

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

Ing. Paolo Cucino

Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche
ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI TRENTO
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" GALLERIE

GALLERIE NATURALI DI LINEA ED INTERCONNESSIONE

Scavo Tradizionale

Galleria Scaleres - Relazione tecnica e di calcolo scavo tradizionale

APPALTATORE	COMMITTENTE	SCALA:
IL DIRETTORE TECNICO 	IL RESPONSABILE DEI LAVORI Ing. Rosanna Del Maschio	-

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

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	S. Spinello	26/01/2022	A. Valente	27/01/2022	D. Buttafoco (Dolomiti)	28/01/2022	IL PROGETTISTA ORDINE DEGLI INGEGNERI ROMA N. 19540 09/03/2023
B	Emissione per indicazioni committenza	M. Falanesca / C. Bertello	18/07/2022	A. Valente	19/07/2022	D. Buttafoco	20/07/2022	
C	Emissione a seguito istruttoria e interlocuzioni	G. Paolozzi	25/02/2023	P. Fontana	26/02/2023	D. Buttafoco	27/02/2023	

File: IB0U1AEZZRHGN0000001C.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:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 2 di 355

1. PREMESSA	5
2. SCOPO E CONTENUTI DEL PROGETTO	6
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
4. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	7
4.1 DOCUMENTI REFERENZIATI.....	7
4.2 DOCUMENTI CORRELATI	7
5. DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO	8
6. DESCRIZIONE DELL'OPERA	10
6.1 IL TRACCIATO E LE OPERE IN SOTTERRANEO	10
6.2 SISTEMA STRUTTURALE	11
7. FASE CONOSCITIVA	12
7.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO	12
7.2 INDAGINI GEOTECNICHE	13
7.3 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA.....	15
7.3.1 Caratterizzazione geotecnica dei terreni	15
7.3.2 Caratterizzazione geotecnica degli ammassi rocciosi	15
7.3.3 Caratterizzazione geomeccanica delle faglie.....	24
7.3.4 Il regime idraulico	25
7.3.5 Lo stato tensionale in sito	28
8. FASE DI DIAGNOSI	29
8.1 CLASSI DI COMPORTAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO	29
8.2 DETERMINAZIONE DELLE CATEGORIE DI COMPORTAMENTO	30
8.2.1 Analisi con il metodo delle linee caratteristiche	30
8.2.2 Analisi del rischio di "squeezing"	49
8.2.3 Analisi del rischio di "spalling"	52
9. FASE DI TERAPIA	54
9.1 DEFINIZIONE DELLE SEZIONI TIPO.....	54
9.1.1 Sezione AOL	55
9.1.2 Sezione AObis.....	56
9.1.3 Sezione A1L	57
9.1.4 Sezione A1	58

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 3 di 355

9.1.5	Sezione A2	59
9.1.6	Sezione B1L.....	60
9.1.7	Sezione C2L.....	61
9.1.8	Sezione C2v.....	62
9.2	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	64
9.3	ANALISI E VERIFICA DELLE SEZIONI TIPO.....	67
9.3.1	Criteri di verifica	68
9.3.2	Definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici utilizzati nelle analisi.....	71
9.3.3	Modelli numerici per analisi tensio-deformative agli elementi finiti	72
9.3.4	Ipotesi di calcolo	73
9.3.5	Sezione A0bis - Scenario 1.....	76
9.3.6	Sezione A0bis - Scenario 2.....	85
9.3.7	Sezione A0bis - Scenario 3.....	94
9.3.8	Sezione A0L	103
9.3.9	Sezione A1	112
9.3.10	Sezione A1L	121
9.3.11	Sezione A2	130
9.3.13	Sezione B1L.....	139
9.3.14	Sezione C2L.....	148
9.3.15	Sezione C2V	156
9.4	VERIFICHE INTERVENTI RADIALI	166
9.5	VERIFICHE DEI RIVESTIMENTI DI PRIMA FASE	167
9.6	VERIFICHE DEI RIVESTIMENTI DEFINITIVI	168
9.7	VERIFICA DELLE SEZIONI.....	171
9.7.1	Sezione A0bis - Scenario 1.....	171
9.7.2	Sezione A0bis - Scenario 2.....	177
9.7.3	Sezione A0bis - Scenario 3.....	183
9.7.4	Sezione A0L	189
9.7.5	Sezione A1	195
9.7.6	Sezione A1L.....	207
9.7.7	Sezione A2	218

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 4 di 355

9.7.8 Sezione B1L.....	231
9.7.9 Sezione C2L.....	242
9.7.10Sezione C2V	253
10. VERIFICA IN CONDIZIONI DI INCENDIO	264
10.1 SEZIONE A0L	281
10.2 SEZIONE A0BIS	308
10.3 SEZIONE C2L	330
10.4 SINTESI DEI RISULTATI ANALISI INCENDIO	352
11. FASE DI VERIFICA E MESSA A PUNTO DEL PROGETTO	353
12. CONCLUSIONI	354
13. ALLEGATI	355
13.1 ALLEGATO 1 – ANALISI A BLOCCHI SEZIONE A0L.....	355
13.2 ALLEGATO 2 – ANALISI A BLOCCHI SEZIONE A0BIS.....	355
13.3 ALLEGATO 3 – ANALISI A BLOCCHI SEZIONE A1L.....	355
13.4 ALLEGATO 4 – VERIFICA RIVESTIMENTO DEFINITIVO SEZIONE A0L CON CARICO BLOCCHI	355
13.5 ALLEGATO 5 – TABELLE RIEPILOGATIVE VERIFICHE SLU RIVESTIMENTO DEFINITIVO	355
13.6 ALLEGATO 6 – TABELLE RIEPILOGATIVE VERIFICHE SLU RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE	355

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						
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IB0U	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 5 di 355

1. PREMESSA

Nell'ambito della Progettazione Esecutiva della linea ferroviaria Fortezza – Ponte Gardena Lotto 1, la presente relazione si pone l'obiettivo di illustrare le soluzioni previste nella Progettazione Esecutiva della tratta di linea realizzata in tradizionale della Galleria Scaleres. Le soluzioni proposte si basano anche sulle recenti esperienze occorse nella limitrofa Galleria di base del Brennero, in particolar modo le esperienze sui lotti costruttivi H71 Sotto-attraversamento Isarco e H61 Mules 2-3, in cui sono stati scavati ammassi rocciosi simili a quelli in esame. Si rimanda al documento *Proposta di ottimizzazione delle sezioni tipo Galleria di linea* per maggiori approfondimenti.

Le opere in oggetto ricadono nella provincia di Bolzano. La galleria in esame ha una lunghezza complessiva di circa 15 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"					
Mandataria:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	6 di 355

2. SCOPO E CONTENUTI DEL PROGETTO

La progettazione della Galleria Scaleres, condotta secondo il metodo ADECO-RS (Rif. [16]) si è articolata nelle seguenti fasi:

- **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 (Rif. [14]) 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 §7;
- **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 (§8).
- **fase di terapia:** sulla base dei risultati delle precedenti fasi progettuali, si individuano le modalità di scavo e gli interventi di stabilizzazione idonei (sezioni tipo) per realizzare l'opera in condizioni di sicurezza (§9). Le soluzioni progettuali sono state analizzate per verificarne l'adeguatezza: nel §9 sono illustrati metodi e risultati delle analisi condotte per la verifica della stabilità globale della cavità, per il dimensionamento/verifica degli interventi di stabilizzazione e dei rivestimenti, nelle diverse fasi costruttive e in condizioni di esercizio.
- **fase di verifica e messa a punto:** il progetto è completato dal piano di monitoraggio da predisporre ed attuare nella fase realizzativa [44]. Nel piano 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 della variabilità previste in progetto. Nel documento [43] sono inoltre descritti i criteri per l'applicazione delle sezioni tipo e la gestione della variabilità in funzione dei risultati del monitoraggio in corso d'opera.

La galleria Scaleres sarà realizzata in parte con scavo meccanizzato e in parte con scavo tradizionale: nella presente relazione sono illustrate le soluzioni progettuali e le verifiche relative allo scavo tradizionale delle gallerie di linea; per lo scavo meccanizzato si rimanda alla relazione specifica di riferimento.

Le altre parti d'opera scavate in tradizionale inerenti i cameroni, le tratte allargate in corrispondenza dei cameroni, le zone in corrispondenza dei by-pass, la tratta di imbocco in cui è prevista la sezione tipo rinforzata As, sono oggetto di altre specifiche relazioni.

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	7 di 355

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- [1] Decreto Ministero delle Infrastrutture e Trasporti 14/01/2008, "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni";
- [2] C.S.LL.PP., Circolare n° 617 del 02/02/2009, "Istruzioni per l'applicazione delle "nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14/01/2008".

4. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

4.1 DOCUMENTI REFERENZIATI

- [3] U.O. Gallerie, documento IB0U1BEZZRGGN0000001 "Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo";
- [4] U.O. Gallerie, documento IB0U1BEZZF6GN0100001 "Profilo geotecnico - tav. 1";
- [5] U.O. Gallerie, documento IB0U1BEZZF6GN0100002 "Profilo geotecnico - tav. 2";
- [6] U.O. Gallerie, documento IB0U1BEZZF6GN0100003 "Profilo geotecnico - tav. 3";
- [7] U.O. Gallerie, documento IB0U1BEZZF6GN0100004 "Profilo geotecnico - tav. 4";
- [8] U.O. Gallerie, documento IB0U1BEZZF6GN0100005 "Profilo geotecnico - tav. 5";
- [9] U.O. Gallerie, documento IB0U1BEZZF6GN0100006 "Profilo geotecnico - tav. 6";
- [10] U.O. Gallerie, documento IB0U1BEZZF6GN0100007 "Profilo geotecnico - tav. 7";
- [11] U.O. Gallerie, documento IB0U1BEZZF6GN0100008 "Profilo geotecnico - tav. 8";
- [12] U.O. Gallerie, documento IB0U1AEZZSPGN0000000 "Caratteristiche dei materiali - Note generali - Opere parte A";
- [13] U.O. Gallerie, documento IB0U1BEZZSPGN0000001 "Caratteristiche dei materiali - Note generali - Opere parte B";
- [14] U.O. Geologia, Gestione Terre e Bonifiche, Elaborati Specialistici.
- [15] RFIDTCSISPIFS001D "Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili parte I".

4.2 DOCUMENTI CORRELATI

- [16] Lunardi P. (2006). Progetto e Costruzione di Gallerie: Analisi delle deformazioni controllate nelle rocce e nei suoli - ADECO-RS – (Hoepli Ed.);
- [17] Lembo Fazio A., Ribacchi R. (1984). Progressi nella realizzazione e nell'interpretazione delle prove di carico su piastra negli ammassi rocciosi. Riv. It. Geotecnica, 18, 1-11;
- [18] Hoek E., Brown E.T. (1988). The Hoek-Brown failure criterion – a 1988 update. Proc. 15th Canadian Rock Mechanics Symposium, 31-38;

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 8 di 355

- [19] Hoek E., Marinos P. (2000). GSI: A geological friendly tool for rock mass strength estimation. Proc. GeoEng 2000 at the International Conference on Geotechnical and Geological Engineering, 1422-1446;
- [20] Hoek E., Diederichs M. S. (2006). Empirical Estimation of rock mass modulus. Int. J. Rock Mech. & Mining Sciences, 43, 203-215;
- [21] Hoek E., Brown E.T. (1997). Practical estimates of rock mass strength. Int. J. Rock Mech. & Geomechanics Abstracts, 1165-1186;
- [22] Jethwa J.L., Singh B and Singh B. (1984). Estimation of ultimate rock pressure for tunnel linings under squeezing rock conditions – a new approach. Design and Performance of Underground Excavations, ISRM Symposium, Cambridge, E.T. Brown and J.A.Hudsoneds., pp. 231-238.
- [23] Pöttler, R. Die unbewehrte Innenschale im Felstunnelbau - Standsicherheit und Verformung im Reißbereich, Beton und Stahlbetonbau Heft 6, 1993.
- [24] Pöttler, R. Standsicherheitsnachweis unbewehrter Innenschalen, Bautechnik 67, 1990.
- [25] Hoek E., Marinos P. - Predicting tunnel squeezing problems in weak heterogeneous rocks. Tunnels and Tunneling International, 2000.

5. DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO

- [26] U.O. Gallerie, documento IBOU1BEZZWBGN0000075 Sezione tipo A0L – Scavo e consolidamenti;
- [27] U.O. Gallerie, documento IBOU1BEZZWBGN0000076 Sezione tipo A0L – Carpenteria e particolari costruttivi;
- [28] U.O. Gallerie, documento IBOU1BEZZWBGN0000010 Sezione tipo A0 – Scavo e consolidamenti;
- [29] U.O. Gallerie, documento IBOU1BEZZWBGN0000011 Sezione tipo A0 – Carpenteria e particolari costruttivi;
- [30] U.O. Gallerie, documento IBOU1BEZZWBGN0000077 Sezione tipo A1L – Scavo e consolidamenti;
- [31] U.O. Gallerie, documento IBOU1BEZZWBGN0000078 Sezione tipo A1L – Carpenteria e particolari costruttivi;
- [32] U.O. Gallerie, documento IBOU1BEZZWBGN0000012 Sezione tipo A1 – Scavo e consolidamenti;
- [33] U.O. Gallerie, documento IBOU1BEZZWBGN0000013 Sezione tipo A1 – Carpenteria e particolari costruttivi;
- [34] U.O. Gallerie, documento IBOU1BEZZWBGN0000026 Sezione tipo As – Tratto con setto a spessore ridotto – Scavo e consolidamenti;
- [35] U.O. Gallerie, documento IBOU1BEZZWBGN0000027 Sezione tipo As – Tratto con setto a spessore ridotto -- Carpenteria e particolari costruttivi;
- [36] U.O. Gallerie, documento IBOU1BEZZWBGN0000079 Sezione tipo B1L – Scavo e consolidamenti;

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 9 di 355

- [37] U.O. Gallerie, documento IB0U1BEZZWBGN0000080 Sezione tipo B1L – Carpenteria e particolari costruttivi
- [38] U.O. Gallerie, documento IB0U1BEZZWBGN0000095 Sezione tipo C2L – Scavo e consolidamenti;
- [39] U.O. Gallerie, documento IB0U1BEZZWBGN0000096 Sezione tipo C2L – Carpenteria e particolari costruttivi
- [40] U.O. Gallerie, documento IB0U1BEZZWBGN0000020 Sezione tipo C2v – Scavo e consolidamenti;
- [41] U.O. Gallerie, documento IB0U1BEZZWBGN0000021 Sezione tipo C2v – Carpenteria e particolari costruttivi;
- [42] U.O. Geologia, documento IB0U1BEZZGEGN0000001 Relazione geotecnica Galleria Scaleres;
- [43] U.O. Gallerie, documento IB0U1BEZZRHGN0100001 Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in scavo tradizionale;
- [44] U.O. Gallerie, documento IB0U1BEZZRHGN0100003 Relazione monitoraggio – scavo tradizionale;
- [45] U.O. Gallerie, documento IB0U1BEZZRHGN0000011 Galleria Scaleres e Gardena – Proposta di ottimizzazione delle sezioni tipo Galleria di linea.

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			
GALLERIE	Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C 10 di 355

6. DESCRIZIONE DELL'OPERA

6.1 IL TRACCIATO E LE OPERE IN SOTTERRANEO

La Galleria Scaleres si sviluppa con configurazione a doppia canna, singolo binario, con interasse tra le canne pari a 40 m. La galleria, da realizzarsi in parte con metodo di scavo tradizionale pari a 3477 m (di cui 56 m in artificiale) e con metodo di scavo meccanizzato per 8384 m, ha una lunghezza complessiva di circa 15385 m, ed è provvista di cunicoli trasversali di collegamento tra le due canne, con passo non superiore a 500 m.

Le tratte in artificiale sono così ripartite: l'imbocco nord (lato Fortezza) ha un'estensione di 44 m circa mentre quello a sud (lato ponte sull'Isarco) ha un'estensione di 12 m circa.

Di seguito sono elencate le progressive di riferimento dell'opera (binario dispari):

- Da pk 0+489.47 a pk 0+543.78 L=54.31 m galleria artificiale e concio d'attacco;
- Da pk 0+543.78 a pk 3+951.47 L=3407.69 m galleria naturale – scavo tradizionale;
- Da pk 3+951.47 a pk 15+642.52 L=11691.05 m galleria naturale – scavo meccanizzato;
- Da pk 15+642.52 a pk 15+672.2 L=29.68 m galleria naturale – scavo tradizionale;
- Da pk 15+672.2a pk 15+701.27 L=29.07 m galleria artificiale e concio d'attacco.

Dal punto di vista altimetrico il tracciato della galleria è caratterizzato da una livelletta monopendente (pendenza max del 12.5 ‰ circa) in discesa verso le progressive crescenti e presenta la copertura massima di 800 m circa intorno alla progressiva km 7+250.

Nella seguente tabella si riporta la sintesi delle principali opere in sotterraneo che si incontrano seguendo il tracciato del sistema galleria Scaleres da Nord verso Sud.

La presente relazione ha come oggetto la progettazione del solo tratto di galleria naturale realizzato con metodo di scavo tradizionale.

<i>Galleria di linea Scaleres</i>	Galleria con configurazione a doppia canna, singolo binario, lunghezza di 15.4 km circa.
<i>Finestra di Forch</i>	Galleria costruttiva di circa 1.4 km che si innesta in corrispondenza della canna dispari della galleria Scaleres ed è propedeutica ai lavori di scavo della galleria di linea. In esercizio, verrà utilizzata come uscita di emergenza.
<i>Cunicoli trasversali di collegamento</i>	By-pass pedonali previsti sia per le gallerie di linea che per le gallerie di interconnessione e collocati ad intervalli di 500 m al massimo.
<i>Altre opere funzionali al sistema</i>	Locali tecnici sotterranei ubicati in prossimità della zona di innesto delle finestre con le gallerie di linea, cameroni di manovra zona di innesto, by-pass tecnici, nicchioni tecnici.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO 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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	11 di 355

<i>Altre opere funzionali alla galleria</i>	Camerone per il montaggio della struttura di spinta e di partenza della TBM.
---	--

Per ulteriori dettagli sulla descrizione del tracciato e delle opere si rimanda alla "Relazione tecnica generale delle opere in sottterraneo" (Rif. [3]).

6.2 SISTEMA STRUTTURALE

Le sezioni d'intradosso per i tratti realizzati con metodologia di scavo tradizionale, presentano il raggio della calotta pari a 3,5 metri e piano dei centri posto a 2,44 metri sul p.f. Nei tratti in tradizionale la galleria sarà impermeabilizzata con un telo in PVC, su supporto di tessuto non tessuto. Questo sistema permette di convogliare l'eventuale acqua intercettata durante lo scavo all'interno di due tubi laterali di drenaggio che sversano nei pozzetti del collettore centrale di raccolta posto a quota inferiore e pertanto evita qualsiasi interazione con le acque di piattaforma. I pozzetti sono ubicati ogni 50 m e sono ispezionabili per consentire la manutenzione degli stessi. Lo smaltimento dell'acqua di infiltrazione avviene per gravità.

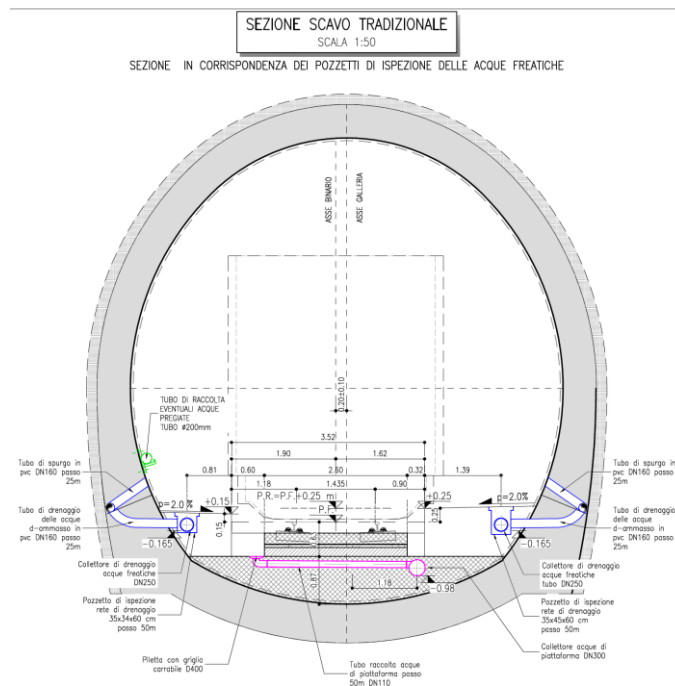


Figura 6-1: Sezione tipo di intradosso galleria a semplice binario. Scavo tradizionale.

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	12 di 355

7. FASE CONOSCITIVA

Nella fase conoscitiva si acquisiscono gli elementi necessari alla caratterizzazione e modellazione geologica del sito e alla caratterizzazione e modellazione geotecnica del volume significativo interessato dall'opera in sotterraneo.

Nel seguito si riporta un breve inquadramento geologico e la sintesi della caratterizzazione e modellazione geotecnica.

7.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

In questo paragrafo si descrivono le principali caratteristiche litologiche, stratigrafiche e strutturali delle formazioni attraversate dalla Galleria Scaleres per le tratte di galleria di linea scavate in tradizionale. Per un quadro esauriente e dettagliato si rimanda agli elaborati specialistici di U.O. Geologia del presente progetto (Rif. [14] e [42]).

Procedendo da Nord verso Sud, la galleria Scaleres incontra i **Depositi alluvionali antichi di primo ordine (at1)** che comprendono lembi di ghiaie medio-grossolane con intercalazioni sabbiose e affiorano in ordine di terrazzi, per poi passare al complesso intrusivo del **Granito di Bressanone (ybi)**. La formazione si presenta come roccia massiccia costituita da granito biotico, a grana media o medio-grossa, e da granodioriti, in genere a grana più fine, con densità di fratturazione media che aumenta in prossimità delle faglie (comportamento deformativo fragile). Nel tratto oggetto di studio si trovano strutture subverticali in direzione E-W ed immergenti ad alto angolo verso Nord (60-80°).

La Galleria Scaleres esce dalla formazione del Granito e attraversa l'**Aureola di Contatto (MPC)**, una fascia di materiale, costituita da cornubianiti, che ha subito un processo termo-metamorfico di contatto per effetto di corpi intrusivi (**Granito di Bressanone**). Lo spessore di tale fascia può essere estremamente variabile e la definizione della sua estensione a quota galleria è affetta da incertezza. In questa zona le rocce che compongono l'**Aureola di Contatto** si presentano significativamente dure e resistenti.

Procedendo verso Sud il tracciato attraversa per un breve tratto la formazione delle **Filladi ricche in quarzo (BSSa)** e successiva formazione delle **Filladi a granato (BSS)**, rocce filladiche di colore grigio caratterizzate da porzioni più ricche in quarzo e da porzioni con prevalenza di fillosilicati (tipo muscovite). Si rivengono granati di dimensione variabile, intercalati alla foliazione. La scistosità delle filladi risulta a medio angolo (circa 50°), orientata verso Sud-Ovest.

Le principali strutture tettoniche che caratterizzano la tratta delle **Filladi a granato** si trovano in corrispondenza del Rio Spelonca e del Rio Scaleres, al di fuori della tratta in esame. Per la faglia in corrispondenza del Rio Spelonca (pk 4+750 circa), interpretata come prosecuzione verso Sud della faglia di Rio Bianco, a causa delle coperture detritiche non vi sono cinematiche osservabili in campagna, ma su base morfologica e foto-interpretativa si suppone un'immersione di circa 60° verso Est, compatibile con un sistema distensivo. Alla pk 6+250 circa si trova un lineamento a basso angolo di attrito in prossimità del Rio Scaleres (thrust alpino con giaciture che oscillano da 161°/47° a 205°/44°) con coperture comprese tra 220 e 300 m circa, che rappresentano uno dei principali elementi strutturali dell'area oggetto di studio. Per ulteriori

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	13 di 355

dettagli sul modello geologico, comprese le tratte non in esame, si rimanda agli elaborati di progetto specialistici (Rif. [14] e [42]).

7.2 INDAGINI GEOTECNICHE

Ai fini della caratterizzazione geotecnica delle formazioni interessate dalle opere commentate in questa Relazione, sono stati utilizzati i dati provenienti dalle diverse campagne di indagini geognostiche, sia pregresse (PD CdS 2013- 2017), sia 2021-2022 per il PE, ubicati nelle aree di interesse. Per maggiori dettagli si rimanda al documento [42].

Di seguito si sintetizzano le prove in situ e di laboratorio eseguite per ogni campagna di indagine.

Campagna 2006, RFI

Nell'ambito della campagna di indagini geognostiche 2006 sono stati eseguiti n° 1 sondaggi (spinti a profondità superiore ai 150 m) e n° 3 sondaggi ordinari a carotaggio continuo (profondità minore di 150 m).

Per il sondaggio profondo sono stati eseguiti:

- prelievo di n° 8 campioni;
- n° 3 prove di permeabilità tipo Lugeon.

Per i sondaggi ordinari sono stati eseguiti:

- prelievo di n° 27 campioni;
- n° 26 prove SPT;
- n° 10 prove di permeabilità tipo Lefranc.

Campagna 2012-2013, Italferr S.p.A.

Nell'ambito della campagna di indagini geognostiche 2012-2013 sono stati eseguiti n° 39 rilievi geostrutturali di superficie, n° 8 sondaggi profondi (spinti a profondità superiori a 150 m) e n° 35 sondaggi ordinari a carotaggio continuo (profondità minore di 150 m).

Per i sondaggi profondi sono stati eseguiti:

- prelievo di n° 212 campioni;
- n° 27 prove di permeabilità tipo Leugeon;
- n° 20 prove dilatometriche;
- n° 17 prove di fratturazione idraulica.

Per i sondaggi ordinari sono stati eseguiti:

- prelievo di n° 297 campioni;
- n° 197 prove SPT;
- n° 85 prove pressiometriche;

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	14 di 355

- n° 67 prove dilatometriche
- n° 73 prove di permeabilità tipo Leugeon;
- n° 76 prove di permeabilità tipo Lefranc.

Campagna 2017, Italferr S.p.A.

Nell'ambito della campagna di indagini geognostiche del 2017 sono stati eseguiti n° 52 rilievi geostrukturali di superficie, n° 9 sondaggi profondi (spinti fino a profondità superiori a 150 m) e n° 30 sondaggi ordinari (profondità minore di 150 m), di cui 4 perforazioni a distruzione e 26 a carotaggio continuo.

Per i sondaggi profondi sono stati eseguiti:

- prelievo di n° 90 campioni rimaneggiati;
- n° 74 prove di permeabilità tipo Lugeon;
- n° 3 prove di permeabilità tipo Lefranc;
- n° 59 prove dilatometriche;
- n° 52 prove di fratturazione idraulica.

Per i sondaggi ordinari sono stati eseguiti:

- prelievo di n° 176 campioni
- n° 158 prove SPT;
- n° 6 prove pressiometriche;
- n° 30 prove dilatometriche;
- n° 31 prove di permeabilità tipo Lugeon;
- n° 47 prove di permeabilità tipo Lefranc.

I risultati di tali indagini sono allegati agli elaborati specialistici di U.O. Geologia (Rif. [14]) e l'ubicazione dei sondaggi è rappresentata sul profilo geotecnico di progetto (Rif. [4]-[11]).

Campagna 2021/2022, Consorzio Dolomiti per il Progetto Esecutivo.

Nell'ambito della campagna di indagini geognostiche 2021/2022 sono stati eseguiti, con riferimento alla tratta oggetto di questa Relazione, le seguenti indagini:

- S21/3;
- S21/4;
- S21/15;
- TS_01;
- S21/10;
- S21/10a.

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	15 di 355

I risultati di tali indagini sono allegati agli elaborati specialistici e l'ubicazione dei sondaggi è rappresentata nelle carte geologiche e sui profili geotecnici di progetto (Rif. [4]-[11]).

7.3 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

I risultati delle indagini geotecniche, delle prove in situ e di laboratorio, hanno permesso di definire il modello geotecnico rappresentativo delle condizioni stratigrafiche e delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni e delle rocce interessati dall'opera in sottoterraneo lungo il suo tracciato.

La suddivisione delle unità geomeccaniche nella tratta scavata in tradizionale in roccia per le gallerie di linea è così ripartita:

- Graniti/Granodioriti (80%)
- Filladi Cornubianitiche (7.5%)
- Filladi ricche in quarzo (2.5%)
- Filladi a granato (10%)

Il modello geotecnico del sottosuolo, sintesi della fase di caratterizzazione è illustrato nelle tavole dei profili geotecnici (Rif. [4]-[11]).

7.3.1 Caratterizzazione geotecnica dei terreni

Per la definizione delle caratteristiche di resistenza e deformabilità dei *Depositi alluvionali antichi di primo ordine (at1)*, che la galleria Scaleres incontra in prossimità dell'imbocco Nord, si rimanda al documento [42].

7.3.2 Caratterizzazione geotecnica degli ammassi rocciosi

La Galleria Scaleres per la tratta in esame, come già indicato al capitolo 7.2, attraversa le formazioni filladiche, *BSS* e *BSSa*, appartenenti al Basamento Metamorfico Ercinico e le Intrusioni Permiane (*ybi*, *MPC*). Per queste unità geotecniche sono stati analizzati e interpretati tutti i dati provenienti dalle indagini in sito e in laboratorio, permettendo la caratterizzazione della matrice litoide e l'individuazione di range di variabilità dell'indice GSI in funzione della profondità e dello stato di fratturazione nella tratta di interesse.

7.3.2.1. Caratterizzazione della matrice litoide

Per ogni unità geotecnica sono stati analizzati i risultati provenienti dalle prove di laboratorio (compressione monoassiale, compressione triassiale e misure di velocità ultrasonica) che hanno consentito di definire le principali caratteristiche meccaniche della matrice: la resistenza a compressione monoassiale σ_{ci} e il modulo elastico E_i .

Per la definizione del modulo elastico della matrice litoide, oltre ai dati provenienti dalle prove di laboratorio, è stata utilizzata la correlazione di Lembo Fazio e Ribacchi (1984) (Rif. [17]) che lega il modulo elastico E_i alla velocità delle onde P (v_p). Per maggiori dettagli si rimanda al documento [42]. Nel seguito si riportano le informazioni di sintesi per le tratte in esame.

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	16 di 355

Intrusioni Permiane

Granito di Bressanone – ybi

Il *Granito di Bressanone* è stato intercettato da quattro sondaggi (C2, C3, S2 e sondaggio orizzontale EO03).

Dai risultati delle prove di laboratorio si osservano valori di resistenza a compressione della roccia intatta σ_{ci} compresi tra 44 MPa e 180 MPa. Non si notano particolari tendenze con la profondità. I valori più elevati sono stati misurati nei campioni più superficiali.

Si considera rappresentativo il seguente intervallo di valori di resistenza a compressione della roccia intatta:

$$90 \text{ MPa} \leq \sigma_{ci} \leq 145 \text{ MPa}$$

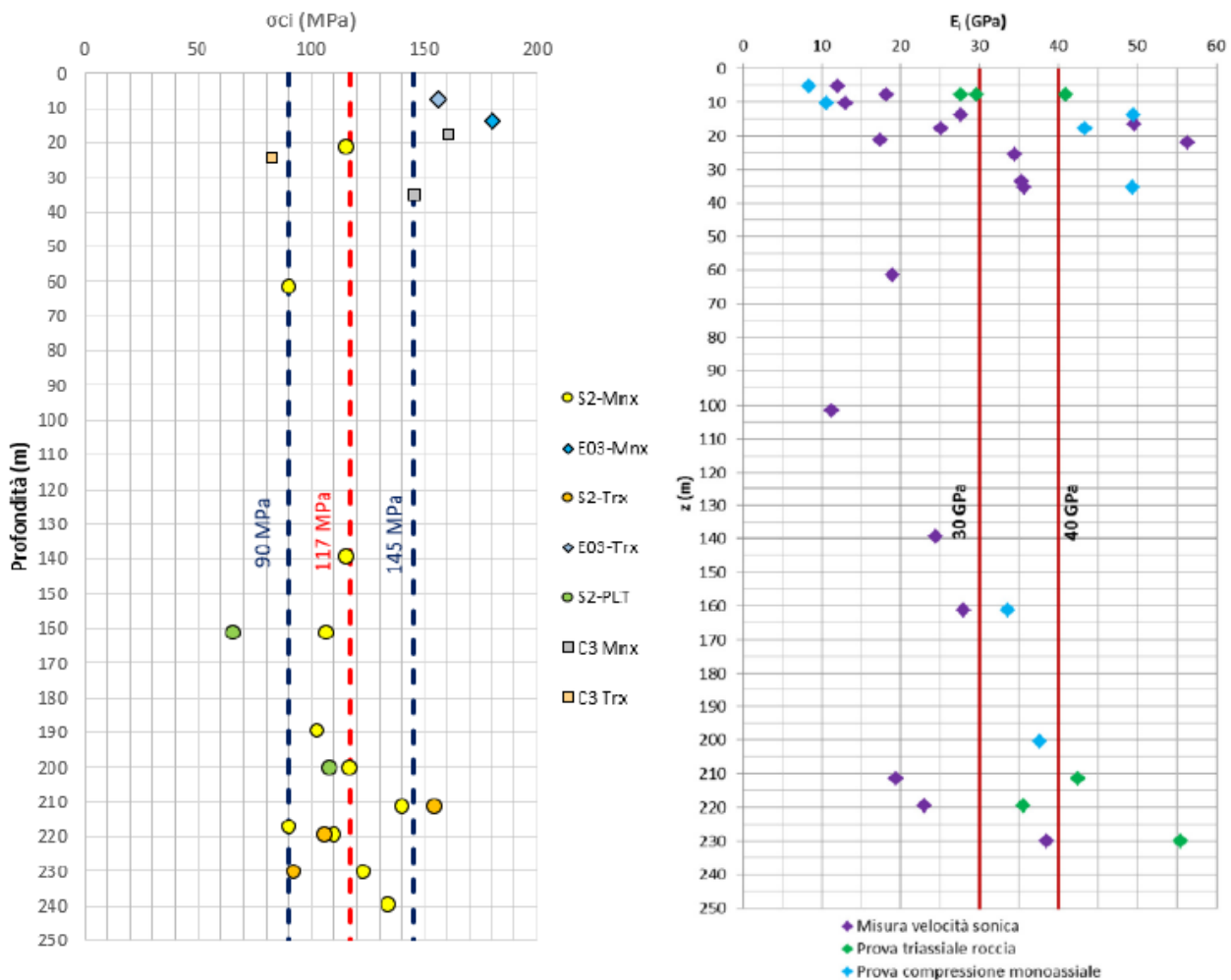


Figura 7-1: Resistenza a compressione monoassiale della matrice litoide del Granito di Bressanone.

Con riferimento al modulo di Young della roccia intatta E_i (ricavabile dalle prove di laboratorio) i valori sono compresi tra 17 GPa e 56 GPa e si ritiene rappresentativo il seguente range di variabilità del modulo elastico della roccia intatta:

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 17 di 355

$$30 \text{ GPa} \leq E_i \leq 40 \text{ GPa}$$

In considerazione del numero di prove a disposizione, per la caratterizzazione della matrice litoide sono stati assunti i seguenti valori:

$$\sigma_{ci} = 110 \text{ MPa}$$

$$E_i = 35 \text{ GPa}$$

$$m_i = 22$$

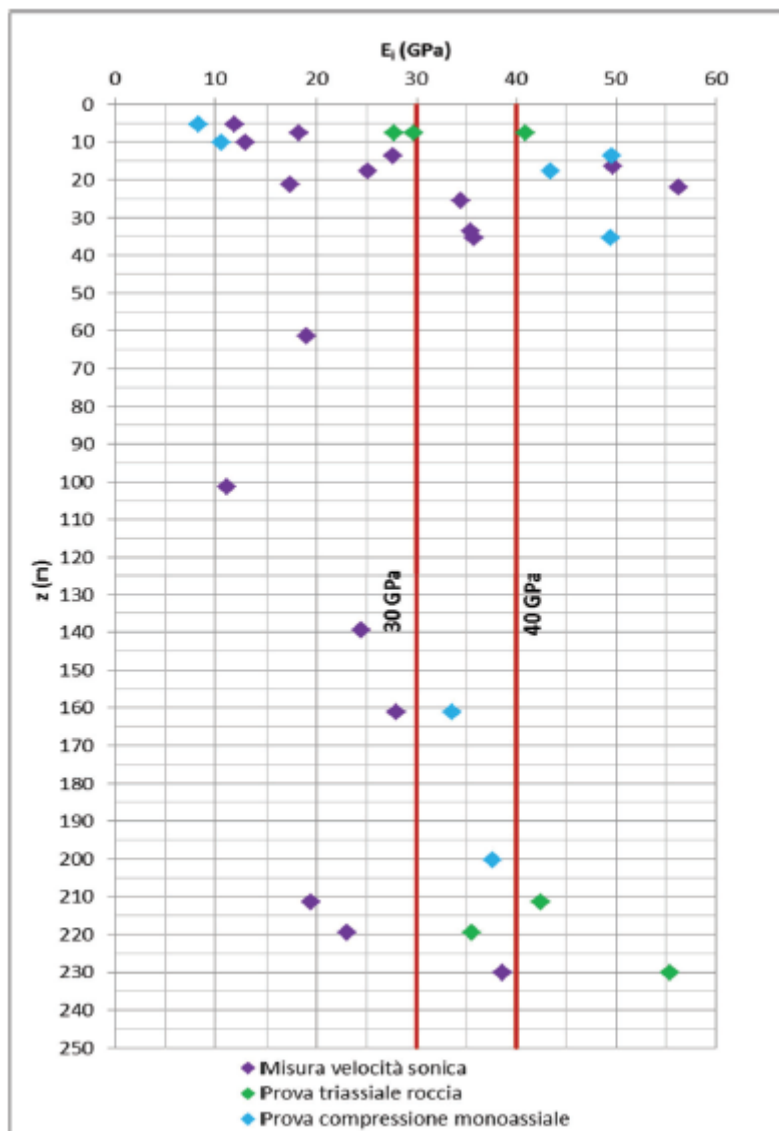


Figura 7-2: Modulo elastico della matrice litoide del Granito di Bressanone.

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 18 di 355

Aureola di Contatto/Cornubianiti – (MPC)

L'Aureola di Contatto è stata intercettata nell'ultima parte del sondaggio V4 nella Galleria Scaleres e interessa il tratto della Finestra di Forch intercettato dal sondaggio S21/4. Le prove di compressione monoassiale a disposizione sono riportate nella seguente tabella:

Sondaggio	z (m)	Compressione Monoassiale	
		σ_{ci} (MPa)	E_i (GPa)
V4	241.2	20.5	-
	284.8	34.7	25.9

Tabella 7-1 – MPC – Risultati delle prove di compressione monoassiale.

I dati dei rilievi integrativi di terreno e l'analisi dei risultati del sondaggio integrativo S12-4 (eseguito lungo il tracciato della Finestra Forch), hanno permesso di verificare che la fascia di cornubianiti massicce, caratterizzate da elevata durezza e abrasività, visibili in affioramento a diretto contatto con il Granito di Bressanone e nelle sue vicinanze, può avere effettivamente uno spessore paragonabile a quello indicato nel profilo geologico di PD. L'estensione dell'"aureola di contatto" del plutone di Bressanone è molto più ampia, ma la natura delle rocce presenta una graduale transizione dalle cornubianiti massicce, a cornubianiti scistose fino a scisti cornubianitici per poi sfumare gradualmente nelle filladi non modificate dal metamorfismo termico. Dal punto di vista geotecnico quindi le rocce di contatto presentano caratteristiche di maggiore durezza e abrasività solo nella fascia più prossima ai graniti.

Sono disponibili due stop geostrutturali eseguiti durante la campagna indagini del 2016. Lo stop 1198 è ubicato in corrispondenza della pk 2+000 circa, dove l'*Aureola di Contatto* si presenta più dura e resistente. Con il martello di Schmidt è stato ricavato il valore della resistenza a compressione uniassiale medio pari a 180 MPa. Il secondo stop, 1192, è ubicato in corrispondenza della pk 15+000 circa. La roccia qui si presenta più fratturata, infatti con il martello di Schmidt è stato ricavato il valore $\sigma_{ci,media} = 87$ MPa.

In considerazione dell'esiguo numero di prove a disposizione, sono stati definiti i seguenti intervalli di valori per la resistenza a compressione e per il modulo elastico della roccia intatta:

$$70 \text{ MPa} \leq \sigma_{ci} \leq 100 \text{ MPa}$$

$$30 \text{ GPa} \leq E_i \leq 40 \text{ GPa}$$

Per la caratterizzazione della matrice litoide dell'*Aureola di Contatto*, sono stati assunti i valori minimi dei range sopra riportati:

$$\sigma_{ci} = 70 \text{ MPa}$$

$$E_i = 30 \text{ GPa}$$

$$m_i = 25$$

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	19 di 355

Basamento Metamorfo Ercinico

Filladi a granato (BSS), Filladi ricche in quarzo (BSSa)

Per la caratterizzazione delle formazioni filladiche appartenenti al Basamento Metamorfo Ercinico sono state esaminate tutte le prove di laboratorio eseguite in corrispondenza delle seguenti unità:

- *Filladi ricche in quarzo – BSSa;*
- *Filladi a granato – BSS;*
- *Filladi – BSSb;*

Sebbene la presente Relazione riguardi le gallerie di linea scavate in tradizionale per Scaleres per le quali la formazione delle Filladi di Bressanone BSSb non è prevista, per la definizione dei parametri geomeccanici sono stati considerate anche i parametri di questa formazione per un più ampio database viste le caratteristiche simili delle formazioni.

Come si evince dalla seguente figura, dal punto di vista geotecnico non emergono differenze significative tra le formazioni BSSa, BSS e BSSb, che quindi sono state accorpate in un'unica unità geotecnica definita **BSS***.

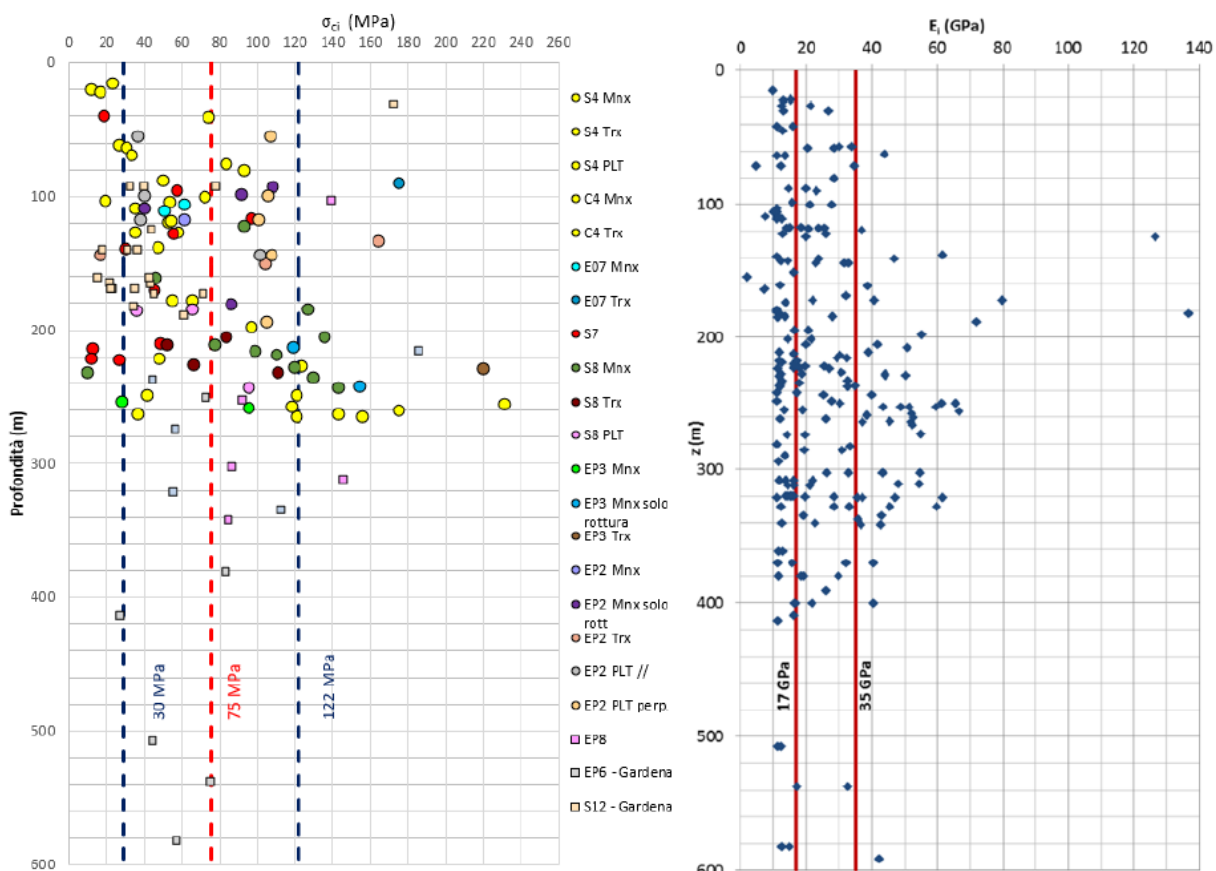


Figura 7-3: Resistenza a compressione della matrice litoide (a sinistra) e modulo elastico (a destra)

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IB0U	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 20 di 355

Il range di variabilità dei parametri geotecnici scelti per l'unità **BSS*** (*BSSa*, *BSS*, *BSSb*), è di seguito riportato:

$$\begin{aligned}
 & \mathbf{BSS^*} && 30 \text{ MPa} \leq \sigma_{ci} \leq 122 \text{ MPa} \\
 & (\mathbf{BSSa}, \mathbf{BSS}, \mathbf{BSSb}) && 17 \text{ GPa} \leq E_i \leq 35 \text{ GPa}
 \end{aligned}$$

Dai grafici si nota una forte dispersione dei valori di resistenza a compressione anche per il diverso metodo con il quale sono stati determinati i valori (prova di resistenza monoassiale, triassiale e PLT).

Per tale motivo, nella scelta del valore rappresentativo della resistenza a compressione si è preferito adottare un valore inferiore a quello medio e prossimo al valore intermedio tra quello medio e la deviazione standard inferiore.

Per tenere conto della maggior percentuale di quarzo presente nelle filladi *BSSa* e in funzione dei range di variabilità sopra riportati, sono stati definiti i seguenti valori caratteristici della matrice litoide da utilizzare nelle analisi:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{BSSa} &&& \sigma_{ci} = 55 \text{ MPa} \\
 &&& E_i = 27 \text{ GPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{BSS/BSSb} &&& \sigma_{ci} = 40 \text{ MPa} \\
 &&& E_i = 22 \text{ GPa}
 \end{aligned}$$

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	21 di 355

7.3.2.2. Caratteristiche meccaniche

La determinazione dei parametri di resistenza e deformabilità dell'ammasso roccioso è stata eseguita a partire dalle caratteristiche della matrice litoide con riferimento al metodo proposto da Hoek e Brown (1988, Rif. [18]) e alla definizione dell'indice GSI (Geological Strength Index method, 1994) come descritto con maggior dettaglio nella relazione [42].

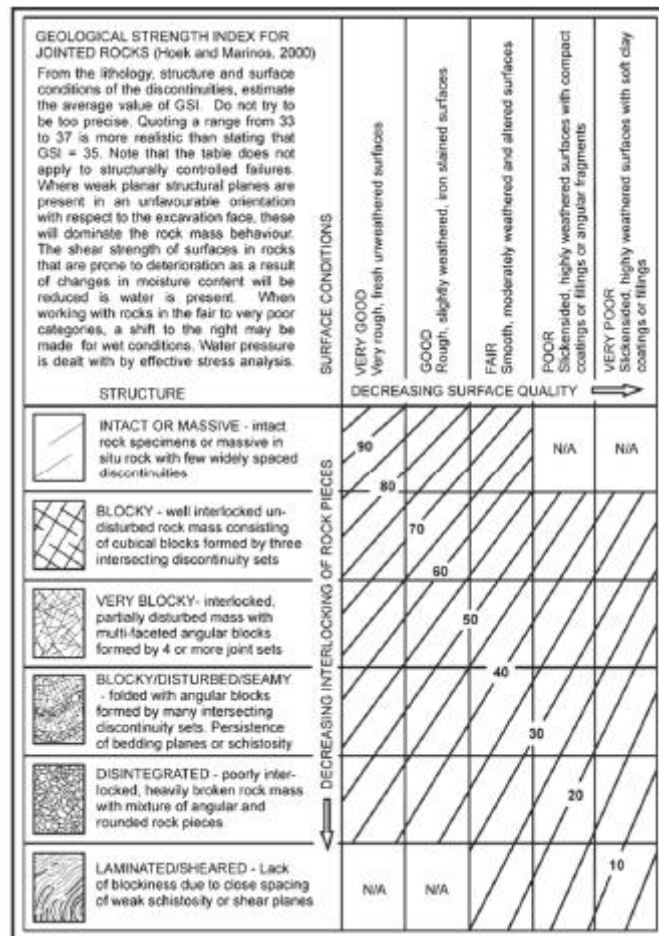


Figura 7-4: Stima dell'indice GSI sulla base della descrizione geologica dell'ammasso (Hoek e Marinos, 2000).

Qualora l'ammasso roccioso abbia un valore del GSI maggiore di 25, è possibile determinare il valore analiticamente (forma indiretta) in funzione dell'indice RMR (Rock Mass Rating Sistem), secondo la relazione:

$$GSI = RMR - 5$$

Il sistema RMR, proposto da Bieniawsky nel 1989, associa a ciascuna caratteristica dell'ammasso roccioso un indice numerico così di seguito definito:

- resistenza a compressione monoassiale della roccia R1;

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	22 di 355

- indice RQD (Rock Quality Designation) R2;
- spaziatura delle discontinuità R3;
- condizioni delle discontinuità R4;
- condizioni idrauliche R5.

La somma algebrica dei valori degli indici parziali fornisce l'indice di qualità dell'ammasso RMR_{base} :

$$RMR_{base} = R1 + R2 + R3 + R4 + R5$$

Le caratteristiche di resistenza dell'ammasso roccioso sono state espresse attraverso il criterio generalizzato proposto da Hoek e Brown (1988) (Rif. [17]), assegnando l'indice m_i in funzione del materiale ed il fattore di disturbo D in relazione alle metodologie realizzative dell'opera e alla natura dell'ammasso.

Il criterio di resistenza dell'ammasso è dato dall'espressione seguente:

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} \cdot \left(m_b \frac{\sigma'_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

$$m_b = m_i \cdot \exp\left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D}\right) \quad s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D}\right) \quad a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(e^{-\frac{GSI}{15}} - e^{-\frac{20}{3}} \right)$$

dove:

σ'_1 è la tensione principale efficace maggiore a rottura;

σ'_3 è la tensione principale efficace minore a rottura;

σ_{ci} è la resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta;

m_b , s , a sono parametri che dipendono dall'indice GSI e dal fattore di disturbo D (variabile tra 0 ed 1).

A partire dal criterio di resistenza non lineare di Hoek e Brown così definito, è possibile calcolare i parametri equivalenti c' e φ' , secondo il criterio di resistenza lineare di Mohr-Coulomb. A tale scopo è necessario stabilire una profondità (dunque una tensione) di riferimento, nell'intorno della quale linearizzare il criterio di resistenza di Hoek e Brown. Anche il modulo elastico dell'ammasso roccioso E_{rm} può essere determinato a partire da quello relativo alla roccia intatta E_i , in funzione dell'indice GSI e del fattore di disturbo D, secondo quanto proposto da Hoek e Diedericks (2006) (Rif. [19]).

Al fine di definire le caratteristiche geomeccaniche e il relativo stato di fratturazione, sono stati analizzati i risultati di numerosi rilievi geostrutturali e, dove necessario, i dati geostrutturali ricavati dai sondaggi condotti nelle campagne di indagine del 2012-2013, del 2017 e 2021-2022 (§7.2) (Rif. [14]). Considerando che il GSI, determinato attraverso i rilievi su carote, è affetto da incertezze e da indeterminazioni e quindi può risultare non rappresentativo e non affidabile per la caratterizzazione dell'ammasso roccioso si è dato maggior peso al GSI determinato da rilievi di superficie.

Tutti i dati raccolti hanno così permesso di caratterizzare l'ammasso investigato nella tratta di interesse e di definire un range di variazioni del Geological Strength Index (GSI) in funzione della profondità e dello stato di fratturazione come riportato in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..** In corrispondenza delle faglie, dei sovrascorrimenti e di tratte intensamente fratturate i valori dell'indice GSI sono stati ridotti in funzione dell'unità e della copertura. Per maggiori dettagli si rimanda al Profilo Geotecnico (Rif. [4] - [11]).

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 23 di 355

Nell'intervallo di valori dei parametri geotecnici definiti sono stati individuati i parametri caratteristici delle diverse formazioni:

Unità	γ (kN/m ³)	σ_{ci} (MPa)	E_i (GPa)	m_i (-)
γ_{bi}	27	110	35	22
δ	27	140	42	25
GDT	27	140	42	25
BDI	25	30	9	7
MPC Scaleres	26	70	30	25
MPC Forch	26	60	40	25
BSSb	27	40	22	7
BSS Forch	27	60	40	7
BSSa	27	55	27	7

Tabella 7-2– Parametri caratteristici – formazioni rocciose Galleria Scaleres.

Di seguito si riportano per ogni Galleria i valori di angolo di attrito, coesione e modulo dell'ammasso roccioso ottenuti mediante la linearizzazione del criterio di Hoek&Brown.

Formazione	copertura (m)	GSI (-)	c' (kPa)	φ' (°)	E (GPa)
γ_{bi}	< 30	40-70	216-1248	60-66	5.6-25.7
γ_{bi}	30-50	60-70	1503-2323	61-63	18.2-25.7
γ_{bi}	fino a 150	60-70	1758-2564	60-61	18.2-25.7
γ_{bi} in faglie		35-45	620-795	43-48	4.0-7.8
		45-60	795-1226	48-54	7.8-18.2
γ_{bi}	150-300	60-70	2436-3248	55-57	18.2-25.7
	300-450	60-70	2839-3669	53-55	18.2-25.7
	450-600	60-70	3570-4449	50-53	18.2-25.7

Formazione	copertura (m)	GSI (-)	c' (kPa)	φ' (°)	E (GPa)
MPC	300-450	55-65	2468-2938	48-51	12.3-19
BSSa	300-450	50-55	1361-1533	35-37	8.3-11.0
BSS	300-450	55-60	1379-1548	34-35	9-11.4
BSS	>450	60-70	1582-2089	35-37	11.4-16.1
BSS	>450	60-70	1654-2166	34-37	11.4-16.1
BSS	450-600	60-70	1692-2206	34-36	11.4-16.1

Tabella 7-3– Parametri ammasso roccioso per la tratta delle gallerie di linea scavate in tradizionale Scaleres.

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	24 di 355

7.3.3 Caratterizzazione geomeccanica delle faglie

In questo capitolo viene riportata l'estratto dell'analisi critica delle faglie individuate lungo la Galleria Scaleres per la tratta in esame. Nelle tabelle seguenti sono riassunte le principali informazioni desunte dallo studio geologico del PE che ha approfondito le informazioni esistenti partendo da quanto ricavabile dallo studio del PD.

n° faglia da profilo geotecnico	copertura (m)	Terreno attraversato	Affidabilità dell'esistenza della faglia	Intersezione della zona di faglia nei sondaggi	Affioramenti della zona di faglia in superficie da Progetto Definitivo	Affioramenti della zona di faglia in superficie da Progetto Esecutivo	GSI
							(-)
1	<30	Granito	certa	-	Dati stop 1187	Verificato presenza canale di deformazione impostato su giunti ad elevata persistenza immergenti a NW di 80° circa	30
2	65	Granito	certa	-	Dati stop 1179	Verificato presenza canale di deformazione	30
3	140	Granito	certa	S2	Dati stop 952 - osservati piani di faglia a spaziatura metrica con alterazione del granito e inclinazione 70° verso Nord	Verificata la presenza di piani di taglio immergenti ad alto angolo verso Nord	35
4	110	Granito	certa	-	Dati stop 947 -948- 949-950 - impluvio coincide con canale di faglia bordato da piani verticali ma senza zona di danneggiamento. Misurati nell'incisione piani di faglia immergenti a N-NE (10/50 - 10/70 - 40/45 - 0/40 - 10/50 - 10/60) spazati di 5-10 m	Verificato presenza canale di deformazione della larghezza alla base fino a 10 m ca.	35
5	160	Granito	incerta	-	Dati stop 945-946 - descritti piani di faglia con giacitura 130/70 e 10/70 che però non sono coerenti con la traccia riportata in carta.	-	35
6	205	Granito	certa	-	Dati stop 944-953 - descritti piani di faglia con giacitura 10/70 coerenti con le tracce riportate in carta. Non vi sono però indicazioni su spessore zone di faglia. In relazione si indica che la tratta tra pk 1+000 e 1+600 è quella maggiormente interessata dal danneggiamento lungo le faglie	-	40-50
7	270	Granito	certa	-	Dati stop 931 lineamento certo con piani di faglia multipli e 954 - descritti piani di faglia con giacitura 0/80 e 315/80 coerenti con le tracce riportate in carta. Non vi sono però indicazioni su spessore zone di faglia (dalle foto stop 931 si evince qualche metro)	-	40
8	405	Granito	incerta	-	Dati stop 933-936-937 genericamente indicata faglia in impluvio (no giaciture)	Confermato fotolineamento e presenza piani di taglio subverticali immergenti a NW	40
9	510	Cornubianiti	fotointerpretata	-	Stop 876 in cui viene indicata genericamente una linea di faglia ma senza giacitura	-	35
10	415	Cornubianiti	incerta	-	Stop 876 in cui viene indicata genericamente una linea di faglia ma senza giacitura	-	35
11	375	Filladi	incerta	-	Stop 877 e 1039, descritto impluvio con faglia	Verificata presenza canale di deformazione lungo incisione rettilinea (pressi ubicazione sondaggio V4 - 2006)	35
12	460	Filladi	incerta	-	-	-	35

Tabella 7-4 – Parametri di faglia per la tratta delle gallerie di linea scavate in tradizionale Scaleres.

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 25 di 355

Per quanto riguarda le faglie nella formazione del Granito di Bressanone si rimanda alla trattazione specifica riportata nel par. 6.2.1 della relazione [42] e alle considerazioni derivanti dal ritorno di esperienza per i limitrofi scavi per la Galleria di base del Brennero contenuti nella relazione [45].

7.3.4 Il regime idraulico

Lo studio idrogeologico ha consentito di definire le principali caratteristiche dell'area e lo schema di deflusso idrico sotterraneo relativo all'opera in oggetto. Il modello idrogeologico così sviluppato è stato quindi integrato con ulteriori dati provenienti dal monitoraggio piezometrico delle strumentazioni appositamente installate nei fori di sondaggio e dalle numerose prove di permeabilità condotte in fase di perforazione.

I depositi quaternari costituiti da alluvioni antiche e recenti, depositi glaciali e fluvioglaciali, depositi detritici gravitativi e depositi colluviali hanno un grado di permeabilità elevato e la permeabilità è di tipo primario, cioè per porosità. Diversamente dai depositi quaternari, gli ammassi rocciosi del substrato presentano una scarsa se non nulla permeabilità di tipo primario, per cui il deflusso idrico sotterraneo è determinato da permeabilità di tipo secondario, la cui entità è strettamente dipendente dal grado di fratturazione e dall'interconnessione dei sistemi di fratture che generano le direttrici principali di flusso.

Per il gruppo delle Filladi (*BSS, BSSa, BSSb, BSSc*), sulla base delle prove di permeabilità in foro, si osserva che il grado di conducibilità idraulica diminuisce con la profondità (il cui campo di variabilità totale è compreso fra valori massimi di $3 \cdot 10^{-6}$ m/s e valori minimi di 10^{-9} m/s).

In Tabella 7-5 sono riportate le cinque classi di permeabilità definite per il presente progetto e i rispettivi range di variabilità della permeabilità (Rif. [14]), mentre nella Tabella 7-6 sono state associate le classi di permeabilità alle diverse unità indagate.

CLASSI DI PERMEABILITA'		RANGE DI PERMEABILITA' (m/s)	
K5	ALTA	$K > 10^{-4}$	Permeabilità primaria (per porosità)
K4	MEDIO ALTA	$10^{-5} < K \leq 10^{-4}$	
K3	MEDIA	$10^{-6} < K \leq 10^{-5}$	Permeabilità secondaria (per fratturazione)
K2	BASSA	$10^{-8} < K \leq 10^{-6}$	
K1	MOLTO BASSA	$K \leq 10^{-8}$	

Tabella 7-5– Classi di permeabilità.

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 26 di 355

CLASSI DI PERMEABILITA'		RANGE DI PERMEABILITA' (m/s)	
Molto Bassa	K1	Dioriti quarzifere di Chiusa	δ
		Granito di Bressanone	γbi
		Granodioriti di tiles	GDT
		Brecce di intrusione	BDI
Bassa	K2	Filladi a granato	BSS
		Filladi ricche in quarzo	$BSSa$
		Filladi	$BSSb$
		Filladi carboniose	$BSSc$
		Aureola metamorfica	MPC
		Porfiroidi	p
		Paragneiss di Laion	PRL
		andesiti	α
Medio - Alta	K4	Depositi alluvionali - deltizi	Dlt, at, ar
		Depositi colluviali	c
		Conoidi di detrito	Cd
		Conoide fluviale	Cf
		Detrito di versante	D
		Deposito fluvioglaciali	Df
Alta	K5	Accumulo di frana	f
		Depositi antropici	h

Tabella 7-6– Attribuzione delle unità geologiche alle classi di permeabilità.

Le permeabilità dei diversi litotipi sono riportate nella tabella seguente:

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	27 di 355

	Complesso	Litotipi	K (m/s) per classi di copertura			
			0-50 m	50-100 m	100-400 m	400-800 m
Ammasso	CFL	Filladi	5,0E-07	1,0E-07	5,0E-08	1,0E-08
	CGC	Graniti/Dioriti/Corn.Mass	1,0E-06	5,0E-07	2,5E-07	5,0E-08
	CPG	Porfiroidi (P)/Andesiti	5,0E-07	5,0E-07	1,0E-07	2,5E-08
	CGN	Paragneiss (PRL)	5,0E-07	5,0E-07	2,5E-07	5,0E-08
Faglie	CFL	Faglie Filladi	1,0E-06	5,0E-06	1,0E-07	5,0E-08
	CGC	Faglie Granito	2,5E-06	1,0E-06	5,0E-07	2,5E-07
	CPG	Faglie Paragneiss	1,0E-06	1,0E-06	7,5E-07	1,0E-07
	CGN	Faglie Porfiroidi	1,0E-06	1,0E-06	5,0E-07	7,5E-08
	CGL, CAL, CDR	Dep. Alluv/Glaciali/Detritici	1,0E-04			

Tabella 7-7– Permeabilità dei litotipi- Galleria Scaleres

Per le zone di faglia e le fasce tettonizzate la permeabilità è maggiore rispetto a quella prevista per l'ammasso roccioso in Tabella 7-7.

Sul profilo geotecnico è riportata l'attribuzione degli intervalli di permeabilità sopra definiti (Rif. [4] e [11]).

La stima delle possibili interferenze dell'opera in progetto sulle risorse idriche è stata effettuata utilizzando l'indice DHI Drawdon Hazard Index (Rif. [14]). L'indice DHI prevede la modellazione dell'ammasso roccioso come mezzo poroso equivalente; inoltre l'effetto della galleria è simulato senza considerare eventuali interventi di mitigazione delle venute d'acqua in galleria (es. impermeabilizzazione al contorno del cavo). Tali ipotesi definiscono uno scenario conservativo rispetto alla previsione della possibile interferenza con le sorgenti e con i pozzi. La definizione delle classi di rischio è riportata in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**

Range DHI	Classe di Rischio
< 0.1	Nulla
0.1 ÷ 0.2	Basso
0.2 ÷ 0.3	Medio
> 0.3	Alto

Tabella 7-8– Classi di rischio DHI.

I risultati della valutazione dell'impatto sulle sorgenti/pozzi dimostra che il 90% dei punti ricade entro le classi di rischio basso e nullo, mentre il 10% ricade nelle classi di rischio medio e alto (7% e 3% rispettivamente). Si rimanda agli elaborati specialistici per l'identificazione e l'ubicazione delle sorgenti a rischio (Rif. [14]).

È stata inoltre condotta una stima qualitativa dell'impatto da parte dello scavo sull'idrografia superficiale, prendendo in considerazione i possibili scambi tra i corsi d'acqua e i sistemi di flusso sotterranei, attraverso

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		
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	28 di 355

i principali sistemi di fratturazione presenti nell'area. I risultati di tale studio dimostrano che per tutti i torrenti il rischio stimato è medio alto. Si rimanda agli elaborati specialistici per l'identificazione e l'ubicazione dei corsi d'acqua a rischio (Rif. [14]).

Lo studio idrogeologico ha condotto, inoltre, alla stima degli afflussi d'acqua attesi in galleria in fase di scavo (regime transitorio). Le stime sono state condotte nell'ipotesi che il contorno dello scavo sia perfettamente drenante, quindi senza tener conto di interventi di consolidamento o dei sistemi di impermeabilizzazione. L'ammasso roccioso è stato modellato come mezzo poroso equivalente. La portata in galleria è definita con riferimento ad una tratta di 10 m di lunghezza, assumendo che le caratteristiche idrogeologiche siano omogenee e che lo scavo avvenga istantaneamente, senza produrre perturbazioni al regime idraulico nelle tratte adiacenti. Con tali ipotesi conservative, si massimizzano le portate d'acqua stimate, definite portate massime transitorie (Rif. [14]). Sono state quindi definite sei classi di portata massima transitoria riferite ad una tratta di 10 m di lunghezza:

- 1. $q = 0 \div 0.2$ l/s/10m
- 2. $q = 0.2 \div 0.4$ l/s/10m
- 3. $q = 0.4 \div 2$ l/s/10m
- 4. $q = 2 \div 10$ l/s/10m
- 5. $q = 10 \div 20$ l/s/10m
- 6. $q > 20$ l/s/10m

7.3.5 Lo stato tensionale in sito

Lo stato tensionale in sito è stato stimato sulla base dei risultati delle prove di fratturazione idraulica eseguite all'interno dei fori di sondaggio realizzati nelle campagne di indagine del 2008 e del 2013.

Le prove eseguite per la Galleria Scaleres mostrano che il coefficiente K_0 assume valori generalmente compresi tra 0.7 e 1.2; ad eccezione delle prove eseguite nei sondaggi EP10 e EP11, tra le pk 9+000 e 10+000 della Galleria Scaleres, tratta non oggetto della presente relazione, che mostrano valori più elevati, mediamente compresi tra 1.5 e 2.5.

Sulla base di quanto indicato nella relazione [42], il valore di K_0 , in analogia anche al PD, è stato assunto pari a 0.9.

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		
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	29 di 355

8. 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 (Rif. [15]), 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.

8.1 CLASSI DI COMPORTAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO

Secondo l'approccio ADECO-RS (Rif. [15]) 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 di 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 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 residui. La risposta

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		
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	30 di 355

tensio-deformativa può essere opportunamente controllata con adeguati interventi di preconsolidamento del fronte e/o di consolidamento a contorno del cavo. In tal modo si fornisce l'opportuno contenimento all'ammasso perché mantenga un compartimento 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.

8.2 DETERMINAZIONE DELLE CATEGORIE DI COMPORTAMENTO

La valutazione del comportamento deformativo del fronte è stata condotta utilizzando il metodo delle curve caratteristiche.

Le analisi nella fase di diagnosi sono state condotte con riferimento ai valori caratteristici dei parametri geotecnici e delle azioni.

8.2.1 Analisi con il metodo delle linee caratteristiche

8.2.1.1. Metodo di analisi

Il metodo delle linee caratteristiche (o convergenza-confinamento) è un metodo di calcolo che consente l'analisi 3D semplificata dello scavo di gallerie in relazione alle proprietà meccaniche dell'ammasso attraversato, alle caratteristiche geometriche dell'opera, agli interventi previsti di precontenimento e contenimento e all'installazione dei rivestimenti provvisori e definitivi.

Il comportamento delle strutture di rivestimento e dell'ammasso vengono studiati separatamente: la curva caratteristica del cavo (o curva di convergenza) rappresenta l'evoluzione della convergenza radiale del cavo al diminuire della tensione radiale agente sul contorno del profilo di scavo, espressa in funzione del tasso di deconfinamento λ con cui viene simulato l'effetto dello scavo in avanzamento; la curva caratteristica dei sostegni (o curva di confinamento) rappresenta l'evoluzione della loro convergenza radiale al crescere della pressione radiale agente sugli stessi. L'intersezione tra la curva di convergenza e la curva di confinamento individua il punto di equilibrio rappresentativo dello stato finale della galleria rivestita.

Le ipotesi alla base del metodo sono le seguenti:

- simmetria cilindrica e stato piano di deformazione;
- ammasso omogeneo ed isotropo;
- stato tensionale iniziale isotropo.

L'ideale campo di applicazione è pertanto costituito da gallerie profonde a sezione circolare.

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	31 di 355

Le analisi contenute in questo documento sono state svolte mediante implementazione delle soluzioni analitiche disponibili in Excel. Nello specifico, per l'ammasso si utilizza un modello costitutivo elasto-plastico perfetto, con criterio di resistenza di Mohr-Coulomb, ottenuto linearizzando il criterio di resistenza di Hoek-Brown nell'opportuno intervallo tensionale (Hoek & Brown, 1997) (Rif. [20]). Per il calcolo della curva caratteristica del fronte si utilizzano le soluzioni analitiche per cavità sferiche. In tutti i casi si sono considerate condizioni asciutte.

Per le analisi di seguito riportate, relative alla fase di diagnosi, e finalizzate quindi alla sola valutazione del comportamento deformativo dell'ammasso per la determinazione della categoria di comportamento, non viene presa in considerazione l'interazione con i sostegni, per cui la soluzione del problema è ridotta alla valutazione della sola curva caratteristica del cavo e della curva caratteristica del fronte in assenza di interventi.

8.2.1.2. Sezioni analizzate

Sulla base dei risultati della caratterizzazione geotecnica di cui al precedente paragrafo, in funzione delle condizioni idrauliche previste e della distribuzione delle diverse classi di copertura lungo il tracciato, sono state definite delle tratte omogenee, come sintetizzato nel Profilo Geotecnico (Rif. [4]-[11]). Per ognuna di esse è stata considerata una sezione di analisi, così come sintetizzato nella tabella seguente, corrispondente alla progressiva di maggiore copertura all'interno della tratta omogenea e ai parametri geotecnici più scadenti.

Sezione di calcolo	Unità	pk [km]	H [m]	A _{scavo} [m ²]	R _{eq} [m]	S _m [MPa]	γ [kN/m ³]	c' _k [MPa]	Φ' _k [°]	E _k [MPa]
1	γbi	0+600	20	77,9	4,98	0,54	27	0,484	60,0	7828
2	γbi (1)	0+625	35	77,9	4,98	0,95	27	0,284	60,0	7828
3	γbi	0+775	75	73,7	4,84	2,03	27	1,369	60,0	18200
4	γbi (2)	0+829	75	77,9	4,98	2,03	27	0,795	48,0	7828
5	γbi	1+131	140	73,7	4,84	3,78	27	1,708	59,8	18200
6	γbi (3)	1+198	145	77,9	4,98	3,92	27	0,900	51,0	7828
7	γbi	1+201	145	73,7	4,84	3,92	27	1,733	59,6	18200
8	γbi (4)	1+235	145	77,9	4,98	3,92	27	0,620	43,0	3969
9	γbi	1+393	155	73,7	4,84	4,19	27	1,782	59,2	18200
10	γbi (5)	1+395	165	77,9	4,98	4,46	27	0,837	48,0	7828
11	γbi	1+464	190	73,7	4,84	5,13	27	1,949	58,0	18200
12	γbi (6)	1+583	210	77,9	4,98	5,67	27	0,966	46,0	7800
13	γbi	1+828	275	73,7	4,84	7,43	27	2,330	55,7	18200
14	γbi (7)	1+843	275	78,1	4,98	7,43	27	0,900	41,0	3969
15	γbi	2+169	400	73,7	4,84	10,80	27	2,839	53,3	18200
16	γbi (8)	2+228	420	78,1	4,98	11,34	27	1,163	36,0	4000
17	γbi	2+624	625	73,7	4,84	16,88	27	3,570	50,0	18200

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				
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 32 di 355	

Sezione di calcolo	Unità	pk [km]	H [m]	A _{scavo} [m ²]	R _{eq} [m]	S _m [MPa]	γ [kN/m ³]	c' _k [MPa]	φ' _k [°]	E _k [MPa]
18	γbi (9)	3+000	520	85,9	5,23	14,04	27	1,540	36,5	6000
19	MPC	3+013	500	77,9	4,98	13,00	26	2,468	48,0	12300
20	MPC (10)	3+140	425	85,9	5,23	11,05	26	1,602	44,0	3402
21	BSSa	3+234	400	80,4	5,06	10,80	27	1,361	35,0	4000
22	BSS (11)	3+313	390	92,2	5,42	10,53	27	0,950	31,0	3100
23	BSS	3+335	430	80,4	5,06	11,61	27	1,416	34,5	11440
24	BSS (12)	3+606	490	102,2	5,70	13,23	27	0,966	27,0	2494
25	BSS	3+780	513	77,9	4,98	13,85	27	1,910	35,5	11440
26	BSS	3+780	513	81,9	5,11	13,85	27	1,671	34,0	11440

H: profondità dell'asse della galleria

S_m : tensione media litostatica alla profondità dell'asse della galleria

A_{scavo}: area di scavo

R_{eq}: raggio di scavo equivalente

γ: peso dell'unità di volume dell'ammasso

c'_k: valore caratteristico della coesione efficace dell'ammasso

φ'_k: valore caratteristico dell'angolo di attrito dell'ammasso

E_k: valore caratteristico del modulo elastico dell'ammasso

Tabella 8-1 – Dati di input delle sezioni analizzate con il metodo delle curve caratteristiche

8.2.1.3. Risultati delle analisi

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

- confronto tra la resistenza a compressione monoassiale dell'ammasso $\sigma_c = (2c' \cos\varphi') / (1 - \sin\varphi')$ la pressione critica al fronte $p_c = (3S_m - 2\sigma_c) / (1 + 2K_p)$, con K_p coefficiente di spinta passiva, che individua il passaggio da 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:

σ_c / p_c	Classe di comportamento
≥ 1.2	A
< 1.2 e ≥ 0.8	A / B
< 0.8 e ≥ 0.2	B / C
< 0.2	C

$\sigma_c = (2c' \cos\varphi') / (1 - \sin\varphi')$: resistenza a compressione uniassiale dell'ammasso.

$p_c = (3S_m - 2\sigma_c) / (1 + 2K_p)$: pressione critica al 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:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	33 di 355

Tabella 8-2– Criterio 1.

u_F/R_{eq}	R_{pF}/R_{eq}	Classe di comportamento
$\leq 0.2 \%$	≤ 1.1	A
$> 0.2 \%$ e $\leq 0.5 \%$	> 1.1 e ≤ 1.5	B
$> 0.5 \%$	> 1.5	C
u_F : convergenza radiale al fronte R_{pF} : raggio plastico al fronte R_{eq} : raggio di scavo equivalente della galleria		

Tabella 8-3– 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 alle condizioni idrauliche al contorno, in relazione ad eventuali variabilità attese lungo il tracciato della galleria e alle possibili conseguenze per comportamenti imprevisti, è stata definita la categoria di comportamento del fronte di scavo da cui deriva l'individuazione degli eventuali necessari interventi di precontenimento e contenimento.

I risultati delle analisi sono rappresentati nelle figure seguenti e sono riassunti nella tabella seguente (Tabella 8-4). Per maggior completezza la tabella riporta anche la convergenza radiale (u_∞) e il raggio plastico (R_p) finali in assenza di sostegno.

L'osservazione dei risultati riassunti nella Tabella 8-4 permette di trarre le seguenti conclusioni:

- le zone omogenee relative alle sezioni di calcolo 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 19, 21, 23, 24, 26 presentano una condizione di stabilità a lungo termine del nucleo-fronte, che giustifica l'utilizzo prevalente di una sezione di scavo di tipo A;
- le zone omogenee relative alle sezioni di calcolo 18 e 20 presentano un comportamento che tende a una condizione di stabilità a breve termine del nucleo-fronte, giustificando l'utilizzo prevalente di una sezione di avanzamento di tipo B;
- le zone omogenee relative alle sezioni di calcolo 22 e 25 presentano un comportamento che tende a una condizione di instabilità del nucleo-fronte, giustificando l'utilizzo prevalente di una sezione di avanzamento di tipo C.

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					
GALLERIE	Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	
		IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	34 di 355	

Sezione Calcolo	σ_c [MPa]	p_c [MPa]	σ_c/p_c [-]	u_F [mm]	u_F/R_{eq} [%]	R_{pF} [m]	R_{pF}/R_{eq} [-]	u_∞ [mm]	R_p [m]	Criterio		
										1	2.1	2.2
1	3,61	<0	-	0,17	0,00	4,76	0,96	0,34	4,56	-	A	A
2	2,12	<0	-	0,30	0,01	4,91	0,99	0,60	4,56	-	A	A
3	10,22	<0	-	0,27	0,01	4,66	0,96	0,54	4,44	-	A	A
4	4,14	<0	-	0,64	0,01	4,88	0,98	1,29	4,35	-	A	A
5	12,66	<0	-	0,50	0,01	4,71	0,97	1,01	4,43	-	A	A
6	5,08	0,09	54,56	1,31	0,03	5,02	1,01	2,59	4,51	A	A	A
7	12,76	<0	-	0,52	0,01	4,72	0,97	1,04	4,43	-	A	A
8	2,85	0,52	5,47	3,70	0,07	5,33	1,07	6,39	4,67	A	A	A
9	12,95	<0	-	0,56	0,01	4,72	0,98	1,11	4,42	-	A	A
10	4,36	0,32	13,69	1,71	0,03	5,13	1,03	3,17	4,57	A	A	A
11	13,61	<0	-	0,68	0,01	4,74	0,98	1,36	4,40	-	A	A
12	4,78	0,56	8,51	2,40	0,05	5,21	1,05	4,31	4,61	A	A	A
13	15,12	<0	-	0,99	0,02	4,78	0,99	1,98	4,36	-	A	A
14	3,950	1,35	2,92	8,85	0,18	5,56	1,12	14,64	4,85	A	A	B
15	17,10	<0	-	1,44	0,03	4,74	1,00	2,90	4,37	-	A	A
16	4,57	2,86	1,60	19,07	0,38	5,97	1,20	29,96	5,97	A	B	B
17	19,62	0,71	27,72	2,47	0,05	4,92	1,02	4,77	4,92	A	A	A
18	6,11	3,37	1,81	15,39	0,29	6,16	1,18	24,20	6,16	A	B	B
19	12,86	0,91	14,11	3,15	0,06	5,13	1,03	5,87	5,13	A	A	A
20	7,55	1,49	5,06	13,02	0,25	5,61	1,07	22,45	5,61	A	B	A
21	5,23	2,62	2,00	16,80	0,33	5,93	1,17	26,05	5,93	A	B	B
22	3,36	3,43	0,98	37,50	0,69	7,11	1,31	56,60	7,11	B	C	B
23	5,38	2,93	1,84	6,66	0,13	5,99	1,18	10,26	5,99	A	A	B
24	3,15	5,28	0,60	101,67	1,78	8,51	1,49	154,08	8,51	B/C	C	B
25	7,42	3,13	2,37	6,76	0,14	5,73	1,15	10,58	5,73	A	A	B
26	6,29	3,59	1,75	8,29	0,16	6,09	1,19	12,71	6,09	A	A	B

$\sigma_c = (2c \cos\varphi)/(1 - \sin\varphi)$: resistenza a compressione monoassiale dell'ammasso (parametri di picco)

$p_c = (3\sigma_0 - 2\sigma_c)/(1 + 2 K_p)$: pressione critica al fronte (con K_p coefficiente di spinta passiva)

u_F : convergenza al fronte (soluzione cavità sferica)

R_{pF} : raggio plastico al fronte (soluzione cavità sferica)

u_∞ : convergenza finale del cavo

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				
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 35 di 355	

Sezione Calcolo	σ_c [MPa]	p_c [MPa]	σ_c/p_c [-]	u_F [mm]	u_F/R_{eq} [%]	R_{pF} [m]	R_{pF}/R_{eq} [-]	u_∞ [mm]	R_p [m]	Criterio		
										1	2.1	2.2
R_p : raggio plastico finale al contorno del cavo R_{eq} : raggio di scavo equivalente della galleria												

Tabella 8-4– Sezioni analizzate con il metodo delle linee caratteristiche: risultati delle analisi.

La classificazione del comportamento degli ammassi sulla base del metodo ADECO-RS ha consentito verificare le seguenti condizioni:

- Classe A, nucleo-fronte stabile: tutti gli ammassi in esame comprese le faglie all'interno dei graniti di Bressanone ad eccezione delle faglie 9 – 12 come indicato nel seguito.
- Classe B, nucleo-fronte stabile a breve termine: Faglia 9 e 10 all'interno MPC – lunghezza tratta su singola canna ca. 40 m
- Classe C, nucleo-fronte instabile Faglia 11 e 12 all'interno BSS estensione ca. 50 m con probabilità certa e ca 56m con previsione incerta su singola canna. In questo settore è previsto anche rischio squeezing alto secondo la classificazione di Hoek-Marinos.

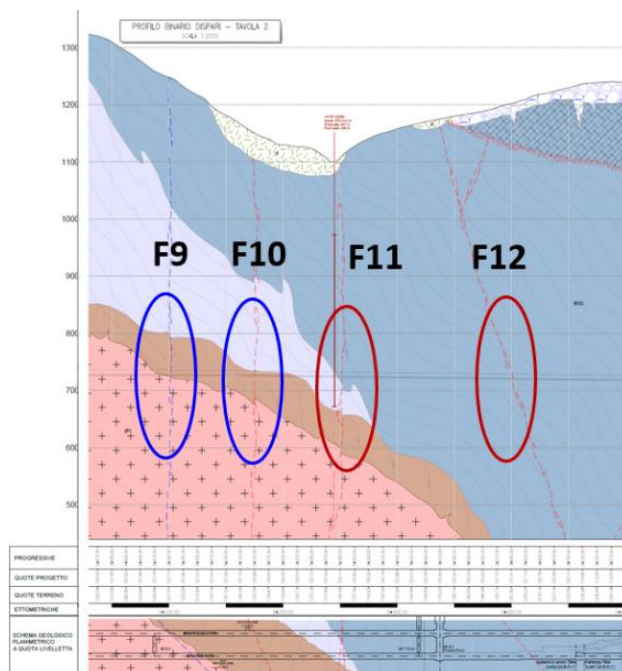


Figura 8-1: Estratto del profilo geomeccanico con indicazione delle zone di faglia dove è atteso un comportamento B/C secondo il metodo ADECO-RS.

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 36 di 355

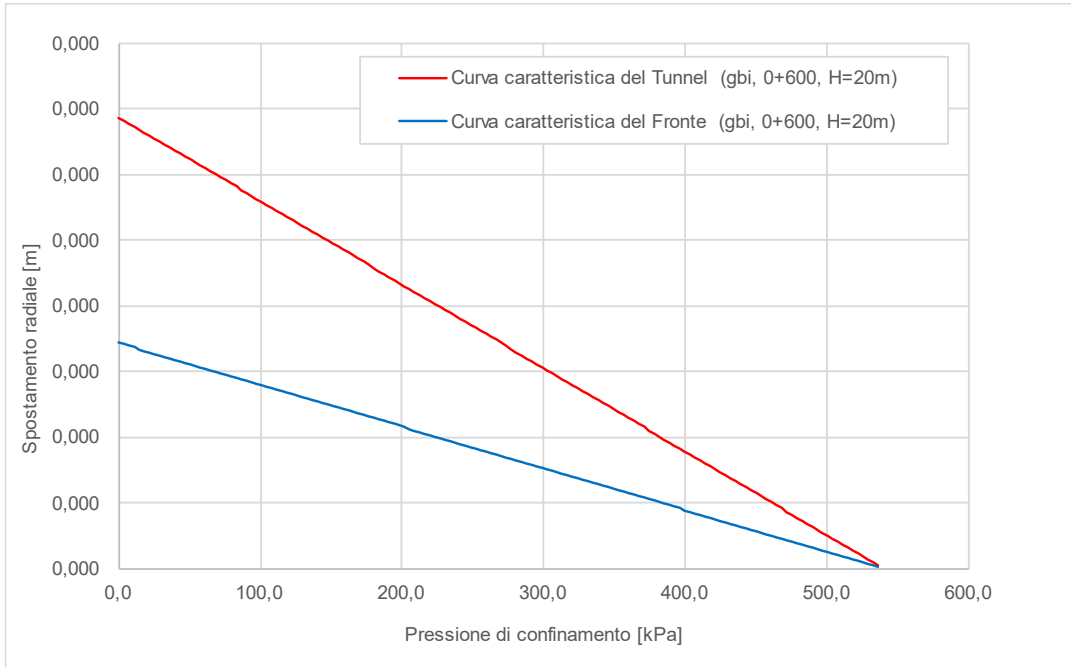


Figura 8-2: Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione di calcolo 1

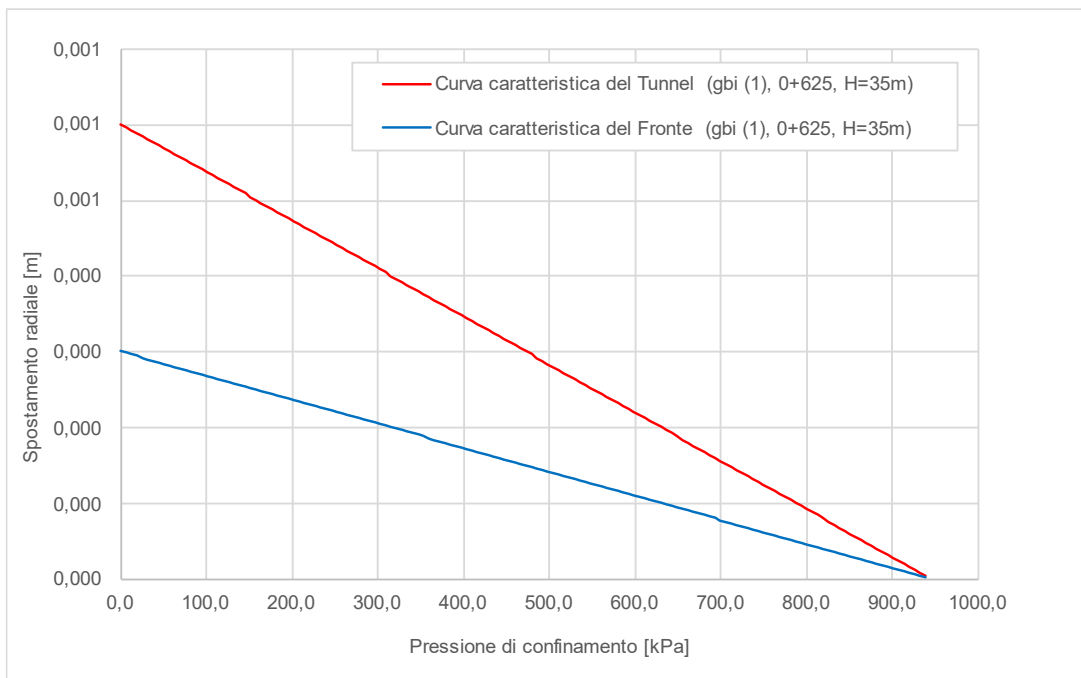


Figura 8-3: Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione di calcolo 2

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 37 di 355

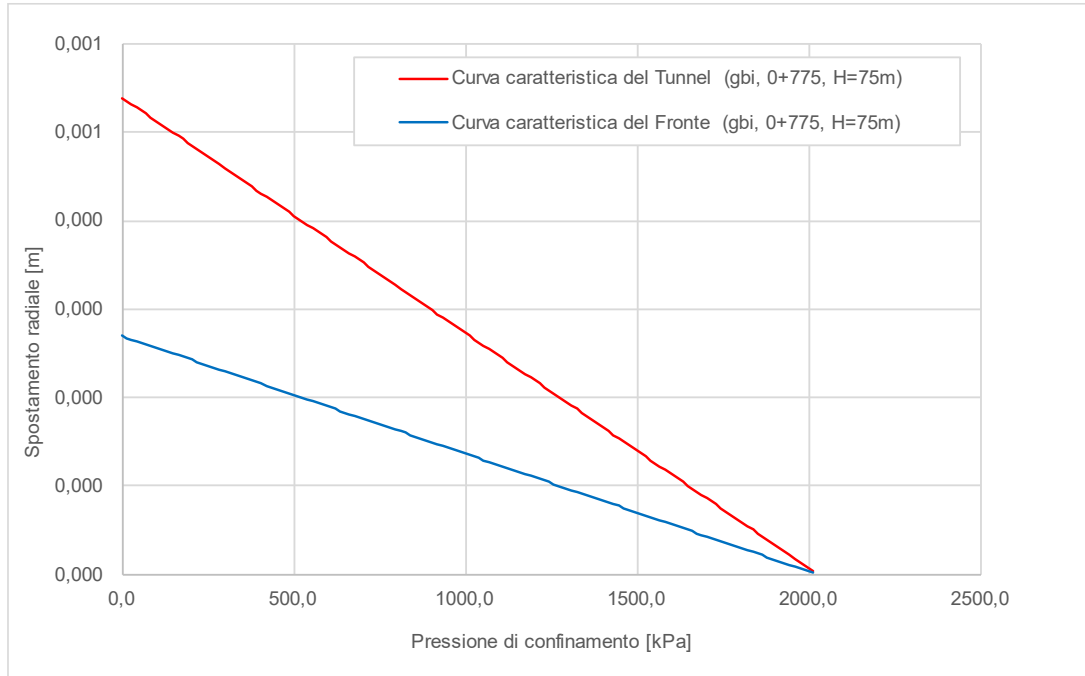


Figura 8-4: Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione di calcolo 3

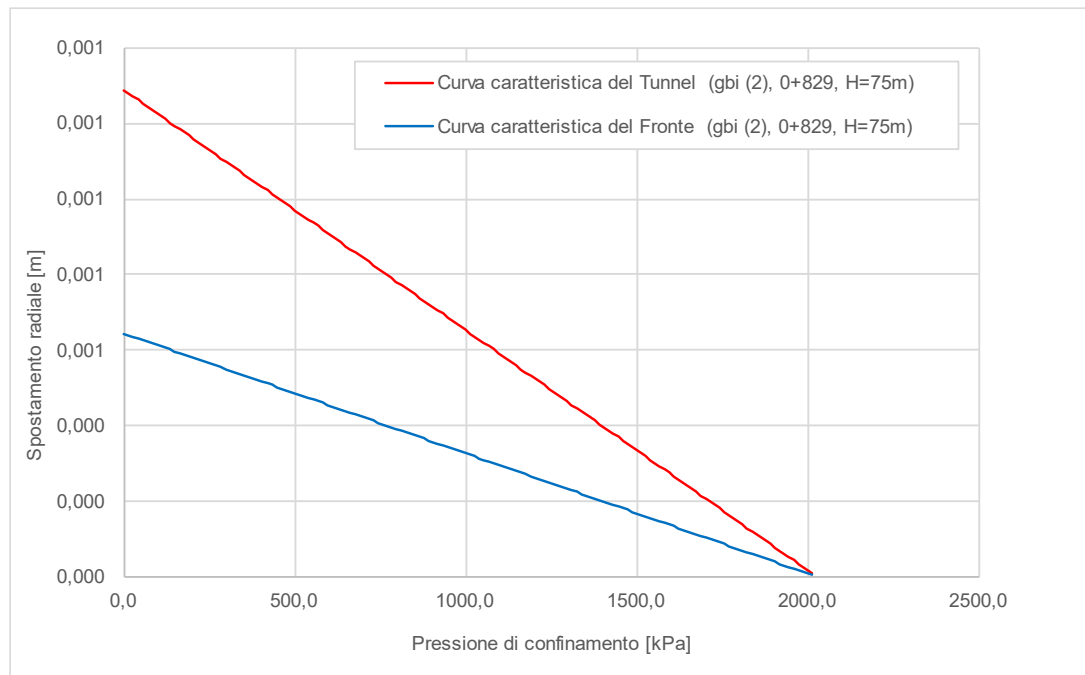


Figura 8-5: Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione di calcolo 4

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO 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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 38 di 355

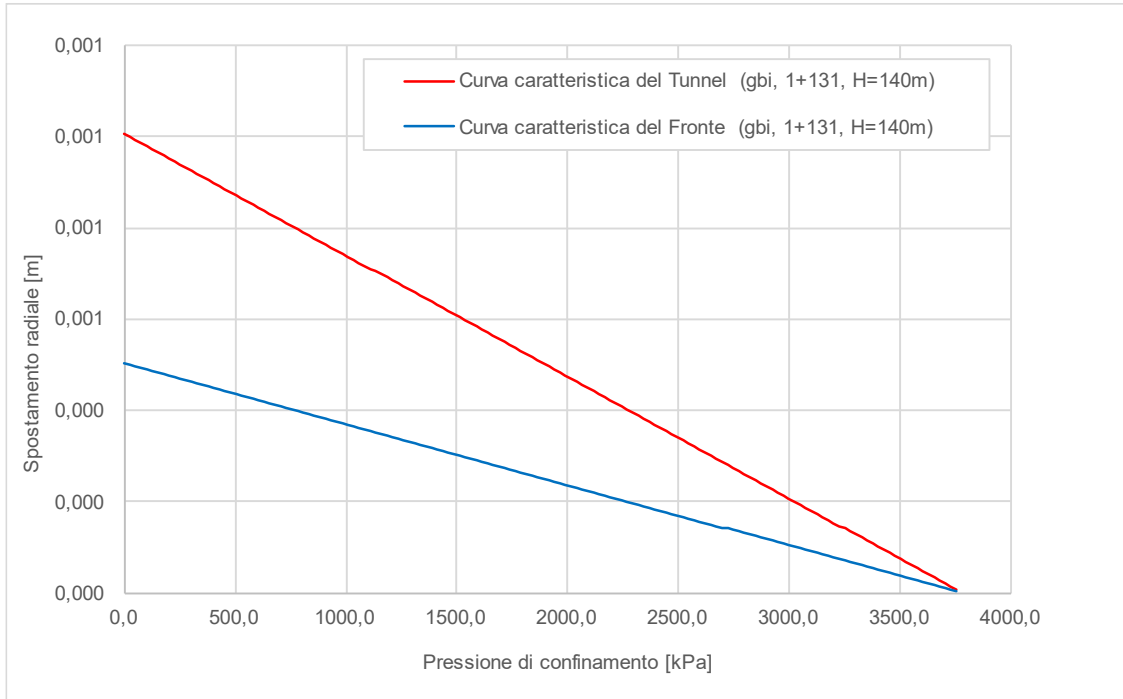


Figura 8-6: Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione di calcolo 5

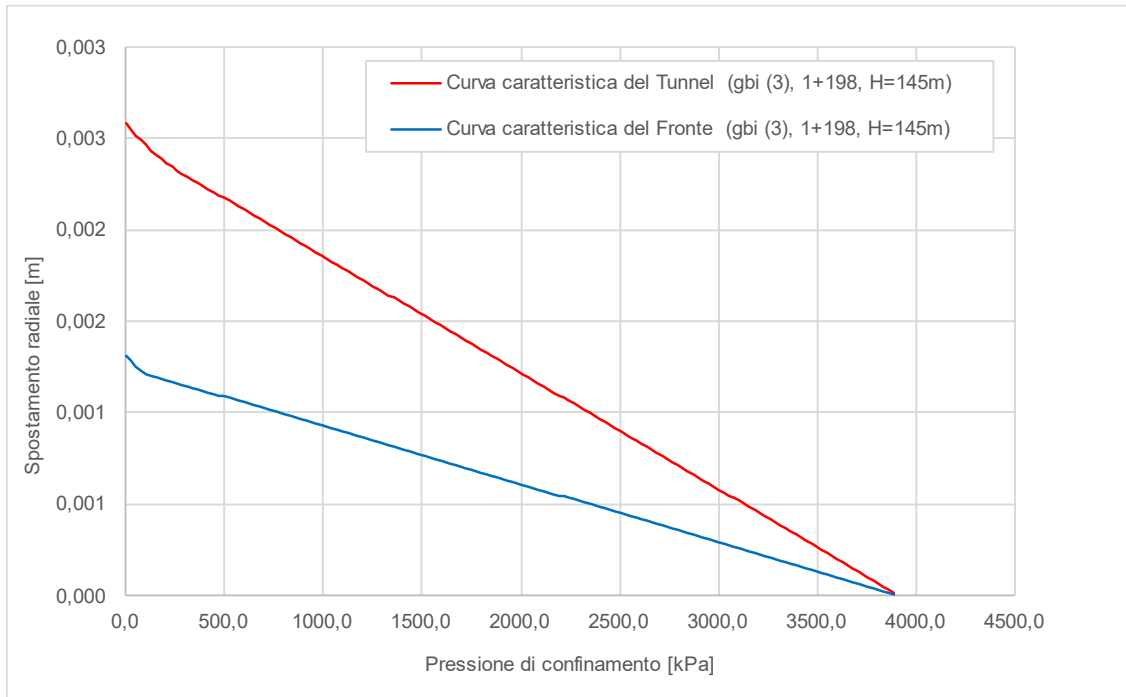


Figura 8-7: Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione di calcolo 6

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 39 di 355

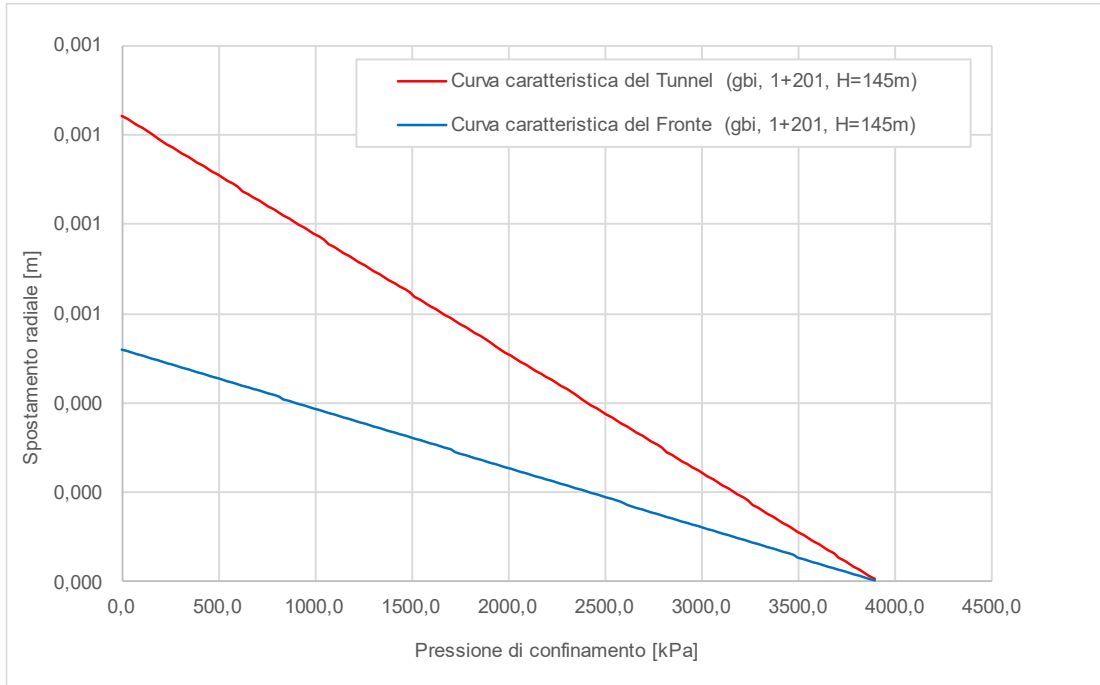


Figura 8-8: Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione di calcolo 7

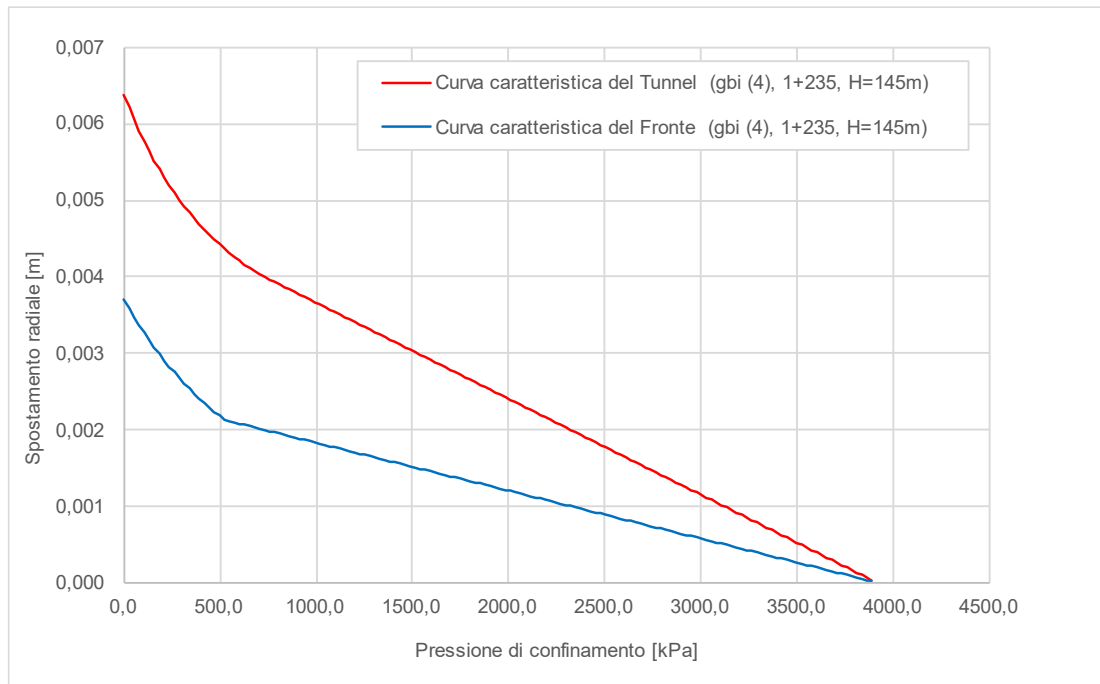


Figura 8-9: Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione di calcolo 8

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 40 di 355

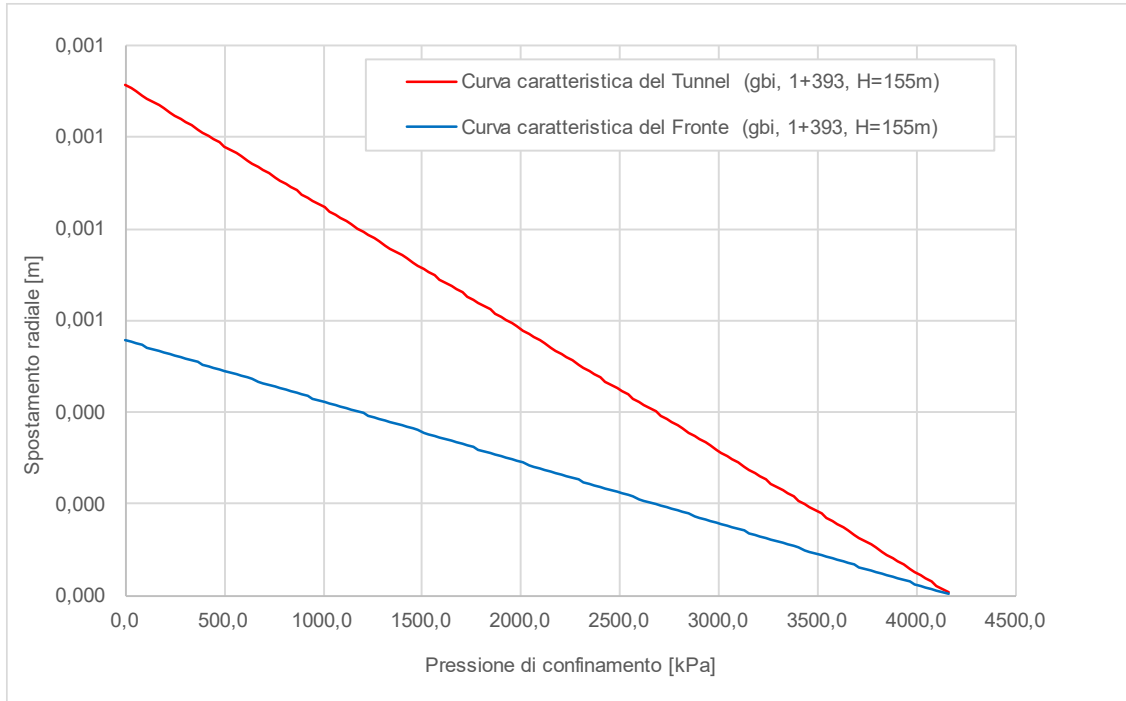


Figura 8-10: Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione di calcolo 9

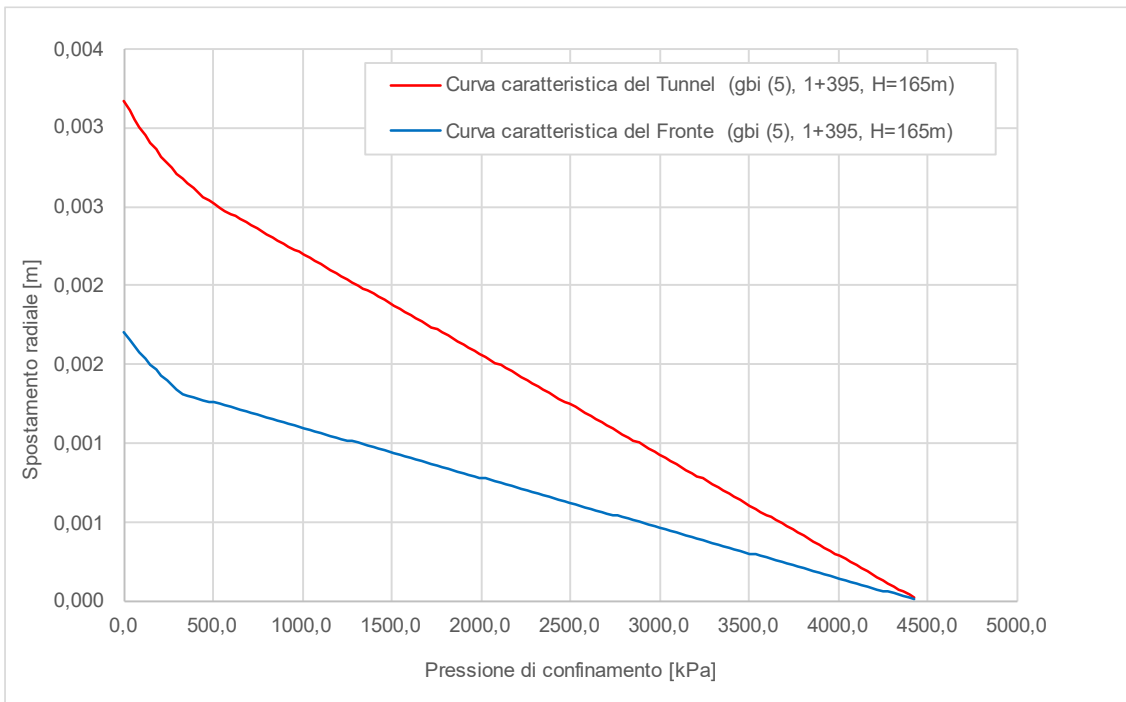


Figura 8-11: Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione di calcolo 10

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 41 di 355

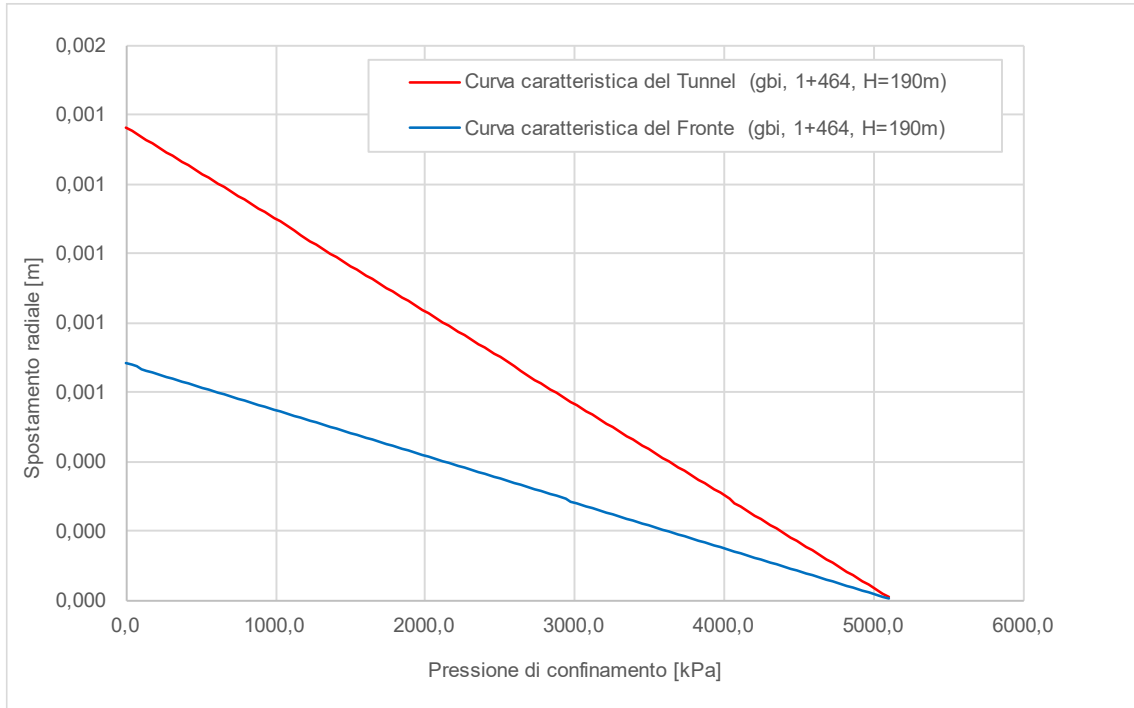


Figura 8-12: Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione di calcolo 11

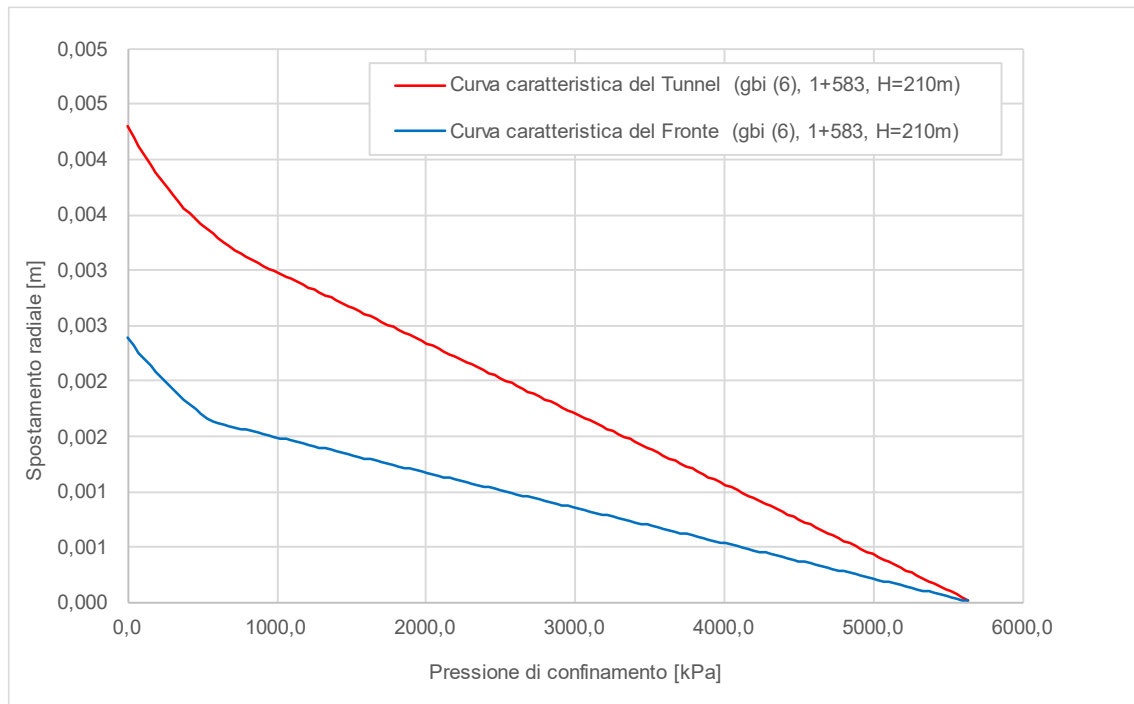


Figura 8-13: Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione di calcolo 12

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO 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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 42 di 355

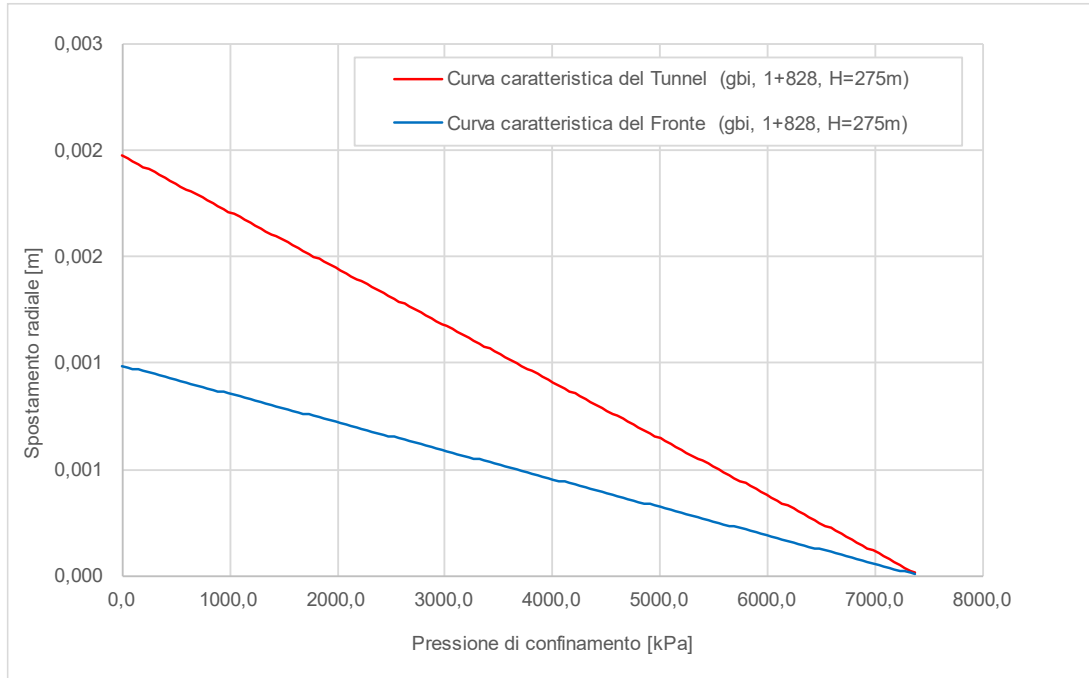


Figura 8-14: Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione di calcolo 13

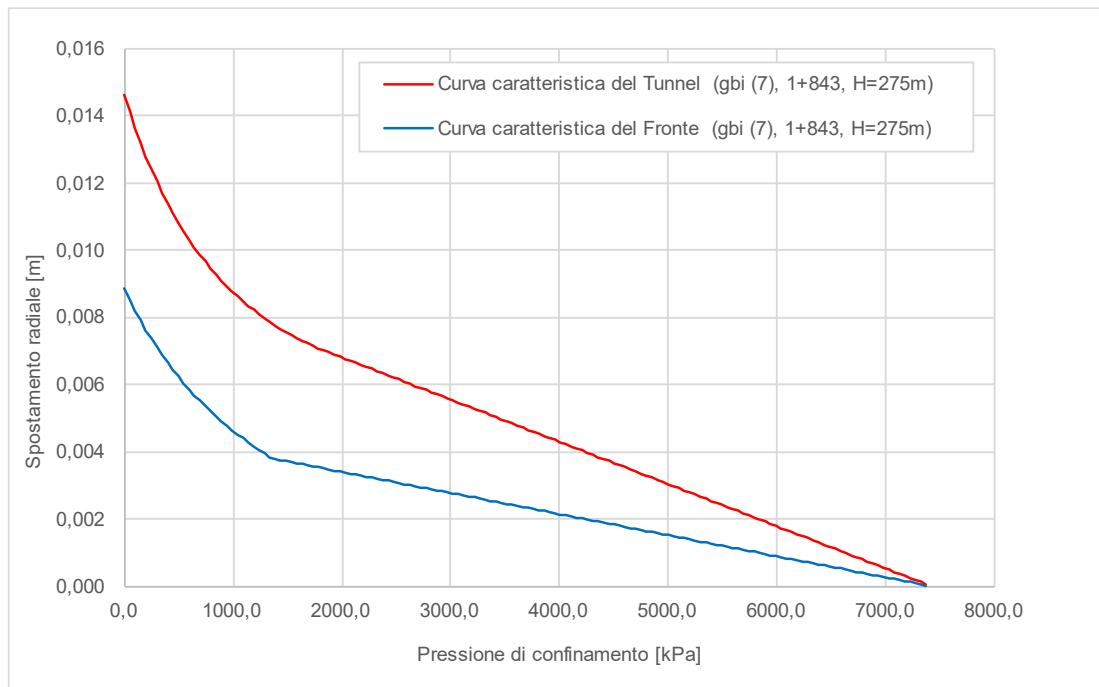


Figura 8-15: Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione di calcolo 14

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO 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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 43 di 355

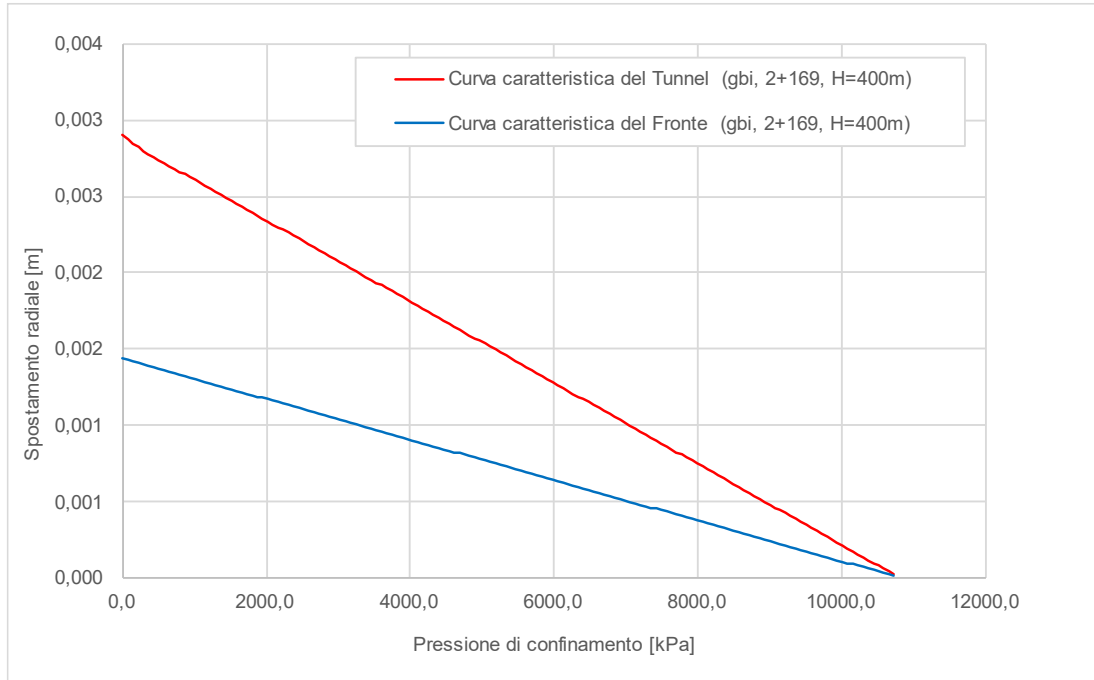


Figura 8-16: Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione di calcolo 15

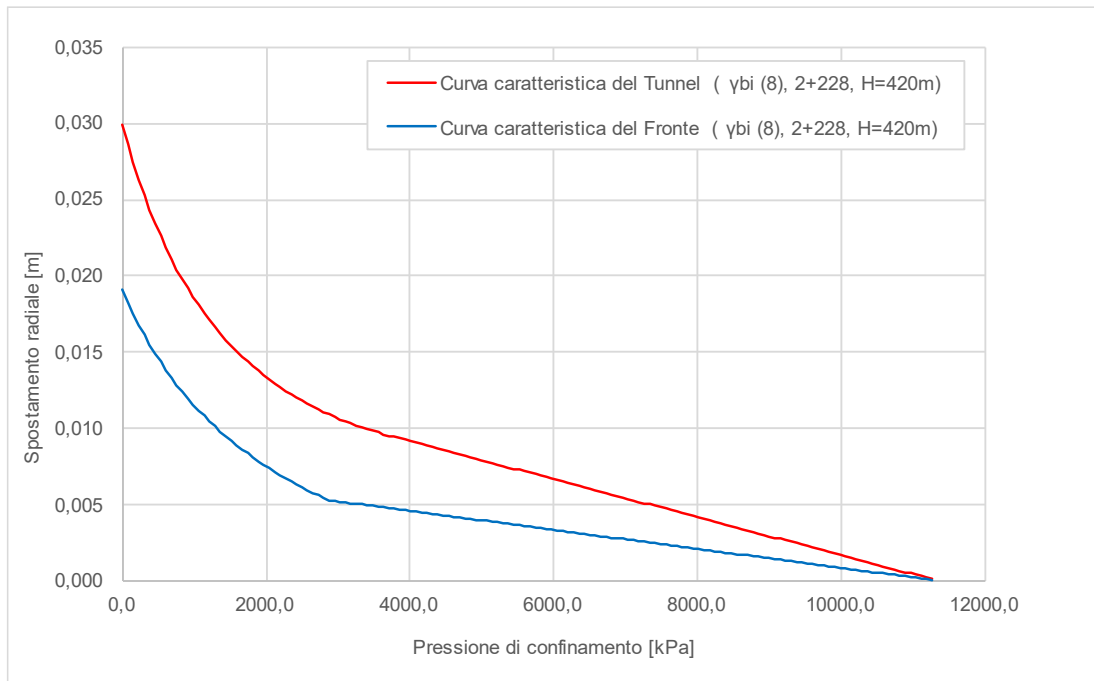


Figura 8-17: Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione di calcolo 16

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 44 di 355

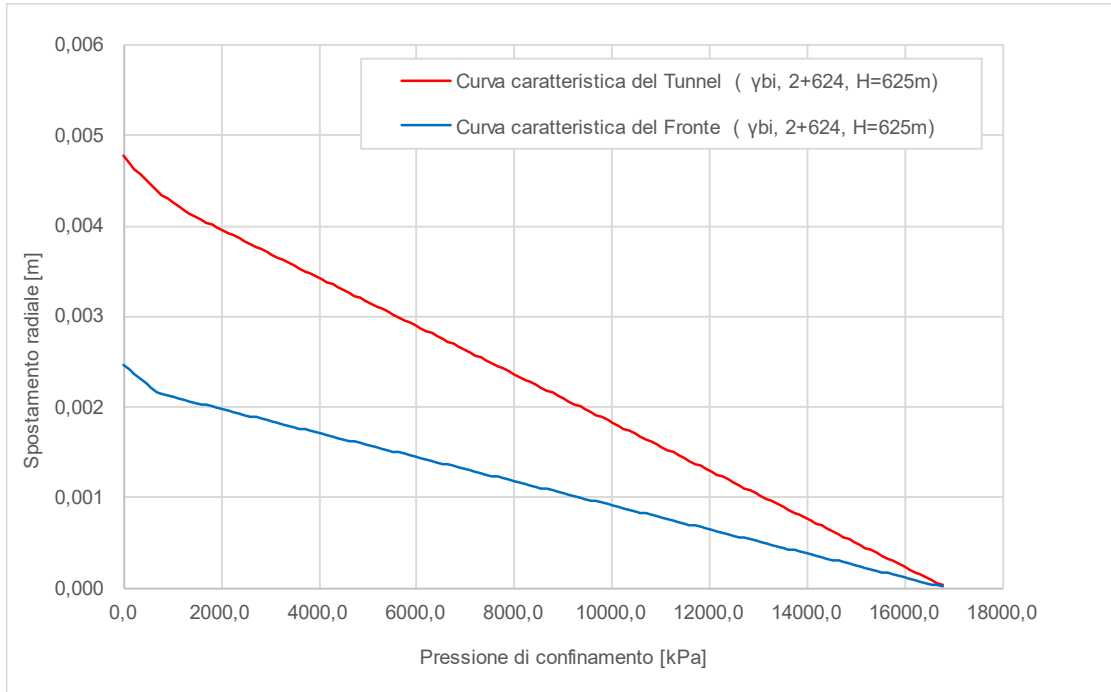


Figura 8-18: Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione di calcolo 17

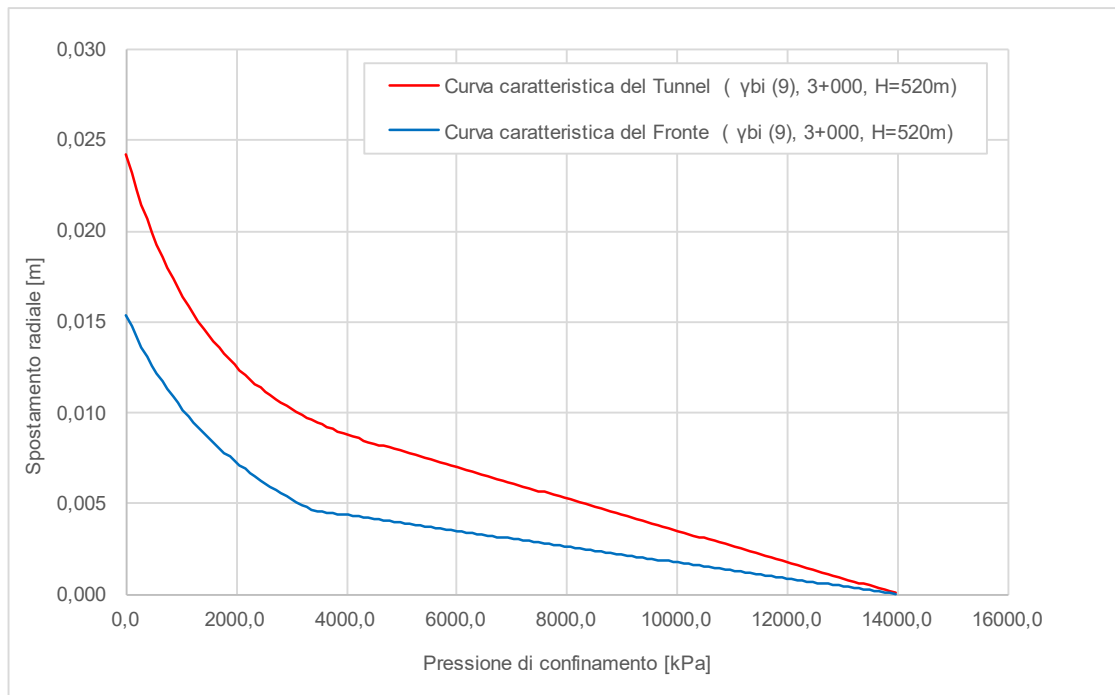


Figura 8-19: Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione di calcolo 18

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO 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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 45 di 355

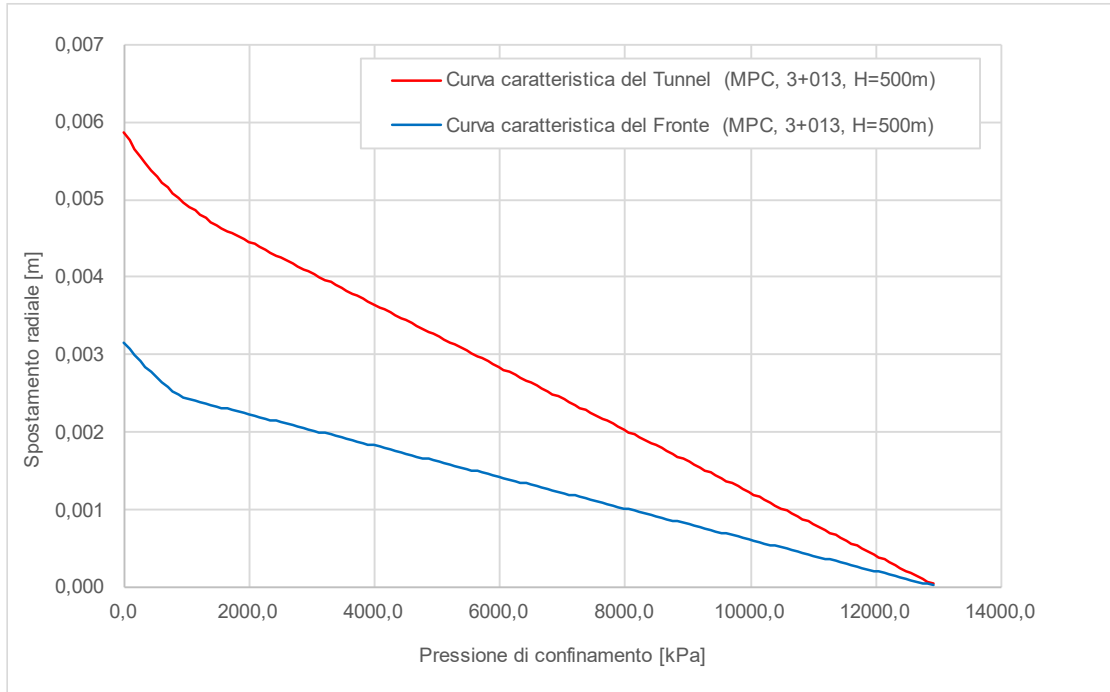


Figura 8-20: Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione di calcolo 19

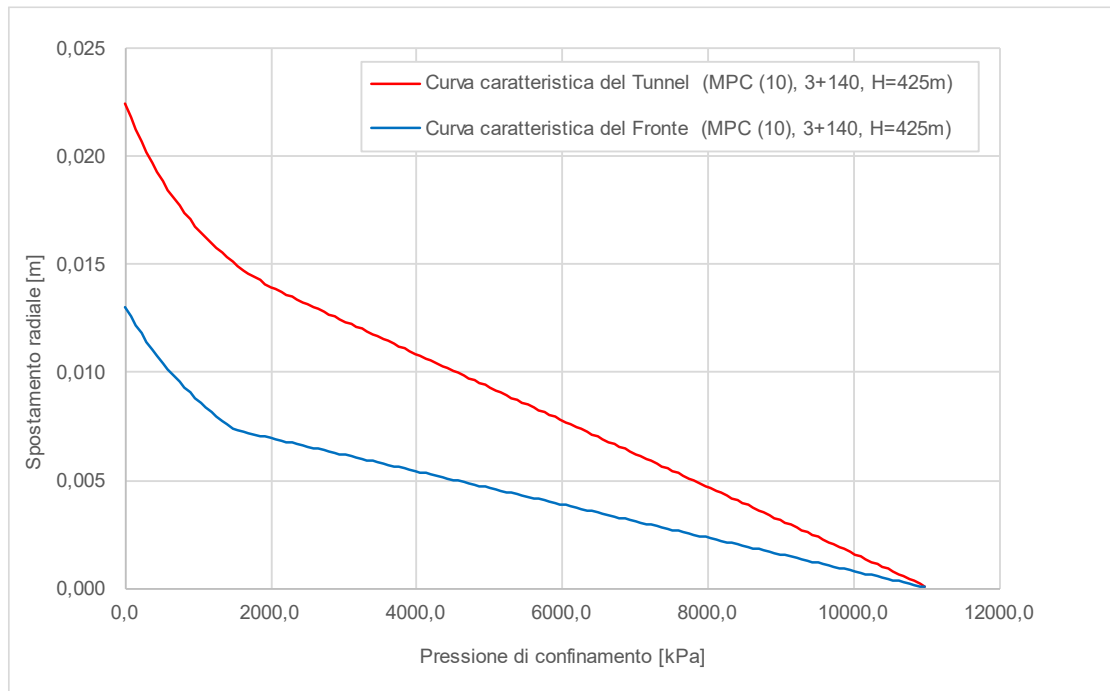


Figura 8-21: Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione di calcolo 20

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 46 di 355

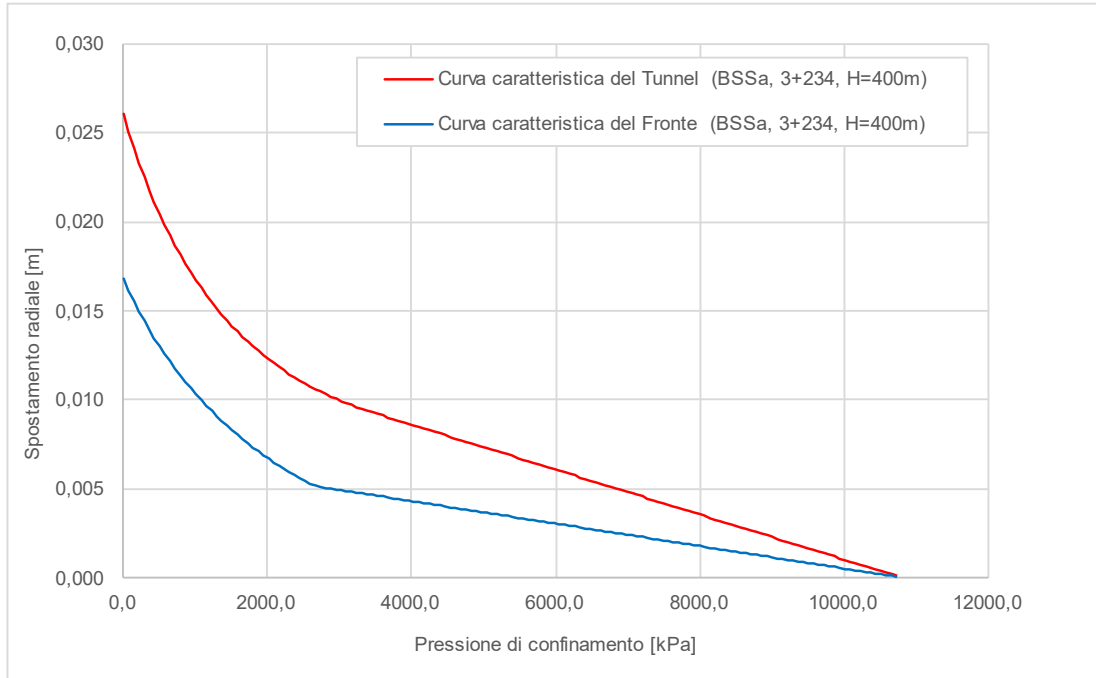


Figura 8-22: Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione di calcolo 21

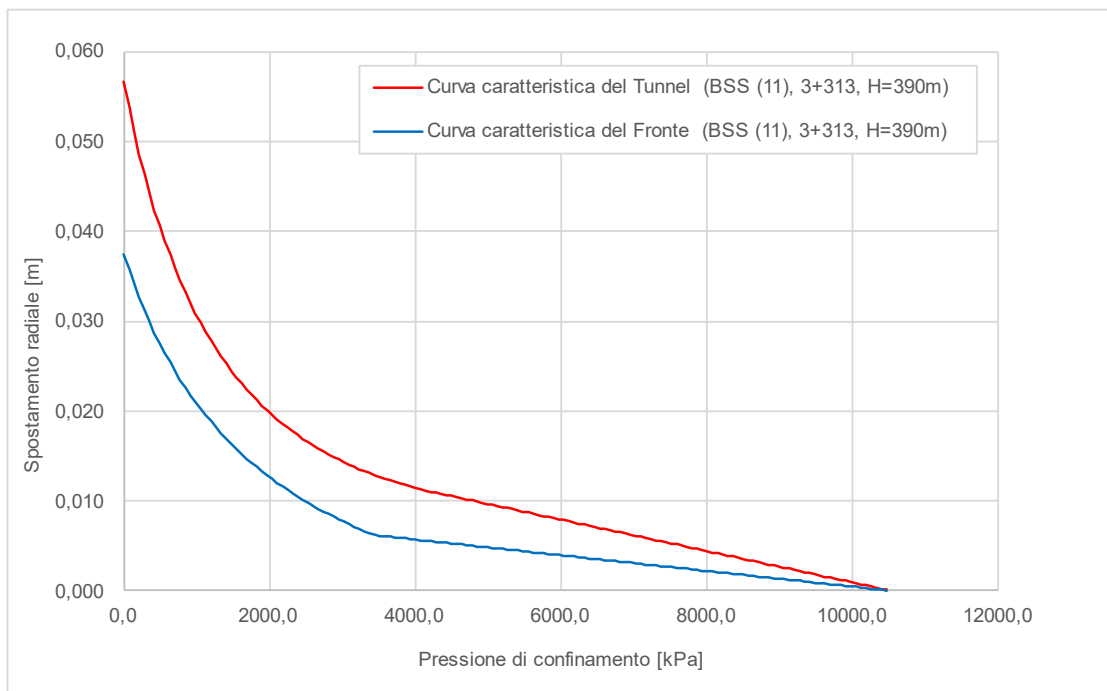


Figura 8-23: Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione di calcolo 22

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			
GALLERIE Galleria Scalers - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 47 di 355

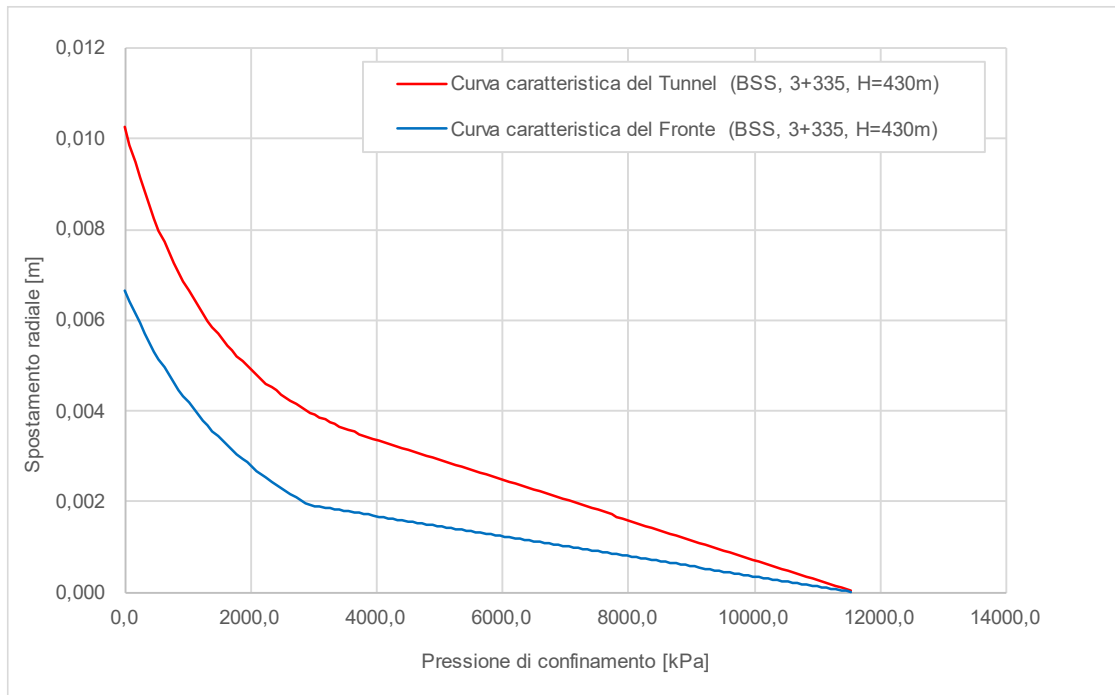


Figura 8-24: Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione di calcolo 23

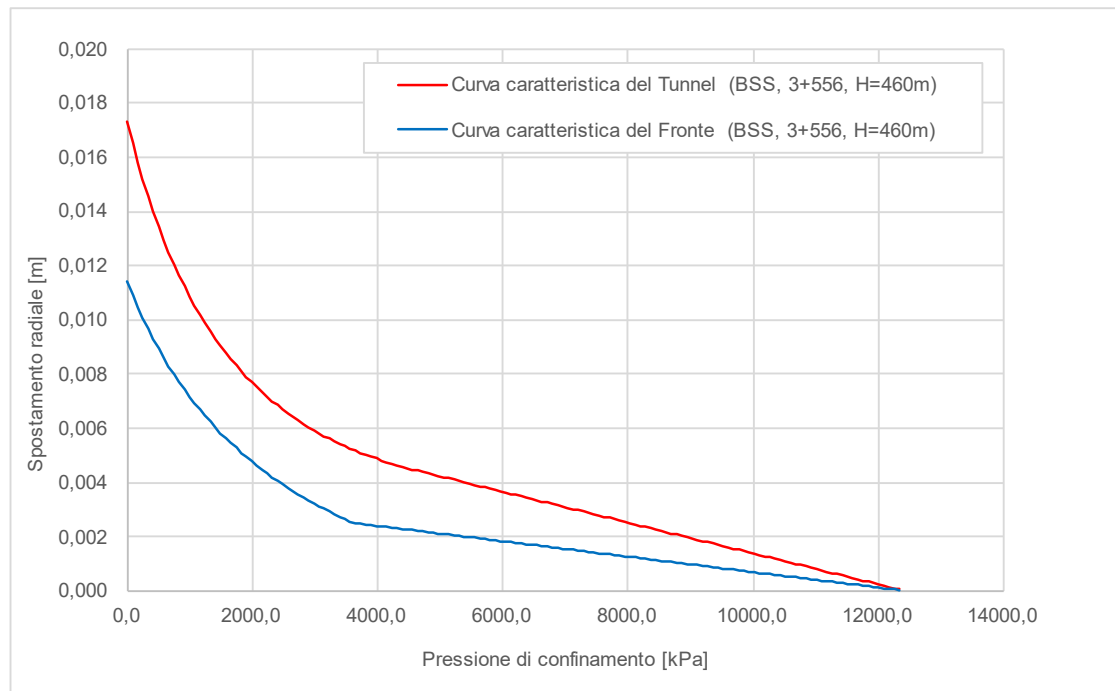


Figura 8-25– Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione di calcolo 24

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO 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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 48 di 355

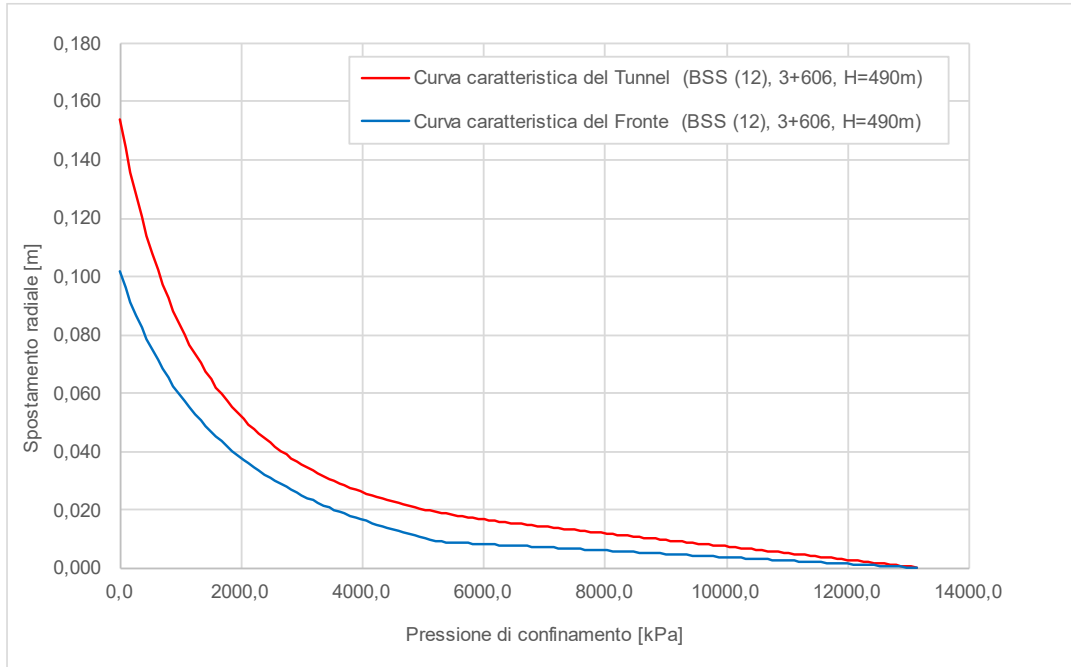


Figura 8-26: Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione di calcolo 25

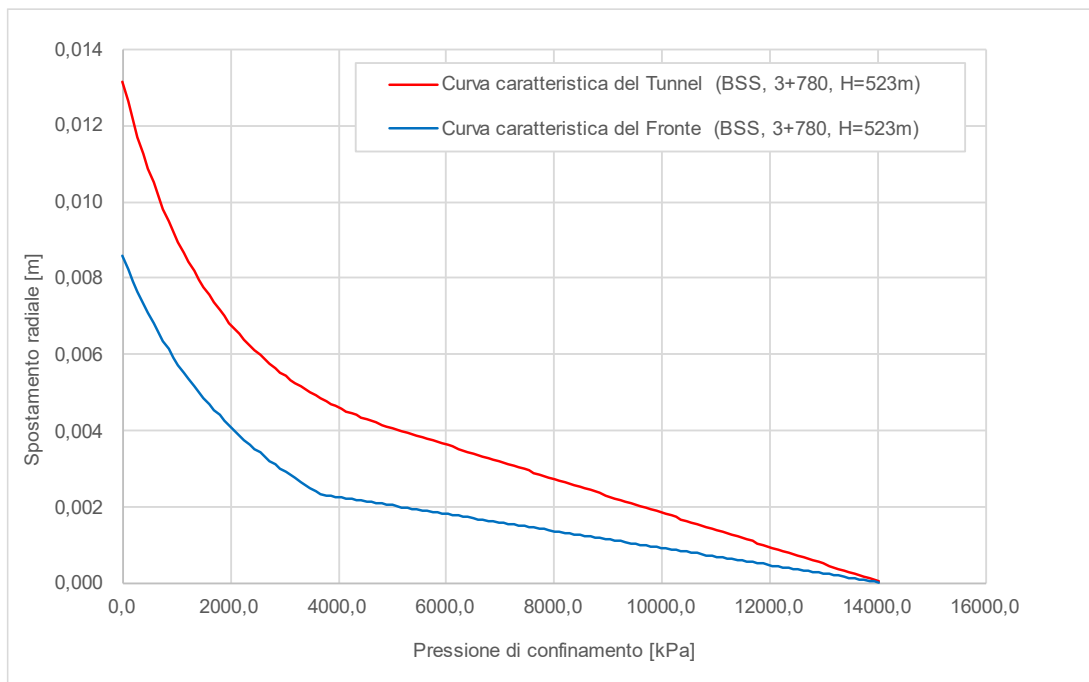


Figura 8-27: Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione di calcolo 26

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					
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 49 di 355

8.2.2 Analisi del rischio di "squeezing"

Il termine *squeezing* identifica grandi deformazioni che si sviluppano nel tempo attorno al cavo per il raggiungimento della soglia di *creep* dell'ammasso. Entità e velocità delle deformazioni sono funzione delle caratteristiche geotecniche dell'ammasso, dello stato tensionale, delle caratteristiche strutturali (scistosità, piani di stratificazione), delle condizioni idrauliche.

Il potenziale rischio di fenomeni di *squeezing* è stato analizzato facendo ricorso a metodi semi-empirici di comprovata validità (Jethwa et al. 1984 (Rif. [21]), Hoek e Marinos 2000 (Rif [18])), che forniscono indicatori di occorrenza del fenomeno e una stima delle deformazioni attese.

Il metodo di Jethwa et al. (1984) si basa sul confronto tra la resistenza a compressione uniassiale dell'ammasso e lo stato tensionale originario.

$$N_C = \frac{\sigma_{cm}}{p_0} = \frac{\sigma_{cm}}{\gamma \cdot H}$$

Dove:

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

p_0 : tensione litostatica

γ : peso dell'unità di volume dell'ammasso roccioso

H: profondità della galleria

Fornendo la seguente classificazione:

$\frac{\sigma_{cm}}{p_0}$	comportamento
< 0.4	Highly Squeezing
0.4 ÷ 0.8	Moderately Squeezing
0.8 ÷ 2	Midly Squeezing
> 2	Non Squeezing

L'approccio di Hoek e Marinos (2000) si basa sulla relazione tra il rapporto σ_{cm}/p_0 e la deformazione del cavo ε_t :

$$\varepsilon_t(\%) = 0.15 \left(1 - \frac{p_i}{p_0} \right) \cdot \frac{\sigma_{cm}}{p_0} - \left(\frac{3 \frac{p_i}{p_0} + 1}{3.8 \frac{p_i}{p_0} + 0.54} \right)$$

dove:

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

p_0 : tensione litostatica

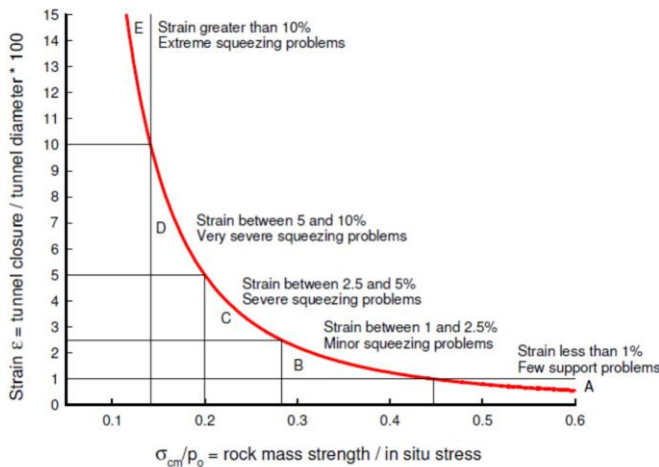
p_i : tensione esercitata da un supporto interno

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			
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	50 di 355

La resistenza a compressione dell'ammasso roccioso è definita in funzione dell'indice GSI e dei parametri σ_{ci} e m_i della roccia intatta:

$$\sigma_{cm} = (0.0034 m_i^{0.8}) \cdot \sigma_{ci} \cdot [1.029 + 0.025 e^{-0.1 m_i}]^{GSI}$$

Sulla base di numerosi casi reali, la correlazione tra la deformazione ϵ_t e il rapporto σ_{cm}/p_0 è associata a classi di comportamento e alla seguente classificazione in termini di *squeezing*.



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

In genere il metodo di Jethwa fornisce risultati più conservativi.

Nel caso della galleria naturale Scaleres del Lotto 1, per le progressive in cui è previsto lo scavo in tradizionale, sono stati utilizzati entrambi i metodi allo scopo di identificare la possibilità di *squeezing* nell'attraversamento della formazione di seguito indicate: le analisi sono state condotte per le 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). Di seguito sono illustrati i risultati.

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		
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	51 di 355

Filladi a granato (BSS)

copertura	γ	p_0	m_i	σ_{ci}	GSI	σ_{cm}	N_c	Metodo di Jehtwa	ϵ_t	Metodo di Hoek-Marinis
(m)	(kN/m^3)	(MPa)	(-)	(MPa)	(-)	(MPa)	(-)	(-)	(%)	(-)
100	27	2.70	7	40	40	3.270	1.211	Midly Squeezing	0.105	Few Support Problem
120	27	3.24	7	40	40	3.270	1.009	Midly Squeezing	0.147	Few Support Problem
140	27	3.78	7	40	40	3.270	0.865	Midly Squeezing	0.196	Few Support Problem
160	27	4.32	7	40	45	4.006	0.927	Midly Squeezing	0.173	Few Support Problem
180	27	4.86	7	40	45	4.006	0.824	Midly Squeezing	0.215	Few Support Problem
200	27	5.40	7	40	45	4.006	0.742	Moderately Squeezing	0.261	Few Support Problem
220	27	5.94	7	40	45	4.006	0.674	Moderately Squeezing	0.311	Few Support Problem
240	27	6.48	7	40	45	4.006	0.618	Moderately Squeezing	0.366	Few Support Problem
260	27	7.02	7	40	45	4.006	0.571	Moderately Squeezing	0.424	Few Support Problem
280	27	7.56	7	40	45	4.006	0.530	Moderately Squeezing	0.486	Few Support Problem
300	27	8.10	7	40	45	4.006	0.495	Moderately Squeezing	0.553	Few Support Problem
320	27	8.64	7	40	55	6.011	0.696	Moderately Squeezing	0.294	Few Support Problem
340	27	9.18	7	40	55	6.011	0.655	Moderately Squeezing	0.329	Few Support Problem
360	27	9.72	7	40	55	6.011	0.618	Moderately Squeezing	0.365	Few Support Problem
380	27	10.26	7	40	55	6.011	0.586	Moderately Squeezing	0.404	Few Support Problem
400	27	10.80	7	40	55	6.011	0.557	Moderately Squeezing	0.444	Few Support Problem
420	27	11.34	7	40	55	6.011	0.530	Moderately Squeezing	0.486	Few Support Problem
440	27	11.88	7	40	55	6.011	0.506	Moderately Squeezing	0.530	Few Support Problem
460	27	12.42	7	40	60	7.363	0.593	Moderately Squeezing	0.395	Few Support Problem
480	27	12.96	7	40	60	7.363	0.568	Moderately Squeezing	0.427	Few Support Problem
500	27	13.50	7	40	60	7.363	0.545	Moderately Squeezing	0.461	Few Support Problem
520	27	14.04	7	40	60	7.363	0.524	Moderately Squeezing	0.496	Few Support Problem
540	27	14.58	7	40	60	7.363	0.505	Moderately Squeezing	0.532	Few Support Problem
560	27	15.12	7	40	60	7.363	0.487	Moderately Squeezing	0.569	Few Support Problem
580	27	15.66	7	40	60	7.363	0.470	Moderately Squeezing	0.607	Few Support Problem
600	27	16.20	7	40	60	7.363	0.454	Moderately Squeezing	0.646	Few Support Problem

Zone di faglia/danneggiamento

zona di faglia	copertura	γ	p_0	m_i	σ_{ci}	GSI	σ_{cm}	N_c	Metodo di Jehtwa	ϵ_t	Metodo di Hoek-Marinis
(-)	(m)	(kN/m^3)	(MPa)	(-)	(MPa)	(-)	(MPa)	(-)	(-)	(%)	(-)
11	386	27	10.422	7	55	35	3.671	0.35	Highly Squeezing	1.04	Minor Squeezing
12	483	27	13.041	7	40	35	2.670	0.20	Highly Squeezing	2.83	Severe Squeezing
13	503	27	13.581	7	40	35	2.670	0.20	Highly Squeezing	3.05	Severe Squeezing

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	52 di 355

8.2.3 Analisi del rischio di "spalling"

La realizzazione dello scavo di una galleria all'interno di una roccia caratterizzata da comportamento fragile, come il granito, determina una redistribuzione delle tensioni che, ad elevate profondità, possono divenire tali da oltrepassare, nell'intorno delle pareti di scavo, il limite di resistenza dell'ammasso, producendo fenomeni di splaccaggio e di proiezione di materiale in galleria (fenomeno dello *spalling/rockburst*).

In generale, un quadro previsionale di massima sul rischio di spalling può essere ragionevolmente condotto con metodi empirici, considerando sia la potenzialità del fenomeno in funzione dello stato tensionale, sia la suscettibilità intrinseca dell'ammasso al fenomeno. Tenendo conto dello stato tensionale, la potenzialità del fenomeno di *spalling* può essere espressa mediante l'Indice di Danno:

$$D_i = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_c}$$

Con σ_{\max} sollecitazione circonferenziale massima sul contorno del cavo e $\sigma_c = \sigma_{ci}$ resistenza a compressione monoassiale della matrice rocciosa. Tale indice è stato utilizzato in diverse classificazioni di potenzialità del fenomeno, come indicato nella tabella seguente:

$D_i = \sigma_{\max}/\sigma_c$		
Hoek e Brown (1980) ¹⁹	Russenes (1974)	Grimstad e Barton (1993)
<0.25 (stabile)	<0.25 (<i>spalling</i> assente)	<0.33 (condizioni tensionali favorevoli)
0.25-0.50 (lieve <i>spalling</i>)	0.25-0.33 (lieve <i>spalling</i>)	0.33-0.50 (condizioni tensionali elevate)
0.50-0.75 (<i>spalling</i> intenso)	0.33-0.67 (moderato <i>spalling</i>)	0.50-0.67 (moderati splaccaggi dopo 1 ora)
0.75-1 (possibili <i>rockburst</i>)	>0.67 (<i>spalling</i> intenso)	0.67-1 (splaccaggi e <i>rockburst</i>)
>1 (probabili <i>rockburst</i>)		>1 (pesanti <i>rockburst</i>)

Nel caso della galleria naturale Scaleres del Lotto 1, sono stati utilizzati tutti i metodi sopra indicati allo scopo di identificare la possibilità di *spalling* nell'attraversamento della roccia al variare della copertura.

Copertura (m)	γ (kN/m ³)	p_0 (MPa)	m_i (-)	σ_{ci} (MPa)	GSI (-)	σ_{cm} (MPa)	σ_{\max} (MPa)	$\sigma_{\max}/\sigma_{ci}$ (-)	Livello di intensità di Spalling/Rockburst		
									Hoek e Brown 1980	Russenes 1974	Grimstad e Barton 1993
440	27	11.88	22	110	55	24.767	24.948	0.227	Stabile	Spalling assente	Condizioni tensionali sfavorevoli
460	27	12.42	22	110	60	28.959	26.082	0.237	Stabile	Spalling assente	Condizioni tensionali sfavorevoli
480	27	12.96	22	110	60	28.959	27.216	0.247	Stabile	Spalling assente	Condizioni tensionali sfavorevoli
500	27	13.50	22	110	60	28.959	28.350	0.258	Lieve Spalling	Lieve Spalling	Condizioni tensionali sfavorevoli
520	27	14.04	22	110	60	28.959	29.484	0.268	Lieve Spalling	Lieve Spalling	Condizioni tensionali sfavorevoli
540	27	14.58	22	110	60	28.959	30.618	0.278	Lieve Spalling	Lieve Spalling	Condizioni tensionali sfavorevoli
560	27	15.12	22	110	60	28.959	31.752	0.289	Lieve Spalling	Lieve Spalling	Condizioni tensionali sfavorevoli
580	27	15.66	22	110	60	28.959	32.886	0.299	Lieve Spalling	Lieve Spalling	Condizioni tensionali sfavorevoli
600	27	16.20	22	110	60	28.959	34.020	0.309	Lieve Spalling	Lieve Spalling	Condizioni tensionali sfavorevoli
620	27	16.74	22	110	60	28.959	35.154	0.320	Lieve Spalling	Lieve Spalling	Condizioni tensionali sfavorevoli

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	1AEZZ	RH	GN0000001	C	53 di 355
GALLERIE							
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo							

Dalle analisi dei risultati non emergono indicazioni di potenziale rischio di *spalling* in corrispondenza delle coperture di riferimento.

A valle di questo, è necessario comunque valutare la reale suscettibilità intrinseca della roccia al fenomeno, legata essenzialmente alle relative capacità di immagazzinamento di energia e di successivo rilascio istantaneo della stessa con meccanismo di rottura fragile. In generale, tali caratteristiche sono associabili ad ammassi di buone caratteristiche geometriche. Secondo Diederichs (2005), per la qualificazione della predisposizione intrinseca al fenomeno, è opportuno il riferimento alla combinazione di parametri come l'Indice di Fragilità ($IF = \sigma_c / |\sigma_t|$ oppure $IF = m_i$ costante di Hoek-Brown) e la resistenza a compressione monoassiale della matrice rocciosa σ_c , secondo lo schema classificativo della tabella seguente:

IF = $\sigma_c / \sigma_t $	Suscettibilità		σ_c (MPa) [se IF > 8]
	← rottura fragile	rottura fragile → violenta	
<6	molto bassa		<60
6-8	bassa		60-80
8-12	media		80-120
12-18	elevata		120-180
>18	molto elevata		>180

Considerando che il valore della costante di Hoek-Brown m_i adottato per il granito è pari a 22 e quindi $IF > 18$, e considerando un valore della resistenza a compressione monoassiale minimo di 110 MPa, si ricava che la suscettibilità alla rottura fragile violenta per il granito potrebbe variare tra elevata e molto elevata.

Quindi, nonostante attraverso le formulazioni semi-empiriche, funzioni dello stato tensionale, non emerga alcun potenziale rischio di *spalling* nel granito, attraverso analisi riguardanti la suscettibilità intrinseca dell'ammasso al fenomeno, si evince che comunque il granito nelle condizioni ottimali di resistenza e strutturali potrebbe essere interessato da fenomeni di splaccaggio. Per questo nelle zone di massima copertura, sarà previsto un sistema di monitoraggio atto a controllare i microtremiti indotti dai possibili fenomeni di *spalling/rockburst*.

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	54 di 355

9. FASE DI TERAPIA

Nel presente capitolo sono definiti 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). Sono, quindi, descritte le caratteristiche principali delle sezioni tipo di avanzamento, il loro campo di applicazione e la successione delle fasi esecutive.

9.1 DEFINIZIONE DELLE SEZIONI TIPO

La galleria Scaleres è realizzata con metodo di scavo in tradizionale sino alla pk 3+698 km e 3+951 km, rispettivamente, per binario pari e dispari. Per la scelta del metodo di scavo si rimanda alla Relazione tecnica (Rif. [3]).

Per la tratta suddetta, si prevede l'adozione dello scavo a piena sezione, ad eccezione delle sezioni di grandi dimensioni (Cameron). Nell'attraversamento di zone fratturate sono previsti interventi di precontenimento del fronte e/o del contorno ed interventi di presostegno. Il rivestimento di prima fase è nella generalità dei casi composto da spritz-beton e centine metalliche. I rivestimenti definitivi sono previsti in calcestruzzo non armato o armato, in funzione del contesto geotecnico attraversato e delle condizioni di carico. A tergo dei rivestimenti definitivi di calotta e di piedritto si porrà in opera l'impermeabilizzazione, costituita da uno strato di geotessuto e da una guaina in PVC. Al piede dell'impermeabilizzazione, su ciascun piedritto, si disporrà un tubo microfessurato di presidio per eventuale drenaggio delle acque presenti nell'ammasso. Nell'attraversamento di zone molto fratturate e nelle quali il regime idraulico sotterraneo potrebbe essere connesso con sorgenti o corsi d'acqua si prevedono interventi e soluzioni particolari, al fine di mitigare l'eventuale interferenza della galleria con le risorse idriche superficiali.

Le diverse soluzioni progettuali, in termini di tipologia, geometria ed intensità degli interventi di precontenimento e di sostegno dello scavo definiscono le "sezioni di scavo e consolidamento", di seguito descritte.

I criteri di applicazione delle sezioni tipo sono descritti e argomentati all'interno delle linee guida [43], cui si rimanda per ulteriori dettagli.

Nei profili geotecnici di progetto a ciascuna tratta omogenea individuata in fase di diagnosi è associata una sezione di scavo, definita come sezione prevalente. Nelle stesse tratte sono indicate anche le sezioni eventuali, legate a possibili e differenti scenari geotecnici previsti in fase progettuale.

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	55 di 355

9.1.1 Sezione AOL

La sezione AOL è prevista come sezione prevalente all'interno del Granito di Bressanone (unità γ bi) e Cornubianiti (unità MPC) qualora l'ammasso risulti caratterizzato da buoni valori di resistenza e deformabilità con GSI rispettivamente superiori a 60 e 65. Indicativamente il rapporto tra la resistenza a compressione dell'ammasso e la tensione in sito è pari a $\sigma_{cmk} / \sigma_{0max} > 0.6$. Fronte e cavo stabile in assenza di sostegni, classe A secondo la classificazione ADECO-RS. Rischio potenziale prevalente: caduta blocchi. La variabilità dei sostegni è riportata all'interno delle linee guida [43].

Interventi di prima fase:

- rivestimento di prima fase composto da uno strato di 5+10 cm di spritz-beton fibrorinforzato. Intervento di sostegno al contorno composto da 5+6 bulloni radiali di tipo Swellex Pm16, di lunghezza pari a 3.0 m, passo longitudinale di 2.0 m e trasversale di 1.5 m;
- applicazione di uno strato di spritz-beton fibrorinforzato al fronte con spessore pari a 5 cm su ogni sfondo;
- eventuali 2+2 drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua, L = 30 m, sovrapposizione minima di 10 m, diametro esterno $\phi > 60$ mm, spessore 5 mm, rivestiti con calza in TNT.

Rivestimento definitivo:

- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- arco rovescio e murette in calcestruzzo non armato con spessore 0.50 m;
- calotta in calcestruzzo non armato con spessore 0.40 m.

Macrofasi costruttive:

- Fase 1: eventuale esecuzione dei drenaggi in avanzamento.
- Fase 2: scavo a piena sezione mediante esplosivo con sfondi di profondità massima 4.0 m con sagomatura del fronte a forma concava ed esecuzione betoncino proiettato fibrorinforzato sul fronte e sul contorno (5cm).
- Fase 3: realizzazione chiodature radiali.
- Fase 4: realizzazione strato di betoncino proiettato fibrorinforzato (10 cm)
- Fase 5: posa in opera dell'impermeabilizzazione e del sistema di drenaggio;
- Fase 6: esecuzione del rivestimento definitivo in funzione del comportamento deformativo del cavo, come da linee guida.

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	56 di 355

9.1.2 Sezione A0bis

La sezione A0bis è prevista all'interno dei complessi del Granito di Bressanone unità γ bi (GSI 45-60), Cornubianiti unità MPC (55-65) e Filladi a granato unità BSS (GSI \geq 65) struttura massiva, con buone proprietà geomeccaniche. Indicativamente il rapporto tra la resistenza a compressione dell'ammasso e la tensione in sito è pari a $\sigma_{cmk} / \sigma_{0max} = 0.4 - 0.6$. Fronte e cavo stabile in assenza di sostegni, classe A secondo la classificazione ADECO-RS. Rischi potenziali prevalenti: caduta blocchi. La variabilità dei sostegni è riportata all'interno delle linee guida [43].

Interventi di prima fase:

- rivestimento di prima fase composto da uno strato di 5+15 cm di spritz-beton fibrorinforzato. Intervento di sostegno al contorno composto da 9+10 bulloni radiali \varnothing 24, di lunghezza pari a 4.0 m, passo longitudinale di 2.0 m e trasversale di 1.5 m;
- applicazione di uno strato di spritz-beton fibrorinforzato al fronte con spessore pari a 5 cm su ogni sfondo;
- eventuali 2+2 drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua, L = 30 m, sovrapposizione minima di 10 m, diametro esterno $\phi > 60$ mm, spessore 5 mm, rivestiti con calza in TNT.

Rivestimento definitivo:

- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- arco rovescio e murette in calcestruzzo non armato con spessore 0.60 m;
- calotta in calcestruzzo non armato con spessore 0.50 m.

