento e la consistenza dell'impasto, devono essere adeguati alla particolare destinazione del getto ed al procedimento di posa in opera del conglomerato.

Il quantitativo d'acqua deve essere il minimo necessario a consentire una buona lavorabilità del conglomerato tenendo conto anche dell'acqua contenuta negli inerti.

Partendo dagli elementi già fissati il rapporto acqua-cemento, e quindi il dosaggio del cemento, dovrà essere scelto in relazione alla resistenza richiesta per il conglomerato.

L'impiego degli additivi dovrà essere subordinato all'accertamento della assenza di ogni pericolo di aggressività e devono essere conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 934-2. L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, dovrà essere conforme alla norma UNI EN 1008:2003.

L'impasto deve essere fatto con mezzi idonei ed il dosaggio dei componenti eseguito con modalità atte a garantire la costanza del proporzionamento previsto in sede di progetto.

Per i calcestruzzi preconfezionati si fa riferimento alla norma UNI EN 206-1.

#### **2.1.3 Controlli sul calcestruzzo**

Per i controlli sul calcestruzzo ci si atterrà a quanto previsto dal D.M. 17 gennaio 2018.

Il calcestruzzo viene individuato tramite la resistenza caratteristica a compressione secondo quanto specificato nel suddetto D.M. La resistenza caratteristica del calcestruzzo dovrà essere non inferiore a quella richiesta dal progetto.

La qualità del calcestruzzo è controllata dalla Direzione dei Lavori, secondo le procedure di cui al punto 11.2.5. del D.M. 17 gennaio 2018.

### 2.1.4 Caratteristiche meccaniche e di fornitura

#### Calcestruzzo C25/30 per orizzontamenti (UNI EN 206-1:2006)

tensione caratteristica di rottura cubica	$R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$
tensione caratteristica di rottura cilindrica	$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = 0,85 \cdot f_{ck} / \gamma_c = 14,16 \text{ N/mm}^2$
classe di esposizione	XC1
tipologia di cemento	CEM II/A-LL 32.5
massimo rapporto acqua-cemento	<0,60
contenuto minimo di cemento	300 kg/mc
diametro massimo degli aggregati	<32 mm
classe di consistenza allo scarico	S4/S5
copriferro	25 mm
durata minima maturazione umida	7 giorni dal getto
tempo minimo di disarmo	28 giorni dal getto

### 2.2 Acciaio per cemento armato

Le barre, le reti e i tralicci elettrosaldati sono di acciaio per cemento armato tipo **B450C**. È caratterizzato dai seguenti valori nominali delle caratteristiche meccaniche:

- tensione di snervamento  $f_{yk} > 450 \text{ MPa}$
- tensione di rottura  $f_{tk} > 540 \text{ MPa}$
- tensione di calcolo  $f_{yd} = 391,3 \text{ MPa}$
- modulo elastico:  $E_y = 210.000 \text{ MPa}$
- allungamento  $> 7.5\%$
- rapporto  $f_y/f_{ynom} < 1.25$

### 2.3 Acciaio per carpenteria

Per la realizzazione delle strutture metalliche si dovranno utilizzare acciai conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (per i laminati), UNI EN 10210 (per i tubi senza saldatura) e UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati), recanti la Marcatura CE, cui si applica il sistema di attestazione della conformità e per i quali si rimanda a quanto specificato alla lettera A del punto 11.1 del D.M. 14 gennaio 2008; per i prodotti per cui non sia applicabile la marcatura CE, si rimanda a quanto specificato alla lettera B del medesimo punto e si applica la procedura di cui al punto 11.3.4.11. del medesimo decreto.

I componenti in acciaio devono essere prodotti e certificati in conformità alle norme:

UNI EN 1090-1: "Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio – Requisiti per la valutazione di conformità dei componenti strutturali".

UNI EN 1090-2: "Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio – Requisiti tecnici per strutture di acciaio".

