

S.S.121 "Catanesa"  
Intervento S.S.121 – Tratto Palermo (A19) – rotatoria Bolognetta

**PROGETTO DEFINITIVO**

COD. UP62

**PROGETTAZIONE: ATI VIA - SERING - VDP - BRENG**

**RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:**

*Dott. Ing. Giovanni Piazza (Ord. Ing. Prov. Roma A27296)*

**PROGETTISTA:**

Responsabile Tracciato stradale: *Dott. Ing. Massimo Capasso (Ord. Ing. Prov. Roma 26031)*  
 Responsabile Strutture: *Dott. Ing. Giovanni Piazza (Ord. Ing. Prov. Roma 27296)*  
 Responsabile Idraulica, Geotecnica e Impianti: *Dott. Ing. Sergio Di Maio (Ord. Ing. Prov. Palermo 2872)*  
 Responsabile Ambiente: *Dott. Ing. Francesco Ventura (Ord. Ing. Prov. Roma 14660)*

**GEOLOGO:**

*Dott. Geol. Enrico Curcuruto (Ord. Geo. Regione Sicilia 966)*

**COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:**

*Dott. Ing. Matteo Di Girolamo (Ord. Ing. Prov. Roma 15138)*

**RESPONSABILE SIA:**

*Dott. Ing. Francesco Ventura (Ord. Ing. Prov. Roma 14660)*

**VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:**

*Dott. Ing. Luigi Mupo*

**GRUPPO DI PROGETTAZIONE**

**MANDATARIA:**

**MANDANTI:**



**OPERE D'ARTE MAGGIORI  
GALLERIE**


**GN03 – GALLERIA NATURALE BOLOGNETTA**

Relazione tecnica e di calcolo




CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	UP62_P00GN03GENRE01_B			
DPUP0062	D 23	CODICE ELAB.	P00GN03GENRE01	B	-
D		-	-		
C		-	-	-	-
B	Revisione a seguito Riesame ANAS	NOV. 2023	A. GULLI'	E. STRAMACCI	G.PIAZZA
A	EMISSIONE	FEB. 2023	A. GULLI'	E. STRAMACCI	G.PIAZZA
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO




SS 121 "Catanesa" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

## INDICE


<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>4</b>
1.1	Vita Nominale di progetto, Classe d'uso e Periodo di Riferimento dell'opera .....	4
1.1.1	Vita Nominale $V_n$ .....	4
1.1.2	Classi d'Uso .....	5
1.1.3	Periodo di Riferimento per l'azione sismica .....	6
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'OPERA</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>RIFERIMENTI TECNICI E NORMATIVI</b> .....	<b>8</b>
3.1	Normative, raccomandazioni e linee guida .....	8
3.2	Bibliografia .....	8
3.2.1	Generali .....	8
3.2.2	Stabilità del cavo della galleria .....	8
3.2.3	Calcolo dei rivestimenti .....	9
<b>4</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E PARAMETRI DI PROGETTO</b> .....	<b>10</b>
4.1	Interventi di preconsolidamento e consolidamento .....	10
4.1.1	Elementi strutturali in vtr .....	10
4.1.2	Infilaggi .....	10
4.1.3	Miscela cementizia di inghisaggio (a bassa pressione).....	11
4.1.4	Sacchi otturatori.....	11
4.1.5	Miscela cementizia di guaina .....	11
4.1.6	Miscela cementizia espansiva per iniezioni di consolidamento .....	11
4.2	Interventi di drenaggio in avanzamento .....	11
4.2.1	Drenaggi in avanzamento .....	11
4.3	Rivestimenti di prima fase .....	12
4.3.1	Calcestruzzo proiettato (sprit beton) fibrorinforzato .....	12
4.3.2	Fibre per calcestruzzo proiettato.....	12
4.3.3	Acciaio per carpenteria metallica.....	12
4.4	Rivestimenti definitivo .....	13
4.4.1	Magrone.....	13
4.4.2	Calcestruzzo.....	13
4.4.3	Acciaio per calcestruzzo armato .....	19
4.5	Impermeabilizzazioni .....	20
4.5.1	Canaletta in pvc.....	20

SS 121 "Catanesa" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>UP62</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

4.5.2	Impermeabilizzazione - telo in pvc .....	20
4.5.3	Geotessuto .....	20
<b>5</b>	<b>FASE CONOSCITIVA: MODELLO GEOLOGICO, GEOTECNICO ED IDROGEOLOGICO .....</b>	<b>21</b>
5.1	Modello geologico .....	21
5.2	Modello geomeccanico.....	22
5.2.1	Modello di comportamento ed involucri di rottura.....	22
5.2.2	Parametri di resistenza dell'ammasso .....	22
5.2.3	Parametri di deformabilità dell'ammasso .....	22
5.2.4	Parametri di progetto utilizzati per le verifiche agli stati ultimi GEO .....	23
5.2.5	Parametri di progetto utilizzati per le verifiche agli stati ultimi STR.....	23
<b>6</b>	<b>FASE DI DIAGNOSI.....</b>	<b>24</b>
6.1	Classi di comportamento del fronte di scavo .....	24
6.1.1	Categoria A: galleria a fronte stabile .....	24
6.1.2	Categoria B: galleria a fronte stabile a breve termine.....	24
6.1.3	Categoria C: galleria a fronte instabile .....	25
6.2	Metodi di analisi delle categorie di comportamento .....	25
6.2.1	Metodo semi-empirico di Tamèz.....	25
6.2.2	Metodo delle linee caratteristiche .....	27
6.3	Determinazione delle categorie di comportamento .....	31
6.3.1	Stabilità del fronte - Metodo di Tamèz.....	31
6.3.2	Stabilità del fronte e del cavo - Metodo delle linee caratteristiche .....	34
6.3.3	Definizione della categoria di comportamento.....	36
6.4	Dimensionamento degli interventi di preconsolidamento e precontenimento .....	37
6.4.1	Chiodature in VTR (fronte) .....	37
6.4.2	Chiodature in VTR (contorno).....	38
6.4.3	"Ombrello" di infilaggi metallici (calotta) .....	40
6.4.4	Verifica di stabilità del fronte con preconsolidamenti con metodo di Tamèz.....	42
6.4.5	Verifica di stabilità del fronte con preconsolidamenti con metodo di Anagnostou.....	47
6.4.6	Definizione interventi di consolidamento al fronte .....	52
<b>7</b>	<b>FASE DI TERAPIA.....</b>	<b>53</b>
7.1	Sezione di avanzamento C2 – Sagoma 1 .....	53
7.2	Sezione di avanzamento C2P – Sagoma 1 .....	54
7.3	Sezione di avanzamento Bypass pedonale .....	55

SS 121 "Cataneese" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo</i>	

<b>8</b>	<b>ANALISI TENSIONALI E DEFORMATIVA DELLE GALLERIE .....</b>	<b>56</b>
8.1	Metodologia di calcolo .....	56
8.2	Modellazione elementi su RS2.....	56
8.3	Taratura del modello .....	57
8.4	Sezioni di calcolo.....	58
8.5	Fasi di calcolo .....	58
<b>9</b>	<b>VERIFICHE STRUTTURALI RIVESTIMENTI SEZIONI TIPO.....</b>	<b>61</b>
9.1	Combinazioni di carico.....	61
9.2	Azioni sismiche.....	62
9.3	Sezioni di verifica .....	65
9.4	Verifiche sezioni tipo .....	67
9.4.1	Sezione C2-1 .....	67
9.4.2	Sezione C2P-1 .....	75
9.4.3	Sezione Bypass pedonale.....	83
9.5	Riepilogo armature sezioni tipo.....	91
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>92</b>
<b>11</b>	<b>ALLEGATI.....</b>	<b>93</b>
11.1	Metodo semi-empirico di Tamèz .....	93
11.2	Metodo delle linee caratteristiche .....	94
11.3	Fattori di rilascio – Metodo delle linee caratteristiche .....	95
11.4	Output software sezione di calcolo 14+362 C2.....	107
11.5	Output software sezione di calcolo 14+174 C2P.....	113

SS 121 "Catanesa" <i>Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta</i>		
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

## 1 PREMESSA

---

Nella seguente relazione sono presentati i calcoli geotecnici e le verifiche strutturali della galleria naturale **GN03** inserita nelle opere dell'intervento **UP62** Progetto Definitivo dell' "Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta".

L'intervento prevede la realizzazione di una nuova infrastruttura viaria di categoria stradale di **Tipo C** nel tratto iniziale e finale e di **Tipo B** nel tratto centrale.

Le analisi e le verifiche statiche sono condotte conformemente al livello di Progettazione Definitiva di cui trattasi e mirano al dimensionamento degli elementi principali per consentirne una piena definizione dal punto di vista prestazionale ed economico (§art. 26 e 29 D.P.R. 5/10/2010, n°207).

Le analisi e le verifiche degli aspetti di dettaglio saranno sviluppate nelle successive fasi della Progettazione Esecutiva.

La galleria **GN03** trovandosi nel tratto stradale di categoria **C**, è a singola canna a doppio senso di marcia e si sviluppa tra le progressive **14+005.00** e **14+640.00** per una lunghezza complessiva di **635.00** m.

Lato Palermo, dopo **25** m relativi al becco di flauto, si hanno **45** m di tratto in artificiale; lato Bolognetta, **25** m sono relativi al becco di flauto, **20** al tratto in artificiale, ed i rimanenti **520** sono in naturale.

La metodologia di lavoro si è sviluppata secondo l'approccio del metodo ADECO-RS, con i seguenti steps progettuali:


- a) Fase conoscitiva: in tale fase si sono raccolte le informazioni geologiche e geotecniche sull'area in esame e sono stati definiti i parametri geotecnici di progetto;
- b) Fase di diagnosi: è stato valutato il comportamento allo scavo nei terreni attraversati;
- c) Fase di terapia: si sono individuati gli interventi idonei per realizzare l'opera in condizioni di sicurezza.

### 1.1 Vita Nominale di progetto, Classe d'uso e Periodo di Riferimento dell'opera

#### 1.1.1 Vita Nominale $V_n$

La vita nominale di progetto  $V_n$  di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

I valori minimi di  $V_n$  da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.4.I. (§ 2.4.1 NTC2018). Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

SS 121 "Cataneese" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

**Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale  $V_N$  di progetto per i diversi tipi di costruzioni**

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di $V_N$ (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tabella – Valori minimi della Vita nominale  $V_N$  di progetto per i diversi tipi di costruzioni.

In accordo con la Committenza Anas è stato assunto:

- Vita Nominale di progetto:  $V_N = 50$  anni (costruzioni con livelli di prestazione ordinari).

### 1.1.2 Classi d'Uso

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite (§2.4.2 NTC2018):

*Classe I:* Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.


*Classe II:* Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

*Classe III:* Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

*Classe IV:* Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Relativamente alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, delle opere di cui trattasi, vi si attribuisce:

- Classe d'Uso: **IV**;
- Coefficiente d'Uso:  $C_U = 2.0$ .


SS 121 "Cataneese" <i>Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta</i>		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>UP62</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

### 1.1.3 Periodo di Riferimento per l'azione sismica

Il periodo di riferimento, impiegato nella valutazione delle azioni sismiche risulta pari a:

- Periodo di Riferimento:  $V_R = V_N \times C_U = 50 \times 2.0 = 100$  anni.



SS 121 "Catanesa" <i>Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta</i>		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

## 2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

---

La galleria è composta da due un'unica canna a doppio senso di marcia con cunicolo pedonale di emergenza parallelo alla canna principale e presenta coperture massime, riferite in chiave di calotta, pari a circa 50 m.

Il profilo altimetrico è caratterizzato da una livelletta a pendenza costante pari al 1.77%, in salita verso le progressive crescenti.


La galleria sarà realizzata prevalentemente con una sezione "corrente" per una lunghezza complessiva di 600 m, solo per l'ultimo tratto all'interno della galleria artificiale, di lunghezza pari a 35 m, trovandosi all'inizio di una curva, dovrà essere realizzata utilizzando una sezione in "allargamento".

La piattaforma stradale "corrente" è larga complessivamente 10.5 m mentre quella della sezione "allargata" sarà di 12.15 m e ha pendenza pari al 5.50%. Ai margini della piattaforma saranno collocati gli elementi redirettivi in c.a.

La carpenteria della sagoma interna della galleria con sezione corrente è una policentrica e presenta un raggio interno in chiave calotta pari a 6.45 m, un piedritto verticale e un raggio interno dell'arco rovescio pari a 10.50 m.

La carpenteria della sagoma interna della galleria con sezione in allargamento è una policentrica e presenta un raggio interno in chiave calotta pari a 7.75 m, un piedritto verticale e un raggio interno dell'arco rovescio pari a 14.00 m.

Dato che la galleria ha una lunghezza superiore a 500m la normativa ANAS prevede la realizzazione di un cunicolo di emergenza, realizzato tra le progressive 14+090.00 e 14+322.485.

SS 121 "Catanesa" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

### 3 RIFERIMENTI TECNICI E NORMATIVI

---

#### 3.1 Normative, raccomandazioni e linee guida

- ✓ DM 17/01/2018. Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni
- ✓ Circolare 21/01/2019 n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'“Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al DM 17/01/2018
- ✓ ANAS, IT.PRL.05.18 – Rev.1.0 Capitolato Speciale di Appalto, Opere d'arte maggiori – Gallerie.
- ✓ ANAS 1/12/2009 – Linee Guida per la progettazione della sicurezza nelle Gallerie Stradali secondo la normativa vigente.


#### 3.2 Bibliografia

##### 3.2.1 Generali

- ✓ Hoek E. – *Strength of jointed rock masses, 23° Rankine Lecture* –Géotechnique 33, 187-223 (1983).
- ✓ Hoek E. – *Strength of rock and rock masses* – ISRM News Journal, 2(2), 4-16 (1994).
- ✓ Hoek E. and Brown, E.T. – *Underground excavations in rock* – London, Inst. Min. Metall. (1980).
- ✓ Hoek E. and Brown, E.T. – *Empirical strength criterion for rock masses* – J. Geotech. Engng. Div., ASCE, 106 (GT9), 1013-1035 (1980).
- ✓ Hoek E. and Brown, E.T. – *The Hoek-Brown failure criterion – a 1988 update* – In Rock Engineering for Underground excavations, 15° Canadian Rock Mech. Symp., 31-38. Toronto, Dept. Civil Engineering (1988).
- ✓ Hoek E., Kaiser, P.K. and Bawden W.F. – *Support of underground excavations in hard rock* – Rotterdam, Balkema - (1995).
- ✓ Hoek E. and Brown, E.T. – *Practical estimates of rock mass strength* – Int. J. Rock Mech. & Mining Sci. & Geomechanics Abstracts, 34(8), 1165-1186 (1997).
- ✓ Marinou P. and Hoek E.– GSI: a geologically friendly tool for rock mass strength estimation – Proceedings of the International Conference on Geotechnical & Geological Engineering, Melbourne, Australia (2000).
- ✓ Hoek E., Carranza-Torres C., Corkum B. (2002): “Hoek-Brown failure criterion” – 2002 Edition. Hoek E. (2004): “Numerical Modelling for Shallow Tunnels in Weak Rock”. Rocscience, April 2004.
- ✓ Ribacchi R. - *Recenti orientamenti nella progettazione statica delle gallerie* - AGI - XVIII Convegno Nazionale di Geotecnica. Rimini (1993).

##### 3.2.2 Stabilità del cavo della galleria


- ✓ A.F.T.E.S. Groupe de Travail n. 7 – Tunnel support and lining. – “Recommendations for use of convergence – confinement method”.

SS 121 "Catanesa" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

- ✓ Chern J.C., Shiao F.Y., and Yu C.W. – *An empirical safety criterion for tunnel construction* – Proc. Regional Symposium on Sedimentary Rock Engineering, Taipei, Taiwan, 222-227 (1998).
- ✓ Lombardi G. – *Funzione dei sostegni e rivestimenti quale consolidamento nelle opere sotterranee* – Seminario su "Consolidamento di terreni e rocce in posto nell'ingegneria civile", Stresa, 191-229 (1978).
- ✓ Lombardi G. e Amberg W. (1974). *Une méthode de calcul élasto-plastique de l'état de tension et de déformation autour d'une cavité souterraine*. Congresso Internazionale ISRM, Denver, 1974.  
Lombardi G. e Amberg W. – *L'influence de la méthode de construction sur l'équilibre final d'un tunnel* – 4<sup>th</sup> Int. Cong. On Rock Mech., Vol. 1, Montreaux (Suisse), 475-484 (1979).
- ✓ Lombardi G. – *"Qualche aspetto particolare della statica delle cavità sotterranee."* – Riv. It. Geotecnica (1975).
- ✓ Panet M. e Guellec P. – *Contribution a l'étude du soutènement d'un tunnel à l'arrière du front de taille* – 3<sup>rd</sup> Int. Congress on Rock Mech., Vol.2, Denver, ISRM, 1163-1168 (1974).
- ✓ Panet M., Guenot A. (1982). *Analysis of convergence behind the face of a tunnel* – Tunnelling '82, Brighton, 197-204.
- ✓ Lunardi P. (2000). *The design and construction of tunnels using the approach based on the analysis of controlled deformation in rocks and soils*. Tunnels & Tunnelling International, May 2000.
- ✓ N. Vlachopoulos, M. S. Diederichs (2009) – Improved Longitudinal Displacement Profiles for Convergence Confinement Analysis of Deep Tunnels.

### 3.2.3 Calcolo dei rivestimenti

- ✓ A.F.T.E.S. – *Considerations on the usual methods of tunnel lining design* (1993).
- ✓ Lembo Fazio A. – *Interazione tra il terreno ed il sostegno di una galleria* – L'ingegnere e l'architetto 1 – 8 (1995).
- ✓ Oke, J. Vlachopoulos, N. and Diederichs, M.S. (2013) – Modification of the Supported Longitudinal Displacement Profile for Tunnel Face Convergence in Weak Rock.

SS 121 "Catanesa" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo</i>	

## 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E PARAMETRI DI PROGETTO

### 4.1 Interventi di preconsolidamento e consolidamento

#### 4.1.1 Elementi strutturali in vtr

Tubi in vtr  $\phi_e=60\text{mm}$  -  $\phi_i=40\text{mm}$  -  $sp=10\text{mm}$ :

densità :	$\geq 1.7 \text{ t/m}^3$ (UNI 7092)
resistenza a trazione	$\geq 500 \text{ MPa}$ (UNI 5819)
allungamento a rottura	2%
resistenza a flessione	$\geq 350 \text{ MPa}$ (UNI 4219)
resistenza al taglio	$\geq 100 \text{ MPa}$ (ASTM d732)
modulo elastico :	$\geq 15000 \text{ MPa}$
contenuto in vetro in peso	$\geq 55\%$
diametro perforazione	100 mm

##### 4.1.1.1 Parametri di progetto

Resistenza di calcolo	$\eta f_{fd} = \eta \cdot f_{fk} / \gamma_m$
con:	$\gamma_m = 1.5$ per SLU
	$\eta = \eta_a \cdot \eta_l$
	$\eta_a = 1.0$ (opera provvisoria)
	$\eta_l = 1.0$ per SLU

Stati limite:

resistenza caratteristica a trazione di calcolo SLU:	$f_{fd} = 500.00 \text{ MPa}$
resistenza caratteristica a taglio di calcolo SLU:	$f_{td} = 100.00 \text{ MPa}$


#### 4.1.2 Infilaggi

Tubi in acciaio S355 valvolato

norma di riferimento	UNI EN 10210 e UNI EN 10219
tensione a rottura a trazione	$\geq 510 \text{ MPa}$
tensione di snervamento	$\geq 355 \text{ MPa}$
diametro perforazione	140 mm

##### 4.1.2.1 Parametri di progetto

Resistenza di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$
-----------------------	------------------------------

SS 121 "Catanesa" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

con:  $\gamma_s = 1.05$  per SLU

Stati limite:

resistenza caratteristica di calcolo SLU:  $f_{yd} = 338.10$  MPa

#### 4.1.3 Miscela cementizia di inghisaggio (a bassa pressione)

Miscela acqua-cemento

rapporto a/c	0.4
resistenza a compressione a 7 gg	$\geq 15$ MPa
additivo accelerante e anti-ritiro	0.8% in peso del cemento

#### 4.1.4 Sacchi otturatori

sacchi in tessuto di polipropilene

resistenza a rottura per espansione libera	$\geq 2.5$ MPa
--	----------------

#### 4.1.5 Miscela cementizia di guaina

Miscela acqua-cemento-bentonite

rapporto a/c	1.5
cemento tipo	CEM II 32.5R
bentonite	6%

#### 4.1.6 Miscela cementizia espansiva per iniezioni di consolidamento

Miscela cementizia microfina espansiva


superficie specifica blaine	12000 cm <sup>2</sup> /g
dimensione granuli	1-25 $\mu$ m
espansione in ambiente libero	$\geq 70\%$
resistenza a compressione in ambiente confinato	$\geq 8$ MPa a 48 h
pressione di rifiuto	25 bar
volume di iniezione controllato	120 l/valvol

## 4.2 Interventi di drenaggio in avanzamento

### 4.2.1 Drenaggi in avanzamento

Tubo in pvc microfessurato

diametro interno	50mm
spessore	$\geq 4.0$ mm

SS 121 "Catanesa" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

rivestimento esterno	tessuto non tessuto
diametro di perforazione	90 mm

### 4.3 Rivestimenti di prima fase

#### 4.3.1 Calcestruzzo proiettato (spritz beton) fibrorinforzato

classe di resistenza a compressione $f_{ck,cub}$	35 MPa
resistenza caratteristica a 48h:	$R_{ck} > 13$ MPa
tipo	temporaneo strutturale (ts)
sviluppo di resistenza	rapido
energia assorbita	$\geq 500$ joule (da prove di punzonamento eseguite su piastre)

##### 4.3.1.1 Parametri di progetto

Resistenza di calcolo a compressione calcestruzzo	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$
con:	$\gamma_c = 1,5$ per SLU
con:	$\alpha_{cc} = 0,85$ per SLU

Stati limite:

resistenza caratteristica di calcolo SLU:	$f_{cd} = 15.87$ MPa
resistenza a trazione di calcolo allo SLU:	$f_{ctd} = 0$

#### 4.3.2 Fibre per calcestruzzo proiettato


tipo	acciaio
norma di riferimento	UNI EN 14889 e UNI EN 14845
resistenza a trazione	$\geq 750$ MPa
dosaggio fibre	$\geq 30$ kg/m <sup>3</sup>

#### 4.3.3 Acciaio per carpenteria metallica

centine/profilati/calastrelli	S275JR - S275J0      UNI EN 10025 - 1 e 2
piastre	S275JR - S275j0 UNI EN 10025 - 1 e 2
catene per centine	B 450 C
bulloni su piastre di unione centine	viti classe 8.8 UNI EN 14399-4 e UNI EN ISO 898-1 dadi classe 8 UNI EN 14399-4 e UNI EN ISO 898-2 rondelle UNI EN 14399-6.