Macrofasi costruttive:

- Fase 1: eventuale esecuzione dei drenaggi in avanzamento.
- Fase 2: scavo a piena sezione mediante esplosivo con sfondi di profondità massima 3.0 m con sagomatura del fronte a forma concava ed esecuzione betoncino proiettato fibrorinforzato sul fronte e sul contorno (5cm).
- Fase 3: realizzazione chiodature radiali.
- Fase 4: realizzazione strato di betoncino proiettato fibrorinforzato (15 cm)
- Fase 5: posa in opera dell'impermeabilizzazione e del sistema di drenaggio;
- Fase 6: esecuzione del rivestimento definitivo in funzione del comportamento deformativo del cavo, come da linee guida.

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	57 di 355

9.1.3 Sezione A1L

La sezione A1L è prevista all'interno delle zone con elevata fratturazione presenti nell'unità del Granito di Bressanone (unità γ bi), qualora l'ammasso risulti alterato a seguito di movimenti tettonici, con GSI tra 35 e 45 e all'interno delle BSSa con assenza di alterazione riconducibili a movimenti tettonici e $GSI \geq 55$. Indicativamente il rapporto tra la resistenza a compressione dell'ammasso e la tensione in sito è pari a $\sigma_{cmk} / \sigma_{0max} = 0.3 - 0.4$. Fronte e cavo stabile in assenza di sostegni, classe A secondo la classificazione ADECO-RS. Rischi potenziali prevalenti: caduta blocchi, distacco lastre, squeezing basso, convergenze inferiori a 5cm. La variabilità dei sostegni è riportata all'interno delle linee guida [43].

Interventi di prima fase:

- rivestimento di prima fase composto da uno strato di 5+15 cm di spritz-beton fibrorinforzato. Intervento di sostegno al contorno composto da 14+15 bulloni radiali $\varnothing 24$, di lunghezza pari a 5.0 m, passo longitudinale di 1.4 m e trasversale di 1.2 m;
- applicazione di uno strato di spritz-beton fibrorinforzato al fronte con spessore pari a 5 cm su ogni sfondo;
- eventuali 2+2 drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua, L = 30 m, sovrapposizione minima di 10 m, diametro esterno $\phi > 60$ mm, spessore 5 mm, rivestiti con calza in TNT.

Rivestimento definitivo:

- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- arco rovescio e murette in calcestruzzo armato, con spessore rispettivamente di 0.60 m e 0.70 m;
- calotta in calcestruzzo non armato, con spessore di 0.60 m.

Macrofasi costruttive:

- Fase 1: eventuale esecuzione dei drenaggi in avanzamento.
- Fase 2: scavo a piena sezione mediante esplosivo con sfondi di profondità massima 2.8 m con sagomatura del fronte a forma concava ed esecuzione betoncino proiettato fibrorinforzato sul fronte e sul contorno (5cm).
- Fase 3: realizzazione chiodature radiali.
- Fase 4: realizzazione strato di betoncino proiettato fibrorinforzato (15 cm)
- Fase 5: posa in opera dell'impermeabilizzazione e del sistema di drenaggio;
- Fase 6: esecuzione del rivestimento definitivo in funzione del comportamento deformativo del cavo, come da linee guida.

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	58 di 355

9.1.4 Sezione A1

La sezione A1 è prevista nella zona di transizione tra cornubianiti (GSI 45 - 55) e Filladi BSSa (GSI 50-55) e BSS (60-65). Indicativamente il rapporto tra la resistenza a compressione dell'ammasso e la tensione in sito è pari a $\sigma_{cmk} / \sigma_{0max} = 0.25 - 0.3$. Fronte e cavo stabile / stabile a breve termine in assenza di sostegni, classe A/B secondo la classificazione ADECO-RS. Rischi potenziali prevalenti: convergenze inferiori a 5 cm, squeezing medio-basso, differenti litologie. La variabilità dei sostegni è riportata all'interno delle linee guida [43].

Interventi di prima fase:

- prriverstimento composto da uno strato di 5+20 cm di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN 180 con passo 1.4 m;
- applicazione di uno strato di spritz-beton fibrorinforzato al fronte con spessore pari a 5 cm su ogni sfondo;
- eventuale intervento di sostegno al contorno composto da 14+15 bulloni radiali $\varnothing 24$, di lunghezza pari a 5.0 m, passo longitudinale di 1.4 m e trasversale di 1.2 m;
- eventuali 2+2 drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua, L = 30 m, sovrapposizione minima di 10 m, diametro esterno $\phi > 60$ mm, spessore 5 mm, rivestiti con calza in TNT.

Rivestimento definitivo:

- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- arco rovescio e murette in calcestruzzo armato, con spessore rispettivamente di 0.60 m e 0.70 m;
- calotta in calcestruzzo non armato, con spessore di 0.60 m.

Macrofasi costruttive:

- Fase 1: eventuale esecuzione dei drenaggi in avanzamento.
- Fase 2: scavo a piena sezione mediante esplosivo con sfondi di profondità massima 2.8 m con sagomatura del fronte a forma concava ed esecuzione betoncino proiettato fibrorinforzato sul fronte e sul contorno (5cm).
- Fase 3: eventuale realizzazione chiodature radiali.
- Fase 4: posa centine.
- Fase 5: realizzazione strato di betoncino proiettato fibrorinforzato (20 cm).
- Fase 6: posa in opera dell'impermeabilizzazione e del sistema di drenaggio.
- Fase 7: esecuzione del rivestimento definitivo in funzione del comportamento deformativo del cavo come da linee guida.

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IB0U	1AEZZ	RH	GN0000001	C	59 di 355

9.1.5 Sezione A2

Prevista all'interno delle Filladi BSS, roccia scistosa con densità di fratturazione medio/alta GSI 45-60, fronte stabile a breve termine, rischio squeezing moderato. Indicativamente rapporto $\sigma_{cmk} / \sigma_{0max} = 0.25 - 0.3$. La variabilità dei sostegni è riportata all'interno delle linee guida [43].

Interventi di prima fase:

- prinvestimento composto da uno strato di 5+25 cm di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN 180 con passo 1.2 m;
- applicazione di uno strato di spritz-beton fibrorinforzato al fronte con spessore pari a 5 cm su ogni sfondo;
- intervento di sostegno al contorno composto da 14+15 bulloni radiali di $\varnothing 24$, di lunghezza pari a 6.0 m, passo longitudinale di 1.2 m e trasversale di 1.2 m;
- eventuali 2+2 drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua, L = 30 m, sovrapposizione minima di 10 m, diametro esterno $\phi > 60$ mm, spessore 5 mm, rivestiti con calza in TNT.

Rivestimento definitivo:

- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- arco rovescio e murette in calcestruzzo armato, con spessore rispettivamente di 0.70 m e 0.70 m;
- calotta in calcestruzzo non armato, con spessore di 0.60 m.

Macrofasi costruttive:

- Fase 1: eventuale esecuzione dei drenaggi in avanzamento.
- Fase 2: scavo a piena sezione mediante esplosivo con sfondi di profondità massima 2.4 m con sagomatura del fronte a forma concava ed esecuzione betoncino proiettato fibrorinforzato sul fronte e sul contorno (5cm).
- Fase 3: realizzazione chiodature radiali.
- Fase 4: posa centine.
- Fase 5: realizzazione strato di betoncino proiettato fibrorinforzato (25 cm).
- Fase 6: posa in opera dell'impermeabilizzazione e del sistema di drenaggio.
- Fase 7: esecuzione del rivestimento definitivo in funzione del comportamento deformativo del cavo come da linee guida.

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	60 di 355

9.1.6 Sezione B1L

La sezione B1L è prevista nelle zone di faglia/zona altamente fratturata all'interno delle Filladi Cornubianitiche (MPC) con coperture inferiori a 550 m e nella zona con copertura di ca. 30 m nei Graniti di Bressanone (y), GSI da 35 a 45. Indicativamente il rapporto tra la resistenza a compressione dell'ammasso e la tensione in sito è pari a $\sigma_{cmk} / \sigma_{0max} = 0.15 - 0.25$. Fronte e cavo stabile a breve termine in assenza di sostegni, classe B secondo la classificazione ADECO-RS. Rischi potenziali prevalenti: deformazioni, squeezing medio, spinte dissimetriche, venute d'acqua rischio medio. La variabilità dei sostegni è riportata all'interno delle linee guida [43].

Interventi di prima fase:

- applicazione di uno strato di spritz-beton fibrorinforzato al fronte con spessore pari a 5 cm su ogni sfondo e con spessore pari a 10 cm per ogni fine campo;
- rivestimento di prima fase composto da uno strato di 5+25 cm di spritz-beton fibrorinforzato e centine accoppiate IPN 180 con passo 1.2 m;
- preconsolidamento al fronte realizzato mediante 24 barre autoperforanti di tipo DYWI R51N di lunghezza pari 15.0 m, sovrapposizione minima pari a 5.4 m, cementati in foro con miscele cementizie;
- preconsolidamento al contorno mediante 18 barre autoperforanti di tipo DYWI R51N di lunghezza pari a 12 m, cementati in foro con miscele cementizie, con passo di installazioni pari a 4.8 m;
- eventuali 2+2 drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua, L = 30 m, sovrapposizione minima di 10 m, diametro esterno $\phi > 60$ mm, spessore 5 mm, rivestiti con calza in TNT.

Rivestimento definitivo:

- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- arco rovescio e murette in calcestruzzo armato di spessore 0.80 m;
- calotta in calcestruzzo non armato con spessore 0.70 m.

Macrofasi costruttive:

- Fase 1: esecuzione degli interventi in avanzamento sul fronte (ogni 4 sfondi per gli ancoraggi) e sul contorno (ogni 2 sfondi prima della messa in opera delle centine del campo precedente);
- Fase 2: eventuale esecuzione dei drenaggi in avanzamento;
- Fase 3: esecuzione dello scavo per singoli sfondi di lunghezza massima pari a 2.4 m, a piena sezione, con sagomatura del fronte a forma concava. Applicazione di uno strato di spritz-beton fibrorinforzato al contorno di 5cm al contorno ed al fronte con spessore pari a 5 cm sui singoli sfondi e con spessore pari a 10 cm per ogni fine campo;
- Fase 4: posa centine;
- Fase 5: realizzazione strato di betoncino proiettato fibrorinforzato di 25 cm;
- Fase 6: posa in opera dell'impermeabilizzazione e del sistema di drenaggio.
- Fase 7: esecuzione del rivestimento definitivo come da linee guida.

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	61 di 355

9.1.7 Sezione C2L

La sezione C2L è prevista nelle zone di faglia 11 con elevata fratturazione nell'unità delle Filladi (BSS) con coperture ca 520 m, GSI = 35. Indicativamente il rapporto tra la resistenza a compressione dell'ammasso e la tensione in sito è pari a $\sigma_{cmk}/\sigma_{0max} = 0.10 - 0.15$. Fronte e cavo instabili in assenza di sostegni, classe C secondo la classificazione ADECO-RS. Rischi potenziali prevalenti: alte deformazioni, squeezing, spinte dissimetriche, venute d'acqua. La variabilità dei sostegni è riportata all'interno delle linee guida [43].

Interventi di prima fase:

- applicazione di uno strato di spritz-beton fibrorinforzato al fronte con spessore pari a 10 cm su ogni sfondo e con spessore pari a 15 cm per ogni fine campo;
- rivestimento di prima fase composto da uno strato di 5+25 cm di spritz-beton fibrorinforzato e centine accoppiate IPN 180 con passo 1.0 m con puntone;
- preconsolidamento al fronte realizzato mediante 36 barre autoperforanti di tipo DYWI R51N di lunghezza pari 15.0 m, sovrapposizione minima pari a 6 m, cementati in foro con miscele cementizie;
- preconsolidamento al contorno mediante 20 barre autoperforanti di tipo DYWI R51N di lunghezza pari a 12 m, cementati in foro con miscele cementizie, con passo di installazione pari a 3 m;
- eventuali 2+2 drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua, L = 30 m, sovrapposizione minima di 13 m, diametro esterno $\phi > 60$ mm, spessore 5 mm, rivestiti con calza in TNT.

Rivestimento definitivo:

- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- arco rovescio e murette in calcestruzzo armato di spessore 0.90 m;
- calotta in calcestruzzo armato con spessore 0.90 m.

Macrofasi costruttive:

- Fase 1: esecuzione degli interventi in avanzamento sul fronte (ogni 9 sfondi per gli ancoraggi) e sul contorno (ogni 3 sfondi prima della messa in opera delle centine del campo precedente);
- Fase 2: eventuale esecuzione dei drenaggi in avanzamento;
- Fase 3: esecuzione dello scavo per singoli sfondi di lunghezza massima pari a 1.0 m, a piena sezione, con sagomatura del fronte a forma concava. Applicazione di uno strato di spritz-beton fibrorinforzato al contorno di 5cm al contorno ed al fronte con spessore pari a 10 cm sui singoli sfondi e con spessore pari a 15 cm per ogni fine campo;
- Fase 4: posa centine;
- Fase 5: realizzazione strato di betoncino proiettato fibrorinforzato di 25 cm;
- Fase 6: posa in opera dell'impermeabilizzazione e del sistema di drenaggio.
- Fase 7: esecuzione del rivestimento definitivo come da linee guida.

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	62 di 355

9.1.8 Sezione C2v

La sezione C2v è prevista nelle zone di faglia 12 all'interno delle filladi BBS con coperture di circa 450 m, con GSI = 35. Indicativamente il rapporto tra la resistenza a compressione dell'ammasso e la tensione in sito è pari a $\sigma_{cmk} / \sigma_{0max} < 0.10$. Fronte e cavo instabili, classe C secondo la classificazione ADECO-RS in assenza di sostegni. Rischi potenziali prevalenti: alte deformazioni, squeezing, spinte dissimetriche, venute d'acqua. La variabilità dei sostegni è riportata all'interno delle linee guida [43].

Interventi in avanzamento e di prima fase:

- precontenimento al fronte realizzato mediante n° 30 elementi strutturali in VTR con lunghezza L=20m, cementati in foro con miscele cementizie; è prevista una variabilità $\pm 20\%$ riferita all'incidenza del consolidamento (numero e lunghezza);
- preconsolidamento al contorno mediante n°=55 elementi strutturali in VTR valvolati con lunghezza l=19 m con eventuali iniezioni a P/V controllato;
- presostegno al contomo mediante n°=24 tubi in acciaio $\varnothing 127$ mm, sp=10mm, L=12m valvolati (1 valvola/m), p=0.45 m, compresi all'interno di un angolo di 120° in calotta;
- precontenimento al piede centina mediante 5+5/8.5 elementi strutturali in VTR valcolati (1 valvola/m) con lunghezza media L=11 m con eventuali iniezioni a P/V controllato;
- applicazione di uno strato di spritz-beton fibrorinforzato al fronte con spessore pari a 10 cm su ogni sfondo e con spessore pari a 15 cm per ogni fine campo;
- eventuali 2+2 drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua L=30m, sovrapposizione minima =13.0m, diametro esterno $\varnothing > 60$ mm, spessore 5mm, rivestiti con calza in TNT;
- rivestimento di prima fase composto da: 5+25 cm di spritz-beton fibrorinfoaato e centine HEB 220 con passo 1.0 m;

Rivestimento definitivo:

- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- arco rovescio e murette in calcestruzzo armato di spessore 0.90 m;
- calotta in calcestruzzo armato con spessore variabile tra 0.55 – 1.30 m.

Macrofasi costruttive:

- Fase 1: esecuzione sul fronte di avanzamento di uno strato di spritz fibro-rinforzato ed esecuzione del precontenimento al fronte secondo la geometria di progetto;
- Fase 2: esecuzione del precontenimento e del presostegno del contorno secondo la geometria di progetto;
- Fase 3: esecuzione dei drenaggi in avanzamento (eventuale);
- Fase 4: esecuzione dello scavo a piena sezione per singoli sfondi di lunghezza massima pari a 1 m, sagomando il fronte a forma concava e per una lunghezza massima del campo di scavo pari a 8.5 m.

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						
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IB0U	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 63 di 355

Applicazione di uno strato di spritz-beton fibrorinforzato al contorno di 5cm al contorno ed al fronte con spessore pari a 10 cm sui singoli sfondi e con spessore pari a 15 cm per ogni fine campo;

- Fase 5: posa centine;
- Fase 6: realizzazione strato di betoncino proiettato fibrorinforzato di 25 cm;
- Fase 7: posa in opera dell'impermeabilizzazione e del sistema di drenaggio.
- Fase 8: esecuzione del rivestimento definitivo come da linee guida.

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 64 di 355

9.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

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

Per le caratteristiche dei materiali da adottare per la realizzazione delle opere si rimanda all'elaborato "Caratteristiche dei materiali – note generali" (Rif. [12]e [13]) e al "Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili " (Rif.[15]).

Rivestimento provvisorio

Calcestruzzo proiettato fibrorinforzato	
Classe di resistenza	C25/30
Resistenza di progetto a compressione a 28 giorni	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{0.85f_{ck}}{1.5} = 14.11 \text{ MPa}$
Modulo elastico a 28 giorni	$E_{cm} = 22000 \cdot \left(\frac{f_{cm}}{10}\right)^{0.3} = 31447 \text{ MPa}$
Classe minima di sviluppo della resistenza minima a compressione a breve termine	J2
Curva granulometrica degli aggregati di tipo Continuo con diametro massimo di:	10 mm
Classe di consistenza	S5
Classe di assorbimento energetica minima	E700

Acciaio per centine	
Tipo	S 275
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq 430 \text{ MPa}$
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq 275 \text{ MPa}$
Modulo elastico	$E_s = 210000 \text{ MPa}$

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						
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	65 di 355	

Bulloni Swellex Pm16	
Tipo	Pm16
Tensione caratteristica di rottura ($f_{tk} \cdot A_s$)	160 kN
Tensione caratteristica di snervamento ($f_{yk} \cdot A_s$)	140 kN
Diametro	36 mm
Spessore	2 mm
Diametro di perforazione	43-52 mm
Allungamento massimo	20%

Bulloni aderenza continua	
Acciaio	B 450 C
Diametro	24 mm a 32 mm
Diametro di perforazione	>51 mm

Bulloni autoproforanti in acciaio R51N	
Tipo	R51N
Carico caratteristico di rottura ($f_{tk} \cdot A_s$)	$F_{tk} \geq 800$ kN
Carico caratteristico di snervamento ($f_{yk} \cdot A_s$)	$F_{yk} \geq 630$ kN
Diametro esterno	51 mm
Diametro interno	33 mm
Diametro di perforazione	>100 mm

Rivestimento definitivo

Calcestruzzo armato	
Classe di resistenza	C25/30
Resistenza di progetto a compressione a 28 giorni	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{1.5} = 14.1$ MPa
Modulo elastico a 28 giorni	$E_{cm} = 22000 \cdot \left(\frac{f_{cm}}{10}\right)^{0.3} = 31447$ MPa
Classe di esposizione	XC2
Classe di consistenza	S4
Classe di contenuto in cloruri	CL 0.2
Diametro massimo aggregato	32 mm
Copriferro	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:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo		IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	66 di 355

Calcestruzzo non armato	
Classe di resistenza	C25/30
Tensione massima di compressione	$\sigma_c = 6.25 \text{ MPa}$
Modulo elastico a 28 giorni	$E_{cm} = 22000 \cdot \left(\frac{f_{cm}}{10}\right)^{0.3} = 31447 \text{ MPa}$

Acciaio per barre di armatura	
Tipo	B 450 C
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 in esercizio	$\sigma_{lim} = 0.75 f_{yk} = 337 \text{ MPa}$

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	67 di 355

9.3 ANALISI E VERIFICA DELLE SEZIONI TIPO

Le soluzioni progettuali descritte nel capitolo precedente sono state analizzate per verificarne adeguatezza ed efficacia, con riferimento al modello geotecnico illustrato (§7) e nel rispetto della normativa vigente (Rif. [1] e [2]).

Di seguito l'elenco sintetico dell'approccio di calcolo adottato per le verifiche delle sezioni tipo:

- verifiche degli scavi e consolidamenti per tutte le sezioni tipo mediante modelli FEM con impiego del software Plaxis.
- per le sezioni con chiodature ed assenza di centine con comportamento dell'ammasso A/B secondo la classificazione ADECO-RS, vengono eseguiti oltre i modelli con il software agli elementi finiti Plaxis, anche le verifiche del pre-rivestimento secondo lo scenario di pericolo caduta blocchi mediante il software UnWedge 4.0 (RocScience), visto il riscontro degli scavi della limitrofa galleria di base del Brennero in cui soprattutto per lo scavo all'interno dei graniti di Bressanone è risultato il principale scenario di rischio per coperture inferiori agli 800 m circa (Rif. [45]). Negli allegati 1-3 sono riportate le verifiche per le sezioni tipo AOL, AObis e A1L con le ipotesi di calcolo e procedura di verifica adottata. Nell'allegato 4 viene riportata la verifica del rivestimento definitivo secondo un approccio analogo a quanto considerato per la Galleria di base del Brennero considerando lo scenario di carico dei blocchi. Di seguito gli estratti delle ipotesi considerate per la galleria di base del Brennero con a destra il modello di calcolo 2D a barre-molle del rivestimento definitivo.

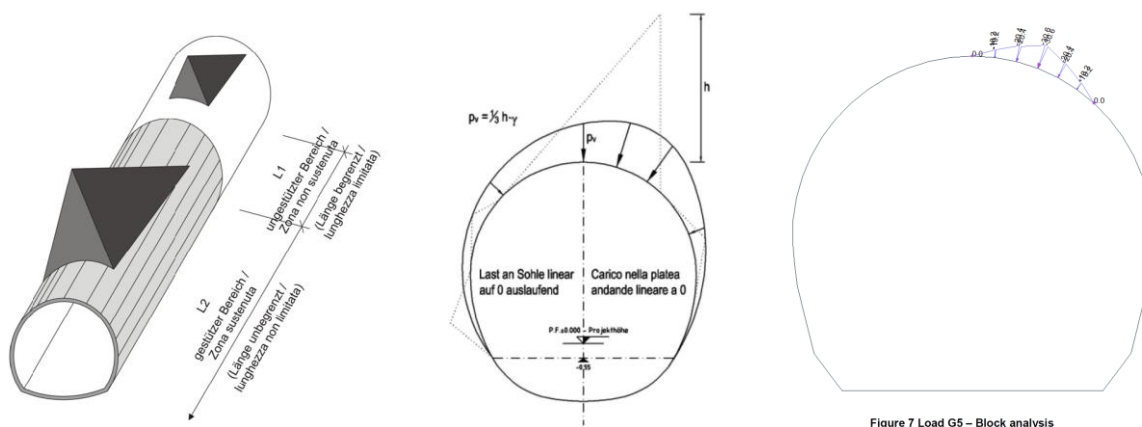


Figura 9-1: Carico da blocchi (Galleria di base del Brennero).

- I rivestimenti definitivi vengono verificati mediante il software Plaxis considerando una fase di lungo termine con la presenza di un carico idraulico pari a 20 m simulando l'inefficienza del sistema di drenaggio.

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	68 di 355

9.3.1 Criteri di verifica

Al fine di dimensionare i rivestimenti di prima fase e i rivestimenti definitivi delle sezioni tipologiche di scavo della galleria di linea Scaleres, sono state condotte diverse analisi numeriche bidimensionali.

Le sezioni di analisi sono state scelte in corrispondenza delle massime coperture per ciascuna sezione tipo prevista e nella condizione geotecnica più critica interessata dall'opera, secondo i calcoli effettuati mediante le curve caratteristiche del fronte e della galleria, in modo da ottenere le massime sollecitazioni agenti sugli elementi strutturali. Pertanto, si ritiene che le condizioni di calcolo analizzate siano rappresentative e valide per ogni condizione di applicazione delle sezioni tipo.

La seguente tabella riassume le principali informazioni delle sezioni tipo della galleria naturale considerate nelle analisi numeriche.

Sezione di calcolo	Sezione tipo adottata	Unità	Pk sez. analisi [km]	H [m]
12	A0bis – Scen1	γ_{bi} (6)	1+583	210
16	A1L	γ_{bi} (8)	2+228	420
17	A0L	γ_{bi}	2+624	625
18	B1L	MPC (9)	3+000	520
19	A0bis – Scen2	MPC	3+013	500
21	A1	BSSa	3+234	400
22	C2L	BSS (11)	3+313	390
24	C2v	BSS (12)	3+606	490
25	A0bis – Scen3	BSS	3+780	513
26	A2	BSS	3+780	513

Tabella 9-1: Principali caratteristiche delle sezioni di calcolo analizzate.

I tassi di rilascio da utilizzare nelle analisi numeriche per ciascuna fase di calcolo sono stati ottenuti dalle curve caratteristiche in presenza di sostegni riportate brevemente nel seguito.

Stabilità del fronte e del cavo

Le analisi di stabilità del fronte e del cavo sono mirate alla valutazione dello sviluppo di possibili meccanismi di collasso, con o senza propagazione verso la superficie, o di deformazioni e spostamenti elevati al contorno ed in superficie.

Trattandosi di una verifica per uno stato limite ultimo di tipo GEO, si è utilizzato l'Approccio1 – Combinazione2 (A2 + M2 + R2), con R2 pari ad 1.

La verifica della stabilità del fronte è condotta applicando i coefficienti parziali sui parametri di resistenza dell'ammasso e valutando il risultato della verifica in funzione della formulazione del particolare metodo di

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	69 di 355

calcolo adottato (si può fare riferimento, ad esempio, al fattore di stabilità, o alla pressione di equilibrio al fronte, o al coefficiente di sicurezza globale o a sviluppo di elevate deformazioni/plasticizzazioni al fronte).

Gli interventi di consolidamento del fronte, realizzati mediante barre autoperforanti di tipo R51N o VTR a seconda delle sezioni tipo, sono simulati mediante un incremento di coesione equivalente del fronte ($\Delta c'$) valutato attraverso il calcolo della pressione equivalente al fronte (σ'_3) determinata sulla base del valore più basso tra resistenza a trazione e resistenza a sfilamento dei singoli elementi, secondo le seguenti relazioni:

$$\Delta c' = \frac{1}{2} \sqrt{K_p} \sigma'_3{}^{DYWI}$$

con:

$$K_p = \frac{1 + \sin \varphi'}{1 - \sin \varphi'}$$

$$\sigma'_3{}^{DYWI} = \min(\sigma'_{3,A}{}^{DYWI}, \sigma'_{3,B}{}^{DYWI}) = \min\left(\frac{\tau_{bk} \cdot L_A \cdot p_A}{A_i}, \frac{f_{tk} \cdot A_T}{A_i}\right)$$

dove:

- τ_{bk} tensione di aderenza all'interfaccia con il terreno
- L_A lunghezza utile dell'elemento
- p_A perimetro dell'interfaccia con il terreno
- f_{tk} resistenza a trazione dell'elemento DYWI
- A_T sezione resistente a trazione dell'elemento DYWI
- A_i area di influenza del singolo elemento di consolidamento

In particolare, si assumono le seguenti proprietà per gli autoperforanti R51N:

- $\tau_{bk} = 250$ kPa, $A_t = 940$ mm² e $f_{tk} = 850$ MPa

Per i VTR si ha invece:

- $\tau_{bk} = 250$ kPa, $A_t = 1571$ mm² e $f_{tk} = 800$ MPa

Le valutazioni relative all'effetto dei consolidamenti sono condotte a partire dai parametri geotecnici caratteristici e adottando coefficienti parziali unitari sulle resistenze dei materiali; agli incrementi di coesione equivalente calcolati come sopra descritto può quindi essere applicato lo stesso coefficiente parziale previsto per la coesione dell'ammasso.

Per evidenziare l'effetto dei consolidamenti ai fini della stabilità del fronte, i risultati delle verifiche sono presentati per confronto con i corrispondenti risultati delle analisi svolte in fase di diagnosi (con valori caratteristici delle azioni e delle resistenze ed in assenza di interventi di consolidamento).

Interazione opera – terreno

L'interazione opera – terreno è stata valutata mediante apposite analisi numeriche agli elementi finiti (FEM: *finite element method*), utilizzando il codice di calcolo Plaxis2D (Versione 2022) sviluppato dalla Bentley Systems. Tale codice permette di analizzare problemi di meccanica del continuo, determinando gli stati tensionali e deformativi, in campo bidimensionale o assialsimmetrico, in equilibrio con le condizioni al contorno imposte e compatibilmente con le leggi costitutive adottate per i materiali, sia in campo statico che

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	70 di 355

dinamico. Le analisi possono essere inoltre condotte in condizioni di flusso idraulico, in modalità accoppiata o con pressioni neutre preventivamente fissate.

Nell'ambito delle analisi condotte per le gallerie in esame, sono state adottate leggi costitutive di tipo elastico lineare per le strutture e leggi elastiche perfettamente-plastiche con criterio di resistenza alla Mohr-Coulomb per le zone di terreno naturale.

Il comportamento del sistema opera – terreno è stato analizzato nelle diverse fasi costruttive fino alla configurazione finale e in condizioni di esercizio. Le analisi sono mirate alla previsione del comportamento deformativo al contorno dello scavo e dei carichi attesi sui sostegni provvisori e sui rivestimenti definitivi. Le analisi consentono di verificare:

- stati limite ultimi per raggiungimento della resistenza del terreno/ammasso roccioso interessato dallo scavo (stato limite ultimo di tipo GEO), con lo sviluppo di fenomeni di instabilità del fronte o di deformazioni e spostamenti elevati al contorno;
- stati limite ultimi relativi al raggiungimento delle resistenze degli elementi strutturali che costituiscono gli interventi di stabilizzazione, del rivestimento di prima fase e del rivestimento definitivo (stato limite ultimo di tipo STR);
- stati limite di esercizio per il rivestimento definitivo.

Per le verifiche di stati limite ultimi STR, le analisi di interazione opera – terreno sono state condotte con i valori caratteristici delle azioni e dei parametri geotecnici, applicando i coefficienti parziali all'effetto delle azioni, adottando l'Approccio1 – Combinazione 1, con $R1 = 1$. Con la combinazione dei carichi fondamentali si è proceduto secondo questo schema:

- Verifiche SLU interventi di stabilizzazione: $\gamma_E = 1.3$ applicato alle caratteristiche delle sollecitazioni;
- Verifiche SLU rivestimento di prima fase: $\gamma_E = 1.3$ applicato alle caratteristiche delle sollecitazioni;
- Verifiche SLU rivestimento di definitivo: $\gamma_E = 1.3$ applicato alle caratteristiche delle sollecitazioni.

Per la verifica degli stati limite di esercizio (SLE) del rivestimento definitivo in calcestruzzo armato, le analisi numeriche sono state condotte con i valori caratteristici delle azioni e dei parametri geotecnici, adottando le pertinenti combinazioni dei carichi per la verifica di fessurazione e la verifica delle tensioni in esercizio, secondo quanto previsto dal DM 14/01/2008 (Rif. [1]) e Circolare n. 617 (Rif. [2]).

Gli interventi di contenimento radiale con bulloni di tipo Swellex sono implementati direttamente nei modelli numerici attraverso elementi *embedded beam* la cui geometria (diametro e spessore del bullone cavo, lunghezza, interasse longitudinale e trasversale) è congruente con quanto previsto in progetto.

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				
GALLERIE	Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	71 di 355

9.3.2 Definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici utilizzati nelle analisi

Nell'intervallo di valori dei parametri geotecnici sopra definiti, in accordo con le indicazioni del DM 14/01/2008, sono stati individuati i parametri caratteristici appropriati per gli stati limite considerati nella verifica delle opere in sotterraneo.

La seguente tabella riassume i parametri geotecnici adottati per i calcoli di dimensionamento, in funzione della sezione tipologica di scavo adottata. Il livello della falda è stato assunto inizialmente alla base del modello numerico al fine di evitare lo sviluppo di sovrappressioni interstiziali durante le fasi di realizzazione dell'opera e di normale esecuzione. Inoltre, per ogni analisi, è stata implementata una fase finale in cui il livello della falda è stato imposto 20 m al di sopra della calotta al fine di simulare lo sviluppo di sovrappressioni nel caso di inefficienza del sistema di drenaggio delle acque di ammasso.

Sezione di calcolo	H [m]	GSI [-]	K ₀ [-]	γ [kN/m ³]	c' _k [kPa]	φ' _k [°]	E _k [MPa]	Carico idraulico [m]	Modelli di calcolo
A0L	625	60	0.9	27	3570	50	18200	20	<ul style="list-style-type: none"> Verifica pre-rivestimento mediante analisi a blocchi con software UnWedge Verifica pre-rivestimento e rivestimento definitivo con modelli FEM Plaxis 2D
A0bis Scenario 1	210	45	0.9	27	966	46	7800	20	<ul style="list-style-type: none"> Verifica pre-rivestimento mediante analisi a blocchi con software UnWedge Verifica pre-rivestimento e rivestimento definitivo con modelli FEM Plaxis 2D
A0bis Scenario 2	500	55	0.9	27	2468	48	12300	20	<ul style="list-style-type: none"> Verifica pre-rivestimento e rivestimento definitivo con modelli FEM Plaxis 2D
A0bis Scenario 3	513	65	0.9	27	1910	35.5	11440	20	<ul style="list-style-type: none"> Verifica pre-rivestimento e rivestimento definitivo con modelli FEM Plaxis 2D
A1L	450	35	0.9	27	1163	36	4000	20	<ul style="list-style-type: none"> Verifica pre-rivestimento mediante analisi a blocchi con software UnWedge Verifica pre-rivestimento e rivestimento definitivo con modelli FEM 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:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 72 di 355

A1	400	50	0.9	27	1361	35	4000	20	• Verifica pre-rivestimento e rivestimento definitivo con modelli FEM Plaxis 2D
A2	523	60	0.9	27	1671	34	11440	20	• Verifica pre-rivestimento e rivestimento definitivo con modelli FEM Plaxis 2D
B1L	520	35	0.9	27	1354	34	4000	20	• Verifica pre-rivestimento e rivestimento definitivo con modelli FEM Plaxis 2D
C2L	390	35	0.9	27	950	31	3100	20	• Verifica pre-rivestimento e rivestimento definitivo con modelli FEM Plaxis 2D
C2v	490	35	0.9	27	958	27	2500	20	• Verifica pre-rivestimento e rivestimento definitivo con modelli FEM Plaxis 2D

Tabella 9-2 – Parametri geotecnici di calcolo.

9.3.3 Modelli numerici per analisi tensio-deformative agli elementi finiti

Le analisi numeriche per lo studio della deformazione e delle sollecitazioni indotte sugli elementi strutturali sono state eseguite con il codice agli elementi finiti PLAXIS 2D (versione 2018) che permette di simulare i tipici problemi di Ingegneria Geotecnica, e quindi anche lo studio delle gallerie, attraverso modelli in condizione di deformazione piana o di assialsimmetria.

Un modello in condizione di deformazione piana (*plain strain*) viene utilizzato per analizzare il comportamento della galleria nella sua sezione trasversale all'asse, assumendo deformazioni nulle nella direzione longitudinale (direzione z). Un esempio di modello *plain strain* è mostrato in Figura 9-2.

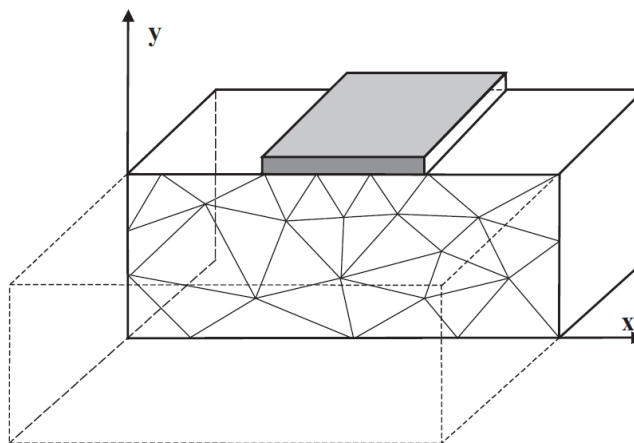


Figura 9-2: Esempio di modello in condizione di deformazione piana

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		
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IB0U	1AEZZ	RH	GN0000001	C	73 di 355

Secondo il metodo degli elementi finiti un continuo è diviso in un numero di elementi ed ogni elemento è costituito da un numero di nodi. In particolare, si è considerato nelle analisi un elemento triangolare a 15 nodi, che permette di ottenere risultati molto accurati. Tale elemento fornisce un'interpolazione di quarto ordine per gli spostamenti e l'integrazione numerica coinvolge dodici punti Gauss.

Il metodo agli elementi finiti permette di risolvere, noto il legame costitutivo, le equazioni di equilibrio e congruenza nel rispetto delle condizioni al contorno. In particolare, l'equilibrio statico di un continuo può essere formulato secondo l'equazione:

$$\underline{\underline{L}}^T \underline{\underline{\sigma}} + \underline{\underline{b}} = \underline{\underline{0}}$$

Questa equazione mette in relazione le derivate spaziali delle sei componenti di sforzo, assemblate nel vettore $\underline{\underline{\sigma}}$, alle tre componenti delle forze di volume, assemblate nel vettore $\underline{\underline{b}}$. $\underline{\underline{L}}^T$ è la trasposta di un operatore differenziale, definito secondo l'equazione:

$$\underline{\underline{L}}^T = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} & 0 & 0 & \frac{\partial}{\partial y} & 0 & \frac{\partial}{\partial z} \\ 0 & \frac{\partial}{\partial y} & 0 & \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial z} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial}{\partial z} & 0 & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial x} \end{bmatrix}$$

Le equazioni di congruenza possono essere formulate secondo l'espressione:

$$\underline{\underline{\varepsilon}} = \underline{\underline{L}} \underline{\underline{u}}$$

Questa equazione esprime le sei componenti di deformazione, assemblate nel vettore $\underline{\underline{\varepsilon}}$, quali derivate spaziali delle tre componenti di spostamento, assemblate nel vettore $\underline{\underline{u}}$, utilizzando l'operatore differenziale $\underline{\underline{L}}$ precedentemente definito. Il legame tra le equazioni di equilibrio e di congruenza è formato da una relazione costitutiva che rappresenta il comportamento del materiale. L'espressione generale delle possibili relazioni costitutive è rappresentata dall'equazione:

$$\underline{\underline{\sigma}} = \underline{\underline{M}} \underline{\underline{\varepsilon}}$$

9.3.4 Ipotesi di calcolo

Per ogni sezione tipo analizzata sono state eseguite in sequenza la determinazione della curva caratteristica secondo quanto descritto al §8.2.1.1 e l'analisi numerica relativa ad una sezione trasversale in condizioni di deformazione piana ma adottando la reale geometria dello scavo e dello stato di sforzo e simulando anche lo scavo della galleria adiacente dove presente. Il tasso di rilascio corrispondente alla convergenza valutata tramite la così detta curva caratteristica della galleria permette di tenere conto in maniera semplificata in un'analisi piana del progressivo avanzamento del fronte di scavo.

Un esempio di modello numerico è mostrato nella figura seguente, dove si evincono le condizioni al contorno introdotte in termini di carrelli ai bordi laterali e di cerniere al bordo inferiore. La profondità della galleria imposta nel modello numerico pari a 5 volte il diametro equivalente dello scavo, D, e la larghezza dello stesso modello numerico, L, sono stati selezionati in maniera tale da minimizzare gli effetti di bordo. Nel caso di copertura rispetto all'asse dei centri, H, maggiore di 5 volte il diametro equivalente dello scavo, la profondità

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 74 di 355

della galleria è posta pari a $H_{\text{numerico}} \geq 5 D$ al fine di limitare le dimensioni del modello numerico. Il peso dell'ammasso non considerato nel modello ($H - H_{\text{numerico}}$) è assegnato integralmente allo strato di spessore 1m. (Figura 9-3).

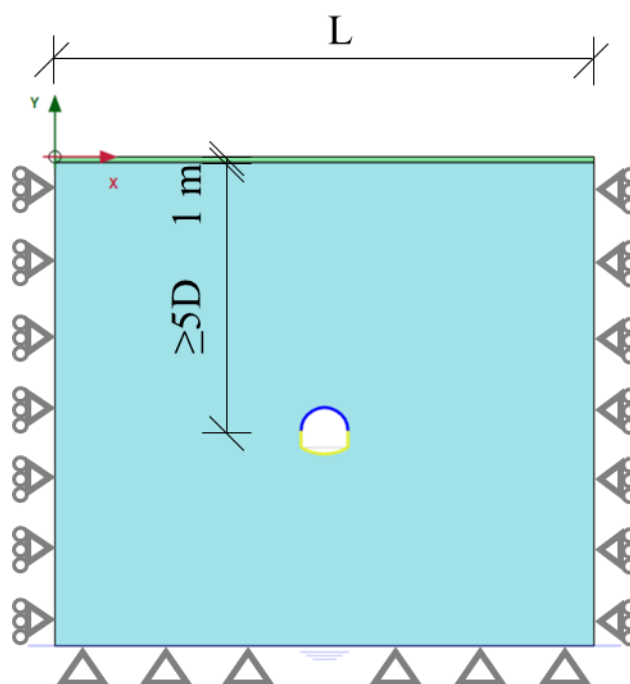
La sezione di scavo, riprodotta in maniera realistica, fa riferimento alla mezzeria del rivestimento definitivo, avendo modellato sia il rivestimento di prima fase sia quello definitivo attraverso degli elementi *plate*, privi di spessore. (Figura 9-4)

Per quanto attiene le sezioni con profilo di scavo rettilineo e verticale in corrispondenza del piedritto (A0bis, A0I, A1 e A1L) la validazione delle ipotesi adottate in fase di modellazione sopra descritte è avvenuta anche attraverso un'analisi comparativa effettuata implementando un modello di confronto tale da riproporre una più fedele geometrizzazione del profilo di scavo.

La comparazione è stata condotta, in via cautelativa, per la sezione A1 che presenta spessori del rivestimento definito maggiori e quindi una deviazione teorica più accentuata tra profilo di scavo e asse di mezzeria del rivestimento definitivo. L'analisi ha mostrato come le verifiche condotte in PE risultino di fatto a favore di sicurezza per il rivestimento definitivo mentre il modello di confronto fornisce valori allineati alla modellazione già proposta garantendo comunque il rispetto dei limiti di normativa anche per i rivestimenti di prima fase. La comparazione illustrata consente pertanto di confermare le ipotesi di modellazione già adottate per le altre sezioni

I valori del tasso di rilascio adottati per il rivestimento definitivo tengono conto della possibilità che tali elementi strutturali siano installati a distanze dal fronte tali ancora da risentire dell'effetto di rilascio dovuto allo scavo, altrimenti nullo alle massime distanze di installazione previste per le sezioni tipo.

Le verifiche strutturali sono presentate nel paragrafo 9.7.



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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 75 di 355

Figura 9-3: Esempio di modello numerico in condizioni di deformazione piana per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali.

In figura, D rappresenta il diametro equivalente dello scavo e lo strato superficiale di spessore pari a 1 m è stato implementato nel caso di coperture rispetto all'asse dei centri della galleria maggiore di $5 \cdot D$.

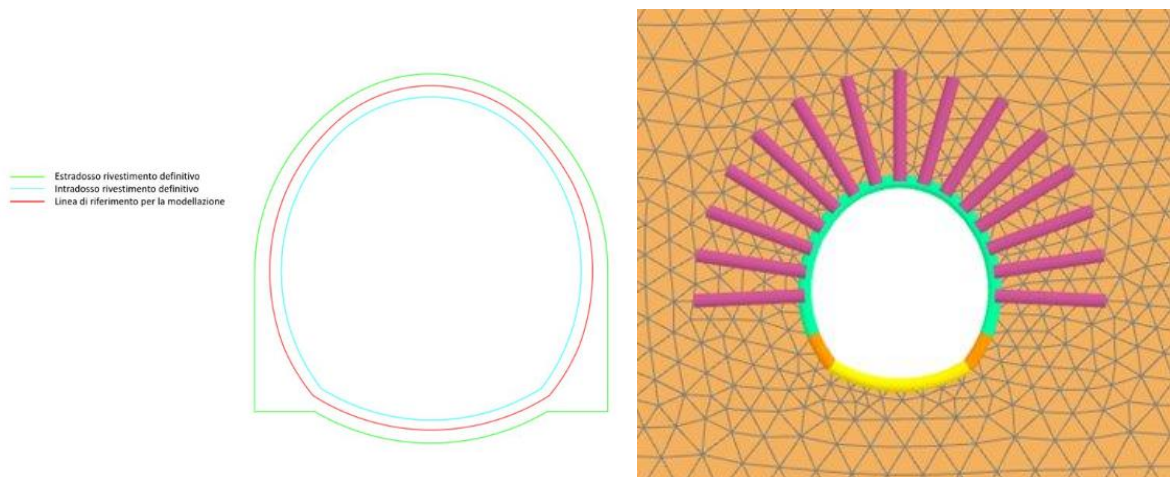


Figura 9-4: Geometria tipo del rivestimento di prima fase e definitivo e particolare del modello numerico relativo agli elementi strutturali.

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					
GALLERIE	Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	
		IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	76 di 355	

9.3.5 Sezione A0bis - Scenario 1

Per la definizione della sezione di analisi si rimanda al §9.1.2.

9.3.5.1. Stabilità del fronte

Nel seguito si riassumono i dati di input utilizzati per le analisi di stabilità del fronte della sezione tipo A0 eseguita con il metodo delle linee caratteristiche:

Sezione	R_{eq} [m]	H [m]	S_m [MPa]	γ [kN/m ³]	c'_d [kPa]	φ'_d [°]	E_d [MPa]
A0bis	4.98	210	5.67	27	773	39.6	7800

H: profondità dell'asse della galleria
 S_m : tensione media litostatica alla profondità dell'asse della galleria
 γ : peso dell'unità di volume dell'ammasso
 c'_d : valore di progetto della coesione efficace dell'ammasso
 φ'_d : valore di progetto dell'angolo di attrito dell'ammasso
 E_d : valore di progetto del modulo elastico dell'ammasso

Sono stati valutati lo spostamento ed il raggio plastico al fronte della curva caratteristica al fronte con cavità sferica. Trattandosi di una verifica per uno stato limite ultimo di tipo GEO, si utilizza l'Approccio1 – Combinazione2 (A2 + M2 + R2), con R2 = 1.

Sezione di analisi	σ_c [MPa]	p_c [MPa]	σ_c/p_c [-]	u_F [cm]	u_F/R_{eq} [%]	R_{pF} [m]	R_{pF}/R_{eq} [-]	Criterio 1	Criterio 2.1	Criterio 2.2
A0bis	3,29	1,04	3,17	0,32	0,06	5,54	1,11	A	A	B

Tabella 9-3– Verifica di stabilità del fronte relativa alla sezione tipo A0bis – Scenario 1

Le analisi evidenziano che, anche con l'applicazione dei coefficienti parziali corrispondenti alla combinazione A2 + M2 + R2 e quindi con i valori di progetto, l'entità degli spostamenti e delle plasticizzazioni sono tali da poter ritenere la verifica di stabilità soddisfatta.

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 77 di 355

9.3.5.2. Interazione opera – terreno

Dall'analisi delle curve caratteristiche in presenza di sostegni è stato possibile determinare i tassi di rilascio da utilizzare nelle differenti fasi realizzative della Sezione Tipo in oggetto.

Nella seguente figura è rappresentato l'andamento del coefficiente di deconfinamento applicato al modello.

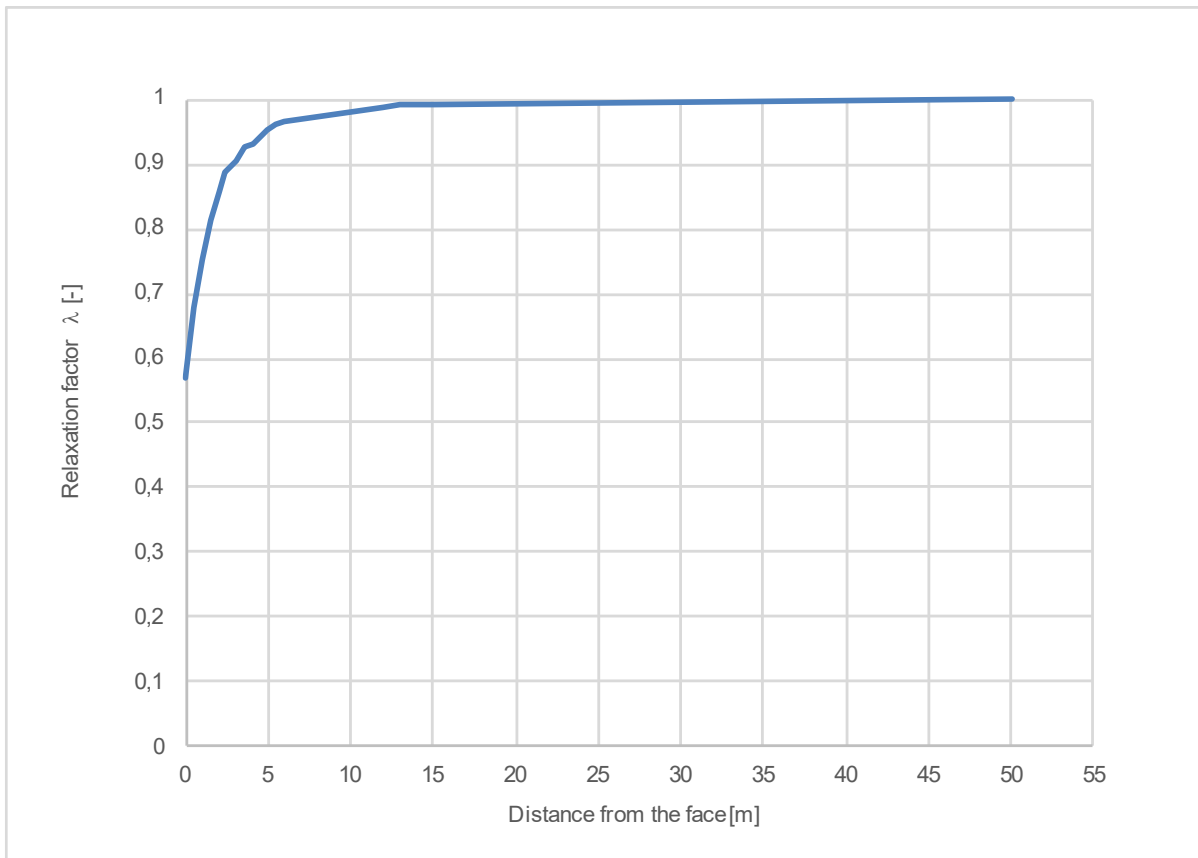


Figura 9-5: Coefficiente di deconfinamento Sezione Tipo A0bis – Scenario 1

La tabella seguente (Tabella 9-4) riassume le fasi di analisi numeriche per la sezione tipologica in esame e i relativi tassi di rilascio ottenuti dalle curve caratteristiche:

Fase (#)	Descrizione (-)	λ (-)
0	Initial	-
1	Nil	-
2	Avanzamento in corrispondenza del fronte SX (x=0m)	0.571
3	Avanzamento tunnel SX (x=3.m)	0.906

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	78 di 355

4	Attivazione bulloni radiali e rivestimento provvisorio a maturazione intermedia SX (x=6m)	0.966
5	Maturazione completa rivestimento provvisorio SX e avanzamento tunnel (x=15m)	0.993
6	Avanzamento in corrispondenza del fronte DX (x=0m)	0.571
7	Avanzamento tunnel DX (x=3.m)	0.906
8	Attivazione bulloni radiali e rivestimento provvisorio a maturazione intermedia DX (x=6m)	0.966
9	Maturazione completa rivestimento provvisorio DX e avanzamento tunnel (x=15m)	0.993
10	Attivazione Rivestimento Definitivo	1.000
11	Condizioni di Lungo termine	1.000

Tabella 9-4– Fasi di calcolo riferite alla simulazione numerica in condizioni di deformazione piana per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali.

Le sollecitazioni agenti sugli elementi strutturali sono state ricavate adottando il modello numerico mostrato nella figura sottostante, nel quale il peso dell'unità di volume dello strato superficiale di 1m è posto pari a 3510 kN/m^3 al fine di simulare la copertura di verifica della Sezione (210m). Questo valore è ottenuto tenendo conto del fatto che la copertura presente nel modello è pari a 80m.

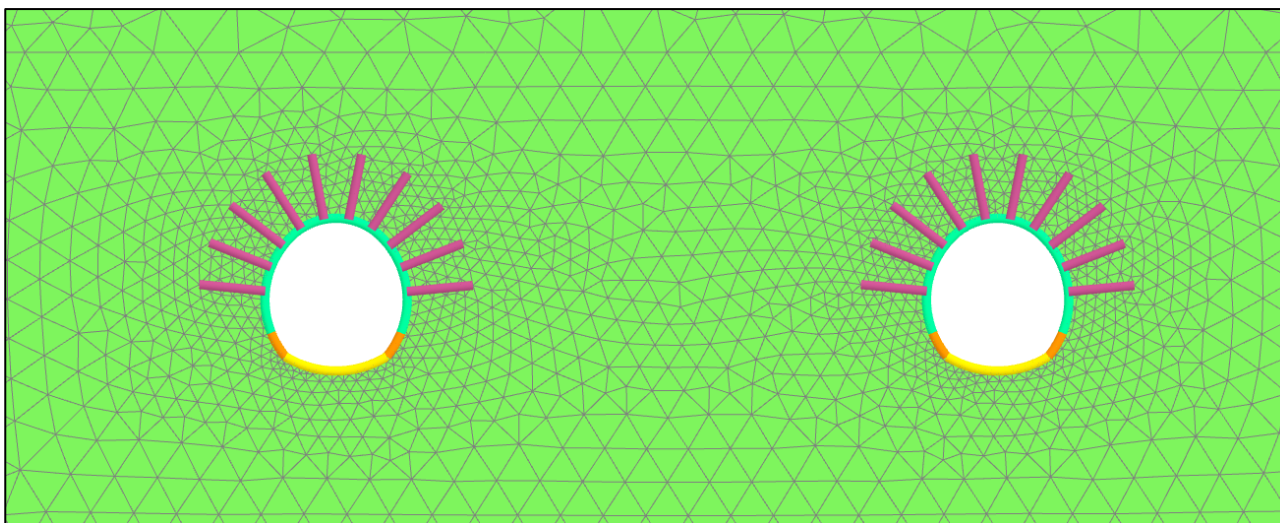


Figura 9-6: Modello numerico relativo alla simulazione numerica in condizioni di deformazione piana per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 79 di 355

La seguente tabella riassume le caratteristiche degli elementi di sostegno di prima fase utilizzati nel modello numerico per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali.

Sostegni							
Sezione tipo	Sfondo max [m]	Spritz-beton [cm]	Ancoraggi radiali	Sostegno al contorno	Sostegno al fronte	Centine	Drenaggi in avanzamento
A0bis	3,0	5+15	9/10 bulloni Swellex Pm16, L = 4m p. long 2.0m x p. trasv 1.5m	-	spritz 5 cm su ogni sfondo	-	Eventuali - 4 (2+2) tubi microfessurati in PVC L=30m (sovrap. min. 10 m)

Tabella 9-5– Sostegni Sezione Tipo A0bis

La seguente tabella riassume le caratteristiche del rivestimento definitivo considerato nella modellazione.

Rivestimento definitivo					
Sezione tipo	Distanza vincolata arco rovescio	Distanza vincolata volta	Arco rovescio	Murette	Volta
A0bis	-	-	60 cm non armato	60 cm non armato	50 cm non armato

Tabella 9-6– Rivestimento definitivo Sezione Tipo A0bis

Le seguenti figure rappresentano gli spostamenti nei dintorni del cavo prima dell'installazione del rivestimento definitivo e i diagrammi di sollecitazione nel rivestimento di prima fase.

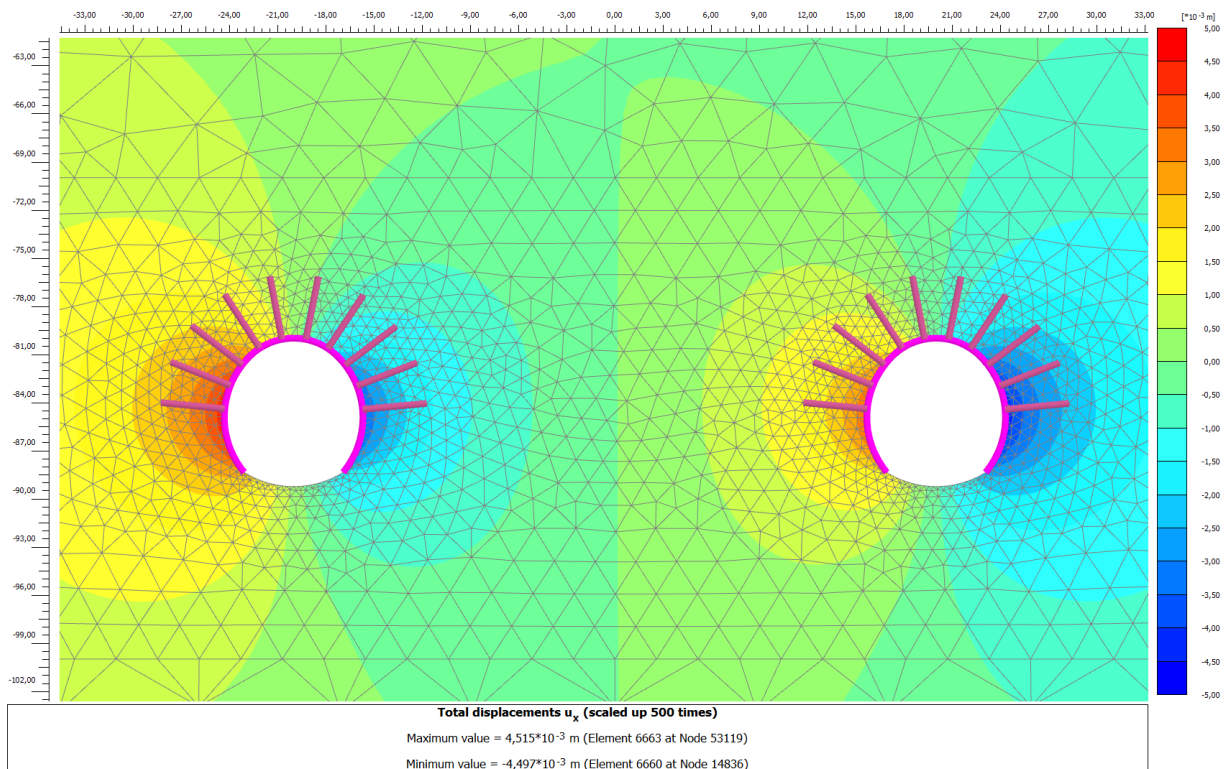


Figura 9-7: Spostamenti in direzione orizzontale - Sezione Tipo A0bis

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 80 di 355

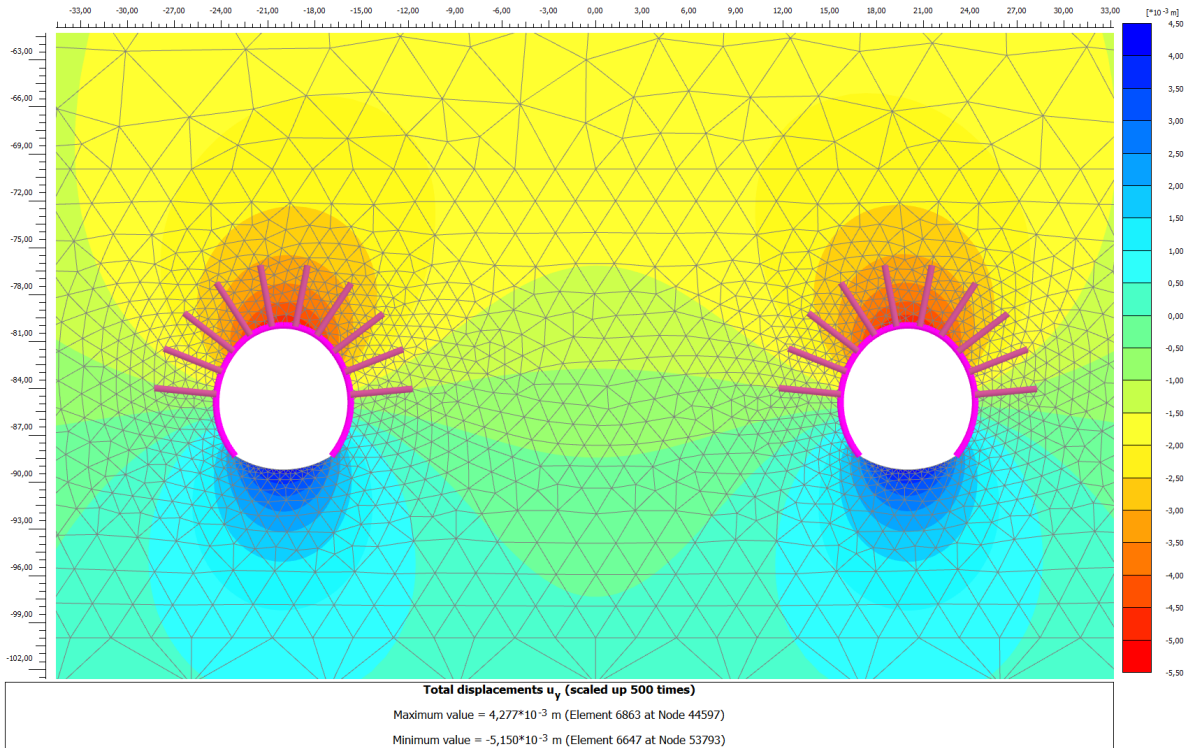


Figura 9-8: Spostamenti in direzione verticale - Sezione Tipo A0bis

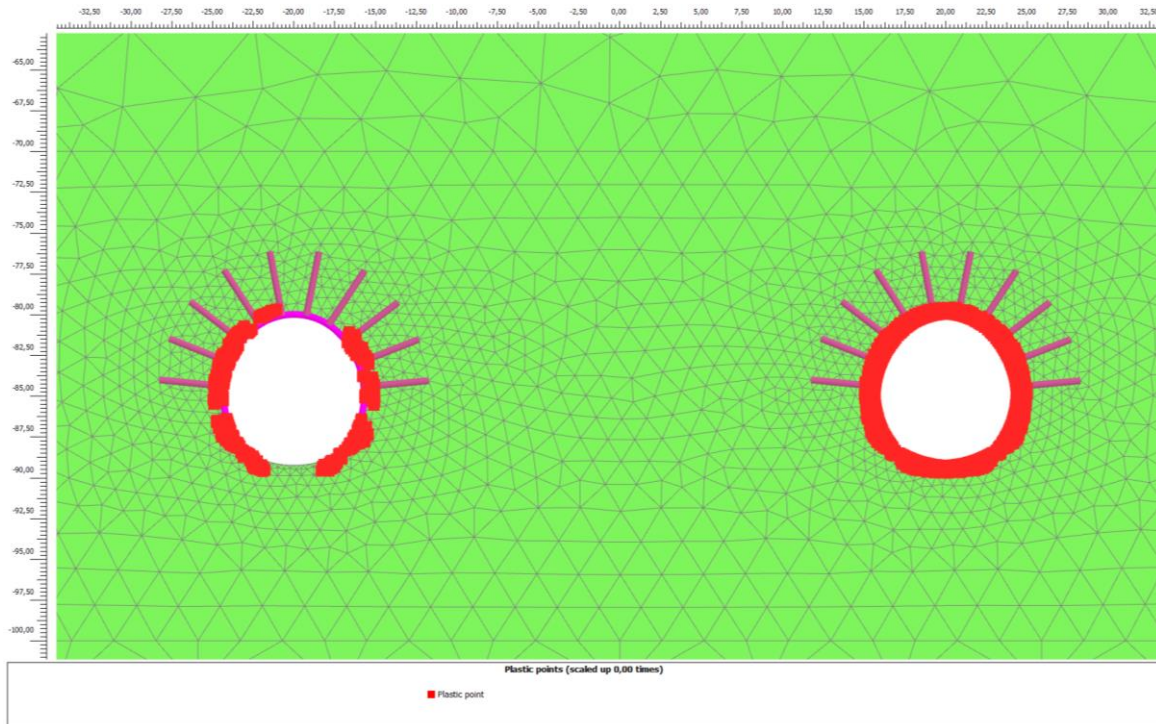


Figura 9-9: Zone di plasticizzazione - Sezione Tipo A0bis

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 81 di 355

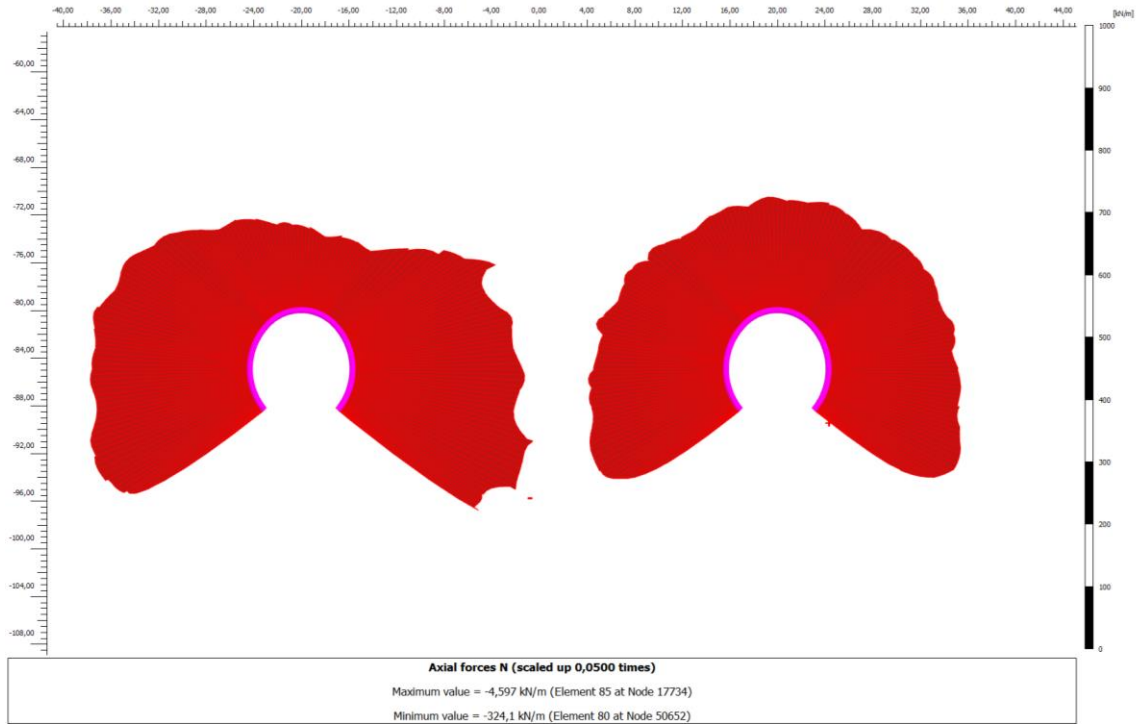


Figura 9-10: Sforzo normale agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo A0bis



Figura 9-11: Momento flettente agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo A0bis

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 82 di 355

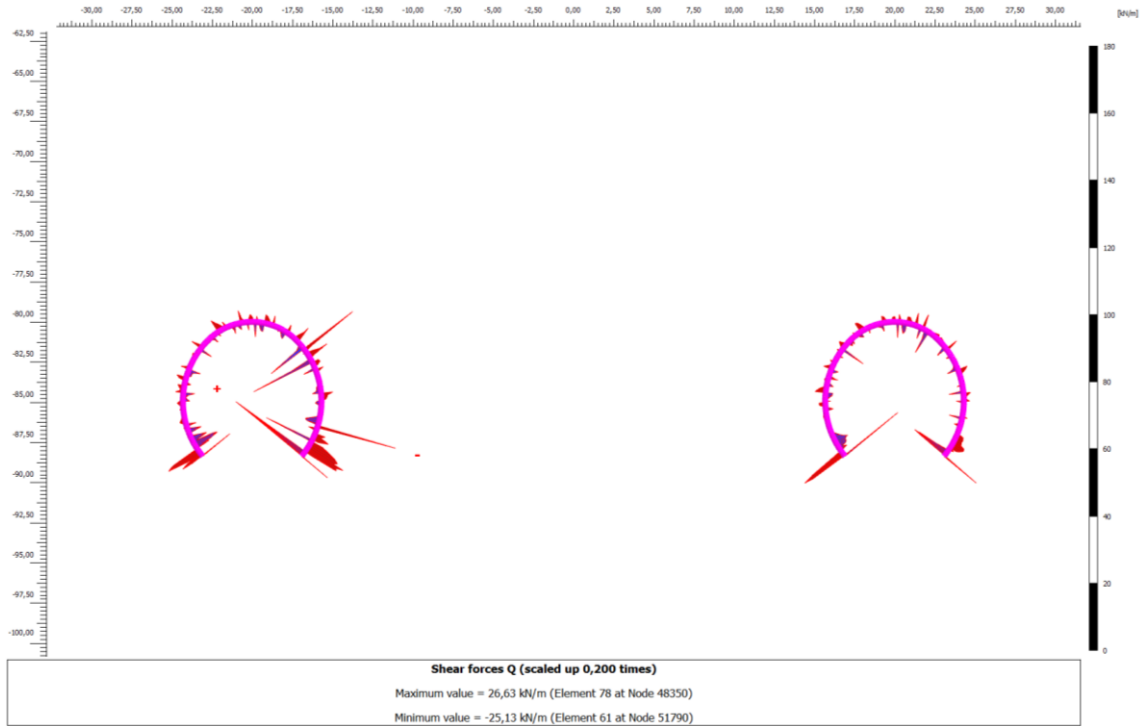


Figura 9-12: Sforzo di taglio agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo A0bis

Le seguenti figure rappresentano i diagrammi di sollecitazione nel rivestimento definitivo.

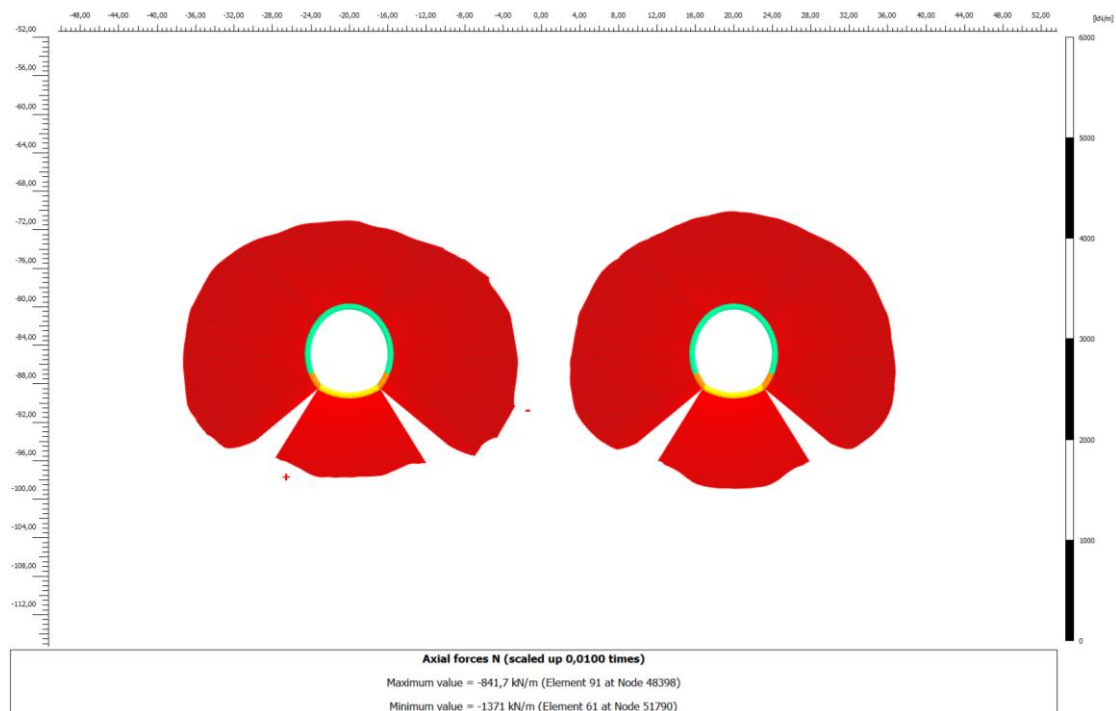


Figura 9-13: Involuppo di sforzo normale agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo A0bis

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			
GALLERIE Galleria Scalers - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 83 di 355

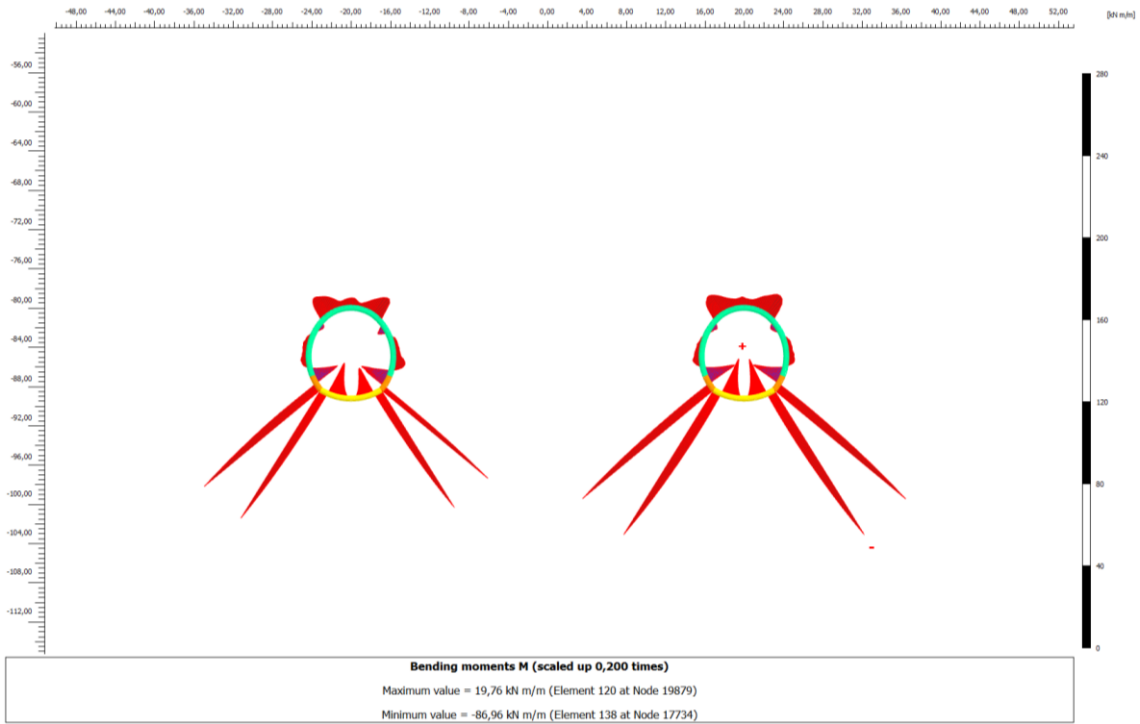


Figura 9-14: Involuppo di momento flettente agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo A0bis



Figura 9-15: Involuppo di sforzo di taglio agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo A0bis

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			
GALLERIE Galleria Scalers - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 84 di 355

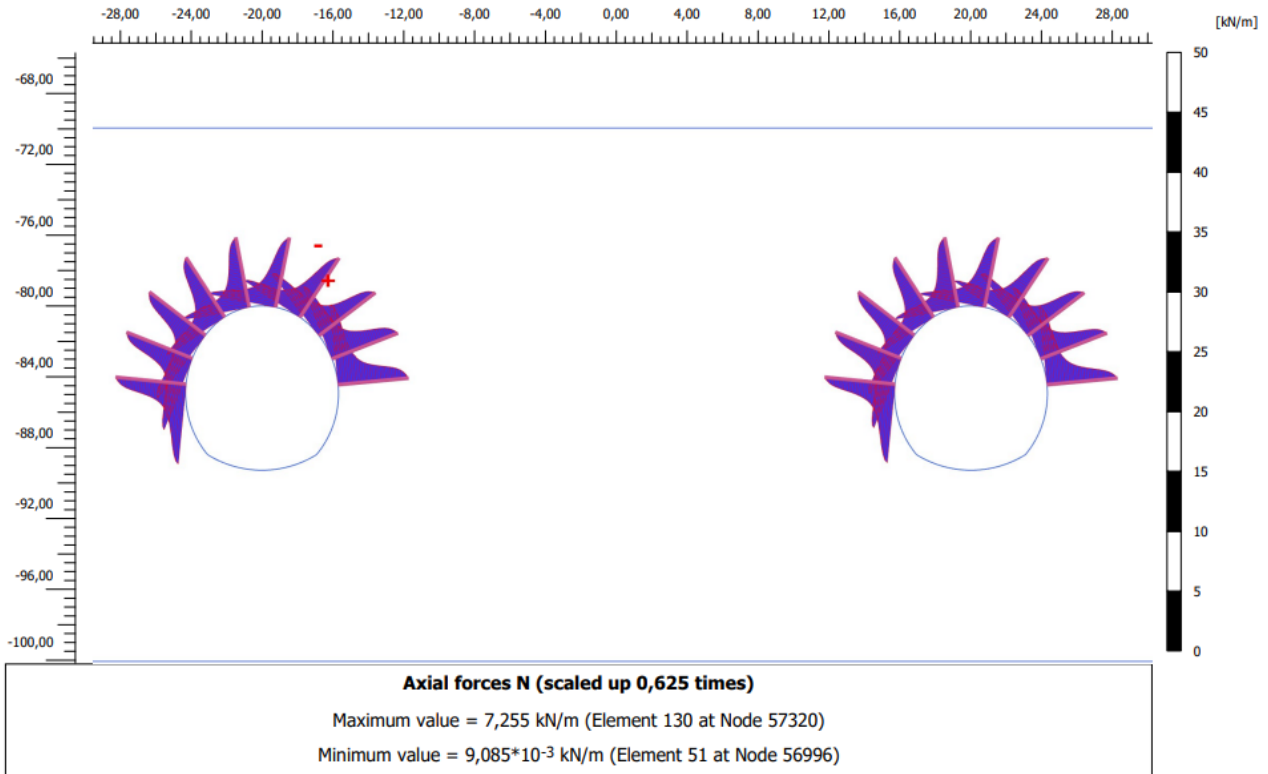


Figura 9-16 – Massimo sforzo normale agente sugli ancoraggi radiali - Sezione Tipo A0bis

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				
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 85 di 355	

9.3.6 Sezione A0bis - Scenario 2

Per la definizione della sezione di analisi si rimanda al §9.1.2.

9.3.6.1. Stabilità del fronte

Nel seguito si riassumono i dati di input utilizzati per le analisi di stabilità del fronte della sezione tipo A0 eseguita con il metodo delle linee caratteristiche:

Sezione	R_{eq} [m]	H [m]	S_m [MPa]	γ [kN/m ³]	c'_d [kPa]	φ'_d [°]	E_d [MPa]
A0bis	4.98	500	13.00	26	1974	41.6	12300

H: profondità dell'asse della galleria
 S_m : tensione media litostatica alla profondità dell'asse della galleria
 γ : peso dell'unità di volume dell'ammasso
 c'_d : valore di progetto della coesione efficace dell'ammasso
 φ'_d : valore di progetto dell'angolo di attrito dell'ammasso
 E_d : valore di progetto del modulo elastico dell'ammasso

Sono stati valutati lo spostamento ed il raggio plastico al fronte della curva caratteristica al fronte con cavità sferica. Trattandosi di una verifica per uno stato limite ultimo di tipo GEO, si utilizza l'Approccio1 – Combinazione2 (A2 + M2 + R2), con R2 = 1.

Sezione di analisi	σ_c [MPa]	p_c [MPa]	σ_c/p_c [-]	u_F [cm]	u_F/R_{eq} [%]	R_{pF} [m]	R_{pF}/R_{eq} [-]	Criterio 1	Criterio 2.1	Criterio 2.2
A0bis	8,79	1,96	4,48	0,43	0,09	5,39	1,08	A	A	A

Tabella 9-7– Verifica di stabilità del fronte relativa alla sezione tipo A0bis – Scenario 2

Le analisi evidenziano che, anche con l'applicazione dei coefficienti parziali corrispondenti alla combinazione A2 + M2 + R2 e quindi con i valori di progetto, l'entità degli spostamenti e delle plasticizzazioni sono tali da poter ritenere la verifica di stabilità soddisfatta.

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 86 di 355

9.3.6.2. Interazione opera – terreno

Dall'analisi delle curve caratteristiche in presenza di sostegni è stato possibile determinare i tassi di rilascio da utilizzare nelle differenti fasi realizzative della Sezione Tipo in oggetto.

Nella seguente figura è rappresentato l'andamento del coefficiente di deconfinamento applicato al modello.

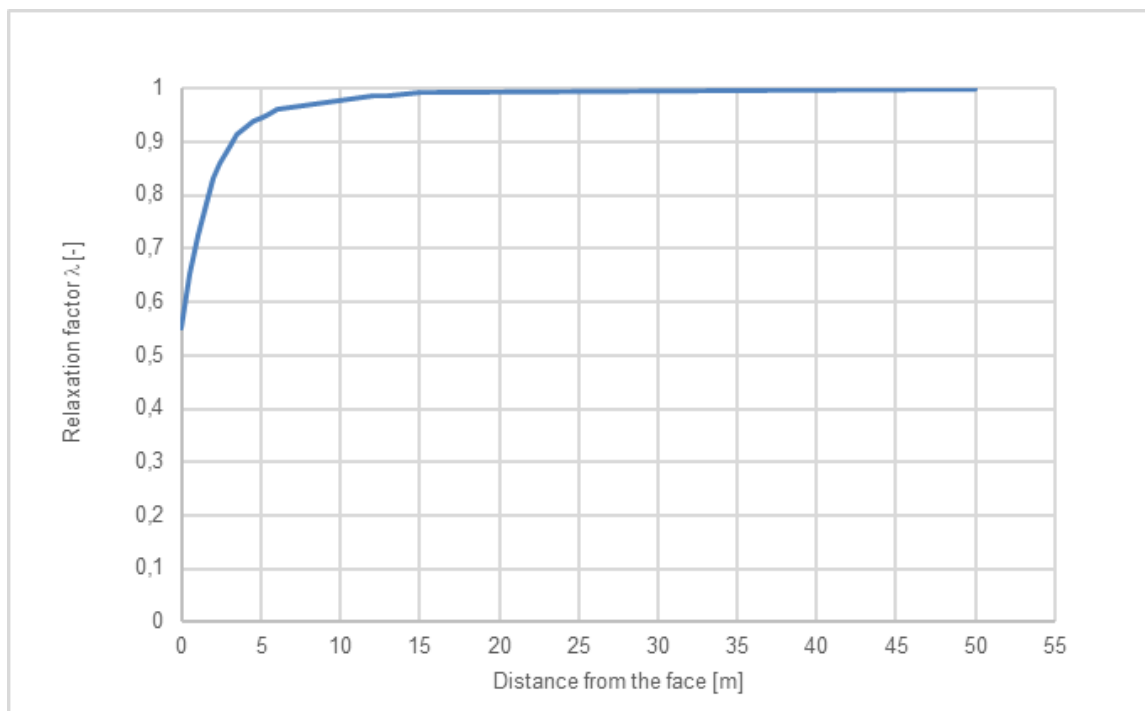


Figura 9-17: Coefficiente di deconfinamento Sezione Tipo A0bis – Scenario 2

La tabella seguente (Tabella 9-8) riassume le fasi di analisi numeriche per la sezione tipologica in esame e i relativi tassi di rilascio ottenuti dalle curve caratteristiche:

Fase (#)	Descrizione (-)	λ (-)
0	Initial	-
1	Nil	-
2	Avanzamento in corrispondenza del fronte SX (x=0m)	0.550
3	Avanzamento tunnel SX (x=3.m)	0.893
4	Attivazione bulloni radiali e rivestimento provvisorio a maturazione intermedia SX (x=6m)	0.959
5	Maturazione completa rivestimento provvisorio SX e avanzamento tunnel (x=15m)	0.993
6	Avanzamento in corrispondenza del fronte DX (x=0m)	0.550

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	87 di 355

7	Avanzamento tunnel DX (x=3.m)	0.893
8	Attivazione bulloni radiali e rivestimento provvisorio a maturazione intermedia DX (x=6m)	0.959
9	Maturazione completa rivestimento provvisorio DX e avanzamento tunnel (x=15m)	0.993
10	Attivazione Rivestimento Definitivo	1.000
11	Condizioni di Lungo termine	1.000

Tabella 9-8– Fasi di calcolo riferite alla simulazione numerica in condizioni di deformazione piana per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali.

Le sollecitazioni agenti sugli elementi strutturali sono state ricavate adottando il modello numerico mostrato nella figura sottostante, nel quale il peso dell'unità di volume dello strato superficiale di 1m è posto pari a 11367 kN/m³ al fine di simulare la copertura di verifica della Sezione (500 m). Questo valore è ottenuto tenendo conto del fatto che la copertura presente nel modello è pari a 80m.

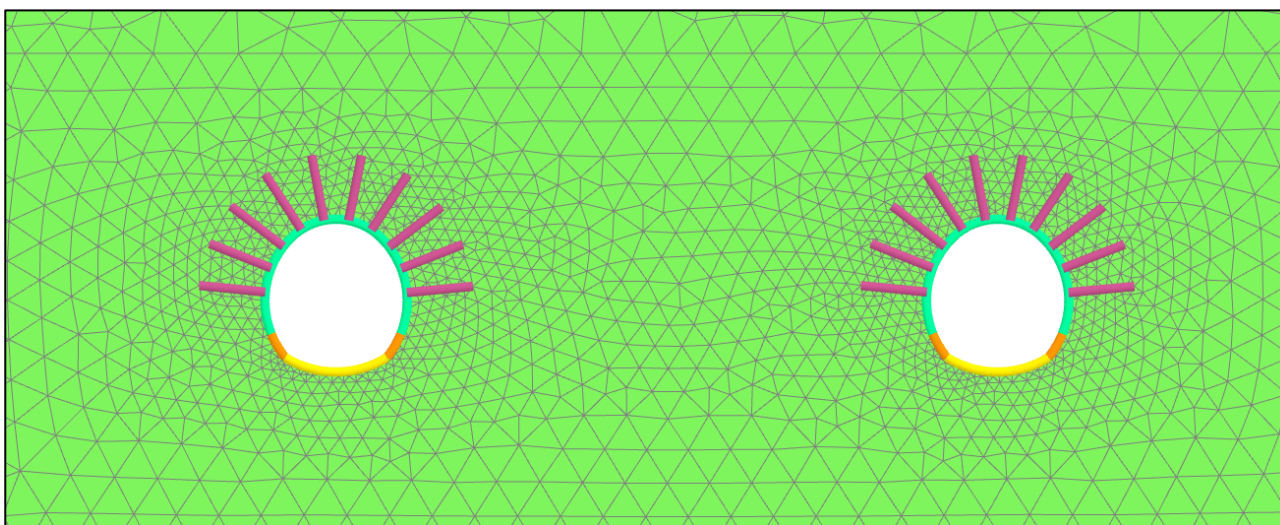


Figura 9-18: Modello numerico relativo alla simulazione numerica in condizioni di deformazione piana per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 88 di 355

La seguente tabella riassume le caratteristiche degli elementi di sostegno di prima fase utilizzati nel modello numerico per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali.

Sostegni							
Sezione tipo	Sfondo max [m]	Spritz-beton [cm]	Ancoraggi radiali	Sostegno al contorno	Sostegno al fronte	Centine	Drenaggi in avanzamento
A0bis	3,0	5+15	9/10 bulloni Swellex Pm16, L = 4m p. long 2.0m x p. trasv 1.5m	-	spritz 5 cm su ogni sfondo	-	Eventuali - 4 (2+2) tubi microfessurati in PVC L=30m (sovrap. min. 10 m)

Tabella 9-9– Sostegni Sezione Tipo A0bis

La seguente tabella riassume le caratteristiche del rivestimento definitivo considerato nella modellazione.

Rivestimento definitivo					
Sezione tipo	Distanza vincolata arco rovescio	Distanza vincolata volta	Arco rovescio	Murette	Volta
A0bis	-	-	60 cm non armato	60 cm non armato	50 cm non armato

Tabella 9-10– Rivestimento definitivo Sezione Tipo A0bis

Le seguenti figure rappresentano gli spostamenti nei dintorni del cavo prima dell'installazione del rivestimento definitivo e i diagrammi di sollecitazione nel rivestimento di prima fase.

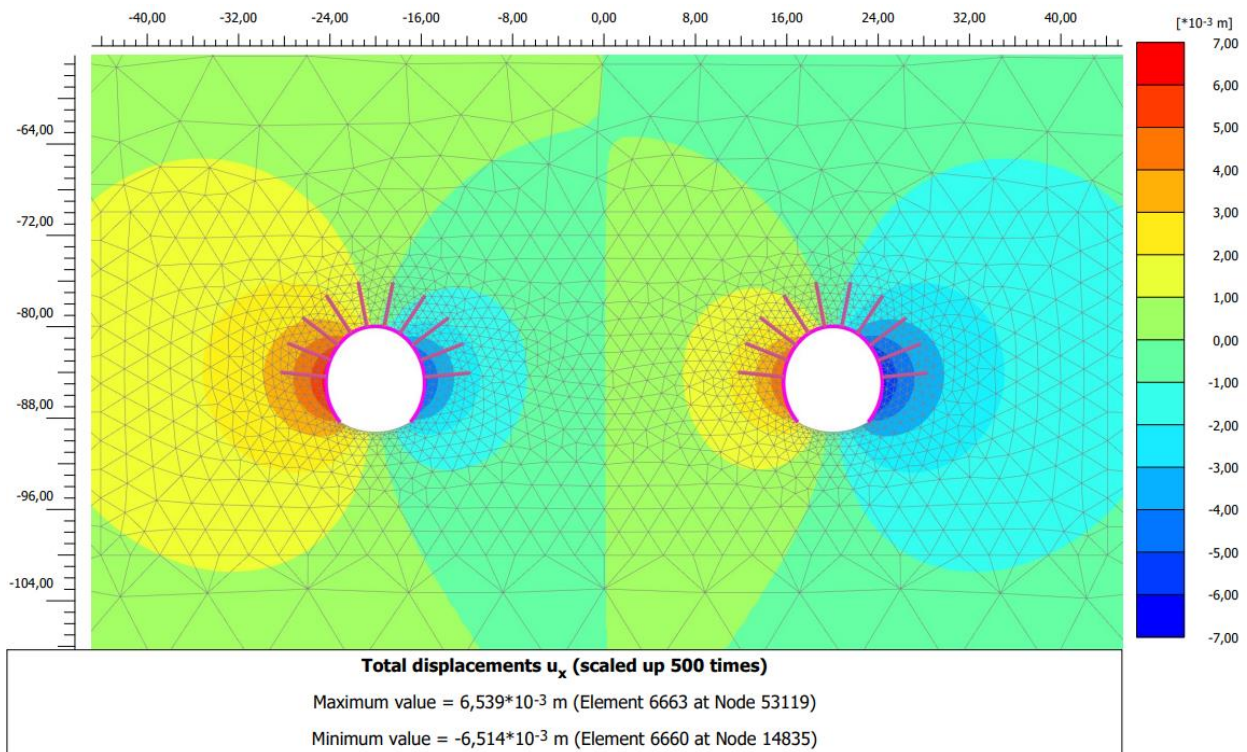


Figura 9-19: Spostamenti in direzione orizzontale - Sezione Tipo A0bis-Fase 9

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			
GALLERIE Galleria Scalers - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 89 di 355

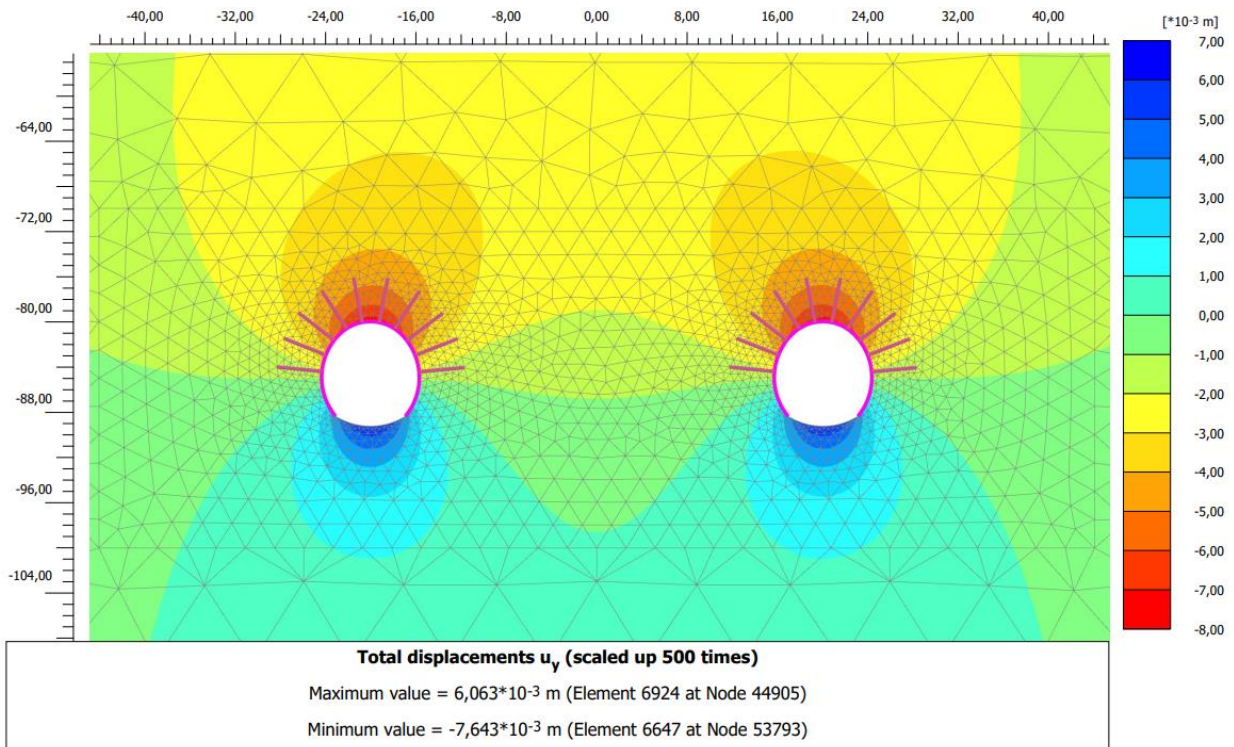


Figura 9-20: Spostamenti in direzione verticale - Sezione Tipo A0bis-Fase 9

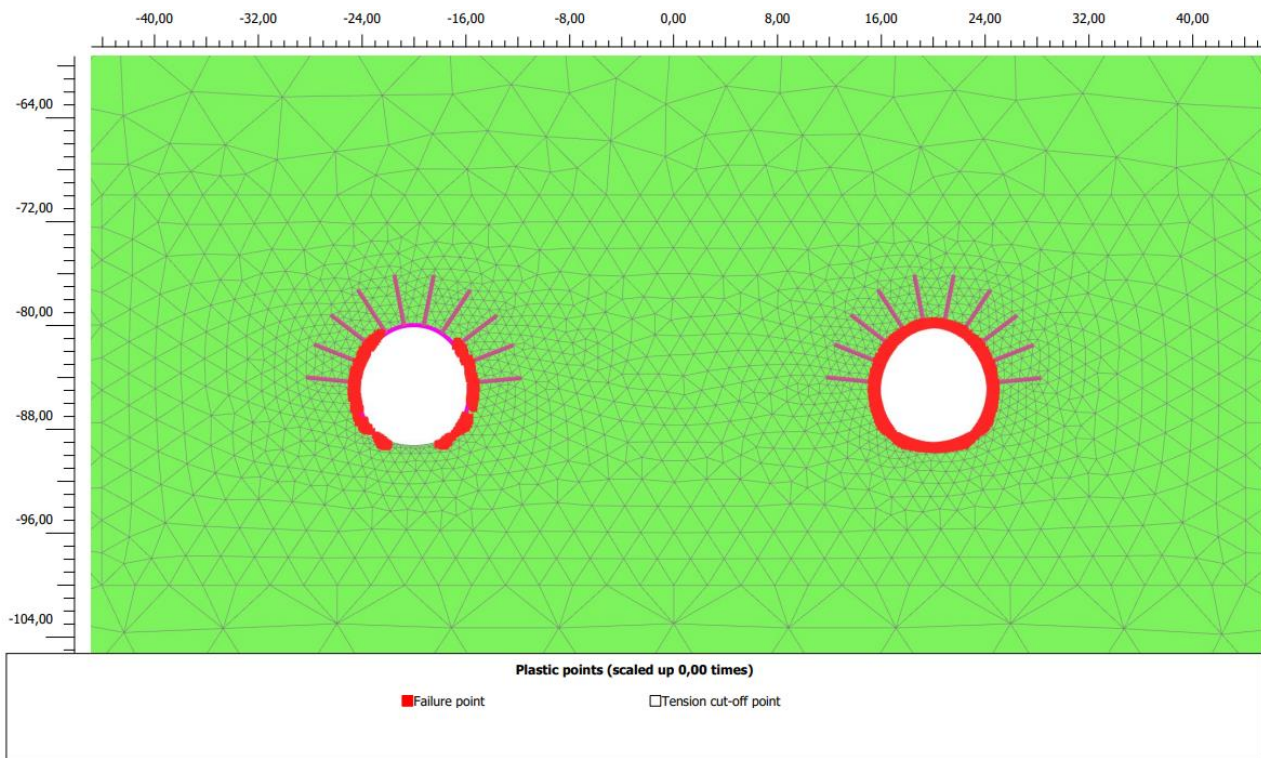


Figura 9-21: Zone di plasticizzazione - Sezione Tipo A0bis-Fase 9

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 90 di 355

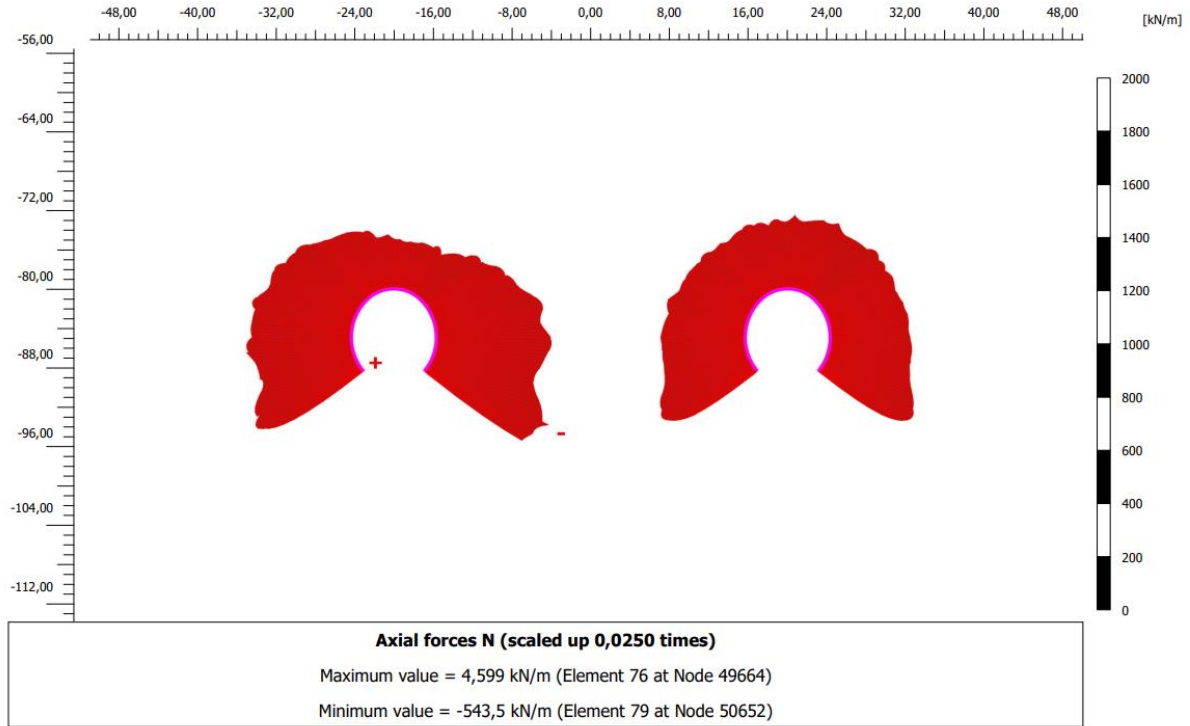


Figura 9-22: Sforzo normale agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo A0bis-Fase 9

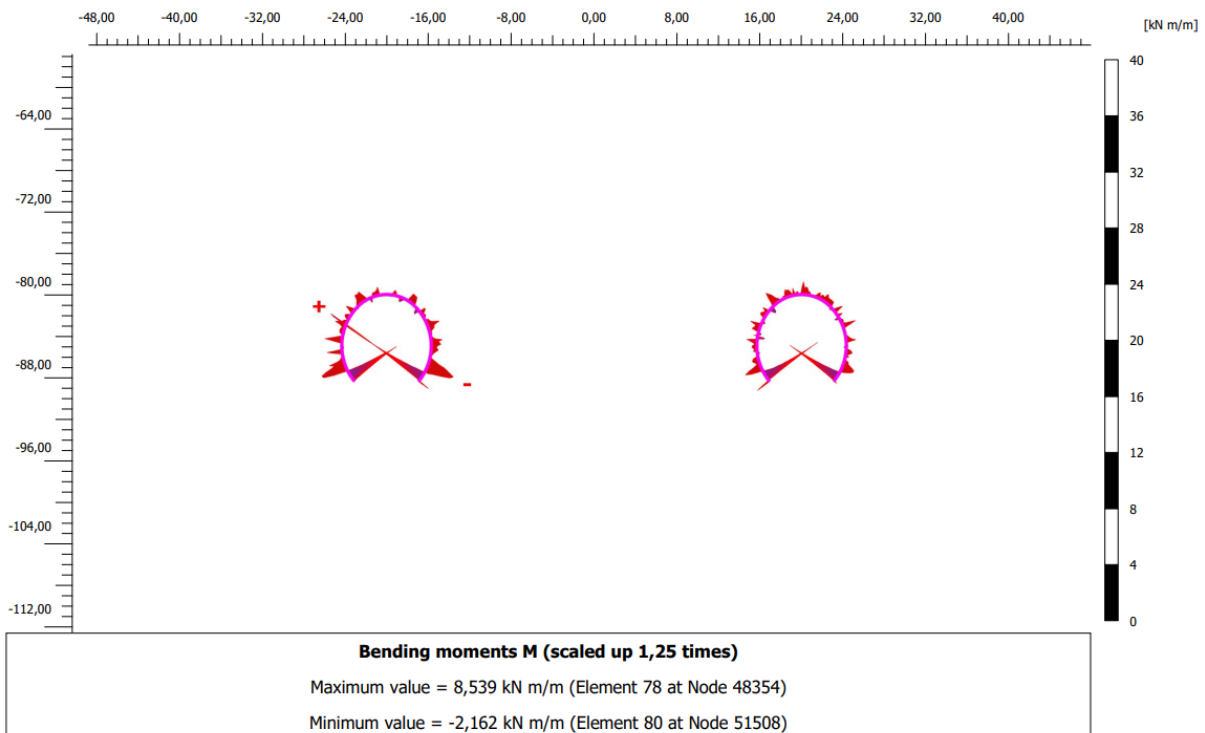


Figura 9-23: Momento flettente agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo A0bis-Fase 9

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 91 di 355

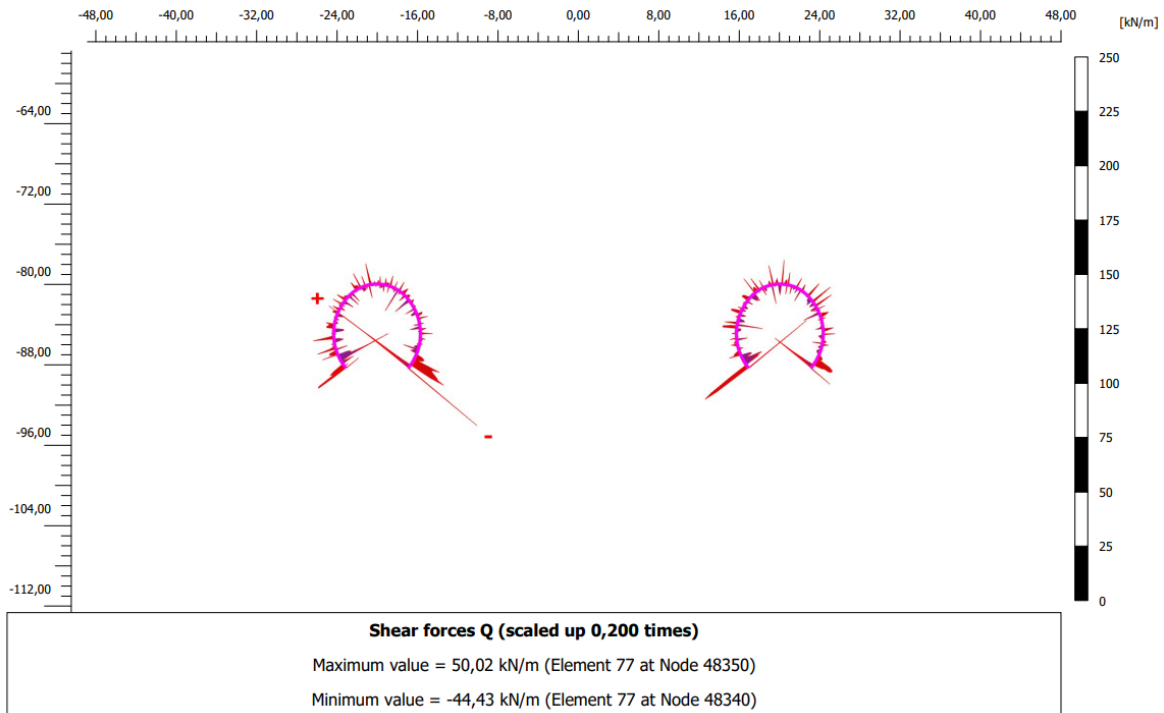


Figura 9-24: Sforzo di taglio agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo A0bis-Fase 9

Le seguenti figure rappresentano i diagrammi di sollecitazione nel rivestimento definitivo.

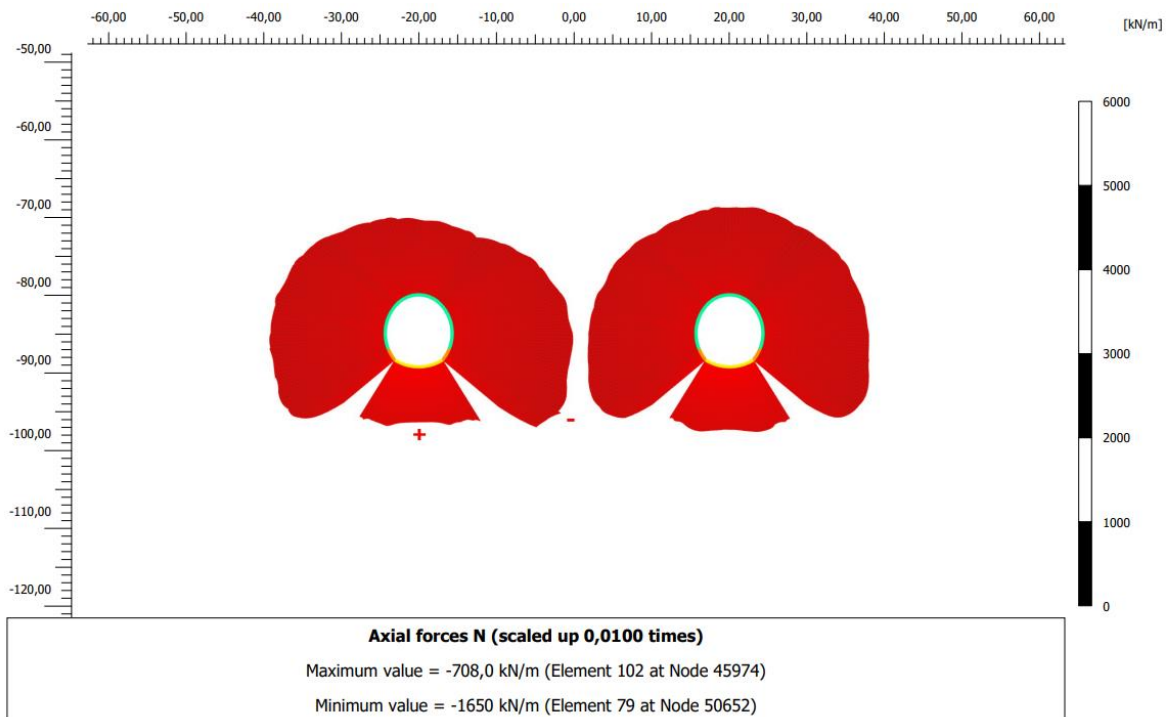


Figura 9-25: Involuppo di sforzo normale agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo A0bis

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			
GALLERIE Galleria Scalers - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 92 di 355

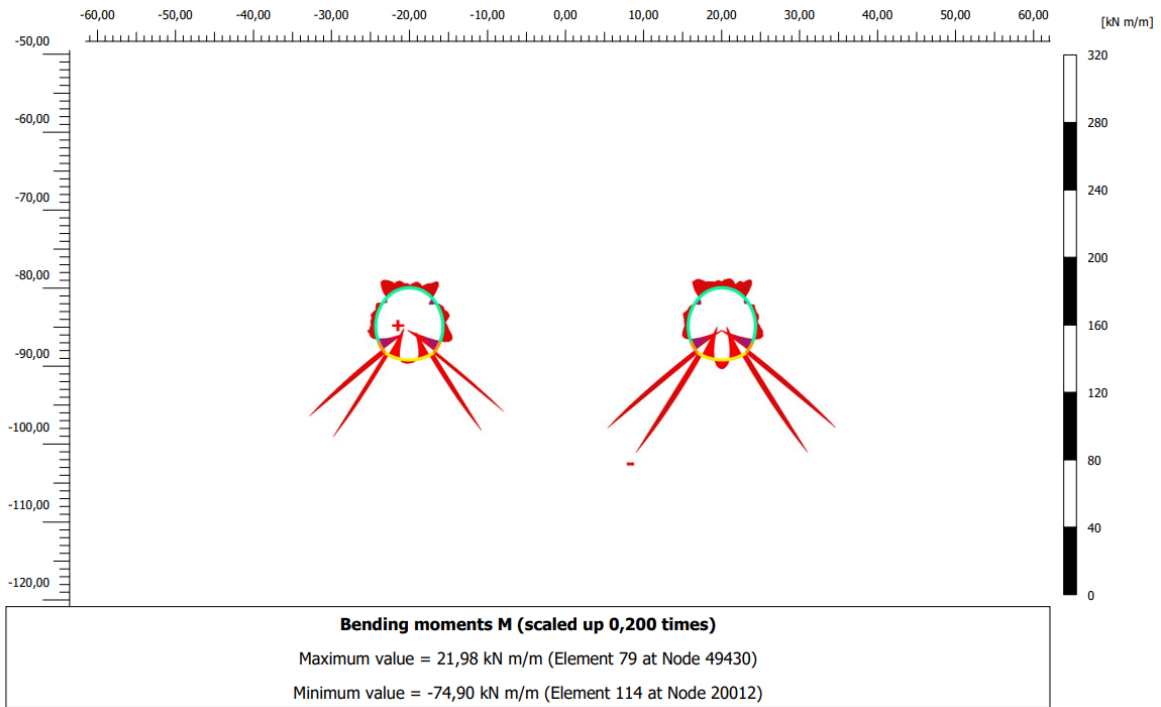


Figura 9-26: Involuppo di momento flettente agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo A0bis

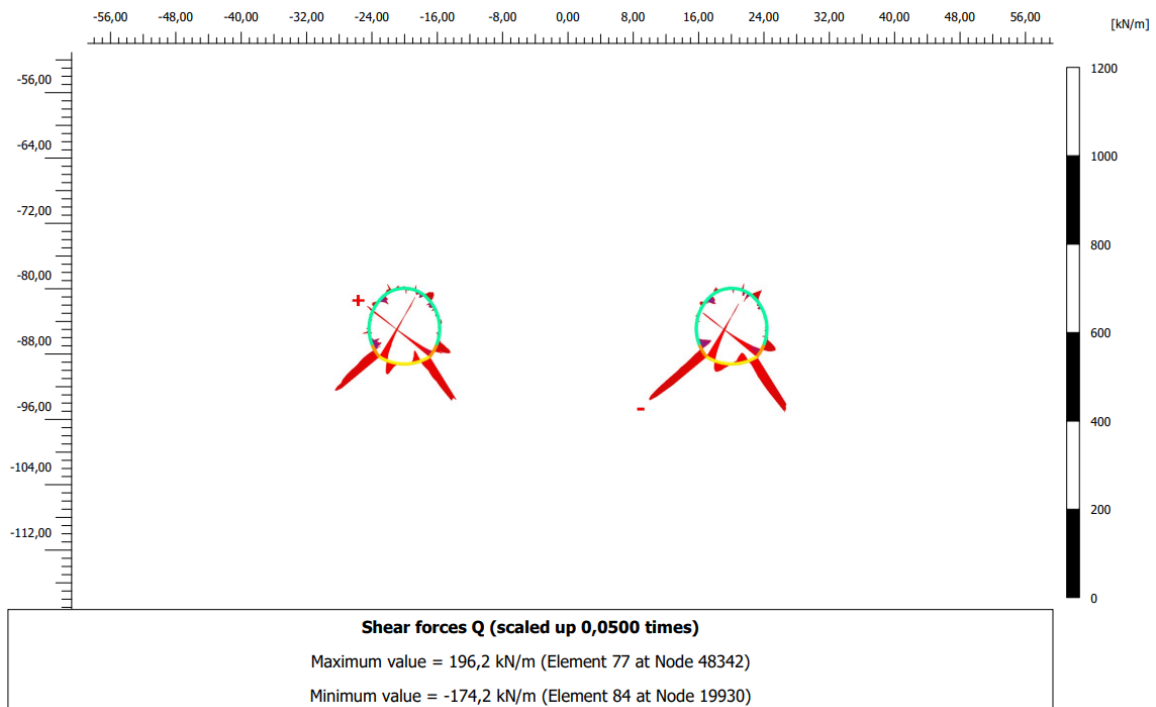


Figura 9-27: Involuppo di sforzo di taglio agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo A0bis

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 93 di 355

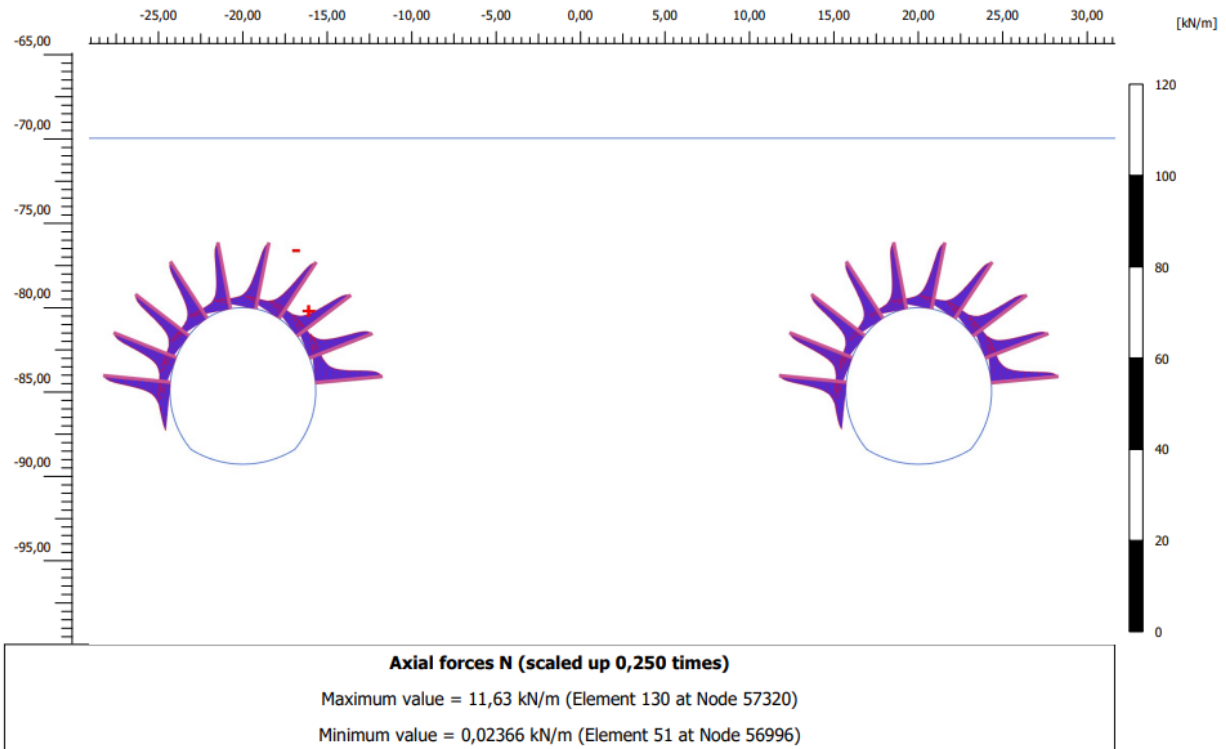


Figura 9-28 – Massimo sforzo normale agente sugli ancoraggi radiali - Sezione Tipo A0bis

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				
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 94 di 355	

9.3.7 Sezione A0bis - Scenario 3

Per la definizione della sezione di analisi si rimanda al §9.1.2.

9.3.7.1. Stabilità del fronte

Nel seguito si riassumono i dati di input utilizzati per le analisi di stabilità del fronte della sezione tipo A0 eseguita con il metodo delle linee caratteristiche:

Sezione	R_{eq} [m]	H [m]	S_m [MPa]	γ [kN/m ³]	c'_d [kPa]	φ'_d [°]	E_d [MPa]
A0bis	4.98	513	13.85	27	1910	35.5	11440

H: profondità dell'asse della galleria
 S_m : tensione media litostatica alla profondità dell'asse della galleria
 γ : peso dell'unità di volume dell'ammasso
 c'_d : valore di progetto della coesione efficace dell'ammasso
 φ'_d : valore di progetto dell'angolo di attrito dell'ammasso
 E_d : valore di progetto del modulo elastico dell'ammasso

Sono stati valutati lo spostamento ed il raggio plastico al fronte della curva caratteristica al fronte con cavità sferica. Trattandosi di una verifica per uno stato limite ultimo di tipo GEO, si utilizza l'Approccio1 – Combinazione2 (A2 + M2 + R2), con R2 = 1.

Sezione di analisi	σ_c [MPa]	p_c [MPa]	σ_c/p_c [-]	u_F [cm]	u_F/R_{eq} [%]	R_{pF} [m]	R_{pF}/R_{eq} [-]	Criterio 1	Criterio 2.1	Criterio 2.2
A0bis	5,26	4,48	1,18	0,84	0,17	6,40	1,28	A/B	A	B

Tabella 9-11– Verifica di stabilità del fronte relativa alla sezione tipo A0bis – Scenario 3

Le analisi evidenziano che, anche con l'applicazione dei coefficienti parziali corrispondenti alla combinazione A2 + M2 + R2 e quindi con i valori di progetto, l'entità degli spostamenti e delle plasticizzazioni sono tali da poter ritenere la verifica di stabilità soddisfatta.

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 95 di 355

9.3.7.2. Interazione opera – terreno

Dall'analisi delle curve caratteristiche in presenza di sostegni è stato possibile determinare i tassi di rilascio da utilizzare nelle differenti fasi realizzative della Sezione Tipo in oggetto.

Nella seguente figura è rappresentato l'andamento del coefficiente di deconfinamento applicato al modello.

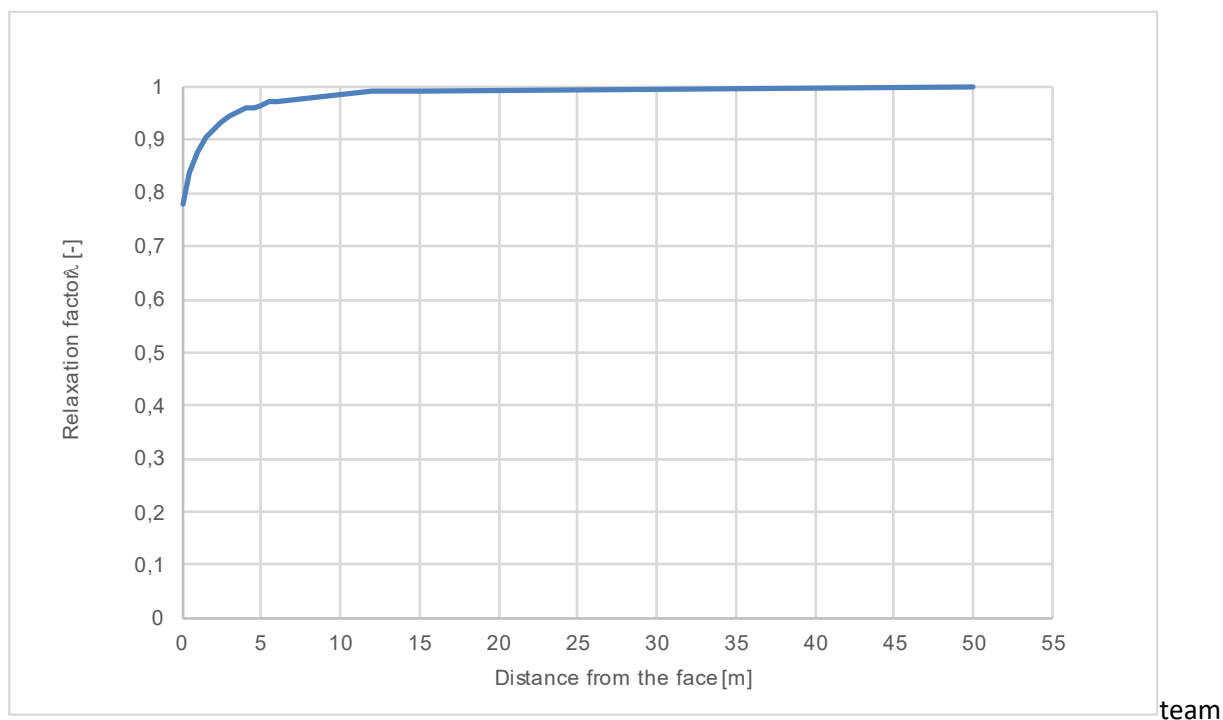


Figura 9-29: Coefficiente di deconfinamento Sezione Tipo A0bis – Scenario 2

La tabella seguente (Tabella 9-8) riassume le fasi di analisi numeriche per la sezione tipologica in esame e i relativi tassi di rilascio ottenuti dalle curve caratteristiche:

Fase (#)	Descrizione (-)	λ (-)
0	Initial	-
1	Nil	-
2	Avanzamento in corrispondenza del fronte SX (x=0m)	0.778
3	Avanzamento tunnel SX (x=3.m)	0.946
4	Attivazione bulloni radiali e rivestimento provvisorio a maturazione intermedia SX (x=6m)	0.973
5	Maturazione completa rivestimento provvisorio SX e avanzamento tunnel (x=15m)	0.993
6	Avanzamento in corrispondenza del fronte DX (x=0m)	0.778

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 96 di 355

7	Avanzamento tunnel DX (x=3.m)	0.946
8	Attivazione bulloni radiali e rivestimento provvisorio a maturazione intermedia DX (x=6m)	0.973
9	Maturazione completa rivestimento provvisorio DX e avanzamento tunnel (x=15m)	0.993
10	Attivazione Rivestimento Definitivo	1.000
11	Condizioni di Lungo termine	1.000

Tabella 9-12– Fasi di calcolo riferite alla simulazione numerica in condizioni di deformazione piana per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali.

Le sollecitazioni agenti sugli elementi strutturali sono state ricavate adottando il modello numerico mostrato nella figura sottostante, nel quale il peso dell'unità di volume dello strato superficiale di 1m è posto pari a 11690 kN/m³ al fine di simulare la copertura di verifica della Sezione (513 m). Questo valore è ottenuto tenendo conto del fatto che la copertura presente nel modello è pari a 80m.

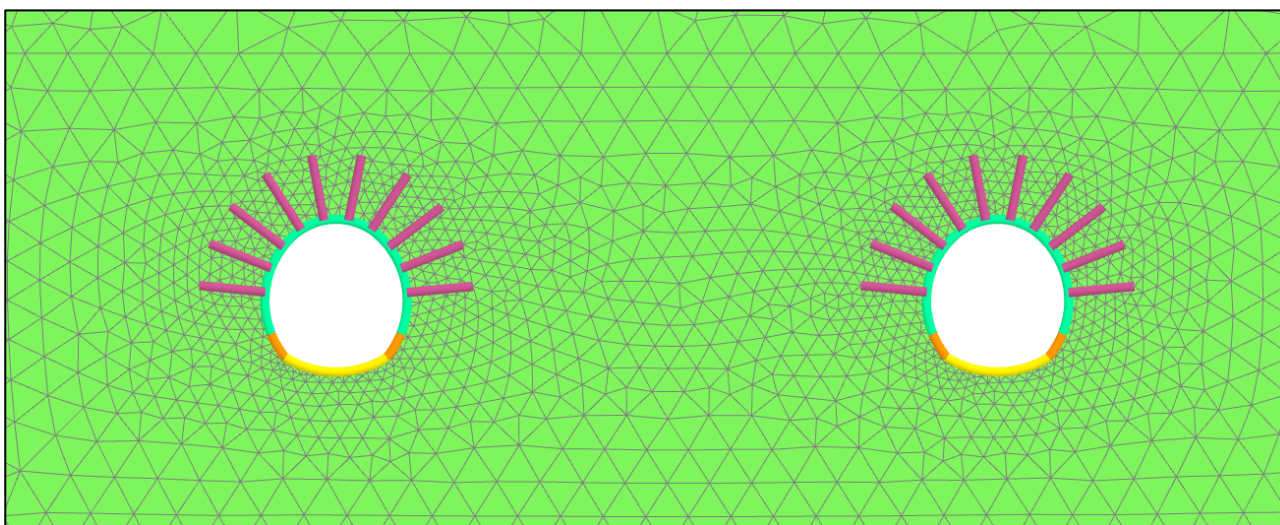


Figura 9-30: Modello numerico relativo alla simulazione numerica in condizioni di deformazione piana per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 97 di 355

La seguente tabella riassume le caratteristiche degli elementi di sostegno di prima fase utilizzati nel modello numerico per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali.

Sostegni							
Sezione tipo	Sfondo max [m]	Spritz-beton [cm]	Ancoraggi radiali	Sostegno al contorno	Sostegno al fronte	Centine	Drenaggi in avanzamento
A0bis	3,0	5+15	9/10 bulloni Swellex Pm16, L = 4m p. long 2.0m x p. trasv 1.5m	-	spritz 5 cm su ogni sfondo	-	Eventuali - 4 (2+2) tubi microfessurati in PVC L=30m (sovrap. min. 10 m)

Tabella 9-13– Sostegni Sezione Tipo A0bis

La seguente tabella riassume le caratteristiche del rivestimento definitivo considerato nella modellazione.

Rivestimento definitivo					
Sezione tipo	Distanza vincolata arco rovescio	Distanza vincolata volta	Arco rovescio	Murette	Volta
A0bis	-	-	60 cm non armato	60 cm non armato	50 cm non armato

Tabella 9-14– Rivestimento definitivo Sezione Tipo A0bis

Le seguenti figure rappresentano gli spostamenti nei dintorni del cavo prima dell'installazione del rivestimento definitivo e i diagrammi di sollecitazione nel rivestimento di prima fase.

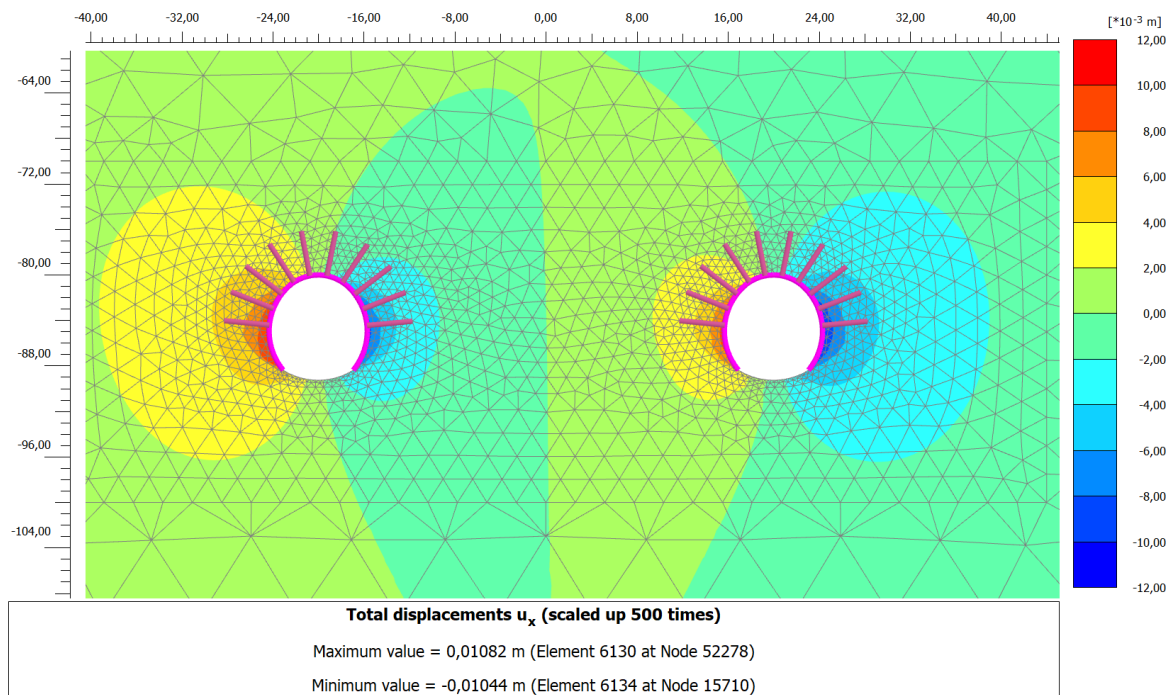


Figura 9-31: Spostamenti in direzione orizzontale - Sezione Tipo A0bis-Fase 9

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 98 di 355

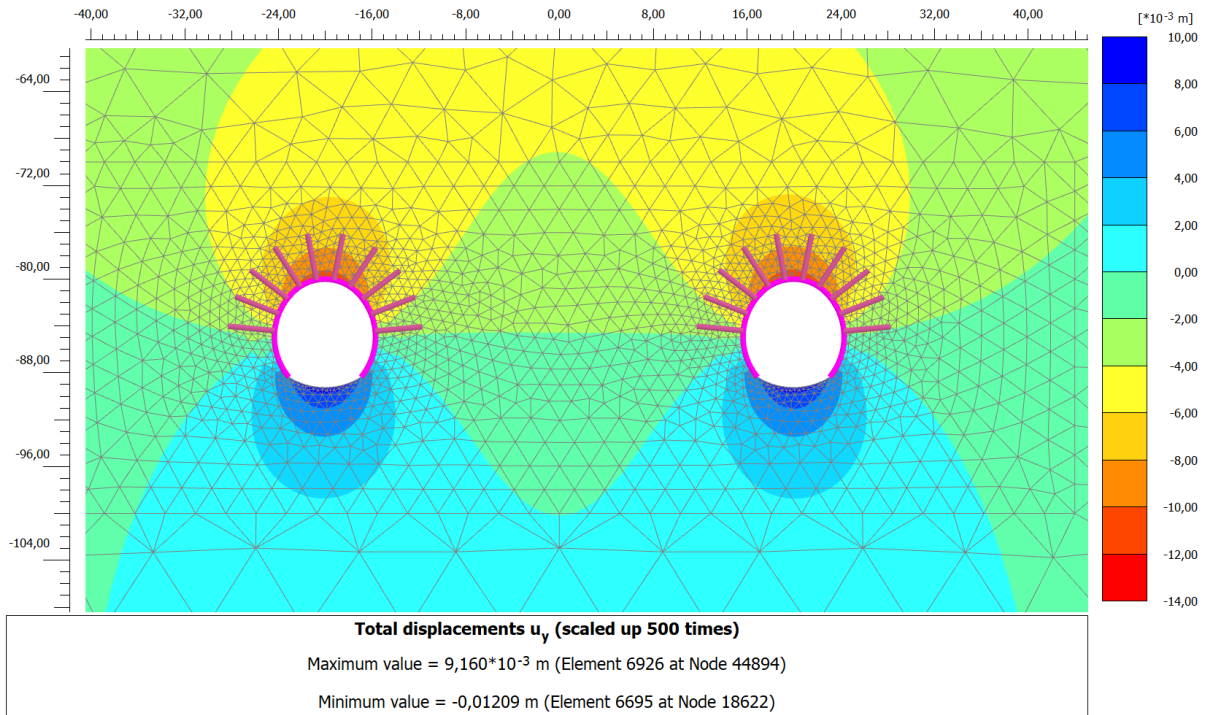


Figura 9-32: Spostamenti in direzione verticale - Sezione Tipo A0bis-Fase 9

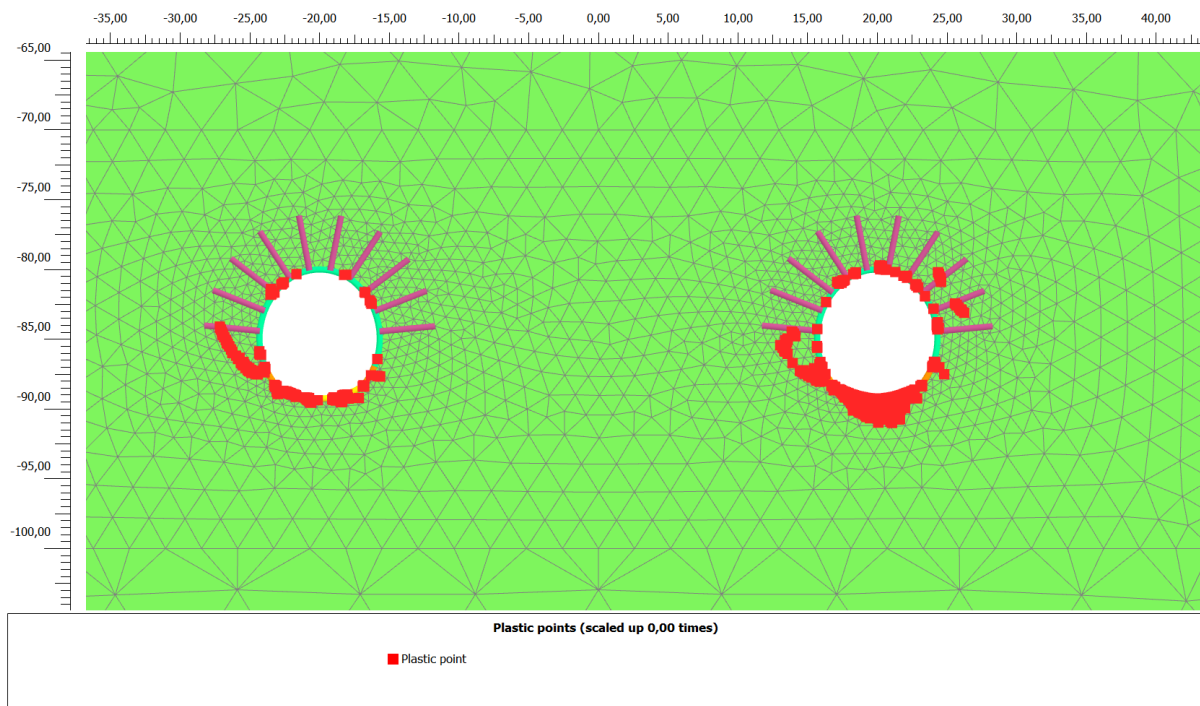


Figura 9-33: Zone di plasticizzazione - Sezione Tipo A0bis-Fase 9

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO 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			
GALLERIE Galleria Scalers - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 99 di 355

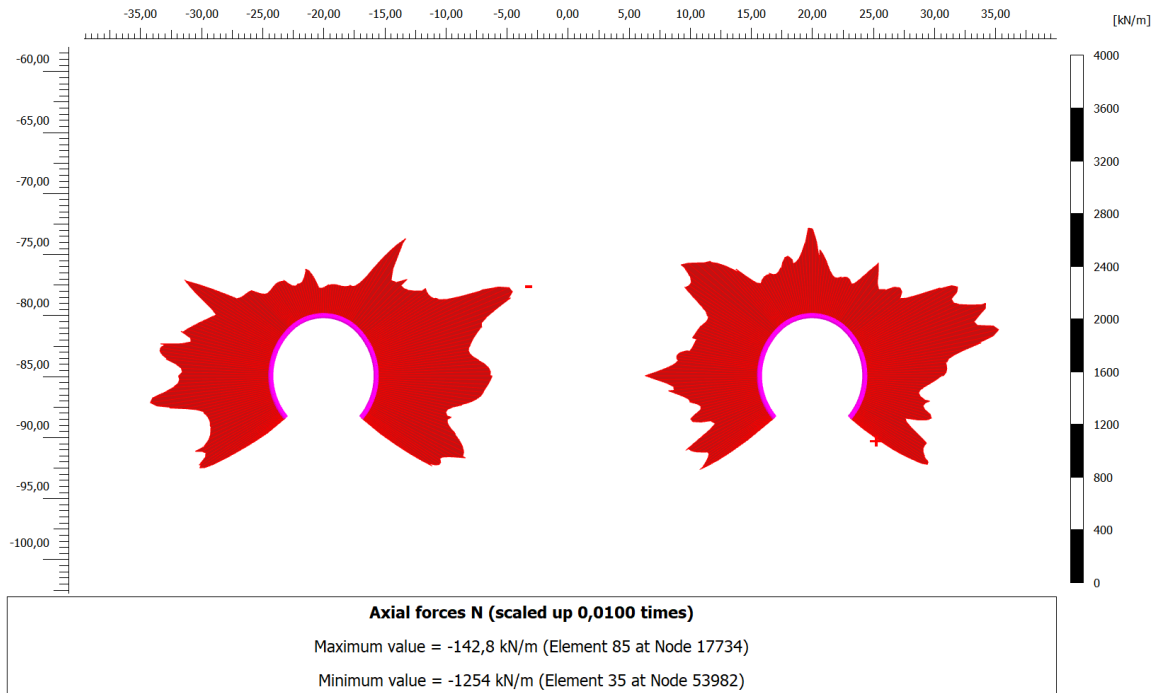


Figura 9-34: Sforzo normale agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo A0bis-Fase 9

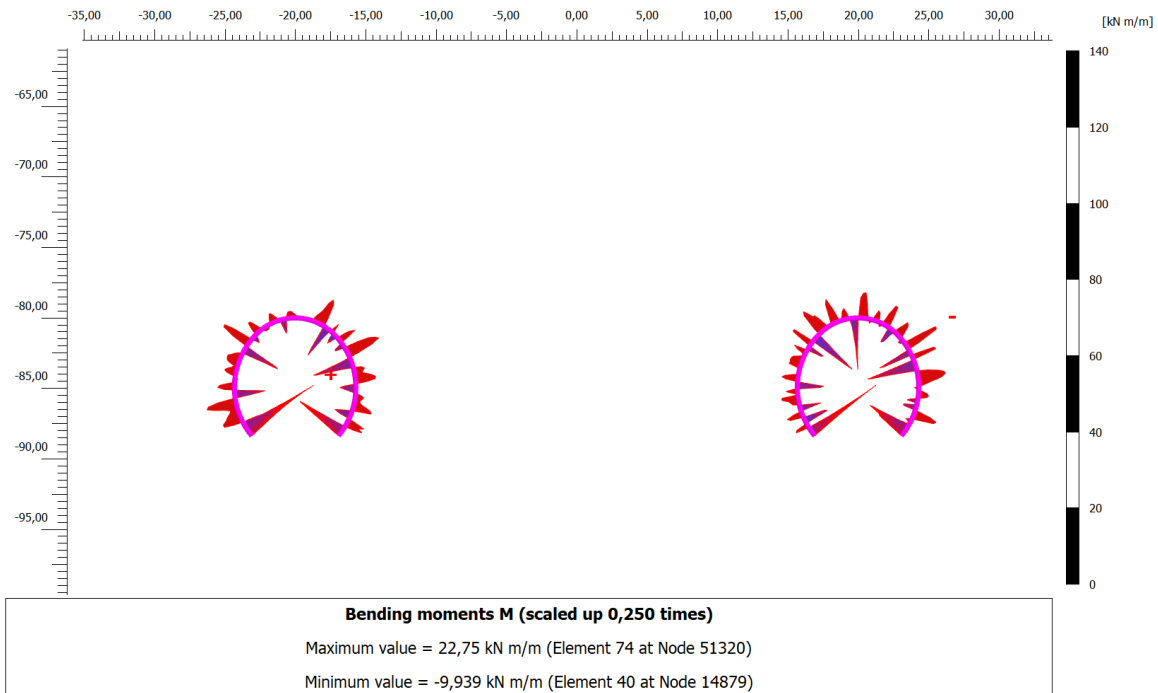


Figura 9-35: Momento flettente agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo A0bis-Fase 9

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 100 di 355

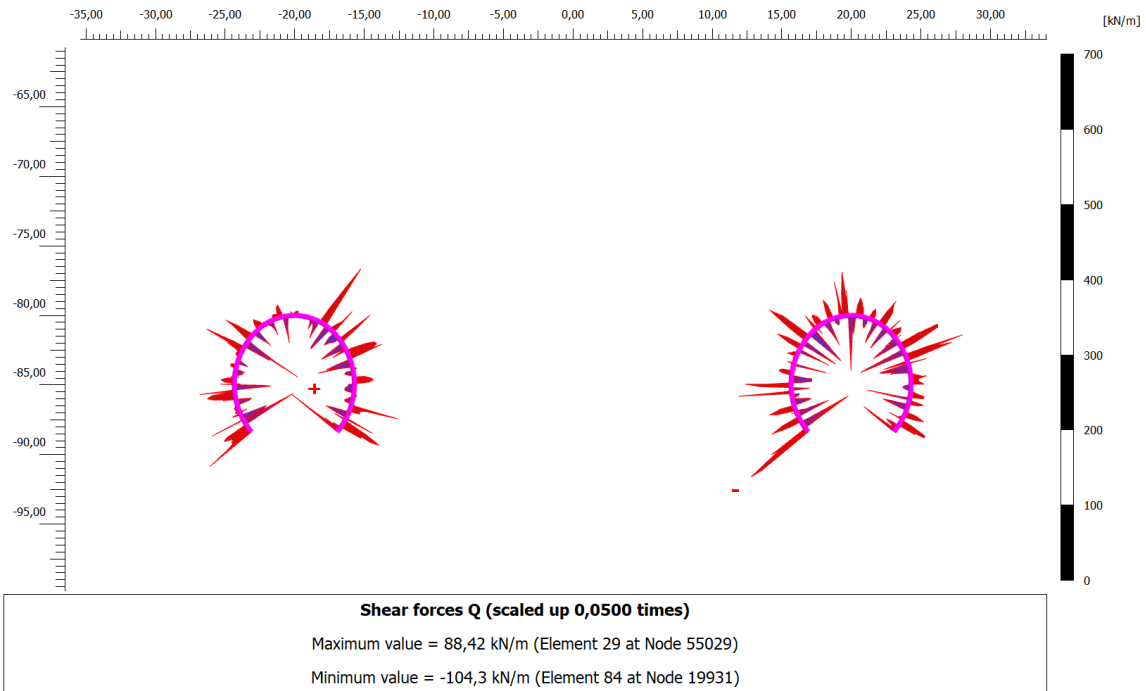


Figura 9-36: Sforzo di taglio agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo A0bis-Fase 9

Le seguenti figure rappresentano i diagrammi di sollecitazione nel rivestimento definitivo.

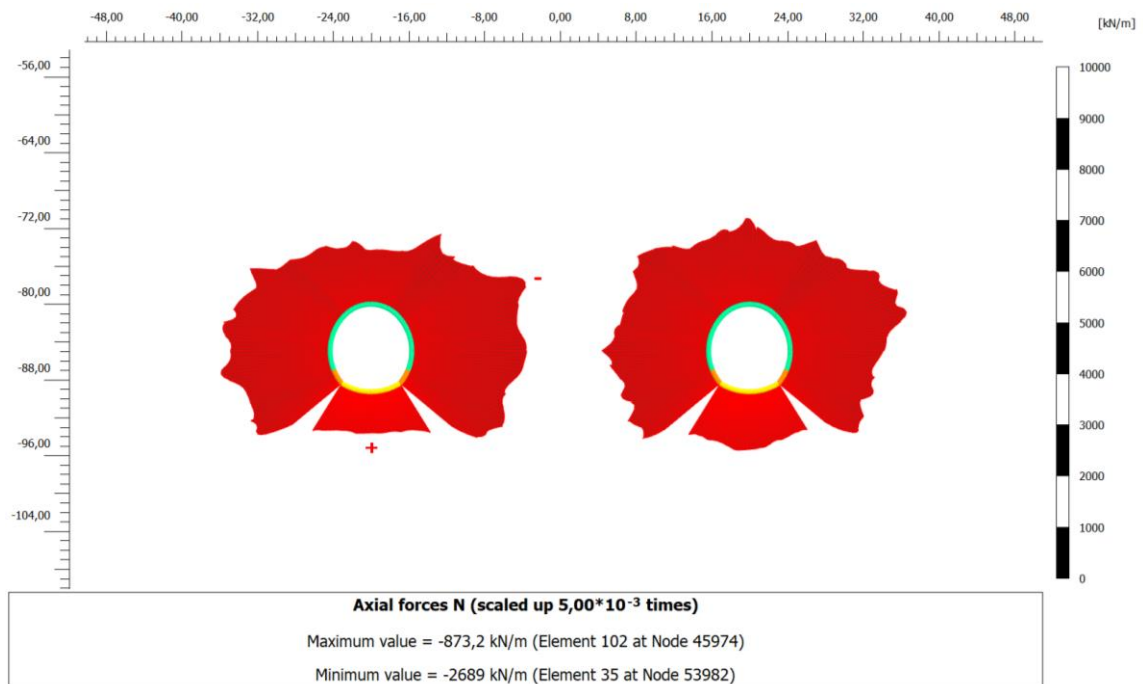


Figura 9-37: Involuppo di sforzo normale agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo A0bis

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			
GALLERIE Galleria Scalers - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 101 di 355

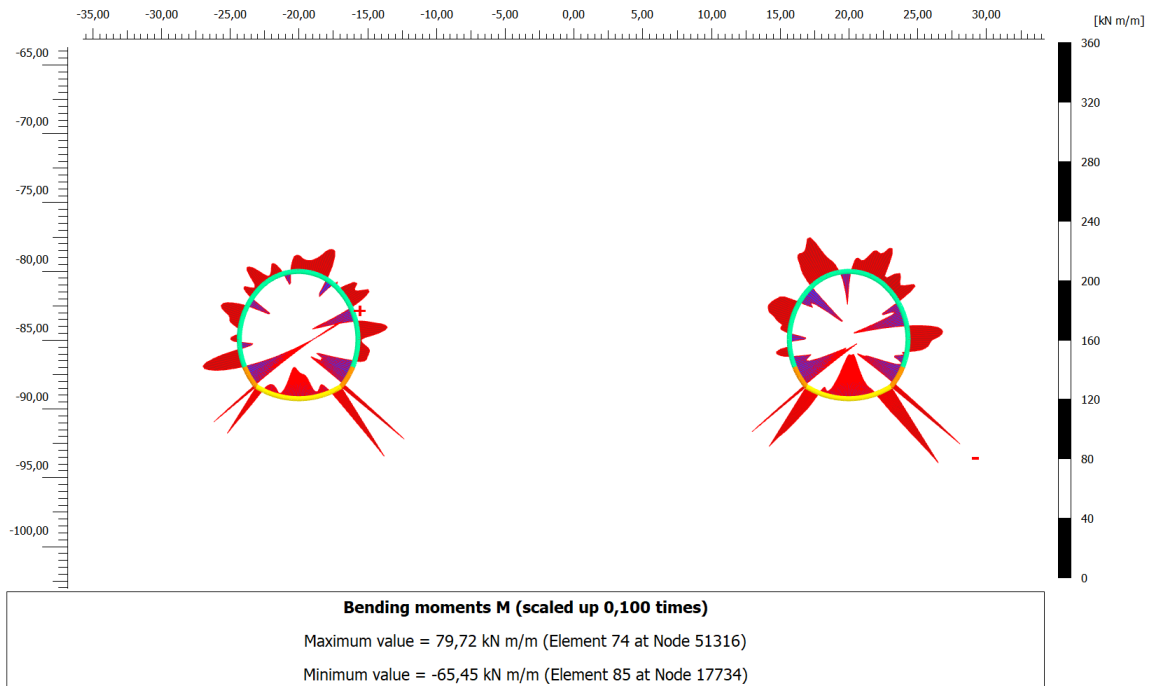


Figura 9-38: Involuppo di momento flettente agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo A0bis

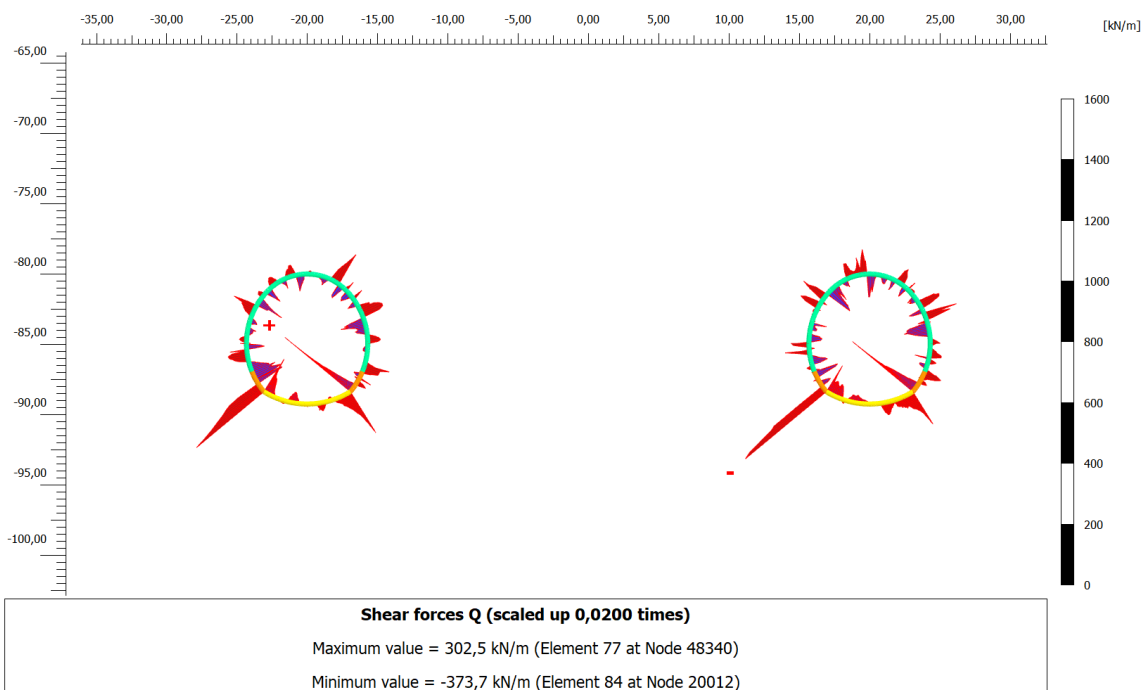


Figura 9-39: Involuppo di sforzo di taglio agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo A0bis

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 GOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 102 di 355

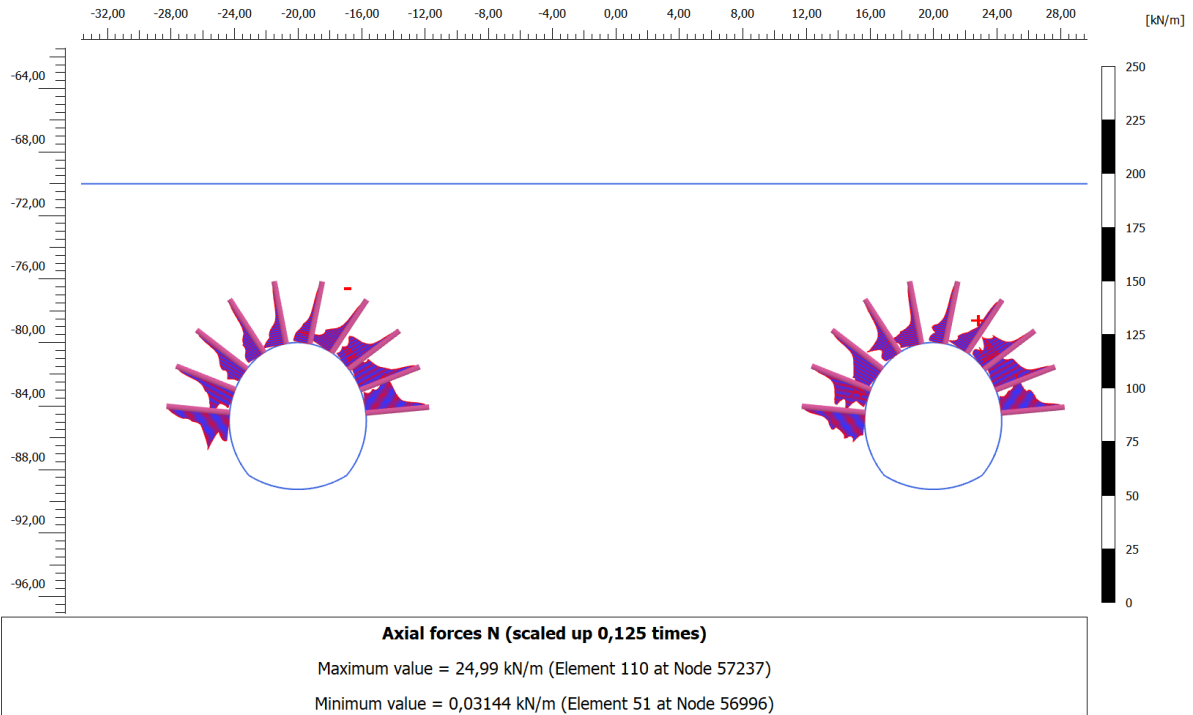


Figura 9-40 – Massimo sforzo normale agente sugli ancoraggi radiali - Sezione Tipo A0bis

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				
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 103 di 355	

9.3.8 Sezione AOL

Per la definizione della sezione di analisi si rimanda al §9.1.1.

9.3.8.1. Stabilità del fronte

Nel seguito si riassumono i dati di input utilizzati per le analisi di stabilità del fronte della sezione tipo A0 eseguita con il metodo delle linee caratteristiche:

Sezione	R_{eq} [m]	H [m]	S_m [MPa]	γ [kN/m ³]	c'_d [kPa]	φ'_d [°]	E_d [MPa]
AOL	4.8	625	16.87	27	2856	44	18200

H: profondità dell'asse della galleria
 S_m : tensione media litostatica alla profondità dell'asse della galleria
 γ : peso dell'unità di volume dell'ammasso
 c'_d : valore di progetto della coesione efficace dell'ammasso
 φ'_d : valore di progetto dell'angolo di attrito dell'ammasso
 E_d : valore di progetto del modulo elastico dell'ammasso

Sono stati valutati lo spostamento ed il raggio plastico al fronte della curva caratteristica al fronte con cavità sferica. Trattandosi di una verifica per uno stato limite ultimo di tipo GEO, si utilizza l'Approccio1 – Combinazione2 (A2 + M2 + R2), con R2 = 1.

Sezione di analisi	σ_c [MPa]	p_c [MPa]	σ_c/p_c [-]	u_F [cm]	u_F/R_{eq} [%]	R_{pF} [m]	R_{pF}/R_{eq} [-]	Criterio 1	Criterio 2.1	Criterio 2.2
AOL	13,34	2,01	6,63	0,34	0,07	5,13	1,06	A	A	A

Tabella 9-15– Verifica di stabilità del fronte relativa alla sezione tipo AOL.

Le analisi evidenziano che, anche con l'applicazione dei coefficienti parziali corrispondenti alla combinazione A2 + M2 + R2 e quindi con i valori di progetto, l'entità degli spostamenti e delle plasticizzazioni sono tali da poter ritenere la verifica di stabilità soddisfatta.

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 104 di 355

9.3.8.2. Interazione opera – terreno

Dall'analisi delle curve caratteristiche è stato possibile determinare i tassi di rilascio da utilizzare nelle differenti fasi realizzative della Sezione Tipo in oggetto.

Nella seguente figura è rappresentato l'andamento del coefficiente di deconfinamento applicato al modello.

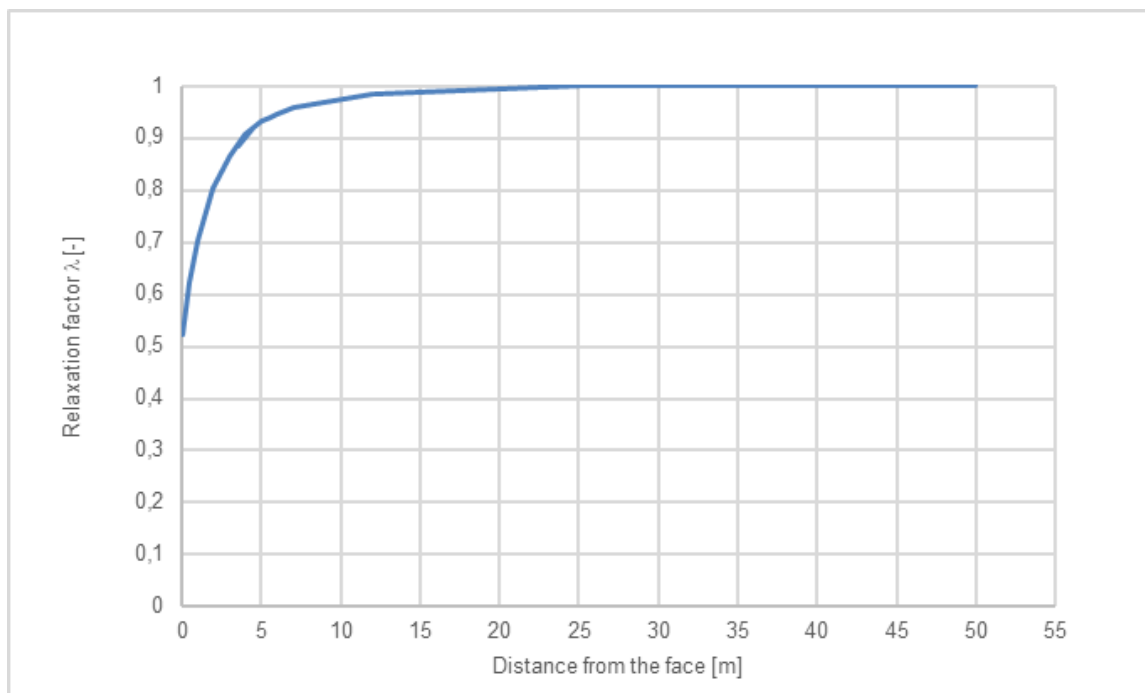


Figura 9-41 – Coefficiente di deconfinamento Sezione Tipo A0L

La tabella seguente (Tabella 9-16) riepiloga le fasi di analisi numeriche per la sezione tipologica in esame e i relativi tassi di rilascio ottenuti dalle curve caratteristiche:

Fase (#)	Descrizione (-)	λ (-)
0	Initial	-
1	Nil	-
2	Avanzamento in corrispondenza del fronte SX(x=0m)	0.523
3	Avanzamento tunnel SX (x=4m)	0.906
4	Attivazione bulloni radiali e rivestimento provvisorio maturazione intermedia SX (x=6m)	0.946
5	Maturazione completa rivestimento provvisorio e avanzamento tunnel SX (x=12m)	0.986
6	Avanzamento in corrispondenza del fronte DX (x=0m)	0.523

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 105 di 355

7	Avanzamento tunnel DX (x=4m)	0.906
8	Attivazione bulloni radiali e rivestimento provvisorio maturazione intermedia DX (x=6m)	0.946
9	Maturazione completa rivestimento provvisorio e avanzamento tunnel DX (x=12m)	0.986
10	Attivazione Rivestimento Definitivo	1
11	Lungo Termine	1

Tabella 9-16– Fasi di calcolo riferite alla simulazione numerica in condizioni di deformazione piana per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali.

Le sollecitazioni agenti sugli elementi strutturali sono state ricavate adottando il modello numerico mostrato nella figura sottostante, nel quale il peso dell'unità di volume dello strato superficiale di 1m è posto pari a 14742 kN/m³ al fine di simulare la copertura di verifica della Sezione (625m). Questo valore è ottenuto tenendo conto del fatto che la copertura presente nel modello è pari a 80m.

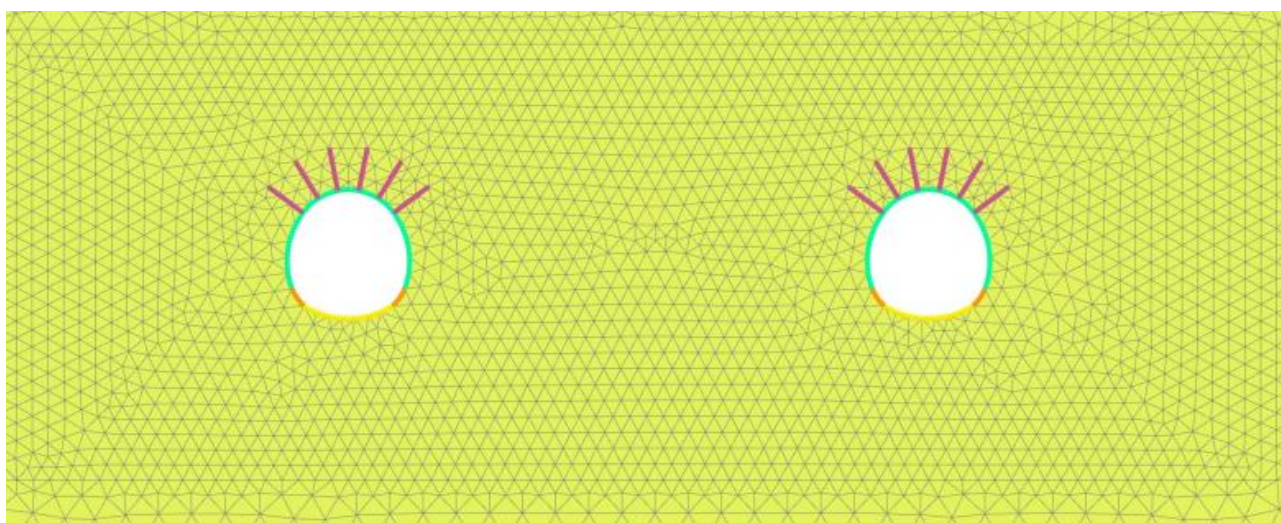


Figura 9-42 – Modello numerico relativo alla simulazione numerica in condizioni di deformazione piana per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali

La seguente tabella riassume le caratteristiche degli elementi di sostegno di prima fase utilizzati nel modello numerico per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali.

Sezione tipo	Sostegni						
	Sfondo max [m]	Spritz-beton [cm]	Ancoraggi radiali	Sostegno al contorno	Sostegno al fronte	Centine	Drenaggi in avanzamento
A0L	4,0	5+10	5/6 bulloni Swellex Pm16, L = 3m p. long 2.0m x p. trasv 1.5m	-	5 cm SB fibro 30 kg/m ³	-	Eventuali - 4 (2+2) tubi microfessurati in PVC L=30m (sovrap. min. 10 m)

Tabella 9-17 – Sostegni Sezione Tipo A0L

La seguente tabella riassume le caratteristiche del rivestimento definitivo considerato nella modellazione.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO 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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 106 di 355

Sezione tipo	Rivestimento definitivo				
	Distanza vincolata arco rovescio	Distanza vincolata volta	Arco rovescio	Murette	Volta
AOL	-	-	50 cm non armato	50 cm non armato	40 cm non armato

Tabella 9-18 – Rivestimento definitivo Sezione Tipo AOL

Le seguenti figure rappresentano gli spostamenti nei dintorni del cavo prima dell'installazione del rivestimento definitivo e i diagrammi di sollecitazione nel rivestimento di prima fase.

