



REGIONE  
PUGLIA

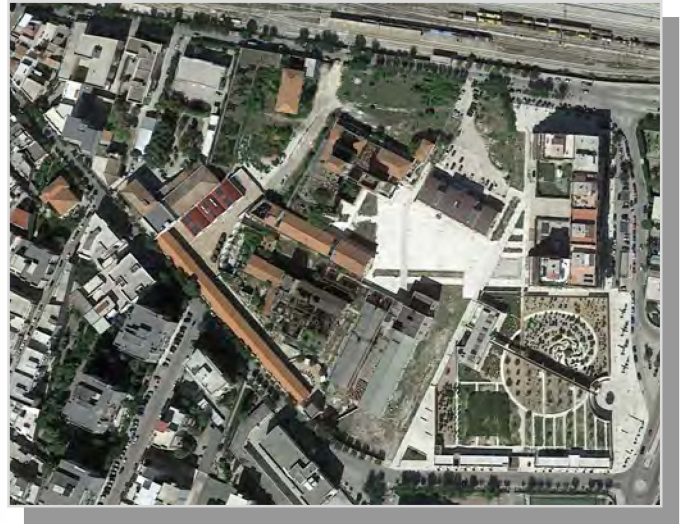
# COMUNE DI BARLETTA

"Città della Disfida"

## Quartiere "Borgovilla-Patalini"

*Programma innovativo e sperimentale in ambito urbano denominato Contratti di Quartiere II*

*Decreto Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 27 dicembre 2001, n.21*



### Perizia di Variante 2

Alloggi per utenze differenziate

COD. PRATICA	SCALA	DESCRIZIONE TAVOLA	TAVOLA	
2023-0003-SP2		Calcolo cerchiatura	<b>RTS7</b>	
<p>RUP: Arch. Mario Pagnello</p> <p>DIREZIONE LAVORI: Arch. Michele Sgobba</p>				
REV.	DATA	REDA TO	VERIFICA TO	APPROVATO
00	luglio 2024			arch. Michele Sgobba



## **Relazione di calcolo strutturale impostata e redatta secondo le modalità previste nel D.M. 17 Gennaio 2018 cap. 10 - Redazione dei progetti strutturali esecutivi e delle relazioni di calcolo.**

### **ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO**

Codice di calcolo: PRO\_CAD Interventi locali - Verifica cerchiature software per verifica e progetto di aperture di vani in setti murari.  
Versione: e-time  
Produttore distributore: 2SI - Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l.  
Via G. Garibaldi, 90 - 44121 Ferrara FE (Italy)  
Tel. +39 0532 200091 www.2si.it  
Codice licenza: 0122-121/con

In merito al punto 10.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (Affidabilità dei codici utilizzati), si fa riferimento al Documento di Affidabilità 'Test di validazione del software di calcolo PRO\_SAP e dei moduli aggiuntivi PRO\_SAP Modulo Geotecnico, PRO\_CAD nodi acciaio e PRO\_MST' disponibile per il download sul sito: <https://www.2si.it/it/prodotti/affidabilita/>

### **DESCRIZIONE**

Progetto: Intervento locale - calcolo di una cerchiatura  
Ubicazione: BARLETTA (BT)  
Progettista: Arch. Michele SGOBBA

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

#### **INTERVENTO LOCALE - CERCHIATURA**

Realizzazione di N. 4 vano porta su pannello murario di una struttura in muratura portante.

VANO PORTA 1 – larghezza 120 cm, altezza 230 cm, ubicato a piano primo dell'edificio G1.

VANO PORTA 2 – larghezza 140 cm, altezza 230 cm, ubicato a piano primo dell'edificio G1.

VANO PORTA 3 – larghezza 100 cm, altezza 230 cm, ubicato a piano primo dell'edificio G1.

VANO PORTA 4 – larghezza 100 cm, altezza 230 cm, ubicato a piano quarto dell'edificio G1.

Il pannello murario è gravato esclusivamente dal peso proprio per i vani porta 1 e 2.

Il pannello murario è gravato dal peso proprio, dal peso permanente e accidentale del solaio di copertura per i vani porta 3 e 4.

Realizzazione del vano porta con cerchiatura in calcestruzzo armato, tale da aumentare la resistenza dello stato post-opera e contenere la variazione di rigidezza in valori non superiori al 15% rispetto la rigidezza della condizione ante-opera.

## NORMATIVA DI RIFERIMENTO

1. D.M. 17 Gennaio 2018 e allegate 'Norme tecniche per le costruzioni'.
2. Circolare 21/01/2019 n. 7 / CSLLPP Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle 'Norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018

## METODOLOGIA DI VERIFICA

L'apertura di un vano in una parete muraria accompagnata da opportuni rinforzi è previsto, come 'intervento locale', nella Circolare n.7/2019 CSLLPP al punto C8.4.1.

Le verifiche possono essere eseguite limitandosi a valutazioni numeriche relative alla sola parete interessata dall'intervento solo a condizione che si dimostri che la rigidezza dell'elemento variato non cambi significativamente e che la resistenza non peggiori ai fini del comportamento rispetto alle azioni orizzontali.

Una variazione significativa della rigidezza delle pareti muterebbe il comportamento globale della struttura e pertanto non risulterebbe sufficiente la verifica locale.

La verifica risulta positiva quando la resistenza alle forze orizzontali  $V$  post-operam risultano maggiori o uguali a quelle ante-operam, con variazioni di rigidezza non sostanziali (+/- 15.00%).

Nel caso di muratura non armata in cui la rottura del pannello è di tipo fragile e caratterizzata da lesioni diagonali a 45° l'azione tagliante ultima è determinabile, come specificato nella Circolare n. 7/2019 CSLLPP al punto C8.7.1.16, con la seguente relazione:

$$V_t = L t \frac{f_{td}}{b} \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{f_{td}}}$$

dove:

- L lunghezza del pannello murario
- t spessore del pannello murario
- $f_{td}$  resistenza di calcolo a trazione per fessurazione diagonale della muratura ( $f_{td} = 1,5 \tau_0$ )
- $\sigma_0$  tensione normale media riferita all'area totale della base del setto
- b Coeff. correttivo dipendente dalla snellezza della parete. ( $b = \min[H/L; 1.5] \geq 1$ )

La rigidezza del singolo pannello murario  $K$  viene valutata con la seguente relazione:

$$K = \frac{1}{\frac{H^3}{n E J} + \frac{1,2 H}{G A}}$$

dove:

- E, G moduli di elasticità normale e tangenziale della muratura
- J momento di inerzia del maschio murario ( $J = t L^3 / 12$ )
- n coeff. relativo al grado di vincolo offerto dal traverso superiore.  
Nel caso in esame  $n=12$  (presenza di cordolo rigido => schema incastro scorrevole).
- A area del maschio murario ( $A = t L$ )
- H altezza pannello = massima altezza del foro adiacente (fasce murarie rigide)

La rigidezza complessiva risulterà dalla sommatoria dei contributi dei singoli maschi murari che formano la parete.