### Classe di esecuzione

La UNI EN 1090 Introduce il concetto di "Execution Class" in termini di requisiti specificati, classificati per l'esecuzione di un'opera nel suo complesso, di un singolo componente o di un dettaglio di un componente.

La classe di esecuzione seleziona e specifica il livello di qualità appropriato in relazione alla sicurezza che quel componente avrà nell'opera di costruzione.

La Norma EN 1090 prevede 4 classi di esecuzione denominate EXC1, EXC2, EXC3, EXC4 (con criticità e performance crescenti dalla 1 alla 4).

I requisiti da rispettare in funzione della EXC sono dati nell'Appendice A della norma di supporto. La classe di esecuzione viene definita in fase di progettazione della struttura (sulla base degli Eurocodici) e pertanto il fabbricante è tenuto a rispettare quella prevista nella documentazione tecnica.

La scelta della classe di esecuzione deve prendere in considerazione il tipo di materiale utilizzato, l'affidabilità data dalla classe di conseguenza (CC) e i rischi potenziali dati dalla:

- categoria di servizio, legata al rischio dell'installazione/utilizzo (SC);
- categoria di produzione, legata alla complessità di esecuzione (PC).

#### Linea guida alla scelta della classe di esecuzione

Nell'Eurocodice 0\_EN 1990 "criteri generali di progettazione" all'appendice B Tabella B1 "differenziazione dell'affidabilità strutturale per le costruzioni" vengono riportate le classi, di conseguenza, in caso di malfunzionamento della struttura, definite in base all'impatto sulla popolazione, ambiente, vite umane, sociali.

CLASSE DI CONSEGUENZA (CCi)	DESCRIZIONE	ESEMPI
<b>CC3</b>	Gravi conseguenze per perdite di vite umane, economiche o sociali. Oppure gravi conseguenze per l'ambiente.	Tribune coperte, edifici pubblici, ove le conseguenze di errori sono alte (Esempio: sale di concerti).
<b>CC2</b>	Conseguenze di media entità per perdite di vite umane, economiche, sociali, oppure considerevoli conseguenze per l'ambiente.	Costruzioni residenziali oppure per uffici, uffici pubblici ove le conseguenze in caso di fallimento sono medie (Costruzioni di uffici).
<b>CC1</b>	Lievi conseguenze per perdite di vite umane, economiche, sociali, oppure basse o trascurabili conseguenze per l'ambiente.	Costruzioni agricole dove le persone normalmente non entrano (esempio: Magazzini, serre).

Classe di rischio connessa all'utilizzo della struttura: CATEGORIA DI SERVIZIO.

CATEGORIA DI SERVIZIO (SC)	DEFINITE IN BASE ALLE SOLLECITAZIONI PREVISTE (dinamiche / statiche)
<b>SC1</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Strutture e componenti progettati per azioni quasi-statiche (Esempio: Edifici)</li><li>- Strutture e componenti per connessioni progettate per resistere ad azioni simiche in regioni a bassa intensità sismica e DCL</li><li>- Strutture e componenti progettati per azioni a fatica da gru (Classe S0)</li></ul>
<b>SC2</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Strutture e componenti progettati per azioni a fatica in accordo con EN 1993 (Esempio: ponti ferroviari e stradali, gru (da S1 a S9), strutture suscettibili a vibrazioni determinate dall'azione del vento, gru oppure macchine con funzione rotazionale)</li><li>- Strutture e componenti le cui connessioni sono progettate per azioni sismiche in regioni con medio ed alto rischio sismico e in DCM e DCH</li></ul>

**Legenda:**

DCL: Comportamento strutturale poco dissipativo (EN 1998 – Prospetto 6.1)

DCM: Comportamento strutturale mediamente dissipativo (EN 1998 – Prospetto 6.1)

DCH: Comportamento strutturale altamente dissipativo (EN 1998 – Prospetto 6.1)