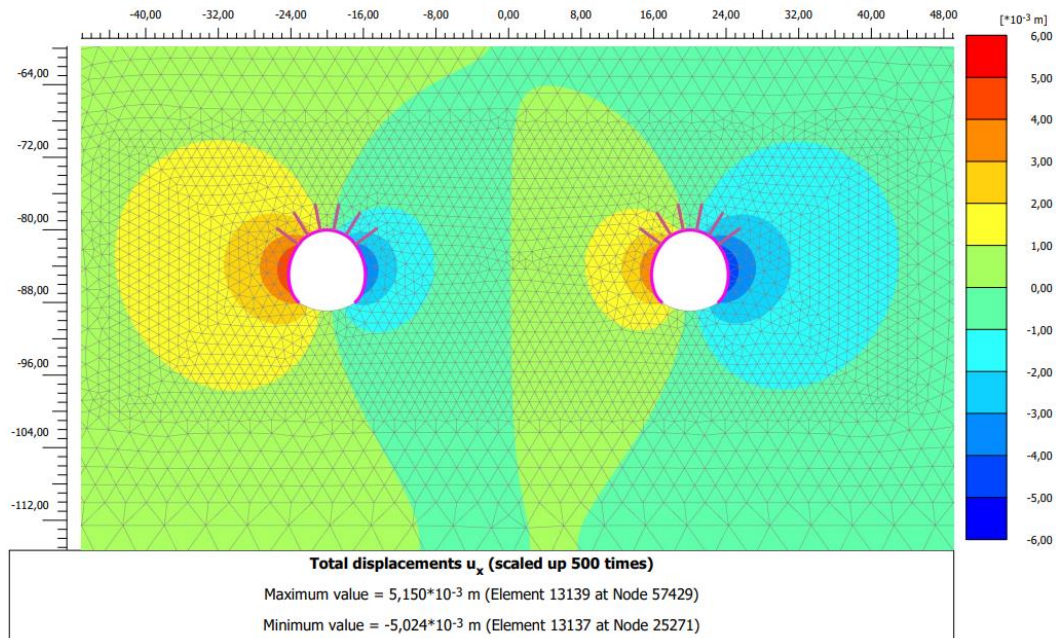


Figura 9-43 - Spostamenti in direzione orizzontale - Sezione Tipo AOL (Fase 9)

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			
GALLERIE Galleria Scalers - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 107 di 355

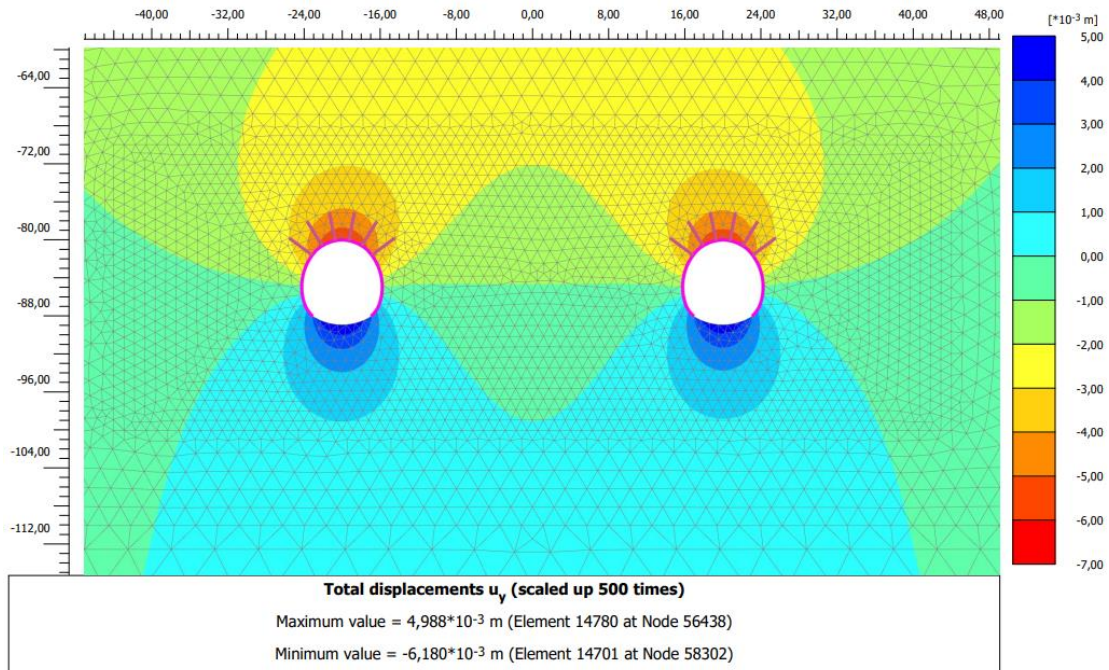


Figura 9-44 - Spostamenti in direzione verticale - Sezione Tipo AOL (Fase 9)

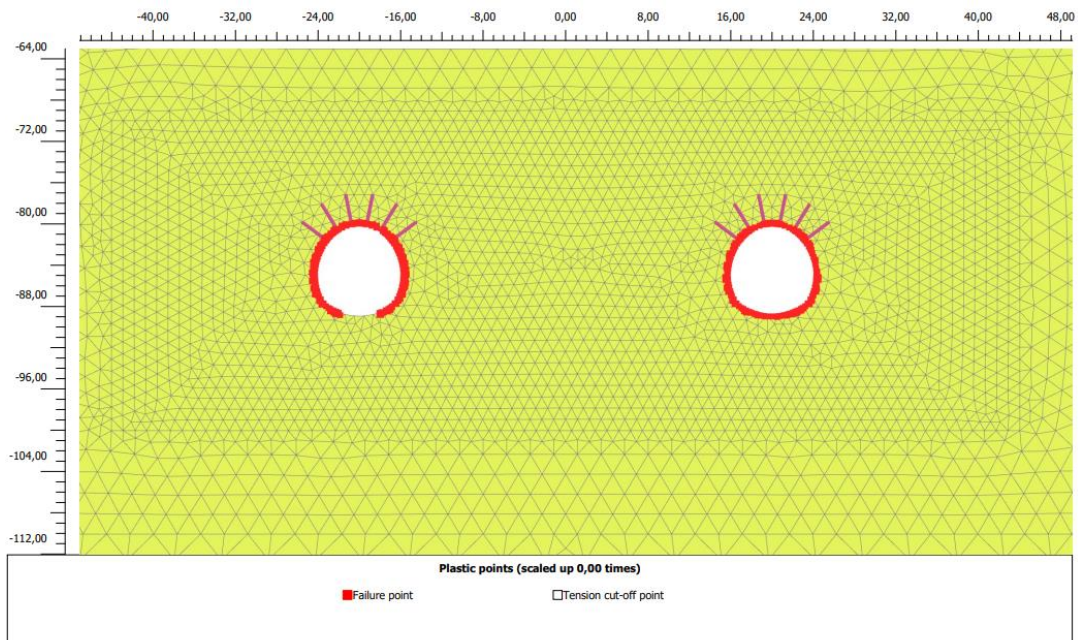


Figura 9-45 - Zone di plasticizzazione - Sezione Tipo AOL (Fase 9)

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 108 di 355

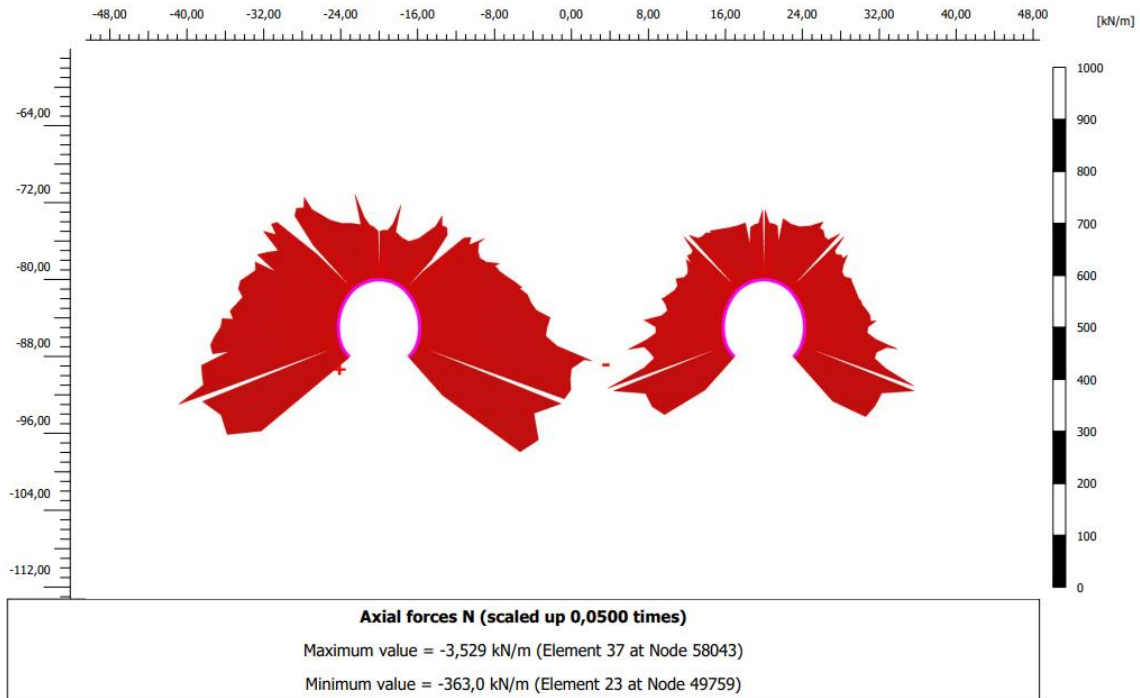


Figura 9-46 - Sforzo normale agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo A0L (Fase 9)

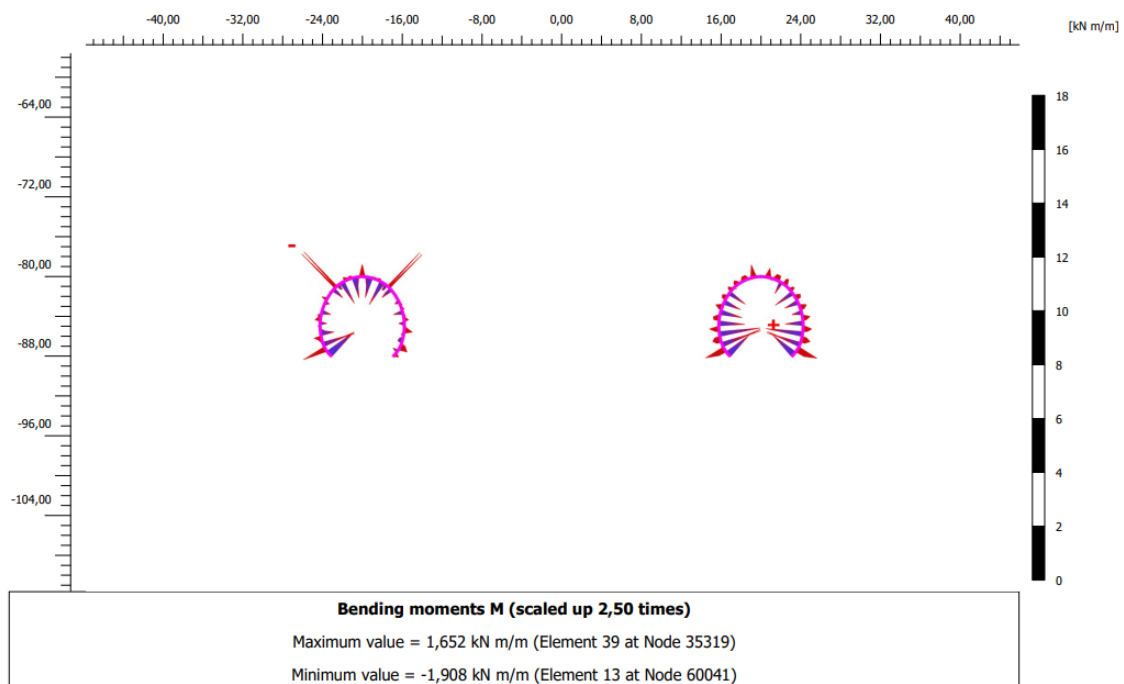


Figura 9-47 - Momento flettente agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo A0L (Fase 9)

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 109 di 355

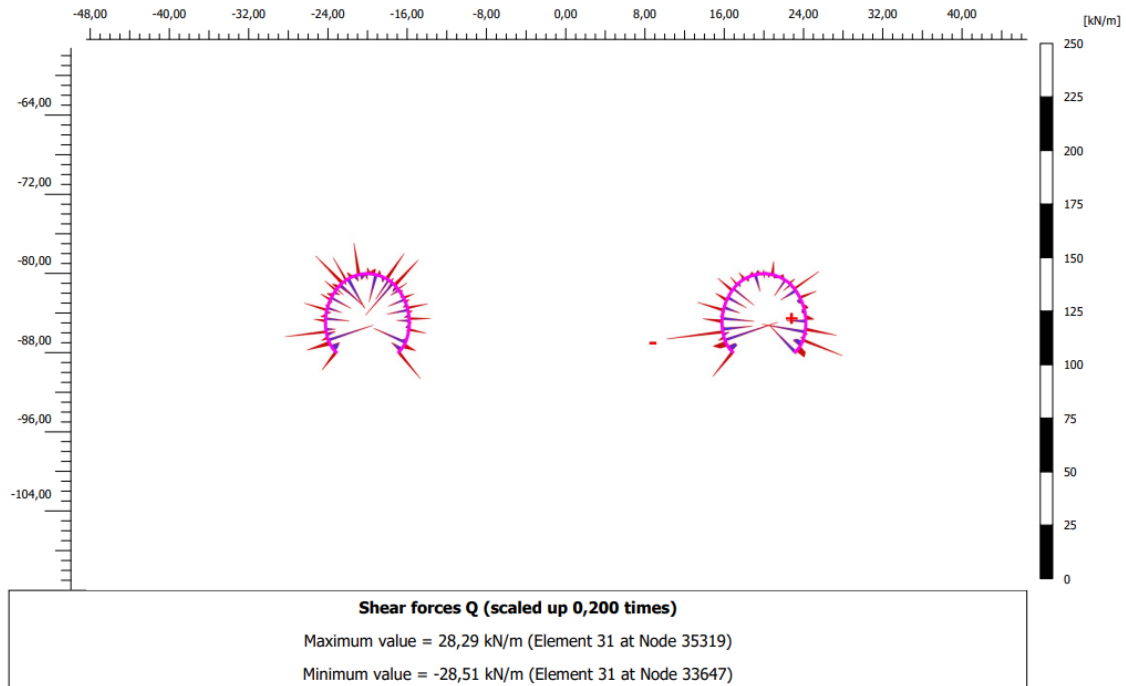


Figura 9-48 - Sforzo di taglio agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo AOL (Fase 9)

Le seguenti figure rappresentano i diagrammi di sollecitazione nel rivestimento definitivo.

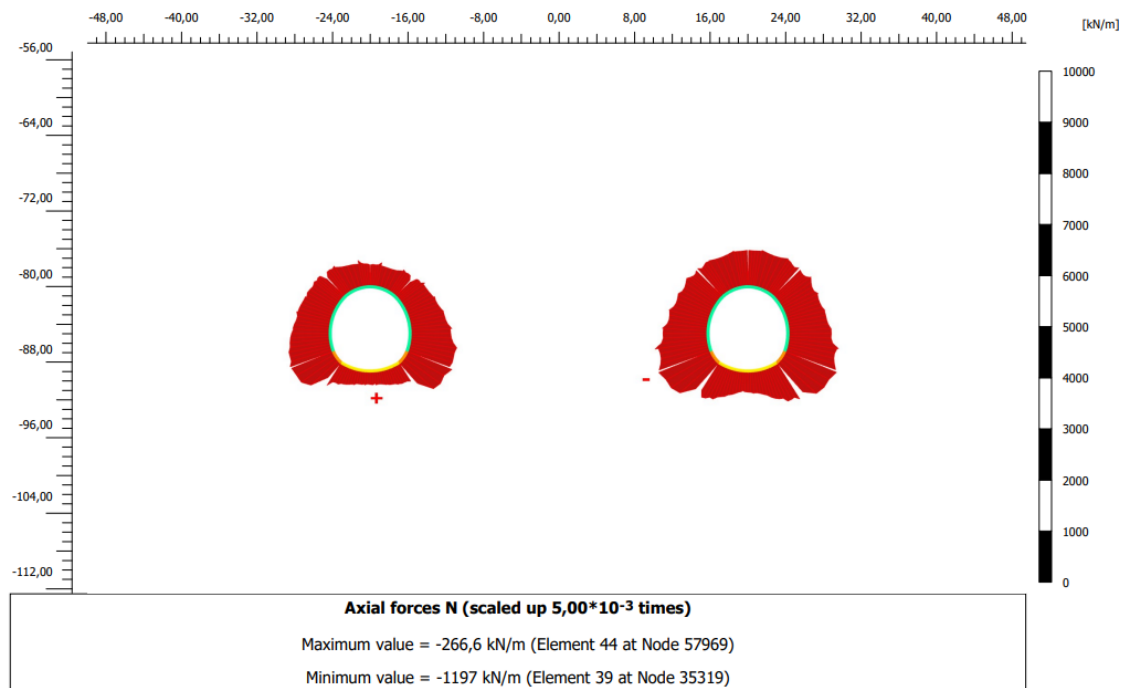


Figura 9-49 - Involuppo di sforzo normale agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo AOL (Fase 11)

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			
GALLERIE Galleria Scalers - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 110 di 355

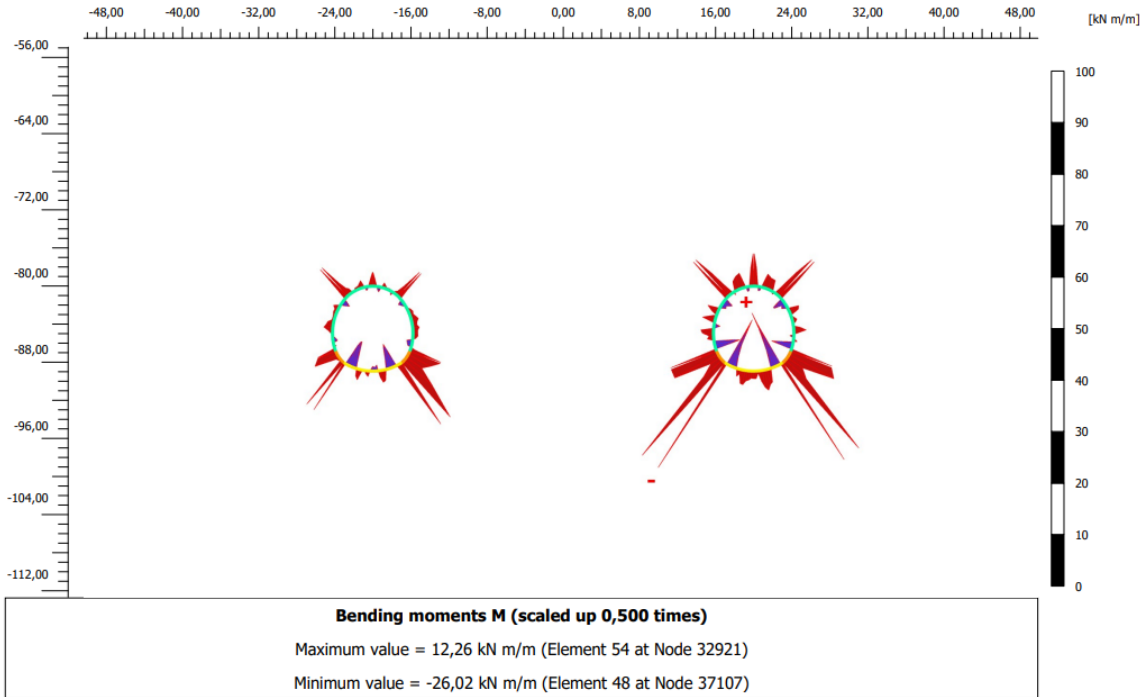


Figura 9-50 - Involuppo di momento flettente agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo A0L (Fase 11)

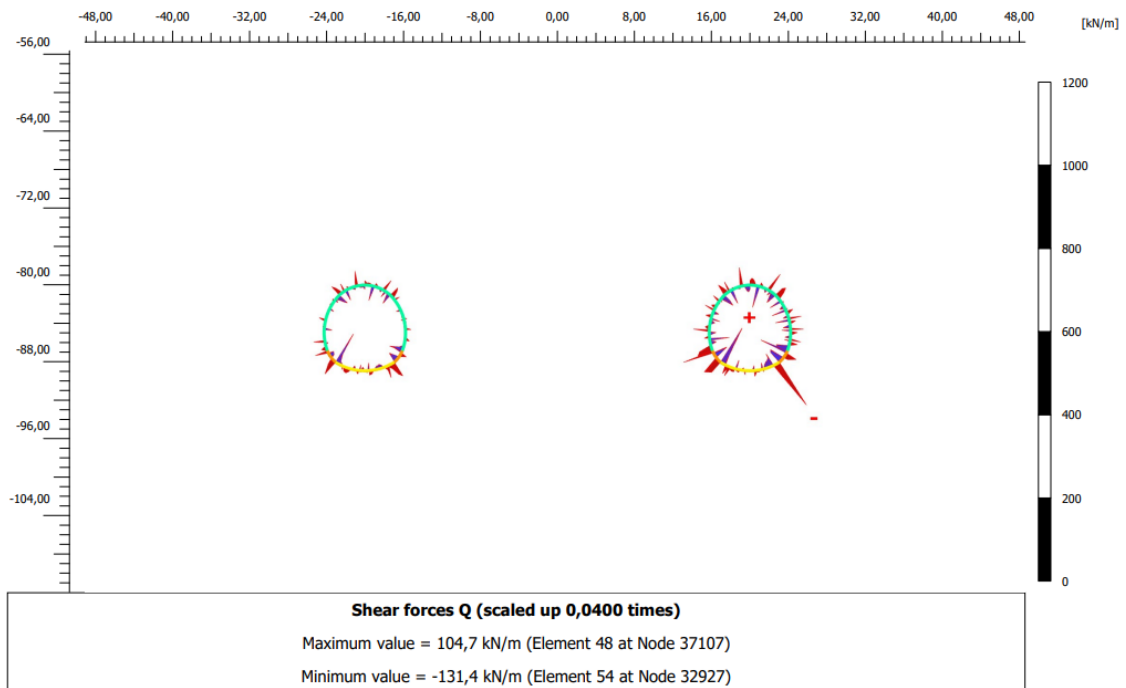


Figura 9-51: Involuppo di sforzo di taglio agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo A0L (Fase 11)

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 111 di 355

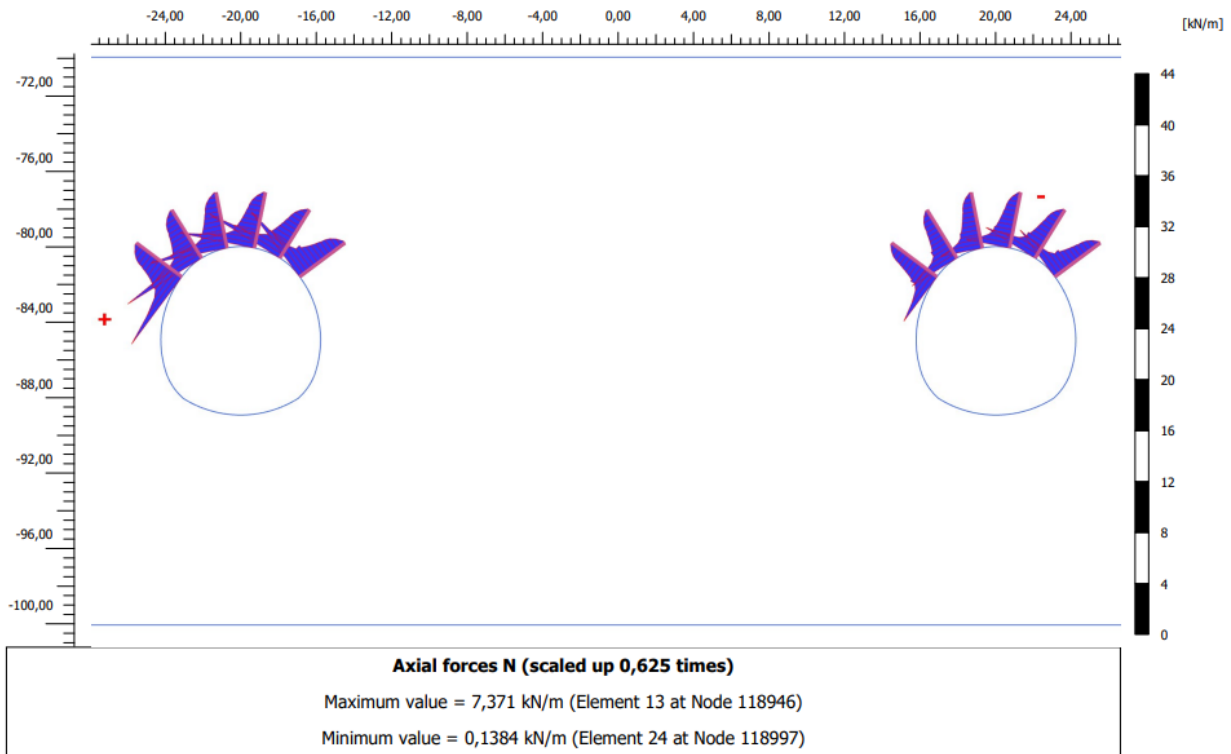


Figura 9-52- Massimo sforzo normale agente sugli ancoraggi radiali - Sezione Tipo A0L

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 112 di 355

9.3.9 Sezione A1

Per la definizione della sezione di analisi si rimanda al §9.1.4.

9.3.9.1. Stabilità del fronte

Nel seguito si riassumono i dati di input utilizzati per le analisi di stabilità del fronte della sezione tipo A1 eseguita con il metodo delle linee caratteristiche:

Sezione	R_{eq} [m]	H [m]	S_m [MPa]	γ [kN/m ³]	c'_d [kPa]	φ'_d [°]	E_d [MPa]
A1	5.1	400	10.80	27	1089	29	4000

H: profondità dell'asse della galleria
 S_m : tensione media litostatica alla profondità dell'asse della galleria
 γ : peso dell'unità di volume dell'ammasso
 c'_d : valore di progetto della coesione efficace dell'ammasso
 φ'_d : valore di progetto dell'angolo di attrito dell'ammasso
 E_d : valore di progetto del modulo elastico dell'ammasso

Sono stati valutati lo spostamento ed il raggio plastico al fronte della curva caratteristica al fronte con cavità sferica. Trattandosi di una verifica per uno stato limite ultimo di tipo GEO, si utilizza l'Approccio1 – Combinazione2 (A2 + M2 + R2), con R2 = 1.

Sezione di analisi	σ_c [MPa]	p_c [MPa]	σ_c/p_c [-]	u_F [cm]	u_F/R_{eq} [%]	R_{pF} [m]	R_{pF}/R_{eq} [-]	Criterio 1	Criterio 2.1	Criterio 2.2
A1	3,72	3,66	1,02	2,07	0,41	6,67	1,32	A/B	B	B

Tabella 9-19– Verifica di stabilità del fronte relativa alla sezione tipo A1.

Le analisi evidenziano che, anche con l'applicazione dei coefficienti parziali corrispondenti alla combinazione A2 + M2 + R2 e quindi con i valori di progetto, l'entità degli spostamenti e delle plasticizzazioni sono tali da poter ritenere la verifica di stabilità soddisfatta.

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 113 di 355

9.3.9.2. Interazione opera – terreno

Dall'analisi delle curve caratteristiche in presenza di sostegni è stato possibile determinare i tassi di rilascio da utilizzare nelle differenti fasi realizzative della Sezione Tipo in oggetto.

Nella seguente figura è rappresentato l'andamento del coefficiente di deconfinamento applicato al modello.

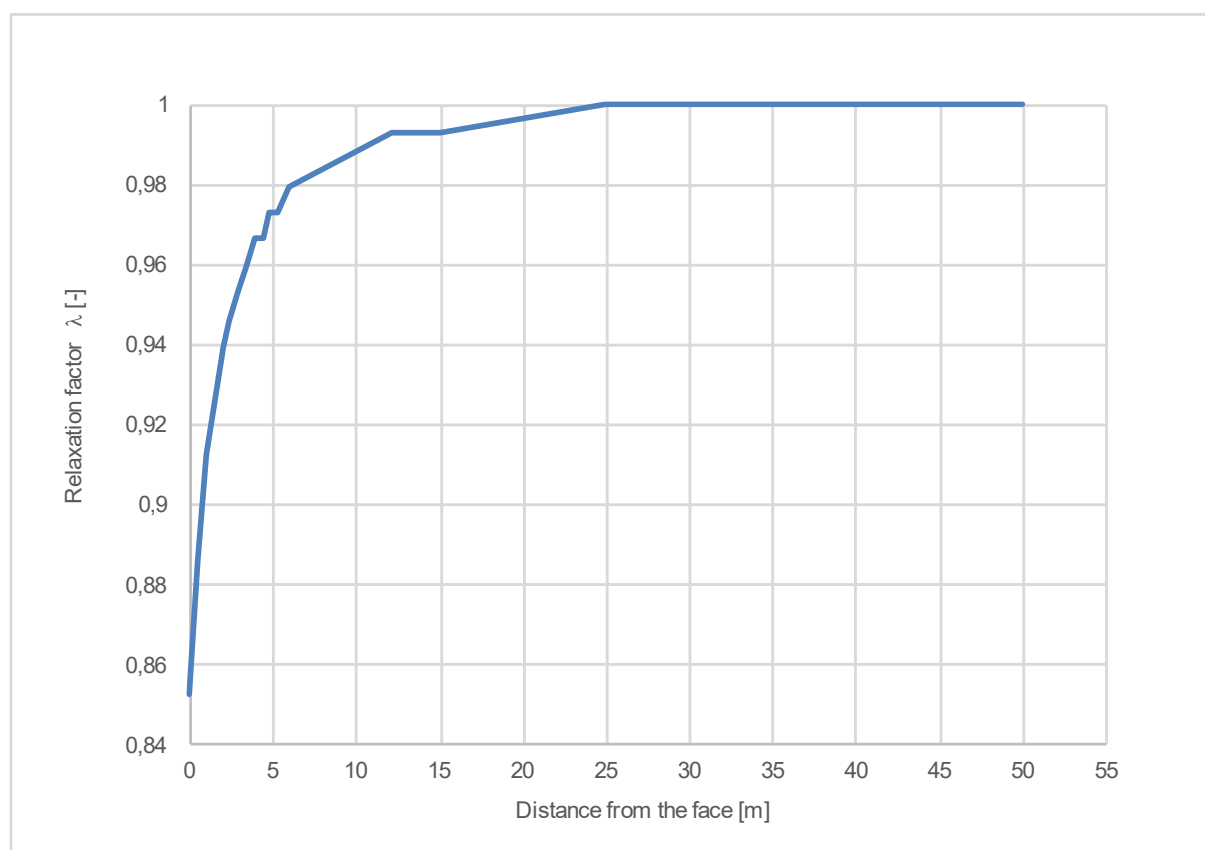


Figura 9-53: Coefficiente di deconfinamento Sezione Tipo A1

La tabella seguente (Tabella 9-20) riepiloga le fasi di analisi numeriche per la sezione tipologica in esame e i relativi tassi di rilascio ottenuti dalle curve caratteristiche:

Fase (#)	Descrizione (-)	λ (-)
0	Initial	-
1	Nil	-
2	Avanzamento in corrispondenza del fronte SX (x=0m)	0.853
3	Avanzamento tunnel SX (x=2.8m)	0.953

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	114 di 355

4	Attivazione bulloni radiali e rivestimento provvisorio maturazione intermedia SX (x=6m)	0.980
5	Maturazione completa rivestimento provvisorio e avanzamento tunnel SX (x=15m)	0.993
6	Avanzamento in corrispondenza del fronte DX (x=0m)	0.853
7	Avanzamento tunnel DX (x=2.8m)	0.953
8	Attivazione bulloni radiali e rivestimento provvisorio maturazione intermedia DX (x=6m)	0.980
9	Maturazione completa rivestimento provvisorio e avanzamento tunnel DX (x=15m)	0.993
10	Attivazione Rivestimento Definitivo	1
11	Lungo Termine	1

Tabella 9-20– Fasi di calcolo riferite alla simulazione numerica in condizioni di deformazione piana per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali.

Le sollecitazioni agenti sugli elementi strutturali sono state ricavate adottando il modello numerico mostrato nella figura sottostante, nel quale il peso dell'unità di volume dello strato superficiale di 1m è posto pari a 8640 kN/m^3 al fine di simulare la copertura di verifica della Sezione (400m). Questo valore è ottenuto tenendo conto del fatto che la copertura presente nel modello è pari a 80m.

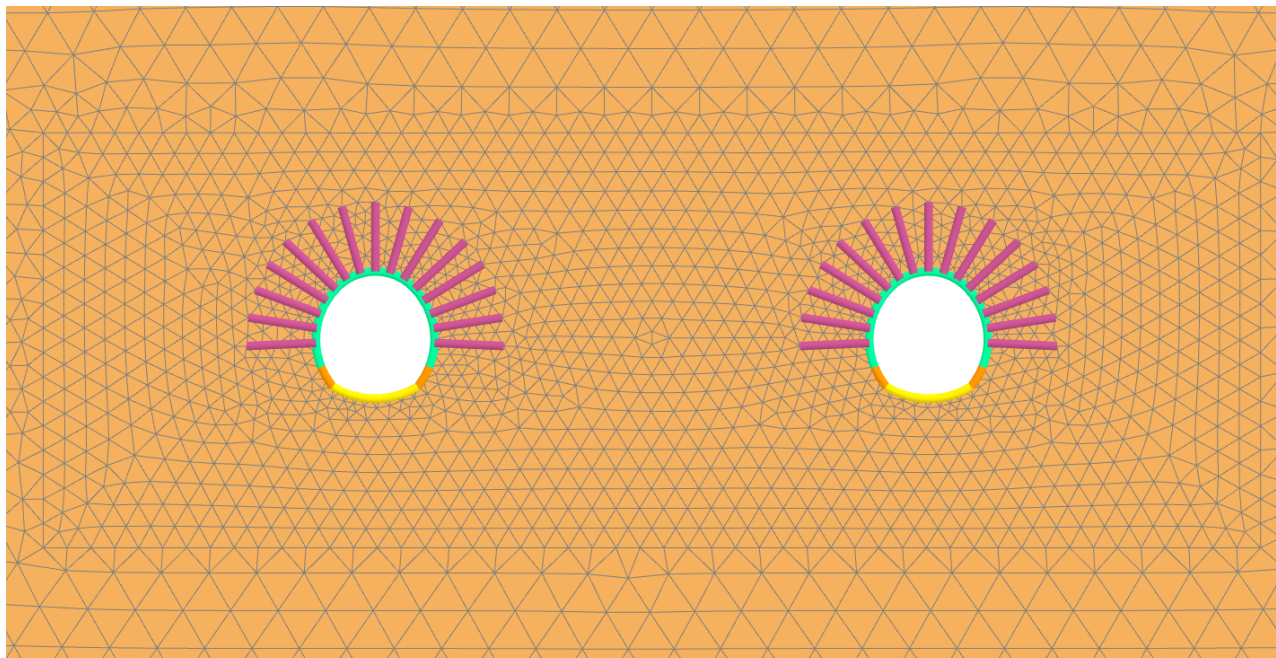


Figura 9-54: Modello numerico relativo alla simulazione numerica in condizioni di deformazione piana per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 115 di 355

La seguente tabella riassume le caratteristiche degli elementi di sostegno di prima fase utilizzati nel modello numerico per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali.

Sostegni							
Sezione tipo	Sfondo max [m]	Spritz-beton [cm]	Ancoraggi radiali	Sostegno al contorno	Sostegno al fronte	Centine	Drenaggi in avanzamento
A1	2,8	5+20	eventuali 14/15 bulloni $\phi 24$, L = 5m p. long 1.4m x p. trasv 1.2m	-	spritz 5 cm su ogni sfondo	2 IPN 180, p. 1.4 m	Eventuali - 4 (2+2) tubi microfessurati in PVC L=30m (sovrap. min. 10 m)

Tabella 9-21 – Sostegni Sezione Tipo A1

La seguente tabella riassume le caratteristiche del rivestimento definitivo considerato nella modellazione.

Rivestimento definitivo					
Sezione tipo	Distanza vincolata arco rovescio	Distanza vincolata volta	Arco rovescio	Murette	Volta
A1	-	-	60 cm, armato 30 kg/m ³	60 cm, armato 30 kg/m ³	60 cm non armato

Tabella 9-22 – Rivestimento definitivo Sezione Tipo A1

Le seguenti figure rappresentano gli spostamenti nei dintorni del cavo prima dell'installazione del rivestimento definitivo e i diagrammi di sollecitazione nel rivestimento di prima fase.

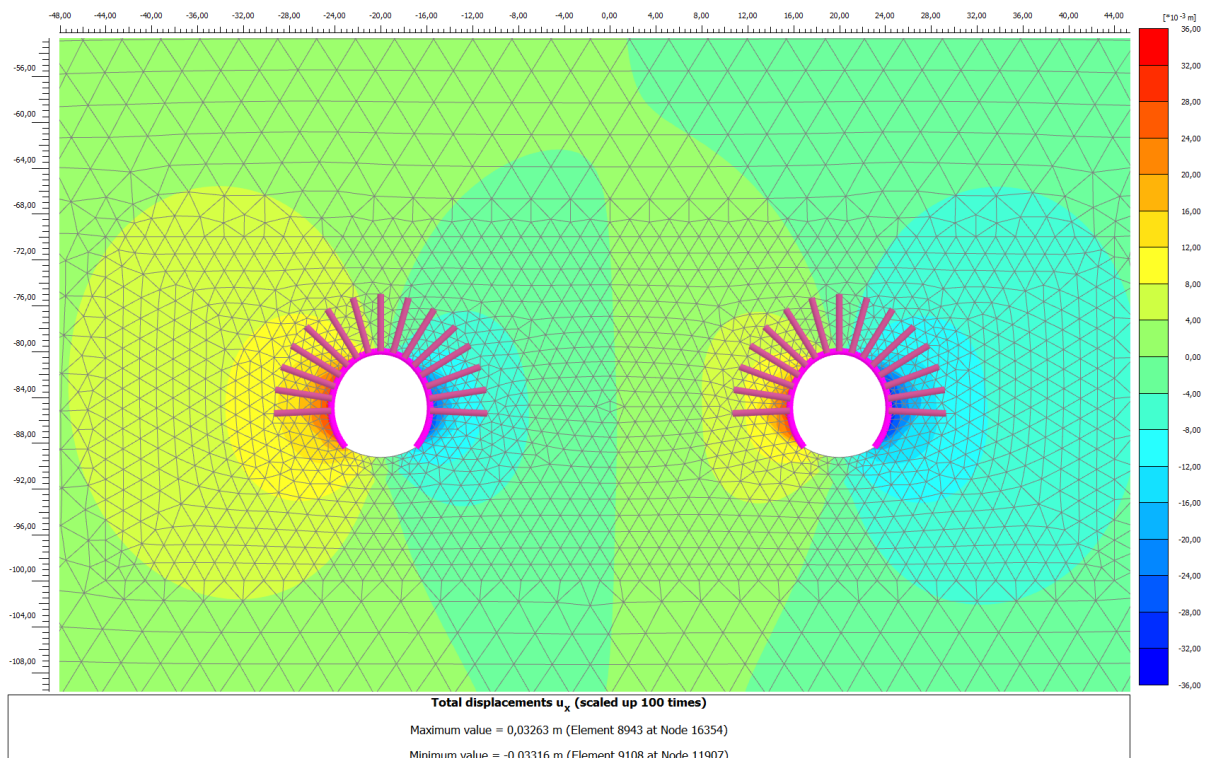


Figura 9-55: Spostamenti in direzione orizzontale - Sezione Tipo A1

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 116 di 355

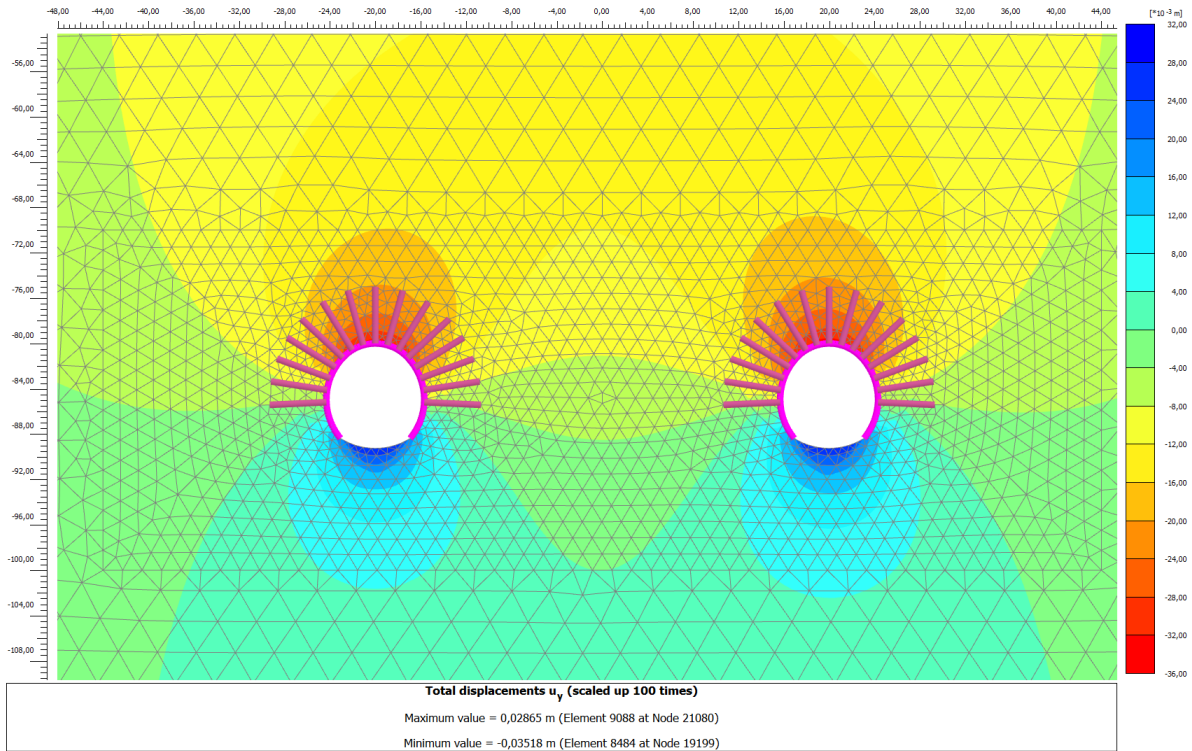


Figura 9-56: Spostamenti in direzione verticale - Sezione Tipo A1

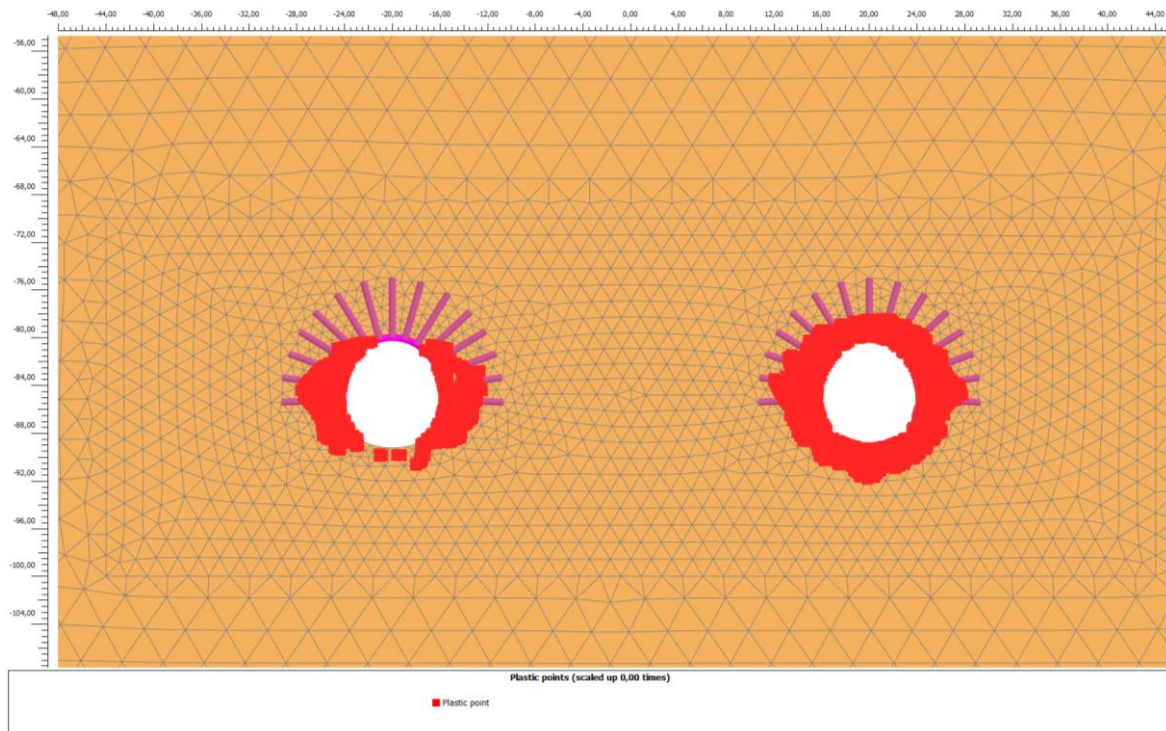


Figura 9-57: Zone di plasticizzazione - Sezione Tipo A1

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 117 di 355

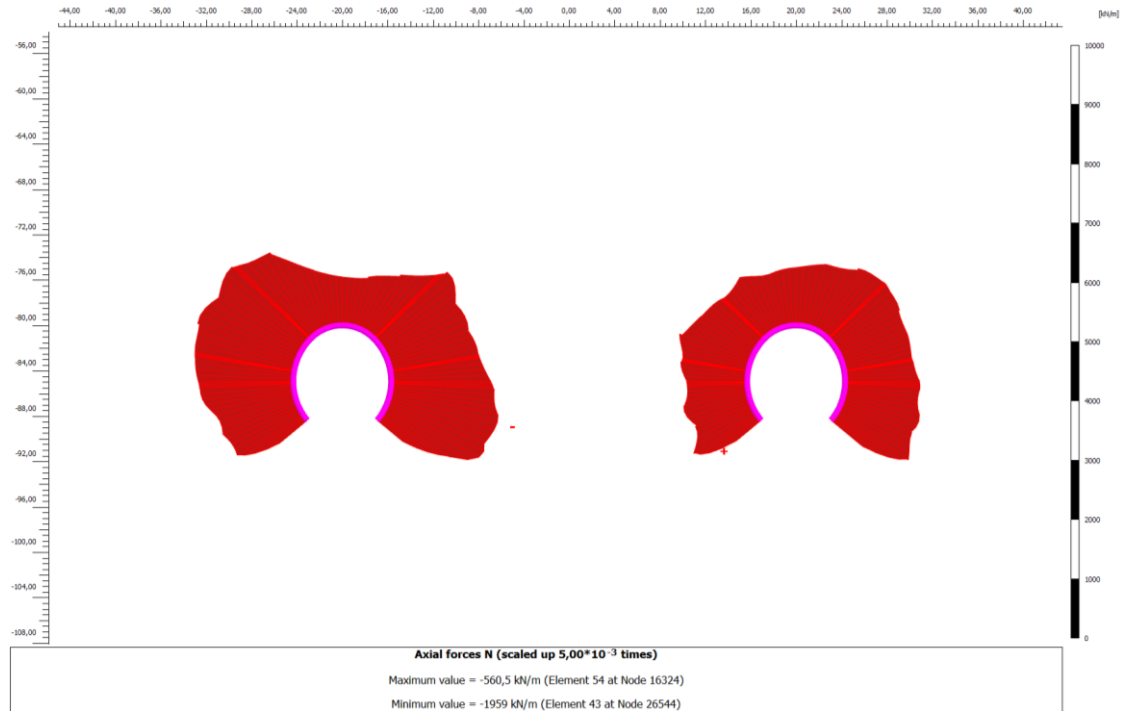


Figura 9-58: Sforzo normale agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo A1

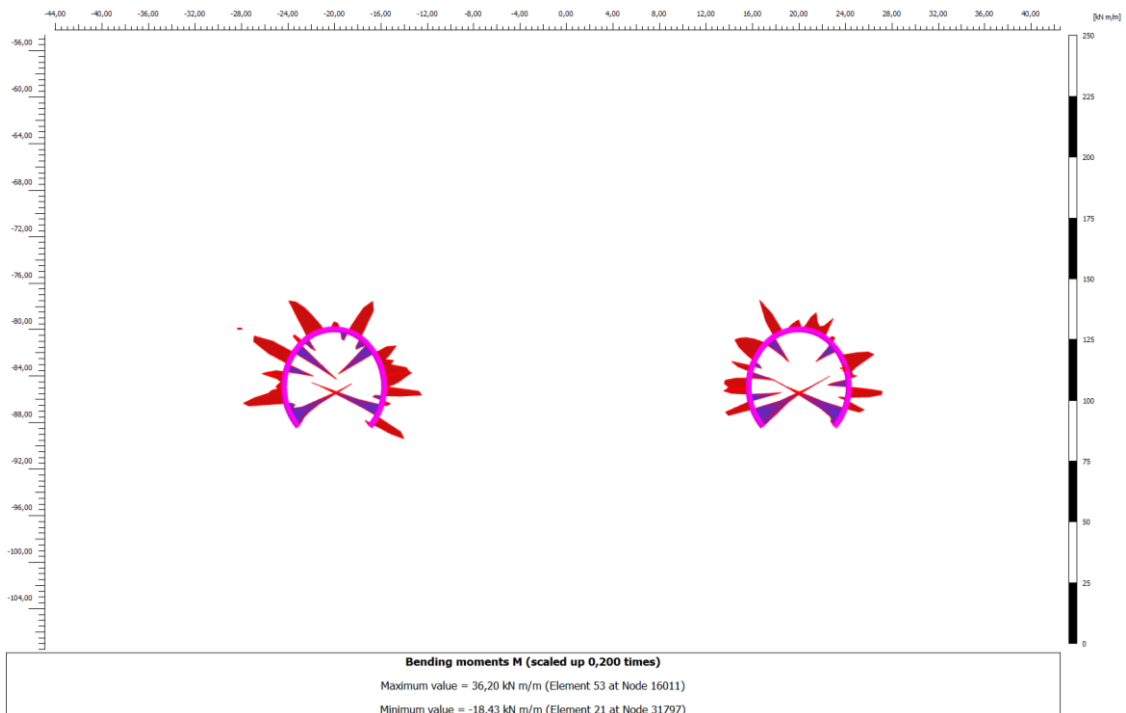


Figura 9-59: Momento flettente agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo A1

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			
GALLERIE Galleria Scalers - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 118 di 355

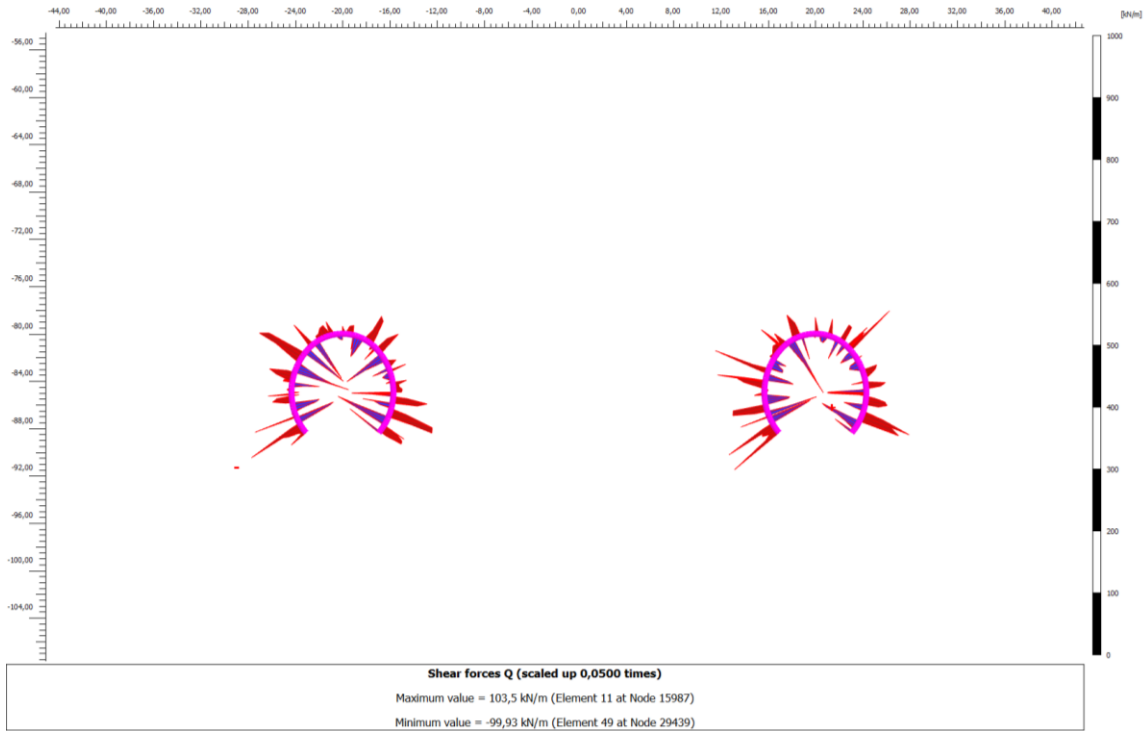


Figura 9-60: Sforzo di taglio agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo A1

Le seguenti figure rappresentano i diagrammi di sollecitazione nel rivestimento definitivo.

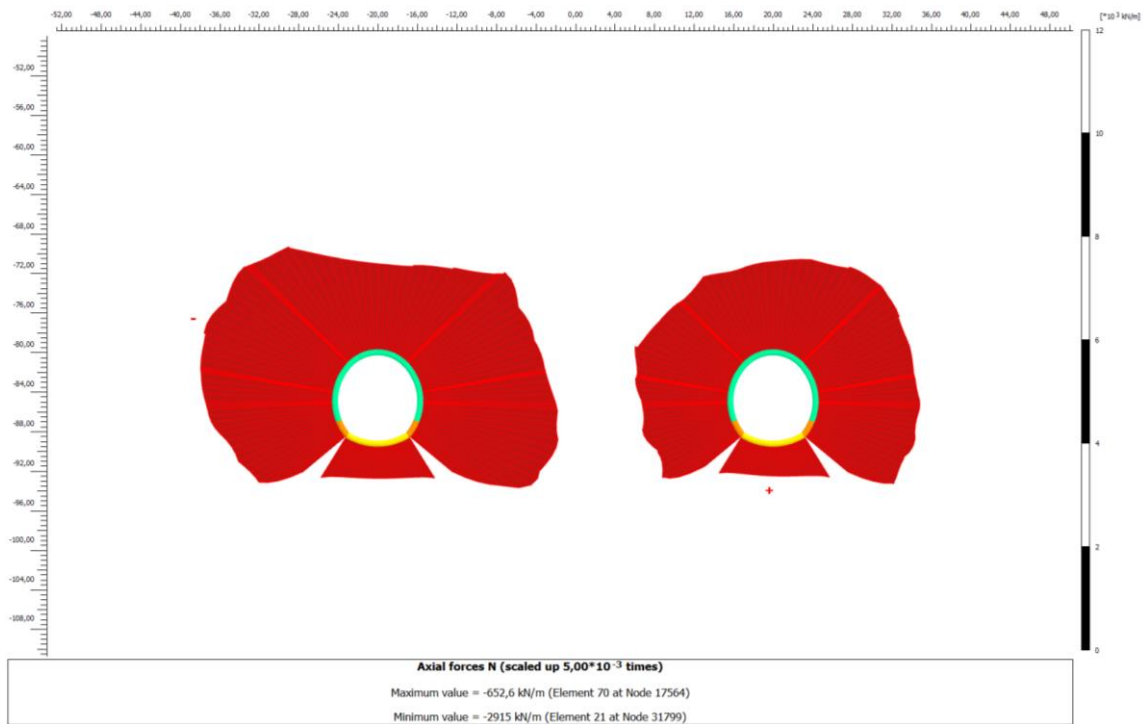


Figura 9-61: Involuppo di sforzo normale agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo A1

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 119 di 355

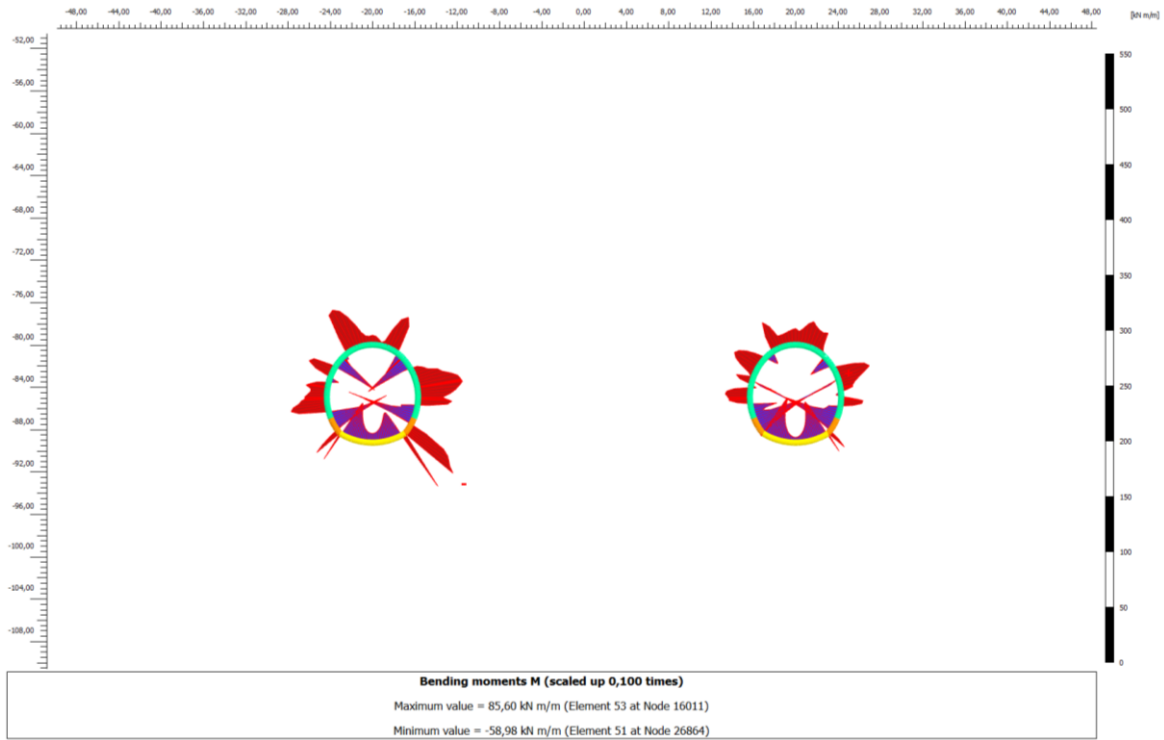


Figura 9-62: Involuppo di momento flettente agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo A1

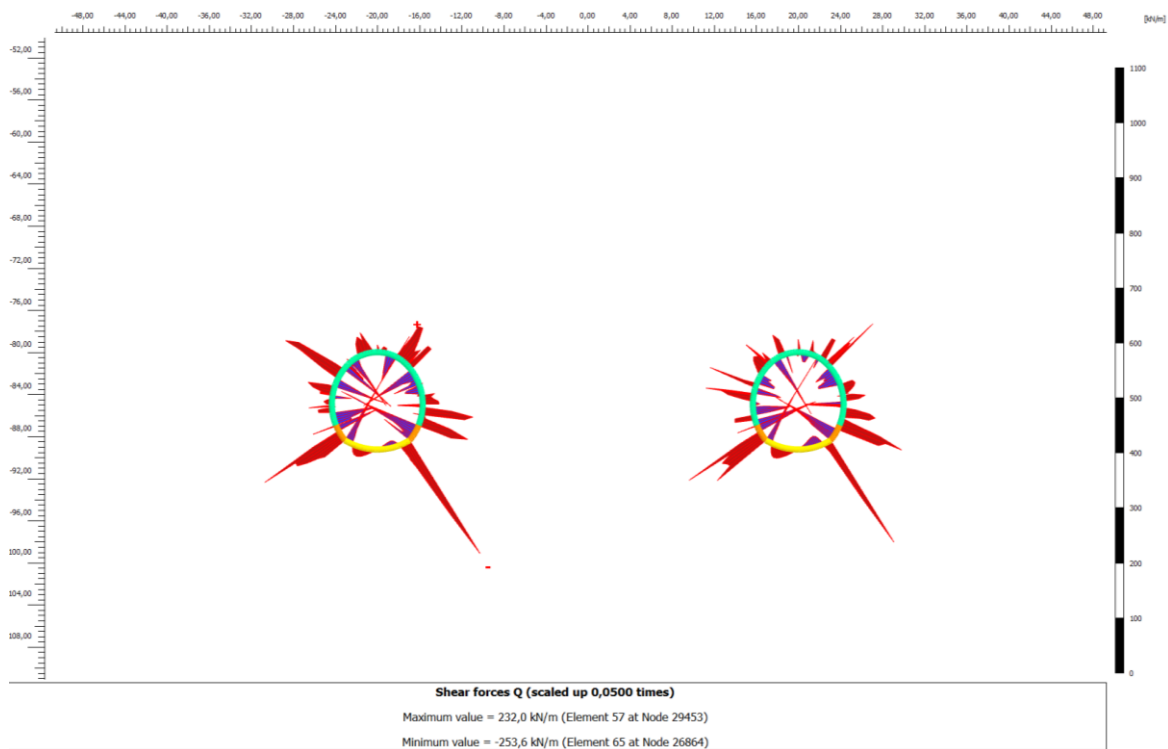


Figura 9-63: Involuppo di sforzo di taglio agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo A1

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 120 di 355

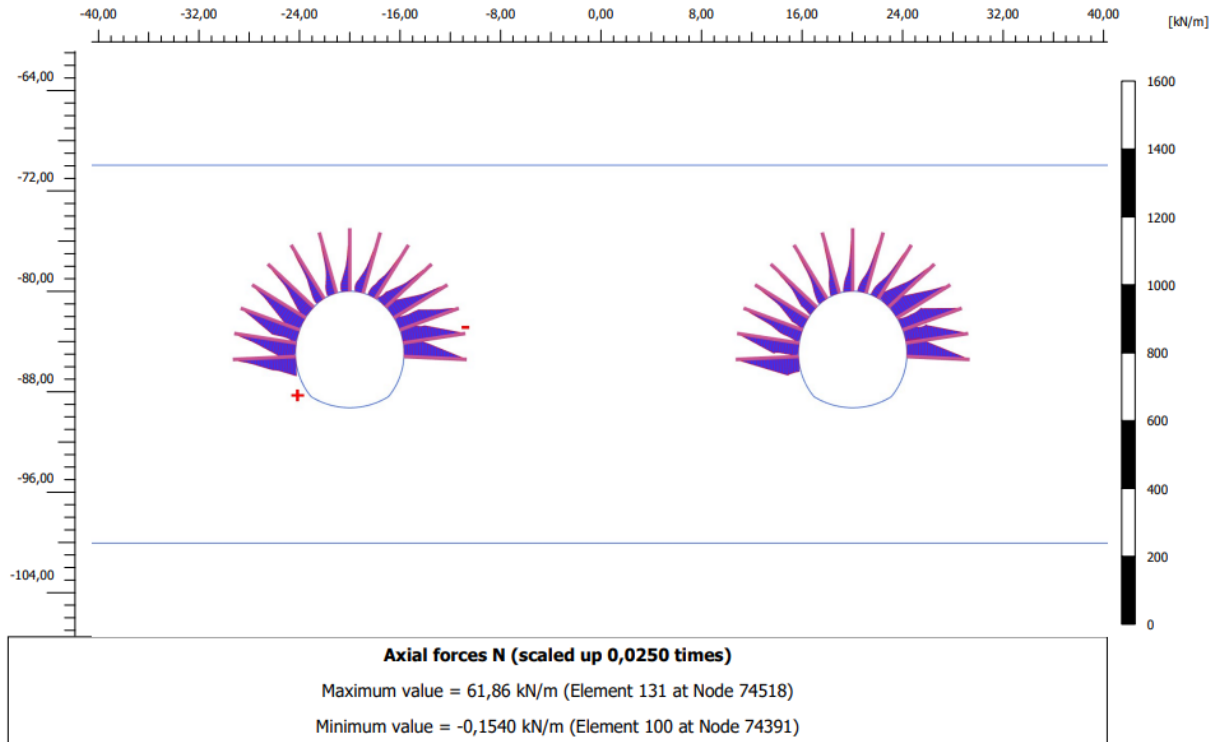


Figura 9-64- Massimo sforzo normale agente sugli ancoraggi radiali - Sezione Tipo A1

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 121 di 355

9.3.10 Sezione A1L

Per la definizione della sezione di analisi si rimanda al §9.1.39.1.4.

9.3.10.1. Stabilità del fronte

Nel seguito si riassumono i dati di input utilizzati per le analisi di stabilità del fronte della sezione tipo A1 eseguita con il metodo delle linee caratteristiche:

Sezione	R_{eq} [m]	H [m]	S_m [MPa]	γ [kN/m ³]	c'_d [kPa]	φ'_d [°]	E_d [MPa]
A1L	5.0	420	11.34	27	909	30	4000
H: copertura rispetto all'asse della galleria S_m : tensione media litostatica alla profondità dell'asse della galleria γ : peso dell'unità di volume dell'ammasso c'_d : valore di progetto della coesione efficace dell'ammasso φ'_d : valore di progetto dell'angolo di attrito dell'ammasso E_d : valore di progetto del modulo elastico dell'ammasso							

Sono stati valutati lo spostamento ed il raggio plastico al fronte della curva caratteristica al fronte con cavità sferica. Trattandosi di una verifica per uno stato limite ultimo di tipo GEO, si utilizza l'Approccio1 – Combinazione2 (A2 + M2 + R2), con R2 = 1.

Sezione di analisi	σ_c [MPa]	p_c [MPa]	σ_c/p_c [-]	u_F [cm]	u_F/R_{eq} [%]	R_{pF} [m]	R_{pF}/R_{eq} [-]	Criterio 1	Criterio 2.1	Criterio 2.2
A1L	3,16	3,93	0,80	2,39	0,48	6,80	1,37	B	B	B

Tabella 9-23 – Verifica di stabilità del fronte relativa alla sezione tipo A1L.

Le analisi evidenziano che, anche con l'applicazione dei coefficienti parziali corrispondenti alla combinazione A2 + M2 + R2 e quindi con i valori di progetto, l'entità degli spostamenti e delle plasticizzazioni sono tali da poter ritenere la verifica di stabilità soddisfatta.

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 122 di 355

9.3.10.2. Interazione opera – terreno

Dall'analisi delle curve caratteristiche in presenza di sostegni è stato possibile determinare i tassi di rilascio da utilizzare nelle differenti fasi realizzative della Sezione Tipo in oggetto.

Nella seguente figura è rappresentato l'andamento del coefficiente di deconfinamento applicato al modello.

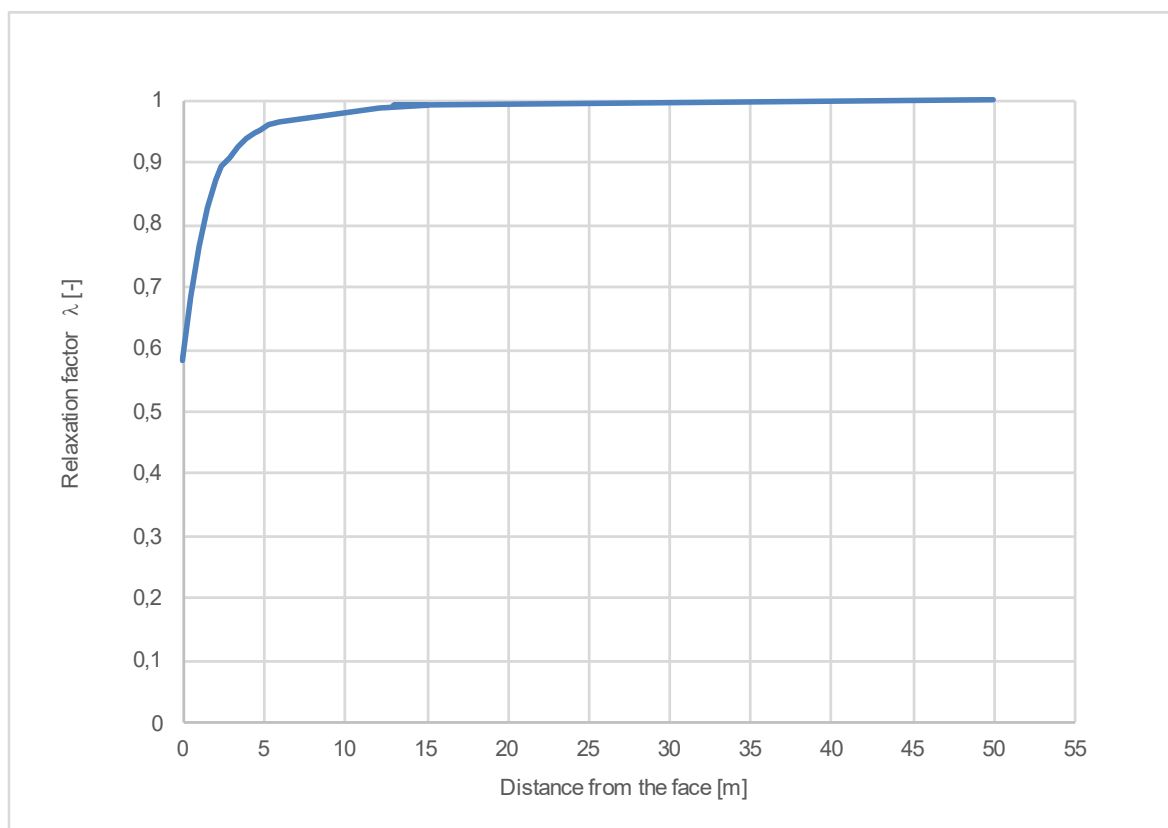


Figura 9-65– Coefficiente di deconfinamento - Sezione Tipo A1L

La tabella seguente (Tabella 9-24) riepiloga le fasi di analisi numeriche per la sezione tipologica in esame e i relativi tassi di rilascio ottenuti dalle curve caratteristiche:

Fase (#)	Descrizione (-)	λ (-)
0	Initial	-
1	Nil	-
2	Avanzamento in corrispondenza del fronte SX(x=0m)	0.584
3	Avanzamento tunnel SX(x=2.8m)	0.906
4	Attivazione bulloni radiali e rivestimento provvisorio maturazione intermedia SX (x=6m)	0.966

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	123 di 355

5	Maturazione completa rivestimento provvisorio e avanzamento tunnel SX (x=15m)	0.993
6	Avanzamento in corrispondenza del fronte DX (x=0m)	0.584
7	Avanzamento tunnel DX(x=2.8m)	0.906
8	Attivazione bulloni radiali e rivestimento provvisorio maturazione intermedia DX (x=6m)	0.966
9	Maturazione completa rivestimento provvisorio e avanzamento tunnel DX (x=15m)	0.993
10	Attivazione Rivestimento Definitivo	1.000
11	Lungo Termine	1.000

Tabella 9-24 – Fasi di calcolo riferite alla simulazione numerica in condizioni di deformazione piana per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali.

Le sollecitazioni agenti sugli elementi strutturali sono state ricavate adottando il modello numerico mostrato nella figura sottostante, nel quale il peso dell'unità di volume dello strato superficiale di 1m è posto pari a 9180 kN/m^3 al fine di simulare la copertura di verifica della Sezione (420m). Questo valore è ottenuto tenendo conto del fatto che la copertura presente nel modello è pari a 80m.

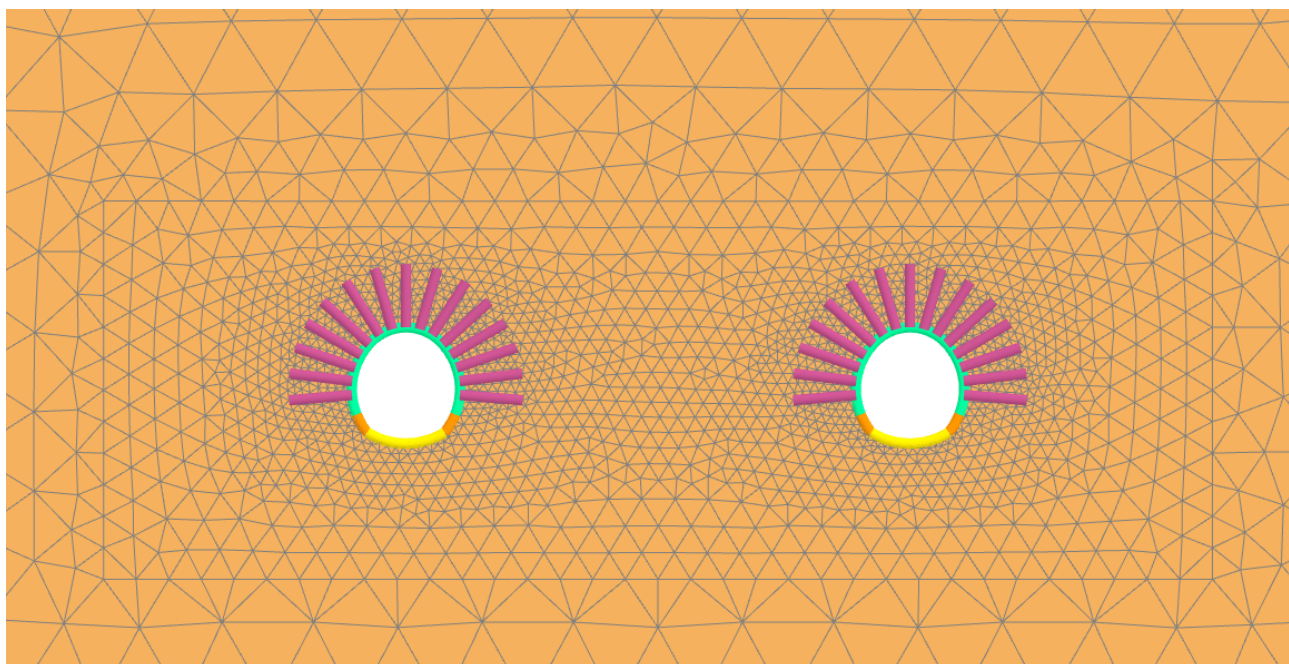


Figura 9-66 – Modello numerico relativo alla simulazione numerica in condizioni di deformazione piana per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali

La seguente tabella riassume le caratteristiche degli elementi di sostegno di prima fase utilizzati nel modello numerico per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali.

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 124 di 355

Sezione tipo	Sostegni						
	Sfondo max [m]	Spritz-beton [cm]	Ancoraggi radiali	Sostegno al contorno	Sostegno al fronte	Centine	Drenaggi in avanzamento
A1L	2,8	5+15	14/15 bulloni $\phi 24$, L= 5m p. long 1.4m x p. trasv 1.2m	-	spritz 5 cm su ogni sfondo	-	Eventuali - 4 (2+2) tubi microfessurati in PVC L=30m (sovrap. min. 10 m)

Tabella 9-25 – Sostegni Sezione Tipo A1L

La seguente tabella riassume le caratteristiche del rivestimento definitivo considerato nella modellazione.

Sezione tipo	Rivestimento definitivo				
	Distanza vincolata arco rovescio	Distanza vincolata volta	Arco rovescio	Murette	Volta
A1L	-	-	60 cm, armato 30 kg/m3	60 cm, armato 30 kg/m3	50 cm non armato

Tabella 9-26 – Rivestimento definitivo Sezione Tipo A1L

Le seguenti figure rappresentano gli spostamenti nei dintorni del cavo prima dell'installazione del rivestimento definitivo e i diagrammi di sollecitazione nel rivestimento di prima fase.

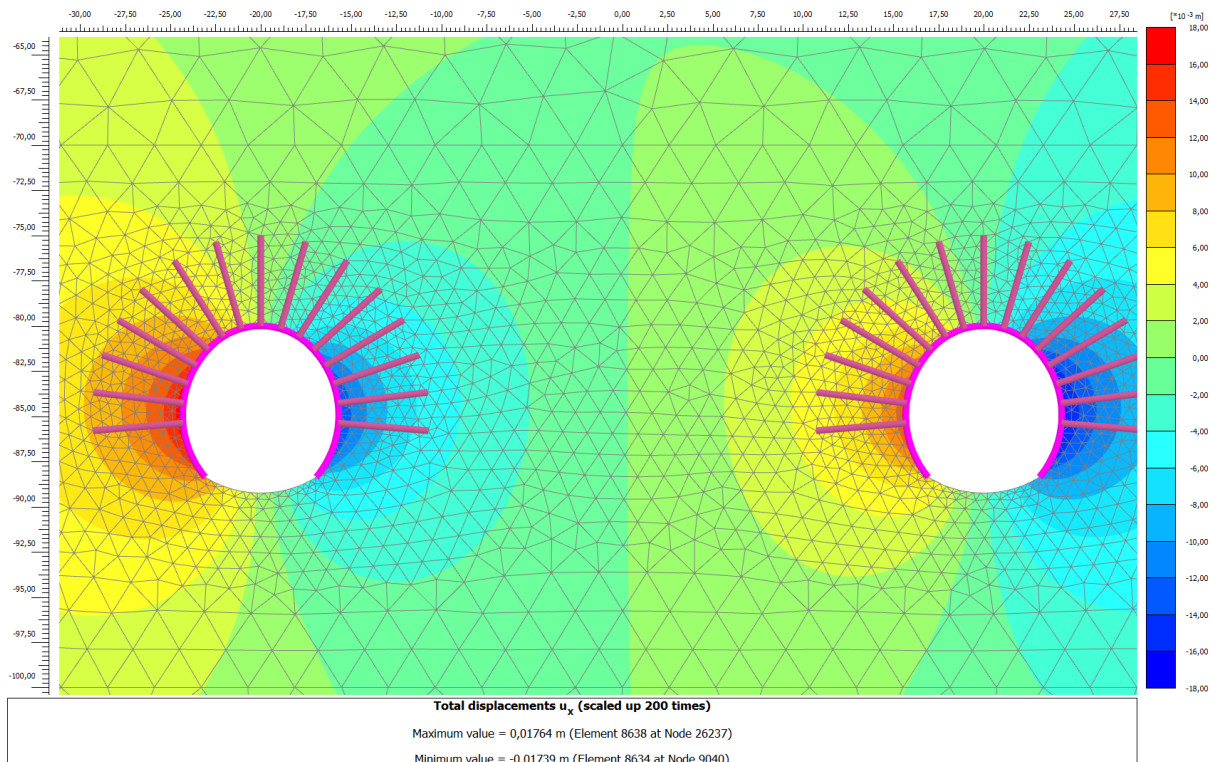


Figura 9-67 – Spostamenti in direzione orizzontale - Sezione Tipo A1L (Fase 9)

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			
GALLERIE Galleria Scalers - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 125 di 355

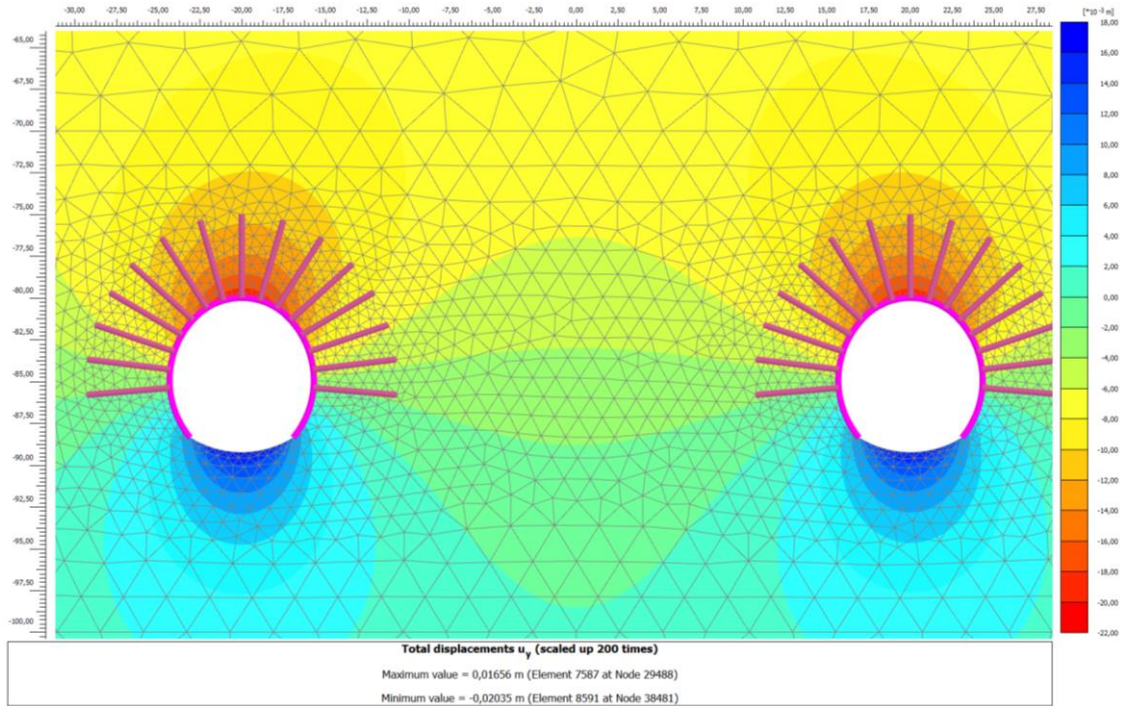


Figura 9-68 – Spostamenti in direzione verticale - Sezione Tipo A1L (Fase 9)

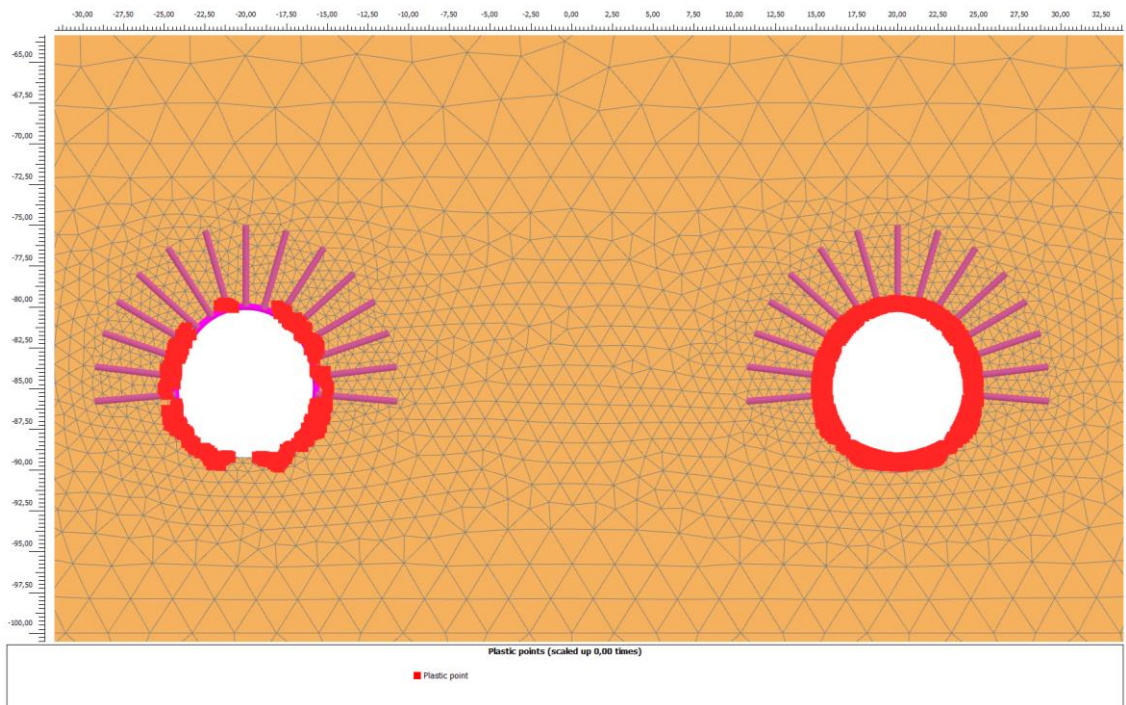


Figura 9-69 – Zone di plasticizzazione - Sezione Tipo A1L (Fase 9)

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			
GALLERIE Galleria Scalers - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 126 di 355



Figura 9-70 – Sforzo normale agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo A1L (Fase 9)

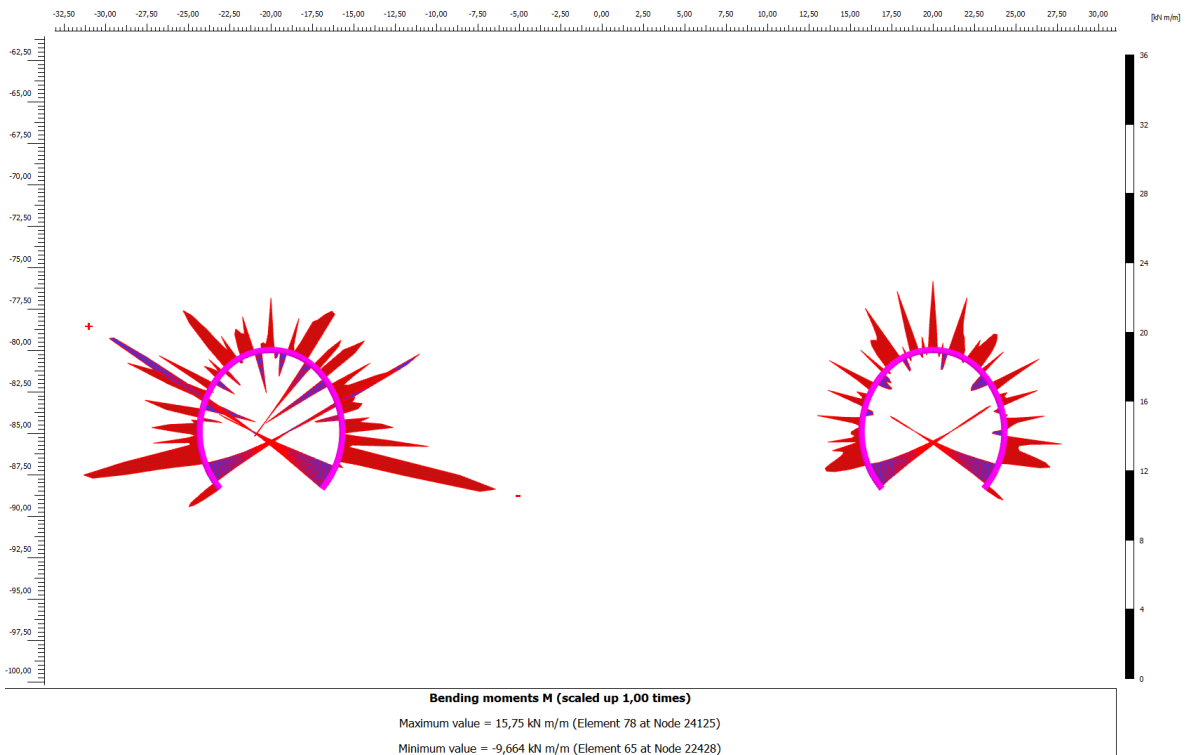


Figura 9-71 – Momento flettente agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo A1L (Fase 9)

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			
GALLERIE Galleria Scalers - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 127 di 355

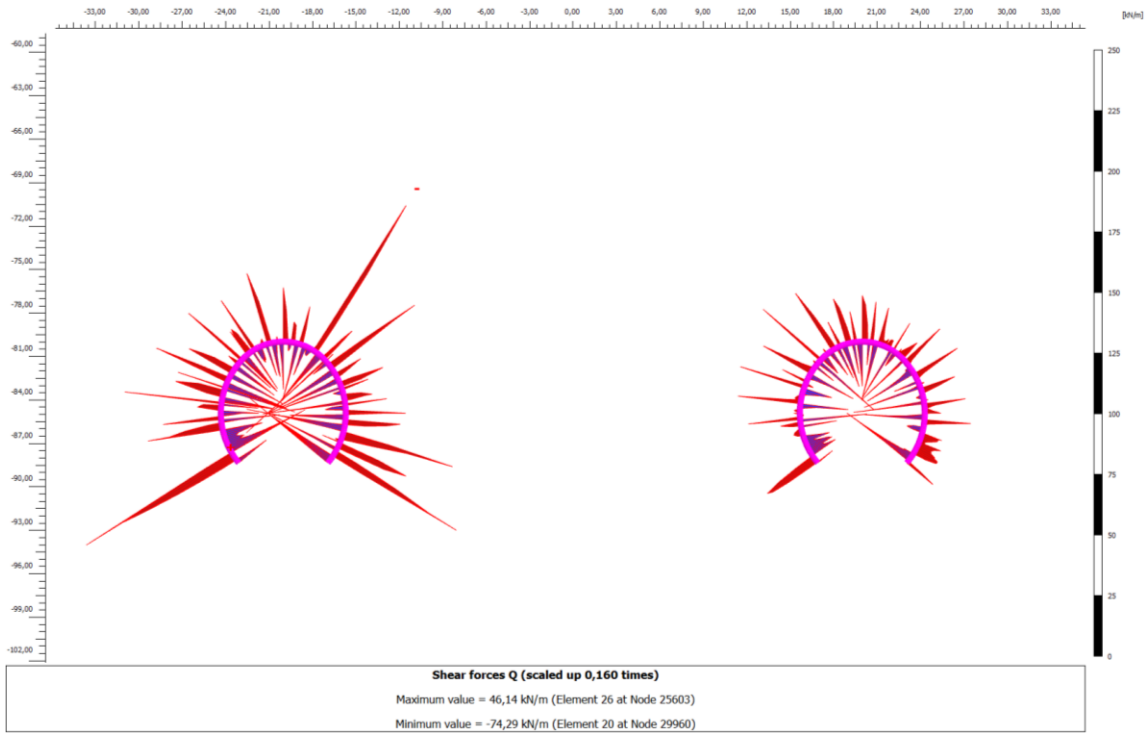


Figura 9-72 – Sforzo di taglio agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo A1L (Fase 9)

Le seguenti figure rappresentano i diagrammi di sollecitazione nel rivestimento definitivo.

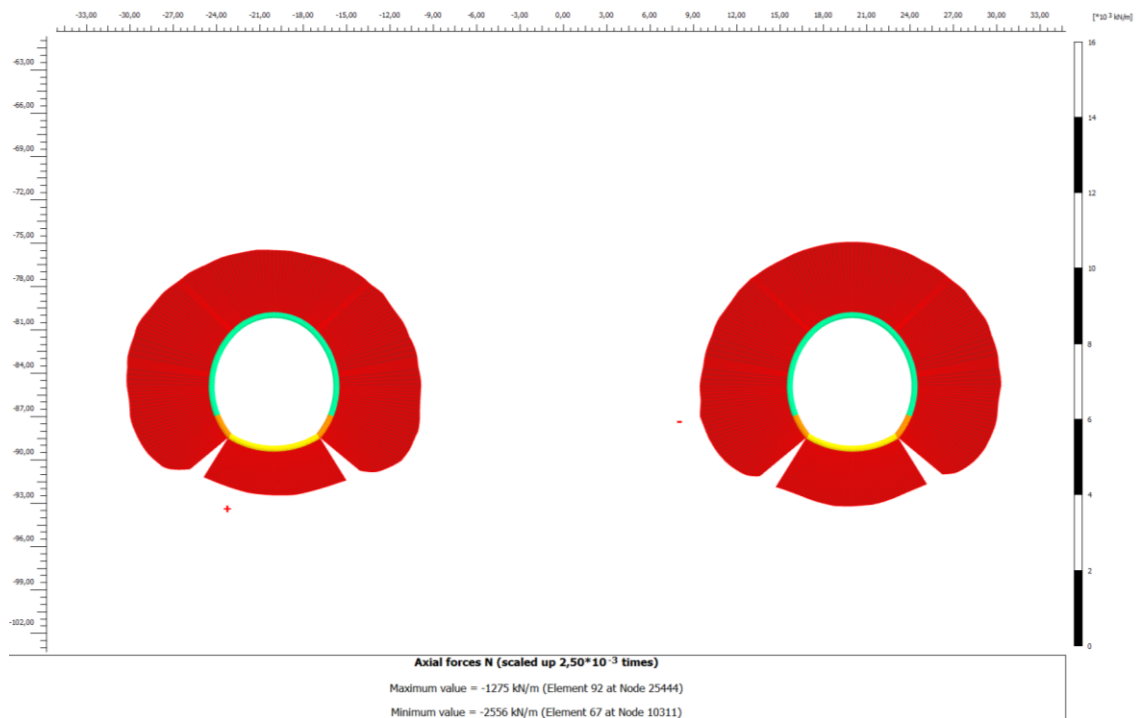


Figura 9-73 – Involuppo di sforzo normale agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo A1L (Fase 11)

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			
GALLERIE Galleria Scalers - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 128 di 355

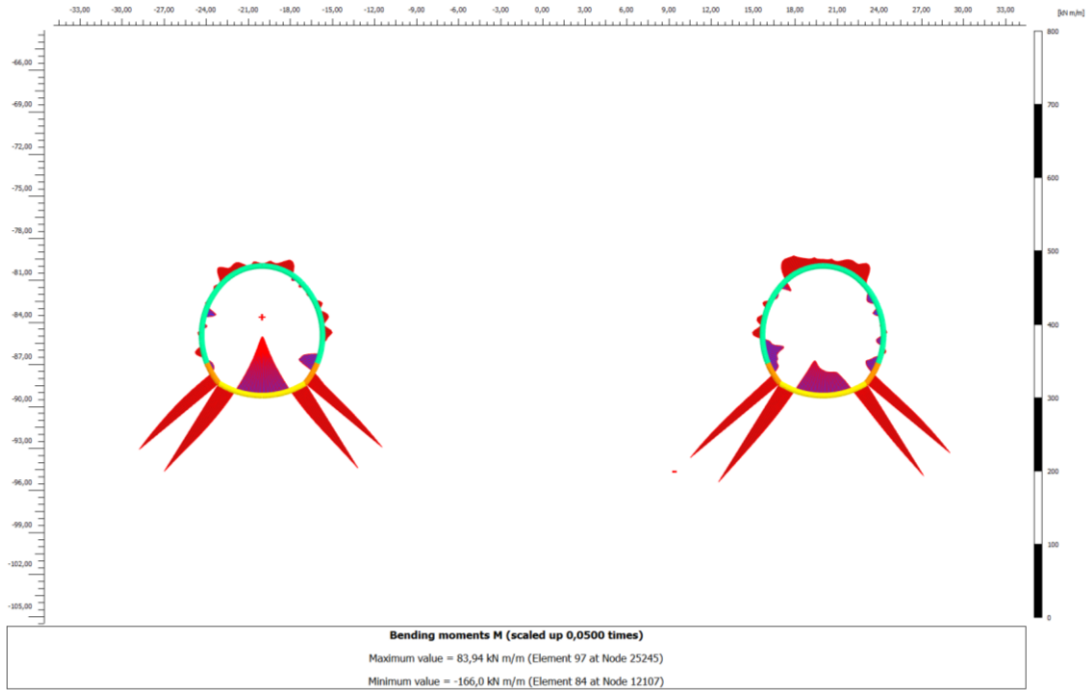


Figura 9-74 – Involuppo di momento flettente agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo A1L (Fase 11)

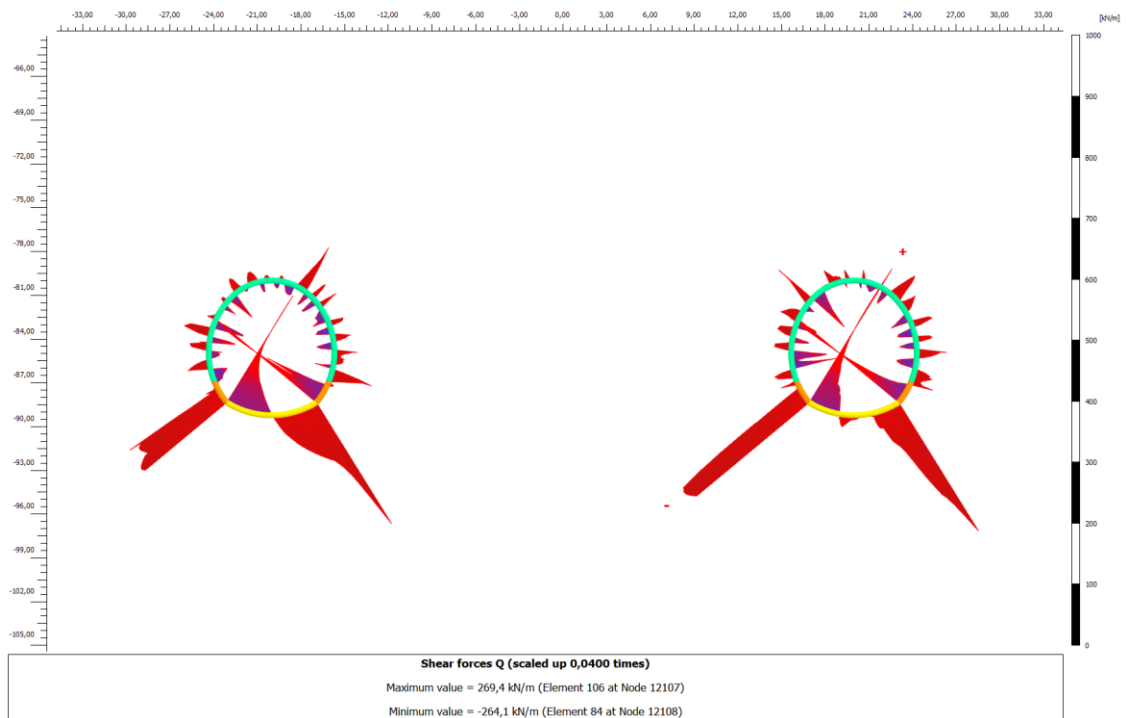


Figura 9-75 – Involuppo di sforzo di taglio agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo A1L (Fase 11)

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 129 di 355

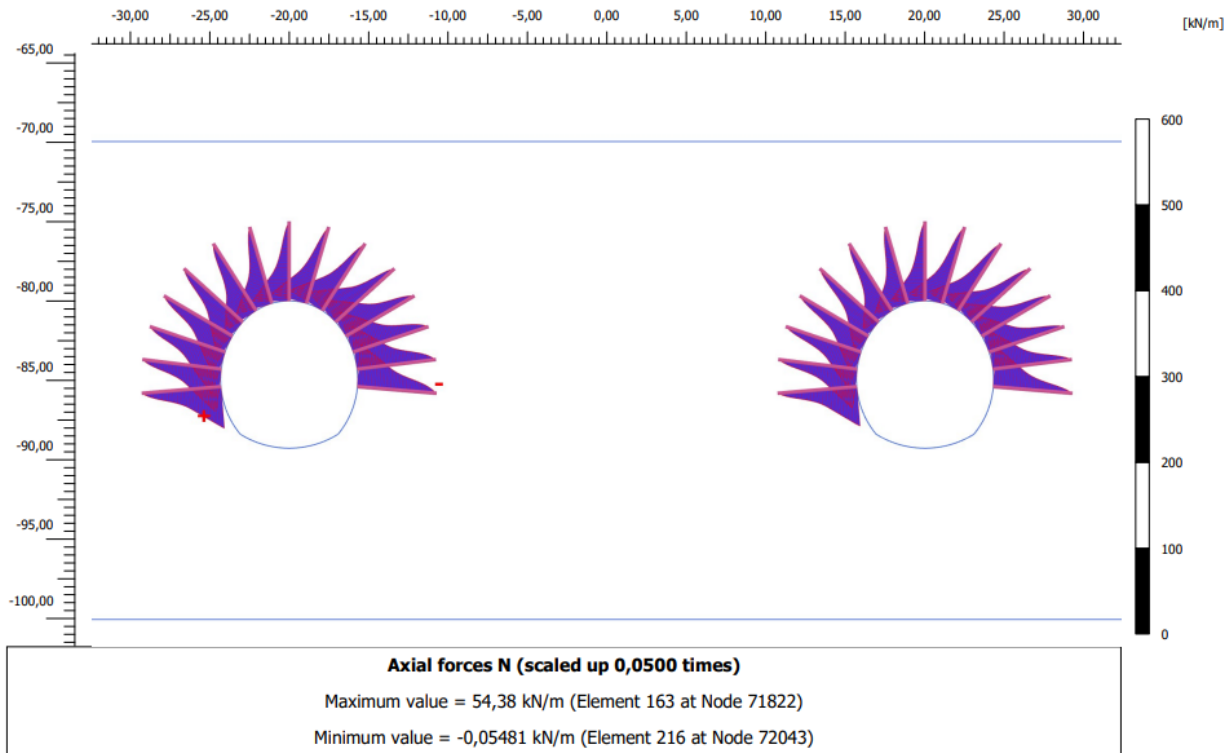


Figura 9-76- Massimo sforzo normale agente sugli ancoraggi radiali - Sezione Tipo A1L

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				
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 130 di 355	

9.3.11 Sezione A2

Per la definizione della sezione di analisi si rimanda al §9.1.5.

9.3.11.1. Stabilità del fronte

Nel seguito si riassumono i dati di input utilizzati per le analisi di stabilità del fronte della sezione tipo A1 eseguita con il metodo delle linee caratteristiche:

Sezione	R_{eq} [m]	H [m]	S_m [MPa]	γ [kN/m ³]	c'_d [kPa]	φ'_d [°]	E_d [MPa]
A2	5.1	523	14.12	27	1337	28	11440

H: profondità dell'asse della galleria
 S_m : tensione media litostatica alla profondità dell'asse della galleria
 γ : peso dell'unità di volume dell'ammasso
 c'_d : valore di progetto della coesione efficace dell'ammasso
 φ'_d : valore di progetto dell'angolo di attrito dell'ammasso
 E_d : valore di progetto del modulo elastico dell'ammasso

Sono stati valutati lo spostamento ed il raggio plastico al fronte della curva caratteristica al fronte con cavità sferica. Trattandosi di una verifica per uno stato limite ultimo di tipo GEO, si utilizza l'Approccio1 – Combinazione2 (A2 + M2 + R2), con R2 = 1.

Sezione di analisi	σ_c [MPa]	p_c [MPa]	σ_c/p_c [-]	u_F [cm]	u_F/R_{eq} [%]	R_{pF} [m]	R_{pF}/R_{eq} [-]	Criterio 1	Criterio 2.1	Criterio 2.2
A2	4,48	5,05	0,89	1,05	0,21	6,94	1,36	B	B	B

Tabella 9-27– Verifica di stabilità del fronte relativa alla sezione tipo A2.

Le analisi evidenziano che, anche con l'applicazione dei coefficienti parziali corrispondenti alla combinazione A2 + M2 + R2 e quindi con i valori di progetto, l'entità degli spostamenti e delle plasticizzazioni sono tali da poter ritenere la verifica di stabilità soddisfatta.

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 131 di 355

9.3.11.2. Interazione opera – terreno

Dall'analisi delle curve caratteristiche in presenza di sostegni è stato possibile determinare i tassi di rilascio da utilizzare nelle differenti fasi realizzative della Sezione Tipo in oggetto.

Nella seguente figura è rappresentato l'andamento del coefficiente di deconfinamento applicato al modello.

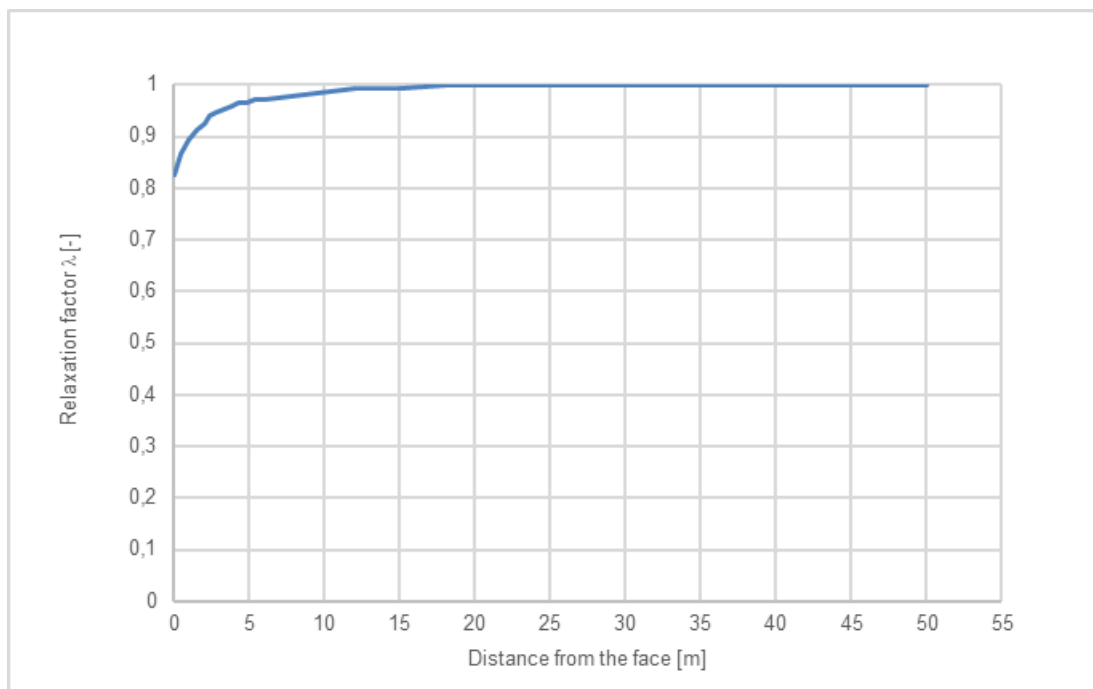


Figura 9-77 - Coefficiente di deconfinamento Sezione Tipo A2

La tabella seguente (Tabella 9-28) riepiloga le fasi di analisi numeriche per la sezione tipologica in esame e i relativi tassi di rilascio ottenuti dalle curve caratteristiche:

Fase (#)	Descrizione (-)	λ (-)
0	Initial	-
1	Nil	-
2	Avanzamento in corrispondenza del fronte SX (x=0m)	0.825
3	Avanzamento tunnel SX (x=2.4m)	0.939
4	Attivazione bulloni radiali e rivestimento provvisorio maturazione intermedia SX (x=6m)	0.973
5	Maturazione completa rivestimento provvisorio e avanzamento tunnel SX (x=15m)	0.993
6	Avanzamento in corrispondenza del fronte DX (x=0m)	0.825

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 132 di 355

7	Avanzamento tunnel DX (x=2.4m)	0.939
8	Attivazione bulloni radiali e rivestimento provvisorio maturazione intermedia DX (x=6m)	0.973
9	Maturazione completa rivestimento provvisorio e avanzamento tunnel DX (x=15m)	0.993
10	Attivazione Rivestimenti Definitivi	1.00
11	Lungo Termine	1.00

Tabella 9-28 – Fasi di calcolo riferite alla simulazione numerica in condizioni di deformazione piana per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali.

Le sollecitazioni agenti sugli elementi strutturali sono state ricavate adottando il modello numerico mostrato in Figura 9-78, nel quale il peso dell'unità di volume dello strato superficiale di 1m è posto pari a 11988 kN/m³ al fine di simulare la copertura di verifica della Sezione (523m). Questo valore è ottenuto tenendo conto del fatto che la copertura presente nel modello è pari a 80m.

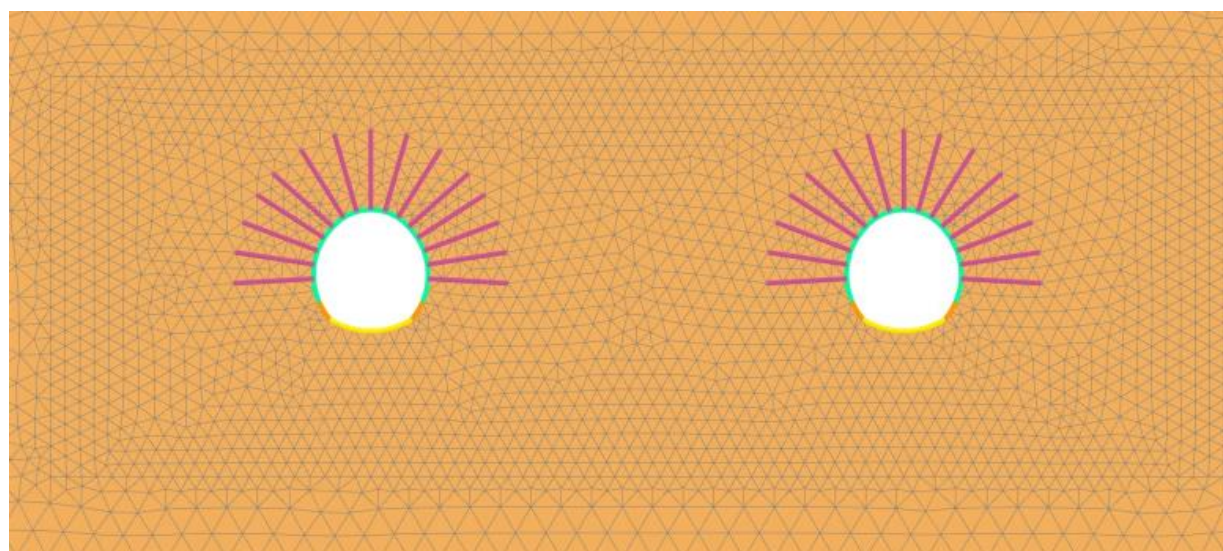


Figura 9-78 - Modello numerico relativo alla simulazione numerica in condizioni di deformazione piana per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali

La seguente tabella riassume le caratteristiche degli elementi di sostegno di prima fase utilizzati nel modello numerico per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali.

Sostegni							
Sezione tipo	Sfondo max [m]	Spritz-beton [cm]	Ancoraggi radiali	Sostegno al contorno	Sostegno al fronte	Centine	Drenaggi in avanzamento
A2	2,4	5+25	10/11 bulloni $\phi 24$, L = 6m p. long 1.5m x p. trasv 1.5m $\pm 20\%$	-	-	2 IPN 180, p. 1.2 m	Eventuali - 4 (2+2) tubi microfessurati in PVC L=30m (sovrapp. min. 10 m)

Tabella 9-29 – Sostegni Sezione Tipo A2

La seguente tabella riassume le caratteristiche del rivestimento definitivo considerato nella modellazione.

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 133 di 355

Sezione tipo	Rivestimento definitivo				
	Distanza vincolata arco rovescio	Distanza vincolata volta	Arco rovescio	Murette	Volta
A2	-	-	60 cm, non armato	70 cm, armato 30 kg/m3	70 cm, armato 30 kg/m3

Tabella 9-30 – Rivestimento definitivo Sezione Tipo A2

Le seguenti figure rappresentano gli spostamenti nei dintorni del cavo prima dell'installazione del rivestimento definitivo e i diagrammi di sollecitazione nel rivestimento di prima fase.

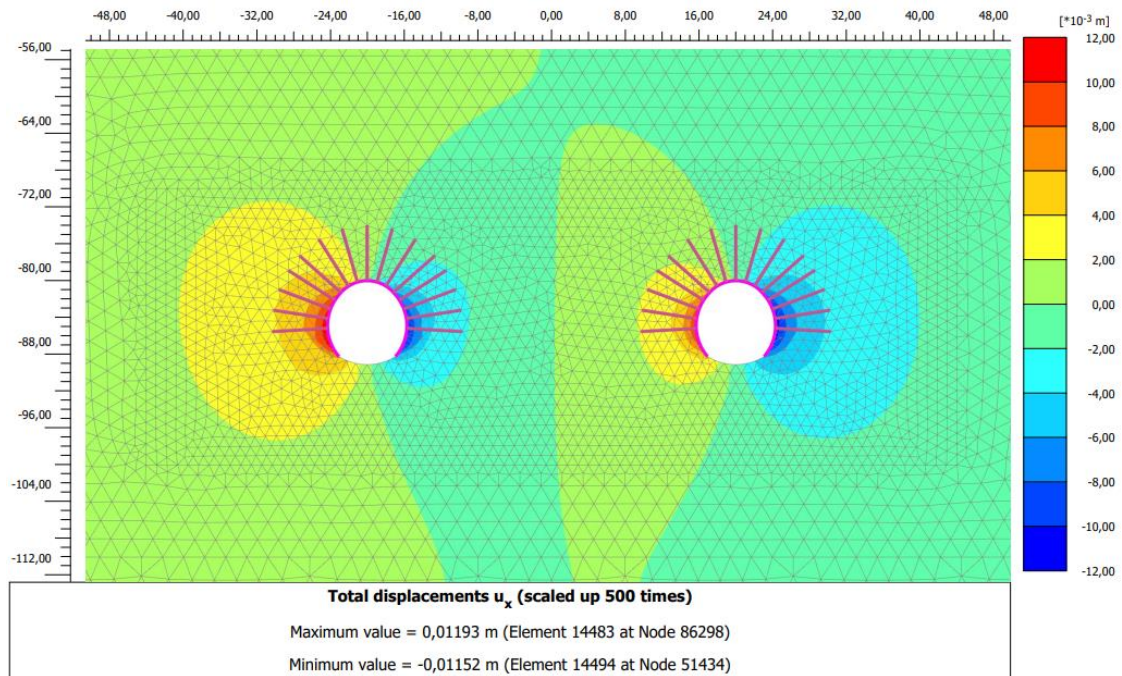


Figura 9-79 - Spostamenti in direzione orizzontale - Sezione Tipo A2 (Fase 9)

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			
GALLERIE Galleria Scalers - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 134 di 355

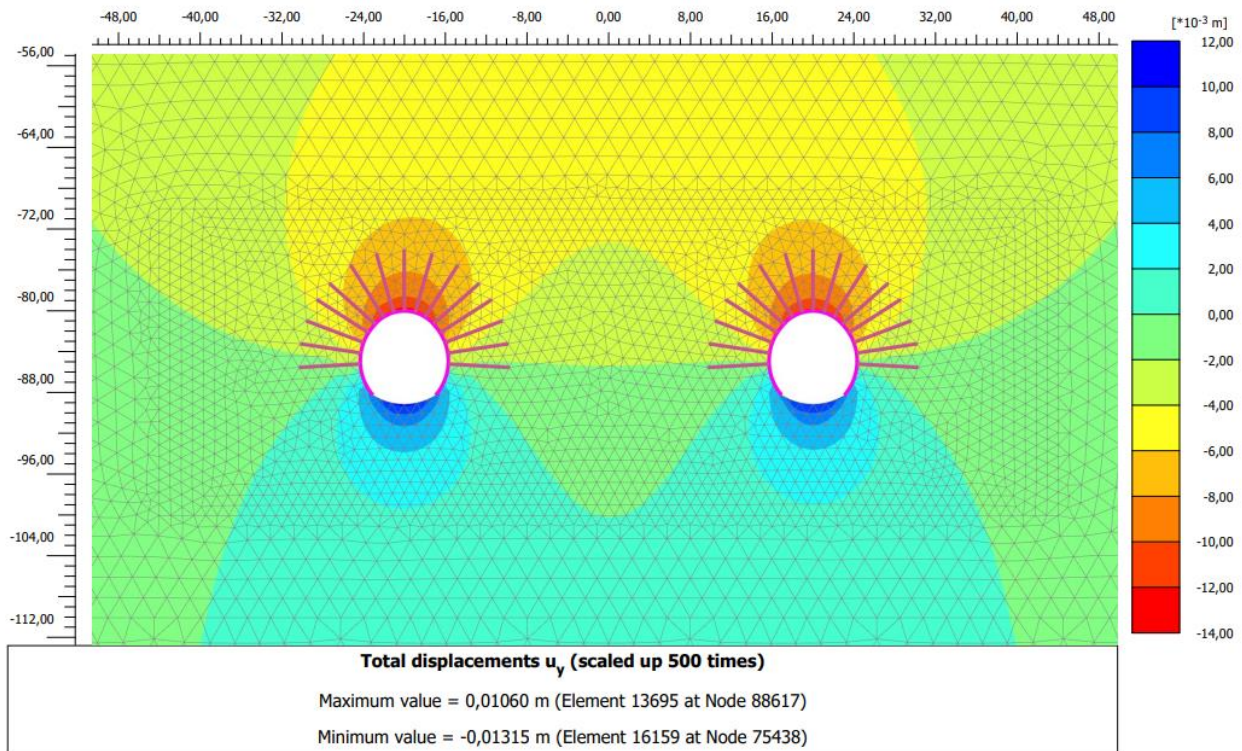


Figura 9-80 - Spostamenti in direzione verticale - Sezione Tipo A2 (Fase 9)

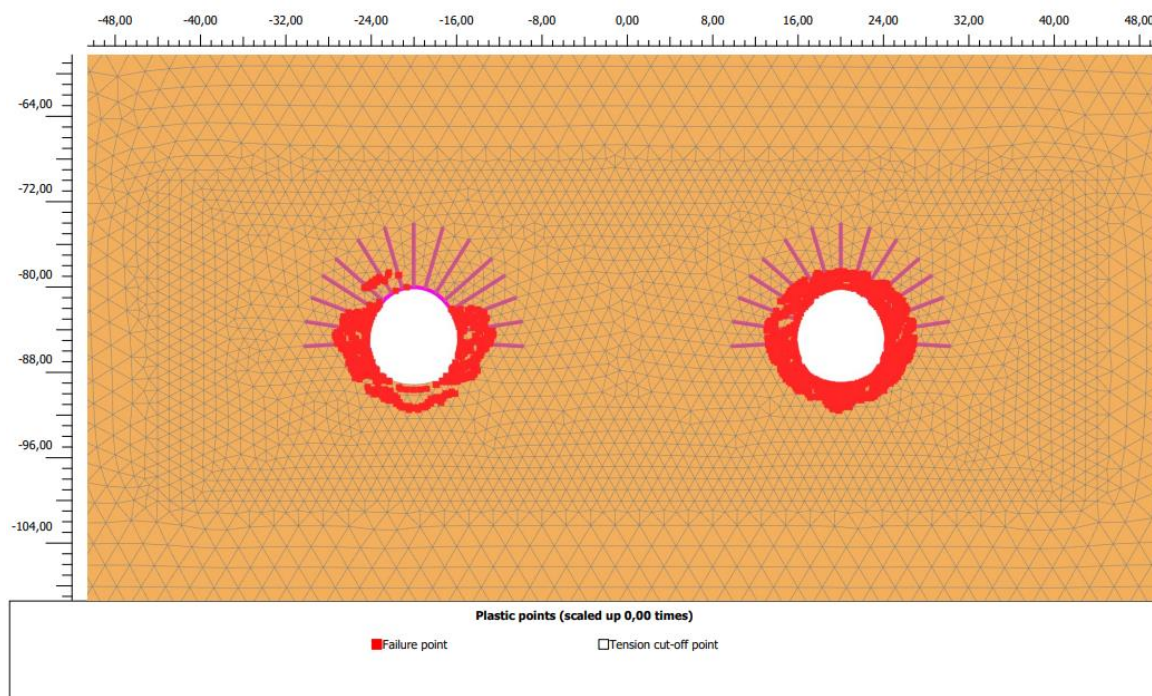


Figura 9-81 - Zone di plasticizzazione - Sezione Tipo A2 (Fase 9)

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 135 di 355

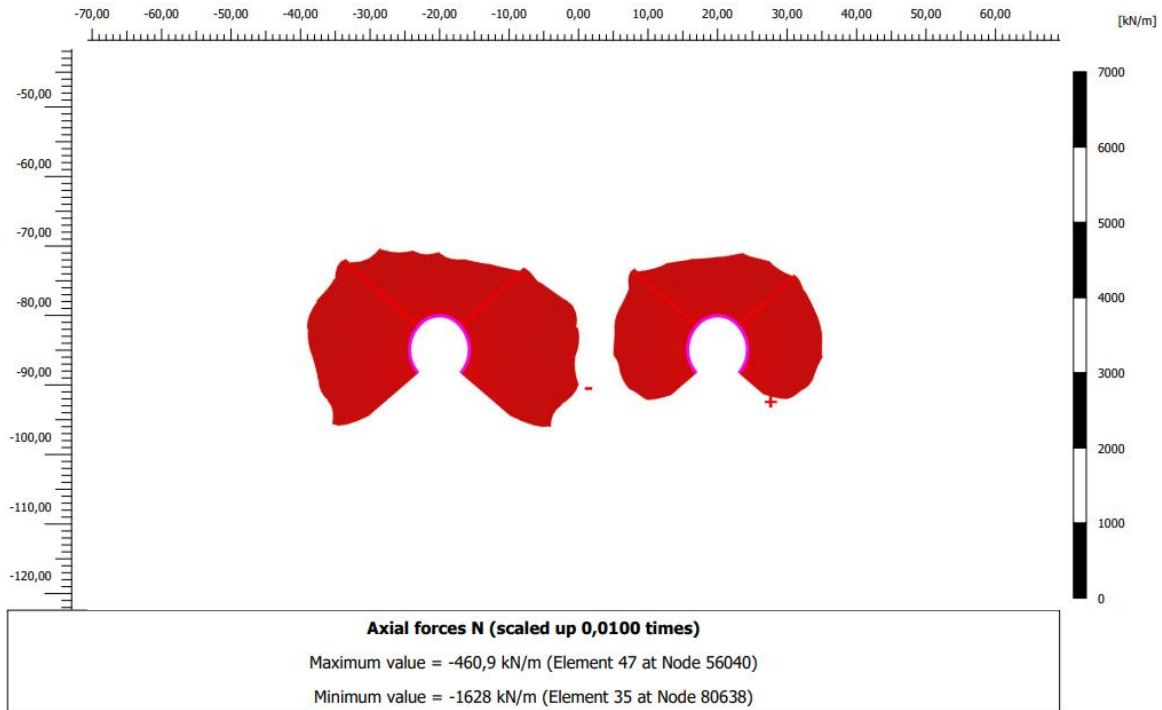


Figura 9-82 - Sforzo normale agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo A2 (Fase 9)

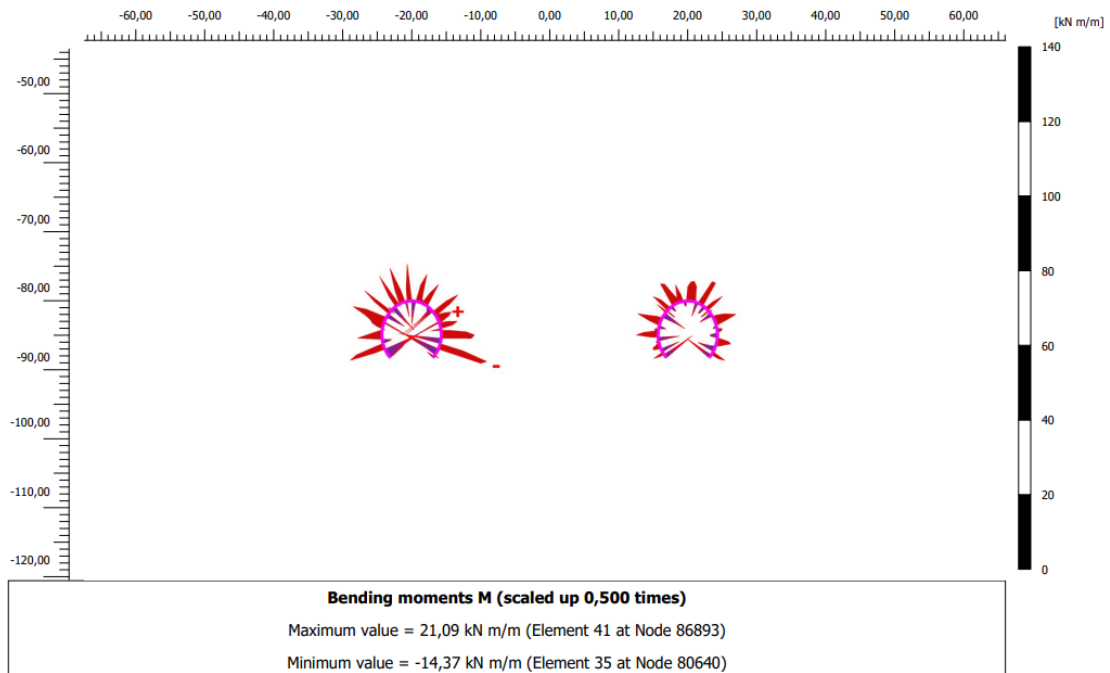


Figura 9-83 - Momento flettente agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo A2 (Fase 9)

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 136 di 355

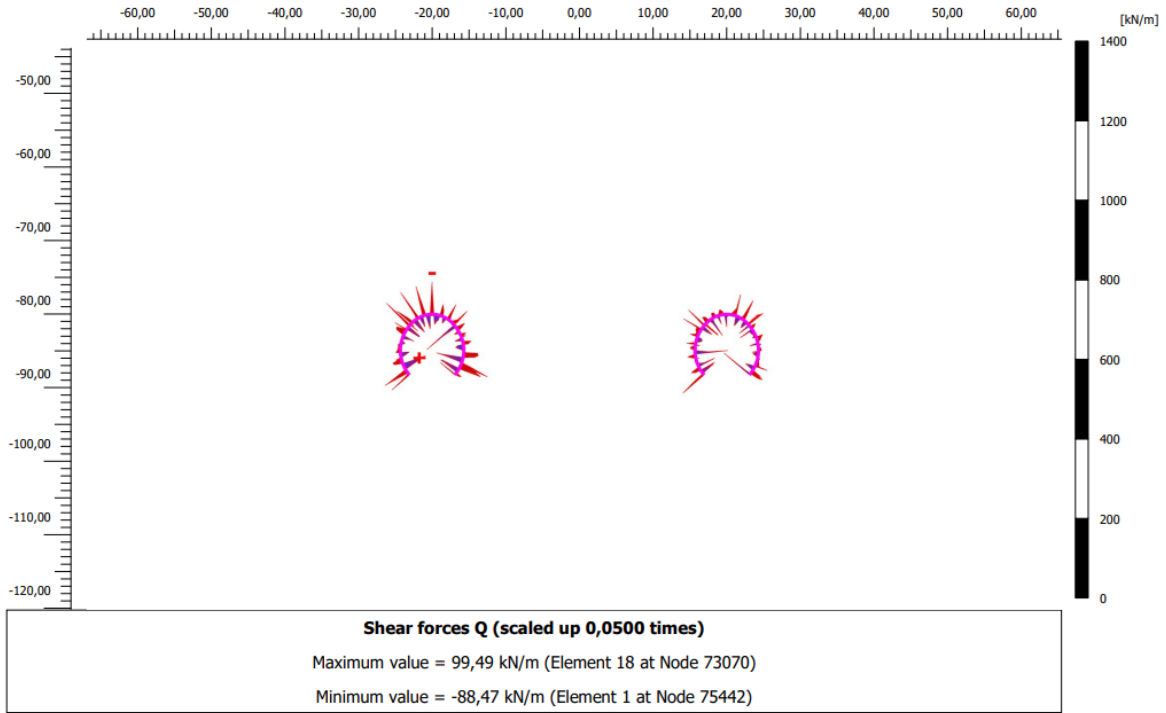


Figura 9-84 - Sforzo di taglio agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo A2 (Fase 9)

Le seguenti figure rappresentano i diagrammi di sollecitazione nel rivestimento definitivo.

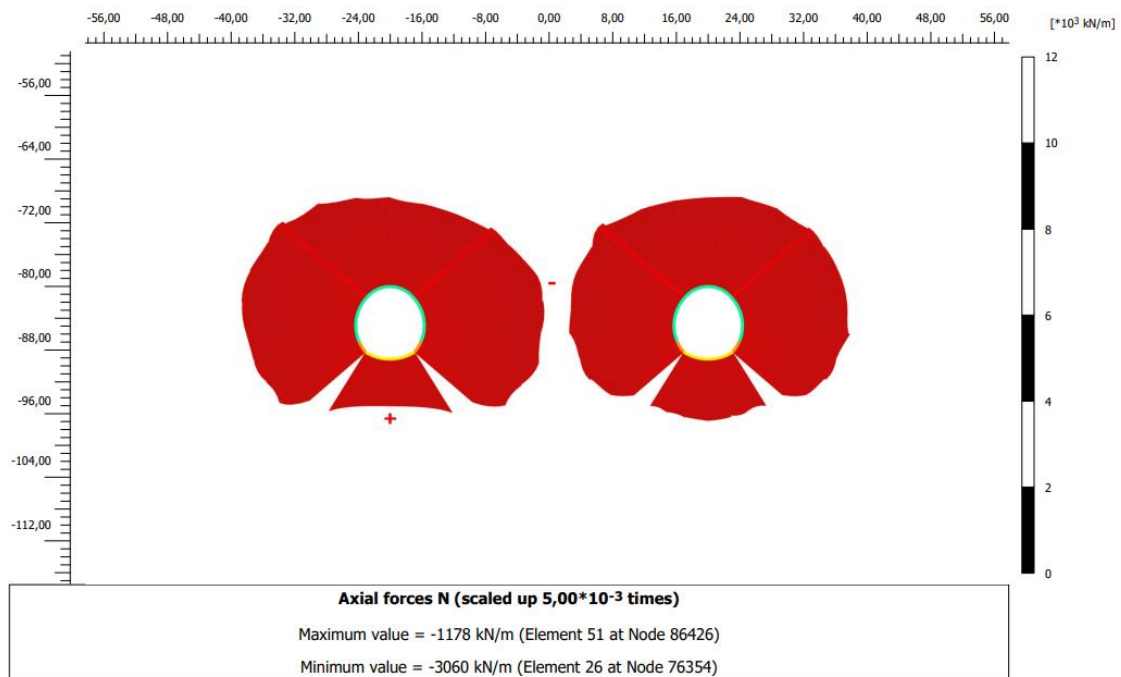


Figura 9-85 - Involuppo di sforzo normale agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo A2 (Fase 11)

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 137 di 355

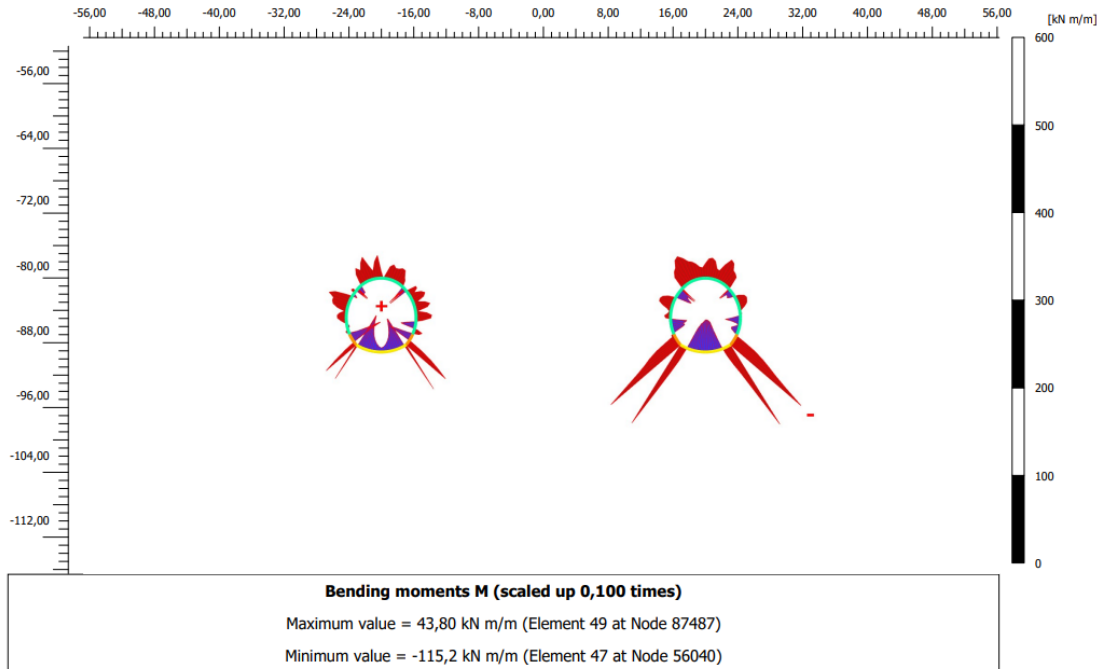


Figura 9-86 - Involuppo di momento flettente agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo A2 (Fase 11)

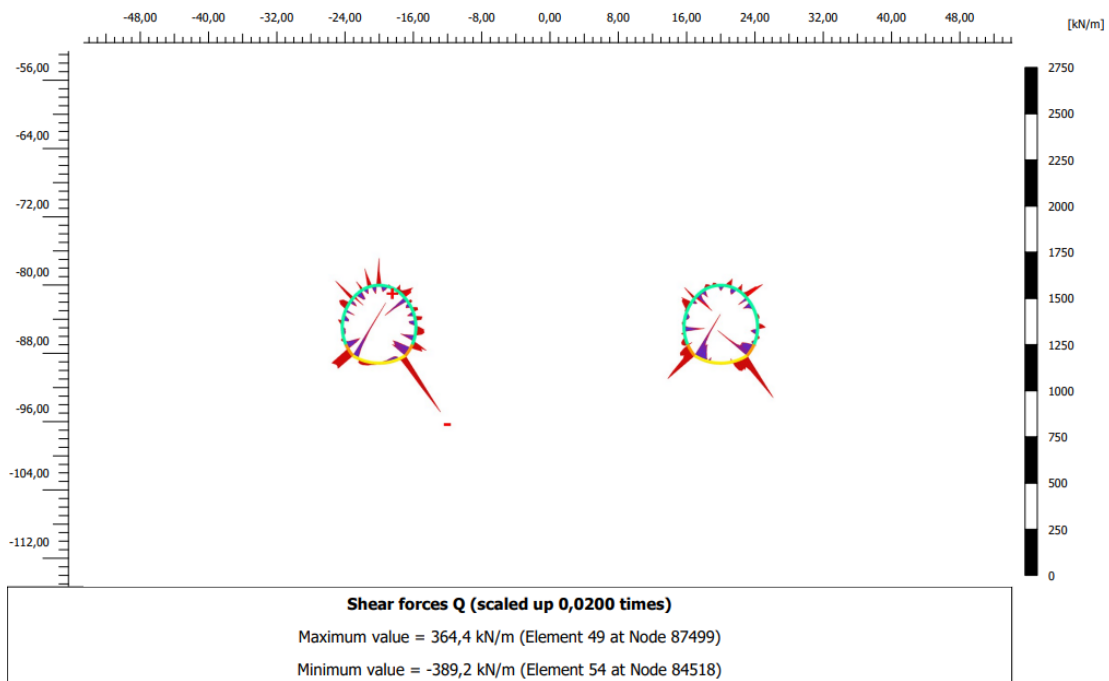


Figura 9-87 - Involuppo di sforzo di taglio agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo A1 (Fase 11)

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 138 di 355

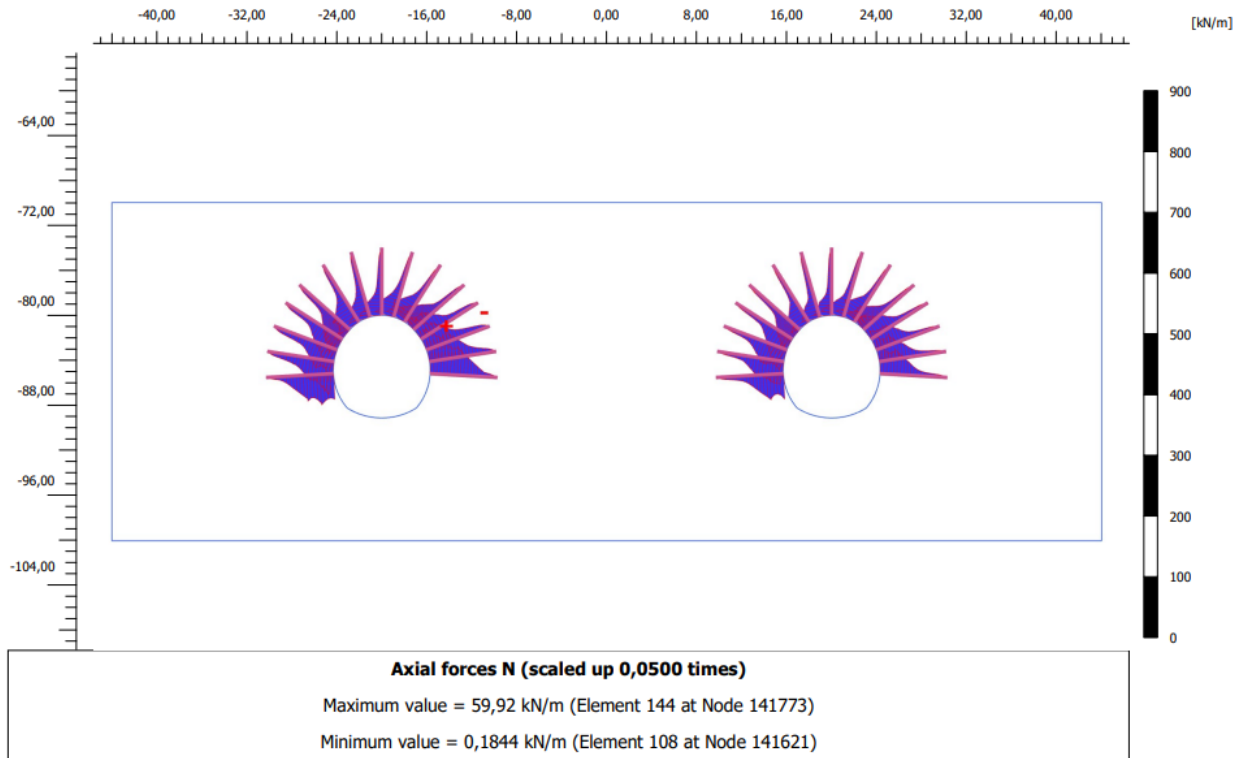


Figura 9-88- Massimo sforzo normale agente sugli ancoraggi radiali - Sezione Tipo A2

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 139 di 355

9.3.13 Sezione B1L

Per la definizione della sezione di analisi si rimanda al §9.1.6.

9.3.13.1. Stabilità del fronte

Nel seguito si riassumono i dati di input utilizzati per le analisi di stabilità del fronte della sezione tipo A2 eseguita con il metodo delle linee caratteristiche:

Sezione	R_{eq} [m]	H [m]	S_m [MPa]	γ [kN/m ³]	c'_d [kPa]	φ'_d [°]	E_d [MPa]
B1L	5.2	520	14.04	27	1335	31	6000

H: profondità dell'asse della galleria
 S_m : tensione media litostatica alla profondità dell'asse della galleria
 γ : peso dell'unità di volume dell'ammasso
 c'_d : valore di progetto della coesione efficace dell'ammasso
 φ'_d : valore di progetto dell'angolo di attrito dell'ammasso
 E_d : valore di progetto del modulo elastico dell'ammasso

Di seguito i calcoli effettuati per la valutazione dell'incremento di coesione equivalente al fronte, indotto dagli interventi di consolidamento mediante barre DYWI.

n_{DYWI}	L_A [m]	ϕ_{perf} [m]	A_i [m ²]	$\sigma_{3,A}^{DYWI}$ [kPa]	$\sigma_{3,B}^{DYWI}$ [kPa]	σ_3^{DYWI} [kPa]	$\Delta c'_k$ [MPa]
24	5.4	0.1	3.58	130	223	130	129

n_{DYWI} : numero di barre al fronte
 L_A : lunghezza minima di sovrapposizione delle barre
 A_i : area di influenza della singola barra
 $\sigma_{3,A}^{DYWI}$: resistenza a sfilamento delle barre
 $\sigma_{3,B}^{DYWI}$: resistenza a rottura delle barre
 σ_3^{DYWI} : tensione minima resistente al fronte
 $\Delta c'_k$: coesione caratteristica equivalente indotta dall'intervento di consolidamento del fronte

Sono stati valutati lo spostamento ed il raggio plastico al fronte della curva caratteristica al fronte con cavità sferica. Trattandosi di una verifica per uno stato limite ultimo di tipo GEO, si utilizza l'Approccio1 – Combinazione2 (A2 + M2 + R2), con R2 = 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: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria		PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	140 di 355

Sezione di analisi	σ_c [MPa]	p_c [MPa]	σ_c/p_c [-]	u_F [cm]	u_F/R_{eq} [%]	R_{pF} [m]	R_{pF}/R_{eq} [-]	Criterio 1	Criterio 2.1	Criterio 2.2
B1L	4,68	4,58	1,02	1,80	0,35	6,83	1,31	A/B	B	B

Tabella 9-31 – Verifica di stabilità del fronte relativa alla sezione tipo B1L.

Le analisi evidenziano che, anche con l'applicazione dei coefficienti parziali corrispondenti alla combinazione A2 + M2 + R2 e quindi con i valori di progetto, l'entità degli spostamenti e delle plasticizzazioni sono tali da poter ritenere la verifica di stabilità soddisfatta

9.3.13.2. Interazione opera – terreno

Dall'analisi delle curve caratteristiche in presenza di sostegni è stato possibile determinare i tassi di rilascio da utilizzare nelle differenti fasi realizzative della Sezione Tipo in oggetto.

Nella seguente figura è rappresentato l'andamento del coefficiente di deconfinamento applicato al modello.

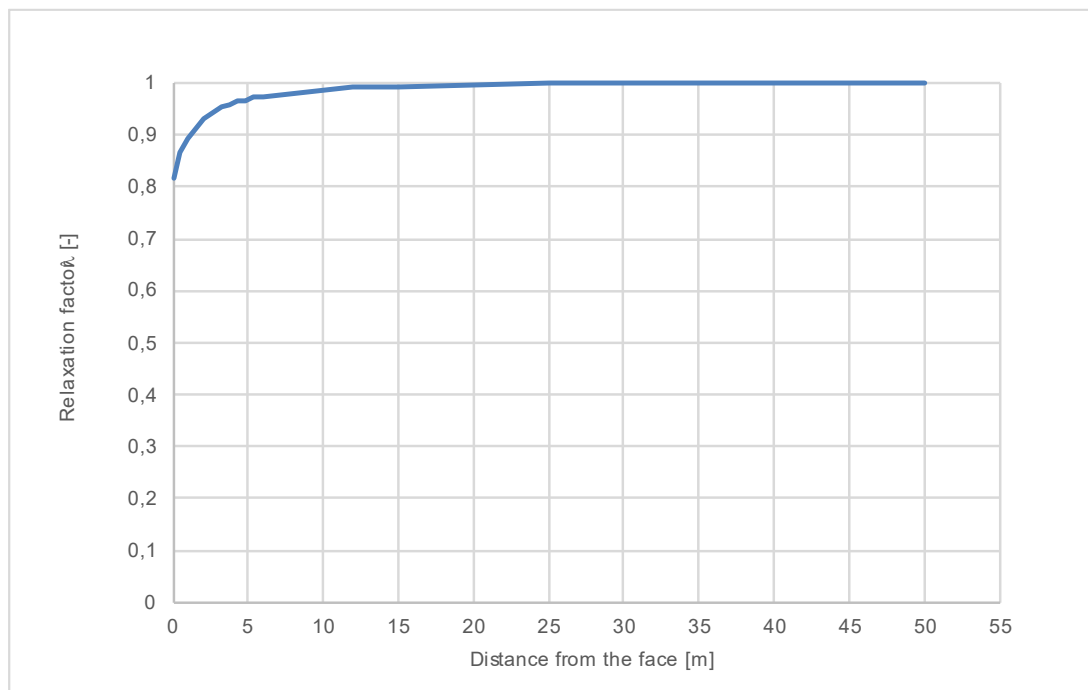


Figura 9-89: Coefficiente di deconfinamento Sezione Tipo B1L

La tabella seguente (Tabella 9-32) riepiloga le fasi di analisi numeriche per la sezione tipologica in esame e i relativi tassi di rilascio ottenuti dalle curve caratteristiche:

Fase (#)	Descrizione (-)	λ (-)
0	Initial	-
1	Nil	-

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	141 di 355

2	Avanzamento in corrispondenza del fronte SX (x=0m)	0.819
3	Avanzamento tunnel SX (x=2.4m)	0.940
4	Attivazione rivestimento provvisorio maturazione intermedia SX (x=6m)	0.973
5	Maturazione completa rivestimento provvisorio e avanzamento tunnel SX (x=15m)	0.993
6	Avanzamento in corrispondenza del fronte DX (x=0m)	0.819
7	Avanzamento tunnel DX (x=2.4m)	0.940
8	Attivazione rivestimento provvisorio maturazione intermedia DX (x=6m)	0.973
9	Maturazione completa rivestimento provvisorio e avanzamento tunnel DX (x=15m)	0.993
10	Attivazione Rivestimenti Definitivi	1.000
11	Lungo Termine	1.000

Tabella 9-32 – Fasi di calcolo riferite alla simulazione numerica in condizioni di deformazione piana per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali.

Si ipotizza in fase di modellazione la posa in opera del rivestimento definitivo a deformazioni sostanzialmente esaurite, tale condizione corrisponde all'applicazione di fattore di rilascio pari a 1, che nel caso della sezione in esame corrisponde in via teorica ad una distanza dei rivestimenti dal fronte a partire da $X = 18m$ (pari comunque ad una distanza inferiore a 3 diametri/5 diametri: indicazione di distanza del getto del rivestimento definitivo riportata in Linee Guida)

Le sollecitazioni agenti sugli elementi strutturali sono state ricavate adottando il modello numerico mostrato nella figura sottostante, nel quale il peso dell'unità di volume dello strato superficiale di 1m è posto pari a 11900 kN/m^3 al fine di simulare la copertura di verifica della Sezione (520m). Questo valore è ottenuto tenendo conto del fatto che la copertura presente nel modello è pari a 80m.

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 142 di 355

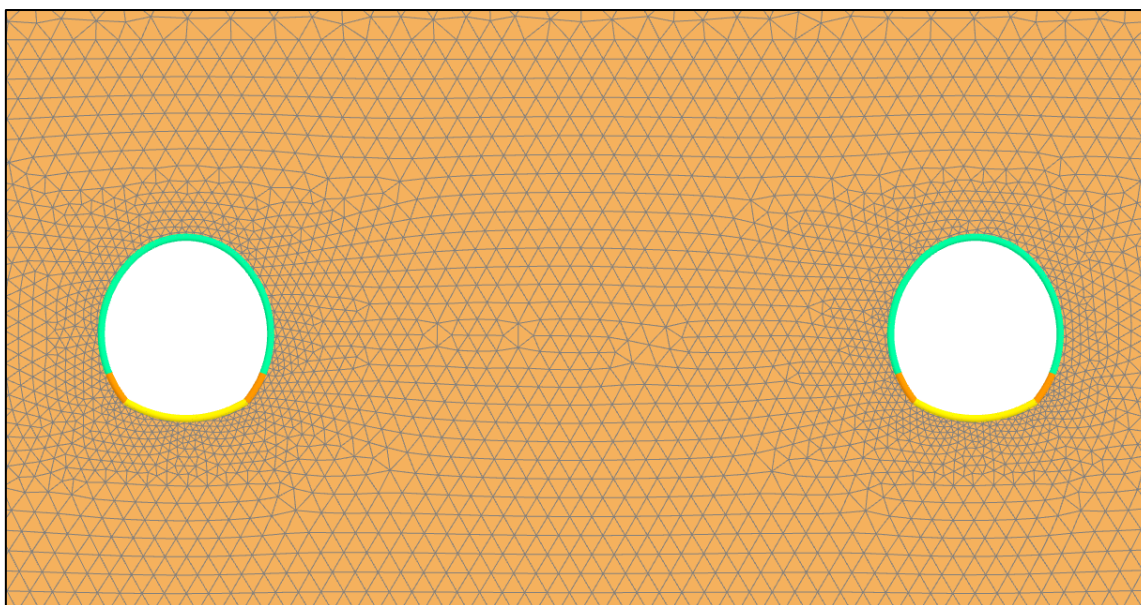


Figura 9-90: Modello numerico relativo alla simulazione numerica in condizioni di deformazione piana per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali

La seguente tabella riassume le caratteristiche degli elementi di sostegno di prima fase utilizzati nel modello numerico per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali.

Sostegni							
Sezione tipo	Sfondo max [m]	Spritz-beton [cm]	Ancoraggi radiali	Sostegno al contorno	Sostegno al fronte	Centine	Drenaggi in avanzamento
B1L	2.4	5+25	-	18 barre R51N L=12m p. 4.8 m	24 barre R51N L=15 m sovrapp. min 5,4 m 5 cm di spritz sullo sfondo e 10 cm a fine campo	2 IPN 180, p. 1.2 m	Eventuali - 4 (2+2) tubi microfessurati in PVC L=30m (sovrapp. min. 10 m)

Tabella 9-33 – Sostegni Sezione Tipo B1L

La seguente tabella riassume le caratteristiche del rivestimento definitivo considerato nella modellazione.

Rivestimento definitivo					
Sezione tipo	Distanza vincolata arco rovescio	Distanza vincolata volta	Arco rovescio	Murette	Volta
B1L	< 3 ϕ	< 5 ϕ	80 cm, armato 30 kg/m ³	80 cm, armato 30 kg/m ³	70 cm non armato

Tabella 9-34 – Rivestimento definitivo Sezione Tipo B1L

Le seguenti figure rappresentano gli spostamenti nei dintorni del cavo prima dell'installazione del rivestimento definitivo e i diagrammi di sollecitazione nel rivestimento di prima fase.

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 143 di 355

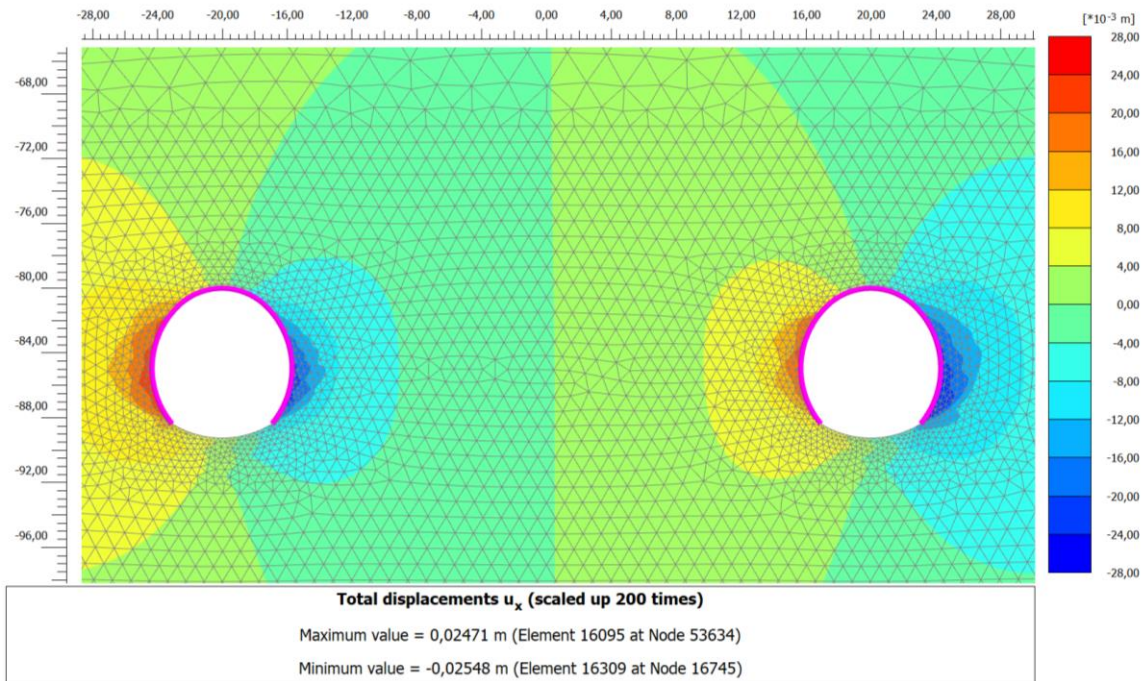


Figura 9-91: Spostamenti in direzione orizzontale - Sezione Tipo B1L

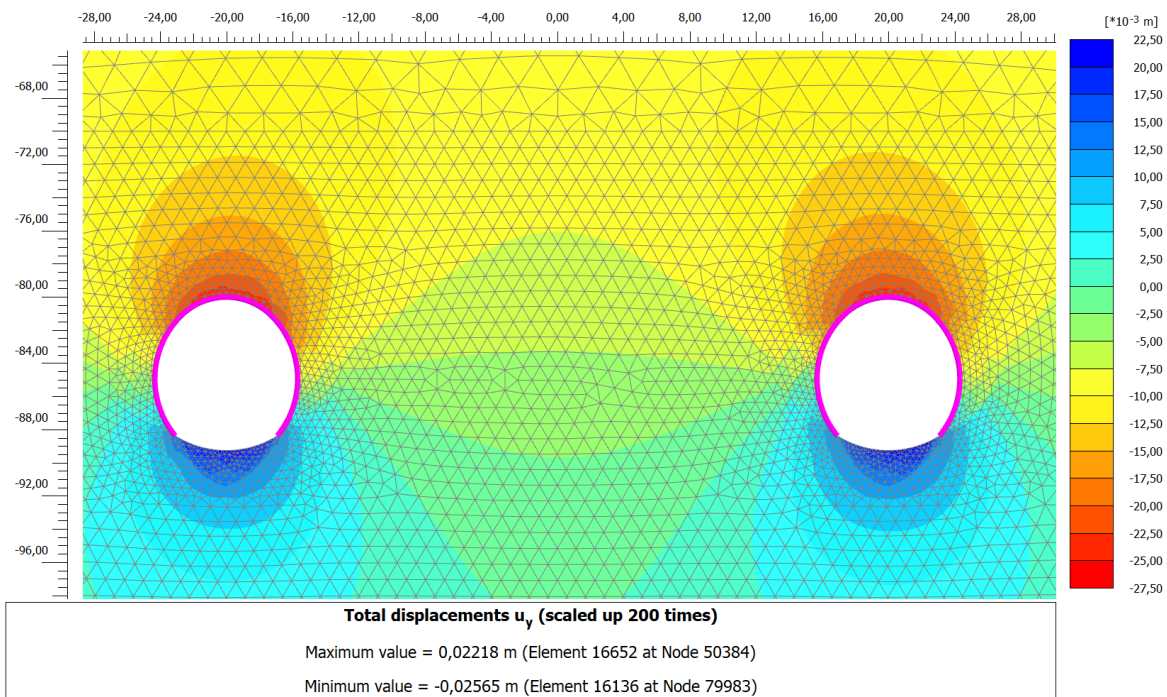


Figura 9-92: Spostamenti in direzione verticale - Sezione Tipo B1L

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 144 di 355

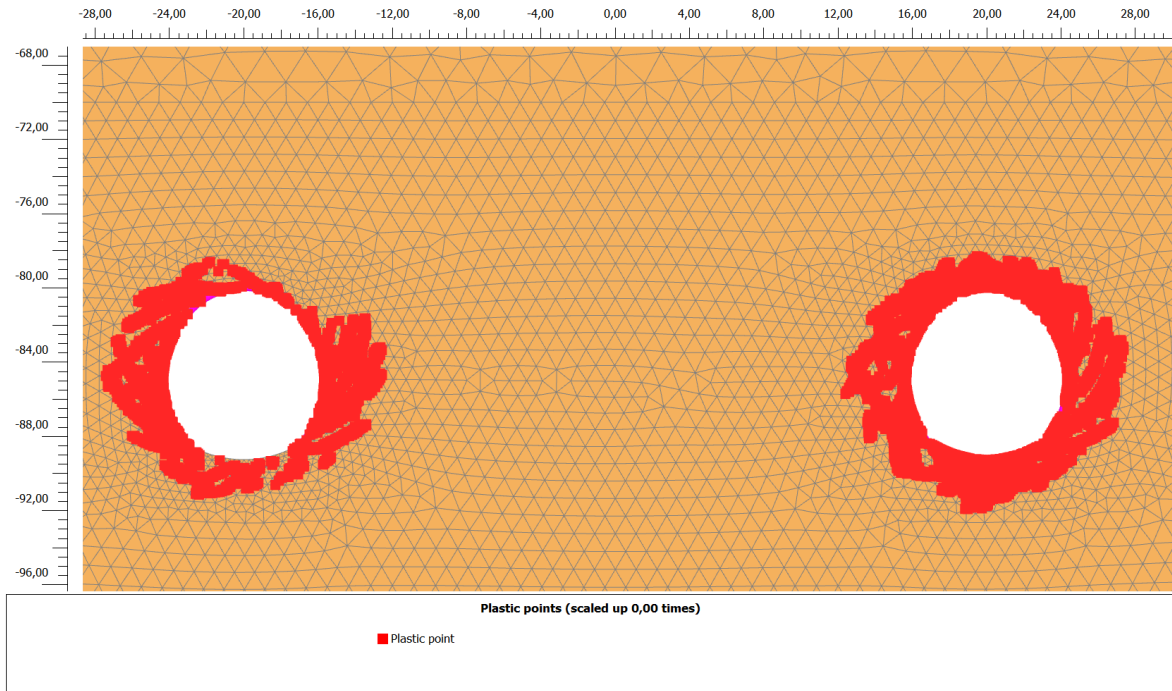


Figura 9-93: Zone di plasticizzazione - Sezione Tipo B1L

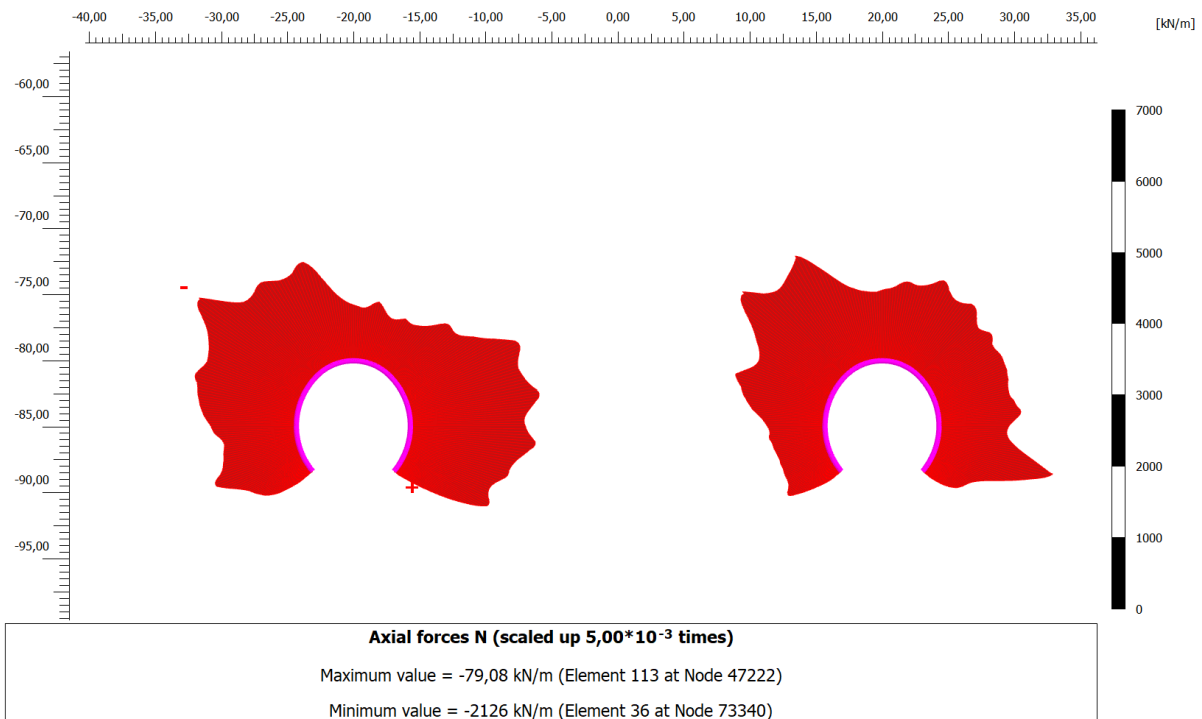


Figura 9-94: Sforzo normale agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo B1L

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 145 di 355

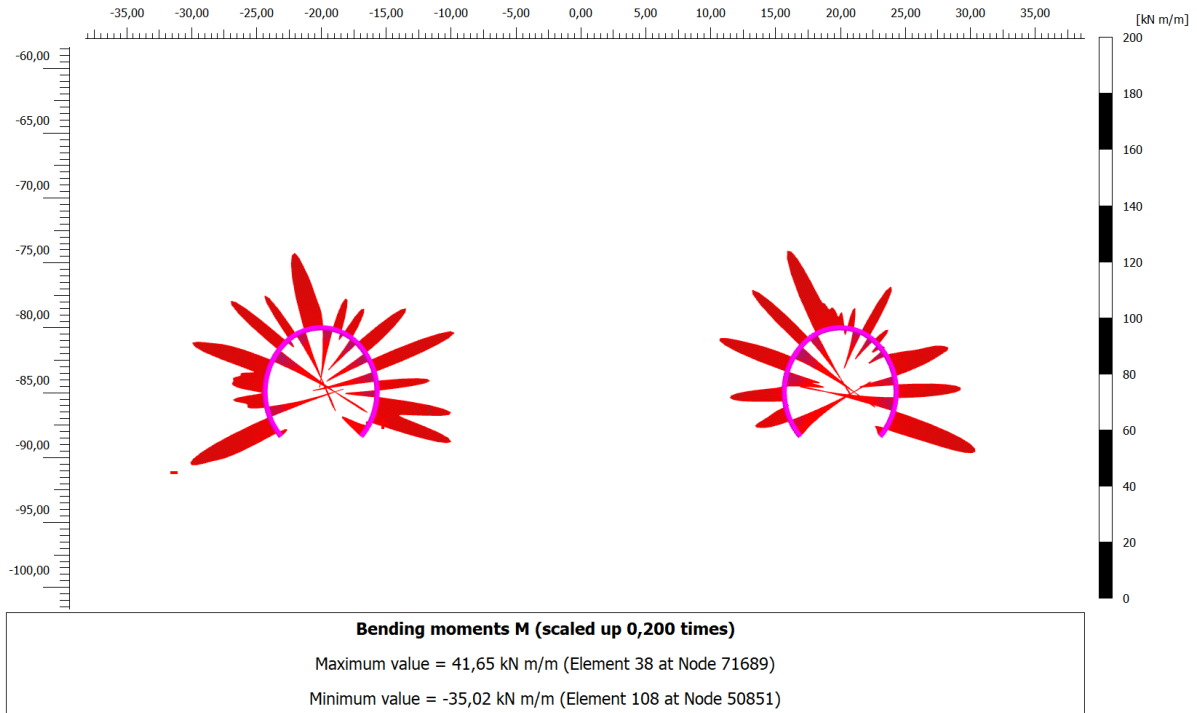


Figura 9-95: Momento flettente agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo B1L

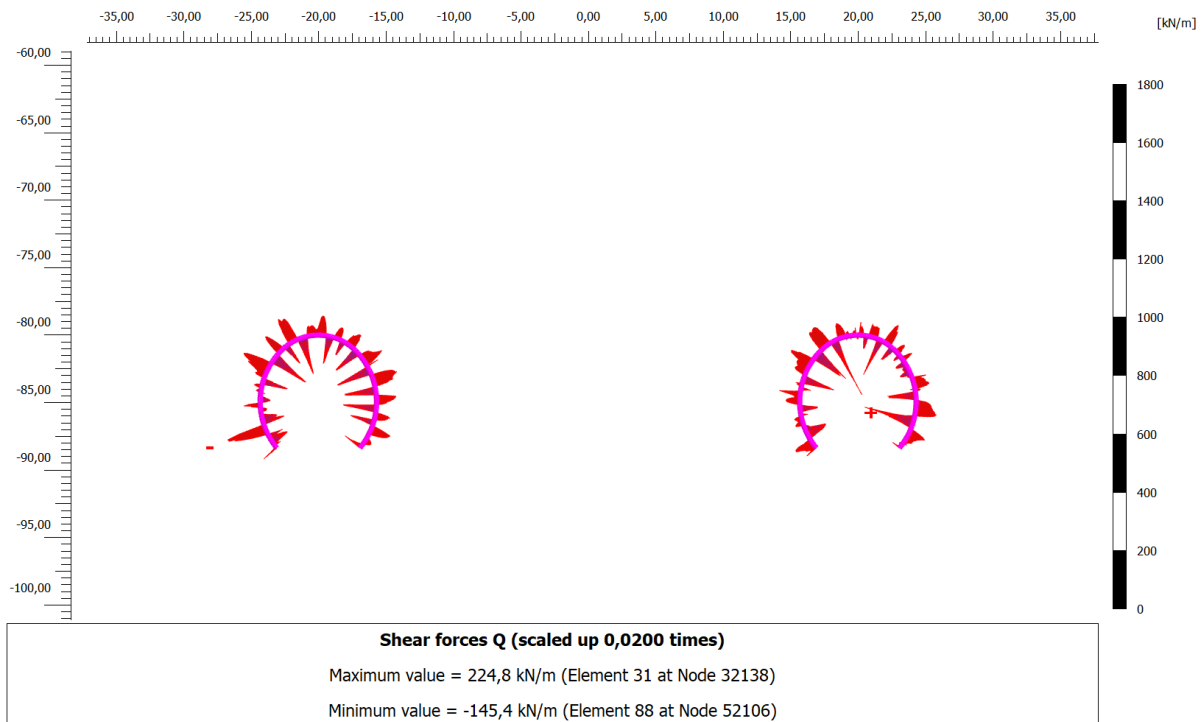


Figura 9-96: Sforzo di taglio agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo B1L

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			
GALLERIE Galleria Scalers - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 146 di 355

Le seguenti figure rappresentano i diagrammi di sollecitazione nel rivestimento definitivo.

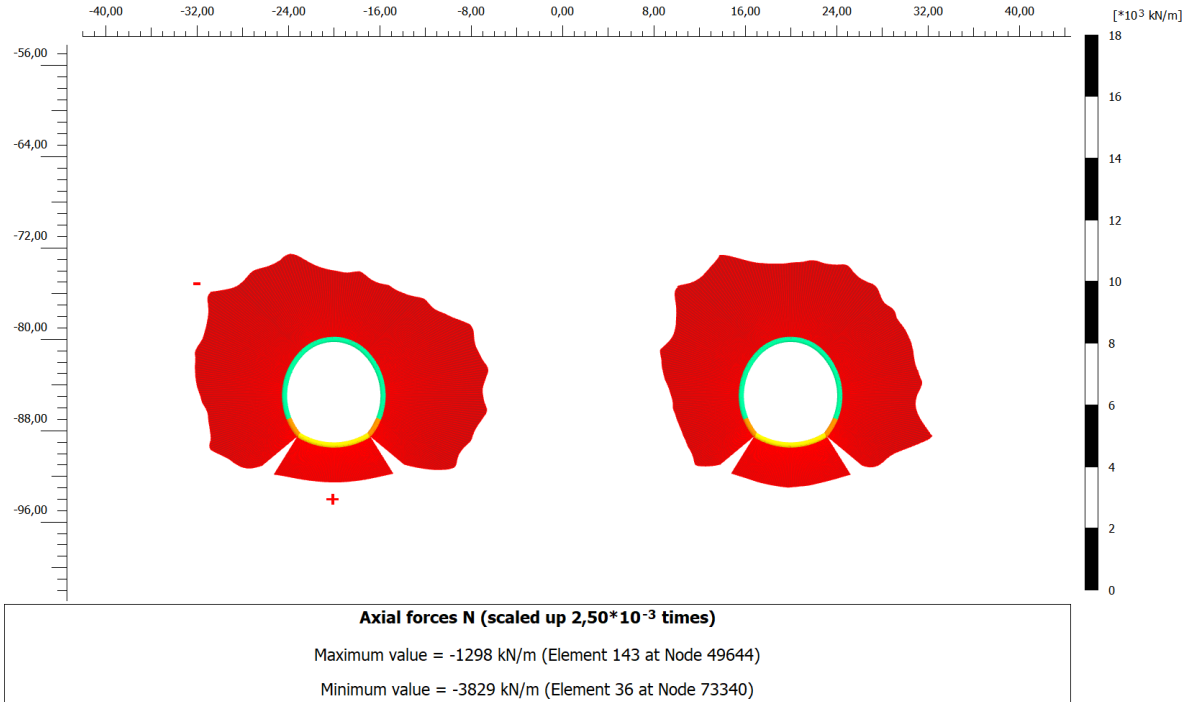


Figura 9-97: Involuppo di sforzo normale agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo B1L

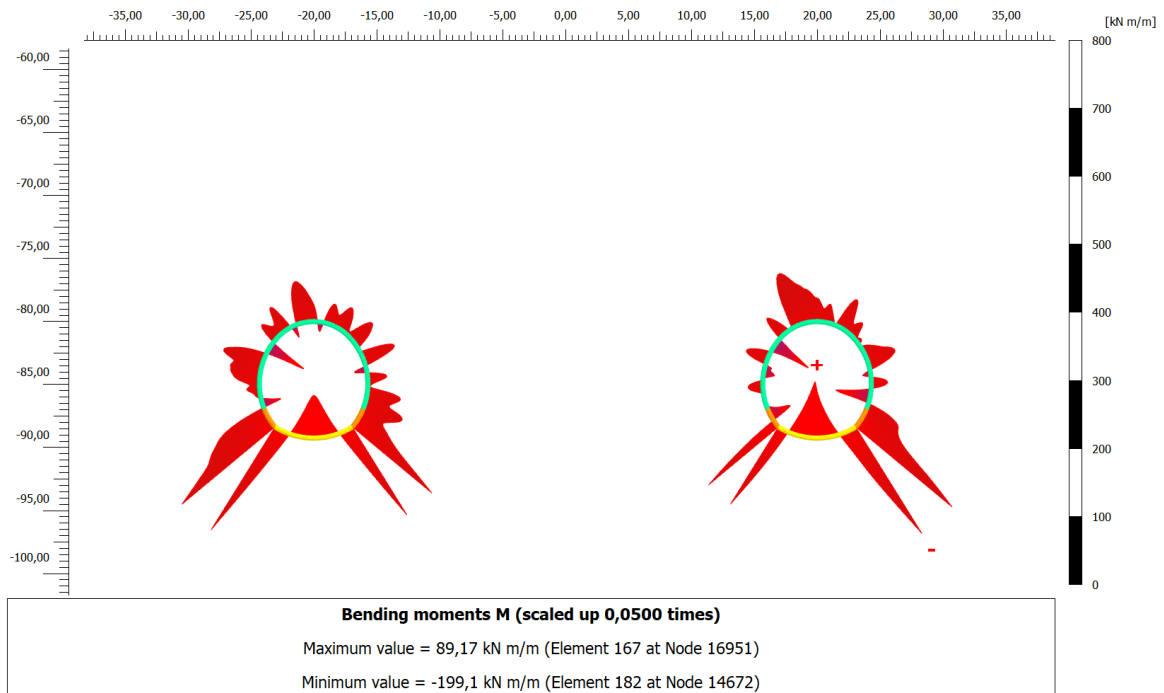


Figura 9-98: Involuppo di momento flettente agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo B1L

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO 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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 147 di 355

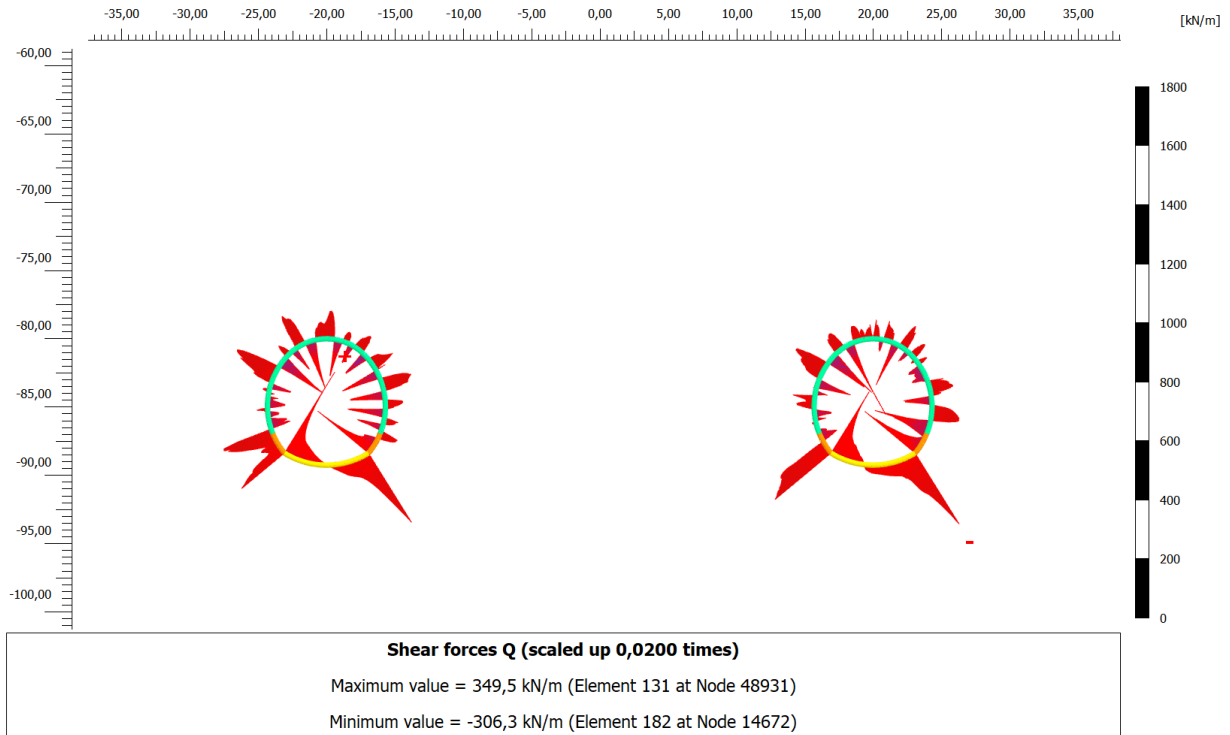


Figura 9-99: Involuppo di sforzo di taglio agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo B1L

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 148 di 355

9.3.14 Sezione C2L

Per la definizione della sezione di analisi si rimanda al §9.1.7.