##### 4.3.3.1 Parametri di progetto

Resistenza di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$
-----------------------	------------------------------

SS 121 "Catanesa" <i>Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta</i>		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

con:  $\gamma_s = 1.05$  per SLU

Stati limite:

resistenza caratteristica di calcolo SLU:  $f_{yd} = 261.90$  MPa

#### 4.4 Rivestimenti definitivo

##### 4.4.1 Magrone

classe di resistenza C12/15 MPa

contenuto minimo di cemento  $150 \text{ kg/m}^3$

##### 4.4.2 Calcestruzzo

norma di riferimento EN 206-1 e UNI EN 11104

classe di resistenza C32/40 MPa

classe di esposizione XC2 + XA2

massimo rapporto a/c 0.50


classe di consistenza : S3 (arco rovescio) - S4 (murette e calotta)

dimensione nominale massima degli aggregati :  $D_{upper} = 32 \text{ mm}$   $D_{lower} = 20 \text{ mm}$

tipo cemento CEM IV secondo uni en 197-1

contenuto min. cemento  $340 \text{ kg/m}^3$

copriferro nominale 40 mm

SS 121 "Catanesa" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

#### 4.4.2.1 Parametri di progetto

<b>Caratteristiche Calcestruzzo</b>	<b>Var</b>	<b>C32/40</b>
Resistenza a compressione caratteristica cubica	$R_{ck}$	40
Resistenza a compressione caratteristica cilindrica	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	32
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	40.00
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm}$	3.02
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk5\%} = 0.7 f_{ctm}$	2.12
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk95\%} = 1.3 f_{ctm}$	3.93
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3.63
Modulo elastico	$E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3}$	33346

<b>STATI LIMITE ULTIMI</b>	<b>Var</b>	
coefficiente $\gamma_c$	$\gamma_c$	1.50
coefficiente $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$	0.85
Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$	18.13
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	1.41

<b>STATI LIMITE DI ESERCIZIO</b>	<b>Var</b>	
$\sigma_{c, max}$ - combinazione di carico caratteristica	$\sigma_{c, max} = 0.60 f_{ck}$	19.20
$\sigma_{c, max}$ - combinazione di carico quasi permanente	$\sigma_{c, max} = 0.45 f_{ck}$	14.40
$\sigma_t$ - stato limite di formazione delle fessure	$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2$	2.52

<b>ANCORAGGIO DELLE BARRE</b>	<b>Var</b>	
Tensione tan. ultima di ad. $\phi \leq 32$ mm - buona ad.	$f_{bd} = 2.25 \times 1.0 \times 1.0 \times f_{ctk} / g_c$	3.18
Tensione tan. ultima di ad. $\phi \leq 32$ mm - non buona ad.	$f_{bd} = 2.25 \times 0.7 \times 1.0 \times f_{ctk} / g_c$	2.22

#### 4.4.2.2 Caratteristiche del calcestruzzo al fine della durabilità


Al fine di valutare le caratteristiche vincolanti delle miscele di calcestruzzo nei confronti della durabilità viene fatto riferimento alle norme EN206 e UNI 11104.

Relativamente alla scelta delle classi di esposizione, in accordo alla "Classificazione del livello di rischio di attacco del gelo per aree climatiche del territorio italiano" contenuta nell'appendice A alla norma, che attribuisce alla Sicilia un livello di rischio **Nulla**, è stata esclusa l'applicazione della classe XF (Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza disgelanti), e conseguentemente della classe XD (corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare).

Analogamente è stata esclusa l'applicazione della classe XS (Corrosione indotta dai cloruri contenuti nell'acqua di mare).

Relativamente all'applicazione della classe XA (Attacco chimico da parte del terreno naturale e delle acque contenute nel terreno), le analisi chimiche eseguite su campioni di terreno e su acqua di falda ai sensi della



SS 121 "Catanesa" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

norma UNI EN 206, hanno evidenziato acidità nei terreni e concentrazioni di CO<sub>2</sub> nell'acqua, tali da rientrare nei range illustrati nel prospetto 2 della norma.

Di seguito il prospetto di sintesi riportato nel report "Relazione sul monitoraggio ambientale ante operam".

Tabella 4-1 - Confronto dei risultati analitici sull'aggressività del terreno con i valori delle classi UNI EN 206:2016

Campione		S35_PZ_Amb	S02_DH_Amb	S05_PZ_Amb	S8_PZ_Amb	UNI EN 206:2016		
RAPPORTO DI PROVA		2146213-001	2145765-001	2145765-002	2145765-003			
PROFONDITÀ (m da p.c.)		9 - 10	2 - 3	2 - 3	9 - 10			
PARAMETRO	U.M.	VALORE				XA1 Aggressività debole	XA2 Aggressività moderata	XA3 Aggressività forte
So <sup>2-</sup> <sub>4</sub> (ione solfato)	mg/kg	920	154	40,8	38,9	≥2000e ≤ 3000e	>3000e e ≤ 12000	> 12000 e ≤ 24000
Acidità (Baumann – Gully)	ml NaOH0,1 M/Kg	12	20	12	12	> 200	Non incontrato nella pratica	


Campione		S12_PZ_Amb	S15_PZ_Amb	S20_DH_Amb	S24_PZ_Amb	UNI EN 206:2016		
RAPPORTO DI PROVA		2145765-004	2145765-005	2145765-006	2145765-007			
PROFONDITÀ (m da p.c.)		2 - 3	10 - 11	2 - 3	2 - 3			
PARAMETRO	U.M.	VALORE				XA1 Aggressività debole	XA2 Aggressività moderata	XA3 Aggressività forte
So <sup>2-</sup> <sub>4</sub> (ione solfato)	mg/kg	18000	21	862	44,1	≥2000e ≤ 3000e	>3000e e ≤ 12000	> 12000 e ≤ 24000
Acidità (Baumann – Gully)	ml NaOH0,1 M/Kg	20	16	12	8	> 200	Non incontrato nella pratica	

Sulla base delle concentrazioni rilevate, confrontate con i limiti stabiliti dalla norma UNI EN 206:2016, i campioni di terra esaminati risultano non aggressivi fatta eccezione per il campione prelevato in corrispondenza del sondaggio denominato S12\_PZ\_Amb il quale risulta fortemente aggressivo per il parametro So<sup>2-</sup><sub>4</sub> (ione solfato).

Tabella 4-2 - Confronto dei risultati analitici sull'aggressività delle acque sotterranee con i valori delle classi UNI EN 206:2016

Campione		S05_PZ_Amb	S12_PZ_Amb	S28_PZ_Amb	S35_PZ_Amb	S22	SN3	UNI EN 206:2016		
RAPPORTO DI PROVA		2146823-001	2146823-003	2146823-006	2146823-007	2149554-001	2149554-002			
PROFONDITÀ PIEZOMETRO (m da p.c.)		27	27,1	27,5	24,5	28,6	29,5			
PARAMETRO	U.M.	VALORE	VALORE	VALORE	VALORE	VALORE	VALORE	XA1 Aggressività debole	XA2 Aggressività moderata	XA3 Aggressività forte
So <sup>2-</sup> <sub>4</sub> (ione solfato)	mg/l	511	2599	237	2437	124	177	≥200 e ≤600	>600 e ≤3000	> 3000 e ≤ 6000
pH	unità	7,2	7,4	8,7	7,6	7,5	7,6	≤6,5 e ≥5,5	<5,5 e ≥4,5	<4,5 e ≥4,0
CO <sub>2</sub> (aggressiva)	mg/l	0,1	1,1	13,2	1,1	< 0,1	< 0,1	≥15 e ≤40	>40 e ≤100	>100 fino a saturazione
NH <sup>4+</sup> (ione ammonio)	mg NH4/l	< 0,04	0,24	1,1	1,3	0,5	0,6	≥15 e ≤30	>30 e ≤60	>60 e ≤100

Sulla base delle concentrazioni rilevate, confrontate con i limiti stabiliti dalla norma UNI EN 206:2016, i campioni di acqua sotterranea prelevati in corrispondenza dei piezometri S12\_PZ\_Amb e S35\_PZ\_Amb,

SS 121 "Cataneese" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

denotano un ambiente chimico moderatamente aggressivo per il parametro  $S_{O^{2-4}}$  (ione solfato); i campioni di acqua sotterranea prelevati in corrispondenza dei piezometri S05\_PZ\_Amb e S28\_PZ\_Amb, hanno evidenziato valori di concentrazione del parametro  $S_{O^{2-4}}$  (ione solfato) tali per cui si denota un ambiente chimico debolmente aggressivo. Per i restanti campioni prelevati si riscontra la presenza di un ambiente chimico non aggressivo.

Pertanto, per i rivestimenti della galleria è prevista una classe di esposizione XA2.

Pertanto, si ha:

Calcestruzzo rivestimento definitivo:

Classe di esposizione	XC2 – XA2
Classe di resistenza caratteristica a compressione:	C32/40
Dimensione max aggregati:	32 - 20 mm
Classe minima di consistenza:	S3 (arco rovescio) - S4 (murette e calotta)
Copriferro minimo:	40 mm

#### 4.4.2.3 Verifiche a fessurazione

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature, sono suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato dalla Tab. 4.1.III delle NTC2018:


**Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali**

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Nel caso in esame si considerano:

- Condizioni **aggressive**: per le verifiche a fessurazione dei rivestimenti definitivi (classe di esposizione XA2).

La Tab. 4.1.IV stabilisce i criteri per la scelta degli stati limite di fessurazione in funzione delle condizioni ambientali e del tipo di armatura:

SS 121 "Catanesa" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

Tab. 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile Stato limite	$w_k$	Poco sensibile Stato limite	$w_k$
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

Pertanto, nel caso in esame si ha:

- Verifiche a fessurazione – condizioni ambientali **aggressive** – Armatura poco sensibile:
  - o Combinazione di azioni quasi permanente:  $w_k \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

In accordo al par. §4.1.2.2.4.5, le verifiche allo stato limite di apertura delle fessure sono state condotte senza calcolo diretto, verificando che la tensione di trazione dell'armatura, valutata nella sezione parzializzata per la combinazione di carico pertinente, sia contenuta entro i valori limite specificati nelle seguenti tabelle:

Tabella C4.1.II Diametri massimi delle barre per il controllo di fessurazione

Tensione nell'acciaio $\sigma_s$ [MPa]	Diametro massimo $\phi$ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4 \text{ mm}$	$w_2 = 0,3 \text{ mm}$	$w_1 = 0,2 \text{ mm}$
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	-

Tabella C4.1.III - Spaziatura massima delle barre per il controllo di fessurazione

Tensione nell'acciaio $\sigma_s$ [MPa]	Spaziatura massima $s$ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4 \text{ mm}$	$w_2 = 0,3 \text{ mm}$	$w_1 = 0,2 \text{ mm}$
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

In rapporto a quanto specificato nelle precedenti tabelle è possibile individuare le tensioni limite dell'acciaio per ciascun diametro delle barre:

Tensioni limite in funzione diametro barre			
Diametro barre $\phi$ [mm]	Tensione max acciaio $\sigma_s$ [Mpa]		
	$w_3=0.4\text{mm}$	$w_2=0.3\text{mm}$	$w_1=0.2\text{mm}$
	40	160	114
36	180	137	111
32	200	160	129
30	207	171	138
28	213	183	147
26	220	194	156
24	227	204	164
22	233	213	173
20	240	222	182
18	260	231	191
16	280	240	200
14	300	260	220
12	320	280	240
10	360	320	260
8	360	360	280
6	360	360	320

#### 4.4.2.4 Copriferro

Ai fini di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferro; il suo valore, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto "copriferro nominale".

Il copriferro nominale è la somma di due contributi, il copriferro minimo e la tolleranza di posizionamento.


I valori minimi dello spessore dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro), ai fini della protezione delle armature dalla corrosione, sono riportati nella Tab. C4.1.IV delle circolari applicative della NTC2018, nella quale sono distinte le tre condizioni ambientali di Tab. 4.1.IV delle NTC:

Tabella C4.1.IV - Copriferri minimi in mm

$C_{min}$	$C_0$	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
			$C > C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$	$C > C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$	$C > C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$	$C > C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

I valori della tabella C4.1.IV si riferiscono a costruzioni con Vita Nominale di 50 anni (tipo 2 della Tab. 2.4.1 delle NTC). Per costruzioni con vita nominale di 100 anni (tipo 3 della citata Tab. 2.4.1), i valori della Tab. C4.1.IV vanno aumentati di 10 mm.

Per la definizione del calcestruzzo nominale, ai valori minimi di copriferro vanno aggiunte le tolleranze di posa, pari a 10 mm o minore, secondo indicazioni di norme di comprovata validità.

SS 121 "Cataneese" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

Per il valore del copriferro minimo nel caso in esame si pone, un copriferro minimo pari a 30 mm. La tolleranza di posizionamento è pari a 10 mm. Si ottiene pertanto un copriferro nominale minimo pari a 40 mm.


#### 4.4.3 Acciaio per calcestruzzo armato

Acciaio B450C controllato in stabilimento e saldabile

norma di riferimento	D.M. 17/01/2018 (capitolo 11)
impiego:	barre, reti e tralicci elettrosaldati
resistenza caratteristica di snervamento $f_{yk}$	$\geq 450 \text{ n/mm}^2$
resistenza caratteristica di rottura $f_{tk}$	$\geq 540 \text{ n/mm}^2$
rapporto $(f_y/f_t)_k$	$1.15 \leq (f_y/f_t)_k < 1.35$
rapporto $(f_y/f_{ynom})_k$	$\leq 1.25$
allungamento $(a_{gt})_k$	$\geq 7.5\%$

##### 4.4.3.1 Parametri di progetto:

Caratteristiche Acciaio per Calcestruzzo armato	Var	unità		
Qualità dell'acciaio			B450C	B450A
Tensione caratteristica di snervamento nominale	$f_{yk}$	Mpa	450	450
Tensione caratteristica a carico ultimo nominale	$f_{tk}$	Mpa	540	450
Modulo elastico	$E_s$	Mpa	210000	210000
diametro minimo della barra impiegabile	$\phi_{min}$	mm	6	5
diametro massimo della barra impiegabile	$\phi_{max}$	mm	40	10
STATI LIMITE ULTIMI	Var	unità		
coefficiente $\gamma_s$	$\gamma_s$		1.15	1.15
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	Mpa	391.3	391.3
STATI LIMITE DI ESERCIZIO	Var	unità		
$\sigma_{s,max}$ - combinazione di carico caratteristica	$\sigma_{s,max} = 0.8 f_{yk}$	Mpa	360.0	360.0

SS 121 "Cataneese" <i>Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta</i>		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

## 4.5 Impermeabilizzazioni

### 4.5.1 Canaletta in pvc

microfessurata superiormente al piede dell'impermeabilizzazione (UNI 4464 e 4465)

diametro esterno	≥ 110mm
spessore	≥ 4.0mm


### 4.5.2 Impermeabilizzazione - telo in pvc

spessore	≥ 2.0mm	(UNI 8202/6)
peso specifico	≥ 1.3 g/cm <sup>3</sup>	(UNI 7092)
resistenza a trazione	≥ 17 n/mm <sup>2</sup>	(DIN 16938 e)
allungamento a rottura	300%	(DIN 16938 e)
resistenza a compressione	≥ 300 n/cm <sup>2</sup>	
resistenza al calore	70 °c	(DIN 53372)
resistenza al freddo	- 40 °c	
resistenza alla pressione	≥ 10 atm	(DIN 16938)
durezza a-shore	75	(DIN 53505)
piegatura a freddo	-20 °c	(DIN 16938)
imputrescibilità	illimitata	
termosaldatura doppia sulle giunzioni		

### 4.5.3 Geotessuto

tessuto non tessuto a filo continuo di polipropilene puro ottenuto per agugliatura meccanica coesionato

massa areica	≥ 500 g/m <sup>2</sup>	(EN 965)
resistenza a trazione	≥ 30 kN/m	(EN ISO 10319)
allungamento a rottura	≥ 80 %	(EN ISO 10319)
spessore	≥ 4.0 mm	
cbr resistenza al punzonamento	≥ 5000 n	(EN ISO 12236)
permeabilità nel piano	≥ 3.2x10 m/s	(EN ISO 12958 pr)
classe di fuoco	2	(UNI 8457/a1-9174/A1)

SS 121 "Catanese" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

## 5 FASE CONOSCITIVA: MODELLO GEOLOGICO, GEOTECNICO ED IDROGEOLOGICO

---

### 5.1 Modello geologico


Dal punto di vista geologico, l'area interessata dal tracciato si trova interamente nella seguente formazione geologica:

- **Flysh Numidico – Membro di Portella Colla (FYN<sub>2</sub>):** prevalenti peliti di colore bruno talora manganesifere, con laminazione pian-parallela, cui si alternano in subordinate strati centimetrici di siltiti ed arenarie a grana fine. Quarzoareniti e/o conglomerati a ciottoli di quarzo intercalati con biocalcareni risedimentate con geometrie canalizzate (FYN<sub>2a</sub>). A luoghi intercalazioni di megabrecce carbonatiche ad elementi di piattaforma carbonatica e megaconglomerati quarzosi. Spessori compresi tra i 200 e i 300 metri. Appartenente alle ere geologiche dell' Oligocene superiore e Miocene inferiore.

Dal punto di vista geotecnico il terreno è stato caratterizzato come segue:

- **Flysh Numidico (FN):** argille, argille marnose e argilliti di colore grigio, generalmente dure o molto consistenti, scagliettate e a tratti intensamente fratturate. Sono presenti discontinuità variamente orientate. A tratti si rinvencono livelli di quarzarenite di colore grigio-ocraceo, patine di dickite, livelli di calcite e di calcare. La parte superiore si presenta alterata (FN<sub>a</sub>) e di colore marrone ocraceo per ossidazione.

Si rimanda alla relazione geologica UP62\_T00GE00GEORE01\_A e geotecnica UP62\_T00GE00GETRE01\_A per ulteriori considerazioni.

SS 121 "Catanesa" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

## 5.2 Modello geomeccanico

### 5.2.1 Modello di comportamento ed involucri di rottura

È stato considerato un legame costitutivo "elastoplastico ideale" nel quale i parametri di resistenza di picco e residui coincidono. Il rapporto  $k_0$  tra le tensioni orizzontali e verticali è stato assunto pari a  $1 - \sin(\phi)$ .

Per la determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio dei terreni argillosi (FN) si è fatto riferimento al criterio di rottura di Mohr – Coulomb.

### 5.2.2 Parametri di resistenza dell'ammasso

Per le zone in Flysh Numidico i parametri geotecnici caratteristici relativi al criterio di rottura di Mohr – Coulomb assunti sono i seguenti:

Unità	$\gamma$ [kPa]	$c_u$ [kPa]	$c'$ [kPa]	$\phi'$ [°]
FN	20,0	150,0	20,0	25,0


### 5.2.3 Parametri di deformabilità dell'ammasso

Per definire i parametri di deformabilità caratteristici del terreno, si è considerato per il Flysh un comportamento del terreno isotropo non lineare, descritto dalla seguente legge di decadimento del modulo:

$$E = E_0 \left( \frac{p'}{p_{ref}} \right)^\alpha$$

In cui  $E_0$  è il modulo di rigidezza iniziale,  $p_{ref}$  è la pressione atmosferica di riferimento mentre  $\alpha$  è un parametro che varia tra 0.5 e 1, nel nostro caso posto pari a 0.5.



SS 121 "Catanesa" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

#### 5.2.4 Parametri di progetto utilizzati per le verifiche agli stati ultimi GEO

Le verifiche agli stati limite ultimi devono essere eseguite con l'Approccio 1, considerando le due combinazioni di coefficienti:

Combinazione 1: (A1+M1+R1)

Combinazione 2: (A2+M2+R2)

con i valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e con i coefficienti  $\gamma_R$  dei gruppi R1 e R2 pari all'unità.