**Classe di rischio connessa alla difficoltà nell'esecuzione della struttura: CATEGORIA DI PRODUZIONE.**

CATEGORIA DI PRODUZIONE (PC)	DI	DEFINITE IN BASE ALLE TECNOLOGIE PRODUTTIVE
<b>PC1</b>		- Componenti non saldati e realizzati con qualunque grado di acciaio - Componenti saldati realizzati con acciaio di grado inferiore a S355
<b>PC2</b>		- Componenti saldati realizzati con acciaio di grado S355 e superiore - Componenti essenziali per l'integrità strutturale che vengono assemblati tramite saldatura sulla costruzione in situ - Componenti con formatura a caldo oppure che abbiano ricevuto un trattamento termico durante la produzione - Componenti di tralicci CHS che richiedono taglie profilature

Determinazione della classe di esecuzione EXC:

- Selezionare la Classe di Conseguenza (CC<sub>i</sub>; i=1,2,3) espressa in termini di perdita di vite umane, di conseguenze economiche, sociali ed ambientali (vedere EN 1990);
- Selezionare la Categoria di Servizio e la Categoria di Produzione
- Determinare quindi la Classe di Esecuzione come risultato delle due operazioni precedenti, secondo quanto previsto nella tabella seguente (TAB B3 della EN1090-2)

Tabella di determinazione della classe di esecuzione							
Classi di conseguenza		CC1		CC2		CC3	
Categorie di servizio		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Categorie di produzione	PC1	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3	EXC3
	PC2	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3	EXC4
La classe di esecuzione EXC4 deve essere scelta in caso di strutture con estreme conseguenze determinate dal cedimento della struttura, in base a disposizioni legislative.							

Nel caso in oggetto, considerando:

classe di esecuzione CC2

categoria di servizio SC1

categoria di produzione PC2

la categoria di esecuzione da considerare nella produzione degli elementi in acciaio è la EXC2.

**Processo di saldatura**

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063. È ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata documentazione teorica e sperimentale.



I saldatori nei procedimenti semiautomatici e manuali dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN 287-1 da parte di un Ente terzo. A deroga di quanto richiesto nella norma UNI EN 287-1, i saldatori che eseguono giunti a T con cordoni d'angolo dovranno essere specificamente qualificati e non potranno essere qualificati soltanto mediante l'esecuzione di giunti testa-testa.

Gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati dovranno essere certificati secondo la norma UNI EN 1418. Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 15614-1.

Le durezze eseguite sulle macrografie non dovranno essere superiori a 350 HV30.

Per la saldatura ad arco di prigionieri di materiali metallici (saldatura ad innesco mediante sollevamento e saldatura a scarica di condensatori ad innesco sulla punta) si applica la norma UNI EN ISO 14555; valgono perciò i requisiti di qualità di cui al prospetto A1 della appendice A della stessa norma.

Le prove di qualifica dei saldatori, degli operatori e dei procedimenti dovranno essere eseguite da un Ente terzo; in assenza di prescrizioni in proposito l'Ente sarà scelto dal costruttore secondo criteri di competenza e di indipendenza.

Sono richieste caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa e in zona termica alterata non inferiori a quelle del materiale base.

Nell'esecuzione delle saldature dovranno inoltre essere rispettate le norme UNI EN 1011 parti 1 e 2 per gli acciai ferritici e della parte 3 per gli acciai inossidabili. Per la preparazione dei lembi si applicherà, salvo casi particolari, la norma UNI EN ISO 9692-1.

Nel caso specifico, l'acciaio utilizzato deve avere le seguenti caratteristiche:

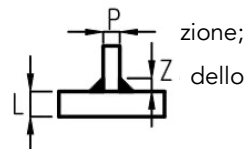
Classe di resistenza S275 ( $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{tk} = 430 \text{ N/mm}^2$ )

Classe di esecuzione (app. B UNI EN 1090) EXC2 (classi e categorie CC2, SC1, PC1)

Protezione superficiale nessuna

Nel caso specifico, relativamente alle saldature:

Le saldature da realizzarsi in officina potranno essere realizzate parte a cordone d'angolo, parte a cordone d'angolo; nel caso di saldature a cordone d'angolo, l'altezza minima del lato del cordone (Z) dovrà essere maggiore o uguale allo spessore minimo (P) da unire.