9.3.14.1. Stabilità del fronte

Nel seguito si riassumono i dati di input utilizzati per le analisi di stabilità del fronte della sezione tipo B1 eseguita con il metodo delle linee caratteristiche:

Sezione	R_{eq} [m]	H [m]	S_m [MPa]	γ [kN/m ³]	c'_d [kPa]	φ'_d [°]	E_d [MPa]
C2L	5.4	390	10.53	27	903	26	3100
H: profondità dell'asse della galleria S_m : tensione media litostatica alla profondità dell'asse della galleria γ : peso dell'unità di volume dell'ammasso c'_d : valore di progetto della coesione efficace dell'ammasso φ'_d : valore di progetto dell'angolo di attrito dell'ammasso E_d : valore di progetto del modulo elastico dell'ammasso							

Di seguito i calcoli effettuati per la valutazione dell'incremento di coesione equivalente al fronte, indotto dagli interventi di consolidamento mediante barre DYWI.

n_{DYWI}	L_A [m]	ϕ_{perf} [m]	A_i [m ²]	$\sigma_{3,A}^{DYWI}$ [kPa]	$\sigma_{3,B}^{DYWI}$ [kPa]	σ_3^{DYWI} [kPa]	$\Delta c'_k$ [MPa]
36	6	0.1	2.56	202	313	202	179
n_{DYWI} : numero di barre al fronte L_A : lunghezza minima di sovrapposizione delle barre A_i : area di influenza della singola barra $\sigma_{3,A}^{DYWI}$: resistenza a sfilamento delle barre $\sigma_{3,B}^{DYWI}$: resistenza a rottura delle barre σ_3^{DYWI} : tensione minima resistente al fronte $\Delta c'_k$: coesione caratteristica equivalente indotta dall'intervento di consolidamento del fronte							

Sono stati valutati lo spostamento ed il raggio plastico al fronte della curva caratteristica al fronte con cavità sferica. Trattandosi di una verifica per uno stato limite ultimo di tipo GEO, si utilizza l'Approccio1 – Combinazione2 (A2 + M2 + R2), con R2 = 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: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 149 di 355

Sezione di analisi	σ_c [MPa]	p_c [MPa]	σ_c/p_c [-]	u_F [cm]	u_F/R_{eq} [%]	R_{pF} [m]	R_{pF}/R_{eq} [-]	Criterio 1	Criterio 2.1	Criterio 2.2
C2L	2,87	4,27	0,67	3,95	0,73	7,98	1,47	B/C	C	B

Tabella 9-35 – Verifica di stabilità del fronte relativa alla sezione tipo C2L.

Le analisi evidenziano che, con l'applicazione dei coefficienti parziali corrispondenti alla combinazione A2 + M2 + R2 e quindi con i valori di progetto, il raggio plastico risulta elevato e l'entità degli spostamenti attesi è centimetrica. Per questi motivi è previsto, per garantire la stabilità, oltre agli ancoraggi radiali ed al sostegno al contorno ed al fronte, un extra-scavo pari a 10 cm ed uno strato di spritz-beton ad ogni sfondo pari a 10 cm.

9.3.14.2. Interazione opera – terreno

Dall'analisi delle curve caratteristiche in presenza di sostegni è stato possibile determinare i tassi di rilascio da utilizzare nelle differenti fasi realizzative della Sezione Tipo in oggetto.

Nella seguente figura è rappresentato l'andamento del coefficiente di deconfinamento applicato al modello.

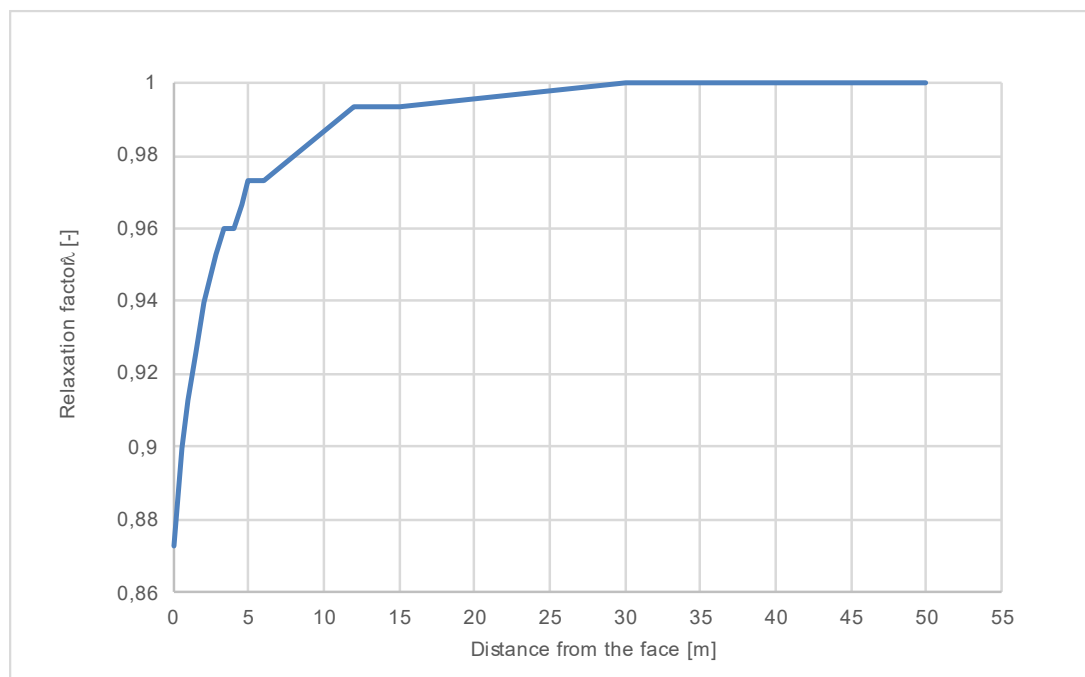


Figura 9-100: Coefficiente di deconfinamento Sezione Tipo C2L

La tabella seguente (Tabella 9-36) riassume le fasi di analisi numeriche per la sezione tipologica in esame e i relativi tassi di rilascio ottenuti dalle curve caratteristiche:

Fase (#)	Descrizione (-)	λ (-)
0	Initial	-

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	150 di 355

1	Nil	-
2	Avanzamento in corrispondenza del fronte SX (x=0m)	0.872
3	Avanzamento tunnel SX (x=1m)	0.913
4	Attivazione rivestimento provvisorio maturazione intermedia SX (x=4m)	0.960
5	Attivazione del puntone sul rivestimento provvisorio SX (x=6m)	0.973
6	Maturazione completa rivestimento provvisorio e avanzamento tunnel SX (x=15m)	0.993
7	Avanzamento in corrispondenza del fronte DX (x=0m)	0.872
8	Avanzamento tunnel DX (x=1m)	0.913
9	Attivazione rivestimento provvisorio maturazione intermedia DX (x=4m)	0.960
10	Attivazione del puntone sul rivestimento provvisorio DX (x=6m)	0.973
11	Maturazione completa rivestimento provvisorio e avanzamento tunnel DX (x=15m)	0.993
12	Attivazione Rivestimenti Definitivi	1.000
13	Lungo Termine	1.000

Tabella 9-36 – Fasi di calcolo riferite alla simulazione numerica in condizioni di deformazione piana per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali.

Si ipotizza in fase di modellazione la posa in opera del rivestimento definitivo a deformazioni sostanzialmente esaurite, tale condizione corrisponde all'applicazione di fattore di rilascio pari a 1, che nel caso della sezione in esame corrisponde in via teorica ad una distanza dal fronte a partire da $X = 20m$ (pari comunque ad una distanza inferiore a 3 diametri/5 diametri: indicazione di distanza del getto del rivestimento definitivo riportata in Linee Guida)

Le sollecitazioni agenti sugli elementi strutturali sono state ricavate adottando il modello numerico mostrato nella figura sottostante, nel quale il peso dell'unità di volume dello strato superficiale di 1m è posto pari a 8370 kN/m^3 al fine di simulare la copertura di verifica della Sezione (390m). Questo valore è ottenuto tenendo conto del fatto che la copertura presente nel modello è pari a 80m.

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 151 di 355

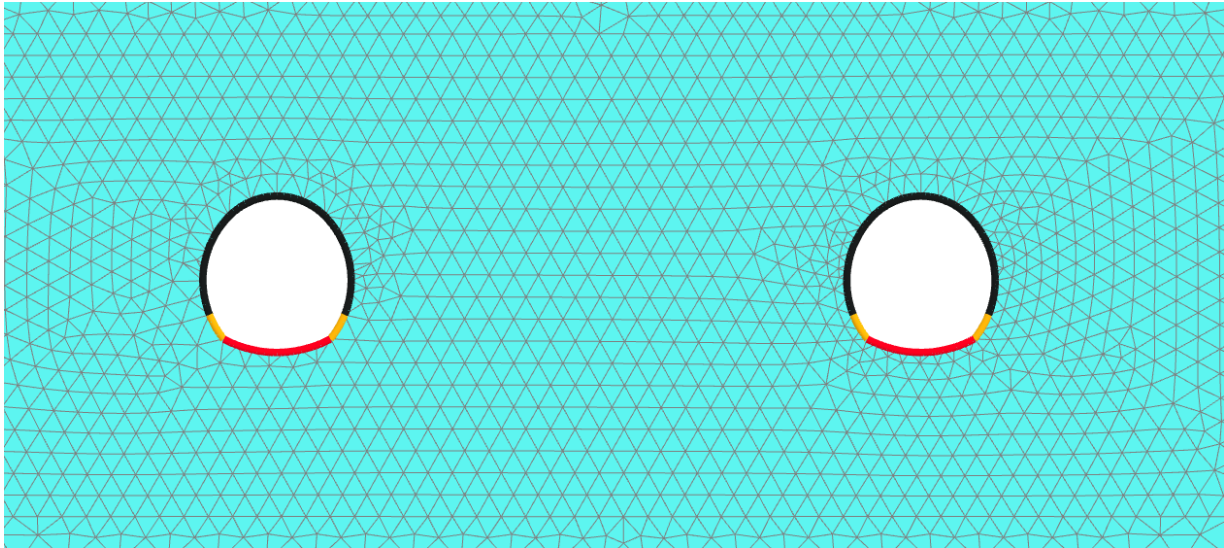


Figura 9-101: Modello numerico relativo alla simulazione numerica in condizioni di deformazione piana per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali

La seguente tabella riassume le caratteristiche degli elementi di sostegno di prima fase utilizzati nel modello numerico per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali.

Sostegni							
Sezione tipo	Sfondo max [m]	Spritz-beton [cm]	Ancoraggi radiali	Sostegno al contorno	Sostegno al fronte	Centine	Drenaggi in avanzamento
C2L	1	5+25	-	20 DYWI R51N L=12 m, p. 3m.	36 barre autopercement diwy R51N L=15, sovrapp min 6 m; spritz al fronte sp 10 cm/ogni sfondo + sp 15 cm /fine campo	2 IPN 180 (con PUNTO) p. 1.0 m	Eventuali - 4 (2+2) tubi microfessurati in PVC L=30m (sovrapp. min. 10 m)

Tabella 9-37 – Sostegni Sezione Tipo C2L

La seguente tabella riassume le caratteristiche del rivestimento definitivo considerato nella modellazione.

Rivestimento definitivo					
Sezione tipo	Distanza vincolata arco rovescio	Distanza vincolata volta	Arco rovescio	Murette	Volta
C2L	< 3 ϕ	< 5 ϕ	90 cm min (45 kg/mc)	90 cm min (45 kg/mc)	90 cm min (35 kg/mc)

Tabella 9-38 – Rivestimento definitivo Sezione Tipo C2L

Le seguenti figure rappresentano gli spostamenti nell'intorno del cavo prima dell'installazione del rivestimento definitivo e i diagrammi di sollecitazione nel rivestimento di prima fase.

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 152 di 355

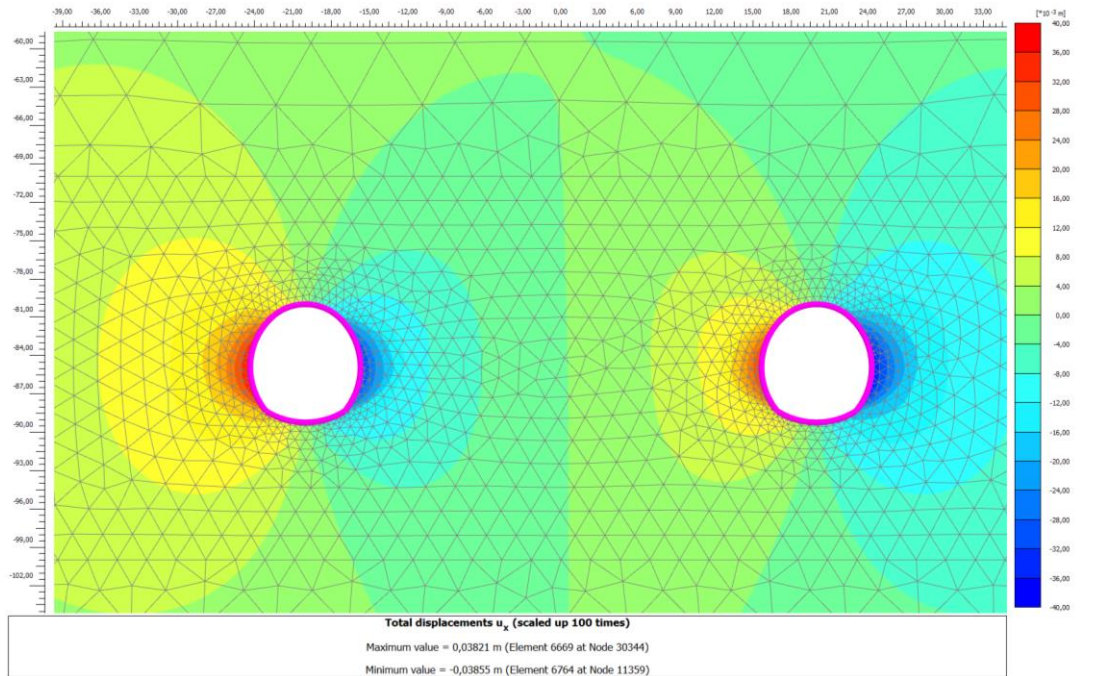


Figura 9-102: Spostamenti in direzione orizzontale - Sezione Tipo C2L

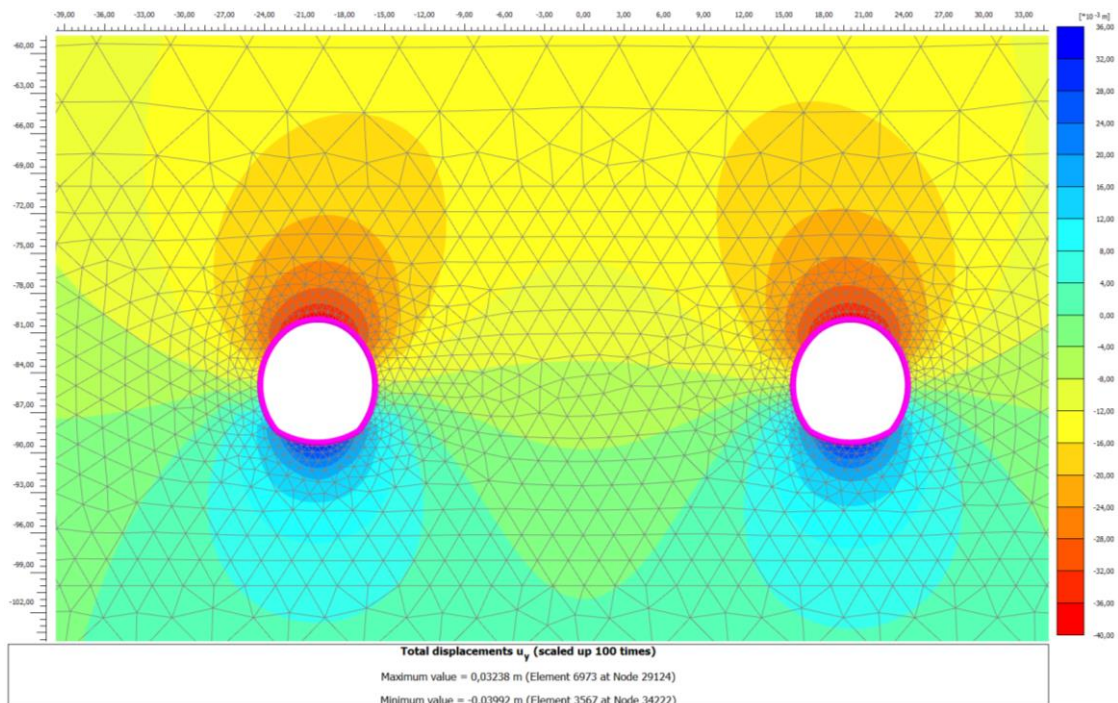


Figura 9-103: Spostamenti in direzione verticale - Sezione Tipo C2L

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 153 di 355

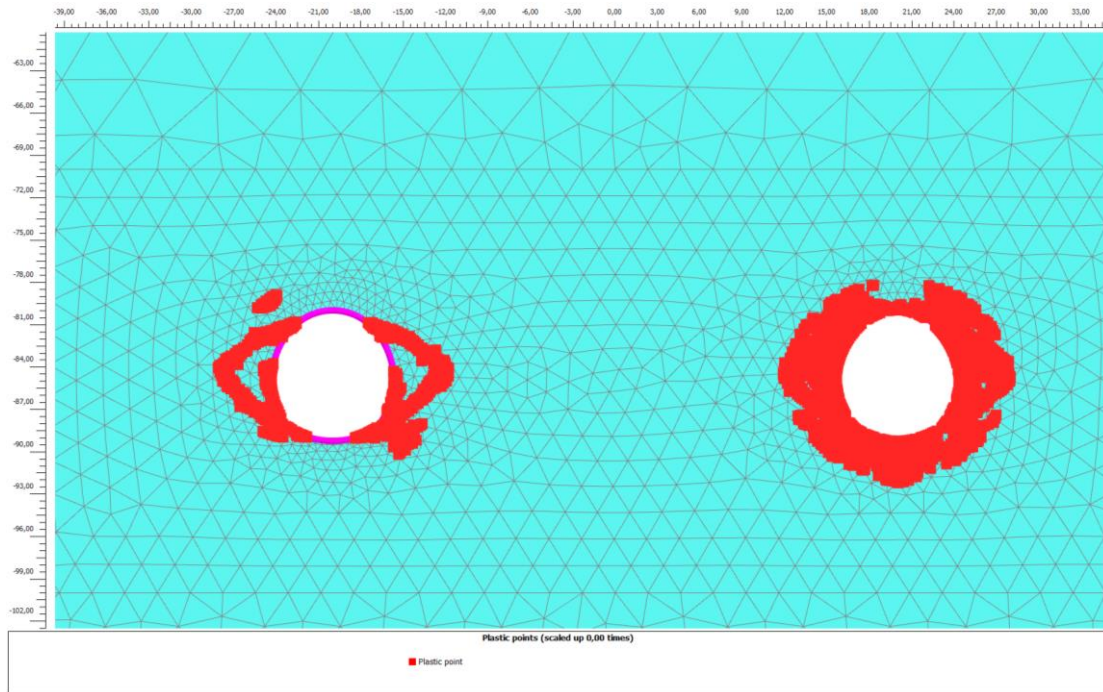


Figura 9-104: Zone di plasticizzazione - Sezione Tipo C2L

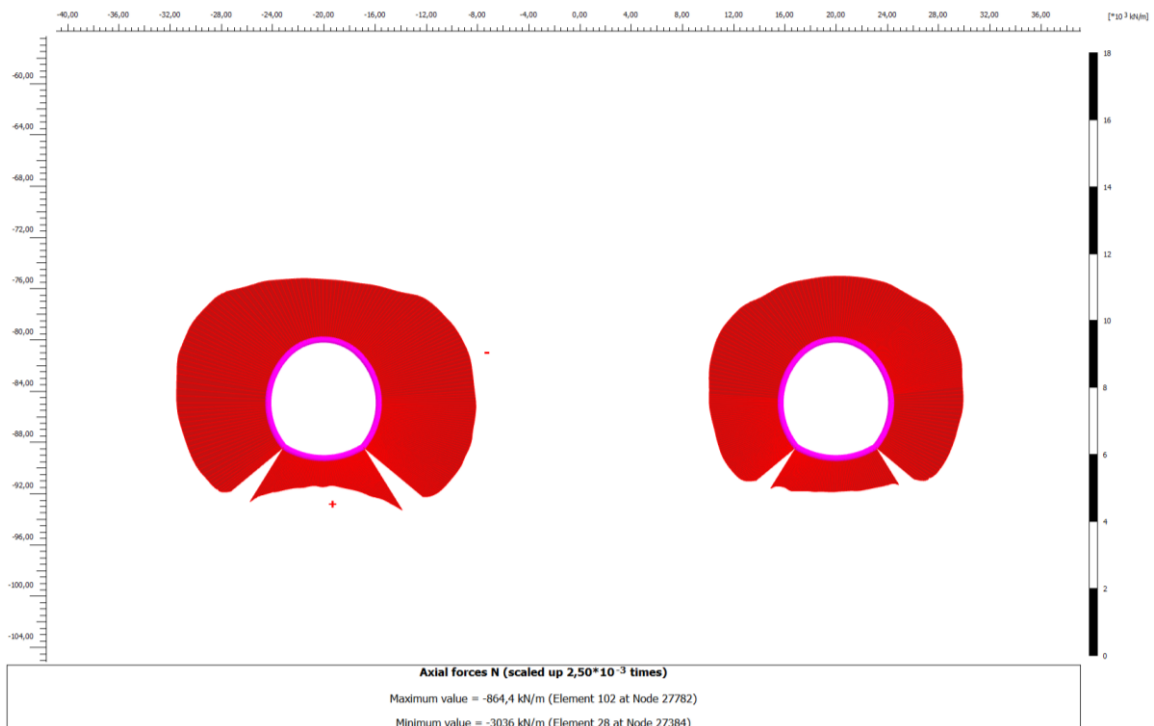


Figura 9-105: Sforzo normale agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo C2L

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 154 di 355

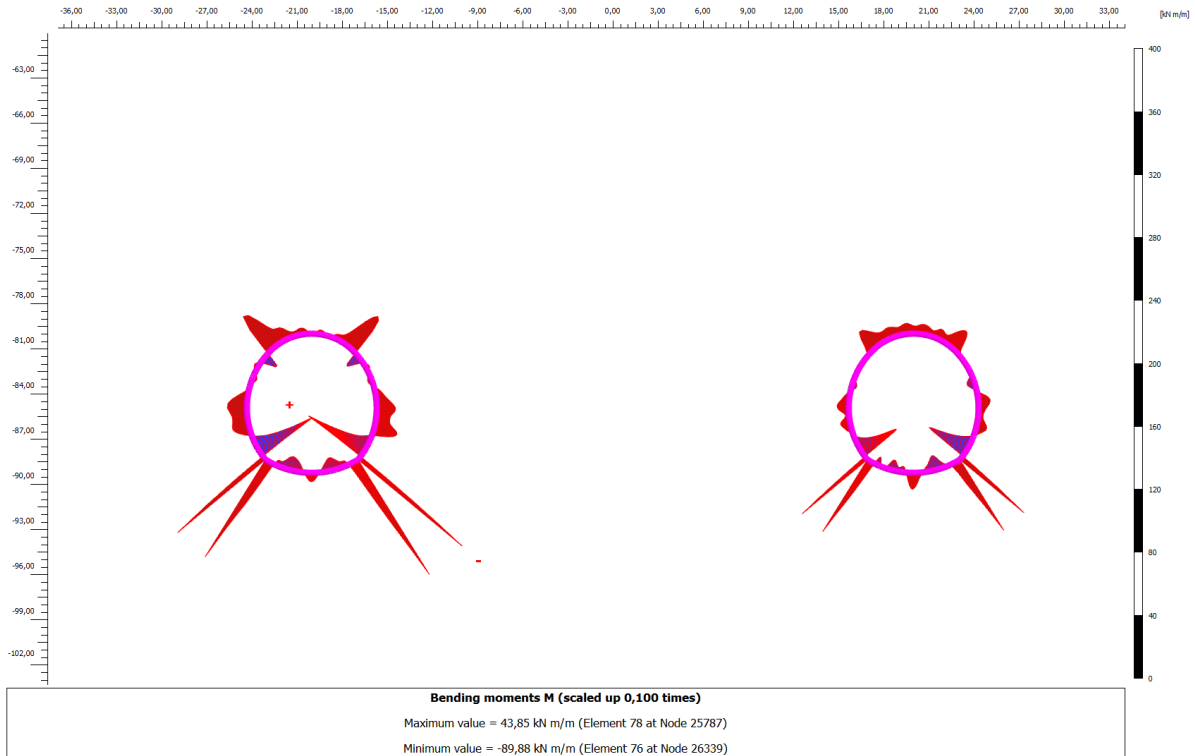


Figura 9-106: Momento flettente agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo C2L

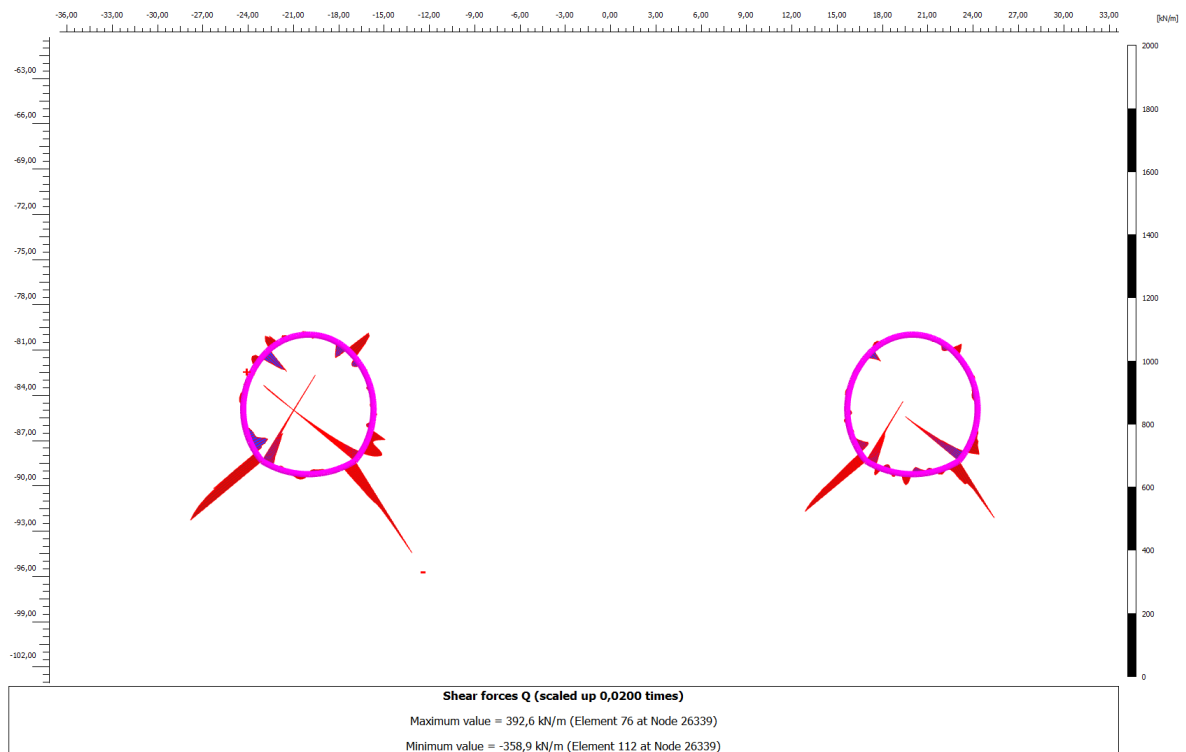


Figura 9-107: Sforzo di taglio agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo C2L

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			
GALLERIE Galleria Scalers - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 155 di 355

Le seguenti figure rappresentano i diagrammi di sollecitazione nel rivestimento definitivo.



Figura 9-108: Involuppo di sforzo normale agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo C2L

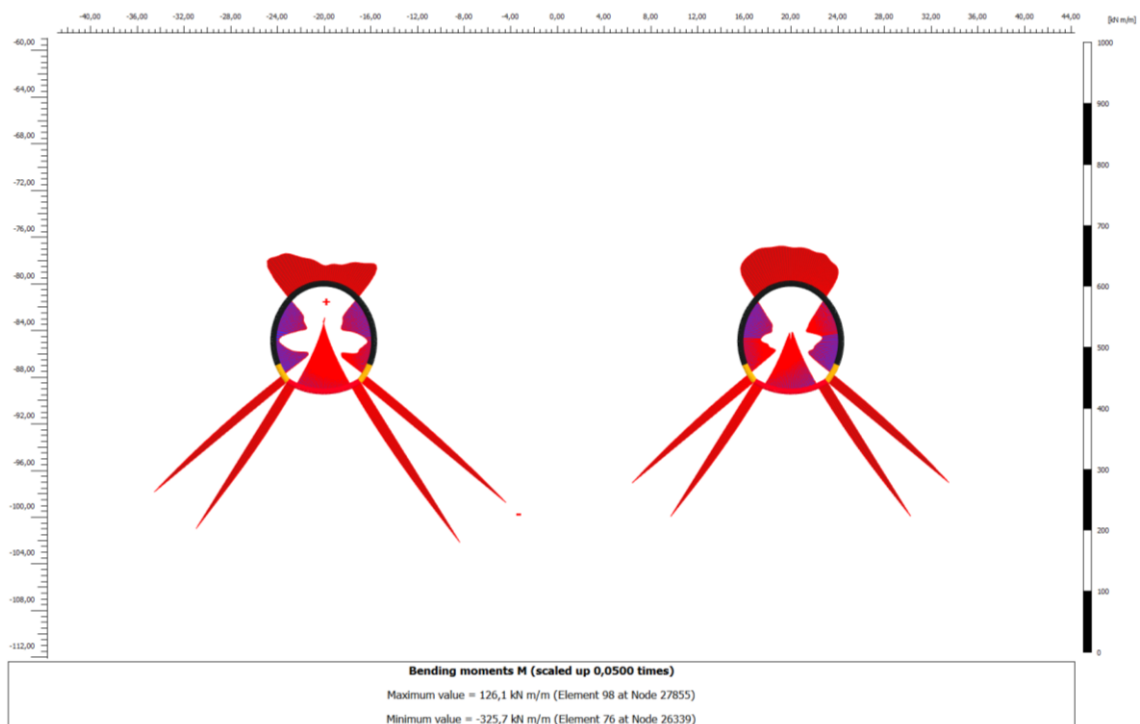


Figura 9-109: Involuppo di momento flettente agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo C2L

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 156 di 355

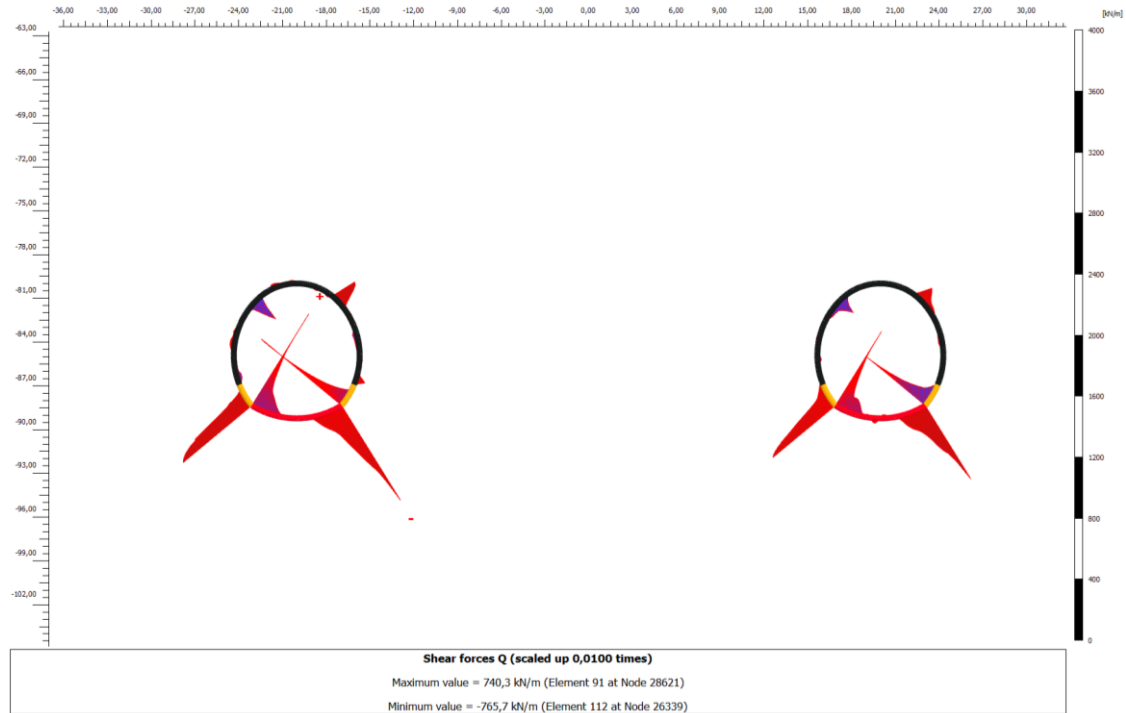


Figura 9-110: Involuppo di sforzo di taglio agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo C2L

9.3.15 Sezione C2V

Per la definizione della sezione di analisi si rimanda al §9.1.8.

9.3.15.1. Stabilità del fronte

Nel seguito si riassumono i dati di input utilizzati per le analisi di stabilità del fronte della sezione tipo C2v eseguita con il metodo delle linee caratteristiche:

Sezione	R_{eq} [m]	H [m]	S_m [MPa]	γ [kN/m ³]	c'_d [kPa]	φ'_d [°]	E_d [MPa]
C2V	5.7	490	13.23	27	946	22	2500

H: profondità dell'asse della galleria
 S_m : tensione media litostatica alla profondità dell'asse della galleria
 γ : peso dell'unità di volume dell'ammasso
 c'_d : valore di progetto della coesione efficace dell'ammasso
 φ'_d : valore di progetto dell'angolo di attrito dell'ammasso
 E_d : valore di progetto del modulo elastico dell'ammasso

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			
GALLERIE	Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C 157 di 355

Di seguito i calcoli effettuati per la valutazione dell'incremento di coesione equivalente al fronte, indotto dagli interventi di consolidamento mediante barre VTR.

n_{VTR}	L_A [m]	ϕ_{perf} [m]	A_i [m ²]	$\sigma_{3,A}^{DYWI}$ [kPa]	$\sigma_{3,B}^{DYWI}$ [kPa]	σ_3^{DYWI} [kPa]	$\Delta c'_k$ [MPa]
30	11.5	0.1	3.4	266	370	266	217
n_{DYWI} : numero di barre al fronte L_A : lunghezza minima di sovrapposizione delle barre A_i : area di influenza della singola barra $\sigma_{3,A}^{DYWI}$: resistenza a sfilamento delle barre $\sigma_{3,B}^{DYWI}$: resistenza a rottura delle barre σ_3^{DYWI} : tensione minima resistente al fronte $\Delta c'_k$: coesione caratteristica equivalente indotta dall'intervento di consolidamento del fronte							

Sono stati valutati lo spostamento ed il raggio plastico al fronte della curva caratteristica al fronte con cavità sferica. Trattandosi di una verifica per uno stato limite ultimo di tipo GEO, si utilizza l'Approccio1 – Combinazione2 (A2 + M2 + R2), con R2 = 1.

Sezione di analisi	σ_c [MPa]	p_c [MPa]	σ_c/p_c [-]	u_F [cm]	u_F/R_{eq} [%]	R_{pF} [m]	R_{pF}/R_{eq} [-]	Criterio 1	Criterio 2.1	Criterio 2.2
C2V	2,81	6,27	0,45	10,3	1,81	9,78	1,72	B/C	C	C

Tabella 9-39 – Verifica di stabilità del fronte relativa alla sezione tipo C2L.

Le analisi evidenziano che, con l'applicazione dei coefficienti parziali corrispondenti alla combinazione A2 + M2 + R2 e quindi con i valori di progetto, il raggio plastico risulta elevato e l'entità degli spostamenti attesi è decimetrica. Per questi motivi è previsto, per garantire la stabilità, oltre agli ancoraggi radiali ed al sostegno al contorno ed al fronte, un extra-scavo pari a 15cm ed uno strato di spritz-beton ad ogni sfondo pari a 10 cm.

9.3.15.2. Interazione opera – terreno

Dall'analisi delle curve caratteristiche in presenza di sostegni è stato possibile determinare i tassi di rilascio da utilizzare nelle differenti fasi realizzative della Sezione Tipo in oggetto.

Nella seguente figura è rappresentato l'andamento del coefficiente di deconfinamento applicato al 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:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 158 di 355

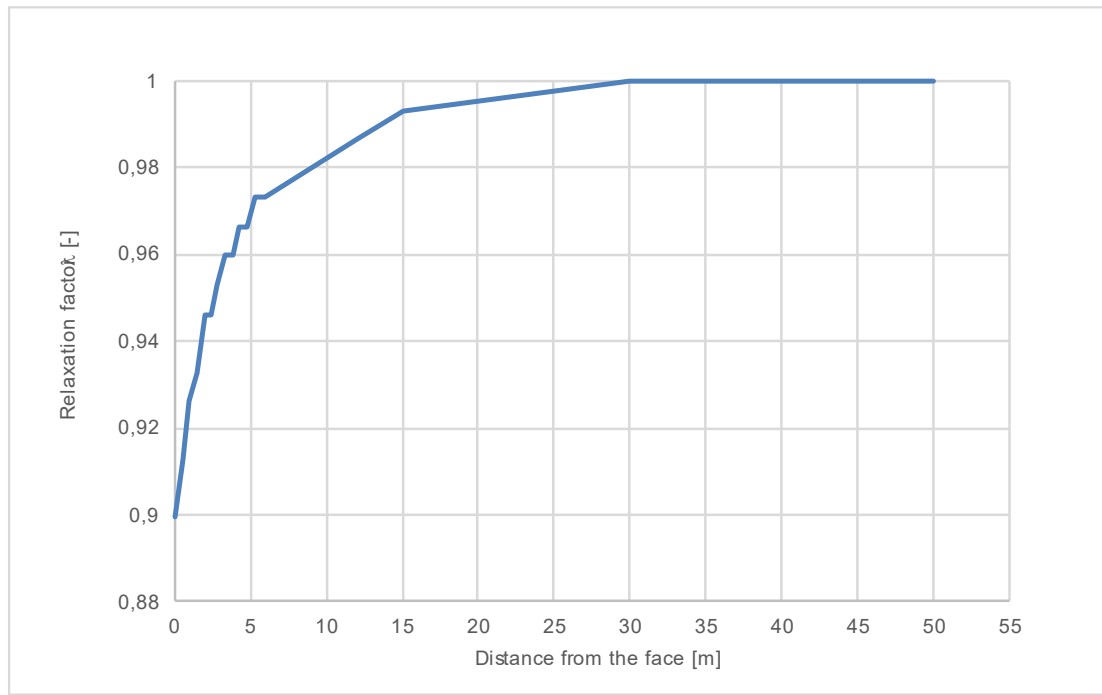


Figura 9-111: Coefficiente di deconfinamento Sezione Tipo C2V

La tabella seguente (Tabella 9-40) riepiloga le fasi di analisi numeriche per la sezione tipologica in esame e i relativi tassi di rilascio ottenuti dalle curve caratteristiche:

Fase (#)	Descrizione (-)	λ (-)
0	Initial	-
1	Nil	-
2	Avanzamento in corrispondenza del fronte SX (x=0m)	0.899
3	Avanzamento tunnel SX (x=1m)	0.926
4	Attivazione rivestimento provvisorio maturazione intermedia SX (x=6m)	0.973
5	Maturazione completa rivestimento provvisorio e avanzamento tunnel SX (x=15m)	0.993
6	Avanzamento in corrispondenza del fronte DX (x=0m)	0.899
7	Avanzamento tunnel DX (x=1m)	0.926
8	Attivazione rivestimento provvisorio maturazione intermedia DX (x=6m)	0.973
9	Maturazione completa rivestimento provvisorio e avanzamento tunnel DX (x=15m)	0.993

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	159 di 355

10 Attivazione Rivestimenti Definitivi 1.000

11 Lungo Termine 1.000

Tabella 9-40 – Fasi di calcolo riferite alla simulazione numerica in condizioni di deformazione piana per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali.

Si ipotizza in fase di modellazione la posa in opera del rivestimento definitivo a deformazioni sostanzialmente esaurite, tale condizione corrisponde all'applicazione di fattore di rilascio pari a 1, che nel caso della sezione in esame corrisponde in via teorica ad una distanza dal fronte a partire da $X = 26m$ (pari comunque ad una distanza inferiore a 3 diametri/5 diametri: indicazione di distanza del getto del rivestimento definitivo riportata in Linee Guida)

Le sollecitazioni agenti sugli elementi strutturali sono state ricavate adottando il modello numerico mostrato nella figura sottostante, nel quale il peso dell'unità di volume dello strato superficiale di 1m è posto pari a 11070 kN/m^3 al fine di simulare la copertura di verifica della Sezione (490m). Questo valore è ottenuto tenendo conto del fatto che la copertura presente nel modello è pari a 80m.

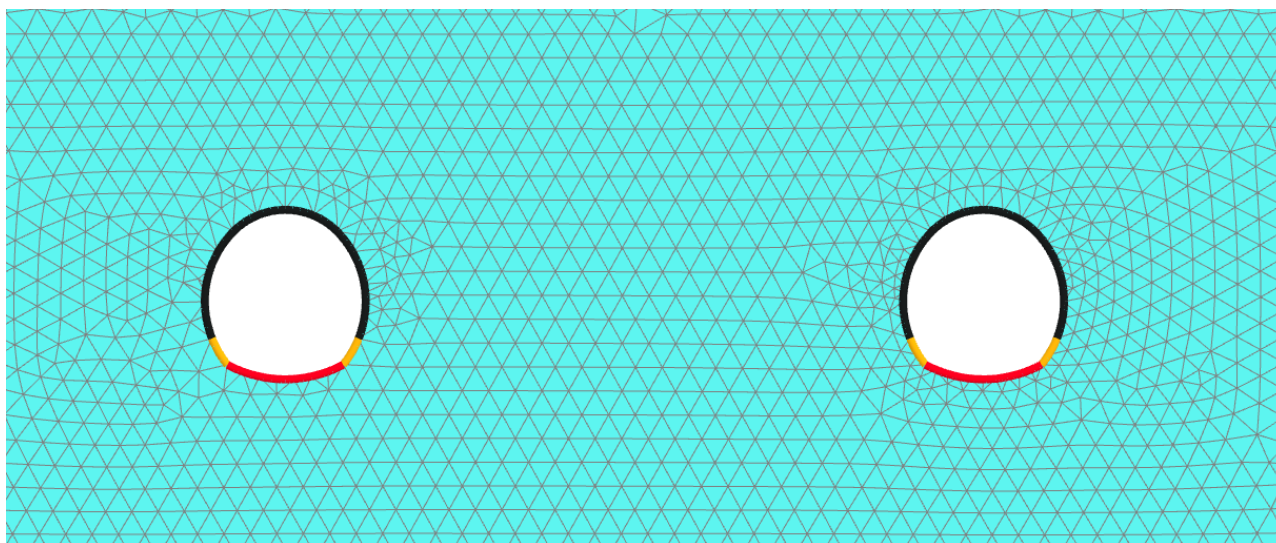


Figura 9-112: Modello numerico relativo alla simulazione numerica in condizioni di deformazione piana per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali

La seguente tabella riassume le caratteristiche degli elementi di sostegno di prima fase utilizzati nel modello numerico per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali.

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 160 di 355

Sostegni							
Sezione tipo	Sfondo max [m]	Spritz-beton [cm]	Ancoraggi radiali	Sostegno al contorno	Sostegno al fronte	Centine	Drenaggi in avanzamento
C2v	1	5+25	-	55 VTR valvolati L=19m (sovrapp. min 10,50 m) passo 0,4m (event. iniezione a p/v controllati) + 23 tubi acciaio $\phi 127/10\text{mm}$ L=12m, sovrapp. min 3.5m p.=0.45m	30 VTR L=20m (sovrapp. min 11,50); precontenimento al piede centina 5+5/8,5 VTR L=11m (eventuale iniezione p/v controllato); spritz 10 cm/sfondo + 15 cm fine campo	2 HEB 220 p. 1.0 m	Eventuali - 4 (2+2) tubi microfessurati in PVC L=30m (sovrapp. min. 10 m)

Tabella 9-41 – Sostegni Sezione Tipo C2V

La seguente tabella riassume le caratteristiche del rivestimento definitivo considerato nella modellazione.

Rivestimento definitivo					
Sezione tipo	Distanza vincolata arco rovescio	Distanza vincolata volta	Arco rovescio	Murette	Volta
C2v	< 3 ϕ	< 5 ϕ	90 cm min (50 kg/mc)	90 cm min (50 kg/mc)	55 cm - 130 cm (cls armato 40Kg/mc)

Tabella 9-42 – Rivestimento definitivo Sezione Tipo C2V

Le seguenti figure rappresentano gli spostamenti nell'intorno del cavo prima dell'installazione del rivestimento definitivo e i diagrammi di sollecitazione nel rivestimento di prima fase.

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 161 di 355

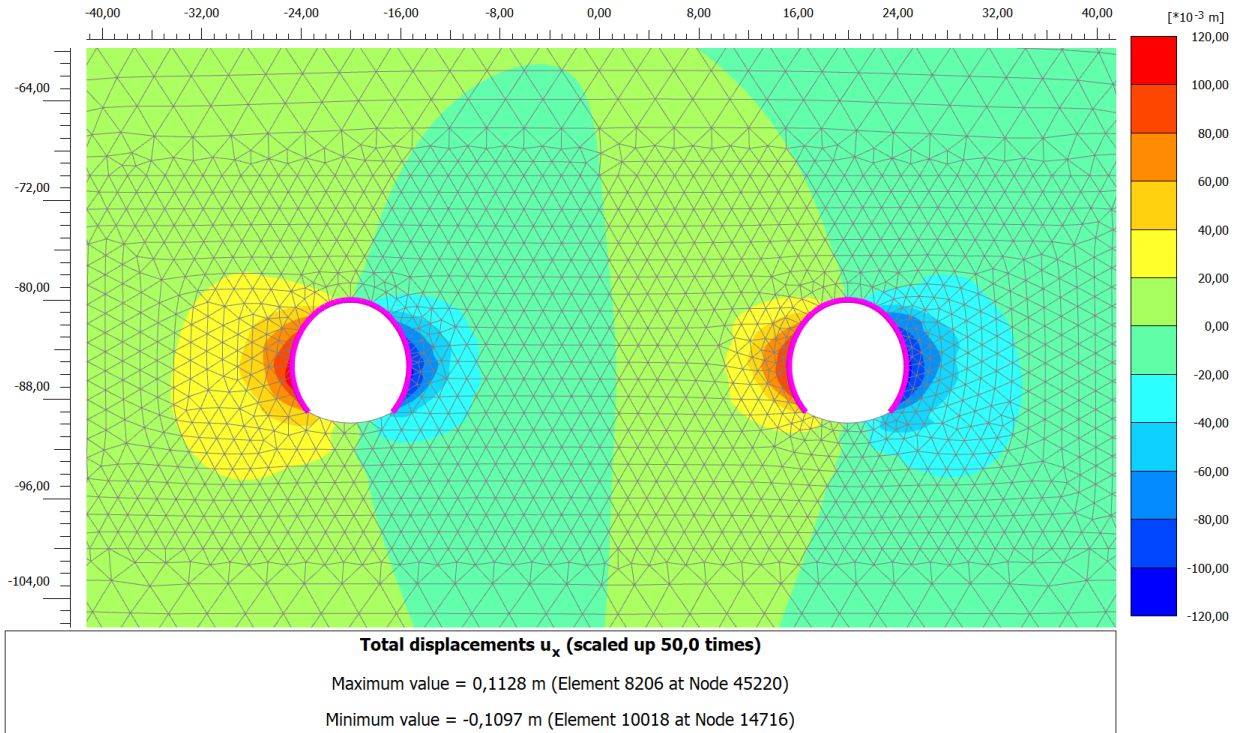


Figura 9-113: Spostamenti in direzione orizzontale - Sezione Tipo C2V

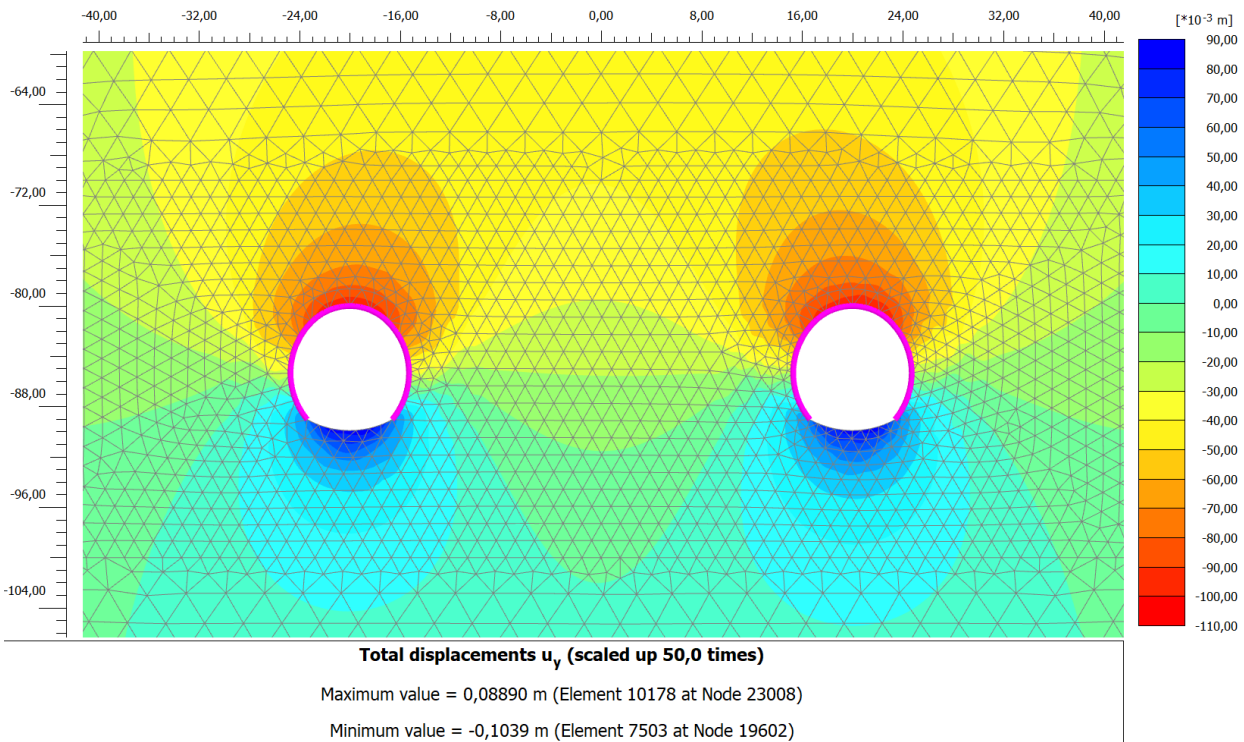


Figura 9-114: Spostamenti in direzione verticale - Sezione Tipo C2V

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			
GALLERIE Galleria Scalers - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 162 di 355

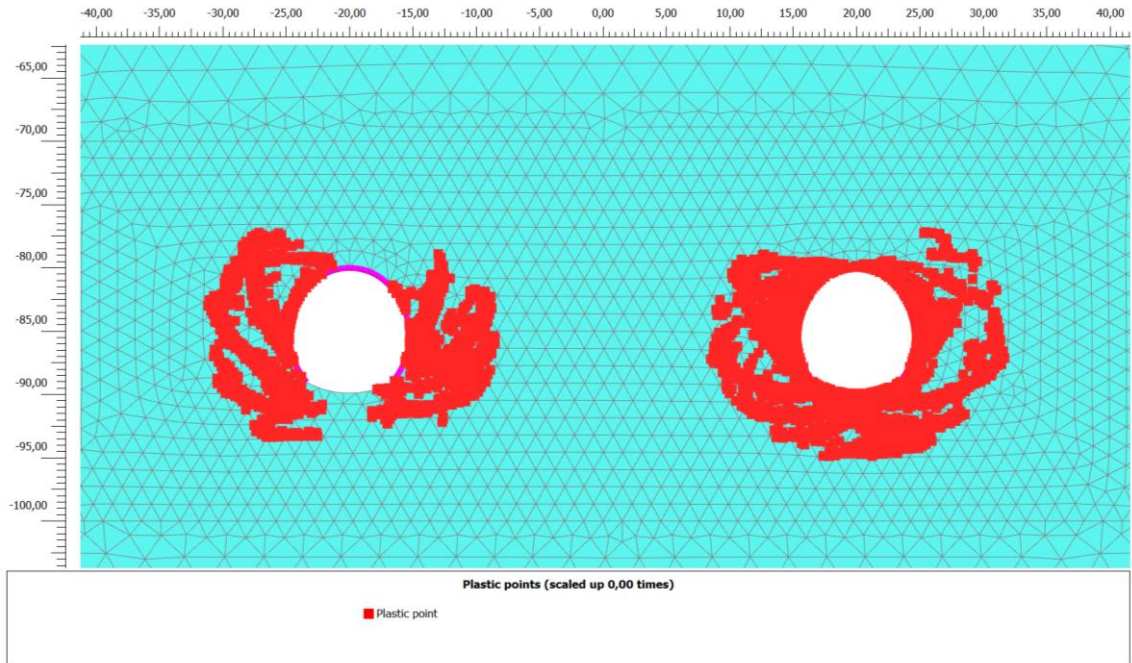


Figura 9-115: Zone di plasticizzazione - Sezione Tipo C2V

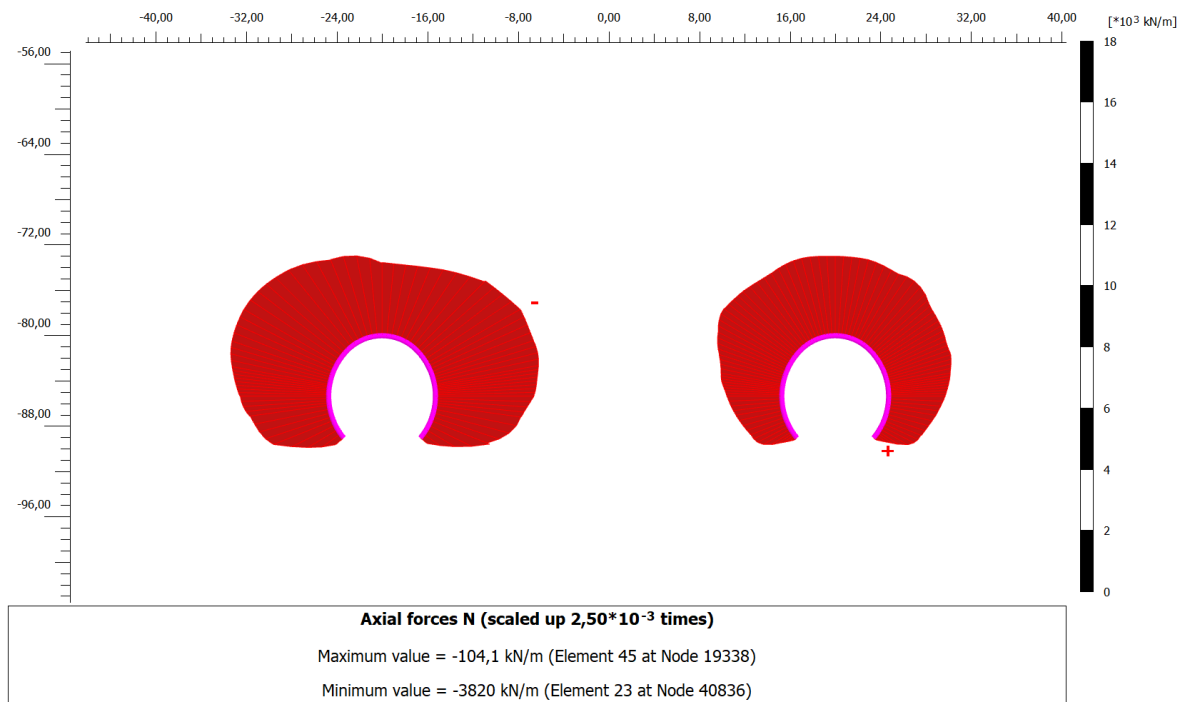


Figura 9-116: Sforzo normale agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo C2V

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 163 di 355

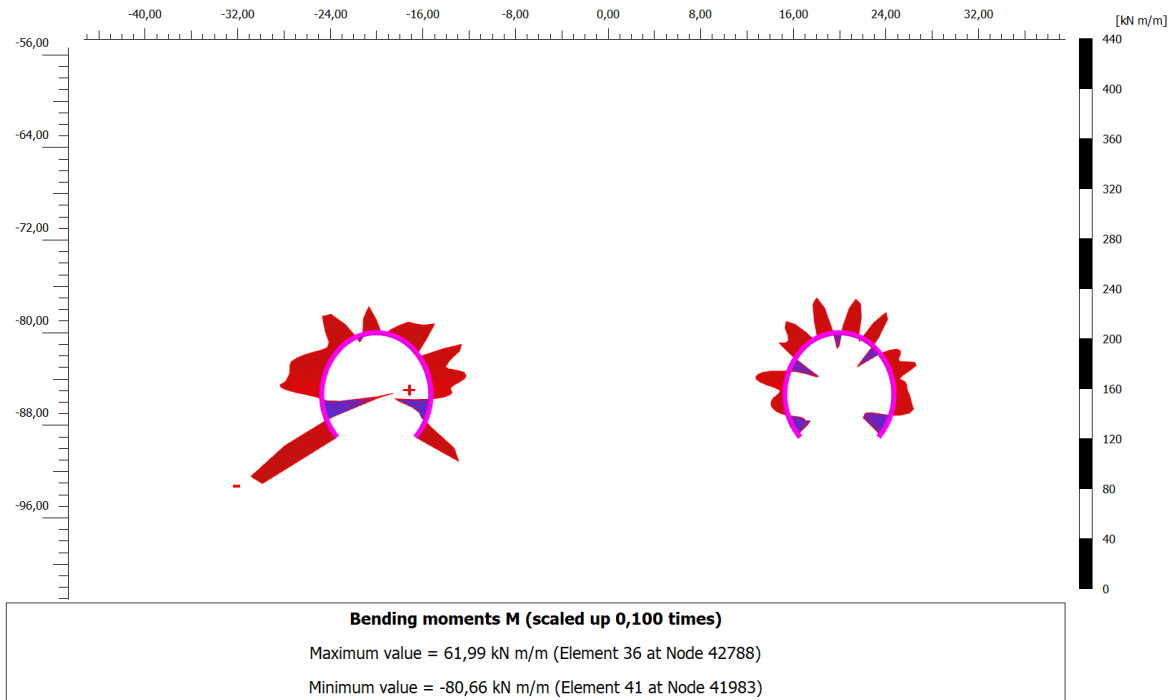


Figura 9-117: Momento flettente agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo C2V

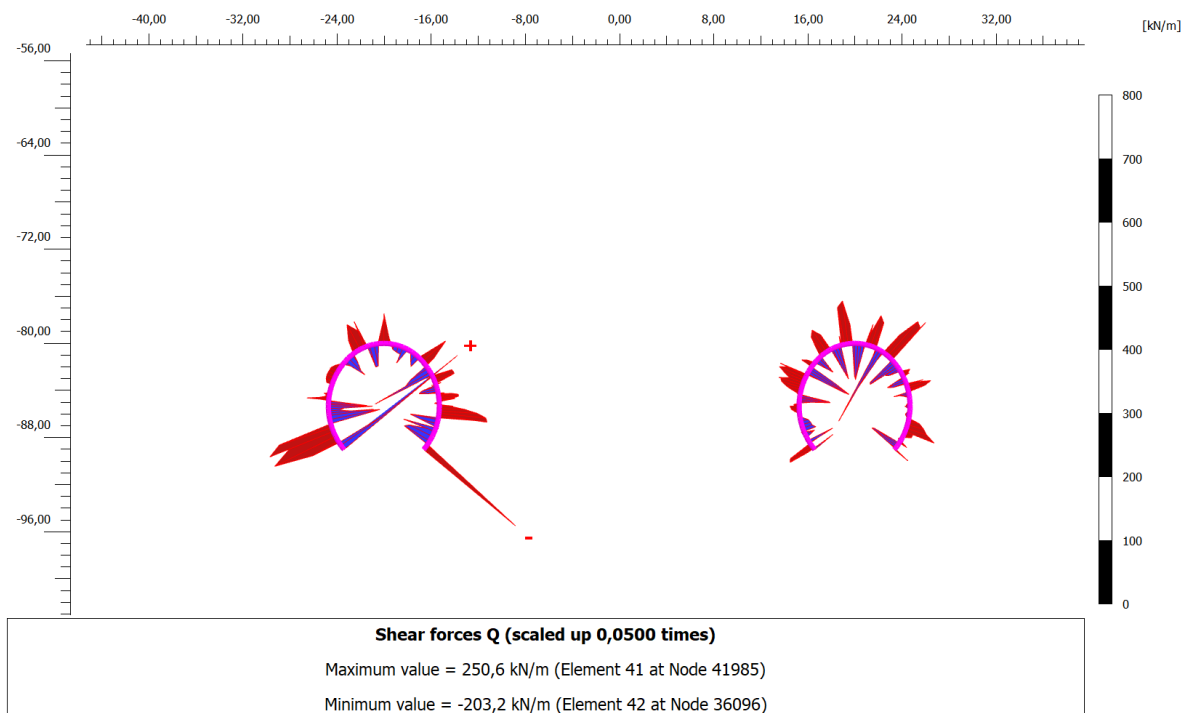


Figura 9-118: Sforzo di taglio agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo C2V

Le seguenti figure rappresentano i diagrammi di sollecitazione nel rivestimento definitivo.

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			
GALLERIE Galleria Scalers - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 164 di 355



Figura 9-119: Involuppo di sforzo normale agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo C2V

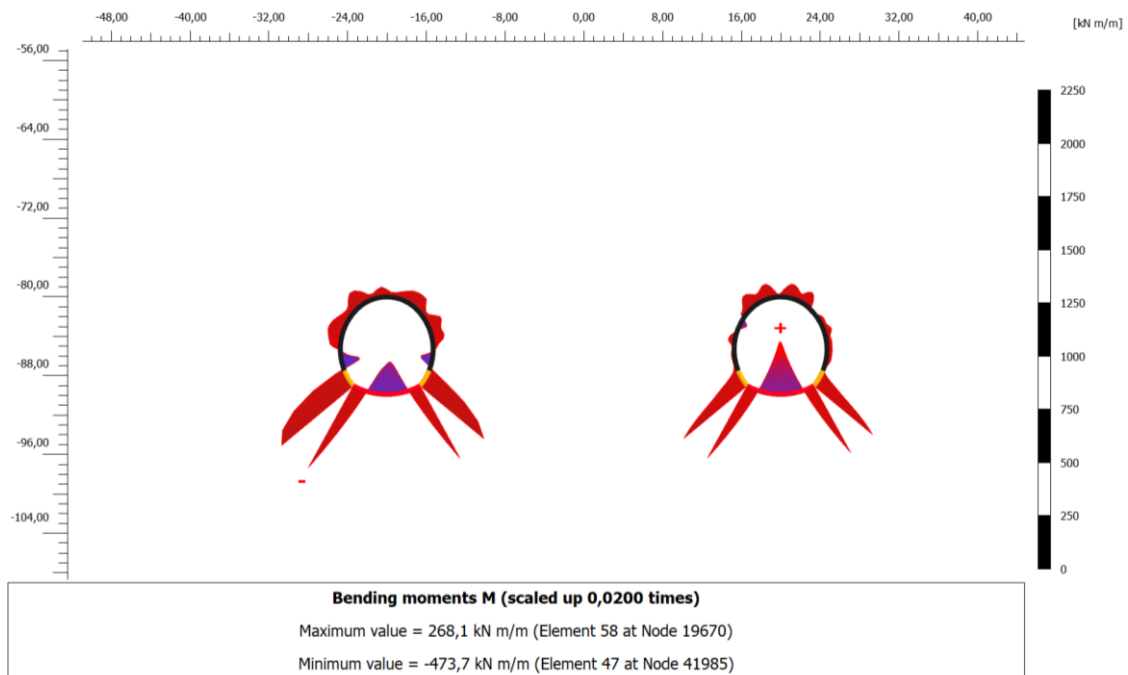


Figura 9-120: Involuppo di momento flettente agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo C2V

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO 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			
GALLERIE Galleria Scalers - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 165 di 355

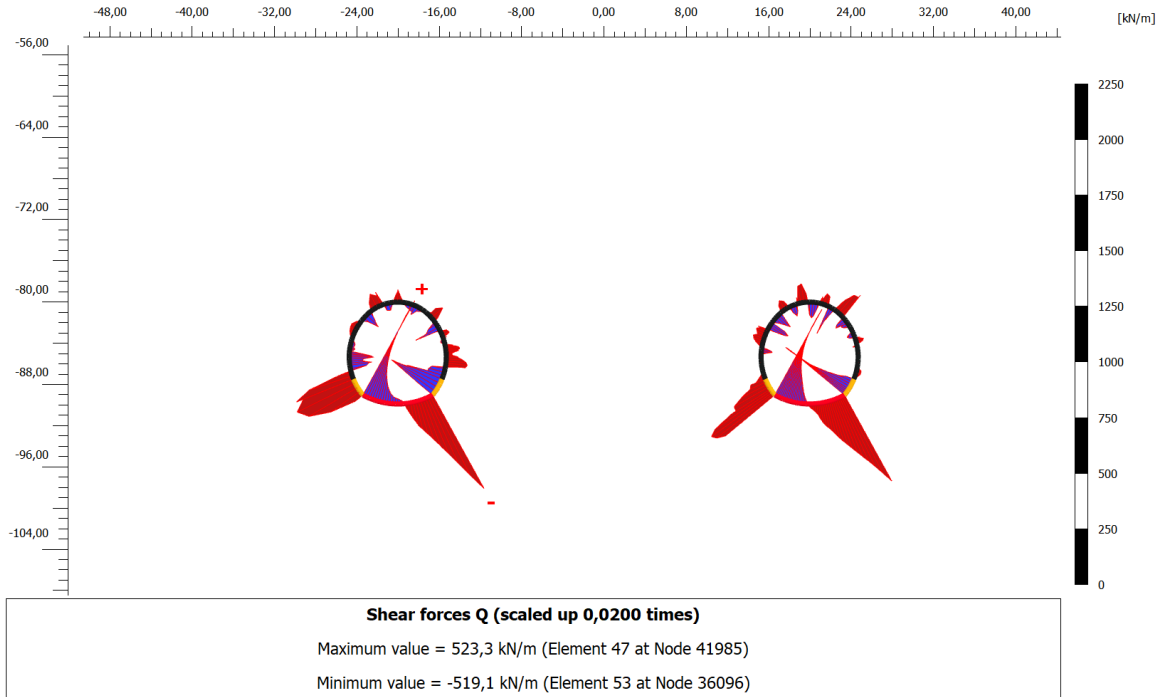


Figura 9-121: Involuppo di sforzo di taglio agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo C2V

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	166 di 355

9.4 VERIFICHE INTERVENTI RADIALI

Nel seguito si riportano le verifiche degli interventi di bullonatura radiale.

Per quanto riguarda le verifiche a trazione si confronta lo sforzo assiale di calcolo N_{Ed} con la resistenza a trazione della barra, associata al tipo di bullone adottato.

Per quanto riguarda le verifiche a sfilamento si confronta lo sforzo assiale di calcolo N_{Ed} con la resistenza a sfilamento calcolata mediante la seguente espressione:

$$N_d \leq R_{ad} = \frac{\pi \cdot \alpha \cdot D \cdot \tau_{ad} \cdot L}{\gamma_{Rat} \cdot \xi_{a3}}$$

in cui:

L= lunghezza del bullone

τ_{ad} = tensione limite aderenza

D = αD_p diametro teorico

D_p = diametro di perforazione

α = coefficiente di sbulbamento

$\gamma_{Ra,t}$ = coefficiente parziale per tiranti provvisori;

ξ_a = fattore di correlazione con riferimento a prove geotecniche eseguite;

Per la verifica dei bulloni si è adottato un valore della tensione limite di aderenza di $\tau_{ad} = 0.25$ MPa per gli Swellex e $\tau_{ad} = 0.35$ MPa per le barre cementate. Si è assunto inoltre un coefficiente di sbulbamento $\alpha = 1.0$ per gli Swellex e $\alpha = 1.1$ per le barre cementate.

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	167 di 355

9.5 VERIFICHE DEI RIVESTIMENTI DI PRIMA FASE

Il rivestimento provvisorio è stato verificato considerando le sollecitazioni di calcolo, opportunamente amplificate per il coefficiente parziale delle azioni pari ad 1.3 e ripartite tra *elemento centina* ed *elemento spritz beton*, ciascuno con le sue caratteristiche geometriche e di materiale.

Per le porzioni in spritz-beton si è fatto riferimento sia alle proprietà meccaniche del calcestruzzo a completa maturazione (28 giorni), sia considerando proprietà ridotte per maturazione di soli 2 giorni.

Pur trattandosi di un conglomerato fibrorinforzato, alla resistenza a trazione è stato assegnato un valore di calcolo pari a quello di un calcestruzzo comune non fibrorinforzato, di classe di resistenza uguale a quella del calcestruzzo proiettato.

Le massime sollecitazioni ottenute dalle analisi numeriche sono state ripartite tra i due elementi resistenti (centine e spritz), in analogia con quanto descritto nel PD e riportato in Tabella 9-43, ovvero:

- lo sforzo normale N_{tot} è stato ripartito in funzione del rapporto tra le rigidità assiali (EA) dei due sostegni;
- il momento flettente M_{tot} è stato attribuito interamente alle centine;
- lo sforzo di taglio T_{tot} è stato attribuito interamente alle centine.

Sollecitazioni	Centine	Spritz-beton
Sforzo Normale N_{tot}	$N_{cen} = \frac{E_{acc} \cdot \frac{A_{cen}}{d}}{E_{eq} \cdot S_{eq}} \cdot N_{tot} \cdot d$	$N_{sb} = N_{tot} - \frac{N_{cen}}{d}$
Momento Flettente M_{tot}	$M_{cen} = M_{tot} \cdot d$	—
Sforzo di taglio T_{tot}	$T_{cen} = T_{tot} \cdot d$	—

Tabella 9-43 – Ripartizione sollecitazioni tra centine e spritz-beton.

In ogni sezione di verifica sono stati calcolati:

- Per lo *spritz* di calotta e murette il valore di sforzo normale agente di calcolo (N_{Ed}) e lo sforzo normale resistente (N_{Rd}) nelle due condizioni di maturazione;
- Per le centine il valore del taglio e del momento flettente agente di calcolo ed i corrispondenti valori di resistenza.

$$M_{c,Rd} = \frac{W f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v f_{yk}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	168 di 355

9.6 VERIFICHE DEI RIVESTIMENTI DEFINITIVI

Le verifiche allo SLU del rivestimento definitivo sono state condotte, considerando elementi di *trave* di base pari ad 1 metro, nei confronti di sollecitazioni di:

- pressoflessione, assumendo valide le ipotesi di base del §4.1.2.1.2.1 delle NTC 2008, mediante la costruzione di domini di interazione N-M,
- taglio, considerando dapprima le sezioni non dotate di armatura a taglio e predisponendo, lì dove necessario, opportuna armatura trasversale costituita da spilli, successivamente sottoposta a verifica secondo un modello di funzionamento a traliccio. Per brevità non sono qui riportate le verifiche secondo il modello *a pettine* nelle porzioni dove queste abbiano dato esito negativo e si sia dunque evidenziata la necessità di inserire spilli.

Quando fosse necessario considerare anche azioni sismiche, i domini di resistenza N-M precedentemente costruiti sono stati adottati per verificare il soddisfacimento della condizione di verifica per entrambe le combinazioni sismiche considerate.

Le sezioni sono state sottoposte anche a verifica secondo gli stati limite di esercizio, considerando in particolare lo stato limite delle tensioni sia per il calcestruzzo sia per l'acciaio.

Le verifiche allo stato limite ultimo per tensioni normali sono state eseguite in forma grafica, assicurando che i punti caratteristici dello stato di sollecitazione in ciascuna delle ascisse polari comprese negli intervalli di interesse per le diverse porzioni delle sezioni tipo fossero contenuti nei domini di interazione N-M.

Laddove la sezione fosse non armata si è proceduto alla verifica del soddisfacimento di quanto riportato al §4.1.11.1. del D.M. del 14/01/2008 relativamente alle massime tensioni nel calcestruzzo, verificando che risulti soddisfatta la condizione $\sigma_c \leq 0.25f_{ck}$. Per tutte le sezioni risulta ampiamente verificata l'analoga condizione sulle tensioni tangenziali ($\tau_c \leq 0.25f_{ctk}$).

Le verifiche a taglio dei rivestimenti definitivi sono state condotte dapprima considerando sezioni non armate a taglio (cfr. §4.1.2.1.3.1 delle NTC 2008) con la seguente formulazione:

$$V_{rd} = \max \left\{ \left[\frac{0.18k(\rho_1 100f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15\sigma_{cp} \right] b_w d; (v_{\min} + 0.15\sigma_{cp}) b_w d \right\}$$

Per il significato di tutti i termini si rimanda all'equazione 4.1.14 delle NTC 2008, mentre si fa presente che il valore del taglio resistente, intimamente legato allo stato di compressione agente sulla sezione di interesse, è stato valutato in ciascuna delle ascisse polari per cui sono stati estratti i valori delle sollecitazioni, ottenendo così involuppi su tutti gli elementi considerati (calotta, murette, arco rovescio) e non condizioni puntuali in sezioni selezionate.

Per le sezioni tipo analizzate è stata riscontrata quasi sempre la necessità di predisporre armatura a taglio costituita da spilli di diametro pari a 14 mm, disposti con passo radiale e longitudinale compatibile con la spaziatura adottata per armatura corrente ed armatura di ripartizione, per lo più in corrispondenza di murette e arco rovescio.

Si precisa che le condizioni di verifica, pur puntuali lungo tutte le ascisse, considerano in corrispondenza delle murette una altezza "media" che, verosimilmente, consente di assumere quanto ottenuto dalle verifiche un risultato cautelativo.

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	169 di 355

Le verifiche delle sezioni armate a taglio sono state condotte secondo le prescrizioni del paragrafo 4.1.2.1.3.2 delle NTC 2008, questa volta con riferimento al più alto dei valori di taglio agente V_{sd} .

I valori del taglio resistente *lato acciaio* e *lato calcestruzzo* sono stati calcolati in accordo con le formule riportate al paragrafo 4.1.2.1.3.2 delle NTC 2008 e che qui di seguito vengono brevemente richiamate. È stato fatto sempre riferimento a spilli con inclinazione α pari a 90° .

$$V_{Rsd} = 0.9d \frac{A_{sw}}{s} f_{yd} (\cot\alpha + \cot\theta) \sin\alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9db_w \alpha_c v f_{cd} \frac{(\cot\alpha + \cot\theta)}{1 + \cot^2\theta} \sin\alpha$$

Per quanto concerne gli stati limite di esercizio, la verifica riguardante la tensione massima di compressione nel calcestruzzo è stata effettuata controllando che fosse soddisfatta la disuguaglianza:

$$\sigma_{c,max} \leq 0.45f_{ck}$$

mentre per quanto riguarda l'acciaio, è stato verificato il rispetto della condizione:

$$\sigma_{s,max} \leq 0.8f_{yk}$$

Nel caso di verifiche allo stato limite di esercizio è stata adottata la combinazione quasi permanente che, dal punto di vista delle verifiche, rappresenta lo stato più gravoso. Vale la pena di osservare che, non essendo state considerate azioni variabili, le combinazioni di azioni allo SLE sono tutte equivalenti dal punto di vista delle azioni, in questo caso solo permanenti.

Per il calcolo delle tensioni agenti agli SLE si è fatto riferimento ad un calcolo "elastico" su una sezione ideale, adottando un coefficiente di omogeneizzazione n pari a 15. Nel dettaglio, la posizione dell'asse neutro è stata calcolata adottando la formula seguente:

$$x = \frac{n(A_s + A'_s)}{b} \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2b(A_s d + A'_s c)}{n(A_s + A'_s)}} \right]$$

dove d rappresenta l'altezza utile della sezione, b la sua base, c il copriferro.

A partire dal valore di x è stato poi possibile calcolare il momento di inerzia della sezione omogeneizzata come segue:

$I = \frac{bx^3}{3} + nA'_s(x - c)^2 + nA_s(d - x)^2$ a partire da cui vengono poi calcolate le tensioni in corrispondenza delle fibre più sollecitate.

È inoltre necessario precisare che per i materiali e il copriferro di calcolo valgono le indicazioni fornite nel PD e nel documento ivi referenziato (Note generali, Rif. [7] e [8]). In particolare si è considerata a prescindere dalla porzione di sezione oggetto delle verifiche una classe di calcestruzzo C25/30, mentre il copriferro è stato assunto sempre pari a 5 cm.

Nelle verifiche che seguono si è deciso di adottare un diametro minimo dei ferri correnti pari a 20 mm, spilli e ferri di ripartizione pari a 14 mm. L'armatura corrente delle sezioni è, quando presente, sempre simmetrica e sono adottati sempre almeno 4 ferri per metro lineare di galleria, risultandone in una spaziatura massima pari a 25 cm. I ferri di ripartizione hanno sempre un interasse pari a 20 cm e, dunque, il passo di calcolo nelle

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>1AEZZ</td> <td>RH</td> <td>GN0000001</td> <td>C</td> <td>170 di 355</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	170 di 355													
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo																		

verifiche a taglio adottato per l'armatura trasversale è di 200 mm, mentre il numero di "bracci" di calcolo considerati è determinato dal numero di ferri che costituiscono l'armatura corrente, per metro lineare.

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	171 di 355

9.7 VERIFICA DELLE SEZIONI

9.7.1 Sezione A0bis - Scenario 1

9.7.1.1. Verifica del rivestimento provvisorio

Le verifiche strutturali sul rivestimento provvisorio (o di prima fase) sono state eseguite nella fase di calcolo relativa alla maturazione completa del provvisorio di entrambe le canne (fase 9).

Il rivestimento di prima fase della sezione A0bis è caratterizzato dalla presenza di uno strato di spritz-beton di spessore pari a 0.2 m.

Si riporta di seguito, al crescere della coordinata angolare che identifica le diverse porzioni del rivestimento, il confronto tra azione e resistenza in termini tensionali per lo spritz-beton.

Le figure sottostanti mostrano che tutte le sollecitazioni risultano inferiori alla resistenza offerta dallo spritz-beton; pertanto, la verifica è soddisfatta in ogni punto del rivestimento provvisorio.

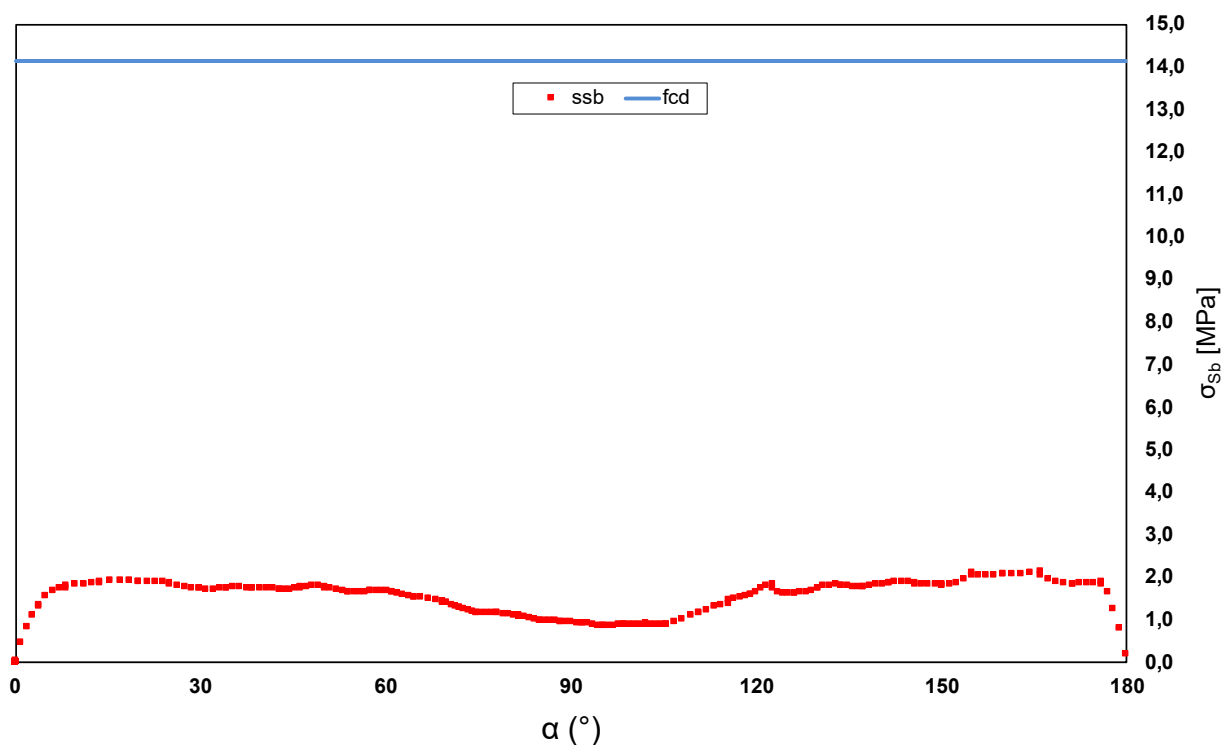


Figura 9-122 – Verifica SLU per lo spritz-beton – Sezione Tipo A0bis-SX

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				
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 172 di 355	

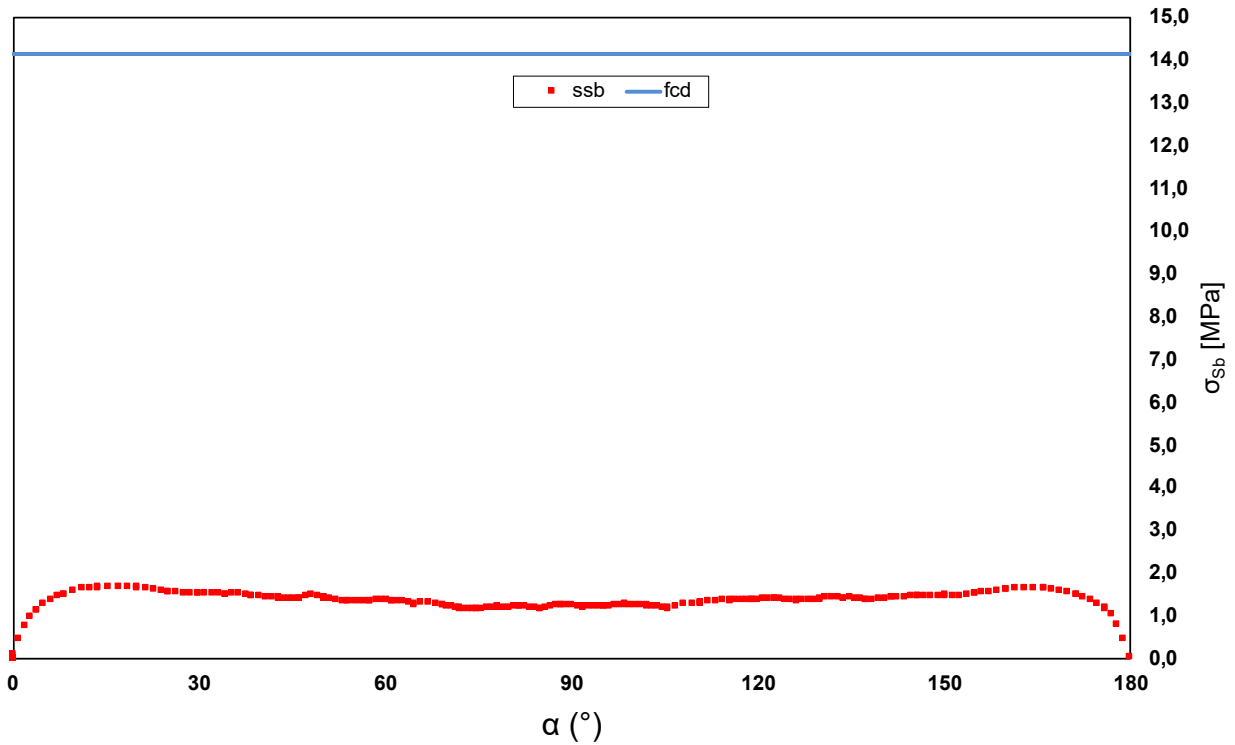


Figura 9-123 – Verifica SLU per lo spritz-beton – Sezione Tipo A0bis-DX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 173 di 355

9.7.1.2. Verifica del rivestimento definitivo

La verifica del rivestimento definitivo è stata condotta con riferimento alla fase di lungo termine, i cui output in termini di sollecitazioni sono già stati riportati in precedenza. Come già specificato in §9.3.1 della presente relazione, le sollecitazioni in output da Plaxis sono state amplificate per 1.3 per eseguire verifiche allo SLU, mentre non sono state amplificate per eseguire le verifiche allo SLE.

Nella tabella seguente si riportano gli spessori del CLS ed i ferri di armatura considerati nelle verifiche per la calotta e l'arco rovescio:

Elemento	Classe CLS	Spessore	Armatura intradosso	Armatura estradosso	Armatura taglio
Calotta	25/30	0.5 m	-	-	-
Murette	25/30	0.6 m (*)	-	-	-
Arco rovescio	25/30	0.6 m	-	-	-

(*) Lo spessore riportato è il minimo. In fase di verifica è stata considerata la reale variabilità di spessore dell'elemento strutturale.

Di seguito si riportano, sottoforma di diagrammi cartesiani, le verifiche previste per rivestimenti non armati secondo NTC2008 relative alla fase 11 (Lungo termine) per entrambe le canne.

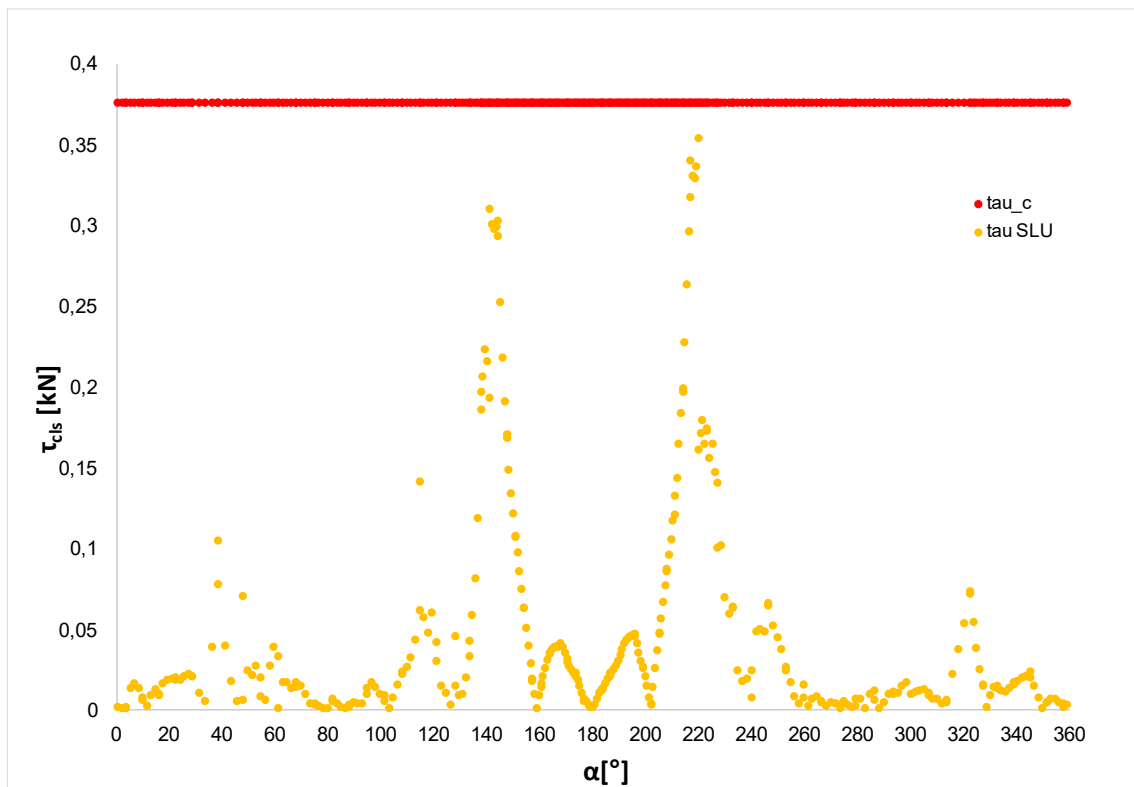


Figura 9-124 – Verifica a taglio ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A0bis-SX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 174 di 355

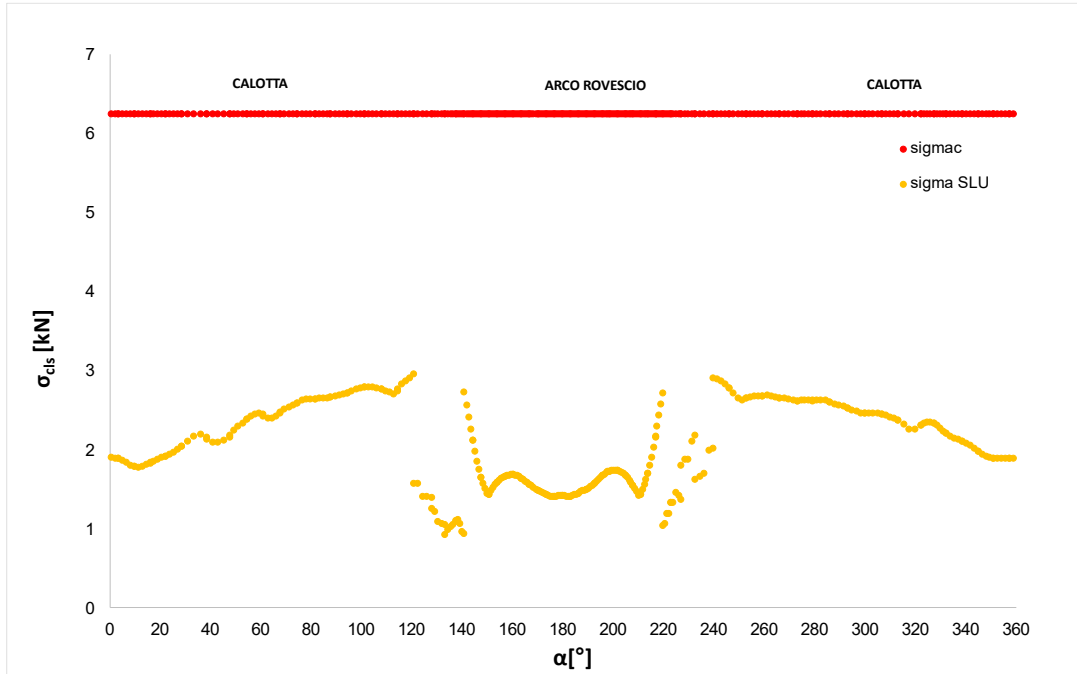


Figura 9-125 – Verifica sforzi normali ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A0bis-SX

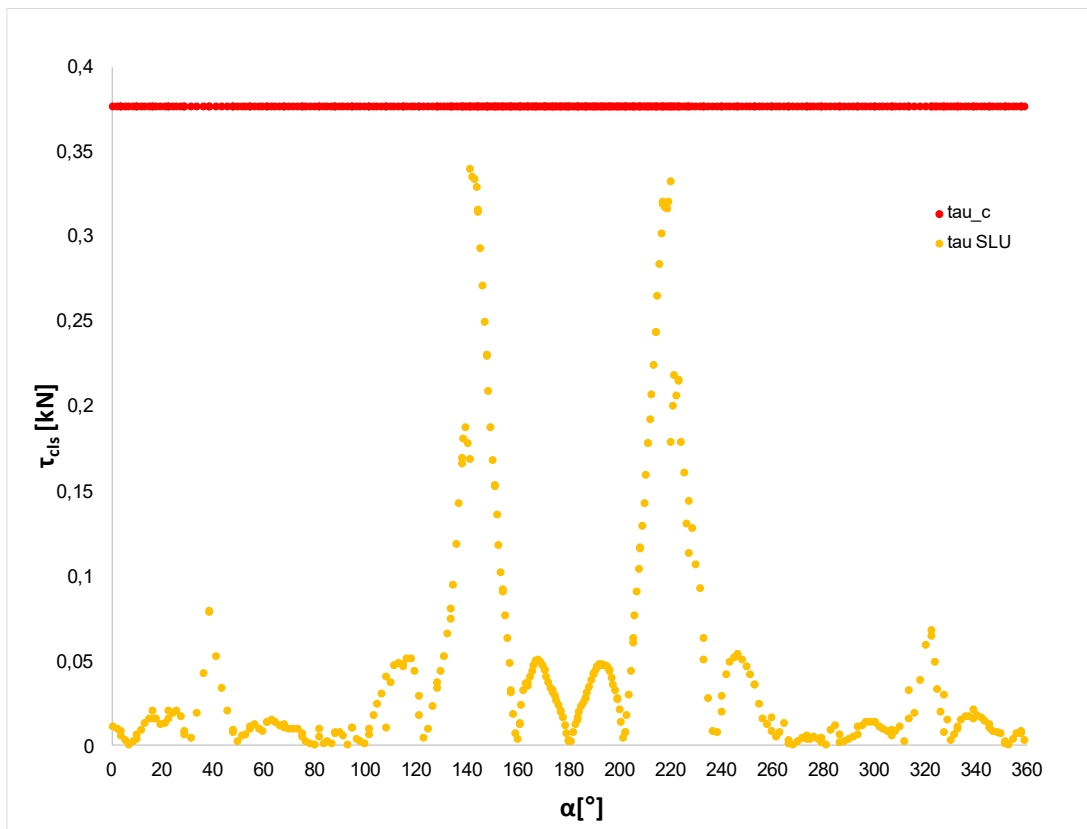


Figura 9-126 – Verifica a taglio ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A0bis- DX

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			
GALLERIE	Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C 175 di 355

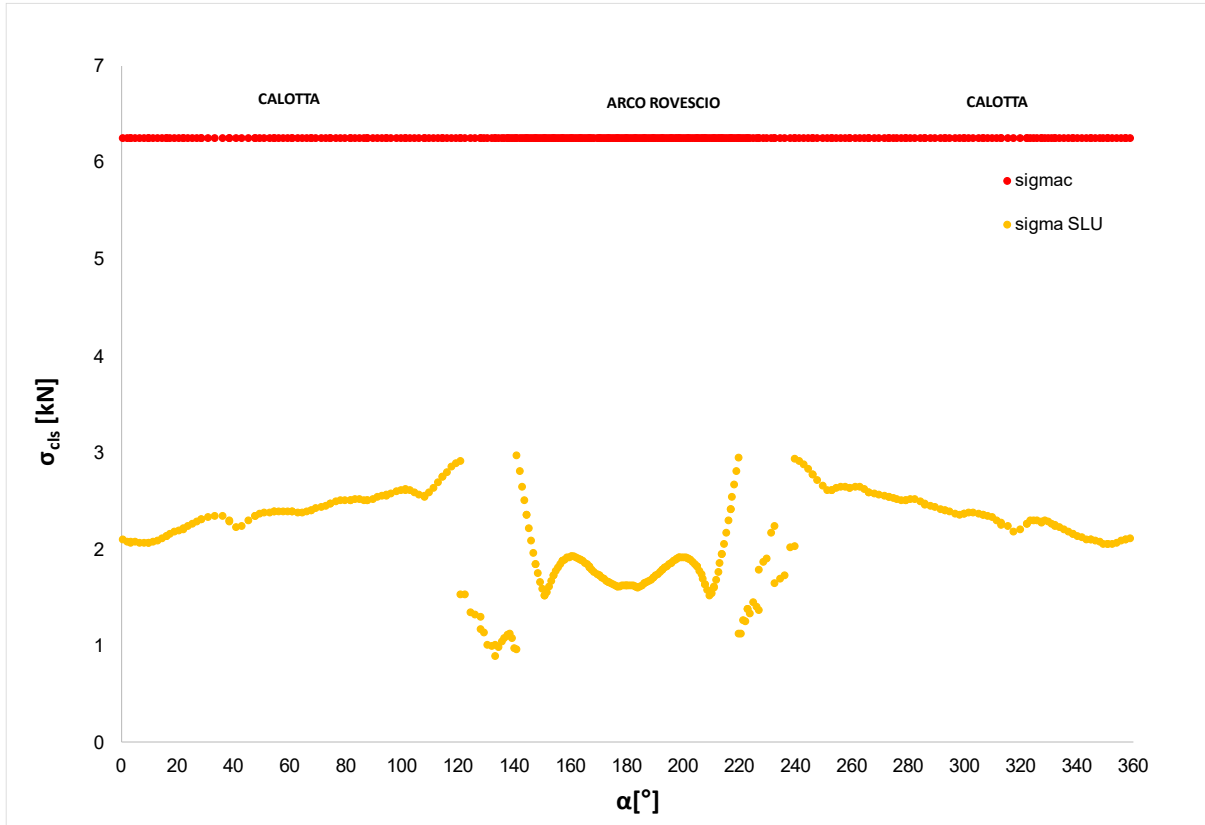


Figura 9-127 – Verifica sforzi normali ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A0bis-DX

9.7.1.3. Verifica dei bulloni radiali

Gli interventi radiali della sezione A0bis sono costituiti da bulloni radiali di tipo Swellex PM16.

I parametri utilizzati nella verifica dei bulloni radiali sono riportati di seguito.

Elemento	D _{perf}	L	i _{long}	α	q _s	F _{tk}	F _{yk}	γ _s	γ _a	ξ _a
(-)	(mm)	(m)	(m)	(-)	(kPa)	(kN)	(kN)	(-)	(-)	(-)
9+10 Swellex PM16	50	4	2.0	1.0	250	160	140	1.15	1.1	1.6

La massima sollecitazione agente sui bulloni è pari a:

$$N_d = N \cdot \gamma_g = 7.3 \cdot 2.0 \cdot 1.3 = 19.0 \text{ kN}$$

dove:

N = massimo sforzo normale ottenuto nelle analisi numeriche

γ_g = fattore di amplificazione delle sollecitazioni pari a 1.3

La **resistenza a sfilamento**, valutata come in §9.4, risulta pari a:

$$R_d = \frac{\alpha \cdot \pi \cdot D_p \cdot L \cdot q_s}{\gamma_a \cdot \xi_a} = \frac{1.0 \cdot \pi \cdot 0.05 \cdot 4 \cdot 250}{1.1 \cdot 1.6} = 89.2 \text{ kN}$$

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 176 di 355

Si ottiene quindi:

$$N_d \leq R_d$$

Con **FS=4.69**

La **resistenza a rottura** viene valutata come:

$$F_{Nd} = \frac{F_{yk}}{\gamma_s} = \frac{140}{1.15} = 122 \text{ kN}$$

Si ottiene quindi:

$$N_d \leq R_d$$

Con **FS=6.42**

Pertanto, la verifica risulta soddisfatta.

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	177 di 355

9.7.2 Sezione A0bis - Scenario 2

9.7.2.1. Verifica del rivestimento provvisorio

Le verifiche strutturali sul rivestimento provvisorio (o di prima fase) sono state eseguite nella fase di calcolo relativa alla maturazione completa del provvisorio di entrambe le canne (fase 9).

Il rivestimento di prima fase della sezione A0bis è caratterizzato dalla presenza di uno strato di spritz-beton di spessore pari a 0.2 m.

Si riporta di seguito, al crescere della coordinata angolare che identifica le diverse porzioni del rivestimento, il confronto tra azione e resistenza in termini tensionali per lo spritz-beton.

Le figure sottostanti mostrano che tutte le sollecitazioni risultano inferiori alla resistenza offerta dallo spritz-beton; pertanto, la verifica è soddisfatta in ogni punto del rivestimento provvisorio.

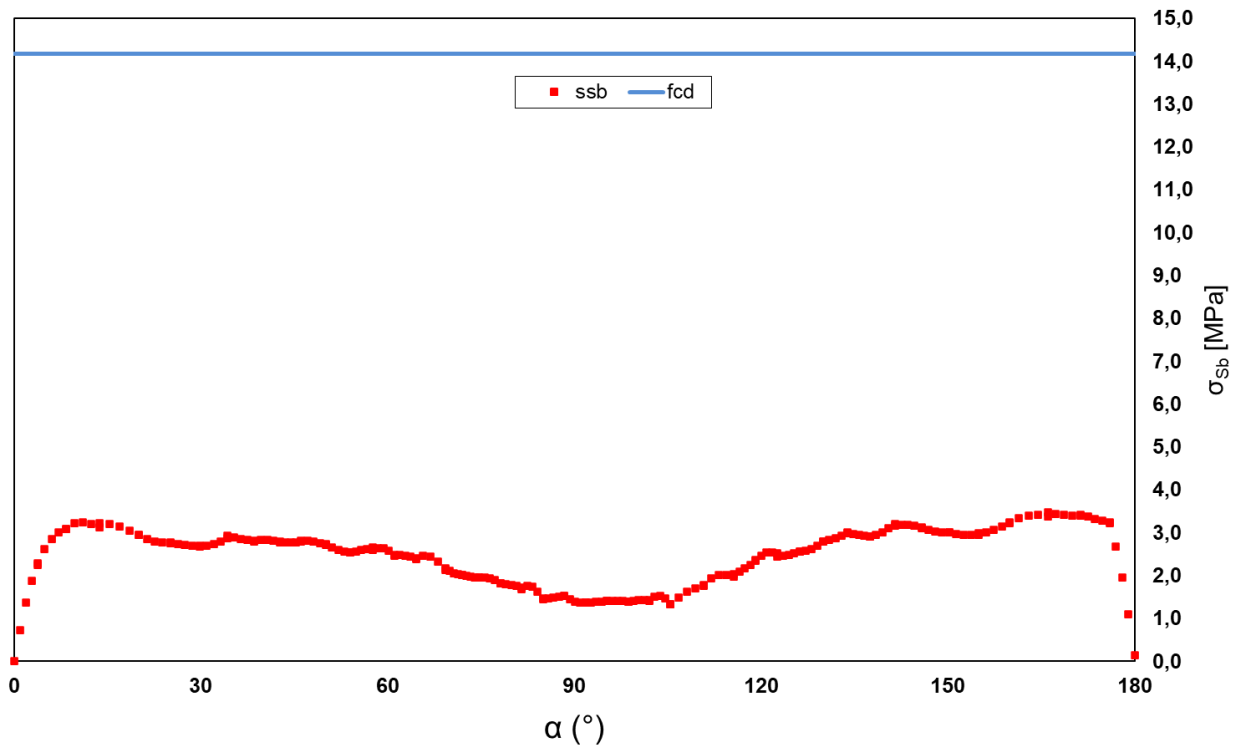


Figura 9-128– Verifica SLU per lo spritz-beton – Sezione Tipo A0bis-SX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 178 di 355

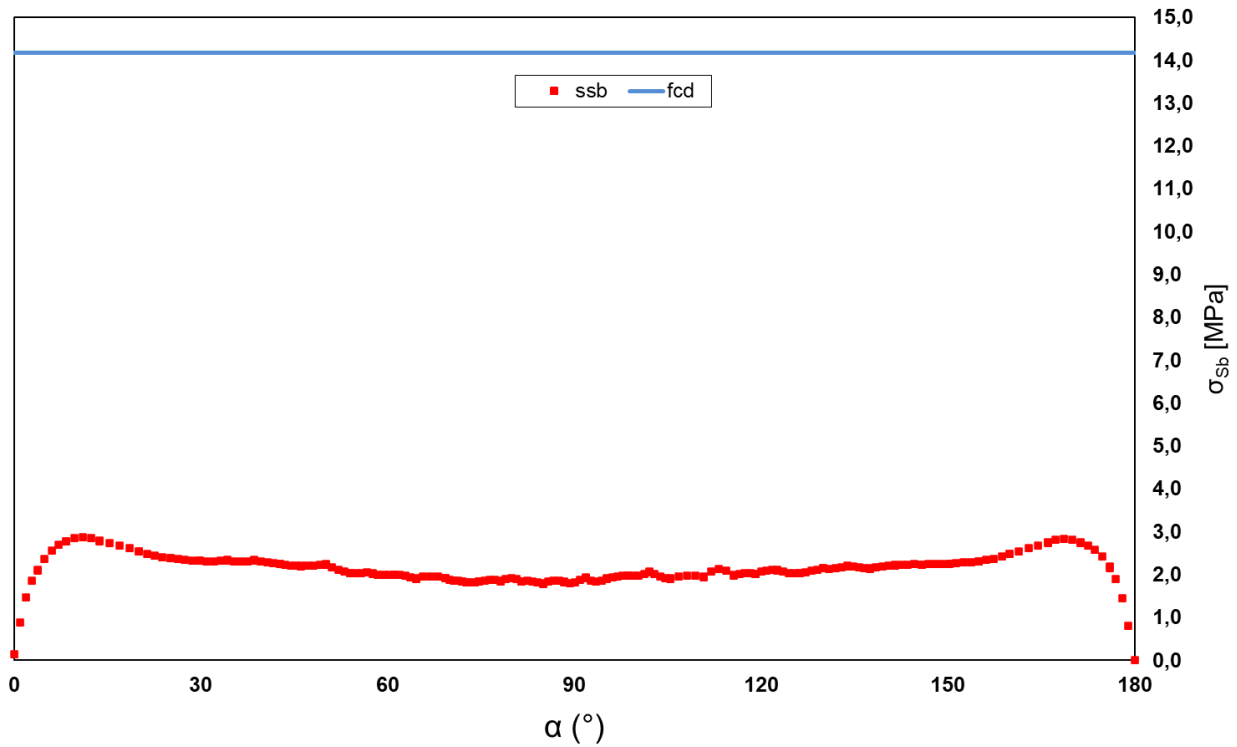


Figura 9-129 – Verifica SLU per lo spritz-beton – Sezione Tipo A0bis-DX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 179 di 355

9.7.2.2. Verifica del rivestimento definitivo

La verifica del rivestimento definitivo è stata condotta con riferimento alla fase di lungo termine, i cui output in termini di sollecitazioni sono già stati riportati in precedenza. Come già specificato in §9.3.1 della presente relazione, le sollecitazioni in output da Plaxis sono state amplificate per 1.3 per eseguire verifiche allo SLU, mentre non sono state amplificate per eseguire le verifiche allo SLE.

Nella tabella seguente si riportano gli spessori del CLS ed i ferri di armatura considerati nelle verifiche per la calotta e l'arco rovescio:

Elemento	Classe CLS	Spessore	Armatura intradosso	Armatura estradosso	Armatura taglio
Calotta	25/30	0.5 m	-	-	-
Murette	25/30	0.6 m (*)	-	-	-
Arco rovescio	25/30	0.6 m	-	-	-

(*) Lo spessore riportato è il minimo. In fase di verifica è stata considerata la reale variabilità di spessore dell'elemento strutturale.

Di seguito si riportano, sottoforma di diagrammi cartesiani, le verifiche previste per rivestimenti non armati secondo NTC2008 relative alla fase 11 (Lungo termine) per entrambe le canne.

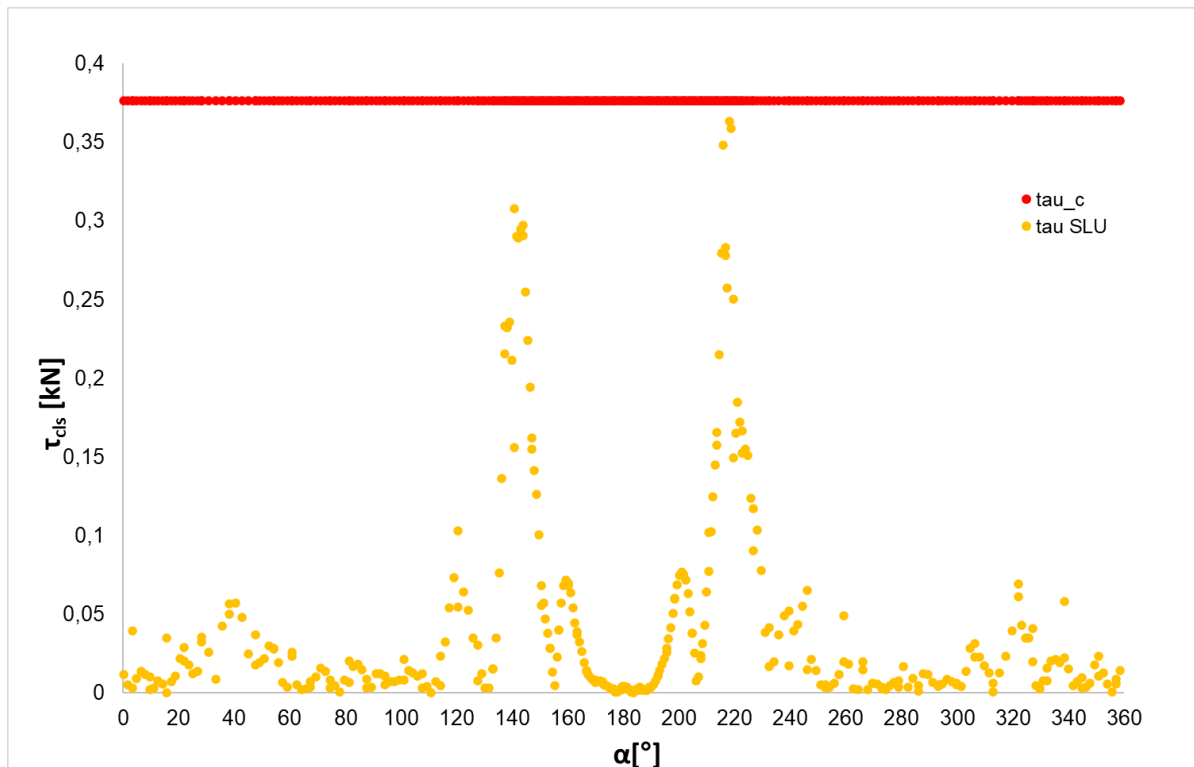


Figura 9-130 – Verifica a taglio ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A0bis-SX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 180 di 355

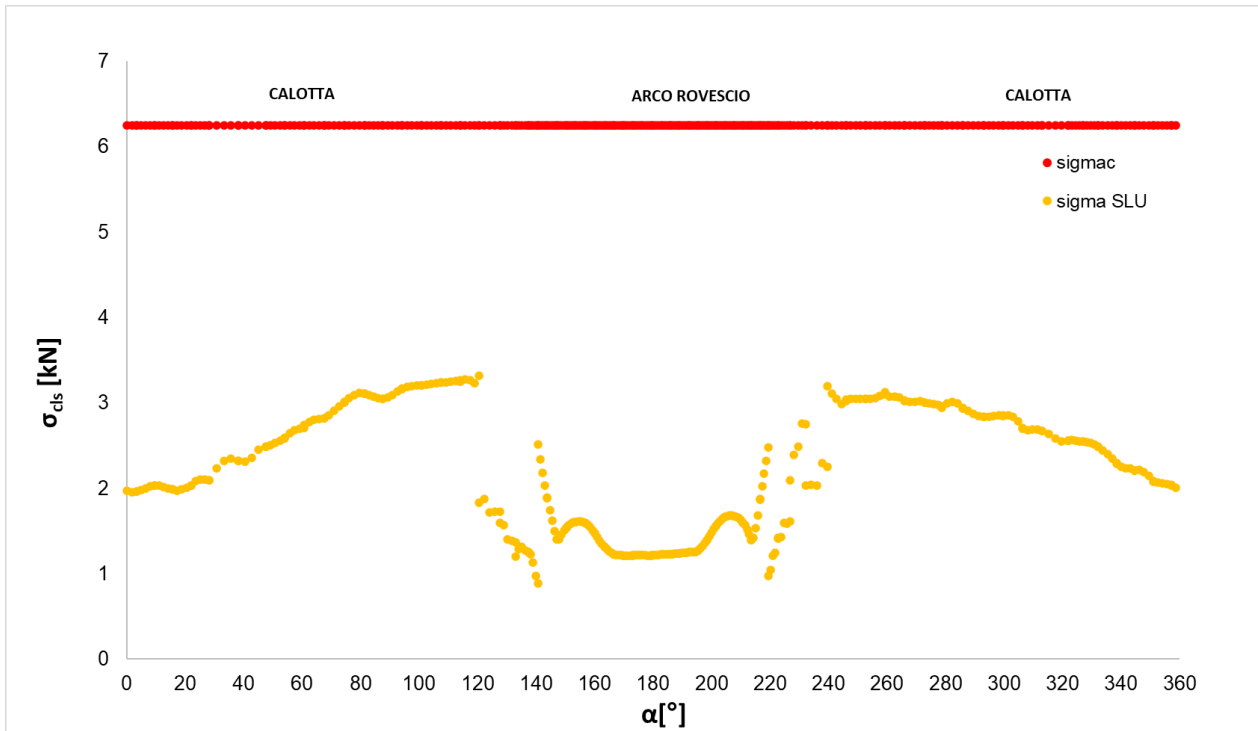


Figura 9-131 – Verifica sforzi normali ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A0bis-SX

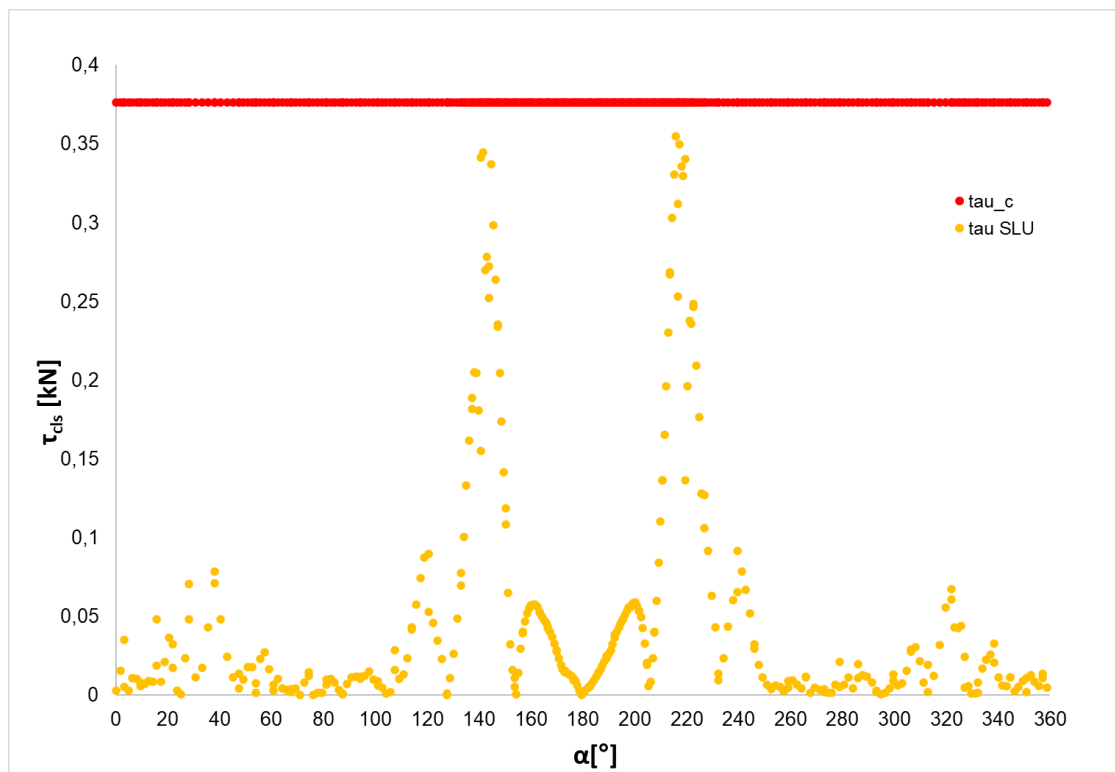


Figura 9-132 – Verifica a taglio ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A0bis-DX

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				
GALLERIE	Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	181 di 355

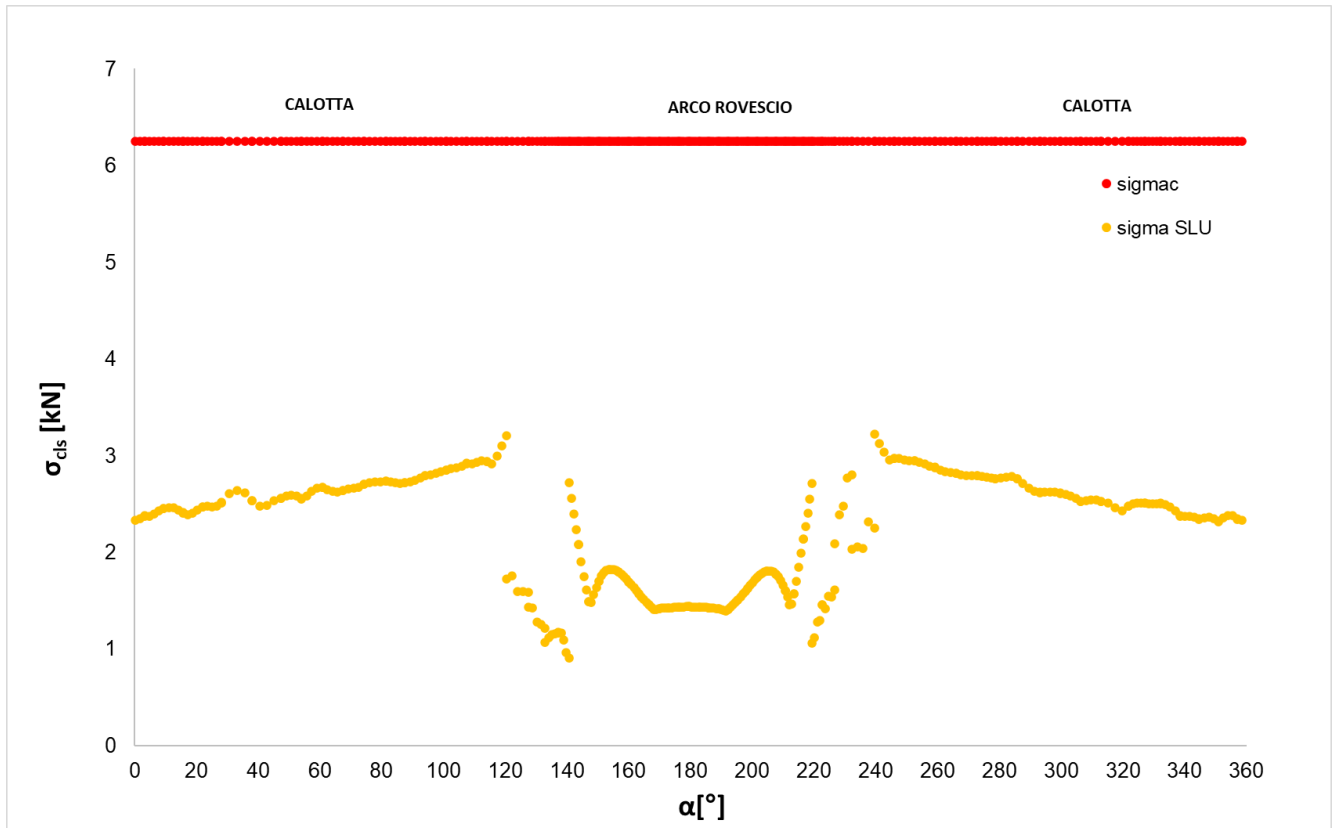


Figura 9-133 – Verifica sforzi normali ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A0bis-DX

9.7.2.3. Verifica dei bulloni radiali

Gli interventi radiali della sezione A0bis sono costituiti da bulloni radiali di tipo Swellex PM16.

I parametri utilizzati nella verifica dei bulloni radiali sono riportati di seguito.

Elemento	D _{perf}	L	i _{long}	α	q _s	F _{tk}	F _{yk}	γ _s	γ _a	ξ _a
(-)	(mm)	(m)	(m)	(-)	(kPa)	(kN)	(kN)	(-)	(-)	(-)
9+10 Swellex PM16	50	4	2.0	1.0	250	160	140	1.15	1.1	1.6

La massima sollecitazione agente sui bulloni è pari a:

$$N_d = N \cdot \gamma_g = 11.6 \cdot 2.0 \cdot 1.3 = 30.1 \text{ kN}$$

dove:

N = massimo sforzo normale ottenuto nelle analisi numeriche

γ_g = fattore di amplificazione delle sollecitazioni pari a 1.3

La **resistenza a sfilamento**, valutata come in §9.4, risulta pari a:

$$R_d = \frac{\alpha \cdot \pi \cdot D_p \cdot L \cdot q_s}{\gamma_a \cdot \xi_a} = \frac{1.0 \cdot \pi \cdot 0.05 \cdot 4 \cdot 250}{1.1 \cdot 1.6} = 89.2 \text{ kN}$$

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 182 di 355

Si ottiene quindi:

$$N_d \leq R_d$$

Con **FS=2.96**

La **resistenza a rottura** viene valutata come:

$$F_{Nd} = \frac{F_{yk}}{\gamma_s} = \frac{140}{1.15} = 122 \text{ kN}$$

Si ottiene quindi:

$$N_d \leq R_d$$

Con **FS=4.05**

Pertanto, la verifica risulta soddisfatta.

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 183 di 355

9.7.3 Sezione A0bis - Scenario 3

9.7.3.1. Verifica del rivestimento provvisorio

Le verifiche strutturali sul rivestimento provvisorio (o di prima fase) sono state eseguite nella fase di calcolo relativa alla maturazione completa del provvisorio di entrambe le canne (fase 9).

Il rivestimento di prima fase della sezione A0bis è caratterizzato dalla presenza di uno strato di spritz-beton di spessore pari a 0.2 m.

Si riporta di seguito, al crescere della coordinata angolare che identifica le diverse porzioni del rivestimento, il confronto tra azione e resistenza in termini tensionali per lo spritz-beton.

Le figure sottostanti mostrano che tutte le sollecitazioni risultano inferiori alla resistenza offerta dallo spritz-beton; pertanto, la verifica è soddisfatta in ogni punto del rivestimento provvisorio.

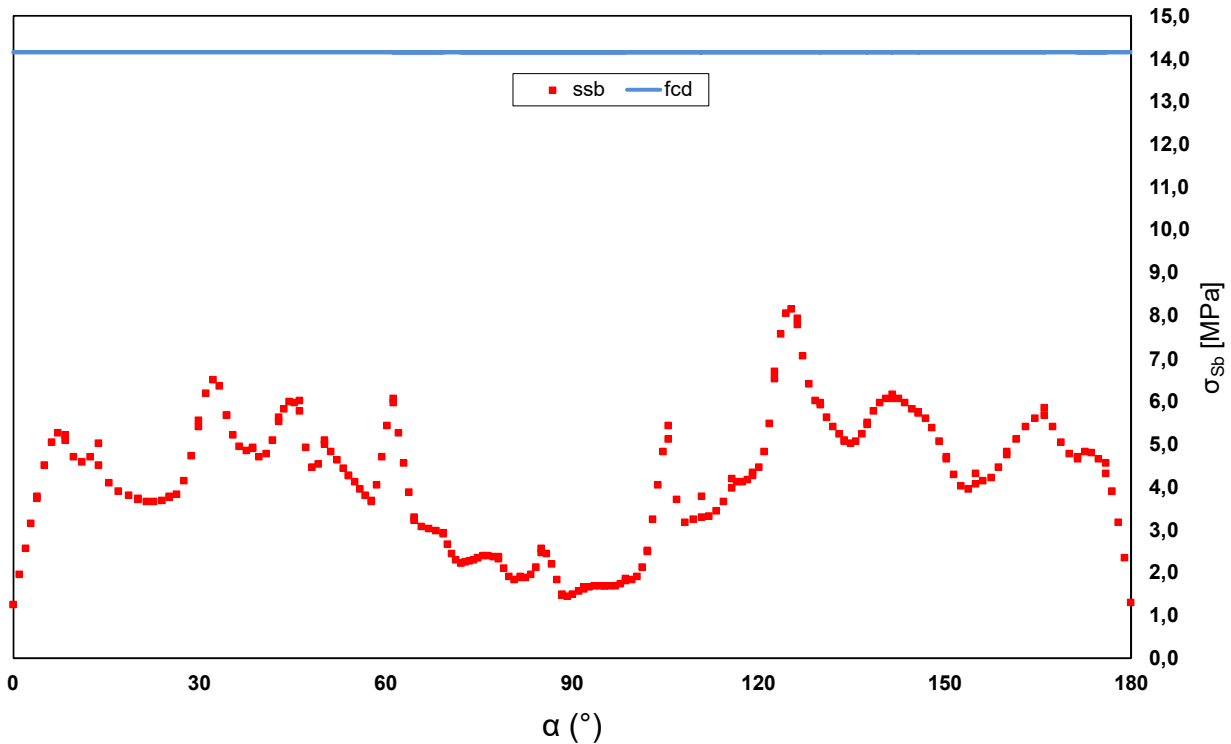


Figura 9-134– Verifica SLU per lo spritz-beton – Sezione Tipo A0bis-SX

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												
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	<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>1AEZZ</td> <td>RH</td> <td>GN0000001</td> <td>C</td> <td>184 di 355</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	184 di 355	
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.									
IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	184 di 355									

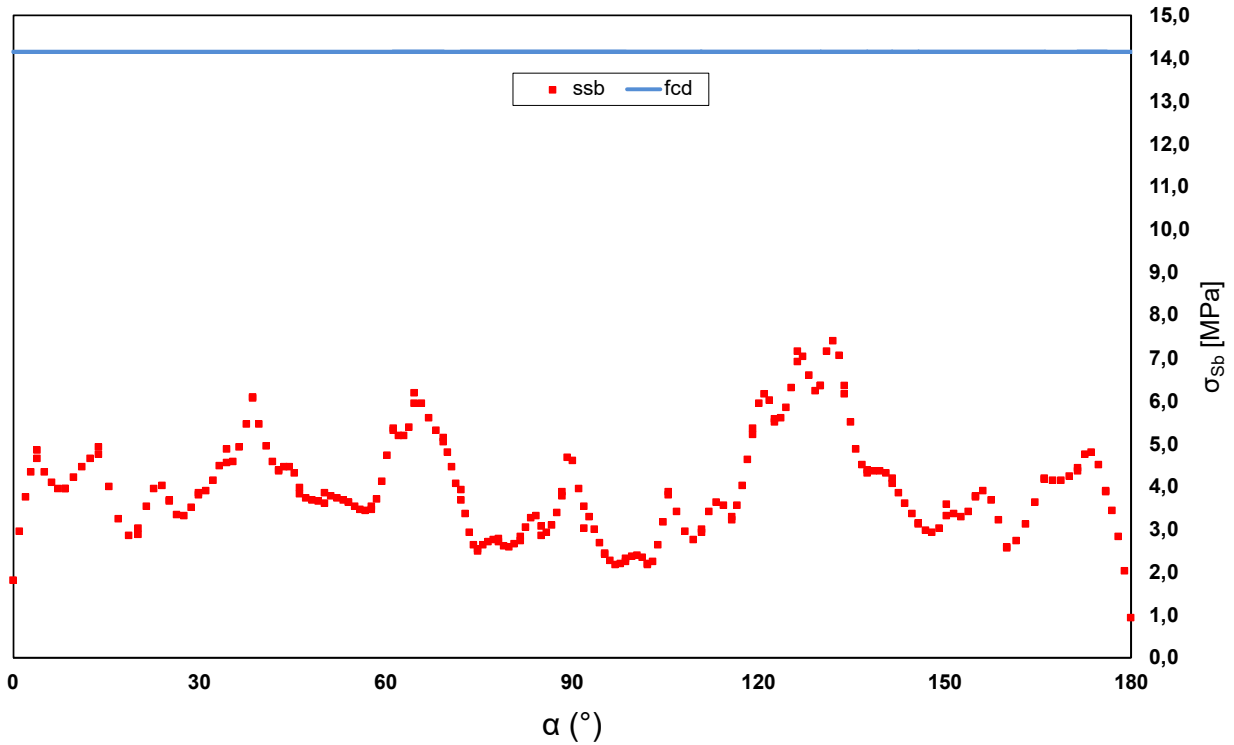


Figura 9-135 – Verifica SLU per lo spritz-beton – Sezione Tipo A0bis-DX

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 GEMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	185 di 355

9.7.3.2. Verifica del rivestimento definitivo

La verifica del rivestimento definitivo è stata condotta con riferimento alla fase di lungo termine, i cui output in termini di sollecitazioni sono già stati riportati in precedenza. Come già specificato in §9.3.1 della presente relazione, le sollecitazioni in output da Plaxis sono state amplificate per 1.3 per eseguire verifiche allo SLU, mentre non sono state amplificate per eseguire le verifiche allo SLE.

Nella tabella seguente si riportano gli spessori del CLS ed i ferri di armatura considerati nelle verifiche per la calotta e l'arco rovescio:

Elemento	Classe CLS	Spessore	Armatura intradosso	Armatura estradosso	Armatura taglio
Calotta	25/30	0.5 m	-	-	-
Murette	25/30	0.6 m (*)	-	-	-
Arco rovescio	25/30	0.6 m	-	-	-

(*) Lo spessore riportato è il minimo. In fase di verifica è stata considerata la reale variabilità di spessore dell'elemento strutturale.

Di seguito si riportano, sottoforma di diagrammi cartesiani, le verifiche previste per rivestimenti non armati secondo NTC2008 relative alla fase 11 (Lungo termine) per entrambe le canne.

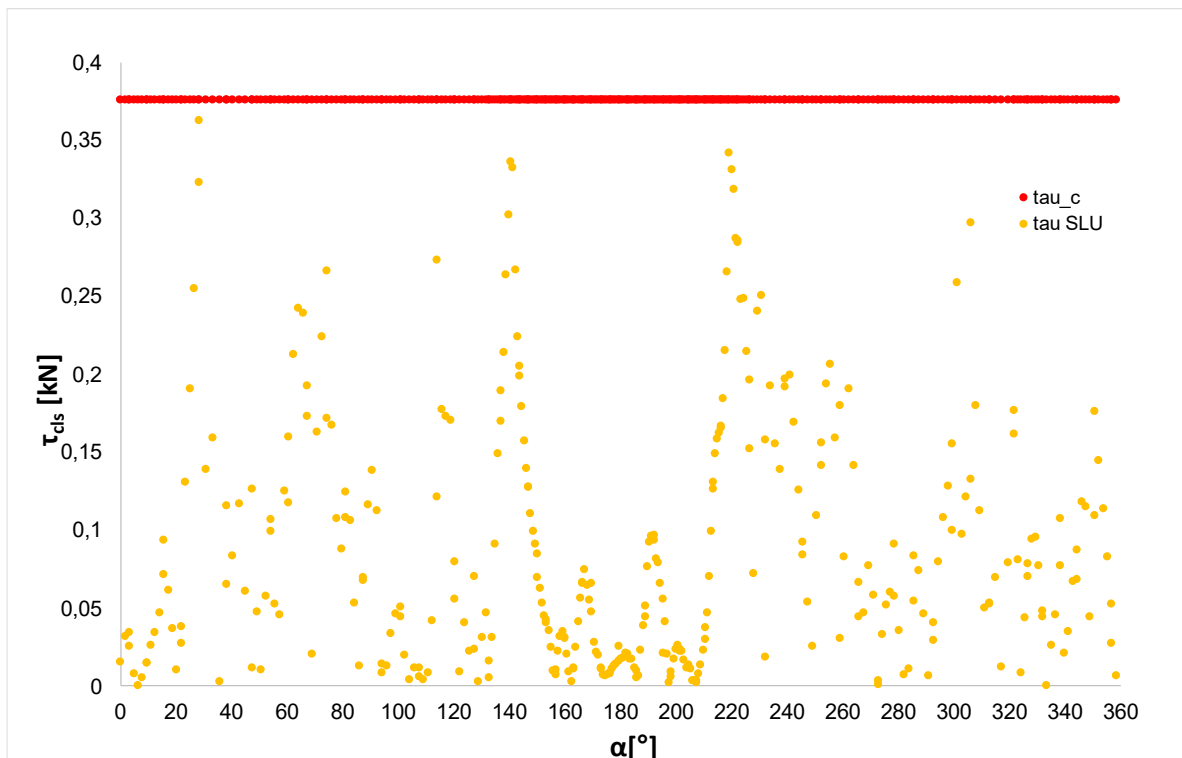


Figura 9-136 – Verifica a taglio ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A0bis-SX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 186 di 355

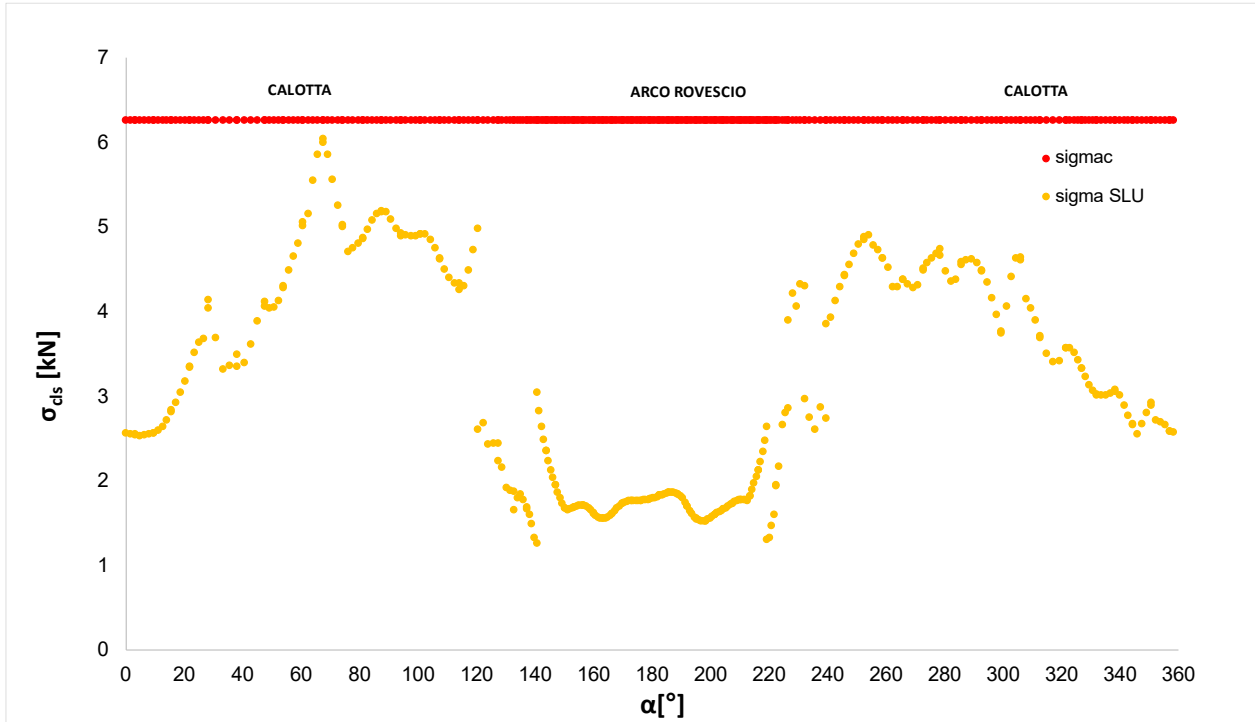


Figura 9-137 – Verifica sforzi normali ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A0bis-SX

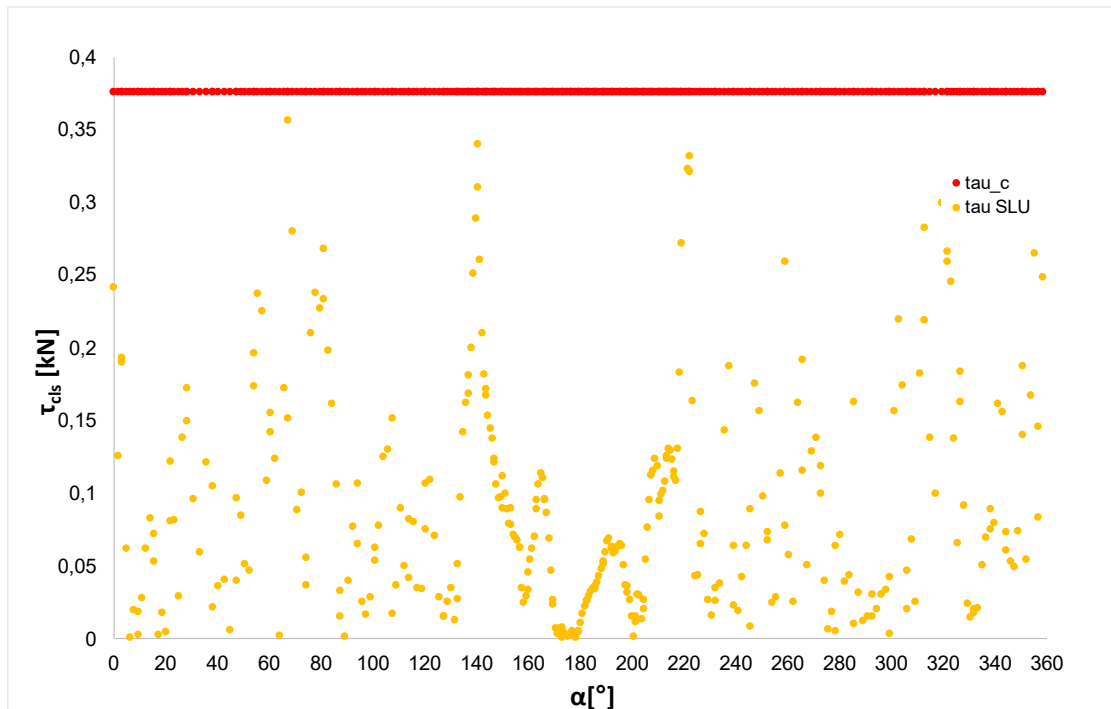


Figura 9-138 – Verifica a taglio ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A0bis-DX

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		
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	187 di 355

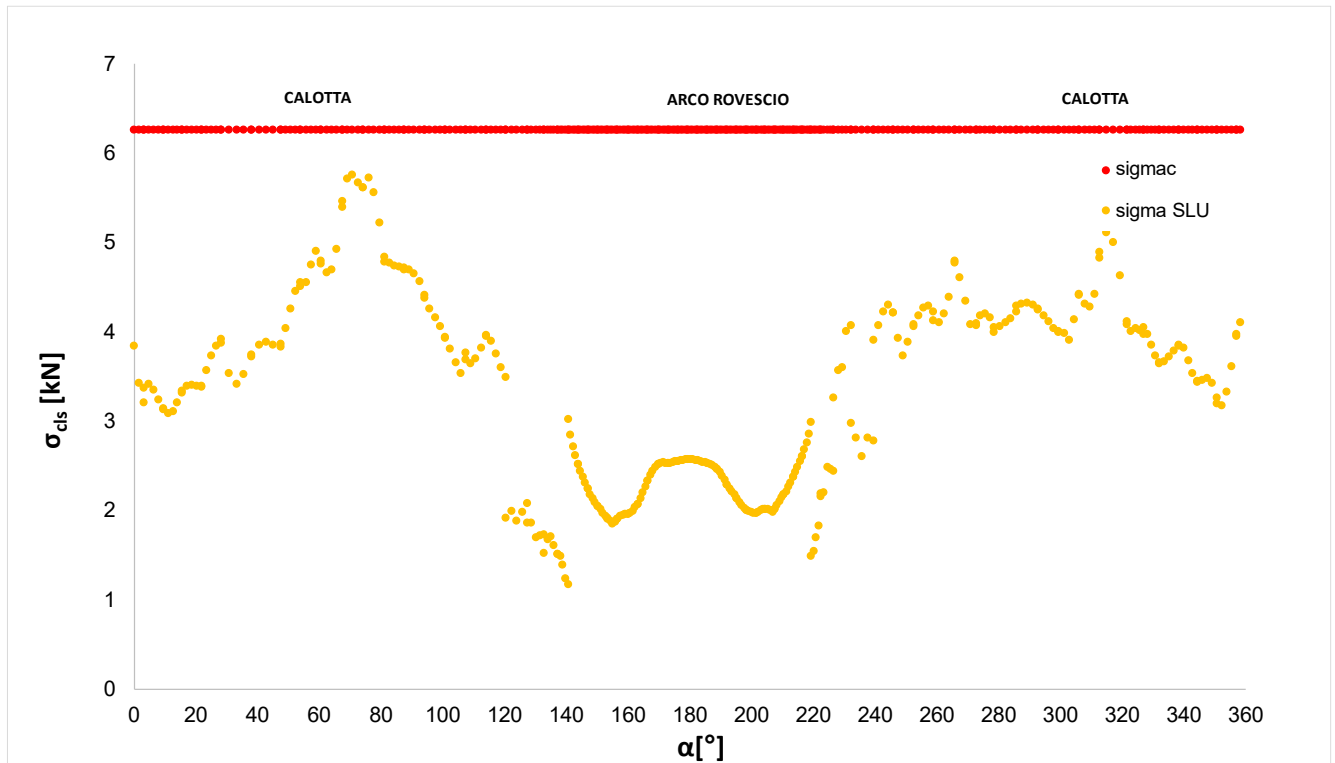


Figura 9-139 – Verifica sforzi normali ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A0bis-DX

9.7.3.3. Verifica dei bulloni radiali

Gli interventi radiali della sezione A0bis sono costituiti da bulloni radiali di tipo Swellex PM16.

I parametri utilizzati nella verifica dei bulloni radiali sono riportati di seguito.

Elemento	D _{perf}	L	i _{long}	α	q _s	F _{tk}	F _{yk}	γ _s	γ _a	ξ _a
(-)	(mm)	(m)	(m)	(-)	(kPa)	(kN)	(kN)	(-)	(-)	(-)
9+10 Swellex PM16	50	4	2.0	1.0	250	160	140	1.15	1.1	1.6

La massima sollecitazione agente sui bulloni è pari a:

$$N_d = N \cdot \gamma_g = 24.99 \cdot 2.0 \cdot 1.3 = 64.9 \text{ kN}$$

dove:

N = massimo sforzo normale ottenuto nelle analisi numeriche

γ_g = fattore di amplificazione delle sollecitazioni pari a 1.3

La **resistenza a sfilamento**, valutata come in §9.4, risulta pari a:

$$R_d = \frac{\alpha \cdot \pi \cdot D_p \cdot L \cdot q_s}{\gamma_a \cdot \xi_a} = \frac{1.0 \cdot \pi \cdot 0.05 \cdot 4 \cdot 250}{1.1 \cdot 1.6} = 89.2 \text{ kN}$$

Si ottiene quindi:

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 188 di 355

$$N_d \leq R_d$$

Con **FS=1.37**

La **resistenza a rottura** viene valutata come:

$$F_{Nd} = \frac{F_{yk}}{\gamma_s} = \frac{140}{1.15} = 122 \text{ kN}$$

Si ottiene quindi:

$$N_d \leq R_d$$

Con **FS=1.88**

Pertanto, la verifica risulta soddisfatta.

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 189 di 355

9.7.4 Sezione A0L

9.7.4.1. Verifica del rivestimento provvisorio

Le verifiche strutturali sul rivestimento provvisorio (o di prima fase) sono state eseguite nella fase di calcolo relativa alla completa maturazione dello spritz-beton (fase 9).

Il rivestimento di prima fase della sezione A0L è caratterizzato dalla presenza di uno strato di spritz-beton di spessore pari a 0.15 m.

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche a Stato Limite Ultimo (SLU).

9.7.4.2. Verifica a Stato Limite Ultimo dello spritz-beton

La figura sottostante mostra che tutte le sollecitazioni risultano inferiori alla resistenza offerta dallo spritz-beton; pertanto, la verifica è soddisfatta in ogni punto del rivestimento provvisorio.

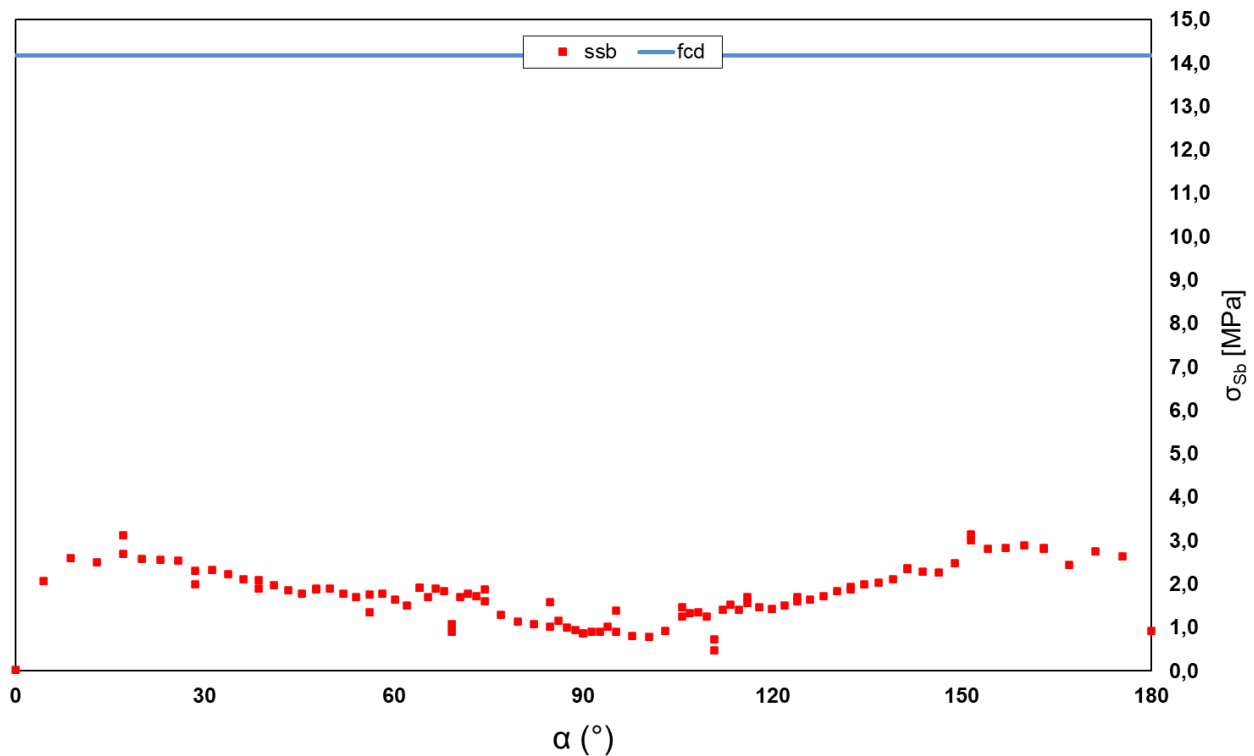


Figura 9-140 - Verifica SLU per lo spritz-beton – Sezione Tipo A0L – SX-Fase 9

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		
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMessa LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO. IBOU 1AEZZ RH GN0000001 C 190 di 355	

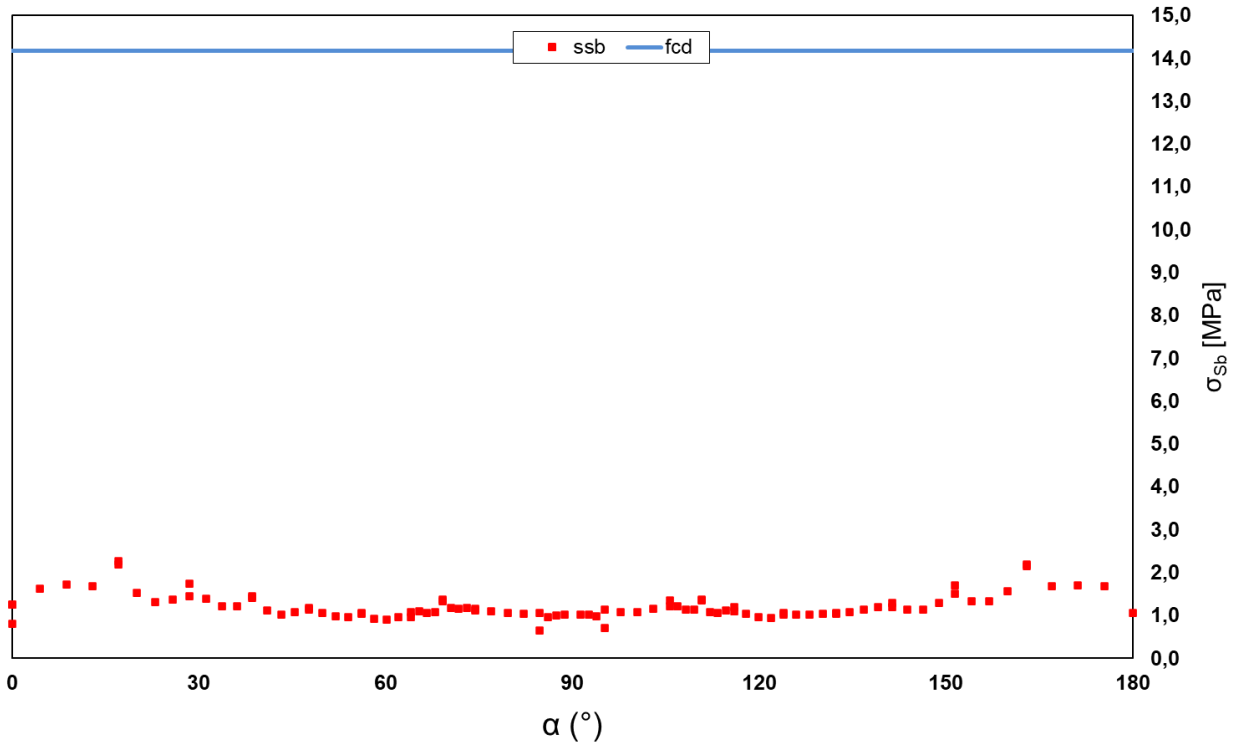


Figura 9-141 - Verifica SLU per lo spritz-beton – Sezione Tipo AOL – DX-Fase 9

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	191 di 355

9.7.4.3. Verifica del rivestimento definitivo

La verifica del rivestimento definitivo è stata condotta con riferimento alla fase di lungo termine, i cui output in termini di sollecitazioni sono già stati riportati in precedenza. Come già specificato in §9.3.1 della presente relazione, le sollecitazioni in output da Plaxis sono state amplificate per 1.3 per eseguire verifiche allo SLU, mentre non sono state amplificate per eseguire le verifiche allo SLE.

Nella tabella seguente si riportano gli spessori del CLS ed i ferri di armatura considerati nelle verifiche per la calotta e l'arco rovescio:

Elemento	Classe CLS	Spessore	Armatura intradosso	Armatura estradosso	Armatura taglio
Calotta	25/30	0.5 m	-	-	-
Murette	25/30	0.5 m	-	-	-
Arco rovescio	25/30	0.4 m	-	-	-

Di seguito si riportano, sottoforma di diagrammi cartesiani, le verifiche previste per rivestimenti non armati secondo NTC2008 relative alla fase 11 (Lungo termine) per entrambe le canne.

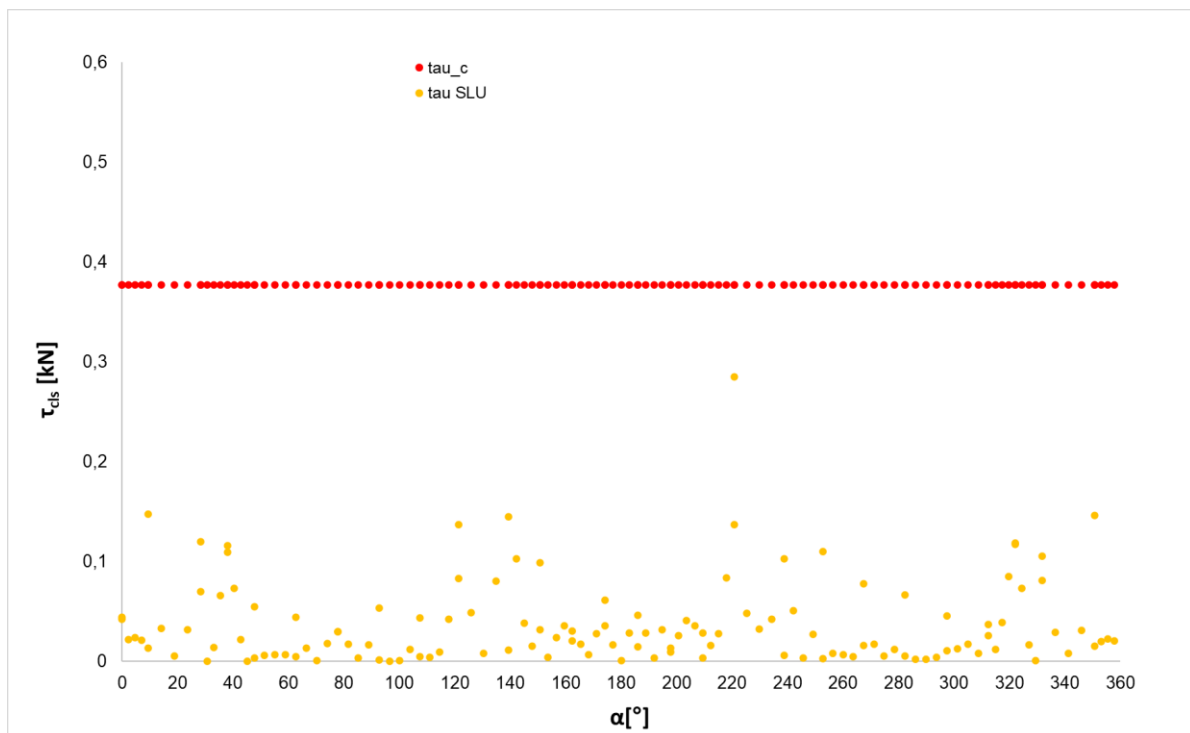


Figura 9-142 - Verifica a taglio ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A0L – SX- Fase 11

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													
GALLERIE		<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>1AEZZ</td> <td>RH</td> <td>GN0000001</td> <td>C</td> <td>192 di 355</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	192 di 355
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.									
IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	192 di 355									
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo														

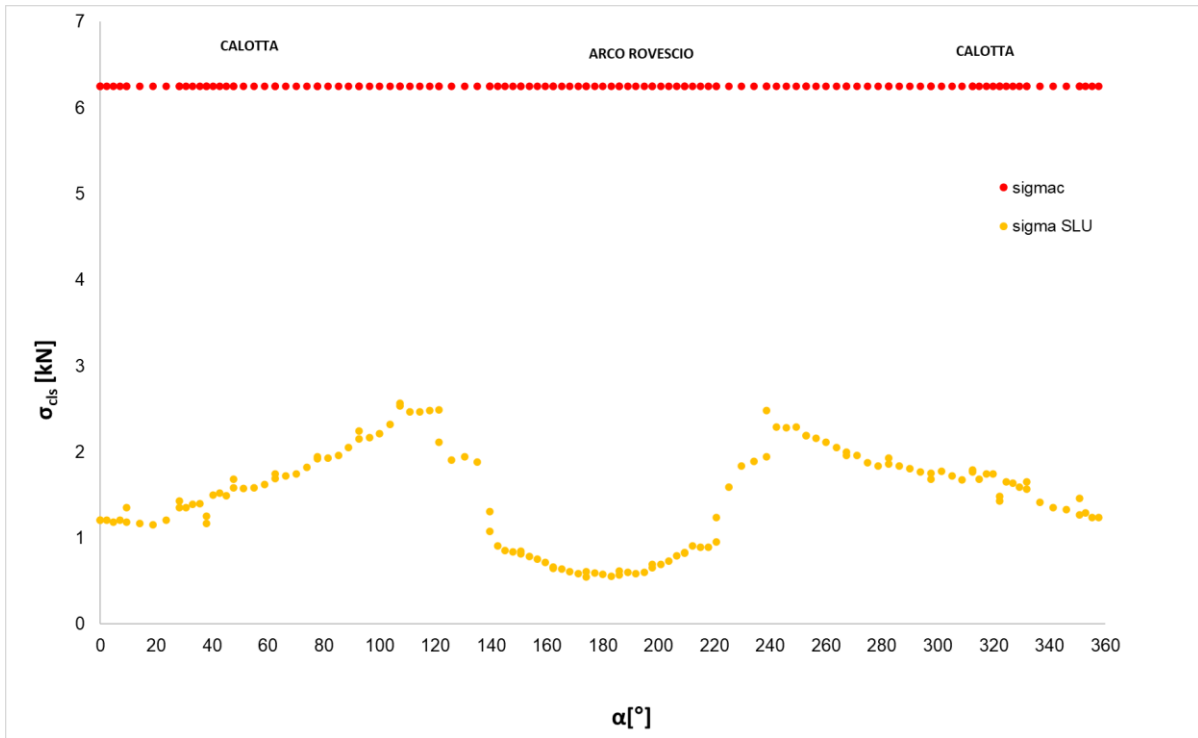


Figura 9-143 - Verifica sforzi normali ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A0L – SX-Fase 11

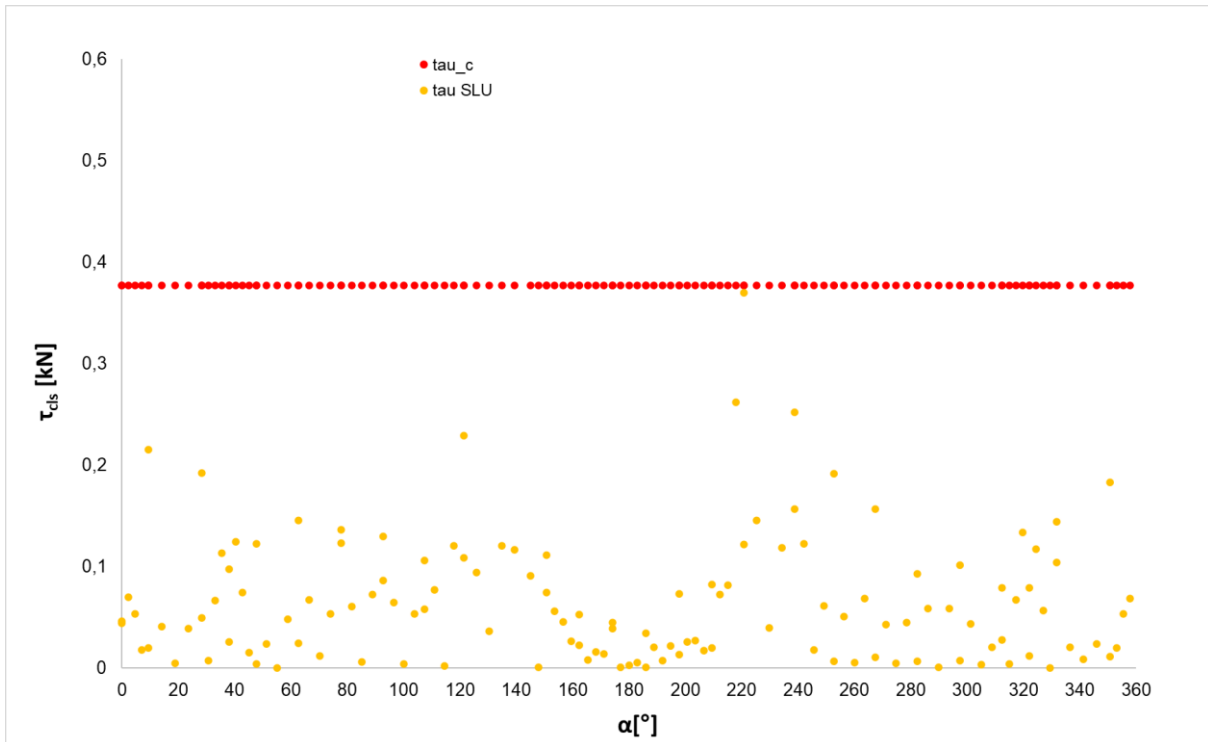


Figura 9-144 - Verifica a taglio ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A0L – Dx-Fase 11

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					
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 193 di 355

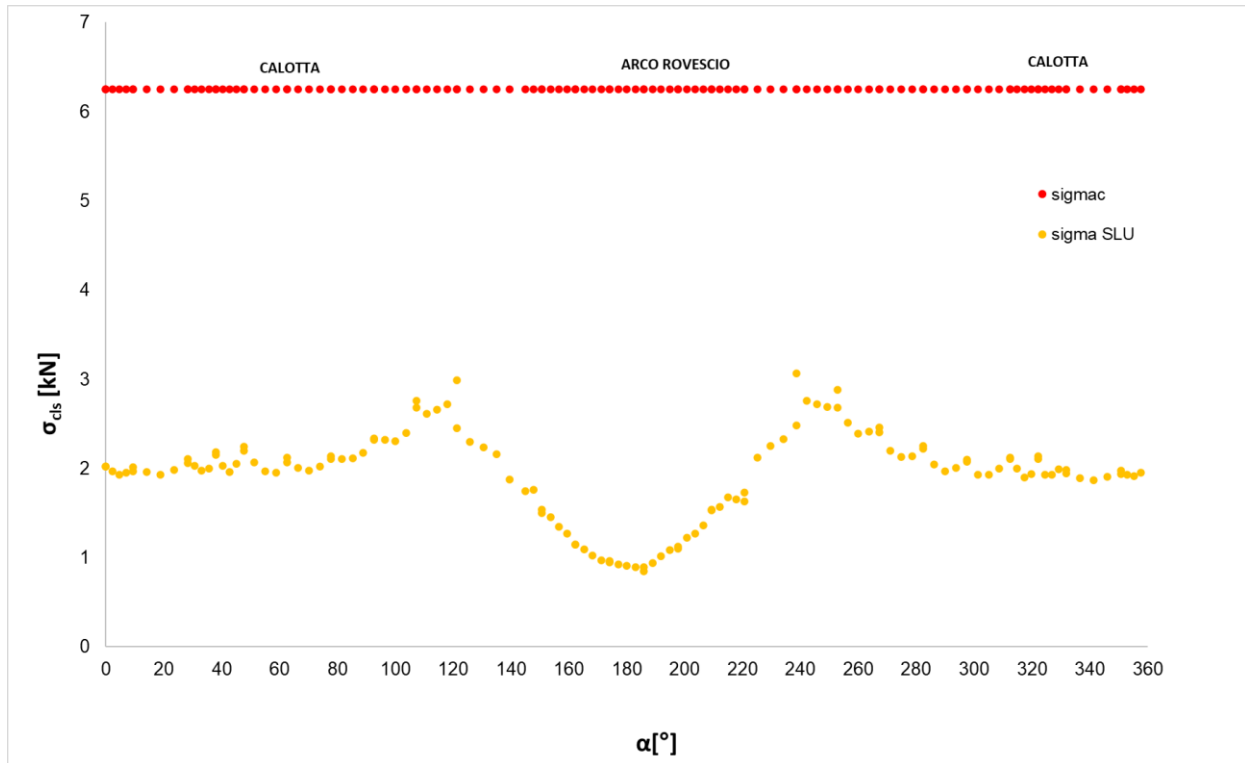


Figura 9-145 - Verifica sforzi normali ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo AOL – DX-Fase 11

9.7.4.4. Verifica dei bulloni radiali

Gli interventi radiali della sezione AOL sono costituiti da bulloni radiali di tipo Swellex PM16.

