

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

Ing. Paolo Cucino

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI TRENTO  
Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche  
Dot. Paolo Cucino  
ISCRIZIONE ALBO N° 2216

## PROGETTO ESECUTIVO

### PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"

RELAZIONE

09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA

D-OPERA DI SCARICO ALL'ISARCO DELL'AREA DI FORCH E SISTEMAZIONE DI VERSANTE

-


Relazione di calcolo

APPALTATORE		SCALA:
IL DIRETTORE TECNICO  Ing. Pietro Garavocchio		-


COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I B O U	1 B	E	Z Z	C L	I D 2 0 0 0	0 0 1	B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	B. Pompei	01/07/2022	C. Andreocci	10/07/2022	D. Buttafoco (Dolomiti)	20/07/2022	IL PROGETTISTA P. Cucino
B	Emissione a seguito di istruttorie e interlocuzioni	B. Pompei	20/02/2023	C. Andreocci	21/02/2023	D. Buttafoco (Dolomiti)	27/02/2023	
								09/03/2023

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI TRENTO  
Dot. Paolo Cucino  
ISCRIZIONE ALBO N° 2216

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>								
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>								
Mandatario:	Mandanti:									
SWS Engineering S.p.A. SIST	PINI ITALIA M Ingegneria	GDP	GEOMIN	SIFEL						
09	-	IDROLOGIA	ED	IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo					IB0U	1BEZZ	CL	ID2000001	A	2 di 42

<b>1.</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>NORMATIVA, ELABORATI DI RIFERIMENTO E SOFTWARE UTILIZZATI</b> .....	<b>4</b>
2.1	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	4
2.2	ELABORATI DI RIFERIMENTO.....	5
2.2.1	Documenti referenziati .....	5
2.2.2	Documenti correlati .....	5
2.3	SOFTWARE IMPIEGATI .....	5
<b>3.</b>	<b>DESCRIZIONE GENERALE DELLA STRUTTURA</b> .....	<b>6</b>
3.1	TOMBINO IDRAULICO.....	6
3.1.1	Caratteristiche dei materiali.....	8
3.1.2	Copriferro .....	8
3.2	CRITERI DI ANALISI E VERIFICA .....	10
3.2.1	Normativa di riferimento .....	10
3.2.2	Analisi e verifica dei sistemi di struttura e fondazione .....	10
3.2.3	Vita nominale, classe d'uso e caratteristiche di sismicità .....	11
3.3	INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....	11
<b>4.</b>	<b>MODELLAZIONE FEM</b> .....	<b>12</b>
4.1	CONDIZIONI AL CONTORNO.....	12
4.2	CARICHI AGENTI .....	14
4.3	COMBINAZIONI DELLE AZIONI.....	24
<b>5.</b>	<b>RISULTATI DELLE ANALISI</b> .....	<b>27</b>
<b>6.</b>	<b>VERIFICHE STRUTTURALI E GEOTECNICI</b> .....	<b>38</b>
6.1	VERIFICA STRUTTURALE .....	38
6.2	VERIFICA GEOTECNICA .....	39
6.2.1	Capacità portante.....	39
6.2.2	Cedimento verticale.....	40

APPALTATORE:										
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>								
Mandatario:		Mandanti:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>						
SWS Engineering S.p.A. SIST		PINI ITALIA M Ingegneria		GDP GEOMIN		SIFEL				
09	-	IDROLOGIA	ED	IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo				IB0U	1BEZZ	CL	ID2000001	A	3 di 42	

## 1. PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto la progettazione esecutiva dei lavori di realizzazione del Lotto 1 del quadruplicamento della linea ferroviaria Fortezza-Verona nella tratta "Fortezza – Ponte Gardena".

L'area oggetto di studio è ubicata nel territorio della Provincia Autonoma di Bolzano; il tracciato ferroviario di progetto si sviluppa tra l'abitato di Fortezza (porzione settentrionale della tratta), e l'abitato di Ponte Gardena (porzione meridionale della tratta). Le principali opere previste sono la galleria Scaleres (doppia canna, circa 15 km di lunghezza), in destra idrografica Isarco e la galleria Gardena (doppia canna, circa 6 km di lunghezza), in sinistra idrografica. Le due gallerie sono collegate da un viadotto (circa 200 m) che attraversa la val d'Isarco in prossimità della confluenza con la val di Funes.

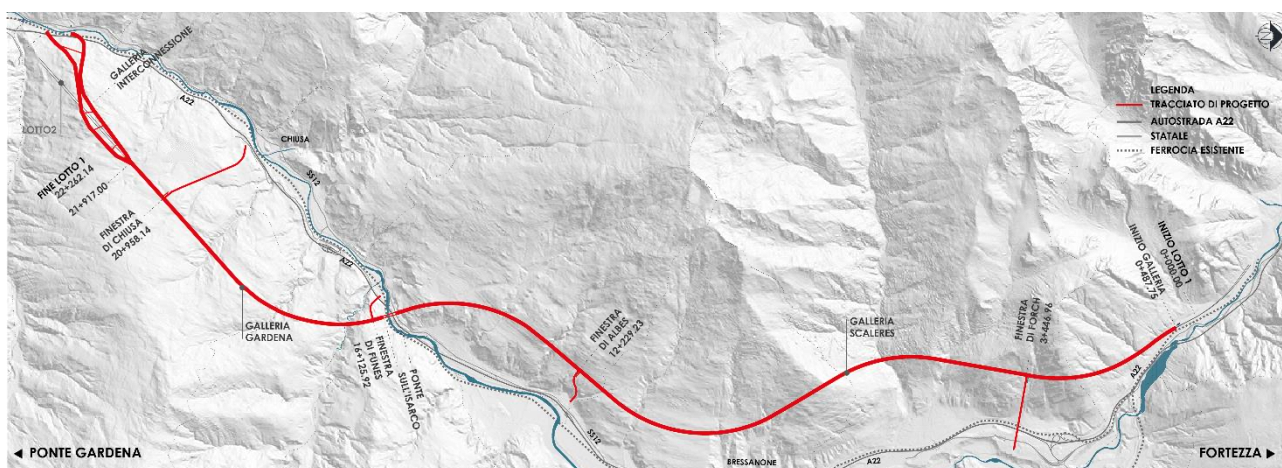



Fig. 1 – Panoramica degli interventi in progetto

Il progetto prevede inoltre le gallerie relative alle finestre di Forch (circa 1.3 km), Albes (circa 0.7 km), Funes (circa 0.5 km) e Chiusa (circa 1.8 km) e le gallerie di interconnessione di Ponte Gardena (Binario Pari circa 2.3 km, Binario Dispari circa 3.1 km). In Fig. 1 è riportato l'inquadratura geografica del tracciato di progetto.


La presente relazione tratterà della progettazione delle opere di scarico delle acque in arrivo nel piazzale di Forch nel fiume Isarco. In particolare, si riportano i calcoli strutturali di verifica del tombino di attraversamento della viabilità secondaria intercettata dal tracciato di scarico.

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. SIST Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO ID2000001	REV. A	FOGLIO. 4 di 42

## 2. NORMATIVA, ELABORATI DI RIFERIMENTO E SOFTWARE UTILIZZATI

### 2.1 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- [1] "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni (NTC 2008)" - DM Infrastrutture 14.01.2008;
- [2] Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 costruzioni e dei carichi e sovraccarichi – C.S.LL.PP. 02.02.2009;
- [3] C.S.LL.PP., Circolare n°617 del 02/02/2009, "Istruzioni per l'applicazione delle "nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14/01/2008";
- [4] P.C.S.LL.PP., "Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive";
- [5] Decreto Ministero delle Infrastrutture e Trasporti 02/02/2018, "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni";
- [6] UNI EN 1992-1-1:2005, Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- [7] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE I / Aspetti Generali (RFI DTC SI MA IFS 001 A);
- [8] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 1 / Ambiente e Geologia (RFI DTC SI AG MA IFS 001 B – rev 22/12/2017);
- [9] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 2 / Ponti e Strutture (RFI DTC SI PS MA IFS 001 B – rev 22/12/2017);
- [10] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 3 / Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 B – rev 22/12/2017);
- [11] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 4 / Gallerie (RFI DTC SI GA MA IFS 001 B – rev 22/12/2017);
- [12] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 6 / Sagome e Profilo minimo degli ostacoli (RFI DTC SI CS MA IFS 003 B – rev 22/12/2017);
- [13] UNI 11104: Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1;
- [14] CNR n.10024 dell'ottobre 1986. Analisi di strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo.
- [15] UNI EN 1990:2006: Eurocodice 0 – Criteri generali di progettazione strutturale;
- [16] UNI EN 1991-1-1:2004 Parte 1-1: Eurocodice 1 – Azioni in generale – Pesì per unità di volume, pesì proprio e sovraccarichi per gli edifici;
- [17] UNI EN 1991-1-1:2004 Parte 1-2: Eurocodice 1 – Azioni in generale - Azioni sulle strutture esposte al fuoco;
- [18] UNI EN 1991-1-1:2004 Parte 1-5: Eurocodice 1 – Azioni in generale - Azioni termiche;
- [19] UNI EN 1991-2:2005 Parte 2: Eurocodice 1 – Carichi da traffico sui ponti;
- [20] UNI EN 1992-1-1:2015 Parte 1-1: Eurocodice 2 – Regole generali e regole per gli edifici;
- [21] UNI EN 1992-1-2:2019 Parte 1-2: Eurocodice 2 – Regole generali – Progettazione strutturale contro l'incendio;
- [22] UNI EN 1992-2:2006 Parte 2: Eurocodice 2 – Ponti in calcestruzzo – Progettazione e dettagli costruttivi;
- [23] UNI EN 1992-3:2006 Parte 3: Eurocodice 2 – Strutture di contenimento liquidi;
- [24] UNI EN 1997-1:2013 Parte 1: Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Regole generali;

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. SIST Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
<b>09</b> - IDROLOGIA ED IDRAULICA Relazione di calcolo	COMMESSA <b>IBOU</b>	LOTTO <b>1BEZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>ID2000001</b>	REV. <b>A</b> FOGGIO. <b>5 di 42</b>

[25] UNI EN 1998-1:2013 Parte 1: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici;

[26] UNI EN 1998-5:2005 Parte 5: Eurocodice 8 – Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici;

[27] Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "Infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione Europea, modificato dal Regolamento di Esecuzione (UE) 776/2019".

## 2.2 ELABORATI DI RIFERIMENTO

### 2.2.1 Documenti referenziati

Sono stati utilizzati come input per il presente documento i seguenti elaborati:

- [28] IB0U1BEZZBZID2000001B – Planimetria;
- [29] IB0U1BEZZBZID2000002A – Profilo longitudinale;
- [30] IB0U1BEZZBZID2000003A – Sezioni trasversali – tav.1
- [31] IB0U1BEZZBZID2000004A – Sezioni trasversali – tav.2
- [32] IB0U1BEZZBZID2000005A – Sezioni trasversali – tav.3
- [33] IB0U1BEZZBZID2000006A – Sezioni trasversali – tav.4
- [34] IB0U1BEZZBZID2000007A – Particolari costruttivi;
- [35] IB0U1BEZZRIID2000001A - Relazione idrologica e idraulica

### 2.2.2 Documenti correlati


I documenti correlati, la cui lettura è consigliata per allargare la conoscenza dell'ambito del quale il presente documento si inquadra, sono:

- [36] C. Viggiani (1999). Fondazioni, Hevelius Edizioni.
- [37] NIST GCR 12-917-21 Soil-Structure Interaction for Building Structures.
- [38] RFI Rete Ferroviaria Italiana (2017). Manuale di progettazione delle Opere Civili- Parte II- Sezione 2 – Ponti e strutture, revisione B del 22/12/2017, codifica RFI DTC SI PS MA IFS 001 B
- [39] CNR n.10024 dell'ottobre 1986. Analisi di strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo

## 2.3 SOFTWARE IMPIEGATI

Le verifiche vengono effettuate tramite:

- Midas Gen 2022 v1.1 – CSPFea Engineering Solutions
- Fogli di calcolo interni.

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. SIST Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
<b>09</b> - <b>IDROLOGIA</b> <b>ED</b> <b>IDRAULICA</b> Relazione di calcolo	COMMESSA <b>IB0U</b>	LOTTO <b>1BEZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>ID2000001</b>	REV.    FOGLIO. <b>A</b> <b>6 di 42</b>

### 3. DESCRIZIONE GENERALE DELLA STRUTTURA

#### 3.1 TOMBINO IDRAULICO

Il tombino idraulica ha una massima larghezza di 2.00m con una lunghezza complessiva di 8.40m, passando sotto una strada secondaria per uno sviluppo di 3.15m.

Il tombino è costituito da elementi verticali e orizzontali realizzato in calcestruzzo armato con uno spessore di 25cm. Sopra il pozzetto a monte è appoggiato un grigliato tipo Orsogril quadrata di dimensioni 1.50x1.50m. Il pozzetto a valle invece è previsto un chiusino quadrata di dimensioni 0.60x0.60m.

La base dell'attraversamento della strada ha una pendenza di 1% per consentire il flusso delle acque meteoriche.

Sia all'inizio che alla fine del tombino sono previsti ali di collegamento tra il manufatto e il canale idraulico a monte e a valle dell'opera.

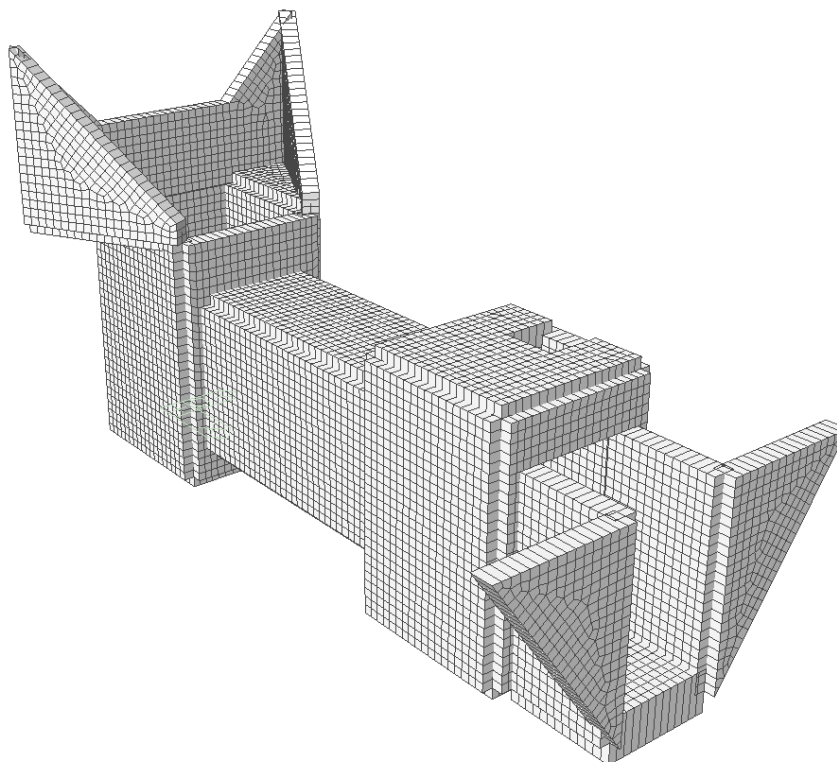



Figura 1: Vista 3D della struttura.



APPALTATORE: 		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>								
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. SIST Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL M Ingegneria		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>								
09	-	IDROLOGIA	ED	IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo				IBOU	1BEZZ	CL	ID2000001	A	7 di 42	

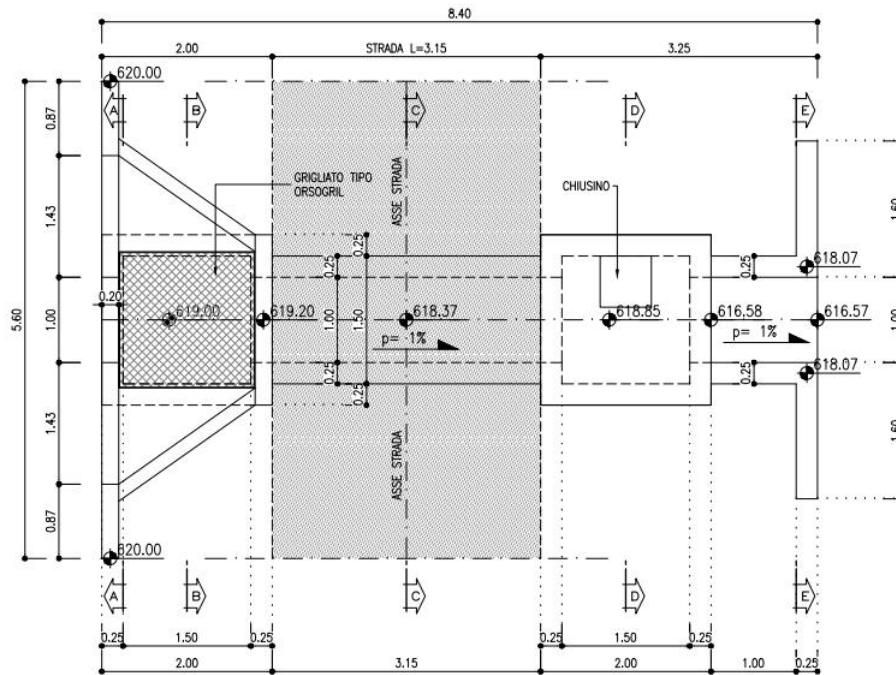


Figura 2: Pianta del manufatto.

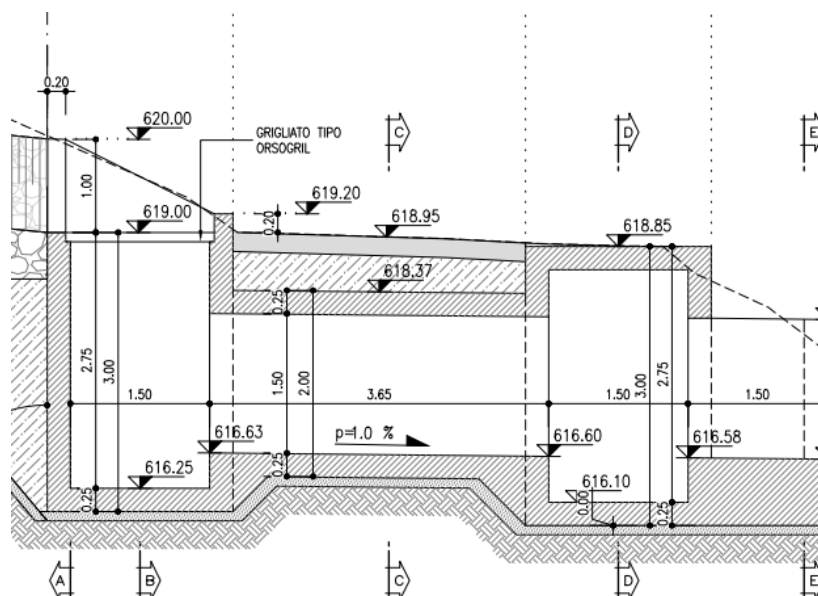



Figura 3: Sezione longitudinale del manufatto.

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. SIST Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO ID2000001	REV. A	FOGLIO. 8 di 42

### 3.1.1 Caratteristiche dei materiali

I materiali impiegati per la realizzazione dell'opera presentano le seguenti caratteristiche:

CALCESTRUZZO C 28/35		
Resistenza cubica a compressione	RCK	35
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	fck [Mpa]	28.00
Resistenza cilindrica media a compressione	fc <sub>m</sub> [Mpa]	36.00
Resistenza media a trazione per flessione	fct <sub>m</sub> [Mpa]	2.77
Resistenza caratteristica a trazione per flessione	fct <sub>k</sub> [Mpa]	1.94
Resistenza di progetto a compressione	fcd [Mpa]	15.87
Resistenza di progetto delle bielle compresse	fcd' [Mpa]	8.45
Barre a aderenza migliorata per elementi in cemento armato		
Resistenza di progetto a snervamento	f <sub>yd</sub> [Mpa]	391.30

Tabella 1 : Caratteristiche del calcestruzzo e l'acciaio impiegato per l'armatura lenta

Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici elencati al par.2.