Le saldature dovranno essere realizzate con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063:2001, dovranno essere eseguite da saldatori qualificati secondo UNI EN 287-1:2004, se eseguite manualmente, o secondo UNI EN 1418:1999, se eseguite mediante procedimenti automatici o robotizzati.

Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 15614-1:2005.

## Montaggio

Il montaggio in opera di tutte le strutture costituenti ciascun manufatto sarà effettuato in conformità a quanto, a tale riguardo, è previsto nella relazione di calcolo.

Durante il carico, il trasporto, lo scarico, il deposito ed il montaggio, si dovrà porre la massima cura per evitare che le strutture vengano sovrasollecitate o deformate.

Le parti a contatto con funi, catene od altri organi di sollevamento saranno opportunamente protette.

Il montaggio sarà eseguito in modo che la struttura raggiunga la configurazione geometrica di progetto, nel rispetto dello stato di sollecitazione previsto nel progetto medesimo.

In particolare, per quanto riguarda le strutture a travata, si dovrà controllare che la controfreccia ed il posizionamento sugli apparecchi di appoggio siano conformi alle indicazioni di progetto, rispettando le tolleranze previste.

La stabilità delle strutture dovrà essere assicurata durante tutte le fasi costruttive e la rimozione dei collegamenti provvisori e di altri dispositivi ausiliari dovrà essere fatta solo quando essi risulteranno staticamente superflui.

L'assemblaggio ed il montaggio in opera delle strutture dovrà essere effettuato senza che venga interrotto il traffico di cantiere sulla eventuale sottostante sede stradale salvo brevi interruzioni durante le operazioni di sollevamento, da concordare con la Direzione dei Lavori.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata, ed in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tranvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprasuolo e di sottosuolo.

## **2.4 Acciaio per solaio in lamiera grecata**

Tipo S80 GD (norma UNI EN 10326)

- Tensione di snervamento  $f_{yk} > 280$  N/mm<sup>2</sup>
- Tensione di rottura  $f_{tk} > 360$  N/mm<sup>2</sup>

## **2.5 Bulloni**

Agli assiemi Vite/Dado/Rondella impiegati nelle giunzioni 'non precaricate' si applica quanto specificato al punto A del § 11.1 delle NTC 2018 in conformità alla norma europea armonizzata UNI EN 15048-1.

In particolare, "materiali e prodotti per i quali sia disponibile, per l'uso strutturale previsto, una norma europea armonizzata il cui riferimento sia pubblicato su GUUE. Al termine del periodo di coesistenza il loro impiego nelle opere è possibile soltanto se corredati della "Dichiarazione di Prestazione" e della Marcatura CE, prevista al Capo II del Regolamento UE 305/2011".

In alternativa anche gli assiemi ad alta resistenza conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 14399-1 sono idonei per l'uso in giunzioni non precaricate.

Viti, dadi e rondelle, in acciaio, devono essere associate come nella tabella seguente:

Sistema	Viti		Dadi		Rondelle	
	Classe di resistenza	Riferimento	Classe di resistenza	Riferimento	Durezza	Riferimento
HR	8.8	UNI EN 14399-1	8	UNI EN 14399-3	300-370 HV	UNI EN 14399 parti 5 e 6
	10.9	UNI EN 14399-3	10	UNI EN 14399-3		
HV	10.9	UNI EN 14399-4	10	UNI EN 14399-4		

## **2.6 Muratura esistente**

Le caratteristiche della muratura esistente sono state desunte dalla tab. C8.5.I della Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP., la quale riporta, per le tipologie murarie più ricorrenti, indicazioni sui possibili valori dei parametri meccanici relativi a precise condizioni: malta di calce di modeste caratteristiche (resistenza media a compressione  $f_m$  stimabile tra 0,7 e 1,5 N/mm<sup>2</sup>), assenza di ricorsi (listature), paramenti semplicemente accostati o mal collegati, tessitura a regola d'arte, muratura non consolidata.

