

**OPERE DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA E DI RIQUALIFICAZIONE
N° 6 U.I.U. ADIBITE A RESIDENZA, SITE A CASTELLETO
DI LENO LARGO SCALVINI N° 3**

**Fondo complementare al piano nazionale di ripresa e resilienza:
"programma sicuro, verde e sociale" : riqualificazione
dell' edilizia residenziale pubblica (Art. 1 - Comma 2 - Lettera C, punto 13,
D.L. n° 59 del 06-05-2021, convertito con modificazioni dalla
Legge 101 del 01-07-2021).**

PROGETTO ESECUTIVO

**RELAZIONE DI CALCOLO
FASCICOLO DEI CALCOLI**

COMMITTENTE:

Amministrazione Comunale di Leno
Via Dante 3 25024 Leno (Bs)



Leno, 08 settembre 2022

1. PREMESSA

La presente relazione di verifica strutturale riguarda i lavori di riqualificazione di n°6 appartamenti di un fabbricato sito a Castelletto di Leno (BS), Largo Scalvini n.3.

Aerofoto di inquadramento territoriale



Aerofoto

Il fabbricato oggetto d'intervento è ad uso residenziale ed è costituito da due corpi di fabbrica, "corpo 1" di dimensioni: 21.5 x 5.3 m e "corpo 2" di dimensioni 15 x 11.3 m, altezza in gronda di circa 6.30 m.

L'edificio si sviluppa su due piani fuori terra ed è caratterizzato strutture portanti verticali in muratura e solai in latero cemento, con sottotetto in muricci e tavelloni a sostegno del manto di copertura.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il progetto delle opere strutturali è stato condotto con riferimento alle disposizioni di legge vigenti, in particolare alle seguenti norme:

- *Legge n.1086 del 5 novembre 1971*: “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e a struttura metallica”;
- *D.G.R. n. 2129 del 11/07/2014*: “Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia”;
- *D.G.R. n. 4317 del 15/02/2021*: “Approvazione delle linee guida per l’individuazione, dal punto di vista strutturale, degli interventi di cui all’art. 94 bis, comma 1, del D.P.R. n. 380/2001, nonché delle varianti di carattere non sostanziale per le quali non occorre il preavviso di cui all’art. 93”;
- *D.M. 17 gennaio 2018*: Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni";
- *Circolare C.S. LL. PP. 21 gennaio 2019 n. 7*: "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018”;
- *Linee guida della regione Toscana prot. n. 1388 del 07/09/2010*: “Orientamenti interpretativi in merito a interventi locali o di riparazione in edifici esistenti”.

Il sito oggetto dell’intervento ricade in zona sismica 3, ai sensi della D.G.R. n. 2129/2014.

3. ANALISI DEI CARICHI

Ai fini del dimensionamento e verifica degli elementi strutturali si sono considerati i seguenti carichi verticali, suddivisi in permanenti e variabili:

Solaio di interpiano in laterocemento

$$G1 = 300 \text{ kg/mq}$$

$$G2 = 220 \text{ kg/mq}$$

$$Q = 200 \text{ kg/mq}$$

Solaio di copertura in laterocemento con muricci e tavelloni

$$G1 = 300 \text{ kg/mq}$$

$$G2 = 350 \text{ kg/mq}$$

$$Q = 120 \text{ kg/mq}$$

Peso specifico muro in mattoni pieni = 1800 kg/mc

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI UTILIZZATI

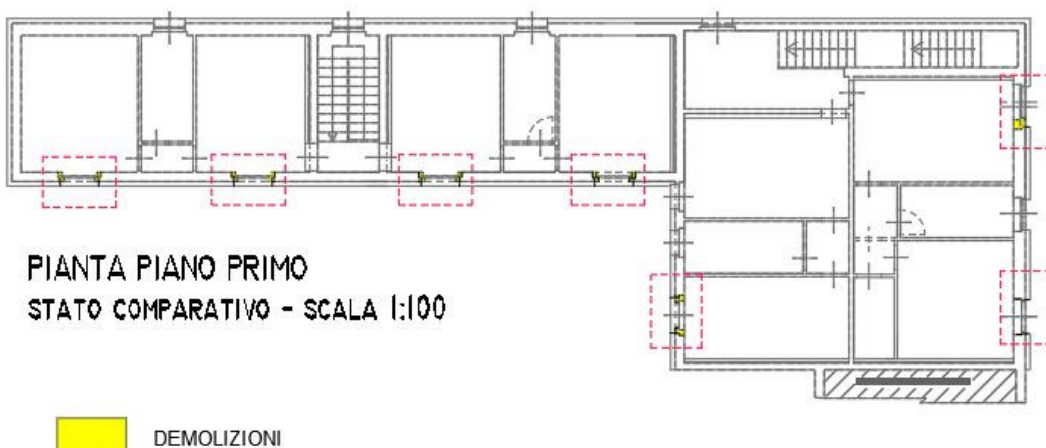
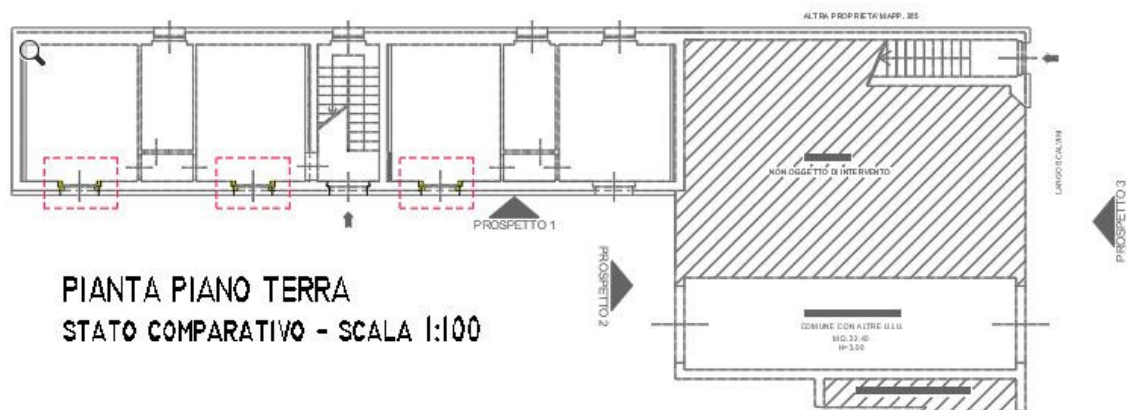
Acciaio per strutture metalliche S235		
<i>parametro</i>	<i>simbolo</i>	<i>valore</i>
Tensione di snervamento	f_{yk}	235 MPa
Resistenza di calcolo	f_{tk}	360 MPa
Modulo elastico	E_s	210000 MPa
Modulo di elasticità trasversale	$G = E/[2(1+\nu)]$	
coefficiente di Poisson	$\nu = 0,3$	
Densità	ρ	7850 kg/m ³
Per la verifica in campo elastico, la resistenza di calcolo è assunta pari a: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_M$		
Con i seguenti valori dei coefficienti parziali di sicurezza:		
Resistenza delle Sezioni di Classe 1-2-3-4		$\gamma_M = 1,05$
Resistenza all'instabilità delle membrature		$\gamma_M = 1,05$
Resistenza, nei riguardi della frattura, delle sezioni tese (indebolite dai fori)		$\gamma_M = 1,25$