**Tabella 6.2.I** – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Q1}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano completamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

**Tabella 6.2.II** – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno


PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_c$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

La combinazione più gravosa per le verifiche di stabilità degli scavi sono quelle della combinazione 2, pertanto, si sono utilizzati i seguenti valori di resistenza Mohr-Coulomb:

Unità	$\gamma$	$c_u$	$c'$	$\phi'$
-	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]
FN	20,0	107,1	16,0	20,5

#### 5.2.5 Parametri di progetto utilizzati per le verifiche agli stati ultimi STR

Le verifiche strutturali degli elementi di rinforzo, in avanzamento dal fronte e sulle pareti di scavo, e delle strutture di rivestimento, di prima fase e definitive, devono essere eseguite come specificato al § 6.2.4.1.3, utilizzando i valori caratteristici dei parametri geotecnici, amplificando le azioni con i coefficienti parziali del gruppo A1 (1.3).

SS 121 "Catanesa" <i>Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta</i>		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

## 6 FASE DI DIAGNOSI

---

### 6.1 Classi di comportamento del fronte di scavo

In accordo con il metodo ADECO-RS, la valutazione dell'evoluzione dello stato tensionale nel terreno a seguito della realizzazione di una galleria viene condotta attraverso l'analisi dei fenomeni deformativi del mezzo attraversato, che forniscono informazioni sul comportamento della cavità nei riguardi della stabilità a breve e a lungo termine.

Il comportamento del cavo e del fronte è infatti funzione, oltre che delle caratteristiche geometriche della cavità stessa e dei carichi litostatici cui è soggetta, delle caratteristiche di resistenza e di deformabilità del nucleo d'avanzamento, inteso come il prisma di terreno individuato a monte del fronte dallo stesso profilo di scavo per una profondità di circa un diametro. Se il nucleo non è costituito da materiale sufficientemente rigido e resistente da mantenere in campo elastico il proprio comportamento tenso-deformativo, si sviluppano fenomeni deformativi e plasticizzazioni rilevanti in avanzamento sul fronte, cui conseguono il detensionamento e il decadimento delle caratteristiche geomeccaniche del terreno al contorno del cavo. Se, viceversa, il comportamento del nucleo d'avanzamento si mantiene in campo elastico, esso 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.


Il comportamento del fronte di scavo, al quale è legato quello della cavità, può essere sostanzialmente ricondotto a tre categorie di comportamento:

#### 6.1.1 Categoria A: galleria a fronte stabile

Se il fronte di scavo è stabile, lo stato tensionale al contorno della cavità in prossimità del fronte si mantiene in campo prevalentemente elastico, e i fenomeni deformativi osservabili sono di piccola entità e tendono ad esaurirsi rapidamente. In questo caso anche il comportamento del cavo sarà stabile, mantenendosi prevalentemente in campo elastico, e quindi non si rendono necessari interventi preventivi di consolidamento, se non localizzati e in misura molto ridotta. Il rivestimento definitivo costituirà allora il margine di sicurezza per la stabilità a lungo termine.

#### 6.1.2 Categoria B: galleria a fronte stabile a breve termine

Questa condizione si verifica quando lo stato tensionale indotto dall'apertura della cavità supera la resistenza meccanica del materiale al fronte, che non ha più un comportamento di tipo elastico, ma assume un comportamento di tipo elasto-plastico. I fenomeni deformativi connessi con la conseguente redistribuzione delle tensioni risultano più accentuati che nel caso precedente, e producono nell'ammasso al fronte una decompressione che porta al superamento della resistenza caratteristica del materiale. Questa decompressione può essere opportunamente controllata e regimata con adeguati interventi di

SS 121 "Catanesa" <i>Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta</i>		
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

preconsolidamento del fronte e/o di consolidamento al contorno del cavo. In tal modo si fornisce l'opportuno contenimento all'ammasso, che manterrà un comportamento stabile. Nel caso non si prevedano opportuni interventi, lo stato tenso-deformativo potrà evolvere verso situazioni di instabilità del cavo in via di realizzazione. Ancora, il rivestimento definitivo costituirà il margine di sicurezza a lungo termine.

### 6.1.3 Categoria C: galleria a fronte instabile

L'instabilità progressiva del fronte di scavo è attribuibile ad una accentuazione dei fenomeni deformativi in campo plastico, che risultano immediati e più rilevanti, manifestandosi prima ancora che avvenga lo scavo, oltre il fronte stesso. Tali deformazioni producono una decompressione più accentuata dell'ammasso al fronte, e portano ad un progressivo e rapido decadimento delle caratteristiche geomeccaniche del materiale. Questo tipo di decompressione più accentuata deve essere contenuto prima dell'arrivo del fronte di scavo, e richiede pertanto interventi di preconsolidamento sistematici in avanzamento, che consentano di creare artificialmente l'effetto arco capace di far evolvere la situazione verso configurazioni di equilibrio stabile.

## 6.2 Metodi di analisi delle categorie di comportamento

L'individuazione delle classi di comportamento del fronte è stata condotta utilizzando i metodi di analisi della stabilità del fronte (Panet e Tamèz) e il metodo delle linee caratteristiche.

Le soluzioni presentate in letteratura che consentono di valutare la stabilità del fronte fanno riferimento ad una galleria realizzata in un terreno omogeneo.

Il metodo delle linee caratteristiche consente di valutare la risposta deformativa del fronte e della cavità nelle ipotesi di stato di sforzo costante ed isotropo e galleria a sezione circolare; è pertanto applicabile nel caso di galleria profonda (indicativamente con copertura in chiave di calotta > 2.5÷3 volte il diametro della galleria). Per coperture inferiori a 2.5÷3 volte il diametro della galleria (condizione di galleria superficiale) occorre portare in conto la natura tridimensionale del problema e valutare i possibili meccanismi di rottura del terreno che possono propagarsi fino al piano campagna.

Le metodologie di analisi sono state applicate in relazione alle coperture di progetto, individuando, anche in funzione delle caratteristiche geotecniche, il comportamento del fronte fra i tre precedentemente illustrati:

- ✓ Categoria A – "Fronte stabile"
- ✓ Categoria B – "Fronte stabile a breve termine"
- ✓ Categoria C – "Fronte instabile".

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

### 6.2.1 Metodo semi-empirico di Tamèz

La valutazione della stabilità del fronte di scavo può essere condotta in via preliminare mediante l'impiego di metodi analitici semplificati all'equilibrio limite. In particolare, si fa riferimento alle teorie di Tamez e Cornejo che ipotizzano l'esistenza di prismi di terreno in distacco secondo sezioni longitudinali, giungendo a definire

un coefficiente di sicurezza FSF nei confronti della stabilità del fronte di scavo. Il metodo dell'equilibrio limite proposto da Tamez tiene conto della riduzione dello stato di confinamento triassiale del nucleo di terreno oltre il fronte per mezzo di un meccanismo di rottura del tipo effetto volta, con il quale il volume di terreno gravante sulla corona della galleria è definito da un paraboloide, approssimato mediante tre solidi prismatici, come illustrato nelle figure seguenti.

In tal maniera il terreno effettivamente gravante sulla calotta corrisponde all'intera copertura presente solo nel caso di gallerie superficiali ( $z/D < 3$ ), mentre per gallerie profonde il carico gravante in calotta, corrisponde al paraboloide di altezza  $h_1$ .

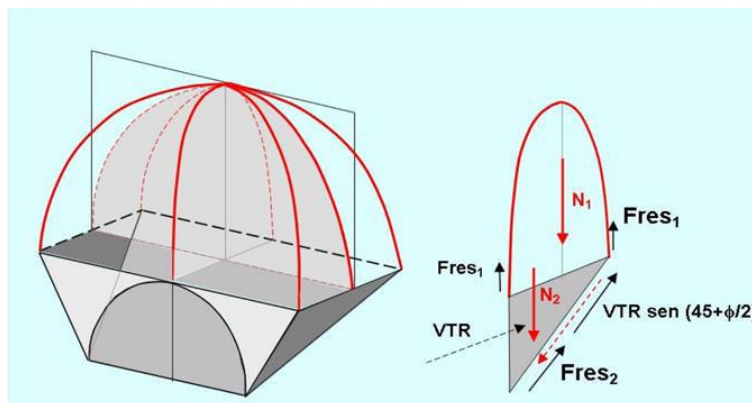
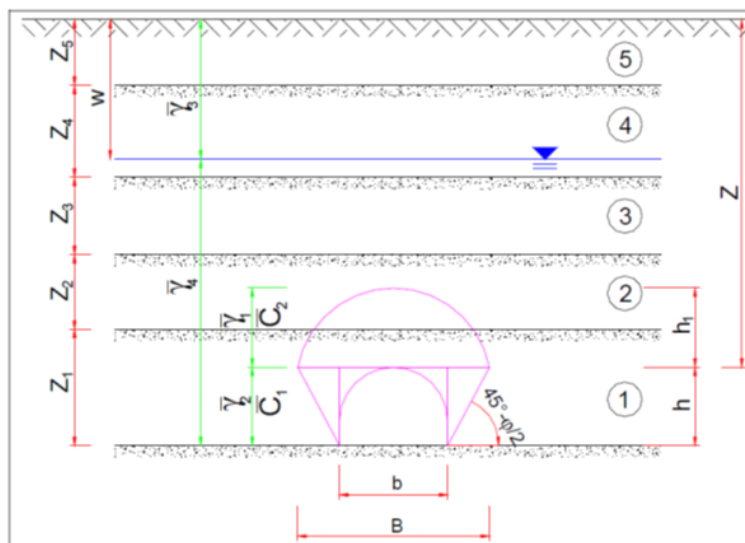



Figura. Metodo di Tamez.

In questo modo si determinano le massime tensioni tangenziali che si possono sviluppare sulle facce di ogni prisma senza che avvengano scorrimenti (forze resistenti) e le forze di massa di ogni prisma (forze agenti). Il rapporto tra i momenti delle forze resistenti e delle forze agenti fornisce un coefficiente di sicurezza del fronte, denominato FSF (face security factor).

SS 121 "Catanese" <i>Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta</i>		
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

Il metodo consente di analizzare le condizioni di stabilità di terreni omogenei (denominati T1) o stratificati (T2), a comportamento prevalentemente coesivo (C) o a comportamento coesivo-attritivo (CF).

È possibile interpretare le condizioni di stabilità del fronte sulla base dei valori ottenuti per il coefficiente di sicurezza:

- $FSF \geq 2$  il fronte è stabile e l'ammasso rimane in campo elastico;
- $2 > FSF \geq 1.5$  il fronte è stabile ma l'ammasso evolve in campo elasto-plastico con spostamenti limitati;
- $1.5 > FSF \geq 1.3$  il fronte è stabile ma l'ammasso evolve in campo elasto-plastico con spostamenti significativi;
- Caso  $FSF < 1$  il fronte è instabile.

Nel caso di un mezzo con coesione e angolo di attrito (gruppo T-1-CF), si può avere, con riferimento alla Figura seguente, che la stabilità del prisma (3), espressa dal coefficiente di sicurezza FS3 sia più critica dell'insieme dei tre prismi e il coefficiente di sicurezza dovrebbe essere assunto considerando il più piccolo tra i due.

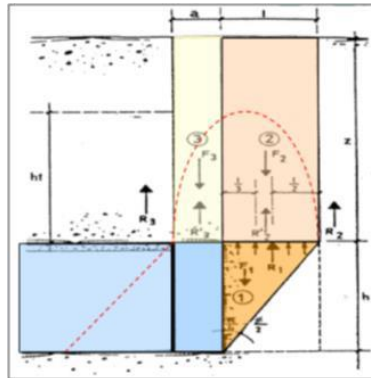
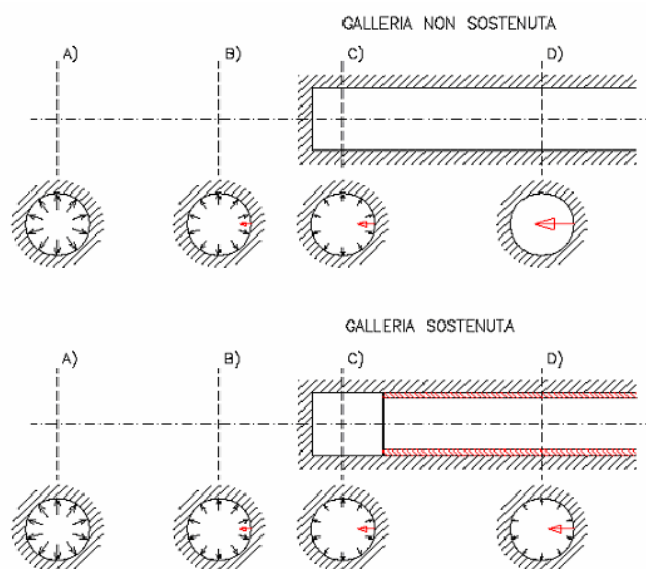


Figura. Stabilità del fronte scavo nel caso di un mezzo con coesione e angolo di attrito.

### 6.2.2 Metodo delle linee caratteristiche

Le linee caratteristiche, o meglio il metodo convergenza-confinamento, consistono nel simulare lo scavo di una galleria nell'ipotesi di simmetria assiale e di stato di deformazione piana. Lo scavo è rappresentato come una graduale riduzione di una pressione fittizia "p" applicata alle pareti della galleria, tramite cui si simula il progressivo deconfinamento del terreno prodotto dall'avvicinarsi del fronte di scavo alla sezione di calcolo e al successivo avanzamento del fronte stesso, cui corrisponde una convergenza radiale "u" crescente in funzione delle caratteristiche dell'ammasso. La curva caratteristica del cavo (o curva di convergenza) rappresenta dunque l'evoluzione della convergenza radiale del cavo al diminuire della tensione radiale agente sul contorno del profilo di scavo, espressa in funzione del tasso di deconfinamento  $\lambda$  con cui viene simulato l'effetto dello scavo in avanzamento.

Se la galleria è scavata in assenza di sostegni, il valore finale della pressione di confinamento è pari a 0; in caso contrario, allo stato finale, è presente una pressione di confinamento  $> 0$  che rappresenta la pressione di equilibrio del cavo ottenuta dall'intersezione della linea caratteristica della cavità e dei rivestimenti impiegati. Questa ultima curva, a sua volta, dipende dalle proprietà dei materiali impiegati e dalle deformazioni subite dall'ammasso prima della posa in opera dei sostegni provvisori e quindi, in ultima analisi, è legata al comportamento del fronte di scavo ed al tipo di interventi previsti in avanzamento.



Mediante la sovrapposizione degli effetti delle linee "caratteristiche" della galleria, dei sostegni provvisori e definitivi e del fronte, è possibile ridurre il problema tridimensionale in prossimità del fronte di scavo ad un problema bidimensionale; l'intersezione delle varie curve permette di determinare graficamente il comportamento della galleria allo scavo.

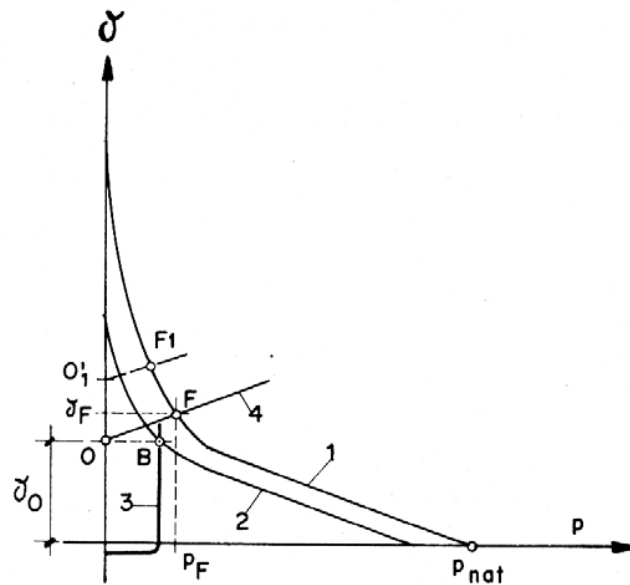
È possibile, pertanto, valutare l'andamento delle deformazioni radiali dei diversi elementi della galleria (fronte, cavità, nucleo di terreno al fronte) al variare delle pressioni di contenimento sul contorno del cavo e, di conseguenza, determinare la categoria di comportamento sia in corrispondenza del fronte di scavo (condizioni sferiche) che lontano dal fronte (condizioni piane).

È stata adottato il metodo proposto da Amberg-Lombardi in base al quale si sono determinate:

1. la linea caratteristica del fronte,
2. la linea caratteristica della cavità, lontano dal raggio di influenza del fronte
3. la resistenza del nucleo di terreno situato davanti al fronte ( $R_{1/2nucleo}$ ), definita a partire dal valore di coesione ( $c$ ) del terreno e dal suo angolo di attrito ( $\phi$ ) secondo le seguenti relazioni:

$$R_{1/2nucleo} = c \cdot k_p^{0.5}$$

$$k_p = \tan^2(45^\circ + \phi / 2)$$




- 1) Linea caratteristica del cavo
  - 2) Linea caratteristica della cavità in prossimità del fronte
  - 3) Linea caratteristica del nocciolo di terreno situato davanti al fronte
- B) Punto di equilibrio tra la 3 e la 2 (sulle ordinate definisce la convergenza al fronte  $\theta_0$ )
- 4) Linea caratteristica del sostegno messo in opera immediatamente dietro il fronte
- F) Punto di equilibrio tra la 4 e la 1 (definisce la pressione di equilibrio finale)

Il terreno è considerato omogeneo ed isotropo, con comportamento elasto-plastico con criterio di resistenza di Mohr- Coulomb. L'intersezione tra la linea caratteristica del fronte e la linea caratteristica del nucleo individua la condizione di equilibrio del fronte e permette di valutare la convergenza radiale nella sezione in corrispondenza del fronte di scavo ( $u_f$ ). Tracciando la curva caratteristica del fronte, non solo si ricava il valore " $u_f$ ", tenendo conto del tipo di preconsolidamento eventualmente effettuato in avanzamento dal fronte stesso, ma è anche possibile individuare a priori il comportamento della galleria, distinguendo tra fronte stabile (A), stabile a breve termine (B) ed instabile (C), secondo la classificazione ADECO-RS già presentata nei paragrafi precedenti.

L'attribuzione delle classi di comportamento viene effettuata secondo le seguenti modalità:

- Se il rapporto percentuale tra lo spostamento radiale e il raggio equivalente di scavo è minore di 0.3 il comportamento è di tipo A, così come quando il rapporto tra il raggio plastico e il raggio equivalente è inferiore a 1.2;
- Se il rapporto percentuale tra lo spostamento radiale e il raggio equivalente di scavo è compreso tra 0.3 e 0.5 il comportamento è di tipo B, così come quando il rapporto tra il raggio plastico e il raggio equivalente è compreso tra 1.2 e 1.5;

SS 121 "Catanesa" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

- Se il rapporto percentuale tra lo spostamento radiale e il raggio equivalente di scavo è maggiore di 0.5 il comportamento è di tipo C, così come quando il rapporto tra il raggio plastico e il raggio equivalente è maggiore a 1.5.

$u_{cavo}/R_{eq}$	$R_{pl}/R_{eq}$	Classe di comportamento
< 0,2%	< 1,2	A
0,2 - 0,5 %	1,2 - 1,5	B
> 0,5 %	> 1,5	C



### 6.3 Determinazione delle categorie di comportamento

#### 6.3.1 Stabilità del fronte - Metodo di Tamèz

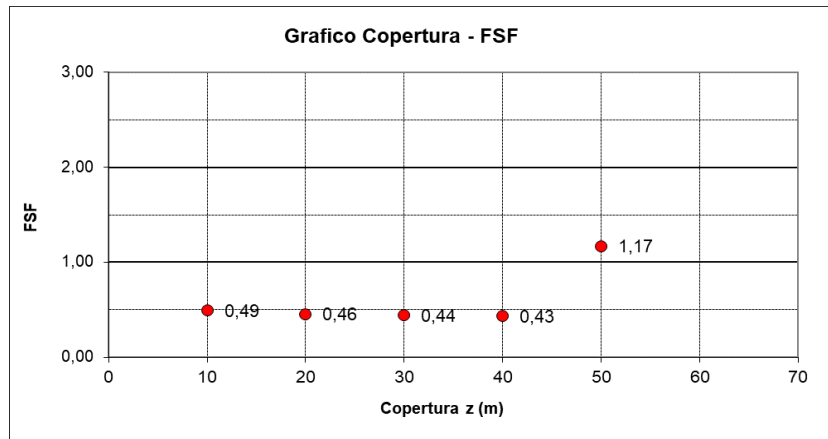
Per completezza, si riportano a continuazione i risultati ottenuti per le due sezioni analizzate e descritte in seguito:

- ✓ Sezione di avanzamento C2 – Sagoma 1 (C2-1)
- ✓ Sezione di avanzamento C2P – Sagoma 1 (C2P-1)
- ✓ Sezione Bypass pedonale

##### 6.3.1.1 Verifica sezione tipo C2-1

Tale sezione è applicata nelle zone ad alta copertura, si riportano comunque i risultati ottenuti per coperture comprese tra 50 m e 10 m.