### 3.1.2 Copriferro

Secondo le NTC2018 le condizioni ambientali sono classificabili secondo tre condizioni:


CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Figura 4: Descrizione delle condizioni ambientali.

La definizione delle classi di esposizione viene effettuata con riferimento alla norma UNI EN 206-1:2006 § 4.1. In assenza di indicazioni specifiche provenienti dalla caratterizzazione geotecnica, la struttura in esame è considerata in condizioni ambientali aggressive e con classe di esposizione XC3 – Ciclicamente bagnato ed asciutto.

La tabella seguente della norma UNI-EN 11104-2004 restituisce la classe minima del calcestruzzo da impiegarsi in funzione delle classi di esposizione determinate:



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. SIST	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA	Relazione di calcolo	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO ID2000001	REV. A	FOGLIO. 9 di 42

	Classi di esposizione																	
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotta da cloruri						Attacco da cicli di gelo/disgelo				Ambiente aggressivo per attacco chimico		
						Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti									
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Massimo rapporto a/c	-	0,60	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,50	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	
Minima classe di resistenza <sup>1)</sup>	C12/15	C25/30	C28/35	C32/40	C32/40	C35/45	C28/35	C32/40	C35/45	32/40	25/30	28/35	28,35	32/40	35/45			
Minimo contenuto in cemento (kg/m <sup>3</sup> )	-	300	320	340	340	360	320	340	360	320	340	360	320	340	360			
Contenuto minimo in aria (%)													3,0 <sup>2)</sup>					
Altri requisiti																		
*) Nel prospetto 7 della UNI EN 206-1 viene riportata la classe C8/10 che corrisponde a specifici calcestruzzi destinati a sottofondazioni e ricoprimenti. Per tale classe dovrebbero essere definite le prescrizioni di durabilità nei riguardi di acque o terreni aggressivi.																		
a) Quando il calcestruzzo non contiene aria aggiunta, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI 7087, per la relativa classe di esposizione.																		
b) Qualora la presenza di solfati comporti le classi di esposizione XA2 e XA3 è essenziale utilizzare un cemento resistente ai solfati secondo UNI 9156.																		

Figura 5: Valori minimi per la composizione e le proprietà del calcestruzzo.

Al fine della protezione delle armature dalla corrosione, lo strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve essere dimensionato in funzione dell'aggressività dell'ambiente e della sensibilità delle armature alla corrosione, tenendo anche conto delle tolleranze di posa delle armature; a tale scopo si può fare utile riferimento alla UNI EN 1992-1-1. Il copriferro nominale è definito come il copriferro minimo,  $c_{min}$  più un margine di progetto per gli scostamenti,  $\Delta c_{dev}$ :

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$


Deve essere utilizzato il massimo valore di  $c_{min}$  che soddisfi sia i requisiti relativi all'aderenza ( $c_{min,b}$ ), sia quelli relativi alle condizioni ambientali ( $c_{min,dur}$ ).

$$c_{min} = \max \{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,g} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}\}$$

Per far sì che le forze di aderenza siano trasmesse adeguatamente, e che il calcestruzzo sia sufficientemente compatto, si raccomanda che il copriferro minimo non sia inferiore ai valori di  $c_{min,b}$  dati nel prospetto seguente.

Requisito relativo all'aderenza	
Disposizione delle armature	Copriferro minimo $c_{min,b}$ <sup>*)</sup>
Isolate	Diametro della barra
Raggruppate	Diametro equivalente ( $\phi_n$ ) (vedere punto 8.9.1)
*) Se la dimensione nominale massima dell'aggregato è maggiore di 32 mm, si raccomanda di aumentare $c_{min,b}$ di 5 mm.	

Figura 6: Copriferro minimo  $c_{min,b}$  richiesto con riferimento all'aderenza.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>								
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>								
Mandatario:	Mandanti:									
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL							
SIST	M Ingegneria									
09	-	IDROLOGIA	ED	IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo					IB0U	1BEZZ	CL	ID2000001	A	10 di 42

Requisito ambientale per $c_{min,dur}$ (mm)							
Classe strutturale	Classe di esposizione secondo il prospetto 4.1						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1 / XS1	XD2 / XS2	XD3 / XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

Figura 7: Valori del copriferro minio  $c_{min,dur}$  requisiti con riferimento alla durabilità per acciai da armatura ordinaria, in accordo alla EN 10080.

### Fig. 3.1 – Valori del copriferro minio $c_{min,dur}$ requisiti con riferimento alla durabilità per acciai da armatura ordinaria, in accordo alla EN 10080

I valori raccomandati in assenza di prescrizioni aggiuntive per i margini  $\Delta c_{dur,g}$ ,  $\Delta c_{dur,st}$ ,  $\Delta c_{dur,add}$  è 0 mm.  
 $c_{min} = \max \{12 \text{ mm}; 25 \text{ mm}; 10 \text{ mm}\} = 25 \text{ mm}$

Nel calcolo del copriferro nominale,  $c_{nom}$ , si deve aumentare il copriferro minimo per tener conto degli scostamenti ( $\Delta c_{dev}$ ). Il copriferro minimo richiesto deve essere aumentato del valore assoluto dello scostamento negativo accettato. Il valore raccomandato è 10 mm.

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$$

In riferimento all'analisi di durabilità, si assume, a favore di sicurezza e per praticità il copriferro riportato di seguito:

Tab. 3-1 – Definizione del copriferro nominale

Campo di impiego	Classe di esposizione ambientale	Classe di resistenza $[C(f_{ck}/R_{ck})_{min}]$	Copriferro nominale $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$
Tombino Idraulico	XC3	C28/35	35 mm

## 3.2 CRITERI DI ANALISI E VERIFICA


### 3.2.1 Normativa di riferimento

E' stata eseguita la progettazione in accordo con la normativa vigente e secondo le linee guida elencate nel capitolo "2"

### 3.2.2 Analisi e verifica dei sistemi di struttura e fondazione

In accordo con le NTC, le verifiche della struttura devono essere effettuate con riferimento ad almeno i seguenti stati limite:

- STR: rottura interna o eccessiva deformazione della struttura o degli elementi strutturali, nei quali la resistenza dei materiali contribuisce in modo significativo alla resistenza del sistema terreno-struttura.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>								
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>								
Mandatario:	Mandanti:									
SWS Engineering S.p.A. SIST	PINI ITALIA M Ingegneria	GDP	GEOMIN	SIFEL						
09	-	IDROLOGIA	ED	IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo					IB0U	1BEZZ	CL	ID2000001	A	11 di 42

- GEO: rottura, eccessivo cedimento o deformazione del terreno, nel quale la resistenza del suolo contribuisca in modo significativo alla resistenza del sistema terreno-struttura.

Conformemente a questo approccio, i valori caratteristici sono calcolati agli stati limite attraverso dei coefficienti parziali, corrispondenti alle combinazioni di Stato Limite Ultimo (SLU) e di Stato Limite di Esercizio (SLE). I fattori sono riduttivi se applicati ai valori caratteristici della resistenza del materiale, mentre sono amplificativi se applicati alle azioni agenti.

### 3.2.3 Vita nominale, classe d'uso e caratteristiche di sismicità

Con riferimento ad una vita utile di 50 anni, classe d'uso III, e sottosuolo di classe C, si calcolano i seguenti periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica:

- ✓ SLO:  $T_R = 45$  anni
- ✓ SLD:  $T_R = 75$  anni
- ✓ SLV:  $T_R = 712$  anni
- ✓ SLC:  $T_R = 1462$  anni

A fronte di una categoria di sottosuolo di tipo C, e di una verifica allo SLV si ottiene:

- ✓  $S=1,50$
- ✓  $a_{max}= 0,21g$

### 3.3 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

L'intervento in esame ricade all'interno dei depositi alluvionali recenti, caratterizzati da:


$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi' = 37^\circ$$

$$c' = 0 \text{ kPa}$$

$$E = 50 \text{ Mpa}$$

Le analisi sono state effettuate in accordo con la stratigrafia descritta nella Relazione geotecnica di caratterizzazione. Per ulteriori dettagli si rimanda a tale relazione.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>								
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>								
Mandatario:	Mandanti:									
SWS Engineering S.p.A. SIST	PINI ITALIA M Ingegneria	GDP	GEOMIN	SIFEL						
09	-	IDROLOGIA	ED	IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo					IBOU	1BEZZ	CL	ID2000001	A	12 di 42

## 4. MODELLAZIONE FEM

Al fine di cogliere fedelmente la risposta del sistema strutturale è stata realizzata una modellazione FEM 3D (Finite Element Method) per mezzo del software Midas Gen 2022 v1.1. Si è implementato quanto di seguito:

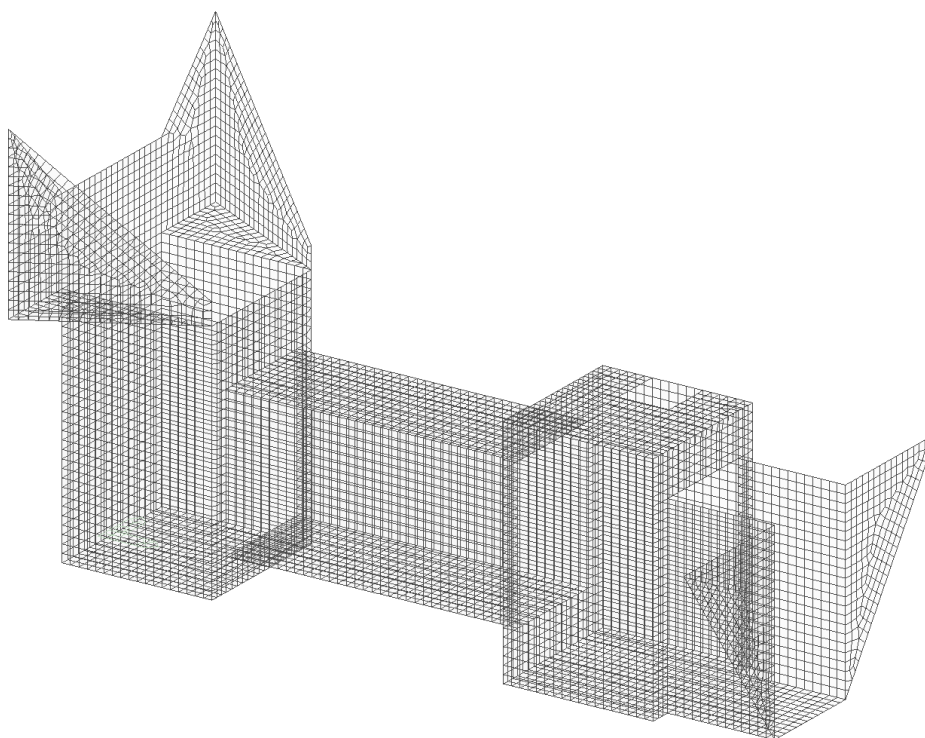


Figura 8: Vista 3D della struttura realizzata in elementi bidimensionali (shell).

### 4.1 CONDIZIONI AL CONTORNO

I vincoli tra i nodi della galleria e la discenderia sono di tipo rigidi in quanto il rivestimento definitivo garantisce un collegamento solidale.

L'interazione terreno struttura viene simulata per mezzo di molle non lineari reagenti a sola compressione. I relativi moduli sono computati con riferimento alle seguenti formulazioni:


APPALTATORE:			<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>							
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. SIST		Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL M Ingegneria		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
09	-	IDROLOGIA	ED	IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo				IB0U	1BEZZ	CL	ID2000001	A	13 di 42	

Table 2-2a Elastic Solutions for Static Stiffness of Rigid Footings at the Ground Surface

Degree of Freedom	Pais and Kausel (1988)	Gazetas (1991); Mylonakis et al. (2006)
Translation along z-axis	$K_{z,sur} = \frac{GB}{1-\nu} \left[ 3.1 \left( \frac{L}{B} \right)^{0.75} + 1.6 \right]$	$K_{z,sur} = \frac{2GL}{1-\nu} \left[ 0.73 + 1.54 \left( \frac{B}{L} \right)^{0.75} \right]$
Translation along y-axis	$K_{y,sur} = \frac{GB}{2-\nu} \left[ 6.8 \left( \frac{L}{B} \right)^{0.65} + 0.8 \left( \frac{L}{B} \right) + 1.6 \right]$	$K_{y,sur} = \frac{2GL}{2-\nu} \left[ 2 + 2.5 \left( \frac{B}{L} \right)^{0.85} \right]$
Translation along x-axis	$K_{x,sur} = \frac{GB}{2-\nu} \left[ 6.8 \left( \frac{L}{B} \right)^{0.65} + 2.4 \right]$	$K_{x,sur} = K_{y,sur} - \frac{0.2}{0.75-\nu} GL \left( 1 - \frac{B}{L} \right)$
Torsion about z-axis	$K_{zz,sur} = GB^3 \left[ 4.25 \left( \frac{L}{B} \right)^{2.45} + 4.06 \right]$	$K_{zz,sur} = GJ_t^{0.75} \left[ 4 + 11 \left( 1 - \frac{B}{L} \right)^{10} \right]$
Rocking about y-axis	$K_{yy,sur} = \frac{GB^3}{1-\nu} \left[ 3.73 \left( \frac{L}{B} \right)^{2.4} + 0.27 \right]$	$K_{yy,sur} = \frac{G}{1-\nu} (I_y)^{0.75} \left[ 3 \left( \frac{L}{B} \right)^{0.15} \right]$
Rocking about x-axis	$K_{xx,sur} = \frac{GB^3}{1-\nu} \left[ 3.2 \left( \frac{L}{B} \right) + 0.8 \right]$	$K_{xx,sur} = \frac{G}{1-\nu} (I_x)^{0.75} \left( \frac{L}{B} \right)^{0.25} \left[ 2.4 + 0.5 \left( \frac{B}{L} \right) \right]$

Notes:

Axes should be oriented such that  $L \geq B$ .  
 $I_i$  = area moment of inertia of soil-foundation contact,  $i$  denotes which axis to take the surface around.  
 $J_t = I_x + I_y$  polar moment of inertia of soil-foundation contact surface.  
 $G$  = shear modulus (reduced for large strain effects, e.g., Table 2-1).

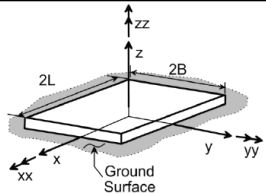


Figura 9: Formulazioni da NIST GCR 12-917-21 Soil-Structure Interaction for Building Structures

Nello specifico, al sottofondo del tombino idraulico è stata impiegata la formulazione di Pais & Kausel (1988) per la rigidità verticale:

$$K_{z,sur} = \frac{GB}{1-\nu} \left[ 3.1 \left( \frac{L}{B} \right)^{0.75} + 1.6 \right] \approx 2.0 \text{ kg/cm}^3$$


$$G = \frac{E_{op}}{2(1+\nu)}$$

- B: larghezza dell'elemento;
- L: lunghezza dell'elemento;
- $E_{op}$ : modulo elastico del terreno;
- $\nu$ : modulo di Poisson del terreno;
- G: modulo elastico del terreno;

IB0U1BEZZGEGE0006003B	2B [m]	2L [m]	$\nu$ [-]	$E_{op}$ [MPa]	G [MPa]	$K_{z,sur}$ [kN/m]	$K_{z,sur}$ [kg/cm <sup>3</sup> ]
<b>DEPOSITO ALLUVIONALE - AR</b>	1.75	7.15	0.3	50	19.23	252612	2.02

Mentre per gli elementi verticali controterra è stata utilizzata la formulazione di Galerkin, normale alla superficie di contatto, con un'altezza media di 2.50m.

$$K_N = \frac{E_{rm}}{H(1+\nu)} \approx 1.5 \text{ kg/cm}^3$$

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>								
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>								
Mandatario:	Mandanti:									
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL							
SIST	M Ingegneria									
09	-	IDROLOGIA	ED	IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo				IBOU	1BEZZ	CL	ID2000001	A	14 di 42	

## 4.2 CARICHI AGENTI

La struttura in oggetto è sottoposta alle seguenti azioni di progetto:

### SW Self Weight - Peso proprio:

Computato in automatico dal software in funzione della geometria assegnata il peso specifico di calcestruzzo:  $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$ .

### PERM – Peso permanente non strutturale:

I carichi permanenti non strutturali sono stati calcolati nella seguente maniera:

- **Grigliato tipo Orso-Grill** –  $50 \text{ kg/m}^2$   
 $50 \text{ kg/m}^2 \rightarrow 0.5 \text{ kN/m}^2$   
 $\rightarrow$  Carico totale:  $0.5 \text{ kN/m}^2 \times 1.50\text{m} \times 1.50\text{m} = 1.125 \text{ kN}$   
 $\rightarrow$  Carico sul perimetro:  $1.125 \text{ kN} / (1.50+1.50+1.50+1.50) \text{ m} = \mathbf{0.1875 \text{ kN/m}}$
  
- **Chiusino in calcestruzzo**  
 $\rightarrow$  Carico totale:  $25 \text{ kN/m}^3 \times 0.60\text{m} \times 0.60\text{m} \times 0.15\text{m} = 1.35 \text{ kN}$   
 $\rightarrow$  Carico sul perimetro:  $1.35 \text{ kN} / (0.60+0.60+0.60+0.60) \text{ m} = \mathbf{0.5625 \text{ kN/m}}$

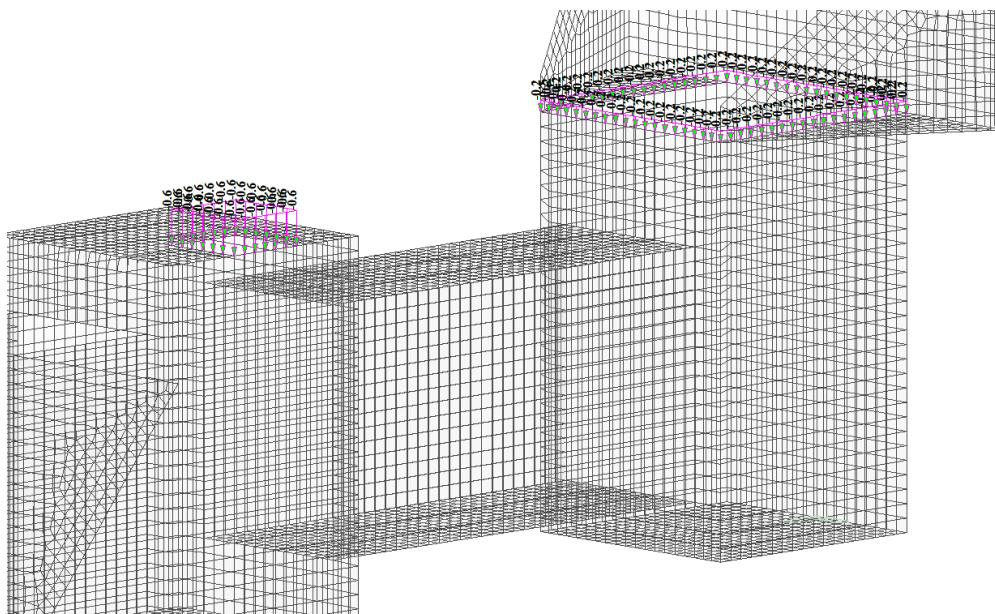



Figura 10: Applicazione dei carichi permanenti non strutturali nel modello degli elementi finiti [kN/m].

### EP Earth Pressure – Spinta del terreno:

Sono stati presi in considerazione i seguenti parametri del terreno per la valutazione della spinta del terreno. Il coefficiente di spinta a riposo è stata calcolata con la teoria di Rankine, ovvero  $K_0 = 1 - \sin(\phi')$ .



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>							
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>							
Mandatario:	Mandanti:								
SWS Engineering S.p.A. SIST	PINI ITALIA M Ingegneria	GDP	GEOMIN	SIFEL					
09 - IDROLOGIA	ED	IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	
Relazione di calcolo			IB0U	1BEZZ	CL	ID2000001	A	15 di 42	

IB0U1BEZZGEGE0006003B	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	c' [kPa]	$\phi'$ [°]	K0 [-]
<b>DEPOSITO ALLUVIONALE - AR</b>	20	0	37	0.410

L'applicazione del carico del modello è stata usata una distribuzione lineare dipendente dalla profondità (z) della struttura. Dove è situato il sottopassaggio è stata considerata un peso specifico maggiore rispetto al terreno (22kN/m<sup>3</sup>) per tenere conto del peso del piano di rotolamento.

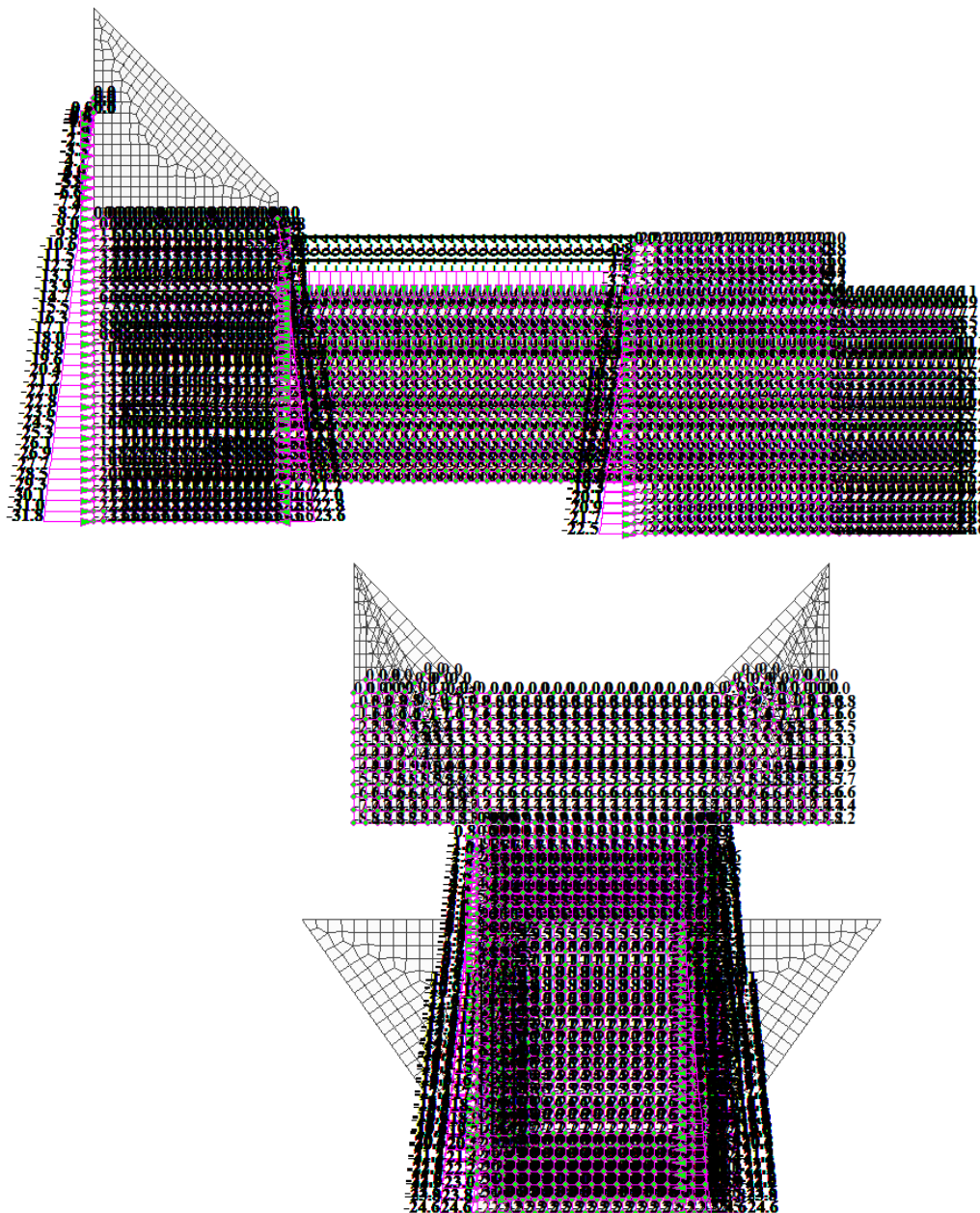



Figura 11: Applicazione del terreno nel modello degli elementi finiti, vista laterale e frontale [kN/m<sup>2</sup>].

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>								
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>								
Mandatario:	Mandanti:									
SWS Engineering S.p.A. SIST	PINI ITALIA M Ingegneria	GDP GEOMIN	SIFEL							
09	-	IDROLOGIA	ED	IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo				IB0U	1BEZZ	CL	ID2000001	A	16 di 42	

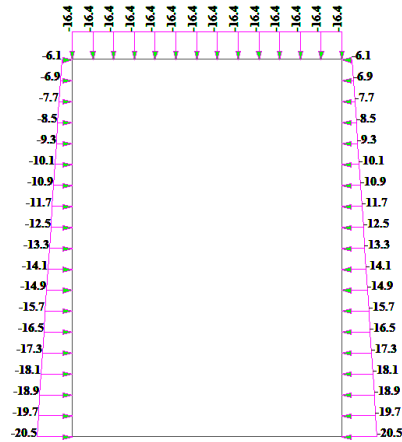


Figura 12: Applicazione del terreno nella sezione di sottopassaggio [kN/m<sup>2</sup>].

### Q<sub>Traff</sub> – Sovraccarico del traffico:

Riferendosi a §5.1 delle NTC e tenendo presente che la strada è di tipologia secondaria. Si è preso in considerazione la diffusione dei carichi locali per il calcolo della soletta superiore del tombino. Il baricentro della soletta superiore è situato di media a  $0.60m + 0.25m/2 = 0.725m$  dal piano di rotolamento.

Per il carico veicolare è stato valutato che lo schema 2 è il più gravoso, il carico distribuito è il seguente:

Lato corto pneumatico:  $2a + h + b = 2 \times 0.725 + 0.35 = 1.80m$

Lato lungo pneumatico:  $2a + h + b = 2 \times 0.725 + 0.60 = 2.05m$

Area di impronta =  $1.80 \times 2.05 = 3.69m^2$

Carico distribuito =  $200kN / 3.69 m^2 = 54.2 kN/m^2 \rightarrow 55 kN/m^2$

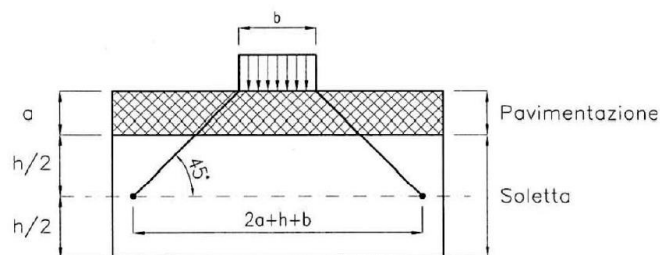


Figura 13: Calcolo secondo la normativa vigente dell'area di impronta


APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>							
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>							
Mandataria:	Mandanti:								
SWS Engineering S.p.A. SIST	PINI ITALIA M Ingegneria	GDP GEOMIN	SIFEL						
09 - IDROLOGIA	ED IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.		
Relazione di calcolo		IB0U	1BEZZ	CL	ID2000001	A	17 di 42		



Figura 14: Applicazione del traffico nella sezione di sottopassaggio [kN/m<sup>2</sup>].

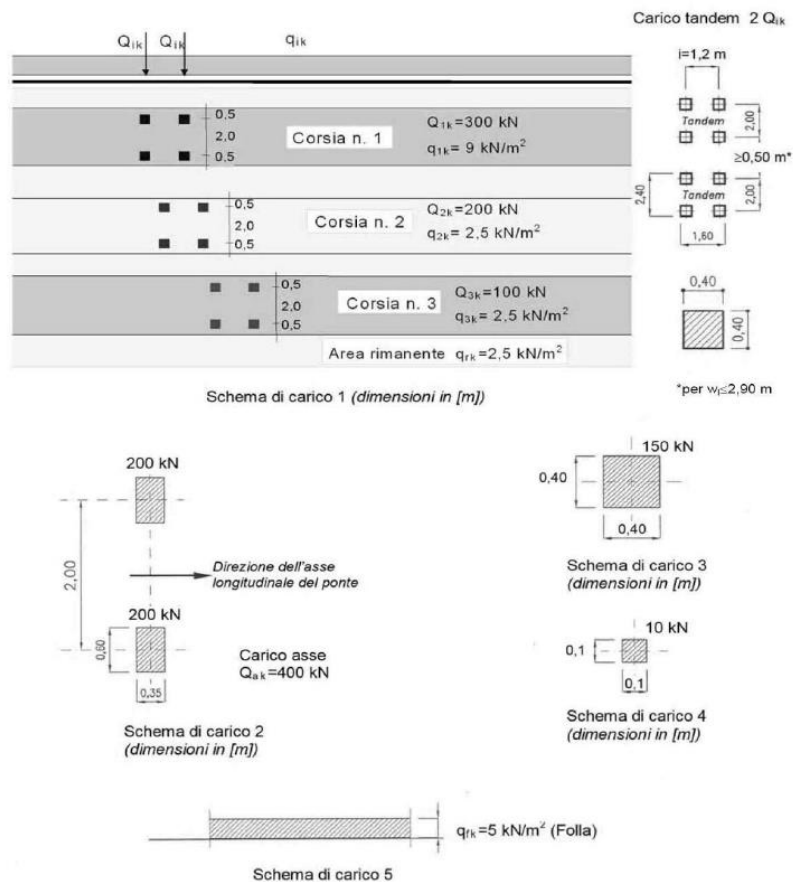



Figura 15: Schemi di carico 1 – 5 (dimensioni in m)

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>								
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>								
Mandatario:	Mandanti:									
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL							
SIST	M Ingegneria									
09	-	IDROLOGIA	ED	IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo					IBOU	1BEZZ	CL	ID2000001	A	18 di 42

## H20 – Spinta idrostatica:

Computato in automatico dal software in funzione dalla profondità dell'acqua. Il peso specifico dell'acqua:  $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$ .

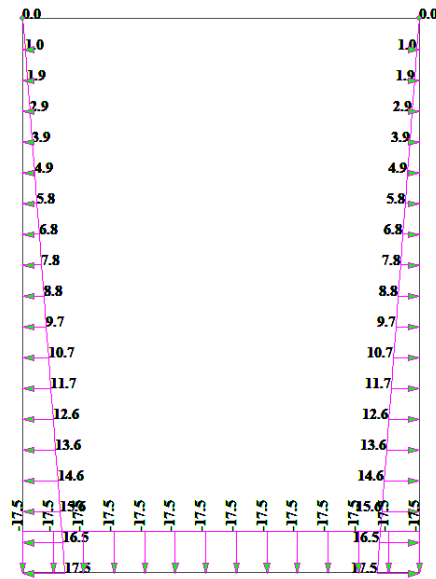



Figura 16: Applicazione della spinta idrostatica nella sezione di sottopassaggio [kN/m<sup>2</sup>].

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>								
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>								
Mandataria:	Mandanti:									
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL							
SIST	M Ingegneria									
09	-	IDROLOGIA	ED	IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo				IB0U	1BEZZ	CL	ID2000001	A	19 di 42	

## SNW – Carico neve:

Il calcolo dell'azione della neve sulle parti esposte del tombino è il seguente:

### CALCOLO DELL'AZIONE DELLA NEVE

●	<b>Zona I - Alpina</b> Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbania, Vercelli, Vicenza.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,39 [1+(a_s/728)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
○	<b>Zona I - Mediterranea</b> Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,35 [1+(a_s/602)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
○	<b>Zona II</b> Arezzo, Ascoli Piceno, Bari, Campobasso, Chieti, Ferrara, Firenze, Foggia, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona.	$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,85 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
○	<b>Zona III</b> Agrigento, Avellino, Benevento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Frosinone, Grosseto, L'Aquila, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Rieti, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo.	$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,51 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$

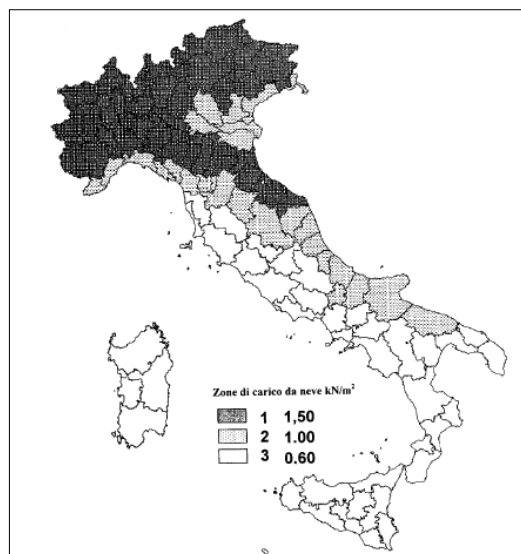
$q_s$ (carico neve sulla copertura [N/mq]) = $\mu_i q_{sk} C_E C_t$
$\mu_i$ (coefficiente di forma)
$q_{sk}$ (valore caratteristico della neve al suolo [kN/mq])
$C_E$ (coefficiente di esposizione)
$C_t$ (coefficiente termico)

#### Valore caratteristico della neve al suolo

$a_s$ (altitudine sul livello del mare [m])	630
$q_{sk}$ (val. caratt. della neve al suolo [kN/mq])	2.43

#### Coefficiente termico

Il coefficiente termico può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato  $C_t = 1$ .




#### Coefficiente di esposizione

Topografia	Descrizione	$C_E$
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1

#### Valore del carico della neve al suolo

$q_s$ (carico della neve al suolo [kN/mq])	2.43
--	------

APPALTATORE:			<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>						
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>						
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA Relazione di calcolo	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO ID2000001	REV. A	FOGLIO. 20 di 42			

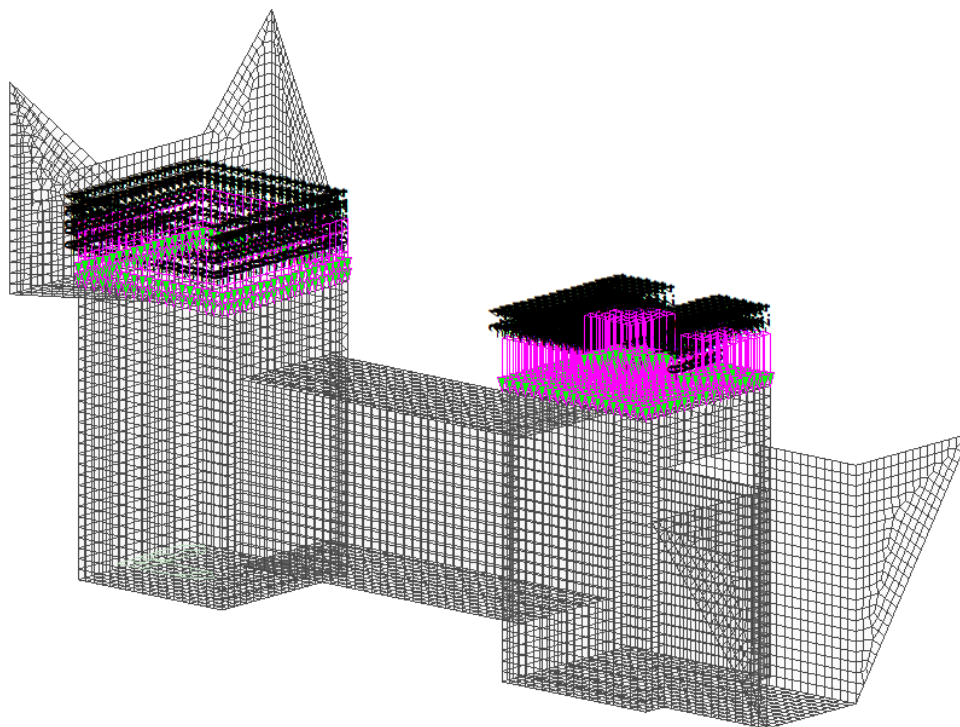


Figura 17: Applicazione della neve [kN/m<sup>2</sup>].

### SIEMIC – Azione sismica:

È stata eseguita un'analisi modale, tenendo in considerazione i seguenti parametri del sisma:

#### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE  
11.64231

LATTITUDINE  
46.75622

Ricerca per comune

REGIONE  
Trentino-Alto Adig

PROVINCIA  
Bolzano/Bozen

COMUNE  
Varna

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta ▶▶▶

Variabilità dei parametri ▶▶▶

---

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri ▶▶▶

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

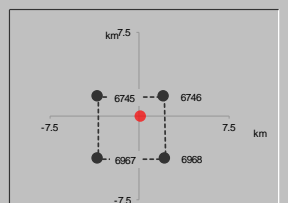
Interpolazione

superficie rigata ▼




La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Nodi del reticolo intorno al sito





APPALTATORE:			<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>						
PROGETTAZIONE:	Mandatario: <b>SWS Engineering S.p.A. SIST</b> Mandanti: <b>PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL M Ingegneria</b>		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>						
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.			
Relazione di calcolo	IB0U	1BEZZ	CL	ID2000001	A	21 di 42			

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE

- SLO -  $P_{VR} = 81\%$   info
- SLD -  $P_{VR} = 63\%$   info

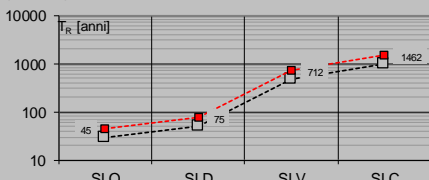
Stati limite ultimi - SLU

- SLV -  $P_{VR} = 10\%$   info
- SLC -  $P_{VR} = 5\%$   info

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato **SLV** info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo **C** info  $S_B = 1.500$   $C_C = 1.454$  info

Categoria topografica **T2** info  $h/H = 0.000$   $S_T = 1.000$  info  
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento  $\xi$  (%)   $\eta = 1.000$  info

Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore  $q_0$   Regol. in altezza **si** info

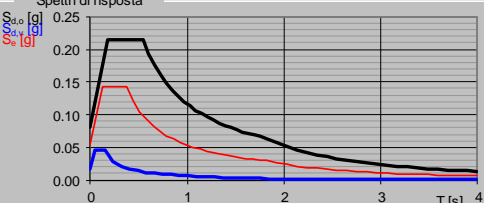
Compon. verticale

Spettro di progetto Fattore  $q$    $\eta = 1.000$  info


Elaborazioni

- Grafici spettri di risposta
- Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta



— Spettro di progetto - componente orizzontale  
— Spettro di progetto - componente verticale  
— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>								
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. SIST	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>							
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA	Relazione di calcolo	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO ID2000001	REV. A	FOGLIO. 22 di 42			

### Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.054 g
$F_0$	2.631
$T_C$	0.373 s
$S_S$	1.500
$C_C$	1.454
$S_T$	1.000
$q$	1.000

#### Parametri dipendenti

$S$	1.500
$\eta$	1.000
$T_B$	0.181 s
$T_C$	0.542 s
$T_D$	1.817 s

#### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-18 Eq. 3.2.3})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-18 Eq. 3.2.4; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-18 Eq. 3.2.6})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-18 Eq. 3.2.5})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-18 Eq. 3.2.7})$$

#### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-18 Eq. 3.2.2)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$


$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

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-18 § 3.2.3.5)

#### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.082
$T_B$ ←	0.181	0.215
$T_C$ ←	0.542	0.215
	0.603	0.193
	0.663	0.175
	0.724	0.161
	0.785	0.148
	0.846	0.137
	0.906	0.128
	0.967	0.120
	1.028	0.113
	1.089	0.107
	1.149	0.101
	1.210	0.096
	1.271	0.091
	1.332	0.087
	1.392	0.084
	1.453	0.080
	1.514	0.077
	1.575	0.074
	1.635	0.071
	1.696	0.069
	1.757	0.066
$T_D$ ←	1.817	0.064
	1.921	0.057
	2.025	0.052
	2.129	0.047
	2.233	0.042
	2.337	0.039
	2.441	0.035
	2.545	0.033
	2.649	0.030
	2.753	0.028
	2.857	0.026
	2.961	0.024
	3.065	0.022
	3.169	0.021
	3.272	0.020
	3.376	0.019
	3.480	0.017
	3.584	0.016
	3.688	0.016
	3.792	0.015
	3.896	0.014
	4.000	0.013

APPALTATORE:		 <b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>															
PROGETTAZIONE:		Mandatario:		Mandanti:		COMMESSA		LOTTO		CODIFICA		DOCUMENTO		REV.		FOGLIO.	
SWS Engineering S.p.A. SIST		PINI ITALIA		GDP GEOMIN SIFEL M Ingegneria		IBOU		1BEZZ		CL		ID2000001		A		23 di 42	
09 - IDROLOGIA		ED		IDRAULICA		Relazione di calcolo											

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

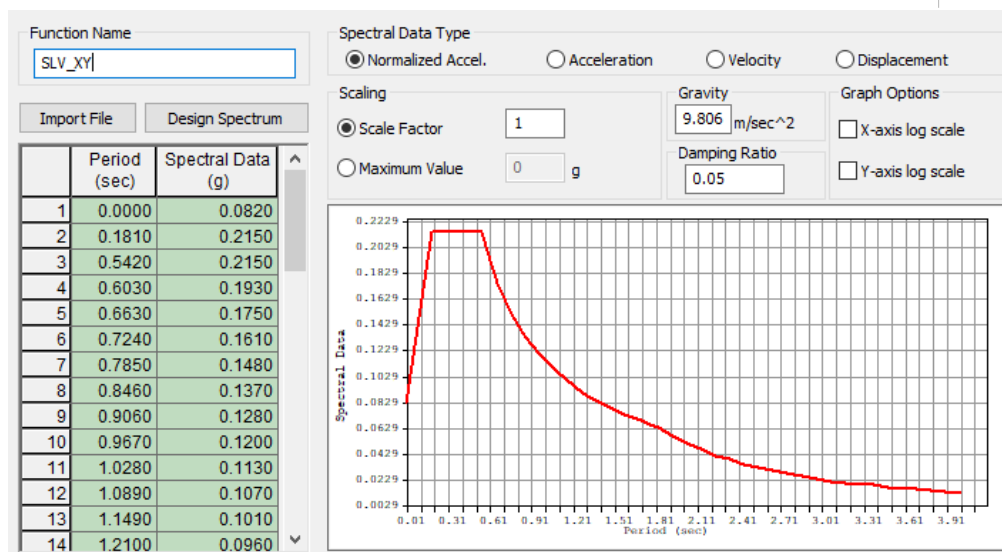
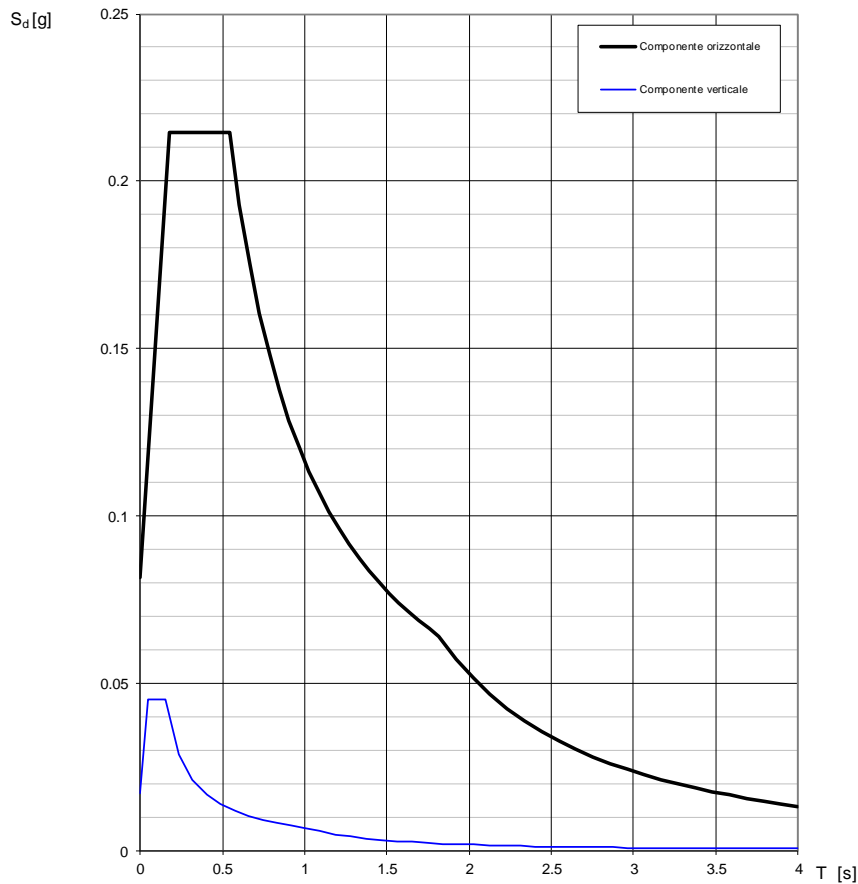



Figura 18: Implementazione dello spettro elastico di risposta nel programma di calcolo.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL			
SIST	M Ingegneria					
09	-	IDROLOGIA	ED	IDRAULICA		
Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	
		IB0U	1BEZZ	CL	ID2000001	
				REV.	FOGLIO.	
				A	24 di 42	

### 4.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI


Le combinazioni sismiche, stati limiti ultimo e stati limite di esercizio sono state implementate del programma di calcolo, eseguendo poi un involuppo delle combinazioni:

LIST OF LOAD COMBINATIONS

```

=====
NUM NAME      ACTIVE      TYPE
      LOADCASE(FACTOR) +      LOADCASE(FACTOR) +      LOADCASE(FACTOR)
=====
1  G0+G1      Active      Add
      SW( 1.000) +      PERM( 1.000)
-----
2  G0+G1+EP   Active      Add
      G0+G1( 1.000) +      EP( 1.000)
-----
3  G0+G1+EP+H2O Active      Add
      G0+G1( 1.000) +      EP( 1.000) +      H20( 1.000)
-----
4  SLE_Char_1 Active      Add
      SW( 1.000) +      PERM( 1.000) +      EP( 1.000)
+      H20( 1.000) +      Q_TRAF( 1.000)
-----
5  SLE_Char_2 Active      Add
      SW( 1.000) +      PERM( 1.000) +      EP( 1.000)
+      H20( 1.000) +      SNW( 1.000)
-----
6  SLE_Char_3 Active      Add
      SW( 1.000) +      PERM( 1.000) +      EP( 1.000)
+      H20( 1.000)
-----
7  SLE_Char_4 Active      Add
      SW( 1.000) +      PERM( 1.000) +      EP( 1.000)
-----
8  SLE_Char_5 Active      Add
      SW( 1.000) +      PERM( 1.000) +      EP( 1.000)
+      Q_TRAF( 1.000)
-----
9  SLU_1      Active      Add
      SW( 1.300) +      PERM( 1.500) +      EP( 1.300)
+      H20( 1.300) +      Q_TRAF( 1.500)
-----
10 SLU_2      Active      Add
      SW( 1.300) +      PERM( 1.500) +      EP( 1.300)
+      H20( 1.300) +      SNW( 1.500)
-----
11 SLU_3      Active      Add
      SW( 1.300) +      PERM( 1.500) +      EP( 1.300)
=====

```

APPALTATORE:										
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>								
Mandatario:		Mandanti:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>						
SWS Engineering S.p.A. SIST		PINI ITALIA M Ingegneria		GDP GEOMIN		SIFEL				
<b>09</b>	-	<b>IDROLOGIA</b>	<b>ED</b>	<b>IDRAULICA</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo					<b>IB0U</b>	<b>1BEZZ</b>	<b>CL</b>	<b>ID2000001</b>	<b>A</b>	<b>25 di 42</b>

+ H20( 1.300)

-----  
12 SLU\_4 Active Add  
SW( 1.300) + PERM( 1.500) + EP( 1.300)

-----  
13 SLU\_5 Active Add  
SW( 1.300) + PERM( 1.500) + EP( 1.300)  
+ Q\_TRAF( 1.500)

-----  
14 SLU\_6 Active Add  
SW( 1.000) + PERM( 1.000) + EP( 1.000)  
+ Q\_TRAF( 1.500)

-----  
15 SLU\_7 Active Add  
SW( 1.000) + PERM( 1.000) + EP( 1.000)  
+ H20( 1.300)

-----  
16 SLU\_8 Active Add  
SW( 1.000) + PERM( 1.000) + EP( 1.000)  
+ SNW( 1.500)

-----  
17 SLU\_9 Active Add  
SW( 1.300) + PERM( 1.500) + EP( 1.300)  
+ H20( 1.300) + Q\_TRAF( 1.500) + SNW( 0.900)

-----  
18 SLU\_ENV Active Envelope  
SLU\_1( 1.000) + SLU\_2( 1.000) + SLU\_3( 1.000)  
+ SLU\_4( 1.000) + SLU\_5( 1.000) + SLU\_6( 1.000)  
+ SLU\_7( 1.000) + SLU\_8( 1.000) + SLU\_9( 1.000)


-----  
19 SLV\_1 Active Add  
SW( 1.000) + PERM( 1.000) + EP( 1.000)  
+ SLV\_X( 1.000) + SLV\_Y( 0.300)

-----  
20 SLV\_2 Active Add  
SW( 1.000) + PERM( 1.000) + EP( 1.000)  
+ SLV\_X( 0.300) + SLV\_Y( 1.000)

-----  
21 SLV\_3 Active Add  
SW( 1.000) + PERM( 1.000) + EP( 1.000)  
+ SLV\_X(-1.000) + SLV\_Y(-0.300)


-----  
22 SLV\_4 Active Add  
SW( 1.000) + PERM( 1.000) + EP( 1.000)  
+ SLV\_X(-0.300) + SLV\_Y(-1.000)

-----  
23 SLV\_5 Active Add

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>								
PROGETTAZIONE:	Mandataria: SWS Engineering S.p.A.		Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL M Ingegneria		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
09	-	IDROLOGIA	ED	IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo					IBOU	1BEZZ	CL	ID2000001	A	26 di 42

		SW( 1.000) +	PERM( 1.000) +	EP( 1.000)
+		SLV_X(-1.000) +	SLV_Y( 0.300)	
-----				
24	SLV_6	Active	Add	
		SW( 1.000) +	PERM( 1.000) +	EP( 1.000)
+		SLV_X( 0.300) +	SLV_Y(-1.000)	
-----				
25	SLV_7	Active	Add	
		SW( 1.000) +	PERM( 1.000) +	EP( 1.000)
+		SLV_X( 1.000) +	SLV_Y(-0.300)	
-----				
26	SLV_8	Active	Add	
		SW( 1.000) +	PERM( 1.000) +	EP( 1.000)
+		SLV_X(-0.300) +	SLV_Y( 1.000)	
-----				
27	SLV_ENV	Active	Envelope	
		SLV_1( 1.000) +	SLV_2( 1.000) +	SLV_3( 1.000)
+		SLV_4( 1.000) +	SLV_5( 1.000) +	SLV_6( 1.000)
+		SLV_7( 1.000) +	SLV_8( 1.000)	
-----				
28	SLE_ENV	Active	Envelope	
		SLE_Char_1( 1.000) +	SLE_Char_2( 1.000) +	SLE_Char_3( 1.000)
+		SLE_Char_4( 1.000) +	SLE_Char_5( 1.000)	
-----				



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>								
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>								
Mandatario:	Mandanti:									
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP	GEOMIN	SIFEL						
SIST	M Ingegneria									
09	-	IDROLOGIA	ED	IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo					IB0U	1BEZZ	CL	ID2000001	A	27 di 42

## 5. RISULTATI DELLE ANALISI

Nel seguente capitolo vengono riportati alcuni risultati dalle analisi eseguite in termini di deformazioni e sollecitazioni (sforzo normale  $F_{xx}$ ,  $F_{yy}$ ; Taglio  $V_{xx}$ ,  $V_{yy}$ ; Momento flettente  $M_{xx}$ ,  $M_{yy}$ ).

Le sollecitazioni sono riferite agli assi locali degli elementi bidimensionali, con le seguenti convenzioni:

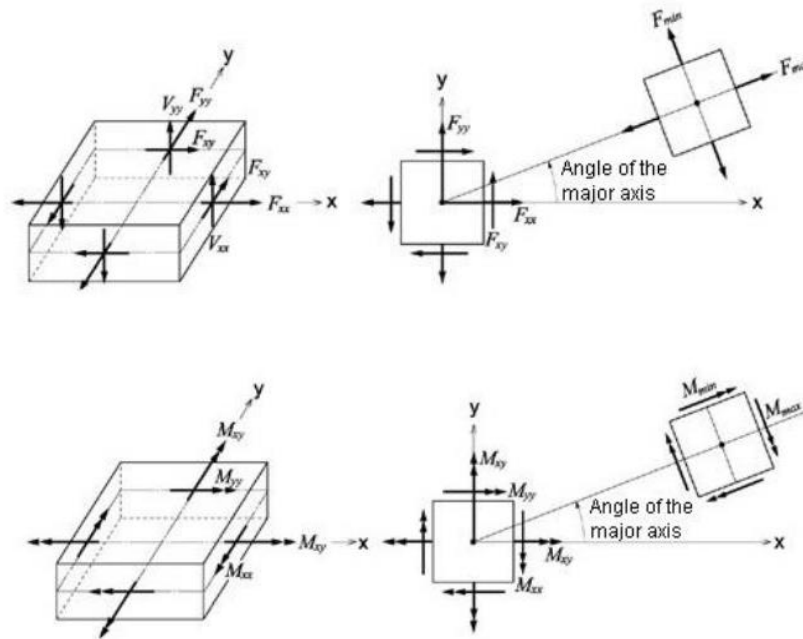



Figura 19: Convenzioni di segno delle sollecitazioni Midas Gen.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>								
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>								
Mandataria:	Mandanti:									
SWS Engineering S.p.A. SIST	PINI ITALIA M Ingegneria	GDP	GEOMIN	SIFEL						
09	-	IDROLOGIA	ED	IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo					IBOU	1BEZZ	CL	ID2000001	A	28 di 42

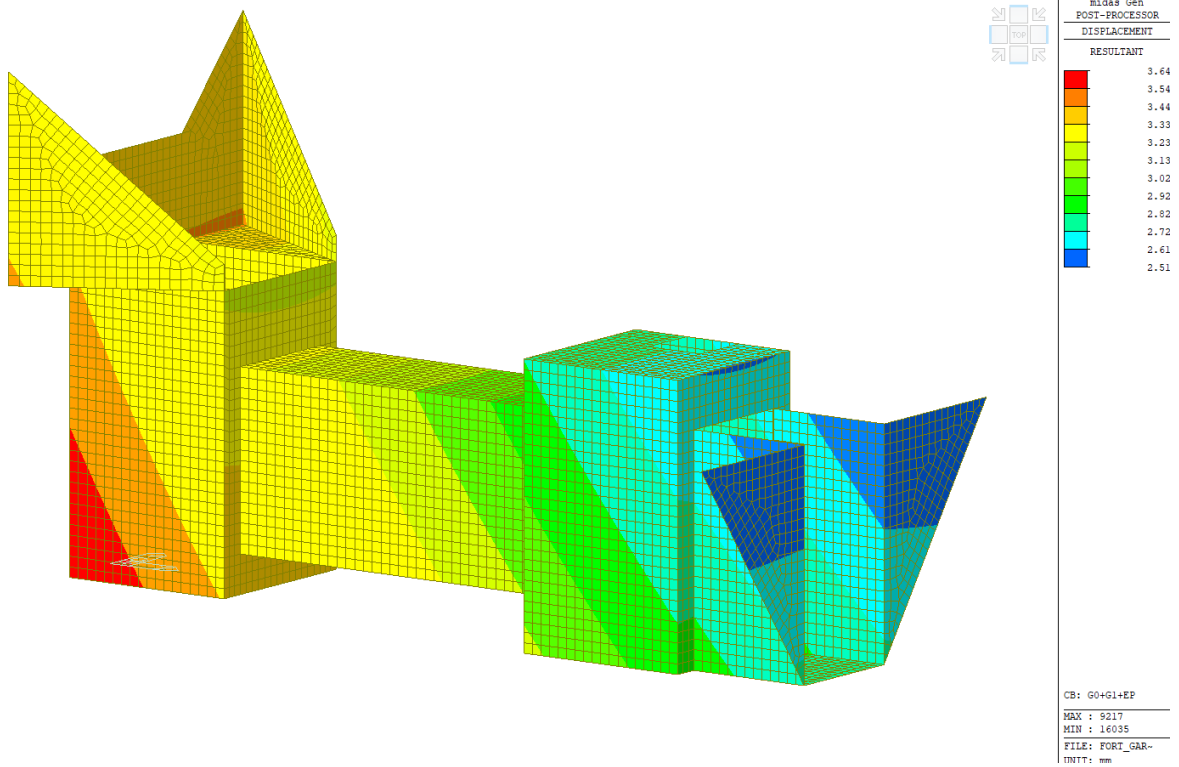


Figura 20: Risultante della deformazione vettoriale DXYZ [mm] derivato dalla combinazione peso permanente e spinta del terreno.

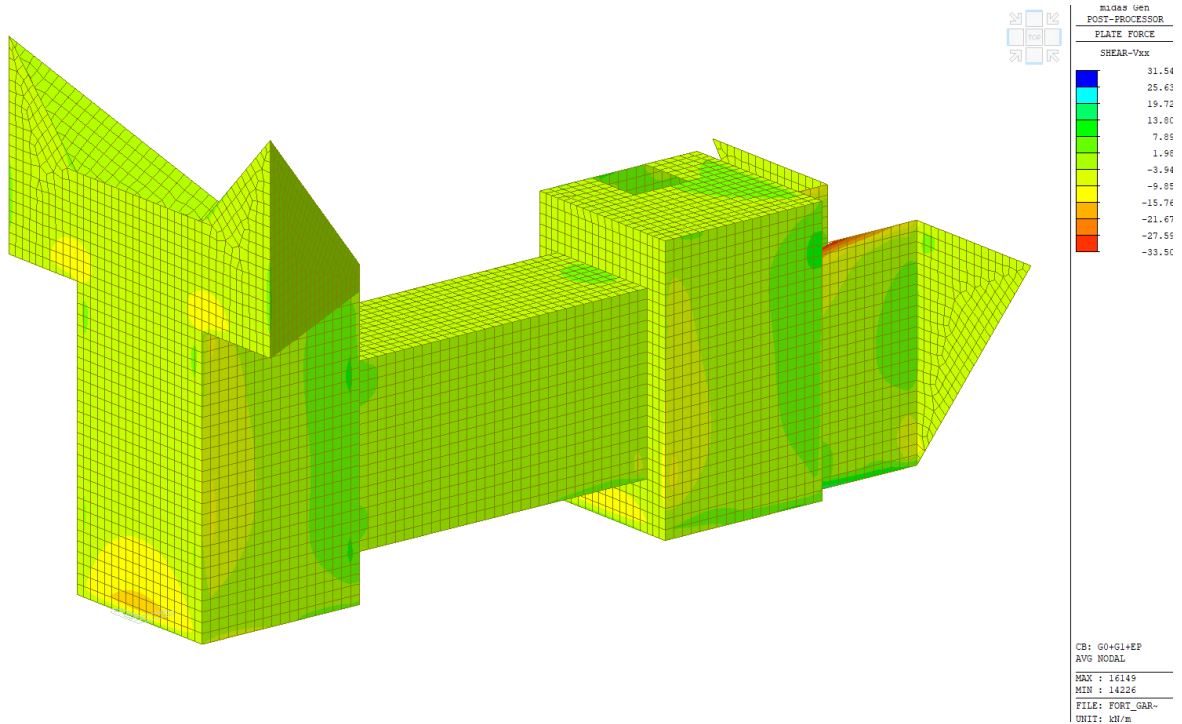



Figura 21: Taglio Vxx [kN/m] derivato dalla combinazione peso permanente e spinta del terreno.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>								
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>								
Mandataria:	Mandanti:									
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP	GEOMIN	SIFEL						
SIST	M Ingegneria									
09	-	IDROLOGIA	ED	IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo					IBOU	1BEZZ	CL	ID2000001	A	29 di 42

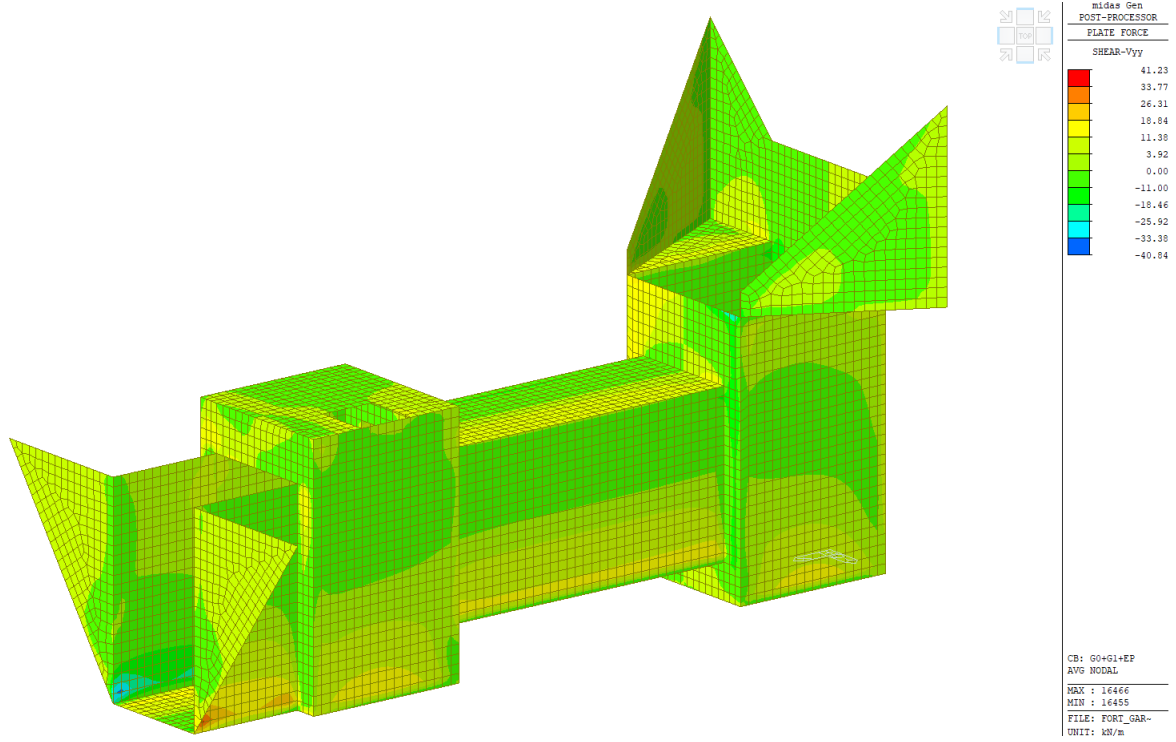


Figura 22: Taglio Vyy [kN/m] derivato dalla combinazione peso permanente e spinta del terreno.

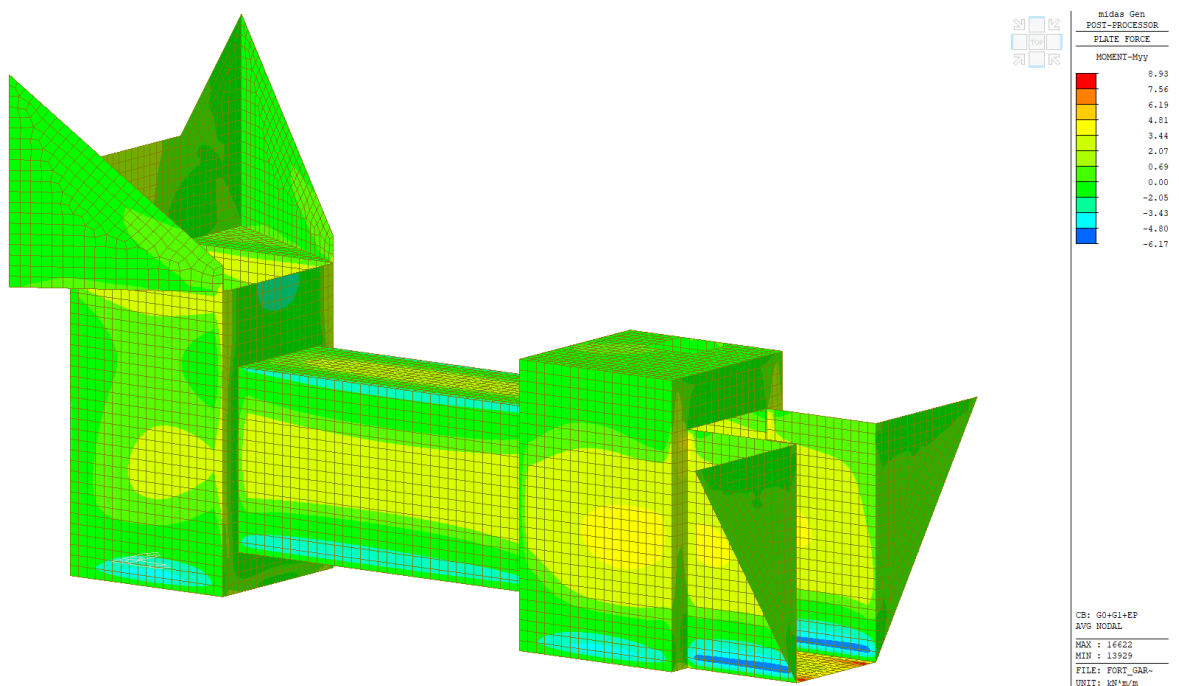



Figura 23: Momento flettente Myy [kNm/m] derivato dalla combinazione peso permanente e spinta del terreno.

APPALTATORE:		 <b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>								
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>								
Mandataria:		Mandanti:								
SWS Engineering S.p.A. SIST		PINI ITALIA M Ingegneria		GDP GEOMIN		SIFEL				
09	-	IDROLOGIA	ED	IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo				IB0U	1BEZZ	CL	ID2000001	A	30 di 42	

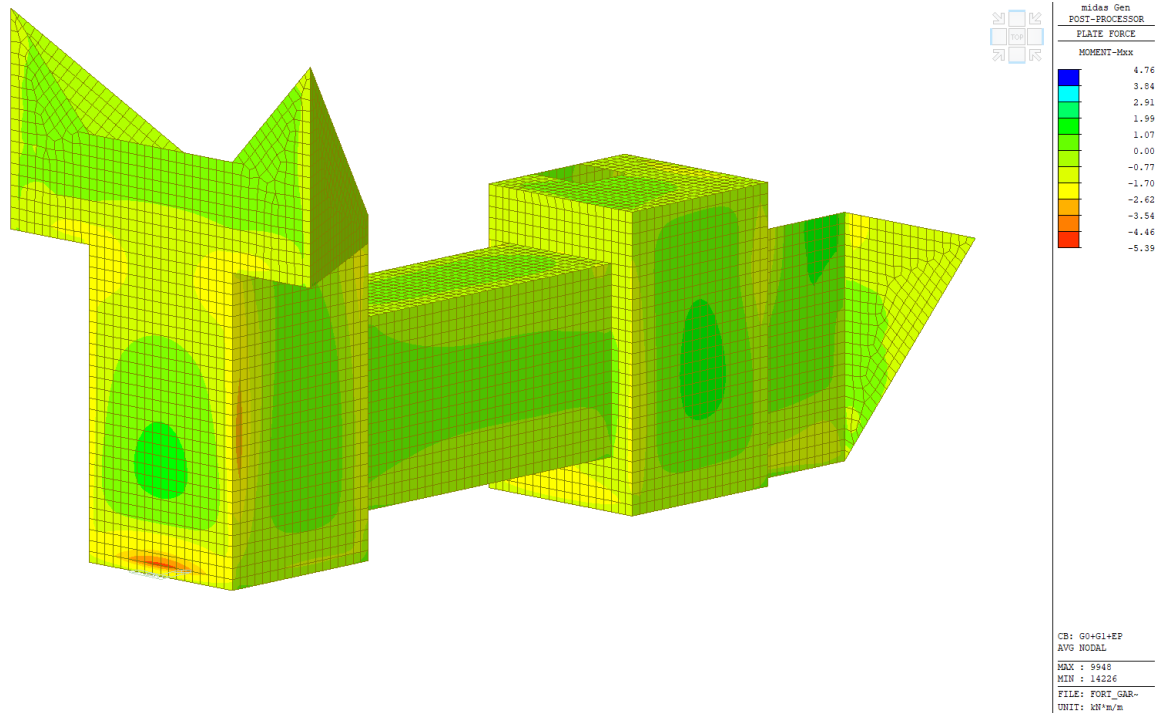


Figura 24: Momento flettente  $M_{xx}$  [kNm/m] derivato dalla combinazione peso permanente e spinta del terreno.

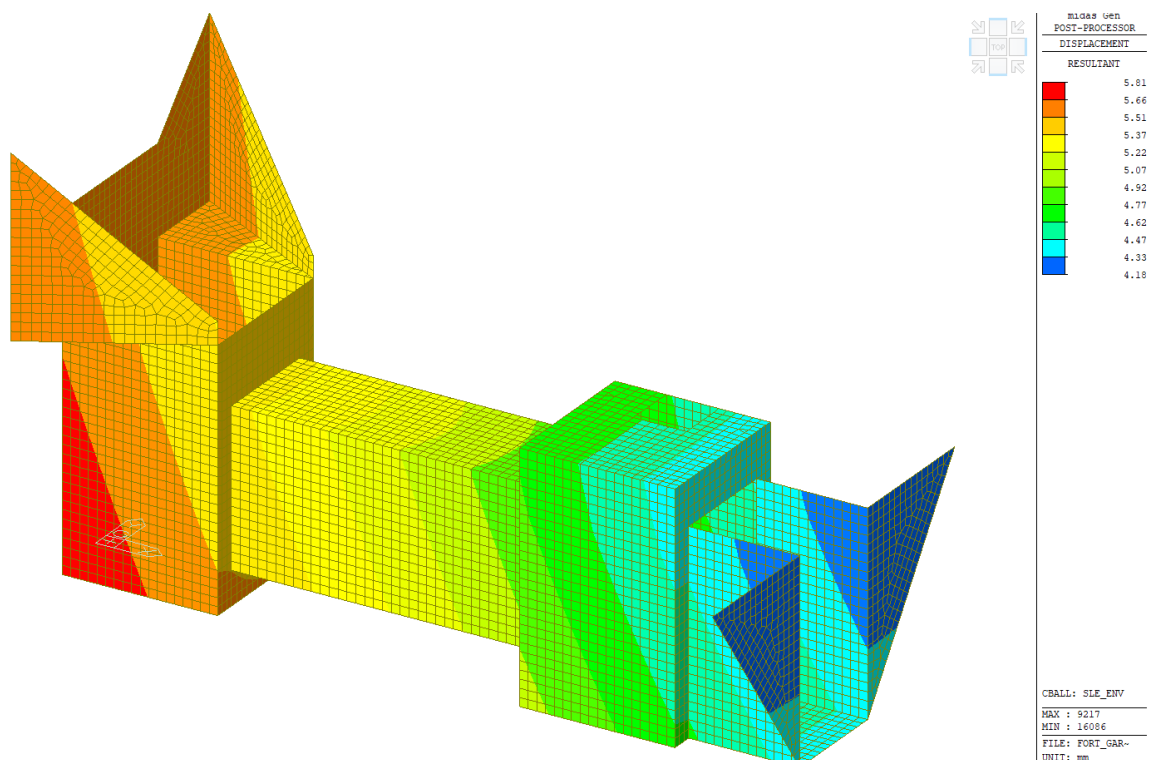



Figura 25: Resultante della deformazione vettoriale DXYZ [mm] derivato dall'involuppo SLE\_ENV.

APPALTATORE:		 <b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>								
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>								
Mandatario:		Mandanti:								
SWS Engineering S.p.A. SIST		PINI ITALIA M Ingegneria		GDP GEOMIN		SIFEL				
09	-	IDROLOGIA	ED	IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo					IB0U	1BEZZ	CL	ID2000001	A	31 di 42

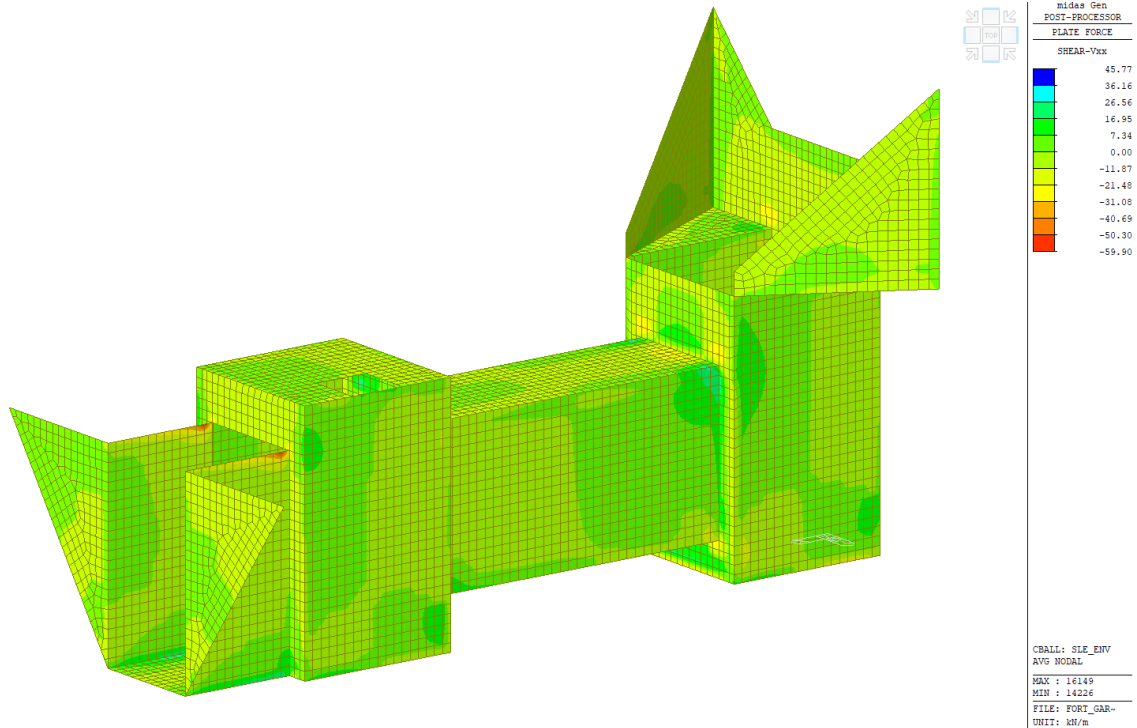


Figura 26: Taglio  $V_{xx}$  [kN/m] derivato dall'involuppo SLE\_ENV.

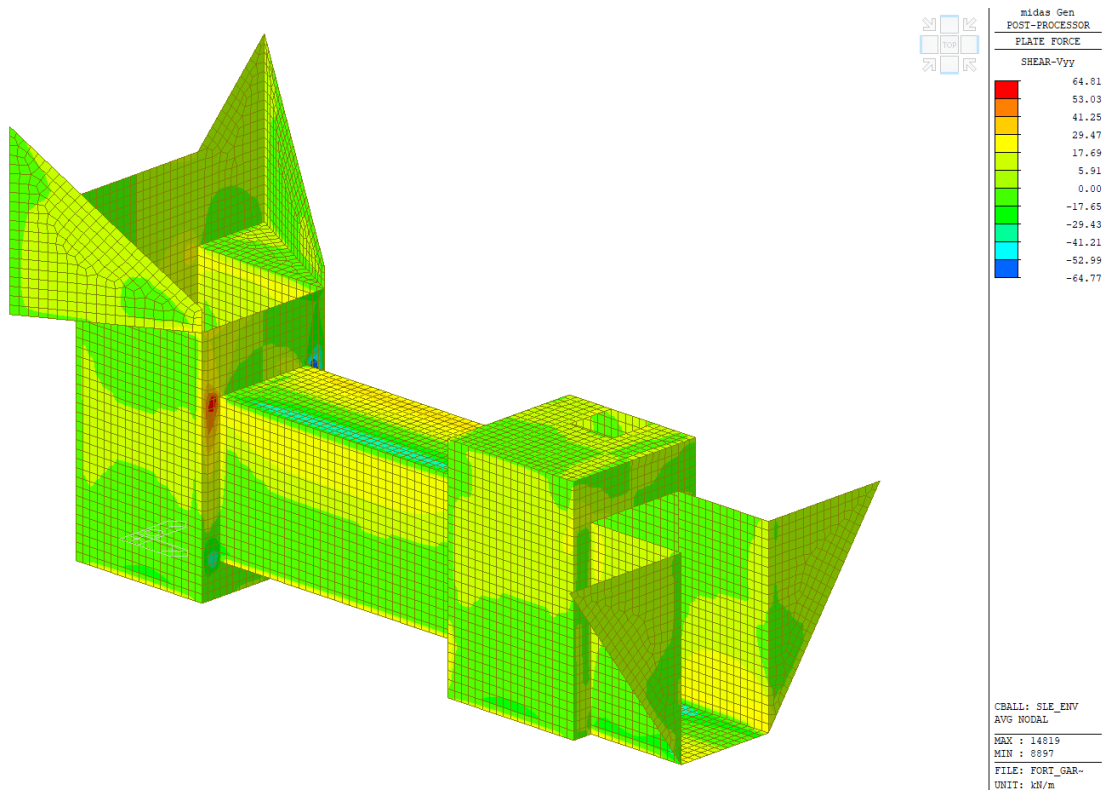



Figura 27: Taglio  $V_{yy}$  [kN/m] derivato dall'involuppo SLE\_ENV.

APPALTATORE:		 <b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>							
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>							
Mandatario:	Mandanti:							REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A. SIST	PINI ITALIA M Ingegneria	GDP GEOMIN	SIFEL					A	32 di 42
09	-	IDROLOGIA	ED	IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	
Relazione di calcolo					IBOU	1BEZZ	CL	ID2000001	

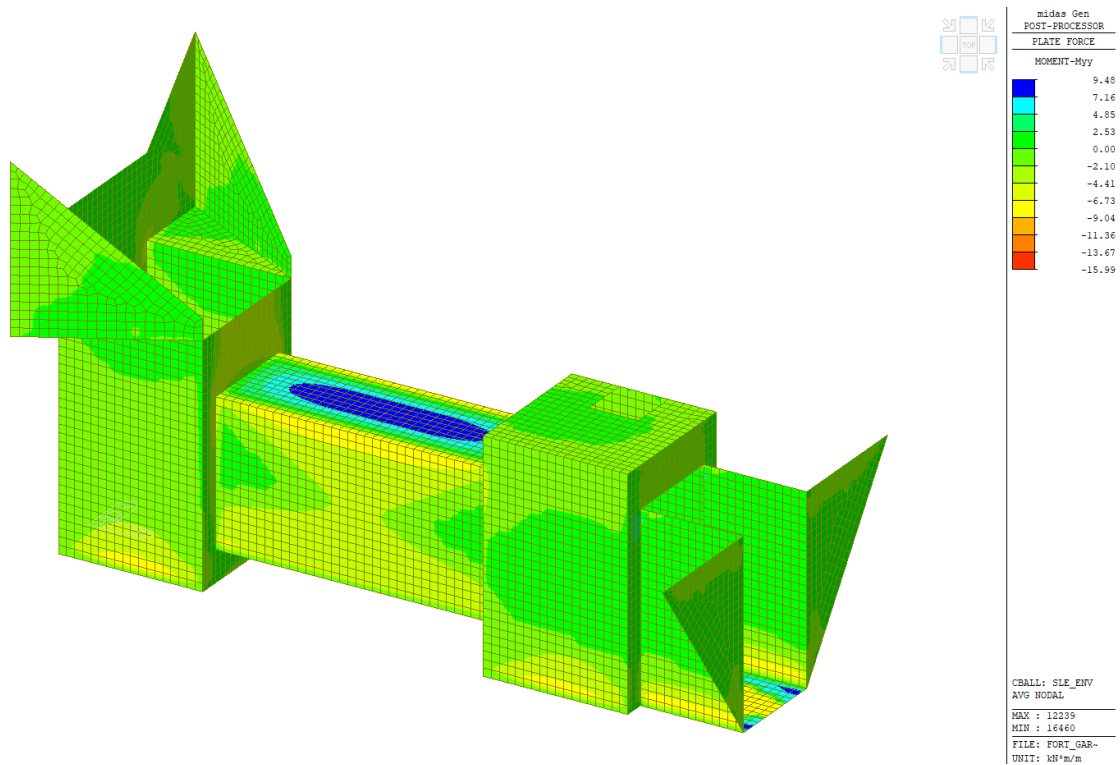


Figura 28: Momento flettente  $M_{yy}$  [kNm/m] derivato dall'involuppo SLE\_ENV.

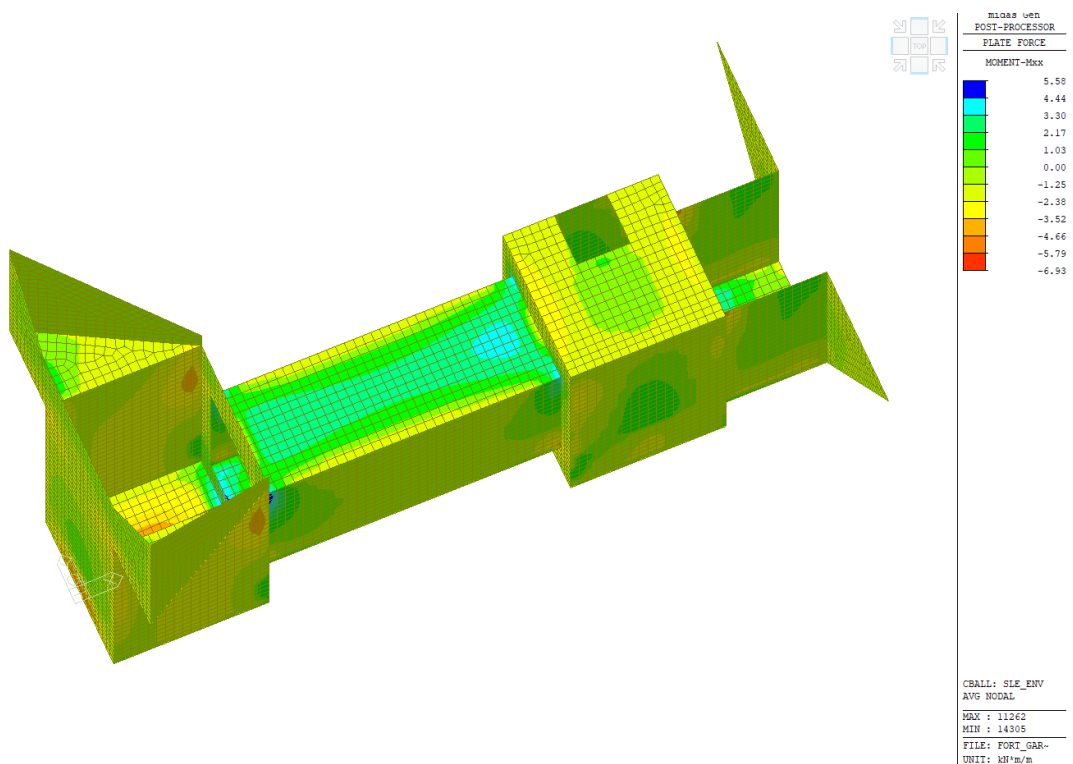



Figura 29: Momento flettente  $M_{xx}$  [kNm/m] derivato dall'involuppo SLE\_ENV.



APPALTATORE:		 <b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>							
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>							
Mandatario:	Mandanti:							REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL					A	33 di 42
SIST	M Ingegneria								
09	-	IDROLOGIA	ED	IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	
Relazione di calcolo					IBOU	1BEZZ	CL	ID2000001	

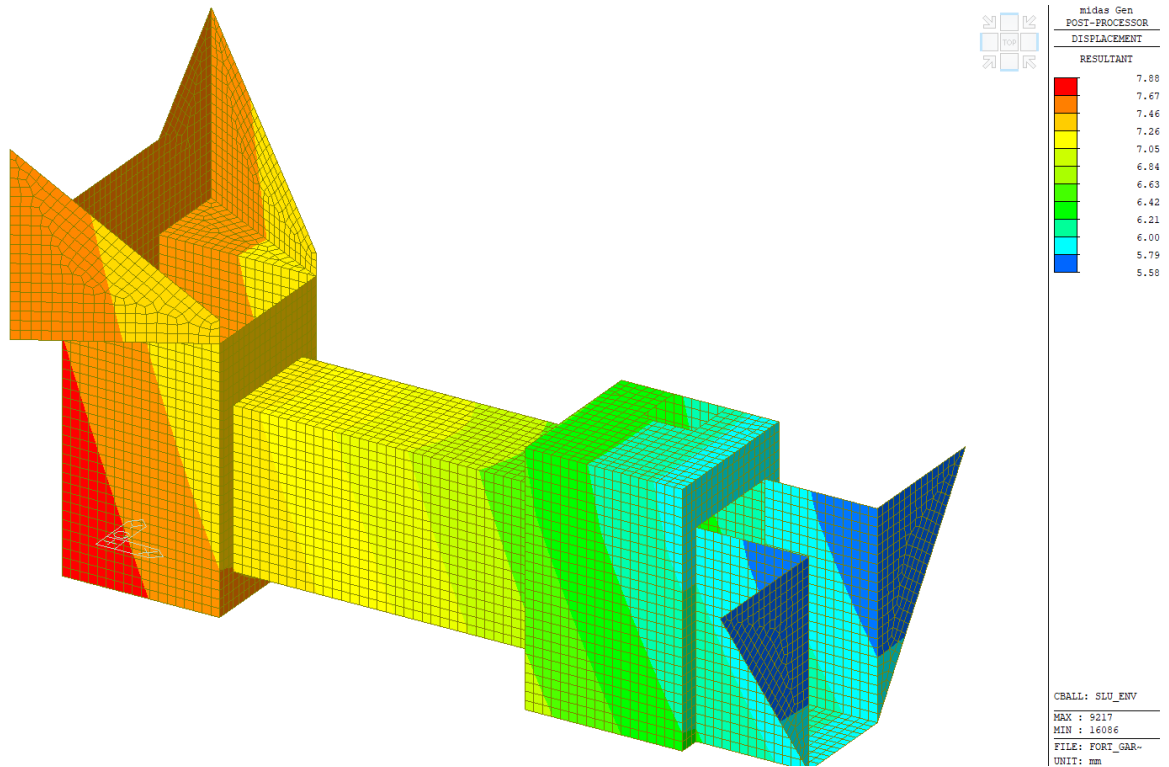


Figura 30: Risultante della deformazione vettoriale DXYZ [mm] derivato dall'involuppo SLU\_ENV.

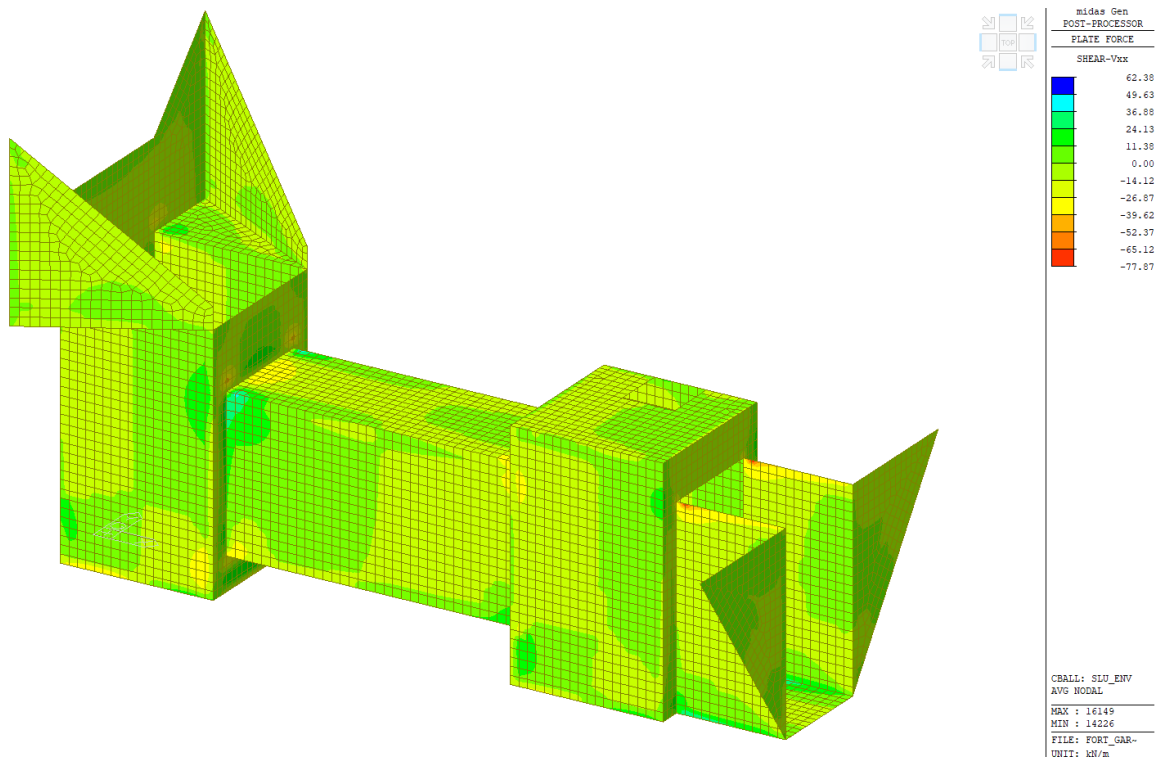



Figura 31: Taglio Vxx [kN/m] derivato dall'involuppo SLU\_ENV.

APPALTATORE:		 <b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>							
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>							
Mandatario:	Mandanti:							REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A. SIST	PINI ITALIA M Ingegneria	GDP GEOMIN	SIFEL					A	34 di 42
09	-	IDROLOGIA	ED	IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	
Relazione di calcolo					IBOU	1BEZZ	CL	ID2000001	

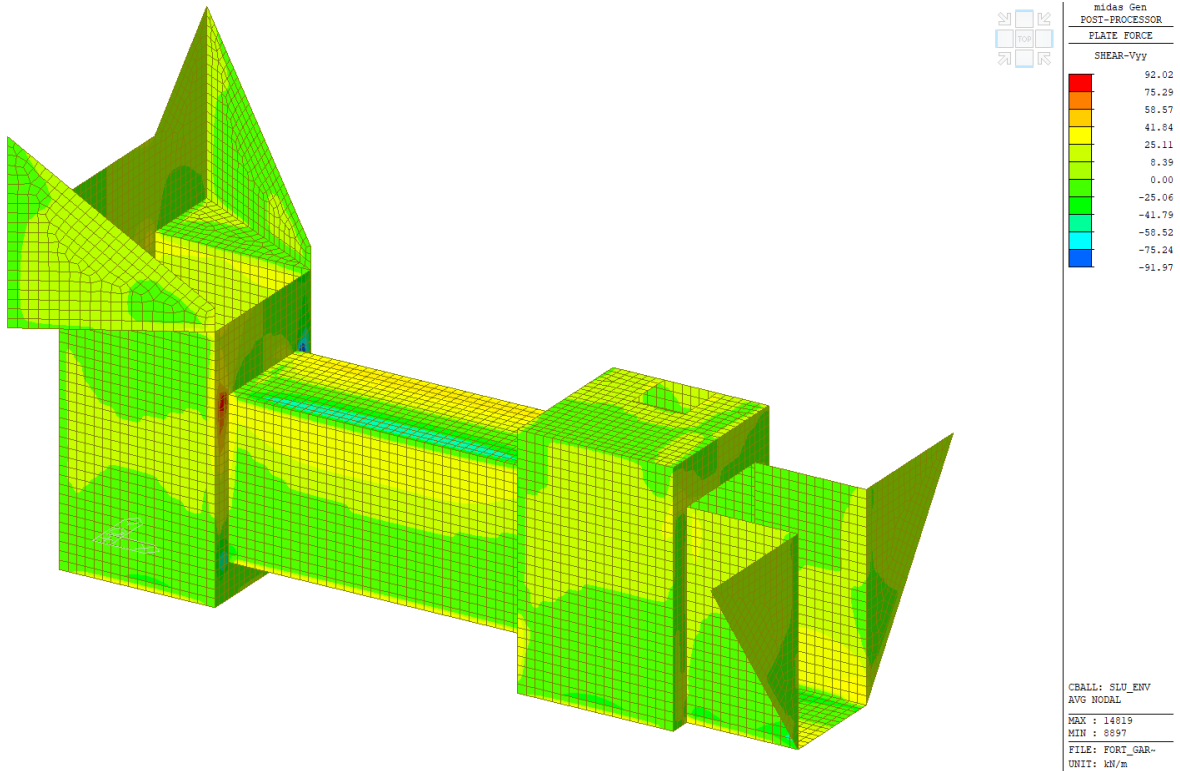


Figura 32: Taglio  $V_{yy}$  [kN/m] derivato dall'involuppo SLU\_ENV.

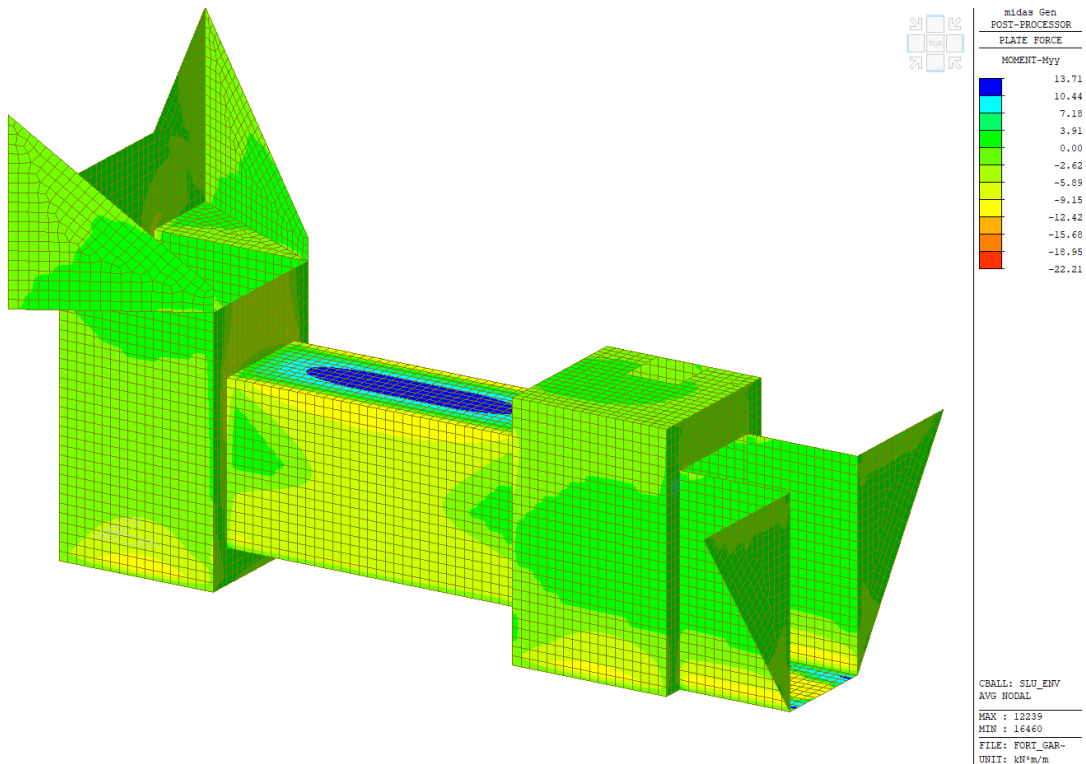



Figura 33: Momento flettente  $M_{yy}$  [kNm/m] derivato dall'involuppo SLU\_ENV.

APPALTATORE:		 <b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>							
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>							
Mandatario:	Mandanti:							REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A. SIST	PINI ITALIA M Ingegneria	GDP	GEOMIN	SIFEL				A	35 di 42
09	-	IDROLOGIA	ED	IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	
Relazione di calcolo					IB0U	1BEZZ	CL	ID2000001	

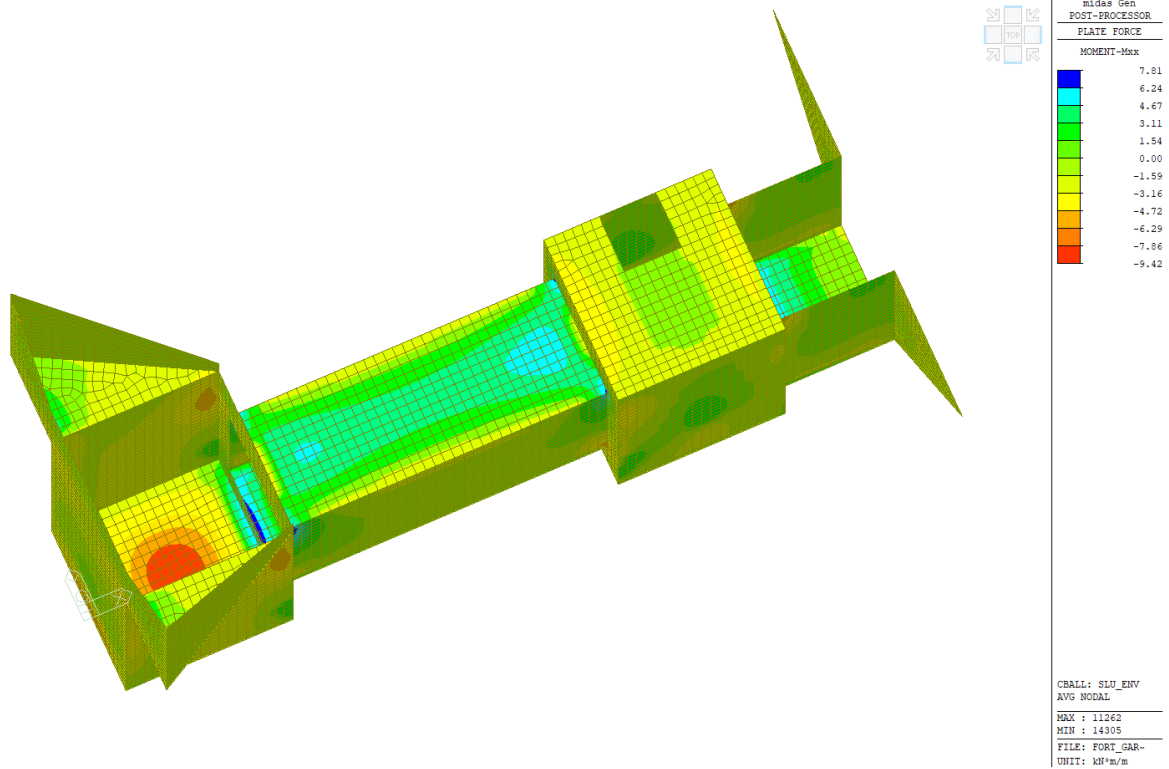


Figura 34: Momento flettente  $M_{xx}$  [kNm/m] derivato dall'involuppo SLV\_ENV.

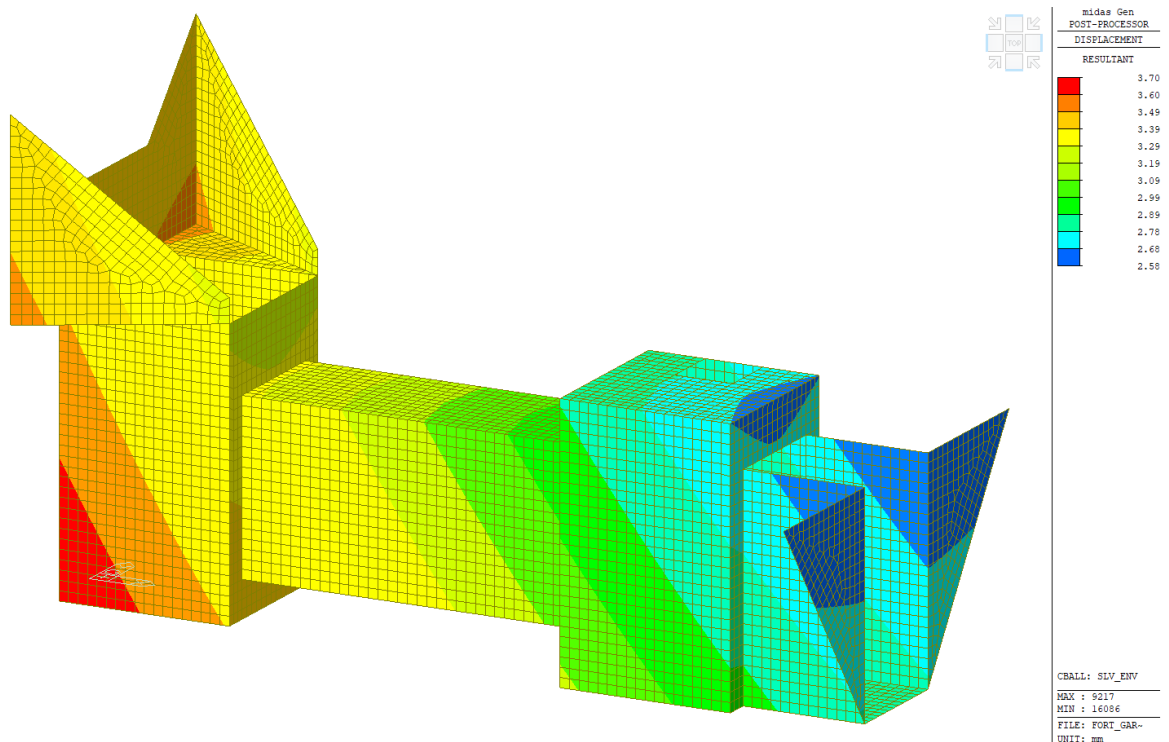



Figura 35: Resultante della deformazione vettoriale  $D_{XYZ}$  [mm] derivato dall'involuppo SLV\_ENV.

APPALTATORE:		 <b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>							
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>							
Mandatario:	Mandanti:							REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A. SIST	PINI ITALIA M Ingegneria	GDP GEOMIN	SIFEL				A	36 di 42	
09	-	IDROLOGIA	ED	IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	
Relazione di calcolo					IB0U	1BEZZ	CL	ID2000001	

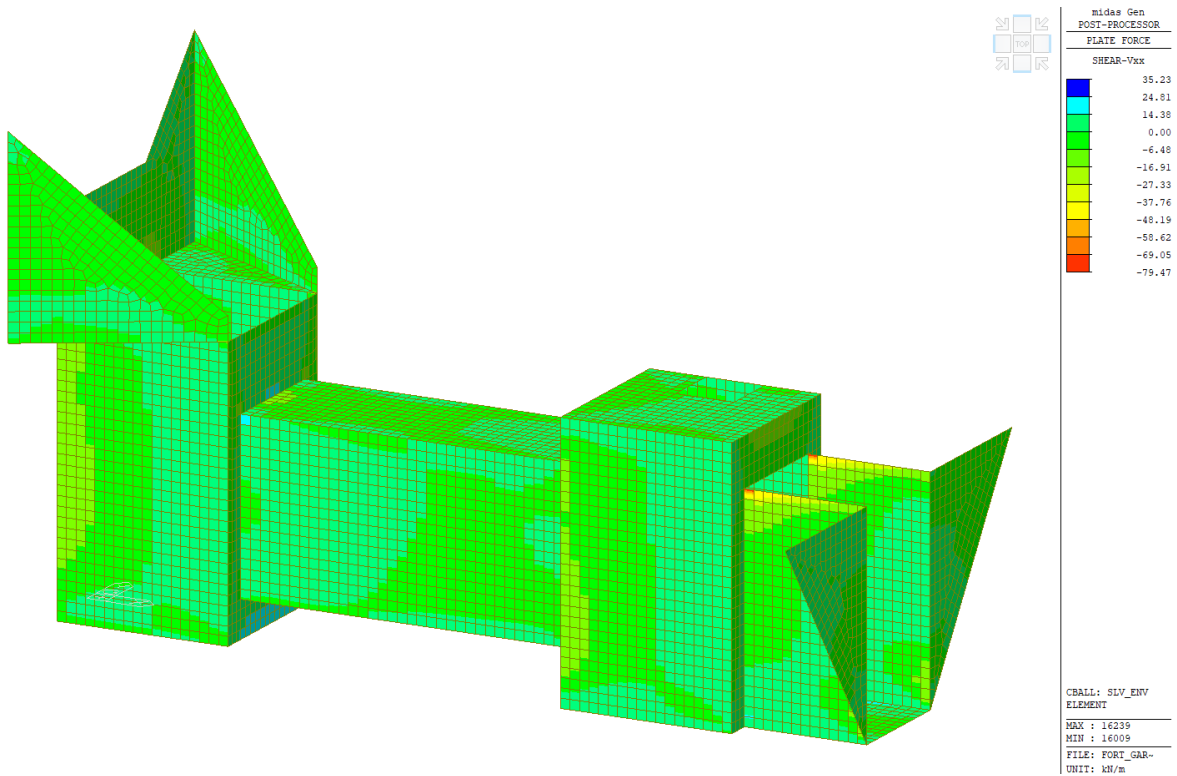


Figura 36: Taglio Vxx [kN/m] derivato dall'involuppo SLV\_ENV.

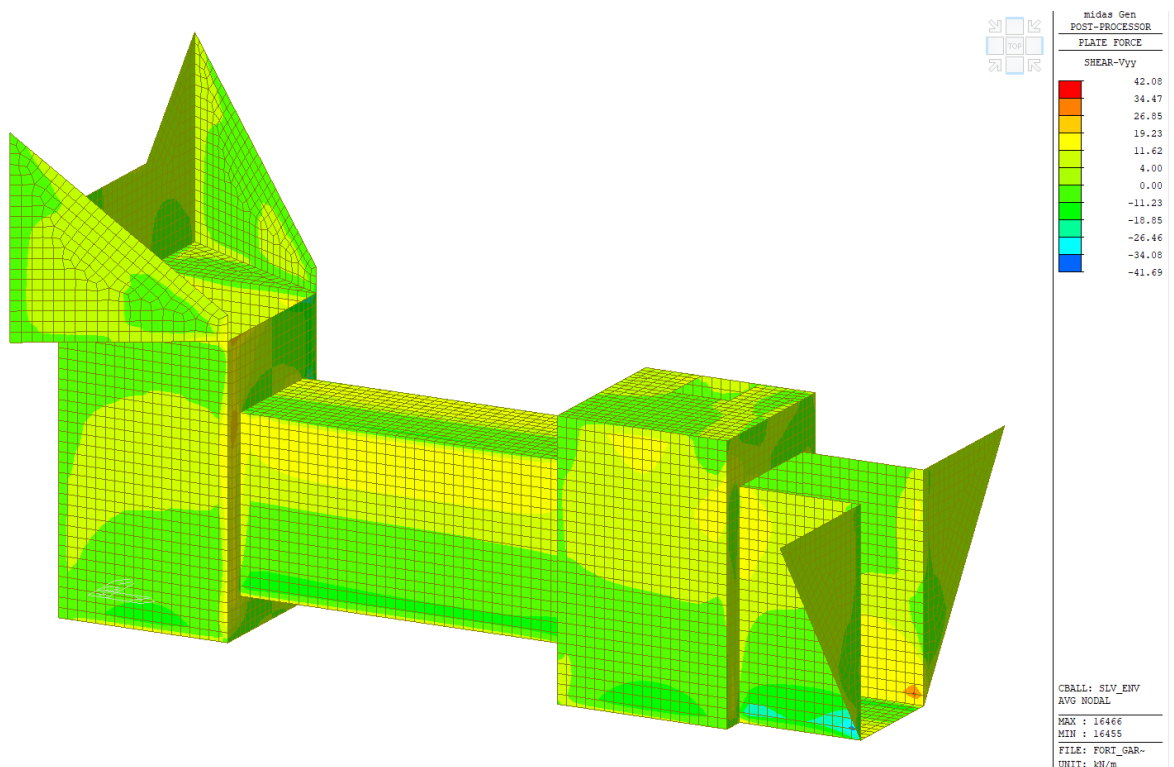



Figura 37: Taglio Vyy [kN/m] derivato dall'involuppo SLV\_ENV.

APPALTATORE:		 <b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>								
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>								
Mandatario:		Mandanti:								
SWS Engineering S.p.A. SIST		PINI ITALIA M Ingegneria		GDP GEOMIN		SIFEL				
09	-	IDROLOGIA	ED	IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo					IB0U	1BEZZ	CL	ID2000001	A	37 di 42

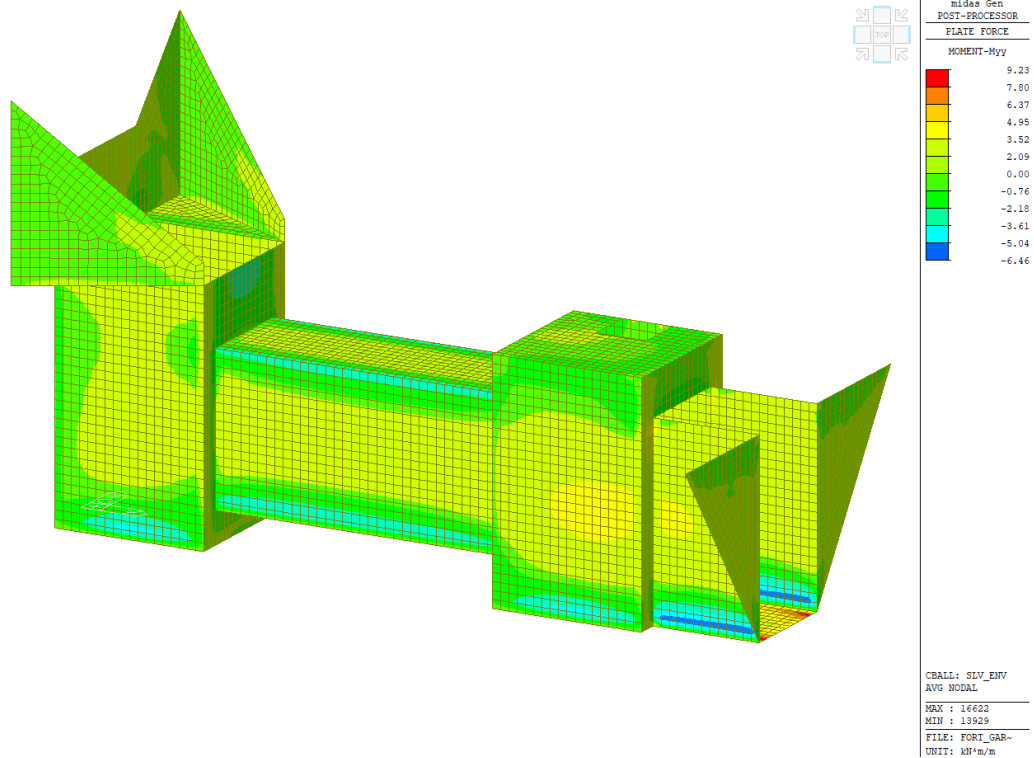


Figura 38: Momento flettente  $M_{yy}$  [kNm/m] derivato dall'involuppo SLV\_ENV.

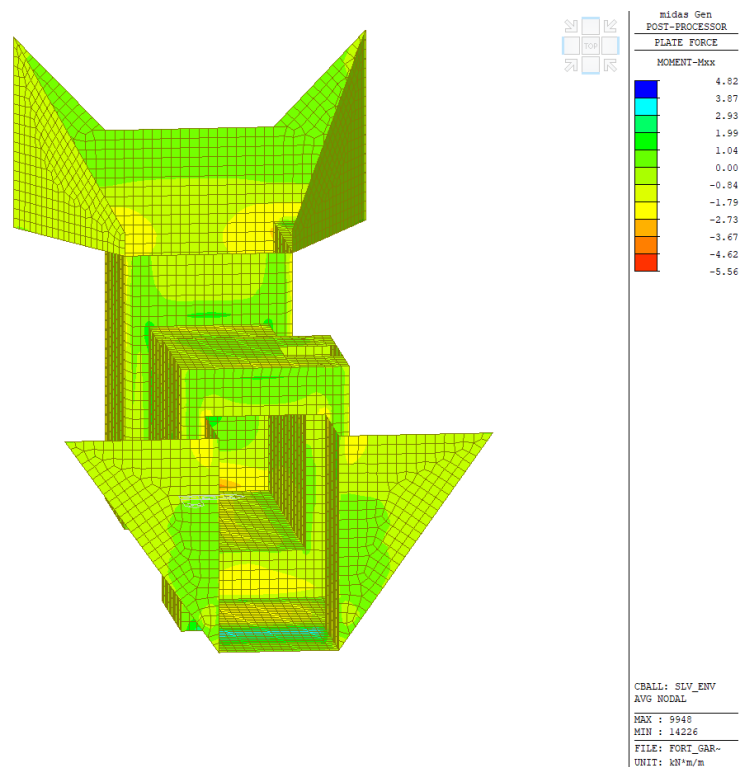



Figura 39: Momento flettente  $M_{xx}$  [kNm/m] derivato dall'involuppo SLV\_ENV.

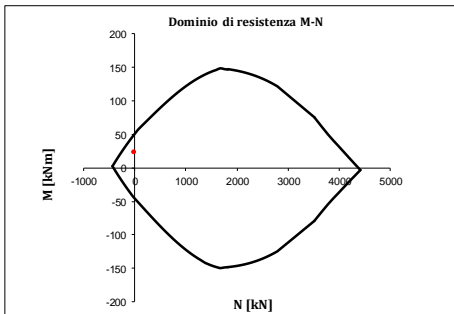
APPALTATORE:			<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>						
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>						
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA	Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.		
		IB0U	1BEZZ	CL	ID2000001	A	38 di 42		

## 6. VERIFICHE STRUTTURALI E GEOTECNICI


### 6.1 VERIFICA STRUTTURALE

Nel seguente calcolo è stata considerata la sollecitazione massima del tombino, con un'altezza di sezione pari a 25cm e un'armatura uniforme orizzontale e verticali pari a  $\phi 12/200$ mm con armatura trasversale da  $\phi 8/400 \times 400$ mm. Le verifiche allo stato limite di esercizio, in termini tensionali e di fessurazione, risultano soddisfatte. Lo stato limite ultimo risulta verificato in termini di resistenza a taglio e momento nella sezione più sollecitata. Il tombino idraulico ha un'incidenza di armatura di 80 kg/mc.

#### Tombino Idraulico

INPUT				OUTPUT			
SOLLECITAZIONI DI VERIFICA				VERIFICHE IN ESERCIZIO			
Combinazione	$N_{sd}$ [kN]	$M_{sd}$ [kNm]	$V_{sd}$ [kN]	Verifica Tensionale		$\sigma$ limit	
SLE Quasi Permanente	0.0	16.6	64.81	Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	$\sigma_c$ [Mpa] = 3.60	< 12.6	
SLE Frequente	0.0	16.6	64.81	Calcestruzzo SLE Rara	$\sigma_c$ [Mpa] = 3.60	< 16.8	
SLE Rara	0.0	16.6	64.81	Acciaio SLE Rara	$\sigma_s$ [Mpa] = 160.56	< 360	
SLU	0.0	23.3	92.0	Verifica di fessurazione		$w$ limit	
SLV	0.0	9.2	42.1	Combinazione SLE Quasi permanente	$w_d$ [mm] = 0.000	< 0,2	
				Combinazione SLE Frequente	$w_d$ [mm] = 0.000	< 0,3	
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE IN C.A.				VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO			
Geometria della sezione				Sollecitazioni di progetto			
Base (ortogonale al Taglio)	B [cm]	100		Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)	$V_{sd}$ [kN]	92.0	
Altezza (parallela al Taglio)	H [cm]	25		Sforzo Normale concomitante al massimo taglio	$N_{sd}$ [kN]	0.0	
Altezza utile della sezione	d [cm]	20		Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica			
Area di calcestruzzo	$A_c$ [cm <sup>2</sup> ]	2500		Resistenza di progetto senza armatura specifica	$V_{Rd1}$ [kN]	104.77	
				Coefficiente di sicurezza	$V_{Rd1}/V_{sd}$	1.14	
Armatura longitudinale tesa				Verifica di resistenza dell'armatura specifica			
	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	CoTan(0) di progetto	cot(0)	2.5	
Numero Barre	n	5	0	Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls	$V_{Rd2}(0)$ [kN]	525	
Diametro	$\phi$ [mm]	12	0	Resistenza a taglio dell'armatura	$V_{Rd3}(0)$ [kN]	22	
Posizione dal lembo esterno	c [cm]	5.0	0.0	Resistenza a taglio di progetto	$V_{Rd}$ [kN]	22	
Area strato	$A_s$ [cm <sup>2</sup> ]	5.65	0.00	Coefficiente di sicurezza	$V_{Rd}/V_{sd}$	0.24	
Rapporto di armatura	$\rho$ [%]	0.283%			VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE		
Armatura longitudinale compressa				Sollecitazioni di progetto			
	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	Momento sollecitante = max Momento(SLU,SLV)	$M_{sd}$ [kNm]	23.3	
Numero Barre	n	5	0	Sforzo Normale concomitante al massimo momento	$N_{sd}$ [kN]	0.0	
Diametro	$\phi$ [mm]	12	0	Verifica di resistenza in termini di momento			
Posizione dal lembo esterno	c' [cm]	6.2	0.0	Momento resistente	$M_{Rd}$ [kNm]	51.6	
Area strato	$A_s'$ [cm <sup>2</sup> ]	5.65	0.00	Coefficiente di sicurezza	$M_{Rd}/M_{sd}$	2.22	
Rapporto di armatura	$\rho'$ [%]	0.283%			VERIFICA DI RESISTENZA IN TERMINI DI SFORZO NORMALE		
Armatura trasversale				Sollecitazioni di progetto			
	1° TIPO	2° TIPO	3° TIPO	Sforzo normale resistente	$N_{Rd}$ [kN]	-	
Diametro	$\phi$ [mm]	8	0	Coefficiente di sicurezza	$N_{Rd}/N_{sd}$	-	
Numero bracci	$n_{bi}$	1	0	Dominio di resistenza M-N			
Passo	$s_w$ [cm]	40	0				
Inclinazione	$\alpha$ [deg]	90	90				
Area armatura a metro	$A_{sw}/s_w$ [cm <sup>2</sup> /m]	1.26	0.00				
CARATTERISTICHE REOLOGICHE DEI MATERIALI							
Concrete							
Resistenza cubica a compressione		RCK	35				
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$ [Mpa]		28.00				
Resistenza cilindrica media a compressione	$f_{cm}$ [Mpa]		36.00				
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm}$ [Mpa]		2.77				
Resistenza caratteristica a trazione per flessione	$f_{ctk}$ [Mpa]		1.94				
Resistenza di progetto a compressione	$f_{cd}$ [Mpa]		15.87				
Resistenza di progetto delle bielle compresse	$f_{cd}$ [Mpa]		8.45				
Acciaio							
Resistenza di progetto a snervamento	$f_{yd}$ [Mpa]		391.30				



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>								
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>								
Mandataria:	Mandanti:									
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST									
09	-	IDROLOGIA	ED	IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo					IBOU	1BEZZ	CL	ID2000001	A	39 di 42

## 6.2 VERIFICA GEOTECNICA

### 6.2.1 Capacità portante

Tali risultati sono ottenuti considerando un terreno di riempimento con le seguenti caratteristiche, in congruenza alla Relazione geotecnica di caratterizzazione (IBOU1BEZZGEGE0006003B):

$$c' = 0 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 37^\circ$$


$$\gamma = 20 \text{ kN/mc}$$

Il carico limite, in accordo con la normativa vigente, viene calcolato utilizzando l'approccio A1-M1-R3. Il valore che si ottiene è espresso nella figura seguente:

D. CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONI SUPERFICIALI		
D.1.1.1. CONDIZIONI DRENATE - VERIFICA		
<b>DATI DI INGRESSO</b>		
$\gamma_w$	peso di volume acqua	9.807 (kN/m <sup>3</sup> )
$\gamma_n$	peso di volume naturale terreno	19.0 (kN/m <sup>3</sup> )
$\gamma_{sat}$	peso di volume saturo del terreno	20.0 (kN/m <sup>3</sup> )
$\phi'$	angolo di attrito	37.0 (°)
$c'$	coesione drenata	0.0 (kPa)
$B'$	larghezza della fondazione equivalente	2.00 (m)
$L'$	lunghezza della fondazione equivalente	7.15 (m)
$D$	approfondimento della fondazione	
	valore minimo tra sinistra e destra della fondazione (è opportuno essere conservativi; vedi l'influenza sul termine "contributo del sovraccarico"; a tal fine si introduce il coefficiente "δ")	1.50 (m)
$\delta$	percentuale dell'approfondimento D adottata nel calcolo	100 (%)
$h_w$	profondità falda da p.c. ( $h_w = z_w + D$ )	0.00 (m)
$\alpha$	inclinazione della fondazione (valore positivo: vedi foglio "figura")	0.0 (°)
$\beta$	pendenza piano campagna (valore positivo: vedi foglio "figura")	0.0 (°)
$N$	carico verticale	1497 (kN)
$H$	carico orizzontale (N e H sono necessari per il calcolo dei fattori I. Se H non è noto, porre H = 0.1 N)	0 (kN)
$FS$	coefficiente di sicurezza	2.30 (-)
fattori di capacità portante		
	$N_c$	55.63
	$N_q$	66.19
	$N_{\gamma}$	42.92
fattori di forma		
	$s_c$	1.22
	$s_q$	0.89
	$s_{\gamma}$	1.21
fattori di approfondimento		
	$d_c$	1.18
	$d_q$	1.00
	$d_{\gamma}$	1.18
fattori di inclinazione del carico		
	$i_c$	1.00
	$i_q$	1.00
	$i_{\gamma}$	1.00
fattori di inclinazione della fondazione		
	$b_c$	1.00
	$b_q$	1.00
	$b_{\gamma}$	1.00
fattori di inclinazione del piano campagna		
	$g_c$	1.00
	$g_q$	1.00
	$g_{\gamma}$	1.00
<b>RISULTATI</b>		
<b>capacità portante limite:</b>		
	componente dovuta alla coesione	0 (kPa)
	contributo delle forze di attrito	599 (kPa)
	contributo del sovraccarico	937 (kPa)
	$q_{lim}$	= 1536 kPa
	$q_{amm}$	= 676 kPa
<small><math>q_{amm}</math> è il valore della pressione ammissibile nei confronti di fenomeni di rottura globale dei terreni di fondazione. Noto il valore di <math>q_{lim}</math>, è necessario verificare la compatibilità dei cedimenti con i valori ammissibili (il valore del cedimento totale ammissibile, per fondazioni correnti, è usualmente assunto pari a 2.5 cm). Nel caso in cui i cedimenti risultino superiori al valore ammissibile, la portata ammissibile dovrà essere adeguatamente ridotta per rientrare nei limiti sopra indicati. I cedimenti possono essere calcolati mediante i criteri riportati nel punto E.</small>		
<b>N.B.</b>		

Figura 40: Carico limite



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>								
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>								
Mandataria:	Mandanti:									
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP	GEOMIN	SIFEL						
SIST	M Ingegneria									
09	-	IDROLOGIA	ED	IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo					IBOU	1BEZZ	CL	ID2000001	A	40 di 42

Si ottiene quindi:

$$q_{lim} = 676 \text{ kPa} > 147 \text{ kPa}$$

->

La verifica risulta soddisfatta.

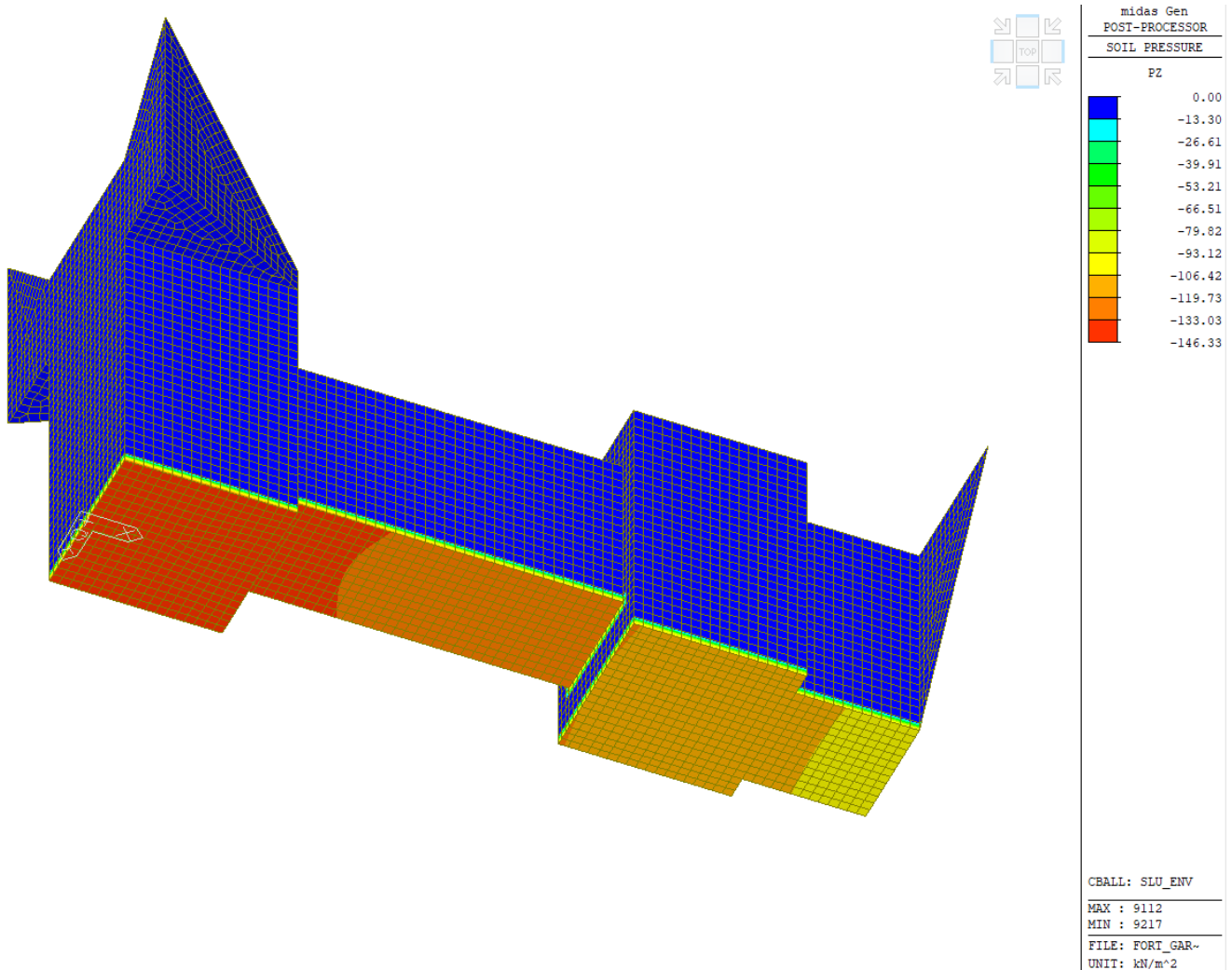



Figura 41: Pressione verticale esercitato sul pino fondazione nella combinazione SLU\_ENV [kN/m²].

## 6.2.2 Cedimento verticale

La determinazione dei cedimenti delle fondazioni assume una rilevanza notevole per il manufatto da realizzarsi, in special modo nella fase di esercizio. Nell'evolversi della fase di cedimento il terreno passa da uno stato di sforzo corrente dovuto al peso proprio ad uno nuovo dovuto all'effetto del carico addizionale applicato.

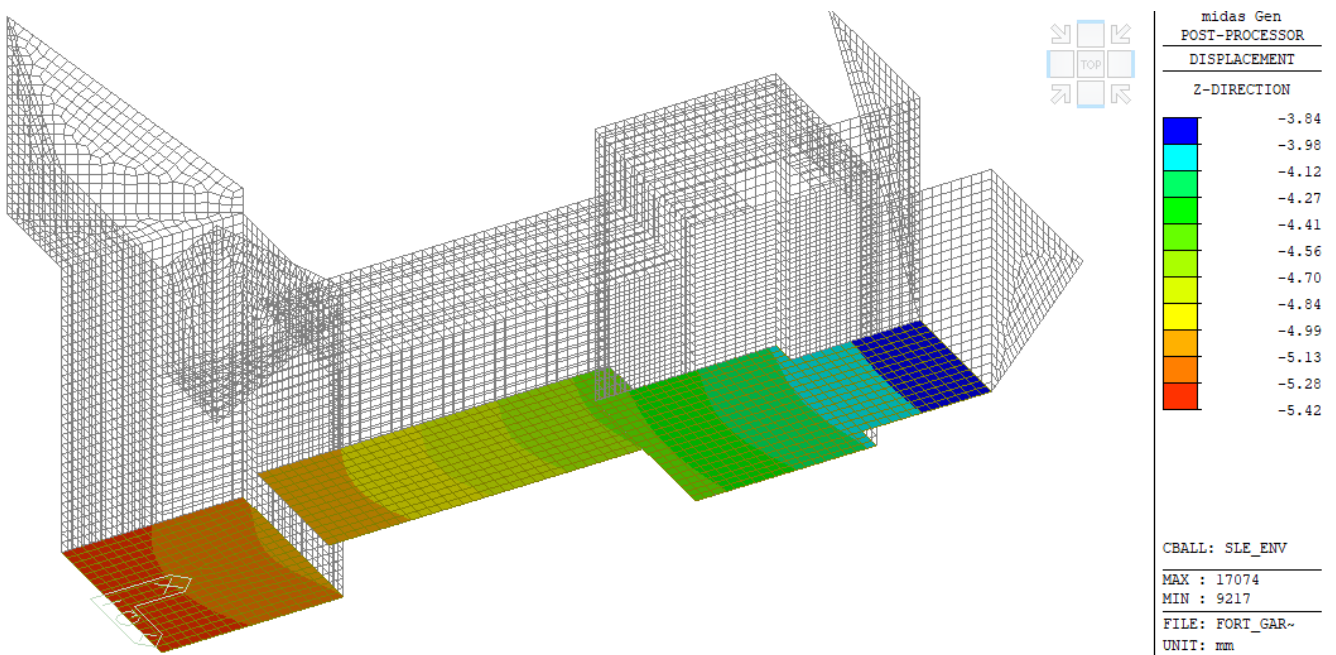
Questa variazione dello stato tensionale produce una serie di movimenti di rotolamento e scorrimento relativo tra i granuli del terreno, nonché deformazioni elastiche e rotture delle particelle costituenti il mezzo localizzate in una limitata zona d'influenza a ridosso dell'area di carico.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>								
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>								
Mandatario:	Mandanti:									
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP	GEOMIN	SIFEL						
SIST	M Ingegneria									
09	-	IDROLOGIA	ED	IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo					IB0U	1BEZZ	CL	ID2000001	A	41 di 42

L'insieme di questi fenomeni costituisce il cedimento che nel caso in esame è verticale. Nonostante la frazione elastica sia limitata, l'esperienza ha dimostrato che ai fini del calcolo dei cedimenti modellare il terreno come materiale pseudoelastico permette di ottenere risultati soddisfacenti.

La verifica viene condotta col metodo edometrico facendo riferimento ad un terreno omogeneo di cui ai parametri geotecnici di cui al punto precedente.

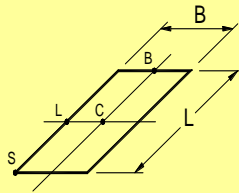
La modellazione induce un abbassamento di 5,3mm e la verifica risulta soddisfatta.



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>								
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. SIST	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>						REV. A	FOGLIO. 42 di 42
09	-	IDROLOGIA	ED	IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo					IB0U	1BEZZ	CL	ID2000001	A	42 di 42

## E.2. MODULI ELASTICI E FORMULE LOGARITMICHE

### E.2.2.1. AREA RETTANGOLARE UNIFORME - CENTRO



#### DATI DI INGRESSO

<b>p</b>	carico applicato	146	(kPa)	<b>Δh</b>	altezza concio di calcolo	0.10	(m)
<b>L</b>	lunghezza dell'area di carico	8.2	(m)	<b>D</b>	approfondimento fondazione da p.c.	3.00	(m)
<b>B</b>	larghezza dell'area di carico	1.8	(m)	<b>z<sub>w</sub></b>	profondità falda da p.c.	25.00	(m)
				<b>α</b>	$\Delta\sigma_z < \alpha \sigma'_{vo}$	0.10	(-)

**N.B.:** nel caso si introducano due o più strati coesivi **successivi**, resta valido il calcolo del valore del cedimento ma deve essere analizzato a parte il processo di consolidazione (cartelle Excel della serie E.3.)

Strato n.	tipo terreno	ΔH	H <sub>F</sub>	γ <sub>n</sub>	γ <sub>sat</sub>	E	Eu	CR	RR	cv	C	N
(-)	(-)	(m)	(m)	(kN/m <sup>3</sup> )	(kN/m <sup>3</sup> )	(MPa)	(MPa)	(-)	(-)	(m <sup>2</sup> /s)	terreno coesivo	terreno granulare
1 * *	c	5.80	5.80	19.0	19.0		40.0	0.108	0.019	5.1E-06	spessore strato i-esimo	ΔH * *
2	c	14.00	19.80	18.0	18.0		100.0	0.124	0.011	2.2E-06	H <sub>F</sub>	quota letto strato i-esimo
3	c	5.00	24.80	17.0	17.0		150.0	0.110	0.015	2.0E-06	γ <sub>n</sub>	peso di volume naturale
4			24.80								γ <sub>sat</sub>	peso di volume saturo
5			24.80								E	modulo elastico t. granulari
6			24.80								Eu	modulo NON drenato t. coesivi
											CR	rapporto di compressione
											RR	rapporto di ricomprensione
											cv	coeff. di consolidazione

\* \* lo spessore del 1° strato è valutato a partire dalla quota di imposta della fondazione/area di carico

#### RISULTATI

**N.B.:** inserire i valori della distribuzione con la profondità della pressione di preconsolidazione  $\sigma'_p$   
 (il valore z=0 corrisponde alla quota del piano di imposta della fondazione/area di carico; il valore della pressione geostatica efficace alla quota z=0 è calcolato facendo riferimento ai parametri del 1° strato)

z	$\sigma'_{vo}$	$\sigma'_p$	$\Delta\sigma_z$	$\sigma'_{vo} + \Delta\sigma_z$	$\Delta w_{IMM}$	$\Delta w_{CONS}$	w <sub>IMM</sub>	w <sub>CONS</sub>	w <sub>TOT</sub>
(m)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
0.00	57	250	146	203	-	-	0.6	3.3	3.9
0.10	2	250	145	147	0.0	0.1	0.5	3.2	3.7
0.20	4	250	144	148	0.0	0.3	0.5	2.8	3.3
0.30	6	250	144	149	0.0	0.3	0.5	2.5	3.0
0.40	8	250	141	148	0.0	0.3	0.4	2.3	2.7
0.50	10	250	138	147	0.0	0.2	0.4	2.1	2.4
0.60	11	250	134	145	0.0	0.2	0.3	1.8	2.2
0.70	13	250	129	142	0.0	0.2	0.3	1.6	1.9
0.80	15	250	124	139	0.0	0.2	0.3	1.4	1.7
0.90	17	250	118	136	0.0	0.2	0.3	1.3	1.5
1.00	19	250	113	132	0.0	0.2	0.2	1.1	1.3
1.10	21	250	107	128	0.0	0.2	0.2	0.9	1.1
1.20	23	250	102	125	0.0	0.1	0.2	0.8	1.0
1.30	25	250	98	122	0.0	0.1	0.1	0.7	0.8
1.40	27	250	94	120	0.0	0.1	0.1	0.5	0.7
1.50	29	250	89	118	0.0	0.1	0.1	0.4	0.5
1.60	30	250	85	116	0.0	0.1	0.1	0.3	0.4
1.70	32	250	82	114	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3
1.80	34	250	78	112	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1
1.90	36	250	74	110	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
2.00	38	250	71	109	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0

