

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. GALLERIE

PROGETTO DEFINITIVO

ITINERARIO NAPOLI-BARI.

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO.

II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO.

2° LOTTO FUNZIONALE TELESE - SAN LORENZO.

Galleria Limata - Relazione geotecnica e di calcolo

SCALA:

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

IF0H 22 D 07 RB GN0300 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	A. Duzi Nulli <i>[Signature]</i>	Dicembre 2017	A. Amato <i>[Signature]</i>	Dicembre 2017	F. Cerrone <i>[Signature]</i>	Dicembre 2017	ITALFERR S.p.A. U.O. GALLERIE Dott. Ing. Alessandro Scipiti Ordine degli Ingegneri della Provincia di Napoli n° 19848 <i>[Signature]</i>	

File IF0H22D07RBGN0300001A

n. Elab.: 2L 230\_03

## INDICE

1	PREMESSA .....	5
2	SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO .....	5
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	6
3.1	LEGGI E NORMATIVE COGENTI .....	6
3.2	NORMATIVE NON COGENTI E RACCOMANDAZIONI .....	6
3.3	PRESCRIZIONI E SPECIFICHE TECNICHE (RFI, ITF) .....	6
4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	6
4.1	DOCUMENTI REFERENZIATI .....	6
4.2	DOCUMENTI CORRELATI .....	7
4.3	DOCUMENTI SUPERATI .....	8
5	ALLEGATI .....	8
6	DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO .....	8
7	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	10
7.1	IL TRACCIATO E LE OPERE IN SOTTERRANEO .....	10
7.2	INTERFERENZE LUNGO IL TRACCIATO .....	11
8	FASE CONOSCITIVA .....	12
8.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	12
8.2	INDAGINI .....	13
8.2.1	<i>Indagini geotecniche</i> .....	13
8.2.2	<i>Prove di laboratorio</i> .....	16
8.2.3	<i>Indagini geofisiche</i> .....	16
8.3	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA .....	17
8.3.1	<i>Depositi alluvionali terrazzati (bn)</i> .....	17
8.3.1.1	<i>Caratteristiche fisiche</i> .....	17
8.3.1.2	<i>Caratteristiche meccaniche</i> .....	19
8.3.1.3	<i>Permeabilità</i> .....	23

8.3.2	Unità di Maddaloni (MDL3) .....	24
8.3.2.1	Caratteristiche fisiche .....	24
8.3.2.2	Caratteristiche meccaniche.....	27
8.3.2.3	Permeabilità.....	29
8.3.3	Definizione degli intervalli dei parametri geotecnici delle unità interessate dalle opere .....	30
8.3.4	Il regime idraulico.....	31
9	FASE DI DIAGNOSI.....	32
9.1	CLASSI DI COMPORTAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO .....	32
9.2	DETERMINAZIONE DELLE CATEGORIE DI COMPORTAMENTO .....	33
9.2.1	Analisi con i metodi all'equilibrio limite.....	33
9.2.1.1	Metodo di analisi: Tamez (1984) .....	33
9.2.1.1.1	Sezioni analizzate .....	34
9.2.1.1.2	Risultati delle analisi.....	34
9.2.2	Definizione delle tratte a comportamento tensio-deformativo omogeneo .....	35
10	FASE DI TERAPIA .....	36
10.1	DEFINIZIONE DELLE SEZIONI TIPO .....	36
10.1.1	Sezione tipo C1.....	36
10.1.2	Sezione tipo C1bis .....	37
10.1.3	Sezione tipo C1m.....	38
10.1.4	Sezione tipo C2.....	39
10.2	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI .....	39
10.3	ANALISI E VERIFICA DELLE SEZIONI TIPO .....	41
10.3.1	Criteri di verifica.....	42
10.3.2	Sezione C1.....	47
10.3.3	Sezione C1bis .....	47
10.3.3.1	Stabilità del fronte e del cavo.....	47
10.3.3.2	Interazione opera-terreno .....	49
10.3.4	Sezione C1m .....	49
10.3.4.1	Stabilità del fronte e del cavo.....	49
10.3.4.2	Interazione opera-terreno .....	51
10.3.4.2.1	Modello geometrico e geotecnico.....	51
10.3.4.2.2	Fasi e percentuali di rilascio.....	53

10.3.4.2.3	Esame dei risultati .....	53
10.3.4.2.4	Verifiche strutturali del rivestimento di prima fase .....	55
10.3.4.2.5	Verifiche strutturali del rivestimento definitivo .....	58
10.3.5	Sezione C2 .....	67
10.3.5.1	Stabilità del fronte e del cavo .....	67
10.3.5.2	Interazione opera-terreno .....	68
10.4	RISCHI POTENZIALI CHE INCIDONO SULLA REALIZZAZIONE DELLE GALLERIE .....	68
10.4.1	Presenza di gas .....	68
10.4.2	Venute d'acqua/Carico idraulico elevato .....	70
10.4.3	Instabilità del fronte e del cavo .....	71
10.4.4	Fenomeni di subsidenza/interferenza con opere preesistenti .....	71
11	FASE DI VERIFICA E MESSA A PUNTO DEL PROGETTO .....	72
11.1	MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA .....	72
11.2	CRITERI GENERALI PER L'APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO .....	74
12	CONCLUSIONI .....	75



	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>2° LOTTO FUNZIONALE TELESE – SAN LORENZO.</b>					
	GALLERIA LIMATA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO	COMMESSA IF0H	LOTTO 22 D 07	CODIFICA RB	DOCUMENTO GN0300 001	REV. A

## 1 PREMESSA

La presente relazione è parte integrante del progetto definitivo per il raddoppio della linea Canello-Benevento sull'itinerario Napoli-Bari ed in particolare si riferisce al secondo sublotto funzionale da Telese (km 27+700) fino all'impianto del PC di San Lorenzo (km 39+050) facente parte del secondo lotto funzionale della tratta compreso tra la Stazione di Frasso Telesino/Dugenta (km 16+500 km) e l'impianto di Vitulano (km 46+950.00).

## 2 SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

Nella presente relazione si affrontano le problematiche progettuali connesse alla realizzazione della galleria Limata facente parte della tratta ferroviaria Frasso Telesino – Vitulano. Per l'inquadramento generale su caratteristiche e requisiti funzionali delle opere in sotterraneo si rimanda alla Relazione tecnica (Rif. [1]).

La progettazione delle opere in sotterraneo, condotta secondo il metodo ADECO-RS (Rif. [27]), si è articolata nelle seguenti fasi:

1. fase conoscitiva: è finalizzata allo studio e all'analisi del contesto geologico e geotecnico in cui sarà realizzata la galleria; i risultati dello studio geologico sono descritti nella specifica Relazione Geologica e Idrogeologica (Rif. [13]) a cui si rimanda per l'illustrazione del modello geologico; la sintesi dello studio geotecnico con la definizione del modello geotecnico di sottosuolo e dei parametri di progetto è illustrata nel capitolo 7;
2. fase di diagnosi: si esegue la valutazione della risposta deformativa dell'ammasso allo scavo in assenza di interventi di stabilizzazione per la determinazione delle categorie di comportamento (cap.8);
3. 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 (cap.9). Le soluzioni progettuali sono state analizzate per verificarne l'adeguatezza: nel capitolo 9 sono illustrati metodi e risultati delle analisi condotte per la verifica della stabilità globale della cavità, per il dimensionamento/verifica degli interventi di stabilizzazione e dei rivestimenti, nelle diverse fasi costruttive e in condizioni di esercizio, e per la valutazione dei risentimenti attesi in superficie.
4. fase di verifica e messa a punto: il progetto è completato dal piano di monitoraggio da predisporre ed attuare nella fase realizzativa (cap.10). Nel piano di monitoraggio sono individuati i valori delle grandezze fisiche a cui riferirsi in corso d'opera per controllare la risposta deformativa dell'ammasso al procedere dello scavo, verificare la rispondenza con le previsioni progettuali e mettere a punto le soluzioni progettuali nell'ambito delle variabilità previste in progetto. Nel capitolo 10 sono, inoltre, descritti i criteri generali per l'applicazione delle sezioni tipo e la gestione delle variabilità in funzione dei risultati del monitoraggio in corso d'opera.

La progettazione è stata sviluppata nel rispetto della normativa vigente.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>2° LOTTO FUNZIONALE TELESE – SAN LORENZO.</b>					
	GALLERIA LIMATA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO	COMMESSA <b>IF0H</b>	LOTTO <b>22 D 07</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GN0300 001</b>	REV. <b>A</b>

### 3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

#### 3.1 Leggi e normative cogenti

- 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”;
- Rif. [3] Decreto Ministeriale 28/10/2005. “Sicurezza nelle gallerie ferroviarie”;
- Rif. [4] Regolamento del 18/11/2014 della Commissione dell’Unione Europea – 1303/2014 - relativa alla Specifica Tecnica di Interoperabilità concernente “la sicurezza nelle gallerie ferroviarie” nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità;
- Rif. [5] Regolamento del 18/11/2014 della Commissione dell’Unione Europea – 1300/2014 - relativa ad una Specifica Tecnica di Interoperabilità concernente le “persone a mobilità ridotta” nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità;
- Rif. [6] Regolamento del 18/11/2014 della Commissione dell’Unione Europea – 1299/2014 - relativa ad una Specifica Tecnica di Interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario transeuropeo ad alta velocità.

#### 3.2 Normative non cogenti e raccomandazioni

- Rif. [7] SIG, “Linee guida per la progettazione, l’appalto e la costruzione di opere in sotterraneo”, 1997;
- Rif. [8] ITA, “Guidelines for the design of tunnels”, 1988;
- Rif. [9] AGI, “Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche”, 1977;

#### 3.3 Prescrizioni e specifiche tecniche (RFI, ITF)

- Rif. [10] RFI, doc RFI DTC SI MA IFS 001 A “Manuale di Progettazione delle opere civili ” datato Dic 2016;
- Rif. [11] RFI, doc RFI DTC SI SP IFS 001 A “Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili” datato Dic 2016;
- Rif. [12] ITALFERR, Specifica Tecnica PPA.0002403 “Linee guida per la progettazione geotecnica delle gallerie naturali” datato Dicembre 2015.

### 4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

#### 4.1 Documenti Referenziati

- Rif. [13] U.O. Gallerie, documento IF0H22D07RGGN0000001B “Relazione tecnica delle opere in sotterraneo” datato Dicembre 2017;
- Rif. [14] U.O. Geologia, documento IF0H22D69RGGE0001001B “Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica” datato Ottobre 2017;

- Rif. [15] U.O. Geologia, documento IF0H22D69RHGE0005001A “Rapporto di campagna - stop geologici e rilievi geomeccanici” datato Giugno 2017;
- Rif. [16] U.O. Geologia, documento IF0H22D69N5GE0001001B “Carta geologica e profilo geologico tav. 1 di 3 dal km 27+700 al km 31+450” datato Ottobre 2017;
- Rif. [17] U.O. Geologia, documento IF0H22D69N5GE0001002B “Carta geologica e profilo geologico tav. 2 di 3 dal km 31+450 al km 35+250” datato Ottobre 2017;
- Rif. [18] U.O. Geologia, documento IF0H22D69N5GE0001003B “Carta geologica e profilo geologico tav. 3 di 3 dal km 35+250 al km 38+700” datato Ottobre 2017;
- Rif. [19] U.O. Geologia, documento IF0H22D69N5GE0003001B “Carta geomorfologica tav. 1 di 2 dal km 27+700 al km 34+750” datato Ottobre 2017;
- Rif. [20] U.O. Geologia, documento IF0H22D69N5GE0003001A “Carta geomorfologica tav. 2 di 2 dal km 34+750 al km 38+700” datato Giugno 2017;
- Rif. [21] U.O. Geologia, documento IF0H22D69N5GE0002001B “Carta idrogeologica e profilo idrogeologico tav. 1 di 3 dal km 27+700 al km 31+250” datato Ottobre 2017;
- Rif. [22] U.O. Geologia, documento IF0H22D69N5GE0002002B “Carta idrogeologica e profilo idrogeologico tav. 2 di 3 dal km 31+250 al km 34+750” datato Ottobre 2017;
- Rif. [23] U.O. Geologia, documento IF0H22D69SGGE0005001A “Campagna d'Indagini Geognostiche 2017 - Stratigrafie, prove in sito e documentazione fotografica” datato Giugno 2017;
- Rif. [24] U.O. Geologia, documento IF0H22D69SGGE0005002A “Campagna d'Indagini Geognostiche Integrative 2017 - Stratigrafie, prove in sito e documentazione fotografica” datato Giugno 2017;
- Rif. [25] U.O. Geologia, documento IF0H22D69IGGE0005001B “Indagini Geofisiche: Tomografia Sismica a Rifrazione - Tomografia Elettrica 2D - M.A.S.W. - Down Hole” datato Ottobre 2017;
- Rif. [26] U.O. Geologia, documento IF0H22D69PRGE0005001B “Campagna d'Indagini Geognostiche 2017 - Prove di Laboratorio” datato Ottobre 2017.

#### 4.2 Documenti Correlati

- Rif. [27] Lunardi P. (2006). Progetto e Costruzione di Gallerie: Analisi delle deformazioni controllate nelle rocce e nei suoli - ADECO-RS – (Hoepli Ed.);
- Rif. [28] Bernaud D., Benamar I., Rousset G. (1994). La “nouvelle méthode implicite” pour le calcul des tunnel dans les milieux élastoplastiques et viscoplastiques – Revue Francaise de Géotechnique, N° 68.
- Rif. [29] Bernaud D., Rousset G. (1992). La « nouvelle méthode implicite » pour l'étude du dimensionnement des tunnels – Revue Francaise de Géotechnique, N° 60.
- Rif. [30] Peck R.B. (1969). Deep excavations and tunnelling in soft ground. SOA Report 7<sup>th</sup> Int. Conf. SMFE Mexico City, State of the Art Volume.
- Rif. [31] Burland J.B., Wroth C.P. (1974). Settlements of buildings and associated damage. SOA Review Conf. Settlement of Structures, Cambridge, Pentech Press, London.
- Rif. [32] Burland J.B. (1997). Assessment of risk of damage to buildings due to tunnelling and excavation. Earthquake Geotechnical Engineering, Ishihara (ed.). Balkema, Rotterdam.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>2° LOTTO FUNZIONALE TELESE – SAN LORENZO.</b>					
	GALLERIA LIMATA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO	COMMESSA IF0H	LOTTO 22 D 07	CODIFICA RB	DOCUMENTO GN0300 001	REV. A

- Rif. [33] Boscarding M.D., Cording E.G. (1989). Building response to excavation-induced settlement. *Jnl. Geo. Engrg. ASCE*, 115.
- Rif. [34] Hoek E., Brown E.T. (1997), “Practical estimates of rock mass strength”, *Intl. J. Rock Mech. & Geomechanics Abstracts*, 1165-1186.
- Rif. [35] Hoek E., Carranza-Torres C., Cortum B. (2002), “Hoek-Brown Failure Criterion – 2002 Edition”.
- Rif. [36] Tamez E. (1984) “Estabilidad de tuneles excavados en suelos” - Mexican Engineering Academy.
- Rif. [37] Hoek E., Diederichs M. S. (2006), “Empirical Estimation of rock mass Modulus”, *Intl. J. Rock Mech. & Mining Sciences* 43 (2006), 203-215.
- Rif. [38] Broms B.B., Bennermark H. (1967), “Stability of clay at vertical openings”, *J. Soil Mechanics and Foundations, Div. Am. Soc. Civ. Eng.*, 93: 71-94.
- Rif. [39] Terzaghi, K. & Peck, R.B. 1948. *Soil Mechanics in Engineering Practice*, 1st Edition, John Wiley and Sons, New York.
- Rif. [40] Marinos P. & Hoek E. 2001. Estimating the geotechnical properties of heterogeneous rock masses such as Flysch, *Bull. Engg. Geol.* 60, 85-92.

### 4.3 Documenti Superati

Non sono presenti documenti superati.

## 5 ALLEGATI

Il documento è corredato dai seguenti allegati:

- All. [1] “Analisi con i metodi delle curve caratteristiche e dell’equilibrio limite per le fasi di diagnosi e terapia”;
- All. [2] “Sezione tipo C1m: risultati delle verifiche”.

## 6 DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO

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

- Rif. [41] U.O. Gallerie, documento IF0H22D07SPGN0000001A “Caratteristiche dei materiali – Note generali” datato Novembre 2017;
- Rif. [42] U.O. Gallerie, documento IF0H22D07F5GN0000002B “Profilo geotecnico – Galleria Limata e San Lorenzo” datato Novembre 2017;
- Rif. [43] U.O. Gallerie, documento IF0H22D07BBGN0000005B “Sezione tipo C1 – Carpenteria, scavo e consolidamenti” datato Novembre 2017;
- Rif. [44] U.O. Gallerie, documento IF0H22D07BBGN0000020A “Sezione tipo C1bis – Carpenteria, scavo e consolidamenti” datato Novembre 2017;
- Rif. [45] U.O. Gallerie, documento IF0H22D07BBGN0000006B “Sezione tipo C1m – Carpenteria, scavo e consolidamenti” datato Novembre 2017;

- Rif. [46] U.O. Gallerie, documento IF0H22D07BBGN0000007B “Sezione tipo C2 – Carpenteria, scavo e consolidamenti” datato Novembre 2017;
- Rif. [47] U.O. Gallerie, documento IF0H22D07RBGN0100001A “Galleria Tuoro S. Antuono. Relazione geotecnica e di calcolo.” datato Dicembre 2017;
- Rif. [48] U.O. Gallerie, documento IF0H22D07RBGN0200001A “Galleria Cantone. Relazione geotecnica e di calcolo.” datato Dicembre 2017;
- Rif. [49] U.O. Gallerie, documento IF0H22D07RBGN0400001A “Galleria S. Lorenzo. Relazione geotecnica e di calcolo.” datato Dicembre 2017.

	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 2° LOTTO FUNZIONALE TELESE – SAN LORENZO.</b>					
	GALLERIA LIMATA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO	COMMESSA IF0H	LOTTO 22 D 07	CODIFICA RB	DOCUMENTO GN0300 001	REV. A

## 7 DESCRIZIONE DELL'OPERA

### 7.1 Il tracciato e le opere in sotterraneo

La lunghezza totale del tracciato del Lotto 2, dall'impianto di Telese (km 27+700) all'impianto del PC di San Lorenzo (km 39+050), è di circa 11,3 km e si sviluppa in sotterraneo per una lunghezza complessiva di circa 4,6 km, mediante quattro gallerie naturali a doppio binario denominate Tuoro S. Antuono, Cantone, Limata e S. Lorenzo.

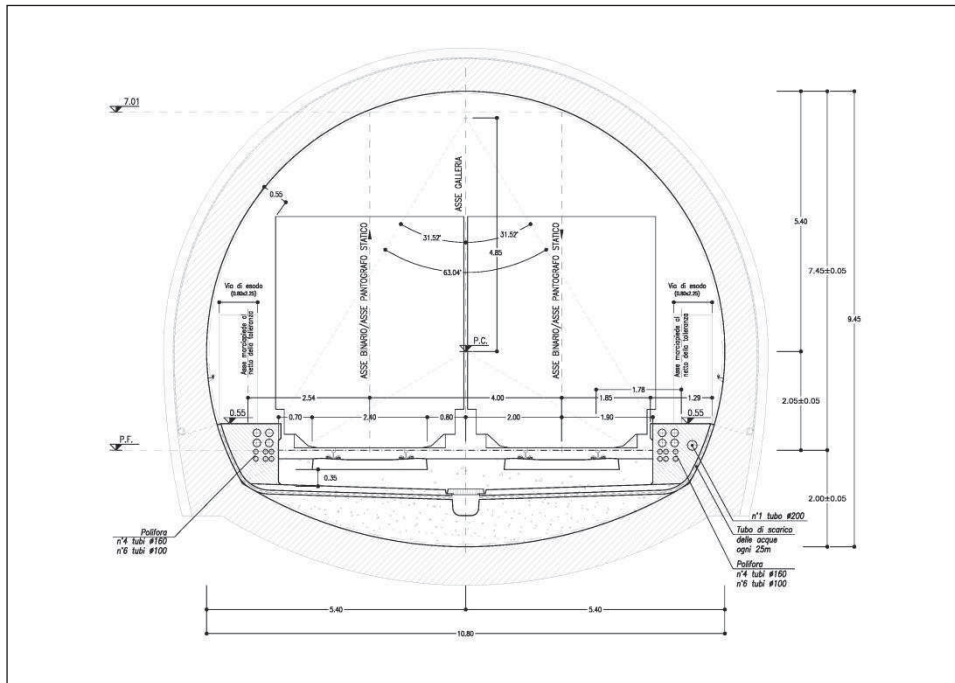
La velocità di tracciato del Lotto 2 è di 180 km/h fatta eccezione per il tratto da pk 30+500 km a pk 37+500 km nel quale è pari a 200 km/h, la pendenza massima longitudinale in linea è del 11,15 ‰, la massima sopraelevazione in curva è pari a 145 mm e il raggio di curvatura minimo è di 1550 m.

La galleria di linea Limata ha una lunghezza complessiva di circa 300 m, di cui circa 63 m in artificiale e 238 m in naturale, come di seguito dettagliato con riferimento alla progressivazione del binario dispari:

- da pk 34+464,20 a pk 34+481,70 (L=86 m) becco di flauto;
- da pk 34+481,70 a pk 34+493,80 (L=12,10 m) galleria artificiale a sezione policentrica;
- da pk 34+493,80 a pk 34+731,50 (L=237,7 m) galleria naturale;
- da pk 34+731,50 a pk 34+736,50 (L=5 m) galleria artificiale a sezione policentrica;
- da pk 34+736,50 a pk 34+765,10 (L=28,60 m) galleria artificiale a sezione scatolare.

In funzione della lunghezza totale della galleria e del contesto geotecnico attraversato, si prevede di realizzare la galleria naturale in scavo tradizionale.

Fatta eccezione per il tratto all'imbocco a sezione scatolare, la galleria ha sezione policentrica con raggio di calotta e piedritti pari a 5,40 metri (con semi-apertura angolare pari a 120,50°). Tale sezione sviluppa un'area libera di poco superiore ai 66 m<sup>2</sup> e un perimetro pari a quasi 32 metri come previsto dal Manuale di Progettazione RFI (Rif. [10]).



**Figura 1 - Sezione di intradosso gallerie di linea e gallerie artificiali policentriche (sezione corrente)**

La quota di imbocco lato Canello è pari a circa 72 m s.l.m. mentre quella lato Benevento è pari a circa 72,8 m s.l.m. con pendenza costante del 3,4‰ in ascesa da Canello verso Benevento. La copertura massima è di circa 37 m alla pk 34+600 km.

Per l'imbocco lato Benevento sarà realizzato un tratto in galleria artificiale policentrica sottodima e un tratto in galleria scatolare per la risoluzione di una interferenza con una viabilità locale; quest'ultima sarà ripristinata nella sua configurazione ante-operam al di sopra dello scatolare. La galleria scatolare dell'imbocco lato Benevento sarà collegato con le opere contigue all'aperto attraverso un tratto tra muri ad U.

Per ulteriori dettagli sulla descrizione del tracciato e delle opere si rimanda alla "Relazione tecnica delle opere in sottoterraneo" (Rif. [13]).

## 7.2 Interferenze lungo il tracciato

Oltre all'interferenza con una viabilità locale in corrispondenza dell'imbocco lato Benevento descritta nel paragrafo precedente, la galleria naturale Limata non presenta ulteriori interferenze.



	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>2° LOTTO FUNZIONALE TELESE – SAN LORENZO.</b>					
	GALLERIA LIMATA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO	COMMESSA IF0H	LOTTO 22 D 07	CODIFICA RB	DOCUMENTO GN0300 001	REV. A

## 8 FASE CONOSCITIVA

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

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

### 8.1 Inquadramento geologico

L'area di studio si colloca nella porzione nord-occidentale della regione Campania, più precisamente il territorio dei comuni di Castelvenere, Guardia Sanframondi, Ponte, San Lorenzo Maggiore e Solopaca, in provincia di Benevento (BN). Il tracciato progettuale impegna, quindi, settori di territorio posti a quote comprese tra 76 m s.l.m. e 149 m s.l.m. circa mentre le quote progettuali (p.f.) variano da 73.5 m s.l.m. a 81.7 m s.l.m.. Dal punto di vista morfologico, l'area di studio è contraddistinta dalla valle del Fiume Calore che, con i suoi depositi alluvionali, separa i rilievi del Taburno-Camposauro, a sud, da quelli del Matese, a nord.

La porzione di Catena Appenninica ricadente nel settore centrale della Regione Campania è costituita da una spessa unità tettonica meso-cenozoica derivante dalla deformazione di domini paleogeografici di natura bacinale, nota in letteratura come Unità tettonica del Fortore.

Su tale unità poggiano, in discordanza stratigrafica, spesse sequenze sin-orogene tardo-mioceniche, costituite da terreni prevalentemente arenaceo-marnosi e conglomeratico-sabbiosi di scarpata e base scarpata. I suddetti depositi sono ricoperti, infine, da estesi depositi quaternari di origine vulcanica (Unità di Maddaloni), alluvionale (Unità dei depositi continentali) e detritico-colluviale.

Nei settori di stretto interesse progettuale per la galleria Limata sono state individuate e perimetrare due unità geologiche:

#### *Unità di Maddaloni*

Si tratta di depositi lacustri con frequenti intercalazioni fluviali e vulcanoclastiche, costituiti da quattro differenti litofacies a dominante ghiaioso-sabbiosa (MDL1), sabbioso-limosa (MDL2), limoso-argillosa (MDL3) e travertinoso-sabbiosa (MDL4).

Le opere in sotterraneo interessano la litofacies pelitica (**MDL3**), che è costituita da argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi a struttura indistinta o debolmente laminata, con diffusi inclusi piroclastici e locali ghiaie poligeniche; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi a struttura indistinta o debolmente laminata, con diffusi inclusi piroclastici e locali ghiaie poligeniche.

#### *Depositi continentali*

Affiorano in tutto il settore di studio alla base dei rilievi montuosi o in corrispondenza dei principali corsi d'acqua dell'area. In generale, tali depositi sono formati da sedimenti di genesi prevalentemente alluvionale, gravitativa e detritico-colluviale.

I depositi continentali si collocano diffusamente nel settore centrale dell'area di studio: sono depositi alluvionali terrazzati costituiti da tre differenti litofacies a dominante ghiaioso-sabbiosa, sabbioso-limosa e limoso-argillosa.



	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>2° LOTTO FUNZIONALE TELESE – SAN LORENZO.</b>					
	GALLERIA LIMATA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO	COMMESSA IF0H	LOTTO 22 D 07	CODIFICA RB	DOCUMENTO GN0300 001	REV. A

La litofacies più grossolana (**bn1**) è costituita da ghiaie poligeniche ed eterometriche, con locali ciottoli, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio, nocciola e giallastro, da scarsa ad abbondante, sciolta o moderatamente cementata; a luoghi si rinvengono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio-azzurro, marrone e giallastro, a struttura indistinta, con sporadici inclusi piroclastici e frequenti ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate; localmente sono presenti lenti e/o livelli di conglomerati a clasti poligenici ed eterometrici, da sub-arrotondati ad arrotondati, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro.

La litofacies prevalentemente sabbioso-limosa (**bn2**), è formata da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, marrone e giallastro, a struttura indistinta o debolmente laminata, con sporadici inclusi piroclastici e frequenti ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; a luoghi si rinvengono passaggi di limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi di colore grigio e marrone, a struttura indistinta, con sporadici inclusi piroclastici e rare ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate.

La litofacies prevalentemente pelitica (**bn3**) è costituita da argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi di colore grigio-azzurro, marrone e verdastro, a struttura indistinta o debolmente laminata, con sporadici inclusi piroclastici e rare ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; a luoghi si rinvengono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, marrone e bruno-rossastro, a struttura indistinta, con sporadici inclusi piroclastici e frequenti ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate.

Per una dettagliata descrizione del modello geologico del sito si rimanda alla “Relazione geologica ed idrogeologica” (Rif. [13]).

## 8.2 Indagini

Le campagne geotecniche sono di seguito elencate:

- Campagna indagini 1984-1985 (*Concessione delle prestazioni integrate occorrenti per la progettazione definitiva del raddoppio e potenziamento della linea Caserta - Foggia e per la progettazione esecutiva e la realizzazione delle opere occorrenti per una prima fase di raddoppio e potenziamento della suddetta linea*);
- Campagna indagini 2007-2009 (*Progettazione preliminare per il "Raddoppio tratta Canello - Benevento; II° lotto funzionale Frasso Telesino - Vitulano"*);
- Campagna indagini 2015 (*Indagini propedeutiche alla progettazione definitiva per il " Raddoppio tratta Canello - Benevento; II° lotto funzionale Frasso Telesino - Vitulano"*).
- Campagna indagini 2017 (*Progettazione definitiva per il " Raddoppio tratta Canello - Benevento; II° lotto funzionale Frasso Telesino - Vitulano"*).

### 8.2.1 Indagini geotecniche

Relativamente al 2° lotto funzionale Teleso – San Lorenzo sono state realizzate le seguenti indagini:

- n. 49 sondaggi a carotaggio continuo di cui n. 15 non attrezzati, n. 27 attrezzati con piezometro, n. 2 strumentati con inclinometro n. 3 attrezzato per sismica in foro;
- n. 1 sondaggio a distruzione attrezzato con inclinometro;
- n. 4 prospezioni sismiche MASW;
- n. 2 indagini tomografiche elettriche;
- n. 5 stendimenti sismici a rifrazione in onde P e S;

Nelle tabelle seguenti si riportano i principali dati tecnici relativi ai soli sondaggi presi in considerazione per la caratterizzazione geotecnica.

Sigla	Campagna indagine	Tipologia indagine e strumentazione	Quota m s.l.m.	Profondità	Campioni	SPT	km
S28	1984-1985	Sondaggio non attrezzato	60.8	30.4	1	8	33+298.08
S29	1984-1985	Sondaggio non attrezzato	56.4	30.0	0	4	33+641.46
S30	1984-1985	Sondaggio non attrezzato	57.3	30.0	0	7	33+931.26
S31	1984-1985	Sondaggio non attrezzato	60.9	30.0	0	9	34+760.53
S32	1984-1985	Sondaggio non attrezzato	70.8	25.0	0	8	36+581.31
S33	1984-1985	Sondaggio non attrezzato	71.9	25.0	1	8	36+733.63
S138	1984-1985	Sondaggio non attrezzato	69.2	25.0	0	8	36+856.71

**Tabella 1 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini 1984-1985, elencati in ordine di coordinate (long.).**

Sigla	Campagna indagine	Tipologia indagine e strumentazione	Quota m s.l.m.	Profondità	Campioni	SPT	km
PNIF52G13	2008-2009	Sondaggio attrezzato con inclinometro	81.3	30.0	3	6	28+333.49
PNIF33G02	2007	Sondaggio attrezzato con piezometro	107.3	40.0	3	8	36+249.91

**Tabella 2 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna di indagini 2007, elencati in ordine di coordinate (long.).**

Sigla	Campagna indagine	Tipologia indagine e strumentazione	Quota m s.l.m.	Profondità	Campioni	SPT	km
D14BIS	2015	Sondaggio attrezzato con inclinometro	80.3	30.0	11	8	33+848.66
D15	2015	Sondaggio attrezzato per sismica in foro	62.9	30.0	11	7	34+332.77
D16	2015	Sondaggio attrezzato con piezometro	69.1	30.0	11	7	34+892.06
D17BIS	2015	Sondaggio attrezzato con piezometro	74.1	30.0	11	8	36+859.62
D19	2015	Sondaggio attrezzato per sismica in foro	82.9	30.0	2	9	41+003.43

**Tabella 3 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini 2015, elencati in ordine di coordinate (long.).**

Sigla	Campagna indagine	Tipologia indagine e strumentazione	Quota m s.l.m.	Profondità	Campioni	SPT	km
-------	-------------------	-------------------------------------	----------------	------------	----------	-----	----

Sigla	Campagna indagine	Tipologia indagine e strumentazione	Quota m s.l.m.	Profondità	Campioni	SPT	km
IF15G20	2017	Sondaggio attrezzato con piezometro	73.0	30.0	0	3	32+991.66
IF15G21	2017	Sondaggio attrezzato per sismica in foro	73.8	30.0	3	5	33+502.90
IF15G22	2017	Sondaggio attrezzato con piezometro	109.8	60.0	3	7	33+801.84
IF15G50	2017	Sondaggio a distruzione attrezzato con inclinometro	80.3	30.0	0	0	33+866.04
IF15V23	2017	Sondaggio attrezzato con piezometro	61.1	30.0	4	9	34+093.93
IF15G24	2017	Sondaggio attrezzato con piezometro	82.6	30.	3	9	34+746.23
IF15G25	2017	Sondaggio attrezzato per sismica in foro	138.9	70.0	2	6	35+194.64
IF15G26	2017	Sondaggio attrezzato con piezometro	153.0	90.0	3	1	35+707.98
IF15F27	2017	Sondaggio attrezzato con piezometro	101.3	30.0	3	8	35+771.95
IF15G48	2017	Sondaggio attrezzato con piezometro	97.0	30.0	5	8	35+995.27
IF15G28	2017	Sondaggio attrezzato con piezometro	93.1	35.0	2	0	36+701.63
IF15V29	2017	Sondaggio attrezzato con piezometro	70.4	40.0	5	7	36+922.94

**Tabella 4 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini 2017, elencati in ordine di coordinate (long.).**

Di seguito si riportano i sondaggi attrezzati per prove di permeabilità, relative alla campagna d'indagine 2017.

Sondaggio	Tipologia	Profondità (m da p.c.)
IF15F13	Lefranc	5.5 - 6.0
IF15G20	Lefranc	8.0 - 8.8
IF15G22	Lefranc	43.0 - 44.0
IF15G25	Lefranc	59.0 - 60.0
IF15G26	Lefranc	74.0 - 75.0
IF15F27	Lefranc	6.0 - 7.0

Sondaggio	Tipologia	Profondità (m da p.c.)
IF15G48	Lefranc	4.5 - 5.0
IF15G48	Lefranc	9.0 - 10.0
IF15G28	Lefranc	8.0 - 9.0

### 8.2.2 Prove di laboratorio

Sono state eseguite le seguenti analisi:

- Analisi granulometria per setacciatura e sedimentazione;
- Peso di volume;
- Peso specifico;
- Determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- Limiti di ritiro, di plasticità e di liquidità;
- Determinazione delle sostanze organiche

Sono state inoltre eseguite le seguenti prove di caratterizzazione meccanica:

- Prove Triassiali (CID, CIU e UU);
- Prova di Taglio Diretto;
- Prova Edometrica;
- Point Load Test;

I certificati di prova sono consultabili nel documento IF0H22D69PRGE0005001B (Rif. [26]).

### 8.2.3 Indagini geofisiche

Tra le prove Down-Hole effettuate quelle che hanno indagato le formazioni in esame sono state eseguite nei seguenti sondaggi: IF15G21 e IF15G25 per la campagna indagini 2017, D15 e D19 per la campagna indagini 2015. Per l'ubicazione di questi fori strumentati si faccia riferimento alla Tabella 3 e alla Tabella 4.

Le prove sismiche di superficie considerate, con indicazione dei principali dati relativi ad ogni singola prova (sigla, tipologia di indagine, lunghezza e progressiva), sono di seguito riportate:

Sigla	Tipologia indagine	Lunghezza (m)	km
Area D16	Prospezione sismica MASW	70	34+855.61
Area D17bis	Prospezione sismica MASW	70	36+856.70
L5	Stendimento sismico a rifrazione	180	34+243.93
L7	Stendimento sismico a rifrazione	235	34+371.92
L8	Stendimento sismico a rifrazione	120	36+740.41

Sigla	Tipologia indagine	Lunghezza (m)	km
L9	Stendimento sismico a rifrazione	141	36+592.25
L10	Stendimento sismico a rifrazione	80	36+626.03
L11	Stendimento sismico a rifrazione	96	36+480.35
L12	Stendimento sismico a rifrazione	90	36+550.65

**Tabella 5 - Sintesi delle indagini sismiche di tipo lineare, realizzate nell'ambito della campagna indagini 2015.**

Sigla	Tipologia indagine	Lunghezza (m)	km
MASW 3	Prospezione sismica MASW	70	31+654.01
MASW 4	Prospezione sismica MASW	70	36+976.57
S4	Stendimento sismico a rifrazione	96	34+747.91
S5	Stendimento sismico a rifrazione	96	34+797.47

**Tabella 6 Sintesi delle indagini sismiche di tipo lineare, realizzate nell'ambito della campagna indagini 2017**

### 8.3 Caratterizzazione e modellazione geotecnica

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

Lo scavo della galleria naturale Limata intercetta i depositi alluvionali terrazzati per tutto il suo sviluppo; l'unità di Maddaloni è il substrato presente al di sotto di essi, che risulta coinvolto dallo scavo per un tratto di circa 130 m. L'opera in esame interessa esclusivamente la facies bn1 dei depositi alluvionali, per questo motivo si farà riferimento, nella presente trattazione, ad un'unica formazione geotecnica denominata bn.

Il modello geotecnico è rappresentato nell'elaborato "Profilo geotecnico - Galleria Limata e San Lorenzo" (Rif. [42]).

#### 8.3.1 Depositi alluvionali terrazzati (bn)

##### 8.3.1.1 Caratteristiche fisiche

Le analisi granulometriche eseguite sui campioni prelevati dai sondaggi mostrano la prevalenza dei termini ghiaiosi e subordinatamente sabbiosi (Figura 2). Mediamente si ottiene: ghiaia 47%, sabbia 25%, limo 21% e argilla 7%, quindi i terreni sono classificabili (AGI - Rif. [9]) come ghiaia con sabbia e come ghiaia con sabbia limosa.

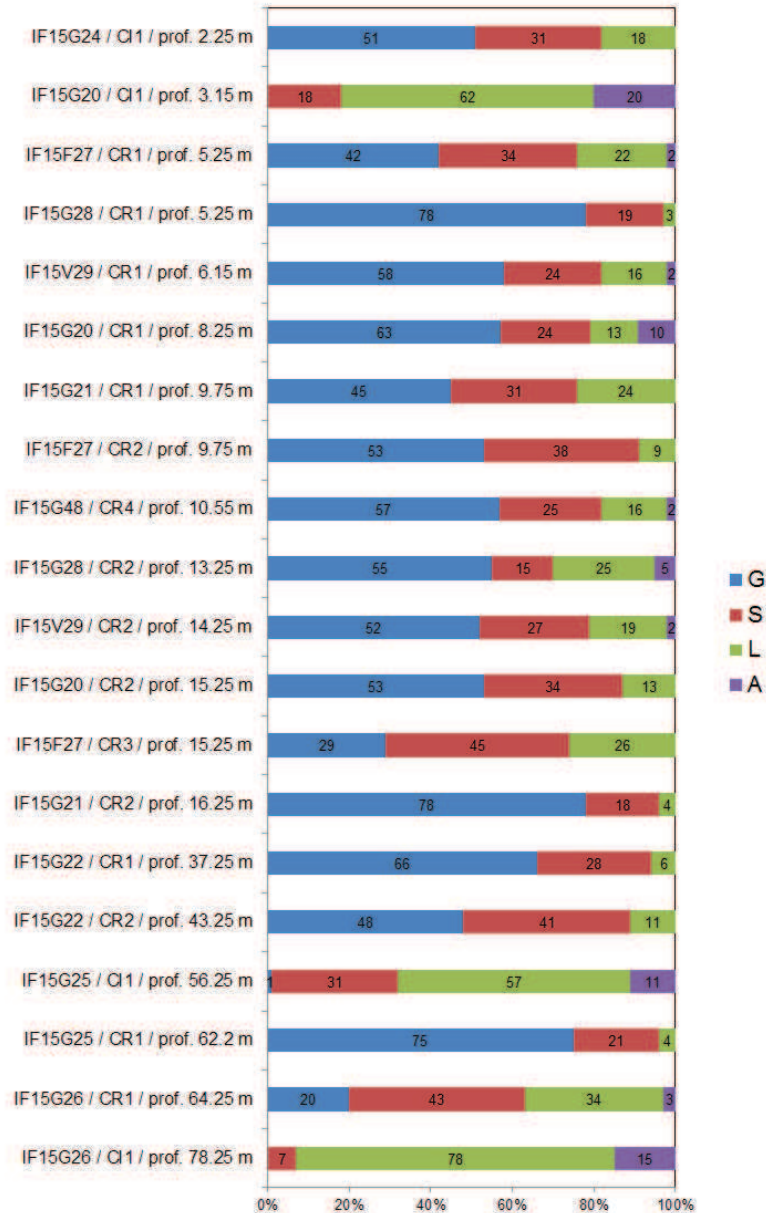


Figura 2 Formazione bn: Analisi granulometrica

Nella Figura 3 è riportato il grafico relativo alla variazione del passante al setaccio 200 ASTM (0.074 mm) con la profondità; la percentuale di passante è generalmente inferiore al 35%, fatta eccezione per i campioni prelevati da lenti coesive intercettate durante i sondaggi.

Il contenuto d'acqua naturale, misurato su campioni indisturbati, risulta compreso tra il 10% ed il 25% nei primi metri di profondità dal piano campagna, mentre per profondità superiori il valore varia tra 15% e 20%.

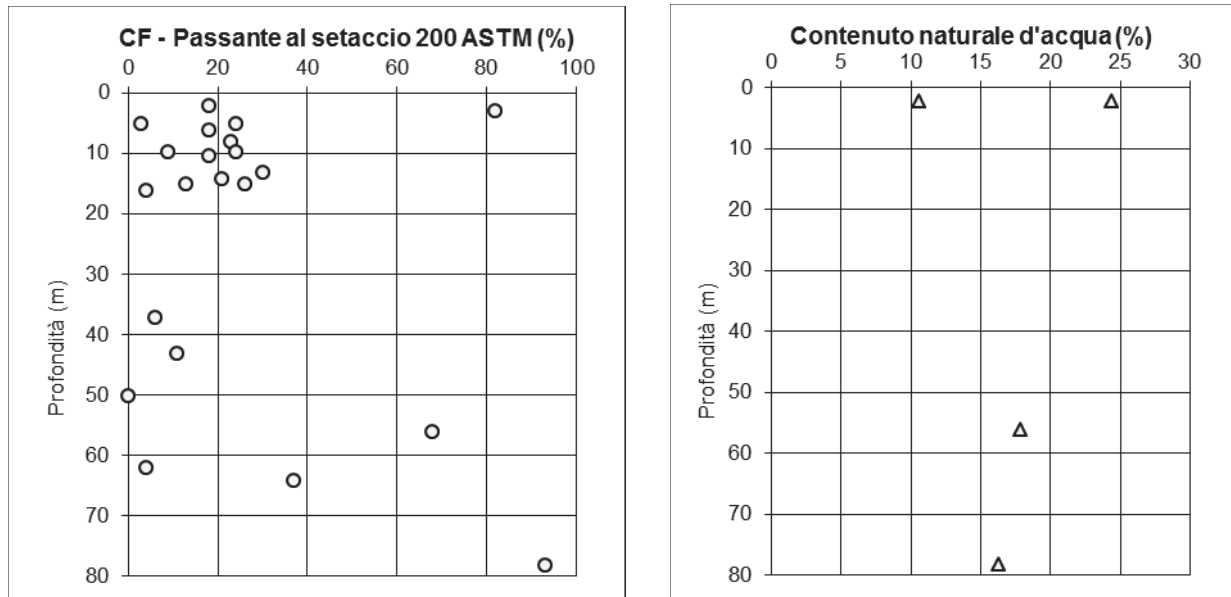


Figura 3 Formazione bn: Passante al Setaccio 200 ASTM e contenuto d'acqua

Il peso dell'unità di volume è variabile tra  $18.5 \div 22.5 \text{ KN/m}^3$  mentre il peso di volume del materiale secco varia tra  $16 \text{ e } 19 \text{ KN/m}^3$  (Figura 4), questi valori fanno riferimento al materiale che è stato possibile campionare in maniera indisturbata dove prevale la frazione limo-argillosa. Il peso specifico è variabile tra  $25.6 \div 26.6 \text{ KN/m}^3$ .

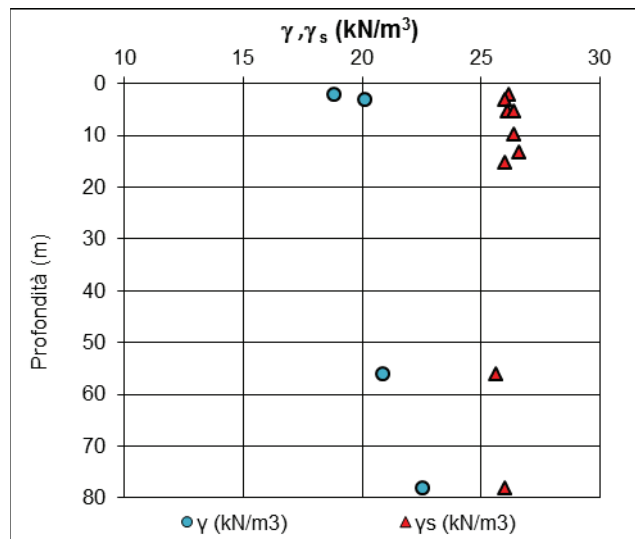


Figura 4 Formazione bn: Peso dell'unità di volume  $\gamma$  e peso specifico  $\gamma_s$

### 8.3.1.2 Caratteristiche meccaniche

I parametri di resistenza, data la natura incoerente del materiale, sono ricavati da prove SPT. Di seguito si rappresentano gli andamenti dell'angolo d'attrito con la profondità, relativamente alle formulazione API (American Petroleum Institute, 1987), scelta per interpretare le prove SPT.

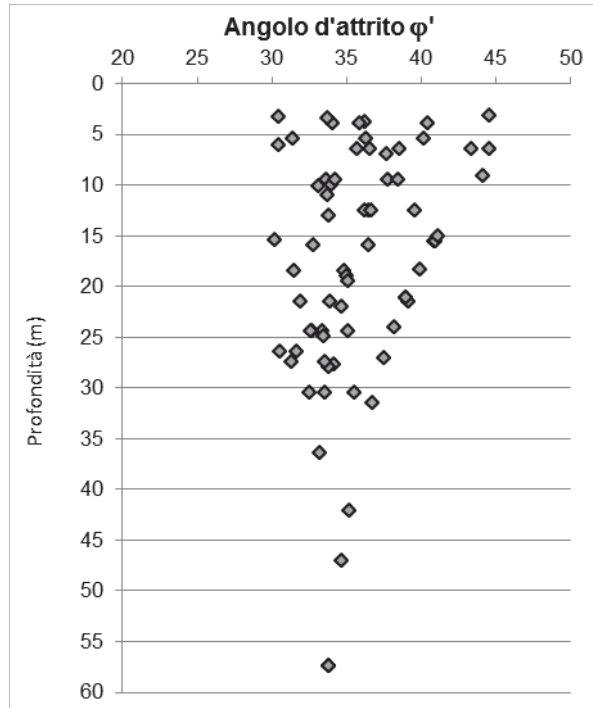


Figura 5 Formazione bn: Interpretazione prove in situ SPT

Come mostrato in Figura 5 l'angolo d'attrito varia tra  $33^\circ$  e  $40^\circ$ , con un valore medio pari a  $36.5^\circ$ .

Prove di taglio diretto e triassiali eseguite su campioni indisturbati (Figura 6), hanno consentito di definire un valore di coesione efficace compresa tra  $10 \div 37$  kPa.

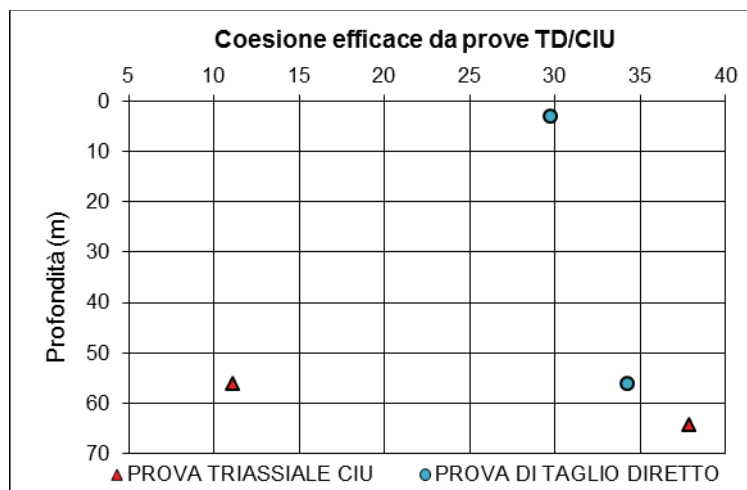


Figura 6 Formazione bn: Valori della coesione risultanti da prove di laboratorio



I depositi alluvionali interessati dalle opere in progetto hanno natura prevalentemente conglomeratica, e hanno subito processi di cementazione. Tale natura è riscontrabile in sito attraverso l'osservazione di numerosi affioramenti e scarpate, caratterizzate da pendenze elevate e che non mostrano alcuna evidenza di instabilità (Figura 7).



**Figura 7 Formazione bn: Affioramento in sito**

I parametri di deformabilità sono stati determinati da prove in sito "Down-Hole". Si desumono tre intervalli di valori del modulo E in funzione della profondità:

- da 0 m a 15 m si definisce il range 50 ÷ 140 MPa;
- da 15 m a 40 m si definisce il range 140 ÷ 390 MPa;
- per profondità maggiori di 40 m si assume un modulo operativo pari a 390 MPa.

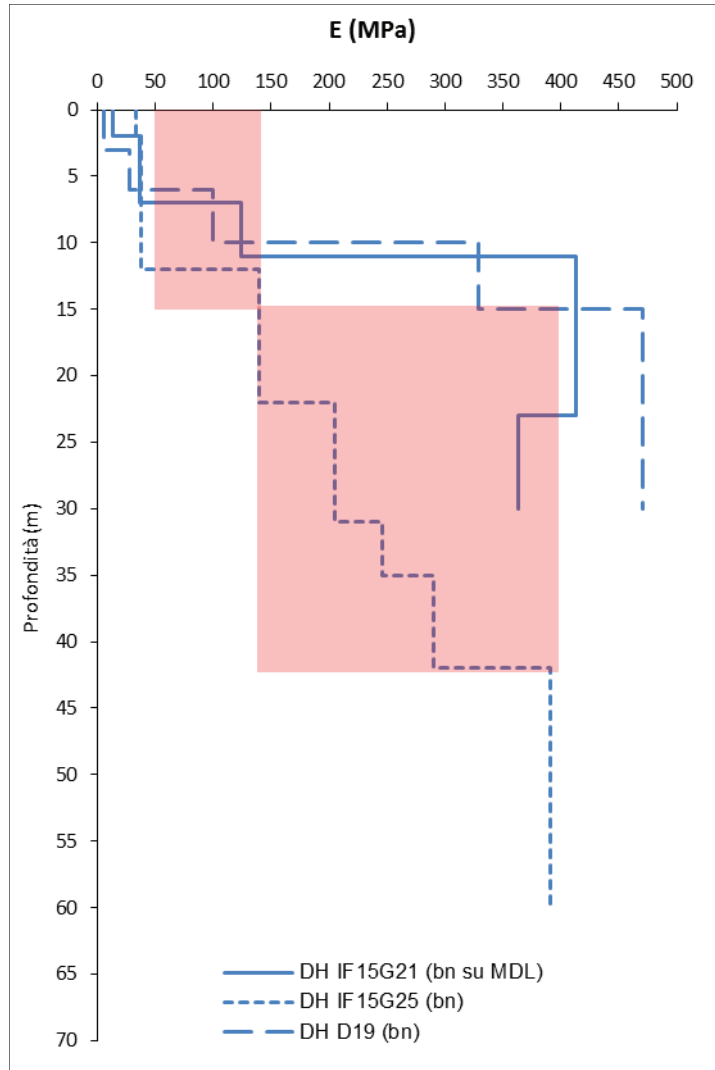


Figura 8 Formazione bn: Andamento del modulo elastico con la profondità

### 8.3.1.3 Permeabilità

Sono state eseguite prove di permeabilità nei fori di sondaggio (Lefranc). Si definisce un coefficiente di permeabilità medio  $k$  pari a  $10^{-6}$  m/s (Figura 9).

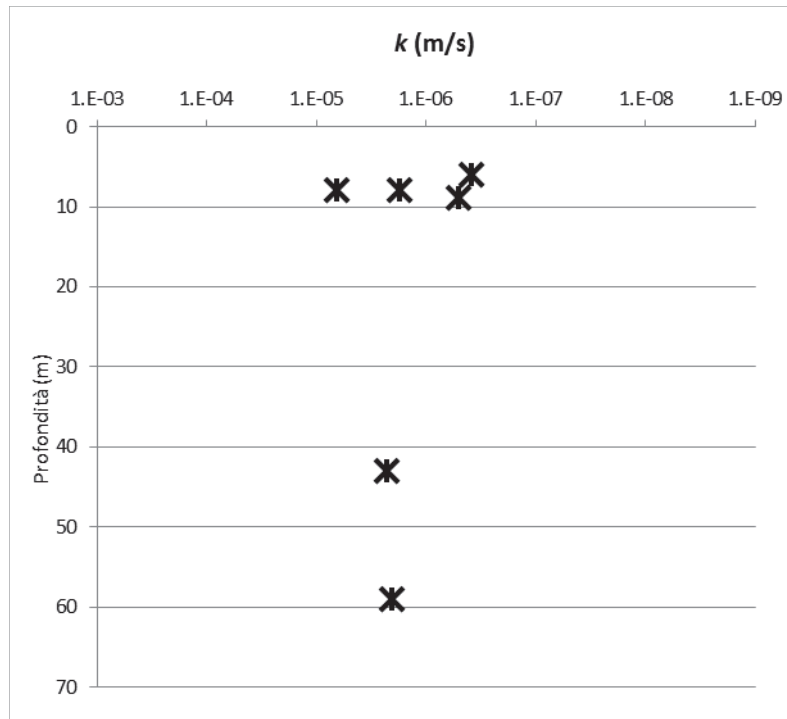


Figura 9 Formazione bn: Coefficiente di permeabilità

### 8.3.2 Unità di Maddaloni (MDL3)

#### 8.3.2.1 Caratteristiche fisiche

Come già anticipato nel § 8.1 la litofacies dell'Unità di Maddaloni presente lungo il tracciato della galleria è MDL3: si tratta di materiale coesivo (limo 48% e argilla 12%) di origine lacustre con inclusioni ghiaiosi (ghiaia 25%) e intercalazioni sabbiose (sabbia 16%), come si nota dalle analisi granulometriche condotte sui campioni prelevati.

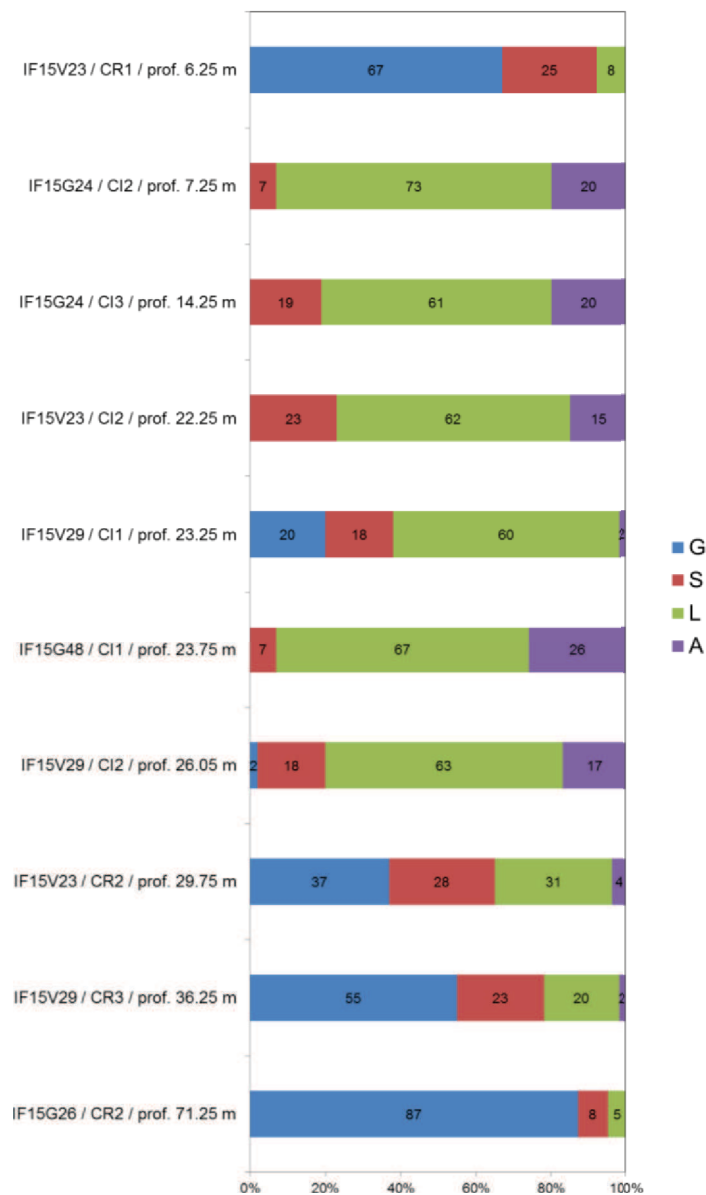


Figura 10 Formazione MDL3: Analisi granulometrica

Nella Figura 11 è riportato il grafico relativo alla variazione del passante al setaccio 200 ASTM (0.074 mm) con la profondità; la percentuale di passante è generalmente compresa tra il 60% ed il 100%. È possibile anche osservare come il contenuto naturale d'acqua nei campioni analizzati sia variabile tra il 20% e il 30%.

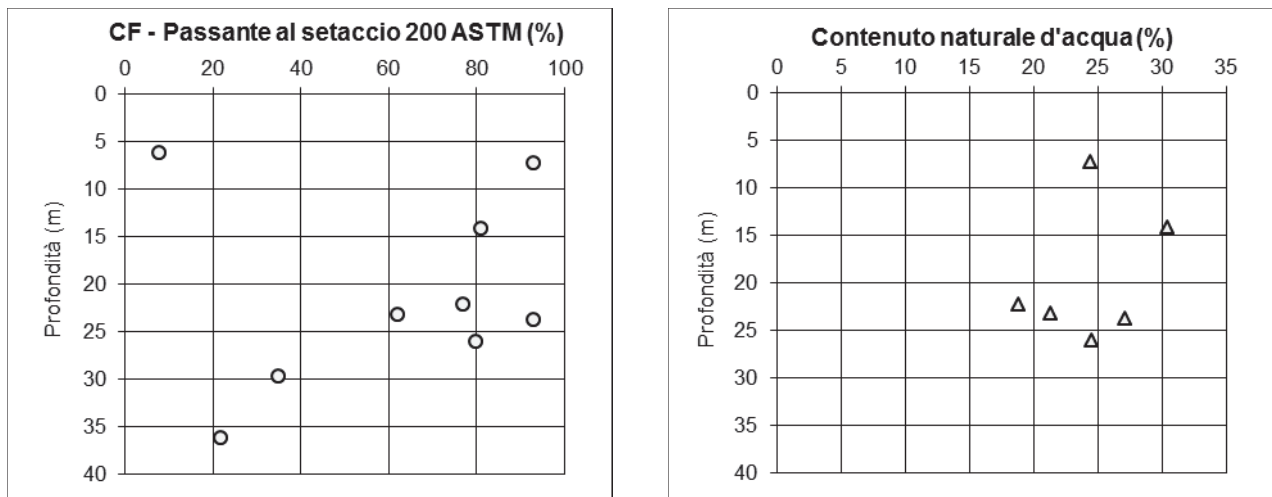


Figura 11 Formazione MDL3: Passante al Setaccio 200 ASTM e contenuto d'acqua

Il peso dell'unità di volume è variabile tra  $19 \div 24 \text{ kN/m}^3$ , mentre il peso di volume del materiale secco varia tra  $14 \div 18 \text{ kN/m}^3$ . Il peso specifico è circa pari a  $25 \text{ kN/m}^3$  (Figura 12).

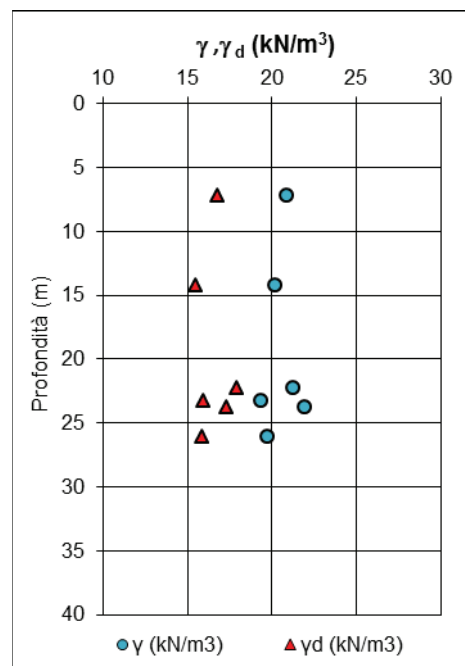


Figura 12 Formazione MDL3: Peso dell'unità di volume  $\gamma$  e peso dell'unità di volume del materiale secco  $\gamma_d$

I limiti di Atterberg sono compresi nei seguenti intervalli (Figura 13):

- Limite di plasticità: 18% ÷ 28%
- Limite di liquidità: 43% ÷ 70%
- Indice di Plasticità: circa 40%
- Indice di consistenza: 0.9 ÷ 1

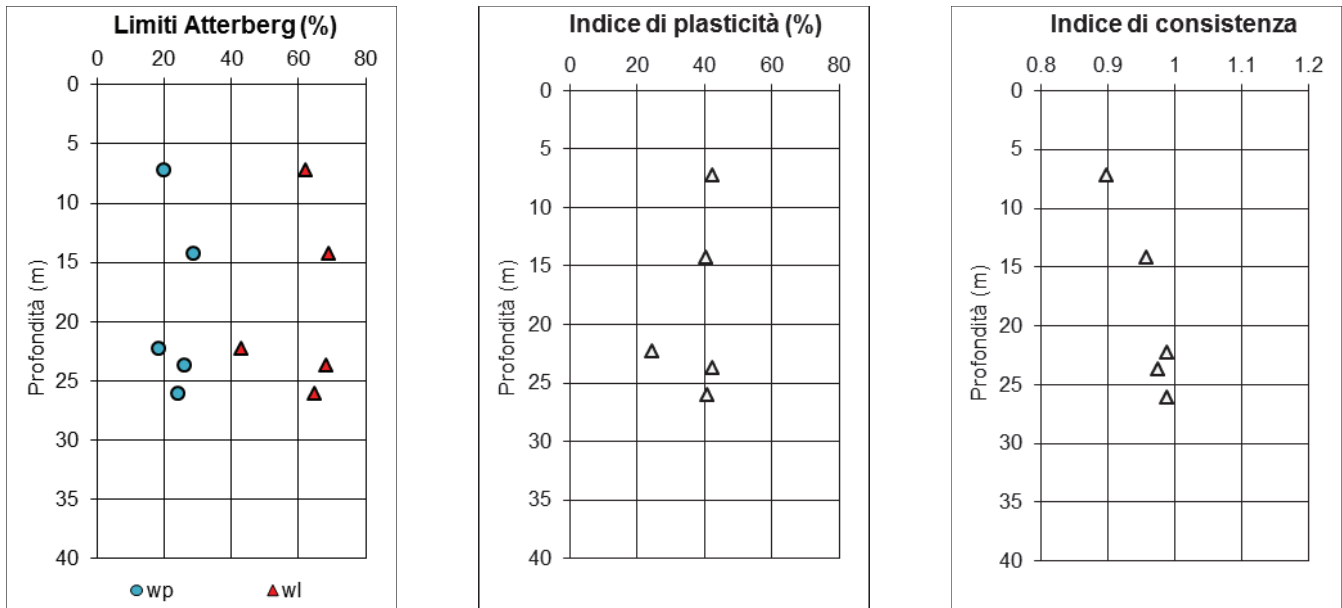


Figura 13 Formazione MDL3: Limiti di Atterberg

Come conferma dei risultati di analisi granulometriche e dei limiti di appena esposti, tutti i campioni si posizionano sono al di sopra della Retta A nel quadrante 6, quindi classificabili come argille inorganiche di alta plasticità (Figura 14).

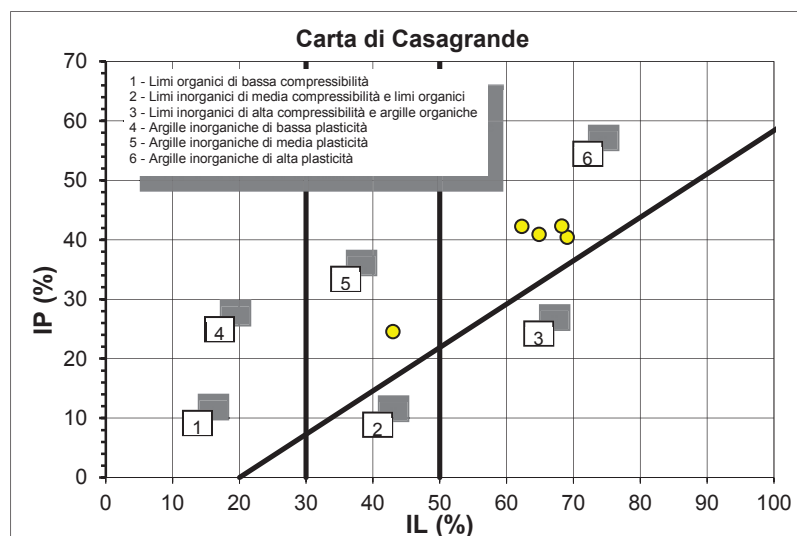
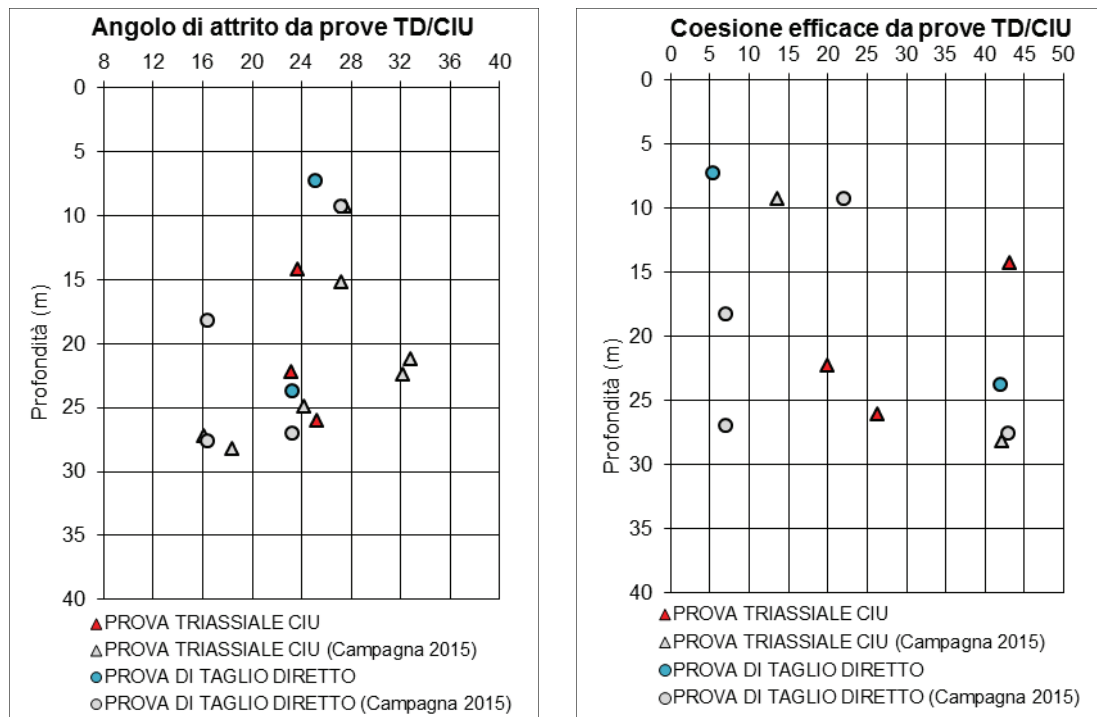


Figura 14 Formazione MDL3: Carta di Casagrande

### 8.3.2.2 Caratteristiche meccaniche

I parametri di resistenza, data la natura coesiva del materiale, sono desunti da prove di laboratorio. Quest'ultime si distinguono in prove di taglio diretto, triassiali consolidate isotropicamente non drenate e triassiali non consolidate non drenate.



**Figura 15 Formazione MDL3: Parametri efficaci - Andamento dell'angolo d'attrito e della coesione con la profondità**

In Figura 15 si riportano i risultati dell'interpretazione di tali prove: si ottiene un intervallo di valori dell'angolo di attrito efficace  $\phi'$  pari a  $23^\circ \div 27^\circ$  e della coesione efficace pari a  $20 \div 40$  kPa.

In Figura 16 si riportano gli involuipi delle prove di taglio diretto e triassiali consolidate non drenate, rispettivamente rappresentati nel piano di Mohr-Coulomb e nel piano degli invarianti. È possibile osservare l'equazione della retta interpolatrice dei punti di rottura, così da cogliere l'elevato valore del coefficiente di correlazione. I valori di coesione e angolo d'attrito che ne derivano appartengono agli intervalli di progetto sopra definiti.

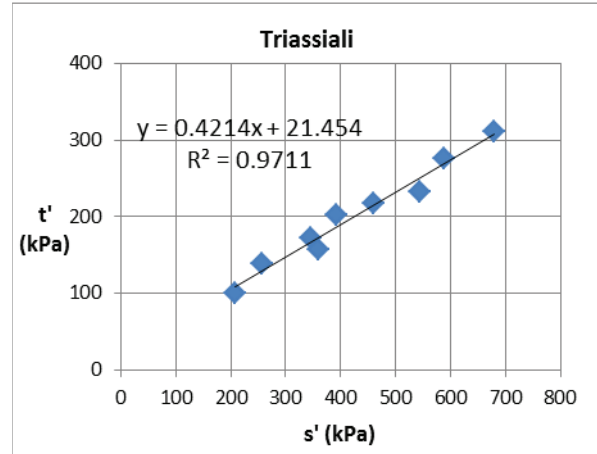
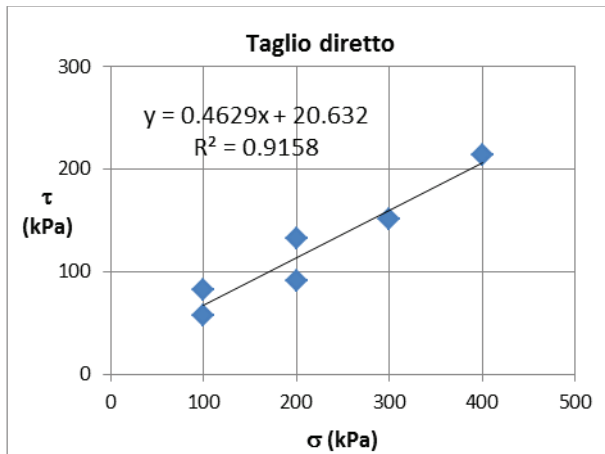


Figura 16 Formazione MDL3 – Inviluppi a rottura delle prove di taglio diretto e triassiali

I valori della coesione non drenata sono desunti da prove non consolidate non drenate, in Figura 17, e risultano essere compresi nell'intervallo scelto 130 ÷ 230 kPa.

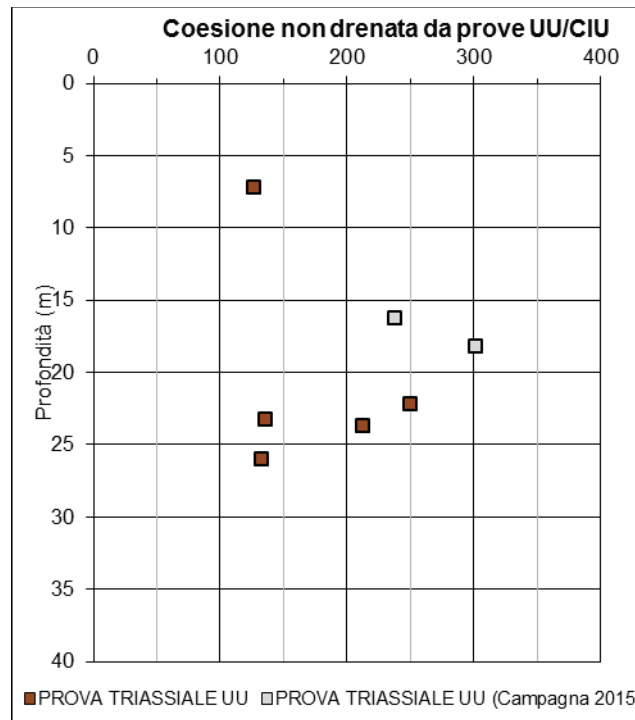
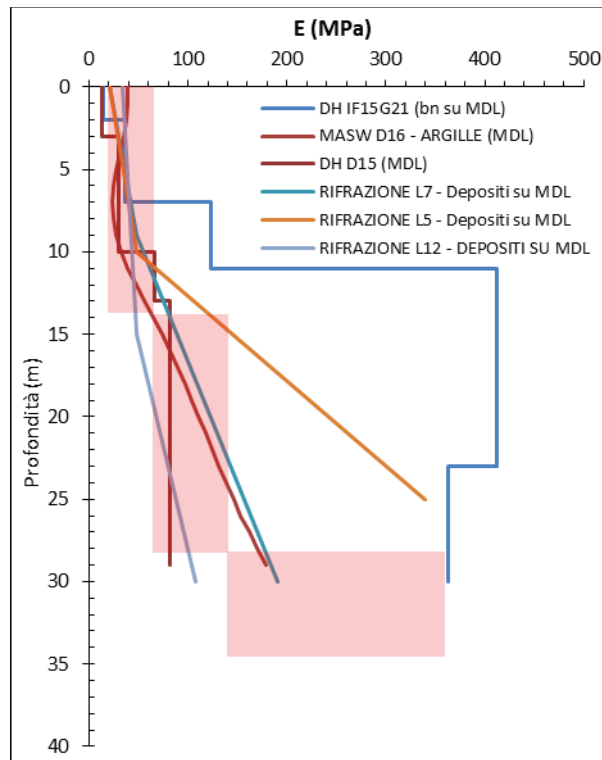


Figura 17 Formazione MDL3: Andamento della coesione non drenata con la profondità

Per quanto concerne le caratteristiche di deformabilità, si fa riferimento sia a prove in foro Down-Hole (sondaggio IF15G21 e D15), sia a stendimenti geofisici (MASW e le indagini sismiche a rifrazione).