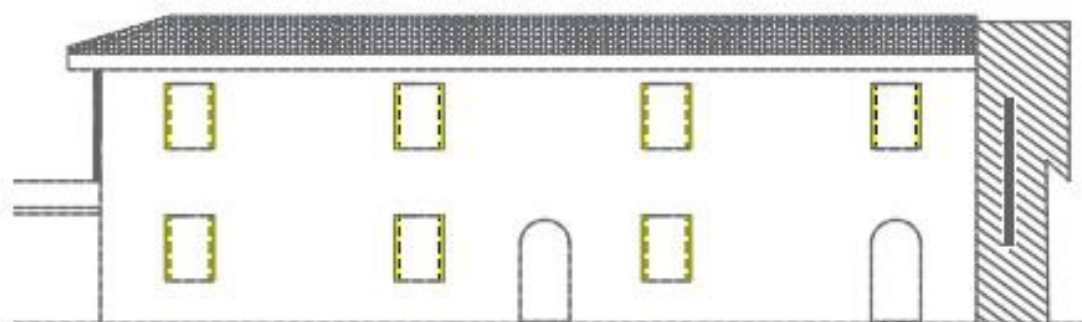
4. DESCRIZIONE DELLE OPERE

Dal punto di vista strutturale l'intervento prevede un allargamento delle aperture presenti sulla murature portanti del fabbricato, di cm 10 circa, che comportano una variazione della rigidezza delle murature.

Si dimostrerà di seguito che la rigidezza non si riduce significativamente ($< 15\%$) e la resistenza non peggiora ai fini della risposta del fabbricato nei confronti delle azioni sismiche orizzontali.

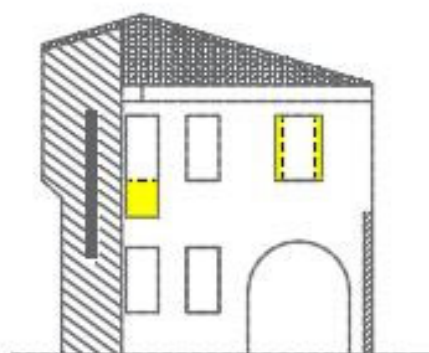
Si riporta di seguito uno stralcio del progetto con indicazioni degli interventi.



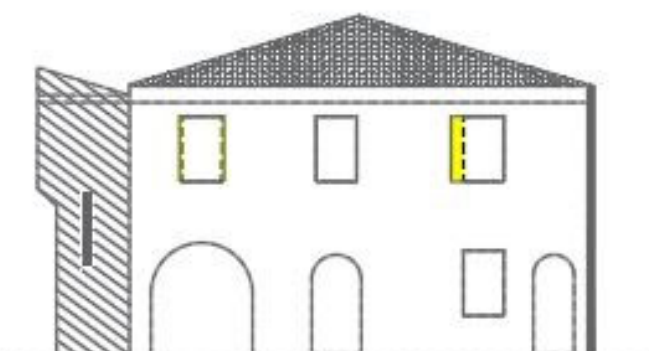


PROSPETTO 1
STATO COMPARATIVO

 **DEMOLIZIONI**



PROSPETTO 2
STATO COMPARATIVO



PROSPETTO 3
STATO COMPARATIVO

5. METODO DI ANALISI E VERIFICHE

Alla luce della normativa vigente, il capitolo 8.4 delle NTC 2018 suddivide gli interventi sugli edifici esistenti in tre categorie:

- riparazioni o interventi locali
- interventi di miglioramento
- interventi di adeguamento

8.4. CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

Si individuano le seguenti categorie di intervento:

- *interventi di riparazione o locali*: interventi che interessino singoli elementi strutturali e che, comunque, non riducano le condizioni di sicurezza preesistenti;
- *interventi di miglioramento*: interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, senza necessariamente raggiungere i livelli di sicurezza fissati al § 8.4.3;
- *interventi di adeguamento*: interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, conseguendo i livelli di sicurezza fissati al § 8.4.3.