Nello specifico verrà considerata "Muratura in pietre a spacco con buona tessitura".

Tipologia di muratura	f (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_0$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{v0}$ (N/mm <sup>2</sup> )	E (N/mm <sup>2</sup> )	G (N/mm <sup>2</sup> )	w (kN/m <sup>3</sup> )
	min-max	min-max		min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	-	690-1050	230-350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0	0,035-0,051	-	1020-1440	340-480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	-	1500-1980	500-660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,4-2,2	0,028-0,042	-	900-1260	300-420	13 ÷ 16(**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.) (**)	2,0-3,2	0,04-0,08	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
Muratura a blocchi lapidei squadrati	5,8-8,2	0,09-0,12	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	5,0-8,0	0,08-0,17	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

## 2.7 Legno massiccio (esistente)

Il legno esistente è stato classificato dal sottoscritto progettista strutturale mediante procedura visiva come riportato in UNI 11035-2, in accordo a UNI 1119:2004, applicabile ad elementi strutturali in opera.

La norma stabilisce che ogni elemento strutturale ligneo sia classificato secondo la resistenza. Tale classificazione deve basarsi su metodi di valutazione visiva dell'elemento ligneo, di misurazione non distruttiva di una o più proprietà fisico-meccaniche, oppure su opportune combinazioni delle precedenti. La classificazione deve essere eseguita secondo le modalità operative riportate nella norma stessa.

A differenza della UNI 1119:2004, la quale fornisce valori utilizzabili in ambito di verifica alle tensioni ammissibili, la UNI 11035-2 riporta invece dei profili resistenti in termini di valori caratteristici, per elementi strutturali lignei classificati a vista secondo la procedura indicata in tale norma: nella UNI 11035 vengono descritte la terminologia e le caratteristiche per la classificazione a vista del legno massiccio a sezione rettangolare ricavato da tronchi italiani secondo la resistenza meccanica. Di seguito le definizioni delle varie caratteristiche:

### Nodi

Porzione di ramo inclusa nel legno.

Si ricorda che nella classificazione i nodi sono sempre considerati in termini di aderenza al legno circostante e/o di sanità e quindi un nodo comunemente definito "nodo morto" è per la norma un nodo non aderente.

### Ampiezza Anelli

Accrescimento espresso come larghezza media degli anelli di accrescimento.

### Inclinazione Fibra

Si riferisce alla disposizione dei vasi lignei nella struttura del legno (diritta, contorta, intrecciata).

### Fessure radiali da ritiro

Fessura: separazione in senso longitudinale delle fibre.

### Cipollature

Fessura che si sviluppa fra due anelli contigui.

### Degrado da funghi

Ogni variazione del colore naturale del legno che non è associato alla perdita di resistenza (l'alterazione di colore può essere provocata da funghi, condizioni atmosferiche, contatti con metalli etc.) (UNI EN 844:10 10.8).

Comprende tutte le alterazioni di colore dovute a funghi cromogeni e muffe che non alterano la struttura della parete cellulare, nonché da macchie dovute ad agenti esterni.

### Legno di reazione

Si intende legno che presenta caratteri anatomici distintivi, formato tipicamente nelle porzioni di fusto inclinate o curve e nei rami quando l'albero tende a ripristinare la posizione originale se esso è stato perturbato, e che si forma tipicamente nella parte inferiore dei fusti inclinati o curvati delle conifere.