**Figura 18 Formazione MDL3: Andamento del modulo elastico con la profondità**

Escludendo i primi 23 m della prova Down-Hole del sondaggio IF15G21, dato che attraversa i depositi terrazzati, si definiscono tre intervalli in funzione della profondità  $z$ :

- $E = 20 \div 65$  MPa per  $z = 0 \div 12$  m;
- $E = 65 \div 120$  MPa per  $z = 12 \div 25$  m;
- $E = 120 \div 360$  MPa per  $z > 25$  m.

### 8.3.2.3 Permeabilità

Si hanno a disposizione delle prove di permeabilità di tipo Lefranc condotte in diversi sondaggi a quote corrispondenti ai depositi di MDL3. Il coefficiente di permeabilità  $k$  è compreso tra  $10^{-6}$  m/s e  $10^{-8}$  m/s.

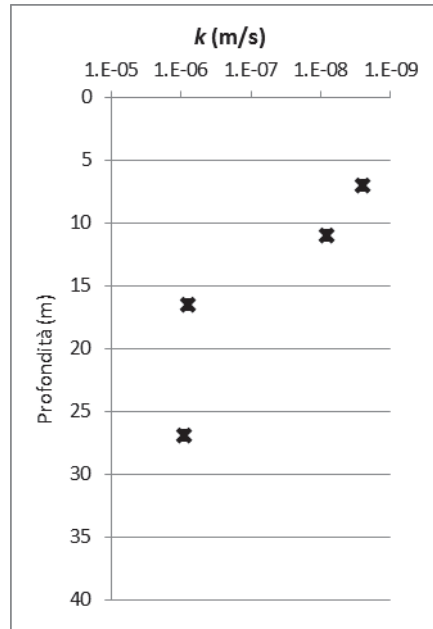


Figura 19 Formazione MDL3: Coefficiente di permeabilità

### 8.3.3 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, ottenuti dalla caratterizzazione geotecnica.

Formazione	Copertura	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\varphi$ (°)	c (Kpa)	E (Mpa)
Depositi Alluvionali Terrazzati	0-15	20	33-40	10	50-140
	15-40	20	33-40	10-37	140-390
	>40	20	33-40	10-37	390

Formazione	Copertura	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\varphi$ (°)	c (Kpa)	$c_u$ (Kpa)	E (Mpa)
MDL3 (Unità di Maddaloni)	0-12	20	23-27	20-40	130-230	20-65
	12-25	20	23-27	20-40	130-230	65-120
	>25	20	23-27	20-40	130-230	120-360

	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 2° LOTTO FUNZIONALE TELESE – SAN LORENZO.</b>					
GALLERIA LIMATA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO	COMMESSA IF0H	LOTTO 22 D 07	CODIFICA RB	DOCUMENTO GN0300 001	REV. A	FOGLIO 31 di 75

### 8.3.4 *Il regime idraulico*

Allo scopo di indagare l'effettiva presenza di falde idriche sotterranee ed il relativo andamento della superficie piezometrica, è stata eseguita una apposita campagna di monitoraggio.

In corrispondenza dei terrazzi morfologici interessati dalla realizzazione della galleria Limata, i dati piezometrici a disposizione hanno evidenziato la presenza di una falda freatica posta all'interno dei terreni ghiaio-sabbiosi e sabbio-limosi dei depositi alluvionali (bn), la cui quota del pelo libero segue l'andamento plano-altimetrico del contatto stratigrafico con i sottostanti depositi fluvio-lacustri in facies pelitica dell'Unità di Maddaloni (MDL3) (Rif. [14]). Difatti, la superficie piezometrica si presenta a quota cavo e, nei tratti dove il cavo intercetta i depositi pelitici, al di sopra della calotta.

Le letture piezometriche eseguite nel foro di sondaggio IF15G24, mostrano un andamento della quota piezometrica costante. La prima lettura risale al 28 Marzo 2017, l'ultima al 23 Novembre 2017, in questo spazio temporale non si registrano variazioni delle quote di falda, a meno di differenze centimetriche.

Per l'andamento della quota di falda si rimanda al "Profilo geotecnico - Galleria Limata e San Lorenzo" (Rif. [42]) e alla "Relazione geologica ed idrogeologica" (Rif. [13]).

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>2° LOTTO FUNZIONALE TELESE – SAN LORENZO.</b>					
	GALLERIA LIMATA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO	COMMESSA <b>IF0H</b>	LOTTO <b>22 D 07</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GN0300 001</b>	REV. <b>A</b>

## 9 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. [27]), 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.

### 9.1 Classi di comportamento del fronte di scavo

Secondo l'approccio ADECO-RS (Rif. [27]) la previsione dell'evoluzione dello stato tensionale a seguito dell'apertura di una galleria è possibile attraverso l'analisi dei fenomeni deformativi, che forniscono indicazioni sul comportamento della cavità nei riguardi della stabilità a breve e a lungo termine. Dati sperimentali e analisi teoriche hanno dimostrato che il comportamento della cavità è significativamente condizionato, oltre che dalle caratteristiche geometriche della galleria stessa e dai carichi litostatici, anche dalle caratteristiche di resistenza e di rigidità del nucleo d'avanzamento, inteso come il volume di terreno a monte del fronte di scavo. Se il nucleo non è costituito da materiale sufficientemente rigido e resistente da mantenere in campo elastico il proprio comportamento tensio-deformativo, si sviluppano fenomeni deformativi e plasticizzazioni rilevanti in avanzamento, a cui consegue l'evoluzione verso condizioni di instabilità del fronte e del cavo. Se, invece, il comportamento del nucleo d'avanzamento si mantiene in campo elastico, il nucleo stesso svolge un'azione di precontenimento del cavo, che si mantiene a sua volta in condizioni elastiche, conservando le caratteristiche di massima resistenza del materiale attraversato e quindi configurazioni di stabilità.

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

#### Categoria A: nucleo-fronte stabile

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

#### Categoria B: nucleo-fronte stabile a breve termine

Tale categoria corrisponde alla condizione in cui lo stato tensionale nel terreno al fronte e al contorno della cavità, a seguito delle operazioni di scavo, raggiunge la resistenza dell'ammasso. I fenomeni deformativi tensionali sono di tipo elasto-plastico, di maggiore entità rispetto al caso precedente. Nell'ammasso può prodursi una eventuale riduzione delle caratteristiche di resistenza con decadimento verso i parametri residui. La risposta tensio-deformativa può essere opportunamente controllata con adeguati interventi di preconsolidamento del fronte e/o di consolidamento al contorno del cavo. In tal modo si fornisce l'opportuno contenimento all'ammasso perché mantenga un comportamento stabile. Nel caso non si prevedano interventi, lo stato tensio-deformativo può evolvere verso situazioni di instabilità del cavo in fase di realizzazione. Il rivestimento definitivo costituisce il margine di sicurezza per la stabilità a lungo termine.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>2° LOTTO FUNZIONALE TELESE – SAN LORENZO.</b>					
	GALLERIA LIMATA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO	COMMESSA <b>IF0H</b>	LOTTO <b>22 D 07</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GN0300 001</b>	REV. <b>A</b>

### 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 ed 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.

## 9.2 Determinazione delle categorie di comportamento

La valutazione del comportamento deformativo del fronte è stata condotta utilizzando i metodi di analisi della stabilità del fronte all'equilibrio limite, per esattezza Tamez (1984).

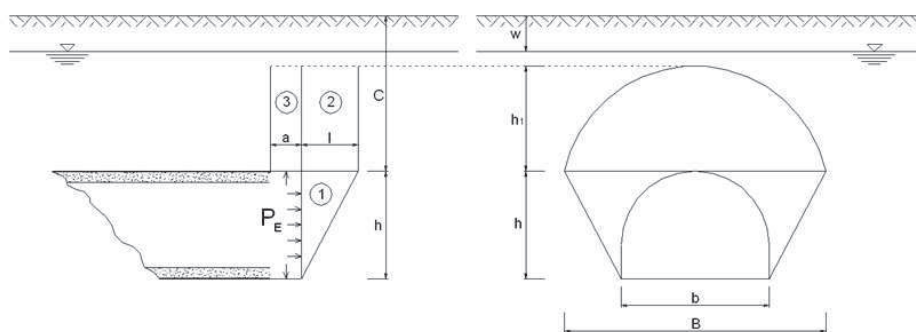
Le analisi nella fase di diagnosi sono state condotte con riferimento ai valori caratteristici dei parametri geotecnici e delle azioni.

### 9.2.1 *Analisi con i metodi all'equilibrio limite*

#### 9.2.1.1 Metodo di analisi: Tamez (1984)

Le analisi di stabilità del nucleo-fronte condotte secondo il metodo proposto da Tamez (1984, Rif. [36]), considerano una risposta del fronte di scavo in condizioni drenate (calcolo in tensioni efficaci).

Si ipotizza che al fronte si formi un meccanismo di rottura approssimabile mediante solidi prismatici come mostrato nella figura di seguito riportata, e si valuta il coefficiente di sicurezza FSF rispetto alla condizione di collasso ipotizzato, come rapporto tra i momenti delle forze resistenti e i momenti delle forze attive.



**Figura 20. Stabilità del fronte secondo il Metodo di Tamez (1984).**

Talvolta la stabilità del solo prisma 3 gravante sulla zona di galleria non ancora sostenuta dal rivestimento, può risultare più critica rispetto all'insieme dei tre prismi; è definito in tal senso un secondo coefficiente di sicurezza  $FS_3$ , per cui ai fini della stabilità del fronte si assume il coefficiente di sicurezza minimo tra i due.

$$FSF = \frac{(A + B + C)}{D}$$

$$A = \left[ \frac{2(\tau_{m2} - \tau_{m3})}{(1 + a/l)^2} + 2\tau_{m3} \right] \times \frac{h_1}{b}$$

$$B = \left[ \frac{2\tau_{m3}}{(1 + a/l) \times \sqrt{K_A}} \right] \times \frac{h_1}{h}$$

$$C = \left[ \frac{3.4C_1}{(1 + a/l)^2 \times \sqrt{K_A}} \right]$$

$$D = \left[ 1 + \frac{2h}{3Z(1 + a/l)^2} \right] \times (\gamma Z - P_E)$$

$$FS_3 = \frac{2\tau_{m3}}{(\gamma Z - P_E)} \times \frac{h_1}{b} \times \left( 1 + \frac{b}{a} \right)$$

Il fronte di scavo viene considerato stabile per valori di  $FSF > 1,5$ . Per valori di  $FSF$  superiori a 2, il sostegno del fronte può considerarsi non necessario.

#### 9.2.1.1.1 Sezioni analizzate

Sulla base dei risultati della caratterizzazione geotecnica di cui al precedente paragrafo § 8.3, in funzione delle condizioni idrauliche previste e della distribuzione delle diverse classi di copertura lungo il tracciato, sono state definite le sezioni di analisi rappresentative riportate nella tabella seguente. Si fa riferimento ad uno scavo di raggio 6.4 m e lunghezza del tratto non sostenuto  $a$  pari a 1 m. A parità di formazione si fanno variare le caratteristiche di resistenza secondo gli intervalli dei valori riportati nel paragrafo 8.3.3.

Sez.	C	Falda	Stratigrafia di calcolo
[n.]	[m]	[m da p.c.]	Formazione
D1	10	19	bn
D2	37	39	bn
D3	37	39	bn

#### 9.2.1.1.2 Risultati delle analisi

In Tabella 7 si riportano in forma sintetica i risultati ottenuti in termini di coefficiente di sicurezza e categoria di comportamento atteso per il nucleo-fronte.

Sez.	Parametri di calcolo			$h_1$	FSF	FSF <sub>3</sub>	Categoria
	$\gamma_k$	$c'_k$	$\varphi'_k$				
[n.]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	[°]	[m]	[-]	[-]	[-]
D1	20.0	30.0	37.0	11.0	0.85	3.23	C
D2	20.0	20.0	35.0	37.0	0.55	2.15	C
D3	20.0	22.6	32.4	37.0	0.68	2.15	C

**Tabella 7 – Risultati delle analisi di stabilità del fronte di scavo**

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 2° LOTTO FUNZIONALE TELESE – SAN LORENZO.</b></p>												
<p>GALLERIA LIMATA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF0H</td> <td>22 D 07</td> <td>RB</td> <td>GN0300 001</td> <td>A</td> <td>35 di 75</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF0H	22 D 07	RB	GN0300 001	A	35 di 75
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF0H	22 D 07	RB	GN0300 001	A	35 di 75								

È quindi necessario progettare un intervento di sostegno in tutte le sezioni di analisi per rendere il fronte-di scavo stabile.

### 9.2.2 *Definizione delle tratte a comportamento tensio-deformativo omogeneo*

Sulla base dei risultati delle analisi sopra descritte, il tracciato è stato suddiviso in tratte a comportamento tensio-deformativo omogeneo.

La galleria Limata attraversa i depositi alluvionali terrazzati (bn), ma in alcuni tratti i fronti di scavo potranno essere caratterizzati dalla presenza contemporanea di terreni incoerenti (bn) e dei terreni argillosi dell'Unità di Maddaloni (MDL3).

Considerando le basse coperture che caratterizzano la galleria, il suo sviluppo per lo più parietale rispetto al versante naturale e le unità geotecniche attraversate, si prevede un comportamento del nucleo-fronte di tipo instabile (C).

Le previsioni di comportamento lungo il tracciato della galleria sono illustrate in forma sintetica nel “Profilo geotecnico - Galleria Limata e San Lorenzo” (Rif. [42]).

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>2° LOTTO FUNZIONALE TELESE – SAN LORENZO.</b>					
	GALLERIA LIMATA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO	COMMESSA <b>IF0H</b>	LOTTO <b>22 D 07</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GN0300 001</b>	REV. <b>A</b>

## 10 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 allo scavo (fase di diagnosi - § 9). Sono descritte le caratteristiche principali delle sezioni tipo di avanzamento, il loro campo di applicazione e la successione delle fasi esecutive.

### 10.1 Definizione delle sezioni tipo

Dall'analisi del tracciato plano-altimetrico e in funzione della lunghezza dell'opera in sotterraneo in progetto e del contesto geologico-idrogeologico e geotecnico attraversato, è stato scelto il metodo di scavo tradizionale a piena sezione.

In funzione delle caratteristiche geotecniche delle formazioni attraversate e del loro comportamento allo scavo, sono state definite 4 diverse sezioni tipo, intese come complesso di modalità operative, fasi di lavoro, interventi di stabilizzazione, drenaggi e relative tecnologie esecutive. Quando lo scavo interessa i depositi alluvionali (bn), le sezioni di riferimento sono la C1 e la C1bis. Nei tratti di in cui i fronti di scavo saranno caratterizzati dalla presenza contemporanea dei terreni incoerenti (bn) e dei limi argillosi dell'Unità di Maddaloni (MDL3), si prevede l'applicazione della sezione C1m. Nel caso in cui il fronte attraversasse esclusivamente MDL3, si prevede la sezione tipo C2.

Per ciascuna sezione tipo è prevista l'installazione a ridosso del fronte di scavo di un rivestimento provvisorio costituito da spritz-beton fibrorinforzato e centine metalliche ed infine il getto dei rivestimenti definitivi di arco rovescio e calotta. La gestione delle acque in sotterraneo è garantita dall'installazione di 3+3 drenaggi in avanzamento, dall'impermeabilizzazione a tergo dei rivestimenti definitivi di calotta e da un tubo microfessurato, al piede dell'impermeabilizzazione, di presidio per eventuale drenaggio delle acque presenti nelle formazioni attraversate.

Nei paragrafi a seguire si riporta una sintetica descrizione delle sezioni tipo definite, che trovano completa rappresentazione negli elaborati grafici di progetto.

Per la distribuzione delle tratte di applicazione delle diverse sezioni tipo si rimanda invece al "Profilo geotecnico - Galleria Limata e San Lorenzo" (Rif. [42]).

#### 10.1.1 Sezione tipo C1

La C1 è una sezione tronco-conica che prevede interventi di precontenimento del fronte e del contorno, con campi di avanzamento da 12,0 m; ne è prevista l'applicazione nell'attraversamento dei depositi alluvionali (bn) con comportamento del nucleo-fronte instabile (categoria C).

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione C1, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- precontenimento del fronte realizzato mediante 30 microtrattamenti in jet-grouting Ø300 armati con elementi strutturali in VTR, L=20,0 m (sovrapposizione minima 8,0 m). L'incidenza del preconsolidamento (numero o lunghezza degli elementi) potrà avere una variabilità del ±20%;



- precontenimento al contorno realizzato mediante 61 colonne in jet-grouting Ø600, L=16,5 m (sovrapposizione minima 4,5 m) e ulteriori 8+8 colonne al piede centina. L'incidenza del preconsolidamento potrà avere una variabilità del ±20%;
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0 m secondo campi di avanzamento tronco-conici di lunghezza pari a 12,0 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,30 m di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN220 con passo 1,0 m;
- arco rovescio (spessore 1,00 m) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 1 diametro;
- calotta in calcestruzzo armato (spessore variabile da 0,60 m a 1,35 m) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri.

Il jet-grouting dovrà essere eseguito adottando parametri e procedure tali da garantire il diametro delle colonne previste in progetto e i parametri di resistenza e deformabilità del terreno trattato e tali da tenere sotto controllo durante la fase di perforazione e la fase di iniezione le eventuali venute d'acqua di materiale fine nel caso di superficie piezometrica a quota cavo e superiore (ad esempio attraverso l'utilizzo del preventer).

### 10.1.2 Sezione tipo C1bis

La C1bis è una sezione tronco-conica che prevede interventi di precontenimento del fronte e del contorno, con campi di avanzamento da 6,0 m; ne è prevista l'applicazione nei tratti di galleria parietali rispetto al versante in cui si ha comportamento del nucleo-fronte instabile (categoria C).

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione C1bis, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- precontenimento del fronte realizzato mediante 50 microtrattamenti in jet-grouting Ø300 armati con elementi strutturali in VTR, L=17,0 m (sovrapposizione minima 11,0 m). L'incidenza del preconsolidamento (numero o lunghezza degli elementi) potrà avere una variabilità del ±20%;
- precontenimento al contorno realizzato mediante 65 colonne in jet-grouting Ø600, L=15,0 m (sovrapposizione minima 9,0 m) e ulteriori 8+8 colonne al piede centina. L'incidenza del preconsolidamento potrà avere una variabilità del ±20%;
- presostegno al contorno (entro un angolo di 120° in calotta) realizzato mediante 33 tubi in acciaio valvolati, L=9,5 m (sovrapposizione minima 3,5 m, interasse 0,4±20% m);
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0 m secondo campi di avanzamento tronco-conici di lunghezza pari a 6,0 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,30 m di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN220 con passo 1,0 m;
- arco rovescio (spessore 1,00 m) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 0,5 diametri;

	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>2° LOTTO FUNZIONALE TELESE – SAN LORENZO.</b>					
	GALLERIA LIMATA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO	COMMESSA IF0H	LOTTO 22 D 07	CODIFICA RB	DOCUMENTO GN0300 001	REV. A

- calotta in calcestruzzo armato (spessore variabile da 0,60 m a 1,35 m) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 2 diametri.

Il jet-grouting dovrà essere eseguito adottando parametri e procedure tali da garantire il diametro delle colonne previste in progetto e i parametri di resistenza e deformabilità del terreno trattato e tali da tenere sotto controllo durante la fase di perforazione e la fase di iniezione le eventuali venute d'acqua di materiale fine nel caso di superficie piezometrica a quota cavo e superiore (ad esempio attraverso l'utilizzo del preventer).

### 10.1.3 Sezione tipo C1m

La C1m è una sezione tronco-conica che prevede interventi di precontenimento del fronte e del contorno, con campi di avanzamento da 6,0 m; ne è prevista l'applicazione nei tratti in cui il fronte di scavo è caratterizzato dalla presenza contemporanea dei terreni incoerenti (bn) e dei terreni argillosi dell'Unità di Maddaloni (MDL3). Le tipologie degli interventi previsti variano a seconda che si consideri la porzione del fronte nei depositi bn (Area 1) o nei limi argillosi dell'Unità di Maddaloni (Area 2). Il numero degli elementi caratteristici degli interventi varia in funzione della effettiva estensione delle due aree e quindi sarà determinato successivamente al rilievo del fronte.

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione C1m. Per il precontenimento al fronte e contorno, la descrizione degli interventi è distinta in aree a seconda dei terreni coinvolti dalla scavo (Area 1 – depositi bn, Area 2 – argille MDL3), nell'ipotesi di contatto stratigrafico in corrispondenza del piano dei centri:

#### Area 1

- precontenimento del fronte realizzato mediante 32 microtrattamenti in jet-grouting Ø300 armati con elementi strutturali in VTR, L=17,0 m (sovrapposizione minima 11,0 m). L'incidenza del preconsolidamento (numero o lunghezza degli elementi) potrà avere una variabilità del ±20%;

#### Area 2

- precontenimento del fronte realizzato mediante 17 elementi strutturali a 3 piatti in VTR, L=17,0 m (sovrapposizione minima 11,0 m) cementati in foro con miscele cementizie. L'incidenza del preconsolidamento (numero o lunghezza degli elementi) potrà avere una variabilità del ±20%;

Successivamente alla realizzazione del precontenimento del fronte, è previsto:

- precontenimento al contorno realizzato mediante 65 colonne in jet-grouting Ø600, L=15,0 m (sovrapposizione minima 9,0 m) e ulteriori 8+8 colonne al piede centina. L'incidenza del preconsolidamento potrà avere una variabilità del ±20%;
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0 m secondo campi di avanzamento tronco-conici di lunghezza pari a 6,0 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,30 m di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN220 con passo 1,0 m;
- arco rovescio (spessore 1,00 m) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 0.5 diametri;
- calotta in calcestruzzo armato (spessore variabile da 0,60 m a 1,35 m) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 2 diametri.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>2° LOTTO FUNZIONALE TELESE – SAN LORENZO.</b>					
	GALLERIA LIMATA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO	COMMESSA IF0H	LOTTO 22 D 07	CODIFICA RB	DOCUMENTO GN0300 001	REV. A

Il jet-grouting dovrà essere eseguito adottando parametri e procedure tali da garantire il diametro delle colonne previste in progetto e i parametri di resistenza e deformabilità del terreno trattato e tali da tenere sotto controllo durante la fase di perforazione e la fase di iniezione le eventuali venute d'acqua di materiale fine nel caso di superficie piezometrica a quota cavo e superiore (ad esempio attraverso l'utilizzo del preventer).

#### 10.1.4 Sezione tipo C2

La C2 è una sezione cilindrica che prevede interventi di precontenimento del fronte e del contorno, con campi di avanzamento da 10,0 m; ne è prevista l'applicazione nel caso in cui il fronte di scavo interessi la sola Unità di Maddaloni (MDL3).

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione C2, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- precontenimento del fronte realizzato mediante 50 elementi strutturali a 3 piatti in VTR, L=20,0 m (sovrapposizione minima 10,0 m) cementati in foro con miscele cementizie. L'incidenza del preconsolidamento (numero o lunghezza degli elementi) potrà avere una variabilità del  $\pm 20\%$ ;
- precontenimento al contorno realizzato mediante 51 elementi strutturali a 3 piatti in VTR, L=16,0 m (sovrapposizione minima 6,0 m) cementati in foro con miscele espansive e ulteriori 8+8 elementi strutturali in VTR al piede centina. L'incidenza del preconsolidamento potrà avere una variabilità del  $\pm 20\%$ ;
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0 m secondo campi di avanzamento di lunghezza pari a 10,0 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,30 m di spritz-beton fibrorinforzato e centine HEB240 con passo 1,0 m  $\pm 20\%$ ;
- arco rovescio (spessore 1,00 m) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 1 diametro;
- calotta in calcestruzzo armato (spessore 0,90 m) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri.

## 10.2 Caratteristiche dei materiali strutturali

Si riportano di seguito le principali caratteristiche dei diversi 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 e della Circolare n.617/2009.

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 Rif. [11]).

Per le caratteristiche dei materiali da adottare per la realizzazione delle opere si rimanda all'elaborato "Caratteristiche dei materiali – Note generali" (Rif. [41]).

### Interventi di presostegno

<b>Acciaio per infilaggi al contorno</b>	
Tipo	<i>S 355</i>
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq 510 \text{ MPa}$
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq 355 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento di calcolo	$f_{yd} = 338.0 \text{ MPa}$

### Interventi di precontenimento

<b>Elementi in vetroresina strutturali a 3 piatti</b>	
Resistenza a trazione caratteristica	$f_{tk} = 900 \text{ MPa}$

<b>Jet grouting</b>	
Resistenza a compressione monoassiale all'atto dello scavo	$\sigma_c = 2.5 \text{ MPa}$
Modulo elastico all'atto dello scavo	$E = 2500 \text{ MPa}$

### Rivestimento provvisorio

<b>Calcestruzzo proiettato (fibrorinforzato)</b>	
Classe di resistenza	<i>C 20/25</i>
Resistenza cilindrica a compressione caratteristica (a 28 giorni di maturazione)	$f_{ck} \geq 20 \text{ MPa}$
Resistenza cilindrica a compressione di calcolo	$f_{cd} = 13,33 \text{ MPa}$
Modulo elastico (a 28 giorni di maturazione)	$E_{cm} = 29961 \text{ MPa}$

<b>Acciaio per centine</b>	
Tipo	<i>S 275</i>
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq 430 \text{ MPa}$
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq 275 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento di calcolo	$f_{yd} = 261,9 \text{ MPa}$

### Rivestimenti definitivi

<b>Calcestruzzo armato</b>	
Classe di resistenza di calcolo	<i>C 25/30</i>
Resistenza cilindrica a compressione caratteristica (a 28 giorni di maturazione)	$f_{ck} \geq 25 \text{ MPa}$
Resistenza cilindrica a compressione di calcolo	$f_{cd} = 14,16 \text{ MPa}$
Modulo elastico (a 28 giorni di maturazione)	$E_{cm} = 31475 \text{ MPa}$
Tensione massima di compressione in esercizio	$\sigma_c = 10,00 \text{ MPa}$

<b>Acciaio per barre di armatura</b>	
Tipo	<i>B450C</i>
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento di calcolo	$f_{yd} = 391,30 \text{ MPa}$
Tensione massima in condizioni di esercizio	$\sigma_s = 337,50 \text{ MPa}$

### 10.3 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 nel § 8.3 e nel rispetto delle indicazioni della normativa vigente.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>2° LOTTO FUNZIONALE TELESE – SAN LORENZO.</b>					
	GALLERIA LIMATA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO	COMMESSA IF0H	LOTTO 22 D 07	CODIFICA RB	DOCUMENTO GN0300 001	REV. A

### 10.3.1 Criteri di verifica

Le analisi di stabilità del fronte di scavo, analogamente a quanto già fatto in fase di diagnosi per la valutazione del comportamento del fronte in assenza di interventi, sono state condotte secondo il metodo di Tamez (§ 9.2.1.1).

Le analisi di interazione, in grado di simulare il comportamento del sistema opera-terreno nelle diverse fasi costruttive fino alla configurazione finale ed in condizioni di esercizio, sono state condotte mediante modelli numerici agli elementi finiti (PLAXIS 2D 2017).

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

#### 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'Approccio 1-Combinazione 2 (A2+M2+R2), con R2 =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 sul fronte, o al coefficiente di sicurezza globale o a sviluppo di elevate deformazioni/plasticizzazioni al fronte).

Gli interventi di consolidamento del fronte, realizzati mediante elementi strutturali in VTR, sono simulati mediante un incremento di coesione equivalente del fronte ( $\Delta c$ ) valutato attraverso il calcolo della pressione equivalente al fronte ( $\sigma_3$ ) determinata sulla base del valore più basso tra resistenza a trazione e resistenza a sfilamento dei singoli elementi, secondo le seguenti relazioni:

$$\Delta c = \frac{1}{2} \sqrt{K_p} \cdot \sigma_3^{VTR}$$

con:

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

$$\sigma_3^{VTR} = \text{minimo} (\sigma_{3,A}^{VTR}, \sigma_{3,B}^{VTR})$$

$$\sigma_{3,A}^{VTR} = \frac{\tau_{bk} \cdot L_A \cdot p_A}{A_i}$$

$$\sigma_{3,B}^{VTR} = \frac{f_{tk} \cdot A_T}{A_i}$$

dove:

$\tau_{bk}$  = 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 in VTR,

$A_T$  = sezione resistente a trazione dell'elemento in VTR

$A_i$  = area di influenza del singolo elemento di consolidamento.

Per interventi di precontenimento al fronte che prevedono l'esecuzione di microtrattamenti in jet-grouting armati con vetroresina, l'incremento di coesione equivalente è valutato attraverso il calcolo della pressione equivalente al fronte ( $\sigma_3$ ) determinata sulla base del valore più basso tra resistenza a trazione dell'elemento tubolare in vetroresina e la resistenza a sfilamento del micro-jet, secondo le seguenti relazioni:

$$\Delta c = \frac{1}{2} \sqrt{K_p} \cdot \sigma_3$$

con:

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

$$\sigma_3 = \text{minimo} (\sigma_{3,A}^{\text{JET}}, \sigma_{3,B}^{\text{VTR}})$$

$$\sigma_{3,A}^{\text{JET}} = \frac{\tau_{bk} \cdot L_A \cdot p_A}{A_i}$$

$$\sigma_{3,B}^{\text{VTR}} = \frac{f_{tk} \cdot A_T}{A_i}$$

dove:

$\tau_{bk}$  = tensione di aderenza all'interfaccia tra il micro-jet e il terreno,

$L_A$  = lunghezza utile del micro-jet,

$p_A$  = perimetro dell'interfaccia del micro-jet con il terreno,

$f_{tk}$  = resistenza a trazione dell'elemento in VTR,

$A_T$  = sezione resistente a trazione dell'elemento in VTR

$A_i$  = area di influenza del singolo VTR.

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

	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 2° LOTTO FUNZIONALE TELESE – SAN LORENZO.</b>					
GALLERIA LIMATA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO	COMMESSA IF0H	LOTTO 22 D 07	CODIFICA RB	DOCUMENTO GN0300 001	REV. A	FOGLIO 44 di 75

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

Il comportamento del sistema opera-terreno è 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, e, nel caso delle gallerie superficiali, alla valutazione degli effetti indotti al piano campagna. 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 ed in superficie;
- 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 connessi alla funzionalità delle strutture presenti a piano campagna.

Per le verifiche di stati limite ultimi STR, le analisi di interazione opera – terreno sono condotte con i valori caratteristici dei parametri geotecnici e applicando i coefficienti parziali amplificativi delle azioni all'effetto delle azioni (le sollecitazioni negli elementi strutturali). Ciò significa adottare la Combinazione 1 dell'Approccio 1 (A1+M1+R1), nella quale i coefficienti sui parametri di resistenza (M1) e sulla resistenza globale del sistema (R1) sono unitari, mentre le azioni permanenti e le azioni variabili sono amplificate mediante i coefficienti del gruppo A1.

Pertanto, con la combinazione dei carichi fondamentale si procede 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 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 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 di esercizio, secondo quanto previsto dal DM 14/01/2008 e Circolare n.617.

Nelle analisi di interazione con modelli numerici bidimensionali l'effetto dei consolidamenti del fronte di scavo viene tenuto in conto in modo indiretto, nella definizione della percentuale di rilascio delle forze di scavo in corrispondenza del fronte.



Per gli interventi di precontenimento al contorno l'effetto dei consolidamenti viene tenuto in conto direttamente nei modelli numerici e simulato come un arco di materiale al contorno dello scavo avente proprietà meccaniche migliori rispetto a quelle iniziali del terreno. In particolare, nella regione consolidata sono incrementati i valori di coesione e di modulo elastico; la coesione ( $c'_{k,jet}$ ) del materiale trattato può essere calcolata a partire dalla resistenza a compressione monoassiale attribuibile al materiale consolidato ( $\sigma_{c,jet}$ ), mantenendo immutato l'angolo d'attrito del materiale naturale, attraverso la seguente relazione:

$$\sigma_{c,jet} = \frac{2 \cdot c'_{k,jet} \cdot \cos \varphi'_k}{(1 - \sin \varphi'_k)}$$

Per gli interventi di presostegno le verifiche strutturali sugli elementi metallici al contorno sono condotte calcolando tali elementi come travi incastrate ai due estremi, rappresentati da un lato dall'ultima centina installata e dall'altro dal fronte stesso. La luce di calcolo si definisce come:

$$L = \delta + a + \lambda$$

dove:

$\delta$  = interasse centine;

$a$  = distanza massima dell'ultima centina dal fronte di scavo;

$\lambda$  = lunghezza fittizia per tener conto dell'effetto di appoggio "cedevole" al fronte (0,5 ÷ 0,7 m).

Detta  $p_{v,k}$  la pressione verticale caratteristica attesa in corrispondenza della calotta, e detto  $i$  l'interasse tra i tubi, il momento flettente caratteristico agente sul singolo elemento può calcolarsi come:

$$M_{Sk} = \frac{1}{12} \cdot p_{v,k} \cdot i \cdot L^2$$

In questo caso le verifiche sono condotte secondo l'Approccio 1 - Combinazione 1 (A1+M1+R1), con R1=1, come definito in precedenza.

Nelle analisi di interazione con modelli numerici bidimensionali (eseguite con il codice di calcolo PLAXIS 2017), lo scavo della galleria viene simulato rilasciando in modo uniforme un sistema di forze equivalenti applicate sul contorno del profilo di scavo, tenendo conto della variazione del tasso di confinamento in funzione della distanza della sezione di calcolo dal fronte; in questo modo il problema tridimensionale dello scavo della galleria viene ricondotto ad un problema piano, con la possibilità di valutare le azioni sulle strutture di rivestimento al progredire degli avanzamenti.

Nel caso di sezioni con campo di avanzamento tronco-conico, per la definizione della geometria della sezione di scavo si fa riferimento alla sezione media. Congruentemente, i rivestimenti definitivi di calotta (a carpenteria variabile) sono verificati secondo lo spessore medio.

Le strutture di rivestimento provvisorio della galleria vengono simulate con elementi beam elastico-lineari, con proprietà di rigidità ed inerzia definite considerando la sola sezione di spritz-beton, trascurando il contributo delle centine. In fase di verifica degli elementi strutturali, le sollecitazioni ottenute dalla modellazione (previa applicazione dei coefficienti parziali di Normativa), vengono gestite ripartendo lo sforzo normale (N) tra centine e spritz-beton in base alle rigidità assiali relative, mentre il taglio (T) e il momento flettente (M) vengono assegnati interamente alle centine.

Lo spritz-beton viene verificato a semplice compressione secondo la seguente disuguaglianza (in accordo con la relazione 2.2.1 del D.M. 14/01/2008):

$$\sigma_{sb,d,max} = \frac{N_{Sd, sb}}{A_{sb}} \leq f_{cd}$$

dove:

- $N_{Sd, sb}$  rappresenta lo sforzo normale di calcolo sullo spritz-beton:

$$N_{Sd, sb} = N_{Sd} \frac{E_{sb} \cdot A_{sb}}{E_{sb} \cdot A_{sb} + E_{cent} \cdot A_{cent}} ;$$

- $N_{Sd}$  rappresenta lo sforzo normale di calcolo;
- $A_{sb}$  rappresenta l'area resistente dello spritz-beton;
- $E_{sb} \cdot A_{sb}$  rappresenta la rigidezza assiale dello spritz-beton;
- $E_{cent} \cdot A_{cent}$  rappresenta la rigidezza assiale della centina.

La verifica delle centine a taglio e pressoflessione (per tutte le classi di sezione, tenendo in conto eventuali instabilità locali) può essere condotta confrontando la tensione ideale calcolata a partire dalle tensioni indotte da ciascuna caratteristica della sollecitazione, con la resistenza di calcolo dell'acciaio, come di seguito specificato (cfr D.M. 14/01/2008 nel § 4.2.4.1.2):

$$\sigma_{cent,d,max} = \frac{N_{Sd, cent}}{A_{cent}} + \frac{M_{Sd}}{W_{cent}}$$

$$\tau_{cent,d} = \frac{V_{Sd}}{A_{V, cent}}$$

$$\sigma_{id, cent, d} = \sqrt{\sigma_{cent, d, max}^2 + 3 \tau_{cent, d}^2} \leq f_{yd}$$

dove:

- $N_{Sd, cent}$  rappresenta lo sforzo normale di calcolo sulla centina:

$$N_{Sd, cent} = N_{Sd} \frac{E_{cent} \cdot A_{cent}}{E_{sb} \cdot A_{sb} + E_{cent} \cdot A_{cent}} ;$$

- $N_{Sd}$  rappresenta lo sforzo normale di calcolo;
- $A_{cent}$  rappresenta l'area resistente della centina;
- $E_{sb} \cdot A_{sb}$  rappresenta la rigidezza assiale dello spritz-beton;
- $E_{cent} \cdot A_{cent}$  rappresenta la rigidezza assiale della centina;

- $W_{cent}$  rappresenta il modulo resistente elastico della centina;
- $M_{sd}$  e  $V_{sd}$  rappresentano il momento flettente e il taglio di calcolo;
- $A_{V,cent}$  rappresenta l'area resistente a taglio della centina.

La verifica dello spritz-beton e delle centine è stata effettuata nella fase di installazione del rivestimento di prima fase, nella fase di installazione dell'arco rovescio e in quella di installazione del rivestimento definitivo di calotta.

Le strutture di rivestimento definitivo della galleria sono simulate con elementi di volume assegnando un legame costitutivo elastico-lineare. Per ottenere le sollecitazioni su quest'ultimi sono introdotti nel modello degli elementi beam in linea d'asse ai rivestimenti definitivi caratterizzati da rigidità molto bassa (modulo elastico degli elementi diviso per un fattore di scala  $F=10^6$ ). A causa della loro bassa rigidità essi si deformano come il rivestimento definitivo senza interferire con il campo di sforzi e deformazioni agente all'interno dell'elemento di volume del rivestimento. Le sollecitazioni in output sono moltiplicate per lo stesso fattore di scala  $F$  per ottenere le sollecitazioni di verifica strutturale.

Nella fase di verifica del rivestimento definitivo si considera la perdita di funzionalità degli interventi di stabilizzazione e miglioramento e del rivestimento di prima fase.

### 10.3.2 Sezione C1

Per la verifica della sezione C1 si rimanda alle analisi riportate nelle relazioni geotecniche e di calcolo della galleria Cantone e S. Lorenzo (Rif. [47] e Rif. [49]), essendo equivalente o meno gravosa per condizione geotecniche e di copertura alle sezioni C1 applicate nelle suddette gallerie.

### 10.3.3 Sezione C1bis

#### 10.3.3.1 Stabilità del fronte e del cavo

Nel seguito si riassumono i dati di input utilizzati per le analisi di stabilità del fronte della sezione tipo C1bis pk. 34+500 km (D1 in fase di diagnosi) eseguita con il metodo all'equilibrio limite di Tamez (1984).

Per quanto riguarda le dimensioni di scavo, tenendo conto della geometria tronco-conica della sezione tipo, si è assunta una larghezza  $b$  pari a 14.3 m, altezza  $h$  pari a 11.4 m e lunghezza del tratto non sostenuto  $a$  pari a 1 m. Si registra la presenza della falda al di sotto della quota dell'arco rovescio, quindi trascurabile. Le caratteristiche geotecniche sono riportate di seguito.

Sez. di calcolo	Unità	H [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c'_{kp}$ [MPa]	$\phi'_{kp}$ [°]
C1bis	bn	11	20	0.01	35.0

H = copertura rispetto al piano dei centri della galleria  
 $\gamma$  = peso dell'unità di volume dell'ammasso  
 $c'_{kp}$  = valore caratteristico della coesione efficace di picco dell'ammasso  
 $\phi'_{kp}$  = valore caratteristico dell'angolo di attrito di picco dell'ammasso

Di seguito i calcoli effettuati per la valutazione dell'incremento di coesione equivalente al fronte, indotto dai microtrattamenti in jet-grouting armati con elementi strutturali in VTR.

$n_{jet}$	$L_A$	$\Phi_{jet}$	$\tau_{bk}$	$\sigma_{3A}^{jet}$	$A_{VTR}$	$f_{tk}$	$\sigma_{3B}^{VTR}$	$\sigma_3$	$\Delta c'_k$
[-]	[m]	[m]	[kPa]	[kPa]	[m <sup>2</sup> ]	[MPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
50	9	0.3	250	883	1.571E-03	450	294	294	283

$n_{jet}$  = numero di microtrattamenti in jet-grouting armati in VTR

$L_A$  = lunghezza minima di sovrapposizione micro-jet

$\Phi_{jet}$  = diametro del micro-jet

$\tau_{bk}$  = tensione di aderenza all'interfaccia col terreno

$\sigma_{3A}^{jet}$  = resistenza a sfilamento micro-jet

$A_{VTR}$  = area del VTR

$f_{tk}$  = resistenza a trazione del VTR

$\sigma_{3B}^{VTR}$  = resistenza a rottura dell'elemento strutturale in VTR

$\sigma_3$  = tensione minima resistente al fronte

$\Delta c'_k$  = coesione caratteristica equivalente indotta dall'intervento di consolidamento del fronte

Per ciò che concerne gli interventi di consolidamento al contorno si riportano nella tabella seguente lo spessore e le caratteristiche del materiale consolidato con colonne in jet-grouting.

$\sigma_{c,jet}$	$\phi'_k$	$c'_k$	$S_{jet}$	
			calotta /piedritti	piede centina
[MPa]	[°]	[kPa]	[m]	
2.50	35	651	0.4	0.6

$\sigma_{c,jet}$  = resistenza caratteristica a compressione monoassiale del jet-grouting

$\phi'_k$  = angolo d'attrito efficace caratteristico del materiale al contorno

$c'_k$  = coesione caratteristica equivalente indotta dall'intervento di consolidamento al contorno

$S_{jet}$  = spessore dell'intervento in jet-grouting

In Tabella 8 oltre ai valori dei rapporti tra azioni sollecitanti e stabilizzanti (FSF e FSF<sub>3</sub>), sono evidenziati anche i parametri equivalenti di progetto ( $\gamma_{d,eq}$ ,  $c'_{d,eq}$ ,  $\phi'_{d,eq}$ ) per il materiale presente al fronte di scavo e quello al di sopra della calotta, calcolati per omogeneizzazione sulla base della stratigrafia di calcolo, dell'effetto dei consolidamenti e dell'applicazione dei coefficienti parziali.

Sez. di calcolo	C	Parametri equivalenti al fronte			Parametri equivalenti sulla calotta			h1	FSF	FSF <sub>3</sub>
		$\gamma_{d,eq}$	$c'_{d,eq}$	$\phi'_{d,eq}$	$\gamma_{d,eq}$	$c'_{d,eq}$	$\phi'_{d,eq}$			
	[m]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	[°]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	[°]	[m]	[-]	[-]
C1bis	11.0	20.0	234.40	29.26	20.0	26.25	29.26	11.0	4.41	2.85

**Tabella 8 Verifica di stabilità del fronte con il metodo di Tamez**

L'analisi evidenzia che, anche con l'applicazione dei coefficienti parziali corrispondenti alla combinazione A2+M2+R2 e quindi con i valori di progetto, i rapporti FSF e FSF<sub>3</sub> sono maggiori di 2: la verifica di stabilità del fronte è soddisfatta.

### 10.3.3.2 Interazione opera-terreno

La sezione C1bis ha le medesime caratteristiche strutturali del rivestimento provvisorio e definitivo della sezione C1m, a cui si rimanda (paragrafo 10.3.4).

### 10.3.4 *Sezione C1m*

#### 10.3.4.1 Stabilità del fronte e del cavo

Nel seguito si riassumono i dati di input utilizzati per le analisi di stabilità del fronte della sezione tipo C1m pk. 34+600 km (D2 in fase di diagnosi) eseguita con il metodo all'equilibrio limite di Tamez (1984).

Per quanto riguarda le dimensioni di scavo, tenendo conto della geometria tronco-conica della sezione tipo, si è assunta una larghezza  $b$  pari a 14.5 m, altezza  $h$  pari a 11.4 m e lunghezza del tratto non sostenuto  $a$  pari a 1 m. Si registra la presenza della falda al di sotto della quota dell'arco rovescio, quindi trascurabile. Le caratteristiche geotecniche sono riportate di seguito.

Sez. di calcolo	Unità	H [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c'_{kp}$ [MPa]	$\varphi'_{kp}$ [°]
C1m	bn	37	20.0	0.02	35

H = copertura rispetto al piano dei centri della galleria  
 $\gamma$  = peso dell'unità di volume dell'ammasso  
 $c'_{kp}$  = valore caratteristico della coesione efficace di picco dell'ammasso  
 $\varphi'_{kp}$  = valore caratteristico dell'angolo di attrito di picco dell'ammasso

Di seguito i calcoli effettuati per la valutazione dell'incremento di coesione equivalente al fronte, ottenuto come media pesata tra l'incremento indotto dai microtrattamenti in jet-grouting armati con elementi strutturali in VTR, realizzati nei depositi incoerenti, e l'incremento indotto dal consolidamento in VTR, realizzato nei limi argillosi.

$n_{jet}$	$L_A$	$\phi_{jet}$	$\tau_{bk}$	$\sigma_{3A}^{jet}$	$A_{VTR}$	$f_{tk}$	$\sigma_{3B}^{VTR}$	$\sigma_3$	$\Delta c'_k$
[-]	[m]	[m]	[kPa]	[kPa]	[m <sup>2</sup> ]	[MPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
32	11	0.3	250	1178	1.571E-03	450	321	321	309

$n_{jet}$  = numero di microtrattamenti in jet-grouting armati in VTR

$L_A$  = lunghezza minima di sovrapposizione micro-jet

$\phi_{jet}$  = diametro del micro-jet

$\tau_{bk}$  = tensione di aderenza all'interfaccia col terreno

$\sigma_{3A}^{jet}$  = resistenza a sfilamento micro-jet

$A_{VTR}$  = area del VTR

$f_{tk}$  = resistenza a trazione del VTR

$\sigma_{3B}^{VTR}$  = resistenza a rottura dell'elemento strutturale in VTR

$\sigma_3$  = tensione minima resistente al fronte

$\Delta c'_k$  = coesione caratteristica equivalente indotta dall'intervento di consolidamento del fronte

**Tabella 9 Effetti dei consolidamenti nelle bn**

$n_{VTR}$	$L_A$	$\phi_{perf}$	$\tau_{bk}$	$\sigma_{3A}^{VTR}$	$A_{VTR}$	$f_{tk}$	$\sigma_{3B}^{VTR}$	$\sigma_3$	$\Delta c'_k$
[-]	[m]	[m]	[kPa]	[kPa]	[m <sup>2</sup> ]	[MPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
17	11	0.1	0.15	181	7.200E-04	900	227	181	142

$n_{VTR}$  = numero di VTR al fronte

$L_A$  = lunghezza minima di sovrapposizione del VTR

$\phi_{perf}$  = diametro di perforazione

$\tau_{bk}$  = tensione di aderenza all'interfaccia col terreno

$\sigma_{3A}^{VTR}$  = resistenza a sfilamento dell'elemento strutturale in VTR

$A_{VTR}$  = area del VTR

$f_{tk}$  = resistenza a trazione del VTR

$\sigma_{3B}^{VTR}$  = resistenza a rottura dell'elemento strutturale in VTR

$\sigma_3$  = tensione minima resistente al fronte

$\Delta c'_k$  = coesione caratteristica equivalente indotta dall'intervento di consolidamento del fronte

**Tabella 10 Effetti dei consolidamenti nelle MDL3**

Per ciò che concerne gli interventi di consolidamento al contorno si riportano nella tabella seguente lo spessore e le caratteristiche del materiale consolidato con doppia coronella di colonne in jet-grouting Ø600.

Formazione	$\sigma_{c,jet}$	$\phi'_k$ (bn)	$c'_k$	$E'$	$s_{jet}$
					calotta /piedritti
[-]	[MPa]	[°]	[kPa]	[kPa]	[m]
bn	2.5	37	650	2500	1.0
MDL	2.5	27	650	2500	1.0

$\sigma_{c,jet}$  = resistenza caratteristica a compressione monoassiale del jet-grouting  
 $\phi'_k$  = angolo d'attrito efficace caratteristico del materiale al contorno  
 $c'_k$  = coesione caratteristica equivalente indotta dall'intervento di consolidamento al contorno  
 $E'$  = modulo elastico equivalente indotta dall'intervento di consolidamento al contorno  
 $s_{jet}$  = spessore dell'intervento in jet-grouting

In Tabella 8 oltre ai valori dei rapporti tra azioni sollecitanti e stabilizzanti (FSF e FSF<sub>3</sub>), sono evidenziati anche i parametri equivalenti di progetto ( $\gamma_{d,eq}$ ,  $c'_{d,eq}$ ,  $\phi'_{d,eq}$ ) per il materiale presente al fronte di scavo e quello al di sopra della calotta, calcolati per omogeneizzazione sulla base della stratigrafia di calcolo, dell'effetto dei consolidamenti e dell'applicazione dei coefficienti parziali.

Sez. di calcolo	C	Parametri equivalenti al fronte			Parametri equivalenti sulla calotta			h1	FSF	FSF <sub>3</sub>
		$\gamma_{d,eq}$	$c'_{d,eq}$	$\phi'_{d,eq}$	$\gamma_{d,eq}$	$c'_{d,eq}$	$\phi'_{d,eq}$			
	[m]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	[°]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	[°]	[m]	[-]	[-]
C1m	37	20.0	192.80	20.46	20.0	24.19	29.26	24.65	3.15	6.64

**Tabella 11 Verifica di stabilità del fronte con il metodo di Tamez**

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>2° LOTTO FUNZIONALE TELESE – SAN LORENZO.</b>					
	GALLERIA LIMATA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO	COMMESSA <b>IF0H</b>	LOTTO <b>22 D 07</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GN0300 001</b>	REV. <b>A</b>

L'analisi evidenzia che, anche con l'applicazione dei coefficienti parziali corrispondenti alla combinazione A2+M2+R2 e quindi con i valori di progetto, i rapporti FSF e FSF<sub>3</sub> sono maggiori di 2: la verifica di stabilità del fronte è soddisfatta.

#### 10.3.4.2 Interazione opera-terreno

##### 10.3.4.2.1 Modello geometrico e geotecnico

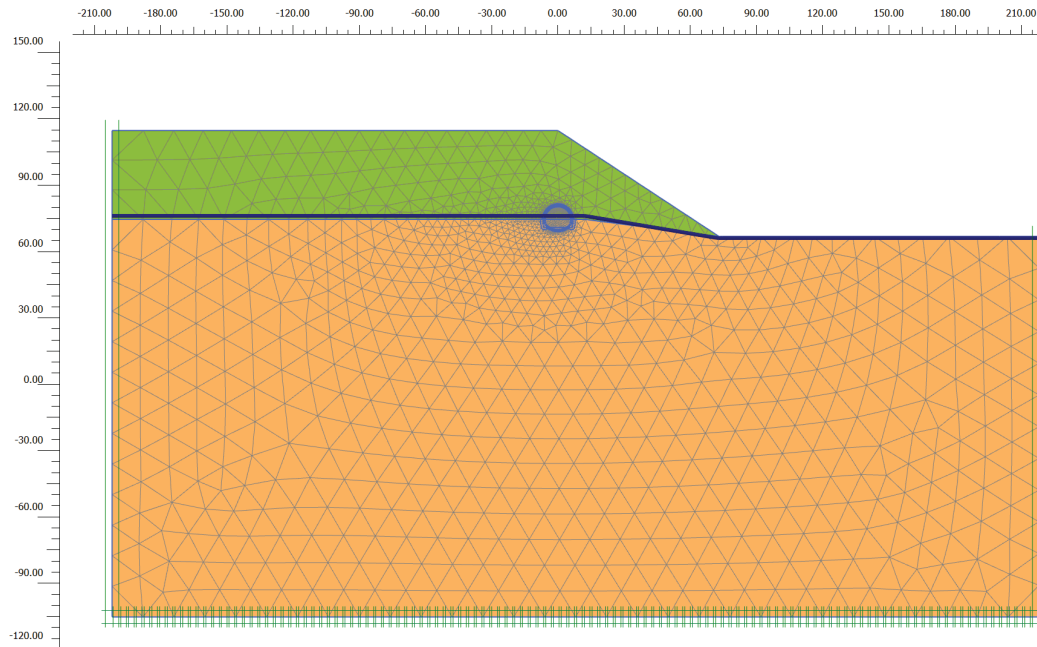
Nella tabella seguente si riassumono i dati di input che caratterizzano la sezione geotecnica utilizzata per le analisi numeriche della sezione tipo C1m (pk 34+600 km).

La sezione di analisi è relativa ad una condizione parietale della galleria rispetto al versante e alla condizione geotecnica definita in Tabella 12. Nella configurazione finale, una volta realizzato il rivestimento definitivo (e l'impermeabilizzazione) le pressioni neutre sono caratterizzate da distribuzione idrostatica (configurazione di lungo termine) e la falda è stata simulata alla quota indicata in tabella.

<b>Stratigrafia di calcolo</b>		C max	Falda max	$\gamma$	$c'_k$	$\phi'_k$	E'	$\nu'$	$k_0$	k
Formazione	Profondità da p.c.									
[-]	[m]	[m]	[m da p.c.]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	[°]	[MPa]	[-]	[-]	[m/s]
bn	0    40	34	39	20	30	37	265	0.3	0.40	10 <sup>-6</sup>
MDL	>40			20	30	27	200	0.3	0.55	10 <sup>-8</sup>

*C = copertura (rispetto alla calotta)*  
*g = peso per unità di volume*  
*c'<sub>k</sub> = coesione drenata*  
*φ'<sub>k</sub> = angolo di attrito interno*  
*E' = modulo elastico drenato*  
*ν' = coefficiente di Poisson*  
*K<sub>o</sub> = coefficiente di spinta a riposo*  
*k = coefficiente di permeabilità*

**Tabella 12 – Definizione della stratigrafia di calcolo**



**Figura 21 – Modello di calcolo - Geometria mesh**

Il consolidamento del fronte, simulato mediante un incremento di coesione caratteristica equivalente  $\Delta c'_k$  applicata al fronte di scavo (paragrafo 10.3.4.1), interviene nella modellazione FEM in maniera implicita attraverso l'applicazione delle percentuali di rilascio.

Il consolidamento al contorno, costituito da una doppia coronella di colonne in jet-grouting  $\varnothing 600$ , è simulato come arco di materiale al contorno dello scavo caratterizzato dai parametri di seguito riportati.

Formazione	$\sigma_{c, jet}$	$\varphi'_k$ (bn)	$c'_k$	$E'$	$s_{jet}$
					calotta /piedritti
[-]	[MPa]	[°]	[kPa]	[kPa]	[m]
bn	2.5	37	650	2500	1.0
MDL	2.5	27	650	2500	1.0

$\sigma_{c, jet}$  = resistenza caratteristica a compressione monoassiale del jet-grouting  
 $\varphi'_k$  = angolo d'attrito efficace caratteristico del materiale al contorno  
 $c'_k$  = coesione caratteristica equivalente indotta dall'intervento di consolidamento al contorno  
 $E'$  = modulo elastico equivalente indotta dall'intervento di consolidamento al contorno  
 $s_{jet}$  = spessore dell'intervento in jet-grouting

**Tabella 13 – Parametri per la modellazione del consolidamento al contorno**

Con riferimento all'asse della galleria, la griglia di calcolo presenta un'estensione laterale di 200 m (per una larghezza totale di 400 m) e un'altezza massima di 220 m. Il numero complessivo degli elementi è pari a circa 7600 mentre i nodi sono circa 61250.



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>2° LOTTO FUNZIONALE TELESE – SAN LORENZO.</b>					
	GALLERIA LIMATA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO	COMMESSA <b>IF0H</b>	LOTTO <b>22 D 07</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GN0300 001</b>	REV. <b>A</b>

#### 10.3.4.2.2 Fasi e percentuali di rilascio

Nella tabella successiva è schematizzata la successione delle fasi di calcolo nelle quali è articolata l'analisi di interazione opera-terreno. Al termine del processo di scavo è stata simulata la fase di lungo termine in cui sono disattivati i rivestimenti provvisori ed il consolidamento al contorno e sono state ripristinate le condizioni idrostatiche con la falda posta alla quota indicata in Tabella 12.

Fase	Descrizione	Rilascio forze di scavo
0	Inizializzazione stato tensionale geostatico	0.00
1	Esecuzione dei consolidamenti al contorno del cavo	0.00
2	Rilascio a cavo libero in corrispondenza del fronte	0.50
3	Esecuzione dello sfondo elementare di 1 m	0.85
4	Installazione del rivestimento di prima fase (scarico a 6 m dal fronte)	0.90
5	Installazione dell'arco rovescio (scarico a 24 m dal fronte)	0.95
6	Installazione del rivestimento definitivo di calotta (scarico completo)	1.00
7	Condizione di lungo termine (decadimento del rivestimento di prima fase e dei consolidamenti al contorno)	1.00

**Tabella 14 – Fasi di calcolo**

#### 10.3.4.2.3 Esame dei risultati

L'analisi si articola in sei successive fasi di calcolo, che permettono di descrivere i differenti interventi costruttivi e di schematizzare le differenti condizioni di carico per i rivestimenti. Le fasi, descritte al paragrafo precedente, sono illustrate in All. [2].

Lo stesso allegato illustra, per ciascuna fase, le componenti verticale e orizzontale degli spostamenti totali cumulati, i vettori degli spostamenti totali, i punti al contorno del cavo dove si hanno plasticizzazioni e l'orientamento delle direzioni principali efficaci.

La Tabella 15 riporta, per ogni fase di calcolo, i risultati principali in termini di quadro deformativo e tensionale e di localizzazione delle plasticizzazioni nella zona del cavo, distinguendo tra la zona di calotta, dei piedritti e dell'arco rovescio.

La Figura 22 consente di visualizzare la posizione dei nodi di chiave calotta, dei piedritti e dell'arco rovescio cui si riferiscono i dati riportati nella tabella.

Fase	calotta			piedritti			arco rovescio			Fascia plasticizzata
	$u_y$ [cm]	$\sigma_1$ [kPa]	$\sigma_3$ [kPa]	$ u_x $ [cm]	$\sigma_1$ [kPa]	$\sigma_3$ [kPa]	$u_y$ [cm]	$\sigma_1$ [kPa]	$\sigma_3$ [kPa]	
2	-0.74	-636	-285	0.17	-2223	-160	1.68	-432	-292	Fasce plasticizzate sotto ai piedritti con spessore ~4.0 m in sx (monte) e ~2.0 m in dx (valle)
3	-1.64	-899	-91	0.37	-2320	-74	3.43	-320	-159	Estensione della precedente configurazione con formazione di fasce diagonali a partire dalla base dei piedritti verso il basso con larghezza massima ~5.0÷6.0 m; piccole fasce plasticizzate di

										larghezza ~0.5 m sulle murette, soprattutto in dx
4	-1.98	-913	-70	0.72	-2327	-83	4.03	-273	-109	Estensione della precedente configurazione con aumento delle fasce plasticizzate alle murette, ove raggiungono spessori di ~2.5 m
5	-2.10	-907	-49	0.67	-2375	-96	4.06	-265	-96	Sostanziale stabilizzazione delle fasce plasticizzate
6	-	-915	-18	-	-2385	-106	-	-261	-99	Sostanziale stabilizzazione delle fasce plasticizzate
7	-	-573	-130	-	-734	-253	-	-260	-166	Estensione della precedente configurazione con formazione di una fascia plasticizzata continua in calotta di spessore ~0.93 (fascia di terreno precedentemente consolidato)

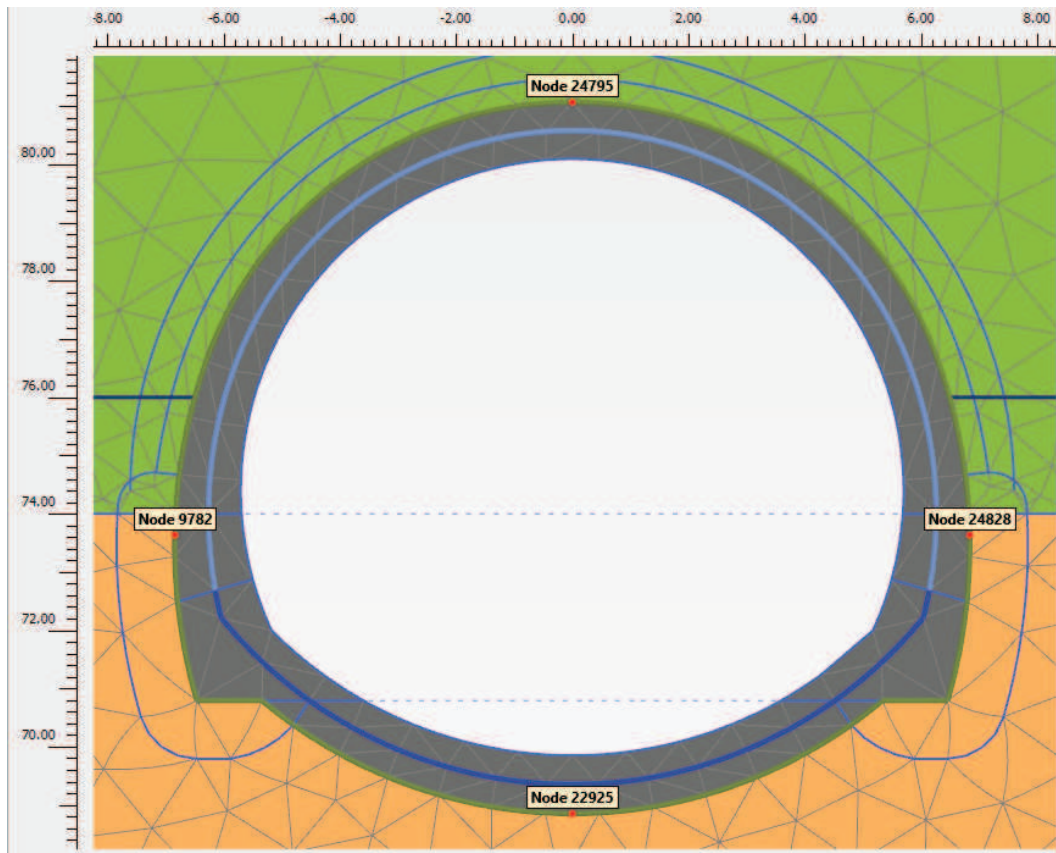
$u_y$  = spostamento verticale cumulativo (positivo verso l'alto)

$|u_x|$  = spostamento orizzontale cumulativo

$\sigma_1$  = sforzo principale totale massimo

$\sigma_3$  = sforzo principale totale minimo

**Tabella 15 – Risultati dell'analisi**



**Figura 22 – Nodi rilevati nella zona del cavo**

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>2° LOTTO FUNZIONALE TELESE – SAN LORENZO.</b>					
	GALLERIA LIMATA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO	COMMESSA <b>IF0H</b>	LOTTO <b>22 D 07</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GN0300 001</b>	REV. <b>A</b>

Viene simulato il rilascio a cavo libero in corrispondenza del fronte di scavo. Il cedimento in calotta è pari a 0.74 cm, lo spostamento orizzontale ai piedritti è di 0.17 cm, mentre il sollevamento in arco rovescio è di 1.68 cm. Si formano fasce plasticizzate sotto ai piedritti con spessore ~4.0 m in sx (monte) e ~2.0 m in dx (valle). Nell'intorno del cavo la massima tensione principale massima è di 2223 kPa (piedritti) mentre la massima tensione principale minima è di 292 kPa (arco rovescio).

### *FASE 3*

Viene simulata l'esecuzione dello sfondo elementare di 1 m. Il cedimento cumulato in calotta è pari a 1.64 cm, lo spostamento orizzontale cumulato ai piedritti raggiunge 0.37 cm, mentre il sollevamento cumulato in arco rovescio è di 3.43 cm. La plasticizzazione del contorno del cavo si estende, rispetto alla precedente configurazione, con formazione di fasce diagonali a partire dalla base dei piedritti verso il basso con larghezza massima ~5.0÷6.0 m; piccole fasce plasticizzate di larghezza ~0.5 m sulle murette, soprattutto in dx (valle). Nell'intorno del cavo la massima tensione principale massima è di 2320 kPa (piedritti) mentre la massima tensione principale minima è di 159 kPa (arco rovescio).

### *FASE 4*

Viene simulata l'installazione del rivestimento di prima fase e l'avanzamento a 6 m dal fronte (distanza di getto dell'arco rovescio dal fronte). Il cedimento cumulato in calotta è pari a 1.98 cm, lo spostamento orizzontale cumulato ai piedritti raggiunge 0.72 cm, mentre il sollevamento cumulato in arco rovescio è di 4.03 cm. La plasticizzazione continua ad estendersi, principalmente, con aumento delle fasce plasticizzate alle murette, ove raggiungono spessori di ~2.5 m. Nell'intorno del cavo la massima tensione principale massima è di 2327 kPa (piedritti) mentre la massima tensione principale minima è di 109 kPa (arco rovescio).

### *FASE 5*

Viene simulata l'installazione dell'arco rovescio e l'avanzamento a 24 m dal fronte (distanza di getto del rivestimento definitivo dal fronte). Il cedimento cumulato in calotta è pari a 2.10 cm, lo spostamento orizzontale cumulato ai piedritti raggiunge 0.67 cm, mentre il sollevamento cumulato in arco rovescio è di 4.06 cm. Sostanziale stabilizzazione della plasticizzazione. Nell'intorno del cavo la massima tensione principale massima è di 2375 kPa (piedritti) mentre la massima tensione principale minima è di 96 kPa (piedritti).

### *FASE 6*

Viene simulata l'installazione del rivestimento definitivo e lo scarico totale all'interno del cavo. Sostanziale stabilizzazione della plasticizzazione. Nell'intorno del cavo la massima tensione principale massima è di 2385 kPa (calotta) mentre la massima tensione principale minima è di 106 kPa (piedritti).

### *FASE 7*

Viene simulato il comportamento di lungo termine caratterizzato dal ripristino dell'idrostatica e dal decadimento del rivestimento di prima fase. Estensione della precedente configurazione di plasticizzazione, con formazione di una fascia plasticizzata continua in calotta di spessore ~0.93 (fascia di terreno precedentemente consolidato). Nell'intorno del cavo la massima tensione principale massima è di 734 kPa (piedritti) mentre la massima tensione principale minima è di 253 kPa (piedritti).

#### *10.3.4.2.4 Verifiche strutturali del rivestimento di prima fase*

Le verifiche strutturali sul rivestimento di prima fase sono state eseguite per le fasi di calcolo 4, 5 e 6. Le caratteristiche del rivestimento provvisorio sono riportate nella seguente tabella.

Caratteristiche	Spritz beton/Centine
Spessore dello spritz beton [m]	0.30
Area resistente dello spritz beton $A_{sb}$ [m <sup>2</sup> ]	0.30
Tipologia profilati	n.2 IPN 220
Interasse longitudinale profilato [m]	1.0
Area resistente delle centine $A_{cent}$ [m <sup>2</sup> ]	0.00790
Modulo resistente elastico delle centine $W_{cent}$ [m <sup>3</sup> ]	0.0005560
Area resistente a taglio delle centine $A_{V,cent}$ [m <sup>2</sup> ]	0.00381

**Tabella 16 – Definizione delle caratteristiche del rivestimento provvisorio**

La tabella seguente sintetizza le sollecitazioni ottenute, per ogni fase, nelle zone di maggiore interesse del rivestimento: zona di calotta, di contatto calotta-piedritti e dei piedritti, rilevate in corrispondenza dei nodi indicati nella figura a seguire.

Fase	Nodo	Sollecitazioni rivestimento			
		N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	
4	Installazione del rivestimento di prima fase	12002	-181.0	-34.7	-6.2
4	Installazione del rivestimento di prima fase	17802	-66.7	-1.4	-1.0
4	Installazione del rivestimento di prima fase	23020	-53.3	-0.2	0.2
4	Installazione del rivestimento di prima fase	23075	-87.3	-1.2	0.0
4	Installazione del rivestimento di prima fase	23377	-189.5	-31.5	6.1
5	Installazione dell'arco rovescio	12002	-377.1	-74.5	-86.2
5	Installazione dell'arco rovescio	17802	-141.5	-0.7	-1.5
5	Installazione dell'arco rovescio	23020	-101.6	1.4	0.4
5	Installazione dell'arco rovescio	23075	-194.1	-1.9	0.5
5	Installazione dell'arco rovescio	23377	-304.2	-62.0	-102.8
6	Installazione del rivestimento definitivo di calotta	12002	-311.3	-76.2	-85.8
6	Installazione del rivestimento definitivo di calotta	17802	-192.7	-0.3	-2.0
6	Installazione del rivestimento definitivo di calotta	23020	-211.5	3.2	0.4
6	Installazione del rivestimento definitivo di calotta	23075	-218.0	-2.1	1.0
6	Installazione del rivestimento definitivo di calotta	23377	-246.1	-63.5	-104.0

**Tabella 17 – Sollecitazioni nei nodi di maggior interesse del rivestimento di prima fase**

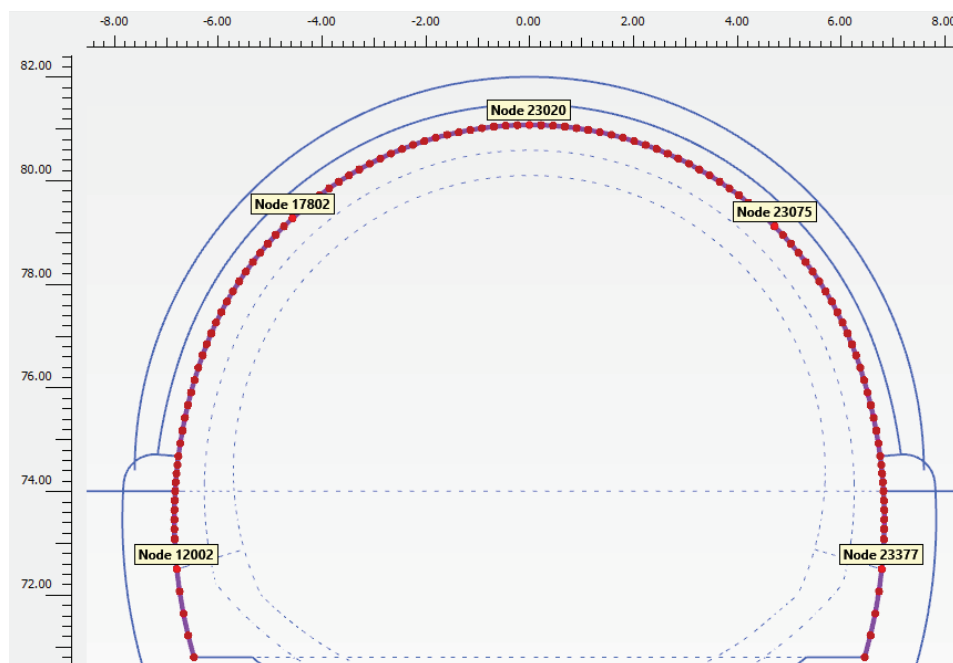


Figura 23 – Nodi rilevati del rivestimento di prima fase

Per i nodi sopraesposti, si riportano nella seguente tabella le sollecitazioni caratteristiche e sollecitazioni di progetto scaturite dall'analisi e le conseguenti verifiche. In All. [2] si riportano le sollecitazioni e le verifiche per ogni nodo del rivestimento: le verifiche strutturali del rivestimento di prima fase sono sempre soddisfatte, per ciascuna fase, in tutti i punti.