Solo gli interventi di miglioramento ed adeguamento sono sottoposti a collaudo statico.

L'intervento in progetto risulta inquadrabile nella categoria “**riparazione o intervento locale**”, in quanto riguarda singoli elementi strutturali, interessa una porzione limitata della costruzione e non ne cambia significativamente il suo comportamento globale nei confronti dell'azione sismica.

La costruzione può essere considerata un'opera ordinaria di tipo 2, con vita nominale ≥ 50 anni e classe d'uso tipo II, essendo previsti normali affollamenti, senza funzioni pubbliche e contenuti pericolosi per l'ambiente e le verifiche sono svolte col metodo semiprobabilistico agli Stati Limite.

2.5.3. COMBINAZIONI DELLE AZIONI

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

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.2]$$

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

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.4]$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.5]$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.6]$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – 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 ≤ 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 ≤ 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

2.6. AZIONI NELLE VERIFICHE AGLI STATI LIMITE

Le verifiche agli stati limite devono essere eseguite per tutte le più gravose condizioni di carico che possono agire sulla struttura, valutando gli effetti delle combinazioni definite nel § 2.5.3.

2.6.1. STATI LIMITE ULTIMI

Nelle verifiche agli stati limite ultimi si distinguono:

- lo stato limite di equilibrio come corpo rigido: EQU
- lo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione: STR
- lo stato limite di resistenza del terreno: GEO

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_F			
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

Criteri di verifica sezioni in acciaio

Classificazione della sezioni (NCT 2018 – par. 4.2.3.1)

La classificazione delle sezioni in acciaio viene effettuata seguendo le indicazioni riportate nelle tabelle 4.2.III, 4.2.IV, 4.2.V del D.M. 17-1-2008, per i casi di forme più comuni ed a seconda del tipo di sollecitazione.

Si distinguono 4 classi, la 1 e 2 si definiscono *compatte*, le 3 *moderatamente snelle* e le 4 *snelle*.

La classe dipende dal rapporto c/t (larghezza/spessore) e dal valore di $\varepsilon = \sqrt{235 / f_{yk}}$.

Verifiche di resistenza (NCT 2018 – par. 4.2.4.1)

La resistenza di calcolo delle membrature si pone nella forma $R_d = R_k / \gamma_M$

R_k = valore caratteristico della resistenza

γ_M = coefficiente di sicurezza

Tab. 4.2.VII - Coefficienti di sicurezza per la resistenza delle membrature e la stabilità

Resistenza delle Sezioni di Classe 1-2-3-4	$\gamma_{M0} = 1,05$
Resistenza all'instabilità delle membrature	$\gamma_{M1} = 1,05$
Resistenza all'instabilità delle membrature di ponti stradali e ferroviari	$\gamma_{M1} = 1,10$
Resistenza, nei riguardi della frattura, delle sezioni tese (indebolite dai fori)	$\gamma_{M2} = 1,25$

Verifica a trazione

La verifica a trazione è soddisfatta se vale la seguente disuguaglianza

$$N_{Ed} / N_{t,rd} \leq 1$$

N_{Ed} = azione sollecitante

$$N_{t,rd} = A f_{yk} / \gamma_{M0} \quad \text{con}$$

A = area della sezione

f_{yk} = tensione caratteristica di snervamento

$\gamma_{M0} = 1,05$ coefficiente di sicurezza per la resistenza

Verifica a taglio

La verifica a taglio è soddisfatta se vale la seguente disuguaglianza:

$$V_{Ed} / V_{c,rd} < 1$$

V_{Ed} = taglio sollecitante

$$V_{c,rd} = A_v f_{yk} / (\sqrt{3} \gamma_{M0}) \quad \text{con}$$

A_v = area resistente a taglio

f_{yk} = tensione caratteristica di snervamento

$\gamma_{M0} = 1,05$ coefficiente di sicurezza per la resistenza

Se il taglio di calcolo è inferiore a metà della resistenza di calcolo, si può trascurare l'influenza del taglio sulla resistenza a flessione.

Verifica a flessione monoassiale retta

La verifica a flessione è soddisfatta se vale la seguente disuguaglianza:

$$M_{Ed} / M_{c,rd} < 1$$

M_{Ed} = momento sollecitante

$$M_{c,rd} = M_{pl,rd} = W_{pl} f_{yk} / \gamma_{M0} \quad \text{per le classi 1 e 2}$$

$$M_{c,rd} = M_{el,rd} = W_{el, min} f_{yk} / \gamma_{M0} \quad \text{per le classi 3}$$

$$M_{c,rd} = W_{eff, min} f_{yk} / \gamma_{M0} \quad \text{per le classi 4}$$

con:

W_{pl} = modulo di resistenza plastico

$W_{el, min}$ = modulo resistente elastico minimo

f_{yk} = tensione caratteristica di snervamento

$\gamma_{M0} = 1,05$ coefficiente di sicurezza per la resistenza

Flessione e taglio

Se il taglio V_{Ed} è superiore alla metà della resistenza di calcolo $V_{c,rd}$ bisogna tener conto dell'influenza del taglio sulla resistenza a flessione. Posto

$$\rho = (2 V_{Ed} / V_{c,rd} - 1)^2$$

La resistenza a flessione si determina assumendo per area resistente a taglio A_v la tensione di snervamento ridotta $f_{yk} (1 - \rho)$.