#### Attacchi di insetti

La norma UNI EN 844-11 definisce "foro da insetti" una galleria o un'apertura nel legno causata da insetti; con "forellino da insetti" viene invece indicato un foro da insetti avente diametro non maggiore di 2 mm; la norma UNI EN 1927 distingue fra  $\varnothing$  foro < 3 mm e  $\varnothing$  foro > 3 mm.

#### Svergolamento

Deformazione elicoidale del segato in direzione della lunghezza.

La seguente tabella definisce le caratteristiche da valutare per la classificazione del legname:

	Latifoglie	
	S	
Smussi	s ≤ 1/4	
	S < 1/3	
Nodi		
Singoli	A ≤ 1/2	
	d ≤ 70mm D ≤ 150mm	
Raggruppati	W ≤ 1/2	t ≤ 70mm
Ampiezza anelli		
In generale	p > p <sub>min</sub>	
Fibratura inclinata (%)	16%	
Fessurazioni		
Da ritiro	con limitazioni	
Cipollature	con limitazioni	
Lesioni	non ammesse	
Degrado da funghi		
Azzurrimento	ammesso	
Carie bianca, bruna	non ammessa	
Legno di reazione	ammesso	
Attacchi di insetti	con limitazioni	
Vischio	non ammesso	
Deformazioni		
Arcuatura	10 mm / 2 m	
Falcatura	8 mm / 2 m	
Svergolamento	1 mm / 25 mm	
Imbarcamento	nessuna limit.	

Nella tabella soprastante sono indicati i valori desunti dall'esame visivo dei travetti in legno esistenti, le cui risultanze sono riportate nel seguito:

- smussi: non presenti (sezione a spigolo vivo);
- nodi: quelli indagati risultano tutti di piccole dimensioni e lontani dai bordi;
- ampiezza anelli ≤ 6 mm;
- fibratura parallela all'andamento dei travetti;
- fessurazioni, cipollature, lesioni: non presenti;
- degrado da funghi: non presenti carie;
- legno di reazione: no;
- attacchi di insetti: non presenti;
- vischio: non presente;
- deformazioni: non presenti.

Come si può vedere, come classe di resistenza del legno esistente può essere considerata la C22, la quale presenta le seguenti caratteristiche meccaniche:

**Tabella 18-1**-Classi di resistenza secondo EN 338, per legno di conifere e di pioppo

Valori di resistenza modulo elastico e massa volumica		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
Resistenze [MPa]													
flessione	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50
trazione parallela alla fibratura	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30
trazione perpendicolare alla fibratura	$f_{t,90,k}$	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
compressione parallela alla fibratura	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29
compressione perpendicolare alla fibratura	$f_{c,90,k}$	2.0	2.2	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.1	3.2
taglio	$f_{v,k}$	1.7	1.8	2.0	2.2	2.4	2.5	2.8	3.0	3.4	3.8	3.8	3.8
Modulo elastico [GPa]													
modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	7	8	9	9.5	10	11	11.5	12	13	14	15	16
modulo elastico caratteristico parallelo alle fibre	$E_{0,05}$	4.7	5.4	6.0	6.4	6.7	7.4	7.7	8.0	8.7	9.4	10.0	10.7
modulo elastico medio perpendicolare alle fibre	$E_{90,mean}$	0.23	0.27	0.30	0.33	0.33	0.37	0.38	0.40	0.43	0.47	0.50	0.53
modulo di taglio medio	$G_{mean}$	0.44	0.50	0.56	0.59	0.63	0.69	0.72	0.75	0.81	0.88	0.94	1.00
Massa volumica [kg/m³]													
massa volumica caratteristica	$\rho_k$	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460
massa volumica media	$\rho_m$	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550

Per la verifica degli elementi strutturali in legno sono considerati i seguenti coefficienti:

**Tab. 4.4.III** - Coefficienti parziali  $\gamma_M$  per le proprietà dei materiali

Stati limite ultimi	Colonna A $\gamma_M$	Colonna B $\gamma_M$
<b>combinazioni fondamentali</b>		
legno massiccio	1,50	1,45
legno lamellare incollato	1,45	1,35
pannelli di tavole incollate a strati incrociati	1,45	1,35
pannelli di particelle o di fibre	1,50	1,40
LVL, compensato, pannelli di scaglie orientate	1,40	1,30
unioni	1,50	1,40
<b>combinazioni eccezionali</b>		
	1,00	1,00
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.		