Fase	Nodo	Sollecitazioni caratteristiche				Sollecitazioni di progetto SLU				Verifica spritz-beton		Verifica centine metalliche			
		$N_{sk, sb}$ (kN/m)	$N_{sk, cent}$ (kN/m)	$M_{sk, cent}$ (kNm/m)	$T_{sk, cent}$ (kN/m)	$N_{sd, sb}$ (kN/m)	$N_{sd, cent}$ (kN/m)	$M_{sd, cent}$ (kNm/m)	$T_{sd, cent}$ (kN/m)	$\sigma_{sb, d}$ (MPa)	Esito verifica	$\sigma_{cent, d}$ (MPa)	$\tau_{cent, d}$ (MPa)	$\sigma_{id, cent, d}$ (MPa)	Esito verifica
4	12002	-152.8	-28.2	-34.69	-6.25	198.7	36.7	45.09	8.12	0.66	OK	85.75	2.13	85.83	OK
4	17802	-56.3	-10.4	-1.42	-1.01	73.2	13.5	1.85	1.32	0.24	OK	5.03	0.35	5.07	OK
4	23020	-45.0	-8.3	-0.22	0.17	58.5	10.8	0.28	0.22	0.20	OK	1.88	0.06	1.88	OK
4	23075	-73.7	-13.6	-1.22	0.04	95.9	17.7	1.59	0.06	0.32	OK	5.09	0.01	5.09	OK
4	23377	-160.0	-29.5	-31.46	6.09	207.9	38.4	40.90	7.91	0.69	OK	78.41	2.08	78.50	OK
5	12002	-318.3	-58.8	-74.49	-86.24	413.8	76.4	96.84	112.12	1.38	OK	183.83	29.41	190.76	OK
5	17802	-119.4	-22.0	-0.70	-1.47	155.3	28.7	0.90	1.91	0.52	OK	5.25	0.50	5.32	OK
5	23020	-85.8	-15.8	1.42	0.36	111.5	20.6	1.85	0.47	0.37	OK	5.93	0.12	5.94	OK
5	23075	-163.8	-30.2	-1.86	0.46	213.0	39.3	2.42	0.60	0.71	OK	9.32	0.16	9.33	OK
5	23377	-256.8	-47.4	-61.97	-102.81	333.8	61.6	80.56	133.65	1.11	OK	152.69	35.06	164.32	OK
6	12002	-262.8	-48.5	-76.20	-85.83	341.6	63.0	99.06	111.58	1.14	OK	186.14	29.27	192.92	OK
6	17802	-162.7	-30.0	-0.29	-2.01	211.5	39.0	0.38	2.62	0.71	OK	5.62	0.69	5.74	OK
6	23020	-178.6	-33.0	3.23	0.39	232.1	42.8	4.20	0.51	0.77	OK	12.97	0.13	12.98	OK
6	23075	-184.0	-34.0	-2.10	1.00	239.2	44.2	2.73	1.30	0.80	OK	10.50	0.34	10.52	OK
6	23377	-207.8	-38.4	-63.52	-103.96	270.1	49.9	82.58	135.15	0.90	OK	154.83	35.45	166.56	OK

Tabella 18 – Sollecitazioni strutturali su spritz-beton e centine e verifiche di resistenza nei nodi di maggior interesse

#### 10.3.4.2.5 Verifiche strutturali del rivestimento definitivo

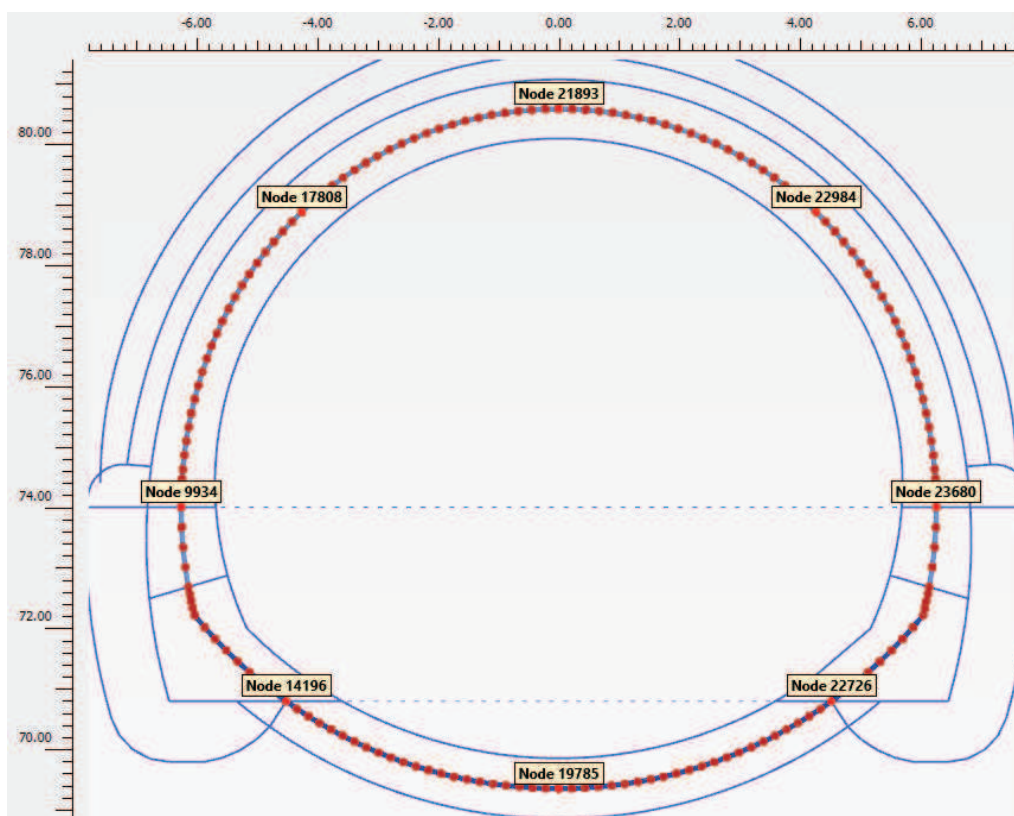
Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche del rivestimento definitivo come modellato.

Tipo di prerivestimento	Spritz beton/Rivestimento definitivo
Spessore simulato del rivestimento definitivo di arco rovescio [m]	1.00
Spessore simulato del rivestimento definitivo di chiave calotta [m]	0.98

**Tabella 19 – Definizione delle caratteristiche dei rivestimenti**

La Tabella 20 e la Tabella 21 sintetizzano le caratteristiche di sollecitazione di progetto ottenute, per ogni fase, nelle zone di maggiore interesse del rivestimento definitivo, individuate dai nodi rilevati dalla Figura 24. Nell'ultima colonna si riporta lo stato limite di verifica (cfr. §10.3.1).

Le verifiche sono espone in forma grafica per ogni nodo della mesh: per comodità di lettura di tali grafici, ad ogni nodo sono associate le coordinate polari  $\{\alpha, R\}$ , differenziate per arco rovescio e calotta/piedritti, come esposto in Figura 25. In All. [2] si riportano anche tutte le verifiche in formato numerico tabellare, per ogni nodo della mesh: le verifiche strutturali del rivestimento definitivo sono sempre soddisfatte, per ciascuna fase, in tutti i punti.



**Figura 24 – Nodi rilevati del rivestimento definitivo**



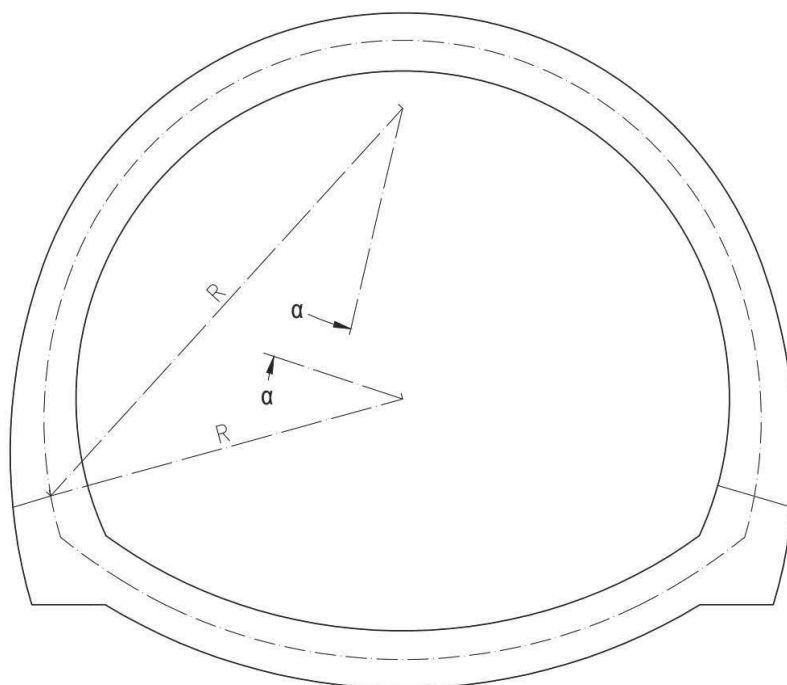


Figura 25 – S.d.r in coordinate polari per calotta/piedritti e arco rovescio

Nodo	N	M	T	$\alpha$	R	Fase di calcolo	Stato limite di verifica
	[kN]	[kNm]	[kN]	[°]	[m]	[-]	[-]
14196	1393.3	288.3	-501.7	18.6	7.8	Fase 5: Installazione dell'arco rovescio	SLU
19785	351.7	102.6	8.7	54.0	7.8	Fase 5: Installazione dell'arco rovescio	SLU
22726	1605.0	311.6	-182.0	89.4	7.8	Fase 5: Installazione dell'arco rovescio	SLU
14196	1797.5	224.0	-399.3	18.6	7.8	Fase 6: Installazione del rivestimento definitivo di calotta	SLU
19785	680.7	260.0	24.5	54.0	7.8	Fase 6: Installazione del rivestimento definitivo di calotta	SLU
22726	1931.6	293.5	-560.8	89.4	7.8	Fase 6: Installazione del rivestimento definitivo di calotta	SLU
14196	2655.8	118.3	-424.2	18.6	7.8	Fase 7: Condizione di lungo termine	SLU
19785	1364.4	322.5	65.7	54.0	7.8	Fase 7: Condizione di lungo termine	SLU
22726	2673.7	502.8	-565.8	89.4	7.8	Fase 7: Condizione di lungo termine	SLU
14196	2043.0	91.0	-326.3	18.6	7.8	Fase 7: Condizione di lungo termine	SLE
19785	1049.6	248.1	50.5	54.0	7.8	Fase 7: Condizione di lungo termine	SLE
22726	2056.7	386.7	-435.2	89.4	7.8	Fase 7: Condizione di lungo termine	SLE

Tabella 20 – Caratteristiche di sollecitazione di progetto nei nodi di maggior interesse dell'arco rovescio del rivestimento definitivo

Nodo	N	M	T	$\alpha$	R	Fase di calcolo	Stato limite di verifica
	[kN]	[kNm]	[kN]	[°]	[m]	[-]	[-]
9934	1734.5	-218.2	27.9	12.4	6.3	Fase 7: Condizione di lungo termine	SLU
17808	1312.7	102.6	-59.0	62.5	6.2	Fase 7: Condizione di lungo termine	SLU
21893	1097.9	192.5	-1.1	106.0	6.2	Fase 7: Condizione di lungo termine	SLU
22984	1795.4	-94.3	119.4	149.5	6.2	Fase 7: Condizione di lungo termine	SLU
23680	1931.8	-200.2	-121.4	199.6	6.3	Fase 7: Condizione di lungo termine	SLU
9934	1334.2	-167.8	21.4	12.4	6.3	Fase 7: Condizione di lungo termine	SLE
17808	1009.8	78.9	-45.4	62.5	6.2	Fase 7: Condizione di lungo termine	SLE
21893	844.6	148.1	-0.8	106.0	6.2	Fase 7: Condizione di lungo termine	SLE
22984	1381.1	-72.6	91.8	149.5	6.2	Fase 7: Condizione di lungo termine	SLE
23680	1486.0	-154.0	-93.4	199.6	6.3	Fase 7: Condizione di lungo termine	SLE

**Tabella 21 – Caratteristiche di sollecitazione di progetto nei nodi di maggior interesse di calotta e piedritti del rivestimento definitivo**

### Verifiche allo SLU

La verifica strutturale del rivestimento definitivo prevede il confronto tra le caratteristiche di sollecitazione di progetto e le resistenze di progetto definite dai punti  $M_{Rd}$ ,  $N_{Rd}$  che individuano il dominio resistente nel piano M, N.

Per la verifica a taglio, il valore resistente di progetto è ottenuto in accordo con la normativa vigente (DM 14/01/2008 par.4.1.2.1.3. e Circolare n.617/2009). Tale verifica è effettuata sia in assenza di apposita armatura trasversale ( $V_{Rd,cls}$ , riportata graficamente per le varie fasi di calcolo, in funzione dell'azione assiale di compressione di calcolo) che in presenza dell'armatura trasversale prevista ( $V_{Rsd}$ ). La verifica è soddisfatta risultando sempre  $V_{sd} < V_{Rsd}$ .

In calotta e piedritti si verifica la sezione di spessore  $s=0.98$  m (di larghezza 1.00 m), su cui si dispongono  $\varnothing 20/20$  sia come armatura superiore che inferiore, con un copriferro di 5 cm. L'armatura longitudinale di ripartizione è costituita da barre  $\varnothing 12/20$ . Per l'armatura a taglio è sufficiente la minima di normativa, ossia spilli  $\varnothing 12/30/40$ . L'incidenza corrispondente è di circa  $50 \text{ kg/m}^3$ .

In arco rovescio si verifica la sezione di spessore  $s=1.00$  m (di larghezza 1.00 m), su cui si dispongono  $\varnothing 22/20$  sia come armatura superiore che inferiore, con un copriferro di 5 cm. L'armatura longitudinale di ripartizione è costituita da barre  $\varnothing 12/20$ . Per l'armatura a taglio è sufficiente la minima, di normativa ossia spilli  $\varnothing 12/30/40$ . L'incidenza corrispondente è di circa  $60 \text{ kg/m}^3$ .



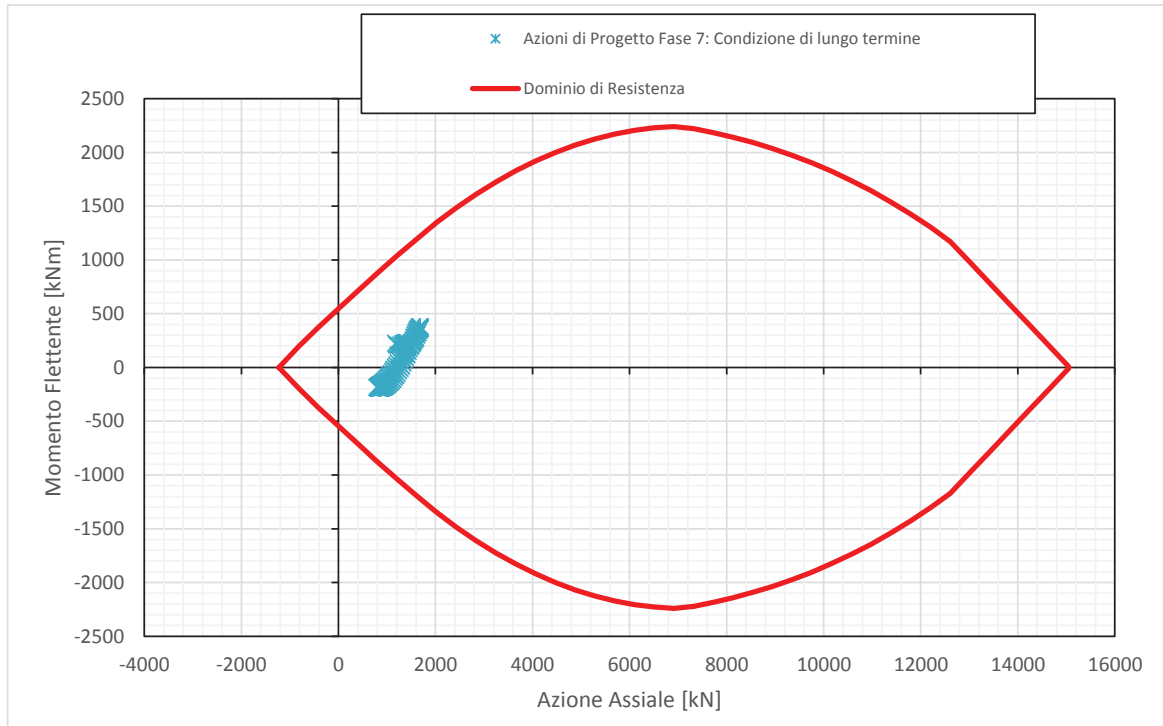


Figura 26 – Dominio resistente SLU calotta – Fase 7

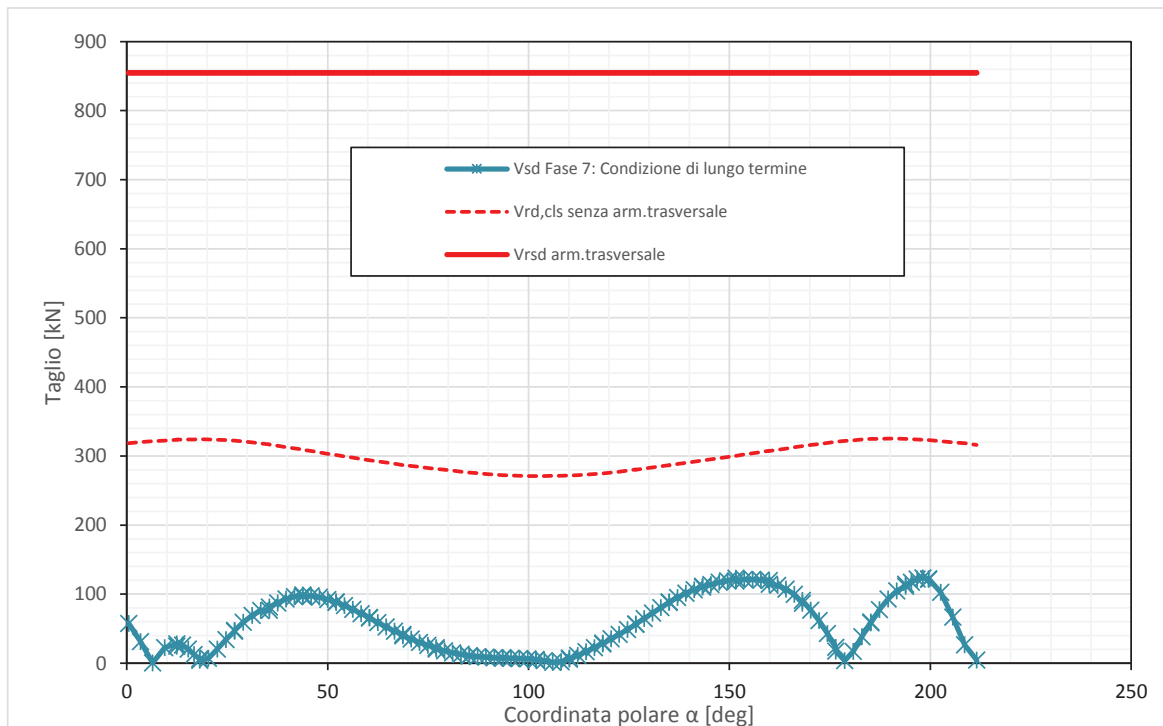
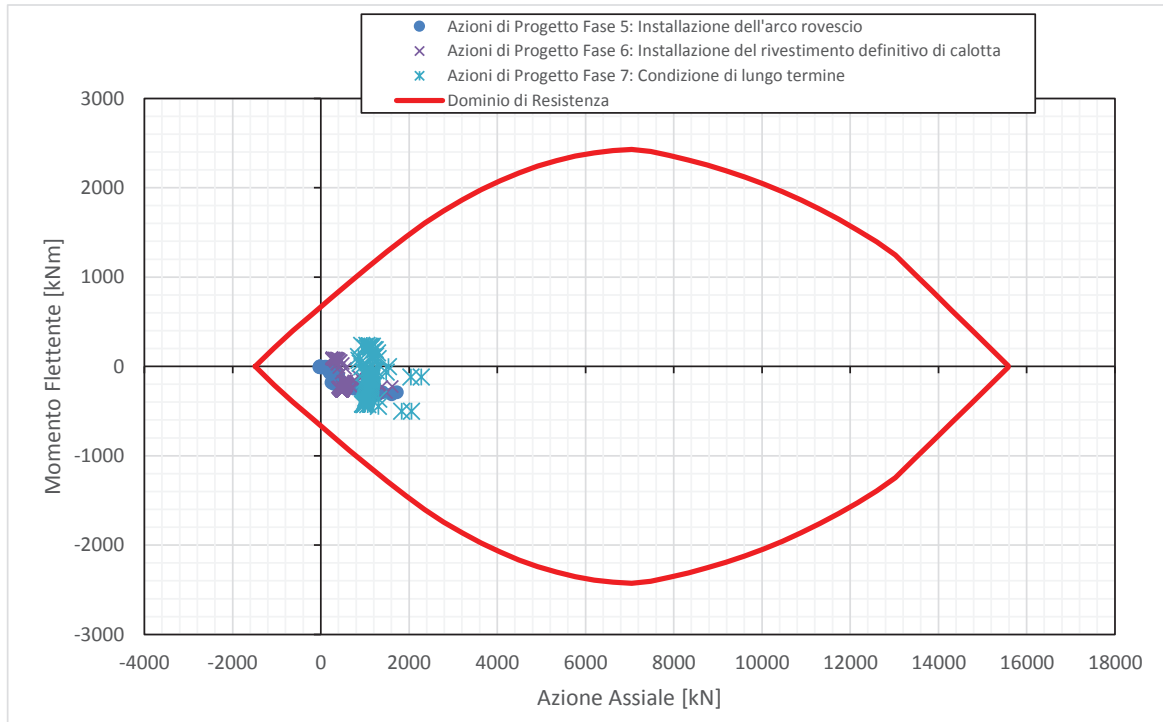
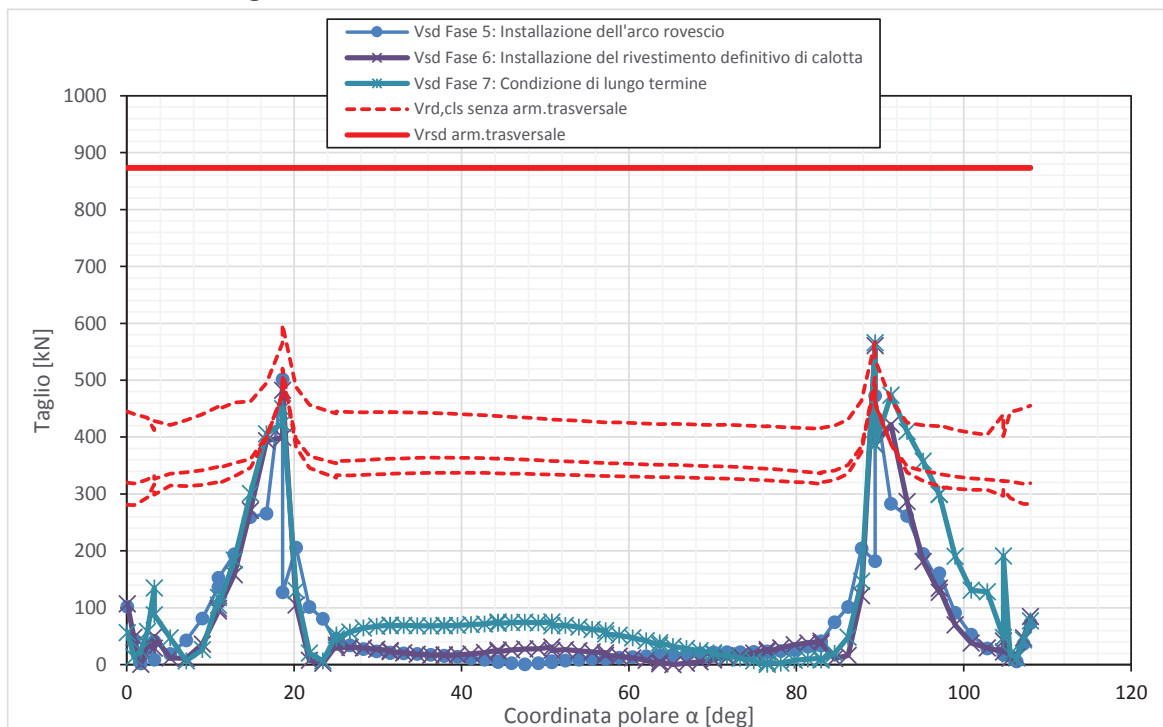


Figura 27 – Verifica SLU taglio calotta – Fase 7



**Figura 28 – Dominio resistente SLU arco rovescio – Fase 4, 5 e 6**



**Figura 29 – Verifica SLU taglio arco rovescio – Fase 4, 5 e 6**

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>2° LOTTO FUNZIONALE TELESE – SAN LORENZO.</b></p>												
<p>GALLERIA LIMATA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF0H</td> <td>22 D 07</td> <td>RB</td> <td>GN0300 001</td> <td>A</td> <td>63 di 75</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF0H	22 D 07	RB	GN0300 001	A	63 di 75
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF0H	22 D 07	RB	GN0300 001	A	63 di 75								

Le verifiche SLE del rivestimento definitivo sono finalizzate a prevenire la formazione di un quadro fessurativo tale da compromettere la durabilità dell'opera. A tal fine la Normativa (DM 14/01/2008 par.4.1.2.1.3. e Circolare n.617/2009) stabilisce un limite massimo all'ampiezza delle fessure (SLE di fessurazione) ed al contempo, impone il rispetto di opportuni limiti tensionali sia nell'acciaio che nel calcestruzzo (SLE di tensione).

La verifica a fessurazione è effettuata considerando cautelativamente la sezione sempre fessurata (quindi senza il confronto dell'azione sollecitante con il momento di prima fessurazione). Considerando l'armatura come poco sensibile, secondo quanto riportato in tabella 4.1.IV delle NTC2008, si ottiene che:

- per la calotta e i piedritti, con classe di esposizione del cls XC2 e quindi condizione ambientale ordinaria, l'apertura delle fessure in combinazione frequente deve essere non superiore a  $w_3$  e in combinazione quasi permanente non superiore  $w_2$ ;
- per l'arco rovescio, con classe di esposizione del cls XA1 e quindi condizione ambientale aggressiva, l'apertura delle fessure in combinazione frequente deve essere non superiore a  $w_2$  e in combinazione quasi permanente non superiore a  $w_1$ . Inoltre l'arco rovescio sarà ricoperto da un riempimento in cls, quindi la verifica a fessurazione non si applica quando il momento tende le fibre superiori.

In definitiva, l'apertura limite di verifica, riportata nei successivi grafici, risulta:

- $w_{lim} = w_2 = 0.3 \text{ mm}$  per la calotta e i piedritti
- $w_{lim} = w_1 = 0.2 \text{ mm}$  per l'arco rovescio, con momento che tende le fibre inferiori

Risultando sempre  $w_d < w_{lim}$ , le verifiche a fessurazione sono sempre soddisfatte.

Anche le verifiche SLE di tensione per l'arco rovescio risultano soddisfatte sia lato calcestruzzo che lato acciaio rispettando i valori limite imposti sia dalla normativa NTC2008 che dal Manuale RFI 2016.

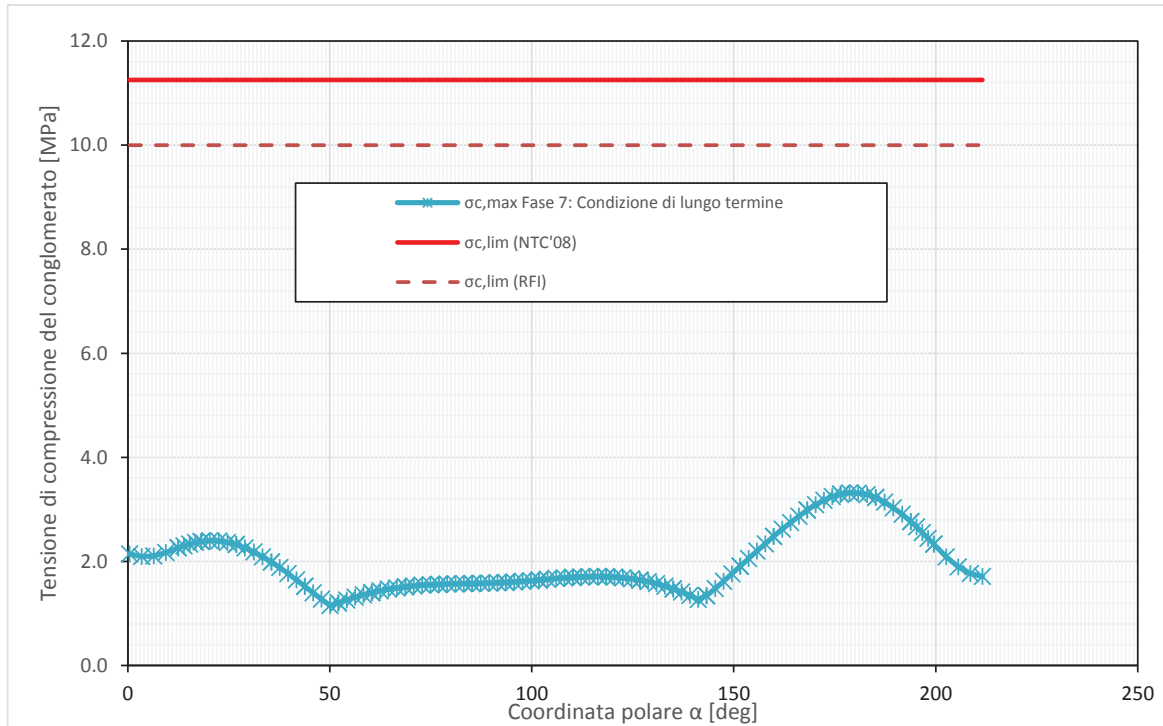


Figura 30 – Verifiche SLE tensione cls calotta – Fase 7

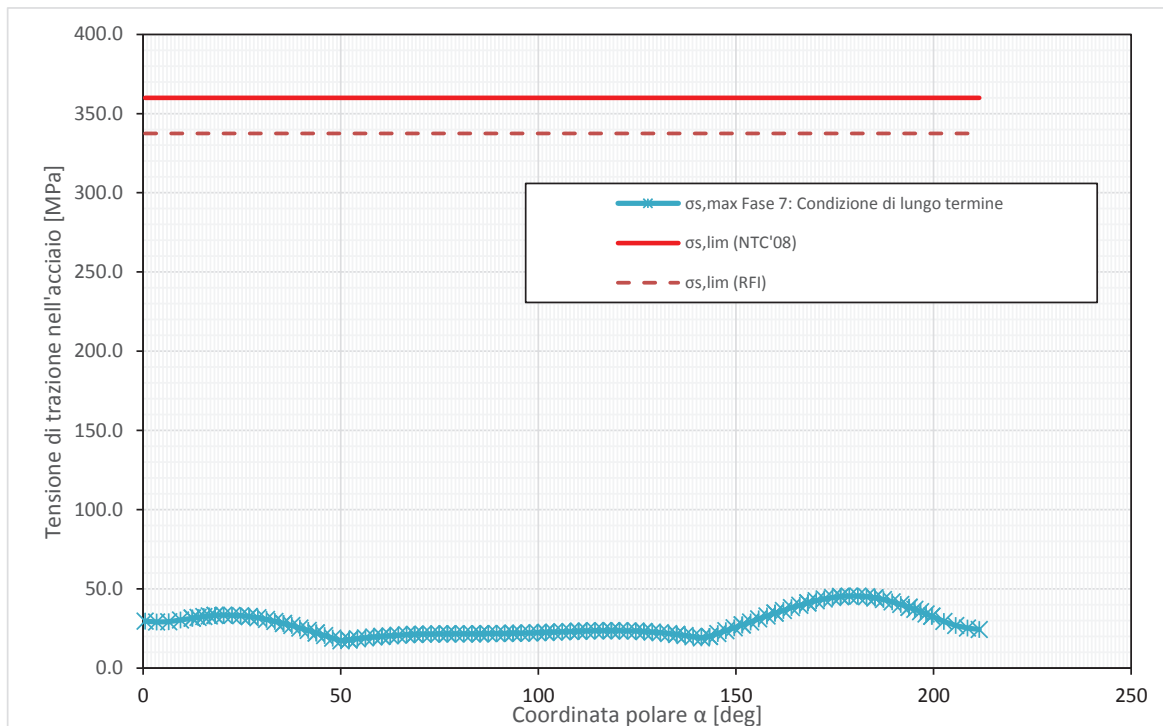


Figura 31 – Verifiche SLE tensione acciaio calotta – Fase 7

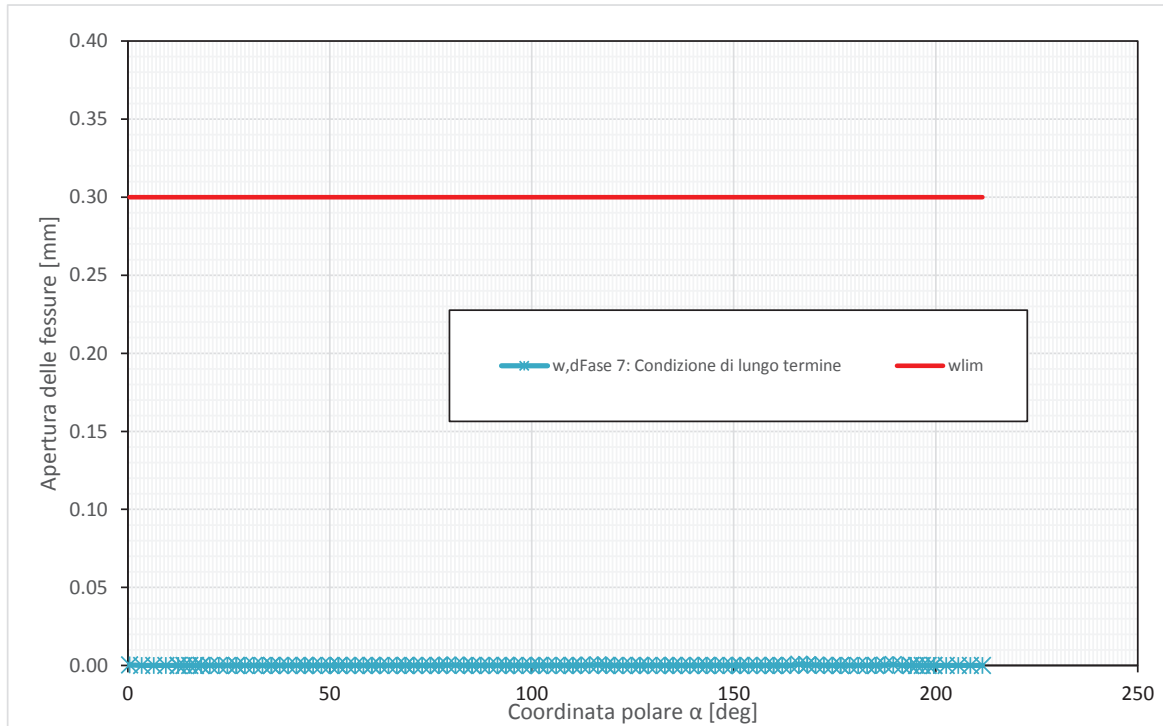


Figura 32 – Verifiche SLE fessurazione calotta – Fase 7

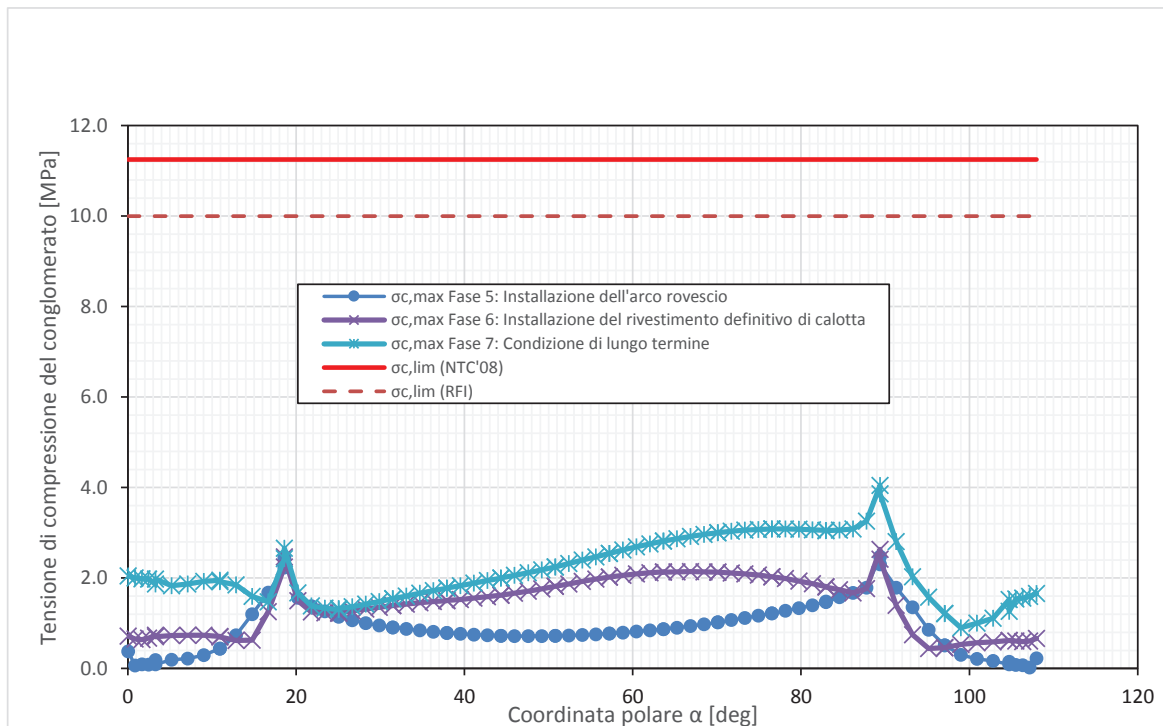


Figura 33 – Verifiche SLE tensione cls arco rovescio – Fase 5, 6 e 7

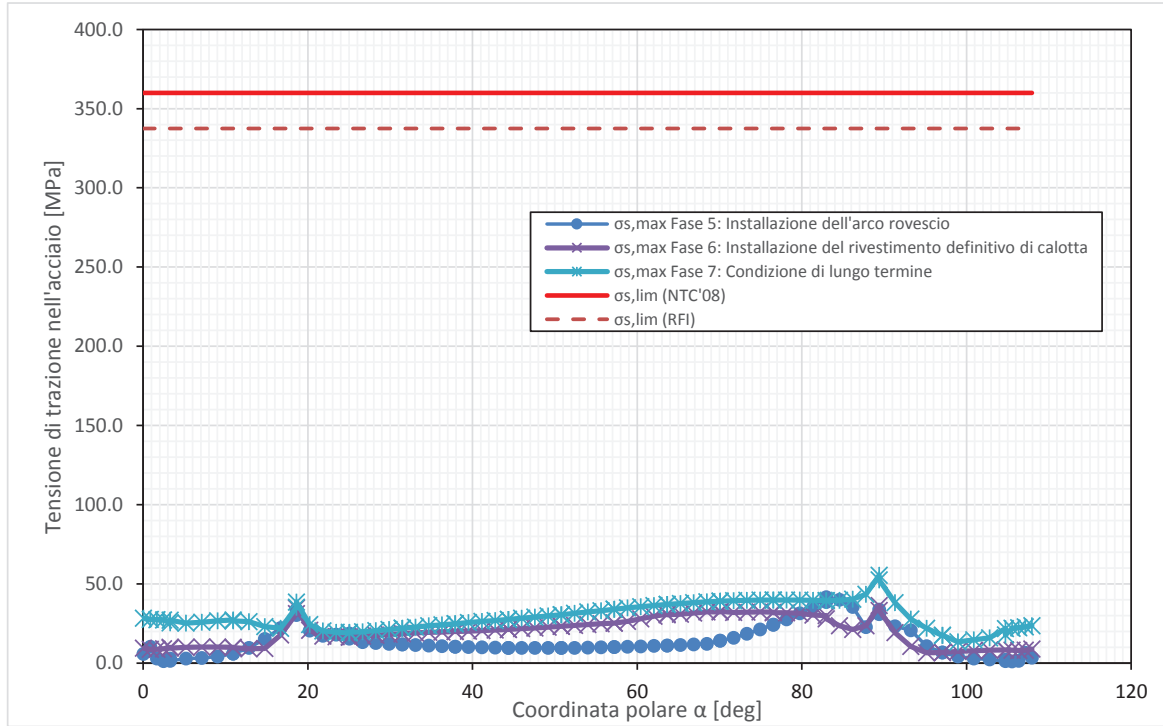


Figura 34 – Verifiche SLE tensione acciaio arco rovescio – Fase 5, 6 e 7

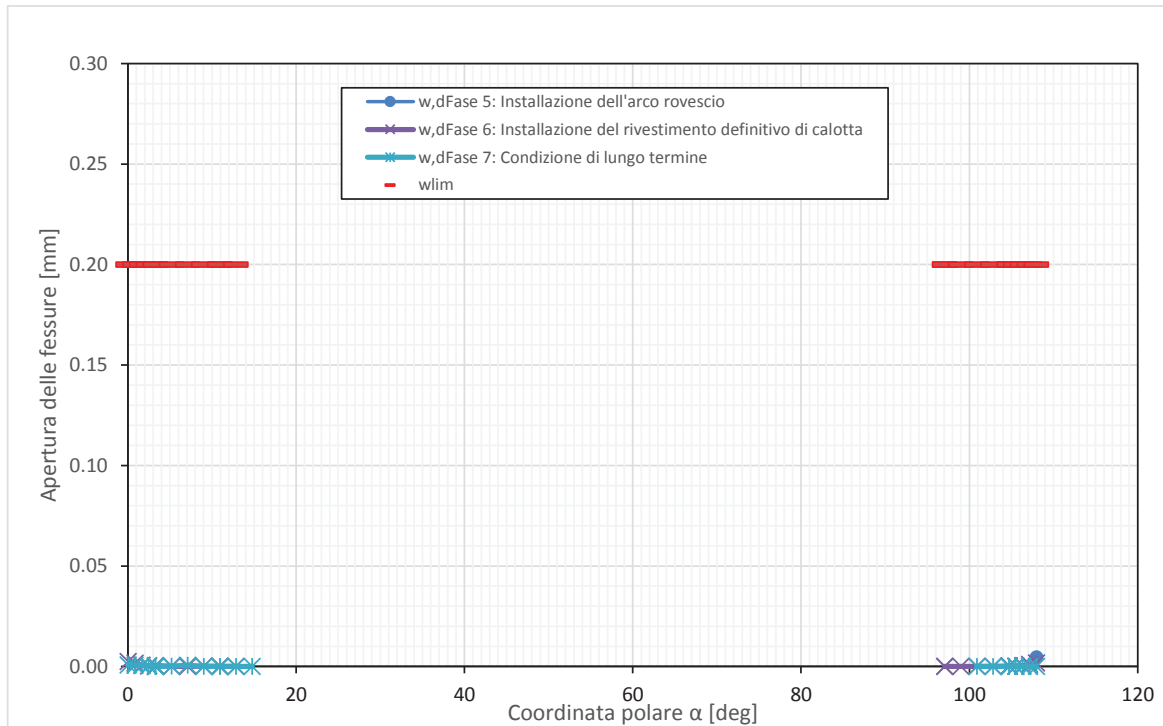


Figura 35 - Verifiche SLE fessurazione estradosso arco rovescio – Fase 5, 6 e 7

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO.</b> <b>2° LOTTO FUNZIONALE TELESE - SAN LORENZO.</b>					
	GALLERIA LIMATA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO	COMMESSA <b>IF0H</b>	LOTTO <b>22 D 07</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GN0300 001</b>	REV. <b>A</b>

I risultati delle analisi sono tutti riassunti in tabelle; input e output grafici del modello di calcolo sono riportati integralmente in All. [2].

### 10.3.5 Sezione C2

#### 10.3.5.1 Stabilità del fronte e del cavo

Nel seguito si riassumono i dati di input utilizzati per le analisi di stabilità del fronte della sezione tipo C2 pk. 34+600 km (D3 in fase di diagnosi) eseguita con il metodo all'equilibrio limite di Tamez (1984).

Per quanto riguarda le dimensioni di scavo, tenendo conto della geometria tronco-conica della sezione tipo, si è assunta una larghezza  $b$  pari a 14.3 m, altezza  $h$  pari a 11.4 m e lunghezza del tratto non sostenuto  $a$  pari a 1 m. Si registra la presenza della falda al di sotto della quota dell'arco rovescio, quindi trascurabile. Le caratteristiche geotecniche sono riportate di seguito.

Sez. di calcolo	Unità	H [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c'_{kp}$ [MPa]	$\phi'_{kp}$ [°]
C2	bn	37	20	0.03	25.0

$H$  = copertura rispetto al piano dei centri della galleria  
 $\gamma$  = peso dell'unità di volume dell'ammasso  
 $c'_{kp}$  = valore caratteristico della coesione efficace di picco dell'ammasso  
 $\phi'_{kp}$  = valore caratteristico dell'angolo di attrito di picco dell'ammasso

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

$n_{VTR}$	$L_A$	$\phi_{perf}$	$\tau_{bk}$	$\sigma_{3A}^{VTR}$	$A_{VTR}$	$f_{tk}$	$\sigma_{3B}^{VTR}$	$\sigma_3$	$\Delta c'_k$
[-]	[m]	[m]	[kPa]	[kPa]	[m <sup>2</sup> ]	[MPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
50	10	0.1	200	269	7.200E-04	900	278	269	211

$n_{VTR}$  = numero di VTR al fronte

$L_A$  = lunghezza minima di sovrapposizione del VTR

$\phi_{perf}$  = diametro di perforazione

$\tau_{bk}$  = tensione di aderenza all'interfaccia col terreno

$\sigma_{3A}^{VTR}$  = resistenza a sfilamento dell'elemento strutturale in VTR

$A_{VTR}$  = area del VTR

$f_{tk}$  = resistenza a trazione del VTR

$\sigma_{3B}^{VTR}$  = resistenza a rottura dell'elemento strutturale in VTR

$\sigma_3$  = tensione minima resistente al fronte

$\Delta c'_k$  = coesione caratteristica equivalente indotta dall'intervento di consolidamento del fronte

Per ciò che concerne gli interventi di consolidamento al contorno si riportano nella tabella seguente lo spessore e le caratteristiche del materiale consolidato con colonne in jet-grouting.

$\sigma_{c,jet}$	$\phi'_k$	$c'_k$	$S_{jet}$
------------------	-----------	--------	-----------

			calotta /piedritti	piede centina
[MPa]	[°]	[kPa]	[m]	
2.50	35	651	0.4	0.6
$\sigma_{c,jet}$ = resistenza caratteristica a compressione monoassiale del jet-grouting $\varphi'_k$ = angolo d'attrito efficace caratteristico del materiale al contorno $c'_k$ = coesione caratteristica equivalente indotta dall'intervento di consolidamento al contorno $s_{jet}$ = spessore dell'intervento in jet-grouting				

In Tabella 22 oltre ai valori dei rapporti tra azioni sollecitanti e stabilizzanti (FSF e FSF<sub>3</sub>), sono evidenziati anche i parametri equivalenti di progetto ( $\gamma_{d,eq}$ ,  $c'_{d,eq}$ ,  $\varphi'_{d,eq}$ ) per il materiale presente al fronte di scavo e quello al di sopra della calotta, calcolati per omogeneizzazione sulla base della stratigrafia di calcolo, dell'effetto dei consolidamenti e dell'applicazione dei coefficienti parziali.

Sez. di calcolo	C	Parametri equivalenti al fronte			Parametri equivalenti sulla calotta			h1	FSF	FSF <sub>3</sub>
		$\gamma_{d,eq}$	$c'_{d,eq}$	$\varphi'_{d,eq}$	$\gamma_{d,eq}$	$c'_{d,eq}$	$\varphi'_{d,eq}$			
	[m]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	[°]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	[°]	[m]	[-]	[-]
C2	37.0	20.0	192.80	26.43	20.0	30.20	27.15	24.65	3.45	8.27

**Tabella 22 Verifica di stabilità del fronte con il metodo di Tamez**

L'analisi evidenzia che, anche con l'applicazione dei coefficienti parziali corrispondenti alla combinazione A2+M2+R2 e quindi con i valori di progetto, i rapporti FSF e FSF<sub>3</sub> sono maggiori di 2: la verifica di stabilità del fronte è soddisfatta.

#### 10.3.5.2 Interazione opera-terreno

La sezione C2 ha le medesime caratteristiche strutturali del rivestimento provvisorio e definitivo della sezione C2 prevista per l'attraversamento delle Argille Varicolori nella litofacies argilloso marnosa-calcareo ALVb a maggiore componente pelitica ( $0,4 < L/P < 1$ ) e nella litofacies argilloso-marnosa ALVa ( $L/P < 0,4$ ) nella galleria Tuoro S. Antuono. Per le verifiche strutturali della sezione C2 nell'Unità di Maddaloni MDL3 si rimanda a quelle effettuate nelle Argille Varicolori (Relazione geotecnica e di calcolo della galleria Tuoro S. Antuono Rif. [47]), derivanti da modellazione geotecnica e da condizioni di copertura più gravose.

### 10.4 Rischi potenziali che incidono sulla realizzazione delle gallerie

Di seguito si descrivono le principali criticità, legate al contesto geologico, idrogeologico e geotecnico, che potrebbero avere ripercussioni sulla fase realizzativa delle gallerie, e si illustrano le relative possibili azioni di mitigazione o riduzione del rischio.

La mappatura dei diversi rischi individuati nella fase conoscitiva e la relativa gestione definita nella fase di terapia, sono illustrate in forma sintetica nell'elaborato del profilo geotecnico (Rif. [42]).

#### 10.4.1 Presenza di gas

Il tracciato ferroviario del Lotto 2 Telese-San Lorenzo dista circa 2 km dall'abitato di Telese in cui sono presenti numerosi sinkhole, la cui genesi è da imputare soprattutto alla presenza di un reticolo carsico sotterraneo molto



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>2° LOTTO FUNZIONALE TELESE – SAN LORENZO.</b>					
	GALLERIA LIMATA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO	COMMESSA IF0H	LOTTO 22 D 07	CODIFICA RB	DOCUMENTO GN0300 001	REV. A

sviluppato, strettamente connesso ad oscillazioni del livello di base della falda e a fenomeni speleogenetici ipercarsici per miscelazione di acque ricche di CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>S e tracce di metano (Corniello & De Riso, 1986).

Alla luce di questo e delle formazioni attraversate dalle gallerie previste in progetto, si richiede una particolare attenzione volta alla problematica inerente la possibilità di intercettare gas naturali nel corso delle fasi di scavo delle opere in sotterraneo.

Preliminarmente, è stata condotta un'analisi bibliografica e storica volta a verificare, in relazione alle differenti unità geologiche individuate e direttamente interessate dal progetto, l'eventuale presenza di termini geologici favorevoli alla presenza di gas.

Successivamente sono state condotte indagini di approfondimento (Rif. [14]). In particolare, sono stati eseguiti:

- rilievi di gas a bocca foro durante la perforazione dei sondaggi;
- monitoraggio dell'aria realizzata mediante analizzatore di gas a bocca foro in corrispondenza delle verticali di sondaggio;
- analisi gascromatografica su campioni di acqua prelevati da piezometro.

Un valido strumento che può essere utilizzato per l'approccio al problema legato alla presenza di gas in galleria è rappresentato dal documento redatto dalle regioni Emilia-Romagna e Toscana *“Lavori in sotterraneo. Scavo in terreni grisutosi. Grisù 3a ed.”*, che seppur riferito al solo problema metano, può essere un valido riferimento tecnico in merito al problema dello scavo di gallerie in presenza di gas. Questo documento, sviluppato nel corso e con i riscontri diretti degli scavi effettuati nell'appennino Tosco Emiliano, durante la realizzazione delle gallerie dell'alta velocità ferroviaria Bologna Firenze, e la variante di valico autostradale, sempre tra Bologna e Firenze, può ragionevolmente essere considerato come *“Linea guida per buone pratiche di lavoro nelle costruzioni in sotterraneo”*.

Nella citata Nota Interregionale, dedicata al problema dello scavo in terreni grisutuosì o sospetti tali, l'eventualità di rinvenire metano in galleria è differenziata in diverse classi (Tabella 23), in base al numero ed al peso attribuito ai parametri che concorrono a caratterizzare la formazione interessata dallo scavo della galleria.

<b>classe 0</b>	Gallerie/tratti per le quali tutti gli elementi oggettivi e documentati di valutazione portano ad escludere che la realizzazione dell'opera possa indurre flussi di grisù dagli ammassi attraversati dall'opera oppure da quelli lontani ma connessi idraulicamente alla galleria.
<b>classe 1a</b>	Gallerie/tratti per le quali tutti gli elementi portano a prevedere come remota la possibilità di flussi di grisù, in base all'assenza di indizi derivanti dalle indagini preliminari (studi e ricerche, analisi della storicità, sondaggi), alle informazioni ottenute nello scavo della porzione d'opera già realizzata, alle considerazioni geologiche e strutturali
<b>classe 1b</b>	Gallerie/tratti per le quali l'analisi geologica strutturale porta a prevedere flussi di grisù, ma non ci sono elementi di riscontro desunti dalle indagini preliminari (studi e ricerche, analisi della storicità, sondaggi) effettuate in fase di progetto e dalla porzione d'opera già realizzata. In definitiva le manifestazioni gassose sono possibili ma con portate prevedibilmente modeste o con modalità che si ritiene non portino a condizioni di rischio
<b>classe 1c</b>	Gallerie/tratti per le quali le indagini bibliografiche, storiche (storicità delle manifestazioni spontanee e degli interventi industriali per la produzione di idrocarburi,

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>2° LOTTO FUNZIONALE TELESE – SAN LORENZO.</b>					
	GALLERIA LIMATA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO	COMMESSA <b>IF0H</b>	LOTTO <b>22 D 07</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GN0300 001</b>	REV. <b>A</b>

	<p>dei fenomeni registrati nell'esecuzione di altre opere, ecc.) e le indagini sperimentali di superficie e profonde (sondaggi, pozzi, cunicoli, indagini geofisiche, ecc.) fanno presumere che i lavori di scavo possano indurre flussi di grisù discontinui e poco frequenti e quindi tali da far ritenere l'emissione eccezionale. Situazioni del genere sono tipiche di serbatoi di idrocarburi isolati e di dimensioni limitate in collegamento idraulico con l'opera. Tali serbatoi hanno forma e dimensioni molto varie e distribuzione spaziale casuale ed imprevedibile e possono far affluire gas in galleria con portate molto varie non escluse quelle a carattere massivo.</p>
<b>classe 2</b>	<p>Gallerie/tratti per le quali le indagini bibliografiche, storiche (storicità delle manifestazioni spontanee e degli interventi industriali per la produzione di idrocarburi, dei fenomeni registrati nell'esecuzione di altre opere) e le indagini sperimentali di superficie e profonde (sondaggi, pozzi, cunicoli, indagini geofisiche, ecc.), fanno ritenere che, a causa della realizzazione degli scavi, siano probabili afflussi significativi di grisù in galleria in corrispondenza di strutture geologiche, tecnicamente note come potenziali trappole di idrocarburi (anticlinali, fasce di intensa fratturazione in corrispondenza delle zone di accavallamento tettonico, ecc.). Attraversando le trappole, o comunque a causa del collegamento idraulico con esse realizzato a seguito dello scavo, sono da attendersi flussi di grisù continui oppure discontinui ma con frequenza tale da non farli ritenere un evento eccezionale.</p>

**Tabella 23 - Classificazione delle gallerie sul rischio metano secondo la Nota Interregionale n. 28 "Lavori in sotterraneo. Scavo in terreni grisutosi. Grisù 3<sup>a</sup> edizione" (NIR 28)**

In funzione dei risultati derivanti dall'analisi bibliografica e storica e dalle indagini di approfondimento, è stato possibile associare, quindi, ad ogni galleria di linea e uscita di emergenza della tratta una classe di rischio gas come definita in Tabella 23.

Lo scavo della galleria Limata, che interessa principalmente i depositi alluvionali terrazzati (bn) poggianti sui depositi lacustri dell'unità di Maddaloni (MDL3), è caratterizzata da classe di rischio 1A.

Per le misure di sicurezza da adottare in fase di scavo e per gli interventi atti a mitigare il rischio di presenza di gas nella fase di realizzazione delle gallerie, si rimanda al *Piano di Sicurezza e Coordinamento* (PSC).

#### **10.4.2 Venute d'acqua/Carico idraulico elevato**

Il potenziale rischio di venute d'acqua in galleria in fase di scavo è stato definito in funzione dei principali caratteri idrogeologici delle formazioni di interesse. Tale rischio dipende dalla conducibilità idraulica dei materiali attraversati, dal carico idraulico e dall'eventuale presenza di zone di faglia e di discontinuità.

In corrispondenza dei terrazzi morfologici interessati dalla realizzazione della galleria Limata, i dati piezometrici a disposizione hanno evidenziato la presenza di una falda freatica posta all'interno dei terreni ghiaio-sabbiosi e sabbio-limosi dei depositi alluvionali (bn), la cui quota del pelo libero segue l'andamento plano-altimetrico del contatto stratigrafico con i sottostanti depositi fluvio-lacustri in facies pelitica dell'Unità di Maddaloni (MDL3) (Rif. [14]). Difatti, la superficie piezometrica si presenta a quota cavo o, nei tratti dove il cavo intercetta i depositi pelitici, al di sopra della calotta.

Nonostante la medio-bassa permeabilità (paragrafi 8.3.1.3 e 8.3.2.3) che riduce il rischio di venute d'acqua, per consentire l'avanzamento in sicurezza nei tratti sopra descritti e per minimizzare ulteriormente il rischio di venute

	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 2° LOTTO FUNZIONALE TELESE – SAN LORENZO.</b>					
GALLERIA LIMATA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO	COMMESSA IF0H	LOTTO 22 D 07	CODIFICA RB	DOCUMENTO GN0300 001	REV. A	FOGLIO 71 di 75

d'acqua, le sezioni tipo di scavo e consolidamento prevedono l'esecuzione di drenaggi al fronte (3+3) e l'impermeabilizzazione a tergo del rivestimento definitivo di calotta.

#### **10.4.3 Instabilità del fronte e del cavo**

Potenziali rischi di instabilità del fronte e del cavo possono interessare le tratte di galleria a basse coperture.

In tali condizioni, l'avanzamento avverrà con l'esecuzione di interventi di preconsolidamento al fronte e al contorno in grado di controllare lo sviluppo dei fenomeni deformativi indotti dallo scavo e prevenire lo sviluppo di eventuali meccanismi di collasso.

#### **10.4.4 Fenomeni di subsidenza/interferenza con opere preesistenti**

Oltre all'interferenza con una viabilità locale in corrispondenza dell'imbocco lato Benevento Canello che sormonterà in sistemazione definitiva il tratto di galleria artificiale scatolare, la galleria naturale Limata non presenta ulteriori interferenze.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 2° LOTTO FUNZIONALE TELESE – SAN LORENZO.</b></p>					
<p>GALLERIA LIMATA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO</p>	<p>COMMESSA IF0H</p>	<p>LOTTO 22 D 07</p>	<p>CODIFICA RB</p>	<p>DOCUMENTO GN0300 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 72 di 75</p>

## 11 FASE DI VERIFICA E MESSA A PUNTO DEL PROGETTO

### 11.1 Monitoraggio in corso d'opera

Nella fase realizzativa dovrà essere posto in opera un adeguato programma di monitoraggio che consenta di:

- confermare le sezioni tipo previste per le tratte omogenee, come da profilo geotecnico, secondo i criteri di applicazione definiti in progetto;
- definire le variazioni degli interventi da effettuarsi nell'ambito delle variabilità previste in progetto sulla base di quanto riscontrato in fase di scavo;
- definire il passaggio tra una sezione tipo ed un'altra presente nel progetto all'interno delle tratte omogenee.

Il piano di monitoraggio deve prevedere:

- il rilievo analitico e speditivo del fronte di scavo;
- il controllo della convergenza del cavo, mediante installazione di stazioni di convergenza con 5 mire. Il numero delle sezioni di misura è specificato in Tabella 24 per le diverse sezioni tipo. Le sezioni devono essere ubicate in prossimità del fronte scavo, la lettura di zero deve essere eseguita prima della ripresa dell'avanzamento per lo scavo del campo successivo, e le letture successive dovranno essere eseguite con frequenza almeno giornaliera fino alla completa stabilizzazione delle misure.
- il controllo dell'estrusione del fronte, mediante installazione di estrusometri con lunghezza e frequenza di misura indicate in Tabella 24;
- il monitoraggio dello sforzo assiale nelle centine del rivestimento di prima fase mediante celle di carico, come definito negli elaborati di progetto pertinenti;
- il monitoraggio delle deformazioni del rivestimento definitivo mediante barrette estensimetriche, come definito negli elaborati di progetto pertinenti;
- in corrispondenza degli imbocchi e nelle zone di bassa copertura, il controllo degli spostamenti del piano campagna, mediante installazione di sezioni di misura topografica disposte trasversalmente all'asse della galleria, costituite da almeno 5 capisaldi;
- il controllo topografico degli spostamenti degli edifici interferenti;
- il controllo delle deformazioni dell'ammasso al contorno della galleria mediante stazioni strumentate geotecniche costituite da inclinometri ed estensimetri;
- il controllo delle variazioni del regime delle pressioni interstiziali nel terreno al contorno della galleria mediante piezometri Casagrande o celle piezometriche, in funzione del contesto geotecnico.

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.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>2° LOTTO FUNZIONALE TELESE – SAN LORENZO.</b>					
	GALLERIA LIMATA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO	COMMESSA <b>IF0H</b>	LOTTO <b>22 D 07</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GN0300 001</b>	REV. <b>A</b>

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.

La strumentazione di monitoraggio dovrà essere installata e predisposta all'uso con sufficiente anticipo rispetto all'arrivo degli scavi e dei consolidamenti in modo da poter effettuare le necessarie misure di zero.

Sezione tipo	Misure di convergenza		Rilievi del fronte	Estrusometro
	Frequenza sezioni	Frequenza misure	Frequenza (*)	
C1	1 ogni campo	1 lettura al giorno oltre la lettura di "zero" fino al getto del rivestimento definitivo o a completa stabilizzazione delle misure	1 ogni campo	-
C1bis	1 ogni mezzo campo		1 ogni campo	-
C1m	1 ogni mezzo campo		1 ogni campo	L=35m ogni campo e 2 letture per ogni campo
C2	1 ogni campo		1 ogni campo	L=35m ogni 2 campi e 2 letture per ogni campo
(*) sempre al cambio di litologia				

**Tabella 24 – Programma di monitoraggio**

## 11.2 Criteri generali per l'applicazione delle sezioni tipo

Sono di seguito illustrati i criteri che dovranno essere adottati in corso d'opera per l'applicazione delle sezioni tipo e la gestione delle variabilità, nell'ambito delle previsioni del progetto, che sono sintetizzate nei valori attesi delle grandezze caratteristiche. I valori attesi dei fenomeni deformativi al fronte, al cavo e al piano campagna (ove pertinente) sono individuati in funzione dei risultati delle analisi numeriche, di esperienze in contesti analoghi e di dati di letteratura (Tabella 25).

In corso d'opera, i rilievi del fronte e i dati di monitoraggio della risposta deformativa del fronte e del cavo, correlati alle fasi di avanzamento, sono confrontati con le previsioni progettuali (i valori attesi) per consentire la verifica e la messa a punto del progetto con i criteri di seguito descritti:

1. Le condizioni geologiche e geotecniche rilevabili al fronte corrispondono con quanto previsto in progetto e la risposta deformativa rientra nel campo dei valori attesi: la previsione progettuale è confermata, si procede con la sezione tipo media prevista per la tratta.
2. La risposta deformativa non rientra nel campo di accettabilità definito in progetto: la sezione tipo prevista per la tratta è ottimizzata secondo le definite variabilità, che consistono in: aumento/diminuzione ( $\pm 20\%$ ) degli interventi di preconsolidamento, diminuzione/aumento dell'interasse delle centine ( $\pm 20\%$  del passo medio), diminuzione/aumento delle distanze del rivestimento definitivo dal fronte di scavo.
3. Le condizioni geologiche e geotecniche osservate sono sensibilmente differenti da quelle ipotizzate e la risposta deformativa non rientra nel campo di accettabilità definito in progetto: si passa ad una diversa sezione tipo, tra quelle definite in progetto come "sezioni eventuali" per quella tratta.

		VALORI ATTESI		
Sezione tipo	Formazione	Convergenza radiale <sup>(*)</sup> (mm)	Estrusione cumulativa totale (mm)	Cedimenti piano campagna (mm)
C1	bn	10	-	20
C1bis	bn	10	-	30
C1m	bn/MDL3	10	-	30
C2	MDL3	50	45	35

(\*) convergenza radiale depurata della preconvergenza

**Tabella 25 – Previsioni progettuali**

## 12 CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono state affrontate le problematiche progettuali connesse con la realizzazione della galleria Limata, inclusa nel raddoppio ferroviario della linea Canello-Benevento sull'itinerario Napoli-Bari, ed in particolare nel secondo subplotto funzionale da Telese (km 27+700) fino all'impianto del PC di San Lorenzo (km 39+050) facente parte del secondo lotto funzionale della tratta compreso tra la Stazione di Frasso Telesino/Dugenta (km 16+500 km) e l'impianto di Vitulano (km 46+950.00).

La progettazione delle opere in sotterraneo, è stata condotta secondo il metodo ADECO-RS (Rif. [27]), articolandosi nelle seguenti fasi:

1. Fase conoscitiva (cap. 7): questa fase è stata dedicata allo studio e all'analisi del contesto geologico e geotecnico di inserimento in cui sarà realizzata la galleria, considerati anche i dati relativi alle precedenti fasi progettuali, ed ha portato alla definizione del modello geotecnico di sottosuolo utilizzato per le successive fasi del progetto.
2. Fase di diagnosi (cap. 8): in questa fase è stata eseguita la valutazione della risposta deformativa dell'ammasso allo scavo in assenza di interventi di stabilizzazione, per la determinazione delle categorie di comportamento; sulla base delle analisi condotte l'intero tracciato della galleria è caratterizzato da tratte con comportamento del nucleo-fronte di scavo di categoria C (instabile).
3. Fase di terapia (cap. 9): sulla base dei risultati delle precedenti fasi progettuali, per realizzare l'opera in condizioni di sicurezza sono state individuate 4 sezioni tipo di intervento denominate C1, C1bis, C1m e C2. Tali soluzioni progettuali sono state analizzate verificandone adeguatezza ed efficacia in tutte le fasi costruttive previste ed in condizioni di esercizio.

Il progetto è completato dal piano di monitoraggio (cap. 10) da predisporre ed attuare nella fase realizzativa, nel quale sono individuati i valori delle grandezze fisiche a cui riferirsi in corso d'opera per controllare la risposta deformativa dell'ammasso e della galleria al procedere dello scavo, verificarne la rispondenza con le previsioni progettuali e mettere a punto le sezioni tipo individuate nell'ambito delle variabilità previste.