Per le sezioni ad I o ad H di classi 1 e 2 doppiamente simmetriche, soggette a flessione e taglio nel piano dell'anima vale

$$M_{y,V,rd} = [W_{pl,y} - \rho A_v^2 / 4 t_w] f_{yk} / \gamma_{M0}$$

Verifica a compressione

La verifica a compressione è soddisfatta se vale la seguente disuguaglianza:

$$N_{Ed} / N_{c,rd} \leq 1$$

N_{Ed} = azione sollecitante

$$N_{c,rd} = A f_{yk} / \gamma_{M0} \quad \text{pre le sezioni di classe 1,2,3}$$

$$N_{c,rd} = A_{eff} f_{yk} / \gamma_{M0} \quad \text{pre le sezioni di classe 4}$$

A = area della sezione

A_{eff} = area della sezione efficace

$\gamma_{M0} = 1,05$ coefficiente di sicurezza per la resistenza

Verifica a pressoflessione retta

La verifica è soddisfatta se vale la seguente disuguaglianza:

$M_{N,rd,y} = M_{pl,rd,y} (1-n) / (1-0,5 a)$ per le sezioni ad I o ad H di classi 1 e 2 dopp. simm.
dove

$M_{pl,rd,y}$ = resistenza di calcolo a flessione retta nel piano dell'anima

$n = N_{Ed} / N_{pl,rd}$

N_{Ed} = azione sollecitante

$N_{pl,rd}$ = resistenza di calcolo a compressione

$a = (A - 2 b t_f) / A \leq 0,5$ con

A = area della sezione

b = larghezza della sezione

t_f = spessore delle flange

La verifica tiene conto della presenza del taglio con il fattore di riduzione ρ , tale fattore riduce la tensione caratteristica di snervamento f_{yk} secondo l'espressione:

$f_{yk,red} = f_{yk} (1 - \rho)$ con $\rho = (2 V_{Ed} / V_{c,rd} - 1)^2$

Verifica deformabilità

La verifica a deformabilità è soddisfatta agli Stati Limite di Esercizio se $f < L/250$

Verifiche di stabilità

Le verifiche di stabilità delle membrature per aste compresse e per travi inflesse vengono condotte secondo il paragrafo 4.2.4.1.3 delle NTC 2018.

DETERMINAZIONE VARIAZIONE RIGIDEZZA DELLA PARETE

a) Determinazione dei parametri meccanici della muratura esistente

Indagini condotte:

Livello di Conoscenza:

Fattore di confidenza :

FC =

in-situ limitate
LC1
1,35

Per i diversi valori di conoscenza, per ogni tipologia muraria, i valori medi dei parametri meccanici possono essere definiti come segue:

LC1	Resistenze:	i minimi degli intervalli riportati in Tabella C8.5.I per la tipologia muraria in considerazione.				
	Moduli elastici:	valori minimi degli intervalli riportati nella tabella suddetta.				

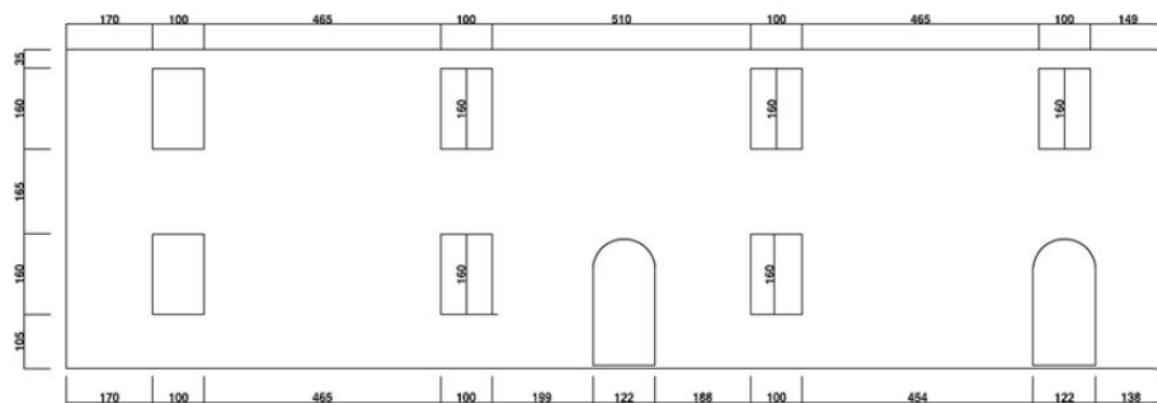
Tabella C8.5.I -Valori di riferimento dei parametri meccanici della muratura, da usarsi nei criteri di resistenza di seguito specificati (comportamento a tempi brevi), e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura. I valori si riferiscono a: f = resistenza media a compressione, τ_0 = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), f_{v0} = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), E = valore medio del modulo di elasticità normale, G = valore medio del modulo di elasticità tangenziale, w = peso specifico medio.

