

**STUDIO MARIO** ingegneria e architettura

31015 CONEGLIANO (TV) - viale Veneto, 7



tel +39 0438 34375  
fax +39 0438 420947

posta@studiomario.it  
postacert@pec.ingmassimomario.it    www.studiomario.it

P. IVA: 0038975 026 6  
C.F.: MRA MSM 46D21 C920S

Comune di CONEGLIANO

Provincia di TREVISO

Lavoro:            **REALIZZAZIONE DEL MUSEO DEL CAFFE' -BLOCCO 4**

Ditta:             **DERSUT CAFFE' S.p.a. – CONEGLIANO**

**RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO  
DELLE STRUTTURE DEL BLOCCO 4**

Conegliano, 29 ottobre 2018

**IL CALCOLATORE**  
(dott. ing. Maddalena MARIO)

<b><u>1</u></b>	<b><u>PREMESSA E OGGETTO DELLA RELAZIONE DI CALCOLO</u></b>	<b><u>5</u></b>
<b><u>2</u></b>	<b><u>RIFERIMENTI NORMATIVI</u></b>	<b><u>5</u></b>
2.1	STRUTTURA	5
2.2	CARICHI E SOVRACCARICHI	6
2.3	SISMICA	6
2.4	MATERIALI	6
2.5	TERRENI – FONDAZIONI	6
<b><u>3</u></b>	<b><u>UBICAZIONE E PARAMETRI DI SISMICITA' DI ZONA</u></b>	<b><u>6</u></b>
<b><u>4</u></b>	<b><u>PRESTAZIONI DI PROGETTO, CLASSE DELLA STRUTTURA, VITA UTILE</u></b>	<b><u>7</u></b>
<b><u>5</u></b>	<b><u>CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE, COPRIFERRO E PRESCRIZIONI PER IL CLS</u></b>	<b><u>7</u></b>
<b><u>6</u></b>	<b><u>CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI</u></b>	<b><u>8</u></b>
6.1	CALCESTRUZZO	8
6.2	MURATURA ARMATA	8
6.3	ACCIAIO PER CA	8
<b><u>7</u></b>	<b><u>FONDAZIONI</u></b>	<b><u>8</u></b>
7.1	RELAZIONE GEOTECNICA E CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO	9
<b><u>8</u></b>	<b><u>ANALISI DEI CARICHI</u></b>	<b><u>9</u></b>
8.1	SOLAIO E COPERTURA	9

8.2	VENTO .....	10
<b>9</b>	<b><u>COMBINAZIONE DELLE AZIONI .....</u></b>	<b>11</b>
9.1	COMBINAZIONE FONDAMENTALE PER LE VERIFICHE ALLO SLU .....	11
9.2	COMBINAZIONE CARATTERISTICA PER LE VERIFICHE ALLO SLE .....	11
9.3	COMBINAZIONE FREQUENTE PER LE VERIFICHE ALLO SLE .....	11
9.4	COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE PER LE VERIFICHE ALLO SLE .....	11
<b>10</b>	<b><u>PRIMO SOLAIO .....</u></b>	<b>11</b>
10.1	IMPALCATO ZONA E.....	11
10.2	IMPALCATO ZONA E.....	12
<b>11</b>	<b><u>COPERTURA .....</u></b>	<b>12</b>
11.1	TRAVETTI ZONA 3 .....	13
11.2	TRAVETTI ZONA 4 .....	13
11.3	TRAVE DI COLMO ZONA 4 .....	13
11.4	TRAVE DI COLMO ZONA 4 .....	14
11.5	FISSAGGIO TRAVETTI AL COLMO ZONA 3.....	15
11.6	FISSAGGIO TRAVETTI AL COLMO ZONA 4.....	15
11.7	CAPRIATE ZONA 3 .....	16
<b>12</b>	<b><u>ANALISI SISMICA .....</u></b>	<b>16</b>
12.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO.....	16
12.2	PARAMETRI DI CALCOLO .....	17
12.3	VERIFICHE ALLO SLV-IPOTESI DI PIANO DI COPERTURA DEFORMABILE .....	20
12.4	VERIFICHE ALLO SLV-IPOTESI DI PIANO DI COPERTURA RIGIDO .....	23
12.5	CONTROLLO: VERIFICA MANUALE DEI MASCHI MURARI .....	25
12.5.1	VERIFICA DEL MASCHIO AL PT MAGGIORMENTE SOLLECITATO PER AZIONI COMPLANARI ..	25

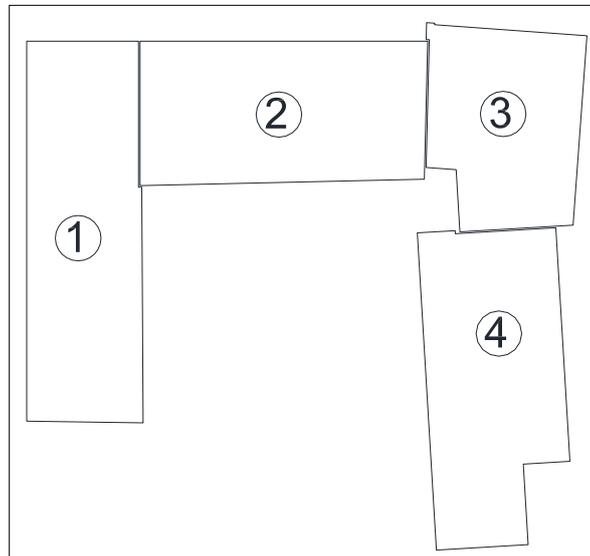
12.5.2 VERIFICA DEL MASCHIO AL PIANO 2 MAGGIORMENTE SOLLECITATO PER AZIONI FUORI  
PIANO 26

**13** **ARMATURE MINIME NELLE MURATURE.....27**

**14** **GIUNTI SISMICI.....27**

## 1 PREMESSA E OGGETTO DELLA RELAZIONE DI CALCOLO

Nella presente relazione espongono le principali verifiche strutturali del blocco 4 del nuovo museo del caffè come identificato nella pianta seguente.



**Figura 1: identificazione dei blocchi**

Trattasi di una costruzione di due piani fuori terra (terra e primo). La struttura portante e sismoresistente è costituita da pareti in muratura armata dello spessore di 50 cm. Il solaio di piano è collaborante legno-calcestruzzo ed è assimilabile a piano rigido mentre la copertura a capanna non può essere considerata piano rigido (oppure solo parzialmente piano rigido).

Le fondazioni sono su pali.

Le verifiche strutturali sono condotte secondo il **DM 17 gennaio 2018**.

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

### 2.1 STRUTTURA

- Legge 05/11/1971 n. 1086: “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- D.M. 09/01/1996: “Norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- Circolare Min. LL.PP. 14/02/1974 n. 11951: “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica. Istruzioni per l’applicazione”.
- Circolare Min. LL.PP 31/07/1979 n. 19581 – Legge 5.11.1971 n. 1086, art. 7 Collaudo Statico.
- Circolare Min. LL.PP 23/10/1979 n. 19777 – Competenza amministrativa : Legge 5.11.1971 n. 1086, Legge 2.2.1974 n. 64.
- Circolare Min. LL.PP 09/01/1980 n. 20049: “Legge 5.11.1971 n. 1086:” Istruzioni relative ai controlli sul conglomerato cementizio adoperato per le strutture in cemento armato”.
- Circolare Min. LL.PP 15/10/1996 n. 252 AA.GG./S.T.C.: “Istruzioni per l’applicazione delle “Norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche “ di cui al decreto ministeriale 9 gennaio 1996”.
- CNR-UNI 10011/97: “Costruzioni in acciaio. Istruzioni per il calcolo, l’esecuzione, il collaudo e la manutenzione”.
- D.M. Min. LL.PP. 20/11/1987: “Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento”.
- Eurocodice 2: UNI EN 1992-1-1 novembre 2005

- Eurocodice 3: UNI EN 1993-1-1 agosto 2005
- D.M. 14/01/2008 “Norme tecniche per le costruzioni” e circolare applicativa
- D.M. 17/01/2018 “Nuove norme tecniche per le costruzioni”

## **2.2 CARICHI E SOVRACCARICHI**

- D.M. Min. LL.PP. 16/01/1996 – Norme tecniche relative ai “Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi”;
- Circolare Min. LL.PP 04/07/1996 n. 156AA.GG./S.T.C. – Istruzioni per l’applicazione delle “Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi” di cui al D.M. 16 Gennaio 1996;
- D.M. 14/01/2008 “Norme tecniche per le costruzioni” e circolare applicativa
- D.M. 17/01/2018 “Nuove norme tecniche per le costruzioni”

## **2.3 SISMICA**

- Legge 02/02/1974 n. 64: “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- D.M. Min. LL.PP 16/01/1996: “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”.
- Circolare Min. LL.PP 10/04/1997 n. 65: “Istruzioni per l’applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche” di cui al decreto ministeriale 16/01/1996”.
- Ordinanza P.C.M. 20/03/2003 n. 3274 e s.m.i. : “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.
- Linee Guida per l’applicazione al patrimonio culturale della normativa tecnica di cui all’Ord. 3174/2003
- Delib. G.R. del 03/12/2003 n.67 (Regione Veneto): “Nuova classificazione sismica del territorio regionale”
- Deliberazione della Giunta Regionale Veneto del 02 Agosto 2005 n.2122
- Eurocodice 8: UNI EN 1998-1 marzo 2005
- D.M. 14/01/2008 “Norme tecniche per le costruzioni” e circolare applicativa
- D.M. 17/01/2018 “Nuove norme tecniche per le costruzioni”

## **2.4 MATERIALI**

- D.P.R. 21/04/1993 n.246: “Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione”.
- D.M. LL.PP. 20/11/1987: “Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento”
- UNI EN 206-1 ottobre 2001: “Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- UNI 11104 marzo 2004: “Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità. Istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1”.
- UNI 10025 gennaio 1995: “Prodotti laminati a caldo di acciai non legati per impieghi strutturali. Condizioni tecniche e fornitura”
- D.M. 14/01/2008 “Norme tecniche per le costruzioni” e circolare applicativa
- D.M. 17/01/2018 “Nuove norme tecniche per le costruzioni”

## **2.5 TERRENI – FONDAZIONI**

- D.M. Min. LL.PP. 11 Marzo 1988 – Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- Circolare Min. LL.PP 24 Settembre 1988 n. 30483 – Legge 2.2.1974 n. 64 art. 1 D.M. 11.03.1988 Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- Eurocodice 7: UNI EN 1997-1 febbraio 2005
- D.M. 14/01/2008 “Norme tecniche per le costruzioni” e circolare applicativa
- D.M. 17/01/2018 “Nuove norme tecniche per le costruzioni”

## **3 UBICAZIONE E PARAMETRI DI SISMICITA’ DI ZONA**

ubicazione fabbricato: Comune di Conegliano, via San Giuseppe come indicato nella figura seguente.

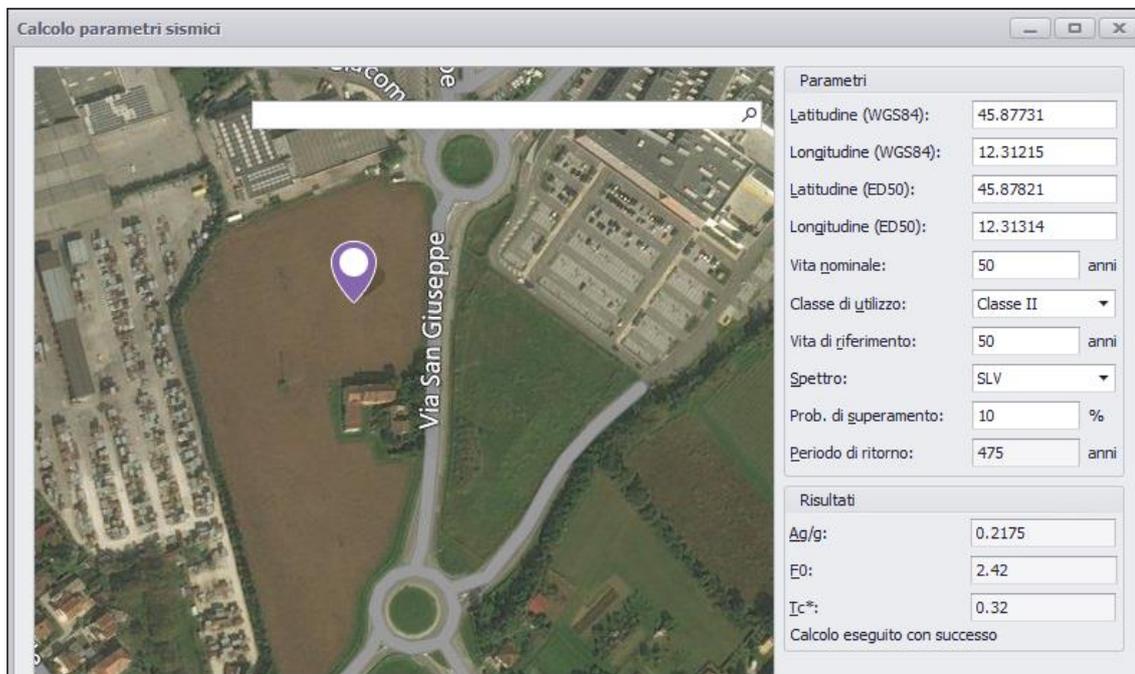


Figura 2: collocazione fabbricato

latitudine: 45,87731

longitudine: 12,31215

suolo categoria C

SLV:  $a_g/g=0.2175$                        $F_0=2.42$                        $T_c^*=0.32$  s

SLD:  $a_g/g=0.0746$                        $F_0=2.47$                        $T_c^*=0.25$  s

#### 4 PRESTAZIONI DI PROGETTO, CLASSE DELLA STRUTTURA, VITA UTILE

- vita nominale dell'opera  $V_n \geq 50$  anni
- classe d'uso: II  $\rightarrow$   $C_u=1.00$
- periodo di riferimento per l'azione sismica:  $V_r=V_n \cdot C_u=50$  anni
- periodo di ritorno per l'azione sismica allo SLV: 475 anni
- periodo di ritorno per l'azione sismica allo SLD: 50anni

#### 5 CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE, COPRIFERRO E PRESCRIZIONI PER IL CLS

##### Muri e fondazioni contro terra in ambiente non aggressivo:

Massimo rapporto A/C

**XC2**

0.60

classe minima di resistenza:

C30/37

Minimo contenuto di cemento

320 Kg/mc

classe slump di consistenza al getto

S4

$C_{min,dur}=75$ mm per il getto contro terra

$C_{min,dur}=25$  mm per il getto entro casseri

tolleranza di esecuzione 10mm

copriferro nominale= $75+10=85$ mm riferito all'esterno delle barre per la parte gettata contro il terreno

copriferro nominale= $25+10=35$ mm riferito all'esterno delle barre per la parte gettata entro casseri

##### setti- pilastri-travi-cordoli non esposti all'umidità:

**XC1**

Massimo rapporto A/C

0.55

classe di resistenza:

C30/37

Minimo contenuto di cemento

320 Kg/mc

classe slump di consistenza al getto

S4

$C_{min,dur}=25$ mm

tolleranza di esecuzione 10mm

copriferro nominale= $25+10=35$ mm riferito all'esterno delle staffe

## 6 CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

### 6.1 CALCESTRUZZO

calcestruzzo per fondazioni e strutture in elevazione

C30/37

$f_{ck}=31$  MPa

$f_{cd}=17.40$  Mpa

$E_{cm}=33019$  MPa

$G_m=13758$  MPa

### 6.2 MURATURA ARMATA

le principali caratteristiche sono riportate in Figura 3.

<b>TERMOFON</b>		
<b>TERMOTAURUS 25</b>		
<b>25x49x15h</b>		
<b>TABELLA RIASSUNTIVA DATI TECNICI</b>		
<b>SPESSORE MURATURA (grezzo)</b>	<b>cm. 25</b>	
<b>RAPPORTO DI FORATURA</b>	$\varphi < 45\%$	<b>DATO FORNITO DAL PROD.</b>
<b>PESO CADAUNO</b>	<b>16 kg</b>	<b>DATO FORNITO DAL PROD.</b>
<b>DENSITA' APPARENTE (senza int.)</b>	<b>800 kg/mc (0.8 tonn/mc)</b>	<b>DATO FORNITO DAL PROD.</b>
<b><math>f_k</math> (resist. caratt. muratura)</b>	<b>5.3 N/mm<sup>2</sup></b>	<b>N.T.C. TABELLA 11.10.V</b>
<b><math>f_{vko}</math> (resist. caratt. diagonale)</b>	<b>0.20 N/mm<sup>2</sup></b>	<b>N.T.C. TABELLA 11.10.VII</b>
<b>E (mod. elast. normale)</b>	<b>5.8 kN/mm<sup>2</sup></b>	<b>CERTIF. L.T.M. 783B/10 30/07/10</b>
<b>G (mod. elast. tangenziale)</b>	<b>2.32 kN/mm<sup>2</sup> (0.4 E)</b>	<b>N.T.C. 11.10.3.4</b>
<b><math>f_{bk}</math> (resist. caratteristica blocchi)</b>	<b>10.05 N/mm<sup>2</sup></b>	<b>CERTIF. L.T.M. 2468/10 30/07/10</b>
<b><math>f_{bk}</math> (resist. caratteristica blocchi nel piano muratura)</b>	<b>2.69 N/mm<sup>2</sup></b>	<b>CERTIF. L.T.M. 2468/10 30/07/10</b>

Figura 3: scheda del produttore

blocchi TERMO TAURUS prodotti dalla BAMPO s.r.l. semipieni con  $15\% < \varphi < 45\%$  con **elementi di cat.1** e con marcatura CE dello spessore di 25 cm.

resistenza caratteristica a rottura nella direzione portante  $f_{bk}=10$  MPa

resistenza caratteristica a rottura nella direzione perpendicolare a quella portante  $f_{bk}=1.5$  MPa

entrambe calcolate sull'area al lordo delle forature

**malta a prestazione garantita** (=malta premiscelata) tipo M10 con resistenza a compressione di 10 MPa

giunti orizzontali e verticali riempiti di malta con spessore tra 10 e 15mm

resistenza della muratura:  $f_k=5.3$  MPa,  $f_{vko}=0.2$  MPa

$E=1000 \cdot f_k=5300$  MPa

$G=0.4 \cdot E=2120$  MPa

**classe di esecuzione 2**

coeff. di sicurezza del materiale per verifiche allo SLU  $\gamma_m=2.5$

$f_d=5.3/2.5=2.12$  MPa

coeff. di sicurezza del materiale per verifiche allo SLV  $\gamma_m=2$

$f_d=5.3/2=2.65$  MPa

$f_{vd}=0.2/2=0.1$  MPa

### 6.3 ACCIAIO PER CA

acciaio per reti elettrosaldate tipo B450A

$f_{ynom}=450$  MPa;  $f_{yd}=391$  MPa

acciaio per barre di armatura tipo B450C

$f_{ynom}=450$  MPa;  $f_{yd}=391$  MPa

## 7 FONDAZIONI

## 7.1 RELAZIONE GEOTECNICA E CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO

Per le caratteristiche del terreno di fondazione si rimanda alla relazione geologico - geotecnica allegata a firma del Dott. Geol. Celeste Granziera opportunamente redatta per il lotto in questione. Esse hanno suggerito l'adozione di fondazioni indirette del tipo a pali trivellati per poter trasferire i carichi indotti dalle fondazioni degli edifici in progetto sul sottostante strato ghiaioso – sabbioso che si trova all'incirca ad una profondità di circa 10-18 metri. I pali dovranno avere lunghezza tale da penetrare nello strato portante per almeno 1 metro.

Per quanto riguarda la categoria del suolo si considera un suolo di tipo “C”.

Le fondazioni sono state studiate in un modello derivato dal modello completo con la stessa struttura in cui le azioni sismiche sono state amplificate di un coeff. 1,10 (per strutture a bassa duttilità) come indicato dal § 7.2.5 delle NTC2018.

## 8 ANALISI DEI CARICHI

### 8.1 SOLAIO E COPERTURA

SOLAIO DI PIANO -MISTO LEGNO-CALCESTRUZZO ZONA E i=50 cm	carico KN/mq	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
p.p. travetti 26x26 i=50cm	0.70			
p.p. tavolato 21mm	0.15			
p.p. soletta 6 cm	1.55			
<b>Totale permanenti G1</b>	<b>2.40</b>			
p.p. pavimento e sottofondo	1.85			
<b>Totale permanenti G2</b>	<b>1.85</b>			
<b>Q: variabile (cat. B1)</b>	<b>3.00</b>	0.7	0.5	0.3
totale G1+G2+Q	7.25			
SOLAIO DI PIANO -MISTO LEGNO-CALCESTRUZZO ZONA F i=50 cm	carico KN/mq	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
p.p. travetti 13x20 i=50cm	0.20			
p.p. tavolato 21mm	0.15			
p.p. soletta 6 cm	1.55			
<b>Totale permanenti G1</b>	<b>1.90</b>			
p.p. pavimento e sottofondo	1.85			
<b>Totale permanenti G2</b>	<b>1.85</b>			
<b>Q: variabile (cat. B1)</b>	<b>3.00</b>	0.7	0.5	0.3
totale G1+G2+Q	6.75			
COPERTURA IN LEGNO	carico KN/mq	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
p.p. travetti 13x18 e 14x20 i=60cm	0.20			
p.p. doppio tavolato 21mm	0.35			

<b>Totale permanenti G1</b>	<b>0.55</b>			
p.p. pacchetto copertura	0.65			
p.p. coppi	0.80			
<b>Totale permanenti G2</b>	<b>1.45</b>			
<b>Q: variabile neve</b>	<b>1.20</b>	0.5	0.2	0.0
totale G1+G2+Q	3.20			

## 8.2 VENTO

1) Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)			
Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_a$ [1/s]
1	25	1000	0,01
$a_s$ (altitudine sul livello del mare [m])	100		
$v_b = v_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$ $v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m			
$v_b$ (velocità di riferimento [m/s])	25		
$p$ (pressione del vento [N/mq]) = $q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$ $q_b$ (pressione cinetica di riferimento [N/mq]) $c_e$ (coefficiente di esposizione) $c_p$ (coefficiente di forma) $c_d$ (coefficiente dinamico)			
<u>Pressione cinetica di riferimento</u>		<u>Coefficiente di forma</u>	
$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2$ ( $\rho = 1,25$ kg/mc)		E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.	
$q_b$ [N/mq]		390,63	
		<u>Coefficiente dinamico</u>	
		Esso può essere assunto autelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.	



Classe di rugosità del terreno																																																										
B) Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive																																																										
Categoria di esposizione																																																										
<table border="1"> <tr><th colspan="6">ZONA 1,2,3,4,5</th></tr> <tr><td>A</td><td>--</td><td>IV</td><td>IV</td><td>V</td><td>V</td></tr> <tr><td>B</td><td>--</td><td>III</td><td>III</td><td>IV</td><td>IV</td></tr> <tr><td>C</td><td>--</td><td>*</td><td>III</td><td>III</td><td>IV</td></tr> <tr><td>D</td><td>I</td><td>II</td><td>II</td><td>II</td><td>**</td></tr> </table>		ZONA 1,2,3,4,5						A	--	IV	IV	V	V	B	--	III	III	IV	IV	C	--	*	III	III	IV	D	I	II	II	II	**	<table border="1"> <tr><th colspan="5">ZONA 6</th></tr> <tr><td>A</td><td>--</td><td>III</td><td>IV</td><td>V</td></tr> <tr><td>B</td><td>--</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td></tr> <tr><td>C</td><td>--</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td></tr> <tr><td>D</td><td>I</td><td>I</td><td>II</td><td>III</td></tr> </table>		ZONA 6					A	--	III	IV	V	B	--	II	III	IV	C	--	II	III	IV	D	I	I	II	III
ZONA 1,2,3,4,5																																																										
A	--	IV	IV	V	V																																																					
B	--	III	III	IV	IV																																																					
C	--	*	III	III	IV																																																					
D	I	II	II	II	**																																																					
ZONA 6																																																										
A	--	III	IV	V																																																						
B	--	II	III	IV																																																						
C	--	II	III	IV																																																						
D	I	I	II	III																																																						
<table border="1"> <tr><th colspan="3">ZONE 7,8</th></tr> <tr><td>A</td><td>--</td><td>IV</td></tr> <tr><td>B</td><td>--</td><td>IV</td></tr> <tr><td>C</td><td>--</td><td>III</td></tr> <tr><td>D</td><td>I</td><td>II</td></tr> </table>		ZONE 7,8			A	--	IV	B	--	IV	C	--	III	D	I	II	<table border="1"> <tr><th colspan="2">ZONA 9</th></tr> <tr><td>A</td><td>I</td></tr> <tr><td>B</td><td>I</td></tr> <tr><td>C</td><td>I</td></tr> <tr><td>D</td><td>I</td></tr> </table>		ZONA 9		A	I	B	I	C	I	D	I																														
ZONE 7,8																																																										
A	--	IV																																																								
B	--	IV																																																								
C	--	III																																																								
D	I	II																																																								
ZONA 9																																																										
A	I																																																									
B	I																																																									
C	I																																																									
D	I																																																									
<p>* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5</p> <p>** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1</p>		<table border="1"> <tr><th>Z altezza edif. [m]</th><th>Zona</th><th>Classe di rugosità</th><th>a<sub>s</sub> [m]</th></tr> <tr><td>12</td><td>1</td><td>B</td><td>100</td></tr> </table>		Z altezza edif. [m]	Zona	Classe di rugosità	a <sub>s</sub> [m]	12	1	B	100																																															
Z altezza edif. [m]	Zona	Classe di rugosità	a <sub>s</sub> [m]																																																							
12	1	B	100																																																							
$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$ $c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$		<table border="1"> <tr><th>Cat. Esposiz.</th><th>k<sub>r</sub></th><th>z<sub>0</sub> [m]</th><th>z<sub>min</sub> [m]</th><th>c<sub>t</sub></th></tr> <tr><td>III</td><td>0,2</td><td>0,1</td><td>5</td><td>1</td></tr> </table>		Cat. Esposiz.	k <sub>r</sub>	z <sub>0</sub> [m]	z <sub>min</sub> [m]	c <sub>t</sub>	III	0,2	0,1	5	1																																													
Cat. Esposiz.	k <sub>r</sub>	z <sub>0</sub> [m]	z <sub>min</sub> [m]	c <sub>t</sub>																																																						
III	0,2	0,1	5	1																																																						
<table border="1"> <tr><td>c<sub>e</sub></td><td>2,26</td></tr> </table>		c <sub>e</sub>	2,26																																																							
c <sub>e</sub>	2,26																																																									
La pressione del vento a meno del coefficiente di forma vale: 881,76 N/mq (0,8817 kN/mq)																																																										

## 9 COMBINAZIONE DELLE AZIONI

(con rotazione delle azioni variabili ai sensi del §2.5.3 NTC2018)

### 9.1 COMBINAZIONE FONDAMENTALE PER LE VERIFICHE ALLO SLU

con coeff.  $\gamma_Q$  e  $\psi_{0i}$

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{K1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{K2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{K3}$$

### 9.2 COMBINAZIONE CARATTERISTICA PER LE VERIFICHE ALLO SLE

con coeff.  $\psi_{0i}$

$$G_1 + G_2 + Q_{K1} + \psi_{02} \cdot Q_{K2} + \psi_{03} \cdot Q_{K3}$$

### 9.3 COMBINAZIONE FREQUENTE PER LE VERIFICHE ALLO SLE

con coeff.  $\psi_{1i}$

$$G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{K1} + \psi_{12} \cdot Q_{K2} + \psi_{13} \cdot Q_{K3}$$

### 9.4 COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE PER LE VERIFICHE ALLO SLE

con coeff.  $\psi_{2i}$

$$G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{K1} + \psi_{22} \cdot Q_{K2} + \psi_{23} \cdot Q_{K3}$$

## 10 PRIMO SOLAIO

### 10.1 IMPALCATO ZONA E

Travetti 26x26 interasse 50 cm, lunghezza 795 cm, con connettori Tecnaria CTL base 12/70 posti direttamente sulla trave con passo 13 cm nei quarti d'estremità e passo 25 cm nella parte centrale.

solaiο blocco 2 - Tecnaria

TECNARIA® [Visita il sito](#) [Scarica i disegni](#) [Scarica certificati](#) [Scrivi a Tecnaria](#) **Versione 4.2**

**File** **Dati** **Calcola** **Guida**

**Riepilogo dati**  
 Trave puntellata  
 Calcestruzzo C28/35 - Rck35  
 Legno orditura C24 secondo EN338:2009  
 Connettore Base sulla trave

**Carchi portati per metro quadrato**  
 Perm. strutturali  $G_{k,1} = 2.37 \text{ kN/m}^2$   
 Perm. non strutturali  $G_{k,2} = 1.85 \text{ kN/m}^2$   
 Accidentali  $Q_k = 3.00 \text{ kN/m}^2$

**Carchi totali a metro lineare**  
 Totali Sle comb. iniz.  $F_d = 3.61 \text{ kN/m}$   
 Totali Sle comb. fin.  $F_d = 2.56 \text{ kN/m}$   
 Totali Slu  $F_d = 4.99 \text{ kN/m}$

**Geometria**  
 Spessore assito 2 cm  
 Spessore isolante 0 cm  
 Spessore CLS 6 cm  
 Interasse travi 50 cm  
 Base travi 26 cm  
 Altezza travi 26 cm  
 Luce travi 795 cm  
 Interasse travetti cm  
 Base travetti cm  
 Altezza travetti cm

**Carichi non strutturali e portati**  
 Sottofondo 1.85 kN/m<sup>2</sup>  
 Pavimento 0 kN/m<sup>2</sup>  
 Tramezzi 0 kN/m<sup>2</sup>  
 Altri kN/m<sup>2</sup>  
 Sovraccarichi ristoranti/uffici  
 Variabili 3.00 kN/m<sup>2</sup>  
**Rapporto adm. L/freccia**  
 Iniziale 450  
 Attiva 1: Finiture fragili  
 Finale 350

**Materiali Strutturali**  
 Peso spec. assito conifera Valore 4.20 kN/m<sup>3</sup>  
 Peso spec. isolante polistirene, eps, 1 Valore 0.25 kN/m<sup>3</sup>  
 Classe CLS strutturale C28/35 - Rck35  
 Tipo di legno C24 secondo EN338:2009  
 Umidità del legno <= 20%  
 Tipologia connettore Base sulla trave  
 Tavolato  Carotato  Interrotto  
 Spaziatura connettori  Costante  Variabile

**Inserimento Avanzato Caratteristiche Meccaniche**  
 CLS Legno Altri

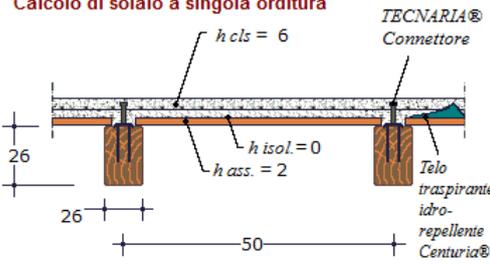
**Calcolo di solaio a singola orditura**  
  
 Luce della trave = 795 N.B.: Misure espresse in cm

Figura 4: dati di input

solaiο blocco 2 - Tecnaria

TECNARIA® [Visita il sito](#) [Scarica i disegni](#) [Scarica certificati](#) [Scrivi a Tecnaria](#) **Versione 4.2**

**File** **Dati** **Calcola** **Guida**

**Riepilogo dati**  
 Trave puntellata  
 Calcestruzzo C28/35 - Rck35  
 Legno orditura C24 secondo EN338:2009  
 Connettore Base sulla trave

**Carchi portati per metro quadrato**  
 Perm. strutturali  $G_{k,1} = 2.37 \text{ kN/m}^2$   
 Perm. non strutturali  $G_{k,2} = 1.85 \text{ kN/m}^2$   
 Accidentali  $Q_k = 3.00 \text{ kN/m}^2$

**Carchi totali a metro lineare**  
 Totali Sle comb. iniz.  $F_d = 3.61 \text{ kN/m}$   
 Totali Sle comb. fin.  $F_d = 2.56 \text{ kN/m}$   
 Totali Slu  $F_d = 4.99 \text{ kN/m}$

**RISULTATI DELLE VERIFICHE**  
 Connettore tipo CTL BASE 12/70  
 Spaziatura variabile - ai quarti estremi della trave 14.3 cm  
 - nella metà centrale della trave 28.6 cm  
 Numero connettori: - per trave 43 - a metro quadro 10.82  
 Beff: 50.0 cm  $M = 39.46 \text{ kNm}$   $EJ_{t0} = 12662.1 \text{ kNm}^2$   
 Btav: 22.0 cm  $V = 19.85 \text{ kN}$   $EJ_{tinf} = 6638.5 \text{ kNm}^2$

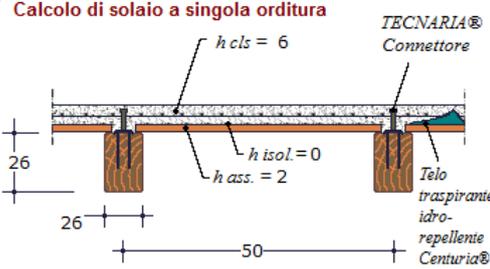
**Verifiche SLU a tempo ZERO**  
 CLS - tensione sup.  $\sigma_{c,max} = 7.77 \leq 15.87 \text{ N/mm}^2$   
 CLS - tensione inf.  $\sigma_{c,min} = -1.51 \text{ N/mm}^2$   
 LEGNO - tensoflessione  $0.66 \leq 1.00$   
 LEGNO - taglio  $\tau_{l,max} = 0.47 \leq 2.13 \text{ N/mm}^2$   
 CONNETTORE - taglio  $F_{con,max} = 9156 \leq 9173 \text{ N}$

**Verifiche SLU a tempo INFINITO**  
 CLS - tensione sup  $\sigma_{c,max} = 6.59 \leq 15.87 \text{ N/mm}^2$   
 CLS - tensione inf  $\sigma_{c,min} = -0.17 \text{ N/mm}^2$   
 LEGNO - tensoflessione  $0.68 \leq 1.00$   
 LEGNO - taglio  $\tau_{l,max} = 0.48 \leq 2.13 \text{ N/mm}^2$   
 CONNETTORE - taglio  $F_{con,max} = 8968 \leq 9173 \text{ N}$

**Verifiche SLE**  
 Freccia iniziale  $Fr_{max} = 14.83 \leq 17.67 \text{ mm}$   
 Freccia attiva  $Fr_{max} = 11.39 \leq 12.95 \text{ mm}$   
 Freccia totale  $Fr_{max} = 20.06 \leq 22.71 \text{ mm}$

**Armatura corrente per trave**  
 $A_{inf} = 0.06 \text{ cm}^2$  nel raccordo, in basso.  
 $A_{inf} = 0.00 \text{ cm}^2$  nella soletta, in basso.

**Arm. trasversale**  
 $A_{tr} = 0.61 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 Verifica puntone:  $0.09 <= 1$

**Calcolo di solaio a singola orditura**  
  
 Luce della trave = 795 N.B.: Misure espresse in cm

Imp. stampante **STAMPA**

Figura 5: report di verifica

## 10.2 IMPALCATO ZONA E

Come zona D blocco 2.

## 11 COPERTURA

### 11.1 TRAVETTI ZONA 3

Come zona 5 blocco 2

### 11.2 TRAVETTI ZONA 4

Come zona 1 blocco 1

### 11.3 TRAVE DI COLMO ZONA 4

Sez. 24x34, luce massima 480 cm circa.

$G1+G2=(0.55+1.45)*2.5+0.3=5.3$  KN/m,  $Q=1.2*2.5=3.0$  KN/m

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE						
luce fra gli appoggi		$l=$	<b>4.8</b>	m		
interasse tra le travi		$i=$	<b>1</b>	m		
CARICHI						
classe di servizio			<b>1</b>	$K_{mod}$		elementi posti all'interno di fabbricati
1) carichi permanenti		$G_{k1}=$	<b>5.3</b>	KN/mq	0.6	(il p.p. delle travi si intende compreso nel valore assegnato a $G_k$ )
2) carichi di lunga durata		$Q_{k2}=$	<b>0</b>	KN/mq	0	(sovraccarichi variabili relativi a magazzini e depositi)
3) carichi variabili di media durata		$Q_{k3}=$	<b>0</b>	KN/mq	0	(sovraccarichi variabili)
4) carichi variabili di breve durata		$Q_{k4}=$	<b>3</b>	KN/mq	0.9	(neve a seconda della posizione geografica)
COMBINAZIONI DI CARICO ALLO SLU						
	$G_{k1}$	$Q_{k2}$	$Q_{k3}$	$Q_{k4}$		
A)	<b>1.3</b>	<b>1.5</b>	<b>1.05</b>	<b>1.05</b>		
B)	<b>1.3</b>	<b>1.05</b>	<b>1.5</b>	<b>1.05</b>		
C)	<b>1.3</b>	<b>1.05</b>	<b>1.05</b>	<b>1.5</b>		
D)	<b>1.3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>		
PDS PER LE VARIE COMBINAZIONI ALLO SLU						
	$q$ (KN/m)	$M$ (KNm)	$T$ (KN)			
A)	10.04	28.92	24.10			
B)	10.04	28.92	24.10			
C)	11.39	32.80	27.34			
D)	6.89	19.84	16.54			
CARATTERISTICHE DEL MATERIALE						
legno	<b>M</b>	L o M		<b>C24</b>		
coeff. di sicurezza del materiale				$Y_m=$	<b>1.5</b>	
VALORI DI RESISTENZA ALLO SLU						
				<b>comb.A)</b>	<b>comb.B)</b>	<b>comb.C)</b>
			valori di $K_{mod}$	0.9	0.9	0.9
				0.6		
valori caratteristici						
valori di progetto						
$f_{m,k}$ (Mpa)	<b>24</b>	$f_{m,y,d}$ (Mpa)	14.40	14.40	14.40	9.60
$f_{c,90,k}$ (Mpa)	<b>2.5</b>	$f_{c,90,d}$ (Mpa)	1.50	1.50	1.50	1.00
$f_{v,k}$ (Mpa)	<b>2.5</b>	$f_{v,d}$ (Mpa)	1.50	1.50	1.50	1.00
						flessione
						compressione perpendicolare alla fibratura
						taglio
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE IMPIEGATA						
base della sezione		$b=$	<b>240</b>	mm		
altezza della sezione in campata		$h_m=$	<b>340</b>	mm		
altezza della sezione all'appoggio		$h_a=$	<b>340</b>	mm		
profondità appoggio		$p=$	<b>120</b>	mm		
modulo di resistenza in mezzeria		$W=$	4624000	mm <sup>3</sup>		
area all'appoggio		$A=$	81600	mm <sup>2</sup>		
VERIFICHE DI RESISTENZA A FLESSIONE E TAGLIO PER LE VARIE COMBINAZIONI ALLO SLU						
	$f_{m,y,d}$ (Mpa)	$\sigma_{m,d}$ (Mpa)		$f_{v,d}$ (Mpa)	$T_{m,d}$ (Mpa)	
A)	14.40	6.25	verificato	1.50	0.44	verificato
B)	14.40	6.25	verificato	1.50	0.44	verificato
C)	14.40	7.09	verificato	1.50	0.50	verificato
D)	9.60	4.29	verificato	1.00	0.30	verificato
VERIFICHE DI RESISTENZA APPOGGIO PER LE VARIE COMBINAZIONI ALLO SLU						
	$f_{c,90,d}$ (Mpa)	$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)				
A)	1.50	0.84	verificato			
B)	1.50	0.84	verificato			
C)	1.50	0.95	verificato			
D)	1.00	0.57	verificato			

Figura 6: verifica allo SLU

carico permanente		G=	5.3	KN/mq		
carico variabile		Q=	3	KN/mq		
<b>GEOMETRIA</b>						
interasse travi		i=	1	m		
pendenza		$\alpha$ =	0	gradi		
		$\alpha$ =	0.00	radianti		
lunghezza in orizzontale		l=	4.8	m		
<b>CARICHI SULLA TRAVE PORTATA IN ORIZZONTALE</b>						
carico permanente		g=	5.30	KN/m		
carico variabile		qn=	3.00	KN/m		
<b>CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE</b>						
B=	240	mm				
H=	340	mm		altezza media		
A=	81600	mm <sup>2</sup>				
J=	786080000.00	mm <sup>4</sup>				
$\chi$ (fattore di taglio)=	1.20					
<b>CARATTERISTICHE DEL MATERIALE</b>						
$E_{0,mean}$ (Mpa)	11000					
$E_{0,05}$ (Mpa)	7400					
$G_{mean}$ (Mpa)	690					
<b>FRECCIA VALUTATA PER UN CARICO FITIZIO DI 1KN/m</b>						
f flessionale=	0.80	mm				
f tagliante=	0.06	mm				
f totale=	0.86	mm				
<b>VERIFICHE FRECCIA ISTANTANEA PER I CARICHI APPLICATI</b>						
$u_{1,ist}$ (permanente)	4.56	mm		freccia istantanea per carichi permanenti		
$u_{2,ist}$ (variabile)	2.58	mm		freccia istantanea per carichi variabili		
$L/u_{2,ist}$	1859			accettabile		limite 1/300
<b>VERIFICA DELLA FRECCIA TOTALE FINALE PER I CARICHI APPLICATI</b>						
classe di servizio	1					
$K_{def}$	0.6					
$\Psi_{2,i}$	0					
$u_{1,fin}$ (permanente)=	7.30	mm		freccia finale per carichi permanenti		
$u_{2,fin}$ (variabile)=	2.58	mm		freccia finale per carichi variabili		
$L/u_{2,fin}$	1859			accettabile		limite 1/200
$u_0$	0	mm		valore dell'eventuale controfreccia		
$u_{net,fin}=u_{1,fin}+u_{2,fin}-u_0$	9.88	mm				
$L/u_{net,fin}$	486			accettabile		

Figura 7: verifica allo SLE

#### 11.4 TRAVE DI COLMO ZONA 4

Sez. 24x28, luce massima 340 cm circa.

$G1+G2=(0.55+1.45)*4+0.3=8.3$  KN/m,  $Q=1.2*4=4.8$  KN/m

La verifica allo SLU può essere omessa limitandosi a quella allo SLE.

<b>CONDIZIONI ELEMENTARI DI CARICO</b>			
carico permanente	G=	8.3	KN/mq
carico variabile	Q=	4.8	KN/mq
<b>GEOMETRIA</b>			
interasse travi	i=	1	m
pendenza	$\alpha$ =	0	gradi
	$\alpha$ =	0.00	radianti
lunghezza in orizzontale	l=	3.4	m
<b>CARICHI SULLA TRAVE PORTATA IN ORIZZONTALE</b>			
carico permanente	g=	8.30	KN/m
carico variabile	qn=	4.80	KN/m
<b>CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE</b>			
B=	240	mm	
H=	280	mm	altezza media
A=	67200	mm <sup>2</sup>	
J=	439040000.00	mm <sup>4</sup>	
$\chi$ (fattore di taglio)=	1.20		
<b>CARATTERISTICHE DEL MATERIALE</b>			
$E_{0,mean}$ (Mpa)	11000		
$E_{0,05}$ (Mpa)	7400		
$G_{mean}$ (Mpa)	690		
<b>FRECCIA VALUTATA PER UN CARICO FITIZIO DI 1KN/m</b>			
f flessionale=	0.36	mm	
f tagliante=	0.04	mm	
f totale=	0.40	mm	
<b>VERIFICHE FRECCIA ISTANTANEA PER I CARICHI APPLICATI</b>			
$u_{1,ist}$ (permanente)	3.30	mm	freccia istantanea per carichi permanenti
$u_{2,ist}$ (variabile)	1.91	mm	freccia istantanea per carichi variabili
$L/u_{2,ist}$	1781		accettabile      limite 1/300
<b>VERIFICA DELLA FRECCIA TOTALE FINALE PER I CARICHI APPLICATI</b>			
classe di servizio	1		
$K_{def}$	0.6		
$\Psi_{2,i}$	0		
$u_{1,fin}$ (permanente)=	5.28	mm	freccia finale per carichi permanenti
$u_{2,fin}$ (variabile)=	1.91	mm	freccia finale per carichi variabili
$L/u_{2,fin}$	1781		accettabile      limite 1/200
$u_0$	0	mm	valore dell'eventuale controfreccia
$u_{net,fin}=u_{1,fin}+u_{2,fin}-u_0$	7.19	mm	
$L/u_{net,fin}$	473		accettabile

Figura 8: verifica allo SLE

### 11.5 FISSAGGIO TRAVETTI AL COLMO ZONA 3

Come zona 2 blocco 1

### 11.6 FISSAGGIO TRAVETTI AL COLMO ZONA 4

Come zona 1 blocco 1

## 11.7 CAPRIATE ZONA 3

Come zona 2 blocco 1

## 12 ANALISI SISMICA

### 12.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO

#### nome del modello: 1029\_museo\_blocco\_4

L'edificio è stato studiato nella sua completezza modellando le porzioni di maschi murari continui dalle fondazioni alla copertura (al netto quindi delle aperture) con elementi monodimensionali, collegati a livello dei solai dai cordoli e negli angoli da elementi infinitamente rigidi privi di peso.

Operando a favore di sicurezza le fasce soprafinestra e sottofinestra sono state svincolate alle estremità e pertanto il comportamento dei maschi si avvicina a quello di un sistema a mensole non accoppiate; nella realtà le sollecitazioni saranno inferiori perché i cordoli contribuiscono alla resistenza del telaio.

Nei maschi non si sono inseriti dei conci rigidi alle estremità per simulare l'irrigidimento dato dalla presenza delle fasce soprafinestra e sottofinestra.

Il solaio di piano è modellato come piano rigido per la presenza di una soletta in calcestruzzo dello spessore minimo di 5 cm ovunque.

La copertura per semplicità di modellazione è stata considerata orizzontale alla quota di imposta ed è stato studiato il modello sia con copertura assimilabile a piano rigido sia a piano deformabile.

La modellazione effettuata si basa su telai equivalenti in cui si considerano solo le porzioni dei maschi murari continui dalle fondazioni alla copertura come indicato al §C.7.8.2.1 con comportamento dei maschi come mensole ad eccezione dei maschi d'angolo e interni con intersezioni per i quali ci sono connessioni rigide.

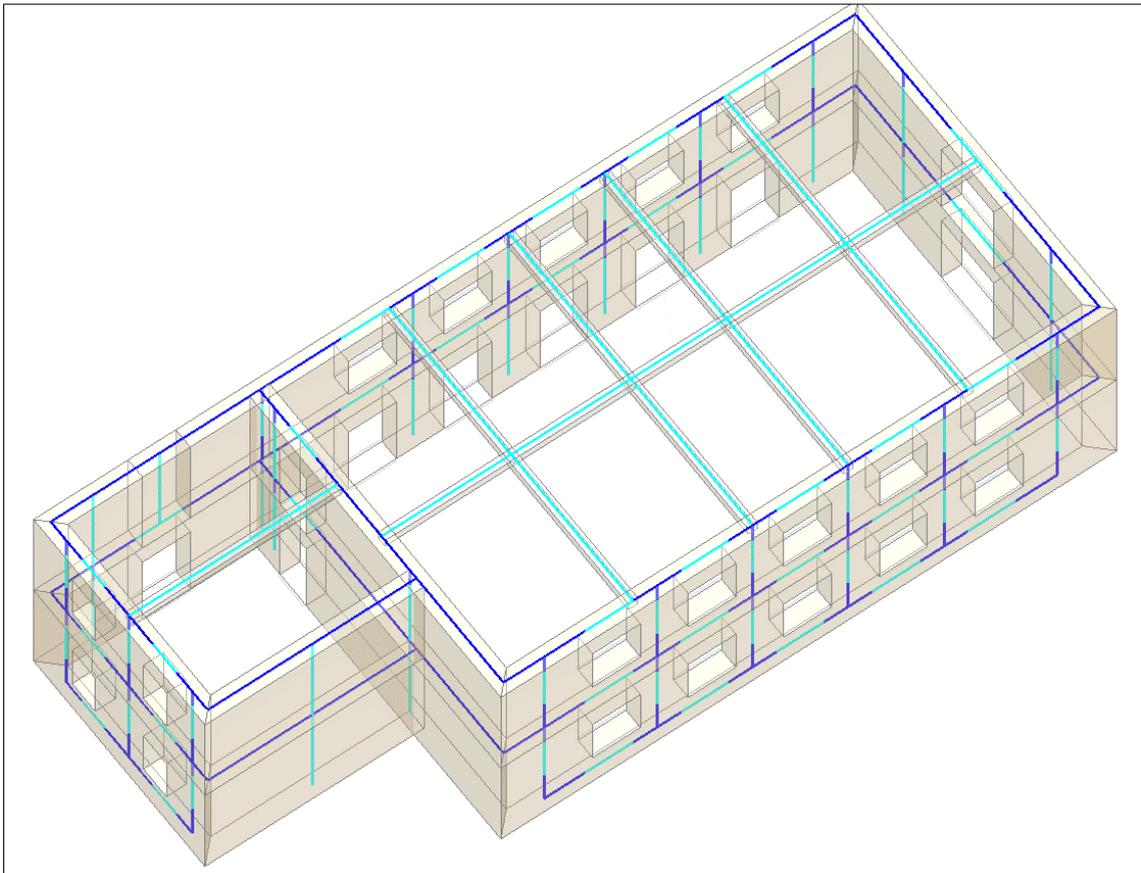


Figura 9: vista solida del modello a telaio equivalente

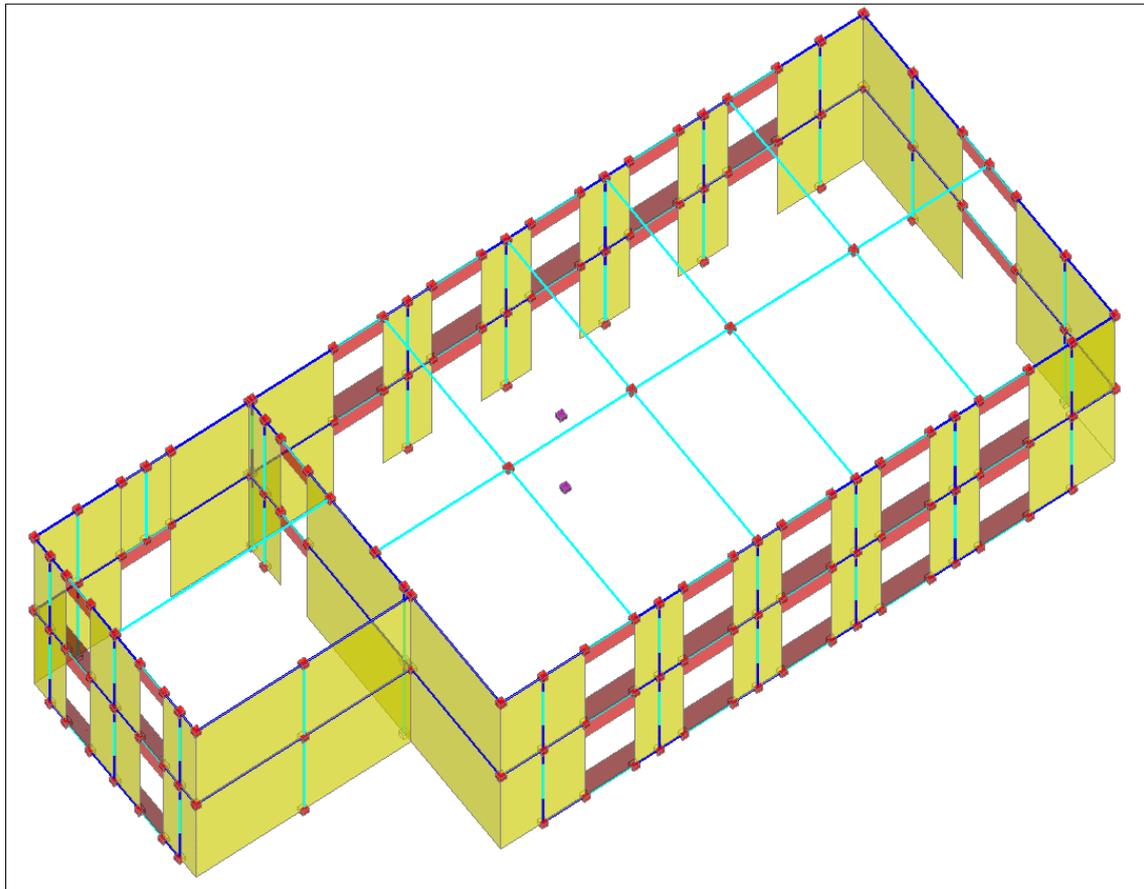


Figura 10: vista unifilare del modello a telaio equivalente

## 12.2 PARAMETRI DI CALCOLO

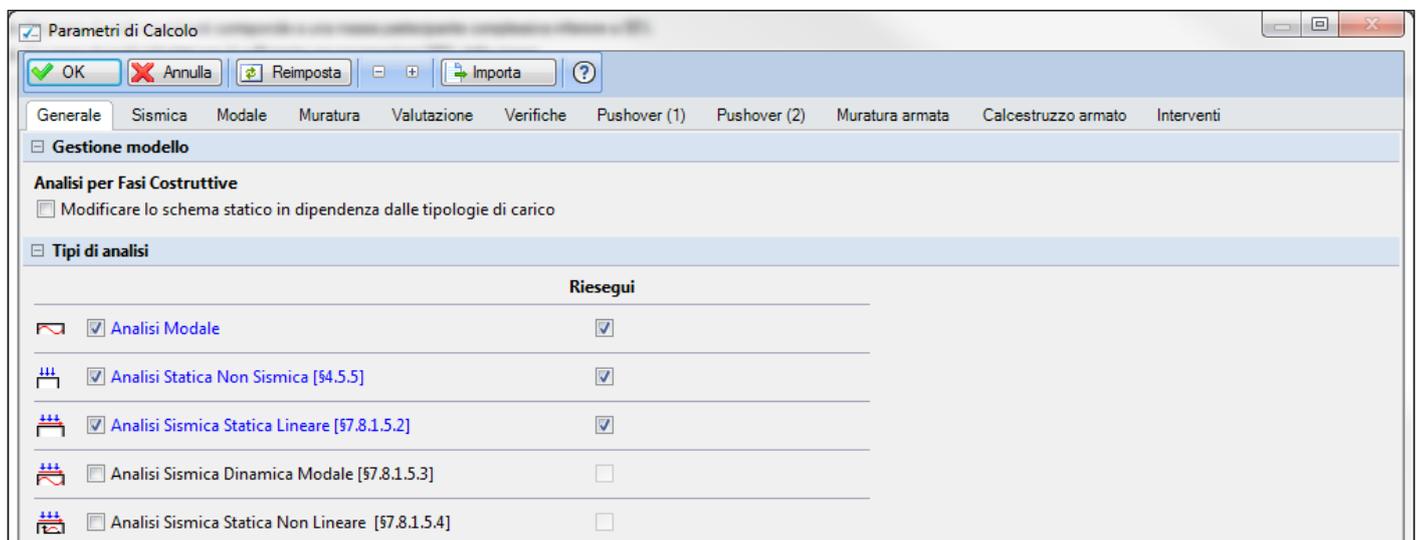


Figura 11: parametri di analisi

Parametri di Calcolo

OK Annulla Reimposta Importa ?

Generale Sismica Modale Muratura Valutazione Verifiche Pushover (1) Pushover (2) Muratura armata Calcestruzzo armato Interventi

**Direzione sismica e quote di riferimento**

Angolo tra sistema di riferimento globale XY e direzioni sismiche X'Y'  $\alpha =$   (-90° <  $\alpha$  < 90°, + se antiorario)

Altezza della costruzione a partire dal piano di fondazione (m) H =

Quota di inizio degli effetti sismici (m) H<sub>5</sub> =

**Analisi Sismiche Lineari**

**Combinazione delle componenti orizzontali**

Solo risultati in direzione X'       Solo risultati in direzione Y'  
 Radice quadrata della somma dei quadrati       Sommare ai massimi ottenuti per l'azione applicata in una direzione il 30% dei massimi ottenuti per l'azione applicata nell'altra direzione [§7.3.5]

Ignorare gli effetti dei momenti torcenti dovuti all'eccentricità accidentale [§7.2.6]  
 Amplificazione spostamenti con fattore  $\mu$  [§7.3.3.3 per SLV, §C7.3.7 per SLO e SLD]: ignorare ai fini del calcolo delle tensioni sul terreno  
 Eseguire le verifiche di sicurezza anche per le combinazioni (N<sub>min</sub>, T/M<sub>max</sub>), (N<sub>max</sub>, T/M<sub>min</sub>)

**Analisi Sismica Statica Lineare**

Periodo principale T<sub>1</sub> (sec): - in dir. X': T<sub>1X</sub> =  - in dir. Y': T<sub>1Y</sub> =

T<sub>1</sub> approssimato (7.3.5): T<sub>1</sub> = C<sub>1</sub> \* H<sup>3/4</sup>, dove: C<sub>1</sub> =  (⇒ T<sub>1</sub> (sec) = 0.192)

$\lambda = 1.00$  nella definizione delle forze sismiche [§7.3.3.2]

Progettazione semplificata per zone a bassa sismicità [§7]: S<sub>d</sub>(T<sub>1</sub>) =  g

Figura 12: parametri di verifica

Parametri di Calcolo

OK Annulla Reimposta Importa ?

Generale Sismica Modale Muratura Valutazione Verifiche Pushover (1) Pushover (2) Muratura armata Calcestruzzo armato Interventi

**Tipo di edificio**

**Muratura**

Muratura Ordinaria  
 Muratura Armata       con Progettazione in Capacità [§7.8.1.7]

**Edificio**

Edificio Nuovo       con verifica di Robustezza [§3.1.1]  
 Edificio Esistente

**Coefficienti parziali di sicurezza**

In analisi statica [§4.5.6.1] Y<sub>M1</sub> =

In analisi sismica [§7.8.1.1] Y<sub>M2</sub> =  (secondo normativa: Y<sub>M2</sub> ≥ 0.8Y<sub>M1</sub>; Y<sub>M2</sub> ≥ 2.00)

**Maschi murari**

Contributo rigidezza trasversale  
 Assemblaggio rigidezza flessionale (EI) per elementi contigui

**Comportamento muratura**

**Diagramma di calcolo tensione - deformazione [§4.1.2.1.2.2]**

Stress-block, con M<sub>U</sub> = (I<sup>2</sup> t σ<sub>0</sub> / 2) \* [1 - (σ<sub>0</sub> / 0.85 f<sub>d</sub>)] [§7.8.2.2.1]  
 Parabola-rettangolo, con M<sub>U</sub> da dominio di resistenza N-M (sempre usato per sezioni di muratura armata o consolidata con FRP / CAM / Reticolatus)

deformazione di inizio tratto plastico  $\epsilon_{m2} =$   (%)

deformazione ultima  $\epsilon_{mu} =$   (%)

**Per murature esistenti: coefficienti correttivi [Tab. C8A.2.2]**

Per 2 o più coefficienti correttivi dei parametri meccanici applicati contemporaneamente:

Sommare gli effetti rispetto al valore di riferimento del parametro  
 Amplificare gli effetti moltiplicando i coefficienti correttivi

Figura 13: parametri di verifica

Parametri di Calcolo

OK Annulla Reimposta Importa ?

Generale Sismica Modale Muratura Valutazione Verifiche Pushover (1) Pushover (2) Muratura armata Calcestruzzo armato Interventi

**Per maschi murari**

Verifica in sommità nelle Analisi Lineari:

in nessun caso  **in tutti i piani, tranne l'ultimo**  in tutti i casi

**PressoFlessione Complanare**

Eseguire le Verifiche a PressoFlessione Complanare [§7.8.2.2.1]  Considerare la Flessione solo nei maschi snelli, aventi rapporto (h/l) superiore a:  (secondo Tassios: maschi snelli se (h/l) > 2)

**Taglio per Scorrimento**

Eseguire le Verifiche a Taglio per Scorrimento [§7.8.2.2.2]

**Modalità di calcolo della zona reagente**

Distribuzione triangolare delle tensioni [EC6, §4.5.3.(6)]  Zona reagente a pressoflessione (in caso di comportamento parabola-rettangolo)

Maschi in muratura ordinaria: prescindere in ogni caso dalla parzializzazione

**Taglio per Fessurazione diagonale**

Eseguire le Verifiche a Taglio per Fessurazione diagonale [§C8.7.1.5]  Per muratura nuova, in Analisi lineare:  $\tau_0 = f_{vm0}$  in analogia con la muratura esistente, anziché:  $\tau_0 = f_{vk0}$

**PressoFlessione Ortogonale**

<b>Analisi Statica [§4.5.6.2]</b>	<b>Analisi Sismiche Lineari [§7.8.2.2.3]</b>	<b>Analisi Pushover [§7.8.2.2.3]</b>
<input checked="" type="checkbox"/> Con azioni da modello di calcolo 3D	<input checked="" type="checkbox"/> Con azioni da modello di calcolo 3D	<input checked="" type="checkbox"/> Con azioni da modello di calcolo 3D
<input type="checkbox"/> Metodo semplificato [§4.5.5, §4.5.6.2] (ipotesi di parete incernierata a livello dei piani)	<input checked="" type="checkbox"/> Con azioni convenzionali [§7.2.3] (forze equivalenti per elementi non strutturali)	
<input type="checkbox"/> Eseguire le Verifiche solo in mezzeria		

Riduzione della resistenza per gli effetti di instabilità

Considerare sempre eccentricità minima (h/200)

Figura 14: parametri di verifica

Parametri di Calcolo

OK Annulla Reimposta Importa ?

Generale Sismica Modale Muratura Valutazione Verifiche Pushover (1) Pushover (2) Muratura armata Calcestruzzo armato Interventi

**Acciaio**

Per: maschi e fasce di edificio in muratura armata nuova, oppure: fasce di piano in muratura ordinaria armate [p.es. con armatura da architravi (intrad.) e/o cordoli (estrad.)]

**Diagramma di calcolo tensione - deformazione [§4.1.2.1.2.3]**

Modello: elastico - perfettamente plastico (tensioni in N/mm<sup>2</sup>, deformazioni in ‰)

Tensione caratteristica di snervamento  $f_{yk} =$

Limite per la deformazione ultima  $\epsilon_{ud} =$   Modulo di elasticità  $E_s =$

**Armatura**

verticale:  $\Phi_{min}$  barre: 5 mm.

orizzontale (nei giunti): Tipo di traliccio:

Sezione totale del traliccio  $A_{sw}$  (mm<sup>2</sup>) =  Distanza verticale tra livelli di armatura ( $\leq 600$  mm [§4.5.7]) =

$f_{yk}$  per l'armatura orizzontale =

Coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_s$  [§4.1.2.1.1.3] =

**Opzioni per Verifiche di resistenza**

**PressoFlessione**

Contributo dell'armatura compressa (ipotesi di acciaio reagente a compressione)

**Taglio**

$V_t = V_{tM} = (d t f_{vd})$ , senza considerare il contributo delle armature a taglio [§4.5.7]

$V_t = V_{tM} + V_{tS} = (d t f_{vd}) + (0.6 d A_{sw} f_{yd}) / s$ , con:  $V_t \leq 0.3 f_d t d$  [§7.8.3.2.2]

Figura 15: parametri di verifica

**Struttura Pericolosità Stati Limite Suolo Componenti**

**Probabilità di superamento P,VR**  
 Probabilità di superamento  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$  per ciascun Stato Limite (Tab. 3.2.I):

Stati Limite	P,VR (%)	T,R (anni)
SLE: SLO	81	30
SLE: SLD	63	50
SLU: SLV	10	475
SLU: SLC	5	975

$V_R = 50$  anni,  $T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR})$

**Parametri di Spettro**  
 $a_g, F_o, T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascun Stato Limite, e altri parametri di spettro [53.2.3]:

Stati Limite	T,R (anni)	$a_g$ (g)	$F_o$	$T_C^*$ (sec)	S,S	C,C
SLE: SLO	30	0.056	2.471	0.240	1.500	1.682
SLE: SLD	50	0.075	2.468	0.252	1.500	1.655
SLU: SLV	475	0.217	2.419	0.322	1.385	1.526
SLU: SLC	975	0.294	2.421	0.340	1.273	1.499

**Spettro di risposta: componente orizzontale**

**Spettro elastico**  
 Smorzamento viscoso  $\xi = 5$  (%)  $\Rightarrow \eta = \sqrt{[10 / (5 + \xi)]} = 1.000$

**Spettro di progetto - SLD**  
 Fattore di comportamento  $q = 1.500 \Rightarrow \eta = 1/q = 0.667$

**Spettro di progetto - SLV/SLC**  
 Fattore di comportamento  $q = 2.500 \Rightarrow \eta = 1/q = 0.400$

- $\alpha_0 / \alpha_1$  (secondo 57.8.1.3: 1.50) = 1.25  $\Rightarrow q_0 = 3.125$
- Regolarità in altezza  $\Rightarrow K_R = 0.80$ . Secondo Normativa:  $q = q_0 * K_R = 2.500$
- Da Analisi Pushover:  $q$  non disponibile
- Secondo 57.3.1:  $q \leq 3.928$

**Spettro di risposta: componente verticale**

$S_5 = 1.000, S = 1.000$   
 periodi (sec):  $T_B = 0.050, T_C = 0.150, T_D = 1.000$

**Spettro elastico**  $\xi = 5\% \Rightarrow \eta = 1.000$   
**Spettro di progetto - SLD**  $q = 1.500 \Rightarrow \eta = 0.667$   
**Spettro di progetto - SLV/SLC**  $q = 1.500 \Rightarrow \eta = 0.667$

Figura 16: parametri di calcolo

▲ Generale	
Nome	Muratura nuova
Tipologia	Elementi di laterizio semipieni
▲ Proprietà meccaniche	
w	15.00
E	5300
G	2120
$f_{t,k}$	5.300
$f_{t,m}$	0.757
$f_{v,k0}$	0.200
$f_{t,hk}$	2.650
Coefficiente d'attrito	0.40
$\alpha$	0.000010
▲ Blocchi e malta	
$f_{t,bk}$	10
$f_{c,bk}$	2
$f_{m,m}$	10

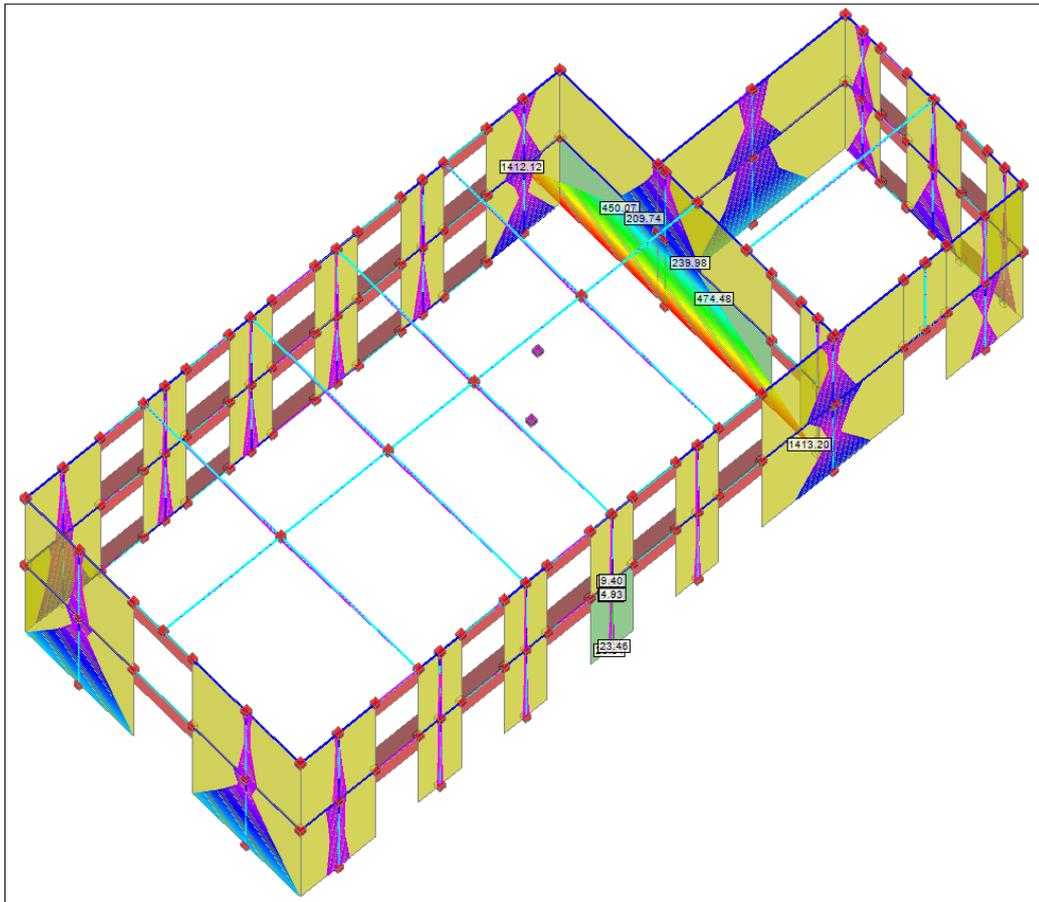
Figura 17: parametri di verifica

▲ Armatura		▲ Armatura	
As xy	1256	As xy	628
As xz	1256	As xz	628
Copriferro xy	120	Copriferro xy	120
Copriferro xz	250	Copriferro xz	120
Staffe Asw xy		Staffe Asw xy	
Staffe Asw xz		Staffe Asw xz	

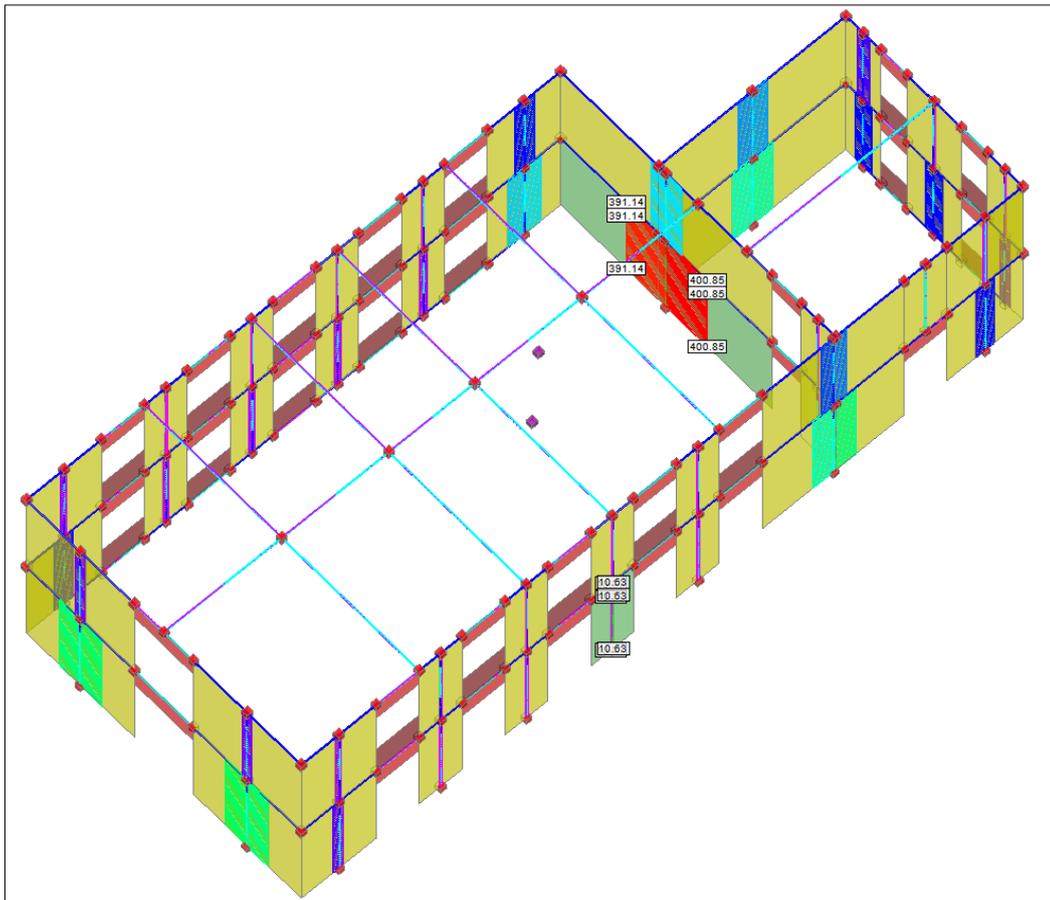
Figura 18: parametri di verifica per le pareti armate lungo x (sx) e per quelle lungo y (dx)

### 12.3 VERIFICHE ALLO SLV-IPOTESI DI PIANO DI COPERTURA DEFORMABILE

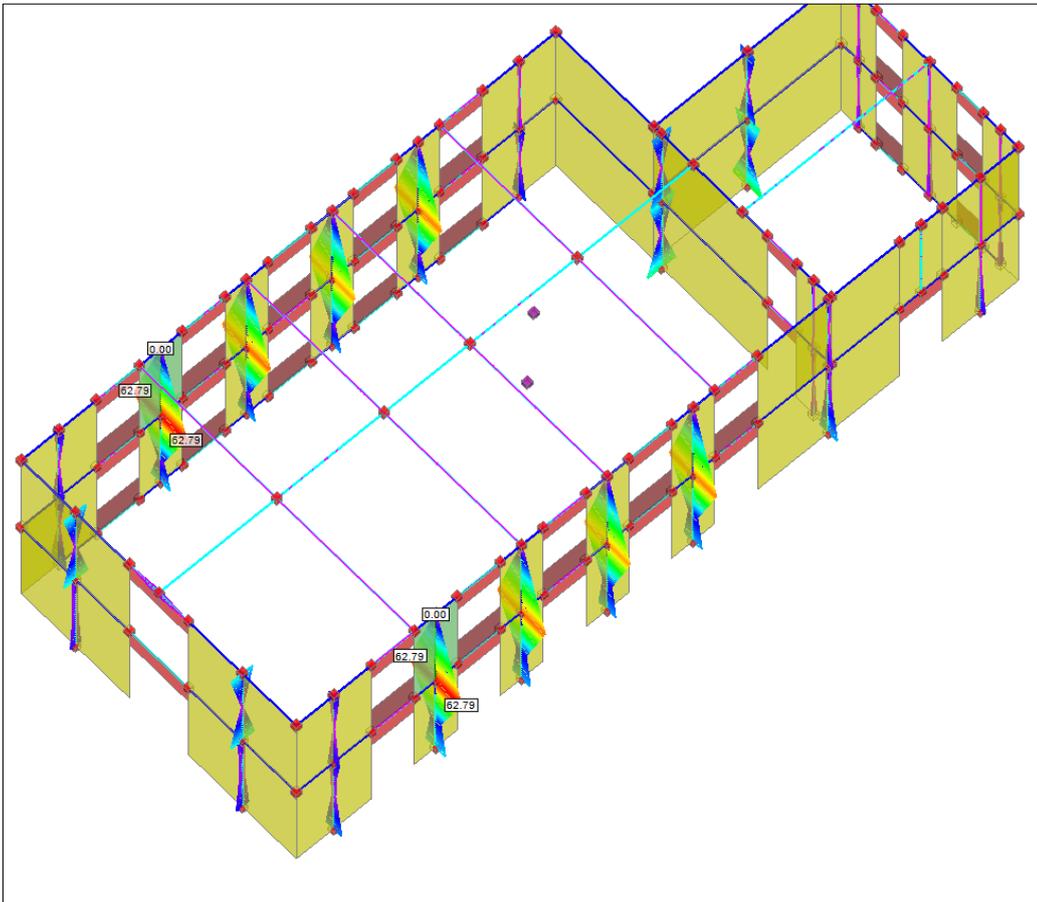
In questo modello è importante la resistenza fuori piano delle murature al piano primo in quanto le azioni ortogonali al piano non vengono trasferite ai maschi ortogonali. I maschi del piano primo per le azioni ortogonali funzionano come delle mensole incastrate sul cordolo del primo solaio e la resistenza è data dalle armature.



