

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
Dott. 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

08 - GALLERIE

E-GALLERIA GARDENA

-

Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C

APPALTATORE		SCALA:
IL DIRETTORE TECNICO 		-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I B O U	1 B	E	Z Z	C L	G N O 2 0 0	0 0 4	C

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione a seguito di completamento indagini integrative.	M. Aganetti	18/03/2022	C. Iasiello	21/03/2022	D. Buttafoco (Dolomiti)	25/03/2022	IL PROGETTISTA P. Cucino 16/03/2023
B	Emissione a seguito di indicazioni Committenza	M. Aganetti	18/07/2022	C. Iasiello	19/07/2022	D. Buttafoco (Dolomiti)	20/07/2022	
C	Emissione a seguito di indicazioni Committenza	M. Aganetti	13/03/2023	C. Iasiello	14/03/2023	D. Buttafoco	15/03/2023	

File: IB0U1BEZZCLGN0200004C.docx	n. Elab.: X
----------------------------------	-------------

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	2 di 312

SOMMARIO

1. PREMESSA	6
2. SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO	7
3. NORMATIVA, ELAVORADI DI RIFERIMENTO E SOFTWARE UTILIZZATI	8
3.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	8
3.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	8
3.3 SOFTWARE UTILIZZATI	8
3.4 ALLEGATI	8
3.5 DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO	8
4. DESCRIZIONE DELL’OPERA	10
5. FASE CONOSCITIVA	11
6. FASE DI DIAGNOSI	12
6.1 CLASSI DI COMPORTAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO	12
6.2 SEZIONI ANALIZZATE	13
6.3 RISULTATI DELLE ANALISI	14
6.3.1 Analisi del rischio di squeezing.....	16
7. FASE DI TERAPIA	22
7.1 CRITERI DI VERIFICA	22
7.2 INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO	22
7.2.1 Schema consolidamenti passaggio in zone di faglia	22
8. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI	25
8.1 TIPOLOGIA DI ELEMENTI DI RIVESTIMENTO	26
8.2 COPRIFERRO	26
9. ANALISI E VERIFICA DELLE SEZIONI CARATTERISTICHE	28
9.1 SEZIONE 1 PK 16+450	28
9.1.1 Stabilità del fronte e del cavo	28
9.1.2 Metodo delle curve caratteristiche.....	29
9.1.3 Verifiche	33
9.2 SEZIONE 2 PK 16+540	39
9.2.1 Metodo delle curve caratteristiche.....	39

APPALTAZIONE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 3 di 312

9.2.2	Verifiche	45
9.3	SEZIONE 3 PK 16+750	50
9.3.1	Metodo delle curve caratteristiche	50
9.3.2	Verifiche	55
9.4	SEZIONE 4 PK 17+475	61
9.4.1	Stabilità del fronte e del cavo	61
9.4.2	Metodo delle curve caratteristiche	61
9.4.3	Verifiche	66
9.5	SEZIONE 5 PK 17+650	73
9.5.1	Metodo delle curve caratteristiche	73
9.5.2	Verifiche	78
9.6	SEZIONE 6 PK 18+400	84
9.6.1	Stabilità del fronte e del cavo	84
9.6.2	Metodo delle curve caratteristiche	84
9.6.3	Verifiche	89
9.7	SEZIONE 7 PK 18+600	95
9.7.1	Stabilità del fronte e del cavo	95
9.7.2	Metodo delle curve caratteristiche	96
9.7.3	Verifiche	100
9.7.4	Analisi rischio squeezing	106
9.8	SEZIONE 8 PK 19+450	118
9.8.1	Metodo delle curve caratteristiche	118
9.8.2	Verifiche	123
9.9	SEZIONE 9 PK 20+450	130
9.9.1	Metodo delle curve caratteristiche	130
9.9.2	Verifiche	135
9.10	SEZIONE 10 PK 21+275	141
9.10.1	Metodo delle curve caratteristiche	141
9.10.2	Verifiche	146
10.	ANALISI DELLA GESTIONE DEL RISCHIO DELLO SCAVO IN TBM NELLE FILLADI CARBONIOSE	152
11.	VERIFICA NEI RIGUARDI DELL'ESPOSIZIONE AL FUOCO	153

APPALTAZIONE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 4 di 312

12. RISULTATI DEI CALCOLI	154
13. CONCLUSIONI	155
14. CURVE CARATTERISTICHE IN FASE DI DIAGNOSI.....	157
14.1 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 1 (PK. 16+450)	157
14.2 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 2 (PK. 16+540)	158
14.3 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 3 (PK. 16+750)	159
14.4 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 4 (PK. 17+475)	161
14.5 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 5 (PK. 17+650)	162
14.6 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 6 (PK. 18+400)	164
14.7 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 7 (PK. 18+600)	165
14.8 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 8 (PK. 19+450)	167
14.9 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 9 (PK. 20+450)	168
14.10 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 10 (PK. 21+275)	170
15. CURVE CARATTERISTICHE IN FASE DI TERAPIA	172
15.1 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 1 (PK. 16+450)	172
15.2 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 2 (PK. 16+540)	175
15.3 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 3 (PK. 16+750)	178
15.4 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 4 (PK. 17+475)	180
15.5 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 5 (PK. 17+650)	183
15.6 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 6 (PK. 18+400)	185
15.7 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 7 (PK. 18+600)	188
15.8 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 8 (PK. 19+450)	191
15.9 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 9 (PK. 20+450)	193
15.10 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 10 (PK. 21+275)	196
16. OUTPUT PLAXIS 2D	201
16.1.1 Galleria di linea – Gardena – Sezione 1 (pk. 16+450).....	201
16.1.2 Galleria di linea – Gardena – Sezione 2 (pk. 16+540).....	213
16.1.3 Galleria di linea – Gardena – Sezione 3 (pk. 16+750).....	224
16.1.4 Galleria di linea – Gardena – Sezione 4 (pk. 17+475).....	235
16.1.5 Galleria di linea – Gardena – Sezione 5 (pk. 17+650).....	246
16.1.6 Galleria di linea – Gardena – Sezione 6 (pk. 18+400).....	257

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 5 di 312

16.1.7	Galleria di linea – Gardena – Sezione 7 (pk. 18+600).....	268
16.1.8	Galleria di linea – Gardena – Sezione 8 (pk. 19+450).....	279
16.1.9	Galleria di linea – Gardena – Sezione 9 (pk. 20+450).....	290
16.1.10	Galleria di linea – Gardena – Sezione 10 (pk. 21+275)	301

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 6 di 312

1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione è lo studio delle problematiche progettuali, il dimensionamento e la verifica degli interventi necessari alla realizzazione della galleria di linea Gardena (GN02), nell'ambito del progetto della tratta ferroviaria Fortezza – Ponte Gardena, Lotto 1 della linea Fortezza-Verona, accesso Sud alla galleria di Base del Brennero.

Le opere in oggetto ricadono nella provincia di Bolzano. La galleria in esame ha una lunghezza complessiva di circa 6.18 km, con configurazione a doppia canna ad interasse di 40 m.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	7 di 312

2. SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

Nella presente relazione si affrontano le problematiche progettuali connesse alla realizzazione delle gallerie della linea ferroviaria Fortezza – Ponte Gardena – Lotto 1 con scavo meccanizzato.

La progettazione delle opere in sotterraneo, condotta secondo il metodo ADECO-RS Rif. [4], si è articolata nelle seguenti fasi:

1. fase conoscitiva: è finalizzata allo studio e all'analisi del contesto geologico e geotecnico in cui sarà realizzata la galleria; i risultati dello studio geologico sono descritti nella specifica Relazione Geologica e Idrogeologica a cui si rimanda per l'illustrazione del modello geologico; la sintesi dello studio geotecnico con la definizione del modello geotecnico di sottosuolo e dei parametri di progetto è illustrata nel capitolo 7;
2. fase di diagnosi: si esegue la valutazione della risposta deformativa dell'ammasso allo scavo in assenza di interventi di stabilizzazione per la determinazione delle categorie di comportamento;
3. fase di terapia: sulla base dei risultati delle precedenti fasi progettuali, si individuano le modalità di scavo e la tipologia di macchinario da utilizzarsi per realizzare l'opera in condizioni di sicurezza. Le soluzioni progettuali sono state analizzate per verificarne l'adeguatezza: nel capitolo 0 sono illustrati metodi e risultati delle analisi condotte per la verifica della stabilità globale della cavità, per il dimensionamento/verifica dei rivestimenti, nelle diverse fasi costruttive e in condizioni di esercizio.
4. fase di verifica e messa a punto: il progetto è completato dal piano di monitoraggio da predisporre ed attuare nella fase realizzativa. Nel piano di monitoraggio sono individuati i valori delle grandezze fisiche a cui riferirsi in corso d'opera per controllare la risposta deformativa dell'ammasso al procedere dello scavo, verificare la rispondenza con le previsioni progettuali e mettere a punto le soluzioni progettuali nell'ambito delle variabilità previste in progetto.

La galleria Gardena sarà realizzata in parte con metodo di **scavo tradizionale** per un tratto di lunghezza pari a circa **442 m** (di cui circa 12.5 m in artificiale) e con metodo di **scavo meccanizzato** per circa **5678 m**, ha una lunghezza complessiva di **circa 6120 m**, provvista di cunicoli trasversali di collegamento tra le due canne, con passo non superiore a 500 m; per lo scavo tradizionale si rimanda alla relazione IBL11BD07RBGN010002.

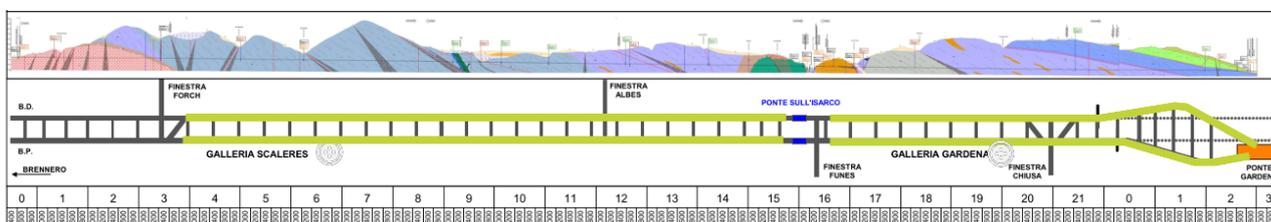


Figura 2-1: Profilo geomeccanico

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	8 di 312

3. NORMATIVA, ELAVORADI DI RIFERIMENTO E SOFTWARE UTILIZZATI

3.1 NORMATIVA 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] "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni (NTC 2018)" - DM Infrastrutture 17.01.2018.

3.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- [4] Lunardi P. (2006). Progetto e Costruzione di Gallerie: Analisi delle deformazioni controllate nelle rocce e nei suoli - ADECO-RS – (Hoepli Ed.);
- [5] Bernaud D., Benamar I., Rousset G. (1994). La "nouvelle methode implicite" pour le calcul des tunnel dans les milieux elastoplastiques et viscoplastiques – Revue Francaise de Geotechnique, N° 68;
- [6] Rousset G. (1992). La « nouvelle methode implicite » pour l' etude du dimensionnement des tunnels - Revue Francaise de Geotechnique, N° 60;

3.3 SOFTWARE UTILIZZATI

I software utilizzati per la progettazione sono:

- GV4 versione 4H 2003 Sial.tec Engineering
- Plaxis 2D versione 2021 v21 Bentley

3.4 ALLEGATI

- Allegato 1 [Analisi con il metodo delle curve caratteristiche]
- Allegato 2 [Analisi numeriche – Fasi di calcolo e Risultati]

3.5 DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO

I contenuti della seguente relazione sono completati dai seguenti elaborati di progetto:

- [7] IBOU1BEZZGEGN0000002 "08 - GALLERIE - B-GEOTECNICA - Relazione geotecnica Galleria Gardena e Interconnessioni"
- [8] IBOU1BEZZF6GN0200001 "08 - GALLERIE - B-GEOTECNICA - Galleria Gardena - Profilo geotecnico - tav. 1"
- [9] IBOU1BEZZF6GN0200002 "08 - GALLERIE - B-GEOTECNICA - Galleria Gardena - Profilo geotecnico - tav. 2"
- [10] IBOU1BEZZF6GN0200003A "08 - GALLERIE - B-GEOTECNICA - Galleria Gardena - Profilo geotecnico - tav. 3"
- [11] IBOU1BEZZRHGN0000003 "08 – GALLERIE - C-GALLERIE NATURALI DI LINEA E DI INTERCONNESSIONE- Scavo meccanizzato – Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Tipo A, B e C"
- [12] IBOU1BEZZW9GN0000001 "08 - GALLERIE - C-GALLERIE NATURALI DI LINEA E DI INTERCONNESSIONE - Scavo meccanizzato - Interventi di consolidamento"

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria							<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>IBOU</td> <td>1BEZZ</td> <td>CL</td> <td>GN0200004</td> <td>C</td> <td>9 di 312</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	9 di 312													

[13] IBOU1BEZZRHGN0100002 "08 – GALLERIE - C-GALLERIE NATURALI DI LINEA E DI INTERCONNESSIONE- Scavo meccanizzato - Relazione monitoraggio - Scavo Meccanizzato"

[14] IBOU1BEZZRHGN0000005 "08 – GALLERIE - C-GALLERIE NATURALI DI LINEA E DI INTERCONNESSIONE- Scavo meccanizzato - Relazione di analisi dei parametri macchina"

[15] IBOU1BEZZRHGN0000004 "08 – GALLERIE - C-GALLERIE NATURALI DI LINEA E DI INTERCONNESSIONE- Scavo meccanizzato - Relazione tecnica scavo meccanizzato e linee guida per l'applicazione degli interventi di drenaggio e consolidamento in avanzamento"

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	10 di 312

4. DESCRIZIONE DELL'OPERA

La presente relazione sintetizza gli aspetti principali della Progettazione Definitiva delle opere civili in sotterraneo riguardanti il 1° lotto prioritario "Fortezza-Ponte Gardena", ubicato nel territorio della Provincia Autonoma di Bolzano (attraversando 8 comuni: Fortezza, Varna, Bressanone, Velturmo, Funes, Chiusa, Laion e Ponte Gardena), nell'ambito del quadruplicamento della linea Verona-Fortezza di accesso Sud alla galleria del Brennero. La lunghezza totale del tracciato a doppio binario nel Lotto 1 tratta "Fortezza-Ponte Gardena" è di circa 22,5 km e si sviluppa in massima parte in sotterraneo mediante due gallerie naturali denominate Scaleres (15,4 km) e Gardena (6,2 km), aventi lunghezza complessiva di circa 21,6 km ed intervallate da un breve tratto allo scoperto in attraversamento della Valle dell'Isarco. Sono previste anche le due gallerie di Interconnessione a Ponte Gardena Nord, anch'esse in sotterraneo.

La velocità di tracciato è di 225 km/h, la pendenza massima longitudinale in linea è del 12,50 %.

La galleria Gardena si sviluppa con configurazione a doppia canna, singolo binario con interasse tra le canne pari a 40 m. La galleria, da realizzarsi con metodo di scavo tradizionale per un tratto di lunghezza pari a 442m (di cui 12.5 m in artificiale) e con metodo di scavo meccanizzato per 12162 m circa, ha una lunghezza complessiva di circa 5678 m, ed è provvista di cunicoli trasversali di collegamento tra le due canne, con passo non superiore a 500 m. L'imbocco a nord (lato ponte sull'Isarco) ha un'estensione di 7.5 m circa.

Dal punto di vista altimetrico il tracciato della galleria è caratterizzato da una livelletta monopendente (pendenza massima del 12,50% circa) in discesa verso le progressive crescenti e presenta la copertura massima di 590 m circa intorno alla progressiva km 18+950.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 11 di 312

5. FASE CONOSCITIVA

Per le informazioni relative alla fase conoscitiva della galleria Gardena (GN02) si rimanda all'elaborato IBOU1BEZZGEGN0000002 Rif. [7].

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	12 di 312

6. FASE DI DIAGNOSI

Nella fase di diagnosi, sulla base del modello geotecnico scaturito dagli studi e dalle indagini effettuati nella fase conoscitiva, si procede alla previsione della risposta tensio-deformativa dell'ammasso allo scavo, in assenza di interventi di stabilizzazione. La valutazione della risposta deformativa dell'ammasso allo scavo è condotta con riferimento alle tre categorie di comportamento fondamentali individuate nel metodo ADECO-RS ([4]), di seguito brevemente richiamate, sulla base delle quali il tracciato sotterraneo è suddiviso in tratte a comportamento deformativo omogeneo.

I risultati dell'analisi del comportamento deformativo consentono di individuare gli interventi di precontenimento e/o di contenimento più idonei a garantire condizioni di stabilità della galleria in fase di scavo e a lungo termine.

6.1 CLASSI DI COMPORTAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO

Secondo l'approccio ADECO-RS ([4]) la previsione dell'evoluzione dello stato tensionale a seguito dell'apertura di una galleria è possibile attraverso l'analisi dei fenomeni deformativi, che forniscono indicazioni sul comportamento della cavità nei riguardi della stabilità a breve e a lungo termine. Dati sperimentali e analisi teoriche hanno dimostrato che il comportamento della cavità è significativamente condizionato, oltre che dalle caratteristiche geometriche della galleria stessa e dai carichi litostatici, anche dalle caratteristiche di resistenza e di rigidità del nucleo d'avanzamento, inteso come il volume di terreno a monte del fronte di scavo. Se il nucleo non è costituito da materiale sufficientemente rigido e resistente da mantenere in campo elastico il proprio comportamento tensio-deformativo, si sviluppano fenomeni deformativi e plasticizzazioni rilevanti in avanzamento, a cui consegue l'evoluzione verso condizioni di instabilità del fronte e del cavo. Se, invece, il comportamento del nucleo d'avanzamento si mantiene in campo elastico, il nucleo stesso svolge un'azione di precontenimento del cavo, che si mantiene a sua volta in condizioni elastiche, conservando le caratteristiche di massima resistenza del materiale attraversato e quindi configurazioni di stabilità.

Sulla base di tali considerazioni, il comportamento del nucleo-fronte di scavo, al quale è legato quello della cavità, può essere sostanzialmente ricondotto alle seguenti tre categorie:

Categoria A: nucleo-fronte stabile

Tale categoria corrisponde alla condizione in cui lo stato tensionale nel terreno al fronte e al contorno della cavità non supera le caratteristiche di resistenza dell'ammasso; in tal caso le deformazioni sono prevalentemente elastiche, di piccola entità e tendono ad esaurirsi rapidamente con la distanza dal fronte. Il fronte di scavo e il cavo sono stabili e quindi non si rendono necessari interventi preventivi di stabilizzazione, se non localizzati e in misura ridotta. Il rivestimento definitivo costituisce il margine di sicurezza per la stabilità a lungo termine.

Categoria B: nucleo-fronte stabile a breve termine

Tale categoria corrisponde alla condizione in cui lo stato tensionale nel terreno al fronte e al contorno della cavità, a seguito delle operazioni di scavo, raggiunge la resistenza dell'ammasso. I fenomeni deformativi tensionali sono di tipo elasto-plastico, di maggiore entità rispetto al caso precedente. Nell'ammasso può prodursi una eventuale riduzione delle caratteristiche di resistenza con decadimento verso i parametri

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	13 di 312

residui. La risposta tensio- deformativa può essere opportunamente controllata con adeguati interventi di preconsolidamento del fronte e/o di consolidamento al contorno del cavo. In tal modo si fornisce l'opportuno contenimento all'ammasso perché mantenga un comportamento stabile. Nel caso non si prevedano interventi, lo stato tensio-deformativo può evolvere verso situazioni di instabilità del cavo in fase di realizzazione. Il rivestimento definitivo costituisce il margine di sicurezza per la stabilità a lungo termine.

Categoria C: nucleo-fronte instabile

Tale categoria corrisponde alla condizione in cui, superata la resistenza del terreno, i fenomeni deformativi evolvono molto rapidamente in campo plastico, producendo la progressiva instabilità del fronte di scavo e un incremento dell'estensione della zona dell'ammasso decompressa e plasticizzata al contorno della cavità, con rapido decadimento delle caratteristiche meccaniche del materiale. L'espansione della fascia di materiale decompresso al contorno del cavo deve essere contenuta prima dell'arrivo del fronte di scavo, mediante interventi di preconsolidamento in avanzamento, che consentono di creare artificialmente l'effetto arco per far evolvere la risposta tensio-deformativa verso configurazioni di stabilità.

6.2 SEZIONI ANALIZZATE

Sulla base dei risultati della caratterizzazione geotecnica di cui all'elabarto IB0U1BEZZGEGN0000002 Rif. [7], in funzione delle condizioni idrauliche previste e della distribuzione delle diverse classi di copertura lungo il tracciato, sono state definite le sezioni di analisi, riassunte nella Tabella 6-1, caratterizzate con tutti i dati di input necessari per il calcolo.

Per la Galleria Gardena, le sezioni di calcolo sono le seguenti:

- Sezione 1 – Sezione con copertura di 158 m (progressiva km 16+450), nella formazione di Porfiroidi in faglia. In questa sezione di calcolo la falda è stata considerata a 90 m sopra la calotta.
- Sezione 2 – Sezione con copertura di 114 m (progressiva km 16+540), nella Formazione dei Porfiroidi in faglia. In questa sezione di calcolo la falda è stata a 50 m sopra la calotta.
- Sezione 3 – Sezione con copertura di 54 m (progressiva km 16+750), nella Formazione delle Filladi BSSa in faglia. In questa sezione di calcolo la falda è stata a 70 m sopra la calotta.
- Sezione 4 – Sezione con copertura di 305 m (progressiva km 17+475), nella Formazione delle Filladi BSSa/BSSc in faglia. In questa sezione di calcolo la falda è stata a 60 m sopra la calotta.
- Sezione 5 – Sezione con copertura di 401 m (progressiva km 17+650), nella Formazione delle Filladi BSSc in zona di danneggiamento. In questa sezione di calcolo la falda è stata a 70 m sopra la calotta.
- Sezione 6 – Sezione con copertura di 457 m (progressiva km 18+400), nella Formazione delle Filladi BSSc/BSSa. In questa sezione di calcolo la falda è stata a 80 m sopra la calotta.
- Sezione 7 – Sezione con copertura di 573 m (progressiva km 18+600), nella Formazione delle Filladi BSSc/BSSa in faglia. In questa sezione di calcolo la falda è stata a 10 m sopra la calotta.
- Sezione 8 – Sezione con copertura di 491 m (progressiva km 19+450), nella Formazione delle Filladi BSSa in zona di danneggiamento. In questa sezione di calcolo la falda è stata a 80 m sopra la calotta.
- Sezione 9 – Sezione con copertura di 559 m (progressiva km 20+450), nella Formazione dei Porfiroidi. In questa sezione di calcolo la falda è stata a 100 m sopra la calotta.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 14 di 312

- Sezione 10 – Sezione con copertura di 532 m (progressiva km 21+275), nella Formazione delle Filladi BSS/BSSb in zona di danneggiamento. In questa sezione di calcolo la falda è stata a 80 m sopra la calotta.

Il rivestimento definitivo in conci prefabbricati del tratto realizzato con scavo meccanizzato della Galleria Gardena è stato analizzato nelle condizioni geotecniche e litostatiche più critiche, riepilogate nella sottostante tabella.

	SEZIONE DI CALCOLO	Unità	H [m]	D scavo	Req [m]	Ko	γ [kN/mc]	σ [Mpa]	c'kp [kPa]	φ'kp [°]	Ek [Mpa]
1	16+450	P Faglia	158	9.68	4.84	0.90	27	4.266	356	32	1000
2	16+540	P Faglia	114	9.68	4.84	0.90	27	3.078	292	34	1000
3	16+750	BSSa Faglia	54	9.68	4.84	0.90	27	1.458	293	35	1200
4	17+475	BSSa/BSSc Faglia	305	9.68	4.84	0.90	27	8.235	285	26	900
5	17+650	BSSc Faglia	401	9.68	4.84	0.90	27	10.827	923	27	4200
6	18+400	BSSc	457	9.68	4.84	0.90	27	12.339	923	27	4200
7	18+600	BSSc/BSSa Faglia	573	9.68	4.84	0.90	27	15.471	886	23	2200
8	19+450	BSSa Faglia	491	9.68	4.84	0.90	27	13.257	1223	31	4300
9	20+450	P	559	9.68	4.84	0.90	27	15.093	1957	35	11700
10	21+275	BSSa/BSSb Faglia	532	9.68	4.84	0.90	27	14.364	1278	31	4300

H = copertura rispetto alla calotta della galleria

σ0 = tensione totale iniziale al livello del cavo

Dscavo = diametro di scavo

k0 = coefficiente di spinta a riposo

g = peso dell'unità di volume dell'ammasso

c'k p = valore caratteristico della coesione efficace di picco dell'ammasso

φ'k p = valore caratteristico dell'angolo di attrito di picco dell'ammasso

Ek = valore caratteristico del modulo elastico dell'ammasso

Tabella 6-1: Caratteristiche ammasso roccioso

6.3 RISULTATI DELLE ANALISI

I metodi di analisi per la valutazione della stabilità del nucleo al fronte vengono descritti nel dettaglio all'interno dell'elaborato IB0U1BEZZRHGN0000003 "Relazione generale di calcolo di conci in calcestruzzo armato"

I risultati delle analisi sono stati esaminati alla luce di due aspetti:

- confronto tra la resistenza a compressione monoassiale dell'ammasso σ_c e la pressione critica al fronte $p_c = (3\sigma_0 - 2\sigma_c) / (1 + 2K_p)$, che individua il passaggio dal comportamento elastico a quello plastico,
- sviluppo dei fenomeni deformativi e di plasticizzazione nella sezione al fronte e al contorno del cavo, prendendo a riferimento per la definizione della categoria di comportamento i seguenti due criteri:

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	15 di 312
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C							

Tabella 9-2 – Criterio 1

σ_c / p_c	Classe di comportamento
$\geq 1,2$	A
$< 1,2$ e $\geq 0,8$	A/B
$< 0,8$ e $\geq 0,2$	B/C
$< 0,2$	C

Tabella 6-2: Criterio 1

Tabella 9-3 – Criterio 2

u_F/R_{eq}	R_{plF}/R_{eq}	Classe di comportamento
$\leq 0,5\%$	$\leq 1,5$	B
$> 0,5\%$	$> 1,5$	C
u_F = convergenza al fronte R_{plF} = raggio plastico al fronte R_{eq} = raggio di scavo equivalente della galleria		

Tabella 6-3: Criterio 2

Sulla base di queste valutazioni quantitative, unitamente all'analisi critica dei risultati ottenuti rispetto all'affidabilità dei dati di ingresso in termini di parametri di ammasso (rigidezza e resistenza) e condizioni idrauliche al contorno, in relazione ad eventuali variabilità attese lungo il tracciato della galleria e alle possibili conseguenze per comportamenti imprevisi, è stata definita la categoria di comportamento del fronte di scavo da cui deriva l'individuazione della metodologia di avanzamento e delle possibili problematiche relative alla stabilità del fronte.

Sono stati valutati lo spostamento ed il raggio plastico al fronte dalla curva caratteristica al fronte con cavità sferica..

I risultati delle analisi sono riassunti nella tabella seguente; i tabulati di calcolo con la rappresentazione delle curve caratteristiche sono invece riportati integralmente in Allegato 1.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria			
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	16 di 312	

	σ_c [Mpa]	k_p	p_c [Mpa]	σ_c/p_c	U_f	U_f/Req	R_{pf}	R_{pf}/Req	u_{co}	R_p	CRITERIO 1	CRITERIO 2.1	CRITERIO 2.2
1	1.284	3.25	1.36	0.94	0.026	0.005	6.360	1.314	0.670	8.990	A/B	C	B
2	1.098	3.54	0.87	1.26	0.016	0.003	6.030	1.246	0.039	8.039	A	B	B
3	1.126	3.69	0.25	4.44	0.004	0.001	5.290	1.093	0.009	6.166	A	A	B
4	0.912	2.56	1.78	0.51	0.170	0.035	9.319	1.925	0.586	19.485	B/C	C	C
5	3.012	2.66	4.18	0.72	0.020	0.004	6.950	1.436	0.055	10.880	B/C	B	B
6	3.012	2.66	4.90	0.61	0.025	0.005	7.200	1.488	0.072	11.680	B/C	C	B
7	2.677	2.28	7.38	0.36	0.107	0.022	8.820	1.822	0.349	17.490	B/C	C	C
8	4.323	3.12	4.29	1.01	0.018	0.004	6.340	1.310	0.047	8.930	A/B	B	B
9	7.519	3.69	3.61	2.08	0.005	0.001	5.650	1.167	0.013	7.050	A	B	B
10	4.518	3.12	4.70	0.96	0.020	0.004	6.390	1.320	0.050	9.070	A/B	B	B

$\sigma_c = (2c \cos \phi) / (1 - \sin \phi) =$ resistenza a compressione monoassiale dell'ammasso (parametri di picco)
 $p_c = (3\sigma_o - 2\sigma_c) / (1 + 2K_p) =$ pressione critica al fronte (con K_p coefficiente di spinta passiva)
 $u_f =$ convergenza al fronte (soluzione cavità sferica)
 $u_{inf} =$ convergenza radiale galleria
 $R_{pf} =$ raggio plastico al fronte
 $R_p =$ raggio plastico finale al contorno del cavo
 $R_{eq} =$ raggio di scavo equivalente della galleria (= 4,84 m)

Tabella 6-4: Risultati analisi in fase di diagnosi

In corrispondenza della zona di danneggiamento nelle sezioni di analisi 1, 4, 6 e 7, si riscontra un comportamento instabile (C) del fronte e del cavo, per cui si prevede un intervento di consolidamento al contorno (Tipo C) al fine di prevenire possibili venute di materiale e l'applicazione di una pressione al fronte al fine di limitare l'estrusione del fronte. Per le valutazioni e le tratte di applicazione degli interventi di stabilizzazione si faccia riferimento all'elaborato IBOU1BEZZRHGN0000004 "Relazione tecnica scavo meccanizzato e linee guida per l'applicazione degli interventi di drenaggio e consolidamento in avanzamento"

In corrispondenza delle Filladi Carboniose e della faglia di transizione tra Filladi Carboniose e Quarzifere (sezioni 6 e 7), è previsto un rischio di fenomeni di "squeezing" medio, il che implica la necessità di ridurre il grado di apertura della testa della TBM e di fare un sovrascavo di 10 cm.

6.3.1 Analisi del rischio di squeezing

Il fenomeno di "squeezing", sinonimo di grande convergenza, avviene quando una particolare combinazione di sollecitazioni e di caratteristiche del materiale spinge in alcune zone attorno al cavo raggiungendo la soglia di creep dell'ammasso roccioso.

Sia l'entità, sia la velocità con cui queste deformazioni si manifestano, sono funzione delle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso, dello stato tensionale, delle caratteristiche strutturali (scistosità, piani di stratificazione) e delle condizioni idrauliche.

In questa fase della progettazione, il potenziale di rischio squeezing è stato analizzato facendo riferimento ad un metodo semi-empirico (*Hoek&Guevara*) che fornisce indicatori di occorrenza del fenomeno e una stima delle deformazioni attese in funzione delle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso.

Il metodo viene brevemente descritto nel seguito.

- Hoek&Guevara

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 17 di 312

Tale approccio si basa sulla relazione tra il rapporto σ_{cm}/p_0 e la deformazione del cavo ε_t :

$$\varepsilon_t (\%) = 0,15 \left(1 - \frac{p_i}{p_0}\right) \cdot \frac{\sigma_{cm}}{p_0} - \left(\frac{3 \cdot \frac{p_i}{p_0} + 1}{3,8 \cdot \frac{p_i}{p_0} + 0,54}\right)$$

dove

σ_{cm} = resistenza a compressione uniassiale dell'ammasso roccioso

p_0 = tensione litostatica

p_i = pressione esercitata da un eventuale supporto interno

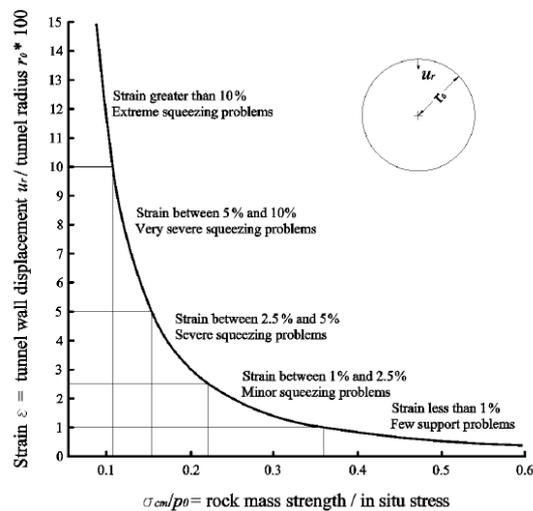


Fig. 6-1 Valutazione del fenomeno di squeezing Hoek (2000)

La resistenza a compressione dell'ammasso roccioso è definita in funzione del GSI e dei parametri della roccia intatta:

$$\sigma_{cm} = (0,0034m_i^{0,8})\sigma_{ci}\{1,029 + 0,025e^{(-0,1m_i)}\}^{GSI}$$

In funzione della deformazione, il livello di rischio squeezing può essere classificato come segue:

Livello di squeezing	ε_t (%)
Few support problem	<1
Minor squeezing	1-2.5
Severe squeezing	2.5-5
Very severe squeezing	5 -10
Extreme squeezing	>10

Tabella 6-5: Valutazione del fenomeno di squeezing Barla (1995)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 18 di 312

Nel caso della galleria di linea Gardena (GN 02) del Lotto 1 le analisi sono state condotte per diverse classi di coperture e per diversi valori dell'indice GSI e dei parametri di resistenza, rappresentativi delle diverse condizioni geotecniche che possono presentarsi nello scavo della galleria (in presenza o meno di zone tettonizzate). Sono di seguito illustrati i risultati delle analisi:

Filladi Val di Funes

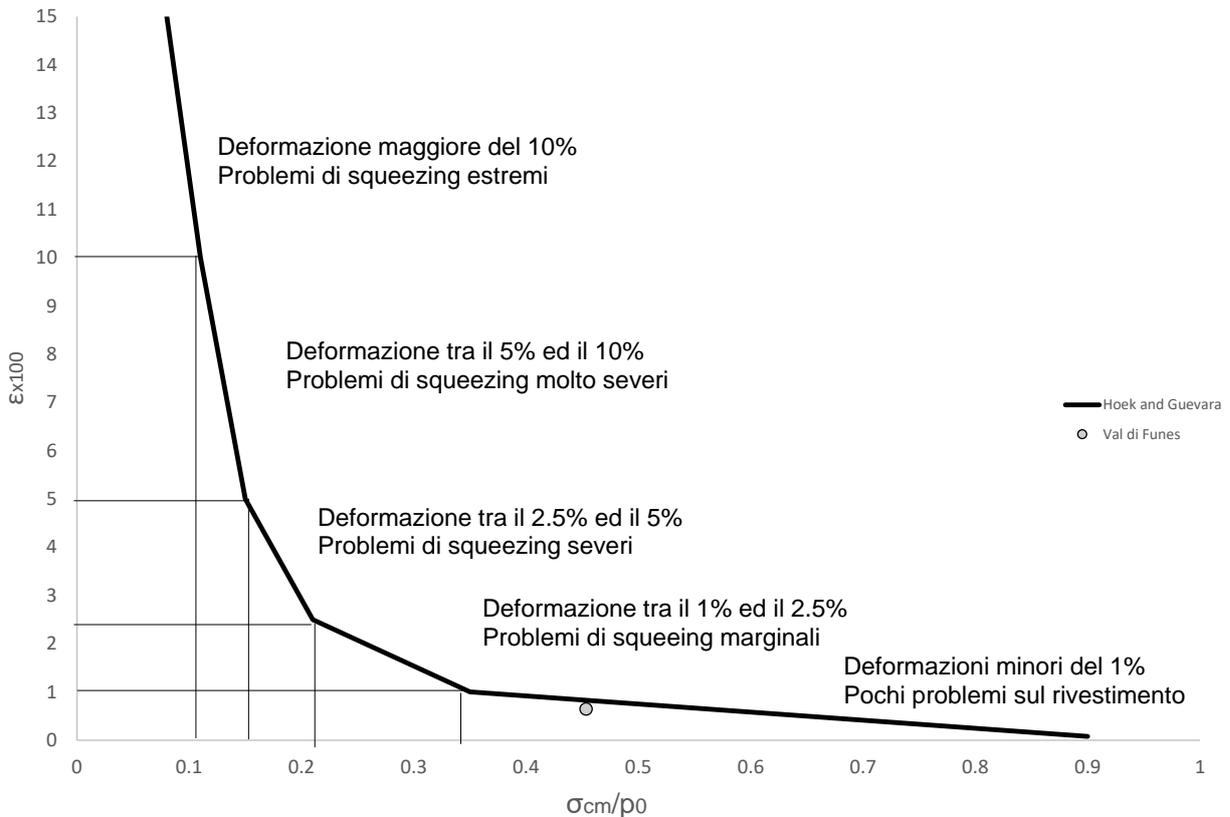


Figura 6-1: Risultati analisi del rischio di squeezing per le filladi Val di Funes

Filladi BSSa/BSSc

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE	Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	19 di 312

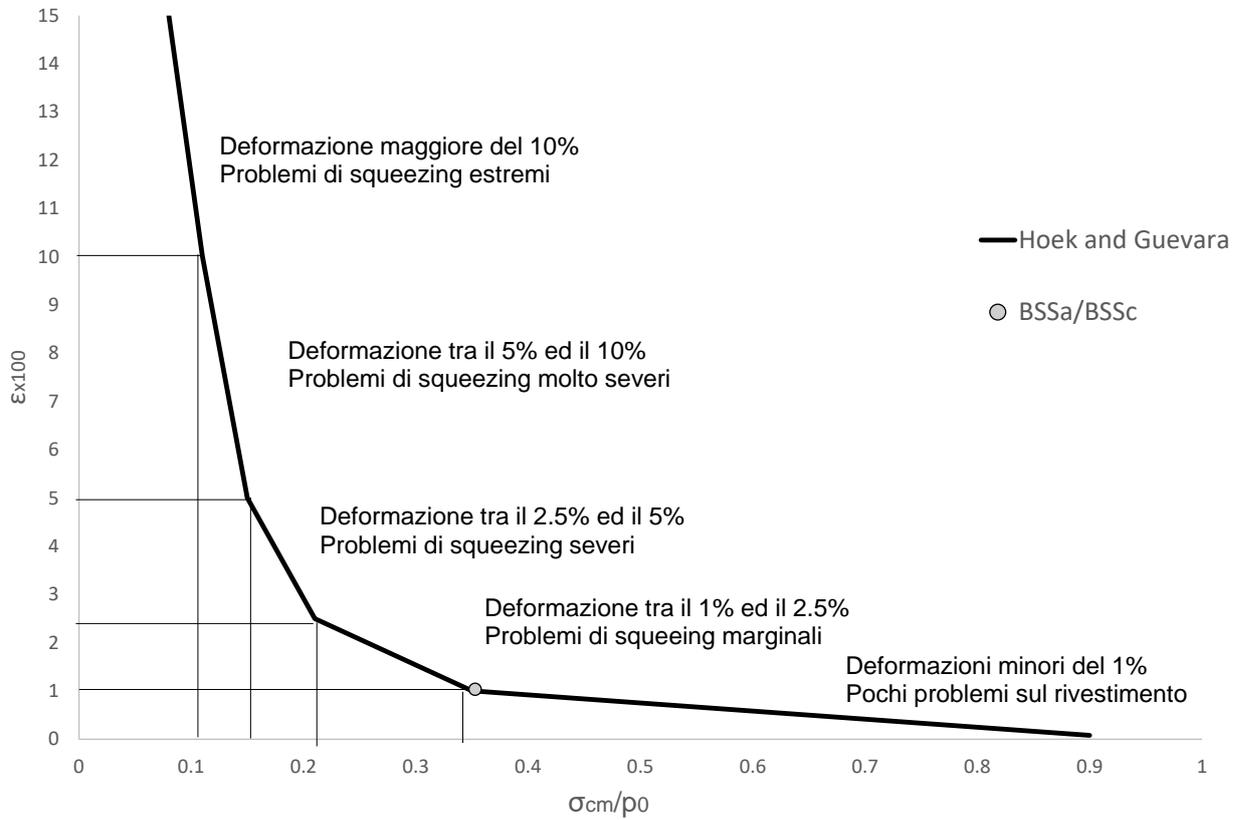


Figura 6-2: Risultati analisi del rischio di squeezing per le Filladi BSSa/BSSc

Filladi BSSc

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 20 di 312

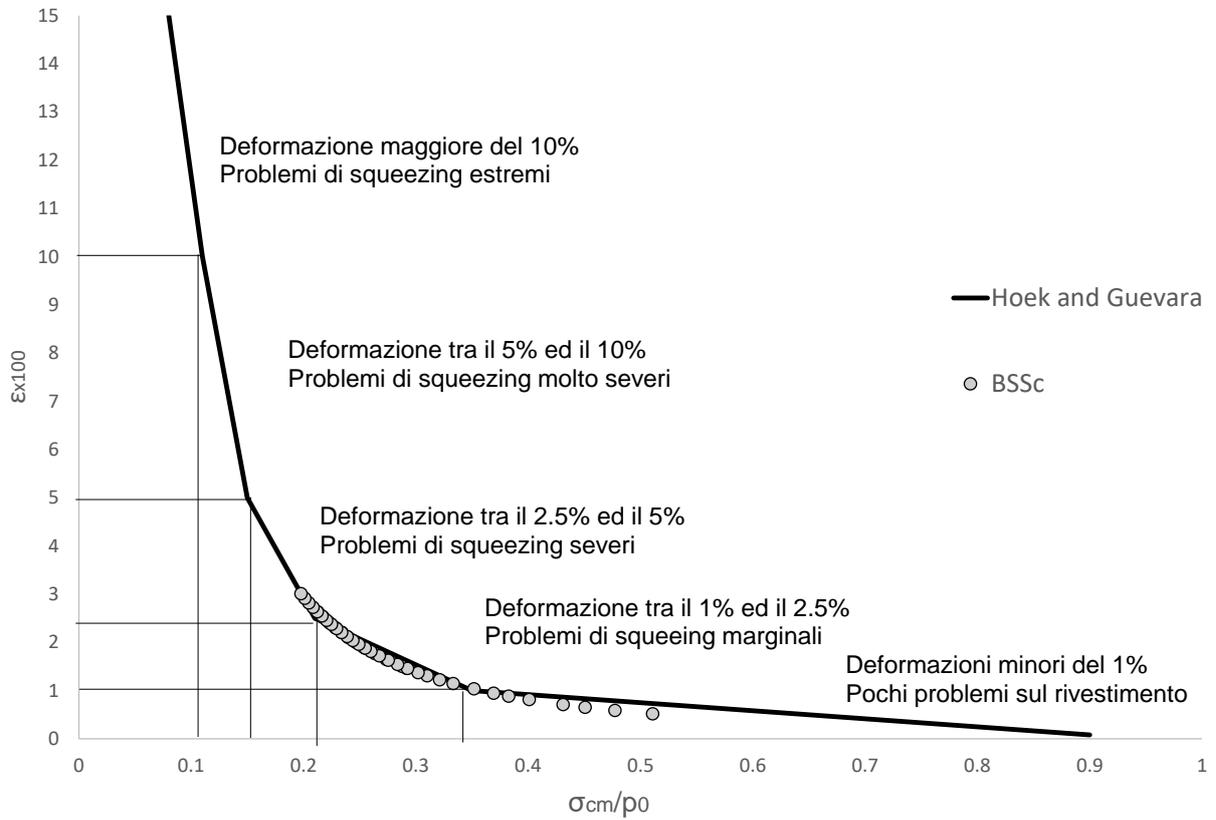


Figura 6-3: Risultati analisi del rischio di squeezing per le Filladi BSSc

Filladi BSSc/BSSa Faglia

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	21 di 312
08 - GALLERIE							
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C							

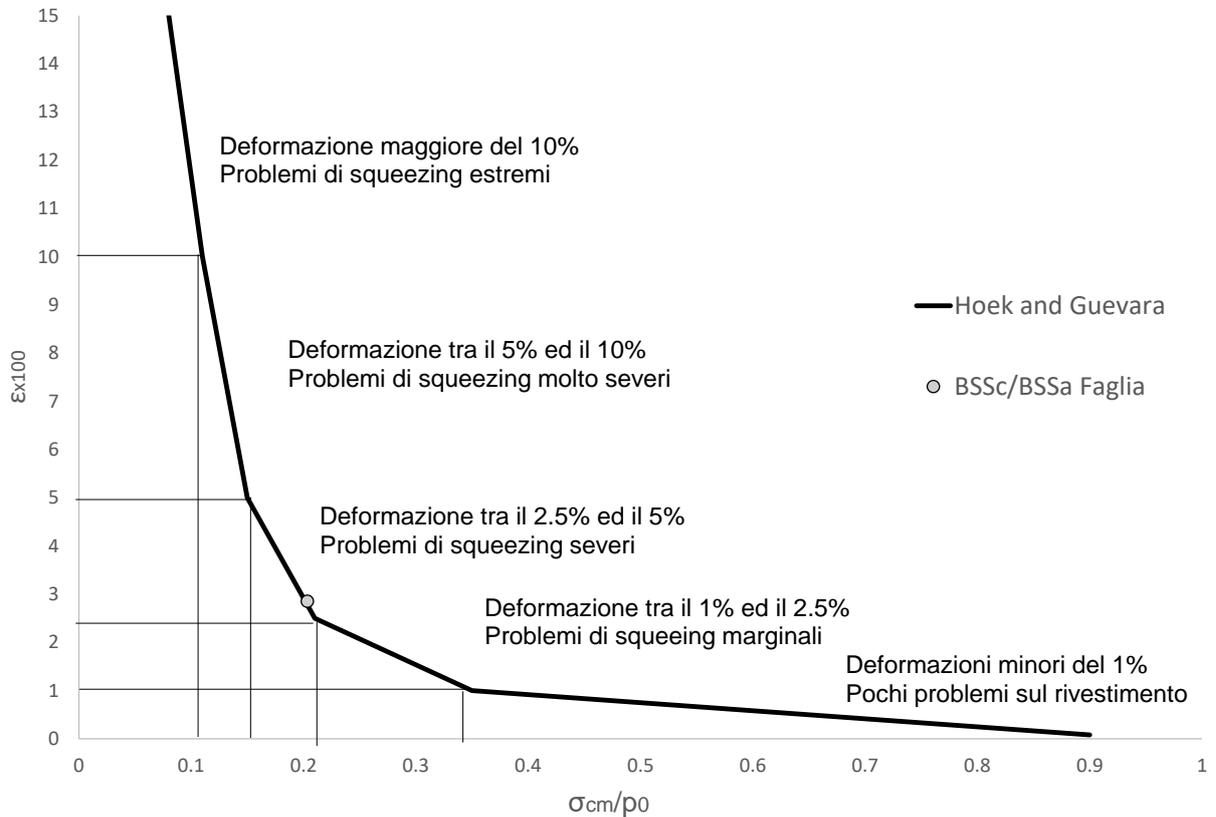


Figura 6-4: Risultati analisi del rischio di squeezing per le Filladi BSSc/BSSa Faglia

Come si evince dai grafici sopra riportati si presentano problemi di squeezing marginali nel tratto interessato da Filladi Carboniose BSSc con ricoprimento superiore ai 200 m, mentre nella zona di attraversamento della faglia 6 si presentano problemi di squeezing severi.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 22 di 312

7. FASE DI TERAPIA

Gli interventi necessari per garantire la stabilità del cavo a breve e a lungo termine, in accordo con le indicazioni provenienti dalla fase conoscitiva e dall'analisi del comportamento deformativo allo scavo (fase di diagnosi) vengono descritti nel dettaglio all'interno dell'elaborato IBOU1BEZZRHGN0000003 "Relazione generale di calcolo di conci in calcestruzzo armato".

7.1 CRITERI DI VERIFICA

Le analisi di interazione, in grado di simulare il comportamento del sistema opera-terreno fino alla configurazione finale ed in condizioni di esercizio, sono state condotte mediante modelli numerici alle differenze finite e attraverso il metodo delle curve caratteristiche. Al fine di dimensionare i rivestimenti definitivi sono state condotte delle analisi numeriche bidimensionali. Le sezioni di analisi sono state scelte in corrispondenza delle massime coperture e nella condizione geotecnica più critica interessata dall'opera, in modo da ottenere le sollecitazioni massime agenti sugli elementi strutturali.

Per ciascuna sezione tipo oggetto di verifica, le sezioni di analisi sono state definite individuando le condizioni (stratigrafiche e di copertura) più gravose nell'ambito della relativa tratta di applicazione come sezione prevalente.

7.2 INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO

Al fine di garantire la stabilità del cavo della galleria in corrispondenza delle zone di faglia viste al capitolo precedente si prevede l'installazione di armature di vetroresina inserite in opportune perforazioni e immediatamente cementate con malte cementizie. Per il numero e la lunghezza delle perforazioni si rimanda al relativo elaborato grafico progettuale IBOU1BEZZW9GN0000001.

Le perforazioni saranno effettuate mediante apposite predisposizioni che saranno previste dal progetto delle TBM, attraverso sia lo scudo sia la testa fresante della TBM. Le perforazioni realizzate attraverso lo scudo potranno avere un'inclinazione minima non superiore 10° rispetto all'orizzontale permettendo un consolidamento – rinforzo anche della parte esterna al profilo di scavo.

L'intervento deve consentire di ottenere un significativo incremento delle caratteristiche di resistenza e deformabilità dell'ammasso trattato, quindi di ridurre drasticamente i fenomeni estrusivi e di instabilità. Dal punto di vista statico, la limitazione del fenomeno dell'estrusione, minimizzando la decompressione del mezzo, oltre a garantire migliori condizioni di stabilità del fronte di scavo, riduce l'importanza dei fenomeni di alterazione dell'ammasso, che sono all'origine delle spinte crescenti nel tempo sui rivestimenti, che si osservano, nelle opere in sotterraneo, anche a distanza di anni dalla costruzione.

7.2.1 Schema consolidamenti passaggio in zone di faglia

Per le informazioni relative ai materiali e ai metodi di esecuzione degli interventi di consolidamento si rimanda all'elaborato IBOU1BEZZRHGN0000004.

Si riportano di seguito le tabelle riassuntive con le informazioni relative agli interventi di consolidamento al fronte ed al contorno:

Consolidamenti al contorno (Tipo C)

Tabella riassuntiva consolidamenti al contorno Tipo C1

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	23 di 312

Tipologia consolidamento	Infilaggi mediante tubi metallici cementati
Quantità	N° 10 + 9 (eventuali)
Lunghezza perforazione	30 m
Diametro di perforazione	φ 125 mm
Diametro esterno tubo	φ 114 mm
Spessore barra	10 mm
Iniezione	Le iniezioni saranno a base cementizia con $R_{ck} = 25$ MPa e R_{cm} a 12h pari a 5 MPa a bassa pressione con iniezione da fondo foro

Tabella 7-1: Riepilogo consolidamenti al contorno con infilaggi metallici (Tipo C1)

Tabella riassuntiva consolidamenti al contorno Tipo C2	
Tipologia consolidamento	AUTOPERFORANTI CAVI VTR / ACCIAIO CEMENTATI tipo R51
Quantità	N° 10 + 9 (eventuali)
Lunghezza perforazione	30 m
Diametro di perforazione	φ 90/115mm
Diametro esterno tubo	φ 51 mm
Spessore tubo	9 mm
Iniezione	Le iniezioni saranno a base cementizia con $R_{ck} = 25$ MPa e R_{cm} a 12h pari a 5 MPa a bassa pressione con iniezione da fondo foro

Tabella 7-2: Riepilogo consolidamenti al contorno con autopercoranti (Tipo C2)

Tabella riassuntiva consolidamenti al contorno Tipo C3	
Tipologia consolidamento	TUBI VALVOLATI VTR/PVC Ø60-40 (passo valvole=1m) Resistenza pressione di scoppio 80 bar
Quantità	N° 10 + 9 (eventuali)
Lunghezza perforazione	30 m
Diametro di perforazione	φ 100 mm
Diametro esterno tubo	φ 60 mm
Spessore tubo	10 mm
Iniezione	Le iniezioni saranno a base polimerica a volume e pressioni controllate mediante packer per ciascuna valvola

Tabella 7-3: Riepilogo consolidamenti al contorno con VTR valvolate (Tipo C3)

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	PROGETTO ESECUTIVO					
SWS Engineering S.p.A.	Mandanti:					
	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	24 di 312

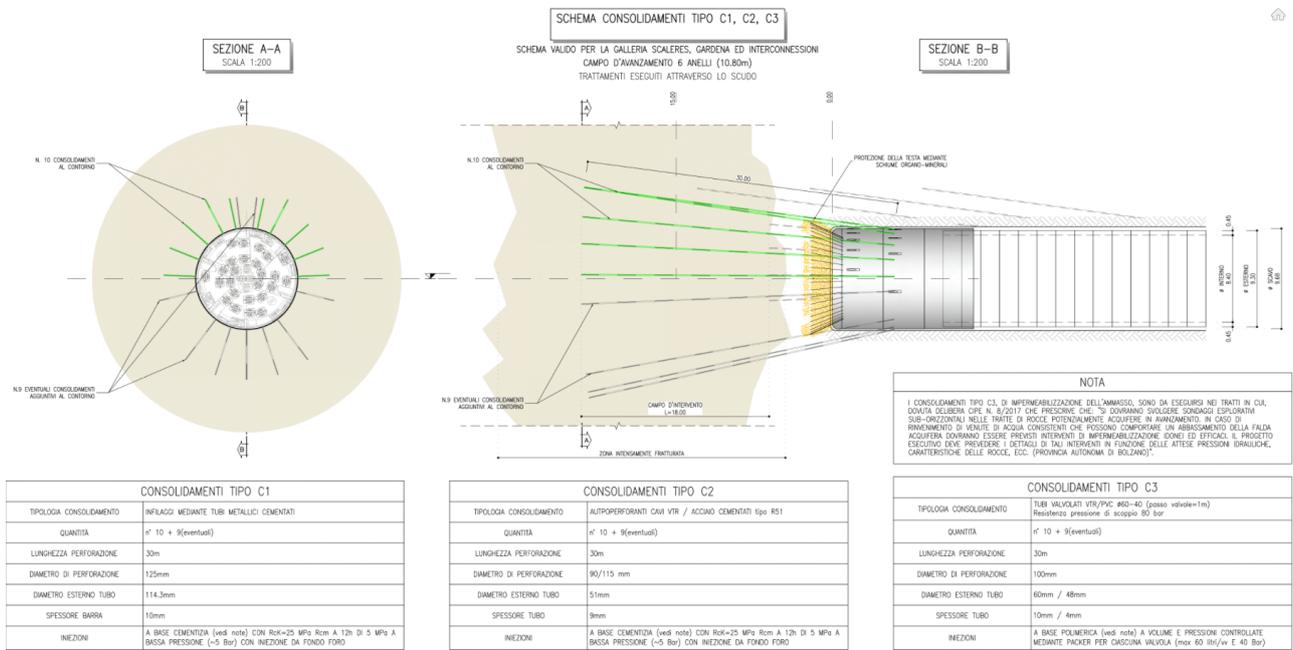


Figura 7-1: Trattamenti al contorno eseguiti attraverso lo scudo (Tipo C)

Gli elementi di consolidamento al fronte ed al contorno previsti come "eventuali" sarà necessario installarli solo in caso di inabissamento della macchina.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	25 di 312

8. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI

Si riportano di seguito le principali caratteristiche dei materiali impiegati per le opere in progetto, con l'indicazione dei valori di resistenza e deformabilità adottati nelle verifiche, nel rispetto delle indicazioni del DM 14/01/2008 e della Circolare n.617/2009 (Rif. [1] e Rif. [2]).

Con riferimento ai rivestimenti provvisori e definitivi, si sottolinea che la classe di resistenza dei calcestruzzi riportata nelle tabelle che seguono è quella utilizzata ai fini della sola modellazione numerica e delle verifiche strutturali (per i rivestimenti definitivi si rimanda alle indicazioni del Capitolato).

I conci prefabbricati saranno realizzati calcestruzzo di classe C45/55 le cui caratteristiche si riportano nella tabella seguente:

Calcestruzzo armato (conci spessore 45 cm)	
Classe di resistenza di calcolo	C45/55
Resistenza caratteristica cls	$f_{ck} = 45 \text{ Mpa}$
Resistenza di progetto a compressione a 28 giorni	$f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 25.87 \text{ Mpa}$
Modulo elastico a 28 giorni	$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3} = 36416 \text{ MPa}$
Tensione massima di compressione in esercizio (RFI DTC SI MA IFS 001 A)	$\sigma_c = 0,55 f_{ck} = 25.11 \text{ MPa}$ combinazione caratteristica (rara) $\sigma_c = 0,40 f_{ck} = 18.26 \text{ MPa}$ combinazione quasi permanente
Tensione massima in condizioni di esercizio (NTC 2008)	$\sigma_c = 0,6 f_{ck} = 27.39 \text{ MPa}$ combinazione caratteristica (rara) $\sigma_c = 0,45 f_{ck} = 20.54 \text{ MPa}$ combinazione quasi permanente

Tabella 8-1: Caratteristiche calcestruzzo

I conci in armatura lenta sono costituiti da acciaio di classe B450C.

Acciaio per barre di armatura	
Tipo	B450C
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
Resistenza di progetto	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391,3 \text{ MPa}$
Tensione massima di compressione in esercizio (RFI DTC SI MA IFS 001 A.	$\sigma_{lim} = 0,75 f_{yk} = 337,5 \text{ MPa}$

Tabella 8-2: Caratteristiche acciaio per barre di armatura

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandataria:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	26 di 312

8.1 TIPOLOGIA DI ELEMENTI DI RIVESTIMENTO

Viene proposto l'utilizzo di conci prefabbricati in calcestruzzo armato (full reinforcement) per le opere a carattere definitivo. Per le informazioni relative ai conci in calcestruzzo armato si fa riferimento all'elaborato IB0U1BEZZRHGN0000003.

Come citato, gli elementi saranno caratterizzati da una classe di resistenza C45/55, in calcestruzzo armato con barre in direzione circonferenziale (intradosso ed estradosso).

Si ipotizzano tre diverse tipologie per le armature di rinforzo per i conci prefabbricati:

- TIPO A – Armatura leggera (sezione corrente):
 - ferri circonferenziali: 6+6 ϕ 14mm e 8+8 ϕ 12mm (*);
 - staffatura corrente: tot.4 bracci ϕ 10, passo 250mm
- TIPO B - Armatura media (zone di faglia e filladi carboniose):
 - ferri circonferenziali: 16+16 ϕ 20mm o equivalente;
 - staffatura corrente: tot.4 bracci ϕ 10, passo 250mm
- TIPO C - Armatura pesante (interferenze A22 e sottoattraversamento linea storica):
 - ferri circonferenziali: 18+18 ϕ 22mm o equivalente;
 - staffatura corrente: tot.4 bracci ϕ 10, passo 250mm

Nota(*): i conci di tipo A risultano anche verificati con calcestruzzo fibrorinforzato C45/55 con fibre di classe 4C, da valutarne l'applicazione in fase di progetto esecutivo di dettaglio.

La staffatura corrente per i conci con armatura tradizionale è la minima prevista da normativa Rif. [1] al §4.1.6.1.1.

Per il dettaglio della distribuzione delle diverse tipologie di conci lungo il tracciato si rimanda all'elaborato relativo al profilo geotecnico.

8.2 COPRIFERRO

I copriferri netti (sul ferro più esterno), da realizzare al fine di garantire i limiti di apertura delle fessure per l'estradosso (condizioni ambientali aggressive, classe di esposizione XA2) e per l'intradosso (condizioni ambientali ordinarie, classe di esposizione XC3) sono i minimi previsti dalla Circolare n.617/2009 Rif. [2] al §C4.1.6.1.3.

C_{min}	C_o	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
			$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

Tabella 8-3: Copriferri minimi in mm, Circolare n.617/2009

Per limitare fenomeni di sbeccatura degli spigoli e di fessurazione dei conci si prescrive una tolleranza di posa di 5 mm così da ottenere un copriferro pari a 40 mm all'estradosso (classe XA2) e 40 mm all'intradosso (classe XC3).

Cautelativamente si prevede un copriferro dello spessore pari a 50 mm.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 27 di 312

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	28 di 312

9. ANALISI E VERIFICA DELLE SEZIONI CARATTERISTICHE

Nel seguente capitolo si riportano le analisi delle sezioni descritte al §6.2. Vengono effettuate le verifiche agli Stati Limite Ultimi, Stati Limite di Esercizio per ciascuna sezione oggetto di analisi.

Per i dettagli sulle verifiche al fuoco si rimanda all'elaborato **IBOU1BEZZRHGN0000003**.

9.1 SEZIONE 1 PK 16+450

9.1.1 Stabilità del fronte e del cavo

Nel seguito si riassumono i dati di input utilizzati per le analisi di stabilità del fronte eseguita con il metodo delle linee caratteristiche assumendo un gioco radiale tra estradosso scudo e ammasso circostante pari a 6 cm. Inoltre si è ipotizzata una lunghezza dello scudo pari a 11.115 m e si è supposto che l'intasamento dell'anello avvenga a una distanza dal fronte pari a 9.496 m.

Unità	pk	H	σ_0	γ	c'	ϕ'	E'
	[km]	[m]	[MPa]	[kN/m ³]	[MPa]	[°]	[MPa]
P (in faglia)	16+450	158	4.266	27.0	0.356	32	1000

H = copertura rispetto al piano dei centri della galleria
 σ_0 = tensione totale iniziale al livello del cavo
 γ = peso dell'unità di volume dell'ammasso
 $c'd$ = valore di progetto della coesione
 $E'd$ = valore di progetto del modulo elastico dell'ammasso ($E_d = E_k$)

Tabella 4: Parametri geotecnici di calcolo per l'analisi della stabilità del fronte

Sono stati valutati lo spostamento ed il raggio plastico al fronte dalla curva caratteristica al fronte con cavità sferica. L'entità degli spostamenti e delle plasticizzazioni sono tali da ritenere il nucleo-fronte instabile e quindi la verifica di stabilità del fronte non è soddisfatta.

A tal proposito l'analisi è stata ripetuta con l'applicazione di una contropressione al fronte. Si riportano di seguito i valori di convergenza e raggio plastico valutati con o senza contropressione.

Analisi	Sezione di calcolo	U_f [m]	U_f/Req [%]	R_{pf} [m]	R_{pf}/Req [-]
Senza pressione al fronte	16+450	0.026	0.528	6.363	1.315
Con 1 bar di pressione al fronte		0.022	0.456	6.134	1.267

u_f = convergenza al fronte (soluzione cavità sferica)
 R_{PF} = raggio plastico al fronte
 R_{eq} = raggio di scavo equivalente della galleria (= 4,84 m)

Tabella 5: Risultati dell'analisi della stabilità del fronte

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 29 di 312

Si nota che grazie all'applicazione della contropressione al fronte si ottengono valori di convergenza sul raggio in percentuale minori di 0.5%, passando da classe C a classe B secondo il Criterio 2.

9.1.2 Metodo delle curve caratteristiche

Al fine di definire quali siano le sollecitazioni agenti sul rivestimento in conci prefabbricati, si è fatto riferimento alla curva caratteristica per galleria scavata con fresa scudata utilizzando il programma di calcolo GV4, e assumendo un gioco radiale tra estradosso scudo e ammasso circostante pari a 6 cm. Inoltre, si è ipotizzata una lunghezza dello scudo pari a 11.115 m e che l'intasamento dell'anello avvenga a una distanza dal fronte conservativa pari a 9.496 m. Lo spessore dei conci prefabbricati è pari a 45 cm.

In corrispondenza di tale sezione non si verifica un contatto tra ammasso roccioso e scudo. Al fine di calcolare il rilascio tensionale si considera la pressione applicata in corrispondenza del punto di installazione dell'anello, come si evince dall'output riportato in Allegato 1.

Pertanto il rilascio tensionale da applicare alla fase precedente alla messa in opera del rivestimento della galleria si calcola come segue:

$$\lambda = 1 - \frac{P_{\text{rivestimento}}}{P_0} = 1 - \frac{0.1}{4.266} = 0.977$$

Dove:

- $P_{\text{rivestimento}}=P_{\text{fronte}}=0.1$ MPa rappresenta la pressione al punto di equilibrio;
- $P_0=4.266$ MPa rappresenta la tensione geostatica originaria.

9.1.2.1. Interazione galleria - terreno

Nella tabella seguente si riassumono i dati di input che caratterizzano la sezione geotecnica utilizzata per le analisi numeriche corrispondenti alla sezione di calcolo della sezione 1 della galleria Gardena.

Il modello costitutivo dell'ammasso è di tipo elasto-plastico "Mohr-Coulomb".

Stratigrafia di calcolo	S	C	Falda	γ	c	ϕ	E	k0
<i>Formazione</i>								
[-]	[m]	[m]	[m da calotta]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]	[-]
P	153	158	90	27	501	39	2600	0.9
P Danneggiamento 2*	20			27	356	32	1000	0.9
P	140			27	501	39	2600	0.9

S = spessore dello strato
C = copertura (rispetto alla calotta)
 γ = peso per unità di volume
c = coesione drenata
 ϕ = angolo di attrito interno
E = modulo elastico dell'ammasso roccioso
k₀ = coefficiente di spinta a riposo

Tabella 9-6: Parametri geotecnici di calcolo per l'analisi numerica della sezione a pk 16+450

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 30 di 312

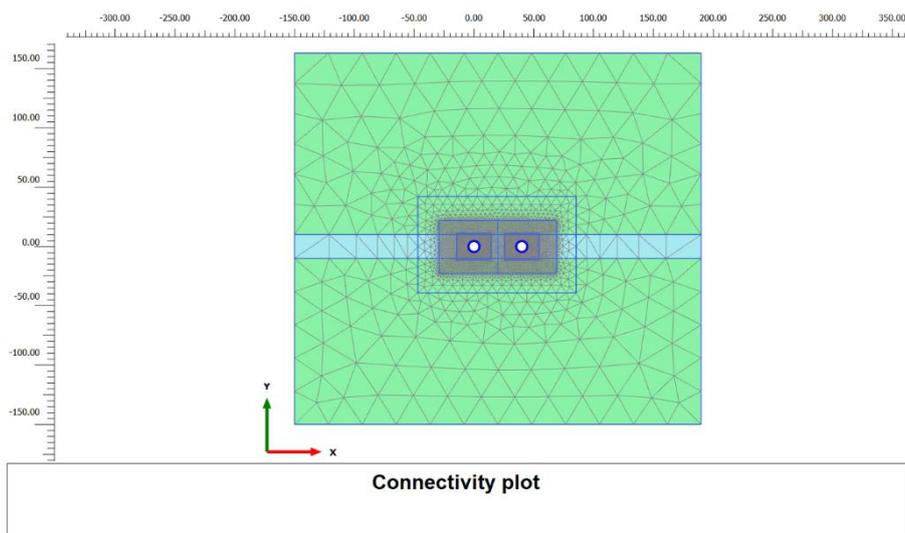


Figura 9-1: Geometria di analisi – Galleria Gardena pk 16+450

L'interazione galleria-terreno è stata valutata mediante una apposita analisi numerica FEM, utilizzando il codice di calcolo Plaxis 2D.

I bordi del modello numerico sono stati collocati sufficientemente lontani dalla galleria, in modo tale che le condizioni di vincolo ivi definite non interferiscano con i processi di scavo e costruzione in esame.

Il modello di calcolo è a doppia canna poiché l'interdistanza tra i due binari è pari a 40 m e dunque si considera la reciproca interazione tra lo scavo delle due canne.

Le fasi di analisi sono le seguenti:

0. Costruzione della geometria del modello;
1. Inizializzazione dello stato tensionale;
2. Rilascio parziale, in corrispondenza del rivestimento definitivo, dello stato tensionale sul contorno di scavo della canna sinistra pari al 97.7% ($\lambda=0.977$);
3. Attivazione del rivestimento costituito dall'anello universale in conci e rilascio completo (100%) dello stato tensionale al contorno di scavo della canna sinistra;
4. Rilascio parziale, in corrispondenza del rivestimento definitivo, dello stato tensionale sul contorno di scavo della canna destra pari al 97.7% ($\lambda=0.977$);
5. Attivazione del rivestimento costituito dall'anello universale in conci e rilascio completo (100%) dello stato tensionale al contorno di scavo della canna destra;
6. Applicazione di una pressione al contorno del cavo per simulare il carico idraulico agente a lungo termine.

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica a m di galleria, prive di fattori amplificativi, e le sollecitazioni adottate nelle verifiche strutturali; queste ultime risultano moltiplicate

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandataria:	Mandanti:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	31 di 312
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C							

per il coefficiente $\gamma_G = 1.3$ e per la lunghezza del concio $b=1.8m$ mentre il momento, per considerare la riduzione della rigidità dovuta alla presenza dei giunti tra ciascun concio, viene moltiplicato per un coefficiente aggiuntivo ricavato mediante la formulazione di Wood $(1+\xi) = 1.31$.

Fase 3_SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-548.56	6.62	-2.16	-1283.64	20.29	-5.06
Nmin	-582.21	-5.08	1.25	-1362.37	-15.57	2.93
Mmax	-548.62	6.74	0.83	-1283.76	20.68	1.94
Mmin	-581.32	-5.73	-0.04	-1360.29	-17.55	-0.09
Tmax	-550.65	2.04	8.18	-1288.51	6.24	19.14
Tmin	-550.32	3.14	-7.63	-1287.74	9.63	-17.86

Tabella 9-7: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (Fase 3)

Fase 5_SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-799.67	46.24	-2.64	-1871.22	141.73	-6.17
Nmin	-1067.82	-61.73	-0.96	-2498.71	-189.22	-2.24
Mmax	-800.34	46.39	1.08	-1872.80	142.21	2.52
Mmin	-1067.82	-61.73	-0.96	-2498.71	-189.22	-2.24
Tmax	-988.02	-25.43	31.55	-2311.97	-77.94	73.83
Tmin	-999.13	-24.38	-25.88	-2337.97	-74.75	-60.56

Tabella 9-8: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (Fase 5)

L.T._SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-4622.00	32.81	-1.14	-10815.49	100.58	-2.67
Nmin	-4972.28	-46.32	-0.96	-11635.14	-141.99	-2.26
Mmax	-4622.00	32.81	-1.14	-10815.49	100.58	-2.67
Mmin	-4878.56	-48.19	-0.80	-11415.83	-147.72	-1.88
Tmax	-4887.63	-41.56	21.68	-11437.04	-127.39	50.73
Tmin	-4837.94	-26.13	-20.86	-11320.78	-80.09	-48.81

Tabella 9-9: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (L.T.)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 32 di 312

Fase 5_DX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-114.46	-3.61	-1.36	-267.83	-11.08	-3.18
Nmin	-131.88	1.50	0.49	-308.60	4.60	1.14
Mmax	-127.70	3.41	0.02	-298.83	10.44	0.04
Mmin	-118.21	-5.13	-0.27	-276.60	-15.73	-0.63
Tmax	-130.53	2.50	1.64	-305.43	7.68	3.83
Tmin	-121.70	-1.89	-4.51	-284.78	-5.78	-10.56

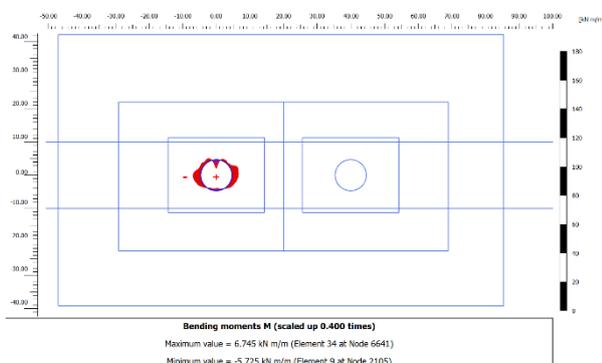
Tabella 9-10: Sollecitazioni sull'anello canna destra (Fase 5)

L.T._DX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-4171.89	-16.43	-0.05	-9762.23	-50.37	-0.12
Nmin	-4266.43	-13.56	-0.53	-9983.44	-41.58	-1.25
Mmax	-4240.36	-6.59	-0.45	-9922.44	-20.20	-1.06
Mmin	-4179.12	-17.02	0.20	-9779.14	-52.17	0.48
Tmax	-4177.43	-10.89	5.78	-9775.19	-33.38	13.53
Tmin	-4172.90	-9.39	-6.36	-9764.58	-28.79	-14.89

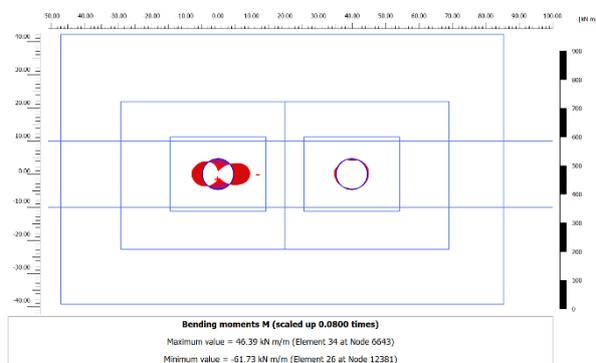
Tabella 9-11: Sollecitazioni sull'anello canna destra (L.T.)

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è condotta, in accordo con la vigente normativa, secondo il metodo degli stati limite, verificando la corrispondenza delle sezioni allo stato limite ultimo S.L.U. ed agli stati limite di esercizio S.L.E.

Lo sforzo normale è considerato negativo se di compressione, il momento flettente è considerato positivo se tende le fibre di intradosso del rivestimento. Si riportano di seguito i grafici relativi agli andamenti degli sforzi ottenuti dalla simulazione in Plaxis 2D:

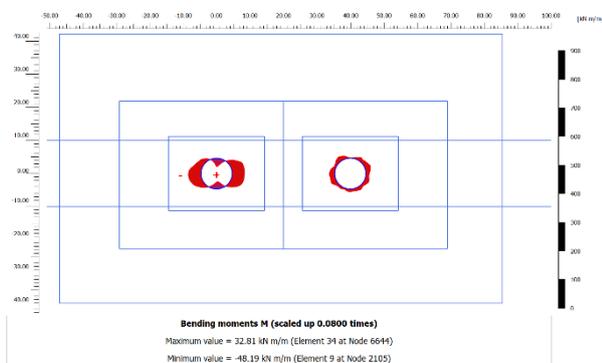


a)

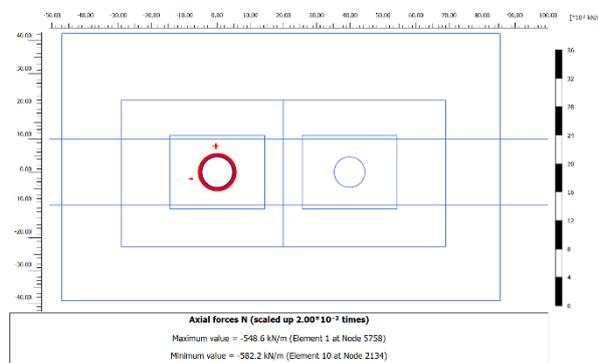


b)

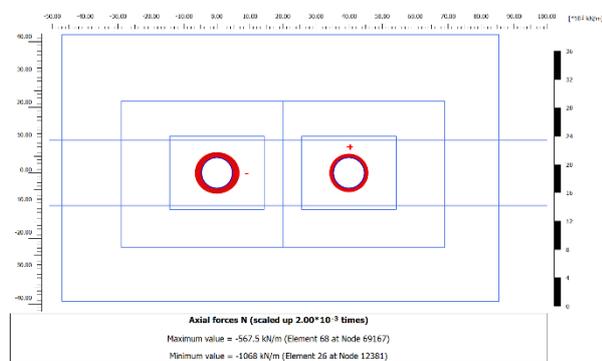
APPALTATORE:			PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"			
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria		PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 33 di 312



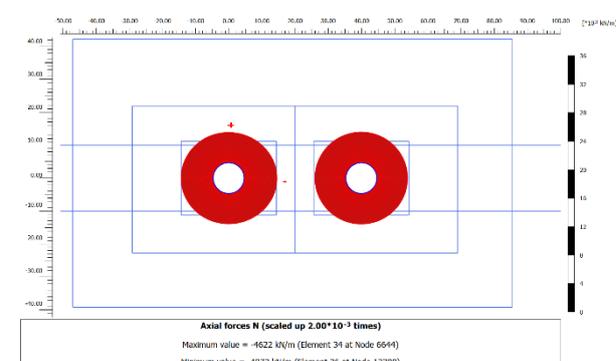
c)



d)



e)



f)

Figura 9-2: Diagrammi delle sollecitazioni M-N: a) M Fase 3; b) M Fase 5; c) M L.T.; d) N Fase 3; e) N Fase 5; f) N L.T.

Nel seguente paragrafo si riportano i domini di rottura e lo stato tensionale l'ipotesi costruttiva menzionata al §8.1 considerando in questa sezione l'applicazione del concio Tipo A.

9.1.3 Verifiche

Nel seguente paragrafo si riportano le verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU), agli Stati Limite di Esercizio (SLE) durante la fase operativa secondo quanto descritto all'interno dell'elaborato IBOU1BEZZRHGN0000003.

Verifiche a presso-flessione allo Stato Limite Ultimo (S.L.U.)

I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 34 di 312

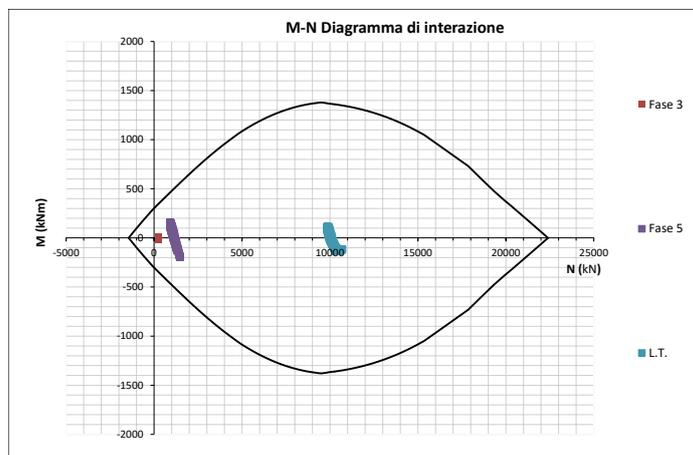


Figura 9-3: Dominio M-N (Fase 3 - Fase 5 - L.T.) – Canna Sinistra

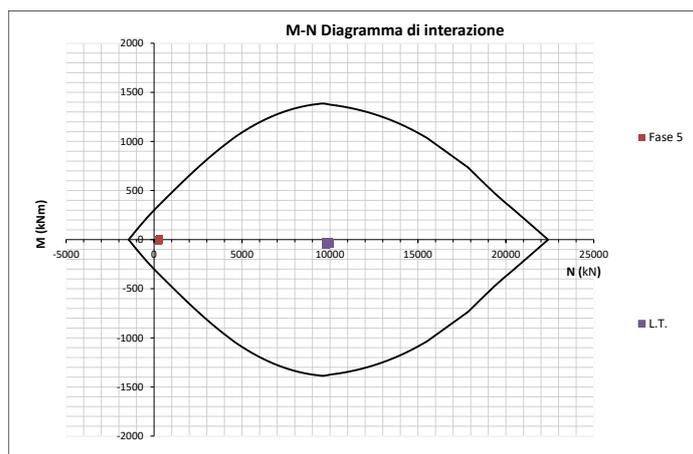


Figura 9-4: Dominio M-N (Fase 5 - L.T.) – Canna Destra

Verifica a taglio allo SLU

Nella figura seguente si riportano le verifiche allo SLU delle sezioni più significative. I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente pari ad 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica. È stata verificata la sollecitazione di taglio, al variare dell'angolo θ che descrive l'anello, nella fase più critica.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 35 di 312

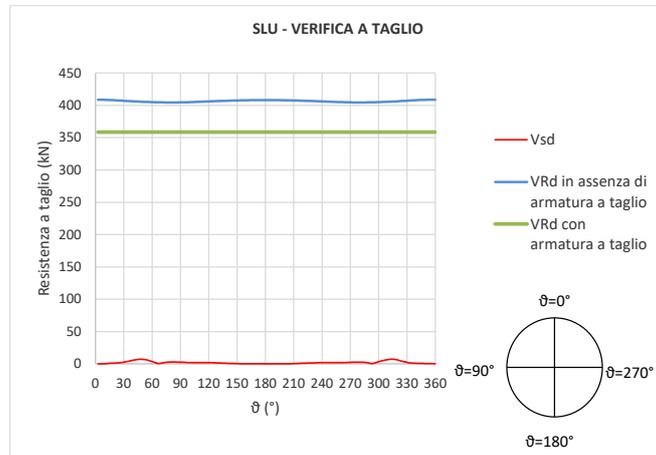


Figura 9-5: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione Fase 3

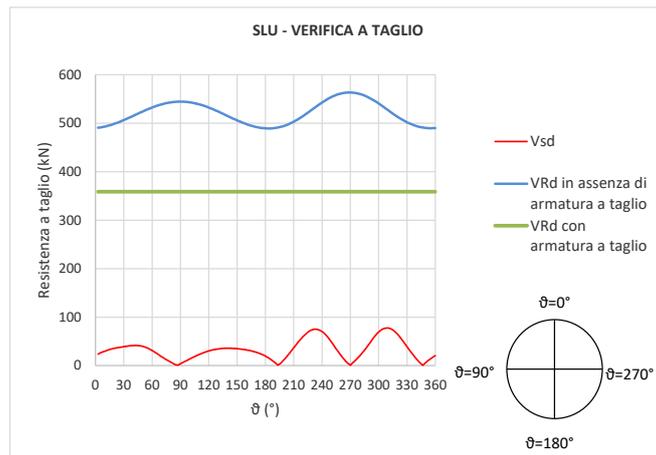


Figura 9-6: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione Fase 5

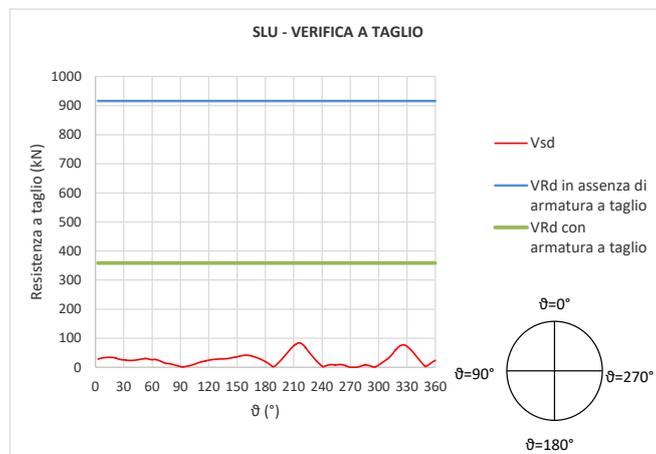


Figura 9-7: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 36 di 312

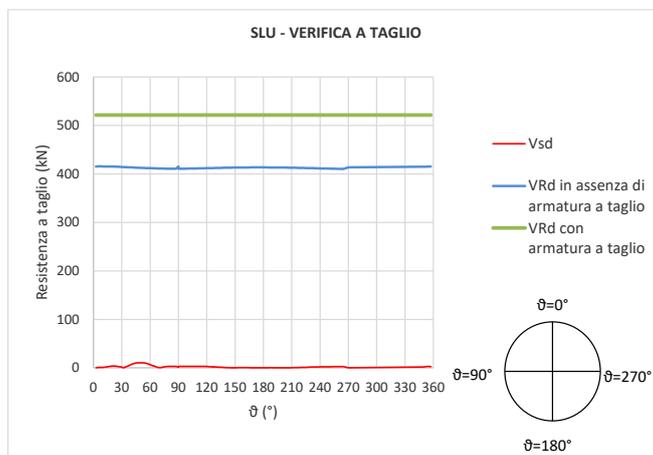


Figura 9-8: Verifica a taglio canna destra – Condizione Fase 5

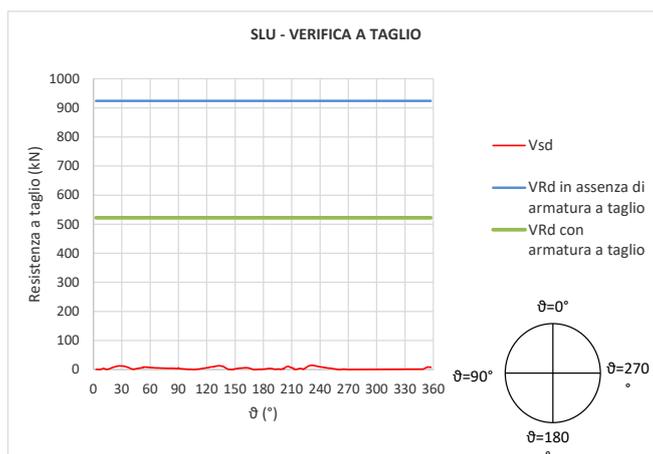


Figura 9-9: Verifica a taglio canna destra – L.T.

Dalle figure precedenti si osserva che non è mai necessaria armatura specifica al taglio.

Verifiche allo Stato Limite di Esercizio (S.L.E.)

Per le verifiche di fessurazione (SLE) si è assunto un valore limite di apertura delle fessure pari a $w_k=0.20$ mm in estradosso (condizioni ambientali aggressive, classe di esposizione XA2) e pari a $w_k=0.30$ mm in intradosso (condizioni ambientali ordinarie, classe di esposizione XC3), in accordo con quanto prescritto dalla Norma vigente ed una tensione massima nel calcestruzzo e nell'acciaio in accordo con quanto previsto dal DM 14/01/2008 (cfr. 10.2) Rif. [1].

Il copriferro netto (sul ferro più esterno) considerato nelle verifiche che seguono è assunto pari a 5 cm.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 37 di 312

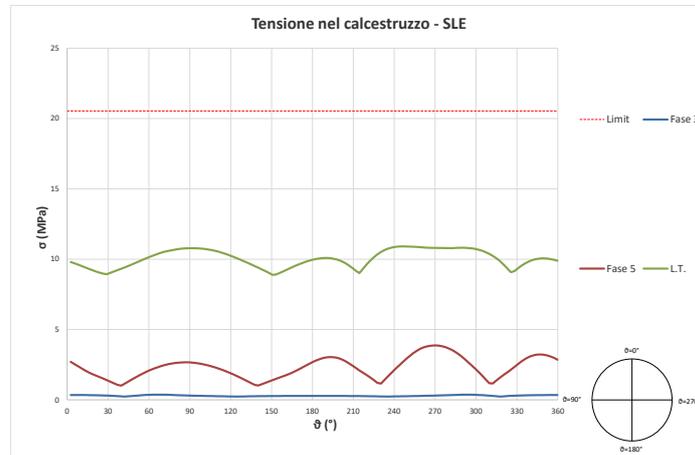


Figura 9-10: Stato tensionale cls canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

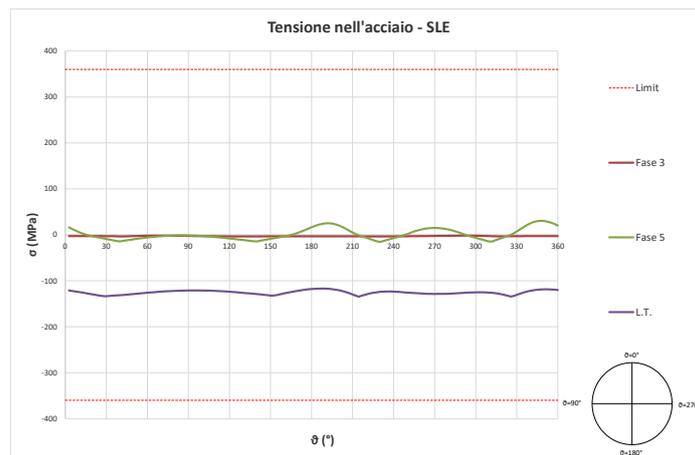


Figura 9-11: Stato tensionale acciaio canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

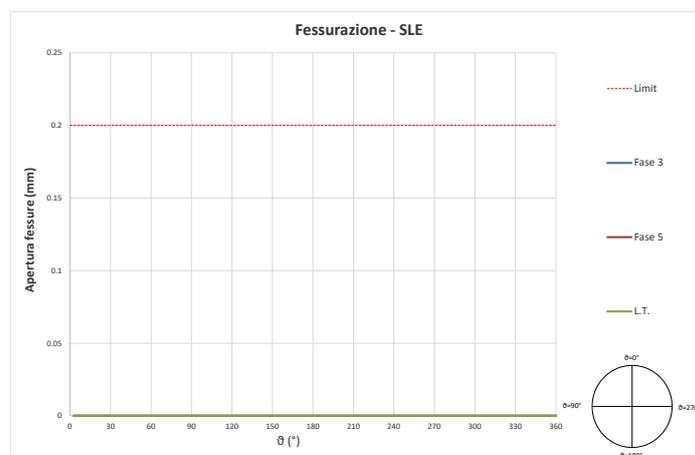


Figura 9-12: Stato di fessurazione canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 38 di 312

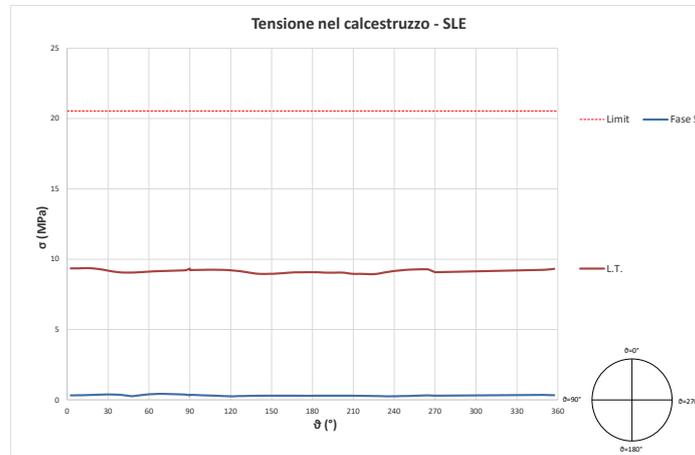


Figura 9-13: Stato tensionale cls canna destra (Fase5 – L.T.)

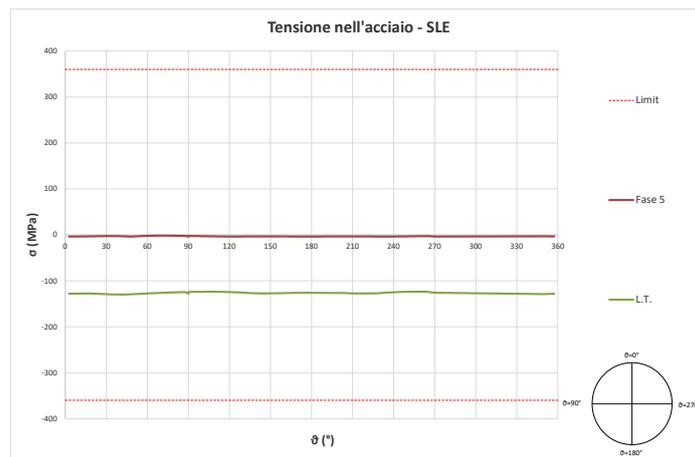


Figura 9-14: Stato tensionale acciaio canna destra (Fase5 - L.T.)

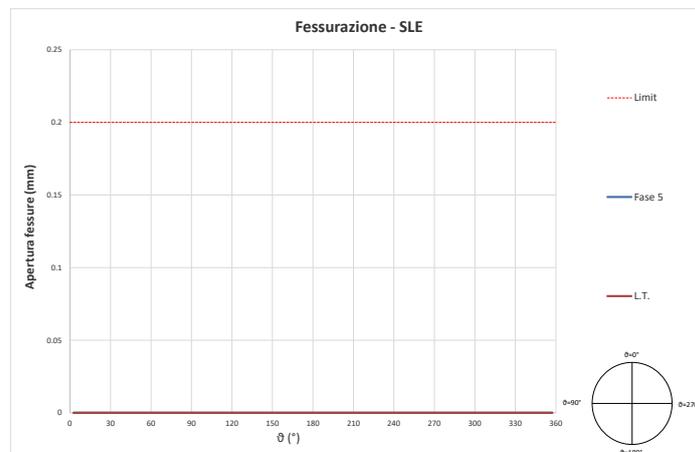


Figura 9-15: Stato di fessurazione canna destra (Fase5 - L.T.)

Dai grafici riportati si evince che le verifiche agli Stati Limite di Esercizio risultano tutte soddisfatte.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	39 di 312

9.2 SEZIONE 2 PK 16+540

9.2.1 Metodo delle curve caratteristiche

Al fine di definire quali siano le sollecitazioni agenti sul rivestimento in conci prefabbricati, si è fatto riferimento alla curva caratteristica per galleria scavata con fresa scudata utilizzando il programma di calcolo GV4, e assumendo un gioco radiale tra estradosso scudo e ammasso circostante pari a 6 cm. Inoltre, si è ipotizzata una lunghezza dello scudo pari a 11.115 m e che l'intasamento dell'anello avvenga a una distanza dal fronte conservativa pari a 9.496 m. Lo spessore dei conci prefabbricati è pari a 45 cm.

Come si può osservare dall'output del programma di calcolo riportato in Allegato 1 (di cui nel seguito, in Figura 9-16, si riporta solo un breve stralcio) in questo caso ne lo scudo ne l'anello di rivestimento giungono mai in contatto con l'ammasso roccioso circostante. Pertanto, è stato considerato come rilascio tensionale in corrispondenza della posa in opera dell'anello in conci prefabbricati il valore che si verifica alla distanza di 10.5 m dal fronte e pari a $\lambda = 0.999$.

Si sottolinea che l'assenza del contatto scudo-ammasso circostante è visibile anche dalla curva caratteristica riportata in Allegato 1.

```

R I S U L T A T O   A N A L I S I   G A L L E R I A

Pressione fine calcolo [MPa] ..... .000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m] ..... .039504
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] ..... 8.030824

FRESA SCUDATA -----
Raggio plastico al punto di equilibrio [m] ..... .00000
Pressione al punto di equilibrio [MPa] ..... .00000
Spostamento al punto di equilibrio [m] ..... .01146
Convergenza radiale scudo [m] ..... .00000
Tensione scudo [MPa] ..... .00000
Coefficiente di sicurezza scudo ..... .00000
Pressione rottura scudo [MPa] ..... 2463.97104
Rigidezza scudo [MPa] ..... 2756.16850

Il rivestimento prefabbricato non entra in contatto con la roccia.

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----
Raggio plastico punto di equilibrio [m] ..... .00000
Pressione punto di equilibrio [MPa] ..... .00000
Spostamento punto di equilibrio [MPa] ..... .07145
Spostamento galleria alla messa in opera [m] ..... .07145
Convergenza radiale rivestimento [m] ..... .00000
Tensione CLS [MPa] ..... .00000
Coefficiente di sicurezza CLS ..... 1000000.00000
Pressione rottura CLS [MPa] ..... 2.26076
Rigidezza anello CLS [MPa] ..... 3992.49340
Tasso di deconfinamento alla messa in opera ..... .998534

```

Figura 9-16: Output programma di calcolo GV4

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 40 di 312

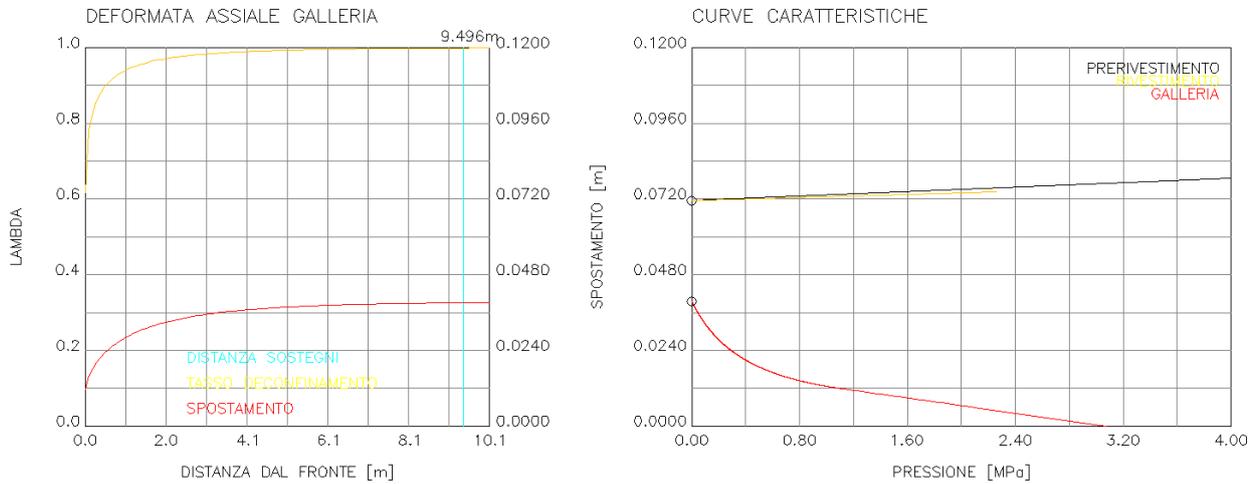


Fig. 9-17 – Definizione della preconvergenza della galleria prima della messa in opera dell’anello

9.2.1.1. Interazione galleria - terreno

Nella tabella seguente si riassumono i dati di input che caratterizzano la sezione geotecnica utilizzata per le analisi numeriche corrispondenti alla sezione di calcolo della sezione 2 della galleria Gardena.

Il modello costitutivo dell’ammasso è di tipo elasto-plastico “Mohr-Coulomb”.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 41 di 312

Stratigrafia di calcolo	S	C	Falda	γ	c	ϕ	E	k₀
Formazione	[m]	[m]	[m da calotta]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]	[-]
[-]	[m]	[m]	[m da calotta]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]	[-]
P	114	114	50	27	501	39	2600	0.9
P Danneggiamento 3*	20			27	292	34	1000	0.9
P	135			27	501	39	2600	0.9

S = spessore dello strato
C = copertura (rispetto alla calotta)
 γ = peso per unità di volume
c = coesione drenata
 ϕ = angolo di attrito interno
E = modulo elastico dell'ammasso roccioso
K₀ = coefficiente di spinta a riposo

Tabella 9-12: Parametri geotecnici di calcolo per l'analisi numerica della sezione a pk 16+540

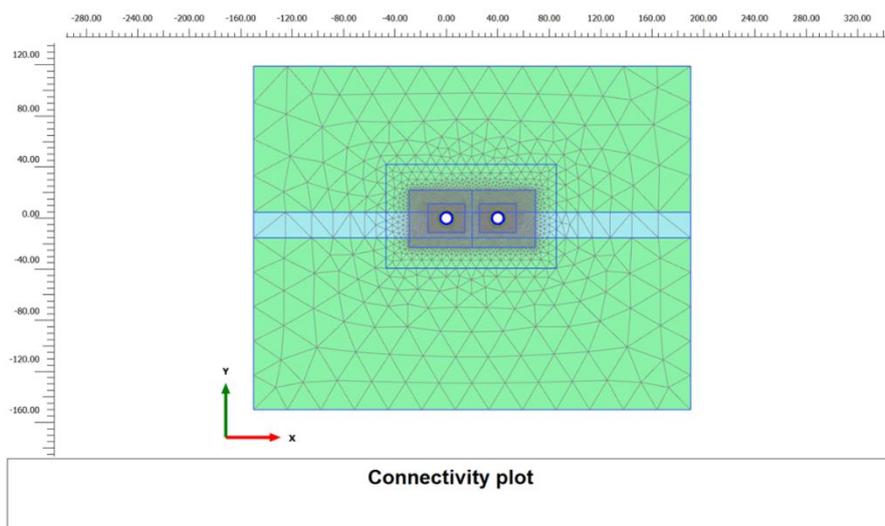


Figura 9-18: Geometria di analisi – Galleria Gardena pk 16+540

L'interazione galleria-terreno è stata valutata mediante una apposita analisi numerica FEM, utilizzando il codice di calcolo Plaxis 2D.

I bordi del modello numerico sono stati collocati sufficientemente lontani dalla galleria, in modo tale che le condizioni di vincolo ivi definite non interferiscano con i processi di scavo e costruzione in esame.

Il modello di calcolo è a doppia canna poiché l'interdistanza tra i due binari è pari a 40 m e dunque si considera la reciproca interazione tra lo scavo delle due canne.

Le fasi di analisi sono le seguenti:

0. Costruzione della geometria del modello;

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 42 di 312

1. Inizializzazione dello stato tensionale;
2. Rilascio parziale, in corrispondenza del rivestimento definitivo, dello stato tensionale sul contorno di scavo della canna sinistra pari al 99.9% ($\lambda=0.999$);
3. Attivazione del rivestimento costituito dall'anello universale in conci e rilascio completo (100%) dello stato tensionale al contorno di scavo della canna sinistra;
4. Rilascio parziale, in corrispondenza del rivestimento definitivo, dello stato tensionale sul contorno di scavo della canna destra pari al 99.9% ($\lambda=0.999$);
5. Attivazione del rivestimento costituito dall'anello universale in conci e rilascio completo (100%) dello stato tensionale al contorno di scavo della canna destra;
6. Applicazione di una pressione al contorno del cavo per simulare il carico idraulico agente a lungo termine.

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica a m di galleria, prive di fattori amplificativi, e le sollecitazioni adottate nelle verifiche strutturali; queste ultime risultano moltiplicate per il coefficiente $\gamma_G = 1.3$ e per la lunghezza del concio $b=1.8m$ mentre il momento, per considerare la riduzione della rigidità dovuta alla presenza dei giunti tra ciascun concio, viene moltiplicato per un coefficiente aggiuntivo ricavato mediante la formulazione di Wood $(1+\xi) = 1.31$.

Fase 3_SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-63.27	-0.93	3.08	-148.06	-2.86	7.21
Nmin	-84.23	-8.18	-4.95	-197.09	-25.06	-11.58
Mmax	-72.03	9.30	-0.28	-168.54	28.51	-0.66
Mmin	-83.72	-10.10	-0.03	-195.90	-30.96	-0.07
Tmax	-81.18	3.64	13.32	-189.97	11.15	31.16
Tmin	-81.22	3.65	-13.32	-190.05	11.20	-31.17

Tabella 9-13: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (Fase 3)

Fase 5_SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-252.80	29.03	3.27	-591.56	88.99	7.65
Nmin	-388.84	-40.10	-0.63	-909.88	-122.92	-1.47
Mmax	-271.80	35.63	2.86	-636.01	109.21	6.68
Mmin	-388.84	-40.10	-0.63	-909.88	-122.92	-1.47
Tmax	-282.07	11.65	25.03	-660.04	35.72	58.57
Tmin	-267.81	21.31	-28.54	-626.68	65.33	-66.79

Tabella 9-14: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (Fase 5)

L.T._SX	Sollecitazioni da analisi numerica	Sollecitazioni di verifica SLU
---------	------------------------------------	--------------------------------

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	43 di 312
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C							

	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-4545.56	19.34	-1.01	-10636.61	59.28	-2.37
Nmin	-4811.74	-26.42	1.31	-11259.47	-80.99	3.07
Mmax	-4769.82	24.90	-6.79	-11161.38	76.33	-15.89
Mmin	-4749.90	-43.53	-1.32	-11114.76	-133.44	-3.10
Tmax	-4793.60	13.12	30.11	-11217.03	40.22	70.45
Tmin	-4749.93	10.94	-34.59	-11114.84	33.55	-80.93

Tabella 9-15: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (L.T.)

Fase 5_DX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-81.00	-3.66	1.69	-189.54	-11.23	3.94
Nmin	-113.08	-13.31	-8.92	-264.61	-40.80	-20.88
Mmax	-95.18	14.86	0.78	-222.73	45.56	1.83
Mmin	-112.42	-16.89	-0.07	-263.07	-51.79	-0.16
Tmax	-110.44	1.74	22.15	-258.44	5.34	51.83
Tmin	-113.08	-13.31	-8.92	-264.61	-40.80	-20.88

Tabella 9-16: Sollecitazioni sull'anello canna destra (Fase 5)

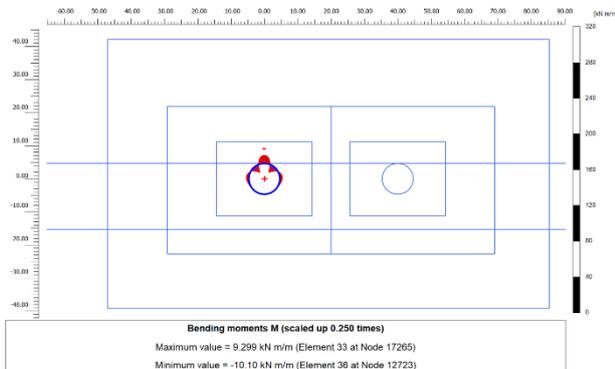
L.T._DX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-4594.08	-19.78	-0.17	-10750.15	-60.63	-0.40
Nmin	-4787.59	-22.47	27.93	-11202.96	-68.88	65.35
Mmax	-4738.75	0.03	0.54	-11088.67	0.10	1.26
Mmin	-4777.87	-44.52	-0.21	-11180.21	-136.48	-0.49
Tmax	-4773.75	-9.45	33.51	-11170.58	-28.95	78.41
Tmin	-4782.15	-38.76	-14.11	-11190.22	-118.81	-33.02

Tabella 9-17: Sollecitazioni sull'anello canna destra (L.T.)

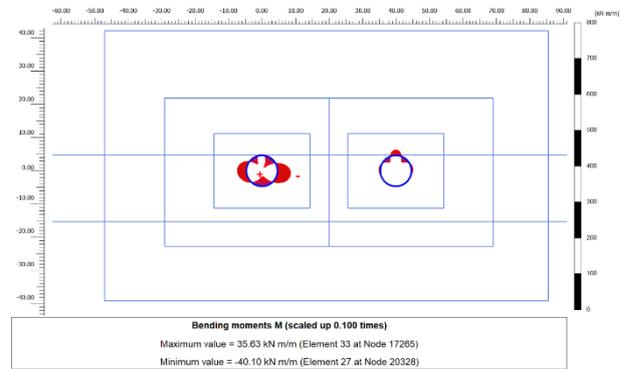
La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è condotta, in accordo con la vigente normativa, secondo il metodo degli stati limite, verificando la corrispondenza delle sezioni allo stato limite ultimo S.L.U. ed agli stati limite di esercizio S.L.E.

Lo sforzo normale è considerato negativo se di compressione, il momento flettente è considerato positivo se tende le fibre di intradosso del rivestimento. Si riportano di seguito i grafici relativi agli andamenti degli sforzi ottenuti dalla simulazione in Plaxis 2D:

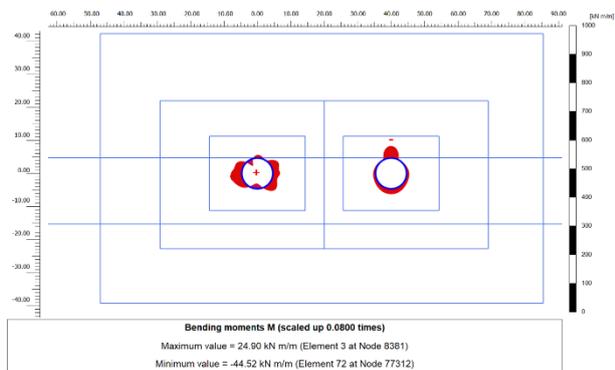
APPALTATORE:			PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						PROGETTO ESECUTIVO	
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C			COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004					REV. C	FOGLIO. 44 di 312



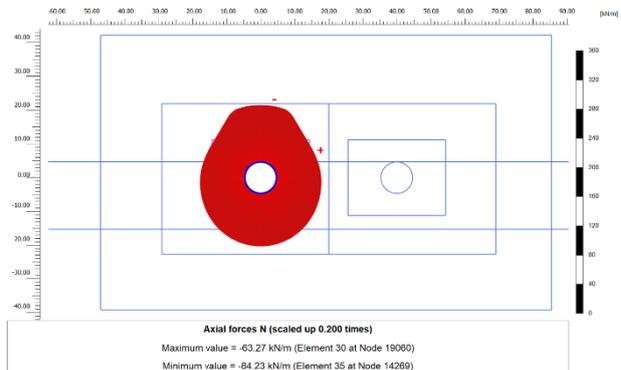
a)



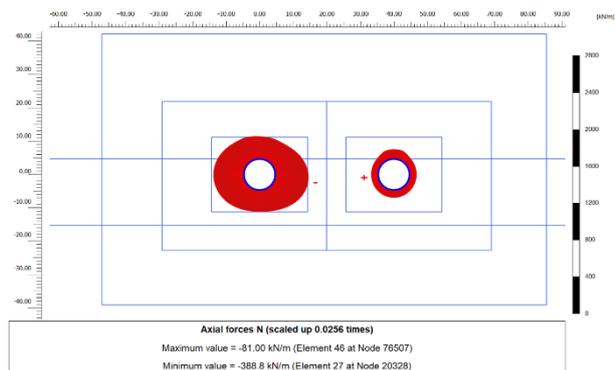
b)



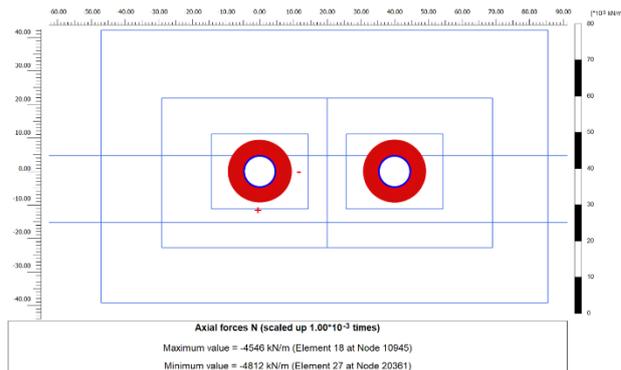
c)



d)



e)



f)

Figura 9-19: Diagrammi delle sollecitazioni M-N: a) M Fase 3; b) M Fase 5; c) M L.T.; d) N Fase 3; e) N Fase 5; f) N L.T.

Nel seguente paragrafo si riportano i domini di rottura e lo stato tensionale l'ipotesi costruttiva menzionata al §8.1 considerando in questa sezione l'applicazione del concio Tipo A.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 45 di 312

9.2.2 Verifiche

Nel seguente paragrafo si riportano le verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU), agli Stati Limite di Esercizio (SLE) durante la fase operativa secondo quanto descritto all'interno dell'elaborato IBOU1BEZZRHGN0000003.

Verifiche a presso-flessione allo Stato Limite Ultimo (S.L.U.)

I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica.

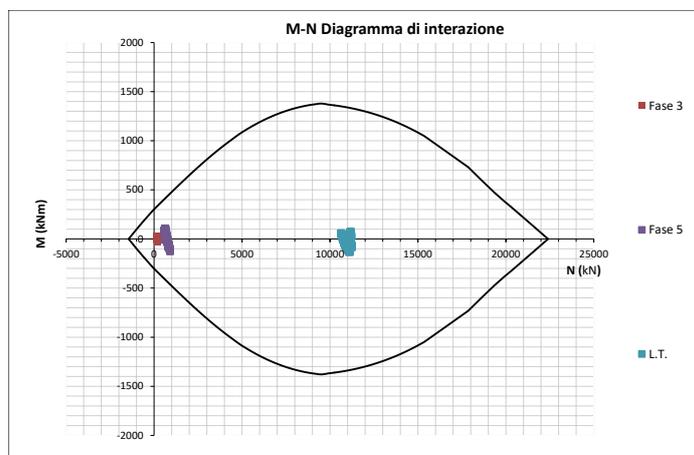


Figura 9-20: Dominio M-N (Fase 3 - Fase 5 - L.T.) – Canna Sinistra

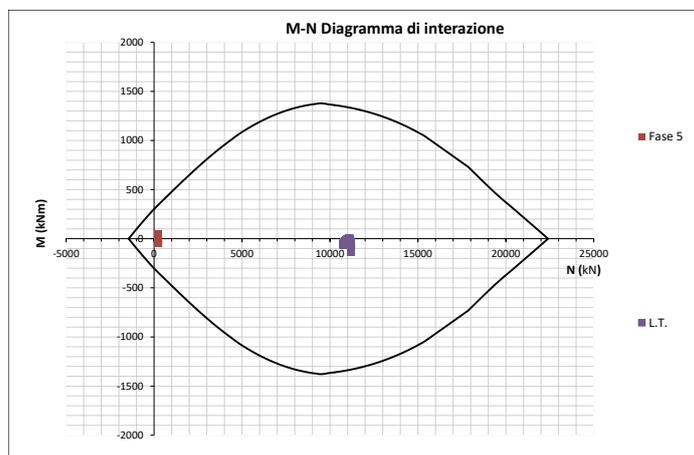


Figura 9-21: Dominio M-N (Fase 5 - L.T.) – Canna Destra

Verifica a taglio allo SLU

Nella figura seguente si riportano le verifiche allo SLU delle sezioni più significative. I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente pari ad 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica. È stata verificata la sollecitazione di taglio al variare dell'angolo θ che descrive l'anello, nella fase più critica.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 46 di 312

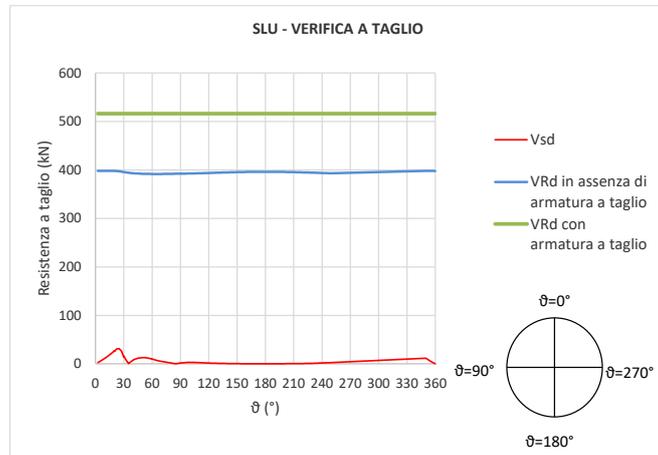


Figura 9-22: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione Fase 3

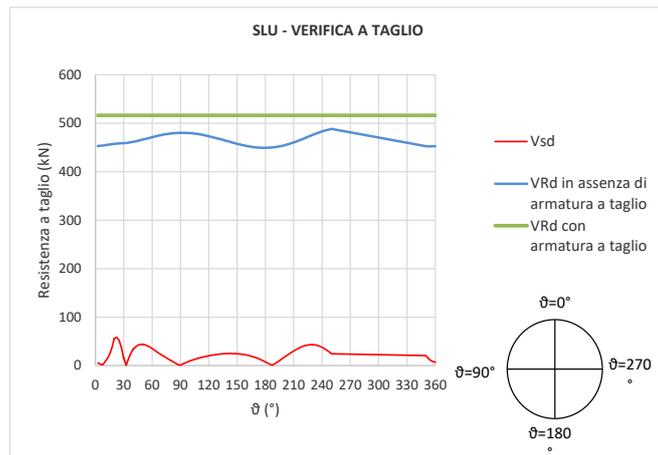


Figura 9-23: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione Fase 5

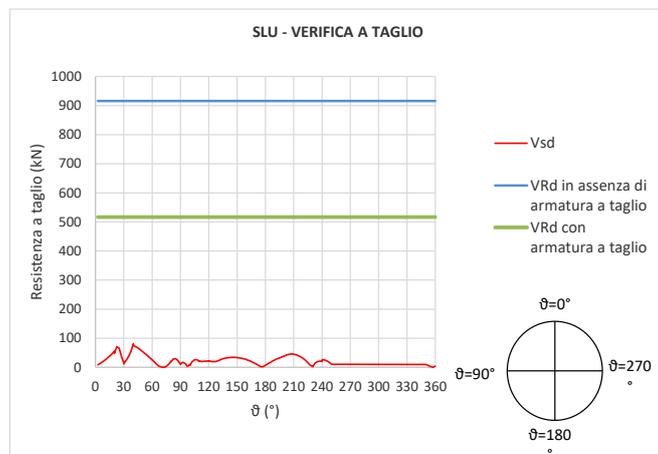


Figura 9-24: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 47 di 312

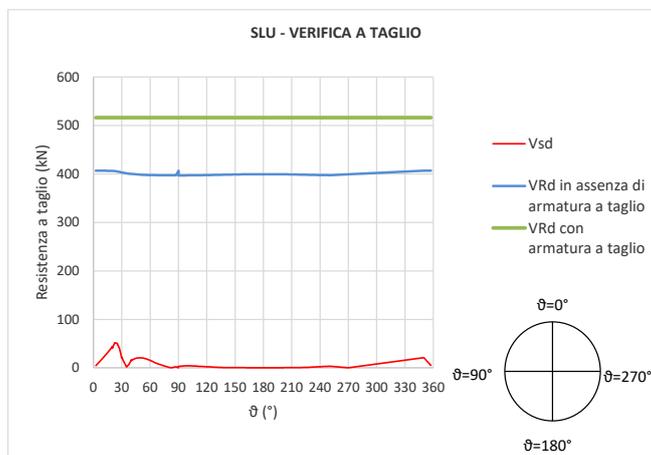


Figura 9-25: Verifica a taglio canna destra – Condizione Fase 5

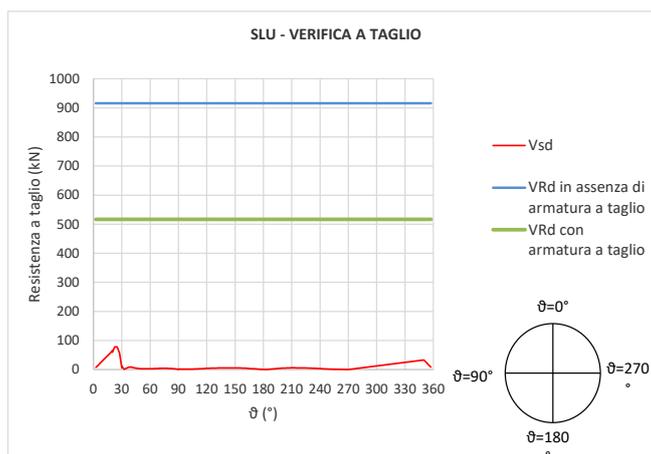


Figura 9-26: Verifica a taglio canna destra – L.T.

Dalle figure precedenti si osserva che non è mai necessaria armatura specifica al taglio.

Verifiche allo Stato Limite di Esercizio (S.L.E.)

Per le verifiche di fessurazione (SLE) si è assunto un valore limite di apertura delle fessure pari a $w_k=0.20$ mm in estradosso (condizioni ambientali aggressive, classe di esposizione XA2) e pari a $w_k=0.30$ mm in intradosso (condizioni ambientali ordinarie, classe di esposizione XC3), in accordo con quanto prescritto dalla Norma vigente ed una tensione massima nel calcestruzzo e nell'acciaio in accordo con quanto previsto dal DM 14/01/2008 (cfr. 10.2) Rif. [1].