**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
		OSB/3	1	0,40	0,50	0,70	0,90
		OSB/4	2	0,30	0,40	0,55	0,70
Pannello di particelle (truciolare)	UNI EN 312:2010	Parti 4, 5	1	0,30	0,45	0,65	0,85
		Parte 5	2	0,20	0,30	0,45	0,60
		Parti 6, 7	1	0,40	0,50	0,70	0,90
		Parte 7	2	0,30	0,40	0,55	0,70
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
		HB.HLA 1 o 2	2	0,20	0,30	0,45	0,60
		MBH.LA1 o 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80
Pannello di fibre, pannelli semiduri	UNI EN 622-3:2005	MBH.HLS1 o 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80
		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
		MDF.HLS	2	-	-	-	0,45

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.

Si considera nelle verifiche la durata del carico media.

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

Si considera nelle verifiche classe di servizio 1:

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.

MATERIALE		
C22		
$f_{mk}$		22 N/mm <sup>2</sup>
$f_{t0k}$		13 N/mm <sup>2</sup>
$f_{t90k}$		0,5 N/mm <sup>2</sup>
$f_{c0k}$		20 N/mm <sup>2</sup>
$f_{c90k}$		2,4 N/mm <sup>2</sup>
$f_{vk}$		2,4 N/mm <sup>2</sup>
$E_{0mean}$		10000 N/mm <sup>2</sup>
$E_{0,05}$		6700 N/mm <sup>2</sup>
$E_{90,mean}$		330 N/mm <sup>2</sup>
$G_{mean}$		630 N/mm <sup>2</sup>
$G_{0,05}$		340 kN/m <sup>3</sup>
$r_k$		4,1 kN/m <sup>3</sup>
$r_{mean}$		
FC	1,35	
	1	
Classe di servizio	1	
Materiale		
legno massiccio		
Classe di durata del carico 1	Classe di durata del carico 2	
Media	Media	
$\gamma_M$	1,50	
$k_{mod 1}$	0,80	
$k_{mod 2}$	0,80	
$k_{def}$	0,60	

### 2.7.1 Castagno Italia S

Legno massiccio tipo Castagno Italia S conforme alla norma UNI 11035-2.

MATERIALE		
Castagno Italia S		
$f_{mk}$		28 N/mm <sup>2</sup>
$f_{t0k}$		17 N/mm <sup>2</sup>
$f_{t90k}$		0,5 N/mm <sup>2</sup>
$f_{c0k}$		22 N/mm <sup>2</sup>
$f_{c90k}$		3,8 N/mm <sup>2</sup>
$f_{vk}$		2 N/mm <sup>2</sup>
$E_{0mean}$		11000 N/mm <sup>2</sup>
$E_{0,05}$		8000 N/mm <sup>2</sup>
$E_{90,mean}$		730 N/mm <sup>2</sup>
$G_{mean}$		950 N/mm <sup>2</sup>
$G_{0,05}$		465 kN/m <sup>3</sup>
$r_k$		5,5 kN/m <sup>3</sup>
$r_{mean}$		
FC	1,00	
	1	
Classe di servizio	1	
Materiale		
legno massiccio		
Classe di durata del carico 1	Classe di durata del carico 2	
Media	Media	
$\gamma_M$	1,50	
$k_{mod\ 1}$	0,80	
$k_{mod\ 2}$	0,80	
$k_{def}$	0,60	

**IL PROGETTISTA STRUTTURALE**

(ing. Valerio Belloni)

Vobarno, dicembre 2022

**Documento sottoscritto digitalmente**