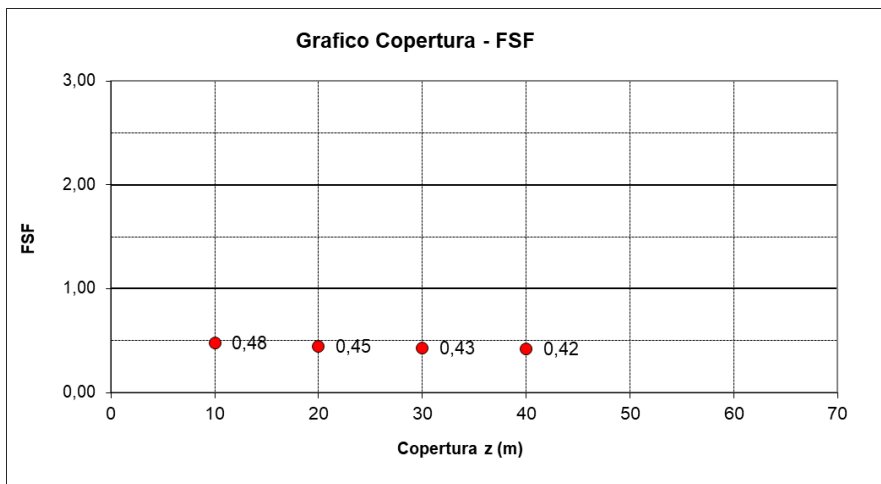
<i>C2-1 ammasso naturale</i>			
Copertura (m)	FSF	Classe di scavo	FS3
50	1,17	B	5,94
40	0,43	C	2,13
30	0,44	C	2,13
20	0,46	C	2,13
10	0,49	C	2,13



### 6.3.1.2 Verifica sezione tipo C2P-1

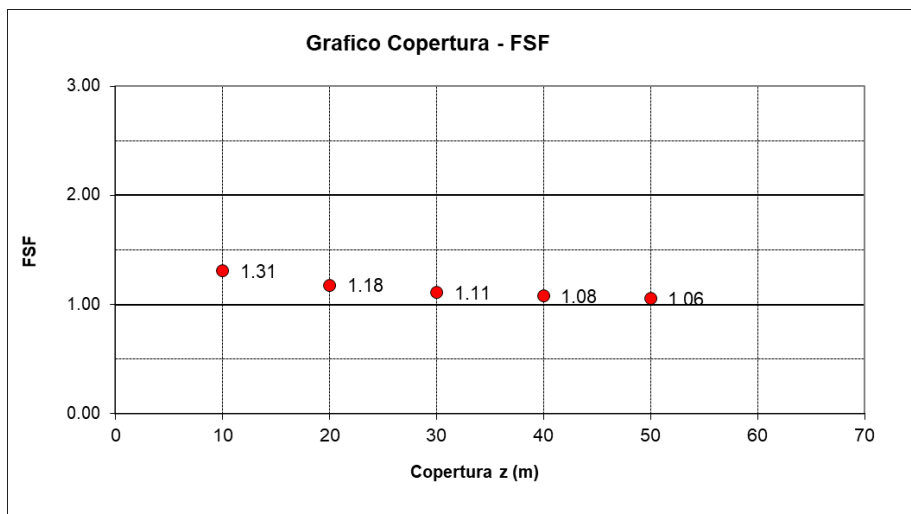
Tale sezione è applicata nelle zone a bassa copertura, si riportano comunque i risultati ottenuti per coperture comprese tra 40 m e 10 m.


<i>C2p-1 ammasso naturale</i>			
Copertura (m)	FSF	Classe di scavo	FS3
40	0,42	C	2,13
30	0,43	C	2,13
20	0,45	C	2,13
10	0,48	C	2,13



### 6.3.1.3 Verifica sezione Bypass pedonale

<i>Cunicolo ammasso naturale</i>			
Copertura (m)	FSF	Classe di scavo	FS3
50	1.06	B	2.02
40	1.08	B	2.07
30	1.11	B	2.16
20	1.18	B	2.33
10	1.31	B	2.56



SS 121 "Catane" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

### 6.3.2 Stabilità del fronte e del cavo - Metodo delle linee caratteristiche

Per completezza, si riportano a continuazione i risultati ottenuti per le otto sezioni analizzate e descritte in seguito:

- ✓ Sezione di avanzamento C2 – Sagoma 1 (C2-1)
- ✓ Sezione di avanzamento C2P – Sagoma 1 (C2P-1)
- ✓ Sezione Bypass pedonale


#### 6.3.2.1 Verifica sezione tipo C2-1

Per quanto riguarda la stabilità del fronte si ha:

<i>C2-1 ammasso naturale</i>					
Copertura	$u_{cavo}/R_{eq}$	$R_{pl}$	$R_{pl}/R_{eq}$	Classe di comportamento	$R_{eq}$
m	%	m	-	A-B-C	m
10	0,30	2,11	0,3	B	6,8
20	0,78	4,03	0,6	C	6,8
30	1,39	5,46	0,8	C	6,8
40	2,12	6,62	1,0	C	6,8
50	2,94	7,62	1,1	C	6,8

Per quanto riguarda la stabilità del cavo si ha:

<i>C2-1 ammasso naturale</i>					
Copertura	$u_{cavo}/R_{eq}$	$R_{pl}$	$R_{pl}/R_{eq}$	Classe di comportamento	$R_{eq}$
m	%	m	-	A-B-C	m
10	0,60	5,97	10,3	C	0,6
20	1,78	12,08	1,8	C	6,8
30	3,52	17,37	2,5	C	6,8
40	5,80	22,16	3,2	C	6,8
50	8,58	26,61	3,9	C	6,8

SS 121 "Catane" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

### 6.3.2.2 Verifica sezione tipo C2P-1

Per quanto riguarda la stabilità del fronte si ha:

<i>C2P-1 ammasso naturale</i>					
Copertura	$u_{cavo}/R_{eq}$	$R_{pl}$	$R_{pl}/R_{eq}$	Classe di comportamento	$R_{eq}$
m	%	m	-	A-B-C	m
10	0,30	2,16	0,3	B	7,0
20	0,78	4,12	0,6	C	7,0
30	1,40	5,58	0,8	C	7,0
40	2,12	6,77	1,0	C	7,0

Per quanto riguarda la stabilità del cavo si ha:

<i>C2P-1 ammasso naturale</i>					
Copertura	$u_{cavo}/R_{eq}$	$R_{pl}$	$R_{pl}/R_{eq}$	Classe di comportamento	$R_{eq}$
m	%	m	-	A-B-C	m
10	0,60	6,11	0,9	C	7,0
20	1,78	12,35	1,8	C	7,0
30	3,52	17,75	2,5	C	7,0
40	5,80	22,65	3,2	C	7,0


### 6.3.2.3 Verifica sezione Bypass pedonale

Per quanto riguarda la stabilità del fronte si ha:

<i>Cunicolo ammasso naturale</i>					
Copertura	$u_{cavo}/R_{eq}$	$R_{pl}$	$R_{pl}/R_{eq}$	Classe di comportamento	$R_{eq}$
m	%	m	-	A-B-C	m
10	0.28	0.70	0.3	B	2.3
20	0.71	1.33	0.6	C	2.3
30	1.26	1.81	0.8	C	2.3
40	1.92	2.19	1.0	C	2.3
50	2.67	2.52	1.1	C	2.3

Per quanto riguarda la stabilità del cavo si ha:


<i>Cunicolo ammasso naturale</i>					
Copertura	$u_{cavo}/R_{eq}$	$R_{pl}$	$R_{pl}/R_{eq}$	Classe di comportamento	$R_{eq}$
m	%	m	-	A-B-C	m
10	0.60	1.98	3.4	C	0.6
20	1.78	4.00	1.8	C	2.3
30	3.52	5.75	2.5	C	2.3
40	5.80	7.33	3.2	C	2.3
50	8.58	8.80	3.9	C	2.3

SS 121 "Cataneese" <i>Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta</i>		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
<b>UP62</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

### 6.3.3 Definizione della categoria di comportamento

Le analisi effettuate con i metodi di Tamez (considerato più attendibile per le basse coperture) e delle linee caratteristiche hanno portato agli stessi risultati in termini di categorie di comportamento del fronte: tutte le sezioni si trovano in categoria **C** (fronte instabile).

Sarà pertanto necessario effettuare interventi di preconsolidamento al fronte e di precontenimento e preconsolidamento al contorno.

SS 121 "Catanesa" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo</i>	

## 6.4 Dimensionamento degli interventi di preconsolidamento e precontenimento

Come dimostrato precedentemente, è necessario adottare interventi di preconsolidamento del fronte allo scopo di controllarne la risposta deformativa e il detensionamento dell'ammasso.

Altresì, è necessario adottare interventi di precontenimento al contorno del cavo allo scopo di evitare fenomeni di crollo localizzato dalla calotta nelle zone a bassa e bassissima copertura.

Il preconsolidamento del fronte viene realizzato con **elementi strutturali in vetroresina (VTR)** che, realizzando un irrigidimento del nucleo d'avanzamento, prevengono i fenomeni di estrusione e mantengono i conseguenti fenomeni deformativi entro valori tali da mantenere l'ammasso il più possibile in campo elastico. L'intervento di precontenimento al contorno del cavo invece viene realizzato con **infilaggi in acciaio S355**, valvolati ed iniettati.

L'effetto degli interventi di consolidamento del fronte nelle verifiche di stabilità viene considerato attraverso l'incremento della resistenza al taglio (coesione equivalente) del materiale interessato dal trattamento.

Nel seguito si riportano i calcoli per il dimensionamento degli interventi di stabilizzazione del fronte di scavo e del cavo.

### 6.4.1 Chiodature in VTR (fronte)

L'inserimento di elementi strutturali (Tubi 60/40) cementati in foro al fronte di scavo conferisce al terreno un incremento di coesione equivalente; in alternativa, l'incremento di resistenza del materiale rinforzato può essere messo in conto attraverso una "**pressione di contenimento al fronte**". In entrambi i casi, l'incremento di coesione o la pressione di contenimento equivalente sono funzione della resistenza allo sfilamento delle barre e della resistenza alla rottura per trazione degli elementi utilizzati (Grasso, Peila e Blondeau, Christiansen, Guilloux, Schlöner).

La resistenza alla rottura per trazione risulta:

$$T_t = A_{vtr} \times \sigma_y \quad \text{dove:}$$

$A_{vtr}$  = area dell'elemento strutturale:

$\sigma_y$  = tensione di calcolo dell'elemento strutturale allo SLU pari a 506 MPa.

La resistenza allo sfilamento dell'elemento tra malta e terreno risulta:


$$T_{c1} = \pi \times B \times L \times \tau_{c1}$$

$\tau_{c1}$  = aderenza tra malta e terreno ricavato in base agli studi di Bustamente, si considera un valore di aderenza pari a 0.2 MPa.

L = lunghezza di trasferimento pari a 6 m (50% lunghezza di sovrapposizione).

La resistenza allo sfilamento dell'elemento tra vtr e malta risulta:

$$T_{c2} = \pi \times D \times L \times \tau_{c2}$$

SS 121 "Cataneese" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

$\tau_{c2}$  = aderenza tra barra in vtr e malta di iniezione assunta pari a 1.690 MPa pari al valore dell'aderenza  $f_{bd}$  della miscela per  $R_{ck} = 15$  MPa:

D = diametro del tubo in vtr (0.06m):

L = lunghezza di trasferimento pari a 6 m (50% lunghezza di sovrapposizione).

La chiodatura esercita un'azione di contenimento passivo del fronte, rappresentabile, nel caso di impiego di elementi strutturali in VTR, da una tensione di confinamento  $\sigma_3^{VTR}$  fittizia, funzione dei parametri tecnici del trattamento secondo le equazioni:

$$\sigma_3^{VTR_A} = \frac{\tau_A \cdot L_A \cdot 2p_A}{A_i}$$

$$\sigma_3^{VTR_B} = \frac{\sigma_T \cdot A_T}{A_i}$$

$$\sigma_3^{VTR} = \text{minimo} (\sigma_3^{VTR_A}, \sigma_3^{VTR_B})$$

dove:

$\tau_a$  = tensione di aderenza ammasso-fondazione

$L_A$  = lunghezza minima dell'elemento di rinforzo (corrispondente alla sovrapposizione degli interventi)

$2p_A$  = perimetro della sezione reagente a sfilamento

$\sigma_t$  = resistenza a trazione dell'elemento di rinforzo

$A_i$  = area di influenza di un elemento strutturale

$A_t$  = sezione dell'elemento resistente a trazione

L'incremento di coesione dovuto a tale tipo di rinforzo è dato dalla relazione:

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

#### 6.4.2 Chiodature in VTR (contorno)

Per le sezioni C2 e C2P, trovandosi in terreni con caratteristiche meccaniche scadenti (Flysh Numidico), sono stati previsti elementi strutturali in VTR (Tubi 60/40) valvolati ed iniettati anche per il consolidamento del terreno al contorno, così da realizzare una coronella di terreno consolidato di spessore 1.50 m. L'effetto del consolidamento è quello di migliorare le caratteristiche di resistenza e deformabilità del terreno.


L'arco di scarico di terreno che ne deriva ha angolo d'attrito immutato, un incremento di coesione pari a  $\Delta c$ , calcolato come precedentemente riportato, e modulo elastico ( $E_{eq}$ ) pari alla media pesata tra quello relativo agli elementi in VTR e quello del terreno in corrispondenza della coronella.



UP62

**Relazione tecnica e di calcolo**

<b>INCREMENTO MODULO PER VTR AL CONTORNO</b>						
SEZ	z	$E_{VTR}$	$A_i$	$A_n$	$E_n$	$E_{CONS}$
-	m	Mpa	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	Mpa	Mpa
C2	50	40000	0.00157	0.75	157.1	<b>240.9</b>
C2p	20	40000	0.00157	0.75	99.3	<b>183.1</b>
<b>INCREMENTO COESIONE PER VTR AL CONTORNO</b>						
DATI	var	unità	contorno			
Diametro di perforazione	D	m	0.10			
Area dei chiodi /elementi strutturali	A	m <sup>2</sup>	0.00157			
tensione di snervamento VTR	$\sigma_y$	kPa	506000			
aderenza terreno-chiodo/e.strutturale	$\tau_c$	kPa	200			
Area di scavo	$A_s$	m <sup>2</sup>	1.5			
Numero di chiodi al fronte	$N_c$		2			
Area d'influenza delle chiodature	$A_i$	m <sup>2</sup>	0.8			
Lunghezza di trasferimento (50% L sovrapposizione)	L	m	4.5			
Reazione limite di trazione:	$T_t = A \times \sigma_y$	kN	795			
Reazione allo sfilamento:	$T_c = p \times B \times \tau_c \times L$	kN	283			
Reazione minima	$T_{vtr} = \min(T_t; T_c)$	kN	<b>283</b>			
Tensione di confinamento eq.	$\sigma_{3vtr} = T_{vtr} / A_i$	kPa	377.0			
<b>Calcolo della coesione equivalente</b>						
Angolo d'attrito	$\phi$	deg	25			
Coesione terreno	$c'$	kPa	20			
Incremento di coesione	$\Delta c$	kPa	<b>295.9</b>			
Coesione equivalente	$c'_{eq}$	kPa	<b>315.9</b>			

SS 121 "Catanesa" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

### 6.4.3 "Ombrello" di infilaggi metallici (calotta)

Con degli interventi di preconsolidamento al contorno di scavo mediante elementi in acciaio, il materiale consolidato è caratterizzato dallo stesso modello costitutivo assunto per l'ammasso originario. L'effetto dell'intervento di consolidamento del cavo viene considerato attraverso l'incremento della resistenza al taglio del materiale interessato dal trattamento mentre a favore di sicurezza si trascura l'incremento della rigidità.

La sezione C2P, descritta a continuazione, adottata per le basse coperture, prevede l'adozione di un intervento di precontenimento in calotta, mediante posa di tubi metallici di diametro Ø114.3 sp. 10mm, disposti a interasse di circa 0.40m, e di lunghezza pari a 15 m (sovrapposizione pari a 6.0m). Le centine sono disposte a passo medio di 1.0 m per campi di scavo di 9 m. I tubi metallici sono previsti in acciaio S355 e hanno quindi le seguenti caratteristiche meccaniche:

$$E = 210000\text{MPa};$$

$$\text{Tensione di snervamento } f_{yk}=355 \text{ MPa}$$

a cui corrispondono le seguenti tensioni limite:

$$\text{Flessione: } 355 \text{ MPa};$$

$$\text{Taglio: } 355/(3)^{0.5} = 205 \text{ MPa.}$$

La verifica dei tubi metallici è effettuata in accordo allo Stato Limite Ultimo, considerando le sollecitazioni derivanti utilizzando lo schema geometrico che simula il sistema tubi-centine come una trave su più appoggi in cui il momento e il taglio di calcolo derivano dalle espressioni:

$$M = p_{v.m} L^2/10$$

$$T = p_{v.m} L/2$$

dove L è la luce di calcolo nello schema sopra citato, derivato dalla somma del passo effettivo delle centine e del tratto di scavo posto fra l'ultima centina e il fronte;  $p_{v.m}$  è il carico di progetto dei tubi, valutato ipotizzando un solido di carico a silo come quello riportato in figura.

UP62

Relazione tecnica e di calcolo

## VERIFICA DI STABILITA' AL FRONTE DI SCAVO

LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2P-1 METODO DEL SILO

**Caratteristiche geometriche della galleria**

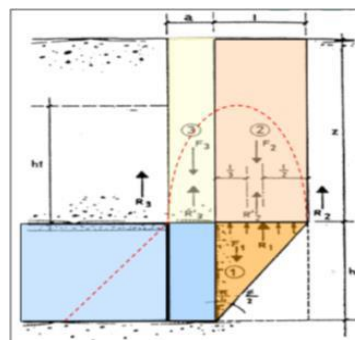
Var	unità	
Interasse infilaggi	B	m 0,40
Altezza della galleria	H	m 11,38
Profondità degli sfondi di avanzamento	a	m 1,00
Superficie del fronte scavo	A	m <sup>2</sup> 4,5
Ricoprimento sopra la calotta	hc	m 20,00
Interasse centine	i	m 1,00

**Caratteristiche geometriche infilaggi**

Var	unità	
Area	A	m <sup>2</sup> 0,00328
Modulo di resistenza flessionale	W	mc 0,0000787

**Parametri geotecnici dell'ammasso**

Var	unità	Silo - Str.1
Spessore strati di terreno - silo	spn	m 20,0
peso di volume dell'ammasso	$\gamma_n$	kN/m <sup>3</sup> 20,0
Angolo d'attrito interno (valore caratteristico)	$\phi_{k,n}$	deg 25,0
coesione (valore caratteristico)	$c_{k,n}$	kPa 20,0
coefficiente parziale tangente angolo d'attrito	$\gamma_\phi$	1,00
coefficiente parziale coesione	$\gamma_c$	1,00
Angolo d'attrito interno (valore di progetto)	$\phi_{d,n}$	deg 25,0
coesione (valore di progetto)	$c_{d,n}$	kPa 20,0
coefficiente di spinta orizzontale	$\lambda_{silo}$	1,00
coefficiente di spinta orizzontale	$\lambda_{wedge}$	

**Risultati**

Var	unità	
angolo alpha	$\alpha$	deg 32,50
profondità del cuneo	t	m 7,25
Area del silo	A	m <sup>2</sup> 3,30
Perimetro del silo	U	m 17,30

**pressione verticale agente sul silo**

$p_v = \sigma_{vsilo}$	kPa	0,0
Forza di attrito a lato del cuneo	Ts	kN 2526
Carico verticale agente del silo	V	kN 0
Peso proprio del cuneo antistante il fronte di scavo	G	kN 330
Carico verticale distribuito agente del silo	V	kN/m 0
Momento massimo agente	M	kNm 0
Taglio massimo agente	T	kN 0


**Tensioni limite**

Var	unità	
Flessione	$\sigma$	Mpa 355,00
Taglio	$\tau$	Mpa 205

**Tensioni agenti**

Var	unità		
Flessione	$\sigma$	Mpa 0,00	OK!
Taglio	$\tau$	Mpa 0	OK!

La verifica dell'ombrello di tubi metallici è quindi soddisfatta, tenendo tra l'altro in conto che l'intervento è provvisorio.

SS 121 "Catanesa" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

#### 6.4.4 Verifica di stabilità del fronte con preconsolidamenti con metodo di Tamèz

Le verifiche di stabilità con il metodo di Tamèz sono state condotte utilizzando per l'analisi dei parametri geomeccanici:

- **Caratteristici:** al fine di valutare i coefficienti di sicurezza a seguito dell'intervento di preconsolidamento, consentendo un'immediata valutazione del miglioramento della classe di scavo.
- **Ridotti** (secondo la Combinazione 2): al fine di valutare i coefficienti di sicurezza a seguito dell'intervento di preconsolidamento secondo NTC18.

##### 6.4.4.1 Parametri caratteristici


In tale caso la verifica si considera soddisfatta se  $1,5 < FSF < 2$ .

- **Verifica sezione tipo C2-1: VTR=80**

<i>C2-1 ammasso consolidato</i>			
Copertura (m)	FSF	Classe di scavo	FS3
50	1,94	A1	5,94
40	1,93	A1	2,13
30	2,09	A	2,13
20	2,37	A	2,13
10	3,01	A	2,13

#### LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2 - SAGOMA 1 STABILITA' DEL FRONTE DI SCAVO - EFFETTO DELLE CHIODATURE AL FRONTE

DATI	Var	unità	fronte	contorno
Diametro di perforazione	D	m	0,10	0,10
Area dei chiodi /elementi strutturali	A	m <sup>2</sup>	0,00157	0,00157
tensione di snervamento VTR	sy	kPa	506000	506000
aderenza terreno-chiodo/e.strutturale	τc	kPa	200	200
Area di scavo	As	m <sup>2</sup>	146	1,5
Numero di chiodi al fronte	Nc		80	2
Area d'influenza delle chiodature	Ai	m <sup>2</sup>	1,8	0,8
Lunghezza di trasferimento (50% L sovrapposizione)	L	m	6,0	4,5
Reazione limite di trazione:	Tt = A x sy	kN	795	795
Reazione allo sfilamento:	Tc = p x B x τc x L	kN	377	283
Reazione minima	Tvtr = min(Tt;Tc)	kN	<b>377</b>	<b>283</b>
Tensione di confinamento eq.	σ3vtr = Tvtr / Ai	kPa	206,3	377,0
Calcolo della coesione equivalente al fronte				
	angolo d'attrito - f (deg)	Δc (kPa)	Δc (kPa)	
	25	<b>161,9</b>	<b>295,9</b>	150,0


SS 121 "Catanesa" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

○ **Verifica sezione tipo C2P-1: VTR=70**

<i>C2p-1 ammasso consolidato</i>			
Copertura (m)	FSF	Classe di scavo	FS3
40	1,66	A1	2,13
30	1,80	A1	2,13
20	2,03	A	2,13
10	2,57	A	2,13

**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2p - SAGOMA 1 STABILITA' DEL FRONTE DI SCAVO - EFFETTO DELLE CHIODATURE AL FRONTE**

DATI	Var	unità	fronte	contorno
Diametro di perforazione	D	m	0,10	0,10
Area dei chiodi /elementi strutturali	A	m <sup>2</sup>	0,00157	0,00157
tensione di snervamento VTR	sy	kPa	506000	506000
aderenza terreno-chiodo/e.strutturale	tc	kPa	200	200
Area di scavo	As	m <sup>2</sup>	153	1,5
Numero di chiodi al fronte	Nc		70	2
Area d'influenza delle chiodature	Ai	m <sup>2</sup>	2,2	0,8
Lunghezza di trasferimento (50% L sovrapposizione)	L	m	6,0	4,5
Reazione limite di trazione:	$T_t = A \times s_y$	kN	795	795
Reazione allo sfilamento:	$T_c = p \times B \times t_c \times L$	kN	377	283
Reazione minima	$T_{vtr} = \min(T_t; T_c)$	kN	377	283
Tensione di confinamento eq.	$\sigma_{3vtr} = T_{vtr} / A_i$	kPa	172,8	377,0
Calcolo della coesione equivalente al fronte				
		angolo d'attrito - f (deg)	$\Delta c$ (kPa)	$\Delta c$ (kPa)
		25	135,6	295,9
				150,0


SS 121 "Cataneese" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

- **Verifica sezione Bypass pedonale: VTR=10**

<i>Cunicolo ammasso consolidato</i>			
Copertura (m)	FSF	Classe di scavo	FS3
50	1.76	A1	2.02
40	1.95	A1	2.07
30	2.25	A	2.16
20	2.84	A	2.33
10	6.44	A	2.56

**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO Cunicolo**  
**STABILITA' DEL FRONTE DI SCAVO - EFFETTO DELLE CHIODATURE AL FRONTE**

DATI	Var	unità	fronte
Diametro di perforazione	D	m	0.10
Area dei chiodi /elementi strutturali	A	mq	0.00157
tensione di snervamento VTR	sy	kPa	506000
aderenza terreno-chiodo/e.strutturale	tc	kPa	200
Area di scavo	As	mq	16
Numero di chiodi al fronte	Nc		10
Area d'influenza delle chiodature	Ai	mq	1.6
Lunghezza di trasferimento (50% L sovrapposizione)	L	m	6.0
Reazione limite di trazione:	$T_t = A \times s_y$	kN	795
Reazione allo sfilamento:	$T_c = p \times B \times t_c \times L$	kN	377
Reazione minima	$T_{vtr} = \min(T_t; T_c)$	kN	<b>377</b>
Tensione di confinamento eq.	$\sigma_{vtr} = T_{vtr} / A_i$	kPa	235.6
Calcolo della coesione equivalente al fronte			
angolo d'attrito - f (deg)			$\Delta c$ (kPa)
25			<b>184.9</b>

SS 121 "Cataneese" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

#### 6.4.4.2 Parametri ridotti

In tale caso la verifica si considera soddisfatta se **FSF>1**.

- **Verifica sezione tipo C2-1: VTR=80**


<i>C2-1 ammasso consolidato</i>			
Copertura (m)	FSF	Classe di scavo	FS3
50	1,74	A1	4,75
40	1,74	A1	1,70
30	1,88	A1	1,70
20	2,14	A	1,70
10	2,72	A	1,70

#### LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2 - SAGOMA 1 STABILITA' DEL FRONTE DI SCAVO - EFFETTO DELLE CHIODATURE AL FRONTE

DATI	Var	unità	fronte	contorno
Diametro di perforazione	D	m	0,10	0,10
Area dei chiodi /elementi strutturali	A	m <sup>2</sup>	0,00157	0,00157
tensione di snervamento VTR	sy	kPa	506000	506000
aderenza terreno-chiodo/e.strutturale	τc	kPa	200	200
Area di scavo	As	m <sup>2</sup>	146	1,5
Numero di chiodi al fronte	Nc		80	2
Area d'influenza delle chiodature	Ai	m <sup>2</sup>	1,8	0,8
Lunghezza di trasferimento (50% L sovrapposizione)	L	m	6,0	4,5
Reazione limite di trazione:	$T_t = A \times s_y$	kN	795	795
Reazione allo sfilamento:	$T_c = p \times B \times \tau_c \times L$	kN	377	283
Reazione minima	$T_{vtr} = \min(T_t; T_c)$	kN	<b>377</b>	<b>283</b>
Tensione di confinamento eq.	$\sigma_{3vtr} = T_{vtr} / A_i$	kPa	206,3	377,0
Calcolo della coesione equivalente al fronte				
	angolo d'attrito - f (deg)	Δc (kPa)	Δc (kPa)	
	20	<b>148,6</b>	<b>271,5</b>	150,0

- **Verifica sezione tipo C2P-1: VTR=70**

<i>C2p-1 ammasso consolidato</i>			
Copertura (m)	FSF	Classe di scavo	FS3
40	1,49	B	1,70
30	1,61	A1	1,70
20	1,83	A1	1,70
10	2,32	A	1,70

SS 121 "Cataneese" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2p - SAGOMA 1**  
**STABILITA' DEL FRONTE DI SCAVO - EFFETTO DELLE CHIODATURE AL FRONTE**

DATI	Var	unità	fronte	contorno
Diametro di perforazione	D	m	0,10	0,10
Area dei chiodi /elementi strutturali	A	m <sup>2</sup>	0,00157	0,00157
tensione di snervamento VTR	sy	kPa	506000	506000
aderenza terreno-chiodo/e.strutturale	τc	kPa	200	200
Area di scavo	As	m <sup>2</sup>	153	1,5
Numero di chiodi al fronte	Nc		70	2
Area d'influenza delle chiodature	Ai	m <sup>2</sup>	2,2	0,8
Lunghezza di trasferimento (50% L sovrapposizione)	L	m	6,0	4,5
Reazione limite di trazione:	$T_t = A \times s_y$	kN	795	795
Reazione allo sfilamento:	$T_c = p \times B \times \tau_c \times L$	kN	377	283
Reazione minima	$T_{vtr} = \min(T_t; T_c)$	kN	<b>377</b>	<b>283</b>
Tensione di confinamento eq.	$\sigma_{3vtr} = T_{vtr} / A_i$	kPa	172,8	377,0

Calcolo della coesione equivalente al fronte			
	angolo d'attrito - f (deg)	Δc (kPa)	Δc (kPa)
	20	<b>124,4</b>	<b>271,5</b>
			150,0

- **Verifica sezione Bypass pedonale: VTR=10**

C2-1 ammasso consolidato			
Copertura (m)	FSF	Classe di scavo	FS3
50	1.62	A1	1.62
40	1.79	A1	1.66
30	2.07	A	1.73
20	2.61	A	1.86
10	5.92	A	2.04

**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO Cunicolo**  
**STABILITA' DEL FRONTE DI SCAVO - EFFETTO DELLE CHIODATURE AL FRONTE**

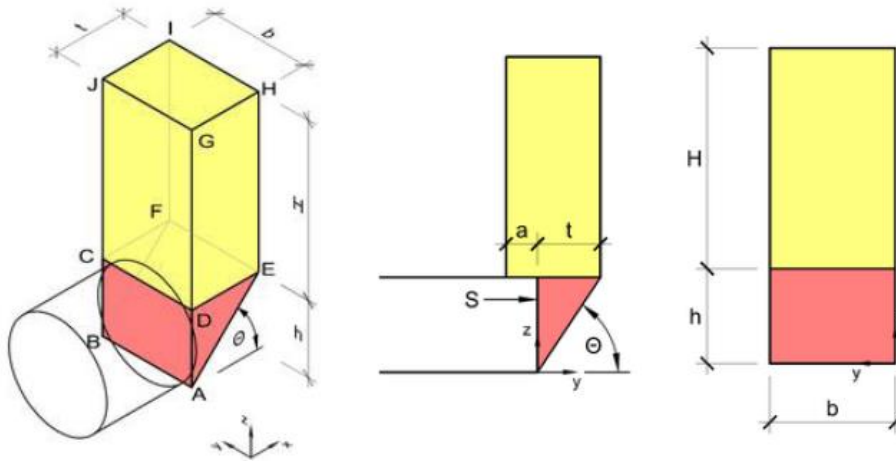
DATI	Var	unità	fronte
Diametro di perforazione	D	m	0,10
Area dei chiodi /elementi strutturali	A	m <sup>2</sup>	0,00157
tensione di snervamento VTR	sy	kPa	506000
aderenza terreno-chiodo/e.strutturale	τc	kPa	200
Area di scavo	As	m <sup>2</sup>	16
Numero di chiodi al fronte	Nc		10
Area d'influenza delle chiodature	Ai	m <sup>2</sup>	1,6
Lunghezza di trasferimento (50% L sovrapposizione)	L	m	6,0
Reazione limite di trazione:	$T_t = A \times s_y$	kN	795
Reazione allo sfilamento:	$T_c = p \times B \times \tau_c \times L$	kN	377
Reazione minima	$T_{vtr} = \min(T_t; T_c)$	kN	<b>377</b>
Tensione di confinamento eq.	$\sigma_{3vtr} = T_{vtr} / A_i$	kPa	235,6

Calcolo della coesione equivalente al fronte		
	angolo d'attrito - f (deg)	Δc (kPa)
	20	<b>169,7</b>



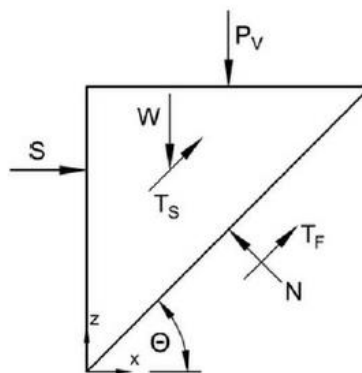
### 6.4.5 Verifica di stabilità del fronte con preconsolidamenti con metodo di Anagnostou

Per la valutazione del supporto richiesto per la stabilità del fronte di scavo viene utilizzato il metodo secondo Anagnostou e Kovári. Questo si basa su un modello spaziale a due corpi di rottura (un prisma e un cuneo di scorrimento), che nelle sue caratteristiche di base è già stato presentato da Horn nel 1961.



La verifica di stabilità del fronte di scavo si basa sull'equilibrio limite delle forze agenti sui corpi monolitici in scorrimento. Il corpo di rottura considerato è costituito da un cuboide di terreno (CDEFGHIJ -giallo), il quale scorre verticalmente verso il basso e spinge un corpo di scorrimento a forma di cuneo (ABCDEF- rosso) nella galleria.

Sul corpo di rottura a forma di cuneo agiscono forze agenti di carico verticale  $P_V$  e peso proprio del cuneo di scorrimento  $W$ . Le forze resistenti sono costituite dalle tensioni tangenziali di terreno  $T_s$  e  $T_f$  (in funzione di  $\phi'$  e  $c'$ ) nei giunti di scorrimento, nonché da una forza di supporto  $S$ .




La determinazione del carico verticale  $P_V$  sul corpo di scorrimento si basa sulla teoria dei sili di Janssen.

La tensione verticale in una lamella di terreno scorrevole è quindi, a partire da una certa profondità, in funzione della larghezza della lamella di terreno, del peso specifico  $\gamma$ , della coesione  $c'$ , dell'angolo di attrito  $\phi'$  del

coefficiente di spinta laterale  $\lambda$  e non dalla profondità della lamella. Si presume che il coefficiente di

pressione laterale nel cuneo di terreno  $\lambda_{Wedge}$  sia 0,4 secondo le raccomandazioni di Anagnostou e Kovári.

SS 121 "Catane" <i>Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta</i>		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
<b>UP62</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

Circa l'equilibrio delle forze sul cuneo di scorrimento la forza di supporto  $S$  richiesta viene determinata iterativamente variando l'angolo di scorrimento del cuneo  $\theta$ .

Le verifiche di stabilità con il metodo di Anagnostou sono state condotte utilizzando per l'analisi parametri geomeccanici ridotti (secondo la Combinazione 2) al fine di valutare il valore minimo degli elementi di rinforzo necessari, quale ulteriore conferma al numero di elementi adottati.

Si riportano di seguito i risultati ottenuti.

LAVORO: UP62 - SS131 BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2 - SAGOMA 1

CALCOLO DELLA DENSITA' CRITICA DEI RINFORZI AL FRONTE PER GARANTIRE LA STABILITA'

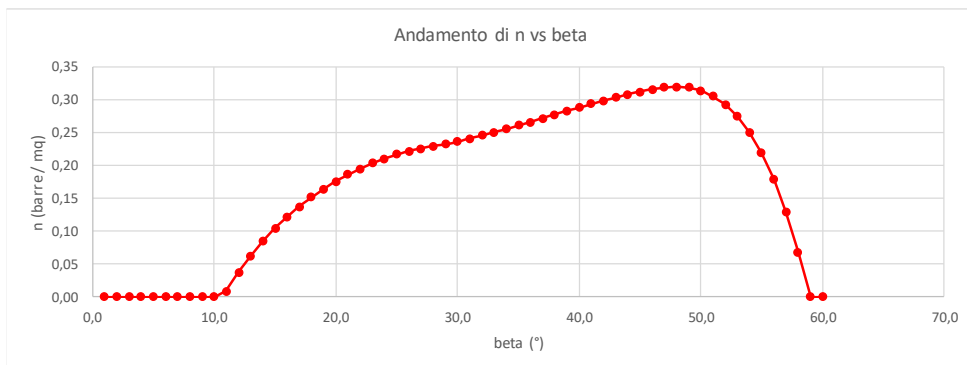
Bibliografia:

- 1 - "The dimensioning of tunnel face reinforcement". G.Anagnostou&K.Serafeimidis (2007)
- 2 - "Stability Analysis of Tunnel Face Reinforced with Longitudinal Fiberglass Dowels Together with Steel Pipe Umbrella ". Kaihang Han, Xuetao Wang, Beibei Hou, Cheng-yong Cao, Xing-Tao Lin. (2020)

Dati	Var	unità	
copertura di terreno sopra la calotta	C	m	50,00
Altezza del fronte scavo	H	m	11,18
Larghezza del fronte scavo	B	m	15,5
angolo d'attrito del terreno al fronte	f	°	20,5
coesione del terreno al fronte	c	kPa	16,0
peso di volume del terreno al fronte	γ	kN/mc	20,0
coefficiente di spinta a riposo del terreno al fronte	K <sub>0,wedge</sub>		0,65
coefficiente di spinta Attiva del terreno al fronte	K <sub>a,wedge</sub>		0,48
angolo d'attrito del terreno sopra la calotta	f	°	20,5
coesione del terreno sopra la calotta	c	kPa	16,0
peso di volume del terreno sopra la calotta	γ <sub>s</sub>	kN/mc	20,0
coefficiente di spinta a riposo del terreno sopra la calotta	K <sub>0,wedge</sub>		0,65
coefficiente di spinta Attiva del terreno sopra la calotta	K <sub>a,wedge</sub>		0,48
Approccio per determinazione K <sub>silo</sub> e K <sub>wedge</sub> : (1-IS; 2-AK; 3-B)	flag_K		3
coefficiente di spinta orizzontale del terreno al fronte	K <sub>wedge</sub>		0,65
coefficiente di spinta orizzontale del terreno sopra la calotta	K <sub>silo</sub>		0,65
carico verticale sopra la calotta	σ <sub>v</sub>	kPa	1000,0
Lunghezza dei rinforzi al fronte	L	m	21,00
Lunghezza dei campi di avanzamento	l	m	9,00
Lunghezza minima di sovrapposizione	L'	m	12,00
resistenza tangenziale unitaria VTR-terreno	τ <sub>m</sub>	kPa	200,0
diámetro di perforazione	dp	mm	100,0
angolo β <sub>1</sub>	β <sub>1</sub>	°	28,221
angolo β <sub>2</sub>	β <sub>2</sub>	°	47,026

$$n_{cr} = \max(n_1, n_2, n_3),$$

$$\left\{ \begin{array}{l}
 n_1 = \frac{\left\{ \frac{1}{2} \gamma H^2 B \tan \beta \cos(\varphi + \beta) - (c + K \tan \varphi \frac{2\sigma_v + \gamma H}{3}) H^2 \tan \beta \cos \varphi + \sigma_v H B \tan \beta \cos(\varphi + \beta) - c \frac{H}{\cos \beta} \cos \varphi B \right\}}{\left[ \pi d \tau_m \tan \beta \frac{H^2}{2} B \right]}, \\
 \{\beta \leq \beta_1\}; \\
 n_2 = \frac{\left\{ \frac{1}{2} \gamma H^2 B \tan \beta \cos(\varphi + \beta) - (c + K \tan \varphi \frac{2\sigma_v + \gamma H}{3}) H^2 \tan \beta \cos \varphi + \sigma_v H B \tan \beta \cos(\varphi + \beta) - c \frac{H}{\cos \beta} \cos \varphi B \right\}}{\left[ \pi d \tau_m \tan \beta \left\{ \frac{z_1^2 + [3z_1 - H](H - z_1)}{2} \right\} B \right]}, \\
 \{\beta_1 \leq \beta \leq \beta_2\}; \\
 n_3 = \frac{\left\{ \frac{1}{2} \gamma H^2 B \tan \beta \cos(\varphi + \beta) - (c + K \tan \varphi \frac{2\sigma_v + \gamma H}{3}) H^2 \tan \beta \cos \varphi + \sigma_v H B \tan \beta \cos(\varphi + \beta) - c \frac{H}{\cos \beta} \cos \varphi B \right\}}{\left[ \pi d \tau_m \tan \beta \left\{ \frac{z_2^2}{2} \right\} B \right]}, \\
 \{\beta \geq \beta_2\}.
 \end{array} \right.$$



densità critica dei rinforzi longitudinali	n <sub>cr</sub>	rinf/mq	0,32
angolo beta critico	β <sub>cr</sub>	°	48,0
numero minimo di rinforzi al fronte	n <sub>min</sub>		56

## LAVORO: UP62 - SS131 BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2P - SAGOMA 1

## CALCOLO DELLA DENSITA' CRITICA DEI RINFORZI AL FRONTE PER GARANTIRE LA STABILITA'

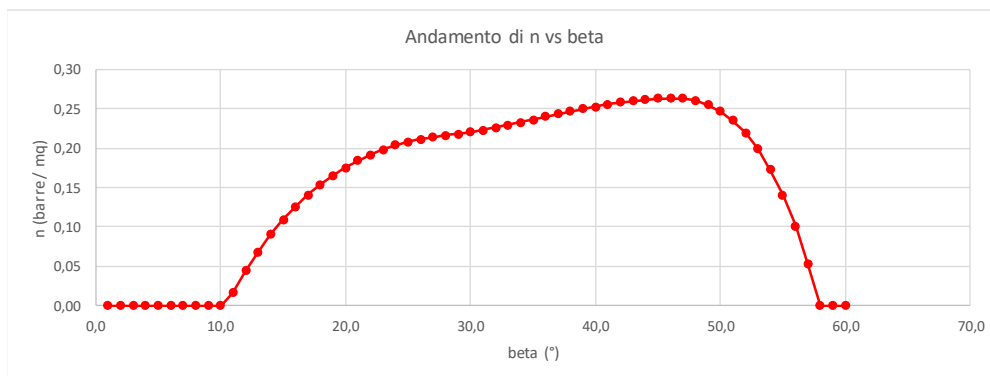
## Bibliografia:

- 1 - "The dimensioning of tunnel face reinforcement". G.Anagnostou&K.Serafeimidis (2007)  
 2 - "Stability Analysis of Tunnel Face Reinforced with Longitudinal Fiberglass Dowels Together with Steel Pipe Umbrella". Kaihang Han, Xuetao Wang, Beibei Hou, Cheng-yong Cao, Xing-Tao Lin. (2020)

Dati	Var	unità	
copertura di terreno sopra la calotta	C	m	20,00
Altezza del fronte scavo	H	m	11,38
Larghezza del fronte scavo	B	m	15,9
angolo d'attrito del terreno al fronte	f	°	20,5
coesione del terreno al fronte	c	kPa	16,0
peso di volume del terreno al fronte	$\gamma$	kN/mc	20,0
coefficiente di spinta a riposo del terreno al fronte	$KO_{wedge}$		0,65
coefficiente di spinta Attiva del terreno al fronte	$Ka_{wedge}$		0,48
angolo d'attrito del terreno sopra la calotta	f	°	20,5
coesione del terreno sopra la calotta	c	kPa	16,0
peso di volume del terreno sopra la calotta	$\gamma_s$	kN/mc	20,0
coefficiente di spinta a riposo del terreno sopra la calotta	$KO_{wedge}$		0,65
coefficiente di spinta Attiva del terreno sopra la calotta	$Ka_{wedge}$		0,48
Approccio per determinazione Ksilo e Kwedge: (1-JS; 2-AK; 3-B)	flag_K		3
coefficiente di spinta orizzontale del terreno al fronte	$K_{wedge}$		0,65
coefficiente di spinta orizzontale del terreno sopra la calotta	$K_{silo}$		0,65
carico verticale sopra la calotta	$\sigma_v$	kPa	400,0
Lunghezza dei rinforzi al fronte	L	m	21,00
Lunghezza dei campi di avanzamento	l	m	9,00
Lunghezza minima di sovrapposizione	L'	m	12,00
resistenza tangenziale unitaria VTR-terreno	$\tau_m$	kPa	200,0
diametro di perforazione	dp	mm	100,0
angolo $\beta_1$	$\beta_1$	°	27,800
angolo $\beta_2$	$\beta_2$	°	46,519

$$n_{cr} = \max(n_1, n_2, n_3),$$

$$\left\{ \begin{array}{l}
 n_1 = \frac{\left( \frac{1}{2} \gamma H^2 B \tan \beta \cos(\varphi + \beta) - (c + K \tan \varphi \frac{2\sigma_v + \gamma H}{3}) H^2 \tan \beta \cos \varphi + \sigma_v H B \tan \beta \cos(\varphi + \beta) - c \frac{H}{\cos \beta} \cos \varphi B \right)}{\left[ \pi d \tau_m \tan \beta \frac{H^2}{2} B \right]}, \\
 \{ \beta \leq \beta_1 \}; \\
 n_2 = \frac{\left( \frac{1}{2} \gamma H^2 B \tan \beta \cos(\varphi + \beta) - (c + K \tan \varphi \frac{2\sigma_v + \gamma H}{3}) H^2 \tan \beta \cos \varphi + \sigma_v H B \tan \beta \cos(\varphi + \beta) - c \frac{H}{\cos \beta} \cos \varphi B \right)}{\left[ \pi d \tau_m \tan \beta \left\{ \frac{z_1^2 + 3z_1 - H}{2} (H - z_1) \right\} B \right]}, \\
 \{ \beta_1 \leq \beta \leq \beta_2 \}; \\
 n_3 = \frac{\left( \frac{1}{2} \gamma H^2 B \tan \beta \cos(\varphi + \beta) - (c + K \tan \varphi \frac{2\sigma_v + \gamma H}{3}) H^2 \tan \beta \cos \varphi + \sigma_v H B \tan \beta \cos(\varphi + \beta) - c \frac{H}{\cos \beta} \cos \varphi B \right)}{\left[ \pi d \tau_m \tan \beta \{ z_1^2 \} B \right]}, \\
 \{ \beta \geq \beta_2 \}.
 \end{array} \right.$$



densità critica dei rinforzi longitudinali	ncr	rinf/mq	0,26
angolo beta critico	$\beta_{cr}$	°	46,0
numero minimo di rinforzi al fronte	nmin		48

LAVORO: UP62 - SS131 BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO Cunicolo

CALCOLO DELLA DENSITA' CRITICA DEI RINFORZI AL FRONTE PER GARANTIRE LA STABILITA'

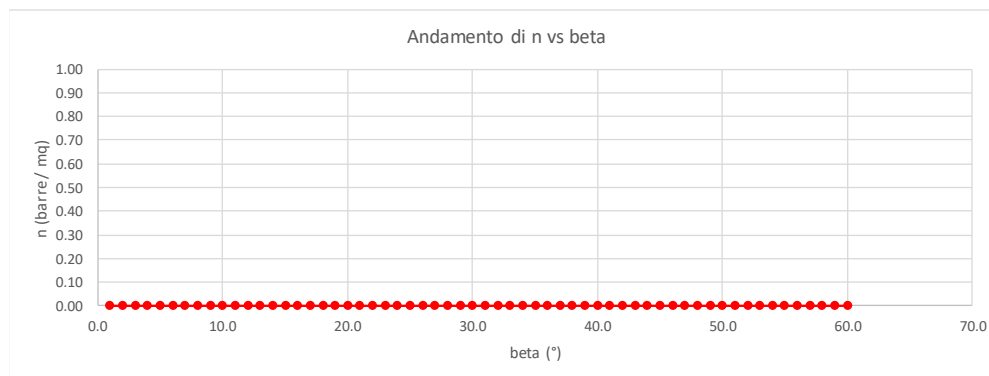
Bibliografia:

- 1 - "The dimensioning of tunnel face reinforcement". G.Anagnostou&K.Serafeimidis (2007)
- 2 - "Stability Analysis of Tunnel Face Reinforced with Longitudinal Fiberglass Dowels Together with Steel Pipe Umbrella". Kaihang Han, Xuetao Wang, Beibei Hou, Cheng-yong Cao, Xing-Tao Lin. (2020)


Dati	Var	unità	
copertura di terreno sopra la calotta	C	m	20.00
Altezza del fronte scavo	H	m	4.92
Larghezza del fronte scavo	B	m	3.6
angolo d'attrito del terreno al fronte	f	°	20.5
coesione del terreno al fronte	c	kPa	16.0
peso di volume del terreno al fronte	γ	kN/mc	20.0
coefficiente di spinta a riposo del terreno al fronte	K <sub>0wedge</sub>		0.65
coefficiente di spinta Attiva del terreno al fronte	K <sub>awedge</sub>		0.48
angolo d'attrito del terreno sopra la calotta	f	°	20.5
coesione del terreno sopra la calotta	c	kPa	16.0
peso di volume del terreno sopra la calotta	γ <sub>s</sub>	kN/mc	20.0
coefficiente di spinta a riposo del terreno sopra la calotta	K <sub>0wedge</sub>		0.65
coefficiente di spinta Attiva del terreno sopra la calotta	K <sub>awedge</sub>		0.48
Approccio per determinazione Ksilo e Kwedge: (1-JS; 2-AK; 3-B)	flag_K		3
coefficiente di spinta orizzontale del terreno al fronte	K <sub>wedge</sub>		0.65
coefficiente di spinta orizzontale del terreno sopra la calotta	K <sub>silo</sub>		0.65
carico verticale sopra la calotta	σ <sub>v</sub>	kPa	400.0
Lunghezza dei rinforzi al fronte	L	m	21.00
Lunghezza dei campi di avanzamento	l	m	9.00
Lunghezza minima di sovrapposizione	L'	m	12.00
resistenza tangenziale unitaria VTR-terreno	τ <sub>m</sub>	kPa	200.0
diámetro di perforazione	dp	mm	100.0
angolo β1	β1	°	50.648
angolo β2	β2	°	67.706

$$n_{cr} = \max(n_1, n_2, n_3),$$

$$\left\{ \begin{array}{l} n_1 = \frac{\left\{ \frac{1}{2} \gamma H^2 B \tan \beta \cos(\varphi + \beta) - (c + K \tan \varphi \frac{2\sigma_v + \gamma H}{3}) H^2 \tan \beta \cos \varphi + \sigma_v H B \tan \beta \cos(\varphi + \beta) - c \frac{H}{\cos \beta} \cos \varphi B \right\}}{\left[ \pi d \tau_m \tan \beta \frac{H^2}{2} B \right]}, \\ \beta \leq \beta_1; \\ n_2 = \frac{\left\{ \frac{1}{2} \gamma H^2 B \tan \beta \cos(\varphi + \beta) - (c + K \tan \varphi \frac{2\sigma_v + \gamma H}{3}) H^2 \tan \beta \cos \varphi + \sigma_v H B \tan \beta \cos(\varphi + \beta) - c \frac{H}{\cos \beta} \cos \varphi B \right\}}{\left[ \pi d \tau_m \tan \beta \left\{ \frac{z_1^2 + 3z_1 - H}{2} (H - z_1) \right\} B \right]}, \\ \beta_1 \leq \beta \leq \beta_2; \\ n_3 = \frac{\left\{ \frac{1}{2} \gamma H^2 B \tan \beta \cos(\varphi + \beta) - (c + K \tan \varphi \frac{2\sigma_v + \gamma H}{3}) H^2 \tan \beta \cos \varphi + \sigma_v H B \tan \beta \cos(\varphi + \beta) - c \frac{H}{\cos \beta} \cos \varphi B \right\}}{\left[ \pi d \tau_m \tan \beta \{z_1^2\} B \right]}, \\ \beta \geq \beta_2. \end{array} \right.$$




densità critica dei rinforzi longitudinali	n <sub>cr</sub>	rinf/mq	0.00
angolo beta critico	β <sub>cr</sub>	°	1.0
numero minimo di rinforzi al fronte	n <sub>min</sub>		1

SS 121 "Catane" <i>Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta</i>		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

#### 6.4.6 Definizione interventi di consolidamento al fronte

Il numero di VTR applicati nelle sezioni a seguito delle analisi condotte con il metodo di Anagnostou e di Tamez, sono riportati nella tabella seguente:

		C2	C2p	Cunicolo
		1	1	
$N_{VTR}$	-	80.00	70.00	10.00

SS 121 "Catanese" <i>Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta</i>		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

## 7 FASE DI TERAPIA

---

Nel presente capitolo verranno definiti gli interventi da adottare durante la realizzazione della galleria, necessari a garantire la stabilità del cavo a breve e a lungo termine, in accordo con le indicazioni provenienti dall'analisi del comportamento deformativo allo scavo (fase di diagnosi).

Le sezioni tipo applicate alla costruzione della galleria sono le seguenti:

- ✓ Sezione di avanzamento C2 – Sagoma 1 (C2-1)
- ✓ Sezione di avanzamento C2P – Sagoma 1 (C2P-1)
- ✓ Sezione Bypass pedonale

A continuazione sono descritte le sezioni tipo di avanzamento, la successione delle fasi esecutive ed i campi di applicazione.

### 7.1 Sezione di avanzamento C2 – Sagoma 1

Tavola di riferimento: UP62\_P00GN03STRST01\_A


Si prevede l'applicazione della sezione di avanzamento C2 in alta copertura ( $D > 20\text{m}$ ).

La sezione di avanzamento C2 associata alla sagoma interna di tipo 1 viene applicata nei tratti seguenti:

**Pr. 14+174.00 – 14+550.00** con una lunghezza di applicazione pari a **L= 376.00 m**.

Per il rivestimento di prima fase sono previsti i seguenti principali interventi:

- ✓ (eventuali) **3+3** drenaggi in avanzamento **L=36.00 m** con sovrapposizione **9.00 m** di 60 mm di diametro e 4 mm di spessore (perforazione  $D=90\text{ mm}$ );
- ✓ preconsolidamento al contorno con **73** chiodi al fronte in vetroresina cementati in foro di 60 mm di diametro e 10 mm di spessore (perforazione  $D=100\text{ mm}$ ) **L=18.00 m** con sovrapposizione **9.00 m**;
- ✓ preconsolidamento al fronte con **80** chiodi al fronte in vetroresina cementati in foro di 60 mm di diametro e 10 mm di spessore (perforazione  $D=100\text{ mm}$ ) **L=21.00 m** con sovrapposizione **12.00 m**;
- ✓ scavo a piena sezione con sfondi di profondità massima di **1 m**;
- ✓ spritz-beton fibrorinforzato al fronte  $sp=10\text{ cm}$  ogni fine campo e spessore 5 cm sul 10% degli sfondi;
- ✓ rivestimento di prima fase costituito da spritz-beton fibrorinforzato  $sp=30\text{ cm}$  e da centine metalliche 2IPN200 con passo **1 m**.
- ✓ (eventuale) puntone costituito da spritz-beton fibrorinforzato  $sp=30\text{ cm}$  e da centine metalliche 2IPN200 con passo **1 m**.

SS 121 "Catanesa" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

Per il rivestimento definitivo sono previsti i seguenti principali interventi:

- ✓ getto dell'arco rovescio di **90** cm di spessore da eseguirsi entro la distanza massima dal fronte di **12.0** m (circa 1.5 diametri);
- ✓ getto delle murette armate da eseguirsi entro la distanza massima dal fronte di **12.0** m (circa 1.5 diametri);
- ✓ impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- ✓ rivestimento interno costituito da un getto in calcestruzzo, di spessore variabile trasversalmente a partire da un valore minimo in chiave di calotta di **0.80** m eseguirsi entro la distanza massima dal fronte di **36.0** m (circa 3 diametri).

## 7.2 Sezione di avanzamento C2P – Sagoma 1

Tavola di riferimento: UP62\_P00GN03STRST02\_A

Si prevede l'applicazione della sezione di avanzamento C2P per le zone detensionate di imbocco a bassa copertura ( $D < 20$  m).

La sezione di avanzamento C2P associata alla sagoma interna di tipo 1 viene applicata nei tratti seguenti:


Pr **14+075.00 – 14+174.00** con una lunghezza stimata di applicazione pari a **L= 99.00** m.

Pr **14+550.00 – 14+595.00** con una lunghezza stimata di applicazione pari a **L= 45.00** m.

Per il rivestimento di prima fase sono previsti i seguenti principali interventi:

- ✓ (eventuali) **3+3** drenaggi in avanzamento **L=36.00** m con sovrapposizione **9.00** m di 60 mm di diametro e 4 mm di spessore (perforazione  $D=90$  mm);
- ✓ preconsolidamento al contorno del cavo con **53** tubi metallici acciaio S355 H di 114.3 mm di diametro e 10 mm di spessore (perforazione  $D=140$  mm), valvolati (1valv/m) e iniettati di **L=15.00** m con sovrapposizione **6.00** m;
- ✓ preconsolidamento al contorno con **78** chiodi al fronte in vetroresina cementati in foro di 60 mm di diametro e 10 mm di spessore (perforazione  $D=100$  mm) **L=18.00** m con sovrapposizione **9.00** m;
- ✓ preconsolidamento al fronte con **70** chiodi al fronte in vetroresina cementati in foro di 60 mm di diametro e 10 mm di spessore (perforazione  $D=100$  mm) **L=21.00** m con sovrapposizione **12.00** m;
- ✓ scavo a piena sezione con sfondi di profondità massima di **1** m;
- ✓ spritz-beton fibrorinforzato al fronte  $sp=10$  cm ogni fine campo e spessore 5 cm sul 10% degli sfondi;
- ✓ rivestimento di prima fase costituito da spritz-beton fibrorinforzato  $sp=30$  cm e da centine metalliche 2IPN220 con passo **1** m;
- ✓ puntone costituito da spritz-beton fibrorinforzato  $sp=30$  cm e da centine metalliche 2IPN220 con passo **1** m;



SS 121 "Catanesa" <i>Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta</i>		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

Per il rivestimento definitivo sono previsti i seguenti principali interventi:

- ✓ getto dell'arco rovescio di **90** cm di spessore da eseguirsi entro la distanza massima dal fronte di **12.0** m (circa 1.5 diametri);
- ✓ getto delle murette armate da eseguirsi entro la distanza massima dal fronte di **12.0** m (circa 1.5 diametri);
- ✓ impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- ✓ rivestimento interno costituito da un getto in calcestruzzo, di spessore variabile trasversalmente e longitudinalmente a partire da un valore minimo in chiave di calotta variabile tra **0.60** m e **1.40** m da eseguirsi entro la distanza massima dal fronte di **36.0** m (circa 3 diametri).

### **7.3 Sezione di avanzamento Bypass pedonale**

Tavola di riferimento: UP62\_P00GN03STRST03\_A

Tale tipo di sezione viene applicata per il cunicolo di emergenza adiacente alla galleria principale che si estende tra le progressive:


**Pr. 14+090.00 – 14+322.485** con una lunghezza di applicazione pari a **L= 412.485** m.

Per il rivestimento di prima fase sono previsti i seguenti principali interventi:

- ✓ (eventuali) **2+2** drenaggi in avanzamento **L=36.00** m con sovrapposizione **9.00** m di 60 mm di diametro e 4 mm di spessore (perforazione D=90 mm);
- ✓ preconsolidamento al fronte con **10** chiodi al fronte in vetroresina cementati in foro di 60 mm di diametro e 10 mm di spessore (perforazione D=100 mm) **L=21.00** m con sovrapposizione **12.00** m;
- ✓ rivestimento di prima fase costituito da spritz-beton fibrorinforzato **sp=25** cm e da centine metalliche **2IPN180** con passo **1** m.

Per il rivestimento definitivo sono previsti i seguenti principali interventi:

- ✓ getto dell'arco rovescio di **0.60** m di spessore da eseguirsi entro la distanza massima dal fronte di **12.0** m;
- ✓ getto delle murette armate da eseguirsi entro la distanza massima dal fronte di **12.0** m;
- ✓ impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- ✓ rivestimento interno costituito da un getto in calcestruzzo, di spessore variabile trasversalmente a partire da un valore minimo in chiave di calotta di **0.40** m eseguirsi entro la distanza massima dal fronte di **36.0** m.

SS 121 "Catanese" <i>Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta</i>		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

## 8 ANALISI TENSIONALI E DEFORMATIVA DELLE GALLERIE

---

### 8.1 Metodologia di calcolo

La successione delle fasi esecutive, lo stato tensionale e deformativo indotto nell'ammasso dallo scavo della galleria e le sollecitazioni risultanti sui rivestimenti di prima fase e sui rivestimenti definitivi per le differenti fasi di maturazione sono state analizzate con il metodo agli elementi finiti, utilizzando il codice di calcolo **RS2 di Rocscience**.

Il programma consente di studiare problemi di ingegneria geotecnica in condizioni di deformazione piana o assialsimmetrica, riproducendo la storia di carico del terreno e dei sostegni, e fornendo al termine di ogni fase di carico il quadro tensio-deformativo nell'ammasso e negli elementi di sostegno.

Le analisi sono state condotte in condizioni di deformazione piana modellando l'effetto della distanza dal fronte con le curve di deconfinamento.

Per il terreno in Flysh è stato assunto un comportamento isotropo non lineare, con modello costitutivo elasto-plastico perfetto e **criterio di resistenza di Mohr-Coulomb**.

Nelle analisi numeriche condotte, lo scavo viene simulato grazie all'impiego delle "**forze di scavo**", ovvero riducendo progressivamente un sistema di forze applicate in direzione radiale al profilo di scavo, atte a simulare il concetto di "effetto fronte". In tal modo è possibile simulare il progressivo incremento dei carichi sulle strutture di rivestimento di prima e seconda fase con il progredire degli avanzamenti.


La riduzione è svolta sulla base delle raccomandazioni dell'AFTES (cfr. Recommendation for use of convergence confinement method) che consente di valutare la variazione del tasso di confinamento  $1-\lambda = \sigma/\sigma_0$  in funzione della distanza della sezione in esame dal fronte di scavo.

Le verifiche dei rivestimenti di prima fase e definitivi sono state eseguite allo SLU secondo la Combinazione A1+M1+R1, in cui i parametri di resistenza dell'ammasso sono quelli caratteristici (coefficienti parziali del gruppo M1), mentre i coefficienti parziali amplificativi delle azioni (A1) sono applicati direttamente alle sollecitazioni in output al modello di calcolo.

### 8.2 Modellazione elementi su RS2

All'interno del software è possibile modellare i rivestimenti mediante modelli beam elastico-lineari (liner). In particolar modo per tener propriamente conto del rivestimento di prima fase e quello definitivo sovrapposti e tra loro interagenti si sono utilizzati dei "liner compositi".

- Le strutture di rivestimento provvisorio della galleria, installate come primo liner, hanno proprietà di rigidità ed inerzia definite considerando la sezione mista spritz-beton e centine. La verifica dello

SS 121 "Catanesa" <i>Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta</i>		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

spritz-beton e delle centine è effettuata in diverse fasi di maturazione dello spritz-beton (ad 8h, 48h e 28 giorni).

- Il rivestimento definitivo della galleria viene invece installato in un secondo momento e modellato come una semplice sezione in calcestruzzo non armato. 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 e (a carpenteria variabile) sono verificati secondo lo spessore medio.

La verifica del rivestimento definitivo di calotta e arco rovescio è effettuata nella fase che simula la condizione di lungo termine (decadimento del rivestimento di prima fase).

Per gli interventi di precontenimento al contorno l'effetto dei consolidamenti in VTR viene tenuto in conto direttamente nei modelli numerici e simulato come un arco di materiale di spessore 1.5 m al contorno dello scavo, avente proprietà meccaniche migliori rispetto a quelle iniziali del terreno. In particolare, nella regione consolidata sono stati incrementati i valori di coesione e di modulo elastico, mantenendo immutato l'angolo d'attrito del materiale naturale, secondo i criteri precedentemente spiegati.

### 8.3 Taratura del modello

La simulazione dello scavo avviene mediante il progressivo annullamento delle forze interne al profilo di scavo, fino al loro completo rilassamento; gli step di rilassamento vengono operati in funzione della distanza dal fronte della sezione considerata nell'analisi, mediante l'impiego di curve LDP (Longitudinal Displacement Profile) in grado di tener conto anche del rivestimento di prima fase.


In pratica, si è proceduto come segue:

- In base alla distanza della sezione di calcolo dal fronte di scavo, si determina dalle curve convergenza-distanza dal fronte di scavo il valore di convergenza corrispondente alla fase di calcolo considerata;
- Successivamente, entrando nella curva di convergenza del cavo con il valore di convergenza precedentemente determinato è possibile valutare la pressione fittizia corrispondente alla fase di calcolo considerata e dunque il corrispondente fattore di rilascio.

La curva di convergenza del cavo nel caso delle sezioni con VTR al contorno (C2 e C2P) sono state ottenute mediante una modellazione numerica su RS2 per poter tener debitamente conto dell'arco di scarico rinforzato che si viene a formare.

In linea generale le fasi di calcolo sono dunque le seguenti:

- Fase 1 – Scavo: distanza dal fronte  $D=1$  m.

SS 121 "Catanese" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

- Fase 2 – Prima fase di messa in carico delle strutture di rivestimento di prima fase con cls "giovane". Per i calcoli si considera una distanza dal fronte D=4 m.
- Fase 3 – Seconda fase di messa in carico delle strutture di rivestimento di prima fase (ormai maturato) e ulteriore rilascio delle forze al contorno di scavo. Per i calcoli si considera una distanza dal fronte D=12 m.
- Fase 4 – Posa in opera arco rovescio e completo rilascio delle forze al contorno di scavo.
- Fase 5 – Posa in opera calotta.
- Fase 6 – Fase 8 – Realizzazione cunicolo.
- Fase 9 – Detensionamento delle strutture di rivestimento di prima fase.

Nella tabella seguente si riportano i fattori di rilascio ottenuti per le varie sezioni:

	C2	C2p
<b>Fattori di rilascio 1-λ</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Fronte	0,25	0,70
Scavo	0,16	0,53
Prima fase	0,09	0,15
Maturazione + Puntone	0,04	0,04
Arco rovescio	0,01	0,00

## 8.4 Sezioni di calcolo


Per la galleria GN03 si verificano le seguenti sezioni di calcolo:

- ✓ Pr. 14+362 sezione a massima copertura (50m). Si considerano i valori caratteristici del Flysh e le sezioni tipo C2-1 e Bypass pedonale.
- ✓ Pr. 14+174 sezione a minima copertura di imbocco (20m). Si considerano i valori caratteristici del Flysh e le sezioni tipo C2P-1 e Bypass pedonale.

## 8.5 Fasi di calcolo

L'analisi è stata organizzata in 7 successive fasi di calcolo che consentono la simulazione dei vari interventi costruttivi e la schematizzazione di diverse condizioni di carico per il prerinvolgimento e per il rivestimento definitivo.

In allegato sono riportati gli output del software di calcolo. Dall'esame di tali allegati è possibile ricavare lo stato tensionale e deformativo dell'ammasso interessato allo scavo, nonché dei rivestimenti della galleria. I risultati tensionali riportati negli allegati grafici sono descritti in termini di tensioni e sollecitazioni, espresse rispettivamente in MPa e MN proporzionalmente ad una scala graduata. Le sollecitazioni ritenute rappresentative ai fini delle verifiche statiche sono pertanto segnalate nel seguito.

SS 121 "Catanesa" <i>Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta</i>		
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

#### FASE 0 – Stato di fatto

- Condizioni iniziali prima dello scavo

#### FASE 1 – Scavo

- Eventuale attivazione dell'arco di scarico costituito dai consolidamenti in VTR al contorno
- Rilassamento del terreno riducendo le forze di supporto sul perimetro del cavo

#### FASE 2 – Prima fase

- Installazione del rivestimento di prima fase della galleria
- Caratteristiche del calcestruzzo valutate per una maturazione di 8 ore
- Ulteriore rilassamento del terreno

#### FASE 3 – Completa maturazione dello spritz-beton

- Caratteristiche del calcestruzzo del rivestimento di prima fase valutate per una maturazione di 28 gg
- Eventuale installazione del puntone
- Caratteristiche del calcestruzzo del puntone valutate per una maturazione di 8 ore
- Ulteriore rilassamento del terreno

#### FASE 4 – Arco rovescio e murette

- Getto arco rovescio e murette
- Caratteristiche del calcestruzzo del rivestimento di prima fase e del puntone valutate per una maturazione di 628 ore (28 gg)
- Ulteriore rilassamento del terreno

#### FASE 5 – Calotta

- Installazione della volta
- Completo rilassamento del terreno

#### FASE 6 – Scavo Bypass pedonale

- Rilassamento del terreno riducendo le forze di supporto sul perimetro del cunicolo

#### FASE 7 – Prima fase Bypass pedonale

- Installazione del rivestimento di prima fase del cunicolo
- Caratteristiche del calcestruzzo valutate per una maturazione di 8 ore
- Ulteriore rilassamento del terreno


#### FASE 8 – Seconda fase Bypass pedonale

- Installazione del rivestimento di seconda fase del cunicolo
- Caratteristiche del calcestruzzo valutate per una maturazione di 28 gg
- Completo rilassamento del terreno

#### FASE 9 – Definitivo

- Disattivazione dei rivestimenti di prima fase
- Eventuale disattivazione dell'arco di scarico costituito dai consolidamenti in VTR al contorno

Gli spessori dei rivestimenti di prima fase e definitivi considerati sono riportati nella tabella seguente in funzione della sezione tipo:


SS 121 "Cataneſe" <i>Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta</i>		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
<b>UP62</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

		C2	C2p	Cunicolo
		1	1	
<b>Spessore spritz</b>	cm	30.00	30.00	25.00
<b>Centine</b>	2 IPN	200.00	220.00	180.00
<b>Spessore arco rovescio</b>	m	0.90	0.90	0.60
<b>Spessore calotta</b>	m	0.80	1.00	0.40

Tab. Spessori rivestimenti.

A continuazione si riportano le verifiche statiche dei rivestimenti di prima fase e definitivi per le sezioni di calcolo individuate.

In allegato si riportano gli output del software di calcolo.

SS 121 "Cataneese" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

## 9 VERIFICHE STRUTTURALI RIVESTIMENTI SEZIONI TIPO

### 9.1 Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al Cap. 2 delle NTC.

Gli stati limite ultimi delle opere interrato si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso, determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno, e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono l'opera.

I carichi sono denominati:

- G<sub>k</sub> valore caratteristico del carico permanente, costituito dai pesi propri e dalla pressione del terreno;
- Q<sub>k</sub> valore caratteristico di carichi accidentali di tipo stradale.
- E azione sismica

Le verifiche dei rivestimenti provvisori sono effettuate per i soli SLU.

Le verifiche dei rivestimenti definitivi sono tutte effettuate nei riguardi degli stati limite ultimi SLU, sismici SLV e di esercizio SLE.

Gli stati limite introducono dei coefficienti moltiplicativi  $\gamma$  sulle azioni di calcolo, generalmente maggiori dell'unità.

Per i materiali si introducono dei coefficienti riduttivi applicati alle resistenze dei materiali

- Combinazione fondamentale agli SLU:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$


- Combinazioni agli SLE:

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio (fessurazione/stato tensionale) si definiscono le seguenti combinazioni:

$$\text{Frequente} \quad \Rightarrow \quad G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

- Combinazione agli SLV:

$$E + G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

SS 121 "Cataneese" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

## 9.2 Azioni sismiche

Per il calcolo delle sollecitazioni sismiche si è utilizzato il metodo di Hashash che permette di quantificare l'effetto del sisma su una struttura interrata. Si considera che un eventuale sollecitazione sismica generi sforzi esclusivamente nel rivestimento definitivo. Il contributo del sostegno provvisorio non viene considerato.

I parametri sismici fondamentali sono stati determinati per la regione Sicilia utilizzando la Tabella 2, in allegato alle NTC. Si ottengono i seguenti valori:

### TUTTE LE OPERE

Vita Nominale	$V_N =$	50	anni
Classe d'uso	CI =	IV	
Coefficiente d'uso	C.u. =	2.0	
<b>Periodo di riferimento</b>	<b><math>V_R =</math></b>	<b>100</b>	<b>anni</b>


PARAMETRI AZIONE SISMICA				
STATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [sec]
SLO	60,21	0,07	2,33	0,26
SLD	100,58	0,09	2,32	0,27
SLV	949,12	0,23	2,44	0,31
SLC	1949,57	0,28	2,50	0,32

Nel sito di interesse l'accelerazione massima raggiunge in accordo alle NTC2018 per gli SLV:

$$a_g = \text{PGA} = 0.225 \text{ g.}$$

Secondo le prove Down Hole eseguite in sito il terreno ha una velocità apparente di propagazione media  $V_{s,30}$  di 465 m/s, una magnitudo  $M_w=6.5$ , una distanza della sorgente di 20 - 50km e una profondità massima dello scavo pari maggiore di 30m, dati con i quali è possibile stimare la velocità di picco del terreno utilizzando le informazioni provenienti dalle tabelle seguenti.



<b>SS 121 "Catane"</b> <i>Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta</i>		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>UP62</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

Ratios of peak ground velocity to peak ground acceleration at surface in rock and soil (after Power et al., 1996)

Moment magnitude ( $M_w$ )	Ratio of peak ground velocity (cm/s) to peak ground acceleration (g)		
	Source-to-site distance (km)		
	0–20	20–50	50–100
<i>Rock<sup>a</sup></i>			
6.5	66	76	86
7.5	97	109	97
8.5	127	140	152
<i>Stiff soil<sup>a</sup></i>			
6.5	94	102	109
7.5	140	127	155
8.5	180	188	193
<i>Soft soil<sup>a</sup></i>			
6.5	140	132	142
7.5	208	165	201
8.5	269	244	251

<sup>a</sup>In this table, the sediment types represent the following shear wave velocity ranges: rock  $\geq 750$  m/s; stiff soil is 200–750 m/s; and soft soil  $< 200$  m/s. The relationship between peak ground velocity and peak ground acceleration is less certain in soft soils.

Ratios of ground motion at depth to motion at ground surface (after Power et al., 1996)

Tunnel depth (m)	Ratio of ground motion at tunnel depth to motion at ground surface
$\leq 6$	1.0
6–15	0.9
15–30	0.8
$> 30$	0.7

Tabella: Correlazione tra velocità PGV e accelerazione PGA.

Si ottiene così una velocità di picco di  $V_s = PGV = PGA * 0,7 * 1,02 = 0,22$  m/s.


La distorsione  $\gamma_{smax}$  risulta del rapporto tra la velocità apparente delle particelle dell'onda e la velocità di propagazione  $C_s$  dell'onda sismica:

$$\gamma_{max} = \frac{v_s}{v_{s,20}}$$

Nella tabella seguente sono riassunti i valori di  $\gamma_{smax}$ .

Materiale	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	E [GPa]	$\nu$ [-]	PGV/PGA [cm/s]	Ratio	$G_m$ [GPa]	$V_s$ [m/s]	$\gamma_{s,max}$ [-]
Flysch numidico	20	0,263	0,3	102	0,7	0,101	0,220	0,00047

Tabella: Parametri sismici.

SS 121 "Cataneese" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

$\gamma$	peso specifico [kN/m <sup>3</sup> ]
$E_m$	modulo elastico dell'ammasso [GPa]
$\nu_m$	coefficiente di Poisson
$G_m$	modulo a taglio
$V_s$	velocità di propagazione dell'onda sismica
$\gamma_{smax}$	distorsione sismica

Per la determinazione dei carichi sismici sono state considerate le seguenti caratteristiche del rivestimento definitivo:

Dati relativi ai rivestimenti	$E_{riv}$ [MPa]	$\nu_{riv}$	triv. [m]	D [m]	$W_{riv}$ [m <sup>3</sup> ]	$I_{riv}$ [m <sup>3</sup> ]	Elfess
C2-1	32000	0.2	0.9	13.64	0.135	0.06075	1944000
C2p-1	32000	0.2	1	13.94	0.1666667	0.0833333	2666667
Cunicolo	32000	0.2	0.6	4.5	0.06	0.018	576000

Considerando il caso di non aderenza tra roccia e rivestimento, si ha:

$$\alpha_n = \frac{12 \cdot E \cdot I \cdot (5 - 6 \cdot \nu_m)}{d^3 \cdot G_m \cdot (1 - \nu_t^2)}$$

Azione assiale  $T(\theta) = -\frac{12 \cdot E \cdot I \cdot \Delta d_{lining}^n}{d^3 \cdot (1 - \nu_t^2)} \cdot \cos^2\left(\theta + \frac{\pi}{4}\right)$

Momento flettente  $M(\theta) = -\frac{6 \cdot E \cdot I \cdot \Delta d_{lining}^n}{d^2 \cdot (1 - \nu_t^2)} \cdot \cos^2\left(\theta + \frac{\pi}{4}\right)$

Azione di taglio  $V(\theta) = -\frac{24 \cdot E \cdot I \cdot \Delta d_{lining}^n}{d^2 \cdot (1 - \nu_t^2)} \cdot \sin^2\left(\theta + \frac{\pi}{4}\right)$

Le sollecitazioni sismiche così calcolate sono riassunte nella tabella seguente.

Dati relativi ai rivestimenti	$\alpha_n$	$R_n$	$\Delta d_{lining}$	$N_{max}$ [kN]	$T_{max}$ [kN]	$M_{max}$ [kNm]
C2-1	0.30292	2.14902	0.00694	<b>66.5</b>	<b>132.9</b>	<b>453.3</b>
C2p-1	0.38928	2.01544	0.00665	<b>81.9</b>	<b>163.7</b>	<b>570.6</b>
Cunicolo	2.49955	0.80010	0.00085	<b>67.4</b>	<b>134.7</b>	<b>151.6</b>

Tabella: Sforzi sismici in caso di non aderenza tra suolo e rivestimento.

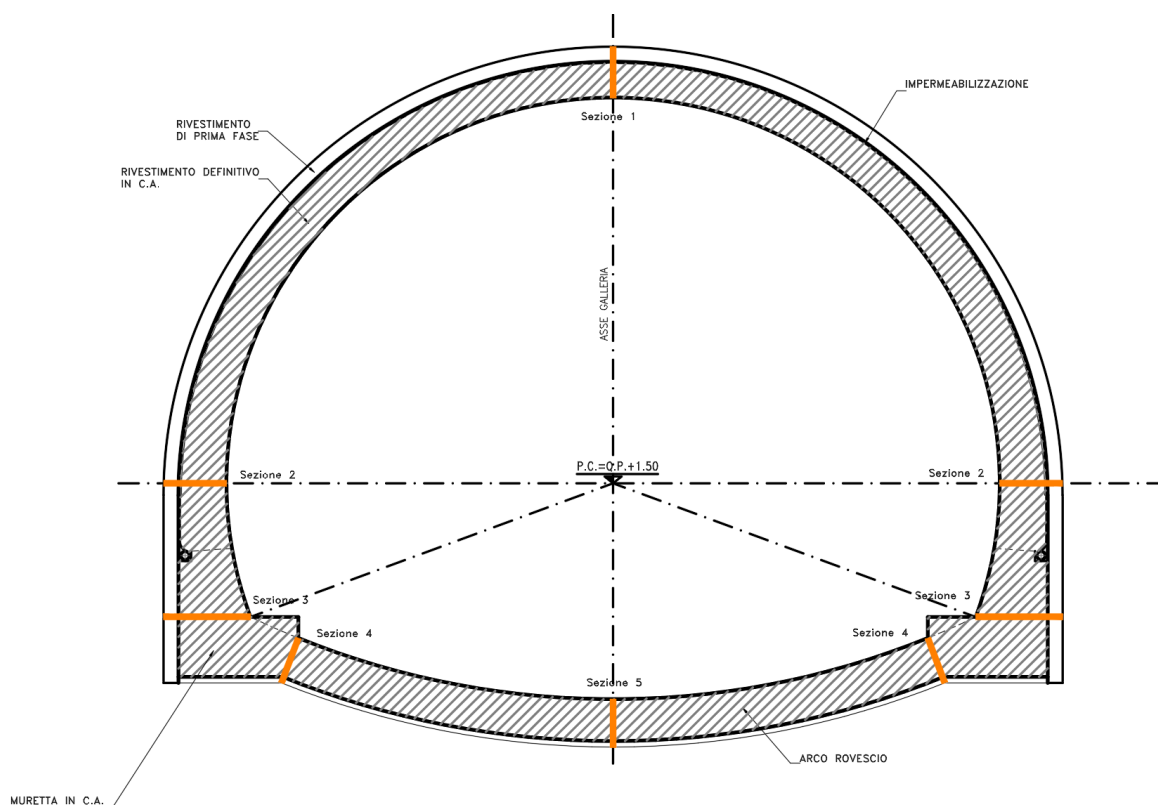
Tali sollecitazioni sismiche sono poi state sommate a quelle di output del software per ottenere le sollecitazioni con cui effettuare le verifiche agli SLV.

### 9.3 Sezioni di verifica

Per il rivestimento di prima fase si riportano le verifiche in tutti i nodi.


Per il rivestimento definitivo si riportano invece le verifiche a pressoflessione per tutti i nodi, mentre le verifiche a taglio e agli stati limite d'esercizio, sono eseguite solo per le seguenti sezioni:

- ✓ Sezione 1 chiave calotta;
- ✓ Sezione 2 piano dei centri;
- ✓ Sezione 3 piedritto - muretta;
- ✓ Sezione 4 muretta – arco rovescio;
- ✓ Sezione 5 chiave arco rovescio.



Le tabelle seguenti riassumono le sollecitazioni considerate per ciascuna sezione:

Sezione tipo	Sagoma	Sezione di verifica	Spessori minimi	Da software			SLV Amplificata x1.3			SLV Sisma			SLE			Sisma			
				T (kN)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)	N (kN)	M (kNm)	
C2	1	Chiave calotta	0.80	31.00	3409.00	142.00	40.30	4431.70	184.60	163.92	3475.46	595.27	31.00	3409.00	142.00	132.92	66.46	453.27	
		Piano dei centri	1.00	94.00	3237.00	90.00	122.20	4208.10	117.00	226.92	3303.46	543.27	94.00	3237.00	90.00	132.92	66.46	453.27	
		Piedritto - murella	1.20	360.00	2722.00	507.00	465.00	3538.60	659.10	482.92	2788.46	960.27	350.00	2722.00	507.00	132.92	66.46	453.27	
		Muretta - arco rovescio	0.90	742.00	1910.00	258.00	964.60	2483.00	335.40	874.92	1976.46	711.27	742.00	1910.00	258.00	132.92	66.46	453.27	
C2	Cunicolo	Chiave arco rovescio	0.90	21.00	1646.00	199.00	27.30	2139.80	258.70	153.92	1712.46	652.27	21.00	1646.00	199.00	132.92	66.46	453.27	
		Chiave calotta	0.40	5.00	236.00	30.00	6.50	306.80	39.00	139.72	303.36	181.56	5.00	236.00	30.00	134.72	67.36	151.56	
		Piano dei centri	0.40	50.00	195.00	12.00	65.00	253.50	15.60	184.72	262.36	163.56	50.00	195.00	12.00	134.72	67.36	151.56	
		Piedritto - murella	0.60	92.00	141.00	34.00	119.60	183.30	44.20	226.72	208.36	185.56	92.00	141.00	34.00	134.72	67.36	151.56	
C2P	1	Muretta - arco rovescio	0.60	13.00	150.00	54.00	16.90	195.00	70.20	147.72	217.36	205.56	13.00	150.00	54.00	134.72	67.36	151.56	
		Chiave arco rovescio	0.60	1.00	237.00	67.00	1.30	308.10	87.10	135.72	304.36	218.56	1.00	237.00	67.00	134.72	67.36	151.56	
		Da software			T (kN)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)	N (kN)	M (kNm)	Sisma		
		Sezione di verifica	Spessori minimi	T (kN)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)	N (kN)	M (kNm)	
C2P	Cunicolo	Chiave calotta	1.00	19.00	2234.00	102.00	24.70	2904.20	204.00	182.72	2315.86	672.57	19.00	2234.00	102.00	163.72	81.86	570.57	
		Piano dei centri	1.20	22.00	2205.00	97.00	28.60	2866.50	126.10	185.72	2286.86	667.57	22.00	2205.00	97.00	163.72	81.86	570.57	
		Piedritto - murella	1.40	316.00	2077.00	500.00	410.80	2700.10	650.00	479.72	2168.86	1070.57	316.00	2077.00	500.00	163.72	81.86	570.57	
		Muretta - arco rovescio	0.90	482.00	1722.00	100.00	626.60	2238.60	130.00	645.72	1803.86	670.57	482.00	1722.00	100.00	163.72	81.86	570.57	
C2P	Cunicolo	Chiave arco rovescio	0.90	0.01	1547.00	32.00	0.01	2011.10	41.80	163.73	1628.86	602.57	0.01	1547.00	32.00	163.72	81.86	570.57	
		Chiave calotta	0.40	0.04	151.00	16.00	0.05	196.30	20.80	134.76	218.36	167.56	0.04	151.00	16.00	134.72	67.36	151.56	
		Piano dei centri	0.40	20.00	118.00	7.00	26.00	153.40	9.10	154.72	185.36	156.56	20.00	118.00	7.00	134.72	67.36	151.56	
		Piedritto - murella	0.60	54.00	92.00	17.00	70.20	119.60	22.10	188.72	159.36	168.56	54.00	92.00	17.00	134.72	67.36	151.56	
C2P	Cunicolo	Muretta - arco rovescio	0.60	10.00	95.00	30.00	13.00	123.50	39.00	144.72	162.36	181.56	10.00	95.00	30.00	134.72	67.36	151.56	
		Chiave arco rovescio	0.60	1.00	132.00	40.00	1.30	171.60	52.00	135.72	199.36	191.56	1.00	132.00	40.00	134.72	67.36	151.56	

SS 121 "Catanesa" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

## 9.4 Verifiche sezioni tipo

A continuazione si riportano le verifiche dei rivestimenti di prima fase e dei rivestimenti definitivi della canna sinistra, che ipotizzando esser scavata per prima, risulta essere quella più sollecitata.