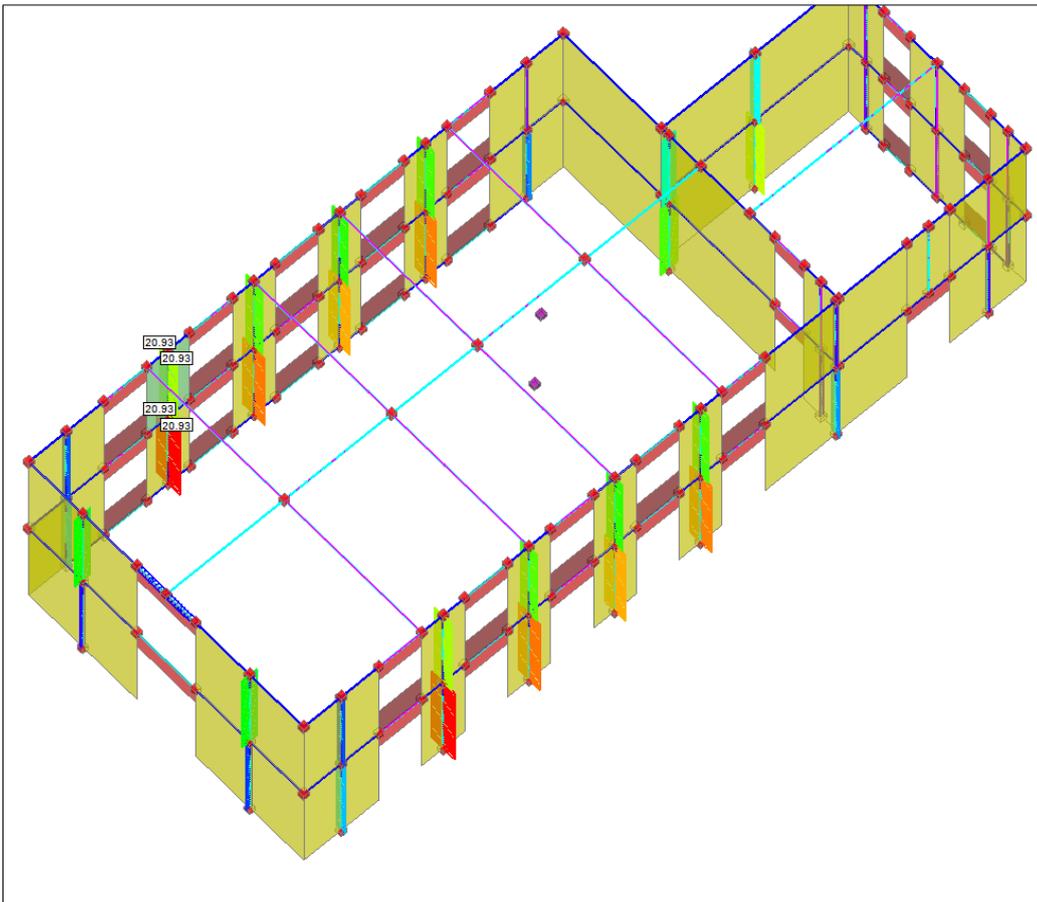
**Figura 19: involucro flessione planare allo SLV**



**Figura 20: involucro taglio planare allo SLV**



**Figura 21: involucro flessione fuori piano**



**Figura 22: involucro taglio fuori piano**

**Analisi Sismica Statica Lineare [§7.8.1.5.2]  
Verifiche di sicurezza per Edifici in Muratura**

**SLU di salvaguardia della Vita (SLV)  
Verifica di Resistenza (RES)  
Ed.nuovo, CU II: obbligatoria**

Pressofless. complanare [§7.8.2.2.1]	<b>1.581</b>	<b>100%</b>
Taglio scorcimento [§7.8.2.2.2]	<b>1.497</b>	<b>100%</b>
Taglio fessuraz. diag. [§C8.7.1.5]	<b>2.021</b>	<b>100%</b>
Pressofless. ortog. (da modello 3D) [§7.8.2.2.3]	<b>1.048</b>	<b>100%</b>
Pressofless. ortog. [§7.2.3, §7.8.2.2.3]	<b>6.033</b>	<b>100%</b>

SL di tipo geotecnico (GEO): Capacità portante del terreno e Scorcimento sul piano di posa [§6.4.2.1, §7.2.5]

**Confronto fra Capacita' e Domanda - Indicatori di rischio**

**Valore obiettivo di (zeta,E) = 1.000**

VN = 50 anni, PGA,DLV = 0.301 g - TR,DLV = 475 anni - P,VR, DLV = 10 %

Indicatori di rischio (zeta,E),SLV

PGA,CLV (g)	TR,CLV (anni)	PVR,CLV (%)	PGA,CLV / PGA,DLV	TR,CLV / TR,DLV	VN,CLV (anni)
Verifica di Resistenza nel piano					
0.383	1065	4.585	1.272	2.242	112
Verifica di Resistenza fuori piano					
0.314	548	8.721	1.043	1.154	58
Capacita' limite in fondazione					
⇒					

Figura 23: report delle verifiche allo SLV ed allo SLD

**12.4 VERIFICHE ALLO SLV-IPOTESI DI PIANO DI COPERTURA RIGIDO**

In questo modello le azioni ortogonali al piano vengono trasferite ai maschi ortogonali.

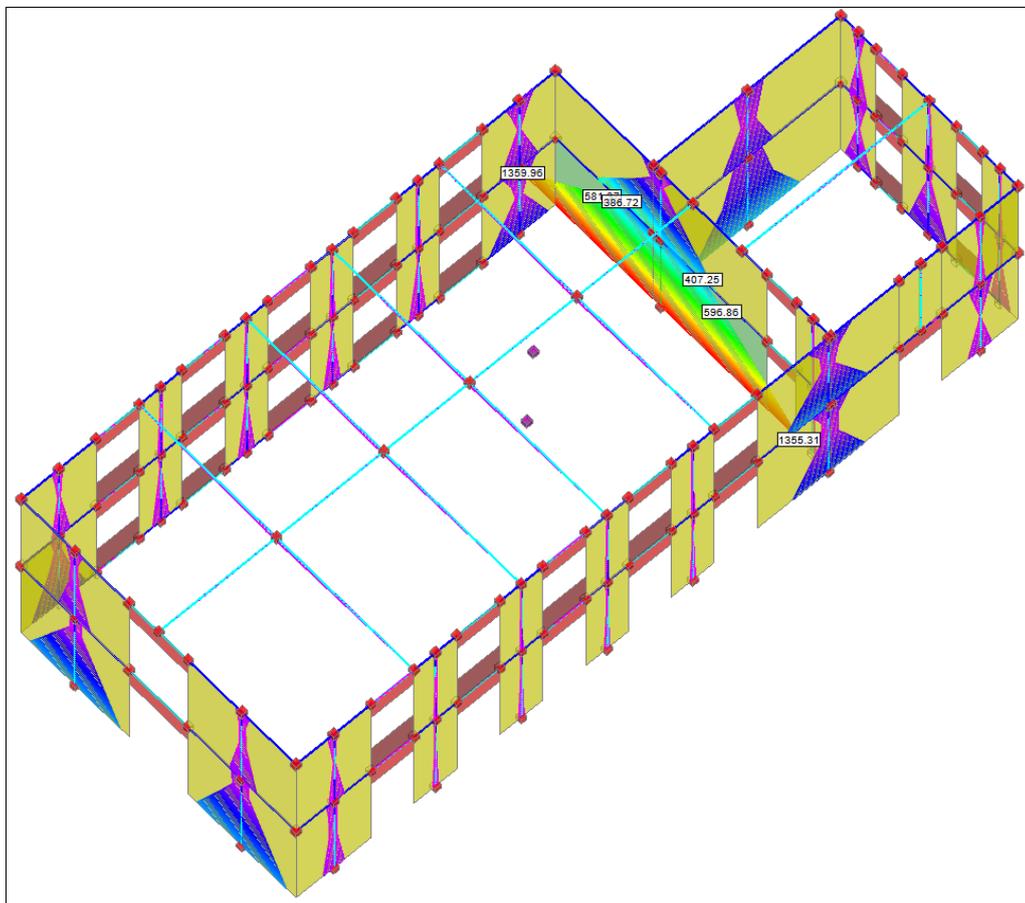
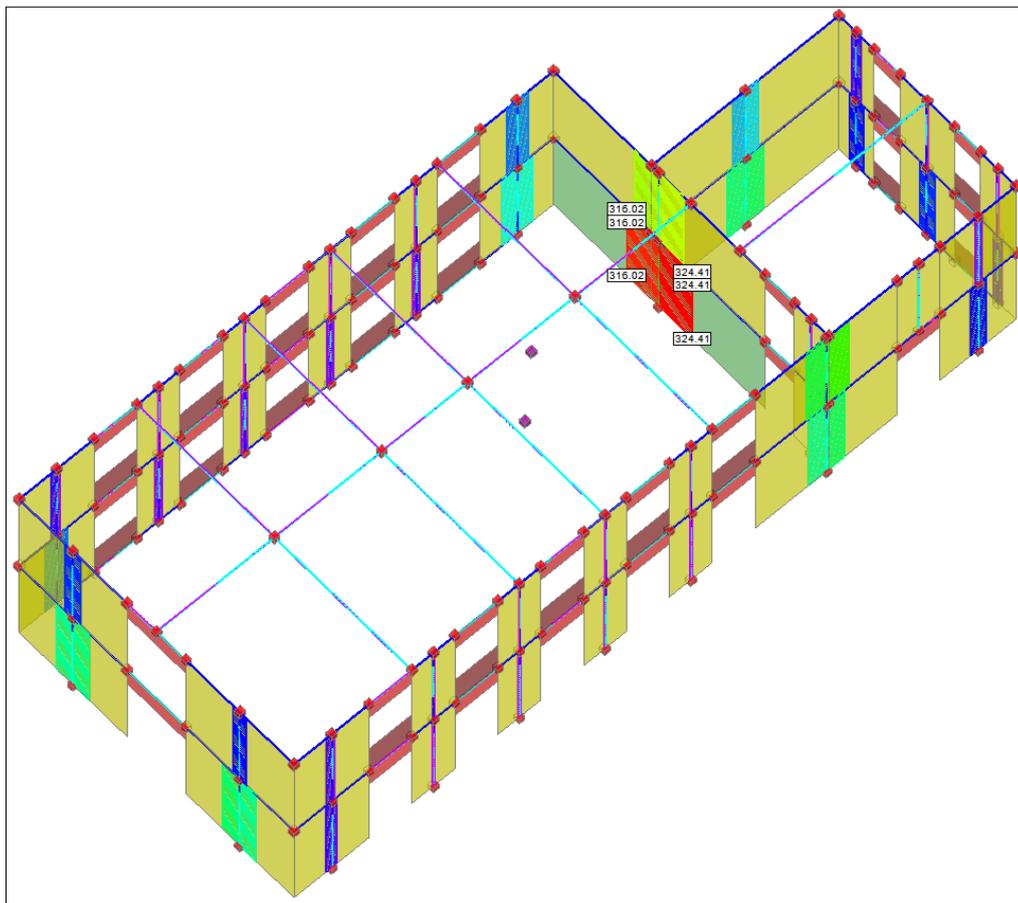
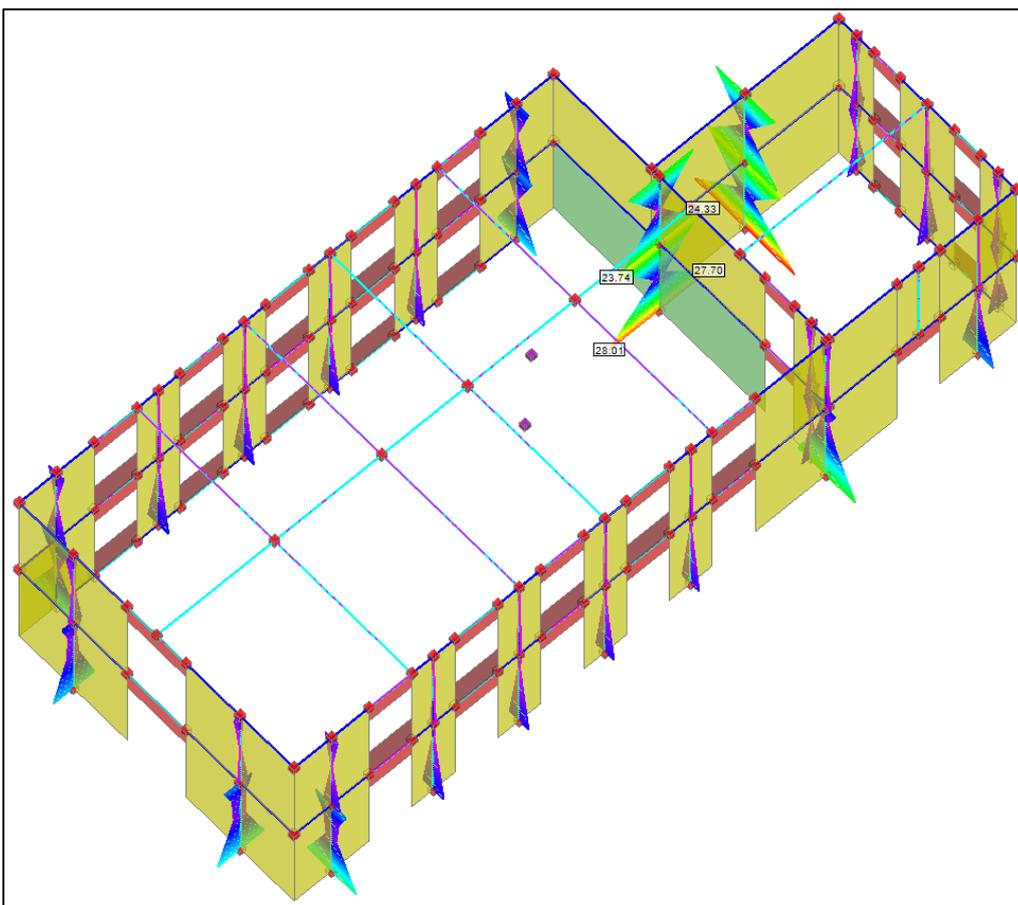


Figura 24: involuipo flessione complanare



**Figura 25: involucro taglio complanare**



**Figura 26: involucro flessione ortogonale**

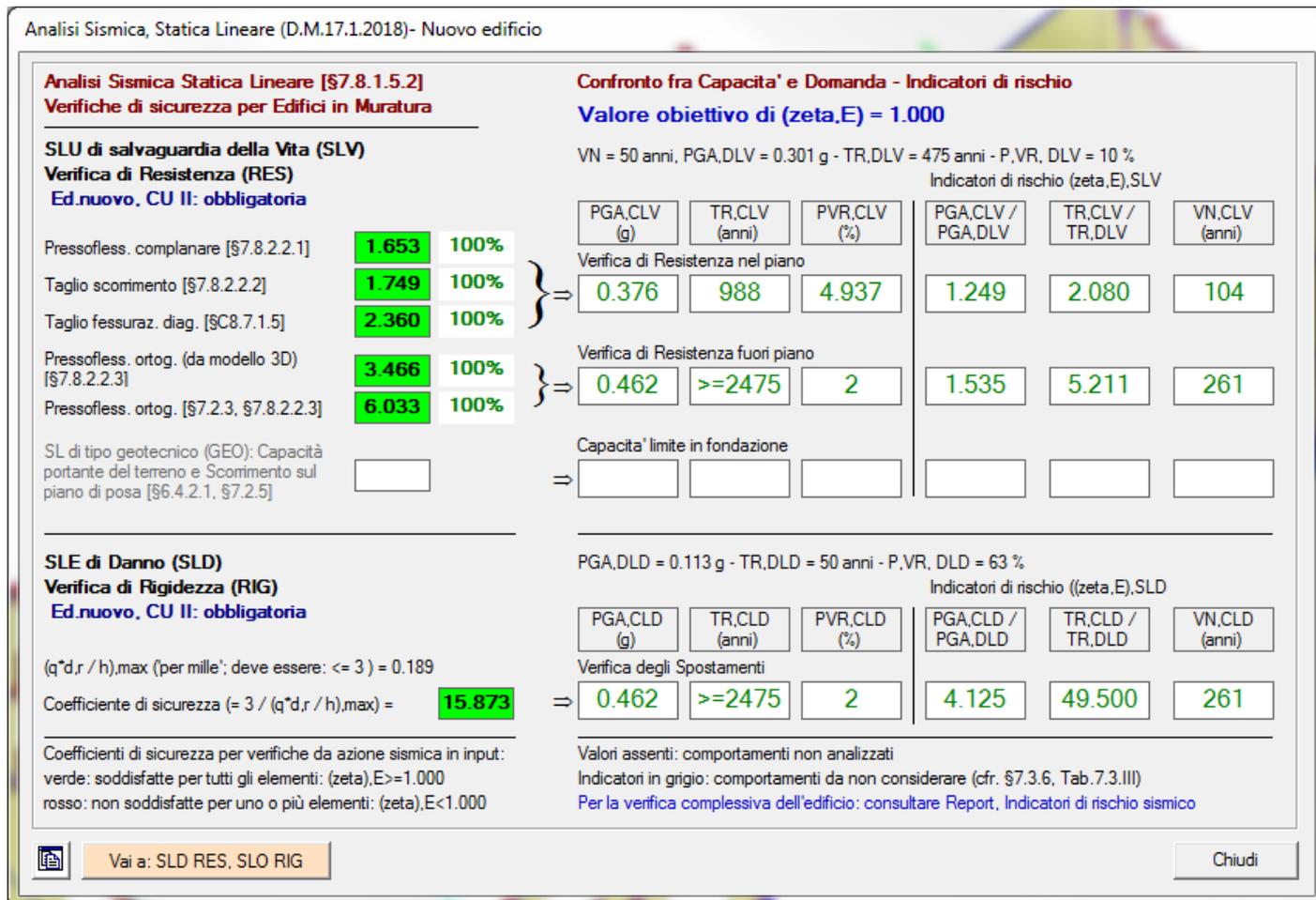


Figura 27: report delle verifiche

## 12.5 CONTROLLO: VERIFICA MANUALE DEI MASCHI MURARI

La verifica allo SLU della sezione in muratura armata può essere effettuata in analogia a quella del cemento armato, utilizzando delle proprietà differenti per i materiali come indicato in EC6 ed al §7.8.3.2.1.

In particolare allo SLV:

- stress block per la compressione con profondità  $0.8x$ ;
- resistenza pari a  $0.85 \cdot f_d = 0.85 \cdot 5.3 / 2 = 2.25$ ;
- deformazione massima per la muratura compressa pari a  $\epsilon_m = 0.0035$ ;
- deformazione massima per l'acciaio teso  $\epsilon_s = 0.01$

Inoltre per l'utilizzo del software del prof. Gelfi si inseriscono i seguenti parametri

- $n = E_c / E_m = 210000 / 5300 = 39.62$ , arrotondato a 40
- $f_{cc} / f_{cd} = 1$
- gli altri parametri  $\sigma$  e  $\tau$  non sono significativi per verifica allo SLU

### 12.5.1 VERIFICA DEL MASCHIO AL PT MAGGIORMENTE SOLLECITATO PER AZIONI COMPLANARI

La sollecitazione massima al piede vale  $N_s = 603$  KN,  $M_s = 1413$  KNm,  $V_s = 400$  KN, sezione  $50 \times 650$ , armatura alle teste  $2 \phi 16$ .

Verifica C.A. S.L.U. - File: MA50x650

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : **verifica maschio 50x650 per azioni nel piano**

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	50	650	1	4.02	12
			2	4.02	638

Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n  
 N<sub>Ed</sub>  0 kN  
 M<sub>xEd</sub>  0 kNm  
 M<sub>yEd</sub>  0

P.to applicazione N:  Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN  yN

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato  
 Metodo di calcolo:  S.L.U.+  S.L.U.-  Metodo n  
 Tipo flessione:  Retta  Deviata

N° rett.   
 Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>0</sub>  cm Col. modello  Precompresso

**Materiali**  
 B450C  muratura  
 E<sub>su</sub>  ‰ E<sub>c2</sub>  ‰  
 f<sub>yd</sub>  N/mm² E<sub>cu</sub>  ‰  
 E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>  ‰  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?  
 E<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>  ‰  
 σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>  ‰  
 τ<sub>c1</sub>  ‰

M<sub>xRd</sub>  kN m  
 σ<sub>c</sub>  N/mm²  
 σ<sub>s</sub>  N/mm²  
 ε<sub>c</sub>  ‰  
 ε<sub>s</sub>  ‰  
 d  cm  
 x  x/d   
 δ

Figura 28: verifica a pressoflessione complanare

Per la verifica a taglio si utilizzando le formule al §7.8.3.2.2.

$$V_{t,m} = d * t * f_{vd} = (6500 - 120) * 500 * 0.1 / 10^3 = 319 \text{ KN}$$

$$V_{t,s} = (0.6 * d * A_{sw} * f_{yd}) / s = 0.6 * (6500 - 120) * 2 * 50 * 391 / (320 * 10^3) = 467 \text{ KN}$$

$$V_t = V_{t,m} + V_{t,s} = 319 + 467 = 786 \text{ KN} > V_s = 400 \text{ KN}$$

$$\text{Inoltre } V_{t,c} = 0.3 * f_d * t * d = 0.3 * 2.25 * (6500 - 120) * 500 / 10^3 = 2153 \text{ KN} \gg V_s$$

## 12.5.2 VERIFICA DEL MASCHIO AL PIANO 2 MAGGIORMENTE SOLLECITATO PER AZIONI FUORI PIANO

Le pareti maggiormente sollecitate fuori piano sono quelle al piano secondo ove il comportamento a piano rigido viene a mancare.

Di fatto ogni parete ha una azione sismica complanare e fuori piano proporzionale all'area di influenza del solaio.

Le massime sollecitazioni per lo SLV con sisma ortogonale alla parete sul maschio 120x50 cm sono:

$$N_s = 45 \text{ KN}$$

$$M_s = 63 \text{ KNm}$$

$$V_s = 21 \text{ KN}$$

Figura 29: verifica a pressoflessione ortogonale

Per la verifica a taglio si utilizzando le formule al §7.8.3.2.2. considerando il solo contributo della muratura in quanto le armature orizzontali non sono parallele al taglio fuori piano

$$V_{t,m} = d * t * f_{vd} = (500-120) * 1200 * 0.1 / 10^3 = 45 \text{ KN} \gg V_s$$

### 13 ARMATURE MINIME NELLE MURATURE

Armatura orizzontale minima: secondo §7.8.6.2 la percentuale di armatura orizzontale calcolata rispetto all'area lorda della sezione verticale della parete non può essere inferiore allo 0.04% ne superiore allo 0.5%.

Armatura verticale minima: secondo §4.5.7 la percentuale di armatura verticale calcolata rispetto all'area lorda della muratura non potrà essere inferiore allo 0.05% ne superiore allo 1%. Le armature vanno disposte ad ogni intersezione e comunque ad interasse non superiore a 4m. Le armature disposte soddisfano tale requisito.

#### Muri spessore 49/50 cm

L'armatura orizzontale minima è  $A_{s,min} = 0.04 * 50 * 100 / 100 = 2.00 \text{ cm}^2/\text{m}$

Se si dispongono 4φ6 ogni due corsi (32cm) l'armatura è  $A_{s,eff} = 4 * 0.283 * 100 / 32 = 3.53 \text{ cm}^2/\text{m}$  che sono equivalenti a 2φ8 ogni due corsi ( $2 * 0.5 * 100 / 32 = 3.12 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

#### Muri spessore 25 cm

L'armatura orizzontale minima è  $A_{s,min} = 0.04 * 25 * 100 / 100 = 1.00 \text{ cm}^2/\text{m}$

Se si dispongono 2φ6 ogni due corsi (32cm) l'armatura è  $A_{s,eff} = 2 * 0.283 * 100 / 32 = 1.76 \text{ cm}^2/\text{m}$

### 14 GIUNTI SISMICI

Ai sensi del § 7.2.1 la larghezza minima deve essere pari a  $\Delta = 2 * H * a_g * S / g * 100 = 2 * 970 * 0.2175 * 1.377 / 100 = 5.81 \text{ cm}$ .

Si realizza un giunto di 10 cm tra i vari corpi di fabbrica.