I parametri utilizzati nella verifica dei bulloni radiali sono riportati di seguito.

Elemento	D _{perf}	L	i _{long}	α	q _s	F _{tk}	F _{yk}	γ _s	γ _a	ξ _a
(-)	(mm)	(m)	(m)	(-)	(kPa)	(kN)	(kN)	(-)	(-)	(-)
5+6 Swellex PM16	50	3	2.0	1.0	250	160	140	1.15	1.1	1.6

La massima sollecitazione agente sui bulloni è pari a:

$$N_d = N \cdot \gamma_g = 7.4 \cdot 2.0 \cdot 1.3 = 19.2 \text{ kN}$$

dove:

N = massimo sforzo normale ottenuto nelle analisi numeriche

γ_g = fattore di amplificazione delle sollecitazioni pari a 1.3

La **resistenza a sfilamento**, valutata come in §9.4, risulta pari a:

$$R_d = \frac{\alpha \cdot \pi \cdot D_p \cdot L \cdot q_s}{\gamma_a \cdot \xi_a} = \frac{1.0 \cdot \pi \cdot 0.05 \cdot 3 \cdot 250}{1.1 \cdot 1.6} = 66.9 \text{ kN}$$

Si ottiene quindi:

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				
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 194 di 355	

$$N_d \leq R_d$$

Con **FS=3.48**

La **resistenza a rottura** viene valutata come:

$$F_{Nd} = \frac{F_{yk}}{\gamma_s} = \frac{140}{1.15} = 122 \text{ kN}$$

Si ottiene quindi:

$$N_d \leq R_d$$

Con **FS=6.35**

Pertanto, la verifica risulta soddisfatta.

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 195 di 355

9.7.5 Sezione A1

9.7.5.1. Verifica del rivestimento provvisorio

Le verifiche strutturali sul rivestimento provvisorio (o di prima fase) sono state eseguite nella fase di calcolo relativa alla maturazione completa del provvisorio di entrambe le canne (fase 9).

Il rivestimento di prima fase della sezione A1 è caratterizzato dalla presenza di uno strato di spritz-beton di spessore pari a 0.25 m e 2 centine IPN180 accoppiate con passo 1.4m.

Si riporta di seguito, al crescere della coordinata angolare che identifica le diverse porzioni del rivestimento, il confronto tra azione e resistenza in termini tensionali per lo spritz-beton e per le centine.

Le figure sottostanti mostrano che tutte le sollecitazioni risultano inferiori alla resistenza offerta dallo spritz-beton e dalle centine; pertanto, la verifica è soddisfatta in ogni punto del rivestimento provvisorio.

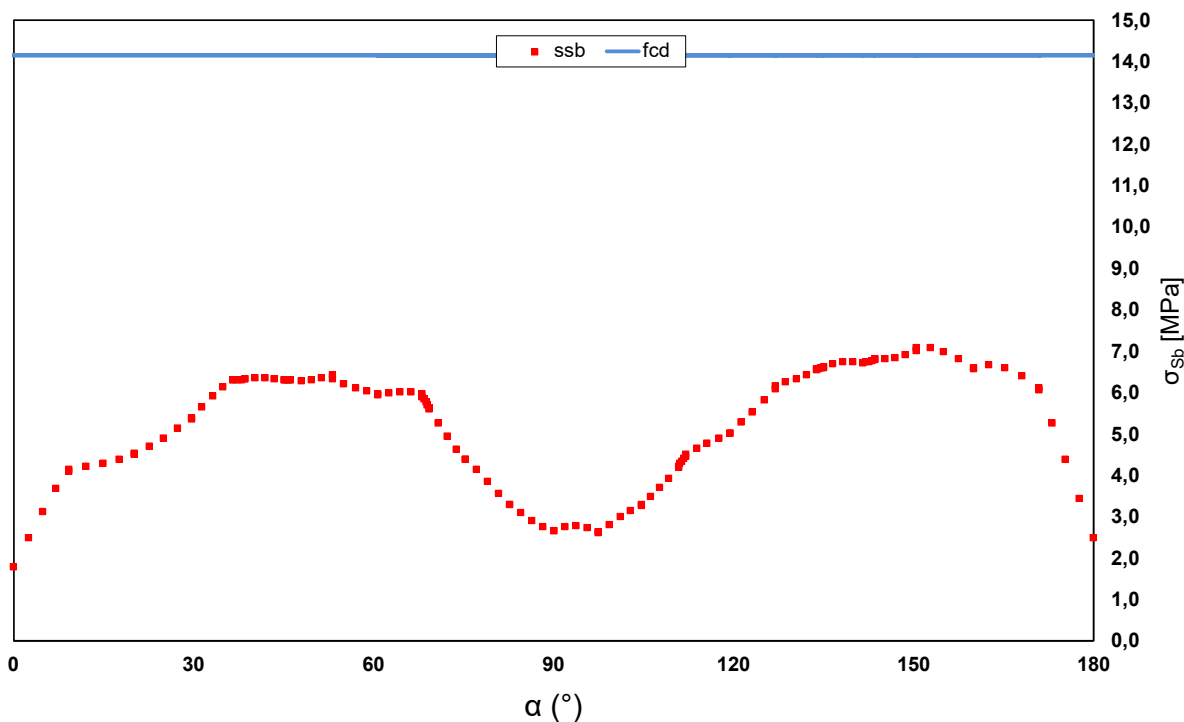


Figura 9-146: Verifica SLU per lo spritz-beton – Sezione Tipo A1-SX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 196 di 355

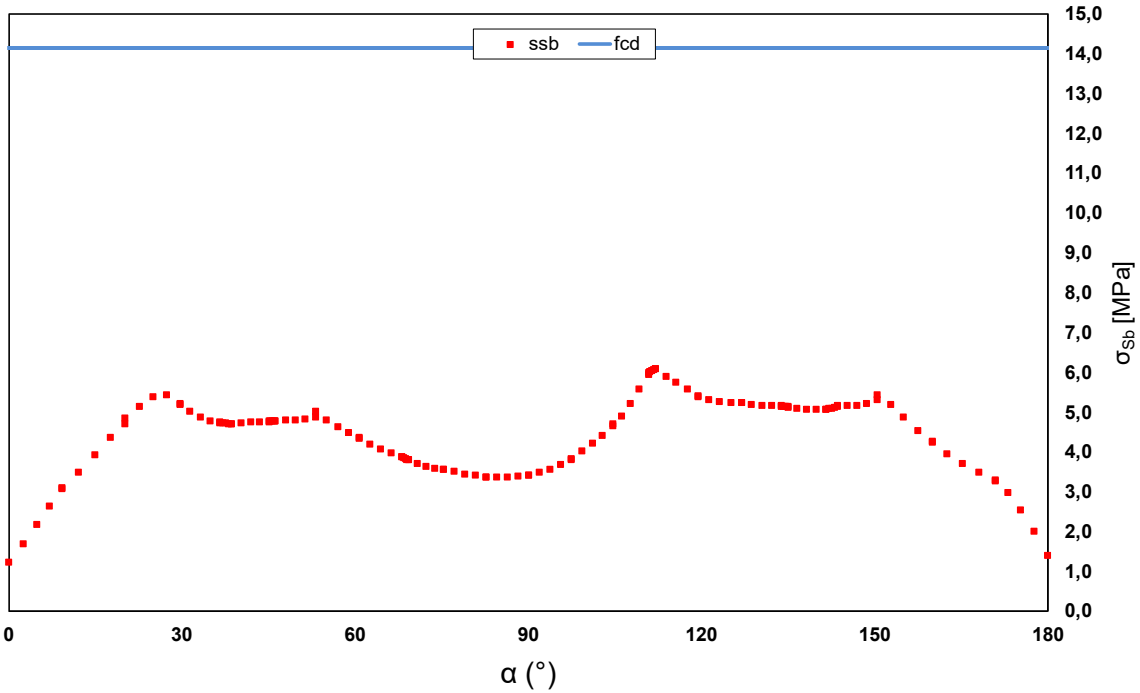


Figura 9-147: Verifica SLU per lo spritz-beton – Sezione Tipo A1-DX

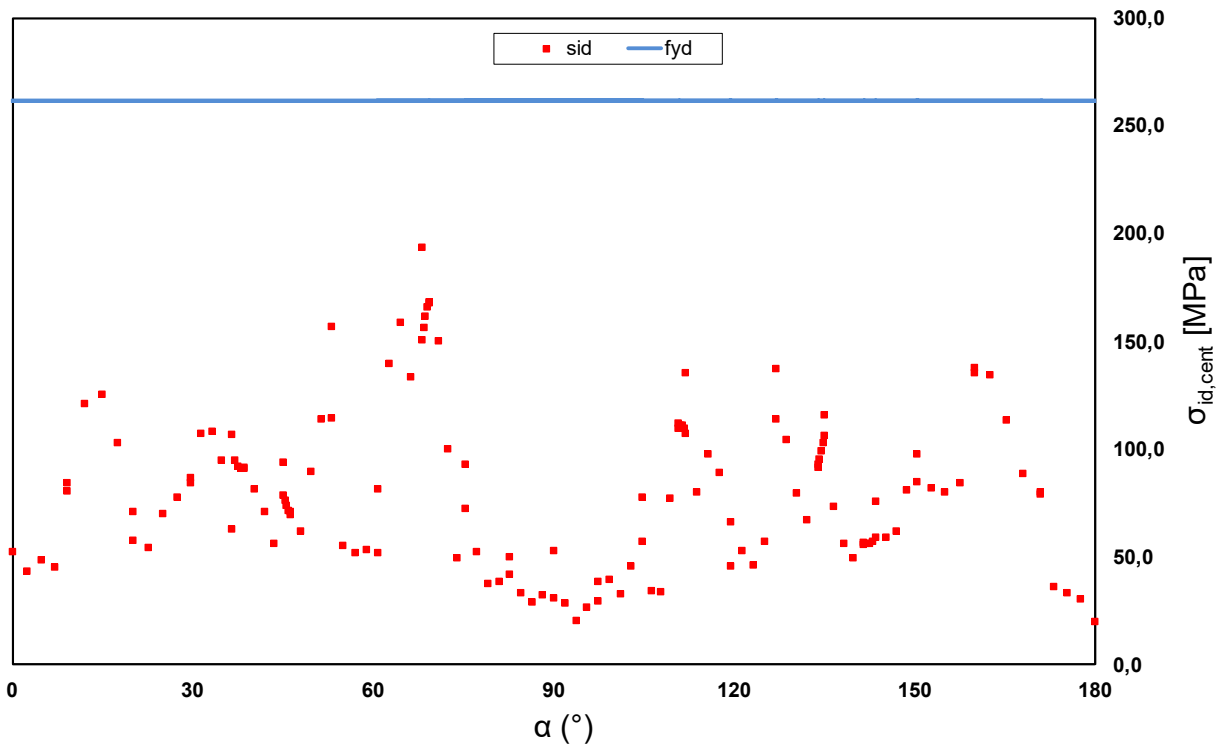


Figura 9-148: Verifica SLU per le centine – Sezione Tipo A1-SX

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					
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 197 di 355

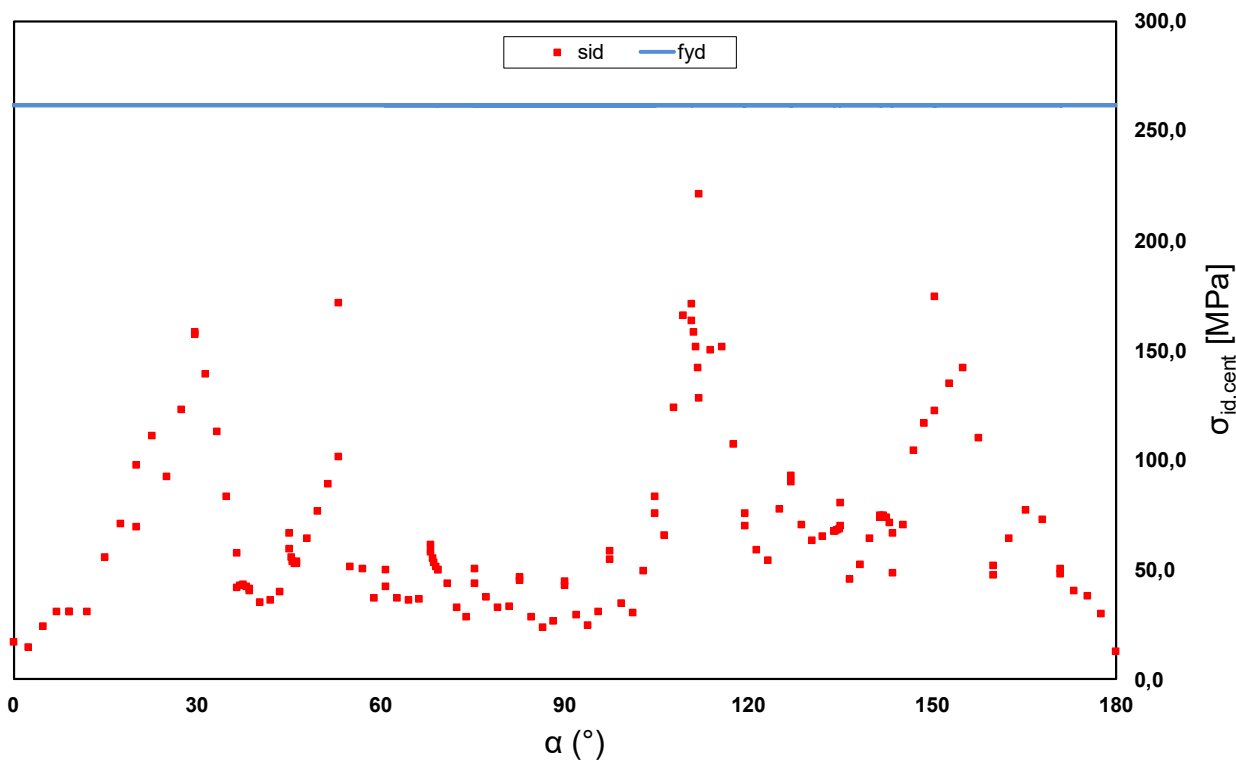


Figura 9-149: Verifica SLU per le centine – Sezione Tipo A1-DX

9.7.5.2. Verifica del rivestimento definitivo

La verifica del rivestimento definitivo è stata condotta con riferimento alla fase di lungo termine, i cui output in termini di sollecitazioni sono già stati riportati in precedenza. Come già specificato in §9.3.1 della presente relazione, le sollecitazioni in output da Plaxis sono state amplificate per 1.3 per eseguire verifiche allo SLU, mentre non sono state amplificate per eseguire le verifiche allo SLE.

Nella tabella seguente si riportano gli spessori del CLS ed i ferri di armatura considerati nelle verifiche per la calotta e l'arco rovescio:

Elemento	Classe CLS	Spessore	Armatura intradosso	Armatura estradosso	Armatura taglio
Calotta	25/30	0.6 m	-	-	-
Murette	25/30	0.6 m	$\Phi 14/20$	$\Phi 14/20$	-
Arco rovescio	25/30	0.6 m	$\Phi 14/20$	$\Phi 14/20$	-

Di seguito si riportano, sottoforma di diagrammi cartesiani, le verifiche SLU per il rivestimento definitivo armato, relative alla fase 11 (Lungo termine).

I risultati delle verifiche a taglio vengono riportati in termini di confronto tra azione e resistenza, diagrammati al crescere della coordinata angolare α dei punti del rivestimento.

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 198 di 355

Le verifiche a pressoflessione vengono invece riportate in termini di dominio ultimo, mostrando come ciascuna coppia di punti (M;N) sia interna al dominio.

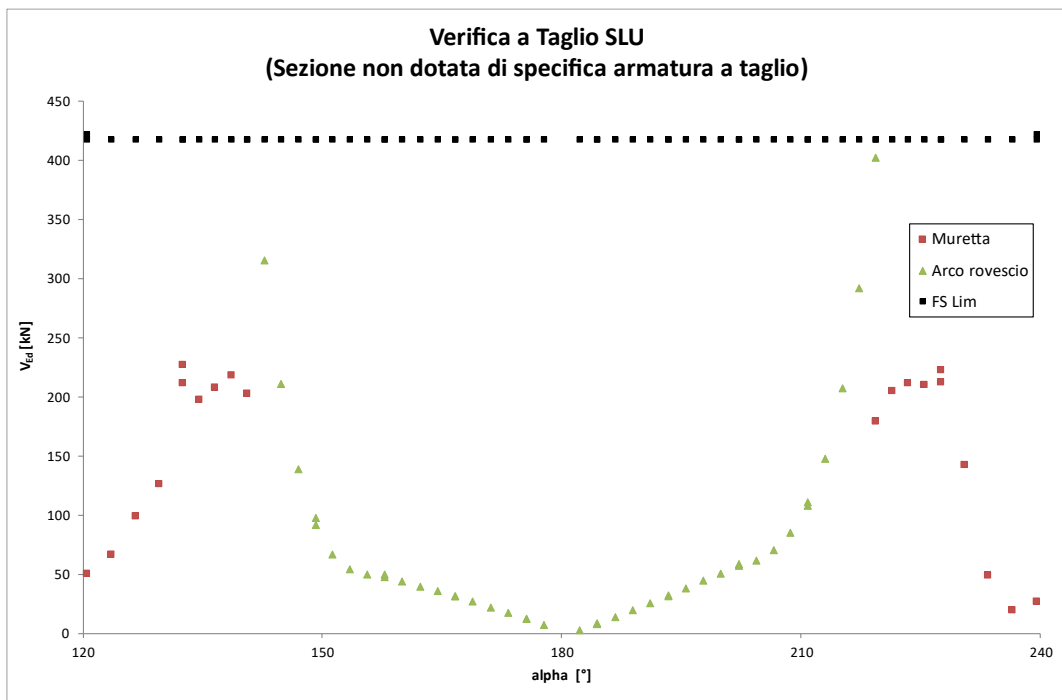


Figura 9-150 – Verifica a taglio rivestimento definitivo SX

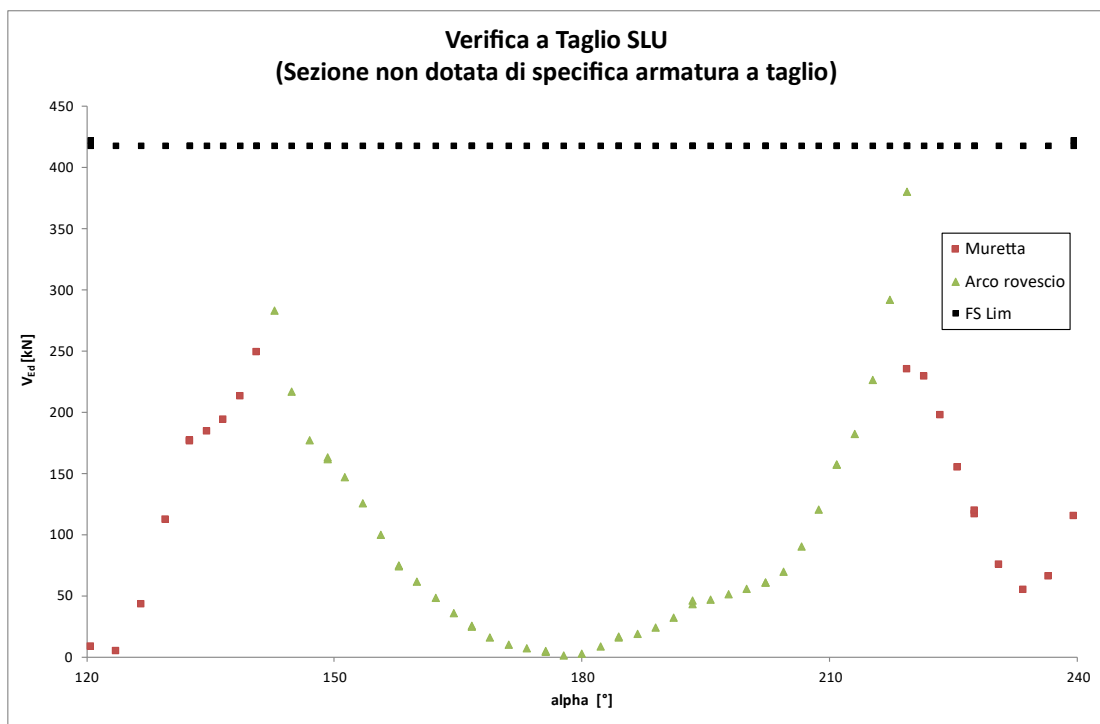


Figura 9-151 – Verifica a taglio rivestimento definitivo DX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 199 di 355

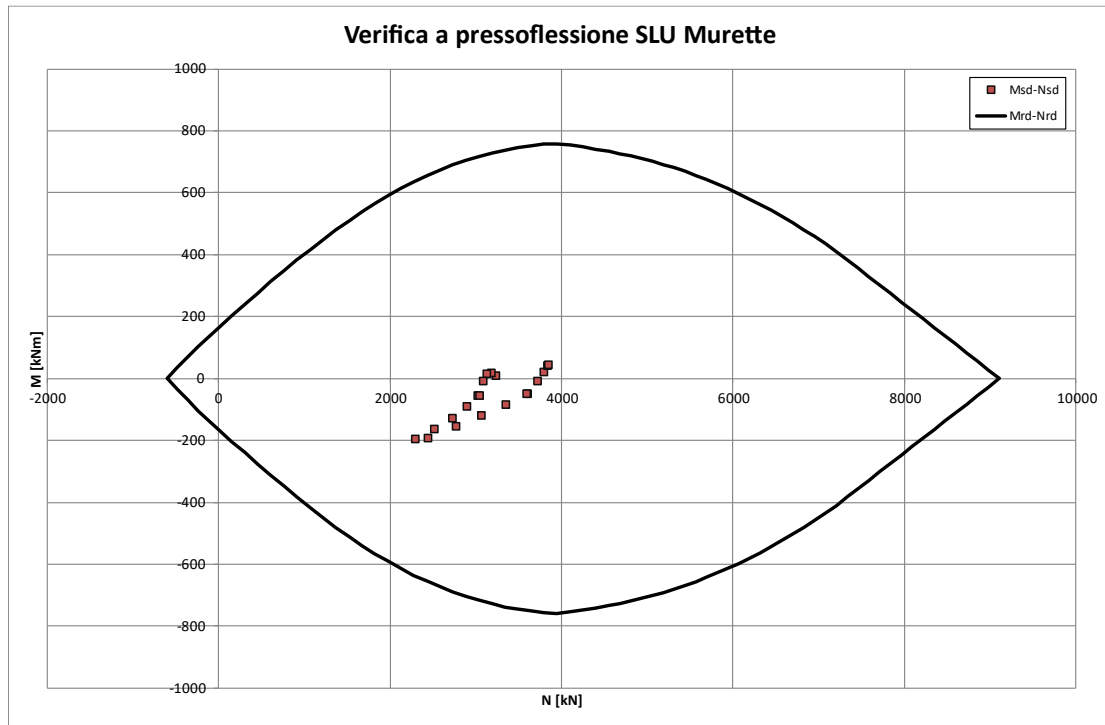


Figura 9-152 – Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo murette– Coppie (M;N)-SX

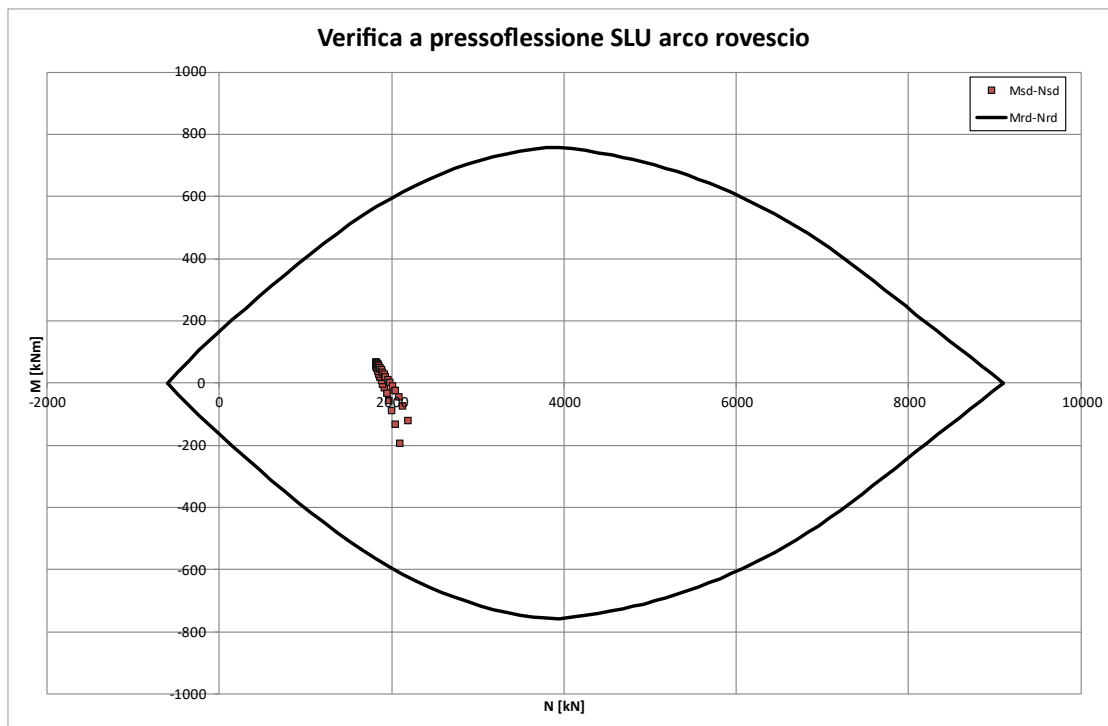


Figura 9-153 – Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo arco rovescio – Coppie (M;N) -SX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 200 di 355

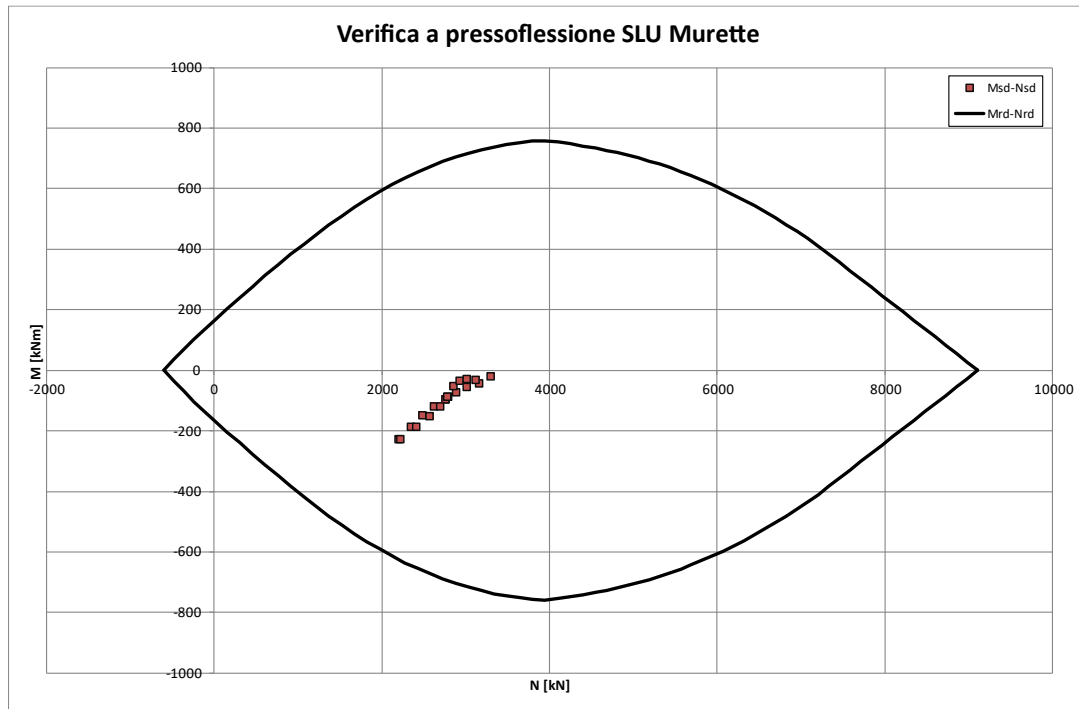


Figura 9-154 – Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo murette– Coppie (M;N)-DX

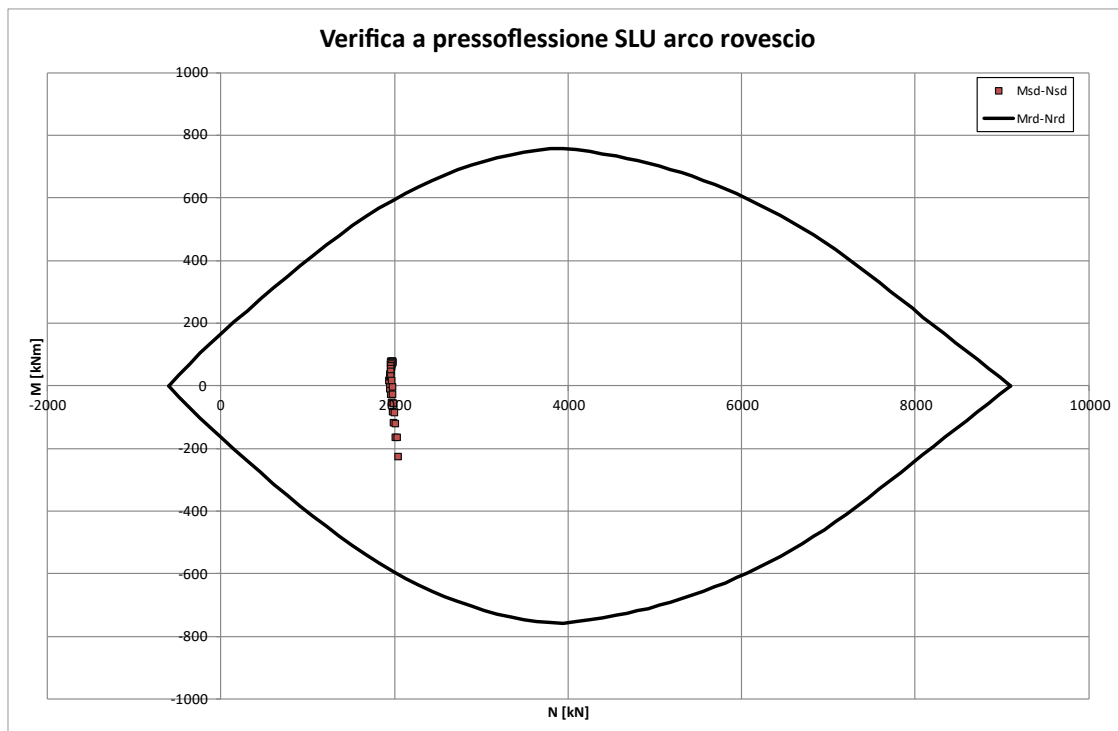


Figura 9-155 – Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo arco rovescio – Coppie (M;N) -DX

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:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	201 di 355

Si riportano inoltre di seguito le verifiche agli SLE eseguite sul rivestimento definitivo, sia tensionali che a fessurazione, in forma cartesiana al variare dell'angolo α .

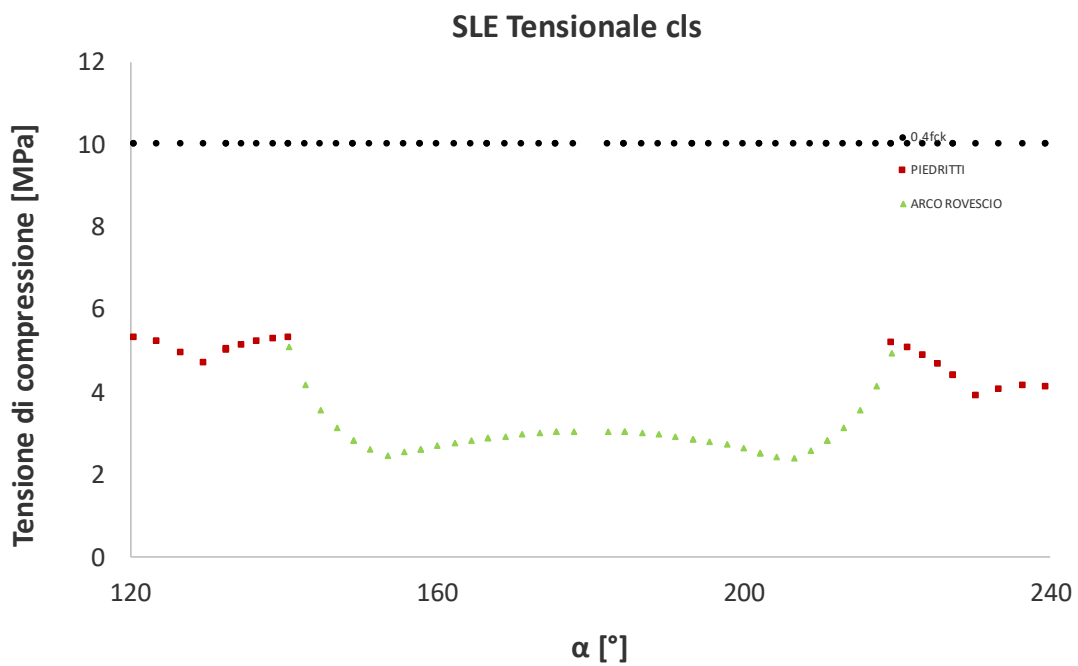


Figura 9-156 – Verifica tensioni calcestruzzo SX

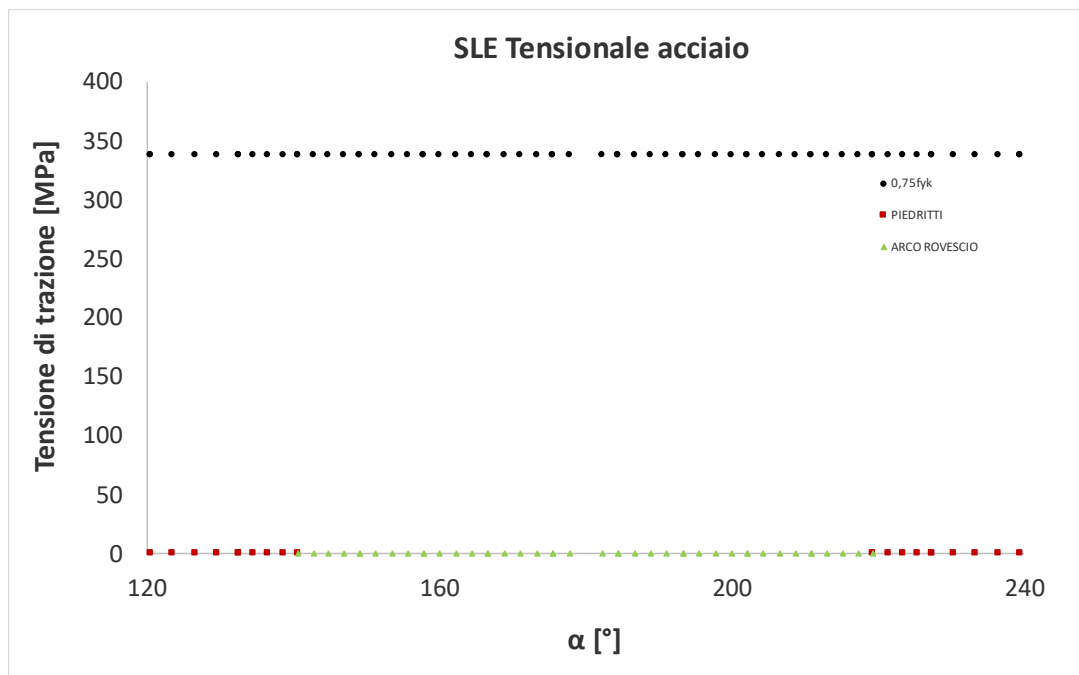


Figura 9-157 – Verifica tensioni acciaio SX

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:		
Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria		
GALLERIE		COMMessa LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO. IBOU 1AEZZ RH GN0000001 C 202 di 355
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo		

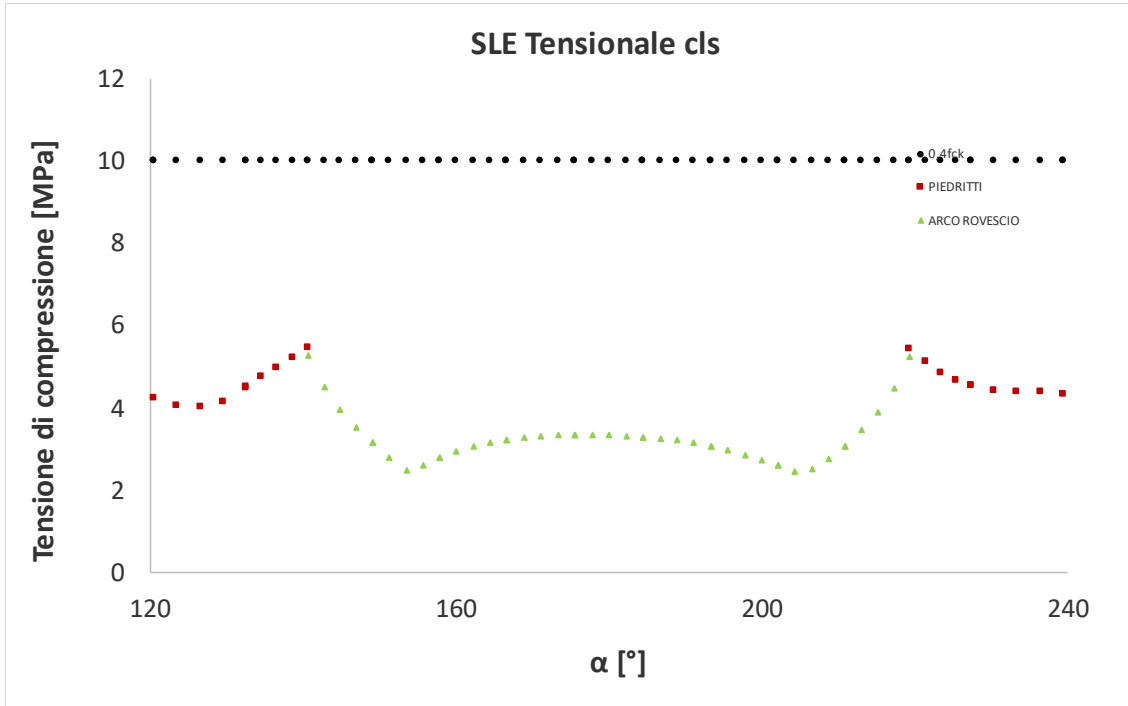


Figura 9-158 – Verifica tensioni calcestruzzo DX

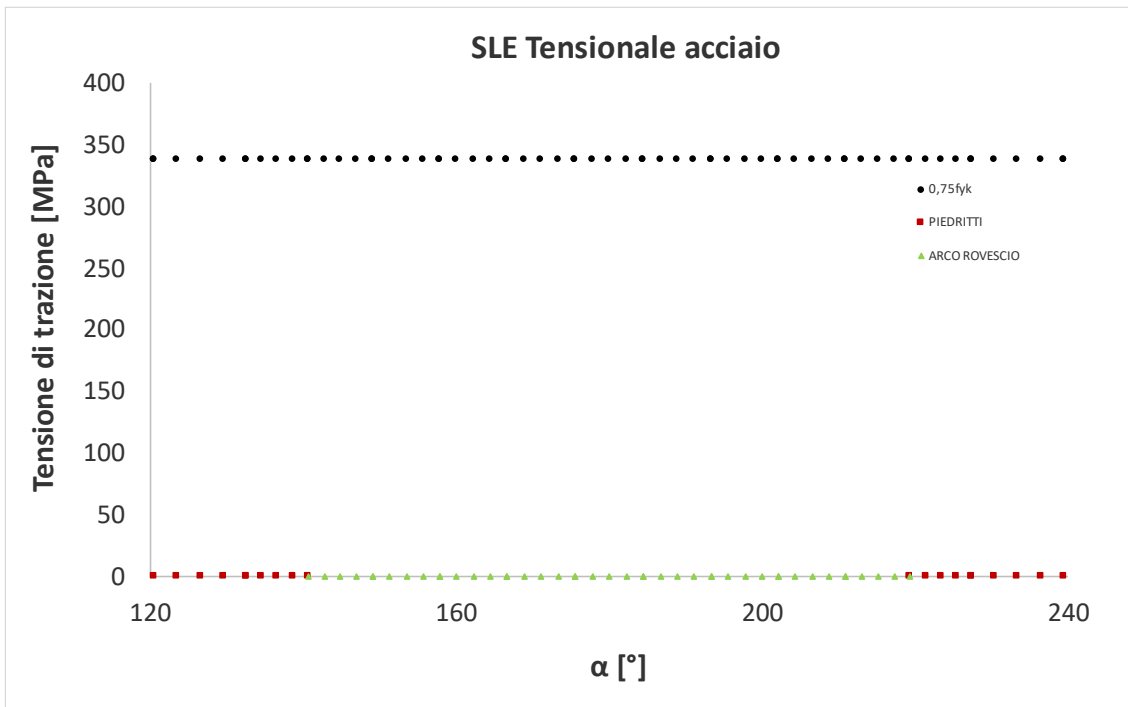


Figura 9-159 – Verifica tensioni acciaio DX

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	1AEZZ	RH	GN0000001	C	203 di 355
GALLERIE							
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo							

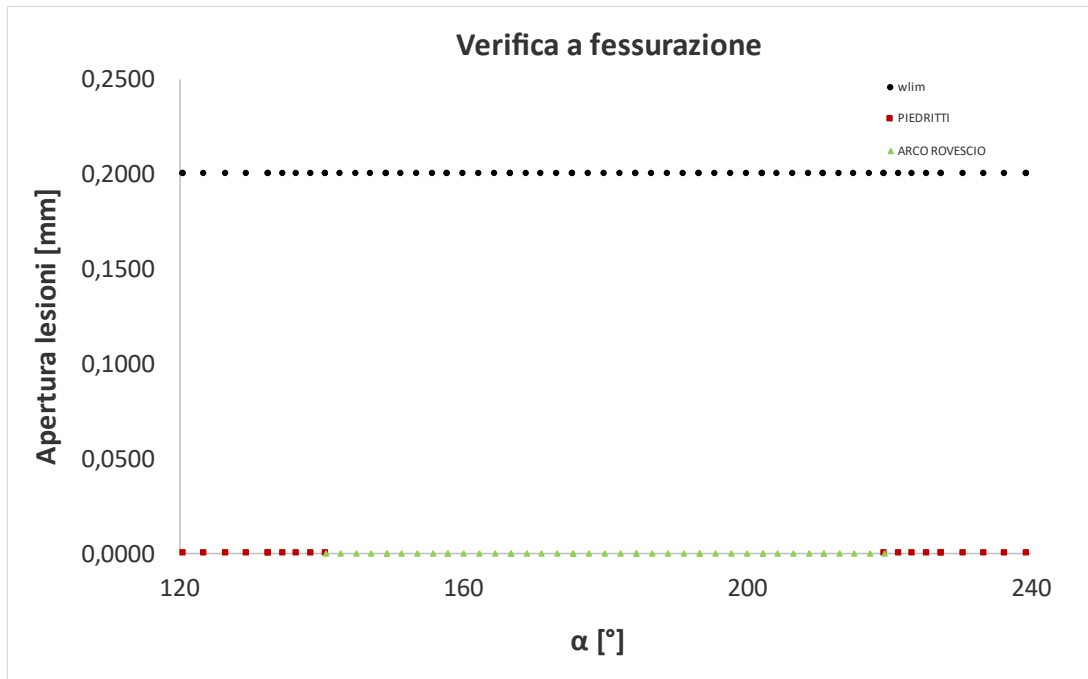


Figura 9-160 – Verifica a fessurazione SX

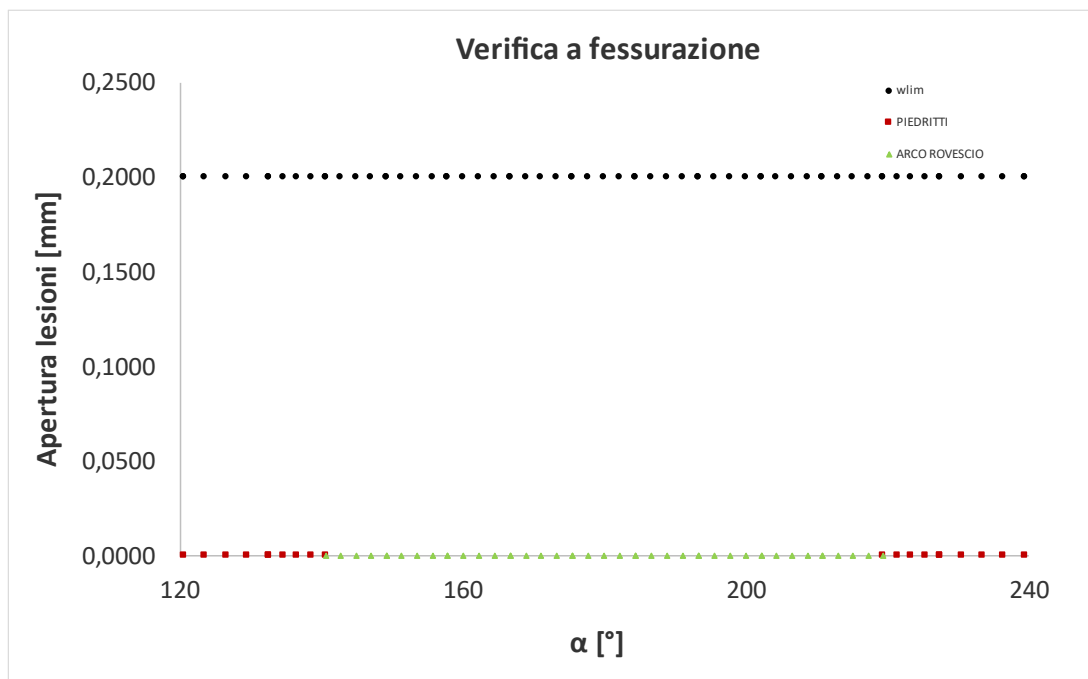


Figura 9-161 – Verifica a fessurazione DX

Di seguito si riportano, sottoforma di diagrammi cartesiani, le verifiche previste per rivestimenti non armati secondo NTC2008 relative alla fase 11 (Lungo termine) per entrambe le canne.

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 204 di 355

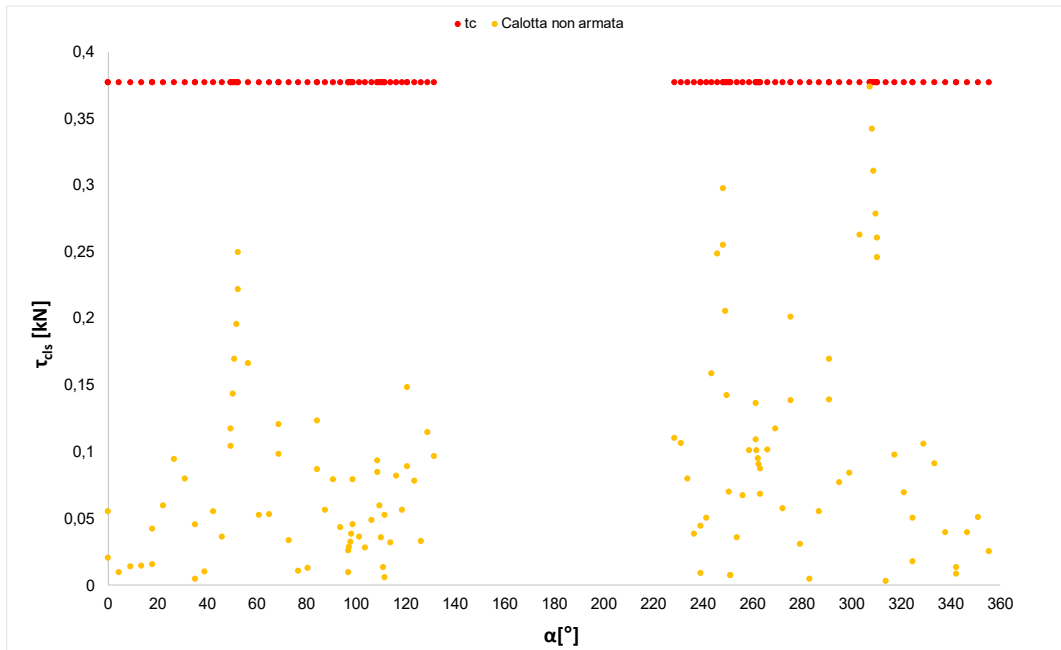


Figura 9-162 – Verifica a taglio ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A1-SX

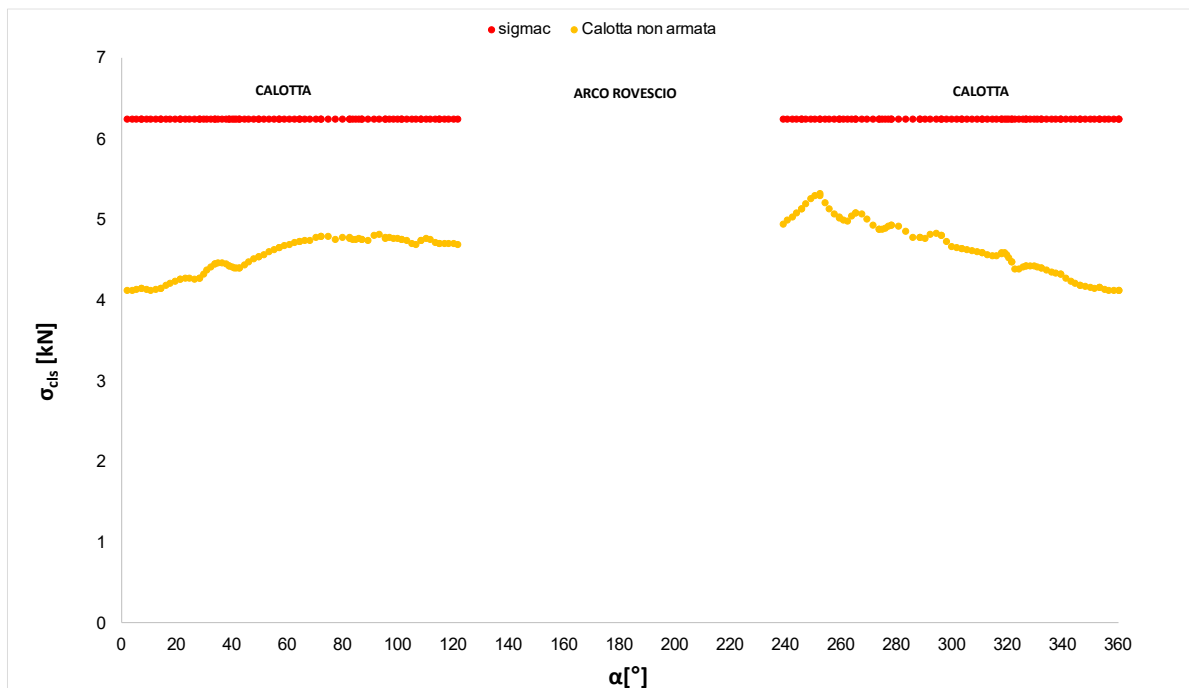


Figura 9-163 – Verifica sforzi normali ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A1-SX

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:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	205 di 355

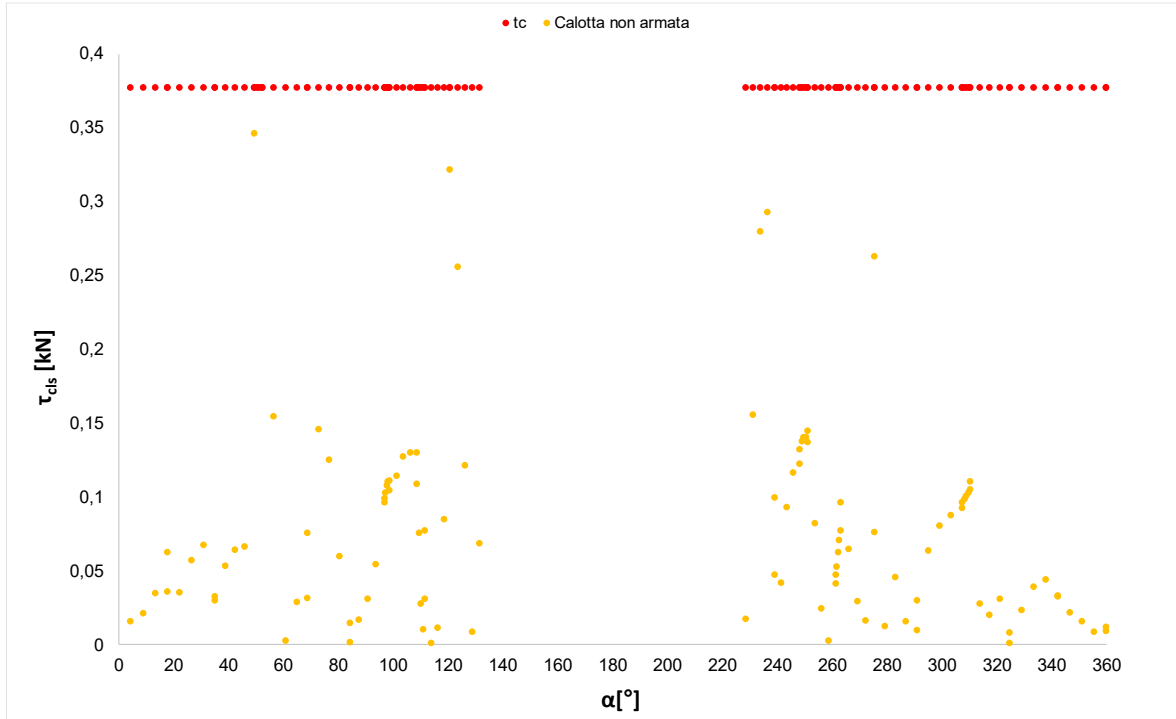


Figura 9-164 – Verifica a taglio ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A1- DX

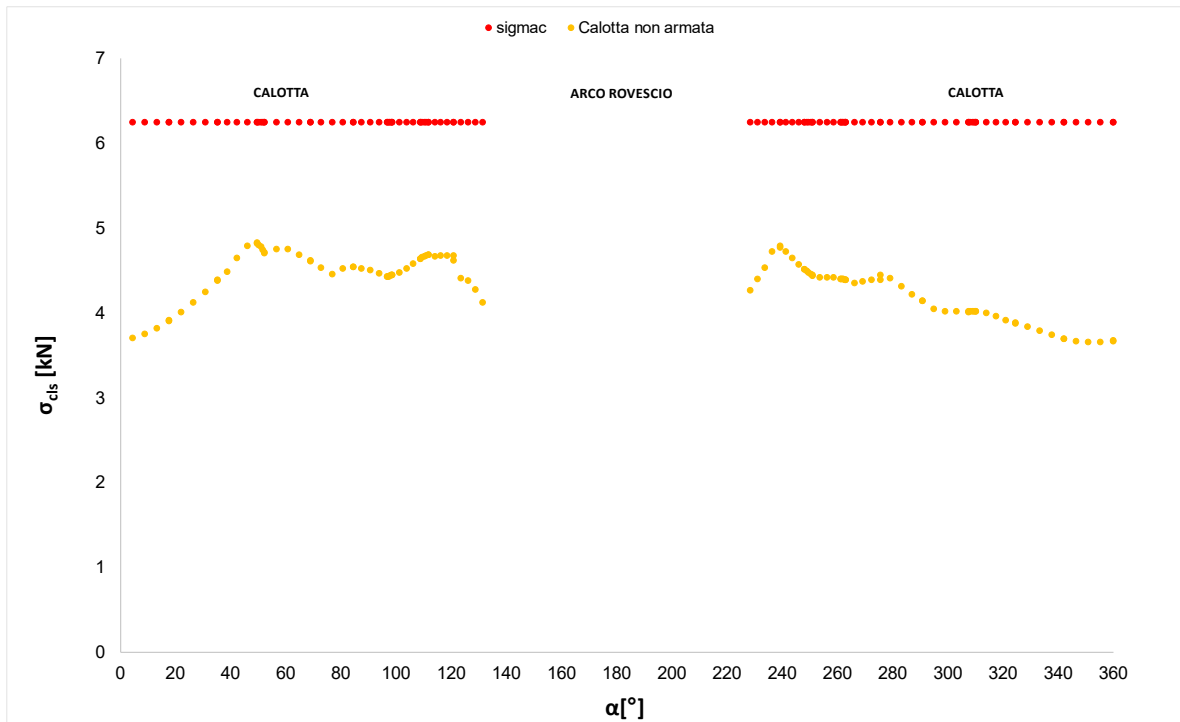


Figura 9-165 – Verifica sforzi normali ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A1-DX

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	206 di 355

9.7.5.3. Verifica dei bulloni radiali

Gli interventi radiali della sezione A1 sono costituiti da bulloni radiali costituiti da barre $\Phi 24$ mm.

I parametri utilizzati nella verifica dei bulloni radiali sono riportati di seguito.

Elemento	D_{perf}	L	i_{long}	α	q_s	f_{tk}	f_{yk}	γ_s	γ_a	ξ_a
(-)	(mm)	(m)	(m)	(-)	(kPa)	(MPa)	(MPa)	(-)	(-)	(-)
14+15 barre $\Phi 24$	51	5	1.4	1.1	350	540	450	1.15	1.1	1.6

La massima sollecitazione agente sui bulloni è pari a:

$$N_d = N \cdot \gamma_g = 61.86 \cdot 1.4 \cdot 1.3 = 112.6 \text{ kN}$$

dove:

N=massimo sforzo normale ottenuto nelle analisi numeriche

γ_g = fattore di amplificazione delle sollecitazioni pari a 1.3

La **resistenza a sfilamento**, valutata come in §9.4, risulta pari a:

$$R_d = \frac{\alpha \cdot \pi \cdot D_p \cdot L \cdot q_s}{\gamma_a \cdot \xi_a} = \frac{1.1 \cdot \pi \cdot 0.05 \cdot 5 \cdot 350}{1.1 \cdot 1.6} = 171.8 \text{ kN}$$

Si ottiene quindi:

$$N_d \leq R_d$$

Con **FS=1.53**

La **resistenza a rottura** viene valutata come:

$$F_{Nd} = \frac{f_{yk} \cdot A_s}{\gamma_s} = \frac{450 \text{ MPa} \cdot 452 \text{ mm}^2}{1.15} = 177 \text{ kN}$$

Si ottiene quindi:

$$N_d \leq R_d$$

Con **FS=1.57**

Pertanto, la verifica risulta soddisfatta.

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 207 di 355

9.7.6 Sezione A1L

9.7.6.1. Verifica del rivestimento provvisorio

Le verifiche strutturali sul rivestimento provvisorio (o di prima fase) sono state eseguite nella fase di calcolo relativa alla maturazione completa del provvisorio di entrambe le canne (fase 9).

Il rivestimento di prima fase della sezione A1L è caratterizzato dalla presenza di uno strato di spritz-beton di spessore pari a 0.2 m.

Si riporta di seguito, al crescere della coordinata angolare che identifica le diverse porzioni del rivestimento, il confronto tra azione e resistenza in termini tensionali per lo spritz-beton.

Le figure sottostanti mostrano che tutte le sollecitazioni risultano inferiori alla resistenza offerta dallo spritz-beton; pertanto, la verifica è soddisfatta in ogni punto del rivestimento provvisorio.

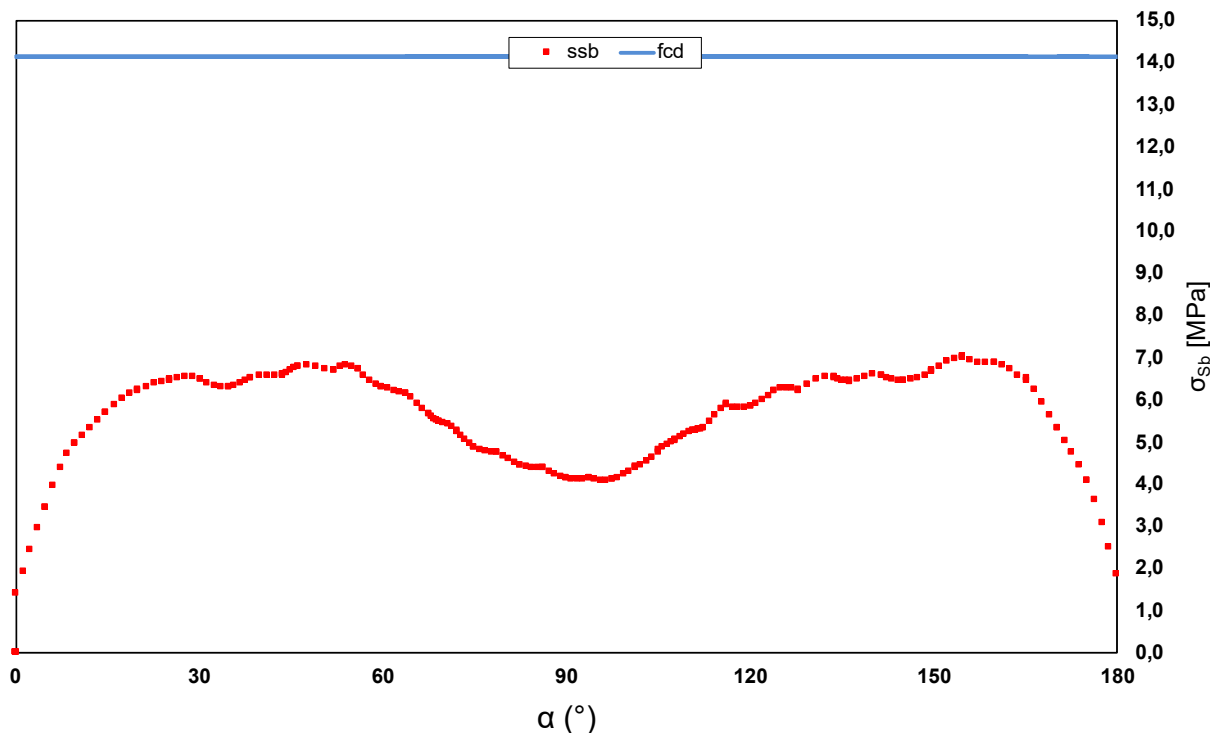


Figura 9-166 – Verifica SLU per lo spritz-beton – Sezione Tipo A1L-SX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 208 di 355

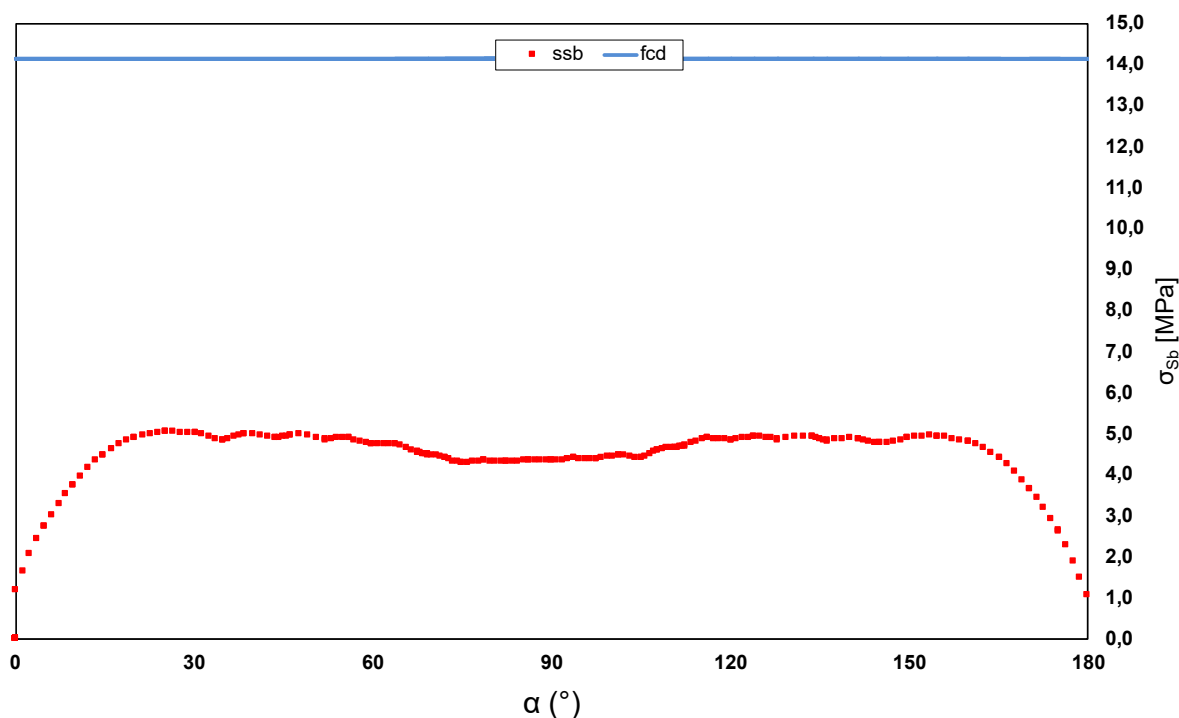


Figura 9-167 – Verifica SLU per lo spritz-beton – Sezione Tipo A1L-DX

9.7.6.2. Verifica del rivestimento definitivo

La verifica del rivestimento definitivo è stata condotta con riferimento alla fase di lungo termine, i cui output in termini di sollecitazioni sono già stati riportati in precedenza. Come già specificato in §9.3.1 della presente relazione, le sollecitazioni in output da Plaxis sono state amplificate per 1.3 per eseguire verifiche allo SLU, mentre non sono state amplificate per eseguire le verifiche allo SLE.

Nella tabella seguente si riportano gli spessori del CLS ed i ferri di armatura considerati nelle verifiche per la calotta e l'arco rovescio:

Elemento	Classe CLS	Spessore	Armatura intradosso	Armatura estradosso	Armatura taglio
Calotta	25/30	0.6 m	-	-	-
Murette	25/30	0.6m	Φ14/20	Φ14/20	-
Arco rovescio	25/30	0.6 m	Φ14/20	Φ14/20	-

Di seguito si riportano, sottoforma di diagrammi cartesiani, le verifiche SLU per il rivestimento definitivo armato, relative alla fase 11 (Lungo termine).

I risultati delle verifiche a taglio vengono riportati in termini di confronto tra azione e resistenza, diagrammati al crescere della coordinata angolare α dei punti del rivestimento.

Le verifiche a pressoflessione vengono invece riportate in termini di dominio ultimo, mostrando come ciascuna coppia di punti (M;N) sia interna al dominio.

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 209 di 355

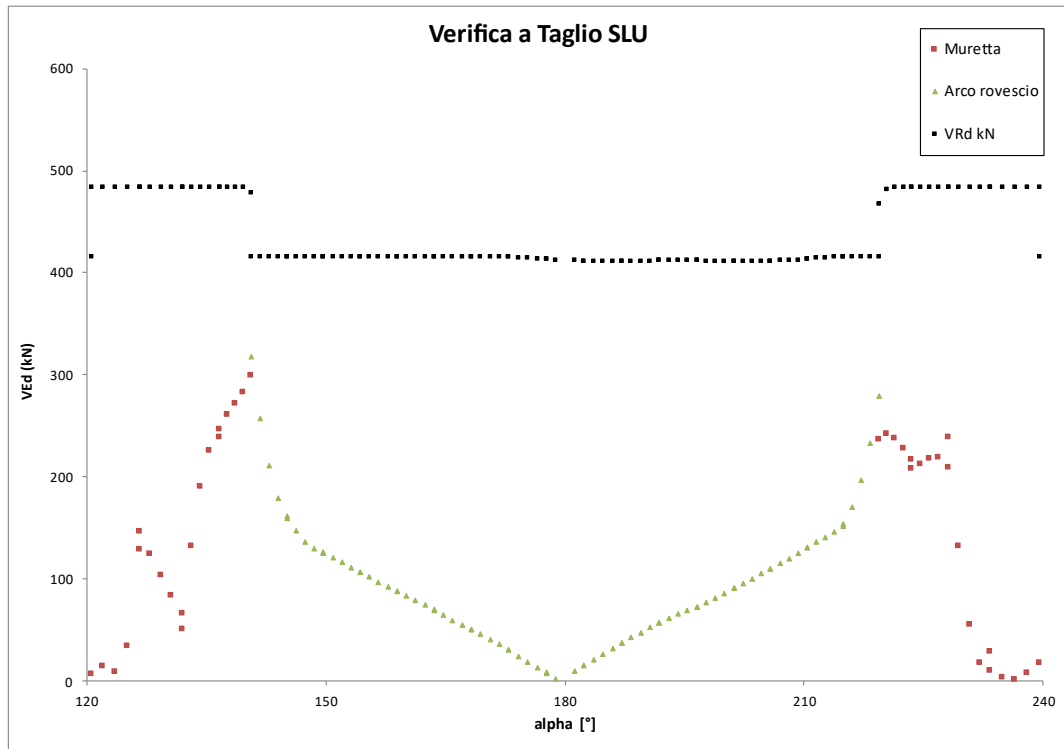


Figura 9-168 – Verifica a taglio rivestimento definitivo SX

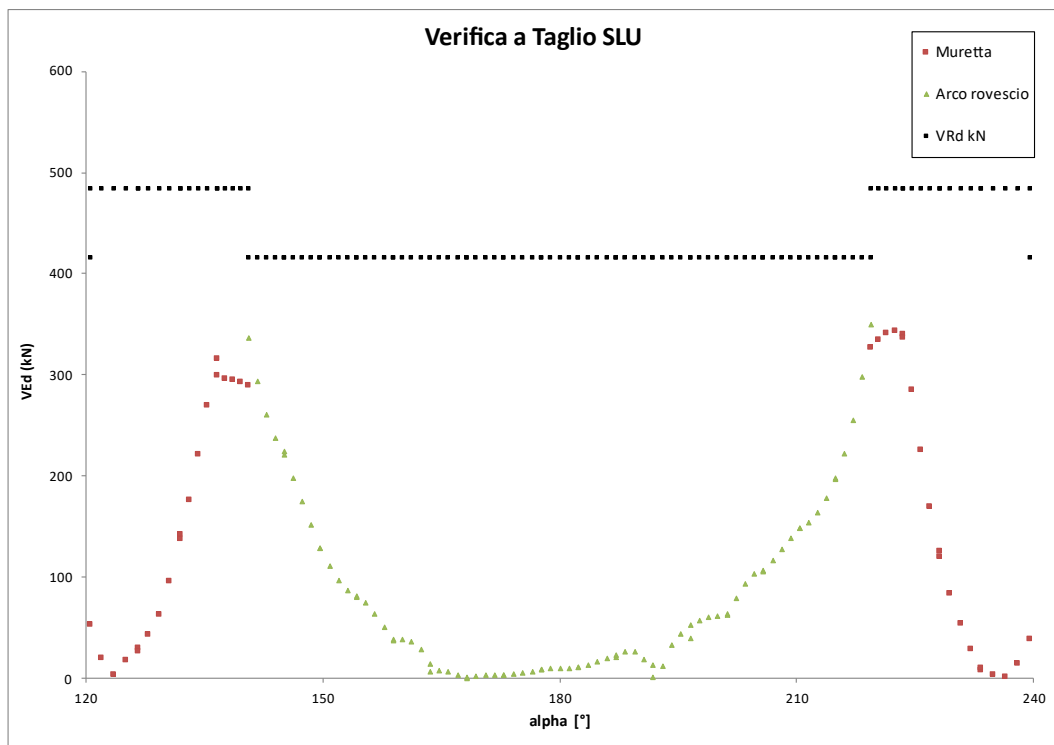


Figura 9-169 – Verifica a taglio rivestimento definitivo DX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 210 di 355

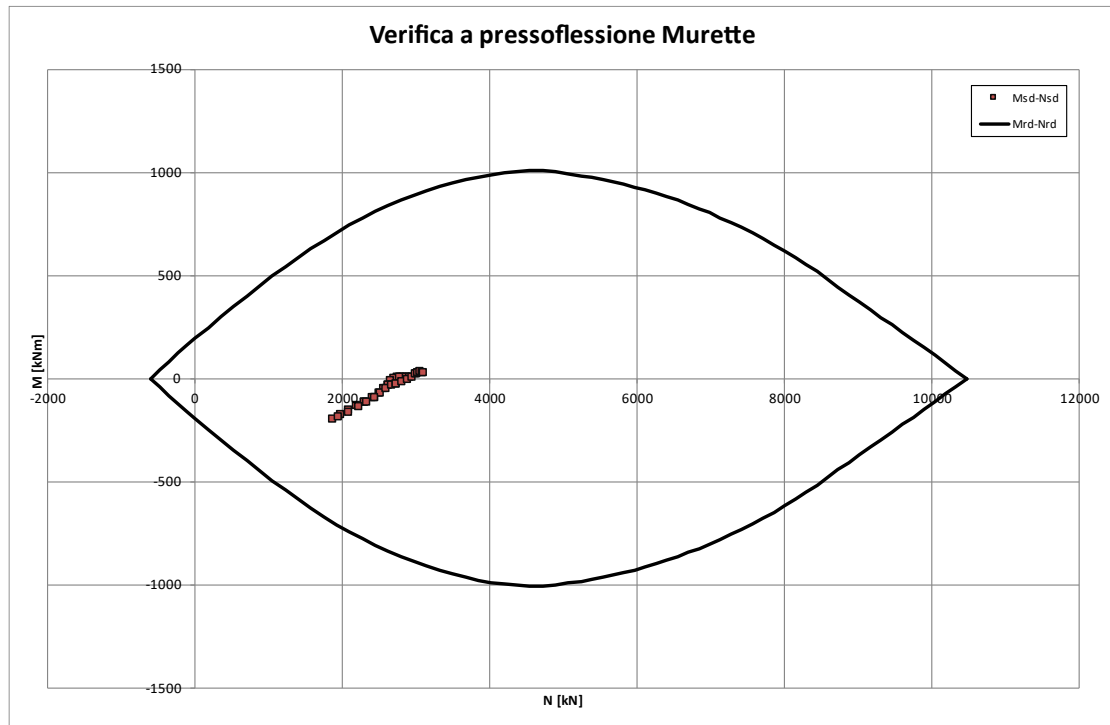


Figura 9-170 – Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo murette– Coppie (M;N)-SX

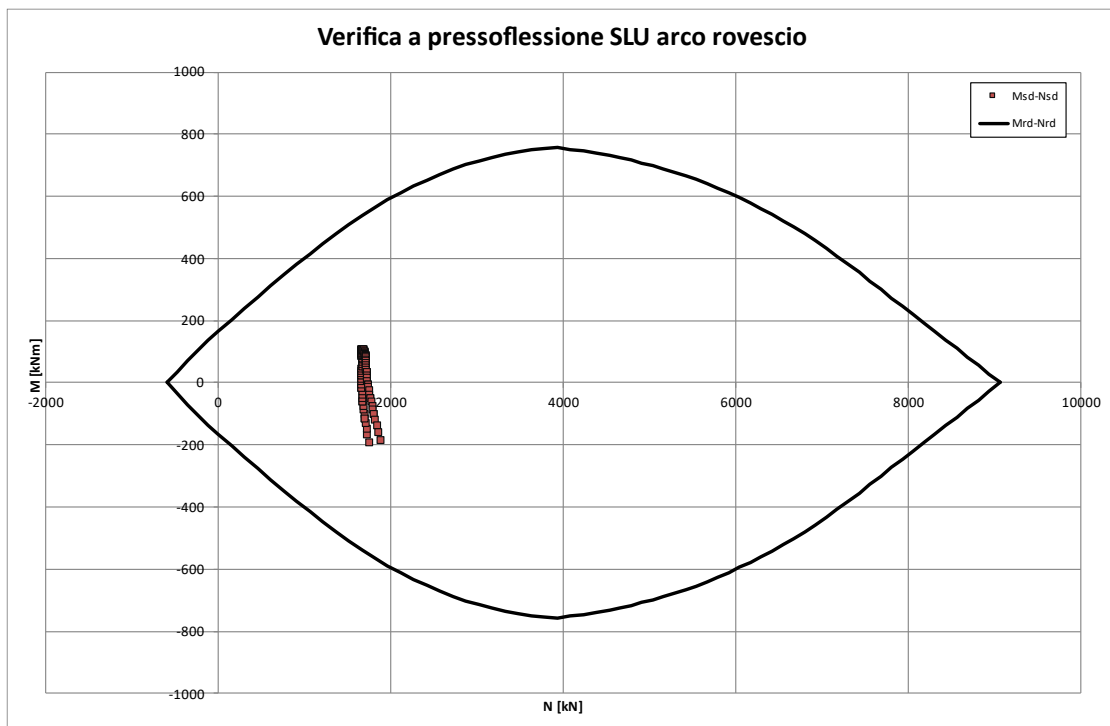


Figura 9-171 – Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo arco rovescio – Coppie (M;N) -SX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 211 di 355

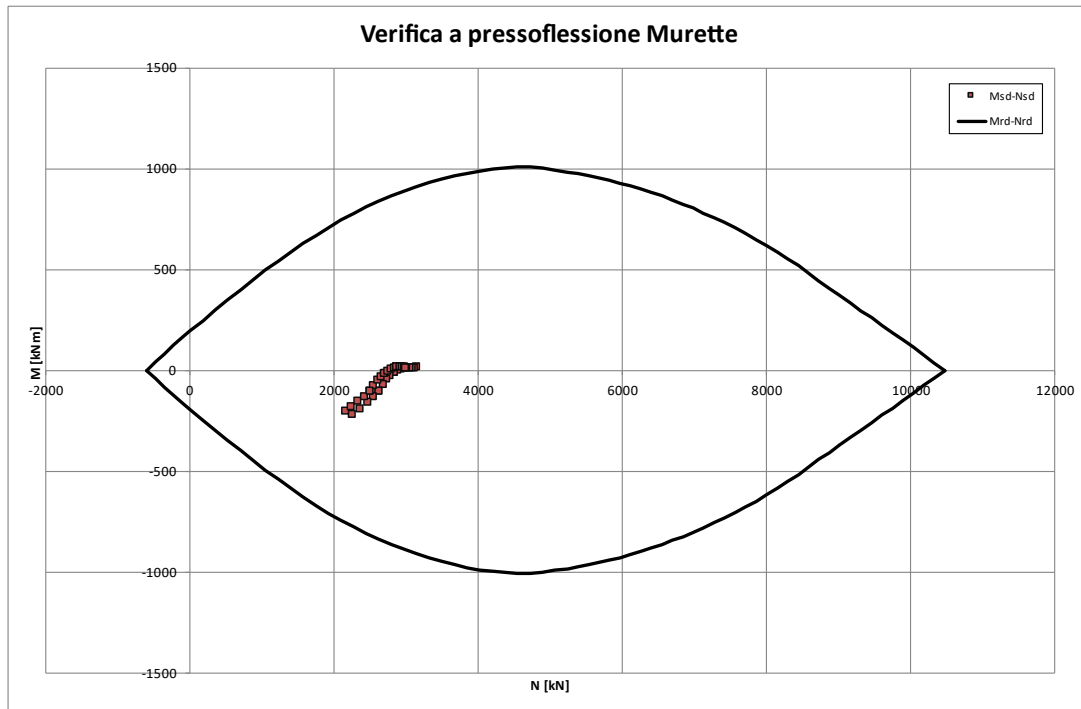


Figura 9-172 – Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo murette– Coppie (M;N)-DX

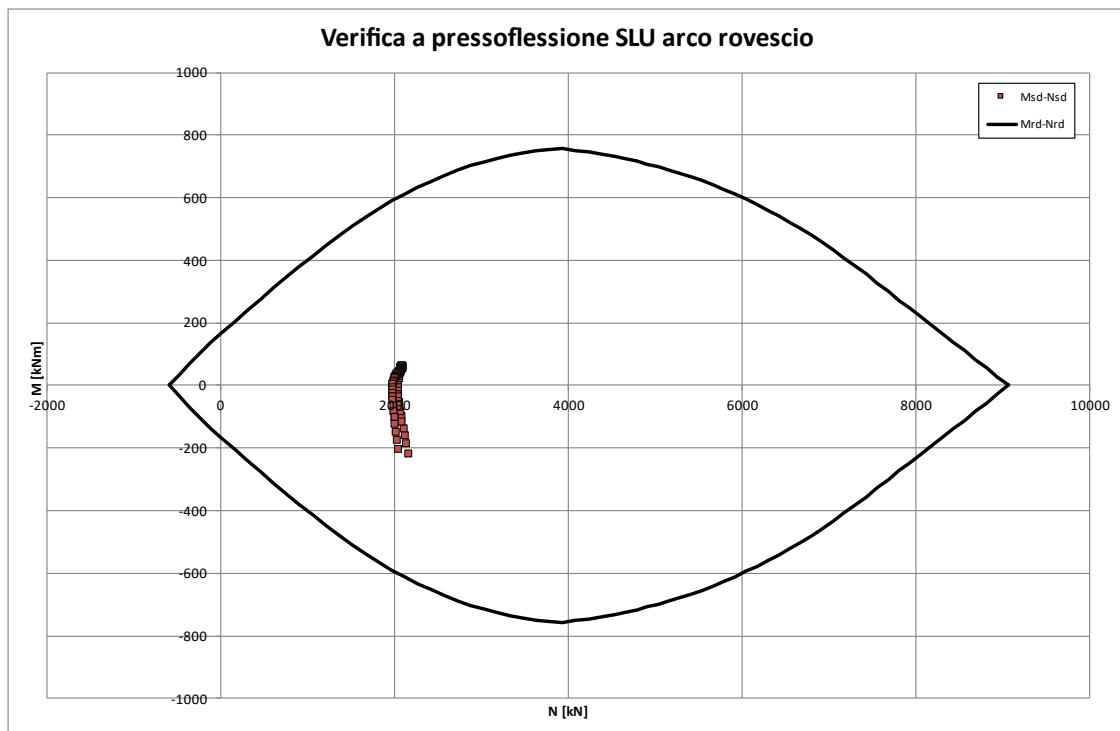


Figura 9-173 – Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo arco rovescio – Coppie (M;N) -DX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 212 di 355

Si riportano inoltre di seguito le verifiche agli SLE eseguite sul rivestimento definitivo, sia tensionali che a fessurazione, in forma cartesiana al variare dell'angolo α .

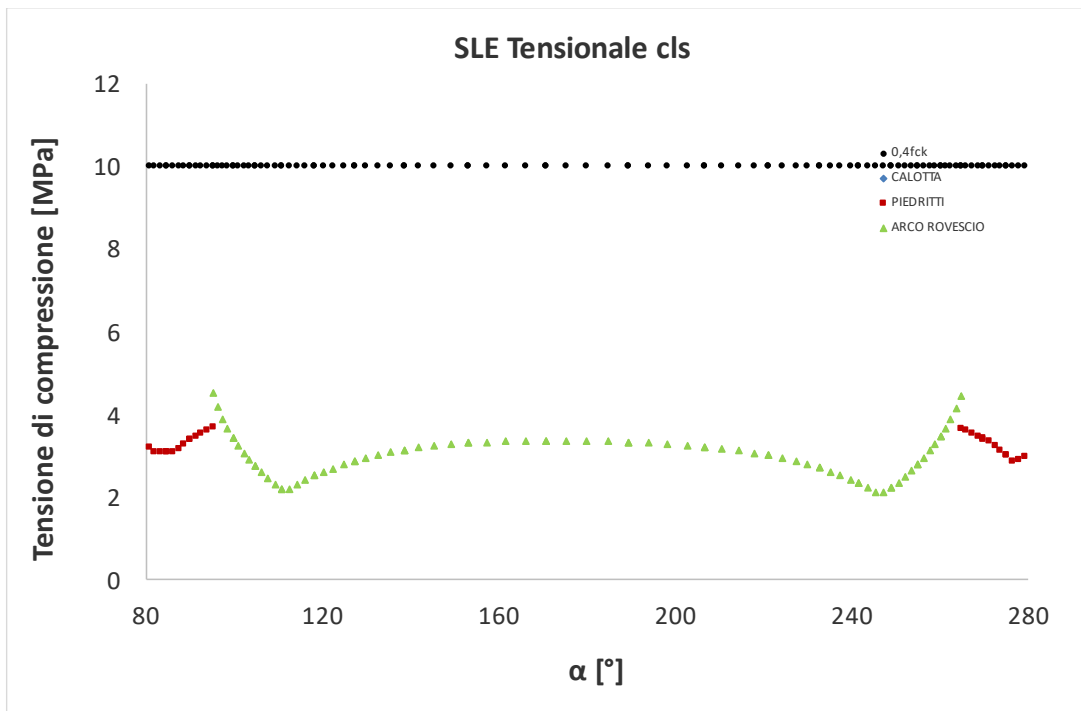


Figura 9-174 – Verifica tensioni calcestruzzo SX

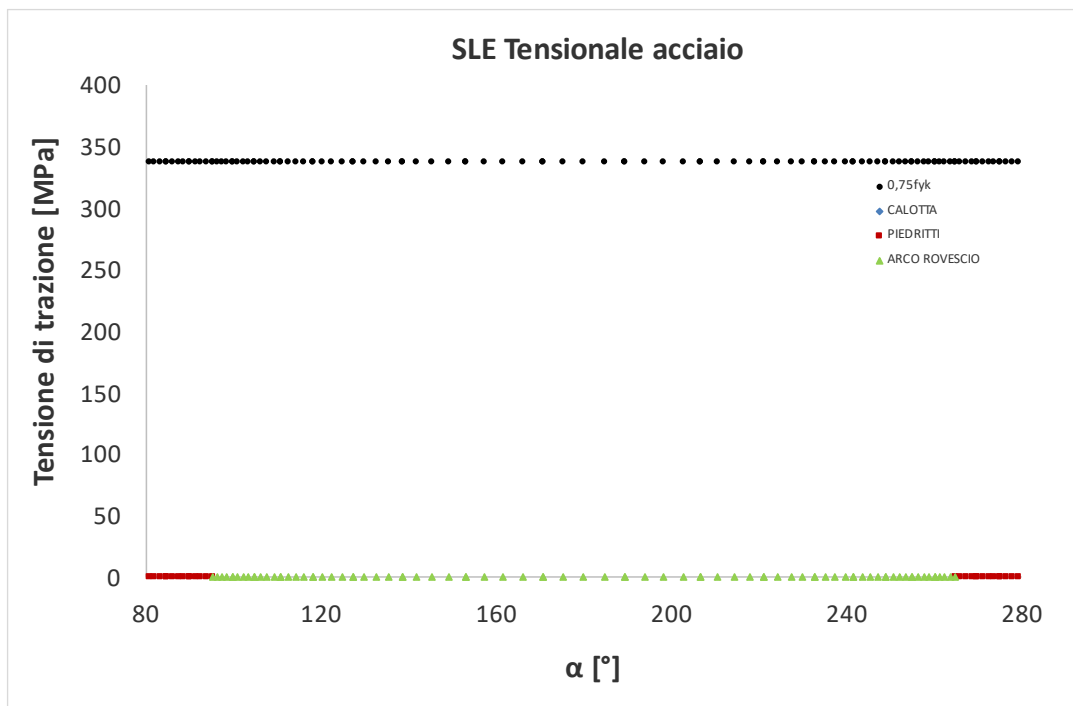


Figura 9-175 – Verifica tensioni acciaio SX

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:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	213 di 355

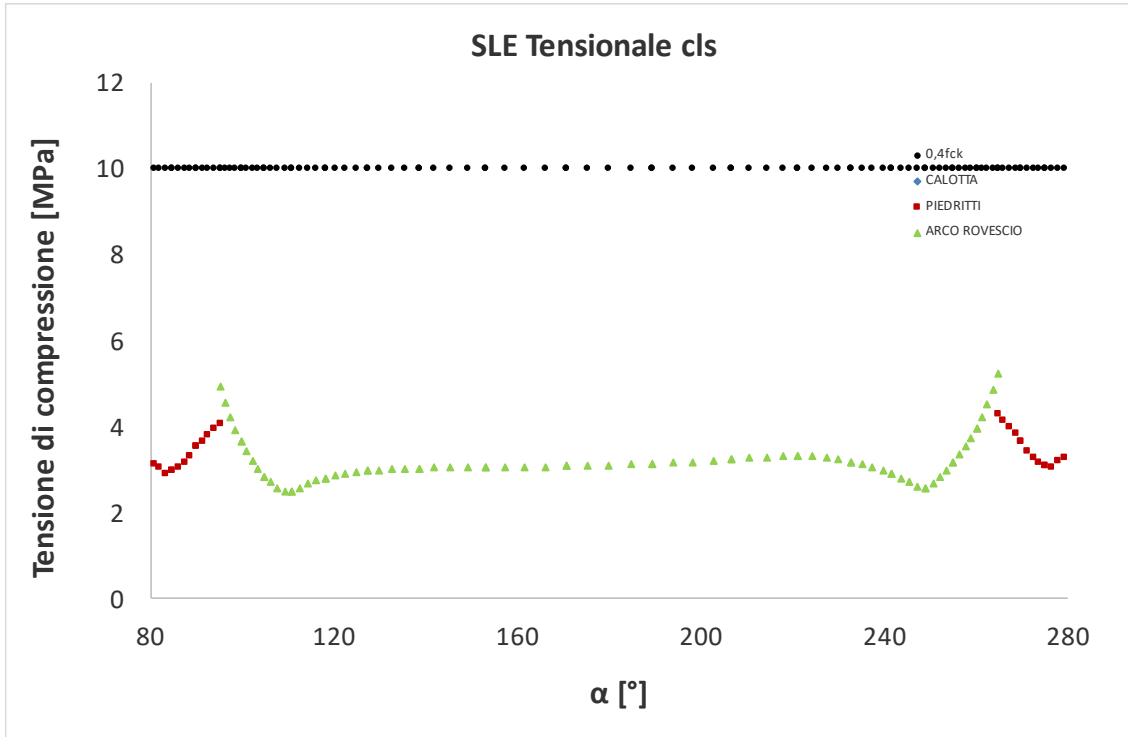


Figura 9-176 – Verifica tensioni calcestruzzo DX

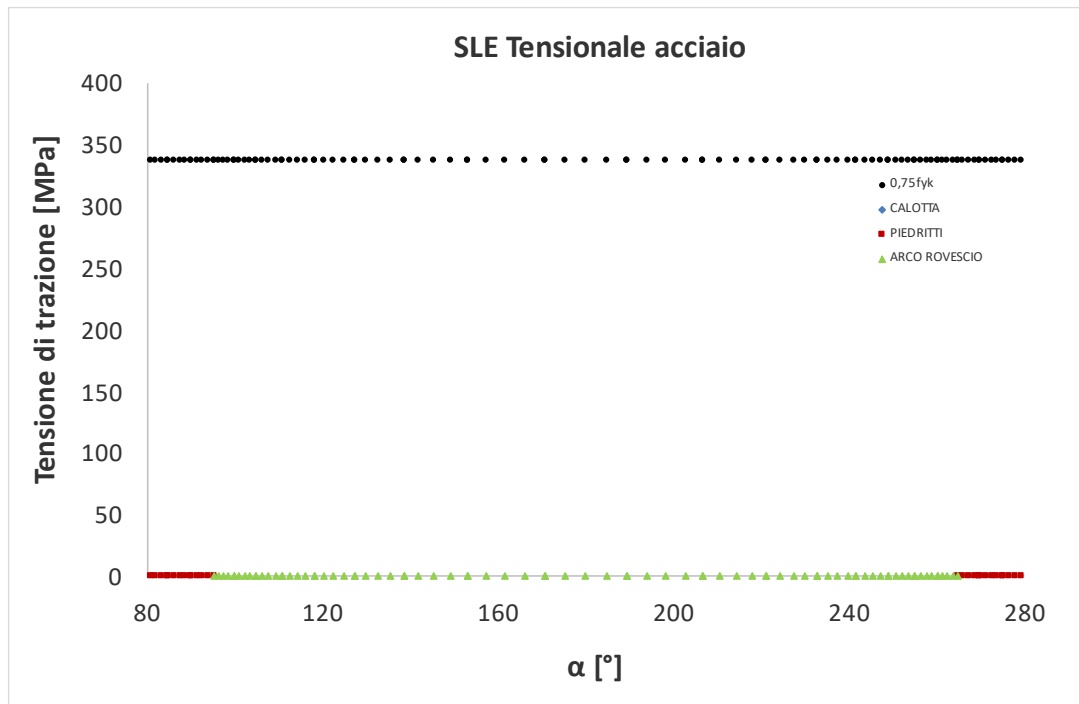


Figura 9-177 – Verifica tensioni acciaio DX

APPALDATORE: 	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					
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 214 di 355

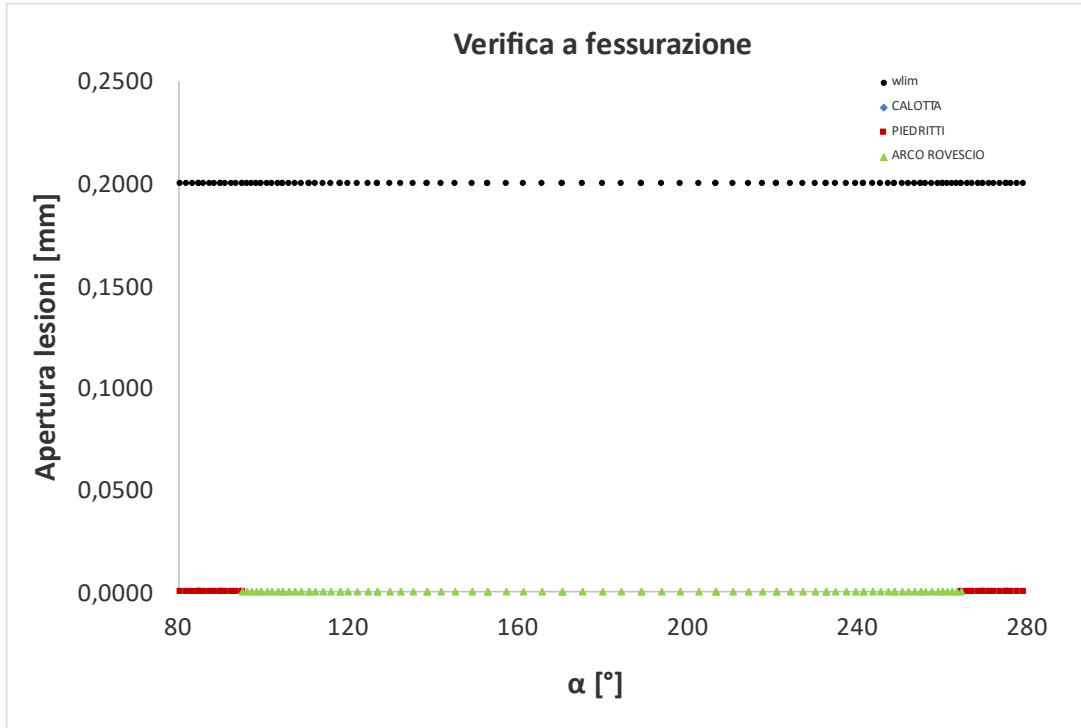


Figura 9-178 – Verifica a fessurazione SX

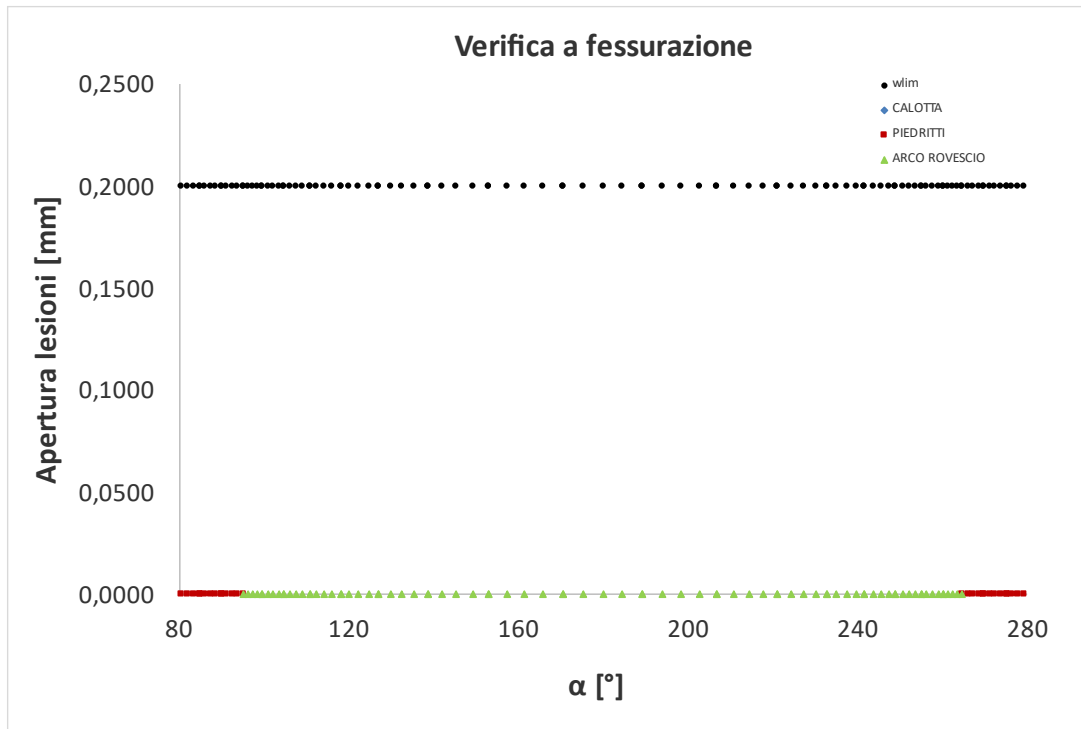


Figura 9-179 – Verifica a fessurazione DX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 215 di 355

Di seguito si riportano, sottoforma di diagrammi cartesiani, le verifiche previste per rivestimenti non armati secondo NTC2008 relative alla fase 13 (Lungo termine) per entrambe le canne.

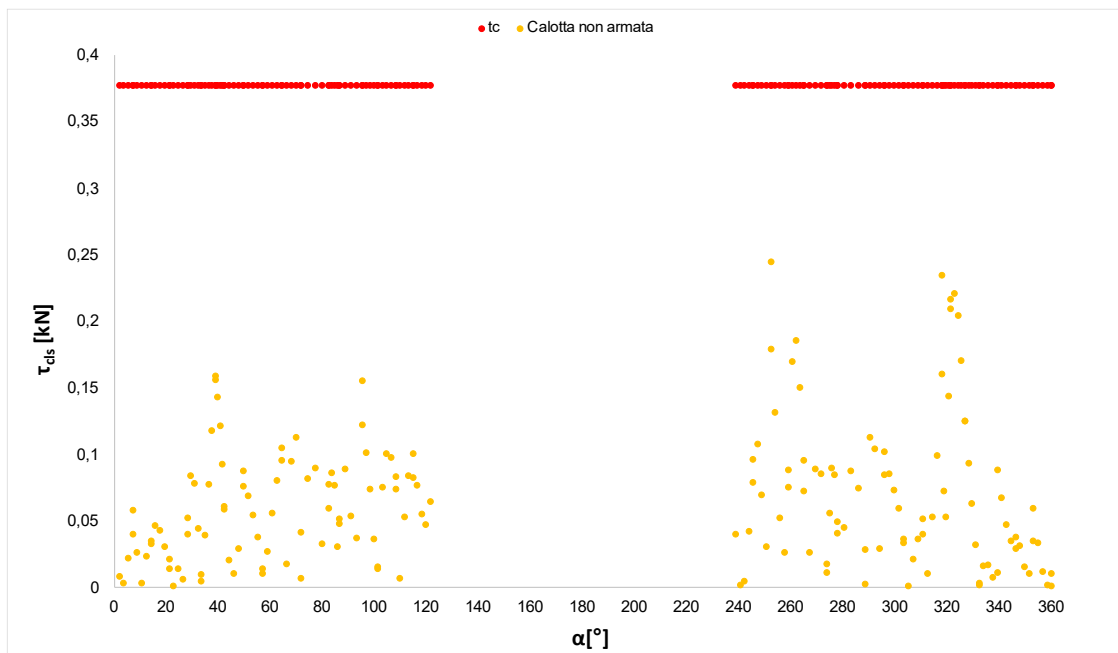


Figura 9-180 – Verifica a taglio ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A1L-SX

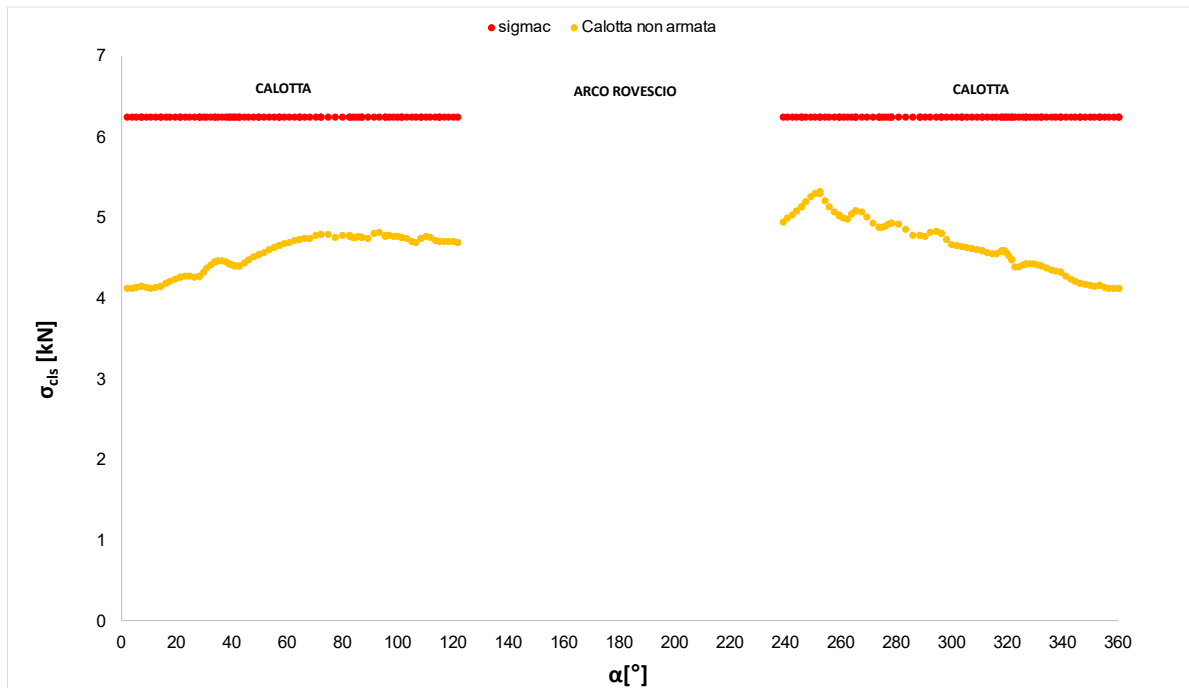


Figura 9-181 – Verifica sforzi normali ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A1L-SX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 216 di 355

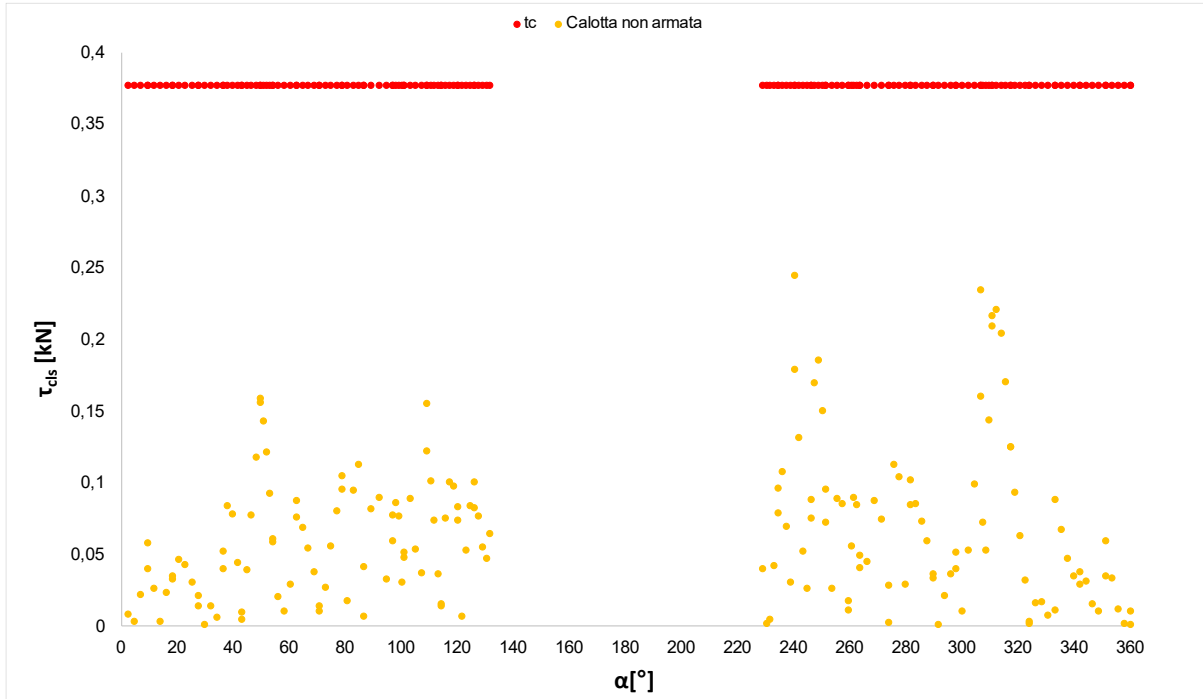


Figura 9-182 – Verifica a taglio ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A1L- DX

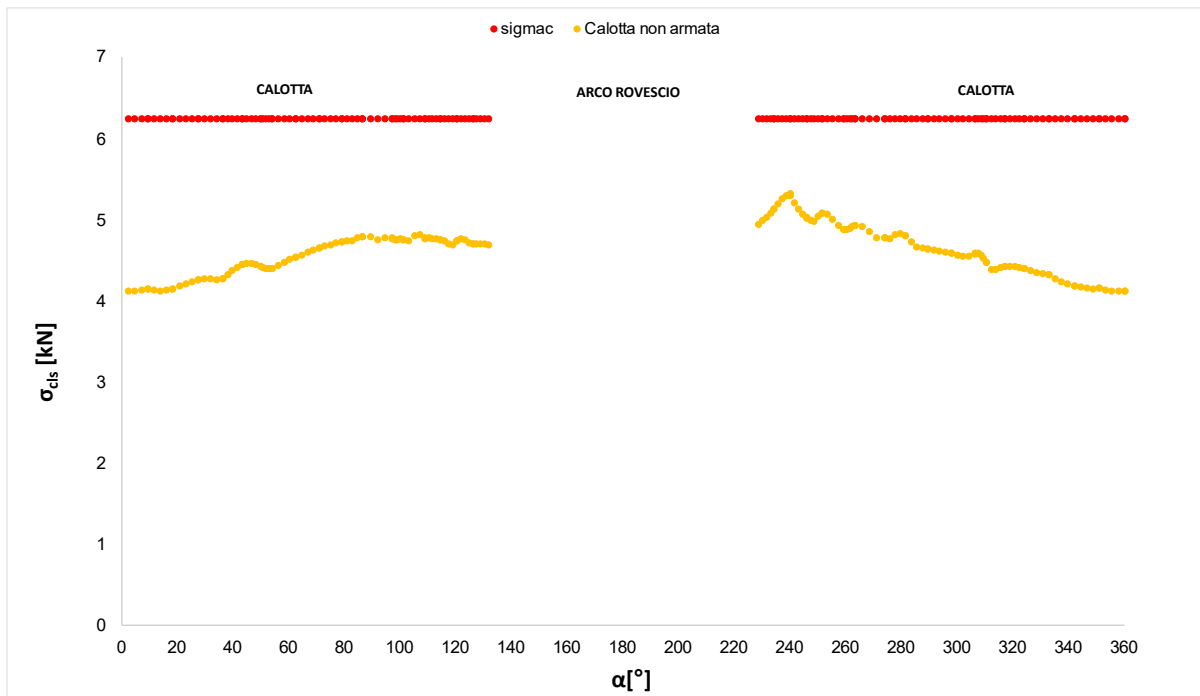


Figura 9-183 – Verifica sforzi normali ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A1L-DX

9.7.6.3. Verifica dei bulloni radiali

Gli interventi radiali della sezione A1L sono costituiti da bulloni radiali costituiti da barre $\Phi 24$ mm.

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					
GALLERIE	Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	
		IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	217 di 355	

I parametri utilizzati nella verifica dei bulloni radiali sono riportati di seguito.

Elemento	D _{perf}	L	i _{long}	α	q _s	f _{tk}	f _{yk}	γ _s	γ _a	ξ _a
(-)	(mm)	(m)	(m)	(-)	(kPa)	(MPa)	(MPa)	(-)	(-)	(-)
14+15 barre Φ24	51	5	1.4	1.1	350	540	450	1.15	1.1	1.6

La massima sollecitazione agente sui bulloni è pari a:

$$N_d = N \cdot \gamma_g = 54.4 \cdot 1.4 \cdot 1.3 = 99 \text{ kN}$$

dove:

N = massimo sforzo normale ottenuto nelle analisi numeriche

γ_g = fattore di amplificazione delle sollecitazioni pari a 1.3

La **resistenza a sfilamento**, valutata come in §9.4, risulta pari a:

$$R_d = \frac{\alpha \cdot \pi \cdot D_p \cdot L \cdot q_s}{\gamma_a \cdot \xi_a} = \frac{1.1 \cdot \pi \cdot 0.05 \cdot 5 \cdot 350}{1.1 \cdot 1.6} = 171 \text{ kN}$$

Si ottiene quindi:

$$N_d \leq R_d$$

Con **FS=1.73**

La **resistenza a rottura** viene valutata come:

$$F_{Nd} = \frac{f_{yk} \cdot A_s}{\gamma_s} = \frac{450 \text{ MPa} \cdot 452 \text{ mm}^2}{1.15} = 177 \text{ kN}$$

Si ottiene quindi:

$$N_d \leq R_d$$

Con **FS=1.79**

Pertanto, la verifica risulta soddisfatta.

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						
GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo		IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	218 di 355

9.7.7 Sezione A2

9.7.7.1. Verifica del rivestimento provvisorio

Le verifiche strutturali sul rivestimento provvisorio (o di prima fase) sono state eseguite nella fase di calcolo relativa alla maturazione completa provvisorio e avanzamento tunnel DX (fase 9).

Il rivestimento di prima fase della sezione A2 è caratterizzato dalla presenza di uno strato di spritz-beton di spessore pari a 0.3 m e cetine accoppiate 2IPN180 a passo 1.2 m.

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche a Stato Limite Ultimo (SLU).

9.7.7.2. Verifica a Stato Limite Ultimo dello spritz-beton

La figura sottostante mostra che tutte le sollecitazioni risultano inferiori alla resistenza offerta dallo spritz-beton; pertanto, la verifica è soddisfatta in ogni punto del rivestimento provvisorio.

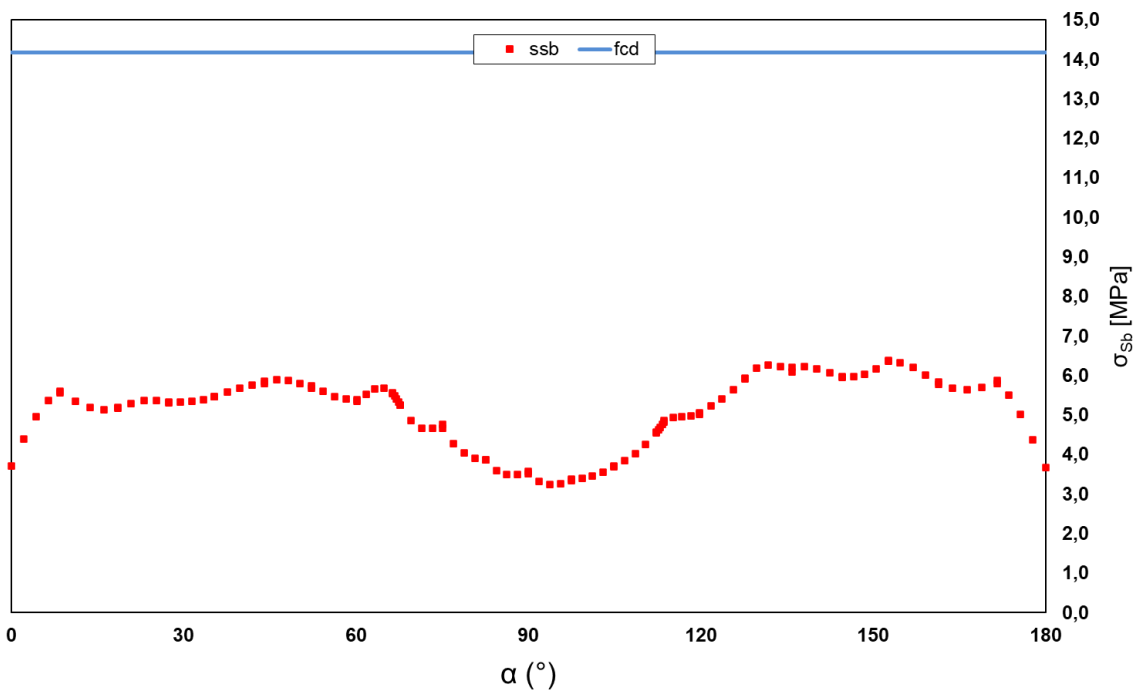


Figura 9-184 - Verifica SLU per compressione per lo spritz-beton – Sezione Tipo A2-SX

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:		
Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria		
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMessa LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO. IBOU 1AEZZ RH GN0000001 C 219 di 355	

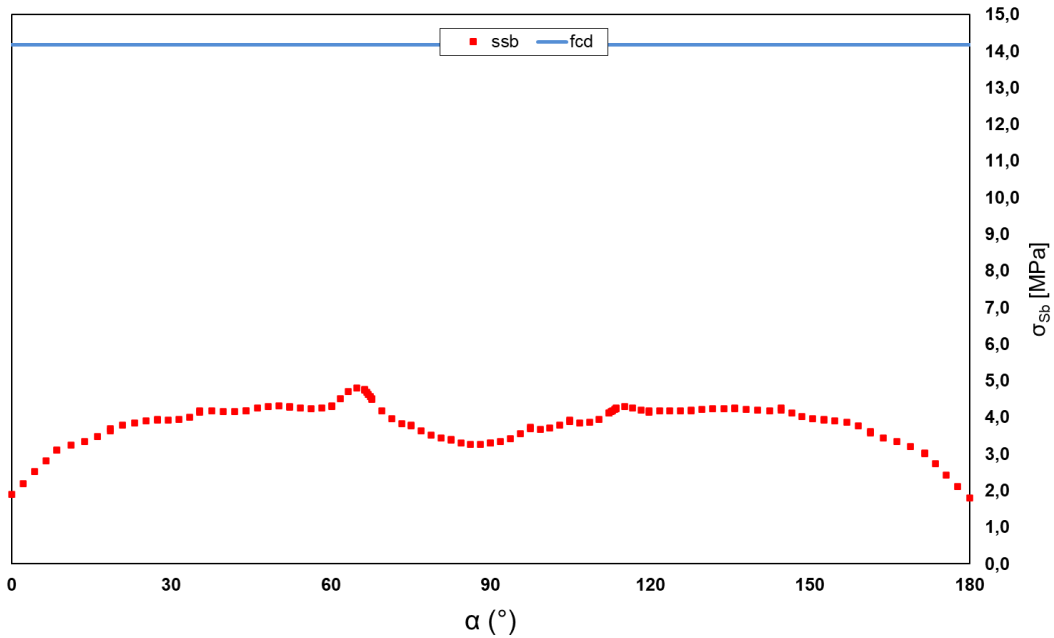


Figura 9-185 - Verifica SLU per compressione per lo spritz-beton – Sezione Tipo A2-DX

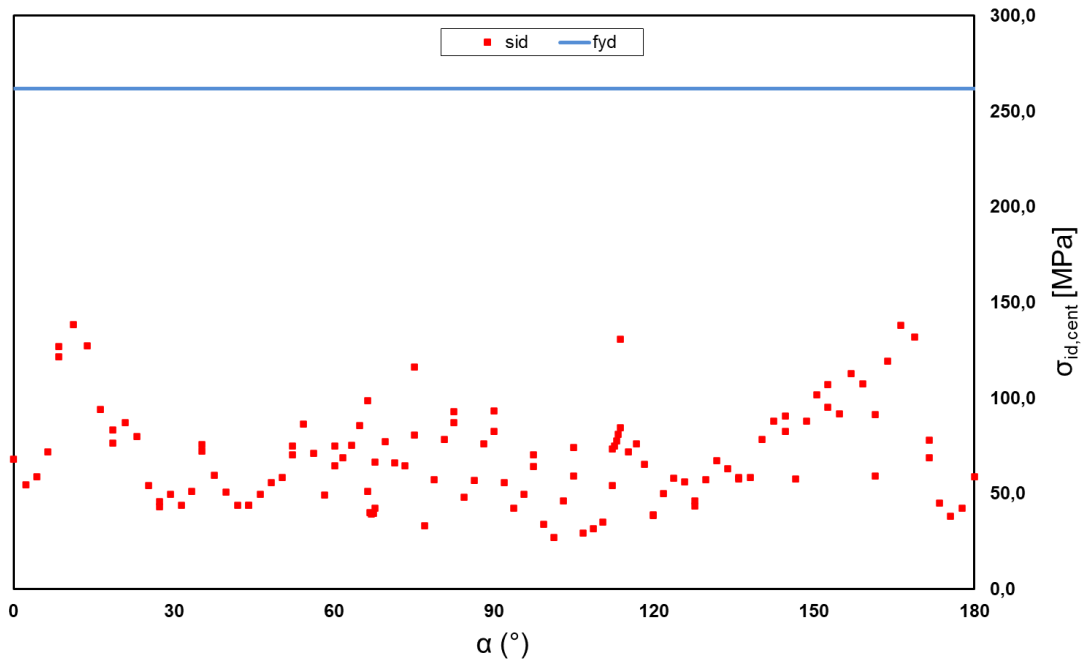


Figura 9-186 - Verifica SLU per compressione per le centine – Sezione Tipo A2-SX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 220 di 355

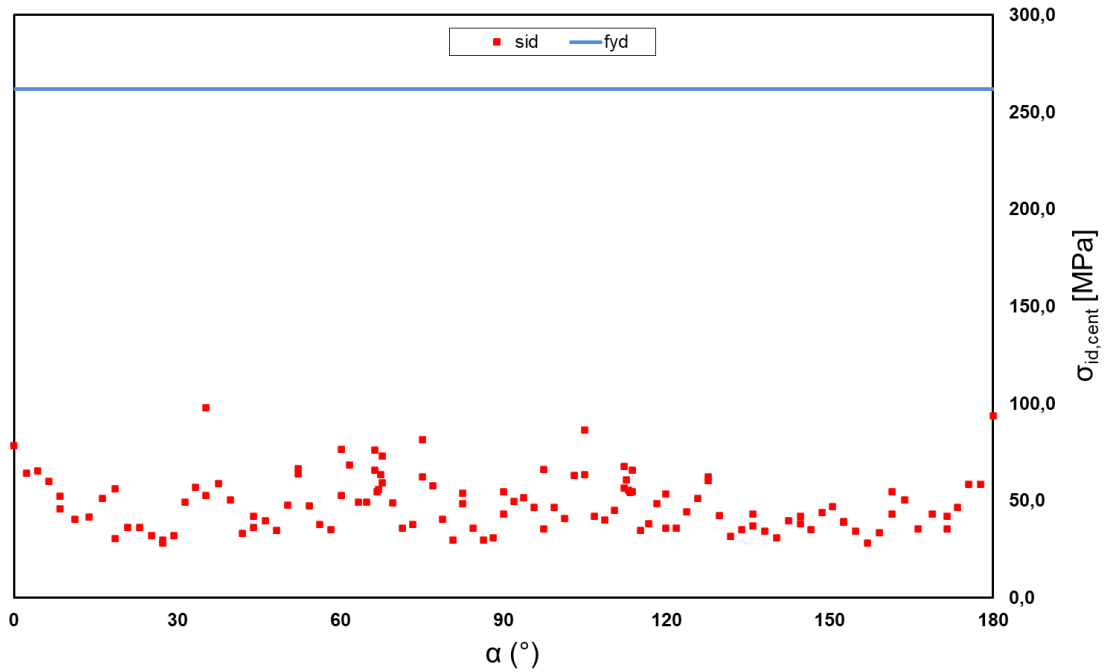


Figura 9-187 - Verifica SLU per compressione per lo centine – Sezione Tipo A2-DX

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					
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 221 di 355

9.7.7.3. Verifica del rivestimento definitivo

La verifica del rivestimento definitivo è stata condotta con riferimento alla fase di lungo termine, i cui output in termini di sollecitazioni sono già stati riportati in precedenza. Come già specificato in §9.3 della presente relazione, le sollecitazioni in output da Plaxis sono state amplificate per 1.3 per eseguire verifiche allo SLU, mentre non sono state amplificate per eseguire le verifiche allo SLE.

Nella tabella seguente si riportano gli spessori del CLS ed i ferri di armatura considerati nelle verifiche per la calotta e l'arco rovescio:

Elemento	Classe CLS	Spessore	Armatura intradosso	Armatura estradosso	Armatura taglio
Calotta	25/30	0.6m	-	-	-
Murette	25/30	0.7 m	Φ14/20	Φ14/20	-
Arco rovescio	25/30	0.7 m	Φ14/20	Φ14/20	-

Di seguito si riportano, sottoforma di diagrammi cartesiani, le verifiche SLU per il rivestimento definitivo armato, relative alla fase 11 (Lungo termine).

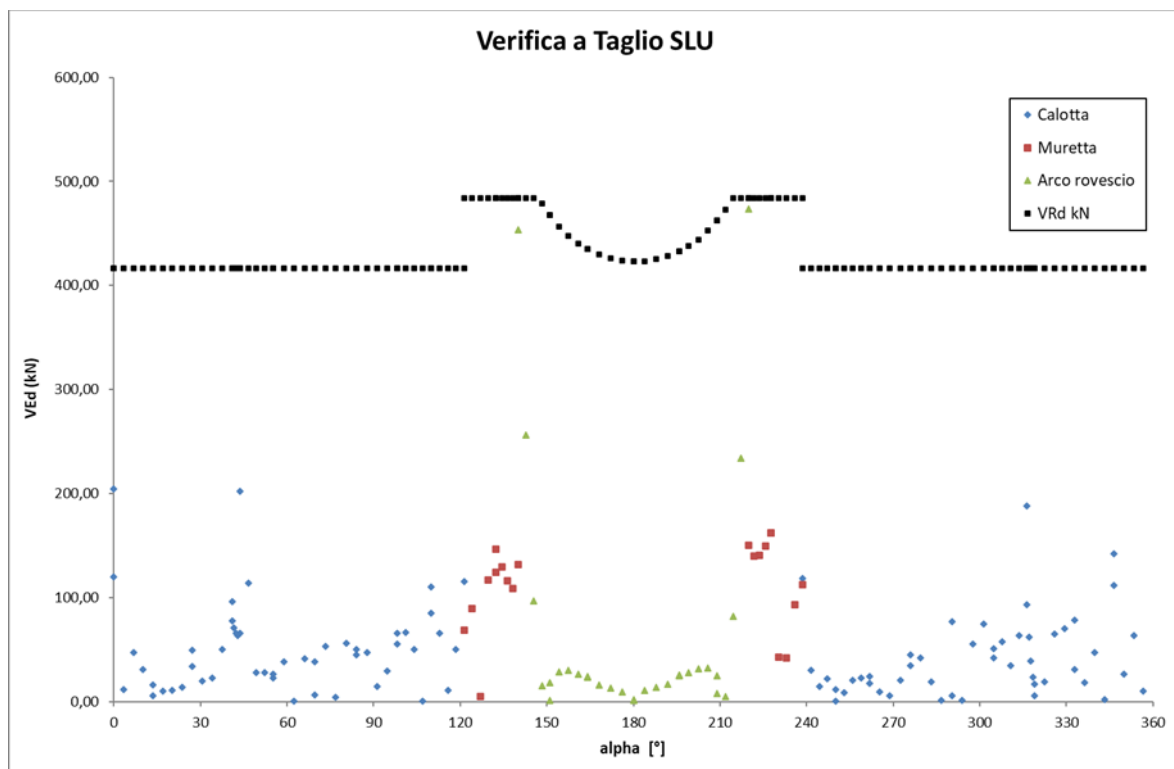


Figura 9-188 - Verifica a taglio rivestimento definitivo SX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 222 di 355

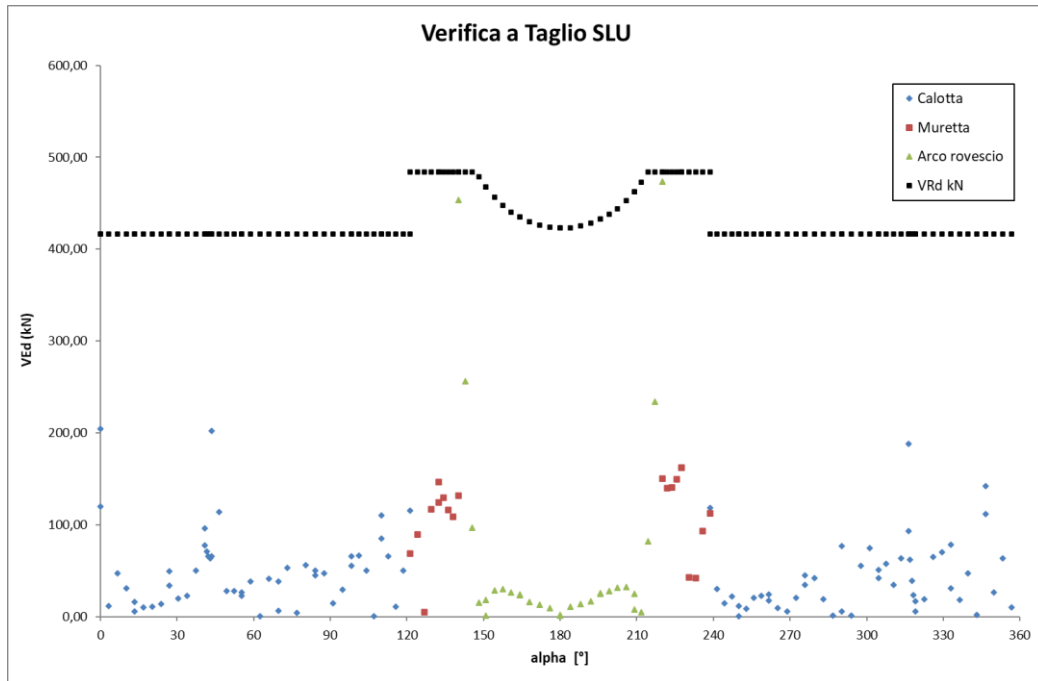


Figura 9-189 - Verifica a taglio rivestimento definitivo DX

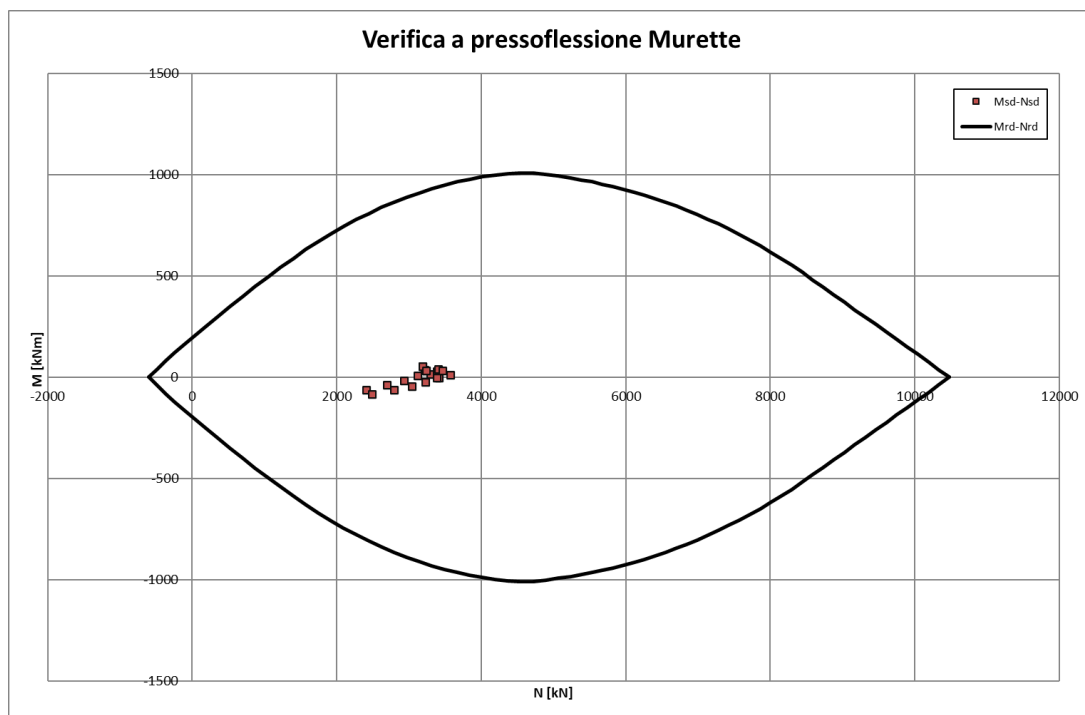


Figura 9-190 - Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo murette– Coppie (M;N)-SX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 223 di 355

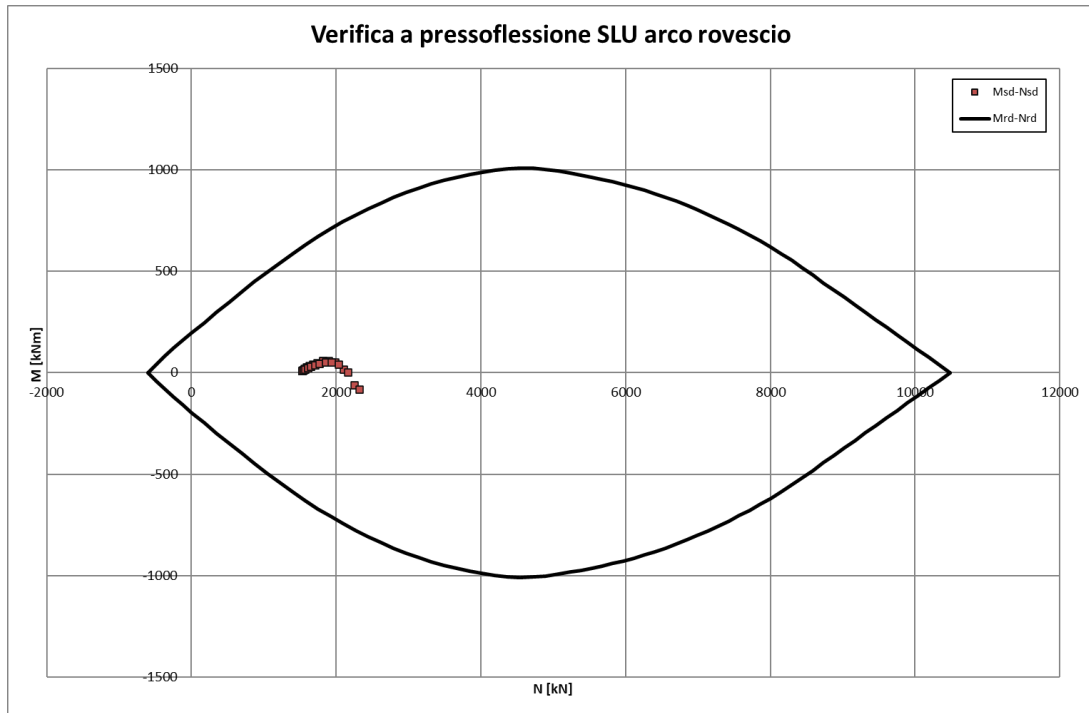


Figura 9-191 - Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo arco rovescio – Coppie (M;N) -SX

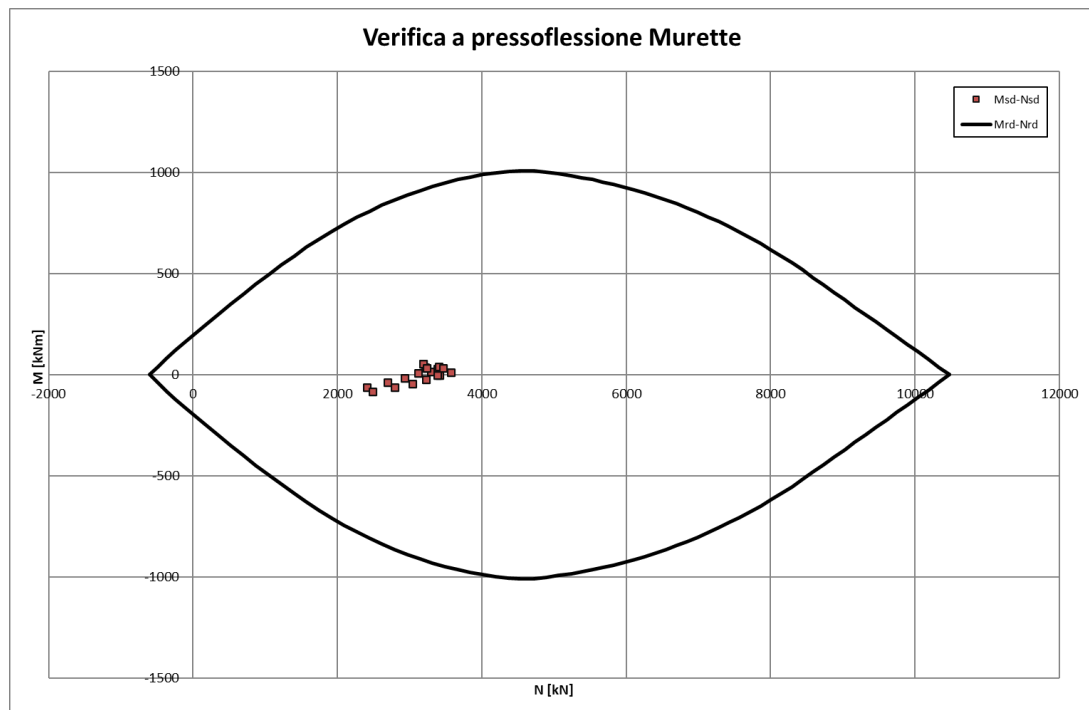


Figura 9-192 - Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo murette – Coppie (M;N)-DX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 224 di 355

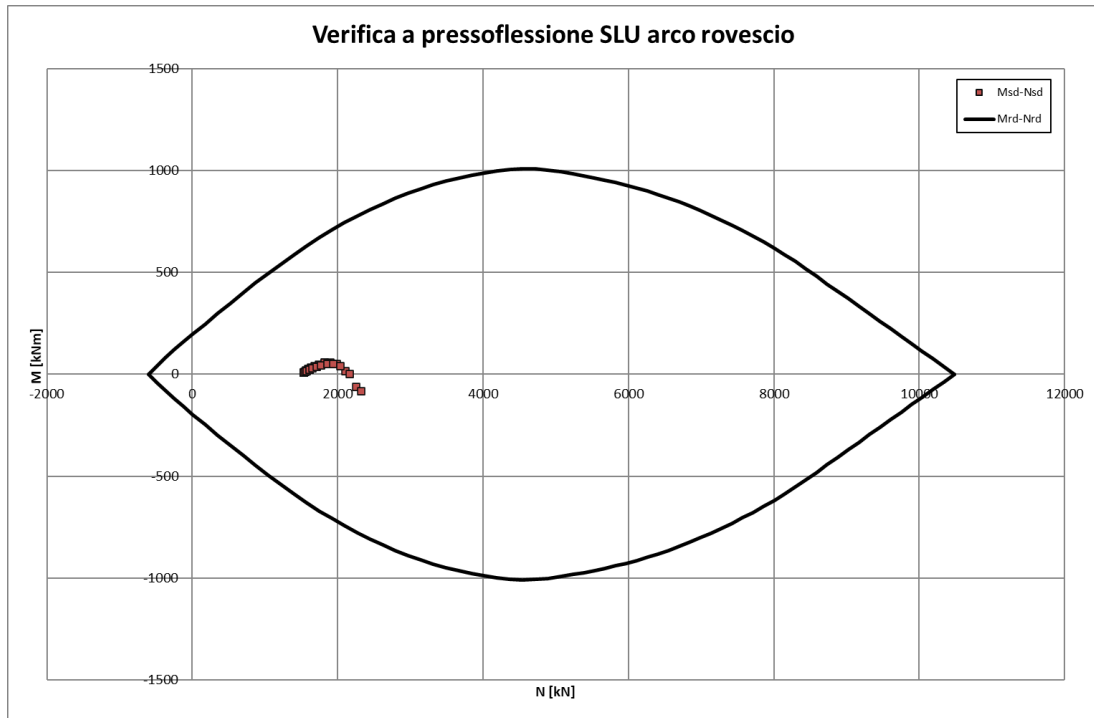


Figura 9-193 - Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo arco rovescio – Coppie (M;N) -DX

le verifiche agli SLE eseguite sul rivestimento definitivo, sia tensionali che a fessurazione, in forma cartesiana al variare dell'angolo α .

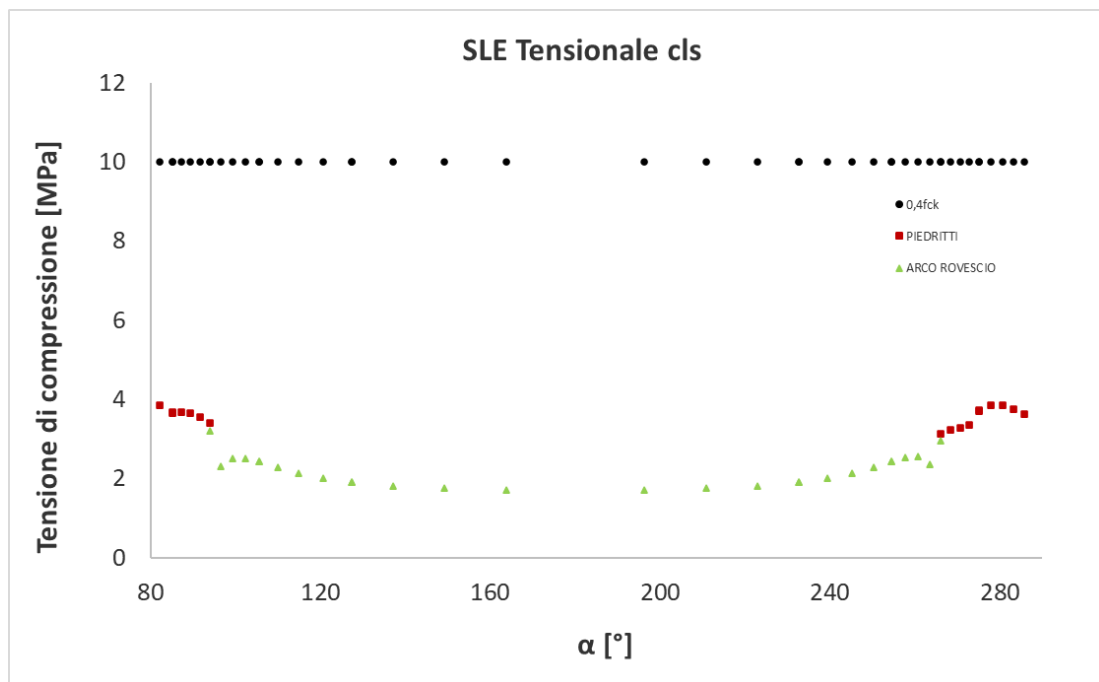


Figura 9-194 - Verifica tensioni calcestruzzo SX

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:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO												
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria													
GALLERIE		<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>1AEZZ</td> <td>RH</td> <td>GN0000001</td> <td>C</td> <td>225 di 355</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	225 di 355
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.									
IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	225 di 355									
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo														

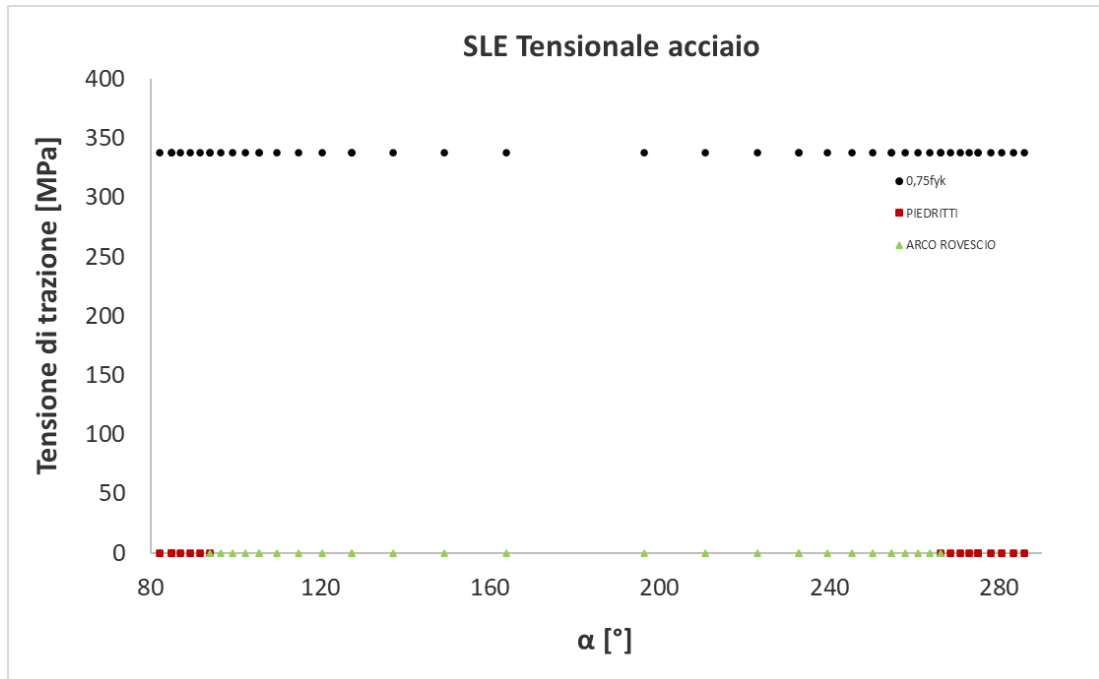


Figura 9-195 - Verifica tensioni acciaio SX

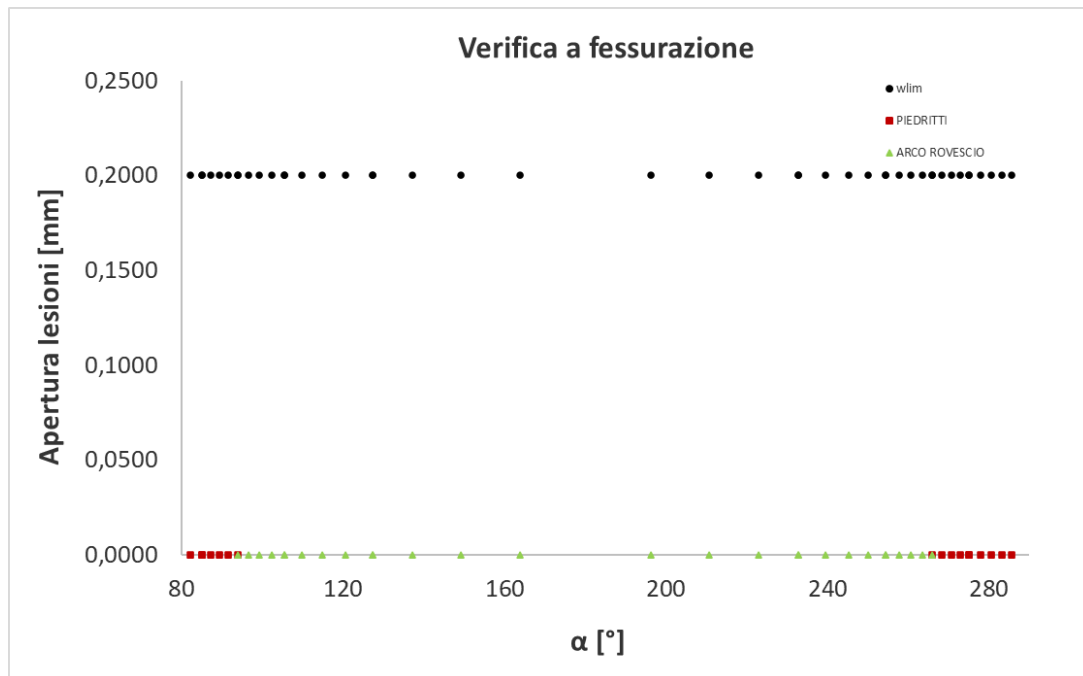


Figura 9-196 - Verifica a fessurazione SX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 226 di 355

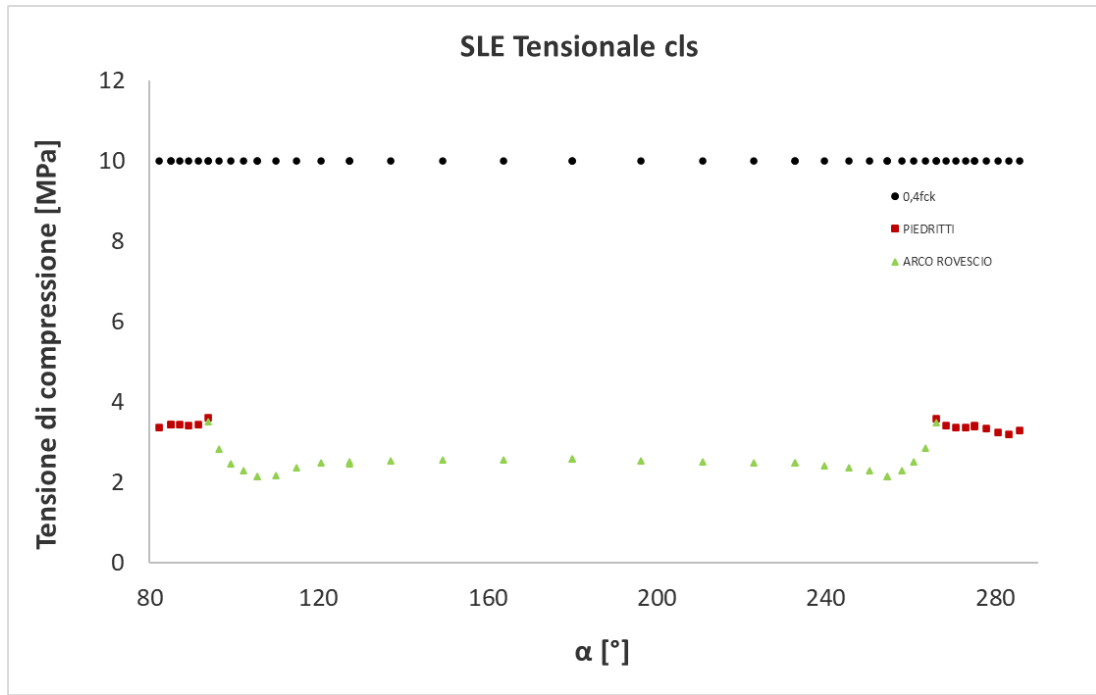


Figura 9-197 - Verifica tensioni calcestruzzo- DX

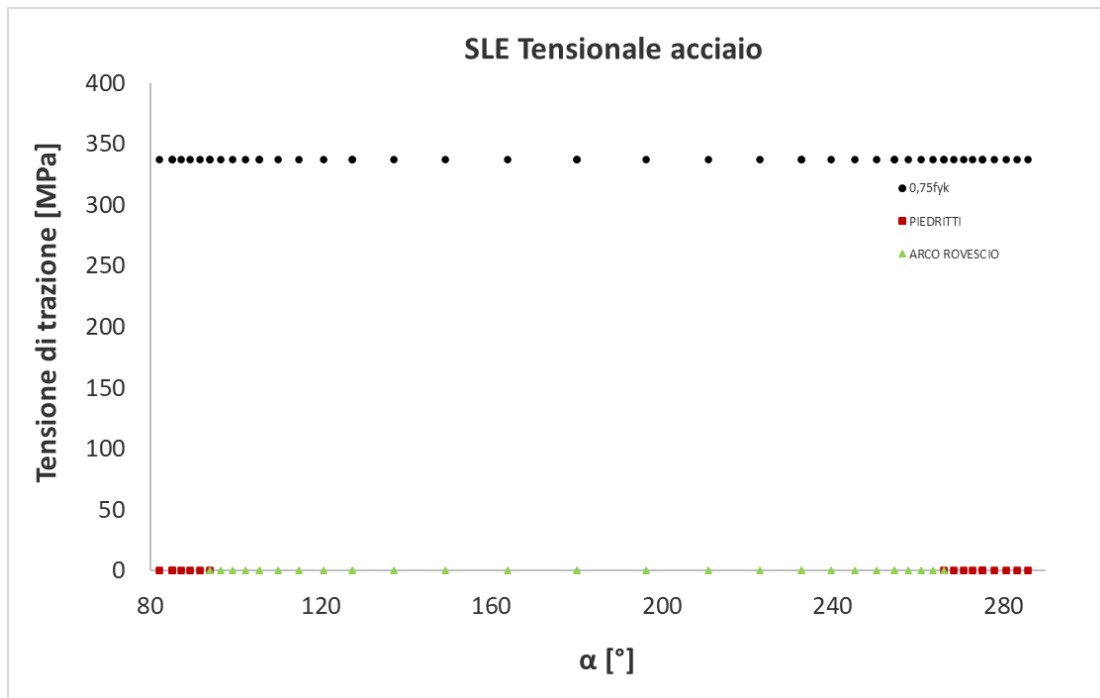


Figura 9-198 - Verifica tensioni acciaio DX

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:		
Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria		
GALLERIE		COMMessa LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO. IBOU 1AEZZ RH GN0000001 C 227 di 355
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo		

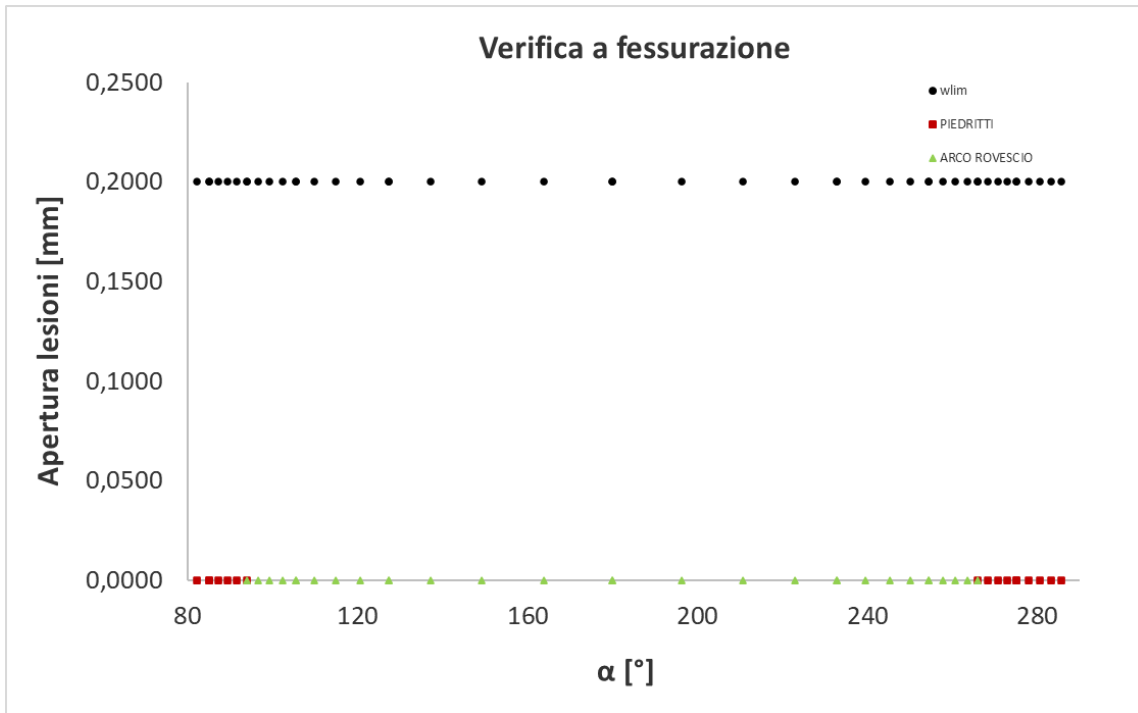


Figura 9-199 - Verifica a fessurazione DX

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					
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 228 di 355

Di seguito si riportano, sottoforma di diagrammi cartesiani, le verifiche previste per rivestimenti non armati secondo NTC2008 relative alla fase 13 (Lungo termine) per entrambe le canne.

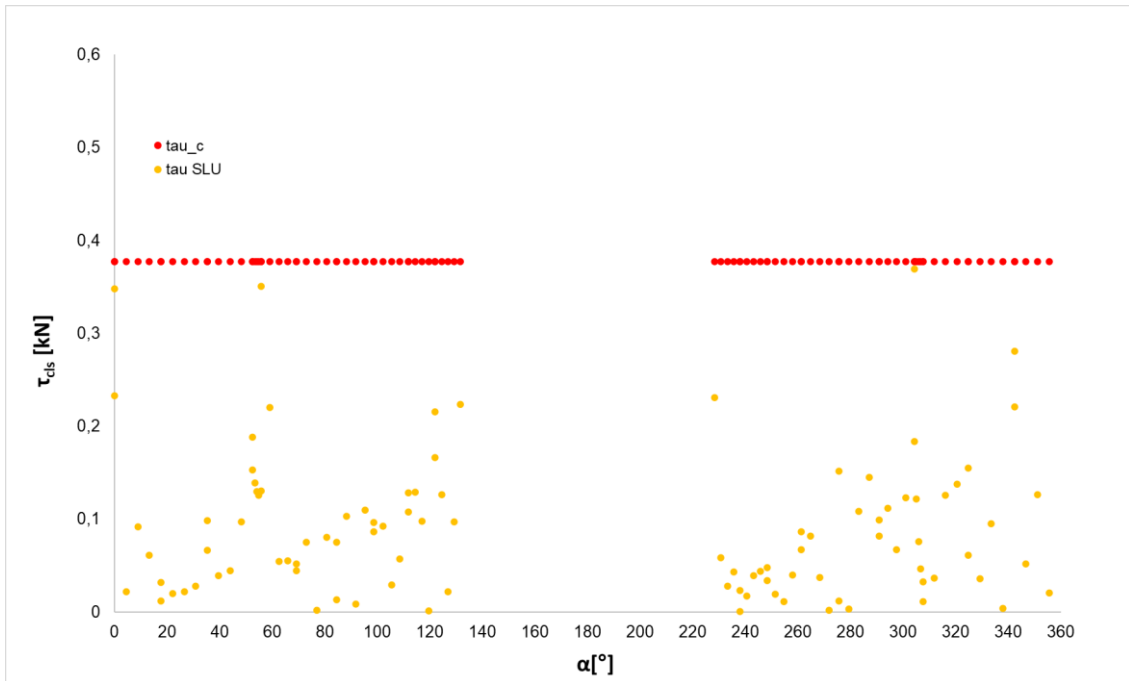


Figura 9-200 – Verifica a taglio ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A2-SX

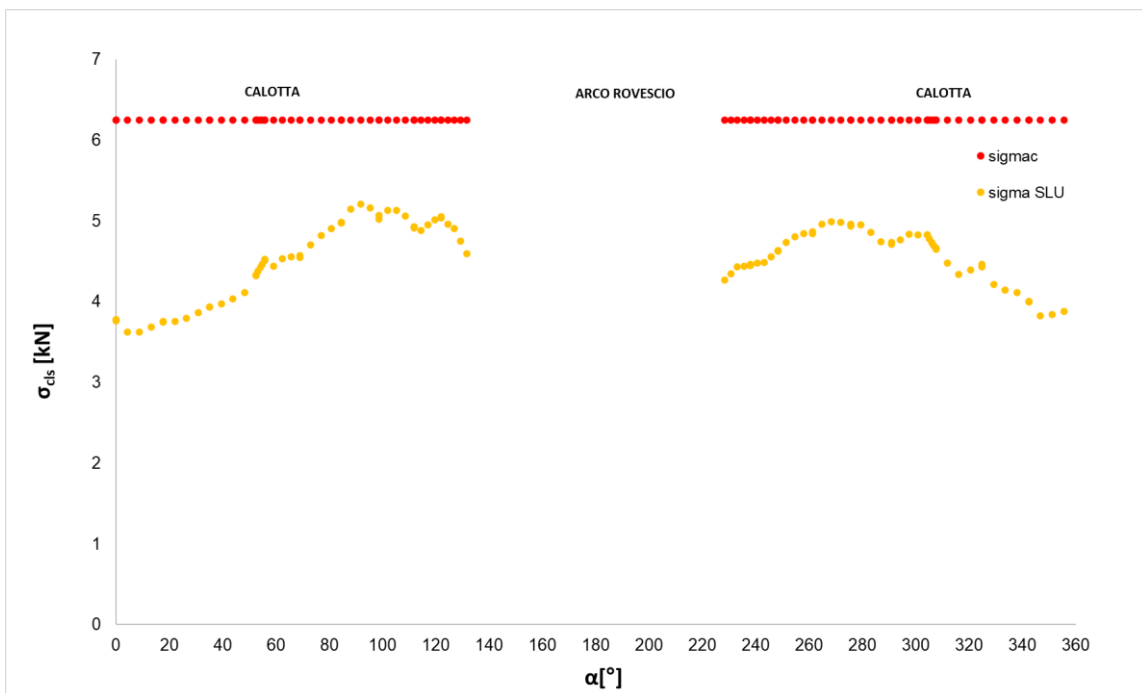


Figura 9-201 - Verifica sforzi normali ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A2-SX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 229 di 355

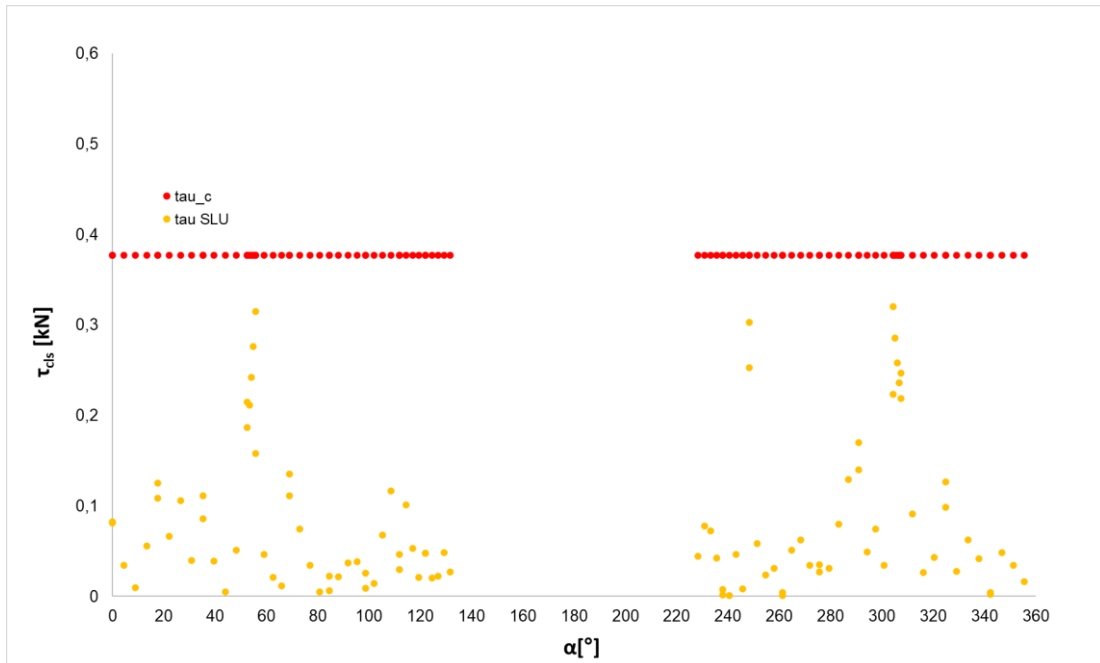


Figura 9-202 - Verifica a taglio ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A2- DX

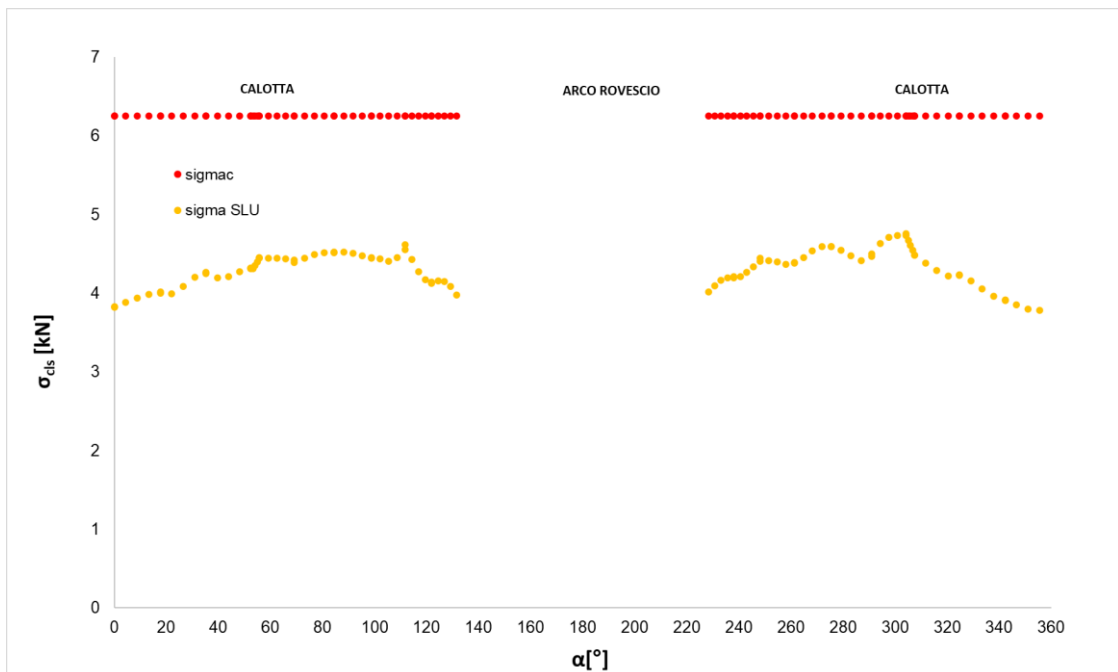


Figura 9-203 - Verifica sforzi normali ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A2-DX

9.7.7.4. Verifica dei bulloni radiali

Gli interventi radiali della sezione A2 sono costituiti da bulloni radiali costituiti da barre $\Phi 24$ mm.

I parametri utilizzati nella verifica dei bulloni radiali sono riportati di seguito.

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					
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 230 di 355		

Elemento	D _{perf}	L	i _{long}	α	q _s	f _{tk}	f _{yk}	γ _s	γ _a	ξ _a
(-)	(mm)	(m)	(m)	(-)	(kPa)	(MPa)	(MPa)	(-)	(-)	(-)
14+15 barre Φ24	51	6	1.2	1.1	350	540	450	1.15	1.1	1.6

La massima sollecitazione agente sui bulloni è pari a:

$$N_d = N \cdot \gamma_g = 59.9 \cdot 1.2 \cdot 1.3 = 93.4 \text{ kN}$$

dove:

N = massimo sforzo normale ottenuto nelle analisi numeriche

γ_g = fattore di amplificazione delle sollecitazioni pari a 1.3

La **resistenza a sfilamento**, valutata come in §9.4, risulta pari a:

$$R_d = \frac{\alpha \cdot \pi \cdot D_p \cdot L \cdot q_s}{\gamma_a \cdot \xi_a} = \frac{1.1 \cdot \pi \cdot 0.05 \cdot 6 \cdot 350}{1.1 \cdot 1.6} = 206 \text{ kN}$$

Si ottiene quindi:

$$N_d \leq R_d$$

Con **FS=2.20**

La **resistenza a rottura** viene valutata come:

$$F_{Nd} = \frac{f_{yk} \cdot A_s}{\gamma_s} = \frac{450 \text{ MPa} \cdot 452 \text{ mm}^2}{1.15} = 177 \text{ kN}$$

Si ottiene quindi:

$$N_d \leq R_d$$

Con **FS=1.89**

Pertanto, la verifica risulta soddisfatta.

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 231 di 355

9.7.8 Sezione B1L

9.7.8.1. Verifica del rivestimento provvisorio

Le verifiche strutturali sul rivestimento provvisorio (o di prima fase) sono state eseguite nella fase di calcolo relativa alla maturazione completa del provvisorio di entrambe le canne (fase 9).

Il rivestimento di prima fase della sezione B1L è caratterizzato dalla presenza di uno strato di spritz-beton di spessore pari a 0.30 m e 2 centine IPN180 accoppiate con passo 1.2m.

Si riporta di seguito, al crescere della coordinata angolare che identifica le diverse porzioni del rivestimento, il confronto tra azione e resistenza in termini tensionali per lo spritz-beton e per le centine.

Le figure sottostanti mostrano che tutte le sollecitazioni risultano inferiori alla resistenza offerta dallo spritz-beton e dalle centine; pertanto, la verifica è soddisfatta in ogni punto del rivestimento provvisorio.