## ALLEGATO 1

<b>TITOLO</b>	Analisi con il metodo dell'equilibrio limite per la fase di diagnosi e terapia
<b>TIPO DI DOCUMENTO:</b>	Documento - Formato A4
<b>CODIFICA:</b>	-
<b>PAGINE:</b>	13
<b>DATA:</b>	Dicembre 2017
<b>SORGENTE:</b>	U.O. Gallerie Italferr S.p.A.
<b>NOTE:</b>	-



# 1 DIAGNOSI

## 1.1 Sez. D1

### Metodo di Tamez

DATI GEOMETRICI		
Z (m)	11.0	copertura sulla calotta
W (m)	11.0	profondità superficie piezometrica da piano campagna; in assenza di falda indicare W=Z
h (m)	13.0	altezza dello scavo
b (m)	13.0	larghezza dello scavo
a (m)	1.0	lunghezza non sostenuta
DATI GEOTECNICI		
$\gamma_1$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.0	peso medio dell'unità di volume del terreno sopra la calotta (su $h_1$ )
$\gamma_2$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.0	peso medio dell'unità di volume del terreno da scavare (su h)
$\gamma_3$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.0	peso medio dell'unità di volume del terreno sopra falda
$\gamma_4$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.0	peso medio dell'unità di volume del terreno sotto falda
C <sub>1</sub> (kPa)	30.0	valore medio della coesione al fronte (su h)
C <sub>2</sub> (kPa)	30.0	valore medio della coesione dalla calotta fino a $h_1$
C <sub>2m</sub> (kPa)	30.0	valore medio della coesione dalla calotta a piano campagna
$\phi_m$ (°)	37.0	valore medio dell'angolo di attrito dei materiali presenti dall'arco rovescio a piano campagna
$\phi$ (°)	37.0	valore medio dell'angolo di attrito dei materiali presenti dall'arco rovescio fino a $h_1$
DATI PER IL CALCOLO DEL VOLUME DI TERRENO POTENZIALMENTE INSTABILE		
$\phi_m$ (°)	37.00	valore medio dell'angolo di attrito dei materiali presenti dall'arco rovescio a piano campagna
C <sub>2m</sub> (kPa)	30.00	valore medio della coesione dalla calotta a piano campagna
$\sigma_c$ (kPa)	120.3	$\sigma_c = 2c\sqrt{Kp}$
f	1.003	$f = \begin{cases} \operatorname{tg} \phi_m & \text{se } c' = 0 \\ \operatorname{tg} \phi_m + \frac{c'}{\sigma_c} & \text{se } c' \neq 0 \end{cases}$
l (m)	6.482	$l = h \times \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\phi_m}{2} \right)$
B (m)	25.963	$B = b + 2h \times \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\phi_m}{2} \right)$
$h_1$ (m)	11.000	$h_1 = 1.7B$ o $h_1 = Z$ se $h_1 > Z$
s (m)	0.000	$S = Z - W - h_1$ coefficiente che entra nel calcolo di $\tau_{m2}$ e $\tau_{m3}$
DATI PER IL CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI STABILITA'		
$\phi$ (°)	37.00	valore medio dell'angolo di attrito dei materiali presenti dall'arco rovescio fino a $h_1$
C <sub>2</sub> (kPa)	30.00	valore medio della coesione dalla calotta fino a $h_1$
C <sub>1</sub> (kPa)	30.00	valore medio della coesione al fronte (su h)
$\gamma_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	10	peso dell'unità di volume dell'acqua
$\gamma_1$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.00	peso medio dell'unità di volume del terreno sopra la calotta (su $h_1$ )
$\gamma_2$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.00	peso medio dell'unità di volume del terreno da scavare (su h)
$\gamma_3$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.00	peso medio dell'unità di volume del terreno sopra falda
$\gamma_4$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.00	peso medio dell'unità di volume del terreno sotto falda
K <sub>0</sub> (-)	0.56	coefficiente di spinta a riposo <b>0.398185</b>
K <sub>A</sub> (-)	0.4	coefficiente di spinta attiva <b>0.249</b>
Z/h (-)	0.8	discriminante galleria superficiale/galleria profonda Z/h=3
U (kPa)	0	$U = \gamma_w(Z - W)$
$\gamma^*Z$ (kPa)	220	

$\tau_{m2}$ (kPa)	75	$\tau_{m2} = \begin{cases} \left[ \bar{C}_2 + \frac{K_0}{2} \left[ \frac{3.4\bar{C}_1}{\sqrt{K_A}} - \frac{(\bar{\gamma}_2 - \gamma_w) \times (Z - W)}{2} \right] \right] & \text{per gallerie superficiali } (Z/h < 3) \\ \left[ \bar{C}_2 + \frac{K_0}{2} \left[ W\bar{\gamma}_3 + (Z - h_1 - W) \times (\bar{\gamma}_1 - \gamma_w) + \frac{3.4\bar{C}_1}{\sqrt{K_A}} - \frac{(\bar{\gamma}_2 - \gamma_w) \times (Z - W)}{2} \right] \right] & \text{per gallerie profonde } (Z/h \geq 3) \end{cases}$
$\tau_{m3}$ (kPa)	30	$\tau_{m3} = \begin{cases} \bar{C}_2 & \text{per gallerie superficiali } (Z/h < 3) \\ \bar{C}_2 + \{ 0.25[W\bar{\gamma}_3 + (Z - h_1 - W) \times (\bar{\gamma}_1 - \gamma_w)] - U \} \times \text{tg} \varphi_m & \text{per gallerie profonde } (Z/h \geq 3) \end{cases}$
A	108.1	$A = \left[ \frac{2(\tau_{m2} - \tau_{m3})}{(1 + a/l)^2} + 2\tau_{m3} \right] \times \frac{h_1}{b}$
B	69.5	$B = \left[ \frac{2\tau_{m3}}{(1 + a/l) \times \sqrt{K_A}} \right] \times \frac{h_1}{h}$
C	121.0	$C = \left[ \frac{3.4C_1}{(1 + a/l)^2 \times \sqrt{K_A}} \right]$
D	350.1	$D = \left[ 1 + \frac{2h}{3Z(1 + a/l)^2} \right] \times (\gamma Z - P_E)$
<b>RISULTATI</b>		
$P_E$ (kPa)	0	<b>Galleria superficiale</b>
F.S.F. (-)	0.85	$CS = \frac{(A + B + C)}{D}$
F.S.F.3 (-)	3.23	$CS_3 = \frac{2 \cdot \tau_{m3}}{(\gamma Z - P_E)} \times \frac{h_1}{b} \times \left( 1 + \frac{b}{a} \right)$

## Metodo di Tamez

### DATI GEOMETRICI

<b>Z (m)</b>	37.0	copertura sulla calotta
<b>W (m)</b>	37.0	profondità superficie piezometrica da piano campagna; in assenza di falda indicare W=Z
<b>h (m)</b>	13.0	altezza dello scavo
<b>b (m)</b>	13.0	larghezza dello scavo
<b>a (m)</b>	1.0	lunghezza non sostenuta

### DATI GEOTECNICI

<b><math>\gamma_1</math> (kN/m<sup>3</sup>)</b>	20.0	peso medio dell'unità di volume del terreno sopra la calotta (su $h_1$ )
<b><math>\gamma_2</math> (kN/m<sup>3</sup>)</b>	20.0	peso medio dell'unità di volume del terreno da scavare (su h)
<b><math>\gamma_3</math> (kN/m<sup>3</sup>)</b>	20.0	peso medio dell'unità di volume del terreno sopra falda
<b><math>\gamma_4</math> (kN/m<sup>3</sup>)</b>	20.0	peso medio dell'unità di volume del terreno sotto falda
<b>C<sub>1</sub> (kPa)</b>	20.0	valore medio della coesione al fronte (su h)
<b>C<sub>2</sub> (kPa)</b>	20.0	valore medio della coesione dalla calotta fino a $h_1$
<b>C<sub>2m</sub> (kPa)</b>	20.0	valore medio della coesione dalla calotta a piano campagna
<b><math>\phi_m</math> (°)</b>	35.0	valore medio dell'angolo di attrito dei materiali presenti dall'arco rovescio a piano campagna
<b><math>\phi</math> (°)</b>	35.0	valore medio dell'angolo di attrito dei materiali presenti dall'arco rovescio fino a $h_1$

### DATI PER IL CALCOLO DEL VOLUME DI TERRENO POTENZIALMENTE INSTABILE

<b><math>\phi_m</math> (°)</b>	35.00	valore medio dell'angolo di attrito dei materiali presenti dall'arco rovescio a piano campagna
<b>C<sub>2m</sub> (kPa)</b>	20.00	valore medio della coesione dalla calotta a piano campagna
<b><math>\sigma_c</math> (kPa)</b>	76.8	$\sigma_c = 2c\sqrt{Kp}$
<b>f</b>	0.960	$f = \begin{cases} \operatorname{tg} \phi_m & \text{se } c' = 0 \\ \operatorname{tg} \phi_m + \frac{c'}{\sigma_c} & \text{se } c' \neq 0 \end{cases}$
<b>l (m)</b>	6.767	$l = h \times \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\phi_m}{2} \right)$
<b>B (m)</b>	26.535	$B = b + 2h \times \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\phi_m}{2} \right)$
<b>h<sub>1</sub> (m)</b>	37.000	$h_1 = 1.7B$ o $h_1 = Z$ se $h_1 > Z$
<b>s (m)</b>	0.000	$S = Z - W - h_1$ coefficiente che entra nel calcolo di $\tau_{m2}$ e $\tau_{m3}$

### DATI PER IL CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI STABILITA'

<b><math>\phi</math> (°)</b>	35.00	valore medio dell'angolo di attrito dei materiali presenti dall'arco rovescio fino a $h_1$
<b>C<sub>2</sub> (kPa)</b>	20.00	valore medio della coesione dalla calotta fino a $h_1$
<b>C<sub>1</sub> (kPa)</b>	20.00	valore medio della coesione al fronte (su h)
<b><math>\gamma_w</math> (kN/m<sup>3</sup>)</b>	10	peso dell'unità di volume dell'acqua
<b><math>\gamma_1</math> (kN/m<sup>3</sup>)</b>	20.00	peso medio dell'unità di volume del terreno sopra la calotta (su $h_1$ )
<b><math>\gamma_2</math> (kN/m<sup>3</sup>)</b>	20.00	peso medio dell'unità di volume del terreno da scavare (su h)
<b><math>\gamma_3</math> (kN/m<sup>3</sup>)</b>	20.00	peso medio dell'unità di volume del terreno sopra falda
<b><math>\gamma_4</math> (kN/m<sup>3</sup>)</b>	20.00	peso medio dell'unità di volume del terreno sotto falda
<b>K<sub>0</sub> (-)</b>	0.56	coefficiente di spinta a riposo <b>0.426424</b>
<b>K<sub>A</sub> (-)</b>	0.4	coefficiente di spinta attiva <b>0.271</b>
<b>Z/h (-)</b>	2.8	discriminante galleria superficiale/galleria profonda Z/h=3
<b>U (kPa)</b>	0	$U = \gamma_w (Z - W)$
<b><math>\gamma^*Z</math> (kPa)</b>	740	

$\tau_{m2}$ (kPa)	50	$\tau_{m2} = \begin{cases} \left[ \bar{C}_2 + \frac{K_0}{2} \left[ \frac{3.4\bar{C}_1}{\sqrt{K_A}} - \frac{(\bar{\gamma}_2 - \gamma_w) \times (Z - W)}{2} \right] \right] & \text{per gallerie superficiali } (Z/h < 3) \\ \left[ \bar{C}_2 + \frac{K_0}{2} \left[ W\bar{\gamma}_3 + (Z - h_1 - W) \times (\bar{\gamma}_1 - \gamma_w) + \frac{3.4\bar{C}_1}{\sqrt{K_A}} - \frac{(\bar{\gamma}_2 - \gamma_w) \times (Z - W)}{2} \right] \right] & \text{per gallerie profonde } (Z/h \geq 3) \end{cases}$
$\tau_{m3}$ (kPa)	20	$\tau_{m3} = \begin{cases} \bar{C}_2 & \text{per gallerie superficiali } (Z/h < 3) \\ \bar{C}_2 + \{ 0.25[W\bar{\gamma}_3 + (Z - h_1 - W) \times (\bar{\gamma}_1 - \gamma_w)] - U \} \times \text{tg } \varphi_m & \text{per gallerie profonde } (Z/h \geq 3) \end{cases}$
<b>A</b>	243.9	$A = \left[ \frac{2(\tau_{m2} - \tau_{m3})}{(1 + a/l)^2} + 2\tau_{m3} \right] \times \frac{h_1}{b}$
<b>B</b>	156.8	$B = \left[ \frac{2\tau_{m3}}{(1 + a/l) \times \sqrt{K_A}} \right] \times \frac{h_1}{h}$
<b>C</b>	81.6	$C = \left[ \frac{3.4C_1}{(1 + a/l)^2 \times \sqrt{K_A}} \right]$
<b>D</b>	871.6	$D = \left[ 1 + \frac{2h}{3Z(1 + a/l)^2} \right] \times (\gamma Z - P_E)$
<b>RISULTATI</b>		
$P_E$ (kPa)	0	<b>Galleria superficiale</b>
<b>F.S.F. (-)</b>	<b>0.55</b>	$CS = \frac{(A + B + C)}{D}$
<b>F.S.F.3 (-)</b>	<b>2.15</b>	$CS_3 = \frac{2 \cdot \tau_{m3}}{(\gamma Z - P_E)} \times \frac{h_1}{b} \times \left( 1 + \frac{b}{a} \right)$

## Metodo di Tamez

DATI GEOMETRICI		
Z (m)	37.0	copertura sulla calotta
W (m)	37.0	profondità superficie piezometrica da piano campagna; in assenza di falda indicare W=Z
h (m)	13.0	altezza dello scavo
b (m)	13.0	larghezza dello scavo
a (m)	1.0	lunghezza non sostenuta
DATI GEOTECNICI		
$\gamma_1$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.0	peso medio dell'unità di volume del terreno sopra la calotta (su $h_1$ )
$\gamma_2$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.0	peso medio dell'unità di volume del terreno da scavare (su h)
$\gamma_3$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.0	peso medio dell'unità di volume del terreno sopra falda
$\gamma_4$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.0	peso medio dell'unità di volume del terreno sotto falda
C <sub>1</sub> (kPa)	30.0	valore medio della coesione al fronte (su h)
C <sub>2</sub> (kPa)	20.0	valore medio della coesione dalla calotta fino a $h_1$
C <sub>2m</sub> (kPa)	20.0	valore medio della coesione dalla calotta a piano campagna
$\phi_m$ (°)	32.4	valore medio dell'angolo di attrito dei materiali presenti dall'arco rovescio a piano campagna
$\phi$ (°)	32.4	valore medio dell'angolo di attrito dei materiali presenti dall'arco rovescio fino a $h_1$
DATI PER IL CALCOLO DEL VOLUME DI TERRENO POTENZIALMENTE INSTABILE		
$\phi_m$ (°)	32.40	valore medio dell'angolo di attrito dei materiali presenti dall'arco rovescio a piano campagna
C <sub>2m</sub> (kPa)	20.00	valore medio della coesione dalla calotta a piano campagna
$\sigma_c$ (kPa)	72.8	$\sigma_c = 2c\sqrt{Kp}$
f	0.909	$f = \begin{cases} \operatorname{tg} \phi_m & \text{se } c' = 0 \\ \operatorname{tg} \phi_m + \frac{c'}{\sigma_c} & \text{se } c' \neq 0 \end{cases}$
l (m)	7.147	$l = h \times \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\phi_m}{2} \right)$
B (m)	27.294	$B = b + 2h \times \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\phi_m}{2} \right)$
$h_1$ (m)	37.000	$h_1 = 1.7B$ o $h_1 = Z$ se $h_1 > Z$
s (m)	0.000	$S = Z - W - h_1$ coefficiente che entra nel calcolo di $\tau_{m2}$ e $\tau_{m3}$
DATI PER IL CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI STABILITA'		
$\phi$ (°)	32.40	valore medio dell'angolo di attrito dei materiali presenti dall'arco rovescio fino a $h_1$
C <sub>2</sub> (kPa)	20.00	valore medio della coesione dalla calotta fino a $h_1$
C <sub>1</sub> (kPa)	30.00	valore medio della coesione al fronte (su h)
$\gamma_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	10	peso dell'unità di volume dell'acqua
$\gamma_1$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.00	peso medio dell'unità di volume del terreno sopra la calotta (su $h_1$ )
$\gamma_2$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.00	peso medio dell'unità di volume del terreno da scavare (su h)
$\gamma_3$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.00	peso medio dell'unità di volume del terreno sopra falda
$\gamma_4$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.00	peso medio dell'unità di volume del terreno sotto falda
K <sub>0</sub> (-)	0.56	coefficiente di spinta a riposo <b>0.464173</b>
K <sub>A</sub> (-)	0.4	coefficiente di spinta attiva <b>0.302</b>
Z/h (-)	2.8	discriminante galleria superficiale/galleria profonda Z/h=3
U (kPa)	0	$U = \gamma_w (Z - W)$
$\gamma^*Z$ (kPa)	740	

$\tau_{m2}$ (kPa)	65	$\tau_{m2} = \begin{cases} \left[ \bar{C}_2 + \frac{K_0}{2} \left[ \frac{3.4\bar{C}_1}{\sqrt{K_A}} - \frac{(\bar{\gamma}_2 - \gamma_w) \times (Z - W)}{2} \right] \right] & \text{per gallerie superficiali } (Z/h < 3) \\ \left[ \bar{C}_2 + \frac{K_0}{2} \left[ W\bar{\gamma}_3 + (Z - h_1 - W) \times (\bar{\gamma}_1 - \gamma_w) + \frac{3.4\bar{C}_1}{\sqrt{K_A}} - \frac{(\bar{\gamma}_2 - \gamma_w) \times (Z - W)}{2} \right] \right] & \text{per gallerie profonde } (Z/h \geq 3) \end{cases}$
$\tau_{m3}$ (kPa)	20	$\tau_{m3} = \begin{cases} \bar{C}_2 & \text{per gallerie superficiali } (Z/h < 3) \\ \bar{C}_2 + \{ 0.25[W\bar{\gamma}_3 + (Z - h_1 - W) \times (\bar{\gamma}_1 - \gamma_w)] - U \} \times \text{tg } \varphi_m & \text{per gallerie profonde } (Z/h \geq 3) \end{cases}$
<b>A</b>	311.7	$A = \left[ \frac{2(\tau_{m2} - \tau_{m3})}{(1 + a/l)^2} + 2\tau_{m3} \right] \times \frac{h_1}{b}$
<b>B</b>	157.9	$B = \left[ \frac{2\tau_{m3}}{(1 + a/l) \times \sqrt{K_A}} \right] \times \frac{h_1}{h}$
<b>C</b>	124.1	$C = \left[ \frac{3.4C_1}{(1 + a/l)^2 \times \sqrt{K_A}} \right]$
<b>D</b>	873.4	$D = \left[ 1 + \frac{2h}{3Z(1 + a/l)^2} \right] \times (\gamma Z - P_E)$
<b>RISULTATI</b>		
$P_E$ (kPa)	0	<b>Galleria superficiale</b>
<b>F.S.F. (-)</b>	<b>0.68</b>	$CS = \frac{(A + B + C)}{D}$
<b>F.S.F.3 (-)</b>	<b>2.15</b>	$CS_3 = \frac{2 \cdot \tau_{m3}}{(\gamma Z - P_E)} \times \frac{h_1}{b} \times \left( 1 + \frac{b}{a} \right)$

## 2 TERAPIA

### 2.1 Sez. C1bis

## Metodo di Tamez

DATI GEOMETRICI		
Z (m)	11.0	copertura sulla calotta
W (m)	11.0	profondità superficie piezometrica da piano campagna; in assenza di falda indicare W=Z
h (m)	11.4	altezza dello scavo
b (m)	14.3	larghezza dello scavo
a (m)	1.0	lunghezza non sostenuta
DATI GEOTECNICI		
$\gamma_1$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.0	peso medio dell'unità di volume del terreno sopra la calotta (su $h_1$ )
$\gamma_2$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.0	peso medio dell'unità di volume del terreno da scavare (su h)
$\gamma_3$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.0	peso medio dell'unità di volume del terreno sopra falda
$\gamma_4$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.0	peso medio dell'unità di volume del terreno sotto falda
C <sub>1</sub> (kPa)	293.0	valore medio della coesione al fronte (su h)
C <sub>2</sub> (kPa)	33.3	valore medio della coesione dalla calotta fino a $h_1$
C <sub>2m</sub> (kPa)	10.0	valore medio della coesione dalla calotta a piano campagna
$\phi_m$ (°)	35.0	valore medio dell'angolo di attrito dei materiali presenti dall'arco rovescio a piano campagna
$\phi$ (°)	35.0	valore medio dell'angolo di attrito dei materiali presenti dall'arco rovescio fino a $h_1$
DATI PER IL CALCOLO DEL VOLUME DI TERRENO POTENZIALMENTE INSTABILE		
$\phi_m$ (°)	29.26	valore medio dell'angolo di attrito dei materiali presenti dall'arco rovescio a piano campagna
C <sub>2m</sub> (kPa)	8.00	valore medio della coesione dalla calotta a piano campagna
$\sigma_c$ (kPa)	27.3	$\sigma_c = 2c\sqrt{Kp}$
f	0.853	$f = \begin{cases} \operatorname{tg}\phi_m & \text{se } c' = 0 \\ \operatorname{tg}\phi_m + \frac{c'}{\sigma_c} & \text{se } c' \neq 0 \end{cases}$
l (m)	6.681	$l = h \times \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\phi_m}{2}\right)$
B (m)	27.662	$B = b + 2h \times \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\phi_m}{2}\right)$
$h_1$ (m)	11.000	$h_1 = 1.7B$ o $h_1 = Z$ se $h_1 > Z$
s (m)	0.000	$S = Z - W - h_1$ coefficiente che entra nel calcolo di $\tau_{m2}$ e $\tau_{m3}$
DATI PER IL CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI STABILITA'		
$\phi$ (°)	29.26	valore medio dell'angolo di attrito dei materiali presenti dall'arco rovescio fino a $h_1$
C <sub>2</sub> (kPa)	26.65	valore medio della coesione dalla calotta fino a $h_1$
C <sub>1</sub> (kPa)	234.40	valore medio della coesione al fronte (su h)
$\gamma_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	10	peso dell'unità di volume dell'acqua
$\gamma_1$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.00	peso medio dell'unità di volume del terreno sopra la calotta (su $h_1$ )
$\gamma_2$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.00	peso medio dell'unità di volume del terreno da scavare (su h)
$\gamma_3$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.00	peso medio dell'unità di volume del terreno sopra falda
$\gamma_4$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.00	peso medio dell'unità di volume del terreno sotto falda
K <sub>0</sub> (-)	0.56	coefficiente di spinta a riposo <b>0.511286</b>
K <sub>A</sub> (-)	0.4	coefficiente di spinta attiva <b>0.343</b>
Z/h (-)	1.0	discriminante galleria superficiale/galleria profonda Z/h=3
U (kPa)	0	$U = \gamma_w(Z - W)$
$\gamma^*Z$ (kPa)	220	

$\tau_{m2}$ (kPa)	379	$\tau_{m2} = \begin{cases} \left[ \bar{C}_2 + \frac{K_0}{2} \left[ \frac{3.4\bar{C}_1}{\sqrt{K_A}} - \frac{(\bar{\gamma}_2 - \gamma_w) \times (Z - W)}{2} \right] \right] & \text{per gallerie superficiali } (Z/h < 3) \\ \left[ \bar{C}_2 + \frac{K_0}{2} \left[ W\bar{\gamma}_3 + (Z - h_1 - W) \times (\bar{\gamma}_1 - \gamma_w) + \frac{3.4\bar{C}_1}{\sqrt{K_A}} - \frac{(\bar{\gamma}_2 - \gamma_w) \times (Z - W)}{2} \right] \right] & \text{per gallerie profonde } (Z/h \geq 3) \end{cases}$
$\tau_{m3}$ (kPa)	27	$\tau_{m3} = \begin{cases} \bar{C}_2 & \text{per gallerie superficiali } (Z/h < 3) \\ \bar{C}_2 + \{ 0.25[W\bar{\gamma}_3 + (Z - h_1 - W) \times (\bar{\gamma}_1 - \gamma_w)] - U \} \times \text{tg} \varphi_m & \text{per gallerie profonde } (Z/h \geq 3) \end{cases}$
<b>A</b>	451.7	$A = \left[ \frac{2(\tau_{m2} - \tau_{m3})}{(1 + a/l)^2} + 2\tau_{m3} \right] \times \frac{h_1}{b}$
<b>B</b>	70.7	$B = \left[ \frac{2\tau_{m3}}{(1 + a/l) \times \sqrt{K_A}} \right] \times \frac{h_1}{h}$
<b>C</b>	953.3	$C = \left[ \frac{3.4C_1}{(1 + a/l)^2 \times \sqrt{K_A}} \right]$
<b>D</b>	335.0	$D = \left[ 1 + \frac{2h}{3Z(1 + a/l)^2} \right] \times (\gamma Z - P_E)$
<b>RISULTATI</b>		
$P_E$ (kPa)	0	<b>Galleria superficiale</b>
<b>F.S.F. (-)</b>	<b>4.41</b>	$CS = \frac{(A + B + C)}{D}$
<b>F.S.F.3 (-)</b>	<b>2.85</b>	$CS_3 = \frac{2 \cdot \tau_{m3}}{(\gamma Z - P_E)} \times \frac{h_1}{b} \times \left( 1 + \frac{b}{a} \right)$



## Metodo di Tamez

DATI GEOMETRICI		
Z (m)	37.0	copertura sulla calotta
W (m)	37.0	profondità superficie piezometrica da piano campagna; in assenza di falda indicare W=Z
h (m)	11.4	altezza dello scavo
b (m)	14.5	larghezza dello scavo
a (m)	1.0	lunghezza non sostenuta
DATI GEOTECNICI		
$\gamma_1$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.0	peso medio dell'unità di volume del terreno sopra la calotta (su $h_1$ )
$\gamma_2$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.0	peso medio dell'unità di volume del terreno da scavare (su h)
$\gamma_3$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.0	peso medio dell'unità di volume del terreno sopra falda
$\gamma_4$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.0	peso medio dell'unità di volume del terreno sotto falda
C <sub>1</sub> (kPa)	241.0	valore medio della coesione al fronte (su h)
C <sub>2</sub> (kPa)	30.2	valore medio della coesione dalla calotta fino a $h_1$
C <sub>2m</sub> (kPa)	20.0	valore medio della coesione dalla calotta a piano campagna
$\phi_m$ (°)	35.0	valore medio dell'angolo di attrito dei materiali presenti dall'arco rovescio a piano campagna
$\phi$ (°)	25.0	valore medio dell'angolo di attrito dei materiali presenti dall'arco rovescio fino a $h_1$
DATI PER IL CALCOLO DEL VOLUME DI TERRENO POTENZIALMENTE INSTABILE		
$\phi_m$ (°)	29.26	valore medio dell'angolo di attrito dei materiali presenti dall'arco rovescio a piano campagna
C <sub>2m</sub> (kPa)	16.00	valore medio della coesione dalla calotta a piano campagna
$\sigma_c$ (kPa)	54.6	$\sigma_c = 2c\sqrt{Kp}$
f	0.853	$f = \begin{cases} \operatorname{tg} \phi_m & \text{se } c' = 0 \\ \operatorname{tg} \phi_m + \frac{c'}{\sigma_c} & \text{se } c' \neq 0 \end{cases}$
l (m)	6.681	$l = h \times \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\phi_m}{2} \right)$
B (m)	27.862	$B = b + 2h \times \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\phi_m}{2} \right)$
$h_1$ (m)	24.650	$h_1 = 1.7B$ o $h_1 = Z$ se $h_1 > Z$
s (m)	0.000	$S = Z - W - h_1$ coefficiente che entra nel calcolo di $\tau_{m2}$ e $\tau_{m3}$
DATI PER IL CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI STABILITA'		
$\phi$ (°)	20.46	valore medio dell'angolo di attrito dei materiali presenti dall'arco rovescio fino a $h_1$
C <sub>2</sub> (kPa)	24.19	valore medio della coesione dalla calotta fino a $h_1$
C <sub>1</sub> (kPa)	192.80	valore medio della coesione al fronte (su h)
$\gamma_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	10	peso dell'unità di volume dell'acqua
$\gamma_1$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.00	peso medio dell'unità di volume del terreno sopra la calotta (su $h_1$ )
$\gamma_2$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.00	peso medio dell'unità di volume del terreno da scavare (su h)
$\gamma_3$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.00	peso medio dell'unità di volume del terreno sopra falda
$\gamma_4$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.00	peso medio dell'unità di volume del terreno sotto falda
K <sub>0</sub> (-)	0.56	coefficiente di spinta a riposo <b>0.650482</b>
K <sub>A</sub> (-)	0.4	coefficiente di spinta attiva <b>0.482</b>
Z/h (-)	3.2	discriminante galleria superficiale/galleria profonda Z/h=3
U (kPa)	0	$U = \gamma_w (Z - W)$
$\gamma^*Z$ (kPa)	740	

$\tau_{m2}$ (kPa)	496	$\tau_{m2} = \begin{cases} \left[ \bar{C}_2 + \frac{K_0}{2} \left[ \frac{3.4\bar{C}_1}{\sqrt{K_A}} - \frac{(\bar{\gamma}_2 - \gamma_w) \times (Z - W)}{2} \right] \right] & \text{per gallerie superficiali } (Z/h < 3) \\ \left[ \bar{C}_2 + \frac{K_0}{2} \left[ W\bar{\gamma}_3 + (Z - h_1 - W) \times (\bar{\gamma}_1 - \gamma_w) + \frac{3.4\bar{C}_1}{\sqrt{K_A}} - \frac{(\bar{\gamma}_2 - \gamma_w) \times (Z - W)}{2} \right] \right] & \text{per gallerie profonde } (Z/h \geq 3) \end{cases}$
$\tau_{m3}$ (kPa)	93	$\tau_{m3} = \begin{cases} \bar{C}_2 & \text{per gallerie superficiali } (Z/h < 3) \\ \bar{C}_2 + \{ 0.25[W\bar{\gamma}_3 + (Z - h_1 - W) \times (\bar{\gamma}_1 - \gamma_w)] - U \} \times \text{tg } \varphi_m & \text{per gallerie profonde } (Z/h \geq 3) \end{cases}$
<b>A</b>	1352.4	$A = \left[ \frac{2(\tau_{m2} - \tau_{m3})}{(1 + a/l)^2} + 2\tau_{m3} \right] \times \frac{h_1}{b}$
<b>B</b>	554.3	$B = \left[ \frac{2\tau_{m3}}{(1 + a/l) \times \sqrt{K_A}} \right] \times \frac{h_1}{h}$
<b>C</b>	784.2	$C = \left[ \frac{3.4C_1}{(1 + a/l)^2 \times \sqrt{K_A}} \right]$
<b>D</b>	855.0	$D = \left[ 1 + \frac{2h}{3Z(1 + a/l)^2} \right] \times (\gamma Z - P_E)$
<b>RISULTATI</b>		
$P_E$ (kPa)	0	<b>Galleria profonda</b>
<b>F.S.F. (-)</b>	<b>3.15</b>	$CS = \frac{(A + B + C)}{D}$
<b>F.S.F.3 (-)</b>	<b>6.64</b>	$CS_3 = \frac{2 \cdot \tau_{m3}}{(\gamma Z - P_E)} \times \frac{h_1}{b} \times \left( 1 + \frac{b}{a} \right)$

## Metodo di Tamez

DATI GEOMETRICI		
Z (m)	37.0	copertura sulla calotta
W (m)	37.0	profondità superficie piezometrica da piano campagna; in assenza di falda indicare W=Z
h (m)	11.3	altezza dello scavo
b (m)	14.5	larghezza dello scavo
a (m)	1.0	lunghezza non sostenuta
DATI GEOTECNICI		
$\gamma_1$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.0	peso medio dell'unità di volume del terreno sopra la calotta (su $h_1$ )
$\gamma_2$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.0	peso medio dell'unità di volume del terreno da scavare (su h)
$\gamma_3$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.0	peso medio dell'unità di volume del terreno sopra falda
$\gamma_4$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.0	peso medio dell'unità di volume del terreno sotto falda
C <sub>1</sub> (kPa)	241.0	valore medio della coesione al fronte (su h)
C <sub>2</sub> (kPa)	30.2	valore medio della coesione dalla calotta fino a $h_1$
C <sub>2m</sub> (kPa)	26.8	valore medio della coesione dalla calotta a piano campagna
$\phi_m$ (°)	32.7	valore medio dell'angolo di attrito dei materiali presenti dall'arco rovescio a piano campagna
$\phi$ (°)	31.9	valore medio dell'angolo di attrito dei materiali presenti dall'arco rovescio fino a $h_1$
DATI PER IL CALCOLO DEL VOLUME DI TERRENO POTENZIALMENTE INSTABILE		
$\phi_m$ (°)	27.15	valore medio dell'angolo di attrito dei materiali presenti dall'arco rovescio a piano campagna
C <sub>2m</sub> (kPa)	21.46	valore medio della coesione dalla calotta a piano campagna
$\sigma_c$ (kPa)	70.2	$\sigma_c = 2c\sqrt{Kp}$
f	0.818	$f = \begin{cases} \operatorname{tg} \phi_m & \text{se } c' = 0 \\ \operatorname{tg} \phi_m + \frac{c'}{\sigma_c} & \text{se } c' \neq 0 \end{cases}$
l (m)	6.904	$l = h \times \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\phi_m}{2} \right)$
B (m)	28.309	$B = b + 2h \times \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\phi_m}{2} \right)$
$h_1$ (m)	24.650	$h_1 = 1.7B$ o $h_1 = Z$ se $h_1 > Z$
s (m)	0.000	$S = Z - W - h_1$ coefficiente che entra nel calcolo di $\tau_{m2}$ e $\tau_{m3}$
DATI PER IL CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI STABILITA'		
$\phi$ (°)	26.43	valore medio dell'angolo di attrito dei materiali presenti dall'arco rovescio fino a $h_1$
C <sub>2</sub> (kPa)	24.19	valore medio della coesione dalla calotta fino a $h_1$
C <sub>1</sub> (kPa)	192.80	valore medio della coesione al fronte (su h)
$\gamma_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	10	peso dell'unità di volume dell'acqua
$\gamma_1$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.00	peso medio dell'unità di volume del terreno sopra la calotta (su $h_1$ )
$\gamma_2$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.00	peso medio dell'unità di volume del terreno da scavare (su h)
$\gamma_3$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.00	peso medio dell'unità di volume del terreno sopra falda
$\gamma_4$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.00	peso medio dell'unità di volume del terreno sotto falda
K <sub>0</sub> (-)	0.56	coefficiente di spinta a riposo <b>0.554852</b>
K <sub>A</sub> (-)	0.4	coefficiente di spinta attiva <b>0.384</b>
Z/h (-)	3.3	discriminante galleria superficiale/galleria profonda Z/h=3
U (kPa)	0	$U = \gamma_w(Z - W)$
$\gamma^*Z$ (kPa)	740	

$\tau_{m2}$ (kPa)	528	$\tau_{m2} = \begin{cases} \left[ \bar{C}_2 + \frac{K_0}{2} \left[ \frac{3.4\bar{C}_1}{\sqrt{K_A}} - \frac{(\bar{\gamma}_2 - \gamma_w) \times (Z - W)}{2} \right] \right. & \text{per gallerie superficiali } (Z/h < 3) \\ \left. \bar{C}_2 + \frac{K_0}{2} \left[ W\bar{\gamma}_3 + (Z - h_1 - W) \times (\bar{\gamma}_1 - \gamma_w) + \frac{3.4\bar{C}_1}{\sqrt{K_A}} - \frac{(\bar{\gamma}_2 - \gamma_w) \times (Z - W)}{2} \right] \right] & \text{per gallerie profonde } (Z/h \geq 3) \end{cases}$
$\tau_{m3}$ (kPa)	116	$\tau_{m3} = \begin{cases} \bar{C}_2 & \text{per gallerie superficiali } (Z/h < 3) \\ \bar{C}_2 + \{ 0.25[W\bar{\gamma}_3 + (Z - h_1 - W) \times (\bar{\gamma}_1 - \gamma_w)] - U \} \times \text{tg } \varphi_m & \text{per gallerie profonde } (Z/h \geq 3) \end{cases}$
A	1462.3	$A = \left[ \frac{2(\tau_{m2} - \tau_{m3})}{(1 + a/l)^2} + 2\tau_{m3} \right] \times \frac{h_1}{b}$
B	699.9	$B = \left[ \frac{2\tau_{m3}}{(1 + a/l) \times \sqrt{K_A}} \right] \times \frac{h_1}{h}$
C	790.8	$C = \left[ \frac{3.4C_1}{(1 + a/l)^2 \times \sqrt{K_A}} \right]$
D	855.0	$D = \left[ 1 + \frac{2h}{3Z(1 + a/l)^2} \right] \times (\gamma Z - P_E)$
<b>RISULTATI</b>		
$P_E$ (kPa)	0	<b>Galleria profonda</b>
F.S.F. (-)	3.45	$CS = \frac{(A + B + C)}{D}$
F.S.F. (-)	8.27	$CS_3 = \frac{2 \cdot \tau_{m3}}{(\gamma Z - P_E)} \times \frac{h_1}{b} \times \left( 1 + \frac{b}{a} \right)$



ITINERARIO NAPOLI-BARI.  
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO.  
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO.  
2° LOTTO FUNZIONALE TELESE - SAN LORENZO.

GALLERIA LIMATA - RELAZIONE GEOTECNICA E DI  
CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	ALLEGATO
IF0H	22 D 07	RB	GN0300 001	A	2

## ALLEGATO 2

<b>TITOLO</b>	Analisi numerica per la verifica della sezione C1m
<b>TIPO DI DOCUMENTO:</b>	Documento - Formato A4
<b>CODIFICA:</b>	-
<b>PAGINE:</b>	66
<b>DATA:</b>	Dicembre 2017
<b>SORGENTE:</b>	U.O. Gallerie Italferr S.p.A.
<b>NOTE:</b>	-

## SEZIONE C1m

Per comodità di lettura del presente allegato, nella tabella che segue è riportata una sintesi delle fasi di calcolo previste per l'analisi numerica.

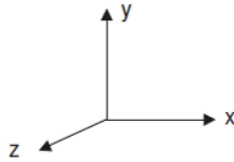
Fase	Descrizione	Rilascio forze scavo ( $\lambda$ )
0	Inizializzazione stato tensionale geostatico	0.00
1	Esecuzione dei consolidamenti al contorno del cavo	0.00
2	Rilascio a cavo libero in corrispondenza del fronte	0.50
3	Esecuzione dello sfondo elementare di 1 m e installazione centina	0.85
4	Installazione del rivestimento di prima fase (scarico a 6 m dal fronte)	0.90
5	Installazione dell'arco rovescio (scarico a 24 m dal fronte)	0.95
6	Installazione del rivestimento definitivo di calotta (scarico completo)	1.00
7	Condizione di lungo termine (decadimento del rivestimento di prima fase e dei consolidamenti al contorno)	1.00

Le unità di misura principali attraverso le quali sono rappresentati i risultati dell'analisi nelle figure contenute nel presente documento sono le seguenti:

- “m” per le grandezze geometriche e gli spostamenti;
- “kN” per le forze.

### **CONVENZIONE DEI SEGNI PER I DATI DI OUTPUT DELLE ANALISI NUMERICHE**

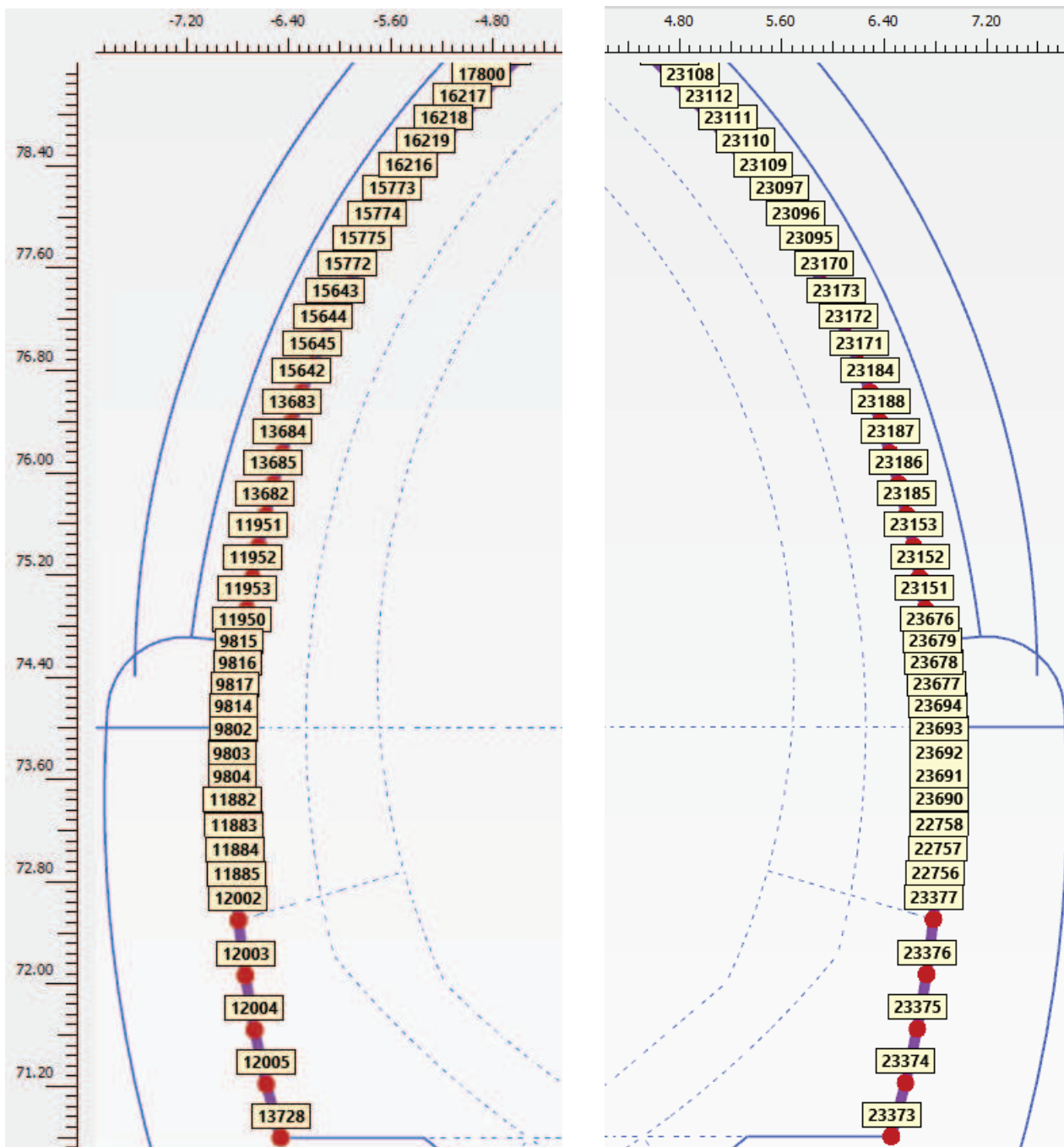
Il modello geometrico viene creato in Plaxis nel piano x-y del sistema di coordinate globali indicato nella figura seguente, dove z è la direzione uscente dal piano.



In tutti i valori di output le forze e le tensioni, comprese le pressioni neutre, sono considerate negative se di compressione.

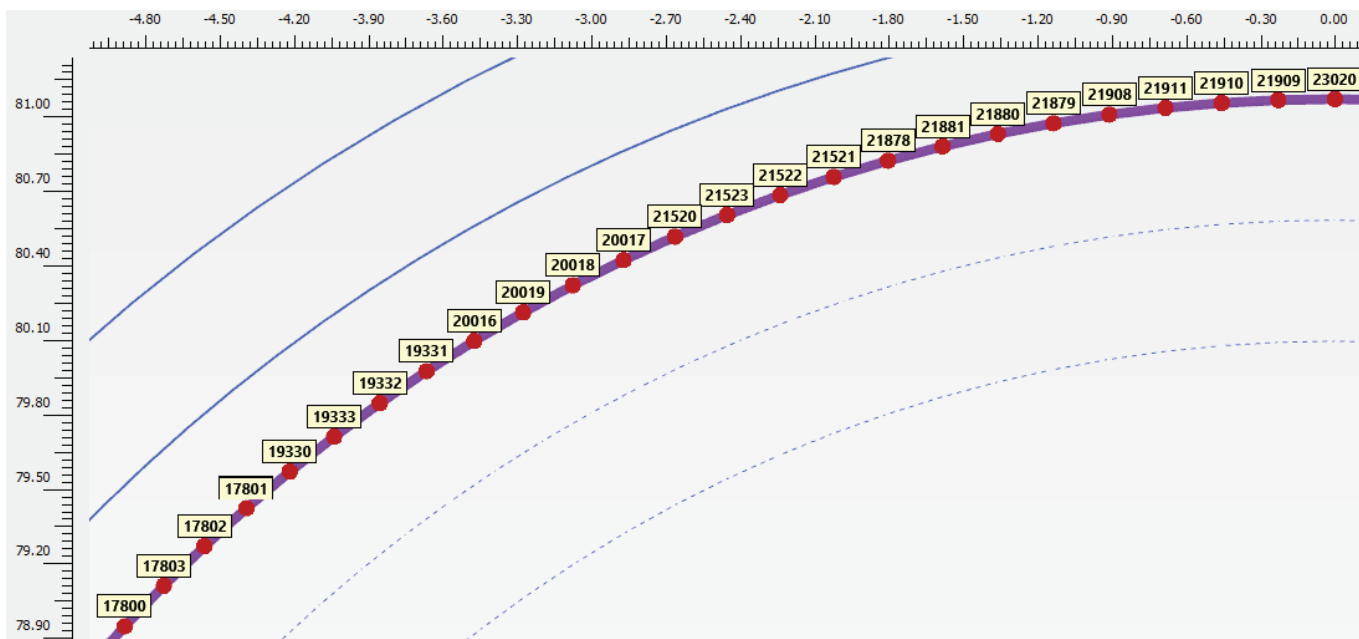
I momenti sono positivi se di verso concorde con l'asse z uscente dal piano. Il diagramma del momento è sempre disegnato lato fibre tese. I momenti sono positivi se tendono le fibre di intradosso.

## NUMERAZIONE NODI

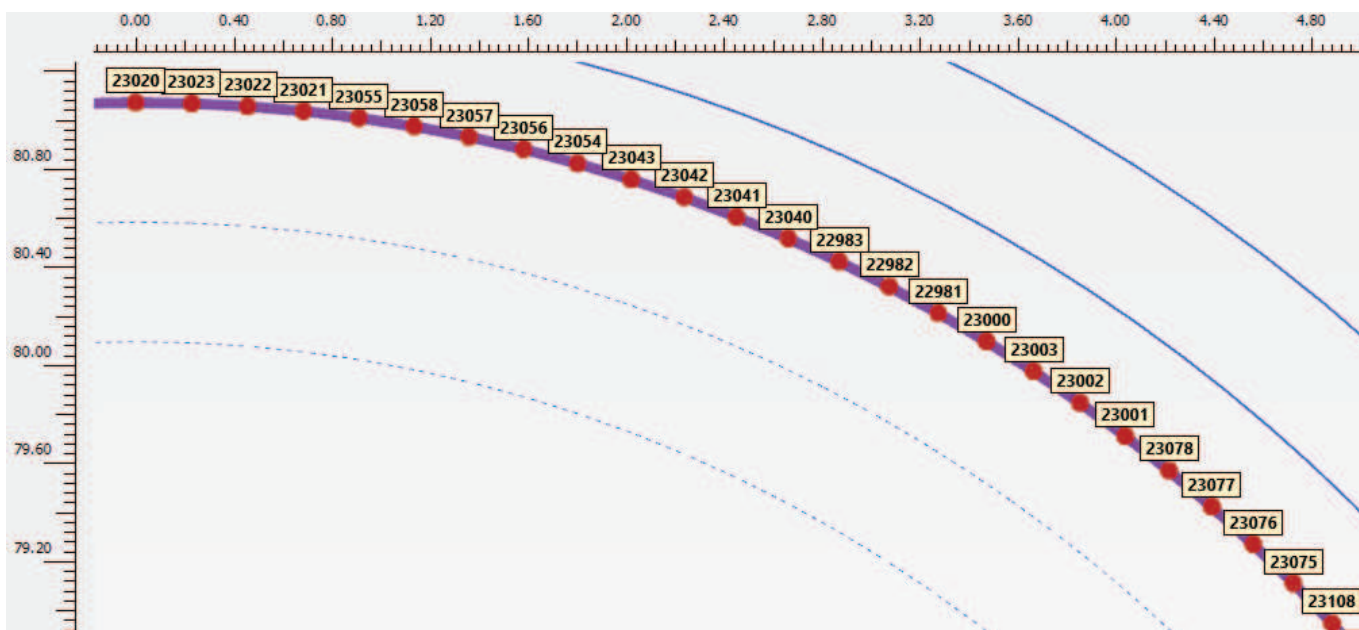


Fasi 4, 5 e 6 – Numerazione nodi rivestimento di prima fase (zona piedritto sinistro e piedritto destro)

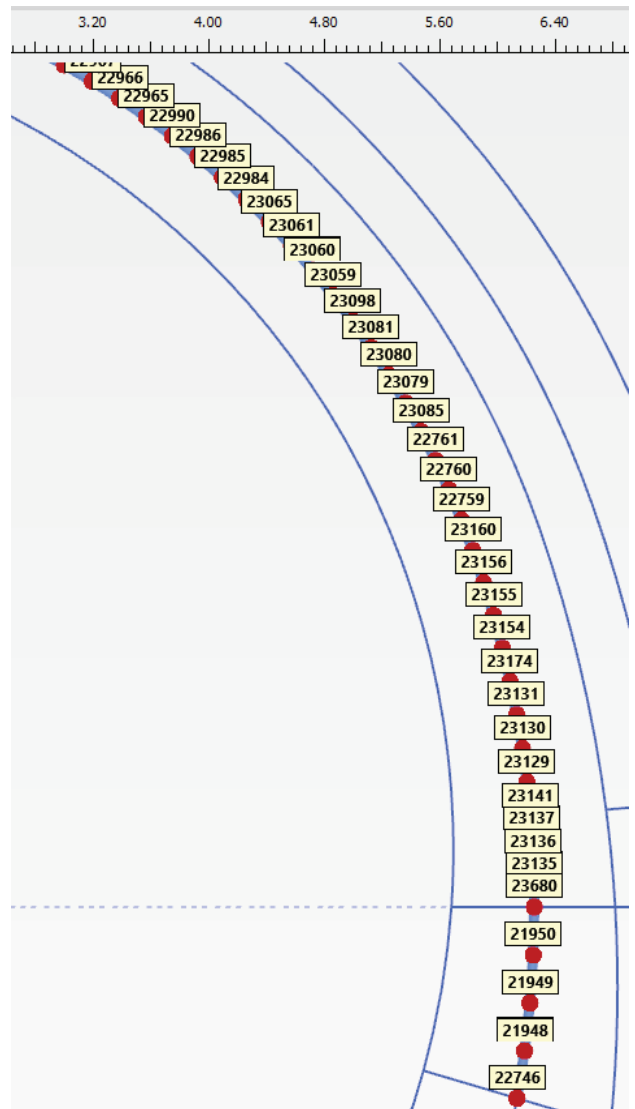
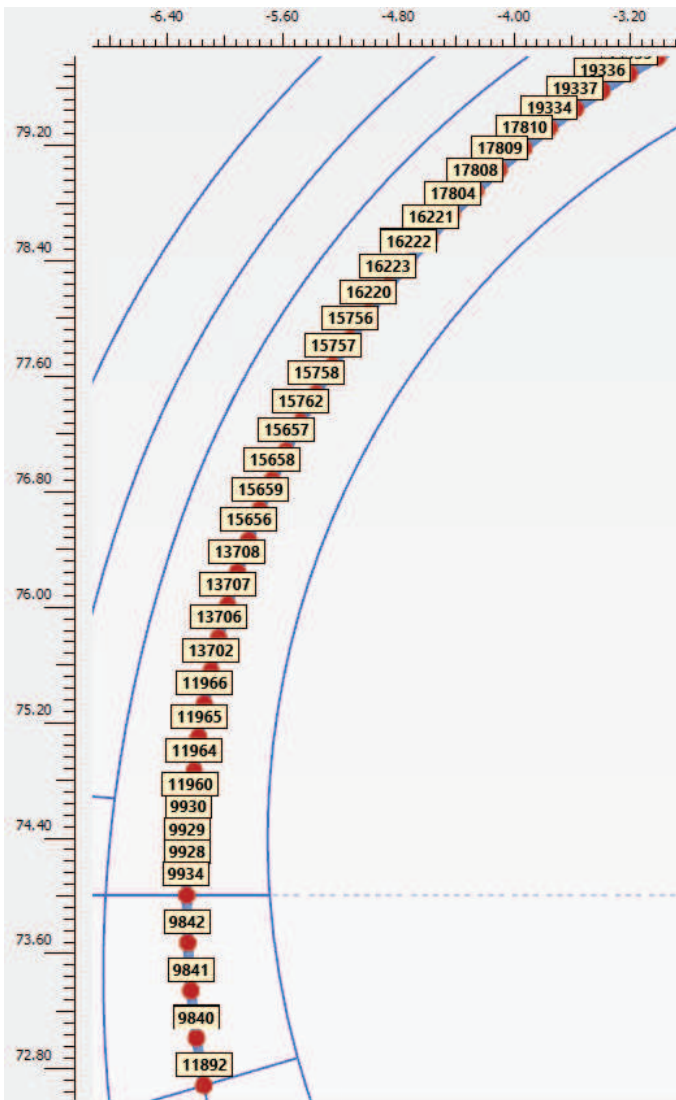




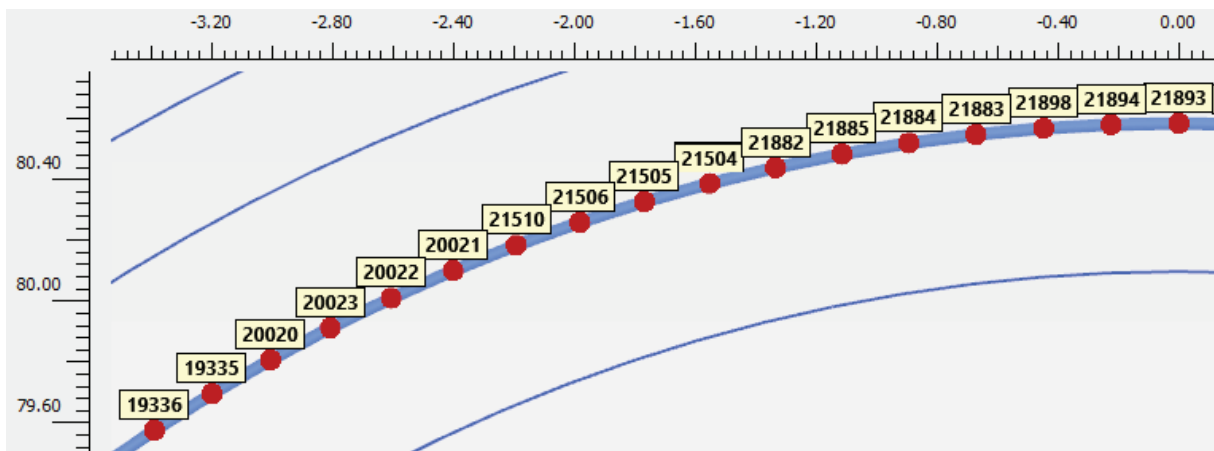
Fasi 4, 5 e 6 – Numerazione nodi rivestimento di prima fase (zona calotta sinistra)



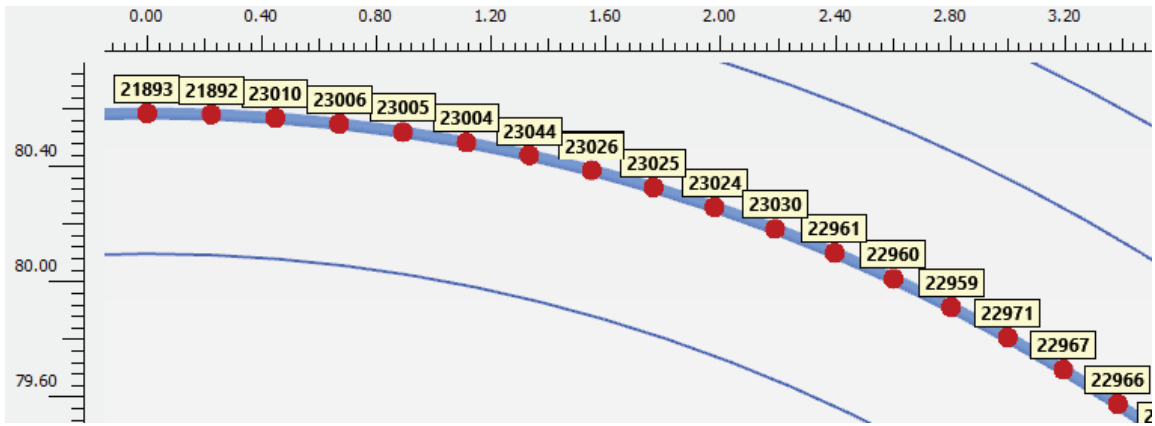
Fasi 4, 5 e 6 – Numerazione nodi rivestimento di prima fase (zona calotta destra)



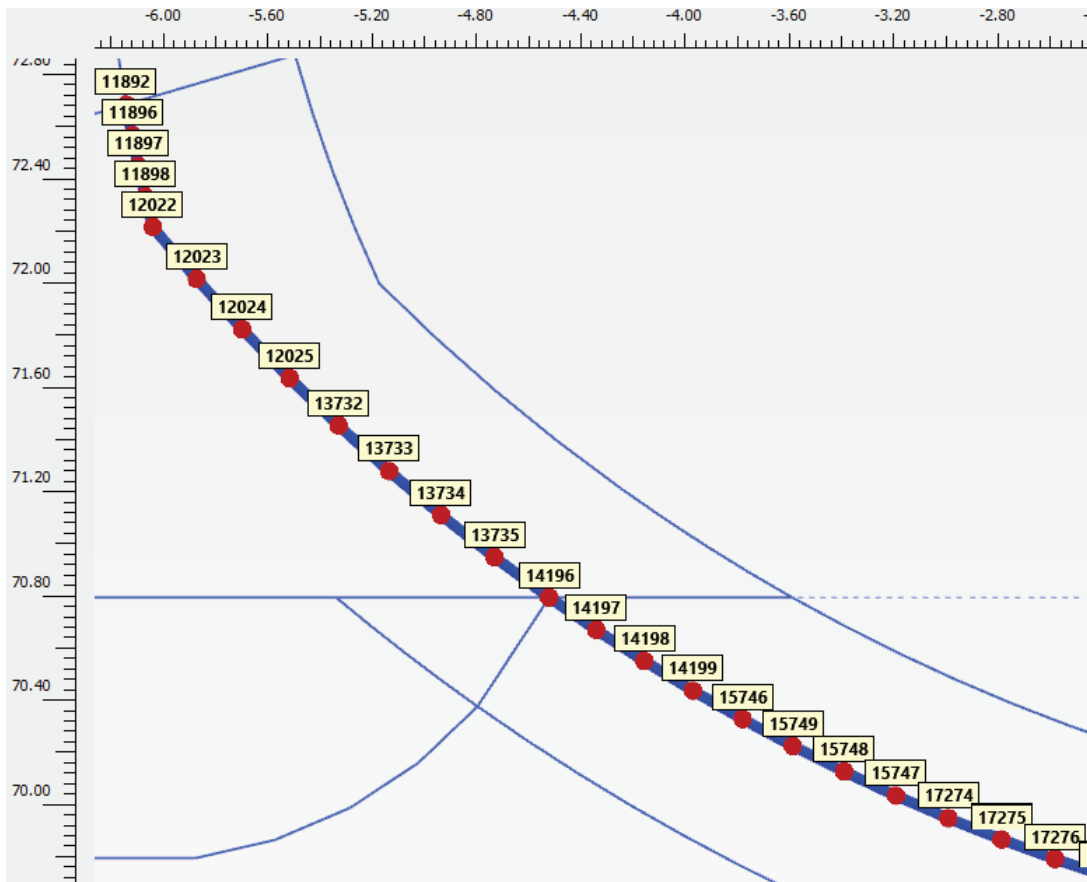
Fasi 6 e 7 – Numerazione nodi calotta e piedritti (muretta sinistra e muretta destra)



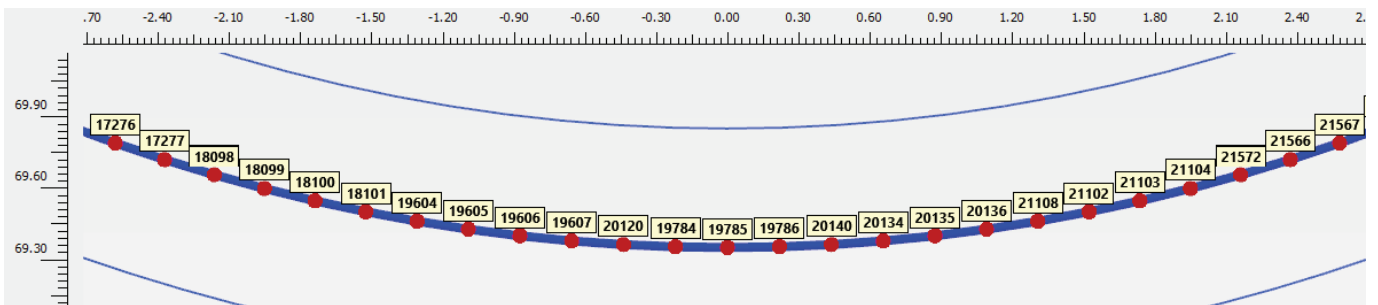
Fasi 6 e 7 – Numerazione nodi calotta e piedritti (calotta sinistra)



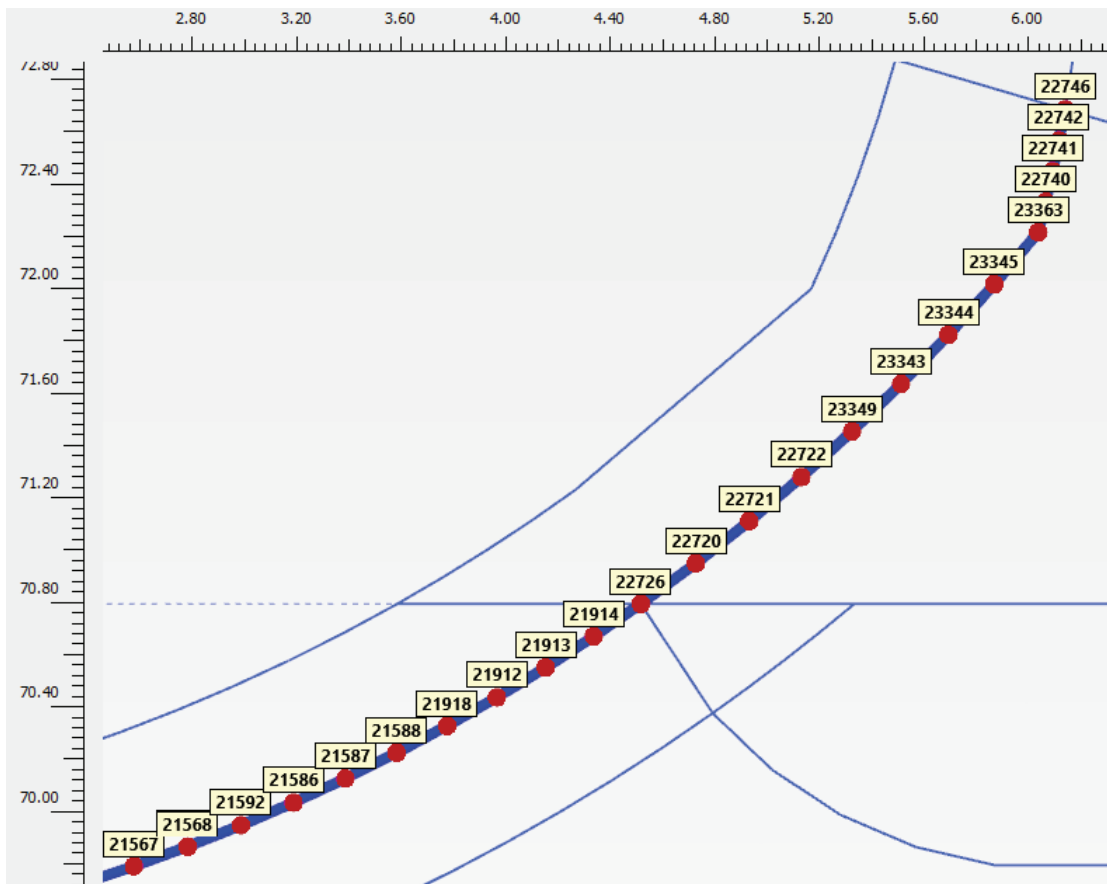
Fasi 6 e 7 – Numerazione nodi calotta e piedritti (calotta destra)



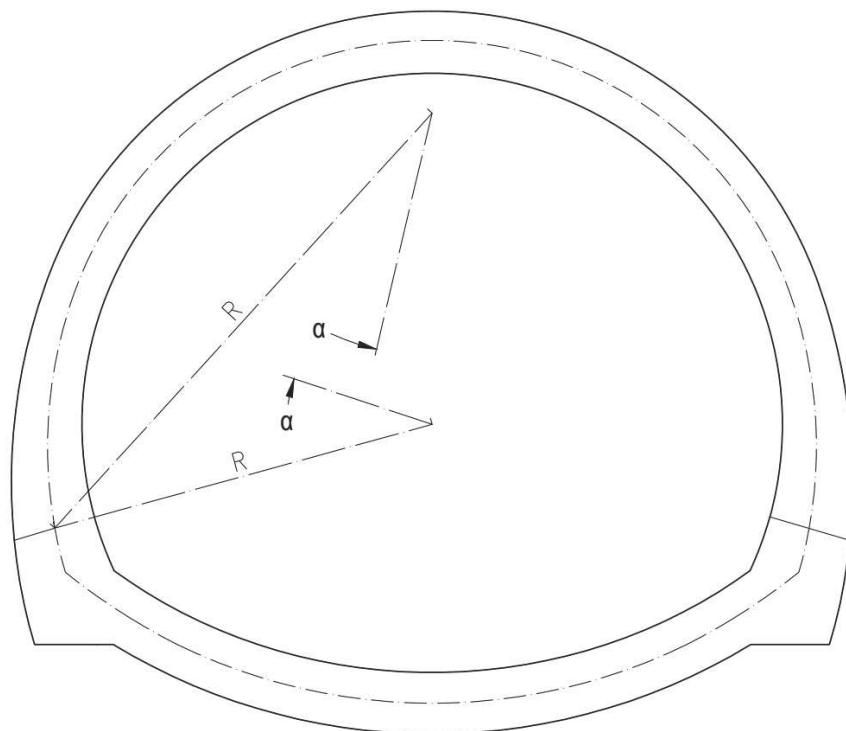
Fasi 5, 6 e 7 – Numerazione nodi a.r. (zona sinistra)



Fasi 5, 6 e 7 – Numerazione nodi a.r. (mezzeria)



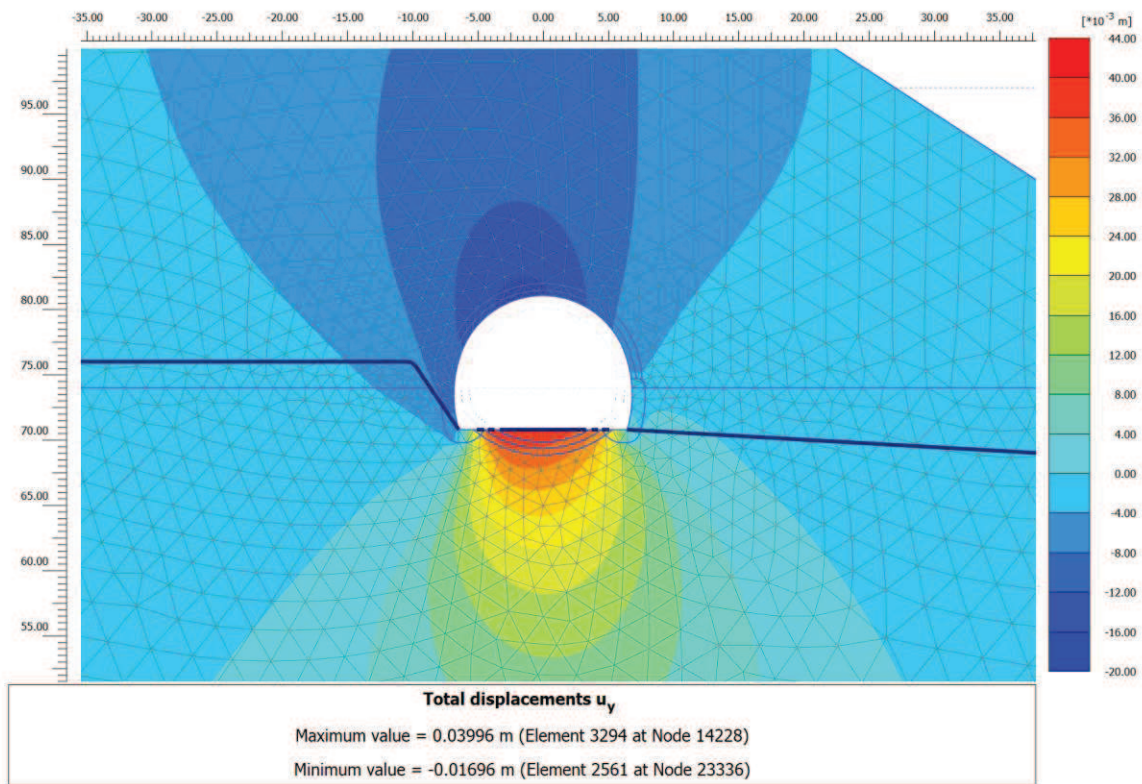
Fasi 5, 6 e 7 – Numerazione nodi a.r. (zona destra)



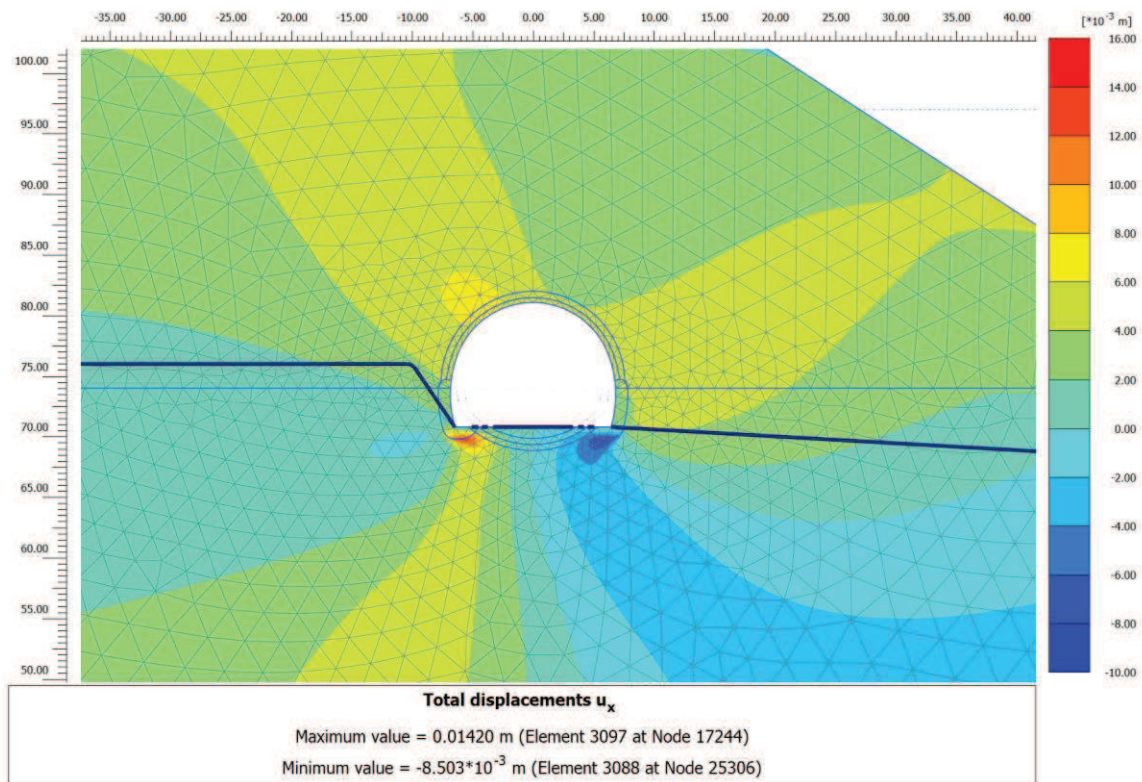
Fasi 5, 6 e 7 – S.d.r in coordinate polari per calotta/piedritti e arco rovescio