Tipologia di muratura	f (N/mm ²)	τ_0 (N/mm ²)	f_{v0} (N/mm ²)	E (N/mm ²)	G (N/mm ²)	w (kN/m ³)
	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 squadriati	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

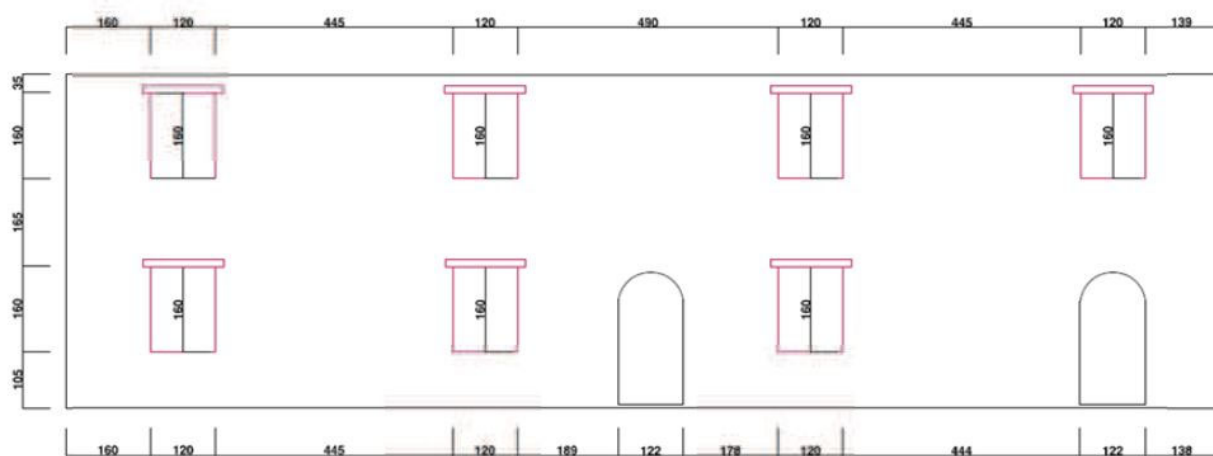
(*) Nella muratura a conci sbozzati i valori di resistenza tabellati si possono incrementare se si riscontra la sistematica presenza di zeppe profonde in pietra che migliorano i contatti e aumentano l'ammorsamento tra gli elementi lapidei; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente pari a 1,2.

(**) Data la varietà litologica della pietra tenera, il peso specifico è molto variabile ma può essere facilmente stimato con prove dirette. Nel caso di muratura a conci regolari di pietra tenera, in presenza di una caratterizzazione diretta della resistenza a compressione degli elementi costituenti, la resistenza a compressione f_{pu} può essere valutata attraverso le indicazioni del § 11.10 delle NTC.

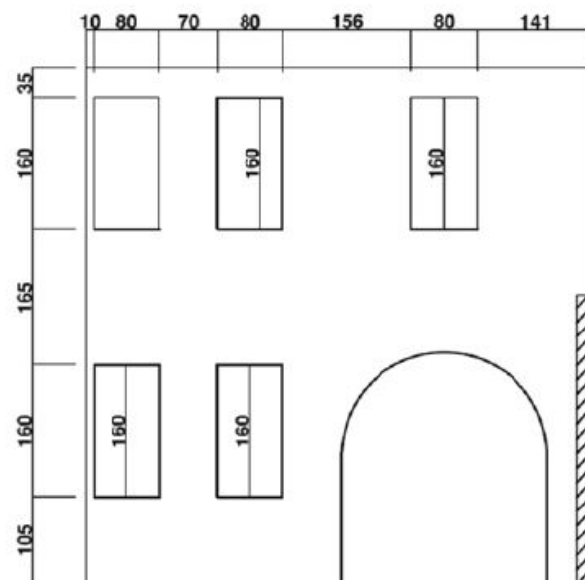
(***) Nella muratura a mattoni pieni è opportuno ridurre i valori tabellati nel caso di giunti con spessore superiore a 13 mm; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente riduttivo pari a 0,7 per le resistenze e 0,8 per i moduli elastici.



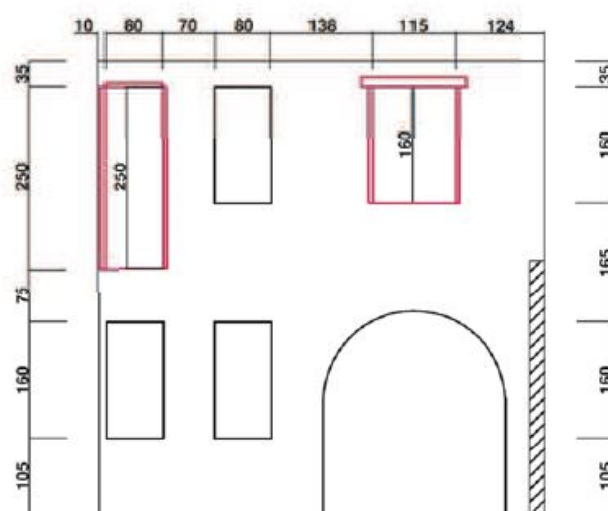
PROSPETTO I PRE-INTERVENTO



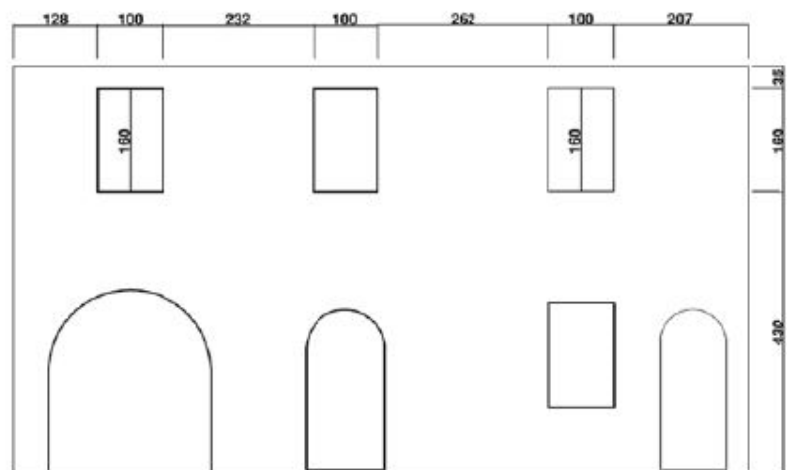
PROSPETTO I POST-INTERVENTO



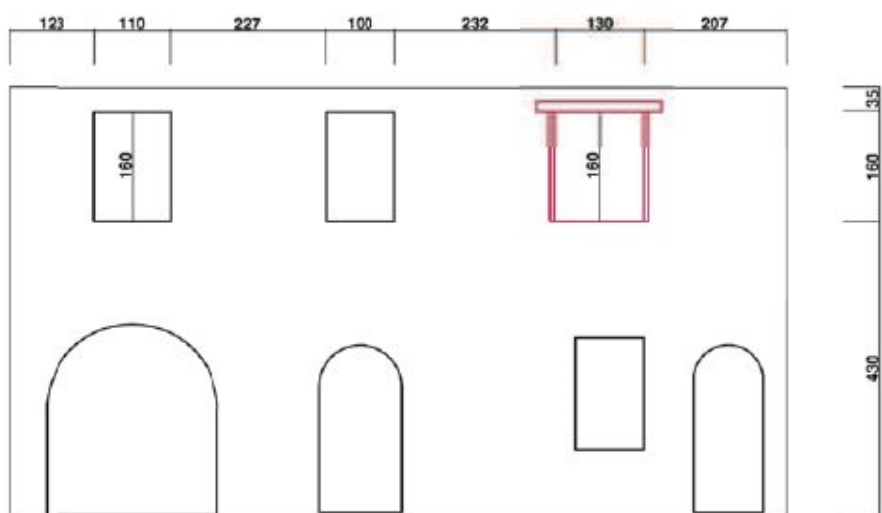
PROSPETTO 2 PRE-INTERVENTO



PROSPETTO 2 POST-INTERVENTO



PROSPETTO 3 PRE-INTERVENTO



PROSPETTO 3 POST-INTERVENTO

Tipologia di muratura

Muratura in mattoni pieni e malta di calce

f_m min =	260,00	N/cm ² =	2,60 MPa
f_m max =	430,00	N/cm ² =	4,30 MPa
τ_0 min =	5,00	N/cm ² =	0,05 MPa
τ_0 max =	13,00	N/cm ² =	0,13 MPa
E min =	1200,00	N/mm ² =	1200,00 MPa
E max =	1800,00	N/mm ² =	1800,00 MPa
G min =	400,00	N/mm ² =	400,00 MPa
G max =	600,00	N/mm ² =	600,00 MPa
w =	18,00	kN/m ³ =	18000,00 N/m ³

f_m =	2,60 MPa /	1,35	/	1,00	=
τ_0 =	0,05 MPa /	1,35	/	1,00	=
E =	1500,00 MPa /	1,35	/	2,00	=
G =	500,00 MPa /	1,35	/	2,00	=

f_m =	1,93 MPa
τ_0 =	0,04 MPa
E =	555,56 MPa
G =	185,19 MPa

Pertanto i parametri meccanici della muratura esistente in oggetto sono i seguenti:

f_m =	1,93 MPa	(valore medio della resistenza a compressione della muratura in direzione verticale)
τ_0 =	0,04 MPa	(valore medio della resistenza a taglio della muratura)
E =	555,56 MPa	(valore medio del modulo di elasticità normale della muratura)
G =	185,19 MPa	(valore medio del modulo di elasticità tangenziale della muratura)

b) Calcolo rigidezza della parete muraria

f_m =	1,93 MPa
τ_0 =	0,04 MPa
E =	555,56 MPa
G =	185,19 MPa

CALCOLO VARIAZIONE DI RIGIDEZZA PARETE PROSPETTO 1 – PIANO TERRA

SITUAZIONE PRIMA DELL'INTERVENTO

	Lunghezza	Altezza	Spessore	E	G	J	A
	setto	setto	setto				
	b	h	s				
MURO	[mm]	[mm]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[mm ⁴]	[mm ²]
PRE	16140,00	3000,00	300,00	555,56	185,19	1,05E+14	4842000,00

MURO	n	K_{fless}	K_{tag}	K_m
		$K_{fless}=nEJ/h^3$	$K_{tag}=GA/(1,2h)$	$K_m=1/((1/K_{fless})+(1/K_{tag}))$
		[N/mm]	[N/mm]	[N/mm]
PRE	12,00	25953478,67	249074,07	246706,45
		$K_m =$		246706,45
				N/mm

SITUAZIONE DOPO L'INTERVENTO

	Lunghezza	Altezza	Spessore	E	G	J	A
	setto	setto	setto				
	b	h	s				
MURO	[mm]	[mm]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[mm ⁴]	[mm ²]
POST	15840,00	3000,00	300,00	555,56	185,19	9,94E+13	4752000,00

MURO	n	K_{fless}	K_{tag}	K_m
		$K_{fless}=nEJ/h^3$	$K_{tag}=GA/(1,2h)$	$K_m=1/((1/K_{fless})+(1/K_{tag}))$
		[N/mm]	[N/mm]	[N/mm]
POST	12,00	24532992,00	244444,44	242032,85
		$K_m =$		242032,85
				N/mm

c) Calcolo variazione rigidezza della parete muraria:

$$\Delta K_m = (246.706,45 - 242.032,36) / 242.032,36 = \mathbf{2 \% \text{ (diminuzione rigidezza < 15\%)}}$$

CALCOLO VARIAZIONE DI RIGIDEZZA PARETE PROSPETTO 1 – PIANO PRIMO

SITUAZIONE PRIMA DELL'INTERVENTO

	Lunghezza	Altezza	Spessore	E	G	J	A
	setto	setto	setto				
	b	h	s				
MURO	[mm]	[mm]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[mm ⁴]	[mm ²]
PRE	17590,00	3000,00	400,00	555,56	185,19	1,81E+14	7036000,00

MURO	n	K_{fless}	K_{tag}	K_m
		$K_{fless}=nEJ/h^3$	$K_{tag}=GA/(1,2h)$	$K_m=1/((1/K_{fless})+(1/K_{tag}))$
		[N/mm]	[N/mm]	[N/mm]
PRE	12,00	44794143,86	361934,16	359033,19
		$K_m =$		359033,19
				N/mm

SITUAZIONE DOPO L'INTERVENTO

	Lunghezza	Altezza	Spessore	E	G	J	A
	setto	setto	setto				
	b	h	s				
MURO	[mm]	[mm]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[mm ⁴]	[mm ²]
POST	16790,00	3000,00	400,00	555,56	185,19	1,58E+14	6716000,00

MURO	n	K_{fless}	K_{tag}	K_m
		$K_{fless}=nEJ/h^3$	$K_{tag}=GA/(1,2h)$	$K_m=1/((1/K_{fless})+(1/K_{tag}))$
		[N/mm]	[N/mm]	[N/mm]
POST	12,00	38956130,36	345473,25	342436,43
		$K_m =$		342436,43
				N/mm

c) Calcolo variazione rigidezza della parete muraria:

$$\Delta K_m = (359.033,19 - 342.436,43) / 342.436,43 = \mathbf{4 \% \text{ (diminuzione rigidezza < 15\%)}}$$

CALCOLO VARIAZIONE DI RIGIDEZZA PARETE PROSPETTO 3 – PIANO PRIMO

SITUAZIONE PRIMA DELL'INTERVENTO

MURO	Lunghezza	Altezza	Spessore	E	G	J	A
	setto	setto	setto				
	b	h	s				
	[mm]	[mm]	[mm]				
PRE	3770,00	2700,00	300,00	555,56	185,19	1,34E+12	1131000,00

MURO	n	K_{fless}	K_{tag}	K_m
		$K_{fless}=nEJ/h^3$	$K_{tag}=GA/(1,2h)$	$K_m=1/((1/K_{fless})+(1/K_{tag}))$
		[N/mm]	[N/mm]	[N/mm]
PRE	12,00	453713,30	64643,35	56581,79
		$K_m =$		56581,79
				N/mm

SITUAZIONE DOPO L'INTERVENTO

MURO	Lunghezza	Altezza	Spessore	E	G	J	A
	setto	setto	setto				
	b	h	s				
	[mm]	[mm]	[mm]				
POST	3420,00	2700,00	300,00	555,56	185,19	1,00E+12	1026000,00

MURO	n	K_{fless}	K_{tag}	K_m
		$K_{fless}=nEJ/h^3$	$K_{tag}=GA/(1,2h)$	$K_m=1/((1/K_{fless})+(1/K_{tag}))$
		[N/mm]	[N/mm]	[N/mm]
POST	12,00	338716,05	58641,98	49987,61
		$K_m =$		49987,61
				N/mm

c) Calcolo variazione rigidezza della parete muraria:

$$\Delta K_m = (56.581,79 - 49.987,61) / 49.987,61 = \mathbf{13 \% \text{ (diminuzione rigidezza < 15\%)}}$$

CALCOLO VARIAZIONE DI RIGIDEZZA PARETE PROSPETTO 4 – PIANO PRIMO

SITUAZIONE PRIMA DELL'INTERVENTO

MURO	Lunghezza	Altezza	Spessore	E	G	J	A
	setto	setto	setto				
	b	h	s				
	[mm]	[mm]	[mm]				
PRE	8290,00	2700,00	400,00	555,56	185,19	1,90E+13	3316000,00

MURO	n	K_{fless}	K_{tag}	K_m
		$K_{fless}=nEJ/h^3$	$K_{tag}=GA/(1,2h)$	$K_m=1/((1/K_{fless})+(1/K_{tag}))$
		[N/mm]	[N/mm]	[N/mm]
PRE	12,00	6432203,64	189529,04	184104,28
		$K_m =$		184104,28
				N/mm

SITUAZIONE DOPO L'INTERVENTO

MURO	Lunghezza	Altezza	Spessore	E	G	J	A
	setto	setto	setto				
	b	h	s				
	[mm]	[mm]	[mm]				
POST	7890,00	2700,00	400,00	555,56	185,19	1,64E+13	3156000,00

MURO	n	K_{fless}	K_{tag}	K_m
		$K_{fless}=nEJ/h^3$	$K_{tag}=GA/(1,2h)$	$K_m=1/((1/K_{fless})+(1/K_{tag}))$
		[N/mm]	[N/mm]	[N/mm]
POST	12,00	5545327,54	180384,09	174701,23
		$K_m =$		174701,23
				N/mm

c) Calcolo variazione rigidezza della parete muraria:

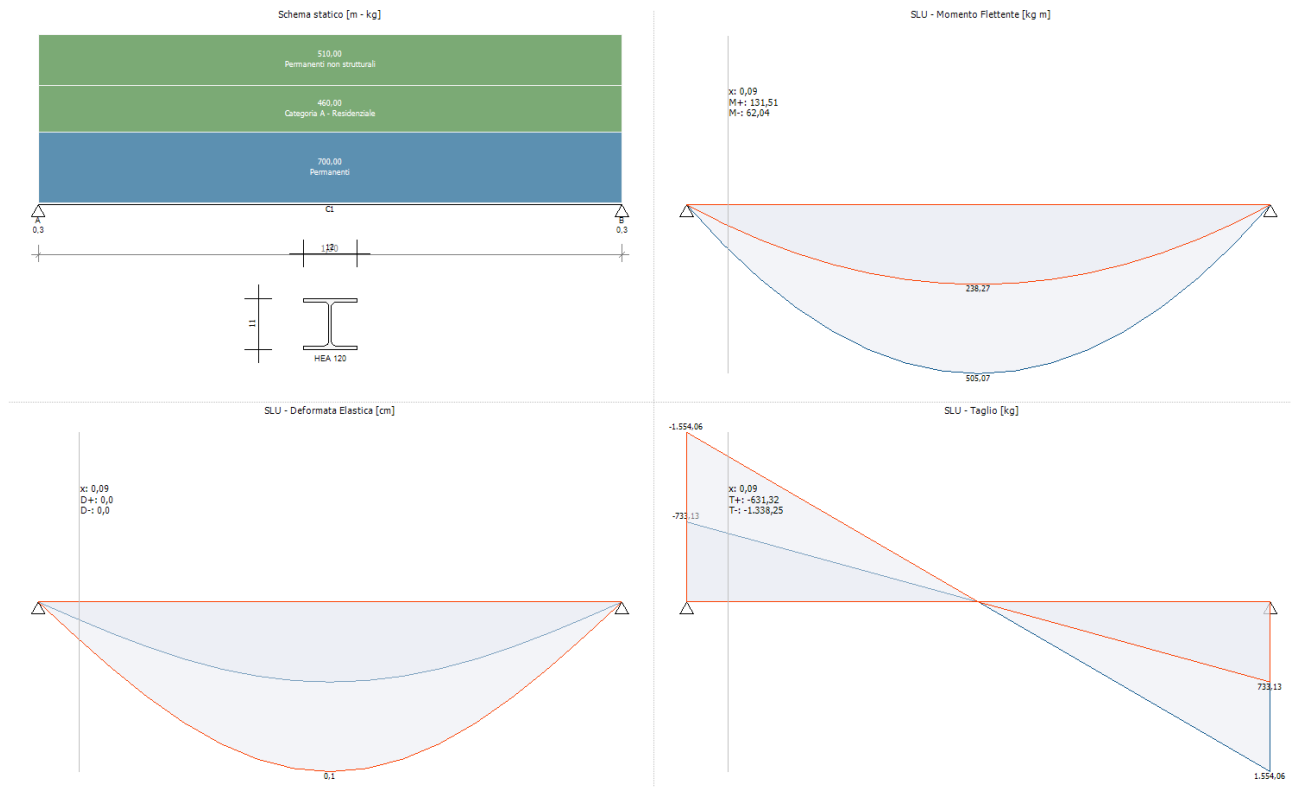
$$\Delta K_m = (184104,28 - 174.701,23) / 174.701,23 = \mathbf{5 \% \text{ (diminuzione rigidezza < 15\%)}}$$

Ai fini progettuali il limite 'significativo' di modifica della rigidezza del pannello murario viene assunto pari al **15%** della rigidezza originaria, come indicato dalle "Linee guida della regione Toscana", pertanto si ritiene che le pareti non subiscono una variazione significativa della rigidezza, tale da influire sul comportamento globale della struttura nei confronti delle azioni sismiche.

Ciò premesso, non risulta necessario eseguire cerchiature in acciaio nelle aperture allargate, ma l'intervento verrà realizzato previo la messa in opera di un architravi superiori in acciaio **HEA 120 affiancati (n°2 nei muri di spessore cm 30 e n°3 nei muri di spessore cm 40)**, poggianti direttamente sulla muratura portante laterale.

Si riporta di seguito il calcolo dell'architrave HEA 120 maggiormente sollecitata eseguito con il programma di calcolo Travilog Titanium 7 della Logical Soft.

VERIFICA ARCHITRAVE IN ACCIAIO HEA 120



VERIFICA A FLESSIONE							
Criterio	Sfruttamento	Ascissa [m]	N [kg]	M3 [kg m]	T2 [kg]	Verifica	
Verifica a flessione retta y-y	0,19	0,650	--	505,07	--	OK	
VERIFICA DI STABILITA'							
Criterio	Sfruttamento	Ascissa [m]	M3 [kg m]	Mcr [kg m]	Kc	Chi LT	Verifica
Verifica stabilità a flessotorsione	0,21	0,650	505,07	11.931,58	0,94	0,99	OK
VERIFICA DI DEFORMABILITA'							
Criterio	Sfruttamento	Lunghezza [m]	Spostamento [cm]	Spostamento limite [cm]	Verifica		
Elemento singolo	0,09	1,300	0,0	0,5	OK		