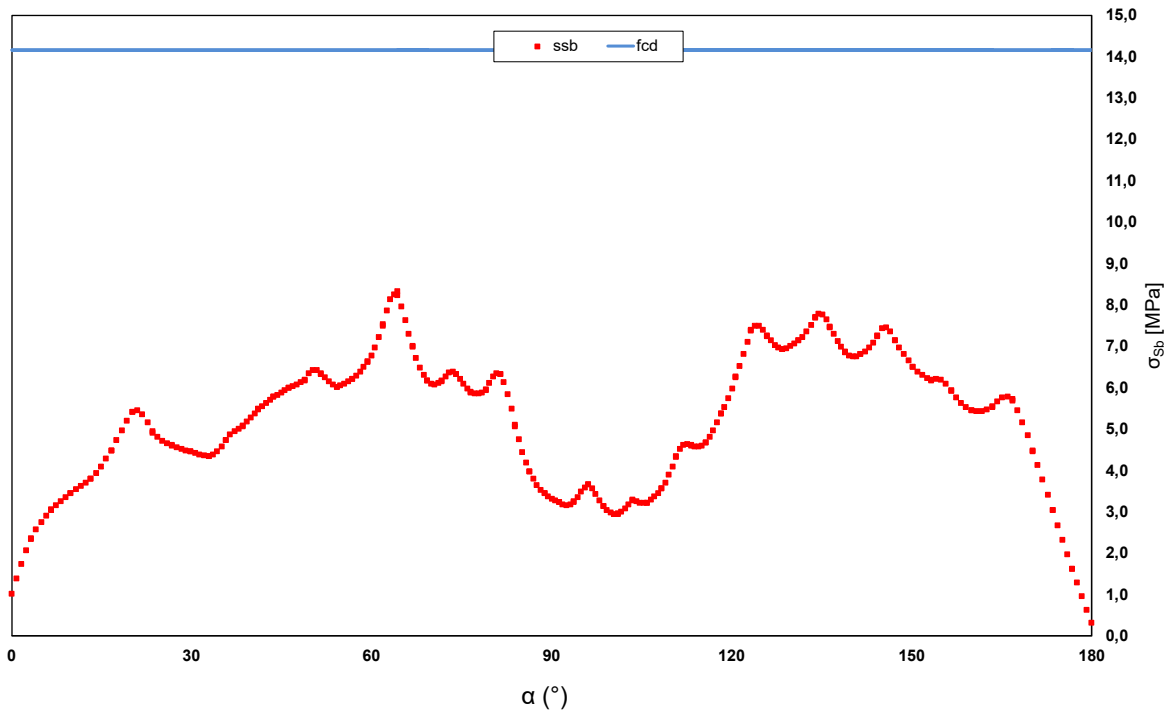


Figura 9-204: Verifica SLU per lo spritz-beton – Sezione Tipo B1L-SX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 232 di 355

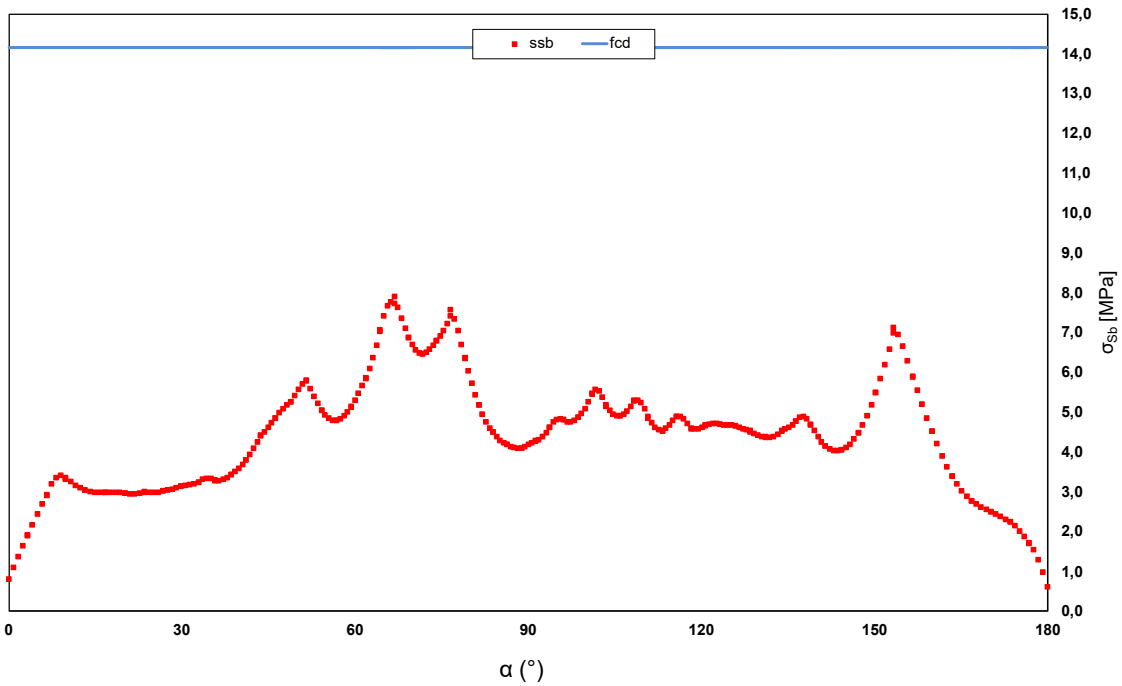


Figura 9-205: Verifica SLU per lo spritz-beton – Sezione Tipo B1L-DX

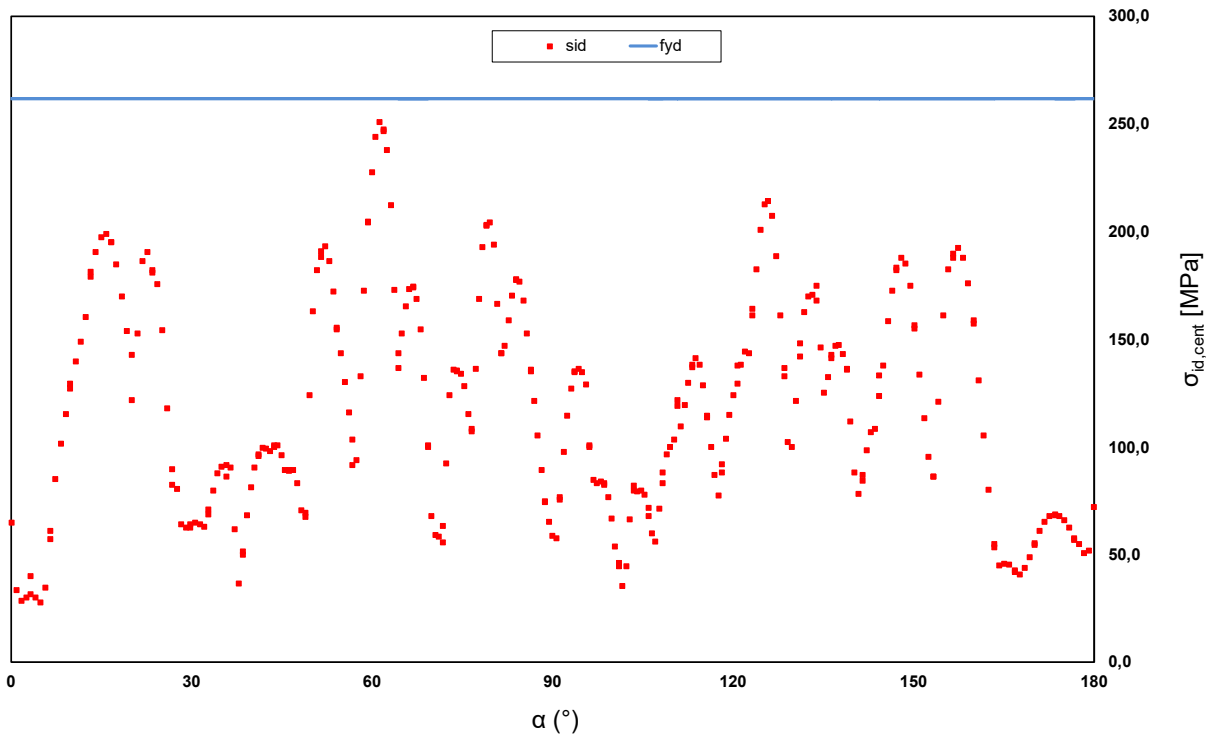


Figura 9-206: Verifica SLU per le centine – Sezione Tipo B1L-SX

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					
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 233 di 355

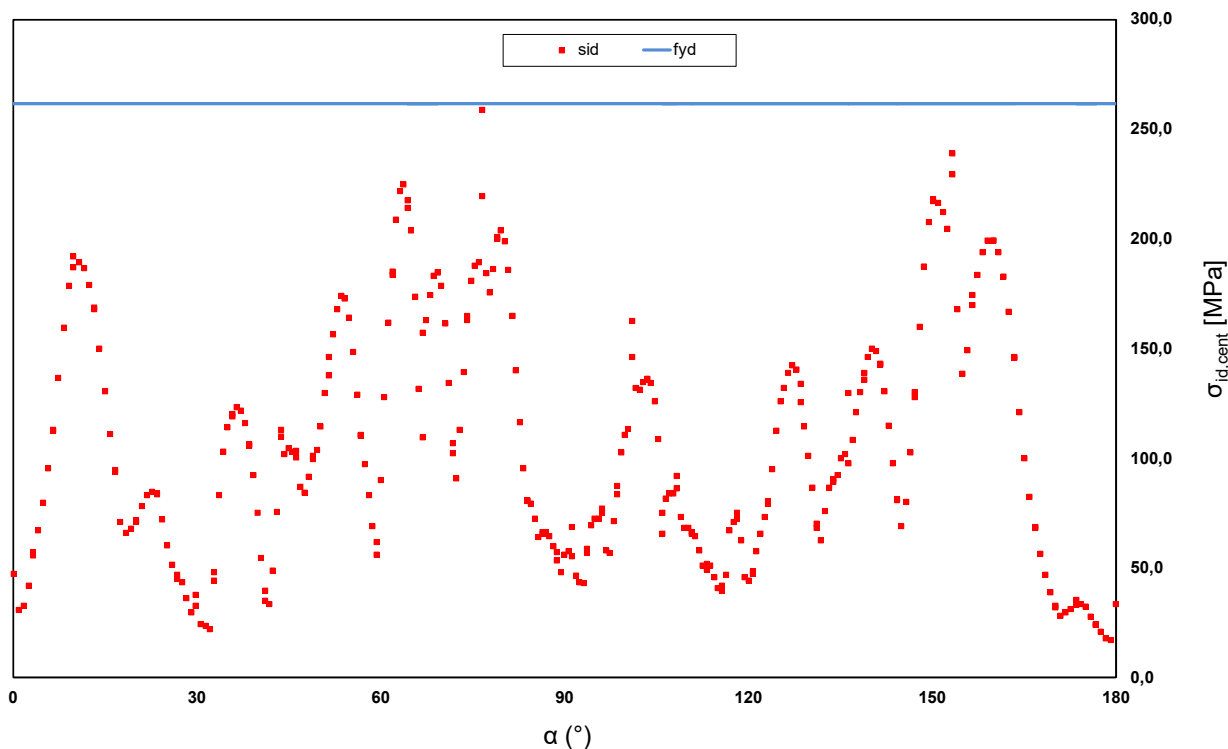


Figura 9-207: Verifica SLU per le centine – Sezione Tipo B1L-DX

9.7.8.2. Verifica del rivestimento definitivo

La verifica del rivestimento definitivo è stata condotta con riferimento alla fase di lungo termine, i cui output in termini di sollecitazioni sono già stati riportati in precedenza. Come già specificato in §9.3.1 della presente relazione, le sollecitazioni in output da Plaxis sono state amplificate per 1.3 per eseguire verifiche allo SLU, mentre non sono state amplificate per eseguire le verifiche allo SLE.

Nella tabella seguente si riportano gli spessori del CLS ed i ferri di armatura considerati nelle verifiche per la calotta e l'arco rovescio:

Elemento	Classe CLS	Spessore	Armatura intradosso	Armatura estradosso	Armatura taglio
Calotta	25/30	0.7 m	-	-	-
Murette	25/30	0.8 m	Φ14/20	Φ14/20	-
Arco rovescio	25/30	0.8 m	Φ14/20	Φ14/20	-

Di seguito si riportano, sottoforma di diagrammi cartesiani, le verifiche SLU per il rivestimento definitivo armato, relative alla fase 11 (Lungo termine).

I risultati delle verifiche a taglio vengono riportati in termini di confronto tra azione e resistenza, diagrammati al crescere della coordinata angolare α dei punti del rivestimento.

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			
GALLERIE	Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C 234 di 355

Le verifiche a pressoflessione vengono invece riportate in termini di dominio ultimo, mostrando come ciascuna coppia di punti (M;N) sia interna al dominio.

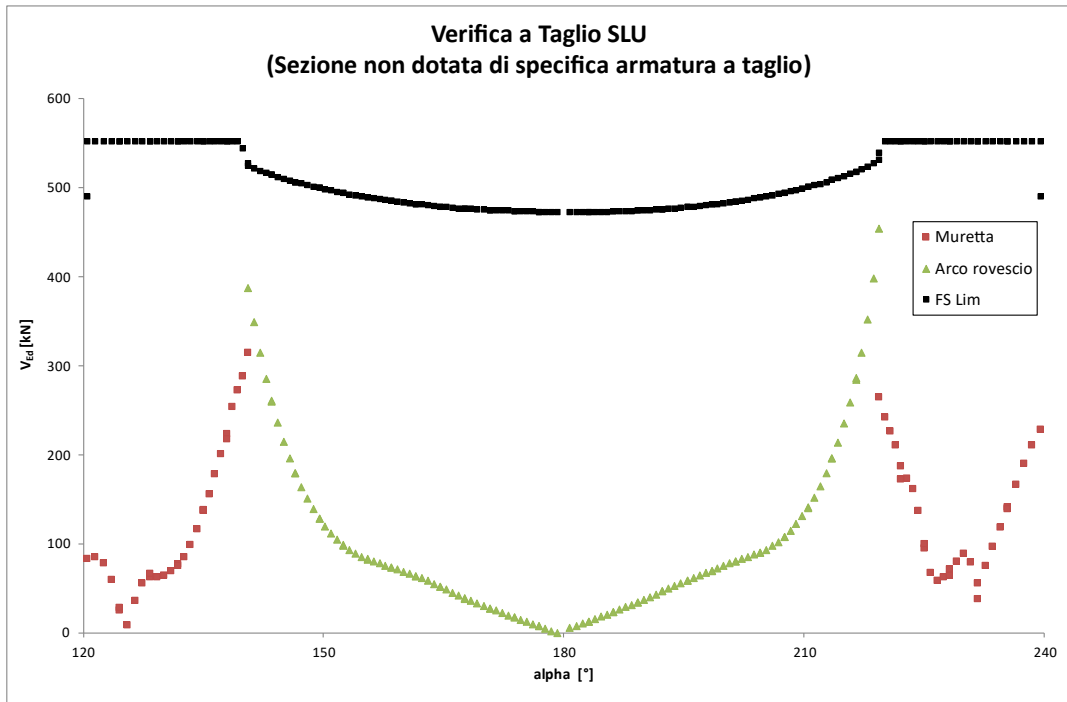


Figura 9-208 – Verifica a taglio rivestimento definitivo SX

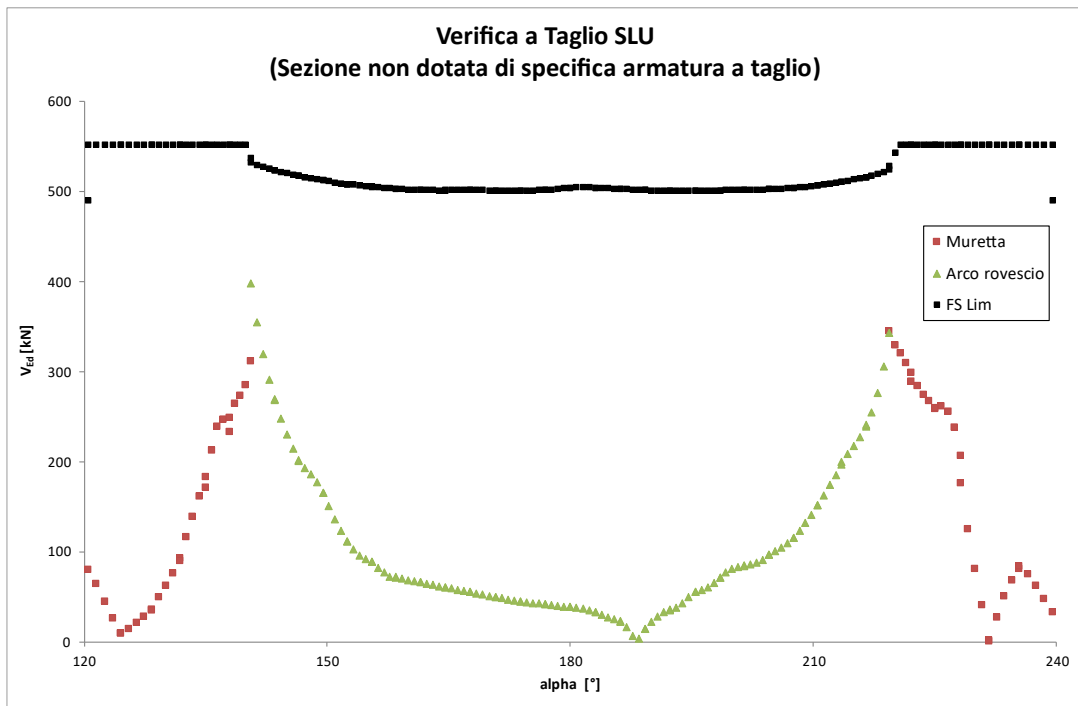


Figura 9-209 – Verifica a taglio rivestimento definitivo DX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 235 di 355

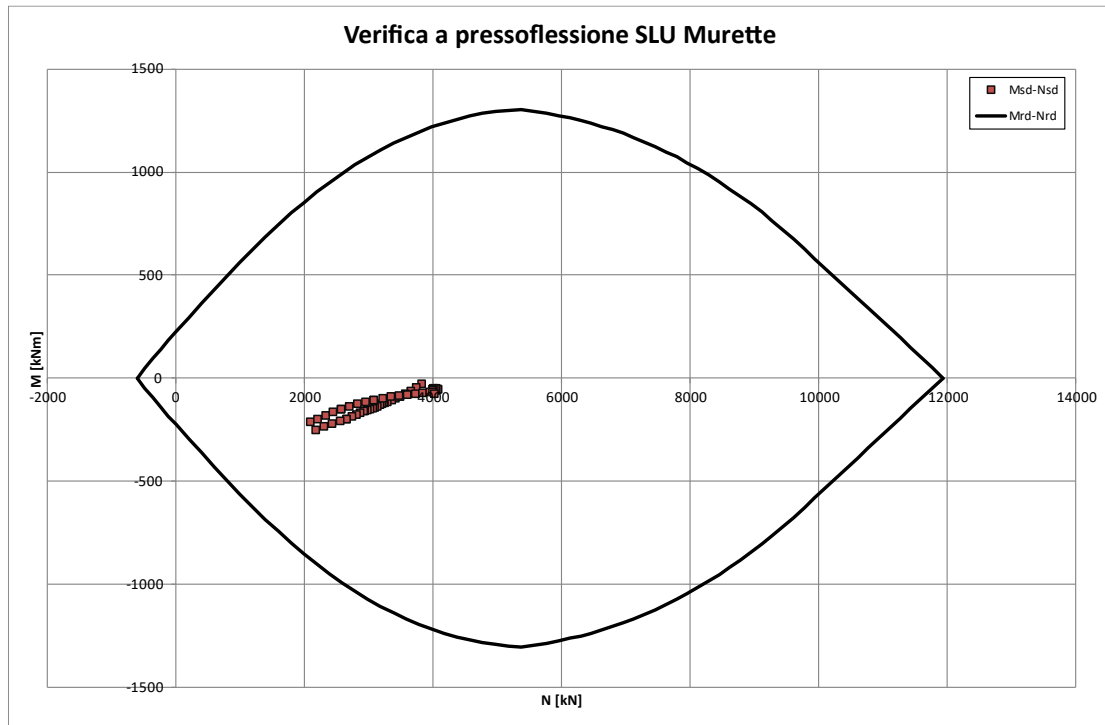


Figura 9-210 – Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo murette– Coppie (M;N)-SX

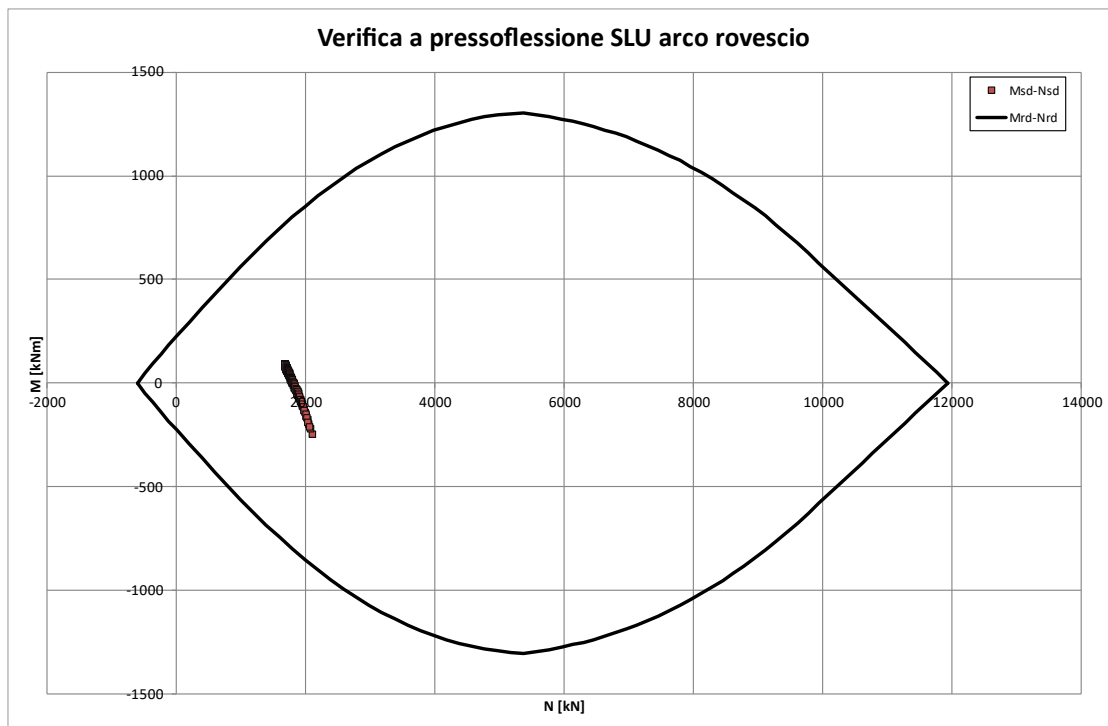


Figura 9-211 – Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo arco rovescio – Coppie (M;N) -SX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 236 di 355

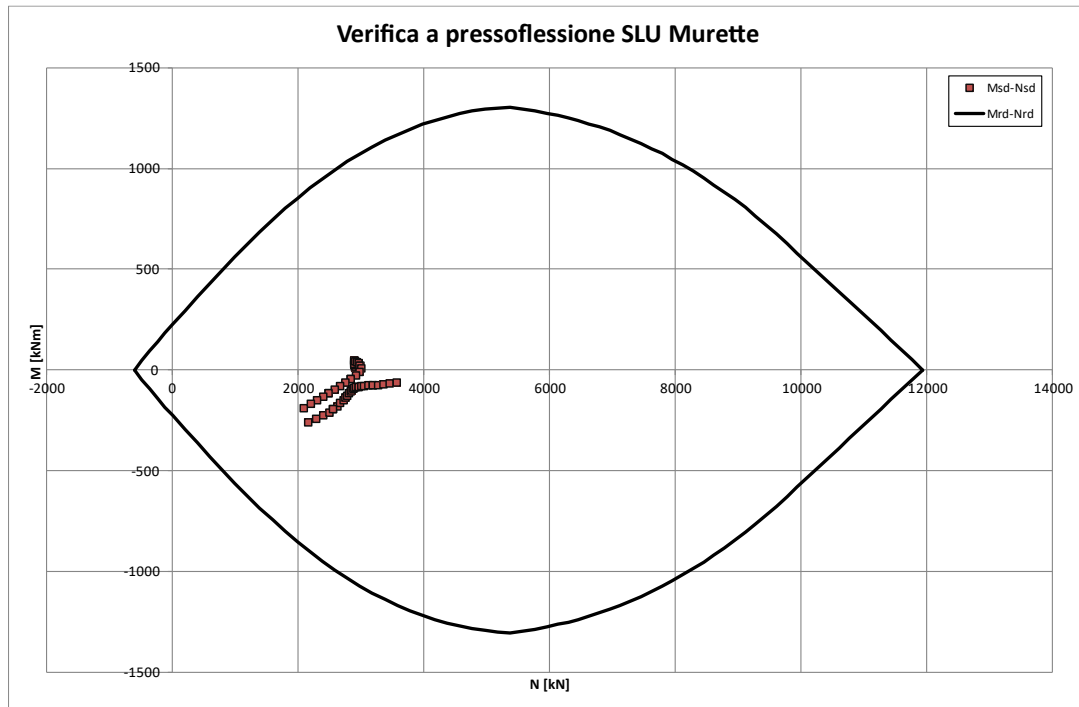


Figura 9-212 – Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo murette– Coppie (M;N)-DX

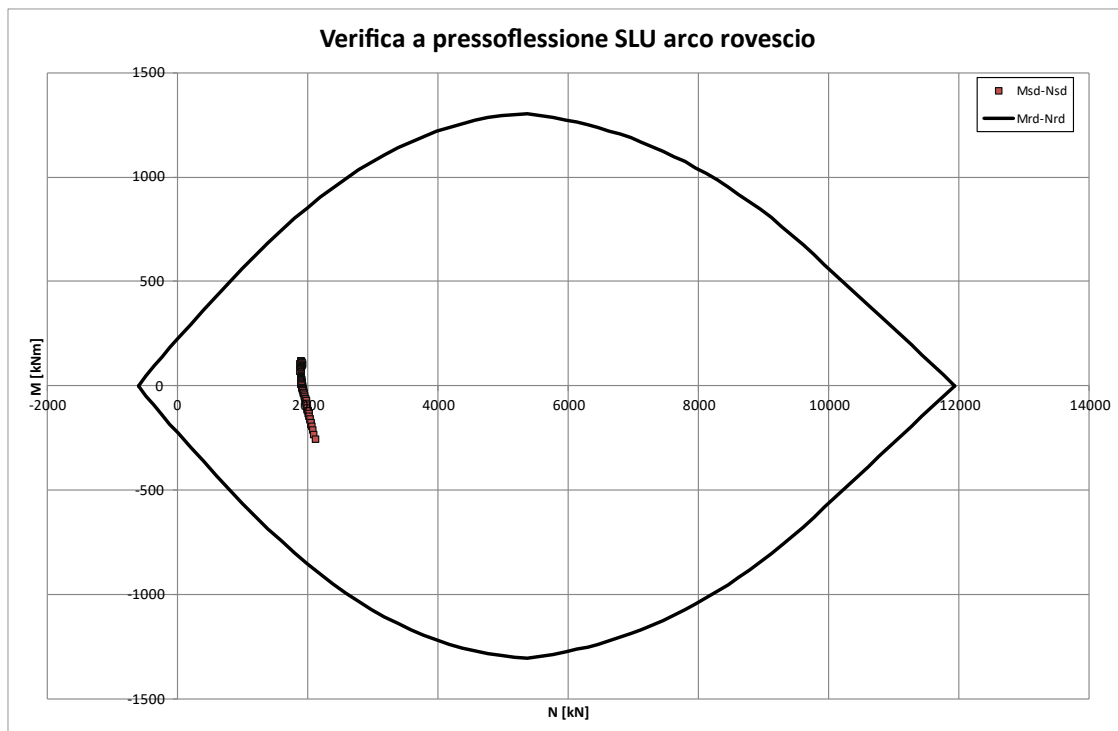


Figura 9-213 – Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo arco rovescio – Coppie (M;N) -DX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 237 di 355

Si riportano inoltre di seguito le verifiche agli SLE eseguite sul rivestimento definitivo, sia tensionali che a fessurazione, in forma cartesiana al variare dell'angolo α .

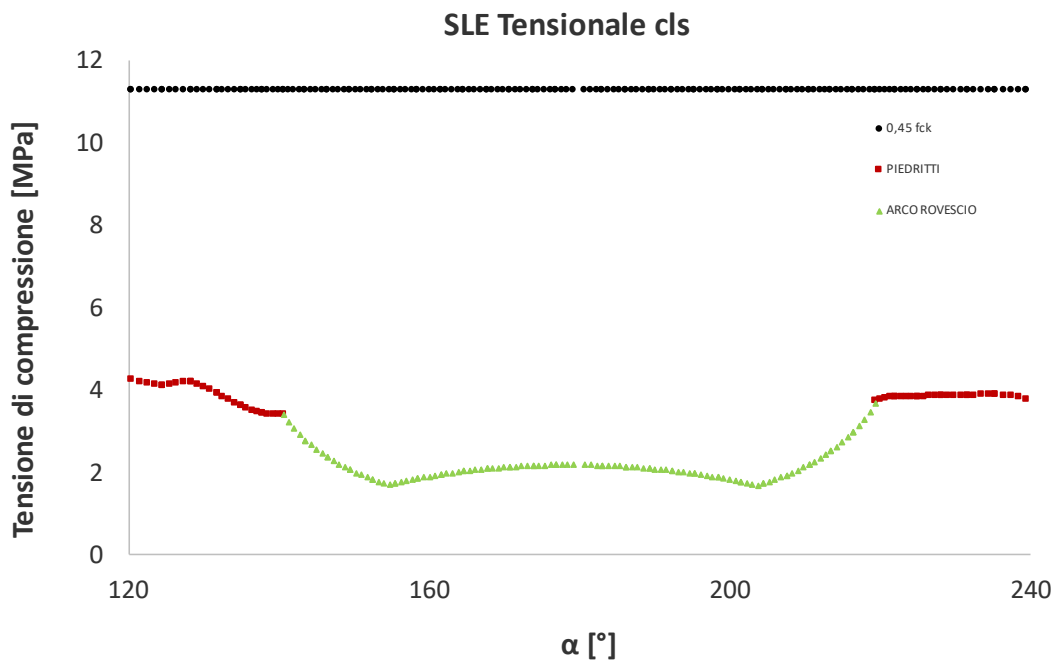


Figura 9-214 – Verifica tensioni calcestruzzo SX

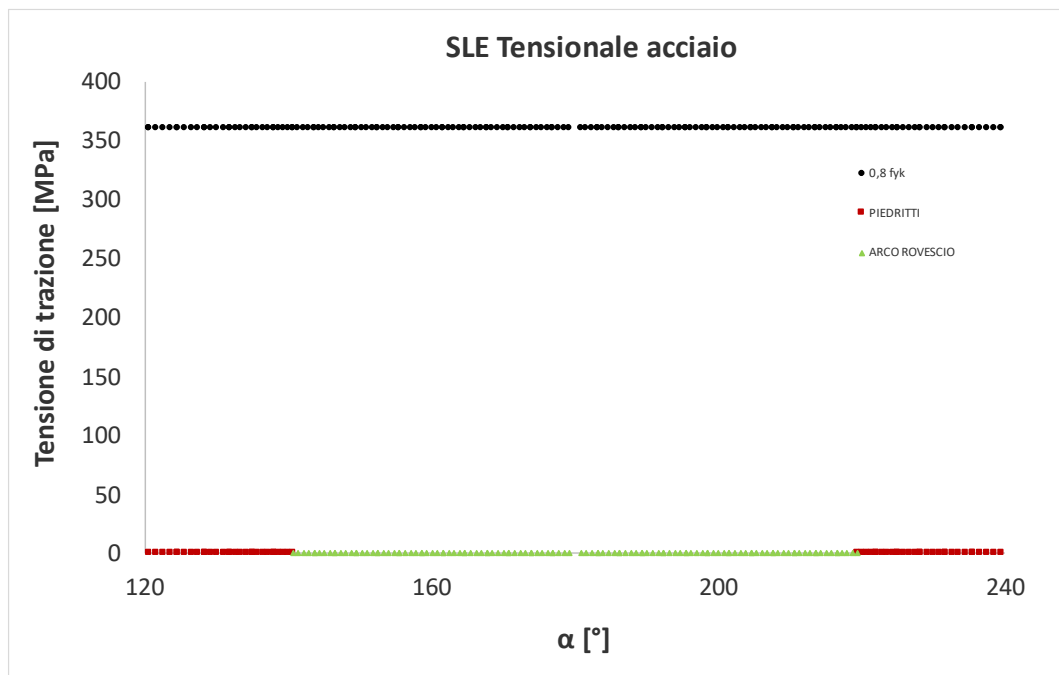


Figura 9-215 – Verifica tensioni acciaio SX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 238 di 355

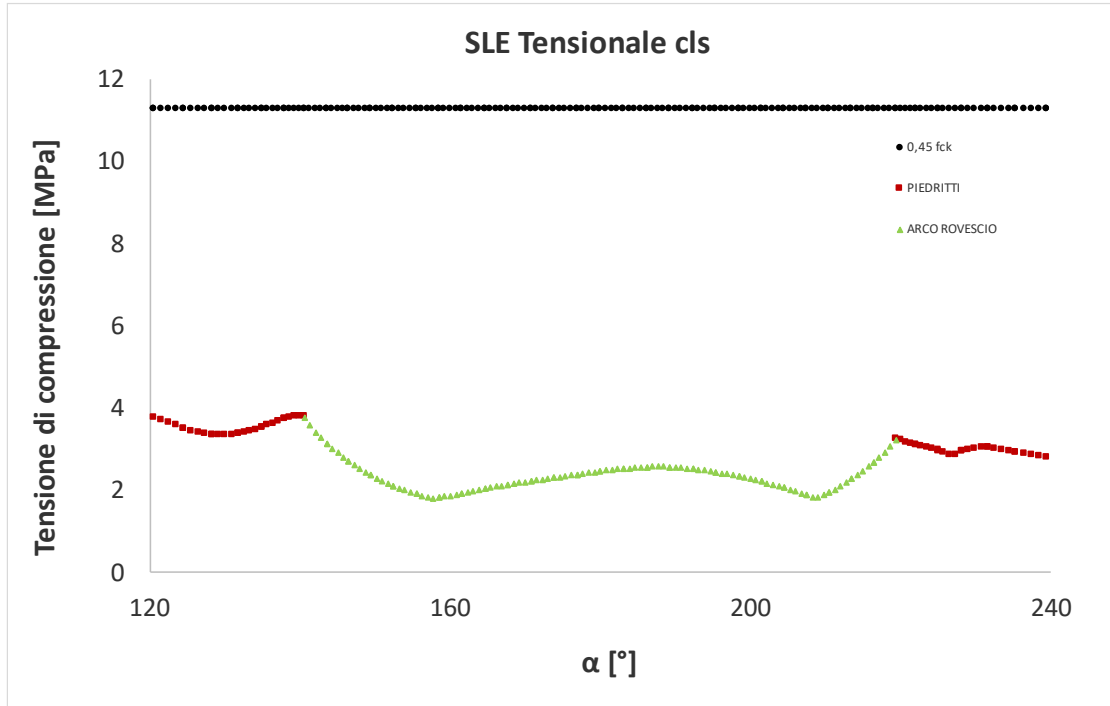


Figura 9-216 – Verifica tensioni calcestruzzo DX

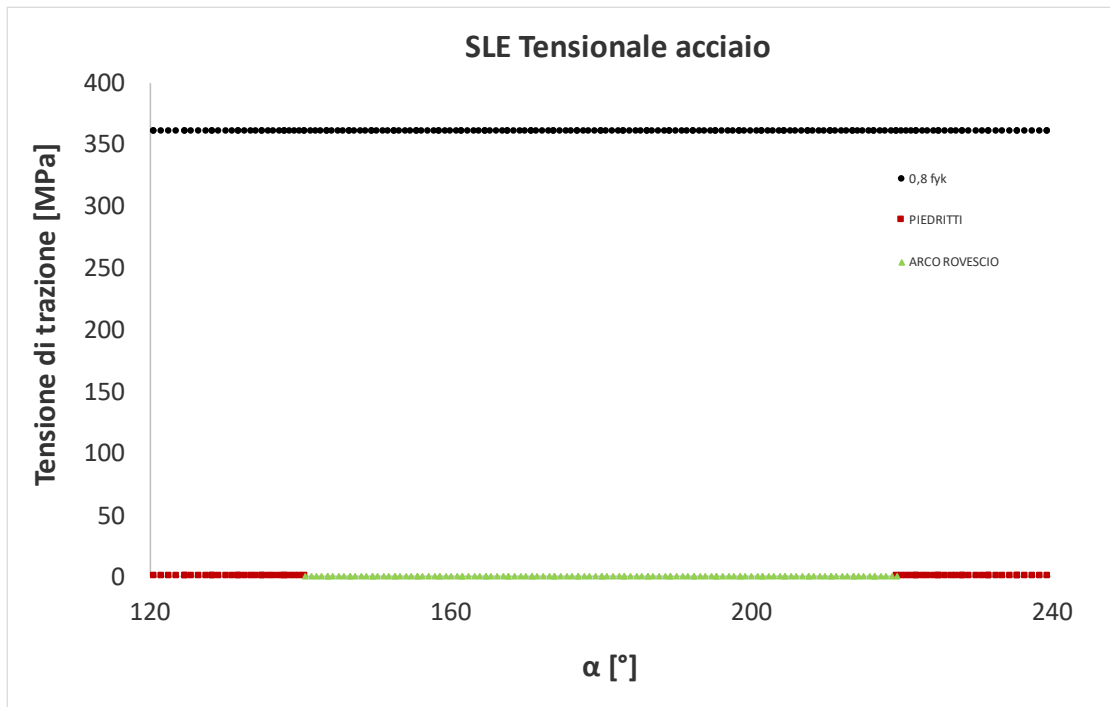


Figura 9-217 – Verifica tensioni acciaio DX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 239 di 355

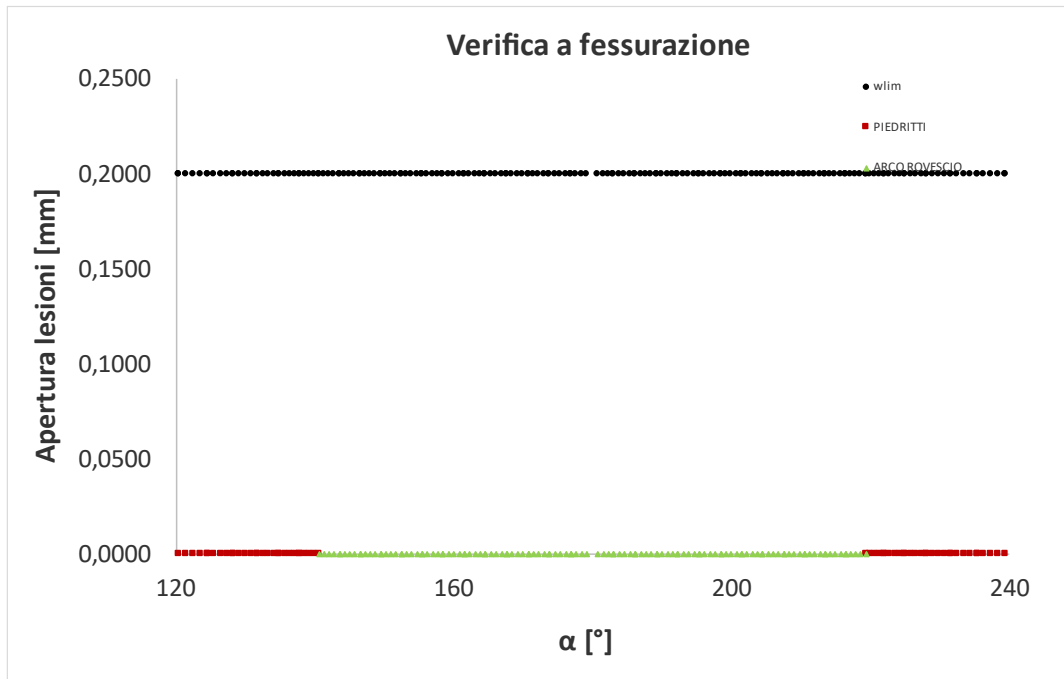


Figura 9-218 – Verifica a fessurazione SX

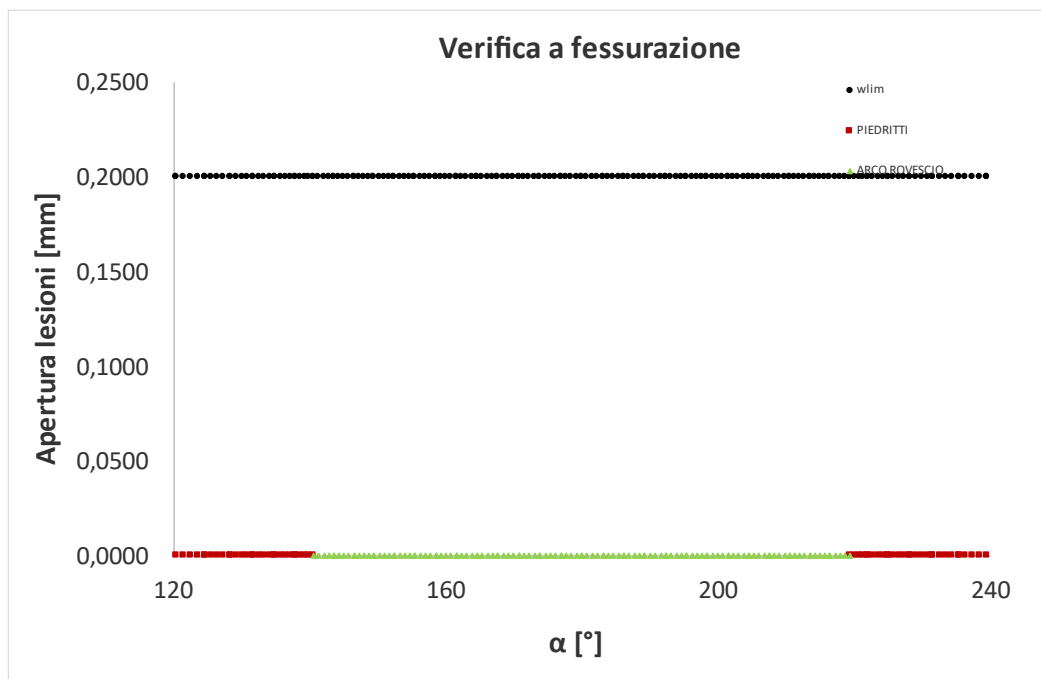


Figura 9-219 – Verifica a fessurazione DX

Di seguito si riportano, sottoforma di diagrammi cartesiani, le verifiche previste per rivestimenti non armati secondo NTC2008 relative alla fase 11 (Lungo termine) per entrambe le canne.

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			
GALLERIE	Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C
						FOGLIO. 240 di 355

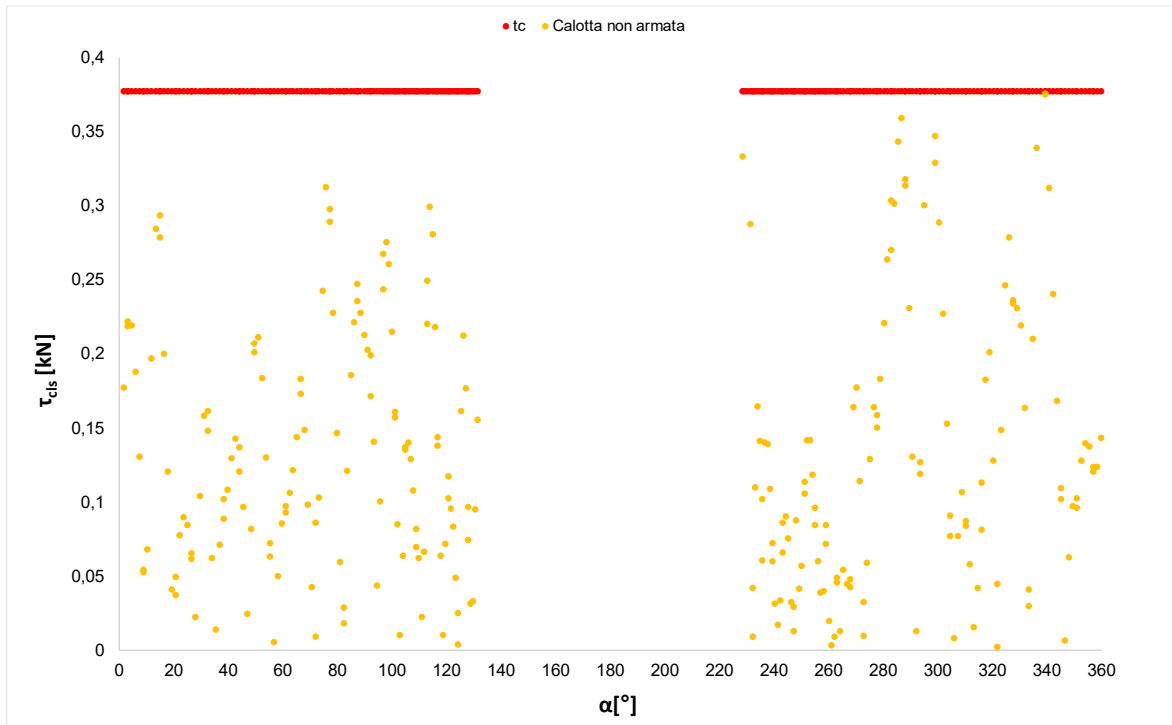


Figura 9-220 – Verifica a taglio ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo B1L-SX

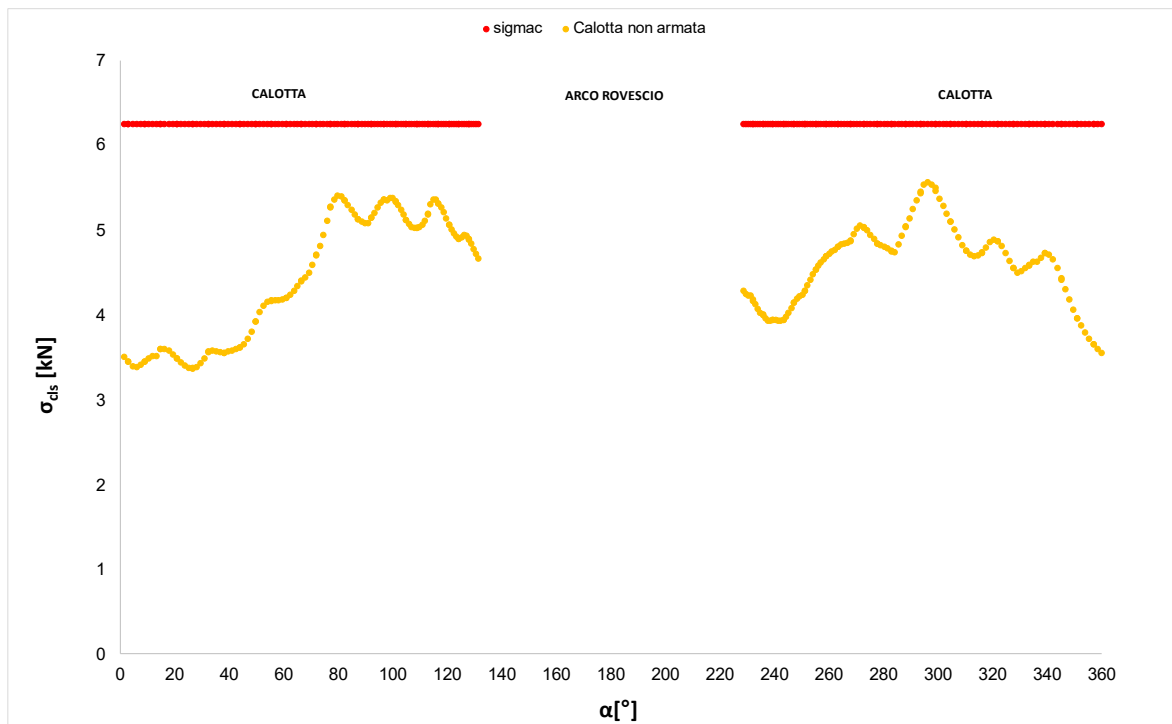


Figura 9-221 – Verifica sforzi normali ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo B1L-SX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 241 di 355

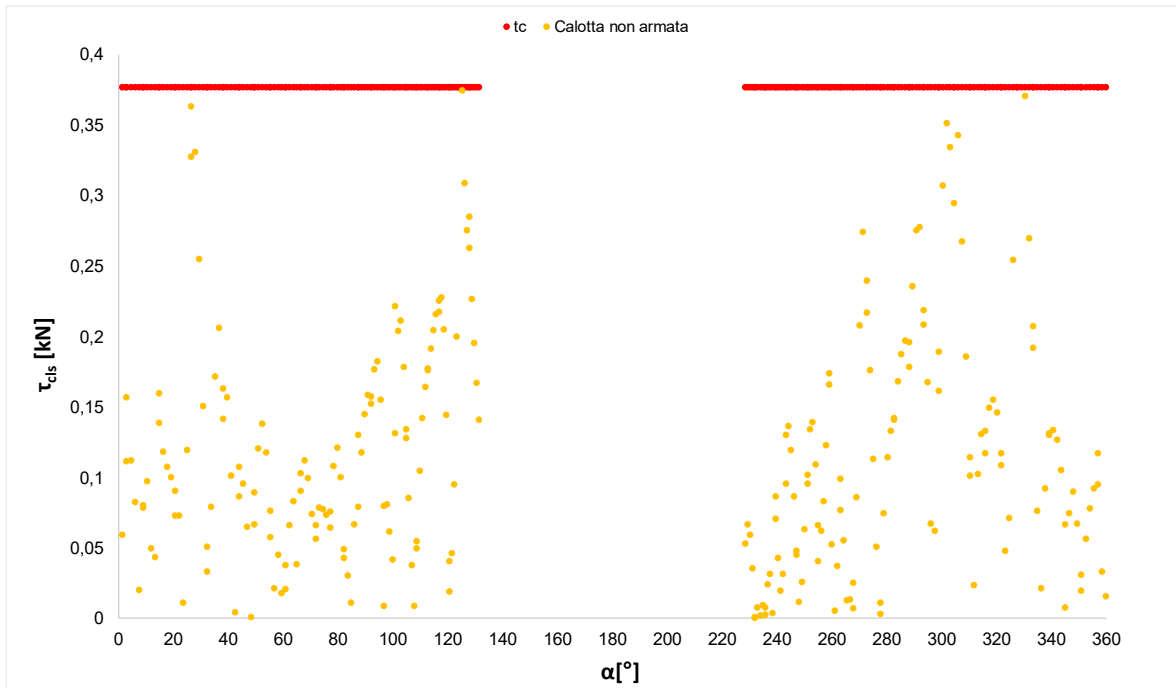


Figura 9-222 – Verifica a taglio ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo B1L- DX

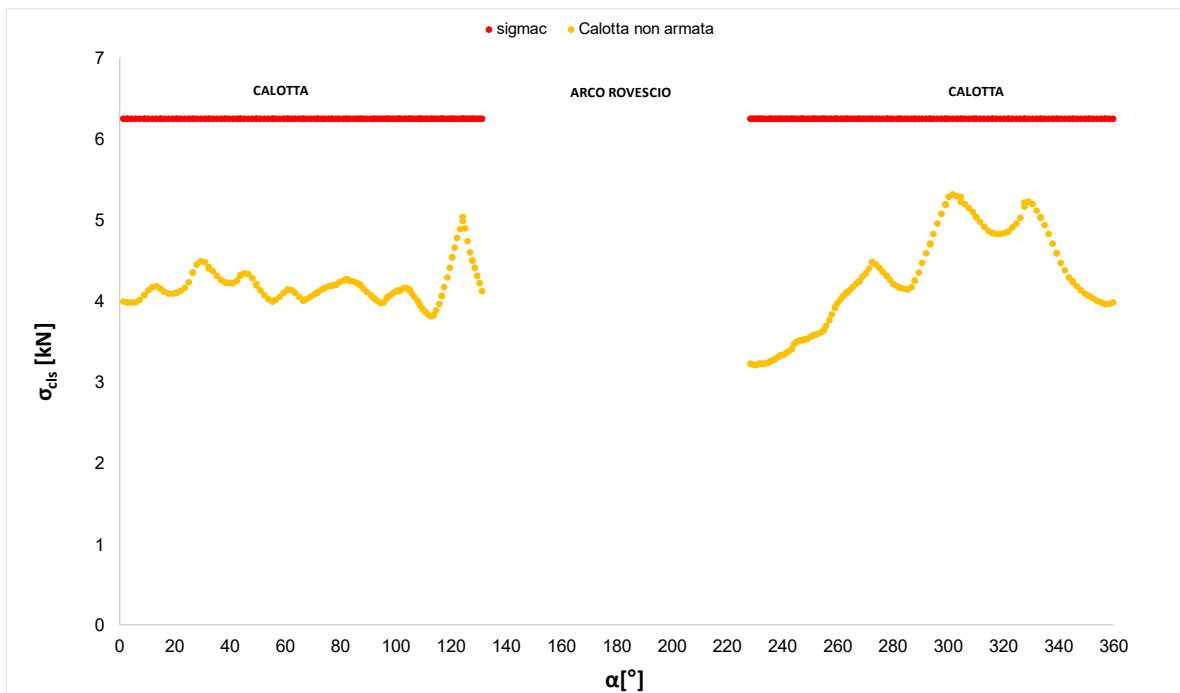


Figura 9-223 – Verifica sforzi normali ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo B1L-DX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 242 di 355

9.7.9 Sezione C2L

9.7.9.1. Verifica del rivestimento provvisorio

Le verifiche strutturali sul rivestimento provvisorio (o di prima fase) sono state eseguite nella fase di calcolo relativa alla maturazione completa del provvisorio di entrambe le canne (fase 11).

Il rivestimento di prima fase della sezione C2L è caratterizzato dalla presenza di uno strato di spritz-beton di spessore pari a 0.30 m e 2 centine IPN180 accoppiate passo 1 m.

Si riporta di seguito, al crescere della coordinata angolare che identifica le diverse porzioni del rivestimento, il confronto tra azione e resistenza in termini tensionali per lo spritz-beton e per le centine.

Le figure sottostanti mostrano che tutte le sollecitazioni risultano inferiori alla resistenza offerta dallo spritz-beton e dalle centine; pertanto, la verifica è soddisfatta in ogni punto del rivestimento provvisorio.

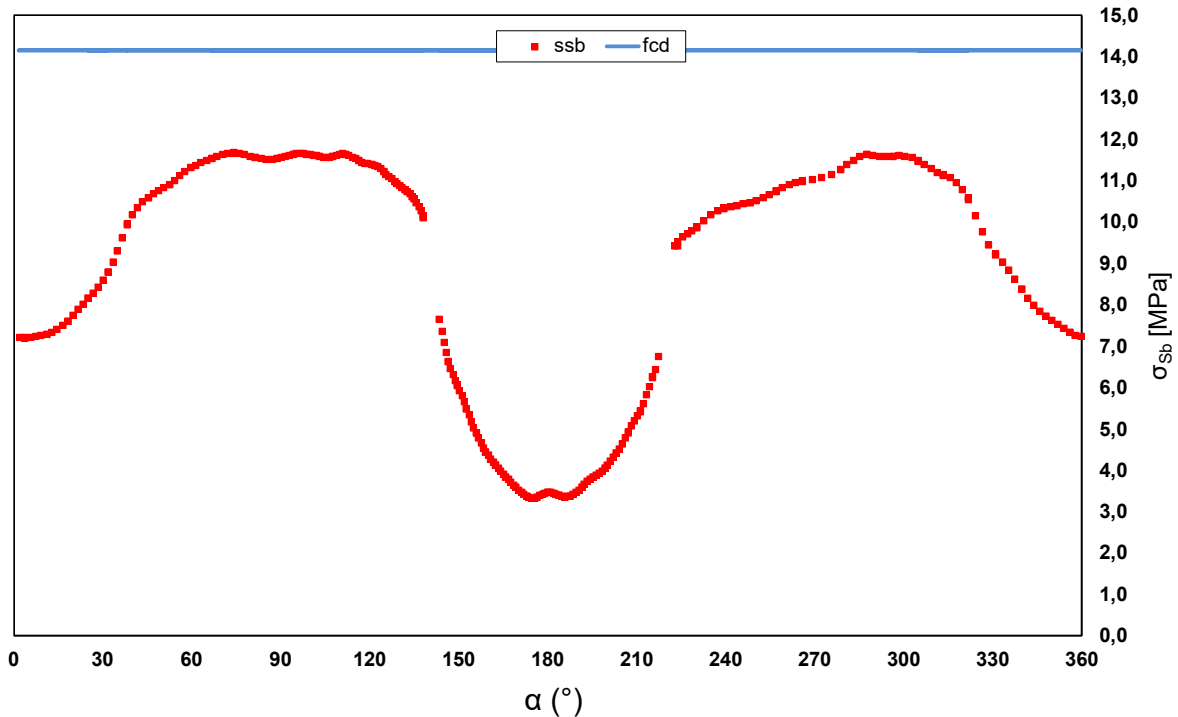


Figura 9-224: Verifica SLU per lo spritz-beton – Sezione Tipo C2L-SX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 243 di 355

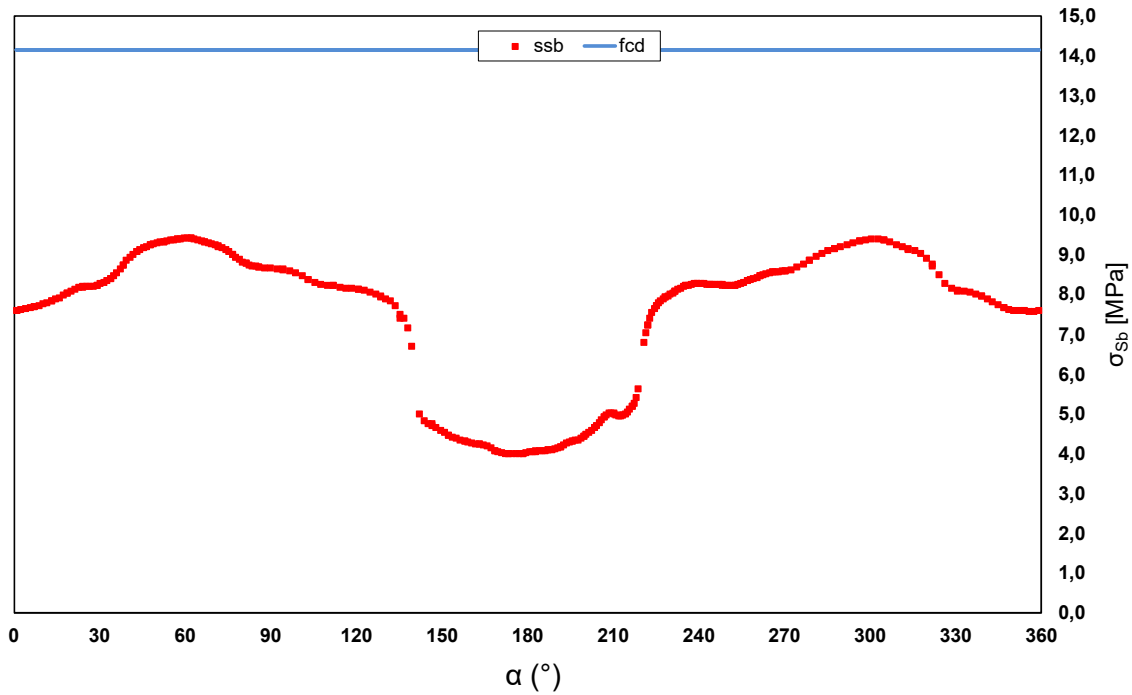


Figura 9-225: Verifica SLU per lo spritz-beton – Sezione Tipo C2L-DX

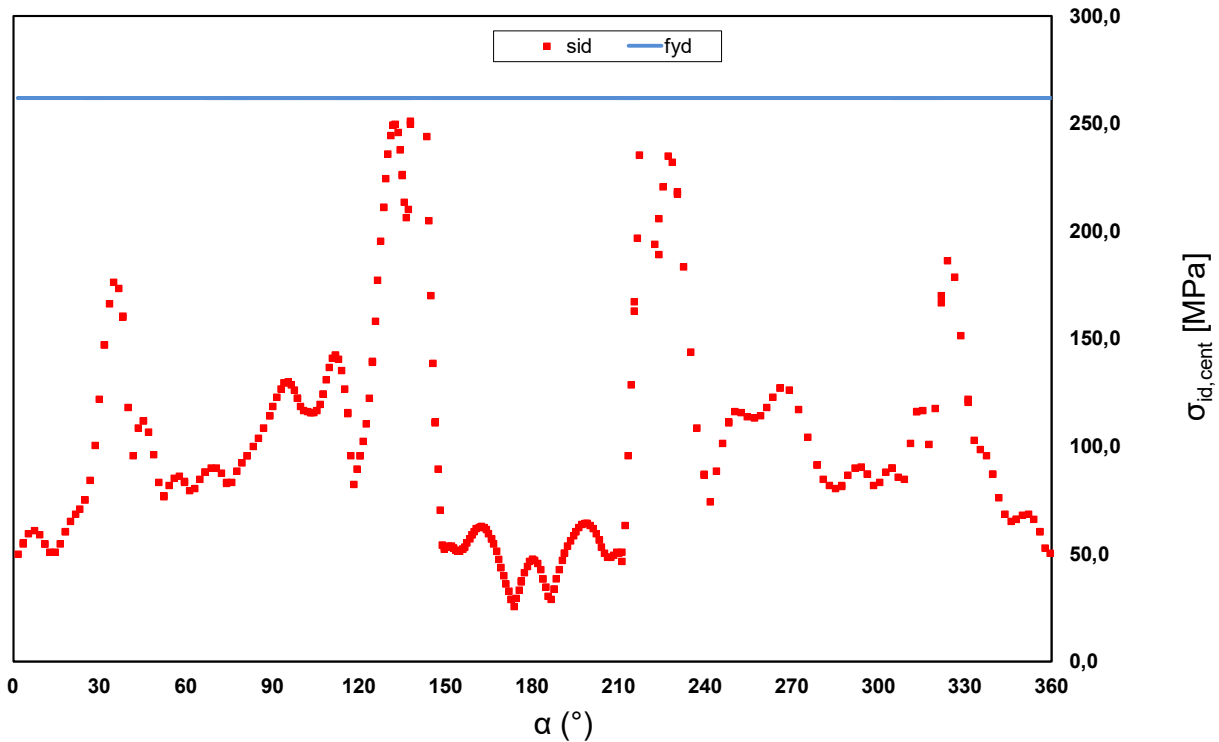


Figura 9-226: Verifica SLU per le centine – Sezione Tipo C2L-SX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 244 di 355

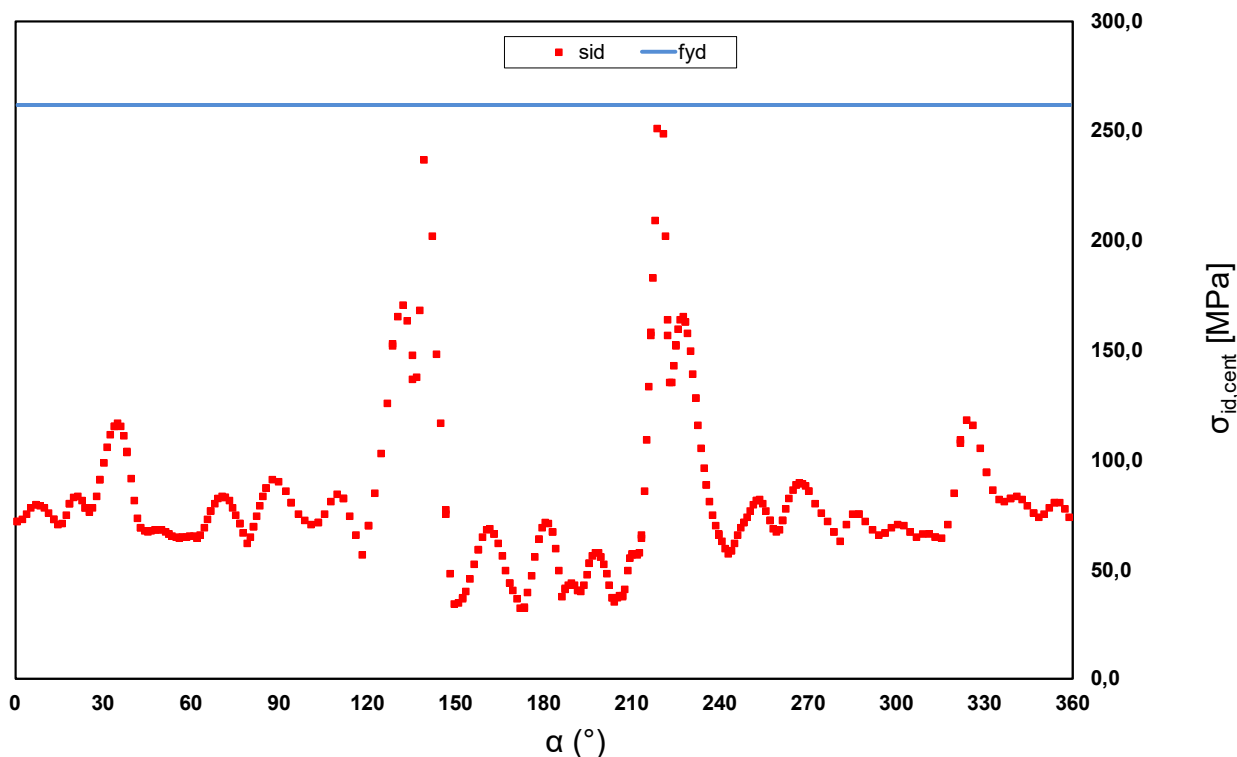


Figura 9-227: Verifica SLU per le centine – Sezione Tipo C2L-DX

9.7.9.2. Verifica del rivestimento definitivo

La verifica del rivestimento definitivo è stata condotta con riferimento alla fase di lungo termine, i cui output in termini di sollecitazioni sono già stati riportati in precedenza. Come già specificato in §9.3.1 della presente relazione, le sollecitazioni in output da Plaxis sono state amplificate per 1.3 per eseguire verifiche allo SLU, mentre non sono state amplificate per eseguire le verifiche allo SLE.

Nella tabella seguente si riportano gli spessori del CLS ed i ferri di armatura considerati nelle verifiche per la calotta e l'arco rovescio:

Elemento	Classe CLS	Spessore	Armatura intradosso	Armatura estradosso	Armatura taglio
Calotta	25/30	0.9 m	Φ14/20	Φ14/20	-
Murette	25/30	0.9 m	Φ14/20	Φ14/20	Φ10/20x30
Arco rovescio	25/30	0.9 m	Φ14/20	Φ14/20	Φ10/20x30-

Di seguito si riportano, sottoforma di diagrammi cartesiani, le verifiche SLU per il rivestimento definitivo armato, relative alla fase 13 (Lungo termine).

I risultati delle verifiche a taglio vengono riportati in termini di confronto tra azione e resistenza, diagrammati al crescere della coordinata angolare α dei punti del rivestimento.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO 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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 245 di 355

Le verifiche a pressoflessione vengono invece riportate in termini di dominio ultimo, mostrando come ciascuna coppia di punti (M;N) sia interna al dominio.

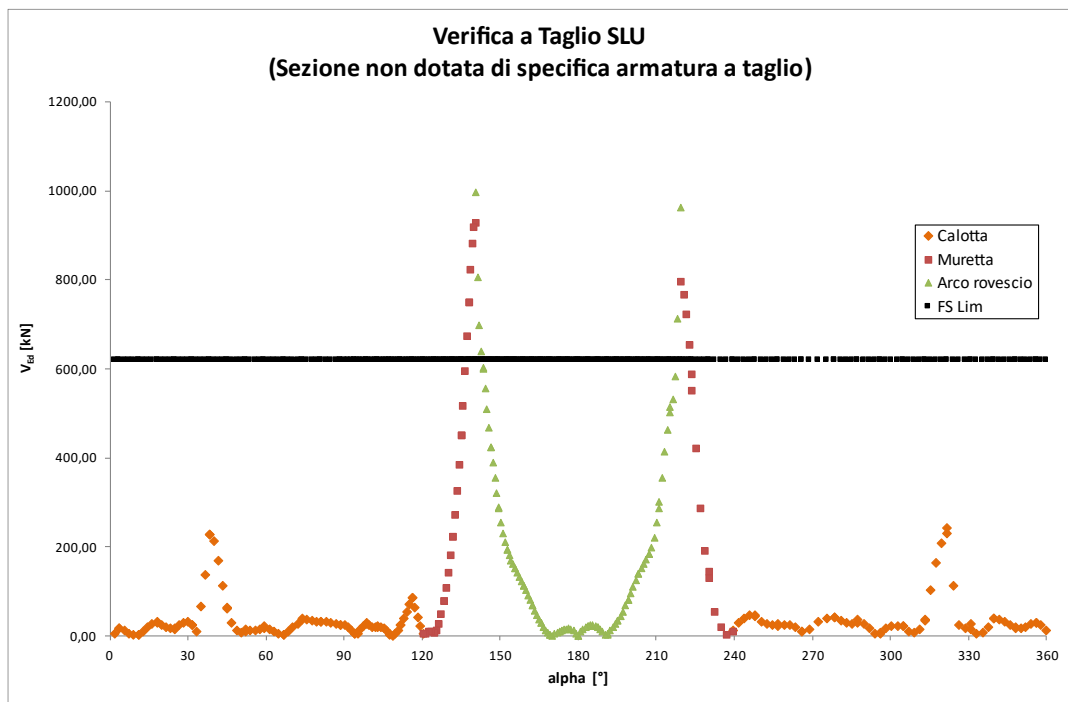


Figura 9-228 – Verifica a taglio rivestimento definitivo SX

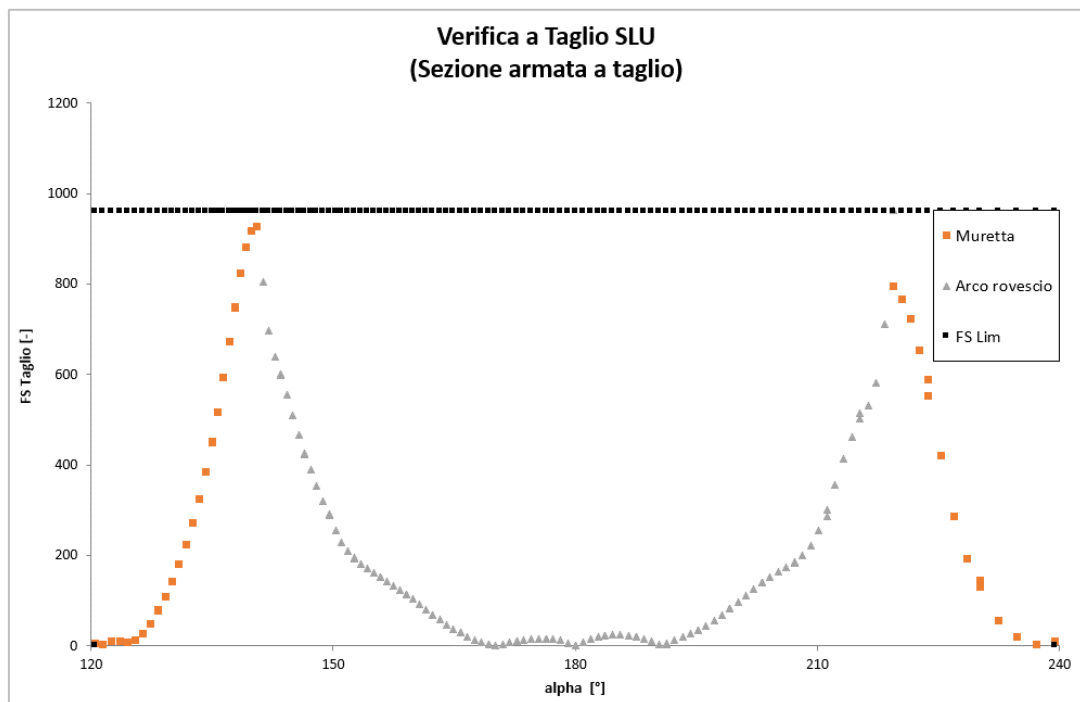


Figura 9-229 – Verifica a taglio rivestimento definitivo SX – Arco rovescio e murette armate a taglio

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 246 di 355

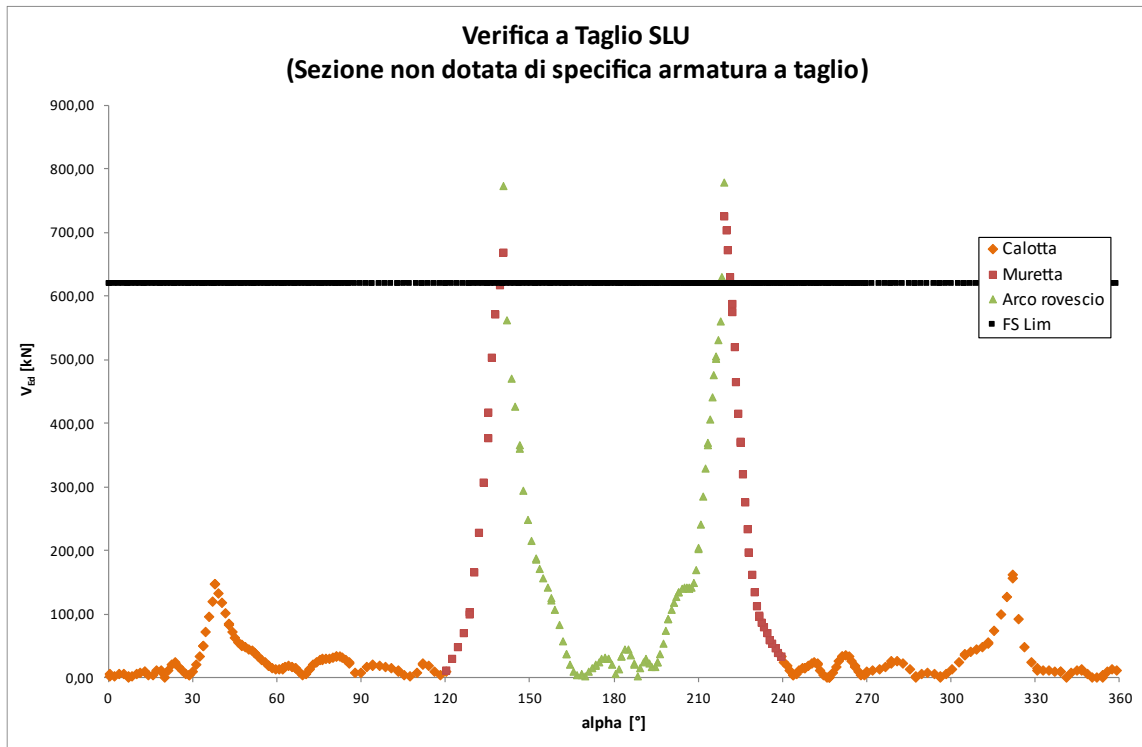


Figura 9-230 – Verifica a taglio rivestimento definitivo DX

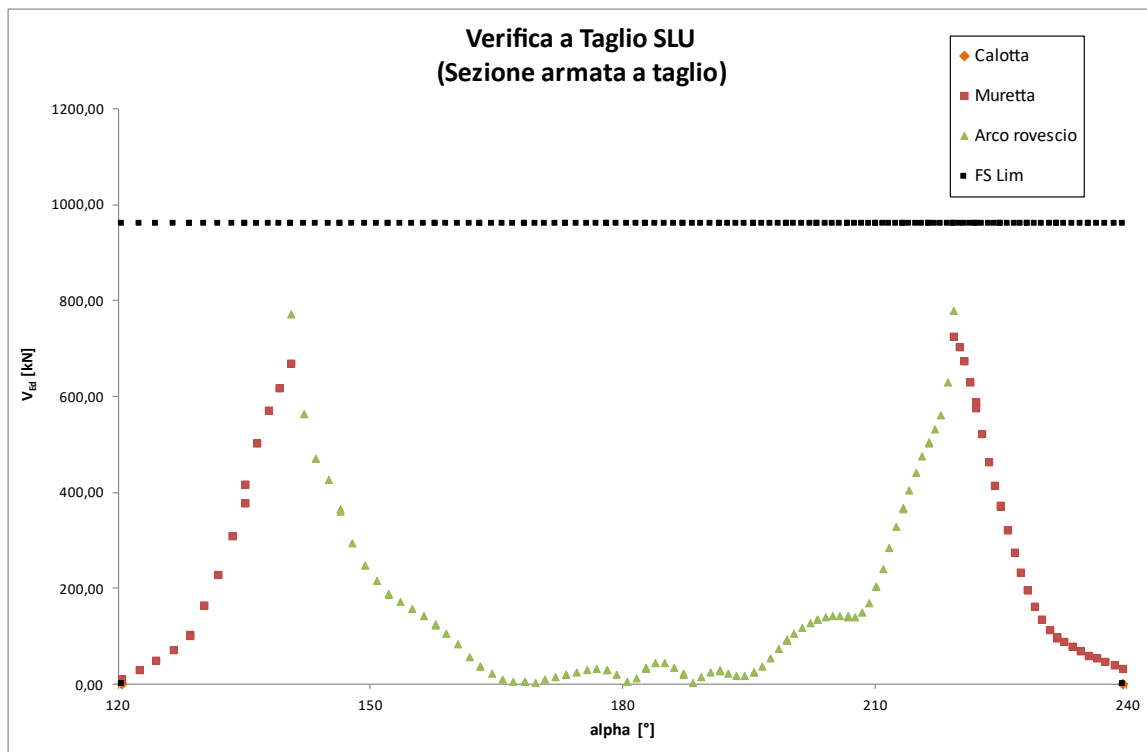


Figura 9-231 – Verifica a taglio rivestimento definitivo DX – Arco rovescio e murette armate a taglio

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 247 di 355

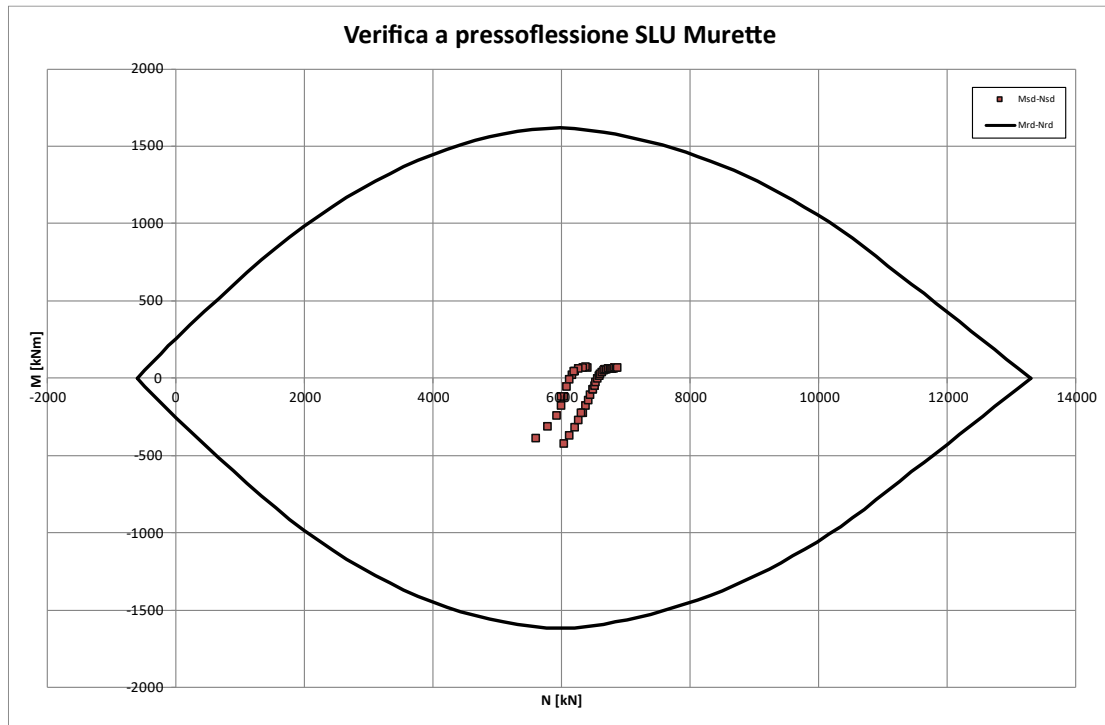


Figura 9-232 – Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo murette– Coppie (M;N)-SX

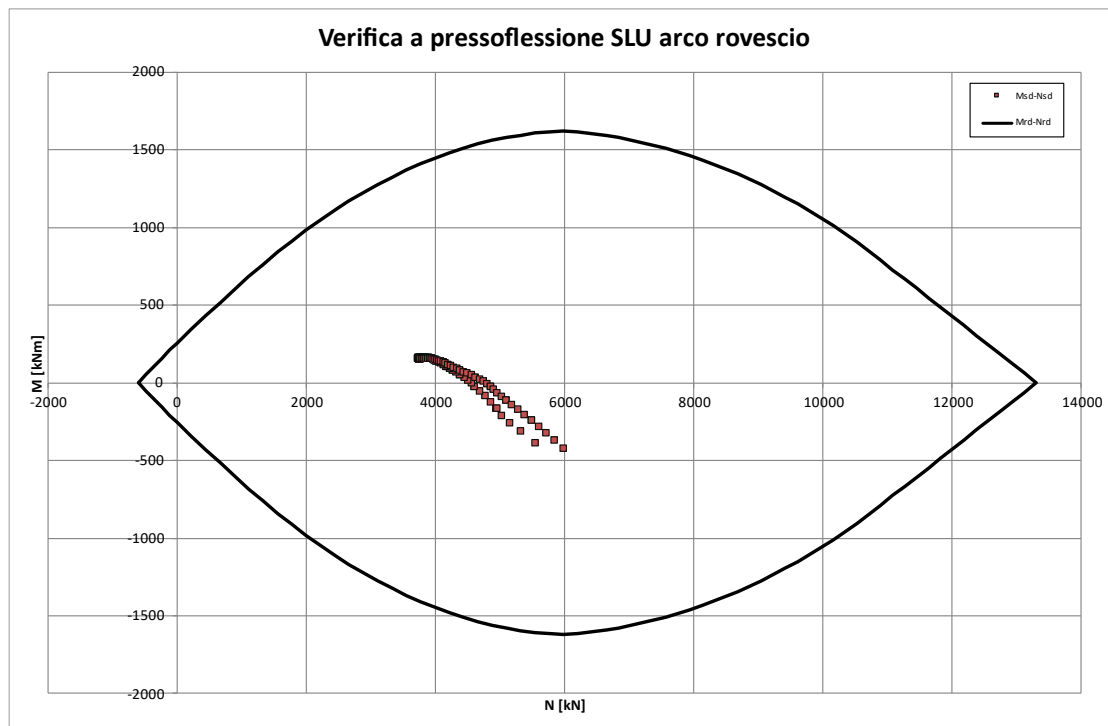


Figura 9-233 – Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo arco rovescio – Coppie (M;N) -SX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 248 di 355

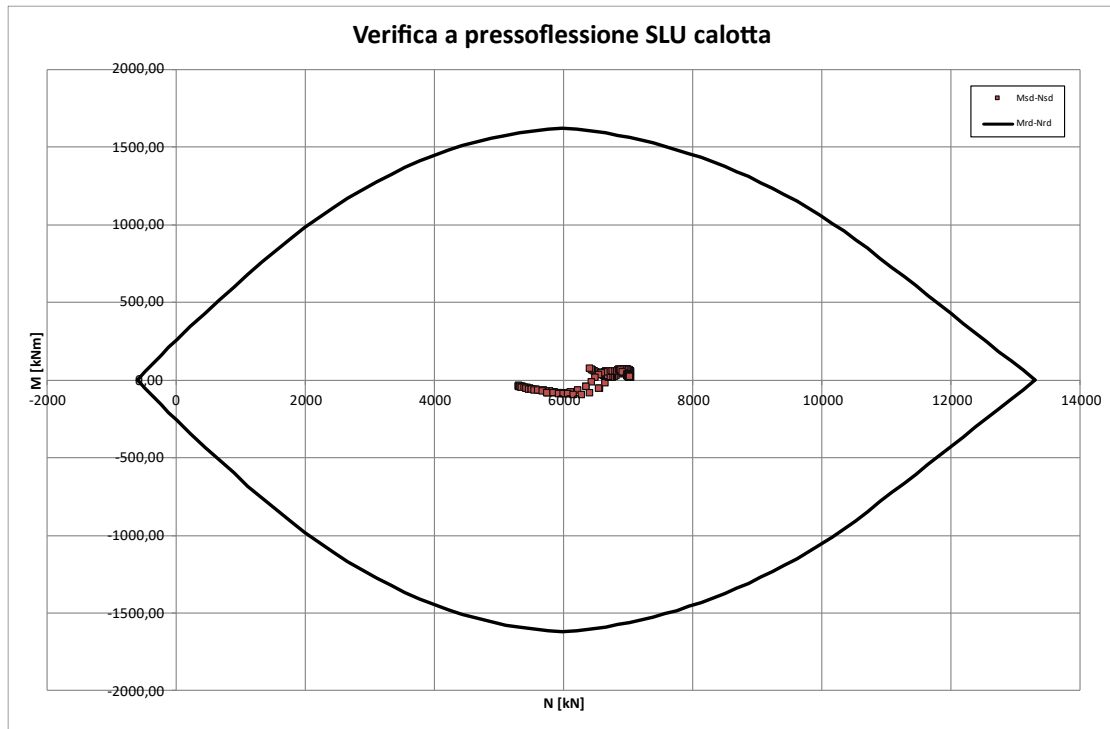


Figura 9-234 – Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo calotta – Coppie (M;N) -SX

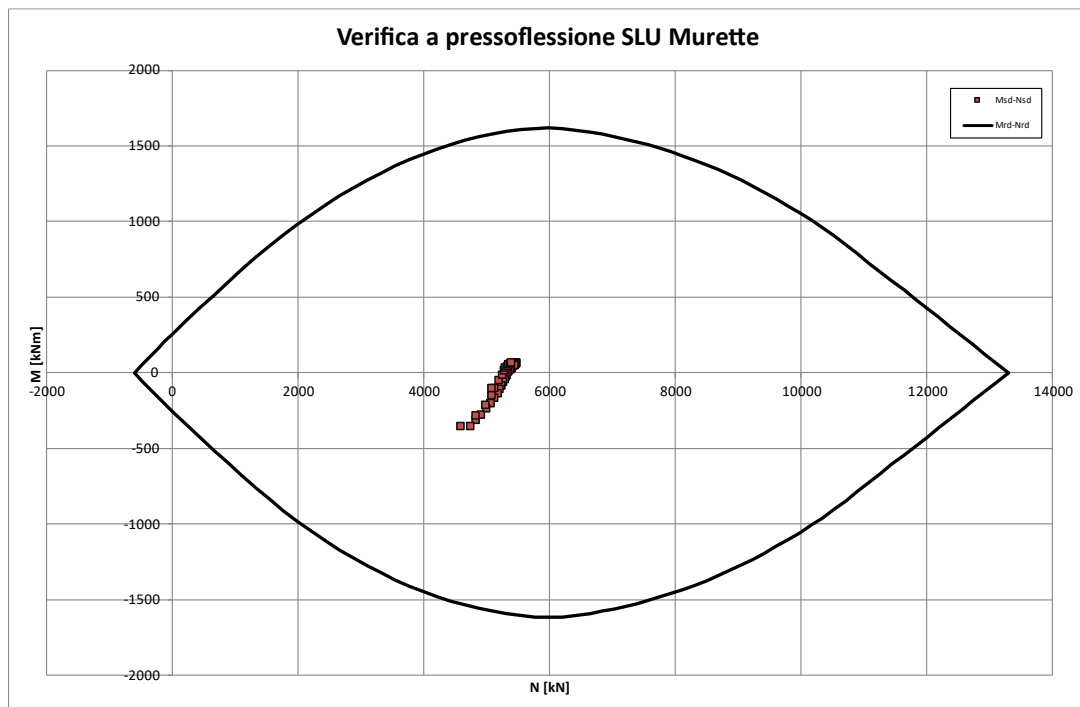


Figura 9-235 – Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo murette– Coppie (M;N)-DX

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO 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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 249 di 355

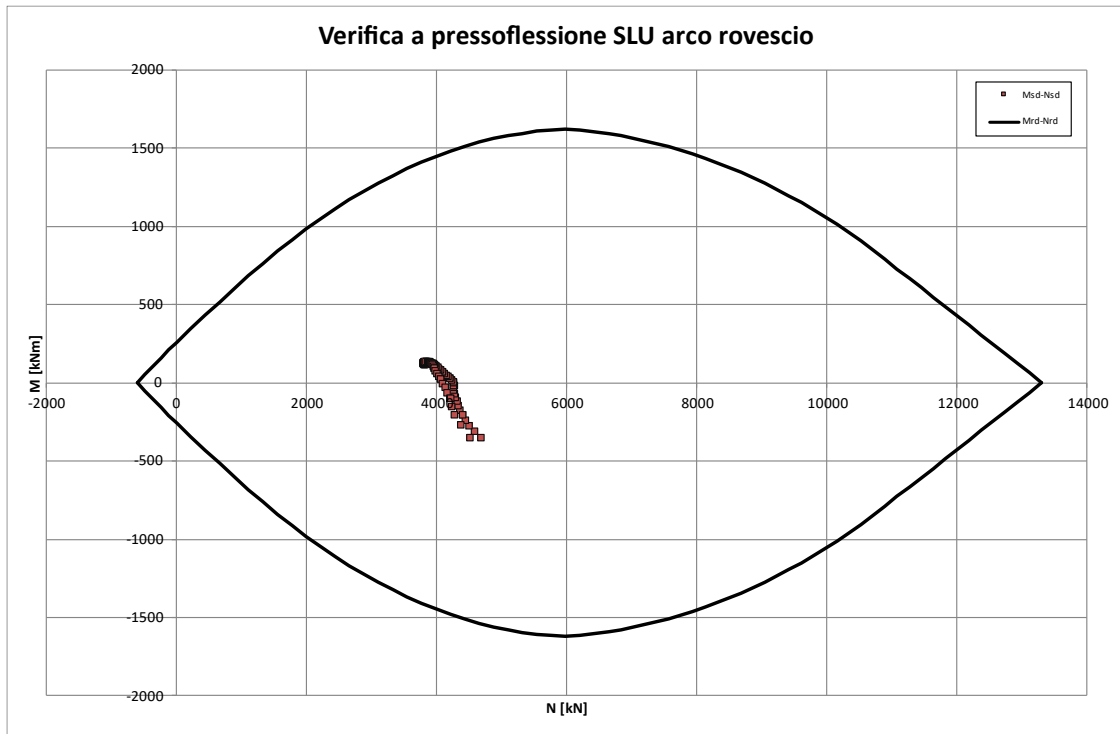


Figura 9-236 – Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo arco rovescio – Coppie (M;N) -DX

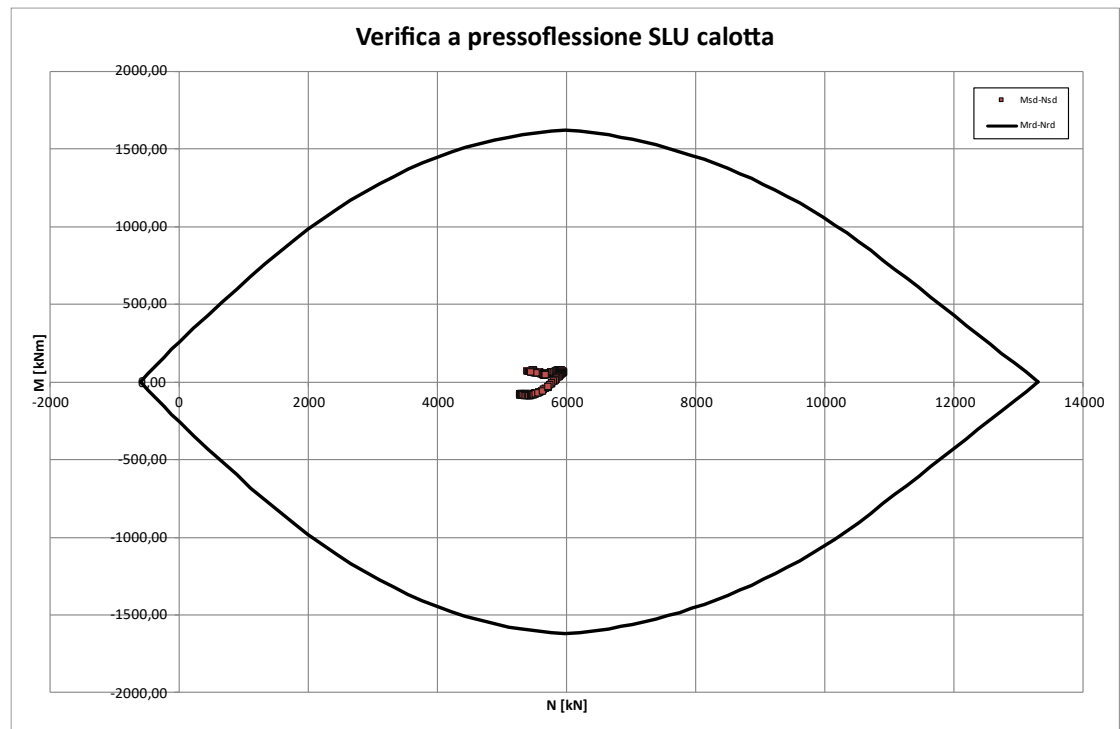


Figura 9-237 – Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo calotta – Coppie (M;N) -DX

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			
GALLERIE	Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C 250 di 355

Si riportano inoltre di seguito le verifiche agli SLE eseguite sul rivestimento definitivo, sia tensionali che a fessurazione, in forma cartesiana al variare dell'angolo α .

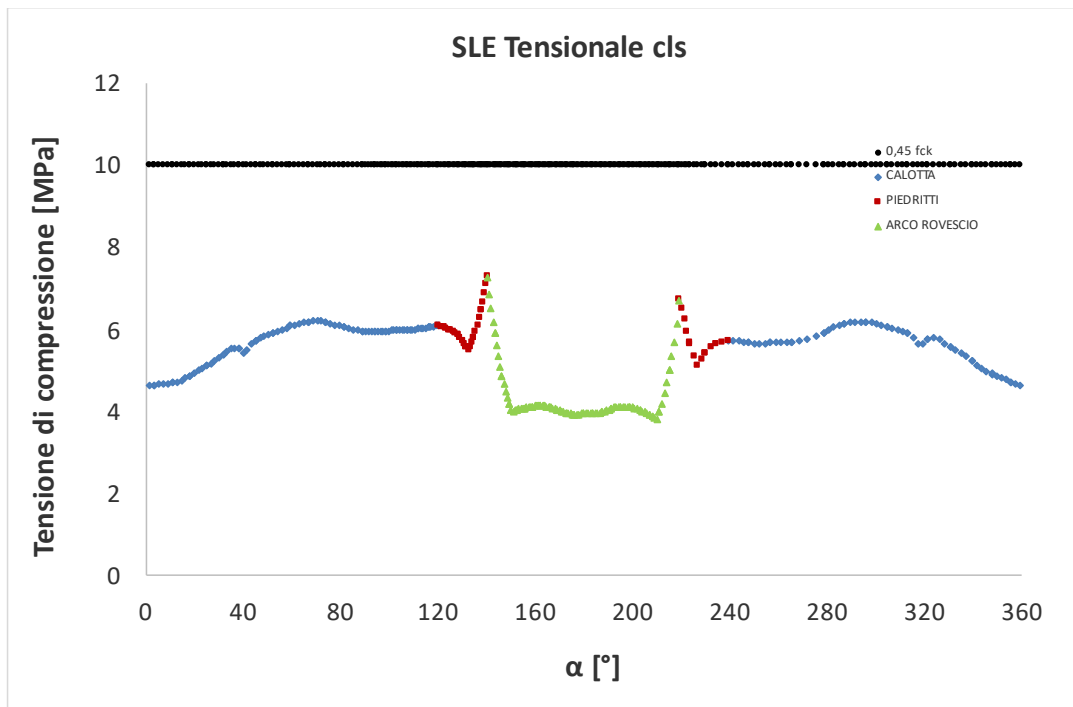


Figura 9-238 – Verifica tensioni calcestruzzo SX

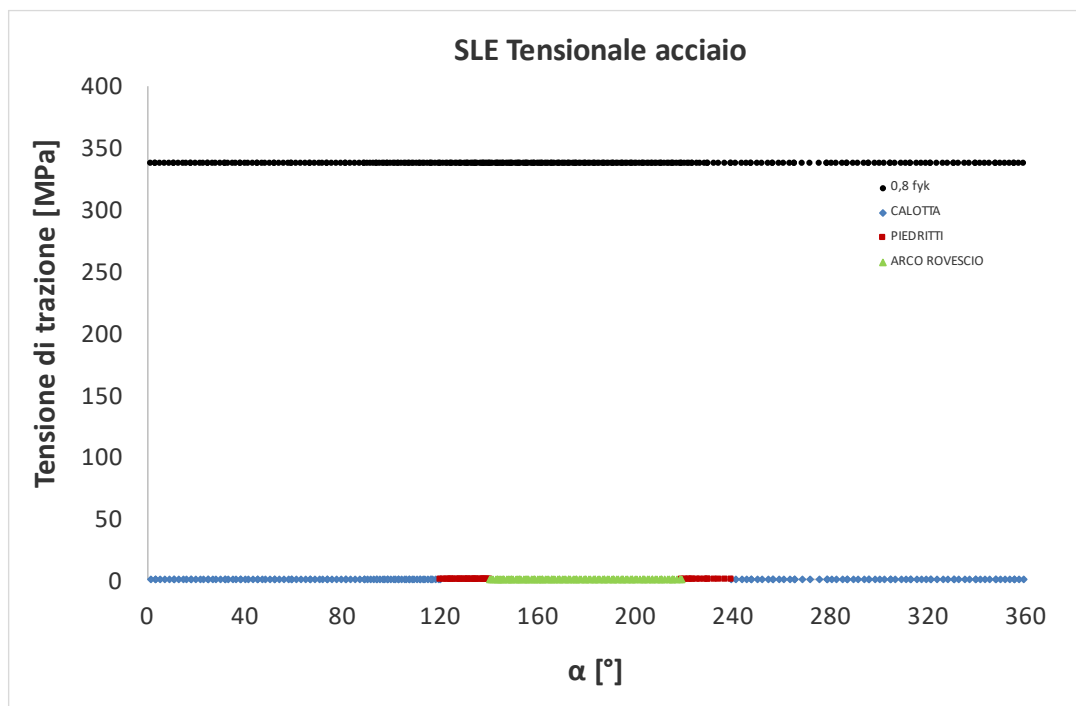


Figura 9-239 – Verifica tensioni acciaio SX

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					
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IB0U	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 251 di 355

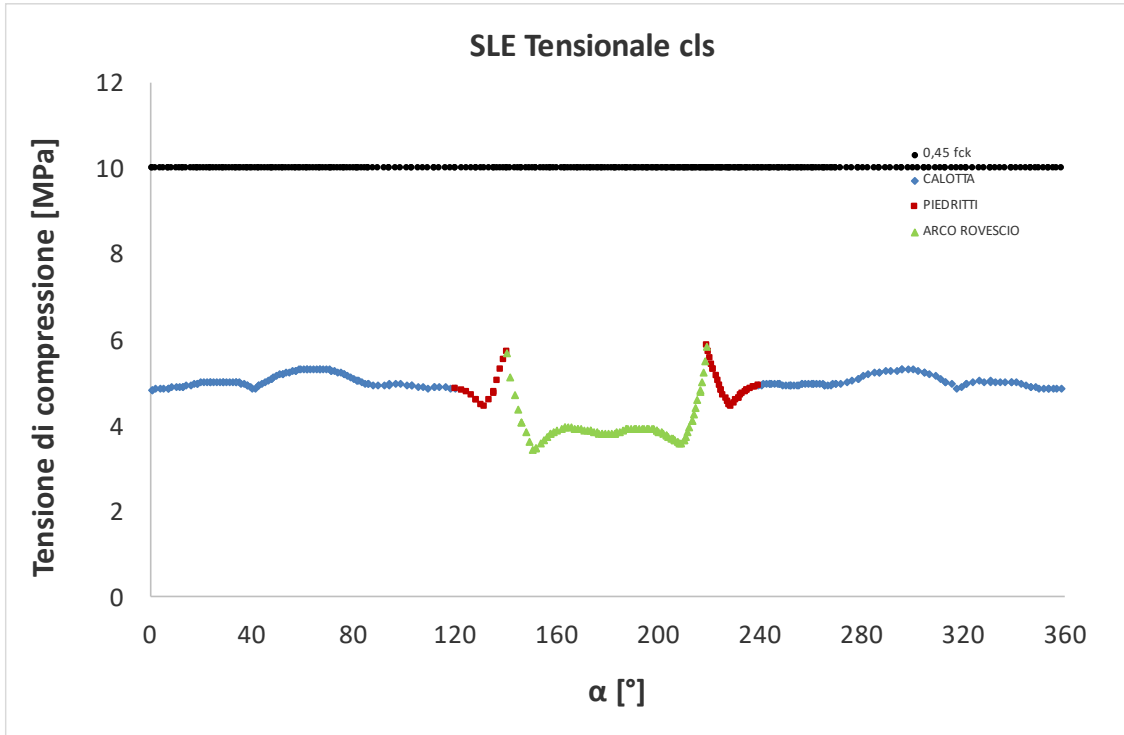


Figura 9-240 – Verifica tensioni calcestruzzo DX

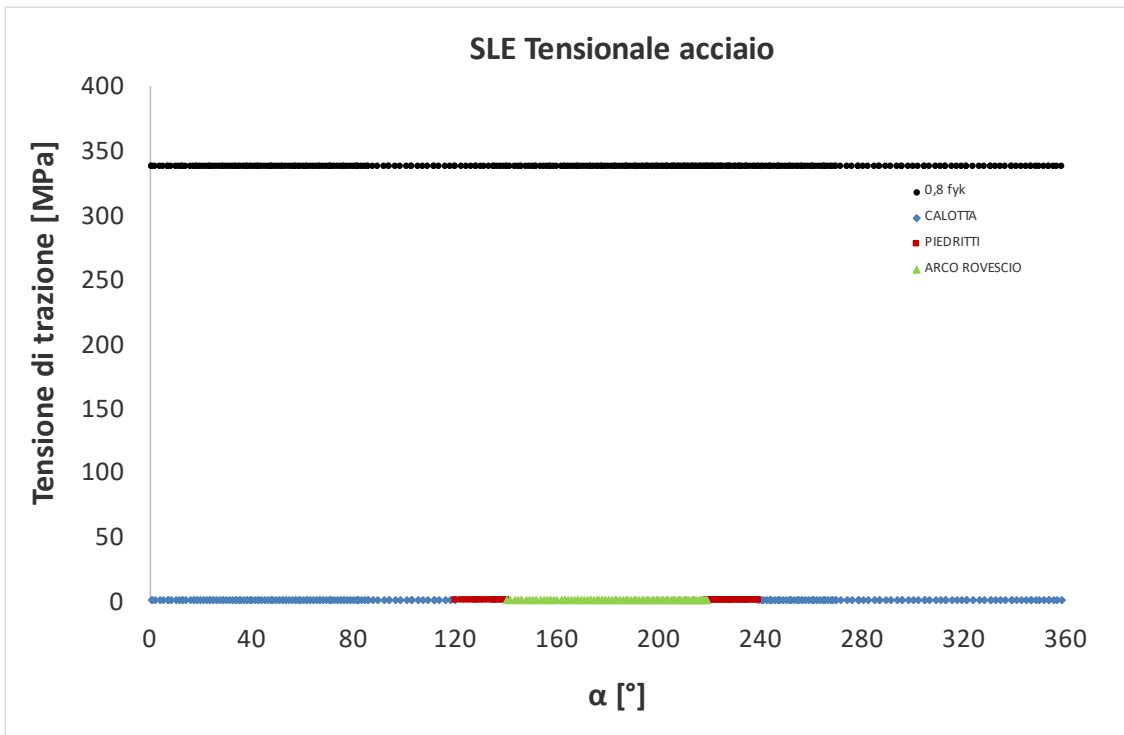


Figura 9-241 – Verifica tensioni acciaio DX

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													
GALLERIE	Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	<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>1AEZZ</td> <td>RH</td> <td>GN0000001</td> <td>C</td> <td>252 di 355</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	252 di 355
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.									
IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	252 di 355									

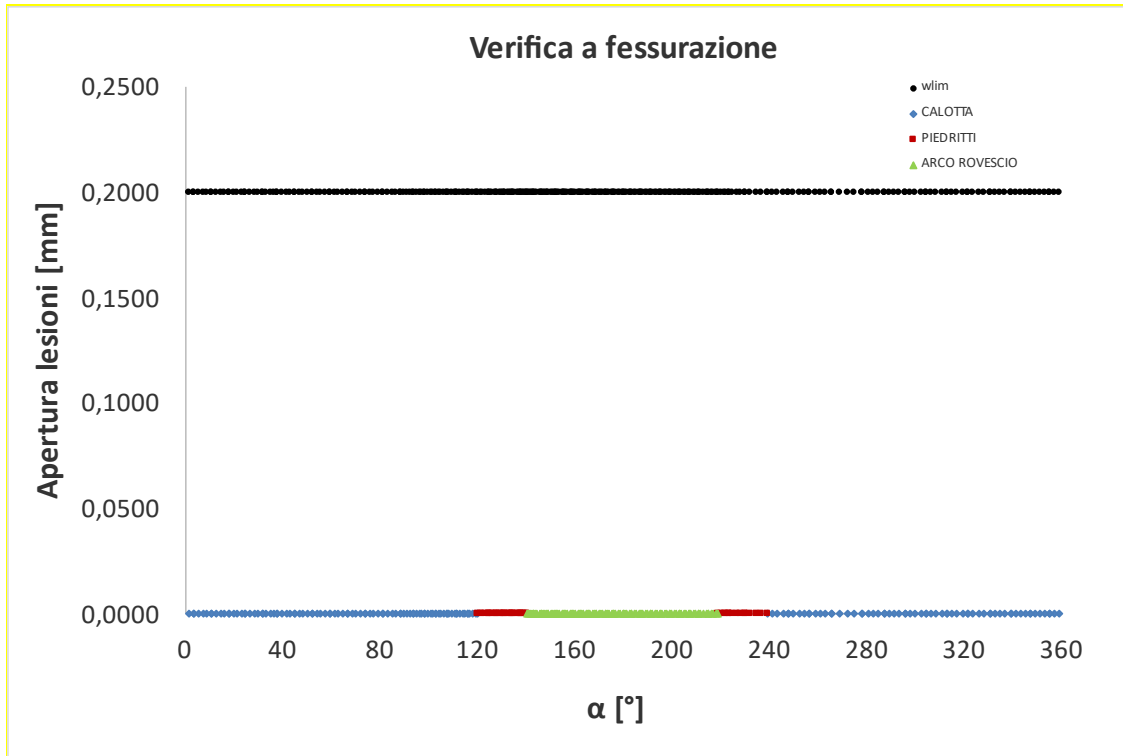


Figura 9-242 – Verifica a fessurazione SX

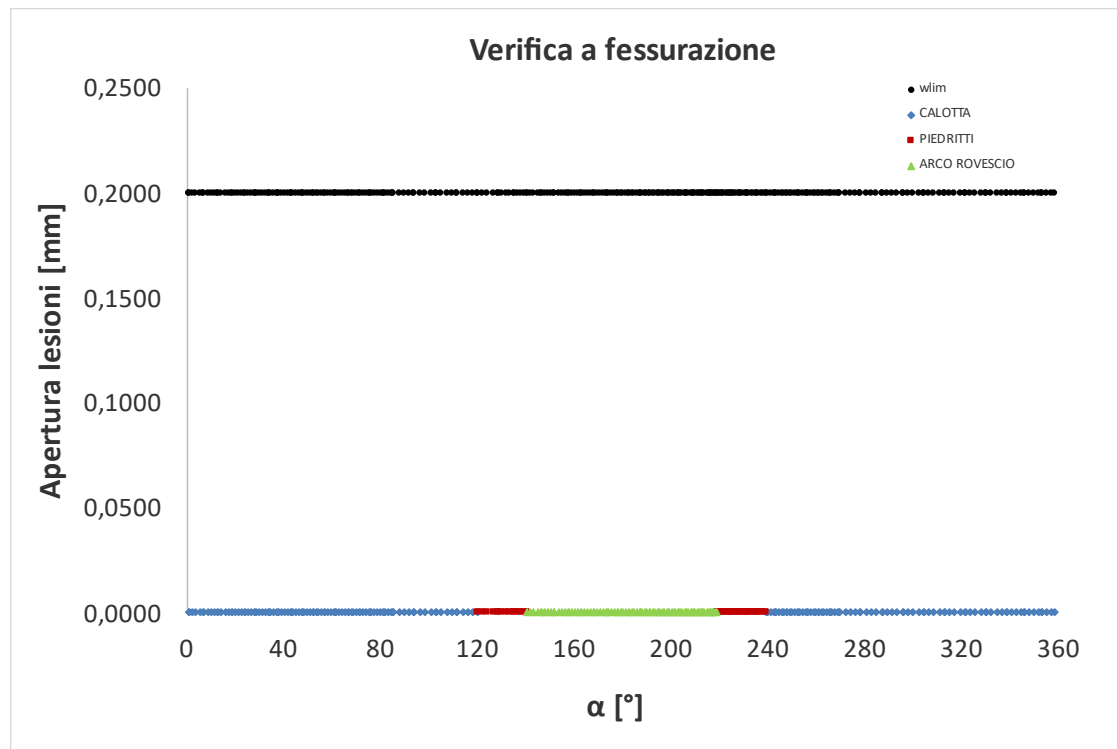


Figura 9-243 – Verifica a fessurazione DX

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	253 di 355

9.7.10 Sezione C2V

9.7.10.1. Verifica del rivestimento provvisorio

Le verifiche strutturali sul rivestimento provvisorio (o di prima fase) sono state eseguite nella fase di calcolo relativa alla maturazione completa del provvisorio di entrambe le canne (fase 9).

Il rivestimento di prima fase della sezione C2V è caratterizzato dalla presenza di uno strato di spritz-beton di spessore pari a 0.30 m e centine HEB220 passo 1 m.

Si riporta di seguito, al crescere della coordinata angolare che identifica le diverse porzioni del rivestimento, il confronto tra azione e resistenza in termini tensionali per lo spritz-beton e per le centine.

Le figure sottostanti mostrano che tutte le sollecitazioni risultano inferiori alla resistenza offerta dallo spritz-beton e dalle centine; pertanto, la verifica è soddisfatta in ogni punto del rivestimento provvisorio.

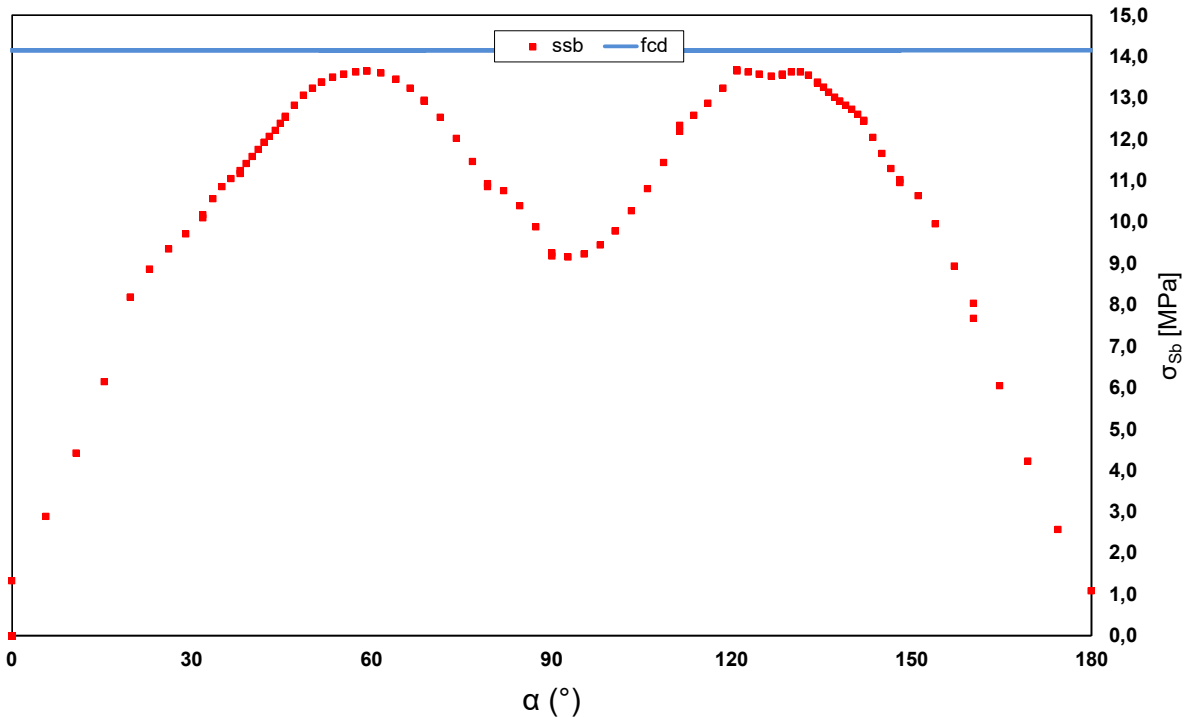


Figura 9-244: Verifica SLU per lo spritz-beton – Sezione Tipo C2V-SX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 254 di 355

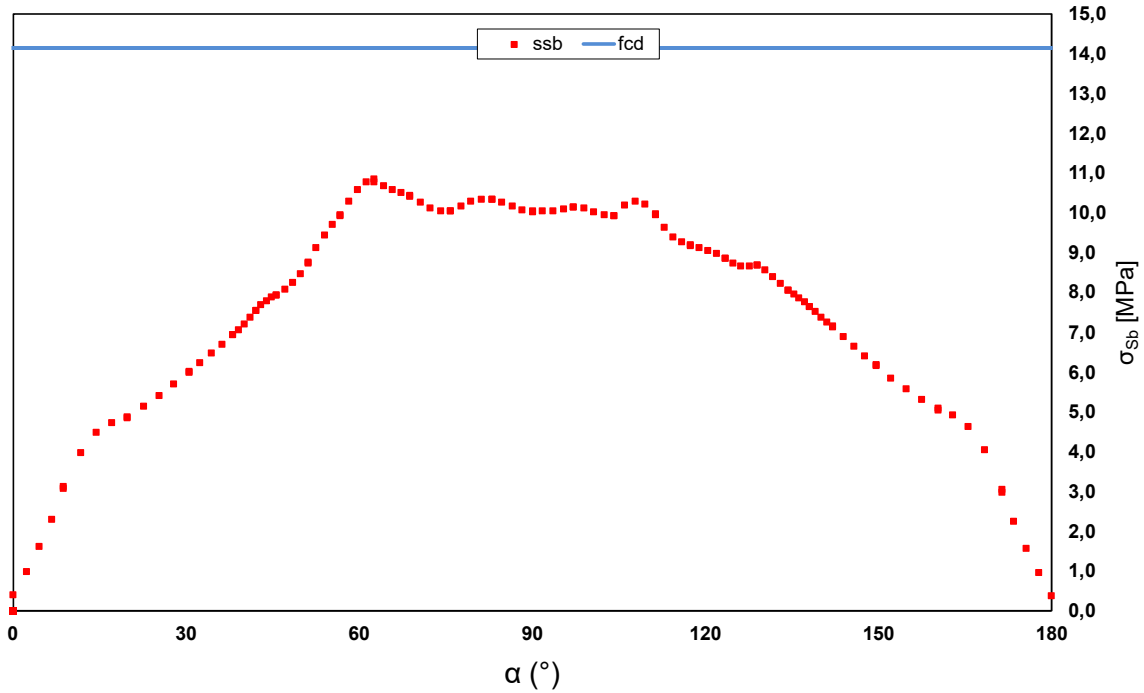


Figura 9-245: Verifica SLU per lo spritz-beton – Sezione Tipo C2V-DX

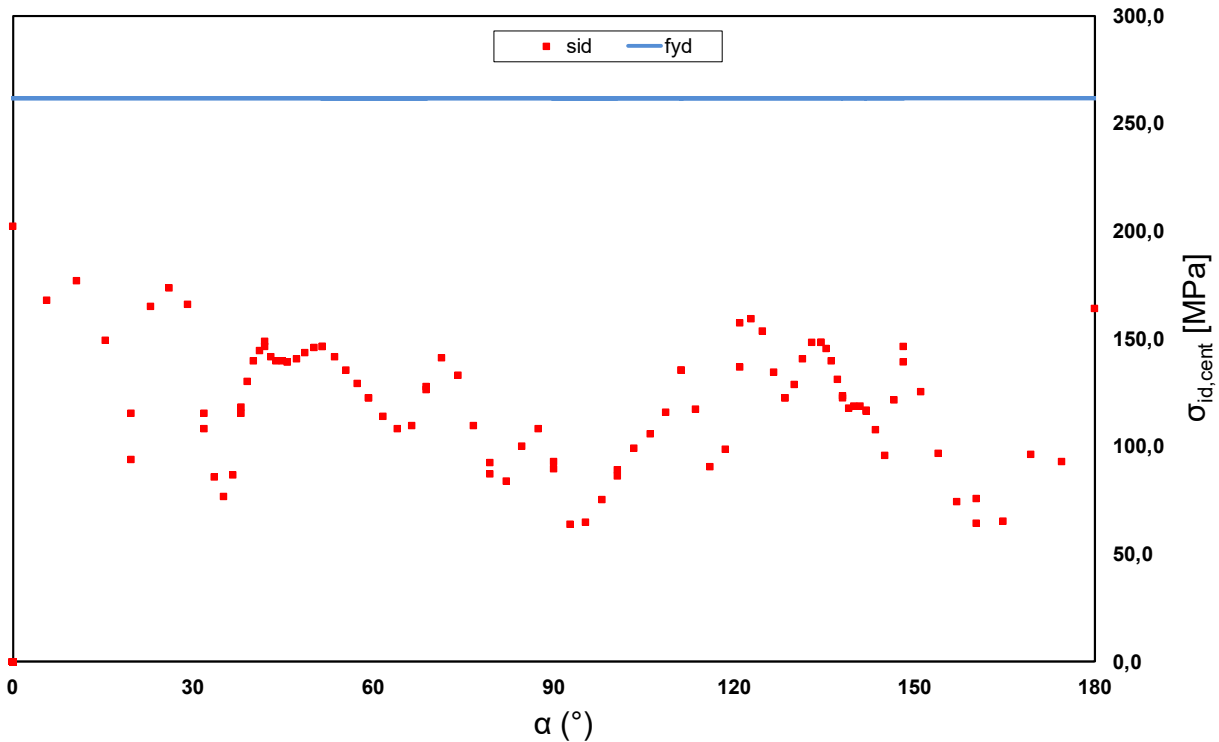


Figura 9-246: Verifica SLU per le centine – Sezione Tipo C2V-SX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 255 di 355

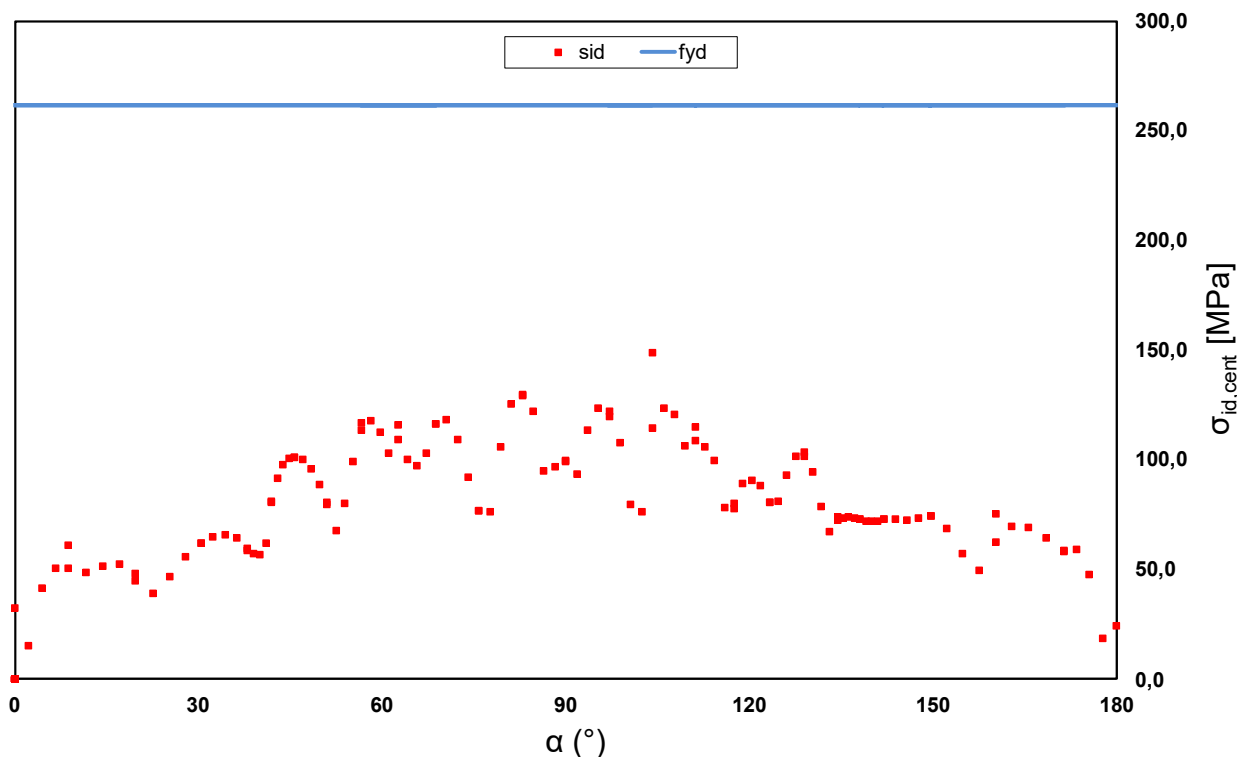


Figura 9-247: Verifica SLU per le centine – Sezione Tipo C2V-DX

9.7.10.2. Verifica del rivestimento definitivo

La verifica del rivestimento definitivo è stata condotta con riferimento alla fase di lungo termine, i cui output in termini di sollecitazioni sono già stati riportati in precedenza. Come già specificato in §9.3.1 della presente relazione, le sollecitazioni in output da Plaxis sono state amplificate per 1.3 per eseguire verifiche allo SLU, mentre non sono state amplificate per eseguire le verifiche allo SLE.

Nella tabella seguente si riportano gli spessori del CLS ed i ferri di armatura considerati nelle verifiche per la calotta e l'arco rovescio:

Elemento	Classe CLS	Spessore	Armatura intradosso	Armatura estradosso	Armatura taglio
Calotta	25/30	0.55 m	-	-	-
Murette	25/30	0.9 m	Φ14/20	Φ14/20	-
Arco rovescio	25/30	0.9 m	Φ14/20	Φ14/20	- Φ10/20x30

Di seguito si riportano, sottoforma di diagrammi cartesiani, le verifiche SLU per il rivestimento definitivo armato, relative alla fase 11 (Lungo termine).

I risultati delle verifiche a taglio vengono riportati in termini di confronto tra azione e resistenza, diagrammati al crescere della coordinata angolare α dei punti del rivestimento.

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 256 di 355

Le verifiche a pressoflessione vengono invece riportate in termini di dominio ultimo, mostrando come ciascuna coppia di punti (M;N) sia interna al dominio.

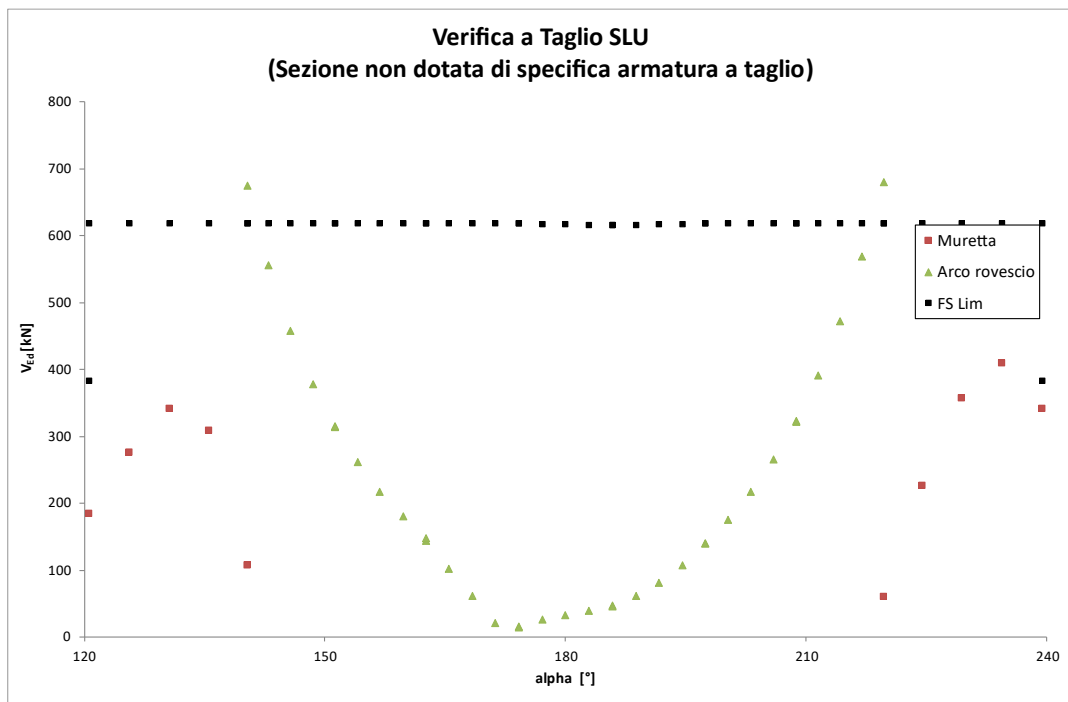


Figura 9-248 – Verifica a taglio rivestimento definitivo (senza armatura a taglio) - SX

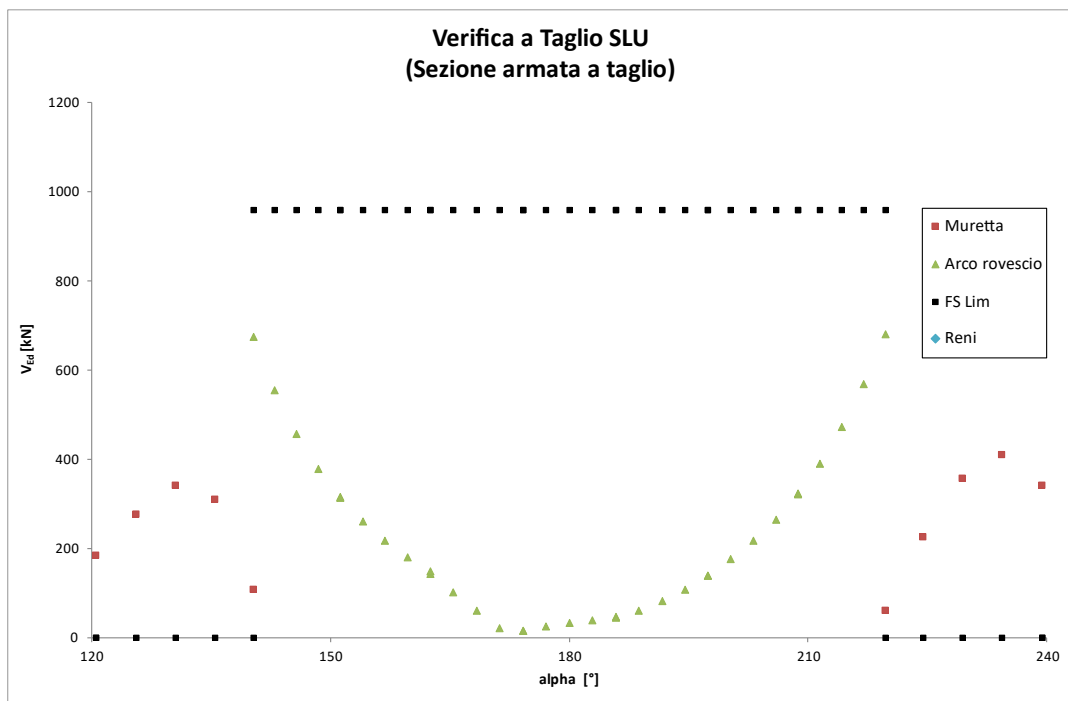


Figura 9-249 – Verifica a taglio rivestimento definitivo (con armatura a taglio) - SX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 257 di 355

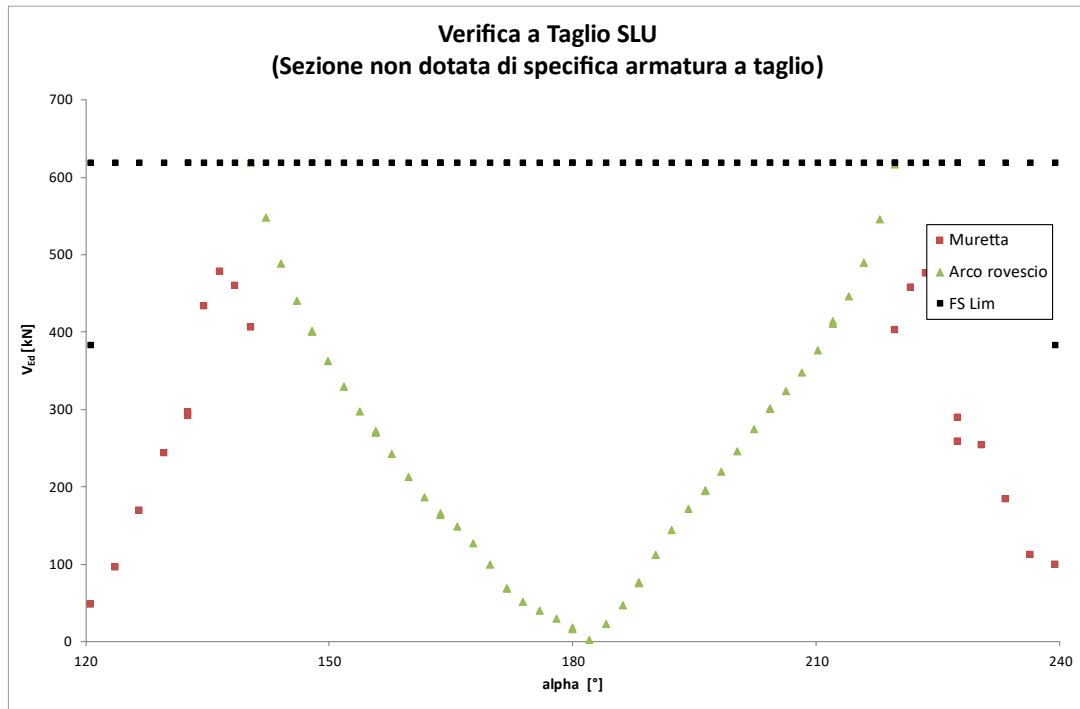


Figura 9-250 – Verifica a taglio rivestimento definitivo DX

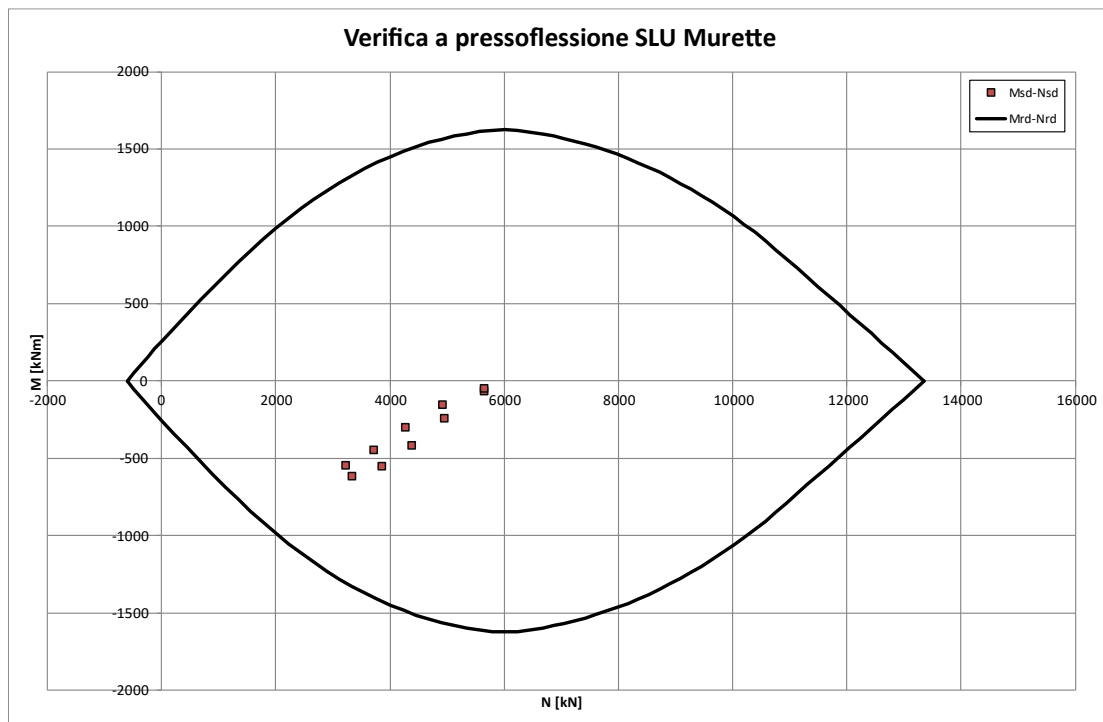


Figura 9-251 – Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo murette– Coppie (M;N)-SX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 258 di 355

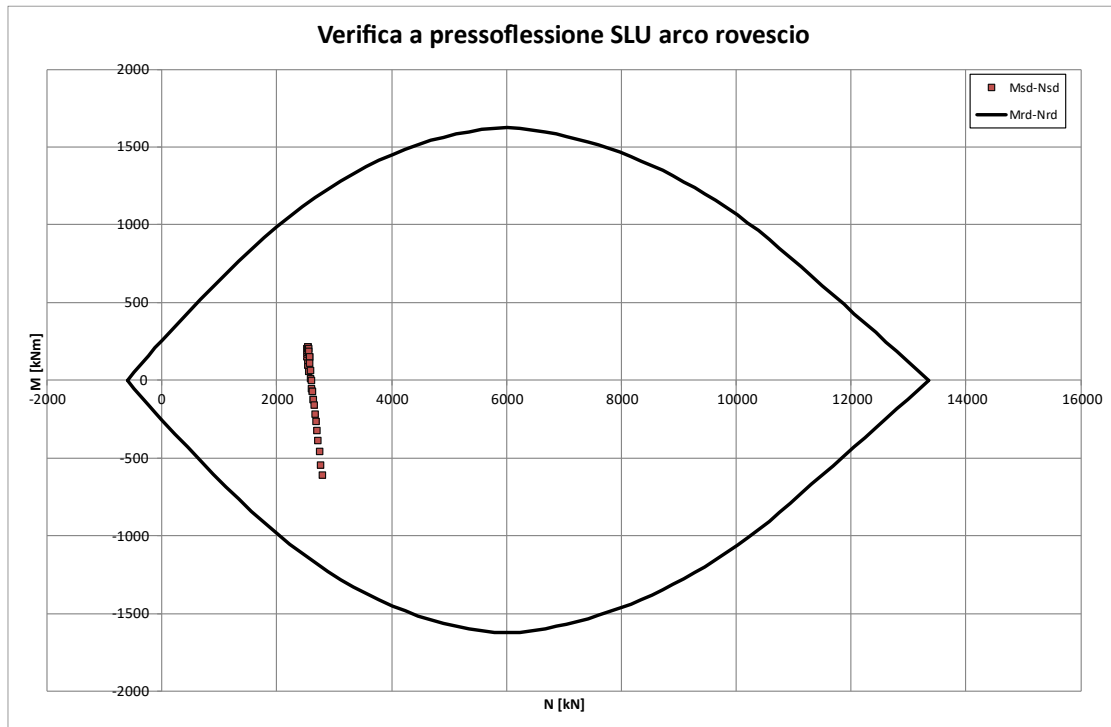


Figura 9-252 – Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo arco rovescio – Coppie (M;N) -SX

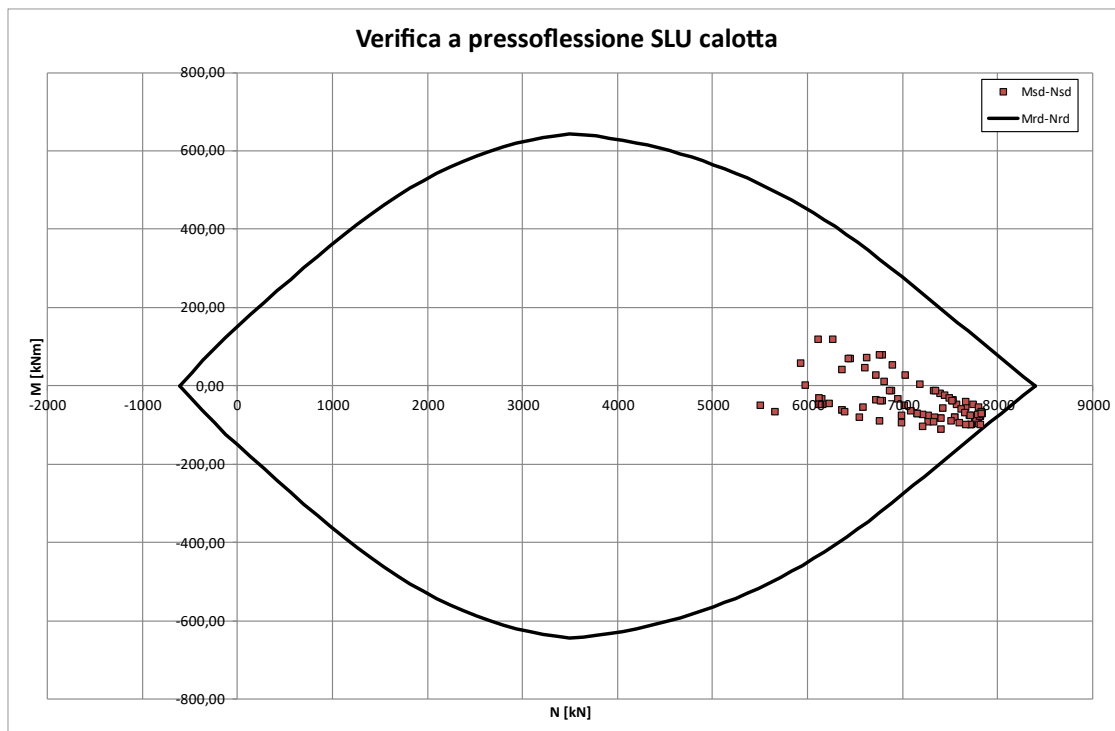


Figura 9-253 – Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo calotta – Coppie (M;N) -SX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 259 di 355

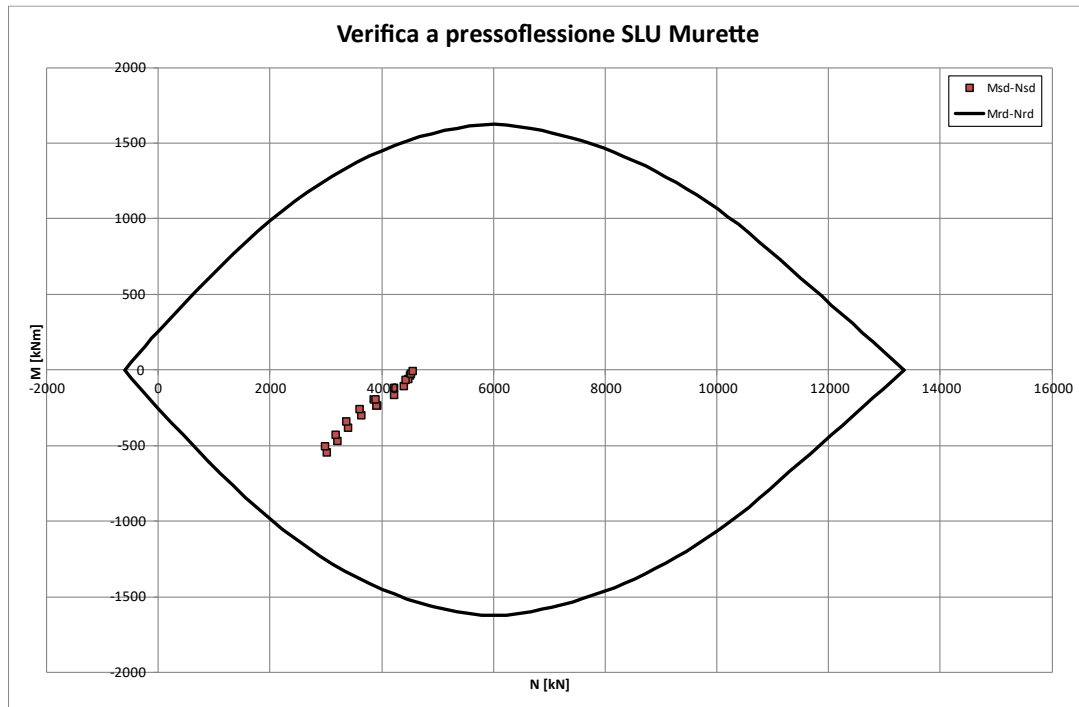


Figura 9-254 – Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo murette– Coppie (M;N)-DX

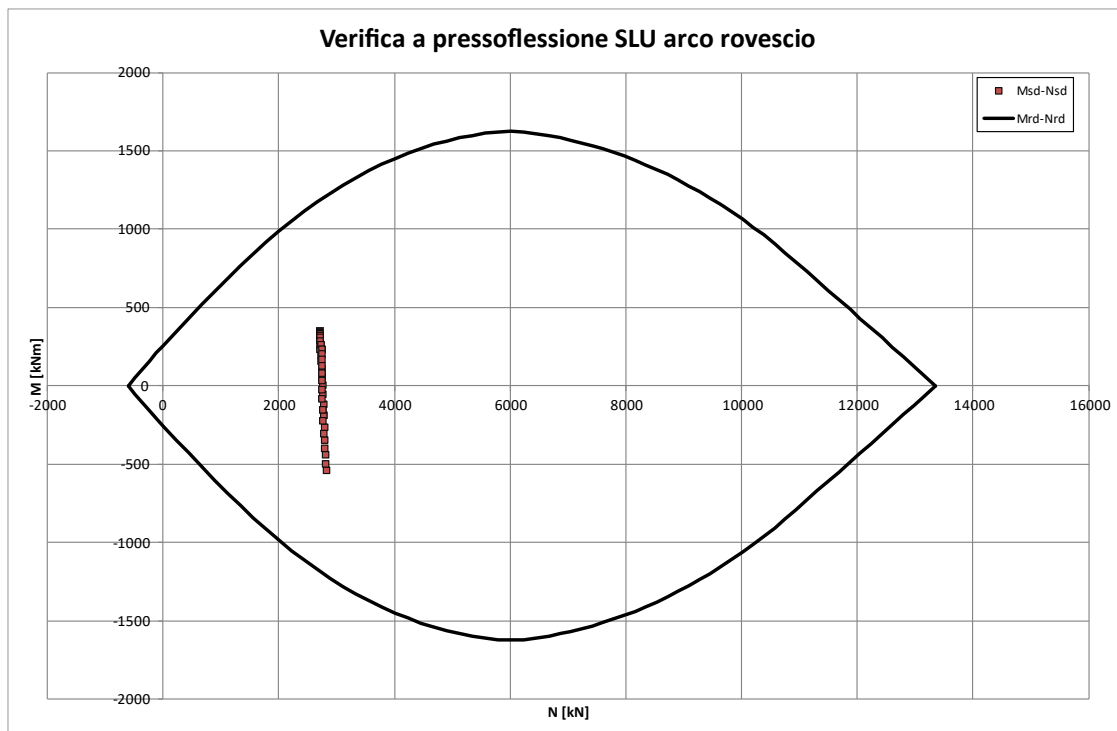


Figura 9-255 – Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo arco rovescio – Coppie (M;N) -DX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 260 di 355

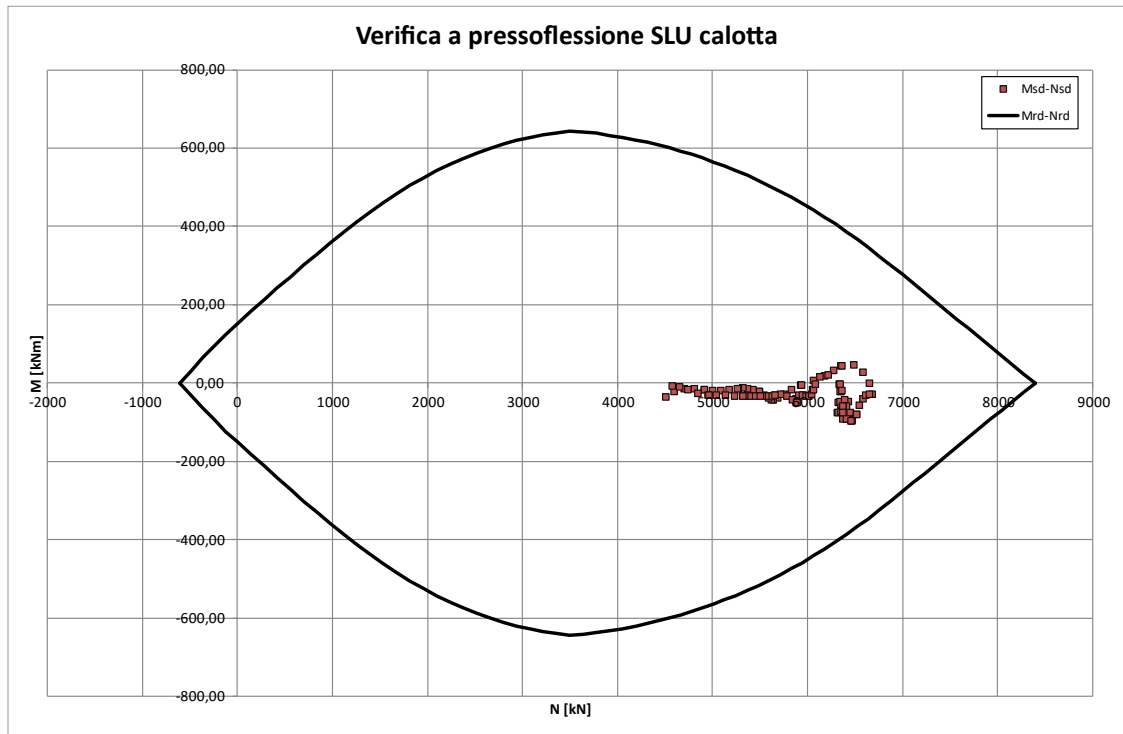


Figura 9-256 – Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo calotta – Coppie (M;N) -DX

Si riportano inoltre di seguito le verifiche agli SLE eseguite sul rivestimento definitivo, sia tensionali che a fessurazione, in forma cartesiana al variare dell'angolo α .

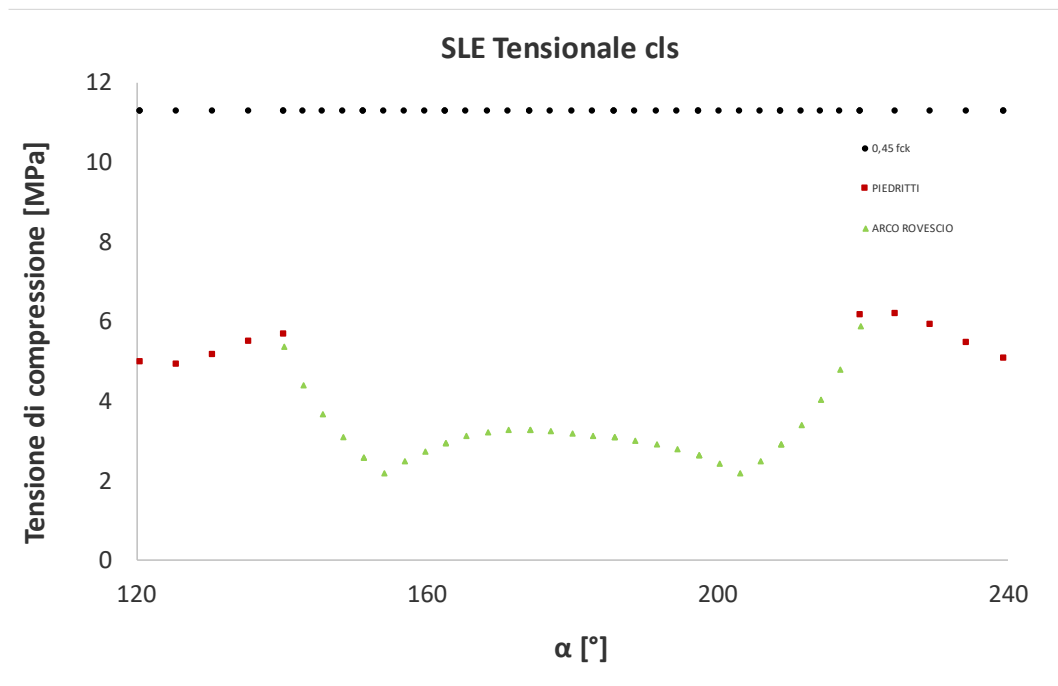


Figura 9-257 – Verifica tensioni calcestruzzo SX

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 261 di 355

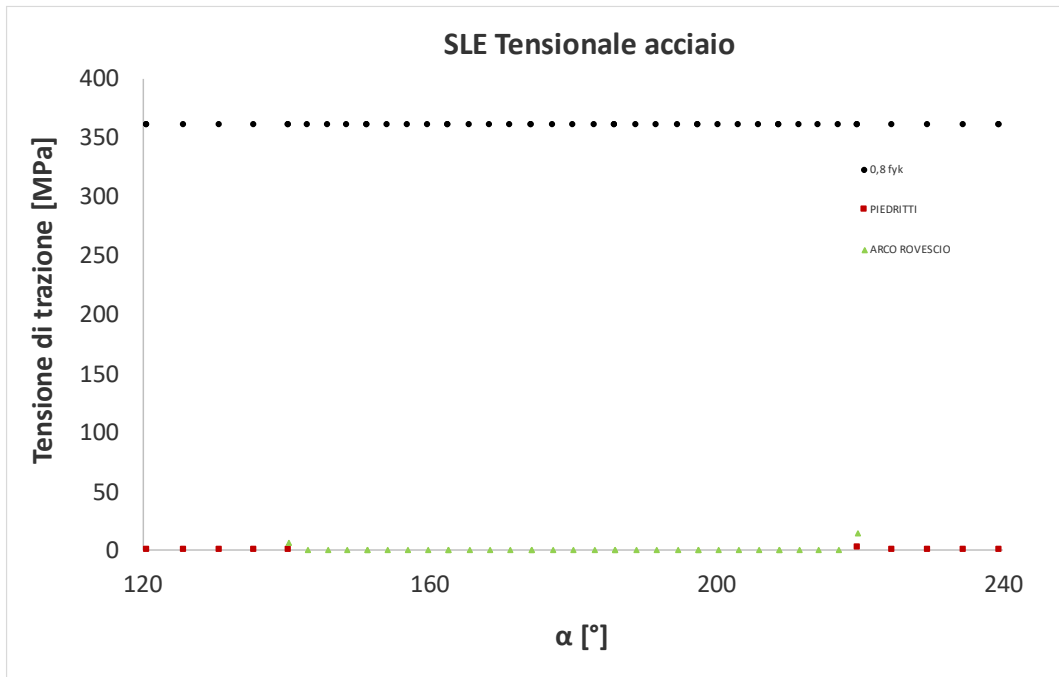


Figura 9-258 – Verifica tensioni acciaio SX

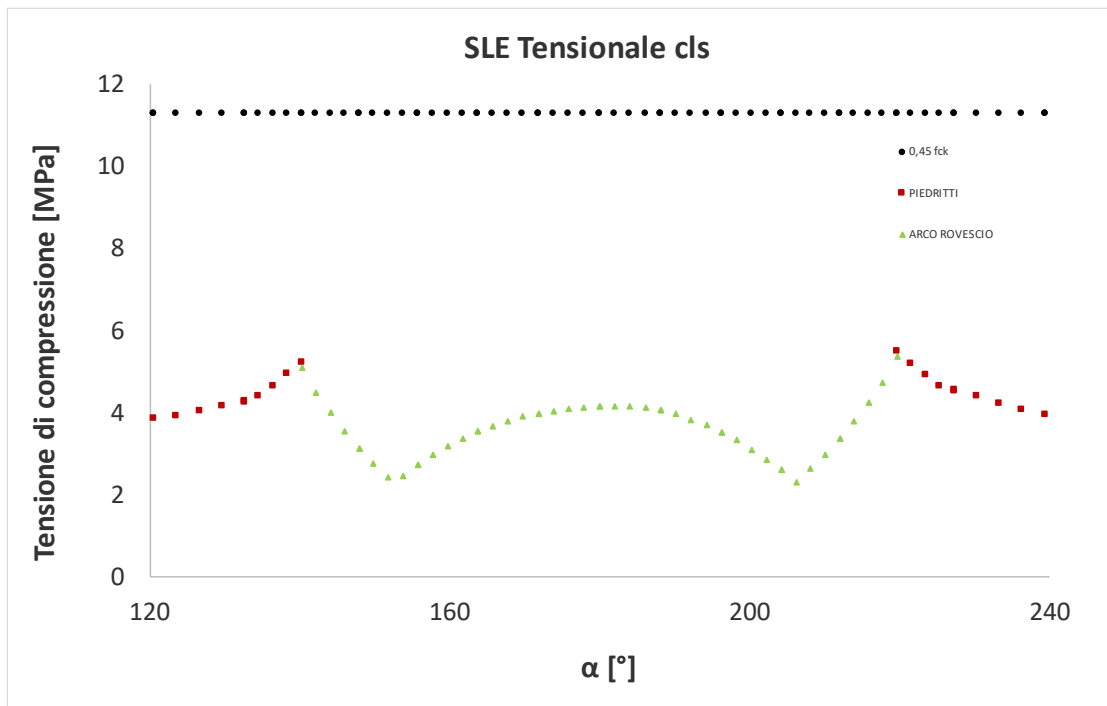


Figura 9-259 – Verifica tensioni calcestruzzo DX

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:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	262 di 355

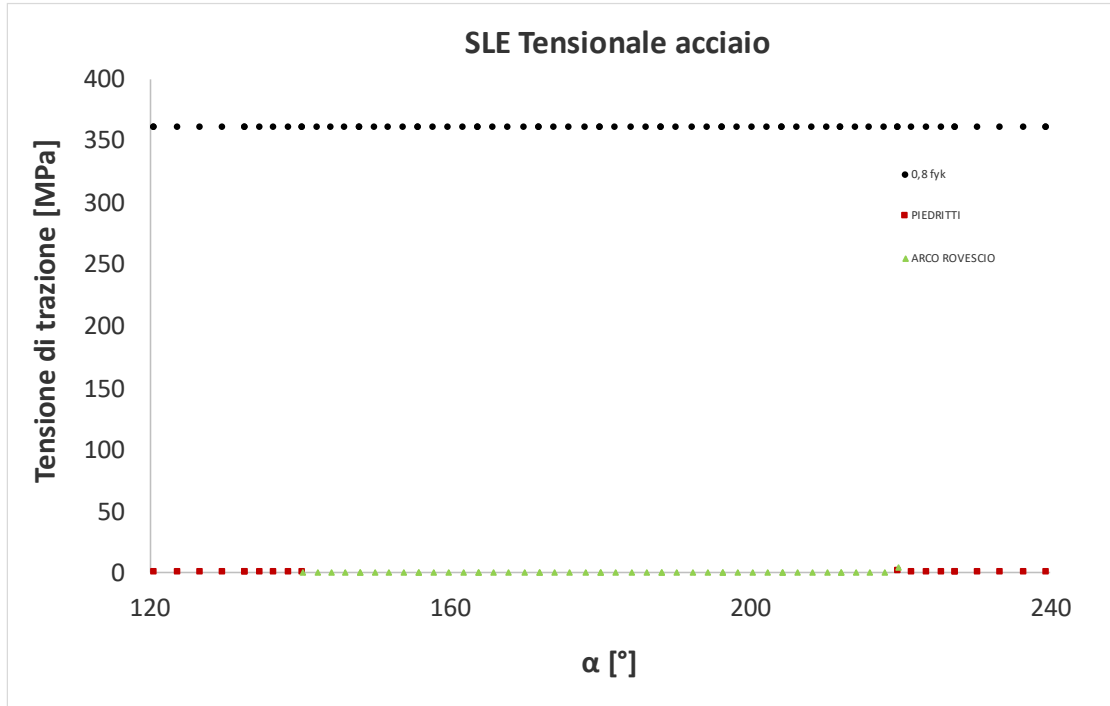


Figura 9-260 – Verifica tensioni acciaio DX

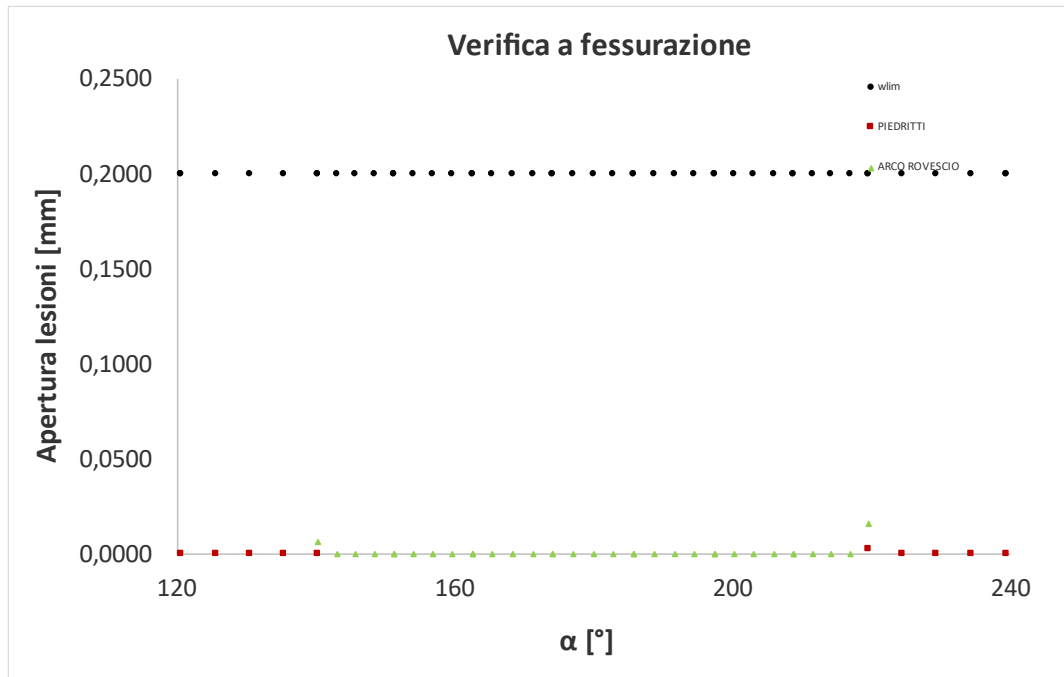


Figura 9-261 – Verifica a fessurazione SX

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:		
Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria		
GALLERIE		COMMessa LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO. IBOU 1AEZZ RH GN0000001 C 263 di 355
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo		

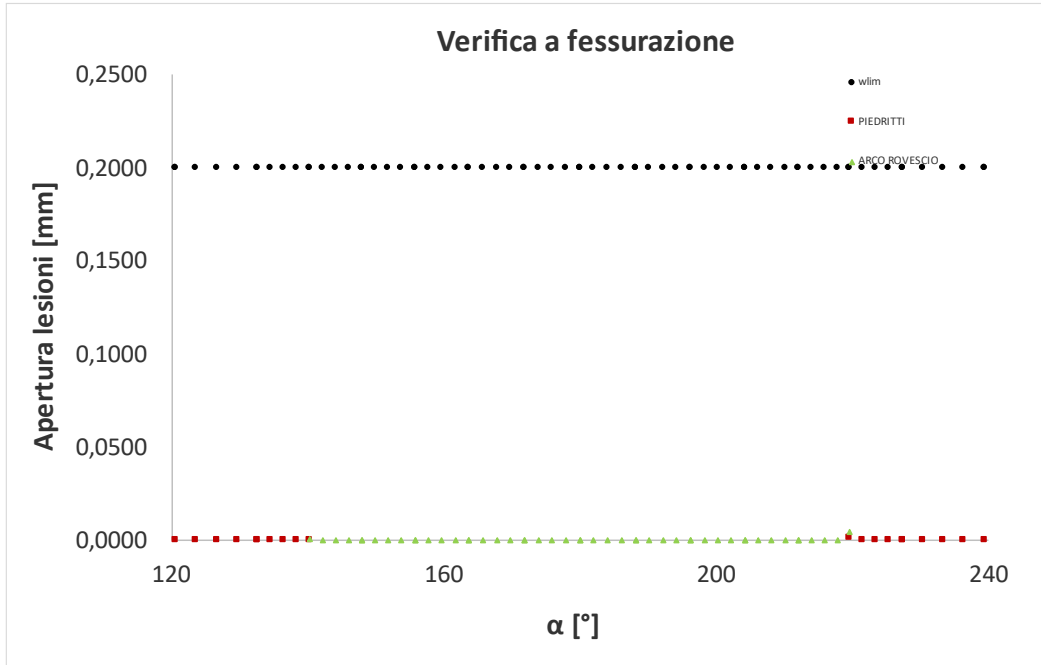


Figura 9-262 – Verifica a fessurazione DX

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	264 di 355

10. VERIFICA IN CONDIZIONI DI INCENDIO

Nel seguente capitolo vengono presentati i risultati di verifica di resistenza al fuoco per le diverse sezioni significative della galleria naturale della galleria di linea.

Metodologia di calcolo

Le verifiche al fuoco sono state condotte utilizzando il software SAFIR, un programma basato sul Metodo degli Elementi Finiti (FEM) che può essere utilizzato per lo studio di strutture mono-, bi- e tridimensionali sottoposte a incendio attraverso la discretizzazione della struttura, delle sezioni e del tempo. Il codice include elementi finiti piani a 3 e 4 nodi (SOLID 2D), elementi finiti tridimensionali a 6 e 8 nodi (SOLID 3D), elementi di trave (BEAM) e elementi di piastra (SHELL); i materiali a disposizione nelle librerie del programma permettono di considerare comportamenti non lineari in funzione della temperatura. L'analisi di una struttura esposta al fuoco è generalmente svolta per fasi successive: il primo passo consiste nell'analisi termica, cioè nella valutazione della distribuzione di temperatura all'interno degli elementi strutturali; a questa segue, nel caso di strutture di travi, l'analisi torsionale per la determinazione delle proprietà torsionali delle sezioni trasversali delle travi. L'ultima analisi che viene svolta è l'analisi strutturale per l'ottenimento della risposta della struttura soggetta a carichi statici e carichi termici. In letteratura sono disponibili diversi articoli inerenti la validazione del software. Per quanto concerne la validazione attraverso le norme EN 1992 1-2 si fa riferimento al sito del produttore:

https://www.uee.uliege.be/upload/docs/application/pdf/201803/validation_of_safir_through_the_din_en_1992-1-2_na.pdf.

La verifica è stata articolata nelle fasi descritte di seguito ed è stata sviluppata sia in presenza che in assenza del fenomeno di spalling.

FASE1: ANALISI TERMICA DELLA SEZIONE

L'analisi termica è svolta suddividendo la struttura in molteplici sottostrutture, per ciascuna delle quali è quindi determinata la distribuzione delle temperature nel tempo. La suddivisione in sotto-strutture è resa necessaria dalla presenza di elementi strutturali aventi o differenti sezioni o differenti condizioni di esposizione al fuoco. Tipicamente, la discretizzazione delle sezioni degli elementi di trave e degli elementi di piastra è effettuata con elementi finiti piani SOLID 2D mentre la discretizzazione di elementi tridimensionali (ad esempio un nodo trave-pilastro) è svolta con elementi finiti SOLID 3D. La gravità d'incendio può essere rappresentata mediante curve standard temperatura-tempo predefinite nel programma (ISO 834, ASTM E119, curva da idrocarburi, etc.) o tramite curve definite dall'utente (RWS nel caso in esame). In questo caso è possibile considerare anche la fase di raffreddamento. SAFIR non considera il trasferimento di calore lungo l'asse di una trave: l'analisi termica è svolta unicamente nella sezione trasversale e, di conseguenza, la distribuzione (non uniforme) di temperatura che si ottiene da tale analisi è la medesima in ogni generica sezione trasversale lungo l'asse. Nel caso delle sezioni in calcestruzzo armato, l'armatura longitudinale deve essere discretizzata con il calcestruzzo perché il file di output ottenuto dall'analisi termica viene utilizzato a sua volta come file di input per l'analisi strutturale e quindi deve contenere tutte le informazioni sulla sezione, compreso il quantitativo di armatura presente. SAFIR determina la distribuzione delle temperature che si sviluppano all'interno della struttura mediante un'integrazione delle equazioni differenziali che governano i

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	265 di 355

fenomeni di trasmissione del calore. In particolare, all'interno della struttura il trasferimento di calore avviene per conduzione mentre sulle superfici esposte il calore è scambiato con l'ambiente mediante convezione e irraggiamento. L'analisi termica è basata anche su queste ulteriori ipotesi:

- viene tenuta in considerazione la presenza di acqua evaporabile all'interno dei materiali, così come l'energia consumata per la sua evaporazione;
- non viene considerata la migrazione del vapore all'interno del materiale;
- non sono considerati gli effetti dell'analisi strutturale sulla distribuzione di temperatura, come il calore sviluppato dalla plasticizzazione, l'ortotropia delle proprietà termiche per effetto della fessurazione o lo spalling.

Si può quindi osservare che le analisi termica e meccanica sono sequenzialmente accoppiate.

Per le gallerie ferroviarie, salvo indicazione specifiche, si adatterà la curva nominale RWS (DM 28 ottobre 2005).

La curva in questione è caratterizzata da un rapido incremento delle temperature fino a 1200°C a 10 minuti, un massimo di 1350 °C a 60 minuti e un ritorno a 1200°C a 120 minuti.

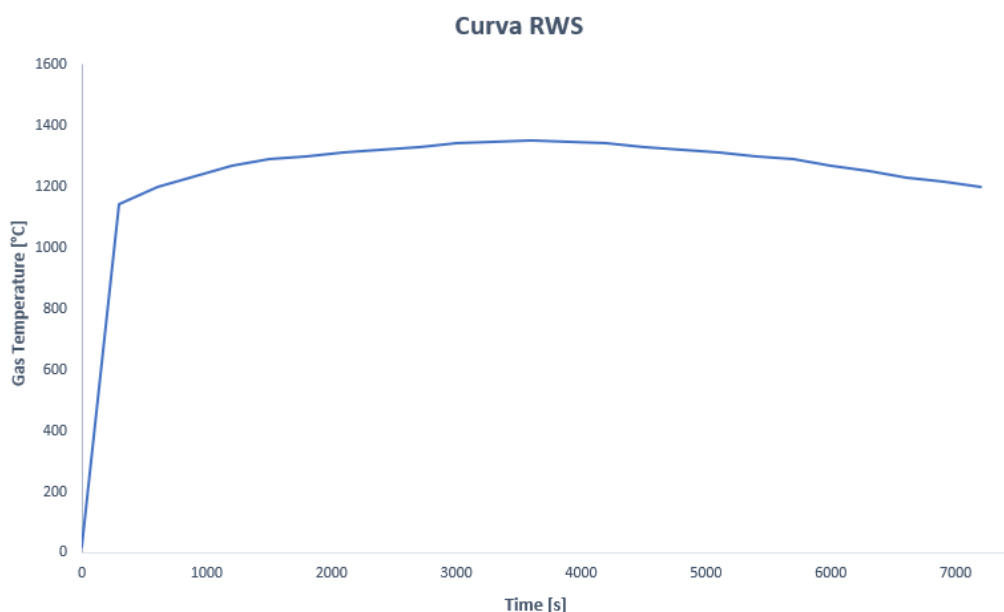


Fig. 1 – Curva RWS

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	266 di 355

FASE2: DETERMINAZIONE DELLE SOLLECITAZIONI STRUTTURALI E VERIFICA DI RESISTENZA

L'analisi strutturale è eseguita a valle dell'analisi termica e, in determinati casi, dopo l'analisi torsionale. Una struttura può essere discretizzata con elementi BEAM, TRUSS e SHELL. La risposta della struttura è valutata considerando i carichi statici applicati e l'evoluzione del campo termico, il comportamento dei materiali dipendente dalla temperatura, gli effetti delle deformazioni termiche e la presenza di effetti del secondo ordine. Il meccanismo di danno del calcestruzzo durante la fase di scarico elastico può eventualmente essere tenuto in conto adottando un opportuno modello costitutivo. Dal punto di vista computazionale, l'analisi è svolta in maniera incrementale, cioè per incrementi successivi di tempo; pertanto, per ogni istante in cui la convergenza è raggiunta, è possibile ottenere le seguenti informazioni (output):

- gli spostamenti in ogni nodo della struttura;
- le azioni assiali, le forze di taglio e i momenti flettenti nei punti di integrazione di ogni elemento finito;
- gli sforzi, le deformazioni e il modulo tangente nei punti di integrazione di ogni elemento finito.