### RISULTATI FASE 3 – Esecuzione dello sfondo elementare

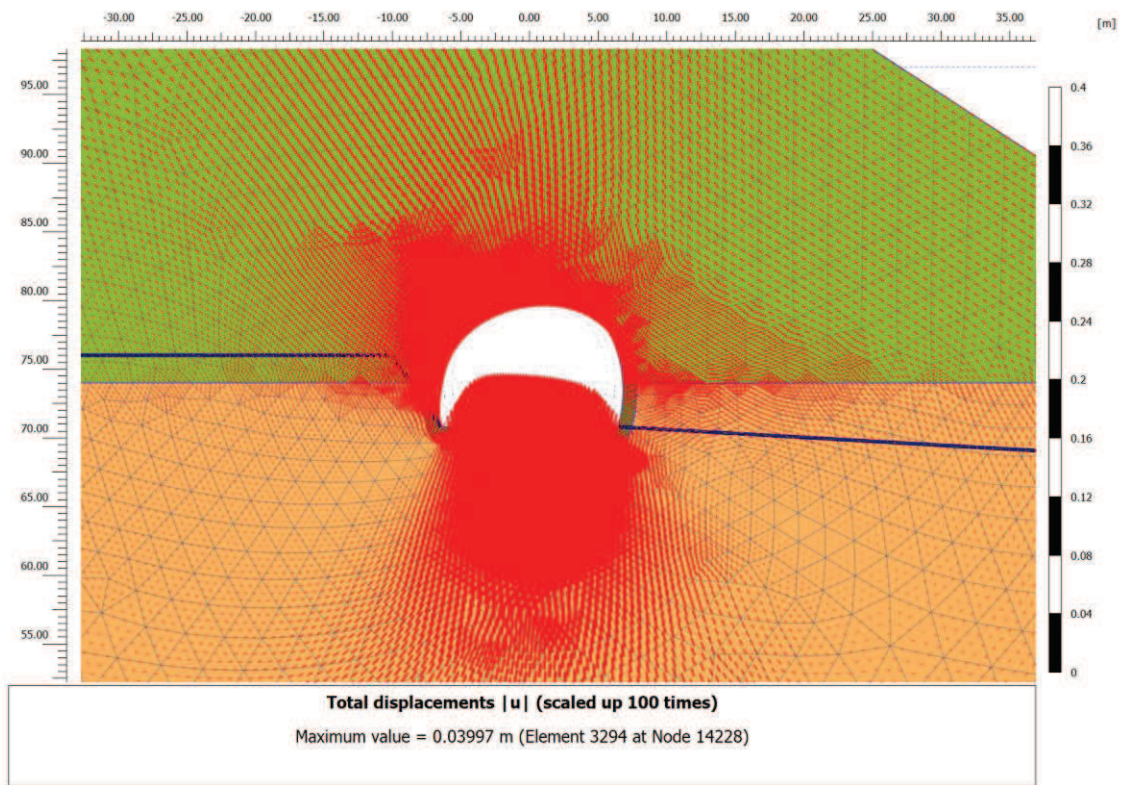


### Fase 3 – Spostamenti verticali totali

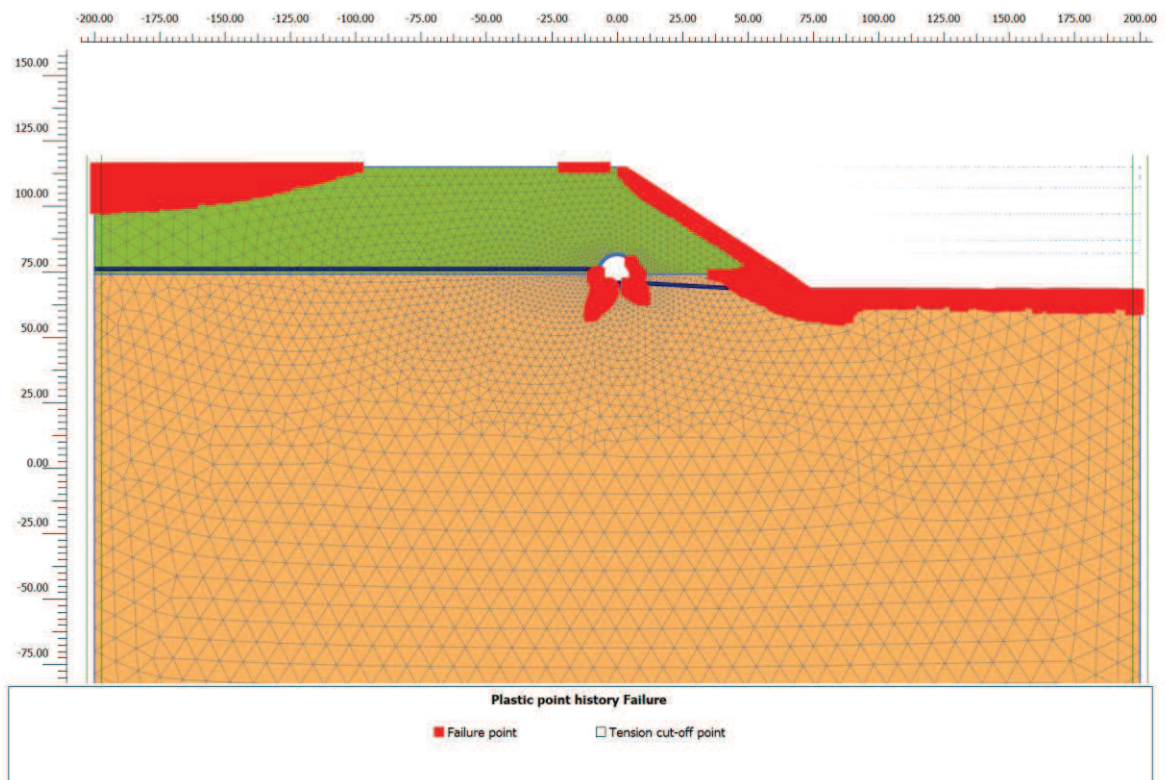


### Fase 3 – Spostamenti orizzontali totali

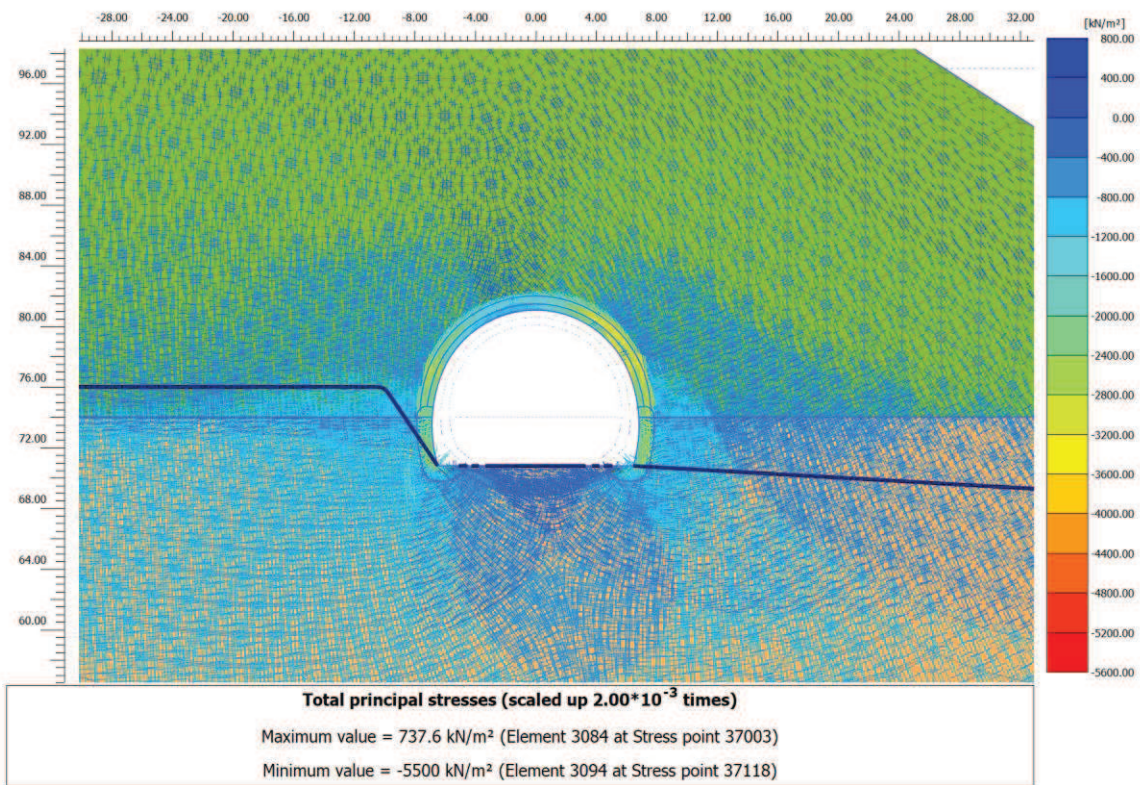




Fase 3 – Vettori spostamento totale



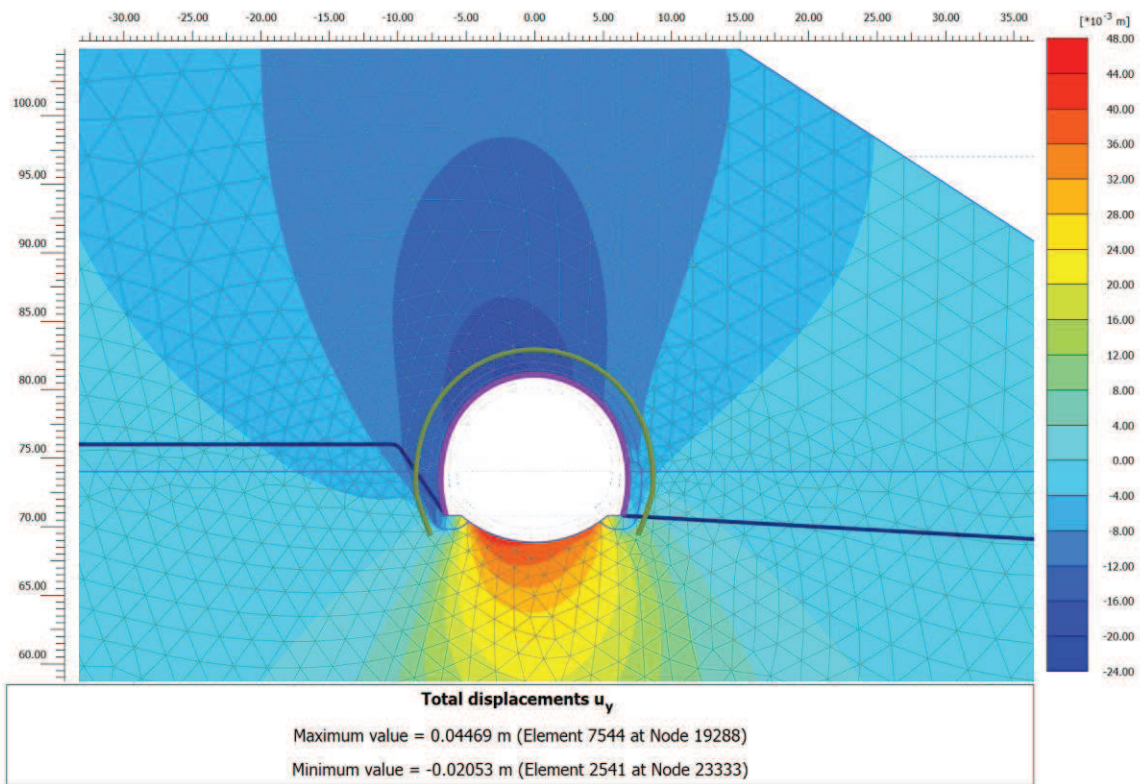
Fase 3 – Zone plastiche



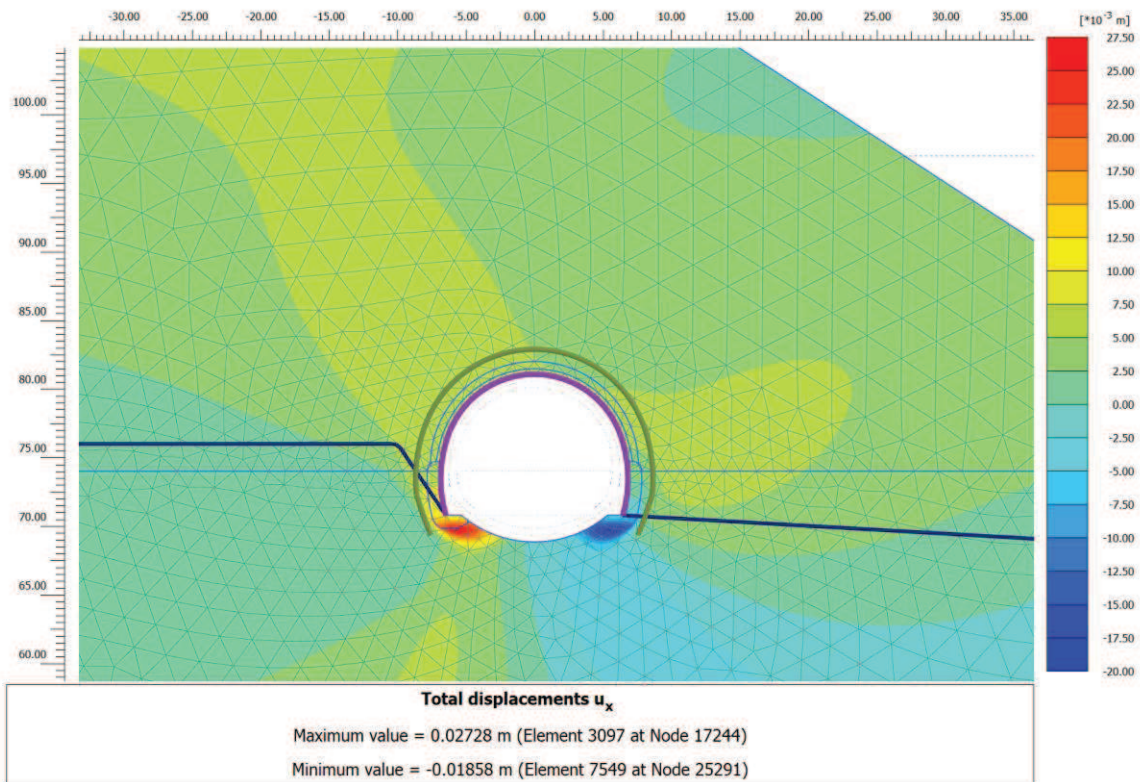
Fase 3 – Orientazione delle direzioni principali dello sforzo



## RISULTATI FASE 4 – Installazione rivestimento di prima fase

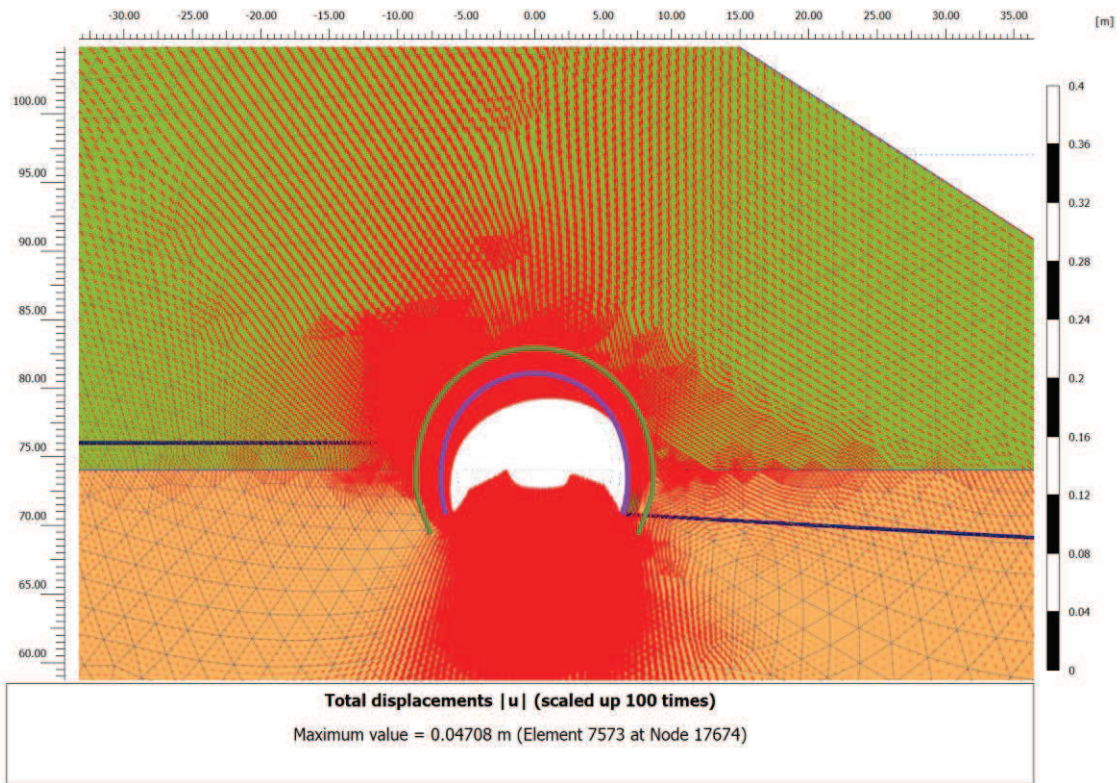


### Fase 4 – Spostamenti verticali totali

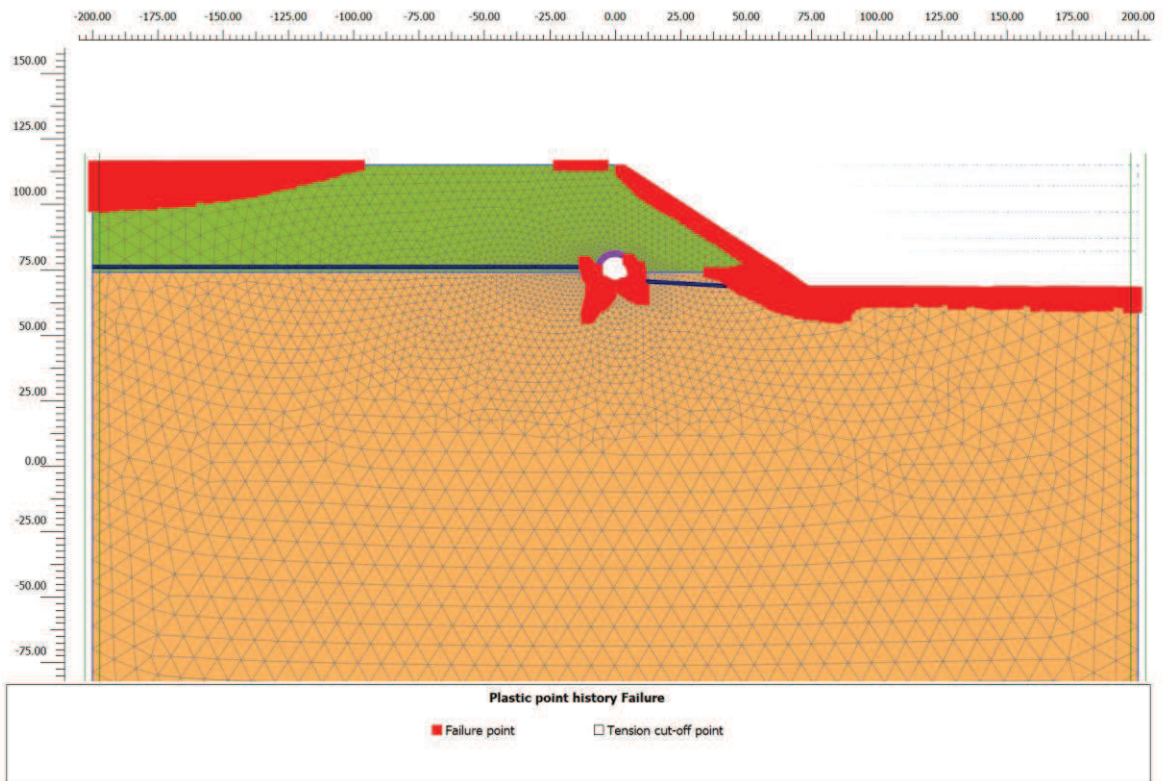


### Fase 4 – Spostamenti orizzontali totali

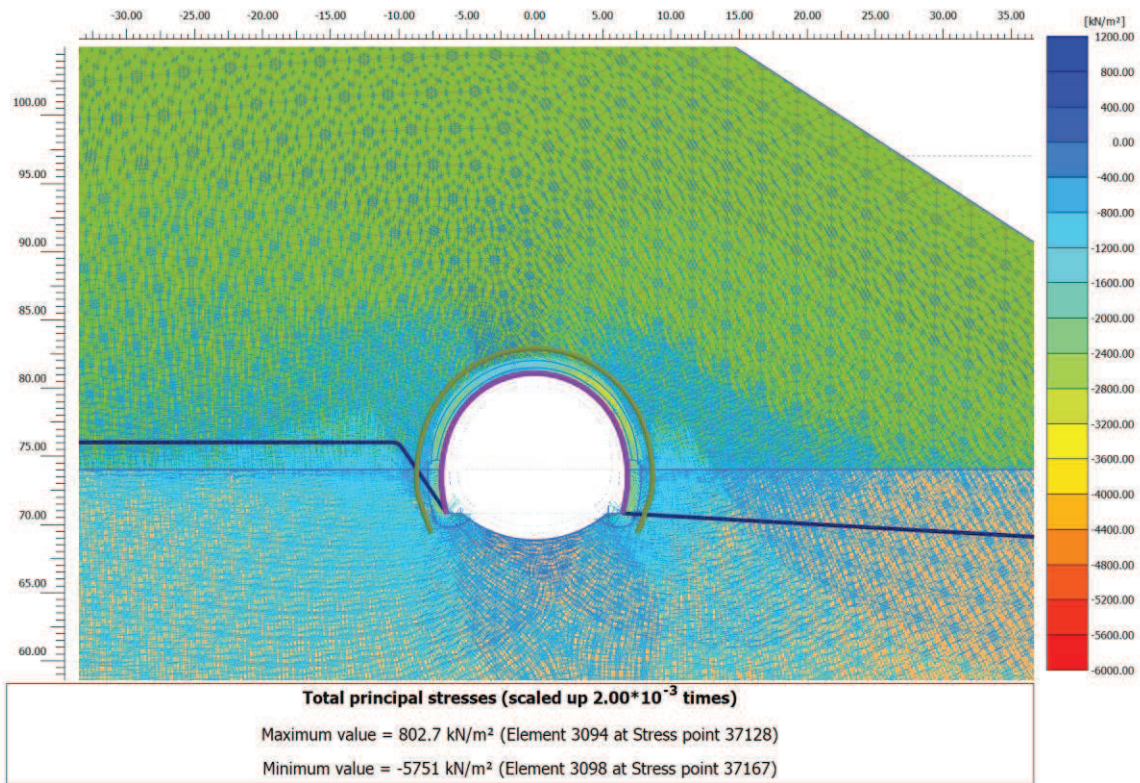




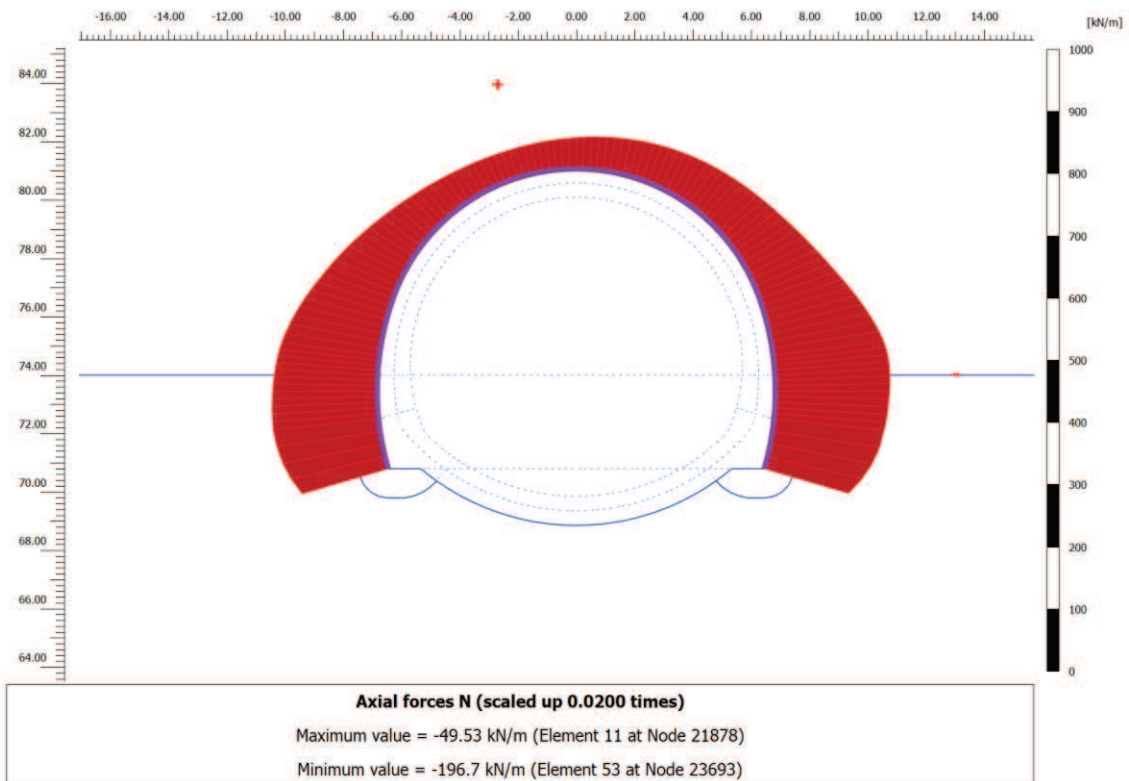
**Fase 4 – Vettori spostamento totale**



**Fase 4 – Zone plastiche**

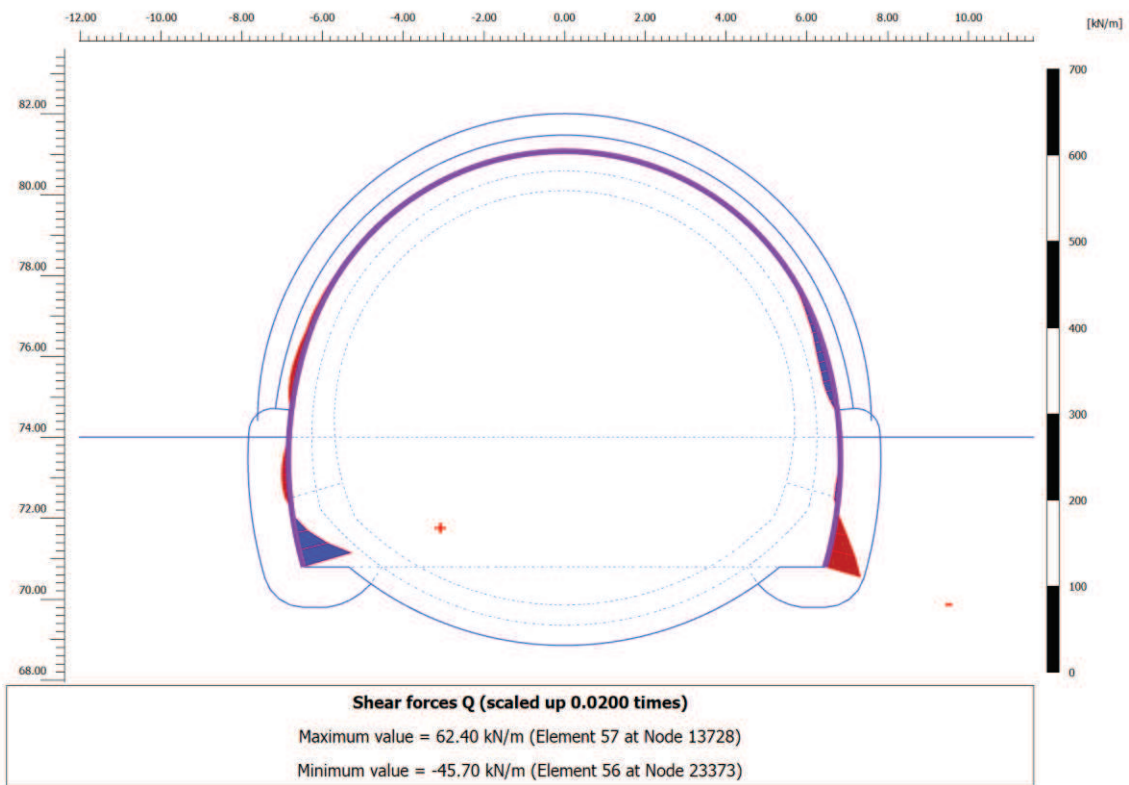


#### Fase 4 – Orientazione delle direzioni principali dello sforzo

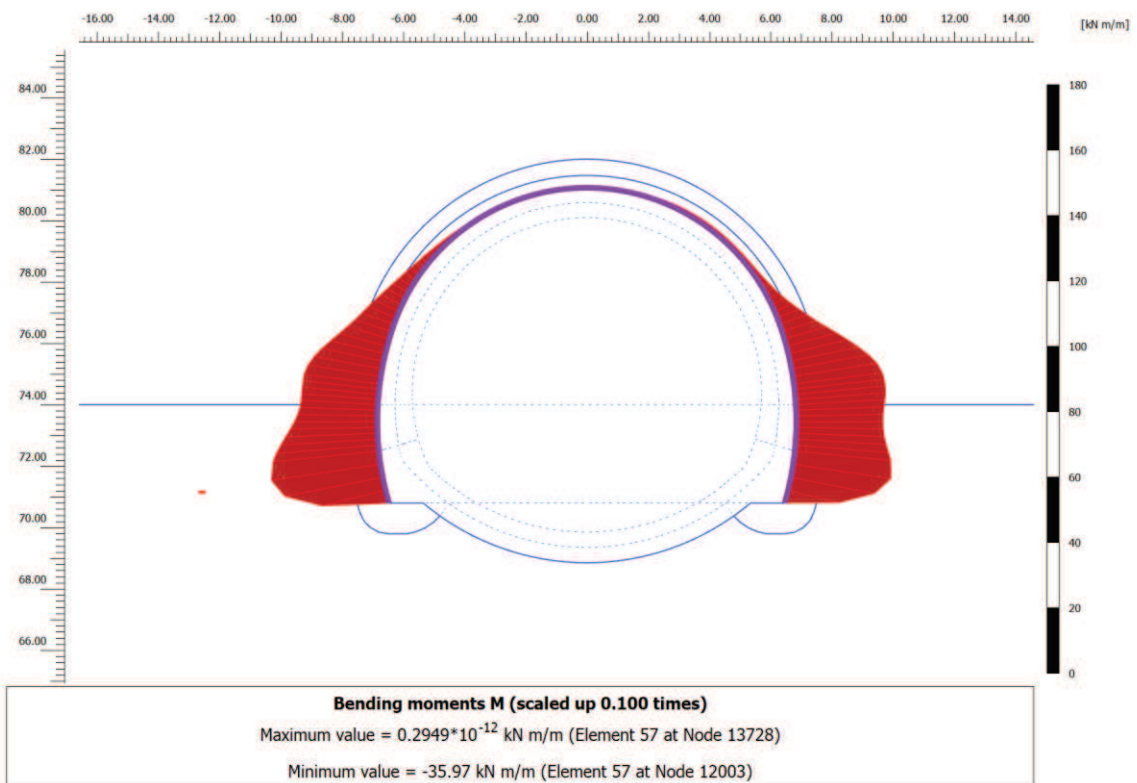


#### Fase 4 – Andamento dello sforzo normale N nel rivestimento di prima fase





Fase 4 – Andamento dello sforzo di taglio T nel rivestimento di prima fase



Fase 4 – Andamento del momento flettente M nel rivestimento di prima fase

**FASE 4: Verifiche del rivestimento di prima fase**

Nodo	Sollecitazioni caratteristiche				Sollecitazioni di progetto SLU				Verifica spritz-beton		Verifica centine metalliche			
	N <sub>sk, sb</sub> (kN/m)	N <sub>sk, cent</sub> (kN/m)	M <sub>sk, cent</sub> (kNm/m)	T <sub>sk, cent</sub> (kN/m)	N <sub>sd, sb</sub> (kN/m)	N <sub>sd, cent</sub> (kN/m)	M <sub>sd, cent</sub> (kNm/m)	T <sub>sd, cent</sub> (kN/m)	σ <sub>sb, d</sub> (MPa)	Esito verifica	σ <sub>cent, d</sub> (MPa)	τ <sub>cent, d</sub> (MPa)	σ <sub>id, cent, d</sub> (MPa)	Esito verifica
9804	-151.2	-27.9	-27.04	-6.60	196.5	36.3	35.15	8.58	0.66	OK	67.80	2.25	67.92	OK
9803	-150.3	-27.7	-25.99	-4.77	195.4	36.1	33.78	6.20	0.65	OK	65.33	1.63	65.39	OK
11882	-151.9	-28.0	-28.39	-7.92	197.5	36.5	36.91	10.29	0.66	OK	71.00	2.70	71.15	OK
11882	-151.9	-28.0	-28.39	-8.06	197.5	36.5	36.91	10.47	0.66	OK	71.00	2.75	71.16	OK
9802	-149.3	-27.6	-25.30	-2.68	194.1	35.8	32.89	3.48	0.65	OK	63.68	0.91	63.70	OK
11883	-152.5	-28.2	-30.01	-8.67	198.3	36.6	39.01	11.27	0.66	OK	74.80	2.96	74.98	OK
9814	-148.2	-27.4	-25.01	-0.69	192.7	35.6	32.51	0.89	0.64	OK	62.98	0.23	62.98	OK
9814	-148.3	-27.4	-25.01	-0.46	192.8	35.6	32.51	0.59	0.64	OK	62.98	0.16	62.98	OK
11884	-152.9	-28.2	-31.70	-8.65	198.8	36.7	41.21	11.25	0.66	OK	78.76	2.95	78.93	OK
9817	-147.2	-27.2	-24.97	0.08	191.4	35.3	32.46	0.10	0.64	OK	62.85	0.03	62.85	OK
11885	-153.0	-28.2	-33.31	-7.85	198.9	36.7	43.30	10.21	0.66	OK	82.53	2.68	82.66	OK
9816	-146.0	-26.9	-25.00	0.19	189.8	35.0	32.50	0.25	0.63	OK	62.88	0.07	62.88	OK
12002	-152.8	-28.2	-34.69	-6.25	198.7	36.7	45.09	8.12	0.66	OK	85.75	2.13	85.83	OK
12002	-153.1	-28.3	-34.69	-5.57	199.1	36.7	45.09	7.24	0.66	OK	85.76	1.90	85.82	OK
9815	-144.5	-26.7	-25.00	-0.25	187.8	34.7	32.50	0.32	0.63	OK	62.85	0.08	62.85	OK
11950	-142.6	-26.3	-24.89	-1.39	185.3	34.2	32.36	1.81	0.62	OK	62.52	0.47	62.53	OK
11950	-142.6	-26.3	-24.89	-1.15	185.4	34.2	32.36	1.49	0.62	OK	62.53	0.39	62.53	OK
12003	-150.8	-27.8	-35.97	1.20	196.1	36.2	46.76	1.56	0.65	OK	88.68	0.41	88.69	OK
11953	-139.2	-25.7	-24.07	-4.95	180.9	33.4	31.29	6.44	0.60	OK	60.50	1.69	60.57	OK
11952	-135.3	-25.0	-22.50	-7.33	175.9	32.5	29.25	9.53	0.59	OK	56.73	2.50	56.89	OK
12004	-146.4	-27.0	-32.48	15.79	190.3	35.1	42.22	20.53	0.63	OK	80.38	5.39	80.92	OK
11951	-131.0	-24.2	-20.49	-8.55	170.4	31.4	26.63	11.11	0.57	OK	51.88	2.91	52.13	OK
13682	-126.5	-23.3	-18.31	-8.80	164.4	30.3	23.80	11.44	0.55	OK	46.65	3.00	46.94	OK
13682	-126.4	-23.3	-18.31	-8.63	164.4	30.3	23.80	11.22	0.55	OK	46.65	2.94	46.93	OK
12005	-139.3	-25.7	-21.37	36.70	181.1	33.4	27.78	47.70	0.60	OK	54.20	12.51	58.37	OK
13685	-121.7	-22.5	-16.17	-8.19	158.2	29.2	21.03	10.64	0.53	OK	41.51	2.79	41.79	OK
13728	-129.4	-23.9	0.00	62.40	168.2	31.0	0.00	81.12	0.56	OK	3.93	21.28	37.07	OK
13684	-116.7	-21.5	-14.23	-7.32	151.8	28.0	18.49	9.51	0.51	OK	36.81	2.50	37.06	OK
13683	-111.8	-20.6	-12.52	-6.24	145.3	26.8	16.28	8.11	0.48	OK	32.67	2.13	32.87	OK
15642	-106.8	-19.7	-11.11	-5.10	138.8	25.6	14.44	6.63	0.46	OK	29.21	1.74	29.37	OK
15642	-106.8	-19.7	-11.11	-5.01	138.8	25.6	14.44	6.51	0.46	OK	29.21	1.71	29.36	OK
15645	-102.2	-18.9	-9.94	-5.10	132.9	24.5	12.92	6.63	0.44	OK	26.34	1.74	26.51	OK
15644	-97.7	-18.0	-8.79	-4.92	127.1	23.5	11.43	6.40	0.42	OK	23.52	1.68	23.70	OK
15643	-93.3	-17.2	-7.70	-4.59	121.4	22.4	10.01	5.96	0.40	OK	20.85	1.56	21.02	OK
15772	-89.1	-16.4	-6.71	-4.16	115.8	21.4	8.72	5.40	0.39	OK	18.38	1.42	18.55	OK
15772	-89.0	-16.4	-6.71	-4.14	115.8	21.4	8.72	5.38	0.39	OK	18.38	1.41	18.55	OK
15775	-84.9	-15.7	-5.81	-3.72	110.4	20.4	7.55	4.83	0.37	OK	16.16	1.27	16.30	OK
15774	-80.9	-14.9	-5.01	-3.28	105.2	19.4	6.51	4.26	0.35	OK	14.17	1.12	14.30	OK
15773	-77.1	-14.2	-4.31	-2.87	100.3	18.5	5.60	3.73	0.33	OK	12.42	0.98	12.53	OK
16216	-73.5	-13.6	-3.70	-2.49	95.6	17.6	4.80	3.24	0.32	OK	10.87	0.85	10.97	OK
16216	-73.5	-13.6	-3.70	-2.51	95.6	17.6	4.80	3.27	0.32	OK	10.87	0.86	10.97	OK
16219	-70.1	-12.9	-3.16	-2.17	91.2	16.8	4.11	2.83	0.30	OK	9.52	0.74	9.61	OK
16218	-66.9	-12.4	-2.70	-1.87	87.0	16.1	3.51	2.43	0.29	OK	8.35	0.64	8.42	OK
16217	-64.0	-11.8	-2.31	-1.60	83.2	15.3	3.00	2.09	0.28	OK	7.33	0.55	7.40	OK
17800	-61.2	-11.3	-1.96	-1.37	79.6	14.7	2.55	1.78	0.27	OK	6.45	0.47	6.50	OK
17800	-61.2	-11.3	-1.96	-1.39	79.6	14.7	2.55	1.81	0.27	OK	6.45	0.48	6.51	OK
17803	-58.6	-10.8	-1.67	-1.19	76.2	14.1	2.17	1.55	0.25	OK	5.69	0.41	5.73	OK

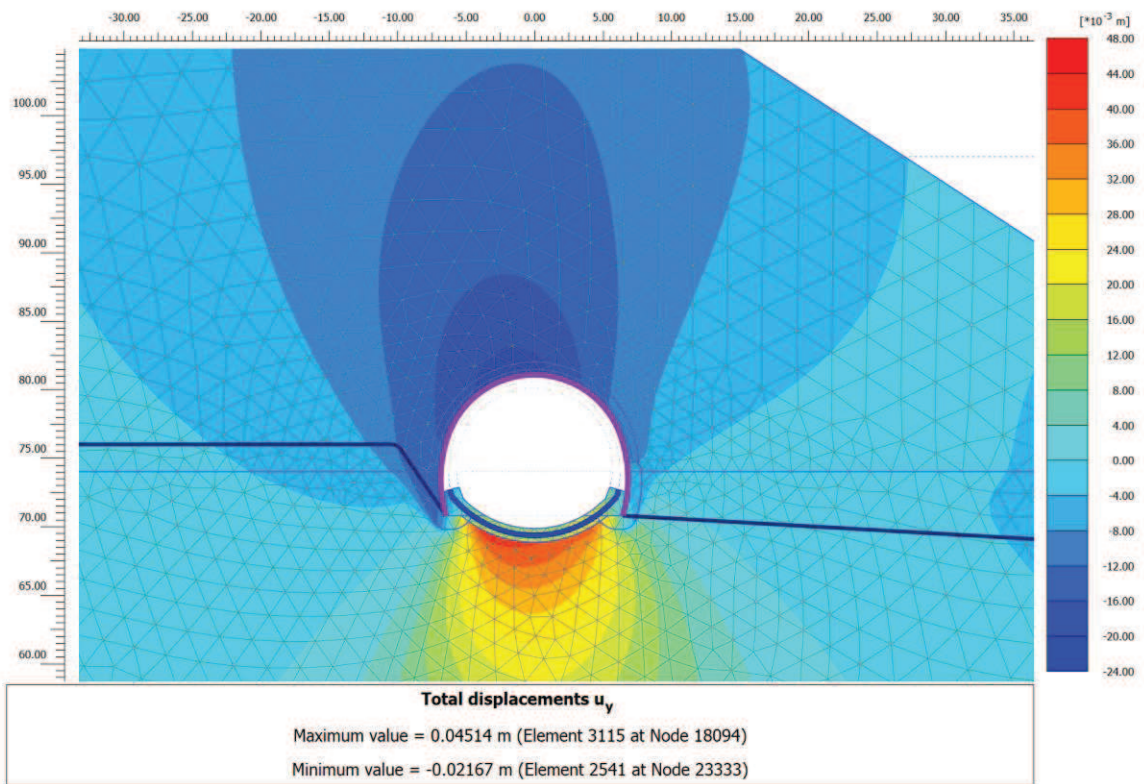
Nodo	Sollecitazioni caratteristiche				Sollecitazioni di progetto SLU				Verifica spritz-beton		Verifica centine metalliche			
	N <sub>sk,sb</sub> (kN/m)	N <sub>sk,cent</sub> (kN/m)	M <sub>sk,cent</sub> (kNm/m)	T <sub>sk,cent</sub> (kN/m)	N <sub>sd,sb</sub> (kN/m)	N <sub>sd,cent</sub> (kN/m)	M <sub>sd,cent</sub> (kNm/m)	T <sub>sd,cent</sub> (kN/m)	σ <sub>sb,d</sub> (MPa)	Esito verifica	σ <sub>cent,d</sub> (MPa)	τ <sub>cent,d</sub> (MPa)	σ <sub>id,cent,d</sub> (MPa)	Esito verifica
17802	-56.3	-10.4	-1.42	-1.01	73.2	13.5	1.85	1.32	0.24	OK	5.03	0.35	5.07	OK
17801	-54.1	-10.0	-1.21	-0.86	70.4	13.0	1.57	1.12	0.23	OK	4.47	0.29	4.50	OK
19330	-52.2	-9.6	-1.02	-0.73	67.8	12.5	1.33	0.95	0.23	OK	3.98	0.25	4.00	OK
19330	-52.2	-9.6	-1.02	-0.75	67.8	12.5	1.33	0.98	0.23	OK	3.98	0.26	4.01	OK
19333	-50.4	-9.3	-0.87	-0.64	65.5	12.1	1.13	0.83	0.22	OK	3.56	0.22	3.58	OK
19332	-48.8	-9.0	-0.73	-0.54	63.5	11.7	0.95	0.71	0.21	OK	3.20	0.19	3.21	OK
19331	-47.4	-8.8	-0.62	-0.46	61.7	11.4	0.80	0.60	0.21	OK	2.89	0.16	2.90	OK
20016	-46.2	-8.5	-0.52	-0.39	60.1	11.1	0.68	0.51	0.20	OK	2.62	0.13	2.63	OK
20016	-46.2	-8.5	-0.52	-0.41	60.1	11.1	0.68	0.53	0.20	OK	2.62	0.14	2.63	OK
20019	-45.1	-8.3	-0.44	-0.35	58.7	10.8	0.57	0.45	0.20	OK	2.39	0.12	2.40	OK
20018	-44.2	-8.2	-0.36	-0.29	57.5	10.6	0.47	0.38	0.19	OK	2.19	0.10	2.20	OK
20017	-43.5	-8.0	-0.30	-0.24	56.5	10.4	0.39	0.32	0.19	OK	2.03	0.08	2.03	OK
21520	-42.9	-7.9	-0.25	-0.22	55.8	10.3	0.33	0.28	0.19	OK	1.89	0.07	1.89	OK
21520	-42.9	-7.9	-0.25	-0.20	55.7	10.3	0.33	0.26	0.19	OK	1.89	0.07	1.89	OK
21523	-42.4	-7.8	-0.21	-0.17	55.1	10.2	0.27	0.22	0.18	OK	1.77	0.06	1.78	OK
21522	-42.1	-7.8	-0.17	-0.13	54.7	10.1	0.22	0.18	0.18	OK	1.68	0.05	1.68	OK
21521	-41.9	-7.7	-0.15	-0.10	54.5	10.1	0.19	0.13	0.18	OK	1.61	0.03	1.61	OK
21878	-41.8	-7.7	-0.13	-0.06	54.4	10.0	0.16	0.08	0.18	OK	1.57	0.02	1.57	OK
21878	-41.8	-7.7	-0.13	-0.08	54.4	10.0	0.16	0.10	0.18	OK	1.57	0.03	1.57	OK
21881	-41.9	-7.7	-0.11	-0.04	54.4	10.0	0.15	0.05	0.18	OK	1.54	0.01	1.54	OK
21880	-42.0	-7.8	-0.11	-0.01	54.6	10.1	0.14	0.01	0.18	OK	1.53	0.00	1.53	OK
21879	-42.3	-7.8	-0.11	0.02	55.0	10.1	0.14	0.03	0.18	OK	1.54	0.01	1.54	OK
21908	-42.6	-7.9	-0.12	0.06	55.4	10.2	0.15	0.07	0.18	OK	1.57	0.02	1.57	OK
21908	-42.6	-7.9	-0.12	0.04	55.4	10.2	0.15	0.06	0.18	OK	1.57	0.02	1.57	OK
21911	-43.1	-8.0	-0.13	0.08	56.0	10.3	0.17	0.10	0.19	OK	1.62	0.03	1.62	OK
21910	-43.7	-8.1	-0.15	0.11	56.8	10.5	0.20	0.14	0.19	OK	1.69	0.04	1.69	OK
21909	-44.3	-8.2	-0.18	0.14	57.6	10.6	0.24	0.18	0.19	OK	1.77	0.05	1.78	OK
23020	-45.0	-8.3	-0.22	0.17	58.5	10.8	0.28	0.22	0.20	OK	1.88	0.06	1.88	OK
23020	-45.0	-8.3	-0.22	0.16	58.5	10.8	0.28	0.21	0.20	OK	1.88	0.05	1.88	OK
23023	-45.8	-8.5	-0.26	0.19	59.6	11.0	0.34	0.24	0.20	OK	2.00	0.06	2.00	OK
23022	-46.7	-8.6	-0.30	0.21	60.7	11.2	0.40	0.28	0.20	OK	2.13	0.07	2.13	OK
23021	-47.6	-8.8	-0.36	0.24	61.9	11.4	0.46	0.31	0.21	OK	2.28	0.08	2.28	OK
23055	-48.6	-9.0	-0.41	0.26	63.2	11.7	0.54	0.33	0.21	OK	2.44	0.09	2.44	OK
23055	-48.6	-9.0	-0.41	0.25	63.2	11.7	0.54	0.33	0.21	OK	2.44	0.09	2.44	OK
23058	-49.6	-9.2	-0.47	0.27	64.5	11.9	0.61	0.35	0.22	OK	2.61	0.09	2.62	OK
23057	-50.7	-9.4	-0.54	0.28	65.9	12.2	0.70	0.37	0.22	OK	2.79	0.10	2.80	OK
23056	-51.8	-9.6	-0.60	0.29	67.4	12.4	0.78	0.38	0.22	OK	2.98	0.10	2.99	OK
23054	-53.0	-9.8	-0.67	0.30	68.9	12.7	0.87	0.39	0.23	OK	3.17	0.10	3.18	OK
23054	-53.0	-9.8	-0.67	0.30	68.9	12.7	0.87	0.38	0.23	OK	3.17	0.10	3.18	OK
23043	-54.2	-10.0	-0.74	0.30	70.4	13.0	0.96	0.39	0.23	OK	3.37	0.10	3.37	OK
23042	-55.4	-10.2	-0.80	0.29	72.0	13.3	1.05	0.38	0.24	OK	3.56	0.10	3.57	OK
23041	-56.6	-10.5	-0.87	0.28	73.6	13.6	1.13	0.37	0.25	OK	3.75	0.10	3.76	OK
23040	-57.9	-10.7	-0.93	0.27	75.3	13.9	1.21	0.35	0.25	OK	3.94	0.09	3.94	OK
23040	-57.9	-10.7	-0.93	0.26	75.3	13.9	1.21	0.34	0.25	OK	3.94	0.09	3.94	OK
22983	-59.2	-10.9	-0.99	0.24	76.9	14.2	1.29	0.31	0.26	OK	4.11	0.08	4.11	OK
22982	-60.4	-11.2	-1.04	0.21	78.6	14.5	1.35	0.28	0.26	OK	4.27	0.07	4.27	OK
22981	-61.8	-11.4	-1.09	0.18	80.3	14.8	1.41	0.24	0.27	OK	4.42	0.06	4.42	OK
23000	-63.1	-11.6	-1.13	0.15	82.0	15.1	1.46	0.19	0.27	OK	4.55	0.05	4.55	OK
23000	-63.1	-11.6	-1.13	0.15	82.0	15.1	1.46	0.20	0.27	OK	4.55	0.05	4.55	OK

Nodo	Sollecitazioni caratteristiche				Sollecitazioni di progetto SLU				Verifica spritz-beton		Verifica centine metalliche			
	N <sub>sk,sb</sub> (kN/m)	N <sub>sk,cent</sub> (kN/m)	M <sub>sk,cent</sub> (kNm/m)	T <sub>sk,cent</sub> (kN/m)	N <sub>sd,sb</sub> (kN/m)	N <sub>sd,cent</sub> (kN/m)	M <sub>sd,cent</sub> (kNm/m)	T <sub>sd,cent</sub> (kN/m)	σ <sub>sb,d</sub> (MPa)	Esito verifica	σ <sub>cent,d</sub> (MPa)	τ <sub>cent,d</sub> (MPa)	σ <sub>id,cent,d</sub> (MPa)	Esito verifica
23003	-64.4	-11.9	-1.16	0.11	83.8	15.5	1.50	0.15	0.28	OK	4.66	0.04	4.66	OK
23002	-65.8	-12.1	-1.18	0.08	85.6	15.8	1.53	0.11	0.29	OK	4.75	0.03	4.75	OK
23001	-67.3	-12.4	-1.19	0.06	87.4	16.1	1.55	0.07	0.29	OK	4.83	0.02	4.83	OK
23078	-68.8	-12.7	-1.20	0.03	89.4	16.5	1.56	0.04	0.30	OK	4.90	0.01	4.90	OK
23078	-68.8	-12.7	-1.20	0.04	89.4	16.5	1.56	0.05	0.30	OK	4.90	0.01	4.90	OK
23077	-70.3	-13.0	-1.21	0.02	91.4	16.9	1.57	0.02	0.30	OK	4.96	0.01	4.96	OK
23076	-72.0	-13.3	-1.21	0.02	93.6	17.3	1.58	0.03	0.31	OK	5.02	0.01	5.02	OK
23075	-73.7	-13.6	-1.22	0.04	95.9	17.7	1.59	0.06	0.32	OK	5.09	0.01	5.09	OK
23108	-75.6	-14.0	-1.23	0.11	98.3	18.1	1.60	0.15	0.33	OK	5.18	0.04	5.18	OK
23108	-75.6	-14.0	-1.23	0.09	98.3	18.1	1.60	0.12	0.33	OK	5.18	0.03	5.18	OK
23112	-77.6	-14.3	-1.27	0.21	100.9	18.6	1.65	0.27	0.34	OK	5.32	0.07	5.33	OK
23111	-79.8	-14.7	-1.34	0.41	103.8	19.2	1.74	0.53	0.35	OK	5.55	0.14	5.56	OK
23110	-82.2	-15.2	-1.46	0.68	106.9	19.7	1.90	0.88	0.36	OK	5.91	0.23	5.92	OK
23109	-84.9	-15.7	-1.65	1.05	110.3	20.4	2.15	1.37	0.37	OK	6.44	0.36	6.47	OK
23109	-84.9	-15.7	-1.65	1.00	110.3	20.4	2.15	1.30	0.37	OK	6.44	0.34	6.47	OK
23097	-87.7	-16.2	-1.94	1.53	114.1	21.1	2.52	1.99	0.38	OK	7.21	0.52	7.26	OK
23096	-90.9	-16.8	-2.37	2.21	118.2	21.8	3.08	2.87	0.39	OK	8.29	0.75	8.39	OK
23095	-94.4	-17.4	-2.96	3.05	122.7	22.7	3.85	3.97	0.41	OK	9.79	1.04	9.96	OK
23170	-98.2	-18.1	-3.77	4.01	127.7	23.6	4.90	5.21	0.43	OK	11.80	1.37	12.03	OK
23170	-98.2	-18.1	-3.77	4.05	127.7	23.6	4.90	5.26	0.43	OK	11.80	1.38	12.04	OK
23173	-102.4	-18.9	-4.82	5.20	133.1	24.6	6.27	6.76	0.44	OK	14.38	1.77	14.71	OK
23172	-106.9	-19.7	-6.14	6.30	139.0	25.6	7.98	8.19	0.46	OK	17.60	2.15	17.99	OK
23171	-111.7	-20.6	-7.68	7.23	145.2	26.8	9.99	9.40	0.48	OK	21.36	2.47	21.78	OK
23184	-116.8	-21.6	-9.42	7.90	151.8	28.0	12.24	10.27	0.51	OK	25.57	2.69	25.99	OK
23184	-116.7	-21.5	-9.42	7.75	151.7	28.0	12.24	10.07	0.51	OK	25.56	2.64	25.97	OK
23188	-122.5	-22.6	-11.59	9.49	159.3	29.4	15.07	12.34	0.53	OK	30.82	3.24	31.33	OK
23187	-128.5	-23.7	-14.13	10.70	167.0	30.8	18.37	13.91	0.56	OK	36.95	3.65	37.48	OK
23373	-126.8	-23.4	0.00	-45.70	164.9	30.4	0.00	59.41	0.55	OK	3.85	15.58	27.27	OK
23186	-134.5	-24.8	-16.92	11.39	174.8	32.3	21.99	14.81	0.58	OK	43.63	3.88	44.15	OK
23374	-140.0	-25.8	-17.06	-32.25	182.0	33.6	22.18	41.93	0.61	OK	44.14	11.00	48.08	OK
23185	-140.4	-25.9	-19.81	11.34	182.5	33.7	25.75	14.74	0.61	OK	50.58	3.87	51.02	OK
23185	-140.5	-25.9	-19.81	11.59	182.6	33.7	25.75	15.07	0.61	OK	50.58	3.95	51.04	OK
23153	-146.1	-27.0	-22.72	11.63	190.0	35.1	29.54	15.12	0.63	OK	57.57	3.97	57.98	OK
23375	-150.0	-27.7	-27.68	-17.30	195.0	36.0	35.99	22.49	0.65	OK	69.29	5.90	70.04	OK
23152	-151.6	-28.0	-25.51	10.30	197.1	36.4	33.16	13.39	0.66	OK	64.25	3.51	64.53	OK
23151	-156.7	-28.9	-27.75	7.31	203.7	37.6	36.08	9.50	0.68	OK	69.64	2.49	69.78	OK
23376	-156.7	-28.9	-32.24	-3.60	203.7	37.6	41.91	4.68	0.68	OK	80.14	1.23	80.17	OK
23676	-161.3	-29.8	-29.03	2.63	209.7	38.7	37.74	3.42	0.70	OK	72.78	0.90	72.80	OK
23676	-161.1	-29.7	-29.03	3.10	209.4	38.7	37.74	4.02	0.70	OK	72.78	1.06	72.80	OK
23679	-163.3	-30.1	-29.42	1.53	212.2	39.2	38.25	1.99	0.71	OK	73.76	0.52	73.76	OK
23377	-160.0	-29.5	-31.46	6.09	207.9	38.4	40.90	7.91	0.69	OK	78.41	2.08	78.50	OK
23377	-160.3	-29.6	-31.46	4.96	208.4	38.5	40.90	6.45	0.69	OK	78.42	1.69	78.48	OK
23678	-164.8	-30.4	-29.55	0.04	214.2	39.5	38.42	0.05	0.71	OK	74.10	0.01	74.10	OK
22756	-161.5	-29.8	-30.47	5.11	210.0	38.8	39.61	6.65	0.70	OK	76.14	1.74	76.20	OK
23677	-165.6	-30.6	-29.45	-1.29	215.3	39.7	38.28	1.67	0.72	OK	73.88	0.44	73.88	OK
22757	-162.6	-30.0	-29.53	4.43	211.4	39.0	38.40	5.77	0.70	OK	73.99	1.51	74.04	OK
23694	-165.9	-30.6	-29.14	-2.34	215.7	39.8	37.88	3.04	0.72	OK	73.16	0.80	73.18	OK
23694	-166.0	-30.6	-29.14	-2.91	215.7	39.8	37.88	3.78	0.72	OK	73.16	0.99	73.18	OK
22758	-163.6	-30.2	-28.80	3.07	212.6	39.2	37.43	3.99	0.71	OK	72.30	1.05	72.32	OK

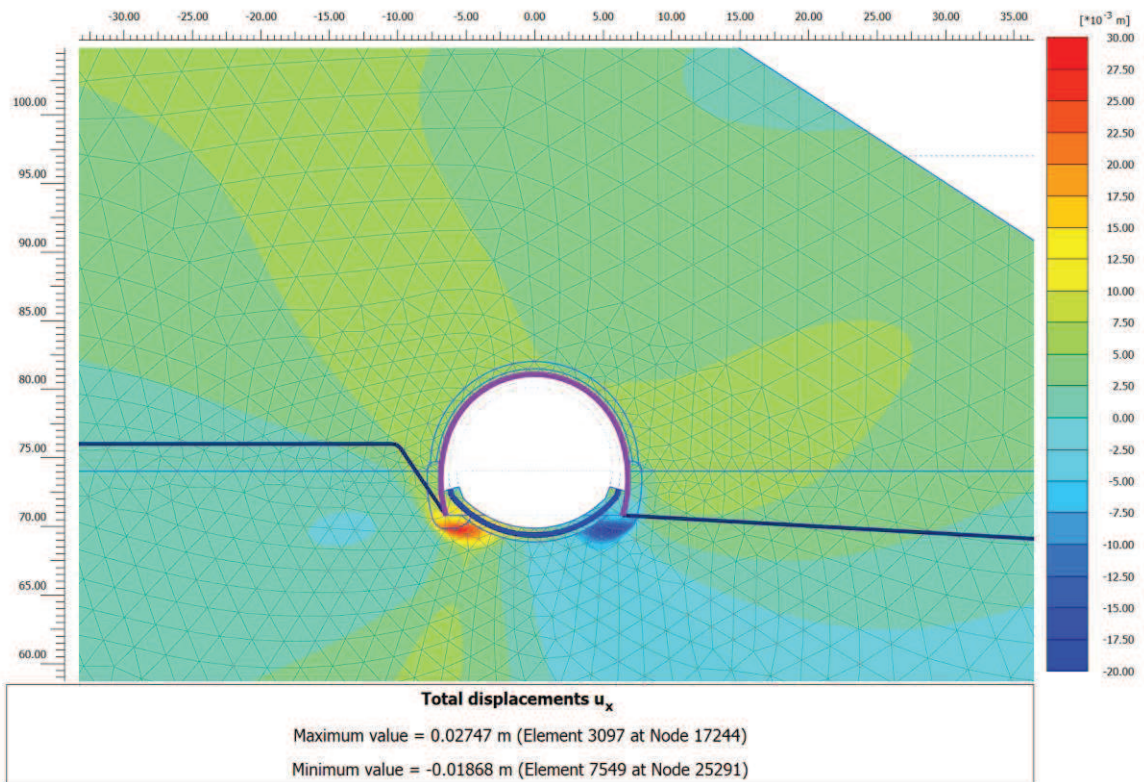
Nodo	Sollecitazioni caratteristiche				Sollecitazioni di progetto SLU				Verifica spritz-beton		Verifica centine metalliche			
	$N_{sk, sb}$ (kN/m)	$N_{sk, cent}$ (kN/m)	$M_{sk, cent}$ (kNm/m)	$T_{sk, cent}$ (kN/m)	$N_{sd, sb}$ (kN/m)	$N_{sd, cent}$ (kN/m)	$M_{sd, cent}$ (kNm/m)	$T_{sd, cent}$ (kN/m)	$\sigma_{sb, d}$ (MPa)	Esito verifica	$\sigma_{cent, d}$ (MPa)	$\tau_{cent, d}$ (MPa)	$\sigma_{id, cent, d}$ (MPa)	Esito verifica
23693	-166.0	-30.6	-28.66	-2.19	215.8	39.8	37.26	2.84	0.72	OK	72.06	0.75	72.07	OK
23690	-164.4	-30.3	-28.38	1.44	213.7	39.4	36.90	1.87	0.71	OK	71.35	0.49	71.36	OK
23690	-164.4	-30.4	-28.38	1.15	213.8	39.5	36.90	1.49	0.71	OK	71.35	0.39	71.36	OK
23692	-165.8	-30.6	-28.35	-1.17	215.5	39.8	36.85	1.52	0.72	OK	71.32	0.40	71.32	OK
23691	-165.2	-30.5	-28.24	0.07	214.8	39.6	36.72	0.09	0.72	OK	71.06	0.02	71.06	OK



## RISULTATI FASE 5 – Installazione arco rovescio

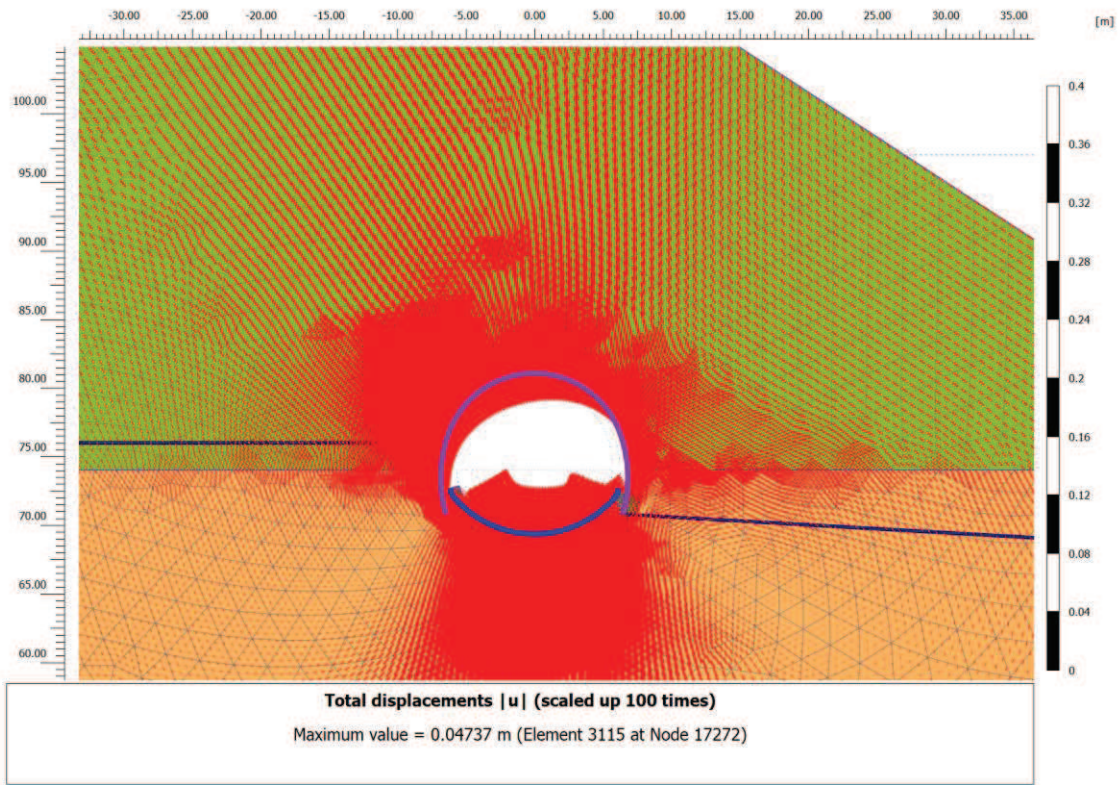


## Fase 5 – Spostamenti verticali totali

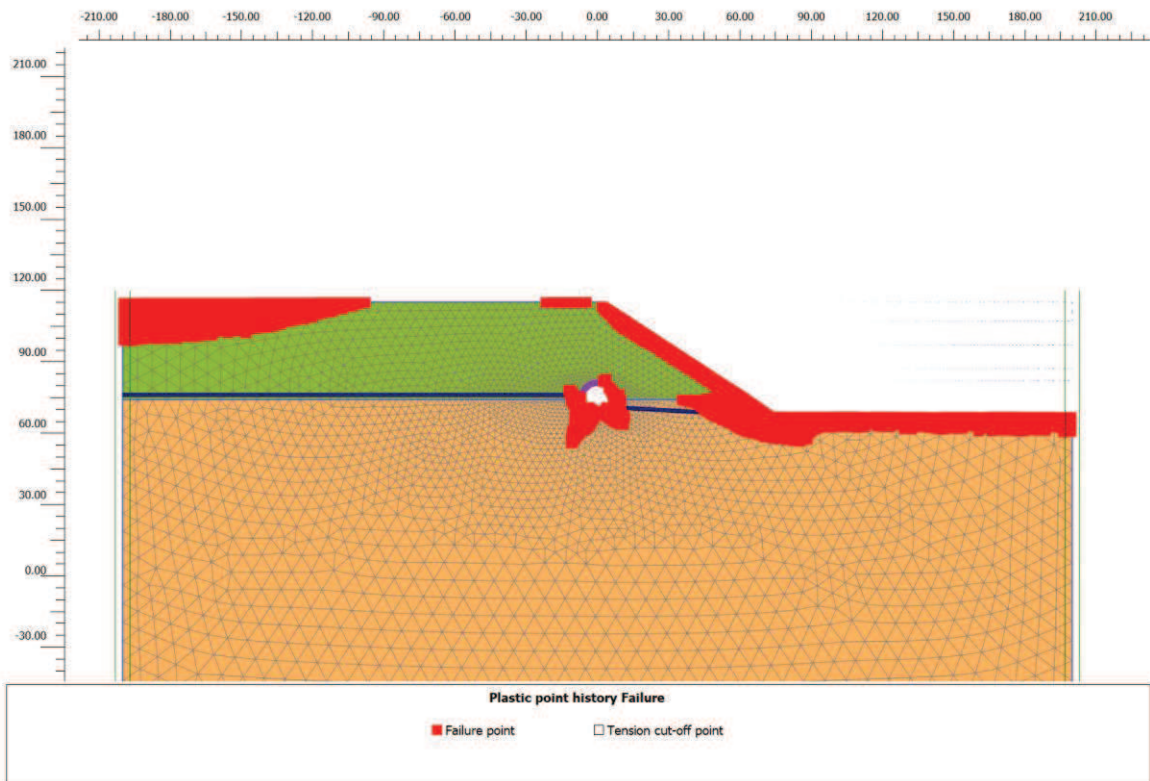


## Fase 5 – Spostamenti orizzontali totali

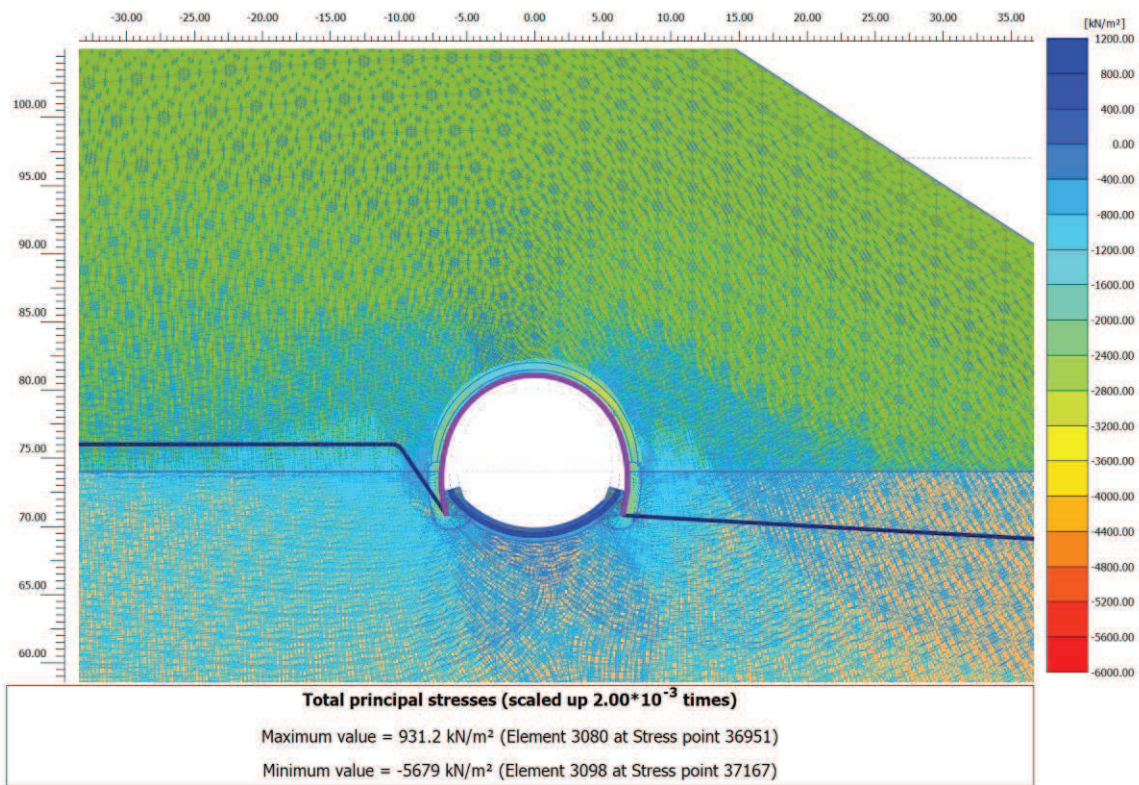




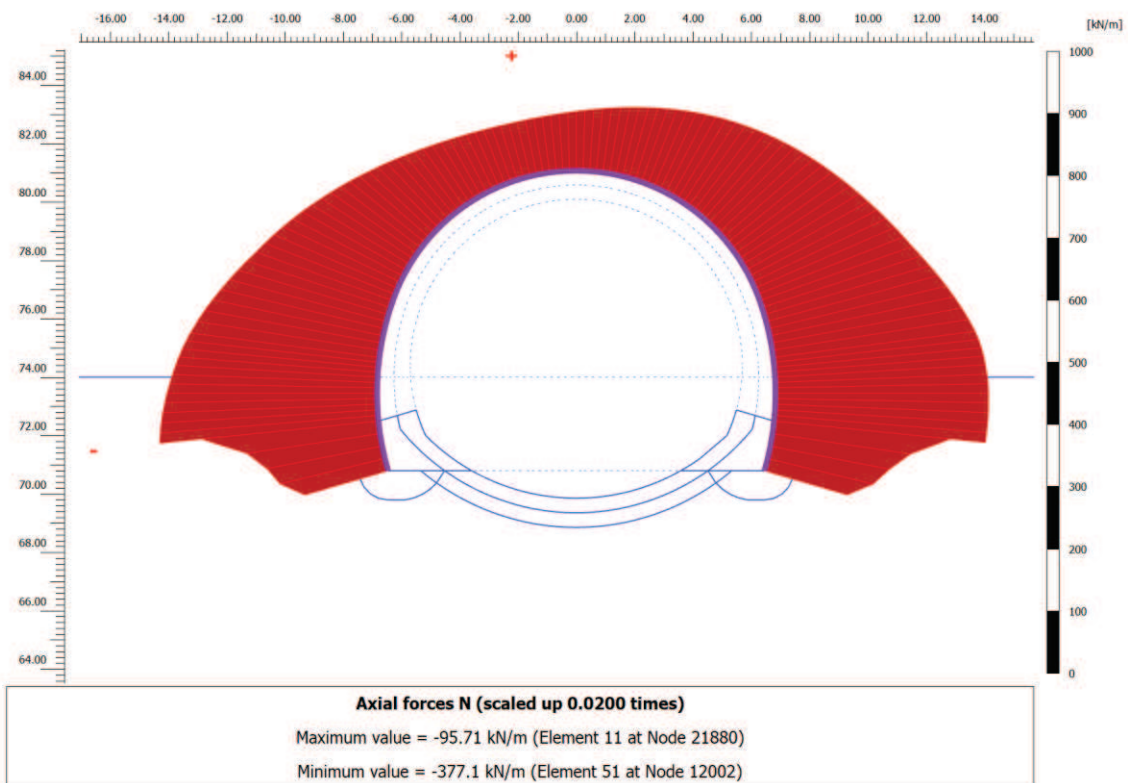
**Fase 5 – Vettori spostamento totale**



**Fase 5 – Zone plastiche**

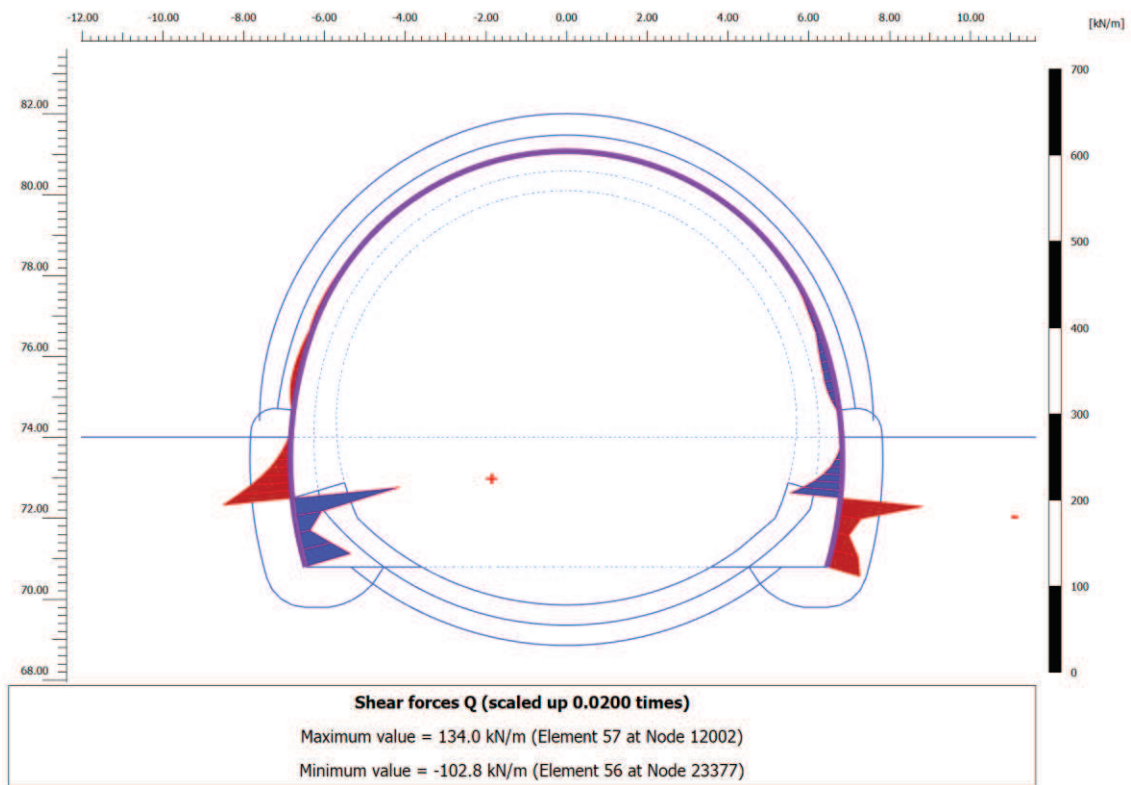


### Fase 5 – Orientazione delle direzioni principali dello sforzo

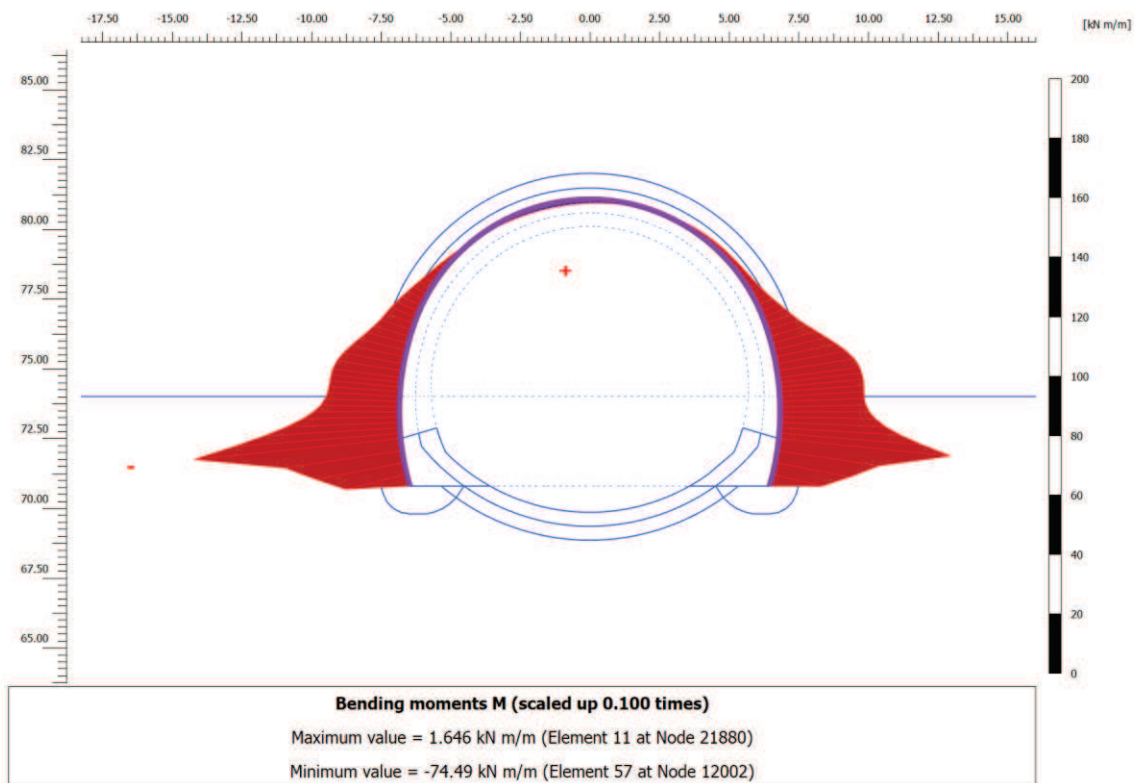


### Fase 5 – Andamento dello sforzo normale N nel rivestimento di prima fase

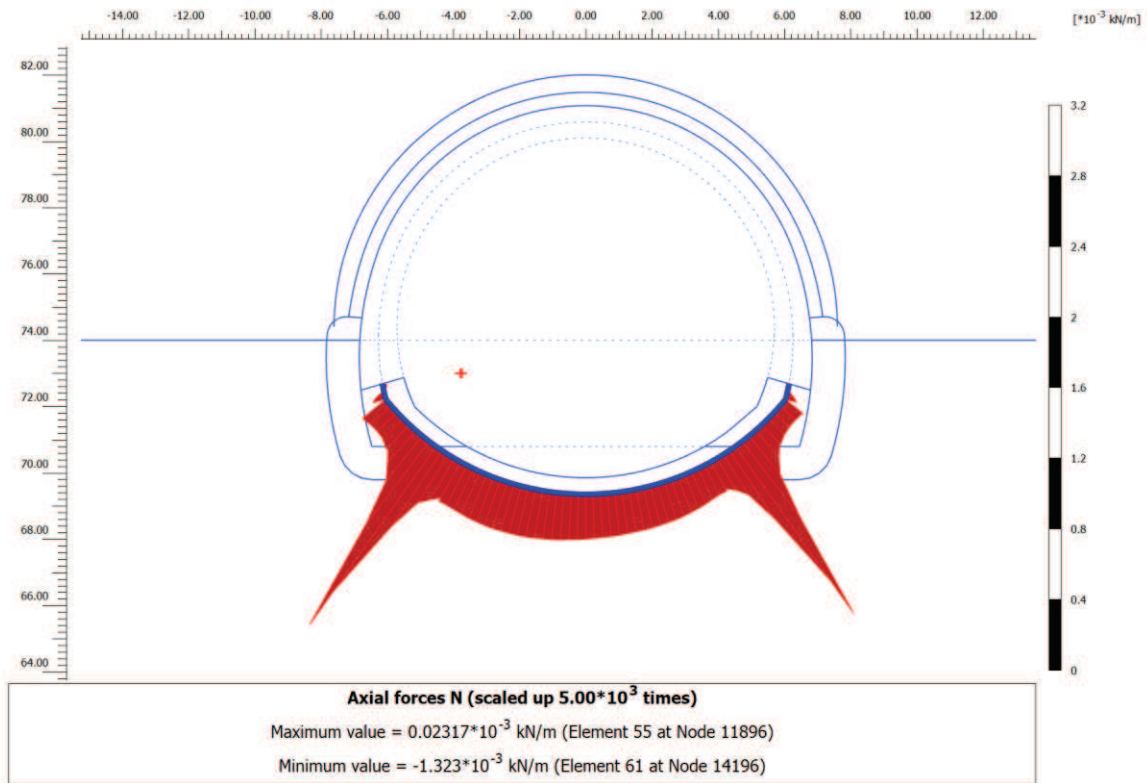




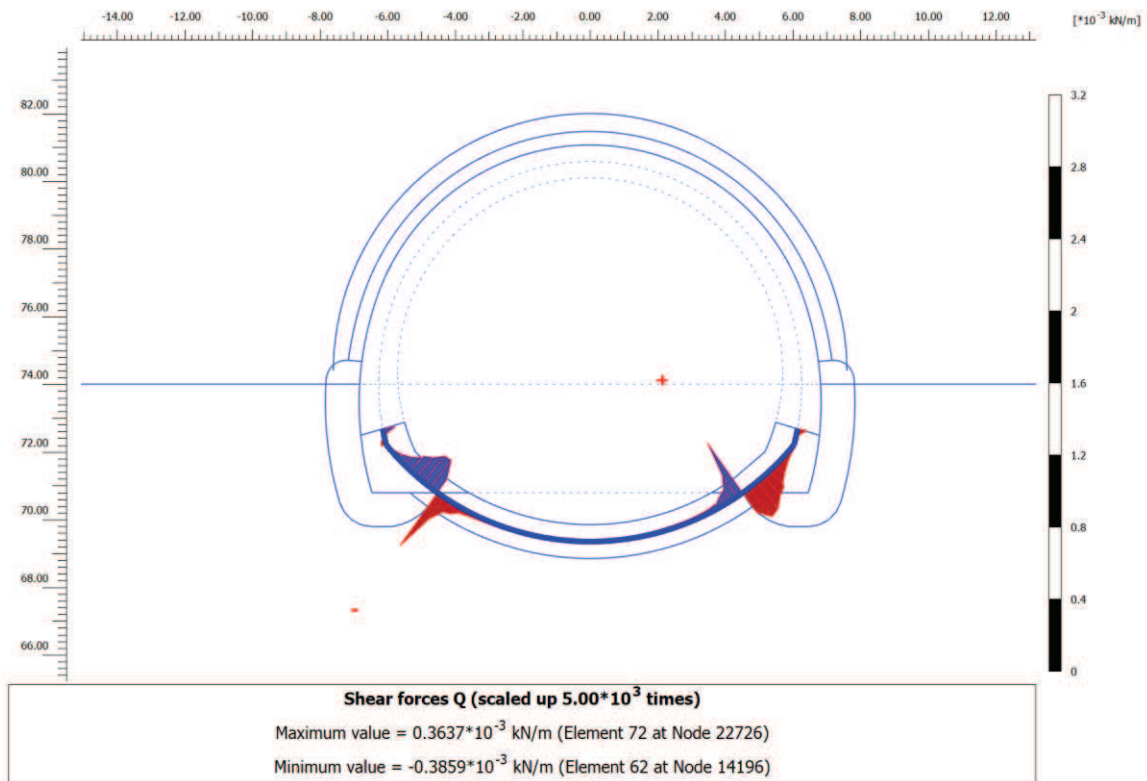
Fase 5 – Andamento dello sforzo di taglio T nel rivestimento di prima fase



