

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

MANDATARIA



MANDANTI



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA



MANDANTE



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE  
DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01 e s.m.i.**

CUP: J94F04000020001

**PROGETTO ESECUTIVO**

ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA

ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

**SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE  
CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA - PONTE GARDENA**

**OPERE CIVILI**

RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI POMPACCGRO

APPALTATORE <b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A. 03.05.2022	RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE OPERAZIONI SPECIALI STICHE ROMA N° 03.05.2022 18240	SCALA: <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin: 5px auto; text-align: center;">-</div>
---	---	---

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

I B 0 A    0 0    E    Z Z    C L    S I 0 0 0 C    0 0 1    A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data
A	Emissione	A. Zuin <i>A. Zuin</i>	29.04.2022	D. Stella <i>D. Stella</i>	02.05.2022	S. Carraro <i>S. Carraro</i>	03.05.2022



File: IB0A00EZZCLSI000C001A

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>SO GEN</b></p> <p><small>Impresa Silvio Dierobon</small> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI POMPAGGIO</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>SI000C001</td> <td>A</td> <td>2 di 36</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	2 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	2 di 36								

## INDICE

1	PREMESSA .....	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	4
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	5
3.1	ACCIAIO DA C.A. ....	5
3.2	CALCESTRUZZO PER ELEMENTI IN C.A. ....	5
4	PARAMETRI GEOTECNICI .....	6
5	AZIONI SISMICHE .....	7
6	DESCRIZIONE OPERE .....	11
7	EDIFICIO DI PRESIDIO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO .....	13
7.1	DESCRIZIONE MODELLO STRAUS7 .....	13
7.2	SPESORE ELEMENTI STRUTTURALI .....	14
7.3	DEFINIZIONE DELLE RIGIDEZZA DELLE MOLLE .....	14
7.4	AZIONI AGENTI .....	14
7.5	RISULTATI .....	17
7.5.1	<i>Solette</i> .....	17
7.5.2	<i>Pareti laterali</i> .....	24
7.6	ARMATURA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI .....	31
7.7	VERIFICHE .....	32

<p>IMPRESE</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>SO GEN</b></p> <p><i>Impresa Silvio Dierobon</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI POMPAGGIO</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>SI000C001</td> <td>A</td> <td>3 di 36</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	3 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	3 di 36								

## 1 PREMESSA

La presente relazione si inserisce nell'ambito del progetto Esecutivo delle opere per l'adeguamento della viabilità podereale esistente e nella realizzazione di un sottopasso per l'attraversamento della linea Verona - Brennero dal Km 0+132 al km 1+056, e l'accesso alle aree di emergenza poste agli imbocchi delle interconnessioni di Ponte Gardena.

L'intervento si inserisce nell'ambito del SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA - PONTE GARDENA, per l'ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA (INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01 e s.m.i).

Il presente documento in particolare si concentra nel dimensionamento e nelle verifiche dell'edificio della stazione di pompaggio da prevedersi in adiacenza al sottopasso ferroviario di progetto.

Di seguito si riporta una vista dell'area oggetto di intervento.



**Figura 1.1. Area oggetto di intervento**

<p>IMPRESE</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>SO GEN</b></p> <p><i>Impresa Silvio Dierobon</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI POMPAGGIO</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>SI000C001</td> <td>A</td> <td>4 di 36</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	4 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	4 di 36								

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa utilizzata per l'espletamento del presente documento è la seguente:

- Decreto Ministeriale Infrastrutture 17 gennaio 2018: "Norme Tecniche per le Costruzioni".
- Circolare esplicativa NTC 2018 del 11 febbraio 2019.
- Commentario per le Norme Tecniche per le Costruzioni 2018
- Eurocodice 2 (UNI EN 1992-1)
- Manuale di progettazione delle opere civili" (RFI DTC SI PS MA IFS 001)

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>SO GEN</b></p> <p>Impresa Silvio Dierobon consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI POMPAGGIO</b></p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>SI000C001</td> <td>A</td> <td>5 di 36</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	5 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	5 di 36								

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Vengono di seguito riportate le caratteristiche dei materiali considerate nei calcoli.

#### 3.1 Acciaio da C.A.

ACCIAIO DA C.A. - Rif. DM 17/01/2018			
tipo	B450C		
coeff. parziale per le resistenze SLU	$\gamma_M$	1,15	
resistenza caratteristica a snervamento	$f_{yk}$	450,00	MPa
resistenza caratteristica a rottura	$f_{tk}$	540,00	MPa
rapporto $(f_t / f_y)_k$	$1,15 \leq (f_t / f_y)_k \leq 1,35$		
rapporto $(f_y / f_{y,nom})_k$	$(f_y / f_{y,nom})_k \leq 1,25$		
allungamento $(A_{gt})_k$	$(A_{gt})_k \geq 7,50 \%$		
<b>resistenza di calcolo</b>	$f_{yd}$	<b>391,30</b>	<b>MPa</b>
<b>tensione ammissibile per combinazione caratteristica (rara)</b>	$S_{s,rara}$	<b>360,00</b>	<b>MPa</b>

#### 3.2 Calcestruzzo per elementi in c.a.

CALCESTRUZZO - Rif. DM 17/01/2018		
classe di resistenza	C32/40	
resistenza cubica caratteristica a compressione	$R_{ck}$	40,00 MPa
peso specifico	$\rho$	25,00 kN/mc
classe d'esposizione	XF1	
coeff. espansione termica lineare	$\alpha$	$1 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
coeff. di Poisson	$\nu_{fess}$	0,00
	$\nu_{non\ fess}$	0,20
modulo elastico secante	$E_{cm}$	33643 MPa
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	33,20 MPa
resistenza cilindrica media a compressione	$f_{cm}$	41,20 MPa
coeff. parziale per resistenze SLU	$\gamma_c$	1,50
coeff. riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm}$	3,10 MPa
resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctfm}$	3,72 MPa
resistenza caratteristica a trazione frattile 5%	$f_{ctk,0.05}$	2,17 MPa
resistenza caratteristica a trazione frattile 95%	$f_{ctk,0.95}$	4,03 MPa
<b>resistenza di calcolo a compressione</b>	$f_{cd}$	<b>18,81 MPa</b>
<b>resistenza di calcolo a compressione per spessori &lt; 5cm</b>	$f_{cd,sp<5}$	<b>15,05 MPa</b>
<b>resistenza di calcolo a trazione</b>	$f_{ctd}$	<b>1,45 MPa</b>
<b>resistenza di calcolo a trazione per spessori &lt; 5cm</b>	$f_{ctd,sp<5}$	<b>1,16 MPa</b>
<b>tensione ammissibile per combinazione caratteristica (rara)</b>	$S_{c,rara}$	<b>19,92 MPa</b>
<b>tensione ammissibile per combinazione caratteristica (rara) per spessori &lt; 5cm</b>	$S_{c,rara,sp<5}$	<b>15,94 MPa</b>
<b>tensione ammissibile per combinazione quasi permanente</b>	$S_{c,q.p.}$	<b>14,94 MPa</b>
<b>tensione ammissibile per combinazione quasi permanente per spessori &lt; 5cm</b>	$S_{c,q.p.,sp<5}$	<b>11,95 MPa</b>
resistenza tangenziale caratteristica di aderenza per barre $\varnothing \leq 32$	$f_{bk}$	4,88 MPa
<b>resistenza tangenziale di calcolo di aderenza per barre <math>\varnothing \leq 32</math></b>	$f_{bd}$	<b>3,25 MPa</b>

<p>IMPRESE</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>SO GEN</b></p> <p><i>Impresa Silvio Dierobon</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI POMPAGGIO</b></p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>SI000C001</td> <td>A</td> <td>6 di 36</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	6 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	6 di 36								

#### 4 PARAMETRI GEOTECNICI

Alla luce dei sondaggi realizzati nel sito di interesse, ponendo particolare attenzione al sondaggio BV5, si definisce il modello geotecnico utilizzato per il dimensionamento delle opere (si fa riferimento alla “Relazione geotecnica” codice IB0A00EEZZRBNV0900001). Si assume che il terreno in esame presenti una stratigrafia omogenea composta principalmente da ghiaia. Di seguito, in Tabella 4.1, i parametri geotecnici adottati.

**Tabella 4.1 Modello geotecnico**

TERRENO	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	$\Phi$ (°)	C (KPa)	E (MPa)
GHIAIA	21	36	0	50

La falda è stata individuata a quota di circa 469.10 m s.l.m.m., quindi non interferente con l’opera a progetto.

<p>IMPRESE</p> <p><b>QUADRO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>SO GEN</b></p> <p>Impresa Silvio Dierobon consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI POMPAGGIO</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>SI000C001</td> <td>A</td> <td>7 di 36</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	7 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	7 di 36								

## 5 AZIONI SISMICHE

La normativa sismica vigente impone, per il calcolo delle azioni sismiche di progetto e la valutazione dell'amplificazione del moto sismico, la stima del fattore di amplificazione dell'energia sismica causato dai diversi terreni in base alle loro caratteristiche di spessore e di rigidità sismica.

In mancanza di studi specifici della risposta sismica locale, la normativa vigente definisce cinque categorie di suolo di fondazione (A,B,C,D,E) a diversa rigidità sismica, caratterizzate da velocità delle onde di taglio decrescenti e quindi ad effetti amplificativi crescenti.

I coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica, oltre all'accelerazione  $a_g$ , sono stati ottenuti attraverso il programma sperimentale "Spettri di risposta ver.1.0.3", messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, che fornisce gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticale) delle azioni sismiche di progetto per il generico sito del territorio nazionale.

In questo caso, facendo riferimento a quanto riportato negli allegati al progetto "ADDENDUM ALLA RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI SOSTEGNO (PARATIE)", codice IBL10AD26CLNV0900004A, il sottosuolo appartiene alla tale **categoria C**: "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s."

Per quanto riguarda la categoria topografica del sito, è stata scelta la **categoria T2**, cioè "Pendii con inclinazione media  $i > 15^\circ$ ".

La vita nominale dell'opera viene assunta pari a 100 anni, in accordo con quanto definito nella relazione sopra citata.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso diverse; nel nostro caso si fa riferimento alla **Classe IV**.

Gli spettri di risposta per uno stato limite ultimo SLV (Stato Limite di Vita), con relativi punti e parametri, ottenuti col programma "Spettri di risposta ver.1.0.3" sono riportati di seguito (Figura 5.1 e Figura 5.2).

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>Impresa Silvio Dierobon consorzio triveneto rocciatori</p> <p>SO GEN</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI POMPAGGIO</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>SI000C001</td> <td>A</td> <td>8 di 36</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	8 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	8 di 36								

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**

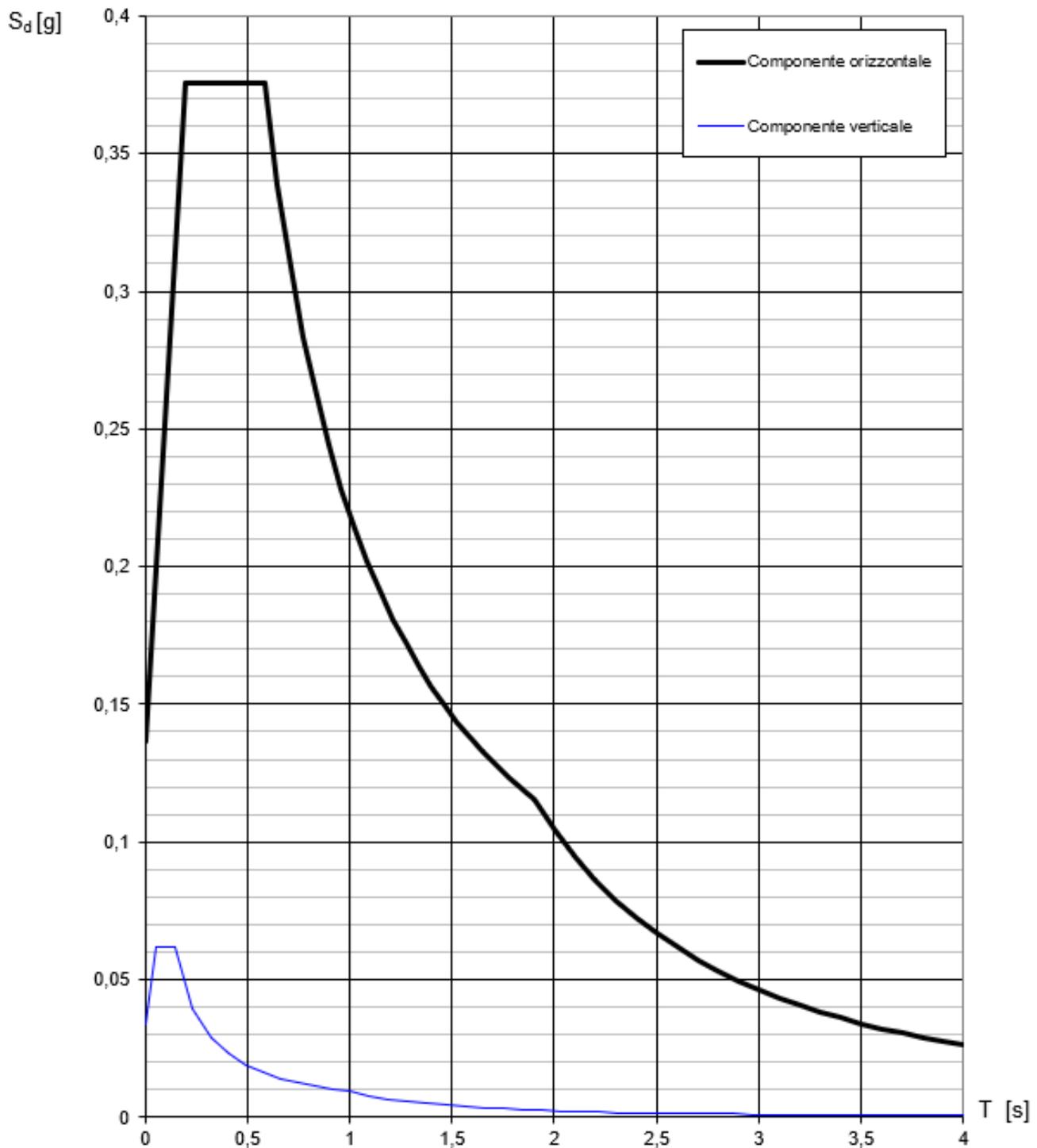


Figura 5.1. Grafico Spettri sismici di risposta per lo stato limite SLV.