L'analisi termina al raggiungimento del tempo prefissato (2 ore) o in caso di divergenza dell'analisi, ovvero quando le sollecitazioni/deformazioni eccedono il limite del materiale. Le condizioni al contorno e i carichi statici permanenti dovuti al peso proprio e ai carichi portati sono determinati assumendo considerazioni analoghe a quelle assunte per il calcolo statico delle WBS in oggetto, e pertanto per ulteriori dettagli si rimanda alle relative relazioni di calcolo. Per la modellazione del distacco esplosivo del calcestruzzo (spalling) si è deciso di decurtare la sezione del tratto interessato dal fenomeno; quindi, esse risulteranno più corte e prive dello strato di armatura adiacente al lembo esposto all'incendio.

Proprietà termiche

Per la determinazione delle distribuzioni di temperatura nelle sezioni è necessario definire le proprietà meccaniche e termiche dei materiali.

Calcestruzzo

Il materiale utilizzato è il SILCONC_EN, tale denominazione fa riferimento al modello costitutivo uniassiale ad aggregati silicei definito nell'UNI EN 1992-1-2 (2005), i parametri utilizzati sono i seguenti:

- massa specifica: 2400 kg/m³
- contenuto di umidità: 46 kg/m³
- coefficiente convettivo su profili caldi: 25 W/m²K
- coefficiente convettivo su profili freddi: 4 W/m²K
- emissività relativa: 0.7
- parametro per la conduttività termica α : 0.5

In accordo col paragrafo 3.3.3 delle EN-1992-1-2, la conduttività termica viene determinata all'interno di un intervallo attraverso il parametro α tramite la relazione:

$$k(T) = k_{lower}(T) + \alpha \left(k_{upper}(T) - k_{lower}(T) \right) \text{ con } \alpha \text{ compreso tra } [0,1]$$

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO					
Mandataria:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	267 di 355

Il parametro α , inoltre, varia con la temperatura secondo le espressioni:

$$\cdot \alpha(\theta) = (-1.80 \times 10^{-4} + 9 \times 10^{-6} \times \theta + 2.3 \times 10^{-11} \times \theta^3) / \theta \text{ per } 20^\circ \text{ C} \leq \theta \leq 700^\circ \text{ C}$$

$$\cdot \alpha(\theta) = (140 \times 10^{-3}) / \theta \text{ per } 700^\circ \text{ C} < \theta \leq 1200^\circ \text{ C}$$

Acciaio per armatura

Il materiale utilizzato è lo STEELEC2EN, ovvero acciaio al carbonio le cui proprietà termiche seguono le equazioni presenti nell' Eurocodice EN 1993-1-2, i parametri utilizzati sono:

- coefficiente convettivo su profili caldi: 25 W/m²K
- coefficiente convettivo su profili freddi: 4 W/m²K
- emissività relativa: 0.7

Spalling

Il procedimento sopra esposto andrà percorso anche valutando l'influenza del fenomeno dello spalling sulla risposta strutturale. A tal proposito, infatti, l' Eurocodice 2 [2] (UNI EN 1992-1-2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-2 - Regole generali - Progettazione strutturale contro l' incendio, Sezione 4 Procedure di progettazione, p.to 4.1 Generalità) richiede che "...il distacco del calcestruzzo deve essere evitato per mezzo di misure appropriate oppure si deve tenere conto della sua influenza sui requisiti prestazionali (R e/o E I)...".

Pertanto, al fine di quantificare l' entità dello spalling da considerare nelle analisi, si potrà far riferimento al criterio sviluppato, per conto di RFI, nel documento "Considerazioni sul fenomeno dello spalling ai fini dell'esecuzione delle verifiche in condizioni di incendio delle strutture di rivestimento di opere in sotterraneo" (E. Cartapati – maggio 2012).

Tale criterio, basato su evidenze sperimentali e di incendi realmente avvenuti, che hanno coinvolto strutture prive di accorgimenti nei riguardi dei fenomeni dello spalling, definisce che:

- per le strutture non armate la riduzione media di spessore da utilizzare nelle analisi e verifiche può essere valutata pari a 15 cm;
- per le strutture armate la riduzione media di spessore da utilizzare nelle analisi e verifiche è ricavabile dalla formula:

$$s = c + \varnothing_r + \varnothing_f + i/10;$$

dove c è il copriferro e i l'interasse delle armature di forza; \varnothing_r e \varnothing_f sono rispettivamente i diametri delle armature di ripartizione (r) e di forza (f).

Tale valore è determinato dalla somma di diversi contributi:

- distacco del calcestruzzo per tutto lo spessore del copriferro;

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		
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	268 di 355

- distacco del calcestruzzo per tutto lo spessore corrispondente all' ingombro delle armature (somma dei diametri dei due ordini di armature: principali e trasversali);
- spessore medio aggiuntivo che tiene conto del possibile distacco di schegge di calcestruzzo non contrastato dalla presenza delle barre di armatura; tale spessore aggiuntivo può essere valutato mediamente dell' ordine di 1/10 dell' interasse fra le armature principali, La profondità massima non può essere superiore a quella di sezioni non armate ($s \leq 150$ mm).

L'applicazione del criterio presuppone che l'armatura principale abbia un comportamento favorevole, ovvero armatura sufficientemente ripartita ed efficacemente trattenuta da staffe e spillature dirette verso l'interno della sezione. La validità del criterio è riferita ad un intervallo di variabilità dell' interasse fra le armature dell' ordine di $100 \div 250$ mm; per interassi superiori a 200 mm è opportuno incrementare (fino al 50%) il contributo dello spessore medio aggiuntivo.

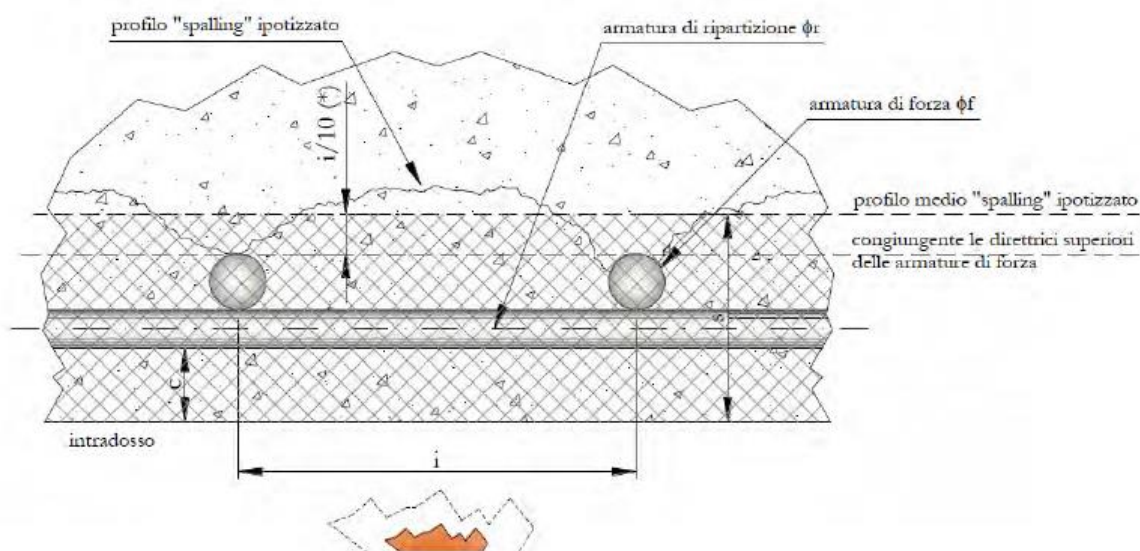


Fig. 2 – Schema per la valutazione della profondità di 'spalling' per sezioni armate

Essendo presenti diverse tipologie di armature con diametri e interassi variabili, è stato considerato un valore conservativo e uniformato della profondità di spalling pari a 10 cm.

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	269 di 355

Proprietà meccaniche

Per quanto riguarda le proprietà meccaniche a caldo dei materiali, si fa riferimento ai paragrafi 3.2.2 e 3.2.3 dell'UNI EN 1992-1-2 (2005). Nelle tabelle e figure sottostanti sono riportati i principali valori dei parametri meccanici del calcestruzzo compresso e dell'acciaio, in funzione della variazione della temperatura del materiale stesso.

Calcestruzzo (aggregati silicei)

Il materiale utilizzato è il SILCON_ETC, un modello costitutivo uniassiale in grado di determinare ed esplicitare la componente di deformazione viscosa (transient creep) dalle deformazioni meccaniche. La variazione di resistenza a trazione e compressione con la temperatura, così come le proprietà termiche dipendono invece da quanto stabilito in EN1992-1-2.

T [°C]	$f_{c,T}/f_{ck}$	$f_{t,T}/f_{tk}$	$\epsilon_{ps1,ETC}$	$\epsilon_{ps0,ETC}$	$E_{0,ETC}/f_{ck}$	Φ
20	1.00	1.00	0.0025	0.0200	800.0	0
100	1.00	1.00	0.0030	0.0215	666.7	0.00100
200	0.95	0.80	0.0038	0.0233	495.7	0.00175
300	0.85	0.60	0.0050	0.0255	340.0	0.00235
400	0.75	0.40	0.0063	0.0263	236.8	0.00489
500	0.60	0.20	0.0087	0.0262	138.5	0.01056
600	0.45	0	0.0127	0.0227	71.1	0.02741
700	0.30		0.0133	0.0258	45.0	0.03889
800	0.15		0.0140	0.0290	21.4	0.07333
900	0.08		0.0150	0.0325	10.7	0.12500
1000	0.04		0.0150	0.0350	5.3	0.25000
1100	0.01		0.0150	0.0375	1.3	1.00000
1200	0		-	-	-	-

Fig. 3 – evoluzione delle proprietà del materiale con la temperatura

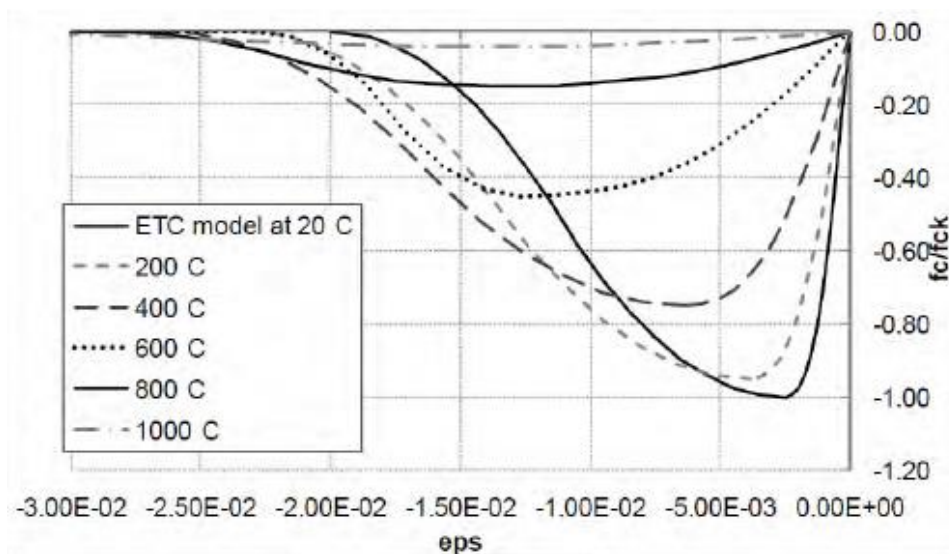


Fig. 4 – Modello costitutivo per il calcestruzzo in funzione della temperatura

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				
GALLERIE	Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	270 di 355

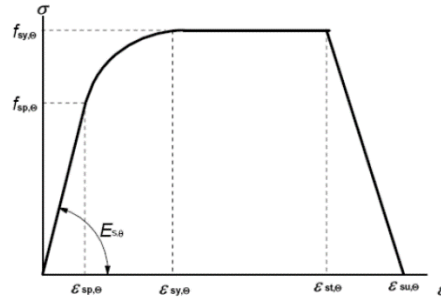
Acciaio per armatura

La variazione delle caratteristiche meccaniche dell' acciaio in funzione della temperatura dipendono dal tipo di acciaio e dal tipo di lavorazione. Facendo riferimento al paragrafo 3.2.3 dell' EN 1992-1-2 e considerando un acciaio di tipo N laminato a caldo, nella figura seguente è illustrato il legame costitutivo del materiale mentre i rapporti riduttivi del modulo di elasticità, del limite di proporzionalità e della resistenza massima sono presentati in Fig. 5 e Fig. 6:

Steel Temperature θ [°C]	$f_{sy,\theta} / f_{yk}$		$f_{sp,\theta} / f_{yk}$		$E_{s,\theta} / E_s$	
	hot rolled	cold worked	hot rolled	cold worked	hot rolled	cold worked
1	2	3	4	5	6	7
20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
100	1,00	1,00	1,00	0,96	1,00	1,00
200	1,00	1,00	0,81	0,92	0,90	0,87
300	1,00	1,00	0,61	0,81	0,80	0,72
400	1,00	0,94	0,42	0,63	0,70	0,56
500	0,78	0,67	0,36	0,44	0,60	0,40
600	0,47	0,40	0,18	0,26	0,31	0,24
700	0,23	0,12	0,07	0,08	0,13	0,08
800	0,11	0,11	0,05	0,06	0,09	0,06
900	0,06	0,08	0,04	0,05	0,07	0,05
1000	0,04	0,05	0,02	0,03	0,04	0,03
1100	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02
1200	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fig. 5 – Rapporti riduttivi del modulo di elasticità

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			
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	271 di 355



Range	Stress $\sigma(\epsilon)$	Tangent modulus
$\epsilon \leq \epsilon_{sp,0}$	$\epsilon E_{s,0}$	$E_{s,0}$
$\epsilon_{sp,0} \leq \epsilon \leq \epsilon_{sy,0}$	$f_{sp,0} - c + (b/a)[a^2 - (\epsilon_{sy,0} - \epsilon)^2]^{0.5}$	$\frac{b(\epsilon_{sy,0} - \epsilon)}{a[a^2 - (\epsilon - \epsilon_{sp,0})^2]^{1.5}}$
$\epsilon_{sy,0} \leq \epsilon \leq \epsilon_{st,0}$	$f_{sy,0}$	0
$\epsilon_{st,0} \leq \epsilon \leq \epsilon_{su,0}$	$f_{sy,0} [1 - (\epsilon - \epsilon_{st,0}) / (\epsilon_{su,0} - \epsilon_{st,0})]$	-
$\epsilon = \epsilon_{su,0}$	0,00	-
Parameter ¹⁾	$\epsilon_{sp,0} = f_{sp,0} / E_{s,0}$ $\epsilon_{sy,0} = 0,02$ $\epsilon_{st,0} = 0,15$ $\epsilon_{su,0} = 0,20$ Class A reinforcement: $\epsilon_{st,0} = 0,05$ $\epsilon_{su,0} = 0,10$	
Functions	$a^2 = (\epsilon_{sy,0} - \epsilon_{sp,0})(\epsilon_{sy,0} - \epsilon_{sp,0} + c/E_{s,0})$ $b^2 = c (\epsilon_{sy,0} - \epsilon_{sp,0}) E_{s,0} + c^2$ $c = \frac{(f_{sy,0} - f_{sp,0})^2}{(\epsilon_{sy,0} - \epsilon_{sp,0}) E_{s,0} - 2(f_{sy,0} - f_{sp,0})}$	

Fig. 6 – Legame costitutivo dell'acciaio

CRITERI DI CALCOLO

In ottemperanza al D.M. del 17.01.2018 (Nuove norme tecniche per le costruzioni), i calcoli sono condotti con il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al cap. 2 delle NTC.

Per la verifica delle azioni eccezionali, si applica la sola “Combinazione eccezionale”

Ai fini delle verifiche degli stati limiti ultimi per condizioni eccezionali di carico, si definisce la seguente combinazione delle azioni:

Combinazione eccezionale:

$$G1+G2 + Ad + \sum i \phi 2i \cdot Qki$$

- Con Ad azione eccezionale di progetto indotta dall'incendio di progetto.

I carichi statici applicati alle sezioni risultano:

- Peso proprio strutture
- Carichi permanenti portati (Spinta del terreno)

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 272 di 355

Nel caso delle verifiche in caso di incendio, trattandosi di uno stato limite ultimo della struttura, non vengono prese in considerazione combinazioni agli SLE.

A seguire si riportano i principali parametri geotecnici caratteristici utilizzati nella verifica dello stato limite eccezionale d'incendio:

Sezione	E [MPa]	ν [-]	K_0 [-]	γ [kN/m ³]
A0L	18'200	0,3	0,9	27
A0	7'800	0,3	0,9	27
C2L	2'500	0,3	0,9	27

Fig. 7 – Parametri geotecnici

GEOMETRIA DELLA STRUTTURA

A seguire si riporta, con riferimento ad ogni sezione analizzata, una vista del rivestimento definitivo discretizzato in relazione agli spessori impiegati nella definizione del modello meccanico e termico del problema.

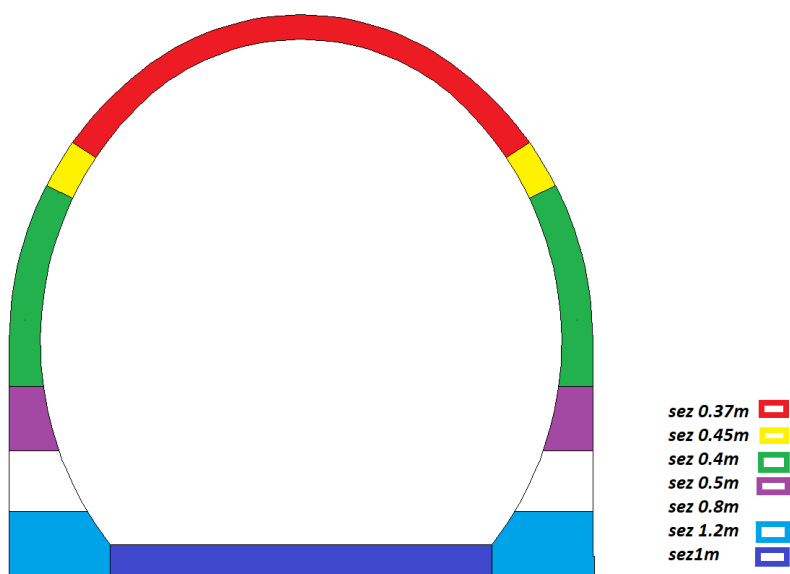


Fig. 8 – Sezione AOL

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 273 di 355

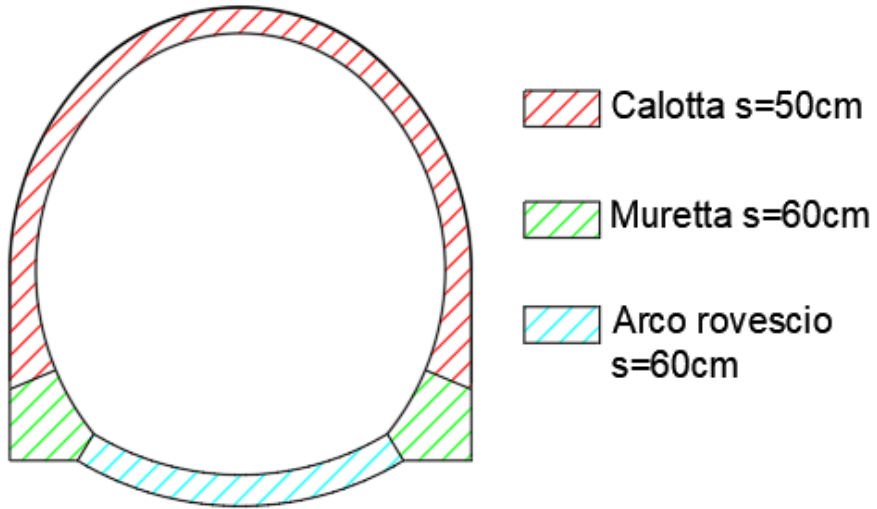


Fig. 9 – Sezione A0

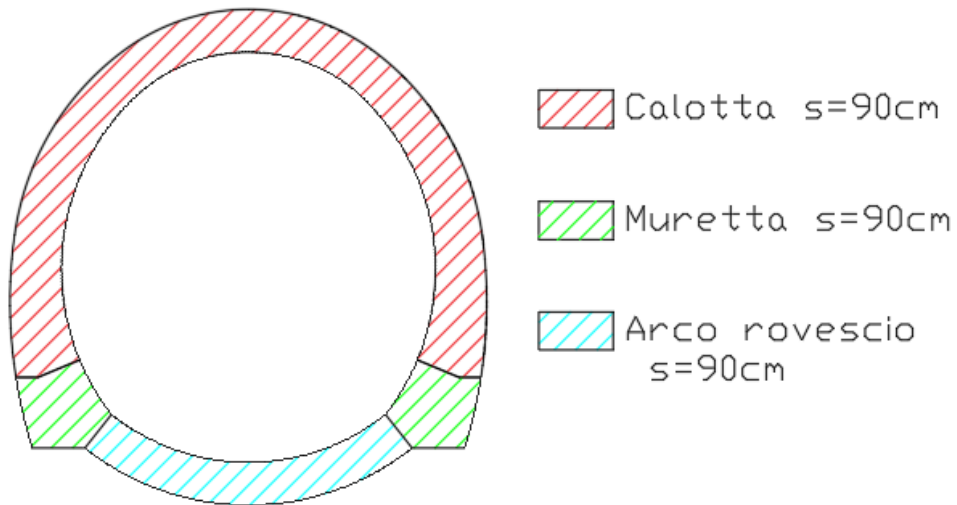


Fig. 10 – Sezione C2L

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>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">IB0U</td> <td style="text-align: center;">1AEZZ</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">GN0000001</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">274 di 355</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IB0U	1AEZZ	RH	GN0000001	C	274 di 355
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IB0U	1AEZZ	RH	GN0000001	C	274 di 355													
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo																		

MODELLAZIONE STRUTTURALE

La geometria definita degli elementi beam è la medesima utilizzata nella relazione di calcolo strutturale.

Per il calcolo termico delle sezioni e delle loro proprietà meccaniche all'i-mo istante t_i , anche le sezioni in calcestruzzo armato sono state modellate attraverso elementi finiti piani.

Nelle verifiche in presenza di spalling la sezione è stata ridotta di 10 cm in prossimità del lembo esposto ad incendio. È importante sottolineare che il programma calcola ad ogni step di analisi nel tempo la variazione delle proprietà meccaniche e di resistenza delle sezioni. Individuando conseguentemente in maniera automatica la formazione di un'eventuale cerniera plastica sulla base delle effettive condizioni all'istante i-mo della sezione. La convergenza della soluzione fino all'ultimo istante considerato (in questo caso 120min) è garanzia della resistenza del concio sottoposto all'incendio di progetto.

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 275 di 355

Modello strutturale

Sezione AOL:

A seguire si riporta una vista della linea baricentrica della galleria.

Per la sezione tipologica della galleria sono state modellate 7 sezioni in calcestruzzo non armato associate agli elementi beam componenti il modello.

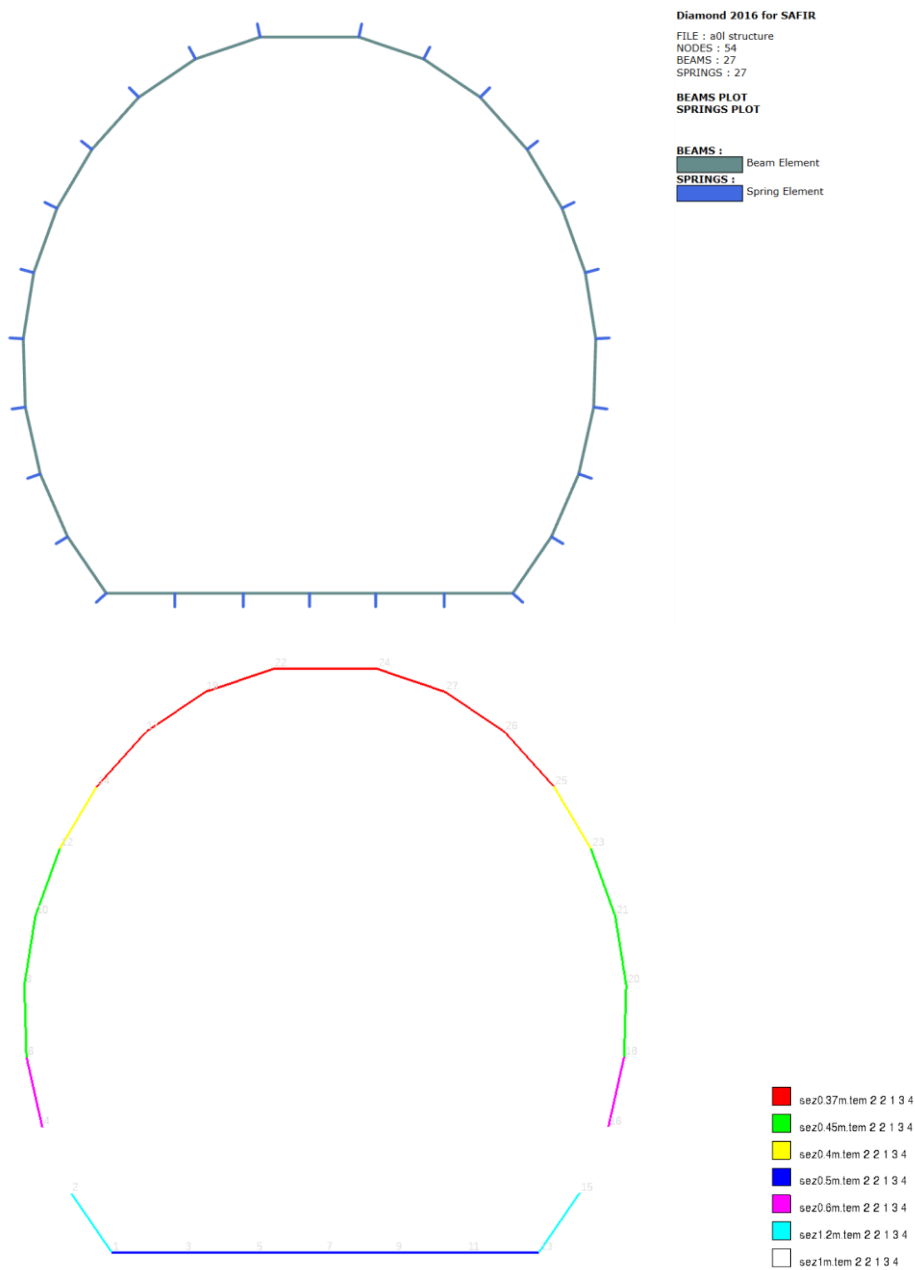


Fig. 11 – Sezione AOL rappresentata tramite elementi 'beam'

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 276 di 355

Si evidenzia come la sezione dell'arco rovescio (e parte delle murette) non sia soggetto a riscaldamento: il ricoprimento generato dall'armamento, dal ballast e dal marciapiede impedisce il raggiungimento di temperature tali per cui avvengano sensibili deformazioni nel materiale o riduzione delle proprietà meccaniche.

L'interazione col terreno circostante è stata simulata a mezzo di molle elastico-lineari reagenti solo a compressione di rigidità variabile a seconda del raggio R dei diversi archi di circonferenza costituenti la sezione trasversale, trattandosi di una galleria policentrica.

Per il tratto rettilineo di fondazione le molle sono funzione della larghezza B del tratto interessato.

A seguire si riporta la formulazione adoperata ed i valori impiegati nell'analisi:

- per tratti curvilinei dell'arco di calotta $k = \frac{E'}{R_{eq}(1+\nu)} i$
- per tratti rettilinei dell'arco di calotta $k = \frac{E'}{B(1-\nu^2)} i$

			K [N/m]	A [m]
R=5m	ELEM	1	2.80E+09	1
	ELEM	2	2.80E+09	1
	ELEM	3	2.80E+09	1
	ELEM	4	2.80E+09	1
R=5m	ELEM	5	2.80E+09	1
	ELEM	6	2.80E+09	1
	ELEM	7	2.80E+09	1
	ELEM	8	2.80E+09	1
R=3.5m	ELEM	9	4.00E+09	1
	ELEM	10	4.00E+09	1
	ELEM	11	4.00E+09	1
R=3.5m	ELEM	12	4.00E+09	1
	ELEM	13	4.00E+09	1
	ELEM	14	4.00E+09	1
R=5m	ELEM	15	2.80E+09	1
	ELEM	16	2.80E+09	1
	ELEM	17	2.80E+09	1
	ELEM	18	2.80E+09	1
R=infinito	ELEM	19	2.80E+09	1
	ELEM	20	2.80E+09	1
	ELEM	21	2.80E+09	1
	ELEM	22	2.80E+09	1
	ELEM	23	1.13E+09	1
R=infinito	ELEM	24	1.13E+09	1
	ELEM	25	1.13E+09	1
	ELEM	26	1.13E+09	1
	ELEM	27	1.13E+09	1

Fig. 12 – Rigidezza molle

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 277 di 355

Modello strutturale

Sezione A0:

A seguire si riporta una vista della linea baricentrica della galleria.

Per la sezione tipologica della galleria sono state modellate 3 sezioni in calcestruzzo armato associate agli elementi beam componenti il modello. Nello specifico, è stata modellata la sezione in arco rovescio, calotta e piedritto.

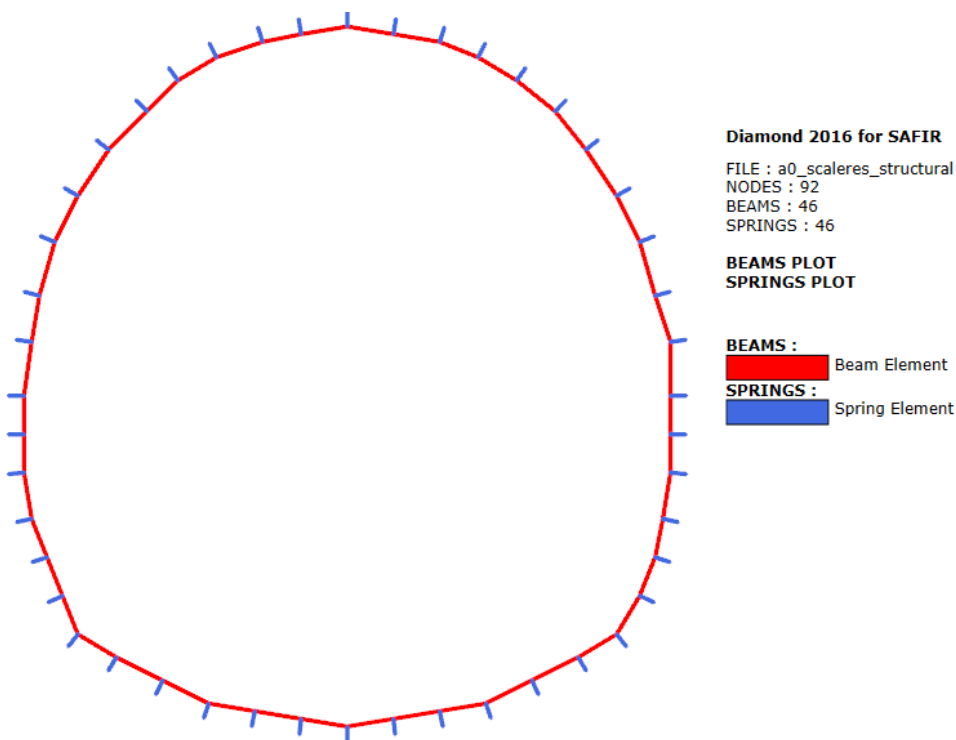


Fig. 13 – Sezione A0 rappresentata tramite elementi 'beam'

Si evidenzia come la sezione dell'arco rovescio (e parte delle murette) non sia soggetto a riscaldamento: il ricoprimento generato dall'armamento, dal ballast e dal marciapiede impedisce il raggiungimento di temperature tali per cui avvengono sensibili deformazioni nel materiale o riduzione delle proprietà meccaniche.

L'interazione col terreno circostante è stata simulata a mezzo di molle elastico-lineari reagenti solo a compressione di rigidità variabile a seconda del raggio R dei diversi archi di circonferenza costituenti la sezione trasversale, trattandosi di una galleria policentrica.

A seguire si riporta la formulazione adoperata ed i valori impiegati nell'analisi:

$$k = \frac{a \cdot E}{[(1 + \nu) \cdot R]}$$

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 278 di 355

			K	A
			[N/m]	[m]
AR	ELEM	1	1,16E+09	0,58425
	ELEM	2	1,04E+09	0,6207
	ELEM	3	1,04E+09	0,6207
	ELEM	4	1,04E+09	0,6207
	ELEM	5	1,04E+09	0,6207
	ELEM	6	1,04E+09	0,6207
	ELEM	7	1,04E+09	0,6207
	ELEM	8	1,04E+09	0,6207
	ELEM	9	1,04E+09	0,6207
	ELEM	10	1,04E+09	0,6207
	ELEM	11	1,04E+09	0,6207
	ELEM	12	1,04E+09	0,6207
	ELEM	13	1,16E+09	0,58425
MURETT_DX	ELEM	14	1,30E+09	0,5478
	ELEM	15	1,30E+09	0,5478
	ELEM	16	1,30E+09	0,5478
	ELEM	17	9,51E+08	0,52895
CAL	ELEM	18	7,49E+08	0,5101
	ELEM	19	9,05E+08	0,59945
	ELEM	20	1,14E+09	0,6888
	ELEM	21	1,14E+09	0,6888
	ELEM	22	1,14E+09	0,6888
	ELEM	23	1,14E+09	0,6888
	ELEM	24	1,14E+09	0,6888
	ELEM	25	1,33E+09	0,64045
	ELEM	26	1,60E+09	0,5921
	ELEM	27	1,60E+09	0,5921
	ELEM	28	1,60E+09	0,5921
	ELEM	29	1,60E+09	0,5921
	ELEM	30	1,60E+09	0,5921
	ELEM	31	1,60E+09	0,5921
	ELEM	32	1,60E+09	0,5921
	ELEM	33	1,60E+09	0,5921
	ELEM	34	1,60E+09	0,5921
	ELEM	35	1,33E+09	0,64045
	ELEM	36	1,14E+09	0,6888
	ELEM	37	1,14E+09	0,6888
	ELEM	38	1,14E+09	0,6888
	ELEM	39	1,14E+09	0,6888
	ELEM	40	1,14E+09	0,6888
	ELEM	41	9,05E+08	0,59945
ELEM	42	7,49E+08	0,5101	
murett_SX	ELEM	43	9,51E+08	0,52895
	ELEM	44	1,30E+09	0,5478
	ELEM	45	1,30E+09	0,5478
	ELEM	46	1,30E+09	0,5478

Fig. 14 – Rigidezza molle

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 279 di 355

Sezione C2L:

A seguire si riporta una vista della linea baricentrica della galleria.

Per la sezione tipologica della galleria sono state modellate 3 sezioni in calcestruzzo armato associate agli elementi beam componenti il modello. Nello specifico, è stata modellata la sezione in arco rovescio, calotta e piedritto.

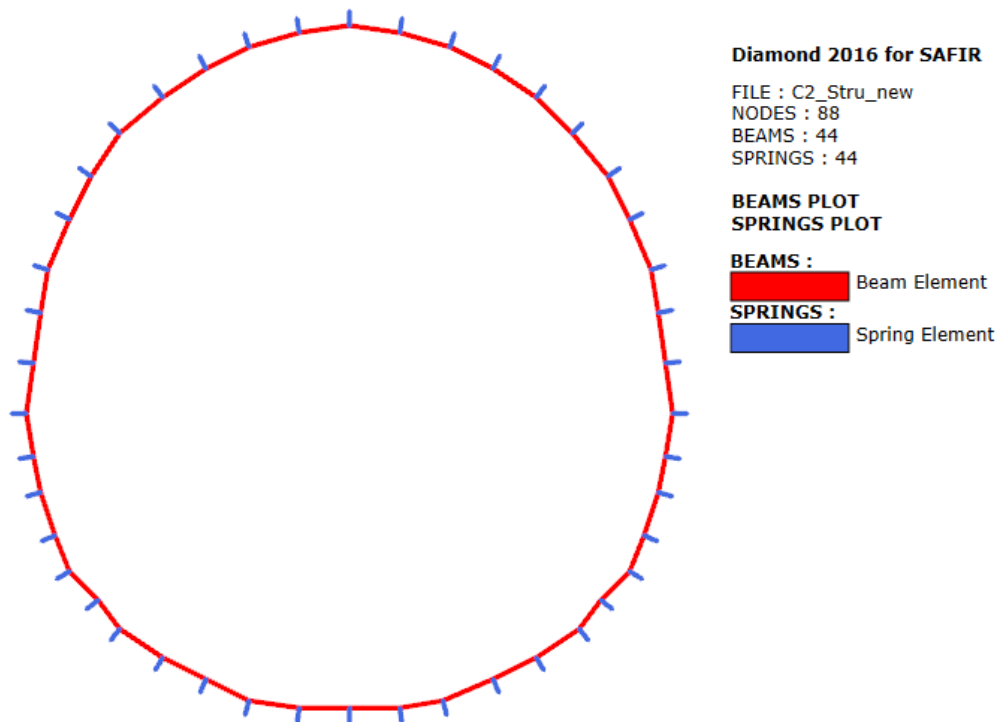


Fig. 15 – Sezione C2L rappresentata tramite elementi 'beam'

Si evidenzia come la sezione dell'arco rovescio e le murette non sia soggetto a riscaldamento: il ricoprimento generato dall'armamento, dal ballast e dal marciapiede impedisce il raggiungimento di temperature tali per cui avvengono sensibili deformazioni nel materiale o riduzione delle proprietà meccaniche.

L'interazione col terreno circostante è stata simulata a mezzo di molle elastico-lineari reagenti solo a compressione di rigidità variabile a seconda del raggio R dei diversi archi di circonferenza costituenti la sezione trasversale, trattandosi di una galleria policentrica.

A seguire si riporta la formulazione adoperata ed i valori impiegati nell'analisi:

$$k = \frac{a \cdot E}{[(1 + \nu) \cdot R]}$$

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 280 di 355

			K	A
			[N/m]	[m]
AR	ELEM	1	4,08E+08	0,625
	ELEM	2	3,78E+08	0,682
	ELEM	3	3,78E+08	0,682
	ELEM	4	3,78E+08	0,682
	ELEM	5	3,78E+08	0,682
	ELEM	6	3,78E+08	0,682
	ELEM	7	3,78E+08	0,682
	ELEM	8	3,78E+08	0,682
	ELEM	9	3,78E+08	0,682
	ELEM	10	3,78E+08	0,682
	ELEM	11	4,08E+08	0,625
MURETT_DX	ELEM	12	4,43E+08	0,569
	ELEM	13	4,43E+08	0,569
	ELEM	14	4,43E+08	0,565
CAL	ELEM	15	8,86E+08	0,561
	ELEM	16	8,86E+08	0,561
	ELEM	17	7,04E+08	0,630
	ELEM	18	5,84E+08	0,7
	ELEM	19	5,84E+08	0,7
	ELEM	20	5,84E+08	0,7
	ELEM	21	6,96E+08	0,706
	ELEM	22	4,30E+08	0,713
	ELEM	23	4,30E+08	0,713
	ELEM	24	4,30E+08	0,713
	ELEM	25	4,30E+08	0,713
	ELEM	26	4,30E+08	0,713
	ELEM	27	4,30E+08	0,713
	ELEM	28	4,30E+08	0,713
	ELEM	29	4,30E+08	0,713
	ELEM	30	4,30E+08	0,713
	ELEM	31	4,30E+08	0,713
	ELEM	32	4,30E+08	0,713
	ELEM	33	4,30E+08	0,713
	ELEM	34	4,30E+08	0,713
	ELEM	35	6,96E+08	0,706
	ELEM	36	5,84E+08	0,7
	ELEM	37	5,84E+08	0,7
	ELEM	38	5,84E+08	0,7
	ELEM	39	7,04E+08	0,6305
	ELEM	40	8,86E+08	0,5609
	ELEM	41	8,86E+08	0,561
	murett_SX	ELEM	42	4,43E+08
ELEM		43	4,43E+08	0,569
ELEM		44	4,43E+08	0,569

Fig. 16 – Rigidezza molle

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>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 281 di 355

10.1 SEZIONE A0L

ANALISI DELLA TEMPERATURA NEL TEMPO

- Calotta sez0.37m

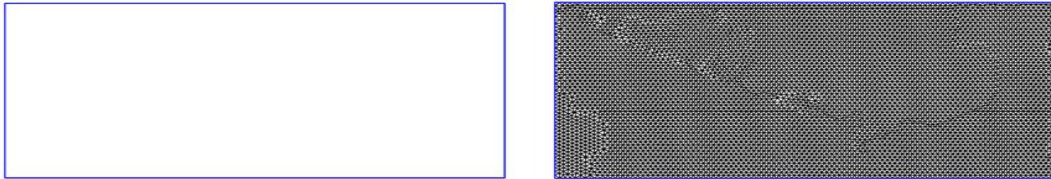


Fig. 17 – Modello geometrico (sx) – Mesh di calcolo (dx)

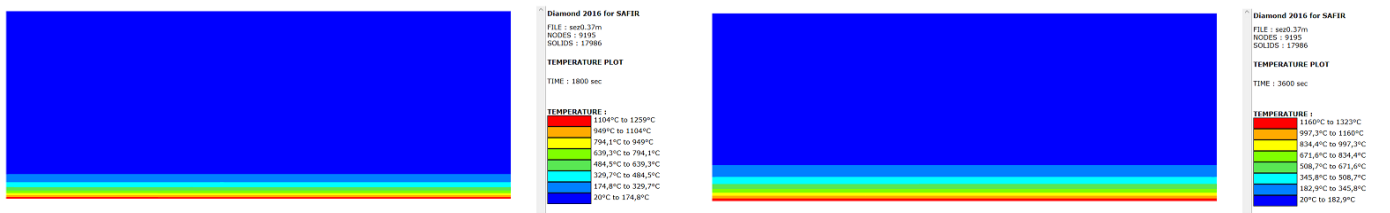


Fig. 18 – Contour temperature 1800 s (sx) - Contour temperature 3600 s (dx)

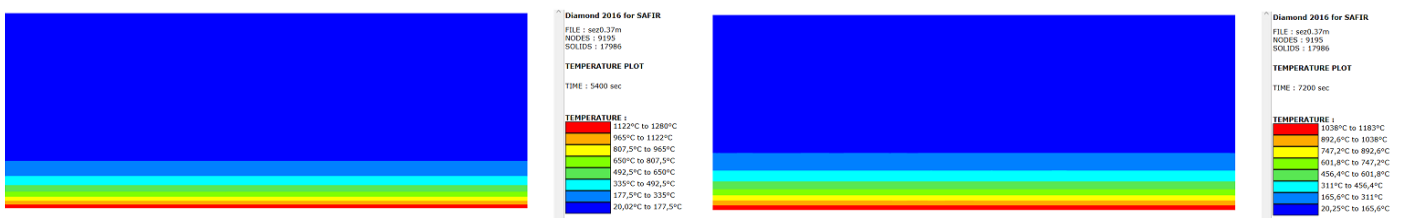


Fig. 19 – Contour temperature 5400 s (sx) - Contour temperature 7200 s (dx)

- Calotta sez0.4m

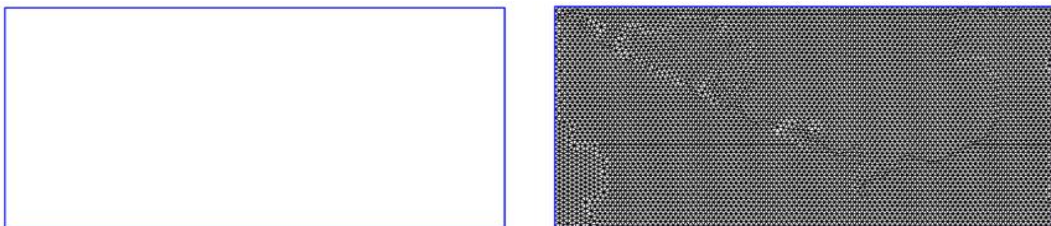


Fig. 20 – Modello geometrico (sx) – Mesh di calcolo (dx)

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 282 di 355

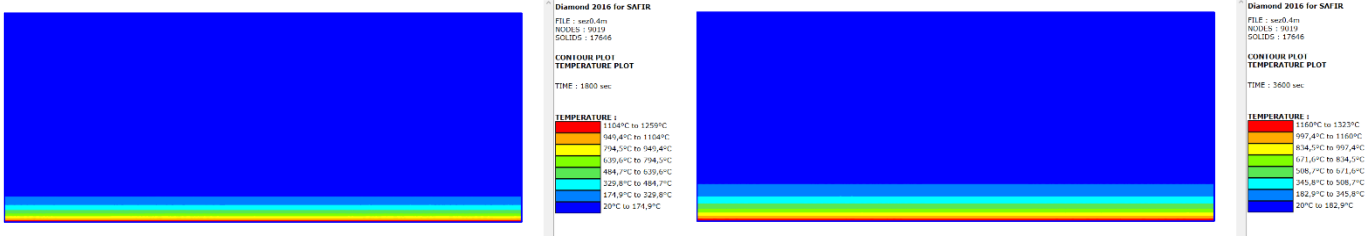


Fig. 21 – Contour temperature 1800 s (sx) - Contour temperature 3600 s (dx)

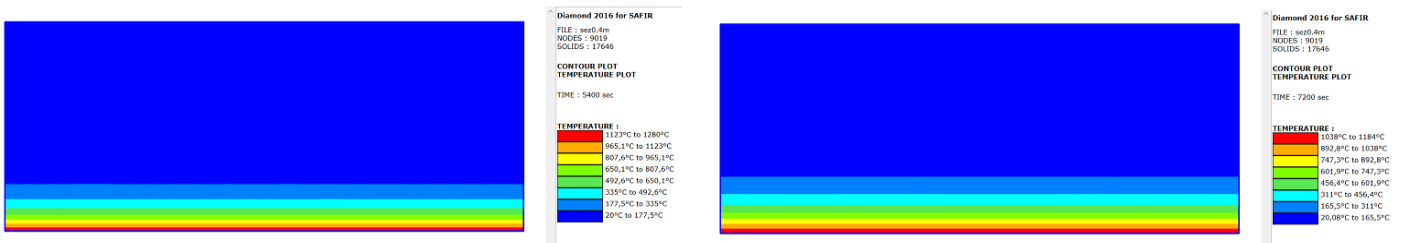


Fig. 22 – Contour temperature 5400 s (sx) - Contour temperature 7200 s (dx)

- Calotta sez0.45m

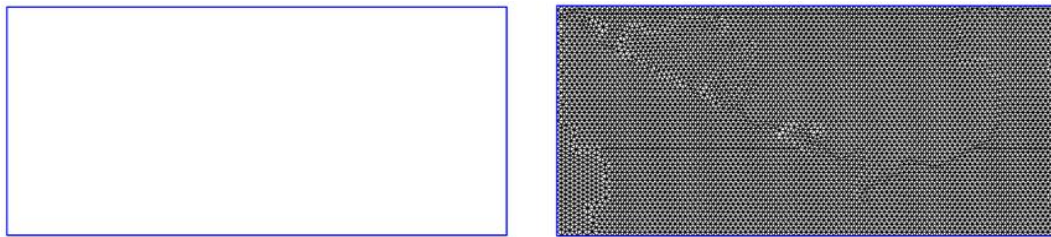


Fig. 23 – Modello geometrico (sx) – Mesh di calcolo (dx)

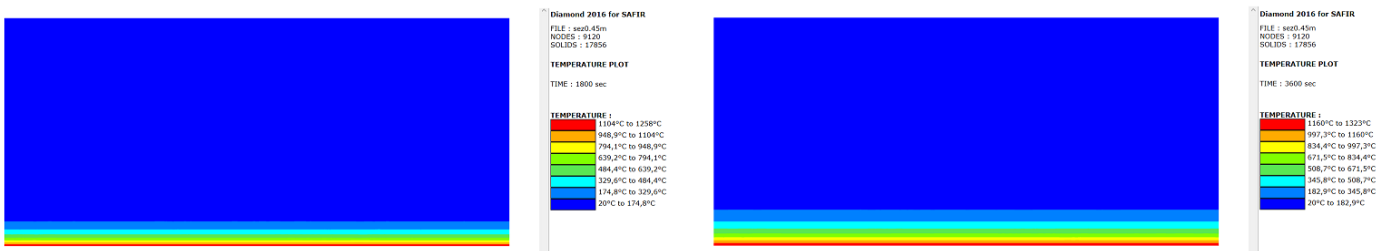


Fig. 24 – Contour temperature 1800 s (sx) - Contour temperature 3600 s (dx)

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.
GALLERIE		IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C 283 di 355
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo						

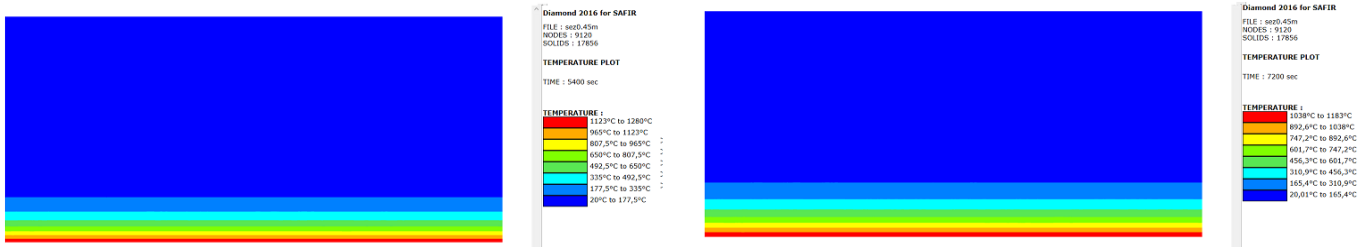


Fig. 25 – Contour temperature 5400 s (sx) - Contour temperature 7200 s (dx)

- Calotta sez.0.6m

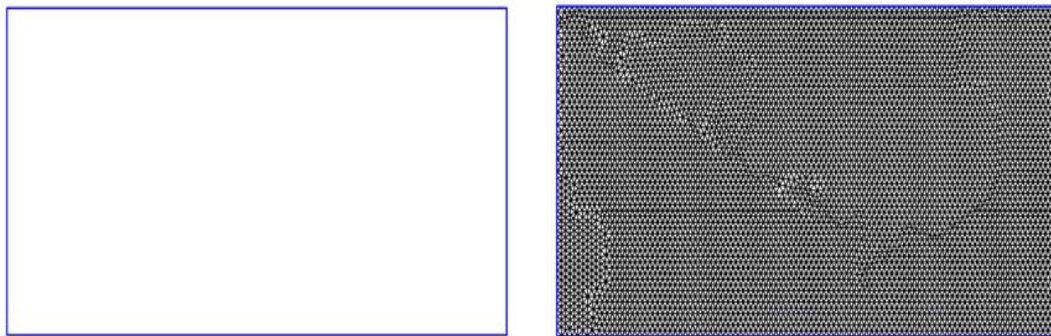


Fig. 26 – Modello geometrico (sx) – Mesh di calcolo (dx)

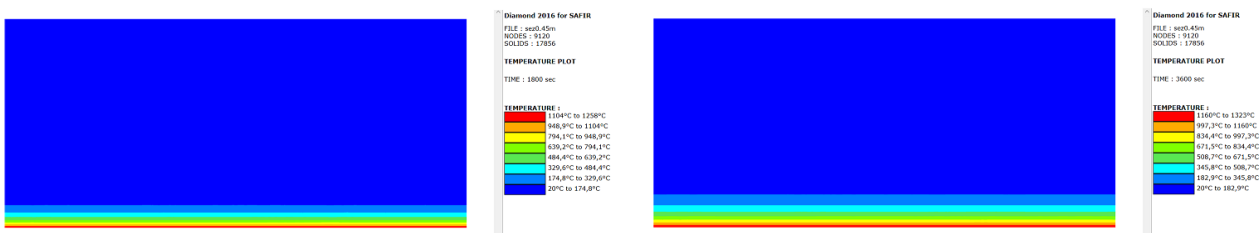


Fig. 27 – Contour temperature 1800 s (sx) - Contour temperature 3600 s (dx)

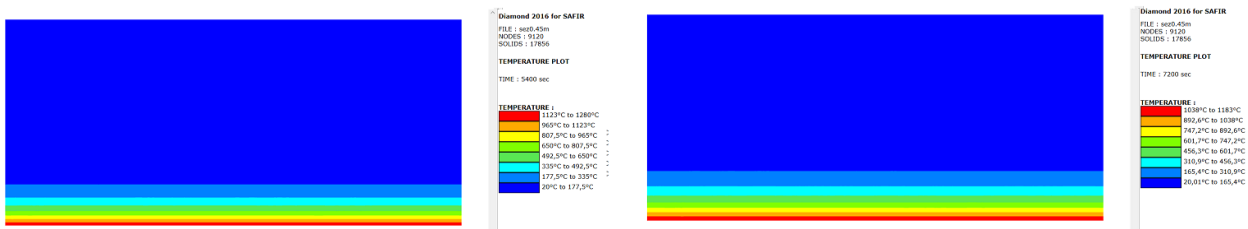


Fig. 28 – Contour temperature 5400 s (sx) - Contour temperature 7200 s (dx)

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 284 di 355

- Muretta 1m

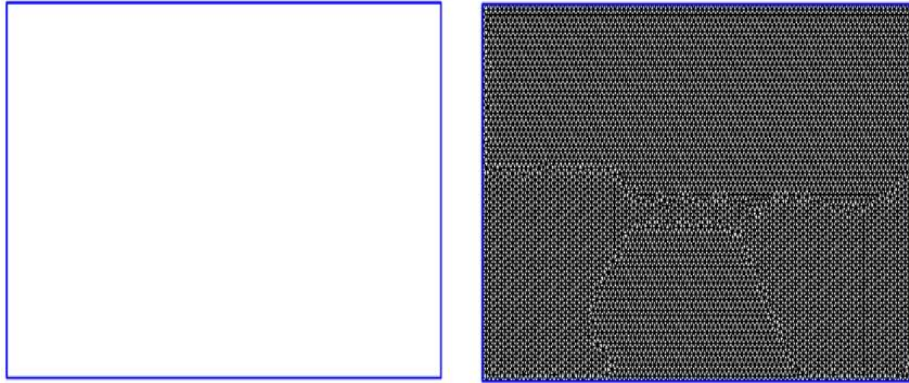


Fig. 29 – Modello geometrico (sx) – Mesh di calcolo (dx)

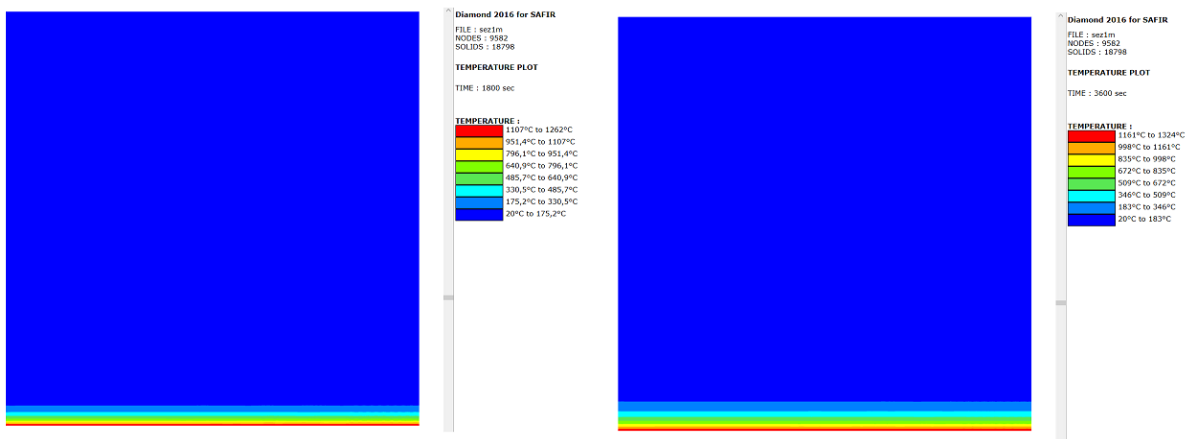


Fig. 30 – Contour temperature 1800 s (sx) - Contour temperature 3600 s (dx)

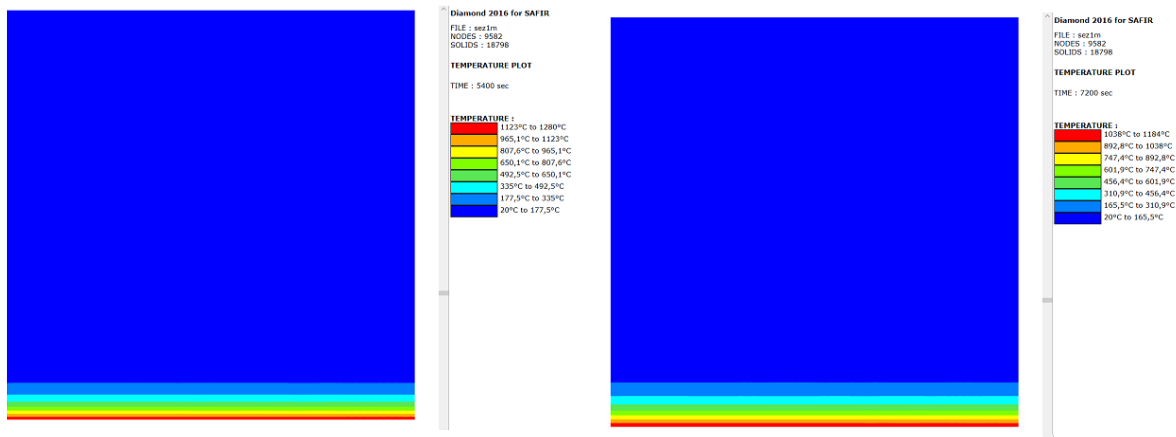


Fig. 31 – Contour temperature 5400 s (sx) - Contour temperature 7200 s (dx)

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 285 di 355

RISULTATI DELL' ANALISI MECCANICA

Risultati al tempo t = 0-60 sec

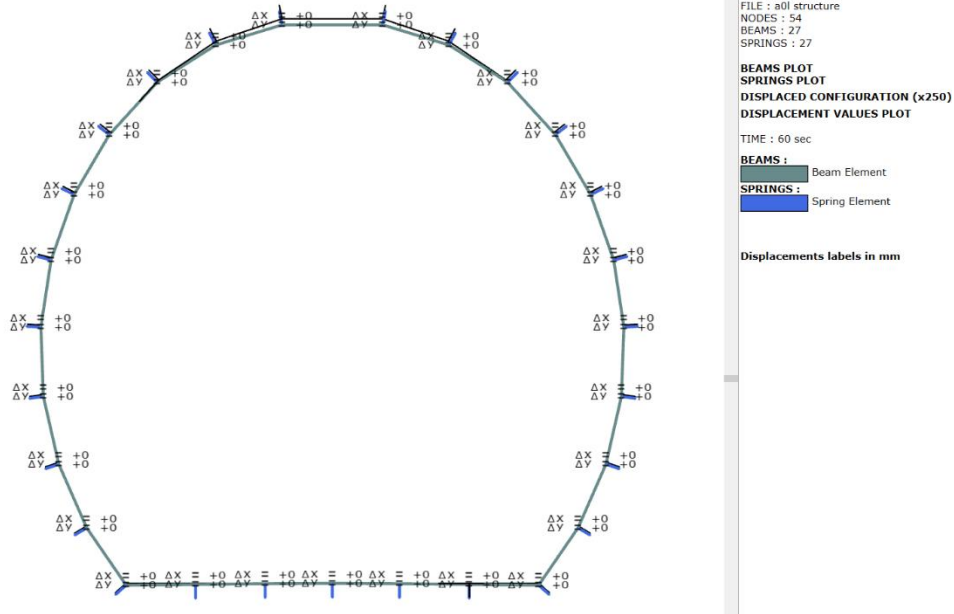


Fig. 32 – Configurazione deformata

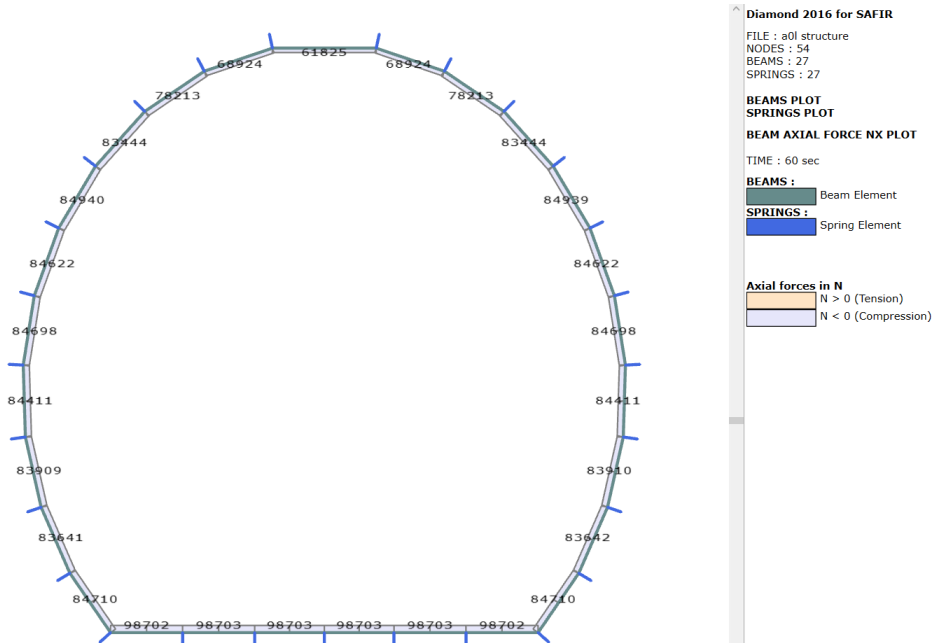


Fig. 33 – Sforzo normale agente

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 286 di 355

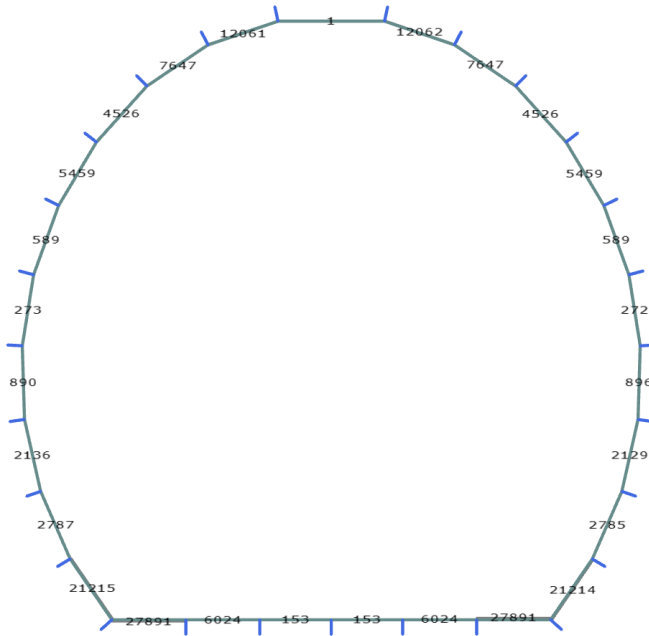



Fig. 34 – Sforzo di taglio


^ Diamond 2016 for SAFIR

FILE : a0l structure
NODES : 54
BEAMS : 27
SPRINGS : 27

BEAMS PLOT
SPRINGS PLOT
SHEAR FORCE VZ PLOT

TIME : 60 sec

BEAMS :  Beam Element

SPRINGS :  Spring Element

Shear forces in N

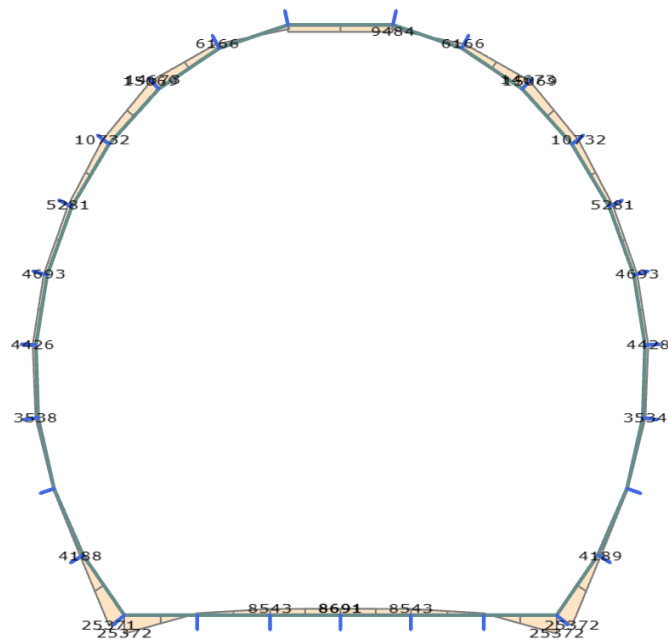



Fig. 35 – Momento flettente


^ Diamond 2016 for SAFIR

FILE : a0l structure
NODES : 54
BEAMS : 27
SPRINGS : 27

BEAMS PLOT
SPRINGS PLOT
BENDING MOMENT MZ PLOT

TIME : 60 sec

BEAMS :  Beam Element

SPRINGS :  Spring Element

Bending moments in N.m

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			
GALLERIE	Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C 287 di 355

Risultati al tempo t = 30 min

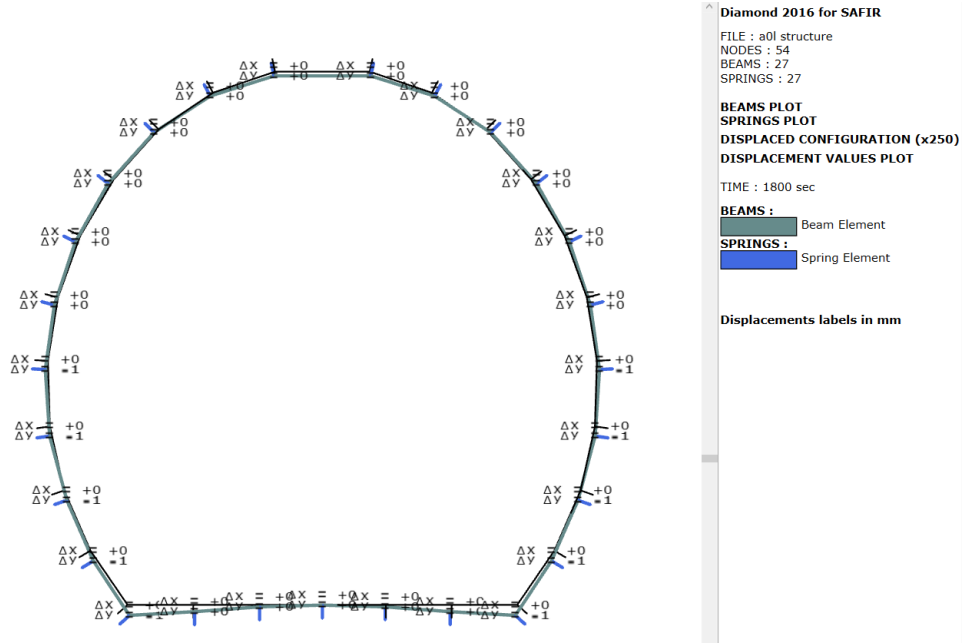




Fig. 36 – Configurazione deformata

Diamond 2016 for SAFIR
 FILE : a0l structure
 NODES : 54
 BEAMS : 27
 SPRINGS : 27

**BEAMS PLOT
 SPRINGS PLOT
 DISPLACED CONFIGURATION (x250)
 DISPLACEMENT VALUES PLOT**

TIME : 1800 sec

BEAMS :
 Beam Element

SPRINGS :
 Spring Element

Displacements labels in mm

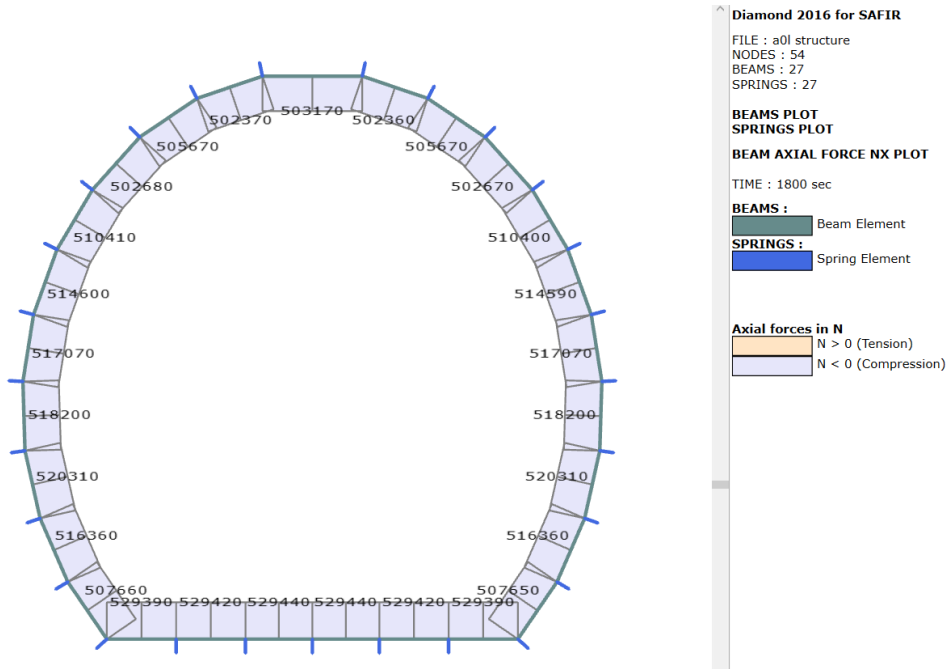




Fig. 37 – Sforzo normale agente



Diamond 2016 for SAFIR
 FILE : a0l structure
 NODES : 54
 BEAMS : 27
 SPRINGS : 27

**BEAMS PLOT
 SPRINGS PLOT
 BEAM AXIAL FORCE NX PLOT**

TIME : 1800 sec

BEAMS :
 Beam Element

SPRINGS :
 Spring Element

Axial forces in N
 N > 0 (Tension)
 N < 0 (Compression)

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 288 di 355

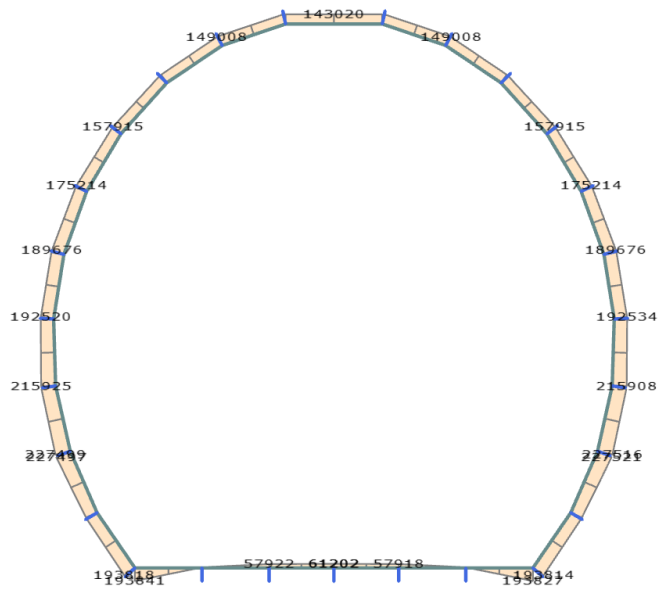


Fig. 38 – Momento flettente

^ Diamond 2016 for SAFIR
FILE : a0l structure
NODES : 54
BEAMS : 27
SPRINGS : 27
BEAMS PLOT
SPRINGS PLOT
BENDING MOMENT MZ PLOT
TIME : 1800 sec
BEAMS :
 Beam Element
SPRINGS :
 Spring Element

Bending moments in N.m

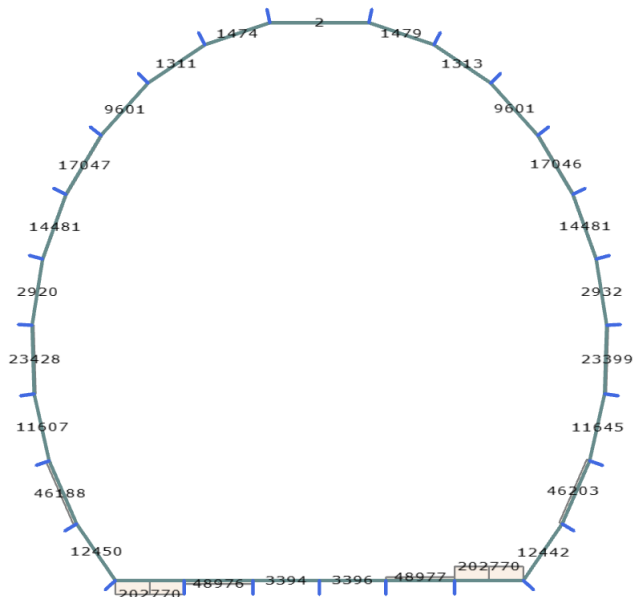


Fig. 39 – Sforzo di taglio

^ Diamond 2016 for SAFIR
FILE : a0l structure
NODES : 54
BEAMS : 27
SPRINGS : 27
BEAMS PLOT
SPRINGS PLOT
SHEAR FORCE VZ PLOT
TIME : 1800 sec
BEAMS :
 Beam Element
SPRINGS :
 Spring Element

Shear forces in N

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 289 di 355

Risultati al tempo t = 60 min

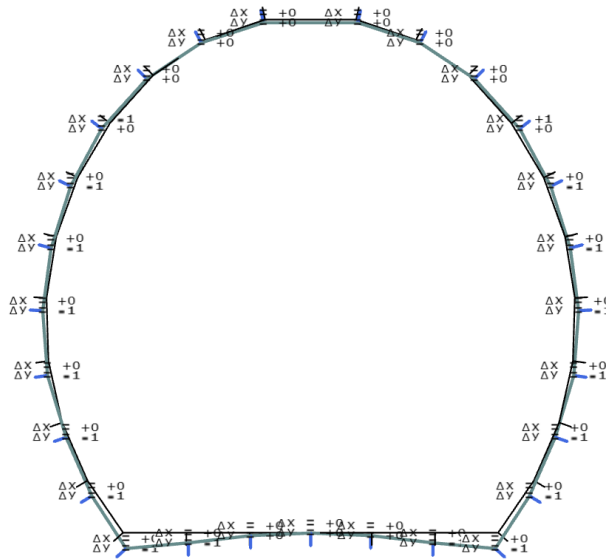




Fig. 40 – Configurazione deformata

Diamond 2016 for SAFIR
 FILE : a0l structure
 NODES : 54
 BEAMS : 27
 SPRINGS : 27

BEAMS PLOT
 SPRINGS PLOT
 DISPLACED CONFIGURATION (x250)
 DISPLACEMENT VALUES PLOT

TIME : 3600 sec

BEAMS :
 Beam Element

SPRINGS :
 Spring Element

Displacements labels in mm

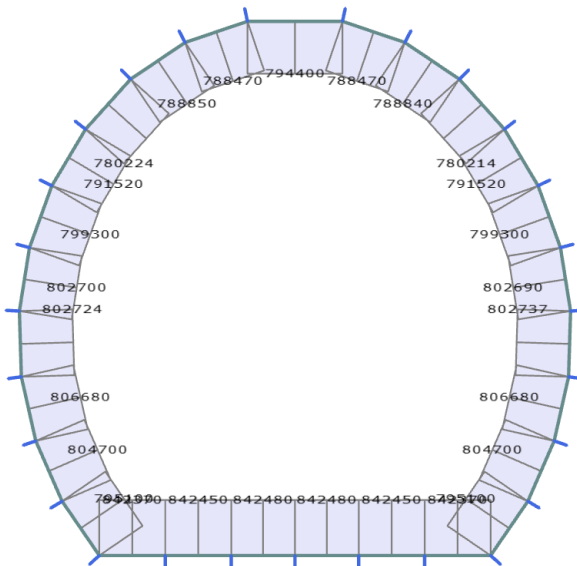




Fig. 41 – Sforzo normale agente



Diamond 2016 for SAFIR
 FILE : a0l structure
 NODES : 54
 BEAMS : 27
 SPRINGS : 27

BEAMS PLOT
 SPRINGS PLOT
 BEAM AXIAL FORCE NX PLOT

TIME : 3600 sec

BEAMS :
 Beam Element

SPRINGS :
 Spring Element

Axial forces in N
 N > 0 (Tension)
 N < 0 (Compression)

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 290 di 355

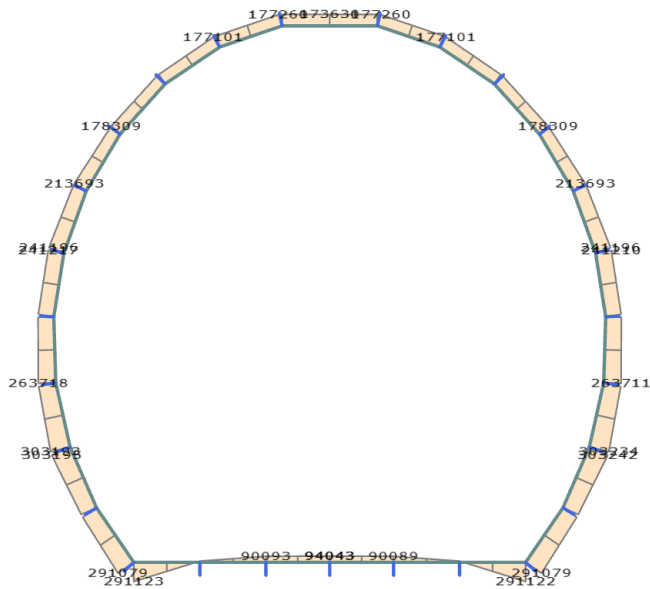


Fig. 42 – Momento flettente

^ Diamond 2016 for SAFIR
FILE : a0l structure
NODES : 54
BEAMS : 27
SPRINGS : 27
BEAMS PLOT
SPRINGS PLOT
BENDING MOMENT MZ PLOT
TIME : 3600 sec
BEAMS :
 Beam Element
SPRINGS :
 Spring Element

Bending moments in N.m

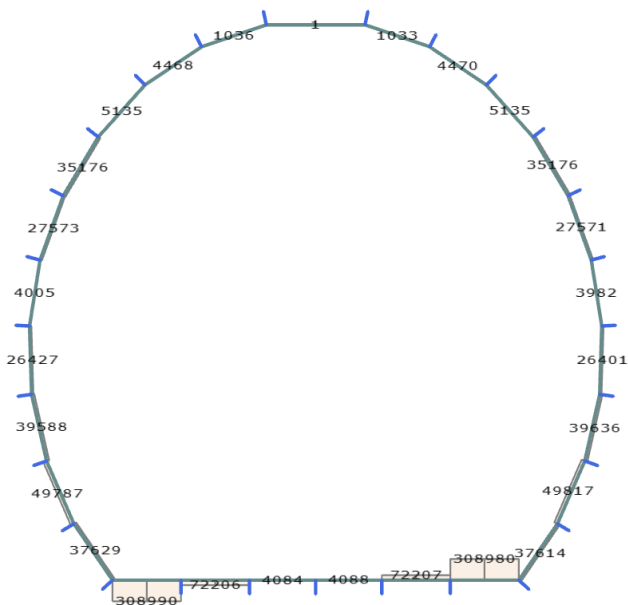


Fig. 43 – Sforzo di taglio

^ Diamond 2016 for SAFIR
FILE : a0l structure
NODES : 54
BEAMS : 27
SPRINGS : 27
BEAMS PLOT
SPRINGS PLOT
SHEAR FORCE VZ PLOT
TIME : 3600 sec
BEAMS :
 Beam Element
SPRINGS :
 Spring Element

Shear forces in N

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 291 di 355

Risultati al tempo t = 90 min

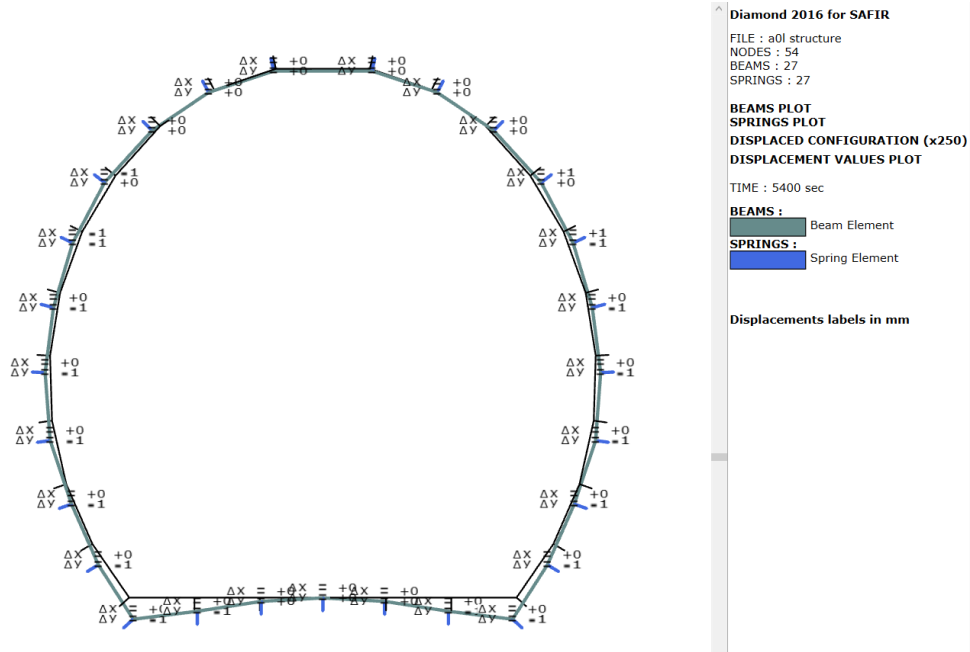


Fig. 44 – Configurazione deformata

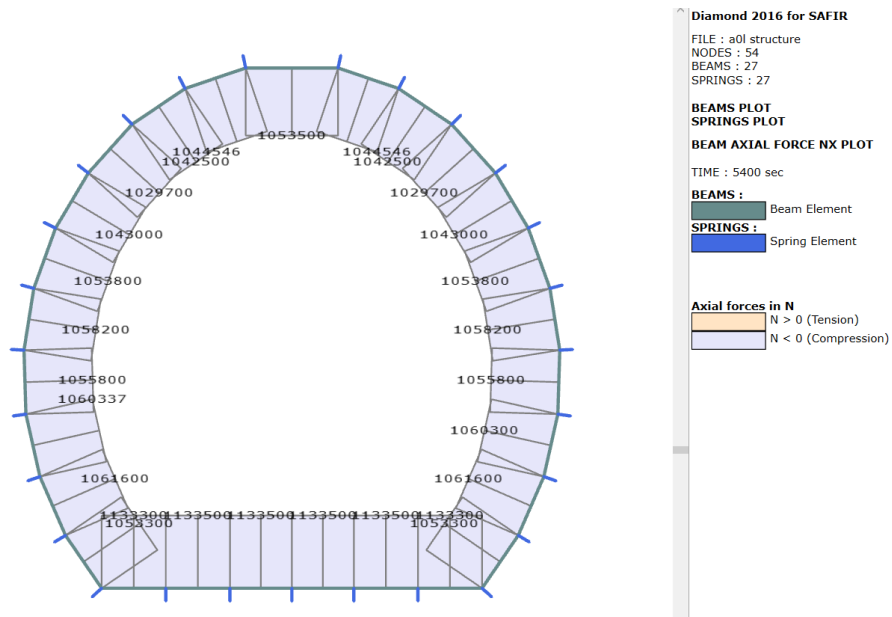


Fig. 45 – Sforzo normale agente

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 292 di 355

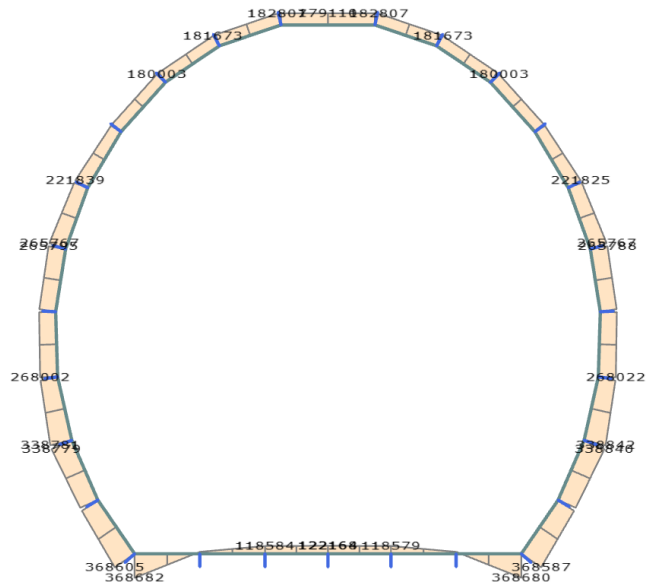


Fig. 46 – Momento flettente

Diamond 2016 for SAFIR
FILE : a01 structure
NODES : 54
BEAMS : 27
SPRINGS : 27

BEAMS PLOT
SPRINGS PLOT
BENDING MOMENT MZ PLOT

TIME : 5400 sec

BEAMS :
 Beam Element

SPRINGS :
 Spring Element

Bending moments in N.m

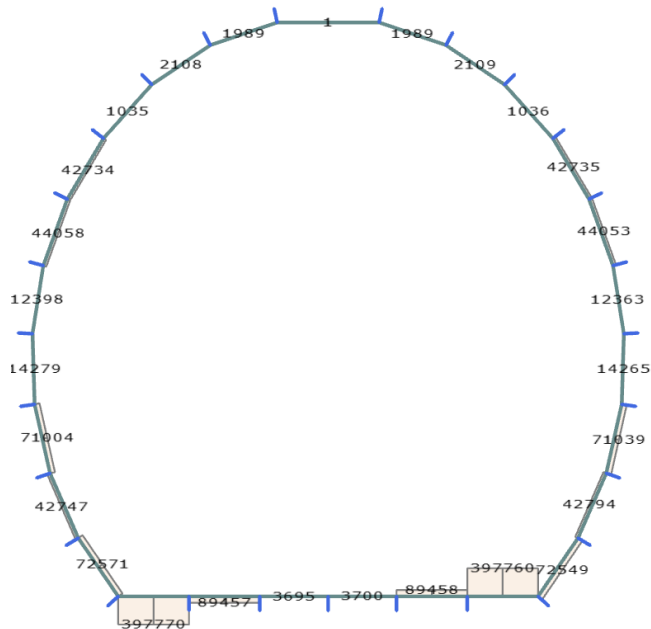


Fig. 47 – Sforzo di taglio

Diamond 2016 for SAFIR
FILE : a01 structure
NODES : 54
BEAMS : 27
SPRINGS : 27

BEAMS PLOT
SPRINGS PLOT
SHEAR FORCE VZ PLOT

TIME : 5400 sec

BEAMS :
 Beam Element

SPRINGS :
 Spring Element

Shear forces in N

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			
GALLERIE	Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C 293 di 355

Risultati al tempo t = 120 min

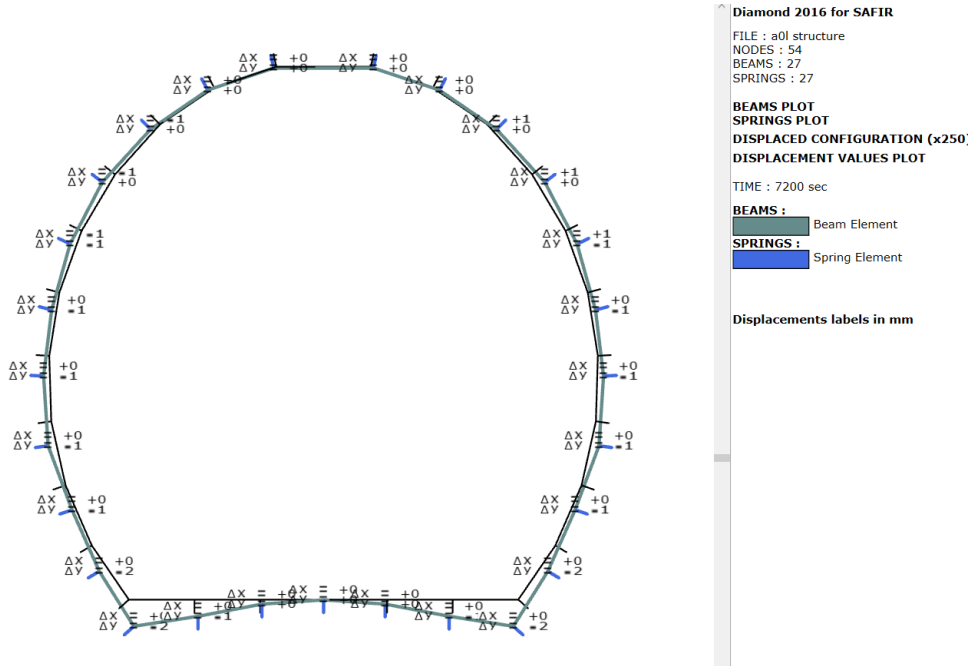


Fig. 48 – Configurazione deformata

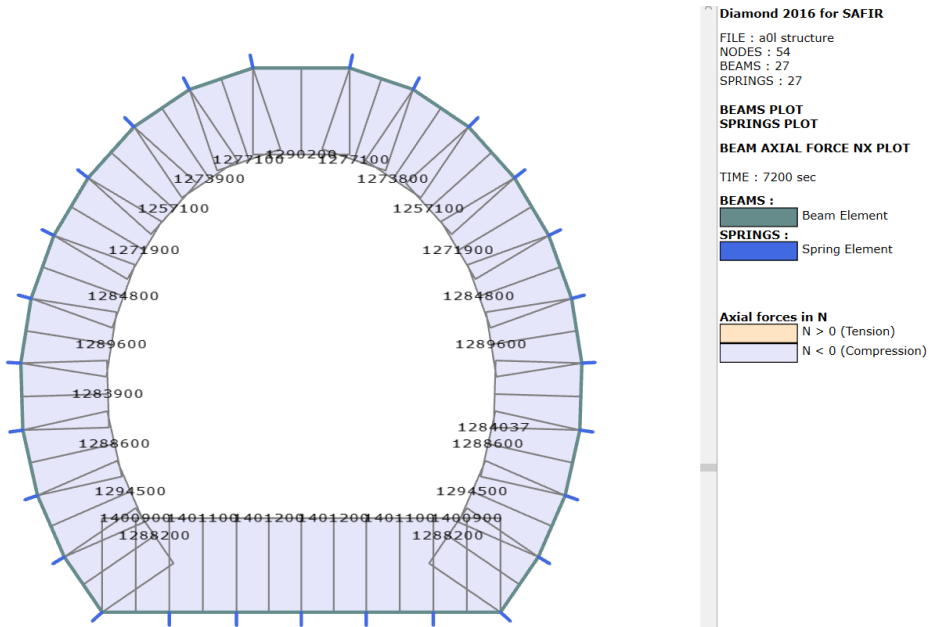


Fig. 49 – Sforzo normale agente

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				
GALLERIE	Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	294 di 355

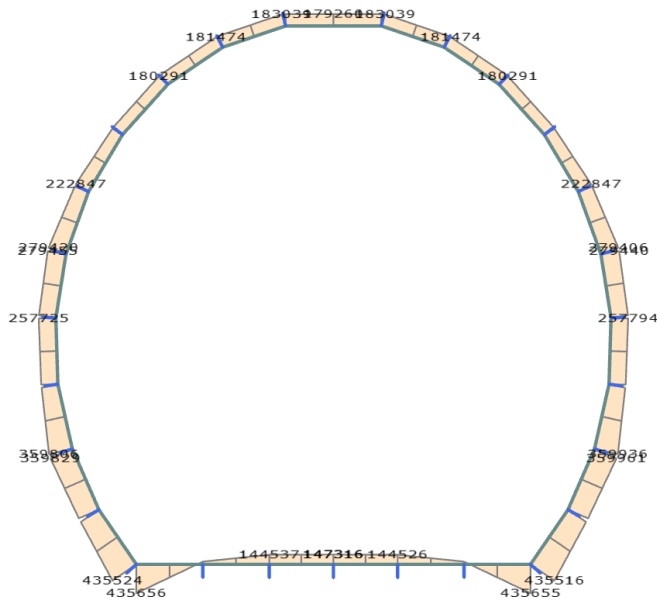




Fig. 50 – Momento flettente

^ Diamond 2016 for SAFIR
 FILE : a0l structure
 NODES : 54
 BEAMS : 27
 SPRINGS : 27
BEAMS PLOT
SPRINGS PLOT
BENDING MOMENT MZ PLOT
 TIME : 7200 sec
BEAMS :
 Beam Element
SPRINGS :
 Spring Element
 Bending moments in N.m

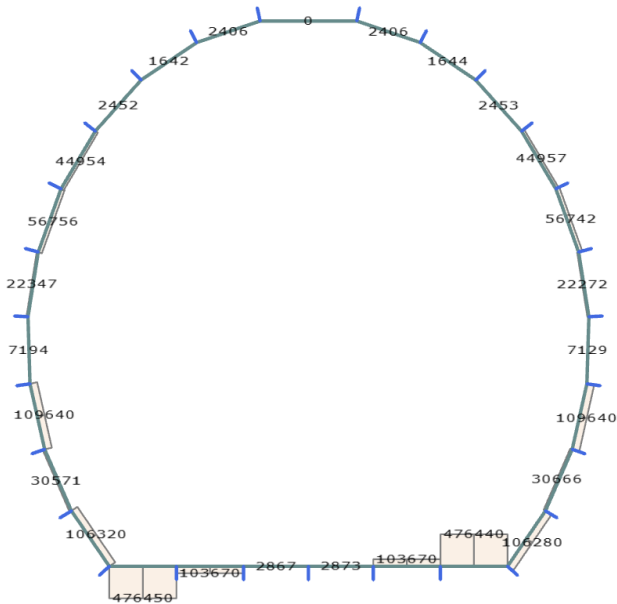




Fig. 51 – Sforzo di taglio

^ Diamond 2016 for SAFIR
 FILE : a0l structure
 NODES : 54
 BEAMS : 27
 SPRINGS : 27
BEAMS PLOT
SPRINGS PLOT
Shear Force VZ PLOT
 TIME : 7200 sec
BEAMS :
 Beam Element
SPRINGS :
 Spring Element
 Shear forces in N

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>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 295 di 355

VERIFICA IN PRESENZA DI SPALLING

A favore di sicurezza, è stato ipotizzato uno spalling del cls che interessa uno strato di 10 cm

- Calotta sez.0.37m

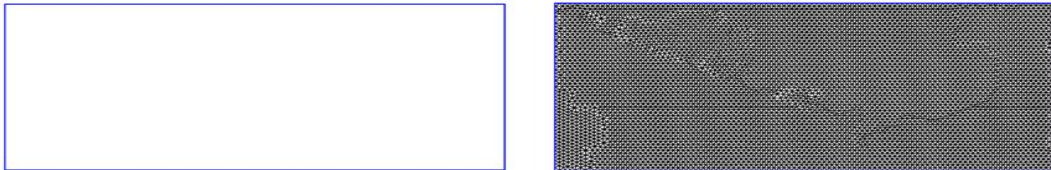


Fig. 52 – Modello geometrico (sx) – Mesh di calcolo (dx)

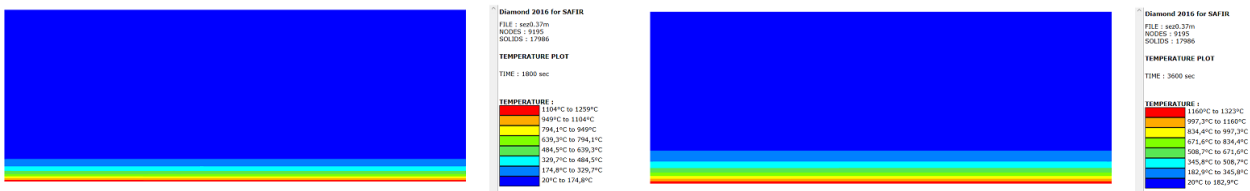


Fig. 53 – Contour temperature 1800 s (sx) - Contour temperature 3600 s (dx)

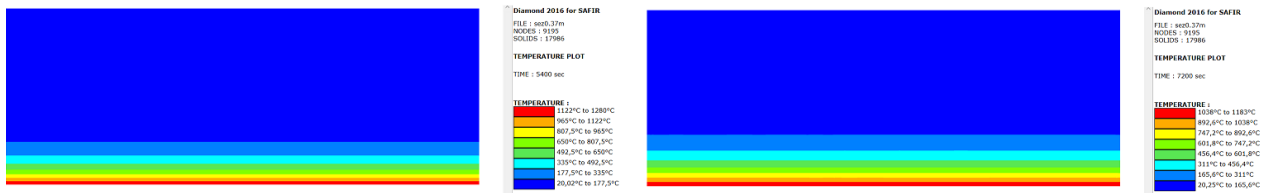


Fig. 54 – Contour temperature 5400 s (sx) - Contour temperature 7200 s (dx)

- Calotta sez.0.4m

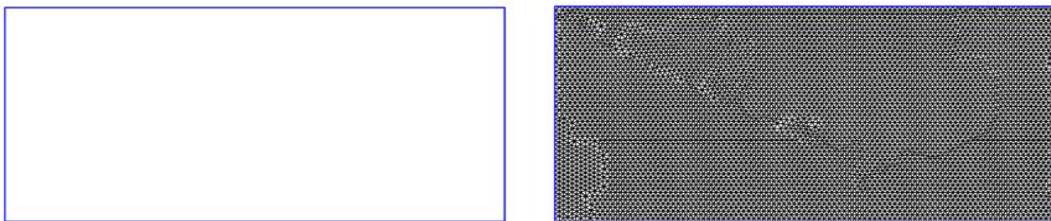


Fig. 55 – Modello geometrico (sx) – Mesh di calcolo (dx)

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>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C 296 di 355

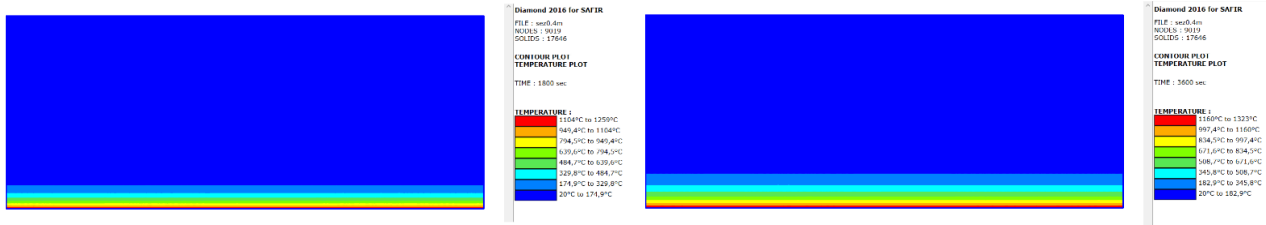


Fig. 56 – Contour temperature 1800 s (sx) - Contour temperature 3600 s (dx)

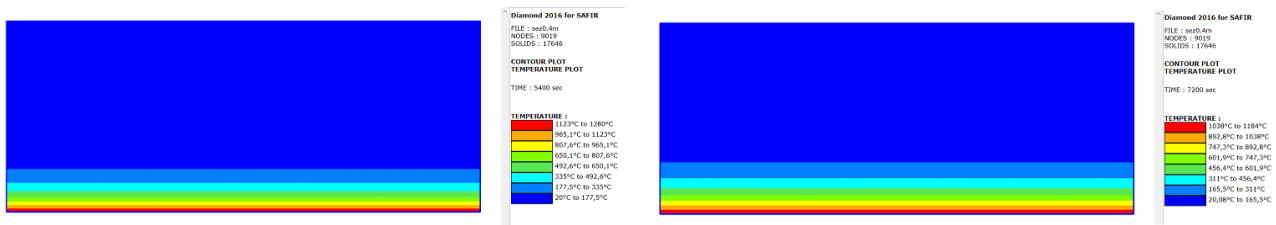


Fig. 57 – Contour temperature 5400 s (sx) - Contour temperature 7200 s (dx)

- Calotta sez.0.45m

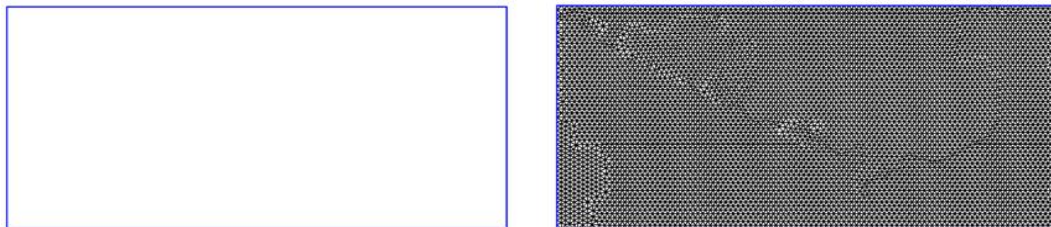


Fig. 58 – Modello geometrico (sx) – Mesh di calcolo (dx)

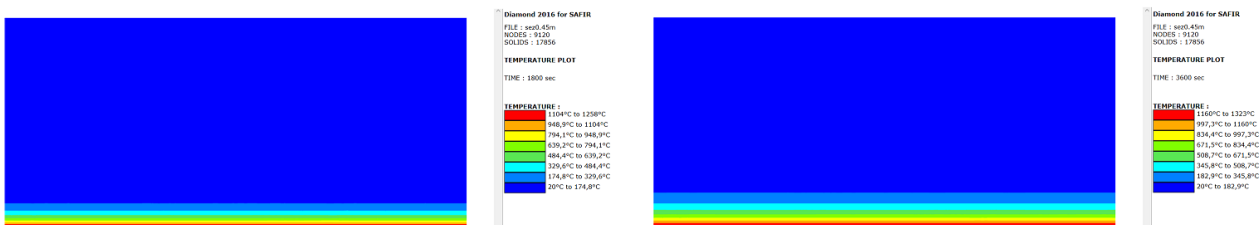


Fig. 59 – Contour temperature 1800 s (sx) - Contour temperature 3600 s (dx)

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 297 di 355

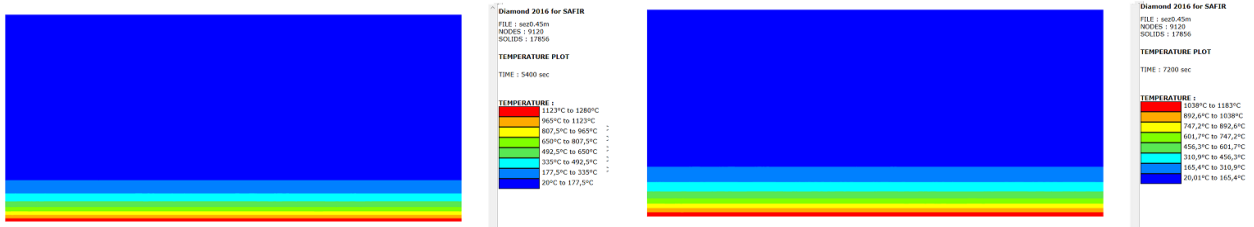


Fig. 60 – Contour temperature 5400 s (sx) - Contour temperature 7200 s (dx)

- Calotta sez0.6m

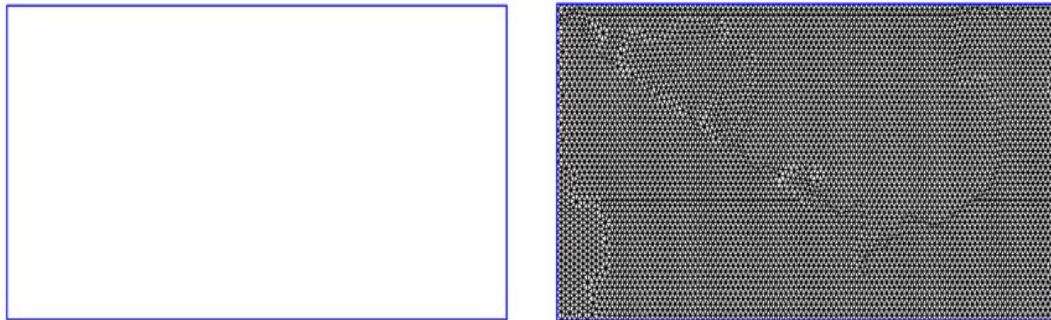


Fig. 61 – Modello geometrico (sx) – Mesh di calcolo (dx)

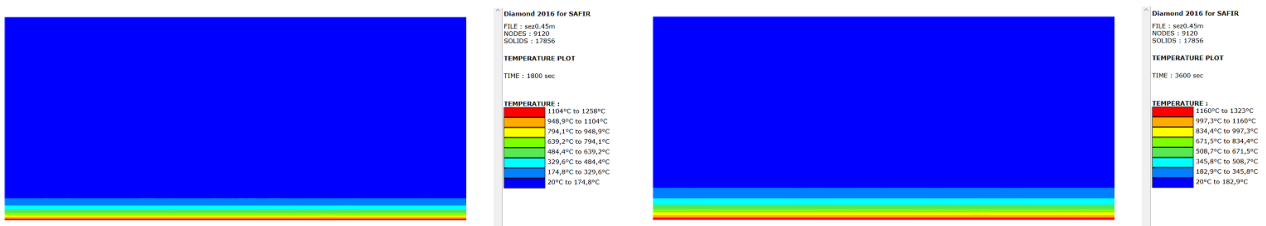


Fig. 62 – Contour temperature 1800 s (sx) - Contour temperature 3600 s (dx)

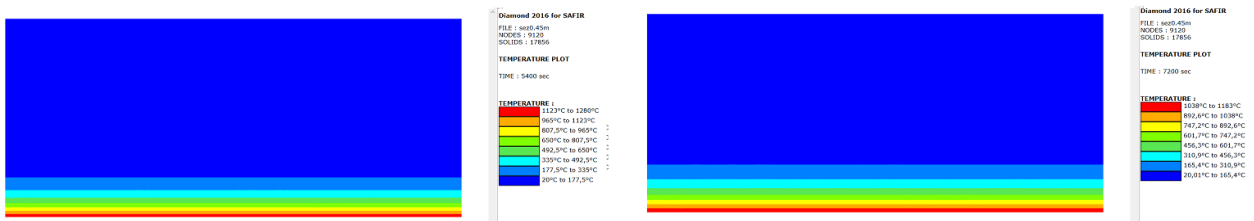


Fig. 63 – Contour temperature 5400 s (sx) - Contour temperature 7200 s (dx)

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 298 di 355

- Muretta 1m

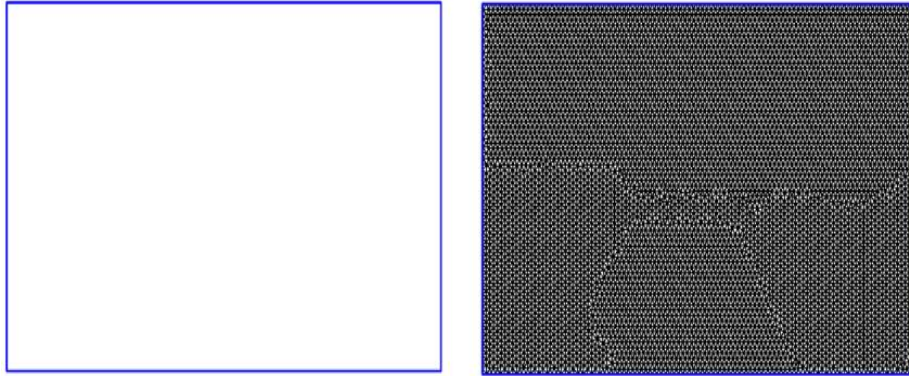


Fig. 64 – Modello geometrico (sx) – Mesh di calcolo (dx)

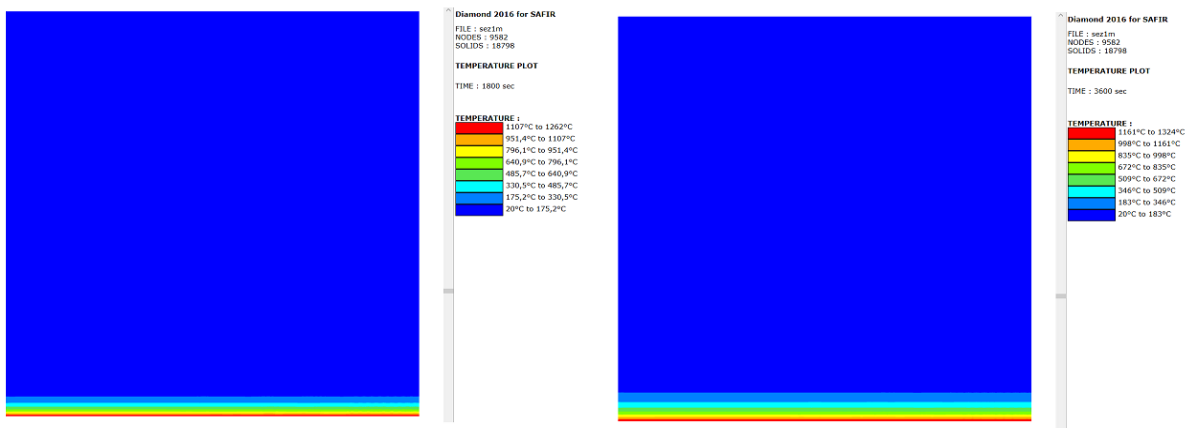


Fig. 65 – Contour temperature 1800 s (sx) - Contour temperature 3600 s (dx)

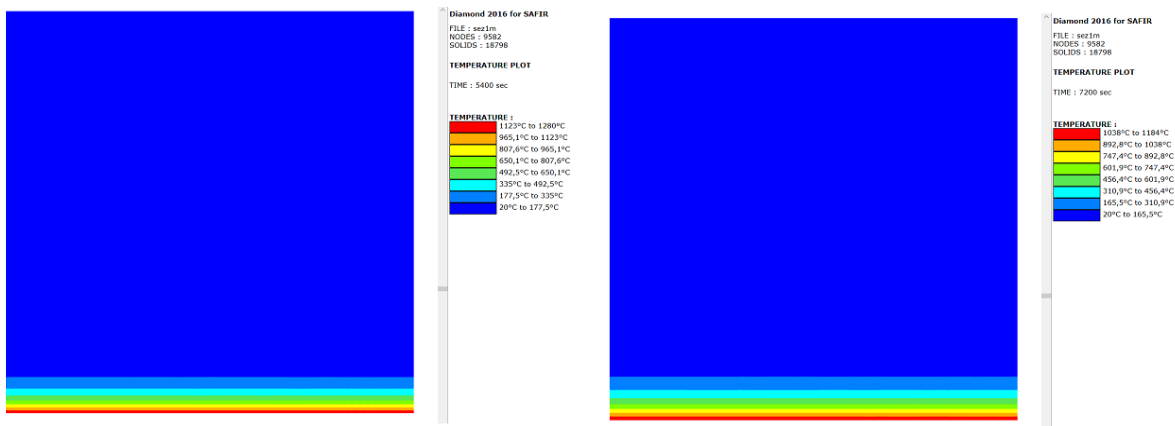


Fig. 66 – Contour temperature 5400 s (sx) - Contour temperature 7200 s (dx)

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 299 di 355

RISULTATI DELL'ANALISI MECCANICA CON SPALLING

Risultati al tempo $t = 30$ min

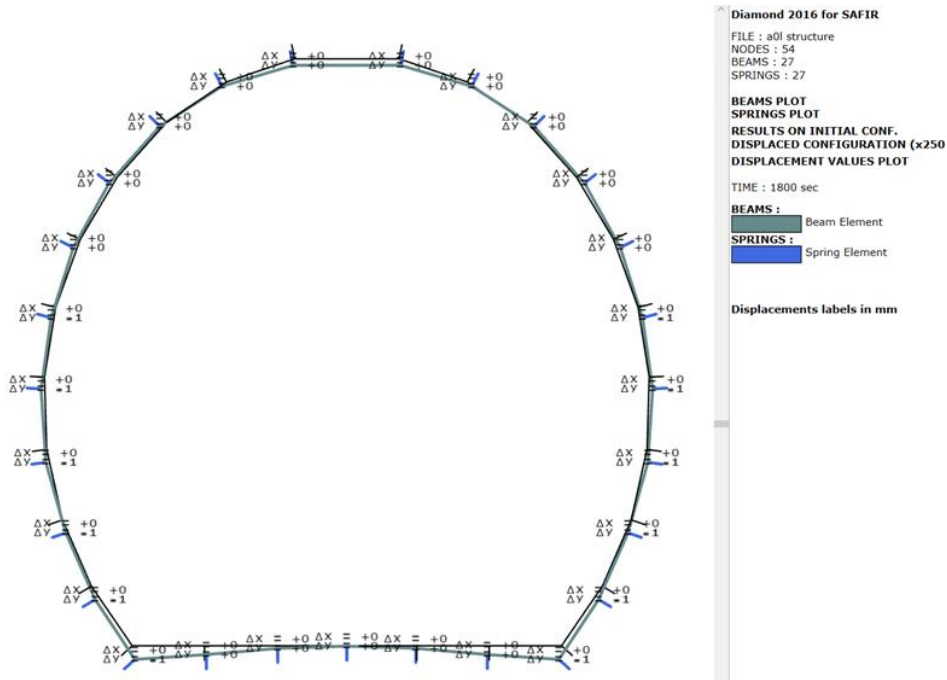


Fig. 67 – Configurazione deformata

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			
GALLERIE	Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C 300 di 355

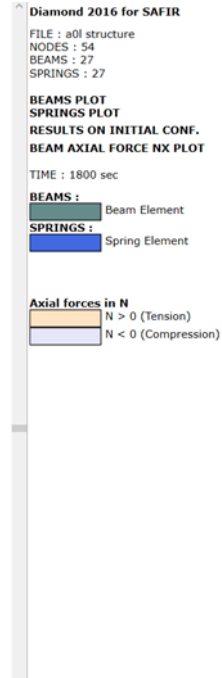
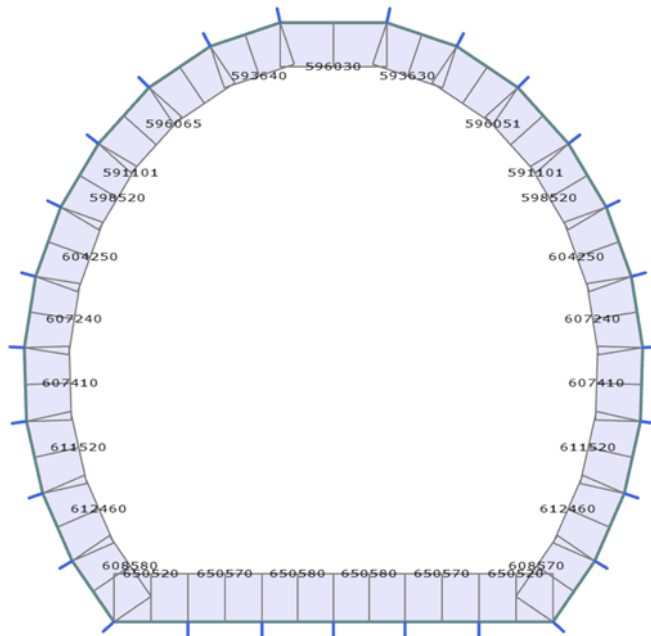


Fig. 68 – Sforzo normale agente

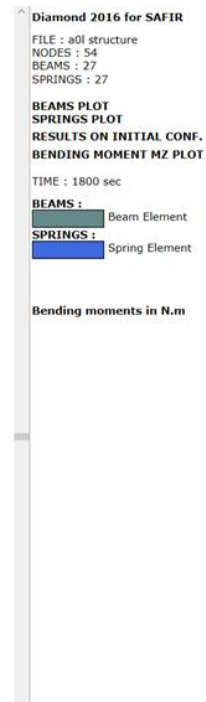
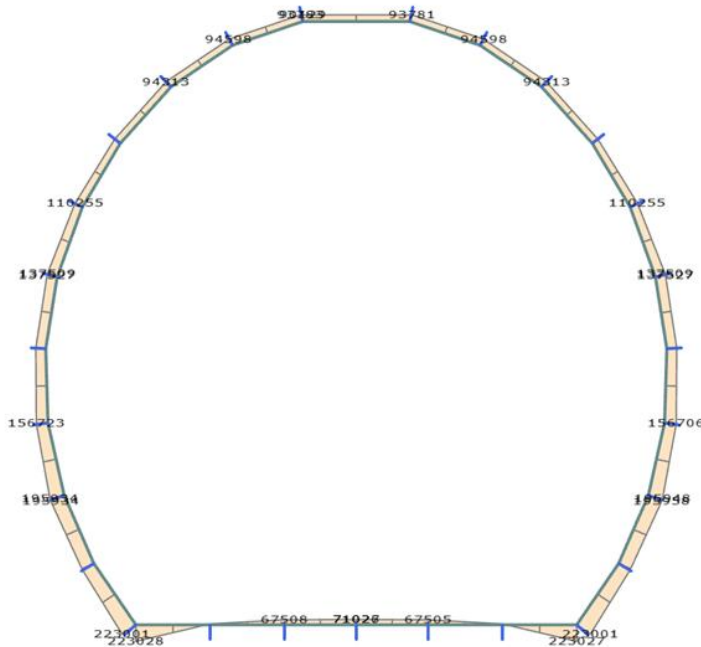
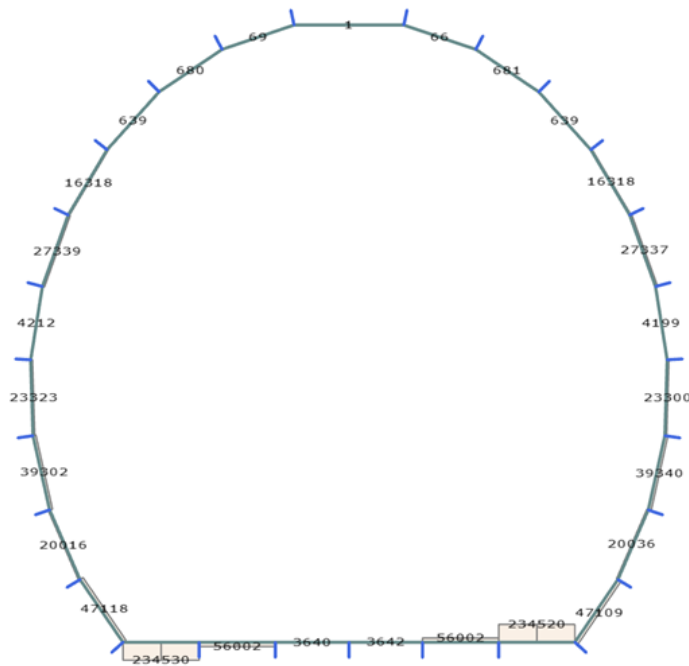


Fig. 69 – Momento flettente

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 301 di 355





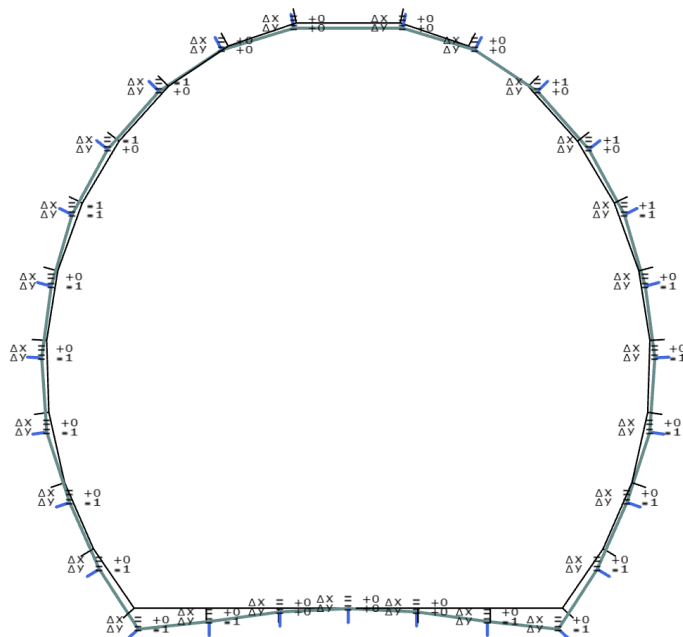
Diamond 2016 for SAFIR
FILE : a01 structure
NODES : 54
BEAMS : 27
SPRINGS : 27
BEAMS PLOT
SPRINGS PLOT
RESULTS ON INITIAL CONF.
SHEAR FORCE VZ PLOT
TIME : 1800 sec
BEAMS :

SPRINGS :

Shear forces in N

Fig. 70 – Sforzo di taglio

Risultati al tempo t = 60 min





Diamond 2016 for SAFIR
FILE : a01 structure
NODES : 54
BEAMS : 27
SPRINGS : 27
BEAMS PLOT
SPRINGS PLOT
RESULTS ON INITIAL CONF.
DISPLACED CONFIGURATION (x250)
DISPLACEMENT VALUES PLOT
TIME : 3600 sec
BEAMS :

SPRINGS :

Displacements labels in mm

Fig. 71 – Configurazione deformata

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 302 di 355

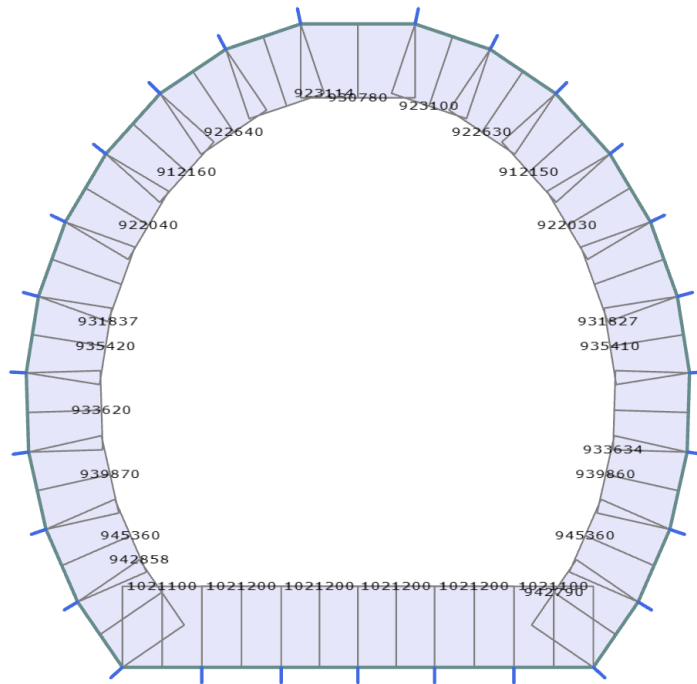


Fig. 72 – Sforzo normale agente

Diamond 2016 for SAFIR
 FILE : a0l structure
 NODES : 54
 BEAMS : 27
 SPRINGS : 27
**BEAMS PLOT
 SPRINGS PLOT
 RESULTS ON INITIAL CONF.
 BEAM AXIAL FORCE NX PLOT**
 TIME : 3600 sec
BEAMS :
 Beam Element
SPRINGS :
 Spring Element
Axial forces in N
 N > 0 (Tension)
 N < 0 (Compression)

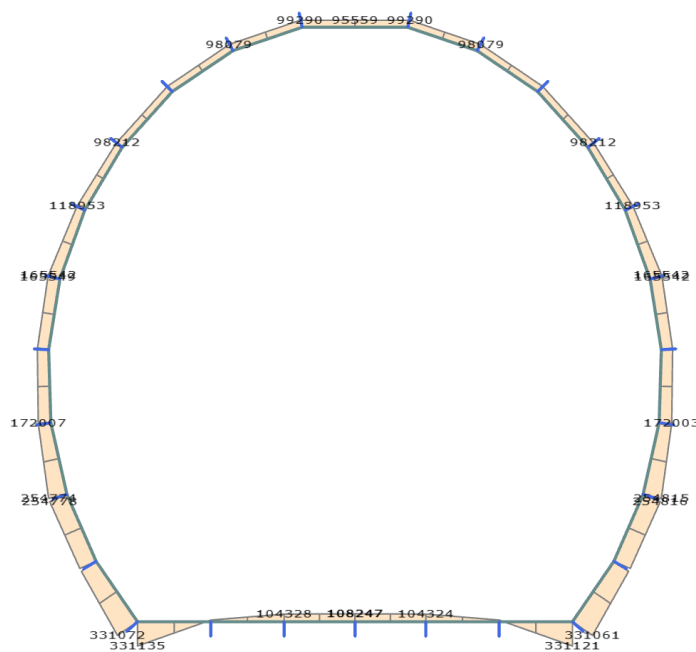


Fig. 73 – Momento flettente

Diamond 2016 for SAFIR
 FILE : a0l structure
 NODES : 54
 BEAMS : 27
 SPRINGS : 27
**BEAMS PLOT
 SPRINGS PLOT
 RESULTS ON INITIAL CONF.
 BENDING MOMENT MZ PLOT**
 TIME : 3600 sec
BEAMS :
 Beam Element
SPRINGS :
 Spring Element
Bending moments in N.m

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 304 di 355

Fig. 75 – Configurazione deformata

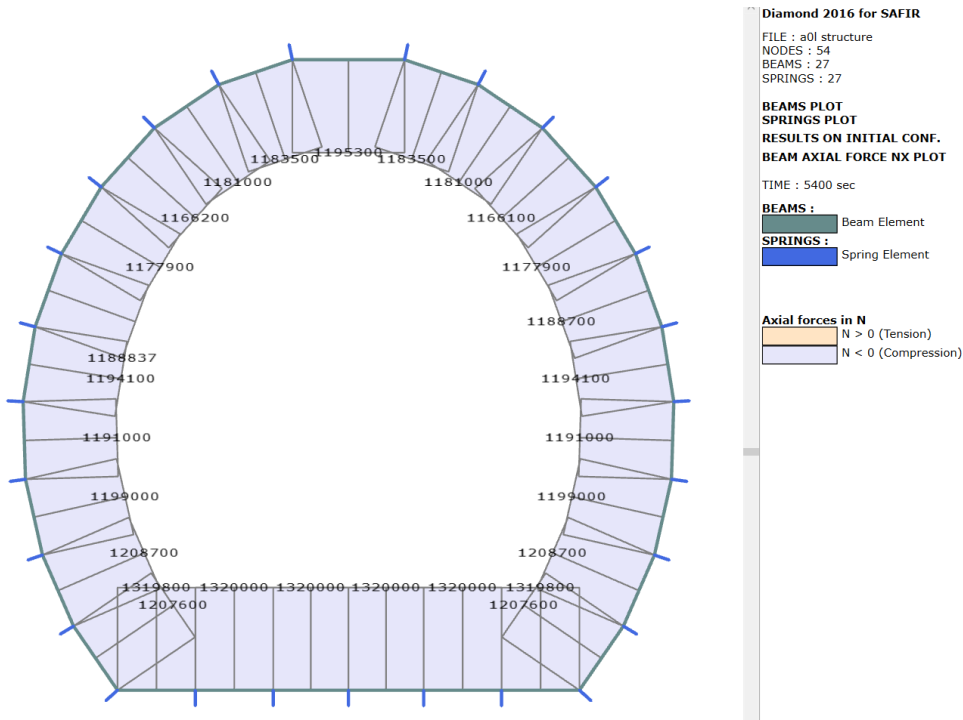


Fig. 76 – Sforzo normale agente

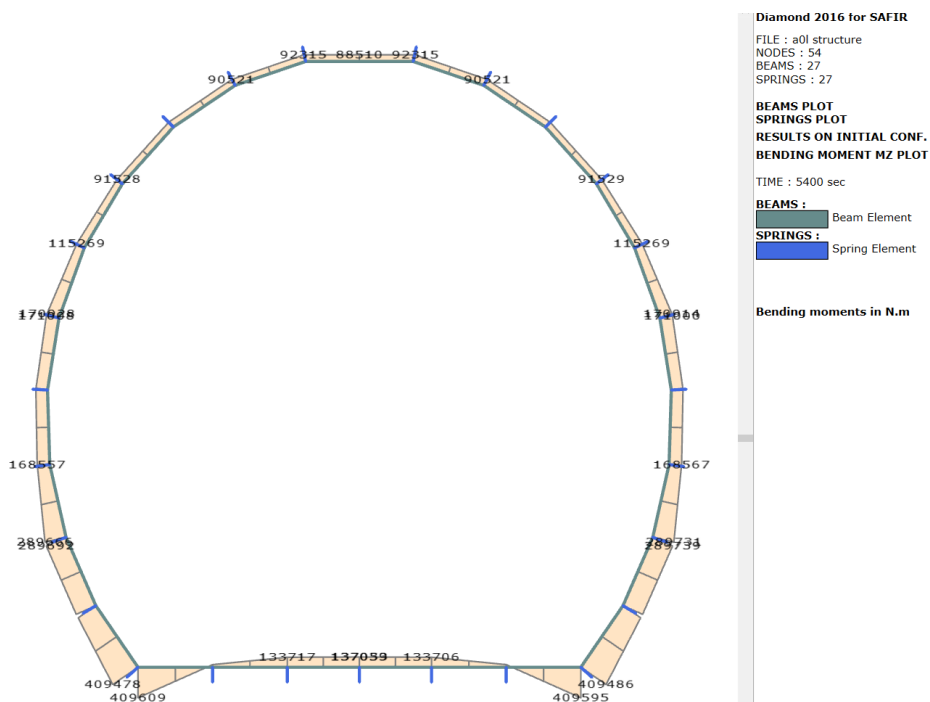
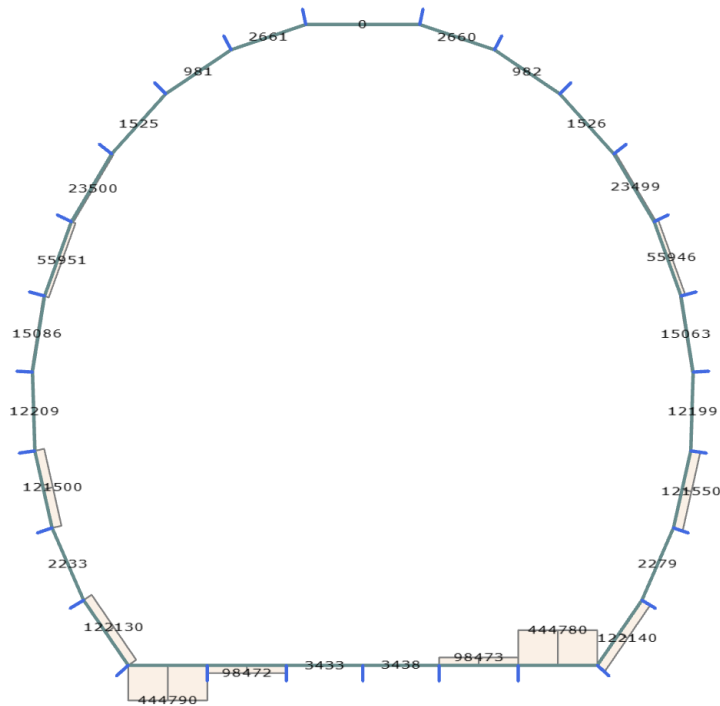


Fig. 77 – Momento flettente



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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 305 di 355



Diamond 2016 for SAFIR
FILE : a01 structure
NODES : 54
BEAMS : 27
SPRINGS : 27

BEAMS PLOT
SPRINGS PLOT
RESULTS ON INITIAL CONF.
Shear Force VZ PLOT

TIME : 5400 sec

BEAMS :  Beam Element
SPRINGS :  Spring Element

Shear forces in N

Fig. 78 – Sforzo di taglio

Risultati al tempo t = 120 min

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 306 di 355

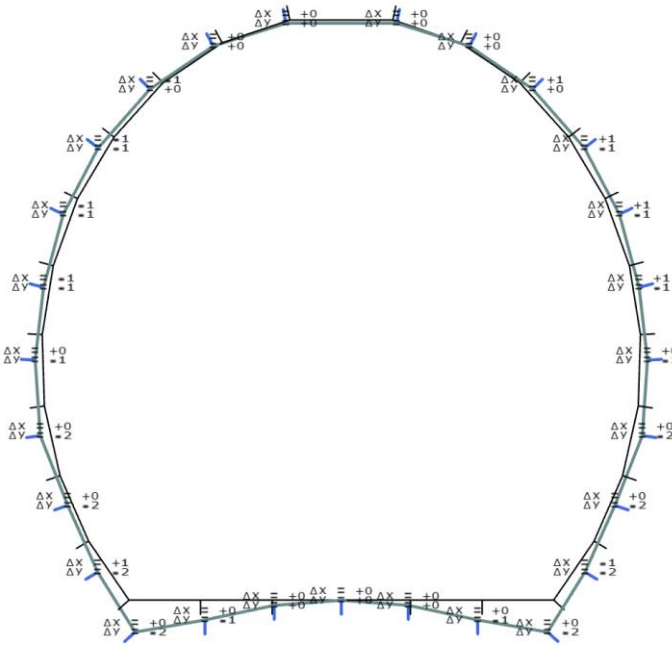


Fig. 79 – Configurazione deformata

Diamond 2016 for SAFIR
FILE : a0l structure
NODES : 54
BEAMS : 27
SPRINGS : 27

**BEAMS PLOT
SPRINGS PLOT
RESULTS ON INITIAL CONF.
DISPLACED CONFIGURATION (x250)
DISPLACEMENT VALUES PLOT**

TIME : 7200 sec

BEAMS :
 Beam Element

SPRINGS :
 Spring Element

Displacements labels in mm

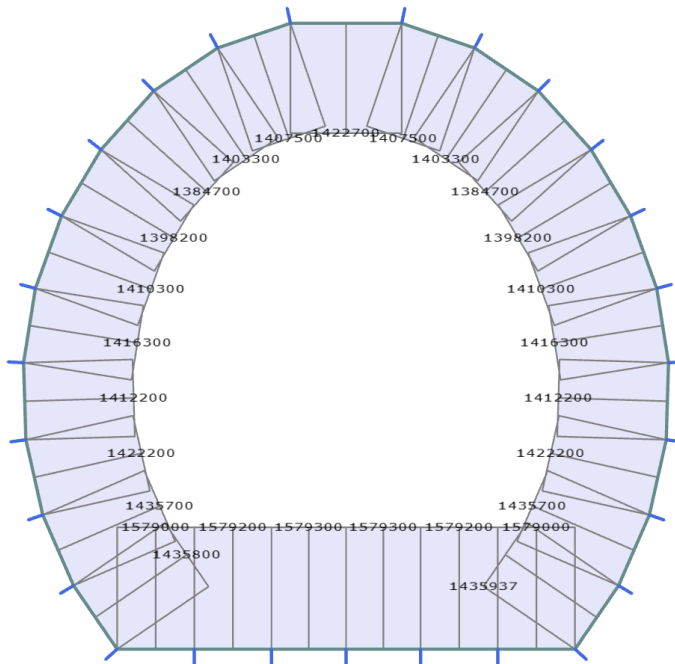


Fig. 80 – Sforzo normale agente

Diamond 2016 for SAFIR
FILE : a0l structure
NODES : 54
BEAMS : 27
SPRINGS : 27

**BEAMS PLOT
SPRINGS PLOT
RESULTS ON INITIAL CONF.
BEAM AXIAL FORCE NX PLOT**

TIME : 7200 sec

BEAMS :
 Beam Element

SPRINGS :
 Spring Element

Axial forces in N
 N > 0 (Tension)
 N < 0 (Compression)

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 307 di 355

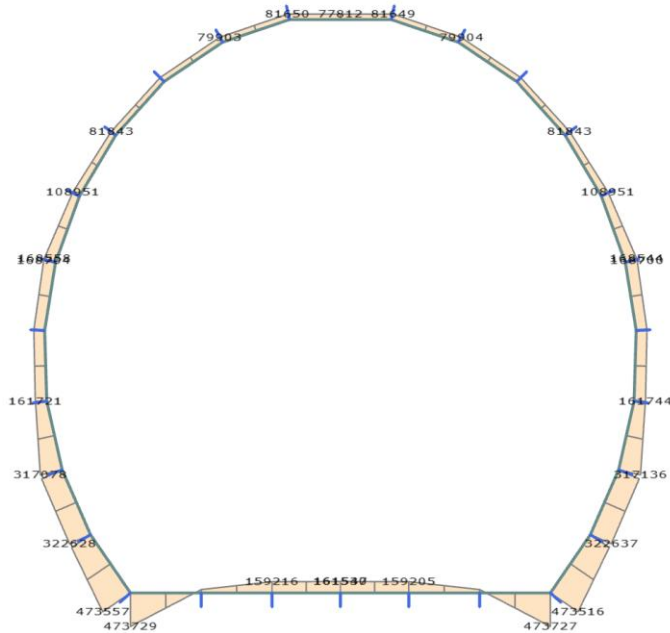




Fig. 81 – Momento flettente

Diamond 2016 for SAFIR
 FILE : a0l structure
 NODES : 54
 BEAMS : 27
 SPRINGS : 27

BEAMS PLOT
 SPRINGS PLOT
 RESULTS ON INITIAL CONF.
 BENDING MOMENT MZ PLOT

TIME : 7200 sec

BEAMS :  Beam Element
 SPRINGS :  Spring Element

Bending moments in N.m

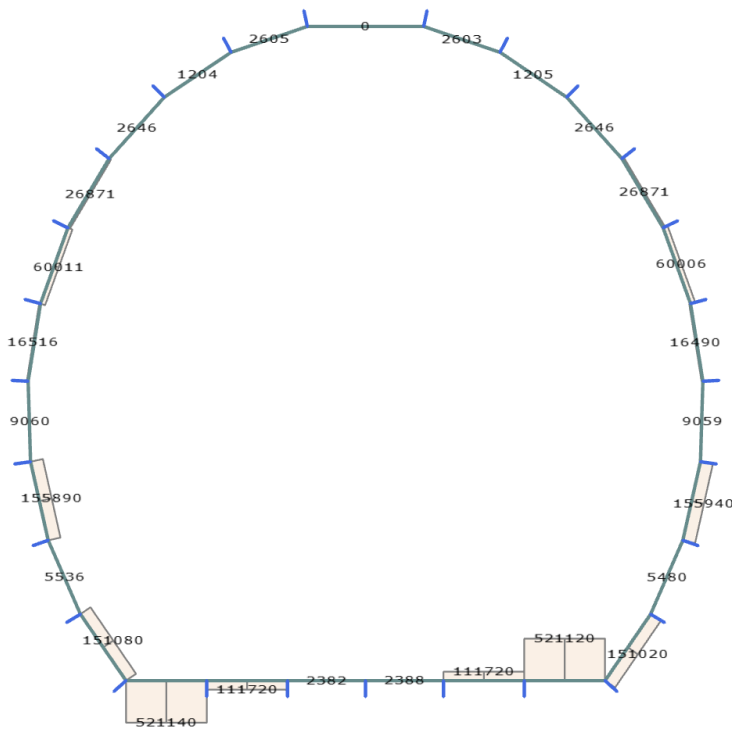




Fig. 82 – Sforzo di taglio

Diamond 2016 for SAFIR
 FILE : a0l structure
 NODES : 54
 BEAMS : 27
 SPRINGS : 27

BEAMS PLOT
 SPRINGS PLOT
 RESULTS ON INITIAL CONF.
 SHEAR FORCE VZ PLOT

TIME : 7200 sec

BEAMS :  Beam Element
 SPRINGS :  Spring Element

Shear forces in N

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
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 308 di 355

10.2 SEZIONE A0bis

ANALISI DELLA TEMPERATURA NEL TEMPO

- Calotta

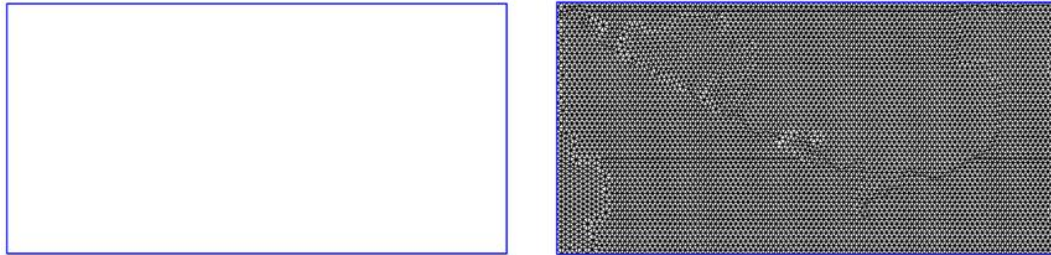


Fig. 83 – Modello geometrico (sx) – Mesh di calcolo (dx)

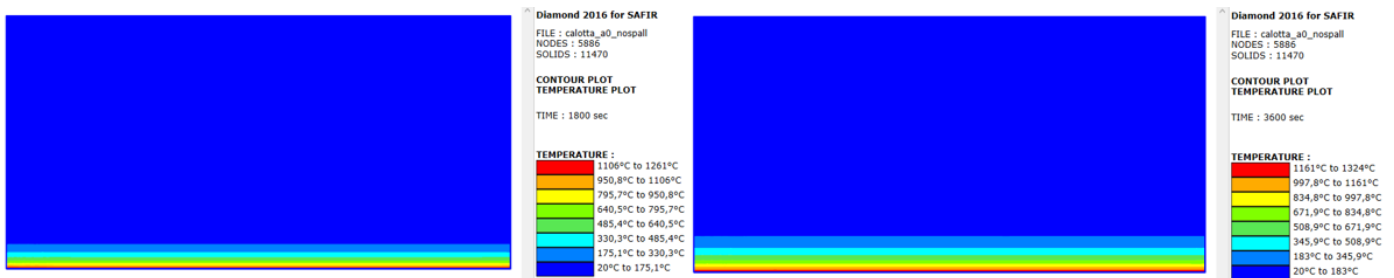


Fig. 84 – Contour temperature 1800 s (sx) - Contour temperature 3600 s (dx)

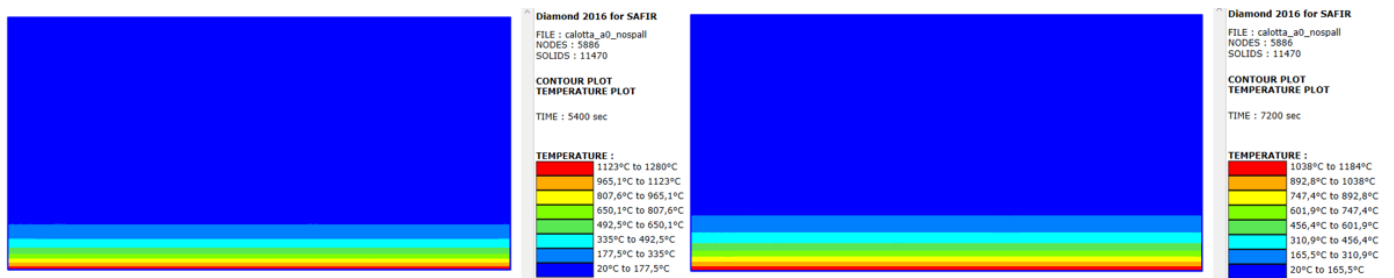


Fig. 85 – Contour temperature 5400 s (sx) - Contour temperature 7200 s (dx)

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 309 di 355

- Muretta

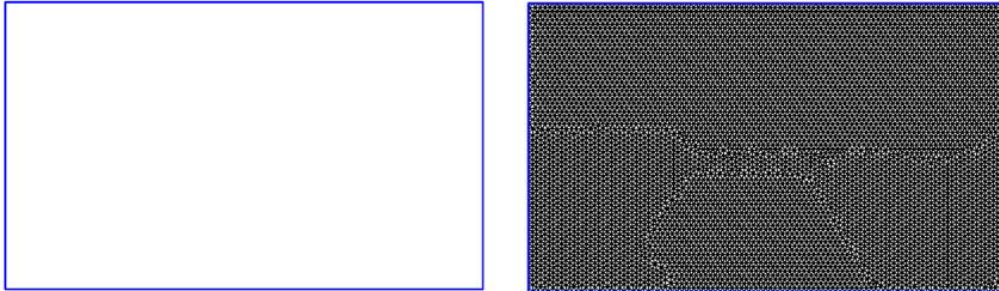


Fig. 86 – Modello geometrico (sx) – Mesh di calcolo (dx)

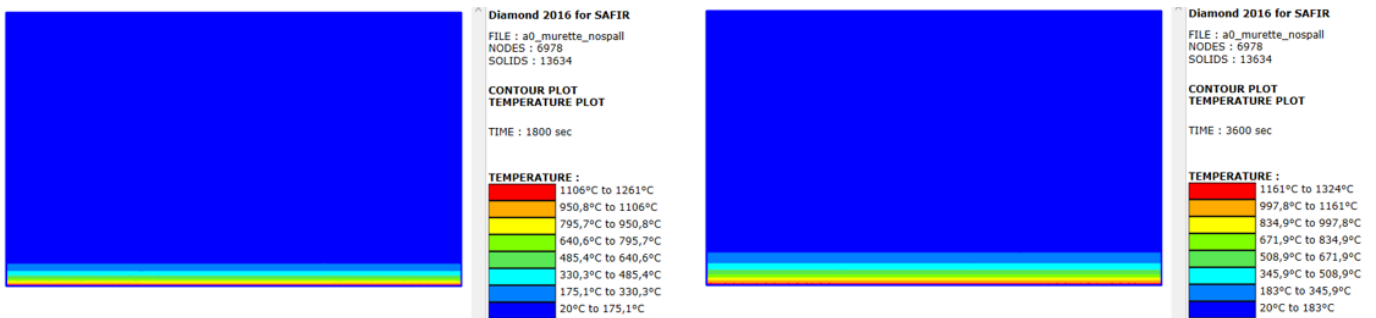


Fig. 87 – Contour temperature 1800 s (sx) - Contour temperature 3600 s (dx)

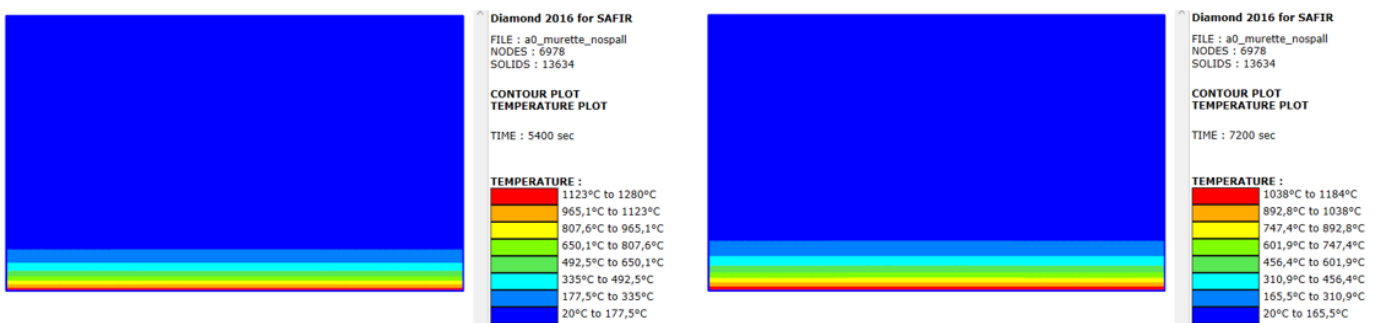


Fig. 88 – Contour temperature 5400 s (sx) - Contour temperature 7200 s (dx)

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			
GALLERIE	Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C 310 di 355

RISULTATI DELL' ANALISI MECCANICA

Risultati al tempo $t = 0$

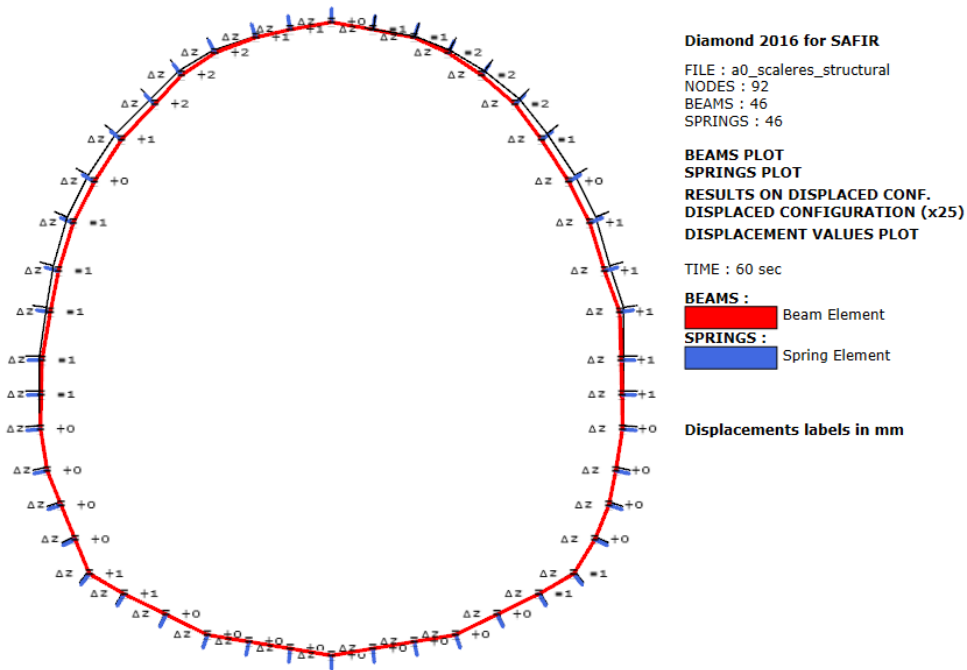


Fig. 89 – Configurazione deformata

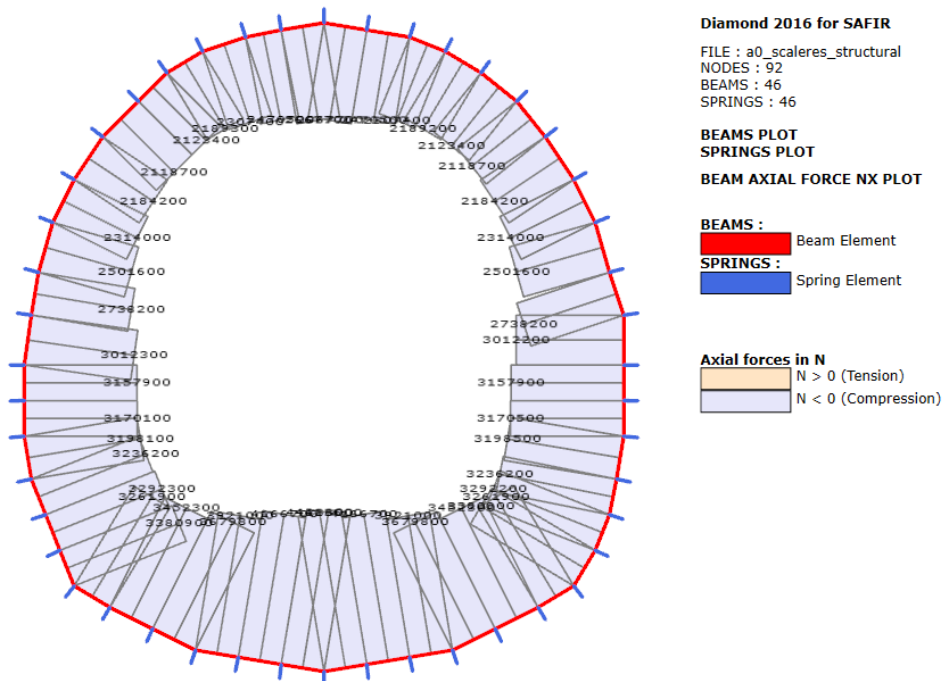


Fig. 90 – Sforzo normale agente

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 311 di 355

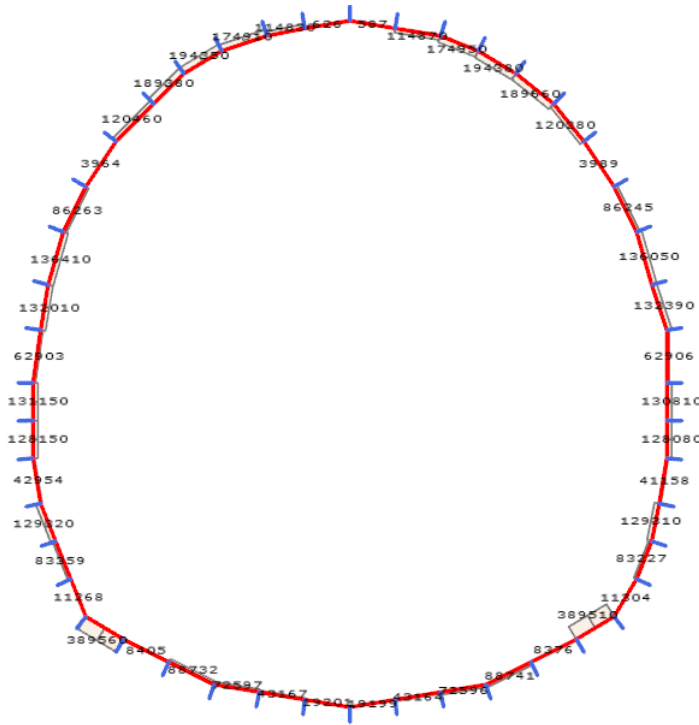




Fig. 91 – Sforzo di taglio

Diamond 2016 for SAFIR

FILE : a0_scaleres_structural
 NODES : 92
 BEAMS : 46
 SPRINGS : 46

BEAMS PLOT
 SPRINGS PLOT

SHEAR FORCE VZ PLOT

BEAMS :  Beam Element
 SPRINGS :  Spring Element

Shear forces in N

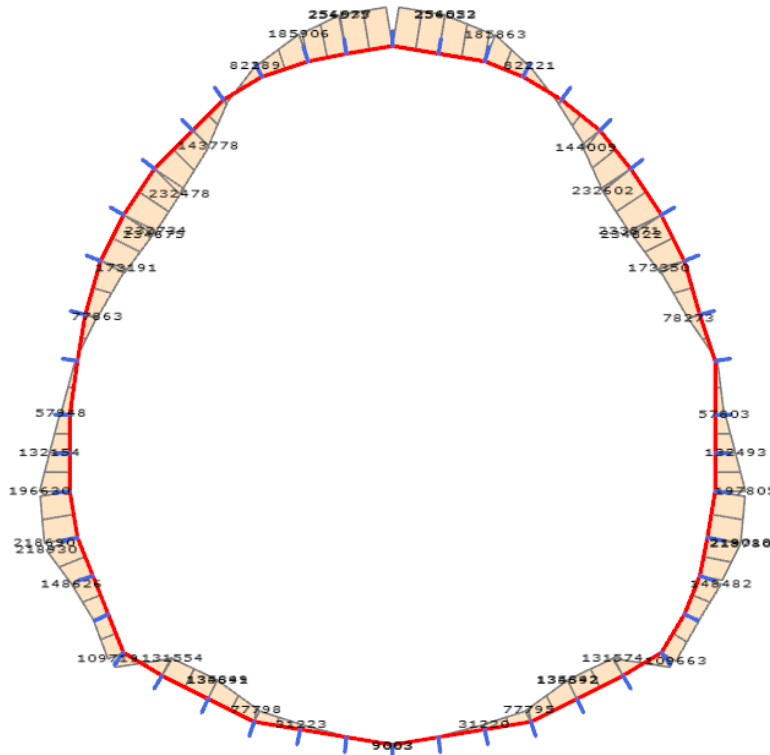




Fig. 92 – Momento flettente

Diamond 2016 for SAFIR

FILE : a0_scaleres_structural
 NODES : 92
 BEAMS : 46
 SPRINGS : 46

BEAMS PLOT
 SPRINGS PLOT

BENDING MOMENT MZ PLOT

BEAMS :  Beam Element
 SPRINGS :  Spring Element

Bending moments in N.m

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			
GALLERIE	Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C 312 di 355