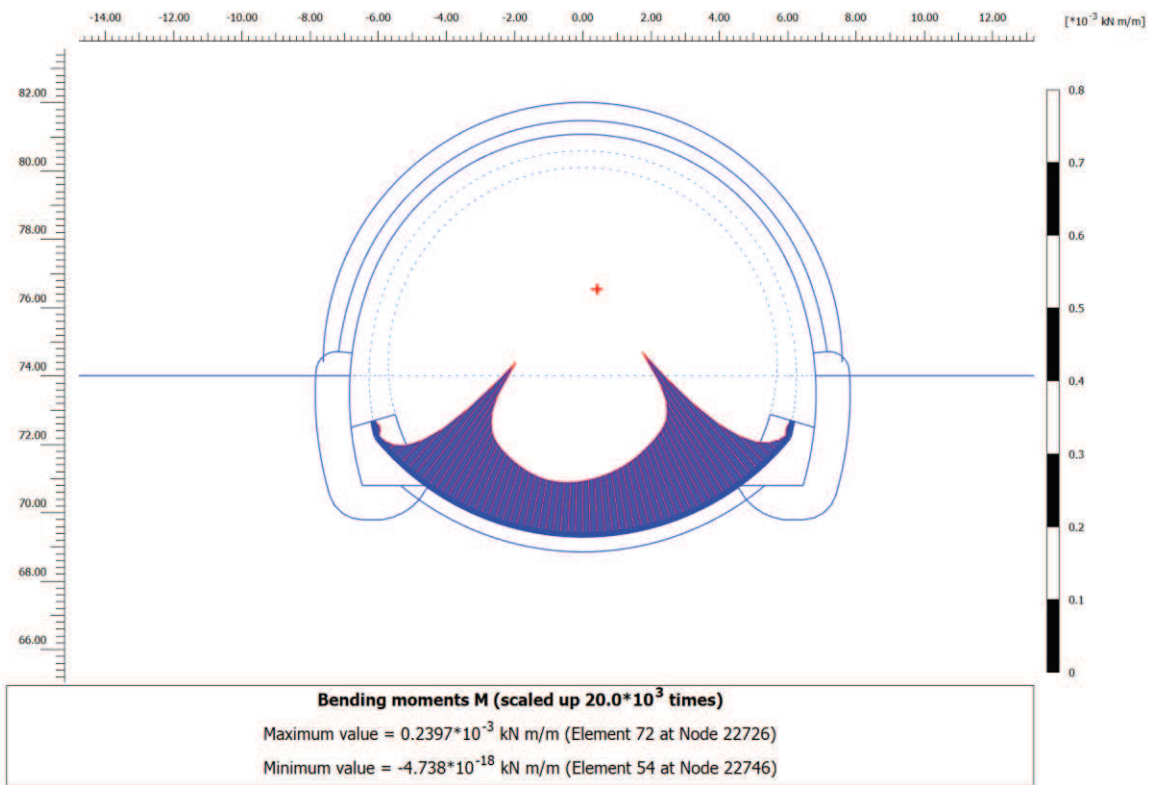
Fase 5 – Andamento del momento flettente M nel rivestimento di prima fase



Fase 5 – Andamento dello sforzo normale N nel rivestimento definitivo di arco rovescio



Fase 5 – Andamento dello sforzo di taglio T nel rivestimento definitivo di arco rovescio



Fase 5 – Andamento del momento flettente M nel rivestimento definitivo di arco rovescio

**FASE 5: Verifiche del rivestimento di prima fase**

Nodo	Sollecitazioni caratteristiche				Sollecitazioni di progetto SLU				Verifica spritz-beton		Verifica centine metalliche			
	N <sub>sk, sb</sub> (kN/m)	N <sub>sk, cent</sub> (kN/m)	M <sub>sk, cent</sub> (kNm/m)	T <sub>sk, cent</sub> (kN/m)	N <sub>sd, sb</sub> (kN/m)	N <sub>sd, cent</sub> (kN/m)	M <sub>sd, cent</sub> (kNm/m)	T <sub>sd, cent</sub> (kN/m)	σ <sub>sb, d</sub> (MPa)	Esito verifica	σ <sub>cent, d</sub> (MPa)	τ <sub>cent, d</sub> (MPa)	σ <sub>id, cent, d</sub> (MPa)	Esito verifica
9804	-304.1	-56.1	-30.81	-17.28	395.3	73.0	40.06	22.46	1.32	OK	81.28	5.89	81.92	OK
9803	-300.4	-55.4	-28.23	-11.06	390.6	72.1	36.70	14.38	1.30	OK	75.12	3.77	75.41	OK
11882	-307.4	-56.7	-34.67	-25.05	399.7	73.8	45.07	32.57	1.33	OK	90.39	8.54	91.60	OK
11882	-307.6	-56.8	-34.67	-24.83	399.8	73.8	45.07	32.28	1.33	OK	90.40	8.47	91.58	OK
9802	-296.6	-54.7	-26.66	-6.20	385.6	71.2	34.66	8.05	1.29	OK	71.34	2.11	71.44	OK
11883	-310.8	-57.4	-40.48	-35.56	404.1	74.6	52.63	46.23	1.35	OK	104.09	12.13	106.19	OK
9814	-292.6	-54.0	-25.86	-2.65	380.4	70.2	33.62	3.44	1.27	OK	69.36	0.90	69.38	OK
9814	-292.6	-54.0	-25.86	-2.69	380.4	70.2	33.62	3.50	1.27	OK	69.36	0.92	69.38	OK
11884	-313.7	-57.9	-48.65	-49.31	407.8	75.3	63.24	64.11	1.36	OK	123.27	16.82	126.67	OK
9817	-288.9	-53.3	-25.53	-1.46	375.5	69.3	33.19	1.89	1.25	OK	68.47	0.50	68.47	OK
11885	-316.1	-58.4	-59.78	-66.23	411.0	75.9	77.71	86.10	1.37	OK	149.38	22.59	154.41	OK
9816	-284.9	-52.6	-25.33	-1.06	370.3	68.3	32.92	1.38	1.23	OK	67.87	0.36	67.87	OK
12002	-318.3	-58.8	-74.49	-86.24	413.8	76.4	96.84	112.12	1.38	OK	183.83	29.41	190.76	OK
12002	-257.8	-47.6	-74.49	133.98	335.1	61.9	96.84	174.17	1.12	OK	182.00	45.69	198.46	OK
9815	-280.6	-51.8	-25.14	-1.32	364.7	67.3	32.68	1.72	1.22	OK	67.29	0.45	67.30	OK
11950	-275.8	-50.9	-24.85	-2.39	358.6	66.2	32.31	3.11	1.20	OK	66.49	0.82	66.50	OK
11950	-275.9	-50.9	-24.85	-2.09	358.6	66.2	32.31	2.71	1.20	OK	66.49	0.71	66.50	OK
12003	-194.9	-36.0	-42.56	34.14	253.4	46.8	55.33	44.38	0.84	OK	105.44	11.64	107.35	OK
11953	-268.3	-49.5	-23.78	-5.94	348.8	64.4	30.91	7.73	1.16	OK	63.75	2.03	63.84	OK
11952	-260.4	-48.1	-21.98	-8.16	338.5	62.5	28.58	10.60	1.13	OK	59.31	2.78	59.51	OK
12004	-170.1	-31.4	-31.99	16.30	221.1	40.8	41.59	21.19	0.74	OK	79.96	5.56	80.54	OK
11951	-252.2	-46.6	-19.79	-9.09	327.9	60.5	25.73	11.82	1.09	OK	53.94	3.10	54.21	OK
13682	-243.9	-45.0	-17.52	-8.99	317.1	58.5	22.78	11.68	1.06	OK	48.38	3.06	48.67	OK
13682	-243.9	-45.0	-17.52	-8.81	317.0	58.5	22.78	11.45	1.06	OK	48.38	3.00	48.66	OK
12005	-155.9	-28.8	-22.66	38.44	202.7	37.4	29.46	49.97	0.68	OK	57.71	13.11	62.02	OK
13685	-235.4	-43.4	-15.38	-8.05	306.0	56.5	19.99	10.47	1.02	OK	43.11	2.75	43.37	OK
13728	-125.4	-23.1	0.00	58.52	163.0	30.1	0.00	76.07	0.54	OK	3.81	19.96	34.77	OK
13684	-227.0	-41.9	-13.51	-6.82	295.0	54.5	17.56	8.87	0.98	OK	38.48	2.33	38.69	OK
13683	-218.5	-40.3	-11.98	-5.34	284.1	52.4	15.57	6.94	0.95	OK	34.64	1.82	34.79	OK
15642	-210.2	-38.8	-10.85	-3.76	273.3	50.4	14.10	4.89	0.91	OK	31.74	1.28	31.82	OK
15642	-210.2	-38.8	-10.85	-3.65	273.2	50.4	14.10	4.75	0.91	OK	31.74	1.25	31.82	OK
15645	-202.6	-37.4	-9.91	-4.37	263.4	48.6	12.88	5.69	0.88	OK	29.32	1.49	29.44	OK
15644	-195.2	-36.0	-8.88	-4.62	253.7	46.8	11.54	6.00	0.85	OK	26.68	1.58	26.82	OK
15643	-187.8	-34.7	-7.82	-4.55	244.1	45.1	10.17	5.92	0.81	OK	24.00	1.55	24.15	OK
15772	-180.5	-33.3	-6.82	-4.28	234.7	43.3	8.86	5.56	0.78	OK	21.42	1.46	21.57	OK
15772	-180.5	-33.3	-6.82	-4.24	234.6	43.3	8.86	5.51	0.78	OK	21.42	1.44	21.57	OK
15775	-173.4	-32.0	-5.88	-3.93	225.4	41.6	7.64	5.11	0.75	OK	19.01	1.34	19.15	OK
15774	-166.5	-30.7	-5.02	-3.57	216.4	39.9	6.53	4.63	0.72	OK	16.80	1.22	16.93	OK
15773	-159.7	-29.5	-4.25	-3.21	207.7	38.3	5.53	4.17	0.69	OK	14.79	1.09	14.91	OK
16216	-153.2	-28.3	-3.56	-2.86	199.2	36.8	4.62	3.72	0.66	OK	12.97	0.98	13.08	OK
16216	-153.2	-28.3	-3.56	-2.88	199.2	36.8	4.62	3.75	0.66	OK	12.97	0.98	13.08	OK
16219	-146.9	-27.1	-2.94	-2.58	191.0	35.3	3.82	3.35	0.64	OK	11.33	0.88	11.43	OK
16218	-140.9	-26.0	-2.38	-2.29	183.2	33.8	3.10	2.98	0.61	OK	9.85	0.78	9.94	OK
16217	-135.1	-24.9	-1.89	-2.04	175.7	32.4	2.45	2.65	0.59	OK	8.52	0.70	8.60	OK
17800	-129.6	-23.9	-1.45	-1.81	168.5	31.1	1.88	2.36	0.56	OK	7.32	0.62	7.39	OK
17800	-129.6	-23.9	-1.45	-1.85	168.5	31.1	1.88	2.40	0.56	OK	7.32	0.63	7.40	OK
17803	-124.4	-23.0	-1.05	-1.64	161.7	29.8	1.36	2.14	0.54	OK	6.23	0.56	6.31	OK

Nodo	Sollecitazioni caratteristiche				Sollecitazioni di progetto SLU				Verifica spritz-beton		Verifica centine metalliche			
	N <sub>sk,sb</sub> (kN/m)	N <sub>sk,cent</sub> (kN/m)	M <sub>sk,cent</sub> (kNm/m)	T <sub>sk,cent</sub> (kN/m)	N <sub>sd,sb</sub> (kN/m)	N <sub>sd,cent</sub> (kN/m)	M <sub>sd,cent</sub> (kNm/m)	T <sub>sd,cent</sub> (kN/m)	σ <sub>sb,d</sub> (MPa)	Esito verifica	σ <sub>cent,d</sub> (MPa)	τ <sub>cent,d</sub> (MPa)	σ <sub>id,cent,d</sub> (MPa)	Esito verifica
17802	-119.4	-22.0	-0.70	-1.47	155.3	28.7	0.90	1.91	0.52	OK	5.25	0.50	5.32	OK
17801	-114.8	-21.2	-0.38	-1.31	149.2	27.5	0.49	1.70	0.50	OK	4.37	0.45	4.44	OK
19330	-110.4	-20.4	-0.10	-1.16	143.5	26.5	0.12	1.51	0.48	OK	3.58	0.40	3.64	OK
19330	-110.4	-20.4	-0.10	-1.19	143.5	26.5	0.12	1.55	0.48	OK	3.58	0.41	3.65	OK
19333	-106.3	-19.6	0.16	-1.06	138.2	25.5	0.21	1.38	0.46	OK	3.60	0.36	3.66	OK
19332	-102.5	-18.9	0.39	-0.95	133.3	24.6	0.50	1.23	0.44	OK	4.02	0.32	4.06	OK
19331	-99.0	-18.3	0.59	-0.84	128.8	23.8	0.77	1.09	0.43	OK	4.39	0.29	4.42	OK
20016	-95.9	-17.7	0.77	-0.74	124.6	23.0	1.01	0.96	0.42	OK	4.72	0.25	4.74	OK
20016	-95.9	-17.7	0.77	-0.77	124.6	23.0	1.01	1.01	0.42	OK	4.72	0.26	4.74	OK
20019	-93.0	-17.2	0.94	-0.68	120.9	22.3	1.22	0.88	0.40	OK	5.02	0.23	5.03	OK
20018	-90.4	-16.7	1.08	-0.59	117.5	21.7	1.41	0.77	0.39	OK	5.28	0.20	5.29	OK
20017	-88.2	-16.3	1.21	-0.51	114.6	21.2	1.57	0.66	0.38	OK	5.50	0.17	5.51	OK
21520	-86.2	-15.9	1.32	-0.46	112.0	20.7	1.71	0.60	0.37	OK	5.70	0.16	5.71	OK
21520	-86.2	-15.9	1.32	-0.43	112.1	20.7	1.71	0.56	0.37	OK	5.70	0.15	5.71	OK
21523	-84.5	-15.6	1.41	-0.38	109.9	20.3	1.84	0.50	0.37	OK	5.87	0.13	5.88	OK
21522	-83.2	-15.4	1.49	-0.31	108.1	20.0	1.94	0.40	0.36	OK	6.01	0.10	6.02	OK
21521	-82.1	-15.2	1.55	-0.23	106.8	19.7	2.02	0.30	0.36	OK	6.13	0.08	6.13	OK
21878	-81.4	-15.0	1.60	-0.15	105.8	19.5	2.08	0.20	0.35	OK	6.21	0.05	6.21	OK
21878	-81.4	-15.0	1.60	-0.19	105.8	19.5	2.08	0.24	0.35	OK	6.21	0.06	6.21	OK
21881	-81.0	-14.9	1.63	-0.11	105.2	19.4	2.12	0.14	0.35	OK	6.27	0.04	6.27	OK
21880	-80.8	-14.9	1.65	-0.03	105.0	19.4	2.14	0.04	0.35	OK	6.30	0.01	6.30	OK
21879	-80.9	-14.9	1.65	0.04	105.2	19.4	2.14	0.05	0.35	OK	6.31	0.01	6.31	OK
21908	-81.4	-15.0	1.63	0.11	105.8	19.5	2.12	0.15	0.35	OK	6.28	0.04	6.28	OK
21908	-81.4	-15.0	1.63	0.08	105.8	19.5	2.12	0.11	0.35	OK	6.28	0.03	6.28	OK
21911	-82.1	-15.1	1.60	0.16	106.7	19.7	2.08	0.21	0.36	OK	6.24	0.05	6.24	OK
21910	-83.0	-15.3	1.56	0.23	107.9	19.9	2.02	0.30	0.36	OK	6.16	0.08	6.16	OK
21909	-84.3	-15.6	1.50	0.30	109.6	20.2	1.95	0.39	0.37	OK	6.06	0.10	6.06	OK
23020	-85.8	-15.8	1.42	0.36	111.5	20.6	1.85	0.47	0.37	OK	5.93	0.12	5.94	OK
23020	-85.8	-15.8	1.42	0.33	111.5	20.6	1.85	0.43	0.37	OK	5.93	0.11	5.94	OK
23023	-87.5	-16.2	1.34	0.40	113.8	21.0	1.74	0.51	0.38	OK	5.79	0.13	5.79	OK
23022	-89.5	-16.5	1.24	0.45	116.3	21.5	1.61	0.58	0.39	OK	5.62	0.15	5.63	OK
23021	-91.7	-16.9	1.13	0.49	119.2	22.0	1.47	0.64	0.40	OK	5.44	0.17	5.44	OK
23055	-94.1	-17.4	1.02	0.53	122.3	22.6	1.32	0.69	0.41	OK	5.24	0.18	5.25	OK
23055	-94.1	-17.4	1.02	0.51	122.3	22.6	1.32	0.66	0.41	OK	5.24	0.17	5.25	OK
23058	-96.7	-17.8	0.90	0.54	125.7	23.2	1.17	0.70	0.42	OK	5.03	0.18	5.04	OK
23057	-99.5	-18.4	0.77	0.58	129.3	23.9	1.00	0.75	0.43	OK	4.82	0.20	4.83	OK
23056	-102.4	-18.9	0.63	0.62	133.1	24.6	0.82	0.81	0.44	OK	4.59	0.21	4.61	OK
23054	-105.5	-19.5	0.49	0.67	137.2	25.3	0.63	0.87	0.46	OK	4.34	0.23	4.36	OK
23054	-105.5	-19.5	0.49	0.66	137.2	25.3	0.63	0.85	0.46	OK	4.34	0.22	4.36	OK
23043	-108.8	-20.1	0.33	0.75	141.5	26.1	0.42	0.98	0.47	OK	4.07	0.26	4.09	OK
23042	-112.2	-20.7	0.14	0.84	145.9	26.9	0.19	1.10	0.49	OK	3.74	0.29	3.78	OK
23041	-115.7	-21.4	-0.06	0.91	150.5	27.8	0.07	1.19	0.50	OK	3.65	0.31	3.69	OK
23040	-119.4	-22.0	-0.27	0.96	155.2	28.6	0.35	1.24	0.52	OK	4.26	0.33	4.30	OK
23040	-119.4	-22.0	-0.27	0.95	155.2	28.7	0.35	1.23	0.52	OK	4.26	0.32	4.30	OK
22983	-123.1	-22.7	-0.48	0.91	160.1	29.5	0.63	1.18	0.53	OK	4.87	0.31	4.90	OK
22982	-127.0	-23.4	-0.68	0.84	165.0	30.5	0.89	1.09	0.55	OK	5.45	0.29	5.48	OK
22981	-130.8	-24.1	-0.87	0.76	170.1	31.4	1.13	0.98	0.57	OK	6.00	0.26	6.01	OK
23000	-134.8	-24.9	-1.03	0.66	175.2	32.3	1.34	0.85	0.58	OK	6.50	0.22	6.51	OK
23000	-134.8	-24.9	-1.03	0.67	175.2	32.3	1.34	0.87	0.58	OK	6.50	0.23	6.51	OK

Nodo	Sollecitazioni caratteristiche				Sollecitazioni di progetto SLU				Verifica spritz-beton		Verifica centine metalliche			
	N <sub>sk,sb</sub> (kN/m)	N <sub>sk,cent</sub> (kN/m)	M <sub>sk,cent</sub> (kNm/m)	T <sub>sk,cent</sub> (kN/m)	N <sub>sd,sb</sub> (kN/m)	N <sub>sd,cent</sub> (kN/m)	M <sub>sd,cent</sub> (kNm/m)	T <sub>sd,cent</sub> (kN/m)	σ <sub>sb,d</sub> (MPa)	Esito verifica	σ <sub>cent,d</sub> (MPa)	τ <sub>cent,d</sub> (MPa)	σ <sub>id,cent,d</sub> (MPa)	Esito verifica
23003	-138.8	-25.6	-1.17	0.60	180.4	33.3	1.52	0.78	0.60	OK	6.95	0.20	6.96	OK
23002	-142.8	-26.4	-1.30	0.55	185.7	34.3	1.69	0.72	0.62	OK	7.38	0.19	7.39	OK
23001	-146.9	-27.1	-1.42	0.52	191.0	35.2	1.85	0.67	0.64	OK	7.79	0.18	7.80	OK
23078	-151.0	-27.9	-1.54	0.49	196.4	36.2	2.00	0.63	0.65	OK	8.19	0.17	8.19	OK
23078	-151.0	-27.9	-1.54	0.49	196.4	36.2	2.00	0.64	0.65	OK	8.19	0.17	8.19	OK
23077	-155.2	-28.7	-1.65	0.47	201.8	37.2	2.14	0.61	0.67	OK	8.57	0.16	8.57	OK
23076	-159.5	-29.4	-1.75	0.46	207.3	38.3	2.28	0.59	0.69	OK	8.95	0.16	8.95	OK
23075	-163.8	-30.2	-1.86	0.46	213.0	39.3	2.42	0.60	0.71	OK	9.32	0.16	9.33	OK
23108	-168.3	-31.1	-1.97	0.51	218.7	40.4	2.56	0.66	0.73	OK	9.71	0.17	9.71	OK
23108	-168.3	-31.1	-1.97	0.49	218.8	40.4	2.56	0.64	0.73	OK	9.71	0.17	9.71	OK
23112	-172.8	-31.9	-2.09	0.58	224.6	41.5	2.72	0.76	0.75	OK	10.13	0.20	10.14	OK
23111	-177.4	-32.7	-2.24	0.74	230.6	42.6	2.91	0.97	0.77	OK	10.62	0.25	10.63	OK
23110	-182.1	-33.6	-2.43	0.96	236.8	43.7	3.16	1.25	0.79	OK	11.22	0.33	11.24	OK
23109	-187.0	-34.5	-2.68	1.28	243.1	44.9	3.49	1.66	0.81	OK	11.95	0.44	11.98	OK
23109	-187.0	-34.5	-2.68	1.23	243.1	44.9	3.49	1.60	0.81	OK	11.95	0.42	11.98	OK
23097	-192.1	-35.5	-3.02	1.72	249.8	46.1	3.93	2.23	0.83	OK	12.90	0.58	12.94	OK
23096	-197.4	-36.4	-3.48	2.32	256.6	47.4	4.52	3.01	0.86	OK	14.13	0.79	14.20	OK
23095	-202.9	-37.5	-4.09	3.08	263.8	48.7	5.32	4.00	0.88	OK	15.73	1.05	15.83	OK
23170	-208.7	-38.5	-4.89	3.90	271.3	50.1	6.36	5.07	0.90	OK	17.78	1.33	17.93	OK
23170	-208.7	-38.5	-4.89	3.97	271.3	50.1	6.36	5.16	0.90	OK	17.78	1.35	17.93	OK
23173	-214.7	-39.6	-5.91	4.95	279.2	51.5	7.68	6.44	0.93	OK	20.33	1.69	20.54	OK
23172	-221.0	-40.8	-7.14	5.77	287.3	53.0	9.28	7.49	0.96	OK	23.40	1.97	23.65	OK
23171	-227.6	-42.0	-8.51	6.24	295.8	54.6	11.07	8.11	0.99	OK	26.81	2.13	27.06	OK
23184	-234.3	-43.2	-9.95	6.27	304.6	56.2	12.94	8.16	1.02	OK	30.38	2.14	30.61	OK
23184	-234.3	-43.2	-9.95	6.12	304.6	56.2	12.94	7.95	1.02	OK	30.38	2.09	30.59	OK
23188	-241.9	-44.6	-11.79	8.45	314.5	58.0	15.33	10.99	1.05	OK	34.92	2.88	35.27	OK
23187	-249.7	-46.1	-14.14	10.15	324.6	59.9	18.38	13.20	1.08	OK	40.64	3.46	41.08	OK
23373	-124.9	-23.0	0.00	-42.43	162.3	30.0	0.00	55.16	0.54	OK	3.79	14.47	25.35	OK
23186	-257.6	-47.5	-16.84	11.24	334.8	61.8	21.89	14.62	1.12	OK	47.19	3.83	47.65	OK
23374	-157.0	-29.0	-18.08	-33.65	204.1	37.7	23.51	43.75	0.68	OK	47.05	11.48	51.07	OK
23185	-265.5	-49.0	-19.73	11.52	345.1	63.7	25.65	14.98	1.15	OK	54.20	3.93	54.63	OK
23185	-265.5	-49.0	-19.73	11.77	345.2	63.7	25.65	15.30	1.15	OK	54.20	4.01	54.65	OK
23153	-273.2	-50.4	-22.74	12.17	355.1	65.5	29.56	15.82	1.18	OK	61.47	4.15	61.89	OK
23375	-175.6	-32.4	-27.21	-17.28	228.2	42.1	35.37	22.47	0.76	OK	68.95	5.89	69.70	OK
23152	-280.7	-51.8	-25.69	11.00	365.0	67.4	33.39	14.30	1.22	OK	68.58	3.75	68.89	OK
23151	-288.0	-53.2	-28.11	7.99	374.4	69.1	36.54	10.38	1.25	OK	74.46	2.72	74.61	OK
23376	-201.7	-37.2	-37.06	-28.58	262.3	48.4	48.18	37.15	0.87	OK	92.78	9.75	94.30	OK
23676	-294.8	-54.4	-29.54	3.09	383.3	70.7	38.40	4.02	1.28	OK	78.01	1.05	78.03	OK
23676	-294.6	-54.4	-29.54	3.59	383.0	70.7	38.40	4.67	1.28	OK	78.01	1.22	78.04	OK
23679	-298.3	-55.1	-30.03	2.23	387.8	71.6	39.03	2.90	1.29	OK	79.27	0.76	79.28	OK
23377	-256.8	-47.4	-61.97	-102.81	333.8	61.6	80.56	133.65	1.11	OK	152.69	35.06	164.32	OK
23377	-307.5	-56.8	-61.97	62.98	399.7	73.8	80.56	81.87	1.33	OK	154.23	21.48	158.65	OK
23678	-301.2	-55.6	-30.29	0.98	391.6	72.3	39.38	1.27	1.31	OK	79.98	0.33	79.98	OK
22756	-308.0	-56.9	-51.28	47.70	400.4	73.9	66.67	62.01	1.33	OK	129.26	16.27	132.30	OK
23677	-303.5	-56.0	-30.37	-0.04	394.5	72.8	39.48	0.06	1.32	OK	80.22	0.02	80.22	OK
22757	-308.4	-56.9	-43.37	34.38	401.0	74.0	56.39	44.70	1.34	OK	110.78	11.73	112.63	OK
23694	-305.1	-56.3	-30.30	-0.69	396.7	73.2	39.39	0.90	1.32	OK	80.11	0.24	80.11	OK
23694	-305.1	-56.3	-30.30	-1.33	396.6	73.2	39.39	1.74	1.32	OK	80.11	0.46	80.12	OK
22758	-308.6	-57.0	-37.83	23.24	401.2	74.1	49.18	30.22	1.34	OK	97.82	7.93	98.78	OK



Nodo	Sollecitazioni caratteristiche				Sollecitazioni di progetto SLU				Verifica spritz-beton		Verifica centine metalliche			
	N <sub>sk, sb</sub> (kN/m)	N <sub>sk, cent</sub> (kN/m)	M <sub>sk, cent</sub> (kNm/m)	T <sub>sk, cent</sub> (kN/m)	N <sub>sd, sb</sub> (kN/m)	N <sub>sd, cent</sub> (kN/m)	M <sub>sd, cent</sub> (kNm/m)	T <sub>sd, cent</sub> (kN/m)	σ <sub>sb, d</sub> (MPa)	Esito verifica	σ <sub>cent, d</sub> (MPa)	τ <sub>cent, d</sub> (MPa)	σ <sub>id, cent, d</sub> (MPa)	Esito verifica
23693	-306.8	-56.6	-30.27	1.14	398.8	73.6	39.35	1.48	1.33	OK	80.08	0.39	80.08	OK
23690	-308.6	-57.0	-34.22	14.67	401.1	74.0	44.48	19.07	1.34	OK	89.37	5.00	89.79	OK
23690	-308.5	-56.9	-34.22	14.51	401.1	74.0	44.48	18.86	1.34	OK	89.37	4.95	89.78	OK
23692	-307.8	-56.8	-30.78	4.65	400.2	73.9	40.02	6.04	1.33	OK	81.32	1.58	81.37	OK
23691	-308.4	-56.9	-32.04	9.16	401.0	74.0	41.65	11.91	1.34	OK	84.28	3.12	84.45	OK

***FASE 5: Verifiche del rivestimento definitivo di arco rovescio allo SLE***

NODO E COORD.POLARI			AZIONI INTERNE SLE			VERIFICA CONGLOMERATO SLE					VERIFICA ACCIAIO SLE					VERIFICA FESSURAZIONE		
Nodo	$\alpha$ [°]	R [m]	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	$\sigma_{c,sup}$ [MPa]	$\sigma_{c,inf}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim,R}$ Fl [MPa]	Esito verifica	$\sigma_{s,sup}$ [MPa]	$\sigma_{s,inf}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim,R}$ Fl [MPa]	Esito verifica	w <sub>max</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	Esito verifica
11892	0.039	7.59 4	-22	0	78	0.00	-0.38	11.25	10.00	OK	-5.7	-5.7	360.0	337.5	OK	0.01	0.20	OK
11896	0.854	7.64 6	-23	-7	34	0.00	-0.07	11.25	10.00	OK	-10.3	-1.8	360.0	337.5	OK	0.01	0.20	OK
11897	1.665	7.69 8	10	-9	-1	0.00	0.09	11.25	10.00	OK	-2.8	1.0	360.0	337.5	OK	0.00	0.20	OK
11898	2.470	7.74 9	53	-7	-24	0.01	0.09	11.25	10.00	OK	0.3	1.2	360.0	337.5	OK	0.00	0.20	OK
12022	3.272	7.80 1	181	-3	7	0.15	0.19	11.25	10.00	OK	2.4	2.8	360.0	337.5	OK	0.00	0.20	OK
12022	3.272	7.80 1	80	-3	-31	0.06	0.09	11.25	10.00	OK	0.9	1.4	360.0	337.5	OK	0.00	0.20	OK
12023	5.188	7.80 1	169	-6	14	0.13	0.19	11.25	10.00	OK	2.0	2.8	360.0	337.5	OK	0.00	0.20	OK
12024	7.105	7.80 1	164	-12	33	0.09	0.22	11.25	10.00	OK	1.5	3.1	360.0	337.5	OK	0.00	0.20	OK
12025	9.021	7.80 1	173	-24	62	0.04	0.29	11.25	10.00	OK	0.9	4.1	360.0	337.5	OK	0.00	0.20	OK
13732	10.937	7.80 1	202	-45	105	0.00	0.44	11.25	10.00	OK	-0.4	6.0	360.0	337.5	OK	0.00	0.20	OK
13732	10.937	7.80 1	190	-45	117	0.00	0.44	11.25	10.00	OK	-0.7	5.9	360.0	337.5	OK	0.00	0.20	OK
13733	12.854	7.80 1	260	-78	149	0.00	0.73	11.25	10.00	OK	-3.8	9.6	360.0	337.5	OK	0.00	0.20	OK
13734	14.770	7.80 1	344	-126	200	0.00	1.20	11.25	10.00	OK	-11.3	15.3	360.0	337.5	OK	0.01	0.20	OK
13735	16.686	7.80 1	635	-179	204	0.00	1.68	11.25	10.00	OK	-6.6	22.2	360.0	337.5	OK	0.00	0.20	OK
14196	18.603	7.80 1	1072	-222	-386	0.00	2.23	11.25	10.00	OK	-0.1	30.4	360.0	337.5	OK	0.00	0.20	OK
14196	18.603	7.80 1	1323	-222	98	0.06	2.46	11.25	10.00	OK	3.9	33.8	360.0	337.5	OK	0.00	0.20	OK
14197	20.212	7.80 1	551	-166	-158	0.00	1.56	11.25	10.00	OK	-8.1	20.5	360.0	337.5	OK	-	-	OK
14198	21.821	7.80 1	341	-141	-78	0.00	1.38	11.25	10.00	OK	-17.1	17.1	360.0	337.5	OK	-	-	OK
14199	23.430	7.80 1	291	-128	-62	0.00	1.26	11.25	10.00	OK	-17.9	15.5	360.0	337.5	OK	-	-	OK
15746	25.039	7.80 1	247	-116	-28	0.00	1.17	11.25	10.00	OK	-18.7	14.1	360.0	337.5	OK	-	-	OK
15746	25.039	7.80 1	271	-116	-35	0.00	1.14	11.25	10.00	OK	-15.4	14.1	360.0	337.5	OK	-	-	OK
15749	26.648	7.80 1	269	-109	-26	0.00	1.07	11.25	10.00	OK	-12.8	13.3	360.0	337.5	OK	-	-	OK
15748	28.257	7.80 1	273	-104	-21	0.00	1.00	11.25	10.00	OK	-10.5	12.7	360.0	337.5	OK	-	-	OK
15747	29.866	7.80 1	279	-100	-18	0.00	0.95	11.25	10.00	OK	-8.5	12.2	360.0	337.5	OK	-	-	OK
17274	31.475	7.80 1	284	-96	-16	0.00	0.91	11.25	10.00	OK	-6.9	11.7	360.0	337.5	OK	-	-	OK
17274	31.475	7.80 1	284	-96	-16	0.00	0.91	11.25	10.00	OK	-6.9	11.7	360.0	337.5	OK	-	-	OK
17275	33.084	7.80 1	288	-93	-15	0.00	0.87	11.25	10.00	OK	-5.7	11.4	360.0	337.5	OK	-	-	OK
17276	34.693	7.80 1	291	-90	-14	0.00	0.84	11.25	10.00	OK	-4.7	11.0	360.0	337.5	OK	-	-	OK
17277	36.302	7.80	294	-87	-13	0.00	0.81	11.25	10.00	OK	-3.9	10.7	360.0	337.5	OK	-	-	OK

NODO E COORD.POLARI			AZIONI INTERNE SLE			VERIFICA CONGLOMERATO SLE					VERIFICA ACCIAIO SLE				VERIFICA FESSURAZIONE			
Nodo	$\alpha$ [°]	R [m]	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	$\sigma_{c,sup}$ [MPa]	$\sigma_{c,inf}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim,R}$ Fl [MPa]	Esito verifica	$\sigma_{s,sup}$ [MPa]	$\sigma_{s,inf}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim,R}$ Fl [MPa]	Esito verifica	w <sub>max</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	Esito verifica
		1																
18098	37.911	7.80 1	293	-84	-12	0.00	0.79	11.25	10.00	OK	-3.3	10.4	360.0	337.5	OK	-	-	OK
18098	37.911	7.80 1	293	-84	-12	0.00	0.79	11.25	10.00	OK	-3.3	10.4	360.0	337.5	OK	-	-	OK
18099	39.520	7.80 1	293	-81	-11	0.00	0.76	11.25	10.00	OK	-2.8	10.1	360.0	337.5	OK	-	-	OK
18100	41.129	7.80 1	294	-79	-9	0.00	0.75	11.25	10.00	OK	-2.4	9.9	360.0	337.5	OK	-	-	OK
18101	42.737	7.80 1	293	-78	-6	0.00	0.73	11.25	10.00	OK	-2.2	9.8	360.0	337.5	OK	-	-	OK
19604	44.346	7.80 1	289	-76	-3	0.00	0.72	11.25	10.00	OK	-2.1	9.6	360.0	337.5	OK	-	-	OK
19604	44.346	7.80 1	290	-76	-4	0.00	0.72	11.25	10.00	OK	-2.1	9.6	360.0	337.5	OK	-	-	OK
19605	45.955	7.80 1	287	-76	-2	0.00	0.72	11.25	10.00	OK	-2.1	9.5	360.0	337.5	OK	-	-	OK
19606	47.564	7.80 1	285	-76	0	0.00	0.71	11.25	10.00	OK	-2.2	9.5	360.0	337.5	OK	-	-	OK
19607	49.173	7.80 1	281	-76	2	0.00	0.72	11.25	10.00	OK	-2.3	9.5	360.0	337.5	OK	-	-	OK
20120	50.782	7.80 1	276	-76	5	0.00	0.72	11.25	10.00	OK	-2.6	9.5	360.0	337.5	OK	-	-	OK
20120	50.782	7.80 1	276	-76	3	0.00	0.72	11.25	10.00	OK	-2.6	9.5	360.0	337.5	OK	-	-	OK
19784	52.391	7.80 1	274	-78	5	0.00	0.73	11.25	10.00	OK	-2.9	9.6	360.0	337.5	OK	-	-	OK
19785	54.000	7.80 1	271	-79	7	0.00	0.74	11.25	10.00	OK	-3.4	9.8	360.0	337.5	OK	-	-	OK
19786	55.609	7.80 1	266	-80	8	0.00	0.75	11.25	10.00	OK	-3.9	9.9	360.0	337.5	OK	-	-	OK
20140	57.218	7.80 1	263	-82	9	0.00	0.77	11.25	10.00	OK	-4.5	10.1	360.0	337.5	OK	-	-	OK
20140	57.218	7.80 1	262	-82	8	0.00	0.77	11.25	10.00	OK	-4.6	10.1	360.0	337.5	OK	-	-	OK
20134	58.827	7.80 1	261	-84	9	0.00	0.79	11.25	10.00	OK	-5.2	10.3	360.0	337.5	OK	-	-	OK
20135	60.436	7.80 1	258	-86	10	0.00	0.82	11.25	10.00	OK	-6.0	10.5	360.0	337.5	OK	-	-	OK
20136	62.045	7.80 1	254	-89	11	0.00	0.84	11.25	10.00	OK	-7.0	10.8	360.0	337.5	OK	-	-	OK
21108	63.654	7.80 1	251	-91	11	0.00	0.87	11.25	10.00	OK	-8.1	11.1	360.0	337.5	OK	-	-	OK
21108	63.654	7.80 1	251	-91	12	0.00	0.87	11.25	10.00	OK	-8.0	11.1	360.0	337.5	OK	-	-	OK
21102	65.263	7.80 1	250	-94	13	0.00	0.90	11.25	10.00	OK	-9.1	11.4	360.0	337.5	OK	-	-	OK
21103	66.872	7.80 1	247	-97	14	0.00	0.94	11.25	10.00	OK	-10.4	11.8	360.0	337.5	OK	-	-	OK
21104	68.481	7.80 1	243	-100	15	0.00	0.98	11.25	10.00	OK	-12.2	12.2	360.0	337.5	OK	-	-	OK
21572	70.090	7.80 1	240	-104	17	0.00	1.02	11.25	10.00	OK	-14.1	12.6	360.0	337.5	OK	-	-	OK
21572	70.090	7.80 1	239	-104	16	0.00	1.02	11.25	10.00	OK	-14.2	12.6	360.0	337.5	OK	-	-	OK
21566	71.699	7.80 1	238	-107	17	0.00	1.07	11.25	10.00	OK	-16.0	13.1	360.0	337.5	OK	-	-	OK
21567	73.308	7.80 1	233	-111	17	0.00	1.12	11.25	10.00	OK	-18.4	13.5	360.0	337.5	OK	-	-	OK
21568	74.917	7.80	226	-115	17	0.00	1.17	11.25	10.00	OK	-21.3	13.9	360.0	337.5	OK	-	-	OK

NODO E COORD.POLARI			AZIONI INTERNE SLE			VERIFICA CONGLOMERATO SLE					VERIFICA ACCIAIO SLE					VERIFICA FESSURAZIONE		
Nodo	$\alpha$ [°]	R [m]	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	$\sigma_{c,sup}$ [MPa]	$\sigma_{c,inf}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim,R}$ Fl [MPa]	Esito verifica	$\sigma_{s,sup}$ [MPa]	$\sigma_{s,inf}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim,R}$ Fl [MPa]	Esito verifica	w <sub>max</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	Esito verifica
		1																
21592	76.526	7.80 1	220	-118	17	0.00	1.22	11.25	10.00	OK	-24.2	14.4	360.0	337.5	OK	-	-	OK
21592	76.526	7.80 1	221	-118	18	0.00	1.22	11.25	10.00	OK	-24.1	14.4	360.0	337.5	OK	-	-	OK
21586	78.135	7.80 1	213	-122	18	0.00	1.28	11.25	10.00	OK	-27.6	14.8	360.0	337.5	OK	-	-	OK
21587	79.744	7.80 1	205	-126	20	0.00	1.33	11.25	10.00	OK	-31.4	15.2	360.0	337.5	OK	-	-	OK
21588	81.353	7.80 1	199	-131	24	0.00	1.40	11.25	10.00	OK	-35.2	15.7	360.0	337.5	OK	-	-	OK
21918	82.962	7.80 1	185	-137	26	0.00	1.48	11.25	10.00	OK	-41.6	16.2	360.0	337.5	OK	-	-	OK
21918	82.962	7.80 1	200	-137	32	0.00	1.47	11.25	10.00	OK	-38.4	16.4	360.0	337.5	OK	-	-	OK
21912	84.571	7.80 1	223	-148	57	0.00	1.57	11.25	10.00	OK	-39.9	17.7	360.0	337.5	OK	-	-	OK
21913	86.180	7.80 1	285	-161	78	0.00	1.67	11.25	10.00	OK	-35.4	19.5	360.0	337.5	OK	-	-	OK
21914	87.789	7.80 1	498	-186	157	0.00	1.79	11.25	10.00	OK	-17.7	22.7	360.0	337.5	OK	-	-	OK
22726	89.398	7.80 1	1235	-240	-140	0.00	2.47	11.25	10.00	OK	1.3	33.8	360.0	337.5	OK	0.00	0.20	OK
22726	89.398	7.80 1	993	-240	364	0.00	2.30	11.25	10.00	OK	-3.9	31.0	360.0	337.5	OK	0.00	0.20	OK
22720	91.314	7.80 1	576	-190	-218	0.00	1.79	11.25	10.00	OK	-12.4	23.2	360.0	337.5	OK	0.01	0.20	OK
22721	93.230	7.80 1	296	-135	-201	0.00	1.35	11.25	10.00	OK	-20.7	16.5	360.0	337.5	OK	0.02	0.20	OK
22722	95.147	7.80 1	215	-88	-150	0.00	0.86	11.25	10.00	OK	-10.5	10.7	360.0	337.5	OK	0.01	0.20	OK
23349	97.063	7.80 1	163	-54	-109	0.00	0.51	11.25	10.00	OK	-3.6	6.6	360.0	337.5	OK	0.00	0.20	OK
23349	97.063	7.80 1	155	-54	-124	0.00	0.51	11.25	10.00	OK	-4.2	6.6	360.0	337.5	OK	0.00	0.20	OK
23343	98.979	7.80 1	137	-31	-70	0.00	0.30	11.25	10.00	OK	-0.3	4.1	360.0	337.5	OK	0.00	0.20	OK
23344	100.89 6	7.80 1	126	-17	-41	0.03	0.21	11.25	10.00	OK	0.7	2.9	360.0	337.5	OK	0.00	0.20	OK
23345	102.81 2	7.80 1	125	-9	-22	0.07	0.17	11.25	10.00	OK	1.2	2.4	360.0	337.5	OK	0.00	0.20	OK
23363	104.72 8	7.80 1	68	-5	16	0.04	0.09	11.25	10.00	OK	0.7	1.3	360.0	337.5	OK	0.00	0.20	OK
23363	104.72 8	7.80 1	133	-5	-13	0.10	0.15	11.25	10.00	OK	1.6	2.2	360.0	337.5	OK	0.00	0.20	OK
22740	105.53 0	7.75 0	46	-6	12	0.01	0.08	11.25	10.00	OK	0.2	1.1	360.0	337.5	OK	0.00	0.20	OK
22741	106.33 6	7.69 8	13	-7	-4	0.00	0.07	11.25	10.00	OK	-1.4	0.8	360.0	337.5	OK	0.00	0.20	OK
22742	107.14 6	7.64 6	-13	-5	-28	0.00	0.02	11.25	10.00	OK	-6.5	-0.3	360.0	337.5	OK	0.01	0.20	OK
22746	107.96 1	7.59 4	-13	0	-56	-0.22	0.00	11.25	10.00	OK	-3.3	-3.3	360.0	337.5	OK	0.00	0.20	OK

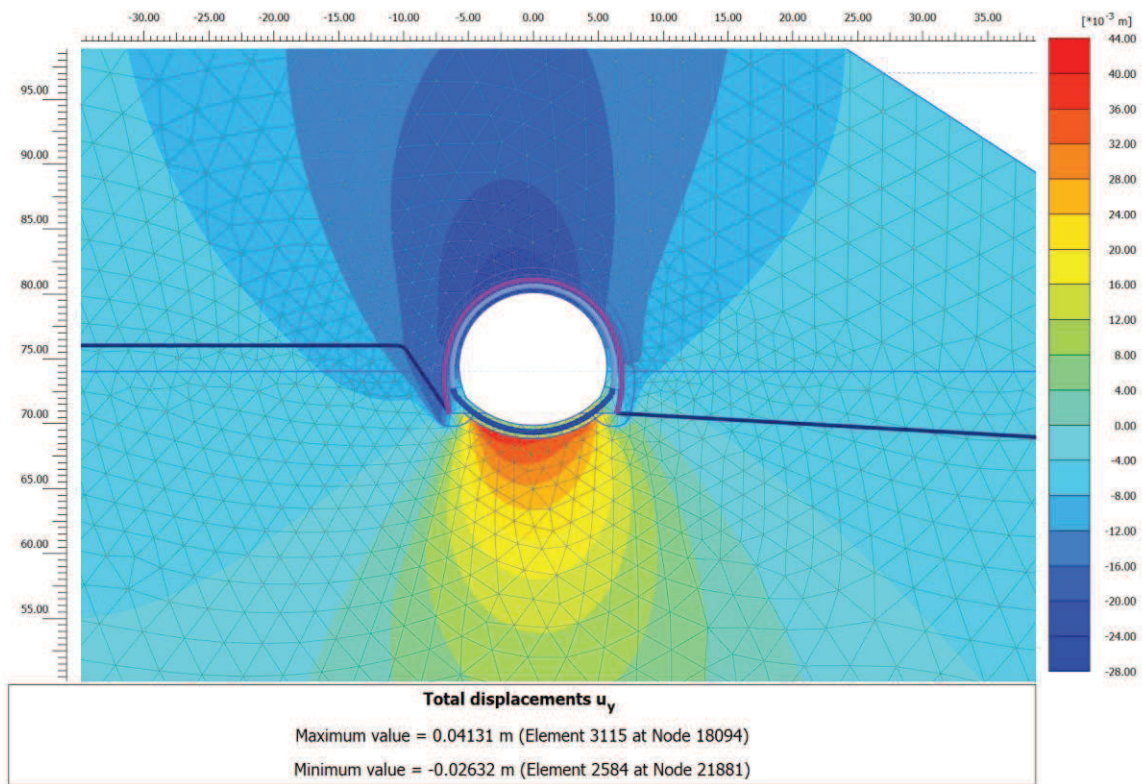
***FASE 5: Verifiche del rivestimento definitivo di arco rovescio allo SLU***

NODO E COORD.POLARI			AZIONI INTERNE SLU			PRESSOFLESSIONE SLU		TAGLIO SENZA ARM.		TAGLIO CON ARM. TRASVERSALE		
Nodo	$\alpha$ [°]	R [m]	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	$M_{Rd}$ [kNm]	Esito verifica	$V_{Rd}$ [kN]	Esito verifica	$V_{Rsd}$ [kN]	$V_{Rcd}$ [kN]	Esito verifica
11892	0.039	7.594	-28	0	102	-655	OK	281	OK	873	3550	OK
11896	0.854	7.646	-30.13	-8.71	44.20	-654	OK	281	OK	873	3550	OK
11897	1.665	7.698	13.61	-11.06	-1.88	-672	OK	287	OK	873	3552	OK
11898	2.470	7.749	69.35	-8.91	-31.74	-696	OK	294	OK	873	3559	OK
12022	3.272	7.801	235.12	-4.30	8.80	-766	OK	317	OK	873	3583	OK
12022	3.272	7.801	103.44	-4.30	-40.79	-710	OK	299	OK	873	3564	OK
12023	5.188	7.801	219.51	-7.64	18.83	-759	OK	315	OK	873	3581	OK
12024	7.105	7.801	213.68	-15.28	42.45	-757	OK	314	OK	873	3580	OK
12025	9.021	7.801	225.52	-31.09	81.07	-762	OK	316	OK	873	3582	OK
13732	10.937	7.801	262.91	-59.03	136.09	-777	OK	321	OK	873	3587	OK
13732	10.937	7.801	247.38	-59.03	152.73	-771	OK	319	OK	873	3585	OK
13733	12.854	7.801	337.77	-101.84	193.88	-809	OK	331	OK	873	3598	OK
13734	14.770	7.801	447.65	-163.61	259.61	-855	OK	346	OK	873	3613	OK
13735	16.686	7.801	825.51	-232.09	265.50	-1012	OK	398	OK	873	3667	OK
14196	18.603	7.801	1393.29	-288.34	-501.65	-1243	OK	476	KO	873	3747	OK
14196	18.603	7.801	1719.84	-288.34	127.12	-1370	OK	521	OK	873	3794	OK
14197	20.212	7.801	716.16	-216.38	-205.62	-967	OK	383	OK	873	3651	OK
14198	21.821	7.801	443.86	-182.93	-101.07	-854	OK	346	OK	873	3613	OK
14199	23.430	7.801	378.12	-165.99	-80.50	-826	OK	337	OK	873	3603	OK
15746	25.039	7.801	320.67	-150.73	-36.40	-802	OK	329	OK	873	3595	OK
15746	25.039	7.801	352.16	-150.73	-45.19	-815	OK	333	OK	873	3600	OK
15749	26.648	7.801	350.34	-142.14	-34.09	-814	OK	333	OK	873	3599	OK
15748	28.257	7.801	355.23	-135.47	-27.12	-816	OK	333	OK	873	3600	OK
15747	29.866	7.801	362.97	-130.03	-23.24	-820	OK	334	OK	873	3601	OK
17274	31.475	7.801	369.00	-125.16	-20.17	-822	OK	335	OK	873	3602	OK
17274	31.475	7.801	369.67	-125.16	-21.39	-822	OK	335	OK	873	3602	OK
17275	33.084	7.801	373.81	-120.79	-19.60	-824	OK	336	OK	873	3603	OK
17276	34.693	7.801	378.68	-116.59	-18.67	-826	OK	337	OK	873	3603	OK
17277	36.302	7.801	381.81	-112.63	-17.42	-828	OK	337	OK	873	3604	OK
18098	37.911	7.801	380.56	-108.98	-15.36	-827	OK	337	OK	873	3604	OK
18098	37.911	7.801	381.44	-108.98	-15.92	-827	OK	337	OK	873	3604	OK
18099	39.520	7.801	381.37	-105.76	-13.76	-827	OK	337	OK	873	3604	OK
18100	41.129	7.801	381.88	-103.02	-11.26	-828	OK	337	OK	873	3604	OK
18101	42.737	7.801	380.78	-100.86	-8.39	-827	OK	337	OK	873	3604	OK
19604	44.346	7.801	375.81	-99.33	-4.55	-825	OK	336	OK	873	3603	OK
19604	44.346	7.801	376.75	-99.33	-5.67	-825	OK	336	OK	873	3603	OK
19605	45.955	7.801	372.91	-98.53	-2.47	-824	OK	336	OK	873	3603	OK
19606	47.564	7.801	369.87	-98.31	0.31	-822	OK	335	OK	873	3602	OK
19607	49.173	7.801	365.58	-98.64	2.78	-821	OK	335	OK	873	3601	OK
20120	50.782	7.801	358.95	-99.42	6.20	-818	OK	334	OK	873	3601	OK
20120	50.782	7.801	358.94	-99.42	3.96	-818	OK	334	OK	873	3601	OK
19784	52.391	7.801	356.28	-100.82	6.95	-817	OK	334	OK	873	3600	OK
19785	54.000	7.801	351.70	-102.56	8.71	-815	OK	333	OK	873	3600	OK
19786	55.609	7.801	346.20	-104.62	10.24	-813	OK	332	OK	873	3599	OK
20140	57.218	7.801	341.69	-106.92	12.22	-811	OK	332	OK	873	3598	OK
20140	57.218	7.801	340.80	-106.92	10.32	-810	OK	331	OK	873	3598	OK
20134	58.827	7.801	339.15	-109.57	12.32	-810	OK	331	OK	873	3598	OK
20135	60.436	7.801	334.93	-112.41	13.43	-808	OK	331	OK	873	3597	OK
20136	62.045	7.801	330.17	-115.45	14.51	-806	OK	330	OK	873	3596	OK
21108	63.654	7.801	326.00	-118.67	14.55	-804	OK	329	OK	873	3596	OK

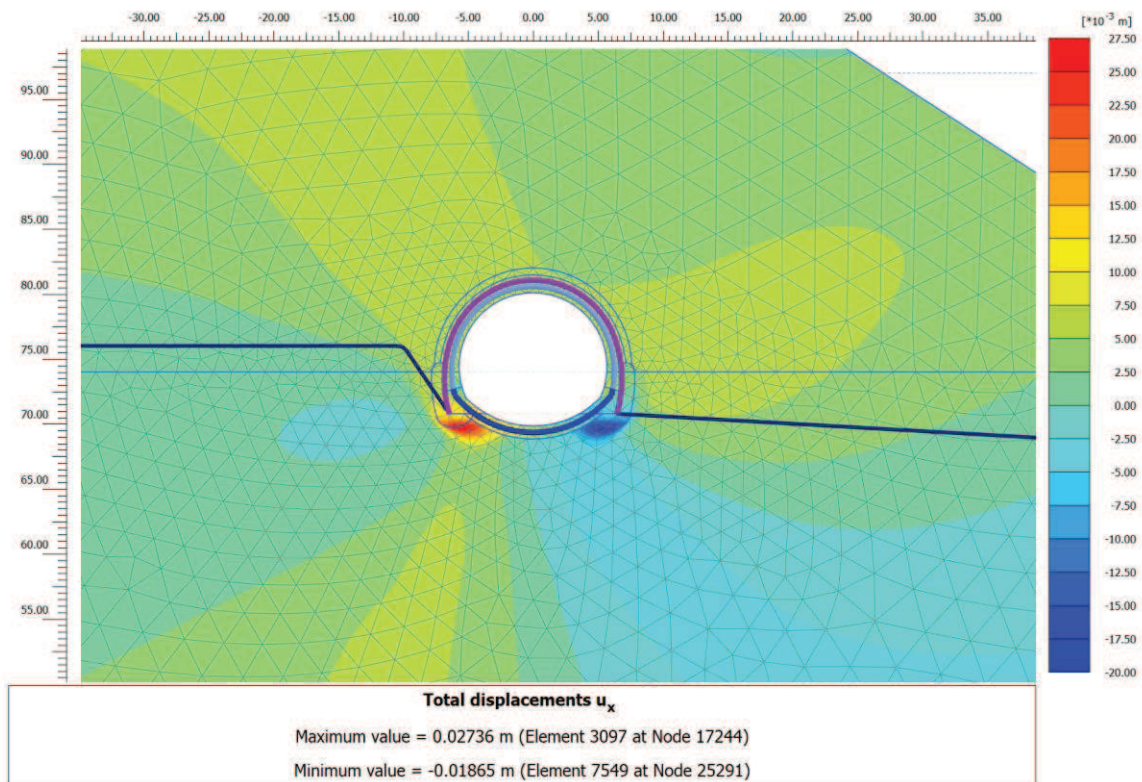
NODO E COORD.POLARI			AZIONI INTERNE SLU			PRESSOFLESSIONE SLU		TAGLIO SENZA ARM.		TAGLIO CON ARM. TRASVERSALE		
Nodo	$\alpha$ [°]	R [m]	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	$M_{Rd}$ [kNm]	Esito verifica	$V_{Rd}$ [kN]	Esito verifica	$V_{Rsd}$ [kN]	$V_{Rcd}$ [kN]	Esito verifica
21108	63.654	7.801	326.82	-118.67	16.11	-804	OK	330	OK	873	3596	OK
21102	65.263	7.801	325.54	-122.23	16.71	-804	OK	329	OK	873	3596	OK
21103	66.872	7.801	321.70	-126.09	18.41	-802	OK	329	OK	873	3595	OK
21104	68.481	7.801	316.51	-130.29	20.09	-800	OK	328	OK	873	3595	OK
21572	70.090	7.801	311.94	-134.79	21.52	-798	OK	327	OK	873	3594	OK
21572	70.090	7.801	311.14	-134.79	20.61	-798	OK	327	OK	873	3594	OK
21566	71.699	7.801	309.26	-139.51	21.63	-797	OK	327	OK	873	3593	OK
21567	73.308	7.801	302.70	-144.29	21.99	-794	OK	326	OK	873	3593	OK
21568	74.917	7.801	294.28	-149.12	22.15	-791	OK	325	OK	873	3591	OK
21592	76.526	7.801	286.02	-153.94	21.64	-787	OK	324	OK	873	3590	OK
21592	76.526	7.801	286.87	-153.94	23.11	-788	OK	324	OK	873	3590	OK
21586	78.135	7.801	276.84	-159.07	23.74	-783	OK	323	OK	873	3589	OK
21587	79.744	7.801	265.91	-164.44	25.94	-779	OK	321	OK	873	3587	OK
21588	81.353	7.801	258.76	-170.66	31.25	-776	OK	320	OK	873	3586	OK
21918	82.962	7.801	239.85	-178.48	33.40	-768	OK	318	OK	873	3584	OK
21918	82.962	7.801	260.07	-178.48	41.16	-776	OK	320	OK	873	3586	OK
21912	84.571	7.801	289.81	-192.24	74.40	-789	OK	324	OK	873	3591	OK
21913	86.180	7.801	369.86	-208.93	101.39	-822	OK	335	OK	873	3602	OK
21914	87.789	7.801	647.66	-242.19	204.23	-939	OK	374	OK	873	3642	OK
22726	89.398	7.801	1604.98	-311.63	-181.97	-1326	OK	505	OK	873	3777	OK
22726	89.398	7.801	1290.92	-311.63	472.76	-1202	OK	462	KO	873	3733	OK
22720	91.314	7.801	748.84	-246.60	-282.79	-981	OK	387	OK	873	3656	OK
22721	93.230	7.801	384.40	-175.88	-261.17	-829	OK	337	OK	873	3604	OK
22722	95.147	7.801	279.51	-114.24	-194.61	-784	OK	323	OK	873	3589	OK
23349	97.063	7.801	211.65	-70.34	-141.87	-756	OK	314	OK	873	3580	OK
23349	97.063	7.801	202.00	-70.34	-160.56	-752	OK	312	OK	873	3578	OK
23343	98.979	7.801	177.83	-40.23	-90.97	-742	OK	309	OK	873	3575	OK
23344	100.896	7.801	163.25	-21.77	-52.87	-735	OK	307	OK	873	3573	OK
23345	102.812	7.801	163.07	-11.48	-28.13	-735	OK	307	OK	873	3573	OK
23363	104.728	7.801	87.92	-5.87	21.30	-704	OK	297	OK	873	3562	OK
23363	104.728	7.801	172.44	-5.87	-17.28	-739	OK	308	OK	873	3574	OK
22740	105.530	7.750	59.58	-8.27	15.35	-692	OK	293	OK	873	3558	OK
22741	106.336	7.698	16.89	-8.94	-5.37	-674	OK	287	OK	873	3552	OK
22742	107.146	7.646	-16.40	-6.56	-36.35	-660	OK	282	OK	873	3550	OK
22746	107.961	7.594	-16.53	0.00	-73.05	659	OK	282	OK	873	3550	OK