Il copriferro netto (sul ferro più esterno) considerato nelle verifiche che seguono è assunto pari a 5 cm.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 48 di 312

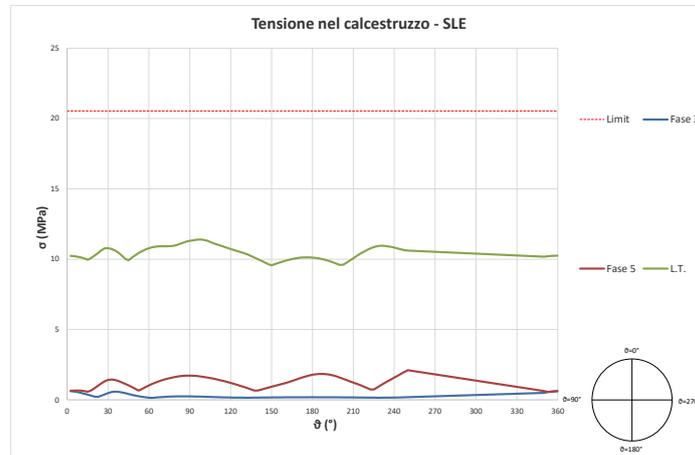


Figura 9-27: Stato tensionale cls canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

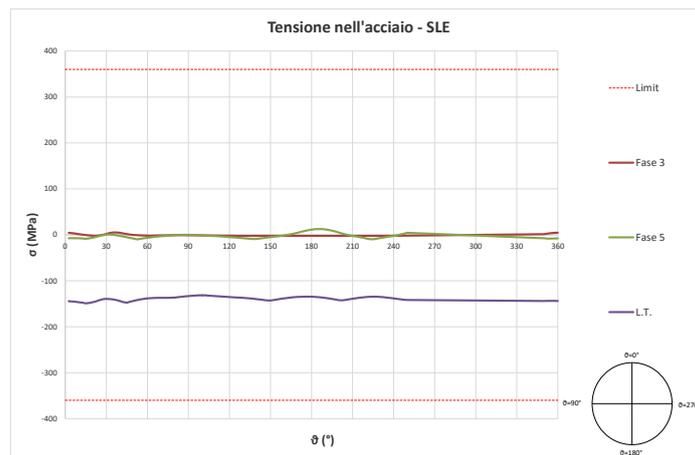


Figura 9-28: Stato tensionale acciaio canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

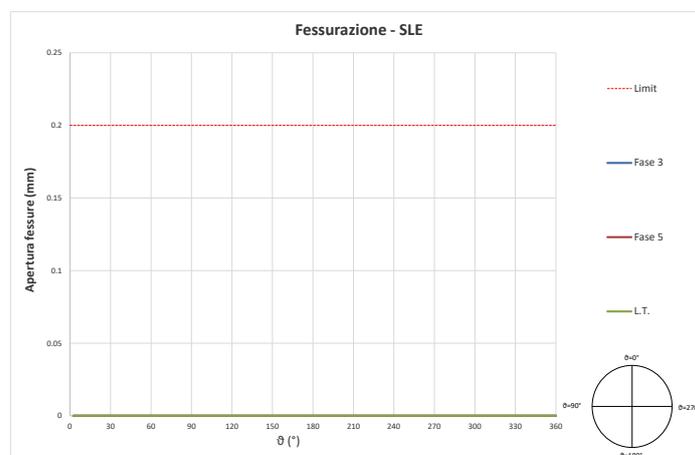


Figura 9-29: Stato di fessurazione canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 49 di 312

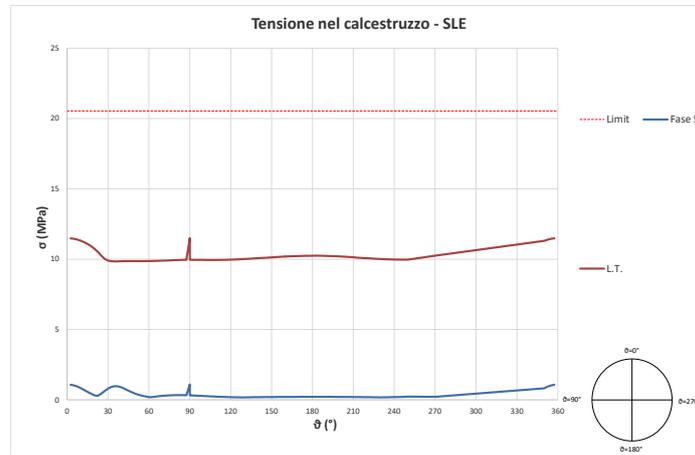


Figura 9-30: Stato tensionale cls canna destra (Fase5 – L.T.)

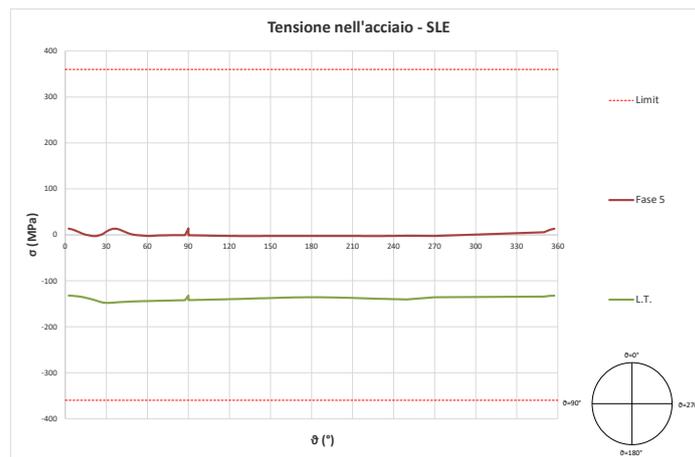


Figura 9-31: Stato tensionale acciaio canna destra (Fase5 - L.T.)

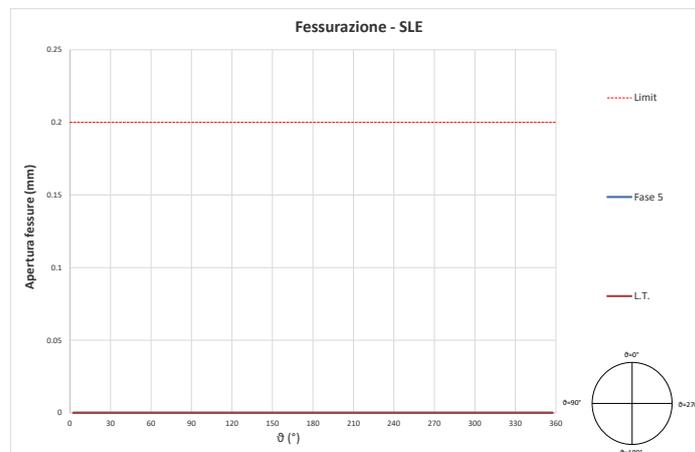


Figura 9-32: Stato di fessurazione canna destra (Fase5 - L.T.)

Dai grafici riportati si evince che le verifiche agli Stati Limite di Esercizio risultano tutte soddisfatte.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE	Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C 50 di 312

9.3 SEZIONE 3 PK 16+750

9.3.1 Metodo delle curve caratteristiche

Al fine di definire quali siano le sollecitazioni agenti sul rivestimento in conci prefabbricati, si è fatto riferimento alla curva caratteristica per galleria scavata con fresa scudata utilizzando il programma di calcolo GV4, e assumendo un gioco radiale tra estradosso scudo e ammasso circostante pari a 6 cm. Inoltre, si è ipotizzata una lunghezza dello scudo pari a 11.115 m e che l'intasamento dell'anello avvenga a una distanza dal fronte conservativa pari a 9.496 m. Lo spessore dei conci prefabbricati è pari a 45 cm.

Come si può osservare dall'output del programma di calcolo riportato in Allegato 1 (di cui nel seguito, in Figura 9-33, si riporta solo un breve stralcio) in questo caso ne lo scudo ne l'anello di rivestimento giungono mai in contatto con l'ammasso roccioso circostante. Pertanto, è stato considerato come rilascio tensionale in corrispondenza della posa in opera dell'anello in conci prefabbricati il valore che si verifica alla distanza di 10.5 m dal fronte e pari a $\lambda = 0.999$.

Si sottolinea che l'assenza del contatto scudo-ammasso circostante è visibile anche dalla curva caratteristica riportata in Allegato 1.

```

RISULTATO ANALISI GALLERIA

Pressione fine calcolo [MPa] ..... .000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m] ..... .009504
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] ..... 6.166234

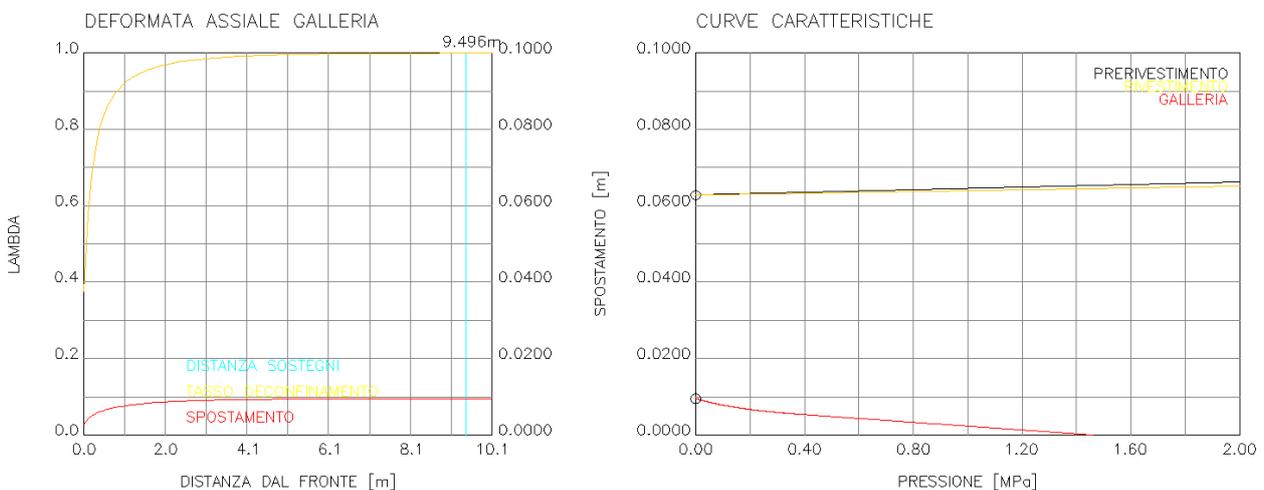
FRESA SCUDATA -----
Raggio plastico al punto di equilibrio [m] ..... .00000
Pressione al punto di equilibrio [MPa] ..... .00000
Spostamento al punto di equilibrio [m] ..... .00276
Convergenza radiale scudo [m] ..... .00000
Tensione scudo [MPa] ..... .00000
Coefficiente di sicurezza scudo ..... .00000
Pressione rottura scudo [MPa] ..... 2463.97104
Rigidezza scudo [MPa] ..... 2736.16850

Il rivestimento prefabbricato non entra in contatto con la roccia.

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----
Raggio plastico punto di equilibrio [m] ..... .00000
Pressione punto di equilibrio [MPa] ..... .00000
Spostamento punto di equilibrio [MPa] ..... .06276
Spostamento galleria alla messa in opera [m] ..... .06276
Convergenza radiale rivestimento [m] ..... .00000
Tensione CLS [MPa] ..... .00000
Coefficiente di sicurezza CLS ..... 1000000.00000
Pressione rottura CLS [MPa] ..... 2.26076
Rigidezza anello CLS [MPa] ..... 3992.49340
Tasso di deconfinamento alla messa in opera ..... .999481

```

Figura 9-33: Output programma di calcolo GV4



APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	51 di 312

Fig. 9-34 – Definizione della preconvergenza della galleria prima della messa in opera dell’anello

9.3.1.1. Interazione galleria - terreno

Nella tabella seguente si riassumono i dati di input che caratterizzano la sezione geotecnica utilizzata per le analisi numeriche corrispondenti alla sezione di calcolo della sezione 3 della galleria Gardena.

Il modello costitutivo dell’ammasso è di tipo elasto-plastico “Mohr-Coulomb”.

Stratigrafia di calcolo	S	C	Falda	γ	c	ϕ	E	k₀
Formazione	[m]	[m]	[m da calotta]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]	[-]
BSSa Danneggiamento 4*	40	54	70	27	293	35	1200	0.9
BSSa	131			27	612	41	4300	0.9

S = spessore dello strato
C = copertura (rispetto alla calotta)
 γ = peso per unità di volume
c = coesione drenata
 ϕ = angolo di attrito interno
E = modulo elastico dell’ammasso roccioso
K₀ = coefficiente di spinta a riposo

Tabella 9-18: Parametri geotecnici di calcolo per l’analisi numerica della sezione a pk 16+750

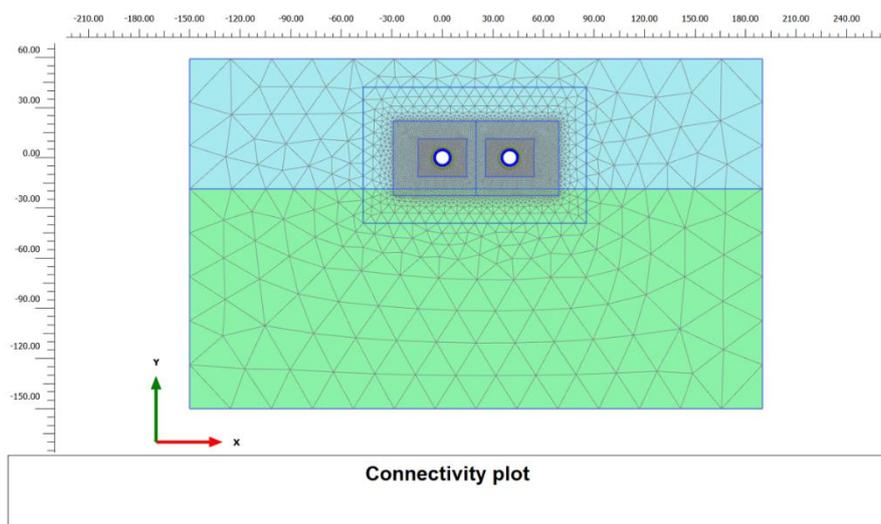


Figura 9-35: Geometria di analisi – Galleria Gardena pk 16+620

L’interazione galleria-terreno è stata valutata mediante una apposita analisi numerica FEM, utilizzando il codice di calcolo Plaxis 2D.

I bordi del modello numerico sono stati collocati sufficientemente lontani dalla galleria, in modo tale che le condizioni di vincolo ivi definite non interferiscano con i processi di scavo e costruzione in esame.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	52 di 312

Il modello di calcolo è a doppia canna poiché l'interdistanza tra i due binari è pari a 40 m e dunque si considera la reciproca interazione tra lo scavo delle due canne.

Le fasi di analisi sono le seguenti:

0. Costruzione della geometria del modello;
1. Inizializzazione dello stato tensionale;
2. Rilascio parziale, in corrispondenza del rivestimento definitivo, dello stato tensionale sul contorno di scavo della canna sinistra pari al 99.9% ($\lambda=0.999$);
3. Attivazione del rivestimento costituito dall'anello universale in conci e rilascio completo (100%) dello stato tensionale al contorno di scavo della canna sinistra;
4. Rilascio parziale, in corrispondenza del rivestimento definitivo, dello stato tensionale sul contorno di scavo della canna destra pari al 99.9% ($\lambda=0.999$);
5. Attivazione del rivestimento costituito dall'anello universale in conci e rilascio completo (100%) dello stato tensionale al contorno di scavo della canna destra;
6. Applicazione di una pressione al contorno del cavo per simulare il carico idraulico agente a lungo termine.

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica a m di galleria, prive di fattori amplificativi, e le sollecitazioni adottate nelle verifiche strutturali; queste ultime risultano moltiplicate per il coefficiente $\gamma_G = 1.3$ e per la lunghezza del concio $b=1.8m$ mentre il momento, per considerare la riduzione della rigidità dovuta alla presenza dei giunti tra ciascun concio, viene moltiplicato per un coefficiente aggiuntivo ricavato mediante la formulazione di Wood $(1+\xi) = 1.31$.

Fase 3_SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-363.96	0.73	0.00	-851.67	2.25	0.01
Nmin	-386.88	-2.27	1.08	-905.30	-6.95	2.53
Mmax	-382.82	1.57	0.00	-895.80	4.80	0.00
Mmin	-383.09	-4.38	-0.11	-896.42	-13.44	-0.25
Tmax	-376.77	-2.33	1.79	-881.64	-7.13	4.18
Tmin	-376.15	-2.00	-1.78	-880.19	-6.13	-4.17

Tabella 9-19: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (Fase 3)

Fase 5_SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-400.43	20.54	-2.62	-937.01	62.95	-6.12
Nmin	-519.36	-26.03	0.07	-1215.30	-79.80	0.16
Mmax	-402.59	21.42	0.33	-942.06	65.66	0.76
Mmin	-519.36	-26.03	0.07	-1215.30	-79.80	0.16

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandataria:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	53 di 312

Tmax	-460.29	-2.74	13.23	-1077.09	-8.39	30.96
Tmin	-479.82	-5.47	-13.25	-1122.78	-16.77	-31.00

Tabella 9-20: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (Fase 5)

L.T._SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-4408.72	8.22	-1.41	-10316.39	25.19	-3.29
Nmin	-4562.31	-29.59	-2.38	-10675.81	-90.71	-5.57
Mmax	-4408.76	8.38	-0.42	-10316.49	25.70	-0.99
Mmin	-4559.43	-30.41	0.15	-10669.06	-93.22	0.34
Tmax	-4478.86	-10.86	8.57	-10480.54	-33.29	20.05
Tmin	-4526.78	-14.07	-7.55	-10592.67	-43.12	-17.67

Tabella 9-21: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (L.T.)

Fase 5_DX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-4408.72	8.22	-1.41	-10316.39	25.19	-3.29
Nmin	-4562.31	-29.59	-2.38	-10675.81	-90.71	-5.57
Mmax	-4408.76	8.38	-0.42	-10316.49	25.70	-0.99
Mmin	-4559.43	-30.41	0.15	-10669.06	-93.22	0.34
Tmax	-4478.86	-10.86	8.57	-10480.54	-33.29	20.05
Tmin	-4526.78	-14.07	-7.55	-10592.67	-43.12	-17.67

Tabella 9-22: Sollecitazioni sull'anello canna destra (Fase 5)

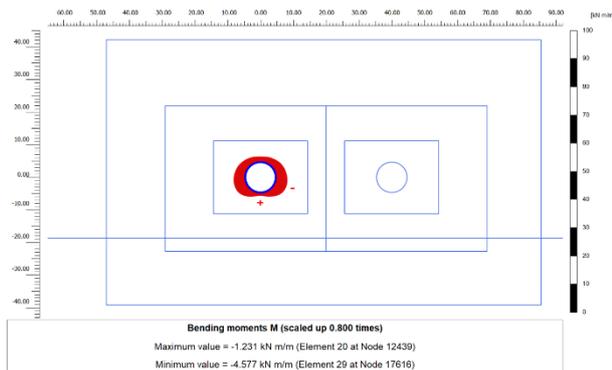
L.T._DX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-4449.20	-6.93	0.36	-10411.12	-21.25	0.85
Nmin	-4483.98	-8.92	0.54	-10492.51	-27.33	1.26
Mmax	-4449.22	-6.90	0.05	-10411.17	-21.14	0.12
Mmin	-4474.52	-17.51	-0.08	-10470.38	-53.69	-0.18
Tmax	-4454.26	-10.54	2.52	-10422.98	-32.31	5.89
Tmin	-4482.21	-12.19	-3.18	-10488.38	-37.36	-7.45

Tabella 9-23: Sollecitazioni sull'anello canna destra (L.T.)

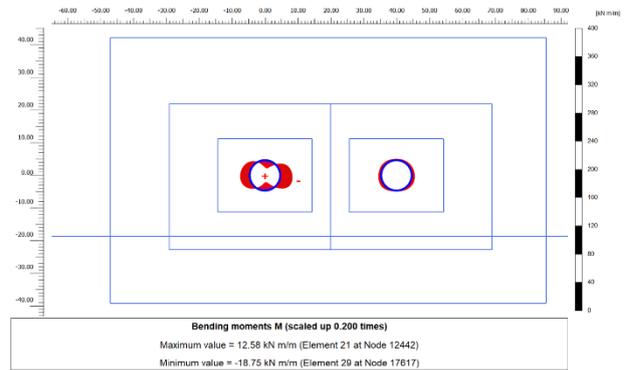
La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è condotta, in accordo con la vigente normativa, secondo il metodo degli stati limite, verificando la corrispondenza delle sezioni allo stato limite ultimo S.L.U. ed agli stati limite di esercizio S.L.E.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL	SIST	M Ingegneria	
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	54 di 312

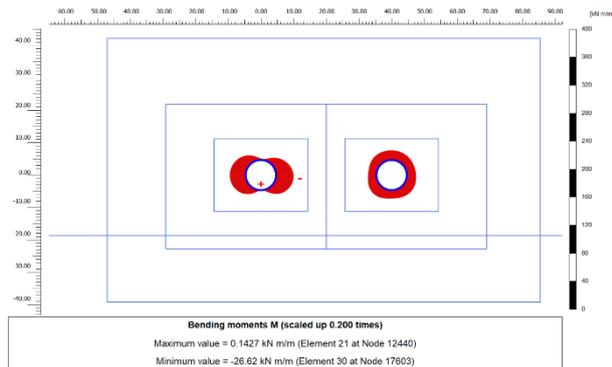
Lo sforzo normale è considerato negativo se di compressione, il momento flettente è considerato positivo se tende le fibre di intradosso del rivestimento. Si riportano di seguito i grafici relativi agli andamenti degli sforzi ottenuti dalla simulazione in Plaxis 2D:



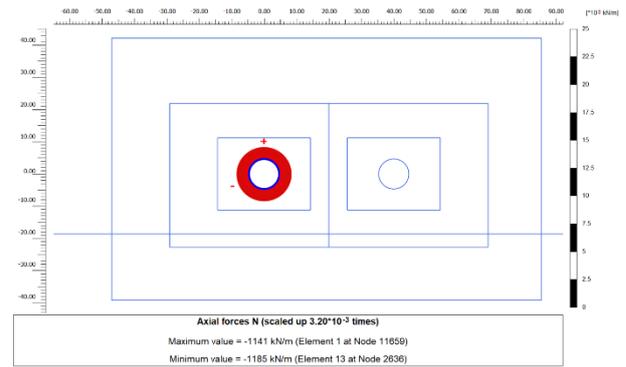
a)



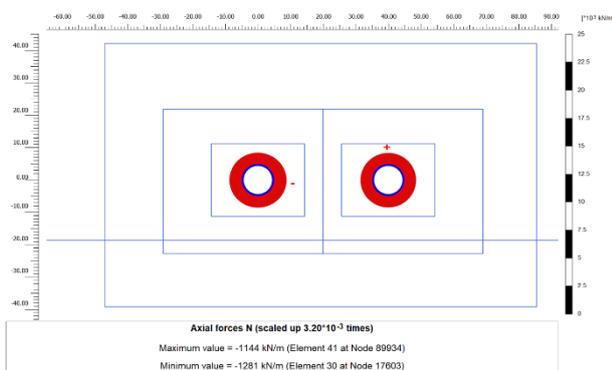
b)



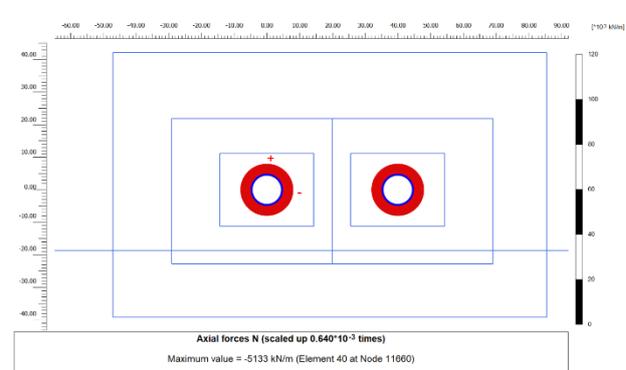
c)



d)



e)



f)

Figura 9-36: Diagrammi delle sollecitazioni M-N: a) M Fase 3; b) M Fase 5; c) M L.T.; d) N Fase 3; e) N Fase 5; f) N L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 55 di 312

Nel seguente paragrafo si riportano i domini di rottura e lo stato tensionale l'ipotesi costruttiva menzionata al §8.1 considerando in questa sezione l'applicazione del concio Tipo B.

9.3.2 Verifiche

Nel seguente paragrafo si riportano le verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU), agli Stati Limite di Esercizio (SLE) durante la fase operativa secondo quanto descritto all'interno dell'elaborato IBOU1BEZZRHGN0000003.

Verifiche a presso-flessione allo Stato Limite Ultimo (S.L.U.)

I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica.

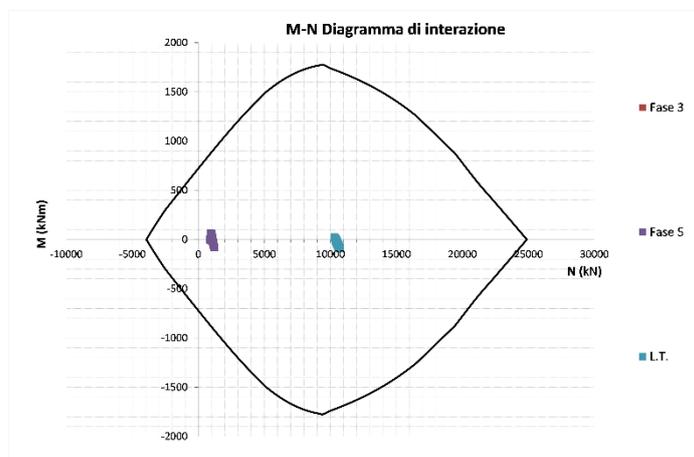


Figura 9-37: Dominio M-N (Fase 3 - Fase 5 - L.T.) – Canna Sinistra

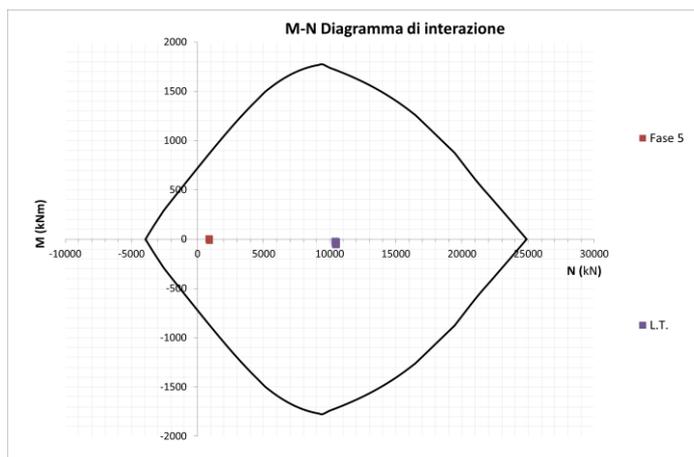


Figura 9-38: Dominio M-N (Fase 5 - L.T.) – Canna Destra

Verifica a taglio allo SLU

Nella figura seguente si riportano le verifiche allo SLU delle sezioni più significative. I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente pari ad 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica. È stata verificata la sollecitazione di taglio al variare dell'angolo θ che descrive l'anello, nella fase più critica.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 56 di 312

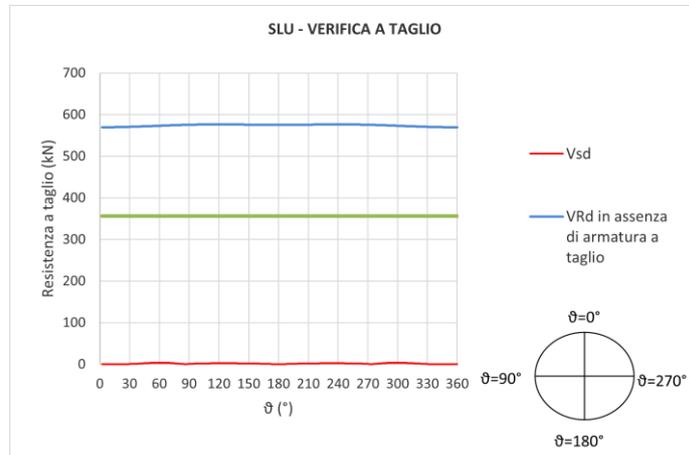


Figura 9-39: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione Fase 3

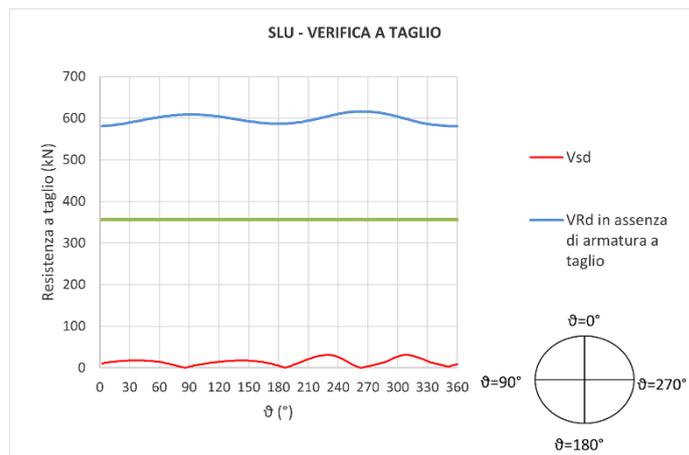


Figura 9-40: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione Fase 5

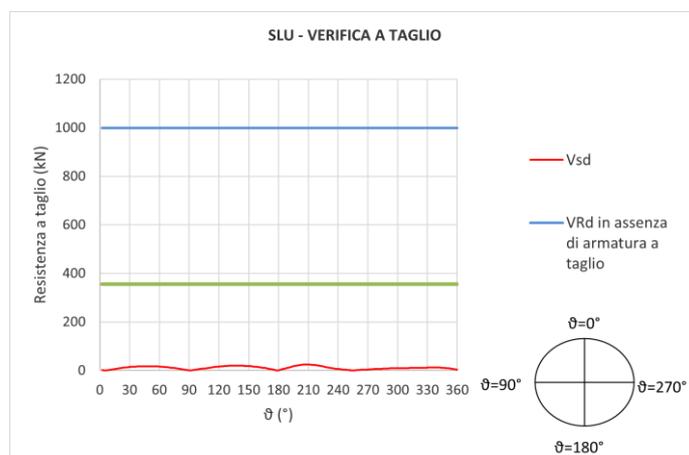


Figura 9-41: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 57 di 312

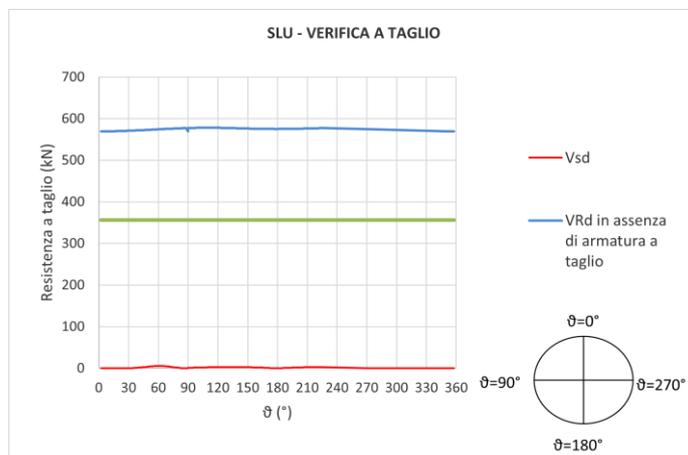


Figura 9-42: Verifica a taglio canna destra – Condizione Fase 5

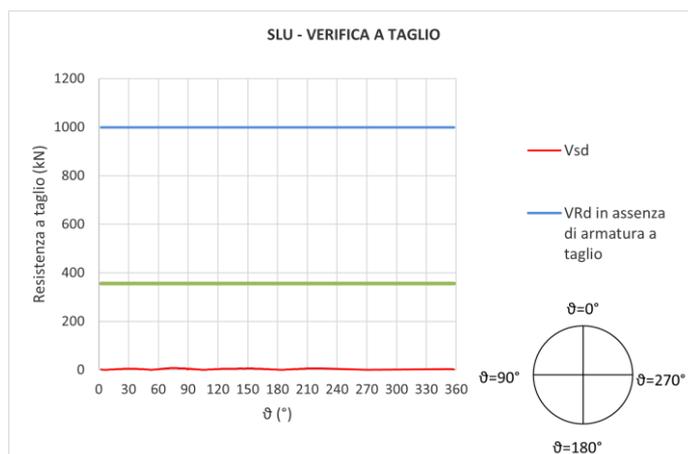


Figura 9-43: Verifica a taglio canna destra – L.T.

Dalle figure precedenti si osserva che non è mai necessaria armatura specifica al taglio.

Verifiche allo Stato Limite di Esercizio (S.L.E.)

Per le verifiche di fessurazione (SLE) si è assunto un valore limite di apertura delle fessure pari a $w_k=0.20$ mm in estradosso (condizioni ambientali aggressive, classe di esposizione XA2) e pari a $w_k=0.30$ mm in intradosso (condizioni ambientali ordinarie, classe di esposizione XC3), in accordo con quanto prescritto dalla Norma vigente ed una tensione massima nel calcestruzzo e nell'acciaio in accordo con quanto previsto dal DM 14/01/2008 (cfr. 10.2) Rif. [1].

Il copriferro netto (sul ferro più esterno) considerato nelle verifiche che seguono è assunto pari a 5 cm.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 58 di 312

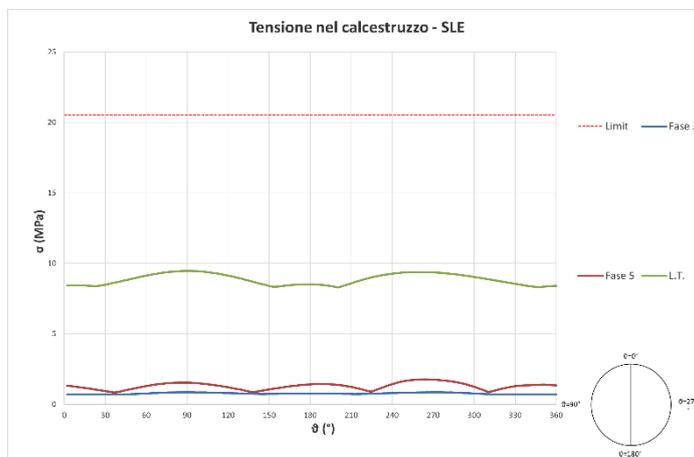


Figura 9-44: Stato tensionale cls canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

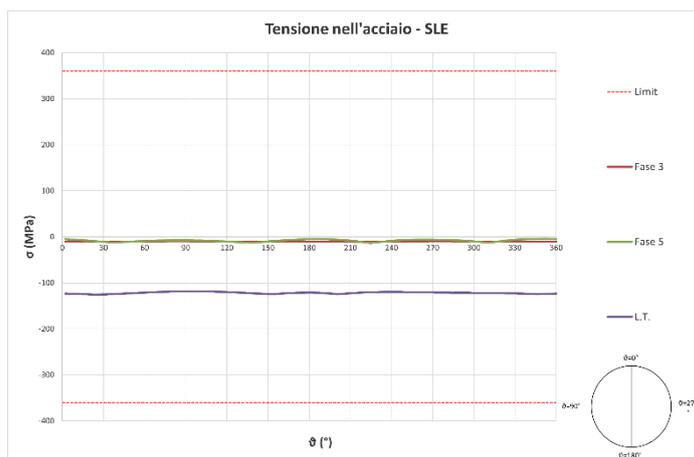


Figura 9-45: Stato tensionale acciaio canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

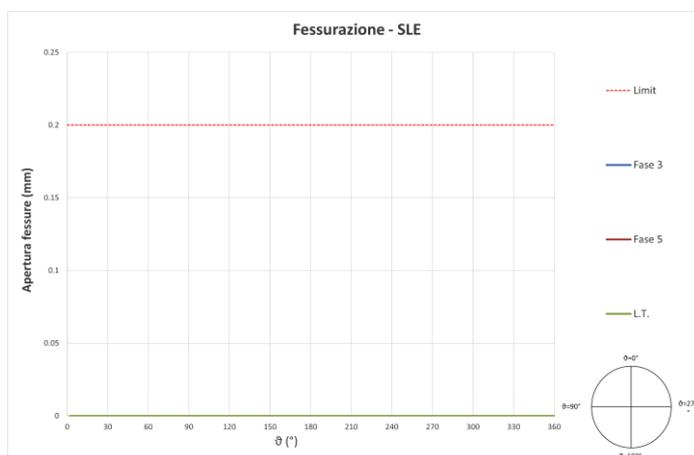


Figura 9-46: Stato di fessurazione canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 59 di 312

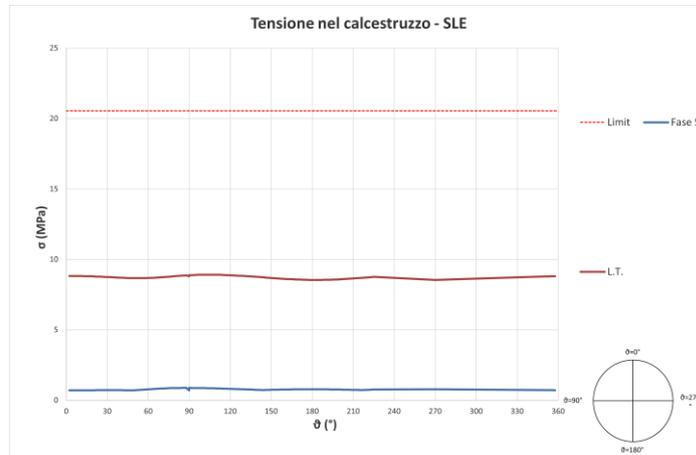


Figura 9-47: Stato tensionale cls canna destra (Fase5 – L.T.)

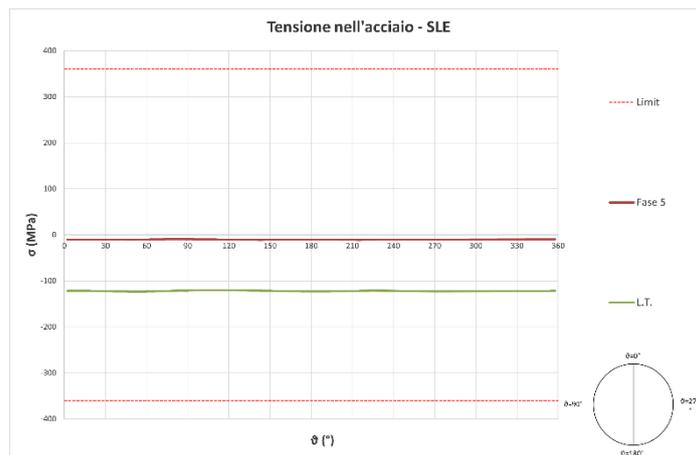


Figura 9-48: Stato tensionale acciaio canna destra (Fase5 - L.T.)

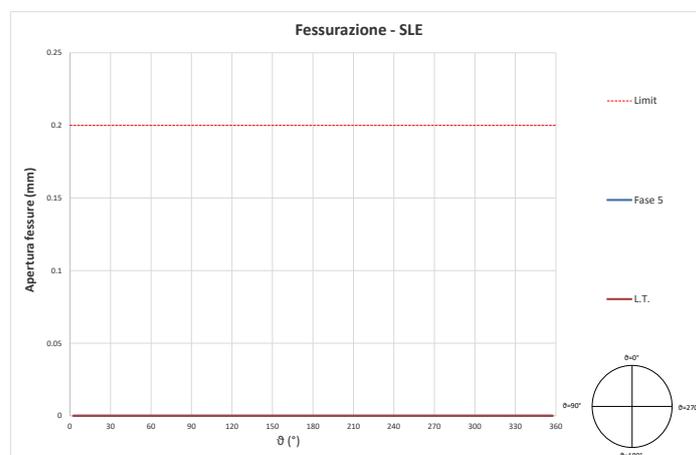


Figura 9-49: Stato di fessurazione canna destra (Fase5 - L.T.)

Dai grafici riportati si evince che le verifiche agli Stati Limite di Esercizio risultano tutte soddisfatte.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 60 di 312

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	61 di 312

9.4 SEZIONE 4 PK 17+475

9.4.1 Stabilità del fronte e del cavo

Nel seguito si riassumono i dati di input utilizzati per le analisi di stabilità del fronte eseguita con il metodo delle linee caratteristiche assumendo un gioco radiale tra estradosso scudo e ammasso circostante pari a 6 cm. Inoltre si è ipotizzata una lunghezza dello scudo pari a 11.115 m e si è supposto che l'intasamento dell'anello avvenga a una distanza dal fronte pari a 9.496 m.

Unità	pk	H	σ_0	γ	c'	ϕ'	E'
	[km]	[m]	[MPa]	[kN/m ³]	[MPa]	[°]	[MPa]
BSSa/BSSc (in faglia)	17+475	305	8.235	27.0	0.285	26	900
H = copertura rispetto al piano dei centri della galleria σ_0 = tensione totale iniziale al livello del cavo γ = peso dell'unità di volume dell'ammasso c' = valore di progetto della coesione E' = valore di progetto del modulo elastico dell'ammasso ($E_d = E_k$)							

Tabella 24: Parametri geotecnici di calcolo per l'analisi della stabilità del fronte

Sono stati valutati lo spostamento ed il raggio plastico al fronte dalla curva caratteristica al fronte con cavità sferica. L'entità degli spostamenti e delle plasticizzazioni sono tali da ritenere il nucleo-fronte instabile e quindi la verifica di stabilità del fronte non è soddisfatta.

A tal proposito l'analisi è stata ripetuta con l'applicazione di una contropressione al fronte. Si riportano di seguito i valori di convergenza e raggio plastico valutati con o senza contropressione.

Analisi	Sezione di calcolo	U_f [m]	U_f/Req [%]	R_{pf} [m]	R_{pf}/Req [-]
Senza pressione al fronte	17+475	0.170	3.505	9.319	1.925
Con 3 bar di pressione al fronte		0.105	2.179	8.120	1.678
U_F = convergenza al fronte (soluzione cavità sferica) R_{PF} = raggio plastico al fronte R_{eq} = raggio di scavo equivalente della galleria (= 4,84 m)					

Tabella 25: Risultati dell'analisi della stabilità del fronte

Le deformazioni attese risultano comunque importanti, ma applicando una contropressione di 3 bar al fronte si riescono a ridurre le convergenze di circa 7 cm e a ridurre la fascia plastica di circa 1.2 m. Tale pressione risulta pertanto necessaria.

9.4.2 Metodo delle curve caratteristiche

Al fine di definire quali siano le sollecitazioni agenti sul rivestimento in conci prefabbricati, si è fatto riferimento alla curva caratteristica per galleria scavata con fresa scudata utilizzando il programma di calcolo

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 62 di 312

GV4, e assumendo un gioco radiale tra estradosso scudo e ammasso circostante pari a 6 cm. Inoltre, si è ipotizzata una lunghezza dello scudo pari a 11.115 m e che l'intasamento dell'anello avvenga a una distanza dal fronte conservativa pari a 9.496 m. Lo spessore dei conci prefabbricati è pari a 45 cm.

Come visto in Tabella 6-4 la sezione oggetto di analisi presenta un comportamento instabile (C) del fronte e del cavo, per questo, al fine di stabilizzare il fronte di scavo, si prevede di applicare una pressione al fronte pari ad 3 bar.

In corrispondenza di tale sezione si verifica un contatto tra ammasso roccioso e scudo. Pertanto, il software GV4 viene utilizzato al solo scopo di valutare la convergenza al fronte e per effettuare l'analisi di stabilità.

Il rilascio tensionale da applicare alla fase precedente alla messa in opera del rivestimento della galleria viene valutato direttamente nel modello numerico tale per cui si ottenga in Plaxis 2D una convergenza complessiva del cavo della galleria data dalla somma della convergenza al fronte ricavata in GV4 (Allegato 1) e del gap tra scudo e ammasso roccioso. Tale rilascio viene cautelativamente applicato direttamente sul rivestimento definitivo. Al fine di colmare il gap totale più la convergenza del fronte, da modello numerico, risulta necessario applicare un fattore di rilascio tensionale pari al 99.8%.

In questo modo viene simulato l'avanzamento della TBM fin quando lo scudo entra in contatto con l'ammasso circostante e si ottiene una modellazione più realistica, soprattutto nelle zone di faglia, dove sono presenti nel modello particolari situazioni stratigrafiche.

9.4.2.1. Interazione galleria - terreno

Nella tabella seguente si riassumono i dati di input che caratterizzano la sezione geotecnica utilizzata per le analisi numeriche corrispondenti alla sezione di calcolo della sezione 4 della galleria Gardena.

Il modello costitutivo dell'ammasso è di tipo elasto-plastico "Mohr-Coulomb".

Stratigrafia di calcolo	S	C	Falda	γ	c	ϕ	E	k₀
Formazione	[m]	[m]	[m da calotta]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]	[-]
BSSa	285	305	60	27	612	41	4300	0.9
BSSa/BSSc Danneggiamento 5*	40			27	186	26	800	0.9
BSSa	50			27	612	41	4300	0.9
BSSa Danneggiamento 4*	80			27	186	29	800	0.9

S = spessore dello strato

C = copertura (rispetto alla calotta)

γ = peso per unità di volume

c = coesione drenata

ϕ = angolo di attrito interno

E = modulo elastico dell'ammasso roccioso

k₀ = coefficiente di spinta a riposo

Tabella 9-26: Parametri geotecnici di calcolo per l'analisi numerica della sezione a pk 17+475

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 63 di 312

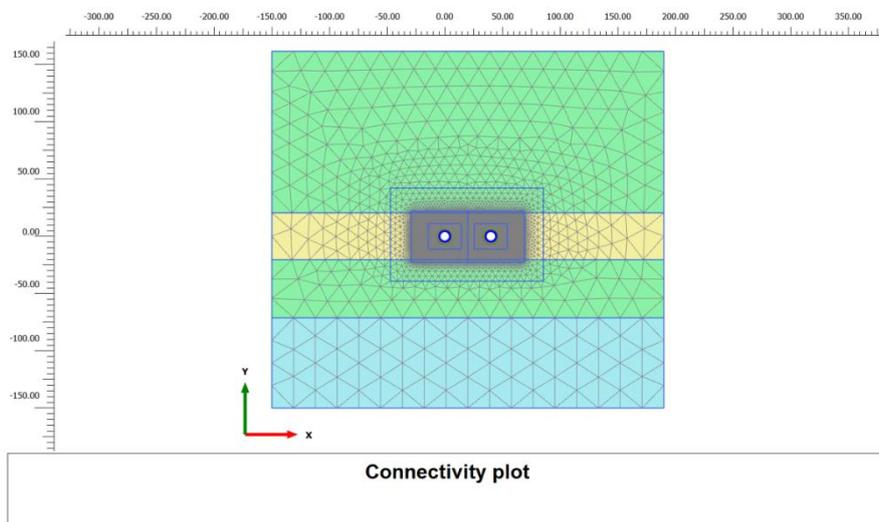


Figura 9-50: Geometria di analisi – Galleria Gardena pk 17+475

L'interazione galleria-terreno è stata valutata mediante una apposita analisi numerica FEM, utilizzando il codice di calcolo Plaxis 2D.

I bordi del modello numerico sono stati collocati sufficientemente lontani dalla galleria, in modo tale che le condizioni di vincolo ivi definite non interferiscano con i processi di scavo e costruzione in esame.

Il modello di calcolo è a doppia canna poiché l'interdistanza tra i due binari è pari a 40 m e dunque si considera la reciproca interazione tra lo scavo delle due canne.

Le fasi di analisi sono le seguenti:

0. Costruzione della geometria del modello;
1. Inizializzazione dello stato tensionale;
2. Rilascio parziale, in corrispondenza del rivestimento definitivo, dello stato tensionale sul contorno di scavo della canna sinistra pari al 99.8% ($\lambda=0.998$);
3. Attivazione del rivestimento costituito dall'anello universale in conci e rilascio completo (100%) dello stato tensionale al contorno di scavo della canna sinistra;
4. Rilascio parziale, in corrispondenza del rivestimento definitivo, dello stato tensionale sul contorno di scavo della canna destra pari al 99.8% ($\lambda=0.998$);
5. Attivazione del rivestimento costituito dall'anello universale in conci e rilascio completo (100%) dello stato tensionale al contorno di scavo della canna destra;
6. Applicazione di una pressione al contorno del cavo per simulare il carico idraulico agente a lungo termine.

Nelle fasi di avanzamento della TBM (Fase 2 e 4) si ottiene una convergenza del cavo totale pari circa a 12.3cm, che depurata della convergenza al fronte di 10.5cm (Allegato 1), risulta circa pari a 1.8cm. Dal'analisi numerica non si riscontra una chiusura totale del gap roccia – scudo (6cm), si considera comunque, cautelativamente, un rilascio tensionale del cavo all'installazione del rivestimento pari al 99.8%.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	64 di 312

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica a m di galleria, prive di fattori amplificativi, e le sollecitazioni adottate nelle verifiche strutturali; queste ultime risultano moltiplicate per il coefficiente $\gamma_G = 1.3$ e per la lunghezza del concio $b=1.8m$ mentre il momento, per considerare la riduzione della rigidità dovuta alla presenza dei giunti tra ciascun concio, viene moltiplicato per un coefficiente aggiuntivo ricavato mediante la formulazione di Wood $(1+\xi) = 1.31$.

Fase 3_SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-75.24	4.45	4.04	-176.06	13.65	9.45
Nmin	-98.76	0.73	0.45	-231.11	2.24	1.05
Mmax	-76.59	5.78	-0.33	-179.21	17.73	-0.76
Mmin	-87.99	-4.34	-0.23	-205.90	-13.29	-0.53
Tmax	-75.71	2.45	5.25	-177.16	7.50	12.28
Tmin	-79.35	2.51	-5.30	-185.69	7.69	-12.40

Tabella 9-27: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (Fase 3)

Fase 5_SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-573.98	96.49	-12.51	-1343.12	295.77	-29.26
Nmin	-1109.25	-89.75	-4.23	-2595.66	-275.13	-9.90
Mmax	-591.61	99.99	0.66	-1384.38	306.52	1.54
Mmin	-1105.22	-90.46	0.74	-2586.21	-277.29	1.74
Tmax	-687.17	26.22	40.47	-1607.97	80.38	94.70
Tmin	-788.44	21.39	-43.67	-1844.95	65.57	-102.18

Tabella 9-28: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (Fase 5)

L.T._SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-3162.82	82.20	-15.88	-7401.01	251.97	-37.17
Nmin	-3785.51	-87.31	-3.10	-8858.09	-267.65	-7.25
Mmax	-3190.21	88.34	-2.69	-7465.10	270.81	-6.29
Mmin	-3499.39	-87.82	1.56	-8188.57	-269.22	3.65
Tmax	-3267.37	16.06	42.34	-7645.64	49.23	99.06
Tmin	-3395.15	14.00	-42.61	-7944.65	42.93	-99.70

Tabella 9-29: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (L.T.)

Fase 5_DX	Sollecitazioni da analisi numerica	Sollecitazioni di verifica SLU
-----------	------------------------------------	--------------------------------

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	PROGETTO ESECUTIVO					
SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	65 di 312

	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-81.24	4.32	-2.27	-190.11	13.26	-5.30
Nmin	-99.84	1.48	-0.07	-233.62	4.54	-0.17
Mmax	-81.49	4.70	0.70	-190.70	14.42	1.64
Mmin	-89.47	-4.19	0.00	-209.36	-12.85	-0.01
Tmax	-90.56	-2.77	1.76	-211.92	-8.50	4.11
Tmin	-82.13	1.84	-5.25	-192.18	5.63	-12.27

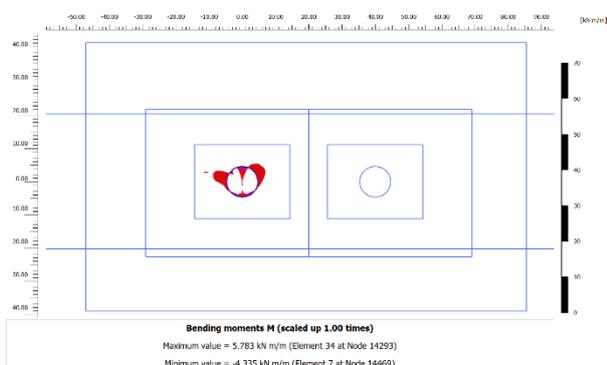
Tabella 9-30: Sollecitazioni sull'anello canna destra (Fase 5)

L.T._DX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-2749.93	-0.81	-2.30	-6434.85	-2.49	-5.38
Nmin	-2874.36	-3.47	6.89	-6726.00	-10.63	16.12
Mmax	-2867.73	1.67	0.22	-6710.48	5.13	0.52
Mmin	-2811.93	-16.42	-0.31	-6579.92	-50.33	-0.74
Tmax	-2873.63	-1.85	8.25	-6724.28	-5.67	19.30
Tmin	-2855.93	-6.88	-7.24	-6682.88	-21.09	-16.95

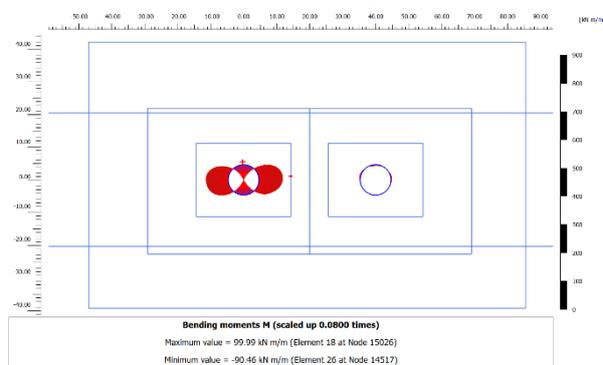
Tabella 9-31: Sollecitazioni sull'anello canna destra (L.T.)

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è condotta, in accordo con la vigente normativa, secondo il metodo degli stati limite, verificando la corrispondenza delle sezioni allo stato limite ultimo S.L.U. ed agli stati limite di esercizio S.L.E.

Lo sforzo normale è considerato negativo se di compressione, il momento flettente è considerato positivo se tende le fibre di intradosso del rivestimento. Si riportano di seguito i grafici relativi agli andamenti degli sforzi ottenuti dalla simulazione in Plaxis 2D:

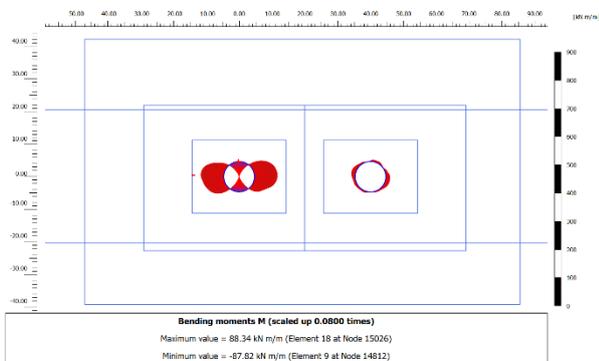


a)

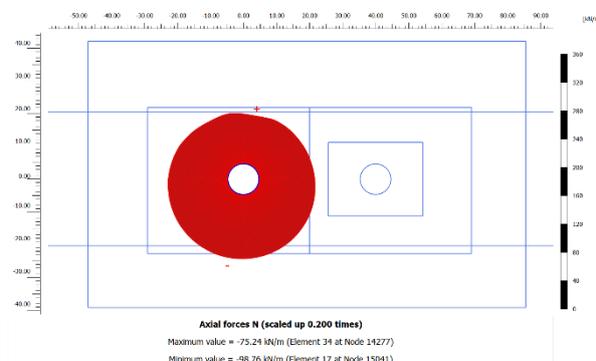


b)

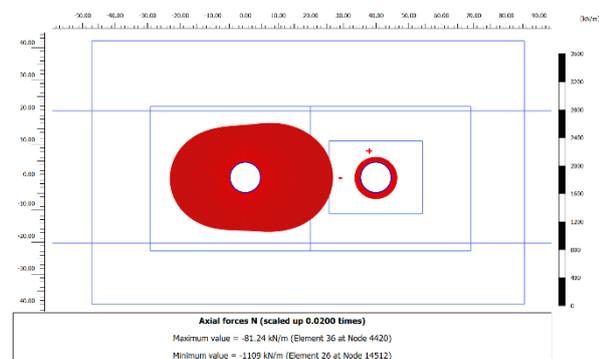
APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	66 di 312



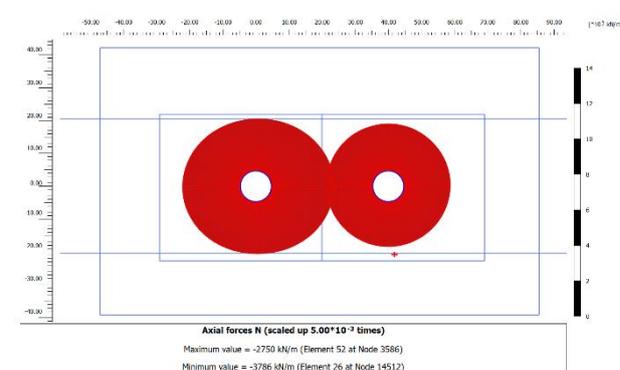
c)



d)



e)



f)

Figura 9-51: Diagrammi delle sollecitazioni M-N: a) M Fase 3; b) M Fase 5; c) M L.T.; d) N Fase 3; e) N Fase 5; f) N L.T.

Nel seguente paragrafo si riportano i domini di rottura e lo stato tensionale l'ipotesi costruttiva menzionata al §8.1 considerando in questa sezione l'applicazione del concio Tipo B.

9.4.3 Verifiche

Nel seguente paragrafo si riportano le verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU), agli Stati Limite di Esercizio (SLE) durante la fase operativa secondo quanto descritto all'interno dell'elaborato IBOU1BEZZRHGN0000003.

Verifiche a presso-flessione allo Stato Limite Ultimo (S.L.U.)

I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 67 di 312

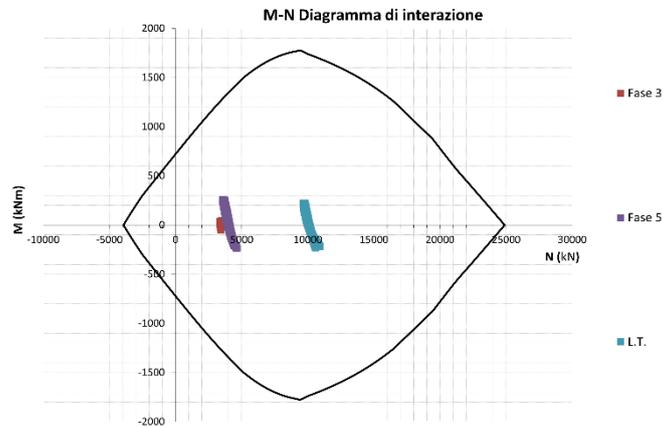


Figura 9-52: Dominio M-N (Fase 3 - Fase 5 - L.T.) – Canna Sinistra

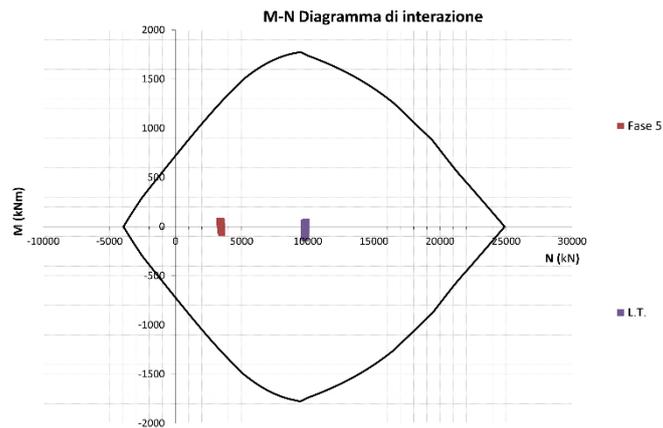


Figura 9-53: Dominio M-N (Fase 5 - L.T.) – Canna Destra

Verifica a taglio allo SLU

Nella figura seguente si riportano le verifiche allo SLU delle sezioni più significative. I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente pari ad 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica. È stata verificata la sollecitazione di taglio al variare dell'angolo θ che descrive l'anello, nella fase più critica.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 68 di 312

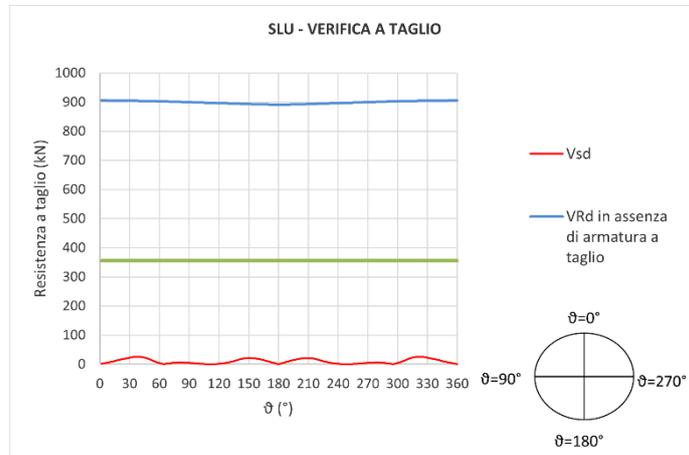


Figura 9-54: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione Fase 3

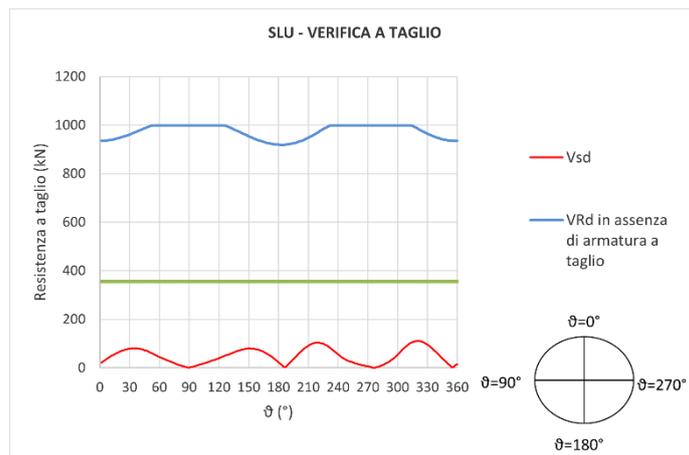


Figura 9-55: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione Fase 5

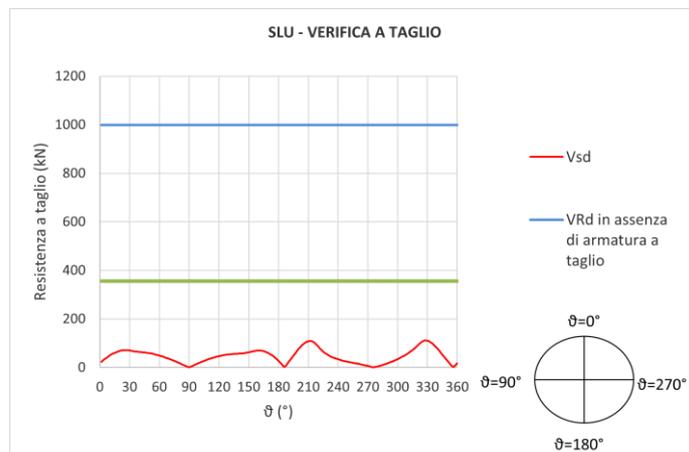


Figura 9-56: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 69 di 312

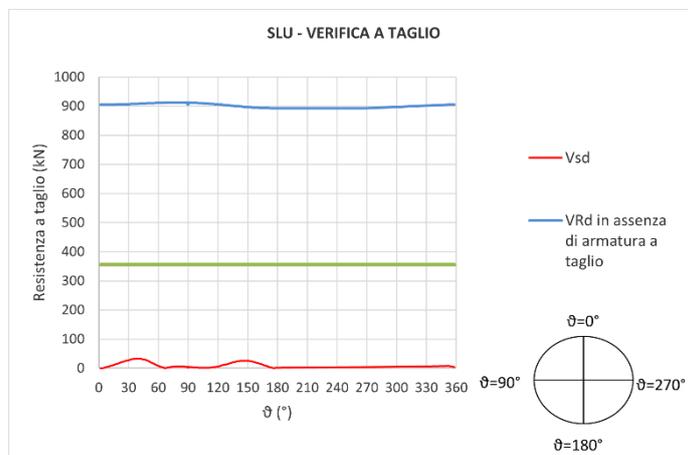


Figura 9-57: Verifica a taglio canna destra – Condizione Fase 5

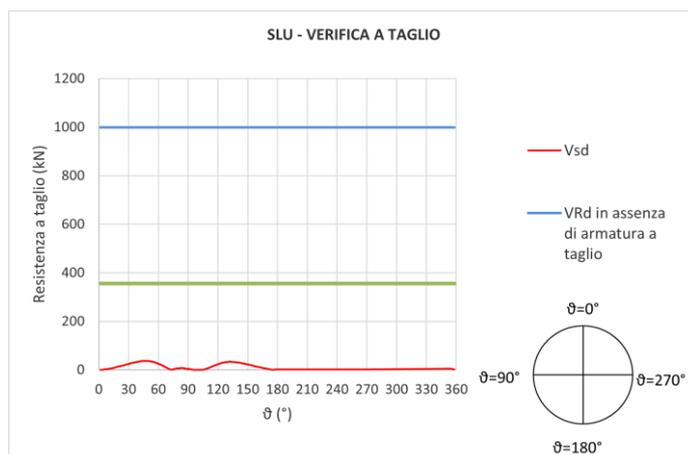


Figura 9-58: Verifica a taglio canna destra – L.T.

Dalle figure precedenti si osserva che non è mai necessaria armatura specifica al taglio.

Verifiche allo Stato Limite di Esercizio (S.L.E.)

Per le verifiche di fessurazione (SLE) si è assunto un valore limite di apertura delle fessure pari a $w_k=0.20$ mm in estradosso (condizioni ambientali aggressive, classe di esposizione XA2) e pari a $w_k=0.30$ mm in intradosso (condizioni ambientali ordinarie, classe di esposizione XC3), in accordo con quanto prescritto dalla Norma vigente ed una tensione massima nel calcestruzzo e nell'acciaio in accordo con quanto previsto dal DM 14/01/2008 (cfr. 10.2) Rif. [1].

Il copriferro netto (sul ferro più esterno) considerato nelle verifiche che seguono è assunto pari a 5 cm.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 70 di 312

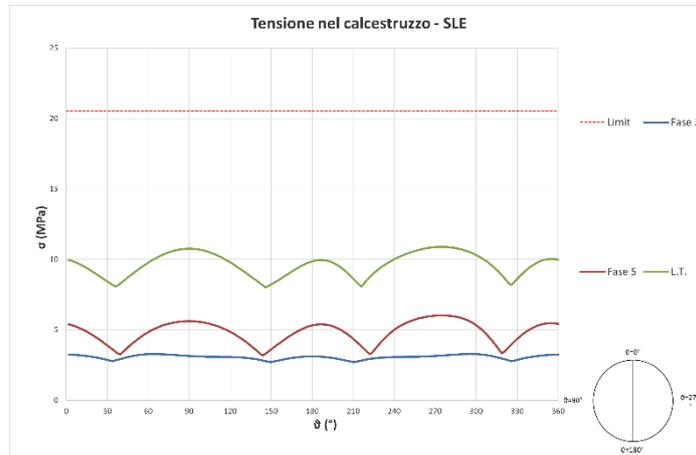


Figura 9-59: Stato tensionale cls canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

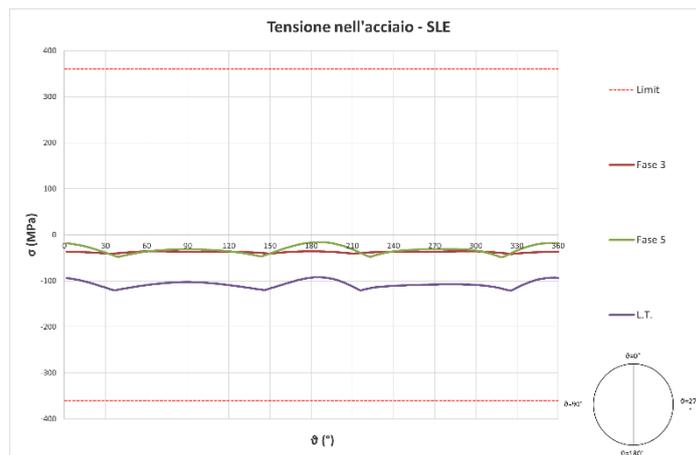


Figura 9-60: Stato tensionale acciaio canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

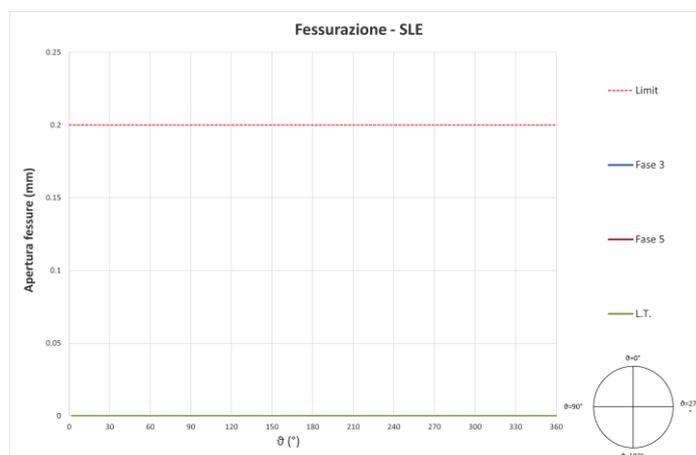


Figura 9-61: Stato di fessurazione canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 71 di 312

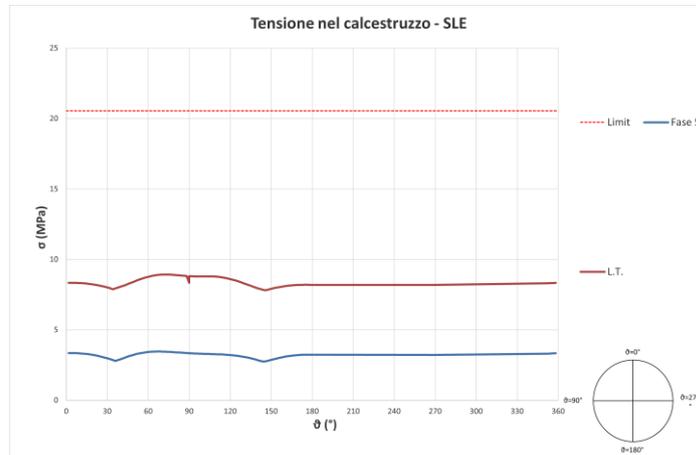


Figura 9-62: Stato tensionale cls canna destra (Fase5 - L.T.)

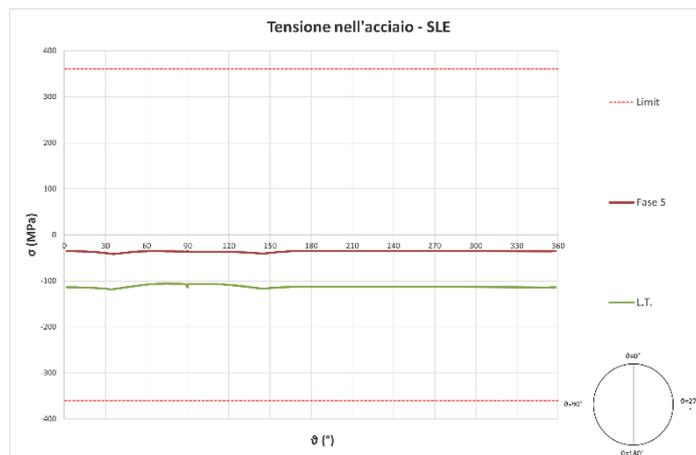


Figura 9-63: Stato tensionale acciaio canna destra (Fase5 - L.T.)

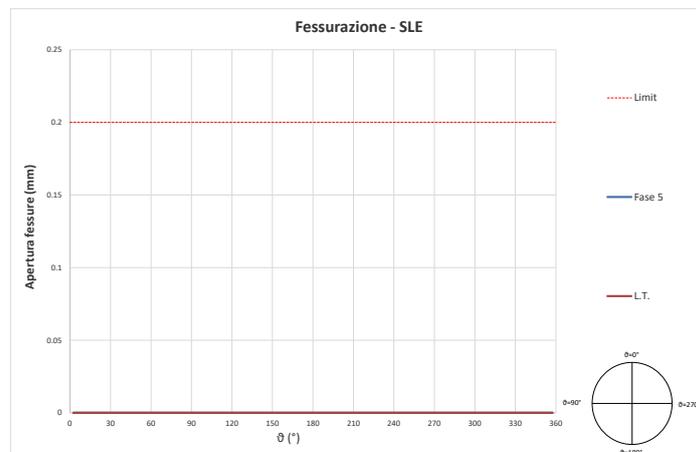


Figura 9-64: Stato di fessurazione canna destra (Fase5 - L.T.)

Dai grafici riportati si evince che le verifiche agli Stati Limite di Esercizio risultano tutte soddisfatte.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 72 di 312

Le analisi svolte hanno dimostrato l'efficacia della soluzione progettuale. Le indagini svolte in PE hanno permesso di conoscere ulteriormente il possibile comportamento deformativo, squeezing, a lungo termine delle filladi carboniose. Tuttavia le valutazioni sulla struttura per effetto dei carichi a lungo termine saranno sviluppate una volta ricevuti i risultati delle prove di creep realizzate in laboratorio.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	73 di 312

9.5 SEZIONE 5 PK 17+650

9.5.1 Metodo delle curve caratteristiche

Al fine di definire quali siano le sollecitazioni agenti sul rivestimento in conci prefabbricati, si è fatto riferimento alla curva caratteristica per galleria scavata con fresa scudata utilizzando il programma di calcolo GV4, e assumendo un gioco radiale tra estradosso scudo e ammasso circostante pari a 6 cm. Inoltre, si è ipotizzata una lunghezza dello scudo pari a 11.115 m e che l'intasamento dell'anello avvenga a una distanza dal fronte conservativa pari a 9.496 m. Lo spessore dei conci prefabbricati è pari a 45 cm.

Come si può osservare dall'output del programma di calcolo riportato in Allegato 1 (di cui nel seguito, in Figura 9-65, si riporta solo un breve stralcio) in questo caso ne lo scudo ne l'anello di rivestimento giungono mai in contatto con l'ammasso roccioso circostante. Pertanto, è stato considerato come rilascio tensionale in corrispondenza della posa in opera dell'anello in conci prefabbricati il valore che si verifica alla distanza di 10.5 m dal fronte e pari a $\lambda = 0.996$.

Si sottolinea che l'assenza del contatto scudo-ammasso circostante è visibile anche dalla curva caratteristica riportata in Allegato 1.

```

R I S U L T A T O   A N A L I S I   G A L L E R I A

Pressione fine calcolo [MPa] ..... .000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m] ..... .054298
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] ..... 10.878804

FRESA SCUDATA -----
Raggio plastico al punto di equilibrio [m] ..... .00000
Pressione al punto di equilibrio [MPa] ..... .00000
Spostamento al punto di equilibrio [m] ..... .01575
Convergenza radiale scudo [m] ..... .00000
Tensione scudo [MPa] ..... .00000
Coefficiente di sicurezza scudo ..... .00000
Pressione rottura scudo [MPa] ..... 2463.97104
Rigidezza scudo [MPa] ..... 2756.16850

Il rivestimento prefabbricato non entra in contatto con la roccia.

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----
Raggio plastico punto di equilibrio [m] ..... .00000
Pressione punto di equilibrio [MPa] ..... .00000
Spostamento punto di equilibrio [MPa] ..... .07570
Spostamento galleria alla messa in opera [m] ..... .07570
Convergenza radiale rivestimento [m] ..... .00000
Tensione CLS [MPa] ..... .00000
Coefficiente di sicurezza CLS ..... 1000000.00000
Pressione rottura CLS [MPa] ..... 2.26076
Rigidezza anello CLS [MPa] ..... 3992.49340
Tasso di deconfinamento alla messa in opera ..... .995668

```

Figura 9-65: Output programma di calcolo GV4

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 74 di 312

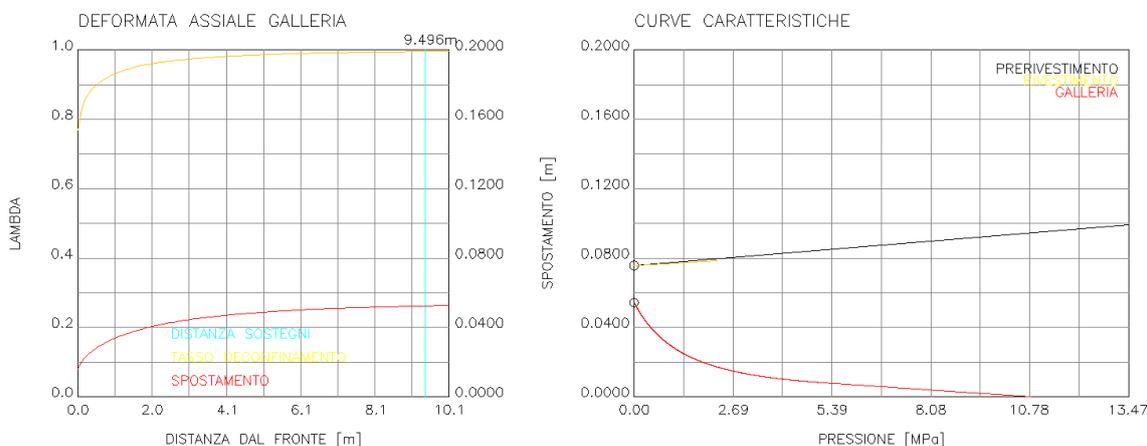


Fig. 9-66 – Definizione della preconvergenza della galleria prima della messa in opera dell’anello

9.5.1.1. Interazione galleria - terreno

Nella tabella seguente si riassumono i dati di input che caratterizzano la sezione geotecnica utilizzata per le analisi numeriche corrispondenti alla sezione di calcolo della sezione 5 della galleria Gardena.

Il modello costitutivo dell’ammasso è di tipo elasto-plastico “Mohr-Coulomb”.

Stratigrafia di calcolo	S	C	Falda	γ	c	ϕ	E	k₀
Formazione	[m]	[m]	[m da calotta]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]	[-]
BSSc	555	401	70	27	923	27	4200	0.9

S = spessore dello strato
C = copertura (rispetto alla calotta)
 γ = peso per unità di volume
c = coesione drenata
 ϕ = angolo di attrito interno
E = modulo elastico dell’ammasso roccioso
K₀ = coefficiente di spinta a riposo

Tabella 9-32: Parametri geotecnici di calcolo per l’analisi numerica della sezione a pk 17+650

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 75 di 312

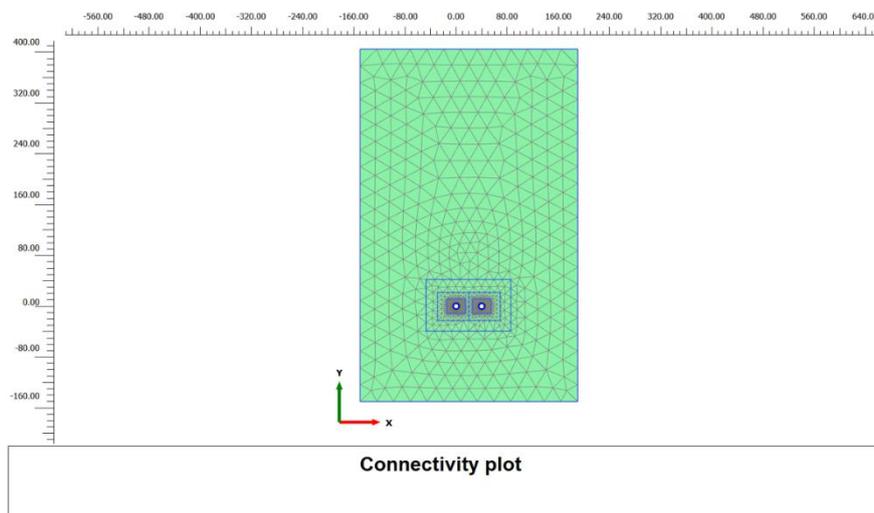


Figura 9-67: Geometria di analisi – Galleria Gardena pk 17+475

L'interazione galleria-terreno è stata valutata mediante una apposita analisi numerica FEM, utilizzando il codice di calcolo Plaxis 2D.

I bordi del modello numerico sono stati collocati sufficientemente lontani dalla galleria, in modo tale che le condizioni di vincolo ivi definite non interferiscano con i processi di scavo e costruzione in esame.

Il modello di calcolo è a doppia canna poiché l'interdistanza tra i due binari è pari a 40 m e dunque si considera la reciproca interazione tra lo scavo delle due canne.

Le fasi di analisi sono le seguenti:

0. Costruzione della geometria del modello;
1. Inizializzazione dello stato tensionale;
2. Rilascio parziale, in corrispondenza del rivestimento definitivo, dello stato tensionale sul contorno di scavo della canna sinistra pari al 99.6% ($\lambda=0.996$);
3. Attivazione del rivestimento costituito dall'anello universale in conci e rilascio completo (100%) dello stato tensionale al contorno di scavo della canna sinistra;
4. Rilascio parziale, in corrispondenza del rivestimento definitivo, dello stato tensionale sul contorno di scavo della canna destra pari al 99.6% ($\lambda=0.996$);
5. Attivazione del rivestimento costituito dall'anello universale in conci e rilascio completo (100%) dello stato tensionale al contorno di scavo della canna destra;
6. Applicazione di una pressione al contorno del cavo per simulare il carico idraulico agente a lungo termine.

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica a m di galleria, prive di fattori amplificativi, e le sollecitazioni adottate nelle verifiche strutturali; queste ultime risultano moltiplicate per il coefficiente $\gamma_G = 1.3$ e per la lunghezza del concio $b=1.8m$ mentre il momento, per considerare la riduzione della rigidità dovuta alla presenza dei giunti tra ciascun concio, viene moltiplicato per un coefficiente aggiuntivo ricavato mediante la formulazione di Wood $(1+\xi) = 1.31$.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 76 di 312

Fase 3_SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-201.15	-0.62	0.39	-470.70	-1.90	0.92
Nmin	-256.51	1.55	0.14	-600.23	4.76	0.33
Mmax	-256.51	1.55	0.14	-600.23	4.76	0.33
Mmin	-225.47	-2.64	0.21	-527.60	-8.08	0.50
Tmax	-231.26	-1.96	1.60	-541.14	-6.02	3.75
Tmin	-237.48	-0.83	-1.70	-555.70	-2.54	-3.98

Tabella 9-33: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (Fase 3)

Fase 5_SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-645.51	28.21	7.93	-1510.49	86.48	18.56
Nmin	-1548.34	-11.19	-5.71	-3623.12	-34.32	-13.37
Mmax	-724.45	33.49	-0.21	-1695.20	102.66	-0.49
Mmin	-1275.11	-41.81	-6.42	-2983.76	-128.15	-15.03
Tmax	-1381.47	-30.88	39.53	-3232.64	-94.65	92.50
Tmin	-1110.69	-19.73	-35.77	-2599.01	-60.47	-83.71

Tabella 9-34: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (Fase 5)

L.T._SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-3356.64	23.73	10.96	-7854.54	72.73	25.65
Nmin	-4556.96	-18.04	-1.61	-10663.30	-55.29	-3.78
Mmax	-3374.99	27.70	1.46	-7897.47	84.90	3.41
Mmin	-4147.93	-44.36	0.14	-9706.15	-135.97	0.34
Tmax	-4336.21	-22.92	50.66	-10146.73	-70.27	118.55
Tmin	-3674.07	-10.73	-36.17	-8597.33	-32.89	-84.63

Tabella 9-35: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (L.T.)

Fase 5_DX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-213.66	-0.96	0.26	-499.96	-2.95	0.60
Nmin	-278.86	1.62	1.27	-652.54	4.95	2.98
Mmax	-272.37	2.59	0.10	-637.34	7.94	0.23
Mmin	-242.88	-3.67	-0.35	-568.34	-11.26	-0.81

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 77 di 312

Tmax	-218.84	0.30	1.99	-512.08	0.91	4.67
Tmin	-256.66	-1.14	-3.49	-600.59	-3.49	-8.17

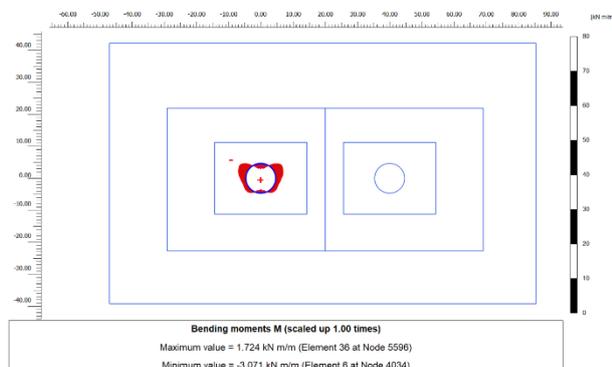
Tabella 9-36: Sollecitazioni sull'anello canna destra (Fase 5)

L.T._DX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-3323.63	-12.38	-1.96	-7777.29	-37.95	-4.60
Nmin	-3508.36	-11.88	3.53	-8209.57	-36.41	8.27
Mmax	-3462.59	-3.44	-0.47	-8102.47	-10.55	-1.09
Mmin	-3325.73	-13.71	-0.01	-7782.20	-42.01	-0.03
Tmax	-3388.18	-7.49	6.66	-7928.35	-22.95	15.59
Tmin	-3387.77	-10.27	-8.06	-7927.38	-31.48	-18.85

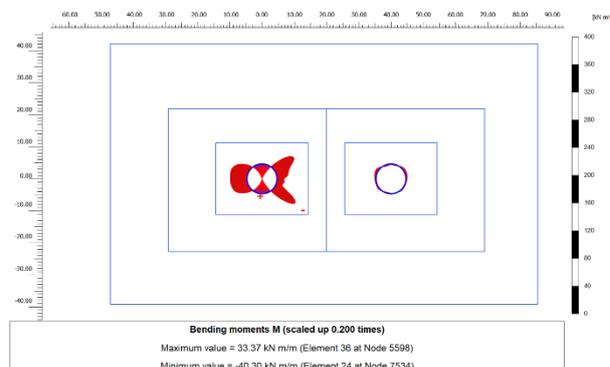
Tabella 9-37: Sollecitazioni sull'anello canna destra (L.T.)

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è condotta, in accordo con la vigente normativa, secondo il metodo degli stati limite, verificando la corrispondenza delle sezioni allo stato limite ultimo S.L.U. ed agli stati limite di esercizio S.L.E.

Lo sforzo normale è considerato negativo se di compressione, il momento flettente è considerato positivo se tende le fibre di intradosso del rivestimento. Si riportano di seguito i grafici relativi agli andamenti degli sforzi ottenuti dalla simulazione in Plaxis 2D:

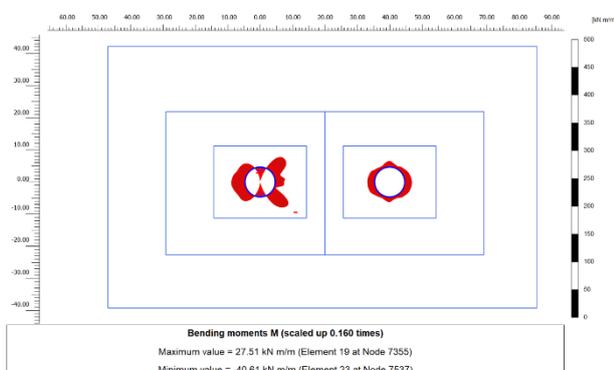


a)

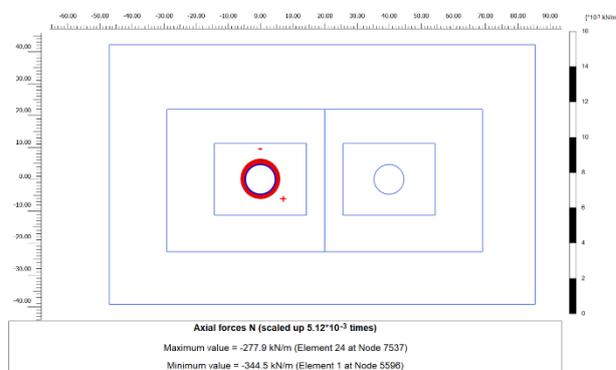


b)

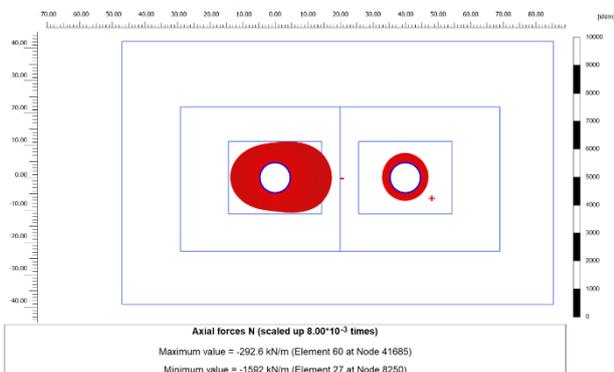
APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 78 di 312



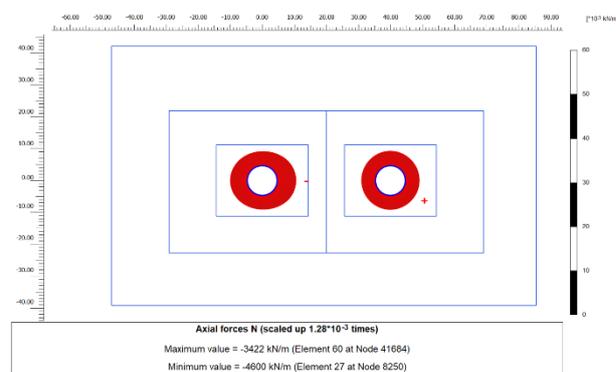
c)



d)



e)



f)

Figura 9-68: Diagrammi delle sollecitazioni M-N: a) M Fase 3; b) M Fase 5; c) M L.T.; d) N Fase 3; e) N Fase 5; f) N L.T.

Nel seguente paragrafo si riportano i domini di rottura e lo stato tensionale l'ipotesi costruttiva menzionata al §8.1 considerando in questa sezione l'applicazione del concio Tipo B.

9.5.2 Verifiche

Nel seguente paragrafo si riportano le verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU), agli Stati Limite di Esercizio (SLE) durante la fase operativa secondo quanto descritto all'interno dell'elaborato IBOU1BEZZRHGN0000003.

Verifiche a presso-flessione allo Stato Limite Ultimo (S.L.U.)

I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 79 di 312

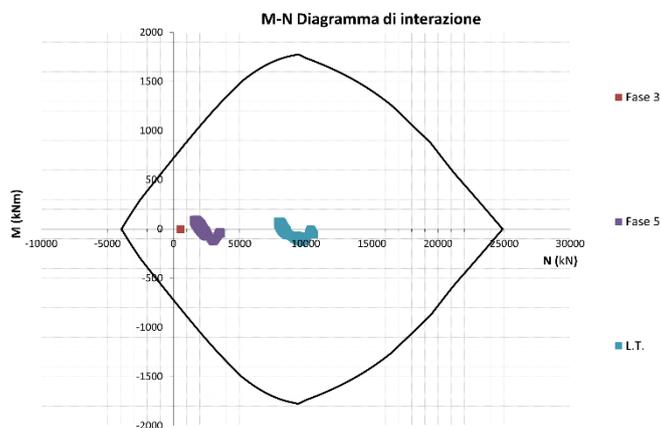


Figura 9-69: Dominio M-N (Fase 3 - Fase 5 - L.T.) – Canna Sinistra

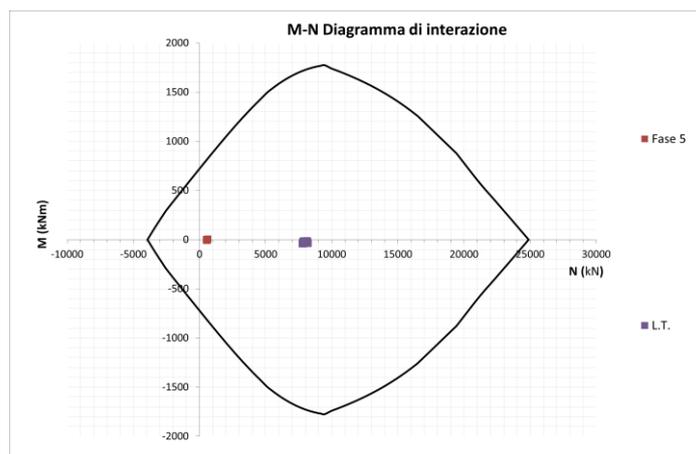


Figura 9-70: Dominio M-N (Fase 5 - L.T.) – Canna Destra

Verifica a taglio allo SLU

Nella figura seguente si riportano le verifiche allo SLU delle sezioni più significative. I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente pari ad 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica. È stata verificata la sollecitazione di taglio al variare dell'angolo θ che descrive l'anello, nella fase più critica.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 80 di 312

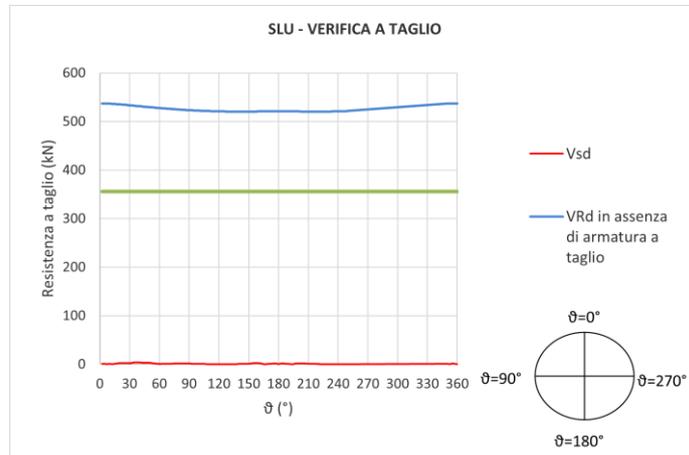


Figura 9-71: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione Fase 3

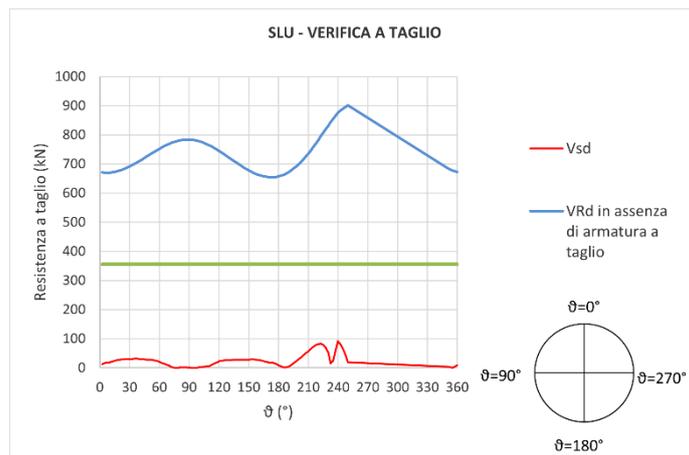


Figura 9-72: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione Fase 5

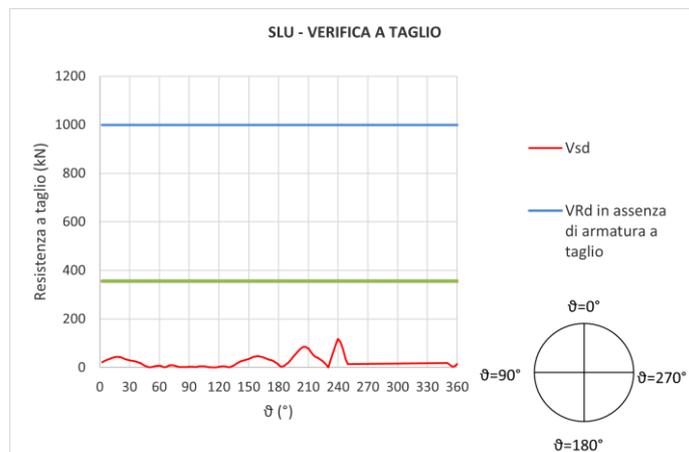


Figura 9-73: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 81 di 312

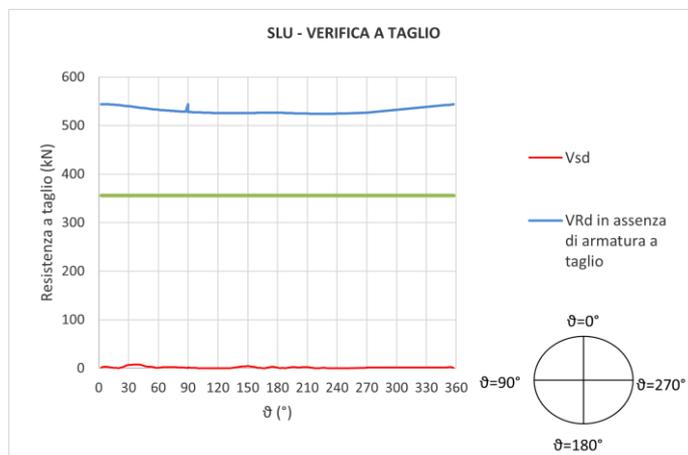


Figura 9-74: Verifica a taglio canna destra – Condizione Fase 5

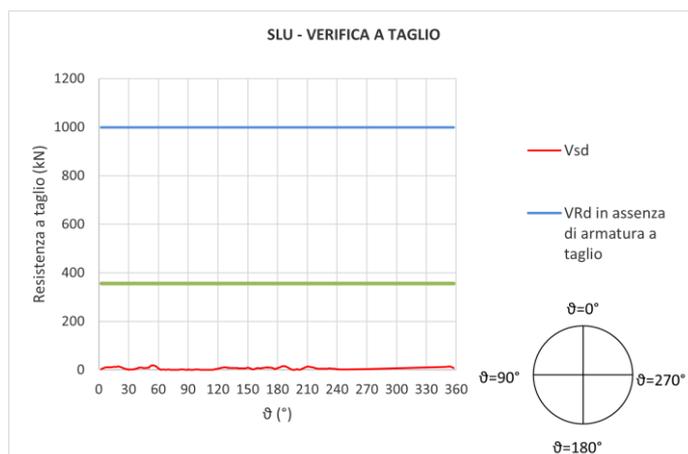


Figura 9-75: Verifica a taglio canna destra – L.T.

Dalle figure precedenti si osserva che non è mai necessaria armatura specifica al taglio.

Verifiche allo Stato Limite di Esercizio (S.L.E.)

Per le verifiche di fessurazione (SLE) si è assunto un valore limite di apertura delle fessure pari a $w_k=0.20$ mm in estradosso (condizioni ambientali aggressive, classe di esposizione XA2) e pari a $w_k=0.30$ mm in intradosso (condizioni ambientali ordinarie, classe di esposizione XC3), in accordo con quanto prescritto dalla Norma vigente ed una tensione massima nel calcestruzzo e nell'acciaio in accordo con quanto previsto dal DM 14/01/2008 (cfr. 10.2) Rif. [1].

Il copriferro netto (sul ferro più esterno) considerato nelle verifiche che seguono è assunto pari a 5 cm.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 82 di 312

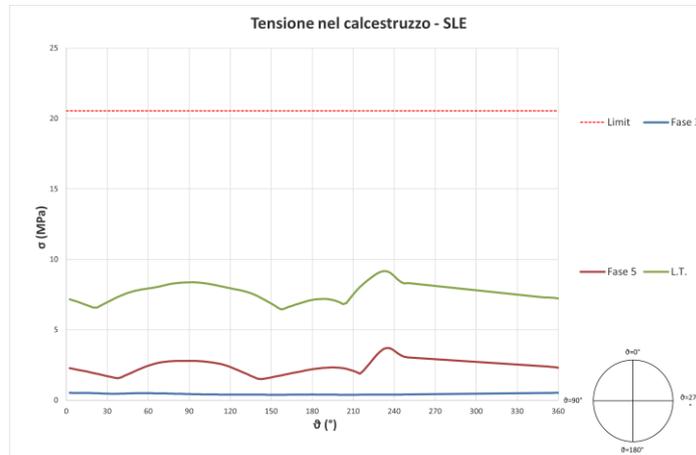


Figura 9-76: Stato tensionale cls canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

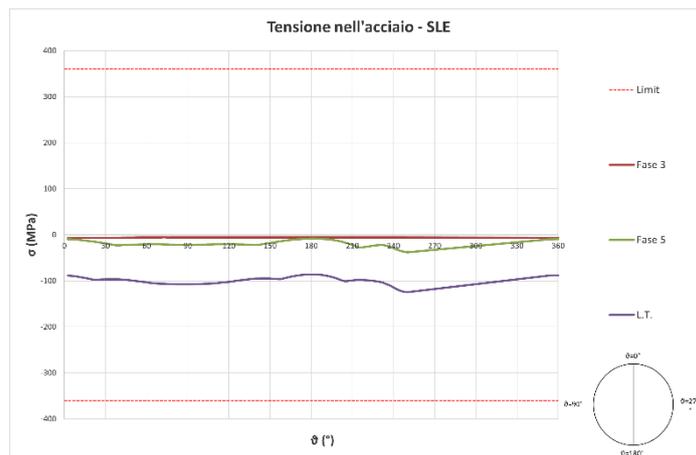


Figura 9-77: Stato tensionale acciaio canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

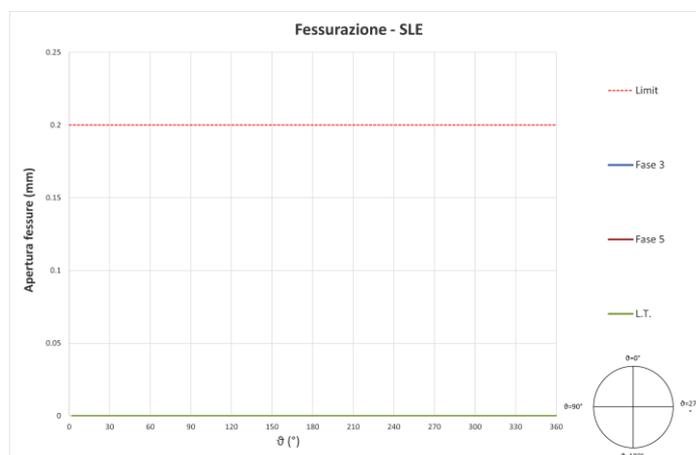


Figura 9-78: Stato di fessurazione canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 83 di 312

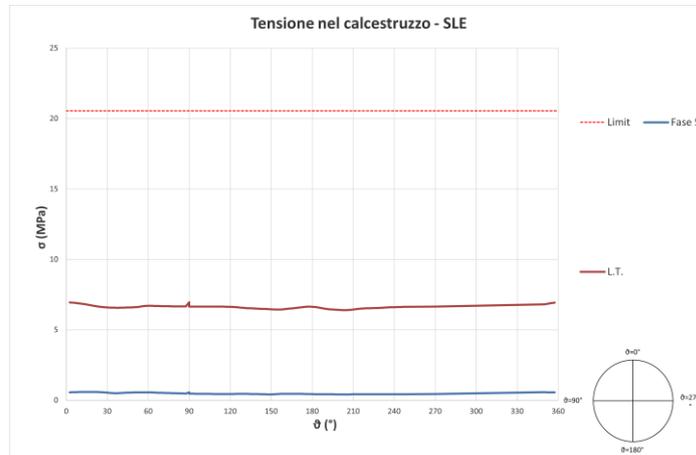


Figura 9-79: Stato tensionale cls canna destra (Fase5 – L.T.)

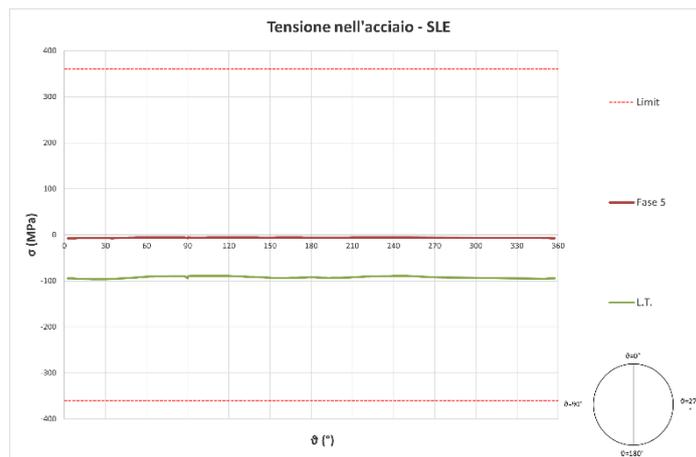


Figura 9-80: Stato tensionale acciaio canna destra (Fase5 - L.T.)

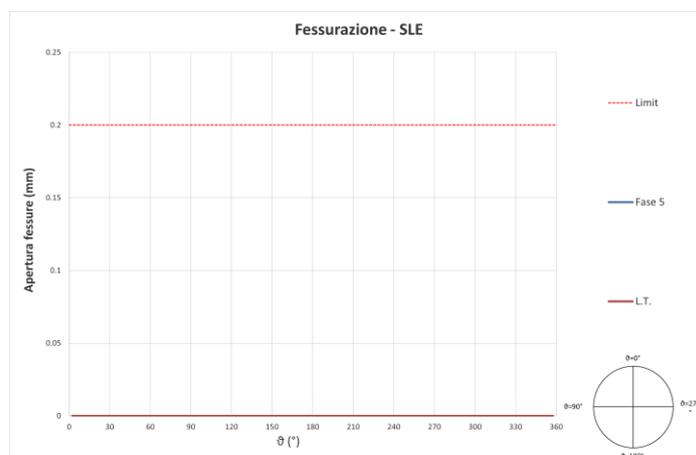


Figura 9-81: Stato di fessurazione canna destra (Fase5 - L.T.)

Dai grafici riportati si evince che le verifiche agli Stati Limite di Esercizio risultano tutte soddisfatte.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	84 di 312

9.6 SEZIONE 6 PK 18+400

9.6.1 Stabilità del fronte e del cavo

Nel seguito si riassumono i dati di input utilizzati per le analisi di stabilità del fronte eseguita con il metodo delle linee caratteristiche assumendo un gioco radiale tra estradosso scudo e ammasso circostante pari a 6 cm più 10 cm di sovra scavo. Inoltre si è ipotizzata una lunghezza dello scudo pari a 11.115 m e si è supposto che l'intasamento dell'anello avvenga a una distanza dal fronte pari a 9.496 m.

Unità	pk	H	σ_0	γ	c'	ϕ'	E'
	[km]	[m]	[MPa]	[kN/m ³]	[MPa]	[°]	[MPa]
BSSc (in faglia)	18+400	457	12.339	27.0	0.923	27	4200

H = copertura rispetto al piano dei centri della galleria
 σ_0 = tensione totale iniziale al livello del cavo
 γ = peso dell'unità di volume dell'ammasso
 c' = valore di progetto della coesione
 E' = valore di progetto del modulo elastico dell'ammasso ($E_d = E_k$)

Tabella 38: Parametri geotecnici di calcolo per l'analisi della stabilità del fronte

Sono stati valutati lo spostamento ed il raggio plastico al fronte dalla curva caratteristica al fronte con cavità sferica. L'entità degli spostamenti e delle plasticizzazioni sono tali da ritenere il nucleo-fronte instabile e quindi la verifica di stabilità del fronte non è soddisfatta.

A tal proposito l'analisi è stata ripetuta con l'applicazione di una contropressione al fronte. Si riportano di seguito i valori di convergenza e raggio plastico valutati con o senza contropressione.

Analisi	Sezione di calcolo	U_f [m]	U_f/Req [%]	R_{pf} [m]	R_{pf}/Req [-]
Senza pressione al fronte	18+400	0.025	0.507	7.351	1.488
Con 3 bar di pressione al fronte		0.021	0.426	7.011	1.419

U_F = convergenza al fronte (soluzione cavità sferica)
 R_{PF} = raggio plastico al fronte
 R_{eq} = raggio di scavo equivalente della galleria (= 4,94 m)

Tabella 39: Risultati dell'analisi della stabilità del fronte

Si nota che grazie all'applicazione della contropressione al fronte si ottengono valori di convergenza sul raggio in percentuale minori di 0.5%, passando da classe C a classe B secondo il Criterio 2.

9.6.2 Metodo delle curve caratteristiche

Al fine di definire quali siano le sollecitazioni agenti sul rivestimento in conci prefabbricati, si è fatto riferimento alla curva caratteristica per galleria scavata con fresa scudata utilizzando il programma di calcolo GV4, e assumendo un gioco radiale tra estradosso scudo e ammasso circostante pari a 6 cm più 10 cm di

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandataria:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	85 di 312

extra scavo. Inoltre, si è ipotizzata una lunghezza dello scudo pari a 11.115 m e che l'intasamento dell'anello avvenga a una distanza dal fronte conservativa pari a 9.496 m. Lo spessore dei conci prefabbricati è pari a 45 cm.

In corrispondenza di tale sezione non si verifica un contatto tra ammasso roccioso e scudo. Al fine di calcolare il rilascio tensionale si considera la pressione applicata in corrispondenza del punto di installazione dell'anello, come si evince dall'output riportato in Allegato 1.

Pertanto il rilascio tensionale da applicare alla fase precedente alla messa in opera del rivestimento della galleria si calcola come segue:

$$\lambda = 1 - \frac{P_{\text{rivestimento}}}{P_0} = 1 - \frac{0.3}{12.34} = 0.976$$

Dove:

- $P_{\text{rivestimento}}=P_{\text{fronte}}=0.3$ MPa rappresenta la pressione al punto di equilibrio;
- $P_0=12.34$ MPa rappresenta la tensione geostatica originaria.

9.6.2.1. Interazione galleria - terreno

Nella tabella seguente si riassumono i dati di input che caratterizzano la sezione geotecnica utilizzata per le analisi numeriche corrispondenti alla sezione di calcolo della sezione 6 della galleria Gardena.

Il modello costitutivo dell'ammasso è di tipo elasto-plastico "Mohr-Coulomb".

Stratigrafia di calcolo	S	C	Falda	γ	c	ϕ	E	k₀
<i>Formazione</i>								
[-]	[m]	[m]	[m da calotta]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]	[-]
BSSa	232	457	80	27	2078	36	14000	0.9
BSSc	378			27	923	27	4200	0.9

S = spessore dello strato
C = copertura (rispetto alla calotta)
 γ = peso per unità di volume
c = coesione drenata
 ϕ = angolo di attrito interno
E = modulo elastico dell'ammasso roccioso
k₀ = coefficiente di spinta a riposo

Tabella 9-40: Parametri geotecnici di calcolo per l'analisi numerica della sezione a pk 18+400

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 86 di 312

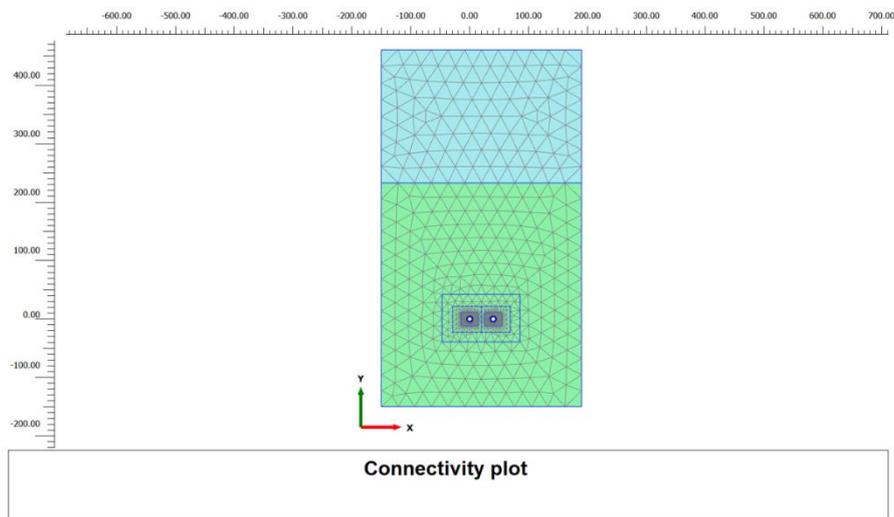


Figura 9-82: Geometria di analisi – Galleria Gardena pk 18+400

L'interazione galleria-terreno è stata valutata mediante una apposita analisi numerica FEM, utilizzando il codice di calcolo Plaxis 2D.

I bordi del modello numerico sono stati collocati sufficientemente lontani dalla galleria, in modo tale che le condizioni di vincolo ivi definite non interferiscano con i processi di scavo e costruzione in esame.

Il modello di calcolo è a doppia canna poiché l'interdistanza tra i due binari è pari a 40 m e dunque si considera la reciproca interazione tra lo scavo delle due canne.

Le fasi di analisi sono le seguenti:

0. Costruzione della geometria del modello;
1. Inizializzazione dello stato tensionale;
2. Rilascio parziale, in corrispondenza del rivestimento definitivo, dello stato tensionale sul contorno di scavo della canna sinistra pari al 97.56% ($\lambda=0.976$);
3. Attivazione del rivestimento costituito dall'anello universale in conci e rilascio completo (100%) dello stato tensionale al contorno di scavo della canna sinistra;
4. Rilascio parziale, in corrispondenza del rivestimento definitivo, dello stato tensionale sul contorno di scavo della canna destra pari al 97.56% ($\lambda=0.976$);
5. Attivazione del rivestimento costituito dall'anello universale in conci e rilascio completo (100%) dello stato tensionale al contorno di scavo della canna destra;
6. Applicazione di una pressione al contorno del cavo per simulare il carico idraulico agente a lungo termine.

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica a m di galleria, prive di fattori amplificativi, e le sollecitazioni adottate nelle verifiche strutturali; queste ultime risultano moltiplicate per il coefficiente $\gamma_G = 1.3$ e per la lunghezza del concio $b=1.8m$ mentre il momento, per considerare la riduzione della rigidità dovuta alla presenza dei giunti tra ciascun concio, viene moltiplicato per un coefficiente aggiuntivo ricavato mediante la formulazione di Wood $(1+\xi) = 1.31$.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 87 di 312

Fase 3_SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-1294.55	-1.62	2.88	-3029.24	-4.98	6.73
Nmin	-1341.01	1.05	0.14	-3137.96	3.22	0.32
Mmax	-1296.13	1.26	0.08	-3032.94	3.86	0.18
Mmin	-1316.02	-7.68	-0.04	-3079.48	-23.55	-0.09
Tmax	-1294.68	-2.28	3.21	-3029.55	-6.98	7.50
Tmin	-1327.73	-2.27	-2.98	-3106.90	-6.97	-6.97

Tabella 9-41: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (Fase 3)

Fase 5_SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-1789.34	32.00	8.53	-4187.05	98.08	19.96
Nmin	-2725.78	-29.55	0.36	-6378.32	-90.59	0.85
Mmax	-1835.57	37.34	-0.94	-4295.24	114.47	-2.19
Mmin	-2407.22	-42.93	0.38	-5632.88	-131.58	0.88
Tmax	-2208.02	-8.42	35.19	-5166.78	-25.81	82.35
Tmin	-2182.81	-10.57	-40.65	-5107.78	-32.40	-95.12

Tabella 9-42: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (Fase 5)

L.T._SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-4107.97	27.51	11.65	-9612.65	84.33	27.26
Nmin	-5276.67	-31.27	1.03	-12347.41	-95.86	2.42
Mmax	-4139.33	32.75	-0.29	-9686.04	100.38	-0.68
Mmin	-4830.60	-45.42	3.17	-11303.60	-139.23	7.41
Tmax	-4431.99	-4.06	39.67	-10370.85	-12.46	92.84
Tmin	-4443.88	-12.63	-42.95	-10398.69	-38.72	-100.51

Tabella 9-43: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (L.T.)

Fase 5_DX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-1317.88	-1.53	-4.26	-3083.83	-4.68	-9.96
Nmin	-1372.02	2.14	0.84	-3210.52	6.55	1.96
Mmax	-1325.79	3.17	0.37	-3102.34	9.72	0.87
Mmin	-1348.03	-9.86	-0.05	-3154.40	-30.23	-0.12

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 88 di 312

Tmax	-1326.16	-3.36	5.45	-3103.22	-10.30	12.76
Tmin	-1354.54	-3.94	-6.36	-3169.63	-12.07	-14.87

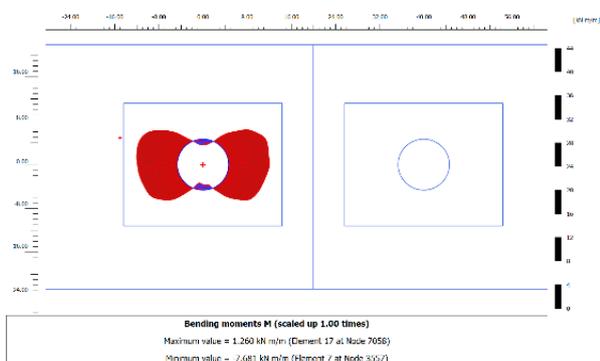
Tabella 9-44: Sollecitazioni sull'anello canna destra (Fase 5)

L.T._DX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-4004.29	-16.52	-2.84	-9370.04	-50.65	-6.66
Nmin	-4140.80	-6.02	1.35	-9689.47	-18.44	3.17
Mmax	-4054.72	-3.39	0.58	-9488.05	-10.38	1.36
Mmin	-4013.86	-20.50	-0.01	-9392.43	-62.83	-0.03
Tmax	-4013.49	-14.15	5.64	-9391.58	-43.38	13.19
Tmin	-4064.55	-10.08	-6.54	-9511.05	-30.91	-15.29

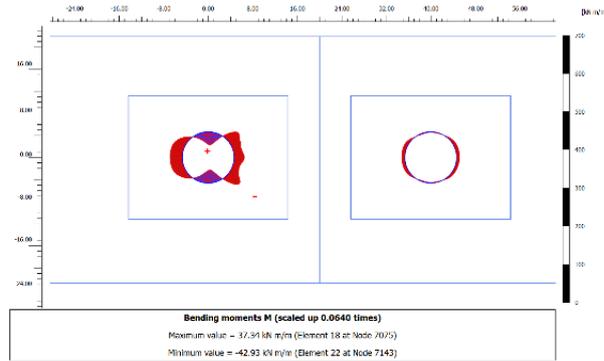
Tabella 9-45: Sollecitazioni sull'anello canna destra (L.T.)

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è condotta, in accordo con la vigente normativa, secondo il metodo degli stati limite, verificando la corrispondenza delle sezioni allo stato limite ultimo S.L.U. ed agli stati limite di esercizio S.L.E.

Lo sforzo normale è considerato negativo se di compressione, il momento flettente è considerato positivo se tende le fibre di intradosso del rivestimento. Si riportano di seguito i grafici relativi agli andamenti degli sforzi ottenuti dalla simulazione in Plaxis 2D:

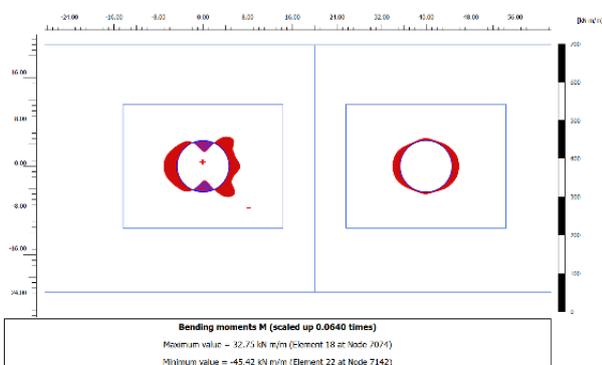


a)

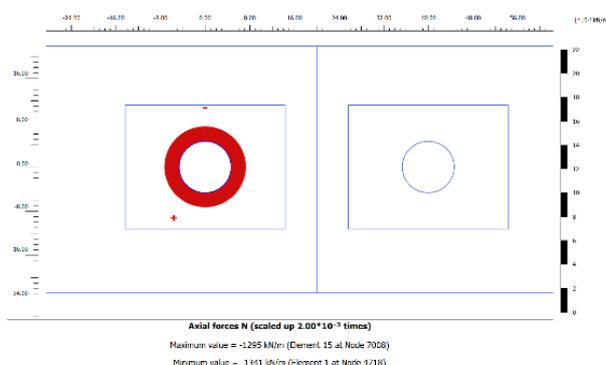


b)

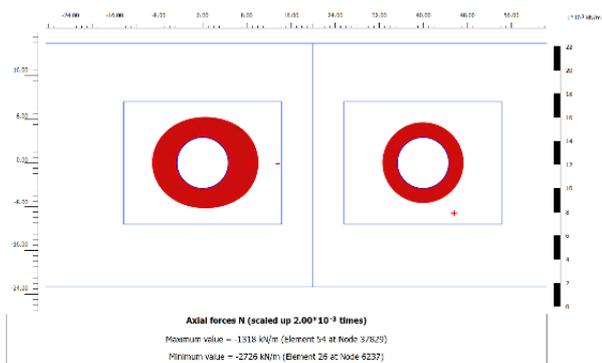
APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 89 di 312



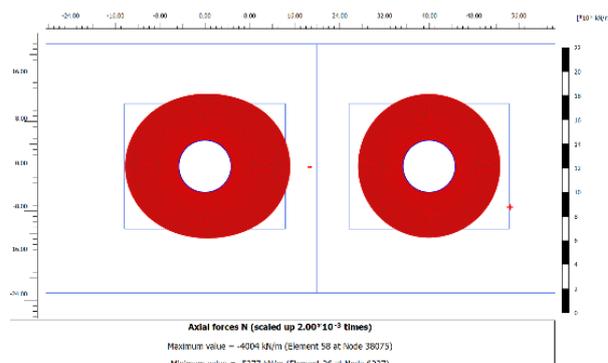
c)



d)



e)



f)

Figura 9-83: Diagrammi delle sollecitazioni M-N: a) M Fase 3; b) M Fase 5; c) M L.T.; d) N Fase 3; e) N Fase 5; f) N L.T.

Nel seguente paragrafo si riportano i domini di rottura e lo stato tensionale l'ipotesi costruttiva menzionata al §8.1 considerando in questa sezione l'applicazione del concio Tipo B.

9.6.3 Verifiche

Nel seguente paragrafo si riportano le verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU), agli Stati Limite di Esercizio (SLE) durante la fase operativa secondo quanto descritto all'interno dell'elaborato IBOU1BEZZRHGN0000003.

Verifiche a presso-flessione allo Stato Limite Ultimo (S.L.U.)

I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 90 di 312

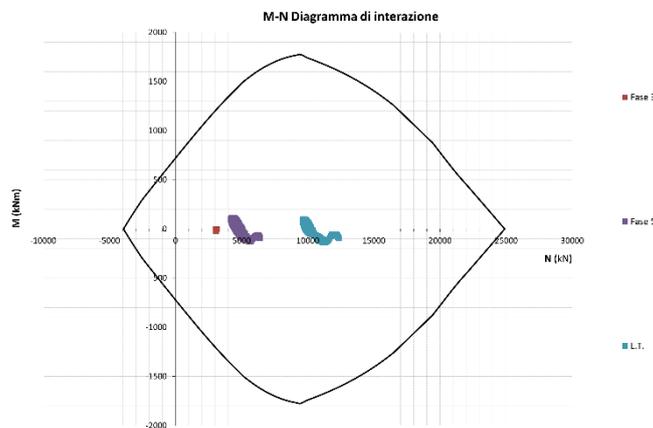


Figura 9-84: Dominio M-N (Fase 3 - Fase 5 - L.T.) – Canna Sinistra

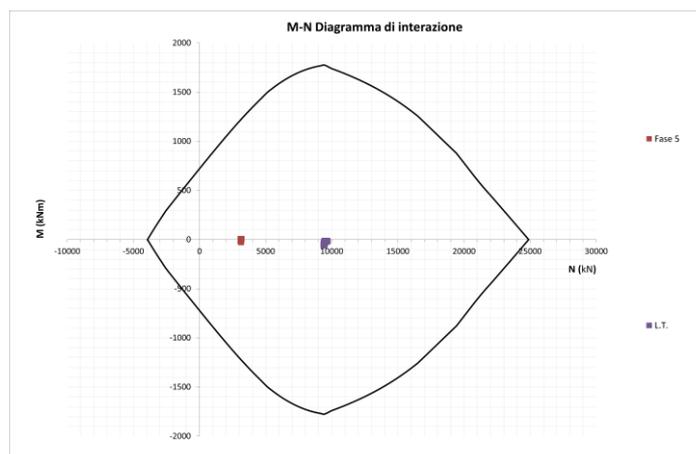


Figura 9-85: Dominio M-N (Fase 5 - L.T.) – Canna Destra

Verifica a taglio allo SLU

Nella figura seguente si riportano le verifiche allo SLU delle sezioni più significative. I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente pari ad 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica. È stata verificata la sollecitazione di taglio al variare dell'angolo θ che descrive l'anello, nella fase più critica.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 91 di 312

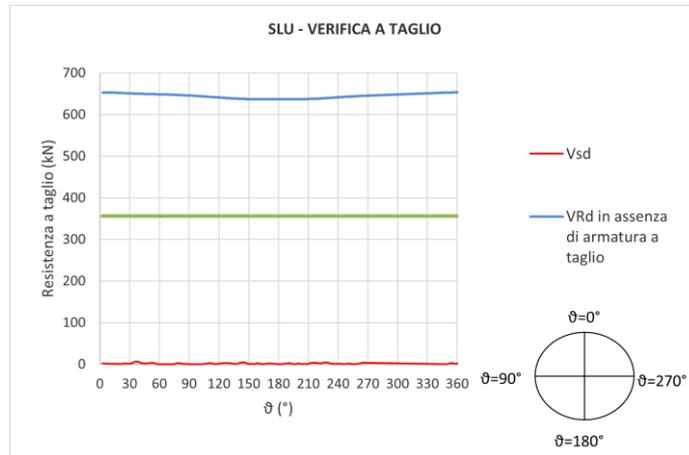


Figura 9-86: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione Fase 3

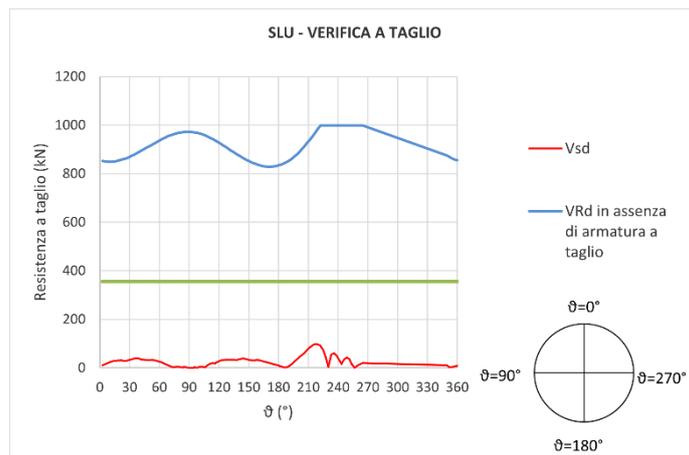


Figura 9-87: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione Fase 5

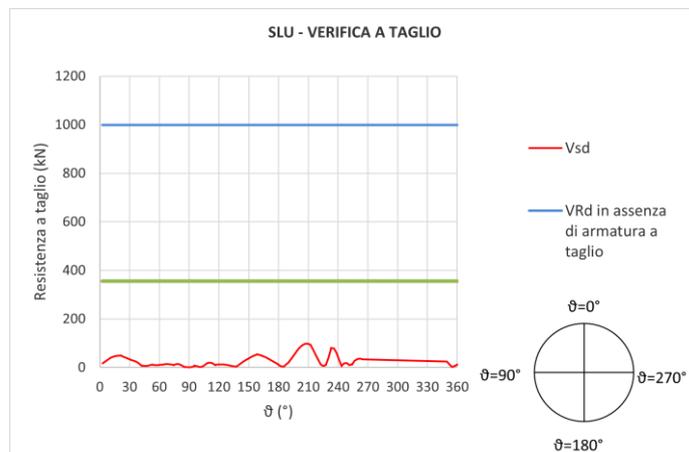


Figura 9-88: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 92 di 312

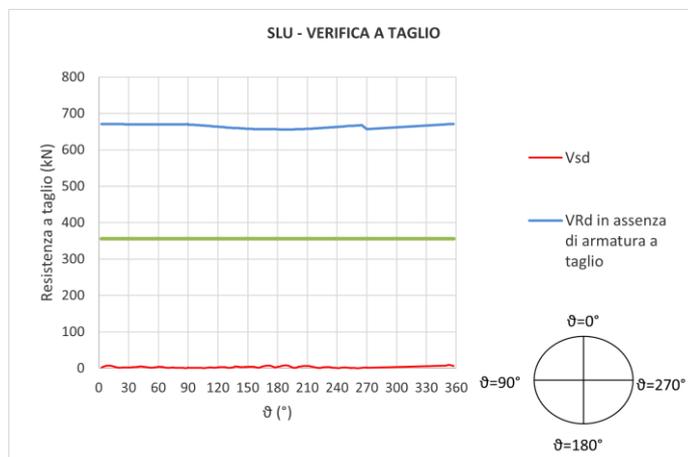


Figura 9-89: Verifica a taglio canna destra – Condizione Fase 5

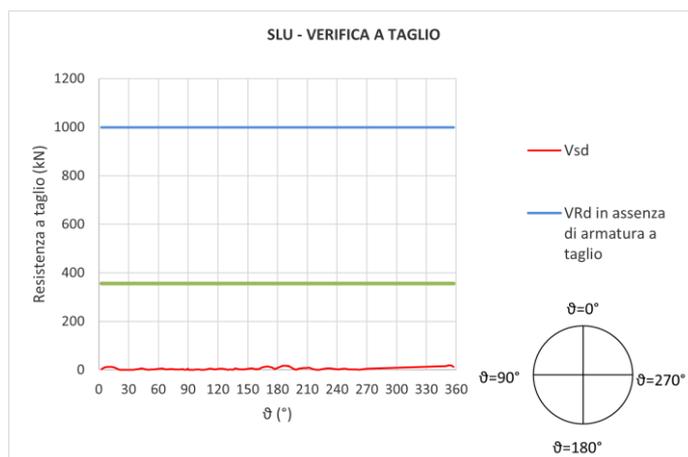


Figura 9-90: Verifica a taglio canna destra – L.T.

Dalle figure precedenti si osserva che non è mai necessaria armatura specifica al taglio.

Verifiche allo Stato Limite di Esercizio (S.L.E.)

Per le verifiche di fessurazione (SLE) si è assunto un valore limite di apertura delle fessure pari a $w_k=0.20$ mm in estradosso (condizioni ambientali aggressive, classe di esposizione XA2) e pari a $w_k=0.30$ mm in intradosso (condizioni ambientali ordinarie, classe di esposizione XC3), in accordo con quanto prescritto dalla Norma vigente ed una tensione massima nel calcestruzzo e nell'acciaio in accordo con quanto previsto dal DM 14/01/2008 (cfr. 10.2) Rif. [1].

Il copriferro netto (sul ferro più esterno) considerato nelle verifiche che seguono è assunto pari a 5 cm.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 93 di 312

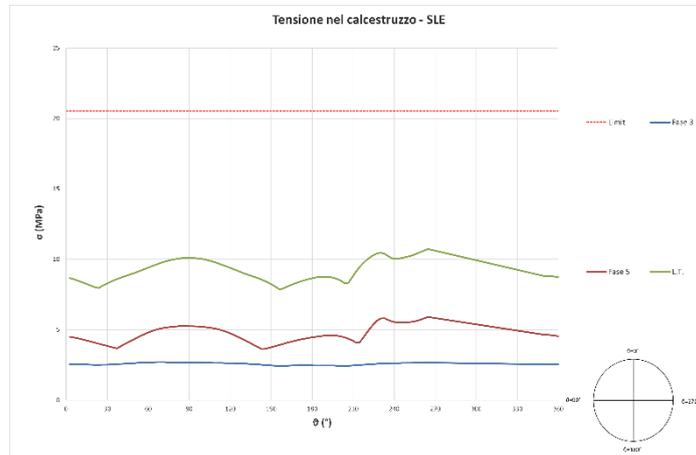


Figura 9-91: Stato tensionale cls canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

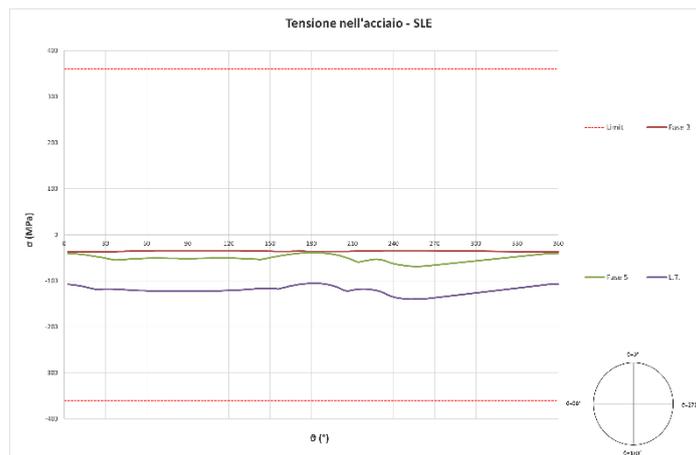


Figura 9-92: Stato tensionale acciaio canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

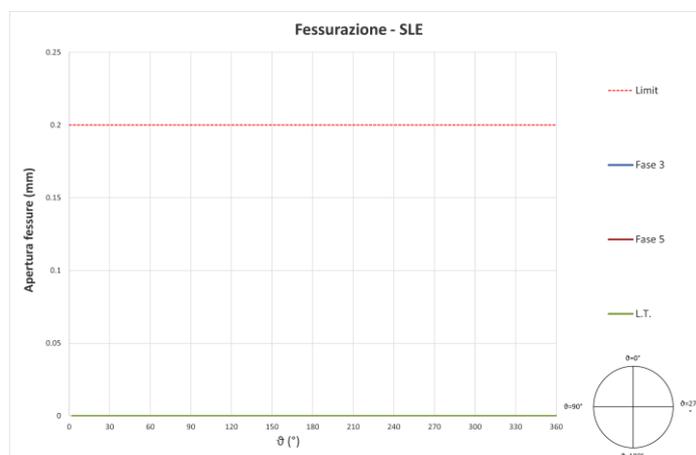


Figura 9-93: Stato di fessurazione canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 94 di 312

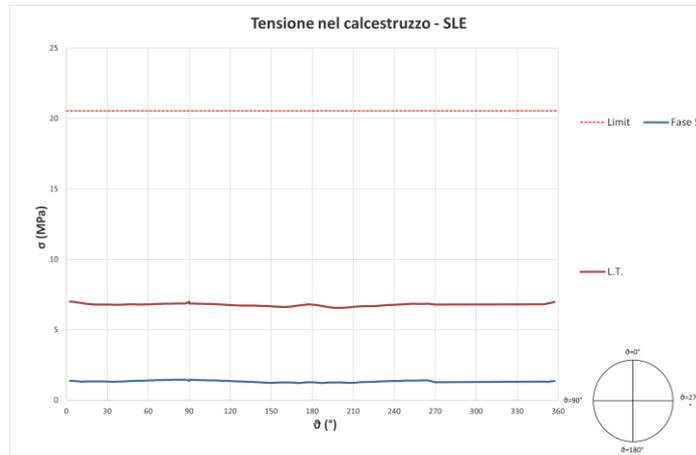


Figura 9-94: Stato tensionale cls canna destra (Fase5 – L.T.)

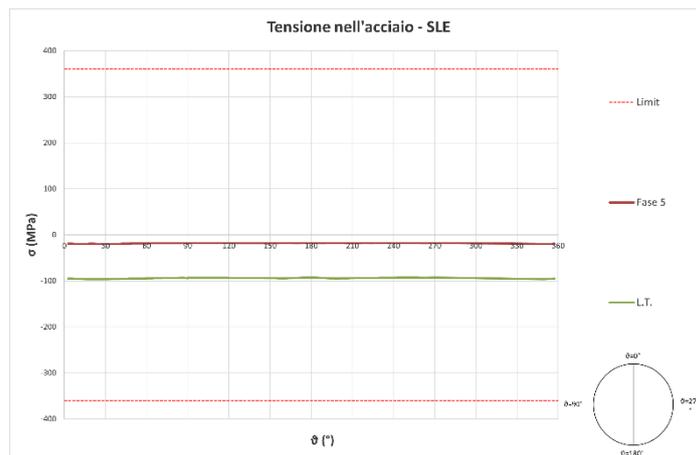


Figura 9-95: Stato tensionale acciaio canna destra (Fase5 - L.T.)

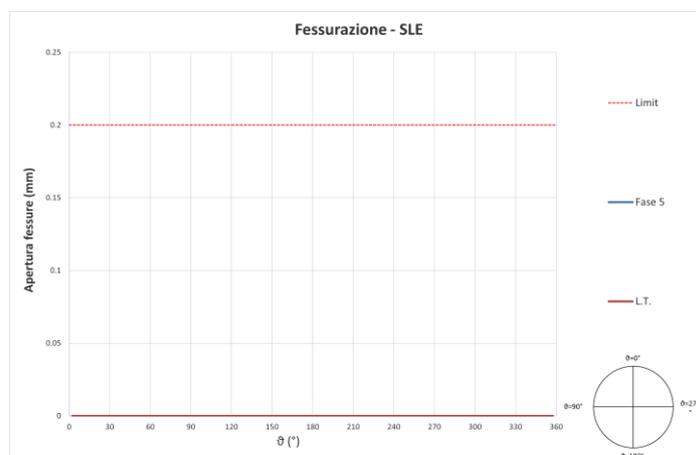


Figura 9-96: Stato di fessurazione canna destra (Fase5 - L.T.)

Dai grafici riportati si evince che le verifiche agli Stati Limite di Esercizio risultano tutte soddisfatte.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	95 di 312

9.7 SEZIONE 7 PK 18+600

9.7.1 Stabilità del fronte e del cavo

Nel seguito si riassumono i dati di input utilizzati per le analisi di stabilità del fronte eseguita con il metodo delle linee caratteristiche assumendo un gioco radiale tra estradosso scudo e ammasso circostante pari a 6 cm più 10 cm di sovra scavo. Inoltre si è ipotizzata una lunghezza dello scudo pari a 11.115 m e si è supposto che l'intasamento dell'anello avvenga a una distanza dal fronte pari a 9.496 m.

Unità	pk	H	σ_0	γ	c'	ϕ'	E'
	[km]	[m]	[MPa]	[kN/m ³]	[MPa]	[°]	[MPa]
BSSc/BSSa (in faglia)	18+600	573	15.471	27.0	0.886	23	2200

H = copertura rispetto al piano dei centri della galleria
 σ_0 = tensione totale iniziale al livello del cavo
 γ = peso dell'unità di volume dell'ammasso
 c' = valore di progetto della coesione
 E' = valore di progetto del modulo elastico dell'ammasso ($E_d = E_k$)

Tabella 46: Parametri geotecnici di calcolo per l'analisi della stabilità del fronte

Sono stati valutati lo spostamento ed il raggio plastico al fronte dalla curva caratteristica al fronte con cavità sferica. L'entità degli spostamenti e delle plasticizzazioni sono tali da ritenere il nucleo-fronte instabile e quindi la verifica di stabilità del fronte non è soddisfatta.

A tal proposito l'analisi è stata ripetuta con l'applicazione di una contropressione al fronte. Si riportano di seguito i valori di convergenza e raggio plastico valutati con o senza contropressione.

Analisi	Sezione di calcolo	U_f [m]	U_f/Req [%]	R_{pf} [m]	R_{pf}/Req [-]
Senza pressione al fronte	18+600	0.105	2.116	8.999	1.822
Con 3 bar di pressione al fronte		0.087	1.755	8.529	1.726

U_F = convergenza al fronte (soluzione cavità sferica)
 R_{PF} = raggio plastico al fronte
 R_{eq} = raggio di scavo equivalente della galleria (= 4,94 m)

Tabella 47: Risultati dell'analisi della stabilità del fronte

Le deformazioni attese risultano comunque importanti, ma applicando una contropressione di 3 bar al fronte si riescono a ridurre le convergenze di circa 2 cm e a ridurre la fascia plastica di circa 0.4 m. Tale pressione risulta pertanto necessaria.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	96 di 312

9.7.2 Metodo delle curve caratteristiche

Al fine di definire quali siano le sollecitazioni agenti sul rivestimento in conci prefabbricati, si è fatto riferimento alla curva caratteristica per galleria scavata con fresa scudata utilizzando il programma di calcolo GV4, e assumendo un gioco radiale tra estradosso scudo e ammasso circostante pari a 6 cm più 10 cm di extra scavo. Inoltre, si è ipotizzata una lunghezza dello scudo pari a 11.115 m e che l'intasamento dell'anello avvenga a una distanza dal fronte conservativa pari a 9.496 m. Lo spessore dei conci prefabbricati è pari a 45 cm.

In corrispondenza di tale sezione si verifica un contatto tra ammasso roccioso e scudo. Pertanto, il software GV4 viene utilizzato al solo scopo di valutare la convergenza al fronte e per effettuare l'analisi di stabilità.

Il rilascio tensionale da applicare alla fase precedente alla messa in opera del rivestimento della galleria viene valutato direttamente nel modello numerico tale per cui si ottenga in Plaxis 2D una convergenza complessiva del cavo della galleria data dalla somma della convergenza al fronte ricavata in GV4 (Allegato 1) e del gap tra scudo e ammasso roccioso. Tale rilascio viene cautelativamente applicato direttamente sul rivestimento definitivo. Al fine di colmare il gap totale più la convergenza del fronte, da modello numerico, risulta necessario applicare un fattore di rilascio tensionale pari al 99.5%.

In questo modo viene simulato l'avanzamento della TBM fin quando lo scudo entra in contatto con l'ammasso circostante e si ottiene una modellazione più realistica, soprattutto nelle zone di faglia, dove sono presenti nel modello particolari situazioni stratigrafiche.

9.7.2.1. Interazione galleria - terreno

Nella tabella seguente si riassumono i dati di input che caratterizzano la sezione geotecnica utilizzata per le analisi numeriche corrispondenti alla sezione di calcolo della sezione 7 della galleria Gardena.

Il modello costitutivo dell'ammasso è di tipo elasto-plastico "Mohr-Coulomb".

Stratigrafia di calcolo	S	C	Falda	γ	c	ϕ	E	k0
Formazione								
[-]	[m]	[m]	[m da calotta]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]	[-]
BSSa	566	573	10	27	501	39	2600	0.9
BSSc/BSSa Danneggiamento 6*	26			27	886	23	2200	0.9
BSSc	135			27	501	39	2600	0.9

S = spessore dello strato
C = copertura (rispetto alla calotta)
 γ = peso per unità di volume
c = coesione drenata
 ϕ = angolo di attrito interno
E = modulo elastico dell'ammasso roccioso
k₀ = coefficiente di spinta a riposo

Tabella 9-48: Parametri geotecnici di calcolo per l'analisi numerica della sezione a pk 18+600

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 97 di 312

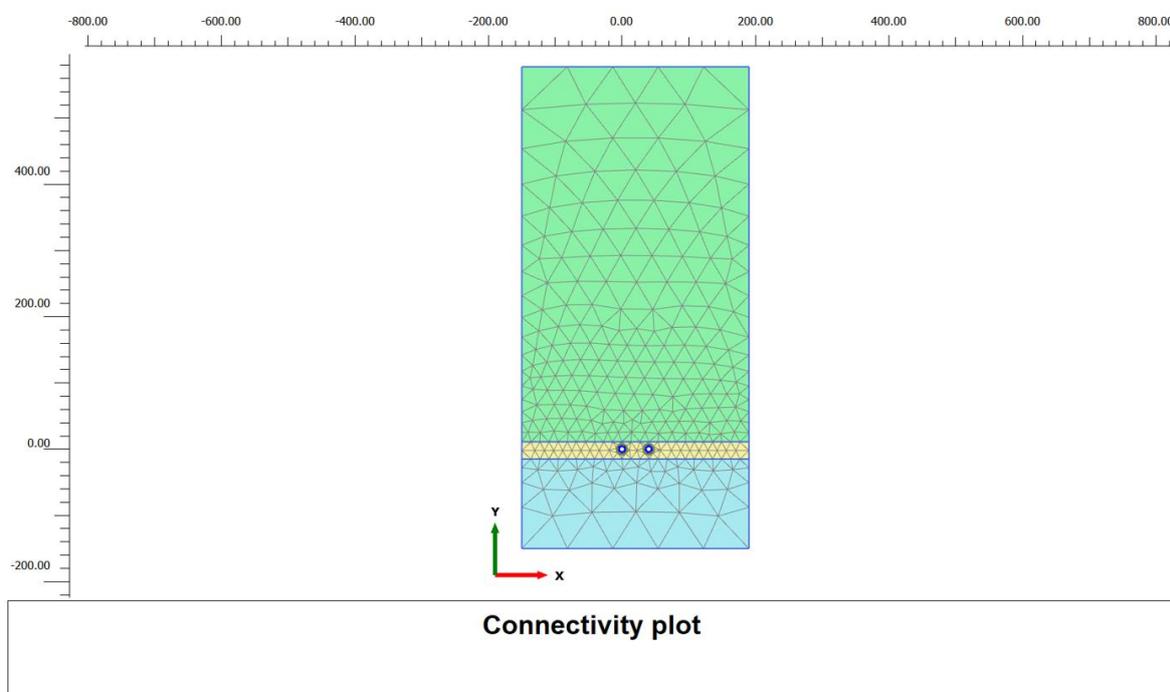


Figura 9-97: Geometria di analisi – Galleria Gardena pk 18+600

L'interazione galleria-terreno è stata valutata mediante una apposita analisi numerica FEM, utilizzando il codice di calcolo Plaxis 2D.

I bordi del modello numerico sono stati collocati sufficientemente lontani dalla galleria, in modo tale che le condizioni di vincolo ivi definite non interferiscano con i processi di scavo e costruzione in esame.

Il modello di calcolo è a doppia canna poiché l'interdistanza tra i due binari è pari a 40 m e dunque si considera la reciproca interazione tra lo scavo delle due canne.

Le fasi di analisi sono le seguenti:

0. Costruzione della geometria del modello;
1. Inizializzazione dello stato tensionale;
2. Rilascio parziale, in corrispondenza del rivestimento definitivo, dello stato tensionale sul contorno di scavo della canna sinistra pari al 99.5% ($\lambda=0.995$);
3. Attivazione del rivestimento costituito dall'anello universale in conci e rilascio completo (100%) dello stato tensionale al contorno di scavo della canna sinistra;
4. Rilascio parziale, in corrispondenza del rivestimento definitivo, dello stato tensionale sul contorno di scavo della canna destra pari al 99.5% ($\lambda=0.995$);
5. Attivazione del rivestimento costituito dall'anello universale in conci e rilascio completo (100%) dello stato tensionale al contorno di scavo della canna destra;
6. Applicazione di una pressione al contorno del cavo per simulare il carico idraulico agente a lungo termine.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 98 di 312	

Nelle fasi di avanzamento della TBM (Fase 2 e 4) si ottiene una convergenza del cavo totale pari circa a 20cm, che depurata della convergenza al fronte di 8.7cm (Allegato 1), risulta circa pari a 11.3cm. Dall'analisi numerica non si riscontra una chiusura totale del gap roccia – scudo (16cm), si considera comunque, cautelativamente, un rilascio tensionale del cavo all'installazione del rivestimento pari al 99.5%.

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica a m di galleria, prive di fattori amplificativi, e le sollecitazioni adottate nelle verifiche strutturali; queste ultime risultano moltiplicate per il coefficiente $\gamma_G = 1.3$ e per la lunghezza del concio $b=1.8m$ mentre il momento, per considerare la riduzione della rigidità dovuta alla presenza dei giunti tra ciascun concio, viene moltiplicato per un coefficiente aggiuntivo ricavato mediante la formulazione di Wood $(1+\xi) = 1.31$.

Fase 3_SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-386.76	3.01	1.91	-905.01	9.22	4.48
Nmin	-407.10	3.51	-4.25	-952.61	10.77	-9.95
Mmax	-392.98	4.43	-0.73	-919.57	13.58	-1.71
Mmin	-404.65	-6.28	-1.37	-946.88	-19.26	-3.21
Tmax	-390.63	-4.02	12.10	-914.08	-12.32	28.32
Tmin	-388.44	-2.57	-9.17	-908.95	-7.88	-21.46

Tabella 9-49: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (Fase 3)

Fase 5_SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-3690.04	122.80	17.23	-8634.69	376.42	40.31
Nmin	-5313.75	-123.25	-10.03	-12434.18	-357.63	-23.48
Mmax	-3698.93	125.52	-5.31	-8655.49	364.22	-12.42
Mmin	-4572.03	-134.07	0.27	-10698.56	-389.02	0.64
Tmax	-4288.25	28.92	65.39	-10034.51	83.93	153.01
Tmin	-3962.52	23.41	-56.39	-9272.30	67.92	-131.95

Tabella 9-50: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (Fase 5)

L.T._SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-4056.34	121.45	16.92	-9491.84	372.29	39.59
Nmin	-5701.89	-122.96	-12.01	-13342.43	-356.78	-28.11
Mmax	-4057.83	124.09	5.09	-9495.31	360.07	11.92
Mmin	-4933.93	-133.61	-0.53	-11545.39	-387.69	-1.25
Tmax	-4659.27	27.10	64.97	-10902.69	78.63	152.02

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 99 di 312

Tmin	-4321.31	22.69	-56.32	-10111.87	65.84	-131.78
-------------	----------	-------	--------	-----------	-------	---------

Tabella 9-51: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (L.T.)

Fase 5_DX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-393.93	5.59	-1.90	-921.80	17.13	-4.44
Nmin	-439.53	3.86	-7.78	-1028.50	11.84	-18.21
Mmax	-438.78	6.35	-1.76	-1026.74	19.46	-4.12
Mmin	-439.05	-6.66	0.79	-1027.38	-20.41	1.85
Tmax	-399.39	-1.85	12.36	-934.56	-5.67	28.92
Tmin	-438.96	-0.69	-10.22	-1027.16	-2.11	-23.92

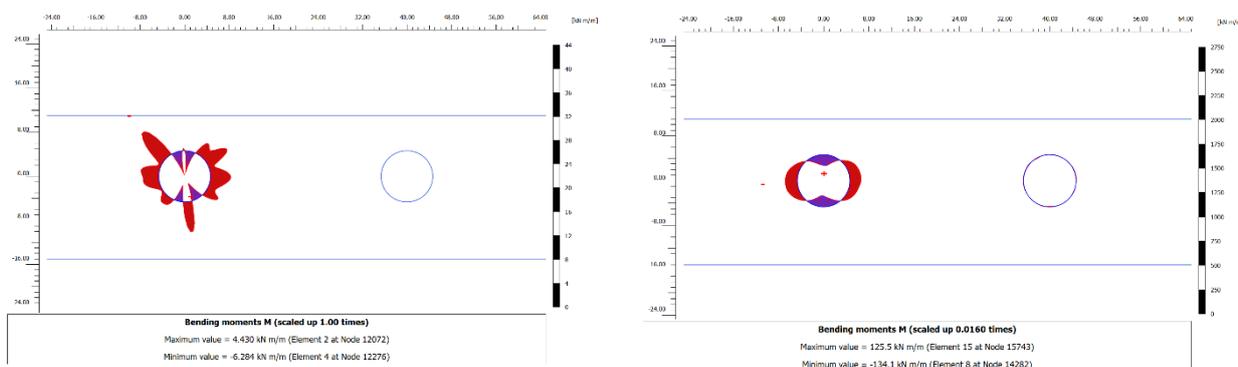
Tabella 9-52: Sollecitazioni sull'anello canna destra (Fase 5)

L.T._DX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-810.86	5.81	-5.08	-1897.42	17.81	-11.89
Nmin	-885.84	7.43	-2.63	-2072.87	22.78	-6.15
Mmax	-885.34	7.51	2.05	-2071.69	23.03	4.80
Mmin	-876.17	-9.57	0.44	-2050.23	-29.33	1.04
Tmax	-820.07	-3.84	19.12	-1918.96	-11.78	44.75
Tmin	-828.63	-5.31	-13.16	-1938.98	-16.27	-30.79

Tabella 9-53: Sollecitazioni sull'anello canna destra (L.T.)

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è condotta, in accordo con la vigente normativa, secondo il metodo degli stati limite, verificando la corrispondenza delle sezioni allo stato limite ultimo S.L.U. ed agli stati limite di esercizio S.L.E.

Lo sforzo normale è considerato negativo se di compressione, il momento flettente è considerato positivo se tende le fibre di intradosso del rivestimento. Si riportano di seguito i grafici relativi agli andamenti degli sforzi ottenuti dalla simulazione in Plaxis 2D:



APPALTATORE:			PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						PROGETTO ESECUTIVO	
08 - GALLERIE	Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO					REV.	FOGLIO.
			IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	100 di 312

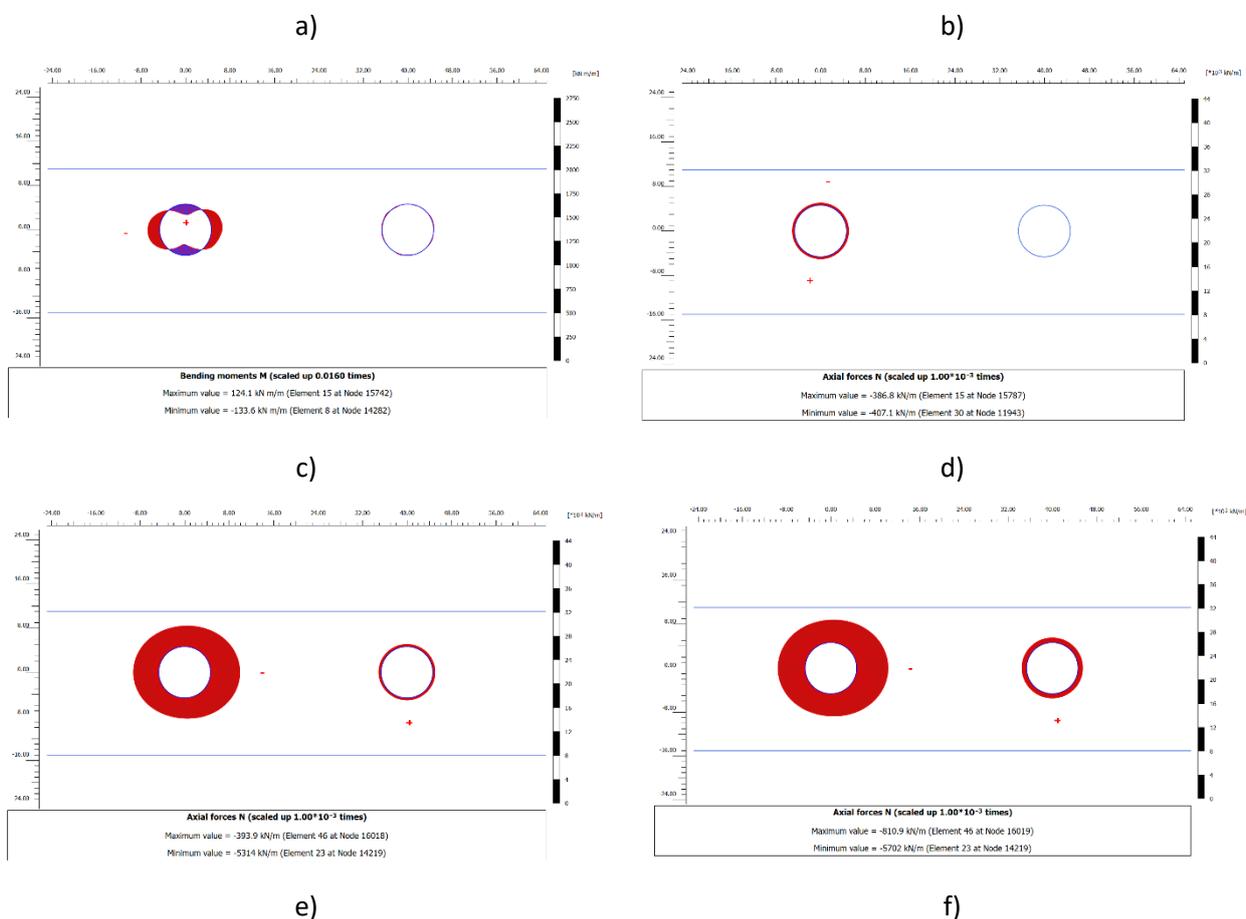


Figura 9-98: Diagrammi delle sollecitazioni M-N: a) M Fase 3; b) M Fase 5; c) M L.T.; d) N Fase 3; e) N Fase 5; f) N L.T.

Nel seguente paragrafo si riportano i domini di rottura e lo stato tensionale l'ipotesi costruttiva menzionata al §8.1 considerando in questa sezione l'applicazione del concio Tipo B.

9.7.3 Verifiche

Nel seguente paragrafo si riportano le verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU), agli Stati Limite di Esercizio (SLE) durante la fase operativa secondo quanto descritto all'interno dell'elaborato IBOU1BEZZRHGN0000003.

Verifiche a presso-flessione allo Stato Limite Ultimo (S.L.U.)

I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 101 di 312

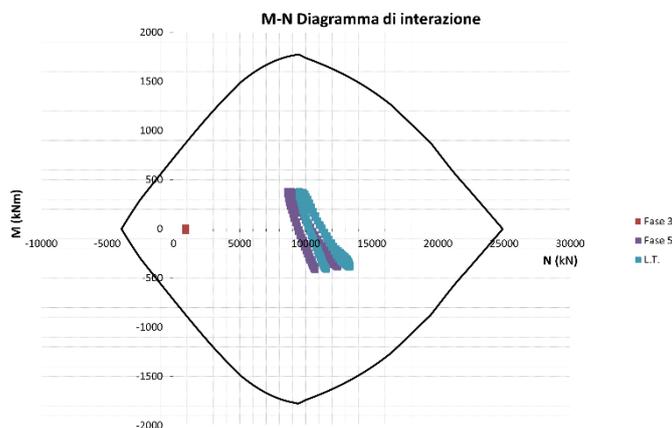


Figura 9-99: Dominio M-N (Fase 3 - Fase 5 - L.T.) – Canna Sinistra

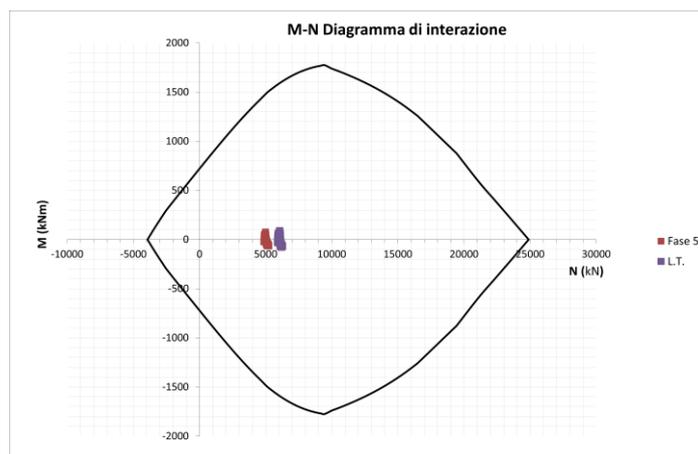


Figura 9-100: Dominio M-N (Fase 5 - L.T.) – Canna Destra

Verifica a taglio allo SLU

Nella figura seguente si riportano le verifiche allo SLU delle sezioni più significative. I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente pari ad 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica. È stata verificata la sollecitazione di taglio al variare dell'angolo θ che descrive l'anello, nella fase più critica.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 102 di 312

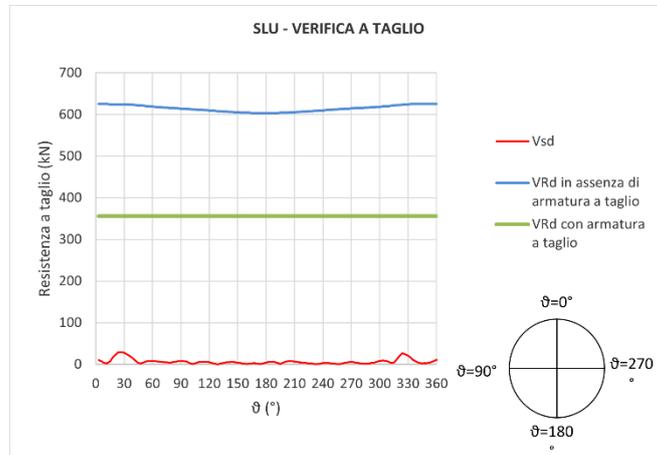


Figura 9-101: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione Fase 3

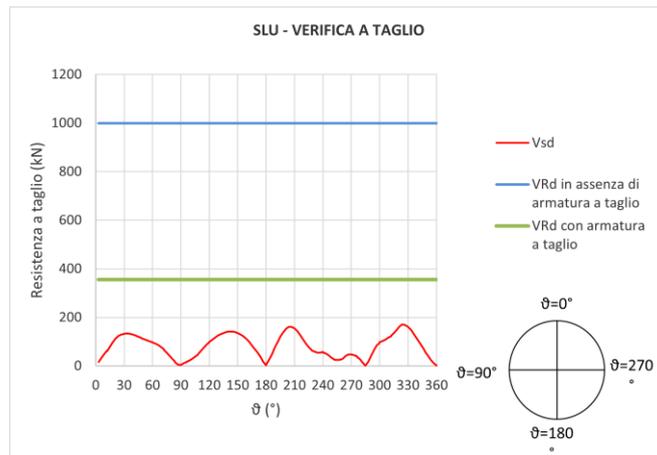


Figura 9-102: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione Fase 5

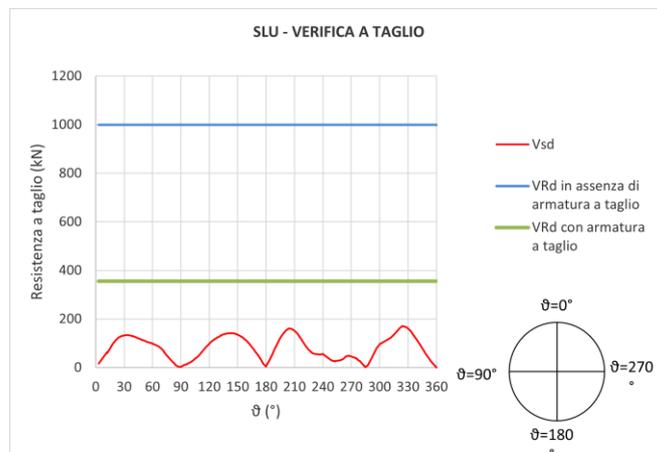


Figura 9-103: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 103 di 312

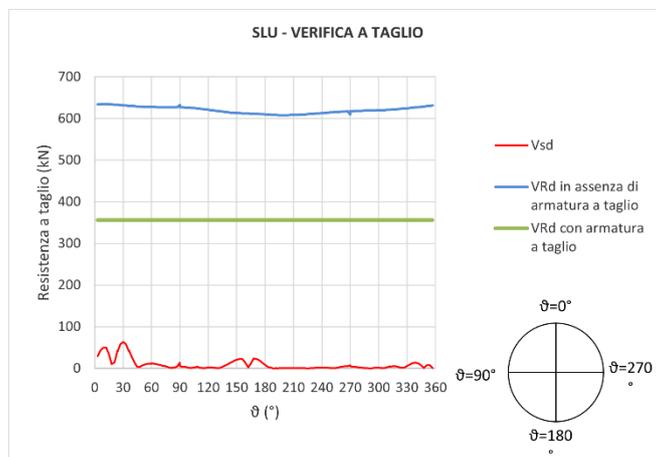


Figura 9-104: Verifica a taglio canna destra – Condizione Fase 5

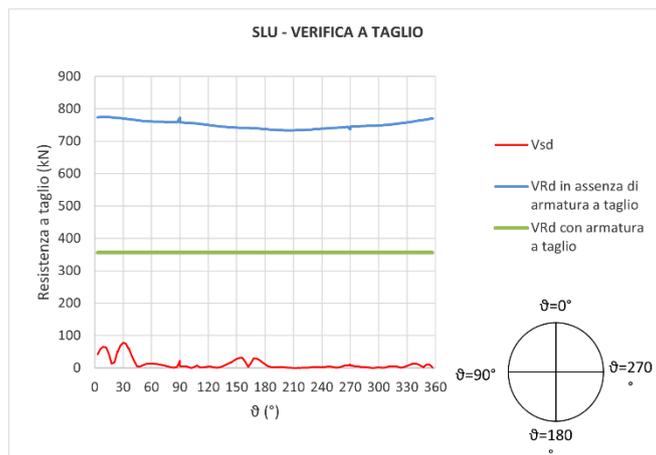


Figura 9-105: Verifica a taglio canna destra – L.T.

Dalle figure precedenti si osserva che non è mai necessaria armatura specifica al taglio.

Verifiche allo Stato Limite di Esercizio (S.L.E.)

Per le verifiche di fessurazione (SLE) si è assunto un valore limite di apertura delle fessure pari a $w_k=0.20$ mm in estradosso (condizioni ambientali aggressive, classe di esposizione XA2) e pari a $w_k=0.30$ mm in intradosso (condizioni ambientali ordinarie, classe di esposizione XC3), in accordo con quanto prescritto dalla Norma vigente ed una tensione massima nel calcestruzzo e nell'acciaio in accordo con quanto previsto dal DM 14/01/2008 (cfr. 10.2) Rif. [1].

Il copriferro netto (sul ferro più esterno) considerato nelle verifiche che seguono è assunto pari a 5 cm.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 104 di 312

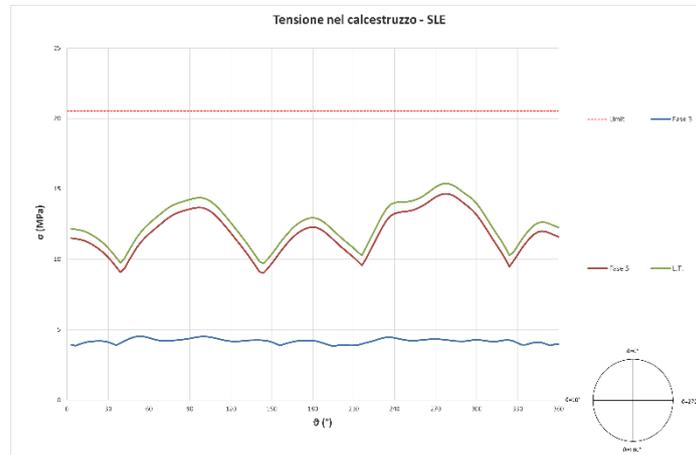


Figura 9-106: Stato tensionale cls canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

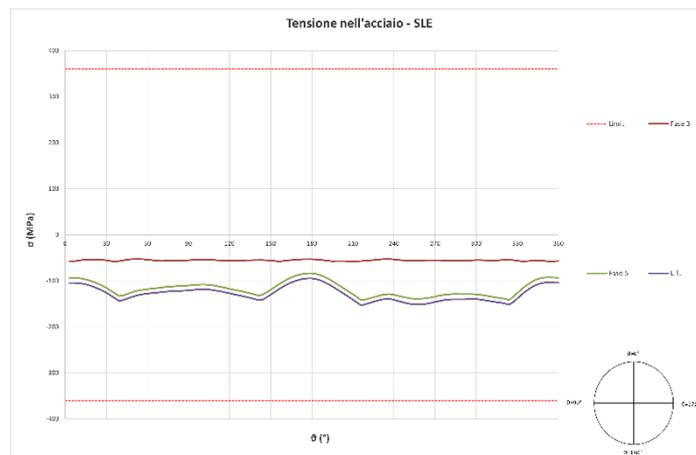


Figura 9-107: Stato tensionale acciaio canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

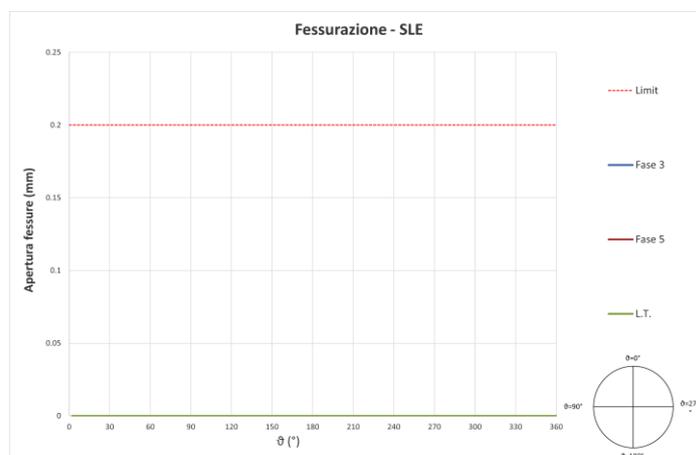


Figura 9-108: Stato di fessurazione canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 105 di 312

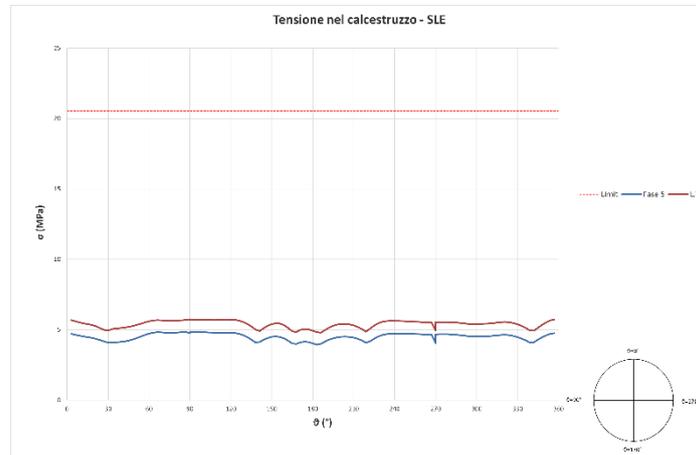


Figura 9-109: Stato tensionale cls canna destra (Fase5 – L.T.)

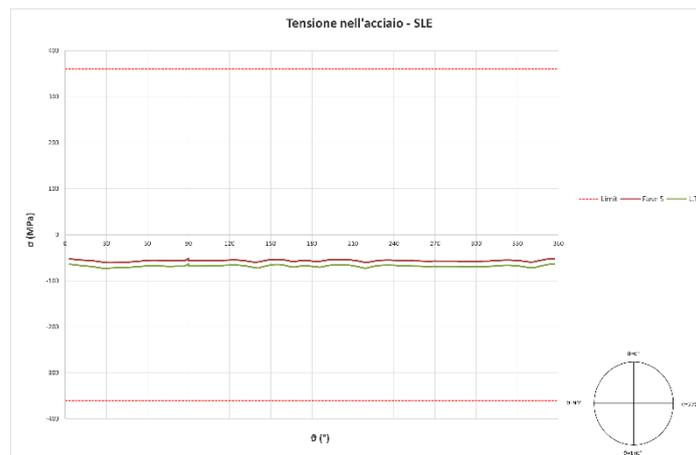


Figura 9-110: Stato tensionale acciaio canna destra (Fase5 - L.T.)

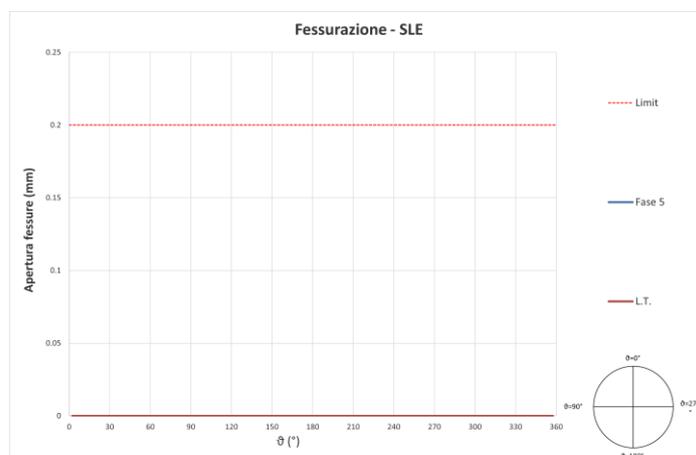


Figura 9-111: Stato di fessurazione canna destra (Fase5 - L.T.)

Dai grafici riportati si evince che le verifiche agli Stati Limite di Esercizio risultano tutte soddisfatte.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandataria:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	106 di 312

Le analisi svolte hanno dimostrato l'efficacia della soluzione progettuale. Le indagini svolte in PE hanno permesso di conoscere ulteriormente il possibile comportamento deformativo, squeezing, a lungo termine delle filladi carboniose.

9.7.4 Analisi rischio squeezing

Al fine di considerare il fenomeno dello squeezing si è studiato un modello ad hoc per considerare la deformazione di creep. La calibrazione di tale modello e dei parametri geotecnici viene si è riprodotta la prova di creep eseguita in laboratorio mediante il software di calcolo numerico Plaxis 2D, modellando la reale geometria del provino prelevato e applicando la medesima pressione di prova (3 MPa).

Sono stati calcolati le caratteristiche di resistenza per le filladi carboniose a quota $z = 111\text{m}$, a partire da $\sigma_{ci} = 25\text{ MPa}$, $GSI = 35$, $m_i = 7$ ed $E_i = 19000\text{ MPa}$, ottenendo i seguenti parametri:

$$c = 329\text{ kPa}$$

$$\varphi = 34.9^\circ$$

$$E = 2.2\text{ MPa}$$

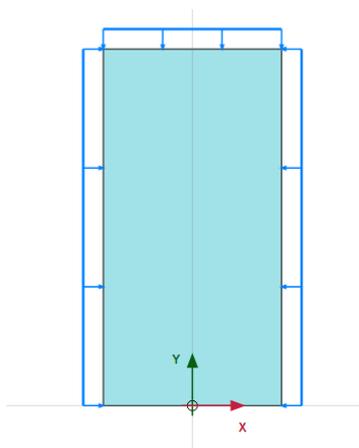


Figura 9-112: Provino deformazione creep

In questo modo è stato calibrato il modello Plaxis in modo da ottenere i parametri per le analisi di scavo della galleria il più affidabili possibili.

Come si evince dal grafico, le curve da 800 minuti in poi circa sono praticamente coincidenti quindi la deformazione di creep si può ritenere molto simile a quella ottenuta in laboratorio.

G0	2.115E6 kN/m ²
G1	1.977E6 kN/m ²
Tempo di rilassamento	400 min
G2	kN/m ²
Tempo di rilassamento	20E6 min

Tabella 9-54: Parametri

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 107 di 312

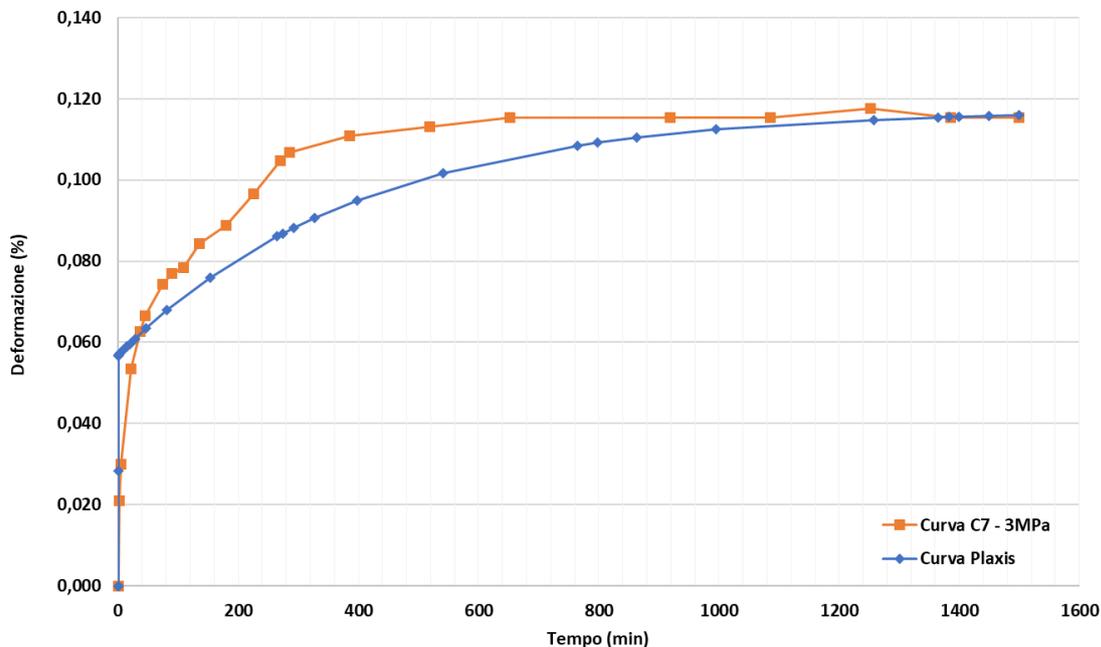


Figura 9-113: Confronto curva creep da prova di laboratorio C7 a stato tensionale di 3MPa

9.7.4.1. Estensione dei parametri ad un modello avente profondità di 111m da p.c.

I parametri ottenuti dalla calibrazione del modello sono stati implementati nel modello con scavo della galleria a profondità di 111 m. Questo poiché, la pressione di 3 MPa a cui è stata condotta la prova si avrà in sito alla profondità:

$$\frac{\sigma}{\gamma} = \frac{3 \text{ MPa}}{27 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}} = 111 \text{ m}$$

Sono stati valutate e confrontate le sollecitazioni agenti sul rivestimento della galleria attraverso due modelli di calcolo per la sezione di scavo ipotetica posta a 111 m da p.c.:

- Modello avente legame costitutivo Mohr – Coulomb
- Modello avente legame costitutivo visco – elastico.

Confrontando le sollecitazioni ottenute nel modello di calcolo a. e b. lungo l’anello, si ottiene un incremento di sforzo normale di circa 1,8 volte, come evidenziato dal grafico sottostante.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 108 di 312

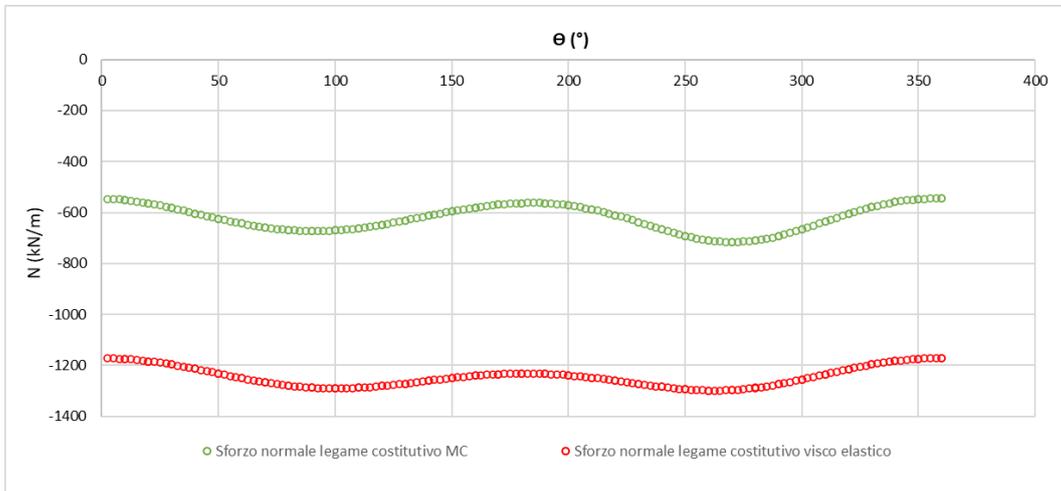


Figura 9-114: Confronto sollecitazioni utilizzando legame costitutivo MC e visco elastico

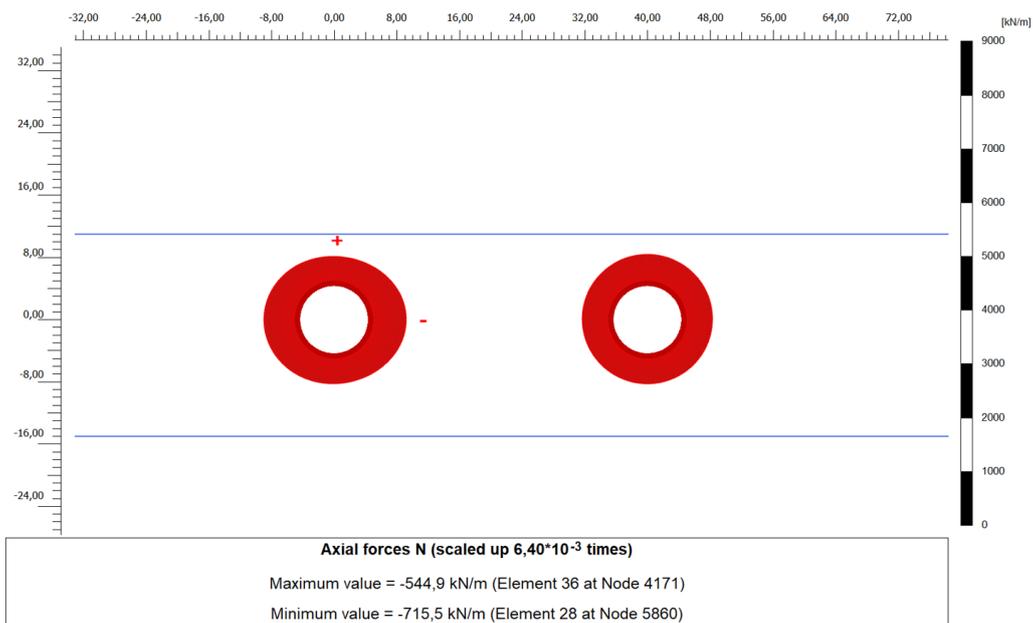


Figura 9-115: Sollecitazioni normali nel modello a

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 109 di 312

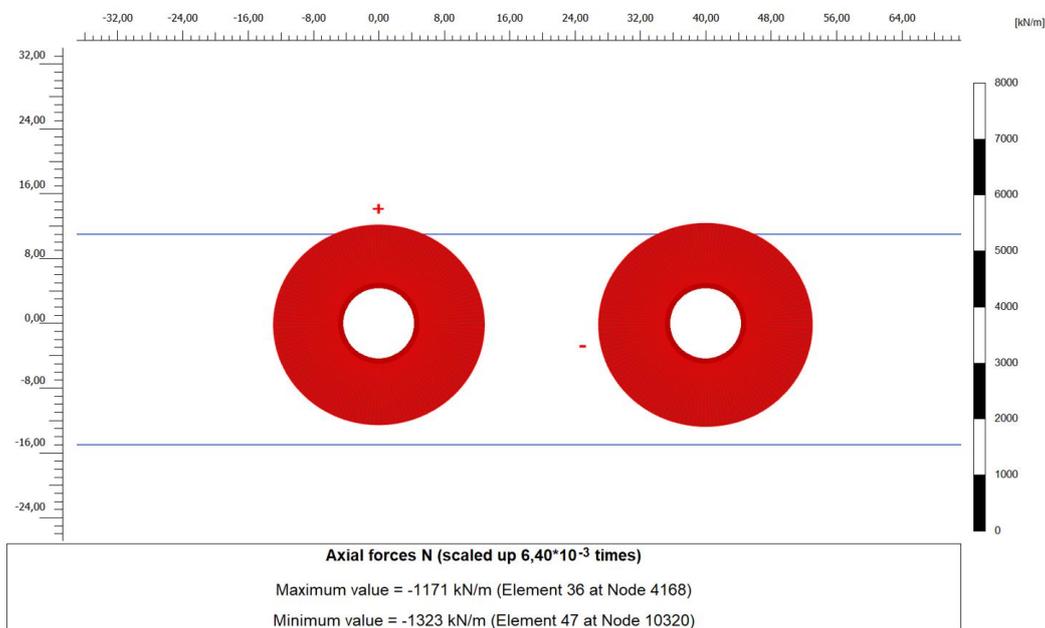


Figura 9-116: Sollecitazioni normali nel modello b

9.7.4.2. Estensione dei parametri ad un modello avente profondità di 550m da p.c.

Allo stesso modo si sono calcolati le caratteristiche geotecniche ad una profondità di 550 m ottenendo i seguenti valori:

$$c = 858 \text{ kPa}$$

$$\varphi = 23^\circ$$

$$E = 2.2 \text{ MPa}$$

E' stato realizzato un modello numerico mediante i parametri sopra riportati e le sollecitazioni ottenute sono state amplificate per la lunghezza del concio $b=1.8\text{m}$ e per 1.8, coefficiente valutato mediante il confronto delle sollecitazioni normali analizzate in precedenza. Mentre, il momento, per considerare la riduzione della rigidità dovuta alla presenza dei giunti tra ciascun concio, viene moltiplicato per un coefficiente aggiuntivo ricavato mediante la formulazione di Wood $(1+\xi) = 1.31$.

Fase 3_SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-808.65	3.88	-6.89	-2620.04	16.48	-22.33
Nmin	-835.64	7.35	-0.90	-2707.47	31.20	-2.91
Mmax	-811.15	12.07	-2.76	-2628.11	51.24	-8.96
Mmin	-830.16	-14.38	0.60	-2689.73	-61.04	1.95
Tmax	-820.13	-0.55	18.77	-2657.23	-2.33	60.82
Tmin	-832.51	-2.11	-9.01	-2697.33	-8.96	-29.19

Tabella 9-55: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (Fase 3)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 110 di 312

Fase 5_SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-3837.47	121.93	13.99	-12433.42	517.54	45.32
Nmin	-5062.18	-66.75	-31.93	-16401.46	-283.31	-103.47
Mmax	-3845.30	124.78	1.56	-12458.78	529.61	5.05
Mmin	-4886.04	-126.82	-0.38	-15830.75	-538.27	-1.22
Tmax	-4333.24	7.58	73.67	-14039.70	32.18	238.68
Tmin	-4115.64	47.92	-65.03	-13334.68	203.38	-210.71

Tabella 9-56: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (Fase 5)

L.T._SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-4233.54	120.66	13.47	-13716.67	512.11	43.64
Nmin	-5480.68	-65.91	-30.48	-17757.42	-279.73	-98.74
Mmax	-4242.30	123.29	0.91	-13745.06	523.28	2.95
Mmin	-5299.55	-126.57	-4.04	-17170.55	-537.21	-13.09
Tmax	-4737.04	4.21	74.08	-15348.01	17.87	240.00
Tmin	-4519.19	44.68	-65.56	-14642.18	189.66	-212.40

Tabella 9-57: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (L.T.)

Fase 5_DX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-786.63	-1.69	5.72	-2548.68	-7.17	18.53
Nmin	-854.56	-8.72	-2.10	-2768.76	-37.01	-6.81
Mmax	-832.48	25.85	-8.05	-2697.22	109.70	-26.08
Mmin	-840.04	-14.62	2.10	-2721.73	-62.04	6.80
Tmax	-833.12	7.48	26.92	-2699.30	31.74	87.23
Tmin	-836.97	3.61	-26.11	-2711.77	15.33	-84.58

Tabella 9-58: Sollecitazioni sull'anello canna destra (Fase 5)

L.T._DX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-1216.34	-2.51	0.57	-3940.93	-10.66	1.86
Nmin	-1297.36	-4.49	-28.23	-4203.45	-19.04	-91.46
Mmax	-1293.89	33.56	-9.46	-4192.22	142.44	-30.67
Mmin	-1293.95	-18.48	1.34	-4192.39	-78.46	4.33
Tmax	-1295.46	5.77	38.79	-4197.31	24.50	125.68

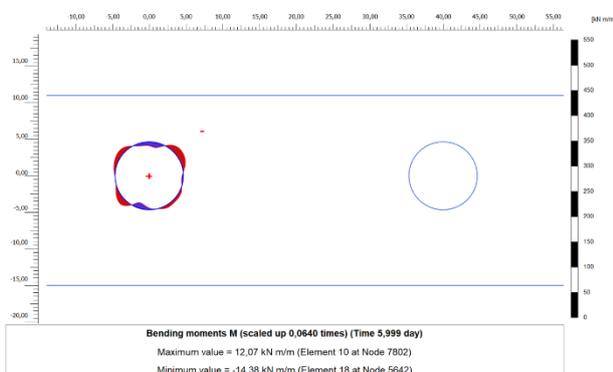
APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandataria:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
08 - GALLERIE		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C 111 di 312
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C						

<i>T_{min}</i>	-1297.10	6.55	-32.85	-4202.60	27.81	-106.44
-------------------------------	----------	------	--------	----------	-------	---------

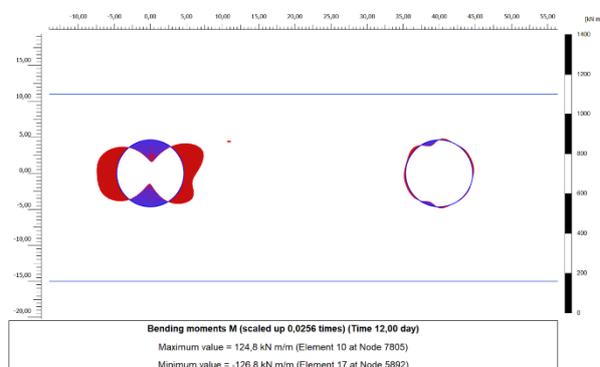
Tabella 9-59: Sollecitazioni sull'anello canna destra (L.T.)

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è condotta, in accordo con la vigente normativa, secondo il metodo degli stati limite, verificando la corrispondenza delle sezioni allo stato limite ultimo S.L.U. ed agli stati limite di esercizio S.L.E.

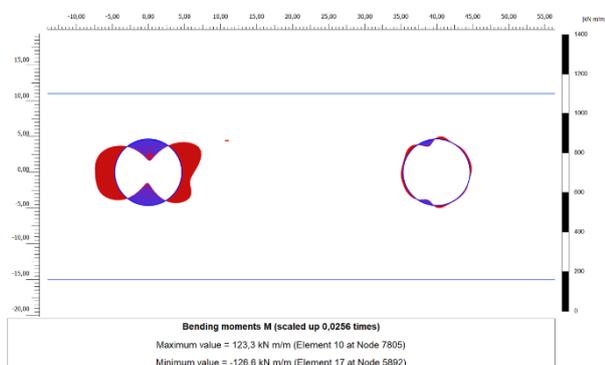
Lo sforzo normale è considerato negativo se di compressione, il momento flettente è considerato positivo se tende le fibre di intradosso del rivestimento. Si riportano di seguito i grafici relativi agli andamenti degli sforzi ottenuti dalla simulazione in Plaxis 2D:



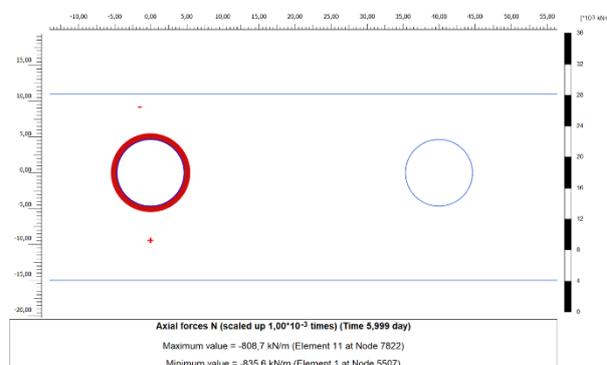
a)



b)

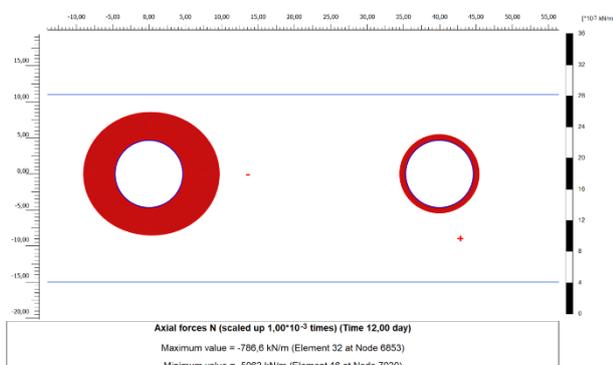


c)

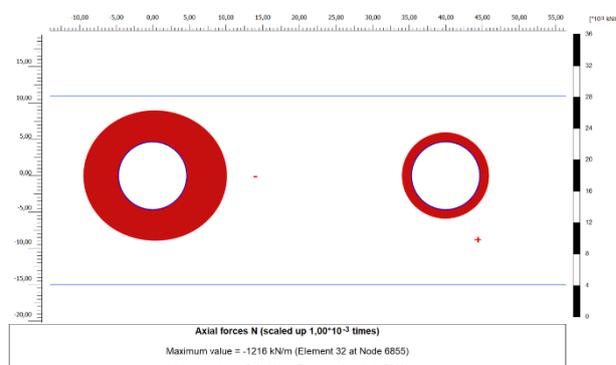


d)

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 112 di 312



e)



f)

Figura 9-117: Diagrammi delle sollecitazioni M-N: a) M Fase 3; b) M Fase 5; c) M L.T.; d) N Fase 3; e) N Fase 5; f) N L.T.

Nel seguente paragrafo si riportano i domini di rottura e lo stato tensionale l'ipotesi costruttiva menzionata al §8.1 considerando in questa sezione l'applicazione della tipologia di armatura leggera costituita da 16+16 ϕ 20mm con staffe ϕ 10 a passo 250mm con 4 bracci.

9.7.4.3. Verifiche

Nel seguente paragrafo si riportano le verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU), agli Stati Limite di Esercizio (SLE) durante la fase operativa secondo quanto descritto all'interno dell'elaborato IBOU1BEZZRHGN0000003.

Verifiche a presso-flessione allo Stato Limite Ultimo (S.L.U.)

I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica.

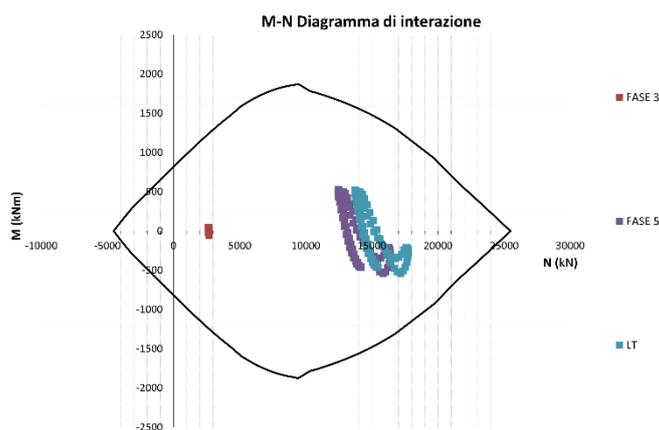


Figura 9-118: Dominio M-N (Fase 3 - Fase 5 - L.T.) – Canna Sinistra

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 113 di 312

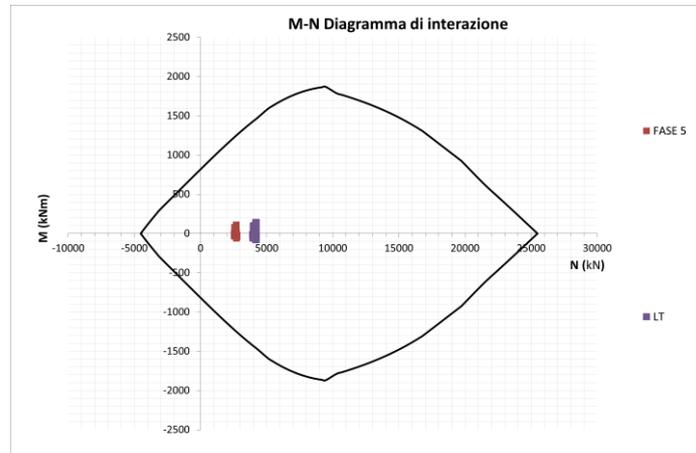


Figura 9-119: Dominio M-N (Fase 5 - L.T.) – Canna Destra

Verifica a taglio allo SLU

Nella figura seguente si riportano le verifiche allo SLU delle sezioni più significative. I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente pari ad 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica. È stata verificata la sollecitazione di taglio al variare dell'angolo θ che descrive l'anello, nella fase più critica.

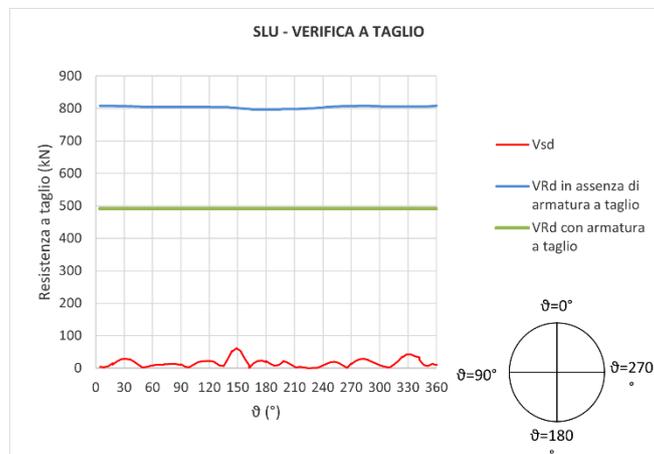


Figura 9-120: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 114 di 312

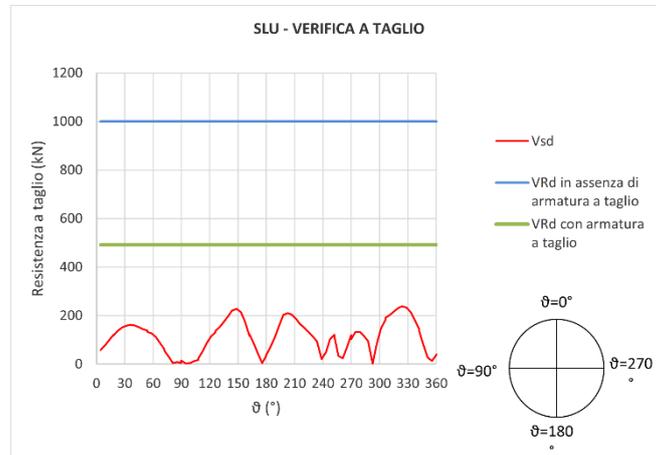


Figura 9-121: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione Fase 5

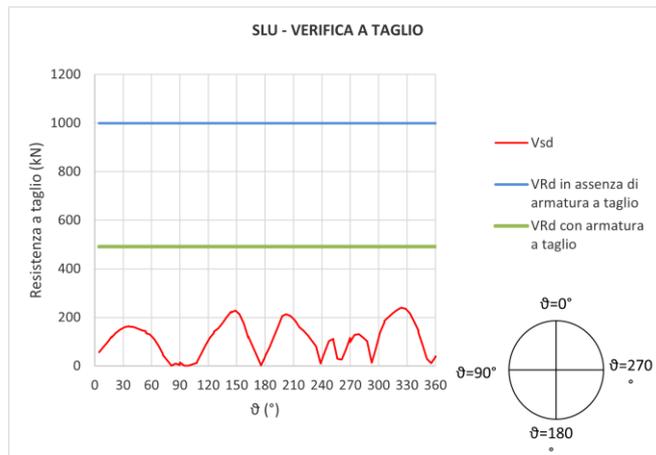


Figura 9-122: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione L.T.

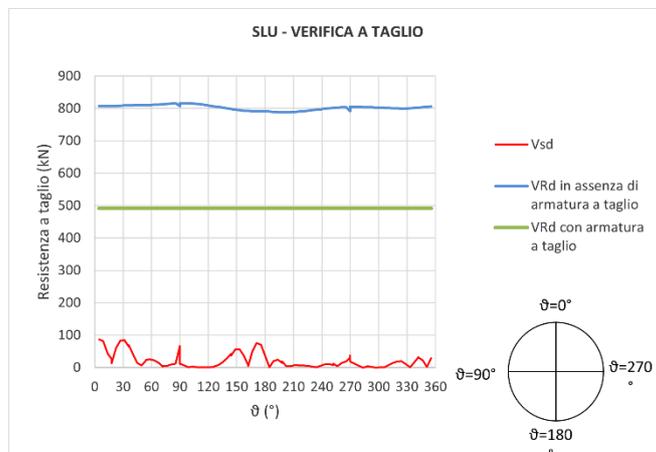


Figura 9-123: Verifica a taglio canna destra – Condizione Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 115 di 312

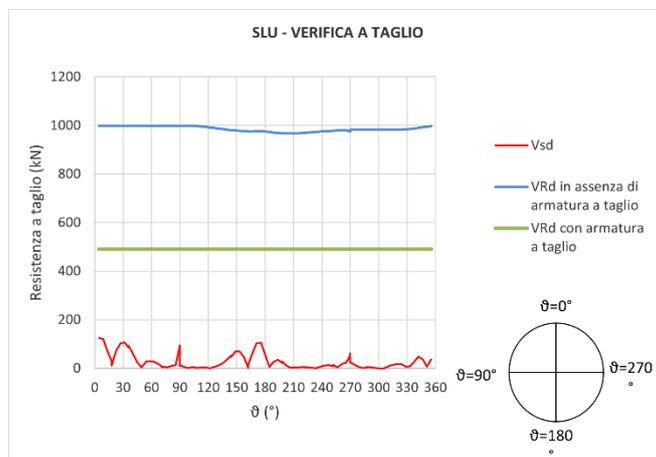


Figura 9-124: Verifica a taglio canna destra – L.T.

Dalle figure precedenti si osserva che non è mai necessaria armatura specifica al taglio.

Verifiche allo Stato Limite di Esercizio (S.L.E.)

Per le verifiche di fessurazione (SLE) si è assunto un valore limite di apertura delle fessure pari a $w_k=0.20$ mm in estradosso (condizioni ambientali aggressive, classe di esposizione XA2) e pari a $w_k=0.30$ mm in intradosso (condizioni ambientali ordinarie, classe di esposizione XC3), in accordo con quanto prescritto dalla Norma vigente ed una tensione massima nel calcestruzzo e nell'acciaio in accordo con quanto previsto dal DM 14/01/2008 (cfr. 10.2) Rif. [1].

Il copriferro netto (sul ferro più esterno) considerato nelle verifiche che seguono è assunto pari a 5 cm.

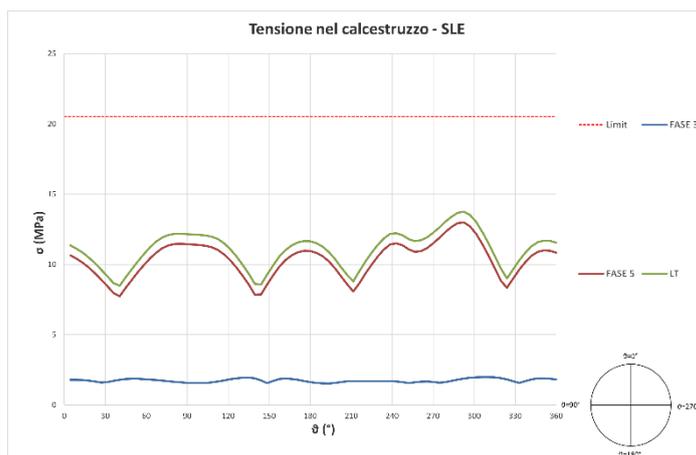


Figura 9-125: Stato tensionale cls canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 116 di 312

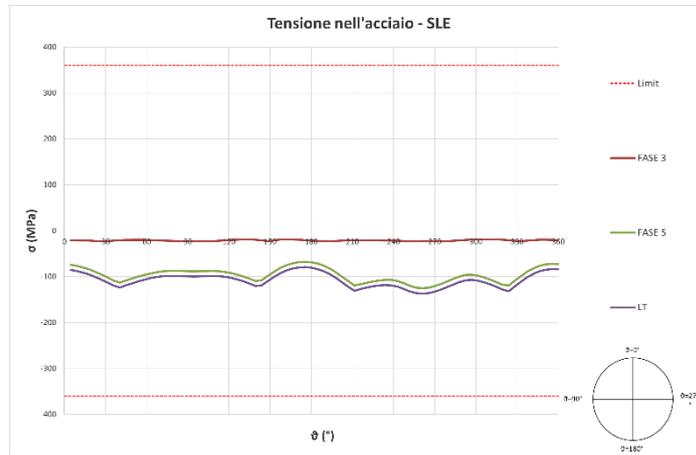


Figura 9-126: Stato tensionale acciaio canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

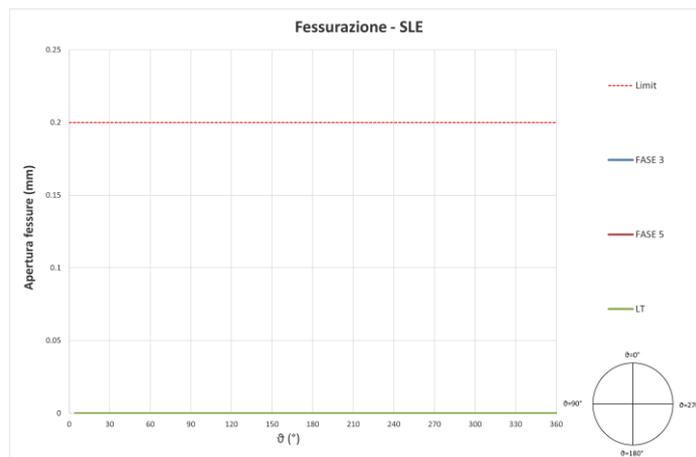


Figura 9-127: Stato di fessurazione canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

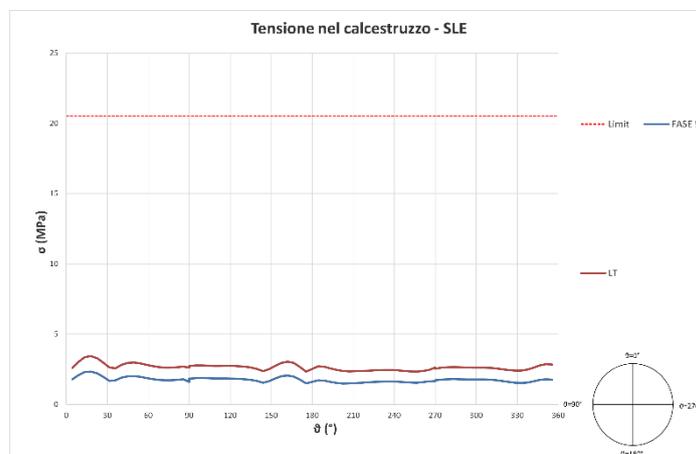


Figura 9-128: Stato tensionale cls canna destra (Fase5 – L.T.)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 117 di 312

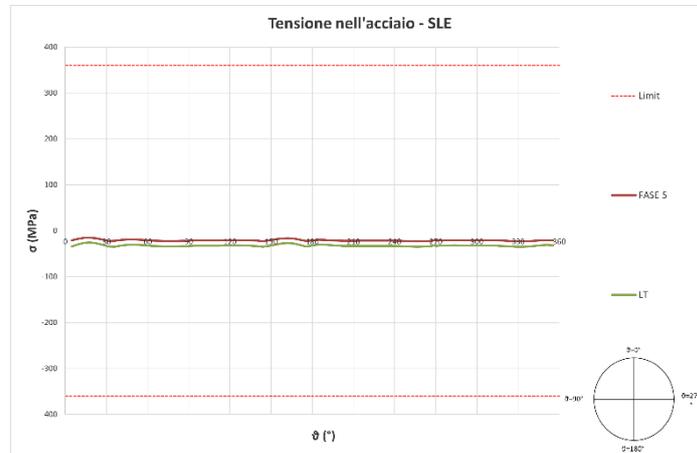


Figura 9-129: Stato tensionale acciaio canna destra (Fase5 - L.T.)

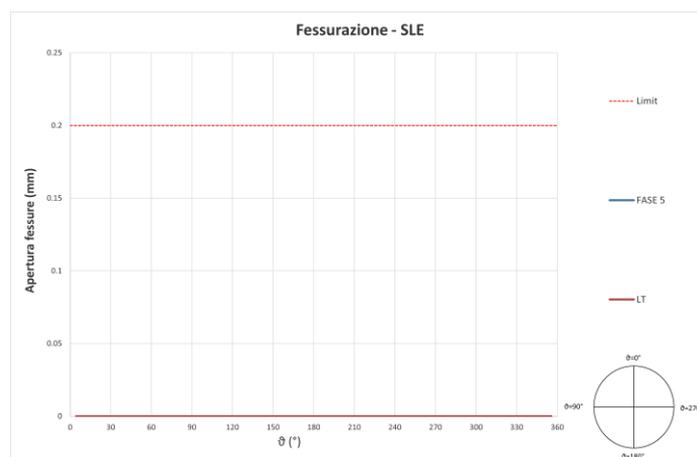


Figura 9-130: Stato di fessurazione canna destra (Fase5 - L.T.)

Dai grafici riportati si evince che le verifiche agli Stati Limite di Esercizio risultano tutte soddisfatte.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	118 di 312

9.8 SEZIONE 8 PK 19+450

9.8.1 Metodo delle curve caratteristiche

Al fine di definire quali siano le sollecitazioni agenti sul rivestimento in conci prefabbricati, si è fatto riferimento alla curva caratteristica per galleria scavata con fresa scudata utilizzando il programma di calcolo GV4, e assumendo un gioco radiale tra estradosso scudo e ammasso circostante pari a 6 cm. Inoltre, si è ipotizzata una lunghezza dello scudo pari a 11.115 m e che l'intasamento dell'anello avvenga a una distanza dal fronte conservativa pari a 9.496 m. Lo spessore dei conci prefabbricati è pari a 45 cm.

Come si può osservare dall'output del programma di calcolo riportato in Allegato 1 (di cui nel seguito, in Figura 9-131, si riporta solo un breve stralcio) in questo caso né lo scudo né l'anello di rivestimento giungono mai in contatto con l'ammasso roccioso circostante. Pertanto, è stato considerato come rilascio tensionale in corrispondenza della posa in opera dell'anello in conci prefabbricati il valore che si verifica alla distanza di 10.5 m dal fronte e pari a $\lambda = 0.998$.

Si sottolinea che l'assenza del contatto scudo-ammasso circostante è visibile anche dalla curva caratteristica riportata in Allegato 1.

```

R I S U L T A T O   A N A L I S I   G A L L E R I A

Pressione fine calcolo [MPa] ..... .000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m] ..... .047002
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] ..... 8.935137

FRESA SCUDATA -----
Raggio plastico al punto di equilibrio [m] ..... .00000
Pressione al punto di equilibrio [MPa] ..... .00000
Spostamento al punto di equilibrio [m] ..... .01363
Convergenza radiale scudo [m] ..... .00000
Tensione scudo [MPa] ..... .00000
Coefficiente di sicurezza scudo ..... .00000
Pressione rottura scudo [MPa] ..... 2463.97104
Rigidità scudo [MPa] ..... 2756.16850

Il rivestimento prefabbricato non entra in contatto con la roccia.

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----
Raggio plastico punto di equilibrio [m] ..... .00000
Pressione punto di equilibrio [MPa] ..... .00000
Spostamento punto di equilibrio [MPa] ..... .07360
Spostamento galleria alla messa in opera [m] ..... .07360
Convergenza radiale rivestimento [m] ..... .00000
Tensione CLS [MPa] ..... .00000
Coefficiente di sicurezza CLS ..... 1000000.00000
Pressione rottura CLS [MPa] ..... 2.26076
Rigidità anello CLS [MPa] ..... 3992.49340
Tasso di deconfinamento alla messa in opera ..... .997751

```

Figura 9-131: Output programma di calcolo GV4

APPALTATORE:			PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"			
PROGETTAZIONE:	Mandatario:	Mandanti:					PROGETTO ESECUTIVO
	SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria				
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	119 di 312

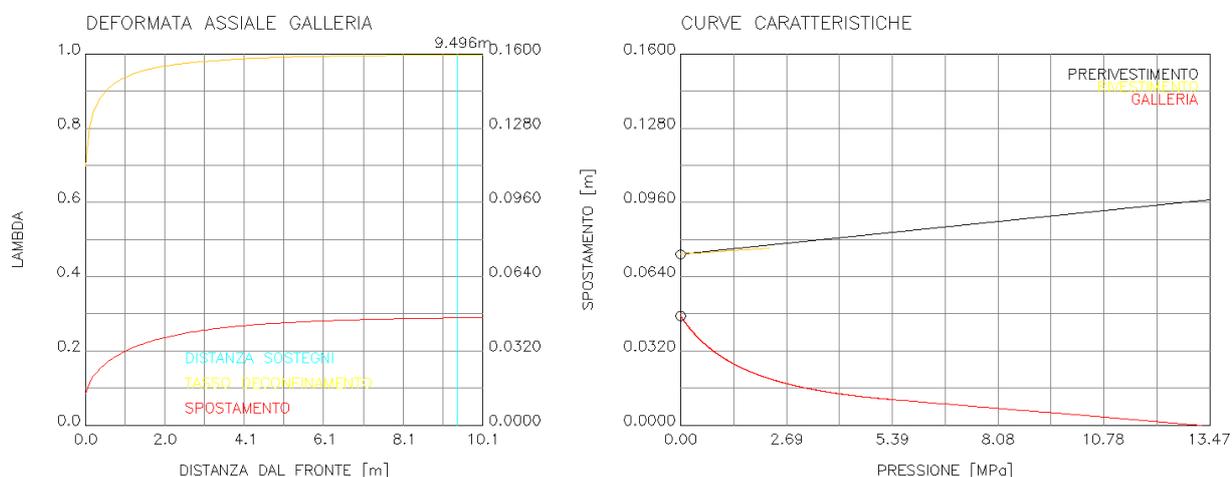


Fig. 9-132 – Definizione della preconvergenza della galleria prima della messa in opera dell’anello

9.8.1.1. Interazione galleria - terreno

Nella tabella seguente si riassumono i dati di input che caratterizzano la sezione geotecnica utilizzata per le analisi numeriche corrispondenti alla sezione di calcolo della sezione 8 della galleria Gardena.

Il modello costitutivo dell’ammasso è di tipo elasto-plastico “Mohr-Coulomb”.

Stratigrafia di calcolo	S	C	Falda	γ	c	ϕ	E	k0
Formazione	[m]	[m]	[m da calotta]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]	[-]
BSSa	432	491	80	27	1897	37	14000	0.9
BSSa Danneggiamento 7*	115			27	1223	31	4300	0.9
BSSa	99			27	1897	37	14000	0.9

S = spessore dello strato
C = copertura (rispetto alla calotta)
 γ = peso per unità di volume
c = coesione drenata
 ϕ = angolo di attrito interno
E = modulo elastico dell’ammasso roccioso
k₀ = coefficiente di spinta a riposo

Tabella 9-60: Parametri geotecnici di calcolo per l’analisi numerica della sezione a pk 19+450

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 120 di 312

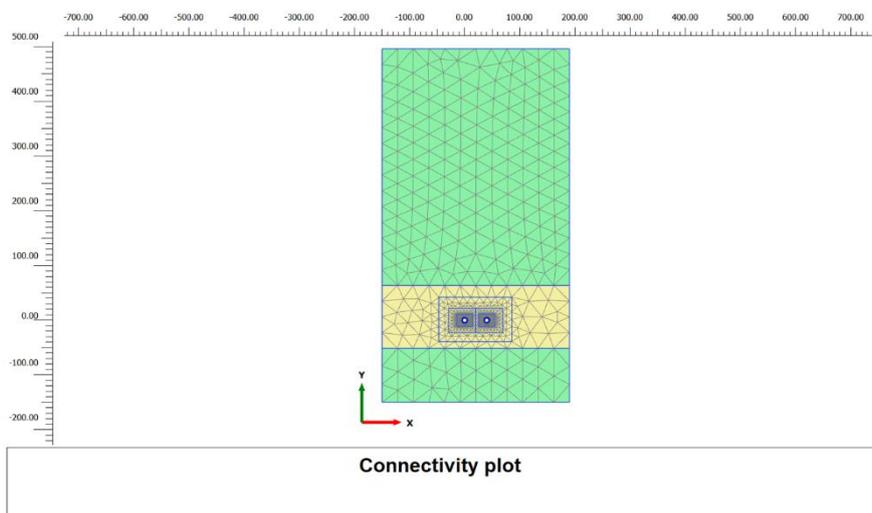


Figura 9-133: Geometria di analisi – Galleria Gardena pk 19+450

L'interazione galleria-terreno è stata valutata mediante una apposita analisi numerica FEM, utilizzando il codice di calcolo Plaxis 2D.

I bordi del modello numerico sono stati collocati sufficientemente lontani dalla galleria, in modo tale che le condizioni di vincolo ivi definite non interferiscano con i processi di scavo e costruzione in esame.

Il modello di calcolo è a doppia canna poiché l'interdistanza tra i due binari è pari a 40 m e dunque si considera la reciproca interazione tra lo scavo delle due canne.

Le fasi di analisi sono le seguenti:

0. Costruzione della geometria del modello;
1. Inizializzazione dello stato tensionale;
2. Rilascio parziale, in corrispondenza del rivestimento definitivo, dello stato tensionale sul contorno di scavo della canna sinistra pari al 99.8% ($\lambda=0.998$);
3. Attivazione del rivestimento costituito dall'anello universale in conci e rilascio completo (100%) dello stato tensionale al contorno di scavo della canna sinistra;
4. Rilascio parziale, in corrispondenza del rivestimento definitivo, dello stato tensionale sul contorno di scavo della canna destra pari al 99.8% ($\lambda=0.998$);
5. Attivazione del rivestimento costituito dall'anello universale in conci e rilascio completo (100%) dello stato tensionale al contorno di scavo della canna destra;
6. Applicazione di una pressione al contorno del cavo per simulare il carico idraulico agente a lungo termine.

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica a m di galleria, prive di fattori amplificativi, e le sollecitazioni adottate nelle verifiche strutturali; queste ultime risultano moltiplicate per il coefficiente $\gamma_G = 1.3$ e per la lunghezza del concio $b=1.8m$ mentre il momento, per considerare la riduzione della rigidità dovuta alla presenza dei giunti tra ciascun concio, viene moltiplicato per un coefficiente aggiuntivo ricavato mediante la formulazione di Wood $(1+\xi) = 1.31$.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 121 di 312

Fase 3_SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-131.36	-0.79	0.27	-307.39	-2.43	0.64
Nmin	-198.31	2.34	0.08	-464.06	7.17	0.19
Mmax	-198.31	2.34	-0.06	-464.05	7.17	-0.13
Mmin	-155.63	-3.86	-0.13	-364.17	-11.83	-0.30
Tmax	-170.72	-1.13	3.61	-399.50	-3.47	8.46
Tmin	-170.40	-1.18	-3.68	-398.75	-3.62	-8.61

Tabella 9-61: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (Fase 3)

Fase 5_SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-243.84	30.02	5.84	-570.60	92.02	13.67
Nmin	-928.02	-22.23	1.90	-2171.57	-68.13	4.45
Mmax	-309.10	34.00	-0.54	-723.30	104.24	-1.27
Mmin	-777.63	-30.75	0.85	-1819.66	-94.25	2.00
Tmax	-590.50	-7.23	27.25	-1381.77	-22.17	63.77
Tmin	-578.56	-7.65	-25.19	-1353.83	-23.45	-58.95

Tabella 9-62: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (Fase 5)

L.T._SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-3511.51	39.38	-2.88	-8216.92	120.72	-6.74
Nmin	-4501.27	5.19	13.05	-10532.97	15.91	30.53
Mmax	-3626.65	39.87	0.06	-8486.36	122.21	0.13
Mmin	-4243.58	-61.99	0.37	-9929.98	-190.02	0.86
Tmax	-4494.69	21.35	52.22	-10517.58	65.46	122.20
Tmin	-4474.50	6.22	-90.34	-10470.33	19.06	-211.40

Tabella 9-63: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (L.T.)

Fase 5_DX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-138.84	-0.88	-0.38	-324.89	-2.69	-0.88
Nmin	-210.05	1.91	-0.65	-491.52	5.86	-1.52
Mmax	-205.85	3.02	-0.42	-481.69	9.26	-0.99
Mmin	-165.83	-4.00	-0.33	-388.05	-12.27	-0.77

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 122 di 312

Tmax	-157.09	-3.22	1.93	-367.60	-9.87	4.51
Tmin	-178.99	-1.77	-3.90	-418.83	-5.43	-9.12

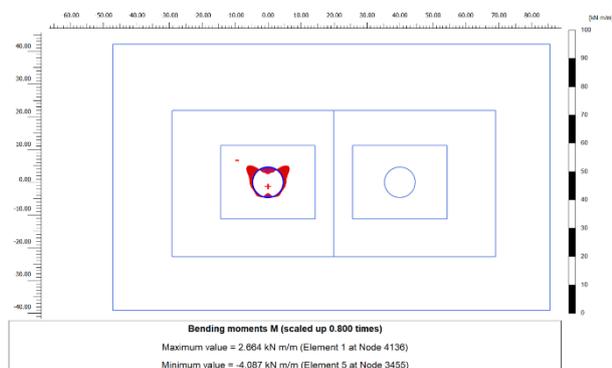
Tabella 9-64: Sollecitazioni sull'anello canna destra (Fase 5)

L.T._DX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-3682.08	-6.81	-7.14	-8616.06	-20.88	-16.72
Nmin	-3795.08	-18.91	0.98	-8880.49	-57.98	2.30
Mmax	-3692.51	2.61	-0.33	-8640.46	8.01	-0.78
Mmin	-3789.00	-18.92	-0.33	-8866.25	-58.00	-0.77
Tmax	-3715.29	-7.46	12.35	-8693.77	-22.85	28.90
Tmin	-3740.36	-9.04	-21.31	-8752.45	-27.70	-49.87

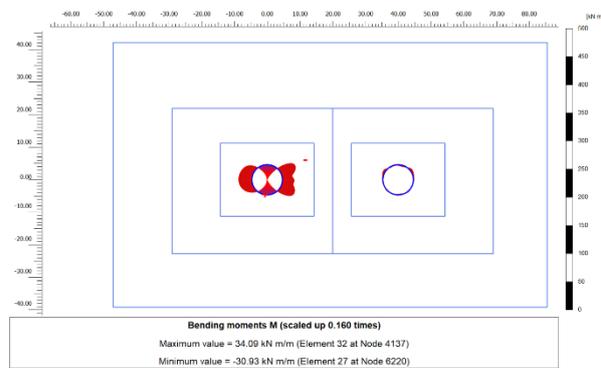
Tabella 9-65: Sollecitazioni sull'anello canna destra (L.T.)

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è condotta, in accordo con la vigente normativa, secondo il metodo degli stati limite, verificando la corrispondenza delle sezioni allo stato limite ultimo S.L.U. ed agli stati limite di esercizio S.L.E.

Lo sforzo normale è considerato negativo se di compressione, il momento flettente è considerato positivo se tende le fibre di intradosso del rivestimento. Si riportano di seguito i grafici relativi agli andamenti degli sforzi ottenuti dalla simulazione in Plaxis 2D:

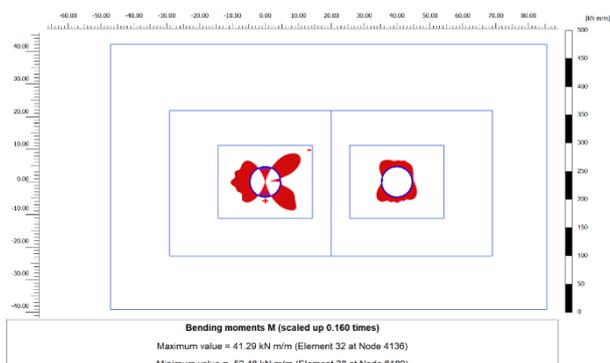


a)

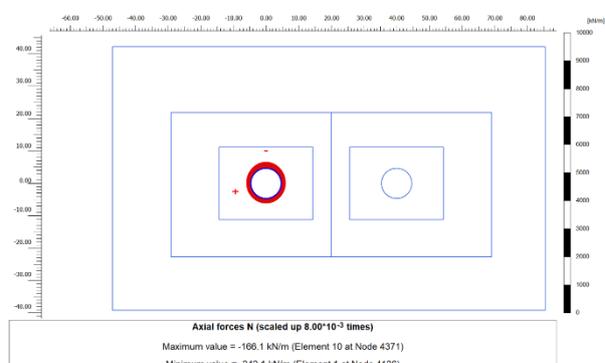


b)

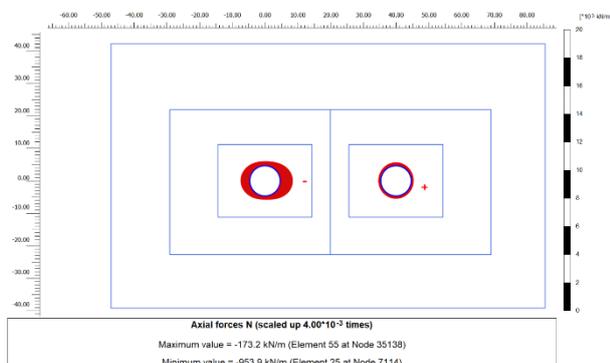
APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 123 di 312



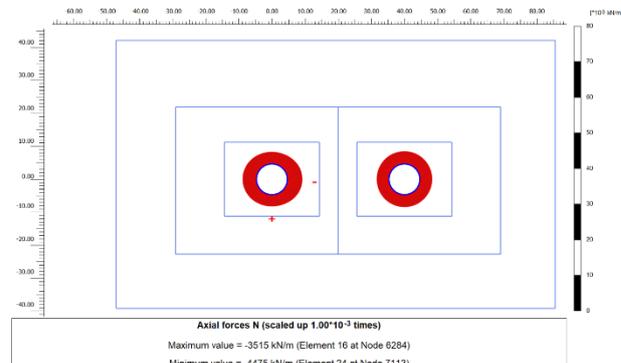
c)



d)



e)



f)

Figura 9-134: Diagrammi delle sollecitazioni M-N: a) M Fase 3; b) M Fase 5; c) M L.T.; d) N Fase 3; e) N Fase 5; f) N L.T.

Nel seguente paragrafo si riportano i domini di rottura e lo stato tensionale l'ipotesi costruttiva menzionata al §8.1 considerando in questa sezione l'applicazione del concio Tipo A.

9.8.2 Verifiche

Nel seguente paragrafo si riportano le verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU), agli Stati Limite di Esercizio (SLE) durante la fase operativa secondo quanto descritto all'interno dell'elaborato IBOU1BEZZRHGN0000003.

Verifiche a presso-flessione allo Stato Limite Ultimo (S.L.U.)

I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 124 di 312

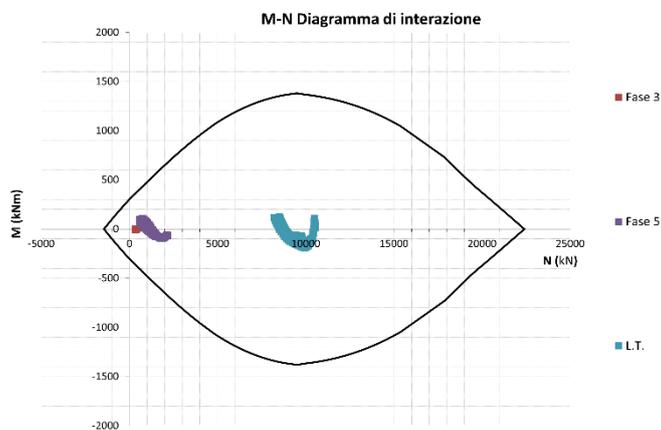


Figura 9-135: Dominio M-N (Fase 3 - Fase 5 - L.T.) – Canna Sinistra

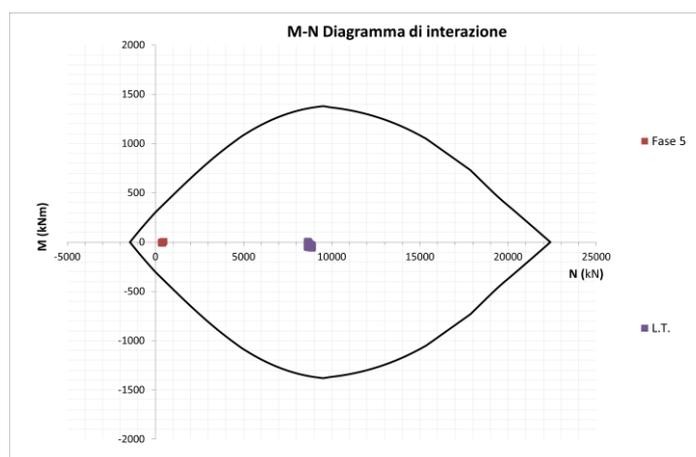


Figura 9-136: Dominio M-N (Fase 5 - L.T.) – Canna Destra

Verifica a taglio allo SLU

Nella figura seguente si riportano le verifiche allo SLU delle sezioni più significative. I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente pari ad 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica. È stata verificata la sollecitazione di taglio al variare dell'angolo θ che descrive l'anello, nella fase più critica.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 125 di 312

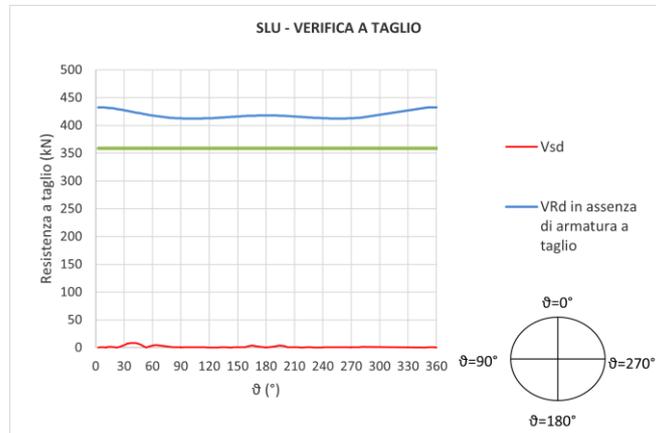


Figura 9-137: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione Fase 3

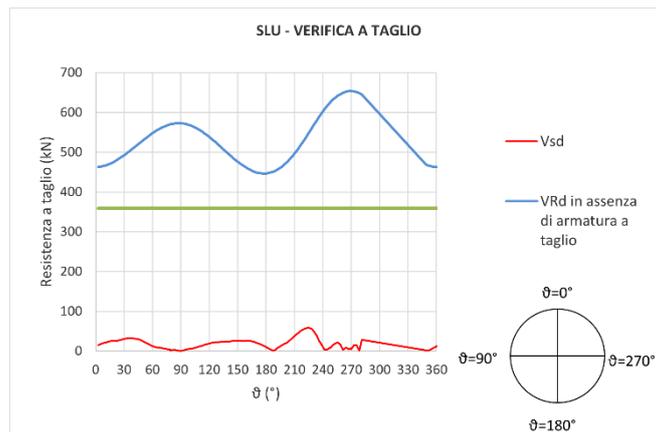


Figura 9-138: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione Fase 5

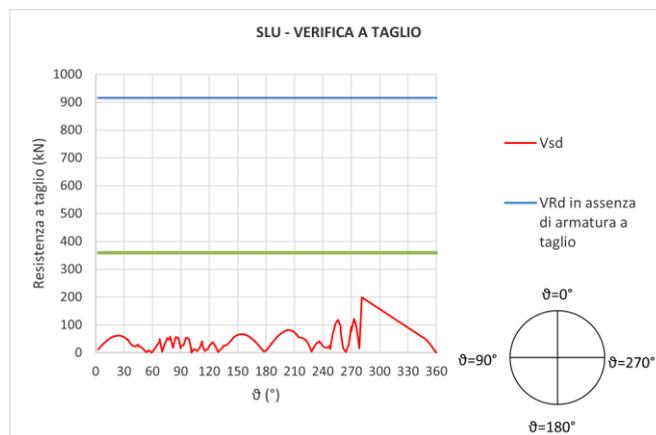


Figura 9-139: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 126 di 312

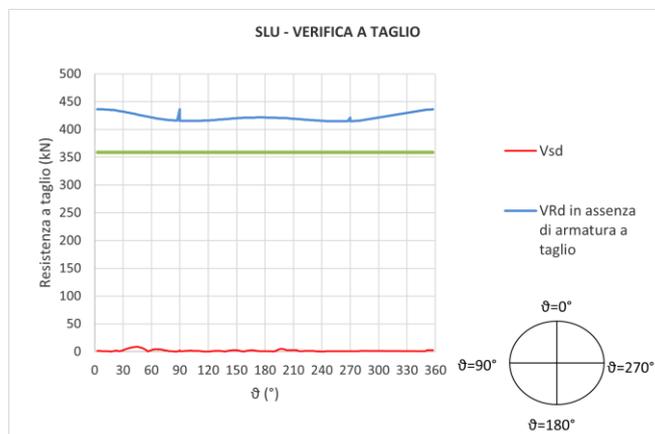


Figura 9-140: Verifica a taglio canna destra – Condizione Fase 5

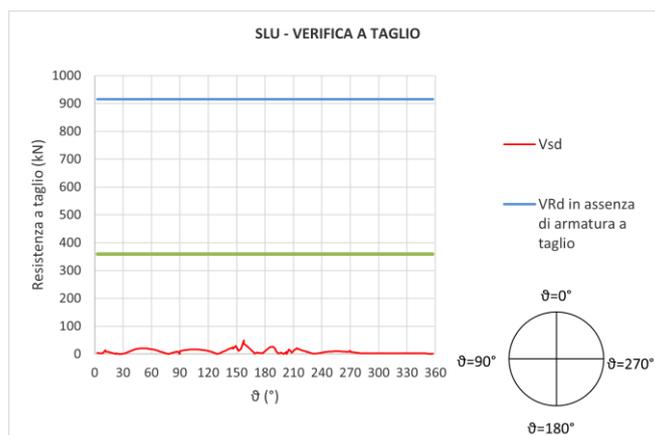


Figura 9-141: Verifica a taglio canna destra – L.T.

Dalle figure precedenti si osserva che non è mai necessaria armatura specifica al taglio.

Verifiche allo Stato Limite di Esercizio (S.L.E.)

Per le verifiche di fessurazione (SLE) si è assunto un valore limite di apertura delle fessure pari a $w_k=0.20$ mm in estradosso (condizioni ambientali aggressive, classe di esposizione XA2) e pari a $w_k=0.30$ mm in intradosso (condizioni ambientali ordinarie, classe di esposizione XC3), in accordo con quanto prescritto dalla Norma vigente ed una tensione massima nel calcestruzzo e nell'acciaio in accordo con quanto previsto dal DM 14/01/2008 (cfr. 10.2) Rif. [1].

Il copriferro netto (sul ferro più esterno) considerato nelle verifiche che seguono è assunto pari a 5 cm.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 127 di 312

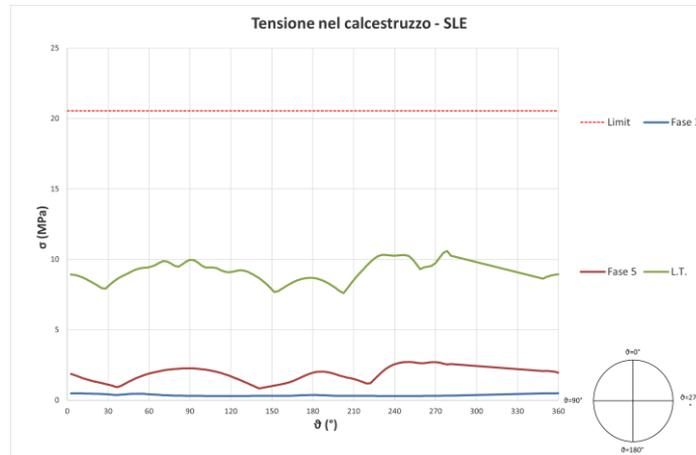


Figura 9-142: Stato tensionale cls canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

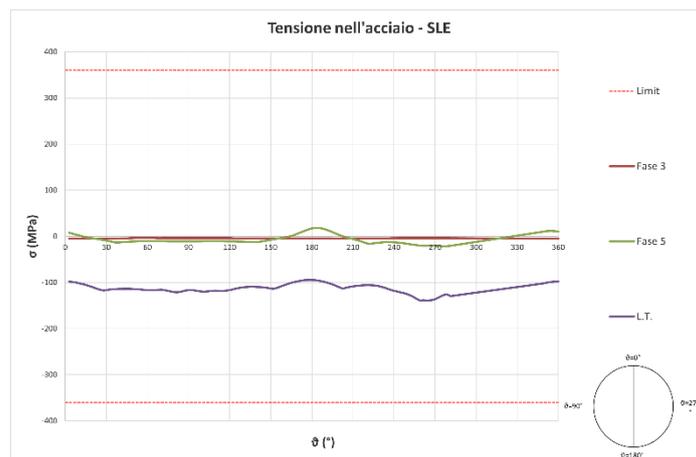


Figura 9-143: Stato tensionale acciaio canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

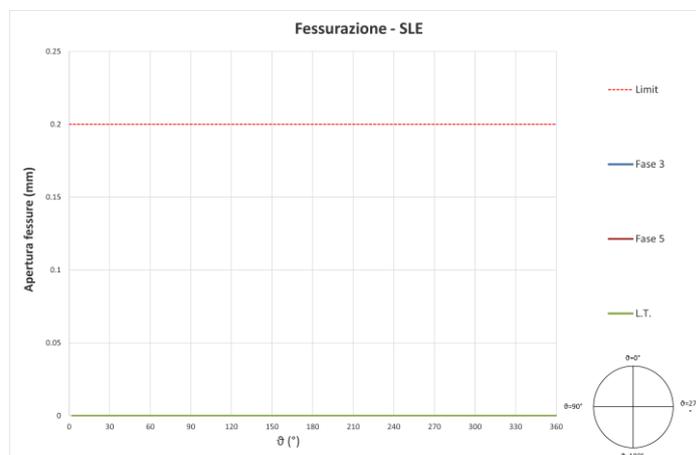


Figura 9-144: Stato di fessurazione canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 128 di 312



Figura 9-145: Stato tensionale cls canna destra (Fase5 – L.T.)

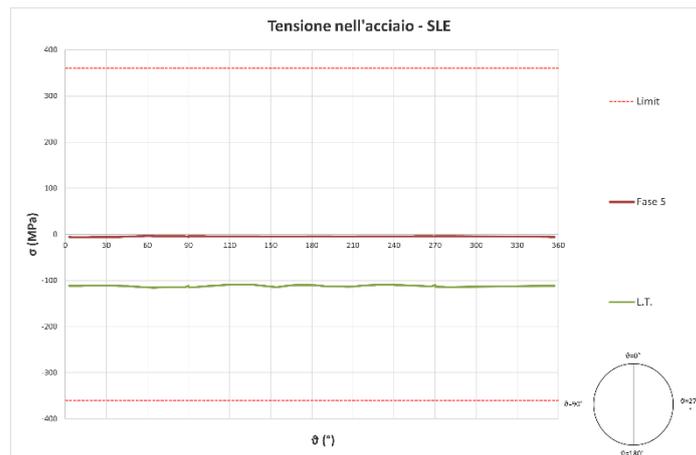


Figura 9-146: Stato tensionale acciaio canna destra (Fase5 - L.T.)

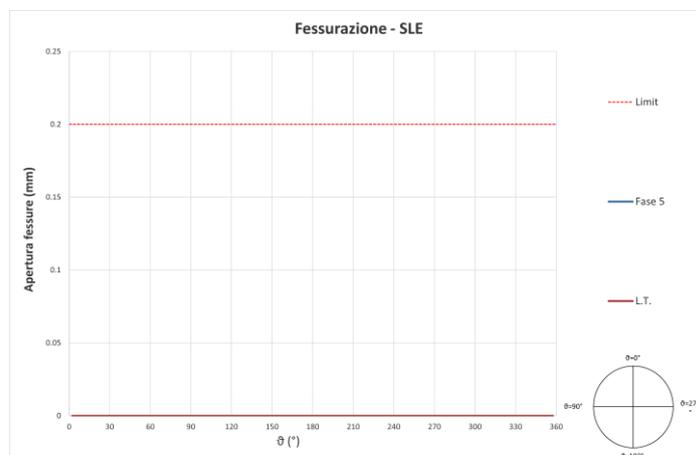


Figura 9-147: Stato di fessurazione canna destra (Fase5 - L.T.)

Dai grafici riportati si evince che le verifiche agli Stati Limite di Esercizio risultano tutte soddisfatte.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 129 di 312

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	PROGETTO ESECUTIVO					
Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST			
M Ingegneria						
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	130 di 312

9.9 SEZIONE 9 PK 20+450

9.9.1 Metodo delle curve caratteristiche

Al fine di definire quali siano le sollecitazioni agenti sul rivestimento in conci prefabbricati, si è fatto riferimento alla curva caratteristica per galleria scavata con fresa scudata utilizzando il programma di calcolo GV4, e assumendo un gioco radiale tra estradosso scudo e ammasso circostante pari a 6 cm. Inoltre, si è ipotizzata una lunghezza dello scudo pari a 11.115 m e che l'intasamento dell'anello avvenga a una distanza dal fronte conservativa pari a 9.496 m. Lo spessore dei conci prefabbricati è pari a 45 cm.

Come si può osservare dall'output del programma di calcolo riportato in Allegato 1 (di cui nel seguito, in Figura 9-148, si riporta solo un breve stralcio) in questo caso ne lo scudo ne l'anello di rivestimento giungono mai in contatto con l'ammasso roccioso circostante. Pertanto, è stato considerato come rilascio tensionale in corrispondenza della posa in opera dell'anello in conci prefabbricati il valore che si verifica alla distanza di 10.5 m dal fronte e pari a $\lambda = 0.999$.

Si sottolinea che l'assenza del contatto scudo-ammasso circostante è visibile anche dalla curva caratteristica riportata in Allegato 1.

R I S U L T A T O A N A L I S I G A L L E R I A	
Pressione fine calcolo [MPa] .....	.000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m] .....	.012917
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	7.048256
FRESA SCUDATA -----	
Raggio plastico al punto di equilibrio [m] .....	.00000
Pressione al punto di equilibrio [MPa] .....	.00000
Spostamento al punto di equilibrio [m] .....	.00375
Convergenza radiale scudo [m] .....	.00000
Tensione scudo [MPa] .....	.00000
Coefficiente di sicurezza scudo .....	.00000
Pressione rottura scudo [MPa]	2463.97104
Rigidità scudo [MPa]	2756.16850
Il rivestimento prefabbricato non entra in contatto con la roccia.	
RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----	
Raggio plastico punto di equilibrio [m] .....	.00000
Pressione punto di equilibrio [MPa] .....	.00000
Spostamento punto di equilibrio [MPa] .....	.06373
Spostamento galleria alla messa in opera [m] .....	.06373
Convergenza radiale rivestimento [m] .....	.00000
Tensione CLS [MPa] .....	.00000
Coefficiente di sicurezza CLS	1000000.00000
Pressione rottura CLS [MPa]	2.26076
Rigidità anello CLS [MPa]	3992.49340
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.999119

Figura 9-148: Output programma di calcolo GV4

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	131 di 312

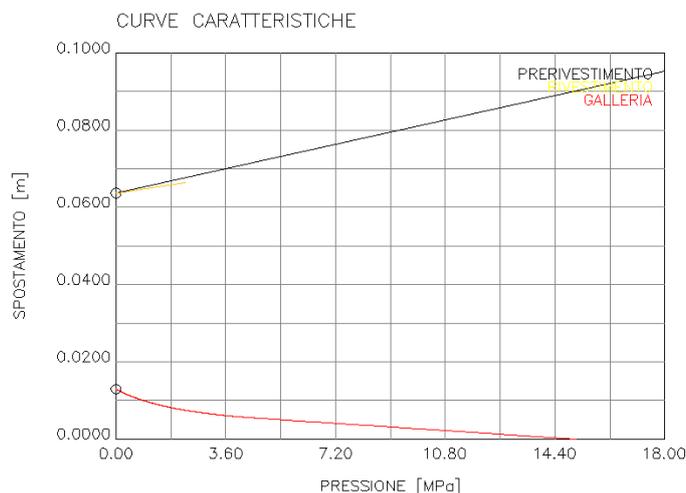
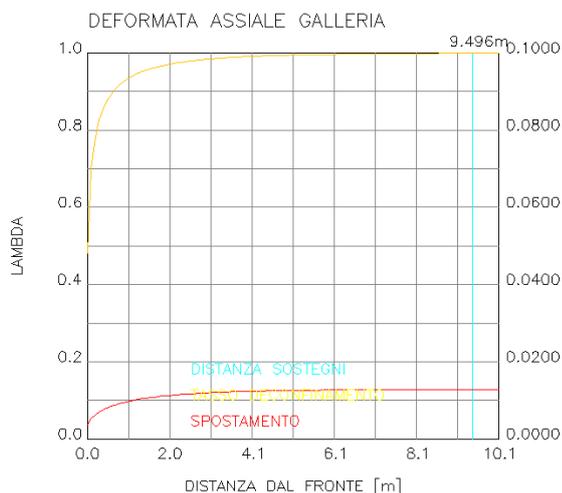


Fig. 9-149 – Definizione della preconvergenza della galleria prima della messa in opera dell’anello

9.9.1.1. Interazione galleria - terreno

Nella tabella seguente si riassumono i dati di input che caratterizzano la sezione geotecnica utilizzata per le analisi numeriche corrispondenti alla sezione di calcolo della sezione 9 della galleria Gardena.

Il modello costitutivo dell’ammasso è di tipo elasto-plastico “Mohr-Coulomb”.

Stratigrafia di calcolo	S	C	Falda	γ	c	ϕ	E	k₀
Formazione	[m]	[m]	[m da calotta]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]	[-]
BSSb	91	559	100	27	789	33	3500	0.9
BSSa	352			27	2053	35	14000	0.9
P	37			27	1957	35	11700	0.9
BSSa	133			27	2053	35	14000	0.9

S = spessore dello strato
C = copertura (rispetto alla calotta)
 γ = peso per unità di volume
c = coesione drenata
 ϕ = angolo di attrito interno
E = modulo elastico dell’ammasso roccioso
k₀ = coefficiente di spinta a riposo

Tabella 9-66: Parametri geotecnici di calcolo per l’analisi numerica della sezione a pk 20+450

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 132 di 312

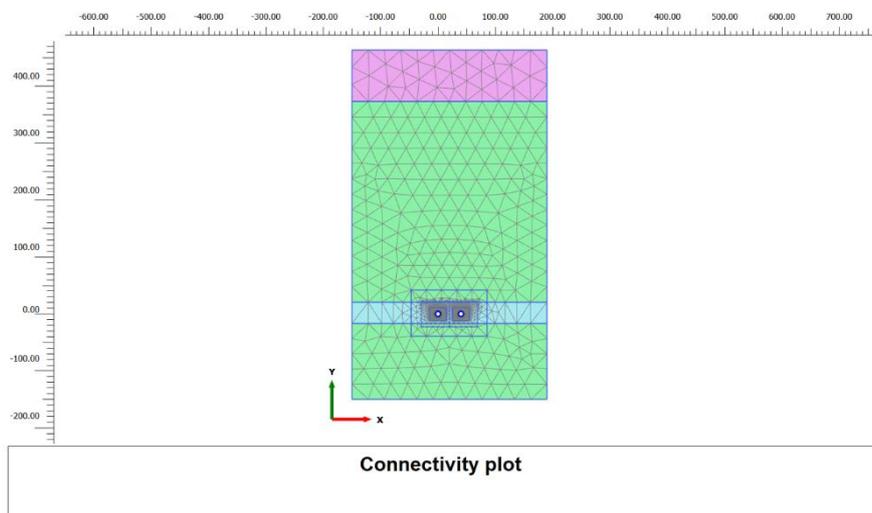


Figura 9-150: Geometria di analisi – Galleria Gardena pk 20+450

L'interazione galleria-terreno è stata valutata mediante una apposita analisi numerica FEM, utilizzando il codice di calcolo Plaxis 2D.

I bordi del modello numerico sono stati collocati sufficientemente lontani dalla galleria, in modo tale che le condizioni di vincolo ivi definite non interferiscano con i processi di scavo e costruzione in esame.

Il modello di calcolo è a doppia canna poiché l'interdistanza tra i due binari è pari a 40 m e dunque si considera la reciproca interazione tra lo scavo delle due canne.

Le fasi di analisi sono le seguenti:

0. Costruzione della geometria del modello;
1. Inizializzazione dello stato tensionale;
2. Rilascio parziale, in corrispondenza del rivestimento definitivo, dello stato tensionale sul contorno di scavo della canna sinistra pari al 99.9% ($\lambda=0.999$);
3. Attivazione del rivestimento costituito dall'anello universale in conci e rilascio completo (100%) dello stato tensionale al contorno di scavo della canna sinistra;
4. Rilascio parziale, in corrispondenza del rivestimento definitivo, dello stato tensionale sul contorno di scavo della canna destra pari al 99.9% ($\lambda=0.999$);
5. Attivazione del rivestimento costituito dall'anello universale in conci e rilascio completo (100%) dello stato tensionale al contorno di scavo della canna destra;
6. Applicazione di una pressione al contorno del cavo per simulare il carico idraulico agente a lungo termine.

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica a m di galleria, prive di fattori amplificativi, e le sollecitazioni adottate nelle verifiche strutturali; queste ultime risultano moltiplicate per il coefficiente $\gamma_G = 1.3$ e per la lunghezza del concio $b=1.8m$ mentre il momento, per considerare la riduzione della rigidità dovuta alla presenza dei giunti tra ciascun concio, viene moltiplicato per un coefficiente aggiuntivo ricavato mediante la formulazione di Wood $(1+\xi) = 1.31$.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 133 di 312

Fase 3_SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-22.59	-0.10	-0.01	-52.87	-0.29	-0.03
Nmin	-52.47	-0.22	0.01	-122.77	-0.67	0.03
Mmax	-45.92	0.19	-0.03	-107.45	0.60	-0.07
Mmin	-52.03	-0.27	-0.04	-121.75	-0.83	-0.09
Tmax	-37.99	-0.20	0.40	-88.90	-0.60	0.93
Tmin	-43.79	0.07	-0.32	-102.46	0.20	-0.74

Tabella 9-67: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (Fase 3)

Fase 5_SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-10.89	7.95	1.30	-25.48	24.37	3.04
Nmin	-503.74	-5.25	-0.43	-1178.74	-16.10	-1.00
Mmax	-14.87	13.71	-0.36	-34.81	42.02	-0.83
Mmin	-391.65	-9.56	-0.32	-916.46	-29.29	-0.76
Tmax	-282.67	-5.61	8.11	-661.45	-17.20	18.98
Tmin	-48.53	5.19	-9.04	-113.56	15.92	-21.14

Tabella 9-68: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (Fase 5)

L.T._SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-4552.08	-2.20	-16.01	-10651.87	-6.74	-37.47
Nmin	-4702.66	7.77	-3.04	-11004.21	23.83	-7.11
Mmax	-4591.12	14.42	0.12	-10743.22	44.21	0.28
Mmin	-4610.17	-53.14	0.36	-10787.79	-162.88	0.83
Tmax	-4635.37	-25.56	20.30	-10846.76	-78.34	47.50
Tmin	-4567.88	-22.08	-19.92	-10688.83	-67.67	-46.62

Tabella 9-69: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (L.T.)

Fase 5_DX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-39.31	-0.14	0.07	-91.99	-0.42	0.15
Nmin	-77.67	-0.20	-0.56	-181.76	-0.60	-1.31
Mmax	-75.15	0.49	-0.03	-175.85	1.49	-0.08
Mmin	-51.13	-0.58	0.00	-119.65	-1.77	0.01

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 134 di 312

Tmax	-64.20	-0.14	0.66	-150.23	-0.44	1.54
Tmin	-77.62	-0.07	-0.63	-181.64	-0.20	-1.47

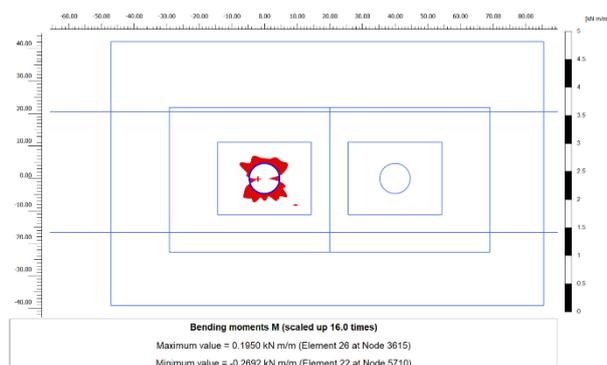
Tabella 9-70: Sollecitazioni sull'anello canna destra (Fase 5)

L.T._DX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-4591.86	-11.34	-0.55	-10744.95	-34.75	-1.29
Nmin	-4684.44	-11.37	0.38	-10961.58	-34.85	0.88
Mmax	-4593.23	-10.38	-0.01	-10748.16	-31.83	-0.03
Mmin	-4618.58	-16.01	-0.08	-10807.49	-49.07	-0.18
Tmax	-4598.26	-12.88	1.86	-10759.92	-39.48	4.35
Tmin	-4647.25	-13.70	-1.27	-10874.58	-41.98	-2.98

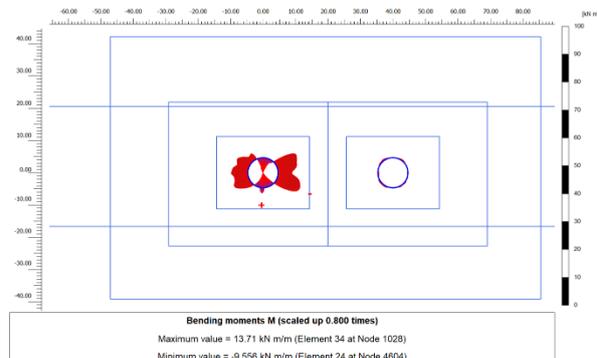
Tabella 9-71: Sollecitazioni sull'anello canna destra (L.T.)

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è condotta, in accordo con la vigente normativa, secondo il metodo degli stati limite, verificando la corrispondenza delle sezioni allo stato limite ultimo S.L.U. ed agli stati limite di esercizio S.L.E.

Lo sforzo normale è considerato negativo se di compressione, il momento flettente è considerato positivo se tende le fibre di intradosso del rivestimento. Si riportano di seguito i grafici relativi agli andamenti degli sforzi ottenuti dalla simulazione in Plaxis 2D:

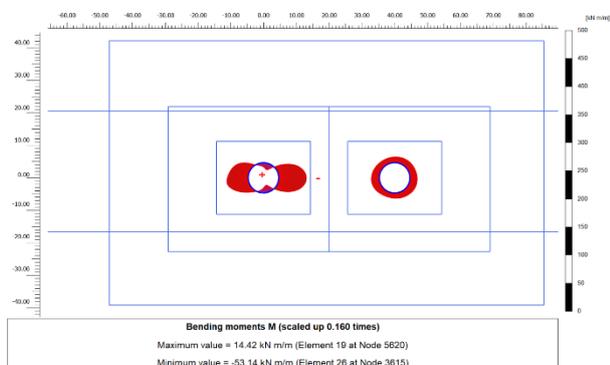


a)

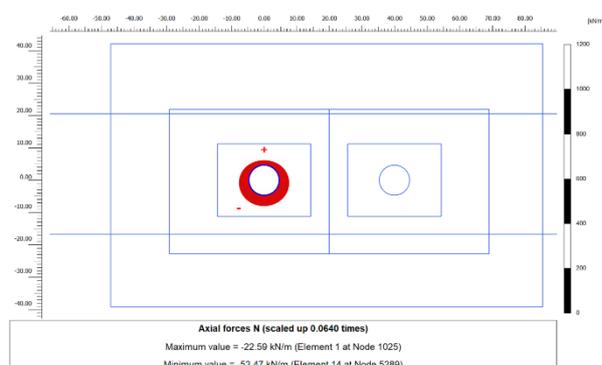


b)

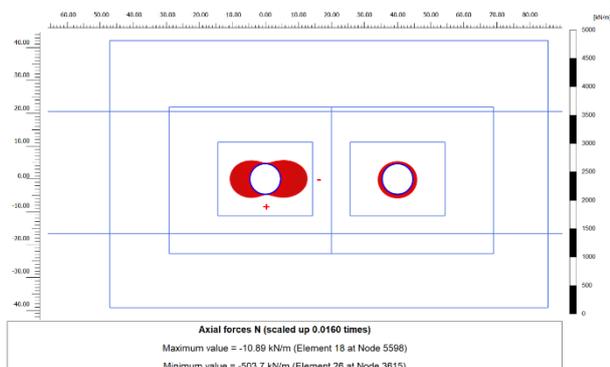
APPALTATORE:			PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"			
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria		PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 135 di 312



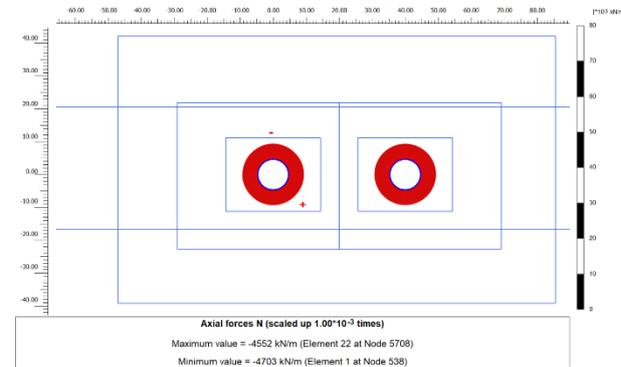
c)



d)



e)



f)

Figura 9-151: Diagrammi delle sollecitazioni M-N: a) M Fase 3; b) M Fase 5; c) M L.T.; d) N Fase 3; e) N Fase 5; f) N L.T.

Nel seguente paragrafo si riportano i domini di rottura e lo stato tensionale l'ipotesi costruttiva menzionata al §8.1 considerando in questa sezione l'applicazione del concio Tipo A.

9.9.2 Verifiche

Nel seguente paragrafo si riportano le verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU), agli Stati Limite di Esercizio (SLE) durante la fase operativa secondo quanto descritto all'interno dell'elaborato IBOU1BEZZRHGN0000003.

Verifiche a presso-flessione allo Stato Limite Ultimo (S.L.U.)

I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 136 di 312

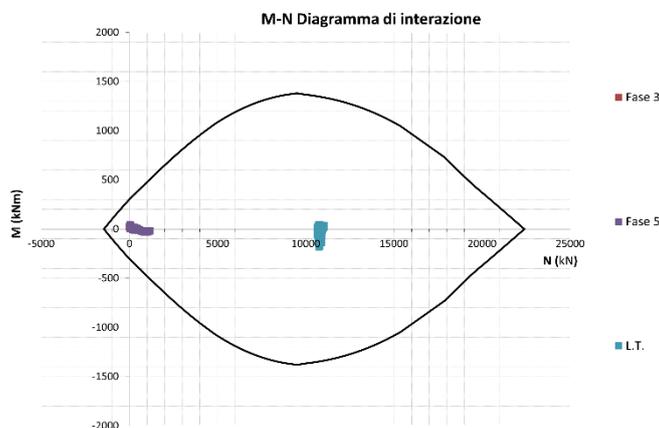


Figura 9-152: Dominio M-N (Fase 3 - Fase 5 - L.T.) – Canna Sinistra

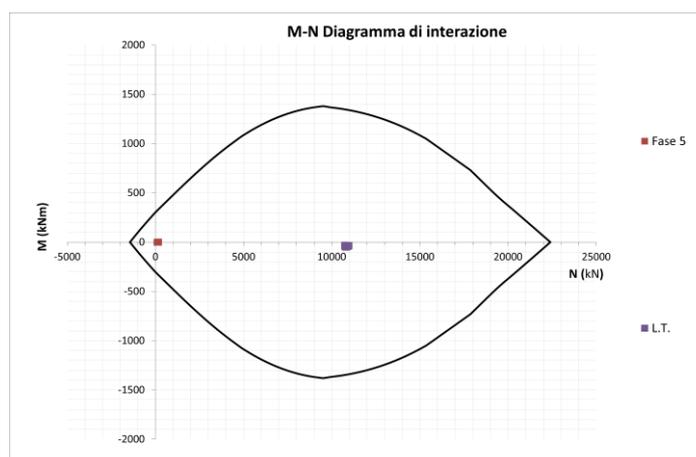


Figura 9-153: Dominio M-N (Fase 5 - L.T.) – Canna Destra

Verifica a taglio allo SLU

Nella figura seguente si riportano le verifiche allo SLU delle sezioni più significative. I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente pari ad 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica. È stata verificata la sollecitazione di taglio al variare dell'angolo θ che descrive l'anello, nella fase più critica.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 137 di 312

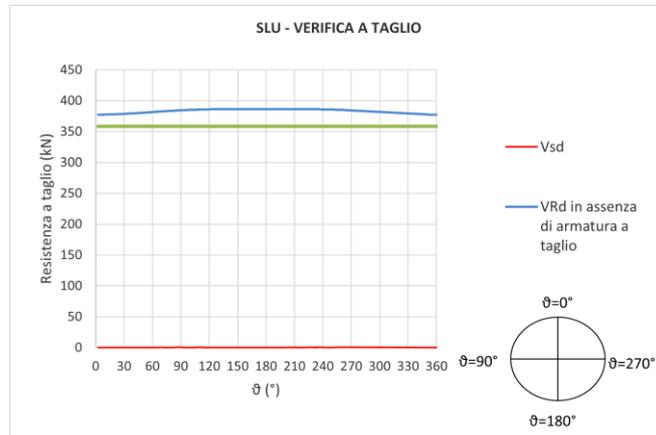


Figura 9-154: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione Fase 3

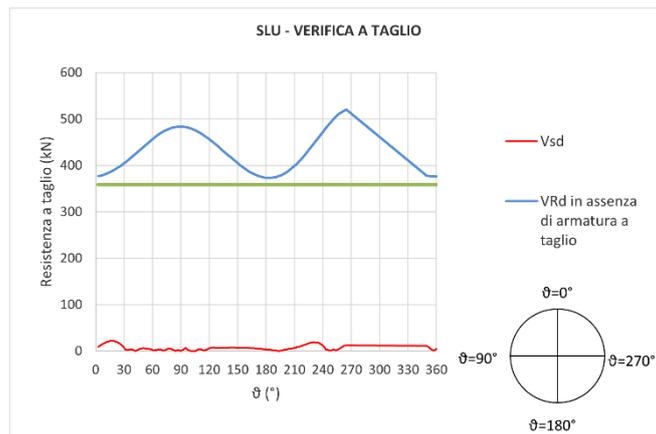


Figura 9-155: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione Fase 5

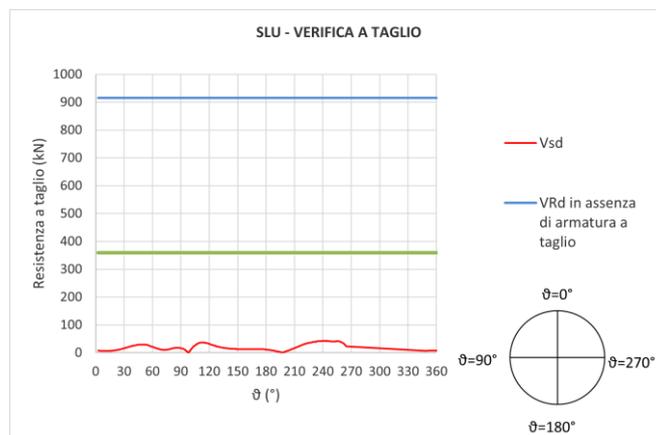


Figura 9-156: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 138 di 312

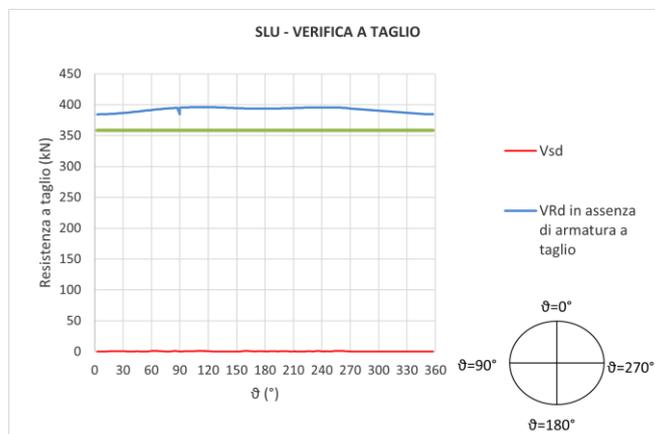


Figura 9-157: Verifica a taglio canna destra – Condizione Fase 5

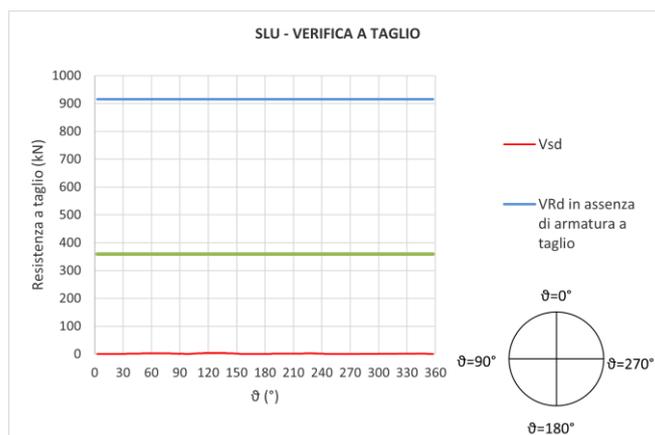


Figura 9-158: Verifica a taglio canna destra – L.T.

Dalle figure precedenti si osserva che non è mai necessaria armatura specifica al taglio.

Verifiche allo Stato Limite di Esercizio (S.L.E.)

Per le verifiche di fessurazione (SLE) si è assunto un valore limite di apertura delle fessure pari a $w_k=0.20$ mm in estradosso (condizioni ambientali aggressive, classe di esposizione XA2) e pari a $w_k=0.30$ mm in intradosso (condizioni ambientali ordinarie, classe di esposizione XC3), in accordo con quanto prescritto dalla Norma vigente ed una tensione massima nel calcestruzzo e nell'acciaio in accordo con quanto previsto dal DM 14/01/2008 (cfr. 10.2) Rif. [1].

Il copriferro netto (sul ferro più esterno) considerato nelle verifiche che seguono è assunto pari a 5 cm.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 139 di 312

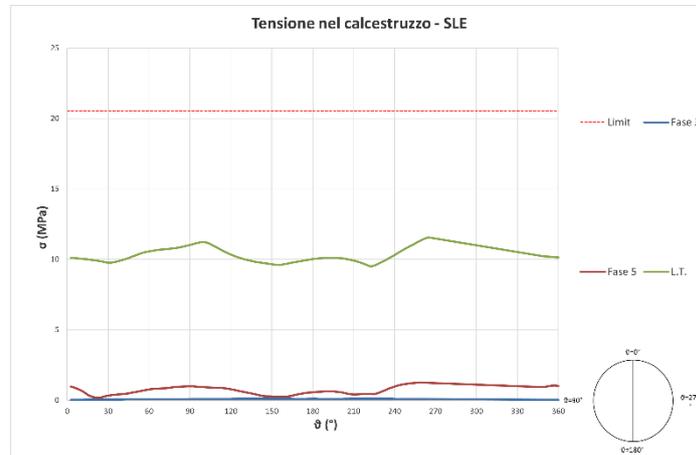


Figura 9-159: Stato tensionale cls canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

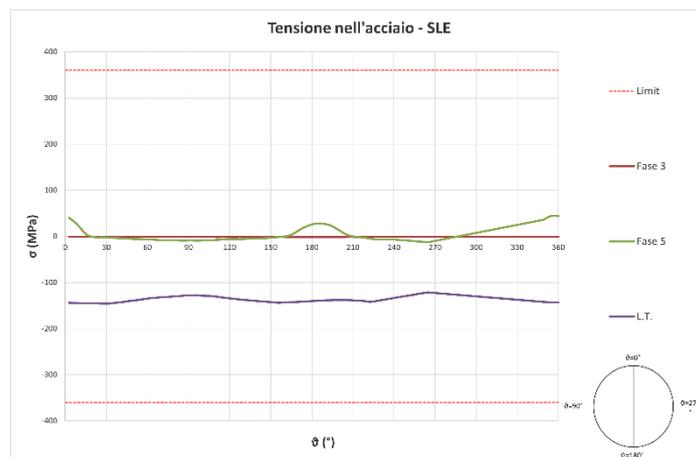


Figura 9-160: Stato tensionale acciaio canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

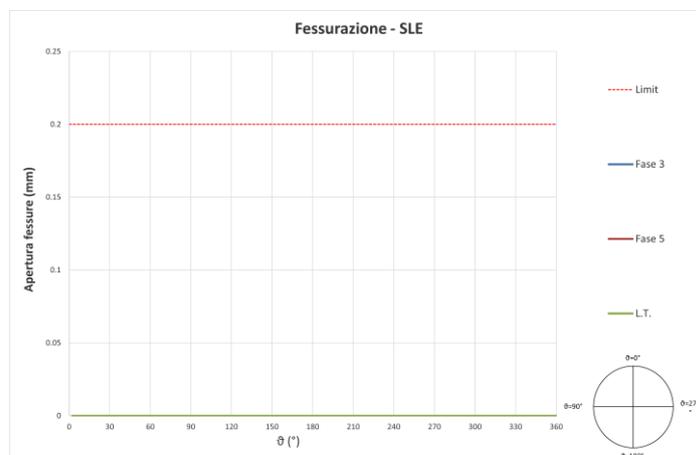


Figura 9-161: Stato di fessurazione canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 140 di 312

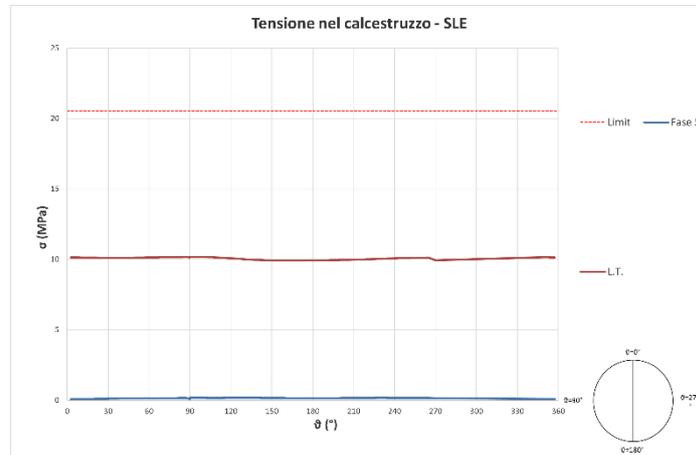


Figura 9-162: Stato tensionale cls canna destra (Fase5 – L.T.)

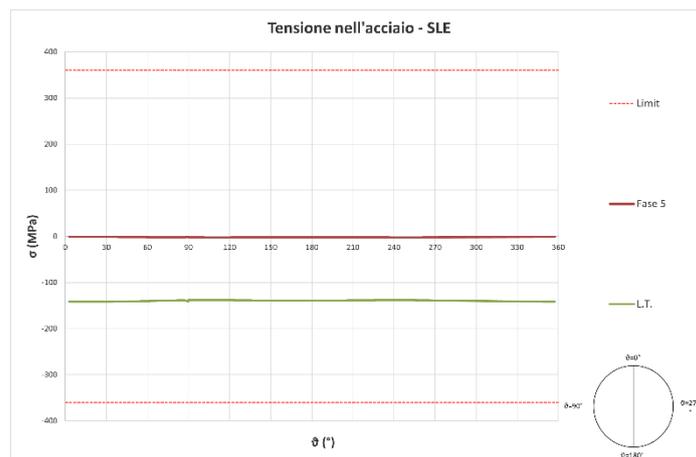


Figura 9-163: Stato tensionale acciaio canna destra (Fase5 - L.T.)

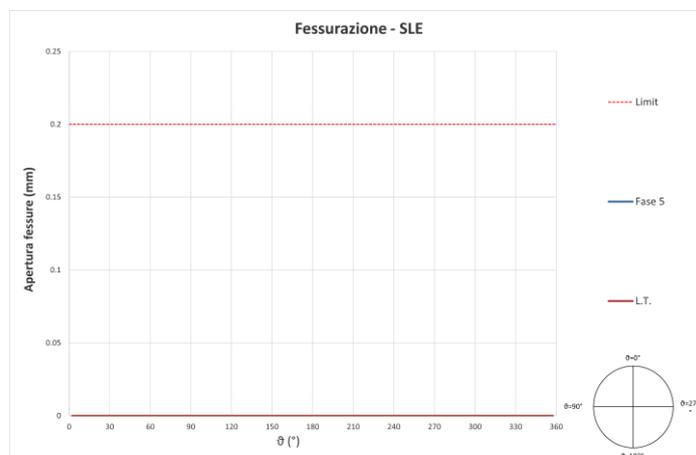


Figura 9-164: Stato di fessurazione canna destra (Fase5 - L.T.)

Dai grafici riportati si evince che le verifiche agli Stati Limite di Esercizio risultano tutte soddisfatte.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C 141 di 312

9.10 SEZIONE 10 PK 21+275

9.10.1 Metodo delle curve caratteristiche

Al fine di definire quali siano le sollecitazioni agenti sul rivestimento in conci prefabbricati, si è fatto riferimento alla curva caratteristica per galleria scavata con fresa scudata utilizzando il programma di calcolo GV4, e assumendo un gioco radiale tra estradosso scudo e ammasso circostante pari a 6 cm. Inoltre, si è ipotizzata una lunghezza dello scudo pari a 11.115 m e che l'intasamento dell'anello avvenga a una distanza dal fronte conservativa pari a 9.496 m. Lo spessore dei conci prefabbricati è pari a 45 cm.

Come si può osservare dall'output del programma di calcolo riportato in Allegato 1 (di cui nel seguito, in Figura 9-165, si riporta solo un breve stralcio) in questo caso ne lo scudo ne l'anello di rivestimento giungono mai in contatto con l'ammasso roccioso circostante. Pertanto, è stato considerato come rilascio tensionale in corrispondenza della posa in opera dell'anello in conci prefabbricati il valore che si verifica alla distanza di 10.5 m dal fronte e pari a $\lambda = 0.998$.

Si sottolinea che l'assenza del contatto scudo-ammasso circostante è visibile anche dalla curva caratteristica riportata in Allegato 1.

R I S U L T A T O A N A L I S I G A L L E R I A

Pressione fine calcolo [MPa] .....	.000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m] .....	.052484
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	9.067286
FRESA SCUDATA -----	
Raggio plastico al punto di equilibrio [m] .....	.00000
Pressione al punto di equilibrio [MPa] .....	.00000
Spostamento al punto di equilibrio [m] .....	.01522
Convergenza radiale scudo [m] .....	.00000
Tensione scudo [MPa] .....	.00000
Coefficiente di sicurezza scudo .....	.00000
Pressione rottura scudo [MPa]	2463.97104
Rigidezza scudo [MPa]	2756.16850
Il rivestimento prefabbricato non entra in contatto con la roccia.	
RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----	
Raggio plastico punto di equilibrio [m] .....	.00000
Pressione punto di equilibrio [MPa] .....	.00000
Spostamento punto di equilibrio [MPa] .....	.07519
Spostamento galleria alla messa in opera [m] .....	.07519
Convergenza radiale rivestimento [m] .....	.00000
Tensione CLS [MPa] .....	.00000
Coefficiente di sicurezza CLS	1000000.00000
Pressione rottura CLS [MPa]	2.26076
Rigidezza anello CLS [MPa]	3992.49340
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.997642

Figura 9-165: Output programma di calcolo GV4

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 142 di 312

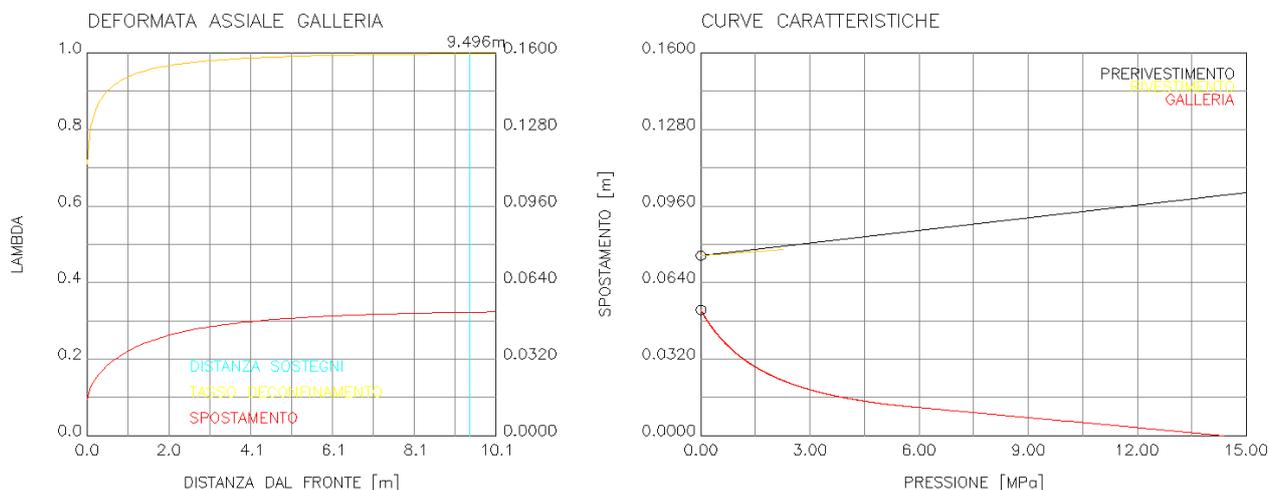


Fig. 9-166 – Definizione della preconvergenza della galleria prima della messa in opera dell’anello

9.10.1.1. Interazione galleria - terreno

Nella tabella seguente si riassumono i dati di input che caratterizzano la sezione geotecnica utilizzata per le analisi numeriche corrispondenti alla sezione di calcolo della sezione 10 della galleria Gardena.

Il modello costitutivo dell’ammasso è di tipo elasto-plastico “Mohr-Coulomb”.

Stratigrafia di calcolo	S	C	Falda	γ	c	ϕ	E	k0
Formazione	[m]	[m]	[m da calotta]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]	[-]
BSSa Danneggiamento 8*	686	532	80	27	1278	31	4300	0.9

S = spessore dello strato
C = copertura (rispetto alla calotta)
 γ = peso per unità di volume
c = coesione drenata
 ϕ = angolo di attrito interno
E = modulo elastico dell’ammasso roccioso
k₀ = coefficiente di spinta a riposo

Tabella 9-72: Parametri geotecnici di calcolo per l’analisi numerica della sezione a pk 21+275

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 143 di 312

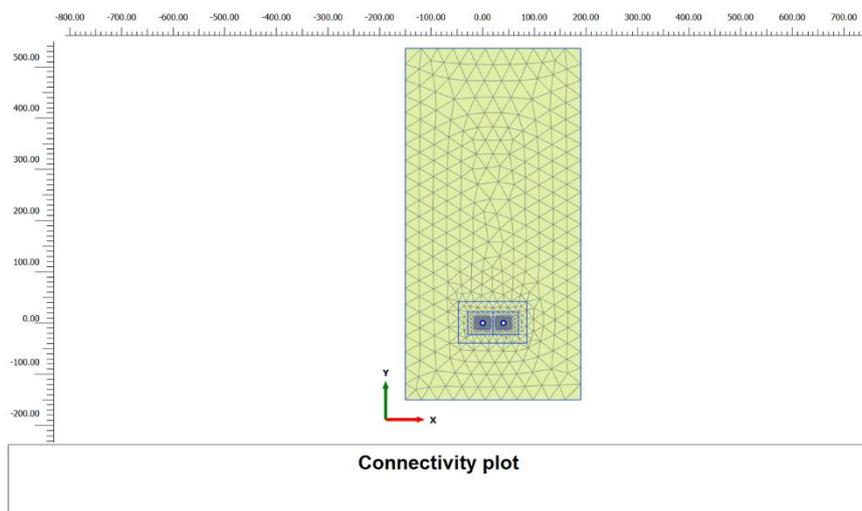


Figura 9-167: Geometria di analisi – Galleria Gardena pk 21+275

L'interazione galleria-terreno è stata valutata mediante una apposita analisi numerica FEM, utilizzando il codice di calcolo Plaxis 2D.

I bordi del modello numerico sono stati collocati sufficientemente lontani dalla galleria, in modo tale che le condizioni di vincolo ivi definite non interferiscano con i processi di scavo e costruzione in esame.

Il modello di calcolo è a doppia canna poiché l'interdistanza tra i due binari è pari a 40 m e dunque si considera la reciproca interazione tra lo scavo delle due canne.

Le fasi di analisi sono le seguenti:

0. Costruzione della geometria del modello;
1. Inizializzazione dello stato tensionale;
2. Rilascio parziale, in corrispondenza del rivestimento definitivo, dello stato tensionale sul contorno di scavo della canna sinistra pari al 99.8% ($\lambda=0.998$);
3. Attivazione del rivestimento costituito dall'anello universale in conci e rilascio completo (100%) dello stato tensionale al contorno di scavo della canna sinistra;
4. Rilascio parziale, in corrispondenza del rivestimento definitivo, dello stato tensionale sul contorno di scavo della canna destra pari al 99.8% ($\lambda=0.998$);
5. Attivazione del rivestimento costituito dall'anello universale in conci e rilascio completo (100%) dello stato tensionale al contorno di scavo della canna destra;
6. Applicazione di una pressione al contorno del cavo per simulare il carico idraulico agente a lungo termine.

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica a m di galleria, prive di fattori amplificativi, e le sollecitazioni adottate nelle verifiche strutturali; queste ultime risultano moltiplicate per il coefficiente $\gamma_G = 1.3$ e per la lunghezza del concio $b=1.8m$ mentre il momento, per considerare la riduzione della rigidità dovuta alla presenza dei giunti tra ciascun concio, viene moltiplicato per un coefficiente aggiuntivo ricavato mediante la formulazione di Wood $(1+\xi) = 1.31$.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 144 di 312

Fase 3_SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-192.66	-0.91	-0.36	-450.82	-2.80	-0.85
Nmin	-270.53	2.03	-1.12	-633.04	6.21	-2.63
Mmax	-266.60	2.64	-0.11	-623.84	8.08	-0.25
Mmin	-220.81	-4.27	0.39	-516.68	-13.09	0.91
Tmax	-242.97	-0.56	3.99	-568.54	-1.73	9.33
Tmin	-239.23	-1.27	-3.29	-559.80	-3.89	-7.69

Tabella 9-73: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (Fase 3)

Fase 5_SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-421.31	35.48	6.13	-985.86	108.77	14.35
Nmin	-1178.82	-27.75	1.10	-2758.45	-85.06	2.58
Mmax	-496.35	39.02	-0.40	-1161.47	119.61	-0.94
Mmin	-1016.32	-34.43	2.31	-2378.19	-105.54	5.40
Tmax	-775.85	-1.72	29.28	-1815.50	-5.29	68.51
Tmin	-781.18	-6.84	-28.28	-1827.95	-20.95	-66.18

Tabella 9-74: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (Fase 5)

L.T._SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-3567.69	31.25	4.14	-8348.38	95.80	9.68
Nmin	-4687.64	-5.00	20.68	-10969.09	-15.33	48.39
Mmax	-3666.03	32.49	1.84	-8578.50	99.61	4.31
Mmin	-4373.75	-55.30	-6.59	-10234.58	-169.53	-15.41
Tmax	-4558.97	-30.57	46.49	-10668.00	-93.70	108.78
Tmin	-4476.49	-38.81	-61.24	-10474.99	-118.97	-143.31

Tabella 9-75: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (L.T.)

Fase 5_DX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-196.50	-1.15	-0.36	-459.82	-3.52	-0.85
Nmin	-278.01	1.02	-0.01	-650.54	3.12	-0.01
Mmax	-263.62	3.58	0.24	-616.86	10.98	0.56
Mmin	-225.06	-5.05	-0.21	-526.64	-15.48	-0.49

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 145 di 312

Tmax	-240.95	-0.19	5.07	-563.83	-0.59	11.85
Tmin	-238.81	-2.08	-4.69	-558.82	-6.37	-10.98

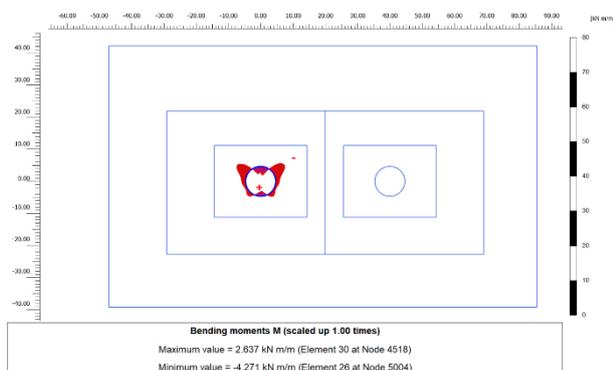
Tabella 9-76: Sollecitazioni sull'anello canna destra (Fase 5)

L.T._DX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-3674.91	-8.71	-3.13	-8599.30	-26.70	-7.32
Nmin	-3849.00	-15.52	-11.03	-9006.65	-47.57	-25.81
Mmax	-3741.47	-0.44	-2.67	-8755.03	-1.34	-6.25
Mmin	-3846.81	-18.14	-0.80	-9001.53	-55.60	-1.88
Tmax	-3745.03	-6.56	15.48	-8763.37	-20.10	36.21
Tmin	-3759.16	-3.57	-19.95	-8796.43	-10.95	-46.69

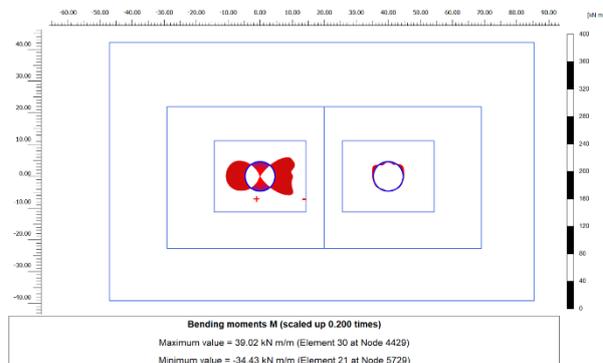
Tabella 9-77: Sollecitazioni sull'anello canna destra (L.T.)

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è condotta, in accordo con la vigente normativa, secondo il metodo degli stati limite, verificando la corrispondenza delle sezioni allo stato limite ultimo S.L.U. ed agli stati limite di esercizio S.L.E.

Lo sforzo normale è considerato negativo se di compressione, il momento flettente è considerato positivo se tende le fibre di intradosso del rivestimento. Si riportano di seguito i grafici relativi agli andamenti degli sforzi ottenuti dalla simulazione in Plaxis 2D:

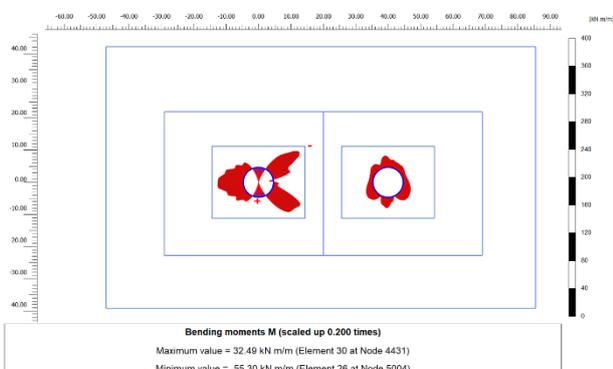


a)

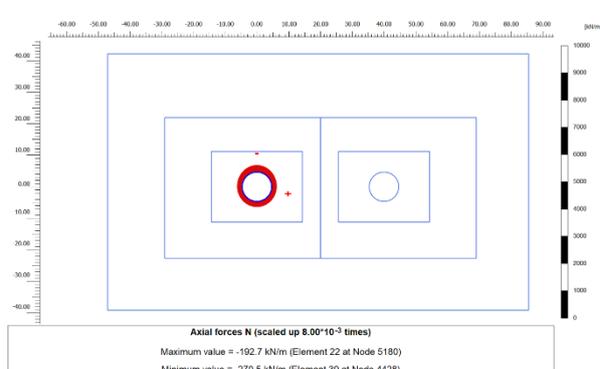


b)

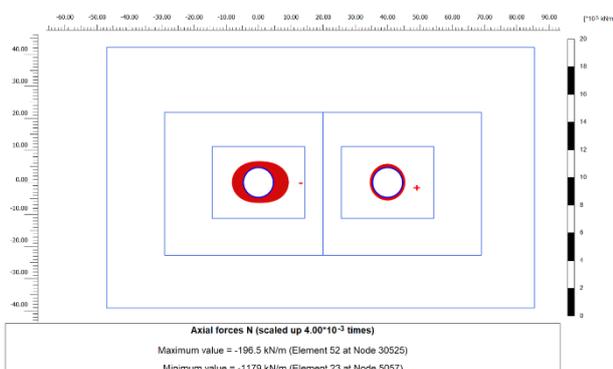
APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 146 di 312



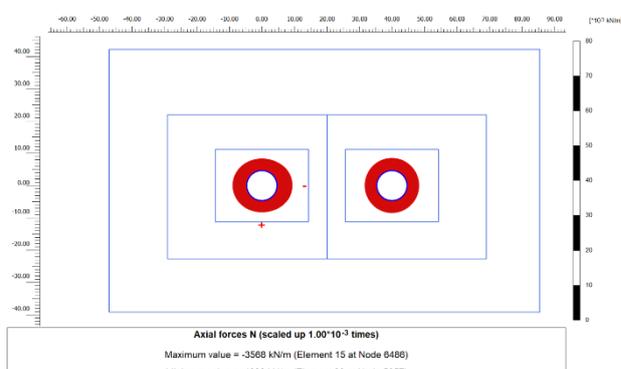
c)



d)



e)



f)

Figura 9-168: Diagrammi delle sollecitazioni M-N: a) M Fase 3; b) M Fase 5; c) M L.T.; d) N Fase 3; e) N Fase 5; f) N L.T.

Nel seguente paragrafo si riportano i domini di rottura e lo stato tensionale l'ipotesi costruttiva menzionata al §8.1 considerando in questa sezione l'applicazione del concio Tipo A.

9.10.2 Verifiche

Nel seguente paragrafo si riportano le verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU), agli Stati Limite di Esercizio (SLE) durante la fase operativa secondo quanto descritto all'interno dell'elaborato IBOU1BEZZRHGN0000003.

Verifiche a presso-flessione allo Stato Limite Ultimo (S.L.U.)

I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 147 di 312

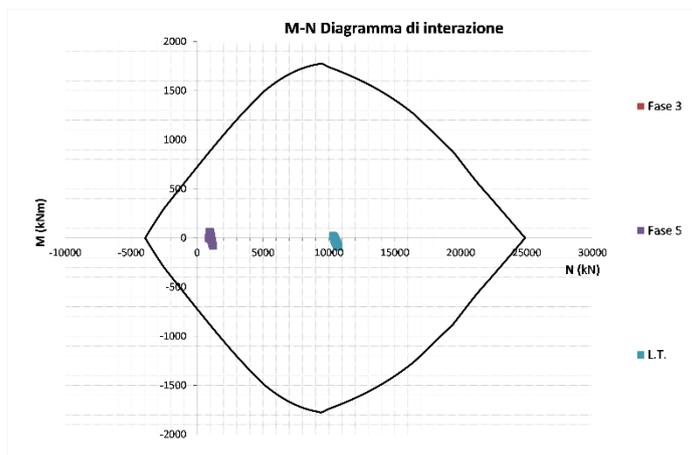


Figura 9-169: Dominio M-N (Fase 3 - Fase 5 - L.T.) – Canna Sinistra

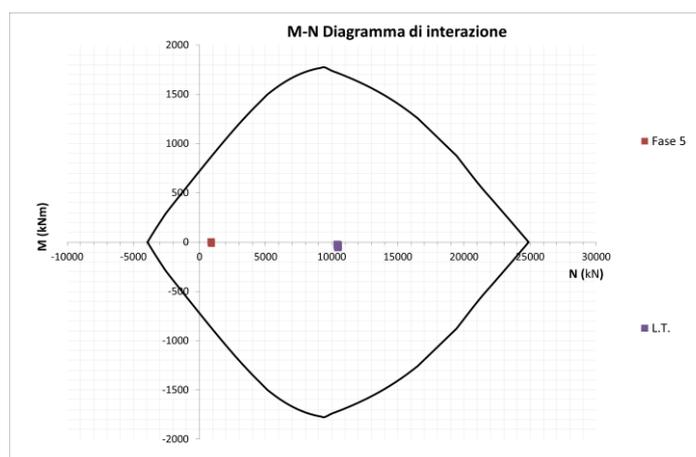


Figura 9-170: Dominio M-N (Fase 5 - L.T.) – Canna Destra

Verifica a taglio allo SLU

Nella figura seguente si riportano le verifiche allo SLU delle sezioni più significative. I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente pari ad 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica. È stata verificata la sollecitazione di taglio al variare dell'angolo θ che descrive l'anello, nella fase più critica.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 148 di 312

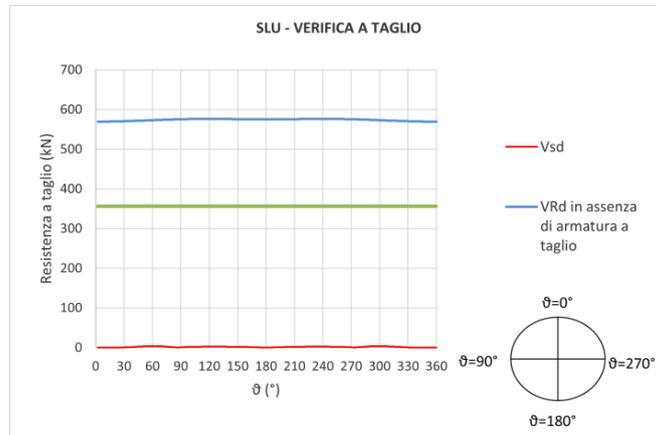


Figura 9-171: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione Fase 3

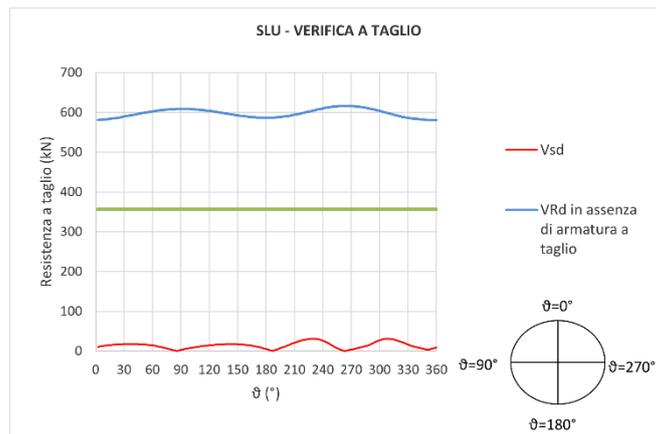


Figura 9-172: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione Fase 5

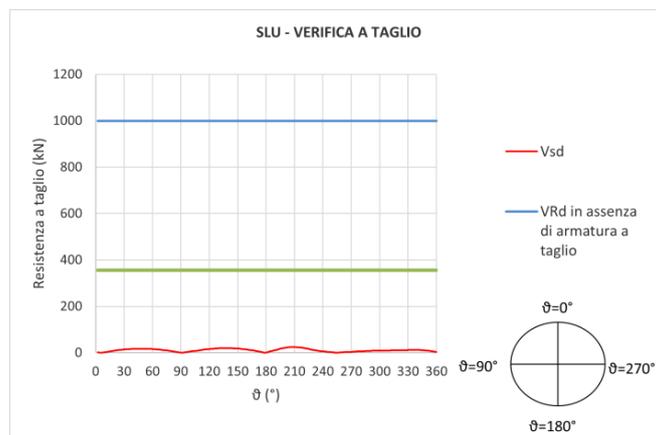


Figura 9-173: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 149 di 312

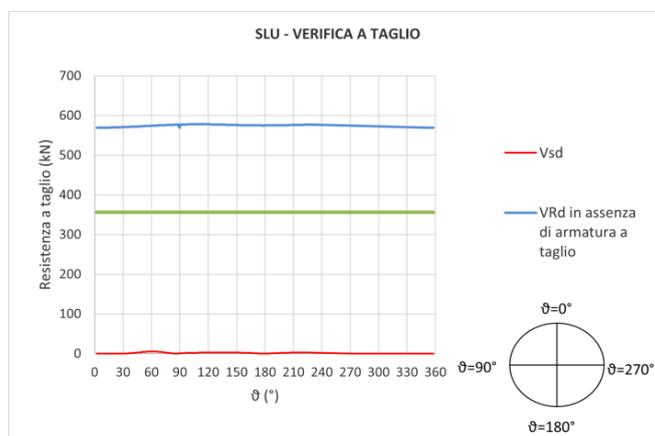


Figura 9-174: Verifica a taglio canna destra – Condizione Fase 5

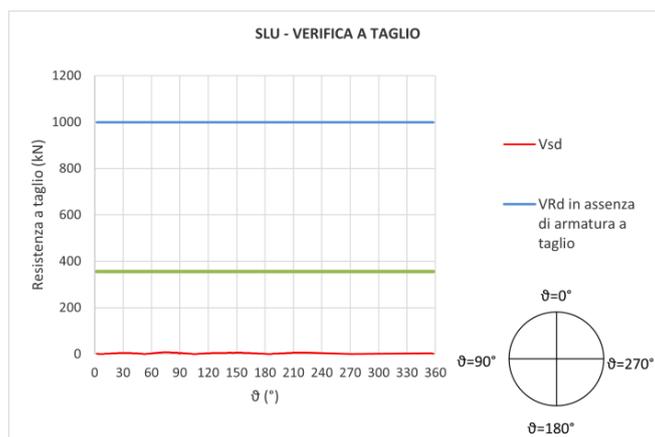


Figura 9-175: Verifica a taglio canna destra – L.T.

Dalle figure precedenti si osserva che non è mai necessaria armatura specifica al taglio.

Verifiche allo Stato Limite di Esercizio (S.L.E.)

Per le verifiche di fessurazione (SLE) si è assunto un valore limite di apertura delle fessure pari a $w_k=0.20$ mm in estradosso (condizioni ambientali aggressive, classe di esposizione XA2) e pari a $w_k=0.30$ mm in intradosso (condizioni ambientali ordinarie, classe di esposizione XC3), in accordo con quanto prescritto dalla Norma vigente ed una tensione massima nel calcestruzzo e nell'acciaio in accordo con quanto previsto dal DM 14/01/2008 (cfr. 10.2) Rif. [1].

Il copriferro netto (sul ferro più esterno) considerato nelle verifiche che seguono è assunto pari a 5 cm.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 150 di 312

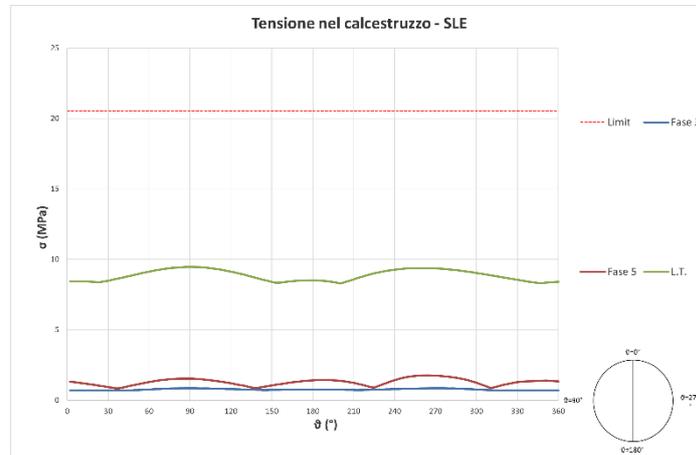


Figura 9-176: Stato tensionale cls canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

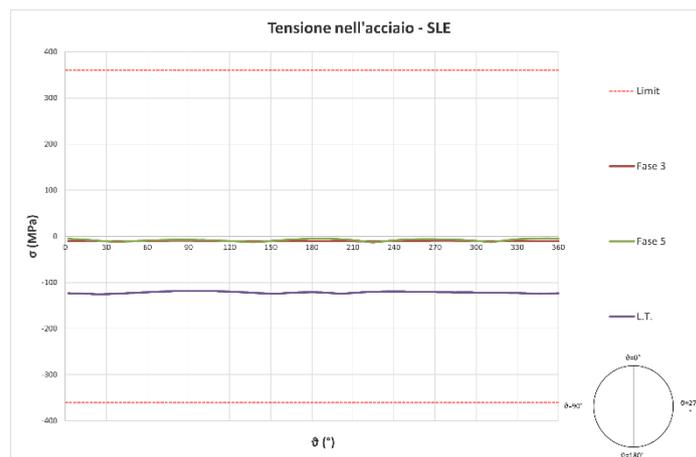


Figura 9-177: Stato tensionale acciaio canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

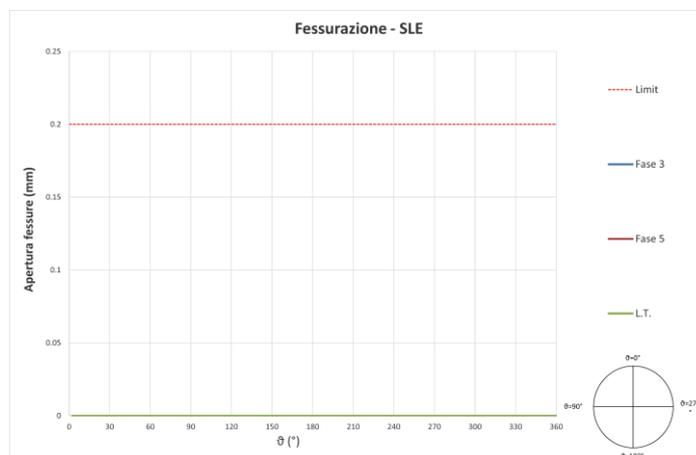


Figura 9-178: Stato di fessurazione canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 151 di 312

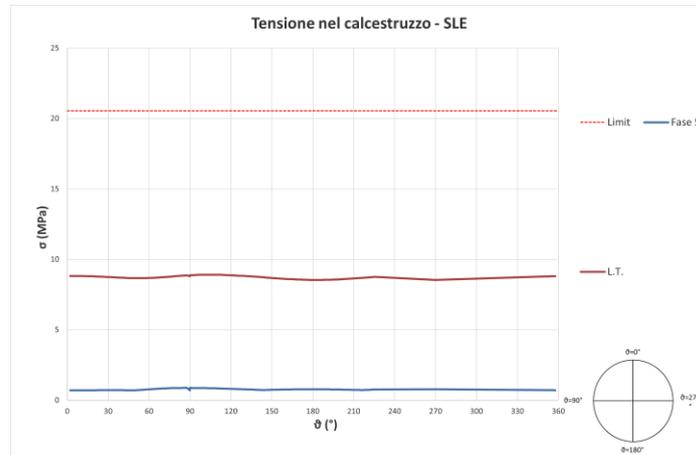


Figura 9-179: Stato tensionale cls canna destra (Fase5 – L.T.)

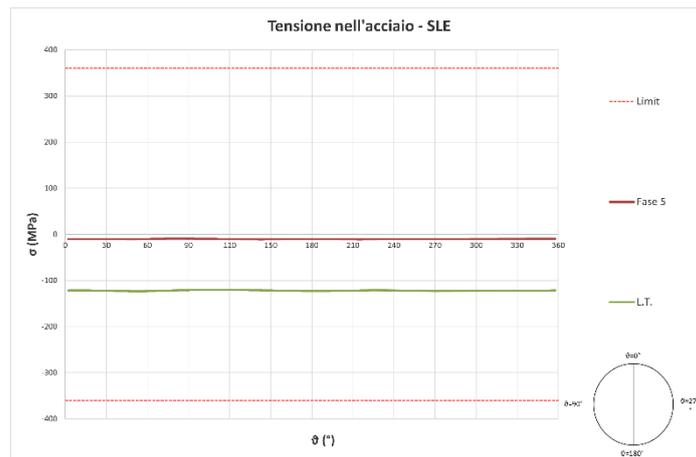


Figura 9-180: Stato tensionale acciaio canna destra (Fase5 - L.T.)

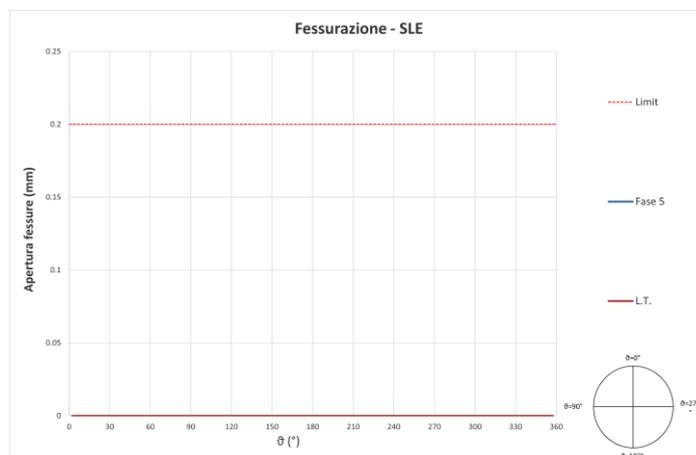


Figura 9-181: Stato di fessurazione canna destra (Fase5 - L.T.)

Dai grafici riportati si evince che le verifiche agli Stati Limite di Esercizio risultano tutte soddisfatte.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatari:	SWS Engineering S.p.A. PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	152 di 312

10. ANALISI DELLA GESTIONE DEL RISCHIO DELLO SCAVO IN TBM NELLE FILLADI CARBONIOSE

Le analisi svolte in fase di progettazione definitiva avevano identificato, per la zona delle filladi carboniose, tra le progressive 17+450 (BD) fino alla 18+600 (BD) circa, la possibilità di deformazioni viscosi cioè squeezing dovuta alla combinazione un tunnel profondo in ammasso scadente.

Le analisi basate sui metodi empirici, svolte in Progettazione Esecutiva hanno confermato quanto già dichiarato in fase di Progettazione Definitiva. In progettazione esecutiva sono stati realizzati i sondaggi integrativi da cui sono state estratte le carote per le prove triassiali descritte nel paragrafo 9.7.4 (Analisi rischio squeezing) ed utilizzate per le analisi numeriche a lungo termine. Tali analisi, al contrario di quanto ricavato dai metodi empirici, sembrano non mostrare un comportamento tipo viscoso dell'ammasso.

Sebbene queste verifiche siano soddisfatte, nelle ipotesi progettuali considerate, le analisi condotte per simulare la fase di scavo hanno portato a definire due interventi atti a stabilizzare il cavo ed il fronte:

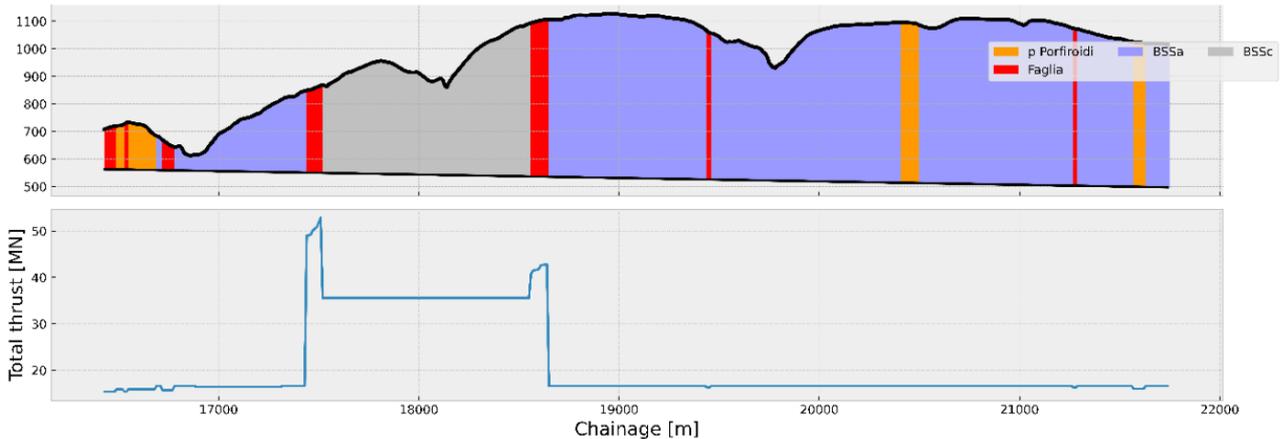
- Sovrascavo di 10 cm sul raggio per ridurre la probabilità di contatto scudo/roccia e quindi le spinte dalla macchina
- Pressione al fronte sistematica per limitare i possibili fenomeni estrusivi essendo il comportamento tra classe B (instabile a breve termine) e C (instabile)

Queste considerazioni partono da una caratterizzazione geotecnica, basata sui dati disponibili, che dovrà necessariamente essere confermata in fase di progettazione esecutiva di dettaglio tramite una procedura del rischio dello scavo in TBM per rocce di caratteristiche scadenti e, in cantiere tramite prospezioni geofisiche in avanzamento (TSP) e sondaggio in avanzamento previsto nelle zone di faglie 5 e 6 di lunghezza 150 m per poter identificare i materiali che si attraverseranno in entrata ed uscita dal tratto in filladi carboniose, in presenza di zone di faglia.

Nel tratto in avanzamento in filladi carboniose, invece si prevedono le indagini geofisiche in avanzamento e laddove i valori di spinta siano maggiori di 45 MN, si procederà alle iniezioni di grasso per evitare incrementi di spinta con possibili rischi di bloccaggio della macchina.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 153 di 312

GN02 - Gardena
Total thrust



Nella progettazione esecutiva di dettaglio verrà fornito un sistema di analisi e gestione del rischio elencando le varie attuazioni per evitare il possibile blocco della TBM in caso le caratteristiche geotecniche dell'ammasso siano diverse.

11. VERIFICA NEI RIGUARDI DELL'ESPOSIZIONE AL FUOCO

Per i dettagli delle verifiche nei riguardi dell'esposizione al fuoco si rimanda all'elaborato IBOU1BEZZRHGN0000003.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 154 di 312

12. RISULTATI DEI CALCOLI

Dalle analisi riportate al capitolo 9 si evince che in corrispondenza delle zone di faglia più critiche risulta necessario installare i conci di tipo B, mentre per le tratte restanti si prevede l'installazione di tipo A.

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva delle tipologie di conci previste per ogni sezione analizzata:

	SEZIONE DI CALCOLO	UNITÀ	TIPO CONCIO A	TIPO CONCIO B	TIPO CONCIO C
1	16+450	P Faglia	X		
2	16+540	P Faglia	X		
3	16+750	BSSa Faglia		X	
4	17+475	BSSa/BSSc Faglia		X	
5	17+650	BSSc		X	
6	18+400	BSSc/BSSa		X	
7	18+600	BSSc/BSSa Faglia		X	
8	19+450	BSSa Faglia	X		
9	20+450	P	X		
10	21+275	BSSa/BSSb Faglia	X		

Tabella 12-1: Riepilogo delle tipologie di conci adottate nelle analisi

Si riporta nella seguente tabella un riepilogo delle tratte con indicazione delle tipologie di elementi strutturali previste sulla base delle analisi svolte. Viene infine riportato il numero totale di conci per ogni tipologia di rivestimento previsti sulla tratta della galleria Gardena GN02, per canna singola.

Galleria	pk inizio [m]	pk fine [m]	Litotipo	Faglia (si/no)	Classe copertura [m]	Tipologia elementi di rivestimento	Lunghezza tratta [m]	Numero anelli	Numero conci
Gardena	16+425	16+488	Porfiroidi	si	100-400	Tipo B	0+064	35	248
Gardena	16+488	16+531	Porfiroidi	no	100-400	Tipo A	0+043	24	167
Gardena	16+531	16+551	Porfiroidi	si	100-400	Tipo B	0+020	11	78
Gardena	16+551	16+687	Porfiroidi	no	100-400	Tipo A	0+136	75	528
Gardena	16+687	16+721	Filladi	no	50-100	Tipo A	0+034	19	131
Gardena	16+721	16+783	Filladi	si - Funes	0-50	Tipo B	0+062	34	240
Gardena	16+783	17+439	Filladi	no	100-400	Tipo A	0+656	365	2553
Gardena	17+439	17+519	Filladi	si	100-400	Tipo B	0+080	44	311
Gardena	17+519	18+125	Filladi	no	100-400	Tipo B	0+606	337	2356
Gardena	18+125	18+559	Filladi	no	400-800	Tipo B	0+434	241	1688
Gardena	18+559	18+649	Filladi	si	400-800	Tipo B	0+090	50	349
Gardena	18+649	19+441	Filladi	no	400-800	Tipo A	0+792	440	3081
Gardena	19+441	19+462	Filladi	si	400-800	Tipo B	0+021	12	81
Gardena	19+462	19+570	Filladi	no	400-800	Tipo A	0+108	60	421
Gardena	19+570	19+684	Filladi	no	400-800	Tipo A	0+114	63	444
Gardena	19+684	20+413	Filladi	no	400-800	Tipo A	0+728	405	2832
Gardena	20+413	20+499	Filladi	no	400-800	Tipo A	0+087	48	338
Gardena	20+499	21+265	Filladi	no	400-800	Tipo A	0+766	425	2978
Gardena	21+265	21+285	Filladi	si	400-800	Tipo B	0+020	11	78
Gardena	21+285	21+700	Filladi	no	400-800	Tipo A	0+415	231	1615

Tabella 12-2: Riepilogo delle tipologie di conci per galleria di linea Gardena GN02

Totale conci Tipo A	Totale conci Tipo B	Totale conci Tipo C
15088	5429	0

Tabella 12-3: Numero totale conci per tipologia per galleria di linea Gardena GN02

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria							<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>IBOU</td> <td>1BEZZ</td> <td>CL</td> <td>GN0200004</td> <td>C</td> <td>155 di 312</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	155 di 312													

13. CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono state affrontate le problematiche progettuali connesse all'utilizzo di conci prefabbricati in calcestruzzo armato nel tratto di scavo meccanizzato della galleria di linea Gardena (GN02).

Le verifiche effettuate hanno dimostrato che la soluzione proposta è adeguato dal punto di vista normativo.

Per le informazioni relative al monitoraggio si rimanda alla relazione IBOU1BEZZRHGN0100002, mentre per i parametri macchina si fa riferimento all'elaborato IBOU1BEZZRHGN0000005. Per le linee guida riguardanti lo scavo meccanizzato, gli interventi di drenaggio e di consolidamento in avanzamento si veda l'elaborato IBOU1BEZZRHGN0000004.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria							<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>IBOU</td> <td>1BEZZ</td> <td>CL</td> <td>GN0200004</td> <td>C</td> <td>156 di 312</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	156 di 312													
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C																		

ALLEGATO 1

ANALISI CON IL METODO DELLE CURVE CARATTERISTICHE

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE	Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 157 di 312

14. CURVE CARATTERISTICHE IN FASE DI DIAGNOSI

14.1 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 1 (PK. 16+450)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

Solutore numerico analisi base - ver S.5.1 mar.2018

Galleria Gardena
Pk 16+450
Fase di diagnosi

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 4
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m] 4.84000

PARAMETRI GEOTECNICI -----
Tensione originaria [MPa] 4.26600
Modulo di Young [MPa] 1000.00000
Coefficiente di Poisson20000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3]00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] .. .00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa].. .00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m] 4.84000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa].. .00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m] 4.84000
RESISTENZA ROCCIA
Coesione picco [MPa]35600
Angolo attrito picco [deg] 32.00000
Coesione residua [MPa]35600
Angolo attrito residuo [MPa] 32.00000
Angolo dilatanza [deg]00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa]00000
Modulo di softening H [MPa]00000

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000
Spostamento radiale galleria [m]066830
Raggio plastico galleria [m] 8.991687
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]025862
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]006650
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]019381
Raggio plastico fronte sferico [m] 6.363442

R I S U L T A T O A N A L I S I G A L L E R I A

Pressione fine calcolo [MPa]000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m]066830
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 8.991687

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 158 di 312

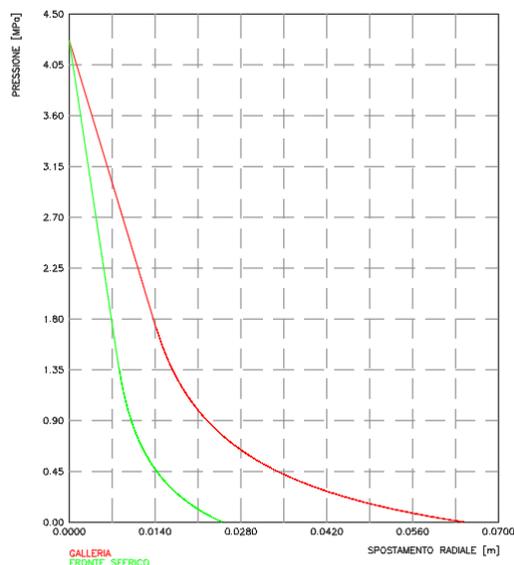


Figura 14-1: Curva caratteristica in fase di diagnosi (pk 16+450)

14.2 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 2 (PK. 16+540)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

Solutore numerico analisi base - ver S.5.1 mar.2018

Galleria Gardena
Pk 16+540
Fase di diagnosi

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 3
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m]	4.84000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	3.07800
Modulo di Young [MPa]	1000.00000
Coefficiente di Poisson .....	.20000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m ³] ..	.00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] ..	.00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m]	4.84000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m]	4.84000
RESISTENZA ROCCIA	
Coesione picco [MPa] .....	.29200
Angolo attrito picco [deg]	34.00000
Coesione residua [MPa] .....	.29200
Angolo attrito residuo [MPa]	34.00000
Angolo dilatanza [deg] .....	.00000

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 159 di 312

Modulo di softening apparente Ha [MPa]00000
Modulo di softening H [MPa]00000

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000
Spostamento radiale galleria [m]039319
Raggio plastico galleria [m] 8.030824
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]015792
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]003912
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]011402
Raggio plastico fronte sferico [m] 6.029596

R I S U L T A T O A N A L I S I G A L L E R I A

Pressione fine calcolo [MPa]000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m]039319
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 8.030824

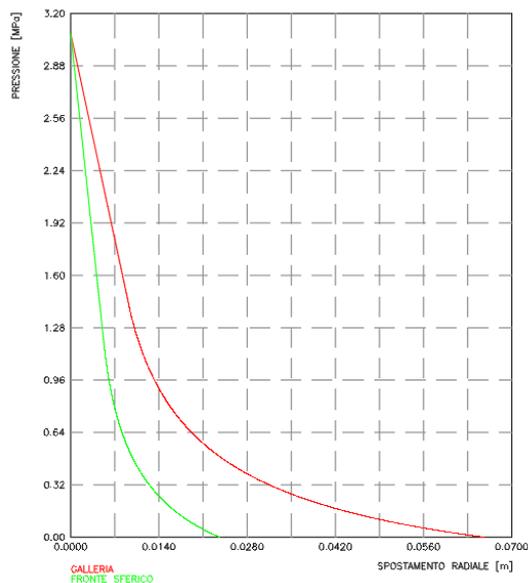


Figura 14-2: Curva caratteristica in fase di diagnosi (pk 16+540)

14.3 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 3 (PK. 16+750)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

Solutore numerico analisi base - ver S.5.1 mar.2018

Galleria Gardena
Pk 16+750
Fase di diagnosi

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 3
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	160 di 312

5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m] 4.84000

PARAMETRI GEOTECNICI -----

Tensione originaria [MPa] 1.45800

Modulo di Young [MPa] 1200.00000

Coefficiente di Poisson20000

Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3]0.00000

Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa]0.00000

Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa].. . . .0.00000

Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m] 4.84000

Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa].. . . .0.00000

Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m] 4.84000

RESISTENZA ROCCIA

Coesione picco [MPa]29300

Angolo attrito picco [deg] 35.00000

Coesione residua [MPa]29300

Angolo attrito residuo [MPa] 35.00000

Angolo dilatanza [deg]00000

Modulo di softening apparente Ha [MPa]00000

Modulo di softening H [MPa]00000

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000

Spostamento radiale galleria [m]009269

Raggio plastico galleria [m] 6.166234

Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000

Spostamento radiale fronte sferico [m]004073

Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]002323

Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]002688

Raggio plastico fronte sferico [m] 5.291178

R I S U L T A T O A N A L I S I G A L L E R I A

Pressione fine calcolo [MPa]000000

Spost. radiale galleria fine calcolo [m]009269

Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 6.166234

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 161 di 312

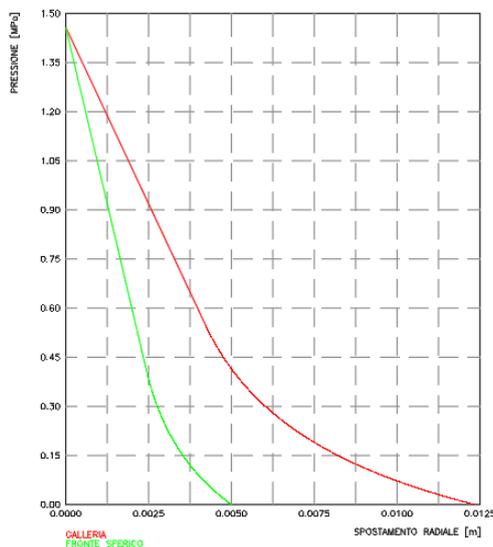


Figura 14-3: Curva caratteristica in fase di diagnosi (pk 16+750)

14.4 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 4 (PK. 17+475)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

Solutore numerico analisi base - ver S.5.1 mar.2018

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

Solutore numerico analisi base - ver S.5.1 mar.2018

Galleria Gardena
Pk 17+475
Fase di diagnosi

- TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 3
- 1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
 - 2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
 - 3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
 - 4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
 - 5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m]	4.84000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	8.23500
Modulo di Young [MPa]	900.00000
Coefficiente di Poisson .....	.25000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m ³] .	.00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] ..	.00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m]	4.84000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m]	4.84000
RESISTENZA ROCCIA	

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 162 di 312

Coesione picco [MPa] .....	.28500
Angolo attrito picco [deg]	26.00000
Coesione residua [MPa] .....	.28500
Angolo attrito residuo [MPa]	26.00000
Angolo dilatanza [deg] .....	.00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa] .....	.00000
Modulo di softening H [MPa] .....	.00000

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale galleria [m] .....	.585567
Raggio plastico galleria [m]	19.485209
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.169662
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.058264
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ...	.169814
Raggio plastico fronte sferico [m]	9.318986

R I S U L T A T O A N A L I S I G A L L E R I A

Pressione fine calcolo [MPa] .....	.000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m] .....	.585567
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	19.485209

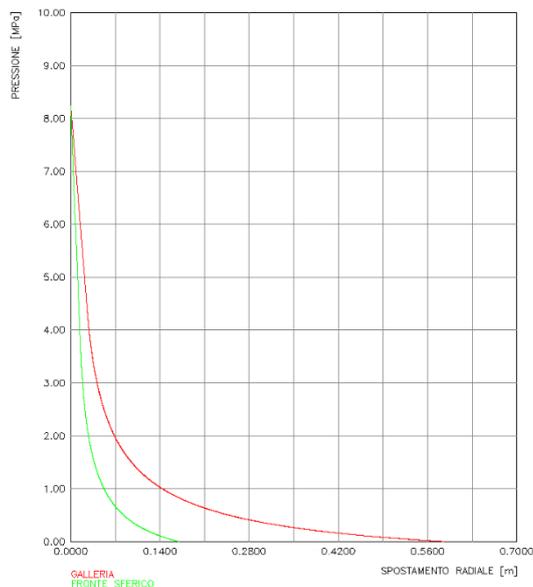


Figura 14-4: Curva caratteristica in fase di diagnosi (pk 17+475)

14.5 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 5 (PK. 17+650)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

Solutore numerico analisi base - ver S.5.1 mar.2018

Galleria Gardena
Pk 17+650
Fase di diagnosi

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	163 di 312

- 1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
- 2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
- 3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
- 4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
- 5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m] 4.84000

PARAMETRI GEOTECNICI -----

Tensione originaria [MPa]	10.82700
Modulo di Young [MPa]	4200.00000
Coefficiente di Poisson .....	.20000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] ..	.00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] ..	.00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m]	4.84000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m]	4.84000
RESISTENZA ROCCIA	
Coesione picco [MPa] .....	.92300
Angolo attrito picco [deg]	27.00000
Coesione residua [MPa] .....	.92300
Angolo attrito residuo [deg]	27.00000
Angolo dilatanza [deg] .....	.00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa] .....	.00000
Modulo di softening H [MPa] .....	.00000

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale galleria [m] .....	.054722
Raggio plastico galleria [m]	10.878804
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.019738
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.005445
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ...	.015869
Raggio plastico fronte sferico [m]	6.953643

R I S U L T A T O A N A L I S I G A L L E R I A

Pressione fine calcolo [MPa] .....	.000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m] .....	.054722
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	10.878804

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 164 di 312

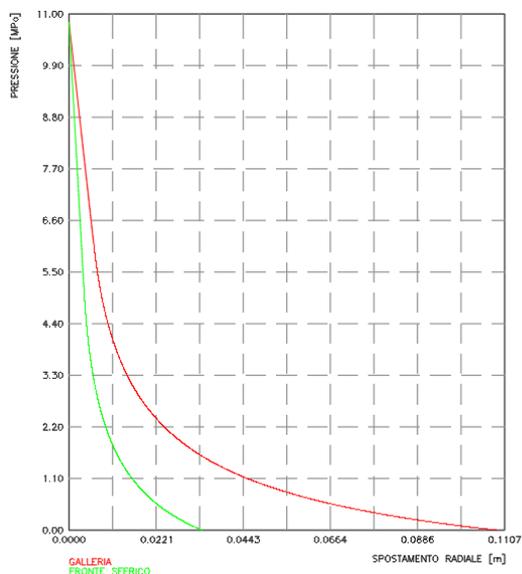


Figura 14-5: Curva caratteristica in fase di diagnosi (pk 17+650)

14.6 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 6 (PK. 18+400)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

Solutore numerico analisi base - ver S.5.1 mar.2018

Galleria Gardena
Pk 18+400
Fase di diagnosi

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 3
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m]	4.84000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	12.33900
Modulo di Young [MPa]	4200.00000
Coefficiente di Poisson .....	.20000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m ³] ..	.00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] ..	.00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m]	4.84000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m]	4.84000
RESISTENZA ROCCIA	
Coesione picco [MPa] .....	.92300
Angolo attrito picco [deg]	27.00000
Coesione residua [MPa] .....	.92300
Angolo attrito residuo [MPa]	27.00000
Angolo dilatanza [deg] .....	.00000

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 165 di 312

Modulo di softening apparente Ha [MPa]00000
Modulo di softening H [MPa]00000

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000
Spostamento radiale galleria [m]071649
Raggio plastico galleria [m] 11.679743
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]025259
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]007129
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]020778
Raggio plastico fronte sferico [m] 7.202037

R I S U L T A T O A N A L I S I G A L L E R I A

Pressione fine calcolo [MPa]000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m]071649
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 11.679743

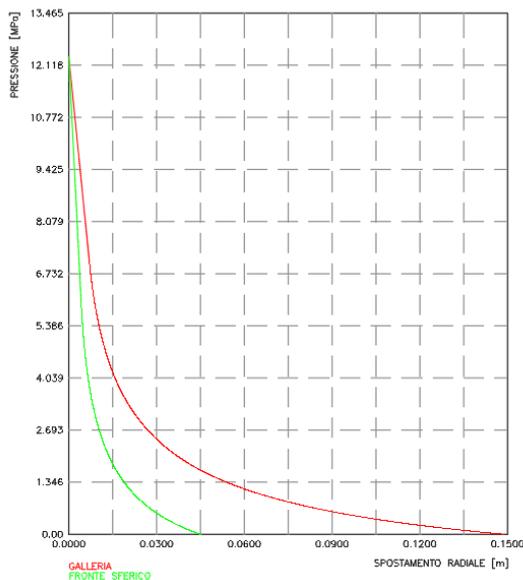


Figura 14-6: Curva caratteristica in fase di diagnosi (pk 18+400)

14.7 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 7 (PK. 18+600)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

Solutore numerico analisi base - ver S.5.1 mar.2018

Galleria Gardena
Pk 18+600
Fase di diagnosi

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 3
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	166 di 312

5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m]	4.84000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	15.47100
Modulo di Young [MPa]	2200.00000
Coefficiente di Poisson .....	.20000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] ..	.00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] ..	.00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m]	4.84000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m]	4.84000
RESISTENZA ROCCIA	
Coesione picco [MPa] .....	.88600
Angolo attrito picco [deg]	23.00000
Coesione residua [MPa] .....	.88600
Angolo attrito residuo [MPa]	23.00000
Angolo dilatanza [deg] .....	.00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa] .....	.00000
Modulo di softening H [MPa] .....	.00000

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale galleria [m] .....	.349433
Raggio plastico galleria [m]	17.491338
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.107020
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.034769
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ...	.101335
Raggio plastico fronte sferico [m]	8.816962

R I S U L T A T O A N A L I S I G A L L E R I A

Pressione fine calcolo [MPa] .....	.000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m] .....	.349433
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	17.491338

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 167 di 312

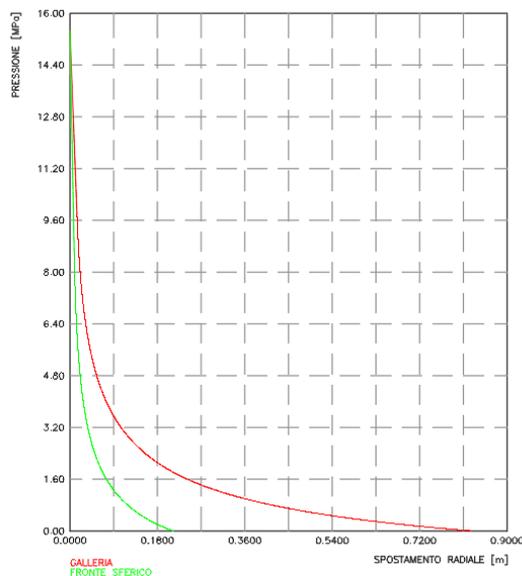


Figura 14-7: Curva caratteristica in fase di diagnosi (pk 18+600)

14.8 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 8 (PK. 19+450)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

Solutore numerico analisi base - ver S.5.1 mar.2018

Galleria Gardena
Pk 19+450
Fase di diagnosi

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 3
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m]	4.84000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	13.25700
Modulo di Young [MPa]	4300.00000
Coefficiente di Poisson .....	.20000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] ..	.00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] ..	.00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m]	4.84000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m]	4.84000
RESISTENZA ROCCIA	
Coesione picco [MPa]	1.22300
Angolo attrito picco [deg]	31.00000
Coesione residua [MPa]	1.22300
Angolo attrito residuo [MPa]	31.00000
Angolo dilatanza [deg] .....	.00000

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 168 di 312

Modulo di softening apparente Ha [MPa]00000
Modulo di softening H [MPa]00000

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000
Spostamento radiale galleria [m]047009
Raggio plastico galleria [m] 8.935137
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]018180
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]004677
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]013633
Raggio plastico fronte sferico [m] 6.336598

R I S U L T A T O A N A L I S I G A L L E R I A

Pressione fine calcolo [MPa]000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m]047009
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 8.935137

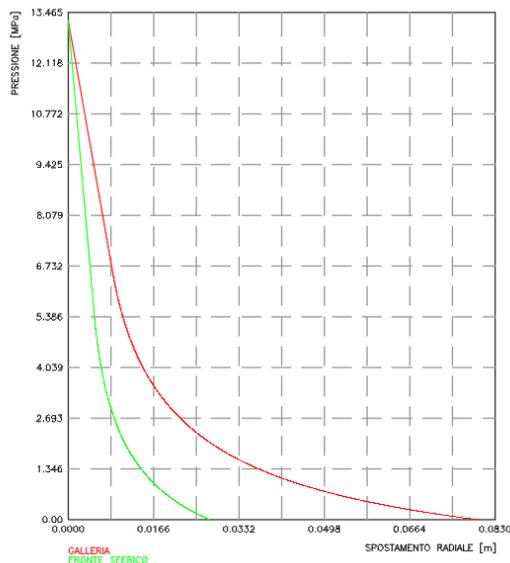


Figura 14-8: Curva caratteristica in fase di diagnosi (pk 19+450)

14.9 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 9 (PK. 20+450)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

Solutore numerico analisi base - ver S.5.1 mar.2018

Galleria Gardena
Pk 20+450
Fase di diagnosi

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 3
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	169 di 312

5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m]	4.84000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	15.09300
Modulo di Young [MPa]	11700.00000
Coefficiente di Poisson .....	.20000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] ..	.00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] ..	.00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m]	4.84000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m]	4.84000
RESISTENZA ROCCIA	
Coesione picco [MPa]	1.95700
Angolo attrito picco [deg]	35.00000
Coesione residua [MPa]	1.95700
Angolo attrito residuo [MPa]	35.00000
Angolo dilatanza [deg] .....	.00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa] .....	.00000
Modulo di softening H [MPa] .....	.00000

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale galleria [m] .....	.012741
Raggio plastico galleria [m]	7.048256
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.005334
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.002055
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ...	.003695
Raggio plastico fronte sferico [m]	5.653977

R I S U L T A T O A N A L I S I G A L L E R I A

Pressione fine calcolo [MPa] .....	.000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m] .....	.012741
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	7.048256

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 170 di 312

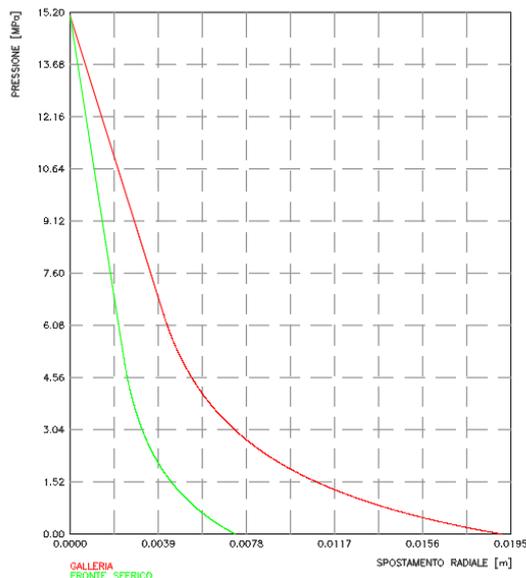


Figura 14-9: Curva caratteristica in fase di diagnosi (pk 20+450)

14.10 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 10 (PK. 21+275)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

Solutore numerico analisi base - ver S.5.1 mar.2018

Galleria Gardena
Pk 21+275
Fase di diagnosi

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 3
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m]	4.84000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	14.36400
Modulo di Young [MPa]	4300.00000
Coefficiente di Poisson .....	.20000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] ..	.00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] ..	.00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m]	4.84000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m]	4.84000
RESISTENZA ROCCIA	
Coesione picco [MPa]	1.27800
Angolo attrito picco [deg]	31.00000
Coesione residua [MPa]	1.27800
Angolo attrito residuo [MPa]	31.00000
Angolo dilatanza [deg] .....	.00000

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandataria:	Mandanti:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	171 di 312
08 - GALLERIE		Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C					

Modulo di softening apparente Ha [MPa]00000
Modulo di softening H [MPa]00000

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000
Spostamento radiale galleria [m]052532
Raggio plastico galleria [m] 9.067286
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]020226
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]005227
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]015234
Raggio plastico fronte sferico [m] 6.390366

R I S U L T A T O A N A L I S I G A L L E R I A

Pressione fine calcolo [MPa]000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m]052532
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 9.067286

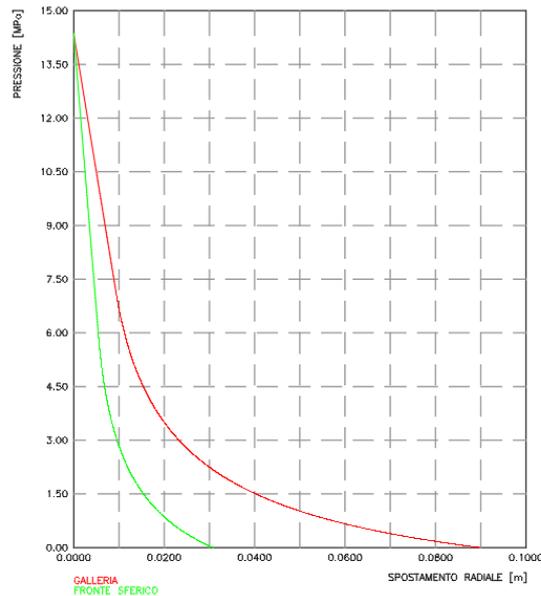


Figura 14-10 Curva caratteristica in fase di diagnosi (pk 21+275)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	172 di 312

15. CURVE CARATTERISTICHE IN FASE DI TERAPIA

15.1 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 1 (PK. 16+450)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

Solutore numerico analisi base - ver S.5.1 mar.2018

Galleria Gardena
Pk 16+450
Terapia con pressione al fronte

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 1
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m]	4.84000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	4.26600
Modulo di Young [MPa]	1000.00000
Coefficiente di Poisson .....	.25000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] ..	.00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] ..	.00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m]	4.84000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m]	4.84000
RESISTENZA ROCCIA -----	
Coesione picco [MPa] .....	.35600
Angolo attrito picco [deg]	32.00000
Coesione residua [MPa] .....	.35600
Angolo attrito residuo [MPa]	32.00000
Angolo dilatanza [deg] .....	.00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa] .....	.00000
Modulo di softening H [MPa] .....	.00000
FRESA SCUDATA -----	
Spessore scudo metallico [m] .....	.06000
Gioco tra scudo e roccia [m] .....	.06000
Pressione sul fronte di scavo [MPa] .....	.10000
Coefficiente di Poisson acciaio scudo .....	.30000
Modulo Young acciaio scudo [MPa]	200000.00000
Resistenza acciaio scudo [MPa]	200000.00000
Intasamento con filler (1=si,0=no)	1
RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----	
Distanza dal fronte alla messa in opera [m]	9.49600
Spessore CLS [m] .....	.45000
Modulo Young CLS [MPa]	36400.00000
Coefficiente di Poisson CLS .....	.25000
Resistenza compressione CLS [MPa]	25.00000
Opzione calcolo rivestimento	0
[0 prerivestimenti non collaboranti a lungo termine]	
[1 prerivestimenti collaboranti a lungo termine]	
Gioco radiale posa in opera rivestimento [m] .....	.10000

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 173 di 312

Press. fine calcolo curva galleria [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale galleria [m] .....	.066785
Raggio plastico galleria [m]	8.991687
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.100000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.022071
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.006645
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ...	.019368
Raggio plastico fronte sferico [m]	6.133522

STATO GALLERIA AL FRONTE DI SCAVO (PER FRESA SCUDATA) -----

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .02207
LAMBDA : .76086

Trasformazione Omotetica

U [m] : .01937
LAMBDA : .71154

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .02207
LAMBDA : .76086

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .00665
LAMBDA : .25833

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .01937
LAMBDA : .71154

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL RIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .05800
LAMBDA : .98079

Trasformazione Omotetica

U [m] : .06564
LAMBDA : .99777

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .05096
LAMBDA : .96098

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .04661
LAMBDA : .94600

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .05015
LAMBDA : .95836

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE	Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C 174 di 312

R I S U L T A T O A N A L I S I G A L L E R I A

Pressione fine calcolo [MPa]000000
 Spost. radiale galleria fine calcolo [m]066785
 Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 8.991687

FRESA SCUDATA -----
 Raggio plastico al punto di equilibrio [m]00000
 Pressione al punto di equilibrio [MPa]00000
 Spostamento al punto di equilibrio [m]02207
 Convergenza radiale scudo [m]00000
 Tensione scudo [MPa]00000
 Coefficiente di sicurezza scudo00000
 Pressione rottura scudo [MPa] 2463.97104
 Rigidezza scudo [MPa] 2756.16850

Lo scudo della fresa non entra in contatto con la roccia.

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----
 Raggio plastico punto di equilibrio [m] 8.35863
 Pressione punto di equilibrio [MPa]09869
 Spostamento punto di equilibrio [MPa]05647
 Spostamento galleria alla messa in opera [m]05635
 Convergenza radiale rivestimento [m]00012
 Tensione CLS [MPa] 1.09129
 Coefficiente di sicurezza CLS 22.90867
 Pressione rottura CLS [MPa] 2.26076
 Rigidezza anello CLS [MPa] 3992.49340
 Tasso di deconfinamento alla messa in opera980786

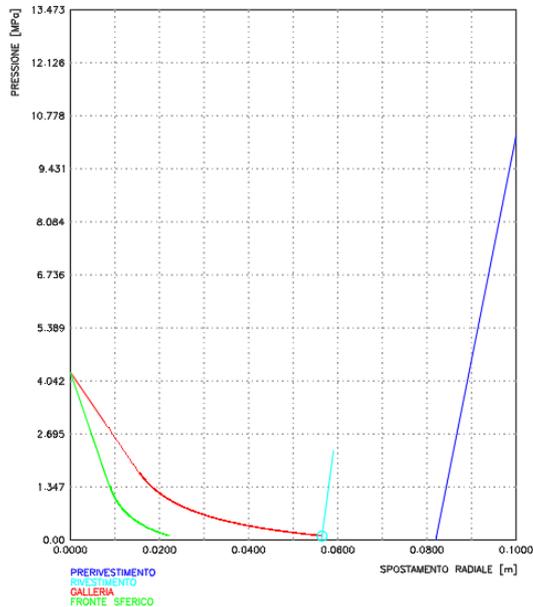


Figura 15-1: Curva caratteristica in fase di terapia (pk 16+450)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE	Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C 175 di 312

15.2 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 2 (PK. 16+540)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

Solutore numerico analisi base - ver S.5.1 mar.2018

Galleria Gardena
Pk 16+540
Terapia

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 2
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m] 4.84000

PARAMETRI GEOTECNICI -----
Tensione originaria [MPa] 3.07800
Modulo di Young [MPa] 1000.00000
Coefficiente di Poisson25000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3]0.00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa]0.00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa].. . . .0.00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m] 4.84000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa].. . . .0.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m] 4.84000
RESISTENZA ROCCIA
Coesione picco [MPa]29200
Angolo attrito picco [deg] 34.00000
Coesione residua [MPa]29200
Angolo attrito residuo [MPa] 34.00000
Angolo dilatanza [deg]00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa]00000
Modulo di softening H [MPa]00000

FRESA SCUDATA -----
Spessore scudo metallico [m]06000
Gioco tra scudo e roccia [m]06000
Pressione sul fronte di scavo [MPa]00000
Coefficiente di Poisson acciaio scudo30000
Modulo Young acciaio scudo [MPa] 200000.00000
Resistenza acciaio scudo [MPa] 200000.00000
Intasamento con filler (1=si,0=no) 1

RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----
Distanza dal fronte alla messa in opera [m] 9.49600
Spessore CLS [m]45000
Modulo Young CLS [MPa] 36400.00000
Coefficiente di Poisson CLS25000
Resistenza compressione CLS [MPa] 25.00000
Opzione calcolo rivestimento 0
[0 prerivestimenti non collaboranti a lungo termine]
[1 prerivestimenti collaboranti a lungo termine]
Gioco radiale posa in opera rivestimento [m]16000

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000
Spostamento radiale galleria [m]039504
Raggio plastico galleria [m] 8.030824
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 176 di 312	

Spostamento radiale fronte sferico [m]015733
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]003931
Spostamento radiale fronte (trasf. ometet.) [m]011456
Raggio plastico fronte sferico [m] 6.029596

STATO GALLERIA AL FRONTE DI SCAVO (PER FRESA SCUDATA) -----

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .01573
LAMBDA : .77703

Trasformazione Ometetica

U [m] : .01146
LAMBDA : .61725

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .01573
LAMBDA : .77703

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .00393
LAMBDA : .21178

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione ometetica

U [m] : .01146
LAMBDA : .61725

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL RIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .03540
LAMBDA : .98289

Trasformazione Ometetica

U [m] : .03912
LAMBDA : .99853

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .03265
LAMBDA : .96907

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .02986
LAMBDA : .95253

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione ometetica

U [m] : .03159
LAMBDA : .96312

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 177 di 312

R I S U L T A T O A N A L I S I G A L L E R I A

Pressione fine calcolo [MPa]000000
 Spost. radiale galleria fine calcolo [m]039504
 Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 8.030824

FRESA SCUDATA -----
 Raggio plastico al punto di equilibrio [m]00000
 Pressione al punto di equilibrio [MPa]00000
 Spostamento al punto di equilibrio [m]01146
 Convergenza radiale scudo [m]00000
 Tensione scudo [MPa]00000
 Coefficiente di sicurezza scudo00000
 Pressione rottura scudo [MPa] 2463.97104
 Rigidezza scudo [MPa] 2756.16850

Il rivestimento prefabbricato non entra in contatto con la roccia.

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----
 Raggio plastico punto di equilibrio [m]00000
 Pressione punto di equilibrio [MPa]00000
 Spostamento punto di equilibrio [MPa]07145
 Spostamento galleria alla messa in opera [m]07145
 Convergenza radiale rivestimento [m]00000
 Tensione CLS [MPa]00000
 Coefficiente di sicurezza CLS 1000000.00000
 Pressione rottura CLS [MPa] 2.26076
 Rigidezza anello CLS [MPa] 3992.49340
 Tasso di deconfinamento alla messa in opera998534

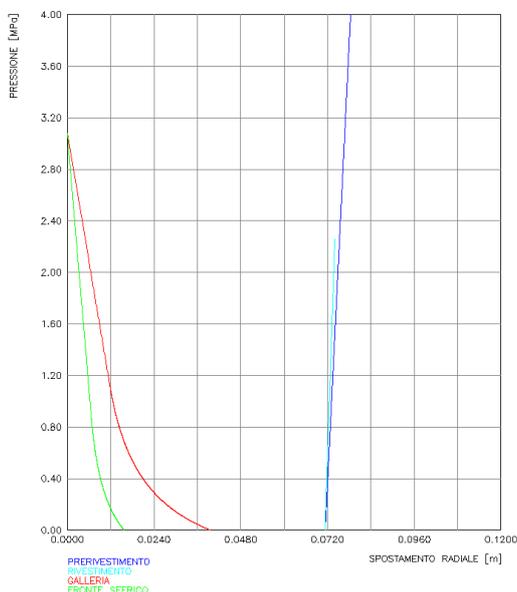


Figura 15-2: Curva caratteristica in fase di terapia (pk 16+540)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	178 di 312

15.3 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 3 (PK. 16+750)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

Solutore numerico analisi base - ver S.5.1 mar.2018

Galleria Gardena
Pk 16+750
Terapia

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 2
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m]	4.84000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	1.45800
Modulo di Young [MPa]	1200.00000
Coefficiente di Poisson .....	.25000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] ..	.00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] ..	.00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m]	4.84000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m]	4.84000
RESISTENZA ROCCIA -----	
Coesione picco [MPa] .....	.29300
Angolo attrito picco [deg]	35.00000
Coesione residua [MPa] .....	.29300
Angolo attrito residuo [MPa]	35.00000
Angolo dilatanza [deg] .....	.00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa] .....	.00000
Modulo di softening H [MPa] .....	.00000
FRESA SCUDATA -----	
Spessore scudo metallico [m] .....	.06000
Gioco tra scudo e roccia [m] .....	.06000
Pressione sul fronte di scavo [MPa] .....	.00000
Coefficiente di Poisson acciaio scudo .....	.30000
Modulo Young acciaio scudo [MPa]	200000.00000
Resistenza acciaio scudo [MPa]	200000.00000
Intasamento con filler (1=si,0=no)	1
RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----	
Distanza dal fronte alla messa in opera [m]	9.49600
Spessore CLS [m] .....	.45000
Modulo Young CLS [MPa]	36400.00000
Coefficiente di Poisson CLS .....	.25000
Resistenza compressione CLS [MPa]	25.00000
Opzione calcolo rivestimento	0
[0 prerivestimenti non collaboranti a lungo termine]	
[1 prerivestimenti collaboranti a lungo termine]	
Gioco radiale posa in opera rivestimento [m] .....	.16000

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	179 di 312

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale galleria [m] .....	.009504
Raggio plastico galleria [m]	6.166234
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.004186
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.002381
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ...	.002756
Raggio plastico fronte sferico [m]	5.291178

STATO GALLERIA AL FRONTE DI SCAVO (PER FRESA SCUDATA) -----

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .00419
LAMBDA : .57132

Trasformazione Omotetica

U [m] : .00276
LAMBDA : .37619

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .00419
LAMBDA : .57132

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .00238
LAMBDA : .32505

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .00276
LAMBDA : .37619

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL RIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .00884
LAMBDA : .97666

Trasformazione Omotetica

U [m] : .00949
LAMBDA : .99948

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .00890
LAMBDA : .97876

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .00870
LAMBDA : .97140

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .00875
LAMBDA : .97300

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE	Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C 180 di 312

R I S U L T A T O A N A L I S I G A L L E R I A

Pressione fine calcolo [MPa]000000
 Spost. radiale galleria fine calcolo [m]009504
 Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 6.166234

FRESA SCUDATA -----
 Raggio plastico al punto di equilibrio [m]00000
 Pressione al punto di equilibrio [MPa]00000
 Spostamento al punto di equilibrio [m]00276
 Convergenza radiale scudo [m]00000
 Tensione scudo [MPa]00000
 Coefficiente di sicurezza scudo00000
 Pressione rottura scudo [MPa] 2463.97104
 Rigidezza scudo [MPa] 2756.16850

Il rivestimento prefabbricato non entra in contatto con la roccia.

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----
 Raggio plastico punto di equilibrio [m]00000
 Pressione punto di equilibrio [MPa]00000
 Spostamento punto di equilibrio [MPa]06276
 Spostamento galleria alla messa in opera [m]06276
 Convergenza radiale rivestimento [m]00000
 Tensione CLS [MPa]00000
 Coefficiente di sicurezza CLS 1000000.00000
 Pressione rottura CLS [MPa] 2.26076
 Rigidezza anello CLS [MPa] 3992.49340
 Tasso di deconfinamento alla messa in opera999481

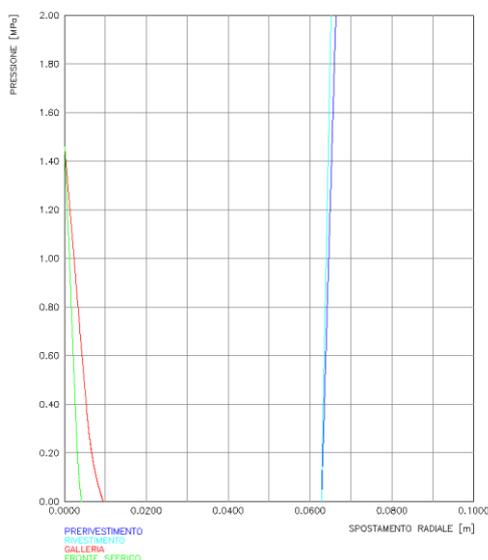


Figura 15-3: Curva caratteristica in fase di terapia (pk 16+750)

15.4 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 4 (PK. 17+475)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

Solutore numerico analisi base - ver S.5.1 mar.2018

Galleria Funes
 PK 17+475

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA - PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	181 di 312

Terapia con pressione al fronte

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 1
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m] 4.84000

PARAMETRI GEOTECNICI -----

Tensione originaria [MPa] 8.23500
Modulo di Young [MPa] 900.00000
Coefficiente di Poisson25000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] . .00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] .. .00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa].. .00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m] 4.84000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa].. .00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m] 4.84000
RESISTENZA ROCCIA
Coesione picco [MPa]28500
Angolo attrito picco [deg] 26.00000
Coesione residua [MPa]28500
Angolo attrito residuo [MPa] 26.00000
Angolo dilatanza [deg]00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa]00000
Modulo di softening H [MPa]00000

FRESA SCUDATA -----

Spessore scudo metallico [m]06000
Gioco tra scudo e roccia [m]06000
Pressione sul fronte di scavo [MPa]30000
Coefficiente di Poisson acciaio scudo30000
Modulo Young acciaio scudo [MPa] 200000.00000
Resistenza acciaio scudo [MPa] 200000.00000
Intasamento con filler (1=si,0=no) 1

RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----

Distanza dal fronte alla messa in opera [m] 9.49600
Spessore CLS [m]45000
Modulo Young CLS [MPa] 36400.00000
Coefficiente di Poisson CLS25000
Resistenza compressione CLS [MPa] 25.00000
Opzione calcolo rivestimento 0
[0 prerivestimenti non collaboranti a lungo termine]
[1 prerivestimenti collaboranti a lungo termine]
Gioco radiale posa in opera rivestimento [m]16000

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000
Spostamento radiale galleria [m]585567
Raggio plastico galleria [m] 19.485209
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]300000
Spostamento radiale fronte sferico [m]105480
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]058264
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]169814
Raggio plastico fronte sferico [m] 8.120268

STATO GALLERIA AL FRONTE DI SCAVO (PER FRESA SCUDATA) -----

Metodo Panet-Guenot
U [m] : .10548
LAMBDA : .83415

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA - PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	182 di 312

Trasformazione Omotetica

U [m] : .16981
LAMBDA : .89946

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .10548
LAMBDA : .83415

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .05826
LAMBDA : .72215

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .16981
LAMBDA : .89946

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL RIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .39315
LAMBDA : .97612

Trasformazione Omotetica

U [m] : .48200
LAMBDA : .98915

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .21357
LAMBDA : .92463

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .18692
LAMBDA : .91045

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .25382
LAMBDA : .94133

R I S U L T A T O A N A L I S I G A L L E R I A

Pressione fine calcolo [MPa]000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m]585567
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 19.485209

FRESA SCUDATA -----
Raggio plastico al punto di equilibrio [m] 10.79704
Pressione al punto di equilibrio [MPa]84565
Spostamento al punto di equilibrio [m]10676
Convergenza radiale scudo [m]00128
Tensione scudo [MPa] 59.14316
Coefficiente di sicurezza scudo 3381.62497
Pressione rottura scudo [MPa] 2463.97104
Rigidezza scudo [MPa] 2756.16850

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----
Raggio plastico punto di equilibrio [m] 10.79704
Pressione punto di equilibrio [MPa]83995
Spostamento punto di equilibrio [MPa]16773
Spostamento galleria alla messa in opera [m]16676
Convergenza radiale rivestimento [m]00097
Tensione CLS [MPa] 9.17663
Coefficiente di sicurezza CLS 2.72431
Pressione rottura CLS [MPa] 2.28828
Rigidezza anello CLS [MPa] 4047.85173
Tasso di deconfinamento alla messa in opera976116

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 183 di 312

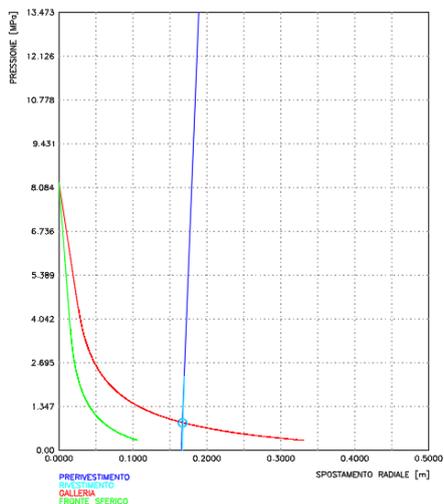


Figura 15-4: Curva caratteristica in fase di terapia (pk 17+475)

15.5 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 5 (PK. 17+650)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

Solutore numerico analisi base - ver S.5.1 mar.2018

Galleria Gardena
Pk 17+650
Terapia

- TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 2
- 1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
 - 2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
 - 3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
 - 4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
 - 5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m]	4.84000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	10.82700
Modulo di Young [MPa]	4200.00000
Coefficiente di Poisson .....	.25000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] .	.00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] ..	.00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m]	4.84000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m]	4.84000
RESISTENZA ROCCIA	
Coesione picco [MPa] .....	.92300
Angolo attrito picco [deg]	27.00000
Coesione residua [MPa] .....	.92300
Angolo attrito residuo [MPa]	27.00000
Angolo dilatanza [deg] .....	.00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa] .....	.00000
Modulo di softening H [MPa] .....	.00000

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA - PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	184 di 312

FRESA SCUDATA -----

Spessore scudo metallico [m] .....	.06000
Gioco tra scudo e roccia [m] .....	.06000
Pressione sul fronte di scavo [MPa] .....	.00000
Coefficiente di Poisson acciaio scudo .....	.30000
Modulo Young acciaio scudo [MPa]	200000.00000
Resistenza acciaio scudo [MPa]	200000.00000
Intasamento con filler (1=si,0=no)	1

RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----

Distanza dal fronte alla messa in opera [m]	9.49600
Spessore CLS [m] .....	.45000
Modulo Young CLS [MPa]	36400.00000
Coefficiente di Poisson CLS .....	.25000
Resistenza compressione CLS [MPa]	25.00000
Opzione calcolo rivestimento	0
[0 prerivestimenti non collaboranti a lungo termine]	
[1 prerivestimenti collaboranti a lungo termine]	
Gioco radiale posa in opera rivestimento [m] .....	.16000

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale galleria [m] .....	.054298
Raggio plastico galleria [m]	10.878804
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.019279
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.005403
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ...	.015746
Raggio plastico fronte sferico [m]	6.953643

STATO GALLERIA AL FRONTE DI SCAVO (PER FRESA SCUDATA) -----

Metodo Panet-Guenot

U [m] :	.01928
LAMBDA :	.81959

Trasformazione Omotetica

U [m] :	.01575
LAMBDA :	.76812

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] :	.01928
LAMBDA :	.81959

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] :	.00540
LAMBDA :	.34757

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] :	.01575
LAMBDA :	.76812

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL RIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot

U [m] :	.04587
LAMBDA :	.97819

Trasformazione Omotetica

U [m] :	.05243
LAMBDA :	.99567

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] :	.04204
LAMBDA :	.96593

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] :	.03798
---------	--------

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 185 di 312	

LAMBDA : .95066

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .04095
LAMBDA : .96206

R I S U L T A T O A N A L I S I G A L L E R I A

Pressione fine calcolo [MPa]000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m]054298
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 10.878804

FRESA SCUDATA -----
Raggio plastico al punto di equilibrio [m]00000
Pressione al punto di equilibrio [MPa]00000
Spostamento al punto di equilibrio [m]01575
Convergenza radiale scudo [m]00000
Tensione scudo [MPa]00000
Coefficiente di sicurezza scudo00000
Pressione rottura scudo [MPa] 2463.97104
Rigidezza scudo [MPa] 2756.16850

Il rivestimento prefabbricato non entra in contatto con la roccia.

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----
Raggio plastico punto di equilibrio [m]00000
Pressione punto di equilibrio [MPa]00000
Spostamento punto di equilibrio [MPa]07570
Spostamento galleria alla messa in opera [m]07570
Convergenza radiale rivestimento [m]00000
Tensione CLS [MPa]00000
Coefficiente di sicurezza CLS 1000000.00000
Pressione rottura CLS [MPa] 2.26076
Rigidezza anello CLS [MPa] 3992.49340
Tasso di deconfinamento alla messa in opera995668

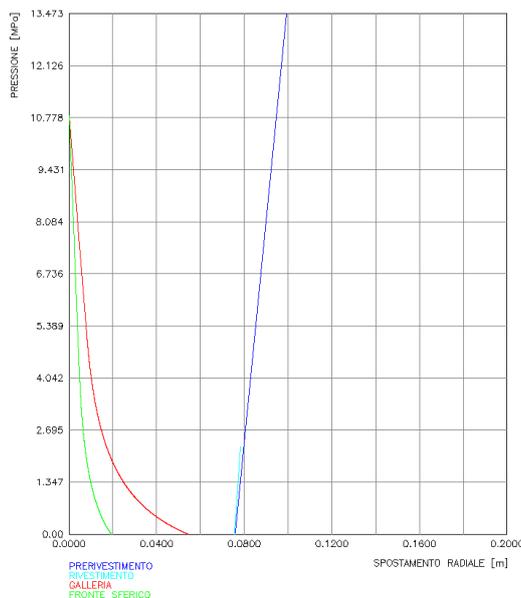


Figura 15-5: Curva caratteristica in fase di terapia (pk 17+650)

15.6 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 6 (PK. 18+400)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 186 di 312

Solutore numerico analisi base - ver S.5.1 mar.2018

Galleria Gardena
Pk 18+400
Terapia con sovrascavo e pressione al fronte

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 1
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m] 4.94000

PARAMETRI GEOTECNICI -----

Tensione originaria [MPa] 12.33900
Modulo di Young [MPa] 4200.00000
Coefficiente di Poisson25000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3]0.00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] .. .0.00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa].. .0.00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m] 4.94000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa].. .0.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m] 4.94000
RESISTENZA ROCCIA
Coesione picco [MPa]92300
Angolo attrito picco [deg] 27.00000
Coesione residua [MPa]92300
Angolo attrito residuo [MPa] 27.00000
Angolo dilatanza [deg]00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa]00000
Modulo di softening H [MPa]00000

FRESA SCUDATA -----

Spessore scudo metallico [m]06000
Gioco tra scudo e roccia [m]16000
Pressione sul fronte di scavo [MPa]30000
Coefficiente di Poisson acciaio scudo30000
Modulo Young acciaio scudo [MPa] 200000.00000
Resistenza acciaio scudo [MPa] 200000.00000
Intasamento con filler (1=si,0=no) 1

RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----

Distanza dal fronte alla messa in opera [m] 9.49600
Spessore CLS [m]45000
Modulo Young CLS [MPa] 36400.00000
Coefficiente di Poisson CLS25000
Resistenza compressione CLS [MPa] 25.00000
Opzione calcolo rivestimento 0
[0 priverivestimenti non collaboranti a lungo termine]
[1 priverivestimenti collaboranti a lungo termine]
Gioco radiale posa in opera rivestimento [m]10000

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000
Spostamento radiale galleria [m]072376
Raggio plastico galleria [m] 11.921060
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]300000
Spostamento radiale fronte sferico [m]021031
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]007201
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]020989
Raggio plastico fronte sferico [m] 7.010671

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	187 di 312

STATO GALLERIA AL FRONTE DI SCAVO (PER FRESA SCUDATA) -----

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .02103
LAMBDA : .79418

Trasformazione Omotetica

U [m] : .02099
LAMBDA : .79370

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .02103
LAMBDA : .79418

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .00720
LAMBDA : .39829

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .02099
LAMBDA : .79370

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL RIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .05883
LAMBDA : .97595

Trasformazione Omotetica

U [m] : .06909
LAMBDA : .99490

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .05179
LAMBDA : .95941

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .04729
LAMBDA : .94671

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .05179
LAMBDA : .95941

R I S U L T A T O A N A L I S I G A L L E R I A

Pressione fine calcolo [MPa]000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m]072376
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 11.921060

FRESA SCUDATA -----

Raggio plastico al punto di equilibrio [m]00000
Pressione al punto di equilibrio [MPa]00000
Spostamento al punto di equilibrio [m]02103
Convergenza radiale scudo [m]00000
Tensione scudo [MPa]00000
Coefficiente di sicurezza scudo00000
Pressione rottura scudo [MPa] 2414.39788
Rigidezza scudo [MPa] 2699.74346

Lo scudo della fresa non entra in contatto con la roccia.

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----

Raggio plastico punto di equilibrio [m] 10.85821
Pressione punto di equilibrio [MPa]29060
Spostamento punto di equilibrio [MPa]05907
Spostamento galleria alla messa in opera [m]05871
Convergenza radiale rivestimento [m]00036
Tensione CLS [MPa] 3.27792

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 188 di 312

Coefficiente di sicurezza CLS	7.62679
Pressione rottura CLS [MPa]	2.21633
Rigidezza anello CLS [MPa]	3903.51171
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.975948

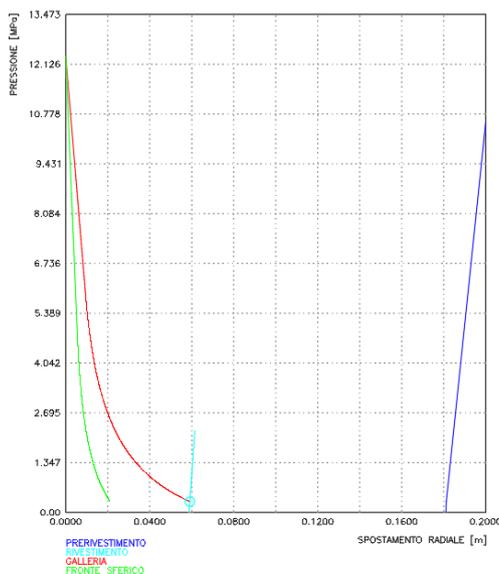


Figura 15-6: Curva caratteristica in fase di terapia (pk 18+400)

15.7 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 7 (PK. 18+600)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

Solutore numerico analisi base - ver S.5.1 mar.2018

Galleria Gardena
Pk 18+600
Terapia con sovrascavo e pressione al fronte

- TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 1
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m]	4.94000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	15.47100
Modulo di Young [MPa]	2200.00000
Coefficiente di Poisson .....	.25000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] ..	.00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] ..	.00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m]	4.94000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m]	4.94000
RESISTENZA ROCCIA	

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA - PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	189 di 312

Coesione picco [MPa] .....	.88600
Angolo attrito picco [deg]	23.00000
Coesione residua [MPa] .....	.88600
Angolo attrito residuo [MPa]	23.00000
Angolo dilatanza [deg] .....	.00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa] .....	.00000
Modulo di softening H [MPa] .....	.00000

FRESA SCUDATA -----	
Spessore scudo metallico [m] .....	.06000
Gioco tra scudo e roccia [m] .....	.16000
Pressione sul fronte di scavo [MPa] .....	.30000
Coefficiente di Poisson acciaio scudo .....	.30000
Modulo Young acciaio scudo [MPa]	200000.00000
Resistenza acciaio scudo [MPa]	200000.00000
Intasamento con filler (1=si,0=no)	1

RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----	
Distanza dal fronte alla messa in opera [m]	9.49600
Spessore CLS [m] .....	.45000
Modulo Young CLS [MPa]	36400.00000
Coefficiente di Poisson CLS .....	.25000
Resistenza compressione CLS [MPa]	25.00000
Opzione calcolo rivestimento	0
[0 prerivestimenti non collaboranti a lungo termine]	
[1 prerivestimenti collaboranti a lungo termine]	
Gioco radiale posa in opera rivestimento [m] .....	.10000

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale galleria [m] .....	.349221
Raggio plastico galleria [m]	17.852729
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.300000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.086701
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.034747
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ...	.101274
Raggio plastico fronte sferico [m]	8.528698

STATO GALLERIA AL FRONTE DI SCAVO (PER FRESA SCUDATA) -----

Metodo Panet-Guenot	
U [m] :	.08670
LAMBDA :	.83274
Trasformazione Omotetica	
U [m] :	.10127
LAMBDA :	.85780
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico	
U [m] :	.08670
LAMBDA :	.83274
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns	
U [m] :	.03475
LAMBDA :	.64059
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica	
U [m] :	.10127
LAMBDA :	.85780

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL RIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot	
U [m] :	.25071
LAMBDA :	.97040
Trasformazione Omotetica	
U [m] :	.30318
LAMBDA :	.98802

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE	Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C 190 di 312

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico
U [m] : .17679
LAMBDA : .93303

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
U [m] : .15044
LAMBDA : .91335

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
U [m] : .18445
LAMBDA : .93793

R I S U L T A T O A N A L I S I G A L L E R I A

Pressione fine calcolo [MPa]000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m]349221
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 17.852729

FRESA SCUDATA -----
Raggio plastico al punto di equilibrio [m] 15.18170
Pressione al punto di equilibrio [MPa]47997
Spostamento al punto di equilibrio [m]08708
Convergenza radiale scudo [m]00038
Tensione scudo [MPa] 17.33814
Coefficiente di sicurezza scudo 11535.26347
Pressione rottura scudo [MPa] 2414.39788
Rigidezza scudo [MPa] 2699.74346

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----
Raggio plastico punto di equilibrio [m] 15.18170
Pressione punto di equilibrio [MPa]47635
Spostamento punto di equilibrio [m]24767
Spostamento galleria alla messa in opera [m]24708
Convergenza radiale rivestimento [m]00059
Tensione CLS [MPa] 5.37319
Coefficiente di sicurezza CLS 4.65273
Pressione rottura CLS [MPa] 2.21633
Rigidezza anello CLS [MPa] 3903.51171
Tasso di deconfinamento alla messa in opera970405

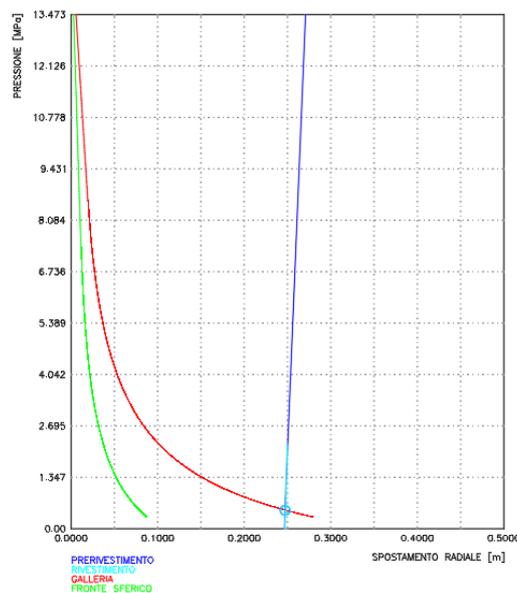


Tabella 15-1: Curva caratteristica in fase di terapia (pk 18+600)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE	Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	191 di 312

15.8 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 8 (PK. 19+450)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

Solutore numerico analisi base - ver S.5.1 mar.2018

Galleria Gardena
Pk 19+450
Terapia

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 2
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m] 4.84000

PARAMETRI GEOTECNICI -----
Tensione originaria [MPa] 13.25700
Modulo di Young [MPa] 4300.00000
Coefficiente di Poisson25000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3]0.00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa]0.00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa].. . . .0.00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m] 4.84000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa].. . . .0.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m] 4.84000
RESISTENZA ROCCIA
Coesione picco [MPa] 1.22300
Angolo attrito picco [deg] 31.00000
Coesione residua [MPa] 1.22300
Angolo attrito residuo [MPa] 31.00000
Angolo dilatanza [deg]00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa]00000
Modulo di softening H [MPa]00000

FRESA SCUDATA -----
Spessore scudo metallico [m]06000
Gioco tra scudo e roccia [m]06000
Pressione sul fronte di scavo [MPa]00000
Coefficiente di Poisson acciaio scudo30000
Modulo Young acciaio scudo [MPa] 200000.00000
Resistenza acciaio scudo [MPa] 200000.00000
Intasamento con filler (1=si,0=no) 1

RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----
Distanza dal fronte alla messa in opera [m] 9.49600
Spessore CLS [m]45000
Modulo Young CLS [MPa] 36400.00000
Coefficiente di Poisson CLS25000
Resistenza compressione CLS [MPa] 25.00000
Opzione calcolo rivestimento 0
[0 prerinvestimenti non collaboranti a lungo termine]
[1 prerinvestimenti collaboranti a lungo termine]
Gioco radiale posa in opera rivestimento [m]16000

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000
Spostamento radiale galleria [m]047002
Raggio plastico galleria [m] 8.935137
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA - PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	192 di 312

Spostamento radiale fronte sferico [m]017972
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]004677
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]013631
Raggio plastico fronte sferico [m] 6.336598

STATO GALLERIA AL FRONTE DI SCAVO (PER FRESA SCUDATA) -----

Metodo Panet-Guenot
U [m] : .01797
LAMBDA : .79750

Trasformazione Omotetica
U [m] : .01363
LAMBDA : .69825

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico
U [m] : .01797
LAMBDA : .79750

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
U [m] : .00468
LAMBDA : .25157

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
U [m] : .01363
LAMBDA : .69825

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL RIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot
U [m] : .04134
LAMBDA : .98122

Trasformazione Omotetica
U [m] : .04625
LAMBDA : .99775

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico
U [m] : .03969
LAMBDA : .97483

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
U [m] : .03682
LAMBDA : .96251

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
U [m] : .03873
LAMBDA : .97092

R I S U L T A T O A N A L I S I G A L L E R I A

Pressione fine calcolo [MPa]000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m]047002
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 8.935137

FRESA SCUDATA -----
Raggio plastico al punto di equilibrio [m]00000
Pressione al punto di equilibrio [MPa]00000
Spostamento al punto di equilibrio [m]01363
Convergenza radiale scudo [m]00000
Tensione scudo [MPa]00000
Coefficiente di sicurezza scudo00000
Pressione rottura scudo [MPa] 2463.97104
Rigidità scudo [MPa] 2756.16850

Il rivestimento prefabbricato non entra in contatto con la roccia.

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----
Raggio plastico punto di equilibrio [m]00000
Pressione punto di equilibrio [MPa]00000

APPALTATORE:  CONSORZIODOLOMITI	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 193 di 312

Spostamento punto di equilibrio [MPa] .....	.07360
Spostamento galleria alla messa in opera [m] .....	.07360
Convergenza radiale rivestimento [m] .....	.00000
Tensione CLS [MPa] .....	.00000
Coefficiente di sicurezza CLS	1000000.00000
Pressione rottura CLS [MPa]	2.26076
Rigidezza anello CLS [MPa]	3992.49340
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.997751

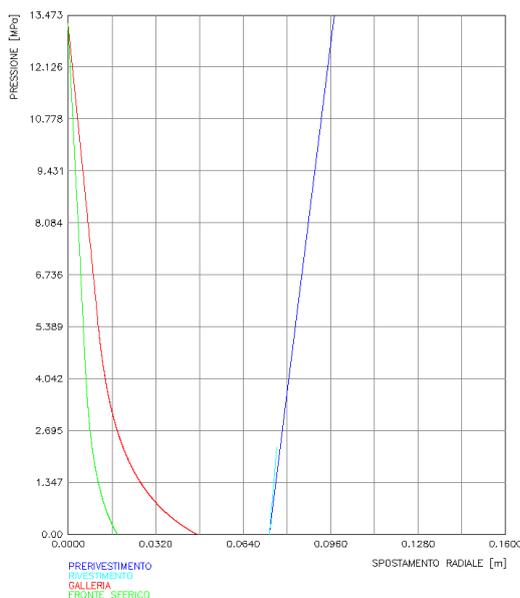


Figura 15-7: Curva caratteristica in fase di terapia (pk 19+450)

15.9 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 9 (PK. 20+450)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

Solutore numerico analisi base - ver S.5.1 mar.2018

Galleria Gardena
PK 20+450
Terapia

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA

VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 2

- 1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
- 2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
- 3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
- 4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
- 5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m]	4.84000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	15.09300
Modulo di Young [MPa]	11700.00000
Coefficiente di Poisson .....	.25000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m ³] .	.00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] ..	.00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m]	4.84000

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	194 di 312

Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m]	4.84000
RESISTENZA ROCCIA	
Coesione picco [MPa]	1.95700
Angolo attrito picco [deg]	35.00000
Coesione residua [MPa]	1.95700
Angolo attrito residuo [MPa]	35.00000
Angolo dilatanza [deg] .....	.00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa] .....	.00000
Modulo di softening H [MPa] .....	.00000

FRESA SCUDATA -----	
Spessore scudo metallico [m] .....	.06000
Gioco tra scudo e roccia [m] .....	.06000
Pressione sul fronte di scavo [MPa] .....	.00000
Coefficiente di Poisson acciaio scudo .....	.30000
Modulo Young acciaio scudo [MPa]	200000.00000
Resistenza acciaio scudo [MPa]	200000.00000
Intasamento con filler (1=si,0=no)	1

RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----	
Distanza dal fronte alla messa in opera [m]	9.49600
Spessore CLS [m] .....	.45000
Modulo Young CLS [MPa]	36400.00000
Coefficiente di Poisson CLS .....	.25000
Resistenza compressione CLS [MPa]	25.00000
Opzione calcolo rivestimento	0
[0 prerivestimenti non collaboranti a lungo termine]	
[1 prerivestimenti collaboranti a lungo termine]	
Gioco radiale posa in opera rivestimento [m] .....	.16000

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale galleria [m] .....	.012917
Raggio plastico galleria [m]	7.048256
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.005390
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.002083
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ...	.003746
Raggio plastico fronte sferico [m]	5.653977

STATO GALLERIA AL FRONTE DI SCAVO (PER FRESA SCUDATA) -----

Metodo Panet-Guenot	
U [m] :	.00539
LAMBDA :	.69246
Trasformazione Omotetica	
U [m] :	.00375
LAMBDA :	.48159
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico	
U [m] :	.00539
LAMBDA :	.69246
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns	
U [m] :	.00208
LAMBDA :	.26782
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica	
U [m] :	.00375
LAMBDA :	.48159

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL RIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot	
U [m] :	.01181
LAMBDA :	.98105

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO																	
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria							<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>IBOU</td> <td>1BEZZ</td> <td>CL</td> <td>GN0200004</td> <td>C</td> <td>195 di 312</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	195 di 312													

Trasformazione Omotetica

U [m] : .01286
LAMBDA : .99912

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .01217
LAMBDA : .98756

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .01185
LAMBDA : .98190

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .01201
LAMBDA : .98478

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	196 di 312

R I S U L T A T O A N A L I S I G A L L E R I A

Pressione fine calcolo [MPa]000000
 Spost. radiale galleria fine calcolo [m]012917
 Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 7.048256

FRESA SCUDATA -----
 Raggio plastico al punto di equilibrio [m]00000
 Pressione al punto di equilibrio [MPa]00000
 Spostamento al punto di equilibrio [m]00375
 Convergenza radiale scudo [m]00000
 Tensione scudo [MPa]00000
 Coefficiente di sicurezza scudo00000
 Pressione rottura scudo [MPa] 2463.97104
 Rigidezza scudo [MPa] 2756.16850

Il rivestimento prefabbricato non entra in contatto con la roccia.

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----
 Raggio plastico punto di equilibrio [m]00000
 Pressione punto di equilibrio [MPa]00000
 Spostamento punto di equilibrio [MPa]06373
 Spostamento galleria alla messa in opera [m]06373
 Convergenza radiale rivestimento [m]00000
 Tensione CLS [MPa]00000
 Coefficiente di sicurezza CLS 1000000.00000
 Pressione rottura CLS [MPa] 2.26076
 Rigidezza anello CLS [MPa] 3992.49340
 Tasso di deconfinamento alla messa in opera999119

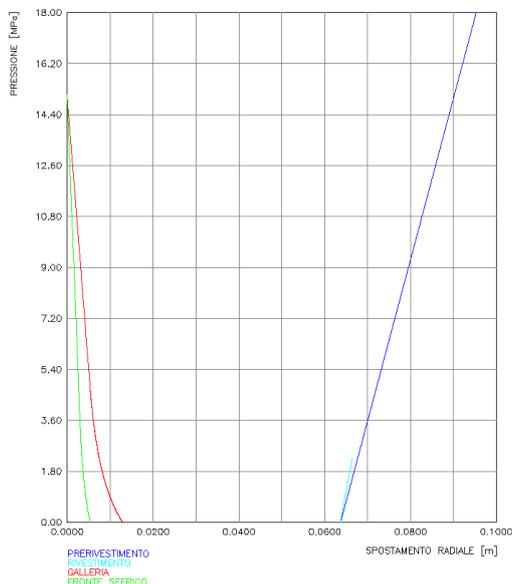


Figura 15-8: Curva caratteristica in fase di terapia (pk 20+450)

15.10 GALLERIA DI LINEA – GARDENA – SEZIONE 10 (PK. 21+275)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

Solutore numerico analisi base - ver S.5.1 mar.2018

Galleria Gardena
 Pk 21+275

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA - PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	197 di 312

Terapia

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 2
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione ometetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione ometetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m] 4.84000

PARAMETRI GEOTECNICI -----

Tensione originaria [MPa] 14.36400
Modulo di Young [MPa] 4300.00000
Coefficiente di Poisson25000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] . .00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] .. .00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa].. .00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m] 4.84000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa].. .00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m] 4.84000
RESISTENZA ROCCIA
Coesione picco [MPa] 1.27800
Angolo attrito picco [deg] 31.00000
Coesione residua [MPa] 1.27800
Angolo attrito residuo [MPa] 31.00000
Angolo dilatanza [deg]00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa]00000
Modulo di softening H [MPa]00000

FRESA SCUDATA -----

Spessore scudo metallico [m]06000
Gioco tra scudo e roccia [m]06000
Pressione sul fronte di scavo [MPa]00000
Coefficiente di Poisson acciaio scudo30000
Modulo Young acciaio scudo [MPa] 200000.00000
Resistenza acciaio scudo [MPa] 200000.00000
Intasamento con filler (1=si,0=no) 1

RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----

Distanza dal fronte alla messa in opera [m] 9.49600
Spessore CLS [m]45000
Modulo Young CLS [MPa] 36400.00000
Coefficiente di Poisson CLS25000
Resistenza compressione CLS [MPa] 25.00000
Opzione calcolo rivestimento 0
[0 prerivestimenti non collaboranti a lungo termine]
[1 prerivestimenti collaboranti a lungo termine]
Gioco radiale posa in opera rivestimento [m]16000

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000
Spostamento radiale galleria [m]052484
Raggio plastico galleria [m] 9.067286
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]019967
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]005222
Spostamento radiale fronte (trasf. ometet.) [m]015220
Raggio plastico fronte sferico [m] 6.390366

STATO GALLERIA AL FRONTE DI SCAVO (PER FRESA SCUDATA) -----

Metodo Panet-Guenot
U [m] : .01997
LAMBDA : .80277

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200004	C	198 di 312

Trasformazione Omotetica

U [m] : .01522
LAMBDA : .70919

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .01997
LAMBDA : .80277

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .00522
LAMBDA : .25926

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .01522
LAMBDA : .70919

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL RIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .04603
LAMBDA : .98143

Trasformazione Omotetica

U [m] : .05158
LAMBDA : .99764

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .04398
LAMBDA : .97446

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .04066
LAMBDA : .96191

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .04288
LAMBDA : .97053

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 199 di 312

R I S U L T A T O A N A L I S I G A L L E R I A

Pressione fine calcolo [MPa]000000
 Spost. radiale galleria fine calcolo [m]052484
 Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 9.067286

FRESA SCUDATA -----
 Raggio plastico al punto di equilibrio [m]00000
 Pressione al punto di equilibrio [MPa]00000
 Spostamento al punto di equilibrio [m]01522
 Convergenza radiale scudo [m]00000
 Tensione scudo [MPa]00000
 Coefficiente di sicurezza scudo00000
 Pressione rottura scudo [MPa] 2463.97104
 Rigidezza scudo [MPa] 2756.16850

Il rivestimento prefabbricato non entra in contatto con la roccia.

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----
 Raggio plastico punto di equilibrio [m]00000
 Pressione punto di equilibrio [MPa]00000
 Spostamento punto di equilibrio [MPa]07519
 Spostamento galleria alla messa in opera [m]07519
 Convergenza radiale rivestimento [m]00000
 Tensione CLS [MPa]00000
 Coefficiente di sicurezza CLS 1000000.00000
 Pressione rottura CLS [MPa] 2.26076
 Rigidezza anello CLS [MPa] 3992.49340
 Tasso di deconfinamento alla messa in opera997642

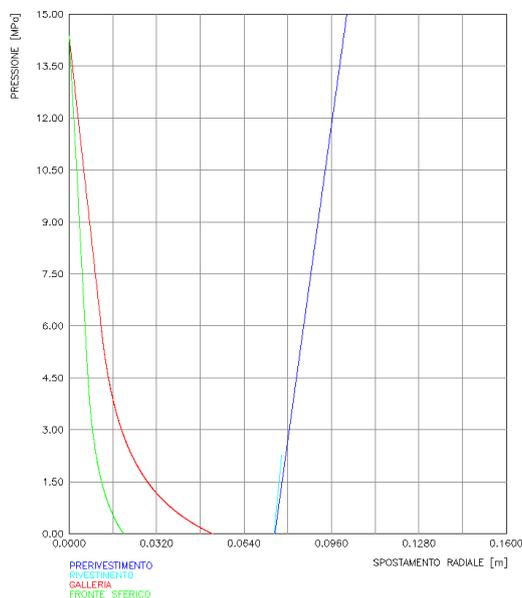


Figura 15-9: Curva caratteristica in fase di terapia (pk 21+275)

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 200 di 312

ALLEGATO 2

ANALISI NUMERICHE – FASI DI CALCOLO E RISULTATI

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 201 di 312

16. OUTPUT PLAXIS 2D

16.1.1 Galleria di linea – Gardena – Sezione 1 (pk. 16+450)

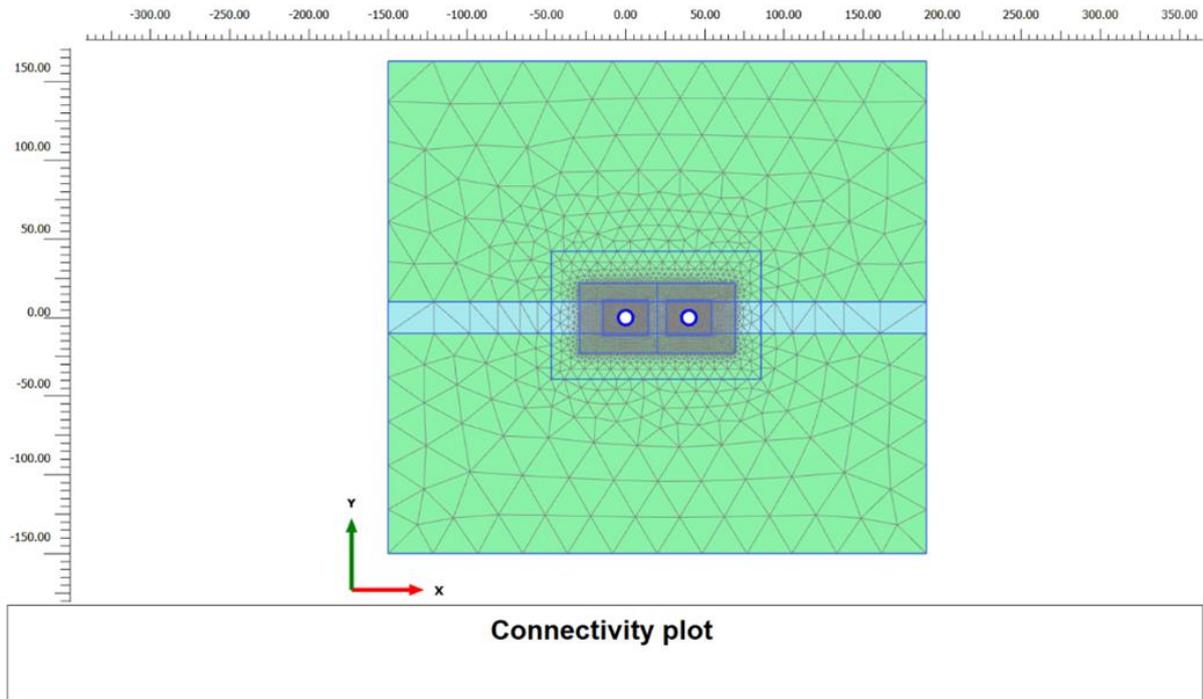


Figura 16-1: Mesh

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 202 di 312

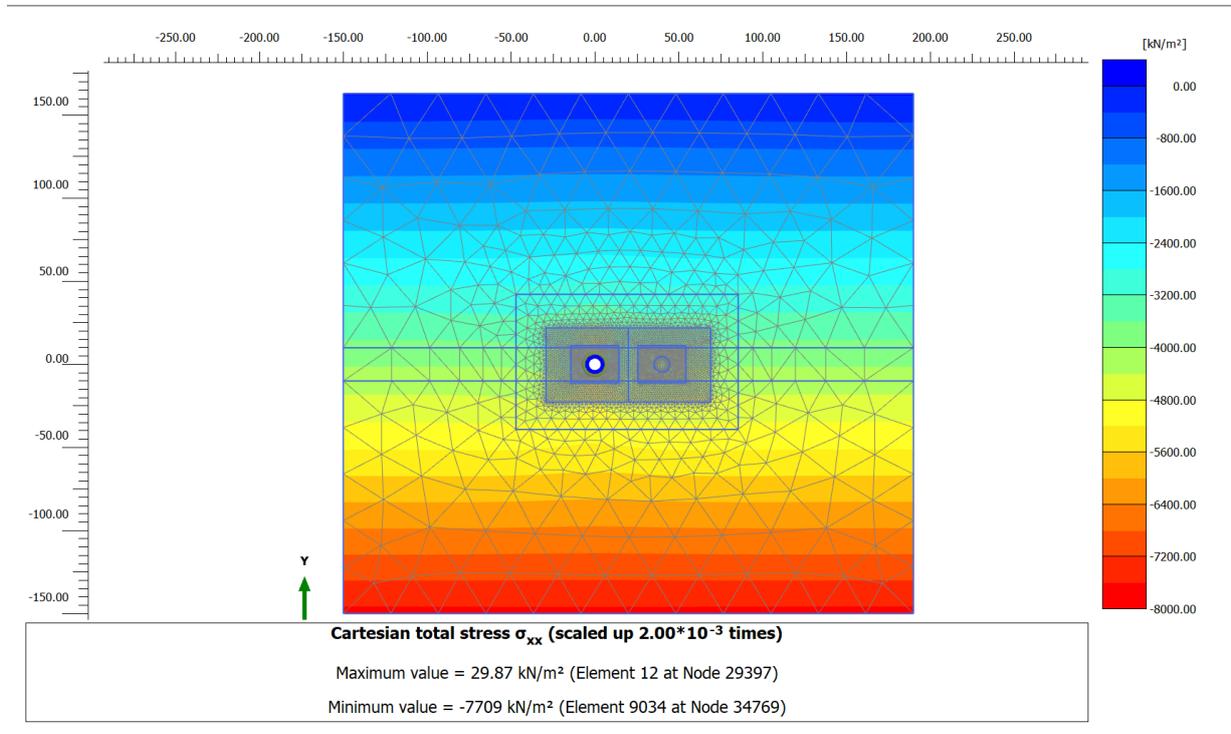


Figura 16-2: Stress σ_{yy} Fase 3

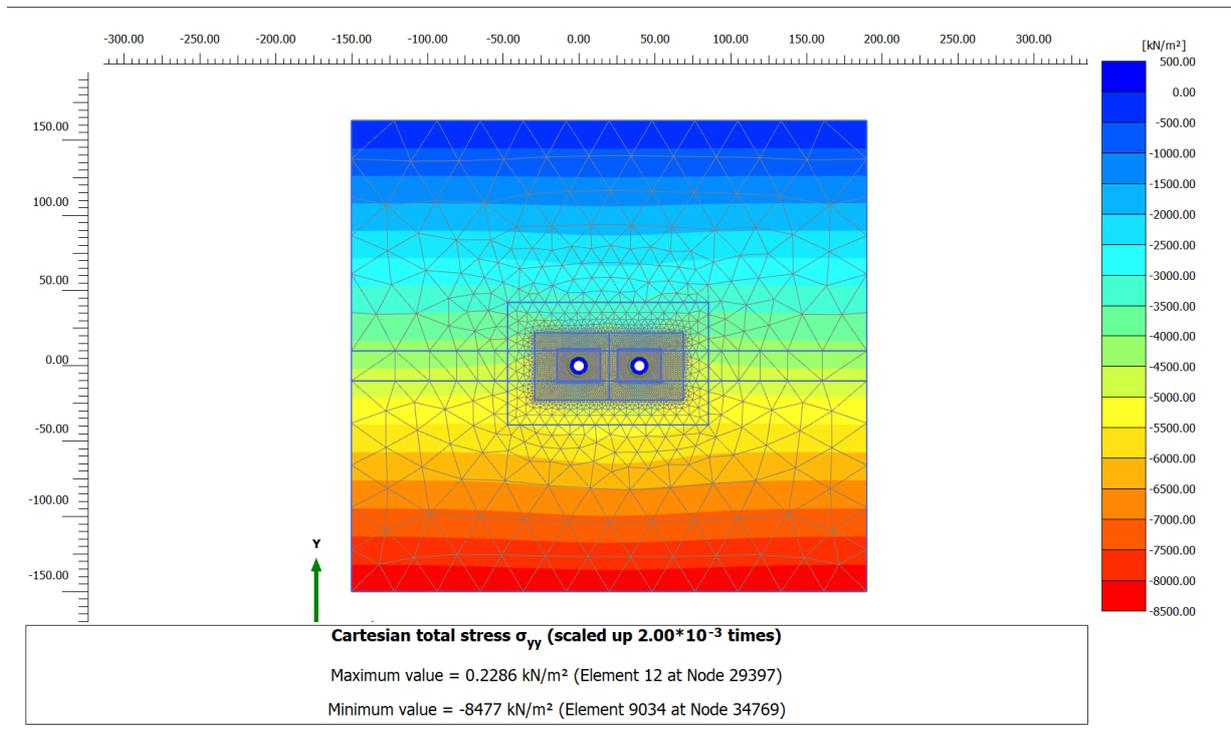


Figura 16-3: Stress σ_{yy} Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 203 di 312

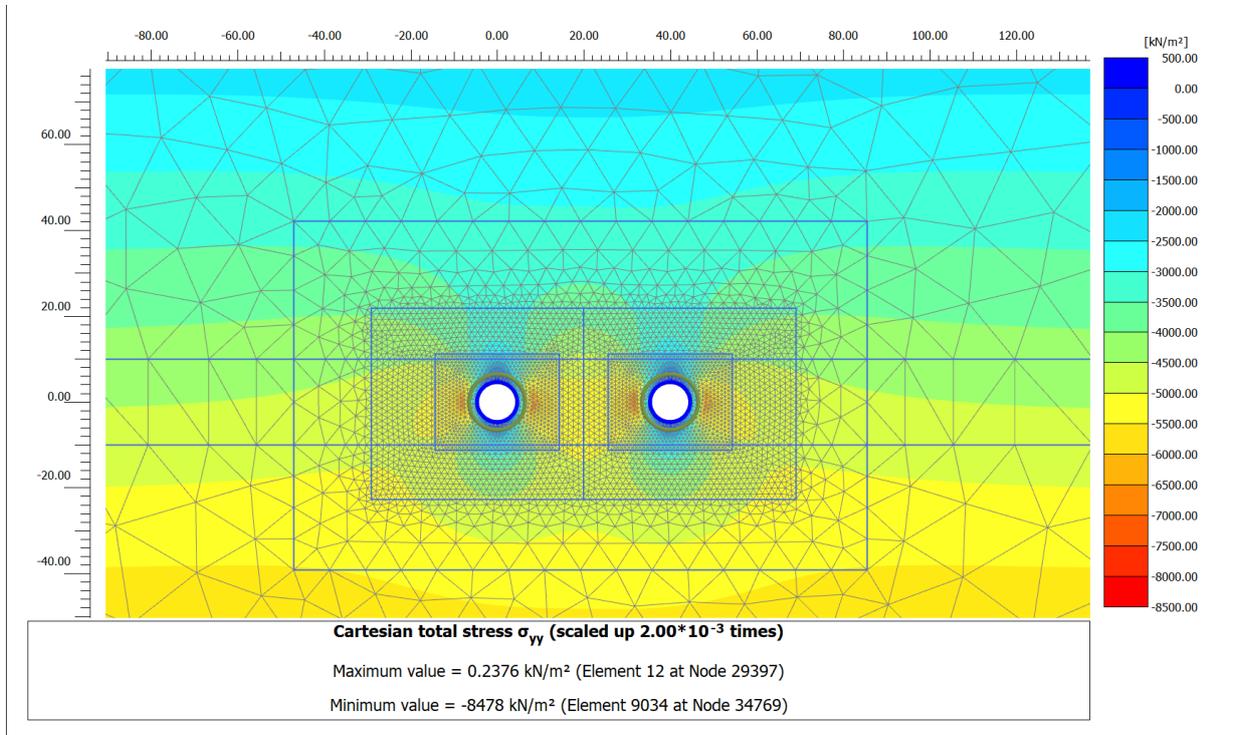


Figura 16-4: Stress σ_{yy} L.T.

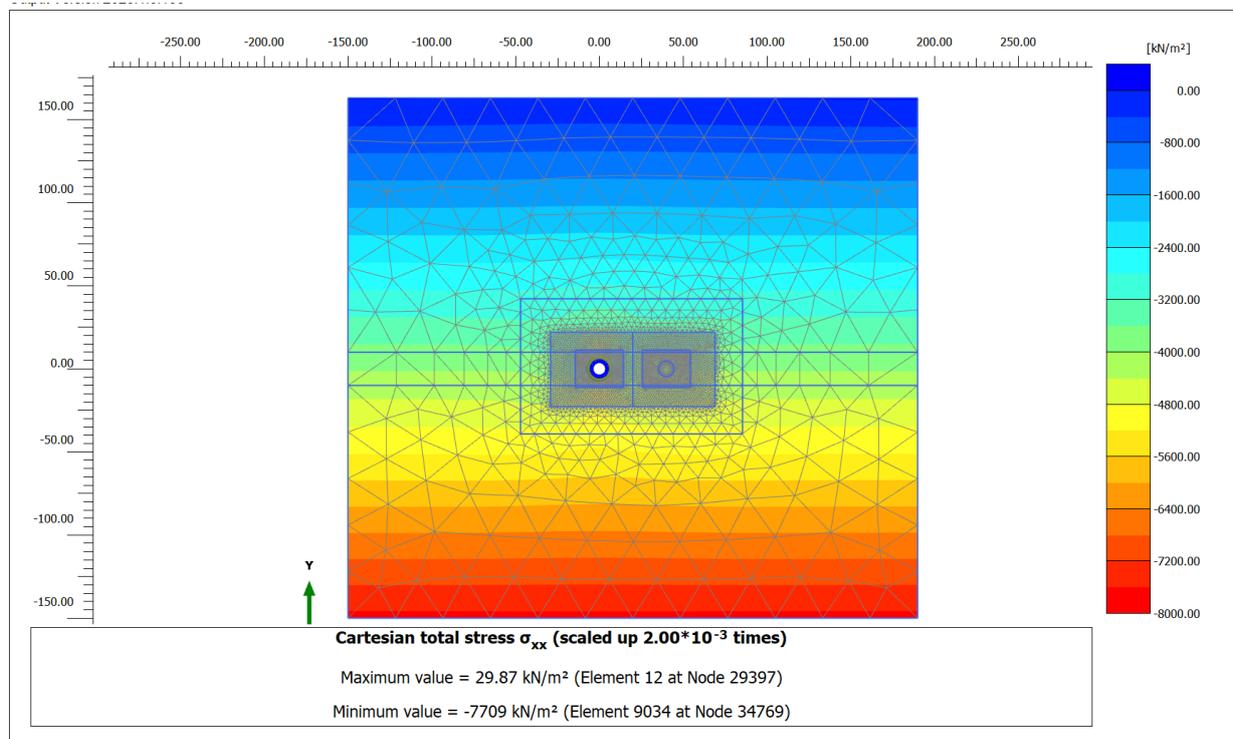


Figura 16-5: Stress σ_{xx} Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 204 di 312

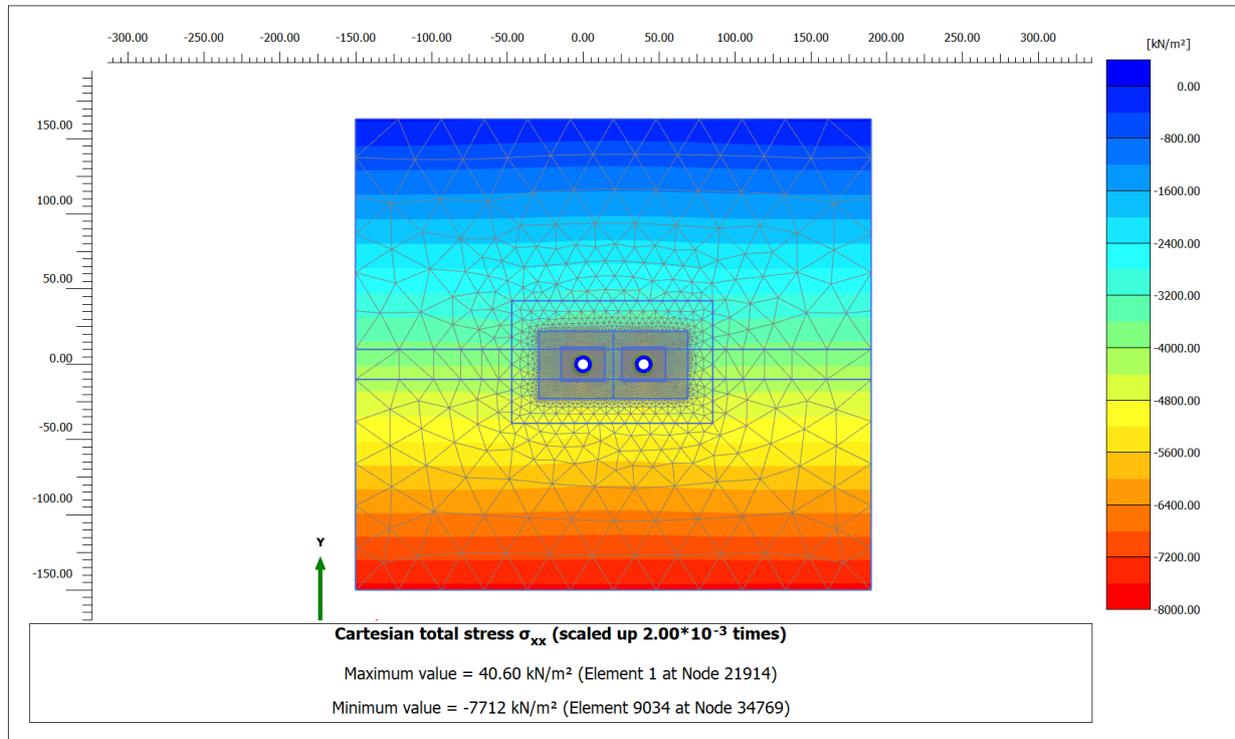


Figura 16-6: Stress σ_{xx} Fase 5

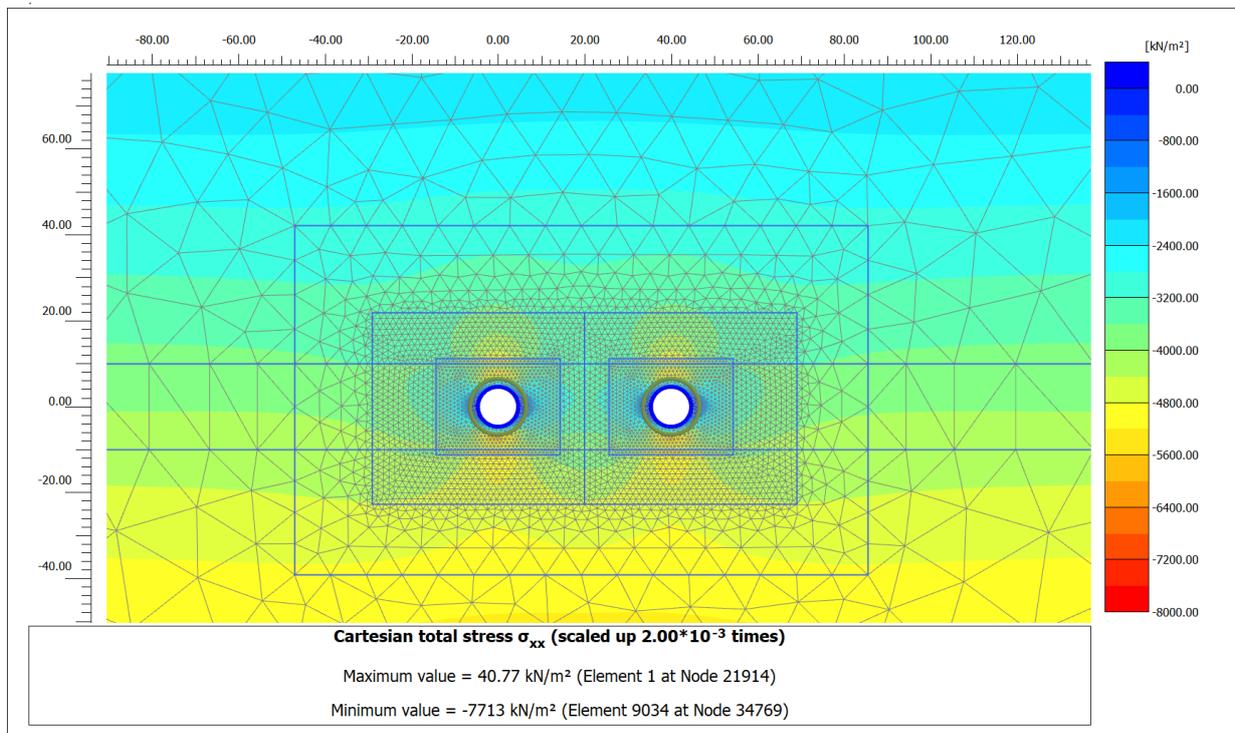


Figura 16-7: Stress σ_{xx} L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 205 di 312

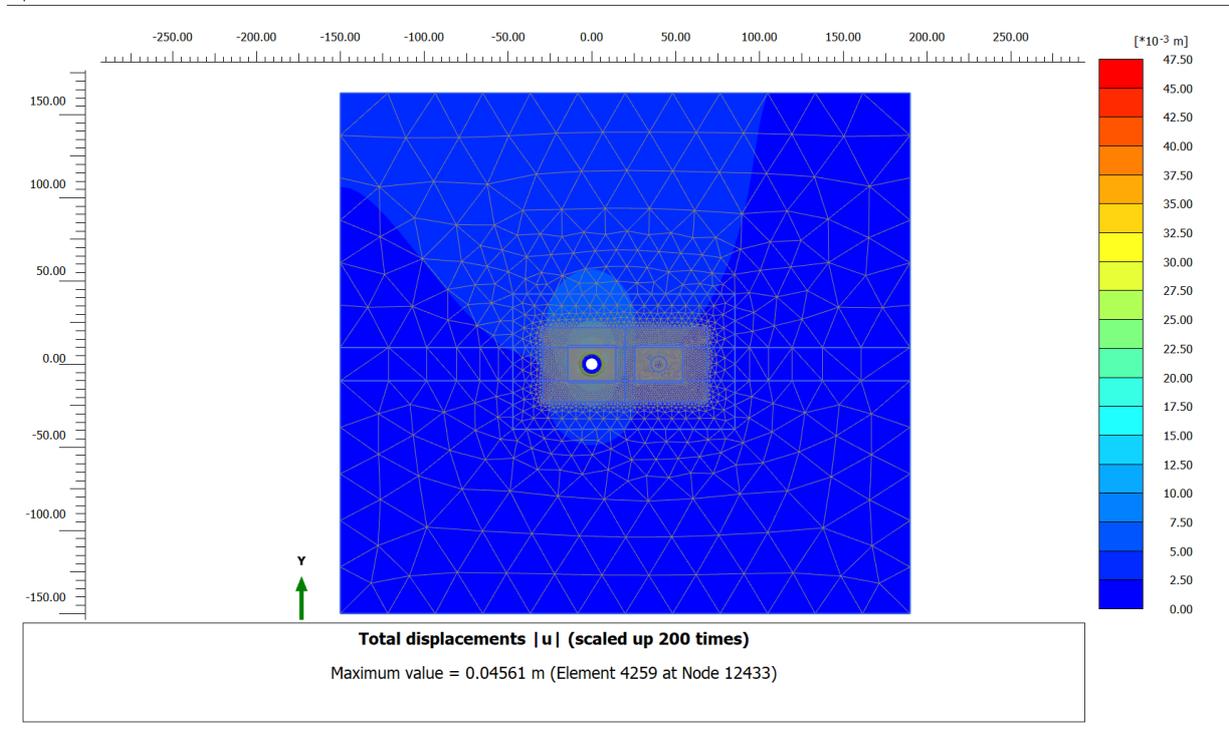


Figura 16-8: Spostamenti |u| Fase 3

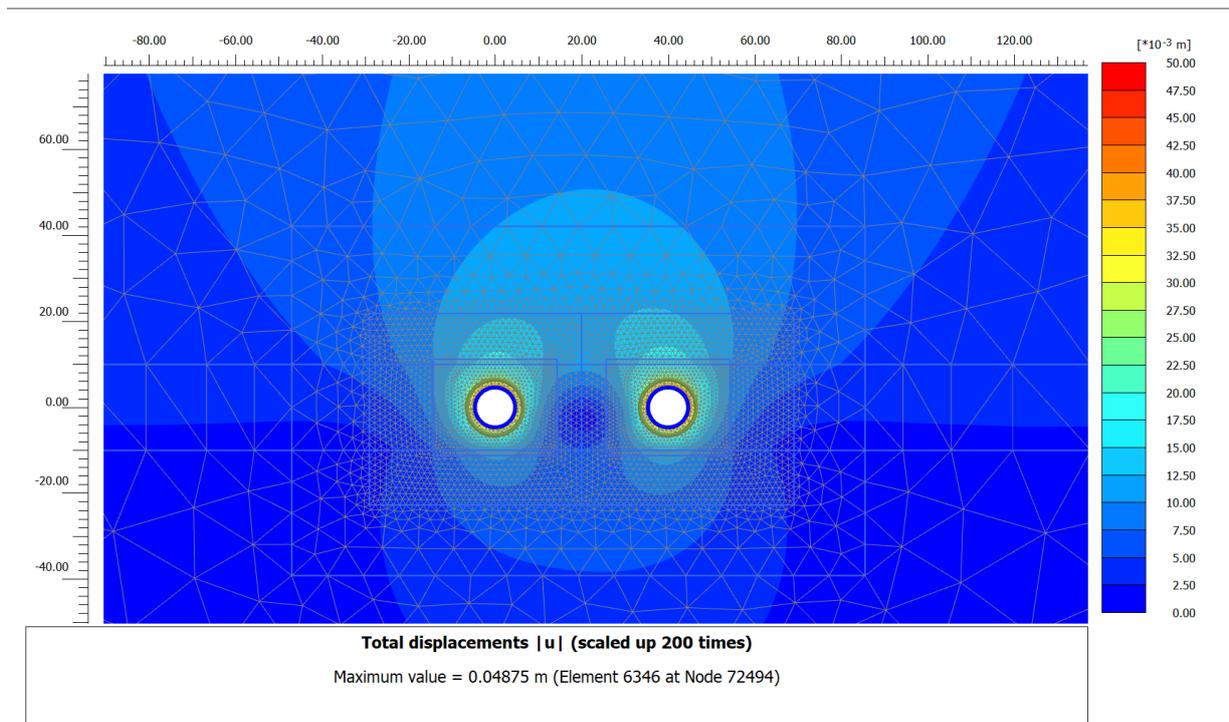


Figura 16-9: Spostamenti |u| Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 206 di 312

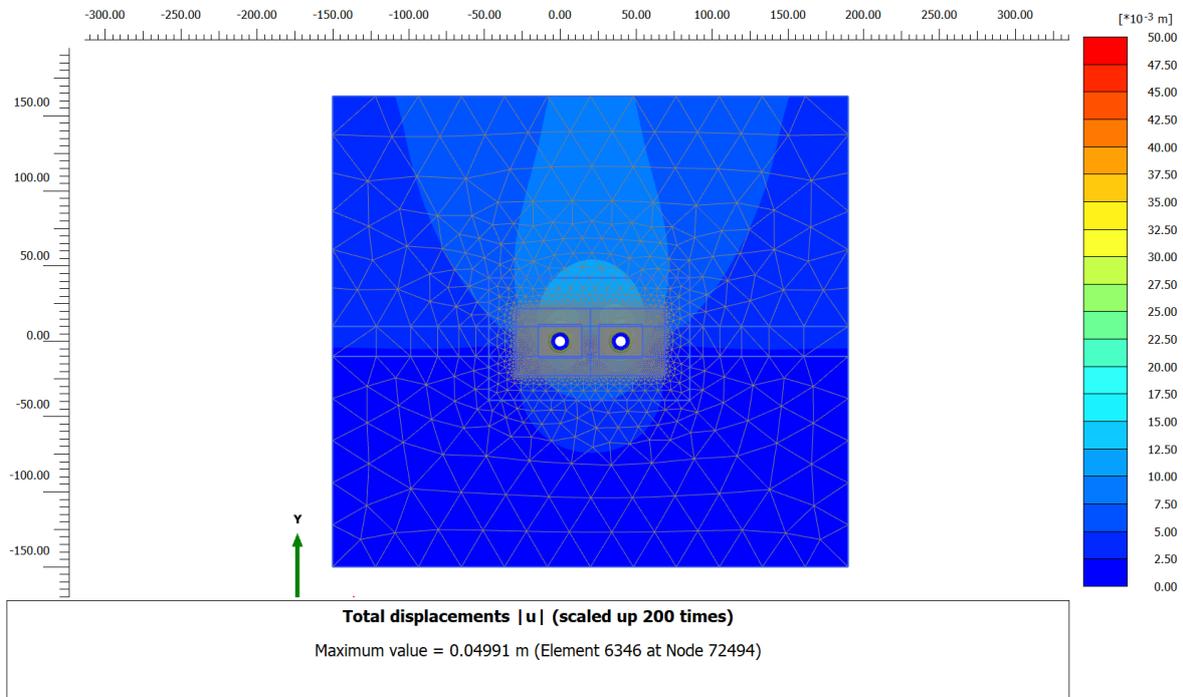


Figura 16-10: Spostamenti $|u|$ L.T.

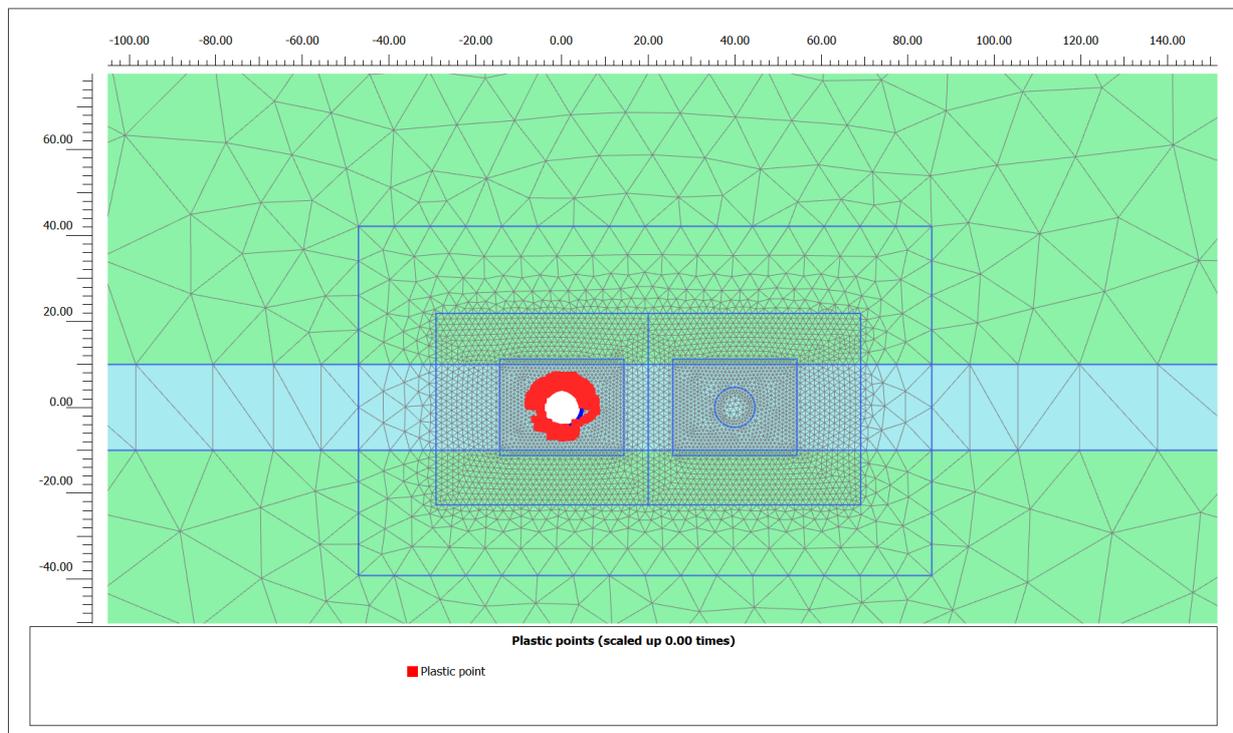


Figura 16-11: Zone di plasticizzazione Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 207 di 312

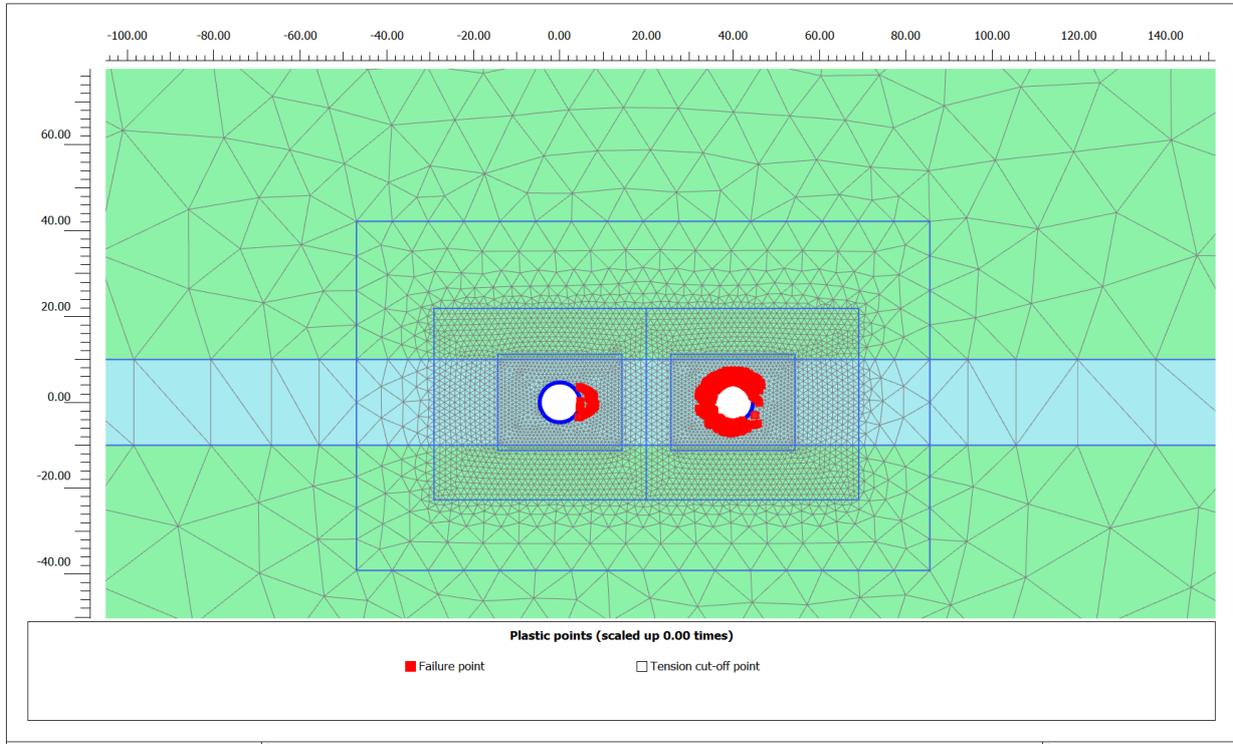


Figura 16-12: Zone di plasticizzazione Fase 5

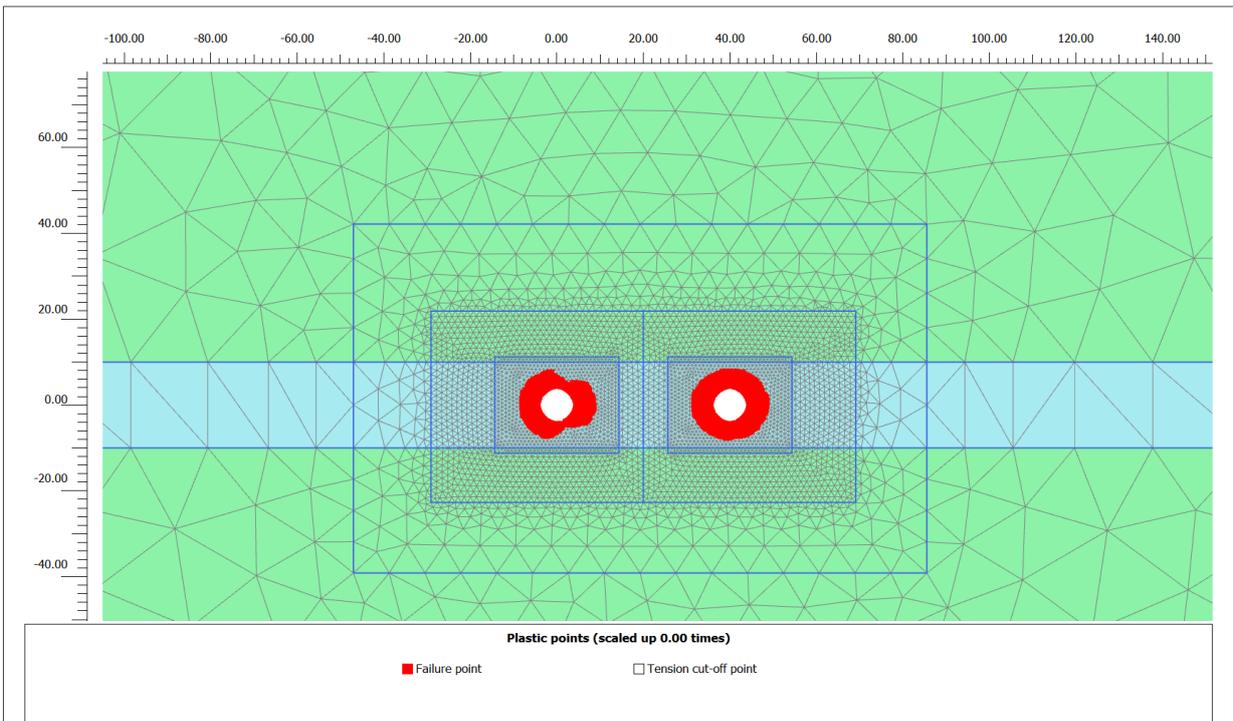


Figura 16-13: Zone di plasticizzazione L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 208 di 312

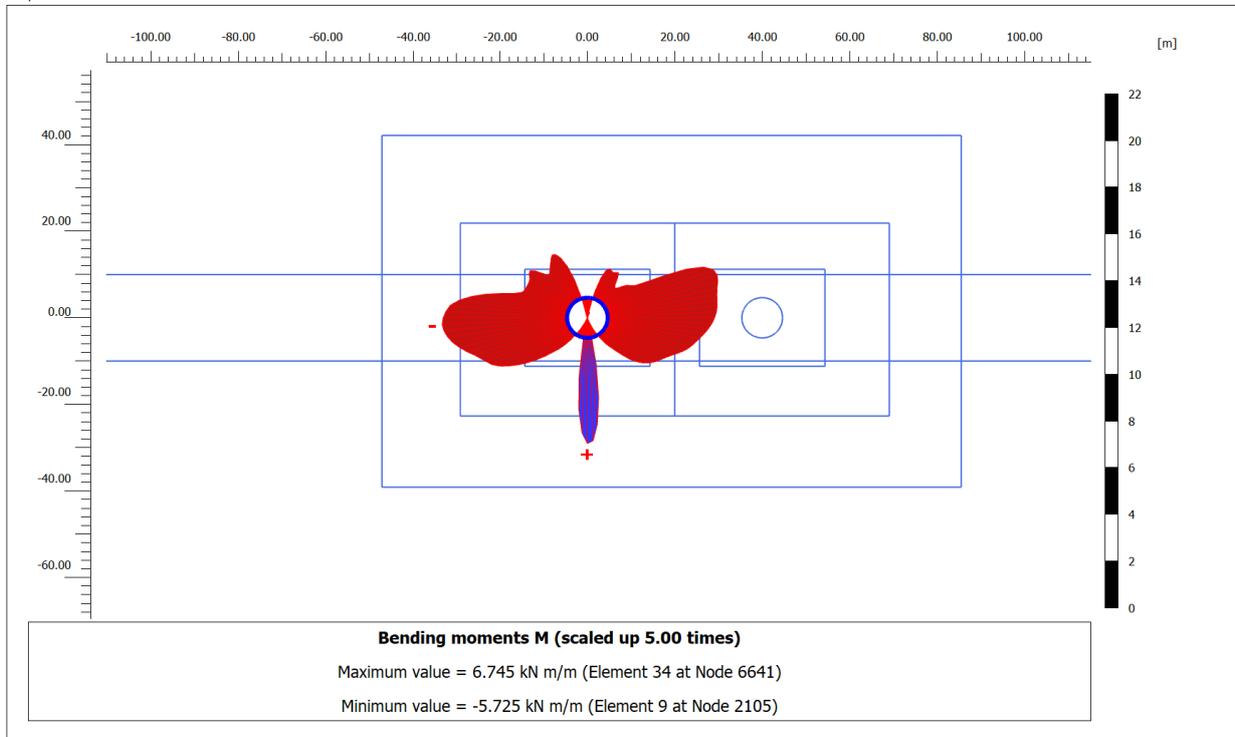


Figura 16-14: Sollecitazione momento flettente Fase 3

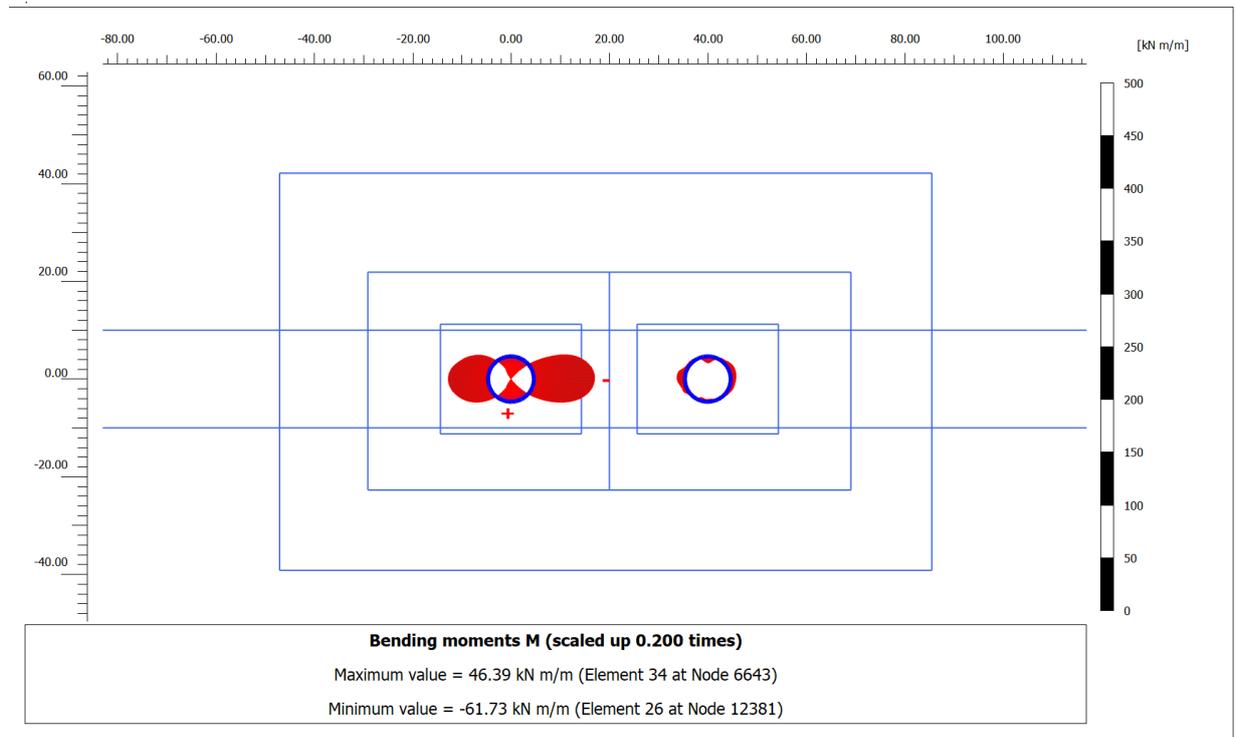


Figura 16-15: Sollecitazione momento flettente Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 209 di 312

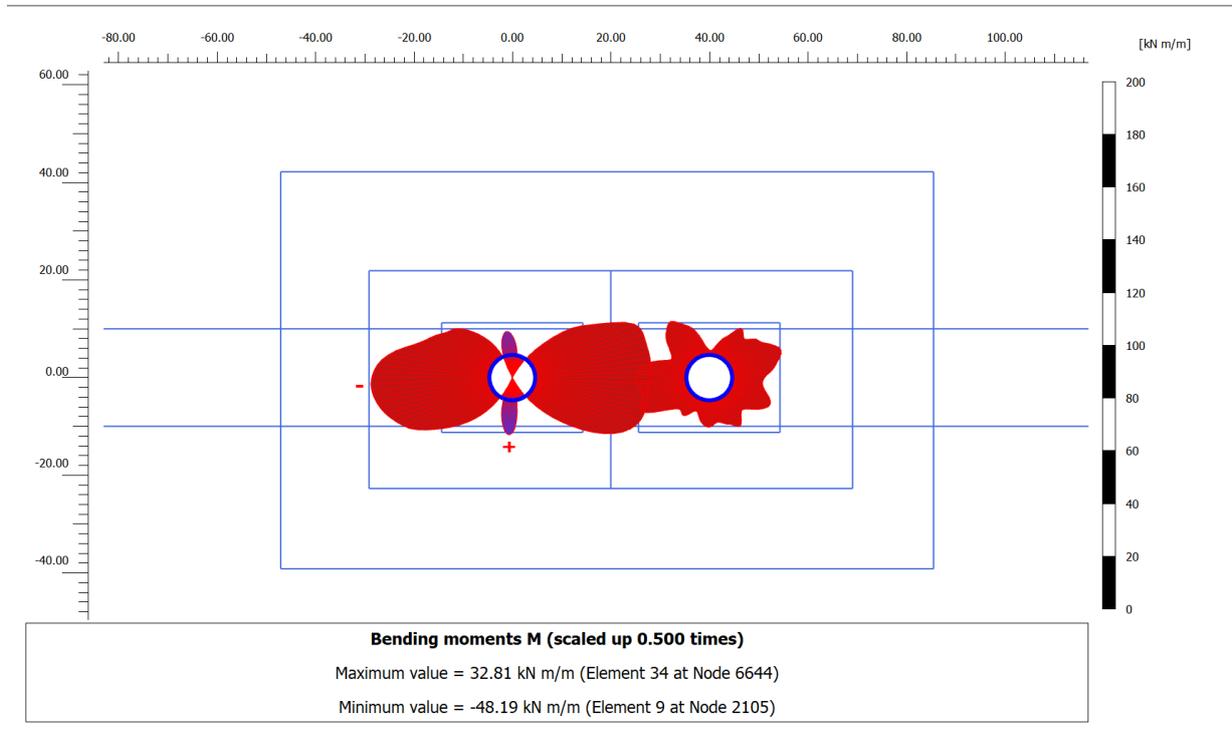


Figura 16-16: Sollecitazione momento flettente L.T.

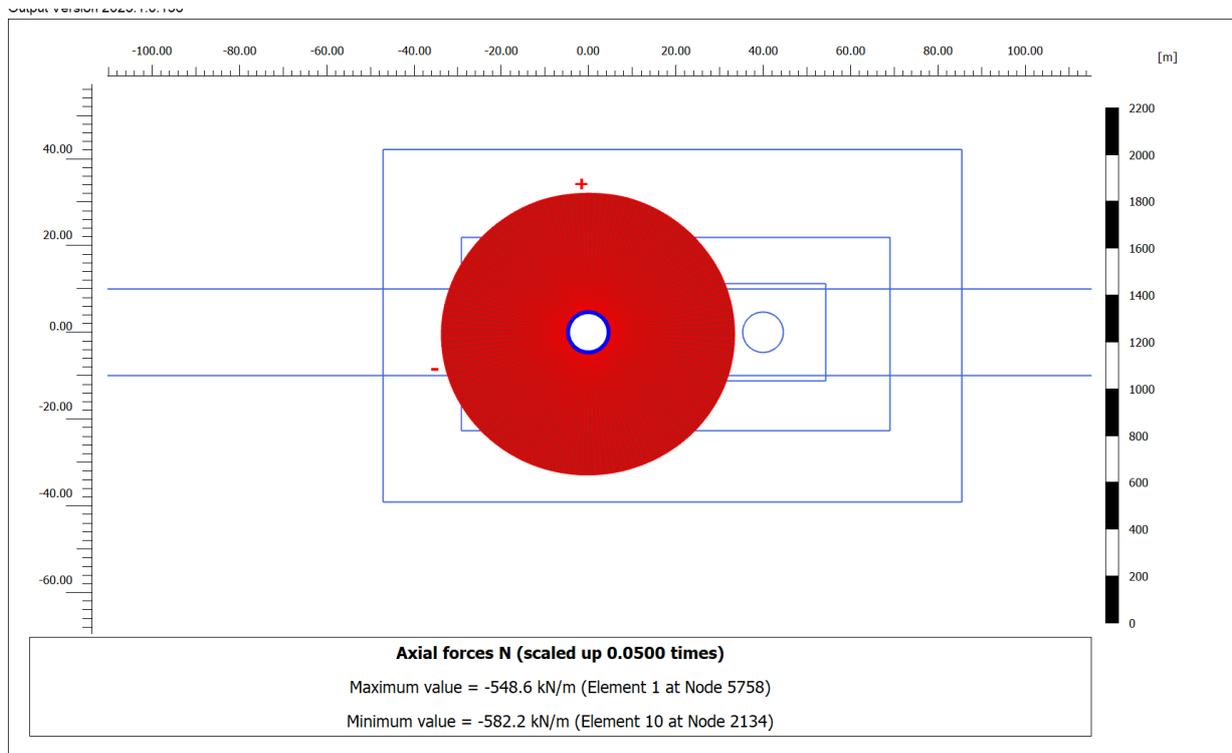


Figura 16-17: Sollecitazione sforzo assiale Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 210 di 312

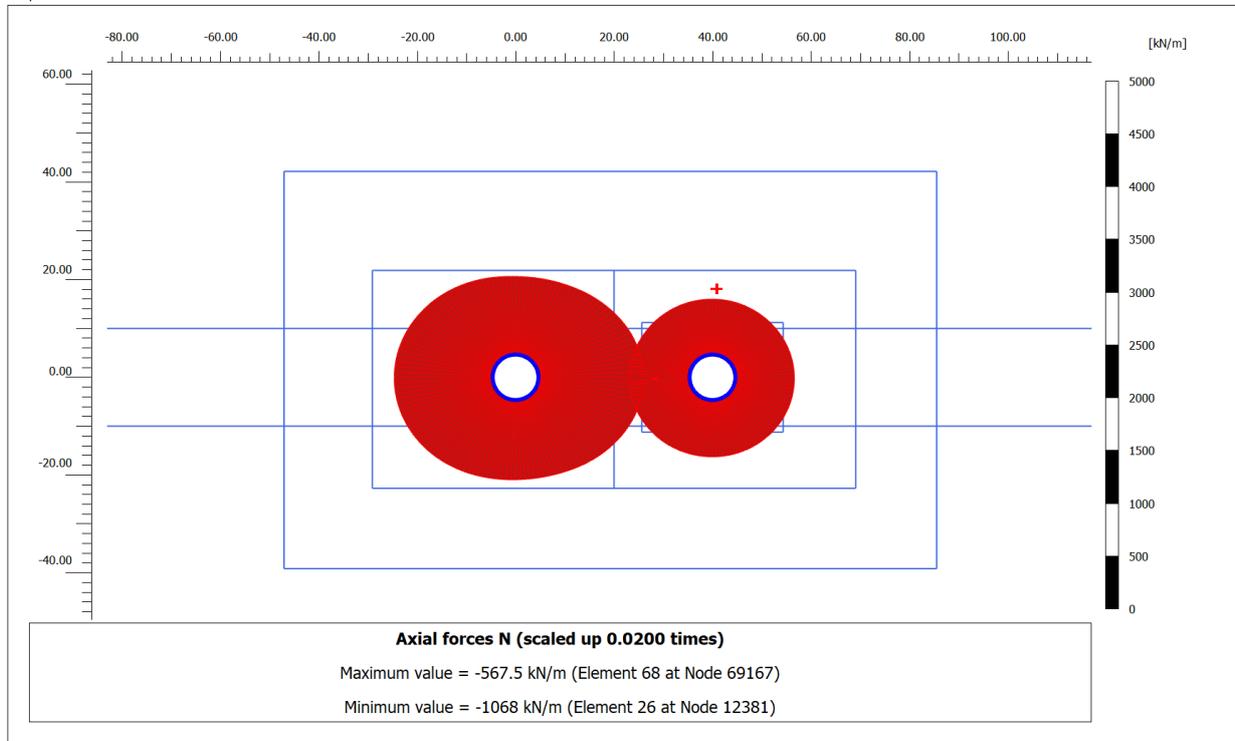


Figura 16-18: Sollecitazione sforzo assiale Fase 5

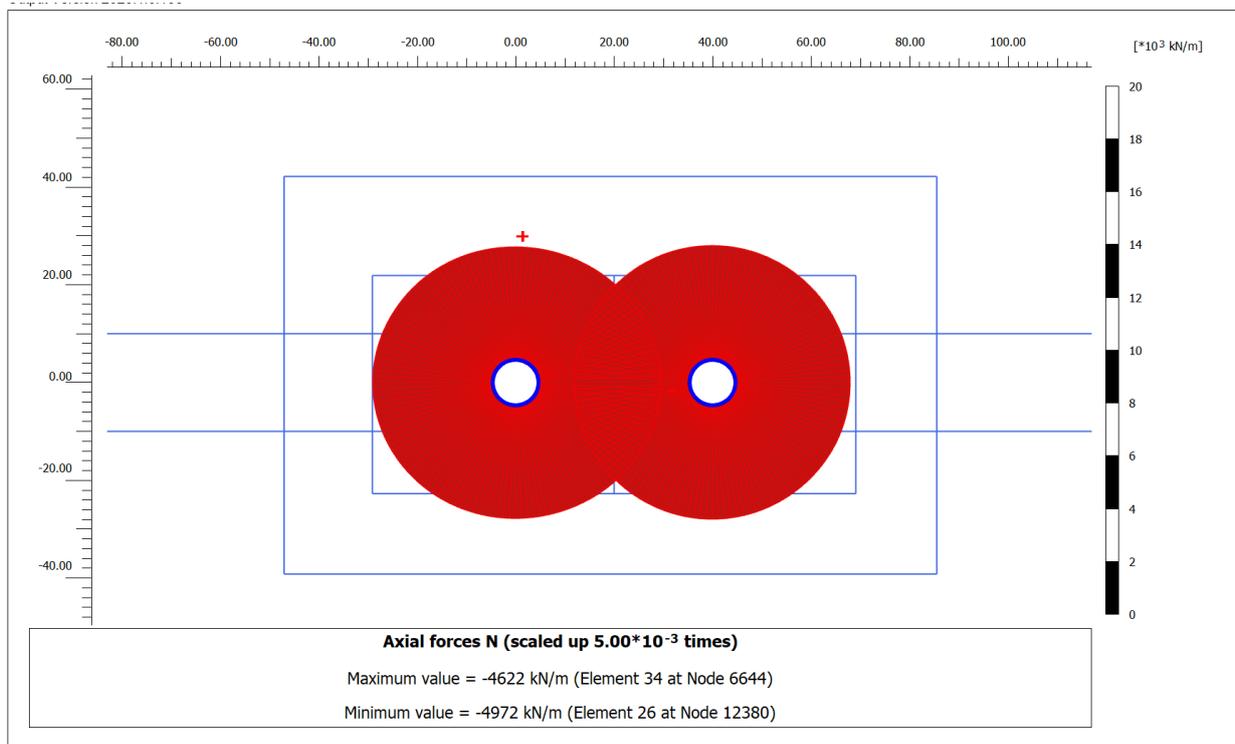


Figura 16-19: Sollecitazione sforzo assiale L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 211 di 312

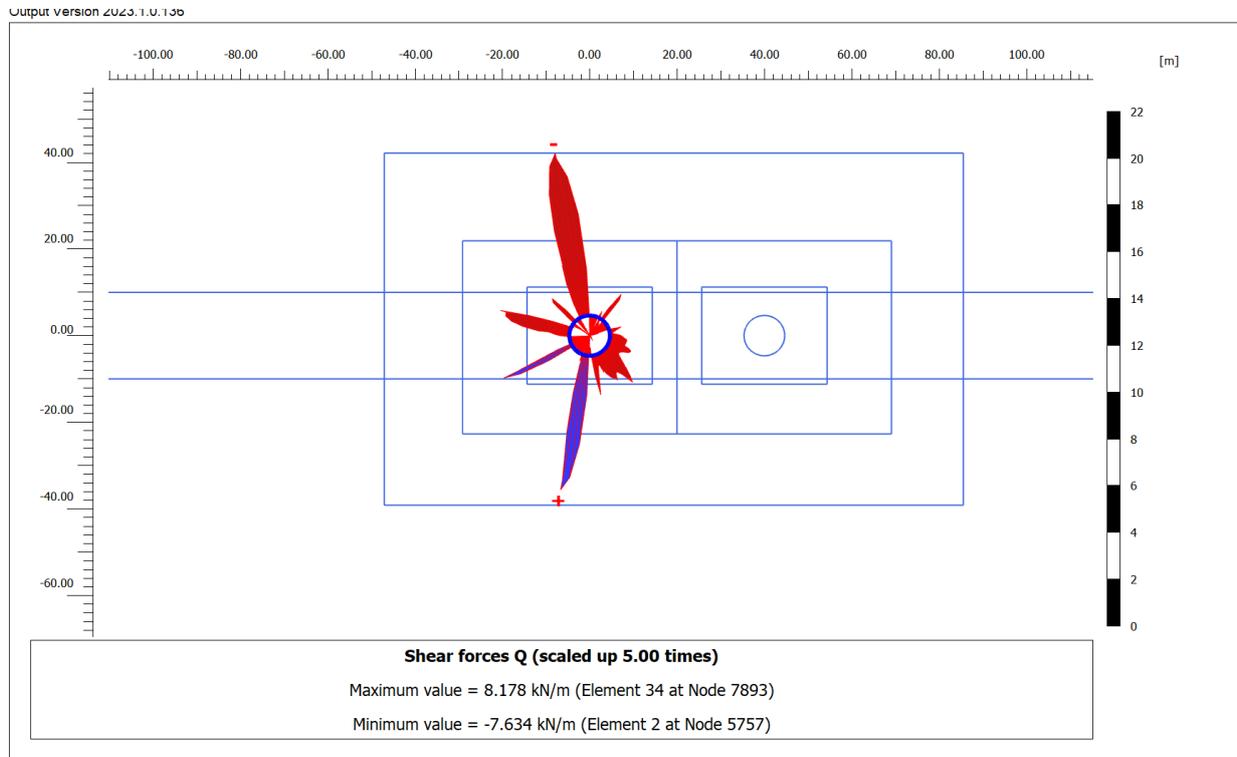


Figura 16-20: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 3

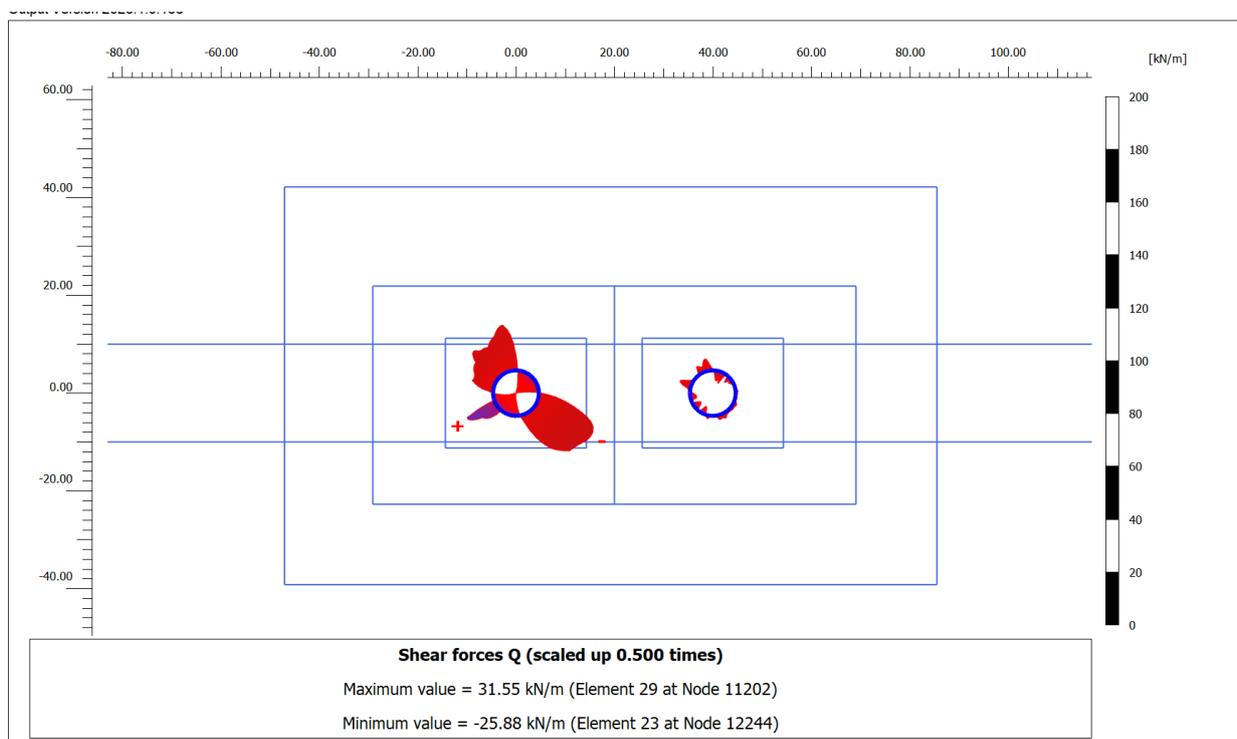


Figura 16-21: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 212 di 312

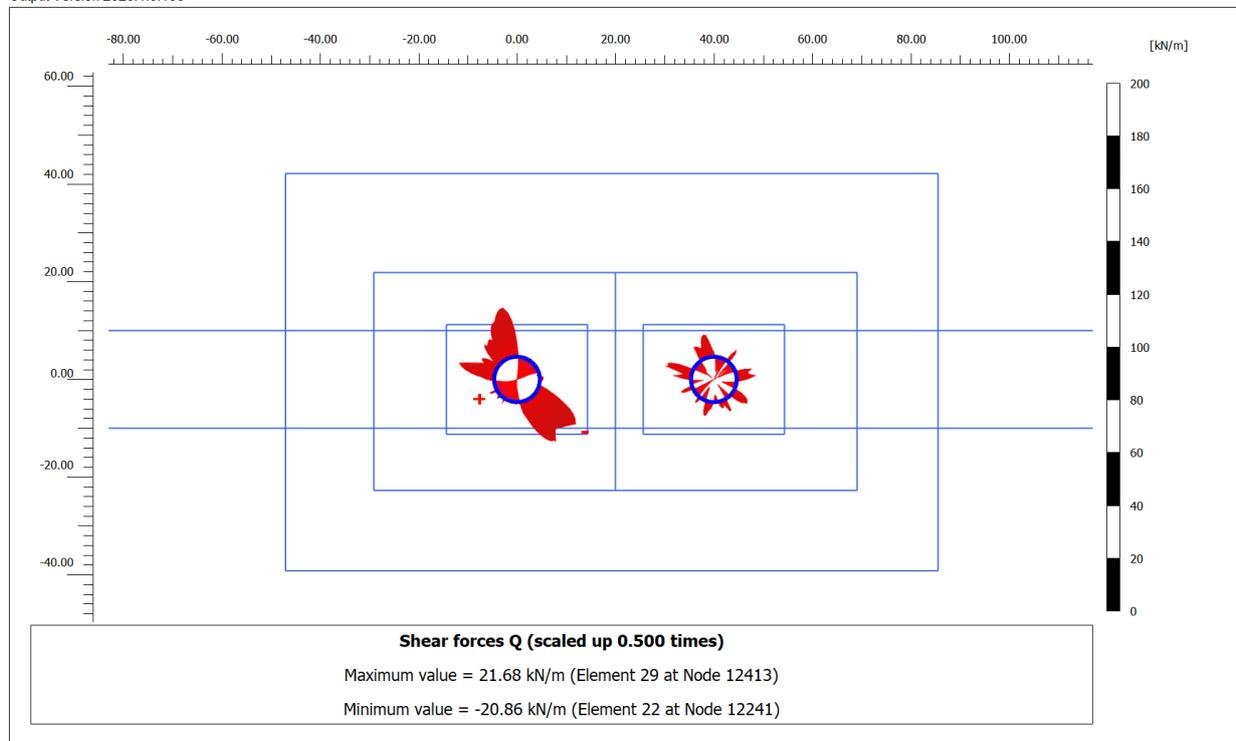


Figura 16-22: Sollecitazione sforzo di taglio L.T.

APPALTATORE:			PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"			
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria		PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 213 di 312

16.1.2 Galleria di linea – Gardena – Sezione 2 (pk. 16+540)

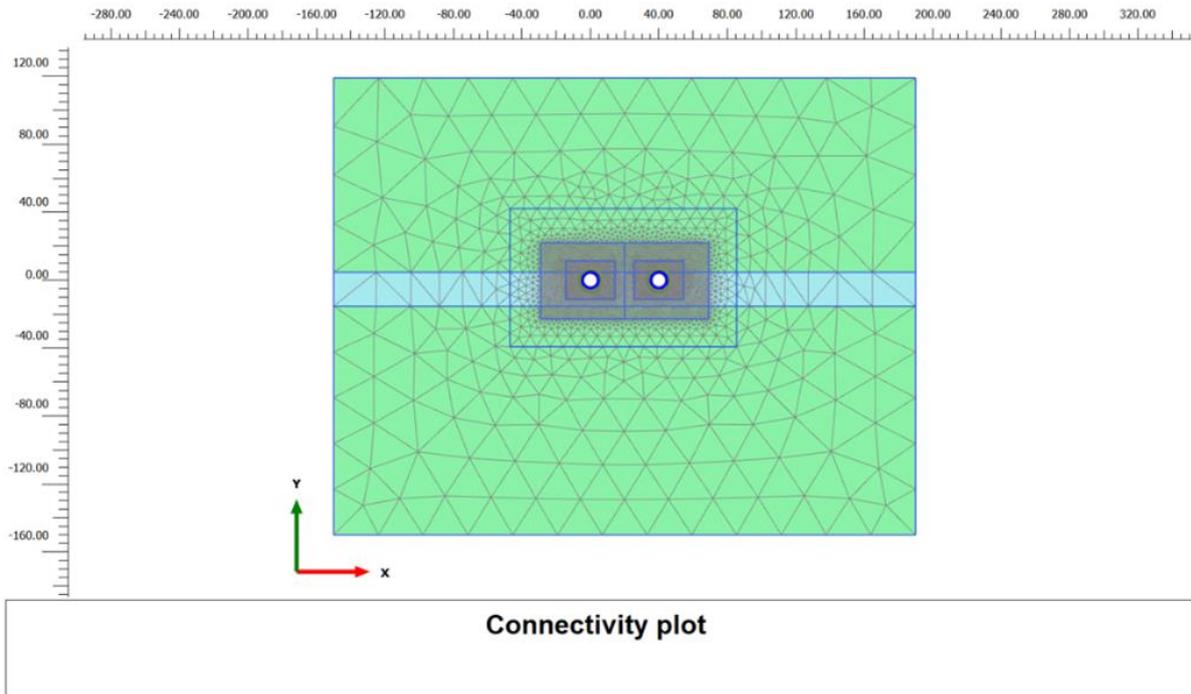


Figura 16-23: Mesh

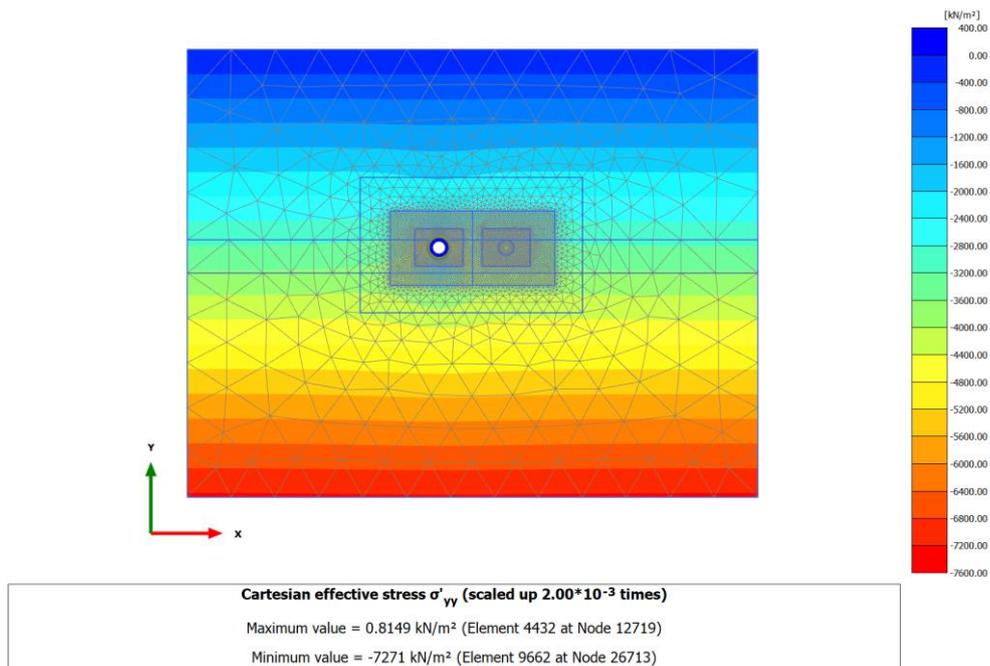
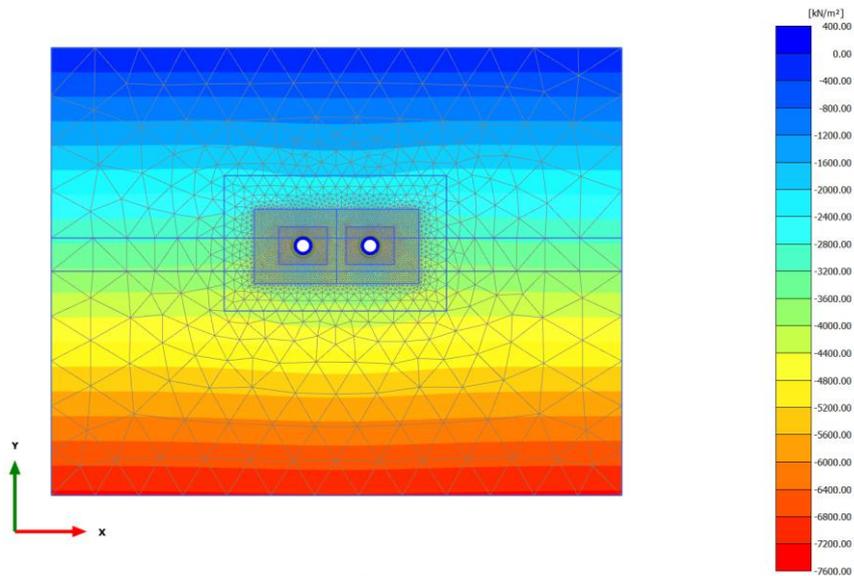


Figura 16-24: Stress σ_{yy} Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 214 di 312

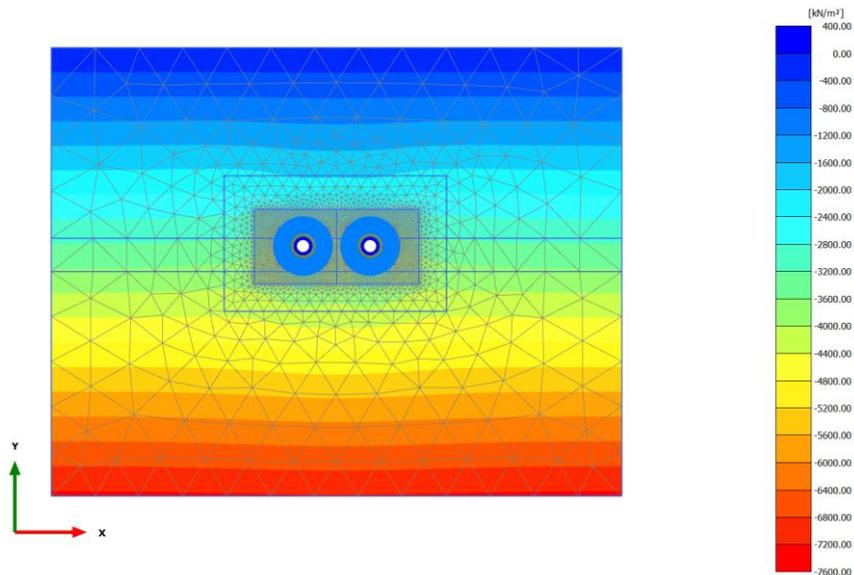


Cartesian effective stress σ'_{yy} (scaled up $2.00 \cdot 10^{-3}$ times)

Maximum value = 1.191 kN/m² (Element 6565 at Node 76120)

Minimum value = -7279 kN/m² (Element 9662 at Node 26713)

Figura 16-25: Stress σ_{yy} Fase 5



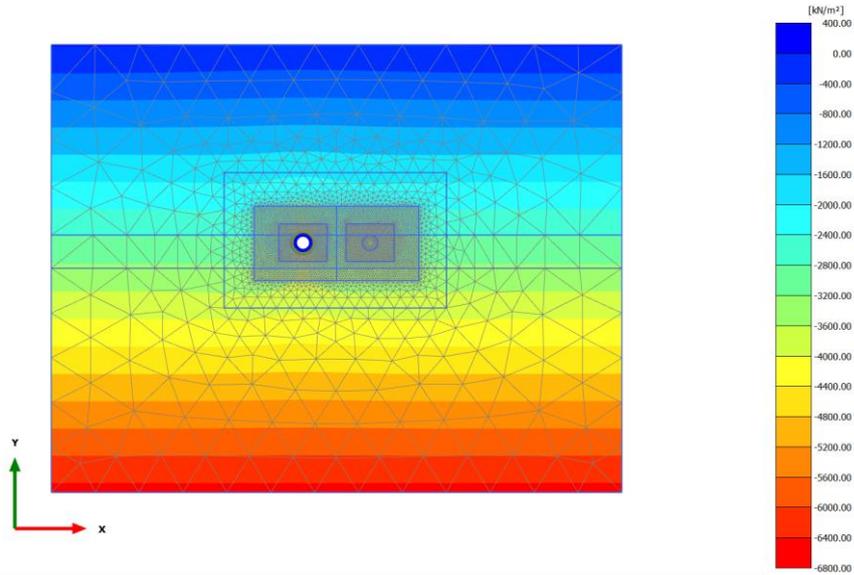
Cartesian effective stress σ'_{yy} (scaled up $2.00 \cdot 10^{-3}$ times)

Maximum value = 3.313 kN/m² (Element 5139 at Node 13029)

Minimum value = -7280 kN/m² (Element 9659 at Node 33581)

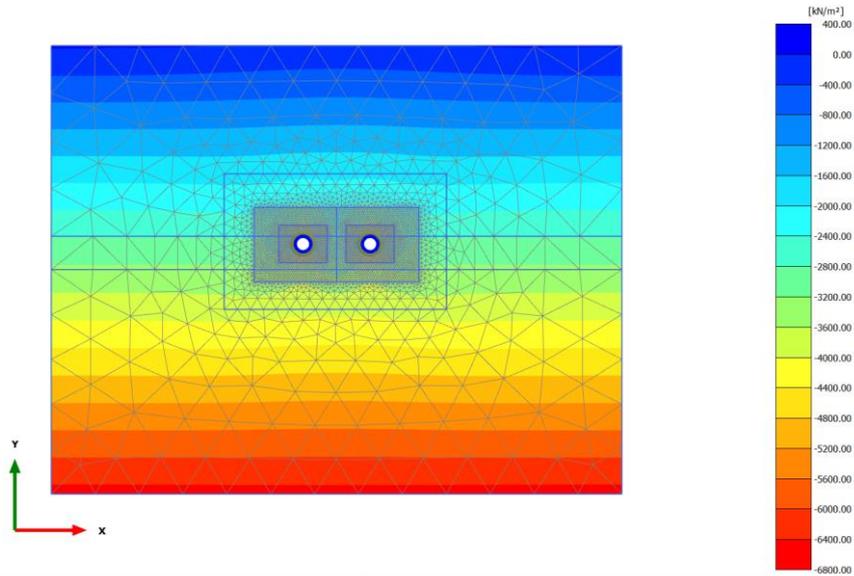
Figura 16-26: Stress σ_{yy} L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 215 di 312



Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $2.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 27.96 kN/m² (Element 5 at Node 22849)
Minimum value = -6539 kN/m² (Element 9662 at Node 26713)

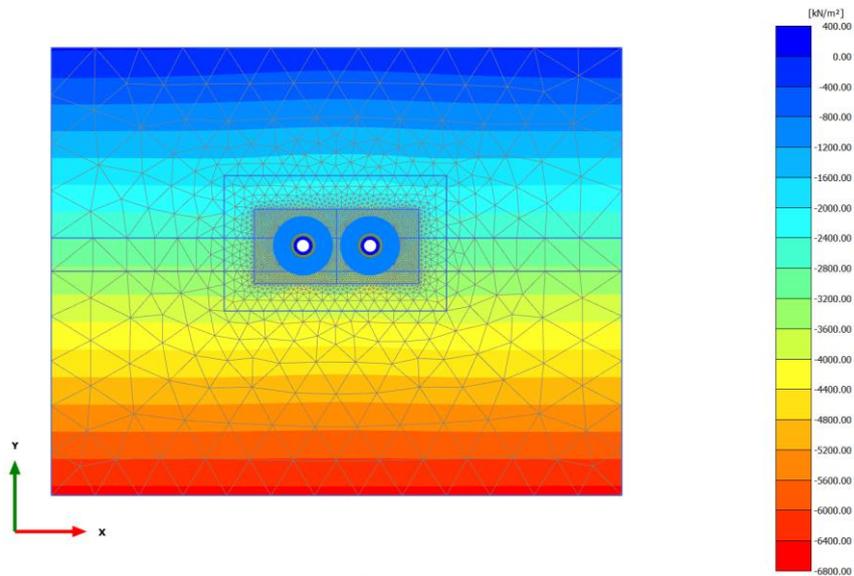
Figura 16-27: Stress σ_{xx} Fase 3



Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $2.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 44.70 kN/m² (Element 5 at Node 22849)
Minimum value = -6541 kN/m² (Element 9662 at Node 26713)

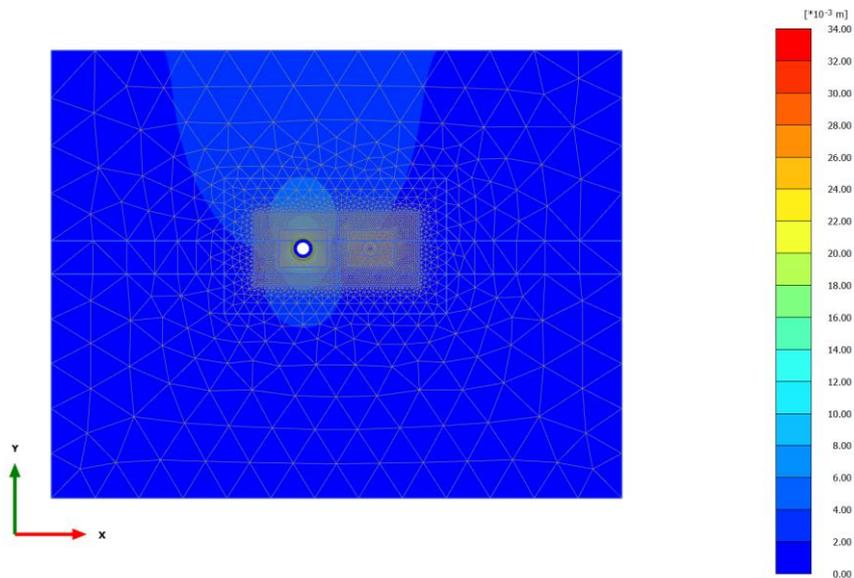
Figura 16-28: Stress σ_{xx} Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 216 di 312



Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $2.00 \cdot 10^{-3}$ times)
 Maximum value = 44.41 kN/m² (Element 5 at Node 22849)
 Minimum value = -6541 kN/m² (Element 9659 at Node 33581)

Figura 16-29: Stress σ_{xx} L.T.



Total displacements $|u|$ (scaled up 500 times)
 Maximum value = 0.03270 m (Element 5139 at Node 13029)

Figura 16-30: Spostamenti $|u|$ Fase 3

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 217 di 312

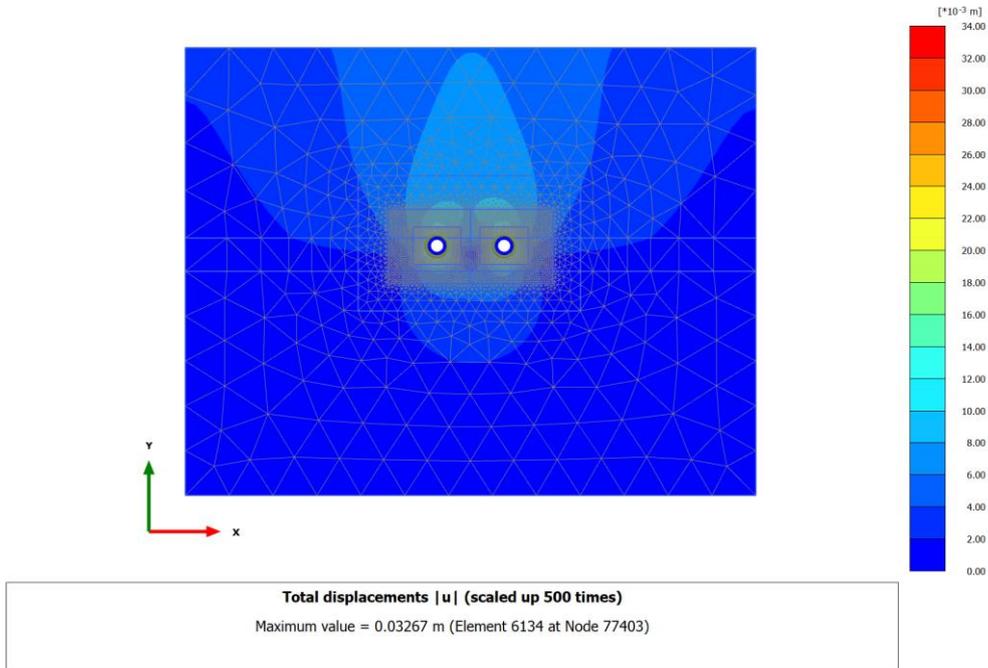
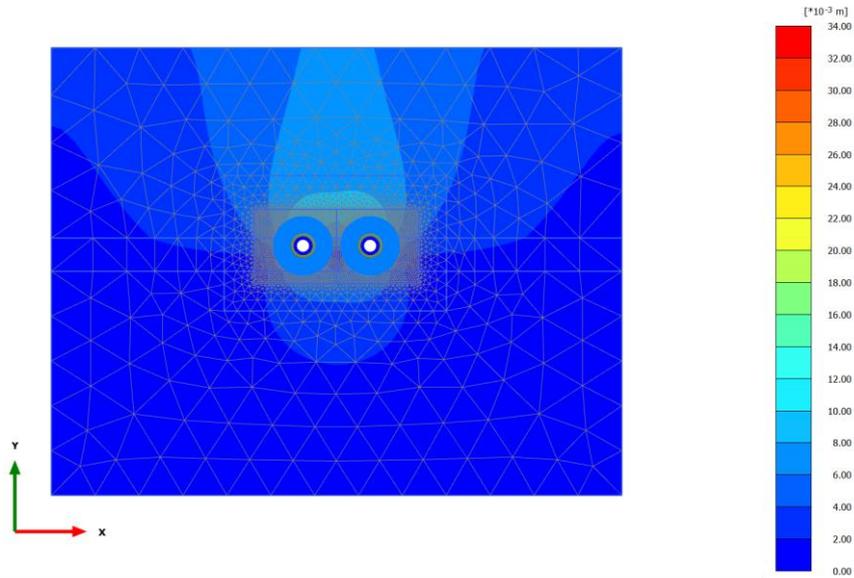


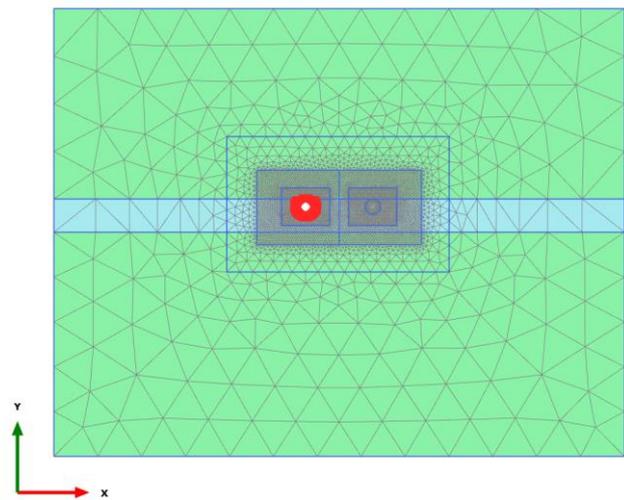
Figura 16-31: Spostamenti |u| Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 218 di 312



Total displacements |u| (scaled up 500 times)
Maximum value = 0.03341 m (Element 6190 at Node 77672)

Figura 16-32: Spostamenti |u| L.T.



Plastic point history Failure (scaled up 1.00 times)

- Failure point
- Tension cut-off point
- ▽ Plasticity in local 2 direction only
- ◆ Plasticity in local 1 and 2 directions

Figura 16-33: Zone di plasticizzazione Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 219 di 312

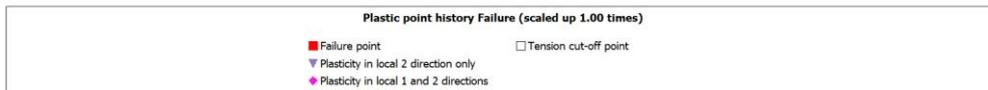
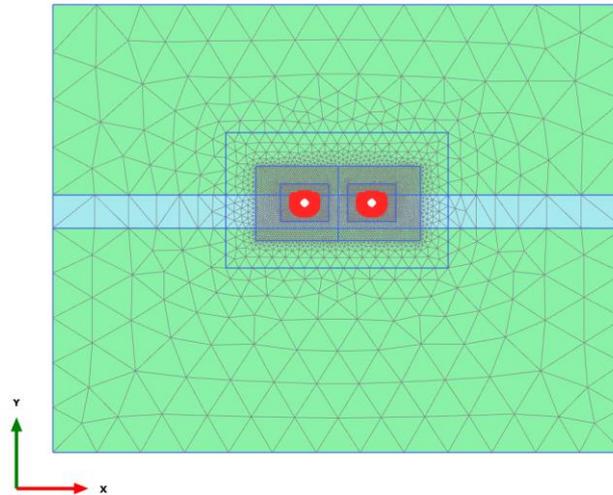


Figura 16-34: Zone di plasticizzazione Fase 5

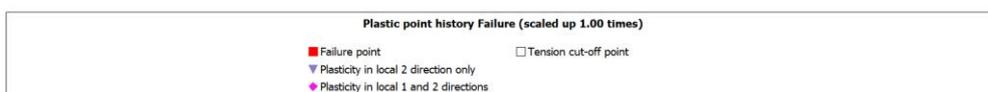
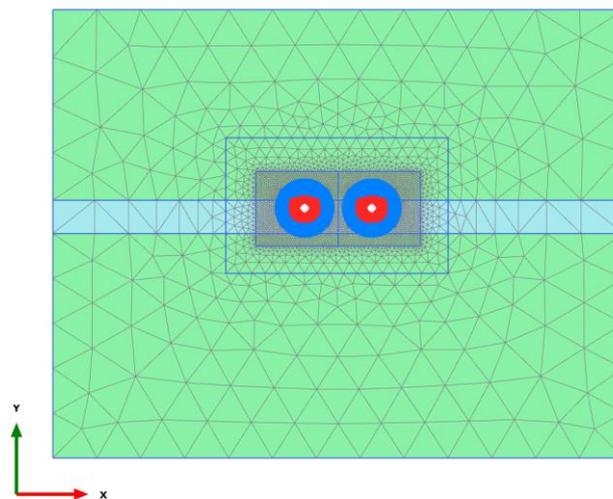
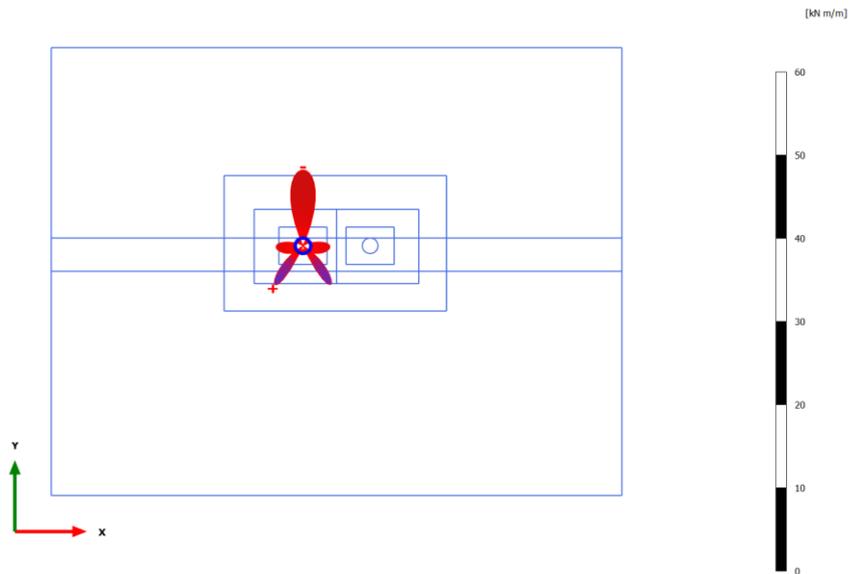


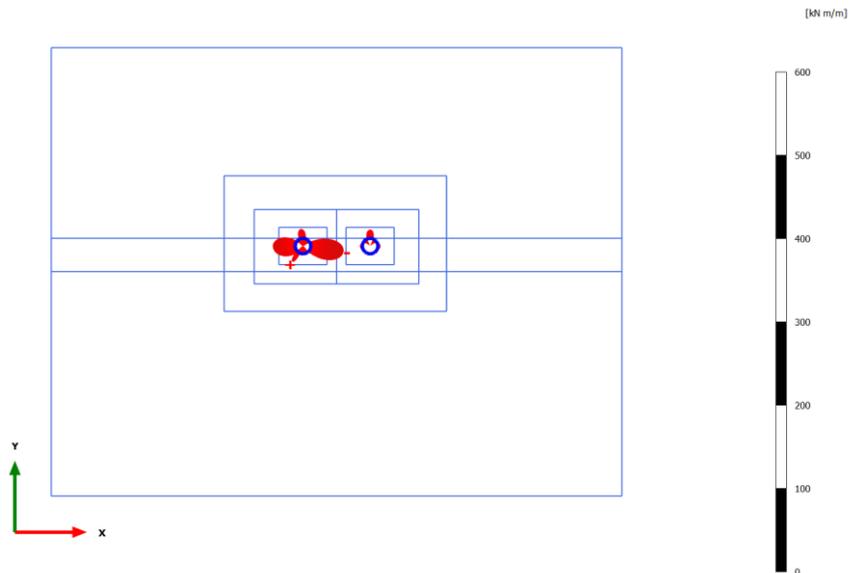
Figura 16-35: Zone di plasticizzazione L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 220 di 312



Bending moments M (scaled up 5.00 times)
Maximum value = 6.696 kN m/m (Element 33 at Node 17265)
Minimum value = -8.204 kN m/m (Element 1 at Node 12723)

Figura 16-36: Sollecitazione momento flettente Fase 3



Bending moments M (scaled up 0.500 times)
Maximum value = 31.73 kN m/m (Element 33 at Node 17265)
Minimum value = -39.20 kN m/m (Element 27 at Node 20328)

Figura 16-37: Sollecitazione momento flettente Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 221 di 312

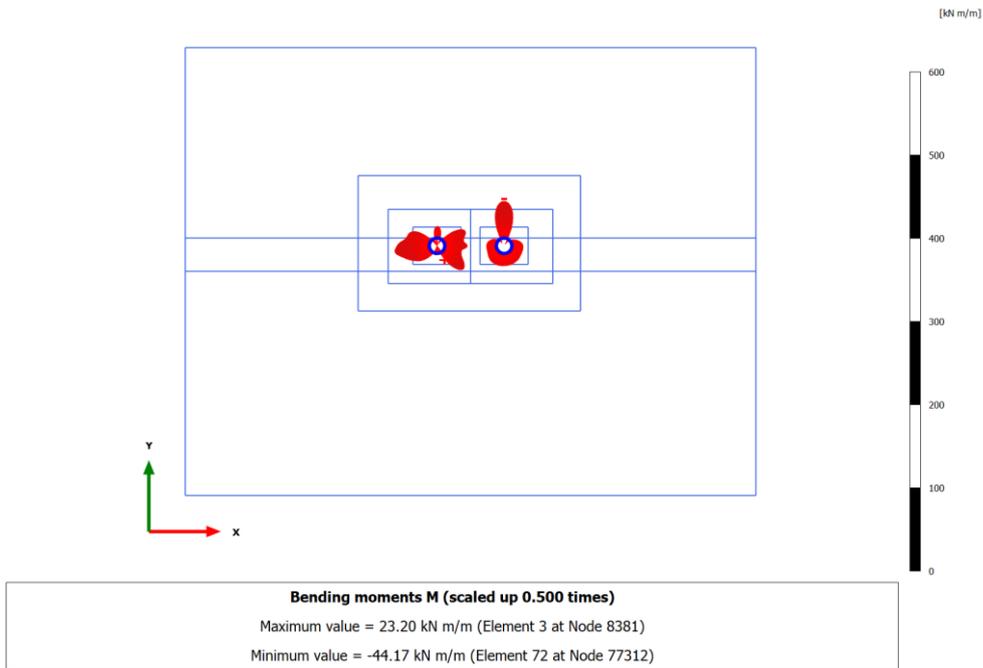


Figura 16-38: Sollecitazione momento flettente L.T.

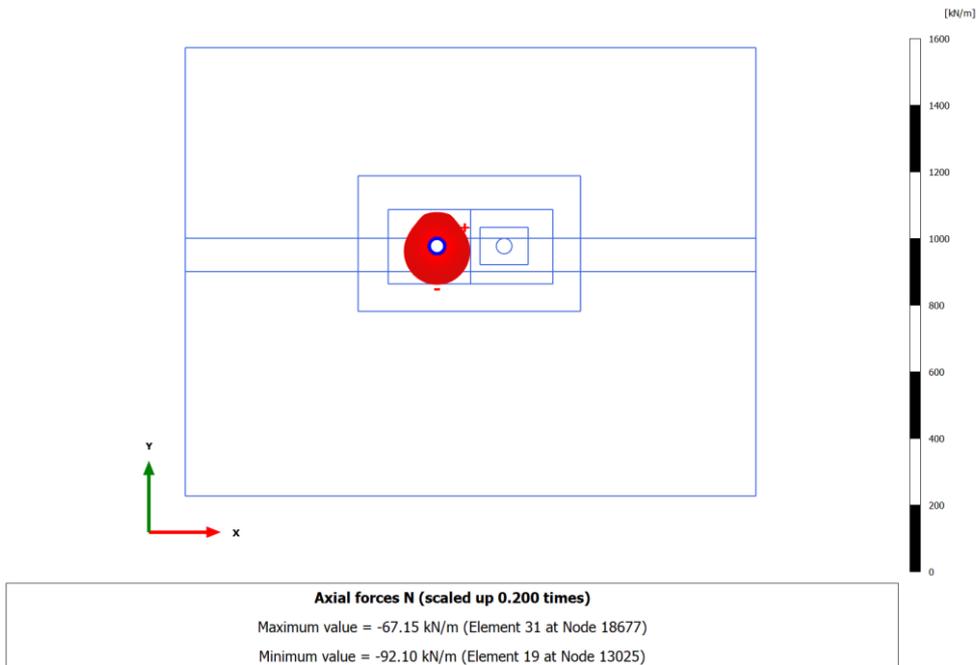


Figura 16-39: Sollecitazione sforzo assiale Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 222 di 312

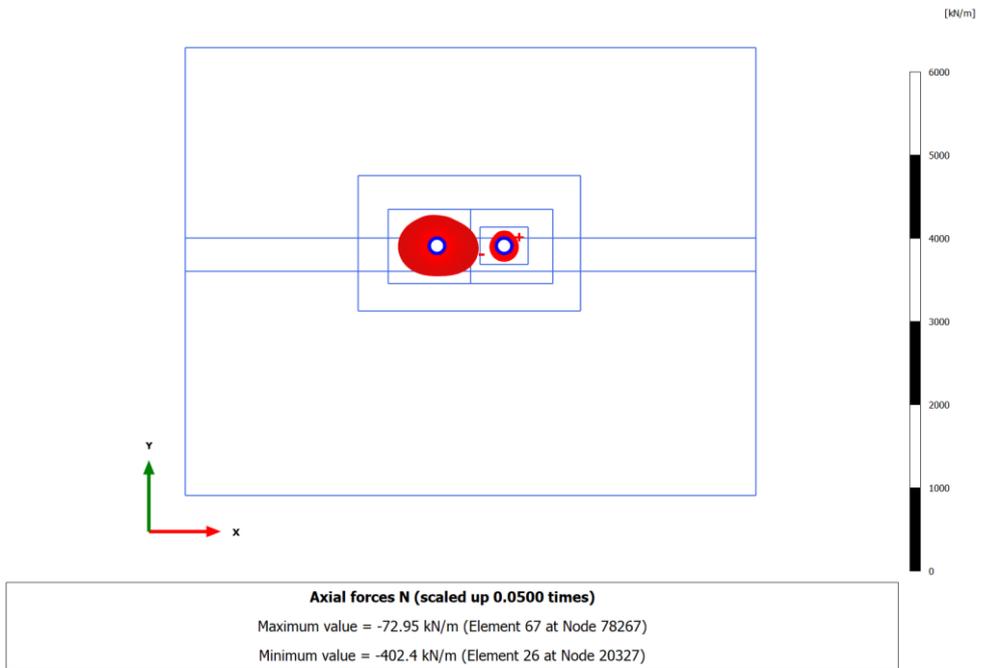


Figura 16-40: Sollecitazione sforzo assiale Fase 5

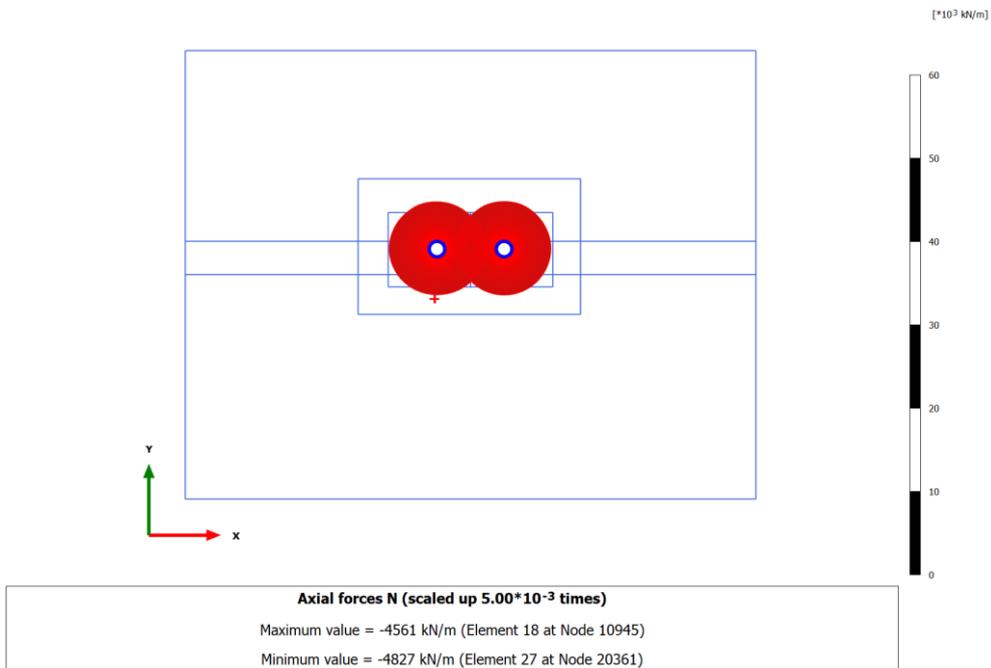


Figura 16-41: Sollecitazione sforzo assiale L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 223 di 312

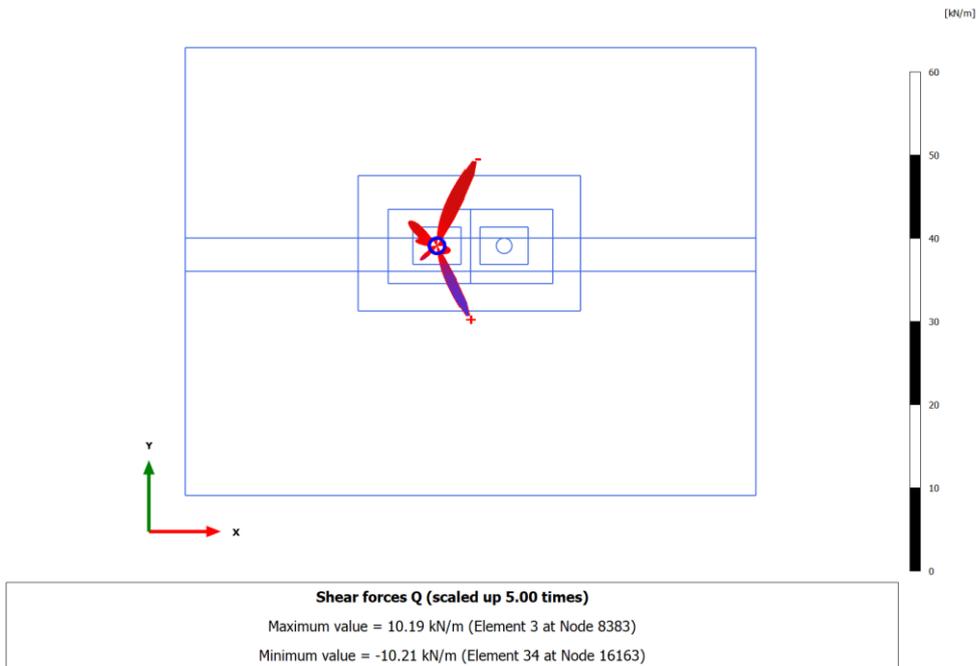


Figura 16-42: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 3

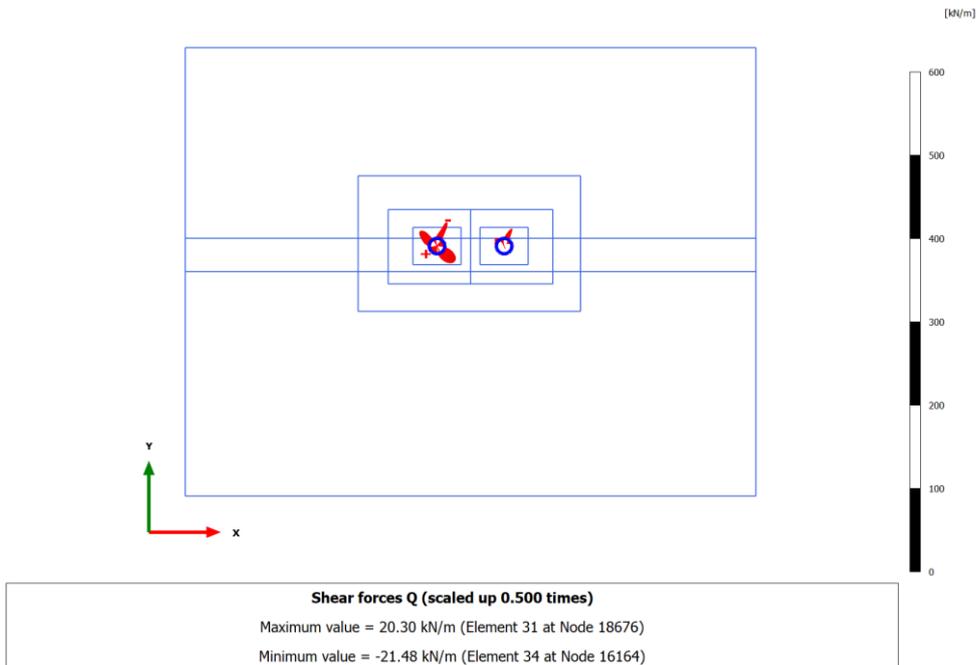


Figura 16-43: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 224 di 312

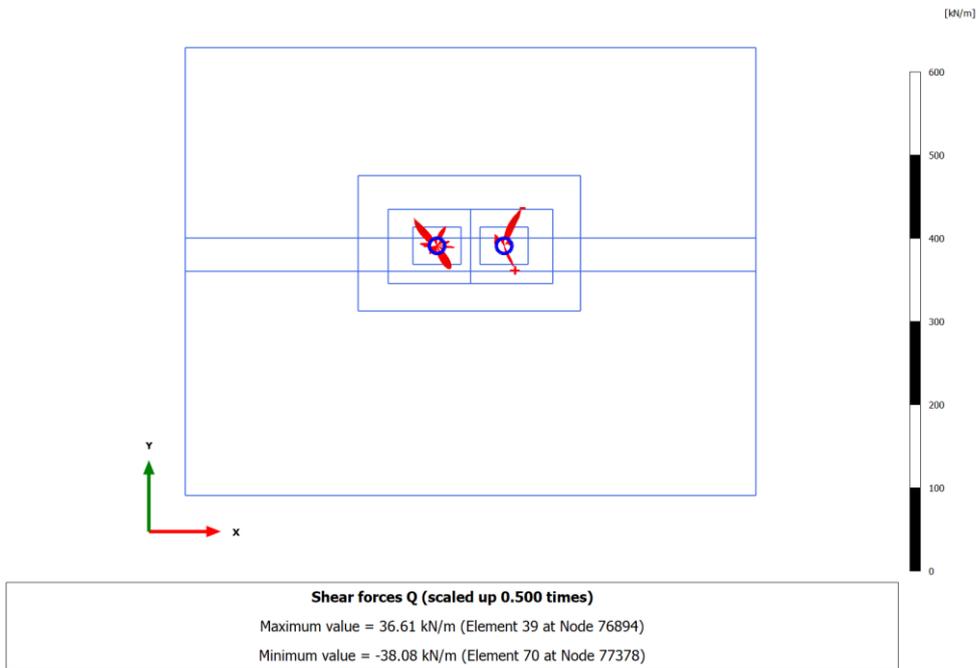


Figura 16-44: Sollecitazione sforzo di taglio L.T.

16.1.3 Galleria di linea – Gardena – Sezione 3 (pk. 16+750)

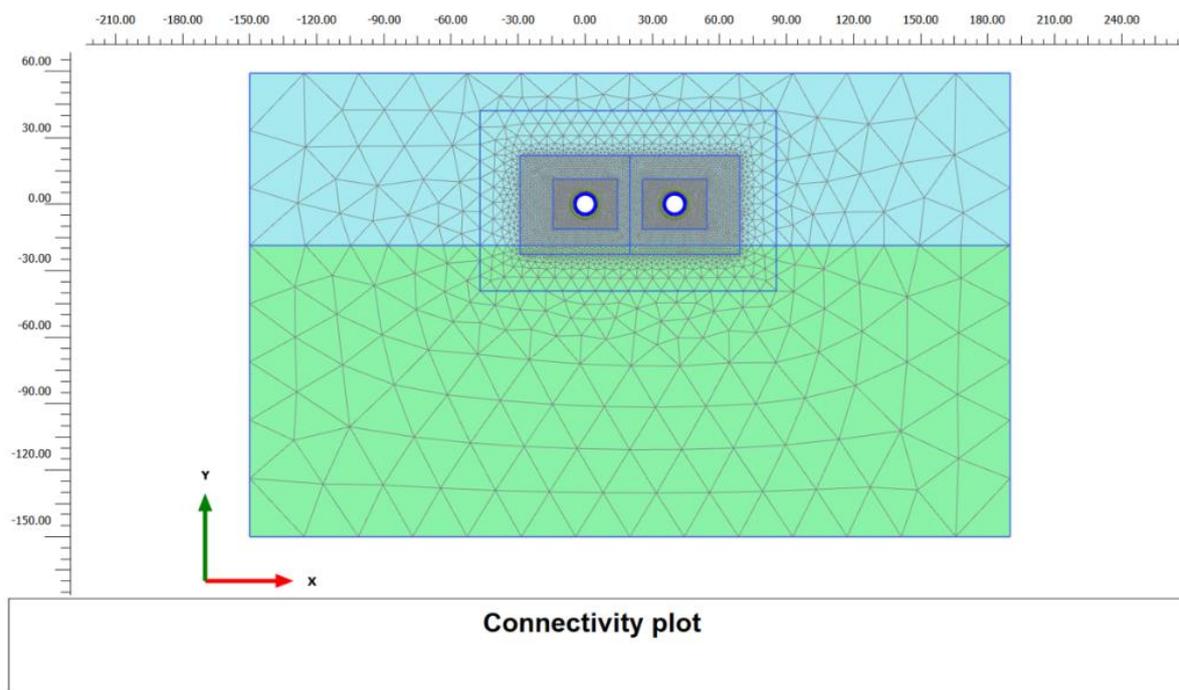
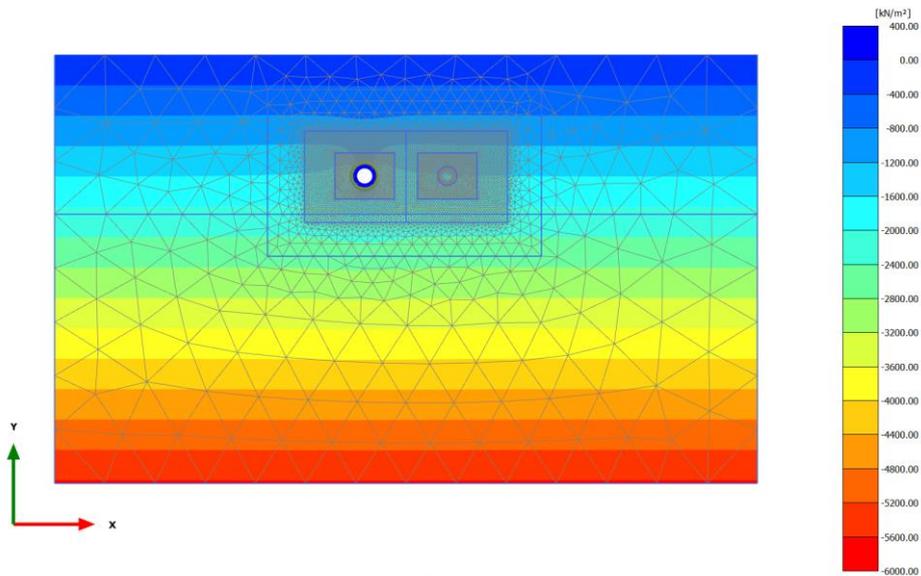


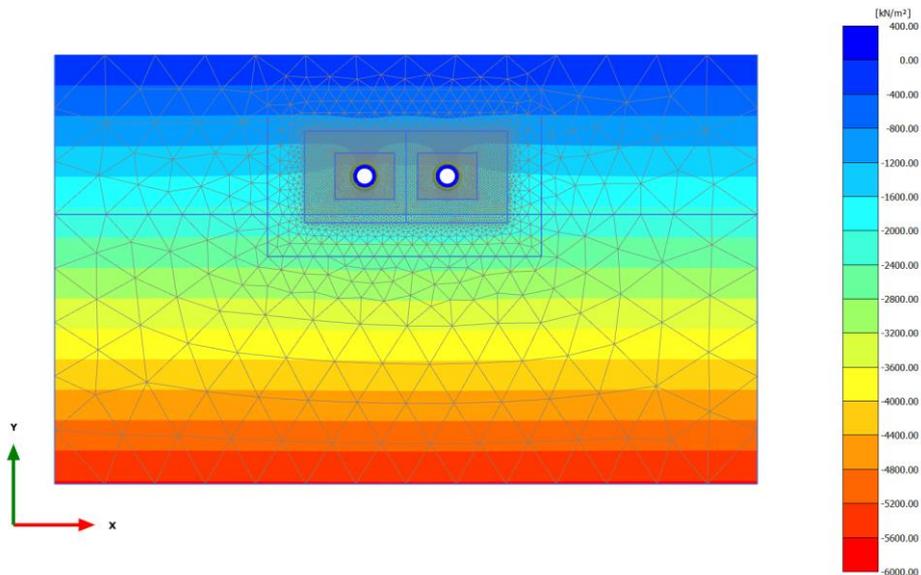
Figura 16-45: Mesh

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 225 di 312



Cartesian effective stress σ'_{yy} (scaled up $2.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 0.1351 kN/m² (Element 11 at Node 36825)
Minimum value = -5641 kN/m² (Element 11477 at Node 41407)

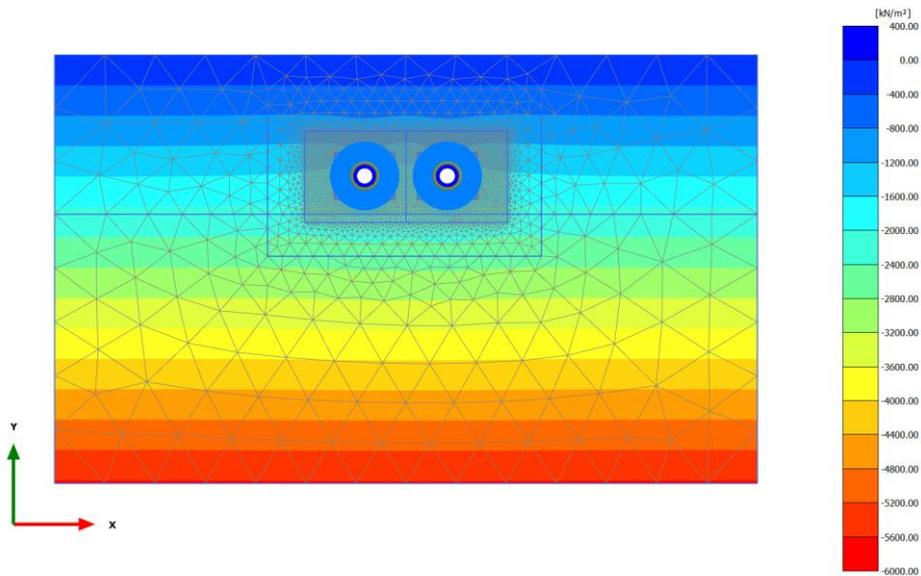
Figura 16-46: Stress σ_{yy} Fase 3



Cartesian effective stress σ'_{yy} (scaled up $2.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 0.1545 kN/m² (Element 11 at Node 36825)
Minimum value = -5638 kN/m² (Element 11477 at Node 41407)

Figura 16-47: Stress σ_{yy} Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 226 di 312

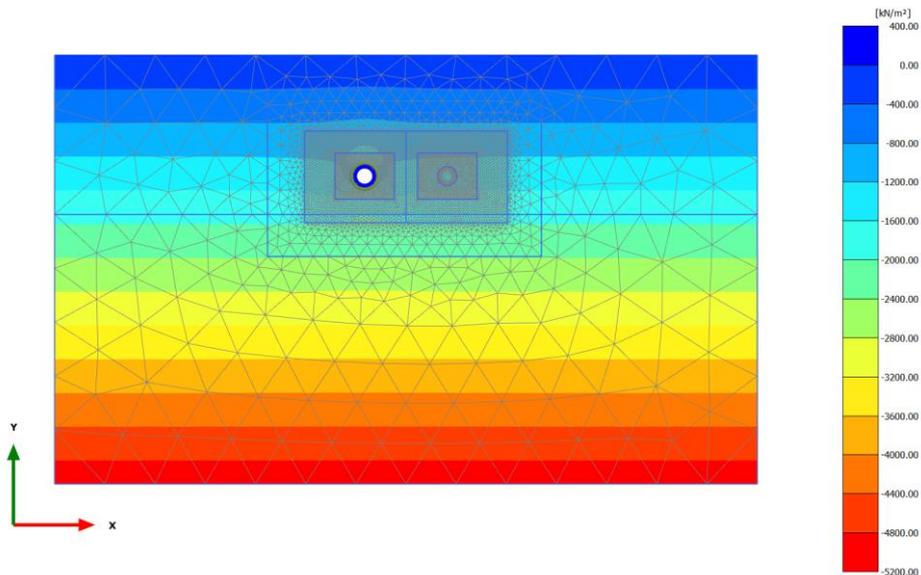


Cartesian effective stress σ'_{yy} (scaled up $2.00 \cdot 10^{-3}$ times)

Maximum value = 0.1877 kN/m² (Element 17 at Node 41831)

Minimum value = -5638 kN/m² (Element 11477 at Node 41407)

Figura 16-48: Stress σ_{yy} L.T.



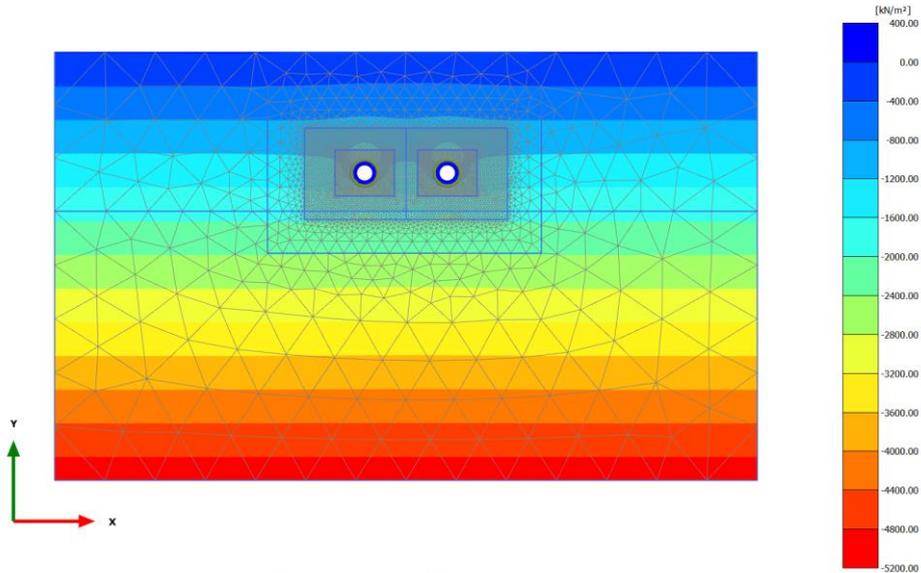
Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $2.00 \cdot 10^{-3}$ times)

Maximum value = 10.74 kN/m² (Element 10 at Node 34970)

Minimum value = -5078 kN/m² (Element 11477 at Node 41417)

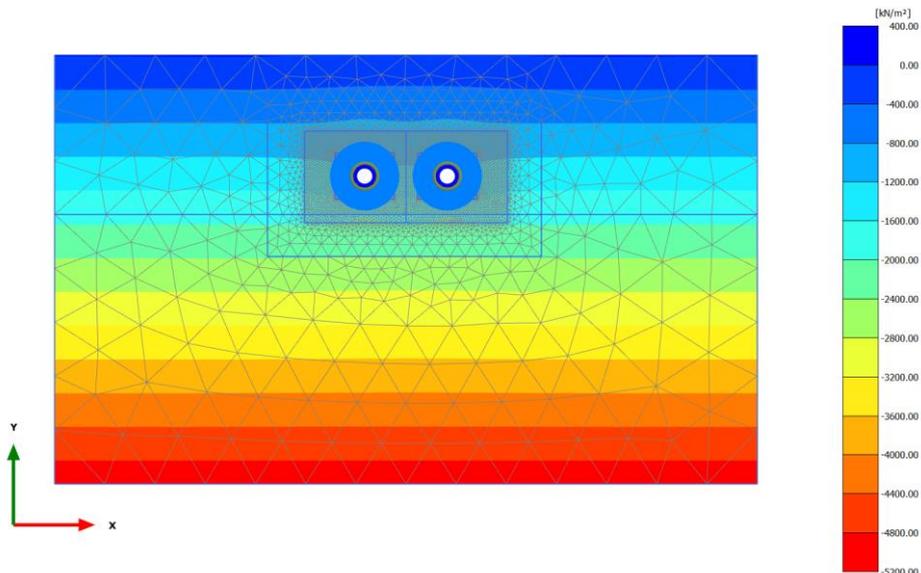
Figura 16-49: Stress σ_{xx} Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 227 di 312



Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $2.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 18.83 kN/m² (Element 19 at Node 41659)
Minimum value = -5078 kN/m² (Element 11477 at Node 41407)

Figura 16-50: Stress σ_{xx} Fase 5



Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $2.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 20.35 kN/m² (Element 19 at Node 41659)
Minimum value = -5077 kN/m² (Element 11477 at Node 41407)

Figura 16-51: Stress σ_{xx} L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 228 di 312

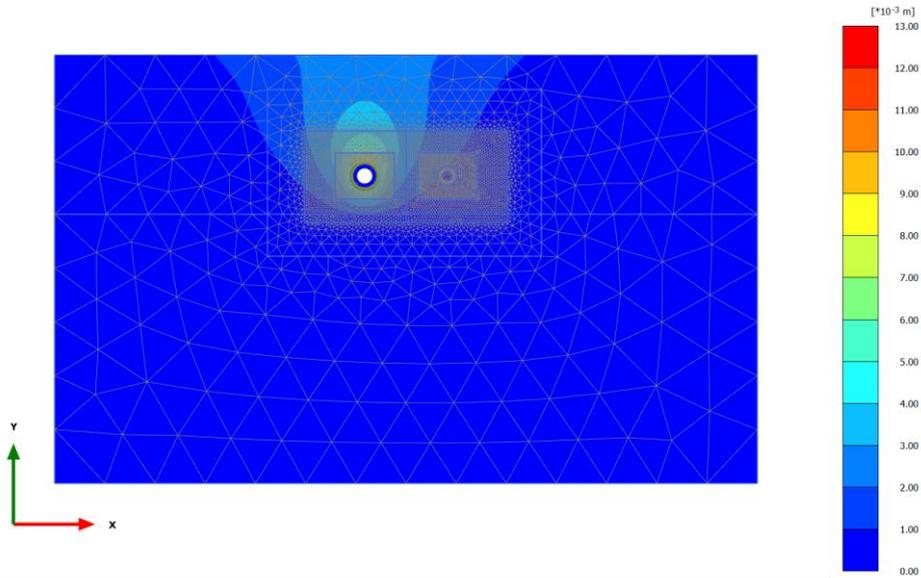


Figura 16-52: Spostamenti |u| Fase 3

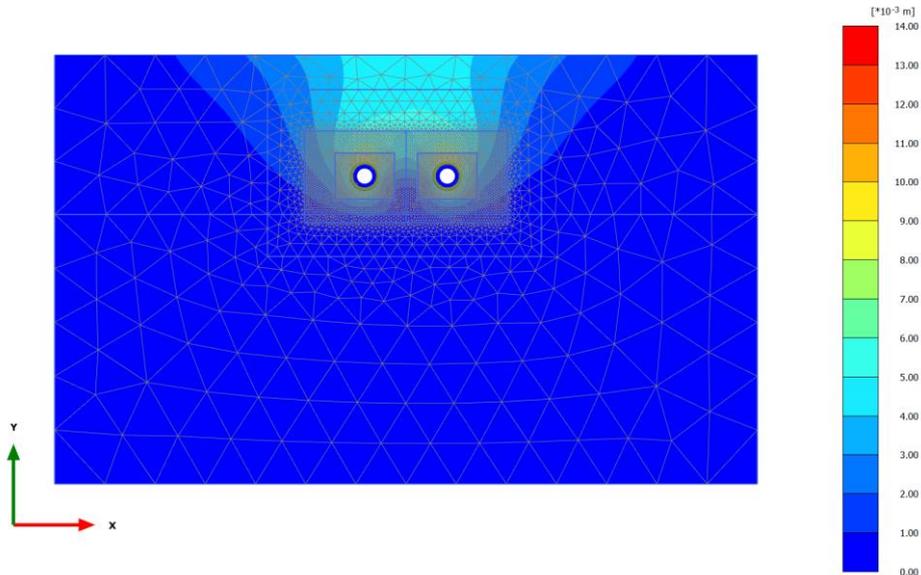
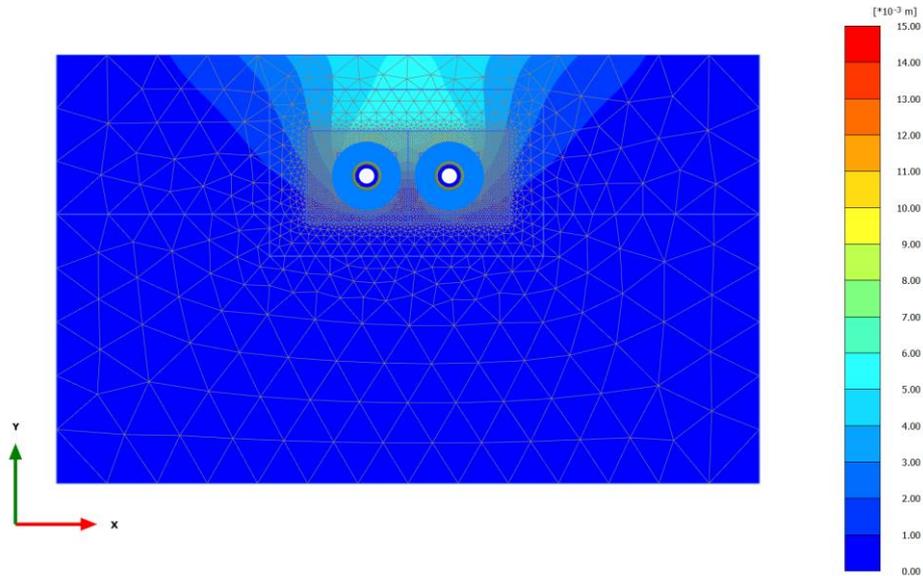


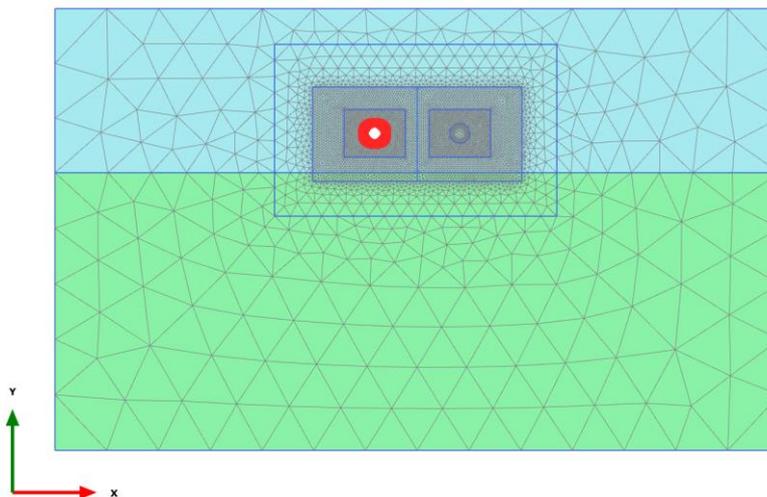
Figura 16-53: Spostamenti |u| Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 229 di 312



Total displacements |u| (scaled up 500 times)
Maximum value = 0.01494 m (Element 10399 at Node 88484)

Figura 16-54: Spostamenti |u| L.T.



Plastic point history Failure (scaled up 1.00 times)

- Failure point
- ▽ Plasticity in local 2 direction only
- ◆ Plasticity in local 1 and 2 directions
- Tension cut-off point

Figura 16-55: Zone di plasticizzazione Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 230 di 312

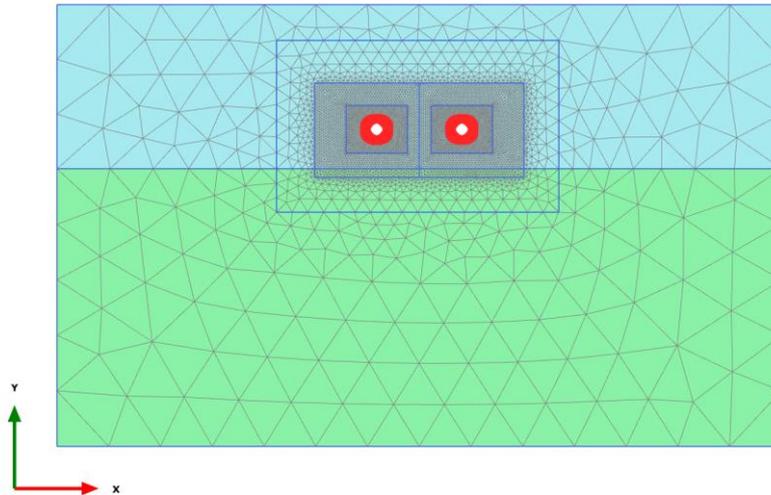


Figura 16-56: Zone di plasticizzazione Fase 5

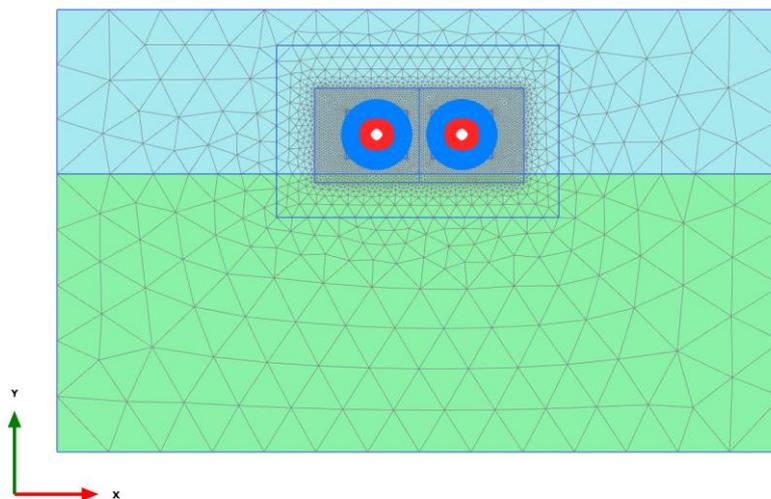


Figura 16-57: Zone di plasticizzazione L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 231 di 312

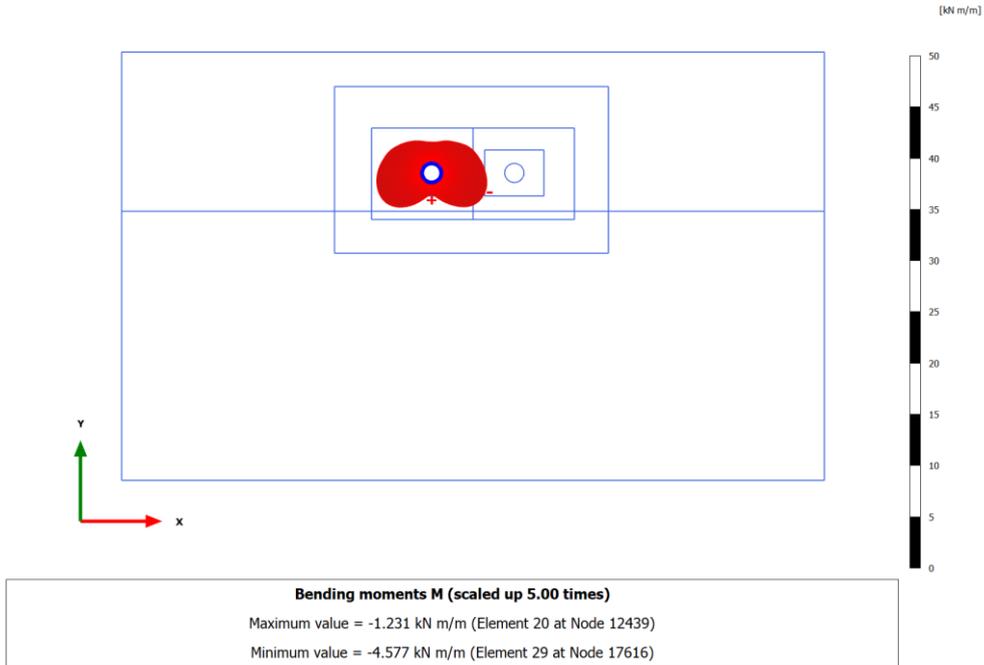


Figura 16-58: Sollecitazione momento flettente Fase 3

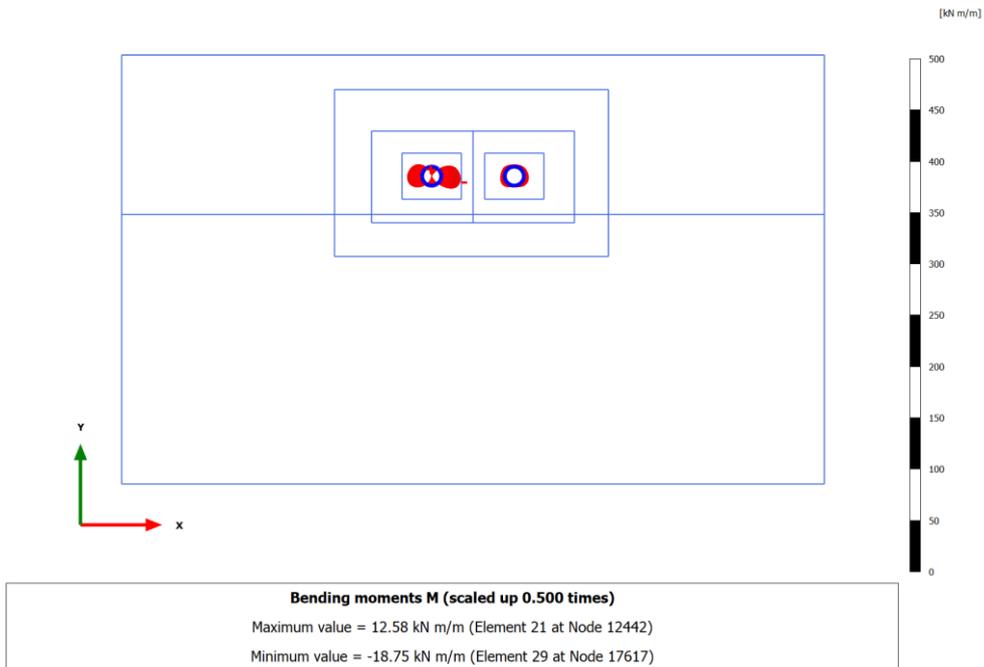


Figura 16-59: Sollecitazione momento flettente Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 232 di 312

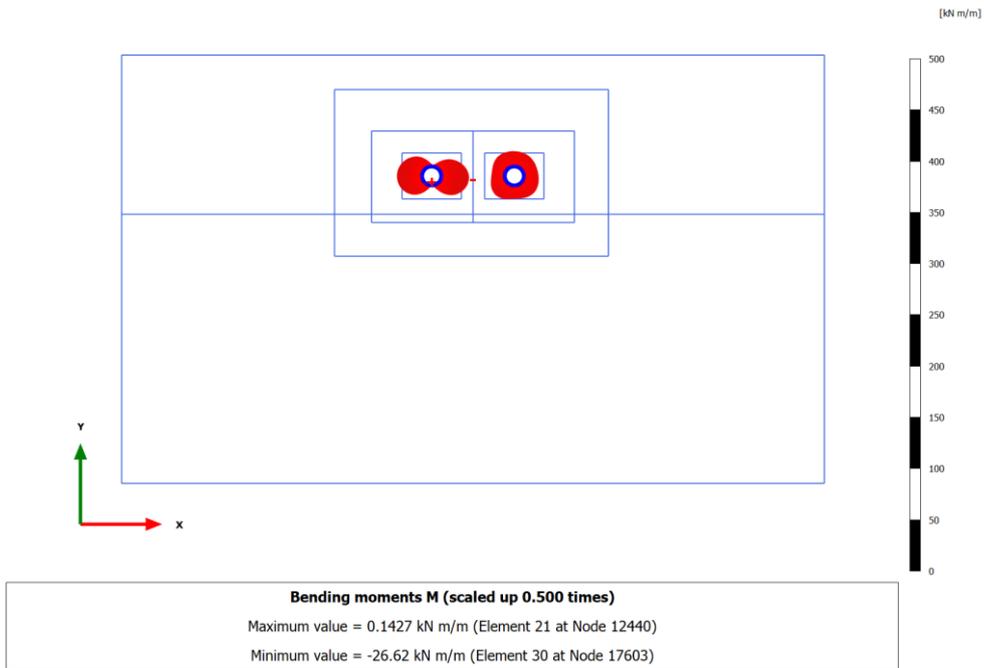


Figura 16-60: Sollecitazione momento flettente L.T.

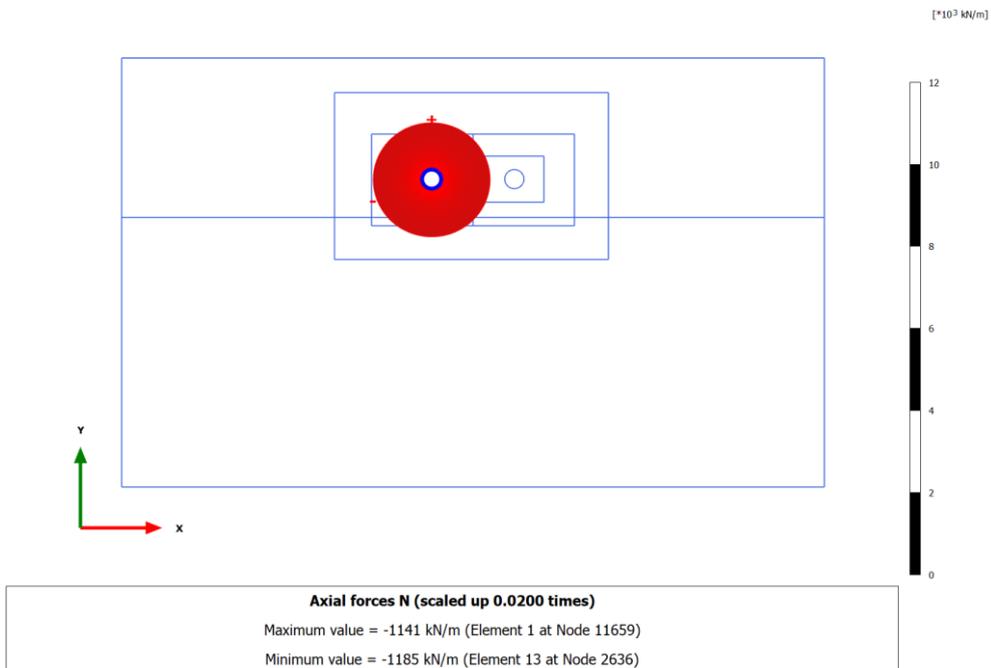


Figura 16-61: Sollecitazione sforzo assiale Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 233 di 312

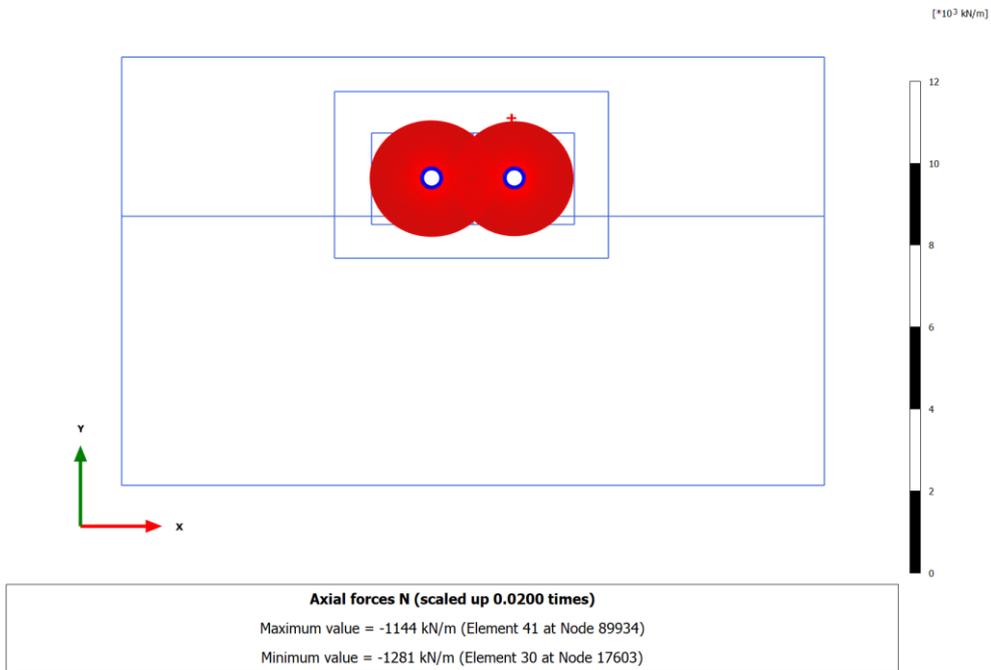


Figura 16-62: Sollecitazione sforzo assiale Fase 5

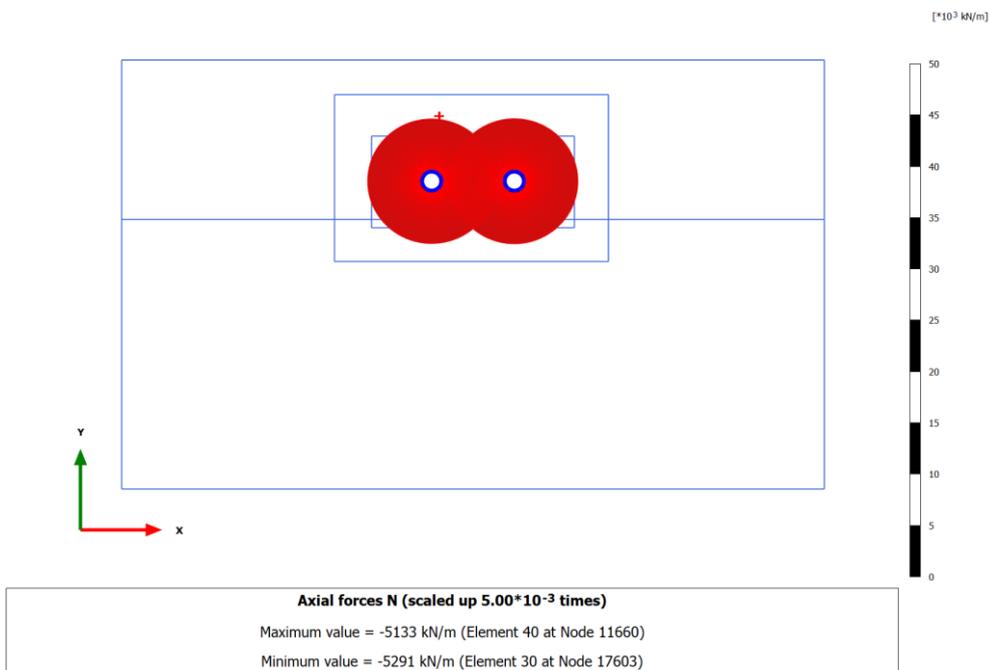


Figura 16-63: Sollecitazione sforzo assiale L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 234 di 312

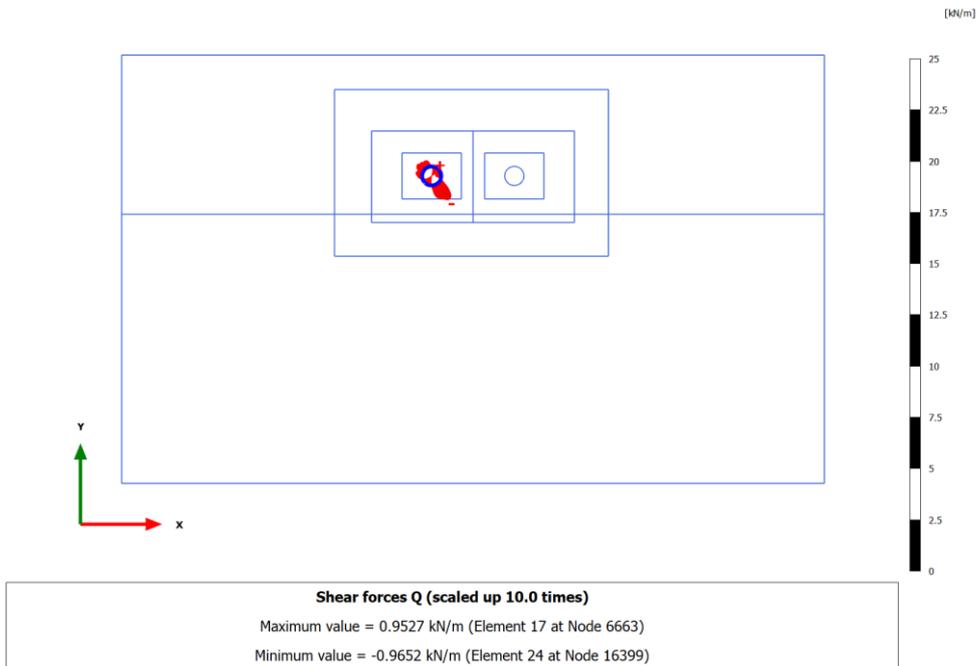


Figura 16-64: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 3



Figura 16-65: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 235 di 312

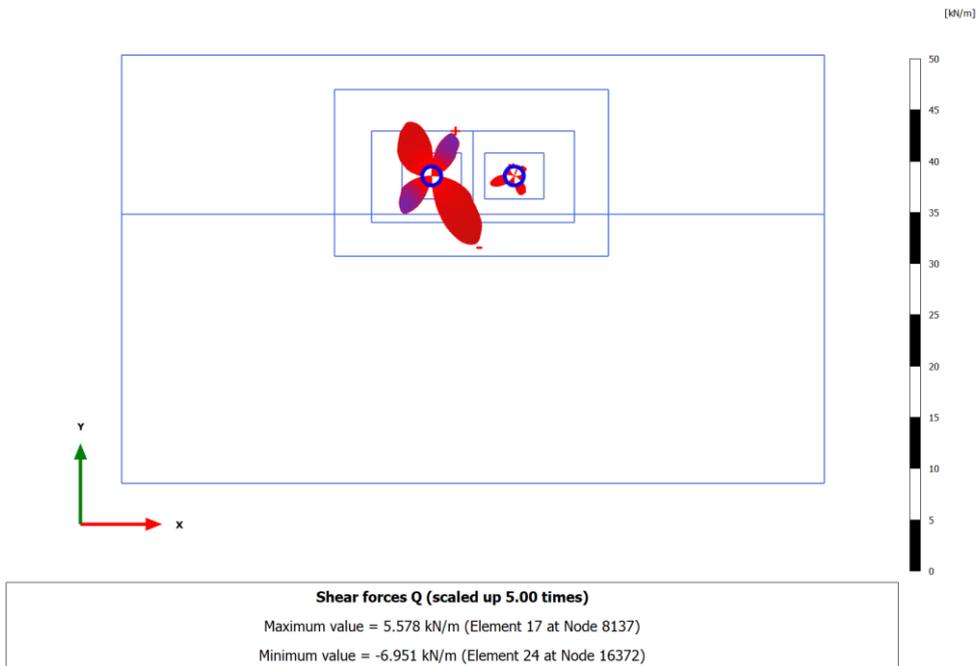


Figura 16-66: Sollecitazione sforzo di taglio L.T.

16.1.4 Galleria di linea – Gardena – Sezione 4 (pk. 17+475)

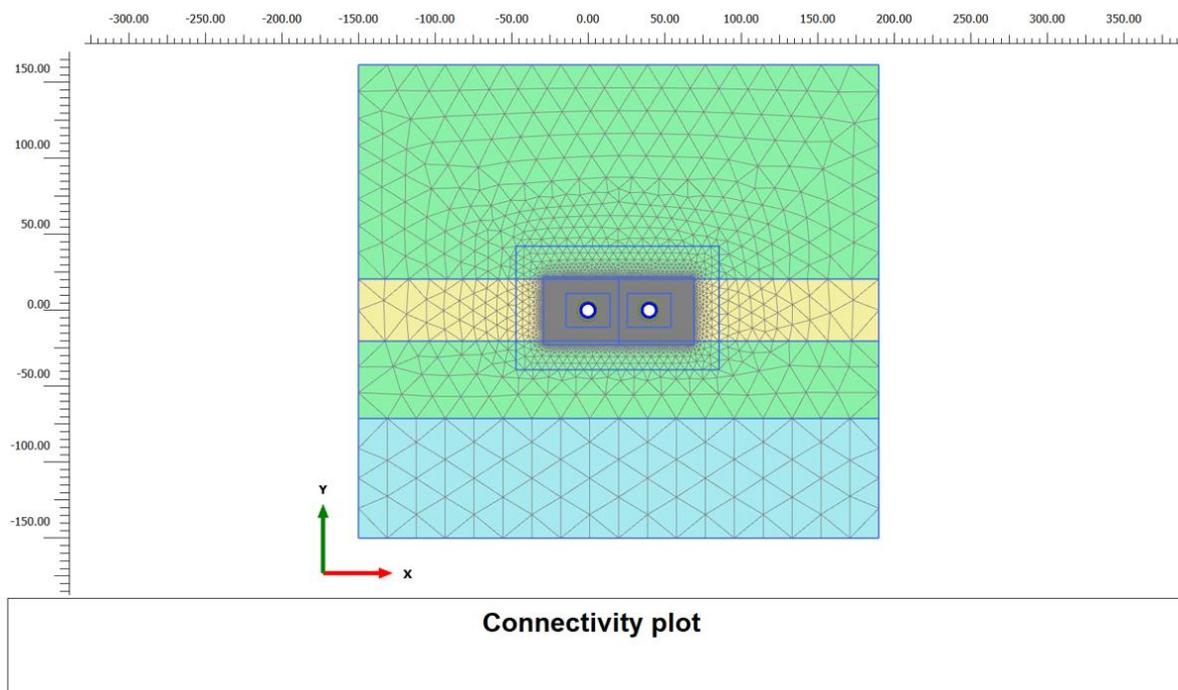


Figura 16-67: Mesh

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 236 di 312

Output Version 2023.1.0.136

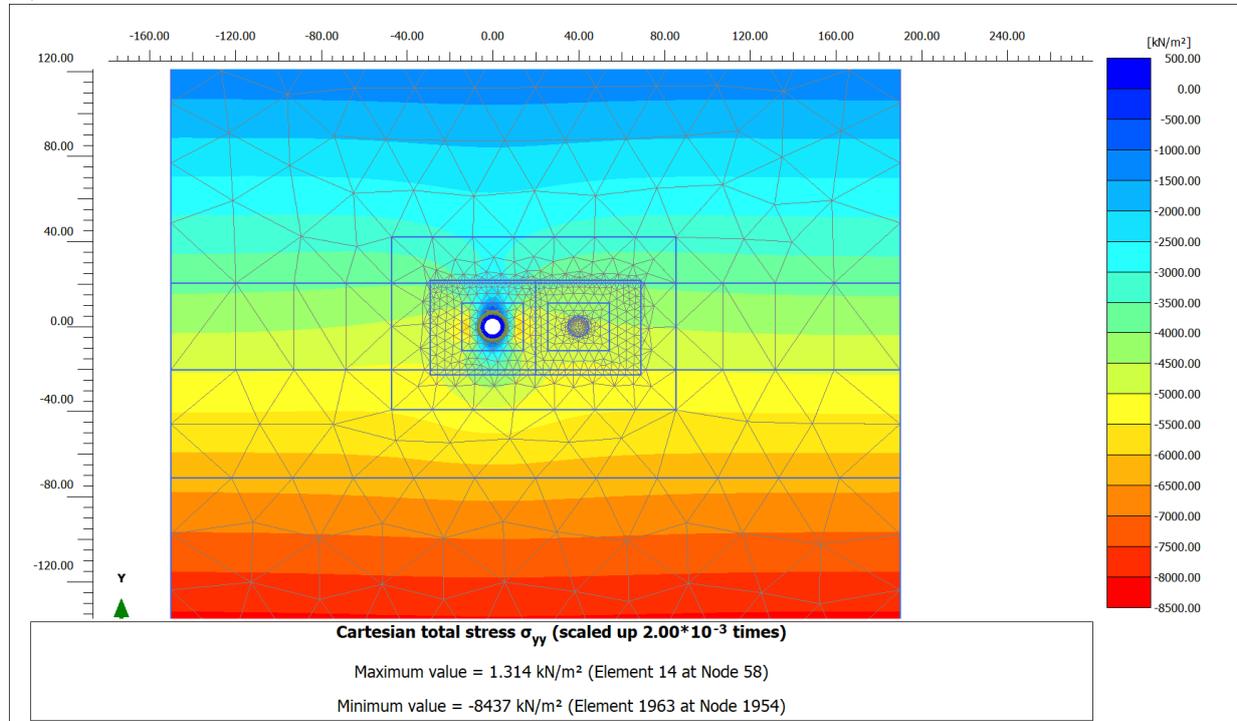


Figura 16-68: Stress σ_{yy} Fase 3

Output Version 2023.1.0.136

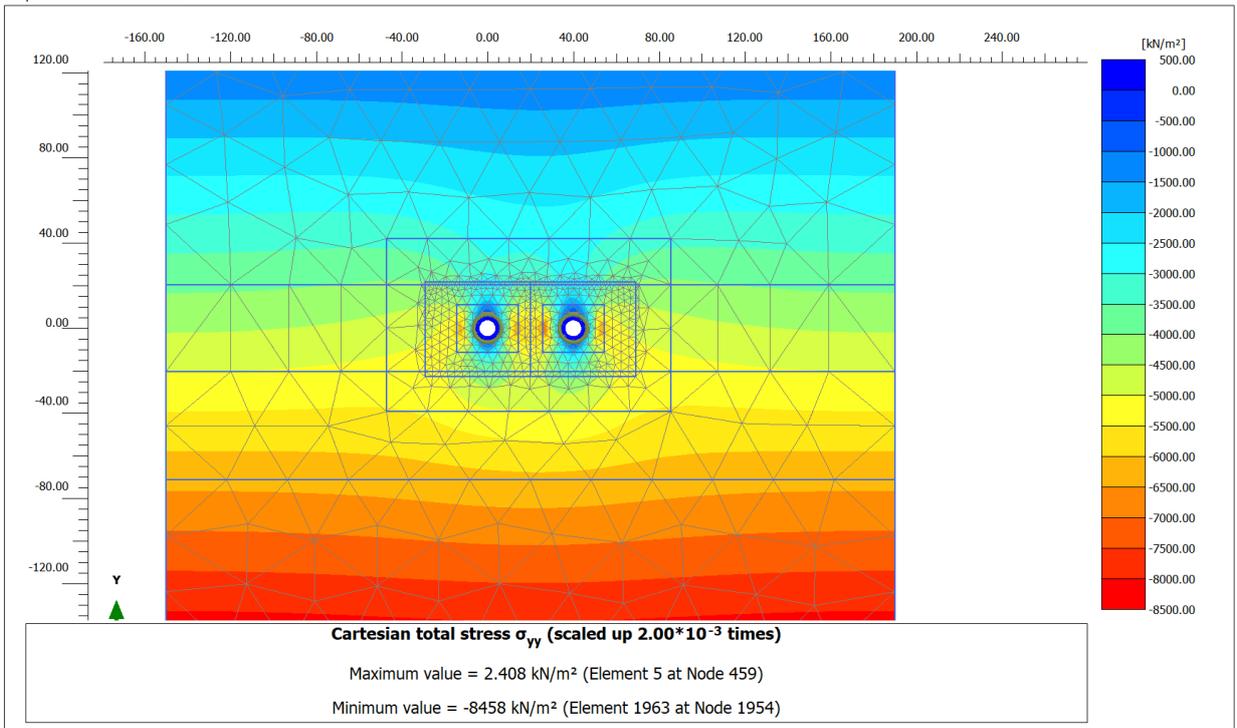


Figura 16-69: Stress σ_{yy} Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 237 di 312

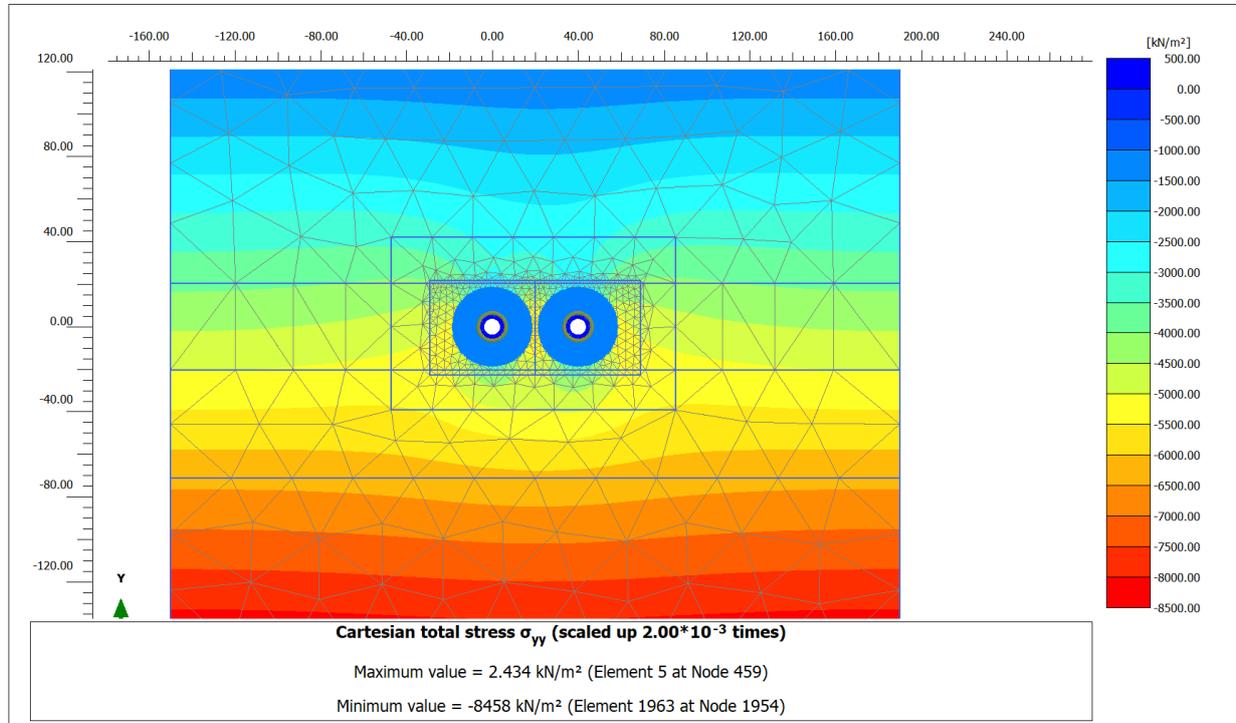


Figura 16-70: Stress σ_{yy} L.T.

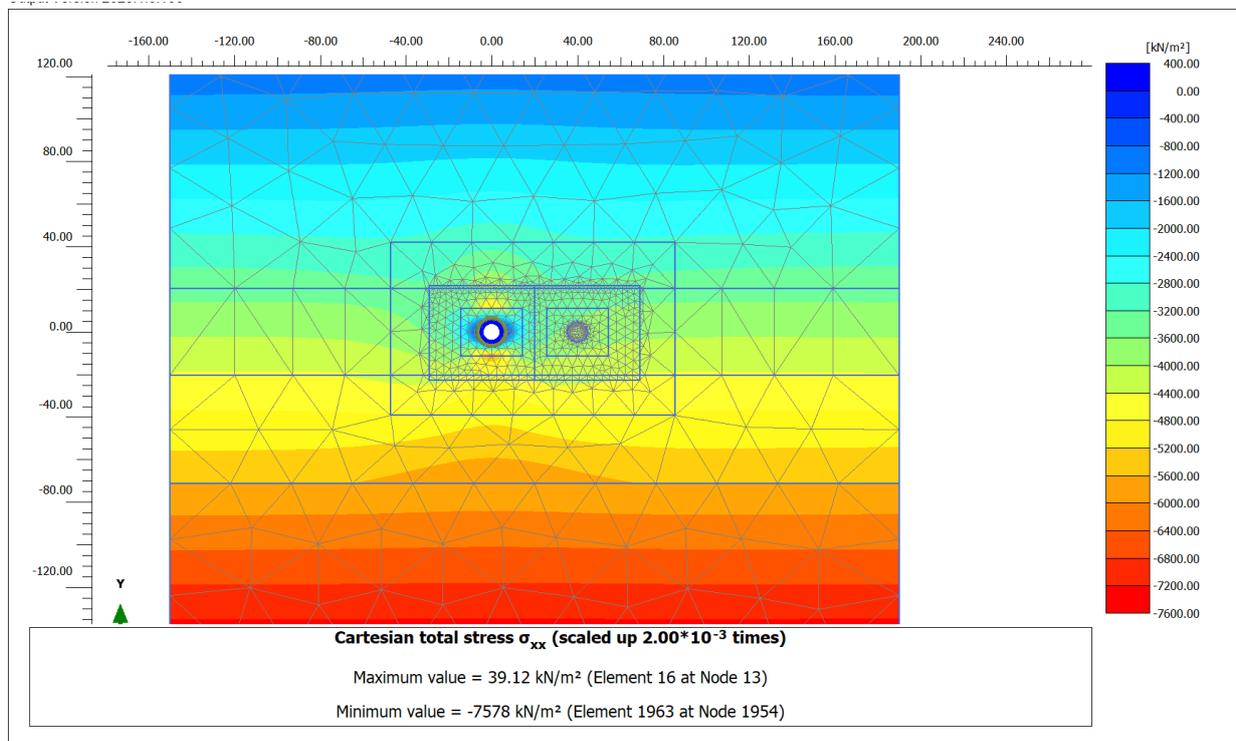


Figura 16-71: Stress σ_{xx} Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 238 di 312

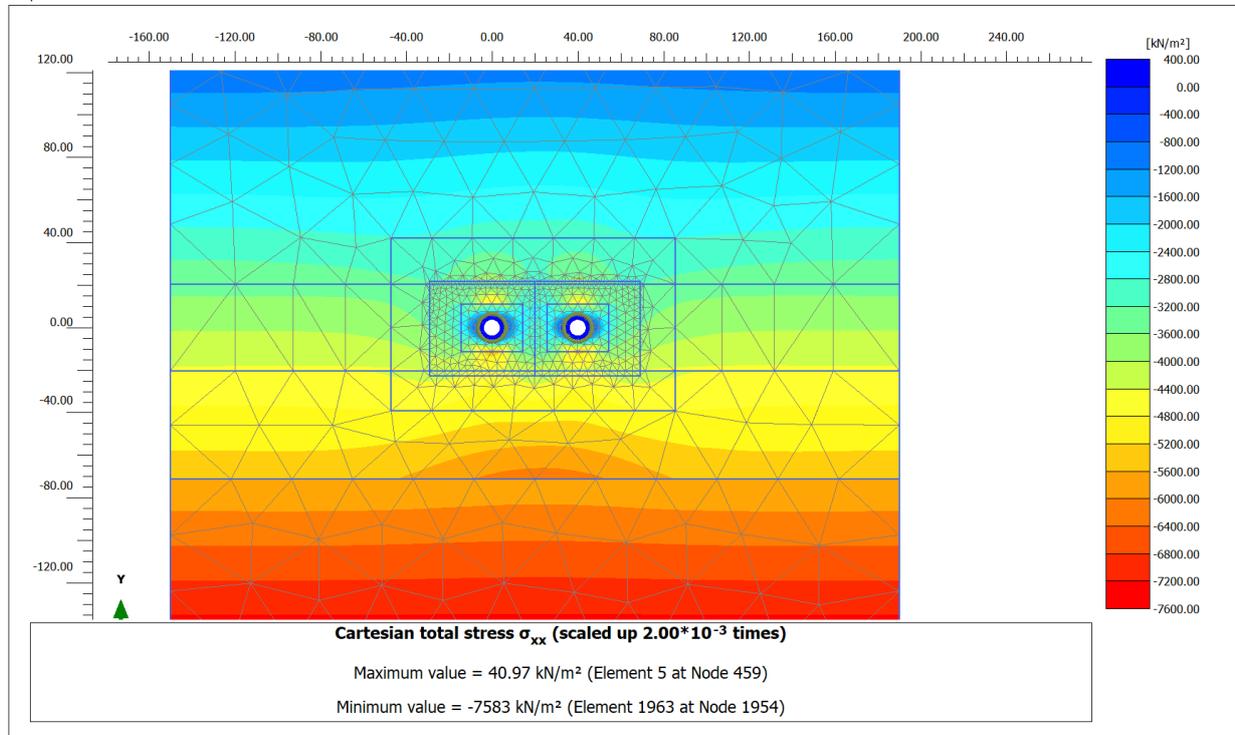


Figura 16-72: Stress σ_{xx} Fase 5

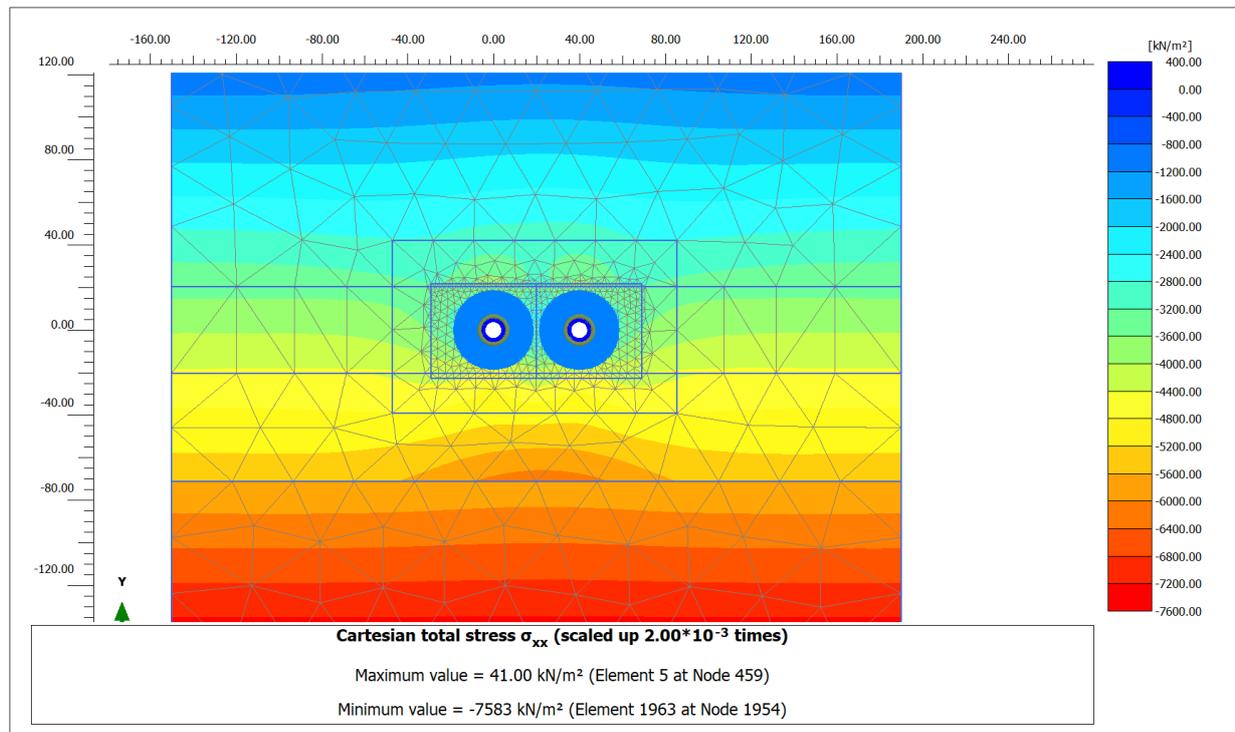


Figura 16-73: Stress σ_{xx} L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 239 di 312

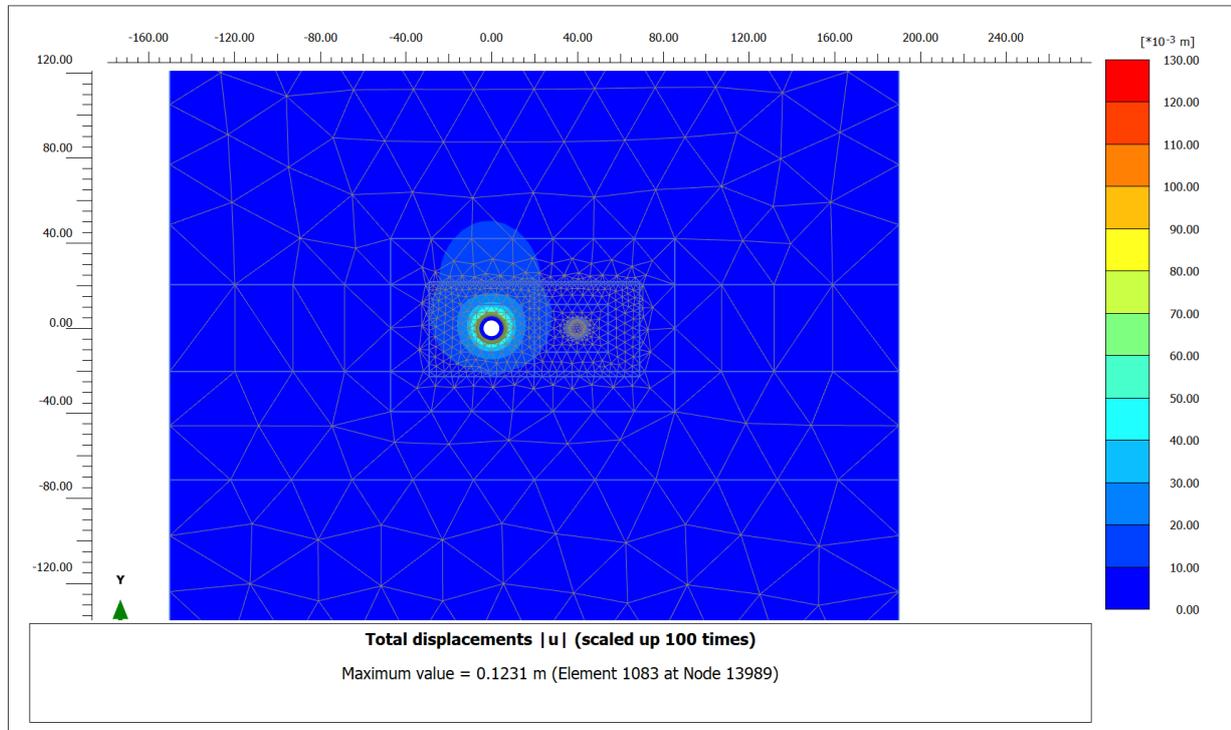


Figura 16-74: Spostamenti |u| Fase 3

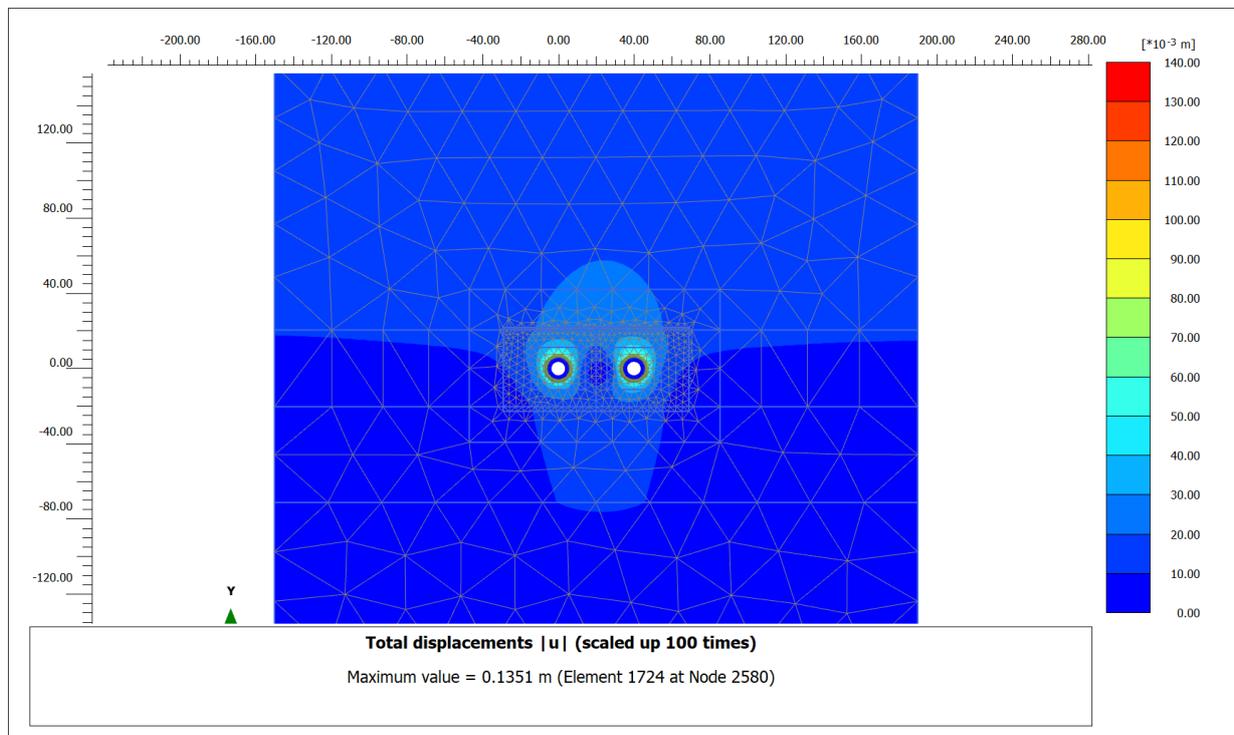


Figura 16-75: Spostamenti |u| Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 240 di 312

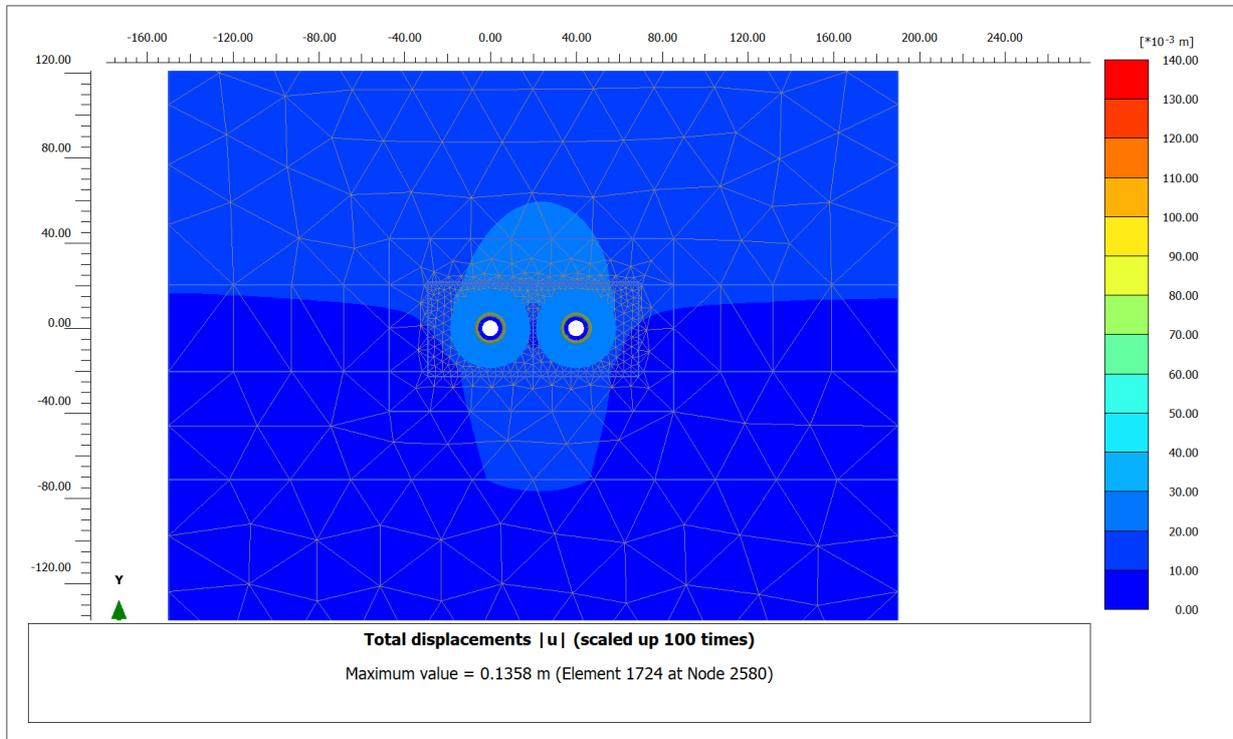


Figura 16-76: Spostamenti $|u|$ L.T.

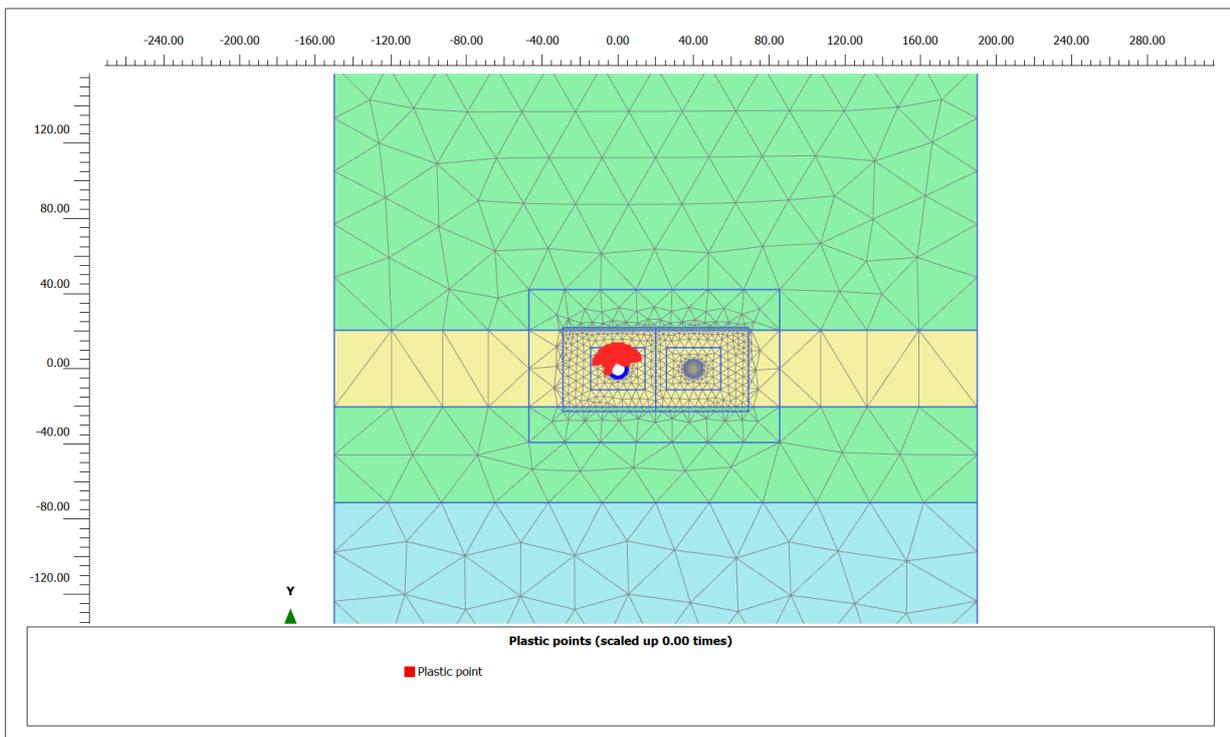


Figura 16-77: Zone di plasticizzazione Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 241 di 312

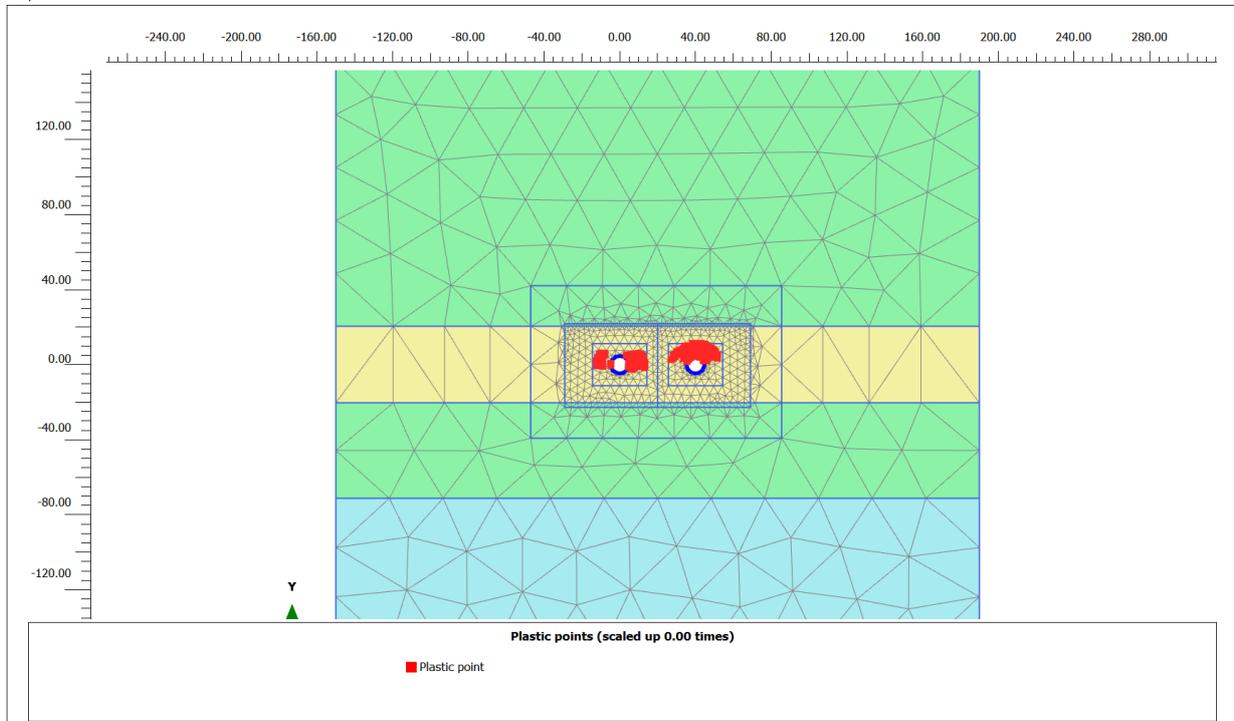


Figura 16-78: Zone di plasticizzazione Fase 5

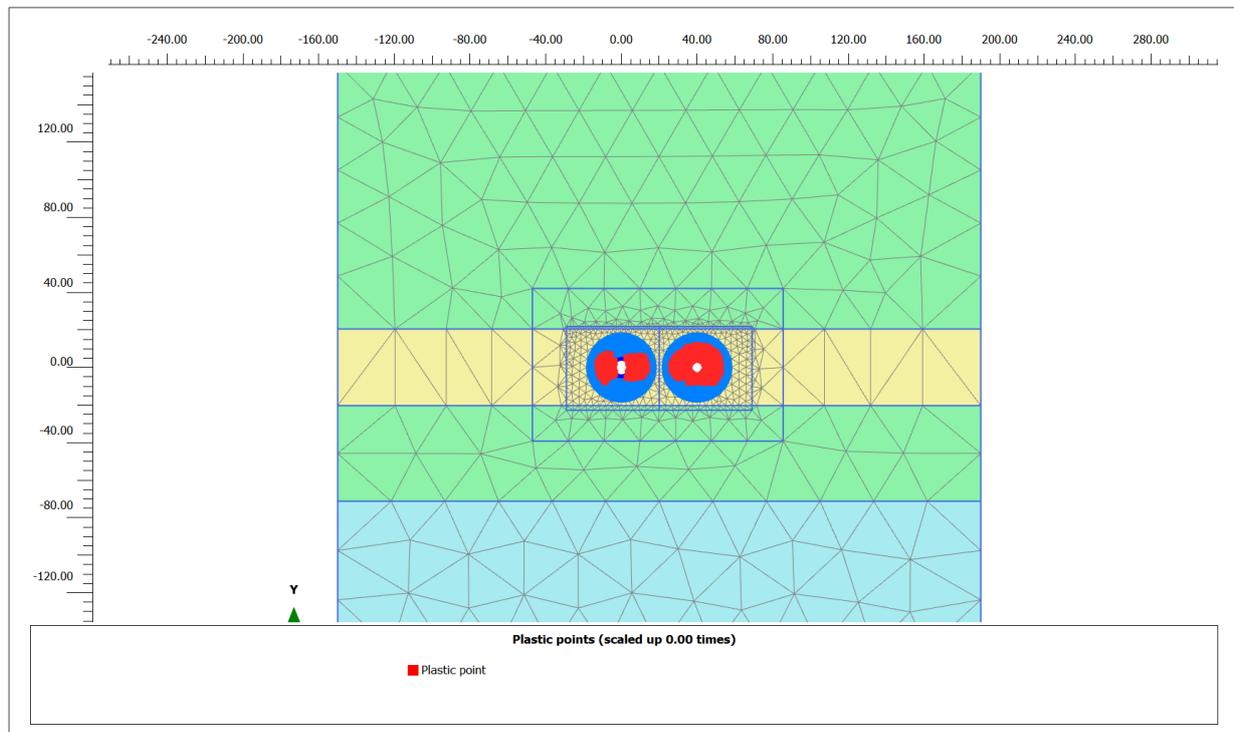


Figura 16-79: Zone di plasticizzazione L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 242 di 312

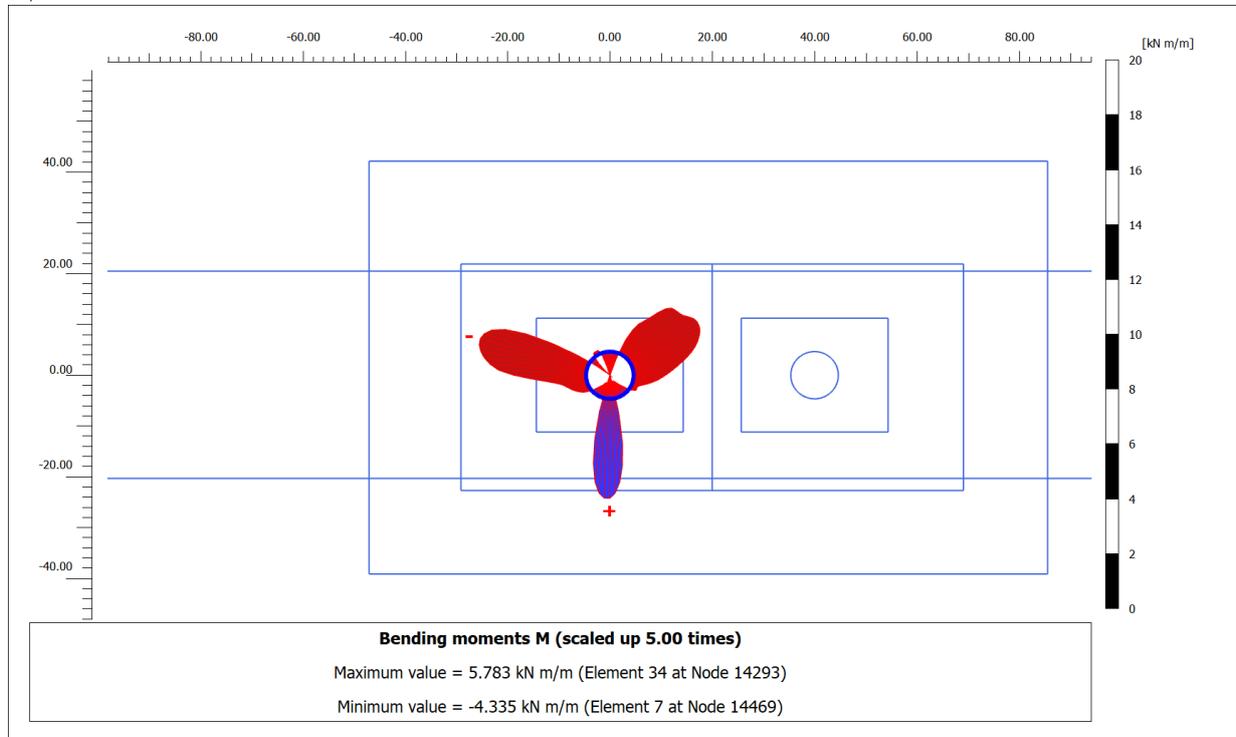


Figura 16-80: Sollecitazione momento flettente Fase 3

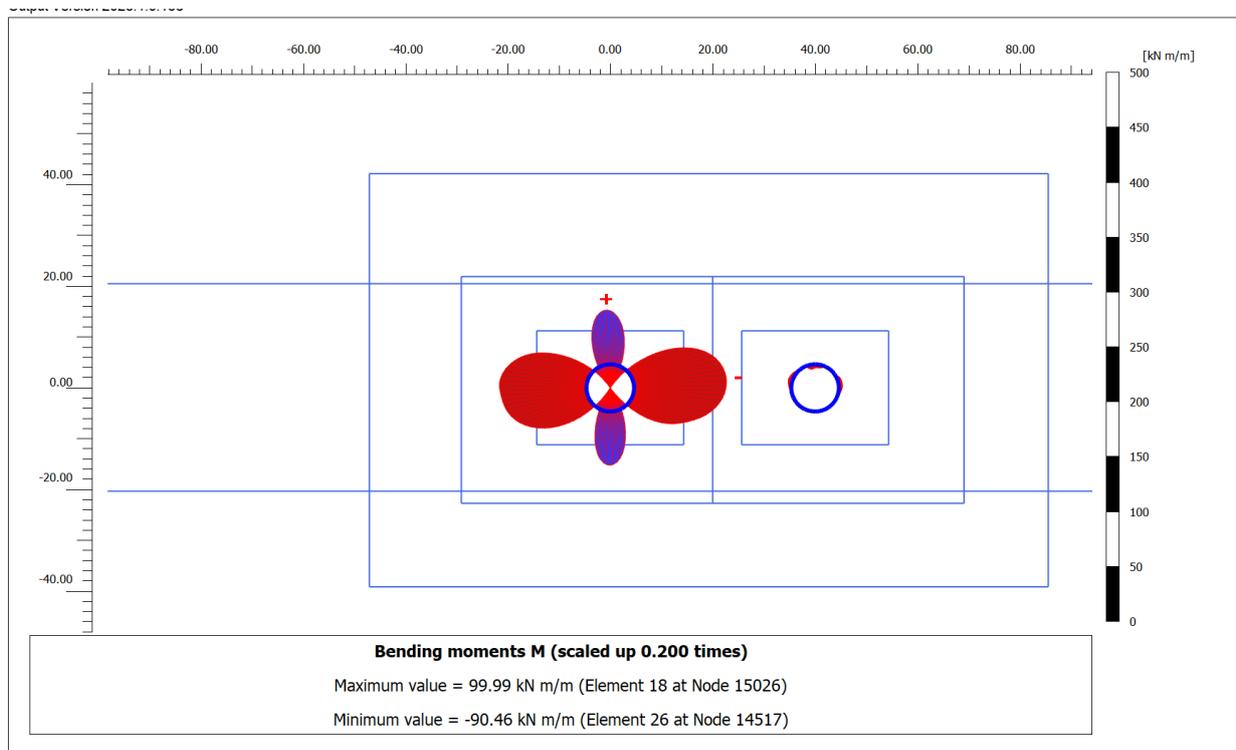


Figura 16-81: Sollecitazione momento flettente Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 243 di 312

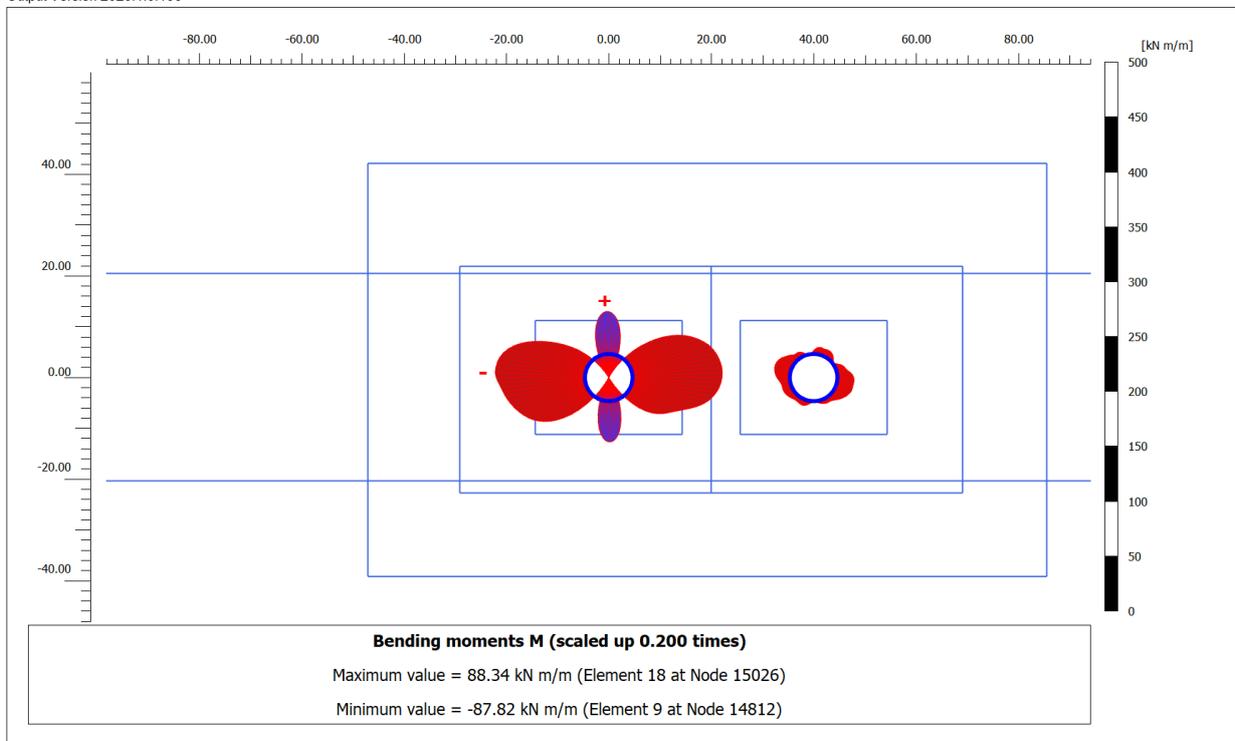


Figura 16-82: Sollecitazione momento flettente L.T.

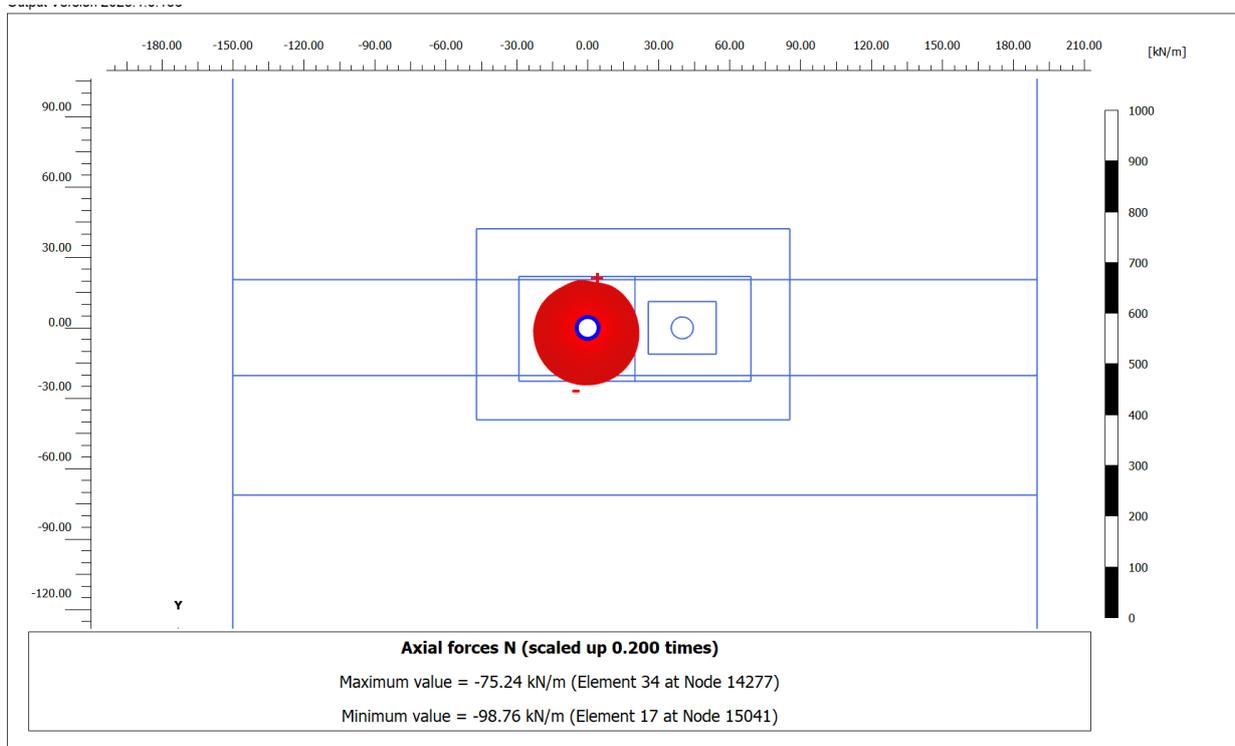


Figura 16-83: Sollecitazione sforzo assiale Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 244 di 312

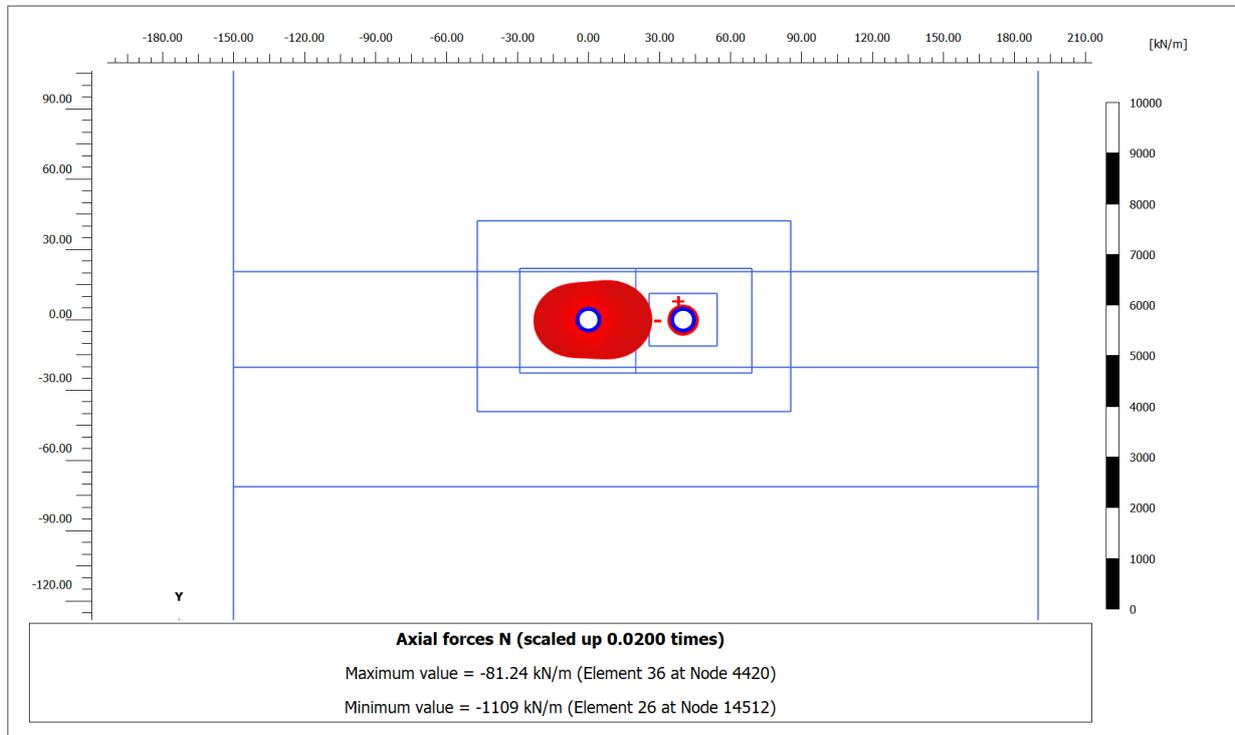


Figura 16-84: Sollecitazione sforzo assiale Fase 5

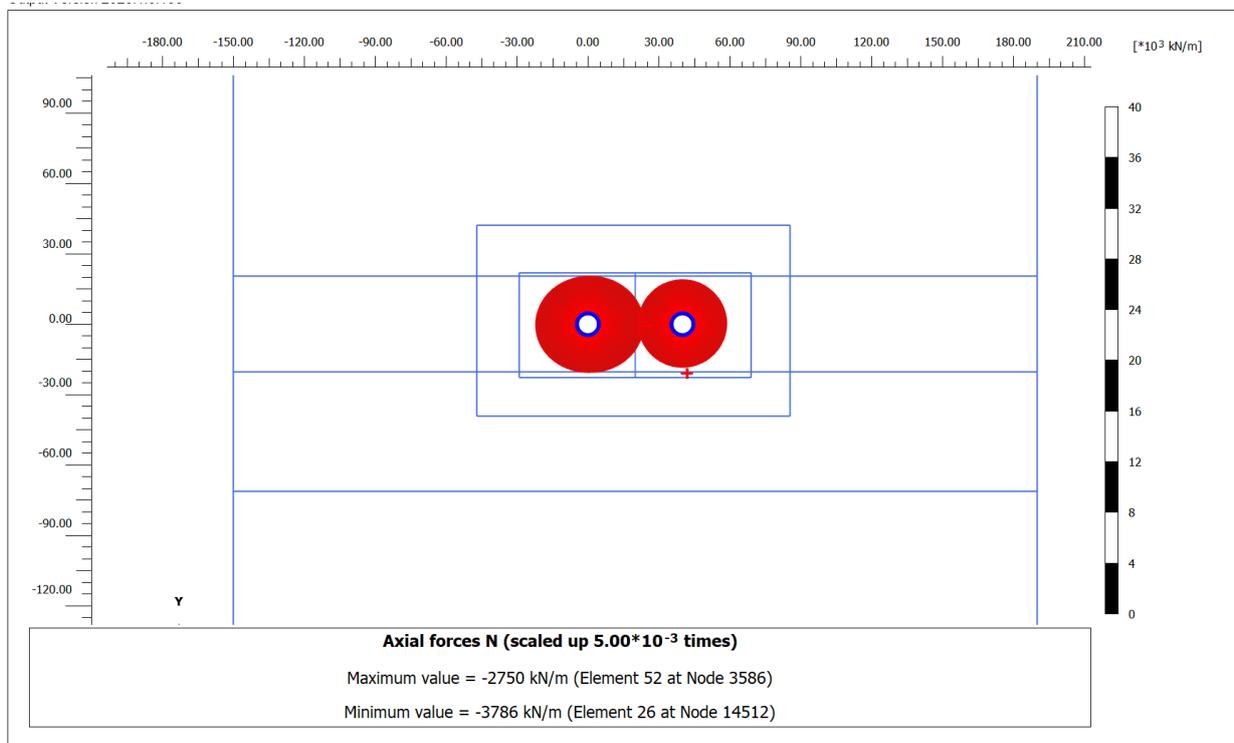


Figura 16-85: Sollecitazione sforzo assiale L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 245 di 312

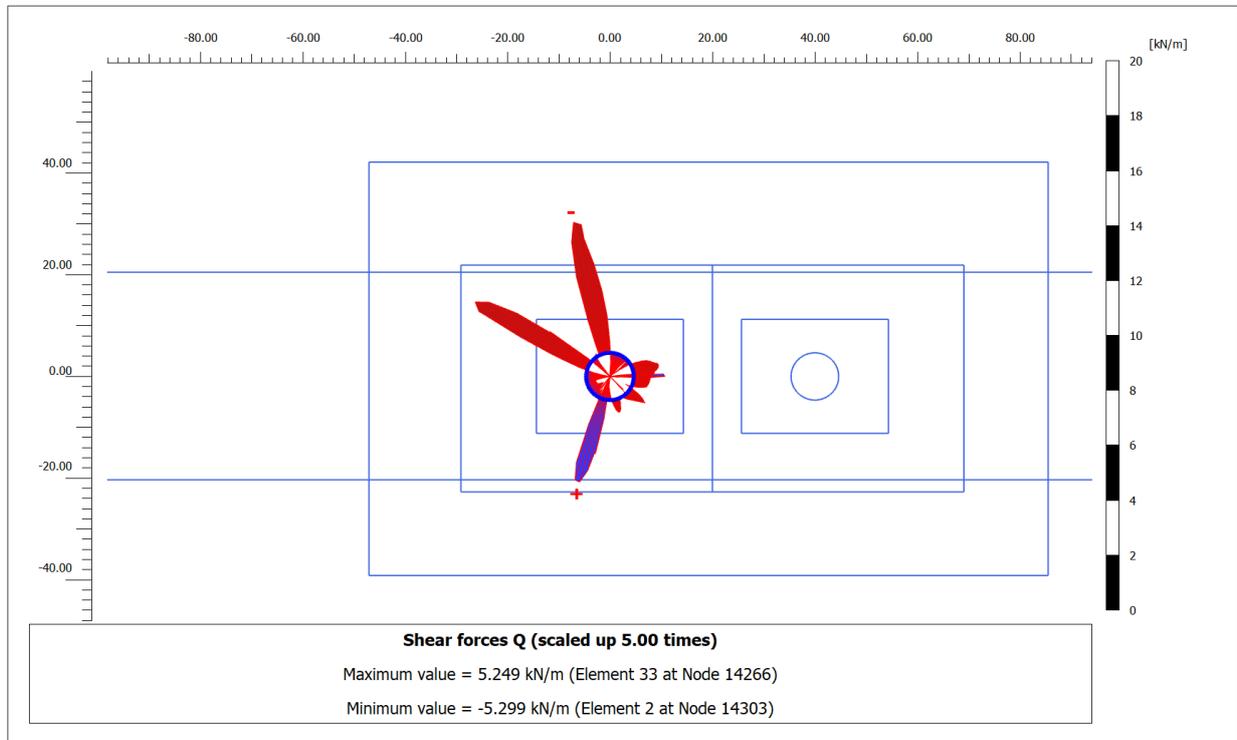


Figura 16-86: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 3

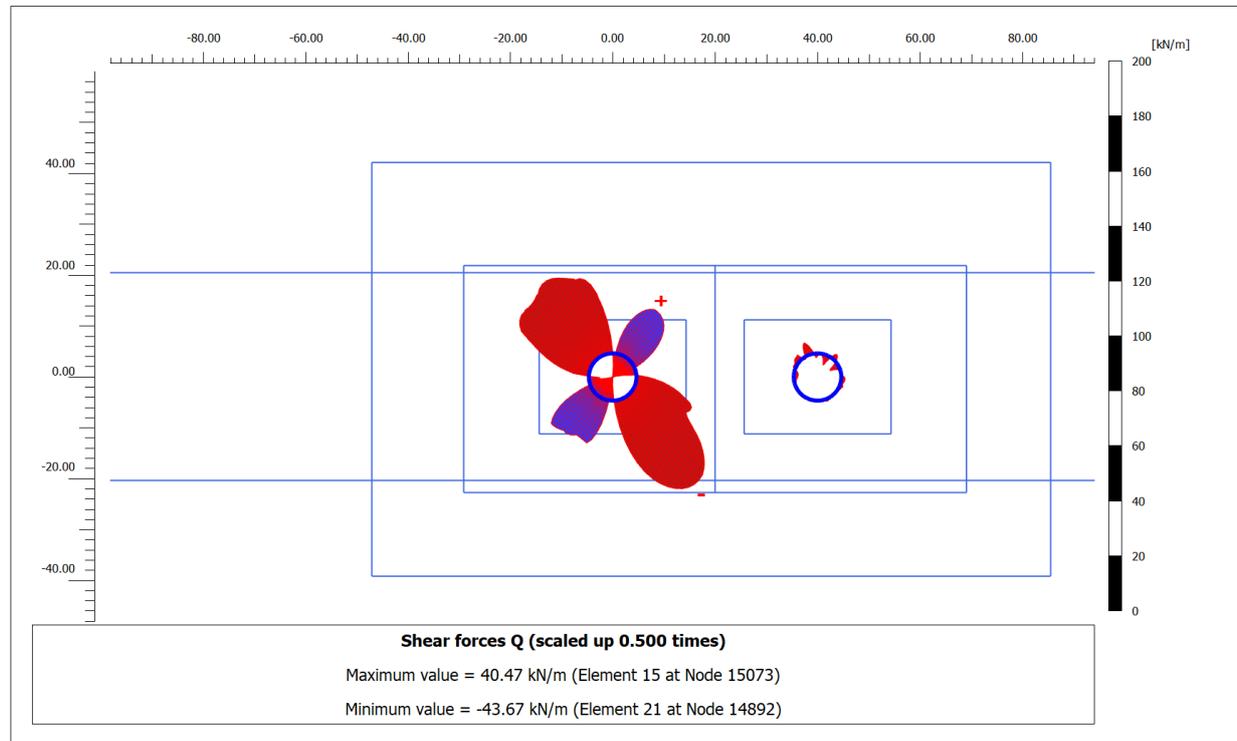


Figura 16-87: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 246 di 312

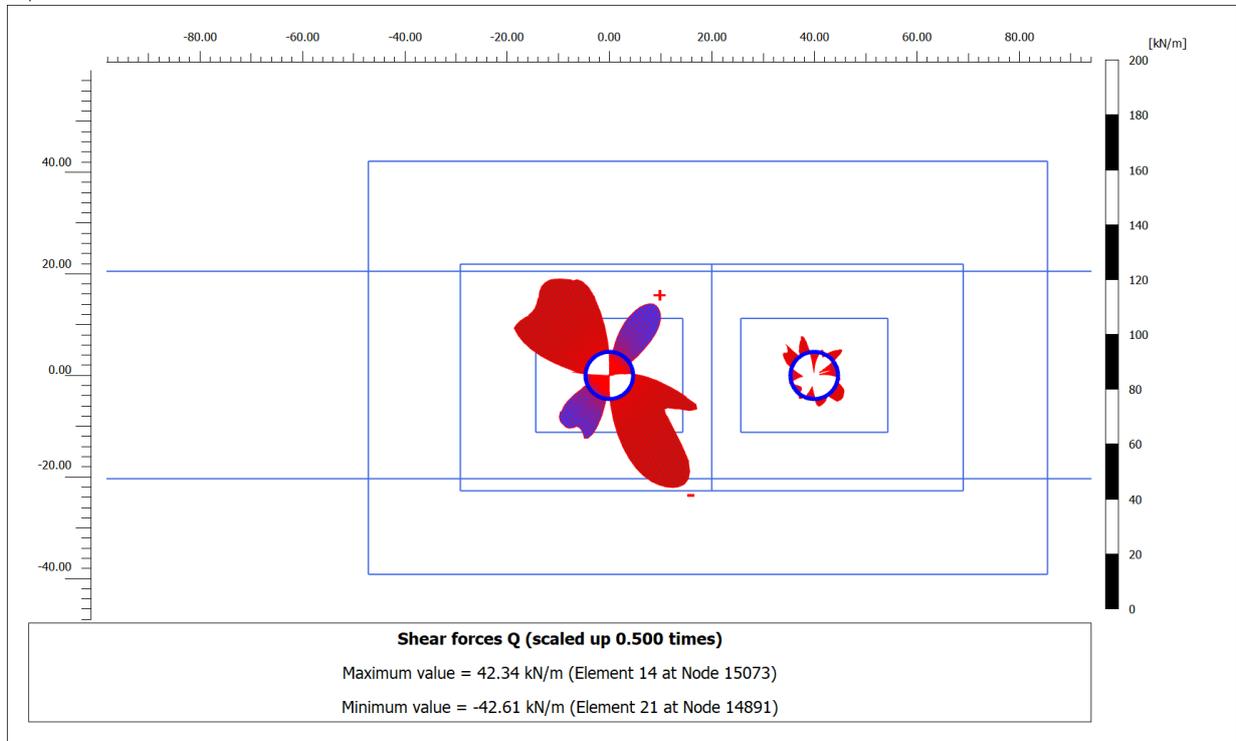


Figura 16-88: Sollecitazione sforzo di taglio L.T.

16.1.5 Galleria di linea – Gardena – Sezione 5 (pk. 17+650)

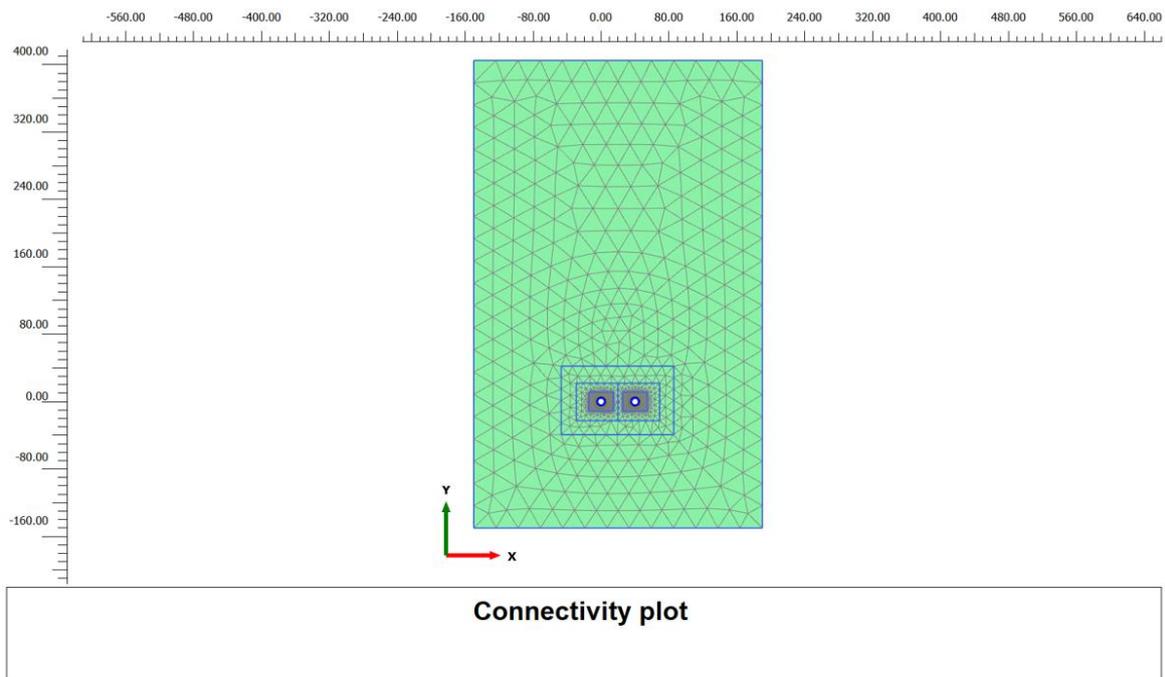
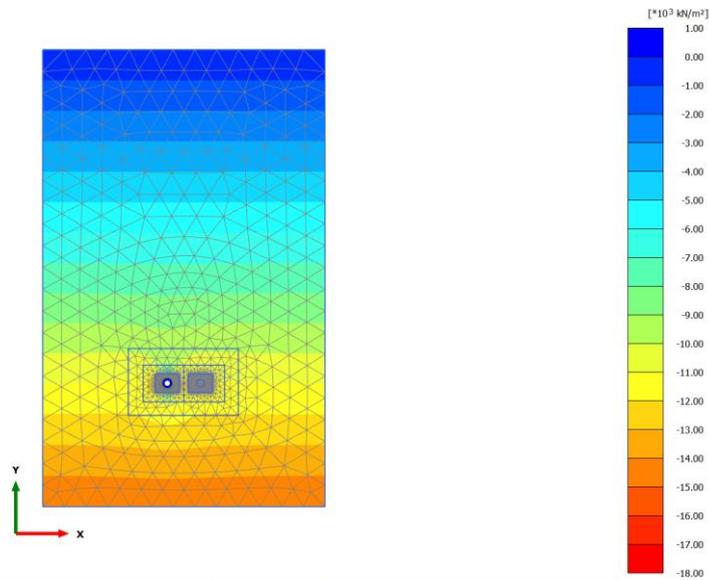


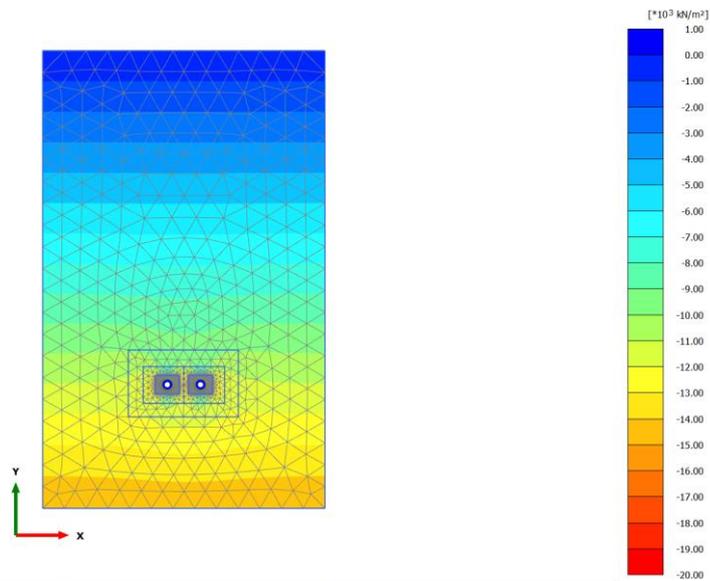
Figura 16-89: Mesh

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 247 di 312



Cartesian effective stress σ'_{yy} (scaled up $1.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 0.02811 kN/m² (Element 42 at Node 399)
Minimum value = $-17.55 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 2071 at Node 8777)

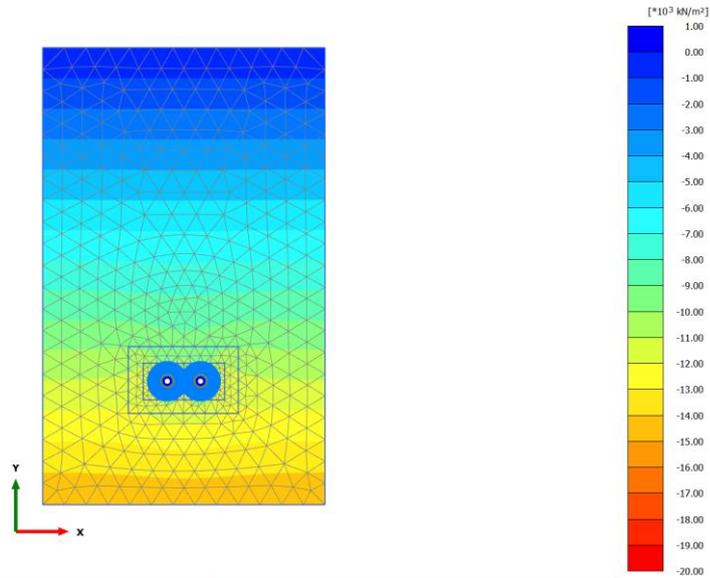
Figura 16-90: Stress σ_{yy} Fase 3



Cartesian effective stress σ'_{yy} (scaled up $1.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 0.02958 kN/m² (Element 41 at Node 26)
Minimum value = $-19.08 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 4266 at Node 36899)

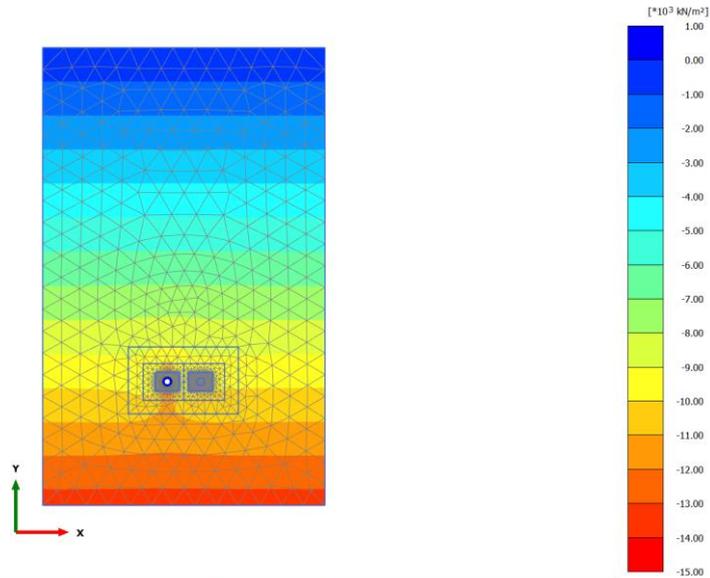
Figura 16-91: Stress σ_{yy} Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 248 di 312



Cartesian effective stress σ'_{yy} (scaled up $1.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 0.02966 kN/m² (Element 41 at Node 26)
Minimum value = $-19.02 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 4335 at Node 36303)

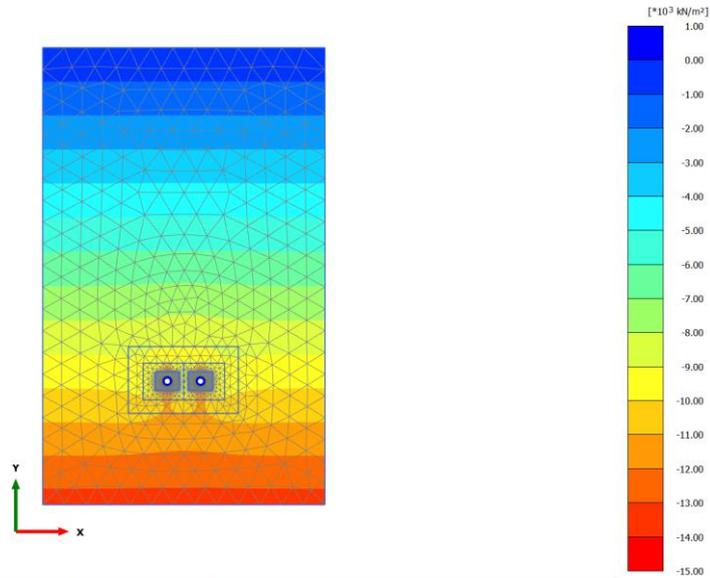
Figura 16-92: Stress σ_{yy} L.T.



Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $1.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 3.824 kN/m² (Element 46 at Node 389)
Minimum value = $-14.50 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 1065 at Node 15436)

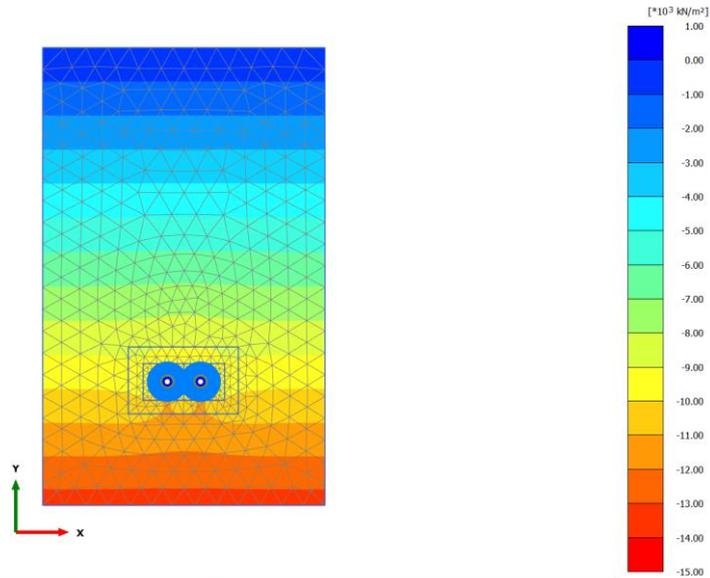
Figura 16-93: Stress σ_{xx} Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 249 di 312



Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $1.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 2.580 kN/m² (Element 41 at Node 4)
Minimum value = $-14.29 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 1065 at Node 15436)

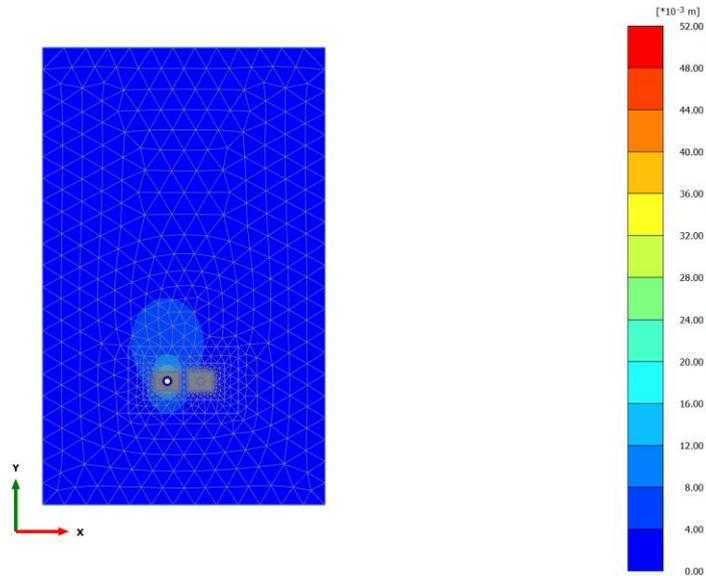
Figura 16-94: Stress σ_{xx} Fase 5



Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $1.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 2.561 kN/m² (Element 41 at Node 4)
Minimum value = $-14.26 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 1065 at Node 15436)

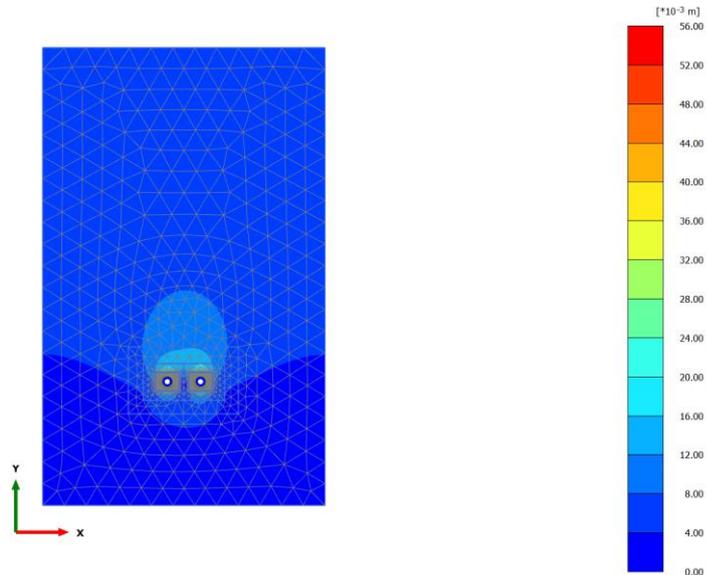
Figura 16-95: Stress σ_{xx} L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 250 di 312



Total displacements |u| (scaled up 500 times)
Maximum value = 0.05032 m (Element 1837 at Node 10129)

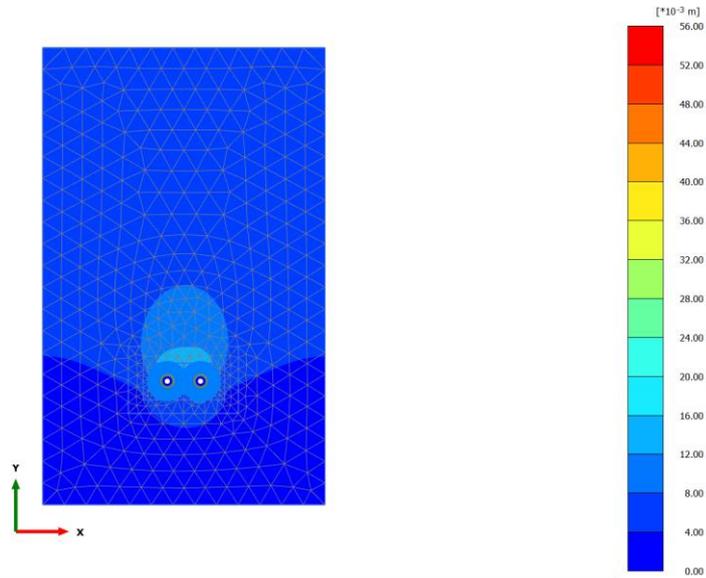
Figura 16-96: Spostamenti |u| Fase 3



Total displacements |u| (scaled up 500 times)
Maximum value = 0.05469 m (Element 4006 at Node 38665)

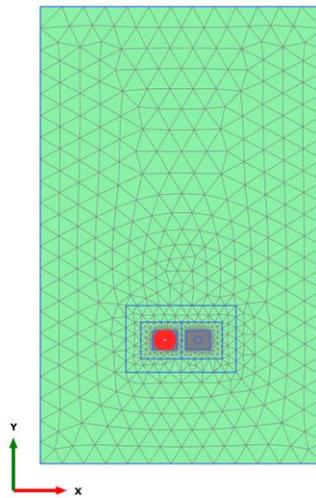
Figura 16-97: Spostamenti |u| Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 251 di 312



Total displacements $|u|$ (scaled up 500 times)
Maximum value = 0.05548 m (Element 4006 at Node 38665)

Figura 16-98: Spostamenti $|u|$ L.T.



Plastic point history Failure (scaled up 1.00 times)

- Failure point
- Tension cut-off point
- ▽ Plasticity in local 2 direction only
- ◆ Plasticity in local 1 and 2 directions

Figura 16-99: Zone di plasticizzazione Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 252 di 312

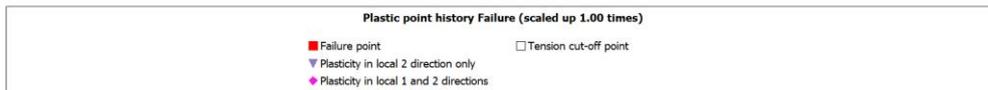
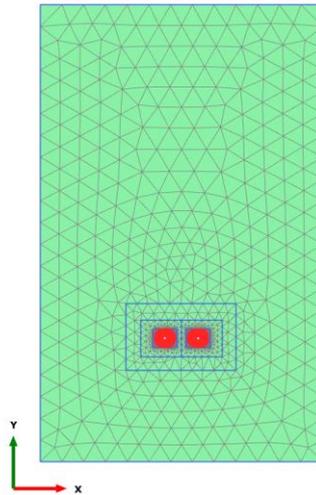


Figura 16-100: Zone di plasticizzazione Fase 5

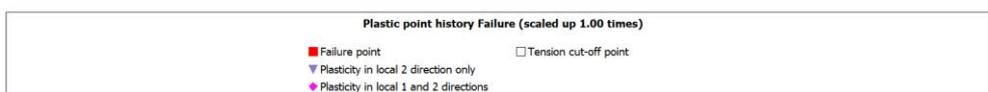
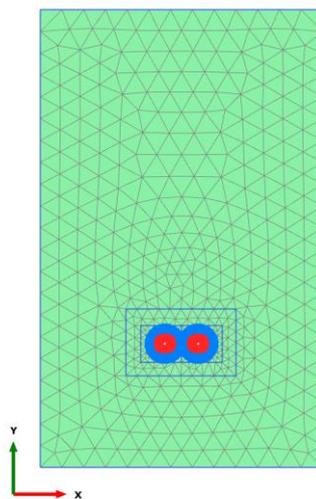


Figura 16-101: Zone di plasticizzazione L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 253 di 312

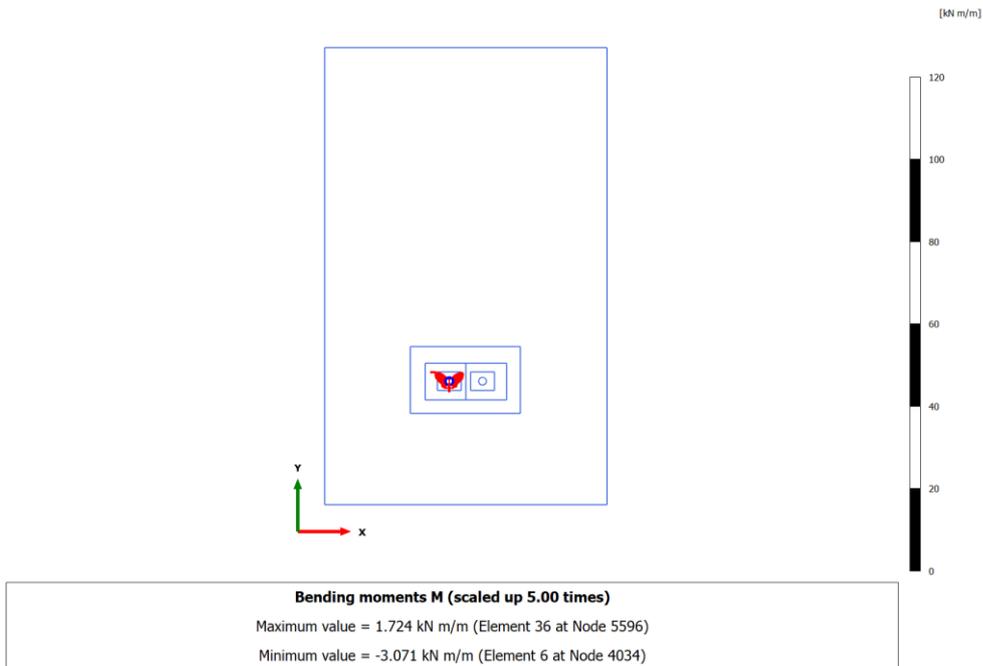


Figura 16-102: Sollecitazione momento flettente Fase 3

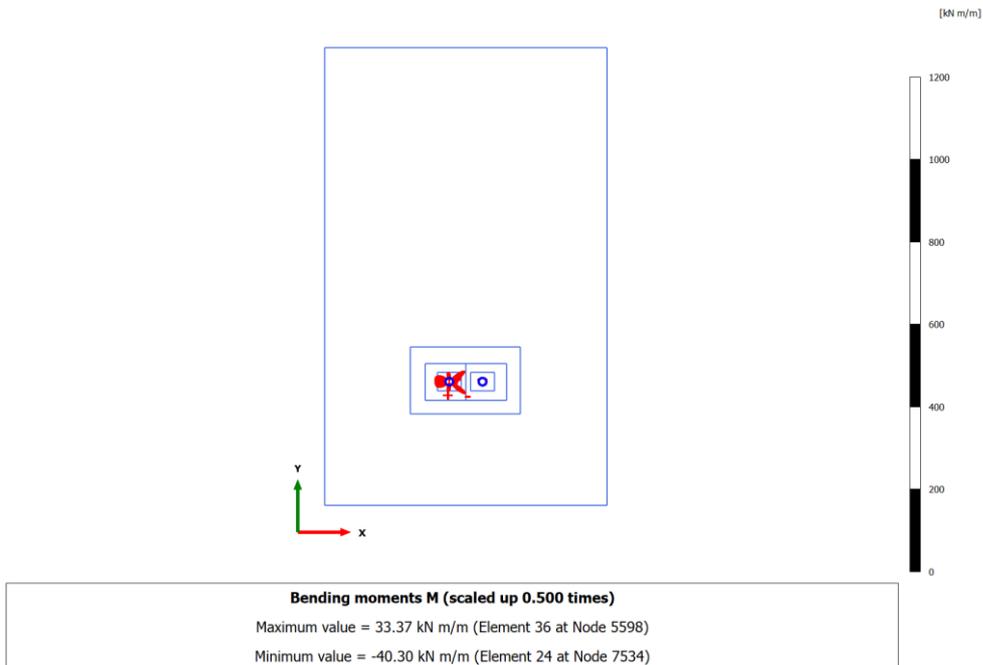


Figura 16-103: Sollecitazione momento flettente Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 254 di 312

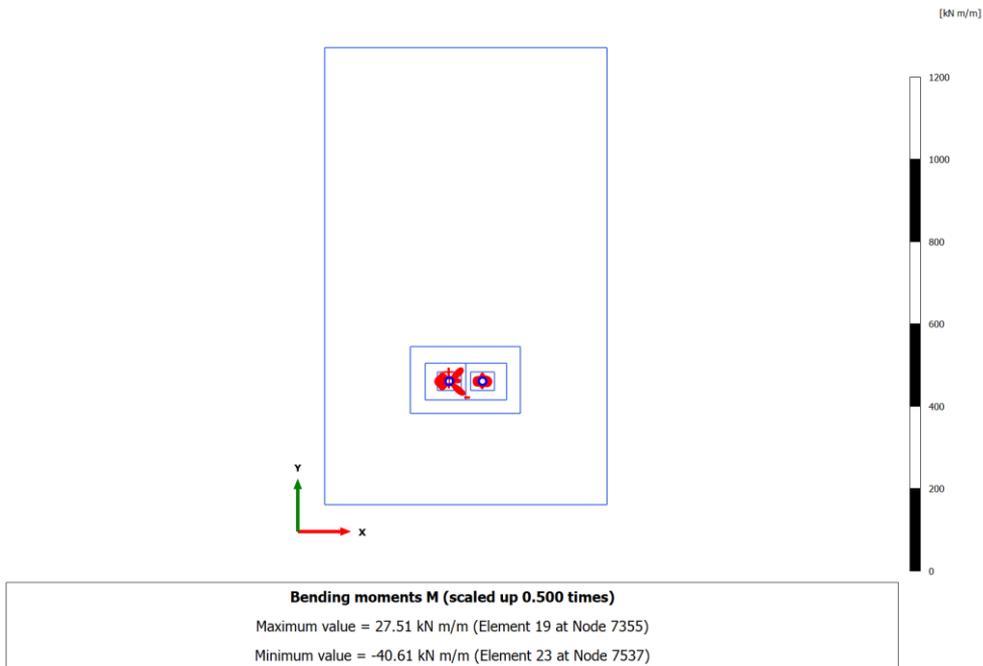


Figura 16-104: Sollecitazione momento flettente L.T.

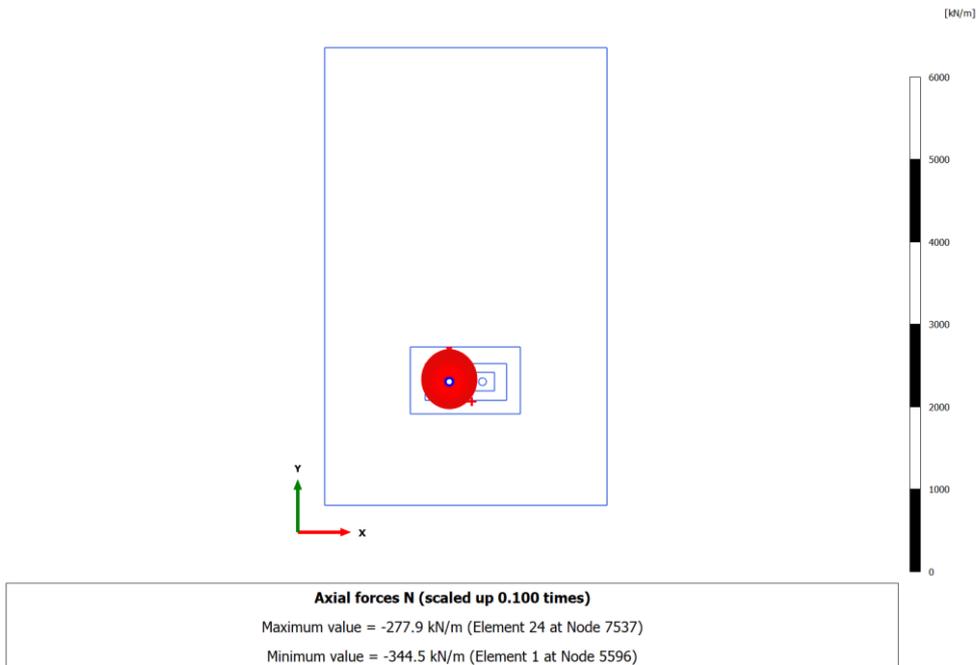


Figura 16-105: Sollecitazione sforzo assiale Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 255 di 312

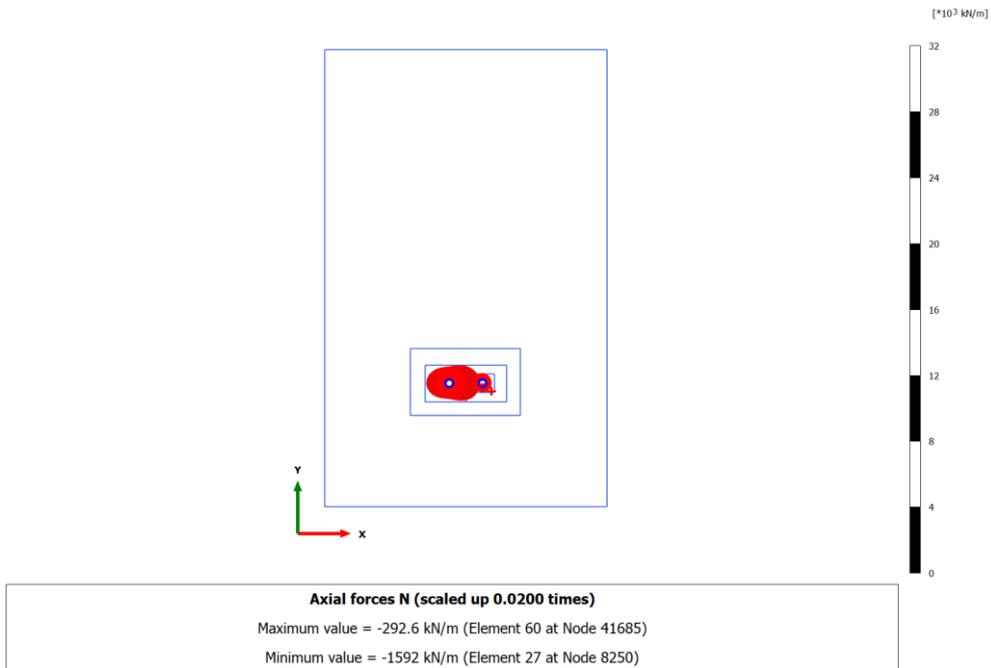


Figura 16-106: Sollecitazione sforzo assiale Fase 5

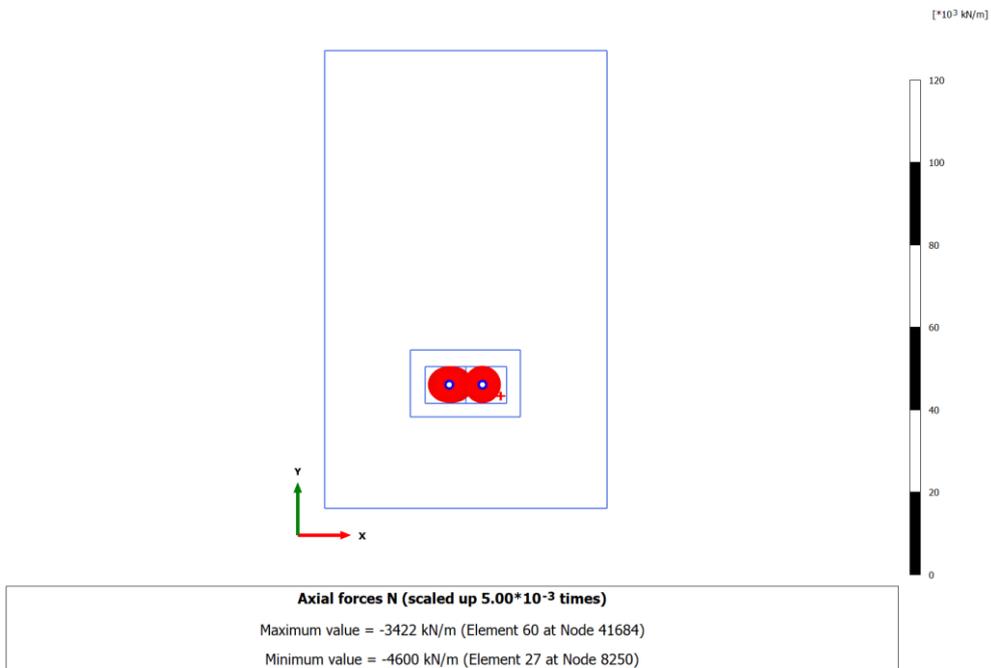


Figura 16-107: Sollecitazione sforzo assiale L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 256 di 312

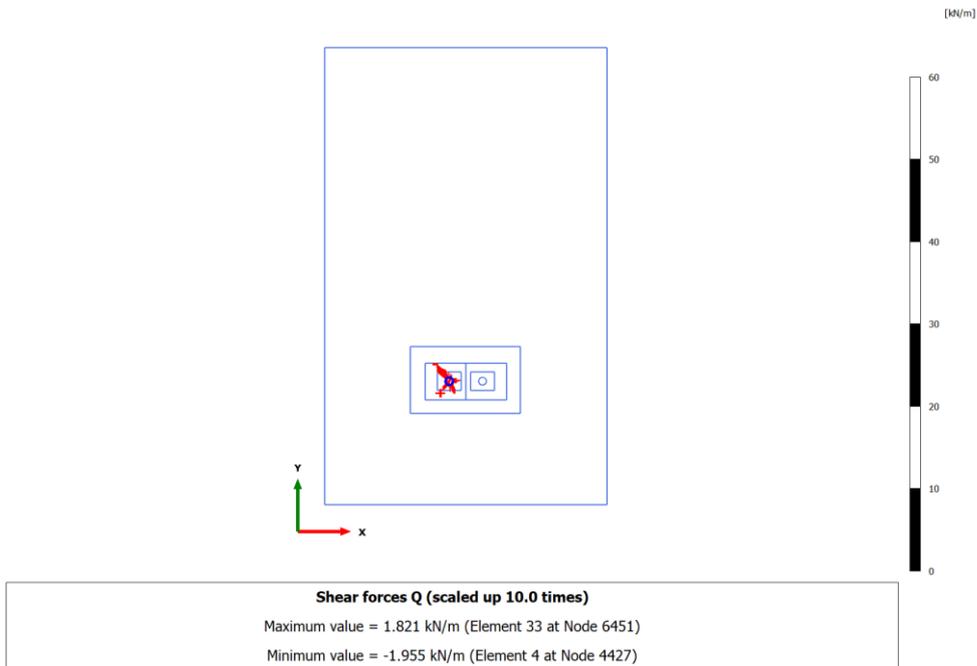


Figura 16-108: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 3

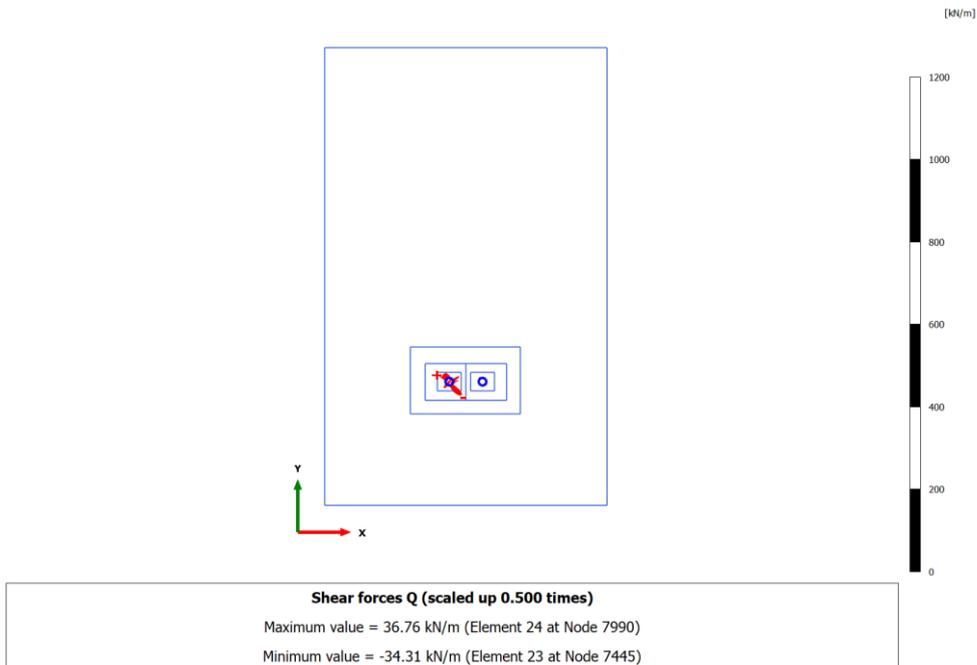


Figura 16-109: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 5

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					PROGETTO ESECUTIVO
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 257 di 312

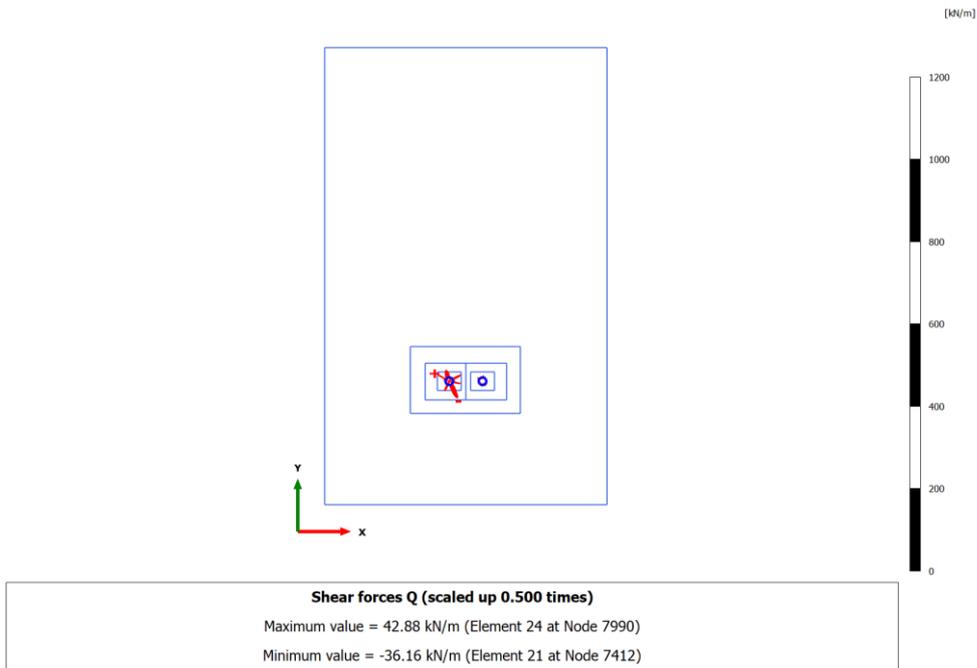


Figura 16-110: Sollecitazione sforzo di taglio L.T.

16.1.6 Galleria di linea – Gardena – Sezione 6 (pk. 18+400)

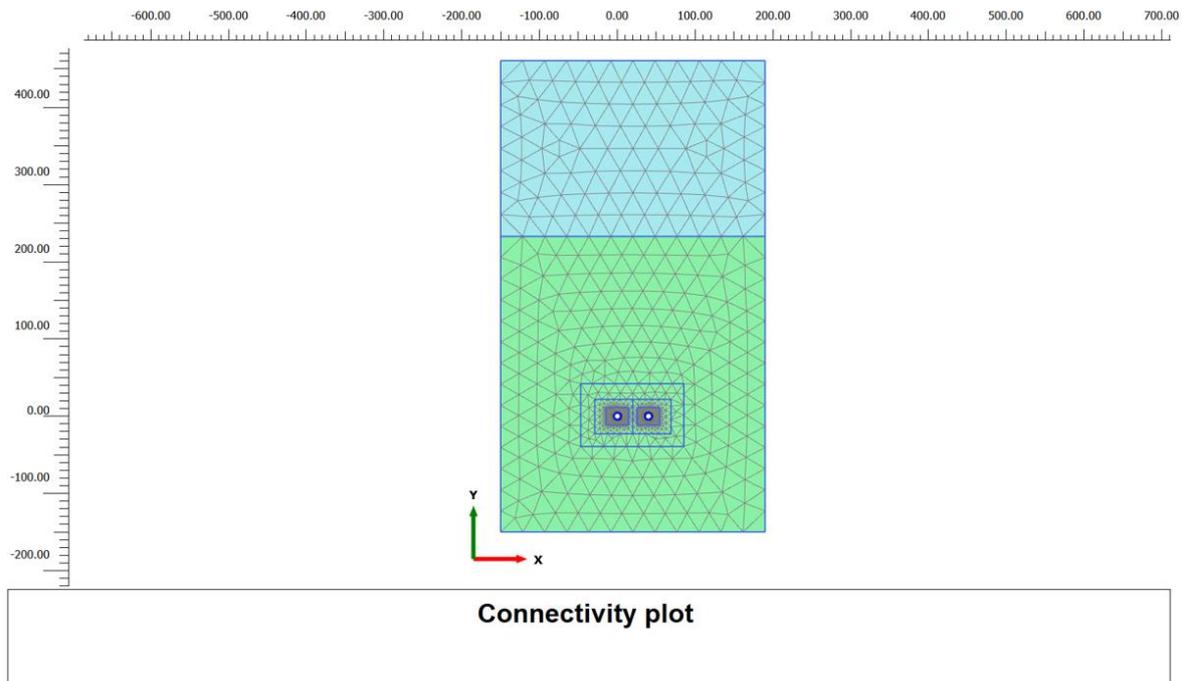


Figura 16-111: Mesh

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 258 di 312

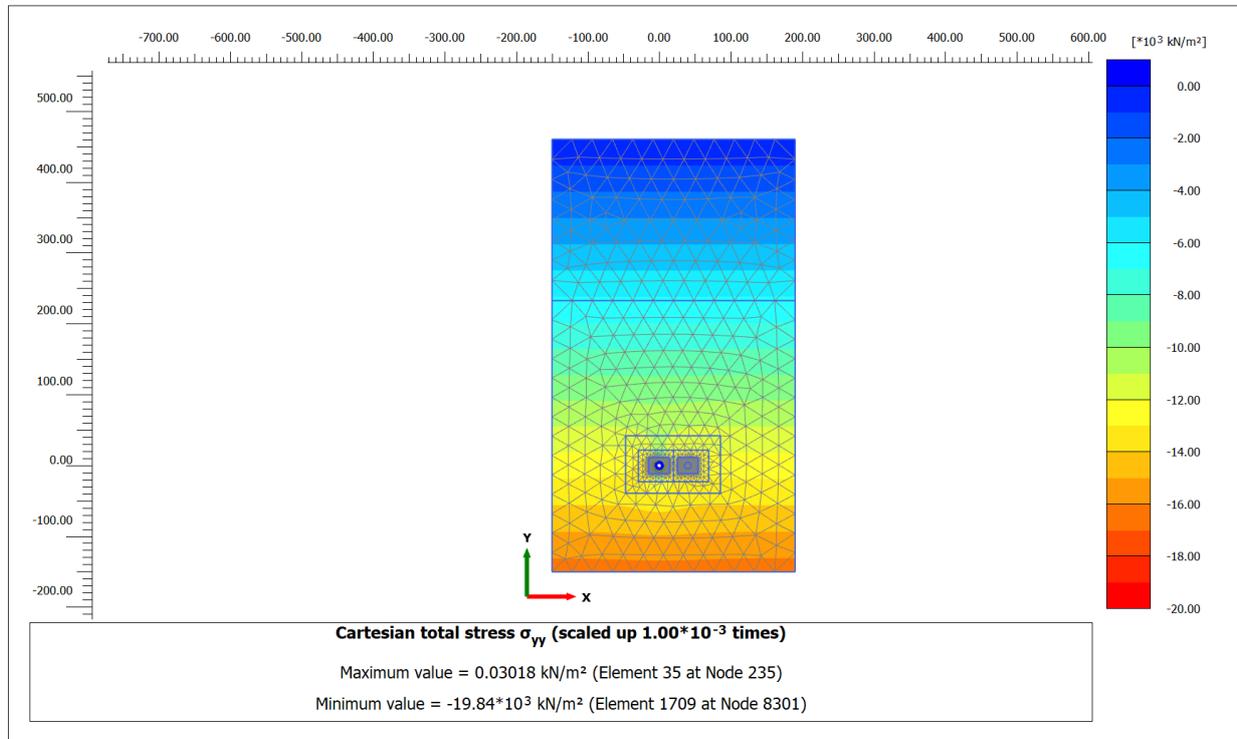


Figura 16-112: Stress σ_{yy} Fase 3

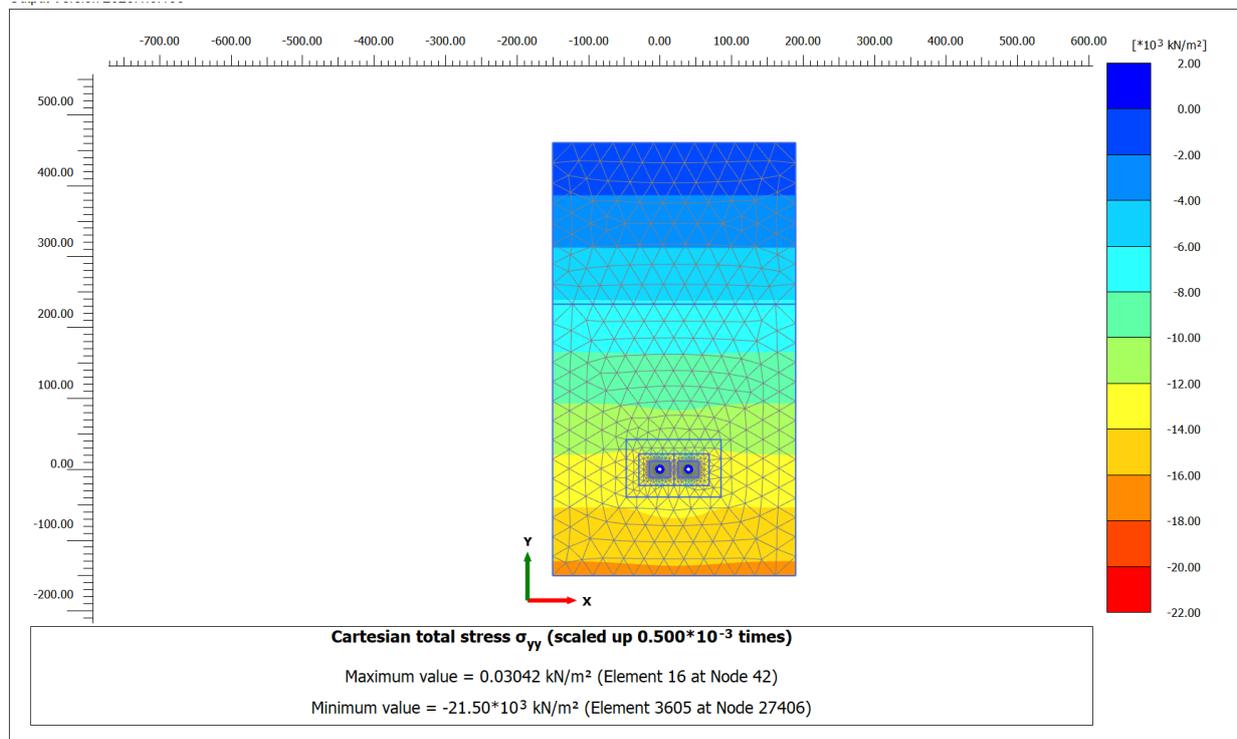


Figura 16-113: Stress σ_{yy} Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 259 di 312

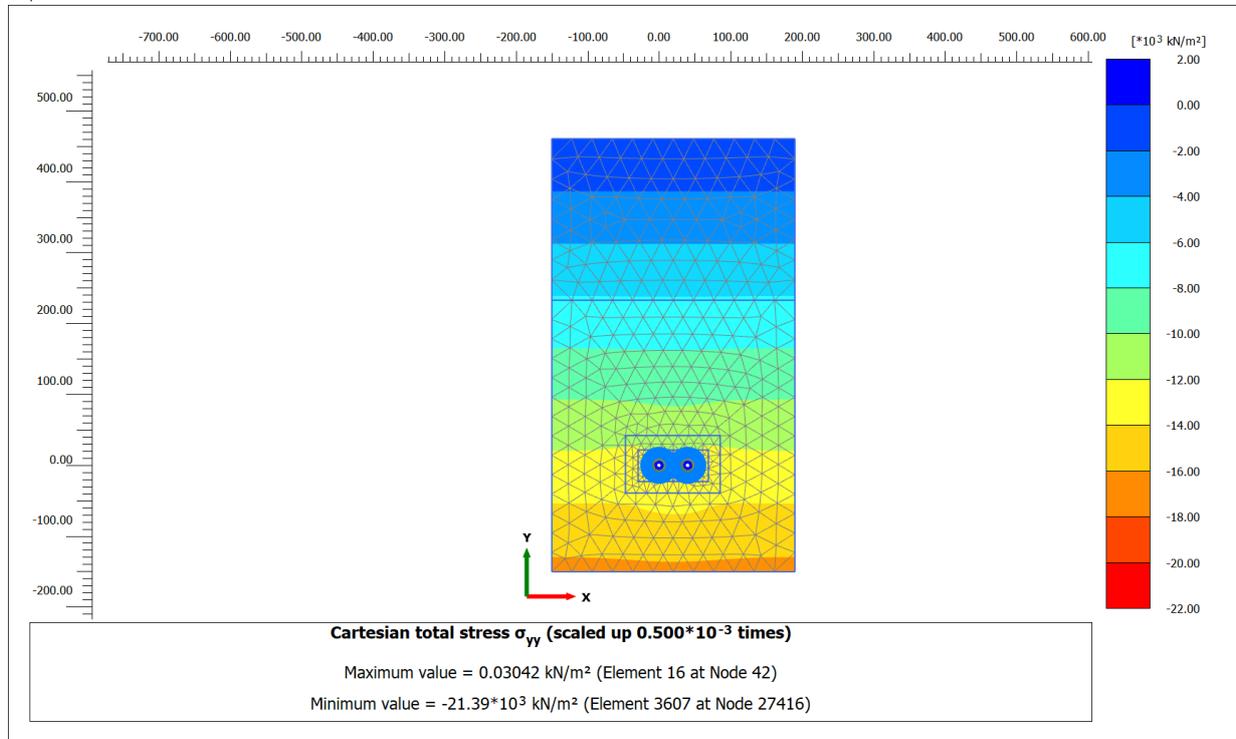


Figura 16-114: Stress σ_{yy} L.T.

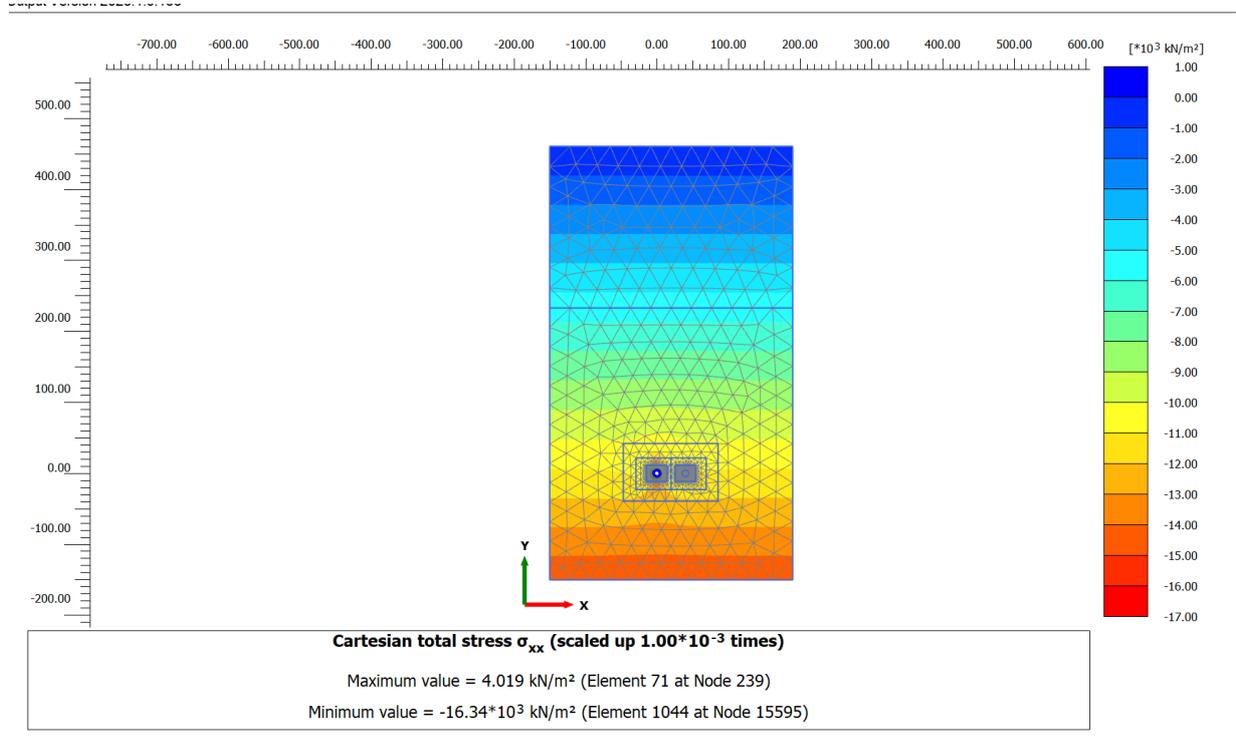


Figura 16-115: Stress σ_{xx} Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 260 di 312

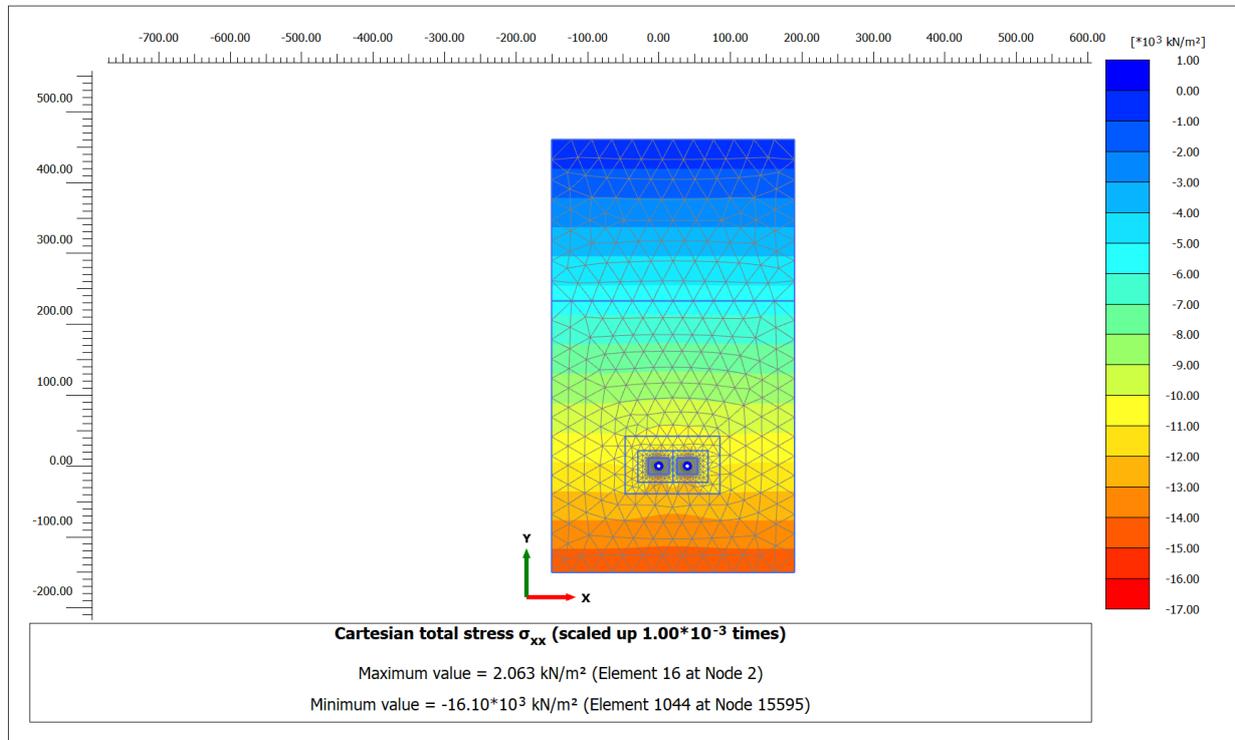


Figura 16-116: Stress σ_{xx} Fase 5

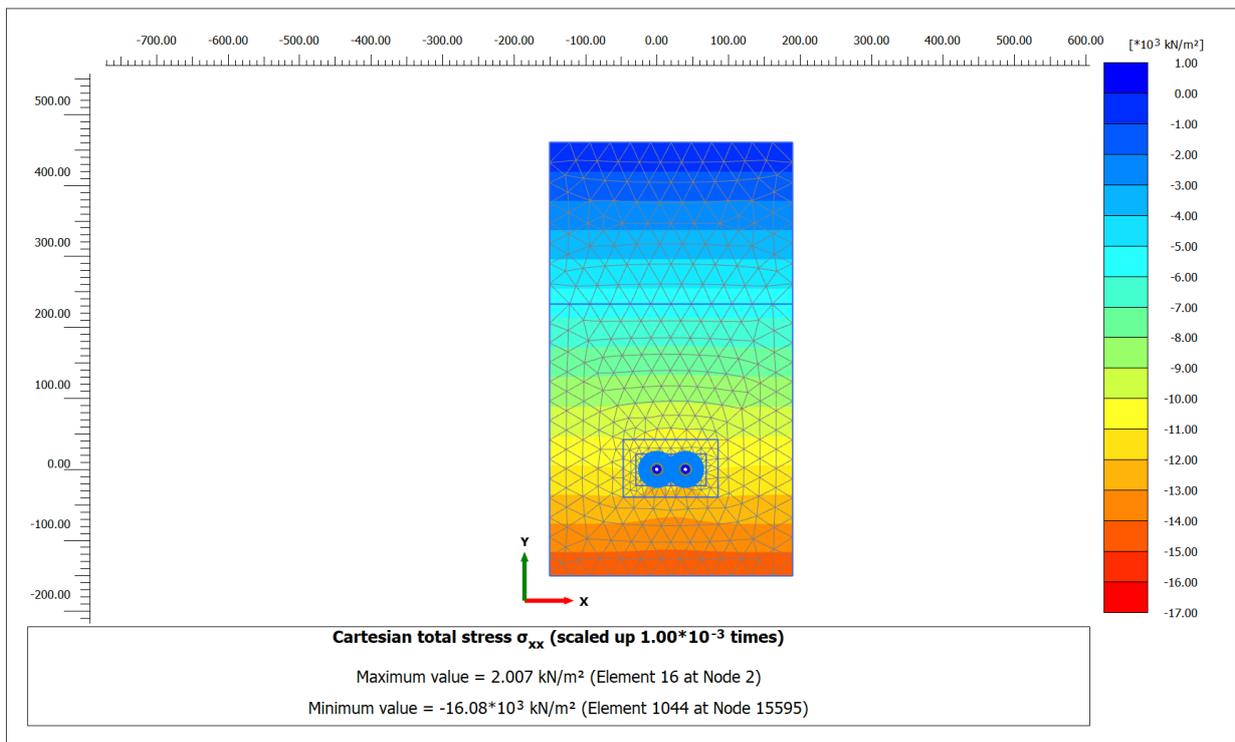


Figura 16-117: Stress σ_{xx} L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 261 di 312

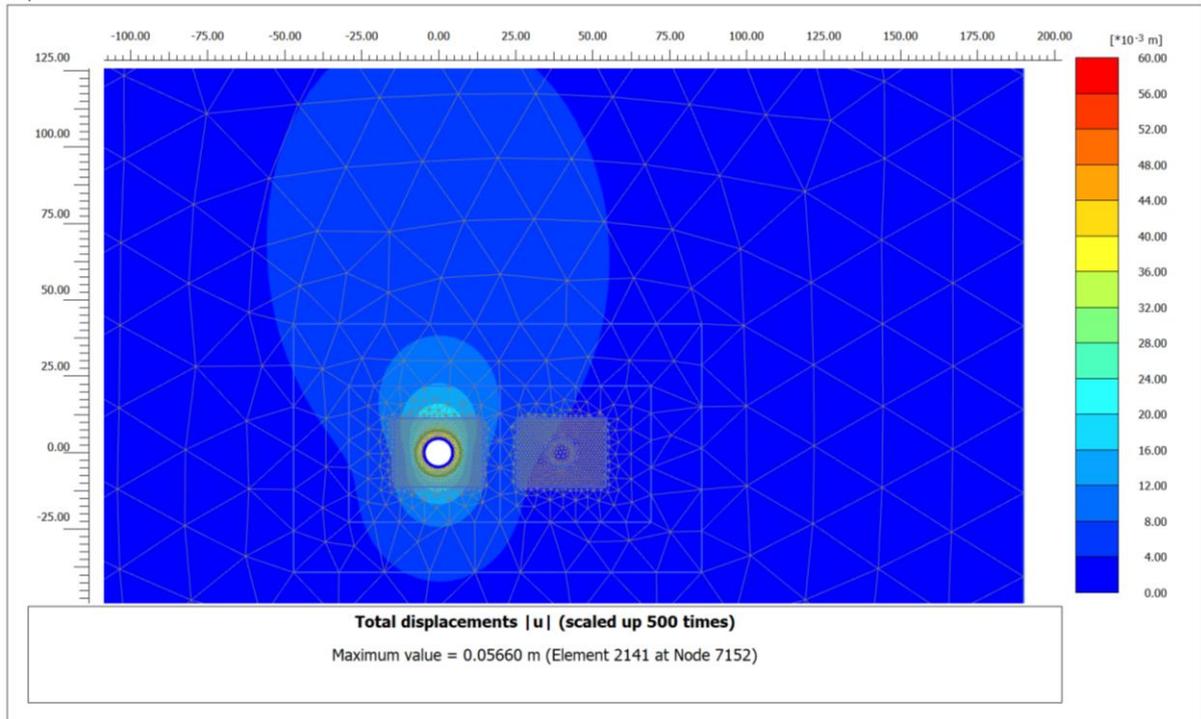


Figura 16-118: Spostamenti |u| Fase 3

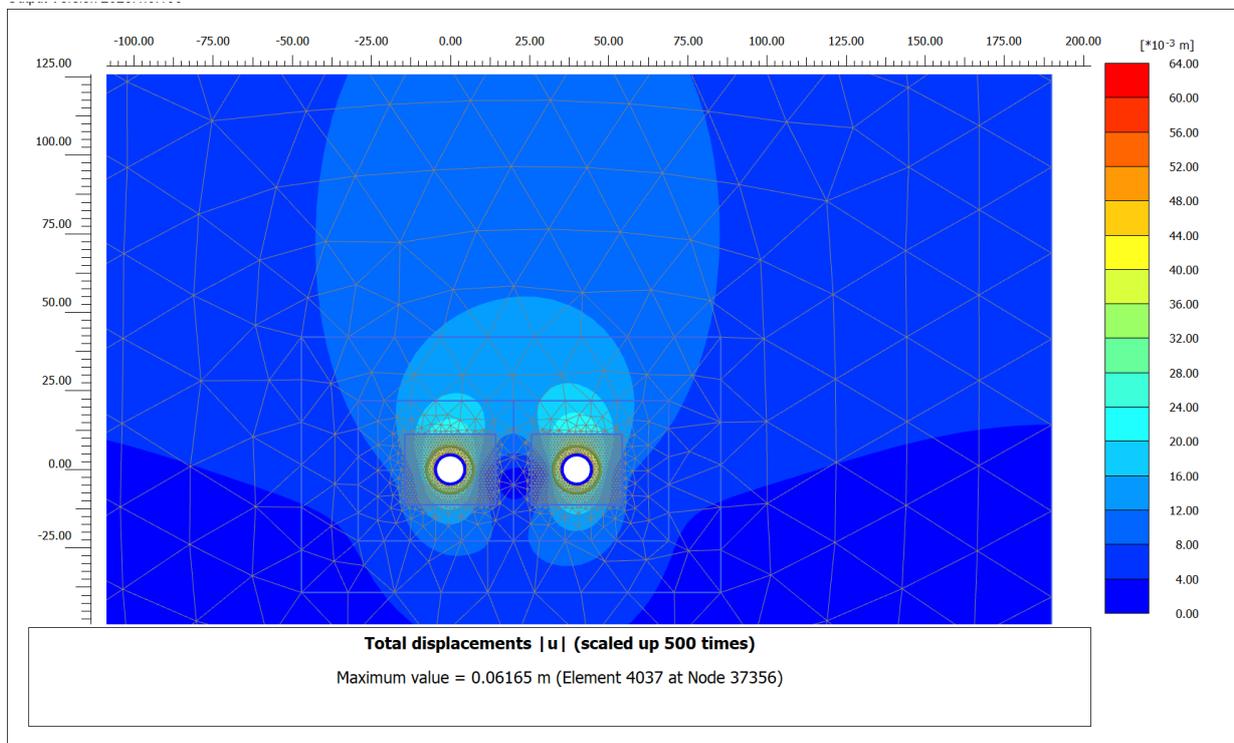


Figura 16-119: Spostamenti |u| Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 262 di 312

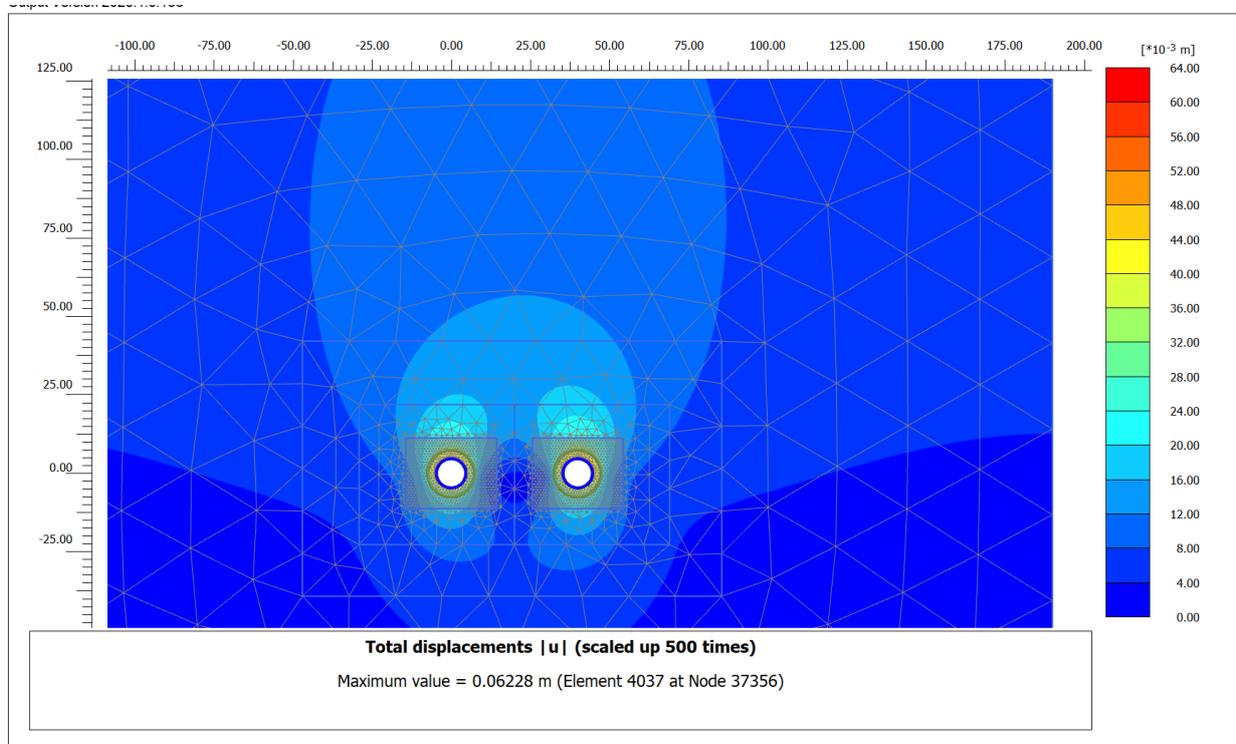


Figura 16-120: Spostamenti $|u|$ L.T.

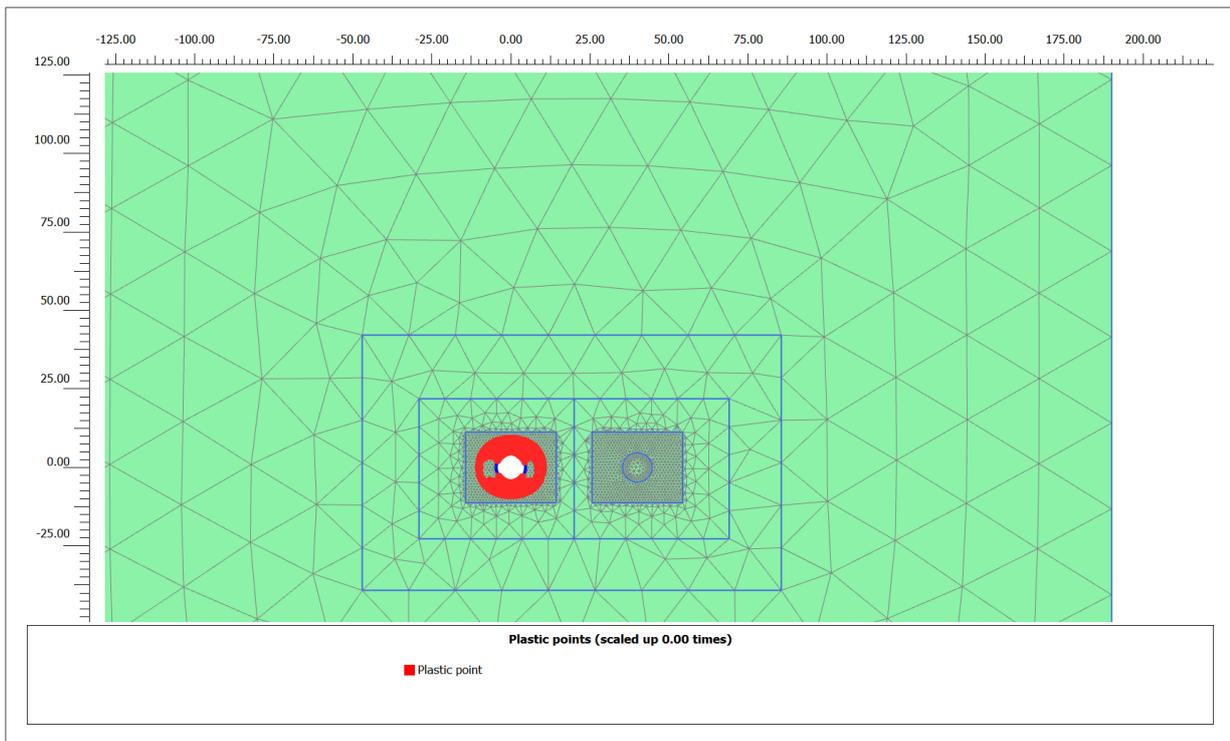


Figura 16-121: Zone di plasticizzazione Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 263 di 312

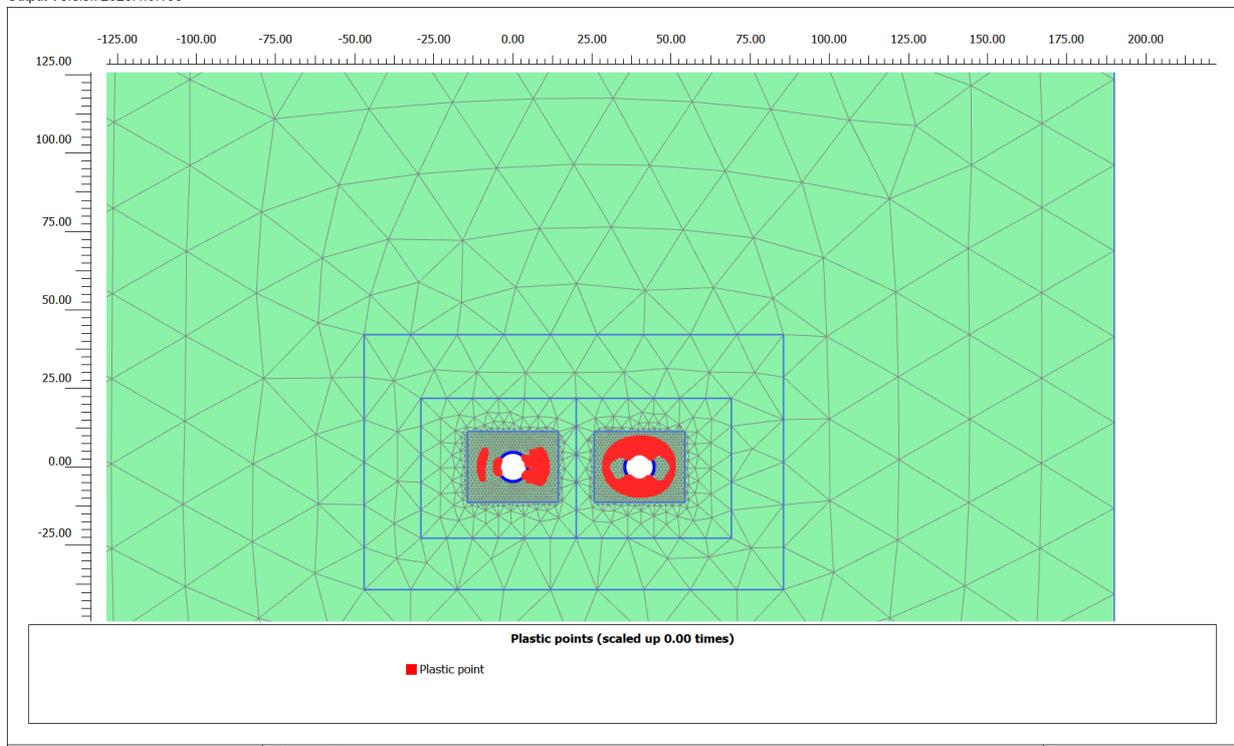


Figura 16-122: Zone di plasticizzazione Fase 5

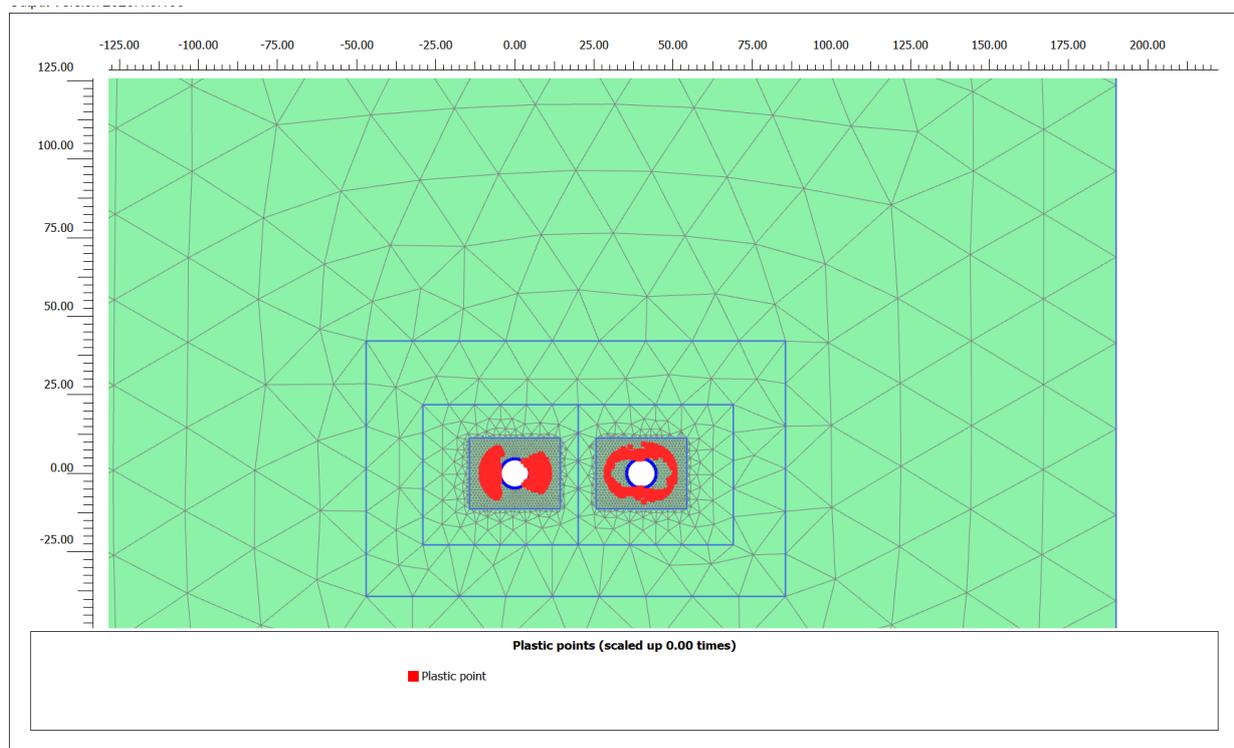


Figura 16-123: Zone di plasticizzazione L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 264 di 312

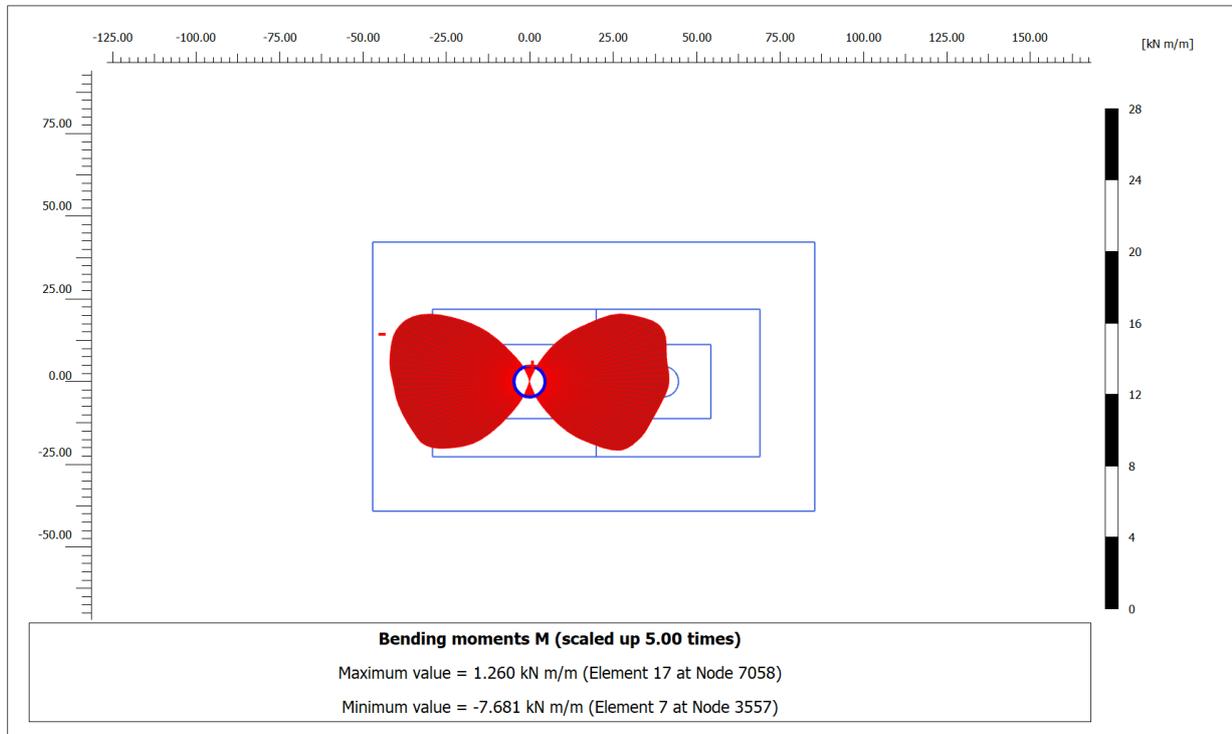


Figura 16-124: Sollecitazione momento flettente Fase 3

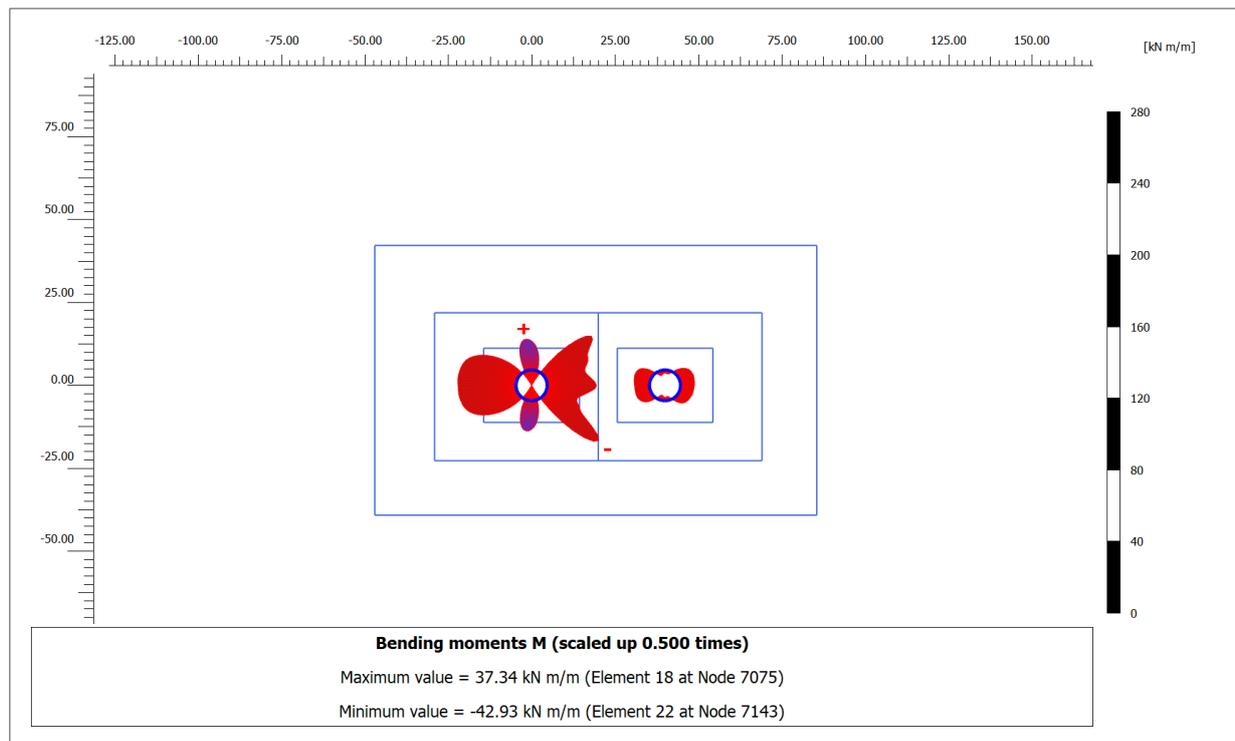


Figura 16-125: Sollecitazione momento flettente Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 265 di 312

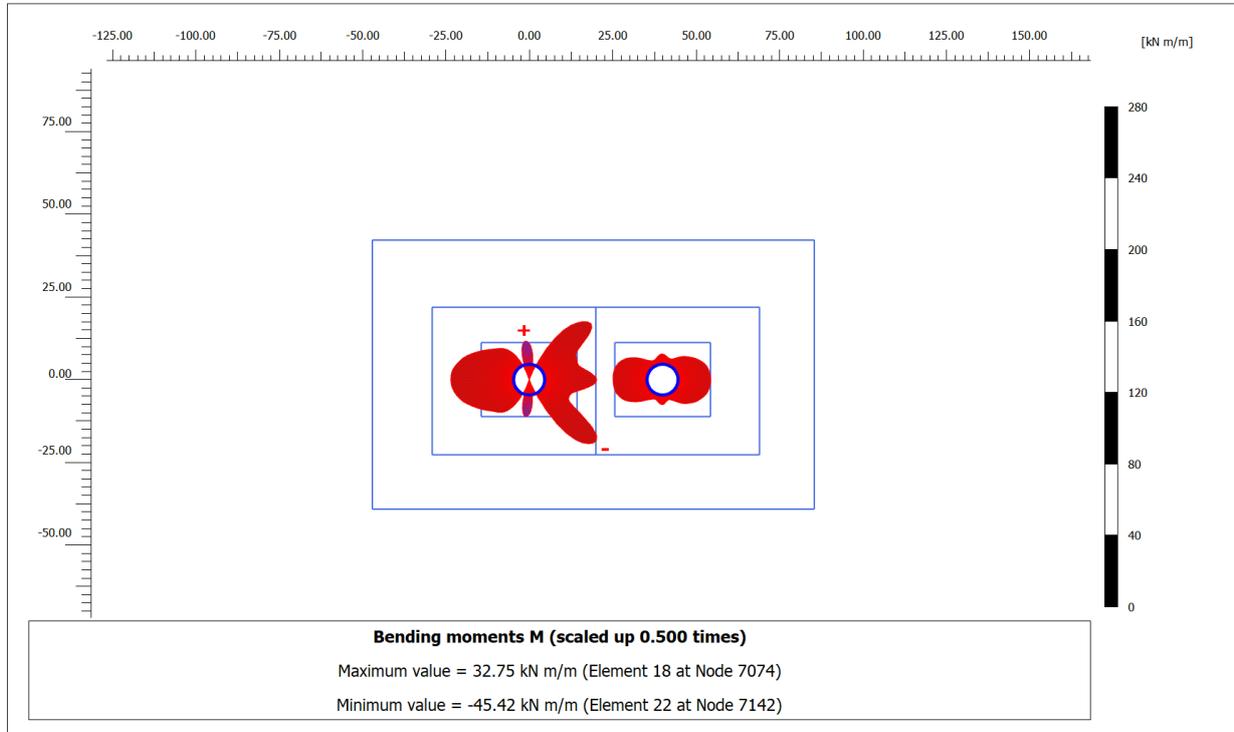


Figura 16-126: Sollecitazione momento flettente L.T.

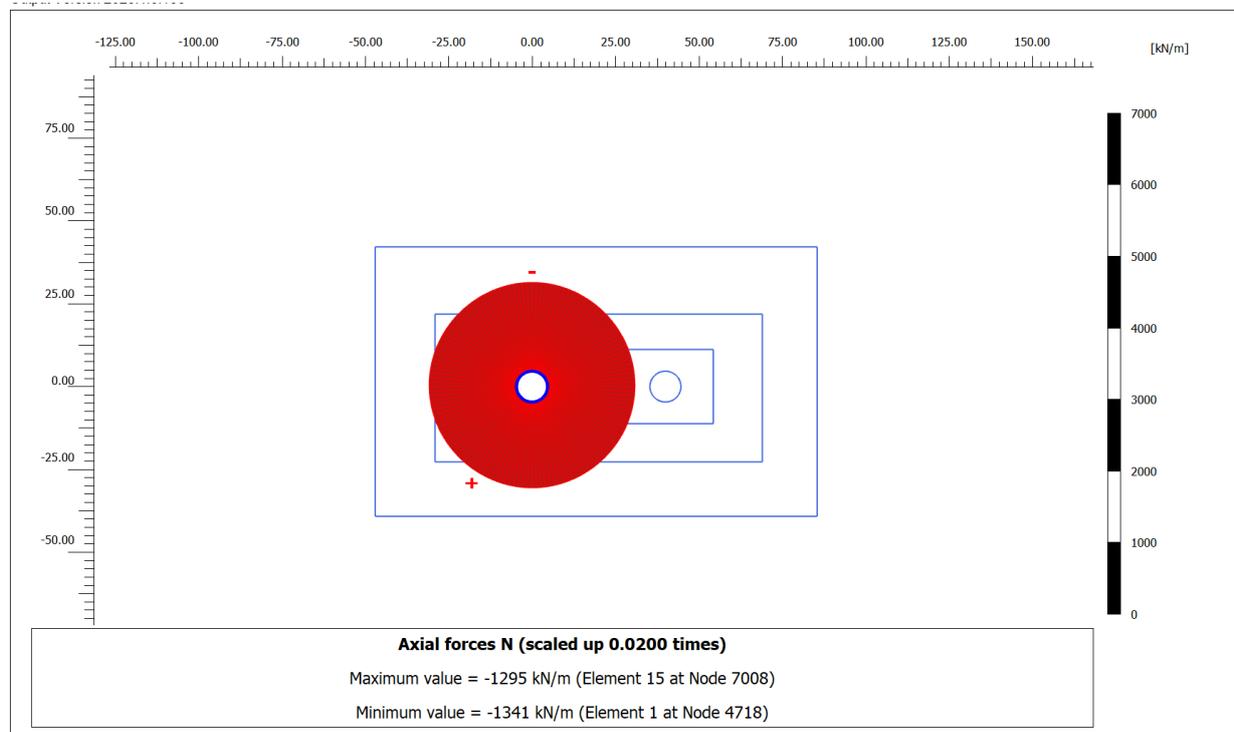


Figura 16-127: Sollecitazione sforzo assiale Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 266 di 312

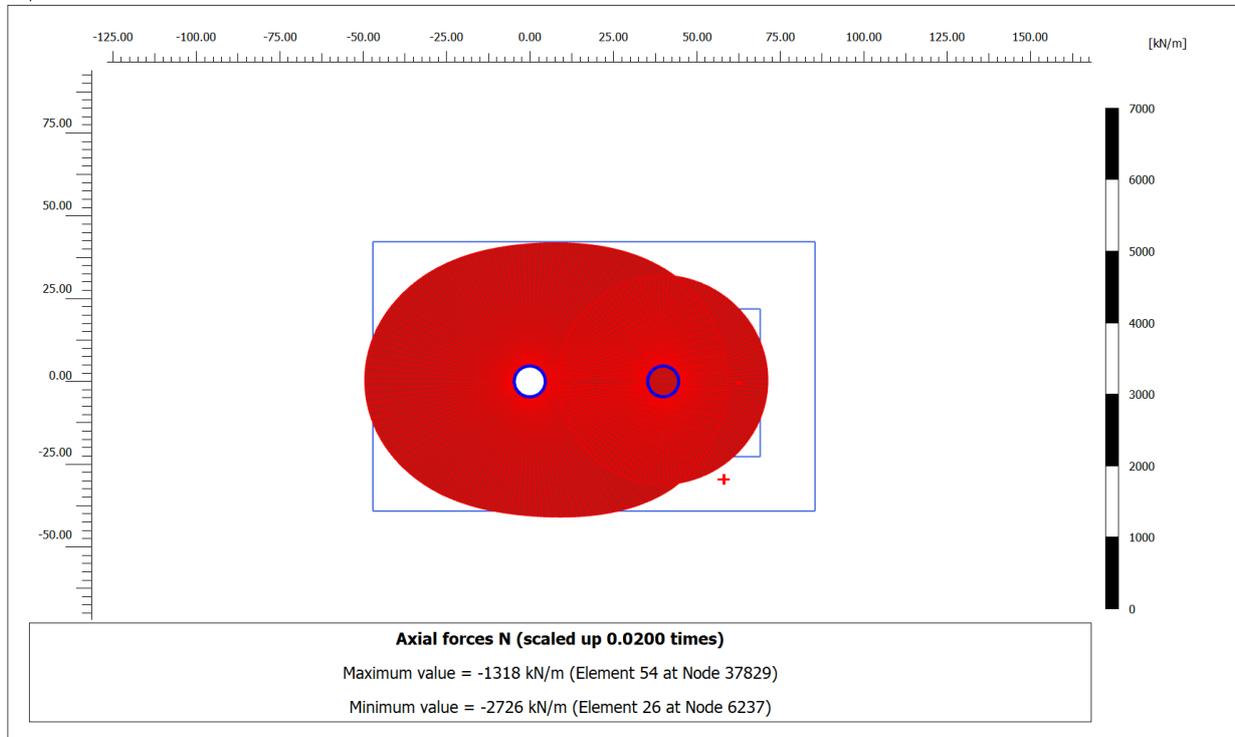


Figura 16-128: Sollecitazione sforzo assiale Fase 5

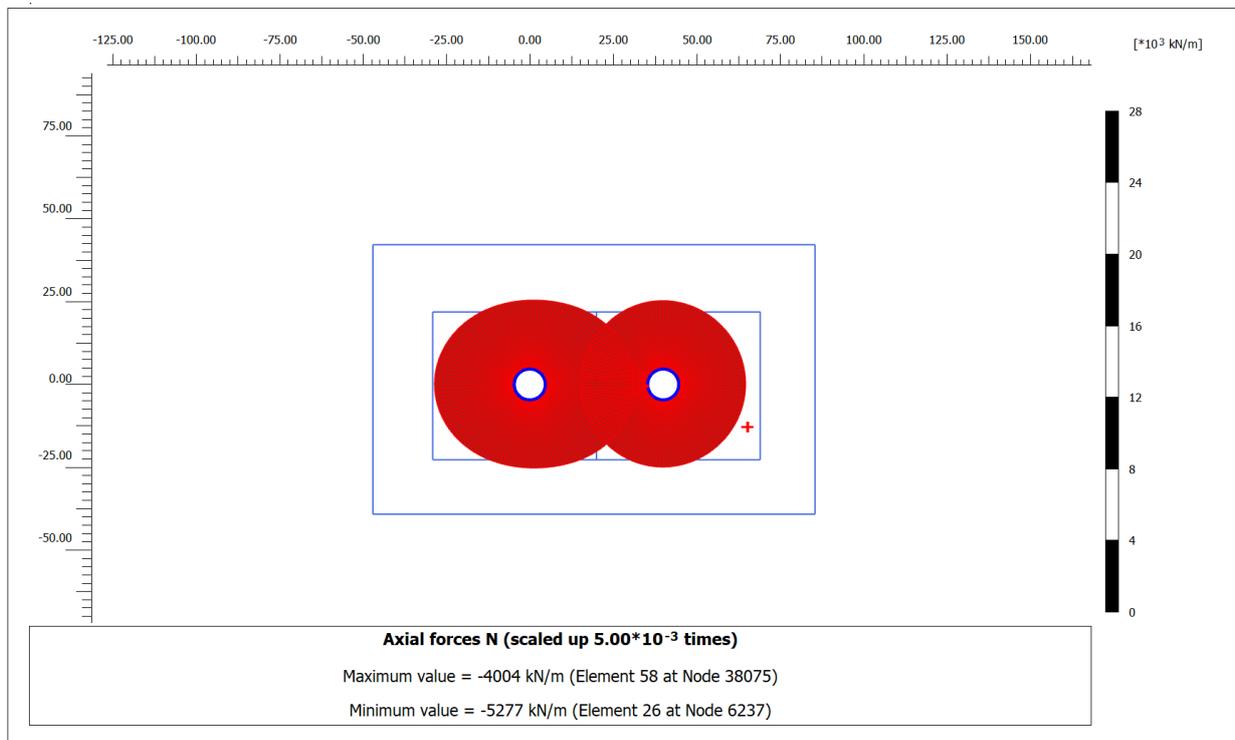


Figura 16-129: Sollecitazione sforzo assiale L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 267 di 312

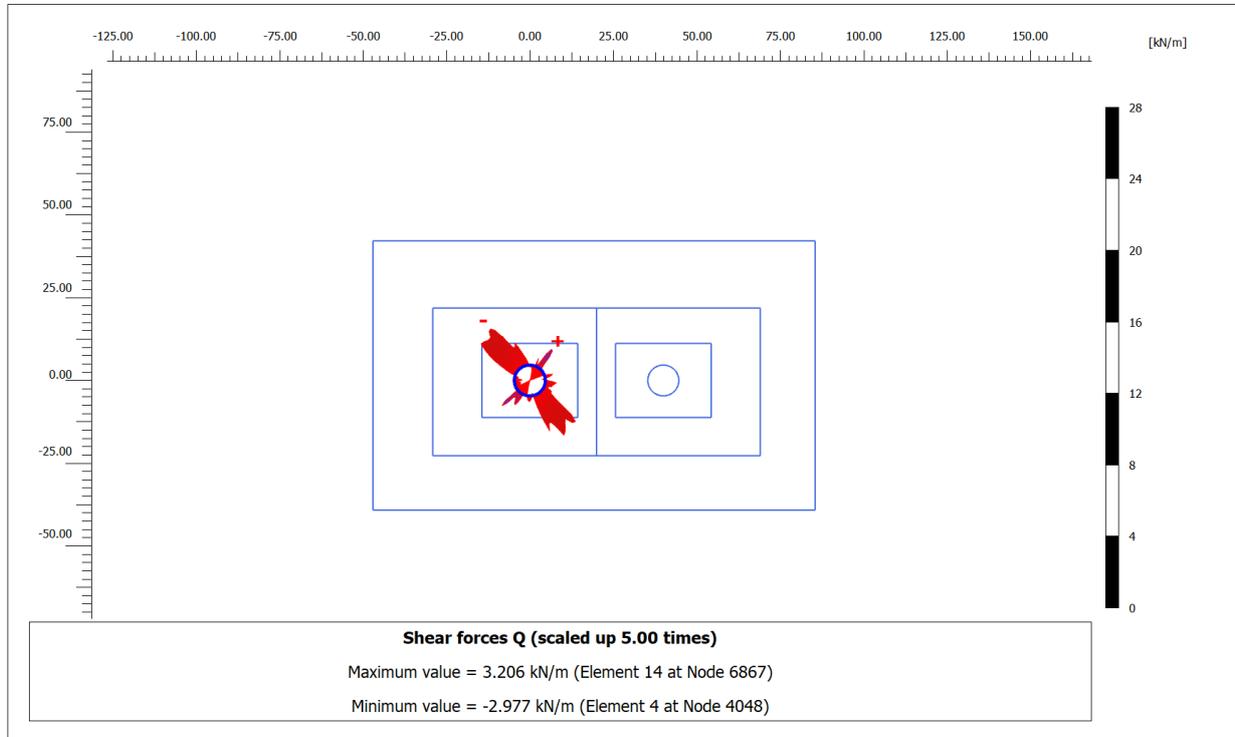


Figura 16-130: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 3

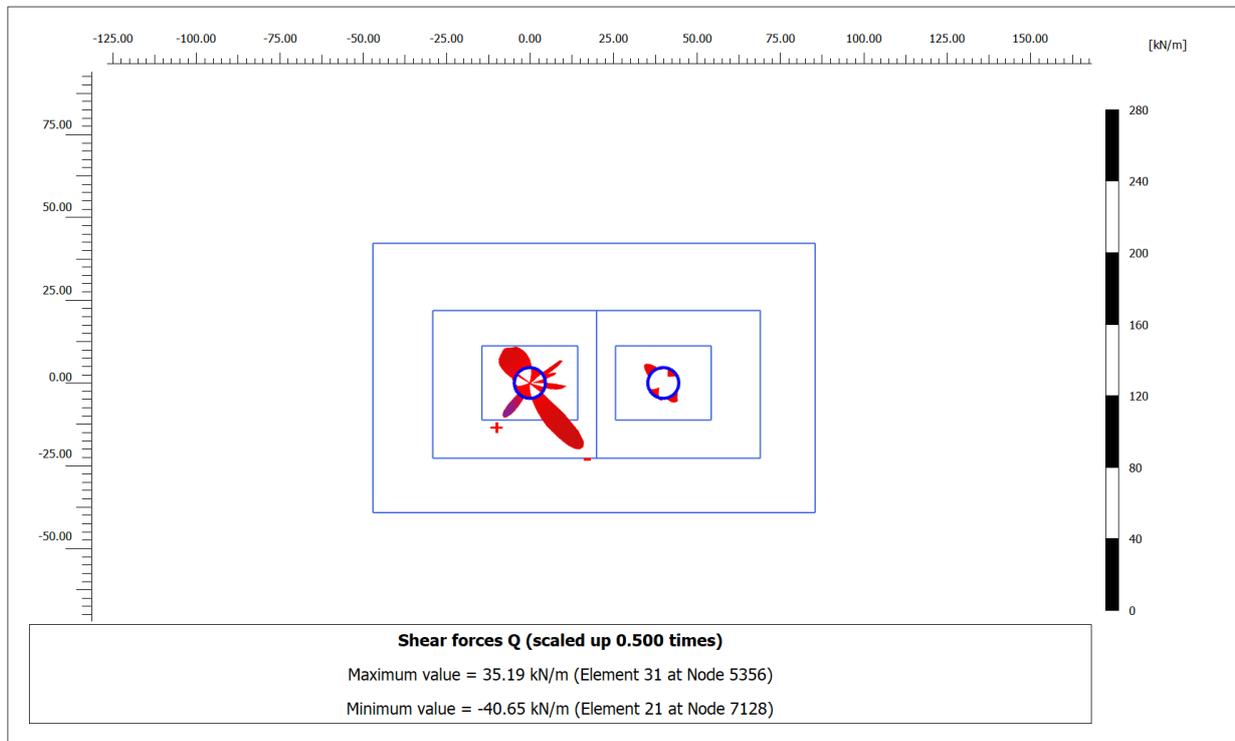


Figura 16-131: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 5

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 268 di 312



Figura 16-132: Sollecitazione sforzo di taglio L.T.

16.1.7 Galleria di linea – Gardena – Sezione 7 (pk. 18+600)

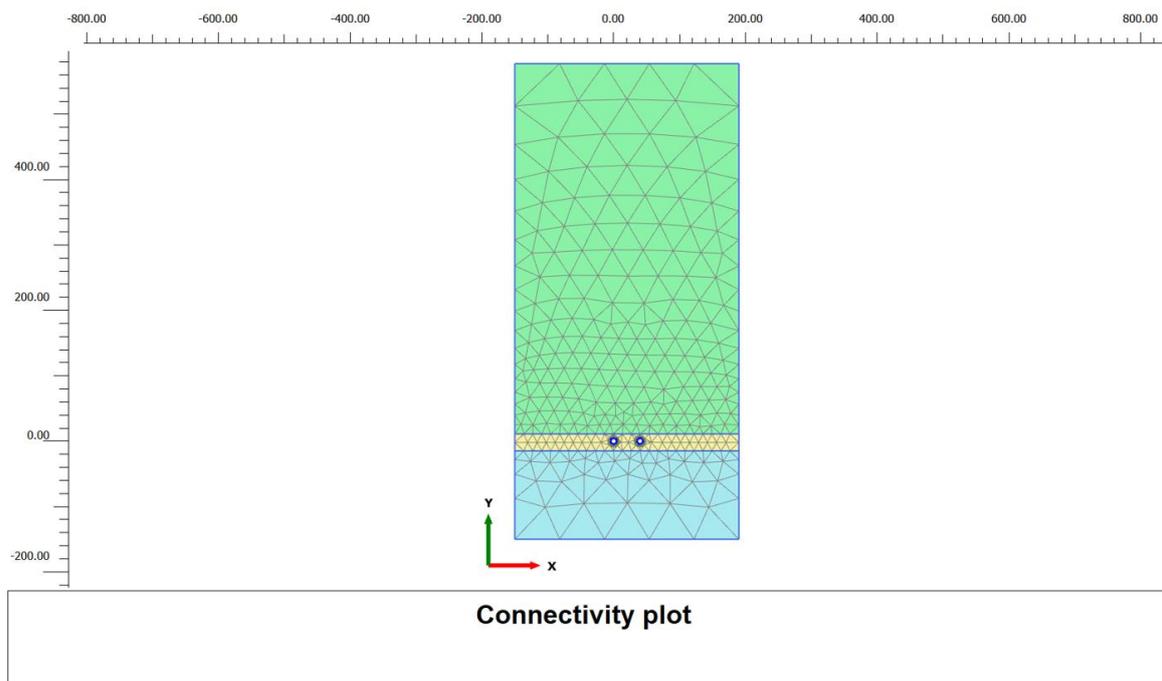
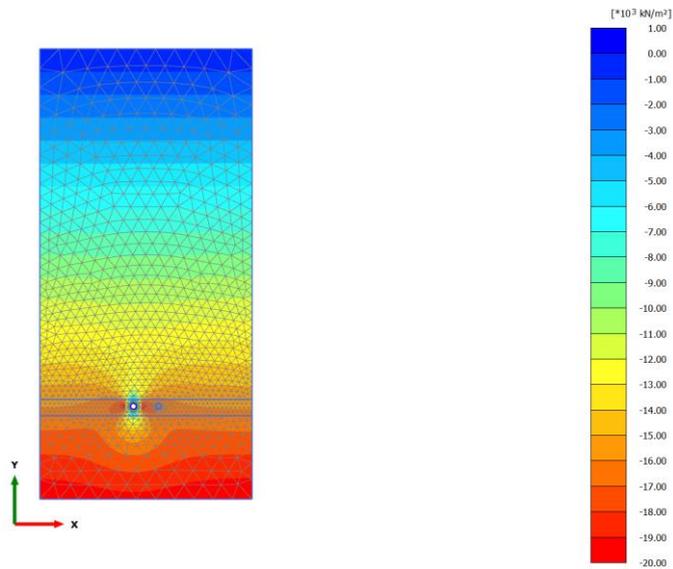


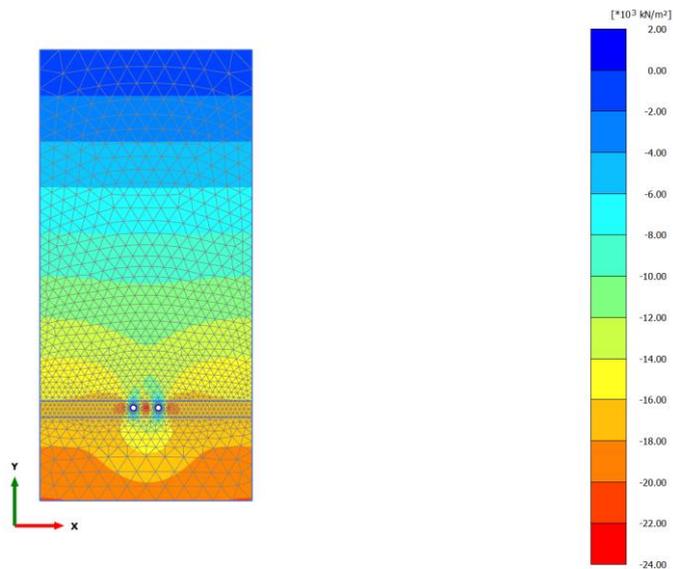
Figura 16-133: Mesh

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 269 di 312



Cartesian total stress σ_{yy} (scaled up $1.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 0.04725 kN/m² (Element 2 at Node 26)
Minimum value = -19.88 $\cdot 10^3$ kN/m² (Element 2423 at Node 22069)

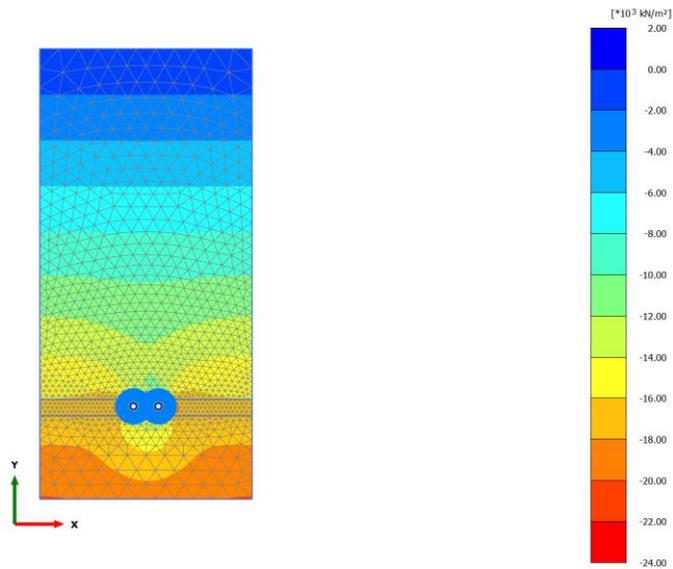
Figura 16-134: Stress σ_{yy} Fase 3



Cartesian total stress σ_{yy} (scaled up $1.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 0.04156 kN/m² (Element 1 at Node 181)
Minimum value = -23.96 $\cdot 10^3$ kN/m² (Element 2250 at Node 17562)

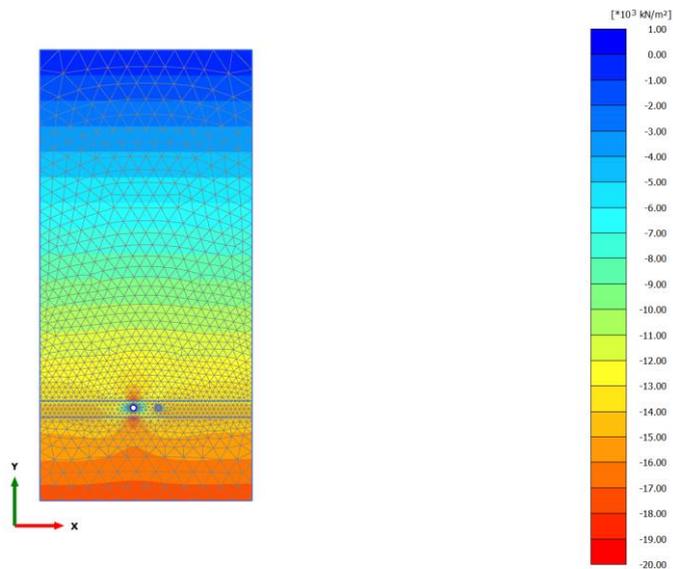
Figura 16-135: Stress σ_{yy} Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 270 di 312



Cartesian total stress σ_{yy} (scaled up $1.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 0.04155 kN/m² (Element 1 at Node 181)
Minimum value = -23.96*10³ kN/m² (Element 2250 at Node 17562)

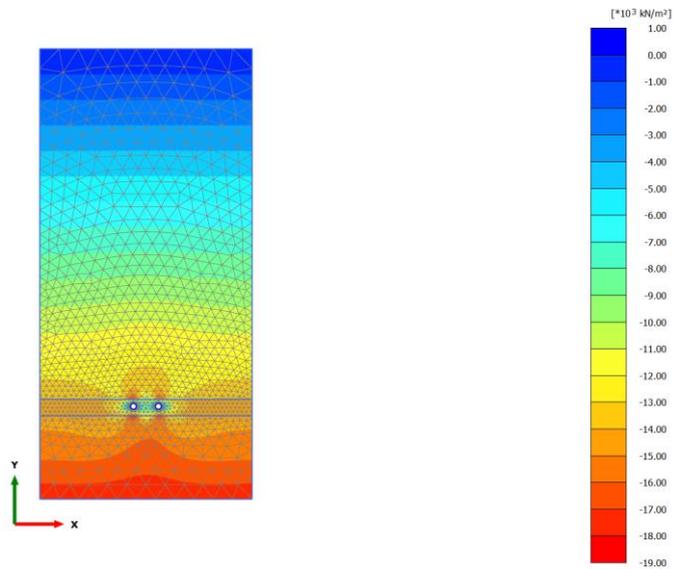
Figura 16-136: Stress σ_{yy} L.T.



Cartesian total stress σ_{xx} (scaled up $1.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 9.437 kN/m² (Element 2 at Node 4)
Minimum value = -19.19*10³ kN/m² (Element 2799 at Node 20149)

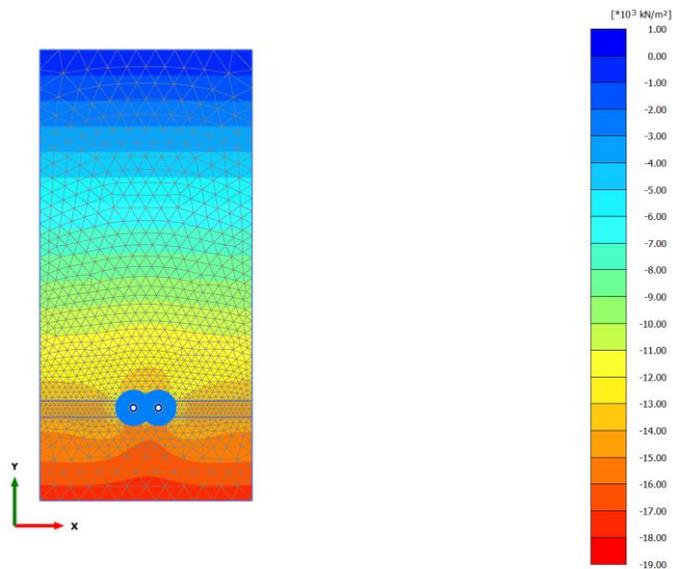
Figura 16-137: Stress σ_{xx} Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 271 di 312



Cartesian total stress σ_{xx} (scaled up $1.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 3.065 kN/m² (Element 1 at Node 171)
Minimum value = $-18.41 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 2799 at Node 20149)

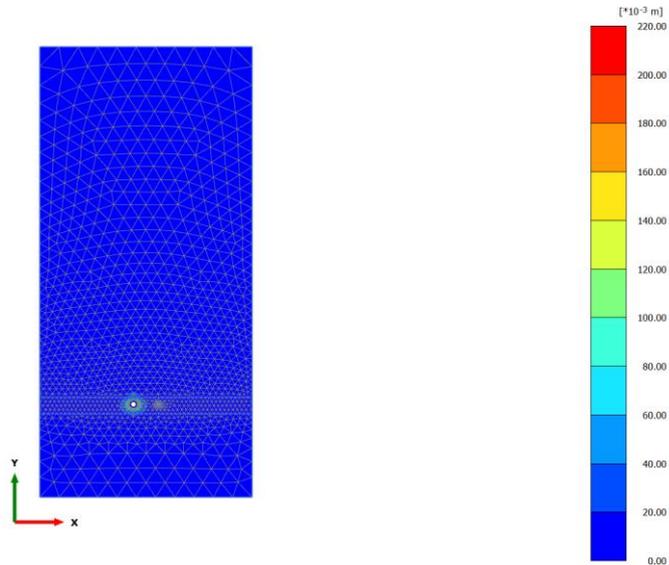
Figura 16-138: Stress σ_{xx} Fase 5



Cartesian total stress σ_{xx} (scaled up $1.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 3.062 kN/m² (Element 1 at Node 171)
Minimum value = $-18.41 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 2799 at Node 20149)

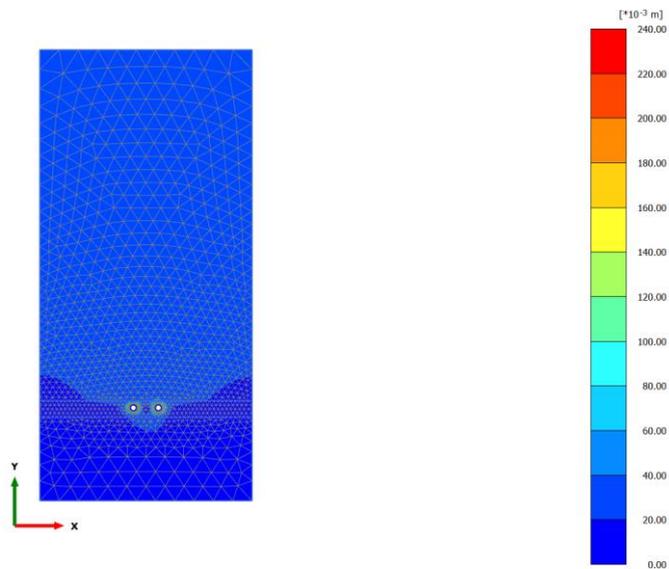
Figura 16-139: Stress σ_{xx} L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 272 di 312



Total displacements |u| (scaled up 100 times)
Maximum value = 0.2050 m (Element 2356 at Node 16879)

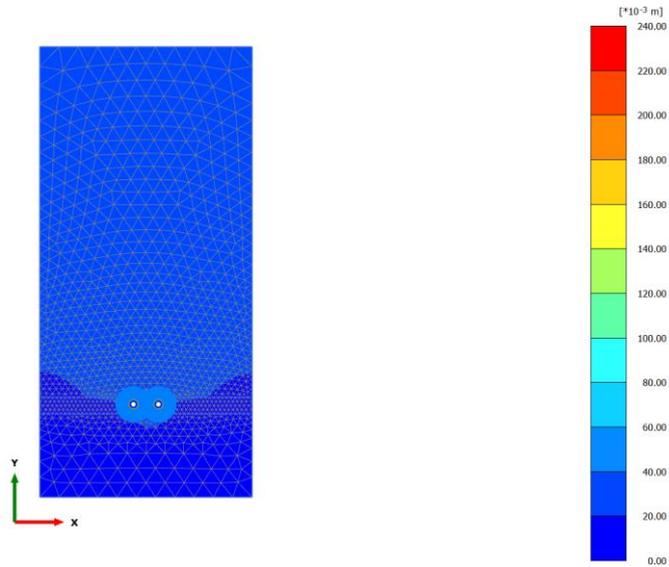
Figura 16-140: Spostamenti |u| Fase 3



Total displacements |u| (scaled up 100 times)
Maximum value = 0.2299 m (Element 2395 at Node 15972)

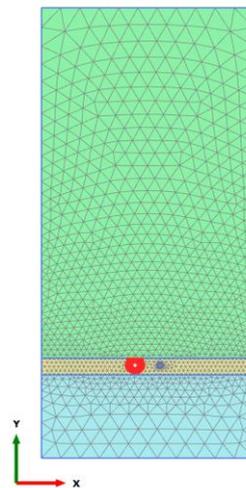
Figura 16-141: Spostamenti |u| Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 273 di 312



Total displacements |u| (scaled up 100 times)
Maximum value = 0.2300 m (Element 2395 at Node 15972)

Figura 16-142: Spostamenti |u| L.T.



Plastic point history Failure (scaled up 1.00 times)

- Failure point
- ◆ Plasticity in local 1 and 2 directions
- ▼ Plasticity in local 2 direction only
- Tension cut-off point

Figura 16-143: Zone di plasticizzazione Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 274 di 312

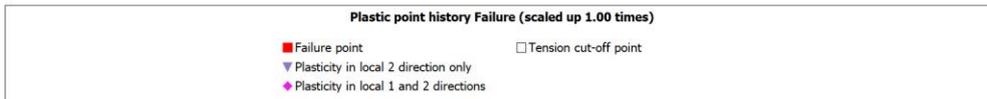
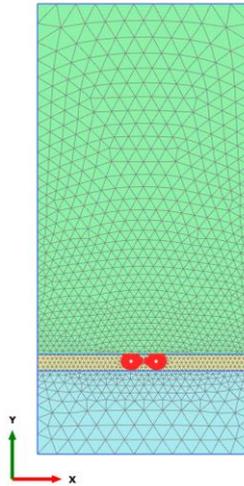


Figura 16-144: Zone di plasticizzazione Fase 5

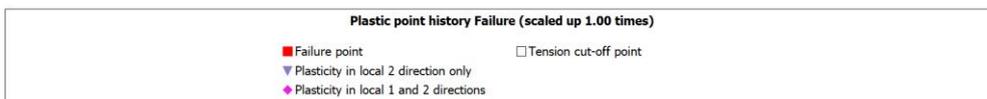
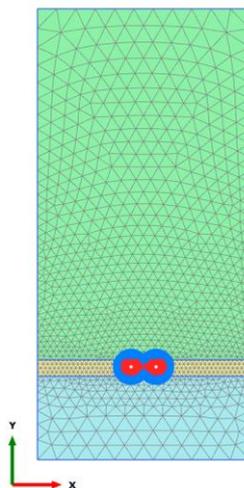
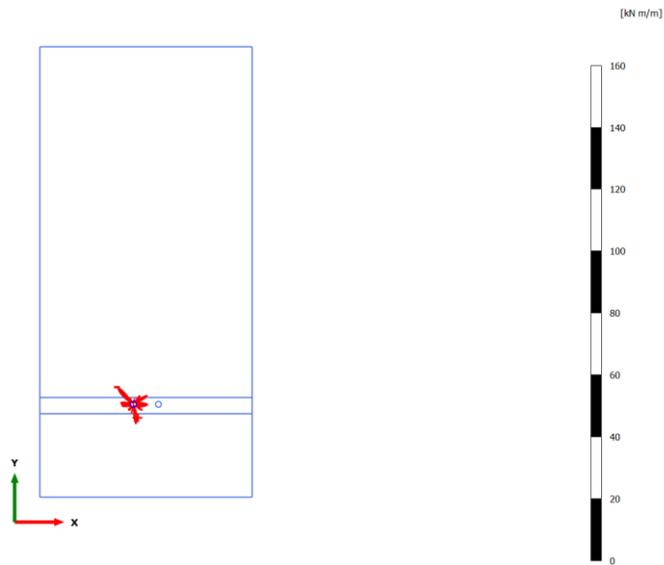


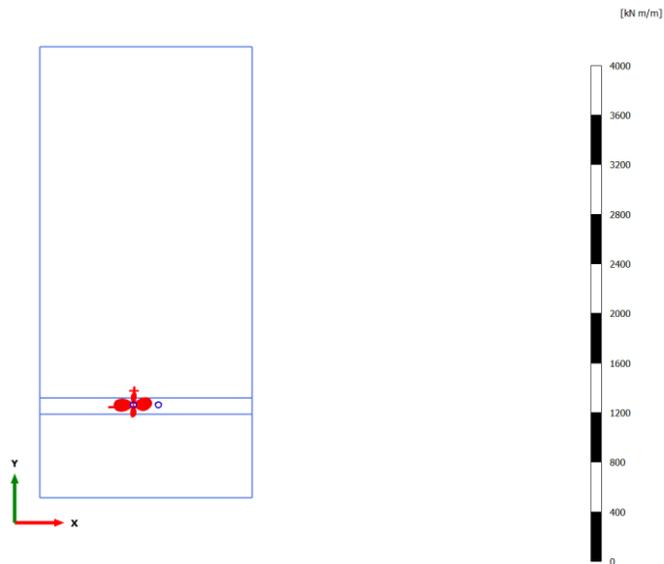
Figura 16-145: Zone di plasticizzazione L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 275 di 312



Bending moments M (scaled up 5.00 times)
Maximum value = 4.430 kN m/m (Element 2 at Node 12072)
Minimum value = -6.284 kN m/m (Element 4 at Node 12276)

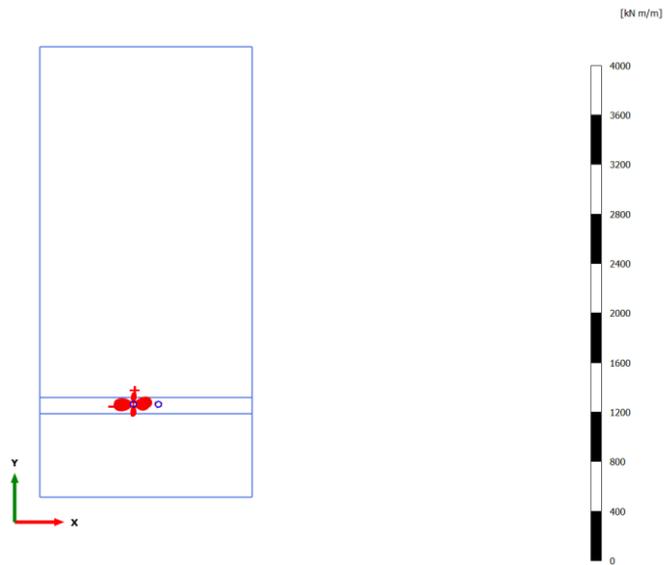
Figura 16-146: Sollecitazione momento flettente Fase 3



Bending moments M (scaled up 0.200 times)
Maximum value = 125.5 kN m/m (Element 15 at Node 15743)
Minimum value = -134.1 kN m/m (Element 8 at Node 14282)

Figura 16-147: Sollecitazione momento flettente Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 276 di 312

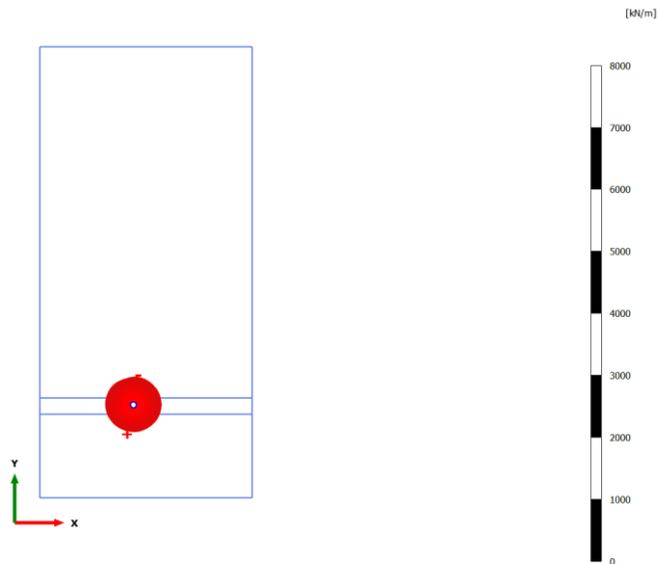


Bending moments M (scaled up 0.200 times)

Maximum value = 124.1 kN m/m (Element 15 at Node 15742)

Minimum value = -133.6 kN m/m (Element 8 at Node 14282)

Figura 16-148: Sollecitazione momento flettente L.T.



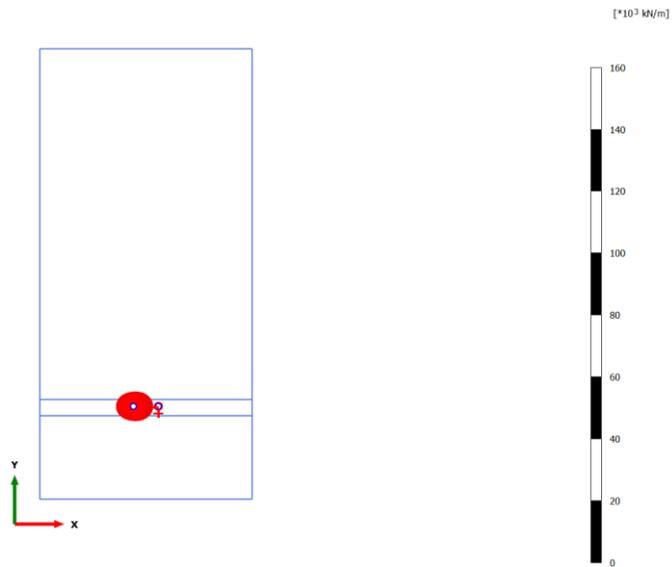
Axial forces N (scaled up 0.100 times)

Maximum value = -386.8 kN/m (Element 15 at Node 15787)

Minimum value = -407.1 kN/m (Element 30 at Node 11943)

Figura 16-149: Sollecitazione sforzo assiale Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 277 di 312

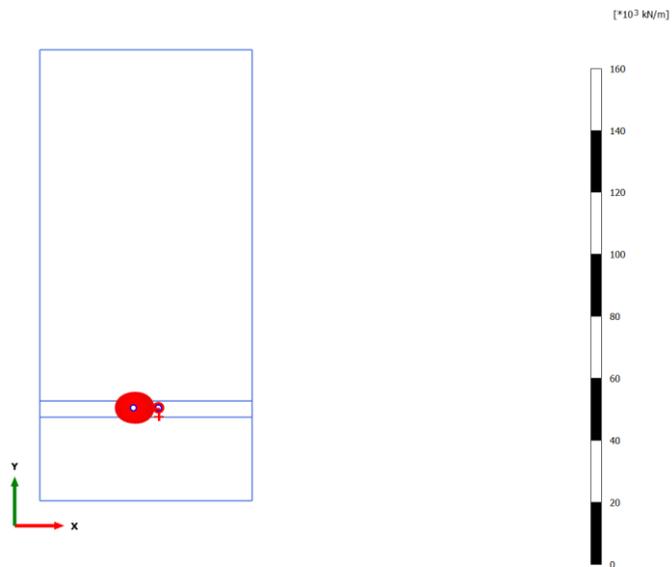


Axial forces N (scaled up $5.00 \cdot 10^{-3}$ times)

Maximum value = -393.9 kN/m (Element 46 at Node 16018)

Minimum value = -5314 kN/m (Element 23 at Node 14219)

Figura 16-150: Sollecitazione sforzo assiale Fase 5



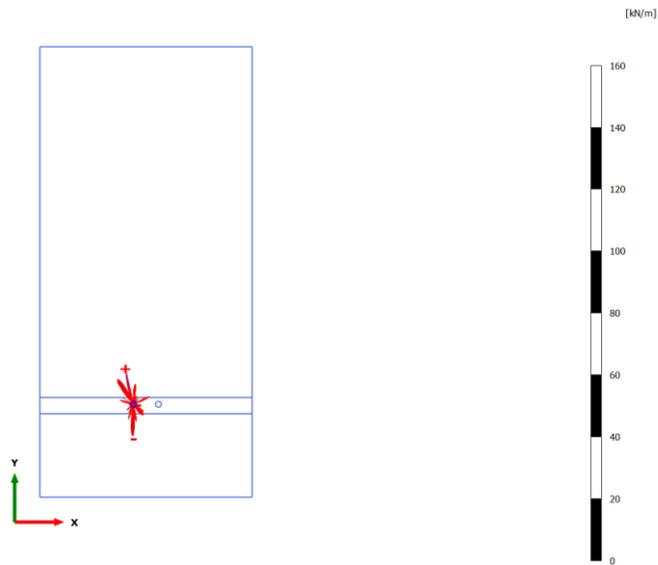
Axial forces N (scaled up $5.00 \cdot 10^{-3}$ times)

Maximum value = -810.9 kN/m (Element 46 at Node 16019)

Minimum value = -5702 kN/m (Element 23 at Node 14219)

Figura 16-151: Sollecitazione sforzo assiale L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 278 di 312

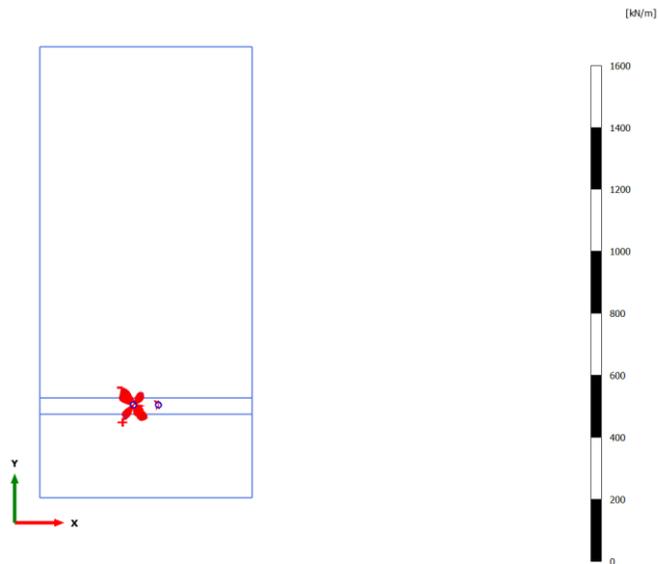


Shear forces Q (scaled up 5.00 times)

Maximum value = 12.10 kN/m (Element 17 at Node 15808)

Minimum value = -9.173 kN/m (Element 15 at Node 15754)

Figura 16-152: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 3



Shear forces Q (scaled up 0.500 times)

Maximum value = 65.39 kN/m (Element 28 at Node 11717)

Minimum value = -56.39 kN/m (Element 4 at Node 12274)

Figura 16-153: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 279 di 312

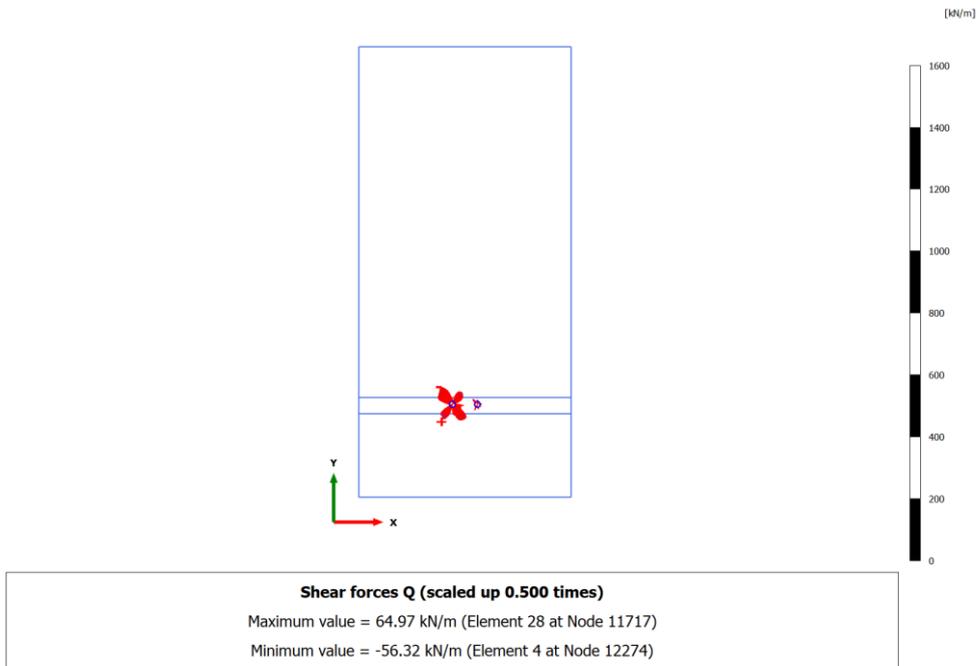


Figura 16-154: Sollecitazione sforzo di taglio L.T.

16.1.8 Galleria di linea – Gardena – Sezione 8 (pk. 19+450)

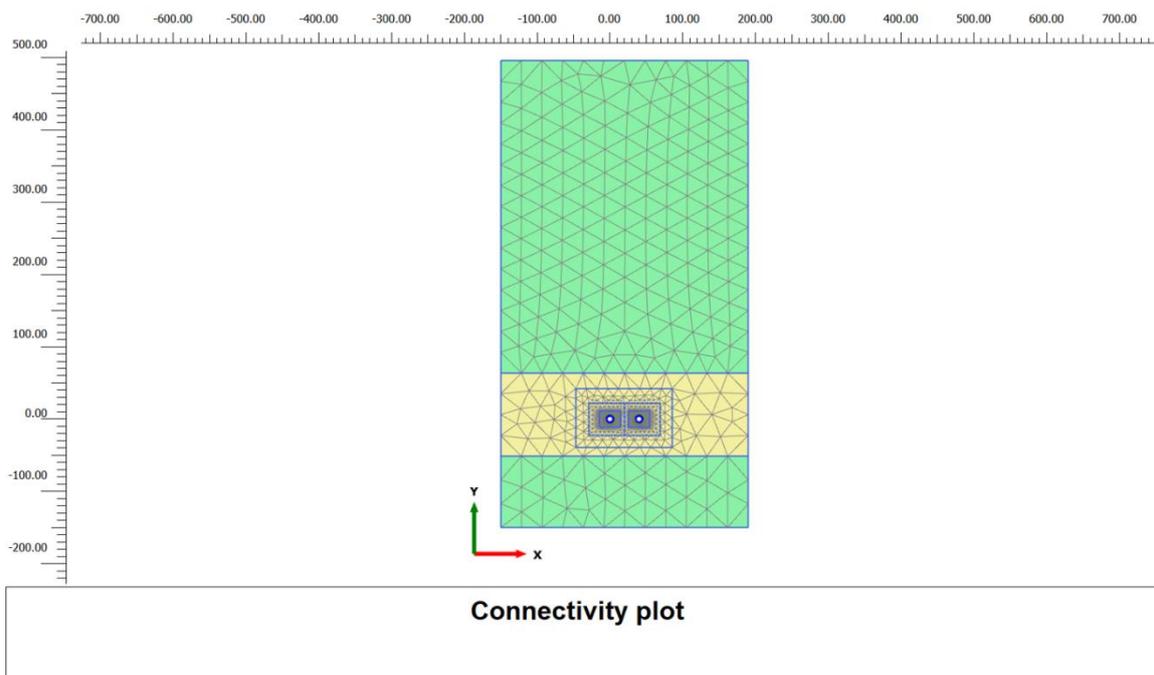
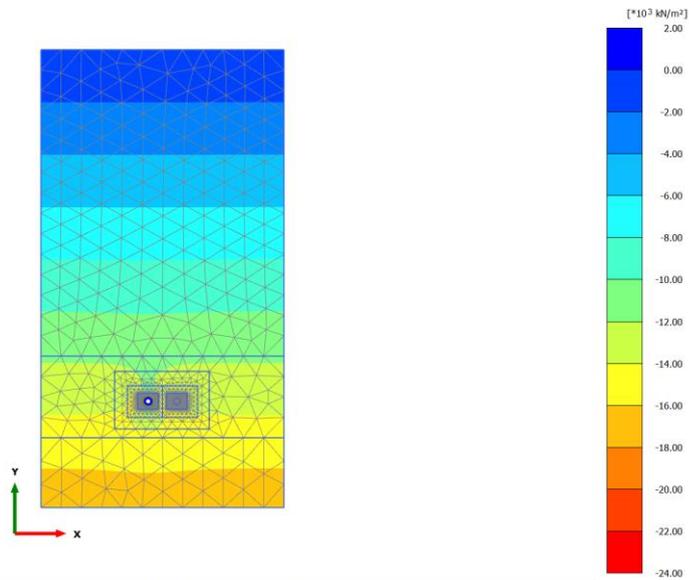


Figura 16-155: Mesh

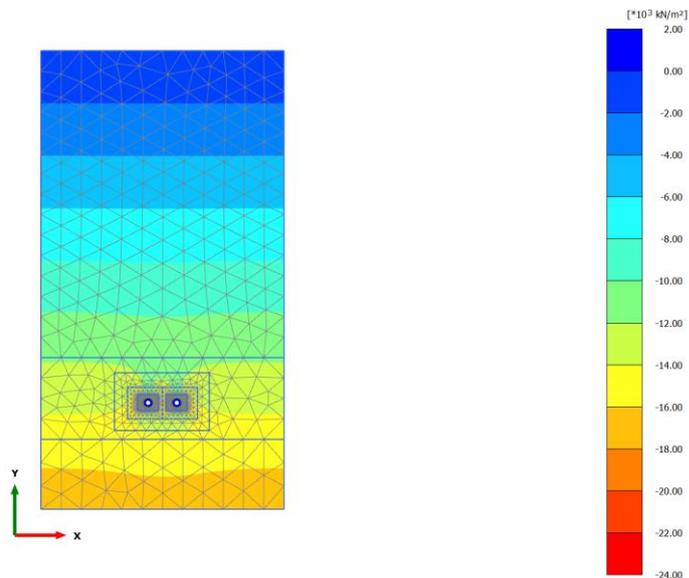
APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 280 di 312



Cartesian effective stress σ'_{yy} (scaled up $0.500 \cdot 10^{-3}$ times)

Maximum value = 0.03442 kN/m² (Element 64 at Node 409)
Minimum value = -22.16 $\cdot 10^3$ kN/m² (Element 1534 at Node 4994)

Figura 16-156: Stress σ_{yy} Fase 3

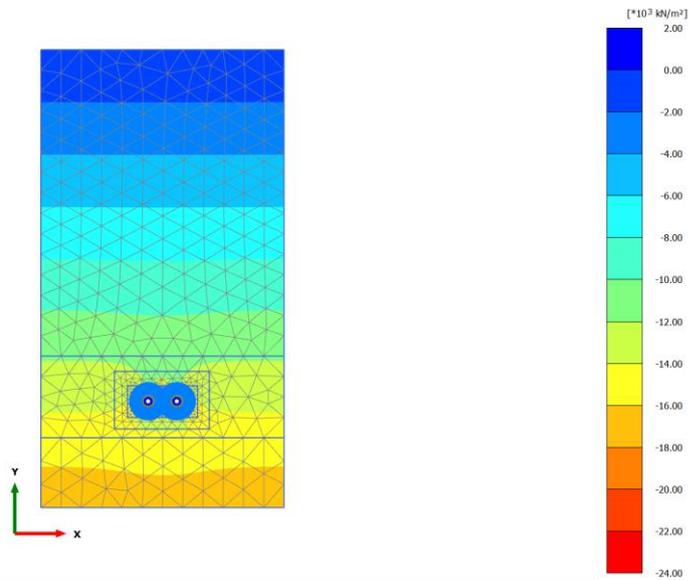


Cartesian effective stress σ'_{yy} (scaled up $0.500 \cdot 10^{-3}$ times)

Maximum value = 0.03930 kN/m² (Element 187 at Node 75)
Minimum value = -23.22 $\cdot 10^3$ kN/m² (Element 3322 at Node 31509)

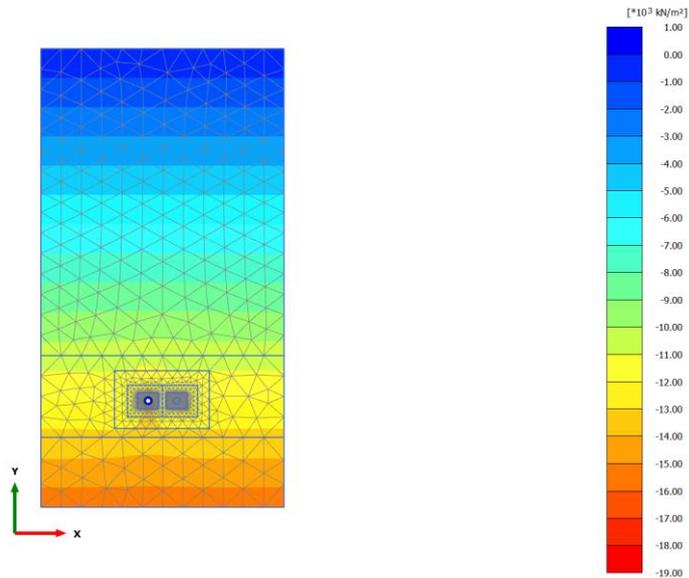
Figura 16-157: Stress σ_{yy} Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 281 di 312



Cartesian effective stress σ'_{yy} (scaled up $0.500 \cdot 10^{-3}$ times)
 Maximum value = 26.33 kN/m² (Element 3024 at Node 36021)
 Minimum value = $-23.15 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 3345 at Node 31265)

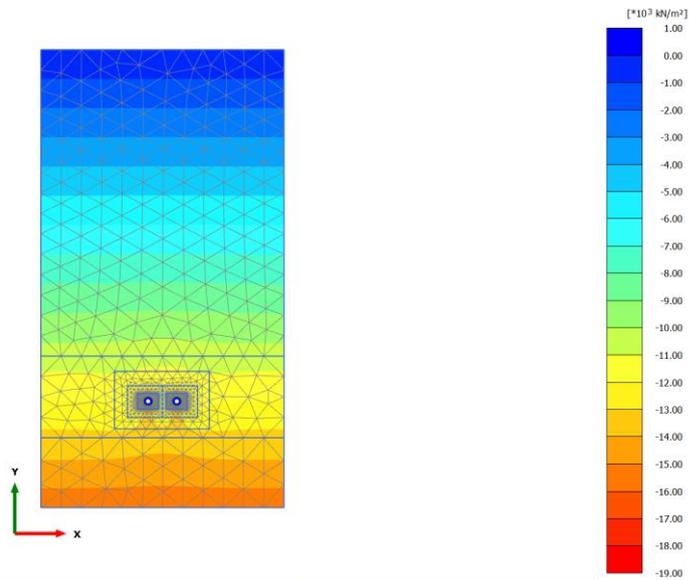
Figura 16-158: Stress σ_{yy} L.T.



Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $1.00 \cdot 10^{-3}$ times)
 Maximum value = 3.966 kN/m² (Element 119 at Node 402)
 Minimum value = $-18.34 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 1004 at Node 11107)

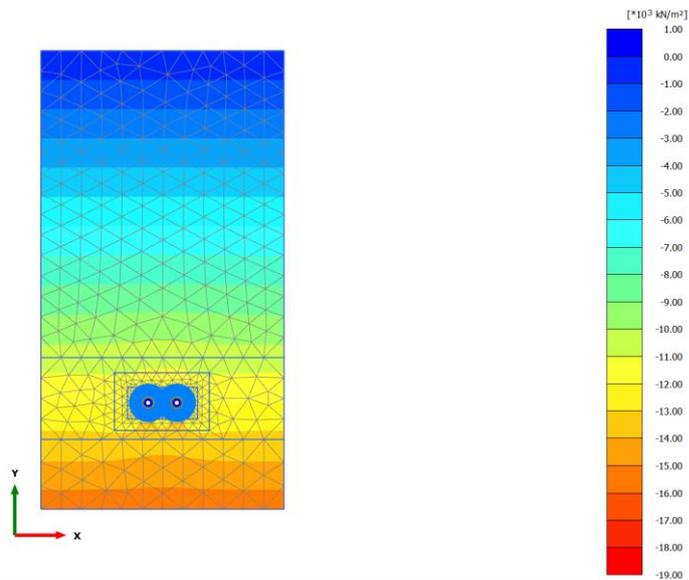
Figura 16-159: Stress σ_{xx} Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 282 di 312



Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $1.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 1.159 kN/m² (Element 122 at Node 2)
Minimum value = $-18.08 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 1004 at Node 11107)

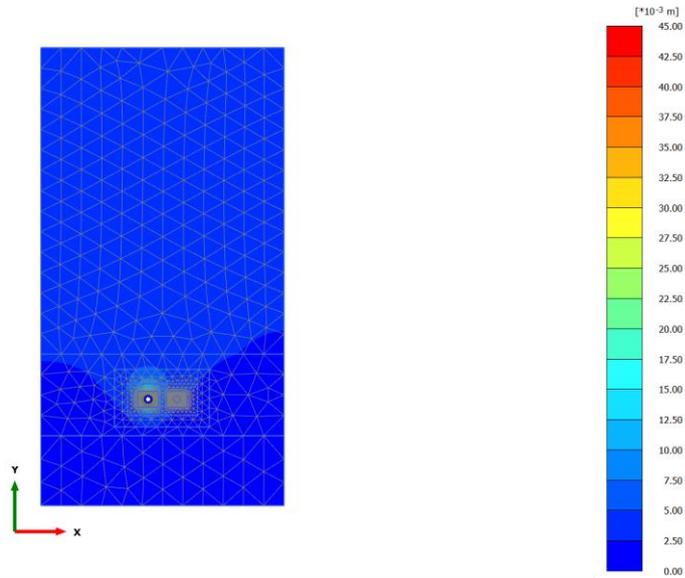
Figura 16-160: Stress σ_{xx} Fase 5



Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $1.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 14.27 kN/m² (Element 3193 at Node 34620)
Minimum value = $-18.03 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 1004 at Node 11107)

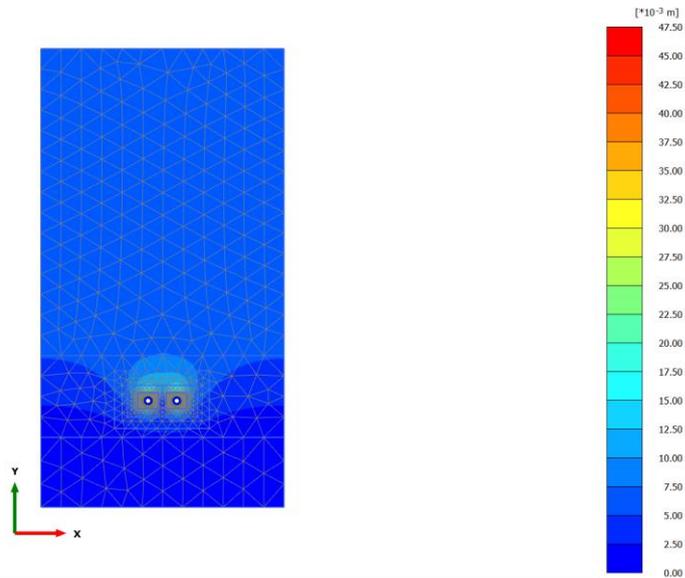
Figura 16-161: Stress σ_{xx} L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 283 di 312



Total displacements |u| (scaled up 500 times)
Maximum value = 0.04308 m (Element 1441 at Node 7938)

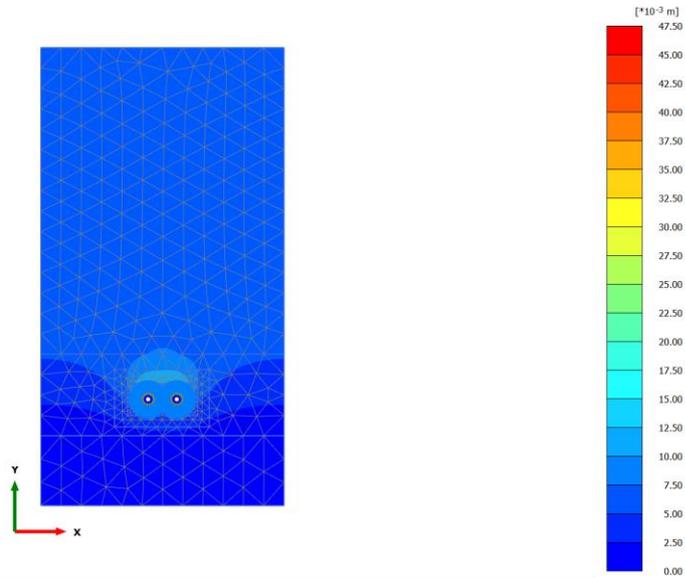
Figura 16-162: Spostamenti |u| Fase 3



Total displacements |u| (scaled up 500 times)
Maximum value = 0.04655 m (Element 3158 at Node 33438)

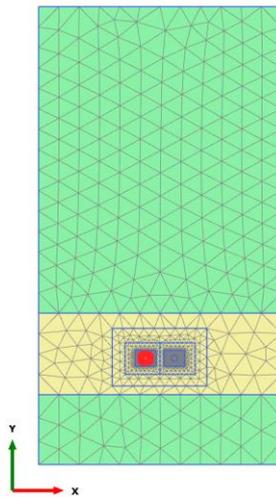
Figura 16-163: Spostamenti |u| Fase 5

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 284 di 312



Total displacements |u| (scaled up 500 times)
Maximum value = 0.04727 m (Element 3102 at Node 33418)

Figura 16-164: Spostamenti |u| L.T.



Plastic point history Failure (scaled up 1.00 times)

- Failure point
- Tension cut-off point
- ▽ Plasticity in local 2 direction only
- ◆ Plasticity in local 1 and 2 directions

Figura 16-165: Zone di plasticizzazione Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 285 di 312

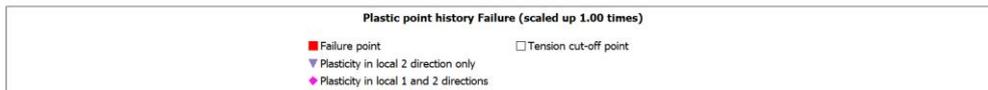
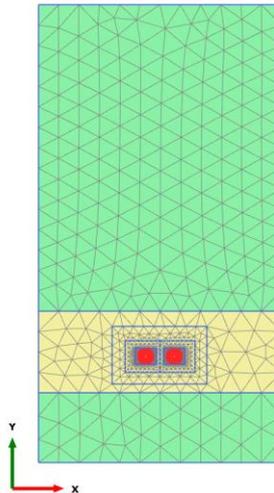


Figura 16-166: Zone di plasticizzazione Fase 5

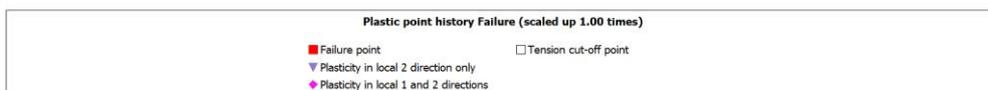
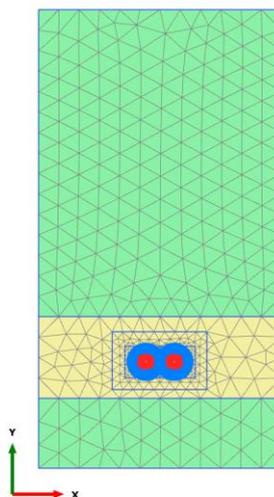


Figura 16-167: Zone di plasticizzazione L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 286 di 312

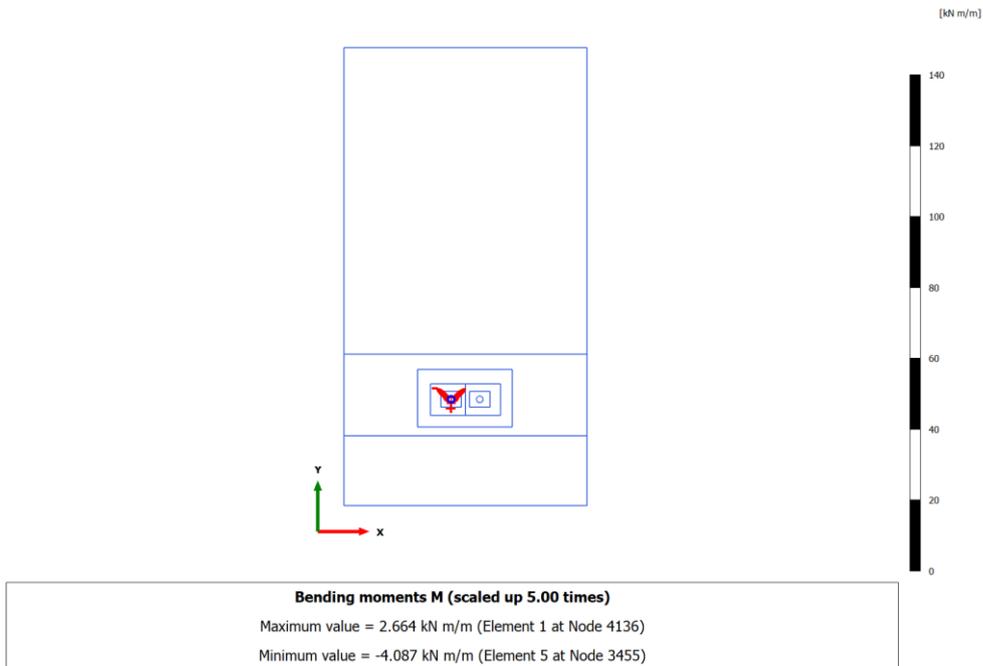


Figura 16-168: Sollecitazione momento flettente Fase 3

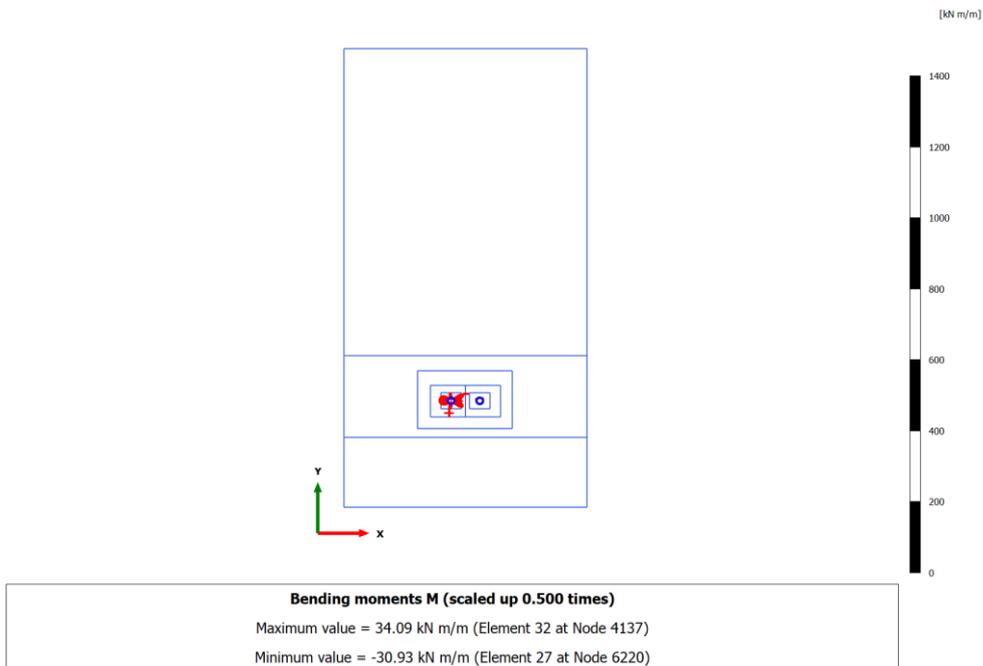


Figura 16-169: Sollecitazione momento flettente Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 287 di 312

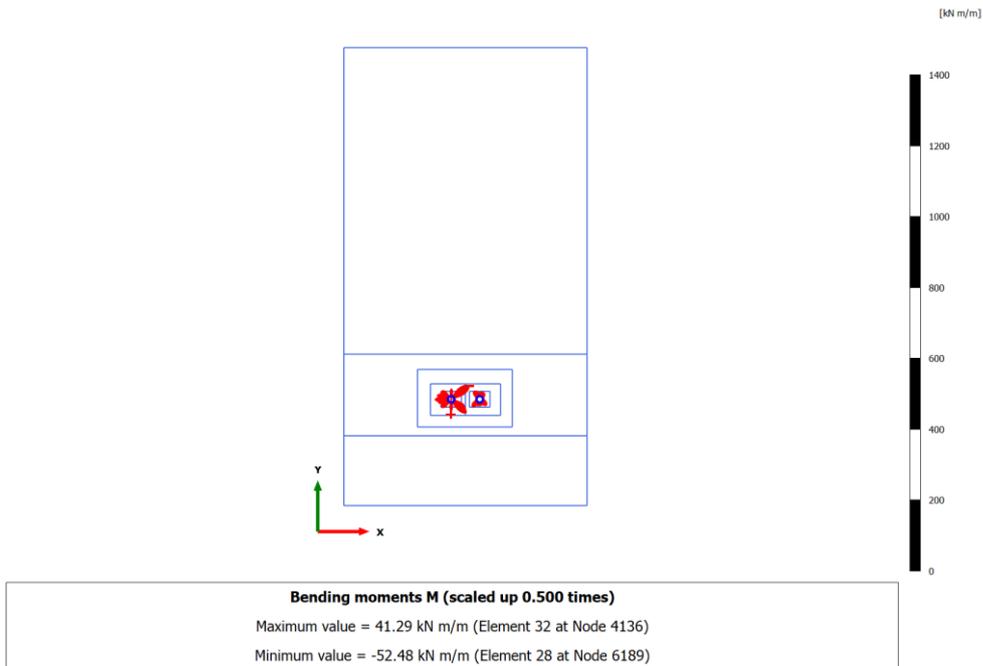


Figura 16-170: Sollecitazione momento flettente L.T.

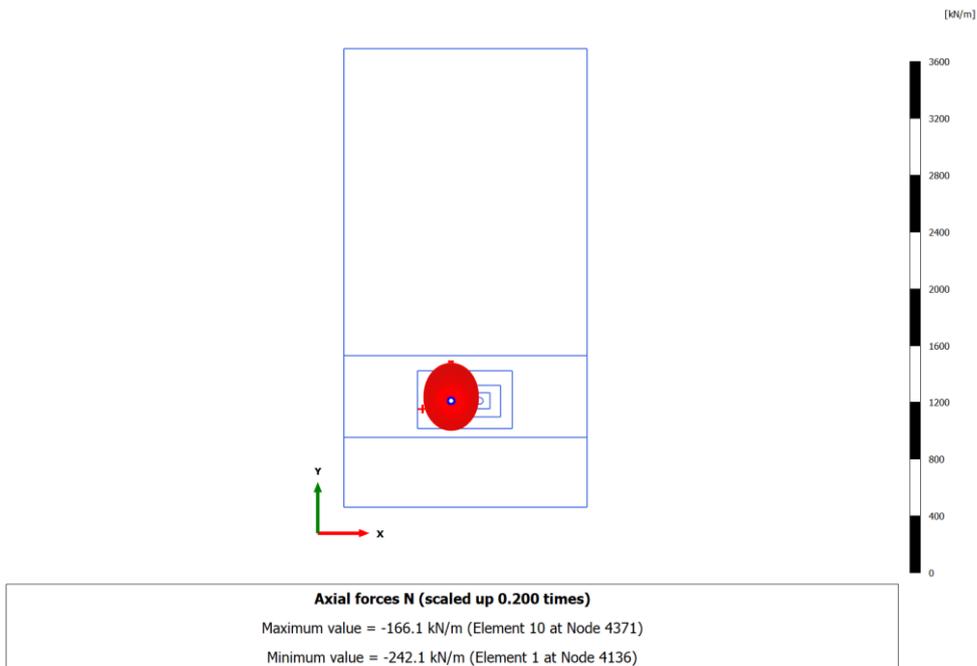
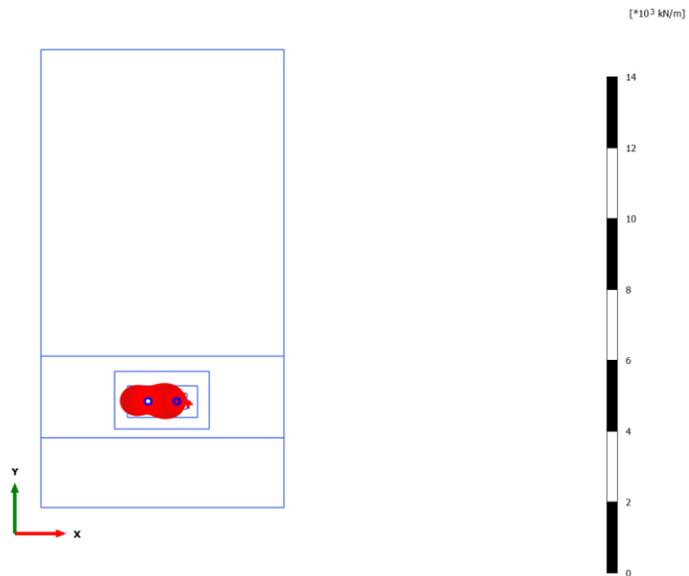


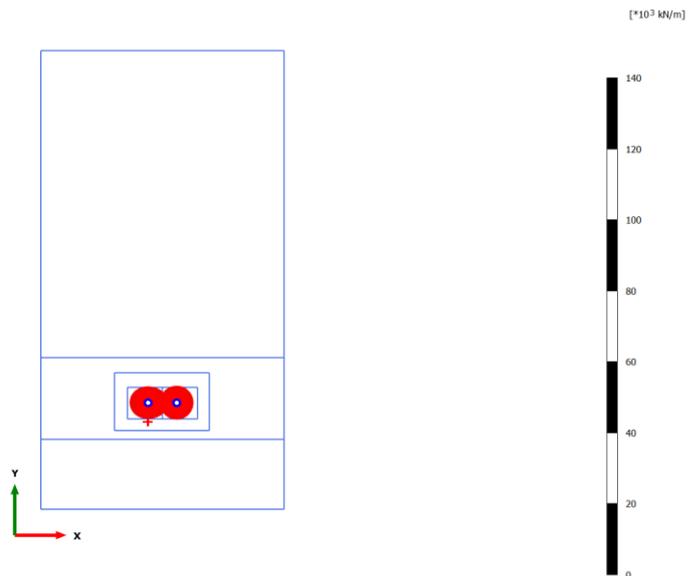
Figura 16-171: Sollecitazione sforzo assiale Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 288 di 312



Axial forces N (scaled up 0.0500 times)
Maximum value = -173.2 kN/m (Element 55 at Node 35138)
Minimum value = -953.9 kN/m (Element 25 at Node 7114)

Figura 16-172: Sollecitazione sforzo assiale Fase 5



Axial forces N (scaled up $5.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = -3515 kN/m (Element 16 at Node 6284)
Minimum value = -4475 kN/m (Element 24 at Node 7113)

Figura 16-173: Sollecitazione sforzo assiale L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 289 di 312

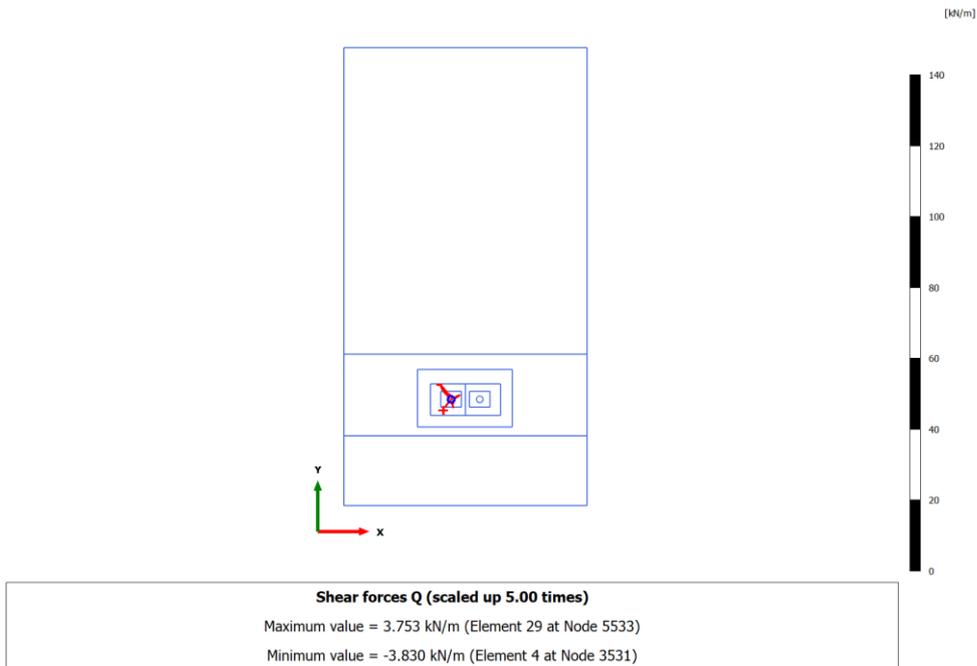


Figura 16-174: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 3

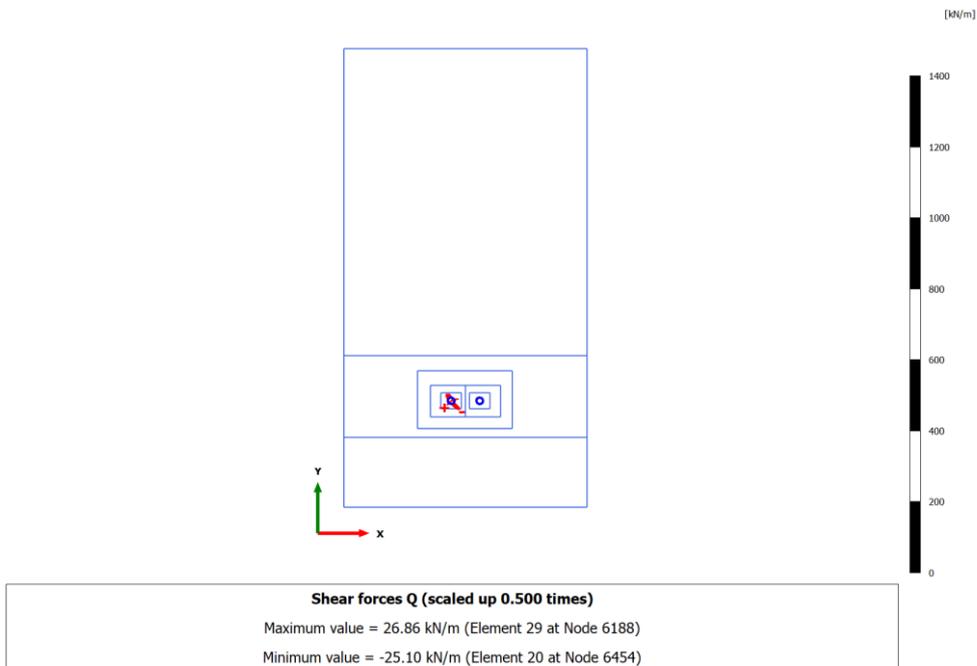


Figura 16-175: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 290 di 312

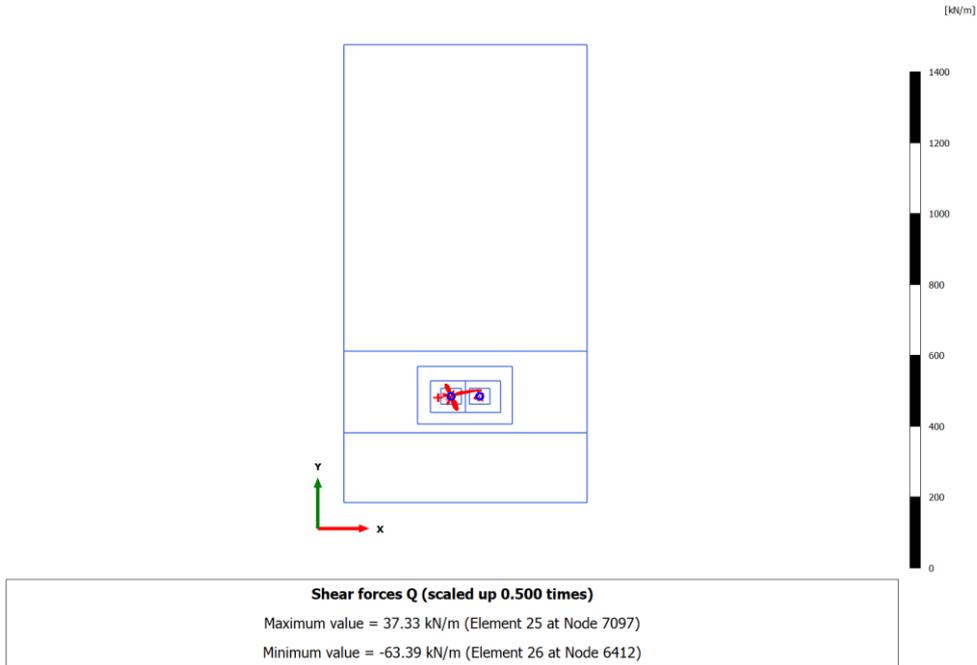


Figura 16-176: Sollecitazione sforzo di taglio L.T.

16.1.9 Galleria di linea – Gardena – Sezione 9 (pk. 20+450)

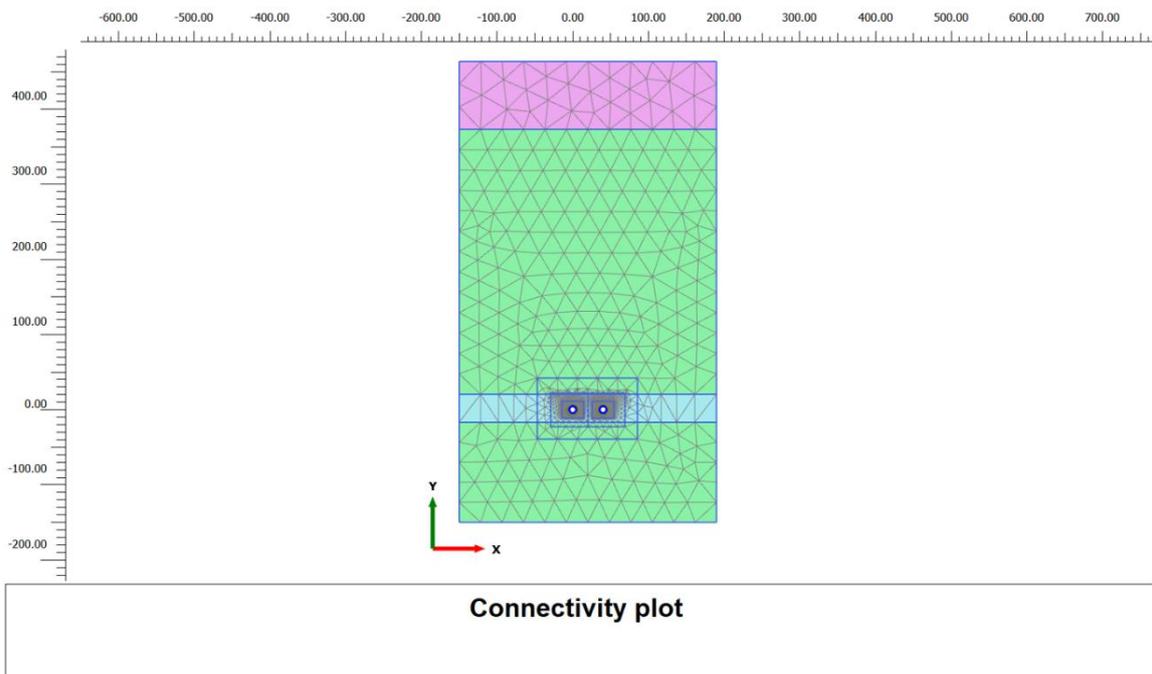
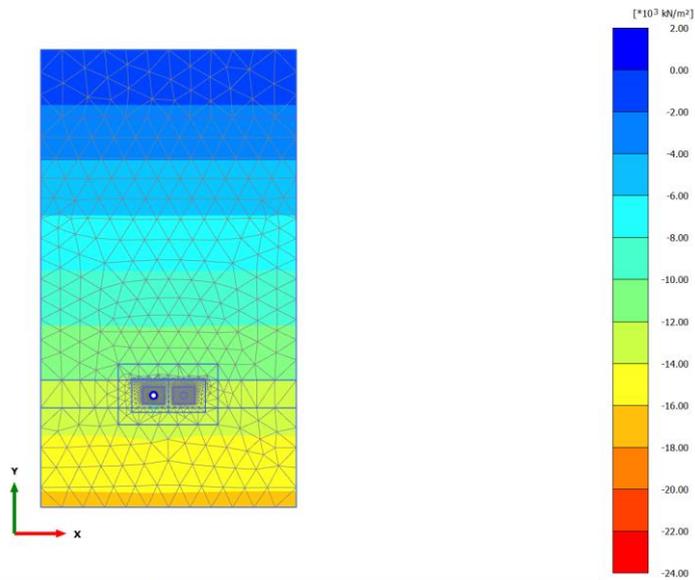


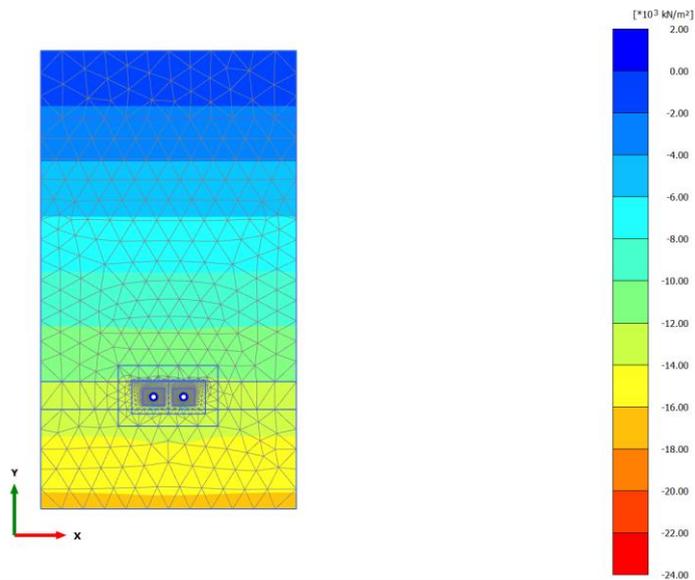
Figura 16-177: Mesh

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 291 di 312



Cartesian effective stress σ'_{yy} (scaled up $0.500 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 28.65 kN/m² (Element 3143 at Node 1057)
Minimum value = -22.16 $\cdot 10^3$ kN/m² (Element 3052 at Node 1871)

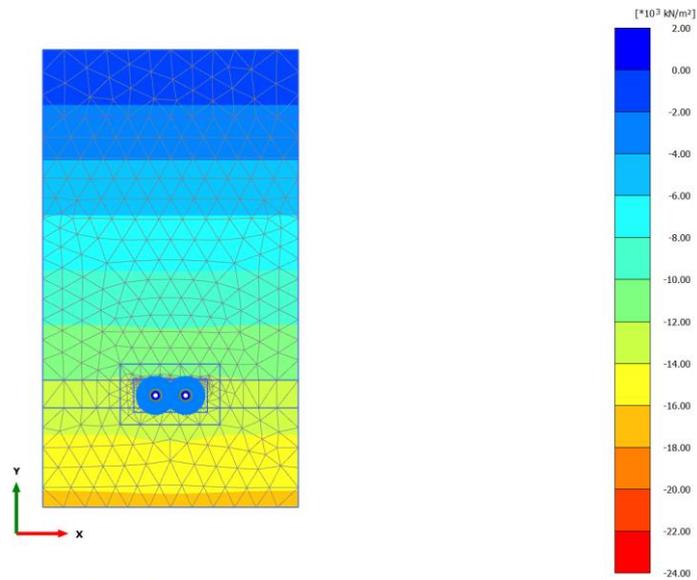
Figura 16-178: Stress σ_{yy} Fase 3



Cartesian effective stress σ'_{yy} (scaled up $0.500 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 24.41 kN/m² (Element 5039 at Node 40521)
Minimum value = -22.85 $\cdot 10^3$ kN/m² (Element 4948 at Node 38793)

Figura 16-179: Stress σ_{yy} Fase 5

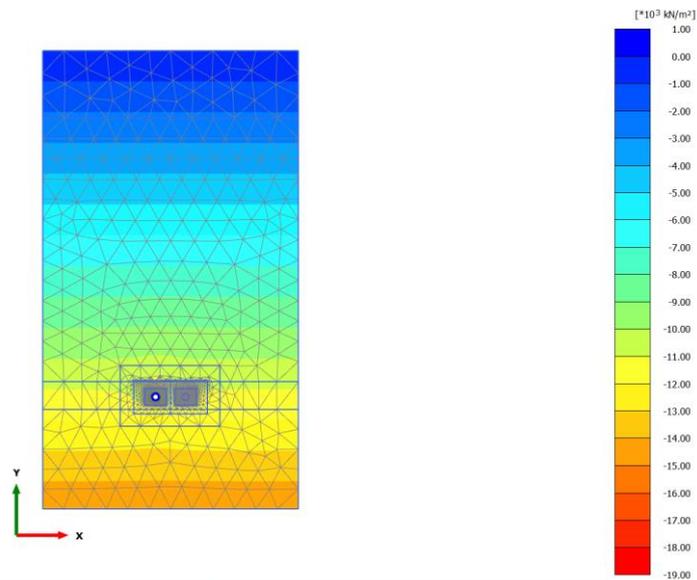
APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 292 di 312



Cartesian effective stress σ'_{yy} (scaled up $0.500 \cdot 10^{-3}$ times)

Maximum value = 25.70 kN/m² (Element 3143 at Node 1057)
Minimum value = -23.53 $\cdot 10^3$ kN/m² (Element 3005 at Node 8390)

Figura 16-180: Stress σ_{yy} L.T.

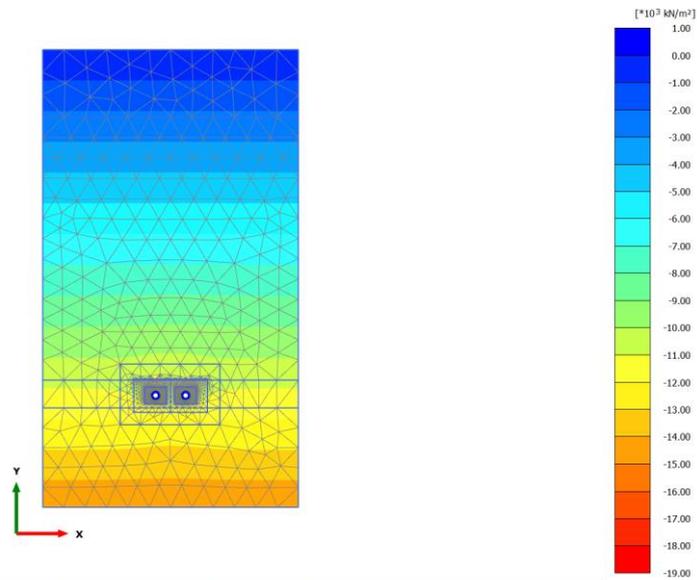


Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $1.00 \cdot 10^{-3}$ times)

Maximum value = 0.6065 kN/m² (Element 6 at Node 16057)
Minimum value = -18.46 $\cdot 10^3$ kN/m² (Element 3124 at Node 8754)

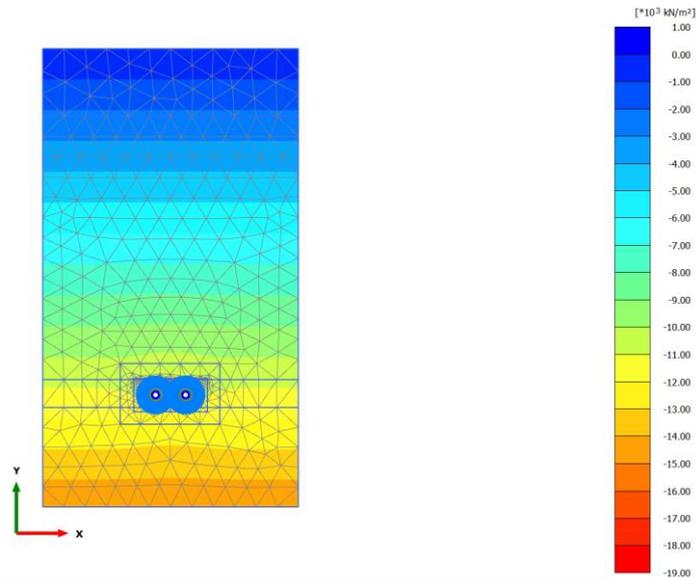
Figura 16-181: Stress σ_{xx} Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 293 di 312



Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $1.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 0.2470 kN/m² (Element 3 at Node 15912)
Minimum value = $-18.18 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 3124 at Node 8754)

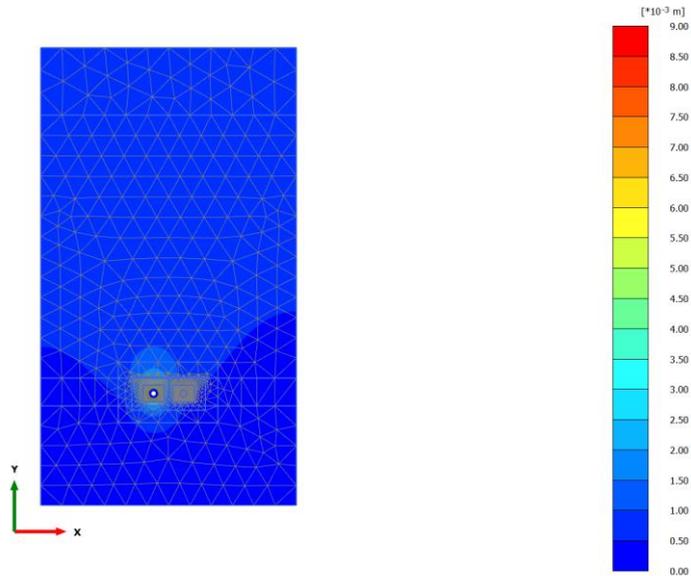
Figura 16-182: Stress σ_{xx} Fase 5



Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $1.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 1.940 kN/m² (Element 3197 at Node 5374)
Minimum value = $-18.08 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 3124 at Node 8754)

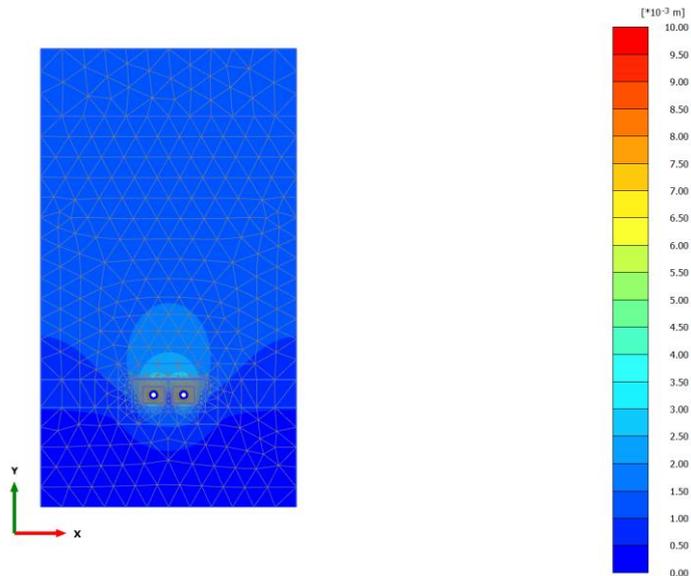
Figura 16-183: Stress σ_{xx} L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 294 di 312



Total displacements |u| (scaled up 2.00*10³ times)
Maximum value = 8.925*10⁻³ m (Element 3143 at Node 1057)

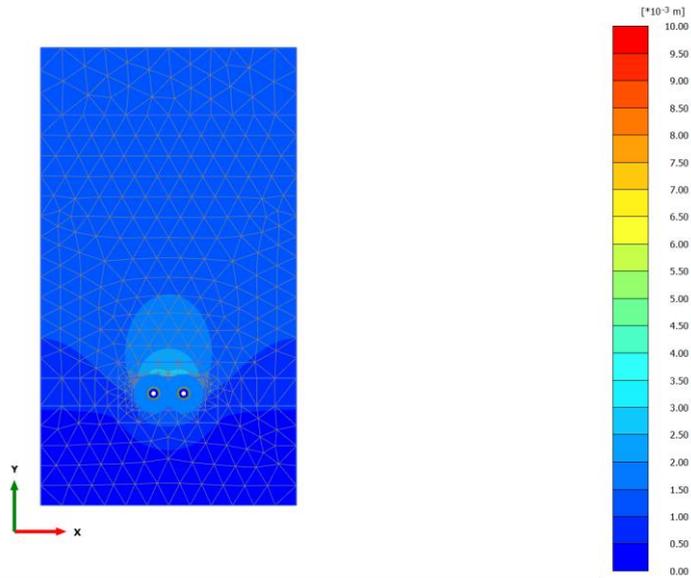
Figura 16-184: Spostamenti |u| Fase 3



Total displacements |u| (scaled up 2.00*10³ times)
Maximum value = 9.568*10⁻³ m (Element 3145 at Node 547)

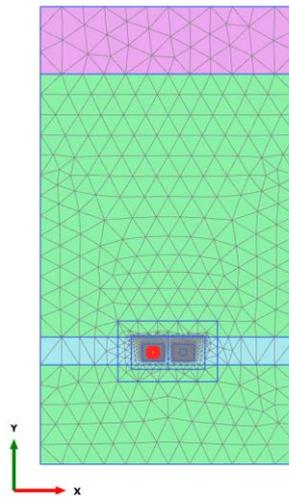
Figura 16-185: Spostamenti |u| Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 295 di 312



Total displacements |u| (scaled up 2.00*10³ times)
Maximum value = 9.765*10⁻³ m (Element 3145 at Node 547)

Figura 16-186: Spostamenti |u| L.T.



Plastic point history Failure (scaled up 1.00 times)

- Failure point
- ▽ Plasticity in local 2 direction only
- ◆ Plasticity in local 1 and 2 directions
- Tension cut-off point

Figura 16-187: Zone di plasticizzazione Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 296 di 312

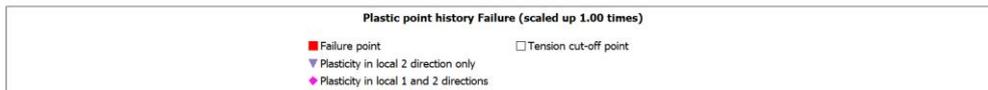
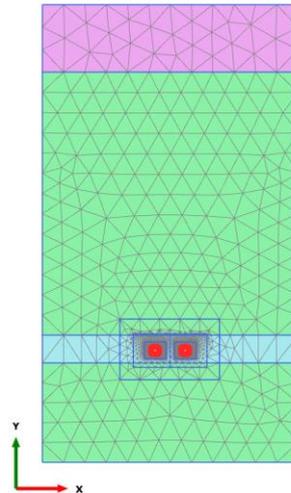


Figura 16-188: Zone di plasticizzazione Fase 5

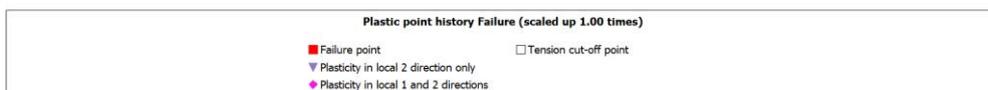
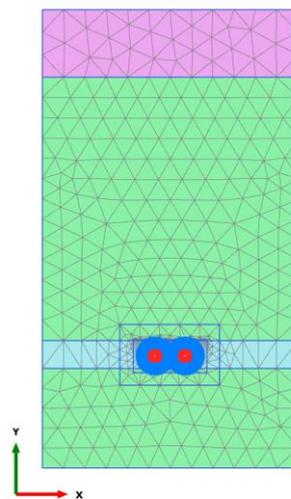
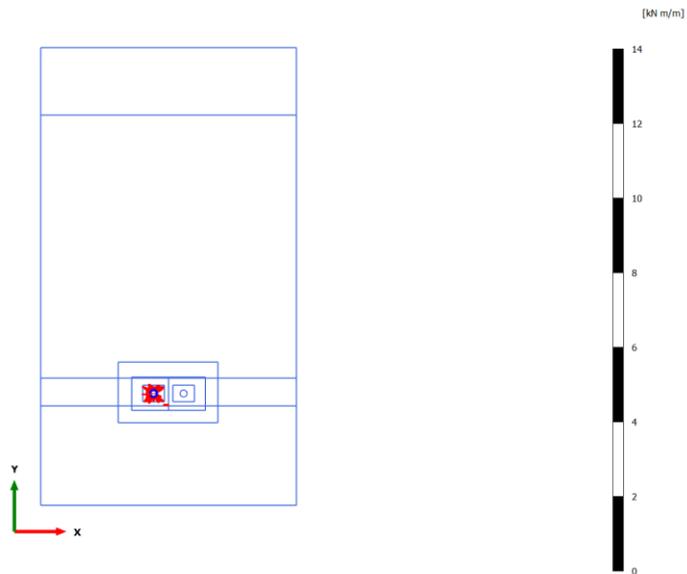


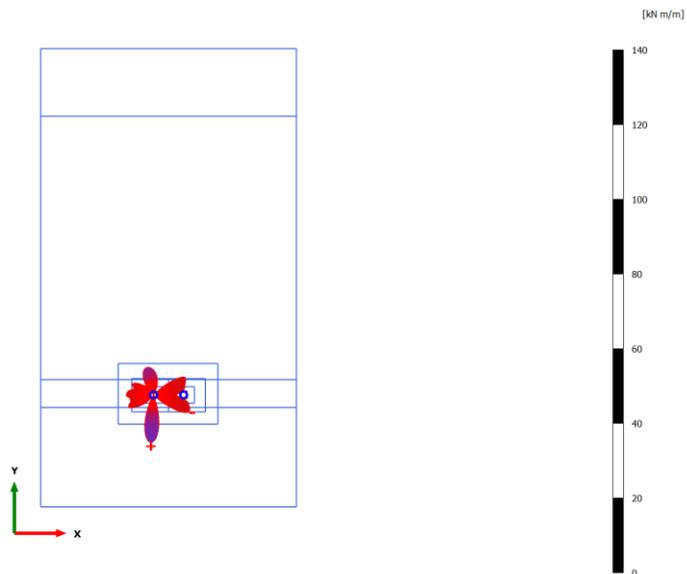
Figura 16-189: Zone di plasticizzazione L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 297 di 312



Bending moments M (scaled up 50.0 times)
Maximum value = 0.1950 kN m/m (Element 26 at Node 3615)
Minimum value = -0.2692 kN m/m (Element 22 at Node 5710)

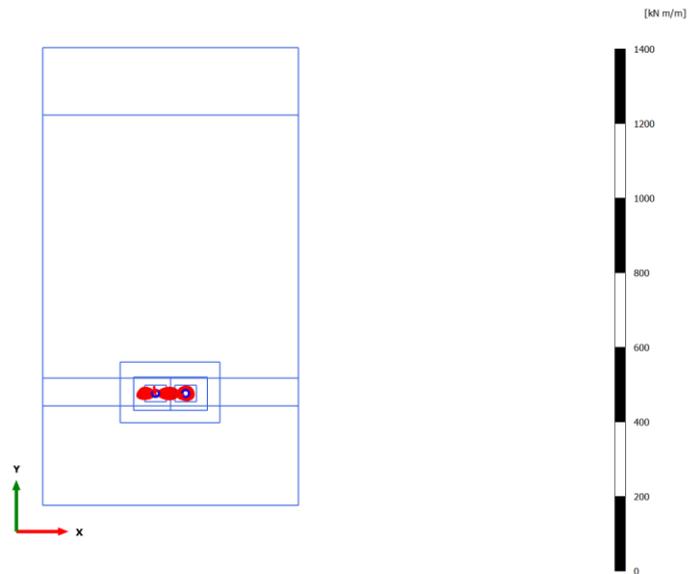
Figura 16-190: Sollecitazione momento flettente Fase 3



Bending moments M (scaled up 5.00 times)
Maximum value = 13.71 kN m/m (Element 34 at Node 1028)
Minimum value = -9.556 kN m/m (Element 24 at Node 4604)

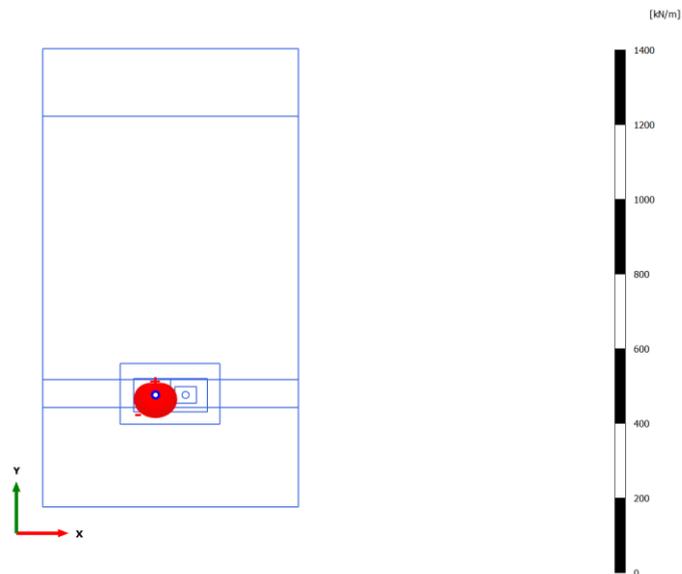
Figura 16-191: Sollecitazione momento flettente Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 298 di 312



Bending moments M (scaled up 0.500 times)
Maximum value = 14.42 kN m/m (Element 19 at Node 5620)
Minimum value = -53.14 kN m/m (Element 26 at Node 3615)

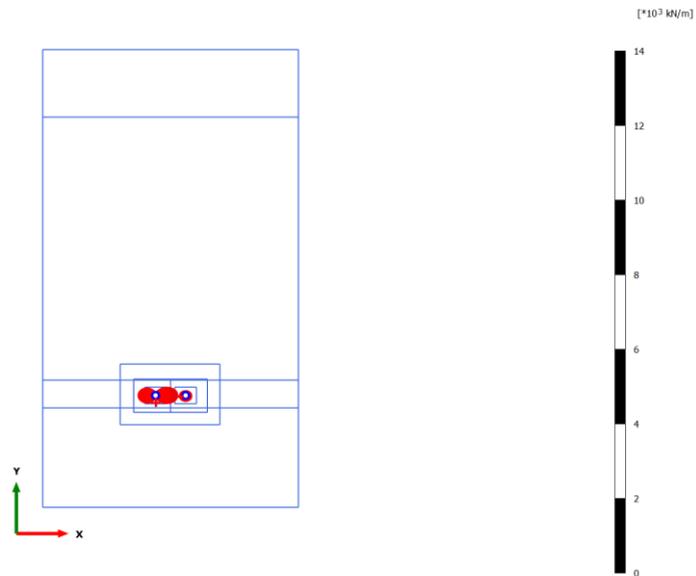
Figura 16-192: Sollecitazione momento flettente L.T.



Axial forces N (scaled up 0.500 times)
Maximum value = -22.59 kN/m (Element 1 at Node 1025)
Minimum value = -52.47 kN/m (Element 14 at Node 5289)

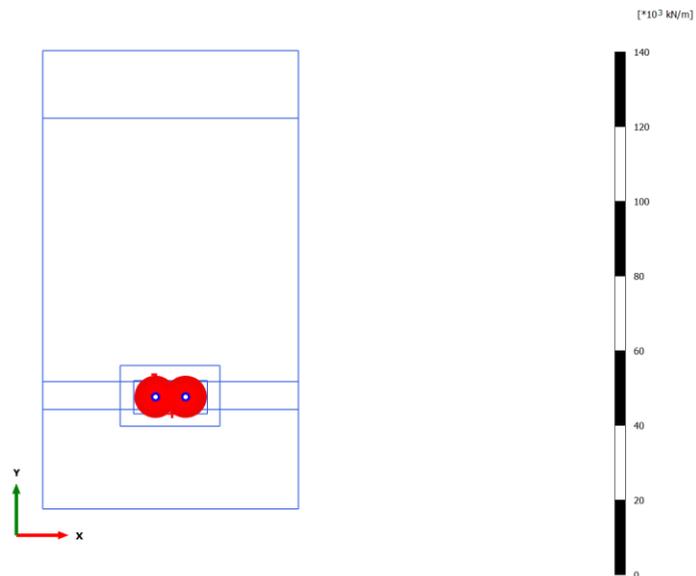
Figura 16-193: Sollecitazione sforzo assiale Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 299 di 312



Axial forces N (scaled up 0.0500 times)
Maximum value = -10.89 kN/m (Element 18 at Node 5598)
Minimum value = -503.7 kN/m (Element 26 at Node 3615)

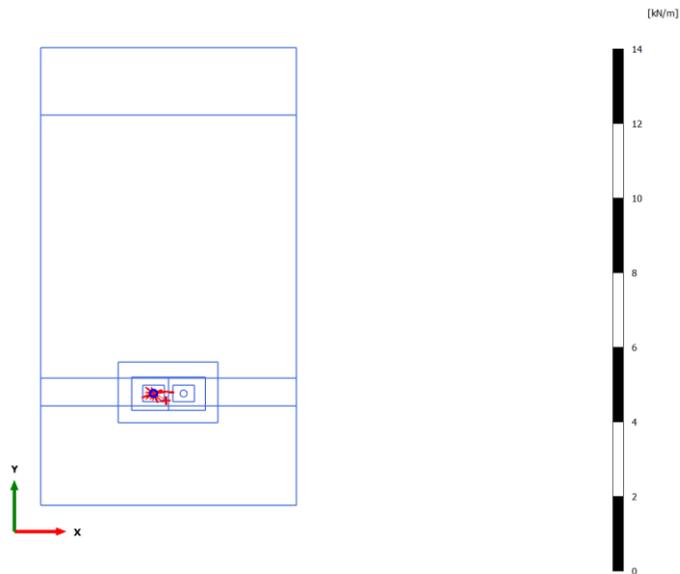
Figura 16-194: Sollecitazione sforzo assiale Fase 5



Axial forces N (scaled up $5.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = -4552 kN/m (Element 22 at Node 5708)
Minimum value = -4703 kN/m (Element 1 at Node 538)

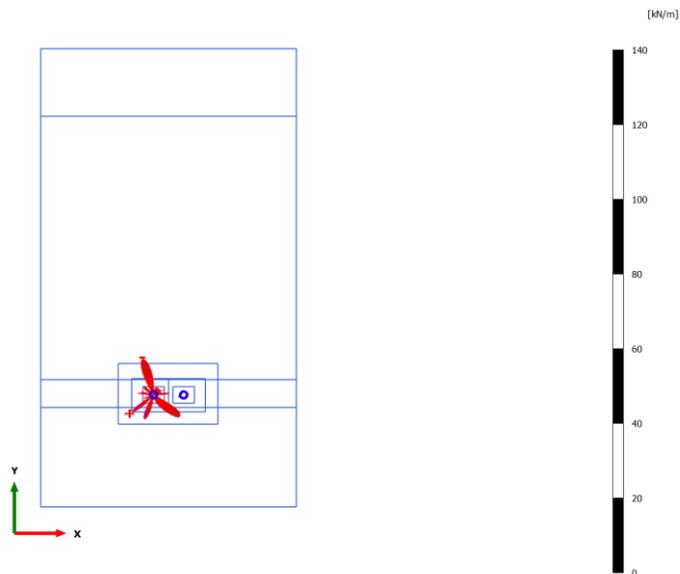
Figura 16-195: Sollecitazione sforzo assiale L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 300 di 312



Shear forces Q (scaled up 50.0 times)
Maximum value = 0.3957 kN/m (Element 6 at Node 453)
Minimum value = -0.3151 kN/m (Element 27 at Node 3579)

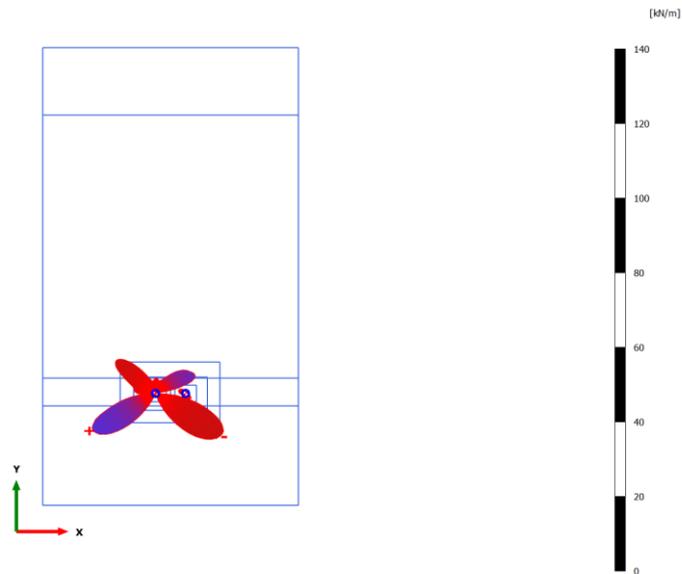
Figura 16-196: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 3



Shear forces Q (scaled up 5.00 times)
Maximum value = 8.110 kN/m (Element 29 at Node 3460)
Minimum value = -9.035 kN/m (Element 2 at Node 351)

Figura 16-197: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 301 di 312



Shear forces Q (scaled up 5.00 times)
Maximum value = 20.30 kN/m (Element 29 at Node 3457)
Minimum value = -19.92 kN/m (Element 23 at Node 4883)

Figura 16-198: Sollecitazione sforzo di taglio L.T.

16.1.10 Galleria di linea – Gardena – Sezione 10 (pk. 21+275)

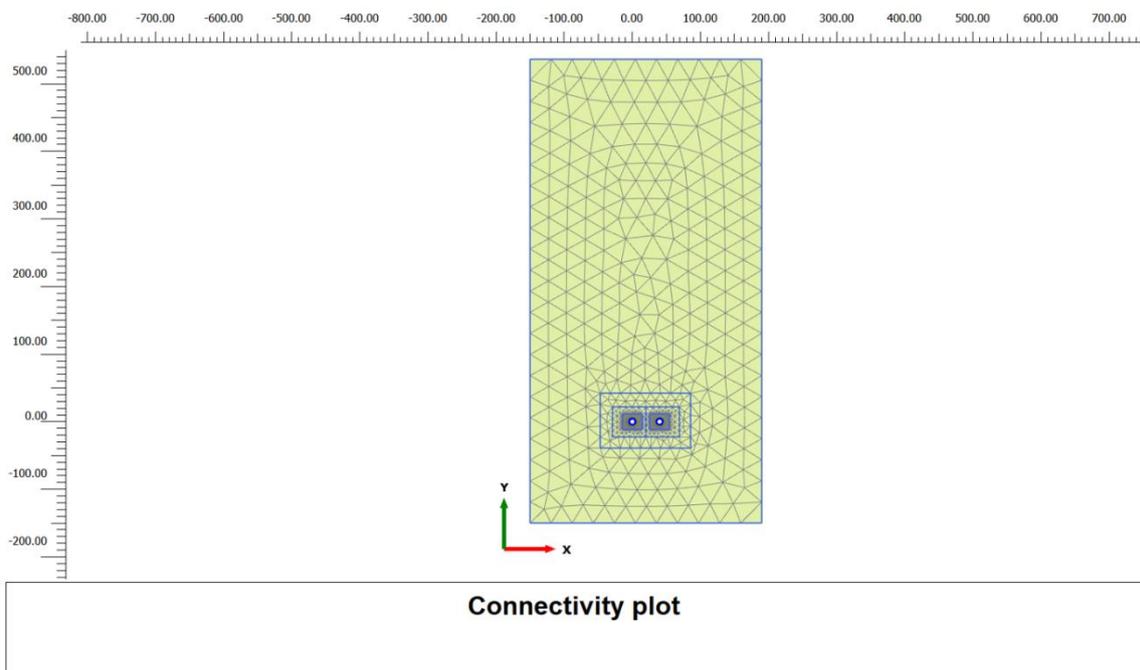
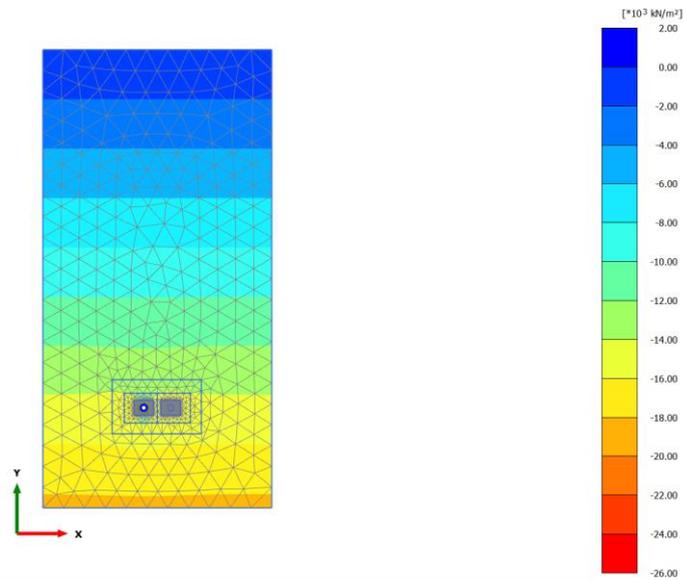


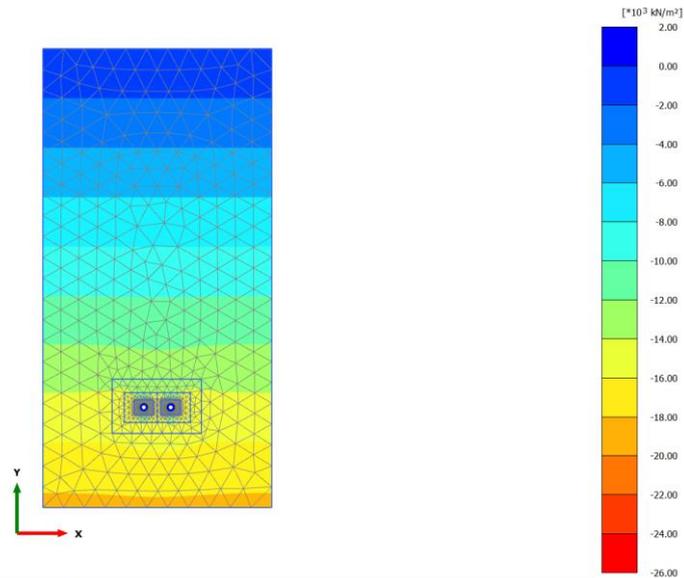
Figura 16-199: Mesh

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 302 di 312



Cartesian effective stress σ'_{yy} (scaled up $0.500 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 0.03623 kN/m² (Element 42 at Node 235)
Minimum value = $-24.18 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 1118 at Node 10411)

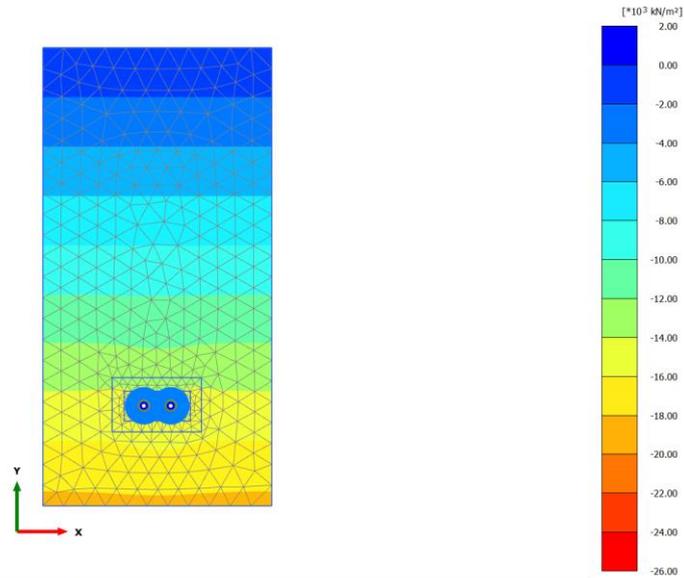
Figura 16-200: Stress σ_{yy} Fase 3



Cartesian effective stress σ'_{yy} (scaled up $0.500 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 0.03562 kN/m² (Element 43 at Node 42)
Minimum value = $-25.42 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 2676 at Node 27294)

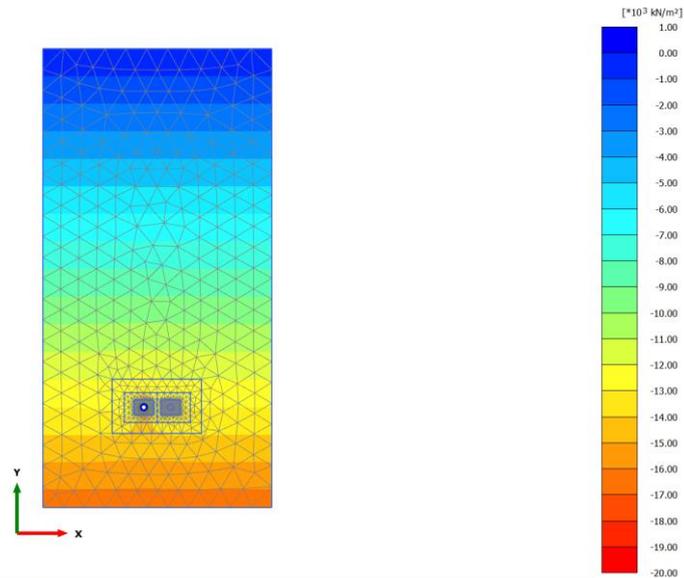
Figura 16-201: Stress σ_{yy} Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 303 di 312



Cartesian effective stress σ'_{yy} (scaled up $0.500 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 31.05 kN/m² (Element 2385 at Node 31332)
Minimum value = $-25.22 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 2668 at Node 27276)

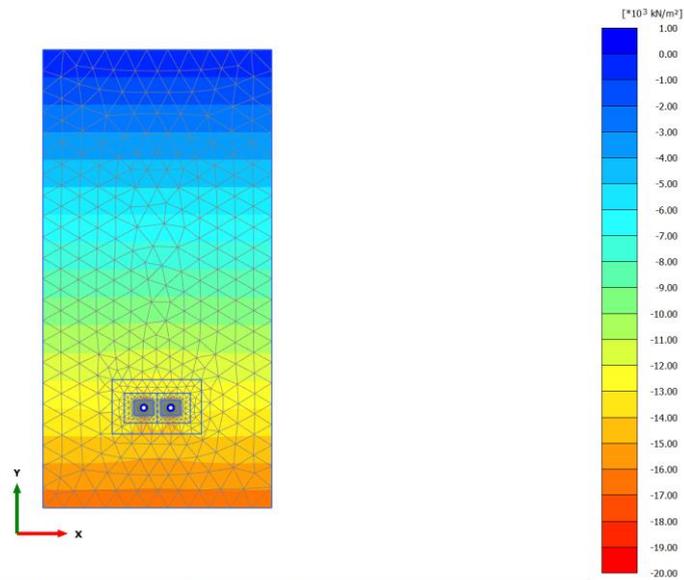
Figura 16-202: Stress σ_{yy} L.T.



Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $1.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 1.165 kN/m² (Element 42 at Node 228)
Minimum value = $-19.70 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 1376 at Node 11294)

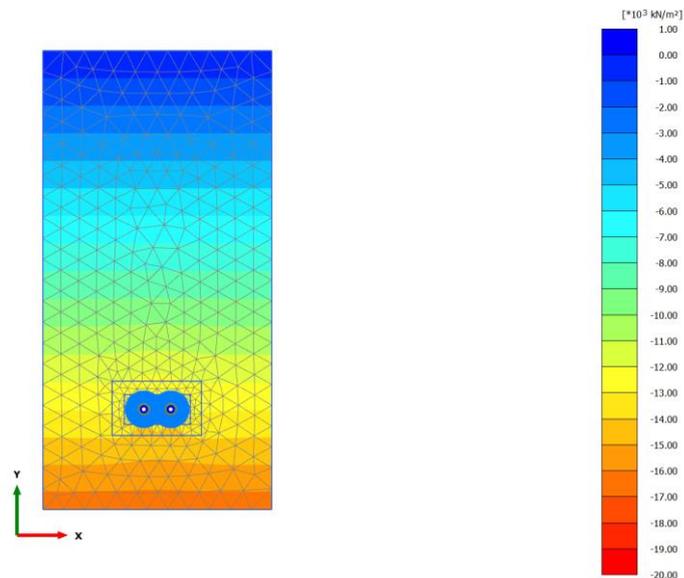
Figura 16-203: Stress σ_{xx} Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 304 di 312



Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $1.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 0.3756 kN/m² (Element 43 at Node 2)
Minimum value = $-19.43 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 1376 at Node 11294)

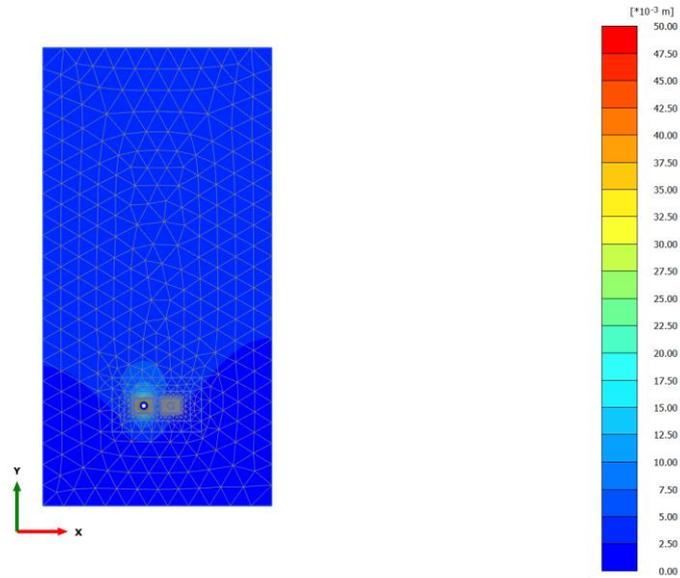
Figura 16-204: Stress σ_{xx} Fase 5



Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $1.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 0.3404 kN/m² (Element 43 at Node 2)
Minimum value = $-19.39 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 1376 at Node 11294)

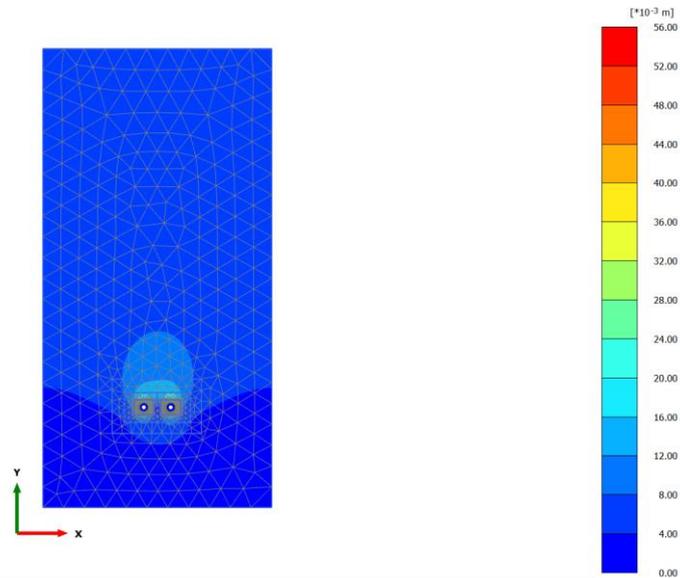
Figura 16-205: Stress σ_{xx} L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 305 di 312



Total displacements |u| (scaled up 500 times)
Maximum value = 0.04827 m (Element 838 at Node 6326)

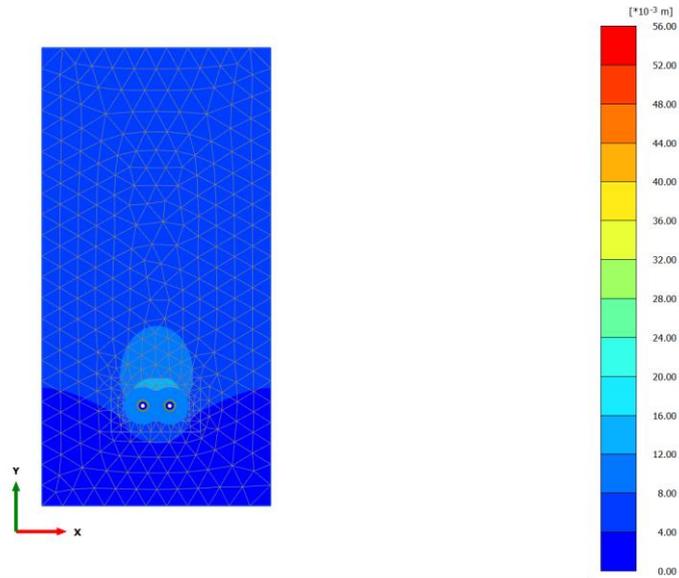
Figura 16-206: Spostamenti |u| Fase 3



Total displacements |u| (scaled up 500 times)
Maximum value = 0.05217 m (Element 2405 at Node 29340)

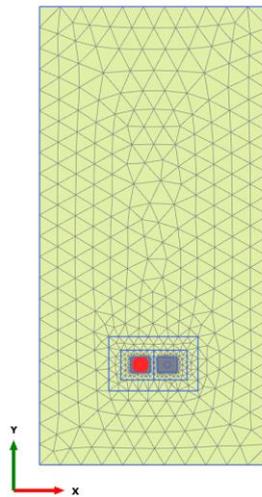
Figura 16-207: Spostamenti |u| Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 306 di 312



Total displacements |u| (scaled up 500 times)
Maximum value = 0.05286 m (Element 2405 at Node 29340)

Figura 16-208: Spostamenti |u| L.T.



Plastic point history Failure (scaled up 1.00 times)

- Failure point
- ▽ Plasticity in local 2 direction only
- ◆ Plasticity in local 1 and 2 directions
- Tension cut-off point

Figura 16-209: Zone di plasticizzazione Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 307 di 312

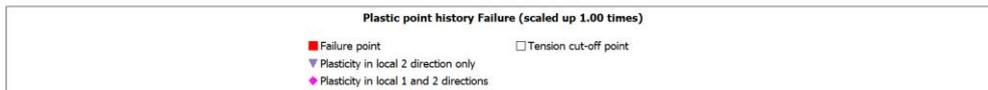
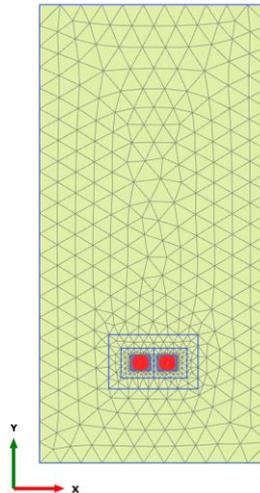


Figura 16-210: Zone di plasticizzazione Fase 5

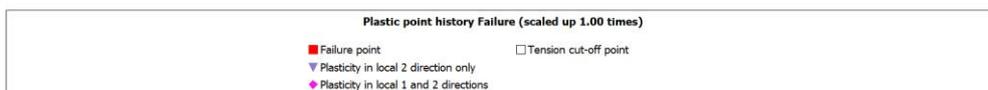
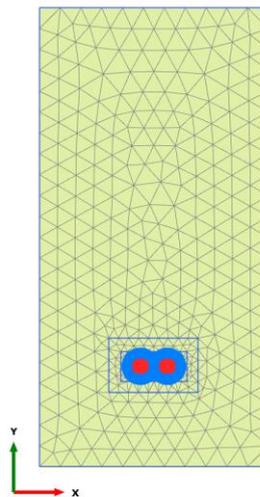


Figura 16-211: Zone di plasticizzazione L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 308 di 312

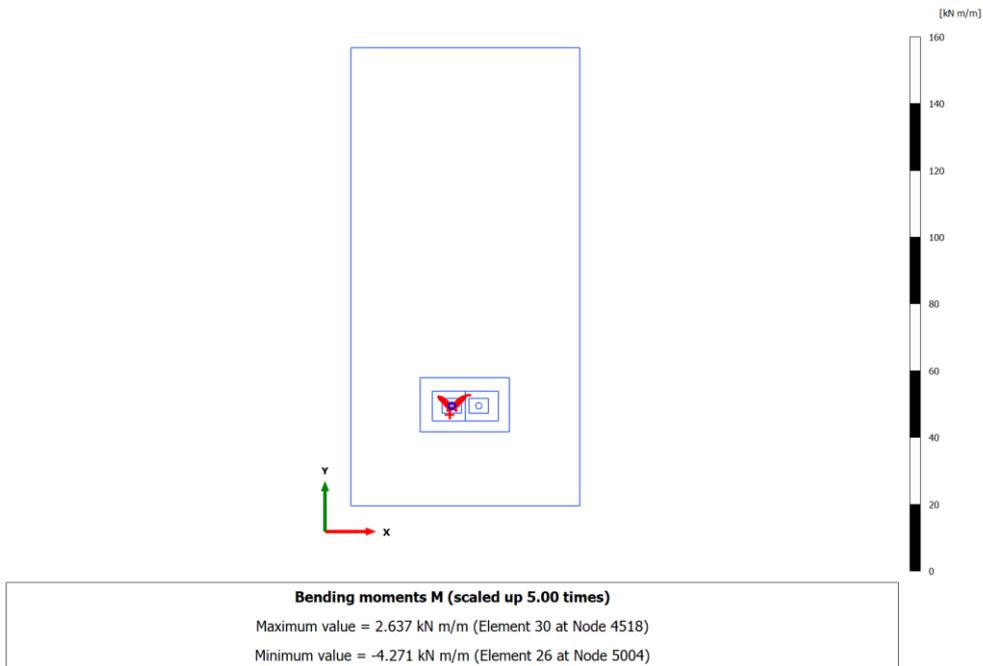


Figura 16-212: Sollecitazione momento flettente Fase 3

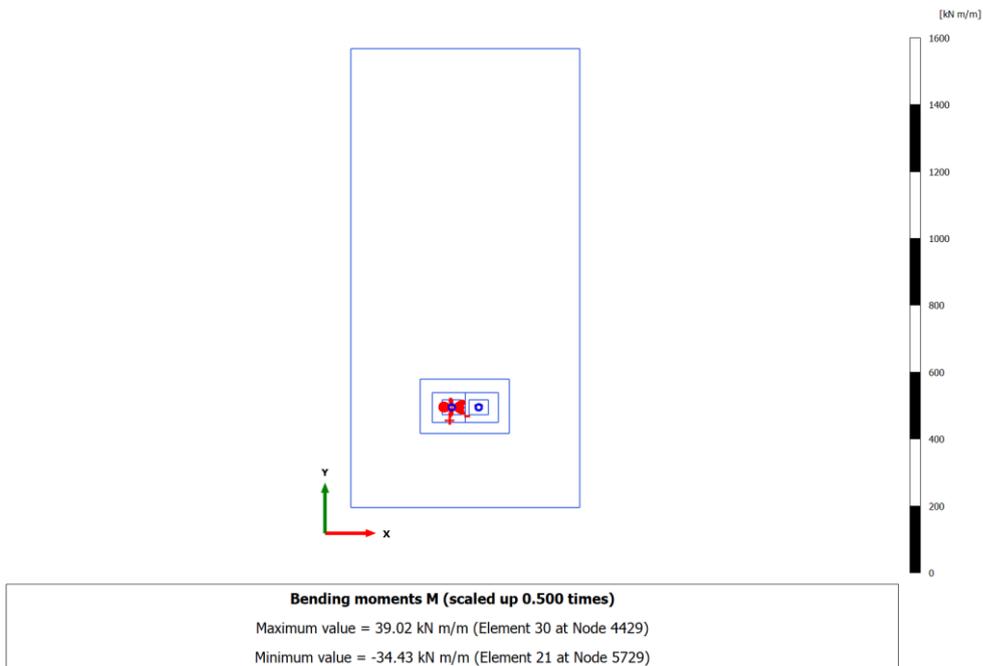


Figura 16-213: Sollecitazione momento flettente Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 309 di 312

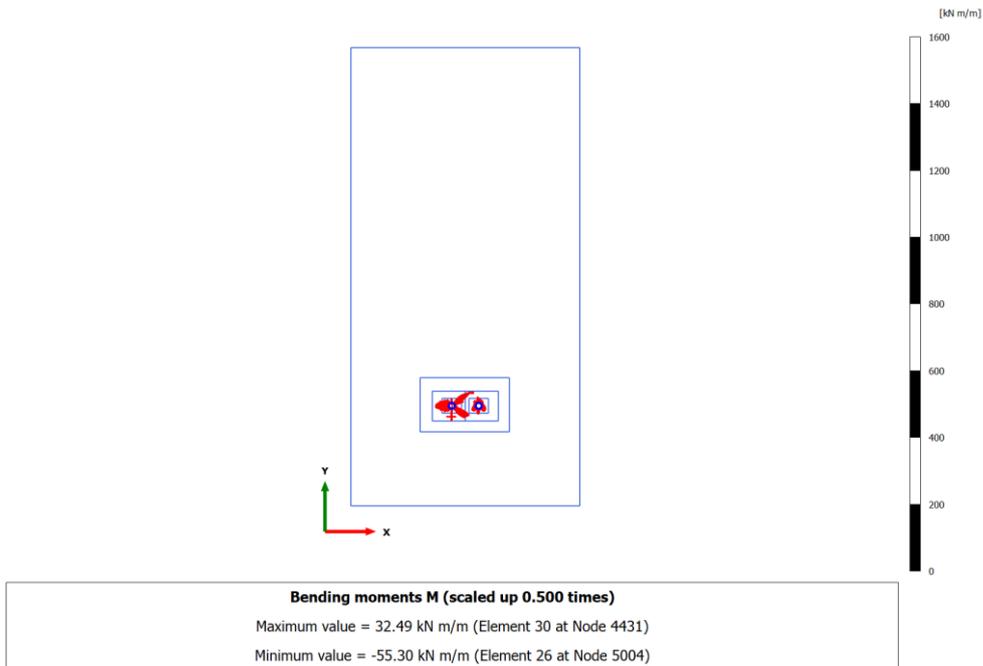


Figura 16-214: Sollecitazione momento flettente L.T.

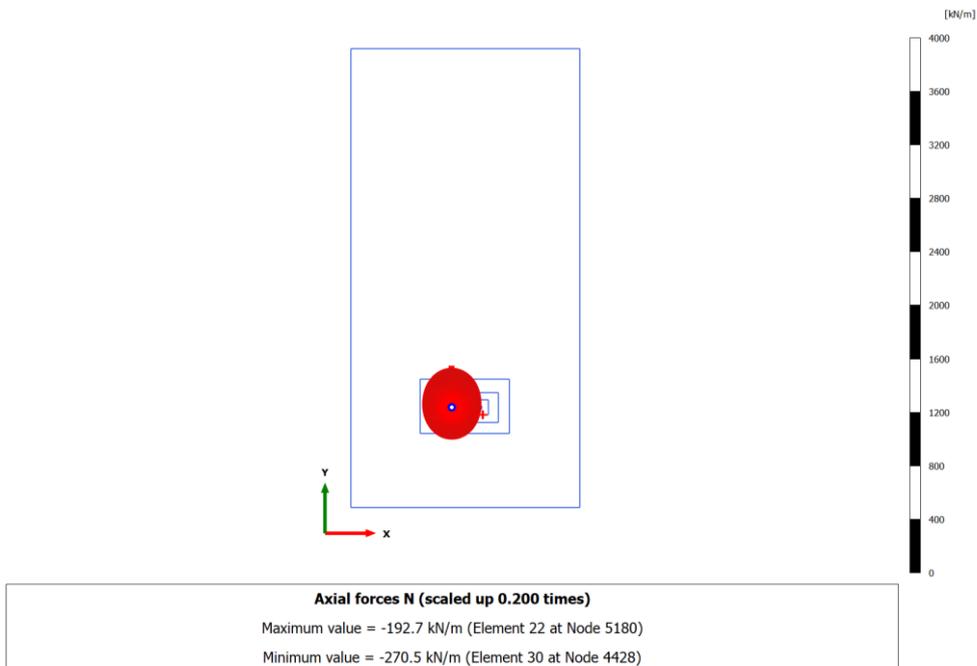


Figura 16-215: Sollecitazione sforzo assiale Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 310 di 312

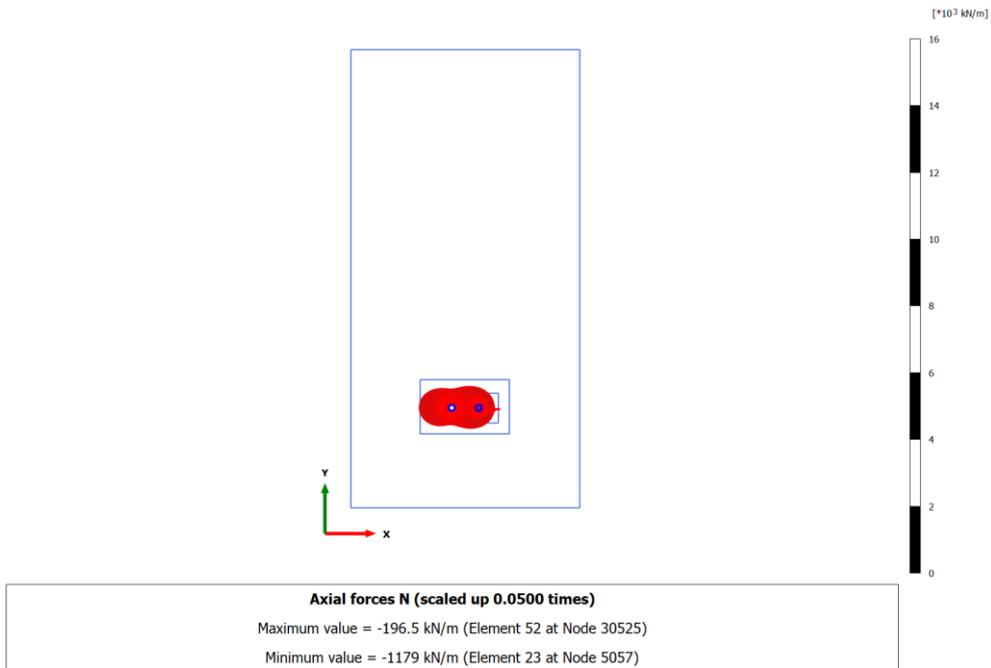


Figura 16-216: Sollecitazione sforzo assiale Fase 5

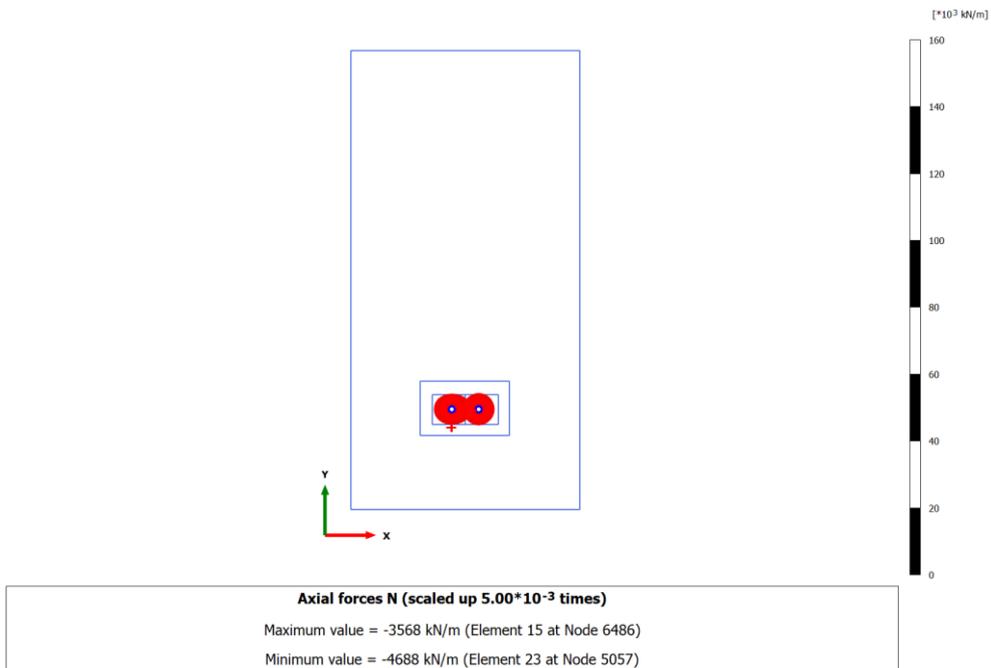


Figura 16-217: Sollecitazione sforzo assiale L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 311 di 312

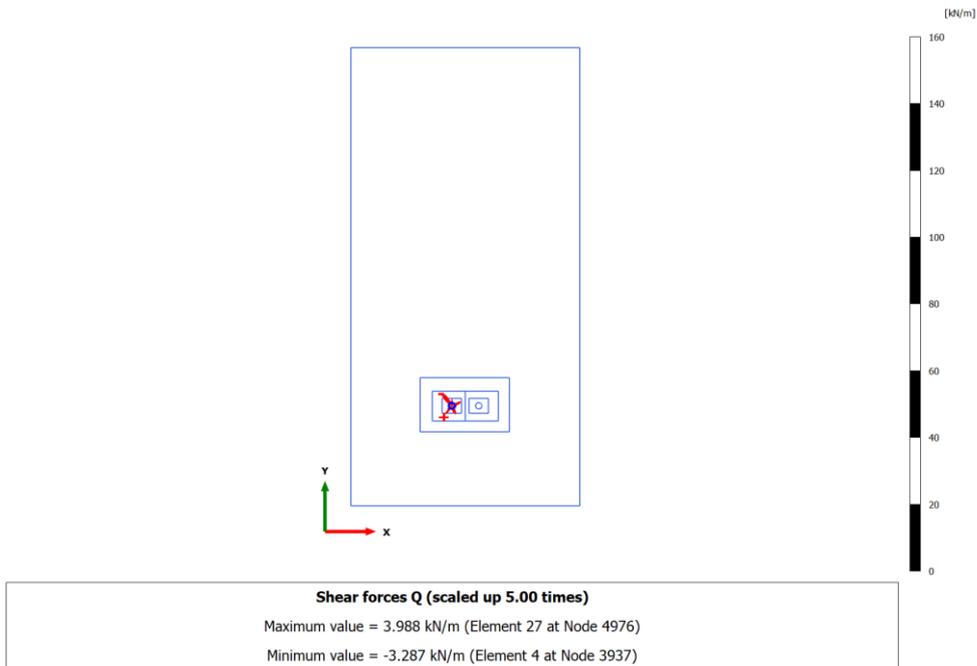


Figura 16-218: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 3

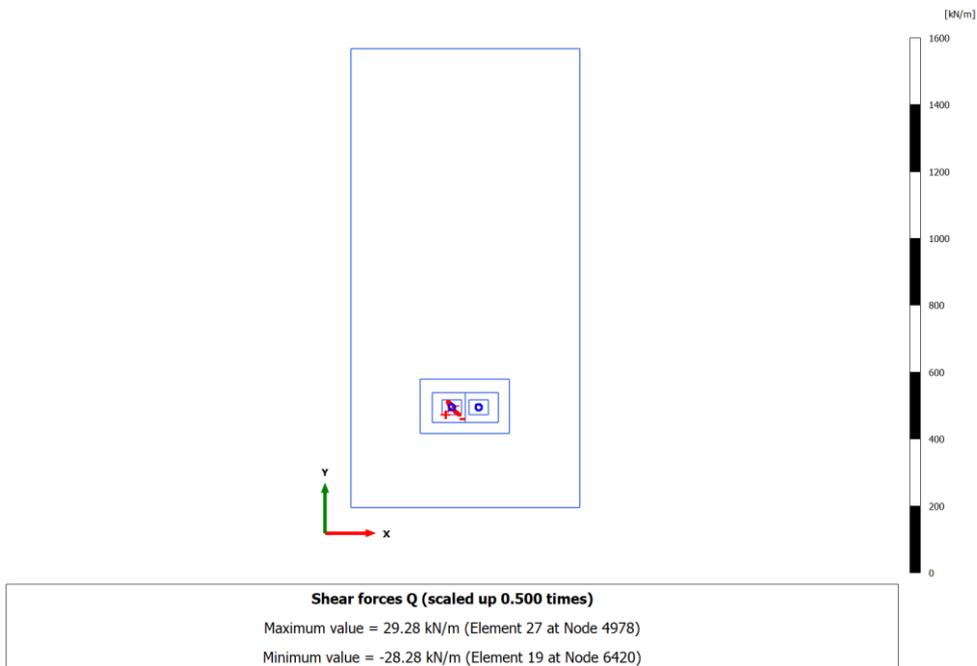


Figura 16-219: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200004	REV. C	FOGLIO. 312 di 312

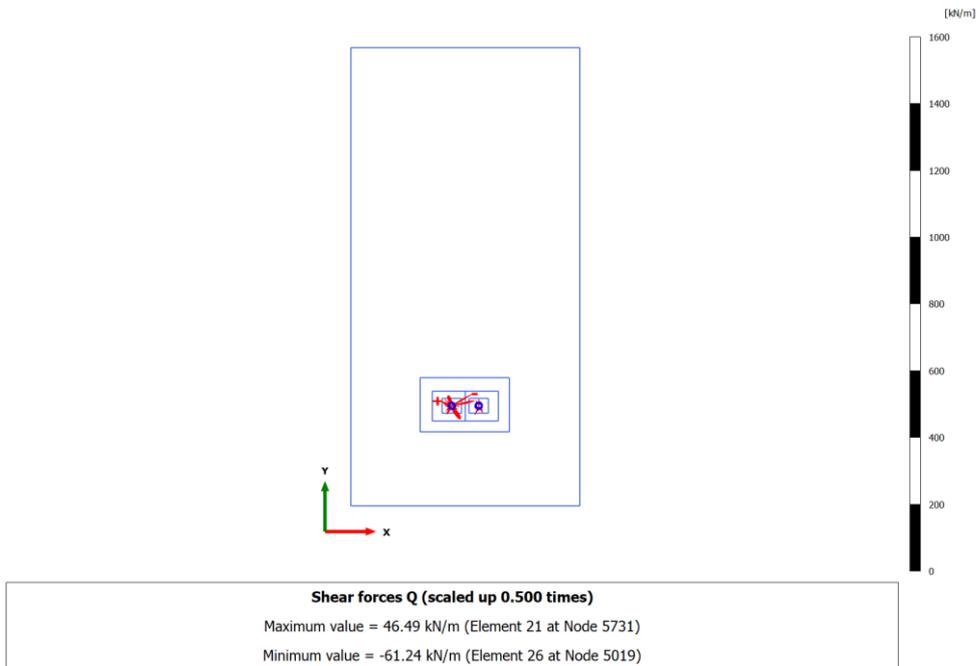


Figura 16-220: Sollecitazione sforzo di taglio L.T.