Risultati al tempo t = 30 min

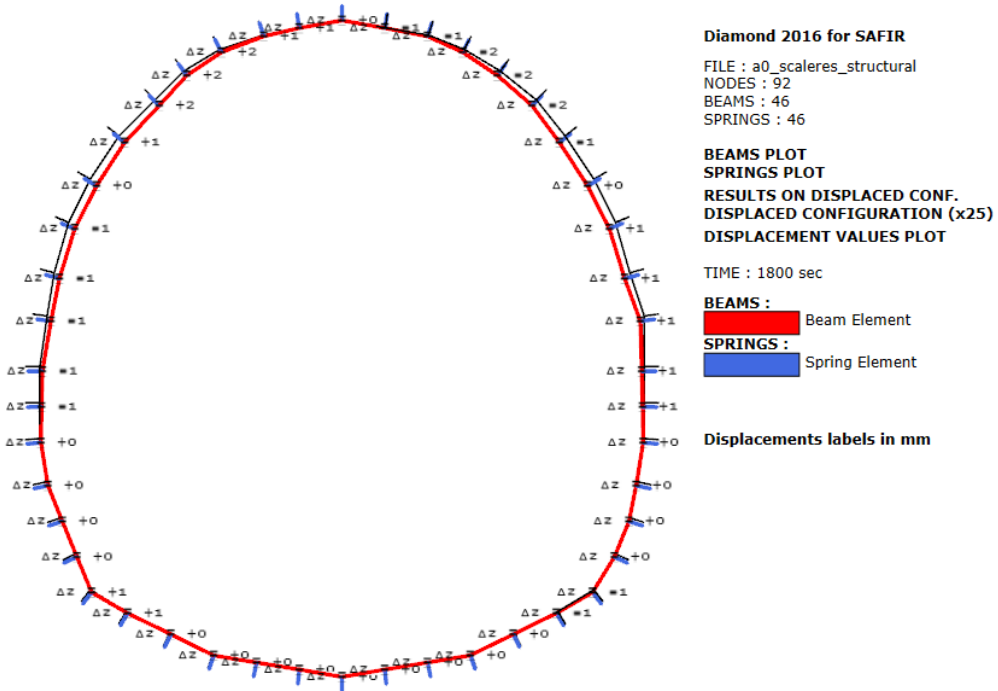


Fig. 93 – Configurazione deformata

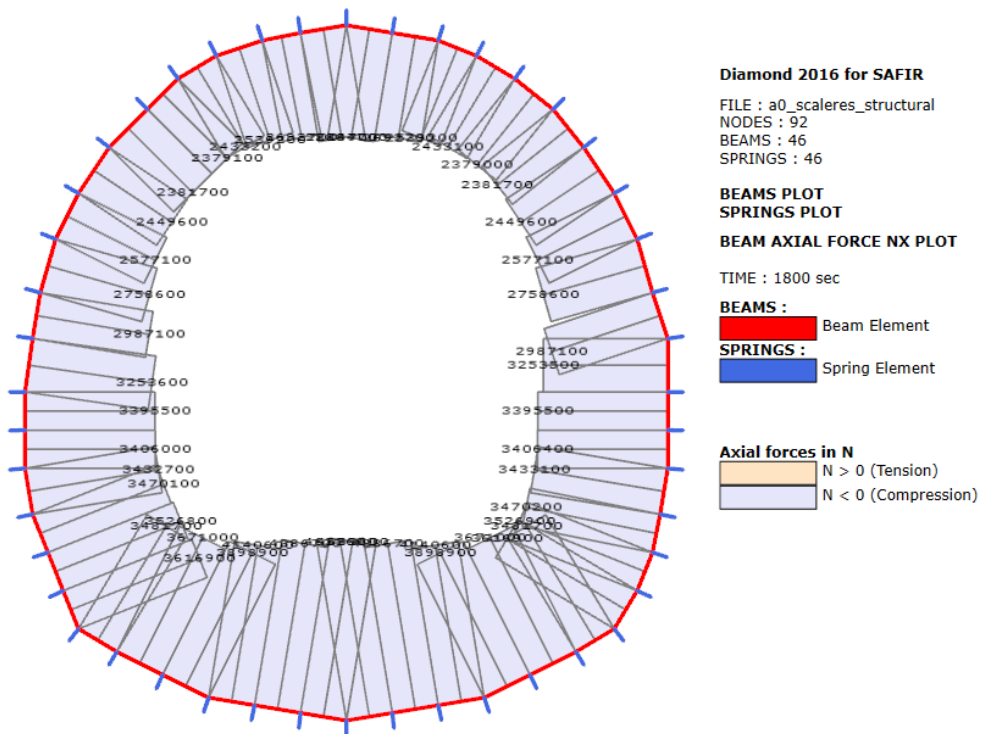


Fig. 94 – Sforzo normale agente

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 313 di 355

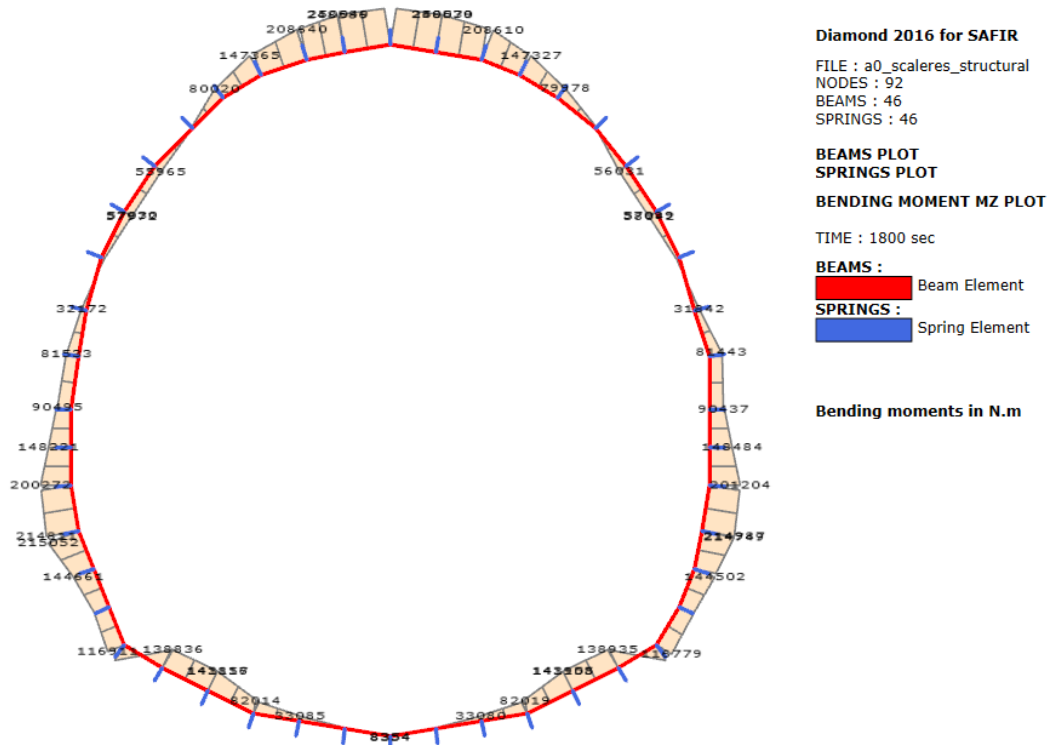


Fig. 95 – Momento flettente

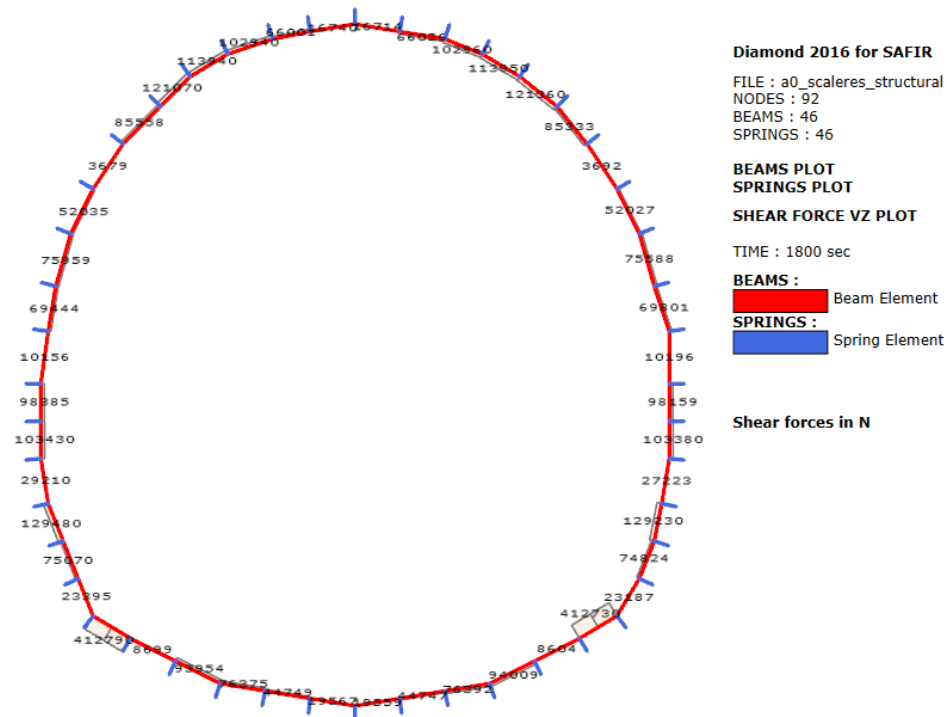


Fig. 96 – Sforzo di taglio

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 314 di 355

Risultati al tempo t = 60 min

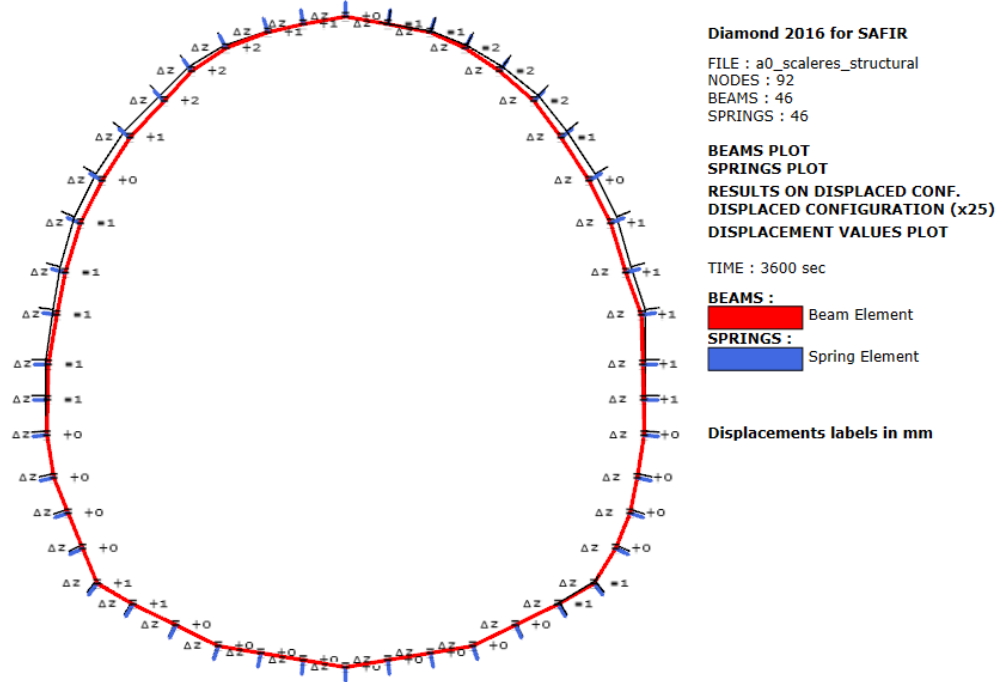


Fig. 97 – Configurazione deformata

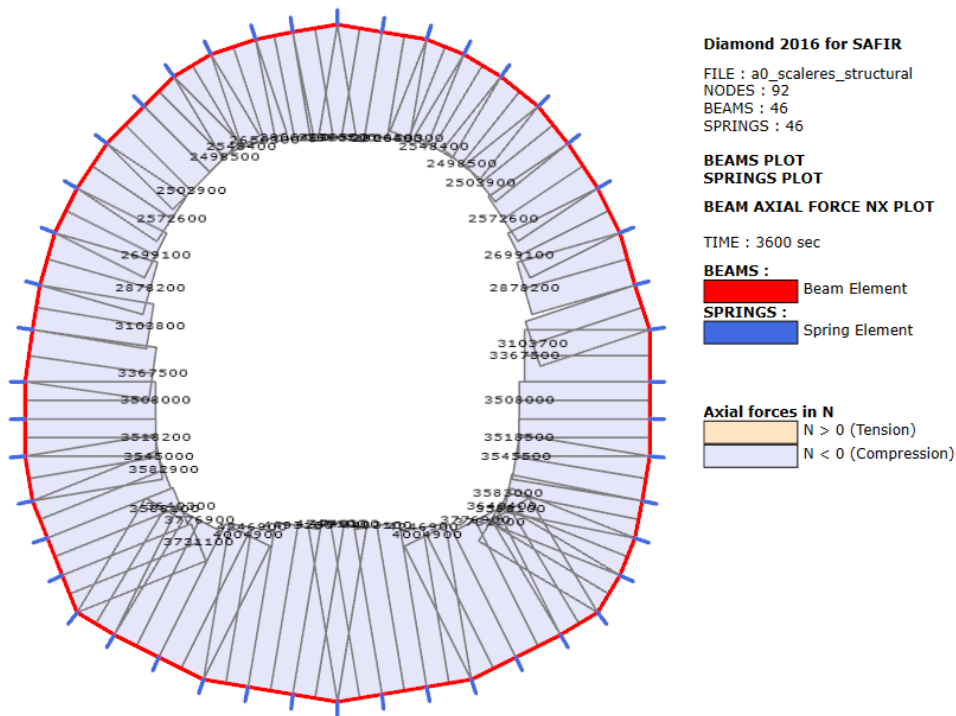


Fig. 98 – Sforzo normale agente

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 315 di 355

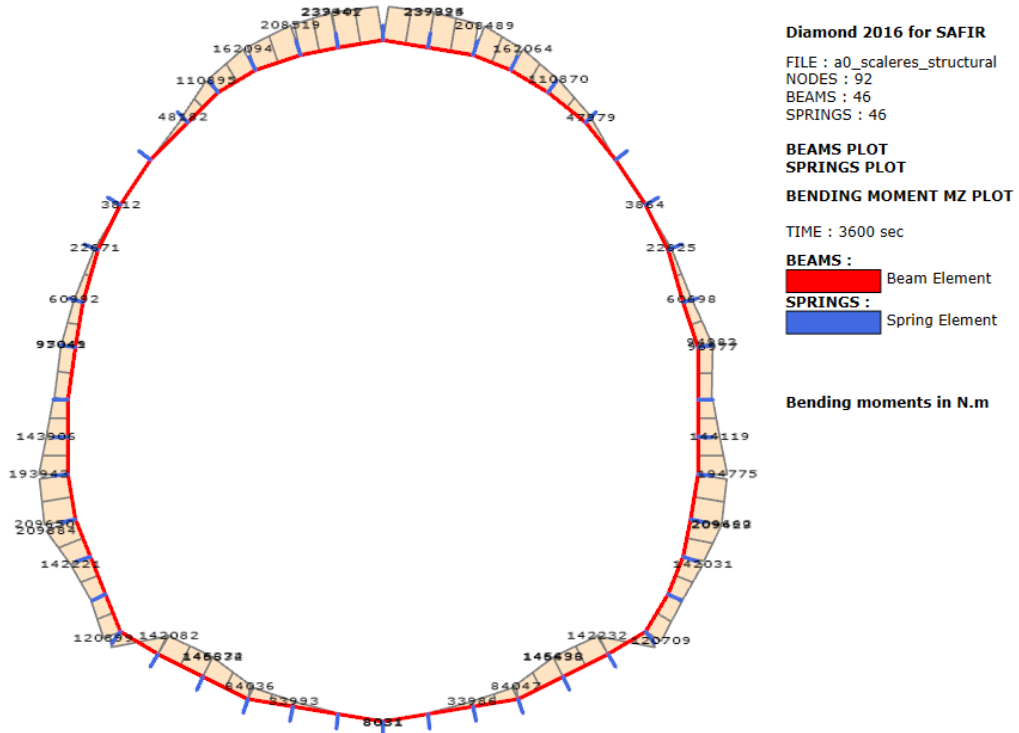


Fig. 99 – Momento flettente

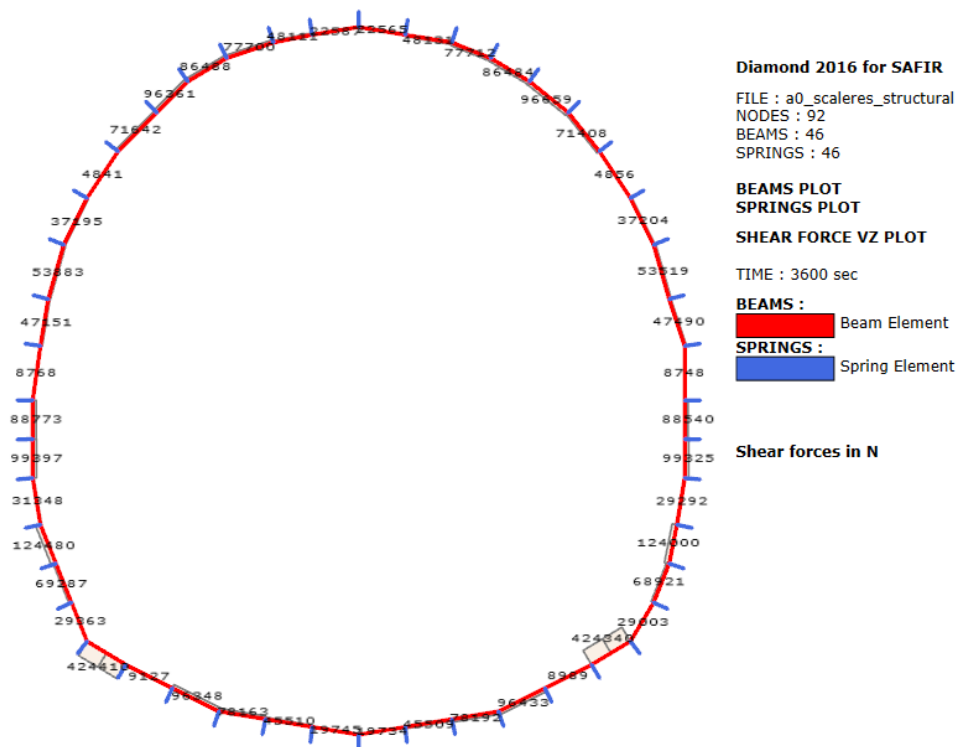


Fig. 100 – Sforzo di taglio

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 316 di 355

Risultati al tempo t = 90 min

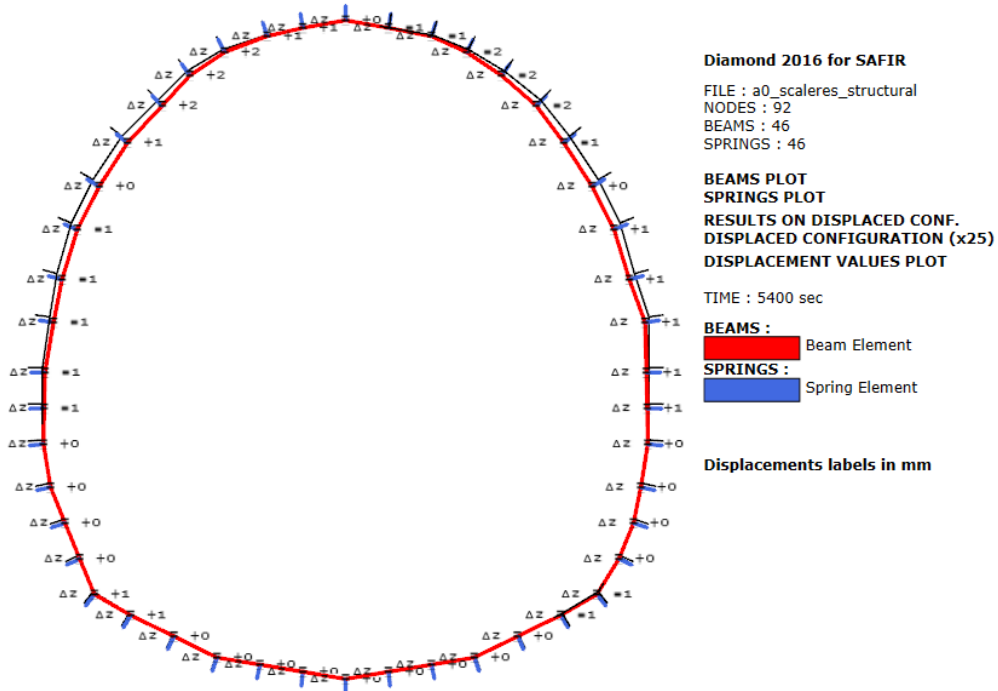


Fig. 101 – Configurazione deformata

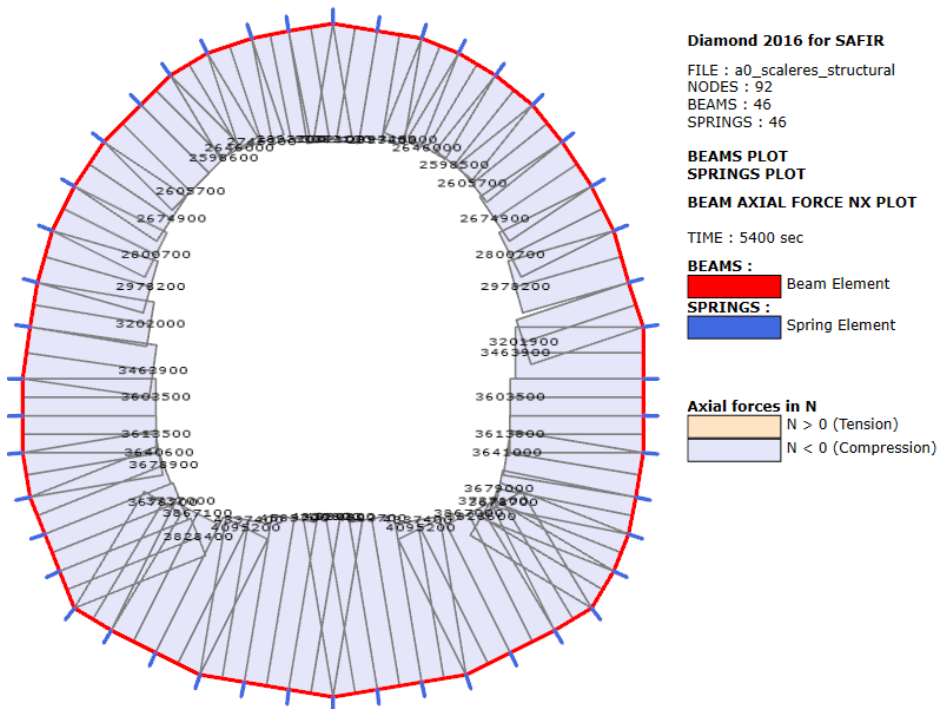


Fig. 102 – Sforzo normale agente

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			
GALLERIE	Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C 317 di 355

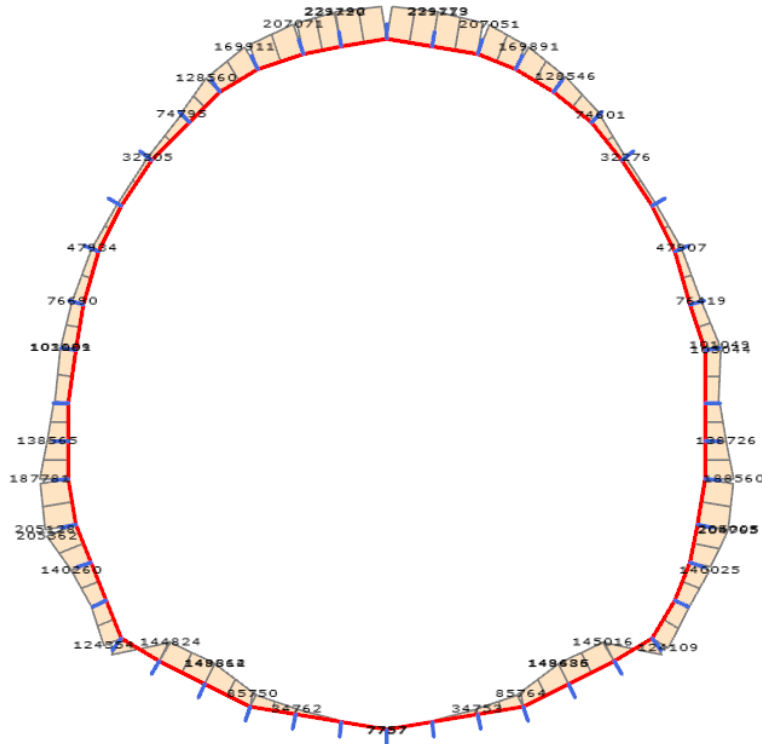


Fig. 103 – Momento flettente

Diamond 2016 for SAFIR

FILE : a0_scaleres_structural
NODES : 92
BEAMS : 46
SPRINGS : 46

BEAMS PLOT
SPRINGS PLOT

BENDING MOMENT MZ PLOT

TIME : 5400 sec

BEAMS :

 Beam Element

SPRINGS :

 Spring Element

Bending moments in N.m

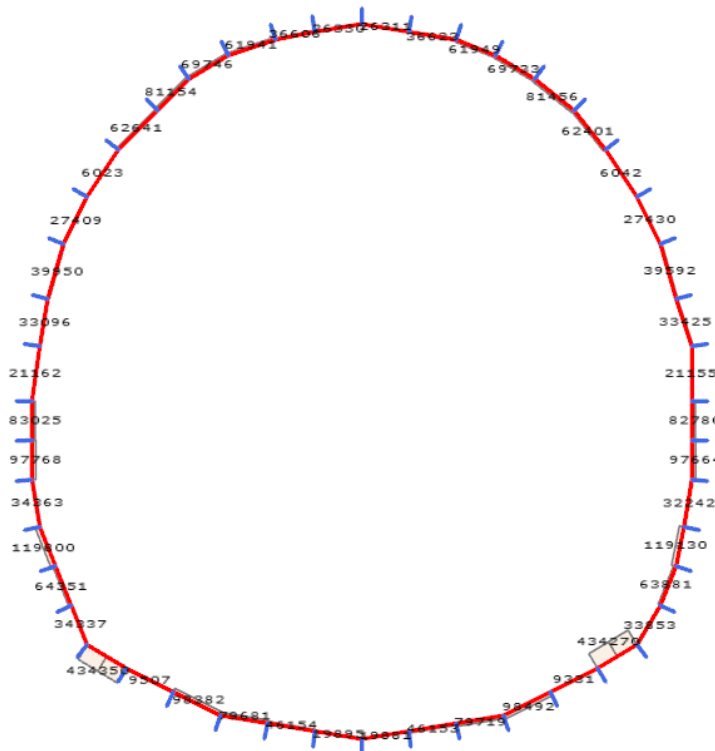


Fig. 104 – Sforzo di taglio

Diamond 2016 for SAFIR

FILE : a0_scaleres_structural
NODES : 92
BEAMS : 46
SPRINGS : 46

BEAMS PLOT
SPRINGS PLOT


SHEAR FORCE VZ PLOT

TIME : 5400 sec

BEAMS :

 Beam Element

SPRINGS :

 Spring Element

Shear forces in N

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		
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	318 di 355

Risultati al tempo t = 120 min

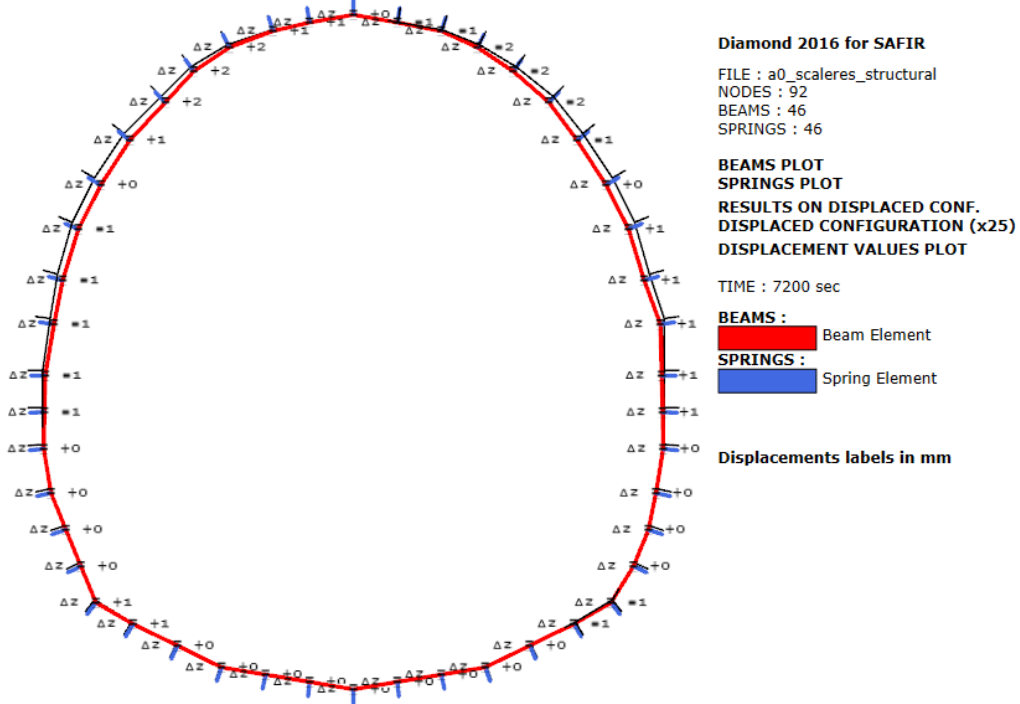


Fig. 105 – Configurazione deformata

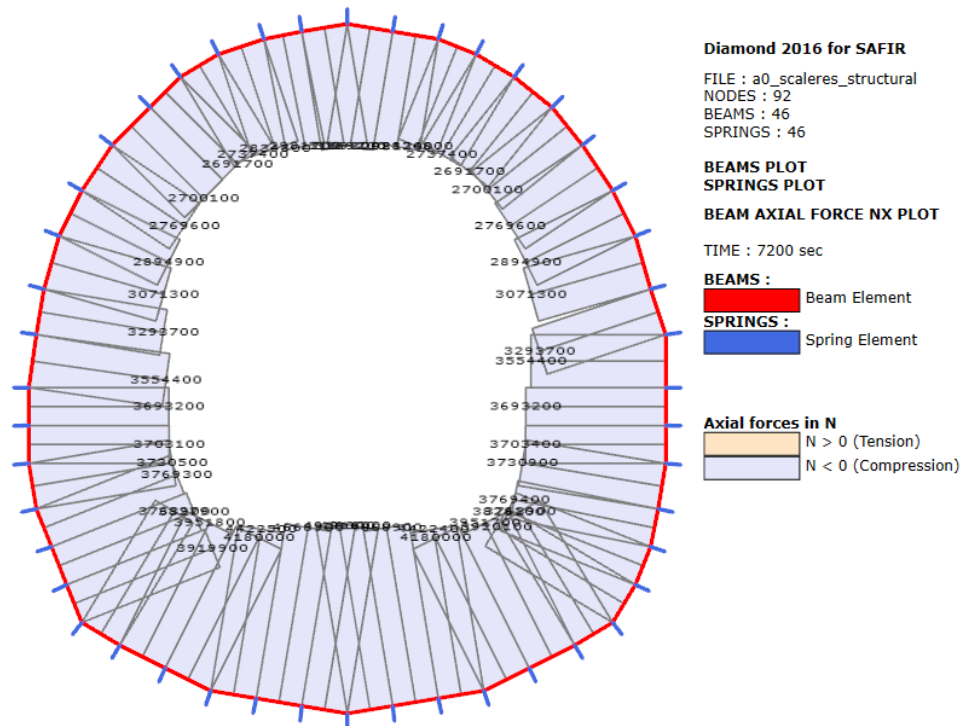
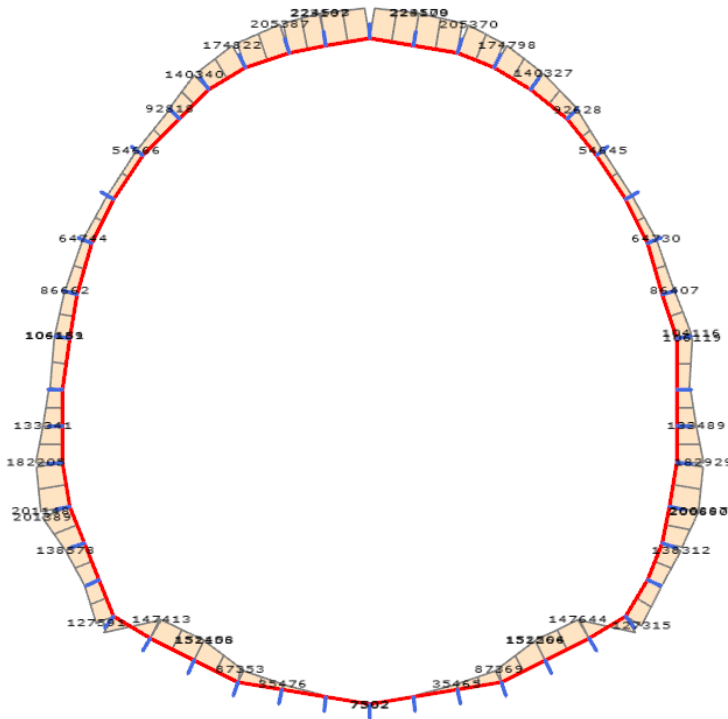


Fig. 106 – Sforzo normale agente


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			
GALLERIE	Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C 319 di 355




Diamond 2016 for SAFIR
FILE : a0_scaleres_structural
NODES : 92
BEAMS : 46
SPRINGS : 46

BEAMS PLOT
SPRINGS PLOT
BENDING MOMENT MZ PLOT

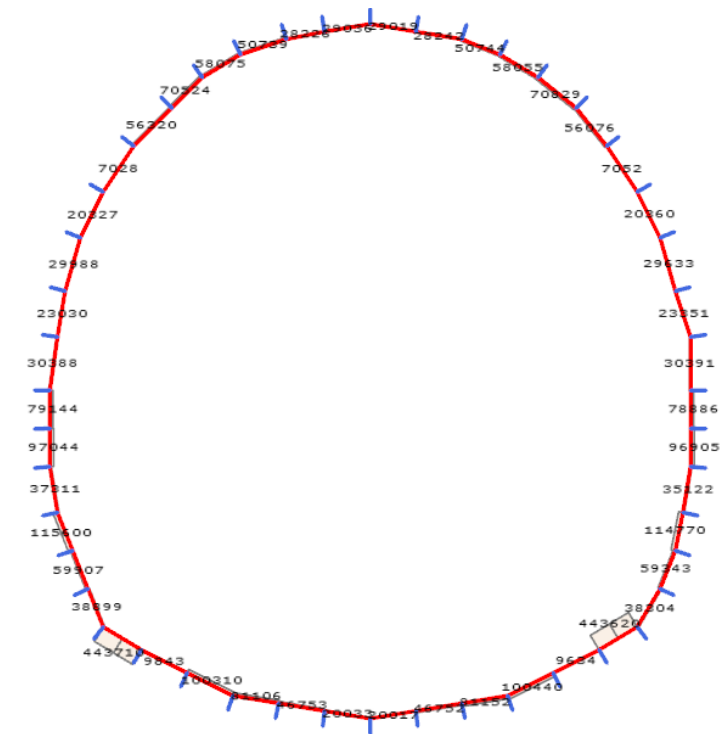
TIME : 7200 sec

BEAMS :
 Beam Element

SPRINGS :
 Spring Element

Bending moments in N.m


Fig. 107 – Momento flettente




Diamond 2016 for SAFIR
FILE : a0_scaleres_structural
NODES : 92
BEAMS : 46
SPRINGS : 46

BEAMS PLOT
SPRINGS PLOT
SHEAR FORCE VZ PLOT

TIME : 7200 sec

BEAMS :
 Beam Element

SPRINGS :
 Spring Element

Shear forces in N

Fig. 108 – Sforzo di taglio

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 320 di 355

VERIFICA IN PRESENZA DI SPALLING

- Calotta

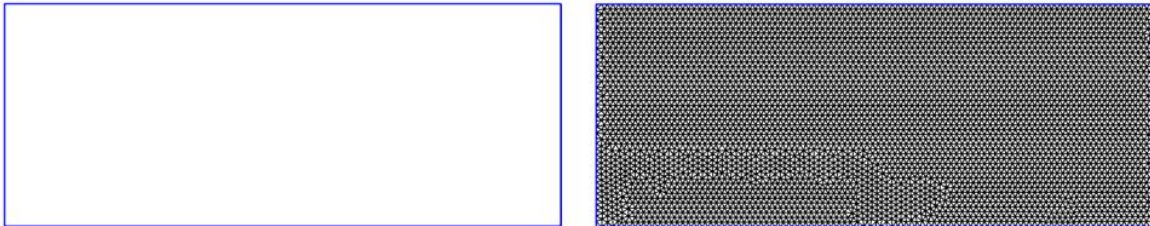


Fig. 109 – Modello geometrico (sx) – Mesh di calcolo (dx)

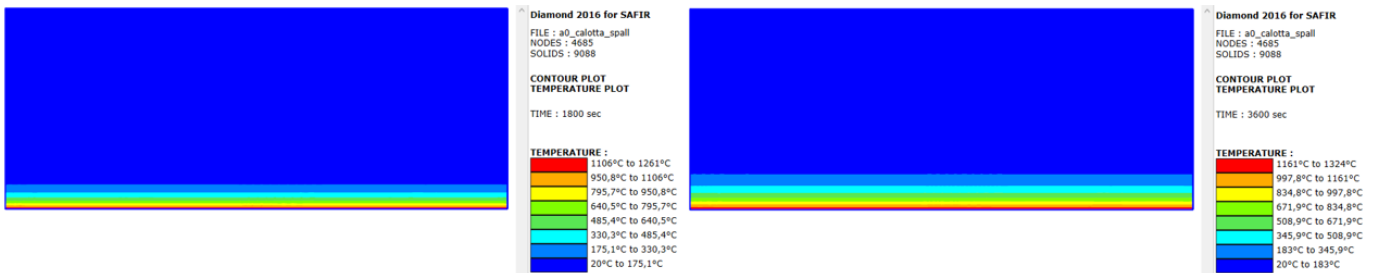


Fig. 110 – Contour temperature 1800 s (sx) - Contour temperature 3600 s (dx)

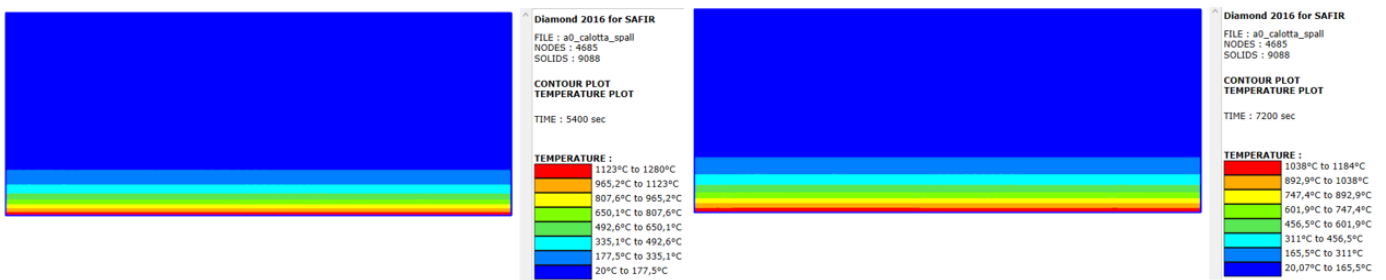


Fig. 111 – Contour temperature 5400 s (sx) - Contour temperature 7200 s (dx)

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 321 di 355

- Muretta

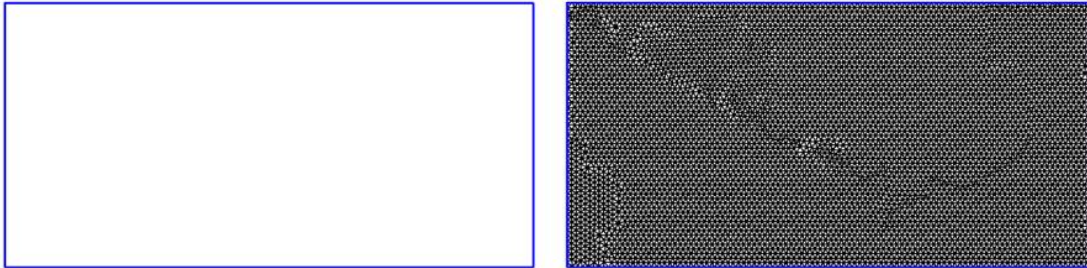


Fig. 112 – Modello geometrico (sx) – Mesh di calcolo (dx)

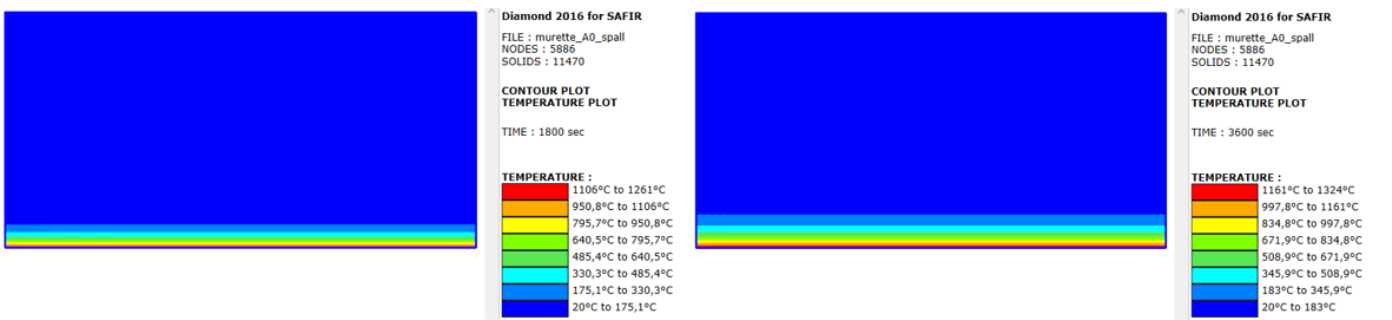


Fig. 113 – Contour temperature 1800 s (sx) - Contour temperature 3600 s (dx)

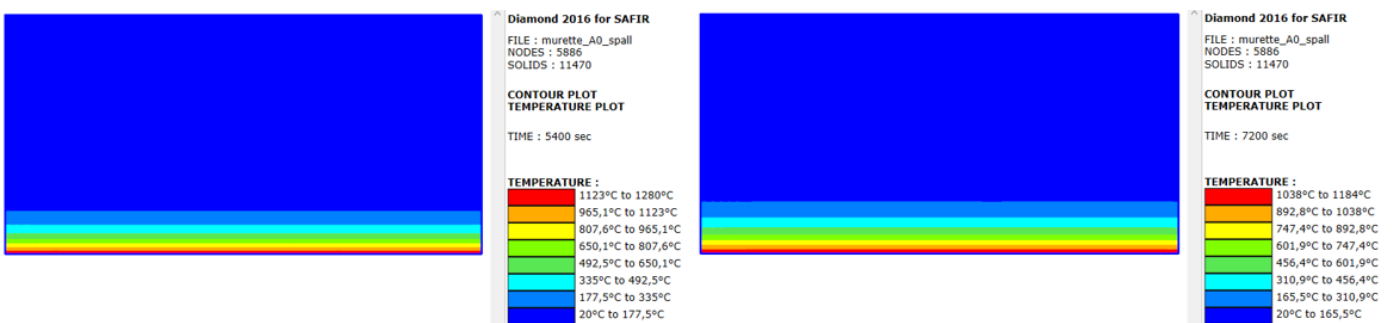


Fig. 114 – Contour temperature 5400 s (sx) - Contour temperature 7200 s (dx)

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 322 di 355

RISULTATI DELL'ANALISI MECCANICA CON SPALLING

Risultati al tempo t = 30 min

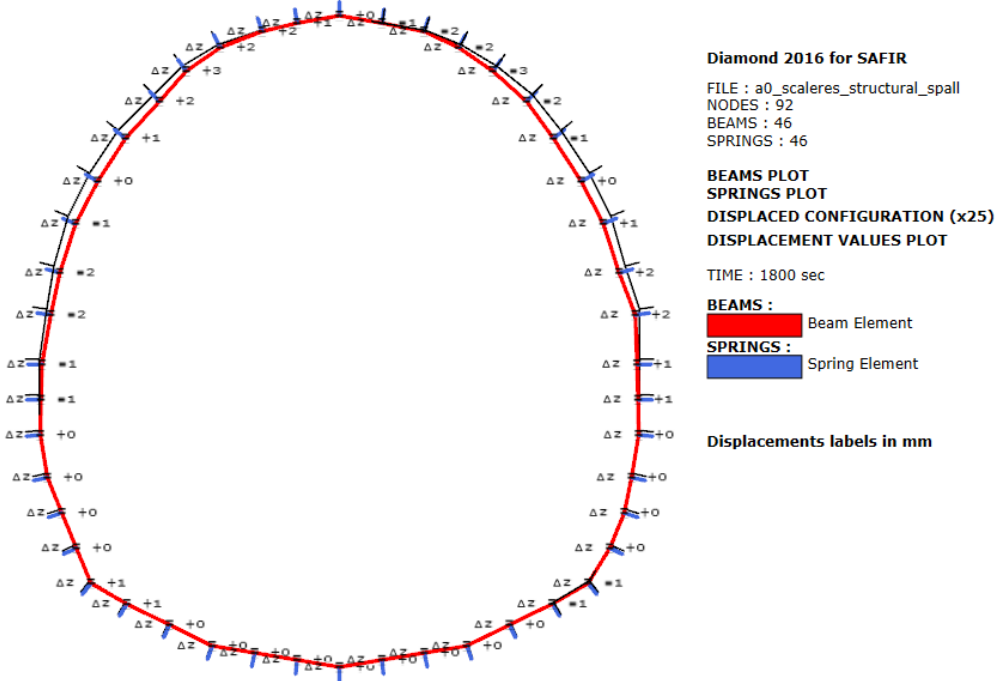
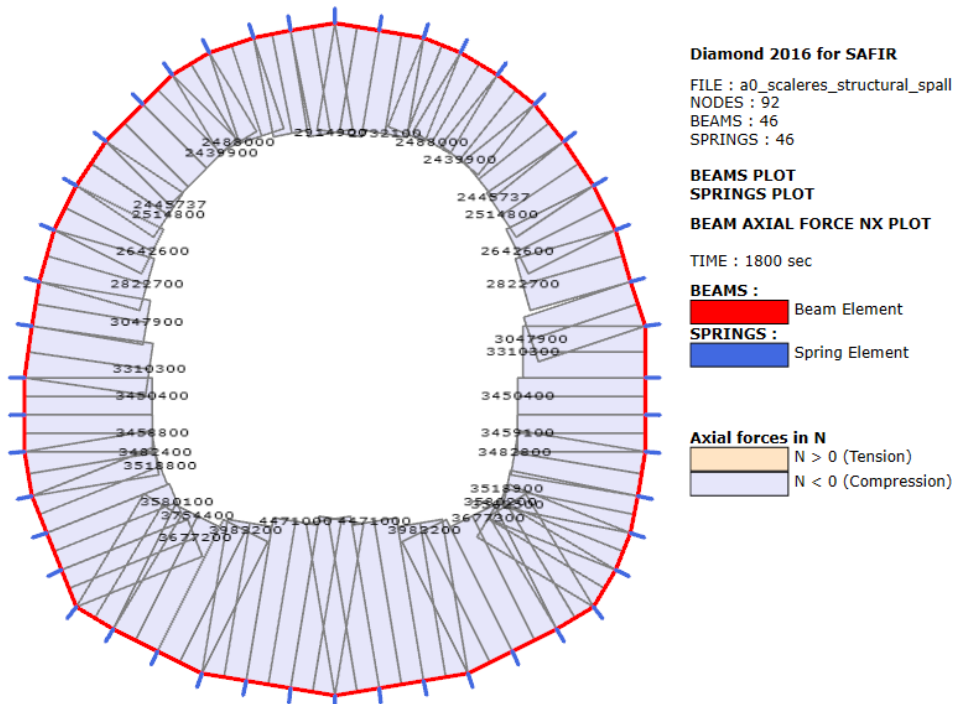


Fig. 115 – Configurazione deformata



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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 323 di 355

Fig. 116 – Sforzo normale agente

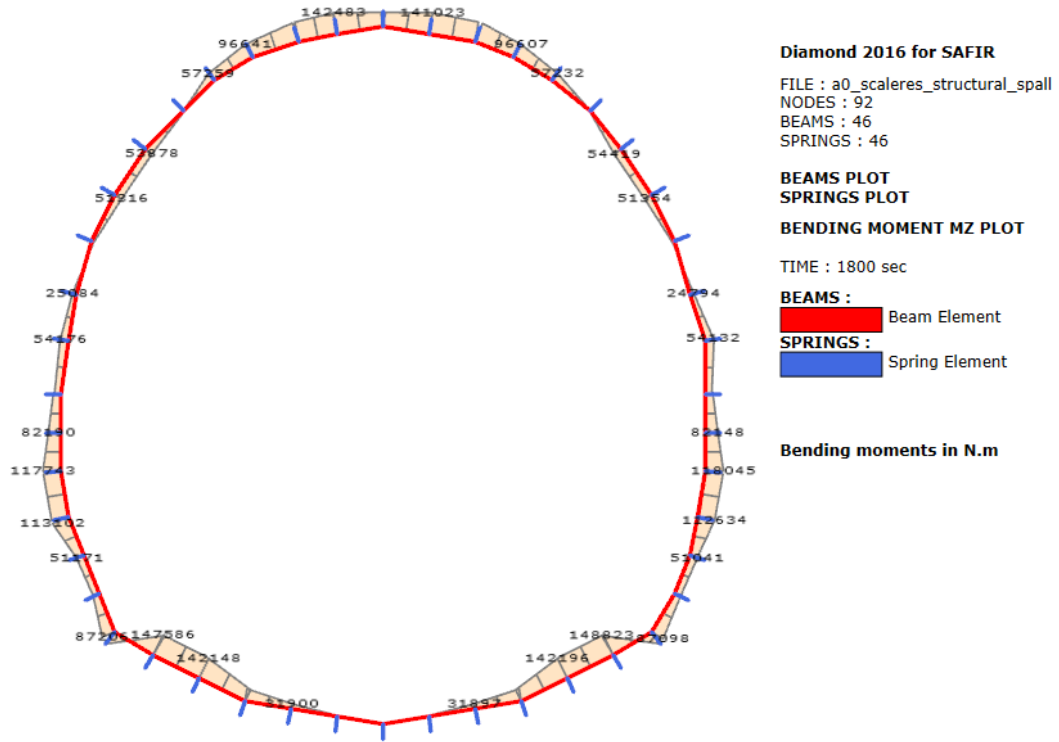


Fig. 117 – Momento flettente

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 324 di 355

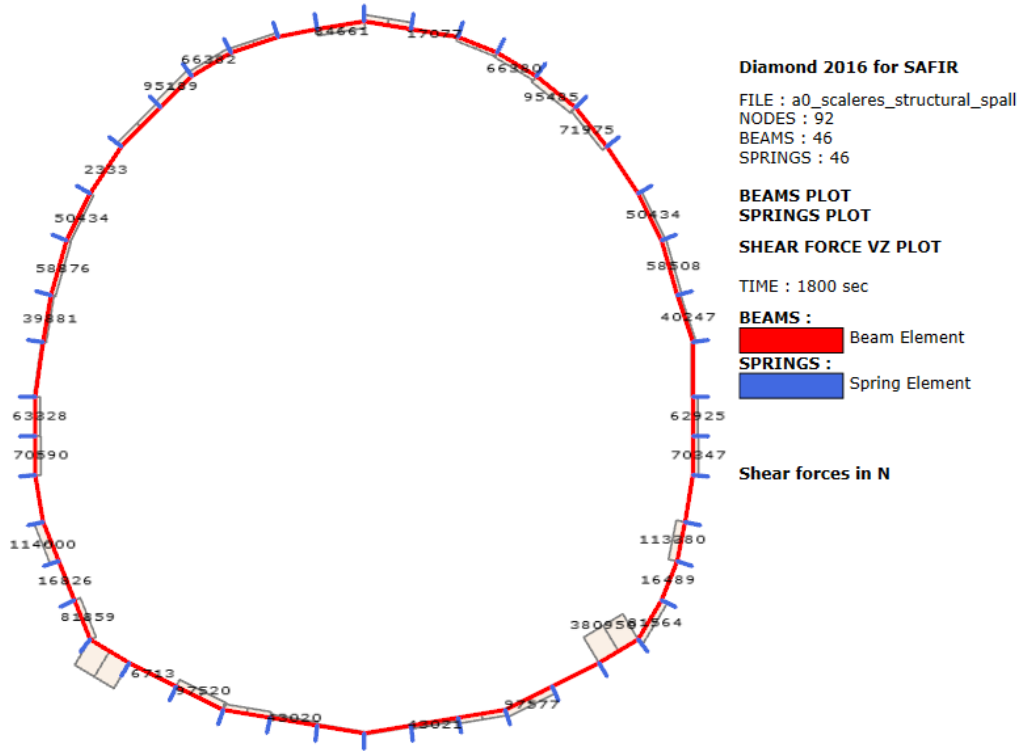


Fig. 118 – Sforzo di taglio

Risultati al tempo t = 60 min

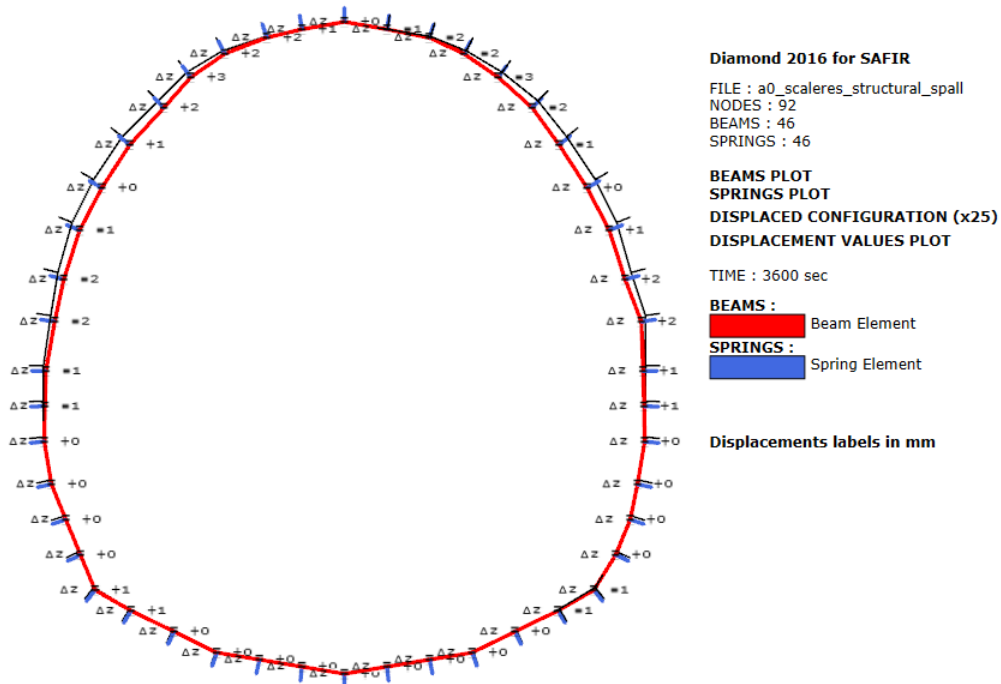


Fig. 119 – Configurazione deformata

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			
GALLERIE	Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C 325 di 355

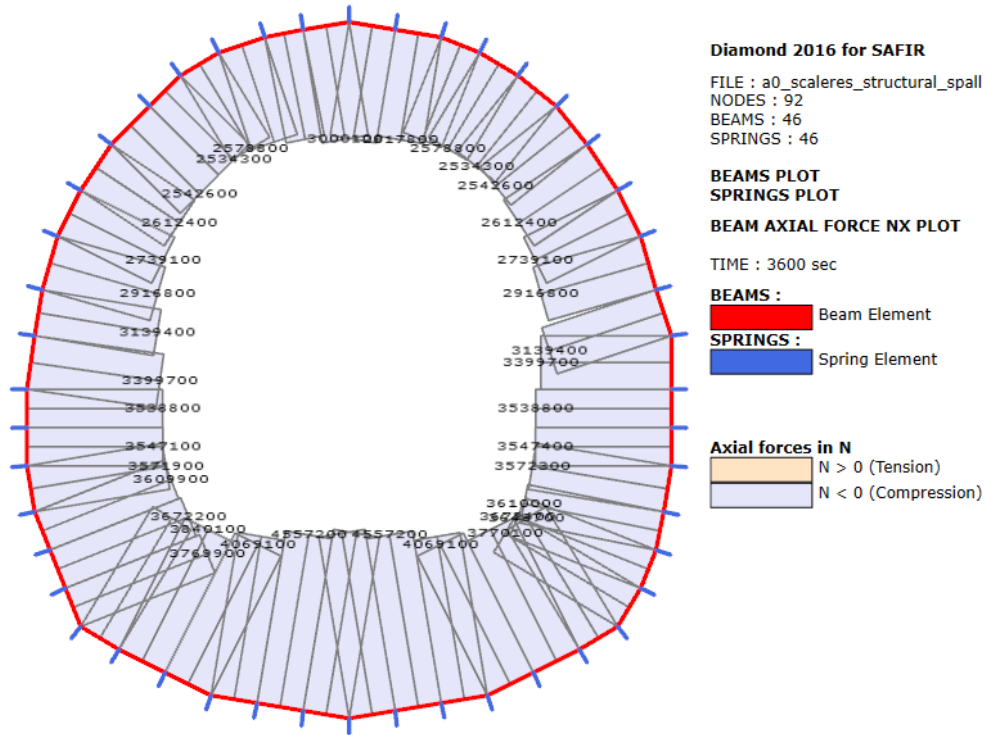


Fig. 120 – Sforzo normale agente

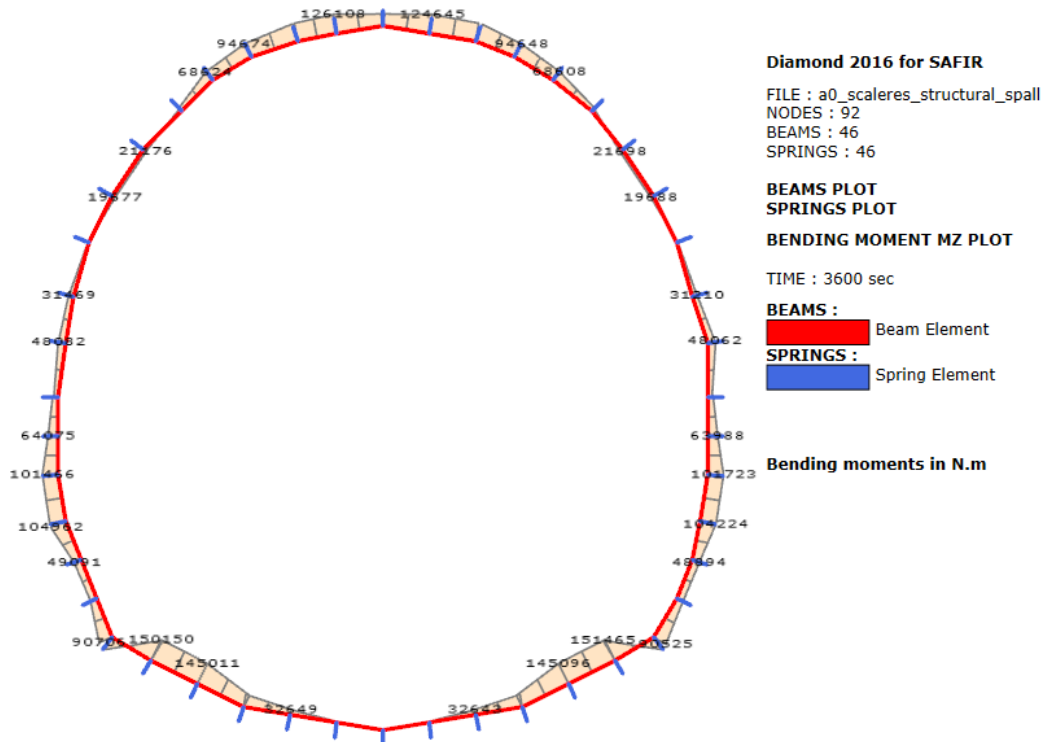


Fig. 121 – Momento flettente

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					
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 326 di 355

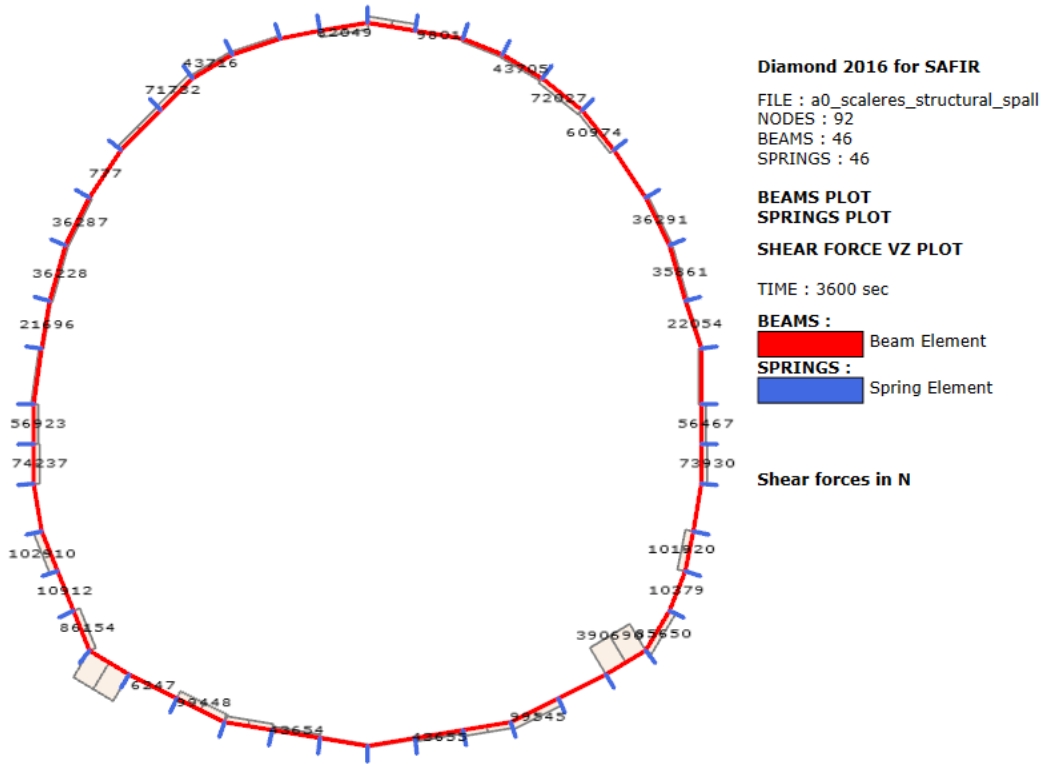


Fig. 122 – Sforzo di taglio

Risultati al tempo t = 90 min

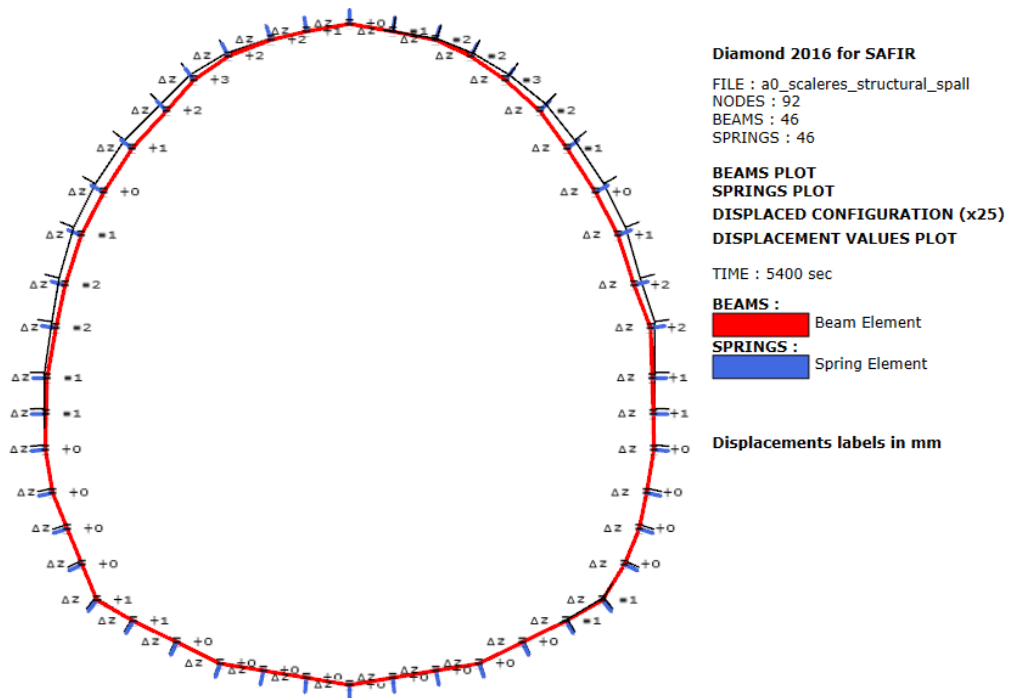


Fig. 123 – Configurazione deformata

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			
GALLERIE	Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C 327 di 355

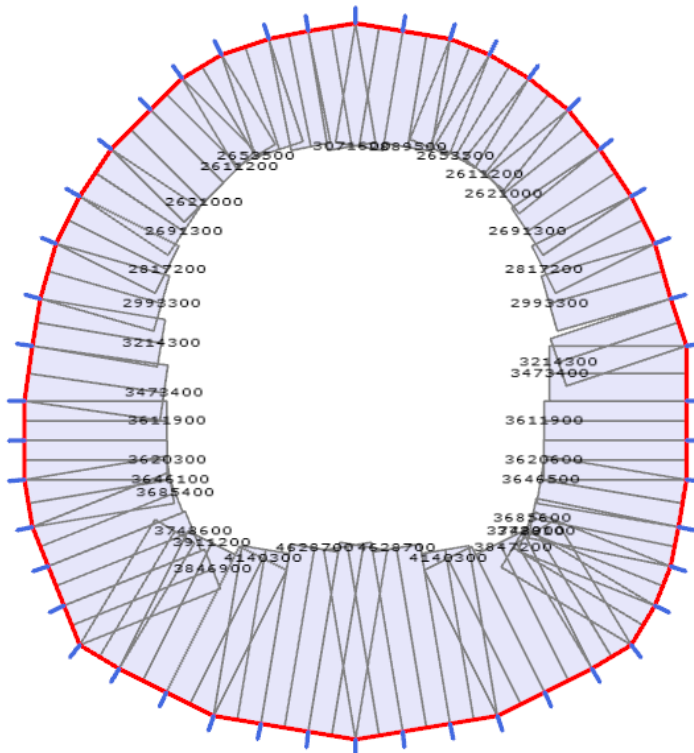


Fig. 124 – Sforzo normale agente

Diamond 2016 for SAFIR

FILE : a0_scaleres_structural_spall
 NODES : 92
 BEAMS : 46
 SPRINGS : 46

**BEAMS PLOT
 SPRINGS PLOT**

BEAM AXIAL FORCE NX PLOT

TIME : 5400 sec

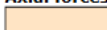
BEAMS :

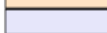
 Beam Element

SPRINGS :

 Spring Element

Axial forces in N

 N > 0 (Tension)

 N < 0 (Compression)

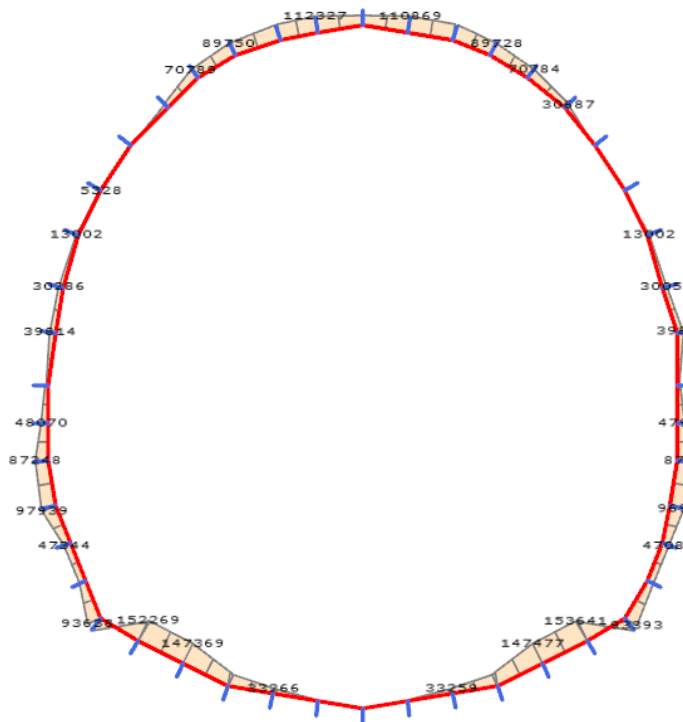


Fig. 125 – Momento flettente

Diamond 2016 for SAFIR

FILE : a0_scaleres_structural_spall
 NODES : 92
 BEAMS : 46
 SPRINGS : 46

**BEAMS PLOT
 SPRINGS PLOT**

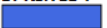
BENDING MOMENT MZ PLOT

TIME : 5400 sec

BEAMS :

 Beam Element

SPRINGS :

 Spring Element

Bending moments in N.m

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 328 di 355

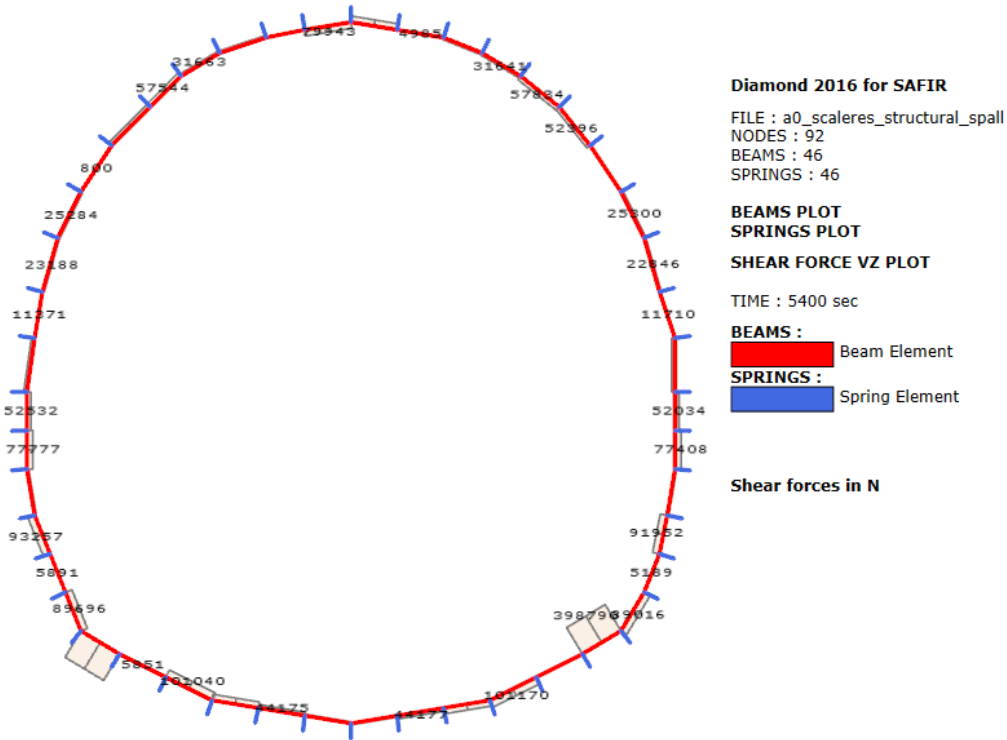


Fig. 126 – Sforzo di taglio

Risultati al tempo t = 120 min

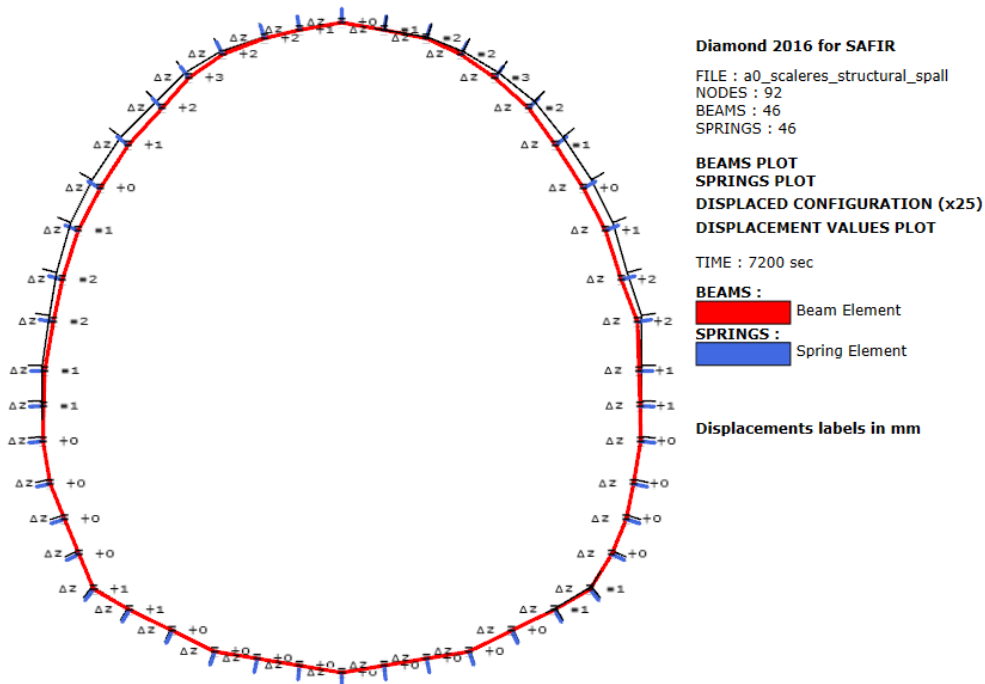


Fig. 127 – Configurazione deformata

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			
GALLERIE	Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C 329 di 355

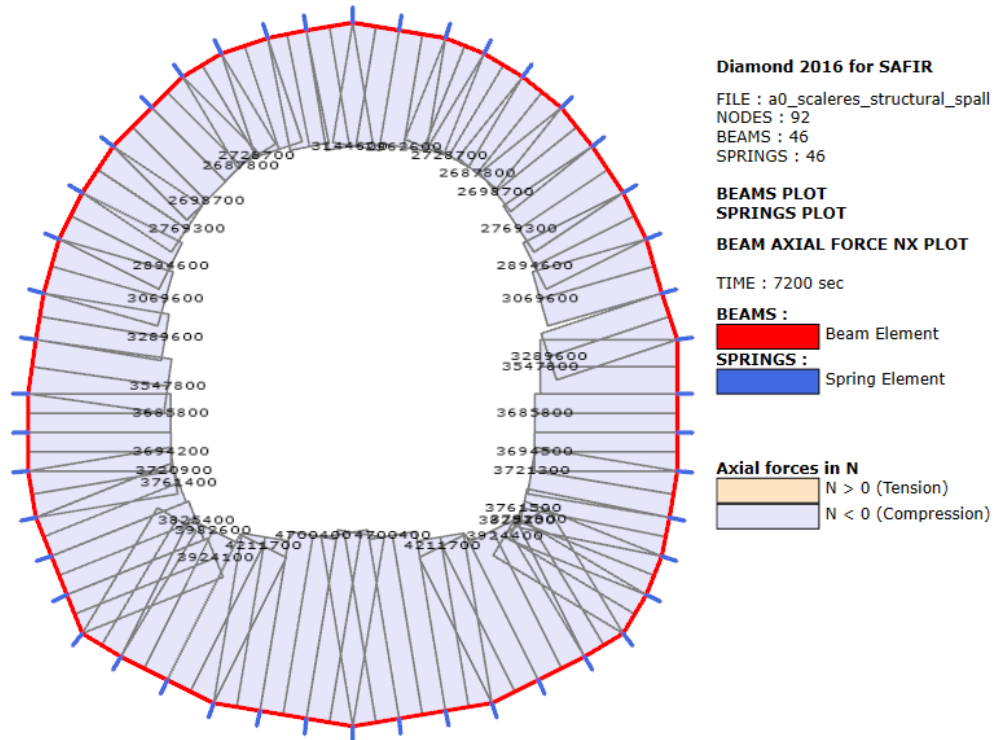


Fig. 128 – Sforzo normale agente

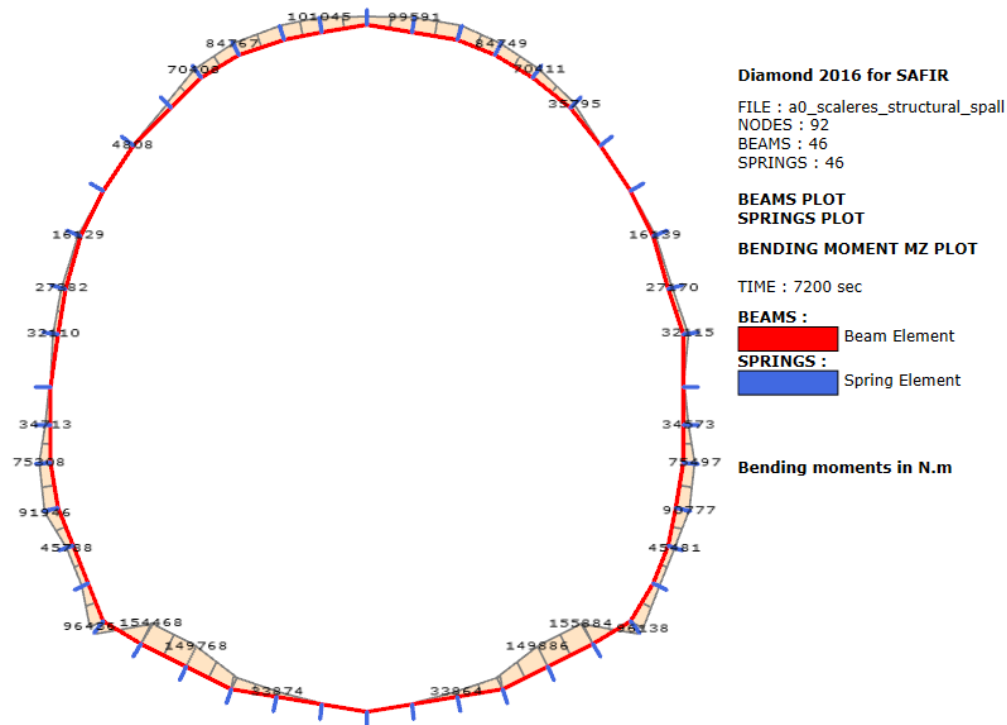


Fig. 129 – Momento flettente

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 330 di 355

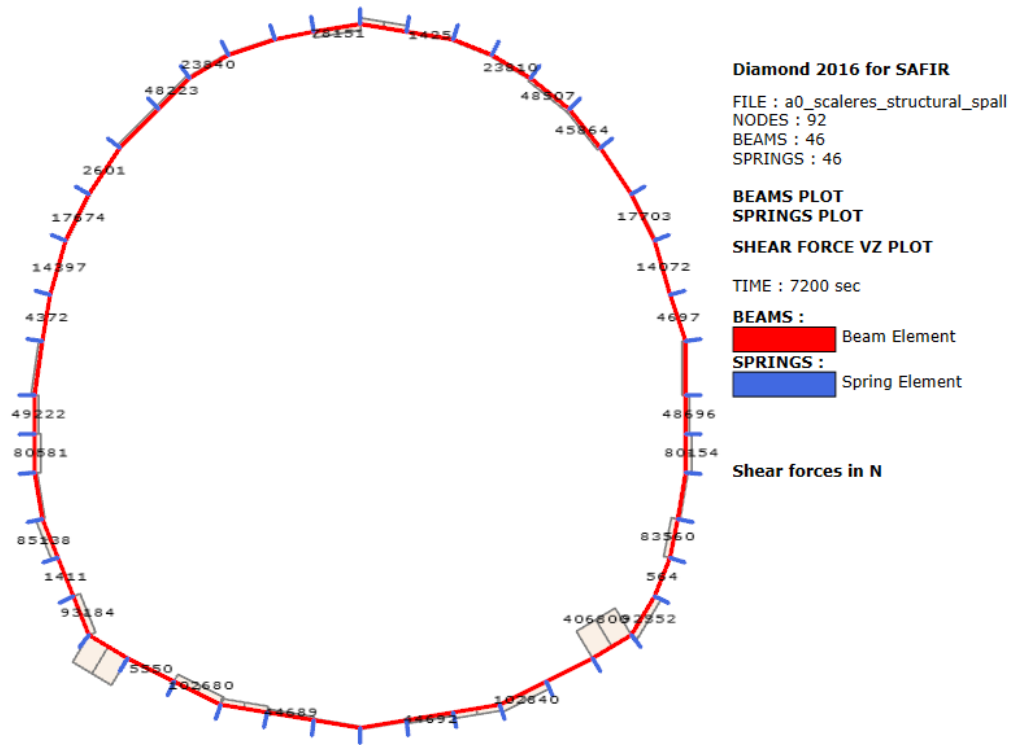


Fig. 130 – Sforzo di taglio

10.3 SEZIONE C2L

ANALISI DELLA TEMPERATURA NEL TEMPO

- Calotta

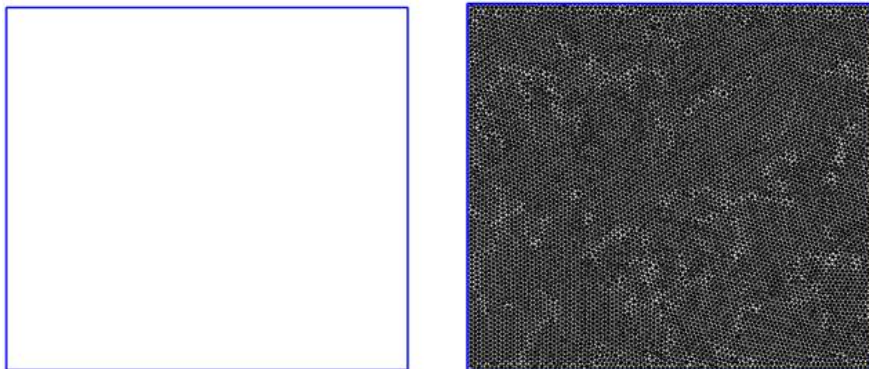


Fig. 131 – Modello geometrico (sx) – Mesh di calcolo (dx)

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 331 di 355

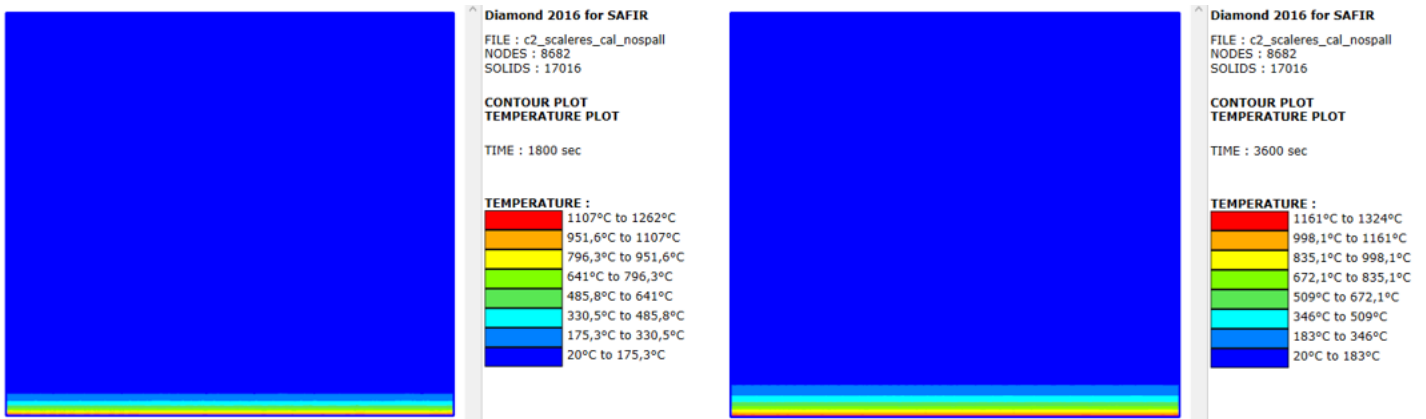


Fig. 132 – Contour temperature 1800 s (sx) - Contour temperature 3600 s (dx)

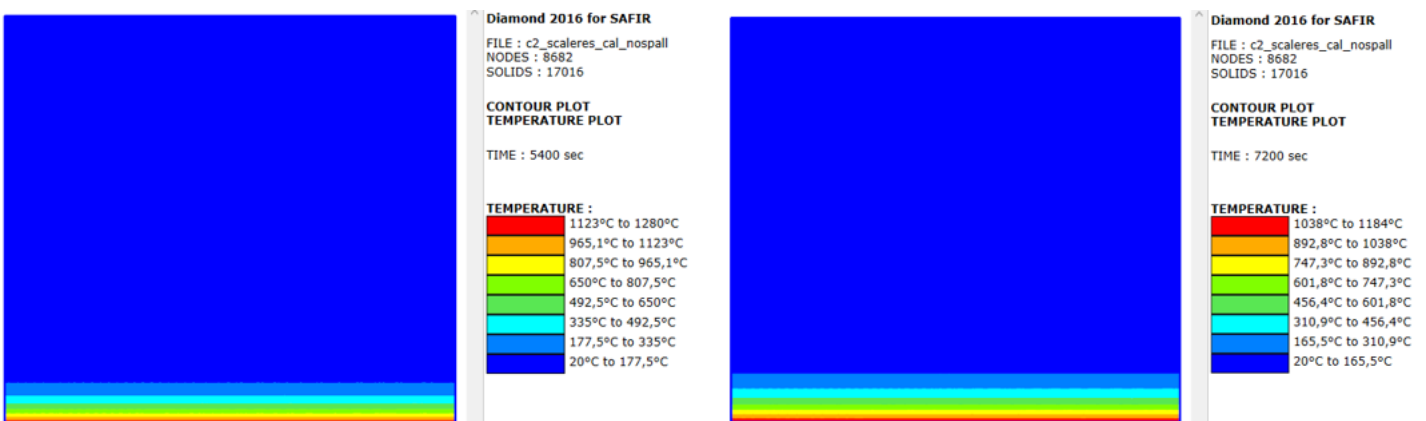


Fig. 133 – Contour temperature 5400 s (sx) - Contour temperature 7200 s (dx)

RISULTATI DELL' ANALISI MECCANICA

Risultati al tempo t = 0

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 332 di 355

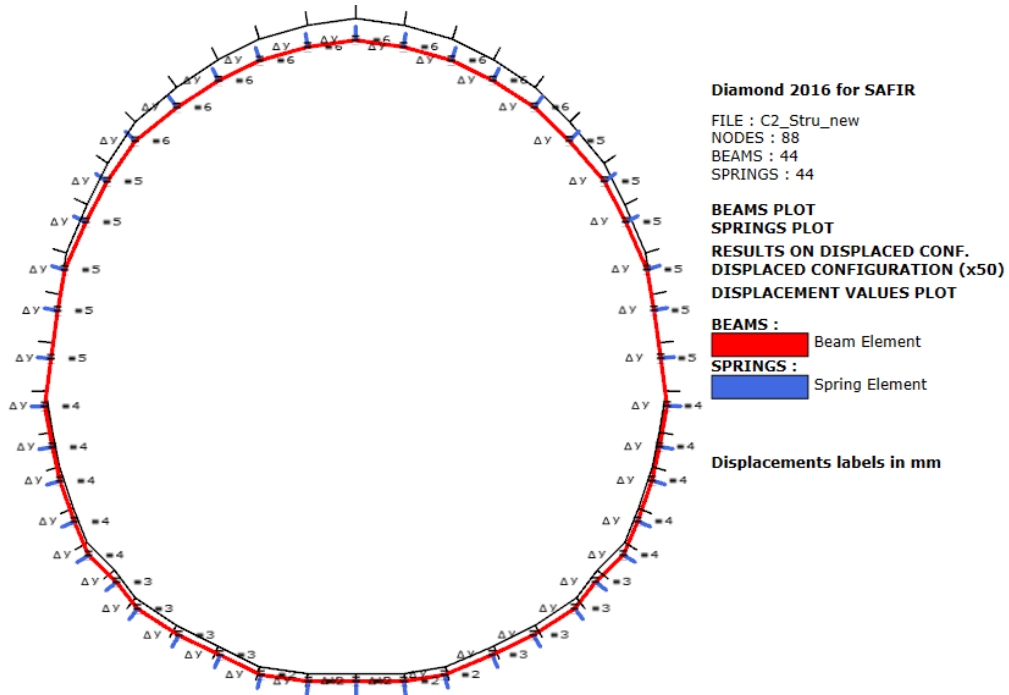


Fig. 134 – Configurazione deformata

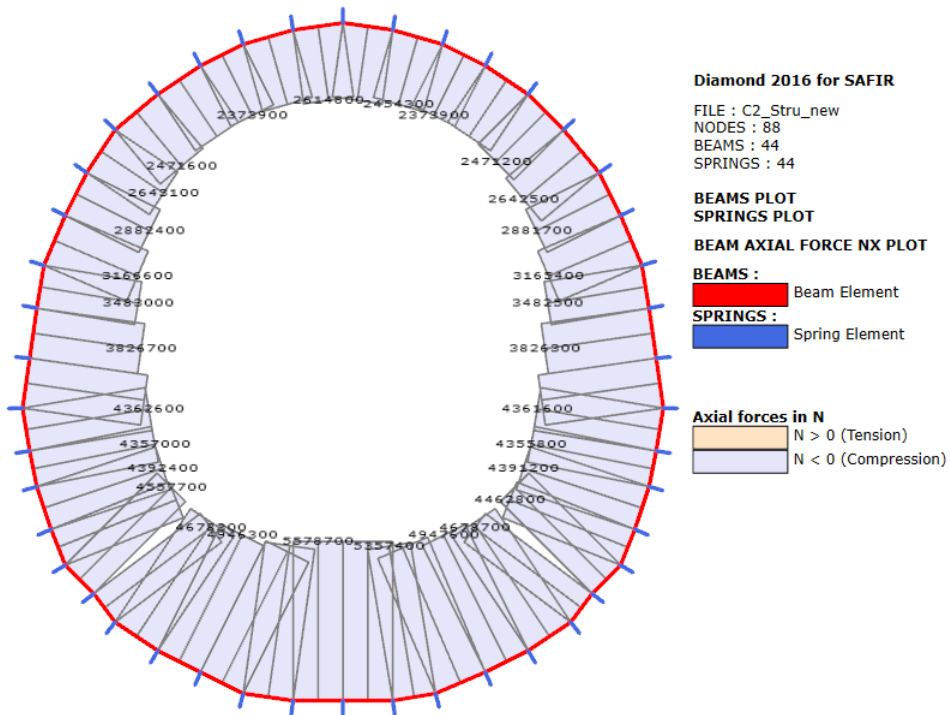


Fig. 135 – Sforzo normale agente

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 333 di 355

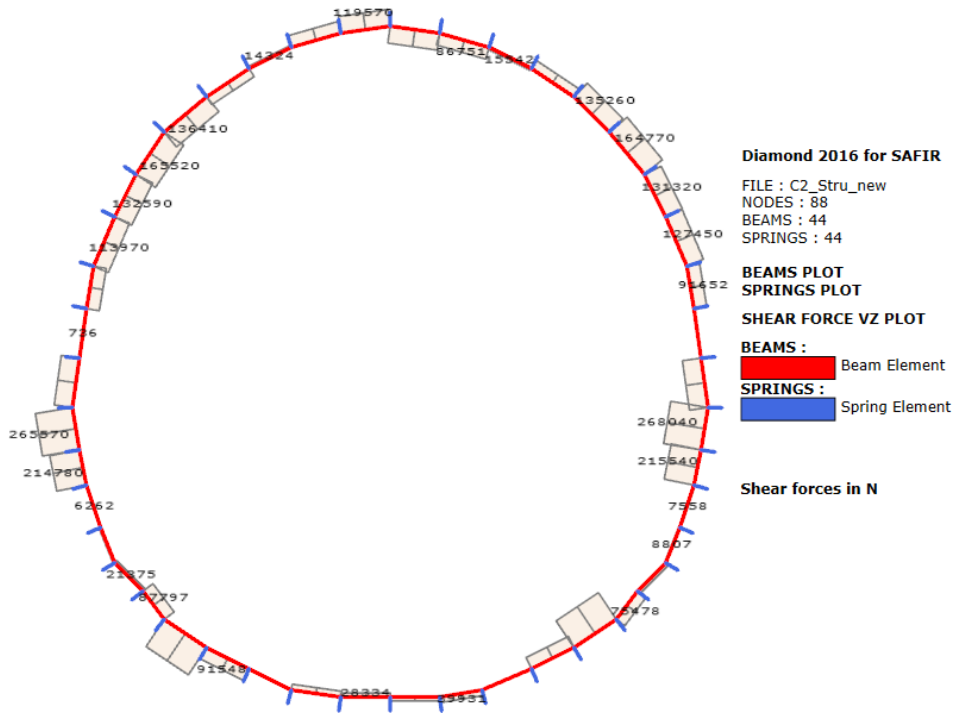


Fig. 136 – Sforzo di taglio

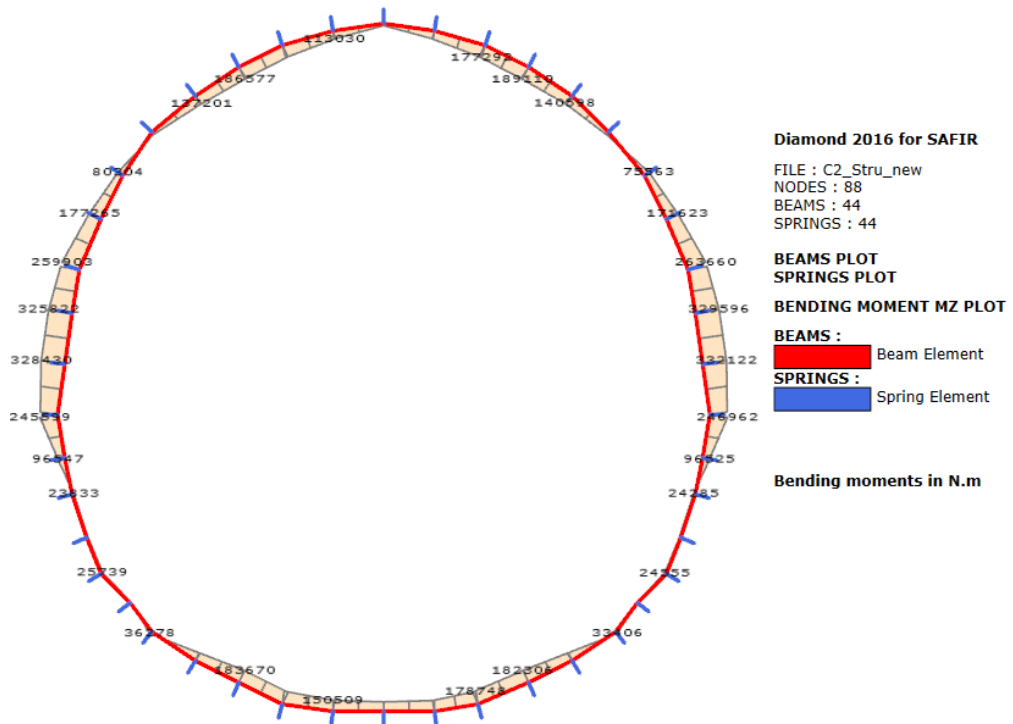


Fig. 137 – Momento flettente

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				
GALLERIE	Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 334 di 355

Risultati al tempo t = 30 min

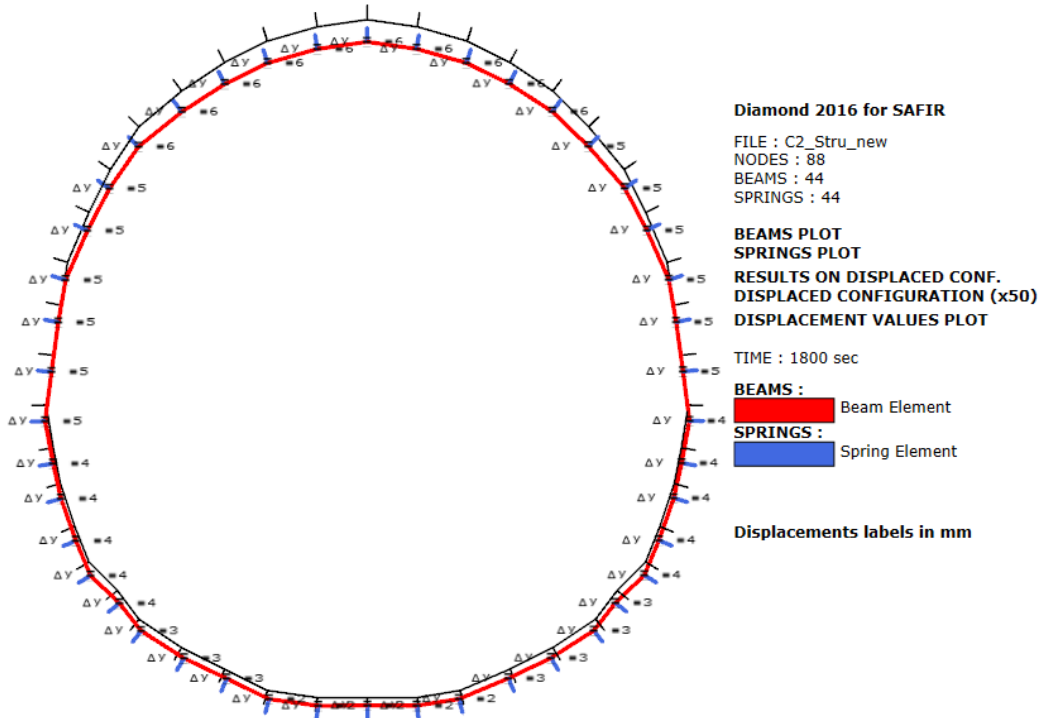
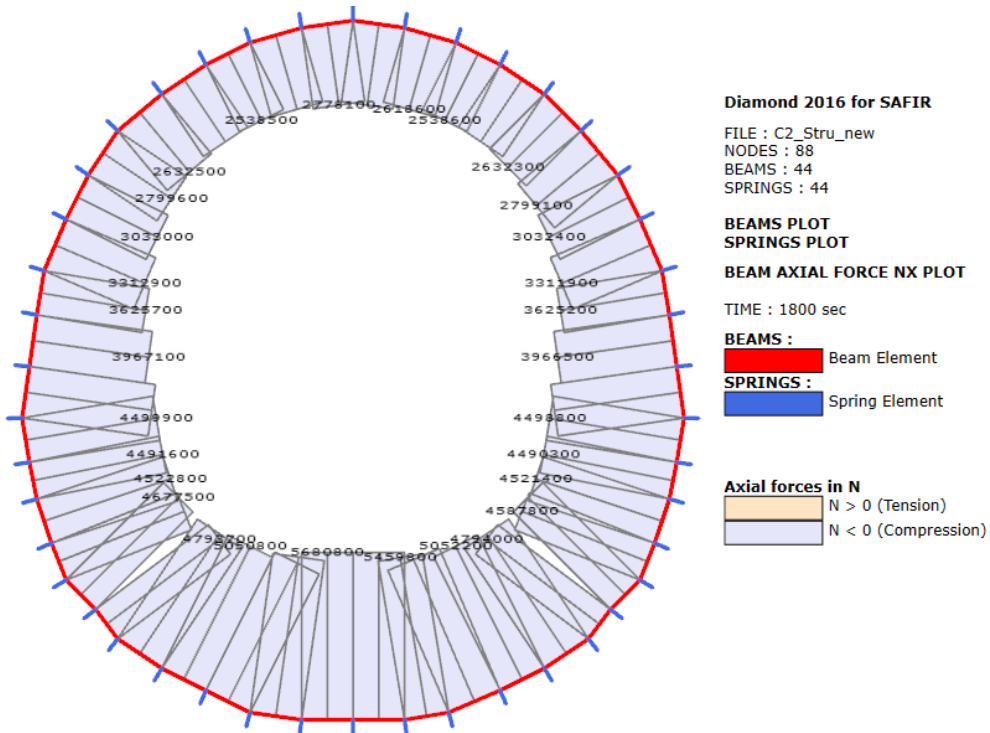


Fig. 138 – Configurazione deformata



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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 335 di 355

Fig. 139 – Sforzo normale agente

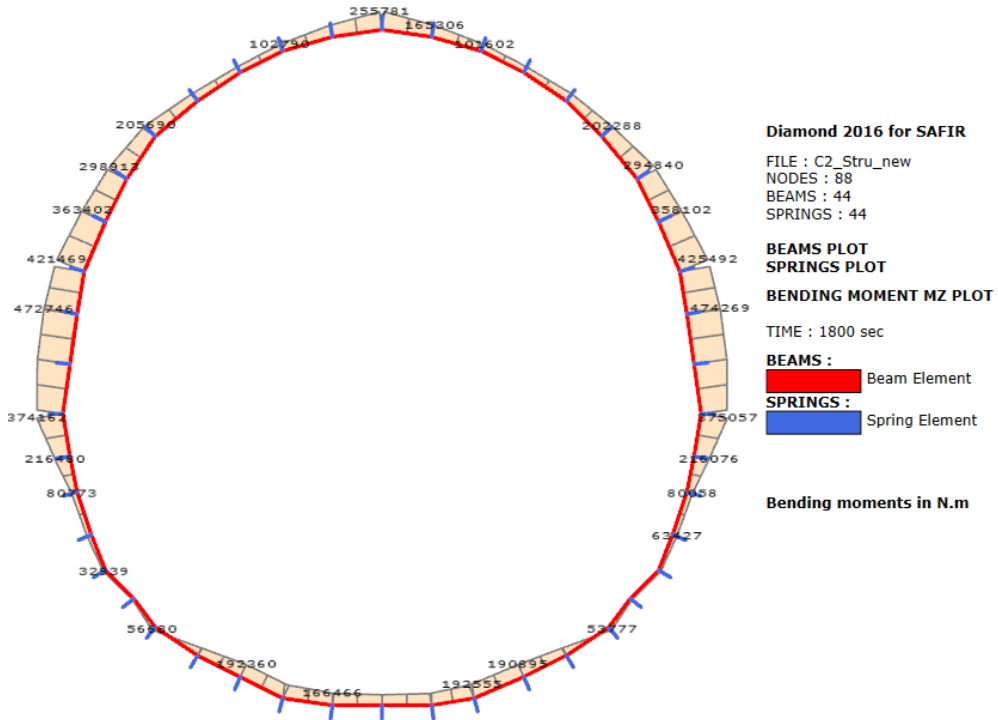
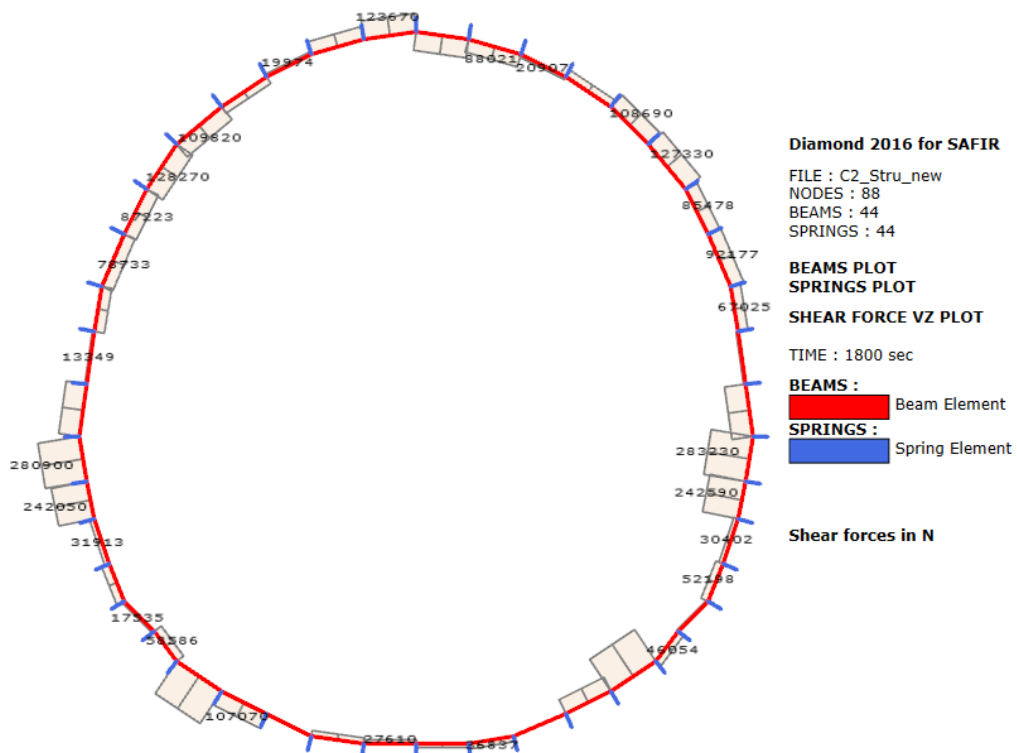


Fig. 140 – Momento flettente



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			
GALLERIE	Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C 336 di 355

Fig. 141 – Sforzo di taglio

Risultati al tempo t = 60 min

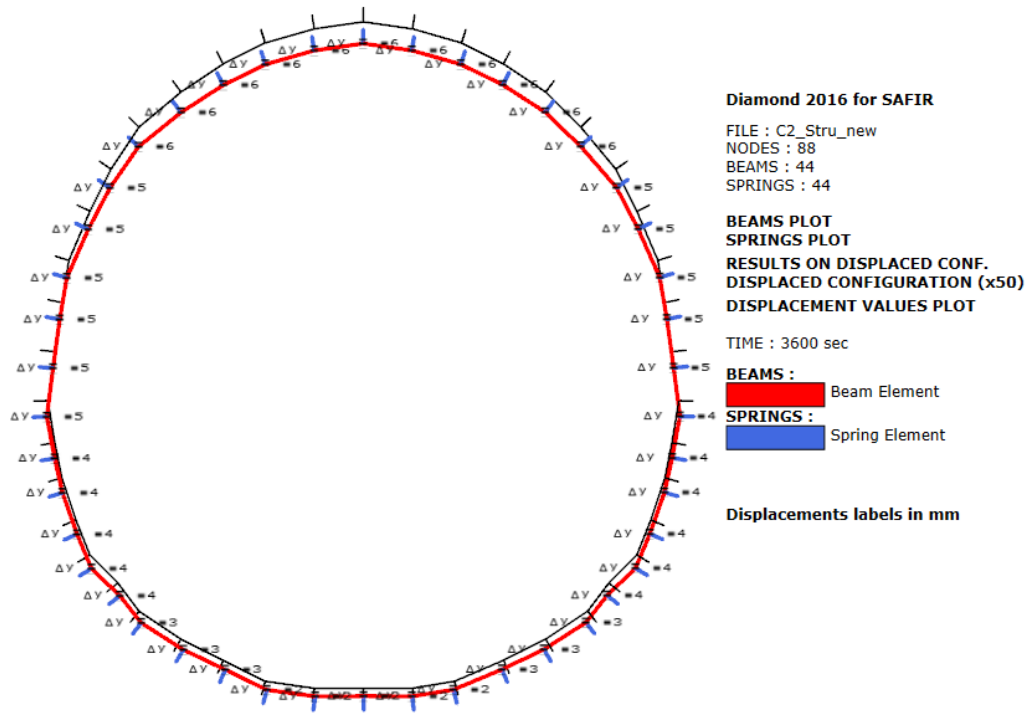
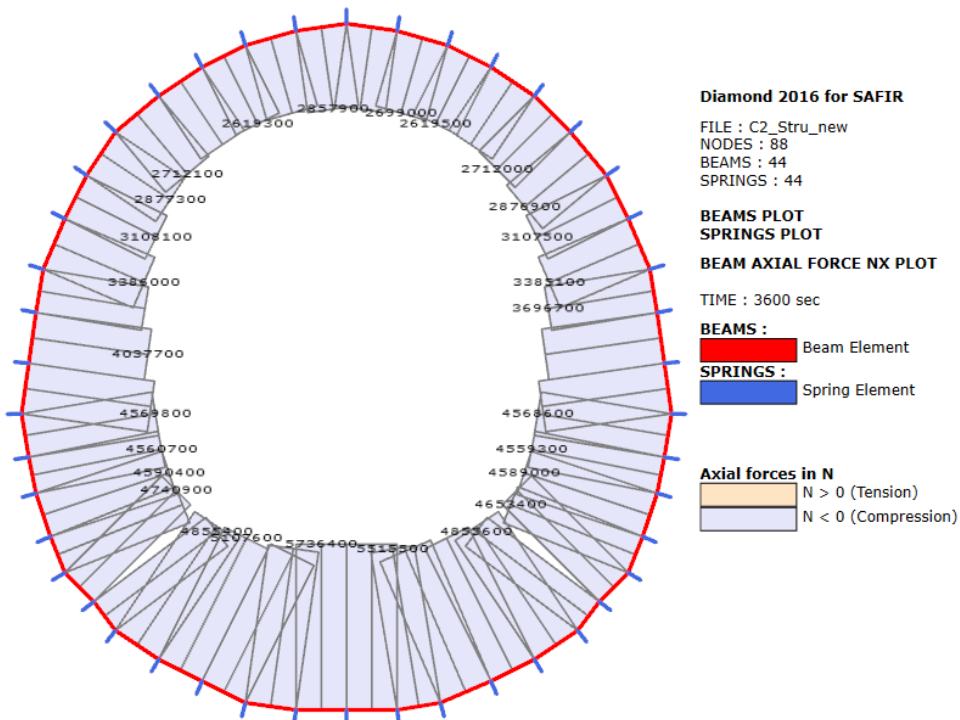


Fig. 142 – Configurazione deformata



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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 337 di 355

Fig. 143 – Sforzo normale agente

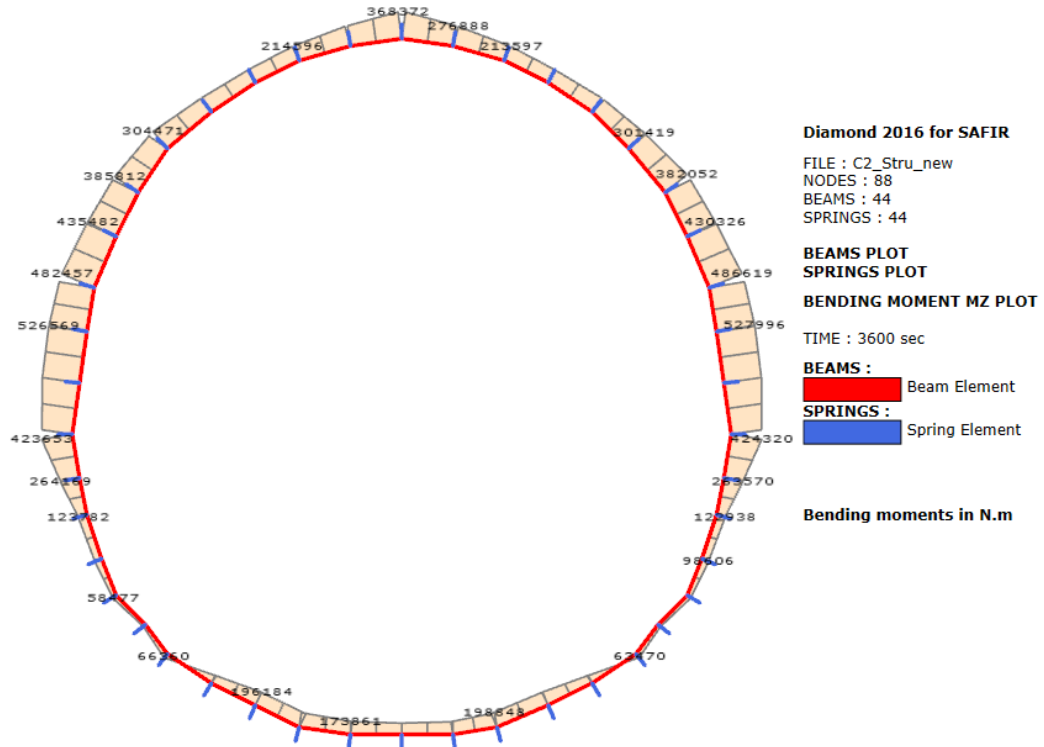
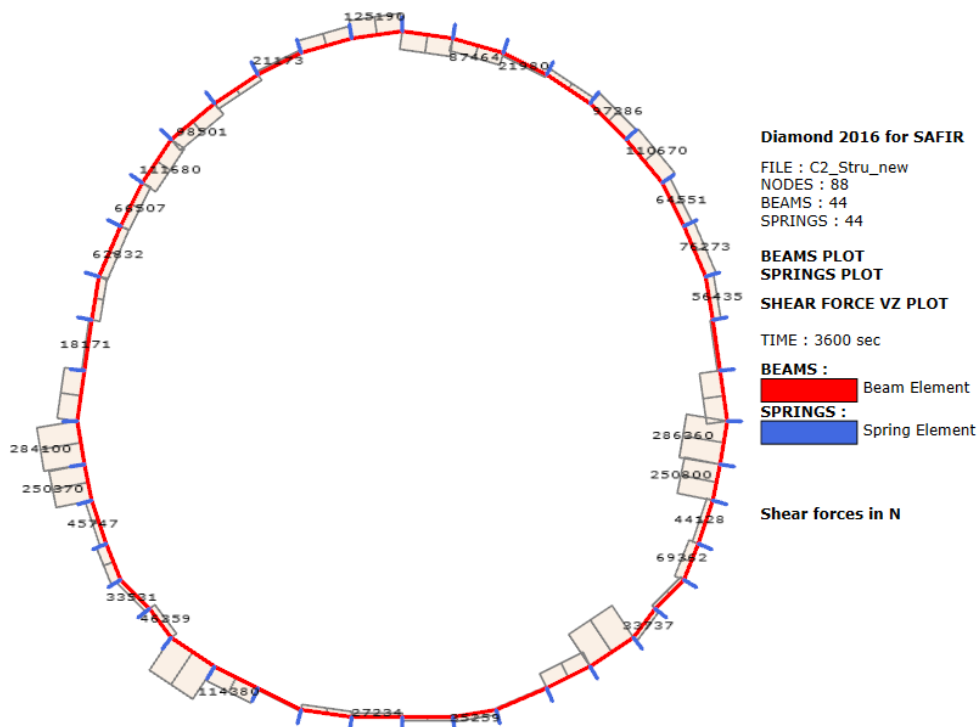


Fig. 144 – Momento flettente



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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 338 di 355

Fig. 145 – Sforzo di taglio

Risultati al tempo t = 90 min

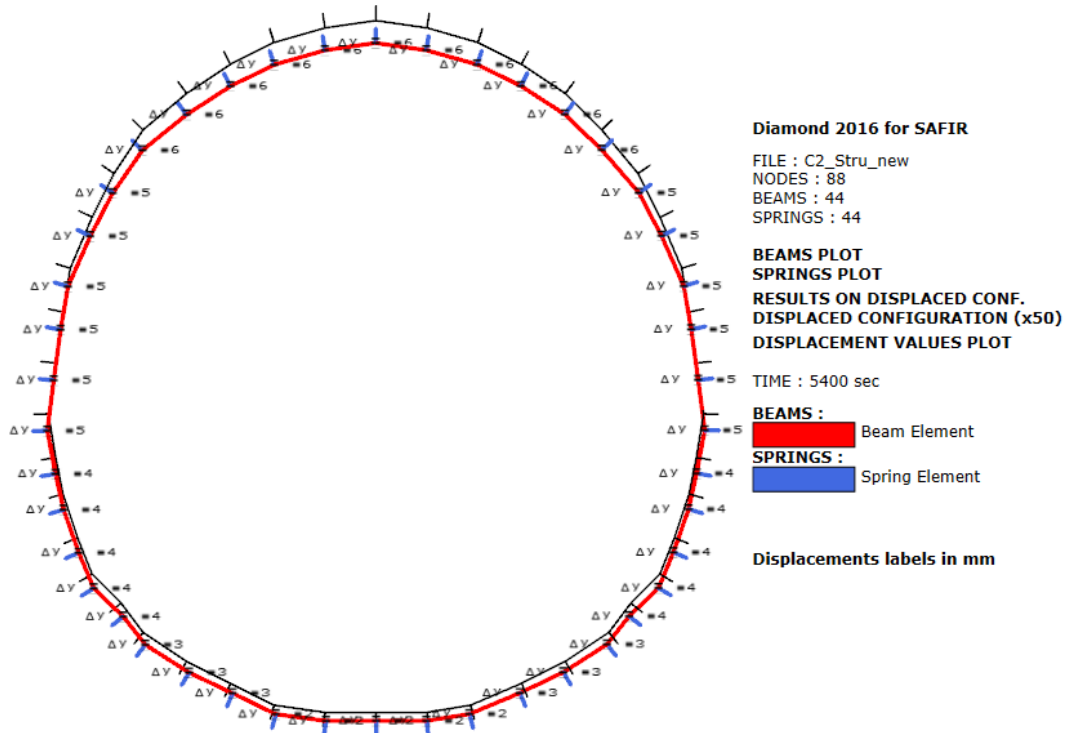


Fig. 146 – Configurazione deformata

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 339 di 355

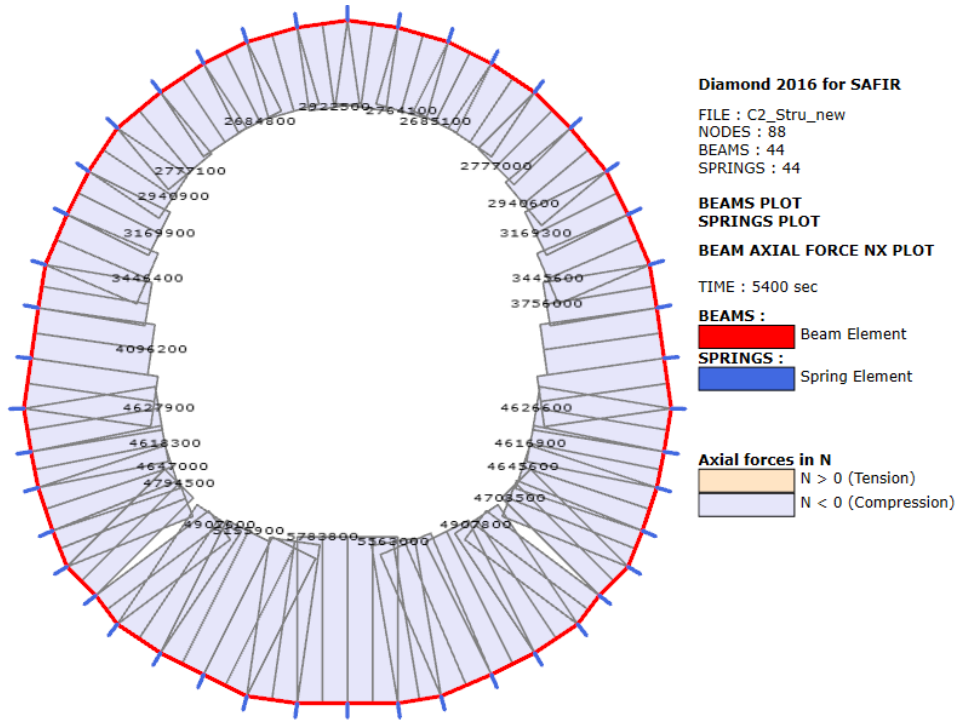


Fig. 147 – Sforzo normale agente

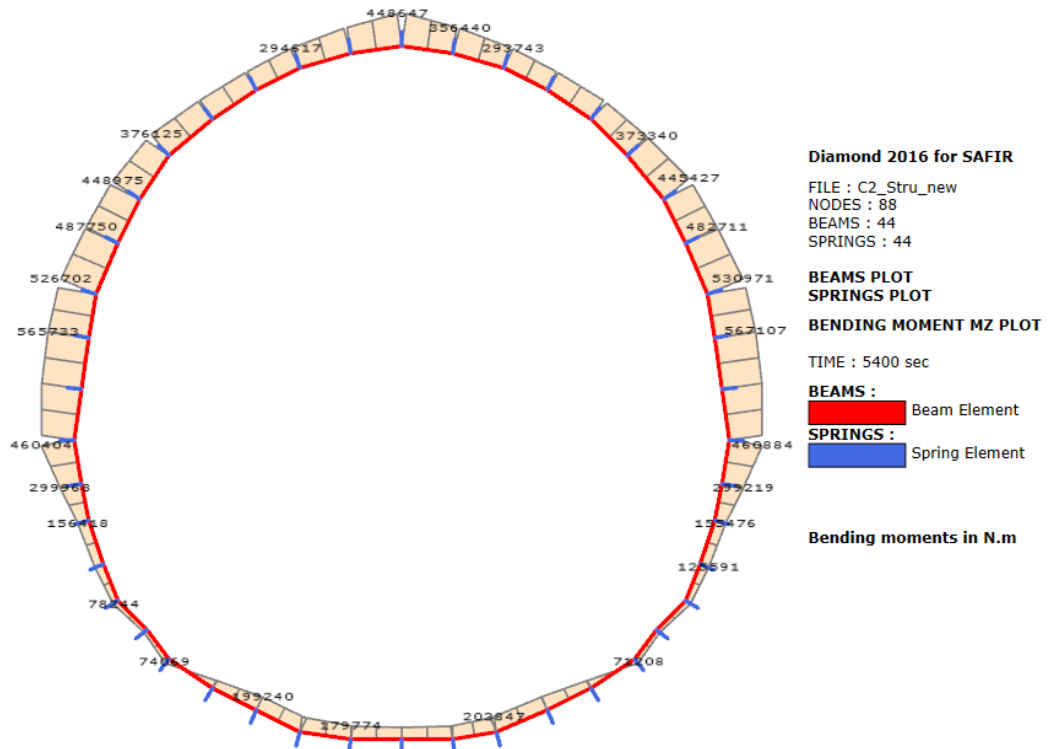


Fig. 148 – Momento flettente

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 340 di 355

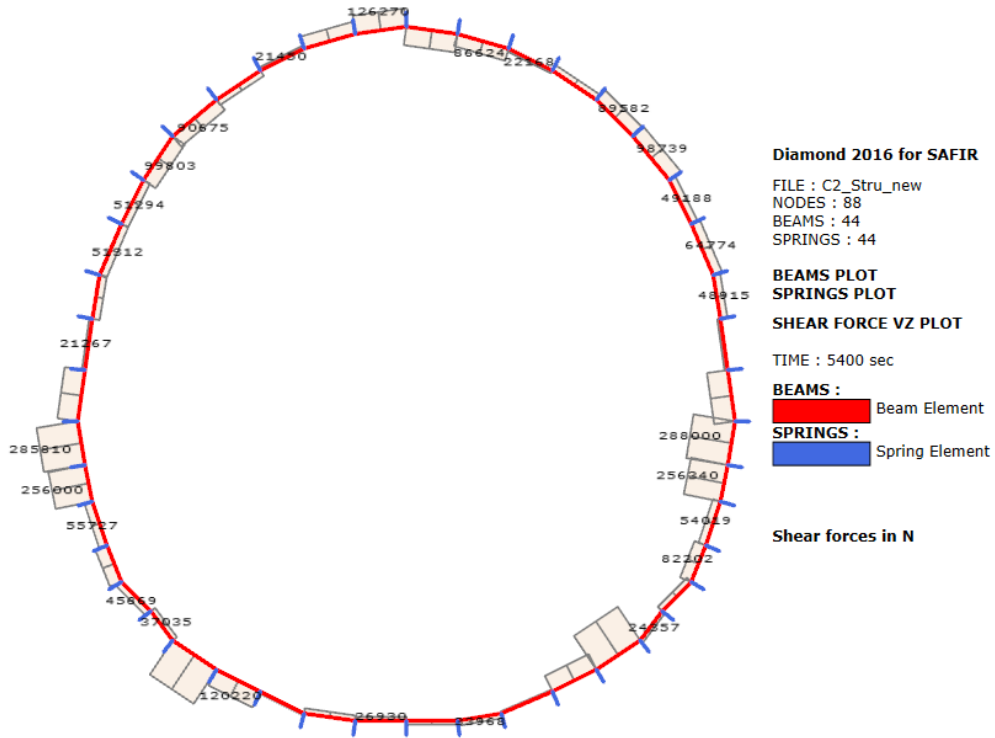
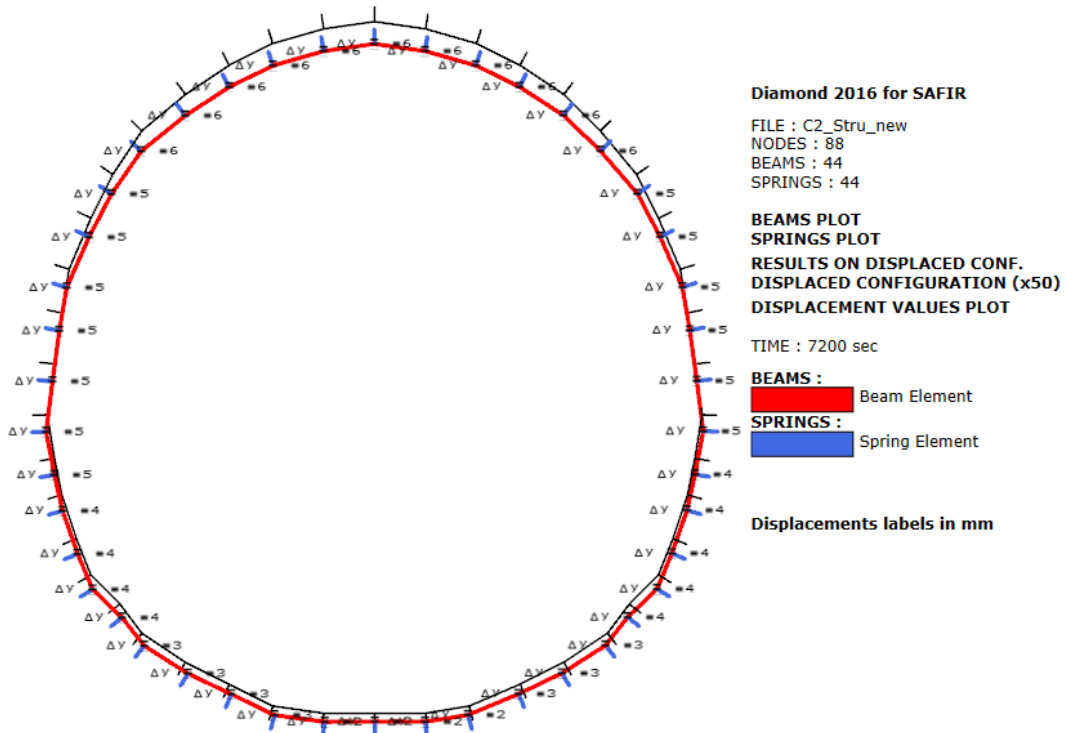


Fig. 149 – Sforzo di taglio

Risultati al tempo t = 120 min



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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 341 di 355

Fig. 150 – Configurazione deformata

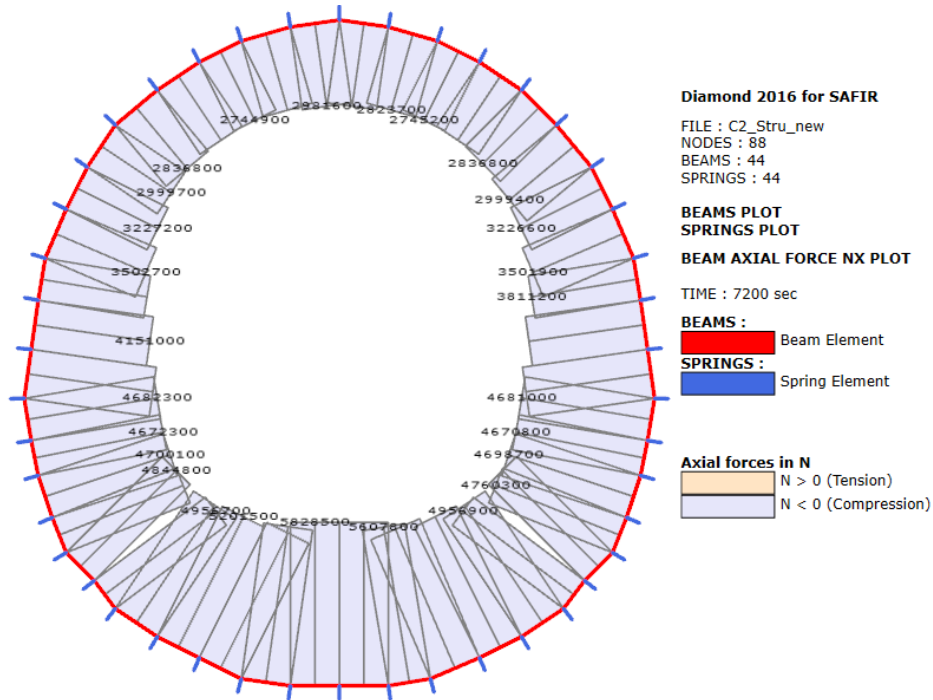
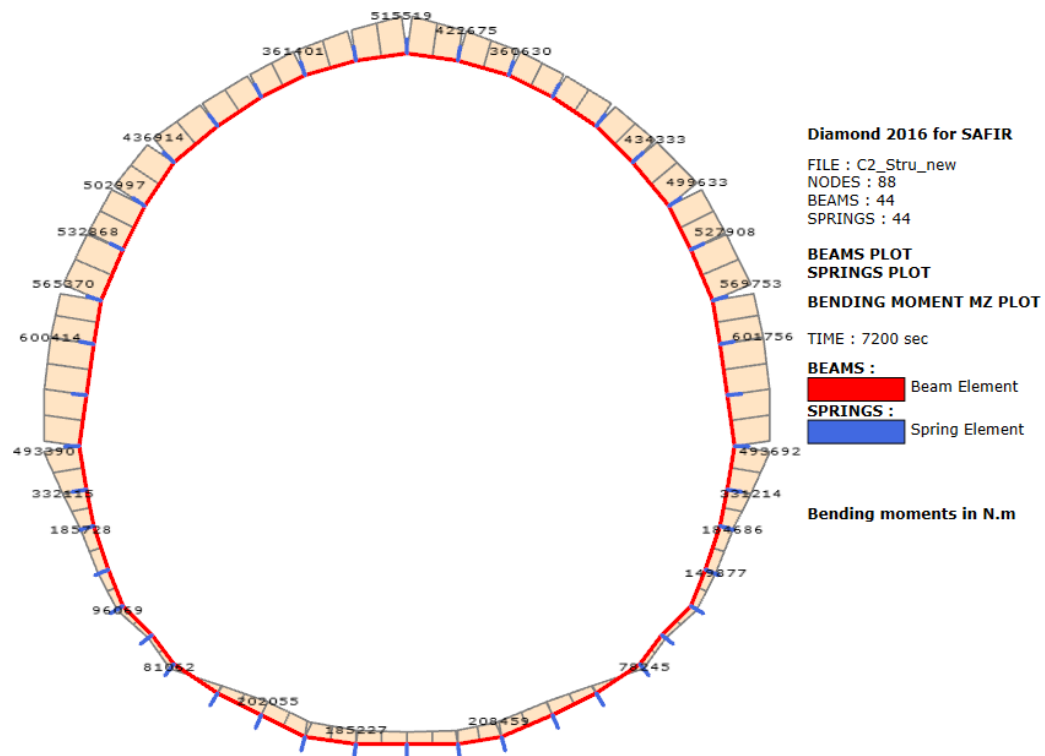


Fig. 151 – Sforzo normale agente



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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 342 di 355

Fig. 152 – Momento flettente

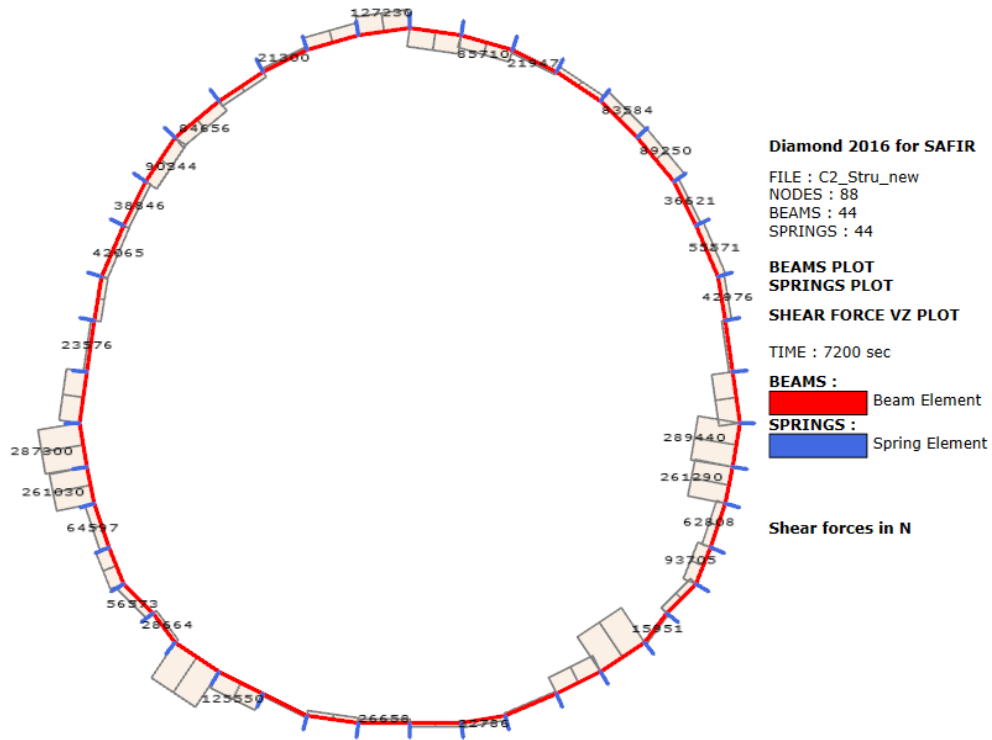


Fig. 153 – Sforzo di taglio

VERIFICA IN PRESENZA DI SPALLING

- Calotta

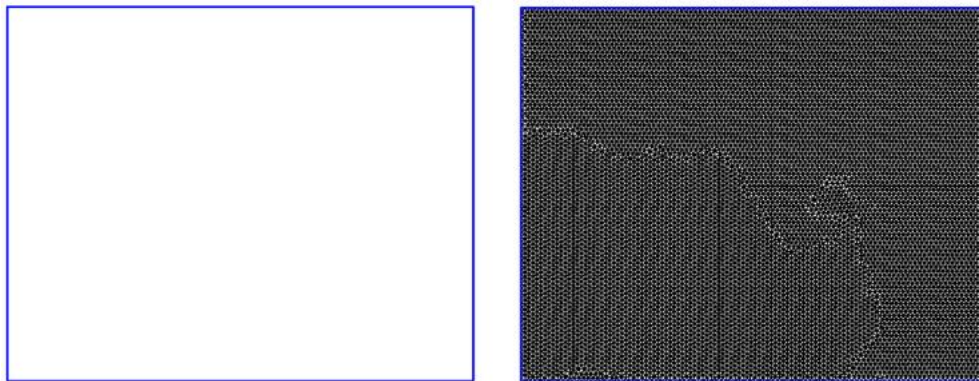


Fig. 154 – Modello geometrico (sx) – Mesh di calcolo (dx)

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 343 di 355

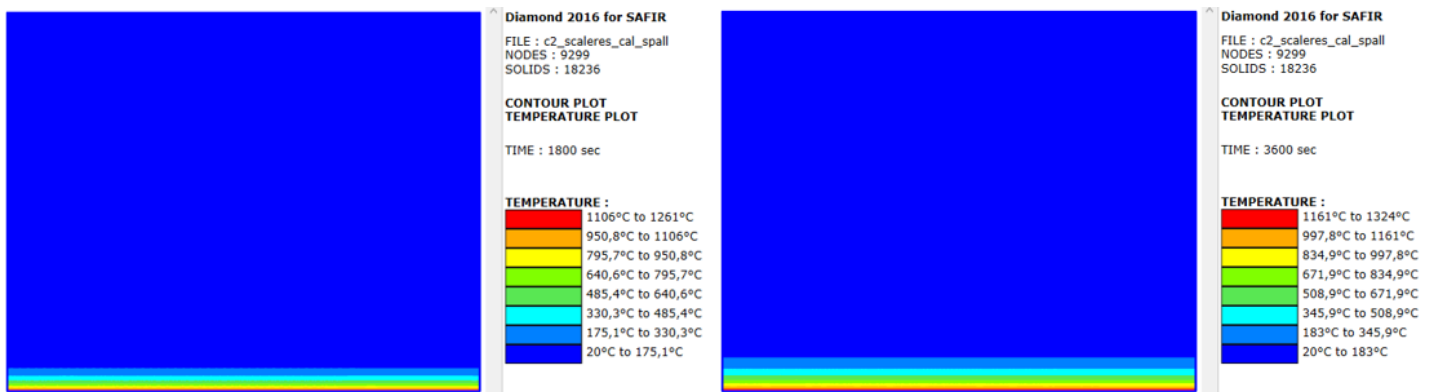


Fig. 155 – Contour temperature 1800 s (sx) - Contour temperature 3600 s (dx)

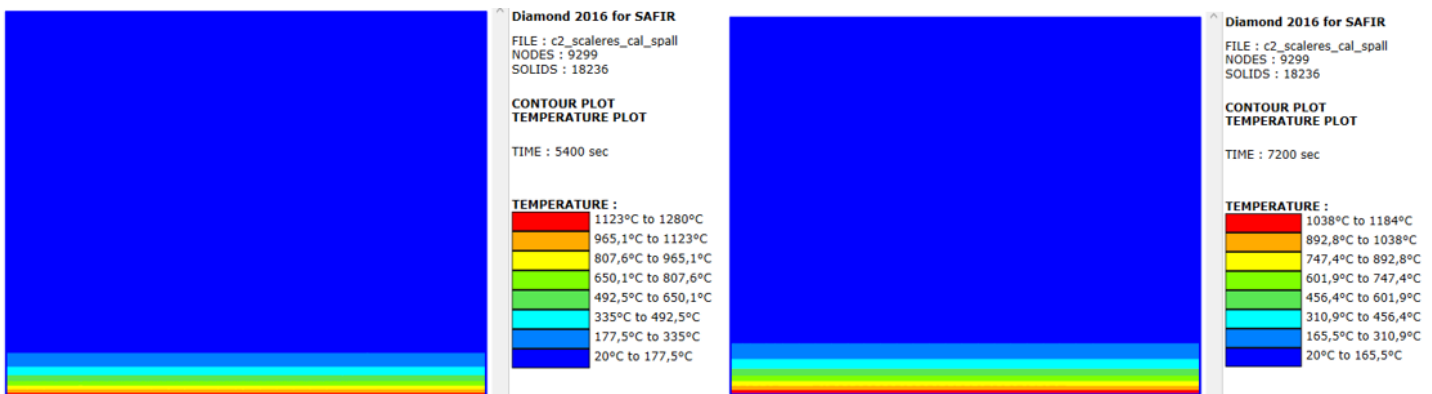


Fig. 156 – Contour temperature 5400 s (sx) - Contour temperature 7200 s (dx)

RISULTATI DELL'ANALISI MECCANICA CON SPALLING

Risultati al tempo t = 30 min

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			
GALLERIE	Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C 344 di 355

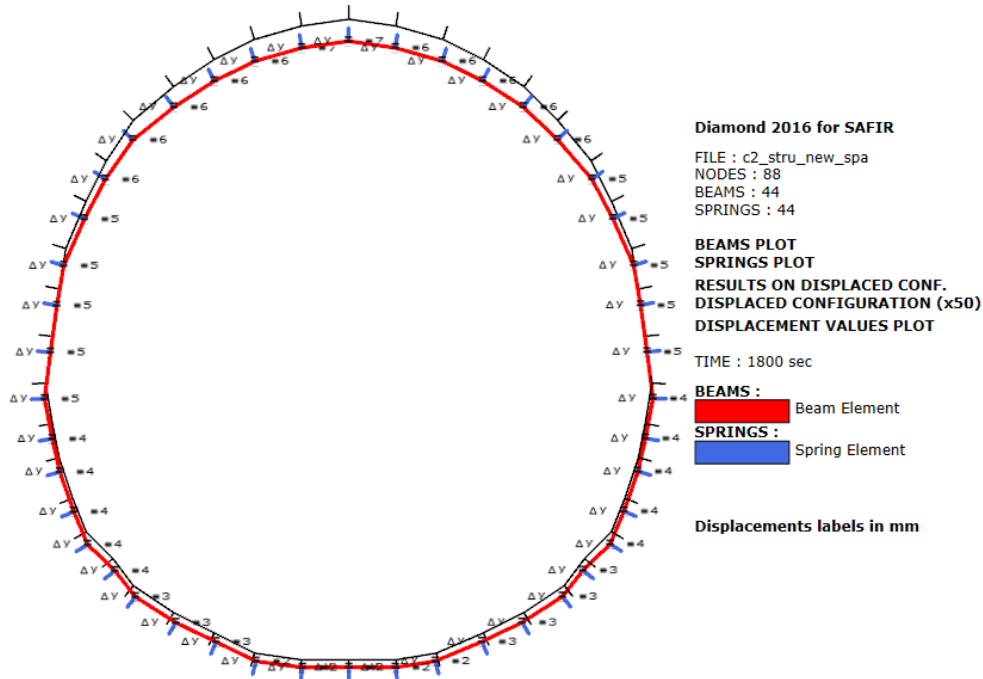


Fig. 157 – Configurazione deformata

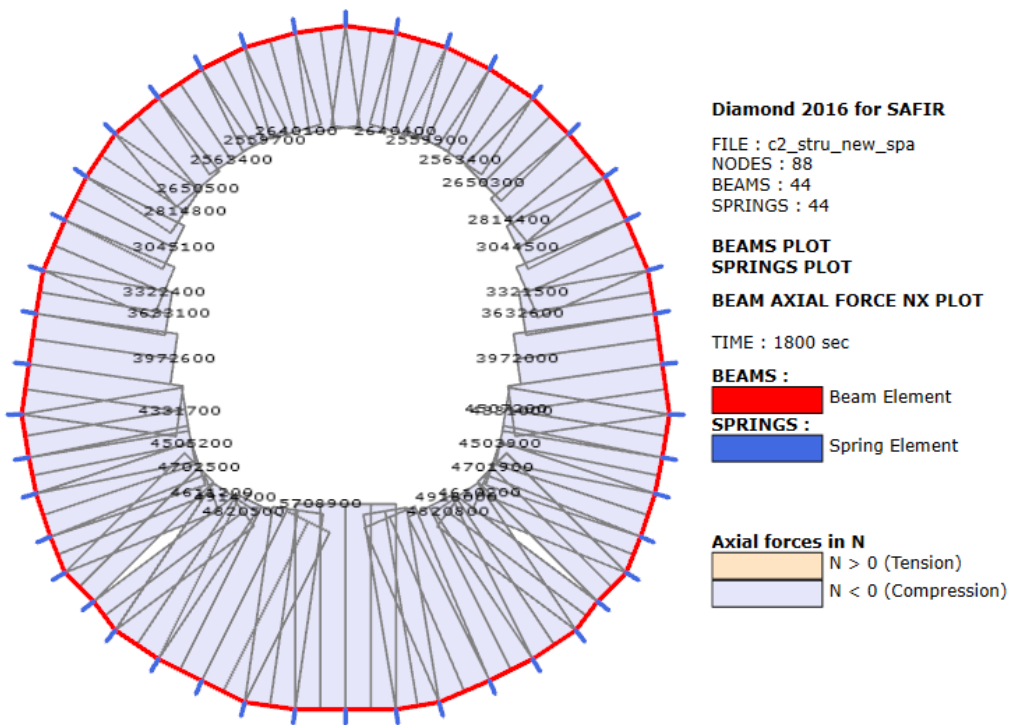


Fig. 158 – Sforzo normale agente

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 345 di 355

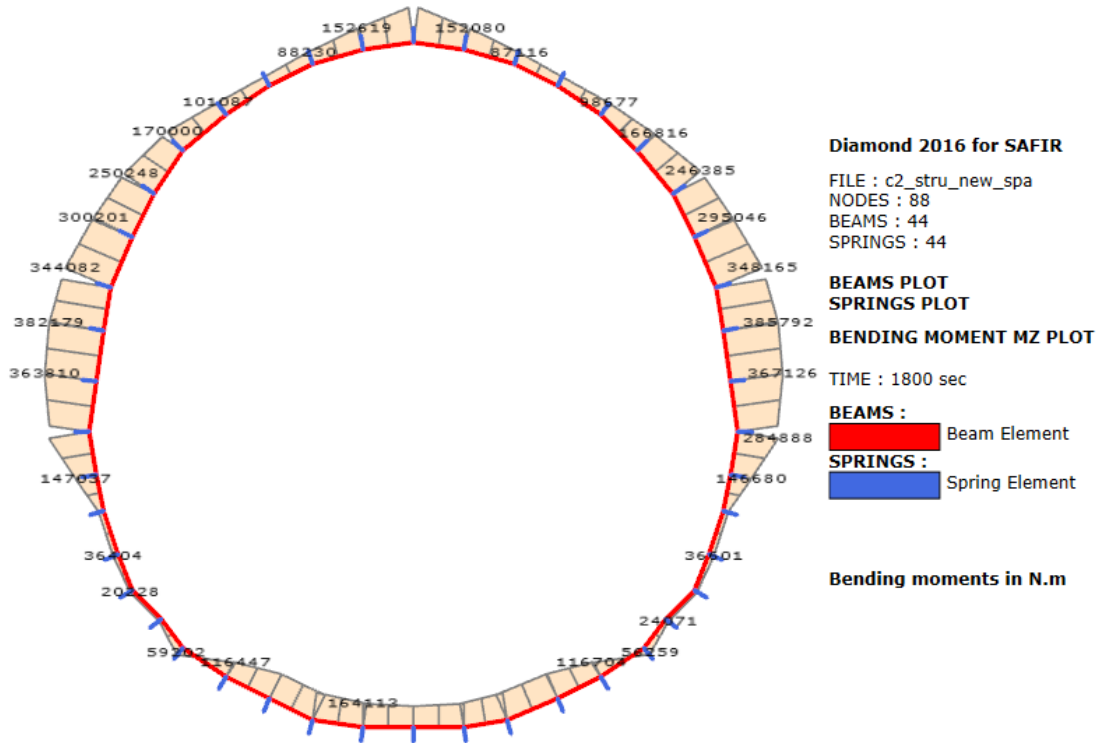


Fig. 159 – Momento flettente

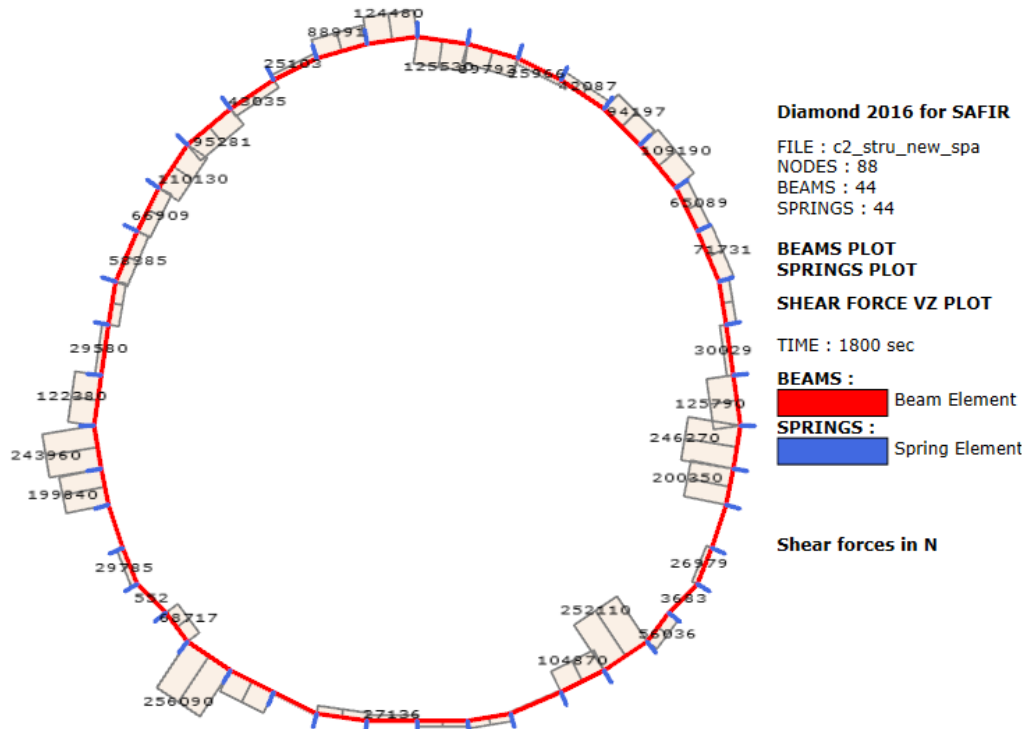


Fig. 160 – Sforzo di taglio

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 346 di 355

Risultati al tempo t = 60 min

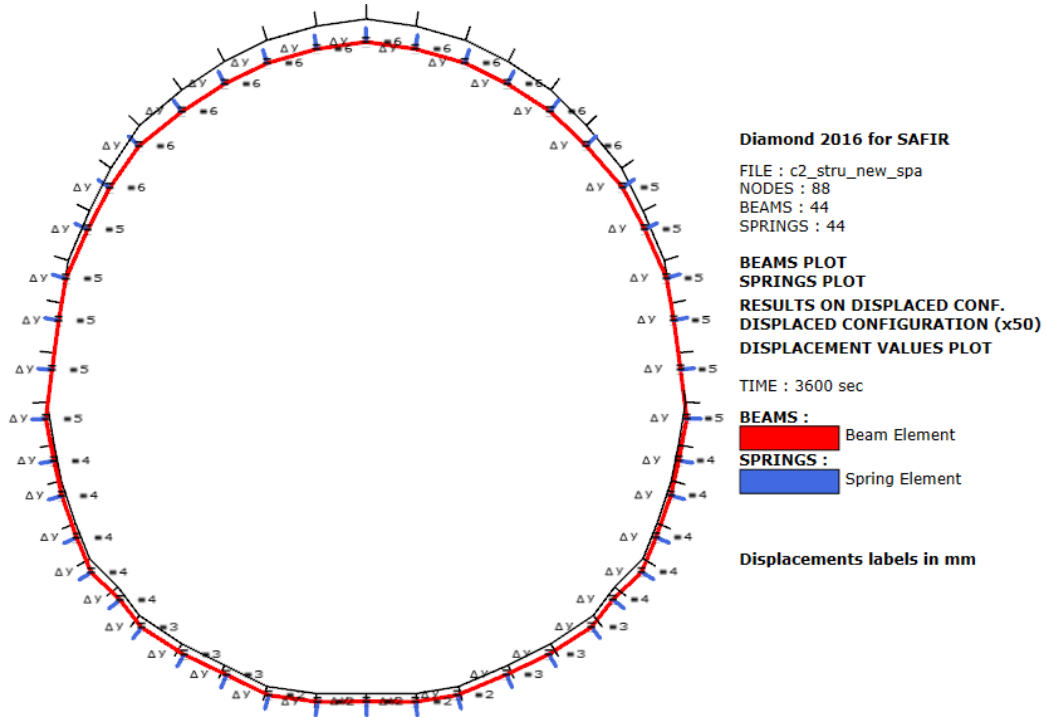


Fig. 161 – Configurazione deformata

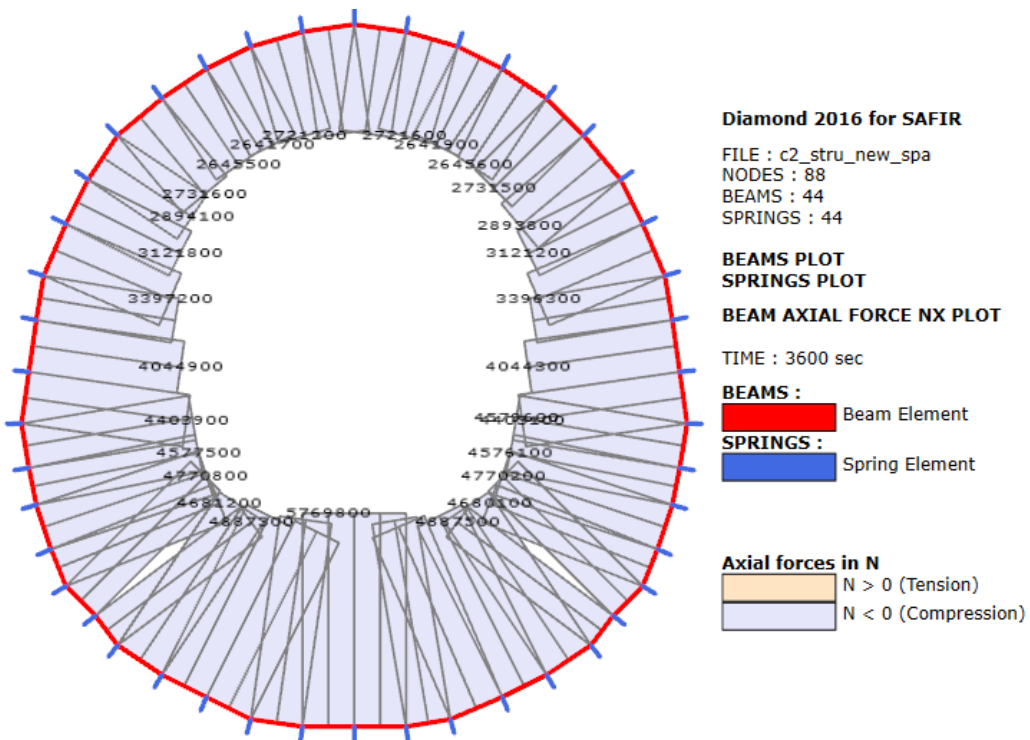


Fig. 162 – Sforzo normale agente

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 347 di 355

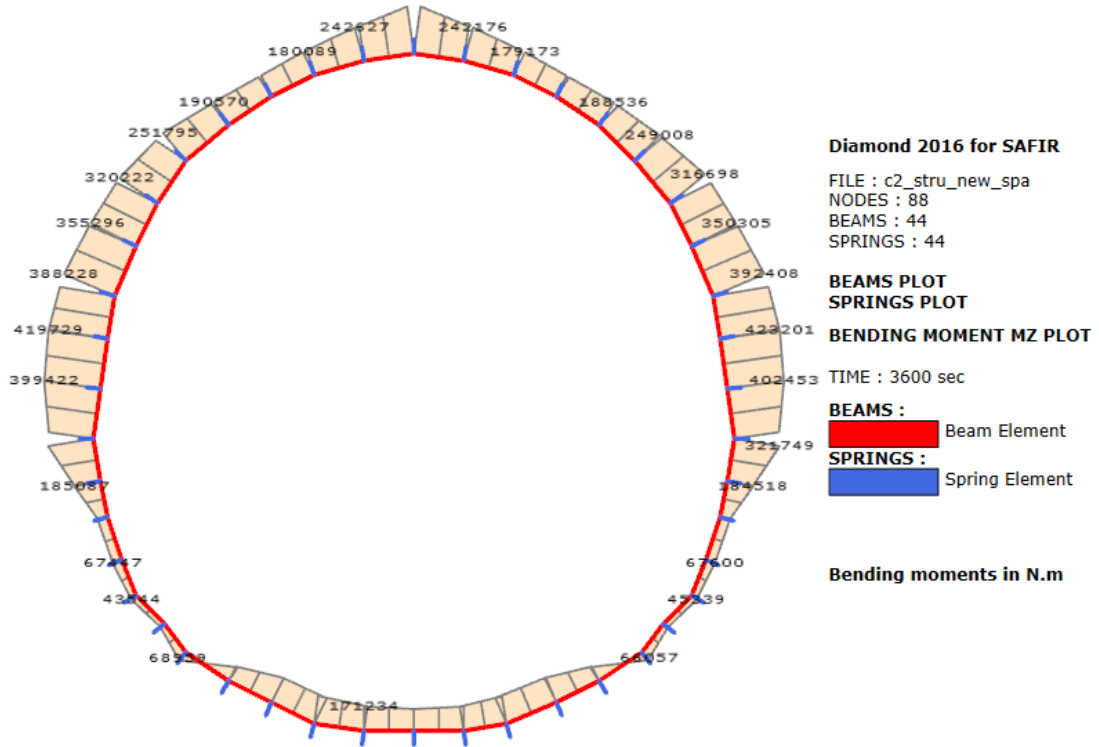


Fig. 163 – Momento flettente

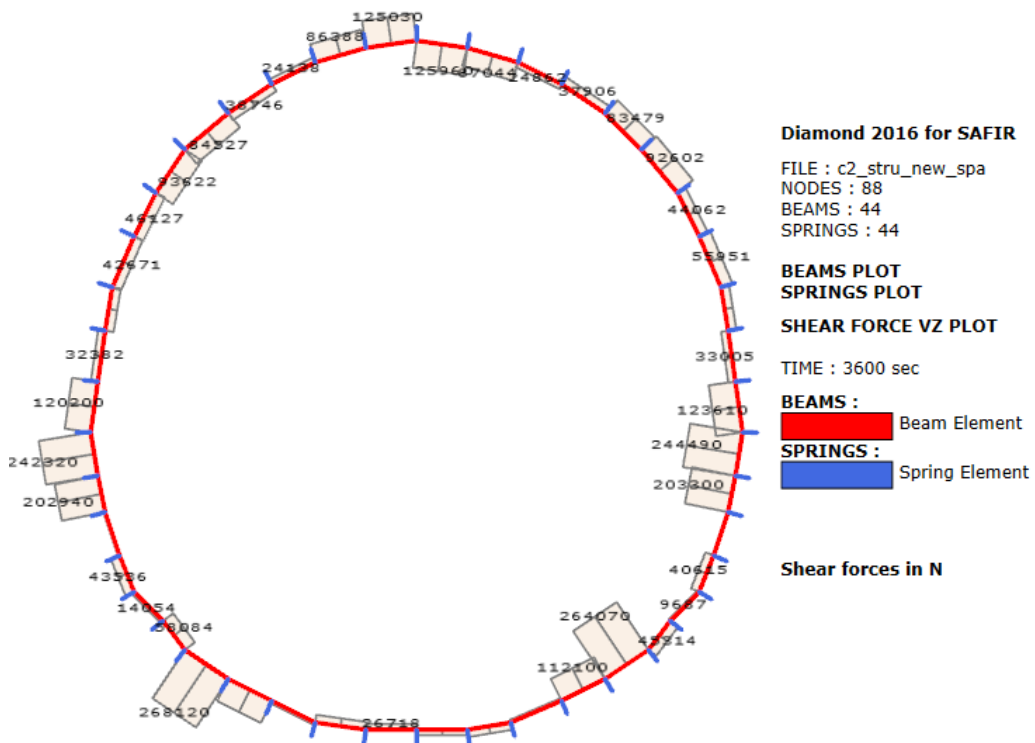


Fig. 164 – Sforzo di taglio

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 348 di 355

Risultati al tempo t = 90 min

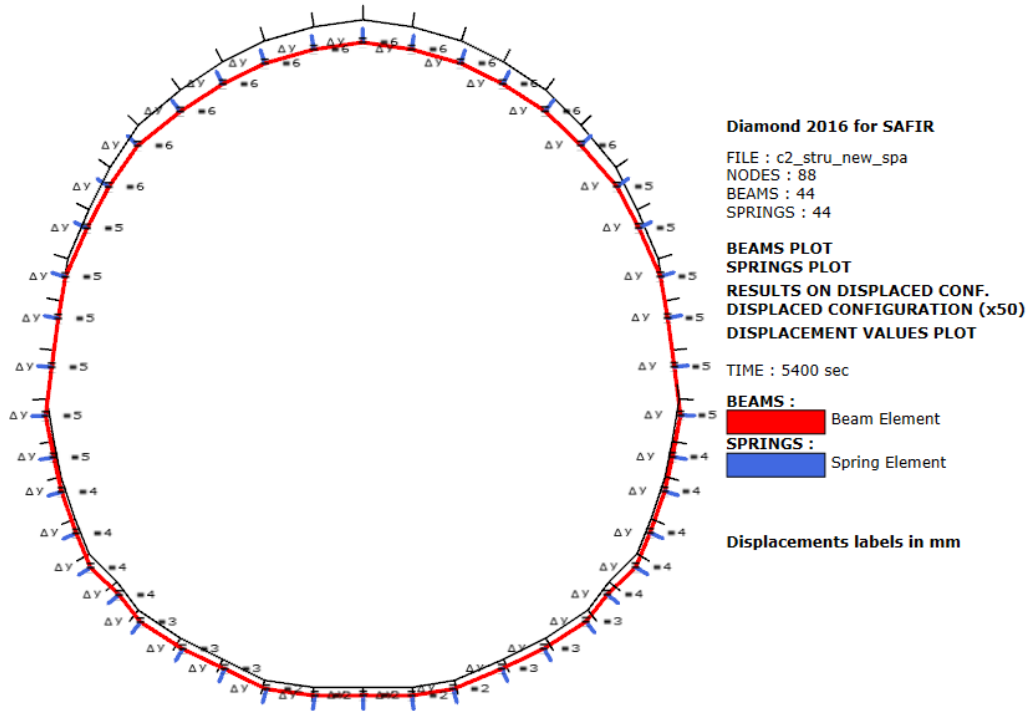


Fig. 165 – Configurazione deformata

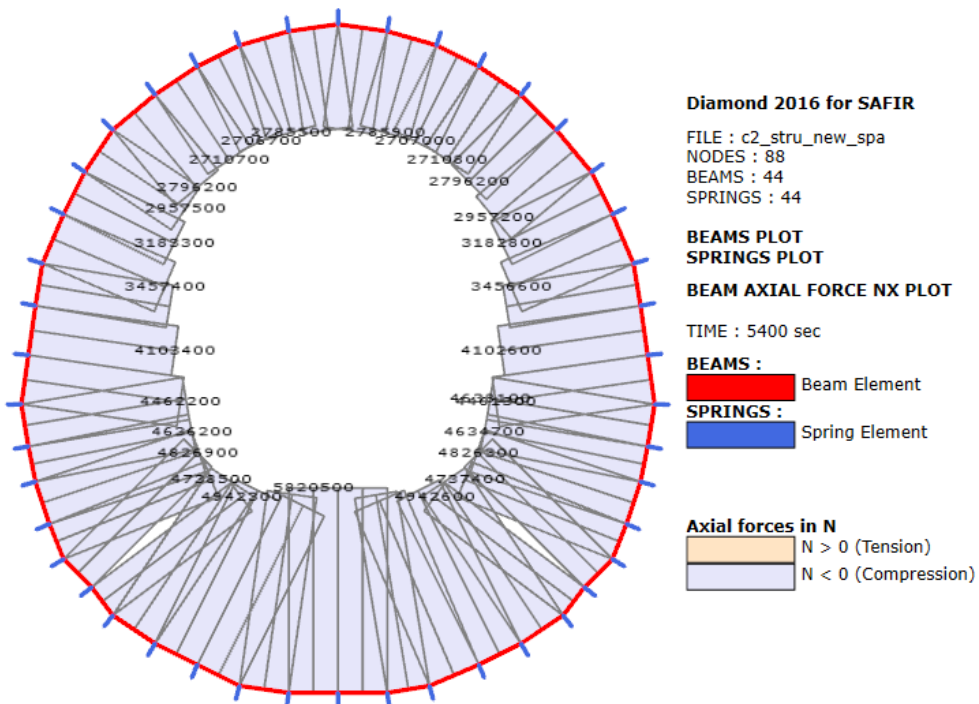


Fig. 166 – Sforzo normale agente

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			
GALLERIE	Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C 349 di 355

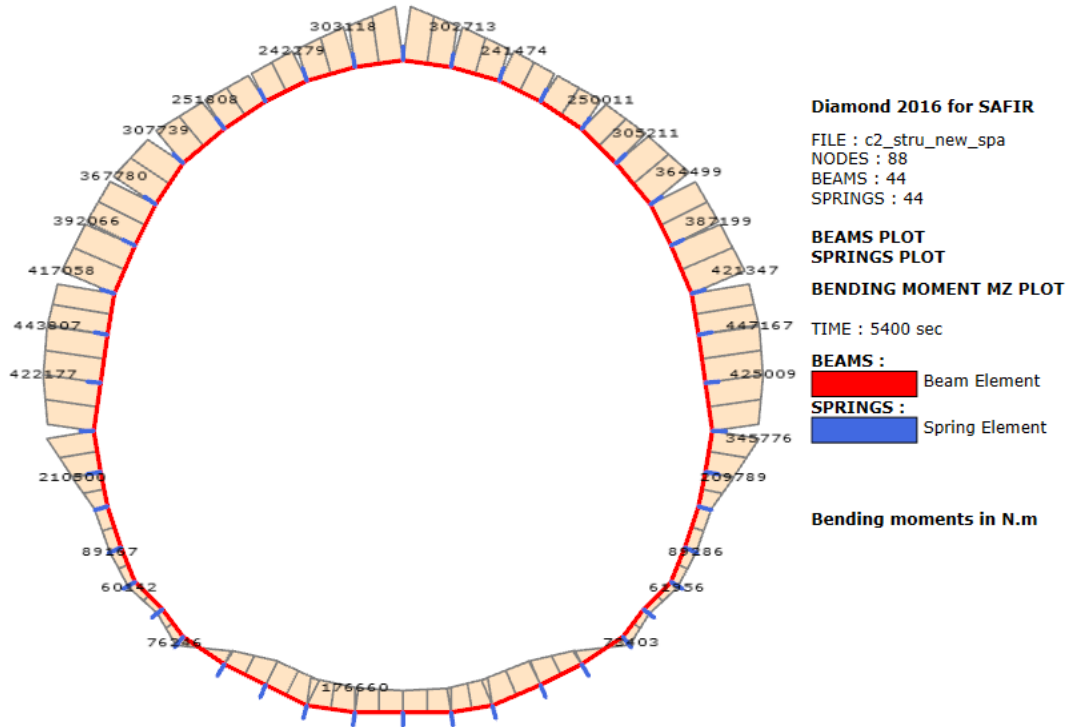


Fig. 167 – Momento flettente

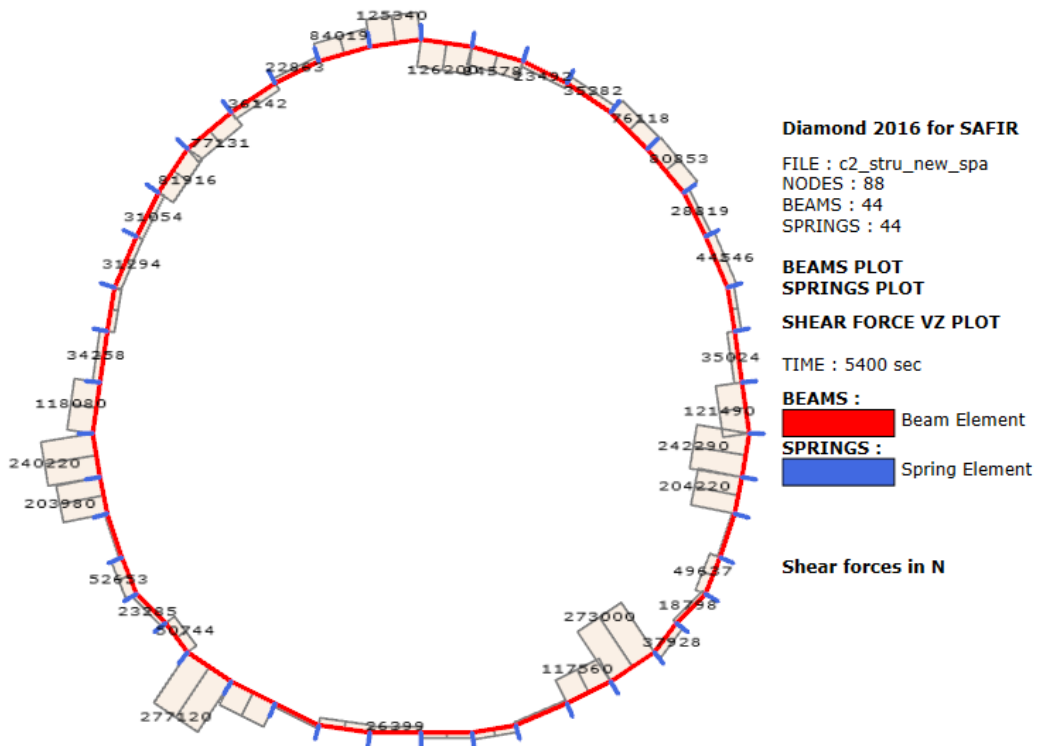


Fig. 168 – Sforzo di taglio

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 350 di 355

Risultati al tempo t = 120 min

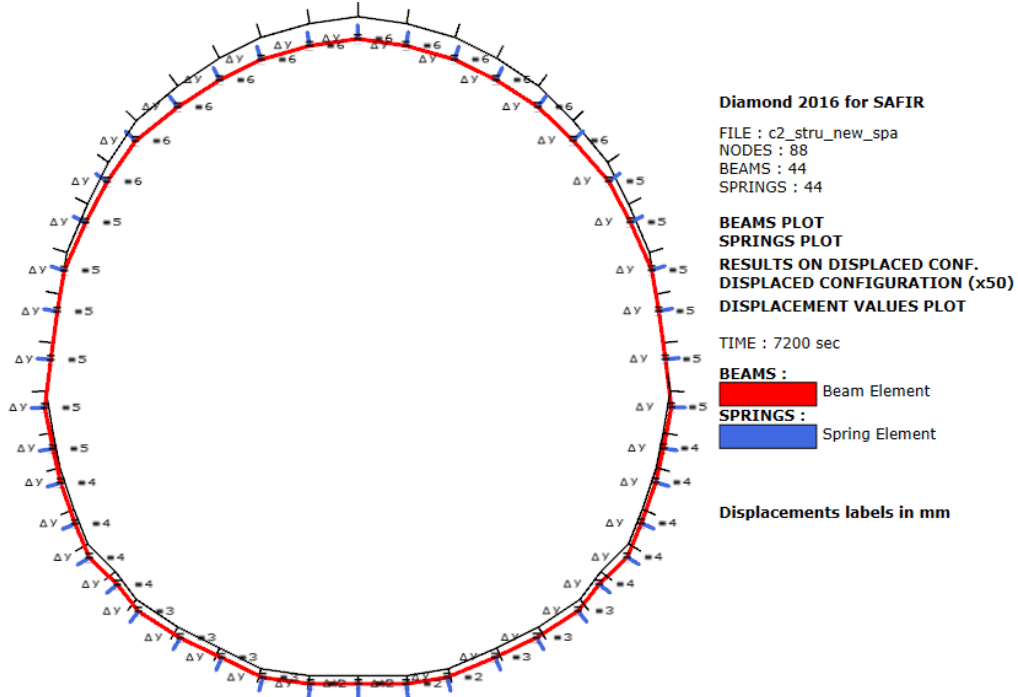


Fig. 169 – Configurazione deformata

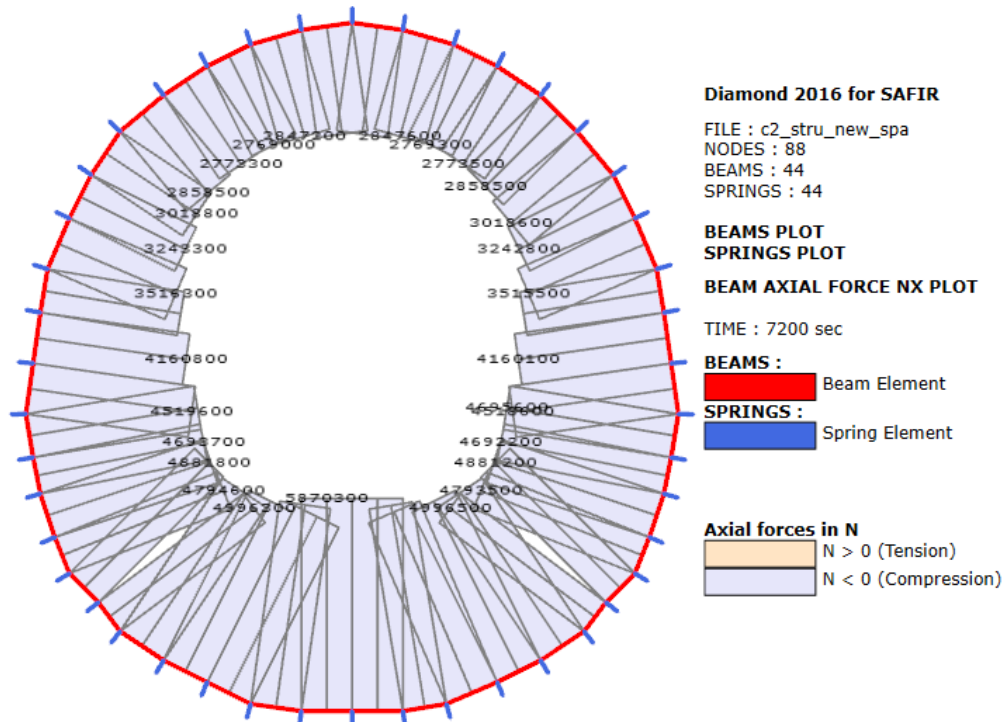


Fig. 170 – Sforzo normale agente

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>1AEZZ</td> <td>RH</td> <td>GN0000001</td> <td>C</td> <td>352 di 355</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	352 di 355													

10.4 SINTESI DEI RISULTATI ANALISI INCENDIO

Dai risultati delle analisi è possibile constatare come la struttura sia sempre in grado di resistere alle sollecitazioni e al degrado delle caratteristiche meccaniche generate da una curva d'incendio di tipo RWS per un tempo superiore alle 2 ore. In questo lasso di tempo la struttura infatti è sempre in grado trovare nuove configurazioni equilibrate che garantiscono la sicurezza strutturale della galleria.

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.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST			
	M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	353 di 355

11. FASE DI VERIFICA E MESSA A PUNTO DEL PROGETTO

Nella fase realizzativa dovrà essere posto in opera un adeguato programma di monitoraggio che consenta di:

- confermare le sezioni tipo previste per le tratte omogenee, come da profilo geotecnico, secondo i criteri di applicazione definiti in progetto;
- definire le variazioni degli interventi da effettuarsi nell'ambito delle variabilità previste in progetto sulla base di quanto riscontrato in fase di scavo;
- definire il passaggio tra una sezione tipo e un'altra presente nel progetto all'interno delle tratte omogenee.

I dati di monitoraggio dovranno essere inseriti in una piattaforma Web-GIS, in modo tale da garantire l'esame tempestivo e continuativo dei dati rilevati e la trasmissione sistematica dei dati e delle elaborazioni, avendo precedentemente definito ed assegnato le responsabilità per la lettura, l'elaborazione e l'interpretazione dei dati di monitoraggio, nonché per la loro distribuzione.

Le grandezze individuate come rappresentative dovranno essere rilevate e controllate con un sistema di misura che abbia un grado di precisione compatibile con i valori attesi per le grandezze sopra dette.

Gli strumenti di misura utilizzati dovranno permettere di garantire la precisione e l'affidabilità delle letture in modo da non essere influenzati in modo significativo da cambiamenti di temperatura, umidità, corrente elettrica e vibrazioni indotte.

Si rimanda al rapporto [44] per maggiori dettagli inerenti il sistema di monitoraggio.

Per quanto riguarda i criteri generali di applicazione delle sezioni tipo si rimanda al rapporto [43].

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			
GALLERIE Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. C	FOGLIO. 354 di 355

12. CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono state affrontate le problematiche progettuali connesse con la realizzazione della galleria di linea Scaleres nelle tratte scavate con metodo tradizionale.

Il presente documento propone una serie di ottimizzazioni alle sezioni tipo previste nel progetto definitivo sulla base, oltre delle verifiche eseguite, anche delle seguenti considerazioni descritte nel dettaglio nel documento [45]:

- Approfondimenti sulle condizioni geologico-geotecniche e geomeccaniche e sui relativi scenari di rischio potenziali.
- Ritorno di esperienza derivante da altri progetti analoghi, in particolare BBT Sottoattraversamento Isarco e Mules 2-3 per i quali l'Appaltatore può vantare in modo completo a livello di progetto ed esecuzione.

Per le situazioni ritenute più critiche e rappresentative sono state condotte le verifiche statiche, mediante analisi agli elementi finiti e di stabilità dei blocchi. Le valutazioni condotte hanno confermato la validità delle soluzioni progettuali proposte, sia per quanto riguarda i pre-rivestimenti che i rivestimenti definitivi rispettando la Normativa di riferimento [1]-[2].

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					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Galleria Scaleres - Relazione di calcolo	IBOU	1AEZZ	RH	GN0000001	C	355 di 355

13. ALLEGATI

Al fine di limitare la dimensione del file, gli allegati di seguito elencati non sono stati assemblati nel presente pdf, ma sono disponibili nello zip consegnato su PDM.

- 13.1 ALLEGATO 1 – ANALISI A BLOCCHI SEZIONE A0L
- 13.2 ALLEGATO 2 – ANALISI A BLOCCHI SEZIONE A0BIS
- 13.3 ALLEGATO 3 – ANALISI A BLOCCHI SEZIONE A1L
- 13.4 ALLEGATO 4 – VERIFICA RIVESTIMENTO DEFINITIVO SEZIONE A0L CON CARICO BLOCCHI
- 13.5 ALLEGATO 5 – TABELLE RIEPILOGATIVE VERIFICHE SLU RIVESTIMENTO DEFINITIVO
- 13.6 ALLEGATO 6 – TABELLE RIEPILOGATIVE VERIFICHE SLU RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE