

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



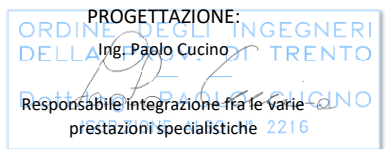
MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA

PROGETTAZIONE:

Ing. Paolo Cucino



Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche 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

M-FINESTRA FUNES E GALLERIA DI SFOLLAMENTO

-

Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo

APPALTATORE	COMMITTENTE	SCALA:
IL DIRETTORE TECNICO Ing. Pietro Gianvecchio	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	C L	G N O 6 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	
B	Emissione per indicazioni committenza	B. Fiorentino	01/12/2022	P. Fontana	02/12/2022	D. Buttafoco	05/12/2022	
C	Emissione a seguito di istruttoria e interlocuzioni	L. Di Vittorio	25/02/2023	P. Fontana	26/02/2023	D. Buttafoco	27/02/2023	

File: IB0U1BEZZCLGN0600001C.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:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	2 di 253

SOMMARIO

1. PREMESSA	5
2. SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO	6
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
4. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	8
4.1 DOCUMENTI REFERENZIATI	8
4.2 DOCUMENTI CORRELATI	8
5. DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO	9
6. DESCRIZIONE DELL'OPERA	11
6.1 IL TRACCIATO E LE OPERE IN SOTTERRANEO	11
7. FASE CONOSCITIVA	14
7.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	14
7.2 INDAGINI GEOTECNICHE	15
7.2.1 Indagini geotecniche e prove in sito	16
7.2.2 Indagini Geofisiche	18
7.3 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA.....	19
7.3.1 Caratterizzazione geotecnica dei terreni	19
7.3.2 Caratterizzazione geotecnica degli ammassi rocciosi	26
7.3.3 Definizione degli intervalli dei parametri geotecnici delle unità interessate dalle opere	35
7.3.4 Il regime idraulico.....	36
7.3.5 Lo stato tensionale in sito	38
8. FASE DI DIAGNOSI	39
8.1 CLASSI DI COMPORTAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO.....	39
8.2 DETERMINAZIONE DELLE CATEGORIE DI COMPORTAMENTO	41
8.2.1 Analisi con il metodo delle linee caratteristiche	41
9. FASE DI TERAPIA	51
9.1 DEFINIZIONE DELLE SEZIONI TIPO	51
9.1.1 Sezione A1*	51
9.1.2 Sezione B1	52
9.1.3 Sezione B1L	53

APPALTAZIONE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	3 di 253

9.1.4	Tronchino di innesto alla camera di manovra.....	54
9.1.5	Sezione della camera di manovra	55
9.1.6	Sezione della galleria di sfollamento – Tipo A1.....	56
9.1.7	Sezione della galleria di sfollamento – Tipo B1.....	57
9.1.8	Sezione A2C.....	58
9.1.9	Sezione B1LC – biforcazione finestra TBM e galleria di linea BP	62
9.2	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI.....	66
9.3	ANALISI E VERIFICA DELLE SEZIONI TIPO.....	69
9.3.1	Criteri di verifica	69
9.3.2	Definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici utilizzati nelle analisi.....	73
9.3.3	Modelli numerici per analisi tensio-deformative agli elementi finiti.....	73
9.3.4	Ipotesi di calcolo.....	75
9.3.5	Sezione A1*	77
9.3.6	Sezione B1	87
9.3.7	Sezione B1L	96
9.3.8	Sezione Tronchino di innesto	105
9.3.9	Sezione Camerone.....	116
9.3.10	Sezione della galleria di sfollamento – Tipo A1.....	126
9.3.11	Sezione della galleria di sfollamento – Tipo B1.....	136
9.3.12	Sezione A2C.....	147
9.3.13	Sezione B1LC – biforcazione finestra TBM e galleria di linea BP	159
9.4	CRITERI ADOTTATI NELLE VERIFICHE STRUTTURALI.....	162
9.4.1	Verifiche dei rivestimenti di prima fase	162
9.4.2	Verifiche dei rivestimenti definitivi	163
9.5	VERIFICA DELLE SEZIONI.....	167
9.5.1	Sezione A1*	167
9.5.2	Sezione B1	175
9.5.3	Sezione B1L	183
9.5.4	Sezione Tronchino di innesto	191
9.5.5	Sezione Camerone.....	206
9.5.6	Sezione della galleria di sfollamento – Tipo A1.....	213

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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	4 di 253

9.5.7 Sezione della galleria di sfollamento – Tipo B1.....	228
9.5.8 Sezione A2C.....	243
10. FASE DI VERIFICA E MESSA A PUNTO DEL PROGETTO.....	252
11. CONCLUSIONI.....	252
12. ALLEGATI.....	253
12.1 REPORT PLAXIS DELLE SEZIONI DI CALCOLO	253
12.2 ALLEGATO VERIFICHE RIVESTIMENTO PROVVISORIO E RIVESTIMENTO DEFINITIVO	253

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 5 di 253

1. PREMESSA

La finestra di Funes è costituita da un ramo principale realizzato in scavo meccanizzato ed un ramo secondario realizzato in scavo tradizionale. Il ramo secondario della finestra di Funes si innesta alla progressiva chilometrica 16+155.475 (BP) della Galleria Gardena ed ha uno sviluppo di 97.23 m più 55.20 m di biforcazione della finestra tra la TBM e lo scavo in tradizionale.

Oggetto della presente relazione sono lo studio delle problematiche progettuali, il dimensionamento e la verifica degli interventi necessari alla realizzazione della realizzazione della camera di manovra di Funes e del relativo innesto con la galleria di linea; del ramo secondario dell'omonima Finestra (*GN06A*), comprensivo di biforcazione della finestra tra TBM e tratta in tradizionale (*GN06G*); della galleria di sfollamento e della biforcazione della finestra tra TBM e galleria di linea BP (*GN02R*).

Tutte le opere fanno parte del Progetto Esecutivo del lotto 1 della linea tratta Fortezza-Ponte Gardena, sull'itinerario Fortezza – Verona. La galleria e la camera di manovra saranno entrambe scavate a foro cieco.

Le opere in oggetto ricadono entro i limiti comunali di Funes, in provincia di Bolzano.

Per una corretta stima delle sollecitazioni nei rivestimenti, della variazione dello stato tensionale nei consolidamenti e nel terreno al contorno del cavo, le analisi numeriche sono state sviluppate seguendo una procedura di scavo e costruzione graduale per fasi.

Nel seguito, dopo una breve descrizione delle opere e dei criteri di analisi, si riportano i calcoli di dimensionamento della galleria naturale a foro cieco e della camera di manovra sviluppati per l'adeguatezza delle soluzioni progettuali indicate, con particolare riferimento all'analisi dei rivestimenti provvisori e definitivi delle gallerie.

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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	6 di 253

2. SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

Nella presente relazione si affrontano le problematiche progettuali connesse alla realizzazione della galleria naturale e della camera di manovra facenti parte della linea ferroviaria Fortezza – Ponte Gardena – Lotto 1 – Finestra di Funes.

La progettazione delle opere in sotterraneo, condotta secondo il metodo ADECO-RS (Rif. [7]) 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. [3]) 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 §9.3 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 (§10).

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 Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 7 di 253

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Rif. [1] Decreto Ministero delle Infrastrutture e Trasporti 14/01/2008, "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni";
- Rif. [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".

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:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST			
	M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	8 di 253

4. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

4.1 DOCUMENTI REFERENZIATI

- Rif. [3] U.O. Gallerie, documento IBOU1BEZZRGGN0000001 “Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo”;
- Rif. [4] U.O. Gallerie, documento IBOU1BEZZF7GN0600001 “Profilo geotecnico Finestra Funes - tav. 1”;
- Rif. [5] U.O. Gallerie, documento IBOU1BEZZF7GN0600002 “Profilo geotecnico Finestra Funes - tav. 2”;
- Rif. [6] U.O. Gallerie, documento IBOU1AEZZSPGN0000001 “Caratteristiche dei materiali - Note generali - Opere parte A”;
- Rif. [7] U.O. Gallerie, documento IBOU1BEZZSPGN0000001 “Caratteristiche dei materiali - Note generali - Opere parte B”;
- Rif. [8] U.O. Geologia, Gestione Terre e Bonifiche, Elaborati Specialistici.

4.2 DOCUMENTI CORRELATI

- Rif. [9] Lunardi P. (2006). Progetto e costruzione di gallerie: analisi delle deformazioni controllate nelle rocce e nei suoli - ADECO-RS - (Hoepli Ed.);
- Rif. [10] 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;
- Rif. [11] Hoek E., Brown E.T. (1988). The Hoek-Brown failure criterion – a 1988 update. Proc. 15th Canadian Rock Mechanics Symposium, 31-38;
- Rif. [12] 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;
- Rif. [13] Hoek E., Diederichs M. S. (2006). Empirical Estimation of rock mass modulus. Int. J. Rock Mech. & Mining Sciences, 43, 203-215;
- Rif. [14] Hoek E., Brown E.T. (1997). Practical estimates of rock mass strength. Int. J. Rock Mech. & Geomechanics Abstracts, 1165-1186;
- Rif. [15] Iwasaki T., Tatsuoka F., Tokida K., Yasuda S. (1978). A practical method for assessing soil liquefaction potential based on case studies at various sites in Japan. Proc. 2nd Int. Conf. on Microzonation, San Francisco, 885-896;
- Rif. [16] Wang J. N. (1993). Seismic design of tunnels. Parsons Brinckerhoff Quade & Douglas. Inc., NY, Monograph, 7.
- Rif. [17] St John, C. M., and T. F. Zahrah. (1987). Aseismic design of underground structures. Tunnelling and underground space technology 2.2: 165-197.
- Rif. [18] Clough, R. W., & Penzien, J. (1993). Dynamics of Structures McGraw-Hill. Inc Editor.
- Rif. [19] Tamez E. (1984) “Estabilidad de tuneles excavados en suelos” - Mexican Engineering Academy.
- Rif. [20] Steinbrenner W. (1934) Tafeln zur Setzungberechnung. Die Strasse, 1, pp. 121-124.

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.	
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	9 di 253	

Rif. [21] Rollins, K.M.; Evans, M.D.; Diehl, N.B.; Ill, W.D.D. (1998). Shear Modulus and Damping Relationships for Gravels. J. Geotech. Geoenvironmental Eng., 124, 396–405, doi:10.1061/(ASCE)1090-0241(1998)124:5(396).

5. DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO

Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo	IBOU1BEZZRGGN0000001
Profilo geotecnico - ramo principale	IBOU1BEZZFZGN0600001
Profilo geotecnico - ramo secondario	IBOU1BEZZFZGN0600002
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU1BEZZCLGN0600001
Finestra Funes - Relazione monitoraggio	IBOU1BEZZRHGN0600001
Finestra Funes - Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale	IBOU1BEZZRHGN0600003
Planimetria e profilo longitudinale - Ramo Galleria Tradizionale	IBOU1BEZZL9GN0600001
Sezione di intradosso F1 . Sezione tipo A1*. Scavo e consolidamenti	IBOU1BEZZBBGN0600001
Sezione di intradosso F1 . Sezione tipo A1*. Carpenteria e particolari	IBOU1BEZZBBGN0600002
Sezione di intradosso F1 . Sezione tipo A1*. Carpenteria centina	IBOU1BEZZBBGN0600003
Sezione di intradosso F1 . Sezione tipo B1. Scavo e consolidamenti	IBOU1BEZZBBGN0600009
Sezione di intradosso F1 . Sezione tipo B1. Carpenteria e particolari	IBOU1BEZZBBGN0600010
Sezione di intradosso F1 . Sezione tipo B1. Carpenteria centina	IBOU1BEZZBBGN0600011
Innesto CM con galleria di linea in BD - Scavo e consolidamenti 1/2	IBOU1BEZZBBGN0600021
Innesto CM con galleria di linea in BD - Scavo e consolidamenti 2/2	IBOU1BEZZBBGN0600022
Innesto CM con galleria di linea in BD - Carpenteria - Planimetria	IBOU1BEZZBBGN0600023
Innesto CM con galleria di linea in BD - Carpenteria - Sezioni	IBOU1BEZZBBGN0600024
Innesto CM con galleria di linea in BP - Scavo e consolidamenti 1/2	IBOU1BEZZBBGN0600030
Innesto CM con galleria di linea in BP - Scavo e consolidamenti 2/2	IBOU1BEZZBBGN0600031
Innesto CM con galleria di linea in BP - Carpenteria - Planimetria	IBOU1BEZZBBGN0600032
Innesto CM con galleria di linea in BP - Carpenteria - Sezioni	IBOU1BEZZBBGN0600033
Galleria di sfollamento - Pianta e profilo	IBOU1BEZZL9GN0600002
Galleria di sfollamento - Sezione tipo A1 - Scavo e consolidamenti	IBOU1BEZZBBGN0600038
Galleria di sfollamento - Sezione tipo A1 - Carpenteria e particolari	IBOU1BEZZBBGN0600039
Galleria di sfollamento - Sezione tipo A1 - Carpenteria centina	IBOU1BEZZBBGN0600040
Camera di Manovra - Scavo e consolidamenti	IBOU1BEZZBBGN0600042
Camera di Manovra - Carpenteria e particolari	IBOU1BEZZBBGN0600043
Camera di Manovra - Carpenteria centina	IBOU1BEZZBBGN0600044
Innesto galleria di sfollamento su camerone e su bypass - Carpenteria e particolari	IBOU1BEZZBBGN0600051
Sezione di intradosso F1 . Sezione tipo B1L. Scavo e consolidamenti	IBOU1BEZZBBGN0600071
Sezione di intradosso F1 . Sezione tipo B1L. Carpenteria e particolari	IBOU1BEZZBBGN0600072
Sezione di intradosso F1 . Sezione tipo B1L. Carpenteria centina	IBOU1BEZZBBGN0600073
Galleria di Sfollamento - Sezione Tipo B1 - Scavo e consolidamenti	IBOU1BEZZBBGN0600074
Galleria di Sfollamento - Sezione Tipo B1 - Carpenteria e particolari	IBOU1BEZZBBGN0600075
Galleria di Sfollamento - Sezione Tipo B1 - Carpenteria centina	IBOU1BEZZBBGN0600076
Camera di Manovra - Sequenze Costruttive	IBOU1BEZZP9GN0600001
Tronchino di innesto Bin. Pari (SezioneTipo I0) - Scavo e Consolidamenti	IBOU1BEZZBBGN0600060
Tronchino di innesto Bin. Pari (SezioneTipo I0) - Carpenteria e particolari	IBOU1BEZZBBGN0600061

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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo		IB0U	1BEZZ	CL	GN0600001	C	10 di 253

Tronchino di innesto Bin. Dispari (Sezione Tipo I0) - Scavo e Consolidamenti	IB0U1BEZZBBGN0600062
Tronchino di innesto Bin. Dispari (Sezione Tipo I0) - Carpenteria e particolari	IB0U1BEZZBBGN0600063
Tronchino di innesto (Sezione Tipo I0) - Carpenteria centina	IB0U1BEZZBBGN0600064
Biforcazione finestra tradizionale e TBM - Fasi costruttive	IB0U1BEZZP9GN0600002
Biforcazione finestra tradizionale e TBM - Sezione Tipo A2C - Scavo e consolidamenti	IB0U1BEZZBBGN0600065
Biforcazione finestra tradizionale e TBM - Sezione Tipo A2C - Carpenteria	IB0U1BEZZBBGN0600066
Biforcazione finestra tradizionale e TBM - Sezione Tipo A2C - Carpenteria centina	IB0U1BEZZBBGN0600067
Biforcazione finestra TBM e galleria di linea BP - Fasi costruttive	IB0U1BEZZP9GN0600003
Biforcazione finestra TBM e galleria di linea BP - Sezione Tipo B1LC - Scavo e consolidamenti	IB0U1BEZZBBGN0600068
Biforcazione finestra TBM e galleria di linea BP - Sezione Tipo B1LC - Carpenteria	IB0U1BEZZBBGN0600069
Biforcazione finestra TBM e galleria di linea BP - Sezione Tipo B1LC - Carpenteria centina	IB0U1BEZZBBGN0600070

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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	11 di 253

6. DESCRIZIONE DELL'OPERA

6.1 IL TRACCIATO E LE OPERE IN SOTTERRANEO

La Finestra di Funes è suddivisa in un ramo principale, realizzato in scavo meccanizzato ed un ramo secondario realizzato, invece, con metodo di scavo tradizionale.

Il ramo principale, parte dal km 0+000.00 fino al km 0+650.00 corrispondente al km 16+439.86 del B.P. della Galleria Gardena, comprensivo della tratta di biforcazione della finestra in TBM con la galleria di linea in tradizionale (GN02R).

Il ramo secondario, invece, parte dal km 0+000.00 (coincidente con il km 0+290.803 del ramo principale in TBM) fino al km 0+152.43, ovvero in corrispondenza del camerone di manovra (che si innesta, quindi, al km 16+155.475 del B.P. della Galleria Gardena). È una galleria costruttiva che è propedeutica ai lavori di scavo della galleria di linea. In esercizio, la finestra verrà utilizzata come uscita di emergenza.

Il tracciato planimetrico della Finestra di Funes, a partire dal km 0+000.00 del ramo secondario è costituito da un tratto di biforcazione della finestra stessa tra la TBM e lo scavo in tradizionale avente raggio di curvatura pari a 100m; invece, a partire dal km 0+050.00 è presente un tratto rettilineo, di scavo in tradizionale, in uscita perpendicolarmente dalle gallerie di linea binario pari per 97.23m più 75.34 m di camerone di manovra.

Dal punto di vista altimetrico, dopo un tratto di circa 90 m dall'innesto con pendenza nulla, la livelletta ha pendenza decrescente verso lo sbocco della galleria, pari al 11.355% per un tratto di 88.52 m circa e nuovamente decrescente con pendenza pari al 95.115% nel tratto di biforcazione della finestra tra TBM e scavo in tradizionale, per una lunghezza di 35m.

Di seguito, con riferimento al ramo secondario della Finestra di Funes, sono elencate le progressive di riferimento dell'opera in oggetto della presente relazione:

- Da pk 0+000.00 a pk 0+055.196 (L=55.20 m) biforcazione tunnel TBM/ tunnel in tradizionale GN06G;
- Da pk 0+055.196 a pk 0+152.430 (L=97.23 m) galleria naturale – scavo tradizionale;
- Da pk 0+152.430 a pk 0+227.77 (L=75.34 m) camerone di manovra;

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	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOLGIO.
GALLERIE		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 12 di 253
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo						

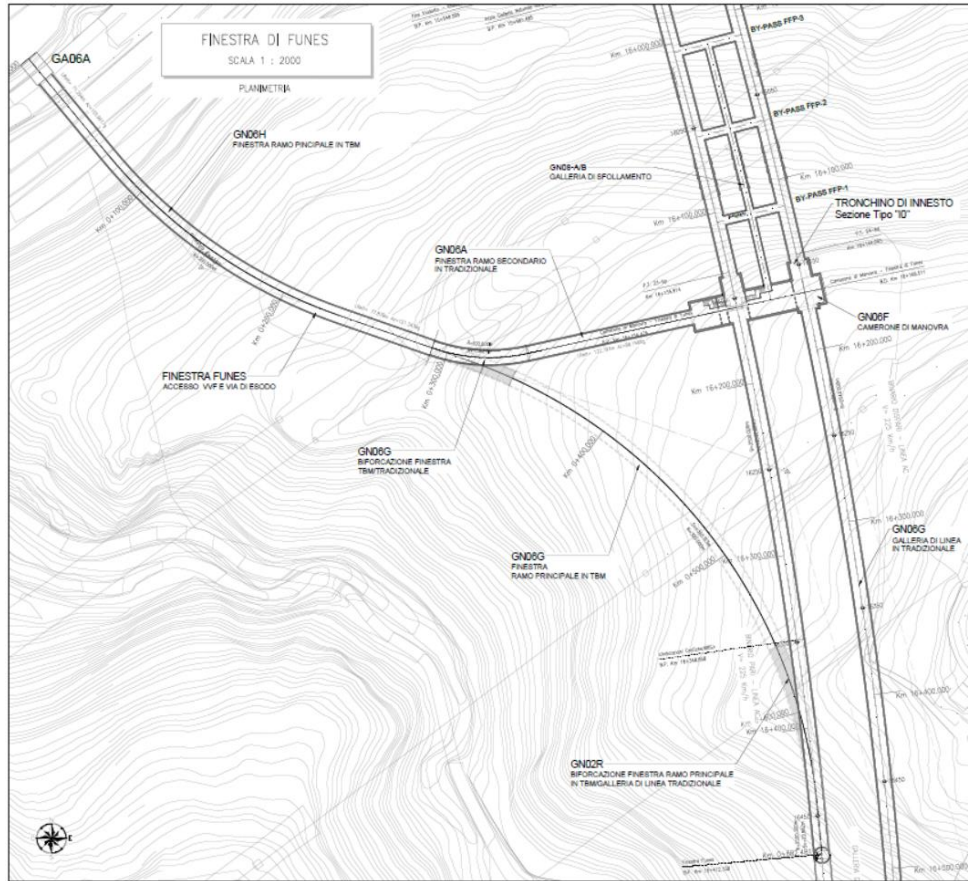


Figura 6-1– Planimetria della Finestra di Funes

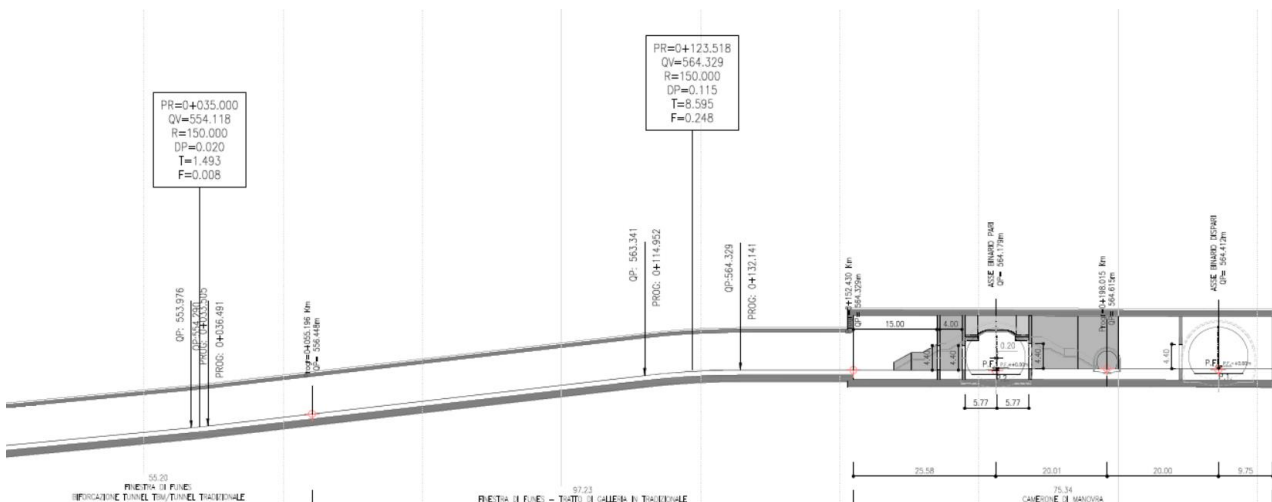


Figura 6-2– Profilo longitudinale della Finestra di Funes

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 Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 13 di 253

Nella tabella di seguito si riporta la sintesi delle principali opere in sotterraneo che si incontrano seguendo il tracciato del sistema galleria Gardena da Nord verso Sud di cui la Finestra Funes è parte integrante. Per ulteriori dettagli sulla descrizione del tracciato e delle opere si rimanda alla "Relazione tecnica delle opere in sotterraneo" (Rif.).

<i>Galleria di linea Gardena</i>	Galleria con configurazione a doppia canna/singolo binario lunghezza di 6.2 km circa per il B.P. e di 5.8 km circa per il B.D.
<i>Finestra di Funes</i>	Galleria costruttiva del binario pari della Galleria Gardena. In esercizio verrà utilizzata come uscita di emergenza.
<i>Finestra di Chiusa</i>	Galleria costruttiva per l'attacco intermedio dello scavo della galleria Gardena della lunghezza di 1.8 km circa.
<i>Posto di Comunicazione doppia</i>	Doppio sistema di comunicazione, ciascuno composto da una galleria a singolo binario e da due cameroni di connessione. I cameroni del PC Sud presentano dimensioni geometriche adeguate a consentire il monitoraggio e la traslazione della TBM scudata per lo scavo delle gallerie di interconnessione.
<i>Gallerie di Interconnessione</i>	Due gallerie a singolo binario della lunghezza di 2.6 km circa per il ramo pari e di 3.2 km circa per il ramo dispari, che sovrappassa la linea. Le interconnessioni si innestano nelle canne di linea tramite la realizzazione di due cameroni di diramazione.
<i>Cunicoli trasversali di collegamento</i>	Queste opere sono previste sia per le gallerie di linea che per le gallerie di interconnessione e sono collocate ad intervalli di 500 m al massimo.
<i>Altre opere funzionali al sistema</i>	Cameroni trasversali alle finestre per locali tecnici, cameroni di manovra al termine delle finestre, by-pass tecnici, nicchioni tecnici.
<i>Altre opere funzionali alla galleria</i>	Camere di sfiocco per il montaggio della struttura di spinta e di partenza della TBM.

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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	14 di 253

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 della modellazione geotecnica eseguita.

7.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

In questo paragrafo si descrivono le principali caratteristiche litologiche, stratigrafiche e strutturali delle formazioni attraversate dalla Finestra Funes. Per un quadro esauriente e dettagliato si rimanda agli elaborati specialistici di U.O. Geologia del presente progetto (Rif. [8]).

Procedendo dall'imbocco della Finestra Funes verso l'innesto con la galleria di linea si incontrano i **Depositi alluvionali recenti (ar)**, costituiti da sabbie medio-grossolane grigie e da subordinati conglomerati poligenici di dimensioni variabili che raggiungono, in alcuni casi, dimensioni superiori al metro. Nei primi 30 m circa di scavo in naturale, oltre a tali *Depositi alluvionali recenti (ar)*, sono presenti materiali di riporto riferibili al rilevato autostradale A22.

Successivamente la Finestra Funes intercetta il **Deposito di frana inattivo (fi)** perforato dai sondaggi EO30 ed EO41. Il *Deposito di frana inattivo (fi)* è costituito dall'insieme di porzioni litoidi di dimensioni anche plurimetriche, con riempimenti detritico-terrosi, smembrate e disarticolate.

Inoltre, la finestra Funes attraversa i **Porfiroidi (p)**, roccia resistente e ricca in quarzo, costituita da matavulcaniti e matavulcanoclastiti acide, che presentano una struttura massiccia o leggermente foliata. Talvolta il loro aspetto è di tipo granitoide con colorazione variabile dal bianco lattiginoso al rossiccio.

Si prevede la presenza di un filone subverticale di **Lave andesitiche (α)** che è stato osservato in superficie in destra idrografica del Rio Funes (stop 1152) e intercettato dal sondaggio EO31. Le *Lave andesitiche* sono rocce di origine vulcanica afferenti al Gruppo Vulcanico Atesino, mineralogicamente costituite da microcristalli con struttura raramente olocristallina e per la maggior parte porfirica. In relazione alla sua natura di corpo vulcanico, l'andamento in profondità e i confini del filone andesitico sono affetti da un margine di incertezza.

Per ulteriori dettagli sul modello geologico si rimanda agli elaborati di progetto specialistici (Rif. [8]).

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	15 di 253

7.2 INDAGINI GEOTECNICHE

Ai fini della caratterizzazione geotecnica delle formazioni interessate dalle opere all'aperto e in sotterraneo, sono stati utilizzati i dati provenienti dalle diverse campagne di indagini geognostiche, sia pregresse (Pd CdS 2013) che riferite all'attuale fase progettuale (2017). Sono stati inoltre considerati i quattro sondaggi eseguiti durante la campagna RFI del 2006.

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 del 2006 sono stati eseguiti n° 1 sondaggio profondo (spinto a profondità superiore a 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 state eseguite:

- prelievo di n° 27 campioni;
- n° 26 prove S.P.T.;
- 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 state eseguite:

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

Per i sondaggi ordianri sono state eseguite:

- prelievo di 297 campioni;
- n° 197 prove S.P.T.;
- n° 85 prove pressiometriche;
- n° 67 prove dilatometriche;
- n° 73 prove di permeabilità tipo Lugeon;
- n° 76 prove di permeabilità tipo Lefranc.

APPALTAZIONE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 16 di 253

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 (ossia spinti 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 state eseguite:

- 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 eseguite:

- prelievo di n° 176 campioni;
- n° 158 prove S.P.T.;
- 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. [8]) e l'ubicazione dei sondaggi è rappresentata sul profilo geotecnico di progetto (Rif. [4] e [5]).

7.2.1 Indagini geotecniche e prove in sito

Relativamente alle prove SPT, si riportano le correlazioni utilizzate come riferimento per l'interpretazione delle prove penetrometriche ai fini della caratterizzazione geotecnica del mezzo:

- Angolo di attrito

Shioi e Fukuni Road Bridge
Specification, 1982

$$\varphi' (^{\circ}) = 15 + \sqrt{15 \cdot N_{SPT}}$$

Shioi e Fukuni Japanese
National Railway, 1982

$$\varphi' (^{\circ}) = 0.3 \cdot N_{SPT} + 27$$

API – American Petroleum
Institute, 1987

$$\varphi' (^{\circ}) = 28.4 + 0.17 \cdot D_r + 16 \cdot D_r^2$$

Schmertmann, 1977

$$\varphi' (^{\circ}) = 28 + 0.14 \cdot D_r$$

$$\varphi' (^{\circ}) = 31.5 + 0.115 \cdot D_r$$

Ghiaietto uniforme
Sabbie e ghiaie poco limose

Sabbia grossa uniforme
Sabbia media ben degradata

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 17 di 253

$$\varphi' (^{\circ}) = 34.5 + 0.1 \cdot D_r \quad \text{Sabbia media uniforme}$$

$$\varphi' (^{\circ}) = 38 + 0.08 \cdot D_r \quad \text{Sabbie fini ben degradata}$$

$$\varphi' (^{\circ}) = 38 + 0.08 \cdot D_r \quad \text{Sabbia fine uniforme}$$

- Densità relativa

Skempton, 1986 $D_r = \frac{(N_1)_{60}}{60}$

Bazaraa, 1967 $D_r^2 = \frac{N_{SPT}}{20 \cdot (1 + 4.1 \cdot \sigma'_{v0})}$ per $\sigma'_{v0} \leq 0.732 \text{ kg/cm}^2$

Gibbs e Holtz, 1957 $D_r^2 = \frac{N_{SPT}}{20 \cdot (3.24 + 1.024 \cdot \sigma'_{v0})}$ per $\sigma'_{v0} > 0.732 \text{ kg/cm}^2$

Meyerhof, 1957 $D_r = \left[1.5 \left(\frac{N_{SPT}}{F} \right)^{0.222} \right] - 0.6$ $F = 0.0065 \sigma_v^2 + 1.68 \sigma_v + 14$ con σ_v in t/m²

Meyerhof, 1957 $D_r = \sqrt{\frac{N_{SPT}}{\sigma'_v + 0.7}}$ con σ'_v in kg/cm²

- Modulo elastico

Tornaghi et al., 1953 $E \text{ (MPa)} = B \cdot \sqrt{N_{SPT}}$ con $B = 7 \text{ MPa}$

D'Appollonia et al., 1970 $E \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right) = 7.71 \cdot N_{SPT} + 191$ per sabbia e ghiaia NC

Schmertmann, 1978 $E \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right) = 10.63 \cdot N_{SPT} + 375$ per sabbia SC

Schmertmann, 1978 $E \text{ (MPa)} = 0.8 \cdot N_{SPT}$ per sabbia fine

Schmertmann, 1978 $E \text{ (MPa)} = 1.2 \cdot N_{SPT}$ per sabbia grossa

Schmertmann, 1978 $E \text{ (MPa)} = 2 \cdot N_{SPT}$ per sabbia grossolana

- Velocità delle onde di taglio (Yoshida et al., 1988)

$$V_s \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right) = \beta \cdot (N_{SPT})^{0.25} \cdot (\sigma'_v)^{0.14}$$

dove: σ'_v è la pressione litostatica efficace e β è un fattore geologico pari a 49 per sabbie fini e a 55 per tutti i tipi di terreno.

Dalla velocità delle onde di taglio è stato ricavato:

- Il modulo di taglio dinamico: $G_{din} = V_s^2 \cdot \frac{\gamma}{g}$
- Il modulo elastico dinamico: $E_{din} = 2 \cdot (1 + \nu) \cdot G_{din}$
- Il modulo elastico statico: $E_{st} = (0.1 \div 0.15) \cdot E_{din}$

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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	18 di 253

Per tener conto dell'effetto del peso dovuto al terreno sovrastante e del rendimento del dispositivo di battitura, nel caso di terreni incoerenti è stato utilizzato il valore di N_{SPT} corretto per la determinazione dell'angolo di attrito φ' e della velocità delle onde S, come suggerito da Liao e Whitman (1986):

$$(N_1)_{60} = C_N \cdot N_{SPT} \cdot \frac{E_r}{60}$$

dove:

$C_N = \sqrt{\frac{p_a}{\sigma'_v}}$ è il coefficiente di normalizzazione

$p_a = 100$ kPa è la pressione atmosferica

$E_r = 60\%$ è la quantità di energia effettivamente trasmessa dal maglio di battitura alle aste

7.2.2 Indagini Geofisiche

Durante la campagna 2012-2103 sono stati eseguiti:

- n° 27 profili sismici a rifrazione;
- n° 22 profili tomografici elettrici;
- n° 10 prove MASW/Re.Mi;
- n° 5 prove cross-hole;
- n° 2 prove down-hole;
- n° 59 rilievi HVSr;
- n° 1 stazioni magnetotellurgiche.

Nell'ambito della campagna del 2017, sono stati eseguiti:

- n° 20 profili sismici a rifrazione;
- n° 7 profili tomografici elettrici;
- n° 13 prove MASW/Re.Mi;
- n° 1 prova down-hole;
- n° 59 rilievi HVSr;
- n° 21 stazioni magnetotellurgiche.

I risultati di tali indagini sono allegati agli elaborati specialistici di U.O. Geologia (Rif. [8]).

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	19 di 253

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 sotterraneo lungo il suo tracciato.

Con riferimento alla Finestra Funes si riportano le unità geotecniche interessate. Il modello geotecnico del sottosuolo, sintesi della fase di caratterizzazione, è illustrato nella tavola del Profilo Geotecnico (Rif. [4] e Rif. [5]).

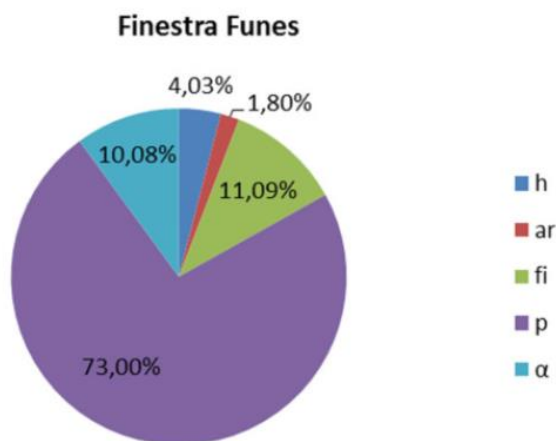


Figura 7-1 – Unità geotecniche, Finestra Funes.

7.3.1 Caratterizzazione geotecnica dei terreni

In prossimità dell'imbocco la finestra Funes attraversa i *Depositi alluvionali recenti (ar)* costituiti da sabbie medio-grossolane e da conglomerati poligenici di dimensioni variabili e materiale di riporto relativo al *Rilevato autostradale (h)* dell'autostrada A22.

Per la definizione delle caratteristiche di resistenza e deformabilità dei *Depositi alluvionali recenti (ar)* e del *Rilevato autostradale (h)* si è fatto riferimento ai risultati delle seguenti prove in situ:

- prove penetrometriche SPT;
- prove pressiometriche;
- prove sismiche a rifrazione.

Depositi alluvionali recenti (ar)

Nella Figura 7-2 si riportano i valori di NSPT al variare della profondità. Dalle elaborazioni delle prove SPT, tramite le correlazioni descritte nel §7.2.1, è stato possibile ricavare i valori della densità relativa (Figura 7-3), dell'angolo di attrito (Figura 7-4) e del modulo elastico (Figura 7-5).

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 20 di 253

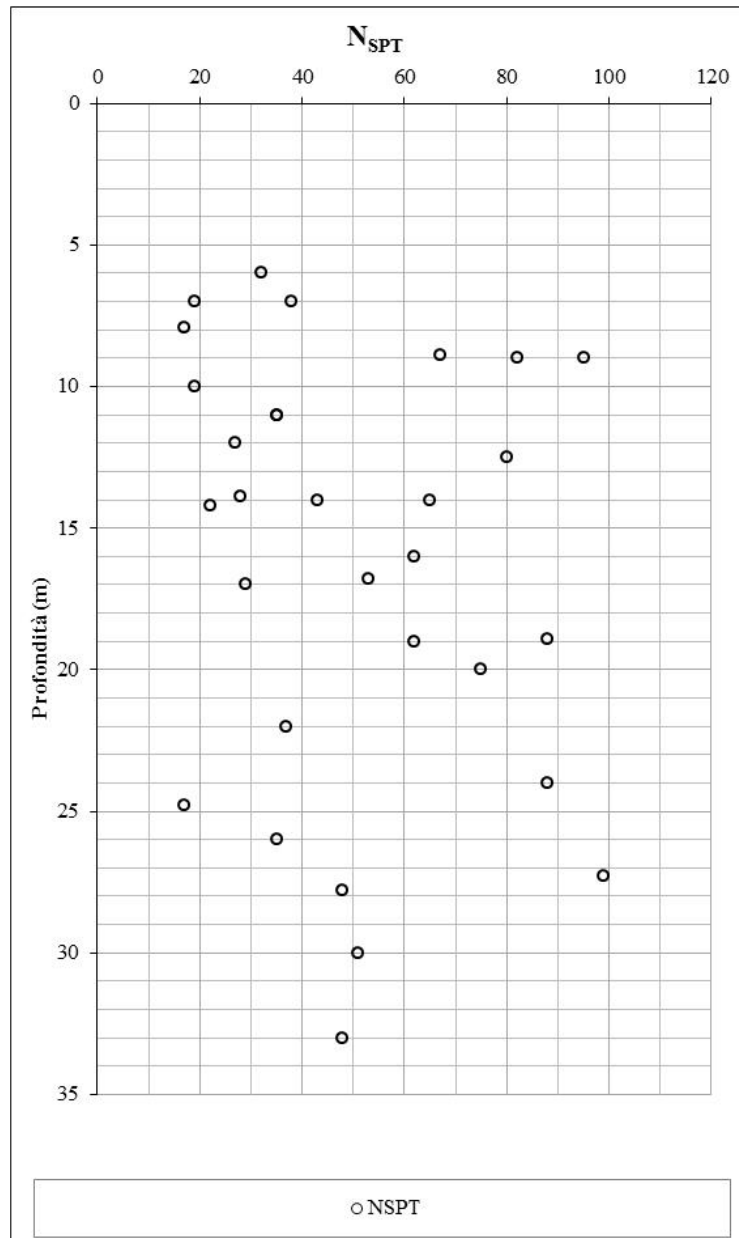


Figura 7-2 – Valori di NSPT nei Depositi alluvionali recenti (ar).

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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	21 di 253

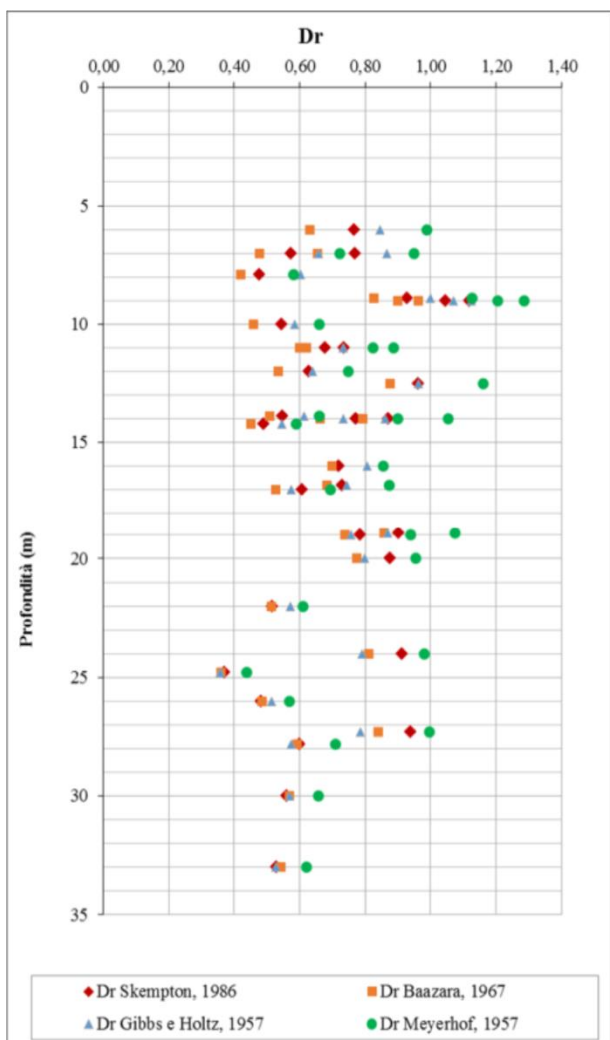


Figura 7-3 – Valori della densità relativa da elaborazione NSPT nei Depositi alluvionali recenti (ar).

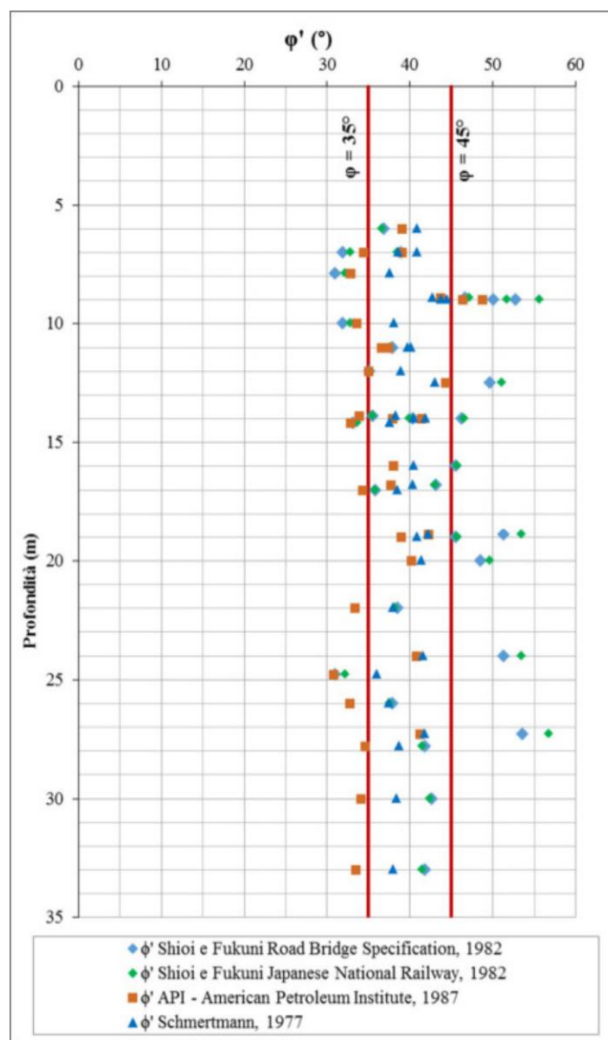


Figura 7-4 – Valori dell'angolo di attrito da elaborazione NSPT nei Depositi alluvionali recenti (ar).

Con riferimento ai valori dell'angolo di attrito rappresentati in Figura 7-4, si osservano valori compresi tra 30.8° e 56.7° , per cui si ritiene rappresentativo per la formazione in oggetto il seguente intervallo di valori:

$$35^\circ \leq \varphi' \leq 45^\circ$$

Per definire il modulo elastico sono stati considerati i risultati ottenuti dalle prove pressiometriche e dall'elaborazione delle prove SPT (Figura 7-5 e Figura 7-6). Le prove SPT forniscono valori compresi tra 20 MPa e 198 MPa, mentre dalle prove pressiometriche si ottengono valori del modulo elastico compresi tra 41 MPa e 320 MPa. In funzione delle prove in situ, si ritengono rappresentativi per la formazione indagata i seguenti intervalli di valori:

$$35 \text{ MPa} \leq E_{\text{SPT}} \leq 80 \text{ MPa}$$

$$60 \text{ MPa} \leq E_{\text{pressiometrica}} \leq 90 \text{ MPa}$$

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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	22 di 253

Con riferimento a quanto riportato in Figura 7-6, al fine di stabilire un range di variabilità del modulo elastico dall'elaborazione delle prove pressiometriche, si è scelto di non considerare i valori di $E = 300$ MPa e $E = 320$ MPa, poiché discordanti con il resto dei dati disponibili.

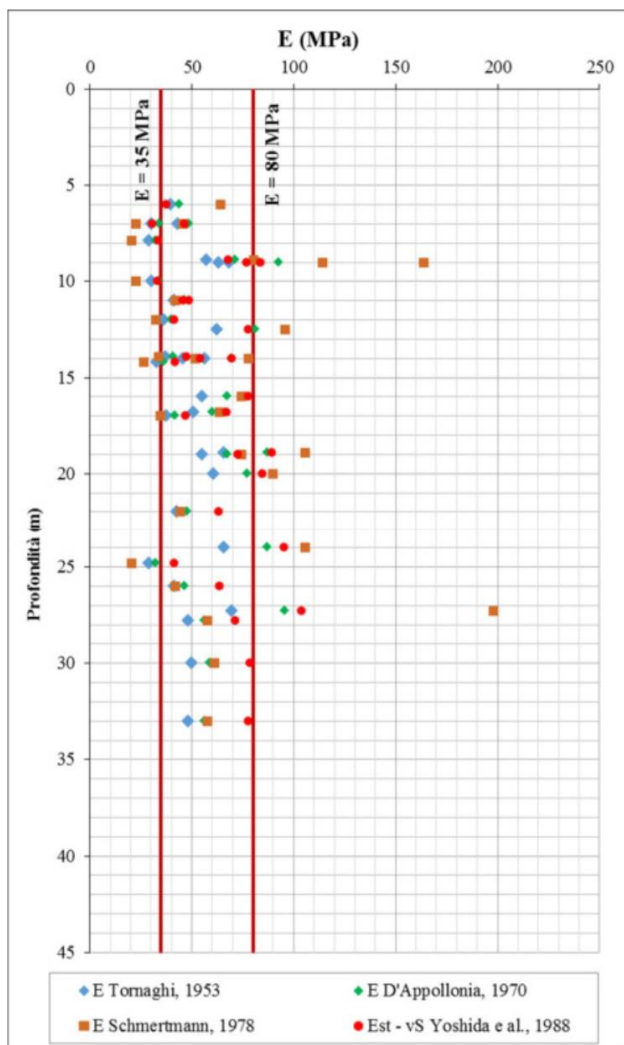


Figura 7-5 – Valori del modulo elastico da elaborazione NSPT nei Depositi alluvionali recenti (ar).

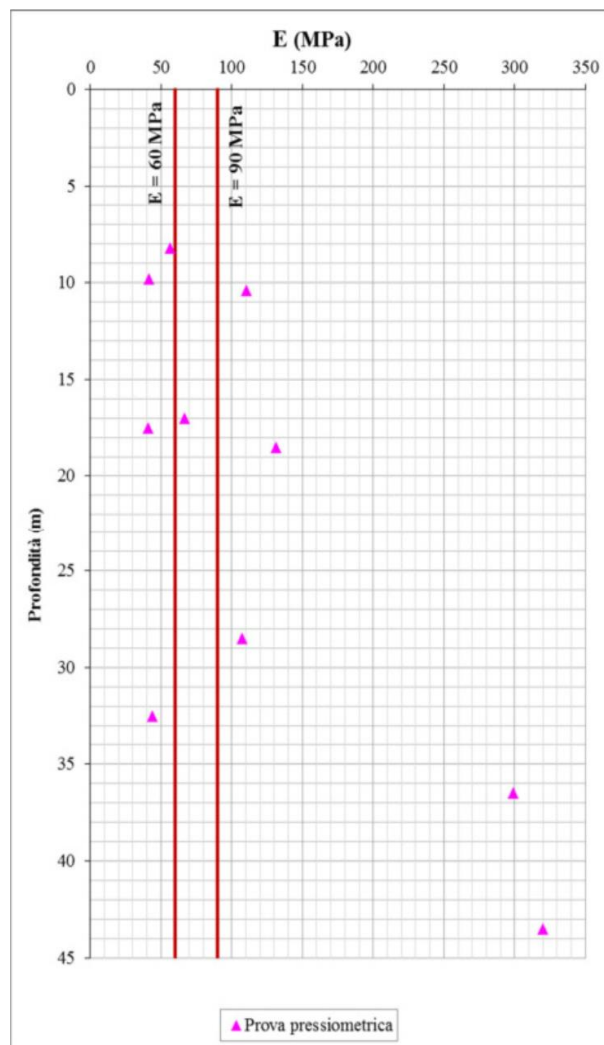


Figura 7-6 – Valori del modulo elastico da prove pressiometriche nei Depositi alluvionali recenti (ar).

I risultati della prova pressiometrica spostano verso valori maggiori il modulo elastico da assegnare ai *Depositi alluvionali recenti (ar)*. A supporto di quanto detto è possibile considerare i valori del modulo elastico ottenuti dall'interpretazione delle prove geofisiche rappresentati in Figura 7-7. Inserendo nello stesso grafico (Figura 7-8) i risultati delle prove geofisiche e delle prove pressiometriche è possibile definire il range di variabilità per il modulo elastico dei *Depositi alluvionali recenti (ar)*:

$$60 \text{ MPa} \leq E \leq 90 \text{ MPa}$$

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 23 di 253

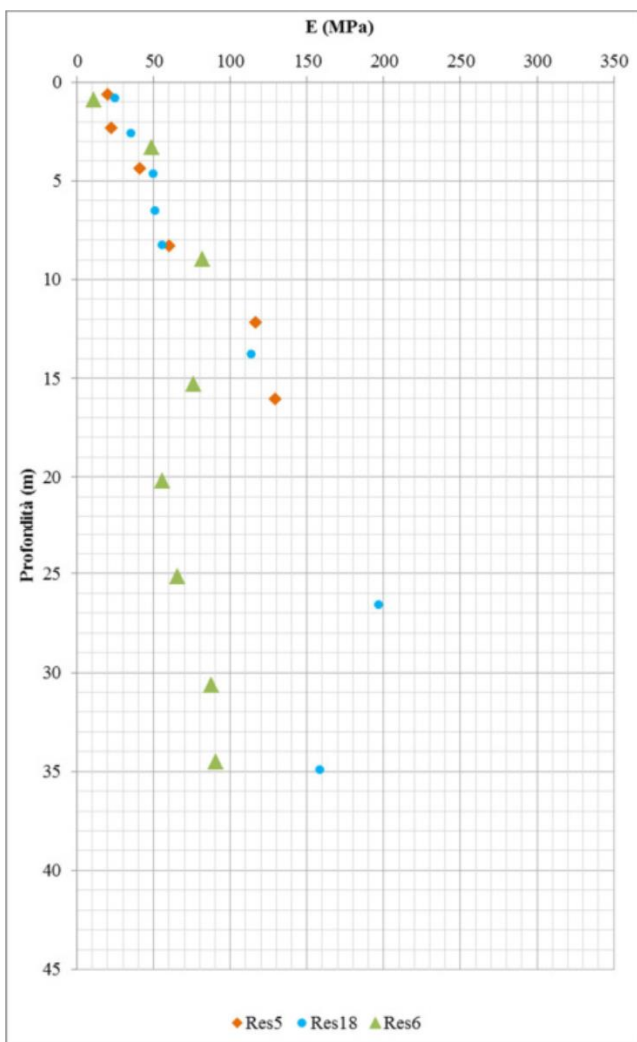


Figura 7-7 – Valori del modulo elastico da elaborazione geofisica nei Depositi alluvionali recenti (ar).

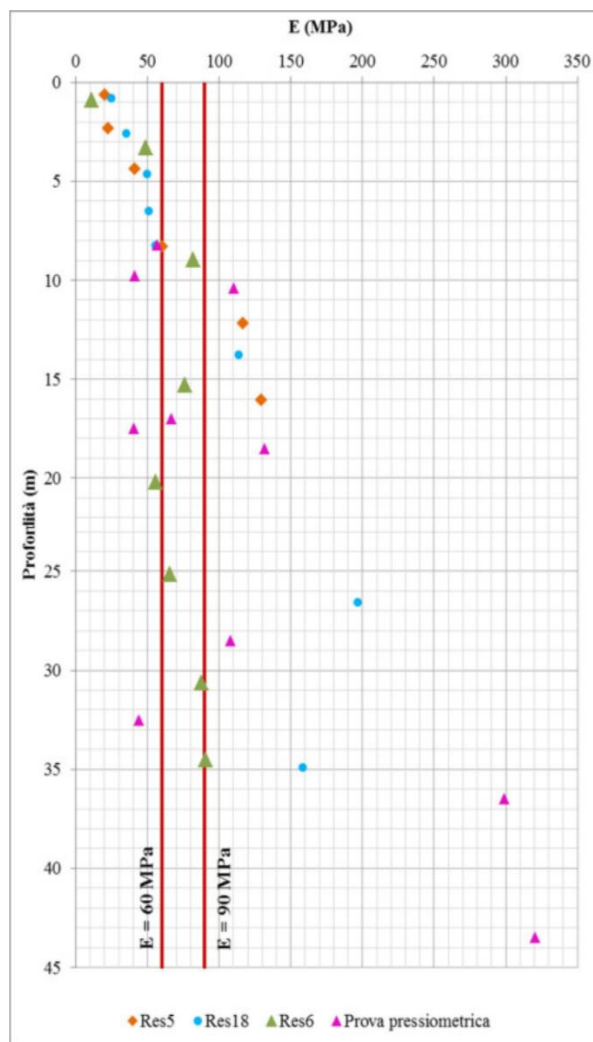


Figura 7-8 – Valori del modulo elastico da elaborazione geofisica e prove pressiometriche nei Depositi alluvionali recenti (ar).

Rilevato autostradale (h)

Per la caratterizzazione geotecnica del Rilevato autostradale sono stati considerati i risultati delle prove SPT, riportati in funzione della profondità (Figura 7-5). Dalle elaborazioni delle prove SPT, tramite le correlazioni descritte nel §7.2.1, sono stati ricavati i valori della densità relativa (Figura 7-10), dell'angolo di attrito (Figura 7-10) e del modulo elastico (Figura 7-12).

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 24 di 253

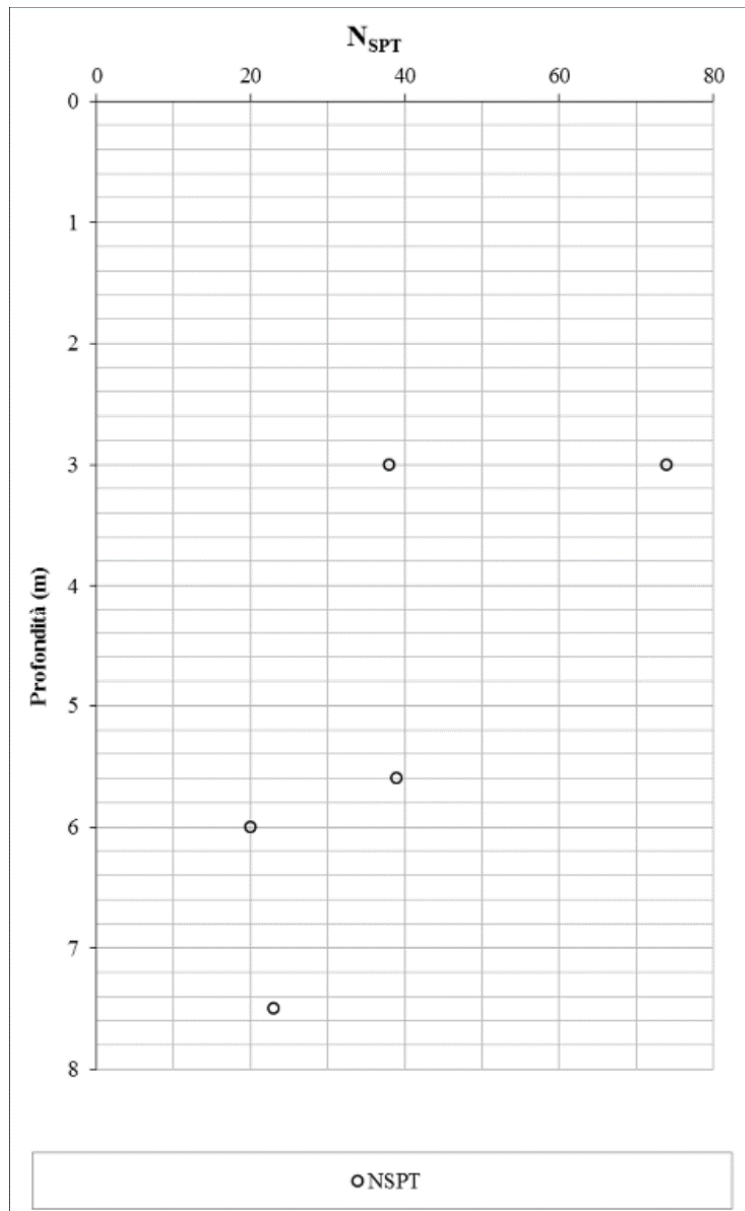


Figura 7-9 – Valori di NSPT nel Rilevato autostradale (h).

Con riferimento ai valori dell'angolo di attrito si osservano valori compresi tra 32.3° e 55.1°, mentre per il modulo elastico i valori variano tra 24 MPa e 78 MPa. Sulla base della variabilità sopra definita, si ritengono rappresentativi i seguenti intervalli:

$$35^\circ \leq \varphi' \leq 45^\circ$$

$$35 \text{ MPa} \leq E \leq 60 \text{ MPa}$$

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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	25 di 253

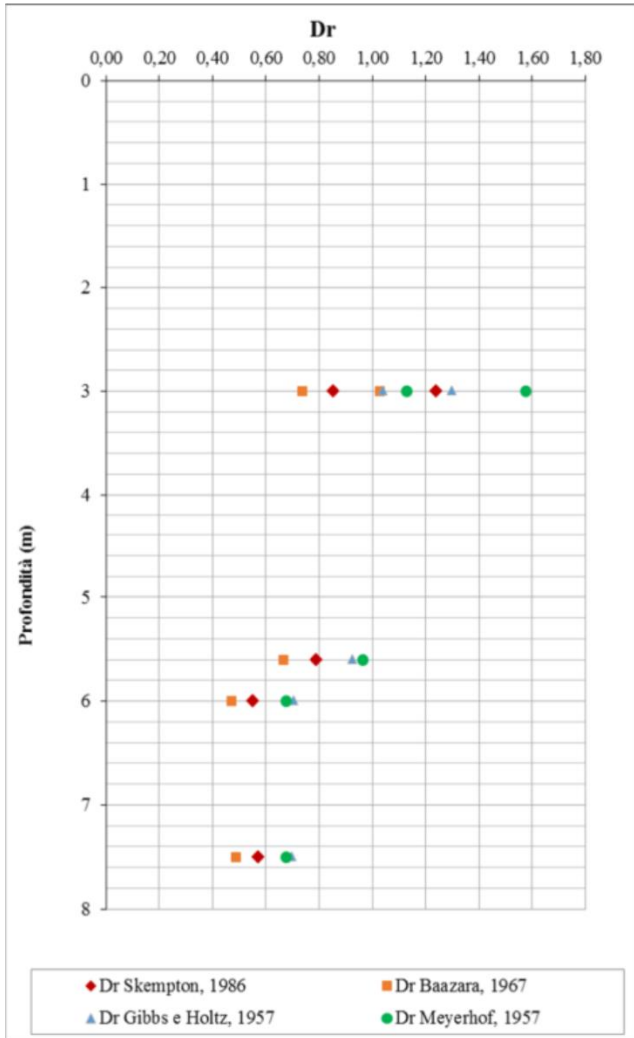


Figura 7-10 – Valori della densità relativa da elaborazione NSPT nel Rilevato autostradale (h).

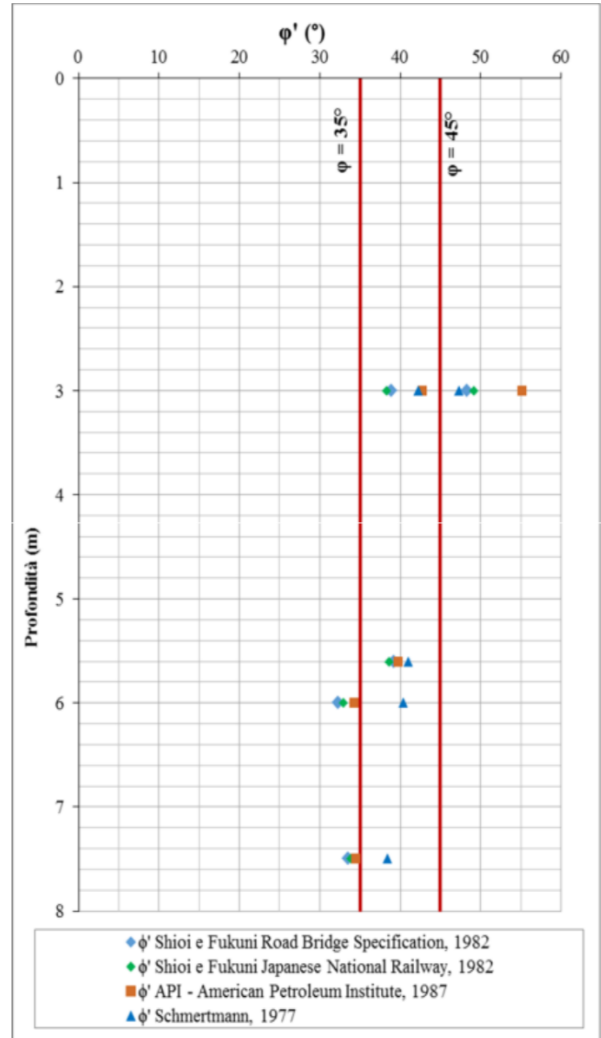


Figura 7-11 – Valori dell'angolo di attrito da elaborazione NSPT nel Rilevato autostradale (h).

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 26 di 253

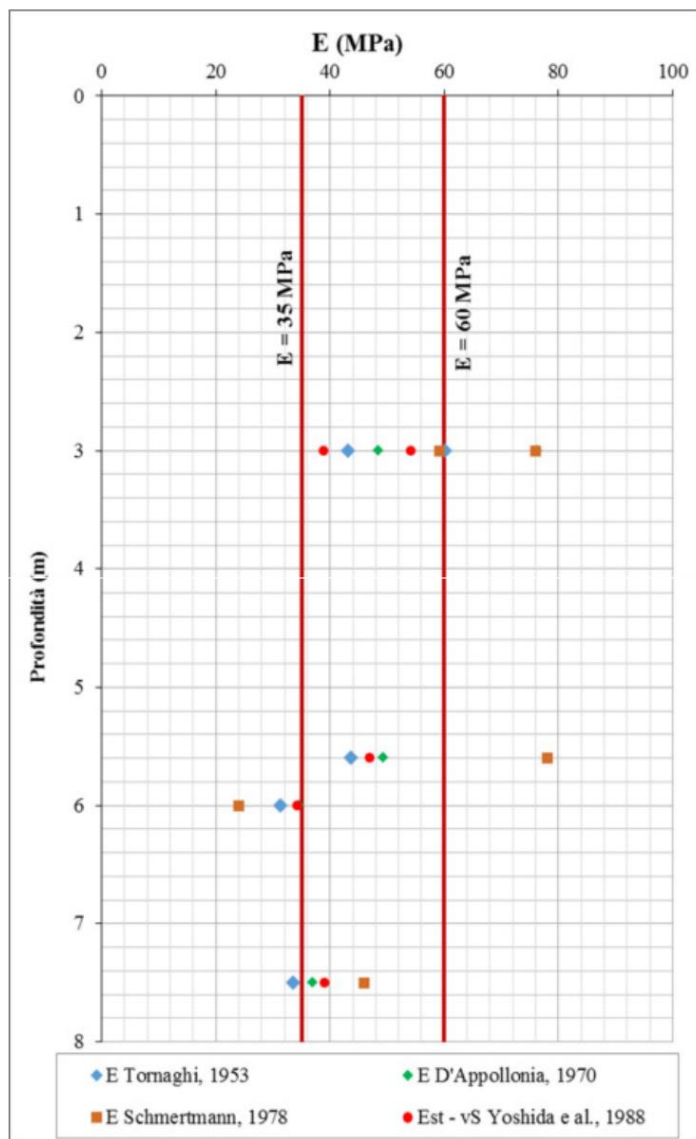


Figura 7-12 – Valori del modulo elastico da elaborazione NSPT nel Rilevato autostradale (h).

7.3.2 Caratterizzazione geotecnica degli ammassi rocciosi

La Finestra Funes, come già rappresentato in §7, attraversa la formazione dei *Porfiroidi* (p) appartenenti al Basamento Metamorfico Ercinico, le *Lave andesitiche* (α) appartenenti ai Depositi sedimentari e Vulcaniti permiane e il *Deposito di frana inattiva* (fi).

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.

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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	27 di 253

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 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. [10]) che lega il modulo elastico E_i alla velocità delle onde P (v_p) secondo quanto rappresentato nella Figura 7-13.

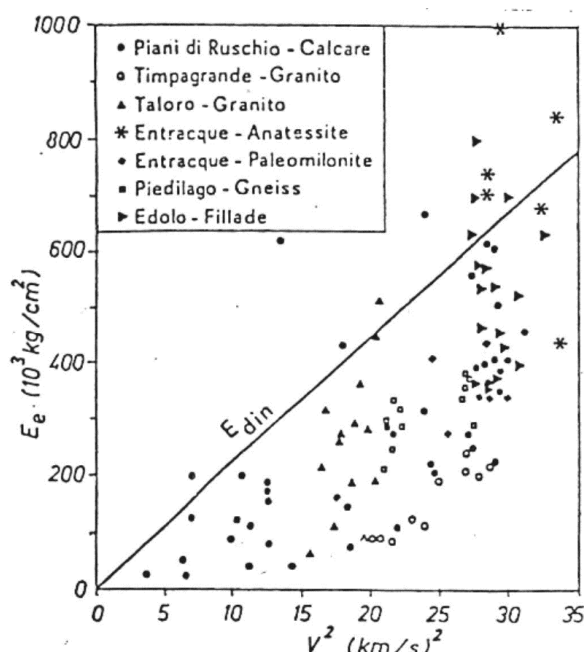


Figura 7-13 – Correlazione tra E_i e v_p proposta da Lembo Fazio e Ribacchi (1984).

Depositi sedimentari e Vulcaniti permiane

Lave andesitiche (α)

Le Lave andesitiche sono state intercettate dal sondaggio EO31 e in superficie dal rilievo geostrutturale 1152. Non essendo però disponibili prove di laboratorio, si è fatto ricorso a valori di letteratura per la definizione della resistenza a compressione della roccia intatta, definendo il seguente intervallo di valori:

$$100 \text{ MPa} \leq \sigma_{ci} \leq 150 \text{ MPa}$$

Per il modulo di Young della roccia intatta E_i si è considerato il Modulus Ratio (MR) che lega il valore di E_i con la resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta σ_{ci} :

$$E_i = \text{MR} \cdot \sigma_{ci}$$

Da letteratura tecnico-scientifica il valore di MR per le formazioni andesitiche è pari a 400 ± 100 , per cui, assumendo il valore minimo di resistenza a compressione della roccia intatta pari a 100 MPa, si ottiene il seguente range di variabilità de modulo elastico della roccia intatta:

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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	28 di 253

$$30 \text{ GPa} \leq E_i \leq 50 \text{ GPa}$$

Per la caratterizzazione della matrice litoide delle *Lave andesitiche*, sono stati assunti i valori minimi dei range sopra riportati:

$$\sigma_{ci} = 100 \text{ MPa}$$

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

Basamento metamorfico Ercinico

Porfiroidi (ρ)

I *Porfiroidi* sono stati intercettati dal sondaggio C9 (campagna indagini 2012-2013) e dai sondaggi EO30 ed EO41 (campagna indagini 2017).

Dai risultati delle prove di laboratorio, si osservano valori di resistenza a compressione della roccia intatta σ_{ci} compresi tra 6 e 181 MPa. Non considerando il valore minimo e massimo, discordanti rispetto al campione di dati disponibili, la resistenza a compressione della roccia intatta per i porfiroidi varia tra 22 e 85 MPa, per cui si definisce rappresentativo per la formazione in oggetto il seguente intervallo (Figura 7-14):

$$40 \text{ MPa} \leq \sigma_{ci} \leq 60 \text{ MPa}$$

Con riferimento al modulo di Young della roccia intatta E_i , i valori sono compresi tra 8 e 103 GPa come rappresentato in Figura 7-15. Per la formazione dei *Porfiroidi* risulta è stato quindi definito il seguente range di variabilità:

$$12 \text{ GPa} \leq E_i \leq 33 \text{ GPa}$$

In considerazione del numero di prove a disposizione, per la caratterizzazione della matrice litoide dei *Porfiroidi*, sono stati assunti i valori medi dei range sopra indicati:

$$\sigma_{ci} = 50 \text{ MPa}$$

$$E_i = 22.5 \text{ GPa}$$

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 29 di 253

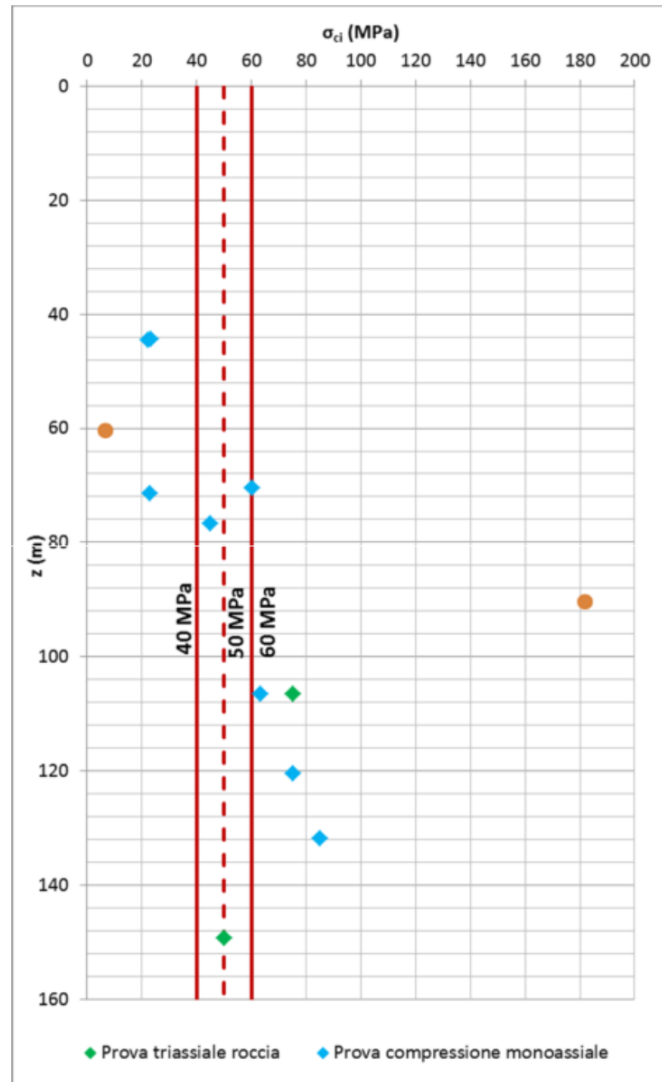


Figura 7-14 – Resistenza a compressione della matrice litoide dei Porfiroidi (p).

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 Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 30 di 253

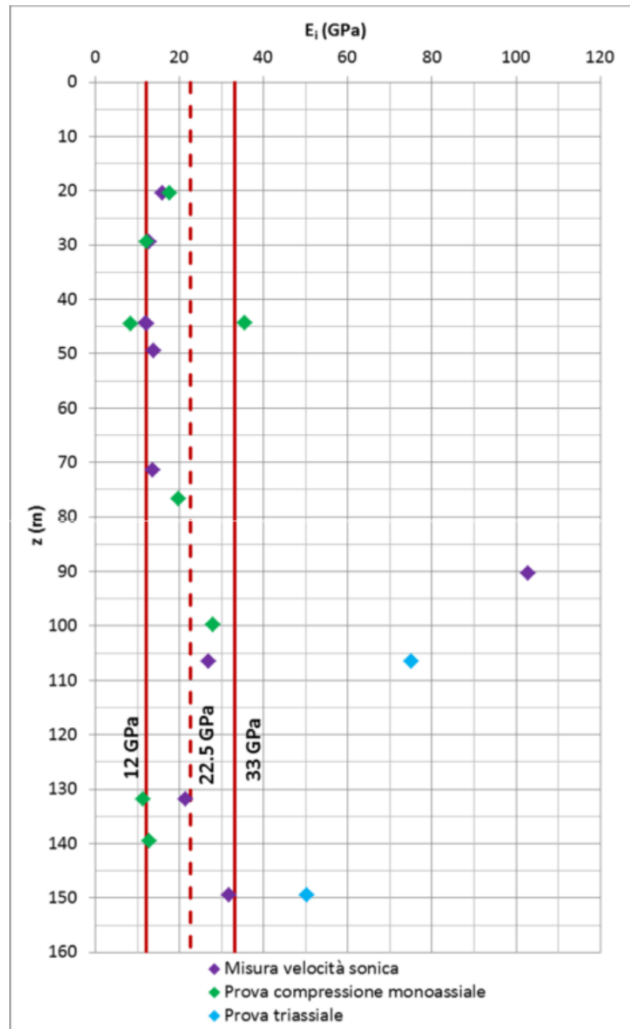


Figura 7-15 – Modulo elastico della matrice litoide dei Porfiroidi (p).

Deposito di frana inattivo (fi)

Per la caratterizzazione geotecnica del *deposito di frana inattivo*, poiché costituito dall'insieme di porzioni litoidi e riempimenti detritico-terrosi, si è scelto di adottare le caratteristiche della matrice litoide dei *Porfiroidi* e di assumere un valore del GSI tale da tenere in considerazione lo stato di fratturazione della roccia e del grado di interconnessione fra i blocchi.

Si riportano i valori della resistenza a compressione monoassiale e della roccia intatti adottati per i *Porfiroidi* e il valore del GSI che, in funzione della copertura, consente la determinazione dei valori di coesione ed angolo di attrito:

$$\sigma_{ci} = 50 \text{ MPa}$$

$$E_i = 22.5 \text{ GPa}$$

$$\text{GSI} = 10 \div 15$$

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 31 di 253

Per la scelta del modulo elastico sono state considerate le prove geofisiche e l'unica prova pressiometrica disponibile eseguita durante il sondaggio EO41. In Figura 7-16 sono riportati i valori del modulo elastico ricavati dalla prova Down-Hole eseguita nel sondaggio EO41, che consente di osservare il passaggio dal *Deposito di frana inattiva* al substrato di *Porfiroidi* alla profondità di circa 35 m dal p.c.. Considerando i soli risultati riferiti al *Deposito di frana inattivo* in Figura 7-17, è possibile definire il seguente range di variabilità del modulo elastico:

$$300 \text{ MPa} \leq E \leq 400 \text{ MPa}$$

In considerazione del numero di prove a disposizione, per le analisi si è scelto un valore del modulo elastico prossimo al valore minimo del range sopra riportato:

$$E = 350 \text{ MPa}$$

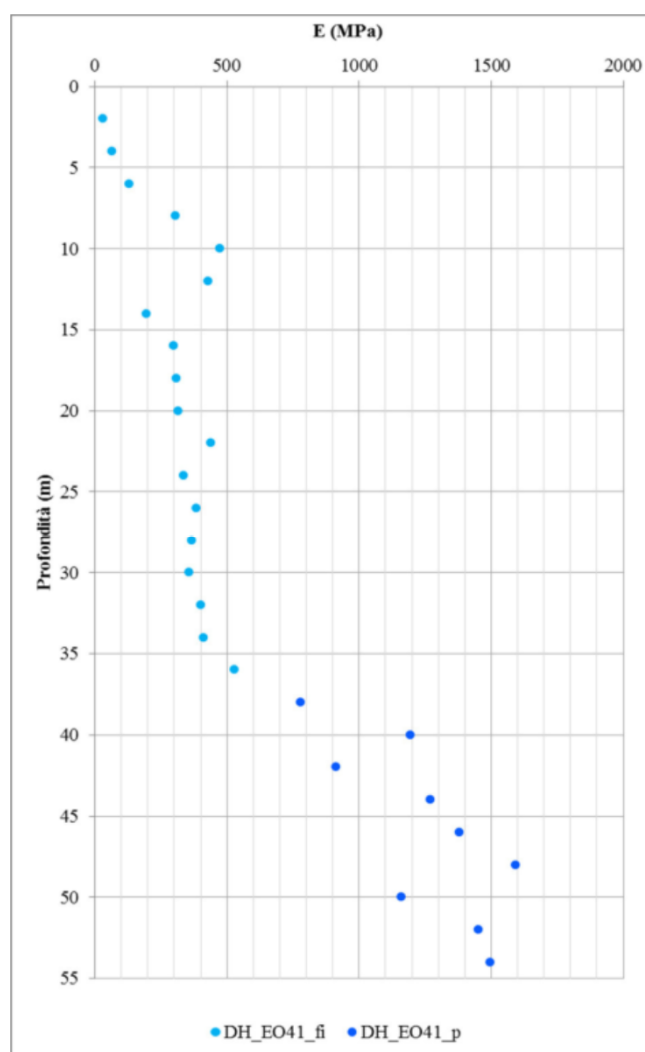


Figura 7-16 – Modulo elastico dalle prove Down-Hole EO41.

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 32 di 253

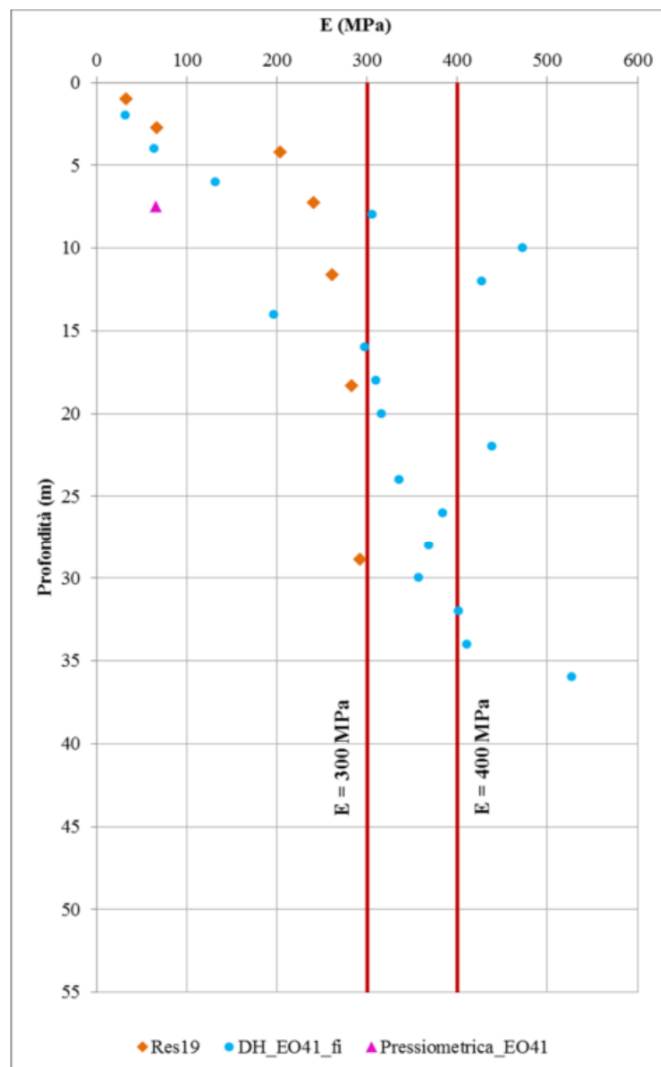


Figura 7-17 – Modulo elastico da elaborazione geofisica e prova pressiometrica nel Deposito di frana inattivo (fi).

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. [11]) e alla definizione dell'indice GSI (Rif. [12]) (Geological Strength Index method, Figura 7-18).

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	1BEZZ	CL	GN0600001	C 33 di 253
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo						

GEOLOGICAL STRENGTH INDEX FOR JOINTED ROCKS (Hoek and Marinos, 2000)
From the lithology, structure and surface conditions of the discontinuities, estimate the average value of GSI. Do not try to be too precise. Quoting a range from 33 to 37 is more realistic than stating that GSI = 35. Note that the table does not apply to structurally controlled failures. Where weak planar structural planes are present in an unfavourable orientation with respect to the excavation face, these will dominate the rock mass behaviour. The shear strength of surfaces in rocks that are prone to deterioration as a result of changes in moisture content will be reduced if water is present. When working with rocks in the fair to very poor categories, a shift to the right may be made for wet conditions. Water pressure is dealt with by effective stress analysis.







STRUCTURE	SURFACE CONDITIONS				
	VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
	Very rough, fresh unweathered surfaces	Rough, slightly weathered, iron stained surfaces	Smooth, moderately weathered and altered surfaces	Stickensided, highly weathered surfaces with compact coatings or fillings or angular fragments	Stickensided, highly weathered surfaces with soft clay coatings or fillings
 INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90	80	N/A	N/A	N/A
 BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets	70	60	50	40	30
 VERY BLOCKY - interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets	60	50	40	30	20
 BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity	50	40	30	20	10
 DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces	40	30	20	10	N/A
 LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes	N/A	N/A	N/A	N/A	10

Figura 7-18 – 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 Beniauskas nel 1989, associa a ciascuna caratteristica dell'ammasso roccioso un indice numerico così di seguito definito:

- resistenza a compressione monoassiale della roccia R1;
- 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} :

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

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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	34 di 253

Le caratteristiche di resistenza dell'ammasso roccioso sono state espresse attraverso il criterio generalizzato proposto da Hoek e Brown (1988) (Rif. [11]), 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. [13]).

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 e del 2017 (§7.2) (Rif. [8]). 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 *Tabella 7-1*. 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] e Rif. [5]).

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	35 di 253
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo							

Classi di copertura	GSI
(m)	p
30 ÷ 50	40 ÷ 45
50 ÷ 100	35 ÷ 50
100 ÷ 150	45 ÷ 55

Tabella 7-1 – Range di variabilità dell'indice GSI.

7.3.3 Definizione degli intervalli dei parametri geotecnici delle unità interessate dalle opere

Di seguito si riportano gli intervalli dei principali parametri fisico-meccanici delle unità interessate dalle opere afferenti alla Finestra Funes.

Unità	γ	σ_{ci}	E
	(kN/m ³)	(MPa)	(MPa)
p	27	40 ÷ 60	12 ÷ 33
α	26	100 ÷ 150	30 ÷ 50

Tabella 7-2 – Riepilogo parametri geotecnici della matrice litoide.

Nell'intervallo di valori dei parametri geotecnici sopra definiti, sono stati individuati in Tabella 7-3 i parametri caratteristici appropriati per le verifiche delle opere in sotterraneo. In funzione della copertura e dell'indice GSI potranno essere definite le caratteristiche dell'ammasso roccioso (§7.3.2.2).

Unità	γ	σ_{ci}	E	m_i
	(kN/m ³)	(MPa)	(MPa)	(-)
p	27	50	22.5	7
α	26	100	30	25

Tabella 7-3 – Valori caratteristici dei parametri geotecnici utilizzati nelle analisi per la matrice litoide.

APPALTAZIONE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 36 di 253

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 7-4 sono riportate le cinque classi di permeabilità definite per il presente progetto e i rispettivi range di variabilità della permeabilità (Rif. [8]), mentre nella Tabella 7-5 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 7-4 – Classi di permeabilità.

CLASSI DI PERMEABILITA'		RANGE DI PERMEABILITA' (m/s)	
Molto Bassa	K1	Dioriti quarzifere di Chiusa	δ
		Granito di Bressanone	γ_{bi}
		Granodioriti di tiles	GDT
		Brecce di intrusione	BDI
Bassa	K2	Filladi a granato	BSS
		Filladi ricche in quarzo	BSSa

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	37 di 253

		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 7-5 – Attribuzione delle unità geologiche alle classi di permeabilità.

Per le zone di faglia e le fasce tettonizzate la permeabilità è maggiore rispetto a quella prevista per l'ammasso roccioso in Tabella 7-5.

Sul profilo geotecnico è riportata l'attribuzione degli intervalli di permeabilità sopra definiti (Rif. [4] e Rif. [5]).

La stima delle possibili interferenze dell'opera in progetto sulle risorse idriche è stata effettuata utilizzando l'indice DHI Drawdon Hazard Index (Rif. [8]). 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 Tabella 7-6.

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

Tabella 7-6 – Classi di rischio DHI.

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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	38 di 253

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 105 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. [8]).

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 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. [8]).

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. [8]). 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
- 5. $q > 20$ 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 Gardena mostrano che il coefficiente K_0 assume valori generalmente compresi tra 0.6 e 1.5.

Nelle analisi riportate nei successivi paragrafi, il coefficiente di spinta K_0 è stato posto 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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	39 di 253

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. [9]), 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. [9]) 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 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 GEMIN 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;">IBOU</td> <td style="text-align: center;">1BEZZ</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">GN0600001</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">40 di 253</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	40 di 253
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	40 di 253													
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo																		

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.

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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	41 di 253

8.2 DETERMINAZIONE DELLE CATEGORIE DI COMPORTAMENTO

La valutazione del comportamento deformativo del fronte è stata condotta utilizzando il metodo delle curve caratteristiche, poiché le opere in esame sono caratterizzate da coperture medio-alte e si possono classificare come gallerie profonde ($C > 2.5 \div 3 D$).

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.

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. [14]). 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 ed un valore del coefficiente di Poisson pari a 0.3.

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.

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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	42 di 253

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]e Rif. [5]). Per ognuna di esse è stata considerata una sezione di analisi, così come sintetizzato in Tabella 8-1, corrispondente alla progressiva di maggiore copertura all'interno della tratta omogenea. In aggiunta, sono state prese in esame le sezioni in corrispondenza dell'innesto della finestra di Funes e del Camerone, entrambe ricadenti nell'ultima tratta omogenea. Inoltre, sono state considerate anche le sezioni di calcolo per la galleria di sfollamento. Vista l'incertezza nell'estensione della tratta in cui sono previste le andesiti (α) e l'assenza di prove geomeccaniche su questa formazione, le seguenti sezioni di analisi considerano uno scenario conservativo con intercalazioni di porfiroidi fratturati:

- GSI=30; σ_{ci} =40 Ei=23 GPa; H=105m; $m_i = 7$ per la sezione B1L;
- GSI=25; σ_{ci} =40 Ei=23 GPa; H=105m; $m_i = 7$ per la sezione B1;

Sezione di calcolo	Unità	pk [km]	H [m]	A _{scavo} [m ²]	R _{eq} [m]	S _m [MPa]	γ [kN/m ³]	c' _k [kPa]	ϕ'_k [kPa]	E _k [MPa]
A2C	p	0+016	90.0	78.16	5.00	2.43	27	249	35.6	1028
B1L	$p(*)$	0+072	105	83.77	5.20	2.91	27	341	37.4	1871
B1	$p(*)$	0+126	105	83.77	5.20	2.99	27	296	35.1	1376
A1*	p	0+143	117.0	76.08	4.92	3.16	27	604	42.8	5143
Tronchino IO	p	0+178	120.0	132.7	6.50	3.24	27	611	42.7	5032
Camerone	p	0+190	121.0	210.52	8.19	3.27	27	613	42.6	5032
Sfollamento – Tipo A1	p	16+090 (GN02)	80.0	19.61	2.50	2.16	27	407	45.0	3600
Sfollamento – Tipo B1	p	16.115 (GN02)	95.0	22.31	2.66	2.57	27	232	36.0	1000
B1LC	p	-	150.0	85.91	5.20	4.05	27	680	41.3	5032

$p(*)$: Per le sezioni B1 e B1L previste nelle andesiti α è stata ipotizzata la presenza di intercalazioni di porfiroidi e pertanto sono stati considerati nell'analisi i parametri geomeccanici riportati in tabella.

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– Sezioni analizzate con il metodo delle curve caratteristiche: dati di input.

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 43 di 253

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.

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 in 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.

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 44 di 253

I risultati delle analisi sono rappresentati nelle figure seguenti e sono riassunti nella 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.

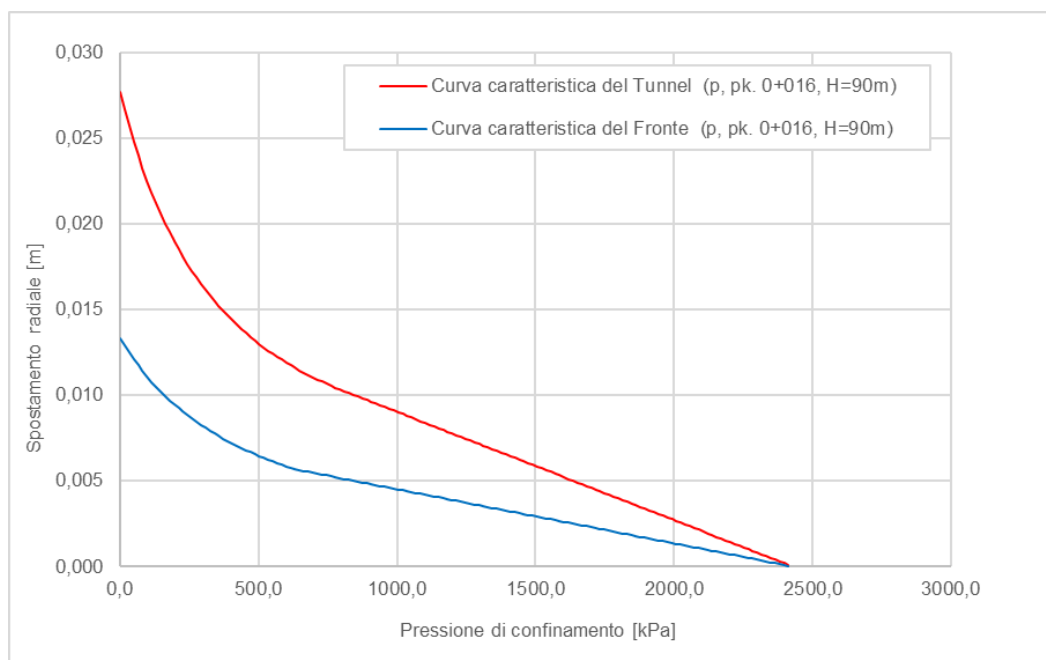


Figura 8-1 – Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione di calcolo A2C.

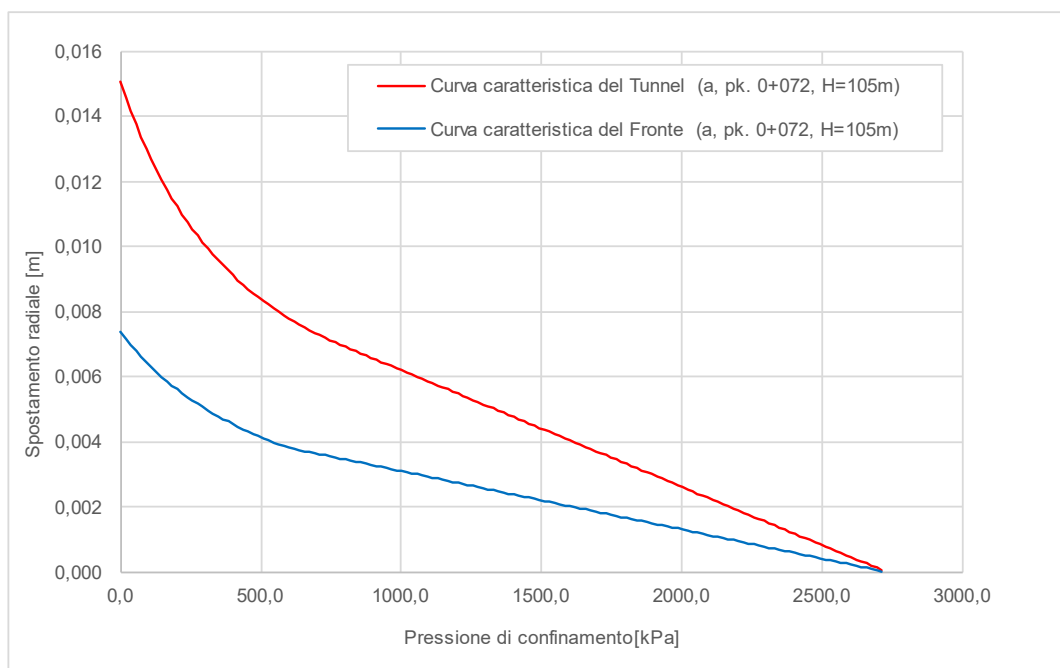


Figura 8-2 – Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione di calcolo B1L.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	45 di 253

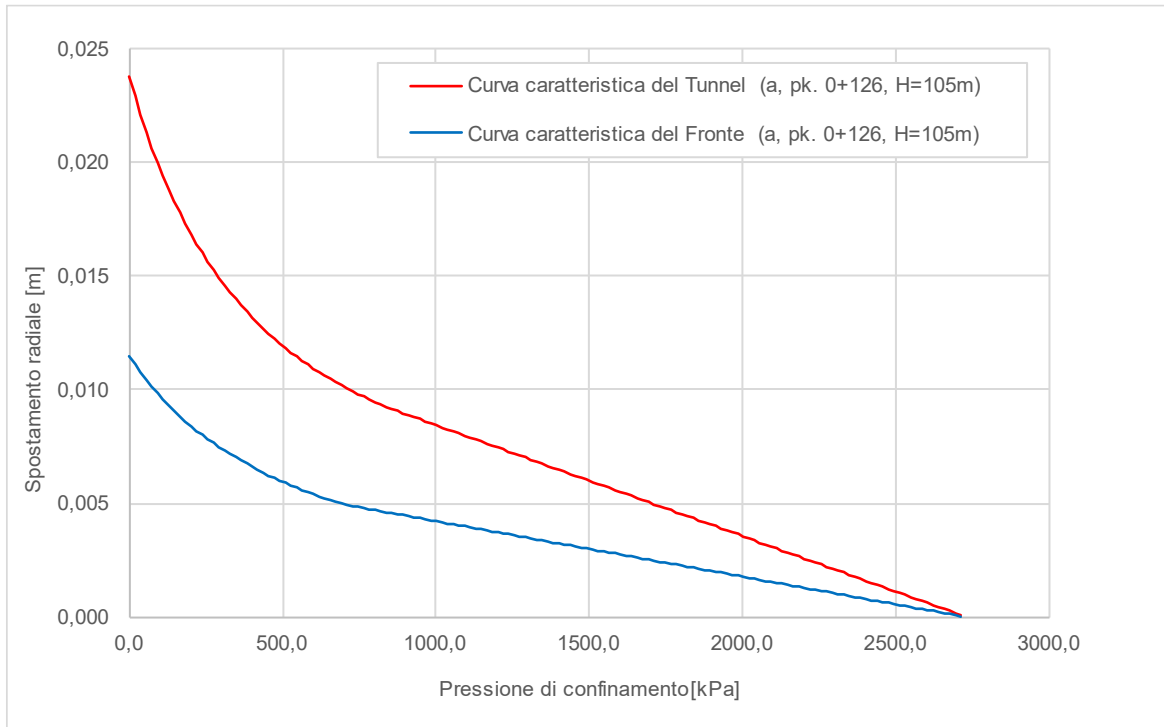


Figura 8-3 – Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione di calcolo B1.

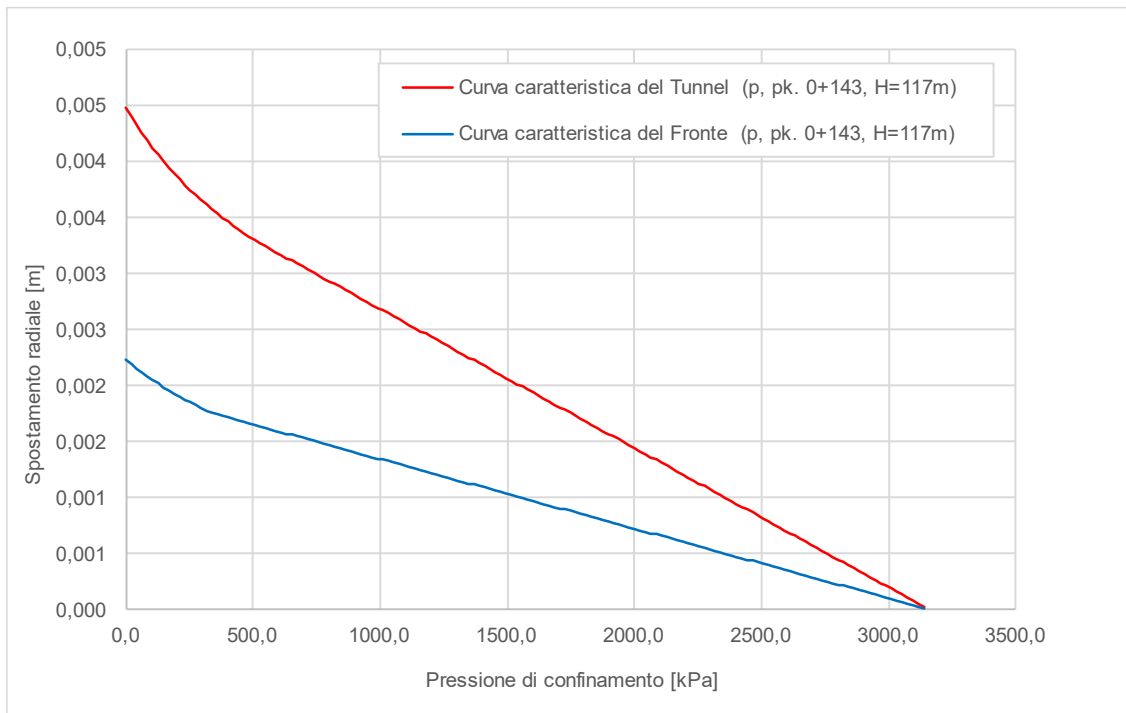


Figura 8-4 – Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione di calcolo A1*.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 46 di 253

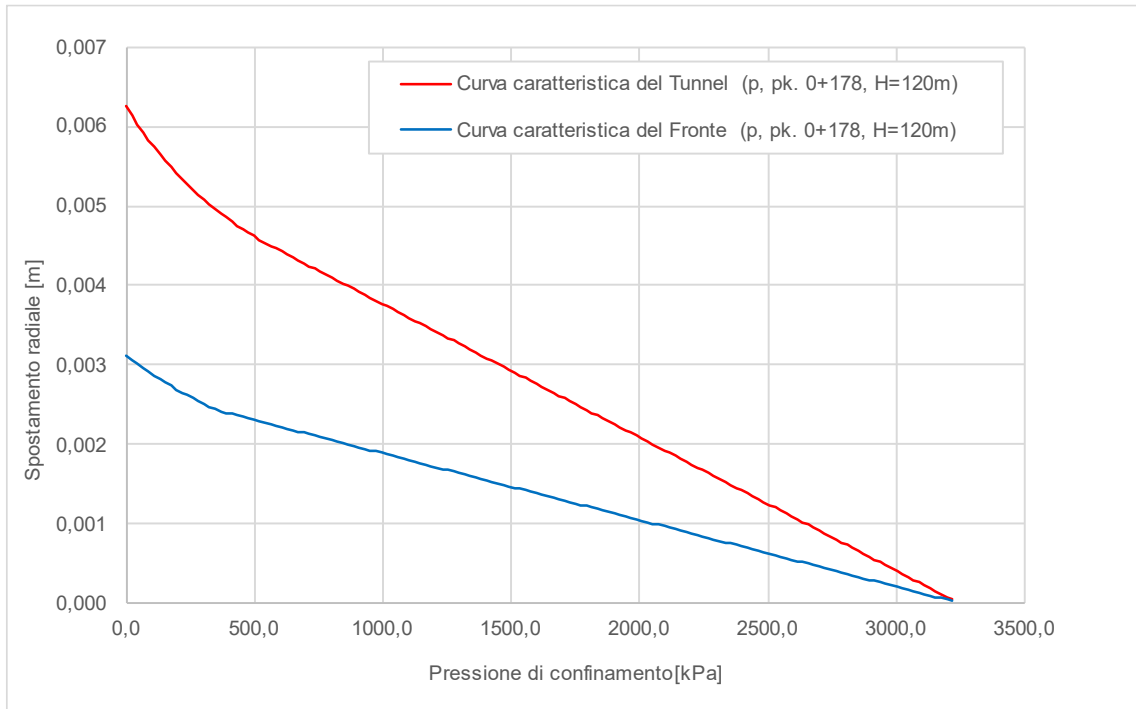


Figura 8-5 – Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione di calcolo 5 (Innesto).

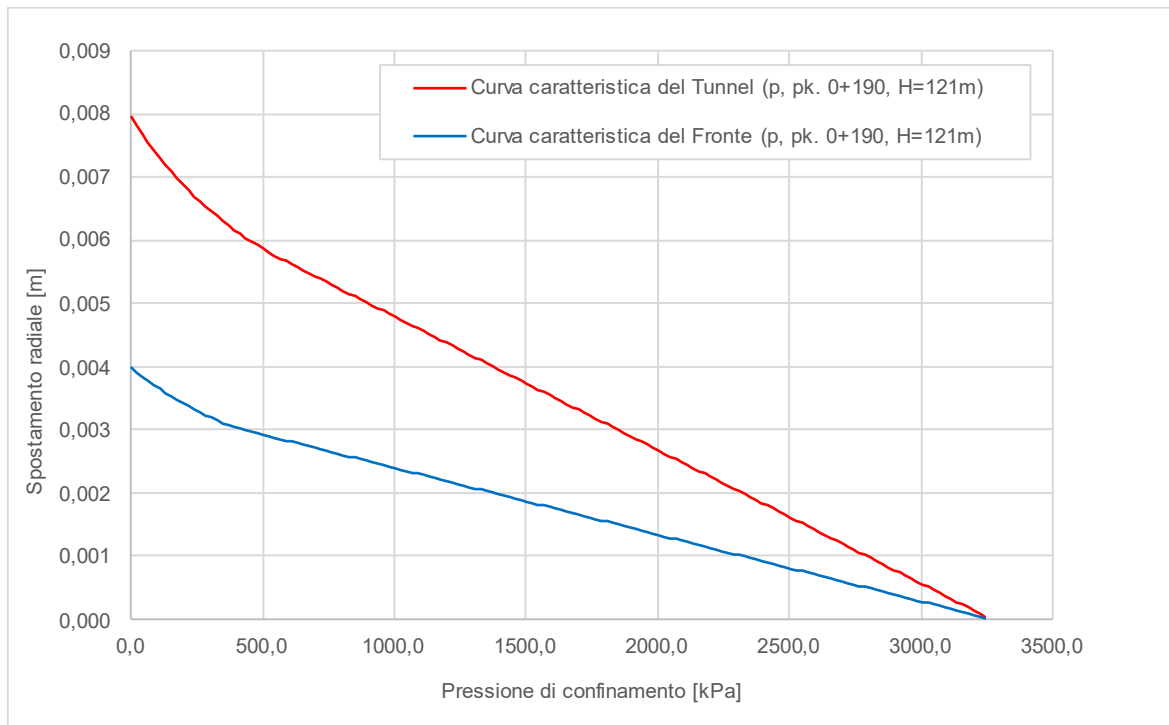


Figura 8-6 – Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione del Camerone di manovra.

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 GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	47 di 253
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo							

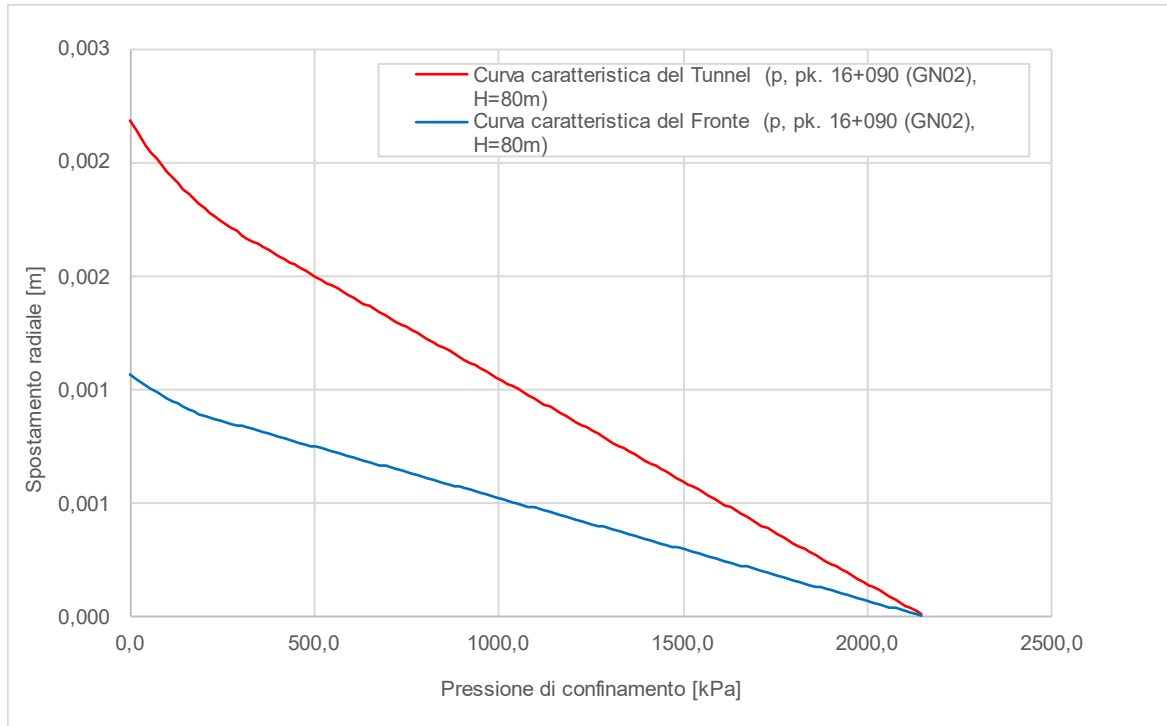


Figura 8-7 – Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione di calcolo della galleria di sfollamento – Tipo A1.

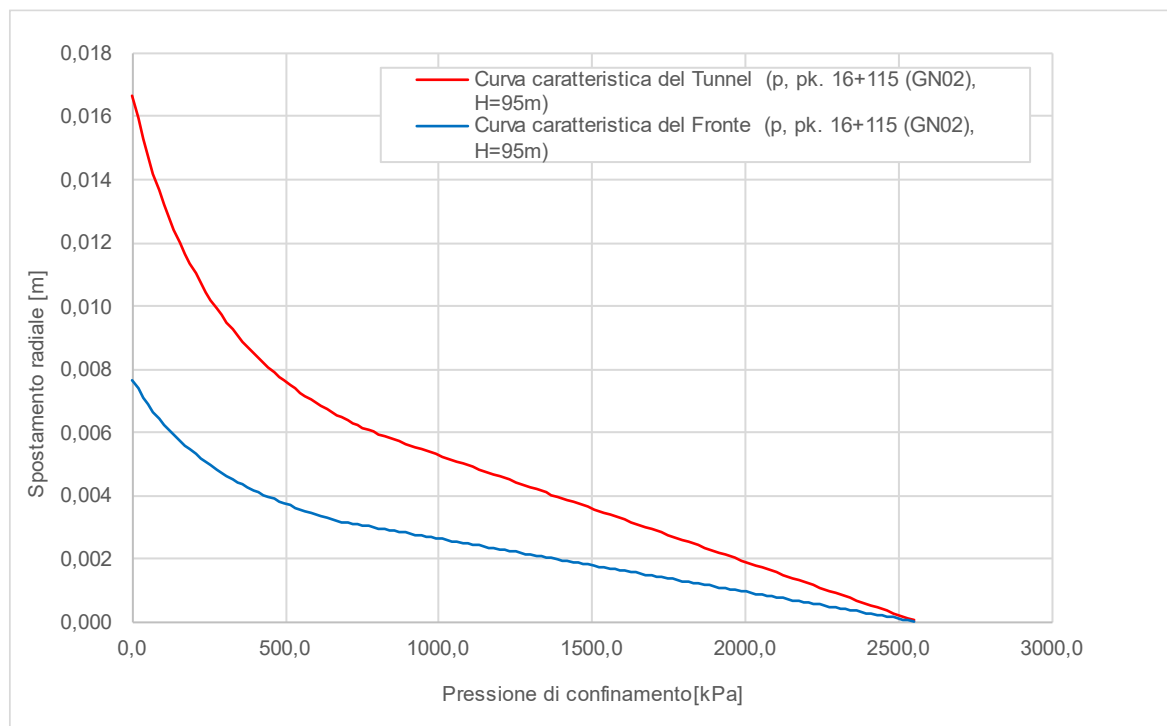


Figura 8-8 – Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione della galleria di sfollamento – Tipo B1.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	48 di 253

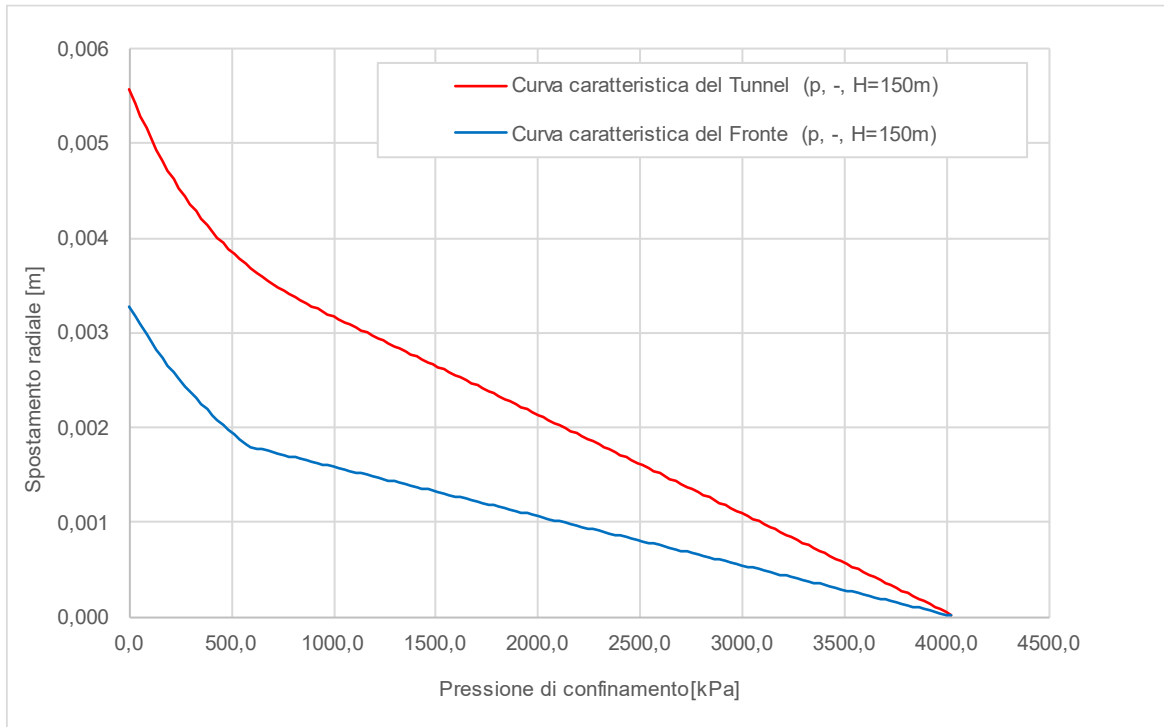


Figura 8-9 – Curva caratteristica del fronte e della galleria per la sezione di biforcazione TBM – linea – sezione tipo B1LC.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	49 di 253

Sezione di calcolo	σ_c [MPa]	p_c [MPa]	σ_c/p_c [-]	u_F [cm]	u_F/R_{eq} [%]	R_{pF} [m]	R_{pF}/R_{eq} [-]	u_∞ [cm]	R_p [m]	Criterio		
										1	2.1	2.2
A2c	0,972	0,622	1,56	1,33	0,27	5,99	1,20	2,77	7,67	A	A/B	B
B1L	1,352	0,010	135,1	0,74	0,14	5,93	1,15	1,51	7,24	A	A	B
B1	1,123	0,010	112,3	1,15	0,22	6,19	1,20	2,38	7,90	A	A/B	B
A1*	2,768	0,342	8,09	0,23	0,05	5,17	1,05	0,46	5,70	A	A	A
Tronchino innesto IO	2,789	0,363	7,69	0,31	0,05	6,85	1,05	0,63	7,57	A	A	A
Camerone	2,796	0,370	7,57	0,40	0,05	8,63	1,05	0,80	9,55	A	A	A
Sfollamento tipo A1	1,965	0,201	9,76	0,11	0,04	2,60	1,04	0,22	2,84	A	A	A
Sfollamento tipo B1	0,911	0,675	1,35	0,77	0,29	3,25	1,22	1,66	4,22	A	A/B	B
B1LC	2,988	0,580	5,15	0,33	0,06	5,62	1,08	0,56	6,37	A	A	A

σ_c : resistenza a compressione monoassiale dell'ammasso
 p_c : pressione critica al fronte
 u_F : convergenza al fronte (soluzione cavità sferica)
 R_{pF} : raggio plastico al fronte (soluzione cavità sferica)
 u_∞ : convergenza finale del cavo
 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.

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

- per le zone omogenee ricadenti nei *Porfiroidi* (unità p) all'interno ed in prossimità della biforcazione, il cui comportamento è analizzato in corrispondenza della sezione di calcolo 1, si è scelto di adottare la sezione di tipo A2C, tenuto conto delle incertezze legate alla reale posizione della faglia e della zona di danneggiamento e alla geometria particolare della biforcazione;
- per la zona omogenea ricadente nelle andesiti α , il cui comportamento è analizzato in corrispondenza delle sezioni di calcolo 2 e 3, si è scelta una sezione prevalente di tipo A. Come già enunciato precedentemente, data l'incertezza del contesto geologico su questa formazione, è stato considerato anche uno scenario più conservativo con intercalazioni di porfiroidi fratturati; sono state pertanto ipotizzate, in percentuale minore, le sezioni di tipo B, che sono state prese in considerazione per le analisi numeriche riportate nei capitoli successivi;

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria							<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IBOU</td> <td>1BEZZ</td> <td>CL</td> <td>GN0600001</td> <td>C</td> <td>50 di 253</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	50 di 253													
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo																		

- per la zona omogenea alle massime coperture nei porfiroidi p , il cui comportamento è analizzato in corrispondenza della sezione di calcolo 4, si è scelta una sezione prevalente di tipo A;
- per la biforcazione tra il ramo principale della finestra e la galleria di linea, è prevista la sezione tipo B1LC, poiché il tratto attraversa i *Porfiroidi* (unità p), in condizioni più o meno fratturate, vista la possibile presenza di una faglia sub-orizzontale dello spessore di circa 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"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 51 di 253

9. FASE DI TERAPIA

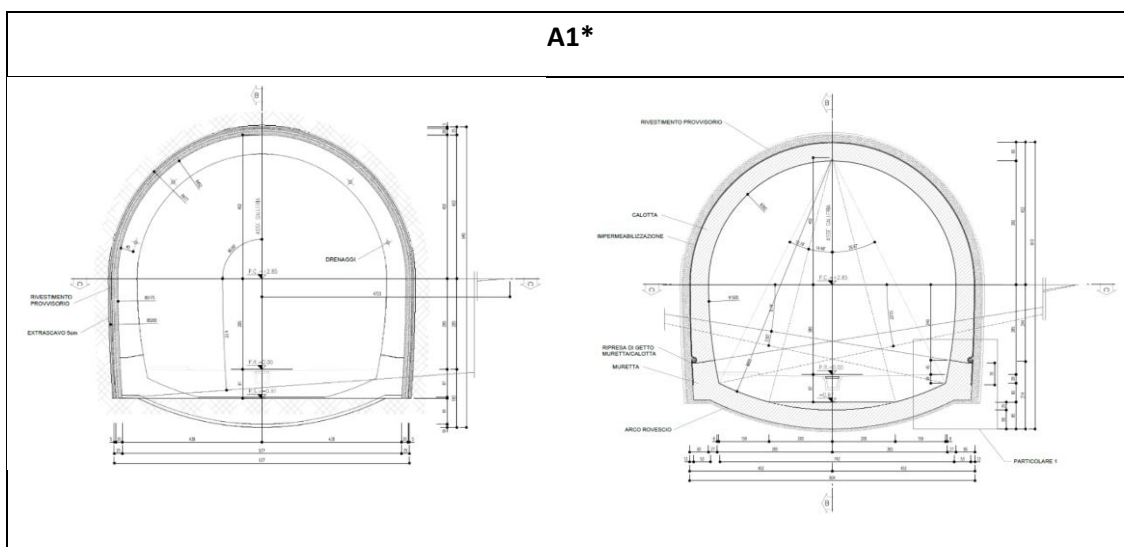
Nel presente capitolo sono definiti gli interventi necessari per garantire la stabilità del cavo a breve e a lungo termine, in accordo con le indicazioni provenienti dalla fase conoscitiva e dall'analisi del comportamento deformativo allo scavo (fase di diagnosi). Sono, quindi, descritte le caratteristiche principali delle sezioni tipo di avanzamento.

9.1 DEFINIZIONE DELLE SEZIONI TIPO

9.1.1 Sezione A1*

Campo di avanzamento	- m	
Sfondo massimo	3.0 m (sagomatura del fronte a forma concava)	
Sostegno al fronte	5 cm betoncino proiettato fibrorinforzato	
Sostegno al contorno	Non previsto	
Sostegno al piede delle centine	Non previste	
Drenaggi in avanzamento (in caso di presenza di acqua)	Eventuali n° 4(2+2) tubi microfessurati in PVC, $L_{tot} = 30$ m (sovrapp. minima 10 m) diametro esterno $\varnothing > 60$ mm, spessore 5 mm, rivestiti con calza in TNT	
Rivestimento di prima fase	Spritz-beton fibrorinforzato	s = 5 cm, prima fase s = 20 cm, seconda fase
	Centine metalliche	2 IPN 160 $i=1.4$ m ($\pm 20\%$)
Impermeabilizzazione	Tessuto non tessuto e manto impermeabile in PVC	
Rivestimento definitivo	Arco rovescio e murette	s = 60 cm, in cls armato per arco rovescio s = 60 cm in cls armato per murette
	Calotta e piedritti	s = 60 cm, in cls non armato

Tabella 9-1– Sezione tipo A1*

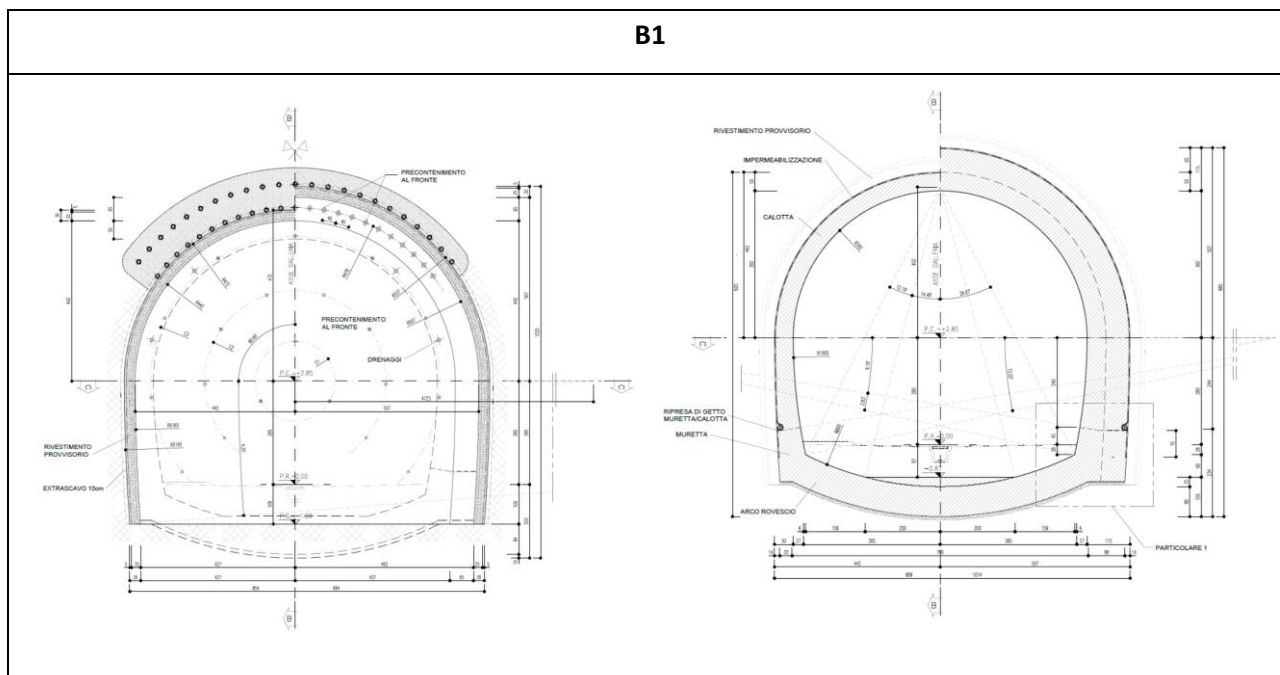


APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 52 di 253

9.1.2 Sezione B1

Campo di avanzamento	8.5 m	
Sfondo massimo	1.0 m (sagomatura del fronte a forma concava)	
Sostegno al fronte	20 elementi strutturali in VTR di lunghezza L=13,5 m, cementati in foro con miscele cementizie, con sovrapposizione minima 5,0 m; è prevista una variabilità $\pm 20\%$ 10 cm di SB fibrorinforzato sui singoli sfondi e 15 cm a fine campo.	
Sostegno al contorno	23 tubi in acciaio $\varnothing 127$ lmn, sp.=10mm, L=12m, valvolati (1 valvola/m), sovrapposizione minima 3,5m p=0,4m con una variabilità = $\pm 20\%$, compresi entro un angolo di 120° .	
Sostegno al piede delle centine	Non previste	
Drenaggi in avanzamento (in caso di presenza di acqua)	Eventuali n° 4 (2+2) tubi microfessurati in PVC, L _{tot} = 30 m (sovrapp. minima 13 m) diametro esterno $\varnothing > 60$ mm, spessore 5 mm, rivestiti con calza in TNT	
Rivestimento di prima fase	Spritz-beton fibrorinforzato	s = 5 cm, prima fase s = 25 cm, seconda fase
	Centine metalliche	2 IPN 180, i=1.0 m ($\pm 20\%$)
Impermeabilizzazione	Tessuto non tessuto e manto impermeabile in PVC	
Rivestimento definitivo	Arco rovescio e murette	s = 80 cm, in cls armato per arco rovescio s = 80 cm in cls armato per murette
	Calotta e piedritti	s = 50 – 115 cm, in cls armato

Tabella 9-2– Sezione tipo B1

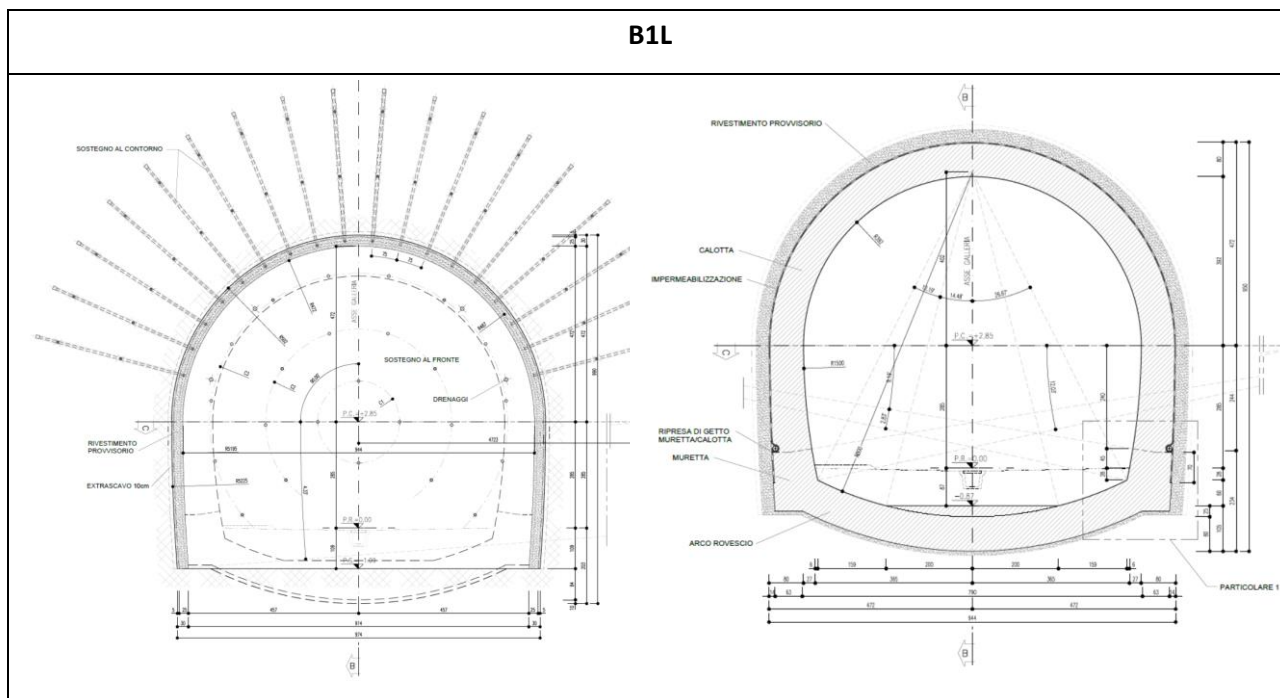


APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 53 di 253

9.1.3 Sezione B1L

Campo di avanzamento	9.6 m	
Sfondo massimo	2.4 m (sagomatura del fronte a forma concava)	
Sostegno al fronte	24 barre autopercoranti tipo R51N, L=15.0 m ($\pm 20\%$), sovrapposizione minima 5.4m, 5 cm di SB fibrorinforzato sui singoli sfondi e 10 cm a fine campo	
Sostegno al contorno	18 barre autopercoranti tipo R51N, L=12.0 m ($\pm 20\%$), sovrapposizione minima 4.8 m ($\pm 20\%$)	
Sostegno al piede delle centine	Non previste	
Drenaggi in avanzamento (in caso di presenza di acqua)	Eventuali n° 4 (2+2) tubi microfessurati in PVC, L _{tot} = 30 m (sovrapp. minima 10 m) diametro esterno $\varnothing > 60$ mm, spessore 5 mm, rivestiti con calza in TNT	
Rivestimento di prima fase	Spritz-beton fibrorinforzato	s = 5 cm, prima fase s = 25 cm, seconda fase
	Centine metalliche	2 IPN 180, i=1.2 m ($\pm 20\%$)
Impermeabilizzazione	Tessuto non tessuto e manto impermeabile in PVC	
Rivestimento definitivo	Arco rovescio e murette	s = 80 cm, in cls armato
	Calotta e piedritti	s = 80 cm, in cls armato

Tabella 9-3– Sezione tipo B1L

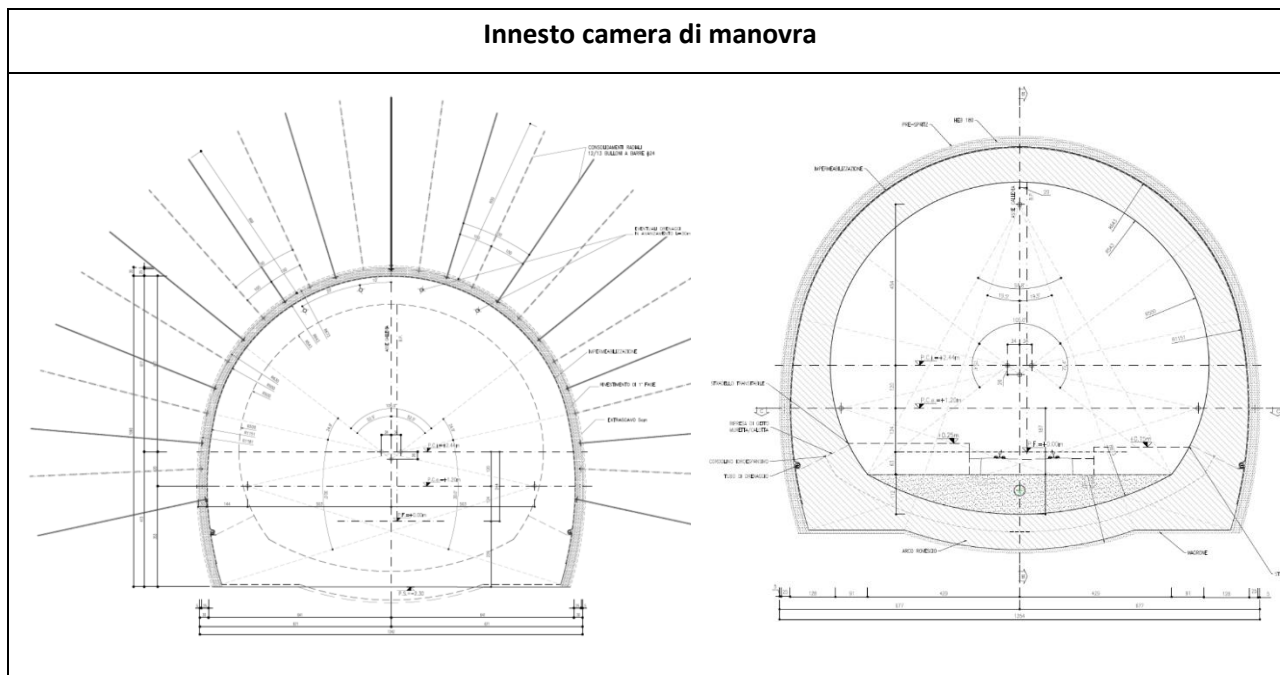


APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 54 di 253

9.1.4 Tronchino di innesto alla camera di manovra

Campo di avanzamento	- m	
Sfondo massimo	2.0 m (sagomatura del fronte a forma concava)	
Sostegno al fronte	Spritz beton fibrorinforzato con Sp=5 cm ogni sfondo	
Sostegno al contorno	Non previsto	
Sostegno al piede delle centine	Non previste	
Sostegno radiale	12+13 bulloni radiali $\pm 20\%$ a barre $\varnothing 24$ o Swellex equivalenti disposti a raggiere alternate, L=6.0 m, $i_{LONG}=1.0$ m, $i_{TRASV}=2.0$ m ($\pm 20\%$)	
Drenaggi in avanzamento (in caso di presenza di acqua)	Eventuali n° 4(2+2) tubi microfessurati in PVC, $L_{tot} = 30$ m (sovrapp. minima 13 m) diametro esterno $\varnothing > 60$ mm, spessore 5 mm, rivestiti con calza in TNT	
Rivestimento di prima fase	Spritz-beton fibrorinforzato	s = 5 cm, prima fase
		s = 25 cm, seconda fase
	Centine metalliche	HEB 180 $i=1.0$ m ($\pm 20\%$)
Impermeabilizzazione	Tessuto non tessuto e manto impermeabile in PVC	
Rivestimento definitivo	Arco rovescio e murette	$s_{min} = 100$ cm, in cls armato
	Calotta e piedritti	s = 100 cm, in cls armato

Tabella 9-4- Sezione di innesto alla camera di manovra

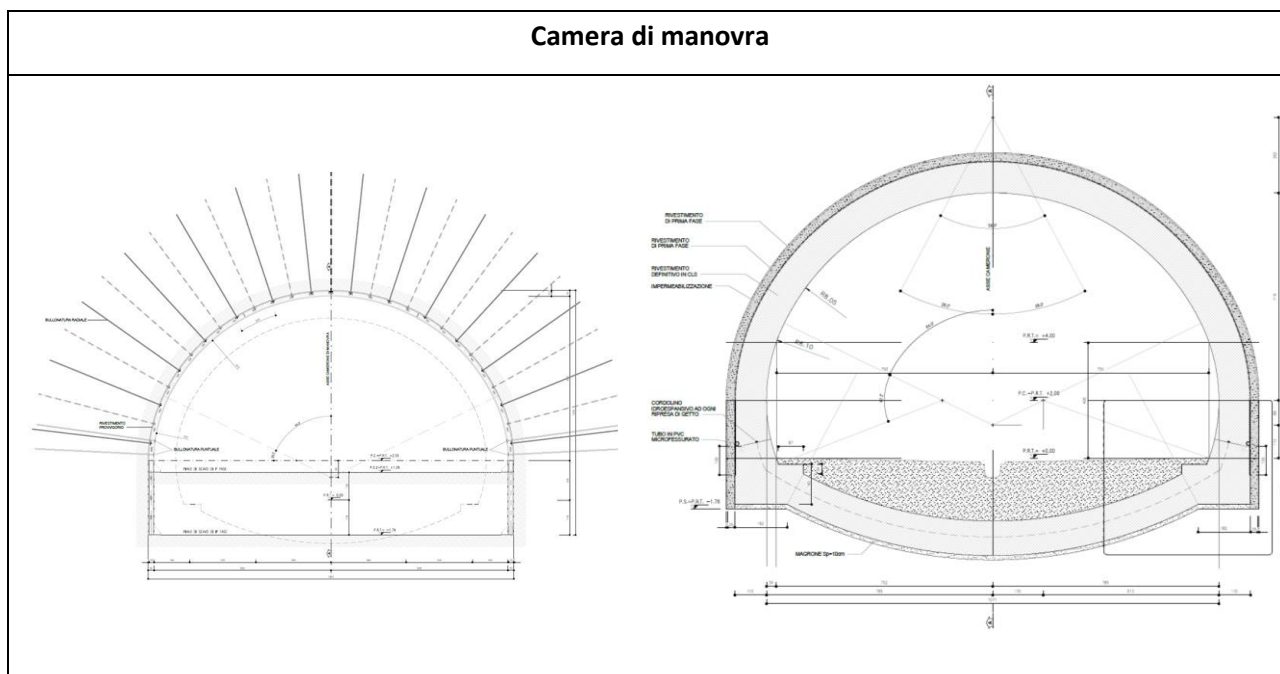


APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 55 di 253

9.1.5 Sezione della camera di manovra

Campo di avanzamento	- m	
Sfondo massimo	1.5 m (sagomatura del fronte a forma concava)	
Sostegno al fronte	Spritz beton fibrorinforzato con Sp=10 cm ogni sfondo	
Sostegno al contorno	Non previsto	
Sostegno al piede delle centine	Non previsto	
Intervento radiale	13+14 bulloni radiali a barre Ø24 o Swellex equivalenti disposti a raggiere alternate, L=6.0 m, i _{LONG} =1.0 m, i _{TRASV} =2.0 m (±20%)	
Drenaggi in avanzamento (in caso di presenza di acqua)	Eventuali n° 4 (2+2) tubi microfessurati in PVC, L _{tot} = 30 m (sovrapp. minima 10 m) diametro esterno Ø > 60 mm, spessore 5 mm, rivestiti con calza in TNT	
Rivestimento di prima fase	Spritz-beton fibrorinforzato	s = 5 cm, prima fase
		s = 25 cm, seconda fase
	Centine metalliche	2 IPN200, i=1.0 m (±20%)
Impermeabilizzazione	Tessuto non tessuto e manto impermeabile in PVC	
Rivestimento definitivo	Arco rovescio e murette	s = 120 cm, in cls armato
	Calotta e piedritti	s = 110 cm, in cls armato

Tabella 9-5– Sezione della camera di manovra

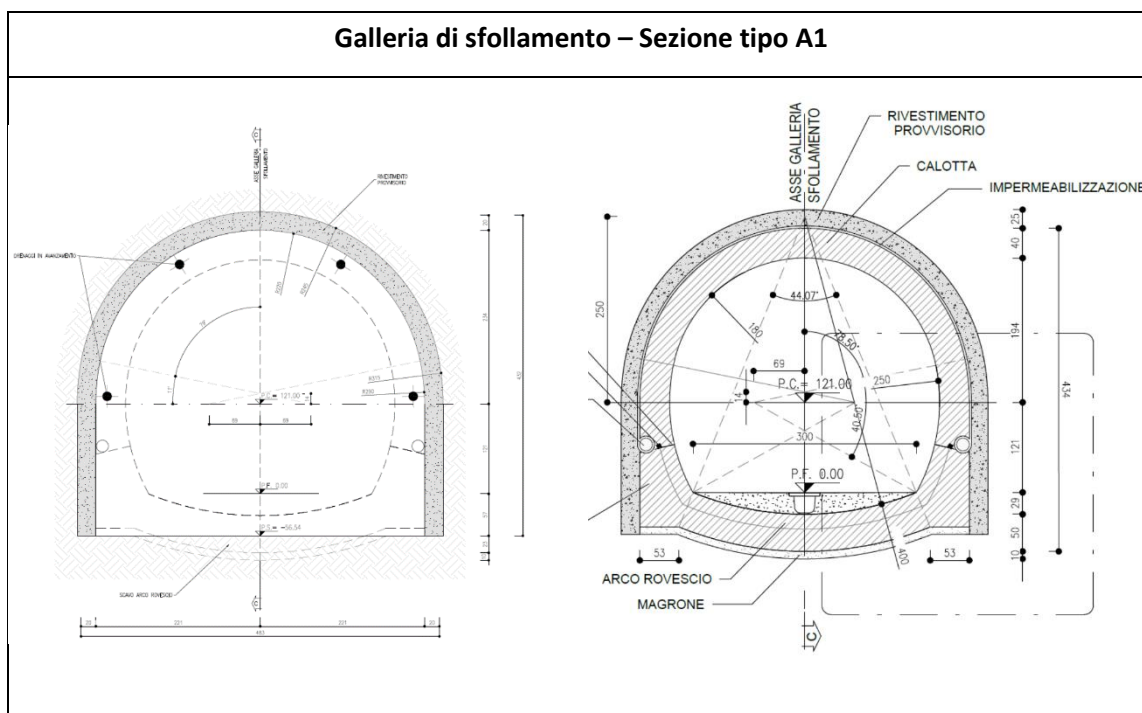


APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 56 di 253

9.1.6 Sezione della galleria di sfollamento – Tipo A1

Campo di avanzamento	12 m	
Sfondo massimo	2.8 m (sagomatura del fronte a forma concava)	
Sostegno al fronte	Spritz beton fibrorinforzato con Sp=5 cm ogni sfondo	
Sostegno al contorno	Non previsto	
Sostegno al piede delle centine	Non previsto	
Drenaggi in avanzamento (in caso di presenza di acqua)	Eventuali n° 4 (2+2) tubi microfessurati in PVC, L _{tot} = 30 m (sovrapp. minima 12 m) diametro esterno Ø > 60 mm, spessore 5 mm, rivestiti con calza in TNT (i primi 10m da boccaforo dovranno essere ciechi).	
Rivestimento di prima fase	Spritz-beton fibrorinforzato	s = 5 cm, prima fase s = 15 cm, seconda fase
	Centine metalliche	2 IPN160, i=1.0 m (±20%)
Impermeabilizzazione	Tessuto non tessuto e manto impermeabile in PVC	
Rivestimento definitivo	Arco rovescio e murette	s = 50 cm, in cls non armato
	Calotta e piedritti	s = 40 cm, in cls non armato

Tabella 9-6– Sezione galleria di sfollamento – Sezione Tipo A1

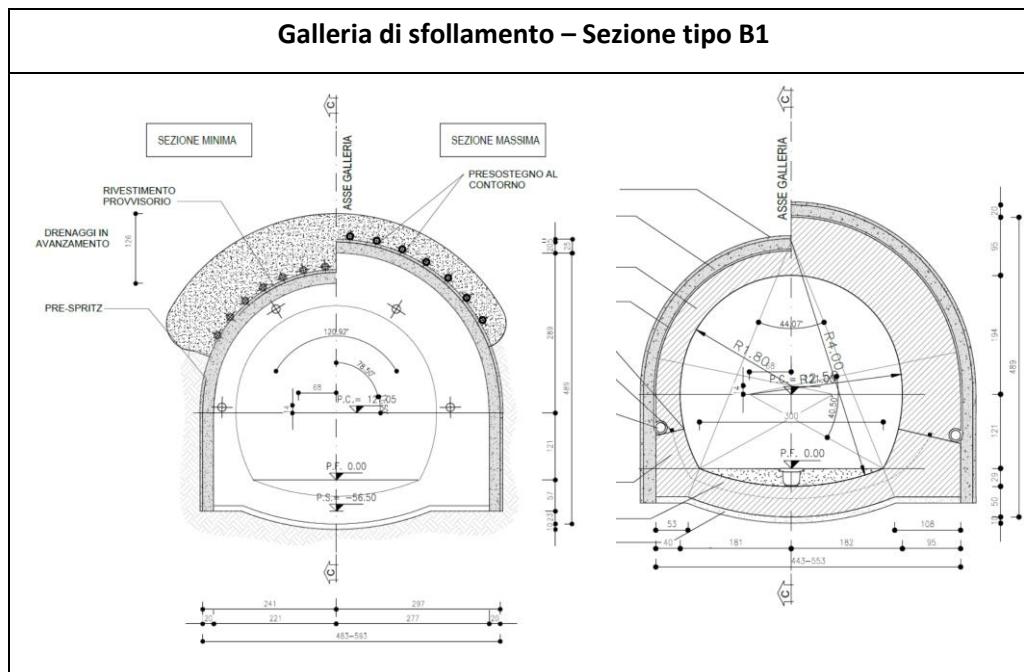


APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 57 di 253

9.1.7 Sezione della galleria di sfollamento – Tipo B1

Campo di avanzamento	6 m	
Sfondo massimo	1.0 m (sagomatura del fronte a forma concava)	
Sostegno al fronte	Spritz beton fibrorinforzato con Sp=5 cm ogni sfondo	
Sostegno al contorno	N°14 Tubi in acciaio Ø127mm sp. 10mm, L=9.00m sovrapp.min. 3.00m p=0.4m perforazione Ø=151mm (±20%)	
Sostegno al piede delle centine	Non previsto	
Drenaggi in avanzamento (in caso di presenza di acqua)	Eventuali n° 4 (2+2) tubi microfessurati in PVC, L _{tot} = 30 m (sovrapp. minima 12 m) diametro esterno Ø > 60 mm, spessore 5 mm, rivestiti con calza in TNT (i primi 10m da boccaforo dovranno essere ciechi).	
Rivestimento di prima fase	Spritz-beton fibrorinforzato	s = 5 cm, prima fase s =20 cm, seconda fase
	Centine metalliche	2 IPN160, i=1.0 m (±20%)
Impermeabilizzazione	Tessuto non tessuto e manto impermeabile in PVC	
Rivestimento definitivo	Arco rovescio e murette	s = 50 cm, in cls non armato
	Calotta e piedritti	s = 40-95 cm, in cls non armato

Tabella 9-7– Sezione galleria di sfollamento – tipo B1

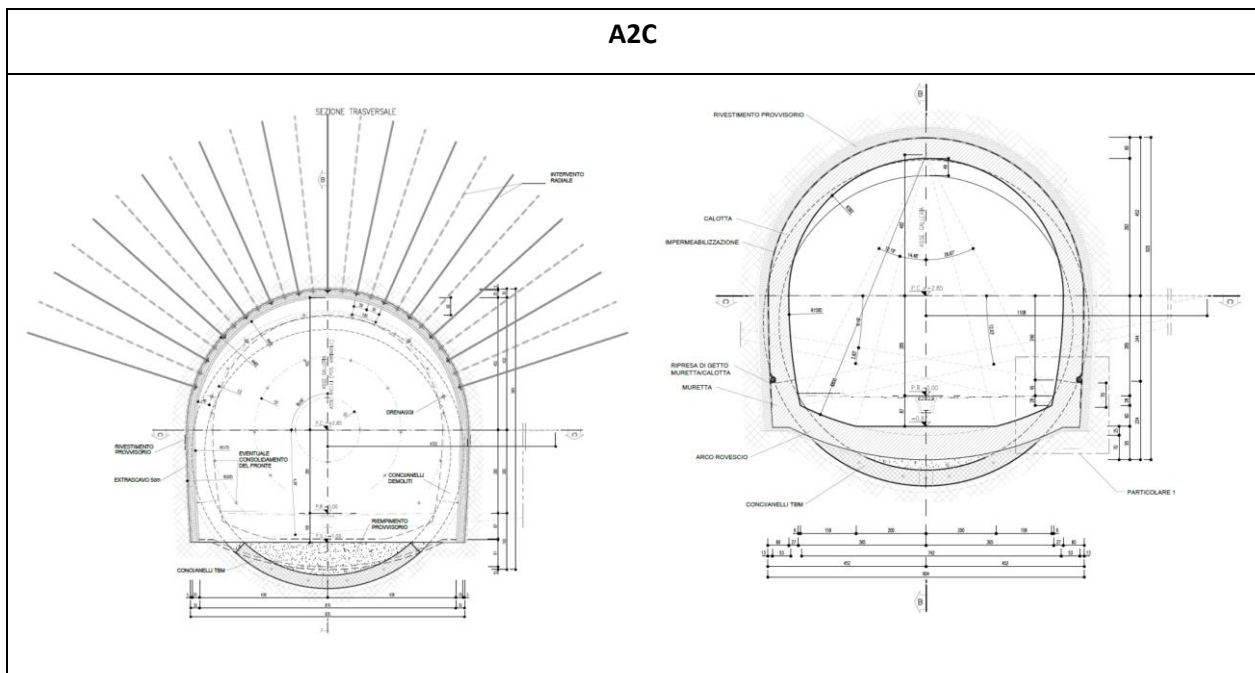


APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:						
Mandataria:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	58 di 253

9.1.8 Sezione A2C

Campo di avanzamento	- m	
Sfondo massimo	3.6 m (sagomatura del fronte a forma concava)	
Sostegno al fronte	5 cm di SB fibro-rinforzato; eventuali 24 R51N L=15m sovrapp. Min. 5,4 m ($\pm 20\%$),	
Sostegno al contorno	Non previsto	
Intervento radiale	13+12 bulloni radiali a barre $\varnothing 24$ o Swellex equivalenti, L=6.0 m, $i_{LONG}=1.2$ m, $i_{TRASV}=1.0$ m ($\pm 20\%$)	
Sostegno al piede delle centine	Non previste	
Drenaggi in avanzamento (in caso di presenza di acqua)	Eventuali n° 2 (1+1) tubi microfessurati in PVC, $L_{tot} = 30$ m (sovrapp. minima 10 m) diametro esterno $\varnothing > 60$ mm, spessore 5 mm, rivestiti con calza in TNT	
Rivestimento di prima fase	Spritz-beton fibrorinforzato	s = 5 cm, prima fase
		s = 25 cm, seconda fase
	Centine metalliche	2 IPN 180, $i = 1.2$ m ($\pm 20\%$)
Impermeabilizzazione	Tessuto non tessuto e manto impermeabile in PVC	
Rivestimento definitivo	Arco rovescio e murette	s = 70 cm, in cls armato
	Calotta e piedritti	s = 60 cm, in cls armato

Tabella 9-8 – Sezione tipo A2C



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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	59 di 253

Di seguito si riportano le principali fasi di scavo relative alla biforcazione (Biforcazione finestra tradizionale e TBM - Fasi costruttive - IB0U1BEZZP9GN0600002):

- Fase 1: scavo della galleria mediante TBM, termine lavorazioni e smantellamento allestimenti scavo con TBM (Figura 9-1);
- Fase 2: riempimento galleria scavata con TBM mediante calcestruzzo magro (riempimento totale e parziale) (Figura 9-2);
- Fase 3: Scavo della galleria di linea con sezione tipo di scavo A2C fino a km 0+055.210 (Figura 9-3);
- Fase 4: a fine scavo sezione A2C realizzazione del rivestimento definitivo (arco rovescio, murette e calotta) in Figura 9-4.

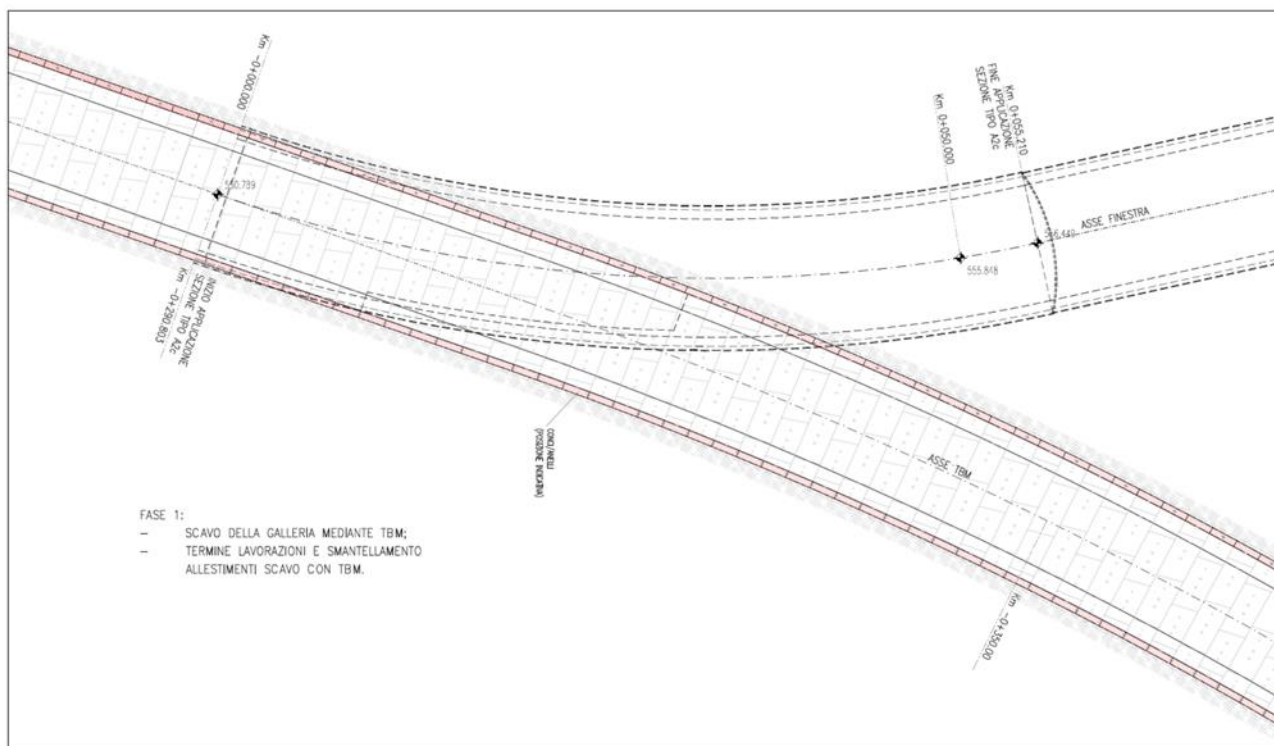


Figura 9-1 – Biforcazione finestra tradizionale e TBM - Fase 1

APPALTATORE:										
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"									
Mandatario:	Mandanti:	COMMESSA				LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IBOU				1BEZZ	CL	GN0600001	C	60 di 253
GALLERIE		Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo								
		PROGETTO ESECUTIVO								

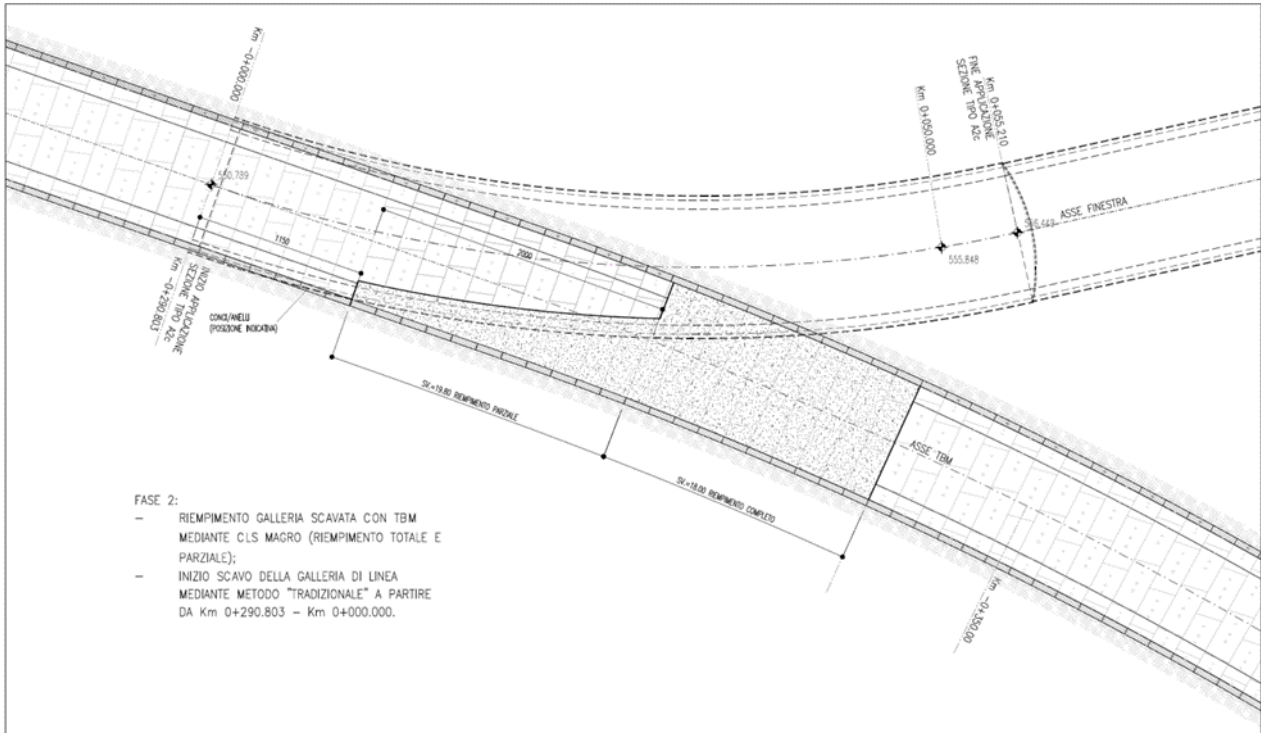


Figura 9-2 – Biforcazione finestra tradizionale e TBM - Fase 2

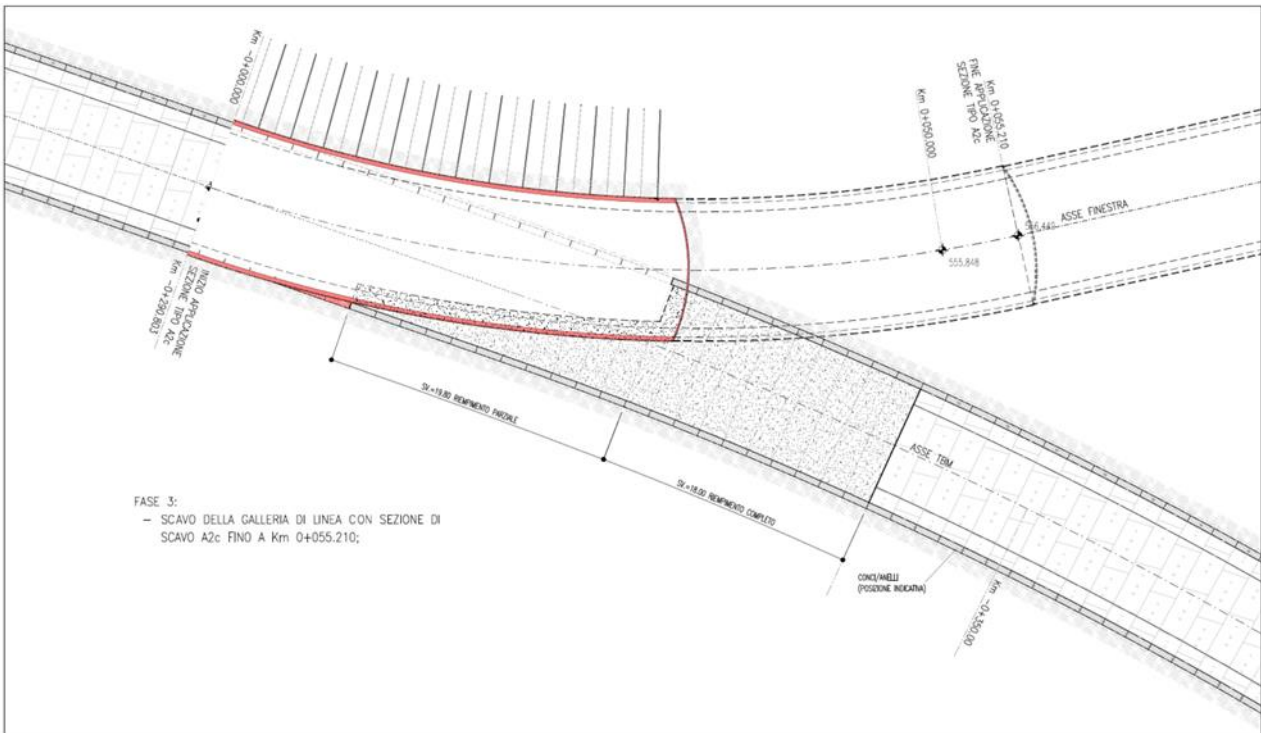


Figura 9-3 – Biforcazione finestra tradizionale e TBM - Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 61 di 253

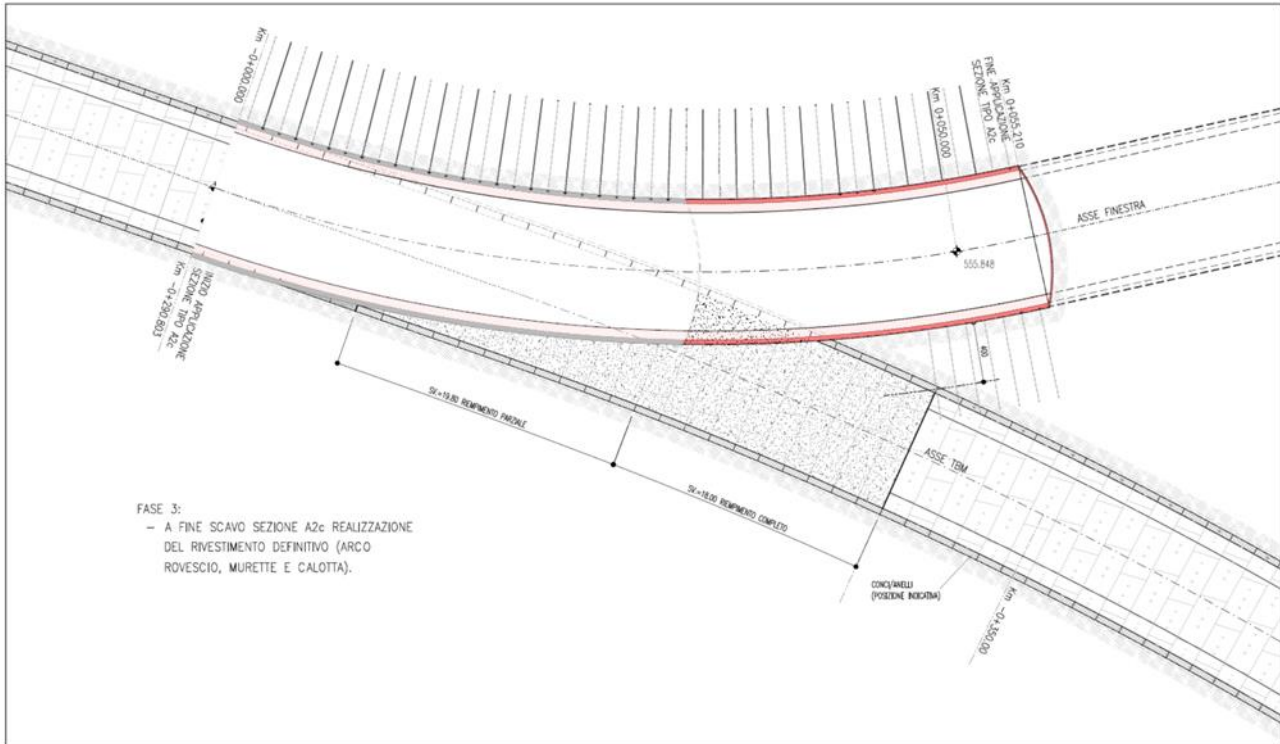


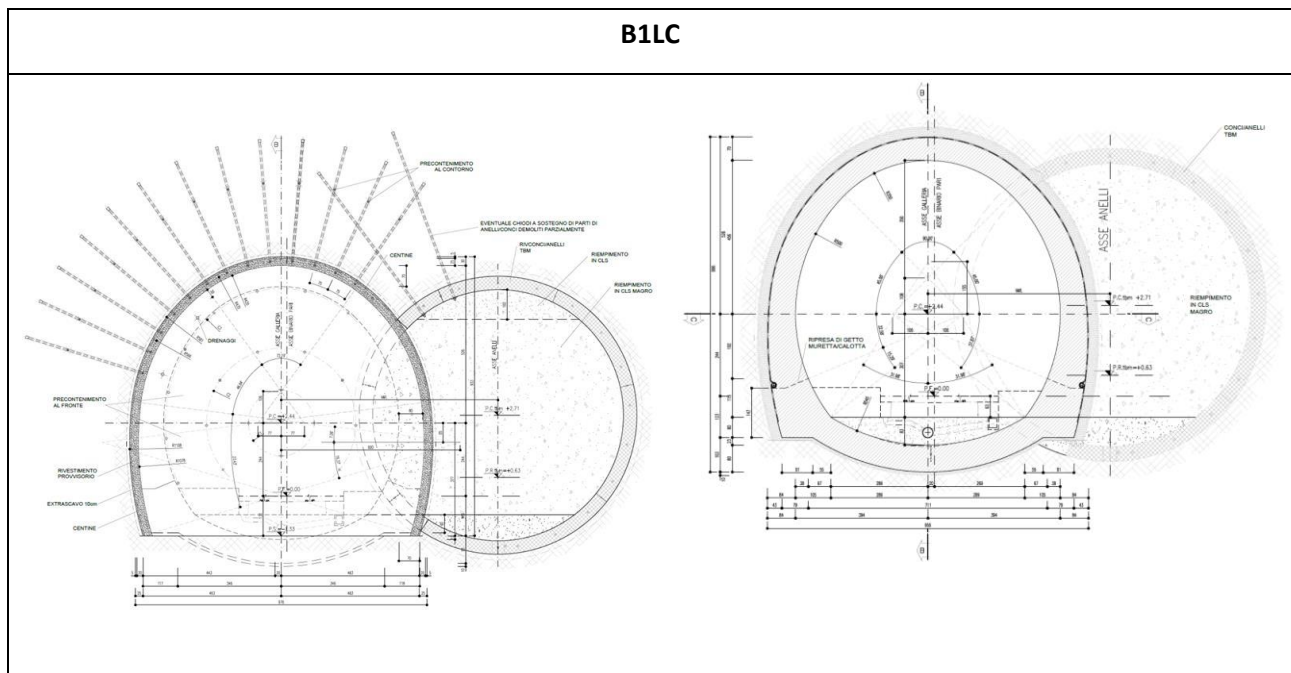
Figura 9-4 – Biforcazione finestra tradizionale e TBM - Fase 4

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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	62 di 253

9.1.9 Sezione B1LC – biforcazione finestra TBM e galleria di linea BP

Campo di avanzamento	10.8 m	
Sfondo massimo	1.80 m (sagomatura del fronte a forma concava)	
Sostegno al fronte	24 R51N L=15m sovrapp. Min. 4,2 m ($\pm 20\%$), 5 cm di SB fibro-rinforzato su ogni sfondo 10 cm a fine campo	
Sostegno al contorno	18 R51N L=12 m, sovrapp. Min. 6,0 m ($\pm 20\%$)	
Intervento radiale	Non previsto	
Sostegno al piede delle centine	Non previsto	
Drenaggi in avanzamento (in caso di presenza di acqua)	Eventuali n° 2 (1+1) tubi microfessurati in PVC, $L_{tot} = 30$ m (sovrapp. minima 10 m) diametro esterno $\varnothing > 60$ mm, spessore 5 mm, rivestiti con calza in TNT	
Rivestimento di prima fase	Spritz-beton fibrorinforzato	s = 5 cm, prima fase
		s = 25 cm, seconda fase
	Centine metalliche	2 IPN 180, $i = 1.2$ m ($\pm 20\%$)
Impermeabilizzazione	Tessuto non tessuto e manto impermeabile in PVC	
Rivestimento definitivo	Arco rovescio e murette	s = 80 cm, in cls armato
	Calotta e piedritti	s = 70 cm, in cls armato

Tabella 9-9– Sezione tipo B1LC



APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – 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 Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 63 di 253

Di seguito si riportano le principali fasi di scavo relative alla biforcazione (Biforcazione finestra TBM e galleria di linea BP - Fasi costruttive - IB0U1BEZZP9GN0600003):

- Fase 1: scavo della galleria mediante TBM, termine lavorazioni e smantellamento allestimenti scavo con TBM (Figura 9-5);
- Fase 2: inizio scavo della galleria di linea mediante metodo tradizionale a partire da camerone di manovra; contestuale riempimento della galleria scavata con TBM mediante calcestruzzo magro (riempimento totale e parziale); a progressiva km 16+472.338 B.P. inizio applicazione sezione di scavo B1LC per scavo galleria di linea (Figura 9-5);
- Fase 3: Scavo della galleria di linea con sezione tipo di scavo B1LC fino a km 16+526.338 B.P.; proseguimento scavi fino a km 16+574.258 B.P con sezione B1LC senza consolidamento del fronte (Figura 9-6);
- Fase 4: a fine scavo della sezione B1LC realizzazione del rivestimento definitivo (arco rovescio, murette e calotta) in Figura 9-6.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:							
Mandataria:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	64 di 253

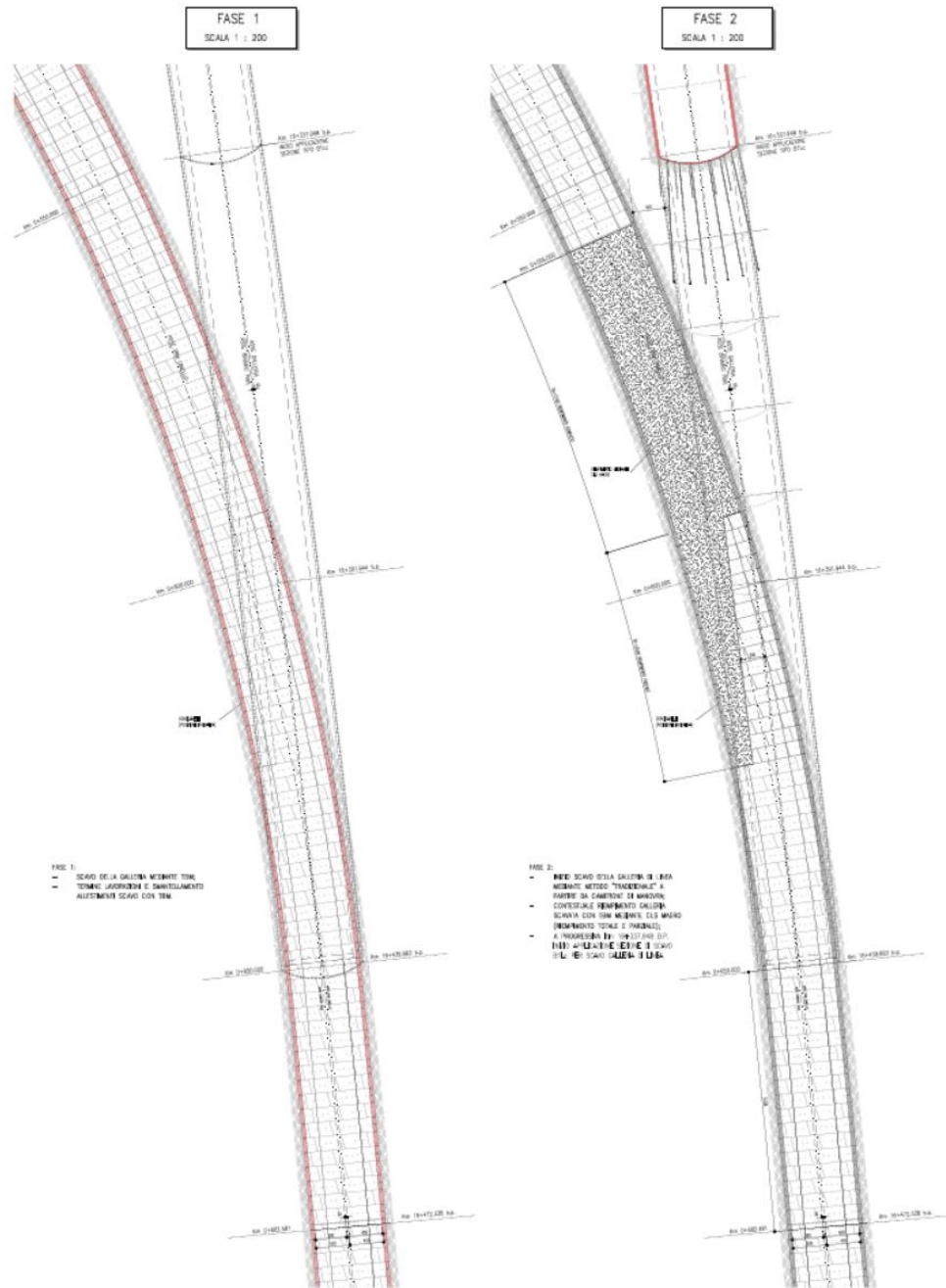


Figura 9-5 – Biforcazione finestra TBM e galleria di linea BP – Fasi costruttive 1 e 2.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 65 di 253

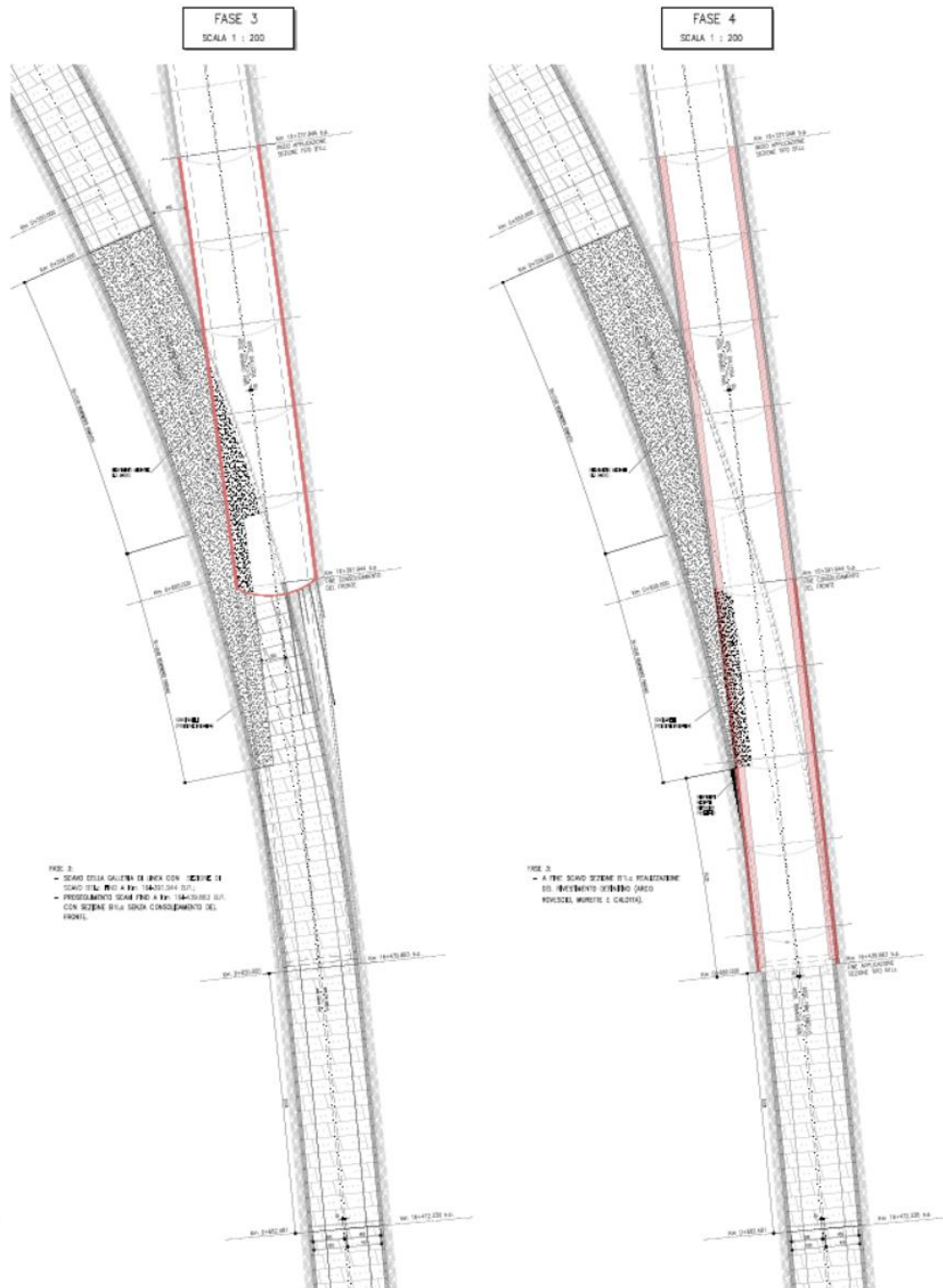


Figura 9-6 – Biforcazione finestra TBM e galleria di linea BP – Fasi costruttive 3 e 4.

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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	66 di 253

9.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI

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. [6] e [7]).

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:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	67 di 253

Bulloni ancoraggio continuo	
Acciaio	B 450 C
Diametro	24 mm
Diametro di perforazione	>51 mm

Bulloni autopercoranti 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	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{0.85f_{ck}}{1.5} = 14.11$ 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

Calcestruzzo non armato	
Classe di resistenza	C25/30
Tensione massima di compressione	$\sigma_c = 6.25$ MPa
Modulo elastico a 28 giorni	$E_{cm} = 22000 \cdot \left(\frac{f_{cm}}{10}\right)^{0.3} = 31447$ 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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	68 di 253

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 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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	69 di 253

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 (§7.3) e nel rispetto della normativa vigente (Rif. [1] e Rif. [2])

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 Finestra Funes, 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 A1, A2C, B1 e B1L. Il camerone di manovra e la relativa sezione di innesto, essendo opere puntuali, sono stati verificati nella loro condizione geotecnica di applicazione. Sono riportate per completezza le analisi numeriche relative ai tunnel di sfollamento A1 e B1, analizzati nel dettaglio nella relazione tecnica di scavo tradizionale - Galleria Gardena - IBOU1BEZZRHGN0000009B.

La seguente tabella riassume le principali informazioni delle sezioni tipologiche della galleria naturale e della camera di manovra considerate nelle analisi numeriche. 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.

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 70 di 253

Sezione di calcolo	Sezione tipo adottata	Unità	Pk sez. analisi [km]	H [m]
1	A2c	p (faglia)	0+016	90.0
2	B1L	p	0+072	105.0
3	B1	p	0+126	105.0
4	A1	p	0+143	117.0
5	Tronchino di Innesto IO	p	0+178	120.0
6	Camerone	p	0+190	121.0
7	Sfollamento – Tipo A1	p	16+090 (GN02)	80.0
8	Sfollamento – Tipo B1	p	16+115 (GN02)	95.0
9	B1LC	p	-	150.0

Tabella 9-10 – 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 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 DYWI, 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:

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

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	71 di 253

$$\sigma_3^{DYWI} = \min(\sigma_{3,A}^{DYWI}, \sigma_{3,B}^{DYWI}) = \min\left(\frac{\tau_{bk} \cdot L_A \cdot p_A}{A_i}, \frac{f_{tk} \cdot A_T}{A_i}\right)$$

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 assume $\tau_{bk} = 250$ kPa, $A_t = 0.00107$ m² e $f_{tk} = 590$ 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 Plaxis 2D (Versione 2018) (Plane strain and Axial symmetry) 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 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, pertanto, 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;

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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	72 di 253

- 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 $R1 = 1$. Pertanto, 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 (N, M, T);
- Verifiche SLU rivestimento di prima fase: $\gamma_E = 1.3$ applicato alle caratteristiche delle sollecitazioni (N, M, T);
- Verifiche SLU rivestimento di definitivo: $\gamma_E = 1.3$ applicato alle caratteristiche delle sollecitazioni (N, M, T);

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 radiali sono implementati direttamente nei modelli numerici attraverso elementi *embedded beam raw* 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:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	73 di 253

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.

Sezione di calcolo	Unità	Pk sez. analisi [km]	H [m]	γ [kN/m ³]	c'_k [kPa]	ϕ'_k [kPa]	E_k [MPa]
A2c	p (faglia)	0+016	90.0	27	249	35.6	1028
B1L	p	0+072	105.0	27	341	37.4	1871
B1	p	0+126	105.0	27	296	35.1	1376
A1*	p	0+143	117.0	27	604	42.8	5143
Tronchino di Innesto IO	p	0+178	120.0	27	611	42.7	5032
Camerone	p	0+190	121.0	27	613	42.6	5032
Sfollamento – Tipo A1	p	16+090 (GN02)	80	27	407	45.0	3600
Sfollamento – Tipo B1	p	16+115 (GN02)	95	27	232	36.0	1000
B1LC	p	-	150.0	27	680	41.3	5032

Tabella 9-11 – 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 9-7.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 74 di 253

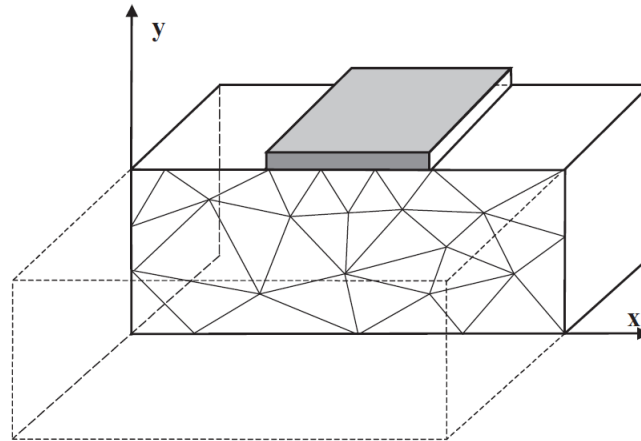


Figura 9-7 – Esempio di modello in condizione di deformazione piana.

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:

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

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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	75 di 253

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 § 9.2.1.1. 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 in Figura 9-8, 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 ad almeno 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 della galleria, H , maggiore di 5 volte il diametro equivalente dello scavo, la profondità della galleria è posta pari a $H_{\text{numerico}} \geq 5D$ 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 1 m indicato in Figura 9-8.

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 9-9).

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.

Infine, le verifiche strutturali sono presentate ai paragrafi 9.4 e 9.5.

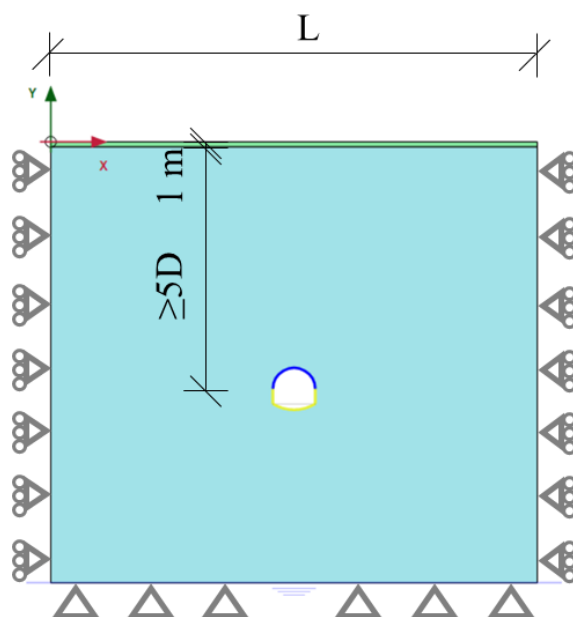


Figura 9-8 – Esempio di modello numerico in condizioni di deformazione piana per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	76 di 253

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 della galleria maggiore di $5 \cdot D$. Per ulteriori dettagli si veda il testo.

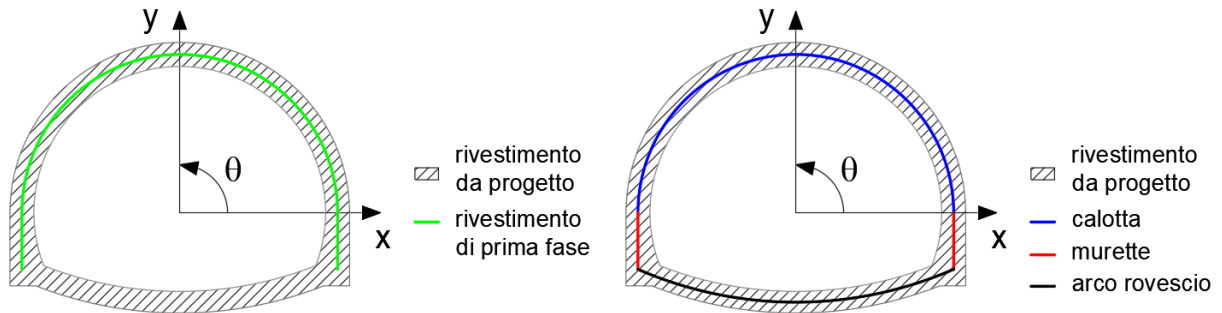


Figura 9-9 – Geometria tipo del rivestimento di prima fase e definitivo e particolare del modello numerico relativo agli elementi strutturali.

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	77 di 253

9.3.5 Sezione A1*

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

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 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*	4.9	117.0	3.16	27	482	37.0	5100

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
A1*	1,92	0,63	3.03	2.73	0.06	5.52	1.12	A	A	B

Tabella 9-12 – 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:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	78 di 253

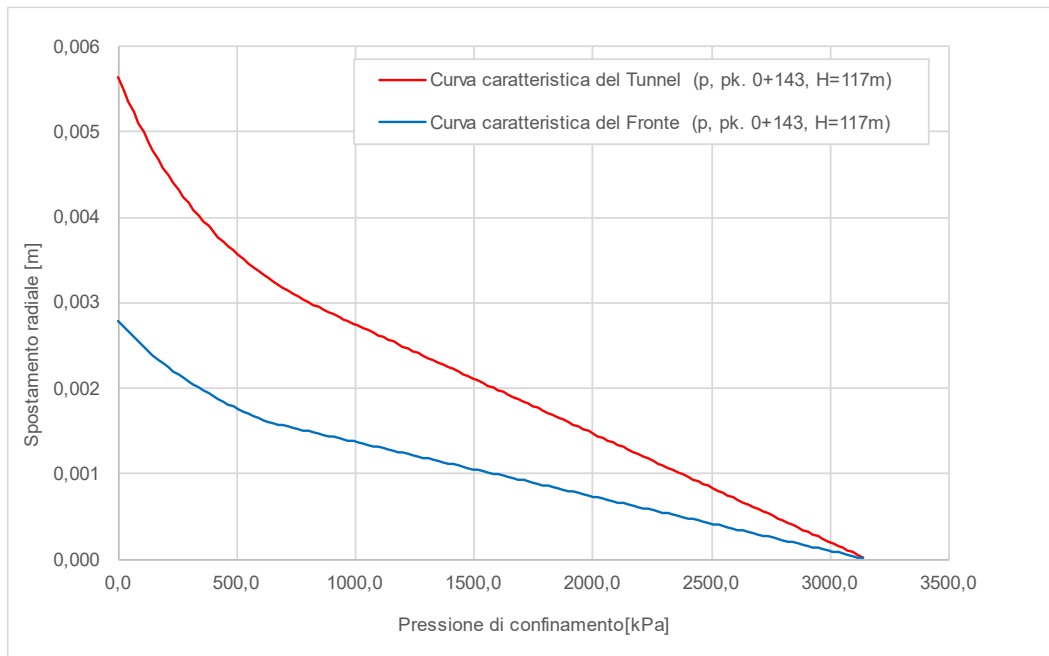


Figura 9-10 – Curve caratteristiche sezione A1*

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	79 di 253

9.3.5.2. 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.

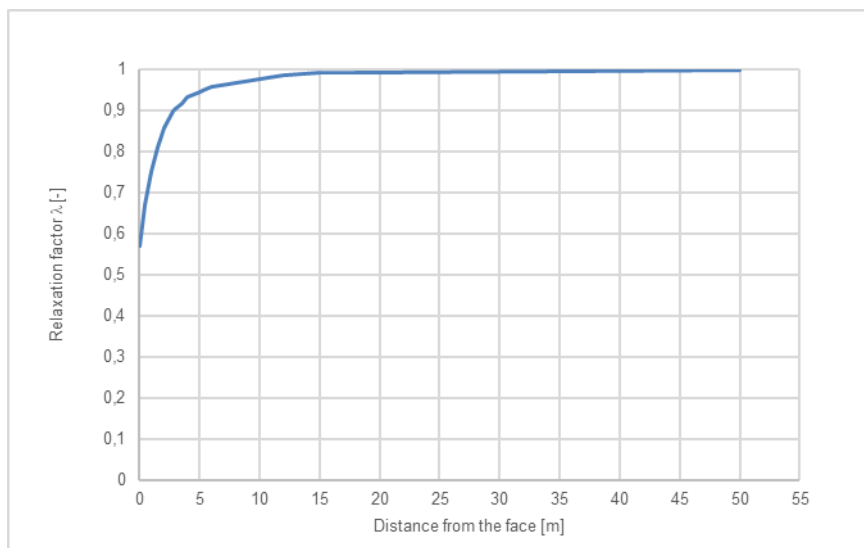


Figura 9-11– Coefficiente di deconfinamento della sezione tipo A1*.

La tabella seguente (Tabella 9-13) riassume i tassi di rilascio ottenuti dalle curve caratteristiche e adottati nelle analisi numeriche per la sezione tipologica in esame.

Fase (#)	Descrizione (-)	λ (-)
0	Initial	-
1	Nil	-
2	Avanzamento in corrispondenza del fronte (x=0m)	0.570
3	Avanzamento tunnel (x=3m)	0.906
4	Attivazione provvisorio maturazione intermedia (x=6m)	0.959
5	Maturazione completa provvisorio e avanzamento tunnel (x=15m)	0.993
6	Attivazione Rivestimento Definitivo	1
7	Lungo Termine	1

Tabella 9-13– Fasi di calcolo riferite 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:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	80 di 253

Le sollecitazioni agenti sugli elementi strutturali sono state ricavate adottando il modello numerico mostrato in Figura 9-12, nel quale il peso dell'unità di volume dello strato superficiale di 1m è posto pari a 1026 kN/m³ al fine di simulare la copertura di verifica della Sezione (117m). Questo valore è ottenuto tenendo conto del fatto che la copertura presente nel modello è pari a 80m.

La figura sottostante rappresenta il modello numerico utilizzato.

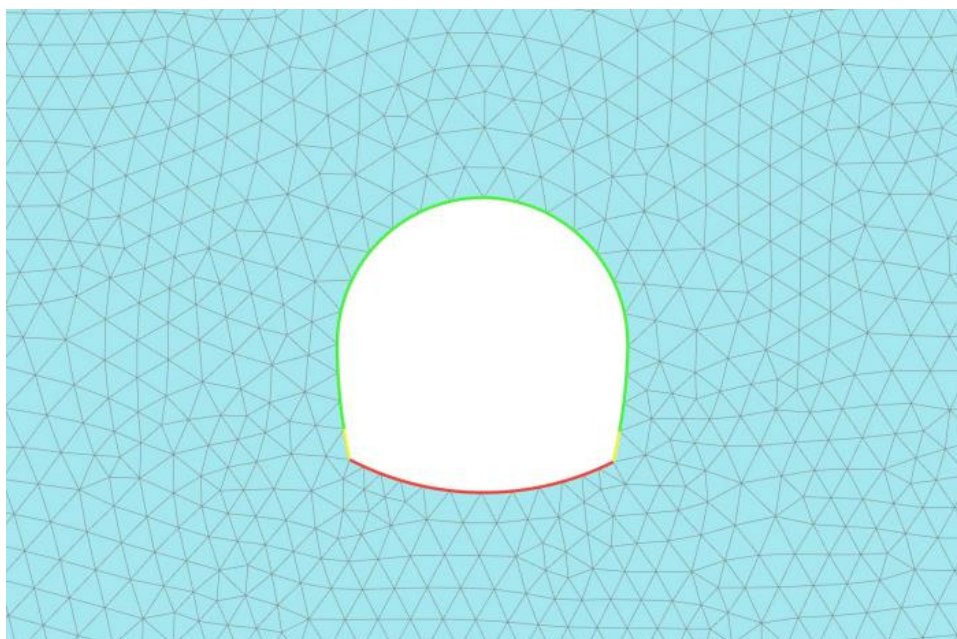


Figura 9-12-Modello numerico relativo alla simulazione numerica in condizioni di deformazione piana per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali

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	Sfondo max [m]	Extrascavo [cm]	Spritz-beton	Ancoraggi radiali	Sostegno al contorno	Sostegno al fronte	Centine	Drenaggi in avanzamento
A1*	3,00	5,00	5+20 cm fibro	-	-	5 cm SB	2 IPN 160, p = 1,4m ±20%	Eventuali - 4 (2+2) tubi microfessurati in PVC L=30m (sovrapp. min. 10 m)

Tabella 9-14– Sostegni Sezione Tipo A1*

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:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 81 di 253

RIVESTIMENTO DEFINITIVO					
Sezione tipo	Distanza vincolata arco rovescio	Distanza vincolata volta	Arco rovescio	Murette	Volta
A1*	-	-	60 cm armato 40 kg/m3	60 cm armato 40 kg/m3	60 cm non armato

Tabella 9-15– 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.

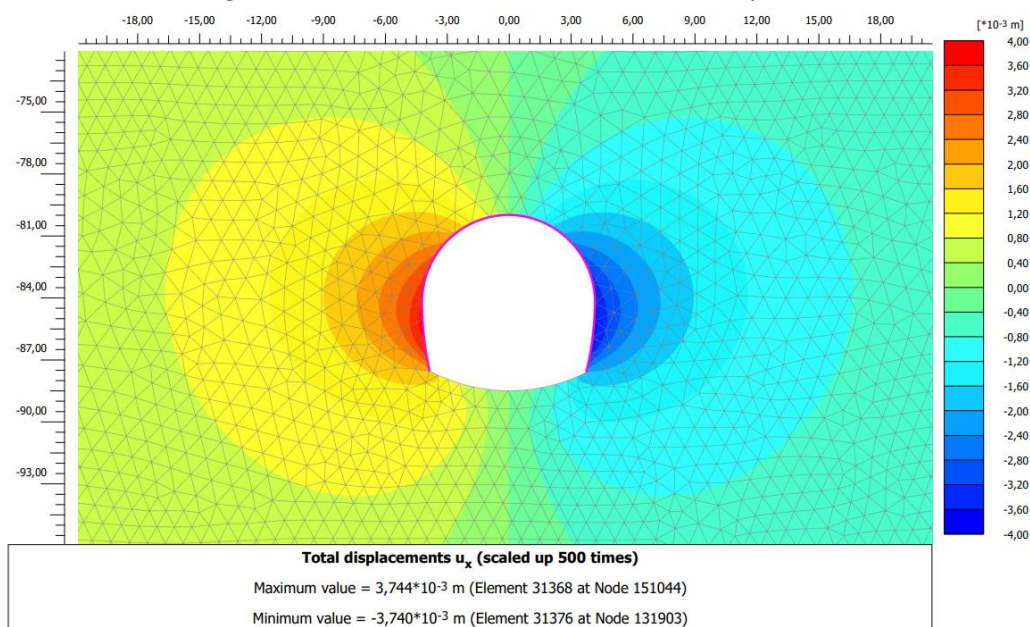


Figura 9-13-Spostamenti in direzione orizzontale - Sezione Tipo A1* - Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 82 di 253

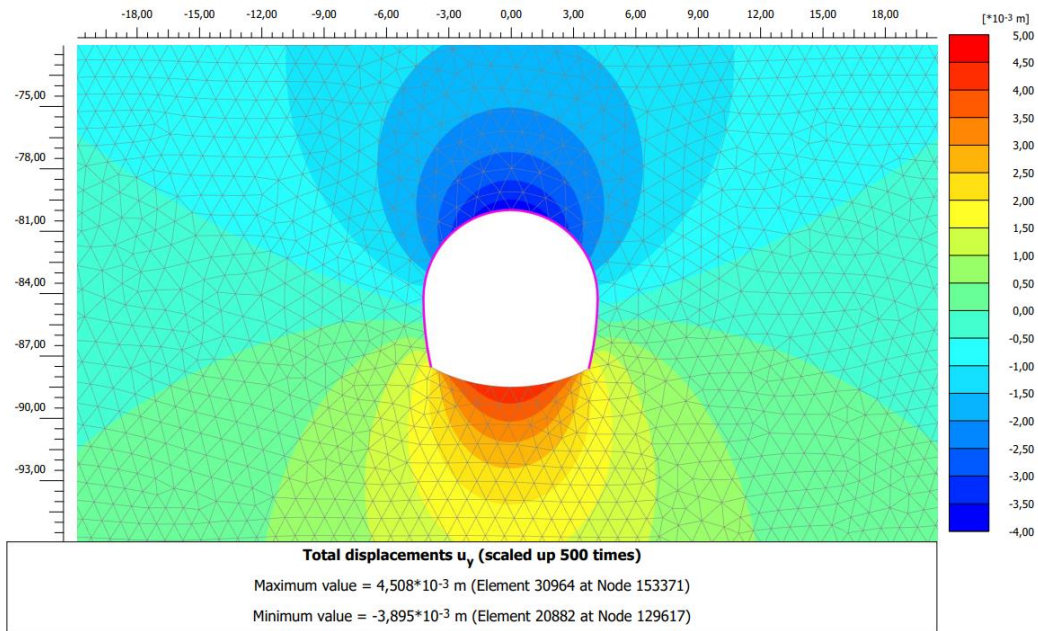


Figura 9-14-Spostamenti in direzione verticale - Sezione Tipo A1* - Fase 5

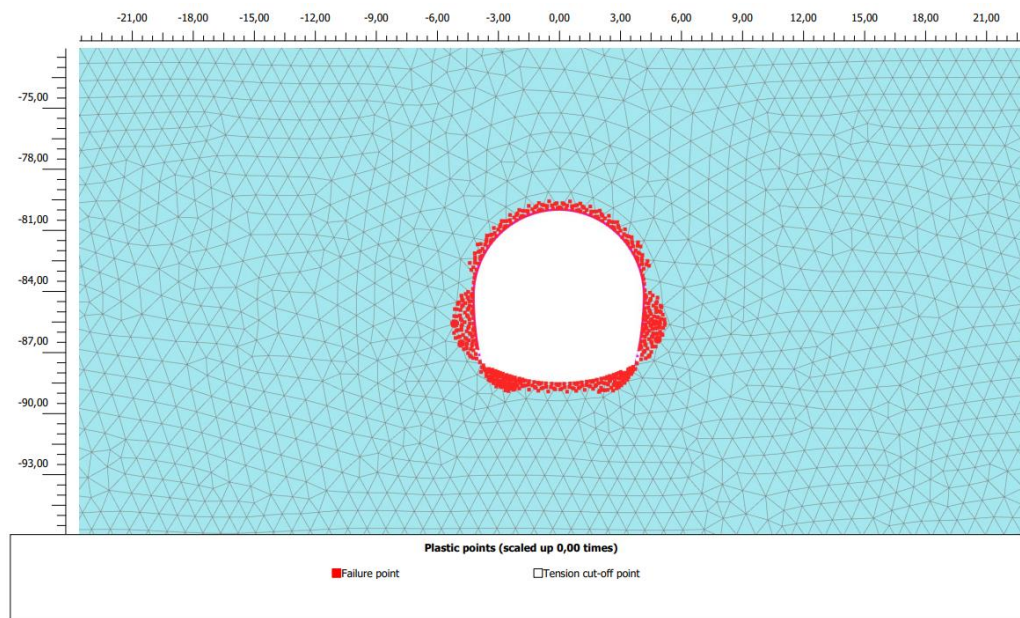


Figura 9-15-Zone di plasticizzazione - Sezione Tipo A1* - Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 83 di 253

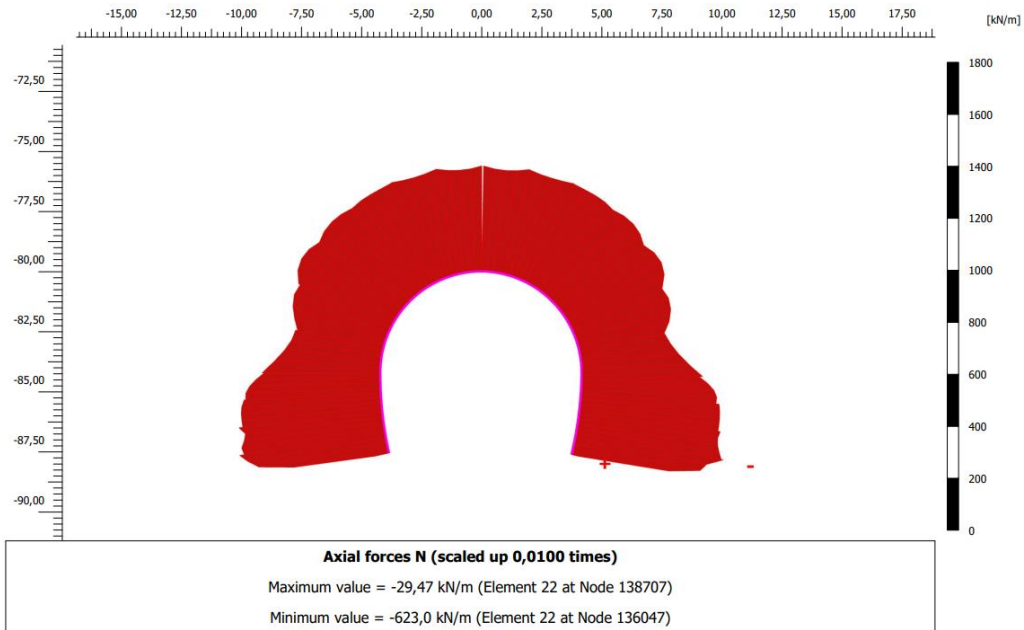


Figura 9-16-Sforzo normale agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo A1* - Fase 5

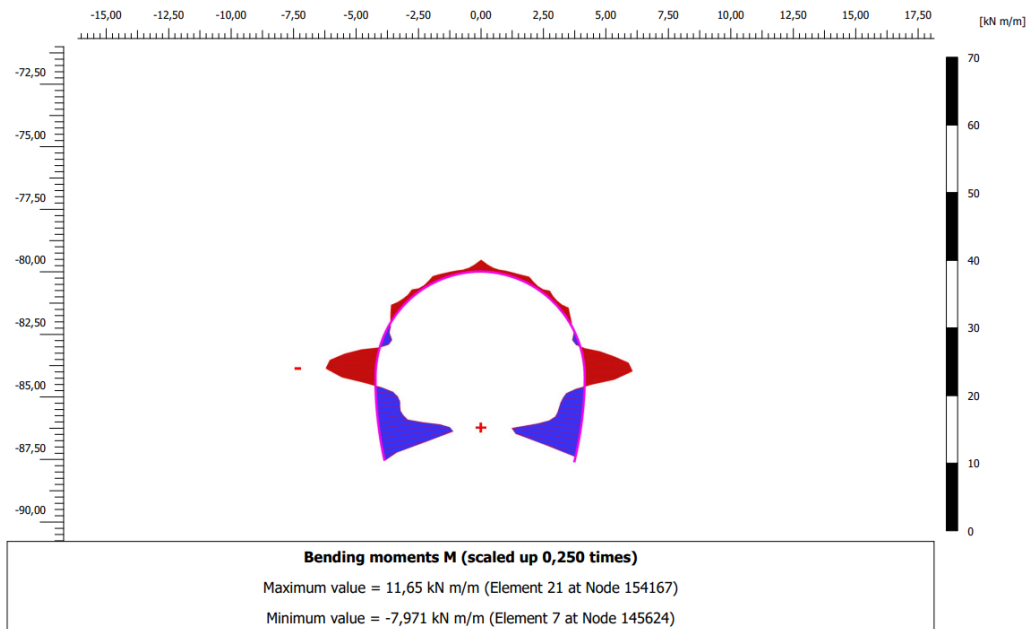


Figura 9-17 - Momento flettente agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo A1* - Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 84 di 253

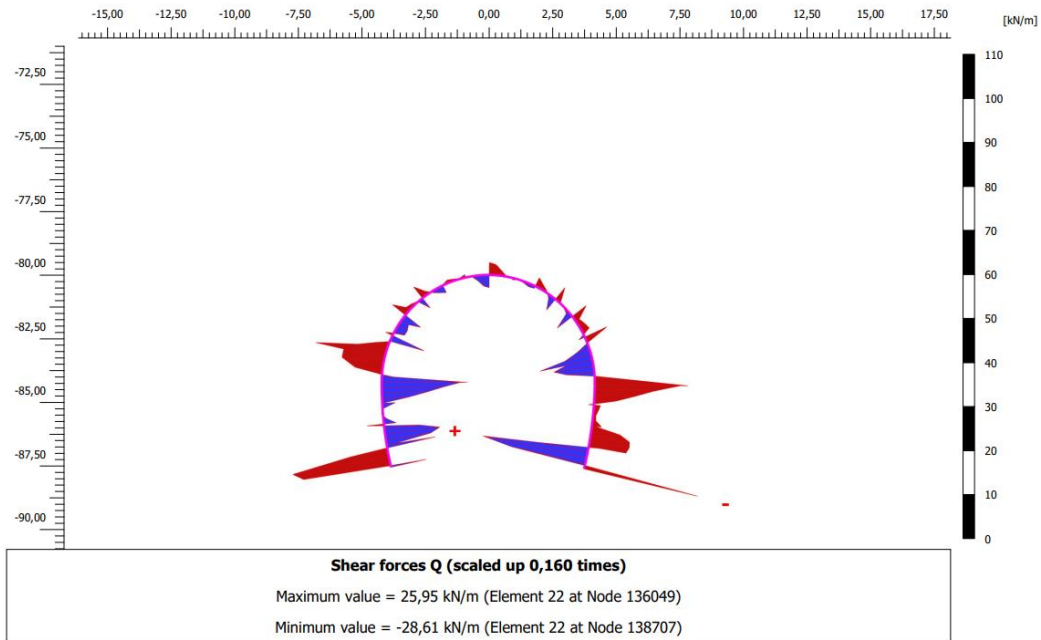


Figura 9-18 - Sforzo di taglio agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo A1* - Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 85 di 253

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

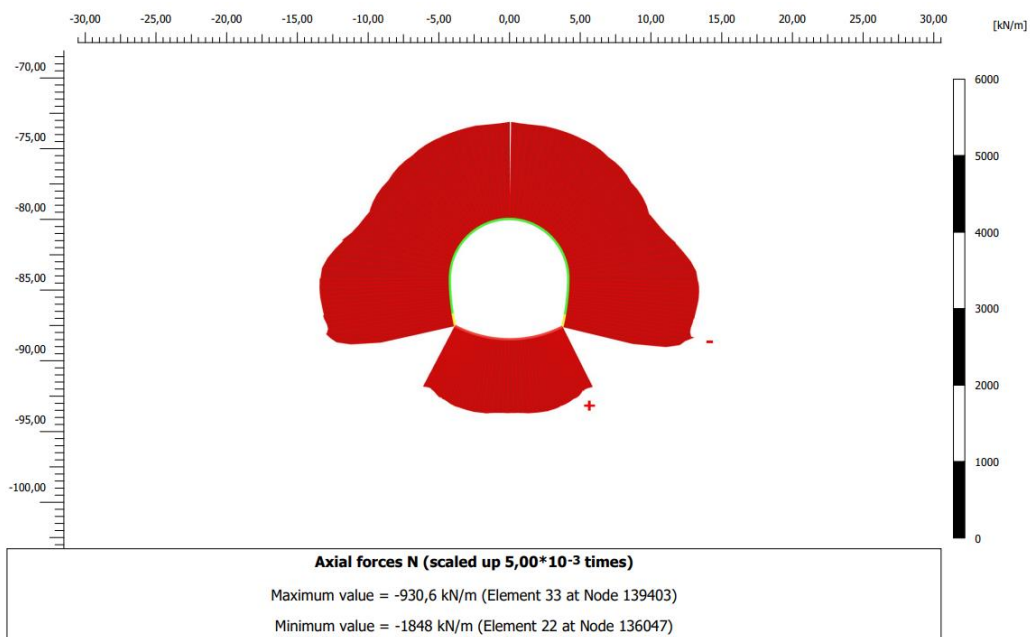


Figura 9-19 - Involuppo di sforzo normale agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo A1* - Fase 7

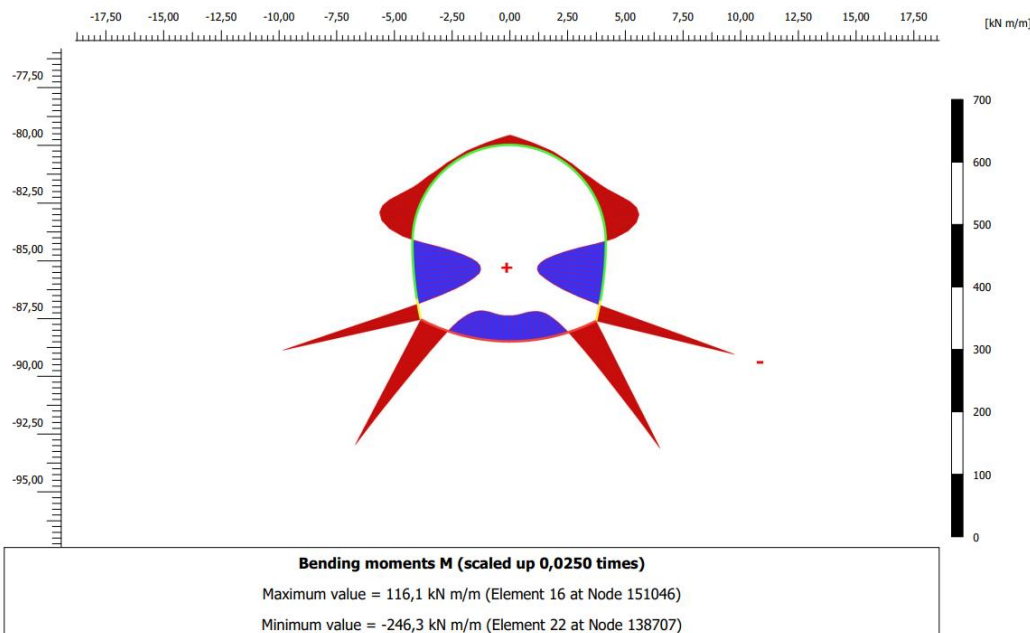


Figura 9-20 - Involuppo di momento flettente agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo A1* - Fase 7

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 86 di 253

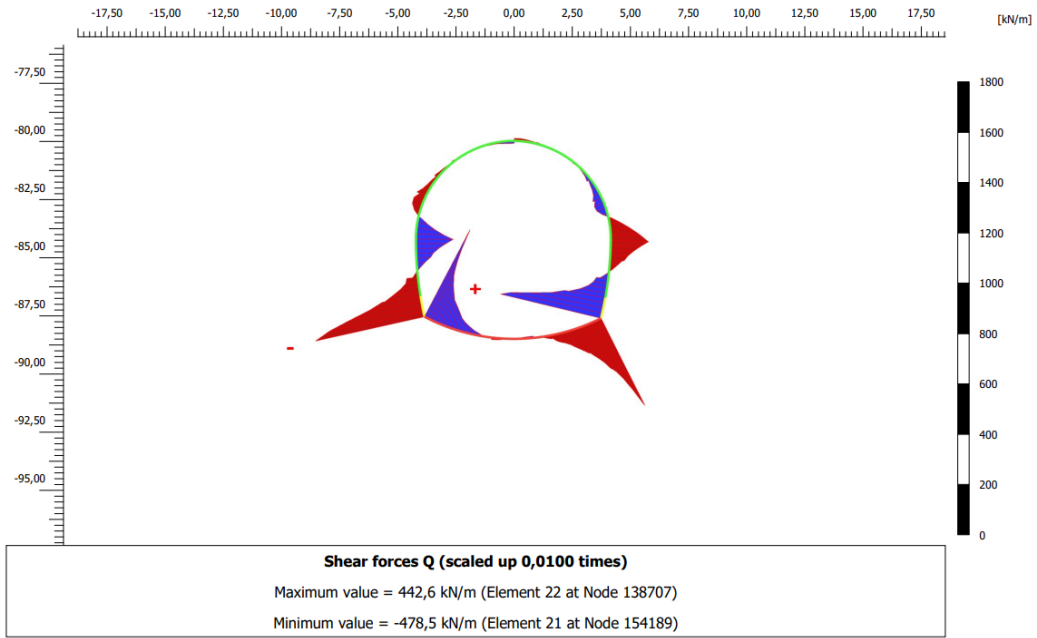


Figura 9-21 - Involuppo di sforzo di taglio agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo A1* – Fase 7

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	87 di 253

9.3.6 Sezione B1

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

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 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]
B1	5.2	105.0	2.84	27	236	29.7	1376

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

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]	$\sigma_{3,A}^{VTR}$ [kPa]	$\sigma_{3,B}^{VTR}$ [kPa]	σ_3^{VTR} [kPa]	$\Delta c'_k$ [kPa]
20	5.0	0.1	4.2	93,76	300,0	93,76	90,2

N_{VTR} : numero di barre al fronte
 L_A : lunghezza minima di sovrapposizione delle barre
 A_i : area di influenza della singola barra
 $\sigma_{3,A}^{VTR}$: resistenza a sfilamento delle barre
 $\sigma_{3,B}^{VTR}$: resistenza a rottura delle barre
 σ_3^{VTR} : 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" PROGETTO ESECUTIVO				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 88 di 253

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
B1	1,04	0,92	1.13	15.1	0.29	6.68	1.29	A/B	B	B

Tabella 9-16 – Verifica di stabilità del fronte relativa alla sezione tipo B1.

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.

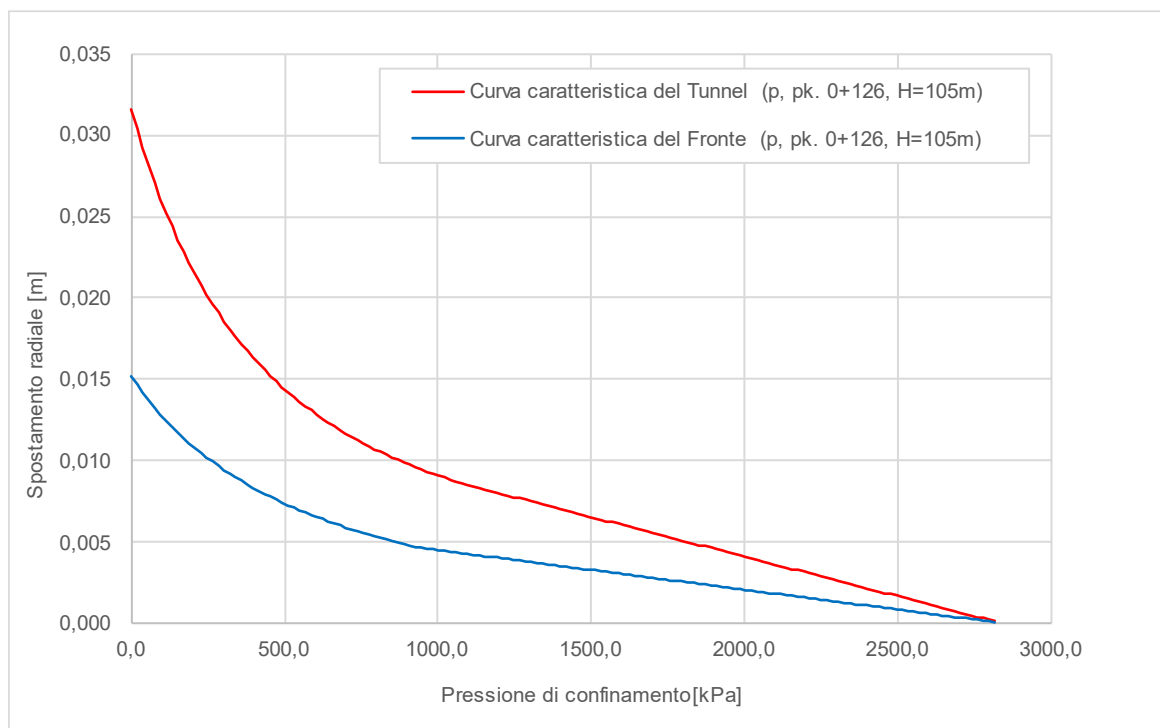


Figura 9-22 – Curve caratteristiche sezione B1

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 89 di 253

9.3.6.2. 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.

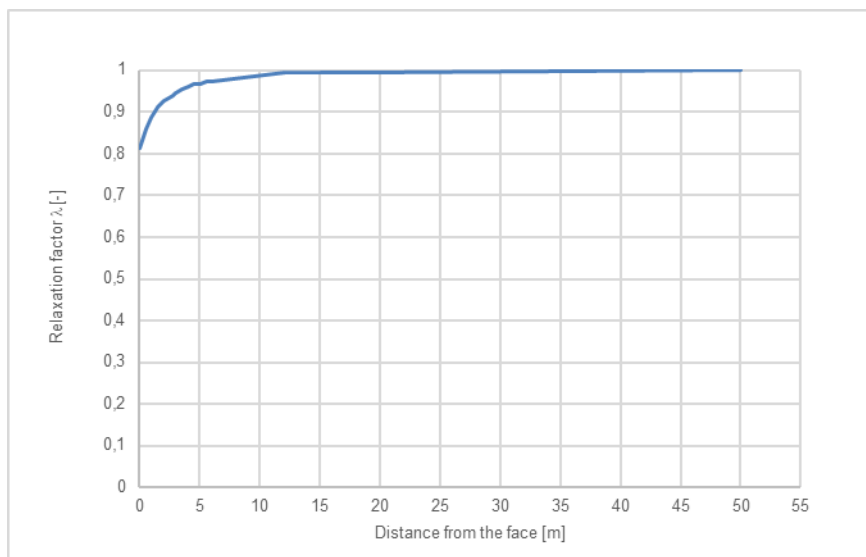


Figura 9-23– Coefficiente di deconfinamento della sezione tipo B1.

La tabella seguente (Tabella 9-17) riassume i tassi di rilascio ottenuti dalle curve caratteristiche e adottati nelle analisi numeriche per la sezione tipologica in esame.

Fase (#)	Descrizione (-)	λ (-)
0	Initial	-
1	Nil	-
2	Avanzamento in corrispondenza del fronte (x=0m)	0.812
3	Avanzamento tunnel (x=1m)	0.885
4	Attivazione provvisorio maturazione intermedia (x=6m)	0.973
5	Maturazione completa provvisorio e avanzamento tunnel (x=15m)	0.993
6	Attivazione Rivestimento Definitivo	1
7	Lungo Termine	1

Tabella 9-17– Fasi di calcolo riferite 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:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 90 di 253

Le sollecitazioni agenti sugli elementi strutturali sono state ricavate adottando il modello numerico mostrato in Figura 9-24, nel quale il peso dell'unità di volume dello strato superficiale di 1m è posto pari a 936 kN/m³ al fine di simulare la copertura di verifica della Sezione (115m). Questo valore è ottenuto tenendo conto del fatto che la copertura presente nel modello è pari a 80m.

La figura sottostante rappresenta il modello numerico utilizzato.

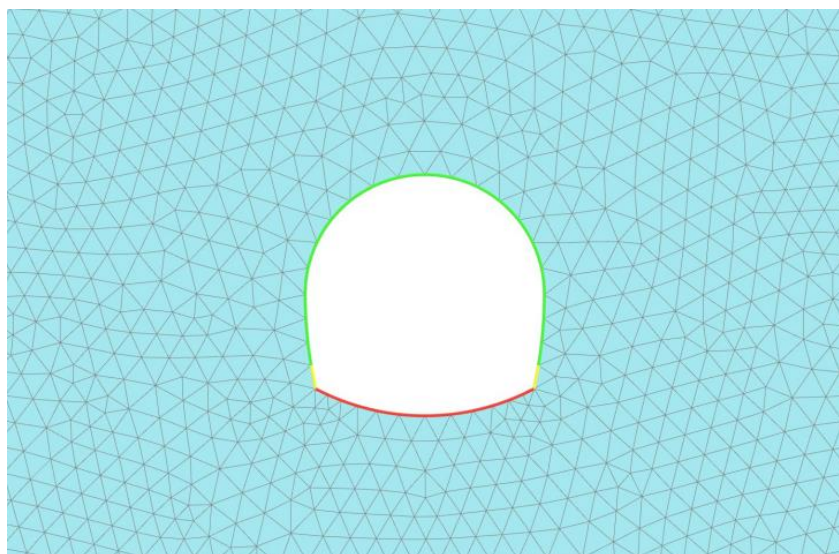


Figura 9-24-Modello numerico relativo alla simulazione numerica in condizioni di deformazione piana per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali

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	Sfondo max [m]	Extrascavo [cm]	Spritz-beton	Ancoraggi radiali	Sostegno al contorno	Sostegno al fronte	Centine	Drenaggi in avanzamento
B1	1,00	10,00	5+25 cm	-	23 tubi in acciaio $\phi 127/10\text{mm}$ L =12m, sovrapp. min 3.5m p=0.4m $\pm 20\%$	20 VTR L =13.5 sovrapp. min 5m, 10 cm di SB sui singoli sfondi e 15 cm a fine campo	2 IPN 180, $\rho = 1.0\text{m} \pm 20\%$	Eventuali - 2 tubi microfessurati in PVC L=30m (sovrapp. min. 13 m)

Tabella 9-18 – Sostegni Sezione Tipo B1

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
B1	3 diametri	5 diametri	80 cm, armato 50 kg/m ³	80 cm, armato 50 kg/m ³	50-115 cm, armato 30 kg/m ³

Tabella 9-19 – Rivestimento definitivo Sezione Tipo B1

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 91 di 253

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.

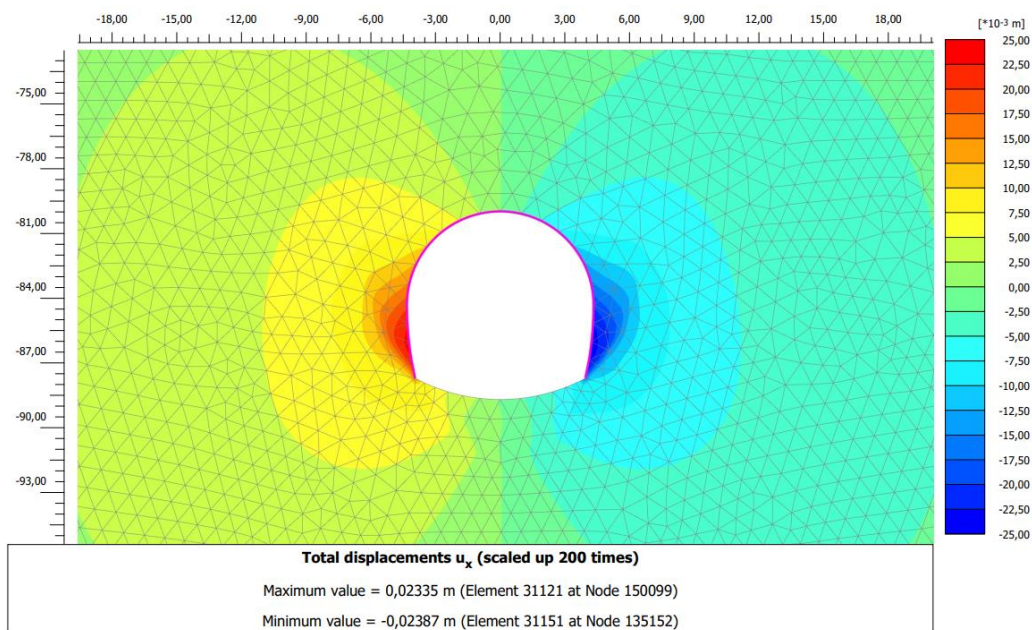


Figura 9-25-Spostamenti in direzione orizzontale - Sezione Tipo B1 - Fase 5

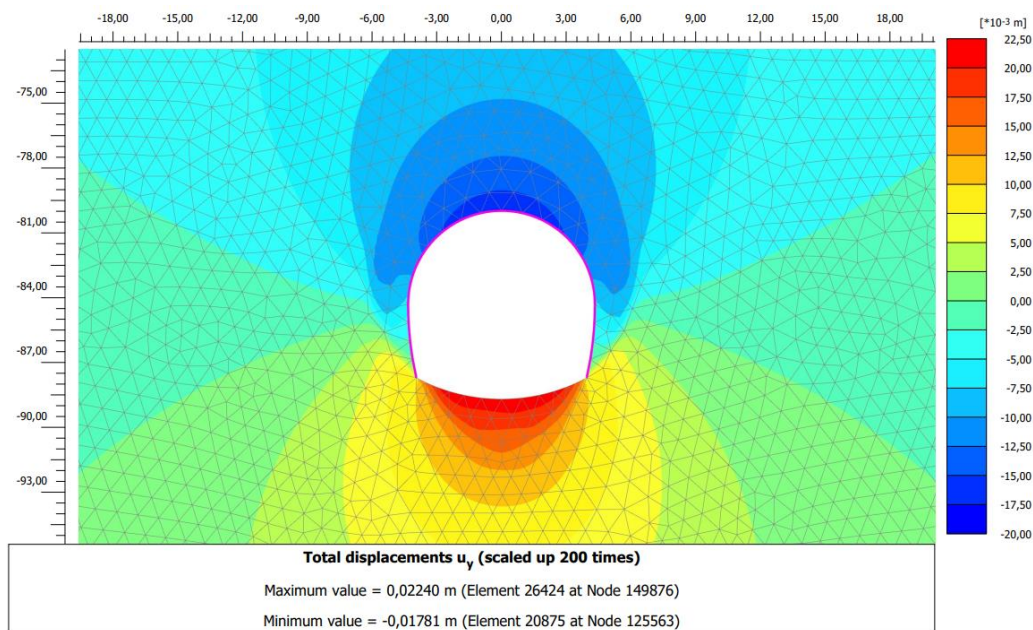


Figura 9-26-Spostamenti in direzione verticale - Sezione Tipo B1 - Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	92 di 253

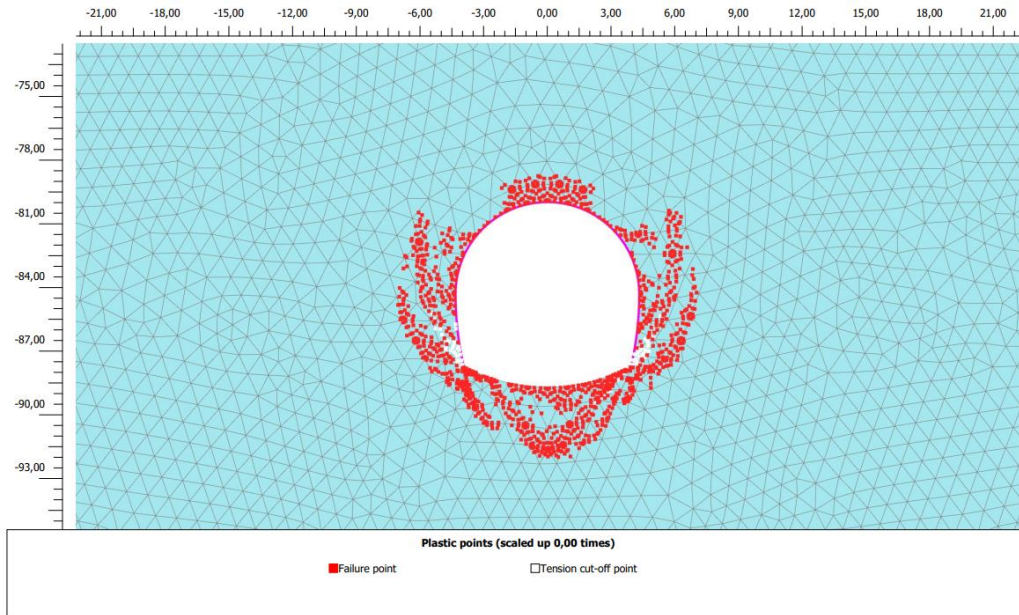


Figura 9-27-Zone di plasticizzazione - Sezione Tipo B1 - Fase 5

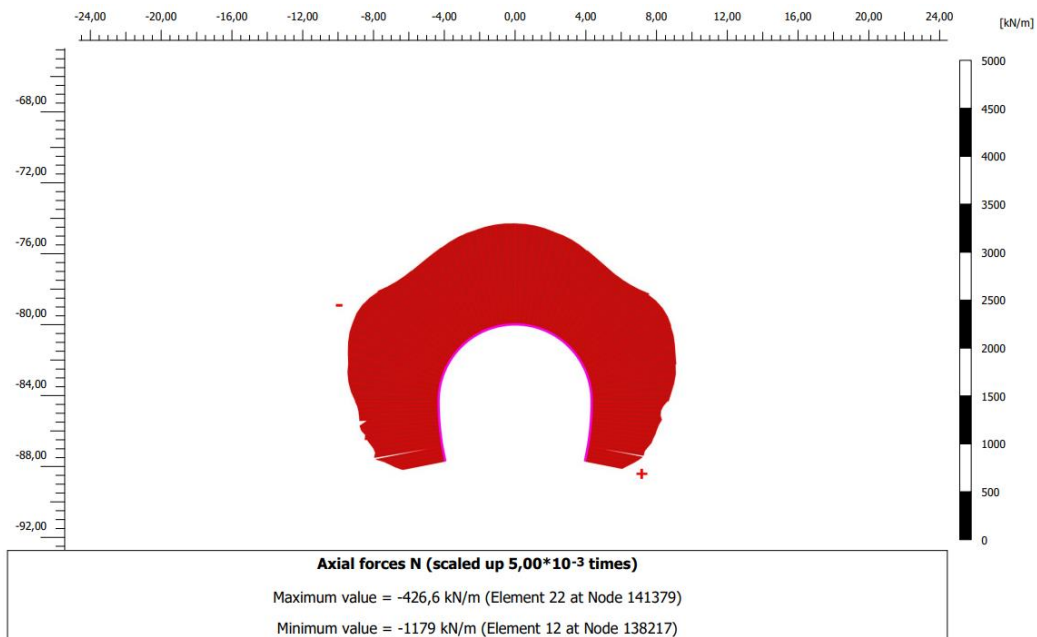


Figura 9-28-Sforzo normale agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo B1- Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 93 di 253

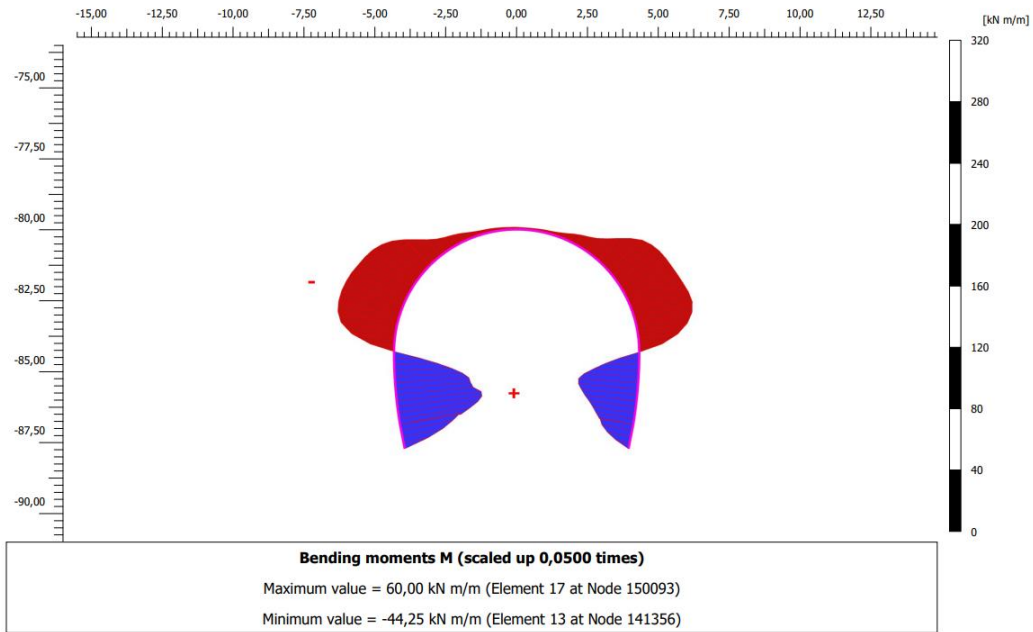


Figura 9-29-Momento flettente agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo B1 – Fase 5

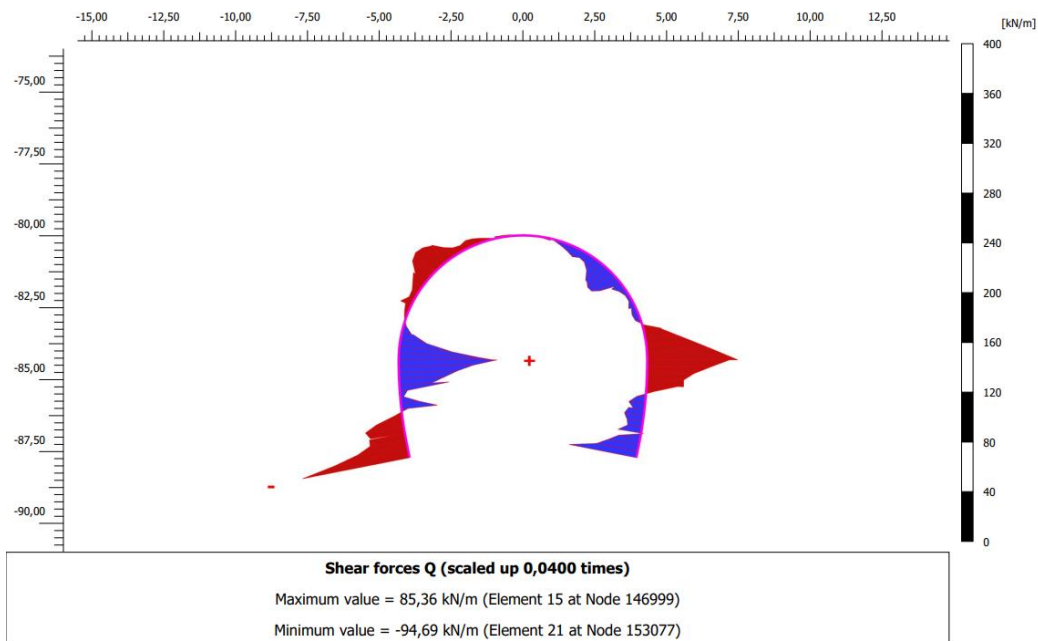


Figura 9-30-Sforzo di taglio agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo B1 - Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 94 di 253

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

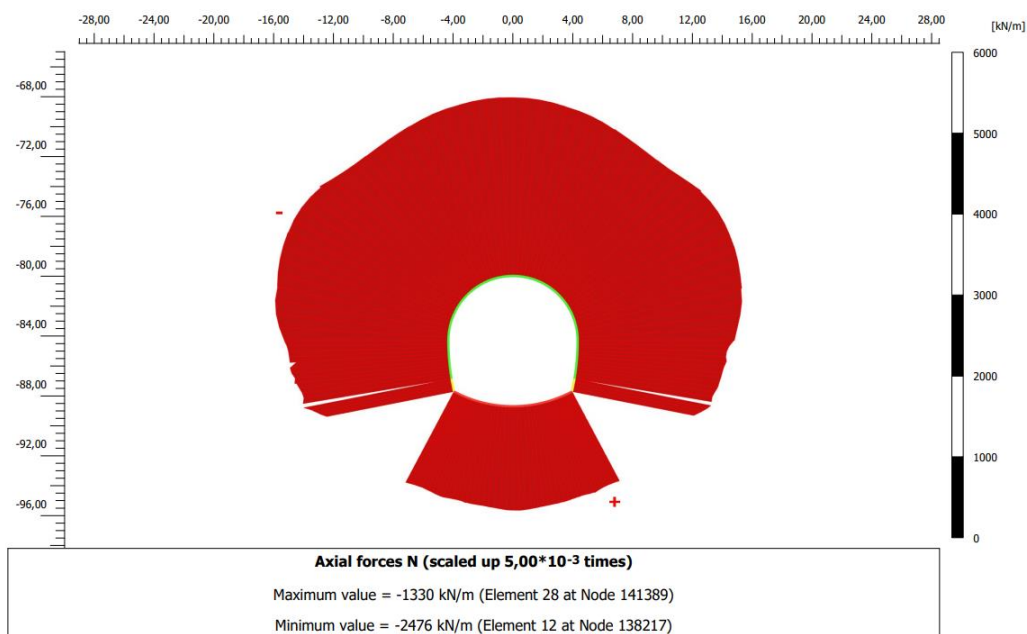


Figura 9-31-Inviluppo di sforzo normale agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo B1 - Fase 7

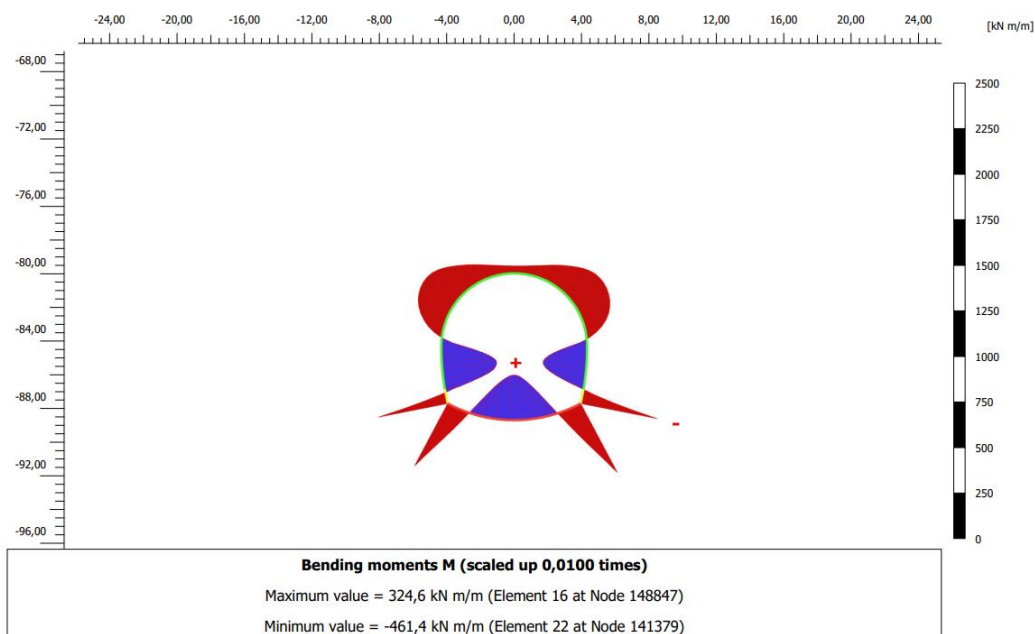


Figura 9-32-Inviluppo di momento flettente agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo B1 – Fase 7

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 95 di 253

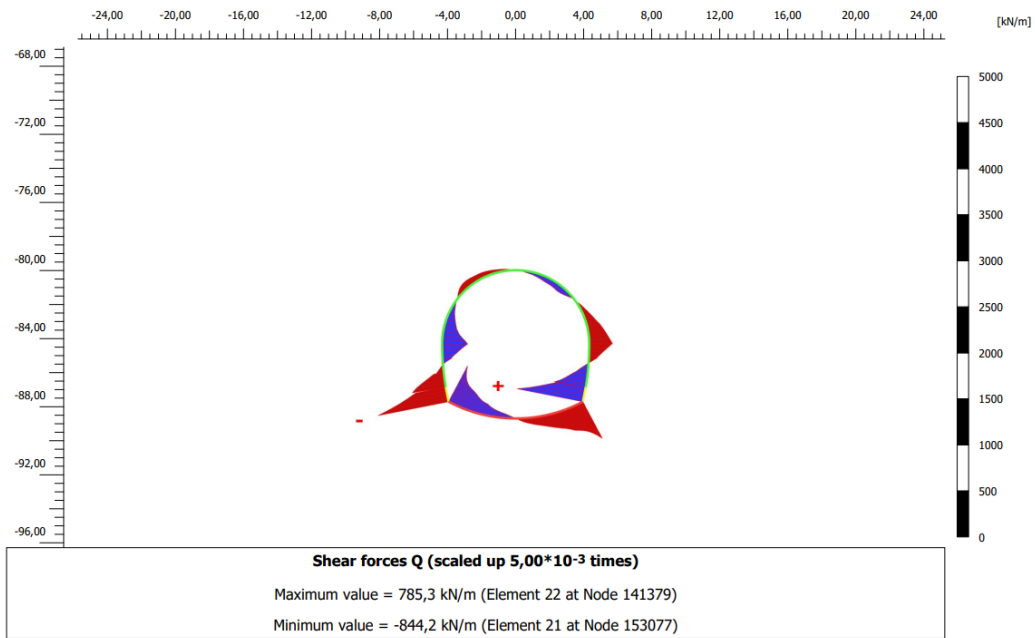


Figura 9-33-Involuppo di sforzo di taglio agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo B1 – Fase 7

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	96 di 253

9.3.7 Sezione B1L

Per la definizione della sezione di analisi si rimanda al §9.1.3.

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 B1L 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	105	2.84	27	272	31.5	1871

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

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]	$\Delta c'_k$ [kPa]
24	5.4	0.11	3.58	133.77	229.39	133.77	134.15

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	97 di 253

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	1,33	0,93	1.44	9.0	0.17	6.24	1.21	A	A	B

Tabella 9-20 – 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.

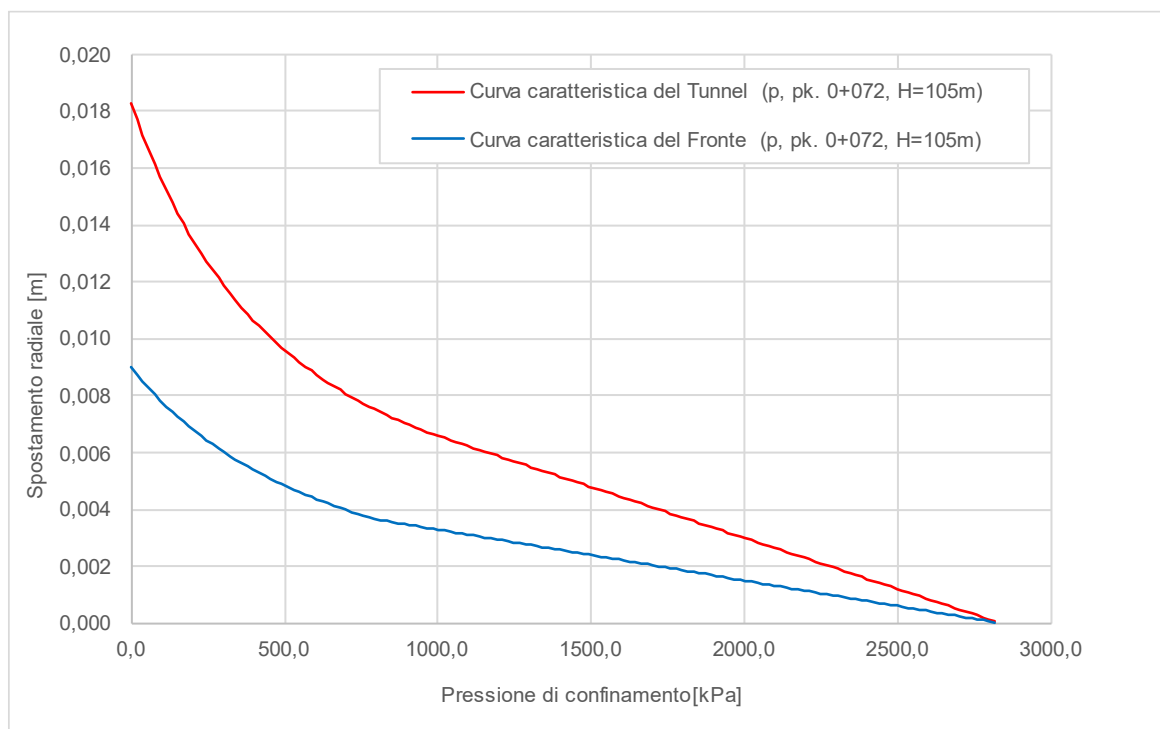


Figura 9-34 – Curve caratteristiche sezione B1L

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 98 di 253

9.3.7.2. 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.

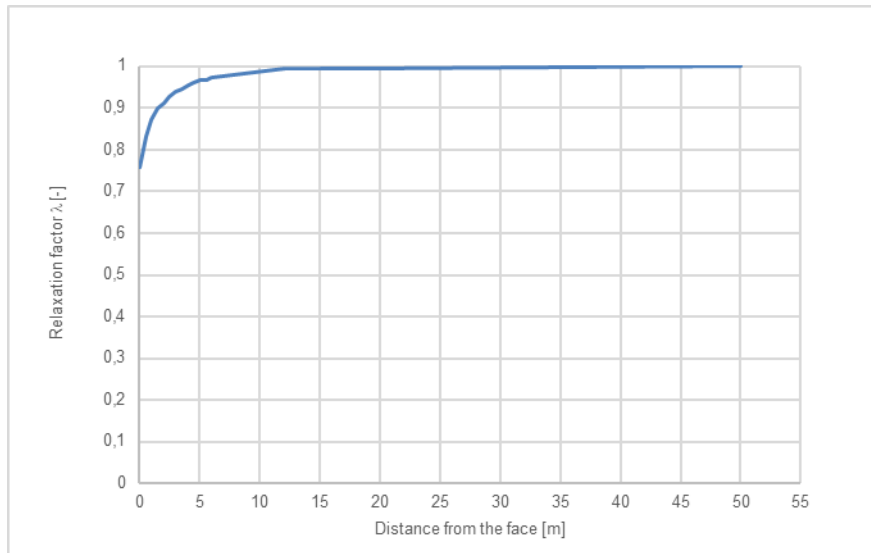


Figura 9-35– Coefficiente di deconfinamento della sezione tipo B1L.

La tabella seguente (Tabella 9-21) riassume i tassi di rilascio ottenuti dalle curve caratteristiche e adottati nelle analisi numeriche per la sezione tipologica in esame.

Fase (#)	Descrizione (-)	λ (-)
0	Initial	-
1	Nil	-
2	Avanzamento in corrispondenza del fronte (x=0m)	0.758
3	Avanzamento tunnel (x=2.4m)	0.926
4	Attivazione provvisorio maturazione intermedia (x=6m)	0.973
5	Maturazione completa provvisorio e avanzamento tunnel (x=15m)	0.993
6	Attivazione Rivestimento Definitivo	1
7	Lungo Termine	1

Tabella 9-21– Fasi di calcolo riferite 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" PROGETTO ESECUTIVO				
PROGETTAZIONE:						
Mandataria: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 99 di 253

Le sollecitazioni agenti sugli elementi strutturali sono state ricavate adottando il modello numerico mostrato in Figura 9-36, nel quale il peso dell'unità di volume dello strato superficiale di 1 m è posto pari a 702 kN/m³ al fine di simulare la copertura di verifica della Sezione (105m). Questo valore è ottenuto tenendo conto del fatto che la copertura presente nel modello è pari a 80m.

La figura sottostante rappresenta il modello numerico utilizzato.

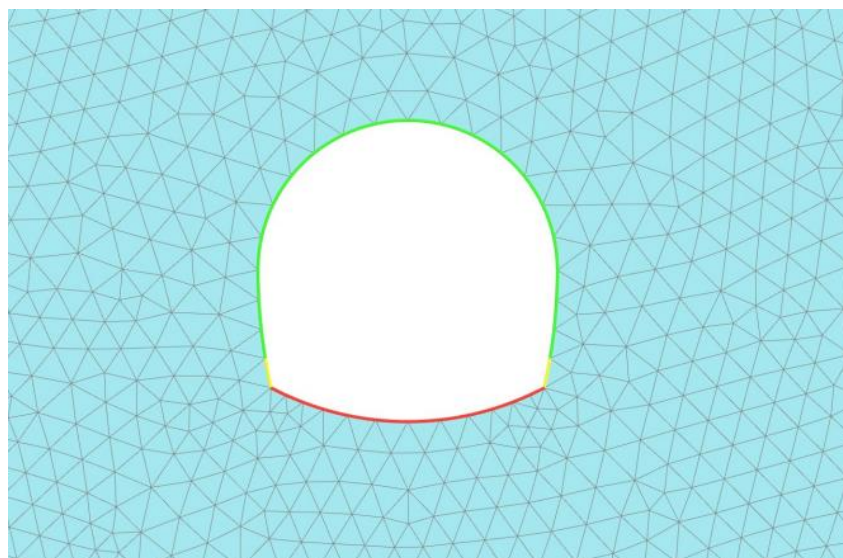


Figura 9-36-Modello numerico relativo alla simulazione numerica in condizioni di deformazione piana per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali

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	Sfondo max [m]	Extrascavo [cm]	Spritz-beton	Ancoraggi radiali	Sostegno al contorno	Sostegno al fronte	Centine	Drenaggi in avanzamento
B1L	2.4 m	10,00	5+25 cm	-	18 R51N L = 12m sovrapp. Min. 4.80 m ±20%	24 R51N L=15 sovrapp. min 5.4m ±20%, 5 cm di SB sui singoli sfondi e 10 cm a fine campo	2 IPN 180, p = 1.2m ±20%	Eventuali - 4 (2+2) tubi microfessurati in PVC L=30m (sovrapp. min. 10 m)

Tabella 9-22– Sostegni Sezione Tipo B1L

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
B1L	3 diametri	5 diametri	80 cm, armato 50 kg/m ³	80 cm, armato 50 kg/m ³	80cm, armato 30 kg/m ³

Tabella 9-23– 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:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 100 di 253

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.

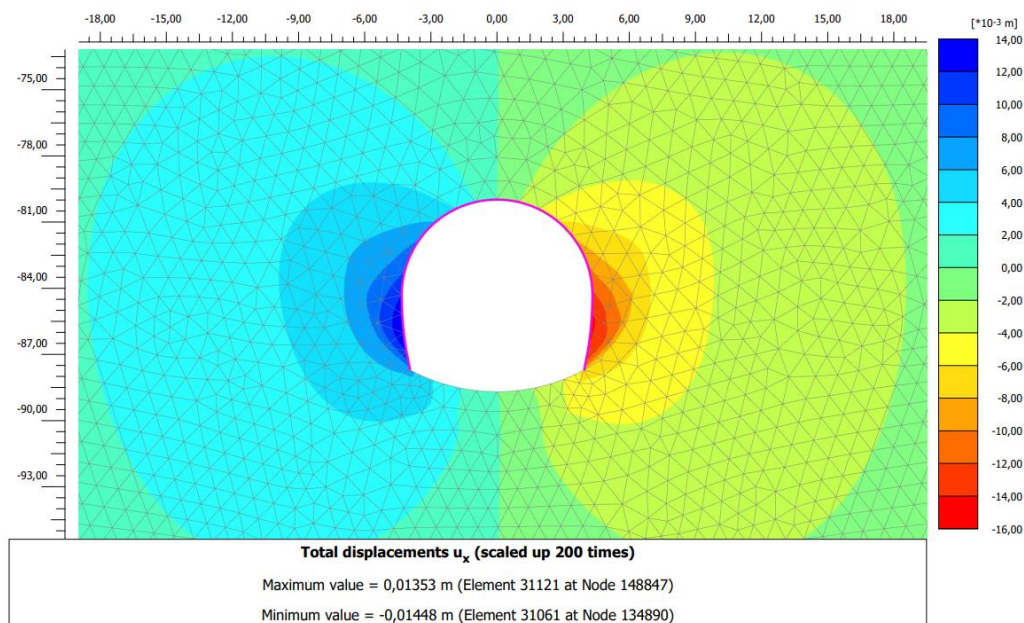


Figura 9-37-Spostamenti in direzione orizzontale - Sezione Tipo B1L - Fase 5

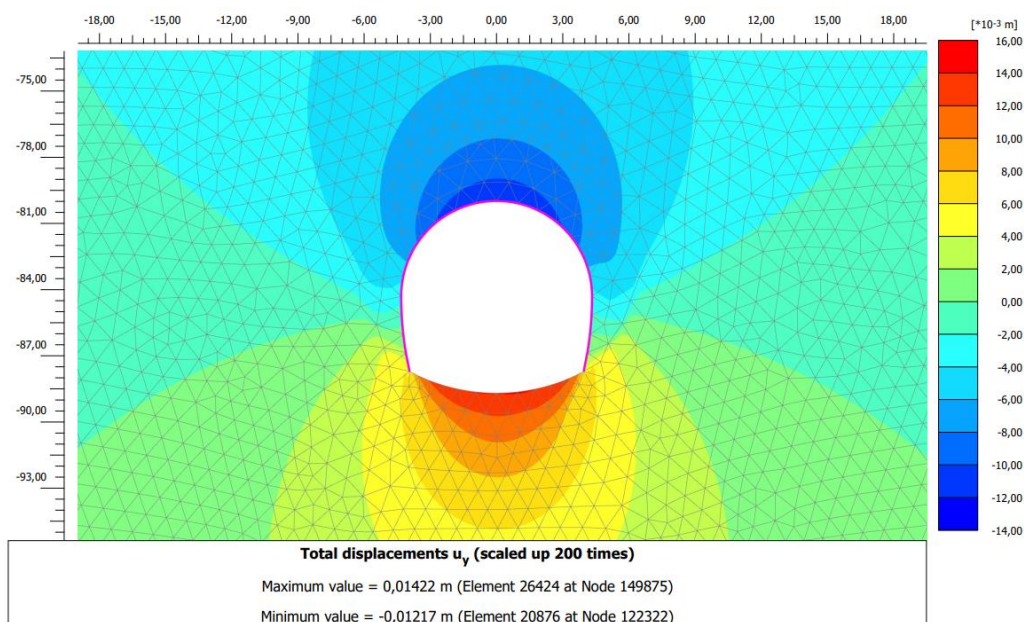


Figura 9-38-Spostamenti in direzione verticale - Sezione Tipo B1L - Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 101 di 253

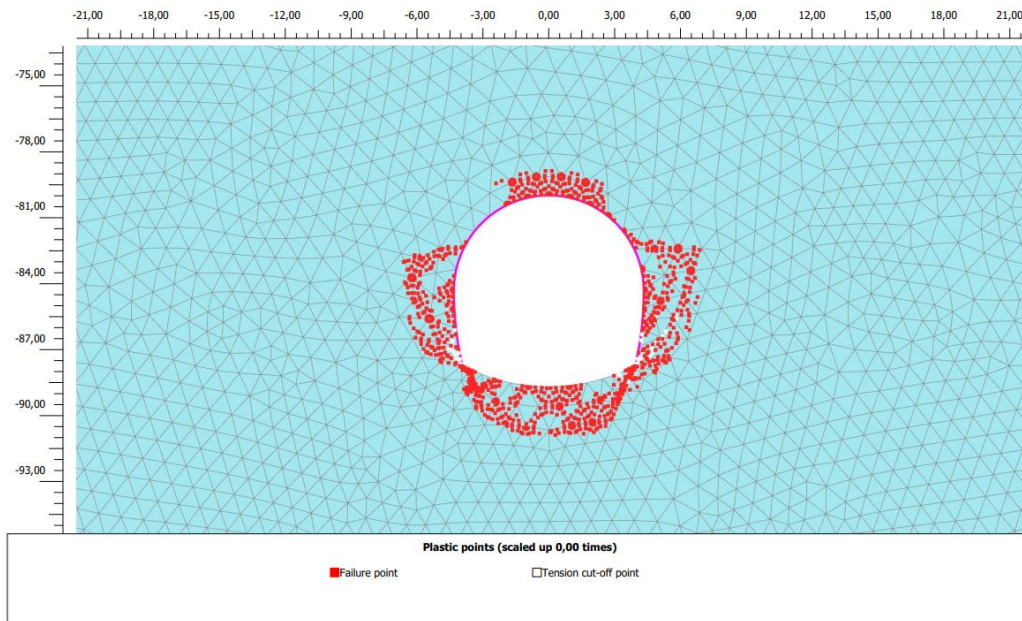


Figura 9-39-Zone di plasticizzazione - Sezione Tipo B1L - Fase 5

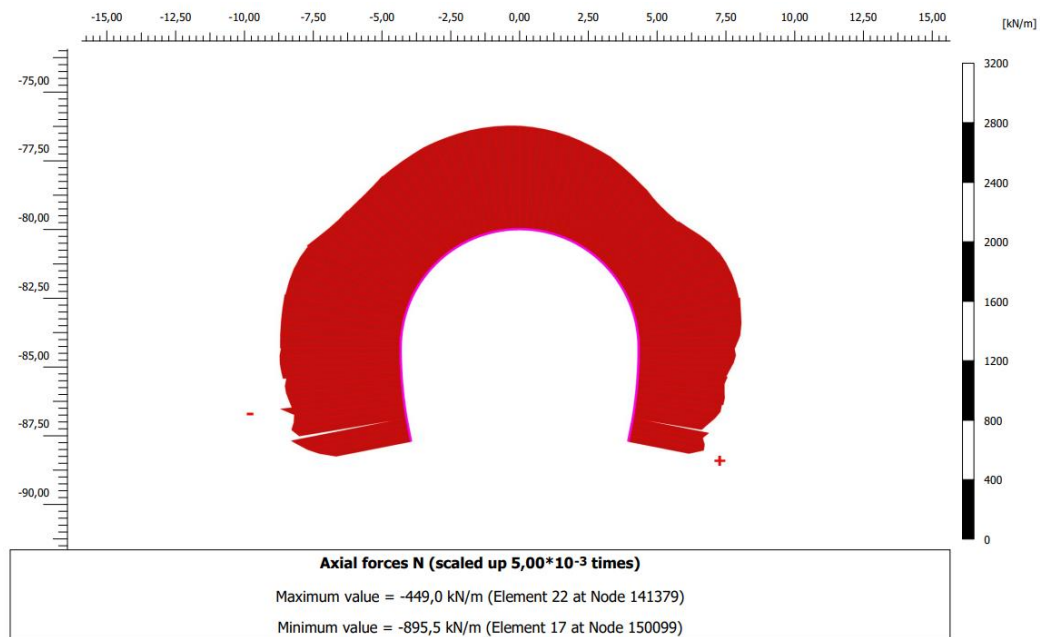


Figura 9-40-Sforzo normale agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo B1L- Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 102 di 253

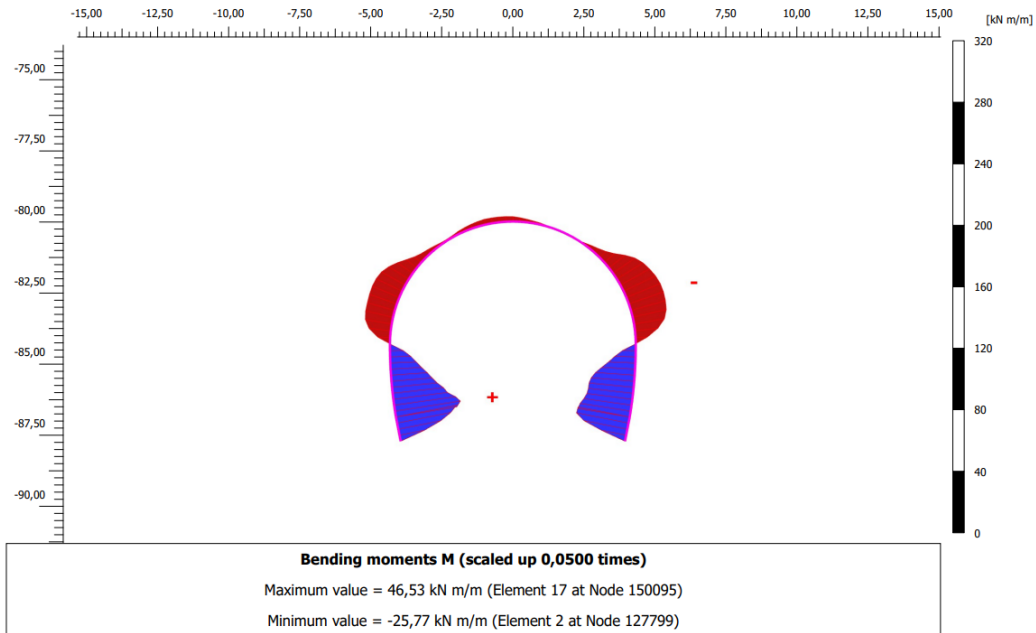


Figura 9-41-Momento flettente agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo B1L - Fase 5

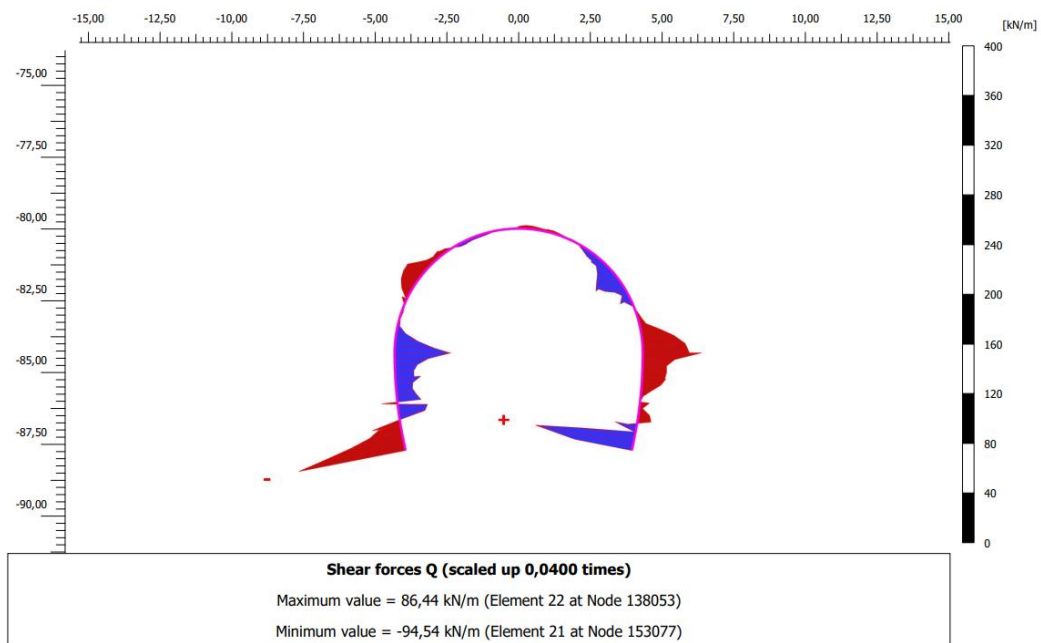


Figura 9-42-Sforzo di taglio agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo B1L - Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 103 di 253

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

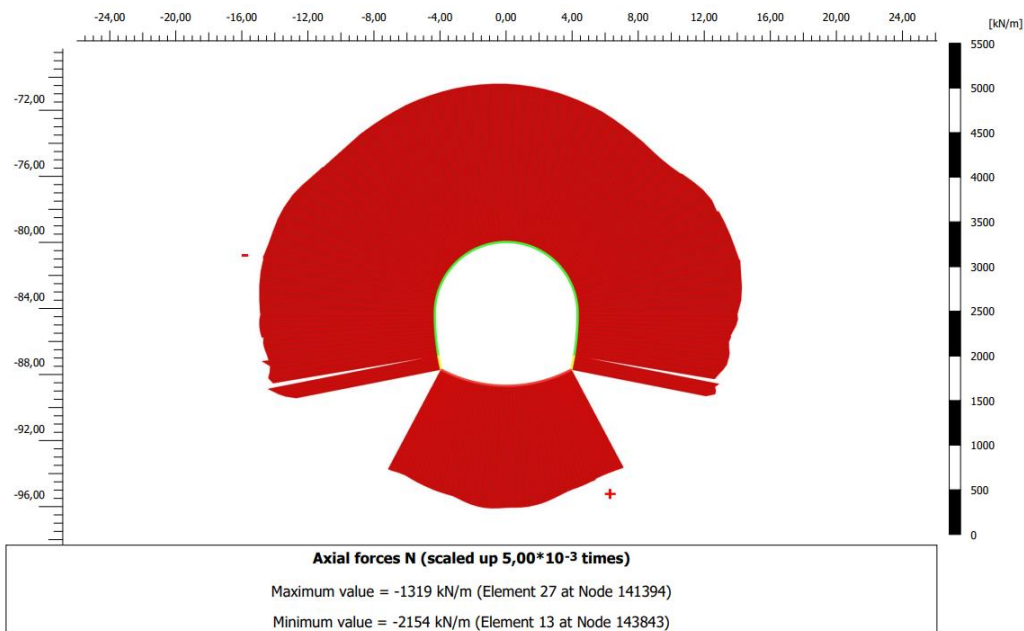


Figura 9-43-Inviluppo di sforzo normale agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo B1L - Fase 7

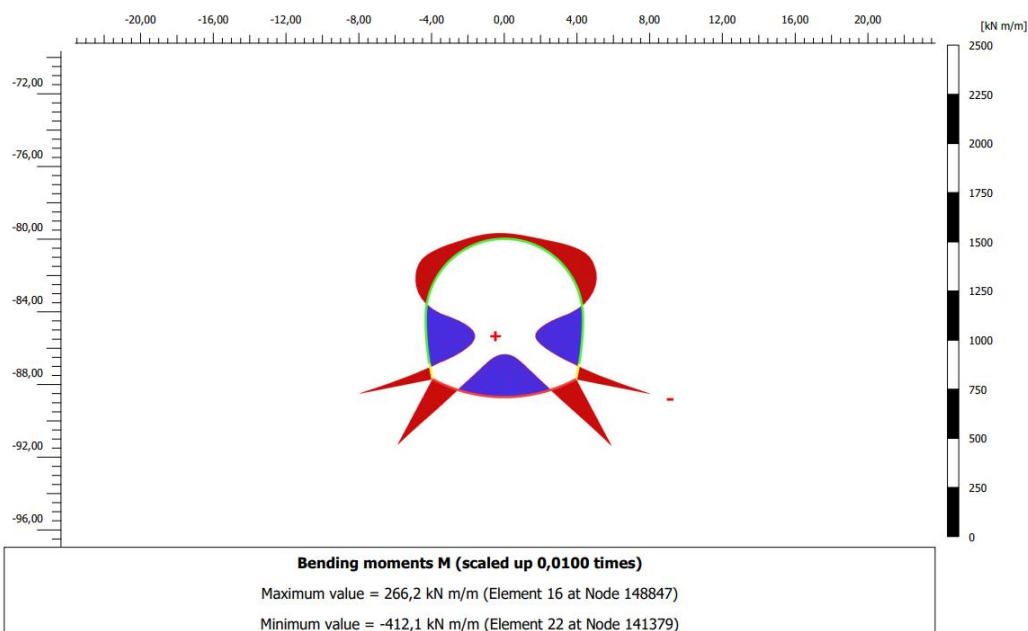


Figura 9-44-Inviluppo di momento flettente agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo B1L – Fase 7

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 104 di 253

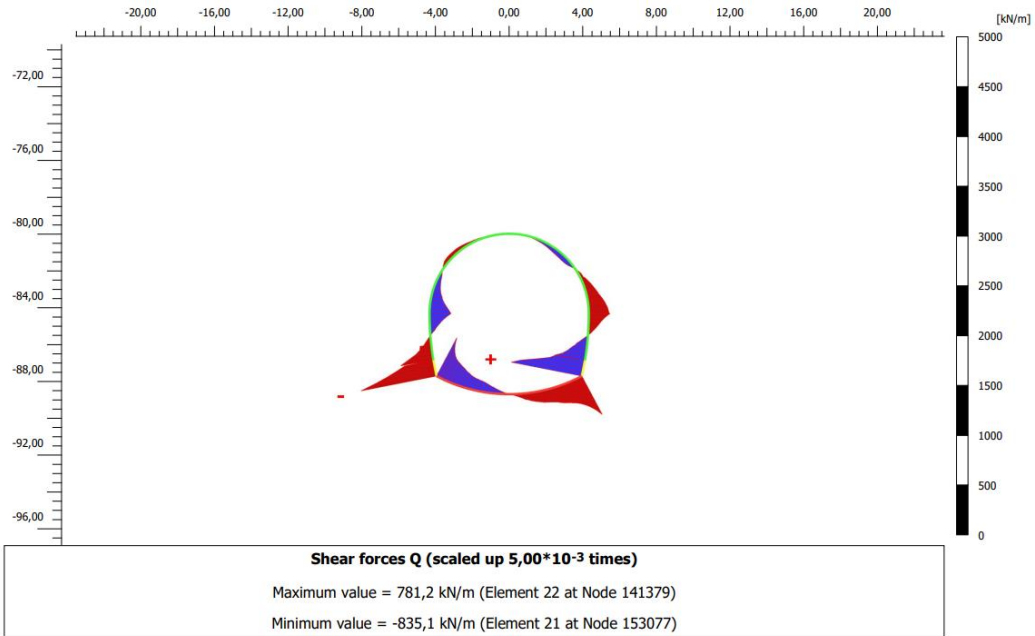


Figura 9-45-Involuppo di sforzo di taglio agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo B1L – Fase 7

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	105 di 253	

9.3.8 Sezione Tronchino di innesto

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

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 Innesto 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]
Innesto	6.5	120	3.24	27	488	36.4	5032

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
Innesto	1,93	0,66	2.93	3.8	0.06	7.32	1.13	A	A	B

Tabella 9-24 – Verifica di stabilità del fronte relativa alla sezione tipo Innesto.

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 Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 106 di 253

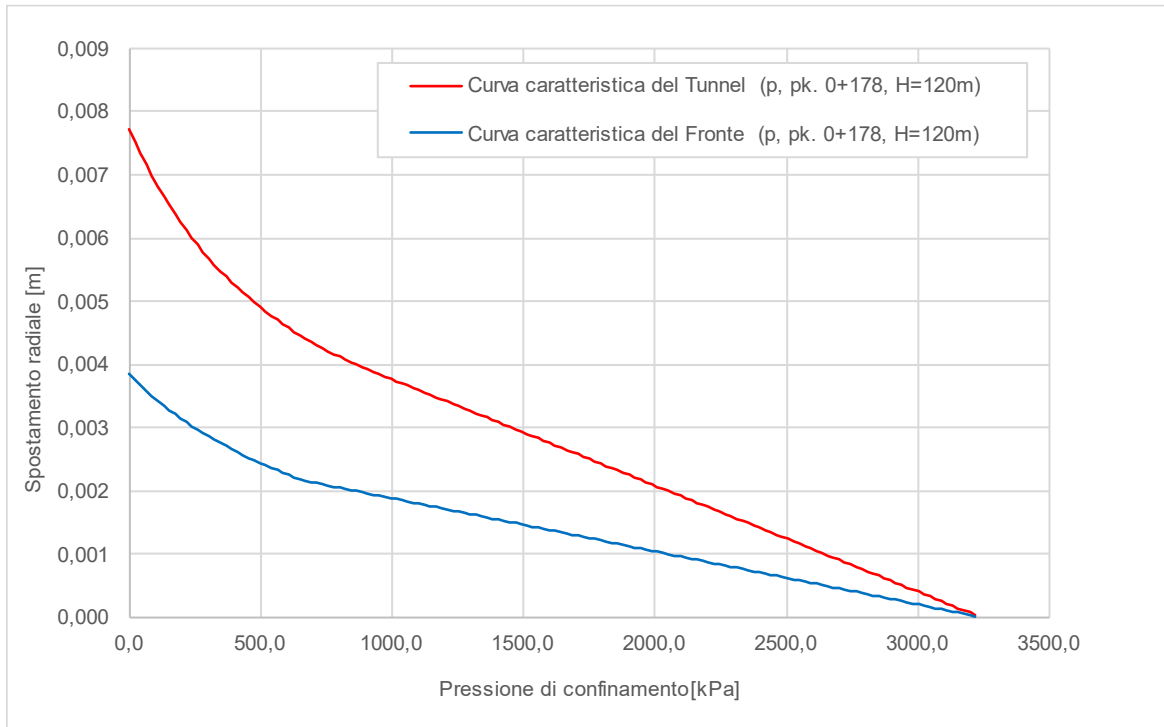


Figura 9-46 – Curve caratteristiche sezione Tronchino di innesto I0

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 107 di 253

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 per le gallerie di linea e per il tunnel di sfollamento centrale.

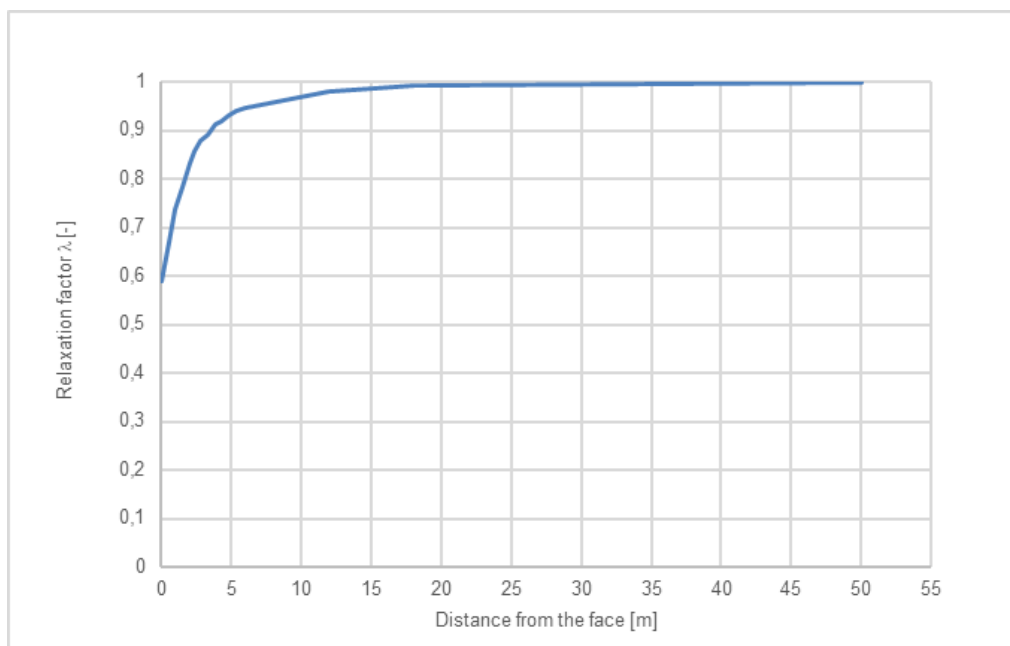


Figura 9-47 – Coefficiente di deconfinamento Sezione Tipo 10 (galleria principale)

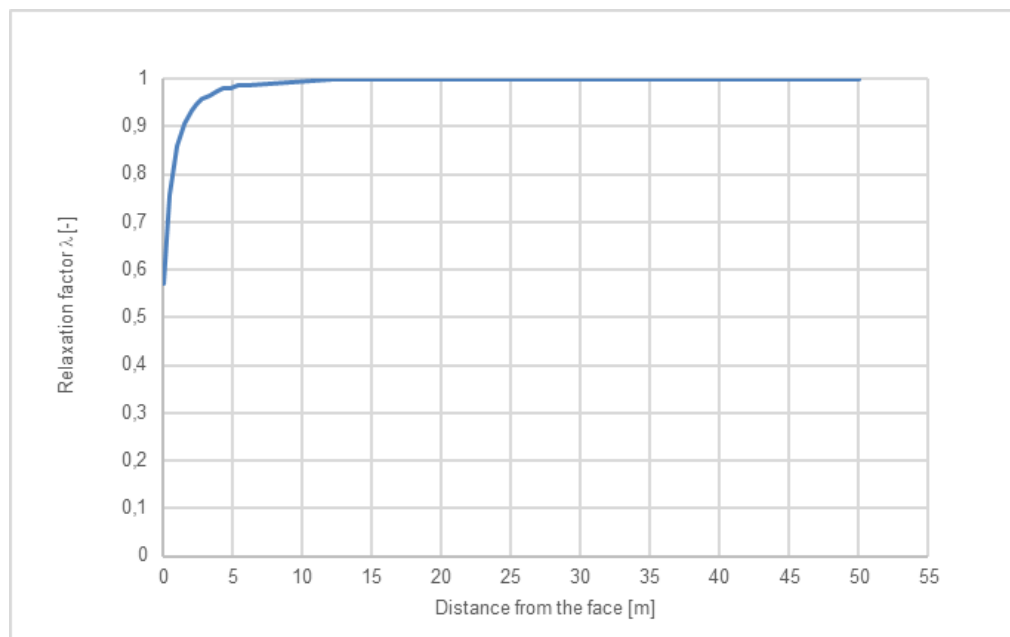


Figura 9-48 Coefficiente di deconfinamento Sezione Tipo 10 (galleria di sfollamento)

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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	108 di 253

La tabella seguente (Tabella 9-25) 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)	0.5906
3	Avanzamento tunnel SX (x=2m)	0.8322
4	Attivazione provvisorio maturazione intermedia SX (x=6m)	0.9463
5	Maturazione completa provvisorio e avanzamento tunnel SX (x=15m)	0.9866
6	Avanzamento in corrispondenza del fronte DX (x=0m)	0.5906
7	Avanzamento tunnel DX (x=2m)	0.8322
8	Attivazione provvisorio maturazione intermedia DX (x=6m)	0.9463
9	Maturazione completa provvisorio e avanzamento tunnel DX (x=15m)	0.9866
10	Avanzamento in corrispondenza del fronte del tunnel centrale (x=0m)	0.5705
11	Avanzamento tunnel centrale (x=2.8m)	0.9597
12	Attivazione provvisorio maturazione intermedia tunnel centrale (x=6m)	0.9865
13	Maturazione completa provvisorio e avanzamento tunnel centrale (x=15m)	1.00
14	Attivazione Arco rovescio e Murette	1.00
15	Attivazione Rivestimenti Definitivi	1.00
16	Lungo Termine	1.00

Tabella 9-25 – 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.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 109 di 253

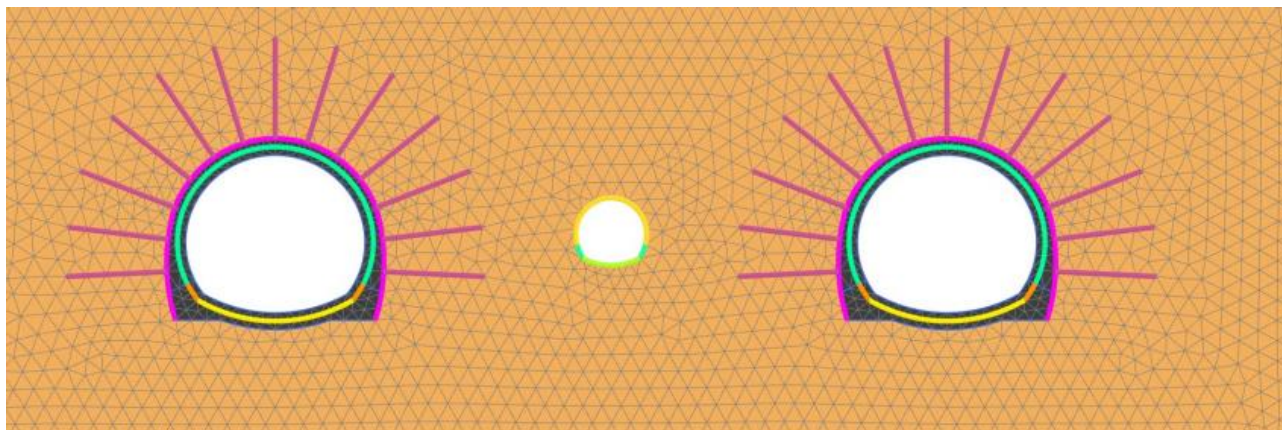


Figura 9-49 – Modello numerico relativo alla simulazione numerica in condizioni di deformazione piana per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali

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	Sfondo max [m]	Extrascavo [cm]	Spritz-beton	Ancoraggi radiali	Sostegno al contorno	Sostegno al fronte	Centine	Drenaggi in avanzamento
10	2,0 m	5,00	5+25 cm	13/12 bulloni $\phi 24$ o Swellex equivalenti, L = 6,0m p long 1,0m x p trasv 2,0m	-	-	1 HEB 180, p = 1,0m $\pm 20\%$	Eventuali - 4 (2+2) tubi microfessurati in PVC L=30m (sovrapp. min. 10 m)

Tabella 9-26 – Sostegni Sezione Tipo 10 – galleria principale

Sostegni							
Sezione tipo	Sfondo max [m]	Spritz-beton [cm]	Ancoraggi radiali	Sostegno al contorno	Sostegno al fronte	Centine	Drenaggi in avanzamento
A1 (sfollamento)	2,80	5+15	-	-	-	2 IPN 160 p. 1,00 m	Eventuali - 4 (2+2) tubi microfessurati in PVC L=30m (sovrapp. min. 12 m)

Tabella 9-27 – Sostegni Sezione Tipo 10 – galleria di sfollamento 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
10	-	-	100 cm, armato 60 kg/m ³	100 cm, armato 60 kg/m ³	100cm, armato 60 kg/m ³

Tabella 9-28 – Rivestimento definitivo Sezione Tipo 10 – galleria principale

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 110 di 253

Sezione tipo	Rivestimento definitivo				
	Distanza vincolata arco rovescio	Distanza vincolata volta	Arco rovescio	Murette	Volta
A1 (sfollamento)	-	-	50 cm non armato	50 cm non armato	40 cm non armato

Tabella 9-29 – Rivestimento definitivo Sezione Tipo IO – galleria di sfollamento 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.

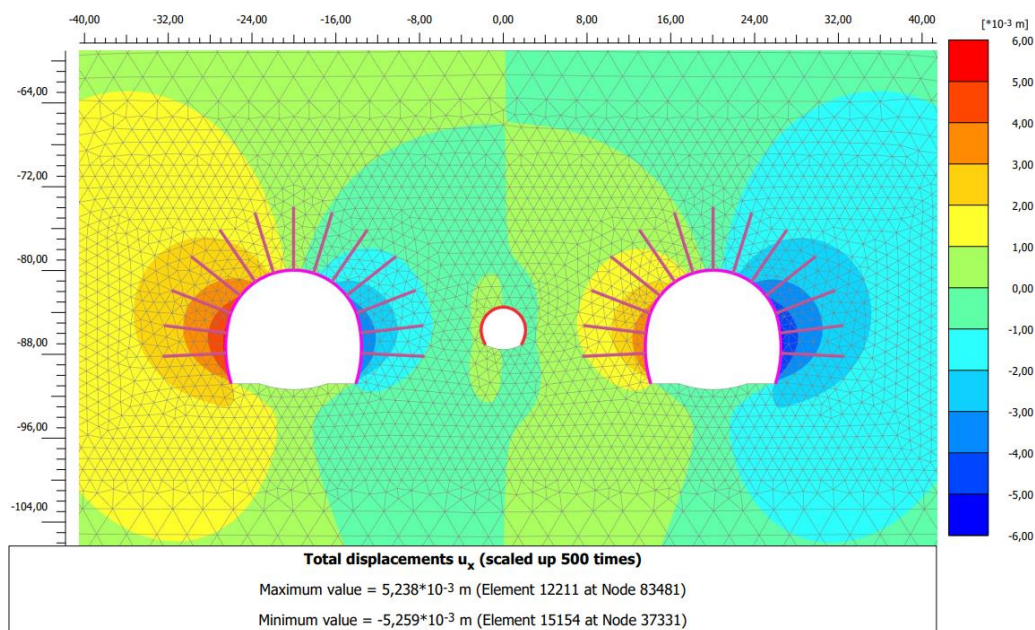


Figura 9-50- Spostamenti in direzione orizzontale - Sezione Tipo IO (Fase 13)

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 111 di 253

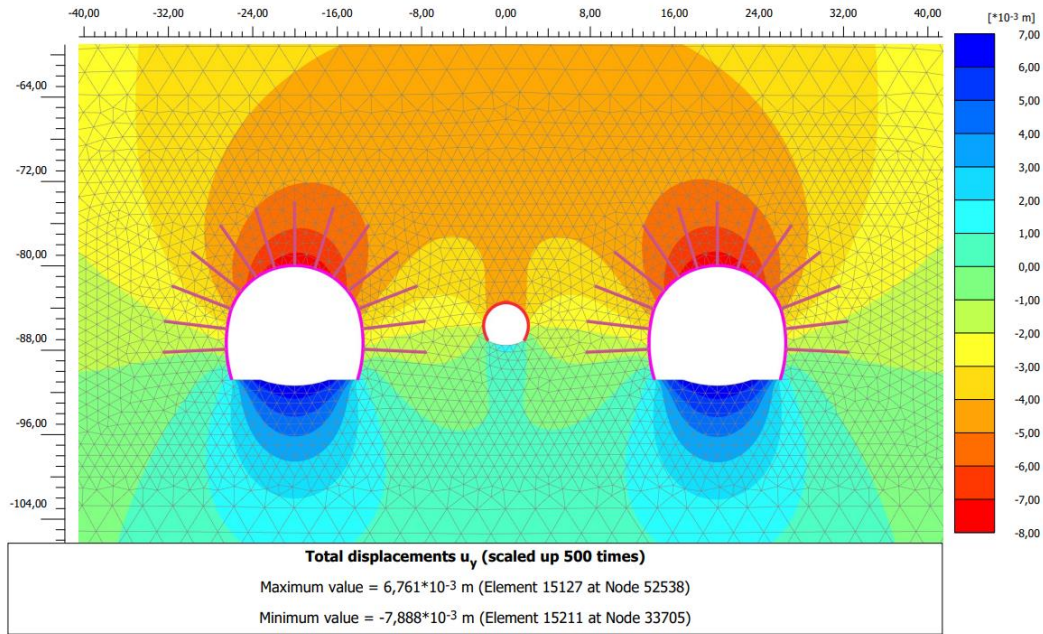


Figura 9-51- Spostamenti in direzione verticale - Sezione Tipo I0 (Fase 13)

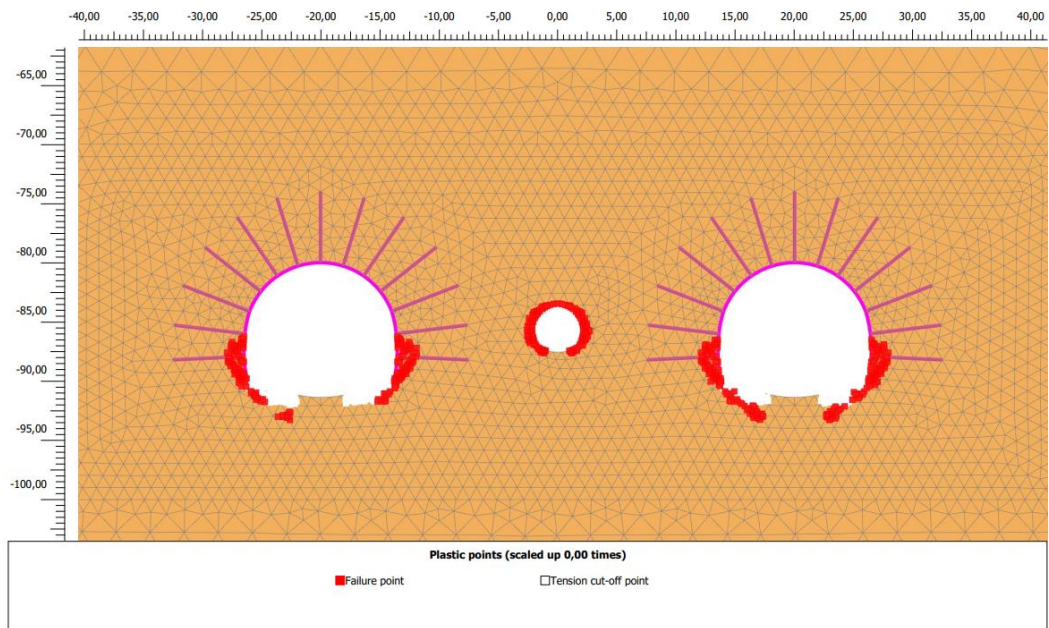


Figura 9-52- Zone di plasticizzazione - Sezione Tipo I0 (Fase 13)

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 112 di 253

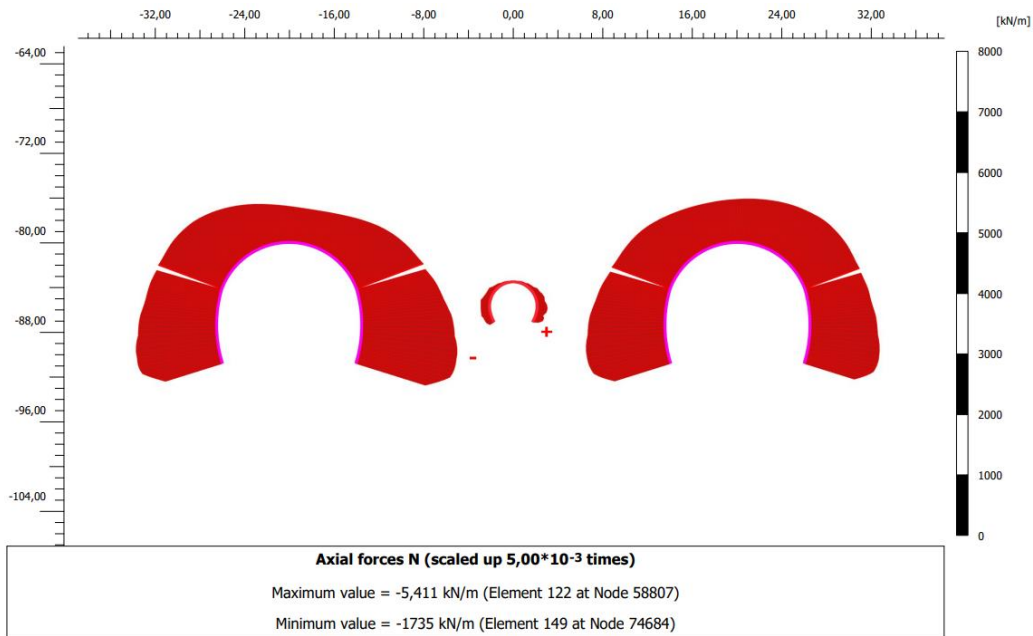


Figura 9-53- Sforzo normale agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo 10 (Fase 13)

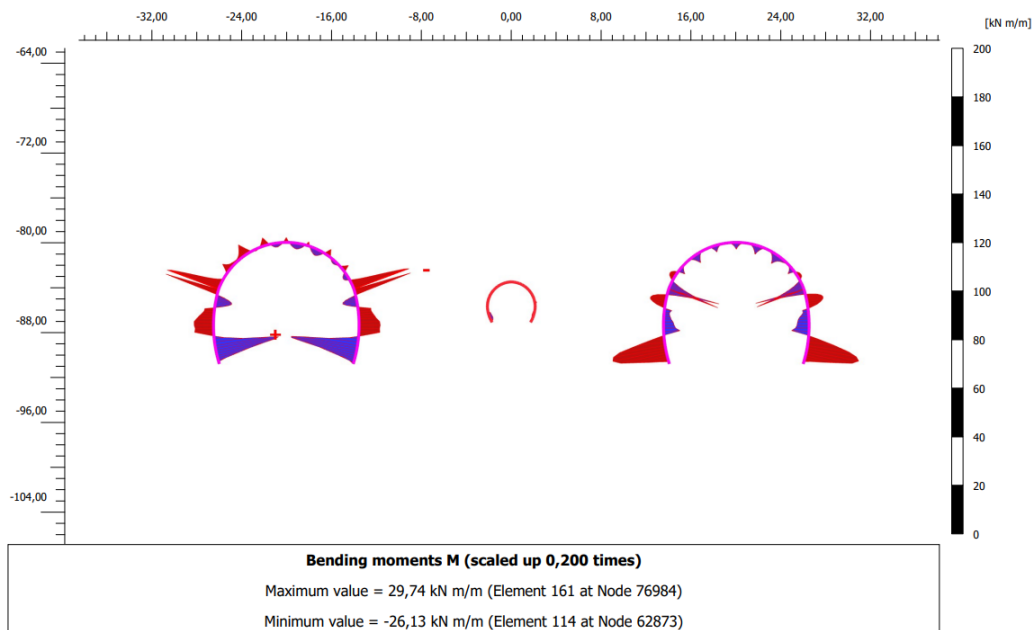


Figura 9-54- Momento flettente agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo 10 (Fase13)

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 113 di 253

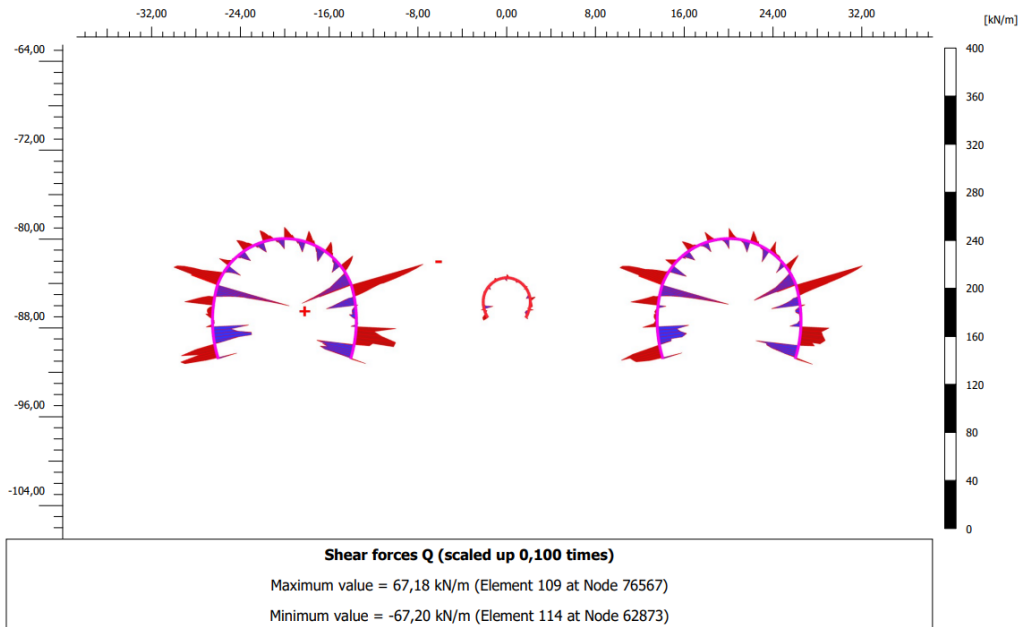


Figura 9-55- Sforzo di taglio agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo I0 (Fase 13)

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 114 di 253

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

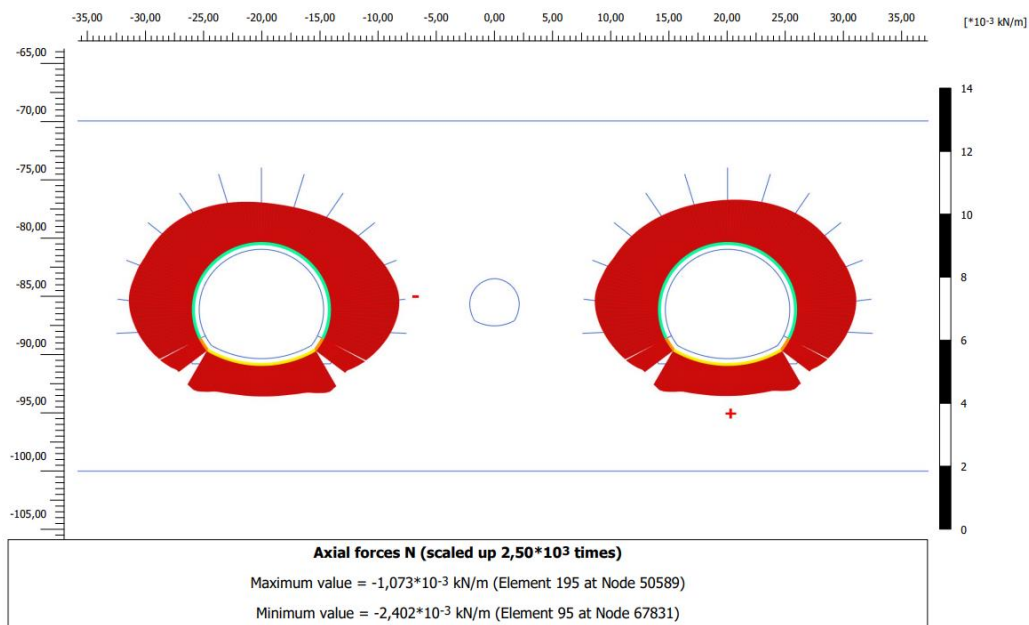


Figura 9-56- Involuppo di sforzo normale agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo 10 (Fase 16)

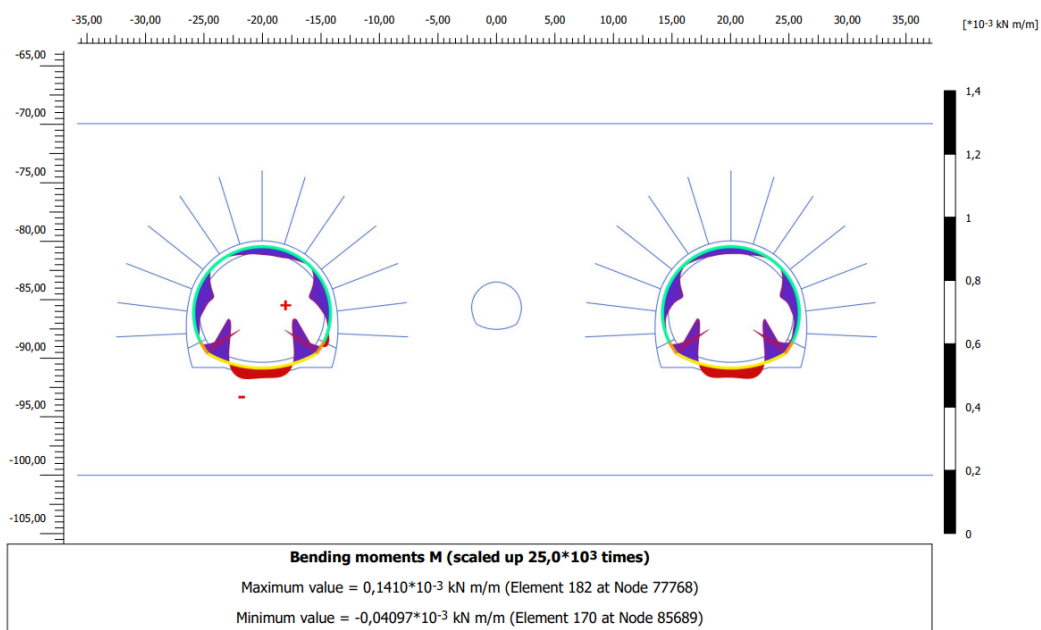


Figura 9-57- Involuppo di momento flettente agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo 10 (Fase 16)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 115 di 253

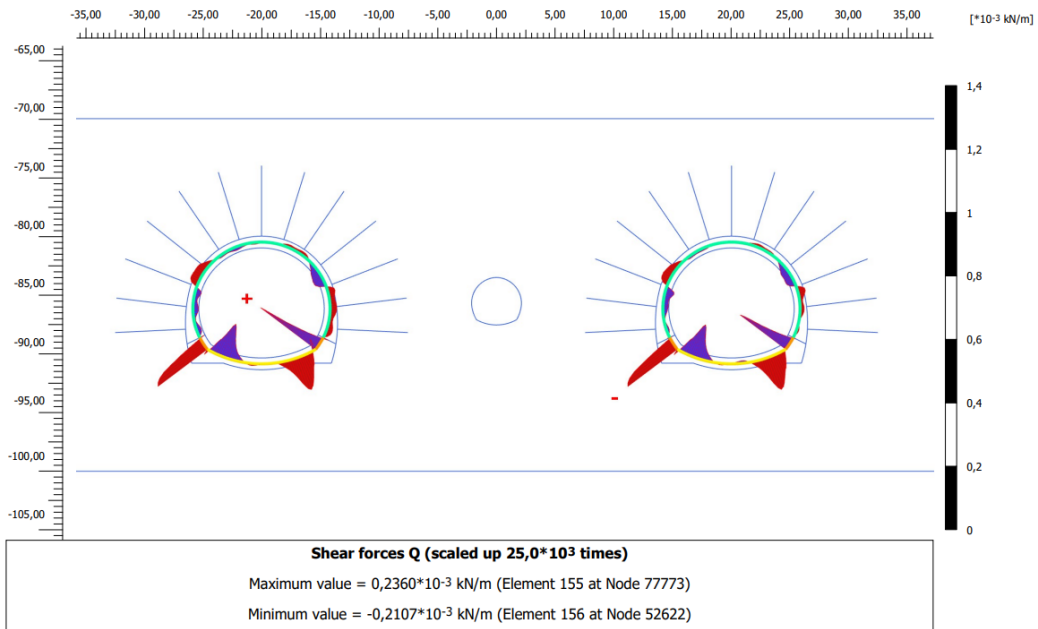


Figura 9-58- Involuppo di sforzo di taglio agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo 10 (Fase 16)

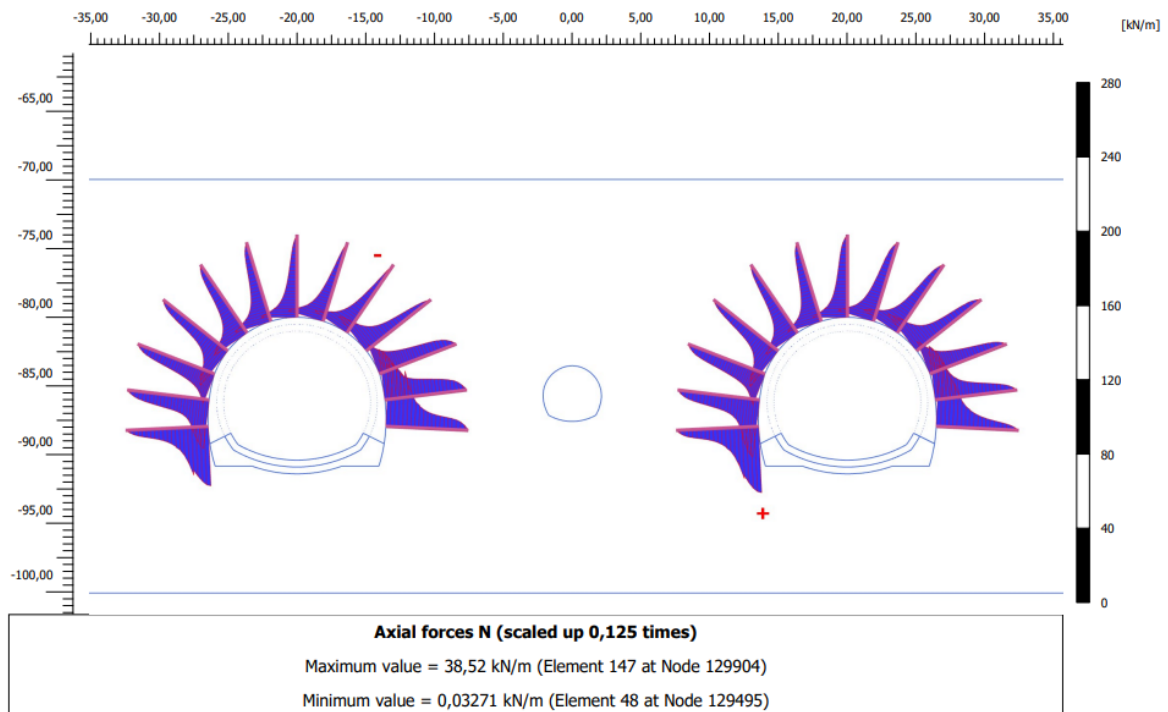


Figura 9-59- Massimo sforzo normale agente sugli ancoraggi radiali - Sezione Tipo 10

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	116 di 253

9.3.9 Sezione Camerone

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

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 Camerone 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]
Camerone	8.2	121	3.27	27	491	36.4	5032
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
Camerone	1,94	0,67	2.89	4.9	0.06	9.23	1.13	A	A	B

Tabella 9-30 – Verifica di stabilità del fronte relativa alla sezione tipo Camerone.

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 Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 117 di 253

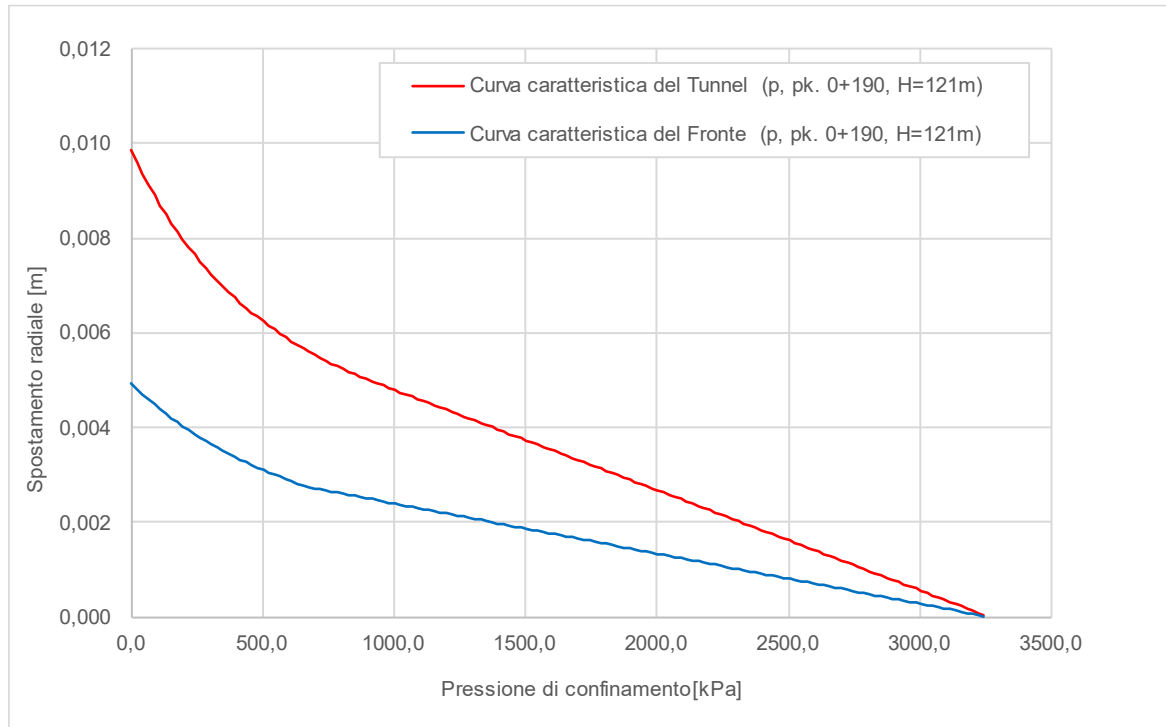


Figura 9-60 – Curve caratteristiche sezione Camerone di manovra

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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C
						FOGLIO: 118 di 253

9.3.9.2. 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.

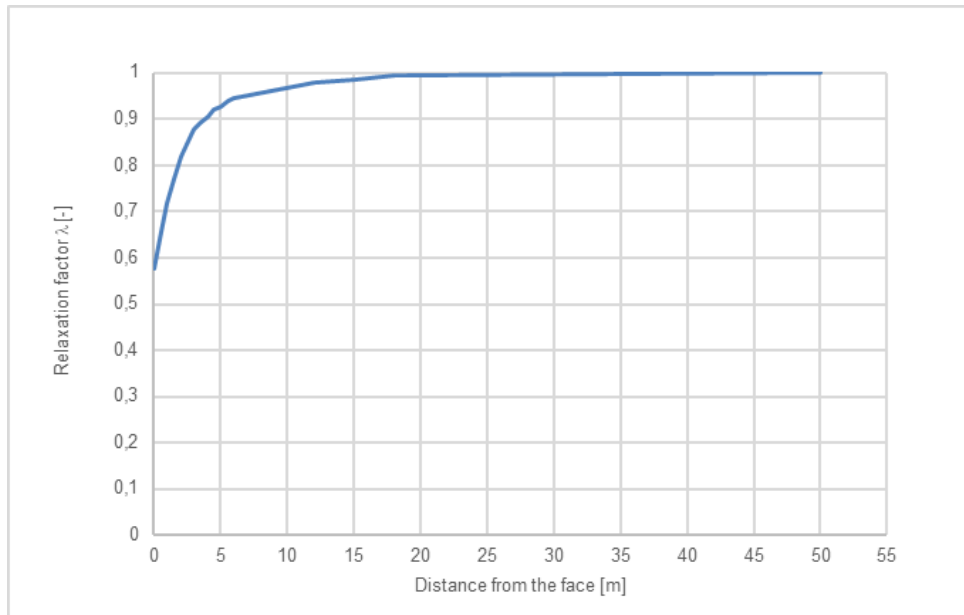


Figura 9-61 – Coefficiente di deconfinamento Sezione Tipo camerone di manovra (calotta)

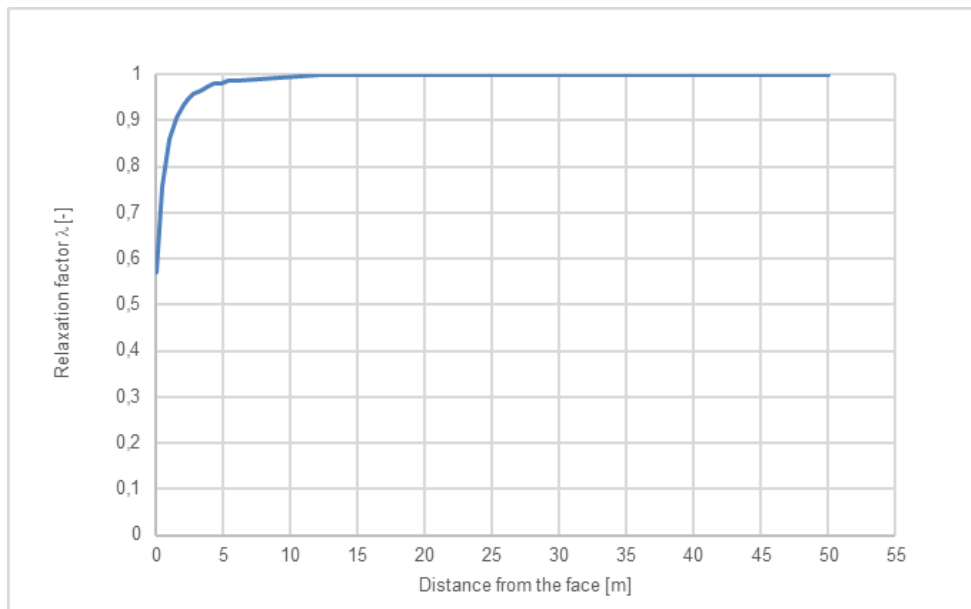


Figura 9-62 Coefficiente di deconfinamento Sezione camerone di manovra (strozzo)

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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	119 di 253

La tabella seguente 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 settore di calotta (x=0m)	0.577
3	Sfondo massimo settore di calotta (x=1.5m)	0.772
4	Attivazione provvisorio maturazione intermedia e bulloni radiali (x=6m)	0.946
5	Maturazione completa provvisorio e avanzamento (x=15m)	0.986
6	Avanzamento in corrispondenza del fronte settore di ribasso (x=0m)	0.57
7	Sfondo massimo settore di ribasso (x=1.5m)	0.819
8	Attivazione provvisorio maturazione intermedia (x=6m)	0.96
9	Maturazione completa provvisorio e avanzamento (x=15m)	0.993
10	Scavo arco rovescio	1.00
11	Posa arco rovescio e murette	1.00
12	Posa calotta	1.00
13	Lungo Termine	1.00

Tabella 9-31 – 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.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 120 di 253

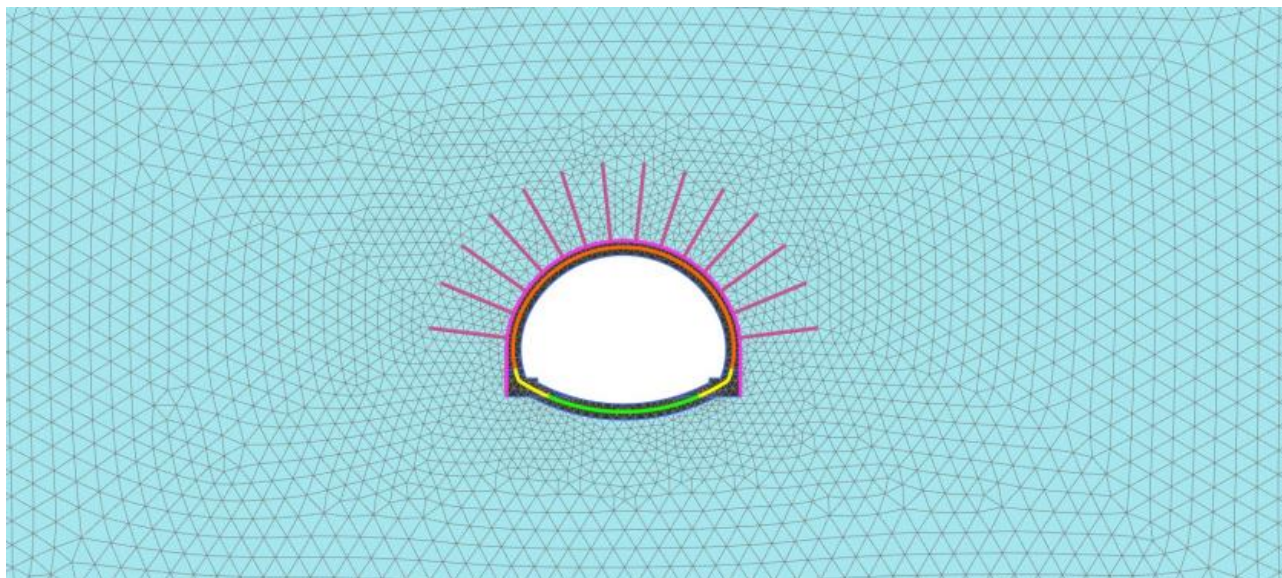


Figura 9-63 – Modello numerico relativo alla simulazione numerica in condizioni di deformazione piana per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali

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	Sfondo max [m]	Extrascavo [cm]	Spritz-beton	Ancoraggi radiali	Sostegno al contorno	Sostegno al fronte	Centine
Camerone	1,5 m	-	5+25 cm	14/13 bulloni $\phi 24$ o Swellex equivalenti, L = 6.0m p long 1.0m x p trasv 2.0m	-	10 cm di SB	2 IPN 200, p = 1.0m $\pm 20\%$

Tabella 9-32 – Sostegni Sezione Tipo camerone di manovra

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
Camerone	-	-	120 cm, armato 50 kg/m ³	120 cm, armato 50 kg/m ³	110cm, armato 35 kg/m ⁴

Tabella 9-33 – Rivestimento definitivo Sezione Tipo camerone di manovra

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 Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 121 di 253

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.

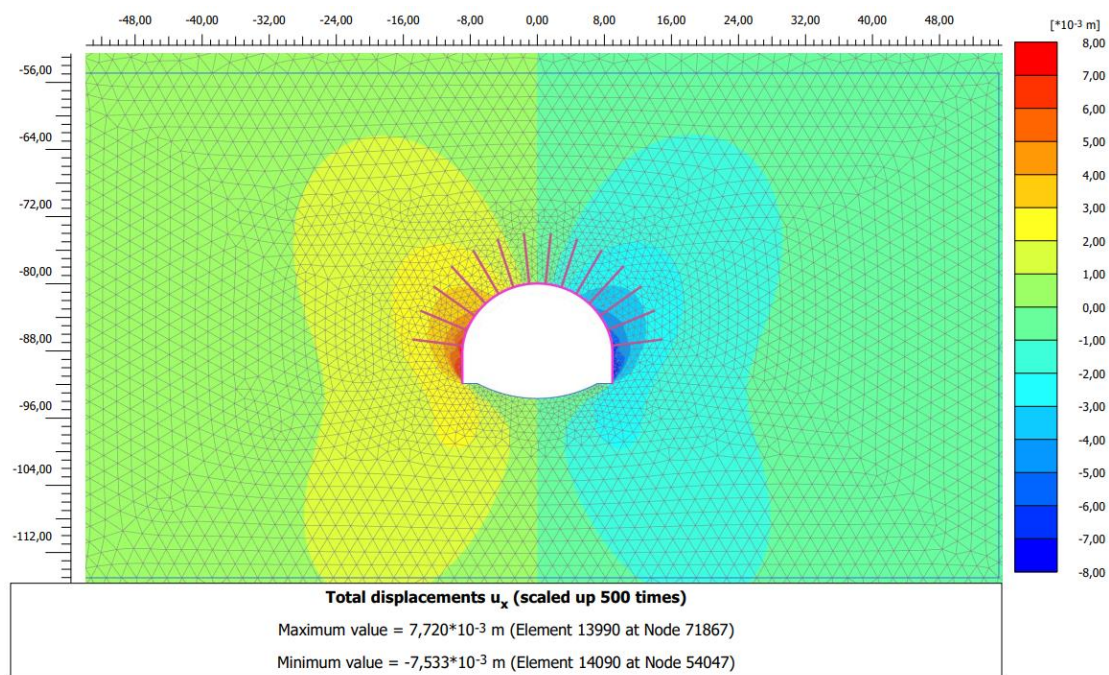


Figura 9-64- Spostamenti in direzione orizzontale - Sezione Tipo camerone di manovra (Fase 10)

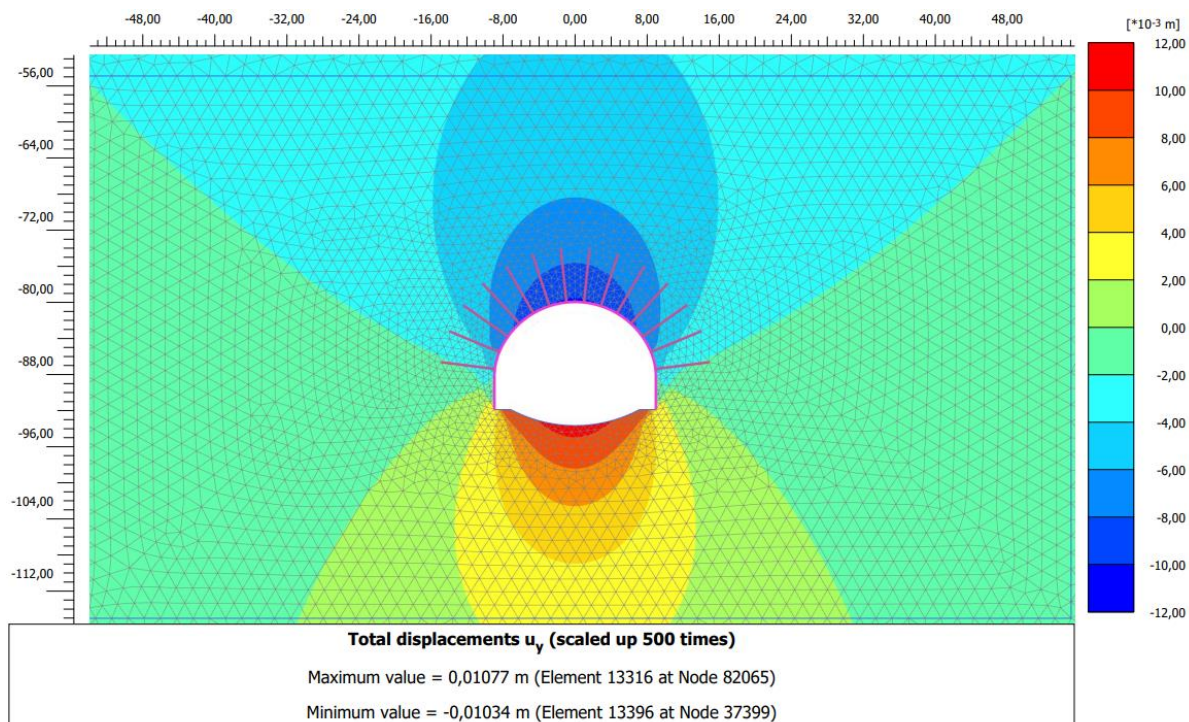


Figura 9-65- Spostamenti in direzione verticale - Sezione Tipo camerone di manovra (Fase 10)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 122 di 253

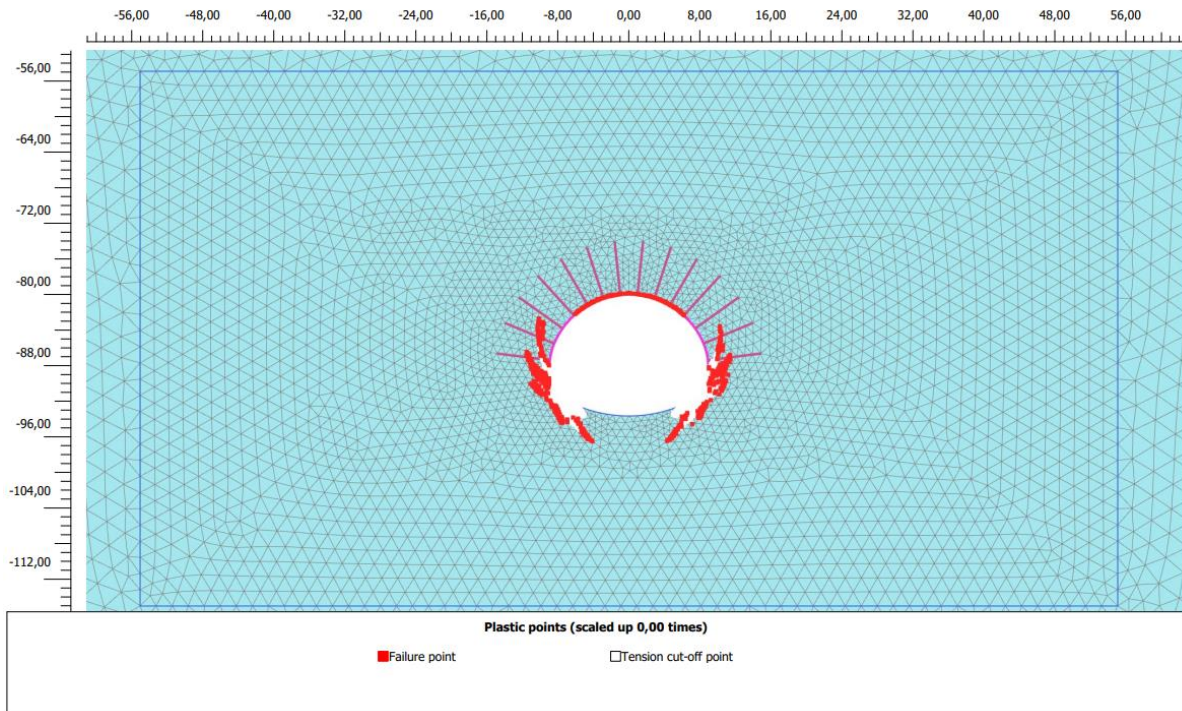


Figura 9-66- Zone di plasticizzazione - Sezione Tipo camerone di manovra (Fase 10)

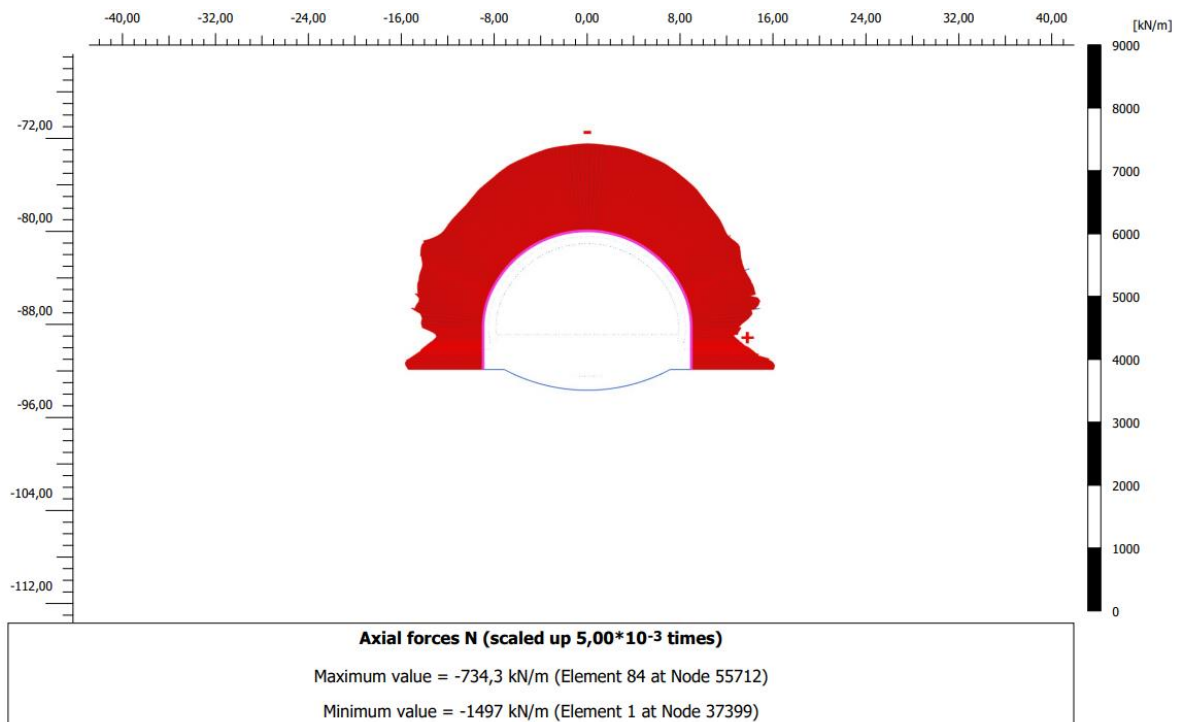


Figura 9-67- Sforzo normale agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo I0 (Fase 10)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 123 di 253

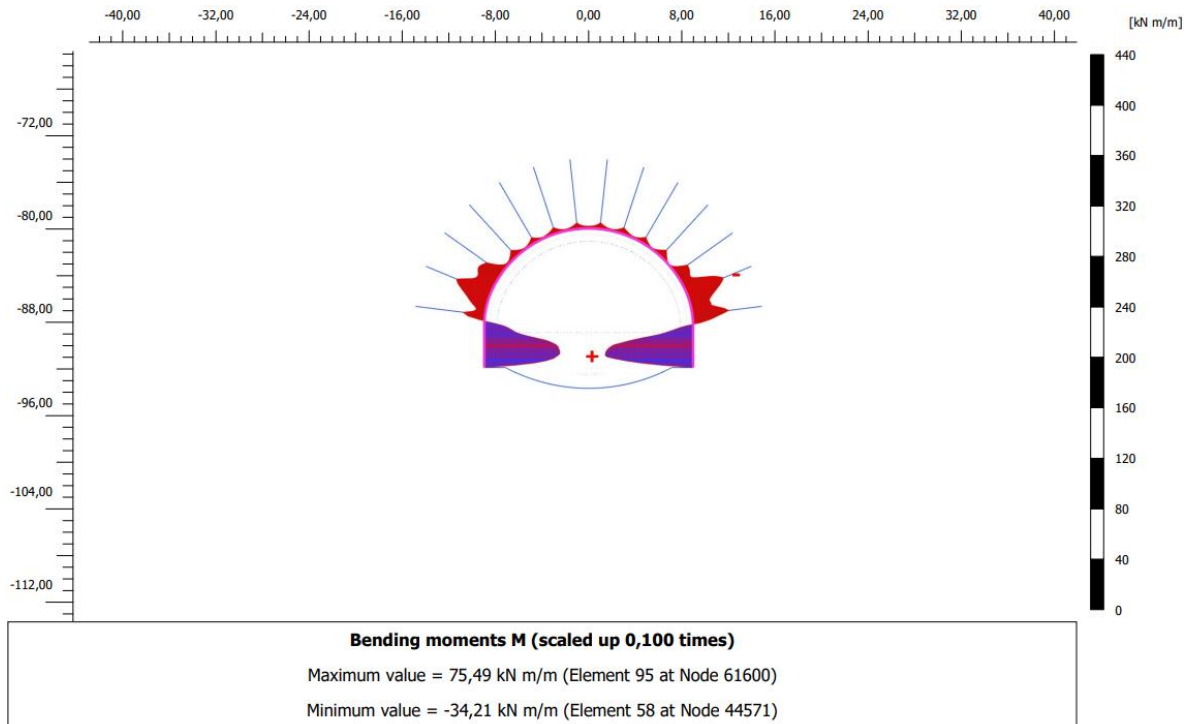


Figura 9-68- Momento flettente agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo camerone di manovra (Fase10)

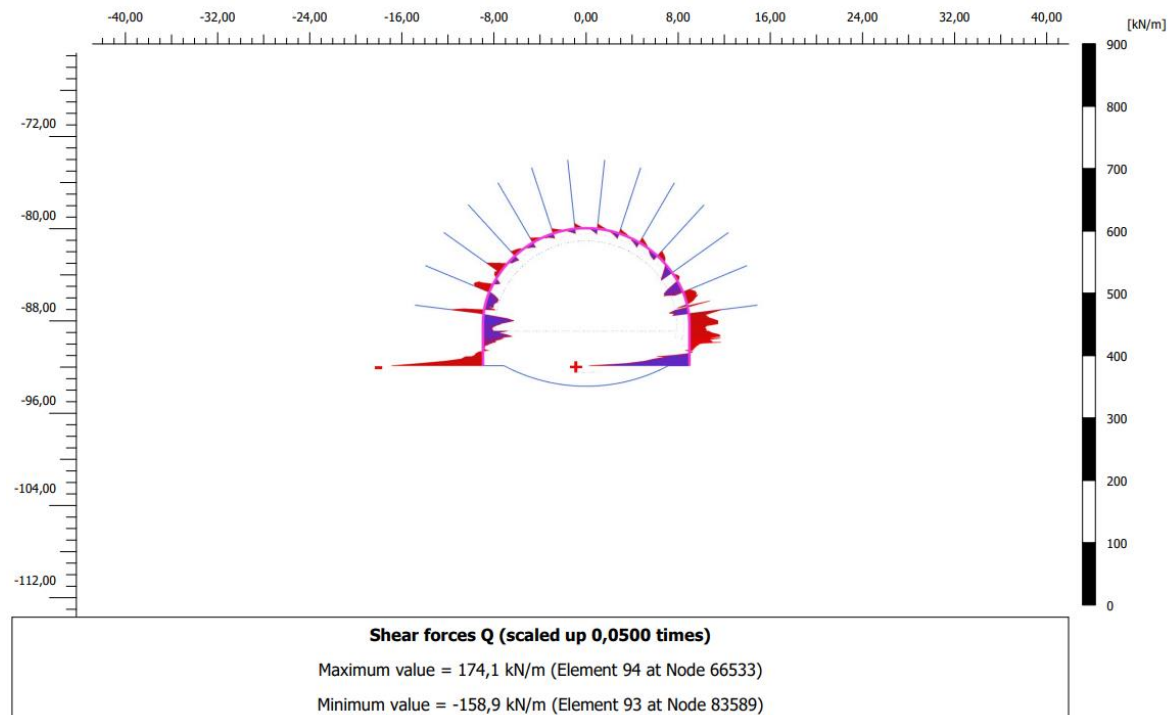


Figura 9-69- Sforzo di taglio agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo camerone di manovra (Fase 10)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 124 di 253

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

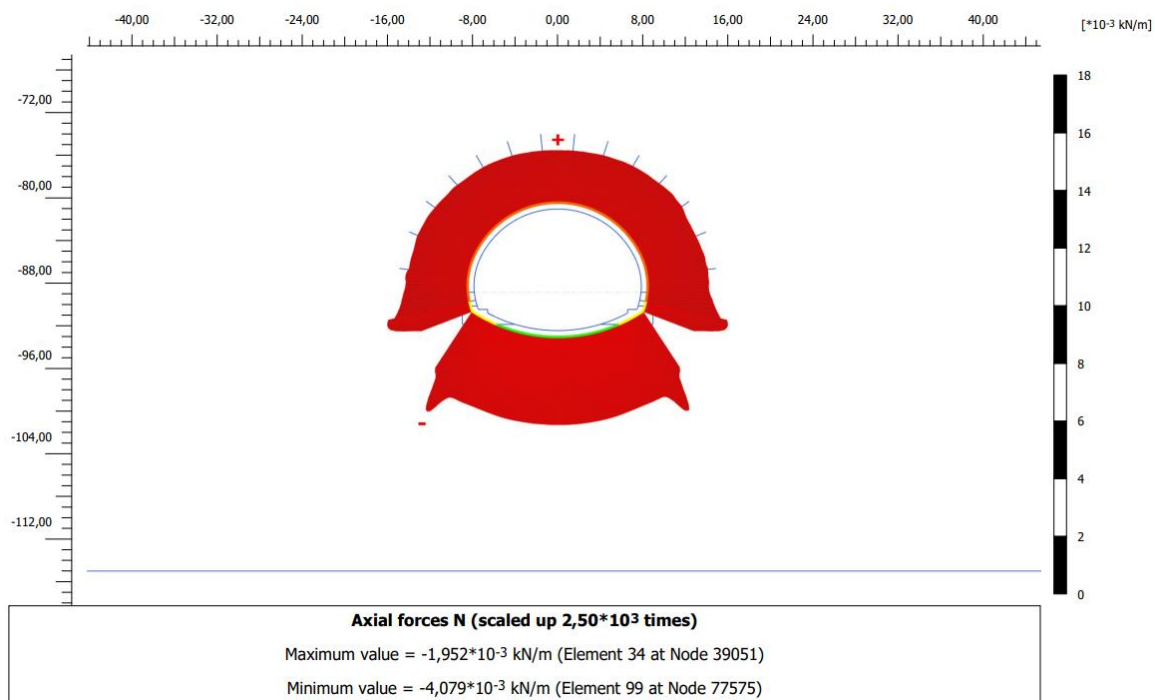


Figura 9-70- Involuppo di sforzo normale agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo camerone di manovra (Fase 13)

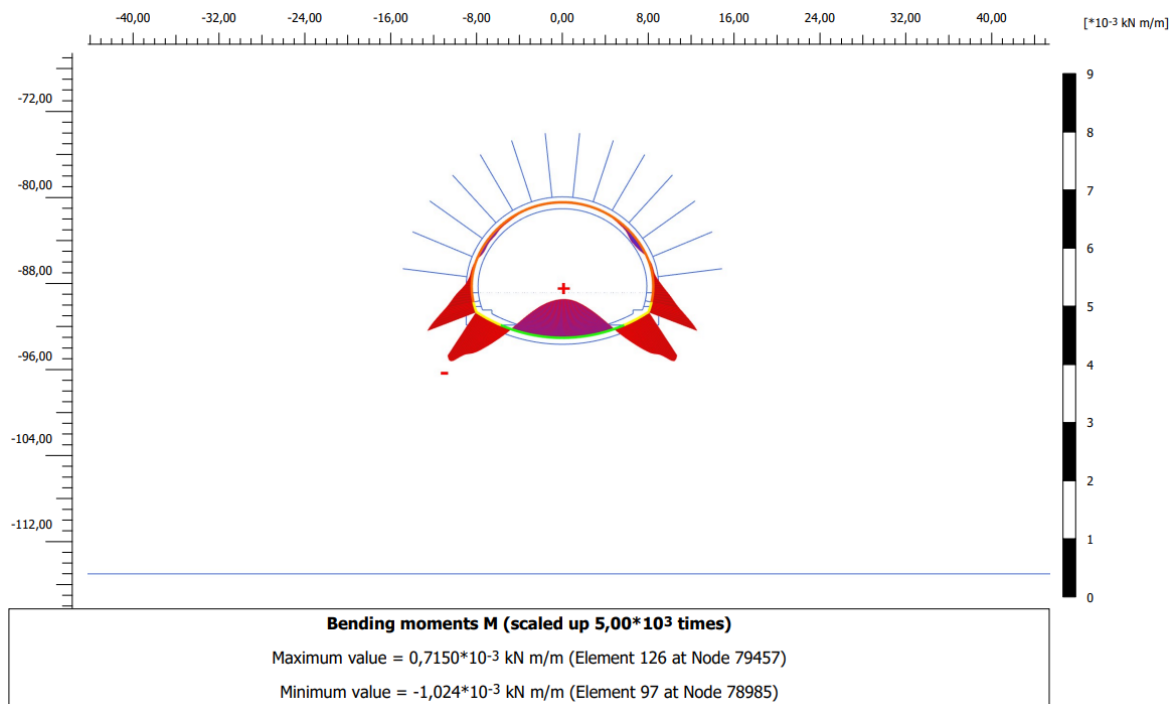


Figura 9-71- Involuppo di momento flettente agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo camerone di manovra (Fase 13)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	125 di 253

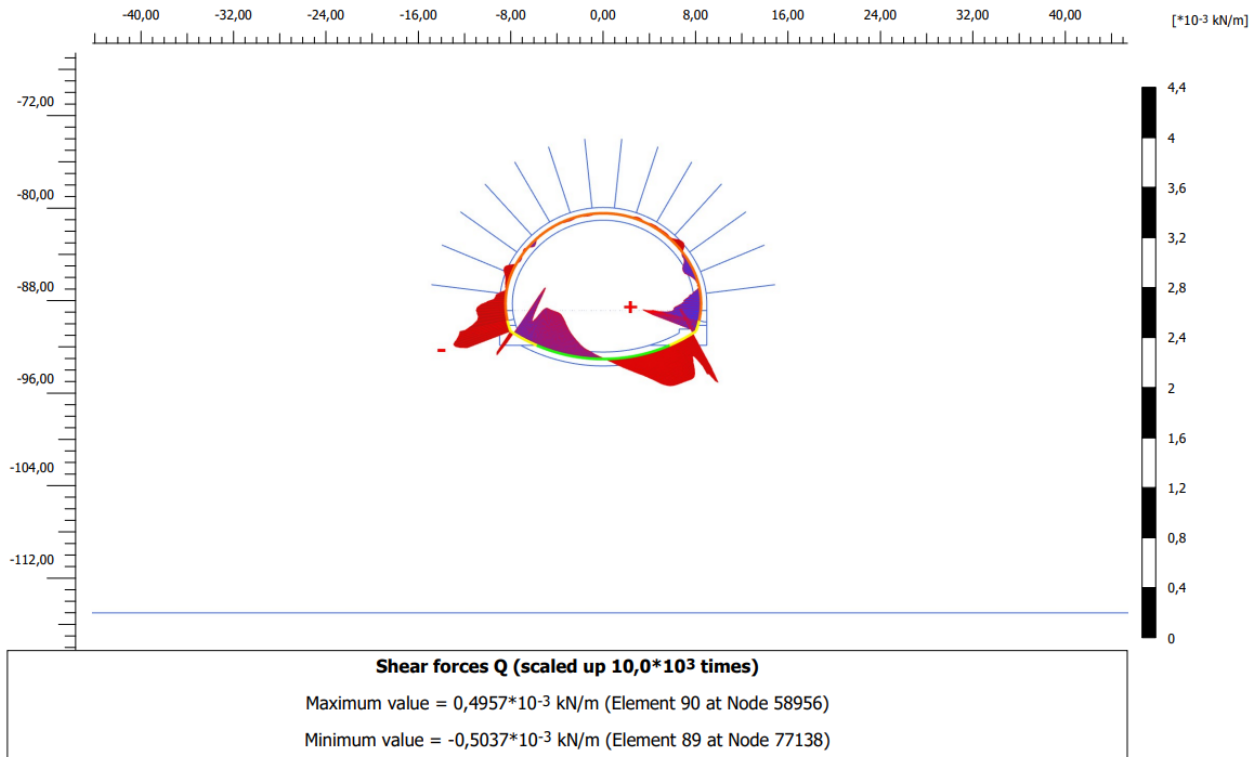


Figura 9-72- Involuppo di sforzo di taglio agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo camerone di manovra (Fase 13)

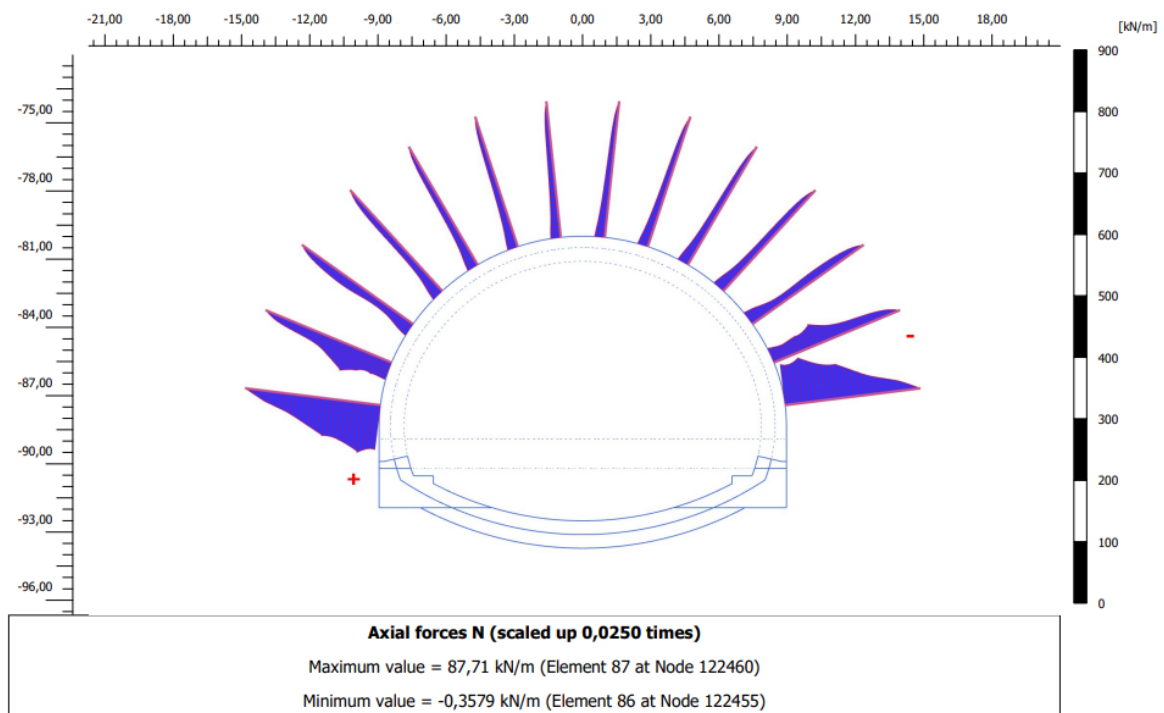


Figura 9-73- Massimo sforzo normale agente sugli ancoraggi radiali - Sezione Camerone

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 Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 126 di 253	

9.3.10 Sezione della galleria di sfollamento – Tipo A1

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

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 sfollamento 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 sfollamento	2.5	80.0	2.16	27	326	38.7	3600
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
A1 (sfollamento)	1,35	0,39	3.47	1.26	0.05	2.76	1.11	A	A	B

Tabella 9-34 – Verifica di stabilità del fronte relativa alla sezione galleria di sfollamento di 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:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 127 di 253

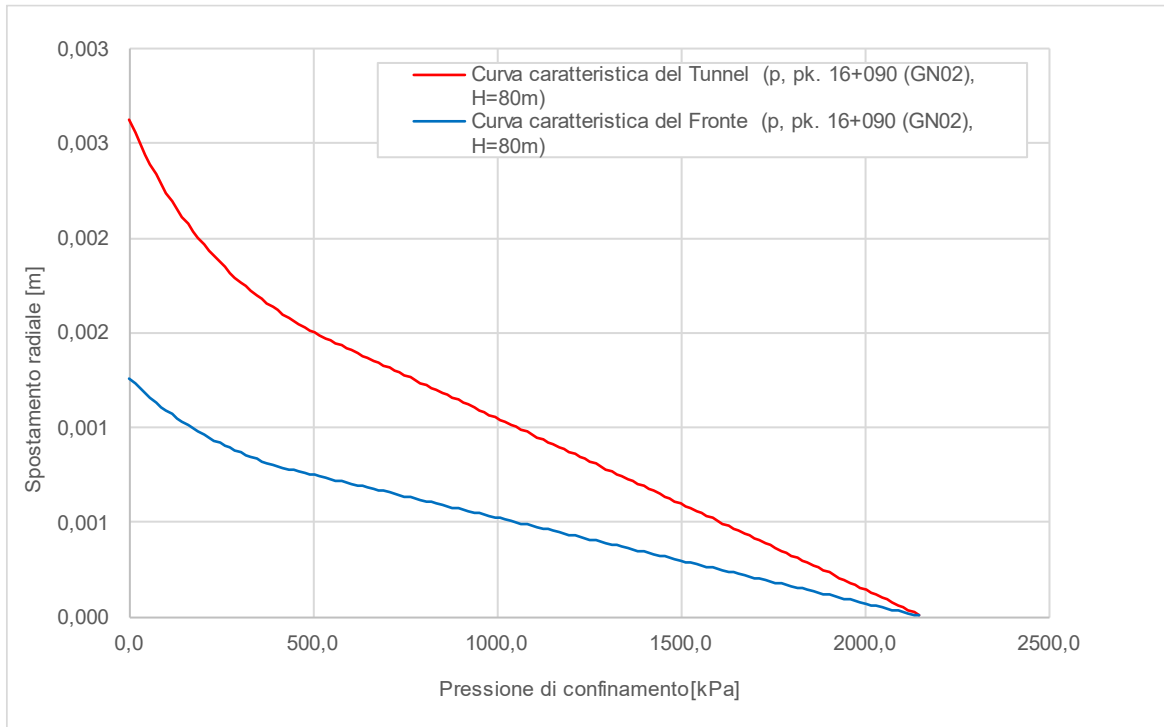


Figura 9-74 – Curve caratteristiche sezione galleria di sfollamento di tipo A1.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	128 di 253

9.3.10.2. Interazione opera – terreno

Per completezza si riportano le verifiche di stabilità del fronte e di interazione opera-terreno, per ulteriori dettagli si rimanda alla relazione delle gallerie di linea ("Relazione geotecnica e di calcolo" - IBOU1BEZZCLGN000005A)

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 per le gallerie di linea e per il tunnel di sfollamento centrale.

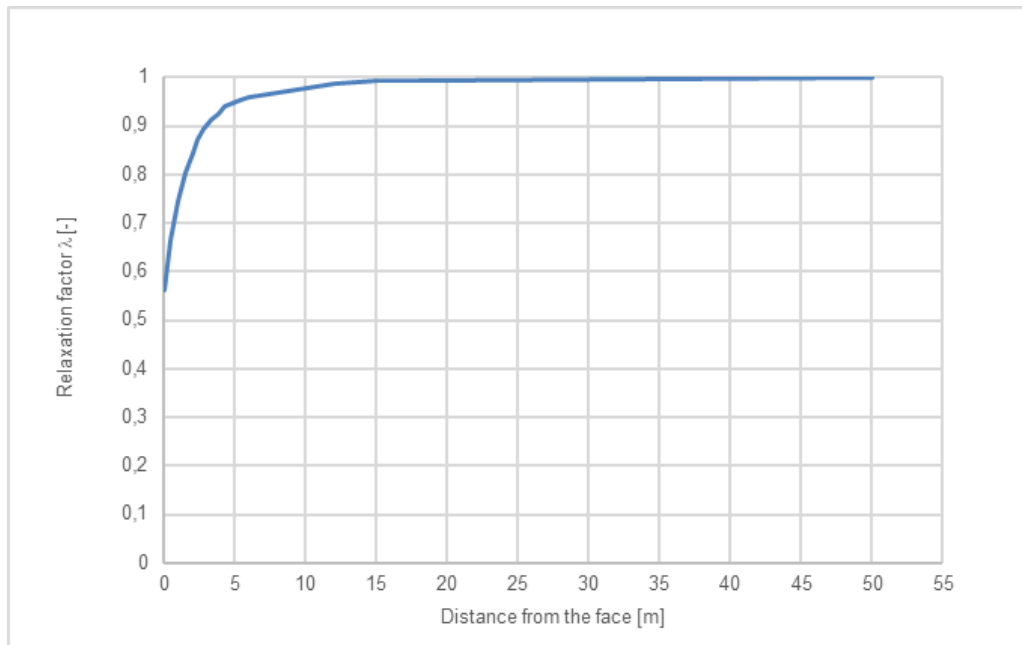


Figura 9-75 – Coefficiente di deconfinamento Sezione Tipo A1 (galleria principale)

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 129 di 253

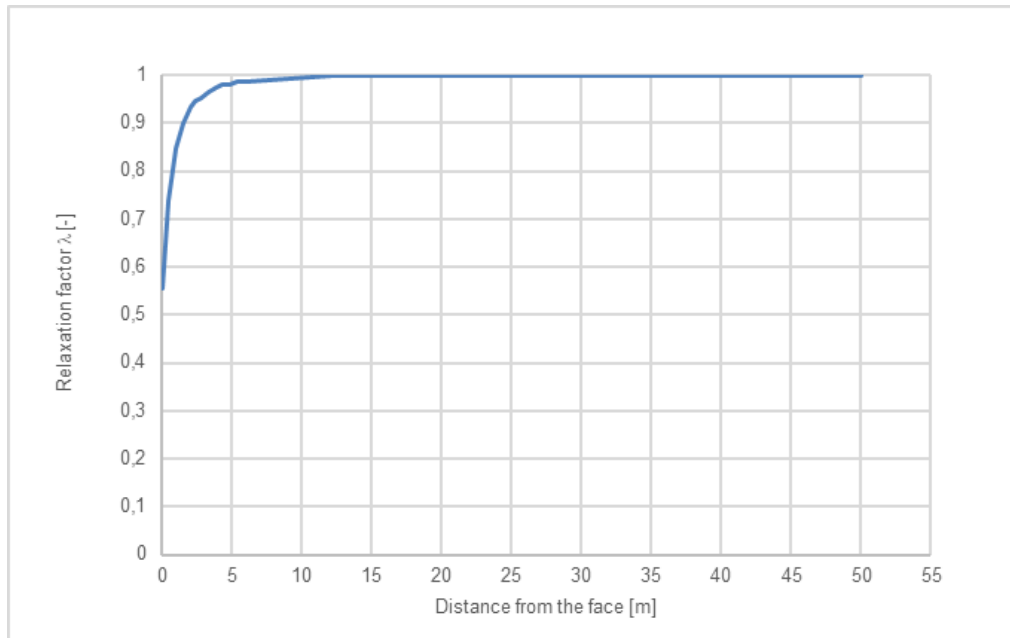


Figura 9-76 – Coefficiente di deconfinamento Sezione Tipo A1 (galleria di sfollamento)

La tabella seguente (Tabella 9-35) 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)	0.563
3	Avanzamento tunnel SX (x=2.8m)	0.892
4	Attivazione provvisorio maturazione intermedia SX (x=6m)	0.959
5	Maturazione completa provvisorio e avanzamento tunnel SX (x=15m)	0.993
6	Avanzamento in corrispondenza del fronte DX (x=0m)	0.563
7	Avanzamento tunnel DX (x=2.8m)	0.892
8	Attivazione provvisorio maturazione intermedia DX (x=6m)	0.959
9	Maturazione completa provvisorio e avanzamento tunnel DX (x=15m)	0.993
10	Avanzamento in corrispondenza del fronte del tunnel centrale (x=0m)	0.557

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	130 di 253

11	Avanzamento tunnel centrale (x=2.8m)	0.953
12	Attivazione provvisorio maturazione intermedia tunnel centrale (x=6m)	0.986
13	Maturazione completa provvisorio e avanzamento tunnel centrale (x=15m)	1.00
14	Attivazione Rivestimenti Definitivi	1.00
15	Lungo Termine	1.00

Tabella 9-35 – 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.

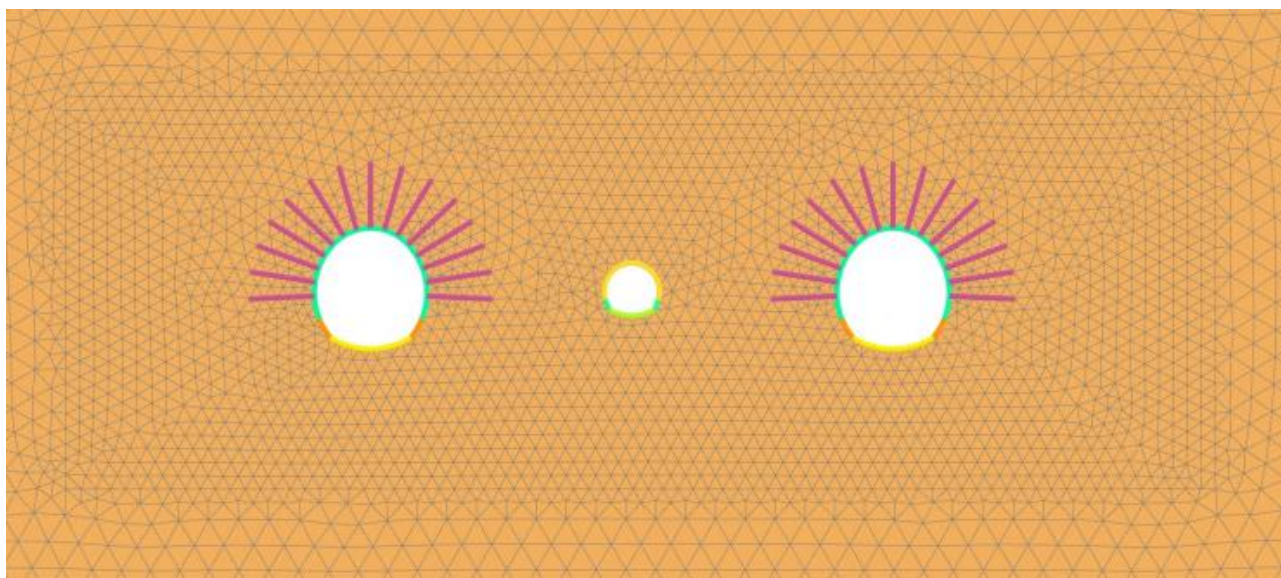


Figura 9-77 – Modello numerico relativo alla simulazione numerica in condizioni di deformazione piana per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali

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
A1	2,80	5+20	14/15 bulloni ϕ 24 L = 5m p. long 1.4m x p. trasv 1.2m	-	spritz 5 cm su ogni sfondo	2 IPN 180 p. 1.40 m	Eventuali - 4 (2+2) tubi microfessurati in PVC L=30m (sovrap. min. 10 m)

Tabella 9-36 – Sostegni Sezione Tipo A1 – galleria principale

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 131 di 253

Sostegni							
Sezione tipo	Sfondo max [m]	Spritz-beton [cm]	Ancoraggi radiali	Sostegno al contorno	Sostegno al fronte	Centine	Drenaggi in avanzamento
A1 (sfollamento)	2,80	5+15	-	-	-	2 IPN 160 p. 1.00 m	Eventuali - 4 (2+2) tubi microfessurati in PVC L=30m (sovrap. min. 12 m)

Tabella 9-37 – Sostegni Sezione Tipo A1 – galleria di sfollamento

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
A1	-	-	60 cm (armato 30 kg/mc)	60 cm (armato 30 kg/mc)	60 cm non armato

Tabella 9-38 – Rivestimento definitivo Sezione Tipo A1 – galleria principale

Sezione tipo	Rivestimento definitivo				
	Distanza vincolata arco rovescio	Distanza vincolata volta	Arco rovescio	Murette	Volta
A1 (sfollamento)	-	-	50 cm non armato	50 cm non armato	40 cm non armato

Tabella 9-39 – Rivestimento definitivo Sezione Tipo A1 – galleria di sfollamento

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.

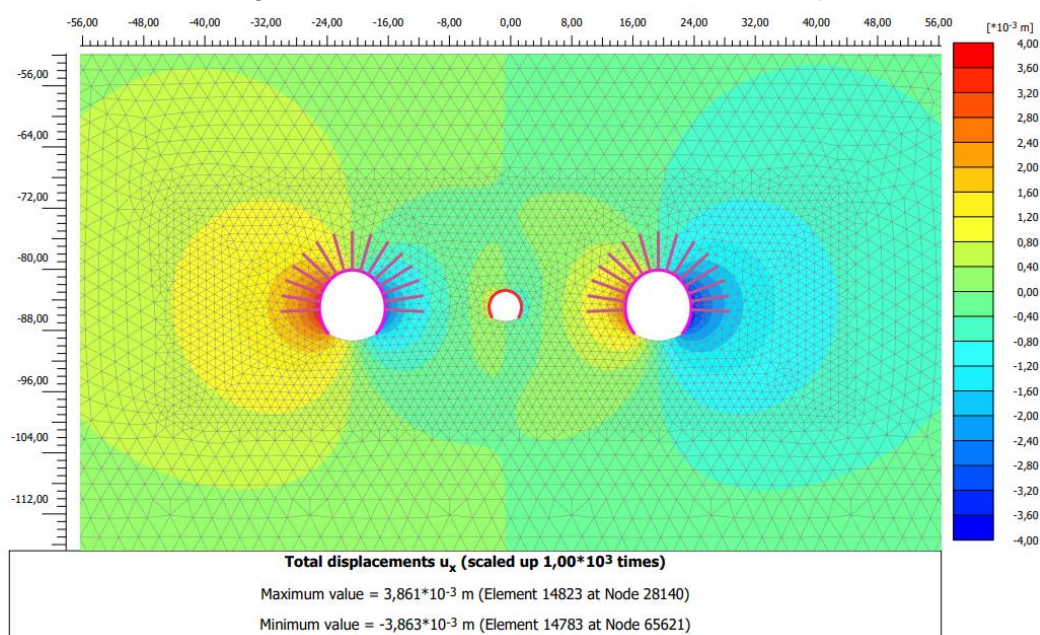


Figura 9-78 – Spostamenti in direzione orizzontale - Sezione Tipo A1 (Fase 13)

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 132 di 253

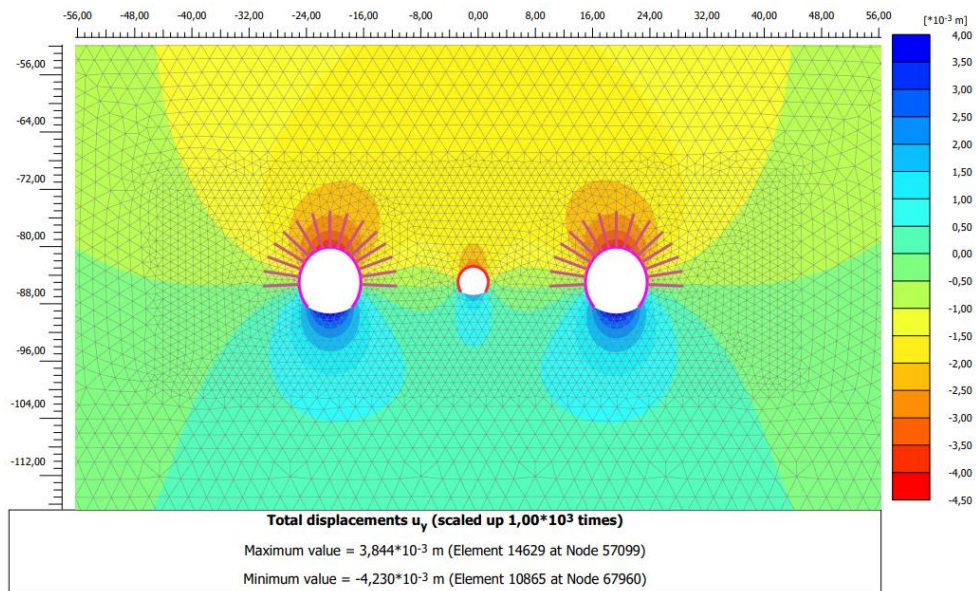


Figura 9-79 – Spostamenti in direzione verticale - Sezione Tipo A1 (Fase 13)

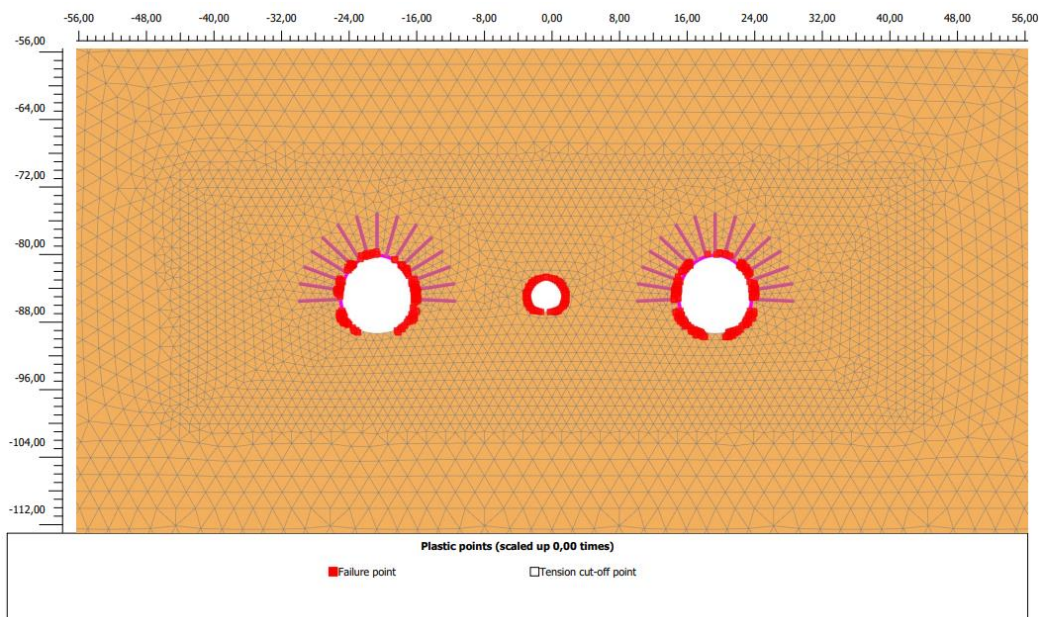


Figura 9-80 – Zone di plasticizzazione - Sezione Tipo A1 (Fase 13)

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 Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 133 di 253

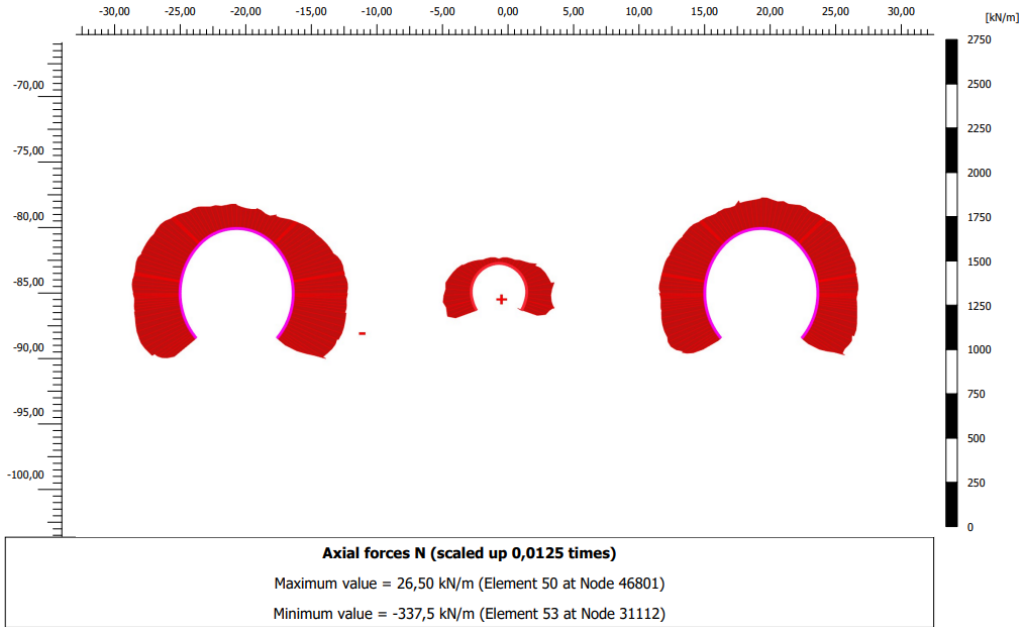


Figura 9-81 – Sforzo normale agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo A1 (Fase 13)

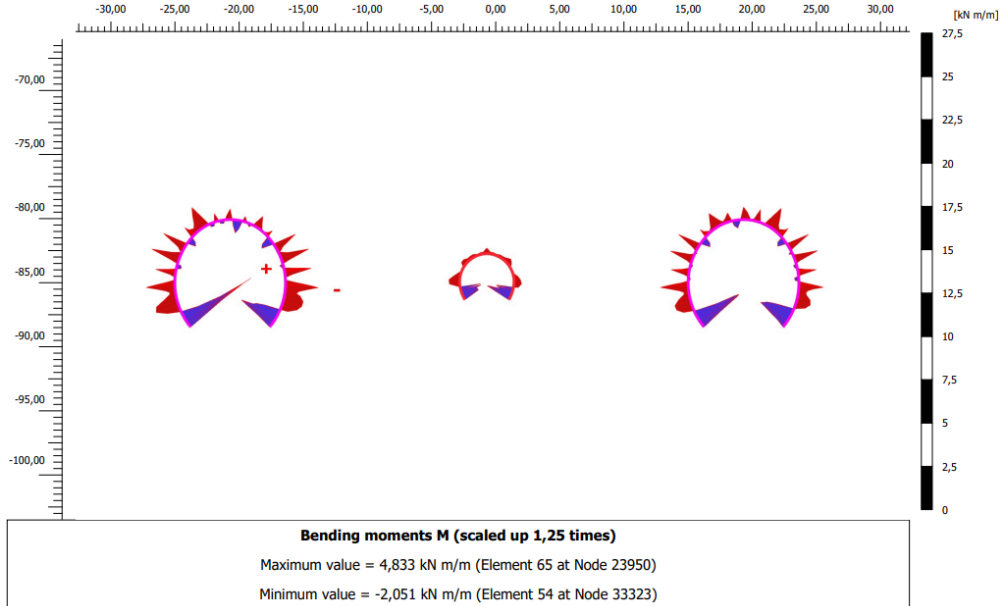


Figura 9-82– Momento flettente agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo A1 (Fase13)

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 Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 134 di 253

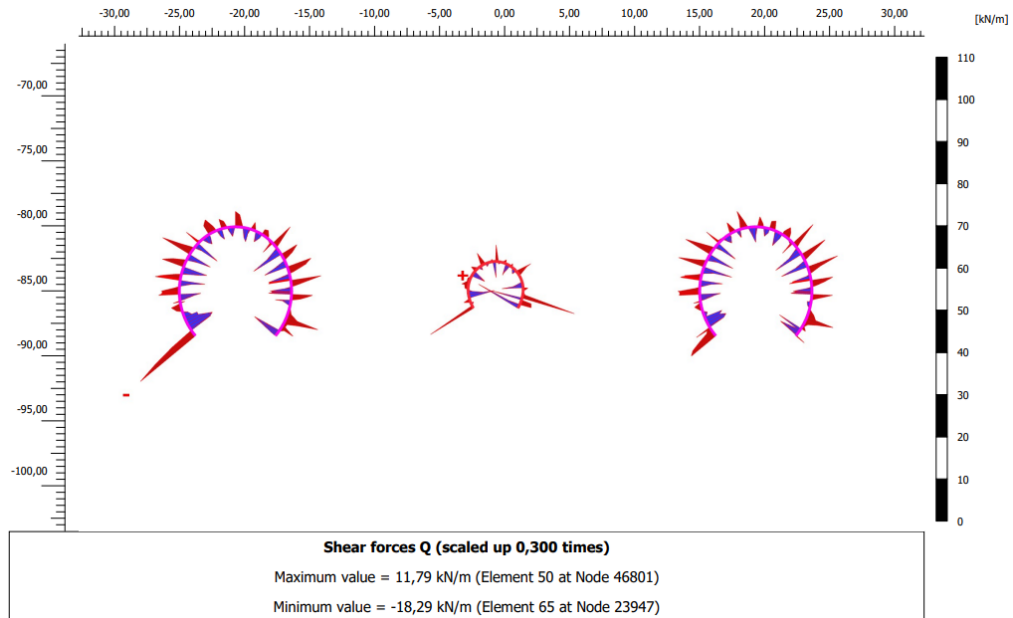


Figura 9-83 – Sforzo di taglio agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo A1 (Fase 13)

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

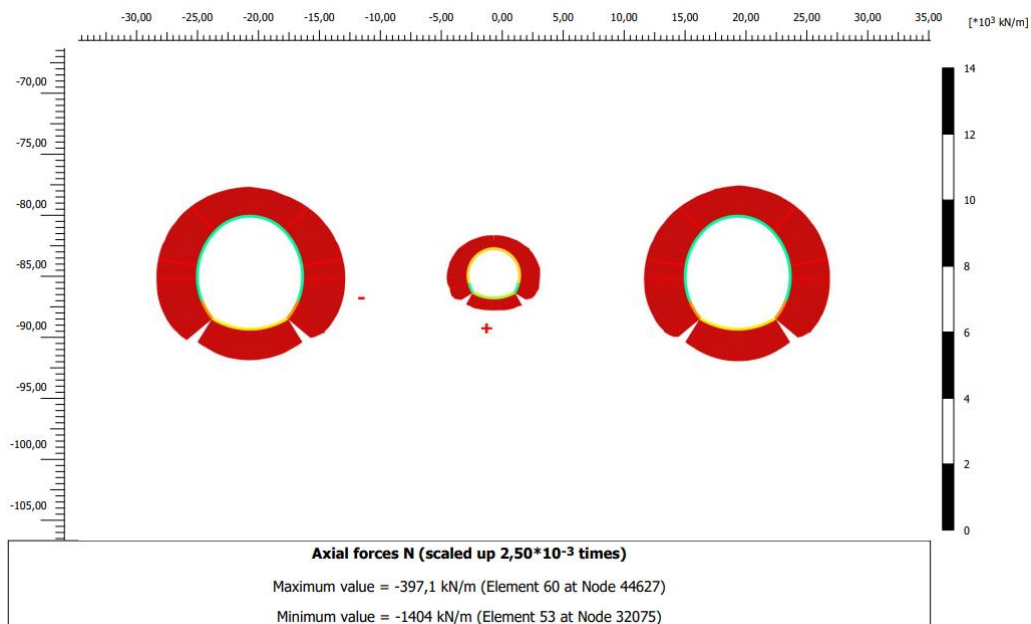


Figura 9-84 – Involuppo di sforzo normale agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo A1 (Fase 15)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 135 di 253

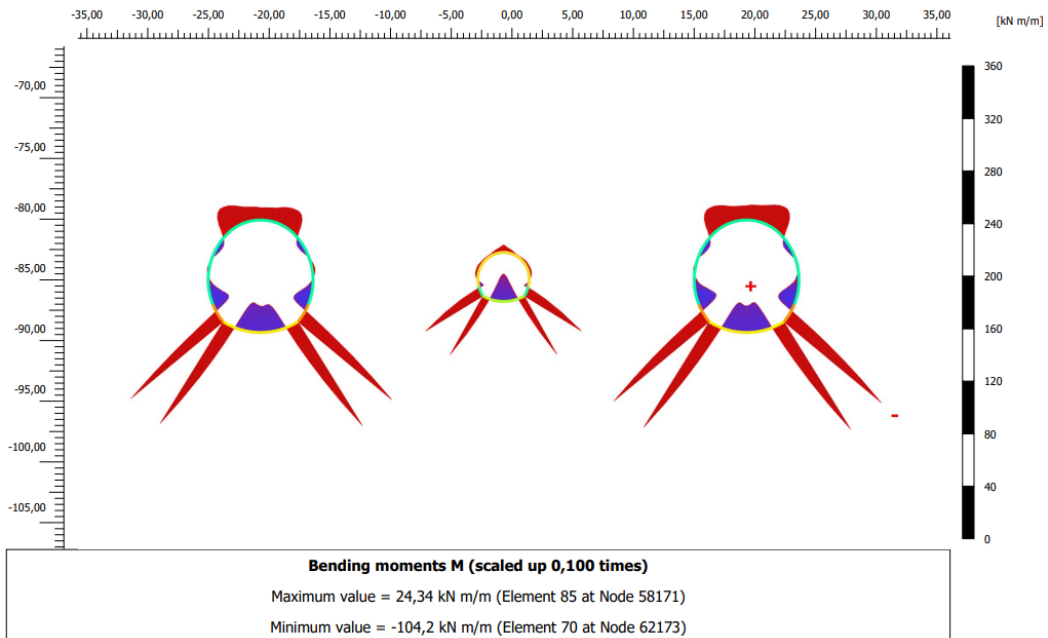


Figura 9-85 – Involuppo di momento flettente agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo A1 (Fase 15)

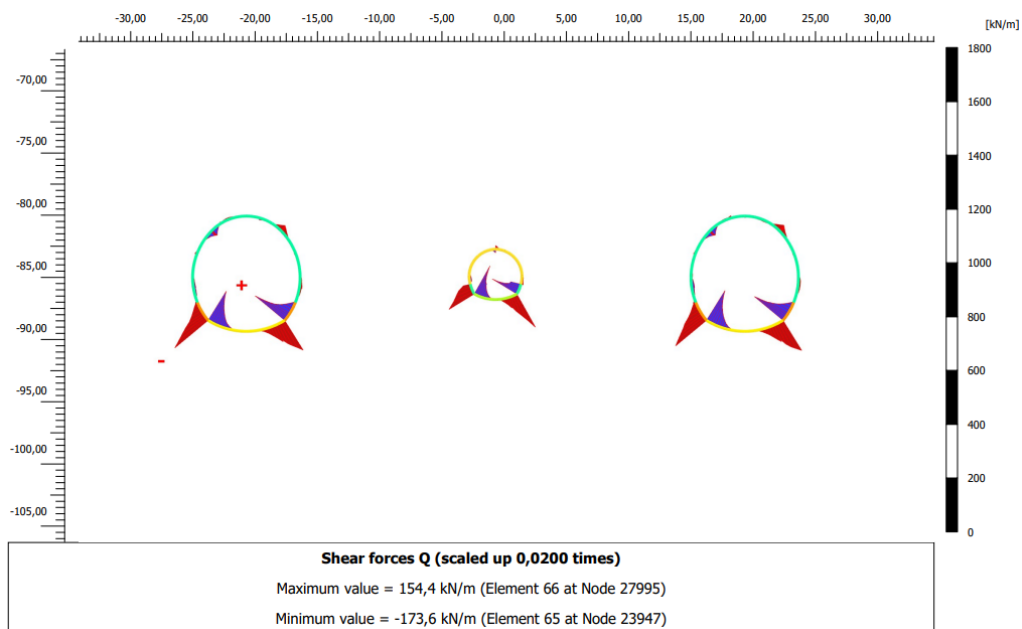


Figura 9-86 – Involuppo di sforzo di taglio agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo A1 (Fase 15)

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	136 di 253

9.3.11 Sezione della galleria di sfollamento – Tipo B1

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

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 sfollamento 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]
B1 (sfollamento)	2.5	95	2.57	27	206	30.2	1028

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
B1 (sfollamento)	0.71	0,88	0.81	10.7	0.40	3.45	1.36	A/B	B	B

Tabella 9-40 – Verifica di stabilità del fronte relativa alla sezione galleria di sfollamento di tipo B1.

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:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C
GALLERIE						FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo						137 di 253

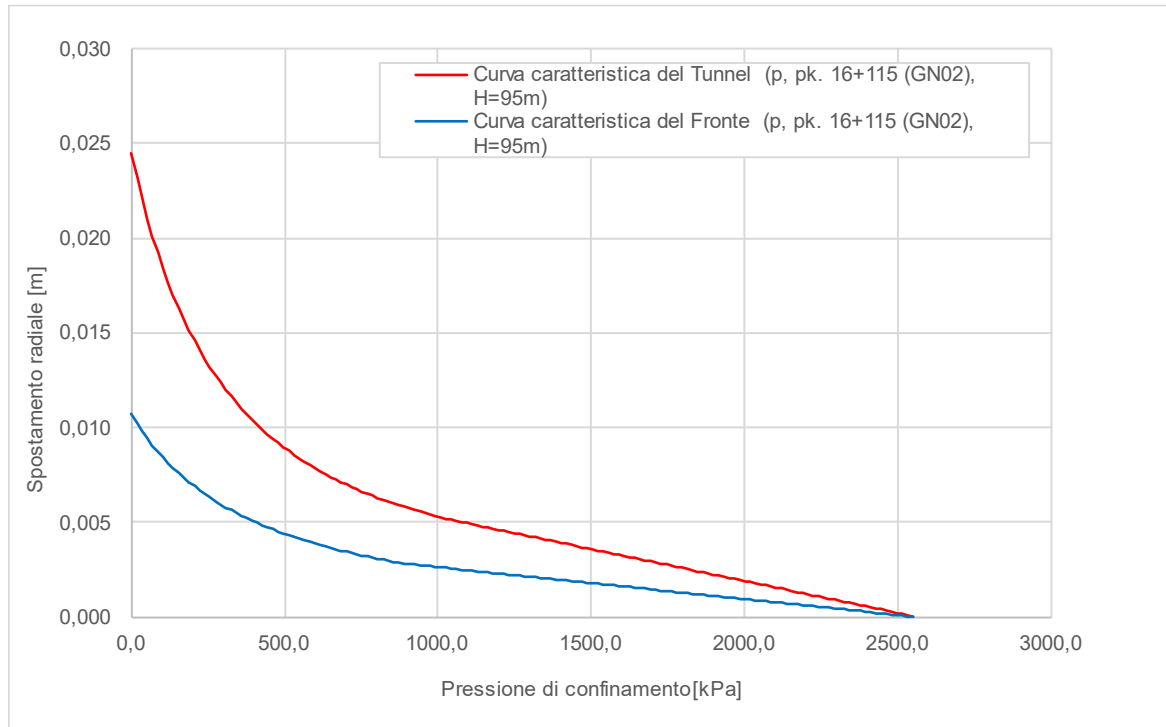


Figura 9-87 – Curve caratteristiche sezione galleria di sfollamento di tipo B1.

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	138 di 253

9.3.11.2. Interazione opera – terreno

Per completezza si riportano le verifiche di stabilità del fronte e di interazione opera-terreno, per ulteriori dettagli si rimanda alla relazione delle gallerie di linea ("Relazione geotecnica e di calcolo" - IBOU1BEZZCLGN000005A)

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.

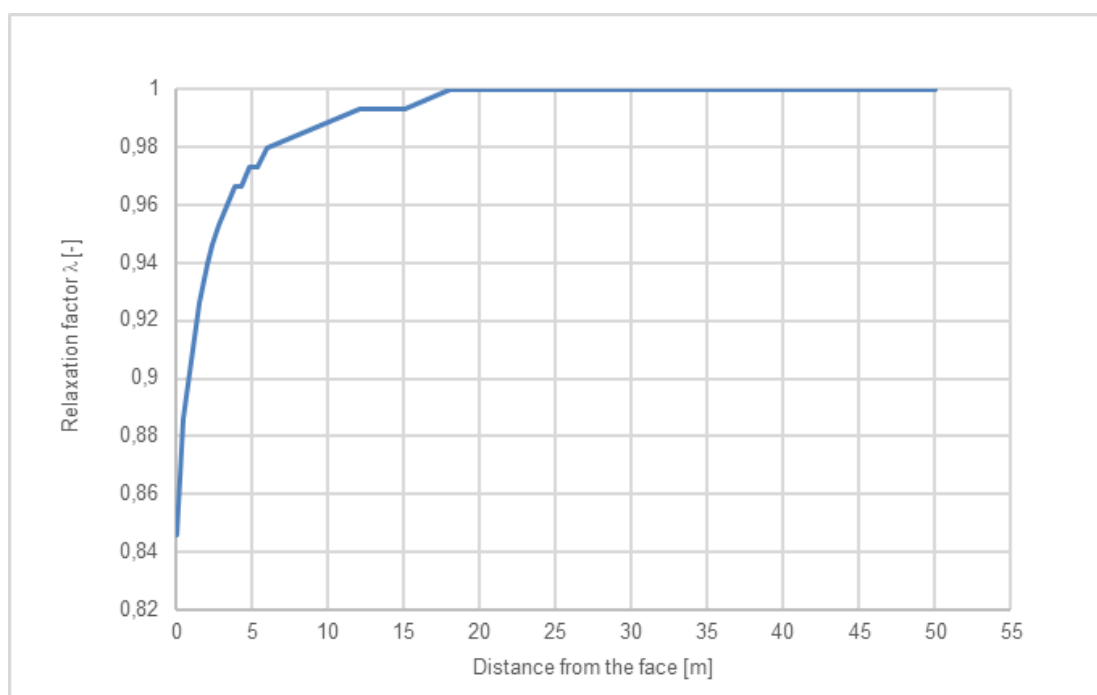


Figura 9-88 - Coefficiente di deconfinamento Sezione Tipo B1 (galleria principale)

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 139 di 253

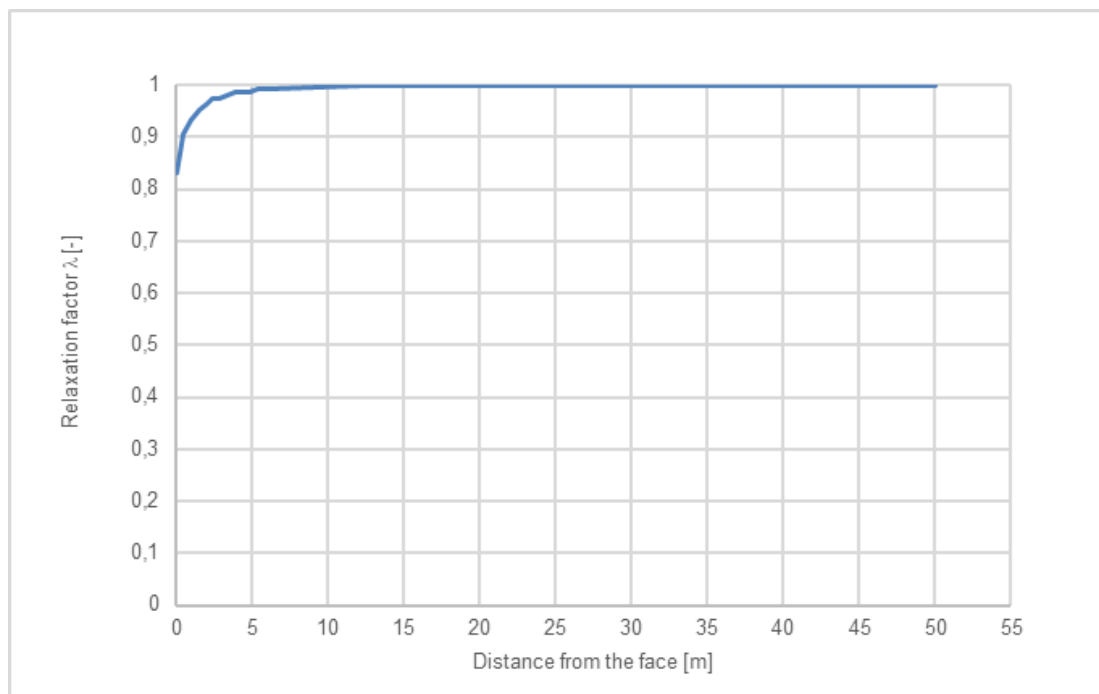


Figura 9-89 - Coefficiente di deconfinamento Sezione Tipo B1 (galleria di sfollamento)

La tabella seguente (Tabella 9-41) 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)	0.845
3	Avanzamento tunnel SX (x=1m)	0.906
4	Attivazione provvisorio maturazione intermedia SX (x=6m)	0.979
5	Maturazione completa provvisorio e avanzamento tunnel SX (x=15m)	0.993
6	Avanzamento in corrispondenza del fronte DX (x=0m)	0.845
7	Avanzamento tunnel DX (x=1m)	0.906
8	Attivazione provvisorio maturazione intermedia DX (x=6m)	0.979
9	Maturazione completa 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:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	140 di 253

10	Avanzamento in corrispondenza del fronte del tunnel centrale (x=0m)	0.832
11	Avanzamento tunnel centrale (x=1m)	0.932
12	Attivazione provvisorio maturazione intermedia tunnel centrale (x=6m)	0.993
13	Maturazione completa provvisorio e avanzamento tunnel centrale (x=15m)	1.00
14	Attivazione Rivestimenti Definitivi	1.00
15	Lungo Termine	1.00

Tabella 9-41 – 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 9-90, nel quale il peso dell'unità di volume dello strato superficiale di 1 m è posto pari a 432 kN/m³ al fine di simulare la copertura di verifica della Sezione (95m). Questo valore è ottenuto tenendo conto del fatto che la copertura presente nel modello è pari a 80m.

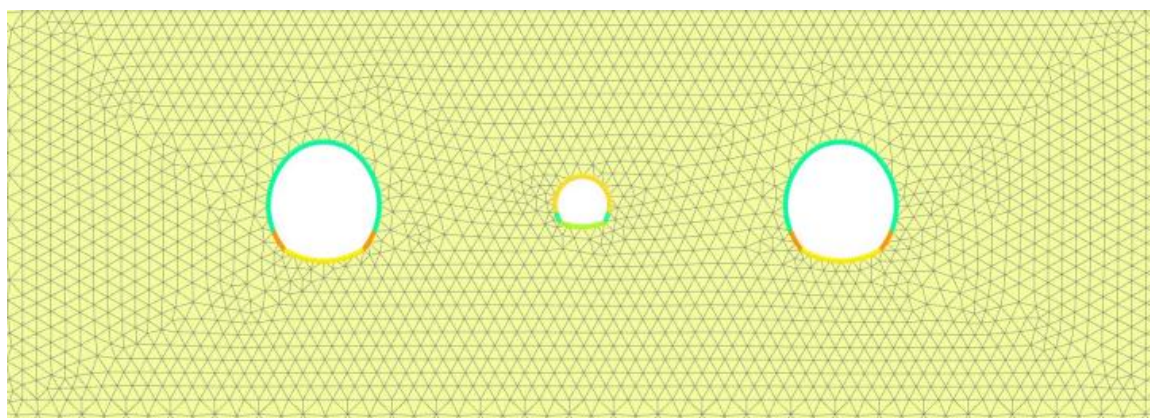


Figura 9-90-Modello numerico relativo alla simulazione numerica in condizioni di deformazione piana per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali

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.

Sezione tipo	Sostegni						
	Sfondo max [m]	Spritz-beton [cm]	Ancoraggi radiali	Sostegno al contorno	Sostegno al fronte	Centine	Drenaggi in avanzamento
B1	1,00	5+25	-	25 tubi in acciaio Ø127 mm, sp.= 10 mm, L=12 m, valvolati (1w/m), p.=0,4 m, compresi entro un angolo di 120 °	20 VTR L=13,5 m sovrapp. min 5 m 10 cm di spritz sul 50% sfondi e 15 cm a fine	2 IPN 180 p. 100 m	Eventuali - 4 (2+2) tubi microfessurati in PVC L=30m (sovrapp. min. 13 m)

Tabella 9-42 – Sostegni Sezione Tipo B1 – Galleria principale

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:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	141 di 253

Sostegni							
Sezione tipo	Sfondo max [m]	Spritz-beton [cm]	Ancoraggi radiali	Sostegno al contorno	Sostegno al fronte	Centine	Drenaggi in avanzamento
B1 (sfollamento)	1,00	5+20	-	14 tubi in acciaio Ø127 mm, sp.= 10 mm, L=9 m, sovrapp. Minima 3 m , p.=0,4 m	-	2 IPN 160 p. 1.00 m	Eventuali - 4 (2+2) tubi microfessurati in PVC L=30m (sovrapp. min. 12 m)

Tabella 9-43 – Sostegni Sezione Tipo B1 – Galleria sfollamento

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
B1	< 3 φ	<5 φ	80 cm min (40 kg/mc)	80 cm min (40 kg/mc)	50 cm - 115 cm

Tabella 9-44 – Rivestimento definitivo Sezione Tipo B1 – galleria principale

Sezione tipo	Rivestimento definitivo				
	Distanza vincolata arco rovescio	Distanza vincolata volta	Arco rovescio	Murette	Volta
B1 (sfollamento)	< 3 φ	<5 φ	50 cm non armato	50 cm non armato	40 - 95 cm non armato

Tabella 9-45 – Rivestimento definitivo Sezione Tipo B1 – galleria sfollamento

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:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 142 di 253

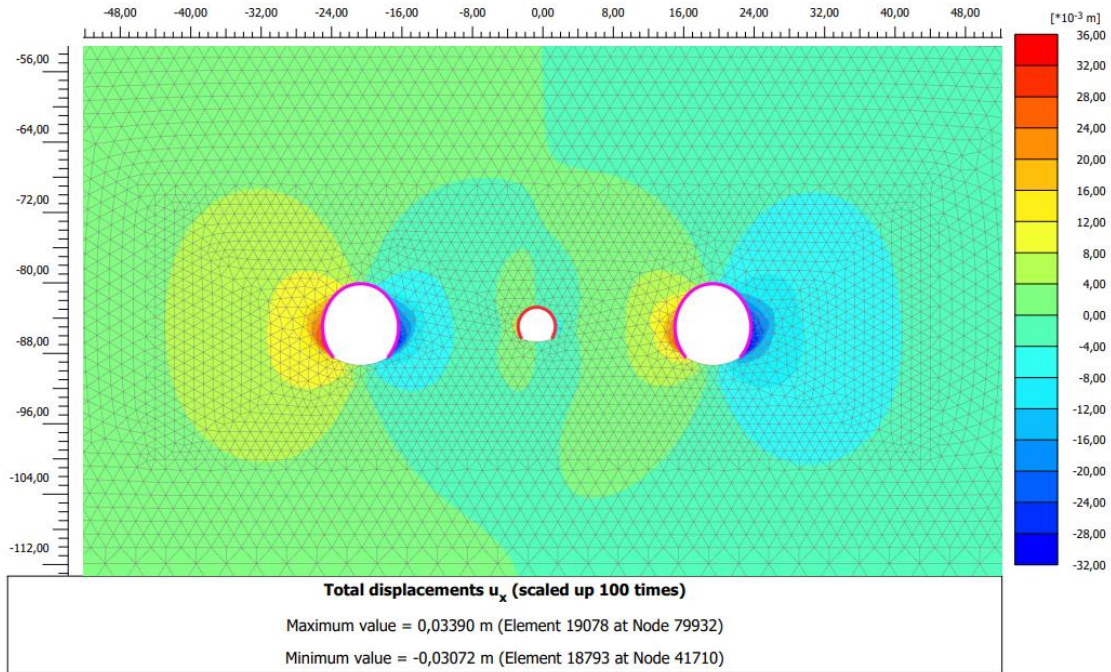


Figura 9-91-Spostamenti in direzione orizzontale - Sezione Tipo B1 (Fase 13)

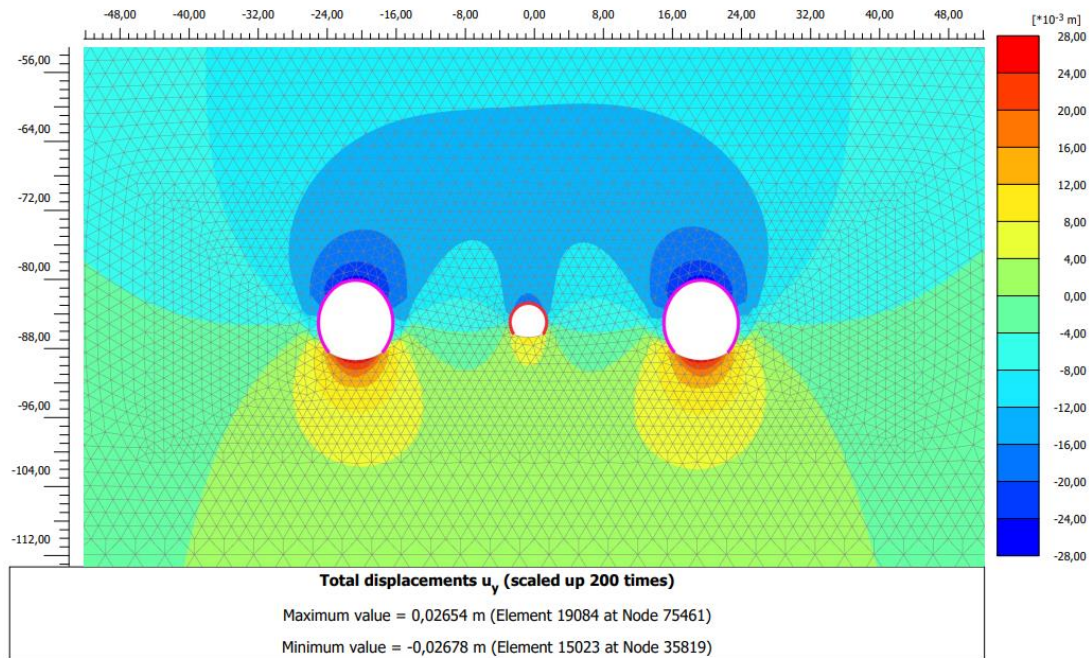


Figura 9-92-Spostamenti in direzione verticale - Sezione Tipo B1 (Fase 13)

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 143 di 253

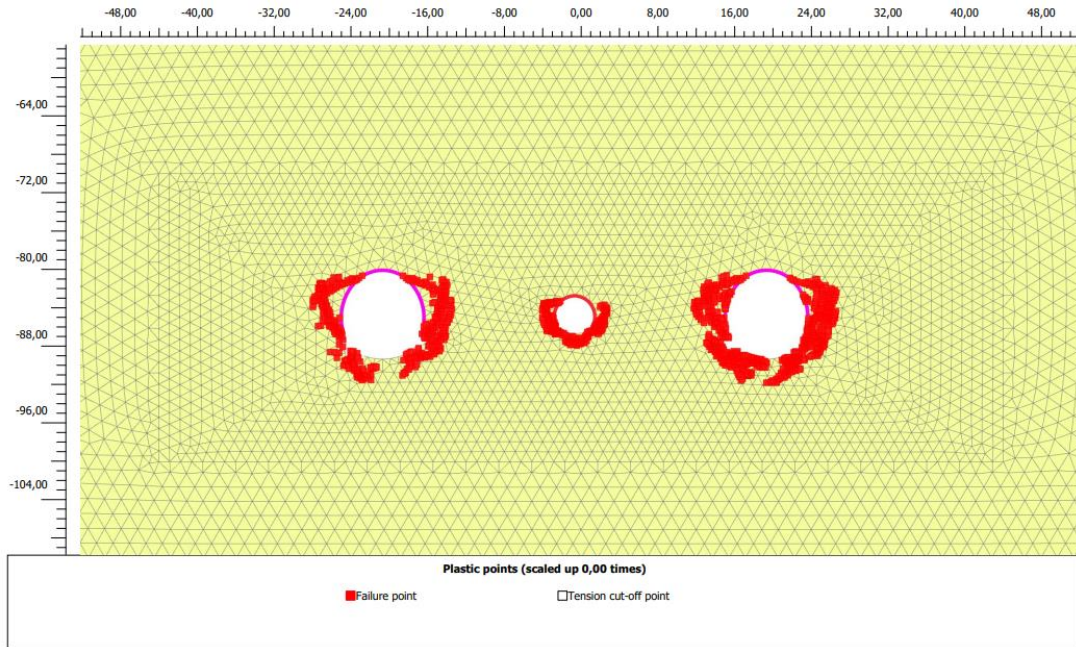


Figura 9-93-Zone di plasticizzazione - Sezione Tipo B1 (Fase 13)

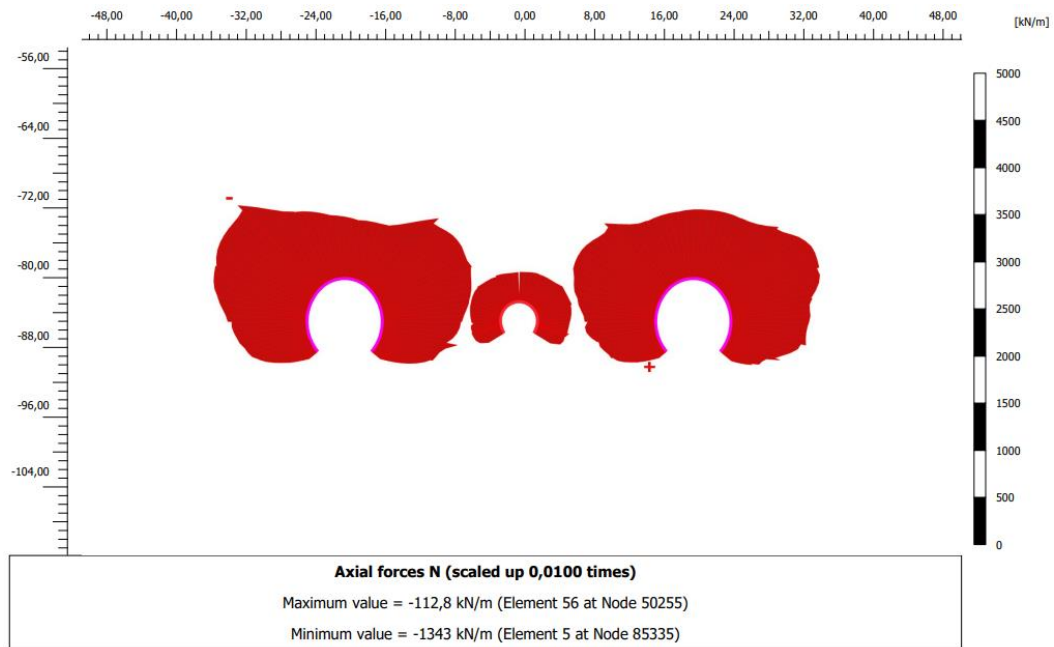


Figura 9-94 - Sforzo normale agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo B1 (Fase 13)

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 GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	144 di 253

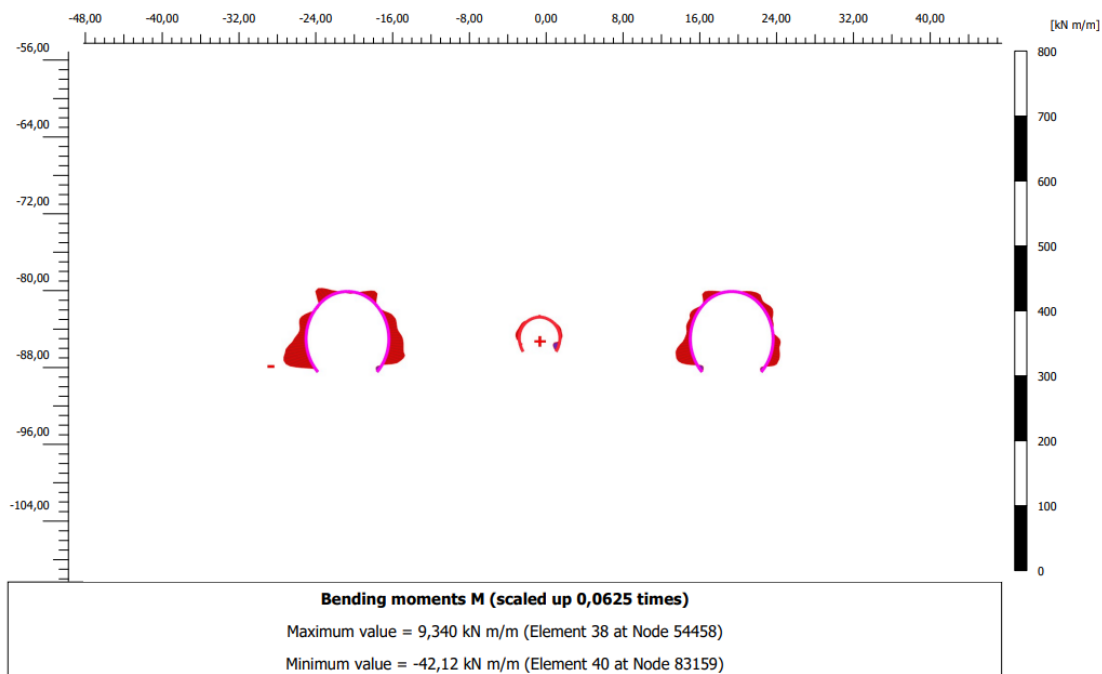


Figura 9-95 - Momento flettente agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo B1 (Fase 13)

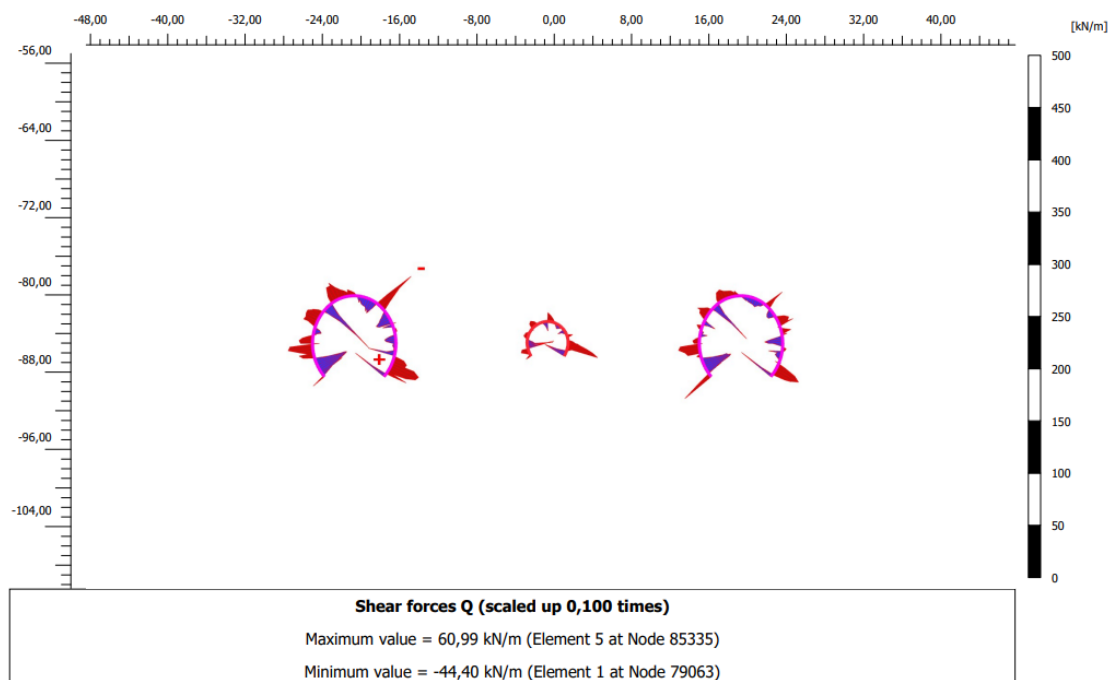


Figura 9-96-Sforzo di taglio agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo B1 (Fase 13)

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:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 145 di 253

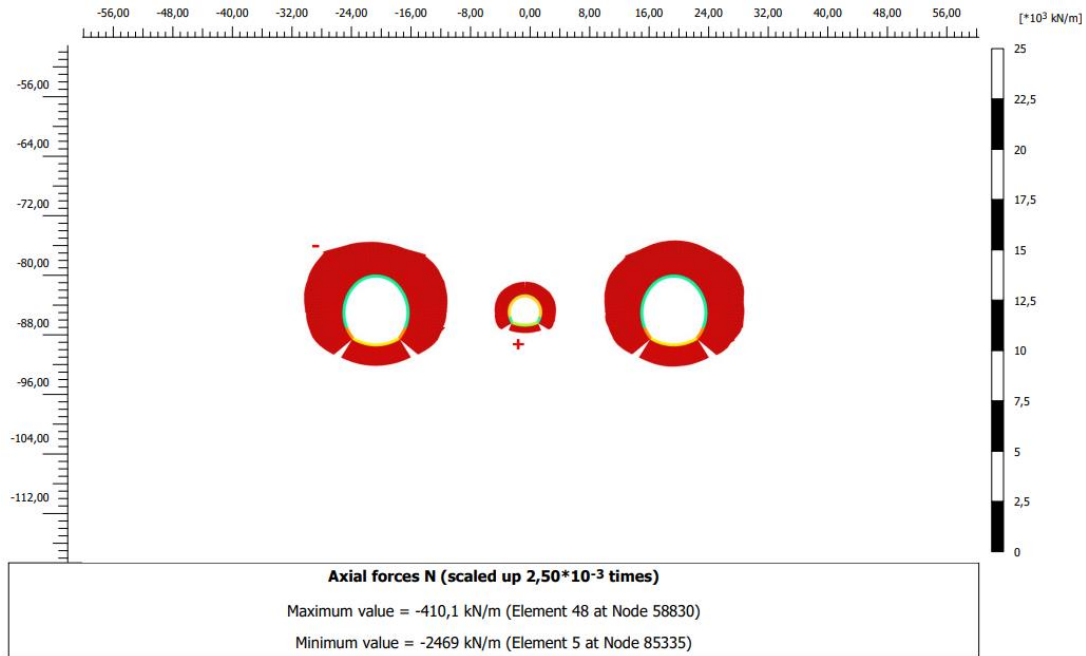


Figura 9-97 - Involuppo di sforzo normale agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo B1 (Fase 15)

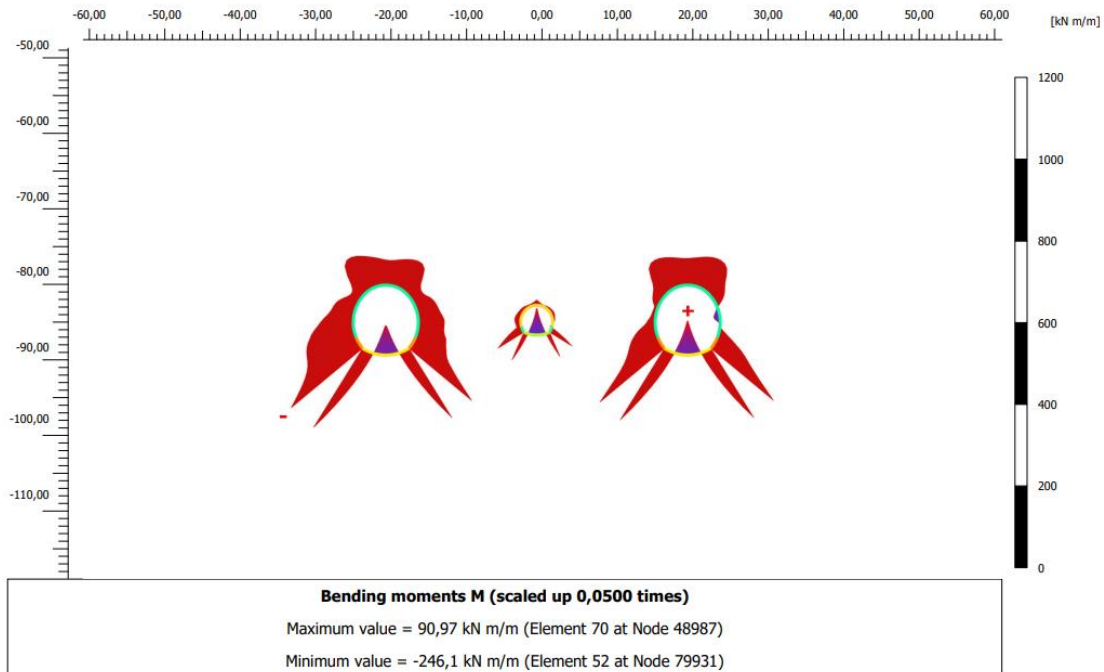


Figura 9-98 - Involuppo di momento flettente agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo B1 (Fase 15)

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	146 di 253

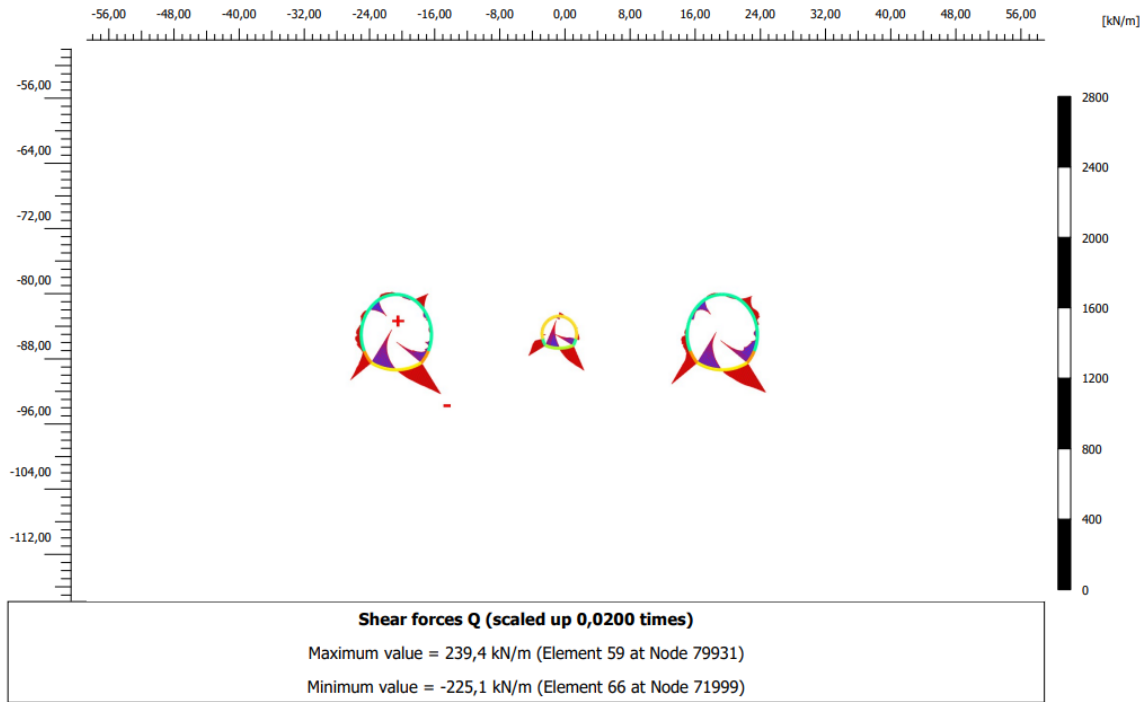


Figura 9-99-Inviluppo di sforzo di taglio agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo B1 (Fase 15)

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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	147 di 253

9.3.12 Sezione A2C

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

La sezione di verifica considerata è la sezione n°4 mostrata nelle figure seguenti.

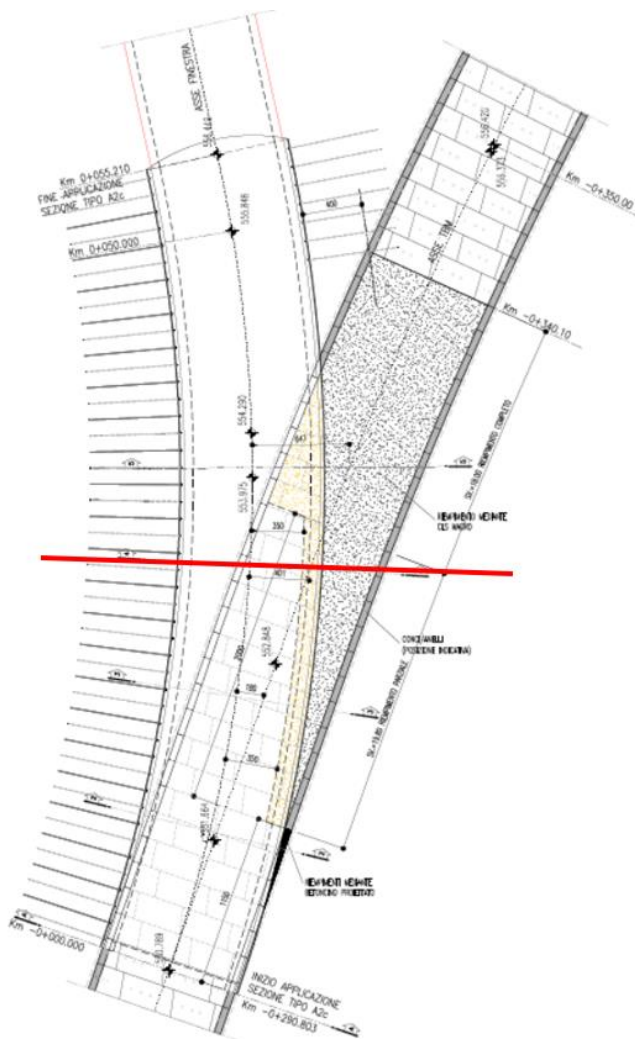


Figura 9-100 – Planimetria della biforcazione tra galleria scavata in meccanizzato e galleria scavata in tradizionale. In evidenza la sezione di verifica 4.

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 148 di 253

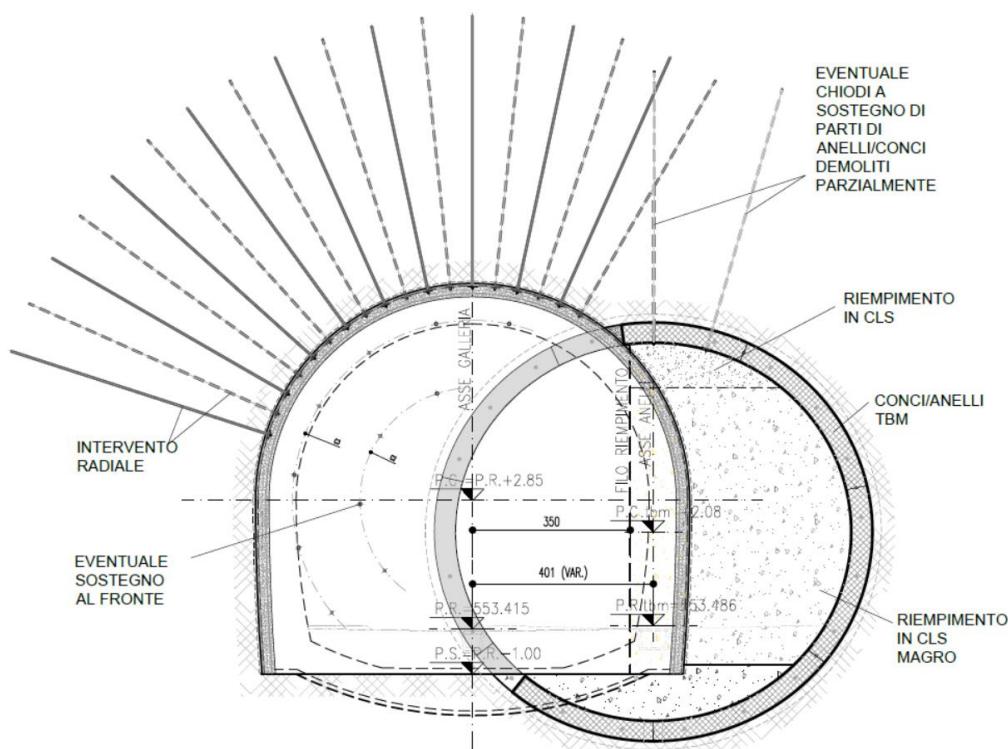


Figura 9-101 – Sezione di verifica 4

9.3.12.1. Stabilità del fronte

Nel seguito si riassumono i dati di input utilizzati per le analisi di stabilità del fronte della sezione tipo A2C 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]
A2C	5.0	90	2.43	27	200	29.9	1028

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

In Tabella 9-46 si riassumono i calcoli effettuati per la valutazione dell'incremento di coesione equivalente al fronte, indotto dagli interventi di consolidamento mediante barre autoperforanti R51N. Per la sezione in questione, sono presenti 11 autoperforanti R51N.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:							
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	149 di 253

c' [kPa]	ϕ' [°]	A [m ²]	L [m]	n. [-]	τ [kPa]	ϕ_{bh} [mm]	f _y [MPa]	f _u [MPa]	A _s [mm ²]	$\sigma_{3,A}^{DYWI}$	$\sigma_{3,B}^{DYWI}$	σ_3^{DYWI}	Δc^{DYWI}	c ^{DYWI}
249	35.6	78	5.4	11	250	110	670	850	940	66	113	66	64	313

c', ϕ' : coesione e angolo di resistenza al taglio iniziale

A: area di scavo

L, n: lunghezza minima di sovrapposizione e numero delle barre

τ : resistenza allo sfilamento all'interfaccia bulbo/terreno

ϕ_{bh} : diametro perforazione

f_y, f_u: carico a snervamento (f_y) e rottura (f_u) della barra

A_s: area della sezione trasversale della barra

$\sigma_{3,A}^{DYWI}$; $\sigma_{3,B}^{DYWI}$: resistenza rispettivamente allo sfilamento e a rottura dell'intervento

σ_3^{DYWI} : resistenza dell'intervento (minimo tra i due valori a sfilamento e rottura)

Δc^{DYWI} ; c^{DYWI}: incremento di coesione dovuto all'intervento e valore totale di coesione

Tabella 9-46 – Incremento di coesione equivalente al 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]	$\frac{\sigma_c}{p_c}$ [-]	u _F [cm]	u _F /R _{eq} [%]	R _{pF} [m]	R _{pF} /R _{eq} [-]	Criterio 1	Criterio 2.1	Criterio 2.2
A2C	0.86	0,79	1.09	17.1	0.34	6.48	1.30	A/B	B	B

Tabella 9-47 – Verifica di stabilità del fronte relativa alla sezione tipo A2C.

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 Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 150 di 253

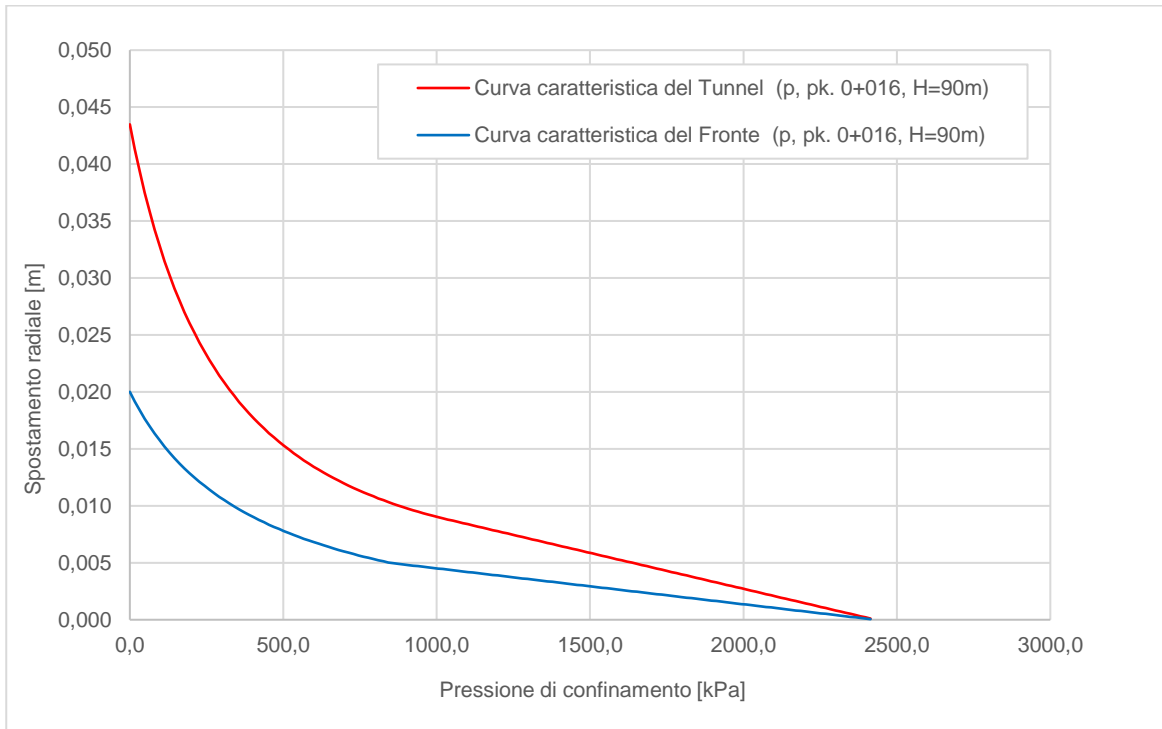


Figura 9-102 – Curve caratteristiche sezione galleria di sfollamento di tipo A2C.

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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	151 di 253

9.3.12.2. 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.

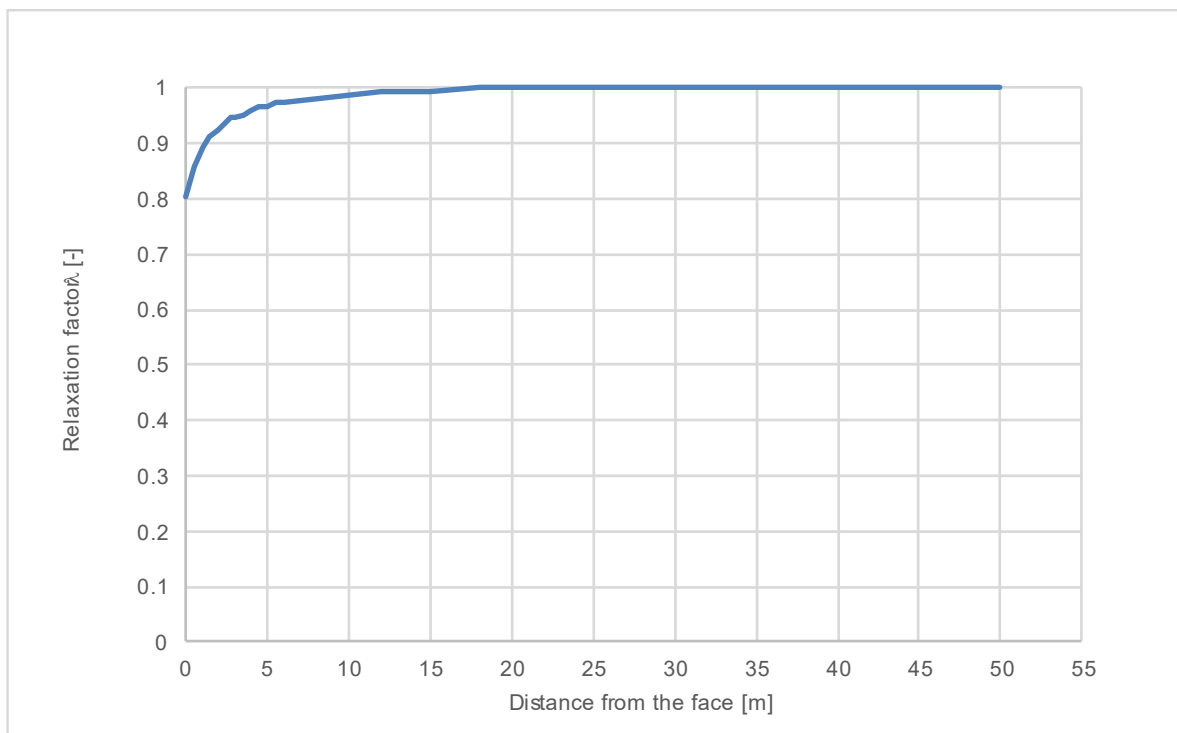


Figura 9-103– Coefficiente di deconfinamento della sezione tipo A2C.

La tabella seguente (Tabella 9-48) riassume i tassi di rilascio ottenuti dalle curve caratteristiche e adottati nelle analisi numeriche per la sezione tipologica in esame.

Fase (#)	Descrizione (-)	λ (-)
0	Initial	-
1	Nil	-
2	Scavo con TBM	0.986
3	Conci TBM	1
4	Riempimento base TBM	1
5	Riempimento a tergo setto cls magro	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:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	152 di 253

6	Avanzamento scavo A2c in corrispondenza del fronte (x=0m)	0.805
7	Avanzamento A2c e applicazione ancoraggi radiali (x=3.6m)	0.953
8	Attivazione pririvestimento mezza maturazione(x=6m)	0.974
9	Attivazione pririvestimento maturazione completa (x=15m)	0.993
10	Scavo arco rovescio (fine scavo intersezione)	1
11	Posa arco rovescio e murette	1
12	Posa piedritti e calotta	1
13	Deattivazione pririvestimento e attivazione falda (lungo termine)	1

Tabella 9-48– 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 9-104.

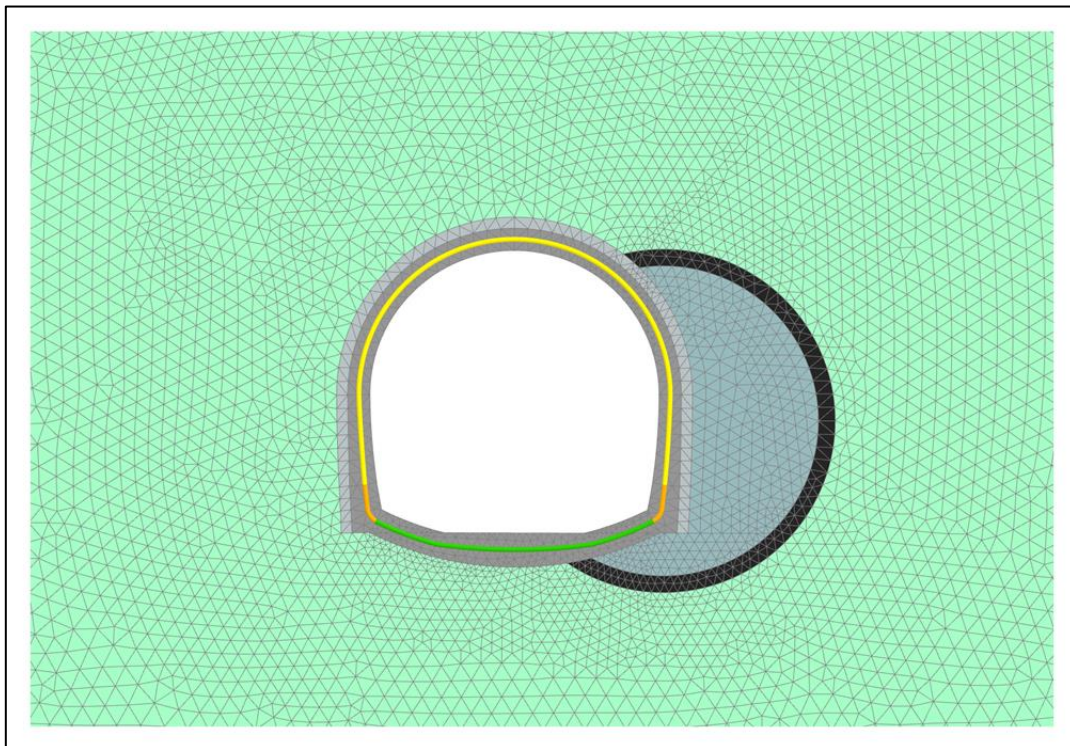


Figura 9-104-Modello numerico relativo alla simulazione numerica in condizioni di deformazione piana per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione sugli elementi strutturali

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO				
PROGETTAZIONE:						
Mandataria:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	153 di 253

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]	Extrascavo [cm]	Spritz-beton	Ancoraggi radiali	Sostegno al contorno	Sostegno al fronte	Centine	Drenaggi in avanzamento
A2c	3,60	5,00	5+25 cm fibro	13/12 bulloni $\phi 24$ o Swellex equivalenti, L = 6.0m p long 1.2m x p trasv 1.0m	-	5 cm SB fibro Eventuali 24 R51N (max) L =15m sovrapp. min 5,4m $\pm 20\%$	2 IPN 180, $p = 1.2m \pm 20\%$	Eventuali - 2 tubi microfessurati in PVC L=30m (sovrapp. min. 10 m)

Tabella 9-49– Sostegni Sezione Tipo A2C

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
A2c	termine tratta di scavo sezione A2c	termine tratta di scavo sezione A2c	70 cm, armato 55 kg/m ³	70 cm, armato 55 kg/m ³	60 cm armato 35 kg/m ³

Tabella 9-50– Rivestimento definitivo Sezione Tipo A2C

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:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 154 di 253

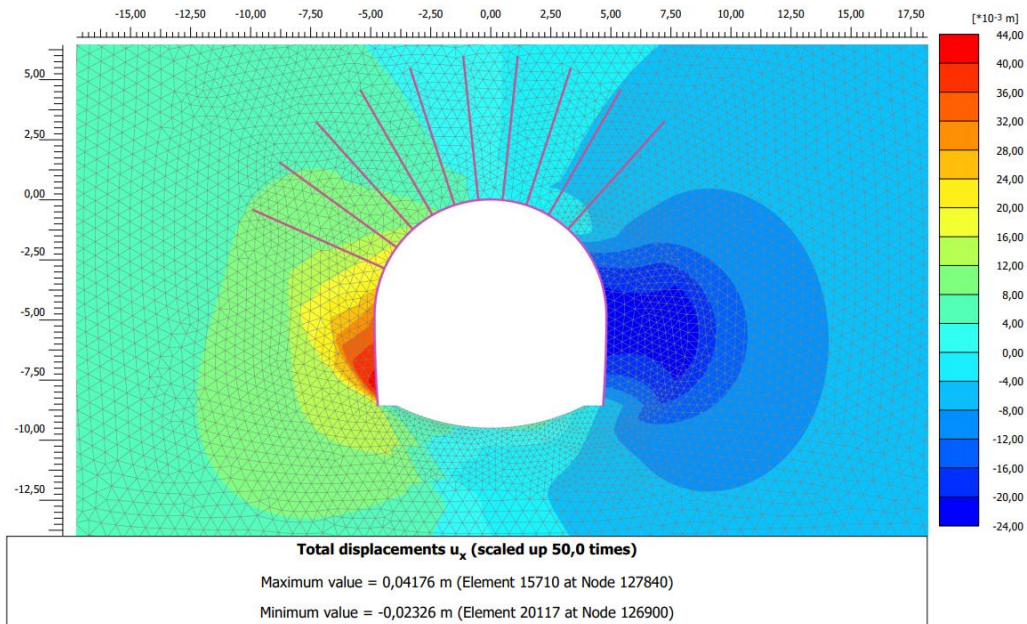


Figura 9-105-Spostamenti in direzione orizzontale - Sezione Tipo A2C- Fase 10

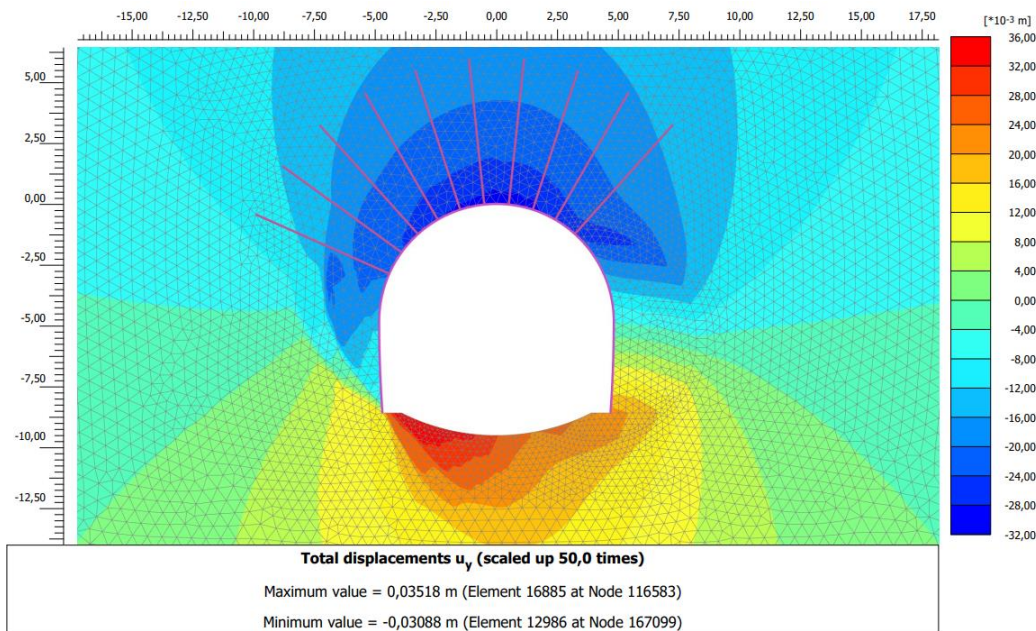


Figura 9-106-Spostamenti in direzione verticale - Sezione Tipo A2C – Fase 10

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	155 di 253

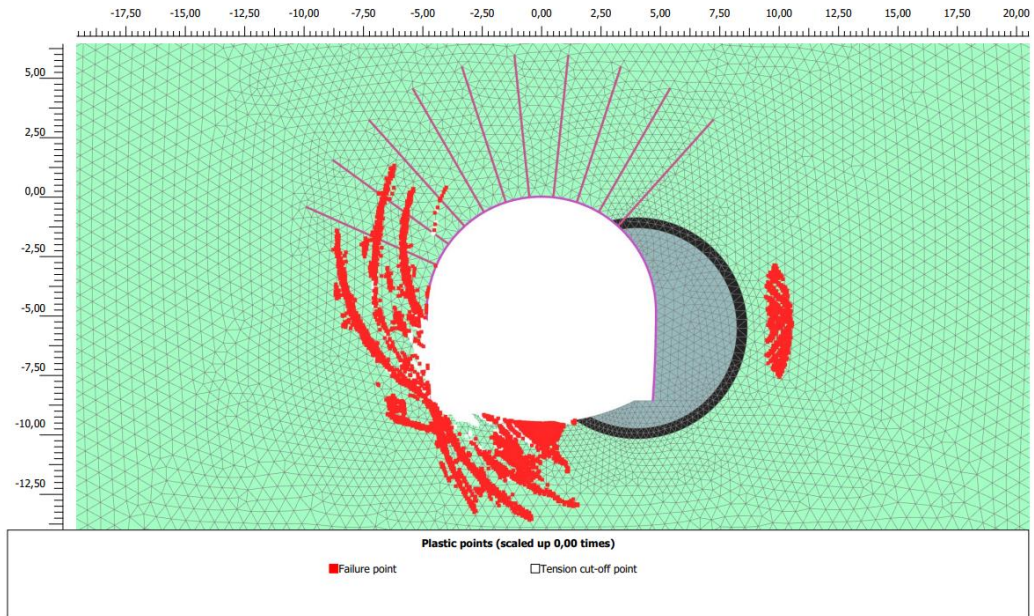


Figura 9-107-Zone di plasticizzazione - Sezione Tipo A2C - Fase 10

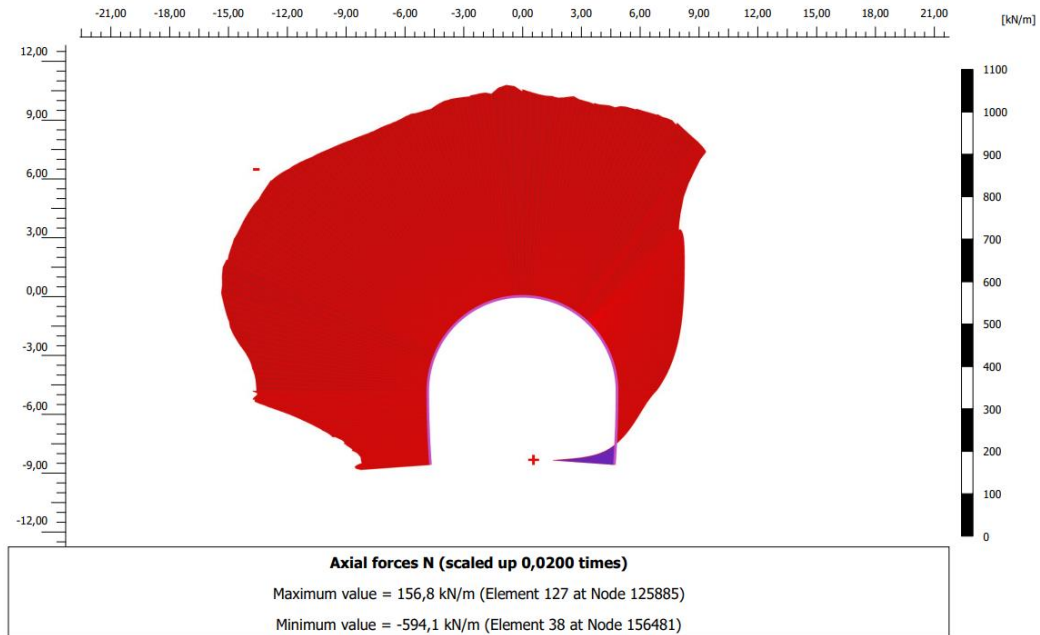


Figura 9-108-Sforzo normale agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo A2C- Fase 10

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 156 di 253

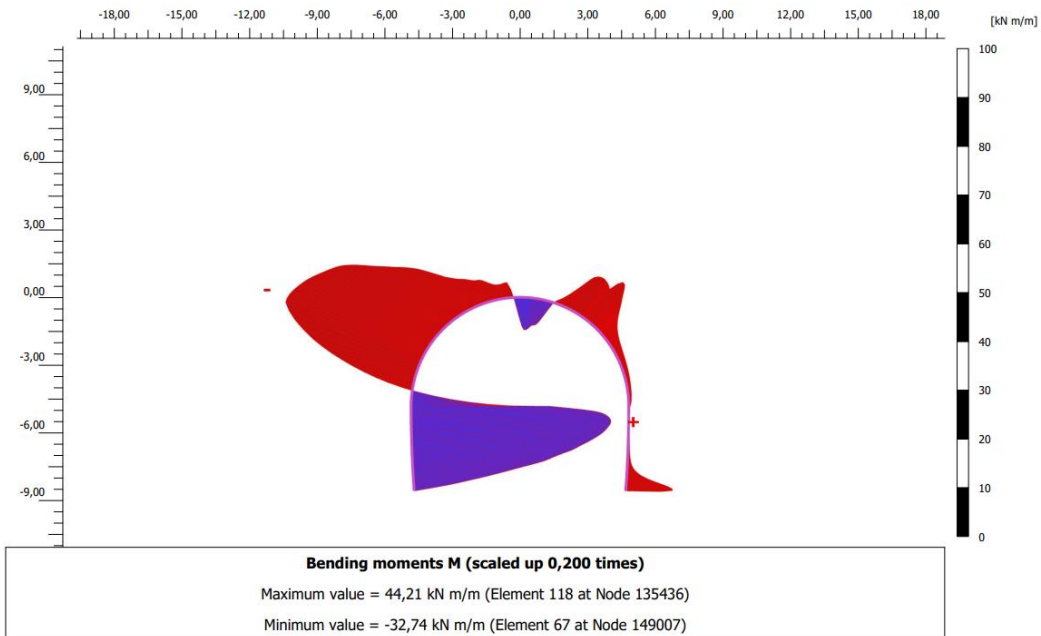


Figura 9-109-Momento flettente agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo A2C - Fase 10

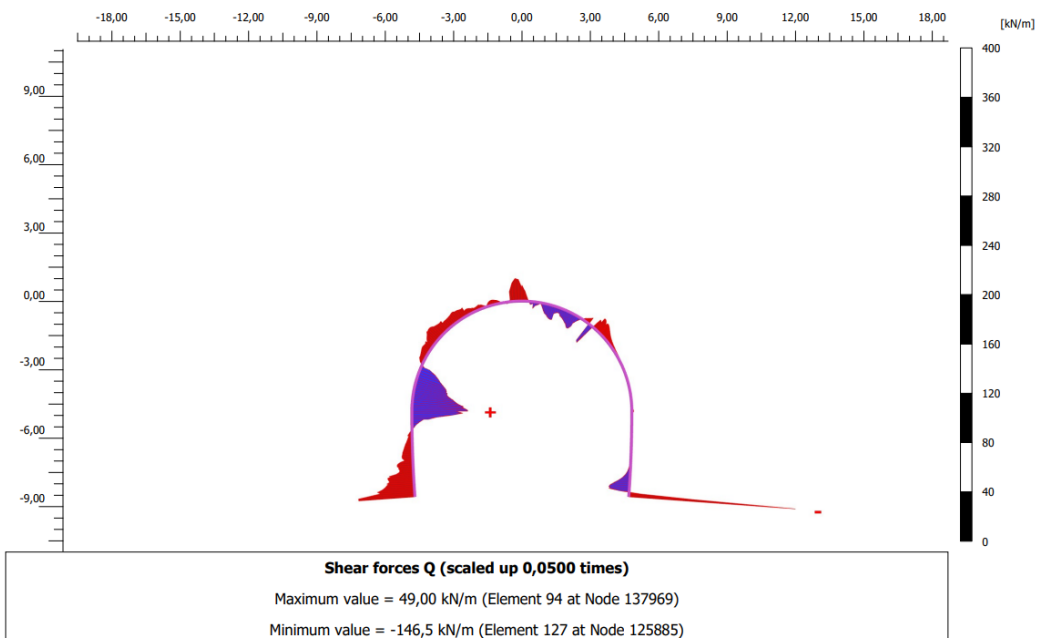


Figura 9-110-Sforzo di taglio agente sul rivestimento provvisorio - Sezione Tipo A2C - Fase 10

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 157 di 253

Le seguenti figure rappresentano i diagrammi di sollecitazione nel rivestimento definitivo. Poiché è stato considerato un plate di rigidezza infinitesima (ghost element) il valore di sollecitazione deve essere amplificato di un fatto 10^6 .

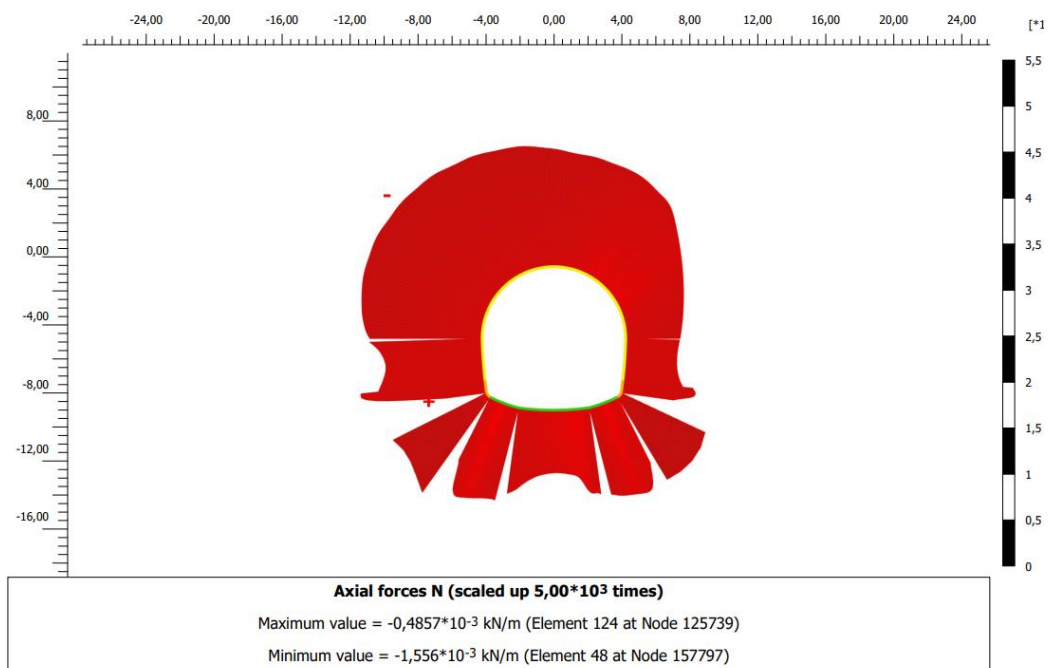


Figura 9-111- Sforzo normale agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo A2C - Fase 13

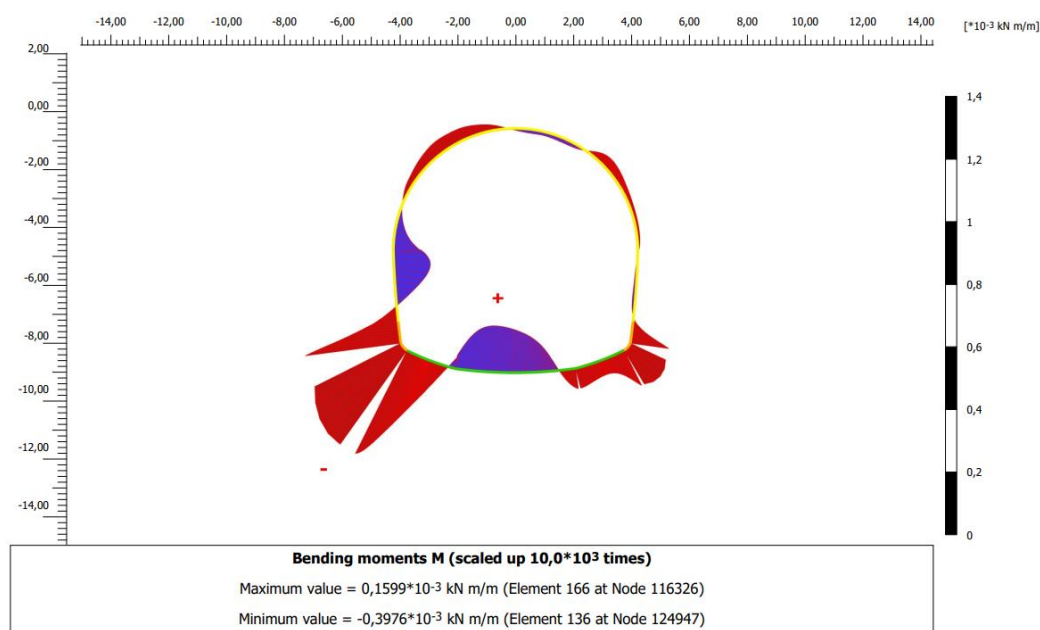


Figura 9-112- Momento flettente agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo A2C – Fase 13

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 158 di 253

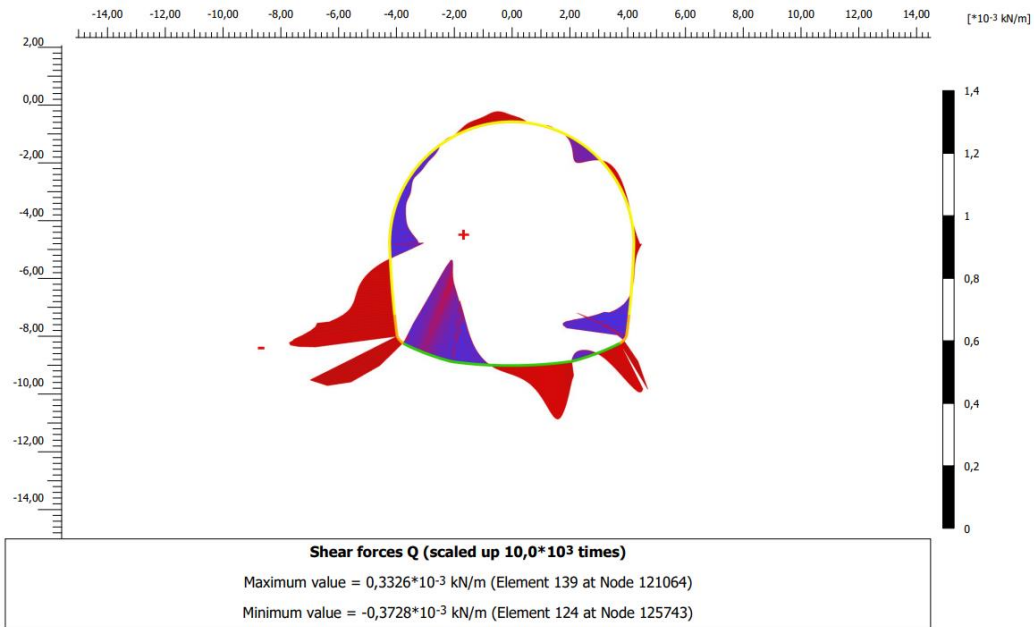


Figura 9-113 - Sforzo di taglio agente sul rivestimento definitivo - Sezione Tipo A2C – Fase 13

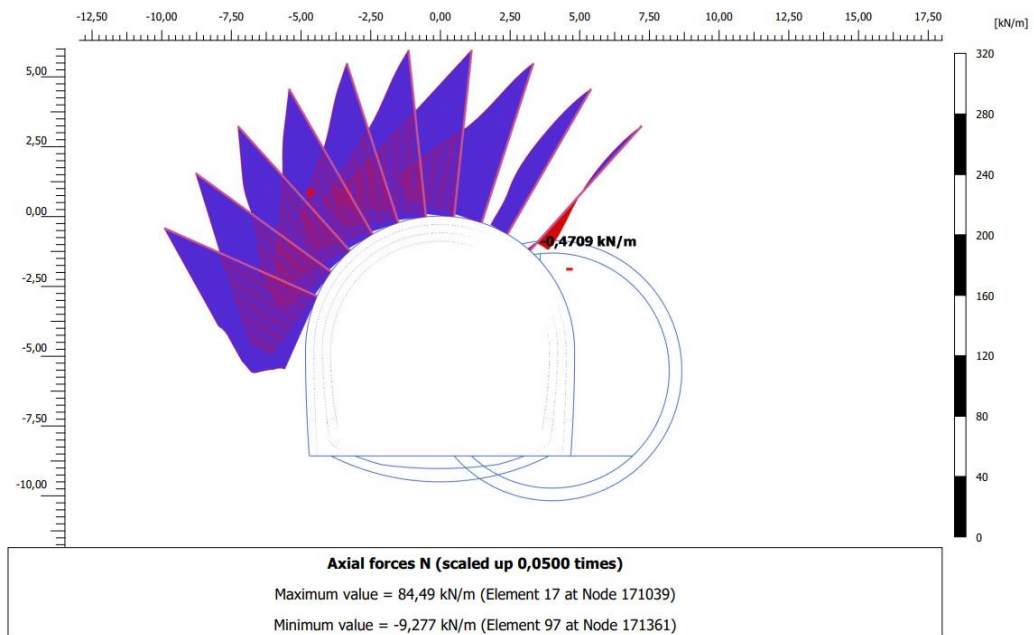


Figura 9-114 – Massimo sforzo normale agente sugli ancoraggi radiali - Sezione Tipo A2C – Fase 8

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 159 di 253

9.3.13 Sezione B1LC – biforcazione finestra TBM e galleria di linea BP

Per la definizione della sezione di analisi si rimanda al §9.1.9.

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 B1LC 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]
B1LC	5.2	150	4.05	27	544	34.8	5032

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

In Tabella 9-51 si riassumono i calcoli effettuati per la valutazione dell'incremento di coesione equivalente al fronte, indotto dagli interventi di consolidamento mediante barre autoperforanti R51N.

c' [kPa]	ϕ' [°]	A [m ²]	L [m]	n. [-]	τ [kPa]	ϕ_{bh} [mm]	f_y [MPa]	f_u [MPa]	A_s [mm ²]	$\sigma_{3,A}^{DYWI}$	$\sigma_{3,B}^{DYWI}$	σ_3^{DYWI}	$\Delta c'^{DYWI}$	c'^{DYWI}
680	41.3	84	4.2	24	250	110	670	850	940	104	229	104	115	795

c' , ϕ' : coesione e angolo di resistenza al taglio iniziale
A: area di scavo
L, n: lunghezza minima di sovrapposizione e numero delle barre
 τ : resistenza allo sfilamento all'interfaccia bulbo/terreno
 ϕ_{bh} : diametro perforazione
 f_y , f_u : carico a snervamento (f_y) e rottura (f_u) della barra
 A_s : area della sezione trasversale della barra
 $\sigma_{3,A}^{DYWI}$; $\sigma_{3,B}^{DYWI}$: resistenza rispettivamente allo sfilamento e a rottura dell'intervento
 σ_3^{DYWI} : resistenza dell'intervento (minimo tra i due valori a sfilamento e rottura)
 $\Delta c'^{DYWI}$; c'^{DYWI} : incremento di coesione dovuto all'intervento e valore totale di coesione

Tabella 9-51– Incremento di coesione equivalente al 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:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	160 di 253

Sezione di analisi	σ_c [MPa]	p_c [MPa]	$\frac{\sigma_c}{p_c}$ [-]	u_F [cm]	$\frac{u_F}{R_{eq}}$ [%]	R_{pF} [m]	$\frac{R_{pF}}{R_{eq}}$ [-]	Criterio 1	Criterio 2.1	Criterio 2.2
B1LC	2.43	0.87	2.79	3.9	0.08	5.93	1.13	A/B	A	B

Tabella 9-52 – Verifica di stabilità del fronte relativa alla sezione tipo B1LC.

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.

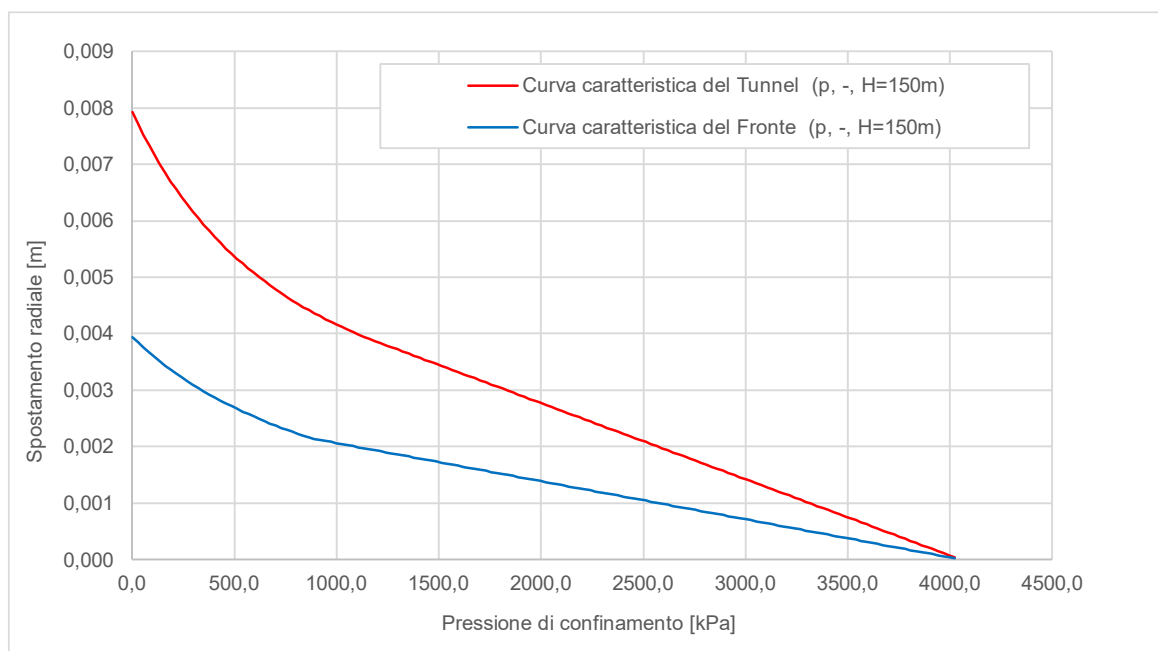


Figura 9-115 – Curve caratteristiche sezione galleria di sfollamento di tipo B1LC.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria							<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IBOU</td> <td>1BEZZ</td> <td>CL</td> <td>GN0600001</td> <td>C</td> <td>161 di 253</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	161 di 253													

9.3.13.2. Interazione opera – terreno

Date le analogie geometriche della sezione di scavo B1LC, prevista sulla biforcazione del ramo principale della finestra con il binario pari della galleria di linea (GN02R), con la sezione A2C, per le verifiche di interazione opera-terreno svolte attraverso le analisi numeriche 2D si rimanda al §9.3.12. Le differenze geometriche e geomeccaniche che si riscontrano alle pk. corrispondenti non alterano in modo significativo i risultati delle verifiche. Inoltre, la faglia che interessa la sezione B1LC ha uno spessore pari a circa 5 m, mentre nel caso della biforcazione GN02R la faglia considerata interessa l'intera sezione di verifica, comportando condizioni più critiche nel caso della sezione A2C.

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					
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	162 di 253

9.4 CRITERI ADOTTATI NELLE VERIFICHE STRUTTURALI

Per le verifiche strutturali sono stati considerati i rivestimenti di prima fase e quelli definitivi nelle seguenti condizioni:

- Rivestimento di prima fase (verifiche con combinazione allo SLU – le azioni permanenti sono moltiplicate per un coefficiente amplificativo pari ad 1.3)
 - sollecitazioni al termine della installazione del rivestimento provvisorio;
 - sollecitazioni in calotta al termine del getto di murette e arco rovescio;
- Rivestimento definitivo (verifiche con combinazione allo SLU – le azioni sono moltiplicate per un coefficiente amplificativo pari ad 1.3)
 - sollecitazioni al termine del getto del rivestimento definitivo in arco rovescio e murette
 - sollecitazioni al termine del getto del rivestimento definitivo anche in calotta
 - sollecitazioni al termine della attivazione del rivestimento definitivo nella galleria adiacente a quella oggetto di analisi;
- Rivestimento definitivo (verifiche con combinazione allo SLE – le azioni permanenti non sono amplificate)

Le verifiche sono state eseguite verificando il soddisfacimento della condizione:

$$E_d \leq R_d$$

con R_d la resistenza di progetto ed E_d l'effetto dell'azione di calcolo.

9.4.1 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 9-53, ovvero:

- lo sforzo normale N_{tot} è stato ripartito in funzione del rapporto tra le rigidetzze 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.

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	163 di 253

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 9-53 - Ripartizione sollecitazioni tra centine e spritz-beton.

In ogni sezione di verifica sono state 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 codizioni di maturazione;
- Per le centine il valore del taglio e del momento flettente agente di calcolo ed i corrispondenti valori di resistenza.

$$M_{c,Rd} = \frac{W_f f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v f_{yk}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

9.4.2 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.

Le verifiche dei rivestimenti definitivi in calcestruzzo non armato sono state condotte in accordo con il §4.1.11 delle NTC 2008.

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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	164 di 253

La misura della sicurezza si ottiene controllando che, per ogni condizione di verifica, le tensioni di compressione che insorgono nel calcestruzzo per effetto delle azioni di calcolo risultano inferiori della tensione:

$$\sigma_c = 0.25 \cdot f_{ck}$$

Le verifiche a taglio si intendono soddisfatte quando le tensioni tangenziali massime valutate per la combinazione rara siano inferiori al valore di seguito riportato:

$$\tau_c = 0.21 \cdot f_{ck}$$

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:

$$V_{rd} = \max \left\{ \left[\frac{0.18k(\rho_l 100f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15\sigma_{cp} \right] b_w d; (v_{\min} + 0.15\sigma_{cp}) b_w d \right\}$$

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 involucri 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 10 o 12 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.

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:

$$\sigma_{c,max} \leq 0.4f_{ck}$$

mentre per quanto riguarda l'acciaio, è stato verificato il rispetto della condizione:

$$\sigma_{s,max} \leq 0.75f_{yk}$$

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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	165 di 253

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.

Le verifiche effettuate sui bulloni radiali sono la verifica a sfilamento del bullone dall'ammasso roccioso e la verifica a rottura del bullone.

Per la verifica a sfilamento deve essere soddisfatta la relazione:

$$P_d \leq R_{ad}$$

In cui:

P_d è l'azione assiale agente sul bullone;

R_{ad} è la resistenza a sfilamento di progetto.

La resistenza a sfilamento di progetto è calcolata mediante la seguente formula:

$$R_{ad} = \frac{R_{ak}}{\gamma_a \zeta} = \frac{\alpha \pi D_p L q_s}{\gamma_a \zeta}$$

Dove:

α è il fattore d'espansione del foro di perforazione;

D_p è il diametro di perforazione;

L è la lunghezza del bullone;

γ_a è il coefficiente di riduzione pari a 1.1;

q_s è l'attrito laterale che si esplica nell'interfaccia bullone ammasso roccioso.

Per quel che riguarda lo sforzo assiale si confronta lo sforzo normale proveniente dalle analisi numeriche con la resistenza a rottura.

In particolare, lo sforzo assiale di progetto viene definito come segue:

$$N_{ed} = N_i \gamma_G$$

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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	166 di 253

dove:

- N = massimo assiale ottenuto nelle analisi numeriche
- i = interasse longitudinale delle barre
- γ_G = fattore di amplificazione delle sollecitazioni pari a 1.3

Le verifiche strutturali di resistenza di questi elementi sono da inquadrare come verifiche SLU di tipo STR per elementi strutturali soggetti a trazione.

La resistenza a rottura si calcola quindi con la successiva formula:

$$F_{Nd} = \frac{A_s f_{yk}}{\gamma_s}$$

Dove A_s l'area della barra, f_{yk} è la resistenza a rottura e snervamento dell'elemento e γ_s , il coefficiente parziale di sicurezza pari rispettivamente a 1.15.

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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	167 di 253

9.5 VERIFICA DELLE SEZIONI

9.5.1 Sezione A1*

9.5.1.1. 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 provvisorio e avanzamento tunnel (fase 5).

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 centine accoppiate 2IPN160 a 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 entrambi gli elementi che costituiscono il rivestimento provvisorio.

La figura sottostante mostra 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.

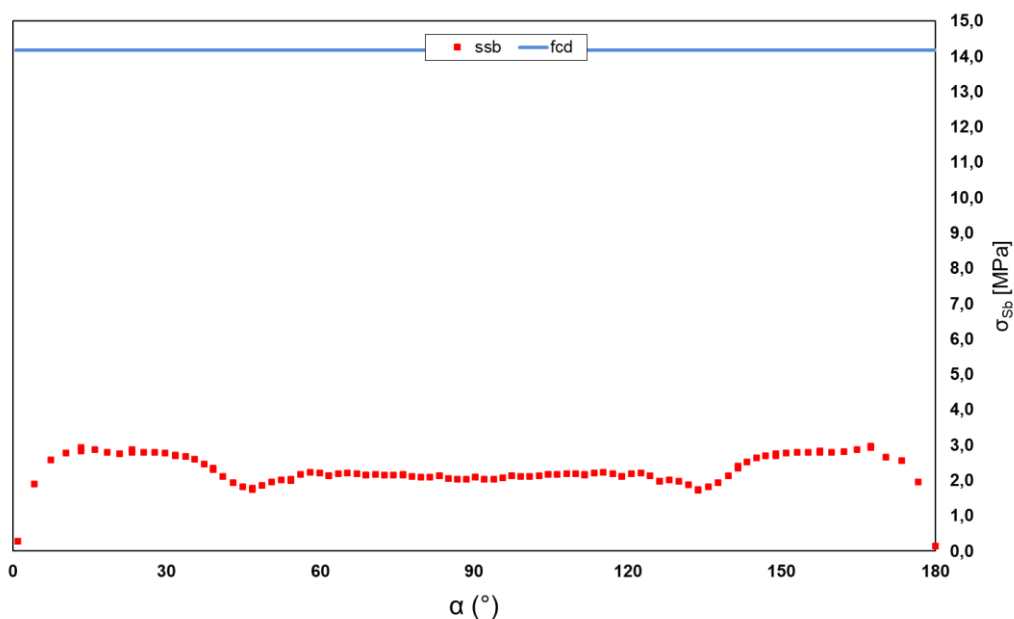


Figura 9-116-Verifica SLU per lo spritz-beton – Sezione Tipo A1* – Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO												
PROGETTAZIONE:														
Mandataria: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria													
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e 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>1BEZZ</td> <td>CL</td> <td>GN0600001</td> <td>C</td> <td>168 di 253</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	168 di 253	
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.									
IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	168 di 253									

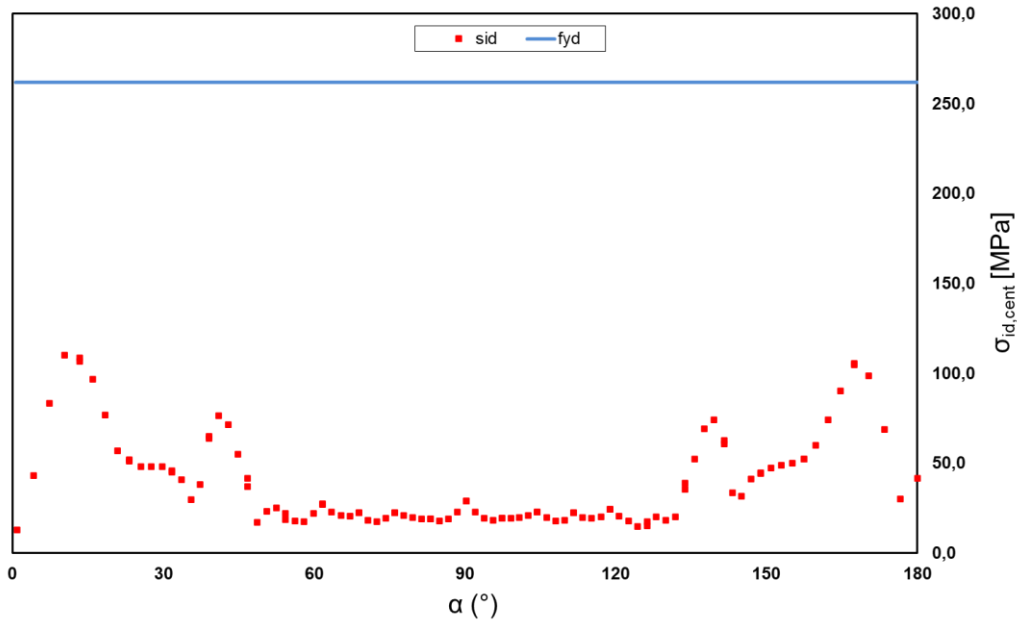


Figura 9-117-Verifica SLU per le centine – Sezione Tipo A1* – Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 169 di 253

9.5.1.2. 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 §9.4 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	Φ12/20	Φ12/20	Φ12/20x40
Arco rovescio	25/30	0.6 m	Φ12/20	Φ12/20	Φ12/20x40

Di seguito si riportano, sottoforma di diagrammi cartesiani, le verifiche SLU per il rivestimento definitivo armato, relative alla fase 7 (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.

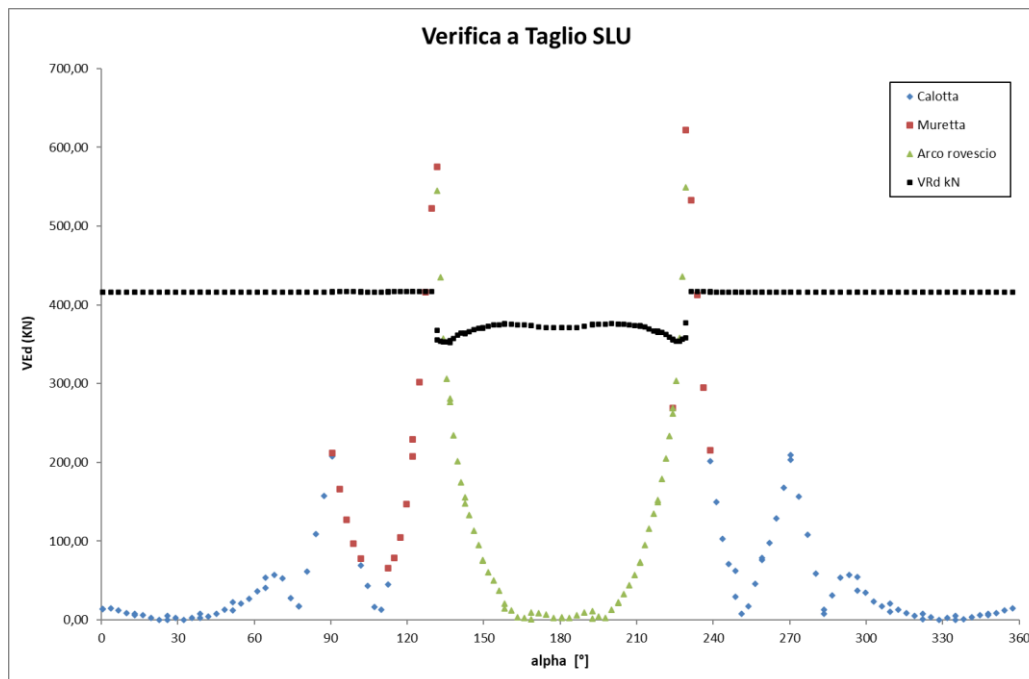


Figura 9-118 - Verifica a taglio rivestimento definitivo (per sezioni senza armatura a taglio) – Fase 7

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 170 di 253

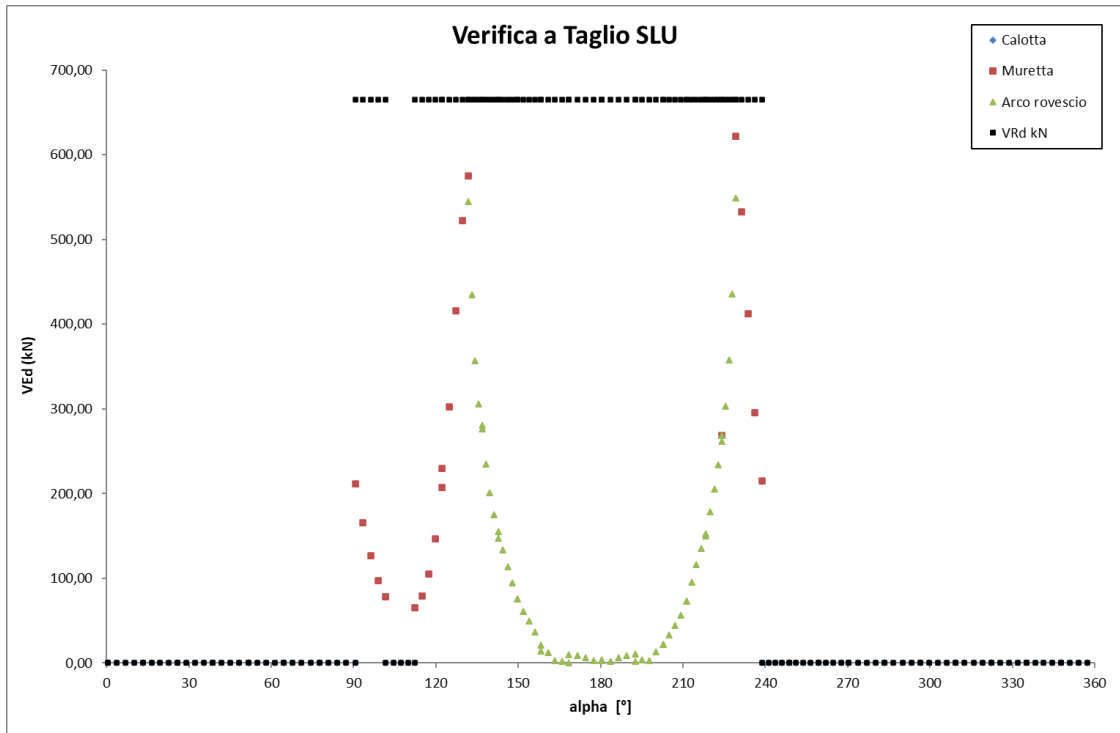


Figura 9-119 - Verifica a taglio rivestimento definitivo (per sezioni con specifica armatura a taglio) – Fase 7

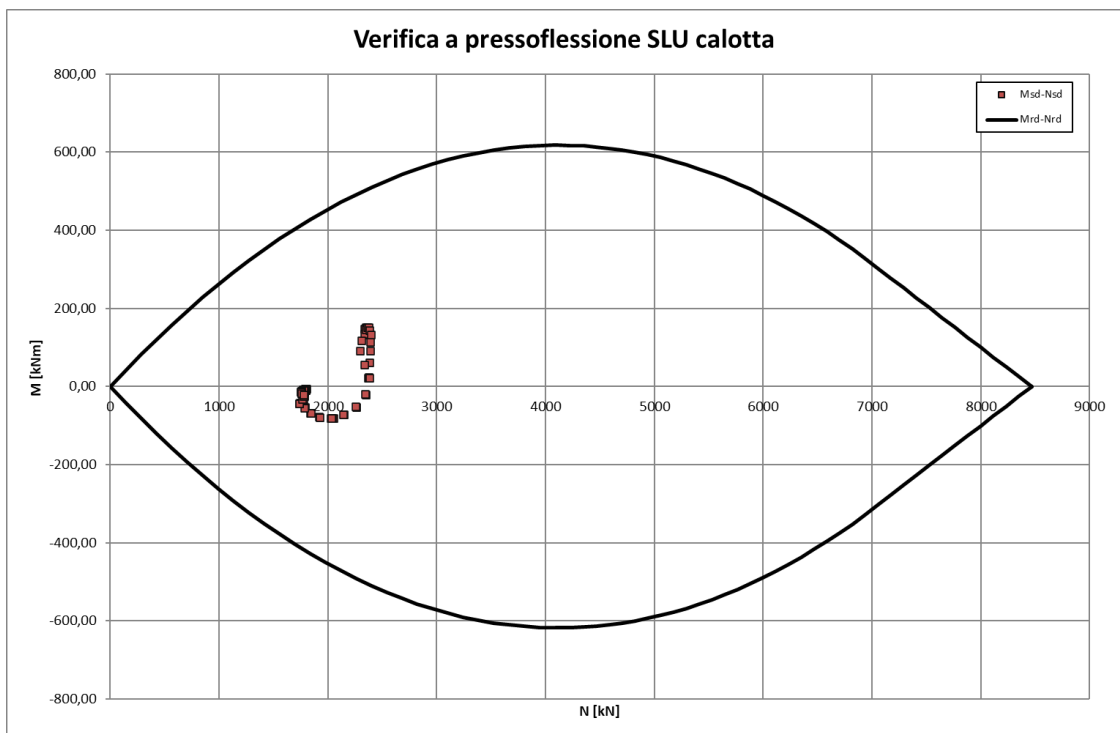


Figura 9-120– Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo calotta– Coppie (M;N) – Fase 7

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 171 di 253

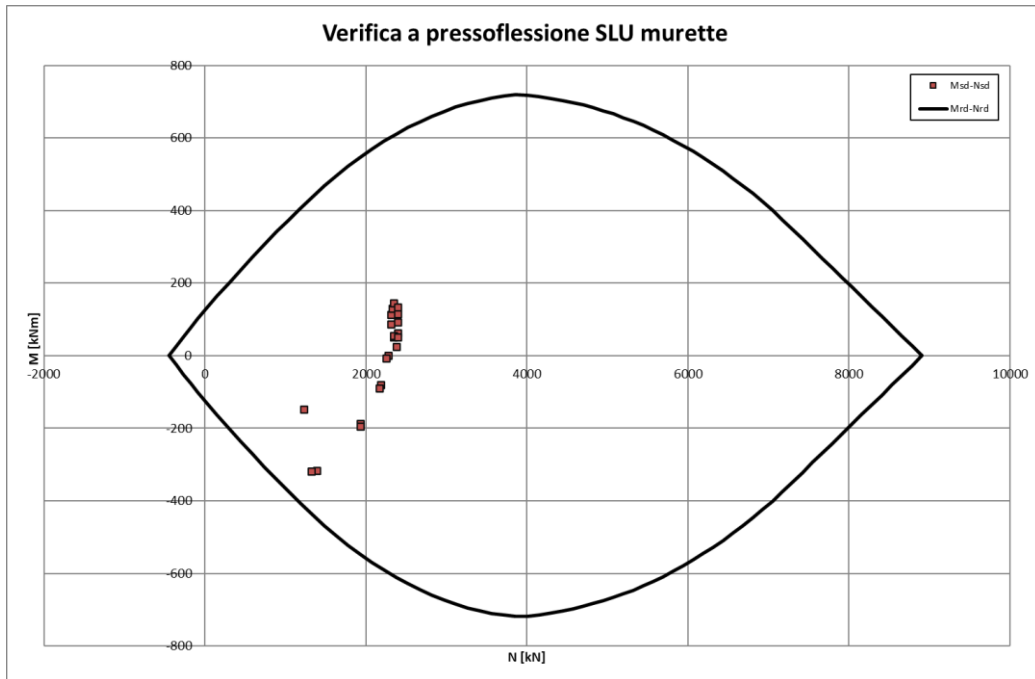


Figura 9-121– Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo murette– Coppie (M;N) – Fase 7

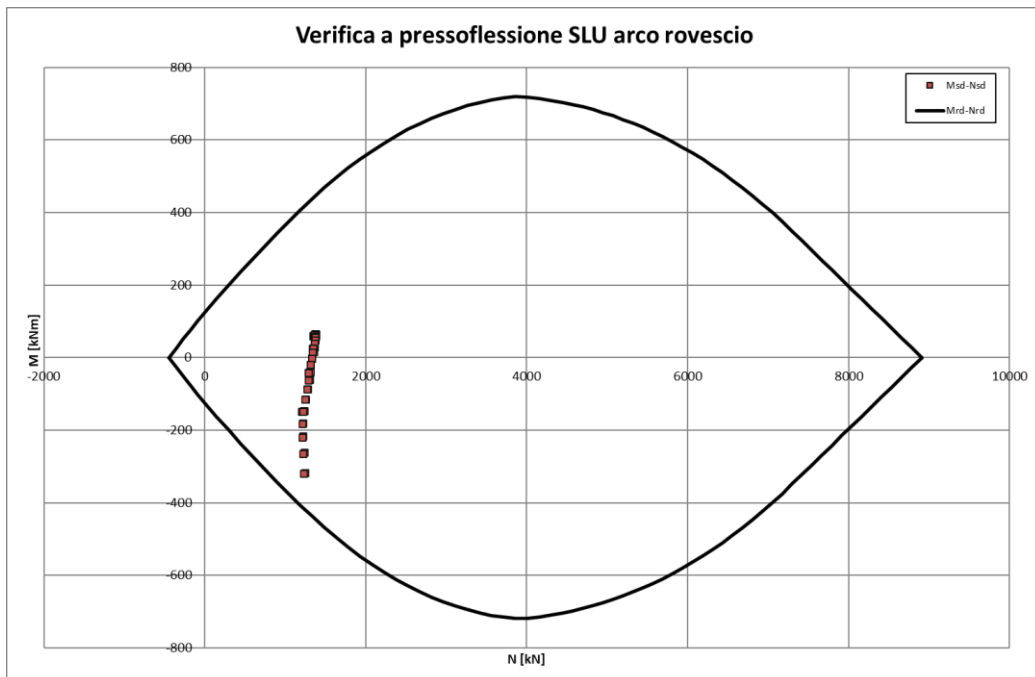


Figura 9-122-Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo arco rovescio – Coppie (M;N) – Fase 7

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:						
Mandataria:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	172 di 253

Di seguito vengono mostrate le verifiche agli SLE eseguite sul rivestimento definitivo, sia tensionali che a fessurazione, in forma cartesiana al variare dell'angolo α . Tutte le verifiche risultano soddisfatte.

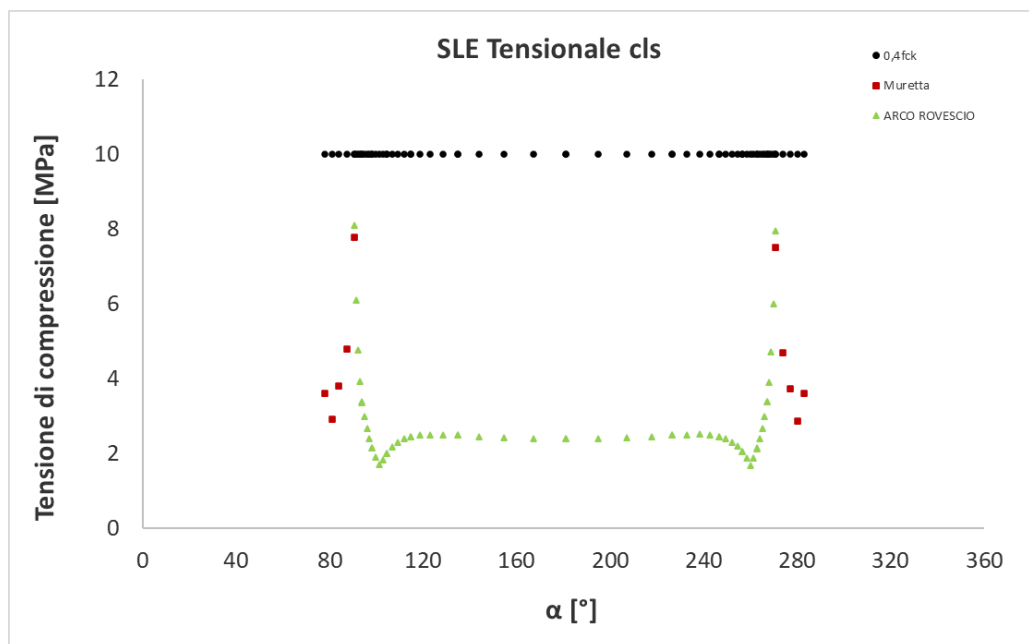


Figura 9-123– Verifica tensioni calcestruzzo

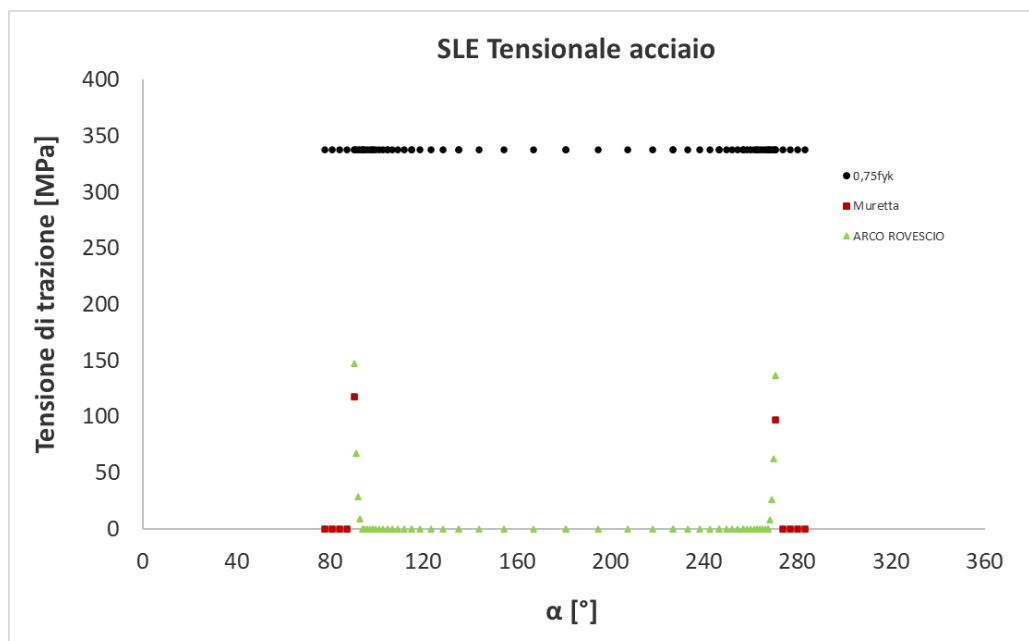


Figura 9-124- Verifica tensioni acciaio

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 GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria													
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e 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>1BEZZ</td> <td>CL</td> <td>GN0600001</td> <td>C</td> <td>173 di 253</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	173 di 253
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.								
IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	173 di 253								

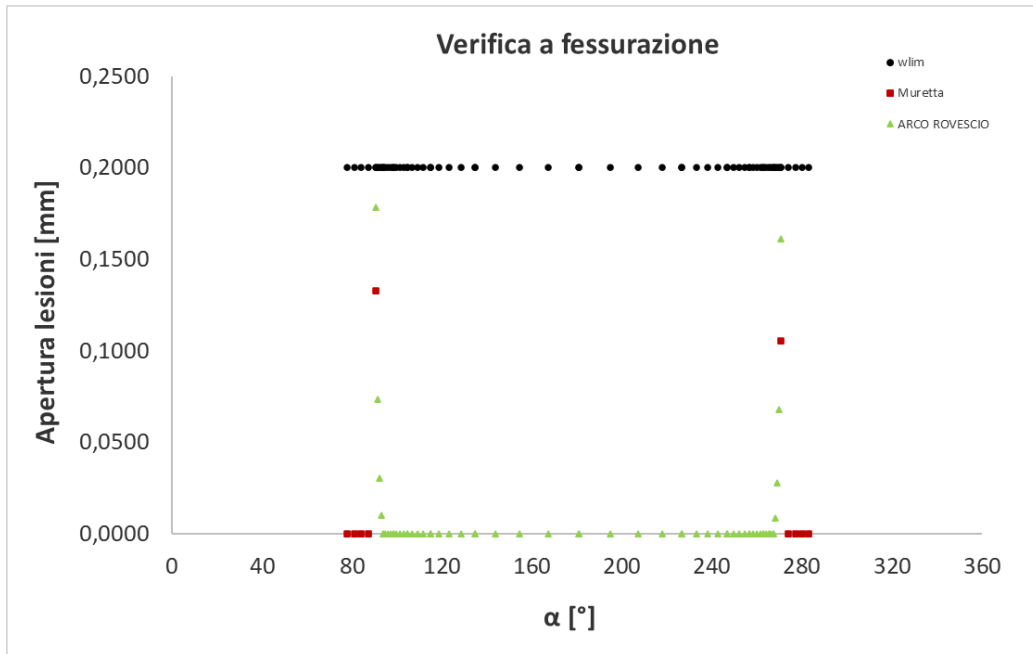


Figura 9-125-Verifica a fessurazione

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 174 di 253

Di seguito si riportano le verifiche per la calotta costituita da calcestruzzo non armato, secondo il paragrafo 4.1.11.1 delle NTC 2008.

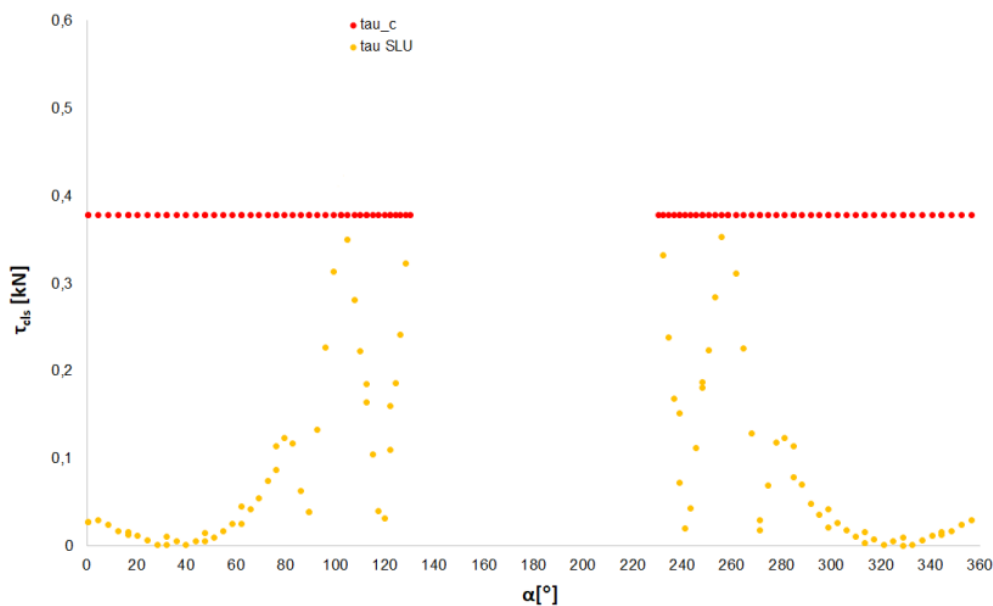


Figura 9-126 – Verifica a taglio ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A1*

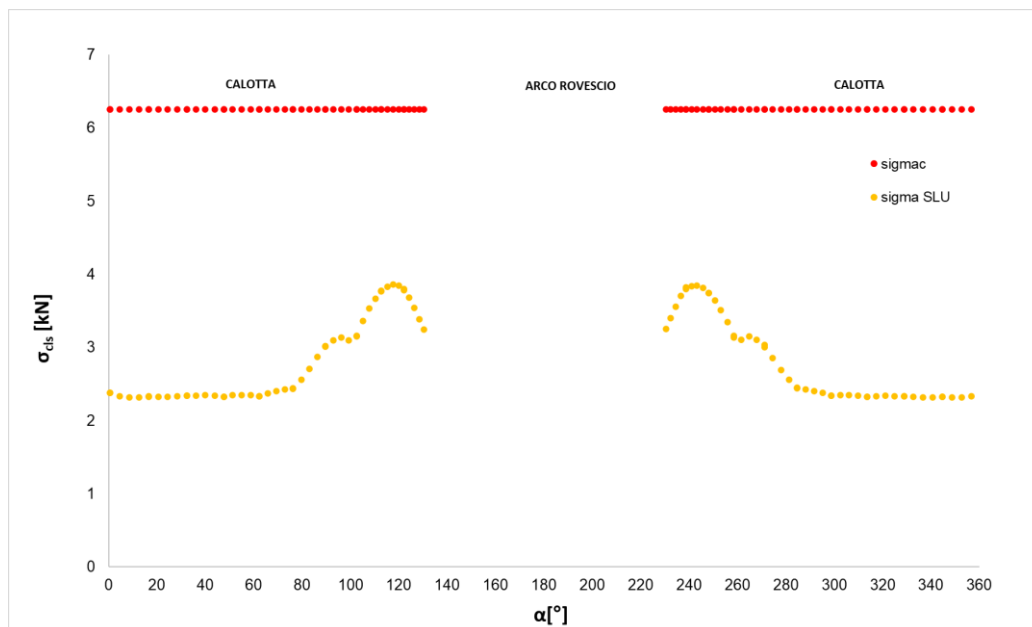


Figura 9-127 – Verifica sforzi normali ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A1*

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	175 di 253

9.5.2 Sezione B1

9.5.2.1. 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 provvisorio e avanzamento tunnel (fase 5).

Il rivestimento di prima fase della sezione B1 è caratterizzato dalla presenza di uno strato di spritz-beton di spessore pari a 0.3 m e centine accoppiate 2IPN180 a passo 1m.

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 entrambi gli elementi che costituiscono il rivestimento provvisorio.

La figura sottostante mostra 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.

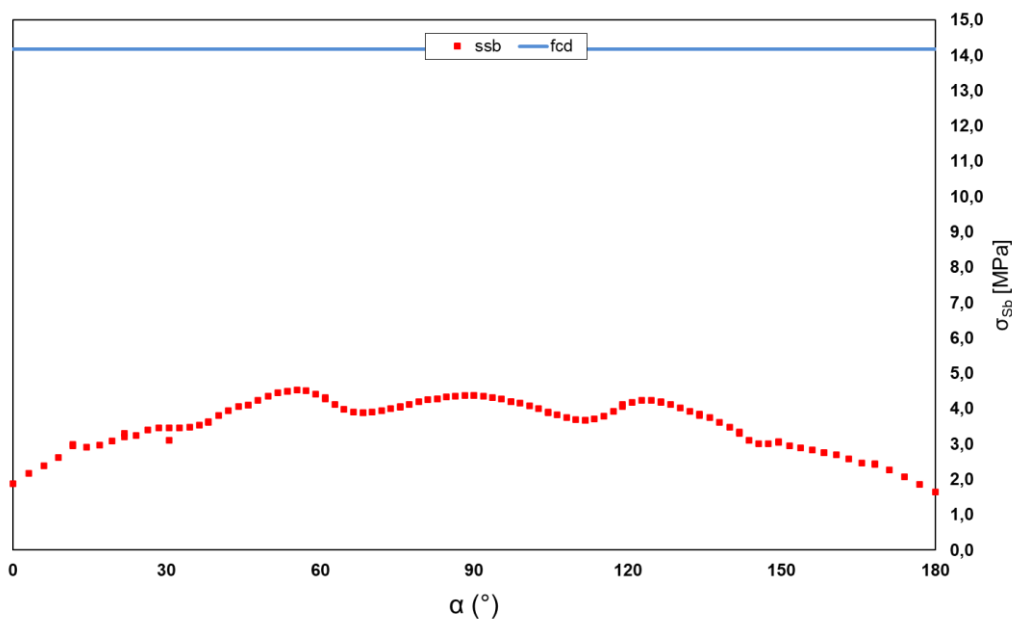


Figura 9-128- Verifica SLU per lo spritz-beton – Sezione Tipo B1 – Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO				
PROGETTAZIONE:						
Mandataria:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	176 di 253

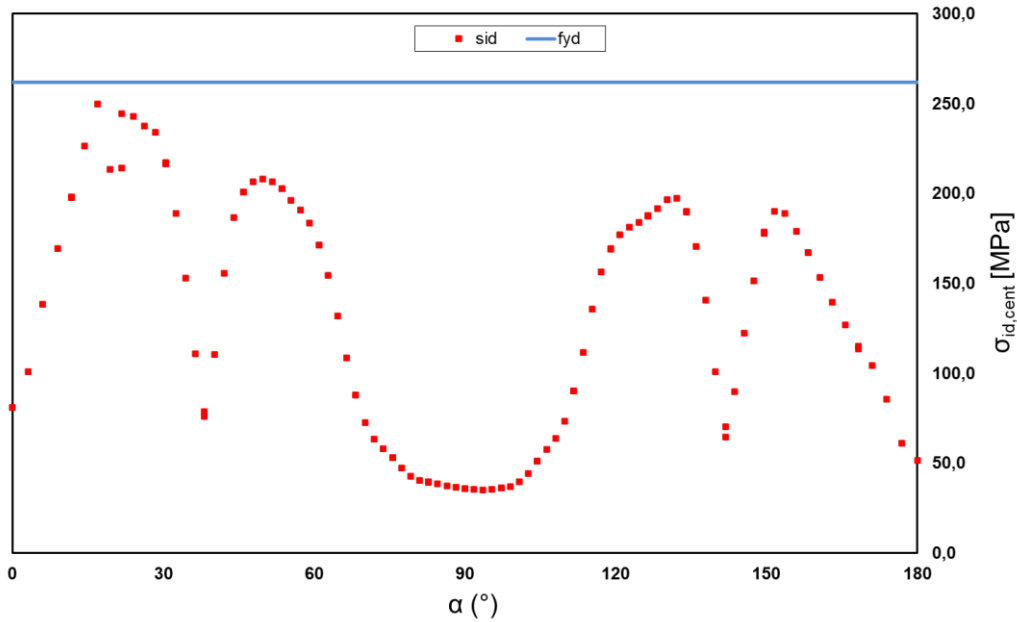


Figura 9-129-Verifica SLU per le centine – Sezione Tipo B1 – Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 177 di 253

9.5.2.2. 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 §9.4 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	0.8 m*	Φ14/20	Φ14/20	-
Murette	25/30	0.8 m	Φ14/20	Φ14/20	Φ12/20x30
Arco rovescio	25/30	0.8 m	Φ14/20	Φ14/20	Φ12/20x30

*si considera lo spessore medio della sezione tronco-conica.

Di seguito si riportano, sottoforma di diagrammi cartesiani, le verifiche SLU per il rivestimento definitivo armato, relative alla fase 7 (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.

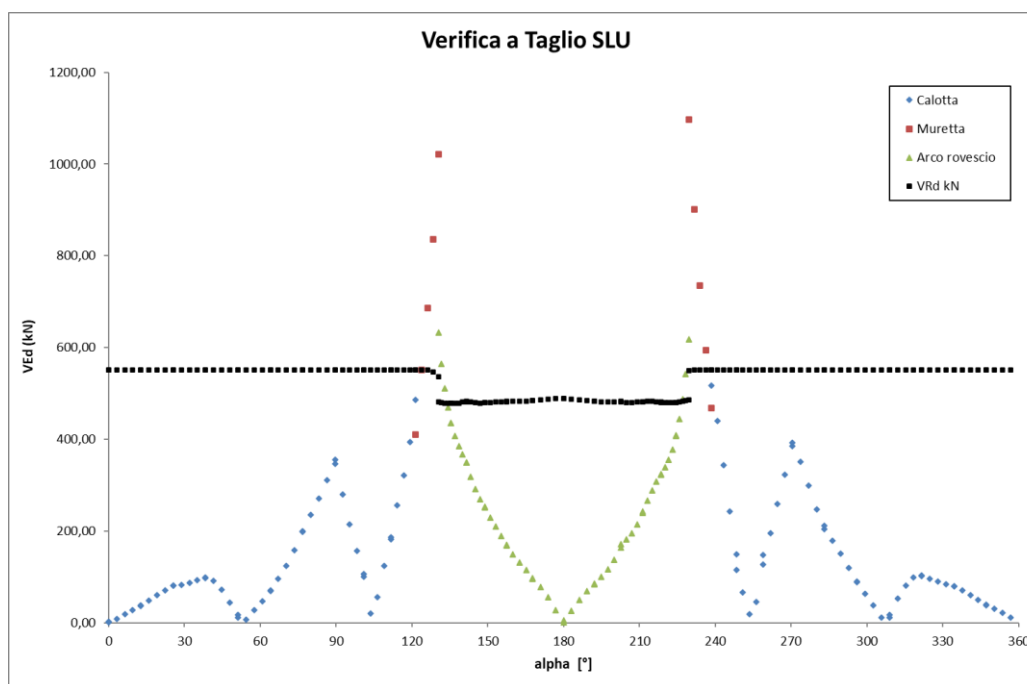


Figura 9-130-Verifica a taglio rivestimento definitivo (per sezioni senza armatura a taglio) – Fase 7

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 Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 178 di 253

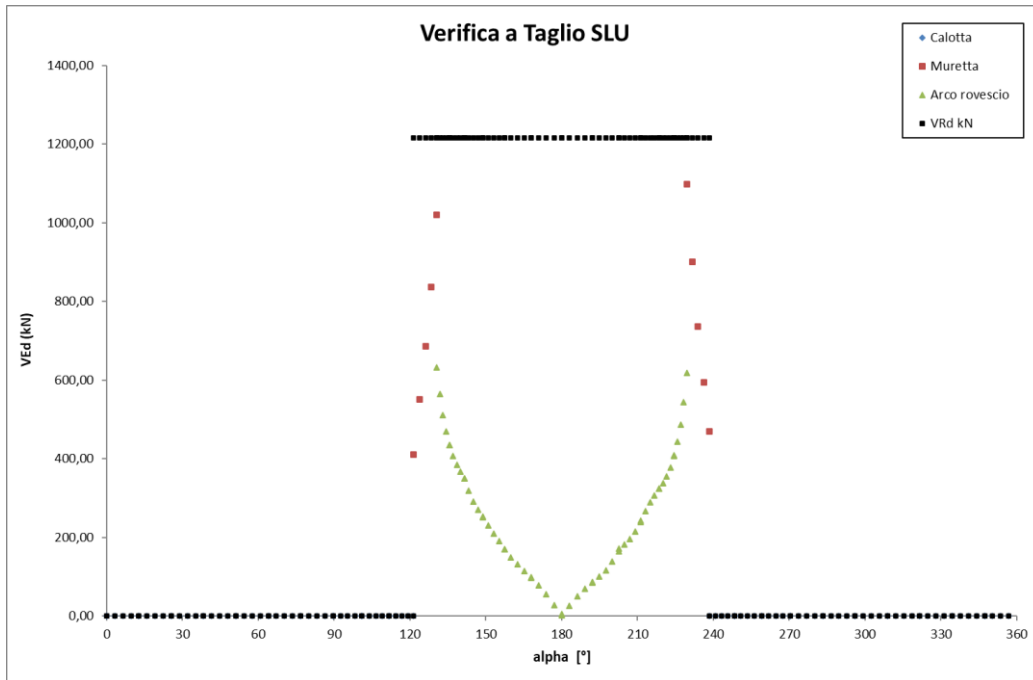


Figura 9-131-Verifica a taglio rivestimento definitivo (per sezioni con specifica armatura a taglio) – Fase 7

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 179 di 253

Sono riportati nei diagrammi seguenti i domini di interazione M-N allo SLU.

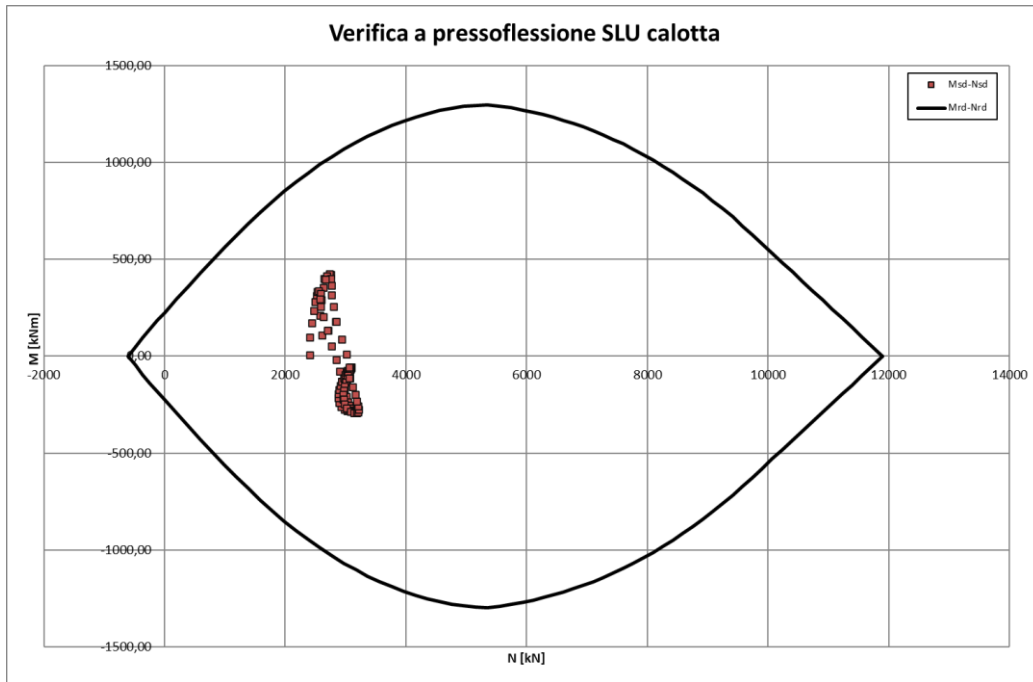


Figura 9-132– Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo calotta– Coppie (M;N) – Fase 7

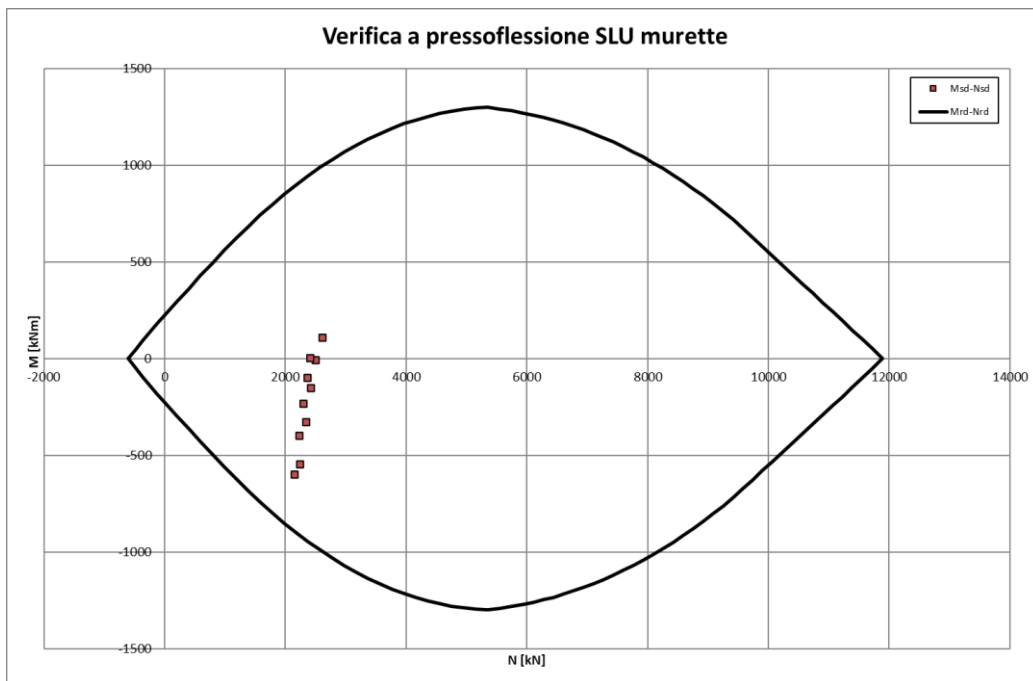


Figura 9-133– Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo murette– Coppie (M;N) – Fase 7

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 180 di 253

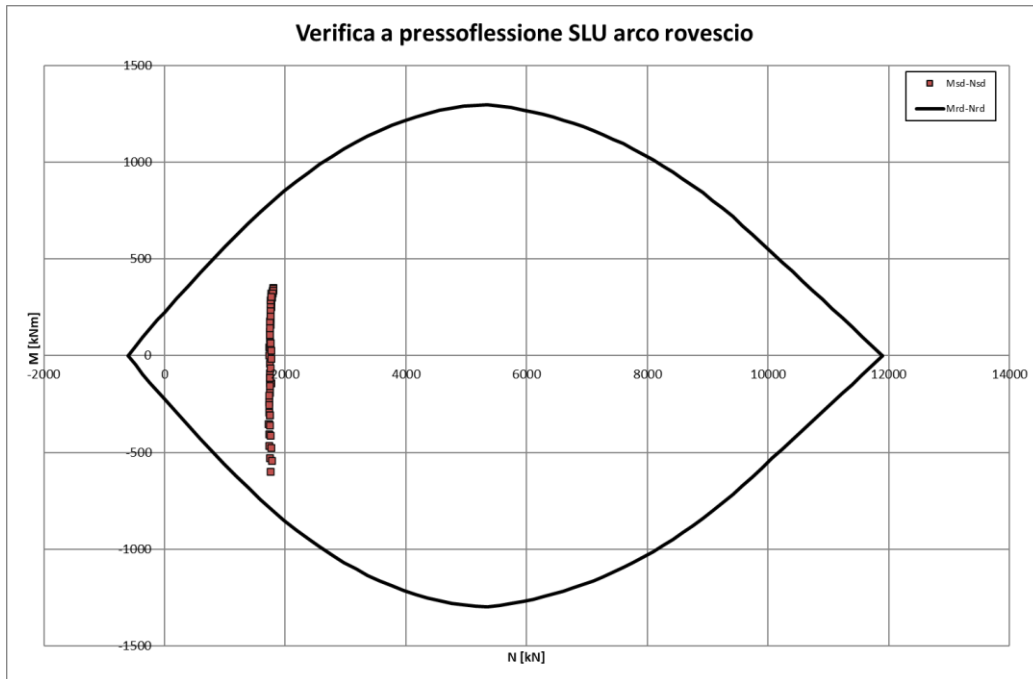


Figura 9-134-Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo arco rovescio – Coppie (M;N) – Fase 7

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 181 di 253

Di seguito vengono mostrate le verifiche agli SLE eseguite sul rivestimento definitivo, sia tensionali che a fessurazione, in forma cartesiana al variare dell'angolo α . Tutte le verifiche risultano soddisfatte.

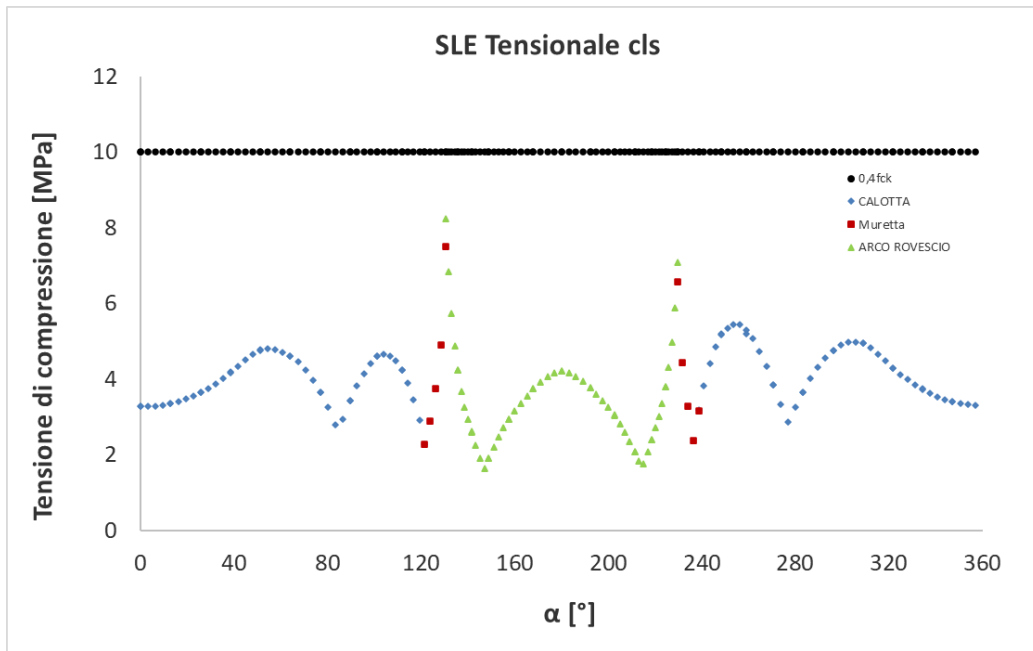


Figura 9-135- Verifica tensioni calcestruzzo

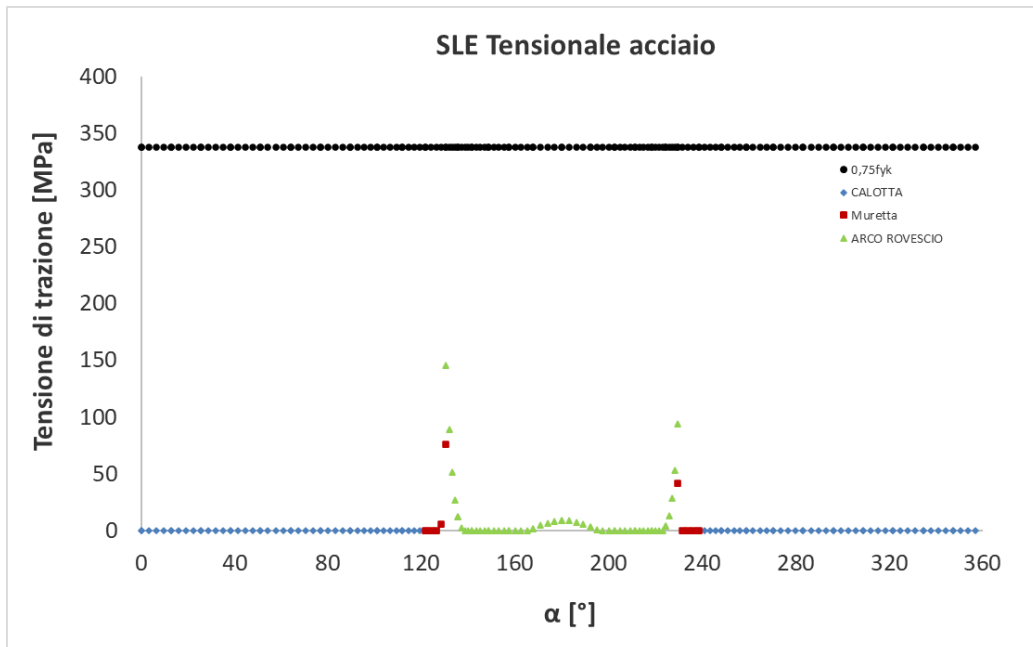


Figura 9-136- Verifica tensioni acciaio

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C FOGLIO. 182 di 253

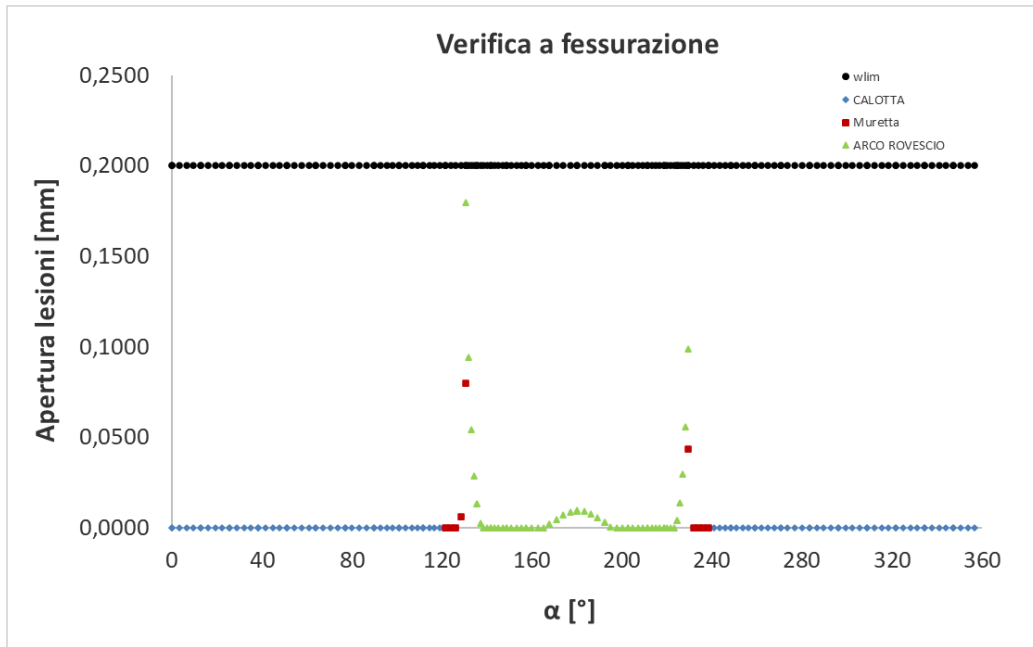


Figura 9-137-Verifica a fessurazione

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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	183 di 253

9.5.3 Sezione B1L

9.5.3.1. 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 provvisorio e avanzamento tunnel (fase 5).

Il rivestimento di prima fase della sezione B1L è caratterizzato dalla presenza di uno strato di spritz-beton di spessore pari a 0.3 m e centine accoppiate 2IPN180 a 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 entrambi gli elementi che costituiscono il rivestimento provvisorio.

La figura sottostante mostra 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.

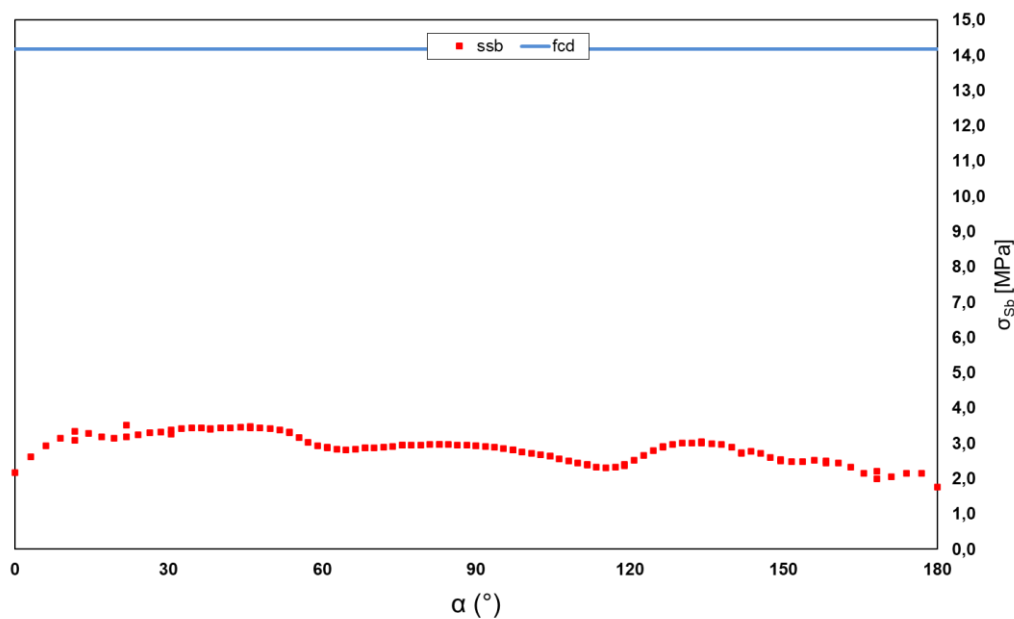


Figura 9-138-Verifica SLU per lo spritz-beton – Sezione Tipo B1L – Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 184 di 253

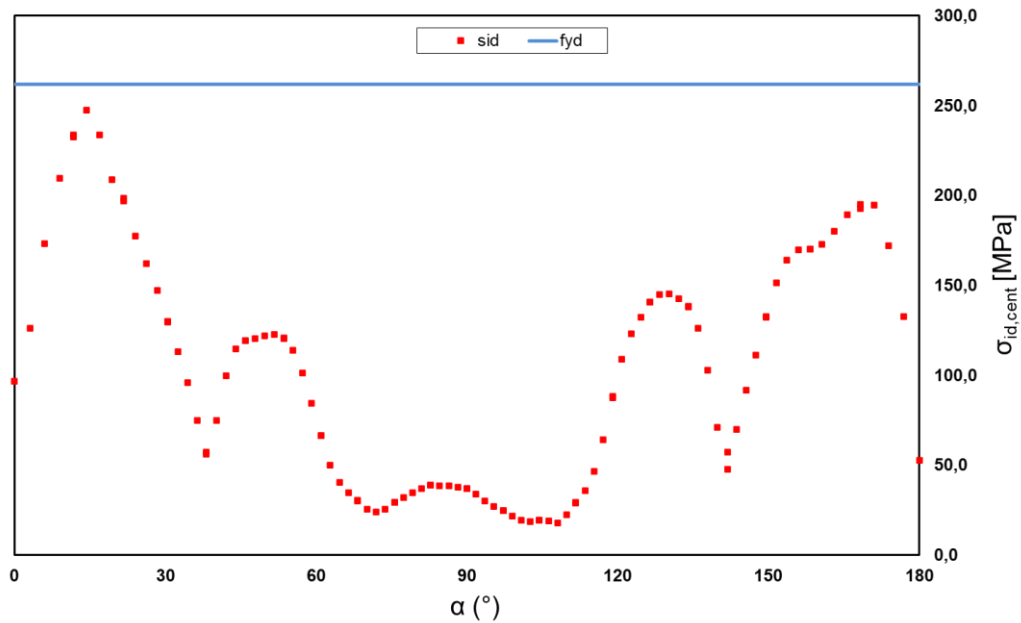


Figura 9-139-Verifica SLU per le centine – Sezione Tipo B1L – Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 185 di 253

9.5.3.2. 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 §9.4 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	0.8 m	Φ14/20	Φ14/20	-
Murette	25/30	0.8 m	Φ14/20	Φ14/20	Φ12/20X30
Arco rovescio	25/30	0.8 m	Φ14/20	Φ14/20	Φ12/20X30

Di seguito si riportano, sottoforma di diagrammi cartesiani, le verifiche SLU per il rivestimento definitivo armato, relative alla fase 7 (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.

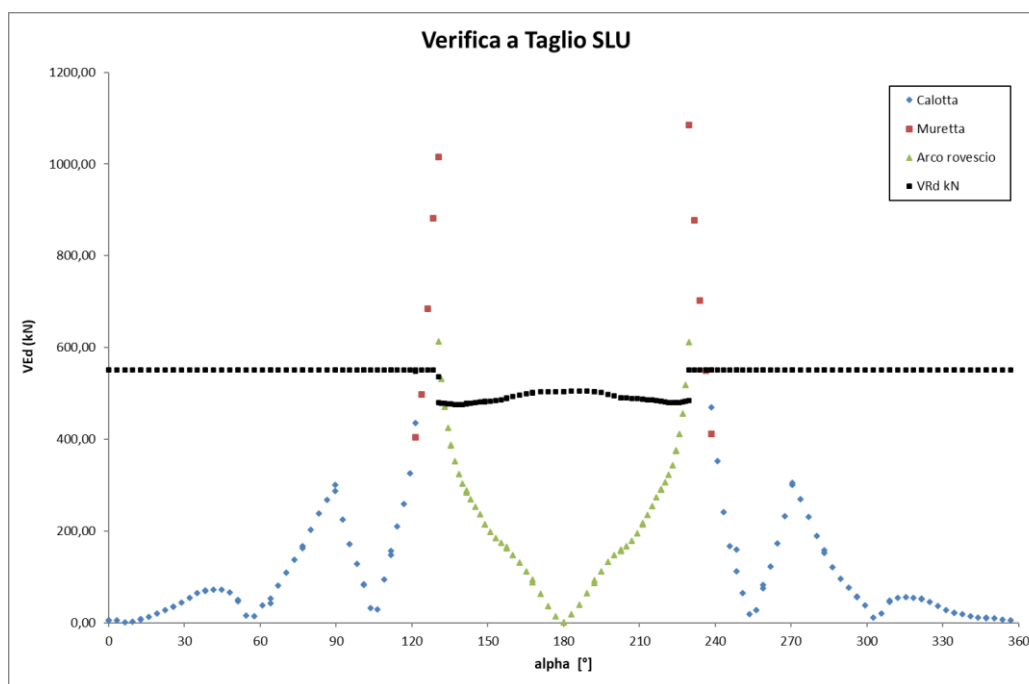


Figura 9-140-Verifica a taglio rivestimento definitivo (per sezioni senza armatura a taglio) – Fase 7

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:						
Mandataria:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	186 di 253

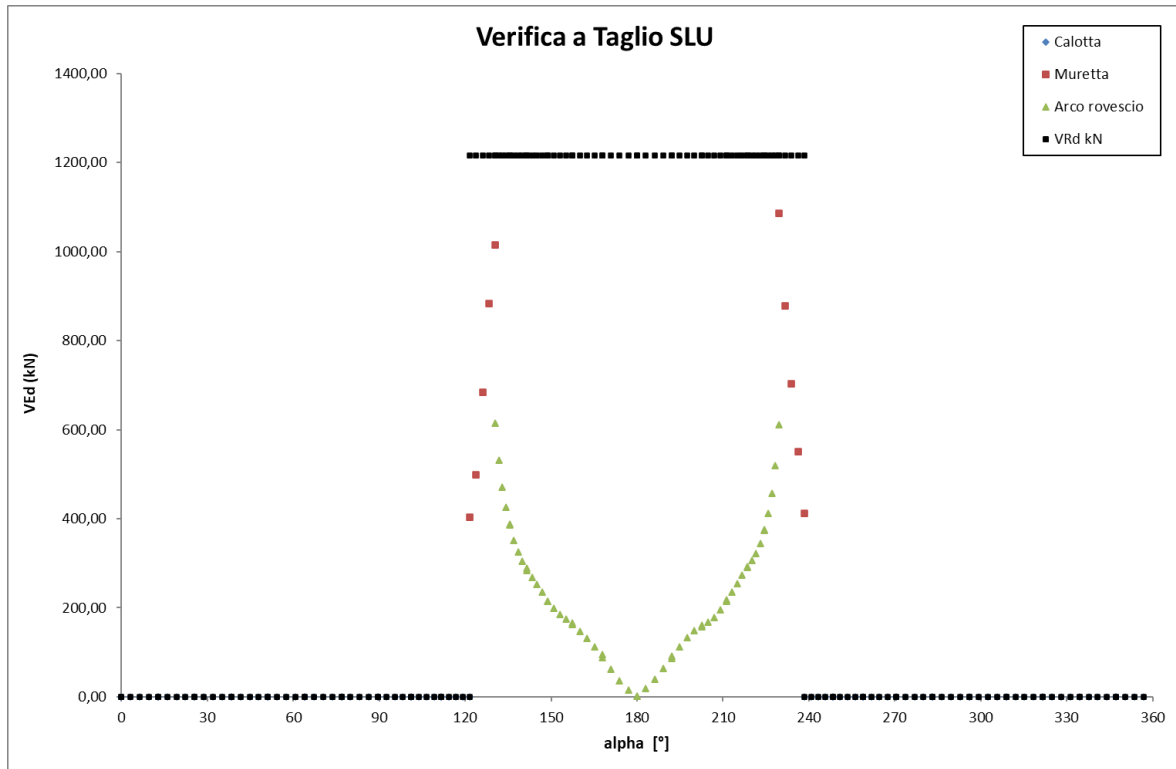


Figura 9-141-Verifica a taglio rivestimento definitivo (per sezioni con specifica armatura a taglio) – Fase 7

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 187 di 253

Sono riportati nei diagrammi seguenti i domini di interazione M-N allo SLU.

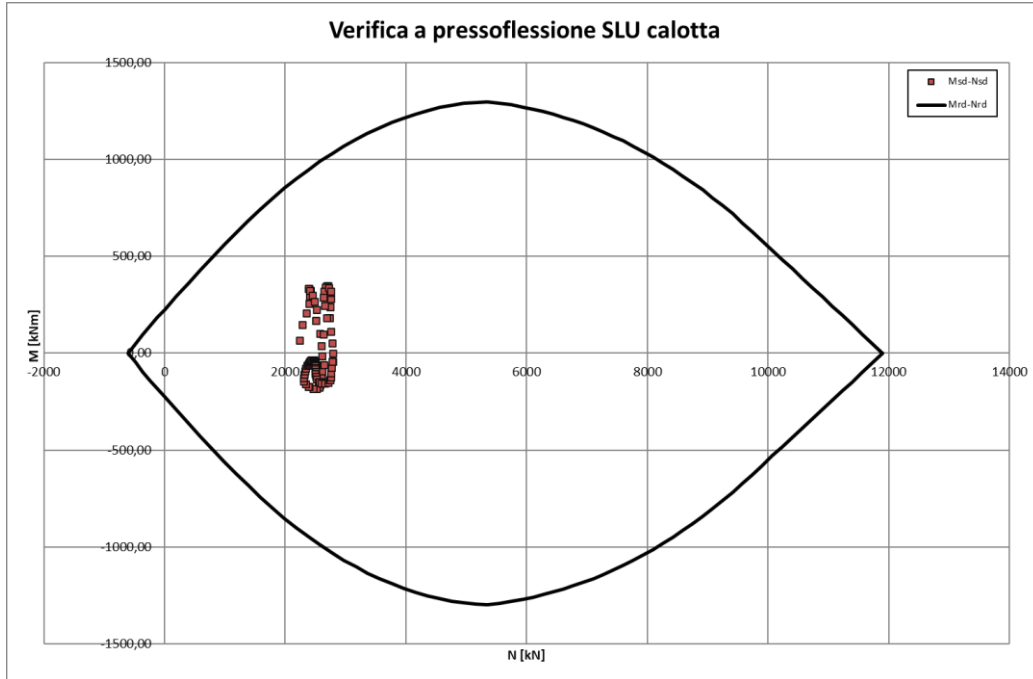


Figura 9-142– Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo calotta– Coppie (M;N) – Fase 7

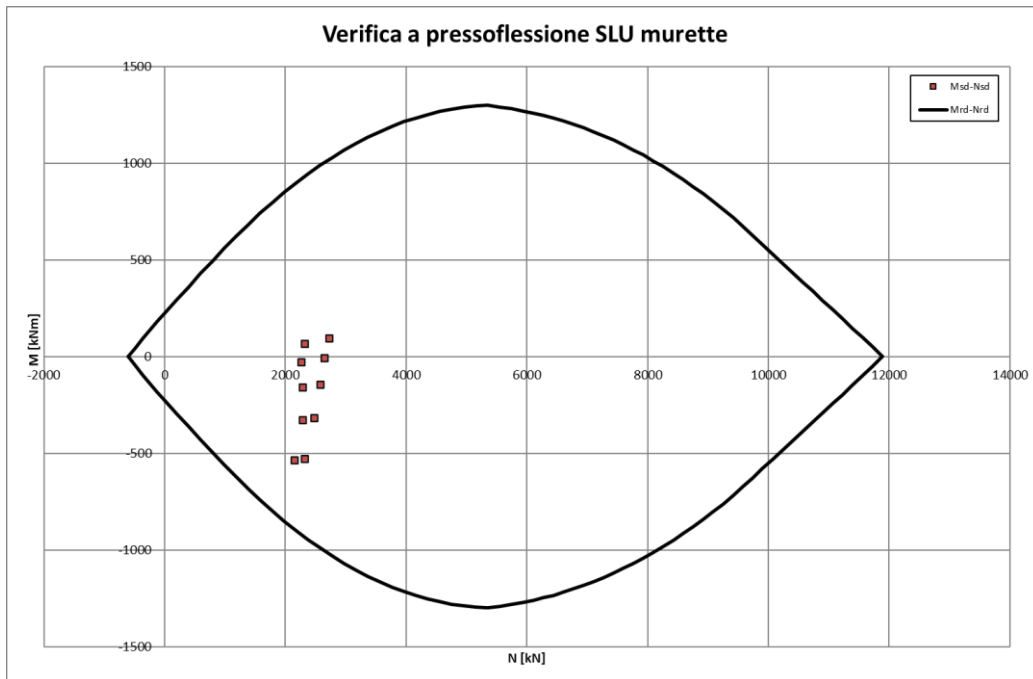


Figura 9-143– Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo murette– Coppie (M;N) – Fase 7

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 188 di 253

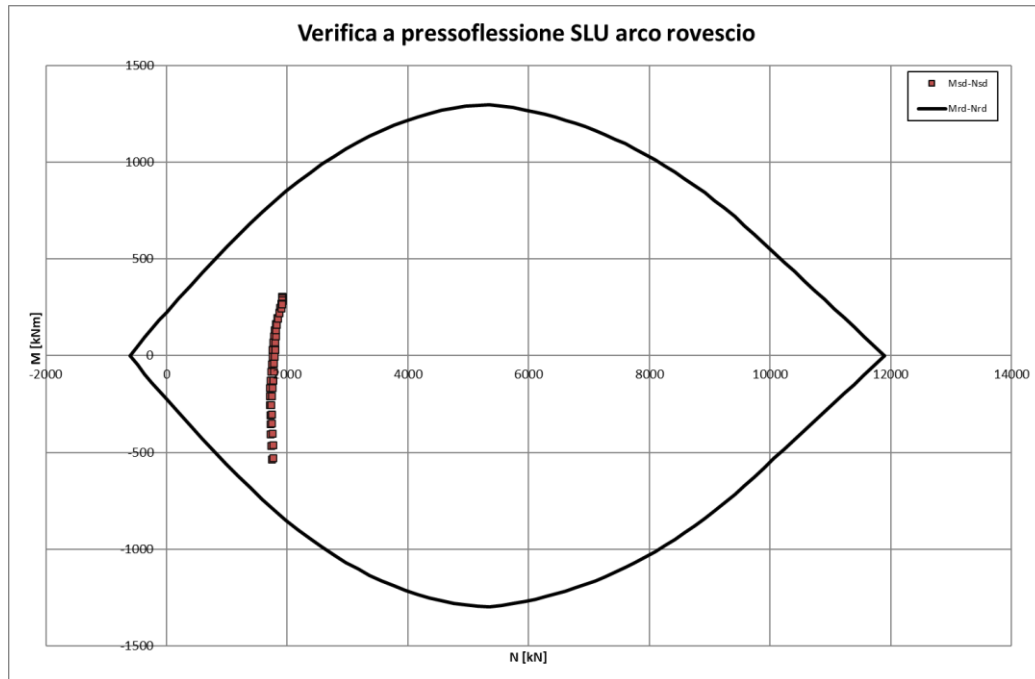


Figura 19-Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo arco rovescio – Coppie (M;N) – Fase 7

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 189 di 253

Di seguito vengono mostrate le verifiche agli SLE eseguite sul rivestimento definitivo, sia tensionali che a fessurazione, in forma cartesiana al variare dell'angolo α . Tutte le verifiche risultano soddisfatte.

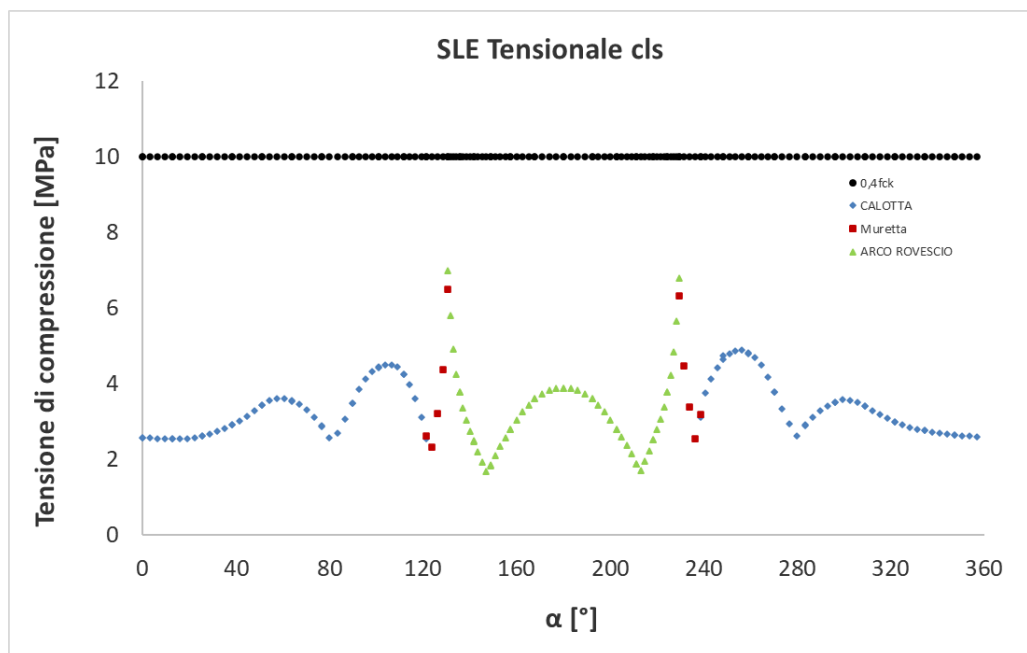


Figura 9-144– Verifica tensioni calcestruzzo

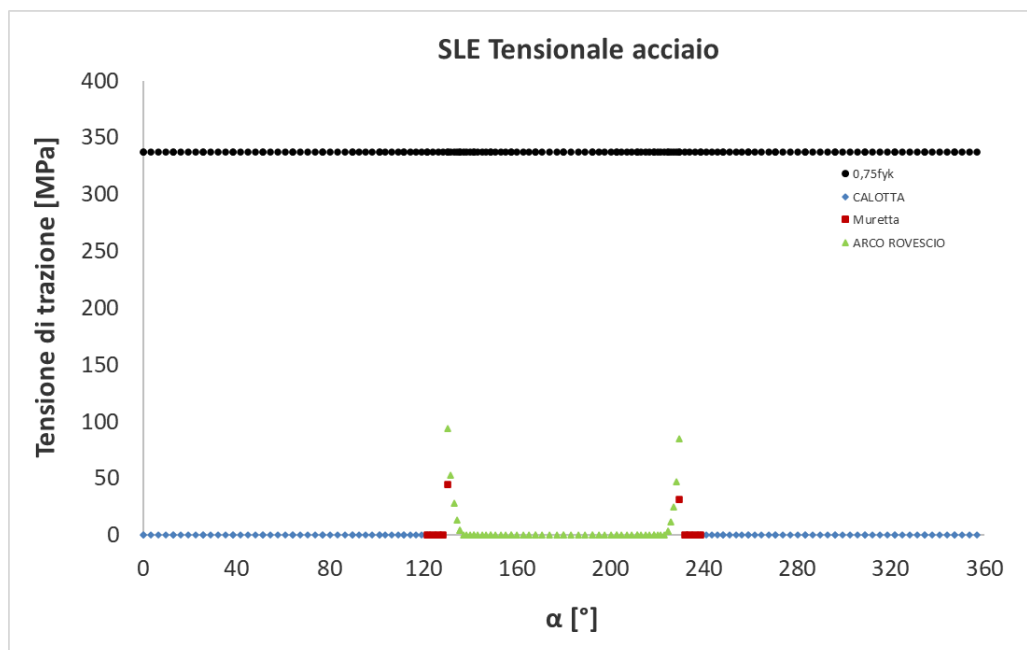


Figura 9-145- Verifica tensioni acciaio

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 190 di 253

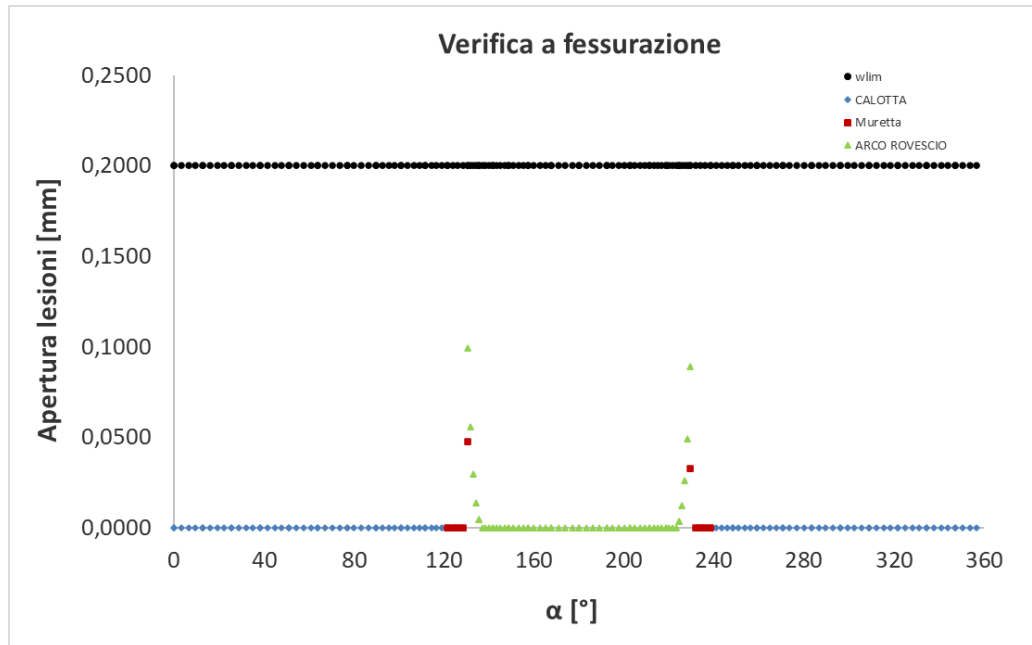


Figura 9-146-Verifica a fessurazione

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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	191 di 253

9.5.4 Sezione Tronchino di innesto

9.5.4.1. Verifica del rivestimento provvisorio (galleria principale)

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 centrale (fase 13).

Il rivestimento di prima fase della sezione I0 è caratterizzato dalla presenza di uno strato di spritz-beton di spessore pari a 0.3 m e centine accoppiate HEB 180 a passo 1m.

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 entrambi gli elementi che costituiscono il rivestimento provvisorio.

La figura sottostante mostra 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.

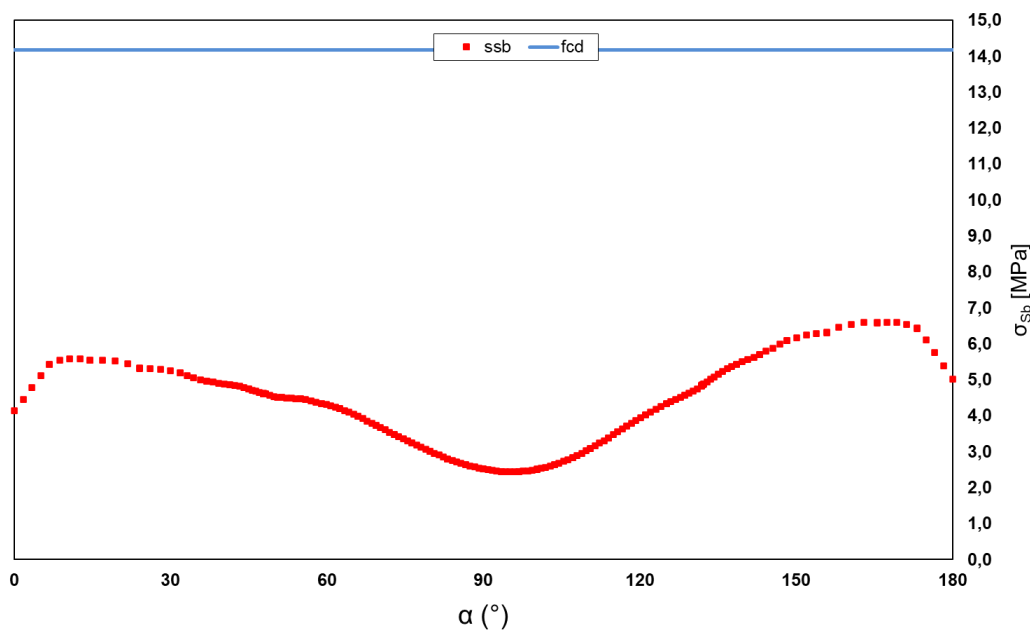


Figura 9-147– Verifica SLU per lo spritz-beton – Sezione Tipo I0-SX

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:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	192 di 253

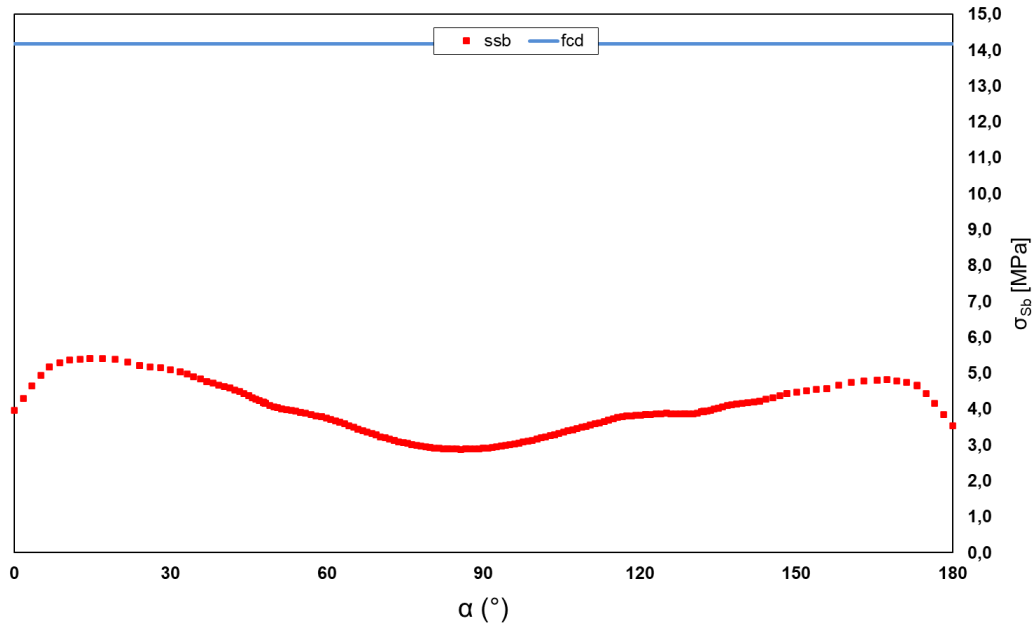


Figura 9-148- Verifica SLU per lo spritz-beton – Sezione Tipo IO-DX

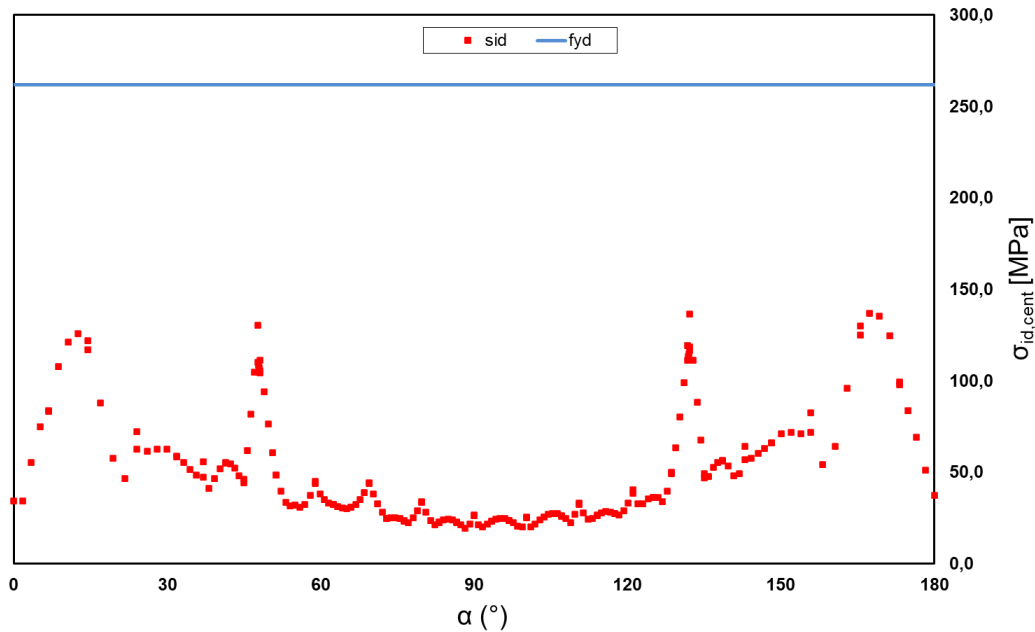


Figura 9-149-Verifica SLU per le centine – Sezione Tipo IO – SX

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:		
Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria		
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMessa LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO. IBOU 1BEZZ CL GN0600001 C 193 di 253	

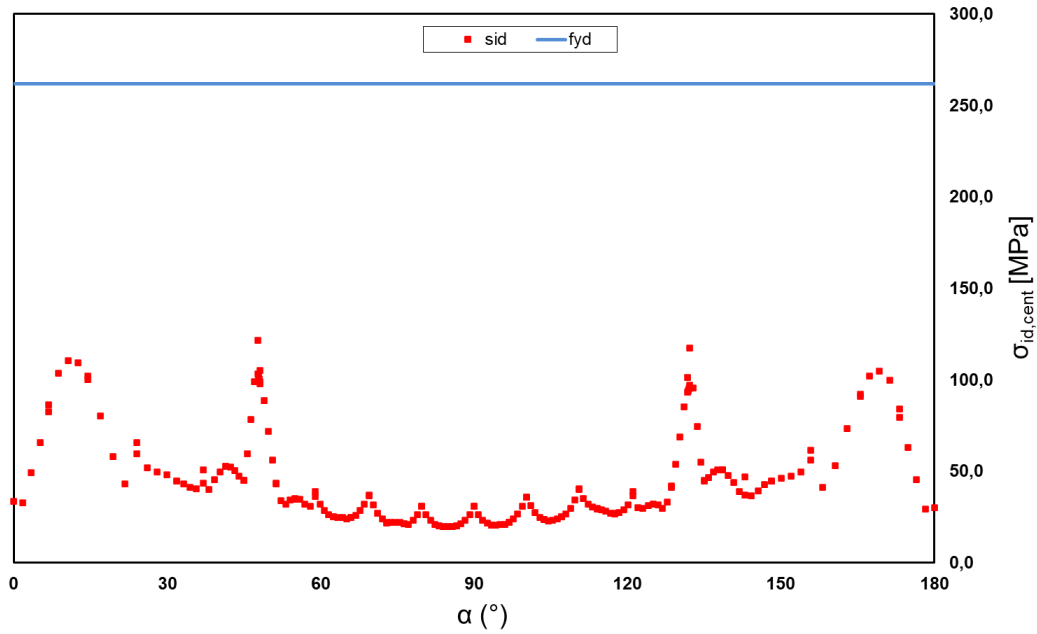


Figura 9-150- Verifica SLU per le centine – Sezione Tipo I0 – DX

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					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	194 di 253

9.5.4.2. Verifica del rivestimento provvisorio (Galleria di sfollamento Tipo A1)

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 centrale (fase 13).

Il rivestimento di prima fase della galleria di sfollamento centrale è caratterizzato dalla presenza di uno strato di spritz-beton di spessore pari a 0.2 m e centine accoppiate 2IPN160 a passo 1.0 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.

La figura sottostante mostra 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.

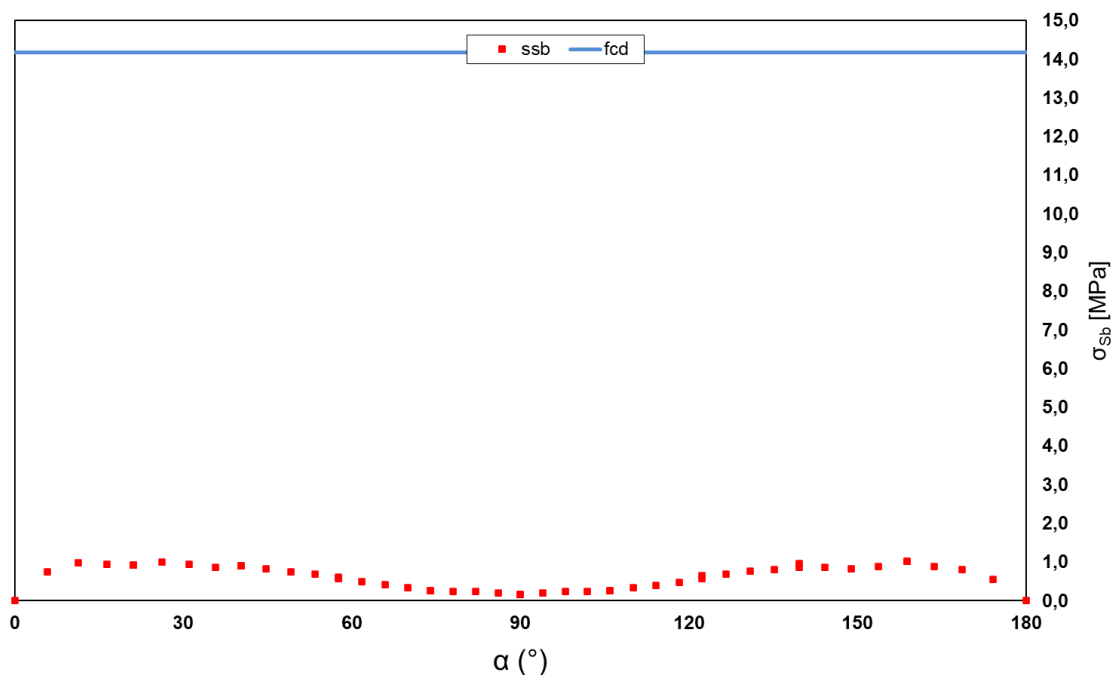


Figura 9-151– Verifica SLU per lo spritz-beton – Sezione galleria di sfollamento Tipo A1

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandataria:	Mandanti:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	195 di 253
GALLERIE							
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo							

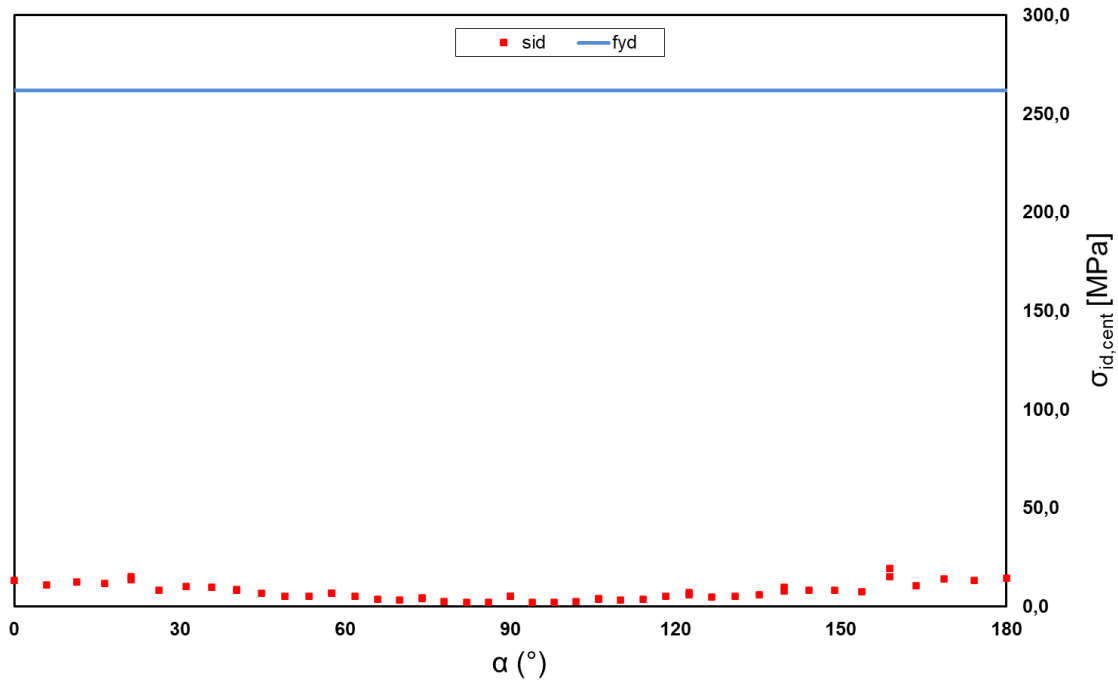


Figura 9-152- Verifica SLU per le centine – Sezione galleria di sfollamento Tipo A1

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 196 di 253

9.5.4.3. Verifica del rivestimento definitivo (Galleria principale)

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 §9.4 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	1 m	Φ16/20	Φ16/20	Φ12/20x40
Murette	25/30	1 m	Φ16/20	Φ16/20	Φ12/20x40
Arco rovescio	25/30	1 m	Φ16/20	Φ16/20	Φ12/20x40

Di seguito si riportano, sottoforma di diagrammi cartesiani, le verifiche SLU per il rivestimento definitivo armato, relative alla fase 16 (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.

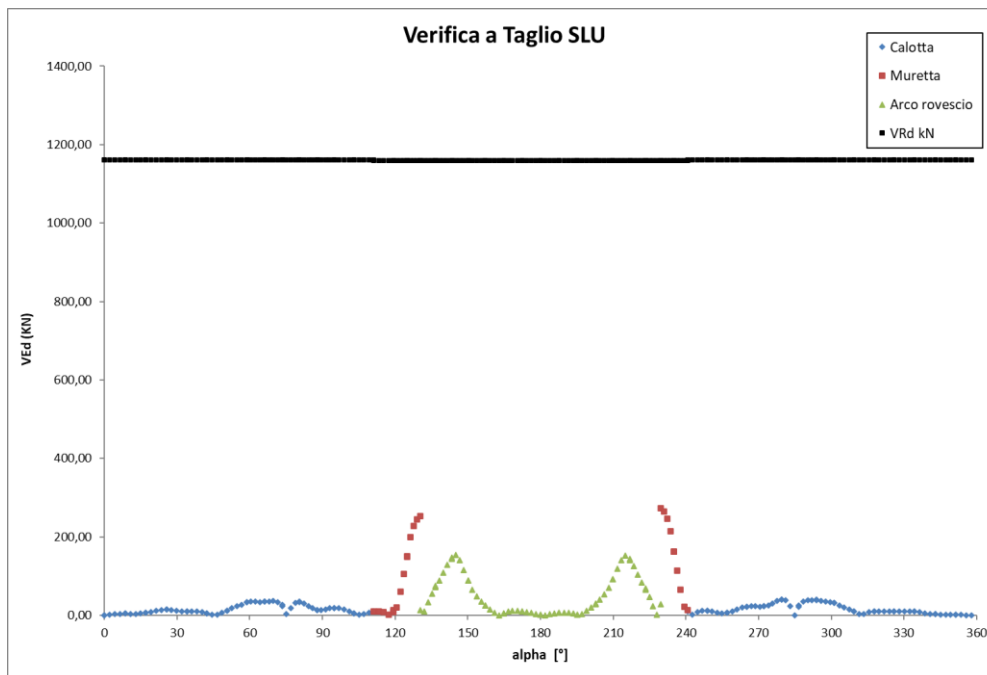


Figura 9-153- Verifica a taglio rivestimento definitivo SX

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 197 di 253

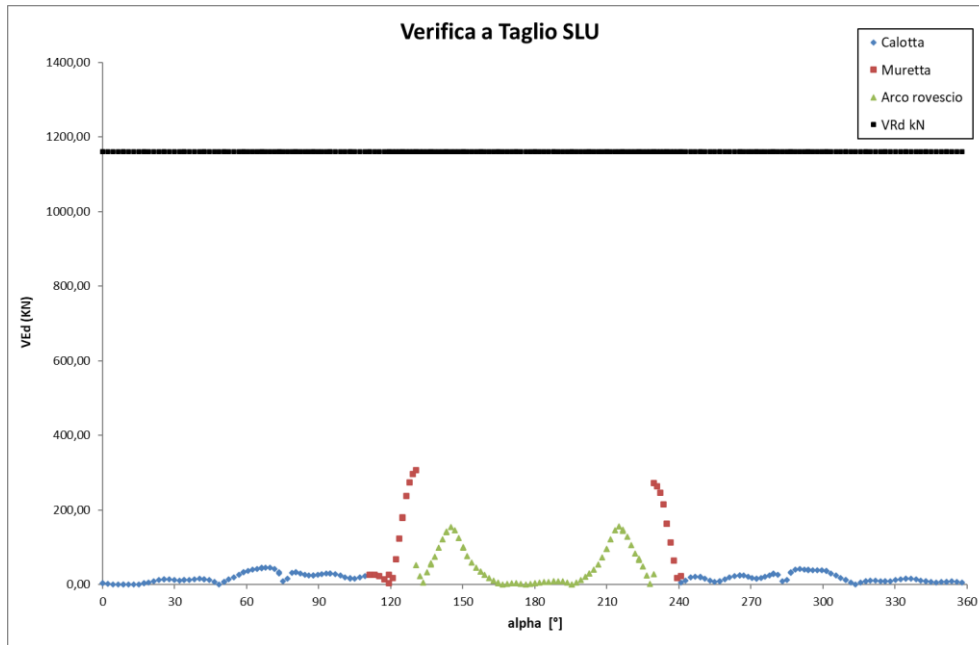


Figura 9-154 – Verifica a taglio rivestimento definitivo DX

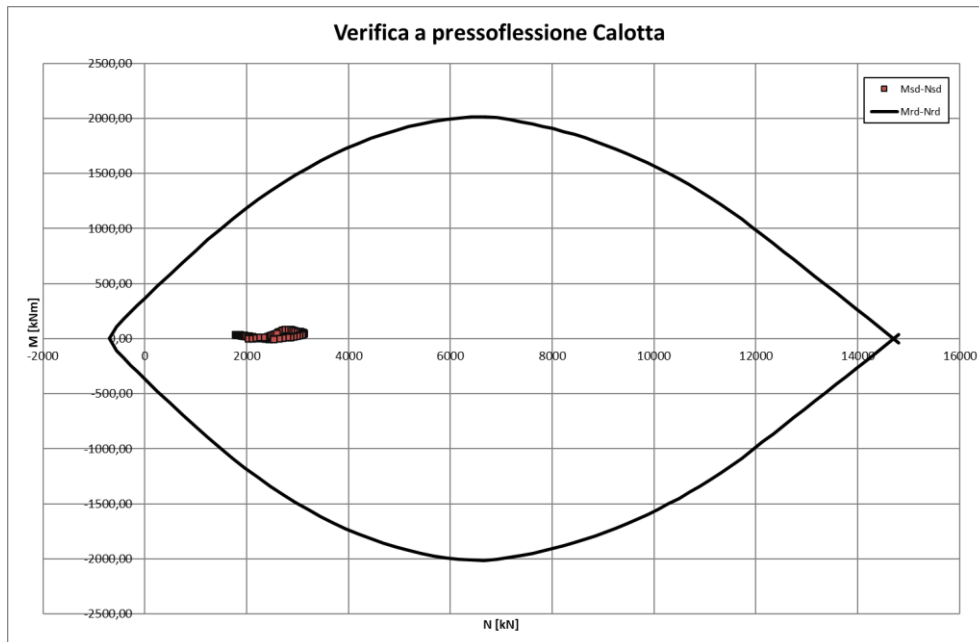


Figura 9-155- Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo Calotta– Coppie (M;N)-SX

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 198 di 253

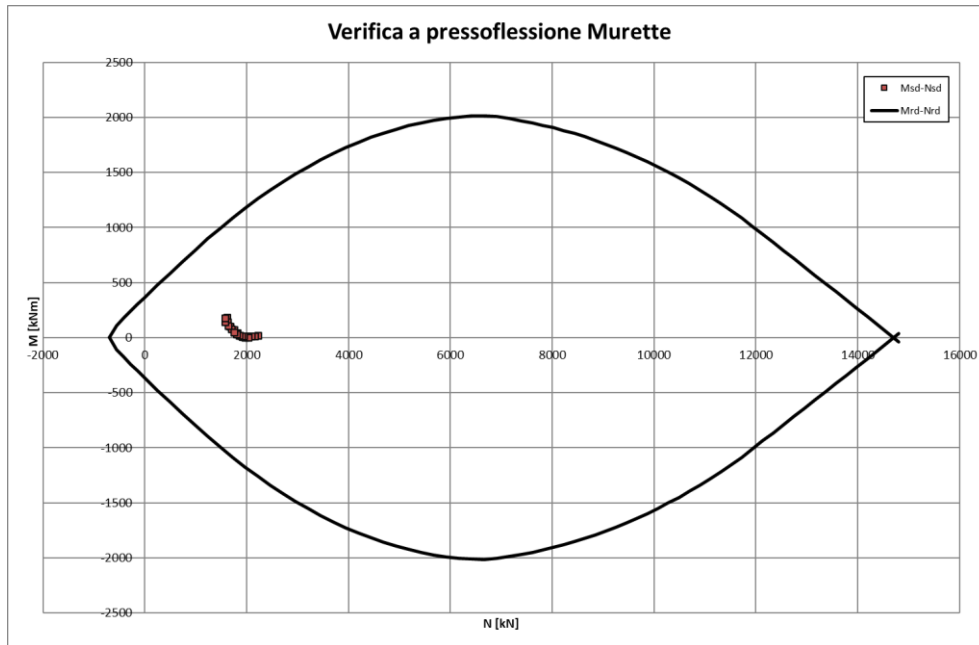


Figura 9-156- Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo murette – Coppie (M;N)-SX

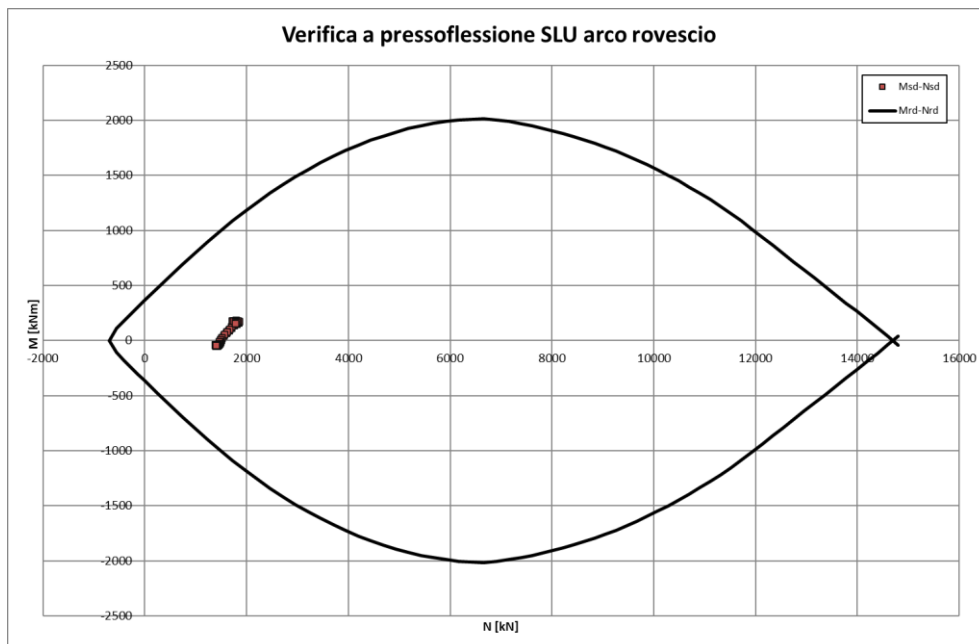


Figura 9-157- Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo arco rovescio – Coppie (M;N)-SX

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 GOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 199 di 253

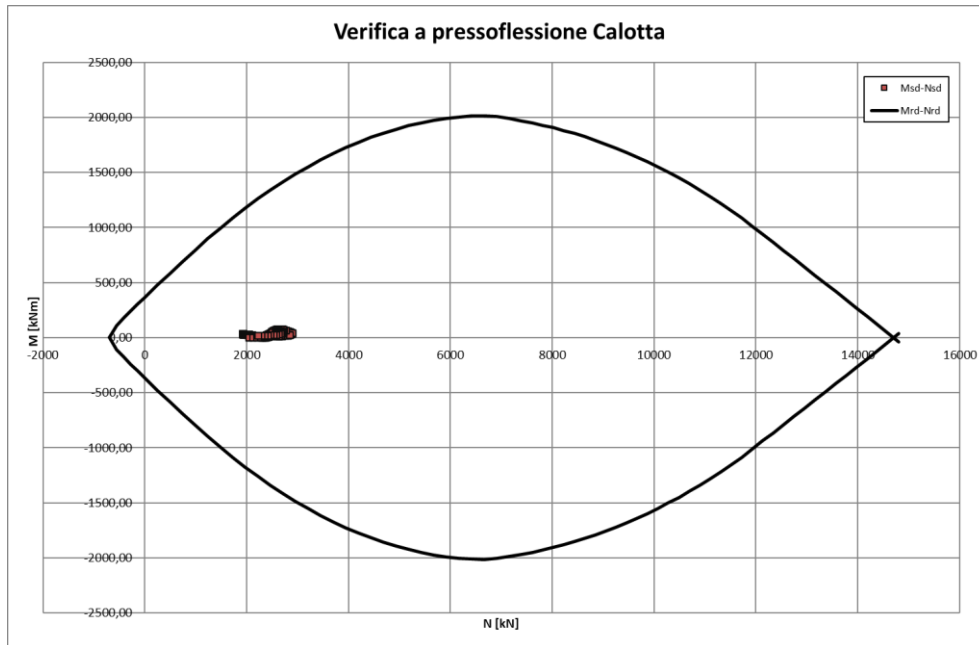


Figura 9-158– Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo Calotta– Coppie (M;N)-DX

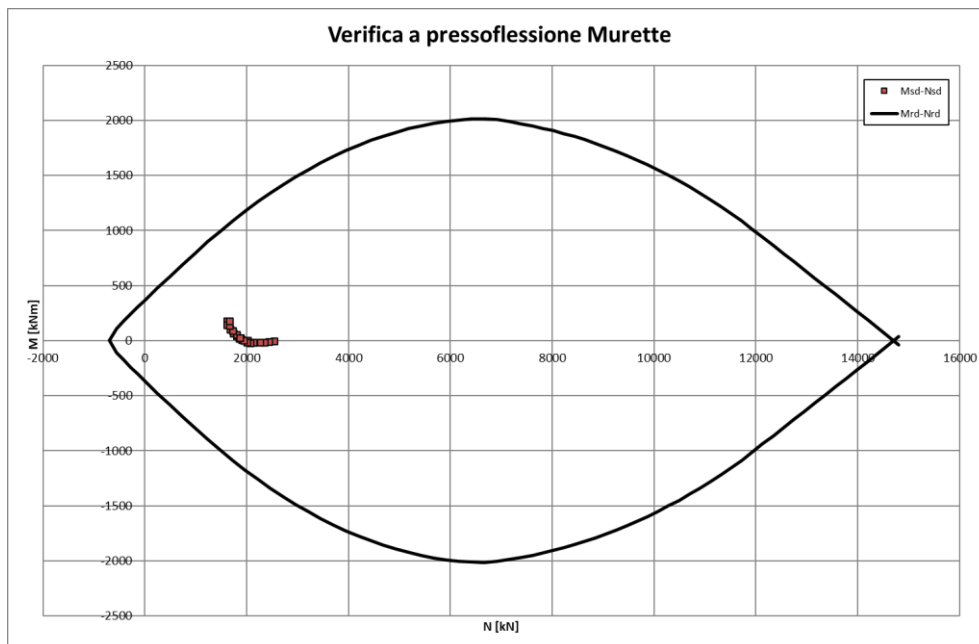


Figura 9-159 – Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo murette– Coppie (M;N)-DX

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 200 di 253

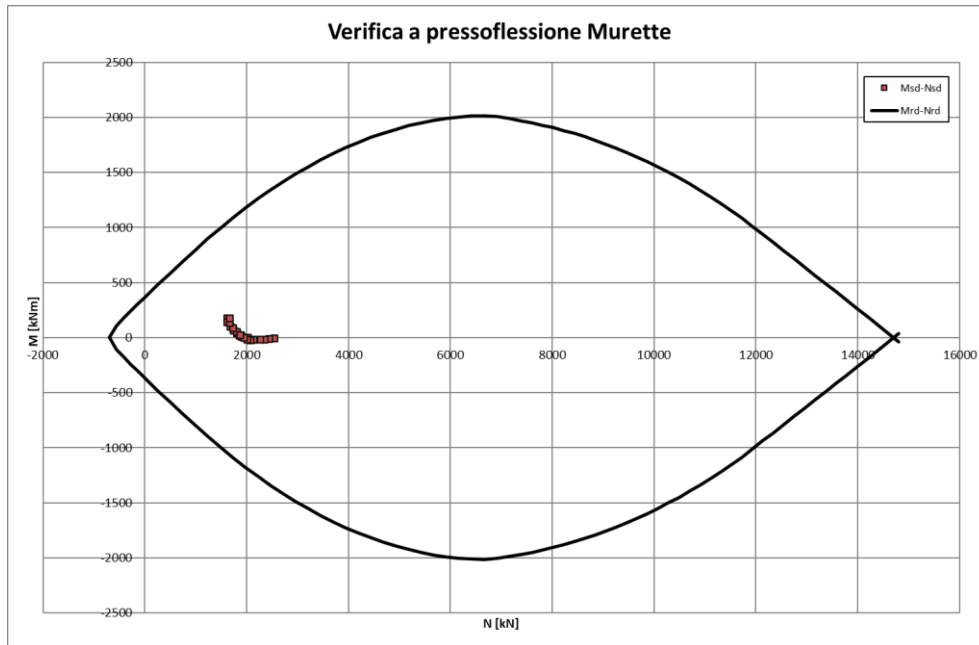


Figura 9-160 – Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo arco rovescio – Coppie (M;N) -DX

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 .

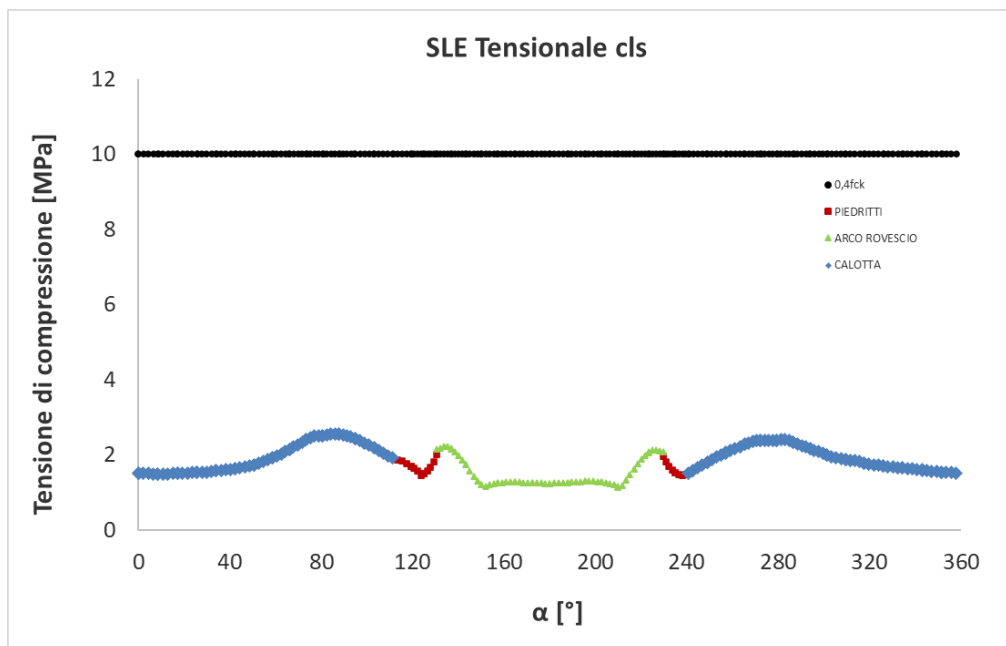


Figura 9-161- Verifica tensioni calcestruzzo SX

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 201 di 253

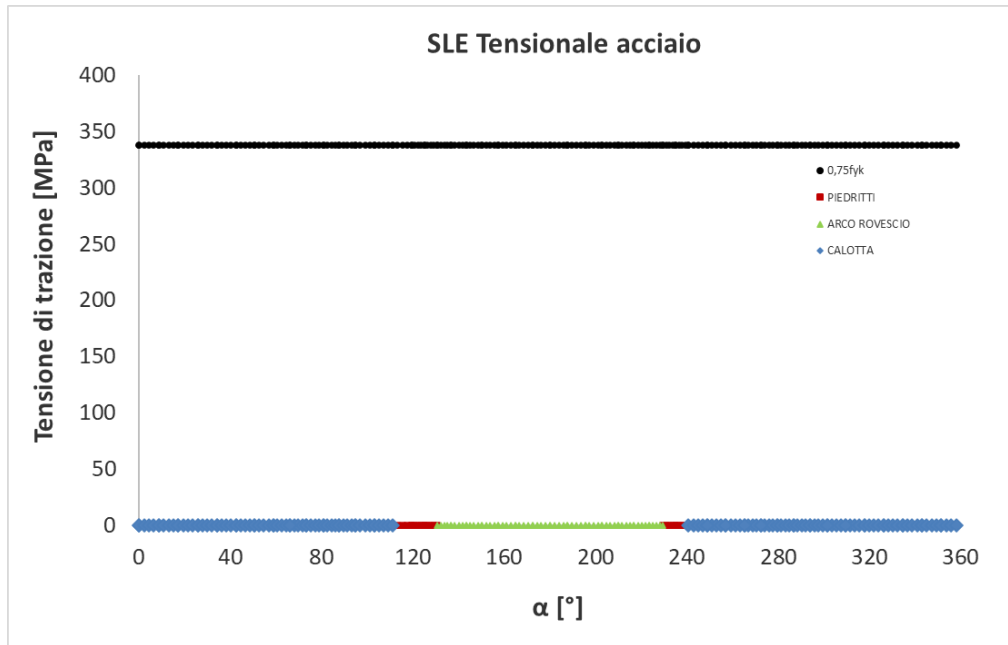


Figura 9-162 – Verifica tensioni acciaio SX

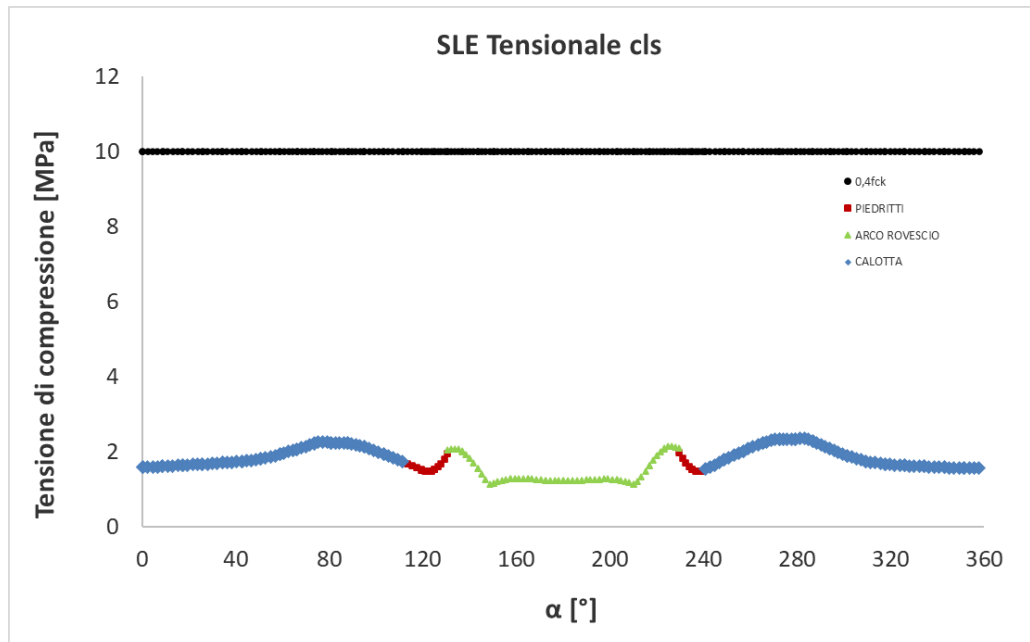


Figura 9-163 – Verifica tensioni calcestruzzo DX

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 GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	202 di 253

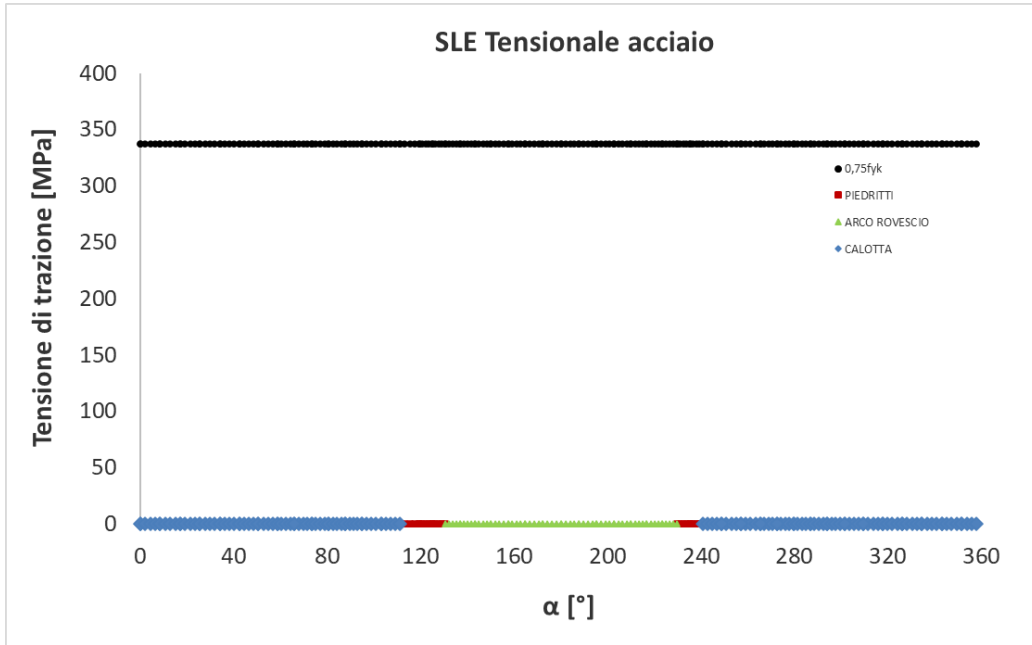


Figura 9-164 – Verifica tensioni acciaio DX

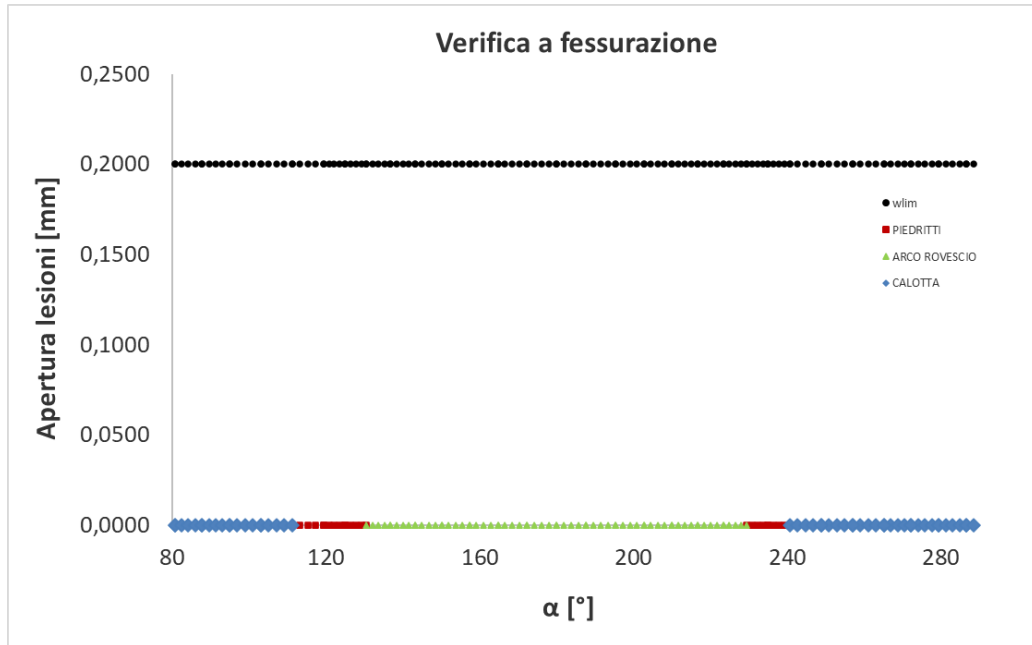


Figura 9-165 – Verifica a fessurazione SX

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO	
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMessa LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO. IBOU 1BEZZ CL GN0600001 C 203 di 253	

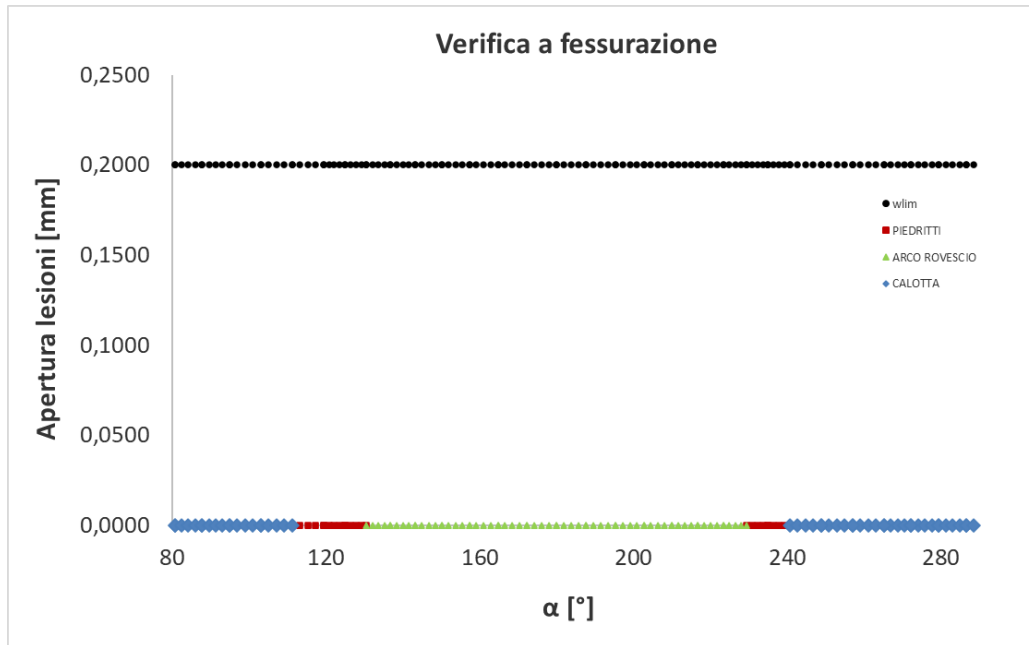


Figura 9-166 – Verifica a fessurazione DX

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"												
PROGETTAZIONE:														
Mandatario:	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>1BEZZ</td> <td>CL</td> <td>GN0600001</td> <td>C</td> <td>204 di 253</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	204 di 253
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.									
IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	204 di 253									
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo														

9.5.4.4. Verifica del rivestimento definitivo (Galleria di sfollamento Tipo A1)

Di seguito si riportano, sottoforma di diagrammi cartesiani, le verifiche previste per rivestimenti non armati secondo NTC2008 relative alla fase 16 (Lungo termine) per la galleria di sfollamento centrale.

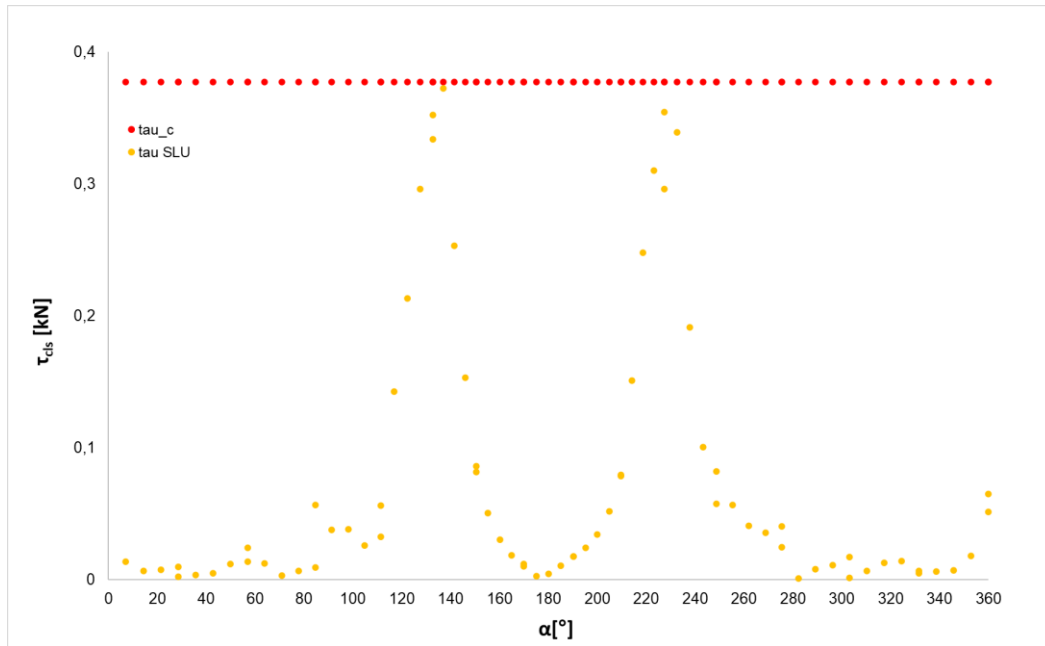


Figura 9-167 – Verifica a taglio ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione galleria di sfollamento Tipo A1

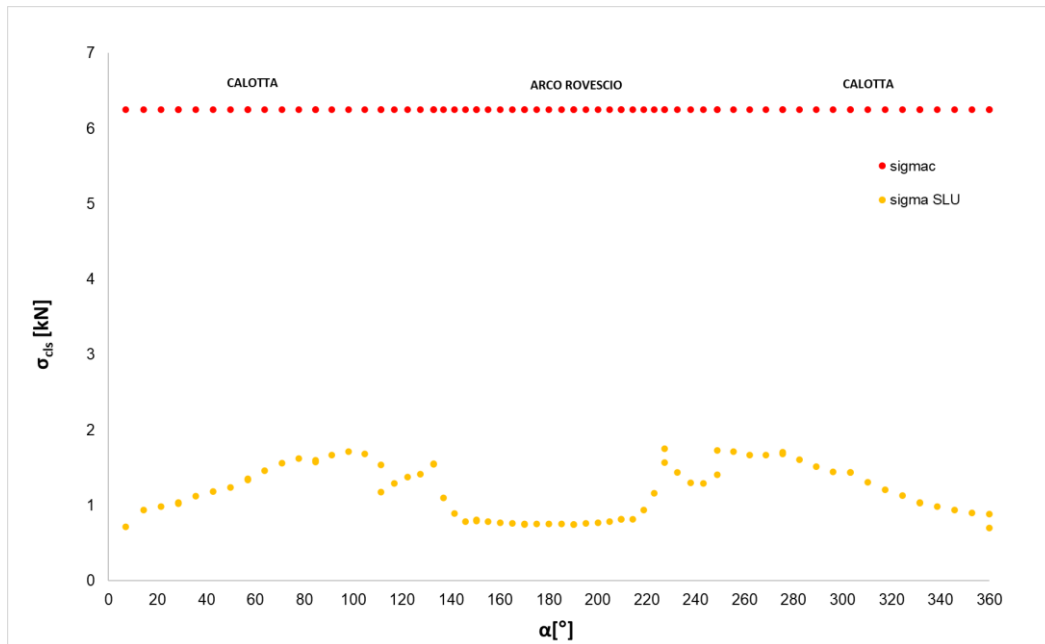


Figura 9-168 – Verifica sforzi normali ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione galleria di sfollamento Tipo A1

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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	205 di 253

9.5.4.5. Verifica dei bulloni radiali

Gli interventi radiali della sezione Camerone 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)	(kN)	(kN)	(-)	(-)	(-)
12+13 barre $\Phi 24^*$	51	6	1	1.1	350	540	450	1.15	1.1	1.6

*nel caso della sezione analizzata sono state considerati 10 bulloni radiali.

La massima sollecitazione agente sui bulloni è pari a:

$$N_d = N \cdot \gamma_g = 38.52 \cdot 1 \cdot 1.3 = 50 \text{ kN}$$

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 §9.4.2, 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=4.12**

La **resistenza a rottura** viene valutata come:

$$F_{Nd} = \frac{F_{yk}}{\gamma_s} = \frac{450}{1.15} = 177 \text{ kN}$$

Si ottiene quindi:

$$N_d \leq R_d$$

Con **FS=3.54**

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" PROGETTO ESECUTIVO												
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria													
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e 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>1BEZZ</td> <td>CL</td> <td>GN0600001</td> <td>C</td> <td>206 di 253</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	206 di 253
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.									
IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	206 di 253									

9.5.5 Sezione Camerone

9.5.5.1. 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 provvisorio e avanzamento tunnel (fase 10).

Il rivestimento di prima fase della sezione B1 è caratterizzato dalla presenza di uno strato di spritz-beton di spessore pari a 0.3 m e centine accoppiate 2IPN200 a passo 1m.

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 entrambi gli elementi che costituiscono il rivestimento provvisorio.

La figura sottostante mostra 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.

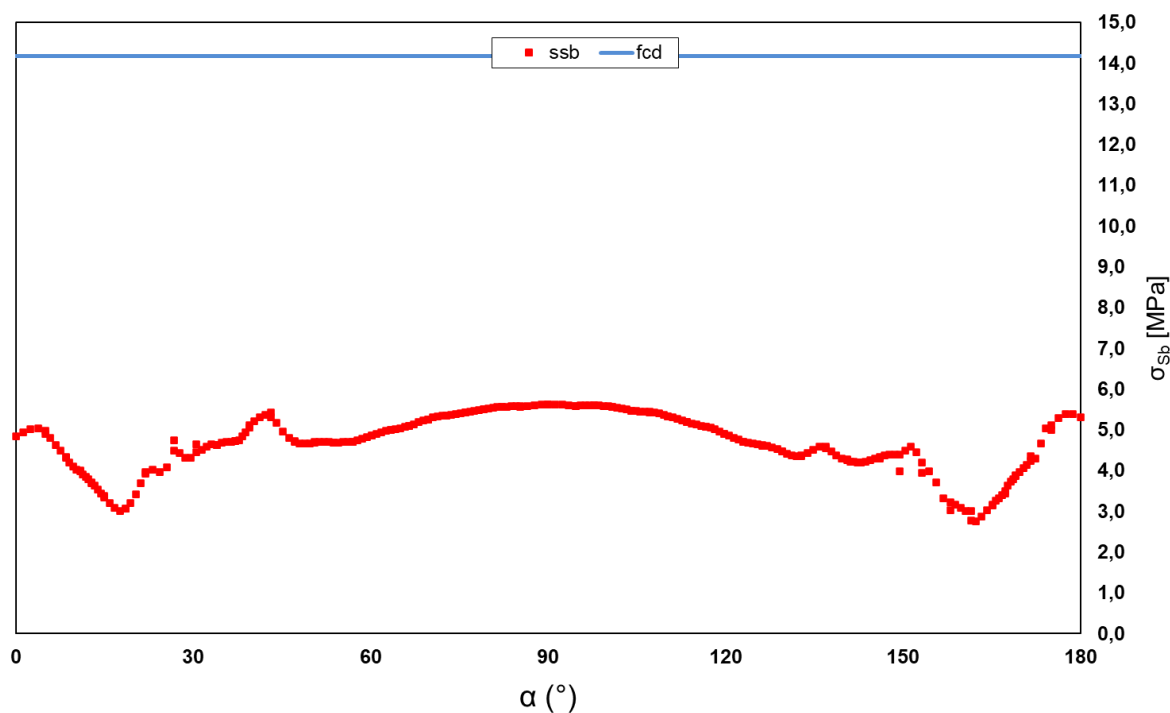


Figura 9-169– Verifica SLU per lo spritz-beton – Sezione Camerone

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 207 di 253

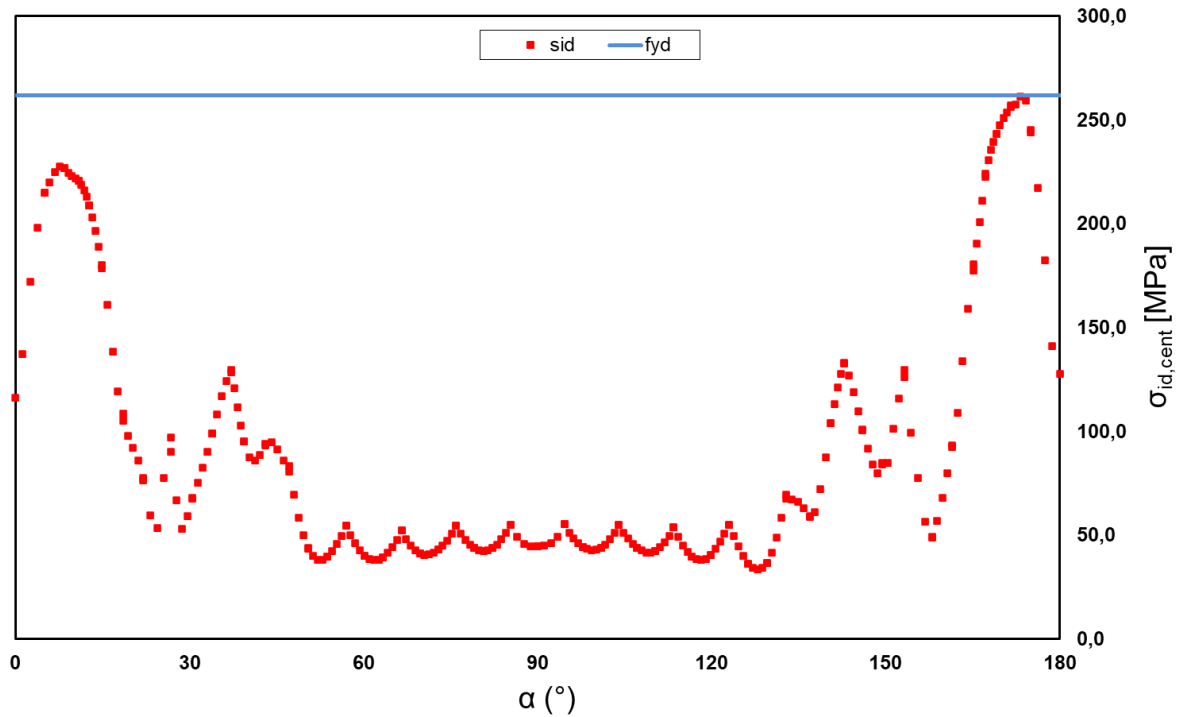


Figura 9-170-Verifica SLU per le centine – Sezione Camerone

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 208 di 253

9.5.5.2. 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 §9.4 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	1.1 m	Φ14/20	Φ14/20	Φ10/20x40
Murette	25/30	1.2 m	Φ20/20	Φ20/20	Φ10/20x40
Arco rovescio	25/30	1.2 m	Φ20/20	Φ20/20	Φ10/20x40

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.

Le verifiche a pressoflessione vengono invece riportate in termini di dominio ultimo, mostrando come ciascuna coppia di punti (M; N) sia interna al dominio.

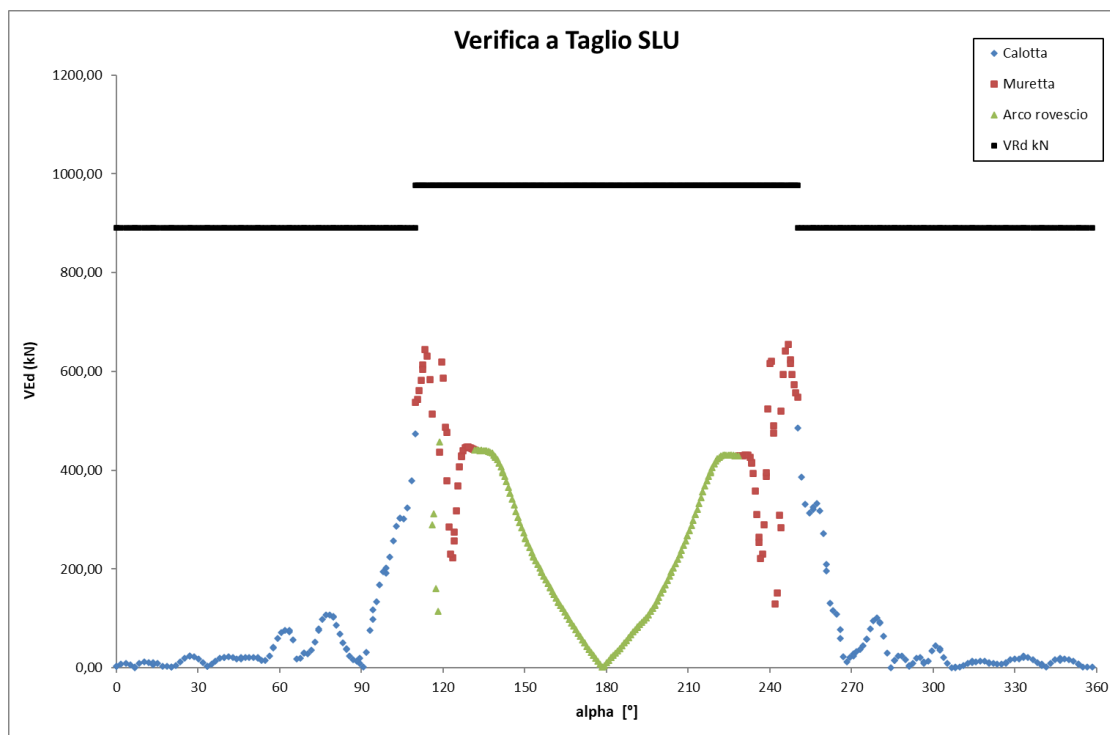


Figura 9-171- Verifica a taglio rivestimento definitivo

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 209 di 253

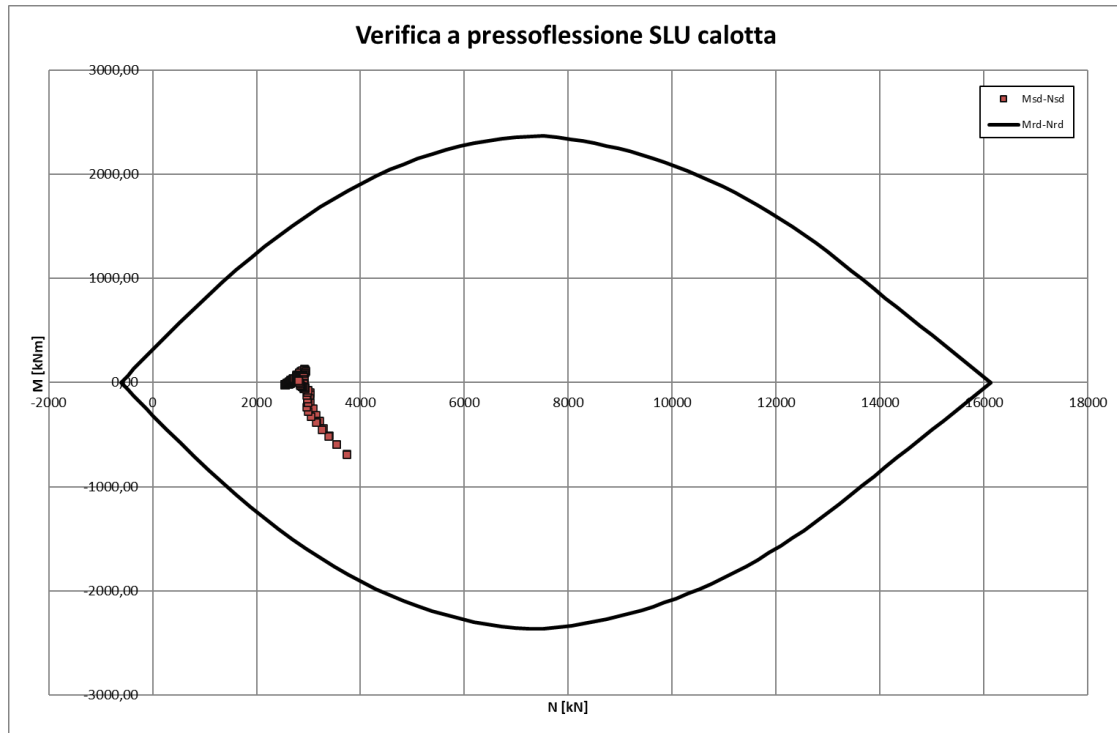


Figura 9-172- Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo Calotta– Coppie (M;N)

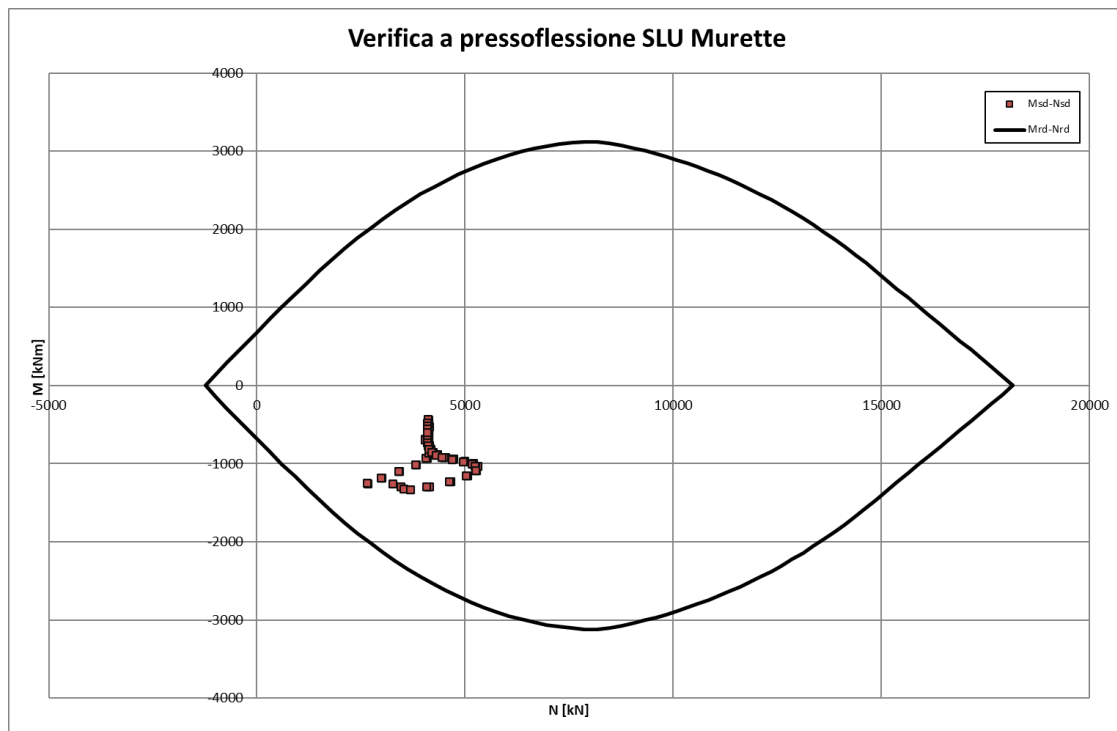


Figura 9-173- Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo murette– Coppie (M;N)

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 210 di 253

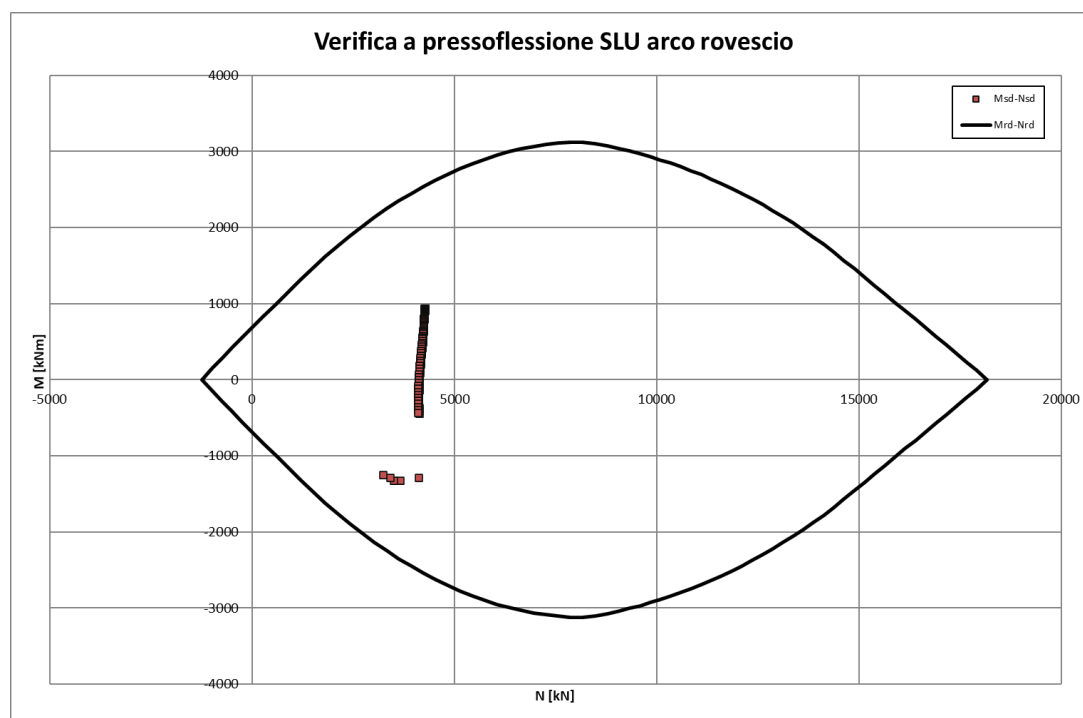


Figura 9-174- Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo arco rovescio – Coppie (M;N)

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 .

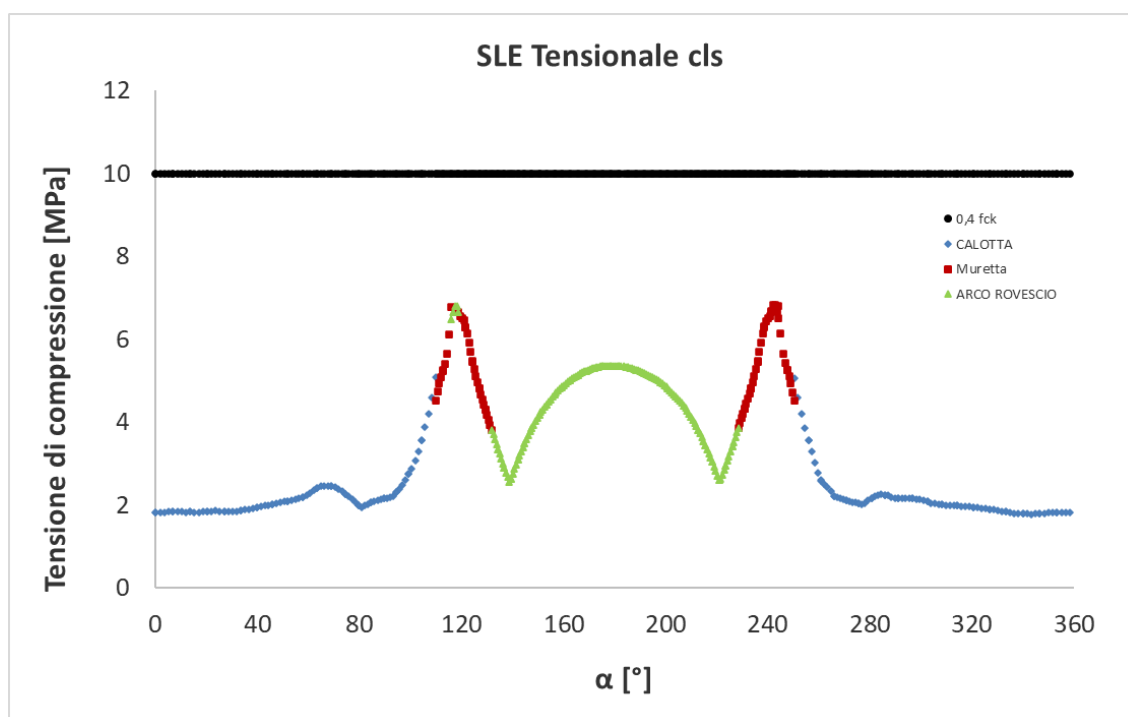


Figura 9-175- Verifica tensioni calcestruzzo

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	211 di 253

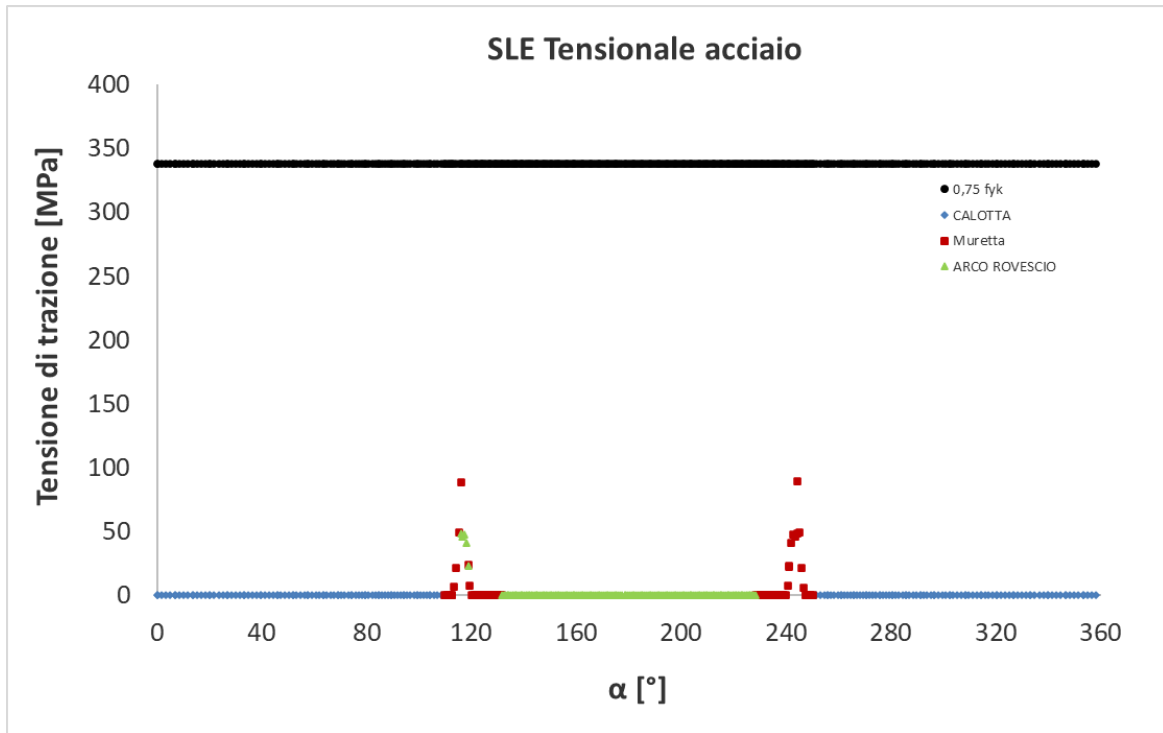


Figura 9-176 – Verifica tensioni acciaio

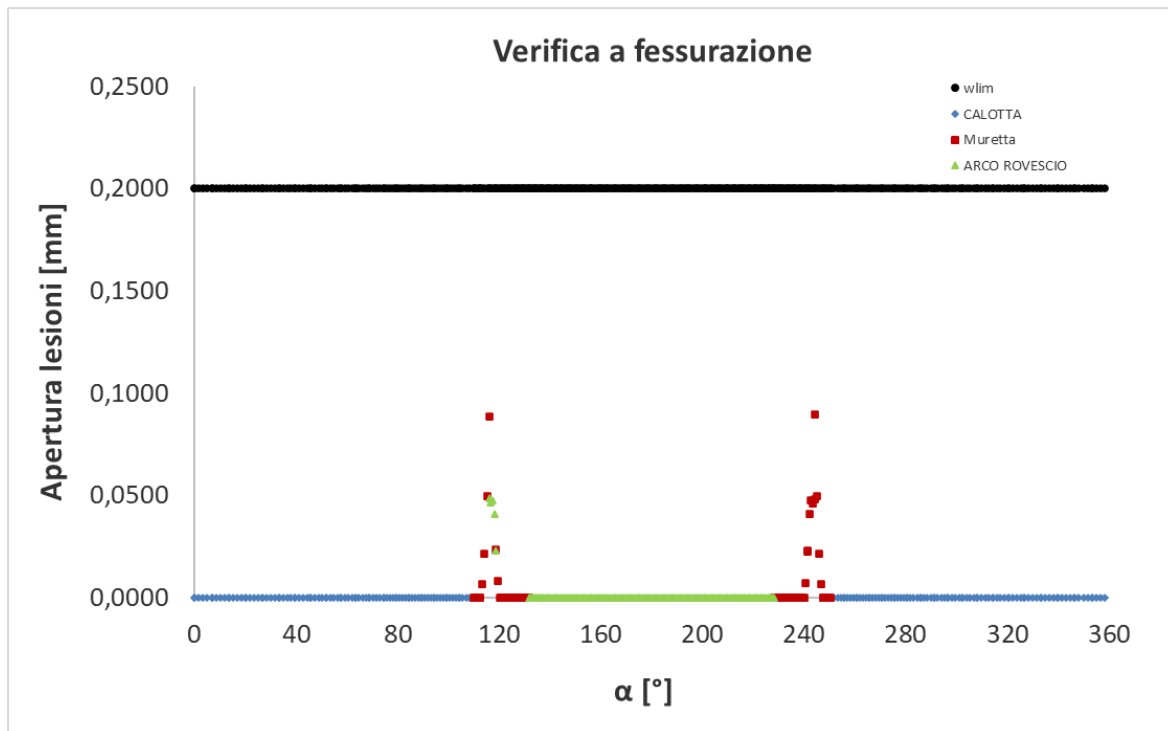


Figura 9-177 – Verifica tensioni calcestruzzo

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 Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 212 di 253

9.5.5.3. Verifica dei bulloni radiali

Gli interventi radiali della sezione Camerone 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)	(kN)	(kN)	(-)	(-)	(-)
12+13 barre $\Phi 24^*$	51	6	1	1.1	350	540	450	1.15	1.1	1.6

*nel caso della sezione analizzata sono state considerati 10 bulloni radiali.

La massima sollecitazione agente sui bulloni è pari a:

$$N_d = N \cdot \gamma_g = 87.71 \cdot 1.3 = 114 \text{ kN}$$

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 §9.4.2, 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=1.8**

La **resistenza a rottura** viene valutata come:

$$F_{Nd} = \frac{F_{yk}}{\gamma_s} = \frac{450}{1.15} = 177 \text{ kN}$$

Si ottiene quindi:

$$N_d \leq R_d$$

Con **FS=1.55**

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"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST			
	M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	213 di 253

9.5.6 Sezione della galleria di sfollamento – Tipo A1

Per completezza, oltre alle verifiche del tunnel di sfollamento, si riportano anche le verifiche della galleria principale, corrispondente alla sezione corrente di tipo A1 della galleria Gardena. Per ulteriori dettagli si rimanda alla relativa relazione di calcolo.

9.5.6.1. Verifica del rivestimento provvisorio (galleria principale)

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 centrale (fase 13).

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 centine accoppiate 2IPN180 a passo 1.4 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 entrambi gli elementi che costituiscono il rivestimento provvisorio.

La figura sottostante mostra 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.

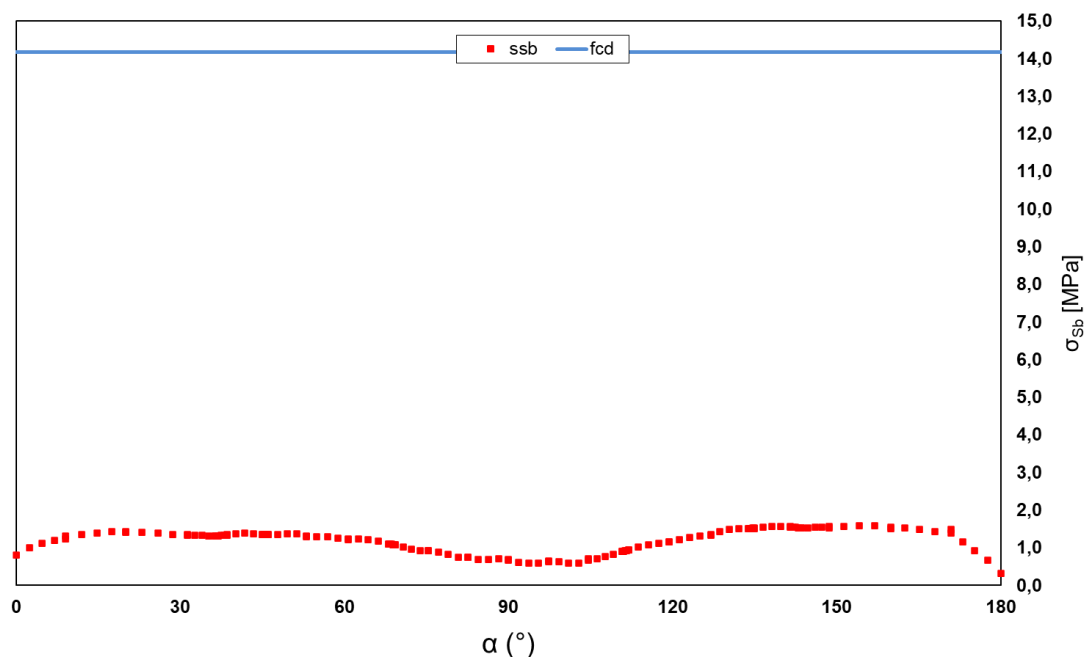


Figura 9-178 – Verifica SLU per lo spritz-beton – Sezione Tipo A1 galleria Gardena -SX

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 Finestra Funes - Relazione geotecnica e 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>1BEZZ</td> <td>CL</td> <td>GN0600001</td> <td>C</td> <td>214 di 253</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	214 di 253	
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.									
IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	214 di 253									

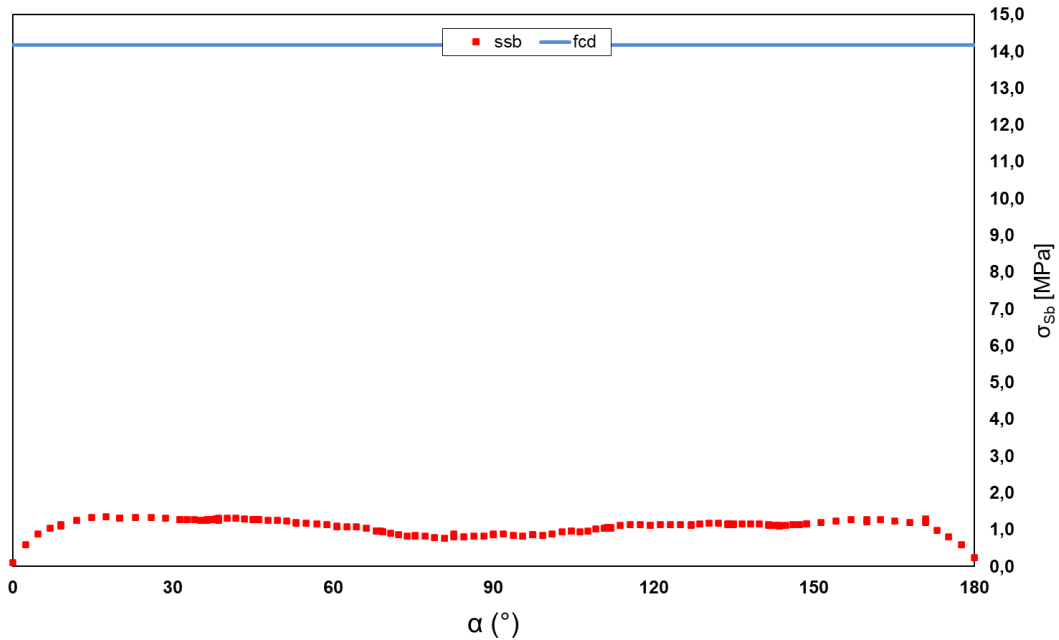


Figura 9-179 – Verifica SLU per lo spritz-beton – Sezione Tipo A1 galleria Gardena -DX

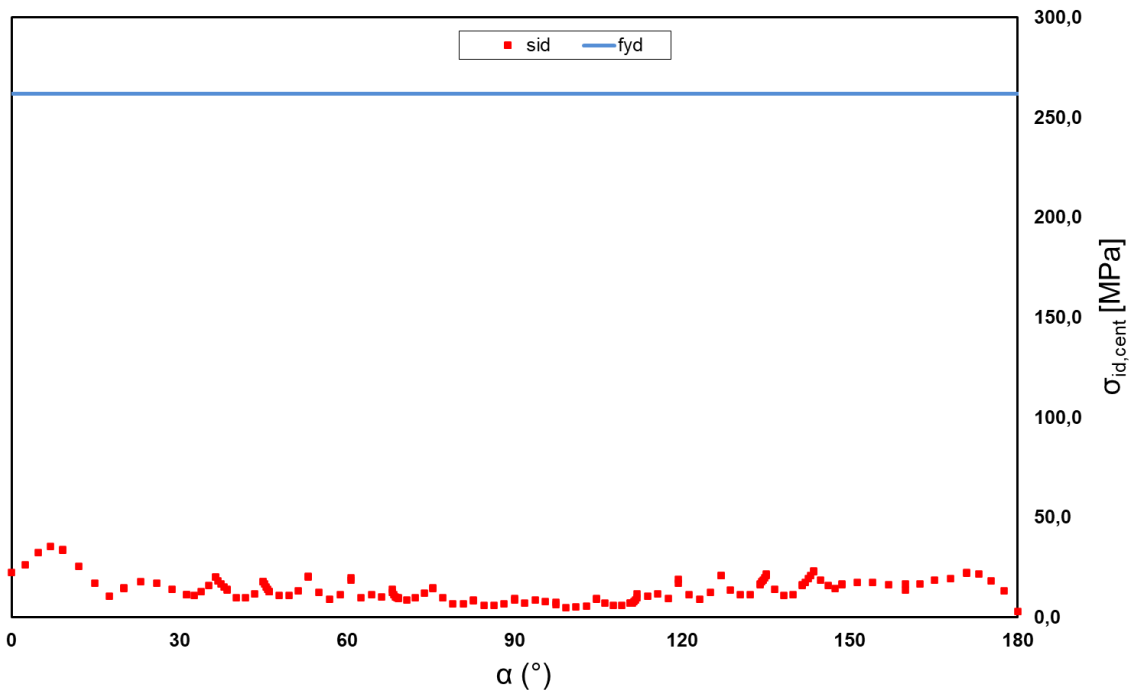


Figura 9-180 – Verifica SLU per le centine – Sezione Tipo A1 galleria Gardena -SX

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	215 di 253

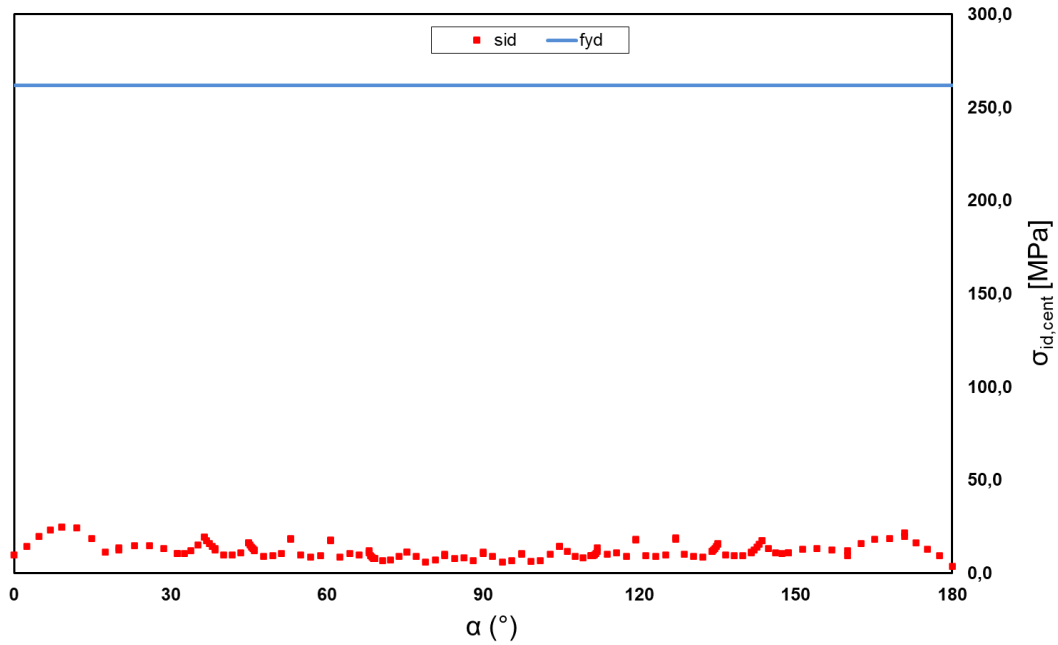


Figura 9-181 – Verifica SLU per le centine – Sezione Tipo A1 galleria Gardena-DX

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					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	216 di 253

9.5.6.2. Verifica del rivestimento provvisorio (Galleria di sfollamento)

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 centrale (fase 13).

Il rivestimento di prima fase della sezione A1 è caratterizzato dalla presenza di uno strato di spritz-beton di spessore pari a 0.2 m e centine accoppiate 2IPN160 a passo 1.0 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.

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.

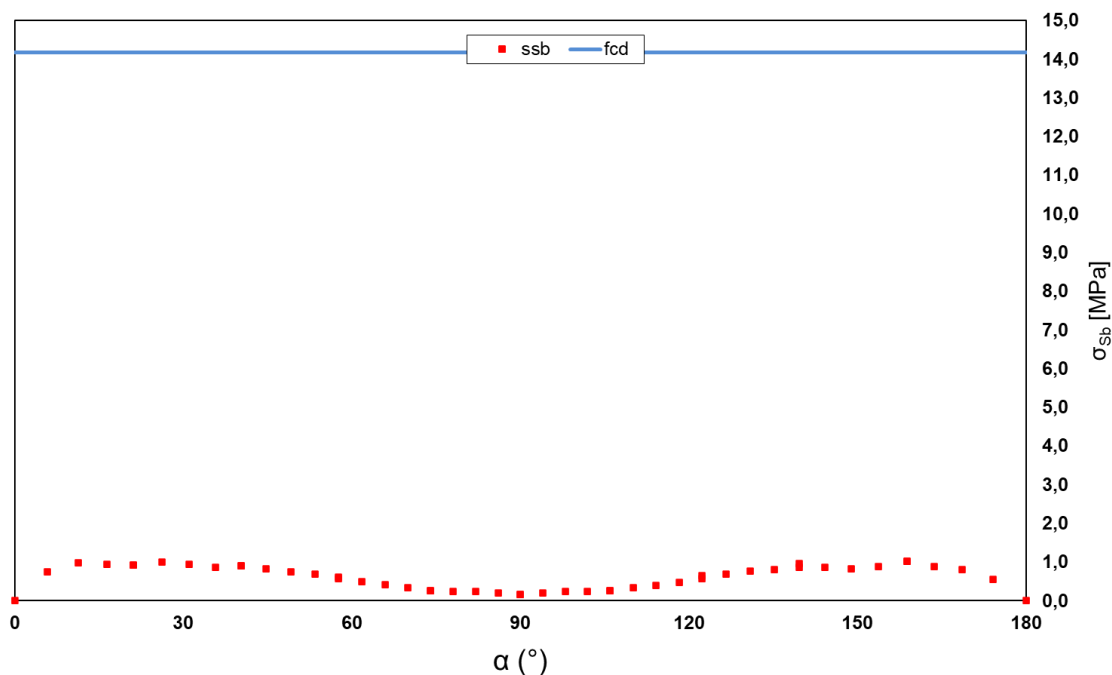


Figura 9-182 – Verifica SLU per compressione per lo spritz-beton – Sezione Tipo A1 sfollamento

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO 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 Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 217 di 253

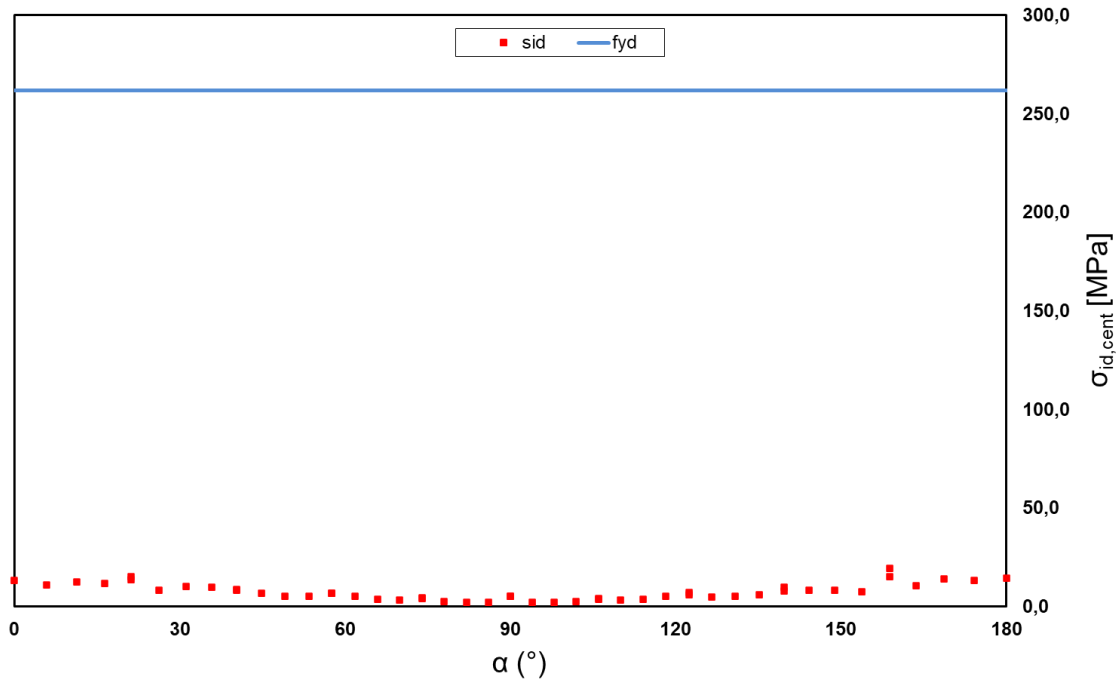


Figura 9-183 – Verifica SLU per compressione per le centine – Sezione Tipo A1 sfollamento

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 218 di 253

9.5.6.3. Verifica del rivestimento definitivo (Galleria principale)

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 §9.4 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	0.6 m	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 15 (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.

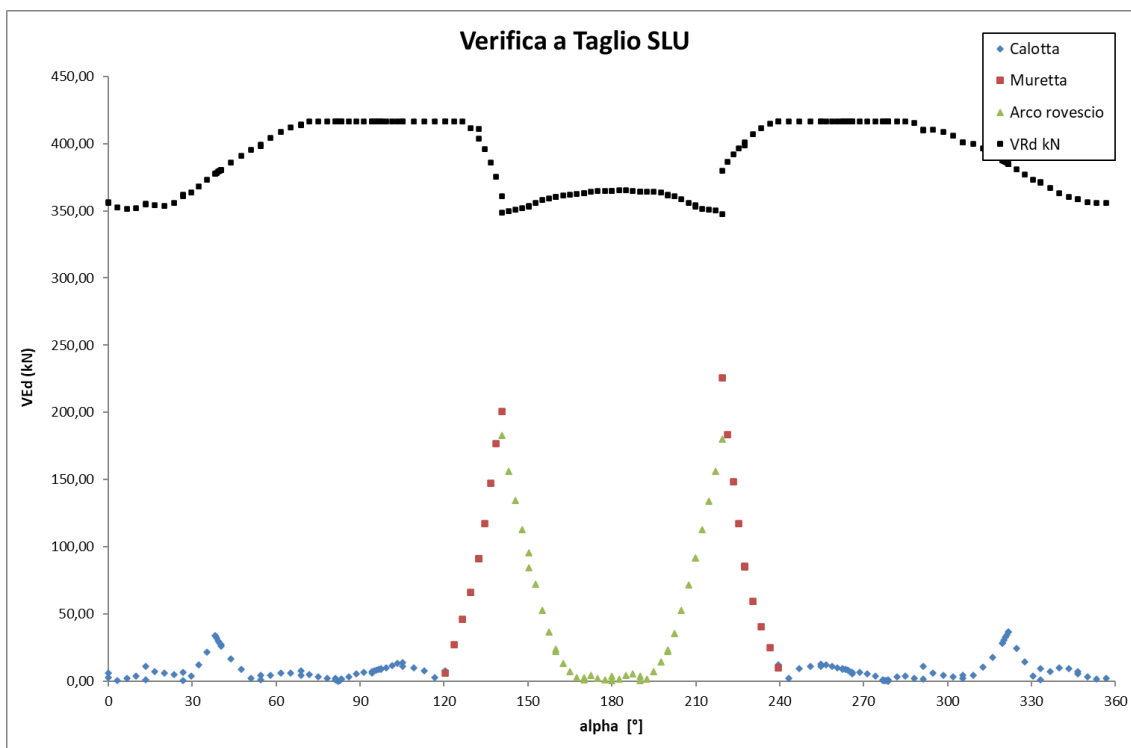


Figura 9-184 – Verifica a taglio rivestimento definitivo SX

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"												
PROGETTAZIONE:														
Mandatario:	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>1BEZZ</td> <td>CL</td> <td>GN0600001</td> <td>C</td> <td>219 di 253</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	219 di 253
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.									
IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	219 di 253									
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo														

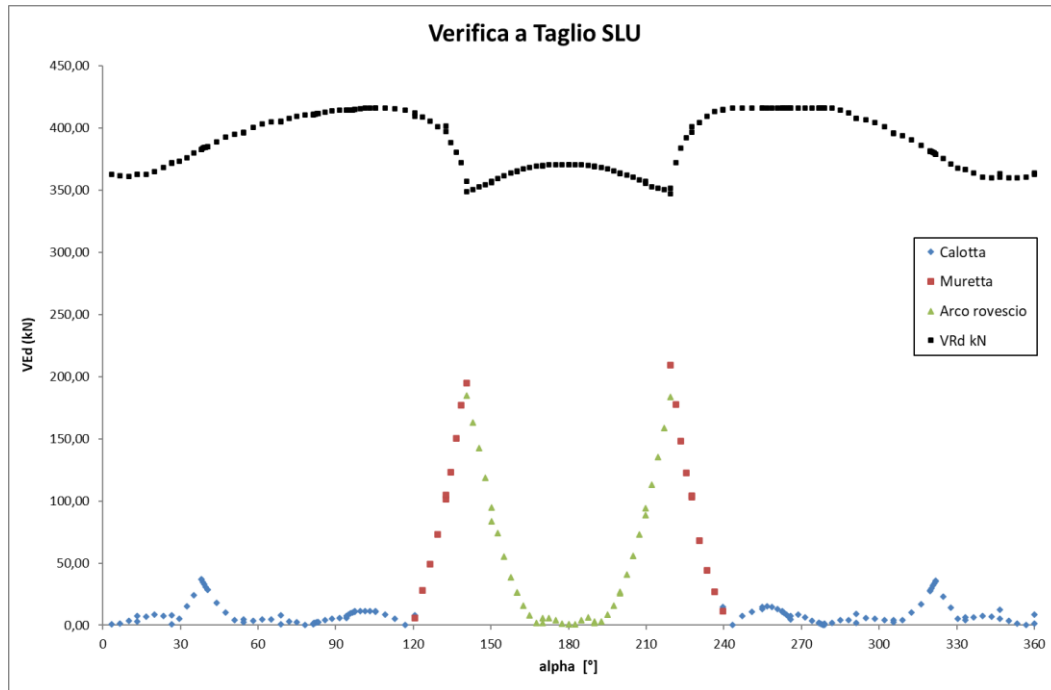


Figura 9-185 – Verifica a taglio rivestimento definitivo DX

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 220 di 253

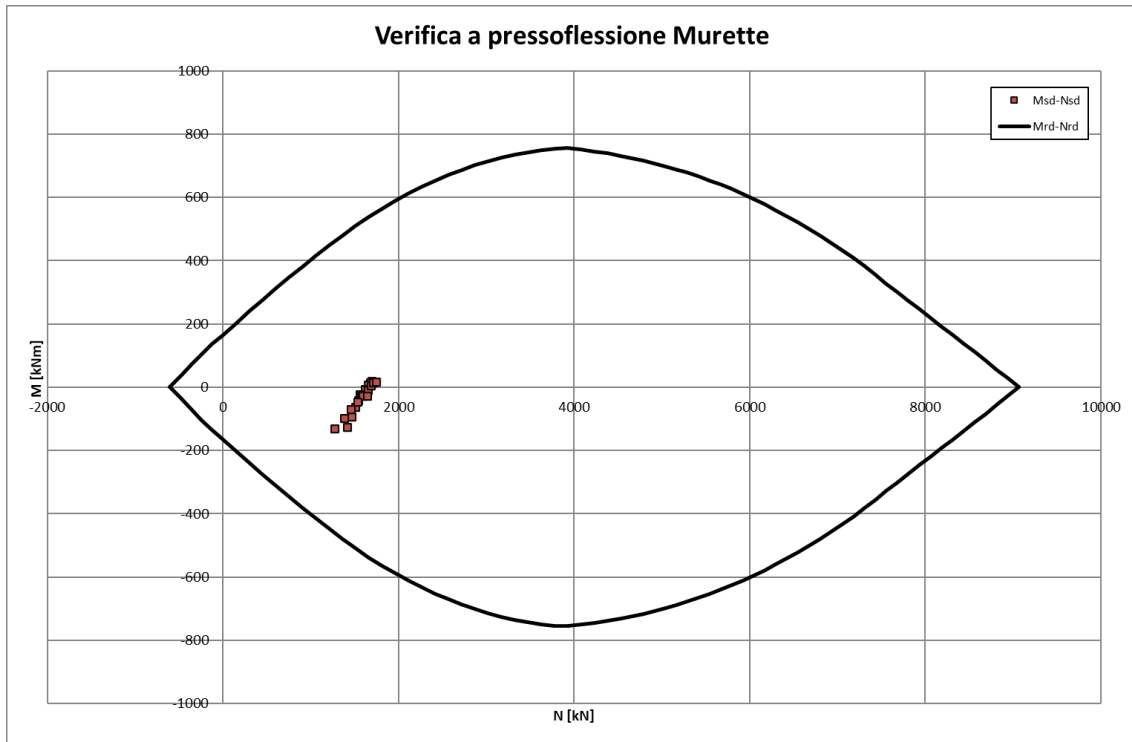


Figura 9-186 – Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo murette– Coppie (M;N)-SX

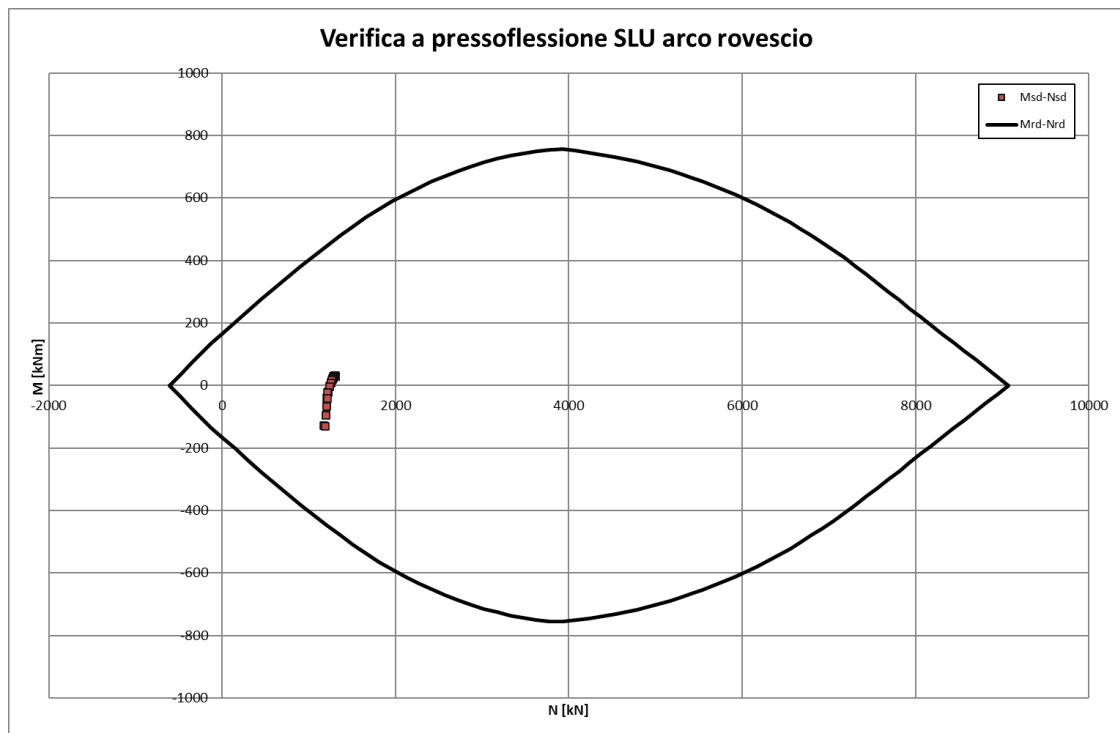


Figura 9-187 – Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo arco rovescio – Coppie (M;N) -SX

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 221 di 253

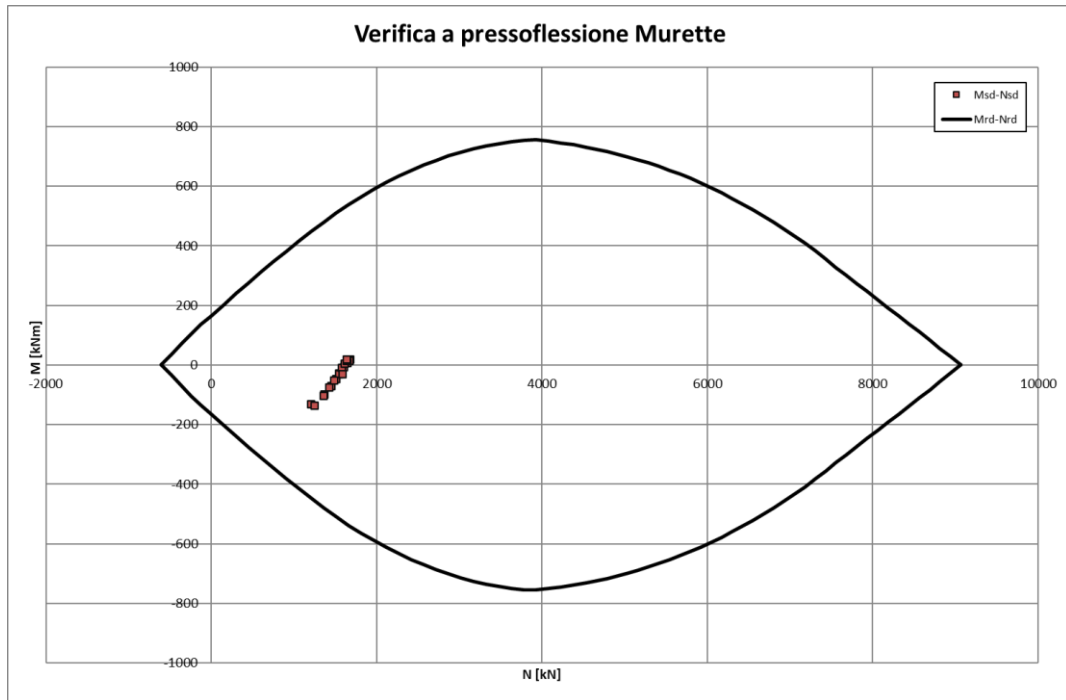


Figura 9-188 – Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo murette– Coppie (M;N)-DX

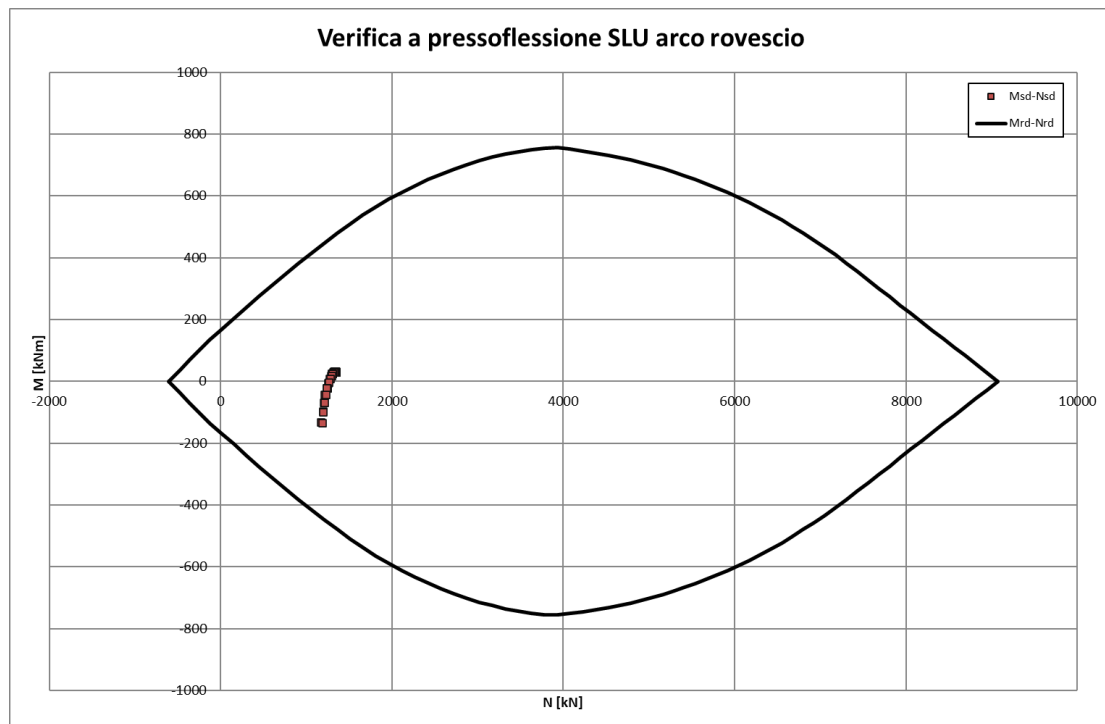


Figura 9-189 – Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo arco rovescio – Coppie (M;N) -DX

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 222 di 253

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 .

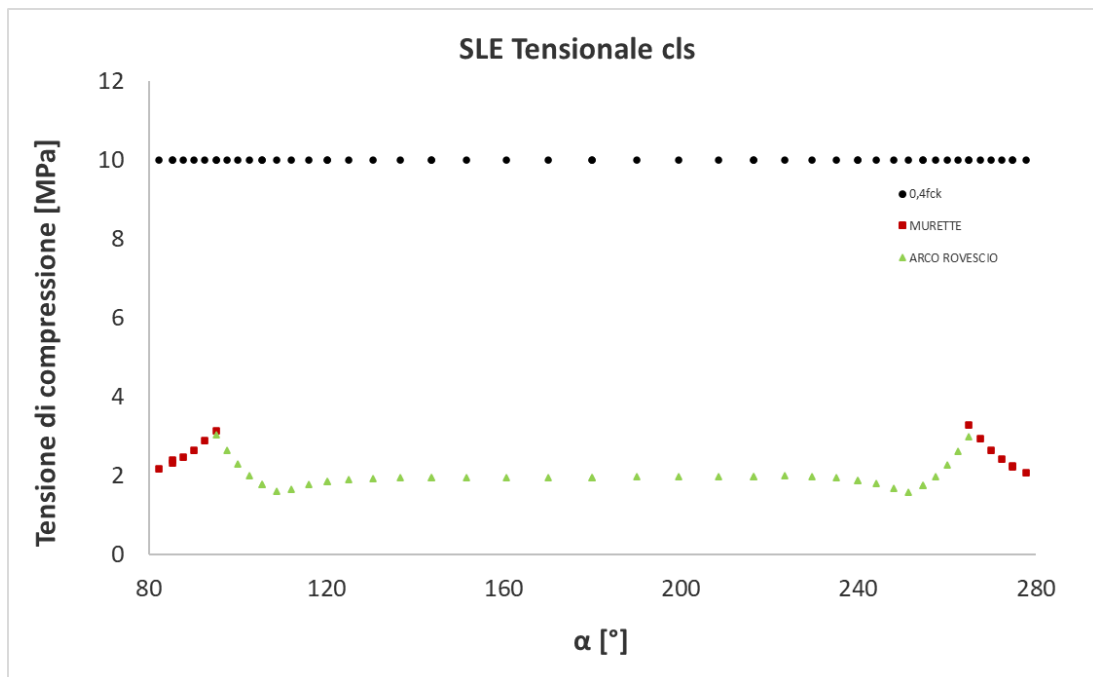


Figura 9-190 – Verifica tensioni calcestruzzo SX

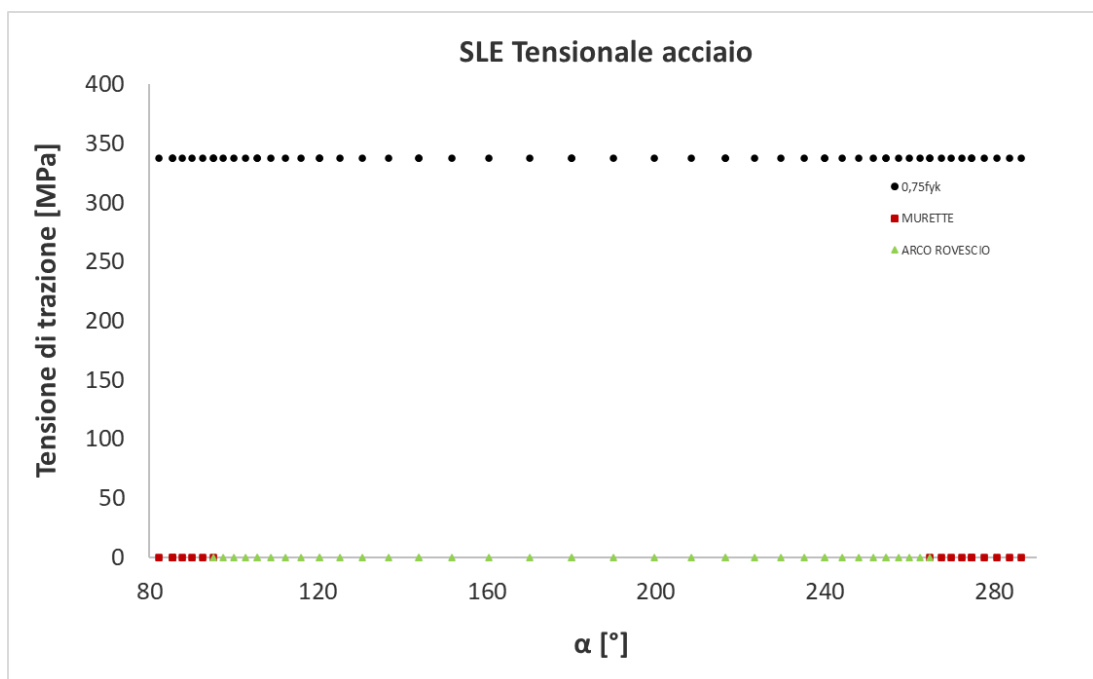


Figura 9-191 – Verifica tensioni acciaio SX

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.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	223 di 253

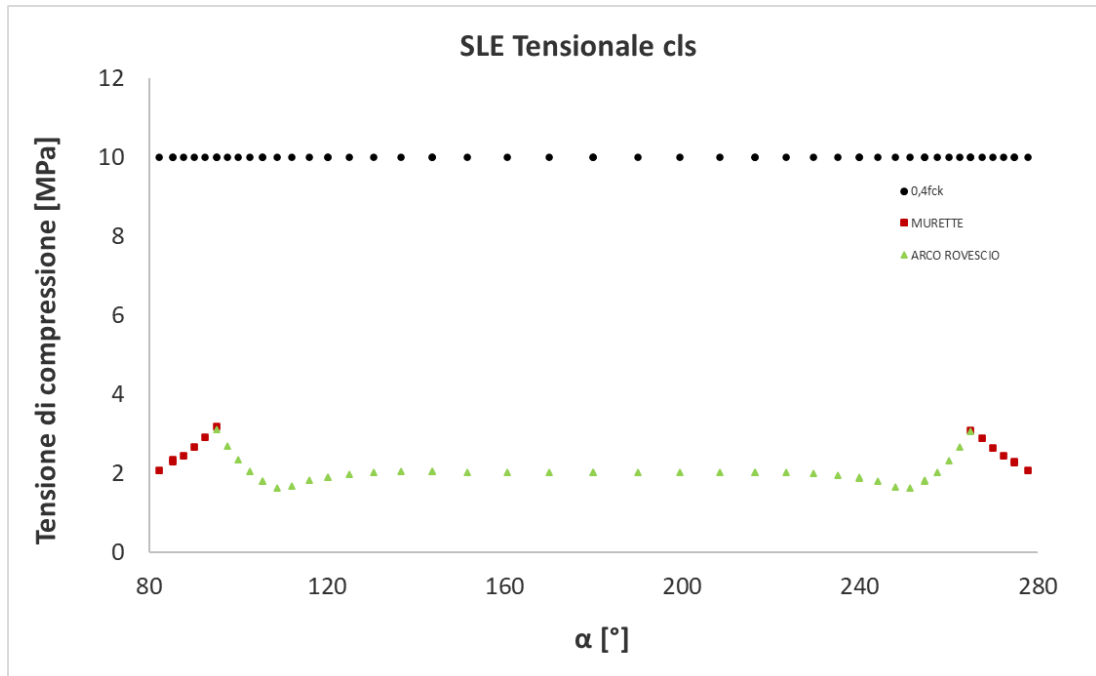


Figura 9-192 – Verifica tensioni calcestruzzo DX

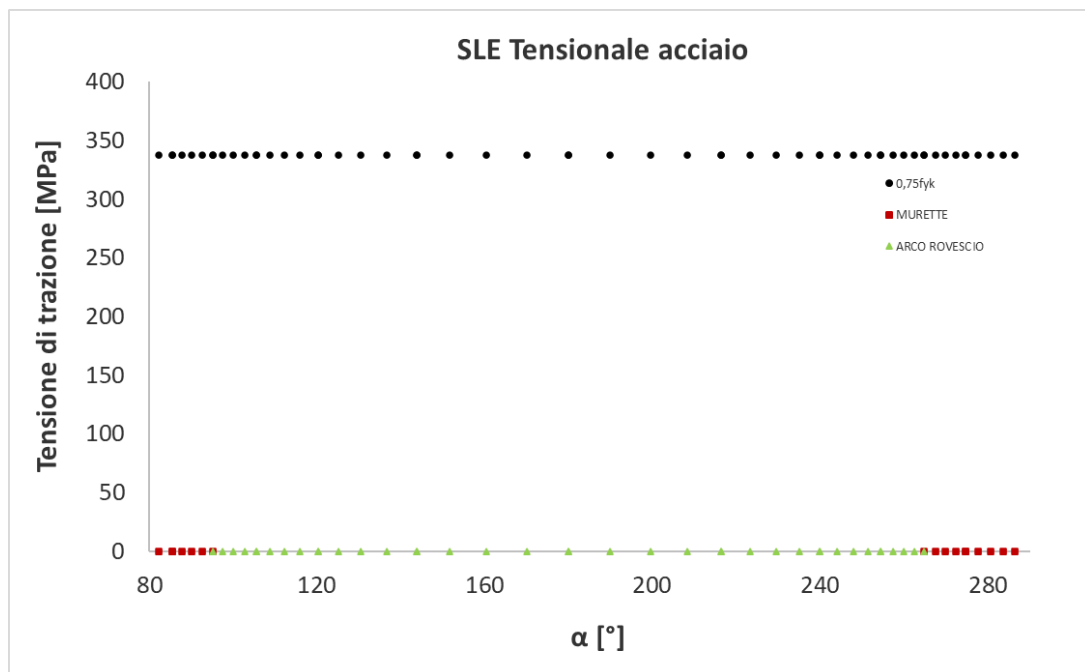


Figura 9-193 – Verifica tensioni acciaio DX

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:						
Mandataria:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	224 di 253

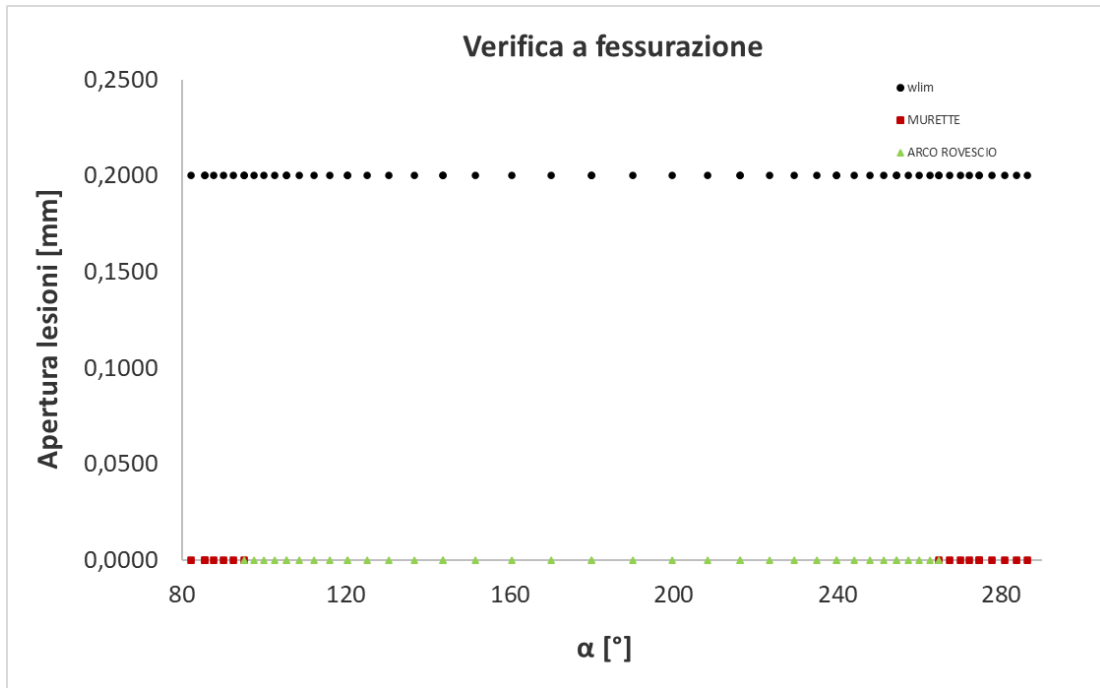


Figura 9-194 – Verifica a fessurazione SX

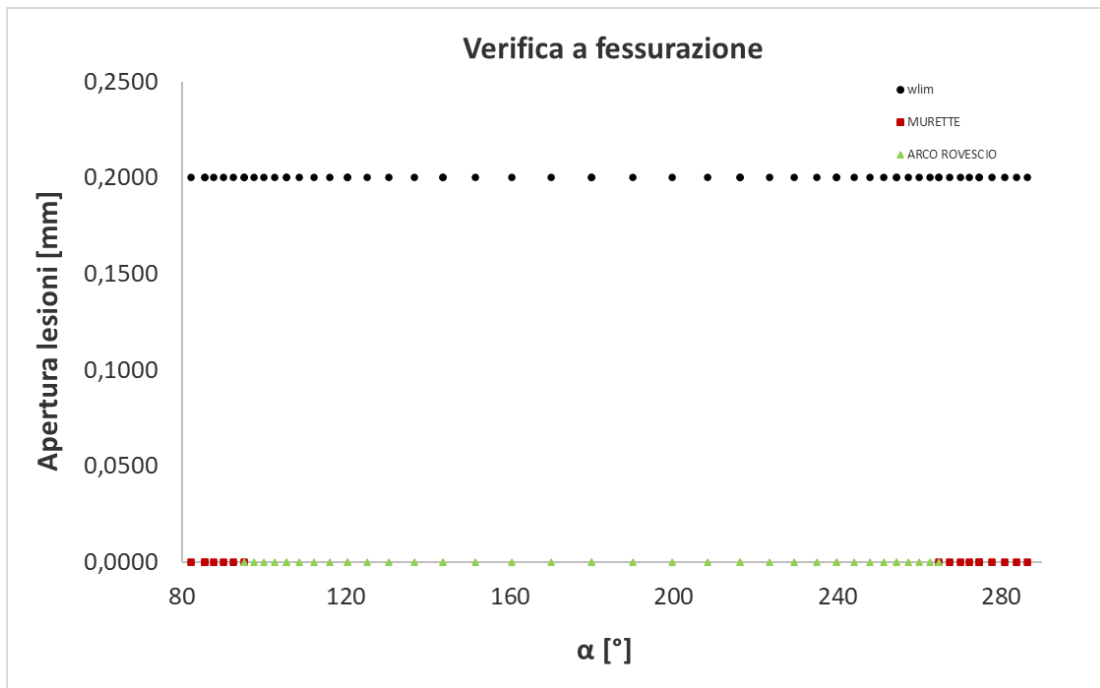


Figura 9-195 – Verifica a fessurazione DX

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 225 di 253

Di seguito si riportano, sottoforma di diagrammi cartesiani, le verifiche previste per rivestimenti non armati secondo NTC2008 relative alla fase 15 (Lungo termine) per entrambe le canne.

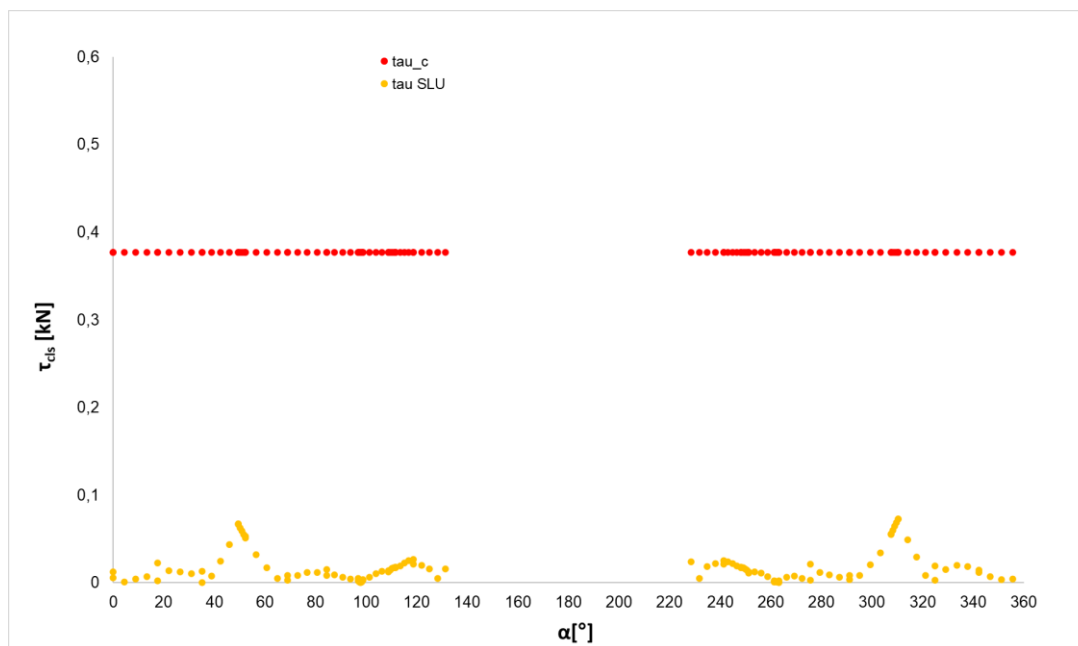


Figura 9-196 – Verifica a taglio ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A1-SX

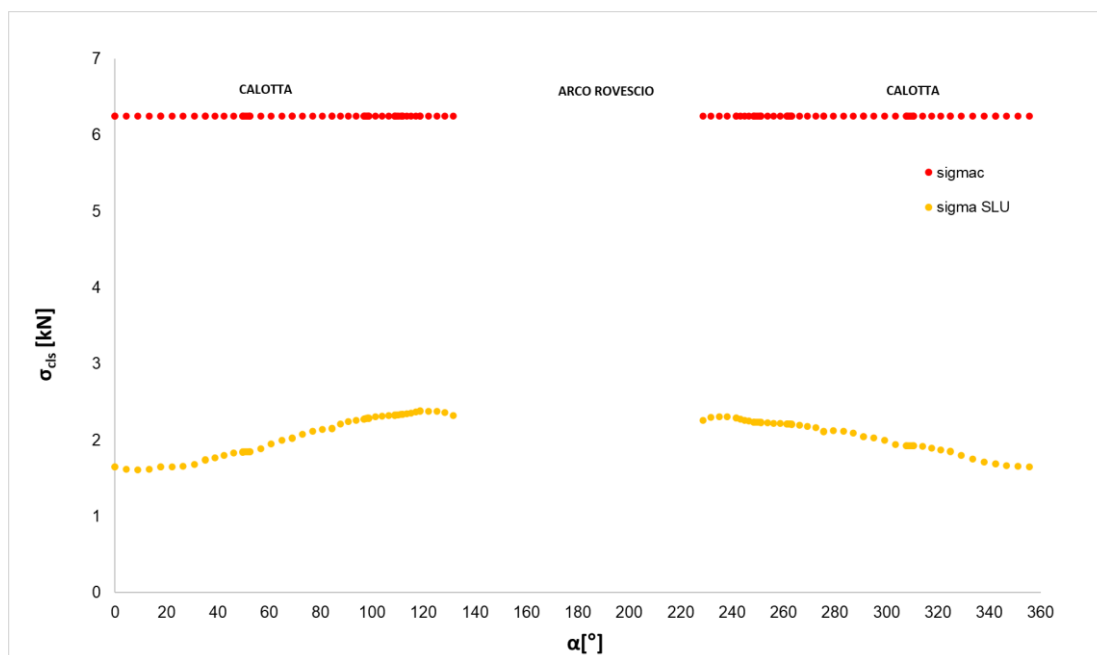


Figura 9-197 – Verifica sforzi normali ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A1-SX

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 226 di 253

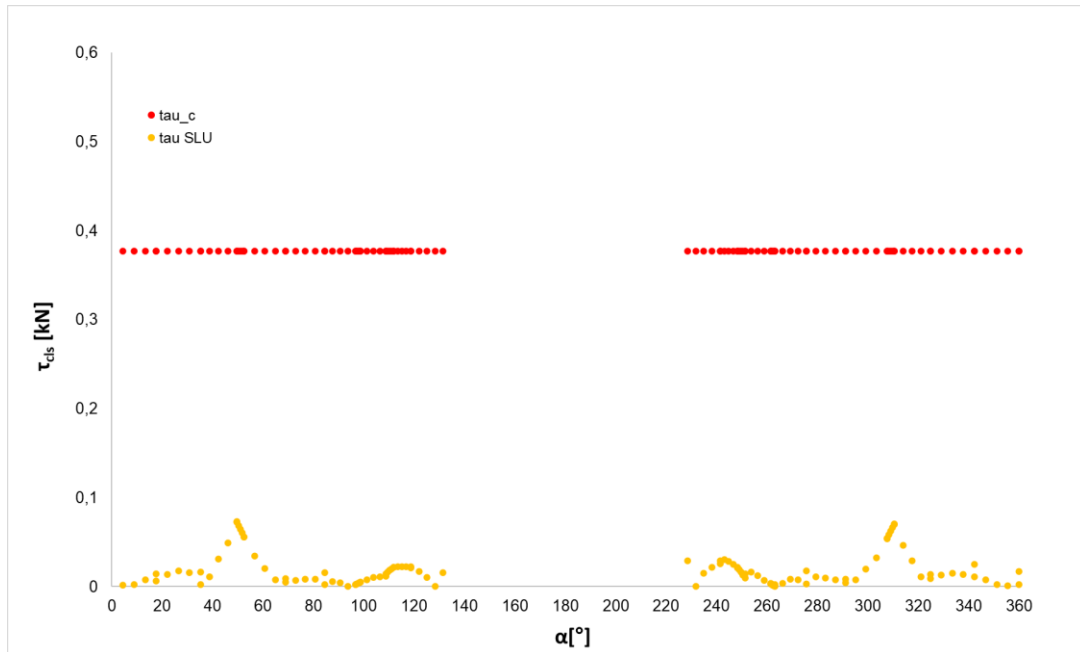


Figura 9-198 – Verifica a taglio ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A1-DX

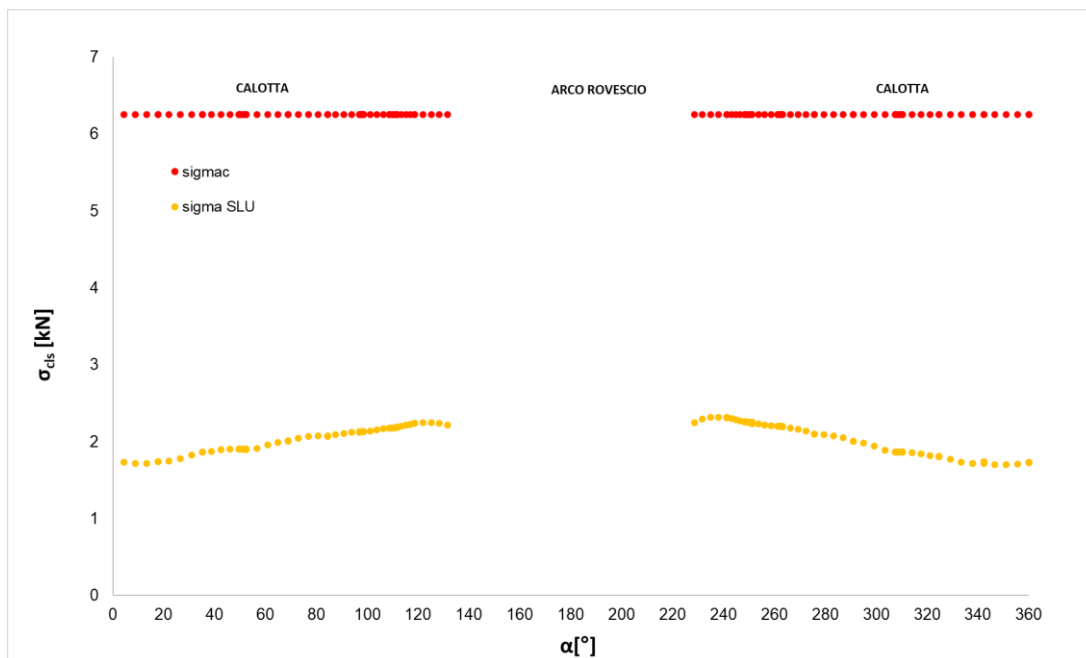


Figura 9-199 – Verifica sforzi normali ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A1- DX

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 227 di 253

9.5.6.4. Verifica del rivestimento definitivo (Galleria di sfollamento)

Di seguito si riportano, sottoforma di diagrammi cartesiani, le verifiche previste per rivestimenti non armati secondo NTC2008 relative alla fase 15 (Lungo termine) per la galleria di sfollamento centrale.

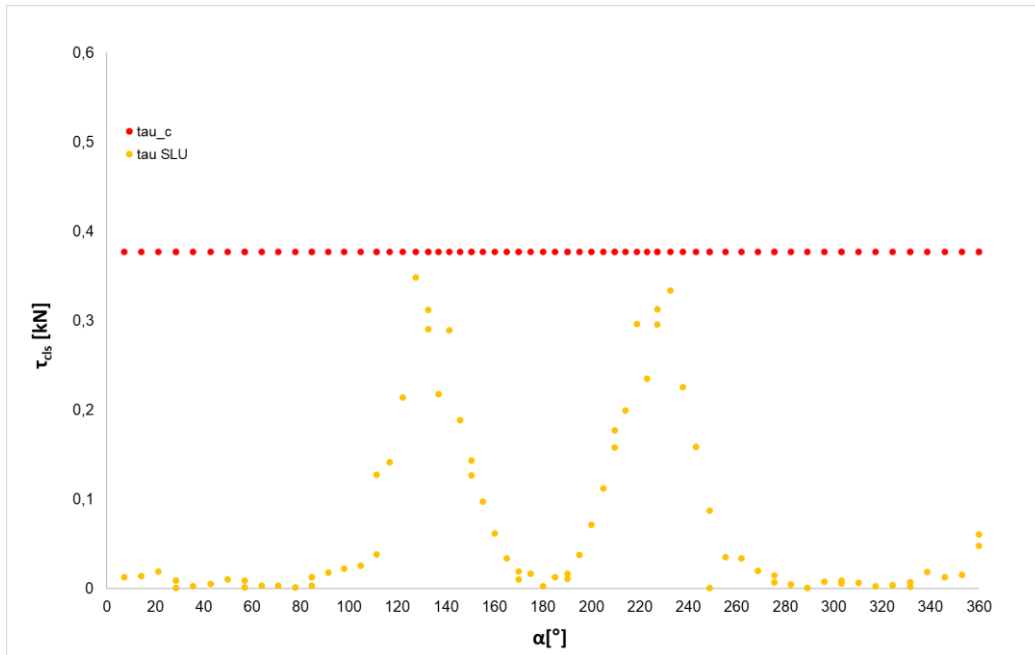


Figura 9-200 – Verifica a taglio ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A1

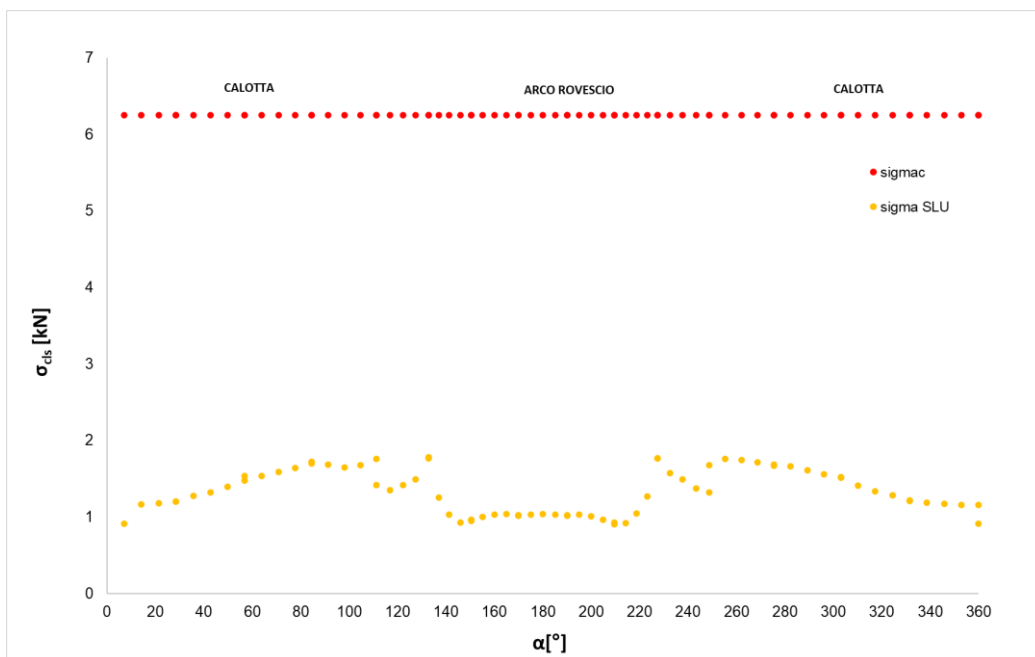


Figura 9-201 – Verifica sforzi normali ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo A1

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	228 di 253

9.5.7 Sezione della galleria di sfollamento – Tipo B1

Per completezza, oltre alle verifiche del tunnel di sfollamento, si riportano anche le verifiche della galleria principale, corrispondente alla sezione corrente di tipo B1 della galleria Gardena. Per ulteriori dettagli si rimanda alla relativa relazione di calcolo.

9.5.7.1. Verifica del rivestimento provvisorio (Galleria principale)

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 centrale (fase 13).

Il rivestimento di prima fase della sezione B1 è caratterizzato dalla presenza di uno strato di spritz-beton di spessore pari a 0.3 m e centine accoppiate 2IPN180 a passo 1.0 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 entrambi gli elementi che costituiscono il rivestimento provvisorio.

La figura sottostante mostra 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.

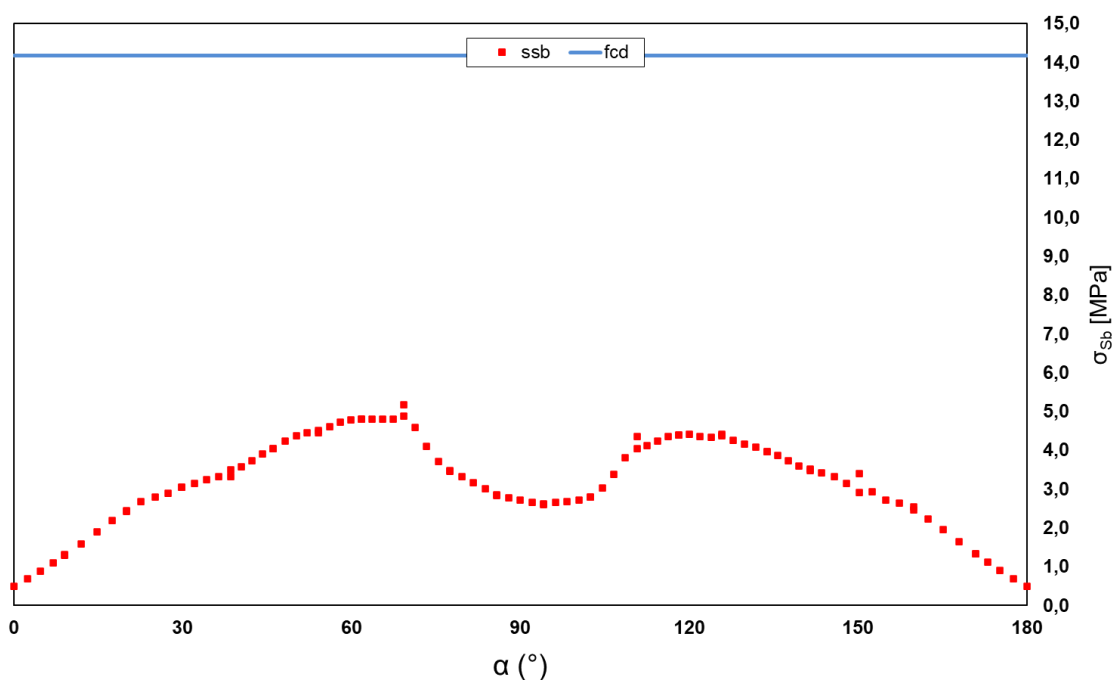


Figura 9-202 - Verifica SLU per lo spritz-beton – Sezione Tipo B1 galleria Gardena -SX

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 GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria		
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMessa LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO. IBOU 1BEZZ CL GN0600001 C 229 di 253	

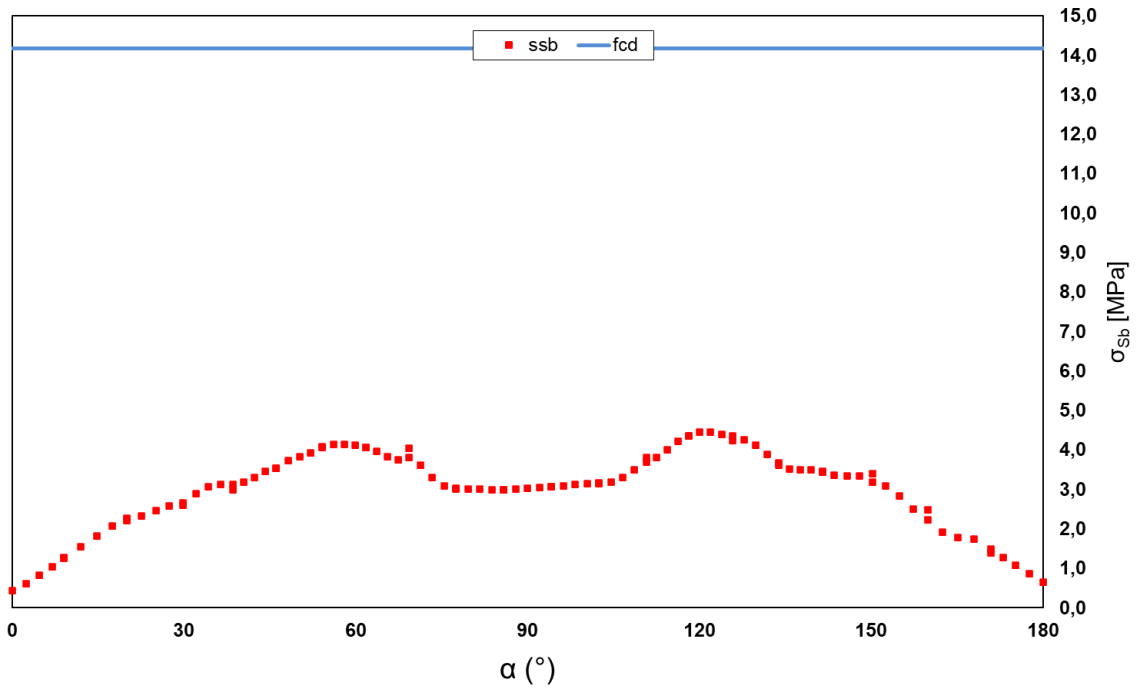


Figura 9-203-Verifica SLU per lo spritz-beton – Sezione Tipo B1 galleria Gardena -DX

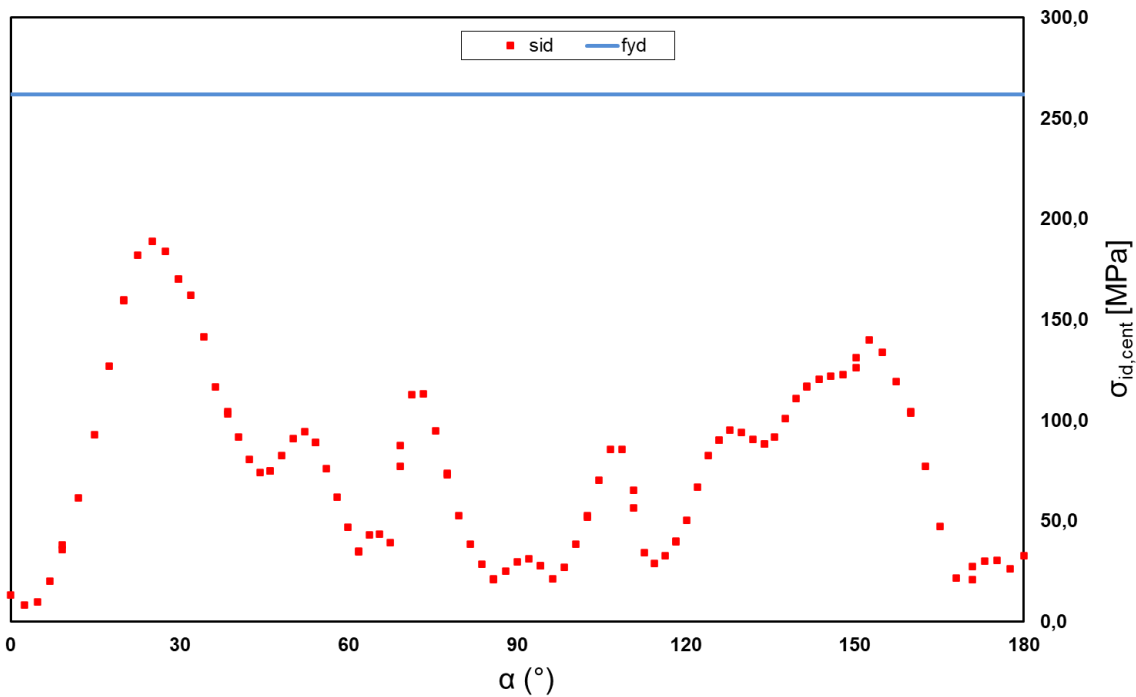


Figura 9-204-Verifica SLU per le centine – Sezione Tipo B1 galleria Gardena -SX

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:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	230 di 253

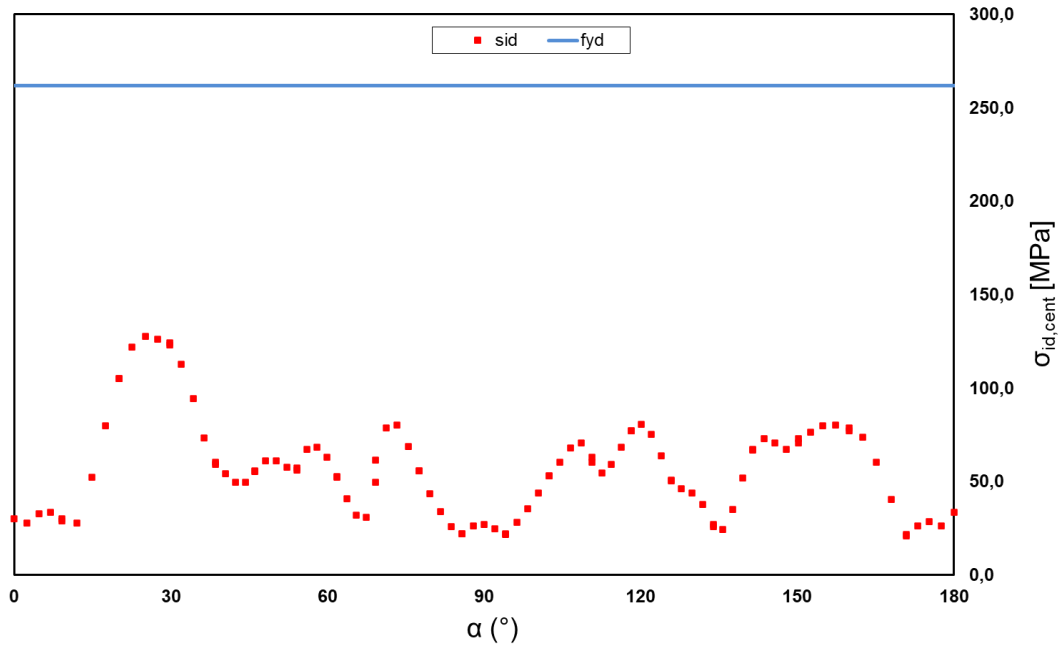


Figura 9-205 - Verifica SLU per le centine – Sezione Tipo B1 galleria Gardena -DX

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					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	231 di 253

9.5.7.2. Verifica del rivestimento provvisorio (Galleria di sfollamento)

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 centrale (fase 13).

Il rivestimento di prima fase della sezione B1 è caratterizzato dalla presenza di uno strato di spritz-beton di spessore pari a 0.25 m e centine accoppiate 2IPN160 a passo 1.0 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 dello 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.

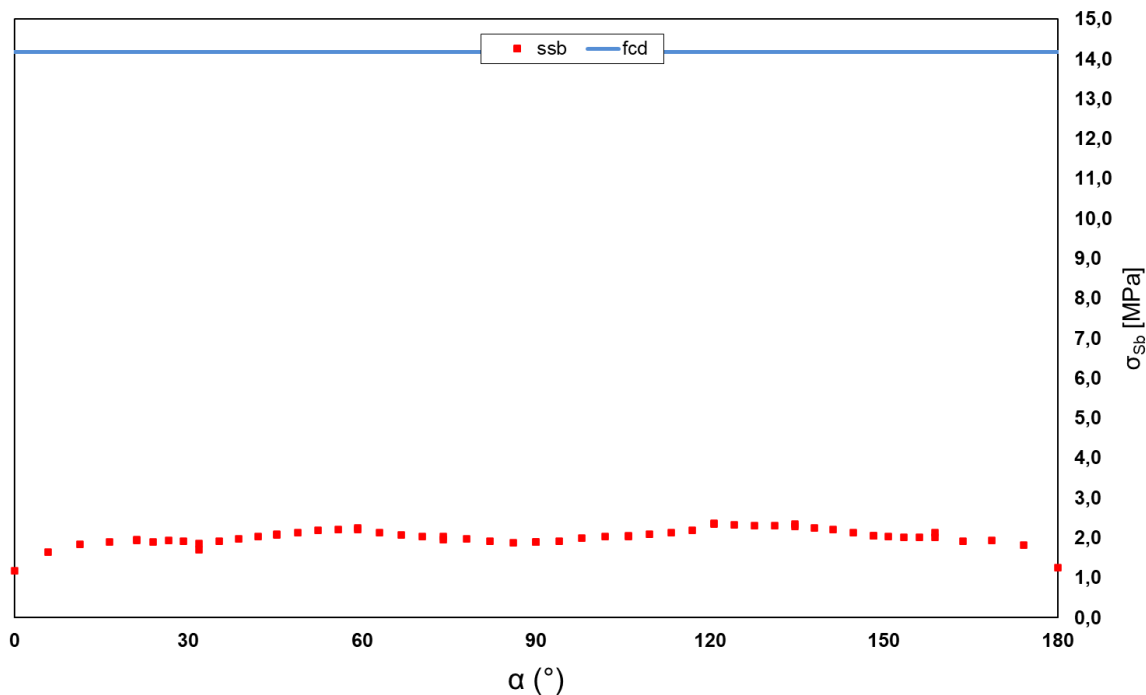


Figura 9-206-Verifica SLU per compressione per lo spritz-beton

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	232 di 253

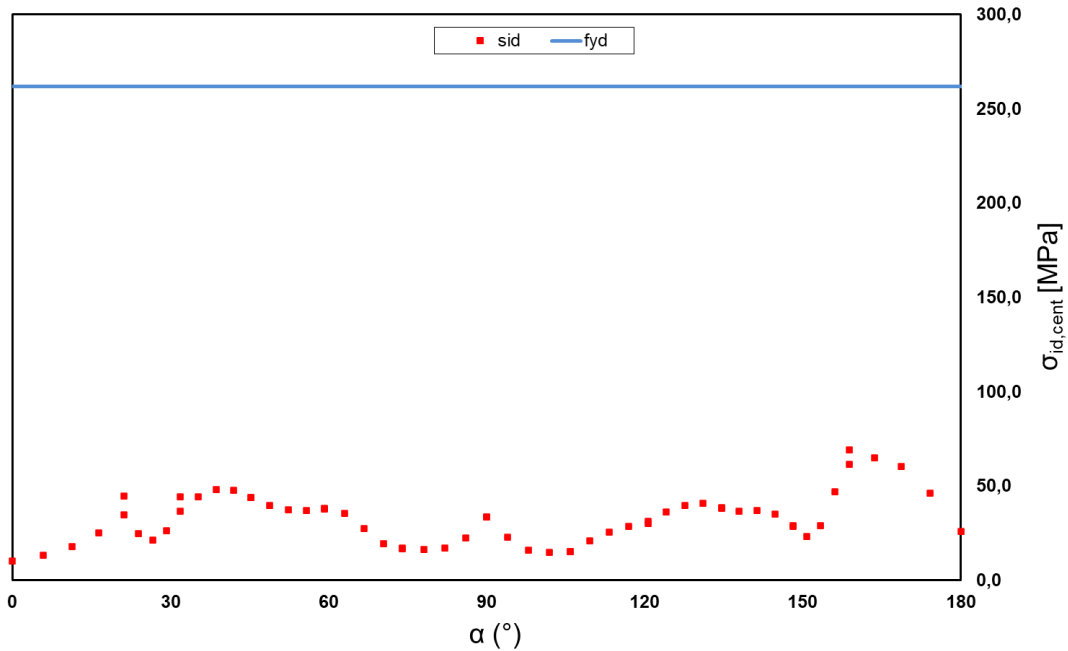


Figura 9-207 - Verifica SLU per compressione per le centine

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 233 di 253

9.5.7.3. Verifica del rivestimento definitivo (Galleria principale)

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	0.8 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 15 (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.

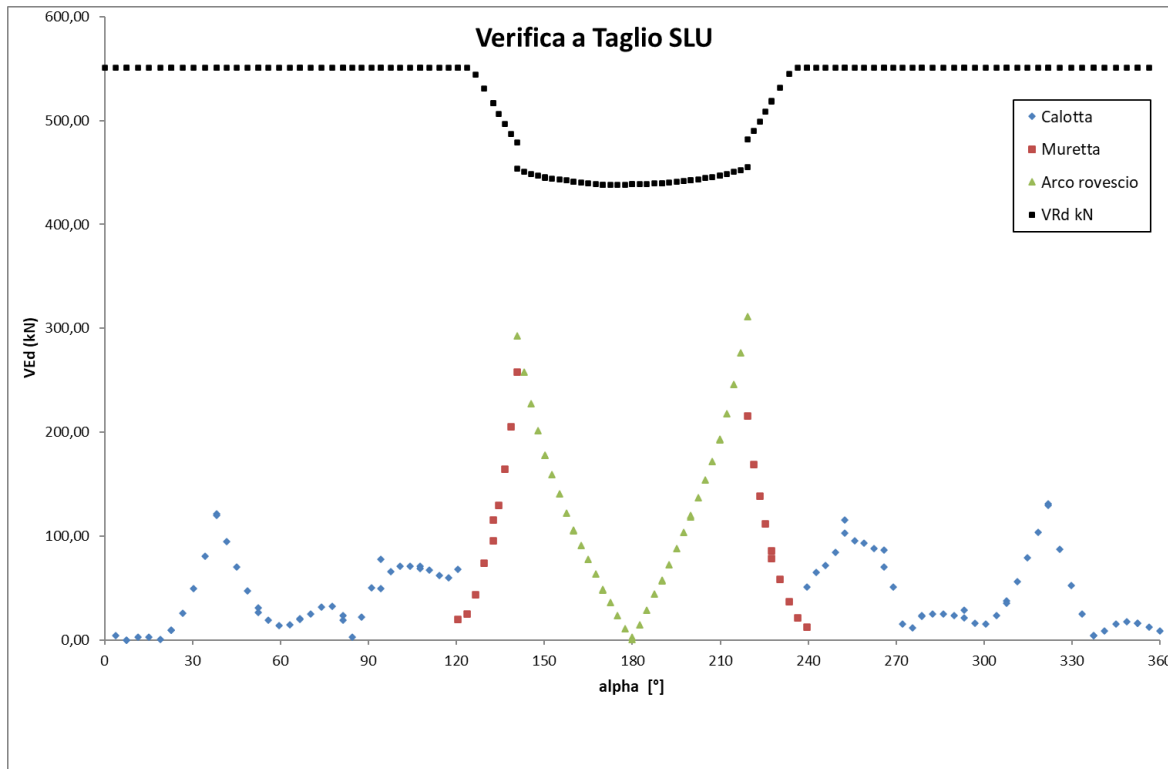


Figura 9-208 - Verifica a taglio rivestimento definitivo SX

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	234 di 253

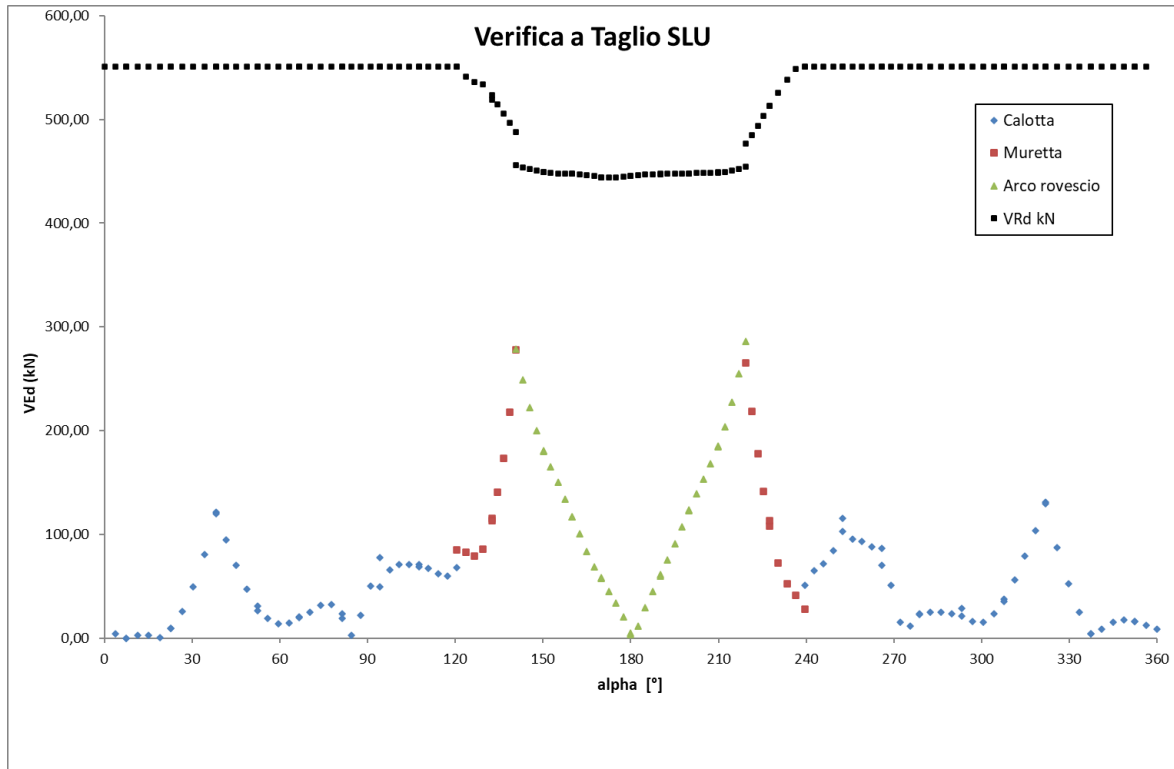


Figura 9-209-Verifica a taglio rivestimento definitivo DX

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 235 di 253

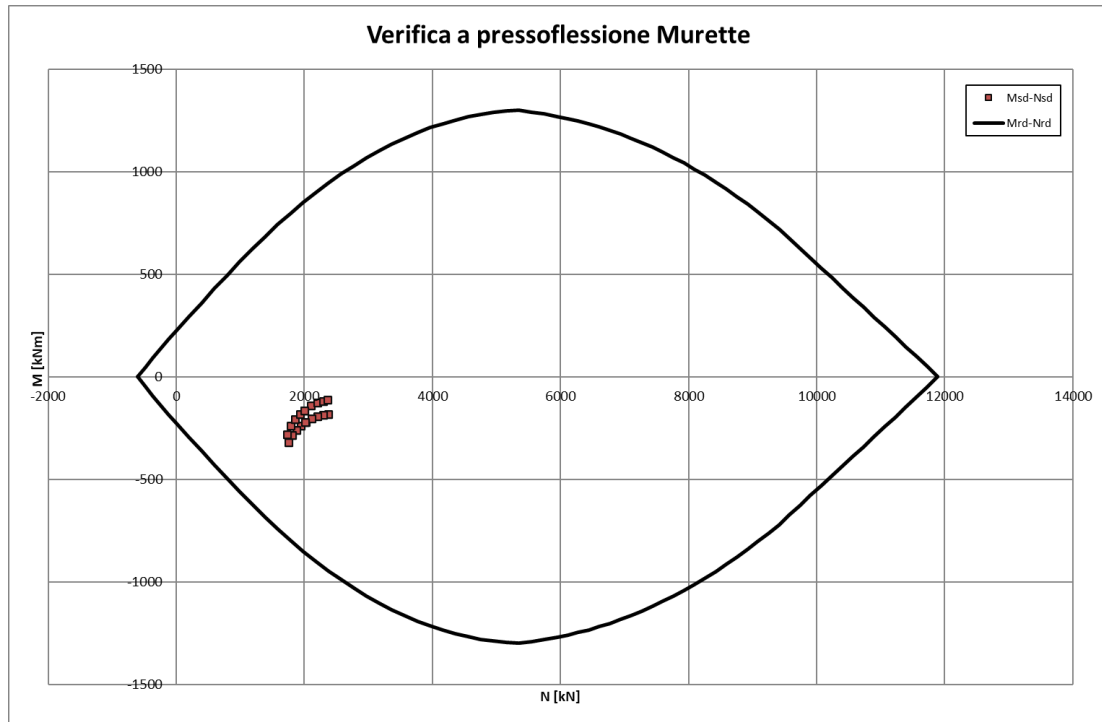


Figura 9-210 - Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo murette– Coppie (M;N)-SX

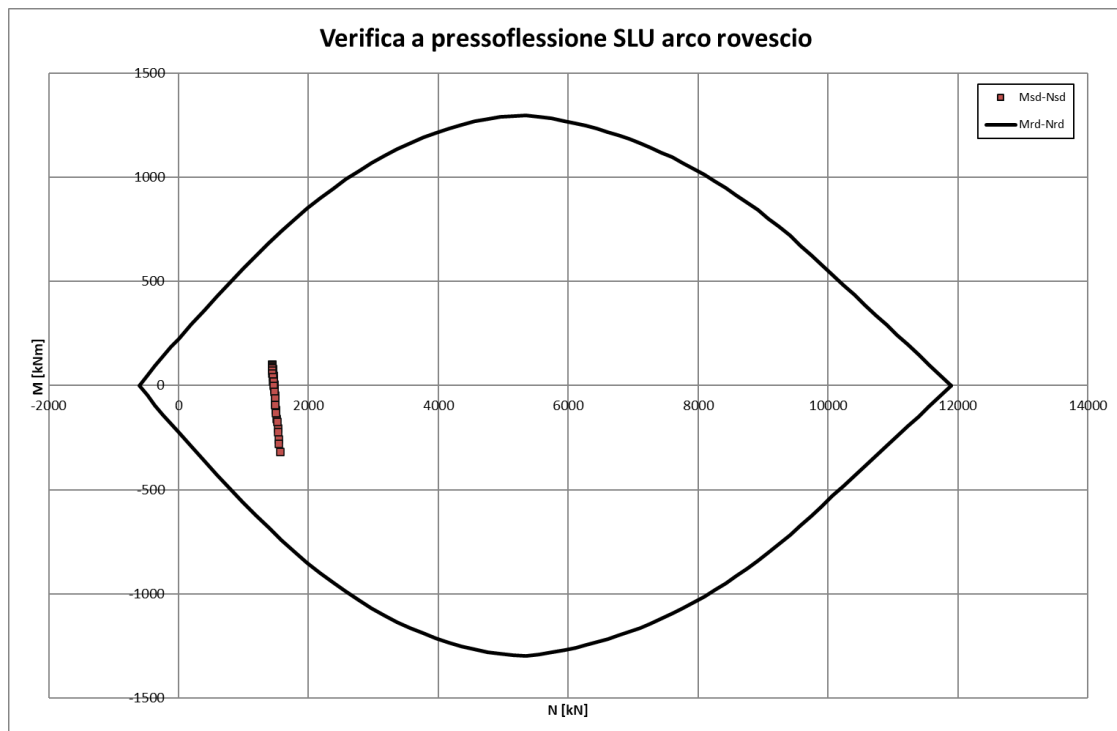


Figura 9-211 -Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo arco rovescio – Coppie (M;N) -SX

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 236 di 253

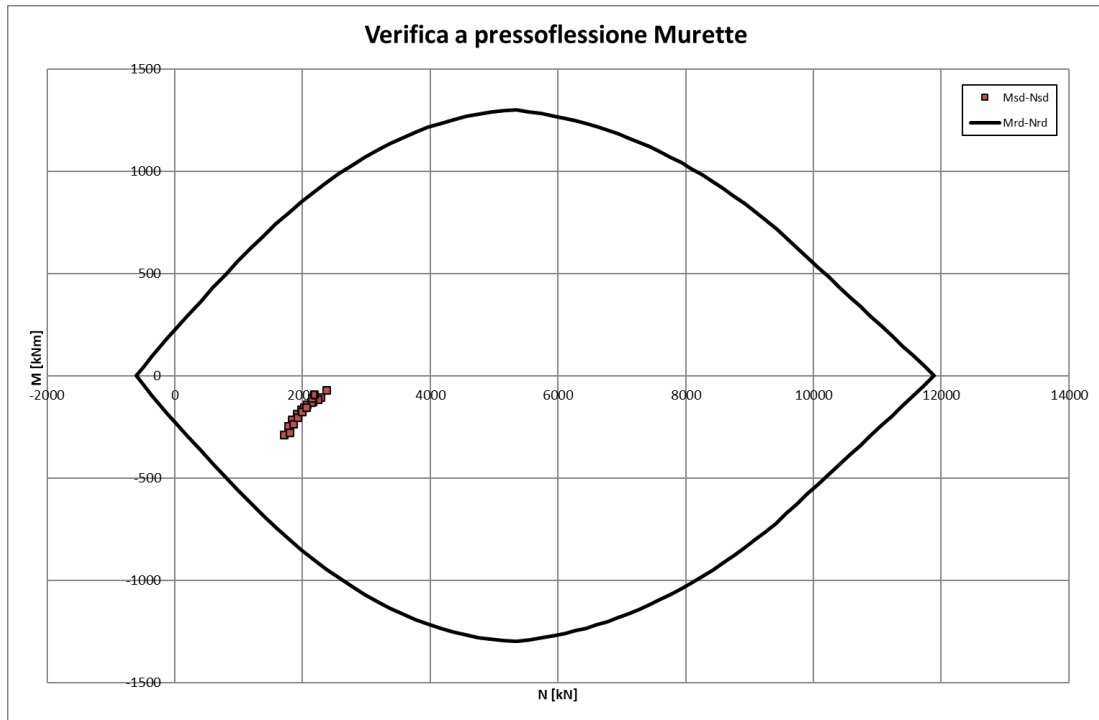


Figura 9-212-Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo murette– Coppie (M;N)-DX

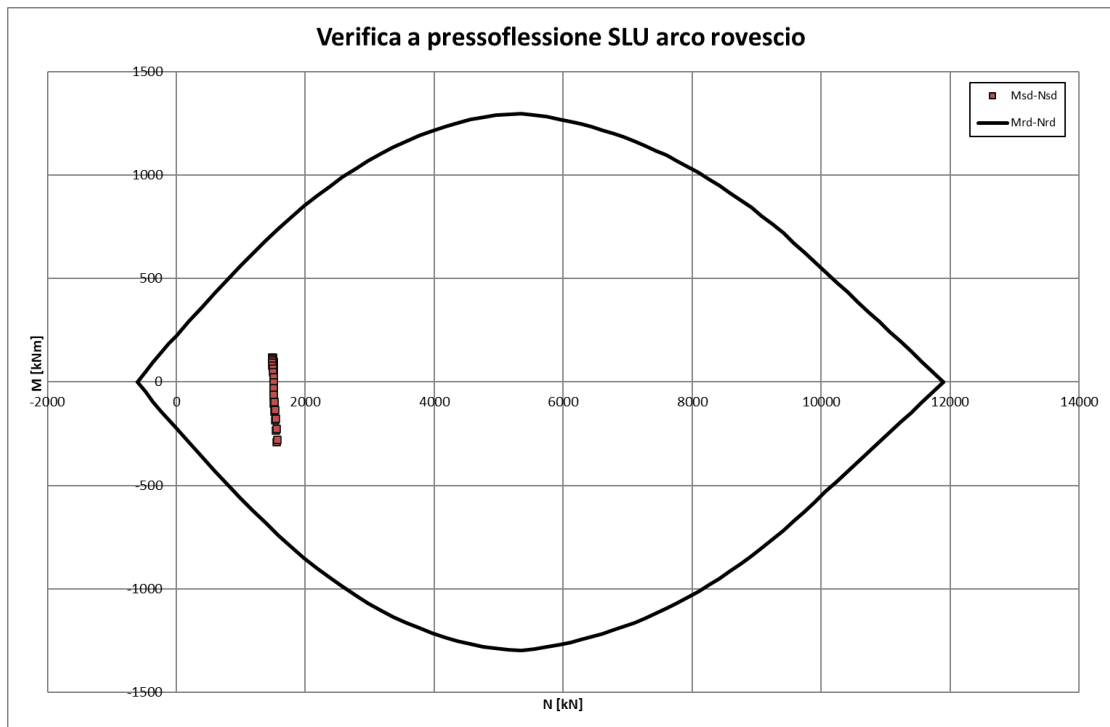


Figura 9-213 - Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo arco rovescio – Coppie (M;N) -DX

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"												
PROGETTAZIONE:														
Mandataria:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO												
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEMIN 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>1BEZZ</td> <td>CL</td> <td>GN0600001</td> <td>C</td> <td>237 di 253</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	237 di 253
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.									
IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	237 di 253									
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo														

Le verifiche agli SLE eseguite sul rivestimento definitivo, sia tensionali che a fessurazione, in forma cartesiana al variare dell'angolo α .

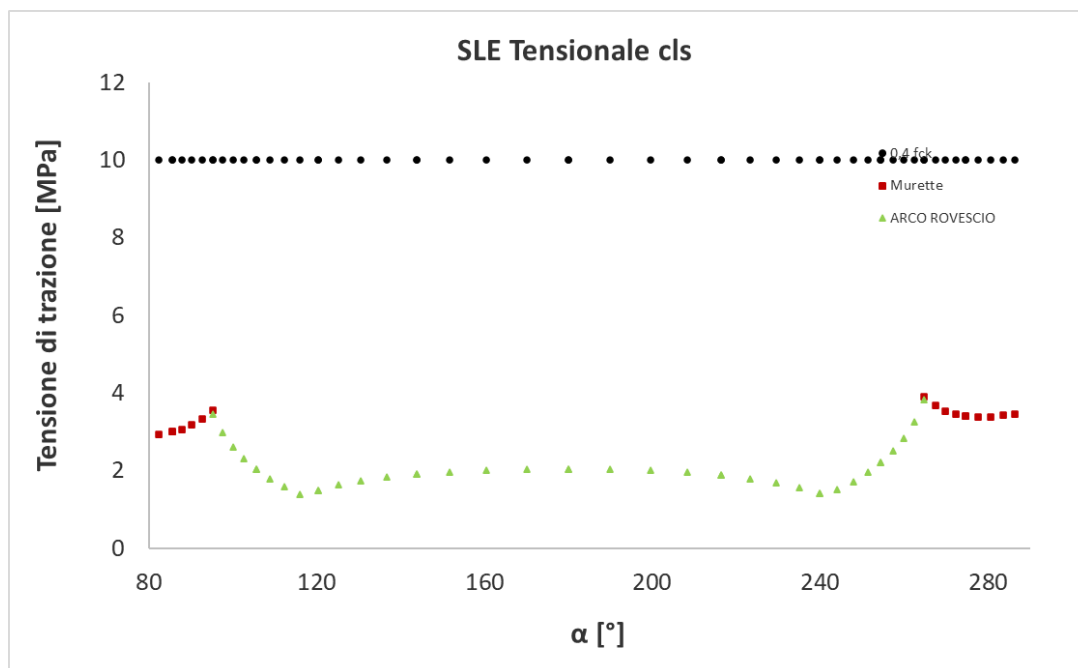


Figura 9-214 - Verifica tensioni calcestruzzo SX

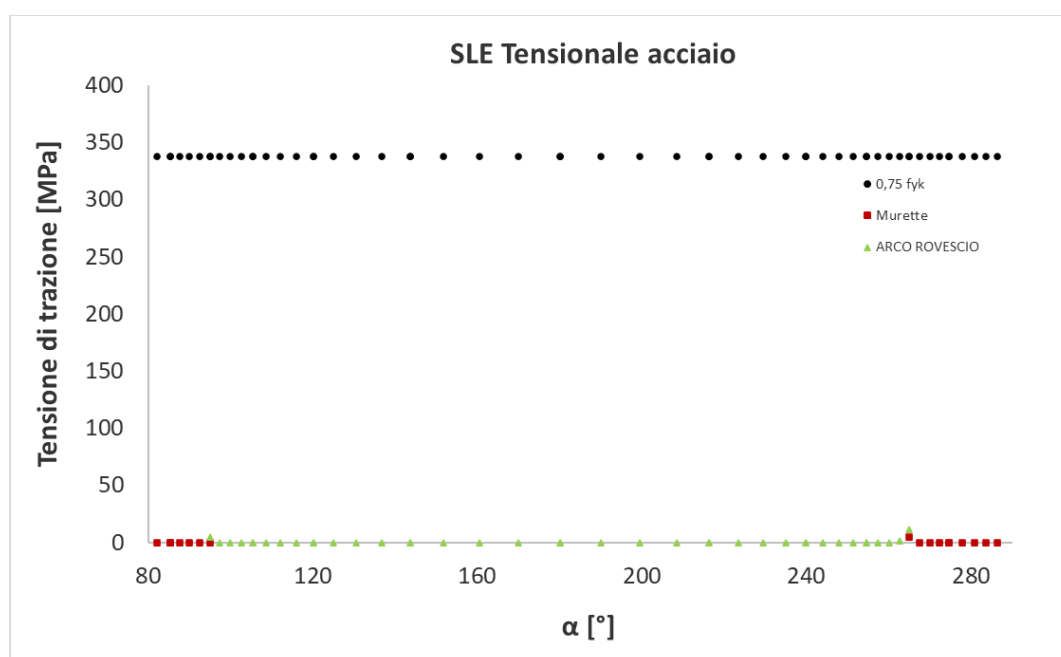


Figura 9-215 - Verifica tensioni acciaio SX

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:						
Mandataria:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	238 di 253

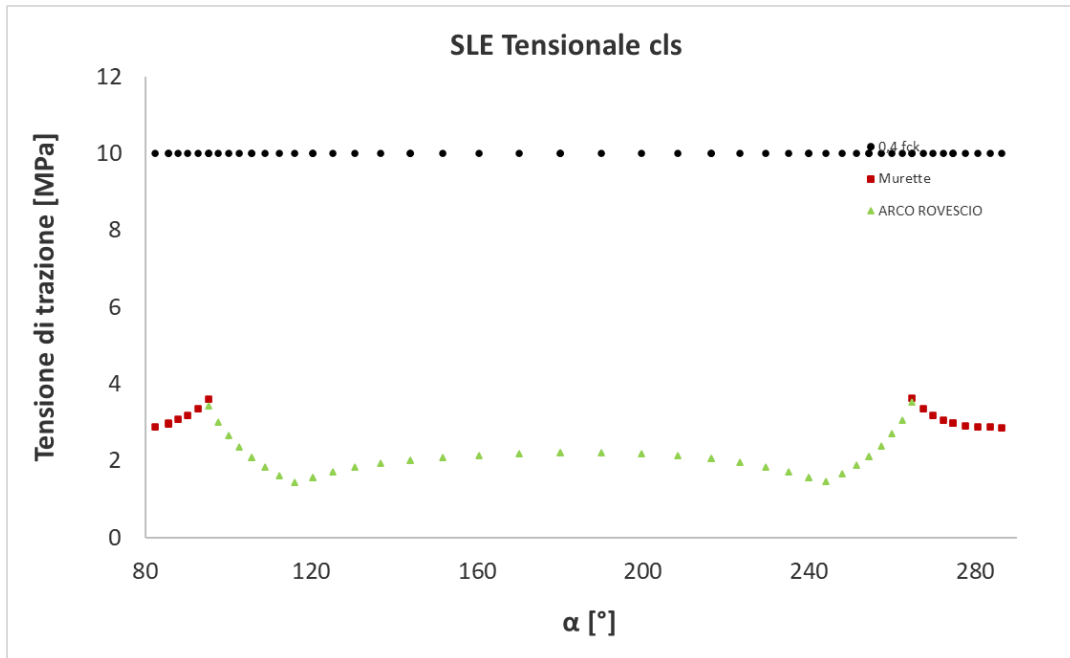


Figura 9-216-Verifica tensioni calcestruzzo DX

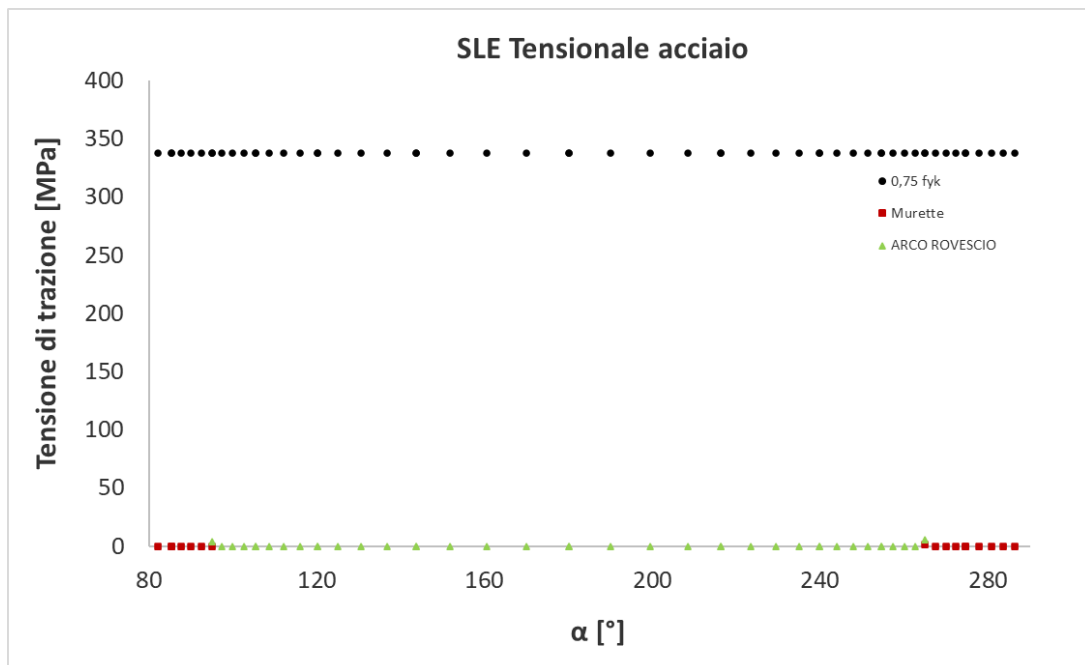


Figura 9-217 -Verifica tensioni acciaio DX

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"												
PROGETTAZIONE:														
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>1BEZZ</td> <td>CL</td> <td>GN0600001</td> <td>C</td> <td>239 di 253</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	239 di 253
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.									
IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	239 di 253									
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo														

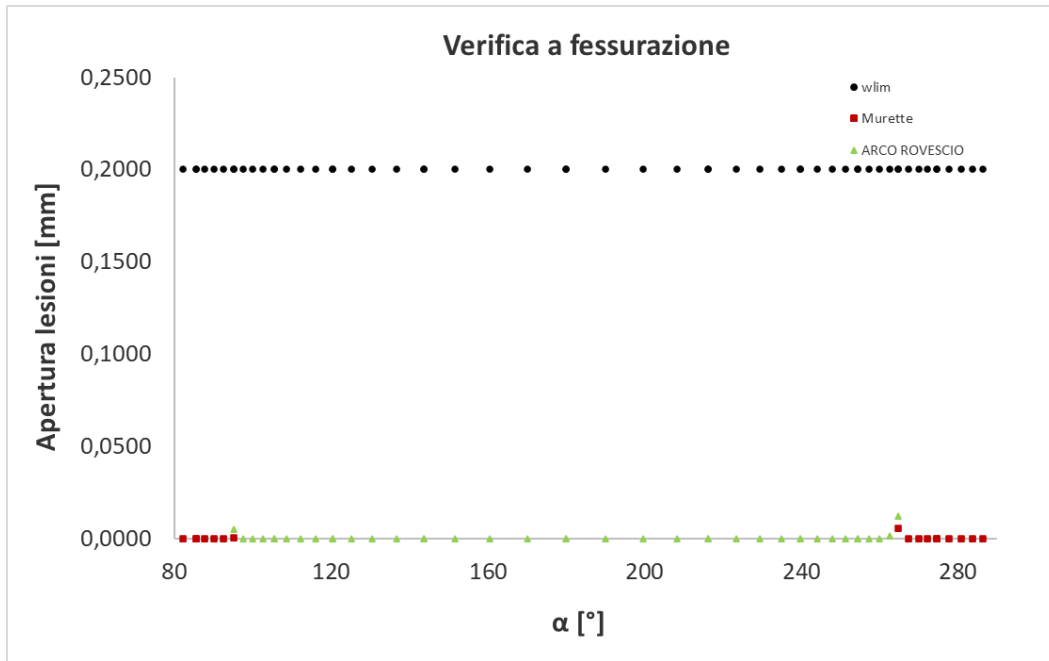


Figura 9-218 -Verifica a fessurazione SX

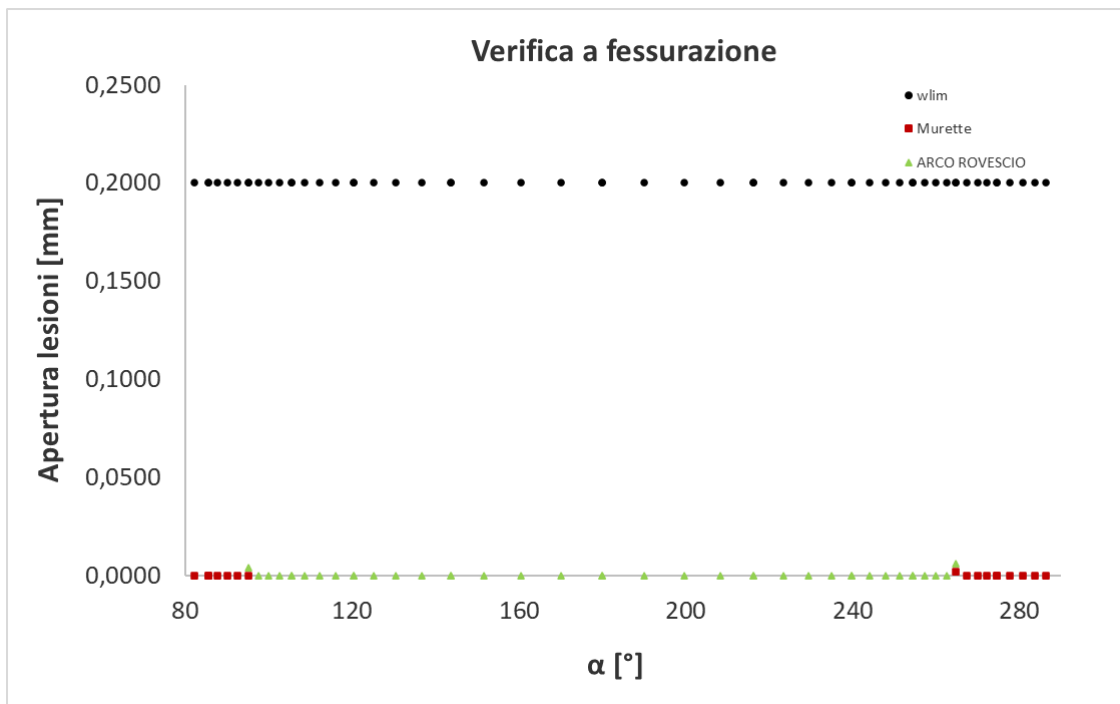


Figura 9-219 -Verifica a fessurazione DX

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 240 di 253

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.

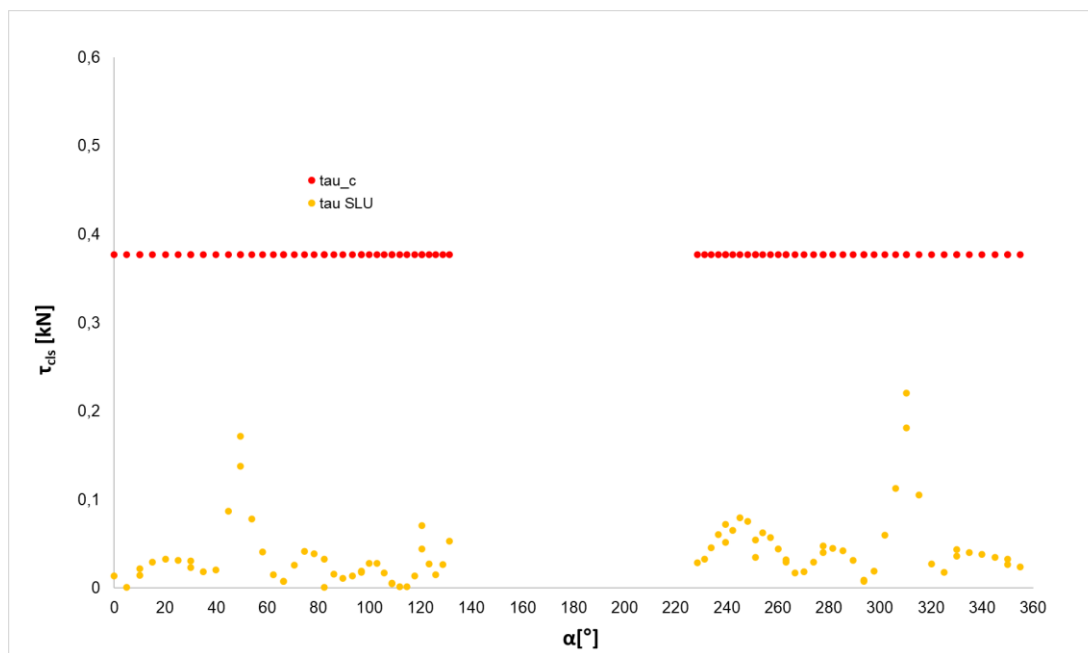


Figura 9-220 – Verifica sforzi normali ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo B1-SX

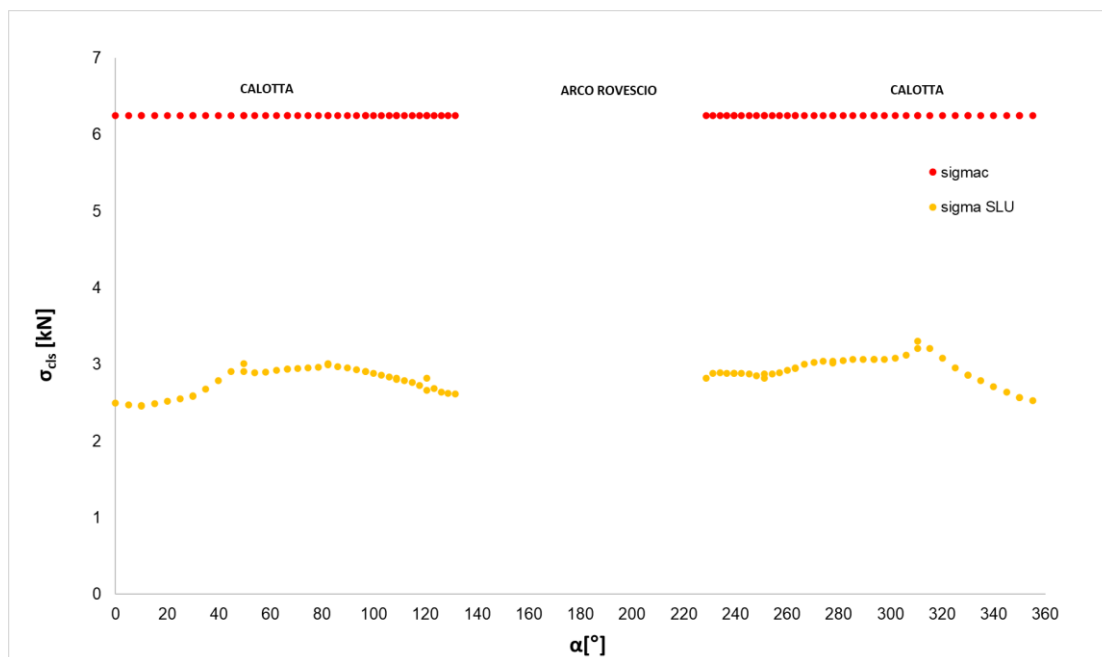


Figura 9-221 – Verifica a taglio ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo B1-SX

APPALDATORE:		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 Finestra Funes - Relazione geotecnica e 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>1BEZZ</td> <td>CL</td> <td>GN0600001</td> <td>C</td> <td>241 di 253</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	241 di 253	
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.									
IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	241 di 253									

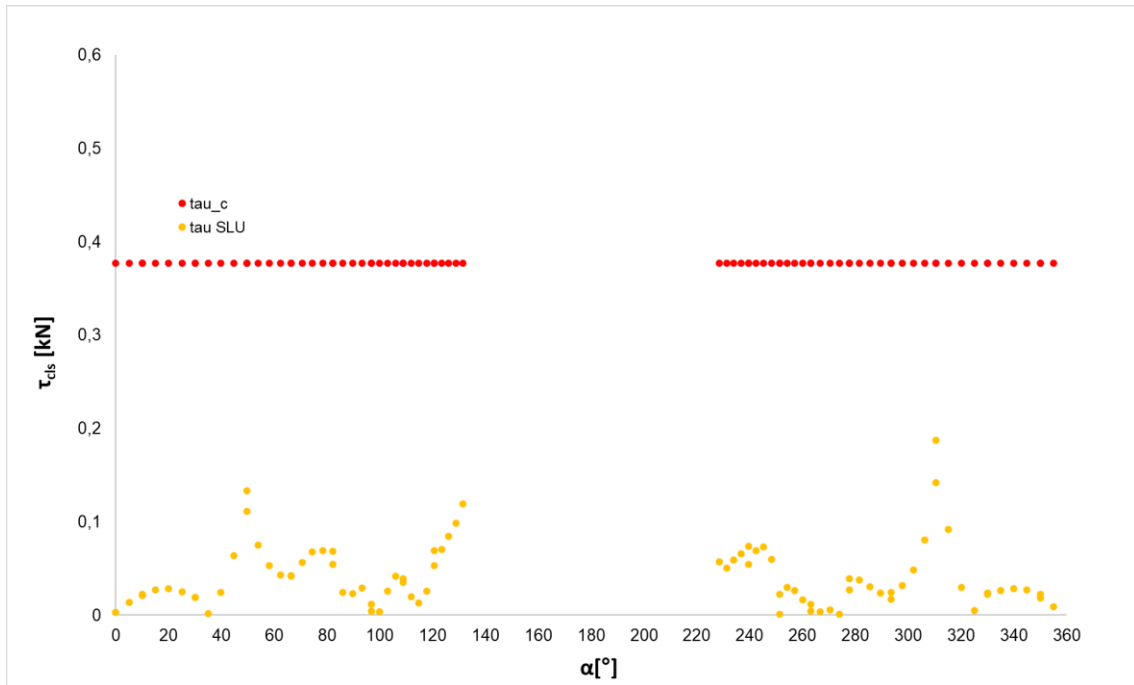


Figura 9-222 -Verifica sforzi normali ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo B1- DX

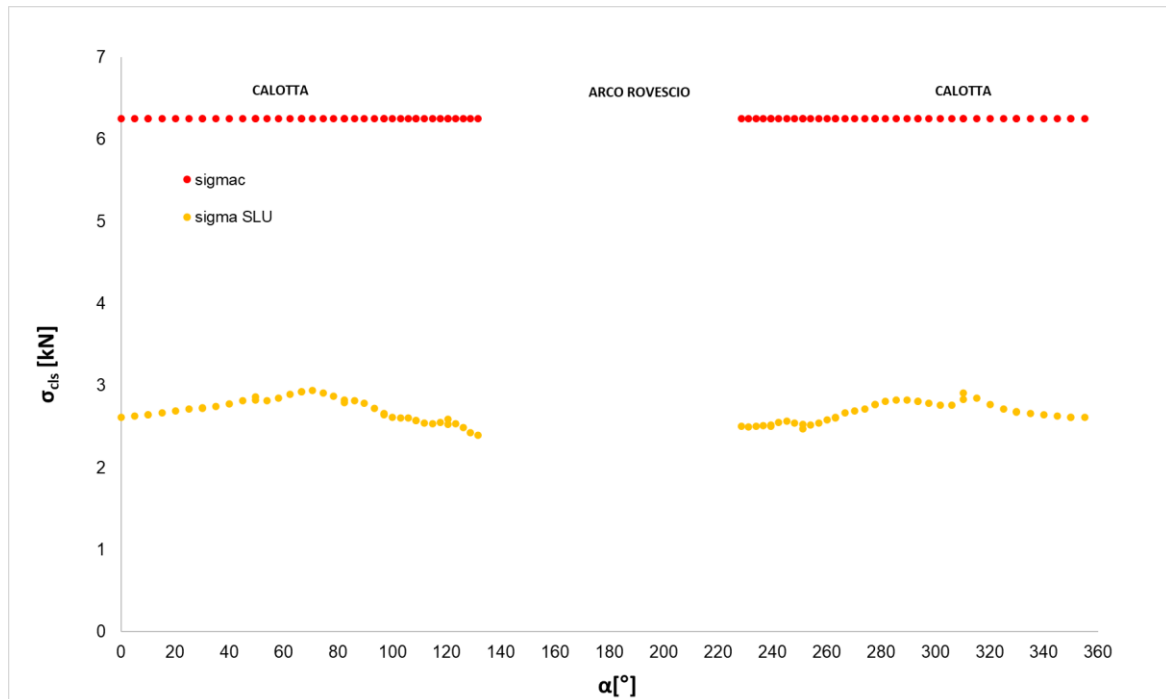


Figura 9-223 – Verifica a taglio ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08 Sezione Tipo B1-DX

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:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO												
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEMIN 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>1BEZZ</td> <td>CL</td> <td>GN0600001</td> <td>C</td> <td>242 di 253</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	242 di 253
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.									
IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	242 di 253									
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo														

9.5.7.4. Verifica del rivestimento definitivo (Galleria di sfollamento)

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.

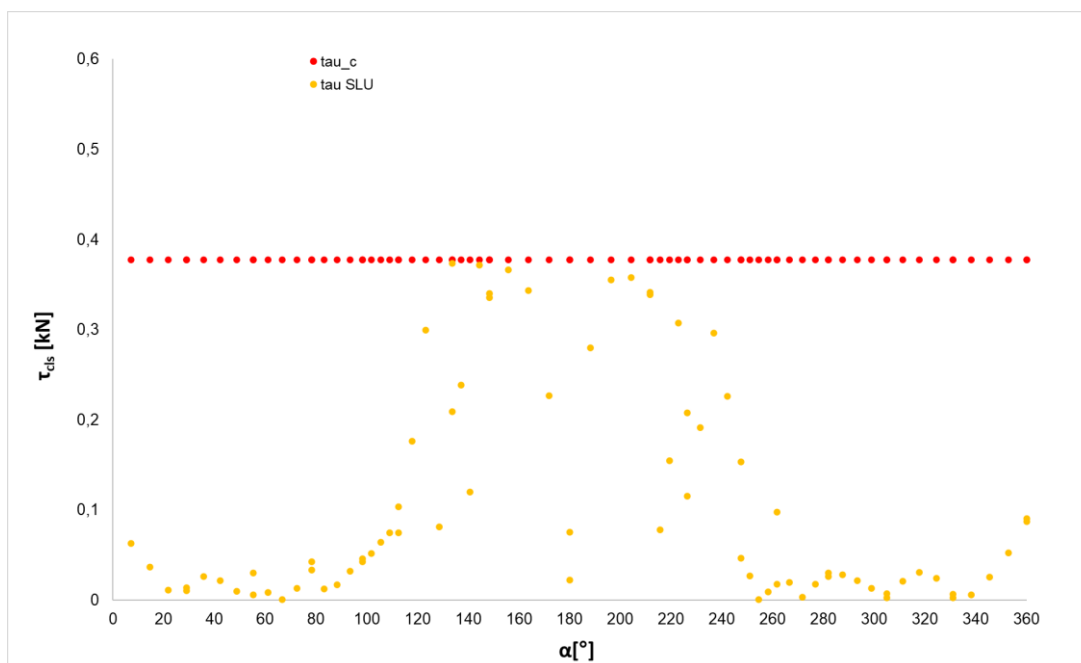


Figura 9-224 - Verifica sforzi normali ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08

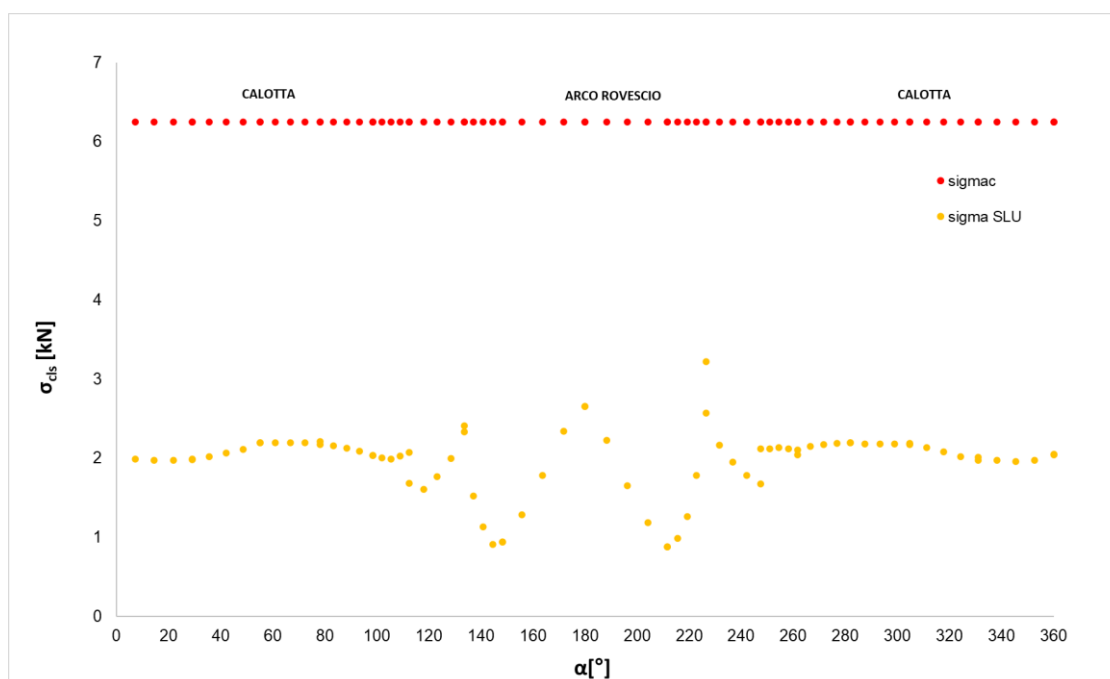


Figura 9-225 - Verifica a taglio ai sensi del paragrafo 4.1.11.1 delle NTC08

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	243 di 253

9.5.8 Sezione A2C

9.5.8.1. 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 provvisorio e avanzamento tunnel (fase 10).

Il rivestimento di prima fase della sezione A2C è caratterizzato dalla presenza di uno strato di spritz-beton di spessore pari a 0.3 m e centine accoppiate 2IPN180 a 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 entrambi gli elementi che costituiscono il rivestimento provvisorio.

La figura sottostante mostra 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.

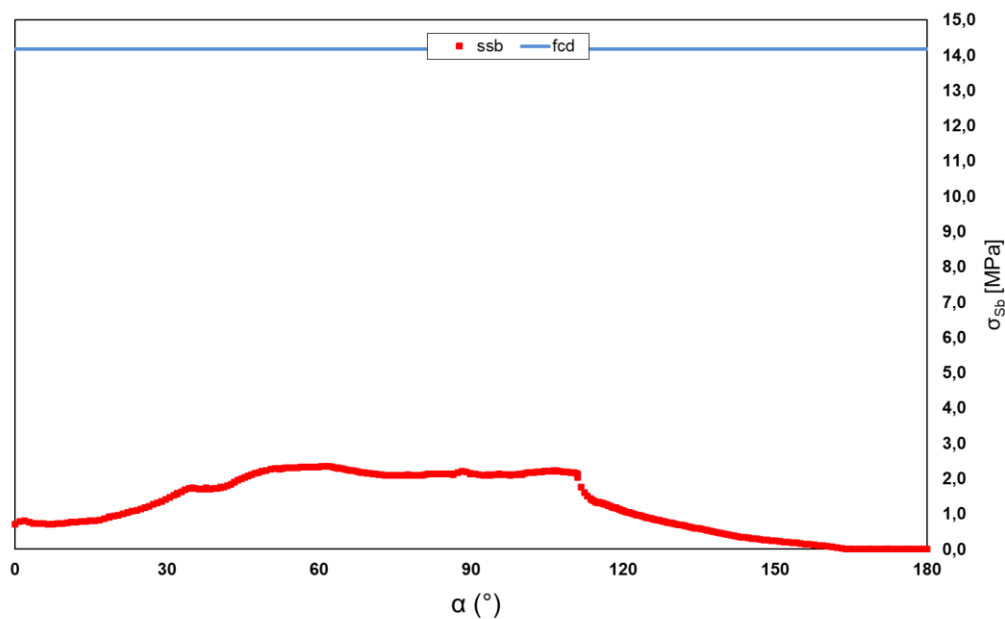


Figura 9-226-Verifica SLU per lo spritz-beton – Sezione Tipo A2C– Fase 10

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C
						FOGLIO:
						244 di 253

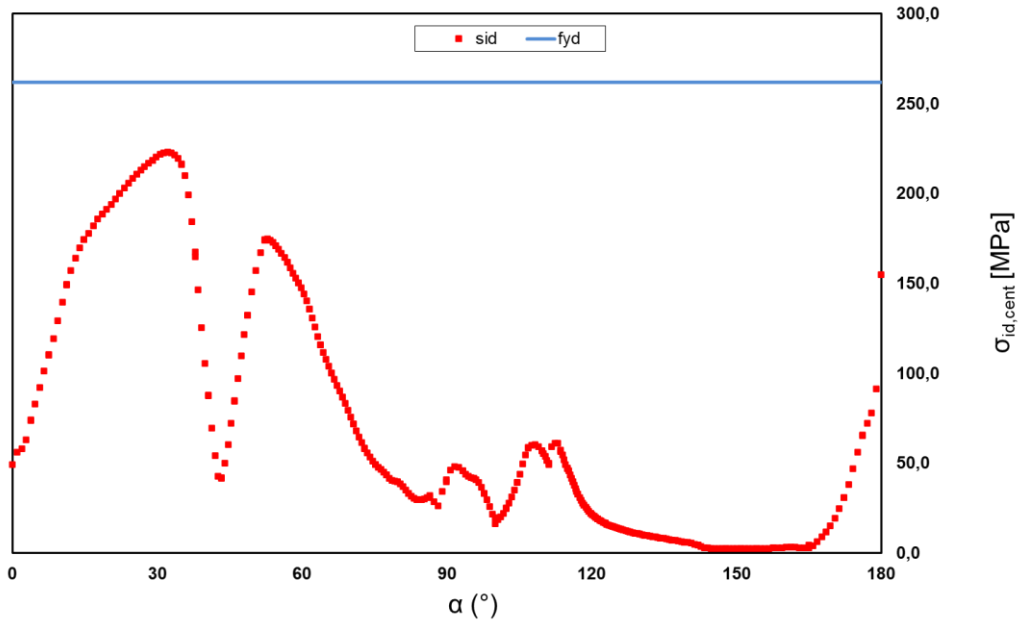


Figura 9-227-Verifica SLU per le centine – Sezione Tipo A2C – Fase 10

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 245 di 253

9.5.8.2. 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 §9.4 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	Φ12/20	Φ12/20	-
Murette	25/30	0.7 m	Φ18/20	Φ18/20	Φ10/20X40
Arco rovescio	25/30	0.7 m	Φ18/20	Φ18/20	Φ10/20X40

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.

Le verifiche a pressoflessione vengono invece riportate in termini di dominio ultimo, mostrando come ciascuna coppia di punti (M; N) sia interna al dominio.

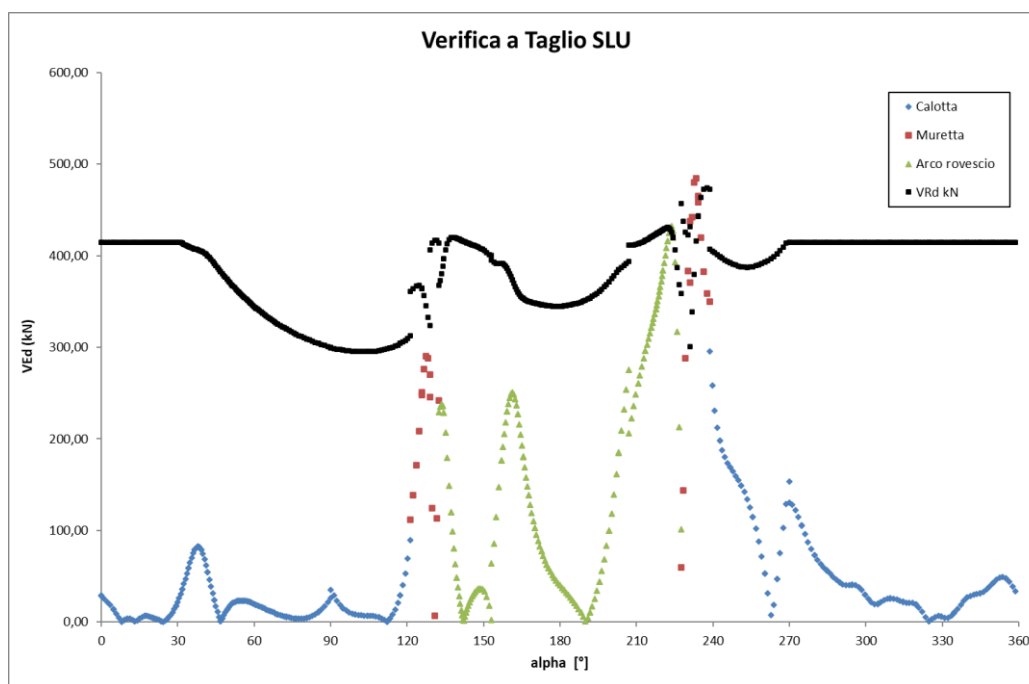


Figura 9-228-Verifica a taglio rivestimento definitivo (per sezioni senza armatura a taglio) – Fase 13

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e 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>1BEZZ</td> <td>CL</td> <td>GN0600001</td> <td>C</td> <td>246 di 253</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	246 di 253
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.									
IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	246 di 253									

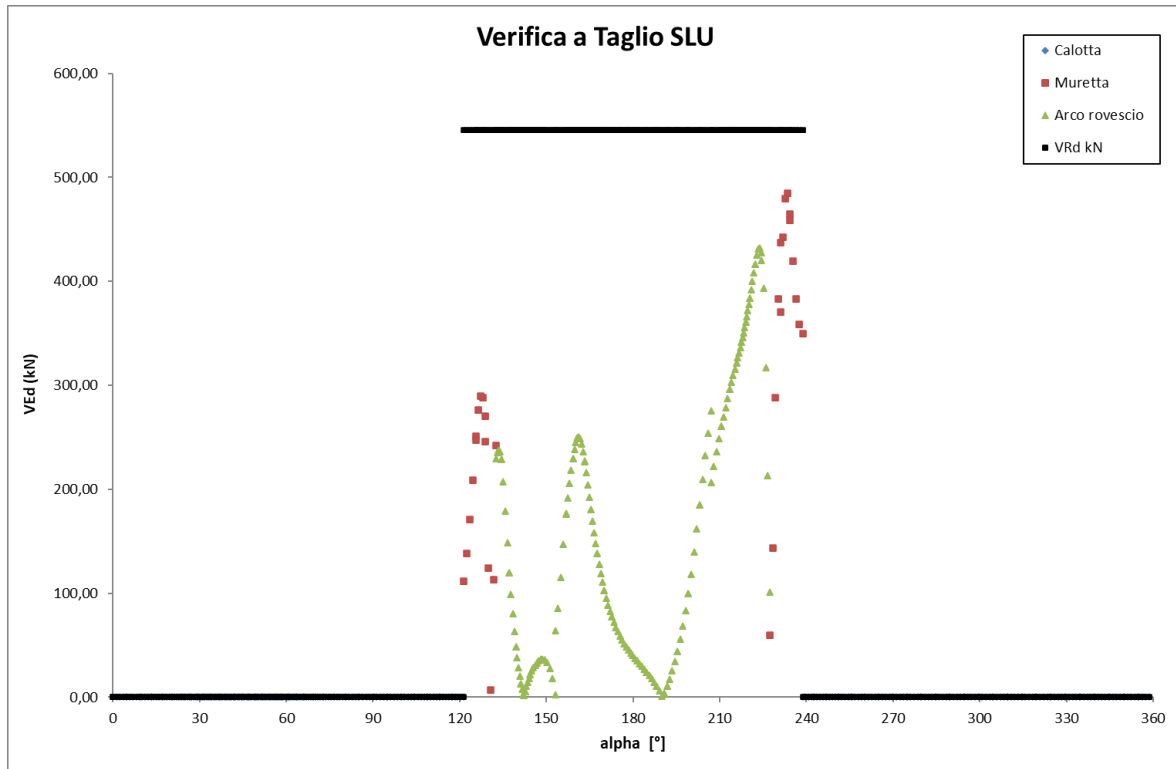


Figura 9-229-Verifica a taglio rivestimento definitivo (per sezioni con specifica armatura a taglio) – Fase 13

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 247 di 253

Sono riportati nei diagrammi seguenti i domini di interazione M-N allo SLU.

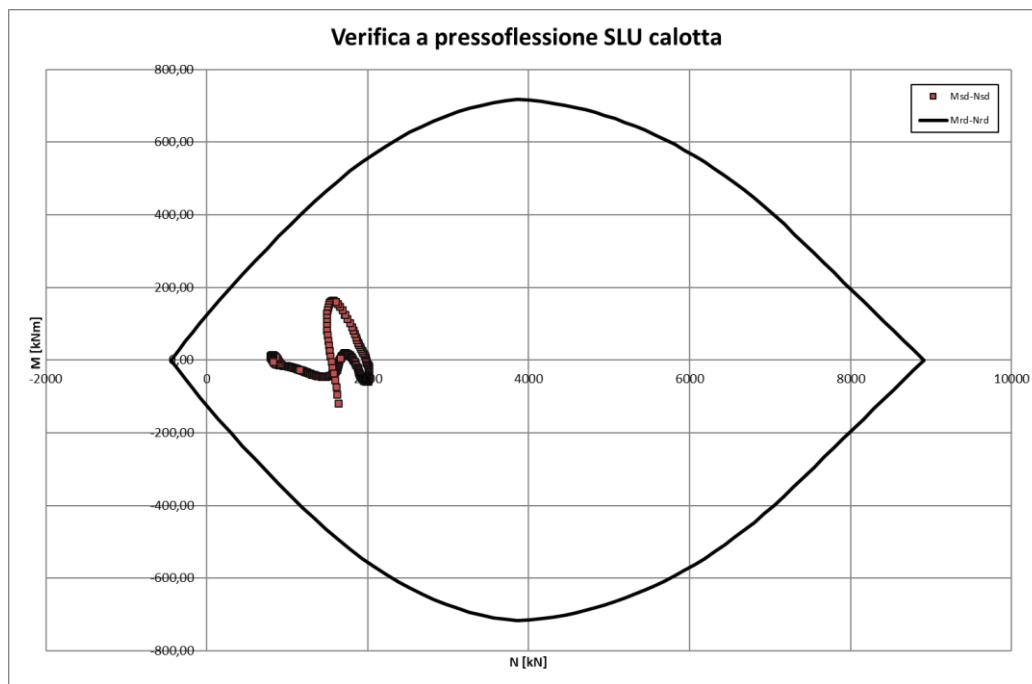


Figura 9-230– Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo calotta– Coppie (M;N) – Fase 13

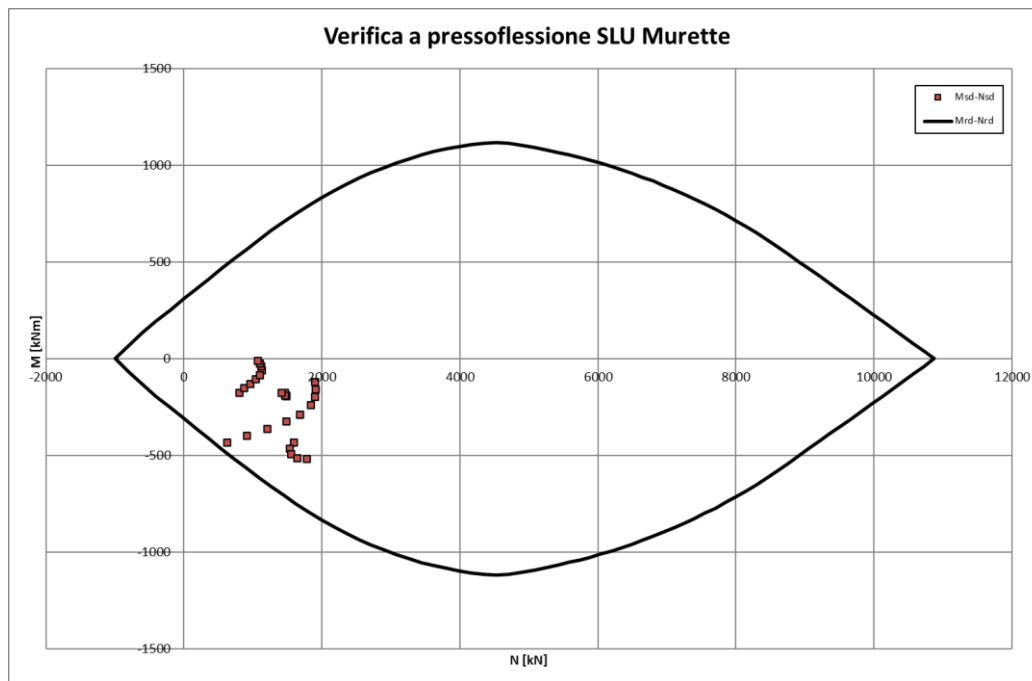


Figura 9-231– Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo murette– Coppie (M;N) – Fase 13

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 248 di 253

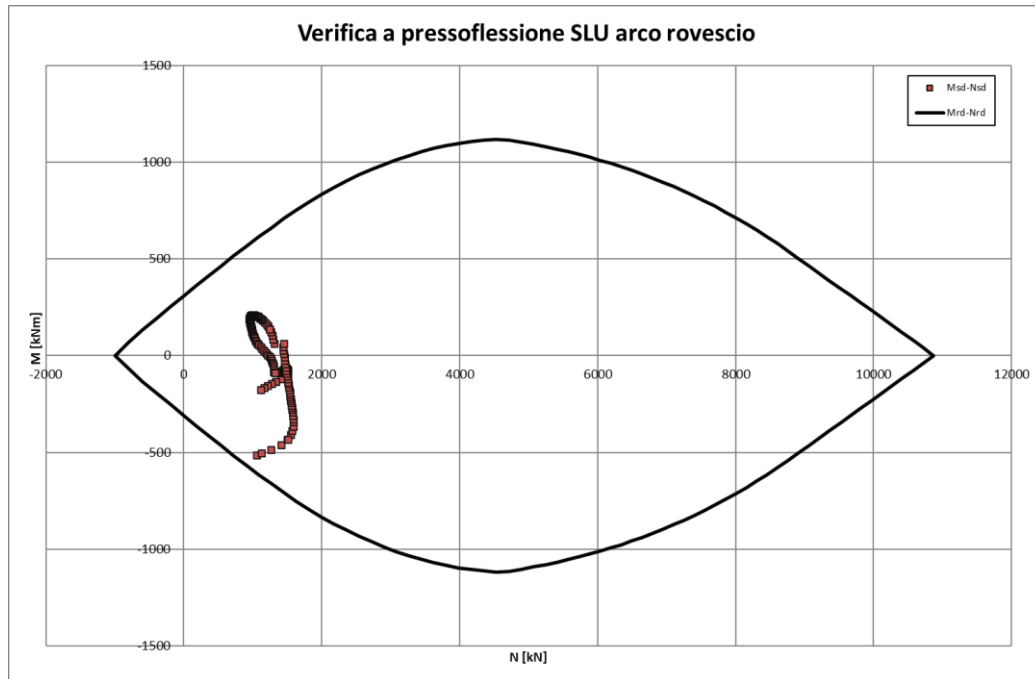


Figura 9-232-Verifica a pressoflessione – Dominio ultimo arco rovescio – Coppie (M;N) – Fase 13

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
GALLERIE	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	249 di 253

Di seguito vengono mostrate le verifiche agli SLE eseguite sul rivestimento definitivo, sia tensionali che a fessurazione, in forma cartesiana al variare dell'angolo α . Tutte le verifiche risultano soddisfatte.

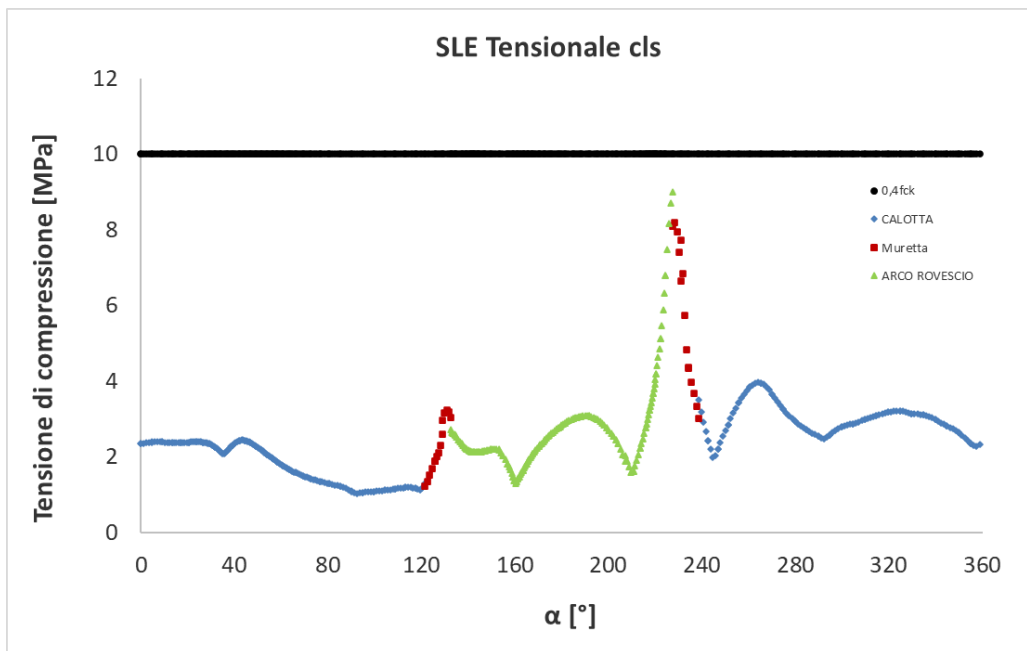


Figura 9-233– Verifica tensioni calcestruzzo

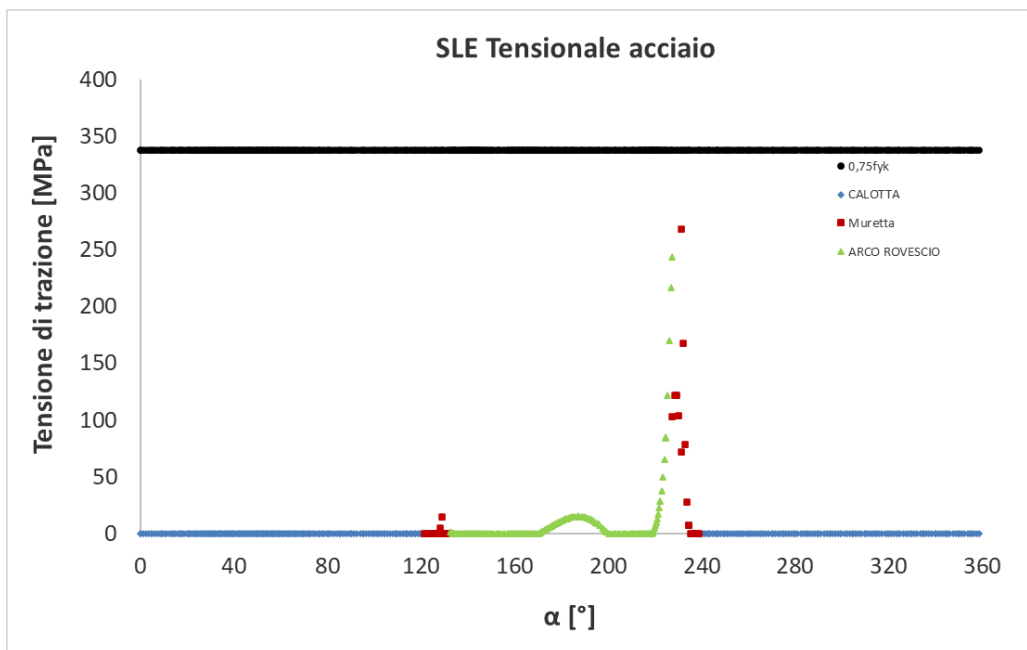


Figura 9-234- Verifica tensioni acciaio

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	Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C 250 di 253

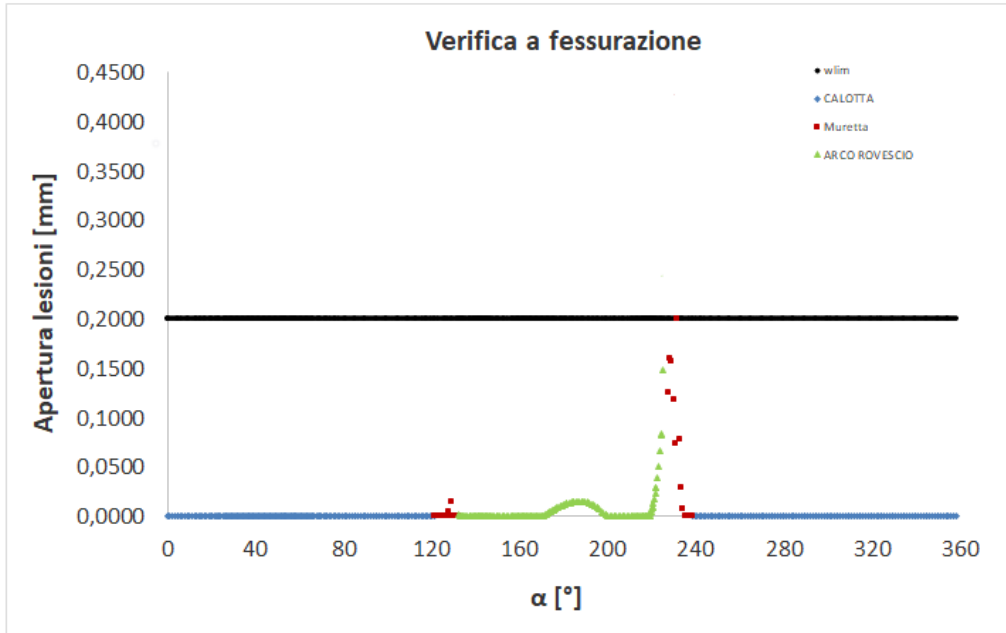


Figura 9-235-Verifica a fessurazione

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 Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 251 di 253

9.5.8.3. Verifica dei bulloni radiali

Gli interventi radiali della sezione A2C 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)	(kN)	(kN)	(-)	(-)	(-)
12+13 barre $\Phi 24^*$	51	6	1.2	1.1	350	540	450	1.15	1.1	1.6

*nel caso della sezione analizzata sono state considerati 10 bulloni radiali.

La massima sollecitazione agente sui bulloni è pari a:

$$N_d = N \cdot \gamma_g = 85 \cdot 1.2 \cdot 1.3 = 132.6 \text{ kN}$$

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 §9.4.2, 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=1.55**

La **resistenza a rottura** viene valutata come:

$$F_{Nd} = \frac{F_{yk}}{\gamma_s} = \frac{450}{1.15} = 177 \text{ kN}$$

Si ottiene quindi:

$$N_d \leq R_d$$

Con **FS=1.33**

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"					
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600001	C	252 di 253

10. 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 la variazione 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.

Per maggiori dettagli inerenti al sistema di monitoraggio si rimanda al rapporto IB0U1BEZZRHGN0600001 – Relazione di monitoraggio.

Per quanto riguarda i criteri generali di applicazione delle sezioni tipo si rimanda al rapporto IB0U1BEZZRHGN0600003 – Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo.

11. CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono state affrontate le problematiche progettuali connesse con la realizzazione della Finestra di Funes (galleria naturale e camerone).

Per le situazioni ritenute più critiche e rappresentative sono state condotte le verifiche statiche, mediante analisi agli elementi finiti; le valutazioni condotte hanno confermato la validità delle soluzioni progettuali proposte, con riferimento sia allo stato tensionale nei rivestimenti e nel terreno al contorno del cavo, sia al livello delle deformazioni raggiunte. Le verifiche statiche condotte hanno evidenziato tensioni nei materiali adottati inferiori ai valori di Normativa.

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 Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600001	REV. C	FOGLIO. 253 di 253

12. 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.

12.1 REPORT PLAXIS DELLE SEZIONI DI CALCOLO

12.2 ALLEGATO VERIFICHE RIVESTIMENTO PROVVISORIO E RIVESTIMENTO DEFINITIVO