## RISULTATI FASE 6 – Installazione rivestimento definitivo di calotta

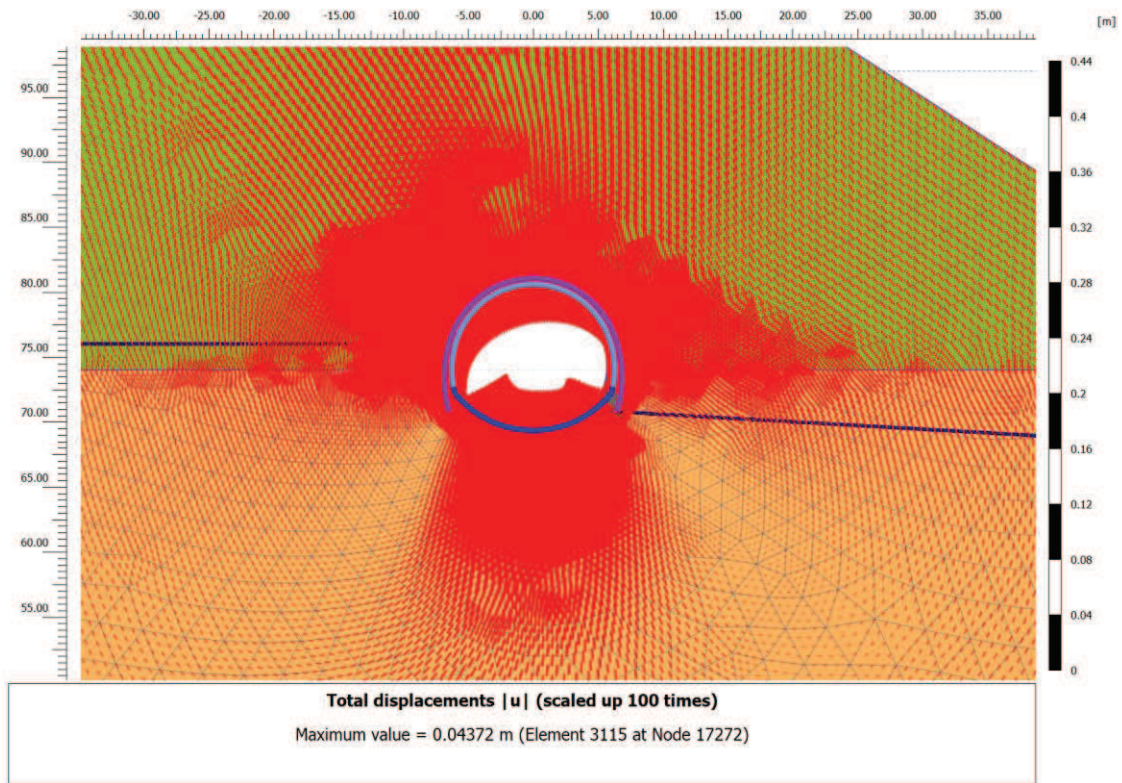


### Fase 6 – Spostamenti verticali totali

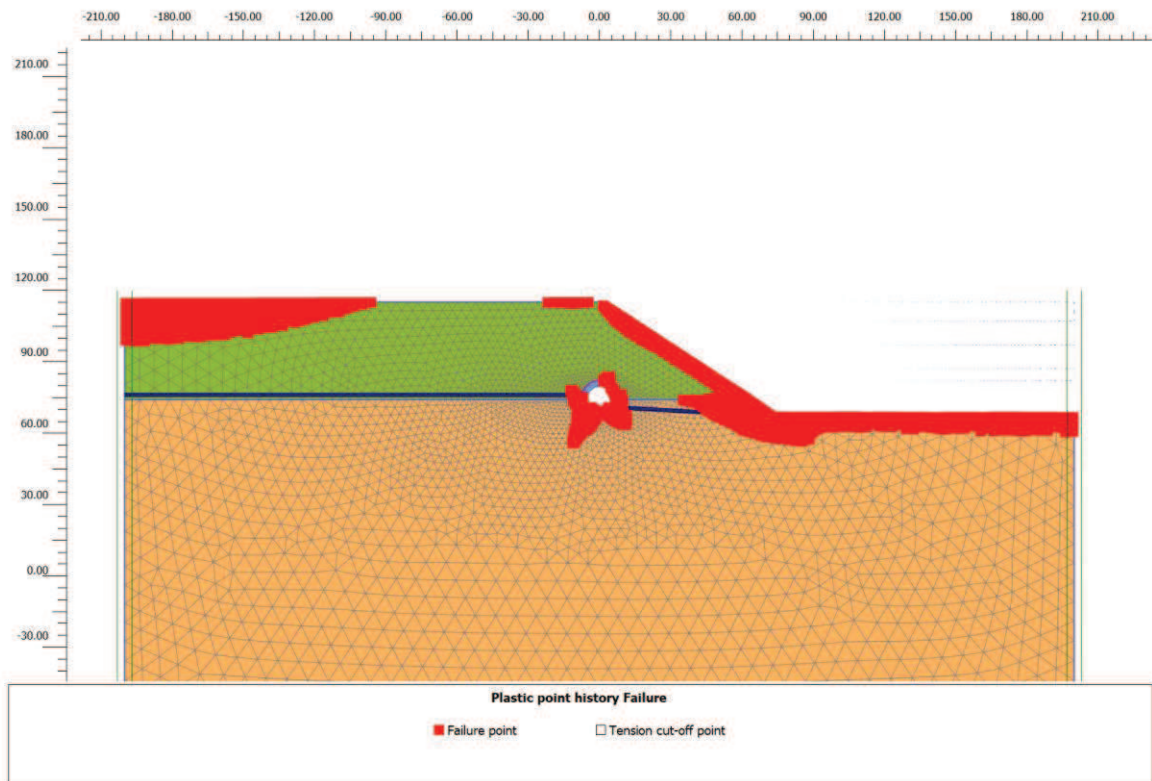


### Fase 6 – Spostamenti orizzontali totali

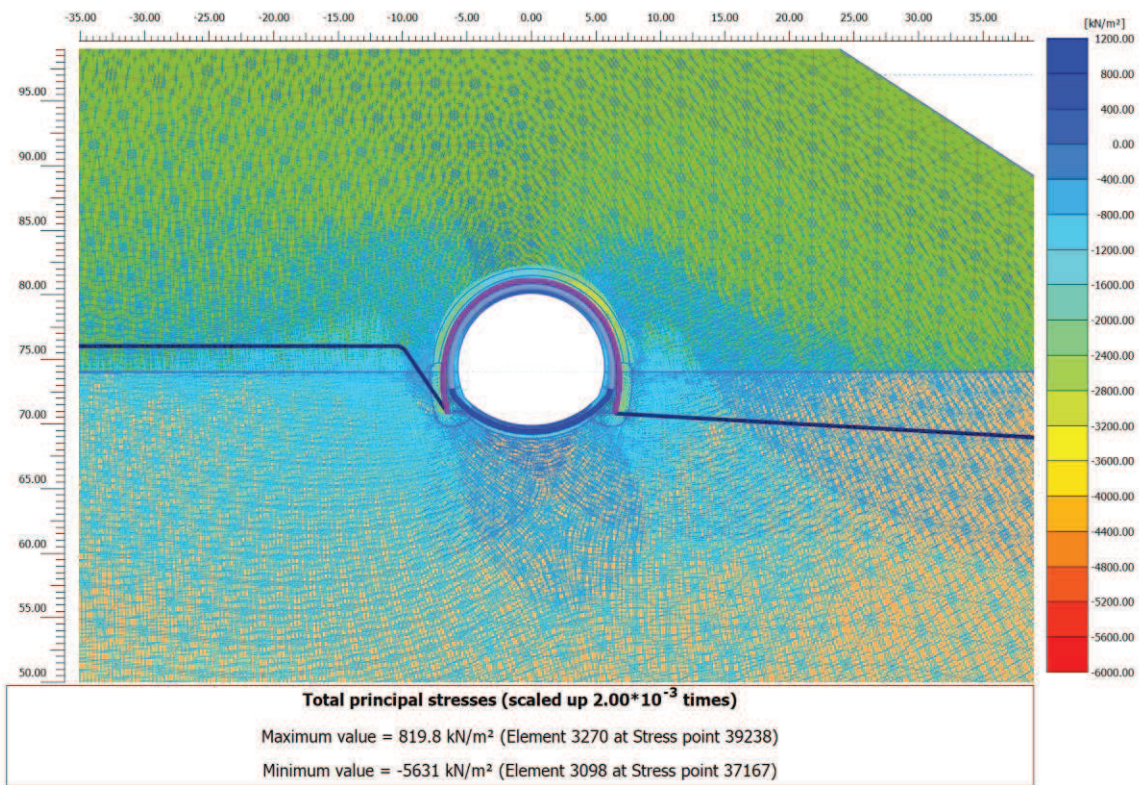




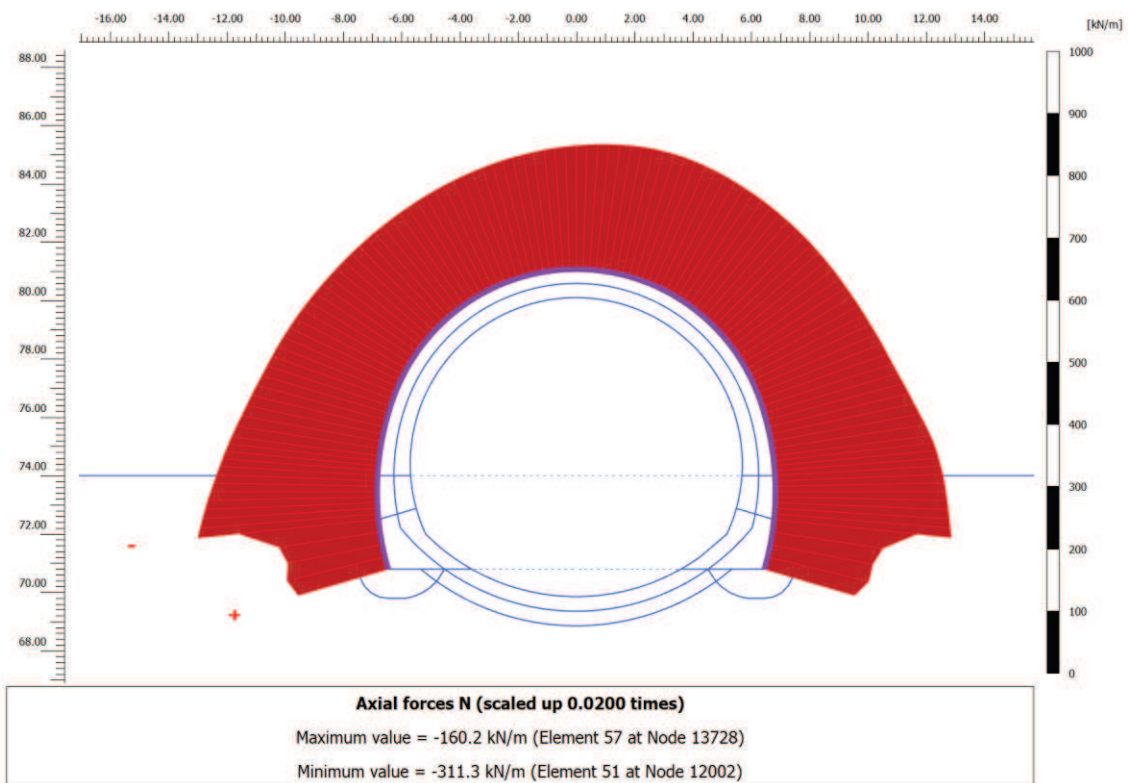
**Fase 6 – Vettori spostamento totale**



**Fase 6 – Zone plastiche**

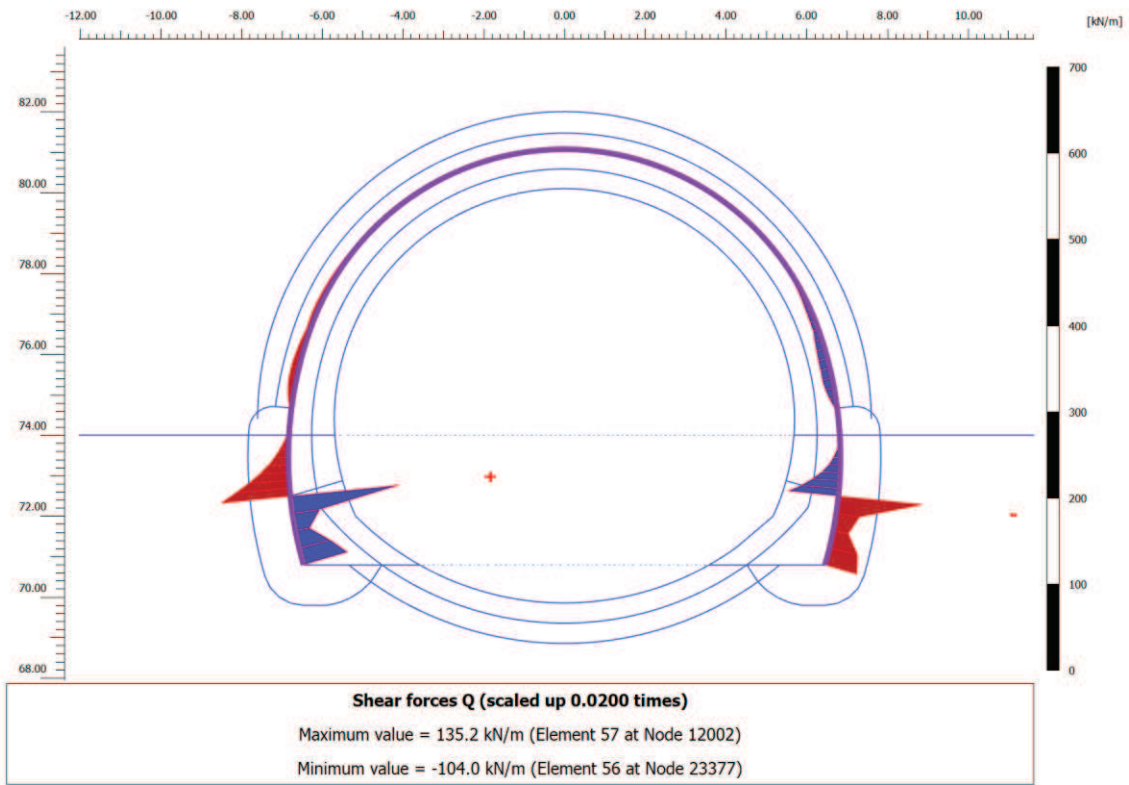


### Fase 6 – Orientazione delle direzioni principali dello sforzo

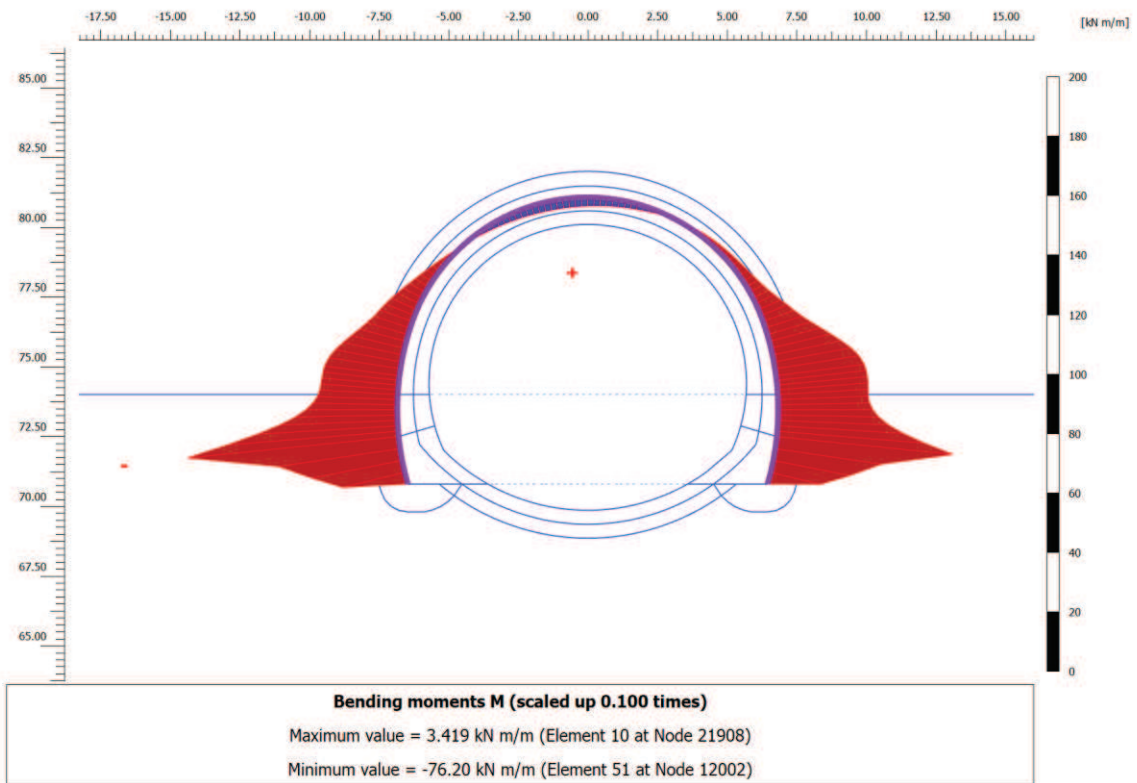


### Fase 6 – Andamento dello sforzo normale N nel rivestimento di prima fase

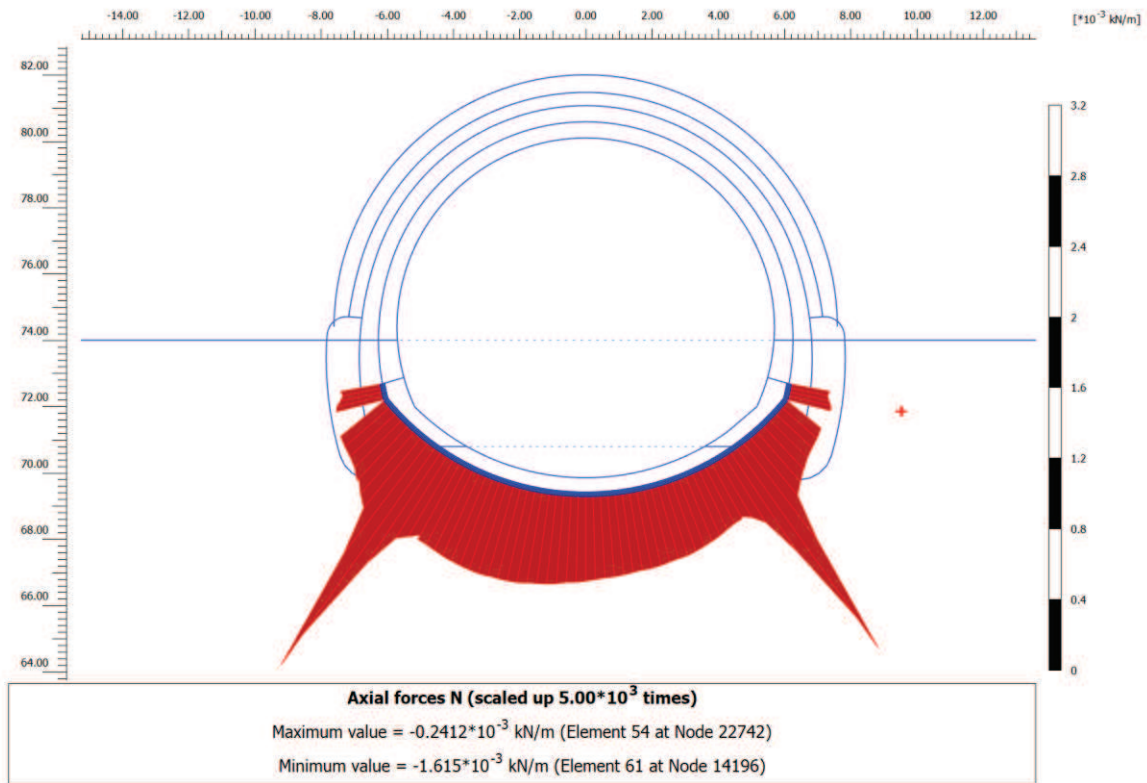




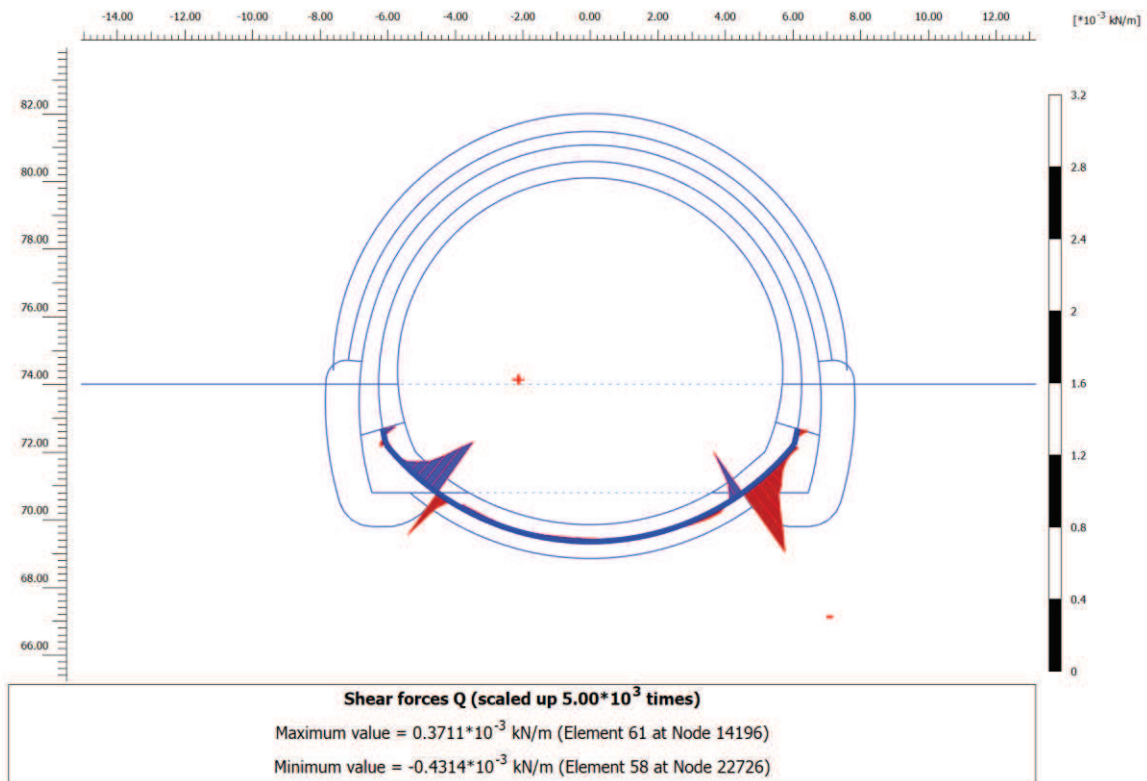
Fase 6 – Andamento dello sforzo di taglio T nel rivestimento di prima fase



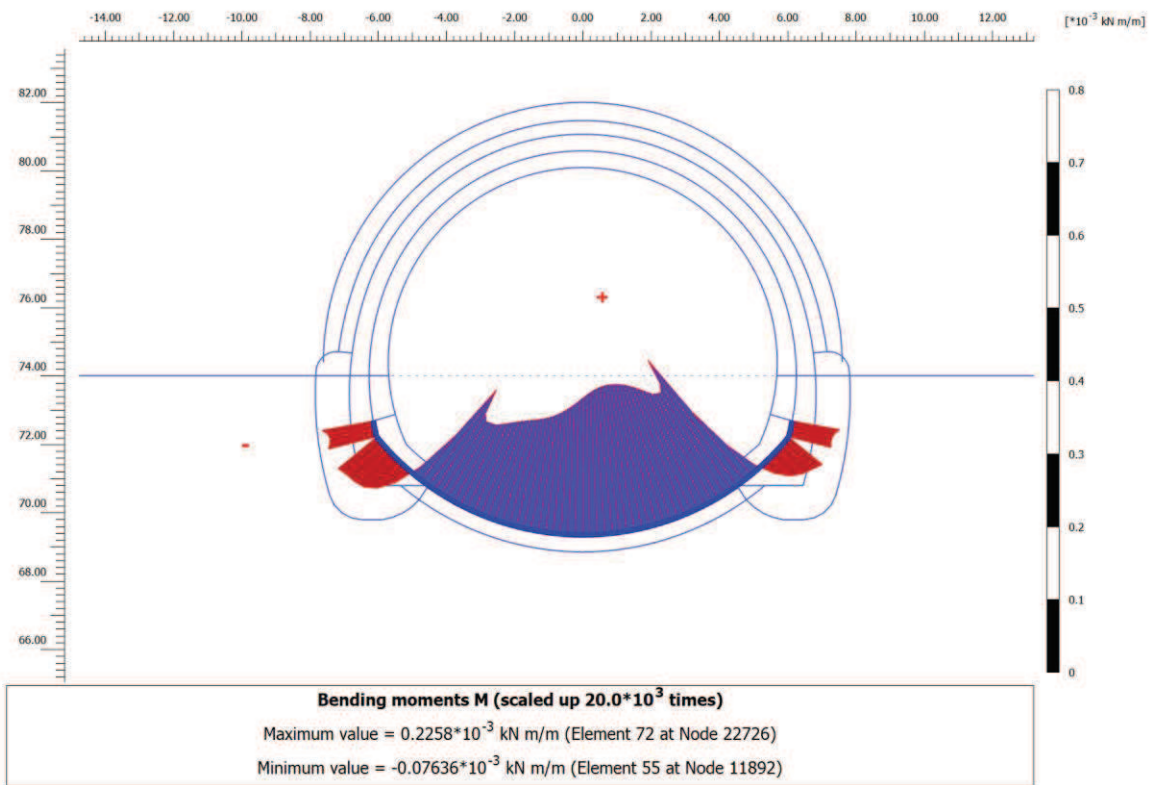
Fase 6 – Andamento del momento flettente M nel rivestimento di prima fase



Fase 6 – Andamento dello sforzo normale N nel rivestimento definitivo di arco rovescio



Fase 6 – Andamento dello sforzo di taglio T nel rivestimento definitivo di arco rovescio



Fase 6 – Andamento del momento flettente M nel rivestimento definitivo di arco rovescio

**FASE 6: Verifiche del rivestimento di prima fase**

Nodo	Sollecitazioni caratteristiche				Sollecitazioni di progetto SLU				Verifica spritz-beton		Verifica centine metalliche			
	N <sub>sk, sb</sub> (kN/m)	N <sub>sk, cent</sub> (kN/m)	M <sub>sk, cent</sub> (kNm/m)	T <sub>sk, cent</sub> (kN/m)	N <sub>sd, sb</sub> (kN/m)	N <sub>sd, cent</sub> (kN/m)	M <sub>sd, cent</sub> (kNm/m)	T <sub>sd, cent</sub> (kN/m)	σ <sub>sb, d</sub> (MPa)	Esito verifica	σ <sub>cent, d</sub> (MPa)	τ <sub>cent, d</sub> (MPa)	σ <sub>id, cent, d</sub> (MPa)	Esito verifica
9804	-240.6	-44.4	-32.83	-16.93	312.7	57.7	42.67	22.01	1.04	OK	84.06	5.77	84.65	OK
9803	-236.5	-43.6	-30.30	-10.79	307.4	56.7	39.38	14.02	1.02	OK	78.02	3.68	78.28	OK
11882	-244.8	-45.2	-36.60	-24.97	318.2	58.7	47.58	32.46	1.06	OK	93.02	8.51	94.18	OK
11882	-244.9	-45.2	-36.60	-24.32	318.3	58.8	47.58	31.61	1.06	OK	93.02	8.29	94.12	OK
9802	-232.5	-42.9	-28.78	-5.93	302.3	55.8	37.41	7.71	1.01	OK	74.35	2.02	74.43	OK
11883	-249.3	-46.0	-42.37	-35.26	324.0	59.8	55.09	45.84	1.08	OK	106.65	12.03	108.66	OK
9814	-228.7	-42.2	-28.03	-2.32	297.3	54.9	36.44	3.01	0.99	OK	72.49	0.79	72.50	OK
9814	-228.7	-42.2	-28.03	-2.39	297.3	54.9	36.44	3.11	0.99	OK	72.49	0.82	72.50	OK
11884	-253.7	-46.8	-50.48	-49.00	329.7	60.9	65.63	63.70	1.10	OK	125.74	16.71	129.03	OK
9817	-225.3	-41.6	-27.75	-1.23	292.9	54.1	36.07	1.59	0.98	OK	71.72	0.42	71.72	OK
11885	-258.1	-47.6	-61.55	-65.93	335.5	61.9	80.02	85.71	1.12	OK	151.76	22.49	156.68	OK
9816	-222.0	-41.0	-27.57	-0.93	288.6	53.3	35.84	1.20	0.96	OK	71.21	0.32	71.21	OK
12002	-262.8	-48.5	-76.20	-85.83	341.6	63.0	99.06	111.58	1.14	OK	186.14	29.27	192.92	OK
12002	-203.2	-37.5	-76.20	135.24	264.2	48.8	99.06	175.81	0.88	OK	184.34	46.12	200.90	OK
9815	-218.7	-40.4	-27.40	-1.26	284.4	52.5	35.62	1.64	0.95	OK	70.71	0.43	70.71	OK
11950	-215.5	-39.8	-27.12	-2.43	280.2	51.7	35.26	3.16	0.93	OK	69.96	0.83	69.97	OK
11950	-215.5	-39.8	-27.12	-2.08	280.2	51.7	35.26	2.70	0.93	OK	69.96	0.71	69.97	OK
12003	-147.7	-27.3	-44.11	34.50	192.1	35.4	57.34	44.85	0.64	OK	107.62	11.77	109.53	OK
11953	-210.6	-38.9	-26.04	-6.00	273.8	50.5	33.85	7.80	0.91	OK	67.28	2.05	67.38	OK
11952	-205.9	-38.0	-24.21	-8.36	267.7	49.4	31.47	10.87	0.89	OK	62.86	2.85	63.06	OK
12004	-139.1	-25.7	-33.00	17.90	180.9	33.4	42.90	23.27	0.60	OK	81.38	6.10	82.06	OK
11951	-201.6	-37.2	-21.95	-9.43	262.1	48.4	28.54	12.25	0.87	OK	57.45	3.21	57.72	OK
13682	-197.8	-36.5	-19.60	-9.46	257.2	47.5	25.48	12.30	0.86	OK	51.83	3.23	52.13	OK
13682	-197.8	-36.5	-19.60	-9.11	257.1	47.5	25.48	11.85	0.86	OK	51.83	3.11	52.11	OK
12005	-145.6	-26.9	-22.95	40.35	189.2	34.9	29.84	52.45	0.63	OK	58.08	13.76	62.78	OK
13685	-194.2	-35.8	-17.34	-8.49	252.4	46.6	22.55	11.04	0.84	OK	46.45	2.90	46.72	OK
13728	-135.2	-25.0	0.00	56.77	175.8	32.5	0.00	73.80	0.59	OK	4.11	19.36	33.78	OK
13684	-190.9	-35.2	-15.35	-7.36	248.1	45.8	19.96	9.57	0.83	OK	41.69	2.51	41.91	OK
13683	-187.9	-34.7	-13.67	-5.99	244.3	45.1	17.77	7.79	0.81	OK	37.67	2.04	37.84	OK
15642	-185.4	-34.2	-12.37	-4.53	241.0	44.5	16.08	5.89	0.80	OK	34.56	1.55	34.66	OK
15642	-185.3	-34.2	-12.37	-4.30	240.9	44.5	16.08	5.59	0.80	OK	34.55	1.47	34.65	OK
15645	-182.8	-33.7	-11.28	-4.98	237.7	43.9	14.67	6.47	0.79	OK	31.93	1.70	32.07	OK
15644	-180.4	-33.3	-10.11	-5.23	234.5	43.3	13.15	6.80	0.78	OK	29.12	1.78	29.28	OK
15643	-178.0	-32.9	-8.92	-5.19	231.4	42.7	11.59	6.75	0.77	OK	26.26	1.77	26.44	OK
15772	-175.9	-32.5	-7.77	-4.92	228.7	42.2	10.10	6.40	0.76	OK	23.51	1.68	23.69	OK
15772	-175.9	-32.5	-7.77	-4.79	228.6	42.2	10.10	6.23	0.76	OK	23.51	1.63	23.68	OK
15775	-173.8	-32.1	-6.69	-4.54	225.9	41.7	8.70	5.90	0.75	OK	20.92	1.55	21.10	OK
15774	-171.8	-31.7	-5.70	-4.18	223.4	41.2	7.41	5.44	0.74	OK	18.54	1.43	18.70	OK
15773	-170.1	-31.4	-4.78	-3.83	221.1	40.8	6.22	4.98	0.74	OK	16.35	1.31	16.50	OK
16216	-168.6	-31.1	-3.95	-3.48	219.1	40.4	5.13	4.52	0.73	OK	14.35	1.19	14.50	OK
16216	-168.5	-31.1	-3.95	-3.46	219.1	40.4	5.13	4.50	0.73	OK	14.35	1.18	14.50	OK
16219	-167.1	-30.8	-3.19	-3.18	217.3	40.1	4.15	4.13	0.72	OK	12.53	1.08	12.67	OK
16218	-165.9	-30.6	-2.50	-2.89	215.7	39.8	3.25	3.76	0.72	OK	10.88	0.99	11.01	OK
16217	-164.9	-30.4	-1.87	-2.63	214.3	39.6	2.43	3.42	0.71	OK	9.38	0.90	9.50	OK
17800	-164.0	-30.3	-1.29	-2.38	213.2	39.3	1.68	3.09	0.71	OK	8.01	0.81	8.13	OK
17800	-164.0	-30.3	-1.29	-2.41	213.1	39.3	1.68	3.13	0.71	OK	8.01	0.82	8.13	OK
17803	-163.2	-30.1	-0.77	-2.21	212.2	39.2	1.00	2.87	0.71	OK	6.76	0.75	6.88	OK

Nodo	Sollecitazioni caratteristiche				Sollecitazioni di progetto SLU				Verifica spritz-beton		Verifica centine metalliche			
	N <sub>sk,sb</sub> (kN/m)	N <sub>sk,cent</sub> (kN/m)	M <sub>sk,cent</sub> (kNm/m)	T <sub>sk,cent</sub> (kN/m)	N <sub>sd,sb</sub> (kN/m)	N <sub>sd,cent</sub> (kN/m)	M <sub>sd,cent</sub> (kNm/m)	T <sub>sd,cent</sub> (kN/m)	σ <sub>sb,d</sub> (MPa)	Esito verifica	σ <sub>cent,d</sub> (MPa)	τ <sub>cent,d</sub> (MPa)	σ <sub>id,cent,d</sub> (MPa)	Esito verifica
17802	-162.7	-30.0	-0.29	-2.01	211.5	39.0	0.38	2.62	0.71	OK	5.62	0.69	5.74	OK
17801	-162.3	-30.0	0.15	-1.83	211.0	38.9	0.19	2.38	0.70	OK	5.28	0.62	5.39	OK
19330	-162.1	-29.9	0.55	-1.65	210.7	38.9	0.72	2.15	0.70	OK	6.21	0.56	6.29	OK
19330	-162.0	-29.9	0.55	-1.70	210.7	38.9	0.72	2.22	0.70	OK	6.21	0.58	6.29	OK
19333	-162.0	-29.9	0.92	-1.56	210.5	38.9	1.20	2.03	0.70	OK	7.07	0.53	7.13	OK
19332	-162.0	-29.9	1.26	-1.42	210.6	38.9	1.64	1.85	0.70	OK	7.87	0.48	7.91	OK
19331	-162.2	-29.9	1.57	-1.28	210.9	38.9	2.04	1.66	0.70	OK	8.59	0.44	8.63	OK
20016	-162.5	-30.0	1.85	-1.15	211.2	39.0	2.40	1.50	0.70	OK	9.26	0.39	9.28	OK
20016	-162.5	-30.0	1.85	-1.20	211.2	39.0	2.40	1.56	0.70	OK	9.26	0.41	9.29	OK
20019	-162.9	-30.1	2.11	-1.09	211.8	39.1	2.74	1.42	0.71	OK	9.88	0.37	9.90	OK
20018	-163.4	-30.2	2.34	-0.97	212.5	39.2	3.05	1.26	0.71	OK	10.44	0.33	10.46	OK
20017	-164.1	-30.3	2.55	-0.85	213.3	39.4	3.32	1.10	0.71	OK	10.95	0.29	10.96	OK
21520	-164.7	-30.4	2.74	-0.78	214.2	39.5	3.56	1.02	0.71	OK	11.40	0.27	11.41	OK
21520	-164.8	-30.4	2.74	-0.75	214.2	39.5	3.56	0.98	0.71	OK	11.40	0.26	11.41	OK
21523	-165.6	-30.6	2.90	-0.69	215.3	39.7	3.77	0.89	0.72	OK	11.81	0.23	11.82	OK
21522	-166.5	-30.7	3.05	-0.57	216.5	40.0	3.96	0.75	0.72	OK	12.18	0.20	12.18	OK
21521	-167.5	-30.9	3.16	-0.46	217.7	40.2	4.11	0.59	0.73	OK	12.48	0.16	12.49	OK
21878	-168.5	-31.1	3.26	-0.37	219.0	40.4	4.23	0.49	0.73	OK	12.73	0.13	12.73	OK
21878	-168.4	-31.1	3.26	-0.38	219.0	40.4	4.23	0.49	0.73	OK	12.73	0.13	12.73	OK
21881	-169.6	-31.3	3.33	-0.29	220.5	40.7	4.33	0.38	0.73	OK	12.95	0.10	12.95	OK
21880	-170.8	-31.5	3.39	-0.18	222.0	41.0	4.40	0.23	0.74	OK	13.11	0.06	13.11	OK
21879	-172.0	-31.7	3.42	-0.06	223.6	41.3	4.44	0.08	0.75	OK	13.21	0.02	13.21	OK
21908	-173.2	-32.0	3.42	0.01	225.1	41.6	4.44	0.01	0.75	OK	13.25	0.00	13.25	OK
21908	-173.2	-32.0	3.42	0.02	225.1	41.6	4.44	0.03	0.75	OK	13.25	0.01	13.25	OK
21911	-174.5	-32.2	3.41	0.10	226.9	41.9	4.43	0.13	0.76	OK	13.27	0.03	13.27	OK
21910	-175.9	-32.5	3.37	0.21	228.7	42.2	4.38	0.27	0.76	OK	13.23	0.07	13.23	OK
21909	-177.2	-32.7	3.31	0.32	230.4	42.5	4.31	0.41	0.77	OK	13.13	0.11	13.13	OK
23020	-178.6	-33.0	3.23	0.39	232.1	42.8	4.20	0.51	0.77	OK	12.97	0.13	12.98	OK
23020	-178.6	-33.0	3.23	0.40	232.1	42.8	4.20	0.52	0.77	OK	12.97	0.14	12.98	OK
23023	-180.0	-33.2	3.14	0.45	234.0	43.2	4.08	0.58	0.78	OK	12.80	0.15	12.80	OK
23022	-181.4	-33.5	3.02	0.54	235.8	43.5	3.93	0.70	0.79	OK	12.58	0.18	12.58	OK
23021	-182.7	-33.7	2.89	0.62	237.5	43.8	3.76	0.81	0.79	OK	12.31	0.21	12.31	OK
23055	-183.9	-33.9	2.74	0.65	239.1	44.1	3.56	0.85	0.80	OK	12.00	0.22	12.00	OK
23055	-183.9	-33.9	2.74	0.65	239.1	44.1	3.56	0.85	0.80	OK	12.00	0.22	12.00	OK
23058	-185.2	-34.2	2.59	0.70	240.7	44.4	3.37	0.91	0.80	OK	11.68	0.24	11.68	OK
23057	-186.2	-34.4	2.42	0.77	242.1	44.7	3.15	1.00	0.81	OK	11.32	0.26	11.33	OK
23056	-187.0	-34.5	2.23	0.87	243.2	44.9	2.91	1.14	0.81	OK	10.91	0.30	10.92	OK
23054	-187.6	-34.6	2.02	0.92	243.9	45.0	2.63	1.19	0.81	OK	10.43	0.31	10.44	OK
23054	-187.7	-34.6	2.02	1.00	244.0	45.0	2.63	1.30	0.81	OK	10.43	0.34	10.44	OK
23043	-188.1	-34.7	1.78	1.15	244.5	45.1	2.32	1.49	0.82	OK	9.88	0.39	9.91	OK
23042	-188.2	-34.7	1.50	1.30	244.7	45.2	1.96	1.69	0.82	OK	9.23	0.44	9.26	OK
23041	-188.1	-34.7	1.19	1.43	244.5	45.1	1.55	1.85	0.81	OK	8.50	0.49	8.54	OK
23040	-187.7	-34.7	0.85	1.55	244.1	45.0	1.11	2.01	0.81	OK	7.69	0.53	7.75	OK
23040	-187.8	-34.7	0.85	1.56	244.1	45.1	1.11	2.03	0.81	OK	7.69	0.53	7.75	OK
22983	-187.4	-34.6	0.51	1.48	243.6	45.0	0.66	1.92	0.81	OK	6.88	0.50	6.93	OK
22982	-186.8	-34.5	0.17	1.44	242.9	44.8	0.23	1.87	0.81	OK	6.08	0.49	6.14	OK
22981	-186.3	-34.4	-0.14	1.35	242.1	44.7	0.19	1.75	0.81	OK	5.99	0.46	6.05	OK
23000	-185.8	-34.3	-0.43	1.14	241.5	44.6	0.56	1.48	0.80	OK	6.65	0.39	6.68	OK
23000	-185.7	-34.3	-0.43	1.23	241.5	44.6	0.56	1.60	0.80	OK	6.65	0.42	6.69	OK



Nodo	Sollecitazioni caratteristiche				Sollecitazioni di progetto SLU				Verifica spritz-beton		Verifica centine metalliche			
	N <sub>sk,sb</sub> (kN/m)	N <sub>sk,cent</sub> (kN/m)	M <sub>sk,cent</sub> (kNm/m)	T <sub>sk,cent</sub> (kN/m)	N <sub>sd,sb</sub> (kN/m)	N <sub>sd,cent</sub> (kN/m)	M <sub>sd,cent</sub> (kNm/m)	T <sub>sd,cent</sub> (kN/m)	σ <sub>sb,d</sub> (MPa)	Esito verifica	σ <sub>cent,d</sub> (MPa)	τ <sub>cent,d</sub> (MPa)	σ <sub>id,cent,d</sub> (MPa)	Esito verifica
23003	-185.4	-34.2	-0.70	1.11	241.0	44.5	0.90	1.44	0.80	OK	7.26	0.38	7.29	OK
23002	-185.0	-34.1	-0.94	1.06	240.5	44.4	1.23	1.38	0.80	OK	7.82	0.36	7.85	OK
23001	-184.7	-34.1	-1.18	1.04	240.1	44.3	1.54	1.35	0.80	OK	8.37	0.35	8.39	OK
23078	-184.5	-34.0	-1.42	0.99	239.8	44.3	1.84	1.29	0.80	OK	8.91	0.34	8.93	OK
23078	-184.4	-34.0	-1.42	1.01	239.8	44.3	1.84	1.31	0.80	OK	8.91	0.34	8.93	OK
23077	-184.3	-34.0	-1.65	1.01	239.5	44.2	2.14	1.31	0.80	OK	9.44	0.34	9.46	OK
23076	-184.1	-34.0	-1.87	1.00	239.3	44.2	2.44	1.30	0.80	OK	9.97	0.34	9.99	OK
23075	-184.0	-34.0	-2.10	1.00	239.2	44.2	2.73	1.30	0.80	OK	10.50	0.34	10.52	OK
23108	-184.0	-34.0	-2.33	1.02	239.2	44.2	3.03	1.33	0.80	OK	11.05	0.35	11.06	OK
23108	-184.0	-34.0	-2.33	1.05	239.2	44.2	3.03	1.36	0.80	OK	11.05	0.36	11.07	OK
23112	-184.0	-34.0	-2.58	1.15	239.2	44.1	3.36	1.50	0.80	OK	11.63	0.39	11.65	OK
23111	-184.1	-34.0	-2.86	1.31	239.3	44.2	3.72	1.70	0.80	OK	12.28	0.45	12.31	OK
23110	-184.3	-34.0	-3.19	1.52	239.5	44.2	4.14	1.97	0.80	OK	13.04	0.52	13.07	OK
23109	-184.6	-34.1	-3.56	1.78	240.0	44.3	4.63	2.32	0.80	OK	13.94	0.61	13.97	OK
23109	-184.6	-34.1	-3.56	1.80	240.0	44.3	4.63	2.34	0.80	OK	13.93	0.61	13.98	OK
23097	-185.1	-34.2	-4.03	2.29	240.6	44.4	5.24	2.98	0.80	OK	15.04	0.78	15.10	OK
23096	-185.8	-34.3	-4.61	2.87	241.6	44.6	6.00	3.74	0.81	OK	16.43	0.98	16.52	OK
23095	-186.8	-34.5	-5.35	3.60	242.9	44.8	6.96	4.69	0.81	OK	18.18	1.23	18.31	OK
23170	-188.1	-34.7	-6.28	4.36	244.6	45.1	8.16	5.67	0.82	OK	20.39	1.49	20.55	OK
23170	-188.1	-34.7	-6.28	4.56	244.6	45.1	8.16	5.93	0.82	OK	20.39	1.55	20.57	OK
23173	-189.5	-35.0	-7.41	5.52	246.4	45.5	9.64	7.17	0.82	OK	23.09	1.88	23.32	OK
23172	-191.4	-35.3	-8.77	6.29	248.8	45.9	11.39	8.18	0.83	OK	26.31	2.15	26.57	OK
23171	-193.5	-35.7	-10.26	6.76	251.6	46.4	13.34	8.79	0.84	OK	29.87	2.31	30.14	OK
23184	-195.9	-36.2	-11.84	7.01	254.7	47.0	15.39	9.11	0.85	OK	33.62	2.39	33.88	OK
23184	-195.8	-36.1	-11.84	6.70	254.5	47.0	15.39	8.72	0.85	OK	33.62	2.29	33.85	OK
23188	-198.5	-36.6	-13.83	9.01	258.0	47.6	17.97	11.72	0.86	OK	38.36	3.07	38.72	OK
23187	-201.7	-37.2	-16.29	10.57	262.2	48.4	21.18	13.74	0.87	OK	44.22	3.60	44.66	OK
23373	-135.6	-25.0	0.00	-40.71	176.3	32.5	0.00	52.92	0.59	OK	4.12	13.88	24.40	OK
23186	-205.5	-37.9	-19.08	11.54	267.1	49.3	24.80	15.01	0.89	OK	50.85	3.94	51.31	OK
23374	-150.6	-27.8	-18.29	-35.30	195.8	36.1	23.78	45.90	0.65	OK	47.35	12.04	51.74	OK
23185	-209.6	-38.7	-22.05	11.69	272.5	50.3	28.67	15.19	0.91	OK	57.93	3.99	58.34	OK
23185	-209.7	-38.7	-22.05	12.11	272.6	50.3	28.67	15.75	0.91	OK	57.93	4.13	58.37	OK
23153	-213.9	-39.5	-25.11	12.37	278.1	51.3	32.65	16.08	0.93	OK	65.22	4.22	65.62	OK
23375	-150.7	-27.8	-28.07	-18.77	195.9	36.2	36.48	24.40	0.65	OK	70.20	6.40	71.07	OK
23152	-218.8	-40.4	-28.09	11.08	284.5	52.5	36.52	14.40	0.95	OK	72.33	3.78	72.62	OK
23151	-224.2	-41.4	-30.51	7.90	291.4	53.8	39.67	10.27	0.97	OK	78.15	2.70	78.29	OK
23376	-161.2	-29.8	-38.43	-29.01	209.6	38.7	49.96	37.72	0.70	OK	94.76	9.89	96.30	OK
23676	-229.7	-42.4	-31.91	2.95	298.7	55.1	41.48	3.83	1.00	OK	81.59	1.01	81.61	OK
23676	-229.5	-42.4	-31.91	3.43	298.4	55.1	41.48	4.46	0.99	OK	81.58	1.17	81.61	OK
23679	-232.6	-42.9	-32.37	2.02	302.4	55.8	42.08	2.63	1.01	OK	82.75	0.69	82.76	OK
23377	-207.8	-38.4	-63.52	-103.96	270.1	49.9	82.58	135.15	0.90	OK	154.83	35.45	166.56	OK
23377	-257.7	-47.6	-63.52	62.52	335.0	61.8	82.58	81.27	1.12	OK	156.35	21.32	160.65	OK
23678	-235.4	-43.5	-32.59	0.68	306.1	56.5	42.37	0.89	1.02	OK	83.36	0.23	83.36	OK
22756	-255.1	-47.1	-52.92	47.28	331.6	61.2	68.79	61.47	1.11	OK	131.47	16.12	134.41	OK
23677	-237.9	-43.9	-32.61	-0.43	309.3	57.1	42.40	0.55	1.03	OK	83.48	0.15	83.48	OK
22757	-252.7	-46.6	-45.10	33.92	328.5	60.6	58.63	44.10	1.09	OK	113.12	11.57	114.88	OK
23694	-240.1	-44.3	-32.47	-1.16	312.1	57.6	42.22	1.50	1.04	OK	83.22	0.39	83.22	OK
23694	-240.1	-44.3	-32.47	-1.88	312.1	57.6	42.22	2.45	1.04	OK	83.22	0.64	83.23	OK
22758	-250.5	-46.2	-39.64	22.79	325.6	60.1	51.53	29.62	1.09	OK	100.29	7.77	101.19	OK

Nodo	Sollecitazioni caratteristiche				Sollecitazioni di progetto SLU				Verifica spritz-beton		Verifica centine metalliche			
	$N_{sk, sb}$ (kN/m)	$N_{sk, cent}$ (kN/m)	$M_{sk, cent}$ (kNm/m)	$T_{sk, cent}$ (kN/m)	$N_{sd, sb}$ (kN/m)	$N_{sd, cent}$ (kN/m)	$M_{sd, cent}$ (kNm/m)	$T_{sd, cent}$ (kN/m)	$\sigma_{sb, d}$ (MPa)	Esito verifica	$\sigma_{cent, d}$ (MPa)	$\tau_{cent, d}$ (MPa)	$\sigma_{id, cent, d}$ (MPa)	Esito verifica
23693	-242.6	-44.8	-32.36	0.79	315.4	58.2	42.07	1.03	1.05	OK	83.03	0.27	83.03	OK
23690	-248.4	-45.8	-36.10	14.03	322.9	59.6	46.93	18.23	1.08	OK	91.96	4.78	92.33	OK
23690	-248.4	-45.8	-36.10	14.25	322.9	59.6	46.93	18.52	1.08	OK	91.96	4.86	92.34	OK
23692	-244.7	-45.2	-32.82	4.36	318.1	58.7	42.67	5.67	1.06	OK	84.17	1.49	84.21	OK
23691	-246.6	-45.5	-34.02	8.78	320.6	59.2	44.22	11.42	1.07	OK	87.02	3.00	87.18	OK

***FASE 6: Verifiche del rivestimento definitivo di arco rovescio allo SLE***

NODO E COORD.POLARI			AZIONI INTERNE SLE			VERIFICA CONGLOMERATO SLE					VERIFICA ACCIAIO SLE					VERIFICA FESSURAZIONE		
Nodo	$\alpha$ [°]	R [m]	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	$\sigma_{c,sup}$ [MPa]	$\sigma_{c,inf}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim,R}$ FI [MPa]	Esito verifica	$\sigma_{s,sup}$ [MPa]	$\sigma_{s,inf}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim,RF}$ I [MPa]	Esito verifica	w <sub>max</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	Esito verifica
11892	0.039	7.594	257	76	82	0.72	0.00	11.25	10.00	OK	9.4	-3.5	360.0	337.5	OK	0.00	0.20	OK
11896	0.854	7.646	247	69	37	0.65	0.00	11.25	10.00	OK	8.6	-2.5	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
11897	1.665	7.698	270	67	-1	0.64	0.00	11.25	10.00	OK	8.6	-1.3	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
11898	2.470	7.749	298	69	-27	0.67	0.00	11.25	10.00	OK	9.0	-0.8	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
12022	3.272	7.801	352	73	22	0.73	0.00	11.25	10.00	OK	10.0	0.0	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
12022	3.272	7.801	306	73	-38	0.70	0.00	11.25	10.00	OK	9.5	-1.1	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
12023	5.188	7.801	373	69	9	0.73	0.00	11.25	10.00	OK	10.0	0.7	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
12024	7.105	7.801	390	67	9	0.73	0.01	11.25	10.00	OK	10.1	1.0	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
12025	9.021	7.801	415	63	28	0.73	0.05	11.25	10.00	OK	10.1	1.7	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
13732	10.937	7.801	461	50	72	0.71	0.17	11.25	10.00	OK	10.0	3.2	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
13732	10.937	7.801	446	50	76	0.70	0.15	11.25	10.00	OK	9.8	3.0	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
13733	12.854	7.801	506	26	122	0.62	0.34	11.25	10.00	OK	9.0	5.4	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
13734	14.770	7.801	560	-17	208	0.44	0.62	11.25	10.00	OK	6.8	9.1	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
13735	16.686	7.801	850	-83	303	0.36	1.26	11.25	10.00	OK	6.5	17.7	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
14196	18.603	7.801	1383	-172	-307	0.38	2.24	11.25	10.00	OK	8.1	31.3	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
14196	18.603	7.801	1615	-172	371	0.60	2.46	11.25	10.00	OK	11.4	34.6	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
14197	20.212	7.801	816	-134	-81	0.05	1.50	11.25	10.00	OK	2.6	20.6	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
14198	21.821	7.801	595	-125	-6	0.00	1.25	11.25	10.00	OK	-0.2	17.0	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
14199	23.430	7.801	548	-127	2	0.00	1.23	11.25	10.00	OK	-1.5	16.6	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
15746	25.039	7.801	502	-128	26	0.00	1.22	11.25	10.00	OK	-2.9	16.3	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
15746	25.039	7.801	533	-128	23	0.00	1.23	11.25	10.00	OK	-2.0	16.6	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
15749	26.648	7.801	537	-133	23	0.00	1.27	11.25	10.00	OK	-2.6	17.0	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
15748	28.257	7.801	546	-138	23	0.00	1.31	11.25	10.00	OK	-3.1	17.6	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
15747	29.866	7.801	556	-143	21	0.00	1.36	11.25	10.00	OK	-3.4	18.1	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
17274	31.475	7.801	563	-147	19	0.00	1.39	11.25	10.00	OK	-3.9	18.6	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
17274	31.475	7.801	564	-147	17	0.00	1.39	11.25	10.00	OK	-3.8	18.6	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
17275	33.084	7.801	569	-151	16	0.00	1.42	11.25	10.00	OK	-4.3	19.0	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
17276	34.693	7.801	574	-154	14	0.00	1.45	11.25	10.00	OK	-4.6	19.4	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
17277	36.302	7.801	578	-157	13	0.00	1.48	11.25	10.00	OK	-5.0	19.7	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK

NODO E COORD.POLARI			AZIONI INTERNE SLE			VERIFICA CONGLOMERATO SLE					VERIFICA ACCIAIO SLE					VERIFICA FESSURAZIONE		
Nodo	$\alpha$ [°]	R [m]	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	$\sigma_{c,sup}$ [MPa]	$\sigma_{c,inf}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim,R}$ Fl [MPa]	Esito verifica	$\sigma_{s,sup}$ [MPa]	$\sigma_{s,inf}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim,RF}$ I [MPa]	Esito verifica	w <sub>max</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	Esito verifica
18098	37.911	7.801	575	-160	13	0.00	1.50	11.25	10.00	OK	-5.6	19.9	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
18098	37.911	7.801	577	-160	13	0.00	1.50	11.25	10.00	OK	-5.5	19.9	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
18099	39.520	7.801	575	-163	13	0.00	1.53	11.25	10.00	OK	-6.2	20.2	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
18100	41.129	7.801	575	-166	15	0.00	1.55	11.25	10.00	OK	-6.8	20.5	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
18101	42.737	7.801	572	-169	16	0.00	1.59	11.25	10.00	OK	-7.6	20.9	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
19604	44.346	7.801	563	-173	20	0.00	1.62	11.25	10.00	OK	-8.9	21.2	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
19604	44.346	7.801	566	-173	18	0.00	1.62	11.25	10.00	OK	-8.8	21.2	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
19605	45.955	7.801	558	-177	20	0.00	1.66	11.25	10.00	OK	-10.3	21.7	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
19606	47.564	7.801	553	-182	21	0.00	1.71	11.25	10.00	OK	-11.8	22.2	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
19607	49.173	7.801	546	-186	22	0.00	1.76	11.25	10.00	OK	-13.7	22.7	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
20120	50.782	7.801	534	-191	24	0.00	1.82	11.25	10.00	OK	-16.0	23.2	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
20120	50.782	7.801	535	-191	19	0.00	1.82	11.25	10.00	OK	-16.0	23.2	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
19784	52.391	7.801	531	-196	20	0.00	1.87	11.25	10.00	OK	-17.9	23.8	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
19785	54.000	7.801	524	-200	19	0.00	1.92	11.25	10.00	OK	-20.1	24.3	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
19786	55.609	7.801	515	-204	17	0.00	1.98	11.25	10.00	OK	-22.6	24.8	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
20140	57.218	7.801	508	-207	16	0.00	2.02	11.25	10.00	OK	-24.6	25.2	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
20140	57.218	7.801	506	-207	12	0.00	2.02	11.25	10.00	OK	-24.9	25.2	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
20134	58.827	7.801	505	-210	11	0.00	2.06	11.25	10.00	OK	-26.2	25.6	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
20135	60.436	7.801	498	-212	9	0.00	2.09	11.25	10.00	OK	-28.0	25.8	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
20136	62.045	7.801	491	-214	6	0.00	2.12	11.25	10.00	OK	-29.6	26.0	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21108	63.654	7.801	484	-215	1	0.00	2.13	11.25	10.00	OK	-30.9	26.2	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21108	63.654	7.801	487	-215	4	0.00	2.13	11.25	10.00	OK	-30.6	26.2	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21102	65.263	7.801	485	-215	0	0.00	2.14	11.25	10.00	OK	-30.9	26.2	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21103	66.872	7.801	480	-215	-2	0.00	2.14	11.25	10.00	OK	-31.6	26.2	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21104	68.481	7.801	473	-214	-4	0.00	2.14	11.25	10.00	OK	-32.3	26.1	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21572	70.090	7.801	468	-213	-6	0.00	2.13	11.25	10.00	OK	-32.3	26.0	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21572	70.090	7.801	466	-213	-7	0.00	2.13	11.25	10.00	OK	-32.7	26.0	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21566	71.699	7.801	465	-211	-9	0.00	2.11	11.25	10.00	OK	-32.0	25.7	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21567	73.308	7.801	457	-209	-12	0.00	2.09	11.25	10.00	OK	-32.1	25.5	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21568	74.917	7.801	445	-206	-15	0.00	2.06	11.25	10.00	OK	-32.3	25.1	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK

NODO E COORD.POLARI			AZIONI INTERNE SLE			VERIFICA CONGLOMERATO SLE					VERIFICA ACCIAIO SLE				VERIFICA FESSURAZIONE			
Nodo	$\alpha$ [°]	R [m]	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	$\sigma_{c,sup}$ [MPa]	$\sigma_{c,inf}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim,R}$ Fl [MPa]	Esito verifica	$\sigma_{s,sup}$ [MPa]	$\sigma_{s,inf}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim,RF}$ I [MPa]	Esito verifica	$w_{max}$ [mm]	$w_{lim}$ [mm]	Esito verifica
21592	76.526	7.801	434	-202	-20	0.00	2.03	11.25	10.00	OK	-32.1	24.6	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21592	76.526	7.801	436	-202	-18	0.00	2.03	11.25	10.00	OK	-31.8	24.6	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21586	78.135	7.801	422	-198	-23	0.00	1.99	11.25	10.00	OK	-31.8	24.1	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21587	79.744	7.801	407	-192	-27	0.00	1.94	11.25	10.00	OK	-31.4	23.4	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21588	81.353	7.801	395	-186	-29	0.00	1.87	11.25	10.00	OK	-30.3	22.7	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21918	82.962	7.801	376	-180	-32	0.00	1.81	11.25	10.00	OK	-30.0	21.9	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21918	82.962	7.801	391	-180	-29	0.00	1.80	11.25	10.00	OK	-27.9	21.9	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21912	84.571	7.801	412	-177	-8	0.00	1.74	11.25	10.00	OK	-23.6	21.5	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21913	86.180	7.801	482	-175	12	0.00	1.67	11.25	10.00	OK	-15.4	21.3	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21914	87.789	7.801	721	-186	93	0.00	1.77	11.25	10.00	OK	-4.6	23.6	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
22726	89.398	7.801	1486	-226	-431	0.19	2.63	11.25	10.00	OK	6.0	36.4	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
22726	89.398	7.801	1261	-226	298	0.00	2.42	11.25	10.00	OK	2.8	33.2	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
22720	91.314	7.801	749	-127	-325	0.03	1.40	11.25	10.00	OK	2.1	19.2	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
22721	93.230	7.801	463	-56	-220	0.13	0.75	11.25	10.00	OK	2.8	10.4	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
22722	95.147	7.801	410	-10	-140	0.34	0.44	11.25	10.00	OK	5.2	6.5	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
23349	97.063	7.801	370	21	-98	0.46	0.24	11.25	10.00	OK	6.7	3.9	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
23349	97.063	7.801	367	21	-103	0.46	0.24	11.25	10.00	OK	6.6	3.8	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
23343	98.979	7.801	333	40	-54	0.53	0.10	11.25	10.00	OK	7.4	2.1	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
23344	100.896	7.801	312	50	-29	0.57	0.02	11.25	10.00	OK	7.8	1.1	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
23345	102.812	7.801	296	57	-23	0.59	0.00	11.25	10.00	OK	8.0	0.4	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
23363	104.728	7.801	279	64	17	0.62	0.00	11.25	10.00	OK	8.4	-0.6	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
23363	104.728	7.801	275	64	-32	0.62	0.00	11.25	10.00	OK	8.3	-0.7	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
22740	105.530	7.750	275	62	9	0.61	0.00	11.25	10.00	OK	8.2	-0.5	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
22741	106.336	7.698	256	62	-10	0.59	0.00	11.25	10.00	OK	8.0	-1.0	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
22742	107.146	7.646	241	65	-36	0.61	0.00	11.25	10.00	OK	8.1	-1.9	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
22746	107.961	7.594	250	71	-65	0.66	0.00	11.25	10.00	OK	8.8	-2.7	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK

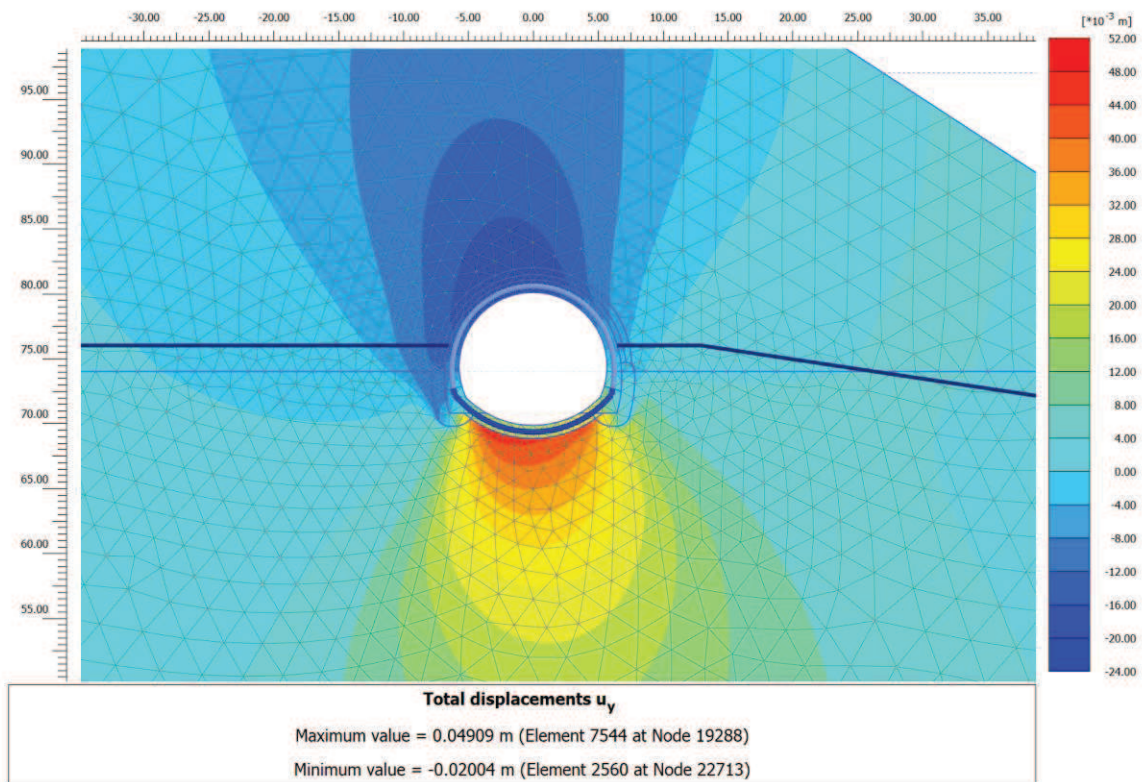
***FASE 6: Verifiche del rivestimento definitivo di arco rovescio allo SLU***

NODO E COORD.POLARI			AZIONI INTERNE SLU			PRESSOFLESSIONE SLU		TAGLIO SENZA ARM.		TAGLIO CON ARM. TRASVERSALE		
Nodo	$\alpha$ [°]	R [m]	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	$M_{Rd}$ [kNm]	Esito verifica	$V_{Rd}$ [kN]	Esito verifica	$V_{Rsd}$ [kN]	$V_{Rcd}$ [kN]	Esito verifica
11892	0.039	7.594	257	99	107	775	OK	320	OK	873	3586	OK
11896	0.854	7.646	247.29	89.97	48.33	770.91	OK	318.61	OK	873.1468	3584.68	OK
11897	1.665	7.698	269.69	87.29	-0.69	780.35	OK	321.68	OK	873.1468	3587.86	OK
11898	2.470	7.749	298.01	89.55	-35.08	792.27	OK	325.57	OK	873.1468	3591.881	OK
12022	3.272	7.801	351.79	94.91	28.77	814.90	OK	332.95	OK	873.1468	3599.518	OK
12022	3.272	7.801	305.90	94.91	-49.87	795.59	OK	326.65	OK	873.1468	3593.001	OK
12023	5.188	7.801	373.00	89.81	11.67	823.82	OK	335.86	OK	873.1468	3602.529	OK
12024	7.105	7.801	389.77	87.48	11.37	830.86	OK	338.16	OK	873.1468	3604.909	OK
12025	9.021	7.801	414.90	81.70	36.13	841.41	OK	341.61	OK	873.1468	3608.477	OK
13732	10.937	7.801	461.20	65.61	94.22	860.83	OK	347.97	OK	873.1468	3615.052	OK
13732	10.937	7.801	446.40	65.61	98.64	854.62	OK	345.93	OK	873.1468	3612.949	OK
13733	12.854	7.801	506.10	34.20	158.25	879.64	OK	354.13	OK	873.1468	3621.426	OK
13734	14.770	7.801	560.22	-22.24	270.92	-902.27	OK	361.56	OK	873.1468	3629.111	OK
13735	16.686	7.801	849.62	-108.00	393.41	-1022.42	OK	401.28	OK	873.1468	3670.201	OK
14196	18.603	7.801	1382.73	-223.96	-399.27	-1238.46	OK	474.45	OK	873.1468	3745.892	OK
14196	18.603	7.801	1615.15	-223.96	482.45	-1329.85	OK	506.35	OK	873.1468	3778.893	OK
14197	20.212	7.801	815.94	-174.42	-104.68	-1008.52	OK	396.65	OK	873.1468	3665.418	OK
14198	21.821	7.801	595.05	-162.32	-7.39	-916.81	OK	366.34	OK	873.1468	3634.055	OK
14199	23.430	7.801	547.92	-164.81	2.32	-897.13	OK	359.87	OK	873.1468	3627.364	OK
15746	25.039	7.801	502.40	-166.33	34.17	-878.09	OK	353.62	OK	873.1468	3620.902	OK
15746	25.039	7.801	533.11	-166.33	29.72	-890.94	OK	357.84	OK	873.1468	3625.262	OK
15749	26.648	7.801	537.12	-172.95	30.45	-892.62	OK	358.39	OK	873.1468	3625.831	OK
15748	28.257	7.801	545.67	-179.55	29.49	-896.19	OK	359.56	OK	873.1468	3627.045	OK
15747	29.866	7.801	555.77	-185.75	26.89	-900.41	OK	360.95	OK	873.1468	3628.479	OK
17274	31.475	7.801	562.80	-191.21	24.99	-903.35	OK	361.91	OK	873.1468	3629.477	OK
17274	31.475	7.801	564.42	-191.21	22.71	-904.03	OK	362.13	OK	873.1468	3629.707	OK
17275	33.084	7.801	568.65	-196.19	20.73	-905.79	OK	362.71	OK	873.1468	3630.307	OK
17276	34.693	7.801	574.38	-200.41	18.05	-908.19	OK	363.50	OK	873.1468	3631.121	OK
17277	36.302	7.801	577.86	-204.19	16.66	-909.64	OK	363.98	OK	873.1468	3631.615	OK
18098	37.911	7.801	574.62	-207.78	17.24	-908.29	OK	363.53	OK	873.1468	3631.156	OK
18098	37.911	7.801	576.94	-207.78	16.26	-909.26	OK	363.85	OK	873.1468	3631.485	OK
18099	39.520	7.801	574.96	-211.51	17.27	-908.43	OK	363.58	OK	873.1468	3631.204	OK
18100	41.129	7.801	574.76	-215.49	18.99	-908.34	OK	363.55	OK	873.1468	3631.175	OK
18101	42.737	7.801	572.20	-219.87	21.27	-907.28	OK	363.20	OK	873.1468	3630.812	OK
19604	44.346	7.801	563.07	-224.76	25.57	-903.46	OK	361.95	OK	873.1468	3629.515	OK
19604	44.346	7.801	565.51	-224.76	23.03	-904.48	OK	362.28	OK	873.1468	3629.861	OK
19605	45.955	7.801	558.34	-230.31	25.83	-901.48	OK	361.30	OK	873.1468	3628.843	OK
19606	47.564	7.801	553.25	-236.21	27.51	-899.36	OK	360.60	OK	873.1468	3628.121	OK
19607	49.173	7.801	545.97	-242.28	28.07	-896.31	OK	359.60	OK	873.1468	3627.087	OK
20120	50.782	7.801	534.19	-248.21	30.70	-891.39	OK	357.98	OK	873.1468	3625.414	OK
20120	50.782	7.801	534.62	-248.21	24.96	-891.57	OK	358.04	OK	873.1468	3625.476	OK
19784	52.391	7.801	530.72	-254.35	26.31	-889.94	OK	357.51	OK	873.1468	3624.922	OK
19785	54.000	7.801	523.58	-259.96	24.49	-886.95	OK	356.53	OK	873.1468	3623.908	OK
19786	55.609	7.801	514.67	-265.03	22.11	-883.23	OK	355.31	OK	873.1468	3622.644	OK
20140	57.218	7.801	507.85	-269.34	20.91	-880.37	OK	354.37	OK	873.1468	3621.675	OK
20140	57.218	7.801	505.93	-269.34	16.07	-879.57	OK	354.11	OK	873.1468	3621.402	OK
20134	58.827	7.801	504.61	-273.17	14.93	-879.02	OK	353.93	OK	873.1468	3621.215	OK
20135	60.436	7.801	498.29	-276.09	11.42	-876.37	OK	353.06	OK	873.1468	3620.317	OK
20136	62.045	7.801	490.89	-278.17	7.81	-873.27	OK	352.04	OK	873.1468	3619.267	OK
21108	63.654	7.801	484.47	-279.29	1.55	-870.58	OK	351.16	OK	873.1468	3618.355	OK

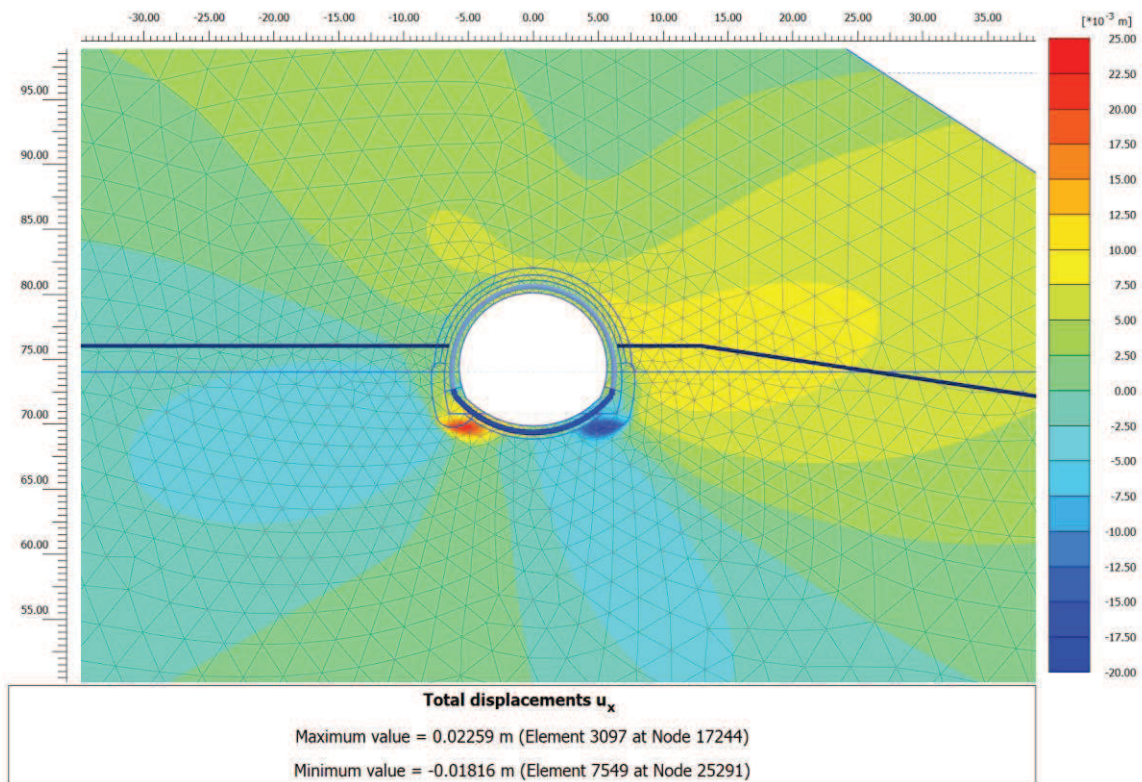


NODO E COORD.POLARI			AZIONI INTERNE SLU			PRESSOFLESSIONE SLU		TAGLIO SENZA ARM.		TAGLIO CON ARM. TRASVERSALE		
Nodo	$\alpha$ [°]	R [m]	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	$M_{Rd}$ [kNm]	Esito verifica	$V_{Rd}$ [kN]	Esito verifica	$V_{Rsd}$ [kN]	$V_{Rcd}$ [kN]	Esito verifica
21108	63.654	7.801	486.53	-279.29	5.15	-871.44	OK	351.44	OK	873.1468	3618.648	OK
21102	65.263	7.801	485.23	-279.80	0.17	-870.90	OK	351.27	OK	873.1468	3618.463	OK
21103	66.872	7.801	479.88	-279.55	-2.60	-868.66	OK	350.53	OK	873.1468	3617.704	OK
21104	68.481	7.801	472.67	-278.67	-5.21	-865.64	OK	349.54	OK	873.1468	3616.68	OK
21572	70.090	7.801	468.25	-277.11	-7.90	-863.78	OK	348.93	OK	873.1468	3616.052	OK
21572	70.090	7.801	465.80	-277.11	-9.69	-862.76	OK	348.60	OK	873.1468	3615.704	OK
21566	71.699	7.801	465.11	-274.87	-12.24	-862.47	OK	348.50	OK	873.1468	3615.607	OK
21567	73.308	7.801	456.58	-271.82	-15.83	-858.89	OK	347.33	OK	873.1468	3614.395	OK
21568	74.917	7.801	445.34	-267.89	-20.02	-854.18	OK	345.79	OK	873.1468	3612.799	OK
21592	76.526	7.801	434.09	-262.89	-26.16	-849.46	OK	344.25	OK	873.1468	3611.202	OK
21592	76.526	7.801	436.15	-262.89	-23.27	-850.33	OK	344.53	OK	873.1468	3611.495	OK
21586	78.135	7.801	422.13	-257.12	-29.46	-844.45	OK	342.60	OK	873.1468	3609.504	OK
21587	79.744	7.801	407.00	-250.03	-34.74	-838.09	OK	340.53	OK	873.1468	3607.356	OK
21588	81.353	7.801	395.05	-242.05	-37.90	-833.08	OK	338.89	OK	873.1468	3605.659	OK
21918	82.962	7.801	375.98	-233.69	-41.18	-825.07	OK	336.27	OK	873.1468	3602.952	OK
21918	82.962	7.801	390.60	-233.69	-37.72	-831.21	OK	338.28	OK	873.1468	3605.027	OK
21912	84.571	7.801	412.19	-229.67	-10.48	-840.27	OK	341.24	OK	873.1468	3608.092	OK
21913	86.180	7.801	482.46	-227.75	16.01	-869.74	OK	350.88	OK	873.1468	3618.07	OK
21914	87.789	7.801	720.82	-242.39	120.93	-969.17	OK	383.60	OK	873.1468	3651.914	OK
22726	89.398	7.801	1485.82	-293.53	-560.76	-1279.24	OK	488.60	KO	873.1468	3760.53	OK
22726	89.398	7.801	1261.30	-293.53	386.92	-1189.97	OK	457.78	OK	873.1468	3728.651	OK
22720	91.314	7.801	748.76	-164.75	-422.14	-980.75	OK	387.43	KO	873.1468	3655.88	OK
22721	93.230	7.801	463.49	-73.40	-286.62	-861.79	OK	348.28	OK	873.1468	3615.376	OK
22722	95.147	7.801	409.61	-12.58	-181.53	-839.19	OK	340.89	OK	873.1468	3607.727	OK
23349	97.063	7.801	370.39	26.77	-126.99	822.72	OK	335.50	OK	873.1468	3602.158	OK
23349	97.063	7.801	366.75	26.77	-134.19	821.19	OK	335.00	OK	873.1468	3601.641	OK
23343	98.979	7.801	333.26	51.84	-69.86	807.11	OK	330.41	OK	873.1468	3596.886	OK
23344	100.896	7.801	312.04	65.46	-38.13	798.18	OK	327.49	OK	873.1468	3593.874	OK
23345	102.812	7.801	296.16	73.74	-29.53	791.49	OK	325.32	OK	873.1468	3591.619	OK
23363	104.728	7.801	279.23	82.65	22.24	784.37	OK	322.99	OK	873.1468	3589.215	OK
23363	104.728	7.801	275.03	82.65	-41.79	782.60	OK	322.42	OK	873.1468	3588.619	OK
22740	105.530	7.750	274.53	80.45	11.21	782.39	OK	322.35	OK	873.1468	3588.547	OK
22741	106.336	7.698	255.64	80.54	-13.53	774.43	OK	319.75	OK	873.1468	3585.866	OK
22742	107.146	7.646	241.21	84.06	-47.13	768.35	OK	317.77	OK	873.1468	3583.817	OK
22746	107.961	7.594	249.87	91.99	-84.70	771.99	OK	318.96	OK	873.1468	3585.046	OK