La resistenza ultima a taglio verrà calcolate in base alla curva caratteristica del diagramma  $V-\delta$

## TELAIO DI CERCHIATURA DELLE APERTURE

Definendo:

$\Delta K = K_{sa} - K_{pr}$  (carenza di rigidezza della muratura a seguito dell'intervento)

il telaio, per poter sopperire a tale carenza dovrà avere una rigidezza  $K_t$  maggiore o uguale a  $\Delta K$

La rigidezza del telaio è data dalla sommatoria delle rigidezze dei singoli montanti costituenti la cerchiatura.

Rigidezza del montante  $K_i = n E J / H^3$  con n che dipende dal vincolo alla base (3 cerniera, 12 incastro)

La rigidezza totale del telaio sarà:  $K_t = \sum K_i$

La resistenza a taglio del telaio sarà data dal contributo di tutti i montanti:

dato il momento ultimo di ogni montante =  $M_u = f_{yk} W / \gamma_{MO}$

$F_o = n M_u / H$  con n che dipende dallo schema (1 cerniera-incastro, 2 incastro-incastro)

La resistenza complessiva del telaio sarà:  $V_t = \sum F_o$

## Vano porta 1 e 2

### MATERIALI

Parametri muratura Tab.C8.5.I Circ. n.7 / CSLLPP del 21/01/2019

#### Muratura a blocchi lapidei squadriati

Valori in daN/cm <sup>2</sup> :	minimo	massimo	medio
$\tau_0$ - res. a taglio	0.90	1.20	1.05
$f_{vo}$ - res. a taglio	1.80	2.80	2.30
$f_m$ - res. compr.	58.00	82.00	70.00
E - modulo elastico	24000.0	33000.0	28500.0
G - modulo el. tang.	8000.0	11000.0	9500.0
Peso specifico [daN/mc]	2200.0	2200.0	2200.0

Valori di riferimento: con livello di conoscenza LC1 (Limitata) si utilizzano i valori medi per i moduli elastici e i valori minimi per la resistenza.

Parametri per la determinazione dei valori di progetto:

Coef. parziale di sicurezza  $\gamma_M = 2.00$  (4.5.6.1)

Fattore di confidenza FC = 1.35

Coef. rid. moduli elastici per fessurazione = 2.00

Valori in daN/cm <sup>2</sup> :	$f_m$	$\tau_0$	$f_{vo}$	E	G
di riferimento	58.00	0.90	1.80	28500	9500
di progetto	21.48	0.33	0.67	14250	4750

#### Materiali del telaio

Cls	$R_{ck}$ [daN/cm <sup>2</sup> ]	$f_{ck}$ [daN/cm <sup>2</sup> ]	E [daN/cm <sup>2</sup> ]	G [daN/cm <sup>2</sup> ]	$\gamma_a$ [kg/mc]
C28/35	350.0	290.0	325750.0	145424.0	2500.0

Barre	$f_{yk}$ [daN/cm <sup>2</sup> ]	$f_{tk}$ [daN/cm <sup>2</sup> ]	$\gamma_a$ [kg/mc]
B450C	4500	5400	7850

#### Sezioni in cls del telaio

Sezione	Copriferro [cm]	Ferri per lato	Diam. [mm]	Passo st. [cm]	Diam. st. [mm]
80.0 x 30.0	3.0	7	14	15.0	8
80.0 x 30.0 (x 2)	3.0	7	14	15.0	8
80.0 x 40.0	3.0	7	14	10.0	8

### CARICHI

In sommità della parete sono applicati i seguenti carichi distribuiti:

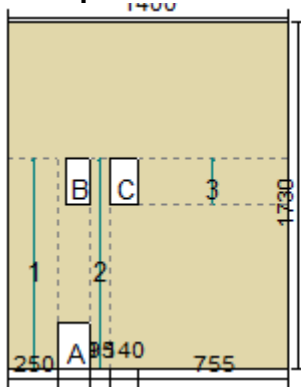
Carico permanente  $G_k = 880.0$  daN/m

Carico variabile  $Q_k = 0.0$  daN/m

Per la determinazione della tensione media verticale, verranno inoltre considerati i contributi dovuti al peso proprio di metà maschio murario e delle semifasce superiori gravanti sul maschio stesso.

**VERIFICHE**

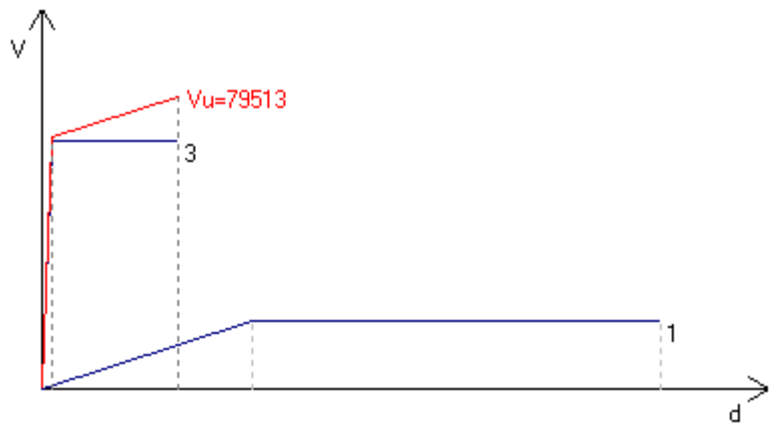
**Ante-operam**



Maschio	Lungh.	Spess.	H calc.	Coef. b	$\sigma_o$	$K_o$	$V_u$	$\delta e$	$\delta u$
1	250.0	80.0	1048.0	1.50	3.279	12844.1	18325.70	1.4268	4.1920
2 (*)	95.0	80.0	1048.0	1.50	5.306	624.8	8632.17	10.4662	4.1920
3	755.0	80.0	230.0	1.00	2.013	913370.0	67696.62	0.0668	0.9200

I maschi (\*) hanno un valore  $\delta e > 0.004 H$ , non verranno pertanto considerati resistenti ai fini delle verifiche

Curva caratteristica ante-operam:



**Curva ante-operam**

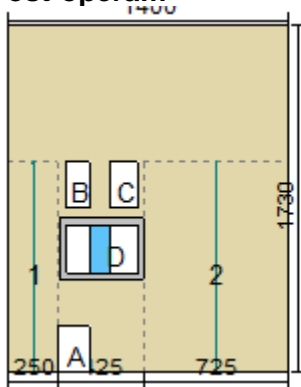
Punto	d (spost.) [cm]	V (res.) [daN]
1	0.000000	0.000
2	0.000000	0.000
3	0.066803	68554.650
4	0.920000	79513.200

Rigidzza complessiva della parete:  $K_{sa} = 926838.9 \text{ daN/cm}$

Taglio ultimo della parete:  $V_{sa} = 79513.2 \text{ daN}$

Spostamento ultimo:  $\delta u_{sa} = 0.920 \text{ cm}$

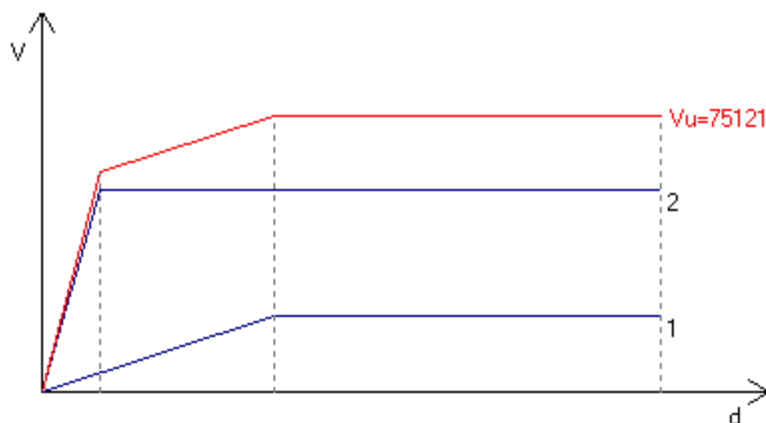
**Post-operam**



Apertura	Stato	Architravi	Travi inf.	Montanti
A	Libera	---	---	---
B	Libera	---	---	---
D	Cerchiata	Sez. c.a. 80x40 (C28/35)	Sez. c.a. 80x30 (C28/35)	Sez. c.a. 80x30+ 2x80x30+ 80x30 (C28/35)
C	Libera	---	---	---

Maschio	Lungh.	Spess.	H calc.	Coef. b	$\sigma_o$	Ko	Vu	$\delta_e$	$\delta_u$
1	250.0	80.0	1048.0	1.50	4.132	12844.1	20290.18	1.5797	4.1920
2	725.0	80.0	1048.0	1.45	3.235	138613.6	54830.58	0.3956	4.1920

Curva caratteristica post-operam (solo murature):



**Curva post-operam**

Punto	d (spost.) [cm]	V (res.) [daN]
1	0.000000	0.000
2	0.395564	59911.250
3	1.579726	75120.760
4	4.192000	75120.760

Rigidezza complessiva della parete:  $K_{pr} = 151457.7$  daN/cm

Taglio ultimo della parete:  $V_{pr} = 75120.8$  daN

Spostamento ultimo:  $\delta_u pr = 4.192$  cm

**VERIFICA**

Rigidezza e resistenza della muratura:

$\Delta K_{mur} = K_{pr} - K_{sa} = 151457.7 - 926838.9 = -775381.2$  daN/cm (riduzione rigidezza = -83.7%)

$\Delta V_{mur} = V_{pr} - V_{sa} = 75121 - 79513 = -4392$  daN (riduzione resistenza = -5.5%)

Rigidezza e resistenza del telaio:

Note:

$K = c E J / H_i^3$ , con:  $c = 3$  nel caso di telaio incernierato alla base,  $c = 12$  nel caso di incastro

$F_u = M_u / H_i$  nel caso di telaio incernierato alla base,  $F_u = 2 M_u / H_i$  nel caso di incastro,  $M_u$  e  $F_u$  in tabella corrispondono alla somma dei contributi di tutti i montanti del telaio.

$F_o = F_u$ .

Se  $\delta_e > \delta_u$ ,  $F_o$  sarà calcolato in relazione allo spostamento ultimo di progetto.  $F_o = K \delta_{u, Pr}$

Telaio	c	$H_i$ [cm]	$K$ [daN/cm]	$M_u$ [daN cm]	$\delta_e$ [cm]	$F_u$ [daN]	$F_o$ [daN]
D	12	265.0	901431.3	6159098.0	0.0315	46483.75	46483.75

$k_t = \sum K = 901431.3 \text{ daN/cm}$

$V_t = \sum F_o = 46484 \text{ daN}$

Variazione di rigidezza e resistenza dopo l'intervento:

$\Delta K_{tot} = K_{pr} + K_t - K_{sa} = 126050,1 \text{ daN/cm}$       aumento rigidezza = 13.6%

variazione percentuale di  $\Delta K_{tot}$  compresa entro il 15.0% **OK**

$\Delta V_{tot} = V_{pr} + V_t - V_{sa} = 42091 \text{ daN}$

variazione di resistenza = 52.9%

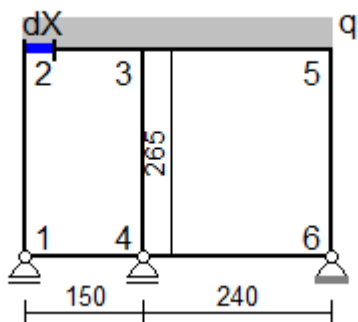
**OK**

**RIEPILOGO DATI**

Stato	$K$ (rig.) [daN/cm]	$V$ (res.) [daN]	$\delta_u$ (def.) [cm]
Ante-operam	926838.9	79513.20	0.920
Post-operam	1052889.0	121604.50	4.192
Variazione	13.6%	52.9%	327.2%

**VERIFICHE DEI TELAI**

Telaio D (vano porta 1 e 2)



$dX = 0.031 \text{ cm}, \quad q = G_k + \psi_2 Q_k = 313.28 \text{ daN/cm} \quad [\psi_2 = 0.30] (*)$

(\*) Nota:  $q$  è riferito al carico trasmesso e al p.p. della fascia di muratura, mentre il peso proprio del telaio è assunto direttamente dal solutore in relazione alla sezione e peso specifico di ogni elemento.



Sollecitazioni telaio D (vano porta 1 e 2)



Sollecitazione di compressione per  $N > 0$

**Verifica sezioni in cls del tratto 1-2**

Sez.	Dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
1	0.0	-85831.4	16926.7	463.4
2	22.1	-75598.3	16794.2	463.4
3	44.2	-65365.3	16661.7	463.4
4	66.3	-55132.2	16529.2	463.4
5	88.3	-44899.1	16396.7	463.4
6	110.4	-34666.1	16264.2	463.4
7	132.5	-24433.0	16131.7	463.4
8	154.6	-14199.9	15999.2	463.4
9	176.7	-3966.9	15866.7	463.4
10	198.8	6266.2	15734.2	463.4
11	220.8	16499.3	15601.7	463.4
12	242.9	26732.3	15469.2	463.4
13	265.0	36965.4	15336.7	463.4

B x H [cm]	Copriferro [cm]	Ferri per lato	Diam. [mm]	Passo st. [cm]	Diam. st. [mm]
80.0 x 30.0	3.0	7	14	15.0	8

Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 1-2

**Taglio:** sez. 1, dist. = 0,0 cm, Med = -85831,4 daNcm, Ned = 16926,7 daN, Ved = 463,4 daN  
 $Vrd = 15932,0 \text{ daN}$ ,  $Ved / Vrd = 0,029 < 1$  Ok

**Presso-flessione:** sez. 1, dist. = 0,0 cm, Med = -85831,4 daNcm, Ned = 16926,7 daN  
 $Mu$  (per N costante) = -825261,9 daNcm,  $Med / Mu = 0,104 < 1$  Ok

**Verifica sezioni in cls del tratto 2-3**

Sez.	Dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
1	0.0	36965.4	1902.4	15336.7
2	21.4	291846.1	1902.4	8452.1
3	42.9	399200.3	1902.4	1567.6
4	64.3	359028.0	1902.4	-5317.0
5	85.7	171329.1	1902.4	-12201.6
6	107.1	-163896.3	1902.4	-19086.1
7	128.6	-646648.1	1902.4	-25970.7
8	150.0	-1276927.0	1902.4	-32855.3

B x H [cm]	Copriferro [cm]	Ferri per lato	Diam. [mm]	Passo st. [cm]	Diam. st. [mm]
80.0 x 40.0	3.0	7	14	10.0	8

Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 2-3

**Taglio:** sez. 8, dist. = 150,0 cm, Med = -1276927,0 daNcm, Ned = 1902,4 daN, Ved = -32855,3 daN

Vrd = 33749,1 daN, Ved / Vrd = 0,973 < 1 Ok

**Presso-flessione:** sez. 8, dist. = 150,0 cm, Med = -1276927,0 daNcm, Ned = 1902,4 daN  
Mu (per N costante) = -1401037,0 daNcm, Med / Mu = 0,911 < 1 Ok

#### Verifica sezioni in cls del tratto 3-4

Sez.	Dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
1	0.0	550084.0	76865.3	-914.2
2	22.1	529895.8	77307.0	-914.2
3	44.2	509707.7	77748.6	-914.2
4	66.3	489519.5	78190.3	-914.2
5	88.3	469331.3	78632.0	-914.2
6	110.4	449143.2	79073.6	-914.2
7	132.5	428955.0	79515.3	-914.2
8	154.6	408766.8	79957.0	-914.2
9	176.7	388578.7	80398.6	-914.2
10	198.8	368390.5	80840.3	-914.2
11	220.8	348202.3	81282.0	-914.2
12	242.9	328014.1	81723.6	-914.2
13	265.0	307826.0	82165.3	-914.2

B x H [cm]	Copriferro [cm]	Ferri per lato	Diam. [mm]	Passo st. [cm]	Diam. st. [mm]
2 x 80.0 x 30.0	3.0	7	14	15.0	8

Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 3-4

**Taglio:** sez. 1, dist. = 0,0 cm, Med = 550084,0 daNcm, Ned = 76865,3 daN, Ved = -914,2 daN  
Vrd = 57237,1 daN, Ved / Vrd = 0,016 < 1 Ok

**Presso-flessione:** sez. 13, dist. = 265,0 cm, Med = 307826,0 daNcm, Ned = 82165,3 daN  
Mu (per N costante) = 319117,4 daNcm, Med / Mu = 0,964 < 1 Ok

#### Verifica sezioni in cls del tratto 1-4

Sez.	Dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
1	0.0	85831.4	463.4	-1246.0
2	21.4	57753.3	463.4	-1374.6
3	42.9	26920.0	463.4	-1503.2
4	64.3	-6668.3	463.4	-1631.7
5	85.7	-43011.7	463.4	-1760.3
6	107.1	-82110.2	463.4	-1888.9
7	128.6	-123963.9	463.4	-2017.5
8	150.0	-168572.6	463.4	-2146.0

B x H [cm]	Copriferro [cm]	Ferri per lato	Diam. [mm]	Passo st. [cm]	Diam. st. [mm]
80.0 x 30.0	3.0	7	14	15.0	8

Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 1-4

**Taglio:** sez. 8, dist. = 150,0 cm, Med = -168572,6 daNcm, Ned = 463,4 daN, Ved = -2146,0 daN  
Vrd = 15932,0 daN, Ved / Vrd = 0,135 < 1 Ok

**Presso-flessione:** sez. 8, dist. = 150,0 cm, Med = -168572,6 daNcm, Ned = 463,4 daN  
 Mu (per N costante) = -1004504,0 daNcm, Med / Mu = 0,168 < 1 Ok

### Verifica sezioni in cls del tratto 3-5

Sez.	Dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
1	0.0	-1827011.0	2816.6	44010.0
2	21.8	-943262.5	2816.6	37000.3
3	43.6	-212454.3	2816.6	29990.5
4	65.5	365414.0	2816.6	22980.8
5	87.3	790342.5	2816.6	15971.0
6	109.1	1062331.0	2816.6	8961.3
7	130.9	1181380.0	2816.6	1951.5
8	152.7	1147488.0	2816.6	-5058.2
9	174.5	960657.1	2816.6	-12068.0
10	196.4	620886.1	2816.6	-19077.7
11	218.2	128174.9	2816.6	-26087.5
12	240.0	-517475.8	2816.6	-33097.2

B x H [cm]	Copriferro [cm]	Ferri per lato	Diam. [mm]	Passo st. [cm]	Diam. st. [mm]
80.0 x 40.0	3.0	7	14	10.0	8

Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 3-5

**Taglio:** sez. 1, dist. = 0,0 cm, Med = -1827011,0 daNcm, Ned = 2816,6 daN, Ved = 44010,0 daN  
 Vrd = 52749,1 daN, Ved / Vrd = 0,834 < 1 Ok

**Presso-flessione:** sez. 1, dist. = 0,0 cm, Med = -1827011,0 daNcm, Ned = 2816,6 daN  
 Mu (per N costante) = -1886543,0 daNcm, Med / Mu = 0,968 < 1 Ok

### Verifica sezioni in cls del tratto 5-6

Sez.	Dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
1	0.0	-517475.8	33097.2	2816.6
2	22.1	-455275.4	33229.7	2816.6
3	44.2	-393074.9	33362.2	2816.6
4	66.3	-330874.5	33494.7	2816.6
5	88.3	-268674.1	33627.2	2816.6
6	110.4	-206473.7	33759.7	2816.6
7	132.5	-144273.2	33892.2	2816.6
8	154.6	-82072.8	34024.7	2816.6
9	176.7	-19872.3	34157.2	2816.6
10	198.8	42328.1	34289.7	2816.6
11	220.8	104528.5	34422.2	2816.6
12	242.9	166729.0	34554.7	2816.6
13	265.0	228929.4	34687.2	2816.6

B x H [cm]	Copriferro [cm]	Ferri per lato	Diam. [mm]	Passo st. [cm]	Diam. st. [mm]
80.0 x 30.0	3.0	7	14	15.0	8

Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 5-6

**Taglio:** sez. 1, dist. = 0,0 cm, Med = -517475,8 daNcm, Ned = 33097,2 daN, Ved = 2816,6 daN  
 Vrd = 15932,0 daN, Ved / Vrd = 0,177 < 1 Ok

**Presso-flessione:** sez. 1, dist. = 0,0 cm, Med = -517475,8 daNcm, Ned = 33097,2 daN  
 Mu (per N costante) = -648404,3 daNcm, Med / Mu = 0,798 < 1 Ok

**Verifica sezioni in cls del tratto 4-6**

Sez.	Dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
1	0.0	139253.4	-450.8	-814.1
2	21.8	120063.2	-450.8	-945.0
3	43.6	98016.8	-450.8	-1075.9
4	65.5	73114.3	-450.8	-1206.8
5	87.3	45355.5	-450.8	-1337.7
6	109.1	14740.6	-450.8	-1468.6
7	130.9	-18730.6	-450.8	-1599.5
8	152.7	-55058.0	-450.8	-1730.5
9	174.5	-94241.5	-450.8	-1861.4
10	196.4	-136281.3	-450.8	-1992.3
11	218.2	-181177.2	-450.8	-2123.2
12	240.0	-228929.4	-450.8	-2254.1

B x H [cm]	Copriferro [cm]	Ferri per lato	Diam. [mm]	Passo st. [cm]	Diam. st. [mm]
80.0 x 30.0	3.0	7	14	15.0	8

Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 4-6

**Taglio:** sez. 12, dist. = 240,0 cm, Med = -228929,4 daNcm, Ned = -450,8 daN, Ved = -2254,1 daN  
Vrd = 15932,0 daN, Ved / Vrd = 0,141 < 1 Ok

**Tenso-flessione:** sez. 12, dist. = 240,0 cm, Med = -228929,4 daNcm, Ned = -450,8 daN  
Mu (per N costante) = -1014411,0 daNcm, Med / Mu = 0,226 < 1 Ok

## Vano porta 3 e 4

### MATERIALI

Parametri muratura Tab.C8.5.I Circ. n.7 / CSLP del 21/01/2019

#### Muratura a blocchi lapidei squadri

Valori in daN/cm <sup>2</sup> :	minimo	massimo	medio
$\tau_0$ - res. a taglio	0.90	1.20	1.05
fvo - res. a taglio	1.80	2.80	2.30
fm - res. compr.	58.00	82.00	70.00
E - modulo elastico	24000.0	33000.0	28500.0
G - modulo el. tang.	8000.0	11000.0	9500.0
Peso specifico [daN/mc]	2200.0	2200.0	2200.0

Valori di riferimento: con livello di conoscenza LC1 (Limitata) si utilizzano i valori medi per i moduli elastici e i valori minimi per la resistenza.

Parametri per la determinazione dei valori di progetto:

Coef. parziale di sicurezza  $\gamma_M = 2.00$  (4.5.6.1)

Fattore di confidenza FC = 1.35

Coef. rid. moduli elastici per fessurazione = 2.00

Valori in daN/cm <sup>2</sup> :	fm	$\tau_0$	fvo	E	G
di riferimento	58.00	0.90	1.80	28500	9500
di progetto	21.48	0.33	0.67	14250	4750

#### Materiali dei telai

Cls	R <sub>ck</sub> [daN/cm <sup>2</sup> ]	f <sub>ck</sub> [daN/cm <sup>2</sup> ]	E [daN/cm <sup>2</sup> ]	G [daN/cm <sup>2</sup> ]	$\gamma_a$ [kg/mc]
C28/35	350.0	290.0	325750.0	145424.0	2500.0

Barre	f <sub>yk</sub> [daN/cm <sup>2</sup> ]	f <sub>tk</sub> [daN/cm <sup>2</sup> ]	$\gamma_a$ [kg/mc]
B450C	4500	5400	7850

#### Sezioni in cls dei telai

Sezione	Copriferro [cm]	Ferri per lato	Diam. [mm]	Passo st. [cm]	Diam. st. [mm]
70.0 x 30.0	3.0	7	14	15.0	8
70.0 x 40.0	3.0	7	14	10.0	8

### CARICHI

In sommità della parete sono applicati i seguenti carichi distribuiti:

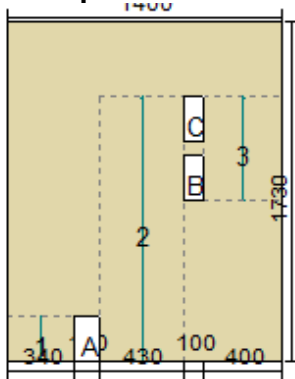
Carico permanente Gk = 3800.0 daN/m

Carico variabile Qk = 1400.0 daN/m

Per la determinazione della tensione media verticale, verranno inoltre considerati i contributi dovuti al peso proprio di metà maschio murario e delle semifasce superiori gravanti sul maschio stesso.

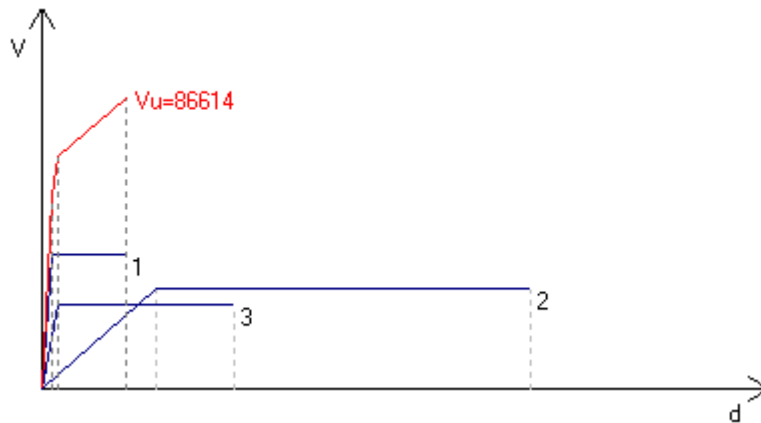
## VERIFICHE

### Ante-operam



Maschio	Lungh.	Spess.	H calc.	Coef. b	$\sigma_o$	Ko	Vu	$\delta e$	$\delta u$
1	340.0	70.0	230.0	1.00	5.069	363407.1	39711.60	0.1093	0.9200
2	430.0	70.0	1350.0	1.50	3.859	23610.8	29621.58	1.2546	5.4000
3	400.0	70.0	532.0	1.33	2.361	139693.4	25180.03	0.1803	2.1280

Curva caratteristica ante-operam:



Curva ante-operam

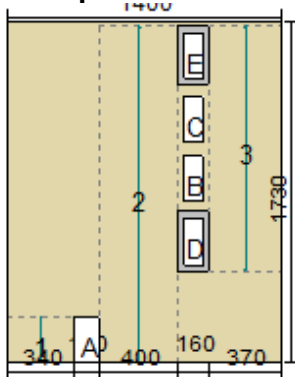
Punto	d (spost.) [cm]	V (res.) [daN]
1	0.000000	0.000
2	0.109276	57556.800
3	0.180252	69147.520
4	0.920000	86613.520

Rigidezza complessiva della parete:  $K_{sa} = 526711.3$  daN/cm

Taglio ultimo della parete:  $V_{sa} = 86613.5$  daN

Spostamento ultimo:  $\delta u_{sa} = 0.920$  cm

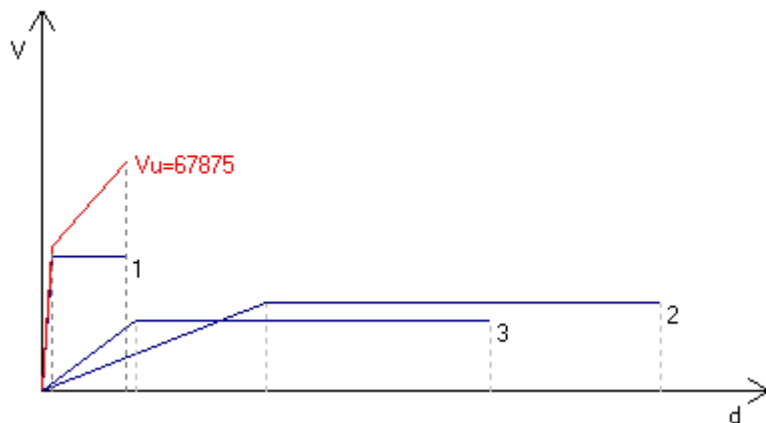
### Post-operam



Apertura	Stato	Architravi	Travi inf.	Montanti
A	Libera	---	---	---
B	Libera	---	---	---
C	Libera	---	---	---
D	Cerchiata	Sez. c.a. 70x40 (C28/35)	Sez. c.a. 70x30 (C28/35)	Sez. c.a. 70x30+ 70x30 (C28/35)
E	Cerchiata	Sez. c.a. 70x40 (C28/35)	Sez. c.a. 70x30 (C28/35)	Sez. c.a. 70x30+ 70x30 (C28/35)

Maschio	Lungh.	Spess.	H calc.	Coef. b	$\sigma_0$	Ko	Vu	$\delta_e$	$\delta_u$
1	340.0	70.0	230.0	1.00	5.069	363407.1	39711.60	0.1093	0.9200
2	400.0	70.0	1710.0	1.50	3.482	10666.4	26338.34	2.4693	6.8400
3	370.0	70.0	1243.0	1.50	2.324	19946.5	20517.41	1.0286	4.9720

Curva caratteristica post-operam (solo murature):



Curva post-operam

Punto	d (spost.) [cm]	V (res.) [daN]
1	0.000000	0.000
2	0.109276	43056.850
3	0.920000	67875.420
4	0.920000	67875.420

Rigidezza complessiva della parete:  $K_{pr} = 394020.0$  daN/cm

Taglio ultimo della parete:  $V_{pr} = 67875.4$  daN

Spostamento ultimo:  $\delta_u pr = 0.920$  cm

## VERIFICA

Rigidezza e resistenza della muratura:

$\Delta K_{mur} = K_{pr} - K_{sa} = 394020 - 526711 = -132691$  daN/cm (riduzione rigidezza = -25.2%)

$\Delta V_{mur} = V_{pr} - V_{sa} = 67875 - 86614 = -18738$  daN (riduzione resistenza = -21.6%)

Rigidezza e resistenza dei telai:

Note:

$K = c E J / H_i^3$ , con:  $c = 3$  nel caso di telaio incernierato alla base,  $c = 12$  nel caso di incastro

$F_u = M_u / H_i$  nel caso di telaio incernierato alla base,  $F_u = 2 M_u / H_i$  nel caso di incastro,

$M_u$  e  $F_u$  in tabella corrispondono alla somma dei contributi di tutti i montanti del telaio.

$F_o = F_u$ .

Se  $\delta_e > \delta_u$ ,  $F_o$  sarà calcolato in relazione allo spostamento ultimo di progetto.  $F_o = K \delta_{u Pr}$

Telaio	c	$H_i$ [cm]	K [daN/cm]	$M_u$ [daN cm]	$\delta_e$ [cm]	$F_u$ [daN]	$F_o$ [daN]
D	12	265.0	66166.6	2124809.0	0.2424	16036.29	16036.29
E	12	265.0	66166.6	2124809.0	0.2424	16036.29	16036.29

$K_t = \sum K = 132333$  daN/cm

$V_t = \sum F_o = 32073$  daN

Variazione di rigidezza e resistenza dopo l'intervento:

$$\Delta K \text{ tot} = K_{pr} + K_t - K_{sa} = -358 \text{ daN/cm} \quad \text{riduzione rigidezza} = -0.1\%$$

variazione percentuale di  $\Delta K \text{ tot}$  compresa entro il 15.0% **OK**

$$\Delta V \text{ tot} = V_{pr} + V_t - V_{sa} = 13334 \text{ daN}$$

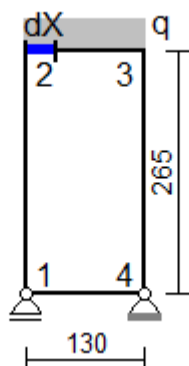
variazione di resistenza = 15.4% **OK**

### RIEPILOGO DATI

Stato	K (rig.) [daN/cm]	V (res.) [daN]	$\delta u$ (def.) [cm]
Ante-operam	526711.30	86613.52	0.920
Post-operam	526353.10	99948.01	0.920
Variazione	-0.1%	15.4%	0.0%

### VERIFICHE DEI TELAI

Telaio D (vano porta 3)

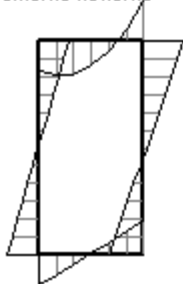


$$dX = 0.242 \text{ cm}, \quad q = G_k + \psi_2 Q_k = 308.62 \text{ daN/cm} \quad [\psi_2 = 0.30] (*)$$

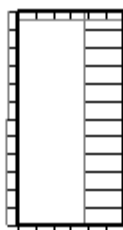
(\*) Nota: q è riferito al carico trasmesso e al p.p. della fascia di muratura, mentre il peso proprio del telaio è assunto direttamente dal solutore in relazione alla sezione e peso specifico di ogni elemento.

Sollecitazioni telaio D (vano porta 3)

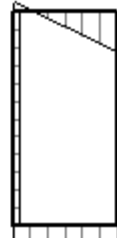
Momento flettente



Sforzo normale



Taglio



Sollecitazione di compressione per  $N > 0$

### Verifica sezioni in cls del tratto 1-2

Sez.	Dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
1	0.0	-697639.1	9989.5	5103.8
2	22.1	-584929.6	9873.6	5103.8
3	44.2	-472220.0	9757.6	5103.8
4	66.3	-359510.4	9641.7	5103.8
5	88.3	-246800.8	9525.7	5103.8
6	110.4	-134091.3	9409.8	5103.8



7	132.5	-21381.7	9293.9	5103.8
8	154.6	91327.8	9177.9	5103.8
9	176.7	204037.5	9062.0	5103.8
10	198.8	316747.0	8946.1	5103.8
11	220.8	429456.5	8830.1	5103.8
12	242.9	542166.2	8714.2	5103.8
13	265.0	654875.7	8598.2	5103.8

B x H [cm]	Copriferro [cm]	Ferri per lato	Diam. [mm]	Passo st. [cm]	Diam. st. [mm]
70.0 x 30.0	3.0	7	14	15.0	8

Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 1-2

**Taglio:** sez. 1, dist. = 0,0 cm, Med = -697639,1 daNcm, Ned = 9989,5 daN, Ved = 5103,8 daN  
Vrd = 15932,0 daN, Ved / Vrd = 0,320 < 1 Ok

**Presso-flessione:** sez. 1, dist. = 0,0 cm, Med = -697639,1 daNcm, Ned = 9989,5 daN  
Mu (per N costante) = -887744,9 daNcm, Med / Mu = 0,786 < 1 Ok

### Verifica sezioni in cls del tratto 2-3

Sez.	Dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
1	0.0	654875.7	6291.8	8598.2
2	21.7	767087.8	6291.8	1759.8
3	43.3	731133.9	6291.8	-5078.6
4	65.0	547013.9	6291.8	-11917.1
5	86.7	214727.8	6291.8	-18755.5
6	108.3	-265724.4	6291.8	-25593.9
7	130.0	-894342.6	6291.8	-32432.4

B x H [cm]	Copriferro [cm]	Ferri per lato	Diam. [mm]	Passo st. [cm]	Diam. st. [mm]
70.0 x 40.0	3.0	7	14	10.0	8

Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 2-3

**Taglio:** sez. 7, dist. = 130,0 cm, Med = -894342,6 daNcm, Ned = 6291,8 daN, Ved = -32432,4 daN  
Vrd = 32749,1 daN, Ved / Vrd = 0,990 < 1 Ok

**Presso-flessione:** sez. 7, dist. = 130,0 cm, Med = -894342,6 daNcm, Ned = 6291,8 daN  
Mu (per N costante) = -1317974,0 daNcm, Med / Mu = 0,679 < 1 Ok

### Verifica sezioni in cls del tratto 3-4

Sez.	Dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
1	0.0	-644584.4	28591.6	4454.7
2	22.1	-546210.3	28707.5	4454.7
3	44.2	-447836.1	28823.4	4454.7
4	66.3	-349461.9	28939.4	4454.7
5	88.3	-251087.8	29055.3	4454.7
6	110.4	-152713.7	29171.2	4454.7
7	132.5	-54339.5	29287.2	4454.7
8	154.6	44034.6	29403.1	4454.7
9	176.7	142408.8	29519.1	4454.7
10	198.8	240783.0	29635.0	4454.7
11	220.8	339157.1	29750.9	4454.7
12	242.9	437531.3	29866.9	4454.7
13	265.0	535905.4	29982.8	4454.7

B x H [cm]	Copriferro [cm]	Ferri per lato	Diam. [mm]	Passo st. [cm]	Diam. st. [mm]
70.0 x 30.0	3.0	7	14	15.0	8

Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 3-4

**Taglio:** sez. 1, dist. = 0,0 cm, Med = -644584,4 daNcm, Ned = 28591,6 daN, Ved = 4454,7 daN  
Vrd = 15932,0 daN, Ved / Vrd = 0,280 < 1 Ok

**Presso-flessione:** sez. 1, dist. = 0,0 cm, Med = -644584,4 daNcm, Ned = 28591,6 daN  
Mu (per N costante) = -685490,8 daNcm, Med / Mu = 0,940 < 1 Ok

#### Verifica sezioni in cls del tratto 1-4

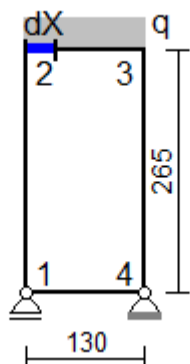
Sez.	Dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
1	0.0	697639.1	5103.8	-10971.2
2	21.7	458697.9	5103.8	-11084.9
3	43.3	217292.1	5103.8	-11198.7
4	65.0	-26578.3	5103.8	-11312.4
5	86.7	-272913.3	5103.8	-11426.2
6	108.3	-521712.9	5103.8	-11539.9
7	130.0	-772977.0	5103.8	-11653.7

B x H [cm]	Copriferro [cm]	Ferri per lato	Diam. [mm]	Passo st. [cm]	Diam. st. [mm]
70.0 x 30.0	3.0	7	14	15.0	8

Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 1-4

**Taglio:** sez. 7, dist. = 130,0 cm, Med = -772977,0 daNcm, Ned = 5103,8 daN, Ved = -11653,7 daN  
Vrd = 15932,0 daN, Ved / Vrd = 0,731 < 1 Ok

**Presso-flessione:** sez. 7, dist. = 130,0 cm, Med = -772977,0 daNcm, Ned = 5103,8 daN  
Mu (per N costante) = -940619,8 daNcm, Med / Mu = 0,822 < 1 Ok  
Telaio E (vano porta 4)



$$dX = 0.242 \text{ cm}, \quad q = Gk + \psi_2 Qk = 308.62 \text{ daN/cm} \quad [\psi_2 = 0.30] (*)$$

(\*) Nota: q è riferito al carico trasmesso e al p.p. della fascia di muratura, mentre il peso proprio del telaio è assunto direttamente dal solutore in relazione alla sezione e peso specifico di ogni elemento.

## Sollecitazioni telaio E (vano porta 4)

Sollecitazione di compressione per  $N > 0$ 

## Verifica sezioni in cls del tratto 1-2

Sez.	Dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
1	0.0	-697639.1	9989.5	5103.8
2	22.1	-584929.6	9873.6	5103.8
3	44.2	-472220.0	9757.6	5103.8
4	66.3	-359510.4	9641.7	5103.8
5	88.3	-246800.8	9525.7	5103.8
6	110.4	-134091.3	9409.8	5103.8
7	132.5	-21381.7	9293.9	5103.8
8	154.6	91327.8	9177.9	5103.8
9	176.7	204037.5	9062.0	5103.8
10	198.8	316747.0	8946.1	5103.8
11	220.8	429456.5	8830.1	5103.8
12	242.9	542166.2	8714.2	5103.8
13	265.0	654875.7	8598.2	5103.8

B x H [cm]	Copriferro [cm]	Ferri per lato	Diam. [mm]	Passo st. [cm]	Diam. st. [mm]
70.0 x 30.0	3.0	7	14	15.0	8

Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 1-2

**Taglio:** sez. 1, dist. = 0,0 cm,  $M_{ed} = -697639,1$  daNcm,  $N_{ed} = 9989,5$  daN,  $V_{ed} = 5103,8$  daN  
 $V_{rd} = 15932,0$  daN,  $V_{ed} / V_{rd} = 0,320 < 1$  Ok

**Presso-flessione:** sez. 1, dist. = 0,0 cm,  $M_{ed} = -697639,1$  daNcm,  $N_{ed} = 9989,5$  daN  
 $M_u$  (per N costante) =  $-887744,9$  daNcm,  $M_{ed} / M_u = 0,786 < 1$  Ok

## Verifica sezioni in cls del tratto 2-3

Sez.	Dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
1	0.0	654875.7	6291.8	8598.2
2	21.7	767087.8	6291.8	1759.8
3	43.3	731133.9	6291.8	-5078.6
4	65.0	547013.9	6291.8	-11917.1
5	86.7	214727.8	6291.8	-18755.5
6	108.3	-265724.4	6291.8	-25593.9
7	130.0	-894342.6	6291.8	-32432.4

B x H [cm]	Copriferro [cm]	Ferri per lato	Diam. [mm]	Passo st. [cm]	Diam. st. [mm]
70.0 x 40.0	3.0	7	14	10.0	8

Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 2-3

**Taglio:** sez. 7, dist. = 130,0 cm,  $M_{ed} = -894342,6$  daNcm,  $N_{ed} = 6291,8$  daN,  $V_{ed} = -32432,4$  daN

Vrd = 32749,1 daN, Ved / Vrd = 0,990 < 1 Ok

**Presso-flessione:** sez. 7, dist. = 130,0 cm, Med = -894342,6 daNcm, Ned = 6291,8 daN

Mu (per N costante) = -1317974,0 daNcm, Med / Mu = 0,679 < 1 Ok

#### Verifica sezioni in cls del tratto 3-4

Sez.	Dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
1	0.0	-644584.4	28591.6	4454.7
2	22.1	-546210.3	28707.5	4454.7
3	44.2	-447836.1	28823.4	4454.7
4	66.3	-349461.9	28939.4	4454.7
5	88.3	-251087.8	29055.3	4454.7
6	110.4	-152713.7	29171.2	4454.7
7	132.5	-54339.5	29287.2	4454.7
8	154.6	44034.6	29403.1	4454.7
9	176.7	142408.8	29519.1	4454.7
10	198.8	240783.0	29635.0	4454.7
11	220.8	339157.1	29750.9	4454.7
12	242.9	437531.3	29866.9	4454.7
13	265.0	535905.4	29982.8	4454.7

B x H [cm]	Copriferro [cm]	Ferri per lato	Diam. [mm]	Passo st. [cm]	Diam. st. [mm]
70.0 x 30.0	3.0	7	14	15.0	8

Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 3-4

**Taglio:** sez. 1, dist. = 0,0 cm, Med = -644584,4 daNcm, Ned = 28591,6 daN, Ved = 4454,7 daN

Vrd = 15932,0 daN, Ved / Vrd = 0,280 < 1 Ok

**Presso-flessione:** sez. 1, dist. = 0,0 cm, Med = -644584,4 daNcm, Ned = 28591,6 daN

Mu (per N costante) = -685490,8 daNcm, Med / Mu = 0,940 < 1 Ok

#### Verifica sezioni in cls del tratto 1-4

Sez.	Dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
1	0.0	697639.1	5103.8	-10971.2
2	21.7	458697.9	5103.8	-11084.9
3	43.3	217292.1	5103.8	-11198.7
4	65.0	-26578.3	5103.8	-11312.4
5	86.7	-272913.3	5103.8	-11426.2
6	108.3	-521712.9	5103.8	-11539.9
7	130.0	-772977.0	5103.8	-11653.7

B x H [cm]	Copriferro [cm]	Ferri per lato	Diam. [mm]	Passo st. [cm]	Diam. st. [mm]
70.0 x 30.0	3.0	7	14	15.0	8

Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 1-4

**Taglio:** sez. 7, dist. = 130,0 cm, Med = -772977,0 daNcm, Ned = 5103,8 daN, Ved = -11653,7 daN

Vrd = 15932,0 daN, Ved / Vrd = 0,731 < 1 Ok

**Presso-flessione:** sez. 7, dist. = 130,0 cm, Med = -772977,0 daNcm, Ned = 5103,8 daN

Mu (per N costante) = -940619,8 daNcm, Med / Mu = 0,822 < 1 Ok