IMPRESE <b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A. PROGETTISTI  P.A.T. s.r.l.  SO GEN	 Impresa Silvio Dierobon consorzio triveneto rocciatori	QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA <b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b>					
		<b>RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI POMPAGGIO</b>	COMMESSA IB0A	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO SI000C001	REV. A

### Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato linSLV

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,076 g
$F_o$	2,750
$T_c$	0,416 s
$S_s$	1,500
$C_c$	1,402
$S_T$	1,200
$q$	1,000

#### Parametri dipendenti

$S$	1,800
$\eta$	1,000
$T_B$	0,195 s
$T_C$	0,584 s
$T_D$	1,903 s

#### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(S+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

#### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

#### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,137
$T_B \leftarrow$	0,195	0,375
$T_C \leftarrow$	0,584	0,375
	0,646	0,339
	0,709	0,309
	0,772	0,284
	0,835	0,262
	0,898	0,244
	0,961	0,228
	1,023	0,214
	1,086	0,202
	1,149	0,191
	1,212	0,181
	1,275	0,172
	1,338	0,164
	1,401	0,156
	1,463	0,150
	1,526	0,144
	1,589	0,138
	1,652	0,133
	1,715	0,128
	1,778	0,123
	1,841	0,119
$T_D \rightarrow$	1,903	0,115
	2,003	0,104
	2,103	0,094
	2,203	0,086
	2,303	0,079
	2,403	0,072
	2,502	0,067
	2,602	0,062
	2,702	0,057
	2,802	0,053
	2,902	0,050
	3,002	0,046
	3,101	0,043
	3,201	0,041
	3,301	0,038
	3,401	0,036
	3,501	0,034
	3,601	0,032
	3,700	0,030
	3,800	0,029
	3,900	0,027
	4,000	0,026

Figura 5.2. Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV.

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>SO GEN</b></p> <p>Impresa Silvio Dierobon consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI POMPAGGIO</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>SI000C001</td> <td>A</td> <td>10 di 36</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	10 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	10 di 36								

I valori del coefficiente sismico orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$ , in accordo con le NTC18 ed in particolare con quanto descritto nel capitolo 7.11, sono pari a:

$$k_h = \beta_m \cdot a_{\max} / g$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

$$a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g$$

- $\beta_m$  è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima al sito e vale 0.38 per muri liberi di subire spostamenti e 1 per muri non liberi di subire spostamenti;
- $S_s$  e  $S_t$  sono rispettivamente i coefficienti che considerano rispettivamente l'amplificazione stratigrafica e topografica in corrispondenza del sito.

Dai parametri precedentemente individuati, si ricava una accelerazione di picco pari a:

$$a_{\max} = 1.5 \cdot 1.2 \cdot 0.076g = 0.137g$$

Facendo riferimento a quanto riportato nel "Manuale di progettazione delle opere civili-ParteII-Sezione 3-Corpo stradale", le azioni sismiche vengono definite come segue:

$$k_h = 2 \cdot \beta_m \cdot a_{\max} / g = 0.274$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h = 0.137$$

<p>IMPRESE</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>SO GEN</b></p> <p>Impresa Silvio Dierobon consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI POMPAGGIO</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>SI000C001</td> <td>A</td> <td>11 di 36</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	11 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	11 di 36								

## 6 DESCRIZIONE OPERE

Come anticipato nella Premessa il presente documento si concentra sul dimensionamento e nelle verifiche dell'edificio della stazione di pompaggio.

L'edificio è costituito da una struttura scatolare avente dimensioni planari di 2.5 x 2.5 m ed un'altezza totale di 4.1 m. Tutte le strutture (soletta di fondazione, solai e muri) hanno spessore pari a 25 cm e verranno realizzate in calcestruzzo armato.

La struttura in esame risulta parzialmente interrata (per una altezza di circa 1.25m) e parzialmente fuori terra (per una altezza di 2.85m). Il volume interrato corrispondente al sito in cui verranno allocati gli impianti, separato dal volume fuori terra tramite un solaio di spessore  $s=0.25$  m. Al di sopra della copertura si trova un massetto con spessore variabile (spessore massimo di 10 cm), sormontato da un pacchetto impermeabilizzate composto da guaina bituminosa e da uno strato protettivo in ghiaia di circa 5 cm.

Si riportano di seguito la pianta e la sezione dell'edificio.

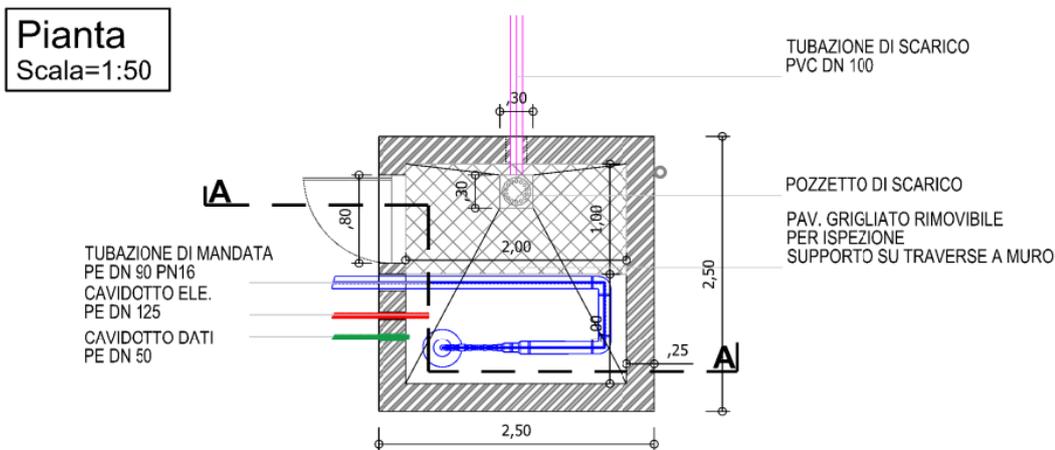


Figura 6.1 Pianta dell' edificio di presidio

IMPRESA

**QUADRO GAETANO**  
COSTRUZIONI S.P.A.

PROGETTISTI

**P.A.T.** s.r.l.

Impresa Silvio Diason  
consorzio  
triveneto  
rocciatori

**SO  
GEN**

QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

**SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED  
INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1  
FORTEZZA-PONTE GARDENA**

**RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI  
POMPAGGIO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	12 di 36

**Sezione A-A**  
Scala=1:50

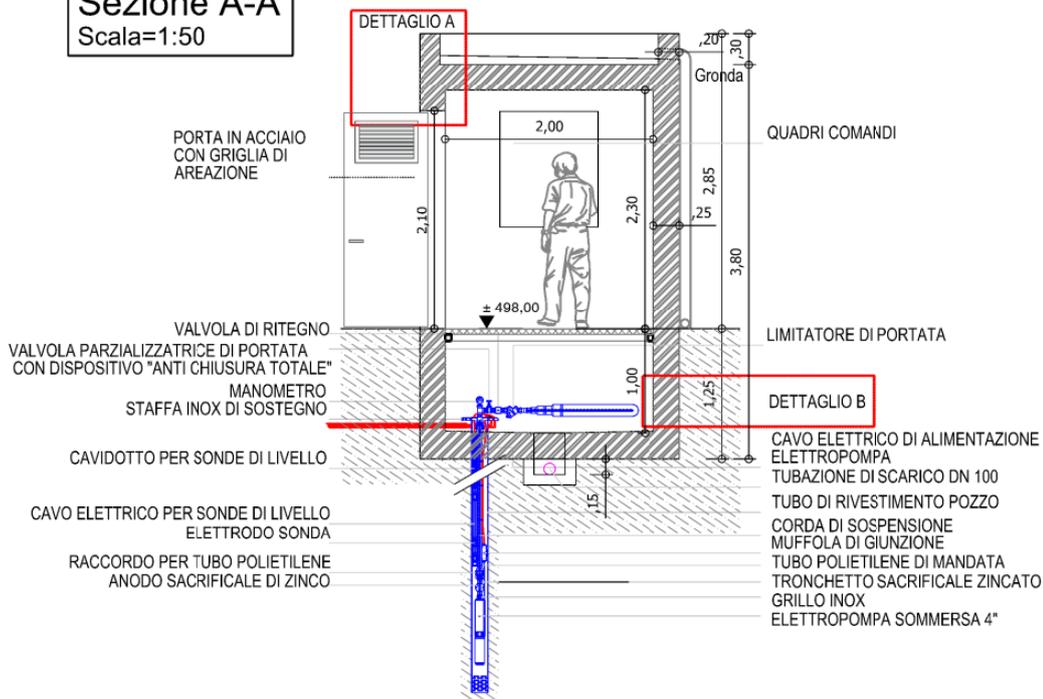


Figura 6.2 Sezione tipo dell' edificio di presidio

<p>IMPRESE</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>Impresa Silvio Dierobon consorzio triveneto rocciatori</p> <p>SO GEN</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI POMPAGGIO</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>SI000C001</td> <td>A</td> <td>13 di 36</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	13 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	13 di 36								

## 7 EDIFICIO DI PRESIDIO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO

Vengono di seguito riportati i risultati della modellazione dell'edificio e le verifiche degli elementi strutturali.

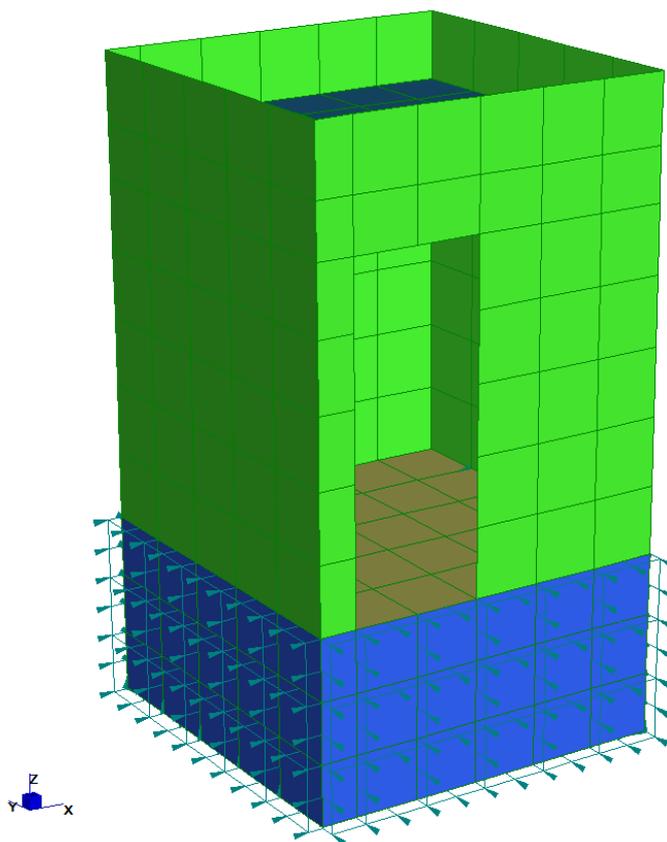
### 7.1 Descrizione modello Straus7

Il programma utilizzato per l'analisi delle sollecitazioni è Straus7 (Enginsoft), un software di calcolo agli elementi finiti specifico per le costruzioni civili. Esso permette la modellazione tridimensionale agli elementi finiti di tutta la struttura nel complesso considerando tutti i carichi agenti sulla stessa; la presenza del terreno è considerata solo per quanto riguarda la sua influenza in termini di reazione sulla struttura ma non come elemento strutturale facente parte del problema.

Tutta la struttura viene modellata con elementi bidimensionati di tipo plate a comportamento elastico lineare mentre l'effetto del terreno viene modellato come una molla reagente a sola compressione.

Il vantaggio nell'utilizzo di questo software di calcolo è la possibilità, data la presenza di molle a sola compressione, di svolgere un'analisi non lineare più precisa rispetto ad un calcolo manuale.

Si riporta di seguito un'immagine della modellazione 3D in Straus7:



**Figura 7.1 Modello di calcolo**

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>SO GEN</b></p> <p>Impresa Silvio Dierobon consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI POMPAGGIO</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>SI000C001</td> <td>A</td> <td>14 di 36</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	14 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	14 di 36								

## 7.2 Spessore elementi strutturali

Gli elementi strutturali, sia solette che pareti laterali, sono stati modellati con elementi plate caratterizzati da uno spessore pari a quello degli elementi reali,  $sp. = 0.25 \text{ m}$ .

## 7.3 Definizione delle rigidezza delle molle

Si esplicano di seguito le considerazioni e le analisi condotte al fine di valutare la rigidezza delle molle utilizzate nel modello di calcolo.

La definizione delle molle reagenti adottate per simulare il terreno avviene attraverso l'utilizzo di formulazioni proposte da letteratura. In particolare, si fa riferimento alla relazione empirica suggerita da Terzaghi e Peck (1948) che definisce il valore di rigidezza  $k$  in funzione alla reazione del terreno  $k_1$  (definita da letteratura), alla larghezza della fondazione  $B$  e alla dimensione di una piastra standard  $b$ . La formulazione risulta essere:

$$k = k_1 \times ((B+b)/(2B))^2$$

in cui:

$k_1$  = reazione del terreno da letteratura, assunta pari a  $70 \text{ N/cm}^3$ , valido per sabbia densa non satura con stato di addensamento medio (si fa riferimento a "Fondazioni", redatto dal prof. C.Viggiani).

$B$  = larghezza fondazione, assunta pari a  $2.5 \text{ m}$

$b$  = dimensioni della piastra standard su cui si calcola il cedimento per prove su piastra

Si ottiene in questo modo un valore di  $k$  pari a:

$$k_v = 70 \times (250+30 / 500)^2 = 21.95 \text{ N/cm}^3 = 21'950 \text{ kN/m}^3 \rightarrow 20'000 \text{ kN/m}^3$$

Il valore della molla reagente a sola compressione che simula la presenza del terreno viene quindi assunto pari a  $20'000 \text{ kN/m}^3$ . Il valore di  $k$  per la molla orizzontale è assunto pari al 50% di quella verticale:  $k_h = 10'000 \text{ kN/m}^3$ .