## RISULTATI FASE 7 – Condizione di lungo termine

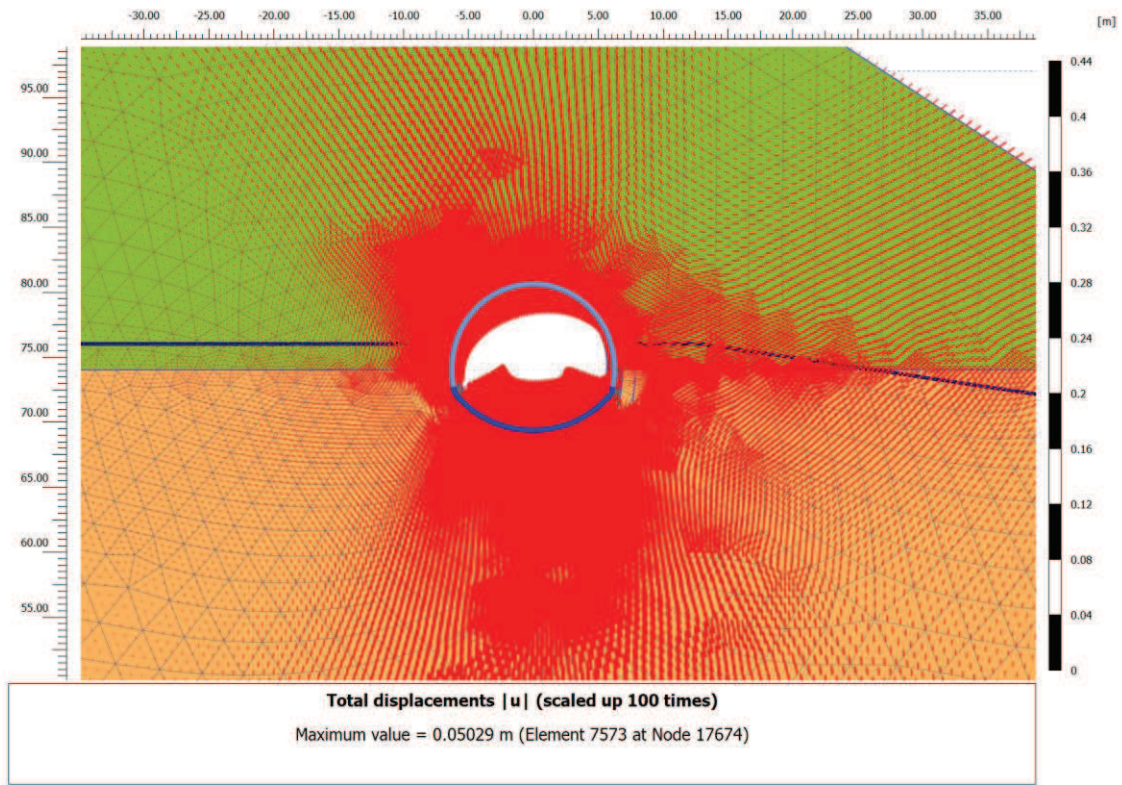


### Fase 7 – Spostamenti verticali totali

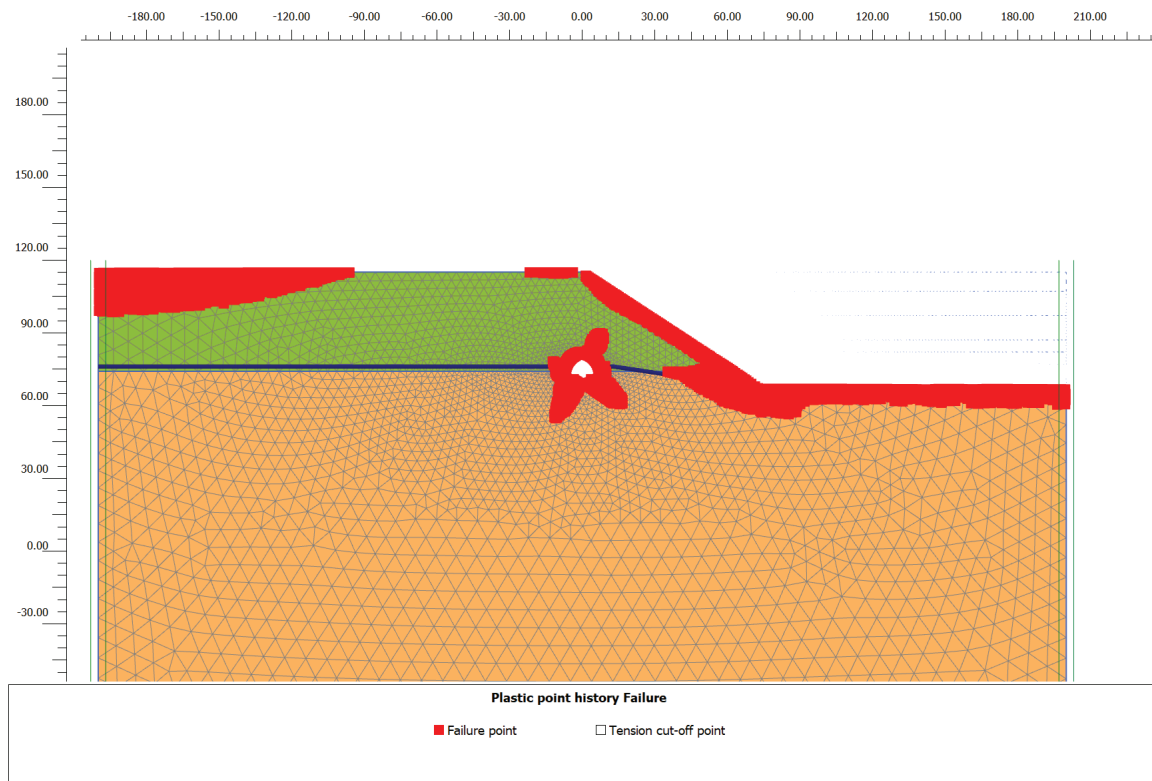


### Fase 7 – Spostamenti orizzontali totali

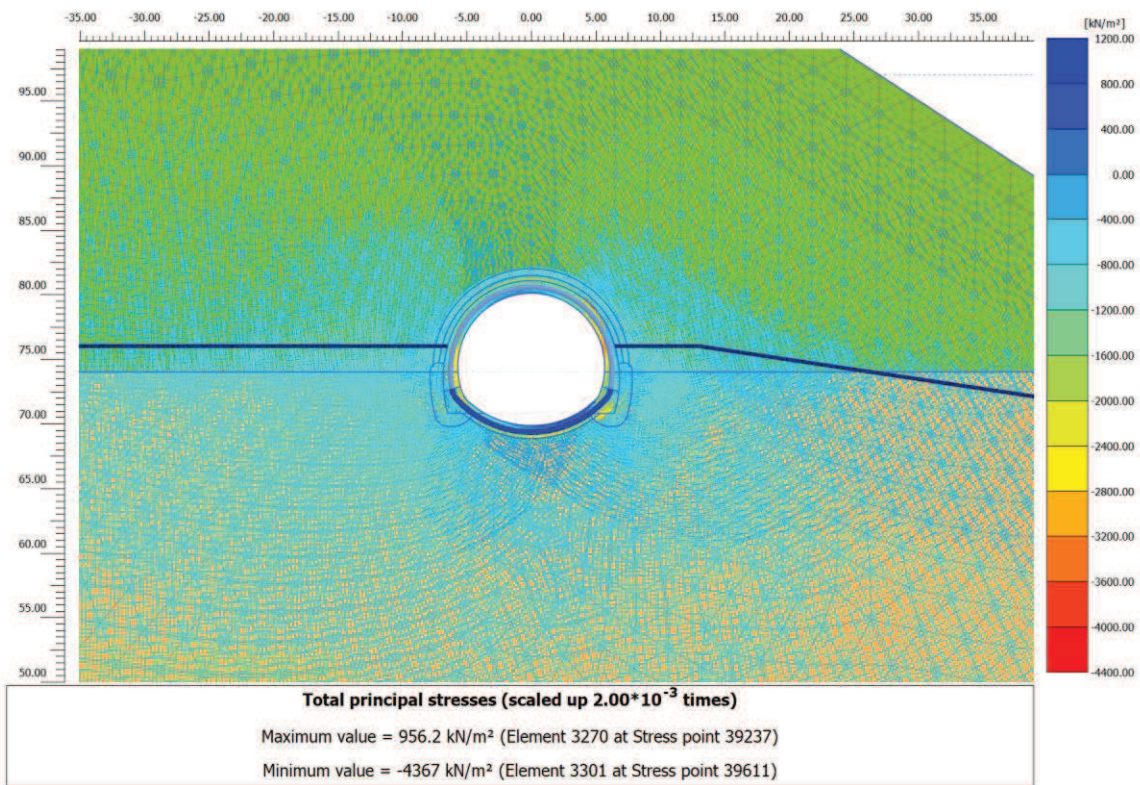




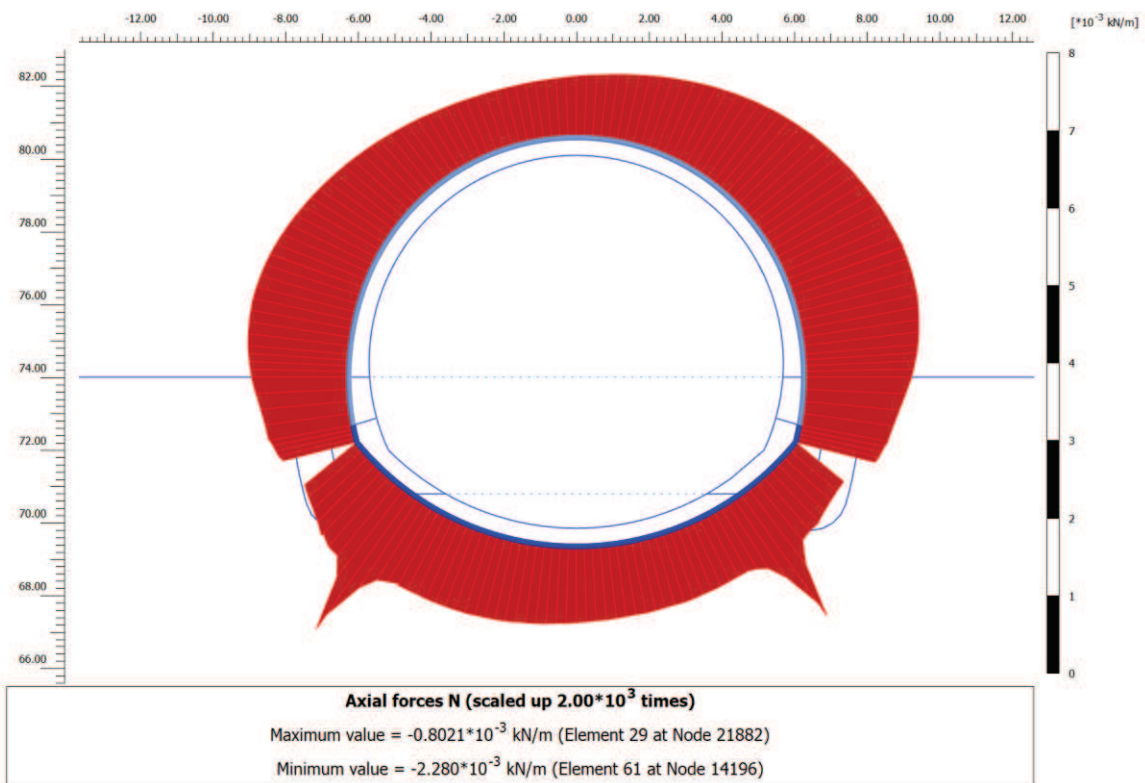
**Fase 7 – Vettori spostamento totale**



**Fase 7 – Zone plastiche**

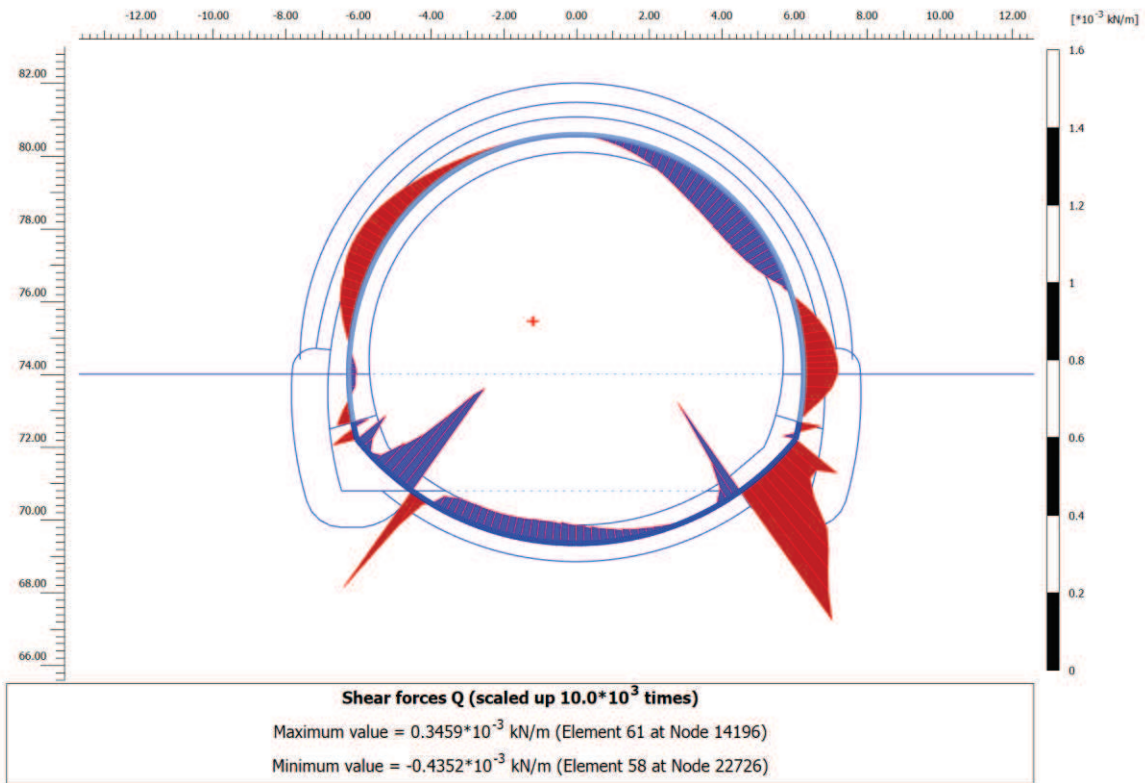


**Fase 7 – Orientazione delle direzioni principali dello sforzo**

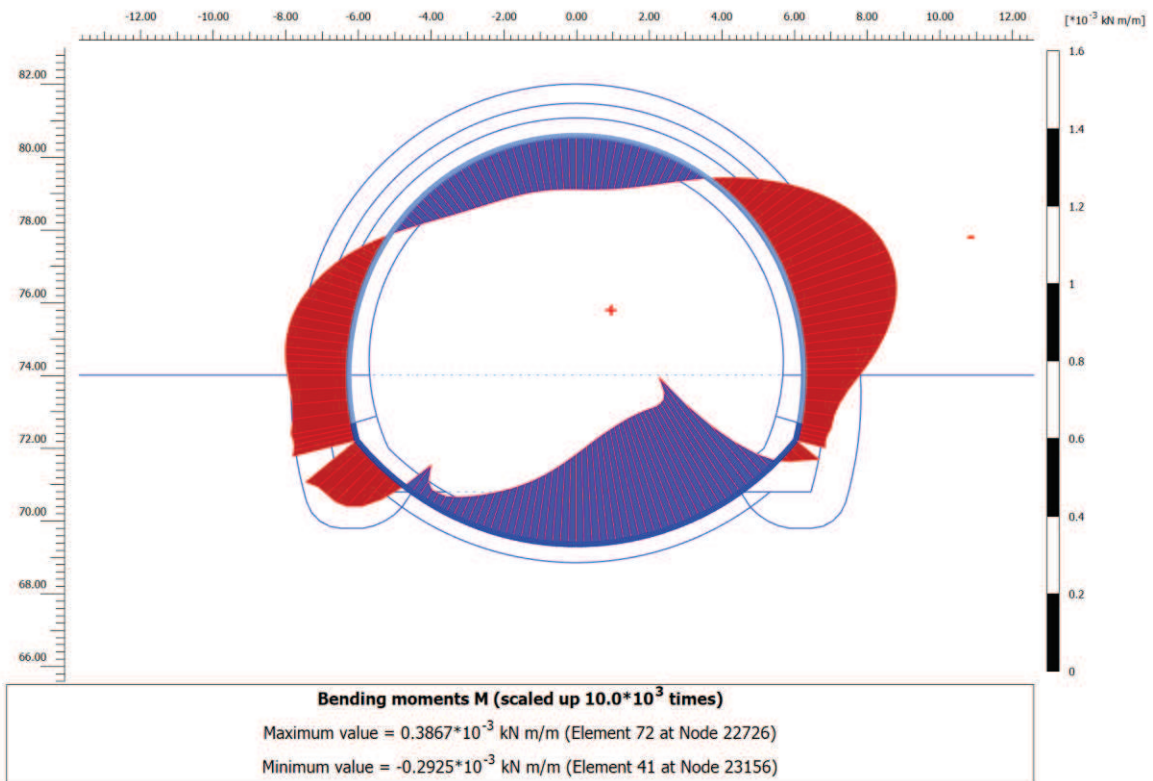


**Fase 7 – Andamento dello sforzo normale N nel rivestimento definitivo**





**Fase 7 – Andamento dello sforzo di taglio T nel rivestimento definitivo**



**Fase 7 – Andamento del momento flettente M nel rivestimento definitivo**

***FASE 7: Verifiche del rivestimento definitivo di arco rovescio allo SLE***

NODO E COORD.POLARI			AZIONI INTERNE SLE			VERIFICA CONGLOMERATO SLE					VERIFICA ACCIAIO SLE					VERIFICA FESSURAZIONE		
Nodo	$\alpha$ [°]	R [m]	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	$\sigma_{c,sup}$ [MPa]	$\sigma_{c,inf}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim,R}$ FI [MPa]	Esito verifica	$\sigma_{s,sup}$ [MPa]	$\sigma_{s,inf}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim,R}$ I [MPa]	Esito verifica	w <sub>max</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	Esito verifica
11892	0.039	7.59 4	1168	174	43	2.05	0.17	11.25	10.00	OK	28.3	5.0	360.0	337.5	OK	0.00	0.20	OK
11896	0.854	7.64 6	1136	170	10	2.00	0.16	11.25	10.00	OK	27.6	4.7	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
11897	1.665	7.69 8	1114	171	-19	1.98	0.13	11.25	10.00	OK	27.4	4.4	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
11898	2.470	7.74 9	1089	175	-45	1.98	0.09	11.25	10.00	OK	27.3	3.7	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
12022	3.272	7.80 1	927	182	104	1.87	0.00	11.25	10.00	OK	25.5	0.8	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
12022	3.272	7.80 1	1045	182	-67	1.97	0.01	11.25	10.00	OK	27.1	2.7	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
12023	5.188	7.80 1	994	164	36	1.83	0.06	11.25	10.00	OK	25.2	3.1	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
12024	7.105	7.80 1	1058	160	5	1.87	0.14	11.25	10.00	OK	25.8	4.3	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
12025	9.021	7.80 1	1132	157	20	1.93	0.23	11.25	10.00	OK	26.7	5.5	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
13732	10.937	7.80 1	1233	144	91	1.95	0.39	11.25	10.00	OK	27.3	7.9	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
13732	10.937	7.80 1	1197	144	80	1.92	0.36	11.25	10.00	OK	26.8	7.3	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
13733	12.854	7.80 1	1283	117	142	1.85	0.59	11.25	10.00	OK	26.1	10.4	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
13734	14.770	7.80 1	1296	67	232	1.59	0.87	11.25	10.00	OK	23.0	13.9	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
13735	16.686	7.80 1	1530	-3	312	1.44	1.47	11.25	10.00	OK	21.6	22.0	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
14196	18.603	7.80 1	2043	-91	-326	1.45	2.43	11.25	10.00	OK	23.0	35.2	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
14196	18.603	7.80 1	2280	-91	346	1.67	2.66	11.25	10.00	OK	26.3	38.6	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
14197	20.212	7.80 1	1482	-48	-100	1.15	1.67	11.25	10.00	OK	17.8	24.4	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
14198	21.821	7.80 1	1252	-36	-16	1.00	1.38	11.25	10.00	OK	15.4	20.2	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
14199	23.430	7.80 1	1194	-37	5	0.93	1.33	11.25	10.00	OK	14.5	19.5	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
15746	25.039	7.80 1	1144	-40	40	0.87	1.30	11.25	10.00	OK	13.6	19.0	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
15746	25.039	7.80 1	1167	-40	35	0.89	1.32	11.25	10.00	OK	13.9	19.3	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
15749	26.648	7.80 1	1160	-49	44	0.84	1.36	11.25	10.00	OK	13.2	19.8	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
15748	28.257	7.80 1	1159	-59	49	0.78	1.42	11.25	10.00	OK	12.5	20.5	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
15747	29.866	7.80 1	1160	-70	52	0.72	1.48	11.25	10.00	OK	11.8	21.2	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
17274	31.475	7.80 1	1159	-82	53	0.66	1.54	11.25	10.00	OK	11.0	22.0	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
17274	31.475	7.80 1	1161	-82	52	0.66	1.54	11.25	10.00	OK	11.0	22.0	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
17275	33.084	7.80 1	1157	-93	53	0.59	1.60	11.25	10.00	OK	10.2	22.8	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
17276	34.693	7.80 1	1155	-105	52	0.53	1.66	11.25	10.00	OK	9.4	23.5	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
17277	36.302	7.80	1151	-116	52	0.46	1.72	11.25	10.00	OK	8.6	24.2	360.0	337.5	OK	-	-	OK



NODO E COORD.POLARI			AZIONI INTERNE SLE			VERIFICA CONGLOMERATO SLE					VERIFICA ACCIAIO SLE				VERIFICA FESSURAZIONE			
Nodo	$\alpha$ [°]	R [m]	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	$\sigma_{c,sup}$ [MPa]	$\sigma_{c,inf}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim,R}$ Fl [MPa]	Esito verifica	$\sigma_{s,sup}$ [MPa]	$\sigma_{s,inf}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim,RF}$ I [MPa]	Esito verifica	w <sub>max</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	Esito verifica
		1												0				
18098	37.911	7.80 1	1141	-128	53	0.39	1.77	11.25	10.00	OK	7.7	24.9	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
18098	37.911	7.80 1	1145	-128	52	0.40	1.78	11.25	10.00	OK	7.7	24.9	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
18099	39.520	7.80 1	1136	-139	53	0.33	1.83	11.25	10.00	OK	6.8	25.6	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
18100	41.129	7.80 1	1130	-151	54	0.26	1.89	11.25	10.00	OK	5.9	26.3	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
18101	42.737	7.80 1	1122	-163	55	0.18	1.95	11.25	10.00	OK	5.0	26.9	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
19604	44.346	7.80 1	1108	-175	58	0.10	2.00	11.25	10.00	OK	4.0	27.6	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
19604	44.346	7.80 1	1111	-175	56	0.11	2.00	11.25	10.00	OK	4.0	27.6	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
19605	45.955	7.80 1	1099	-188	57	0.03	2.06	11.25	10.00	OK	3.0	28.3	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
19606	47.564	7.80 1	1090	-200	57	0.00	2.12	11.25	10.00	OK	2.0	29.0	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
19607	49.173	7.80 1	1080	-213	57	0.00	2.18	11.25	10.00	OK	0.9	29.8	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
20120	50.782	7.80 1	1064	-225	58	0.00	2.24	11.25	10.00	OK	-0.5	30.5	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
20120	50.782	7.80 1	1065	-225	53	0.00	2.24	11.25	10.00	OK	-0.5	30.5	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
19784	52.391	7.80 1	1059	-237	53	0.00	2.32	11.25	10.00	OK	-1.9	31.4	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
19785	54.000	7.80 1	1050	-248	51	0.00	2.39	11.25	10.00	OK	-3.5	32.3	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
19786	55.609	7.80 1	1039	-259	48	0.00	2.47	11.25	10.00	OK	-5.2	33.1	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
20140	57.218	7.80 1	1030	-269	46	0.00	2.54	11.25	10.00	OK	-7.0	33.9	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
20140	57.218	7.80 1	1028	-269	41	0.00	2.54	11.25	10.00	OK	-7.1	33.9	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
20134	58.827	7.80 1	1027	-278	40	0.00	2.62	11.25	10.00	OK	-8.7	34.8	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
20135	60.436	7.80 1	1020	-286	36	0.00	2.69	11.25	10.00	OK	-10.5	35.6	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
20136	62.045	7.80 1	1012	-294	32	0.00	2.76	11.25	10.00	OK	-12.3	36.3	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21108	63.654	7.80 1	1006	-300	26	0.00	2.82	11.25	10.00	OK	-14.0	37.0	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21108	63.654	7.80 1	1008	-300	30	0.00	2.82	11.25	10.00	OK	-13.9	37.0	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21102	65.263	7.80 1	1009	-306	25	0.00	2.87	11.25	10.00	OK	-15.2	37.7	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21103	66.872	7.80 1	1005	-311	22	0.00	2.92	11.25	10.00	OK	-16.6	38.2	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21104	68.481	7.80 1	998	-316	19	0.00	2.96	11.25	10.00	OK	-18.1	38.7	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21572	70.090	7.80 1	996	-319	16	0.00	3.00	11.25	10.00	OK	-19.2	39.1	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21572	70.090	7.80 1	993	-319	14	0.00	3.00	11.25	10.00	OK	-19.4	39.1	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21566	71.699	7.80 1	998	-322	12	0.00	3.03	11.25	10.00	OK	-19.8	39.4	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21567	73.308	7.80 1	992	-325	9	0.00	3.06	11.25	10.00	OK	-20.8	39.7	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21568	74.917	7.80	983	-326	5	0.00	3.07	11.25	10.00	OK	-21.9	39.8	360.0	337.5	OK	-	-	OK

NODO E COORD.POLARI			AZIONI INTERNE SLE			VERIFICA CONGLOMERATO SLE					VERIFICA ACCIAIO SLE				VERIFICA FESSURAZIONE			
Nodo	$\alpha$ [°]	R [m]	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	$\sigma_{c,sup}$ [MPa]	$\sigma_{c,inf}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim,R}$ Fl [MPa]	Esito verifica	$\sigma_{s,sup}$ [MPa]	$\sigma_{s,inf}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim,RF}$ I [MPa]	Esito verifica	w <sub>max</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	Esito verifica
		1												0				
21592	76.526	7.80 1	977	-327	0	0.00	3.08	11.25	10.00	OK	-22.5	39.9	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21592	76.526	7.80 1	979	-327	3	0.00	3.08	11.25	10.00	OK	-22.3	39.9	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21586	78.135	7.80 1	971	-327	-2	0.00	3.09	11.25	10.00	OK	-23.0	39.9	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21587	79.744	7.80 1	961	-326	-6	0.00	3.08	11.25	10.00	OK	-23.4	39.7	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21588	81.353	7.80 1	955	-324	-7	0.00	3.07	11.25	10.00	OK	-23.4	39.5	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21918	82.962	7.80 1	947	-323	-8	0.00	3.05	11.25	10.00	OK	-23.6	39.3	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21918	82.962	7.80 1	957	-323	-6	0.00	3.05	11.25	10.00	OK	-22.8	39.4	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21912	84.571	7.80 1	989	-325	15	0.00	3.06	11.25	10.00	OK	-21.1	39.6	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21913	86.180	7.80 1	1066	-329	37	0.00	3.08	11.25	10.00	OK	-17.3	40.3	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
21914	87.789	7.80 1	1305	-345	113	0.00	3.26	11.25	10.00	OK	-9.6	43.4	360.0	337.5 0	OK	-	-	OK
22726	89.398	7.80 1	2057	-387	-435	0.00	4.05	11.25	10.00	OK	3.1	55.4	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
22726	89.398	7.80 1	1835	-387	297	0.00	3.87	11.25	10.00	OK	-0.8	52.5	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
22720	91.314	7.80 1	1310	-283	-365	0.00	2.81	11.25	10.00	OK	-1.3	38.1	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
22721	93.230	7.80 1	1026	-194	-315	0.00	2.03	11.25	10.00	OK	1.4	27.7	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
22722	95.147	7.80 1	990	-118	-275	0.30	1.58	11.25	10.00	OK	6.2	22.0	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
23349	97.063	7.80 1	981	-52	-230	0.65	1.21	11.25	10.00	OK	10.5	17.4	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
23349	97.063	7.80 1	990	-52	-231	0.66	1.22	11.25	10.00	OK	10.6	17.6	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
23343	98.979	7.80 1	932	-3	-147	0.87	0.90	11.25	10.00	OK	13.1	13.5	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
23344	100.89 6	7.80 1	894	28	-101	1.00	0.70	11.25	10.00	OK	14.6	10.8	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
23345	102.81 2	7.80 1	868	53	-98	1.11	0.54	11.25	10.00	OK	15.9	8.8	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
23363	104.72 8	7.80 1	1128	84	37	1.53	0.62	11.25	10.00	OK	21.7	10.4	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
23363	104.72 8	7.80 1	853	84	-147	1.26	0.36	11.25	10.00	OK	17.8	6.5	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
22740	105.53 0	7.75 0	1160	81	15	1.54	0.66	11.25	10.00	OK	22.0	11.1	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
22741	106.33 6	7.69 8	1184	81	-9	1.56	0.69	11.25	10.00	OK	22.3	11.4	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
22742	107.14 6	7.64 6	1207	83	-34	1.60	0.70	11.25	10.00	OK	22.8	11.6	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK
22746	107.96 1	7.59 4	1241	89	-59	1.66	0.70	11.25	10.00	OK	23.6	11.7	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.20	OK

***FASE 7: Verifiche del rivestimento definitivo di arco rovescio allo SLU***

NODO E COORD.POLARI			AZIONI INTERNE SLU			PRESSOFLESSIONE SLU		TAGLIO SENZA ARM.		TAGLIO CON ARM. TRASVERSALE		
Nodo	$\alpha$ [°]	R [m]	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	$M_{Rd}$ [kNm]	Esito verifica	$V_{Rd}$ [kN]	Esito verifica	$V_{Rsd}$ [kN]	$V_{Rcd}$ [kN]	Esito verifica
11892	0.039	7.594	1168	226	56	1153	OK	445	OK	873	3715	OK
11896	0.854	7.646	1135.57	221.51	13.13	1139.29	OK	440.52	OK	873.1468	3710.801	OK
11897	1.665	7.698	1113.95	222.26	-24.85	1130.52	OK	437.56	OK	873.1468	3707.73	OK
11898	2.470	7.749	1088.77	227.30	-58.24	1120.30	OK	434.10	OK	873.1468	3704.155	OK
12022	3.272	7.801	926.77	236.10	134.90	1054.15	OK	411.87	OK	873.1468	3681.155	OK
12022	3.272	7.801	1045.23	236.10	-87.64	1102.59	OK	428.13	OK	873.1468	3697.974	OK
12023	5.188	7.801	993.83	213.14	46.93	1081.61	OK	421.07	OK	873.1468	3690.676	OK
12024	7.105	7.801	1057.59	207.65	6.67	1107.62	OK	429.82	OK	873.1468	3699.728	OK
12025	9.021	7.801	1132.43	204.47	26.32	1138.01	OK	440.09	OK	873.1468	3710.354	OK
13732	10.937	7.801	1232.74	187.46	118.08	1178.50	OK	453.86	OK	873.1468	3724.597	OK
13732	10.937	7.801	1197.20	187.46	104.11	1164.19	OK	448.98	OK	873.1468	3719.551	OK
13733	12.854	7.801	1282.99	151.74	184.13	1198.67	OK	460.76	OK	873.1468	3731.731	OK
13734	14.770	7.801	1296.07	87.43	301.03	1203.91	OK	462.55	OK	873.1468	3733.589	OK
13735	16.686	7.801	1530.31	-4.27	405.85	-1296.72	OK	494.70	OK	873.1468	3766.846	OK
14196	18.603	7.801	2042.96	-118.29	-424.19	-1492.38	OK	565.06	OK	873.1468	3839.634	OK
14196	18.603	7.801	2279.53	-118.29	449.62	-1577.06	OK	597.53	OK	873.1468	3873.223	OK
14197	20.212	7.801	1481.61	-62.83	-130.25	-1277.58	OK	488.02	OK	873.1468	3759.931	OK
14198	21.821	7.801	1252.21	-46.51	-20.50	-1186.32	OK	456.53	OK	873.1468	3727.361	OK
14199	23.430	7.801	1193.52	-47.82	6.45	-1162.71	OK	448.48	OK	873.1468	3719.029	OK
15746	25.039	7.801	1144.32	-51.97	51.98	-1142.83	OK	441.73	OK	873.1468	3712.043	OK
15746	25.039	7.801	1167.22	-51.97	45.71	-1152.09	OK	444.87	OK	873.1468	3715.294	OK
15749	26.648	7.801	1160.16	-63.34	57.24	-1149.24	OK	443.90	OK	873.1468	3714.291	OK
15748	28.257	7.801	1158.92	-76.71	64.26	-1148.74	OK	443.73	OK	873.1468	3714.116	OK
15747	29.866	7.801	1160.26	-91.23	67.63	-1149.28	OK	443.91	OK	873.1468	3714.306	OK
17274	31.475	7.801	1159.06	-106.15	69.54	-1148.79	OK	443.75	OK	873.1468	3714.136	OK
17274	31.475	7.801	1160.95	-106.15	68.23	-1149.55	OK	444.01	OK	873.1468	3714.403	OK
17275	33.084	7.801	1157.07	-121.30	68.79	-1147.99	OK	443.47	OK	873.1468	3713.852	OK
17276	34.693	7.801	1154.69	-136.29	68.16	-1147.02	OK	443.15	OK	873.1468	3713.515	OK
17277	36.302	7.801	1150.91	-151.19	67.87	-1145.49	OK	442.63	OK	873.1468	3712.978	OK
18098	37.911	7.801	1141.47	-166.07	68.66	-1141.67	OK	441.33	OK	873.1468	3711.637	OK
18098	37.911	7.801	1144.71	-166.07	68.16	-1142.99	OK	441.78	OK	873.1468	3712.098	OK
18099	39.520	7.801	1135.78	-181.11	68.93	-1139.37	OK	440.55	OK	873.1468	3710.831	OK
18100	41.129	7.801	1129.71	-196.35	70.17	-1136.91	OK	439.72	OK	873.1468	3709.968	OK
18101	42.737	7.801	1121.96	-211.87	71.62	-1133.77	OK	438.66	OK	873.1468	3708.867	OK
19604	44.346	7.801	1107.60	-227.68	74.87	-1127.95	OK	436.68	OK	873.1468	3706.829	OK
19604	44.346	7.801	1111.23	-227.68	72.51	-1129.42	OK	437.18	OK	873.1468	3707.344	OK
19605	45.955	7.801	1098.92	-243.90	73.93	-1124.43	OK	435.49	OK	873.1468	3705.597	OK
19606	47.564	7.801	1090.20	-260.21	74.37	-1120.88	OK	434.30	OK	873.1468	3704.358	OK
19607	49.173	7.801	1079.54	-276.39	73.50	-1116.55	OK	432.83	OK	873.1468	3702.845	OK
20120	50.782	7.801	1063.59	-292.08	75.20	-1110.06	OK	430.64	OK	873.1468	3700.58	OK
20120	50.782	7.801	1065.08	-292.08	68.62	-1110.67	OK	430.85	OK	873.1468	3700.792	OK
19784	52.391	7.801	1058.76	-307.74	68.88	-1108.10	OK	429.98	OK	873.1468	3699.894	OK
19785	54.000	7.801	1049.58	-322.54	65.68	-1104.36	OK	428.72	OK	873.1468	3698.591	OK
19786	55.609	7.801	1038.52	-336.47	61.88	-1099.85	OK	427.20	OK	873.1468	3697.021	OK
20140	57.218	7.801	1029.89	-349.29	59.87	-1096.33	OK	426.02	OK	873.1468	3695.795	OK
20140	57.218	7.801	1028.08	-349.29	53.78	-1095.59	OK	425.77	OK	873.1468	3695.538	OK
20134	58.827	7.801	1027.04	-361.40	51.83	-1095.17	OK	425.63	OK	873.1468	3695.391	OK
20135	60.436	7.801	1020.14	-372.28	47.10	-1092.36	OK	424.68	OK	873.1468	3694.411	OK
20136	62.045	7.801	1012.02	-382.02	42.23	-1089.04	OK	423.57	OK	873.1468	3693.259	OK
21108	63.654	7.801	1005.55	-390.48	33.78	-1086.40	OK	422.68	OK	873.1468	3692.339	OK

NODO E COORD.POLARI			AZIONI INTERNE SLU			PRESSOFLESSIONE SLU		TAGLIO SENZA ARM.		TAGLIO CON ARM. TRASVERSALE		
Nodo	$\alpha$ [°]	R [m]	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	$M_{Rd}$ [kNm]	Esito verifica	$V_{Rd}$ [kN]	Esito verifica	$V_{Rsd}$ [kN]	$V_{Rcd}$ [kN]	Esito verifica
21108	63.654	7.801	1007.77	-390.48	38.70	-1087.31	OK	422.98	OK	873.1468	3692.655	OK
21102	65.263	7.801	1009.06	-398.11	31.95	-1087.83	OK	423.16	OK	873.1468	3692.838	OK
21103	66.872	7.801	1004.70	-404.72	28.13	-1086.05	OK	422.56	OK	873.1468	3692.22	OK
21104	68.481	7.801	998.23	-410.45	24.51	-1083.41	OK	421.67	OK	873.1468	3691.301	OK
21572	70.090	7.801	996.18	-415.24	20.93	-1082.57	OK	421.39	OK	873.1468	3691.009	OK
21572	70.090	7.801	993.17	-415.24	18.36	-1081.34	OK	420.98	OK	873.1468	3690.582	OK
21566	71.699	7.801	997.87	-419.17	15.47	-1083.26	OK	421.63	OK	873.1468	3691.25	OK
21567	73.308	7.801	992.01	-422.15	11.36	-1080.87	OK	420.82	OK	873.1468	3690.417	OK
21568	74.917	7.801	983.41	-424.10	6.64	-1077.35	OK	419.64	OK	873.1468	3689.196	OK
21592	76.526	7.801	976.89	-424.84	-0.64	-1074.68	OK	418.75	OK	873.1468	3688.271	OK
21592	76.526	7.801	979.45	-424.84	3.91	-1075.73	OK	419.10	OK	873.1468	3688.634	OK
21586	78.135	7.801	970.71	-424.95	-2.76	-1072.15	OK	417.90	OK	873.1468	3687.393	OK
21587	79.744	7.801	961.45	-423.76	-7.60	-1068.36	OK	416.63	OK	873.1468	3686.079	OK
21588	81.353	7.801	955.47	-421.82	-9.73	-1065.91	OK	415.81	OK	873.1468	3685.229	OK
21918	82.962	7.801	946.56	-419.77	-10.92	-1062.26	OK	414.58	OK	873.1468	3683.965	OK
21918	82.962	7.801	956.55	-419.77	-8.26	-1066.36	OK	415.95	OK	873.1468	3685.383	OK
21912	84.571	7.801	988.80	-422.14	19.82	-1079.56	OK	420.38	OK	873.1468	3689.962	OK
21913	86.180	7.801	1065.77	-427.39	48.30	-1110.95	OK	430.94	OK	873.1468	3700.89	OK
21914	87.789	7.801	1305.28	-448.37	146.40	-1207.59	OK	463.82	OK	873.1468	3734.897	OK
22726	89.398	7.801	2056.68	-502.76	-565.76	-1497.46	OK	566.95	OK	873.1468	3841.582	OK
22726	89.398	7.801	1835.15	-502.76	386.01	-1414.41	OK	536.54	OK	873.1468	3810.129	OK
22720	91.314	7.801	1310.31	-368.10	-473.87	-1209.60	OK	464.51	KO	873.1468	3735.61	OK
22721	93.230	7.801	1025.83	-252.81	-409.99	-1094.68	OK	425.46	OK	873.1468	3695.219	OK
22722	95.147	7.801	990.18	-153.21	-357.47	-1080.12	OK	420.57	OK	873.1468	3690.158	OK
23349	97.063	7.801	981.25	-66.98	-298.68	-1076.47	OK	419.34	OK	873.1468	3688.889	OK
23349	97.063	7.801	990.33	-66.98	-299.66	-1080.18	OK	420.59	OK	873.1468	3690.178	OK
23343	98.979	7.801	931.72	-3.99	-190.63	-1056.18	OK	412.55	OK	873.1468	3681.857	OK
23344	100.896	7.801	894.03	36.55	-130.79	1040.70	OK	407.37	OK	873.1468	3676.505	OK
23345	102.812	7.801	867.79	69.19	-127.94	1029.90	OK	403.77	OK	873.1468	3672.781	OK
23363	104.728	7.801	1128.43	109.17	47.63	1136.39	OK	439.54	OK	873.1468	3709.786	OK
23363	104.728	7.801	852.65	109.17	-190.86	1023.67	OK	401.69	OK	873.1468	3670.63	OK
22740	105.530	7.750	1160.43	105.14	18.92	1149.34	OK	443.94	OK	873.1468	3714.33	OK
22741	106.336	7.698	1183.56	104.70	-11.71	1158.69	OK	447.11	OK	873.1468	3717.614	OK
22742	107.146	7.646	1207.39	108.02	-43.81	1168.30	OK	450.38	OK	873.1468	3720.997	OK
22746	107.961	7.594	1241.46	115.27	-76.92	1182.01	OK	455.06	OK	873.1468	3725.835	OK

***FASE 7: Verifiche del rivestimento definitivo di calotta allo SLE***

NODO E COORD.POLARI			AZIONI INTERNE SLE			VERIFICA CONGLOMERATO SLE					VERIFICA ACCIAIO SLE					VERIFICA FESSURAZIONE		
Nodo	$\alpha$ [°]	R [m]	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	$\sigma_{c,sup}$ [MPa]	$\sigma_{c,inf}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim,R}$ FI [MPa]	Esito verifica	$\sigma_{s,sup}$ [MPa]	$\sigma_{s,inf}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim,R}$ I [MPa]	Esito verifica	w <sub>max</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	Esito verifica
11892	0.456	6.374	1179	174	-44	2.14	0.16	11.25	10.00	OK	29.6	4.9	360.0	337.5	OK	0.00	0.30	OK
9840	3.430	6.345	1195	162	-24	2.09	0.24	11.25	10.00	OK	29.0	6.0	360.0	337.50	OK	0.00	0.30	OK
9841	6.419	6.319	1232	158	0	2.11	0.30	11.25	10.00	OK	29.3	6.8	360.0	337.50	OK	0.00	0.30	OK
9842	9.421	6.294	1284	161	17	2.17	0.33	11.25	10.00	OK	30.3	7.4	360.0	337.50	OK	0.00	0.30	OK
9934	12.435	6.273	1334	168	21	2.26	0.34	11.25	10.00	OK	31.5	7.6	360.0	337.50	OK	0.00	0.30	OK
9934	12.435	6.273	1339	168	19	2.27	0.35	11.25	10.00	OK	31.5	7.7	360.0	337.50	OK	0.00	0.30	OK
9928	13.865	6.263	1354	171	20	2.30	0.34	11.25	10.00	OK	32.0	7.7	360.0	337.50	OK	0.00	0.30	OK
9929	15.298	6.254	1372	174	16	2.34	0.35	11.25	10.00	OK	32.5	7.7	360.0	337.50	OK	0.00	0.30	OK
9930	16.733	6.246	1390	176	10	2.36	0.35	11.25	10.00	OK	32.9	7.8	360.0	337.50	OK	0.00	0.30	OK
11960	18.170	6.238	1404	177	5	2.38	0.36	11.25	10.00	OK	33.2	8.0	360.0	337.50	OK	0.00	0.30	OK
11960	18.170	6.238	1404	177	3	2.38	0.36	11.25	10.00	OK	33.1	8.0	360.0	337.50	OK	0.00	0.30	OK
11964	20.328	6.227	1418	177	-5	2.40	0.37	11.25	10.00	OK	33.4	8.2	360.0	337.50	OK	0.00	0.30	OK
11965	22.489	6.218	1427	174	-16	2.39	0.40	11.25	10.00	OK	33.3	8.5	360.0	337.50	OK	0.00	0.30	OK
11966	24.654	6.210	1432	170	-26	2.37	0.43	11.25	10.00	OK	33.0	8.9	360.0	337.50	OK	0.00	0.30	OK
13702	26.823	6.203	1431	162	-36	2.32	0.47	11.25	10.00	OK	32.5	9.4	360.0	337.50	OK	0.00	0.30	OK
13702	26.823	6.203	1434	162	-36	2.33	0.47	11.25	10.00	OK	32.5	9.5	360.0	337.50	OK	0.00	0.30	OK
13706	28.993	6.197	1423	153	-46	2.26	0.52	11.25	10.00	OK	31.7	10.0	360.0	337.50	OK	0.00	0.30	OK
13707	31.166	6.193	1410	141	-53	2.18	0.57	11.25	10.00	OK	30.7	10.6	360.0	337.50	OK	0.00	0.30	OK
13708	33.340	6.190	1393	128	-59	2.09	0.63	11.25	10.00	OK	29.5	11.3	360.0	337.50	OK	0.00	0.30	OK
15656	35.515	6.189	1375	113	-59	1.99	0.69	11.25	10.00	OK	28.2	12.1	360.0	337.50	OK	0.00	0.30	OK
15656	35.515	6.189	1374	113	-63	1.99	0.69	11.25	10.00	OK	28.2	12.1	360.0	337.50	OK	0.00	0.30	OK
15659	37.588	6.189	1348	99	-67	1.88	0.75	11.25	10.00	OK	26.8	12.7	360.0	337.50	OK	0.00	0.30	OK
15658	39.662	6.189	1320	84	-72	1.77	0.81	11.25	10.00	OK	25.3	13.4	360.0	337.50	OK	0.00	0.30	OK
15657	41.736	6.190	1292	67	-74	1.65	0.88	11.25	10.00	OK	23.7	14.1	360.0	337.50	OK	0.00	0.30	OK
15762	43.809	6.190	1265	50	-76	1.52	0.95	11.25	10.00	OK	22.1	14.9	360.0	337.50	OK	0.00	0.30	OK
15762	43.809	6.190	1261	50	-75	1.52	0.94	11.25	10.00	OK	22.1	14.9	360.0	337.50	OK	0.00	0.30	OK
15758	45.883	6.190	1233	34	-75	1.40	1.01	11.25	10.00	OK	20.5	15.7	360.0	337.50	OK	0.00	0.30	OK
15757	47.957	6.190	1204	17	-74	1.27	1.08	11.25	10.00	OK	18.8	16.4	360.0	337.50	OK	0.00	0.30	OK
15756	50.030	6.19	1175	1	-71	1.15	1.14	11.25	10.00	OK	17.3	17.2	360.0	337.5	OK	0.00	0.30	OK

NODO E COORD.POLARI			AZIONI INTERNE SLE			VERIFICA CONGLOMERATO SLE					VERIFICA ACCIAIO SLE					VERIFICA FESSURAZIONE		
Nodo	$\alpha$ [°]	R [m]	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	$\sigma_{c,sup}$ [MPa]	$\sigma_{c,inf}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim,R}$ Fl [MPa]	Esito verifica	$\sigma_{s,sup}$ [MPa]	$\sigma_{s,inf}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim,RF}$ I [MPa]	Esito verifica	w <sub>max</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	Esito verifica
		0												0				
16220	52.103	6.19 0	1144	-15	-68	1.03	1.20	11.25	10.00	OK	15.7	17.8	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
16220	52.103	6.19 0	1147	-15	-68	1.04	1.21	11.25	10.00	OK	15.8	17.9	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
16223	54.177	6.19 1	1117	-30	-64	0.92	1.26	11.25	10.00	OK	14.3	18.5	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
16222	56.250	6.19 1	1090	-43	-60	0.82	1.31	11.25	10.00	OK	12.9	19.1	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
16221	58.323	6.19 1	1062	-56	-55	0.71	1.36	11.25	10.00	OK	11.5	19.6	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
17804	60.397	6.19 1	1034	-68	-51	0.62	1.40	11.25	10.00	OK	10.3	20.0	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
17804	60.397	6.19 1	1035	-68	-50	0.62	1.40	11.25	10.00	OK	10.3	20.0	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
17808	62.470	6.19 1	1010	-79	-45	0.53	1.44	11.25	10.00	OK	9.2	20.4	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
17809	64.543	6.19 1	985	-89	-41	0.46	1.47	11.25	10.00	OK	8.1	20.7	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
17810	66.616	6.19 1	961	-97	-36	0.38	1.49	11.25	10.00	OK	7.2	21.0	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
19334	68.689	6.19 1	937	-105	-32	0.32	1.51	11.25	10.00	OK	6.3	21.2	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
19334	68.689	6.19 1	938	-105	-30	0.32	1.51	11.25	10.00	OK	6.3	21.2	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
19337	70.762	6.19 2	918	-111	-27	0.26	1.53	11.25	10.00	OK	5.5	21.3	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
19336	72.835	6.19 2	898	-117	-23	0.21	1.54	11.25	10.00	OK	4.9	21.5	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
19335	74.908	6.19 2	879	-122	-20	0.16	1.55	11.25	10.00	OK	4.2	21.5	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
20020	76.981	6.19 2	862	-126	-17	0.12	1.56	11.25	10.00	OK	3.7	21.5	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
20020	76.981	6.19 2	862	-126	-16	0.12	1.56	11.25	10.00	OK	3.7	21.6	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
20023	79.054	6.19 2	849	-129	-14	0.09	1.57	11.25	10.00	OK	3.3	21.6	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
20022	81.127	6.19 2	837	-132	-12	0.06	1.57	11.25	10.00	OK	2.9	21.6	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
20021	83.200	6.19 2	825	-134	-10	0.04	1.57	11.25	10.00	OK	2.5	21.6	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
21510	85.273	6.19 2	816	-136	-8	0.02	1.58	11.25	10.00	OK	2.3	21.6	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
21510	85.273	6.19 2	816	-136	-8	0.02	1.58	11.25	10.00	OK	2.3	21.6	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
21506	87.346	6.19 2	812	-138	-7	0.00	1.58	11.25	10.00	OK	2.1	21.7	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
21505	89.418	6.19 2	807	-140	-7	0.00	1.59	11.25	10.00	OK	1.9	21.7	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
21504	91.491	6.19 2	804	-141	-6	0.00	1.59	11.25	10.00	OK	1.7	21.8	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
21882	93.564	6.19 2	802	-142	-5	0.00	1.60	11.25	10.00	OK	1.6	21.9	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
21882	93.564	6.19 2	802	-142	-6	0.00	1.60	11.25	10.00	OK	1.6	21.9	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
21885	95.637	6.19 2	807	-144	-5	0.00	1.61	11.25	10.00	OK	1.6	22.0	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
21884	97.709	6.19 2	810	-145	-5	0.00	1.62	11.25	10.00	OK	1.6	22.2	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
21883	99.782	6.19	815	-146	-5	0.00	1.63	11.25	10.00	OK	1.5	22.3	360.0	337.5	OK	0.00	0.30	OK



NODO E COORD.POLARI			AZIONI INTERNE SLE			VERIFICA CONGLOMERATO SLE					VERIFICA ACCIAIO SLE					VERIFICA FESSURAZIONE		
Nodo	$\alpha$ [°]	R [m]	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	$\sigma_{c,sup}$ [MPa]	$\sigma_{c,inf}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim,R}$ Fl [MPa]	Esito verifica	$\sigma_{s,sup}$ [MPa]	$\sigma_{s,inf}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim,RF}$ I [MPa]	Esito verifica	w <sub>max</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	Esito verifica
		2												0				
21898	101.85 5	6.19 2	822	-147	-4	0.00	1.64	11.25	10.00	OK	1.6	22.5	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
21898	101.85 5	6.19 2	823	-147	-4	0.00	1.64	11.25	10.00	OK	1.6	22.5	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
21894	103.92 8	6.19 2	832	-148	-3	0.00	1.66	11.25	10.00	OK	1.7	22.7	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
21893	106.00 0	6.19 2	845	-148	-1	0.00	1.67	11.25	10.00	OK	1.8	22.9	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
21892	108.07 3	6.19 2	859	-148	2	0.00	1.68	11.25	10.00	OK	2.1	23.1	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23010	110.14 6	6.19 2	870	-147	6	0.01	1.69	11.25	10.00	OK	2.3	23.2	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23010	110.14 6	6.19 2	872	-147	4	0.01	1.69	11.25	10.00	OK	2.3	23.2	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23006	112.21 9	6.19 2	890	-146	9	0.04	1.70	11.25	10.00	OK	2.7	23.4	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23005	114.29 1	6.19 2	911	-143	13	0.07	1.71	11.25	10.00	OK	3.2	23.5	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23004	116.36 4	6.19 2	933	-140	17	0.11	1.71	11.25	10.00	OK	3.7	23.6	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23044	118.43 7	6.19 2	953	-136	22	0.16	1.71	11.25	10.00	OK	4.3	23.6	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23044	118.43 7	6.19 2	953	-136	22	0.16	1.71	11.25	10.00	OK	4.3	23.6	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23026	120.50 9	6.19 2	979	-130	27	0.21	1.70	11.25	10.00	OK	5.1	23.6	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23025	122.58 2	6.19 2	1006	-123	32	0.28	1.69	11.25	10.00	OK	6.0	23.5	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23024	124.65 5	6.19 2	1032	-116	38	0.35	1.67	11.25	10.00	OK	6.9	23.3	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23030	126.72 8	6.19 2	1059	-106	43	0.43	1.64	11.25	10.00	OK	7.9	23.1	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23030	126.72 8	6.19 2	1058	-106	44	0.42	1.64	11.25	10.00	OK	7.9	23.1	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
22961	128.80 1	6.19 2	1088	-96	50	0.51	1.61	11.25	10.00	OK	9.1	22.8	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
22960	130.87 4	6.19 2	1118	-84	56	0.61	1.57	11.25	10.00	OK	10.4	22.4	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
22959	132.94 6	6.19 2	1148	-71	62	0.72	1.53	11.25	10.00	OK	11.8	21.9	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
22971	135.01 9	6.19 2	1178	-56	68	0.83	1.47	11.25	10.00	OK	13.3	21.3	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
22971	135.01 9	6.19 2	1176	-56	68	0.83	1.47	11.25	10.00	OK	13.2	21.2	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
22967	137.09 2	6.19 2	1208	-41	73	0.95	1.41	11.25	10.00	OK	14.8	20.6	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
22966	139.16 5	6.19 2	1239	-24	78	1.07	1.34	11.25	10.00	OK	16.5	19.8	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
22965	141.23 8	6.19 2	1268	-6	82	1.21	1.27	11.25	10.00	OK	18.2	19.0	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
22990	143.31 1	6.19 1	1299	13	86	1.34	1.19	11.25	10.00	OK	19.9	18.1	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
22990	143.31 1	6.19 1	1296	13	85	1.34	1.19	11.25	10.00	OK	19.9	18.1	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
22986	145.38 4	6.19 1	1326	32	88	1.48	1.11	11.25	10.00	OK	21.7	17.1	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
22985	147.45 7	6.19 1	1354	52	90	1.62	1.02	11.25	10.00	OK	23.5	16.1	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
22984	149.53	6.19	1381	73	92	1.76	0.93	11.25	10.00	OK	25.4	15.1	360.0	337.5	OK	0.00	0.30	OK

NODO E COORD.POLARI			AZIONI INTERNE SLE			VERIFICA CONGLOMERATO SLE					VERIFICA ACCIAIO SLE					VERIFICA FESSURAZIONE		
Nodo	$\alpha$ [°]	R [m]	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	$\sigma_{c,sup}$ [MPa]	$\sigma_{c,inf}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim,R}$ Fl [MPa]	Esito verifica	$\sigma_{s,sup}$ [MPa]	$\sigma_{s,inf}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim,RF}$ I [MPa]	Esito verifica	w <sub>max</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	Esito verifica
	1	1												0				
23065	151.60 4	6.19 1	1411	93	95	1.91	0.85	11.25	10.00	OK	27.3	14.0	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23065	151.60 4	6.19 1	1407	93	91	1.91	0.84	11.25	10.00	OK	27.2	14.0	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23061	153.67 7	6.19 1	1435	114	93	2.05	0.75	11.25	10.00	OK	29.1	12.9	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23060	155.75 0	6.19 1	1459	135	93	2.20	0.65	11.25	10.00	OK	31.0	11.8	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23059	157.82 4	6.19 1	1484	156	92	2.34	0.56	11.25	10.00	OK	32.8	10.6	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23098	159.89 7	6.19 0	1512	176	92	2.48	0.47	11.25	10.00	OK	34.7	9.6	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23098	159.89 7	6.19 0	1507	176	88	2.48	0.46	11.25	10.00	OK	34.6	9.6	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23081	161.97 0	6.19 0	1532	196	87	2.62	0.37	11.25	10.00	OK	36.4	8.5	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23080	164.04 4	6.19 0	1553	215	83	2.75	0.29	11.25	10.00	OK	38.1	7.5	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23079	166.11 7	6.19 0	1575	233	77	2.87	0.21	11.25	10.00	OK	39.6	6.5	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23085	168.19 1	6.19 0	1597	249	67	2.99	0.13	11.25	10.00	OK	41.1	5.7	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23085	168.19 1	6.19 0	1603	249	70	2.99	0.14	11.25	10.00	OK	41.2	5.8	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
22761	170.26 4	6.19 0	1619	264	59	3.09	0.07	11.25	10.00	OK	42.5	5.0	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
22760	172.33 8	6.19 0	1638	276	47	3.18	0.02	11.25	10.00	OK	43.6	4.4	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
22759	174.41 2	6.18 9	1658	285	33	3.25	0.00	11.25	10.00	OK	44.5	4.0	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23160	176.48 6	6.18 9	1673	290	18	3.29	0.00	11.25	10.00	OK	45.1	3.9	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23160	176.48 6	6.18 9	1679	290	14	3.30	0.00	11.25	10.00	OK	45.2	4.0	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23156	178.66 0	6.19 1	1682	293	3	3.32	0.00	11.25	10.00	OK	45.4	3.8	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23155	180.83 4	6.19 3	1686	291	-13	3.31	0.00	11.25	10.00	OK	45.4	4.0	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23154	183.00 7	6.19 7	1685	286	-29	3.28	0.01	11.25	10.00	OK	45.0	4.3	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23174	185.17 7	6.20 3	1681	278	-46	3.23	0.05	11.25	10.00	OK	44.4	4.9	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23174	185.17 7	6.20 3	1681	278	-45	3.23	0.05	11.25	10.00	OK	44.4	4.9	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23131	187.34 6	6.21 0	1664	265	-60	3.14	0.11	11.25	10.00	OK	43.2	5.5	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23130	189.51 1	6.21 8	1643	250	-72	3.03	0.18	11.25	10.00	OK	41.8	6.3	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23129	191.67 2	6.22 7	1619	232	-81	2.91	0.26	11.25	10.00	OK	40.2	7.3	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23141	193.83 0	6.23 8	1591	212	-86	2.77	0.34	11.25	10.00	OK	38.4	8.2	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23141	193.83 0	6.23 8	1594	212	-88	2.77	0.34	11.25	10.00	OK	38.4	8.3	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23137	195.26 7	6.24 6	1568	198	-90	2.66	0.40	11.25	10.00	OK	37.1	8.9	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23136	196.70 2	6.25 4	1542	184	-94	2.56	0.46	11.25	10.00	OK	35.6	9.5	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23135	198.13	6.26	1515	169	-95	2.44	0.51	11.25	10.00	OK	34.2	10.2	360.0	337.5	OK	0.00	0.30	OK

NODO E COORD.POLARI			AZIONI INTERNE SLE			VERIFICA CONGLOMERATO SLE					VERIFICA ACCIAIO SLE				VERIFICA FESSURAZIONE			
Nodo	$\alpha$ [°]	R [m]	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	$\sigma_{c,sup}$ [MPa]	$\sigma_{c,inf}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim,R_{Fl}}$ [MPa]	Esito verifica	$\sigma_{s,sup}$ [MPa]	$\sigma_{s,inf}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim,R_{Fl}}$ [MPa]	Esito verifica	$w_{max}$ [mm]	$w_{lim}$ [mm]	Esito verifica
	5	3												0				
23680	199.56 5	6.27 3	1486	154	-93	2.33	0.57	11.25	10.00	OK	32.7	10.8	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
23680	199.56 5	6.27 3	1486	154	-94	2.33	0.57	11.25	10.00	OK	32.7	10.8	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
21950	202.57 9	6.29 5	1408	125	-79	2.09	0.66	11.25	10.00	OK	29.5	11.8	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
21949	205.58 1	6.31 9	1337	103	-51	1.90	0.72	11.25	10.00	OK	26.9	12.2	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
21948	208.57 0	6.34 5	1279	91	-21	1.77	0.73	11.25	10.00	OK	25.2	12.3	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK
22746	211.54 3	6.37 4	1234	89	3	1.71	0.70	11.25	10.00	OK	24.4	11.8	360.0	337.5 0	OK	0.00	0.30	OK

***FASE 7: Verifiche del rivestimento definitivo di calotta allo SLU***

NODO E COORD.POLARI			AZIONI INTERNE SLU			PRESSOFLESSIONE SLU		TAGLIO SENZA ARM.		TAGLIO CON ARM. TRASVERSALE		
Nodo	$\alpha$ [°]	R [m]	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	$M_{Rd}$ [kNm]	Esito verifica	$V_{Rd}$ [kN]	Esito verifica	$V_{Rsd}$ [kN]	$V_{Rcd}$ [kN]	Esito verifica
11892	0.456	6.374	1179	226	-57	1027	OK	442	OK	855	3643	OK
9840	3.430	6.345	1194.55	210.43	-31.23	1033	OK	444	OK	855	3645	OK
9841	6.419	6.319	1232.42	205.70	-0.22	1048	OK	449	OK	855	3651	OK
9842	9.421	6.294	1283.71	209.40	22.72	1069	OK	456	OK	855	3658	OK
9934	12.435	6.273	1334.24	218.20	27.86	1088	OK	463	OK	855	3665	OK
9934	12.435	6.273	1339.33	218.20	24.74	1090	OK	464	OK	855	3666	OK
9928	13.865	6.263	1353.55	222.50	26.14	1096	OK	466	OK	855	3668	OK
9929	15.298	6.254	1372.41	226.18	20.57	1103	OK	468	OK	855	3671	OK
9930	16.733	6.246	1389.61	228.83	12.71	1110	OK	471	OK	855	3673	OK
11960	18.170	6.238	1404.49	230.14	6.31	1116	OK	473	OK	855	3675	OK
11960	18.170	6.238	1403.90	230.14	4.11	1115	OK	473	OK	855	3675	OK
11964	20.328	6.227	1418.40	230.07	-7.00	1121	OK	475	OK	855	3677	OK
11965	22.489	6.218	1427.29	226.83	-20.58	1124	OK	476	OK	855	3678	OK
11966	24.654	6.210	1432.03	220.40	-34.13	1126	OK	477	OK	855	3679	OK
13702	26.823	6.203	1431.09	210.82	-46.31	1126	OK	476	OK	855	3679	OK
13702	26.823	6.203	1433.53	210.82	-47.36	1127	OK	477	OK	855	3679	OK
13706	28.993	6.197	1423.34	198.32	-59.42	1123	OK	475	OK	855	3678	OK
13707	31.166	6.193	1410.37	183.16	-69.24	1118	OK	474	OK	855	3676	OK
13708	33.340	6.190	1393.41	166.00	-76.34	1111	OK	471	OK	855	3674	OK
15656	35.515	6.189	1374.68	147.45	-76.91	1104	OK	469	OK	855	3671	OK
15656	35.515	6.189	1373.67	147.45	-81.28	1104	OK	469	OK	855	3671	OK
15659	37.588	6.189	1348.32	128.95	-87.16	1094	OK	465	OK	855	3667	OK
15658	39.662	6.189	1320.42	108.75	-93.07	1083	OK	461	OK	855	3663	OK
15657	41.736	6.190	1292.27	87.46	-96.40	1072	OK	457	OK	855	3659	OK
15762	43.809	6.190	1265.21	65.60	-98.89	1061	OK	454	OK	855	3655	OK
15762	43.809	6.190	1261.42	65.60	-96.90	1060	OK	453	OK	855	3655	OK
15758	45.883	6.190	1233.33	43.72	-97.62	1049	OK	449	OK	855	3651	OK
15757	47.957	6.190	1204.18	22.09	-95.58	1037	OK	445	OK	855	3647	OK
15756	50.030	6.190	1175.09	1.01	-92.22	1026	OK	441	OK	855	3643	OK
16220	52.103	6.190	1144.50	-19.26	-87.88	-1014	OK	437	OK	855	3638	OK
16220	52.103	6.190	1147.16	-19.26	-89.03	-1015	OK	437	OK	855	3639	OK
16223	54.177	6.191	1117.49	-38.47	-83.35	-1003	OK	433	OK	855	3634	OK
16222	56.250	6.191	1089.68	-56.53	-77.83	-992	OK	430	OK	855	3630	OK
16221	58.323	6.191	1061.95	-73.29	-71.69	-981	OK	426	OK	855	3627	OK
17804	60.397	6.191	1033.82	-88.64	-66.17	-970	OK	422	OK	855	3623	OK
17804	60.397	6.191	1035.20	-88.64	-65.33	-970	OK	422	OK	855	3623	OK
17808	62.470	6.191	1009.80	-102.62	-58.96	-960	OK	419	OK	855	3619	OK
17809	64.543	6.191	985.24	-115.13	-52.66	-950	OK	415	OK	855	3616	OK
17810	66.616	6.191	960.95	-126.22	-46.48	-940	OK	412	OK	855	3612	OK
19334	68.689	6.191	937.05	-135.90	-41.84	-931	OK	409	OK	855	3609	OK
19334	68.689	6.191	937.74	-135.90	-39.63	-931	OK	409	OK	855	3609	OK
19337	70.762	6.192	918.00	-144.45	-35.06	-923	OK	406	OK	855	3606	OK
19336	72.835	6.192	898.42	-151.76	-30.14	-915	OK	403	OK	855	3603	OK
19335	74.908	6.192	879.40	-157.99	-25.71	-908	OK	401	OK	855	3601	OK
20020	76.981	6.192	861.59	-163.20	-22.39	-900	OK	398	OK	855	3598	OK
20020	76.981	6.192	862.04	-163.20	-20.45	-901	OK	398	OK	855	3598	OK
20023	79.054	6.192	849.44	-167.68	-18.02	-895	OK	397	OK	855	3596	OK
20022	81.127	6.192	836.94	-171.39	-15.11	-890	OK	395	OK	855	3595	OK
20021	83.200	6.192	825.35	-174.50	-12.85	-886	OK	393	OK	855	3593	OK
21510	85.273	6.192	815.70	-177.13	-10.81	-882	OK	392	OK	855	3592	OK

NODO E COORD.POLARI			AZIONI INTERNE SLU			PRESSOFLESSIONE SLU		TAGLIO SENZA ARM.		TAGLIO CON ARM. TRASVERSALE		
Nodo	$\alpha$ [°]	R [m]	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	$M_{Rd}$ [kNm]	Esito verifica	$V_{Rd}$ [kN]	Esito verifica	$V_{Rsd}$ [kN]	$V_{Rcd}$ [kN]	Esito verifica
21510	85.273	6.192	815.93	-177.13	-10.42	-882	OK	392	OK	855	3592	OK
21506	87.346	6.192	811.80	-179.40	-9.52	-880	OK	391	OK	855	3591	OK
21505	89.418	6.192	807.32	-181.42	-8.60	-878	OK	391	OK	855	3590	OK
21504	91.491	6.192	803.63	-183.28	-8.08	-877	OK	390	OK	855	3590	OK
21882	93.564	6.192	802.36	-185.07	-6.89	-876	OK	390	OK	855	3590	OK
21882	93.564	6.192	802.06	-185.07	-7.96	-876	OK	390	OK	855	3590	OK
21885	95.637	6.192	806.70	-186.64	-7.10	-878	OK	391	OK	855	3590	OK
21884	97.709	6.192	810.04	-188.21	-6.83	-879	OK	391	OK	855	3591	OK
21883	99.782	6.192	814.66	-189.67	-6.07	-881	OK	392	OK	855	3591	OK
21898	101.855	6.192	822.03	-190.89	-5.30	-884	OK	393	OK	855	3592	OK
21898	101.855	6.192	822.86	-190.89	-4.78	-885	OK	393	OK	855	3593	OK
21894	103.928	6.192	831.62	-191.93	-3.72	-888	OK	394	OK	855	3594	OK
21893	106.000	6.192	844.56	-192.47	-1.07	-893	OK	396	OK	855	3596	OK
21892	108.073	6.192	858.64	-192.36	2.22	-899	OK	398	OK	855	3598	OK
23010	110.146	6.192	870.44	-191.47	7.48	-904	OK	400	OK	855	3599	OK
23010	110.146	6.192	871.63	-191.47	5.70	-904	OK	400	OK	855	3600	OK
23006	112.219	6.192	889.86	-189.40	11.42	-912	OK	402	OK	855	3602	OK
23005	114.291	6.192	911.11	-186.24	16.77	-920	OK	405	OK	855	3605	OK
23004	116.364	6.192	932.68	-181.85	22.60	-929	OK	408	OK	855	3608	OK
23044	118.437	6.192	953.18	-176.16	29.05	-937	OK	411	OK	855	3611	OK
23044	118.437	6.192	953.04	-176.16	28.01	-937	OK	411	OK	855	3611	OK
23026	120.509	6.192	978.70	-168.96	35.27	-948	OK	414	OK	855	3615	OK
23025	122.582	6.192	1005.59	-160.32	41.90	-958	OK	418	OK	855	3619	OK
23024	124.655	6.192	1032.36	-150.15	49.01	-969	OK	422	OK	855	3622	OK
23030	126.728	6.192	1058.80	-138.33	56.17	-980	OK	425	OK	855	3626	OK
23030	126.728	6.192	1057.51	-138.33	56.66	-979	OK	425	OK	855	3626	OK
22961	128.801	6.192	1087.90	-124.78	64.62	-991	OK	429	OK	855	3630	OK
22960	130.874	6.192	1117.95	-109.40	72.70	-1003	OK	433	OK	855	3634	OK
22959	132.946	6.192	1147.69	-92.23	80.66	-1015	OK	438	OK	855	3639	OK
22971	135.019	6.192	1177.93	-73.25	87.95	-1027	OK	442	OK	855	3643	OK
22971	135.019	6.192	1175.87	-73.25	88.77	-1026	OK	441	OK	855	3643	OK
22967	137.092	6.192	1208.27	-52.72	95.13	-1039	OK	446	OK	855	3647	OK
22966	139.165	6.192	1238.59	-30.71	101.19	-1051	OK	450	OK	855	3652	OK
22965	141.238	6.192	1268.11	-7.47	106.18	-1062	OK	454	OK	855	3656	OK
22990	143.311	6.191	1298.92	16.79	111.36	1074	OK	458	OK	855	3660	OK
22990	143.311	6.191	1296.04	16.79	110.18	1073	OK	458	OK	855	3660	OK
22986	145.384	6.191	1326.48	41.97	113.86	1085	OK	462	OK	855	3664	OK
22985	147.457	6.191	1354.02	67.88	117.10	1096	OK	466	OK	855	3668	OK
22984	149.531	6.191	1381.06	94.35	119.36	1107	OK	470	OK	855	3672	OK
23065	151.604	6.191	1411.17	121.13	122.96	1118	OK	474	OK	855	3676	OK
23065	151.604	6.191	1407.11	121.13	118.94	1117	OK	473	OK	855	3675	OK
23061	153.677	6.191	1434.78	148.40	121.29	1127	OK	477	OK	855	3679	OK
23060	155.750	6.191	1459.14	175.65	121.45	1137	OK	480	OK	855	3683	OK
23059	157.824	6.191	1483.50	202.69	120.18	1146	OK	484	OK	855	3686	OK
23098	159.897	6.190	1512.48	229.10	119.73	1157	OK	488	OK	855	3690	OK
23098	159.897	6.190	1507.08	229.10	114.24	1155	OK	487	OK	855	3690	OK
23081	161.970	6.190	1532.03	255.06	112.81	1165	OK	490	OK	855	3693	OK
23080	164.044	6.190	1553.28	279.80	107.35	1173	OK	493	OK	855	3696	OK
23079	166.117	6.190	1575.33	303.00	99.88	1181	OK	496	OK	855	3699	OK
23085	168.191	6.190	1597.29	324.10	86.92	1190	OK	499	OK	855	3702	OK
23085	168.191	6.190	1602.70	324.10	91.09	1192	OK	500	OK	855	3703	OK
22761	170.264	6.190	1619.21	342.86	76.73	1198	OK	502	OK	855	3706	OK

NODO E COORD.POLARI			AZIONI INTERNE SLU			PRESSOFLESSIONE SLU		TAGLIO SENZA ARM.		TAGLIO CON ARM. TRASVERSALE		
Nodo	$\alpha$ [°]	R [m]	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	$M_{Rd}$ [kNm]	Esito verifica	$V_{Rd}$ [kN]	Esito verifica	$V_{Rsd}$ [kN]	$V_{Rcd}$ [kN]	Esito verifica
22760	172.338	6.190	1637.83	358.45	61.56	1205	OK	505	OK	855	3708	OK
22759	174.412	6.189	1658.00	370.17	42.79	1213	OK	508	OK	855	3711	OK
23160	176.486	6.189	1672.99	377.11	23.12	1218	OK	510	OK	855	3713	OK
23160	176.486	6.189	1679.15	377.11	17.63	1221	OK	510	OK	855	3714	OK
23156	178.660	6.191	1682.00	380.28	3.65	1222	OK	511	OK	855	3714	OK
23155	180.834	6.193	1685.88	378.73	-16.93	1223	OK	511	OK	855	3715	OK
23154	183.007	6.197	1685.41	372.27	-38.19	1223	OK	511	OK	855	3715	OK
23174	185.177	6.203	1681.38	360.77	-59.70	1221	OK	511	OK	855	3714	OK
23174	185.177	6.203	1681.27	360.77	-58.59	1221	OK	511	OK	855	3714	OK
23131	187.346	6.210	1664.37	344.66	-77.74	1215	OK	508	OK	855	3712	OK
23130	189.511	6.218	1643.31	324.56	-92.95	1207	OK	506	OK	855	3709	OK
23129	191.672	6.227	1619.34	301.25	-104.91	1198	OK	502	OK	855	3706	OK
23141	193.830	6.238	1590.72	275.45	-111.49	1187	OK	498	OK	855	3702	OK
23141	193.830	6.238	1593.69	275.45	-114.32	1188	OK	499	OK	855	3702	OK
23137	195.267	6.246	1568.22	257.52	-117.26	1179	OK	495	OK	855	3698	OK
23136	196.702	6.254	1542.35	238.76	-121.62	1169	OK	492	OK	855	3695	OK
23135	198.135	6.263	1514.61	219.52	-123.56	1158	OK	488	OK	855	3691	OK
23680	199.565	6.273	1486.02	200.22	-121.45	1147	OK	484	OK	855	3687	OK
23680	199.565	6.273	1486.48	200.22	-122.08	1147	OK	484	OK	855	3687	OK
21950	202.579	6.295	1407.64	162.23	-102.72	1117	OK	473	OK	855	3676	OK
21949	205.581	6.319	1337.42	134.29	-66.90	1090	OK	464	OK	855	3666	OK
21948	208.570	6.345	1278.50	118.39	-26.88	1066	OK	455	OK	855	3657	OK
22746	211.543	6.374	1234.02	115.27	4.47	1049	OK	449	OK	855	3651	OK