## 7.4 Azioni agenti

Sono state inserite nel software tutte le sollecitazioni agenti:

- Pesì permanenti strutturali  $G_1$ :

Il peso viene determinato automaticamente dal software in funzione del materiale assegnato e del volume dell'oggetto modellato.

- Peso permanente portato coperture  $G_2$ :

Definito dalla somma del peso proprio del magrone e dello strato di ghiaia posizionati sopra alla soletta di copertura:  $\gamma_{c.a.} \times h_{c.a.} + \gamma_{ghiaia} \times h_{ghiaia} = 25 \times 0.09 + 21 \times 0.05 = 3.3 \text{ kPa}$

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>SO GEN</b></p> <p>Impresa Silvio Dierobon consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI POMPAGGIO</b></p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>SI000C001</td> <td>A</td> <td>15 di 36</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	15 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	15 di 36								

- Carico folla  $Q_{folla}$ :

Secondo quanto definito nelle normativa vigente si è considerato un carico  $Q_{folla} = 5 \text{ kPa}$ .

- Carico neve  $Q_{neve}$ :

Definito secondo le NTC18 pari a  $Q_{neve} = 1.8 \text{ kPa}$ .

### Valutazione del carico neve

D.M. 17 gennaio 2018

<b>INPUT</b>	
Zona:	I-Alpina <input type="button" value="▼"/> <i>Zona I - Alpina: Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbania, Vercelli, Vicenza.</i>
Altitudine as:	<input type="text" value="501,00"/> m
Carico al suolo $q_{sk}$ :	<input type="text" value="2,05"/> $\text{kN/m}^2$
Topografia:	Riparata <input type="button" value="▼"/> <i>Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti.</i>
Ce	1,1
Ct	1,0
<b>COPERTURA AD UNA FALDA</b>	
Pendenza falda 1:	<input type="text" value="0"/> % → $\alpha_1$ 0,00 °
$\mu_1$	<input type="text" value="0,8"/>
<b>Carico neve <math>q_s</math> :</b>	<b>1,80    <math>\text{kN/m}^2</math></b>

- Spinta del terreno  $G_{t,h}$ :

Definita secondo la seguente formula:  $\gamma_{\text{terreno}} \times h \times k_0$ , considerando, a favore di sicurezza, l'impossibilità di spostamento della struttura. Dove h è la profondità considerata.

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>SO GEN</b></p> <p>Impresa Silvio Dierobon consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI POMPAGGIO</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>SI000C001</td> <td>A</td> <td>16 di 36</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	16 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	16 di 36								

- Carico vento  $Q_{\text{vento}}$ :

Definito secondo le NTC18 pari a 0.7 kPa. Tale carico è stato applicato alternativamente in tutte direzioni possibili, così da indagare tutti i possibili effetti e valutare i più critici.

## Valutazione delle spinte del vento

D.M. 17 gennaio 2018

Zona:	1	<i>Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste).</i>
Altitudine assoluta:	501,0 m	
Velocità al suolo $V_b$ :	25,00 m/s	
Pressione cinetica $q_b$ :	390,63 N/m <sup>2</sup>	
Altezza della costruzione:	4,1 m	<i>Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi, ...).</i>
Classe di rugosità terreno:	D	
Categoria di esposizione:	II	
Ce:	1,81	
Cd:	1,00	
Superficie d'attrito:	Scabra	<i>Cemento a faccia scabra, catrame, ...</i>
Cf:	1	
Pressione tangente $p_f$ :	708,83 N/m <sup>2</sup>	

- Sovrappinta sismica del terreno  $\Delta E_{t,h}$ :

Definita, in accordo con la teoria di Wood, costante per tutta l'altezza e pari a:  $\gamma_{\text{ghiaia}} \times h_{\text{interrato}} \times (a_{\text{max}}/g)^2 = 21 \times 1.25 \times 0.137^2 = 4.5 \text{ kPa}$ . Tale carico è stato applicato alternativamente in tutte direzioni possibili, così da indagare tutti i possibili effetti e valutare i più critici.

- Forze inerziali  $E_{G1,h}$ :

Vengono determinate automaticamente dal software in funzione del materiale assegnato e del volume dell'oggetto modellato. In questo caso l'accelerazione assegnata è pari a  $k_h \times g = 2.69 \text{ m/s}^2$ . Tale accelerazione è stata applicata alternativamente in tutte direzioni possibili, così da indagare tutti i possibili effetti dell'inerzia sismica e valutare i più critici.

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>consorzio triveneto rocciatori</p> <p>Impresa Silvio Dierobon</p> <p>SO GEN</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI POMPAGGIO</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>SI000C001</td> <td>A</td> <td>17 di 36</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	17 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	17 di 36								

## 7.5 Risultati

Di seguito vengono riportate le sollecitazioni agenti sulla struttura divisi per elementi costruttivi:

### 7.5.1 Solette

Si riportano di seguito le sollecitazioni ricavate dal software di calcolo:

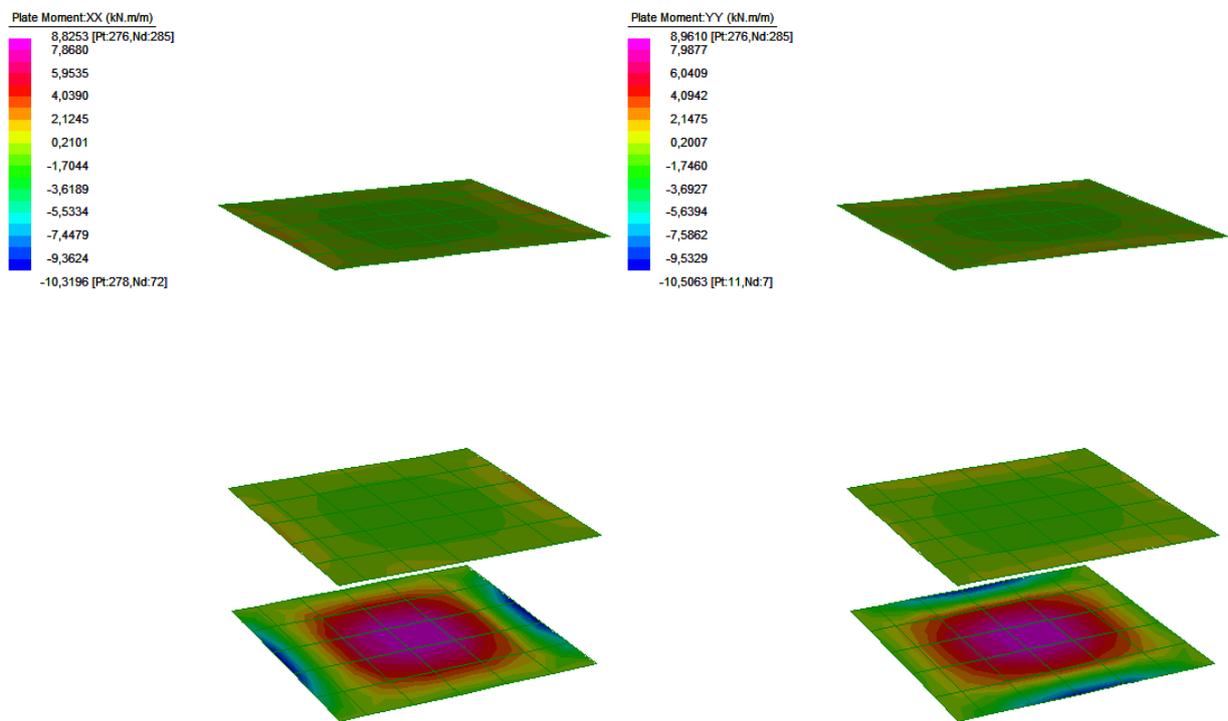


Figura 7.2 Involuppo minimo del Momento flettente - Comb. SLE [kNm/m]

<p>IMPRESE</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>SO GEN</b></p> <p>Impresa Silvio Discepolo consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI POMPAGGIO</b></p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>SI000C001</td> <td>A</td> <td>18 di 36</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	18 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	18 di 36								

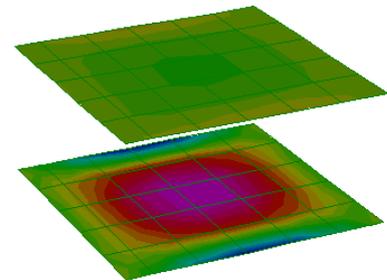
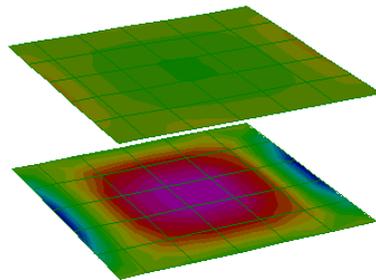
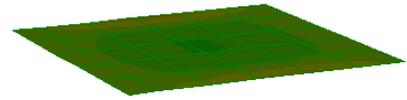
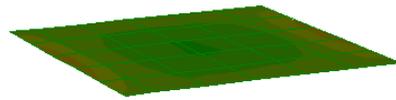
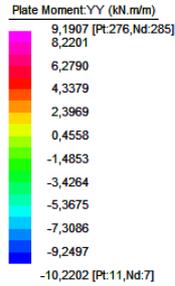
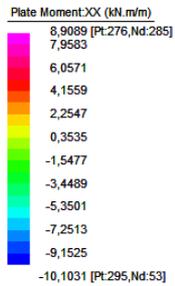


Figura 7.3 Involuppo massimo del Momento flettente - Comb. SLE [kNm/m]

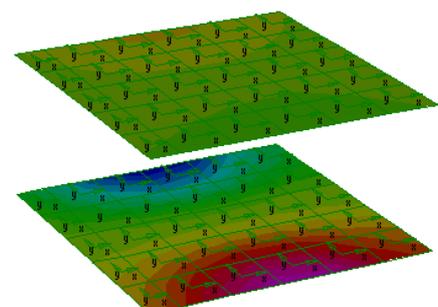
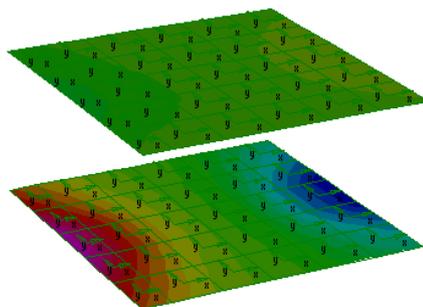
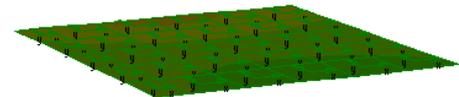
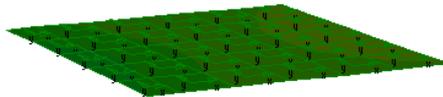
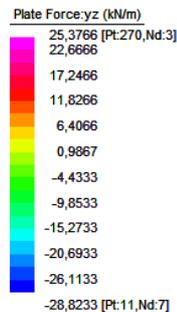
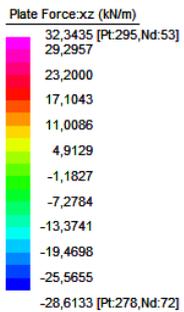


Figura 7.4 Involuppo minimo della sollecitazione tagliante - Comb. SLE [kN/m]

<p>IMPRESE</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>SO GEN</b></p> <p><i>Impresa Silvio Disobon</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI POMPAGGIO</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>SI000C001</td> <td>A</td> <td>19 di 36</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	19 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	19 di 36								

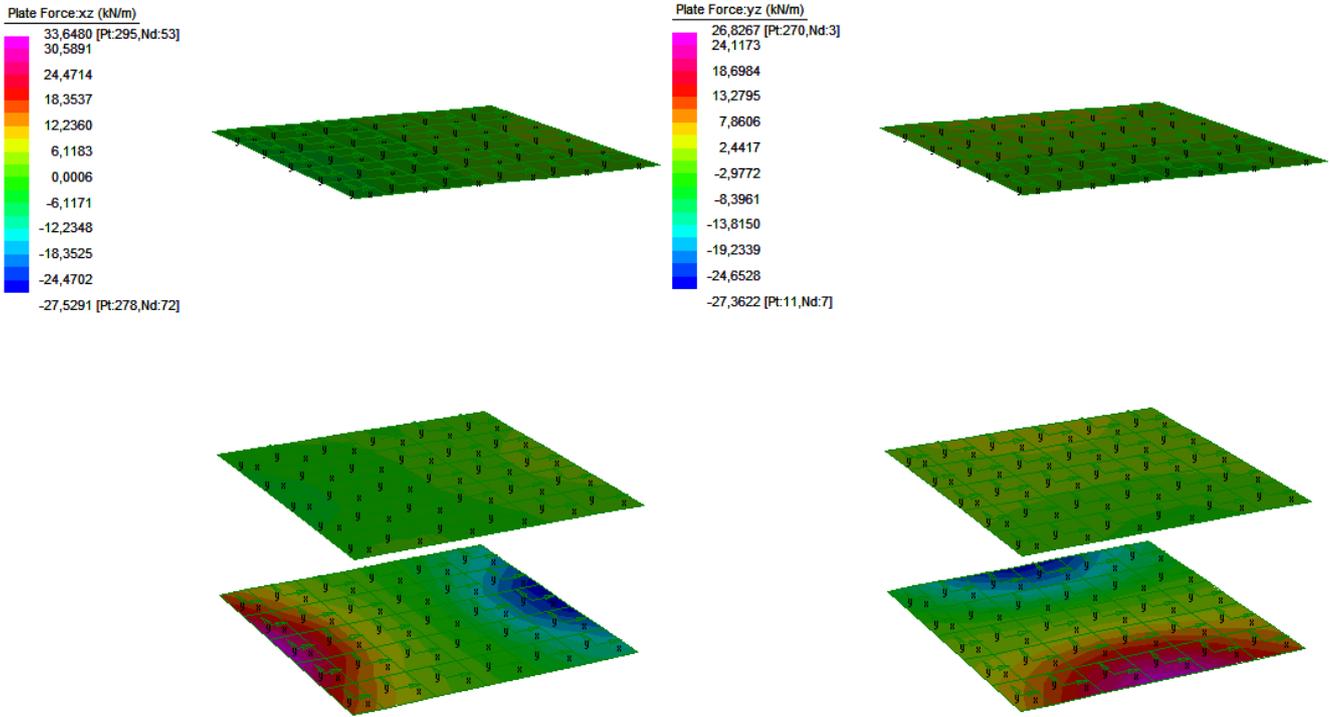


Figura 7.5 Involuppo massimo della sollecitazione tagliante - Comb. SLE [kN/m]

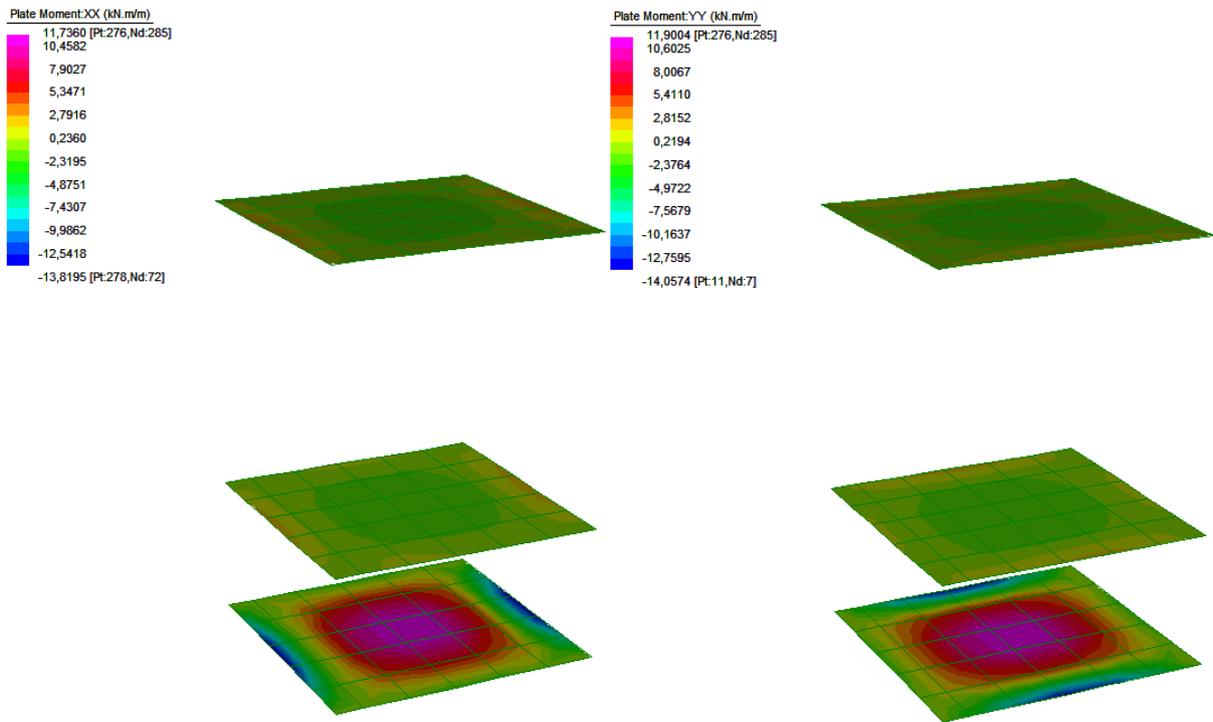


Figura 7.6 Involuppo minimo del Momento flettente - Comb. SLU [kNm/m]

IMPRESA

**QUADRIO GAETANO**  
COSTRUZIONI S.P.A.

PROGETTISTI

**P.A.T. s.r.l.**

Impresa Silvio Dierobon  
consorzio  
triveneto  
rocciatori

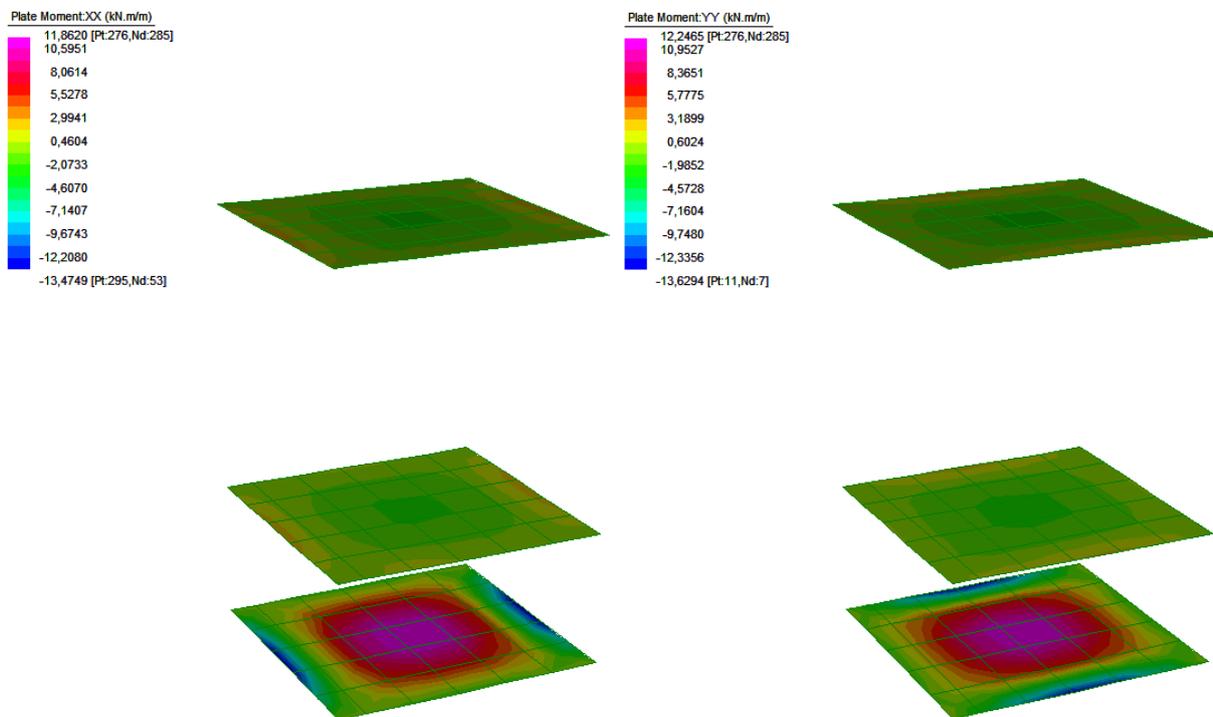
**SO  
GEN**

QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

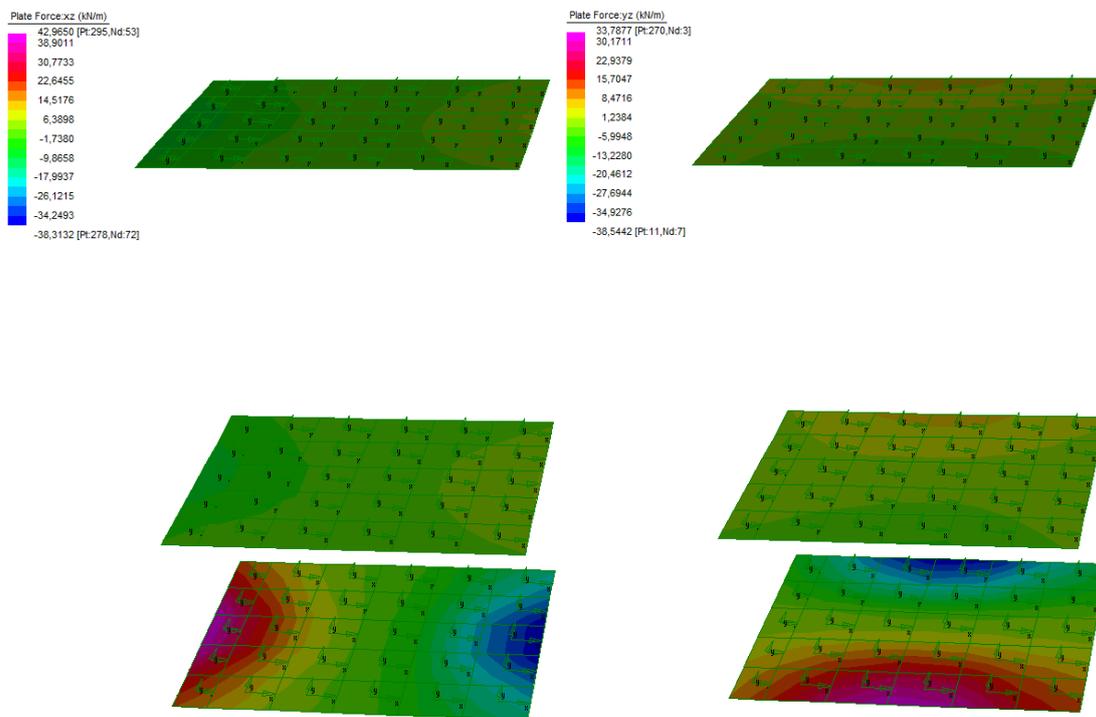
**SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED  
INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1  
FORTEZZA-PONTE GARDENA**

**RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI  
POMPAGGIO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	20 di 36



**Figura 7.7 Involuppo massimo del Momento flettente - Comb. SLU [kNm/m]**



**Figura 7.8 Involuppo minimo della sollecitazione tagliante - Comb. SLU [kN/m]**

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>SO GEN</b></p> <p>Impresa Silvio Dierobon consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI POMPAGGIO</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>SI000C001</td> <td>A</td> <td>21 di 36</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	21 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	21 di 36								

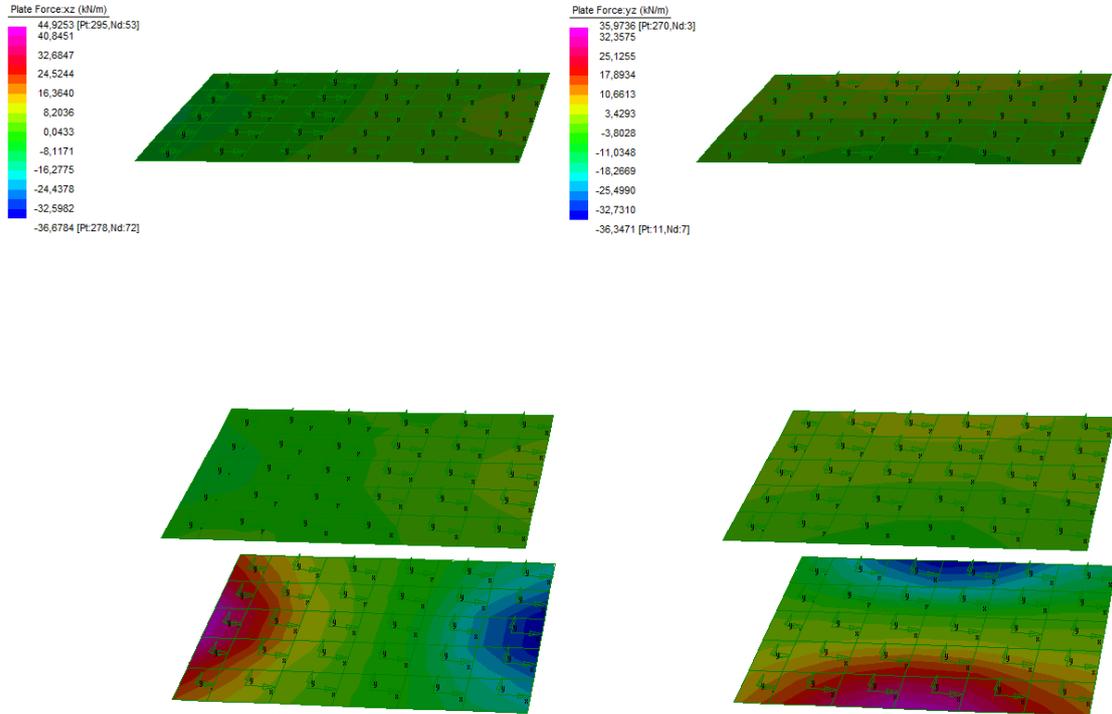


Figura 7.9 Involuppo massimo della sollecitazione tagliante - Comb. SLU [kN/m]

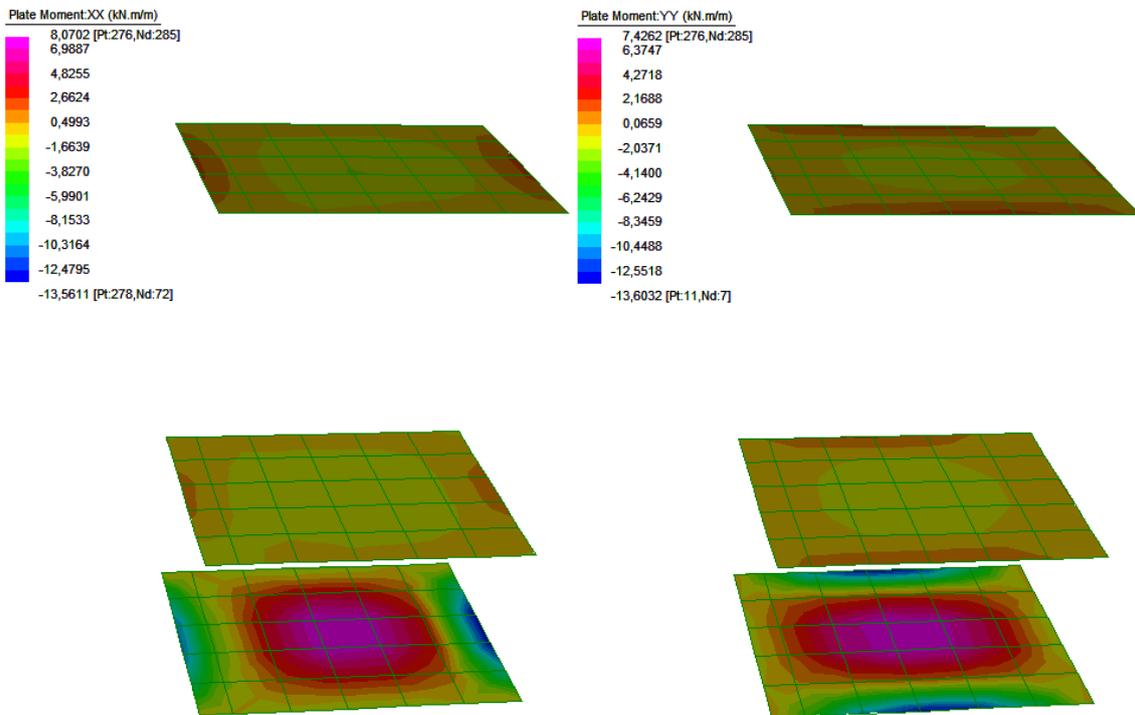


Figura 7.10 Involuppo minimo del Momento flettente - Comb. SLV [kNm/m]

IMPRESA

**QUADRIO GAETANO**  
COSTRUZIONI S.P.A.

PROGETTISTI

P.A.T. s.r.l.

Impresa Silvio Dierobon  
consorzio  
triveneto  
rocciatori

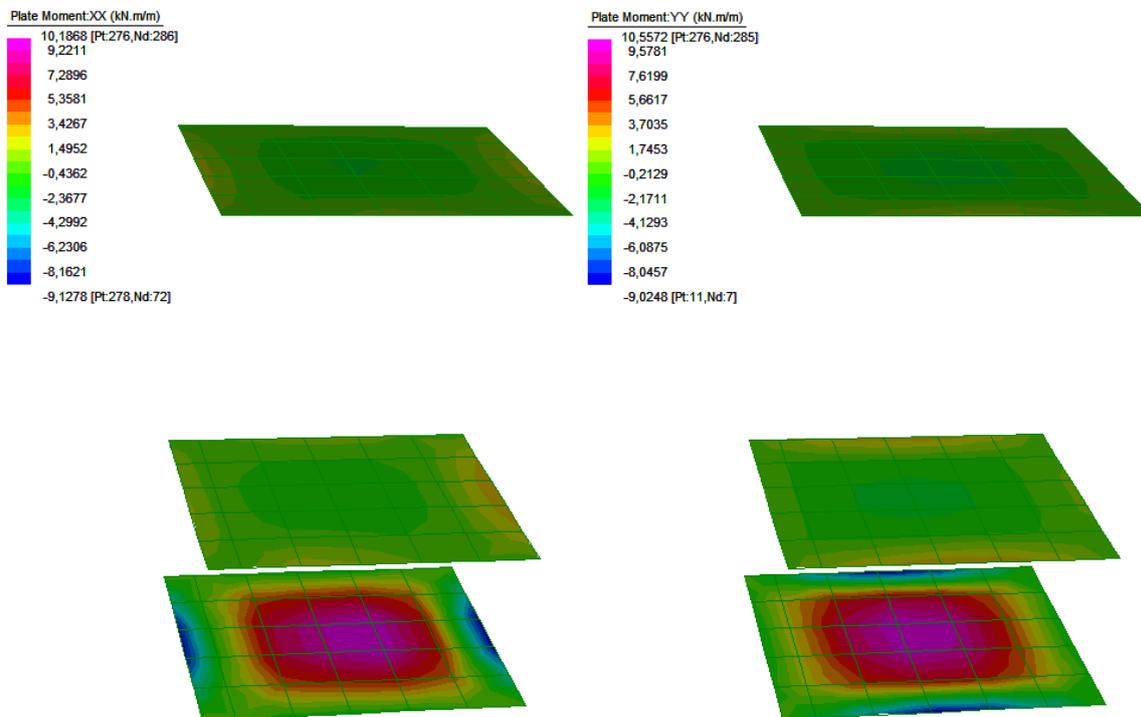
SO  
GEN

QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

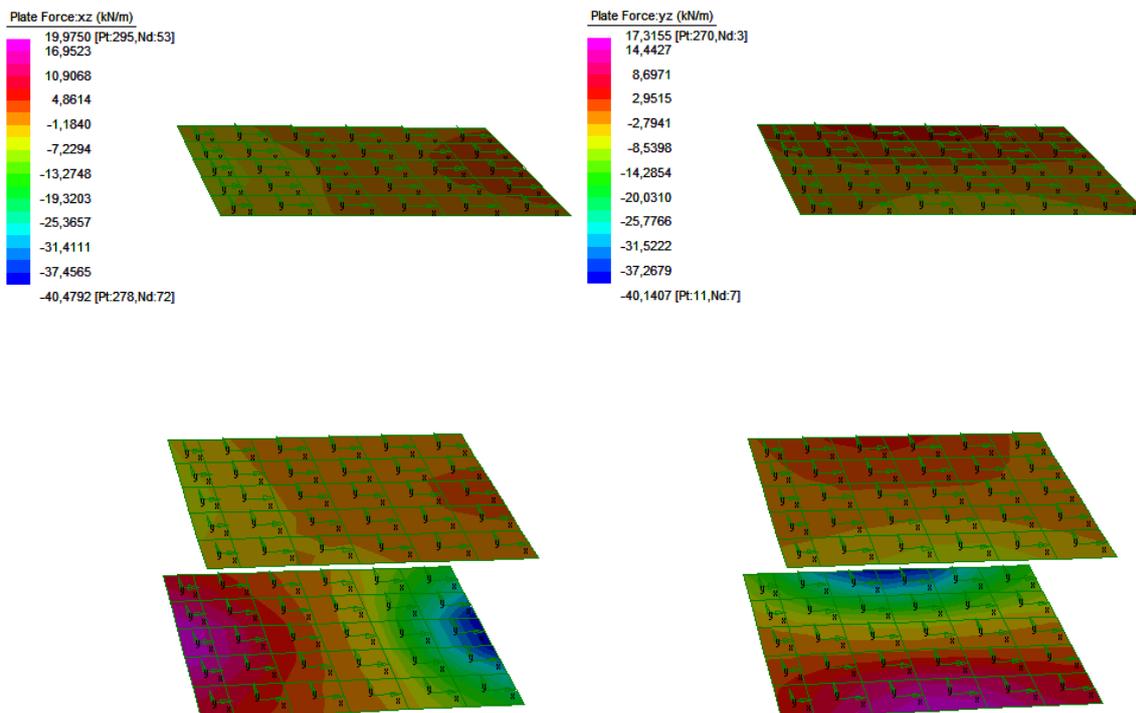
**SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED  
INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1  
FORTEZZA-PONTE GARDENA**

**RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI  
POMPAGGIO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	22 di 36



**Figura 7.11 Involuppo massimo del Momento flettente - Comb. SLV [kNm/m]**



**Figura 7.12 Involuppo minimo della sollecitazione tagliante - Comb. SLV [kN/m]**

<p>IMPRESE</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>Impresa Silvio Dierobon consorzio triveneto rocciatori</p> <p>SO GEN</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI POMPAGGIO</b></p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>SI000C001</td> <td>A</td> <td>23 di 36</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	23 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	23 di 36								

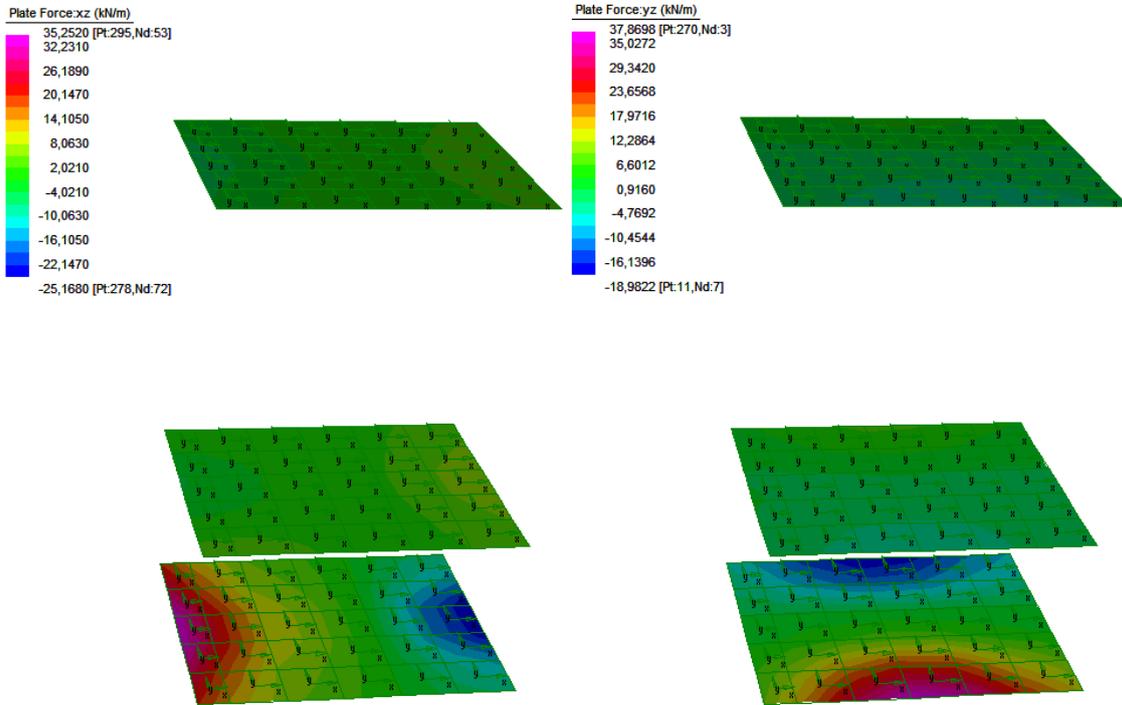


Figura 7.13 Involuppo massimo della sollecitazione tagliante - Comb. SLV [kN/m]

Tabella 7.1 Riassunto sollecitazioni su solette

RIASSUNTO SOLLECITAZIONI SOLETTE			
M <sub>SLE</sub> [kNm/m]		V <sub>SLE</sub> [kN/m]	
XX	YY	xz	yz
10,4	10,5	33,7	28,9
M <sub>SLU</sub> [kNm/m]		V <sub>SLU</sub> [kN/m]	
XX	YY	xz	yz
13,9	14,1	45	39
M <sub>SLV</sub> [kNm/m]		V <sub>SLV</sub> [kN/m]	
XX	YY	xz	yz
13,6	13,6	40,5	40,2

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>consorzio triveneto rocciatori</p> <p>Impresa Silvio Dierobon</p> <p>SO GEN</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI POMPAGGIO</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>SI000C001</td> <td>A</td> <td>24 di 36</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	24 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	24 di 36								

### 7.5.2 Pareti laterali

Si riportano di seguito le sollecitazioni ricavate dal software di calcolo:

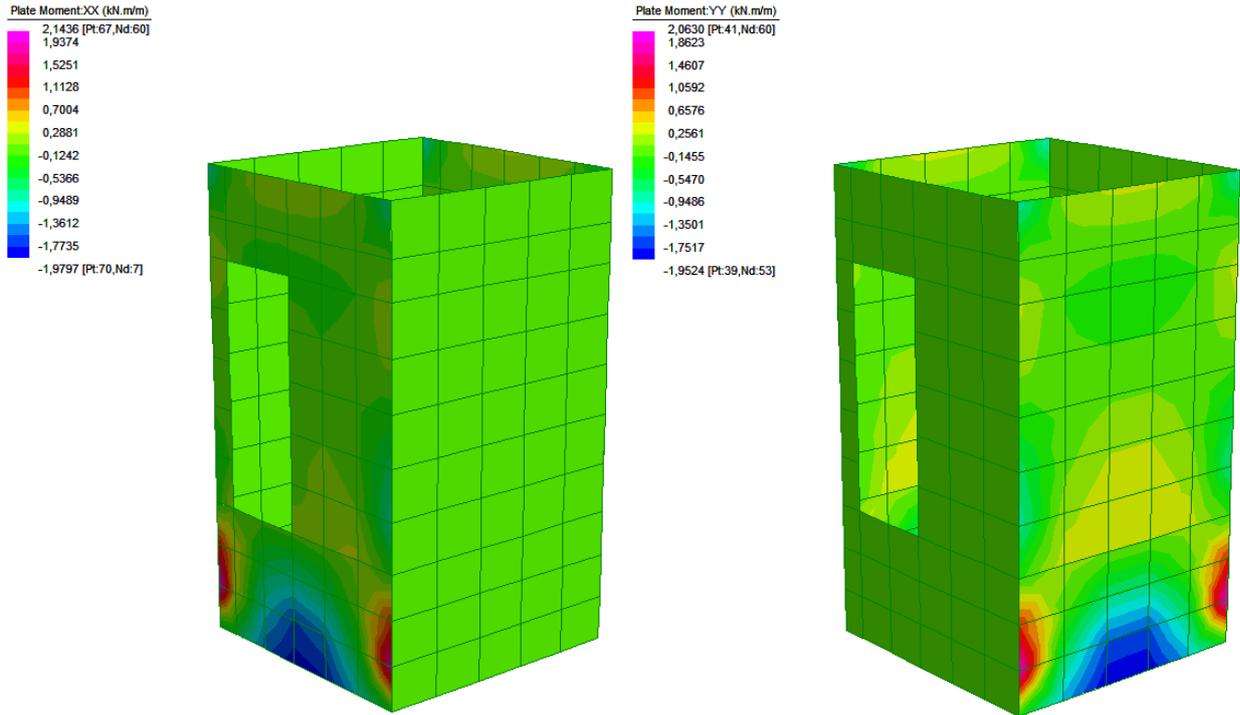


Figura 7.14 Involuppo minimo del Momento flettente - Comb. SLE [kNm/m]

IMPRESE

**QUADRIO GAETANO**  
COSTRUZIONI S.P.A.

PROGETTISTI

P.A.T. s.r.l.

Impresa Silvia Diarodon  
consorzio  
triveneto  
rocciatori

SO  
GEN

QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

**SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED  
INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1  
FORTEZZA-PONTE GARDENA**

**RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI  
POMPAGGIO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	25 di 36

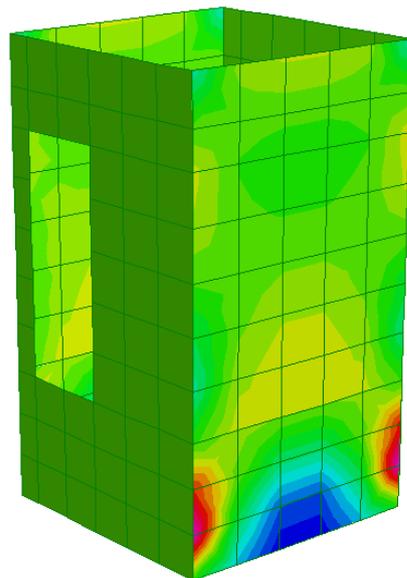
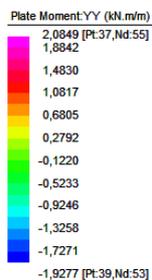
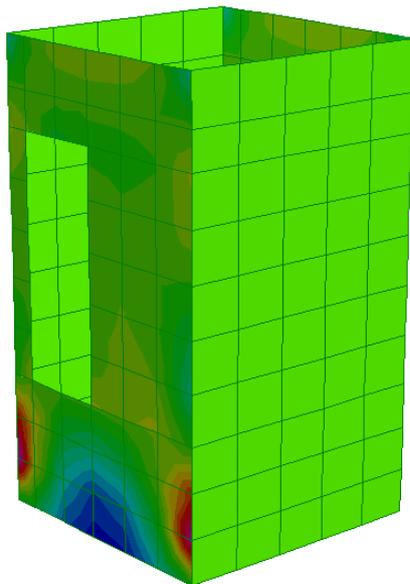
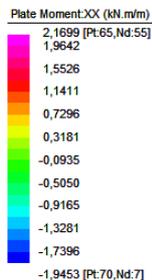


Figura 7.15 Involuppo massimo del Momento flettente - Comb. SLE [kNm/m]

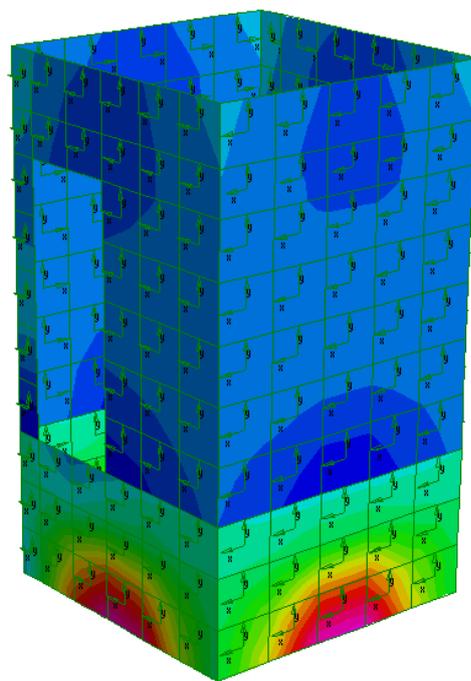
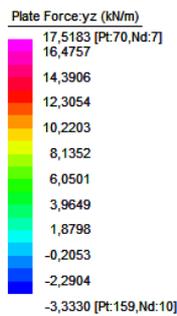
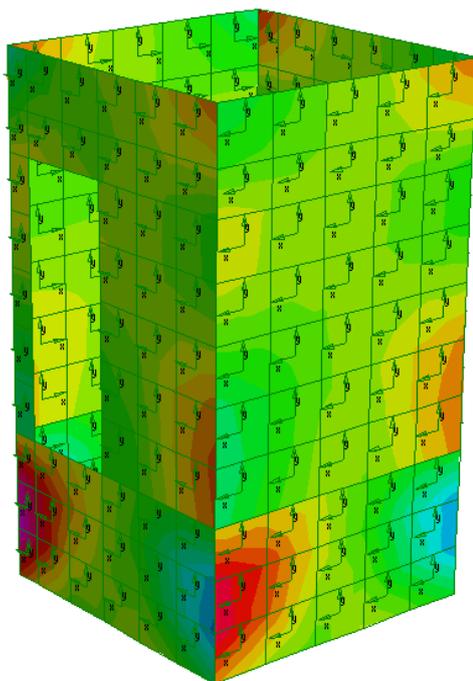
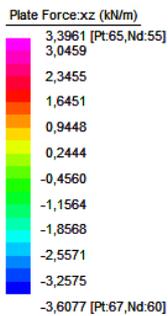


Figura 7.16 Involuppo minimo della sollecitazione tagliante - Comb. SLE [kN/m]

IMPRESA

**QUADRIO GAETANO**  
COSTRUZIONI S.P.A.

PROGETTISTI

**P.A.T. s.r.l.**

Impresa Silvio Dierobon  
consorzio  
triveneto  
rocciatori

**SO  
GEN**

QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

**SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED  
INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1  
FORTEZZA-PONTE GARDENA**

**RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI  
POMPAGGIO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	26 di 36

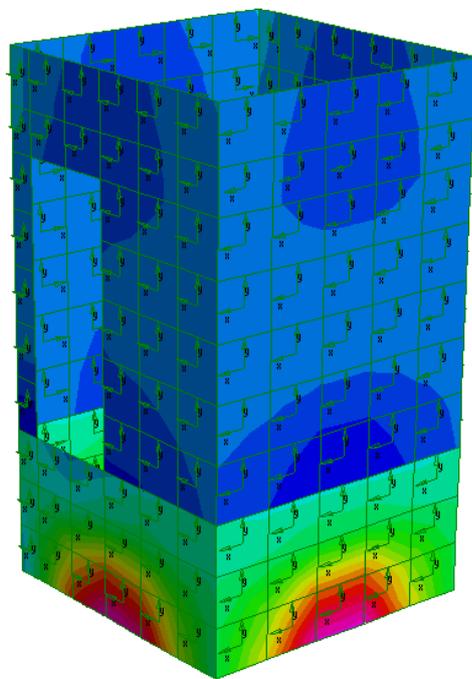
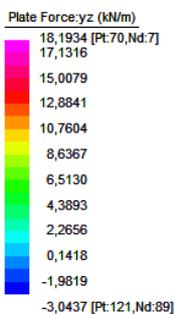
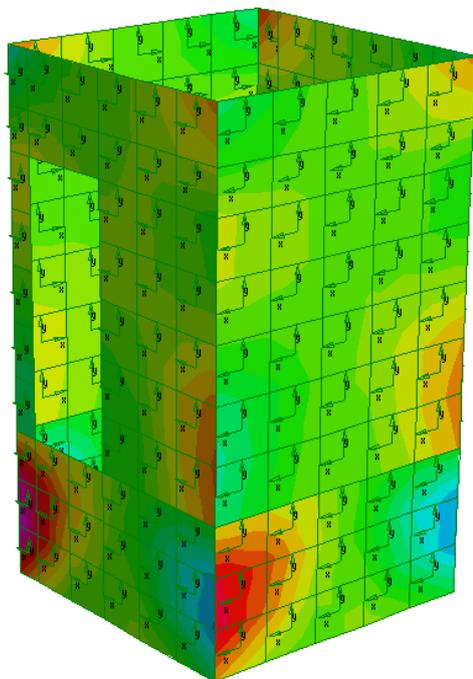
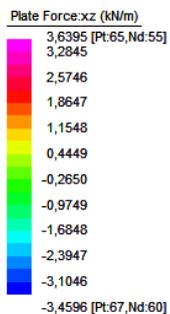


Figura 7.17 Involuppo massimo della sollecitazione tagliante - Comb. SLE [kN/m]

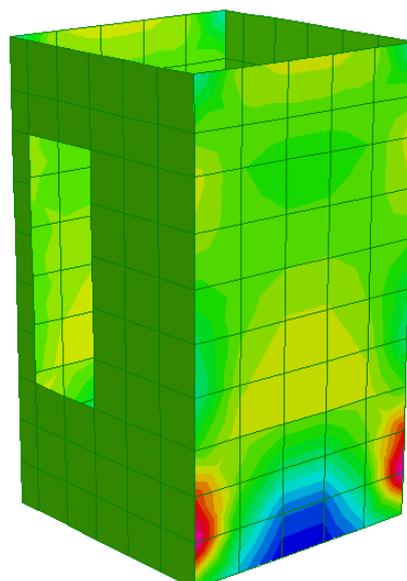
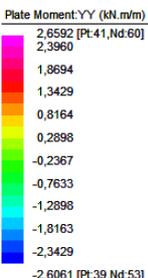
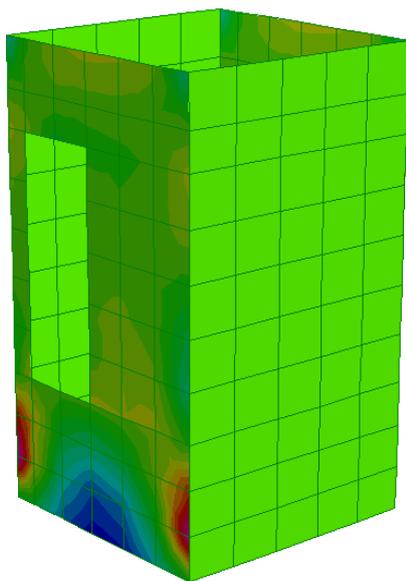
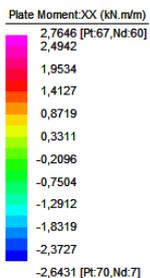


Figura 7.18 Involuppo minimo del Momento flettente - Comb. SLU [kNm/m]

IMPRESA

**QUADRIO GAETANO**  
COSTRUZIONI S.P.A.

PROGETTISTI

**P.A.T. s.r.l.**

**Impresa Silvia Diason**  
consorzio  
triveneto  
rocciatori

**SO  
GEN**

QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

**SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED  
INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1  
FORTEZZA-PONTE GARDENA**

**RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI  
POMPAGGIO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	27 di 36

Plate Moment:XX (kN.m/m)

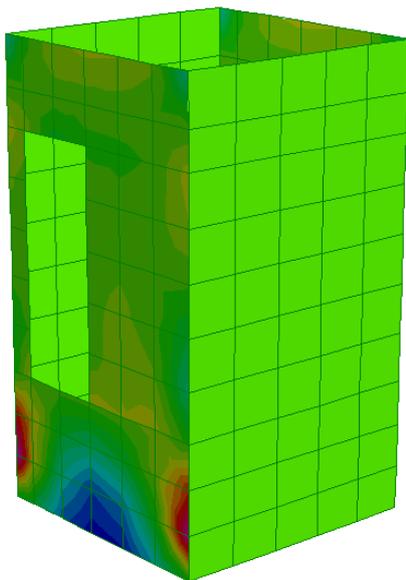
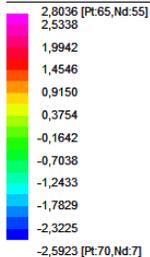
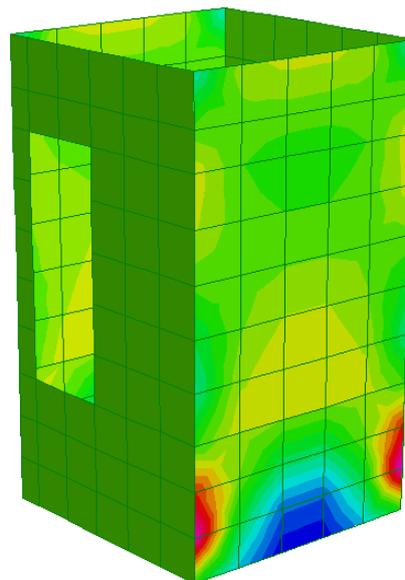
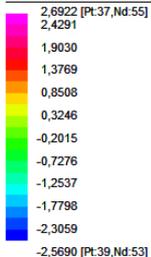


Plate Moment:YY (kN.m/m)



**Figura 7.19 Involuppo massimo del Momento flettente - Comb. SLU [kNm/m]**

Plate Force:yz (kN/m)

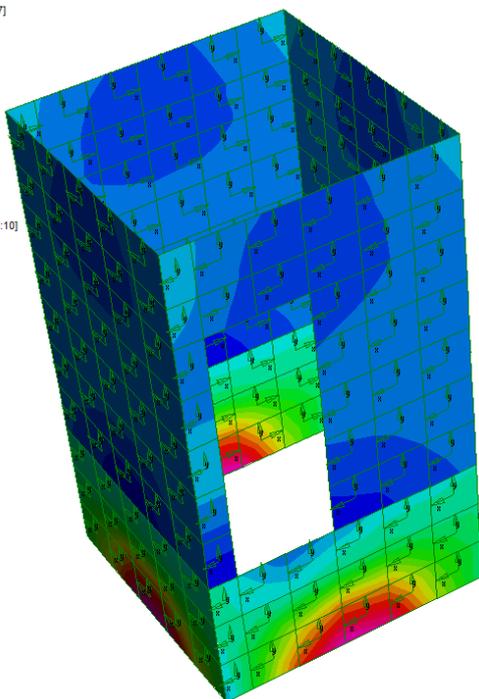
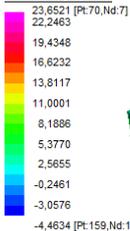
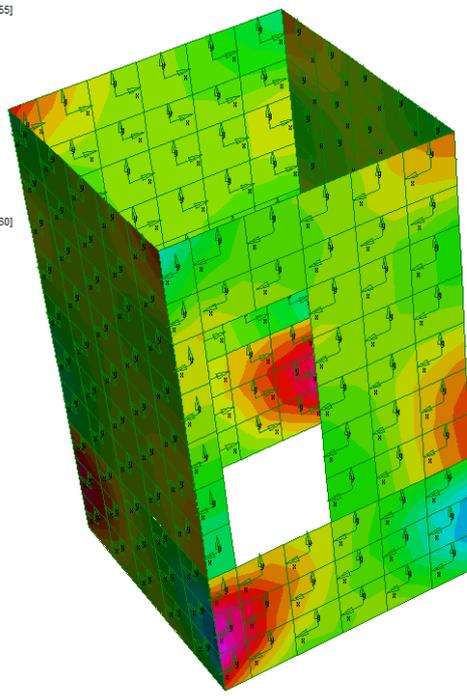
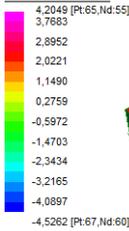


Plate Force:xz (kN/m)



**Figura 7.20 Involuppo minimo della sollecitazione tagliante - Comb. SLU [kN/m]**

IMPRESE

**QUADRIO GAETANO**  
COSTRUZIONI S.P.A.

PROGETTISTI

**P.A.T. s.r.l.**

**Impresa Silvio Dierobon**  
consorzio  
triveneto  
rocciatori

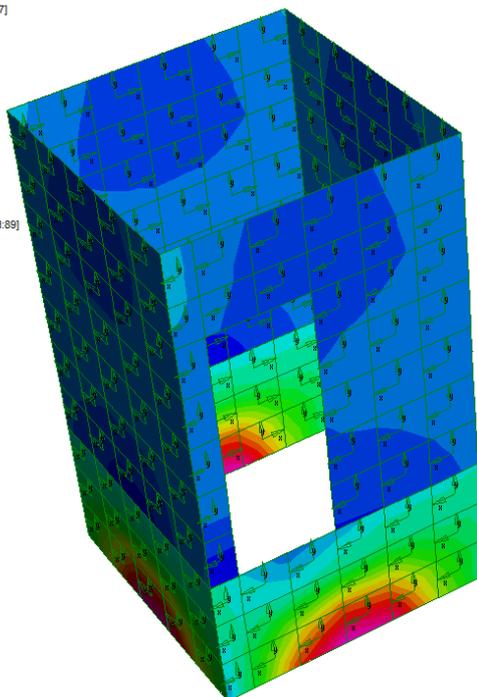
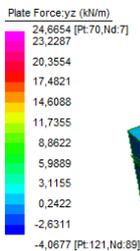
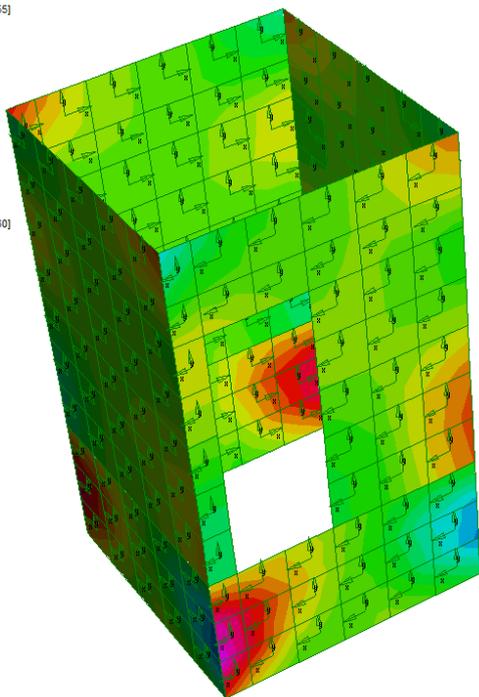
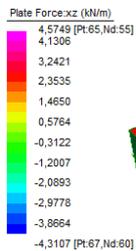
**SO  
GEN**

QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

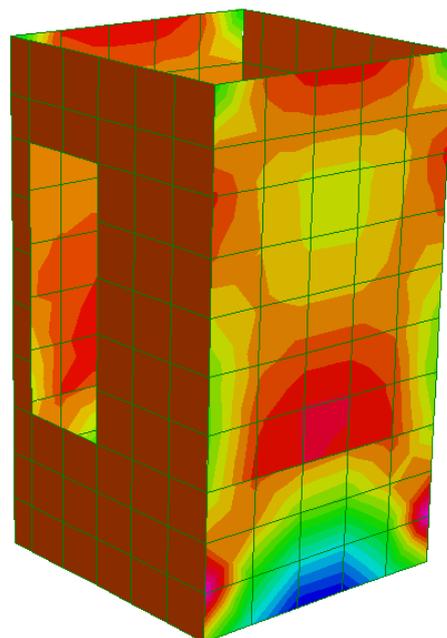
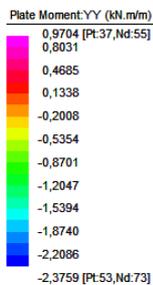
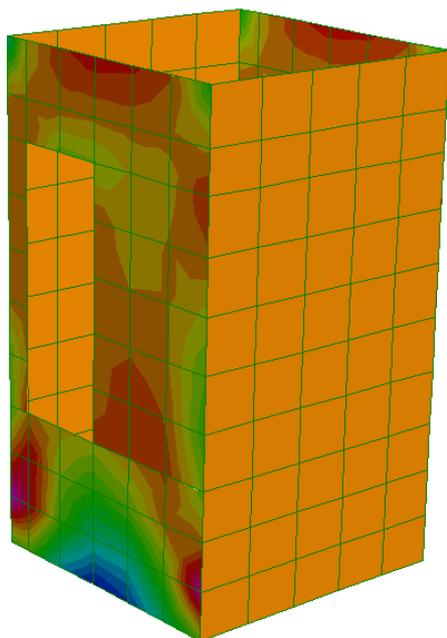
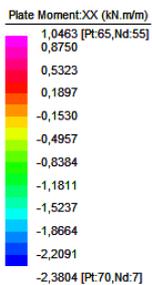
**SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED  
INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1  
FORTEZZA-PONTE GARDENA**

**RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI  
POMPAGGIO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	28 di 36



**Figura 7.21 Involuppo massimo della sollecitazione tagliante - Comb. SLU [kN/m]**



**Figura 7.22 Involuppo minimo del Momento flettente - Comb. SLV [kNm/m]**

IMPRESE

**QUADRIO GAETANO**  
COSTRUZIONI S.P.A.

PROGETTISTI

**P.A.T. s.r.l.**

**Impresa Silvia Diason**  
consorzio  
triveneto  
rocciatori

**SO  
GEN**

QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

**SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED  
INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1  
FORTEZZA-PONTE GARDENA**

**RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI  
POMPAGGIO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	29 di 36

Plate Moment:XX (kN.m/m)

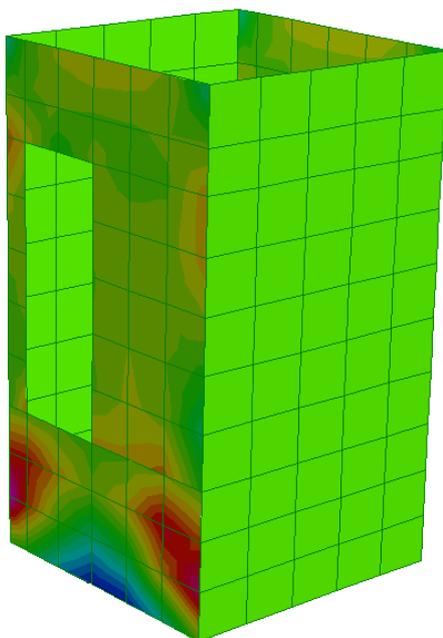
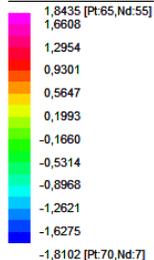
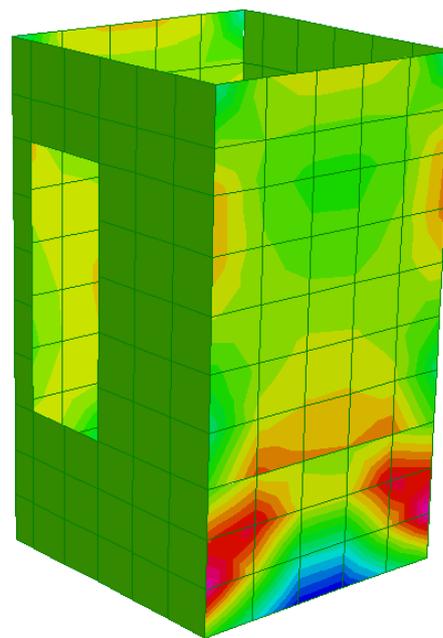
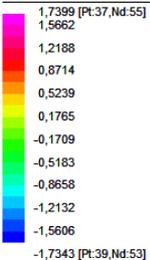


Plate Moment:YY (kN.m/m)



**Figura 7.23 Involuppo massimo del Momento flettente - Comb. SLV [kNm/m]**

Plate Force:xz (kN/m)

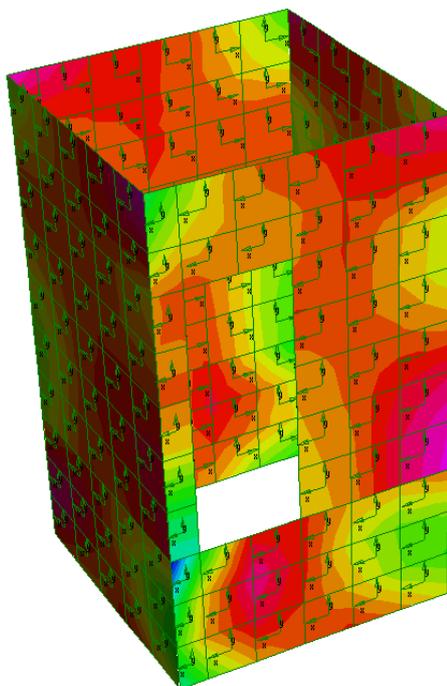
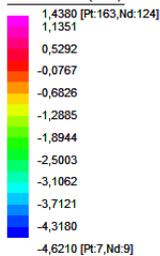
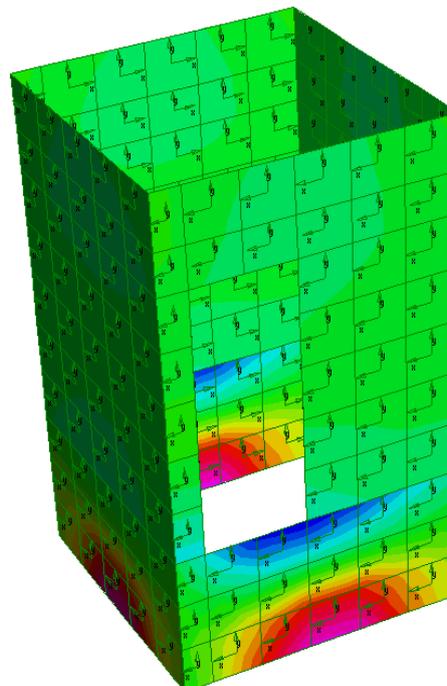
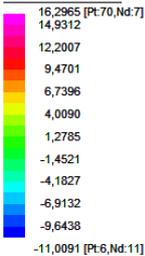


Plate Force:yz (kN/m)



**Figura 7.24 Involuppo minimo della sollecitazione tagliante - Comb. SLV [kN/m]**

<p>IMPRESE</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>SO GEN</b></p> <p><i>Impresa Silvia Diarodon</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI POMPAGGIO</b></p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>SI000C001</td> <td>A</td> <td>30 di 36</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	30 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	30 di 36								

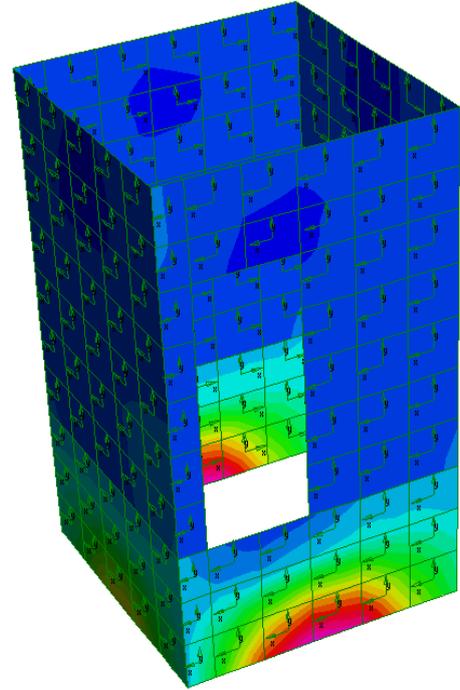
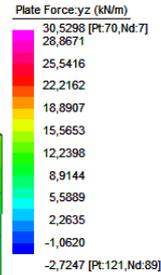
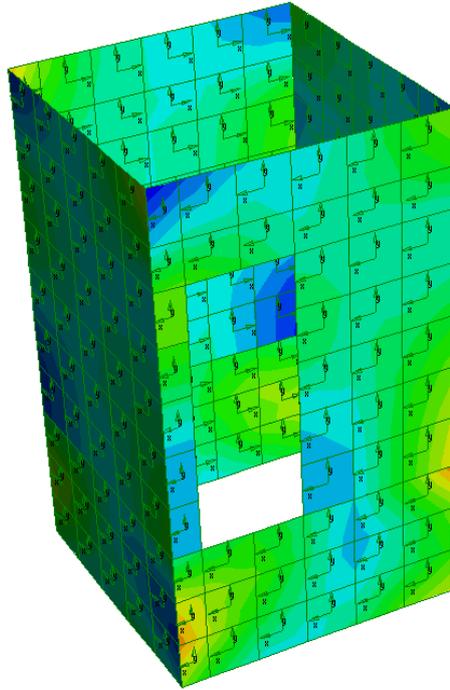
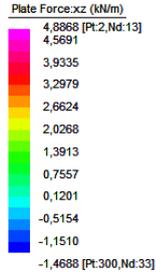


Figura 7.25 Involuppo massimo della sollecitazione tagliante - Comb. SLV [kN/m]

Tabella 7.2 Riassunto sollecitazioni su pareti laterali

RIASSUNTO SOLLECITAZIONI PARETI			
M <sub>SLE</sub> [kNm/m]		V <sub>SLE</sub> [kN/m]	
XX	YY	xz	yz
2,2	2,1	3,7	18,2
M <sub>SLU</sub> [kNm/m]		V <sub>SLU</sub> [kN/m]	
XX	YY	xz	yz
2,8	2,7	23,7	24,7
M <sub>SLV</sub> [kNm/m]		V <sub>SLV</sub> [kN/m]	
XX	YY	xz	yz
2,4	2,4	4,9	30,6

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>SO GEN</b></p>	<p>Impresa Silvio Dierobon</p> <p>consorzio triveneto rocciatori</p> <p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI POMPAGGIO</b></p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>SI000C001</td> <td>A</td> <td>31 di 36</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	31 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	31 di 36								

## 7.6 Armatura degli elementi strutturali

L'armatura prevista per gli elementi oggetto della presente relazione è costituita da maglie  $\Phi 10/20 \times 20$  cm.

Tale quantità di armatura è compatibile coi valori massimi e minimi riportati in normativa:

$$\rho_{\min} = \text{Max}(0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk} ; 0,0013 \cdot b_t \cdot d) = 0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk} =$$

$$= (0,26 \cdot 2,56 \text{ MPa} / 450 \text{ MPa}) \cdot b_t \cdot d = 0,0015 \cdot A_c$$

$$\rho = A_s / A_c = 10 \cdot 78,5 \text{ mm}^2 / 250 \text{ 000 mm}^2 = 0,00314$$

$$\rho_{\max} = 0,04 \cdot A_c$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \quad \rightarrow \quad 0,0015 < 0,00314 < 0,04 \quad \text{Rapporto di armatura verificato}$$

Servendosi del software VCAslu, del prof. Gelfi, si è definito il momento resistente della sezione.

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

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

TITOLO :

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	25	1	3,93	6
			2	3,93	19

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 0 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

P.to applicazione N  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

Proprietà	B450C	C25/30
$\epsilon_{su}$	67,5 ‰	$\epsilon_{c2}$ 2 ‰
$f_{yd}$	391,3 N/mm²	$\epsilon_{cu}$ 3,5 ‰
$E_s$	200.000 N/mm²	$f_{cd}$ 14,17
$E_s / E_c$	15	$f_{cc} / f_{cd}$ 0,8 ?
$\epsilon_{syd}$	1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 9,75
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	$\tau_{co}$ 0,6
		$\tau_{c1}$ 1,829

M<sub>xRd</sub> 35,01 kNm

$\sigma_c$  -14,17 N/mm²  
 $\sigma_s$  391,3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  21,34 ‰  
d 19 cm  
x 2,677 x/d 0,1409  
 $\delta$  0,7

Metodo di calcolo  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

Tipo flessione  
 Retta  Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
M-curvatura  
 Precompresso

Figura 7.26 Momento resistente calcolato con VCA-SLU

<p>IMPRESE</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>consorzio triveneto rocciatori</p> <p>Impresa Silvio Dierobon</p> <p>SO GEN</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI POMPAGGIO</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>SI000C001</td> <td>A</td> <td>32 di 36</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	32 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	32 di 36								

## 7.7 Verifiche

Essendo tutti gli elementi strutturali caratterizzati dal medesimo spessore ed armatura seguono le verifiche riferite alla sezione più sollecitata che permettono di ritenere implicitamente verificate anche quelle soggette a sollecitazioni minori.

Si nota che, a favore di sicurezza, nelle verifiche è stato considerato un calcestruzzo con classe di resistenza C25/30, inferiore rispetto a quella prevista a progetto (rif. Capitolo 3).

### 7.7.1.1 Verifiche di resistenza a flessione

Nelle rappresentazioni grafiche sottostanti si dimostra come la verifica a flessione risulti essere sempre soddisfatta. Infatti, impostando come limiti superiori ed inferiori i momenti resistenti calcolati precedentemente, si nota che le sollecitazioni agenti risultano essere, per l'intera sezione, sempre inferiori rispetto ai momenti resistenti:

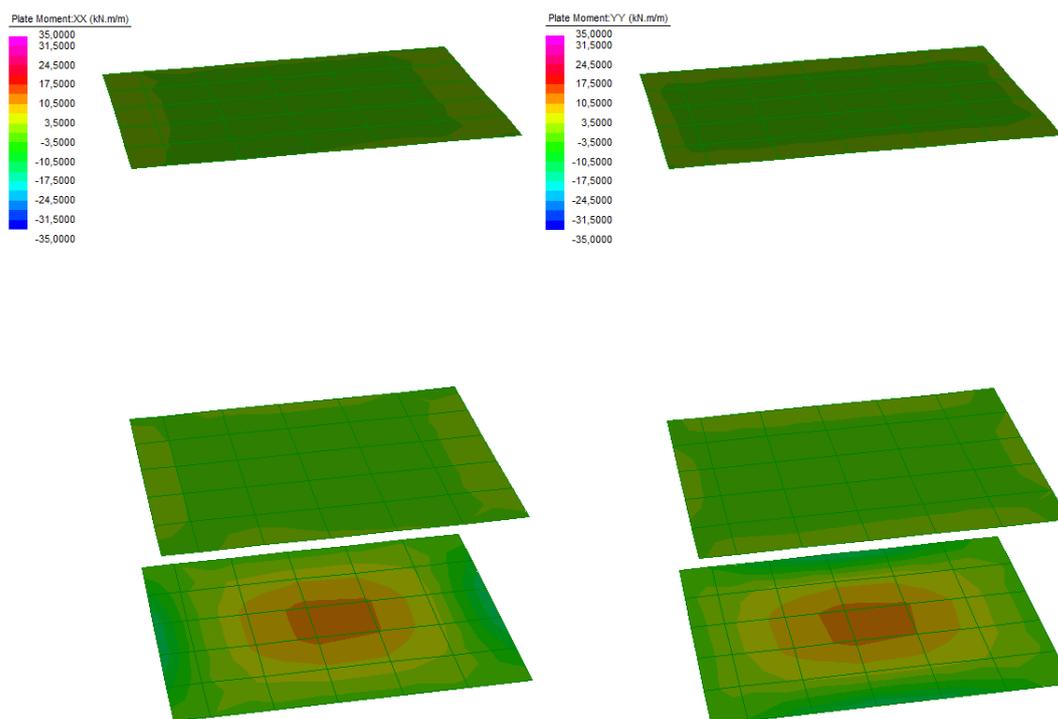
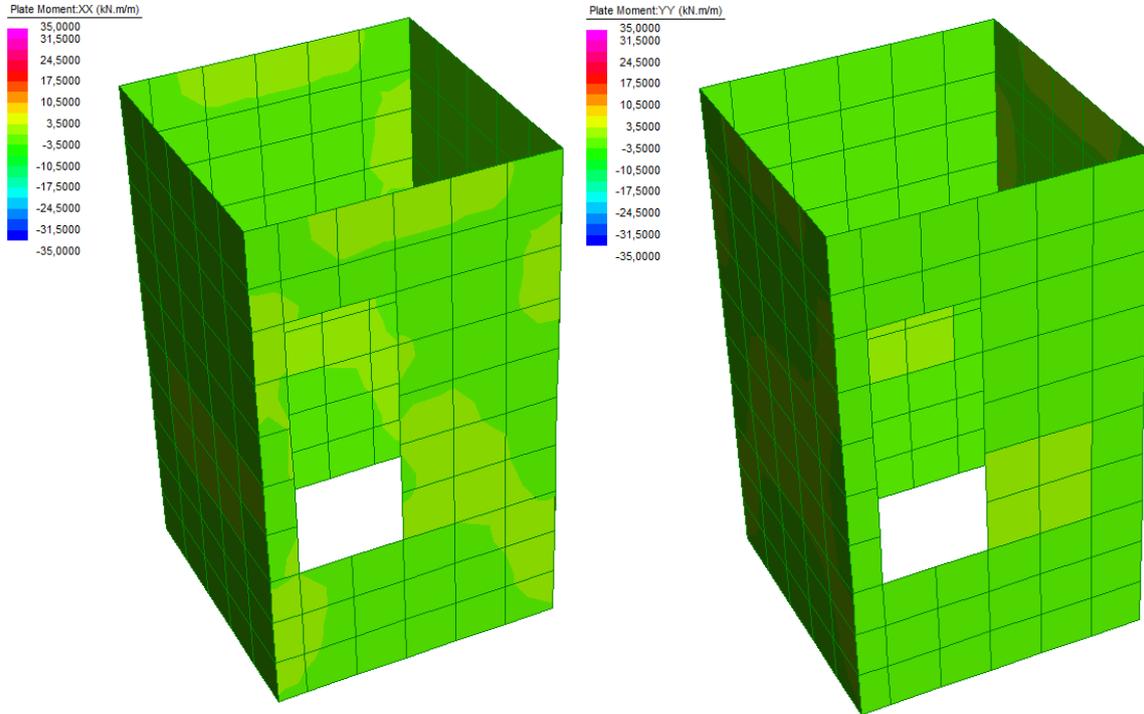


Figura 7.27 Verifica a flessione – solette

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>consorzio triveneto rocciatori</p> <p>Impresa Silvio Dierobon</p> <p>SO GEN</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI POMPAGGIO</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>SI000C001</td> <td>A</td> <td>33 di 36</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	33 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	33 di 36								



**Figura 7.28** Verifica a flessione – pareti laterali

La verifica risulta soddisfatta.

<p>IMPRESE</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>SO GEN</b></p> <p><small>Impresa Silvio Dierobon</small> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI POMPAGGIO</b></p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>SI000C001</td> <td>A</td> <td>34 di 36</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	34 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	34 di 36								

### 7.7.1.2 Verifiche di resistenza a taglio

Si considera la sezione soggetta a sforzo tagliante più gravoso, pari a 45 kN (rif. Par. 7.5.1).

Si riporta il riassunto della verifica di resistenza a taglio su un foglio di calcolo implementato dal progettista:

VERIFICA A TAGLIO DI SEZIONI IN C.A					
<b>GEOMETRIA SEZIONE</b>					
base $b_w$	1000	[mm]	d utile	210	[mm]
altezza	250	[mm]	area	250000	[mm <sup>2</sup> ]
copriferro	40	[mm]			
<b>MATERIALI</b>					
			<i>calcestruzzo</i>		
			$R_{ck}$	30	[N/mm <sup>2</sup> ]
<i>acciaio</i>	B450C		$f_{ck}$	25	[N/mm <sup>2</sup> ]
$f_{yk}$	450	[N/mm <sup>2</sup> ]	$\gamma_c$	1,5	
$\gamma_s$	1,15		alfa cc	0,85	
$f_{yd}$	391	[N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{cd}$	14,2	[N/mm <sup>2</sup> ]
			$f'_{cd}$	7,1	[N/mm <sup>2</sup> ]
<b>SOLLECITAZIONE</b>					
	<b>Vsd</b>		<b>45,0</b>		<b>[kN]</b>
<i>elementi senza armature trasversali resistenti a taglio</i> [punto 4.1.2.1.3.1]					
<i>(per solai piastre e membrature --&gt; si calcola la resistenza a trazione del cls)</i>					
k	1,98				
$V_{min}$	0,486				
Asl	392,5	[mm <sup>2</sup> ]	area armatura longitudinale tesa		
$\rho_1$	0,002	<	0,020		
$\sigma_{cp}$	0,000	<	2,833	[MPa]	
$N_{Sd}$	0	[kN]	sforzo di compressione		
$V_{Rd}$	83,24	[kN]	$V_{Rd,min}$	102,07	[kN]
<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>102,07</b>	[kN]			
<b><math>V_{rd} &gt; V_{sd}</math> sezione verificata senza armature trasversali a taglio</b>					

La verifica risulta soddisfatta senza l'inserimento di armatura specifica a taglio. Si prevede comunque l'inserimento di staffe di armatura  $\phi 10$  con passo di 20cm, per ulteriori informazioni e dettagli si rimanda ai relativi elaborati grafici.

<p>IMPRESE</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>SO G EN</b></p> <p><i>Impresa Silvio Dierobon</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI POMPAGGIO</b></p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>SI000C001</td> <td>A</td> <td>35 di 36</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	35 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	35 di 36								

### 7.7.1.3 Verifiche dello stato tensionale

La verifica tensionale agli SLE deve rispettare le seguenti limitazioni:

Tensioni nel calcestruzzo:  $\sigma_c \leq 0,55 \times f_{ck} = 13.69 \text{ MPa}$  (comb. Rara)

$\sigma_c \leq 0,40 \times f_{ck} = 9.96 \text{ MPa}$  (comb. Quasi Permanente)

Tensioni nell'acciaio:  $\sigma_s \leq 0,75 \times f_{yk} = 337.5 \text{ MPa}$  (comb. Rara)

Facendo riferimento al momento in condizione di SLE riportato nel Paragrafo 7.5.1 il momento massimo agente risulta essere:  $M_{SLE} = 10,5 \text{ kNm}$ .

Controllo tensionale per la Combinazione Caratteristica		
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	10,5 [kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15,0 [-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$h$	250 [mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000 [mm]
Copriferro	$d'$	40 [mm]
Altezza utile della sezione	$d$	210 [mm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	393 [mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	393 [mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	43,75 [mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	190803780,8 [mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	15 [MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360 [MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>2,41 [MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>137,23 [MPa]</b>

Figura 7.29 Verifica dello stato tensionale

La verifica risulta soddisfatta.

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>SO GEN</b></p> <p>Impresa Silvio Dierobon consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO STAZIONE DI POMPAGGIO</b></p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOLGIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>SI000C001</td> <td>A</td> <td>36 di 36</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOLGIO	IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	36 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOLGIO								
IB0A	00	E ZZ CL	SI000C001	A	36 di 36								

#### 7.7.1.4 Verifiche di fessurazione

A favore di sicurezza si considera la verifica a fessurazione con la sola combinazione caratteristica prevista dal manuale di RFI poiché più restrittiva di quella proposta in NTC2018.

Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Caratteristica		
<b>Momento sollecitante per la combinazione Caratteristica</b>	<b><math>M_{Ed,caratt.}</math></b>	<b>10,5 [kNm]</b>
Durata del carico		lunga [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	43,75 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	$\sigma_s$	137,23 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	2,6 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	$k_f$	0,4 [-]
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	68,7489624 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	68748,9624 [mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0,00571 [-]
Rapporto tra $E_s/E_{cm}$	$\alpha_e$	6,35 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	-0,000245 [-] 0,000412 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	$\phi_{eq}$	10,00 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	$k_1$	0,8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	$k_2$	0,5 [-]
	$k_3$	3,4 [-]
	$k_4$	0,425 [-]
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	494,82 [mm] 494,82 [mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b><math>w_k</math></b>	<b>0,2037 [mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b><math>w_{max}</math></b>	<b>0,3 [mm]</b>

Figura 7.30 Verifica ampiezza delle fessure

La verifica risulta soddisfatta.