Le azioni considerate per gli stati limite di esercizio (SLE) sono quelle di output del software per ottenere invece quelle agli stati limite ultimi (SLU) quest'ultime sono state amplificate per 1.3 come previsto dalle NTC2018. Per le verifiche di salvaguardia della vita (SLV) si va invece a sommare alle sollecitazioni da software le sollecitazioni sismiche ottenute utilizzando il metodo di Hashash.

### 9.4.1 Sezione C2-1

#### 9.4.1.1 Verifica rivestimenti di prima fase

Si riporta il dominio di resistenza del rivestimento di prima fase a 28 giorni.

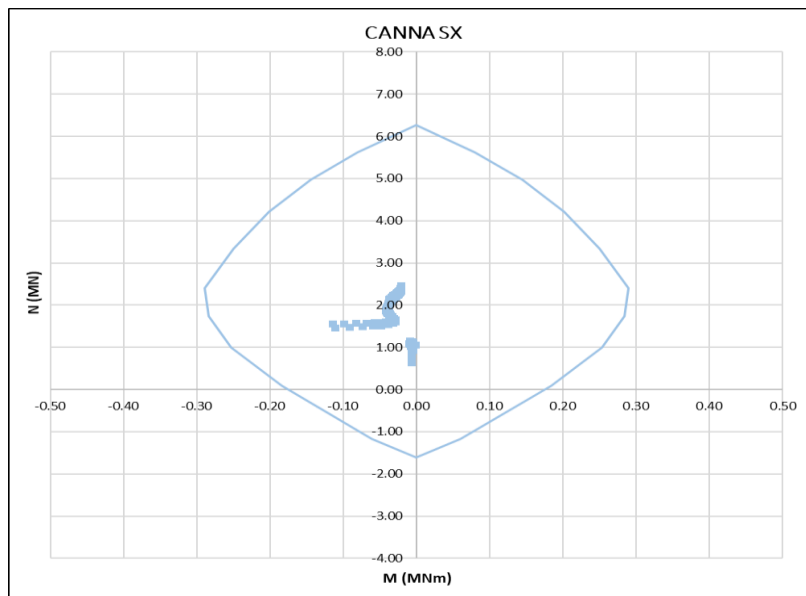


Figura: Dominio di resistenza rivestimento di prima fase.

### 9.4.1.2 Verifica rivestimenti definitivi

#### ➤ Verifica a pressoflessione SLU

Si riportano i domini di resistenza agli SLU del rivestimento definitivo:

#### LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2 VERIFICHE A PRESSOFLESSIONE DI SEZIONI IN CLS ARMATO

##### MATERIALI

resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	<b>25.0</b>	MPa
coefficiente $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$	<b>0.85</b>	-
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	14.17	MPa
tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	<b>450.0</b>	MPa
tensione di calcolo	$f_{yd}$	391.3	MPa

##### GEOMETRIA SEZIONE

altezza sezione	H	<b>80</b>	cm
larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm
copriferro	c	<b>5</b>	cm

##### ARMATURA

numero barre in direzione parallela H	n//H	<b>5</b>	-
diametro barre	$\phi$	<b>20</b>	mm

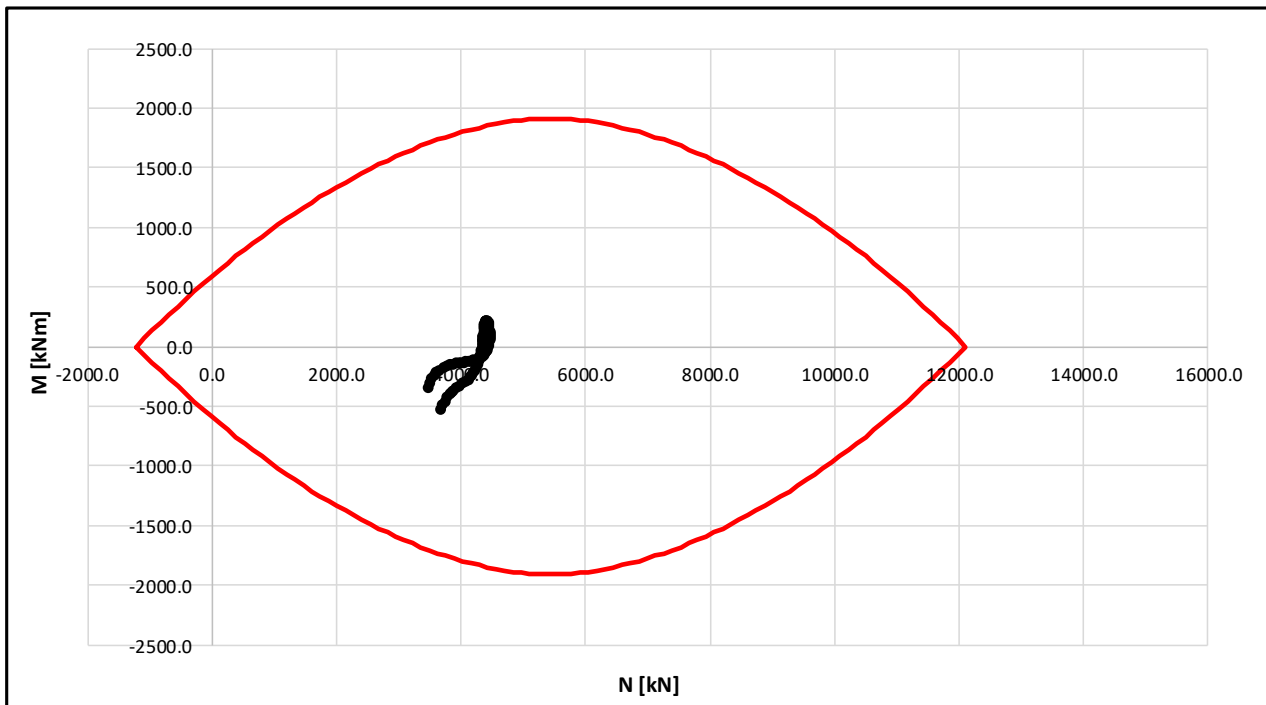



Figura: Dominio di resistenza calotta.

SS 121 "Catane" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2**  
**VERIFICHE A PRESSOFLESSIONE DI SEZIONI IN CLS ARMATO**

**MATERIALI**

resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	<b>25.0</b>	MPa
coefficiente $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$	<b>0.85</b>	-
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	14.17	MPa
tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	<b>450.0</b>	MPa
tensione di calcolo	$f_{yd}$	391.3	MPa

**GEOMETRIA SEZIONE**

altezza sezione	H	<b>90</b>	cm
larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm
copriferro	c	<b>5</b>	cm

**ARMATURA**

numero barre in direzione parallela H	n//H	<b>7.5</b>	-
diametro barre	$\phi$	<b>20</b>	mm

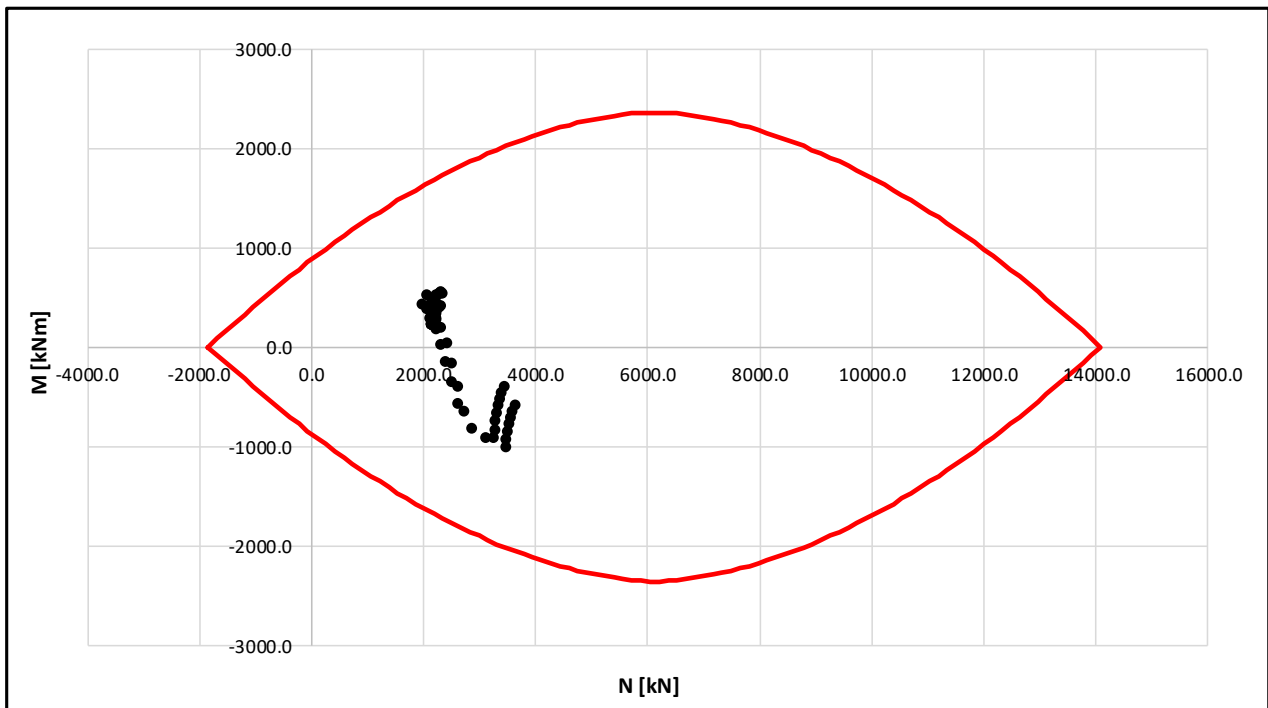



Figura: Dominio di resistenza arco rovescio e murette.

<b>SS 121 "Catane"</b> <i>Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta</i>		
<b>UP62</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

➤ **Verifica a pressoflessione SLV**

Si riportano i domini di resistenza agli SLV del rivestimento definitivo:

**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2**  
**VERIFICHE A PRESSOFLESSIONE DI SEZIONI IN CLS ARMATO**

**MATERIALI**

resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	<b>25.0</b>	MPa
coefficiente $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$	<b>0.85</b>	-
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	14.17	MPa
tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	<b>450.0</b>	MPa
tensione di calcolo	$f_{yd}$	391.3	MPa

**GEOMETRIA SEZIONE**

altezza sezione	H	<b>80</b>	cm
larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm
copriferro	c	<b>5</b>	cm

**ARMATURA**

numero barre in direzione parallela H	n//H	<b>5</b>	-
numero barre in direzione parallela B	n//B	<b>2</b>	-
diametro barre	$\phi$	<b>20</b>	mm

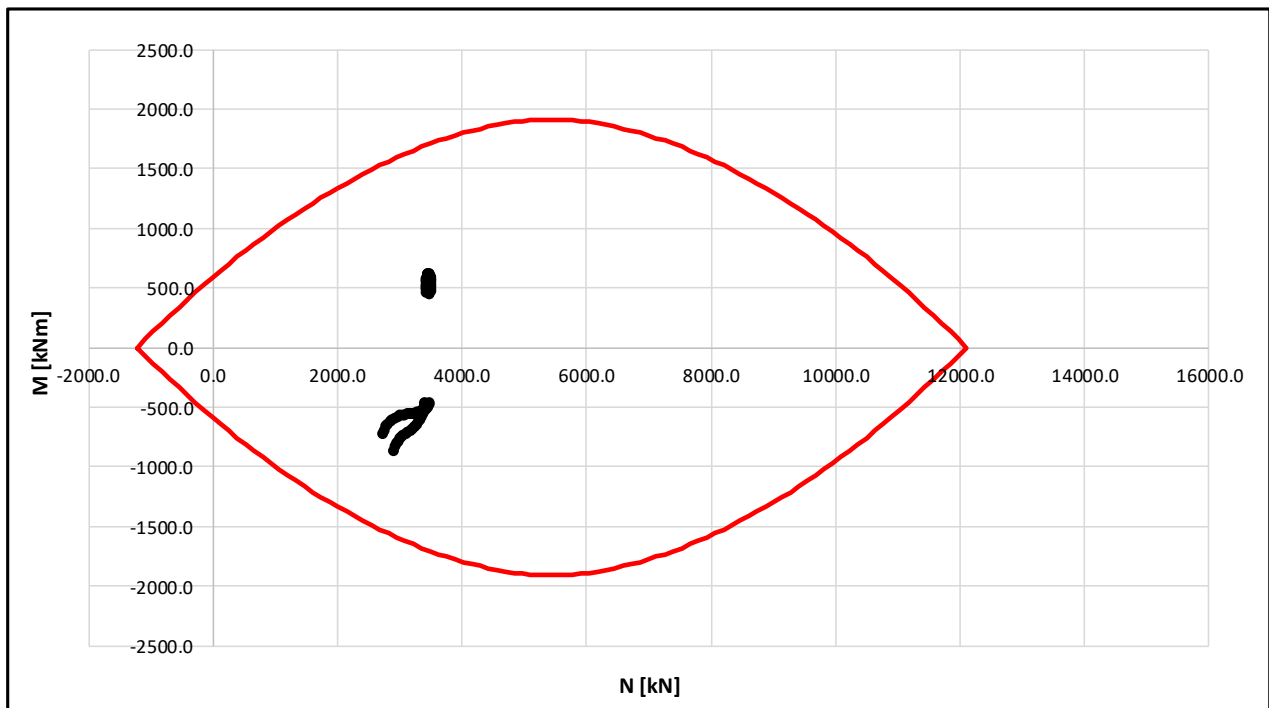



Figura: Dominio di resistenza calotta.



SS 121 "Catanese" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2**  
**VERIFICHE A PRESSOFLESSIONE DI SEZIONI IN CLS ARMATO**

**MATERIALI**

resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	<b>25.0</b>	MPa
coefficiente $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$	<b>0.85</b>	-
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	14.17	MPa
tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	<b>450.0</b>	MPa
tensione di calcolo	$f_{yd}$	391.3	MPa

**GEOMETRIA SEZIONE**

altezza sezione	H	<b>90</b>	cm
larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm
copriferro	c	<b>5</b>	cm

**ARMATURA**

numero barre in direzione parallela H	n//H	<b>7.5</b>	-
numero barre in direzione parallela B	n//B	<b>2</b>	-
diámetro barre	$\phi$	<b>20</b>	mm

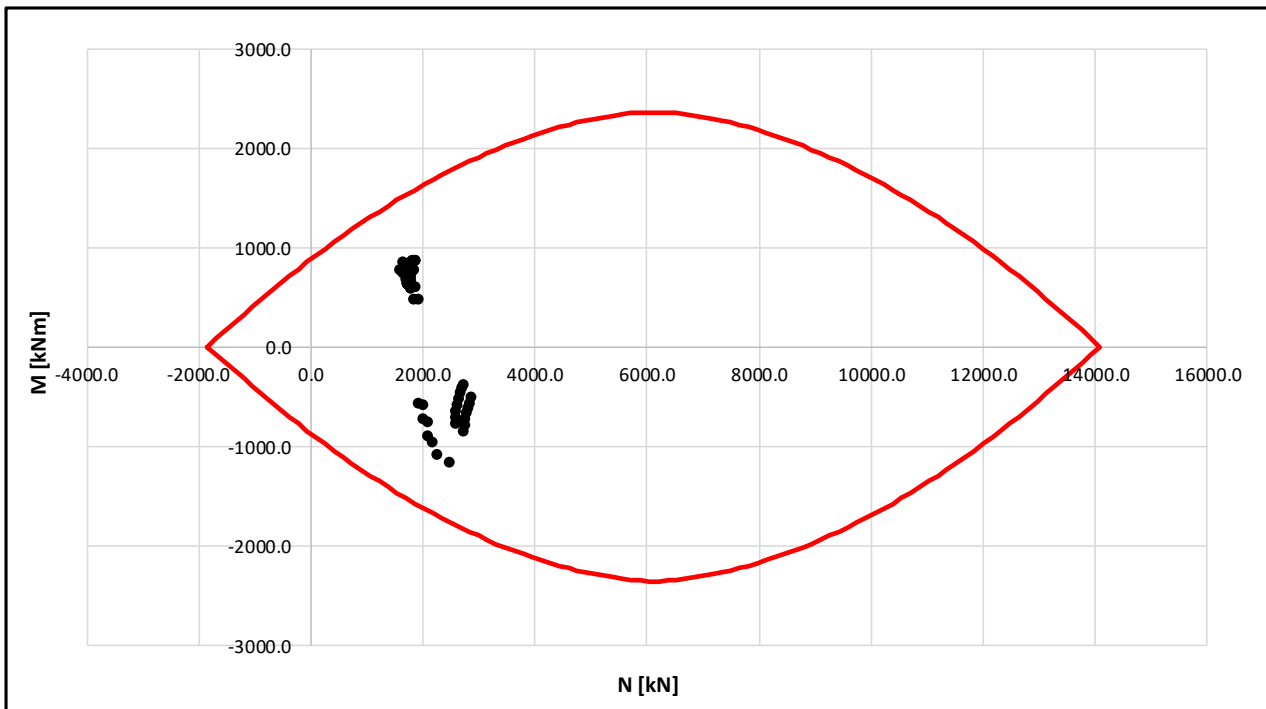



Figura: Dominio di resistenza arco rovescio e murette.


<b>SS 121 "Catanesa"</b> <i>Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta</i>		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>UP62</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

➤ **Verifica a taglio SLU**

Si riportano le verifiche a taglio agli SLU del rivestimento definitivo:

**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2 - SAGOMA 1**  
**VERIFICHE SLU PER SOLLECITAZIONI TAGLIANTI**

Dati	Var	unità	Piano dei centri	Piedritto - muretta	Muretta - arco rovescio
Resistenza a compressione cubica caratteristica	Rck	Mpa	30	30	30
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	fck	Mpa	25	25	25
Coefficiente parziale $\gamma_c$	$\gamma_c$		1.50	1.50	1.50
Coefficiente parziale $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$		0.85	0.85	0.85
Resistenza a compressione di calcolo	fcd	Mpa	14.2	14.2	14.2
Tensione caratteristica di snervamento acciaio di armatura	fyk	Mpa	450	450	450
tensione di calcolo acciaio	fywd	Mpa	391.3	391.3	391.3
<b>Caratteristiche geometriche sezione</b>					
Altezza	H	m	1.00	1.20	0.90
Larghezza	B	m	1.00	1.00	1.00
Area calcestruzzo	Ac	m <sup>2</sup>	1.00	1.20	0.90
Larghezza anima	bw	m	1.00	1.00	1.00
copriferro	c	m	0.066	0.066	0.066
altezza utile della sezione	d	m	0.93	1.13	0.83
<b>Azione di calcolo</b>					
Sforzo normale di calcolo	N <sub>Ed</sub>	kN	4208.10	3538.60	2483.00
Sforzo di taglio di calcolo	V	kN	122.2	455.0	964.6
<b>Elementi senza armature trasversali resistenti al taglio</b>					
numero barre	num		5	7.5	7.5
diametro barre	phi	mm	20	20	20
Area dell'armatura longitudinale di trazione ancorata al di là dell'intersezione dell'asse dell'armatura con una eventuale fessura a 45° che si inneschi nella sezione considerata	Asl	mmq	1571	2356	2356
Coefficiente k	k	m	1.46	1.42	1.49
vmin	vmin		0.3	0.3	0.3
rapporto geometrico di armatura longitudinale	$\rho_1$		0.00168	0.00208	0.00283
tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp}$	Mpa	2.83	2.83	2.76
<b>Resistenza a taglio</b>	<b>V<sub>Rd</sub></b>	<b>kN</b>	<b>661.6</b>	<b>816.6</b>	<b>631.2</b>
<b>Fattore di sicurezza</b>	<b>FS</b>	<b>-</b>	<b>5.4</b>	<b>1.8</b>	<b>0.7</b>
<b>Elementi con armature trasversali resistenti al taglio</b>					
<i>Verifica del conglomerato</i>					
Resistenza a taglio del conglomerato	V <sub>Rcd</sub>	kN	3969.5	4819.5	3544.5
<i>Verifica dell'armatura trasversale</i>					
diametro staffe	fsw	mm	14	14	14
passo staffe	scp	m	0.40	0.40	0.20
numero di bracci	nb		2.5	2.5	2.5
Armatura a taglio (staffe)	Asw	mmq	385	385	385
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	$\alpha$	deg	90	90	90
Inclinazione dei puntoni in cls rispetto all'asse della trave	$\theta$	deg	21.8	21.8	21.8
tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp}$	kPa	4208	2949	2759
coefficiente alpha	$\alpha_c$		1.25	1.21	1.19
Resistenza a "taglio trazione"	V <sub>Rsd</sub>	kN	791.2	960.7	1413.0
Resistenza a "taglio compressione"	V <sub>Rcd</sub>	kN	2566.4	3011.6	2190.3
<b>Resistenza a taglio</b>	<b>V<sub>Rd</sub></b>	<b>kN</b>	<b>791.2</b>	<b>960.7</b>	<b>1413.0</b>
<b>Fattore di sicurezza</b>	<b>FS</b>	<b>-</b>	<b>6.5</b>	<b>2.1</b>	<b>1.5</b>

SS 121 "Catanesa" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

➤ **Verifica a taglio SLV**

Si riportano le verifiche a taglio agli SLV del rivestimento definitivo:

**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2 - SAGOMA 1**  
**VERIFICHE SLU PER SOLLECITAZIONI TAGLIANTI**

Dati	Var	unità	Piano dei centri	Piedritto - muretta	Muretta - arco rovescio
Resistenza a compressione cubica caratteristica	Rck	Mpa	30	30	30
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	fck	Mpa	25	25	25
Coefficiente parziale $\gamma_c$	$\gamma_c$		1.50	1.50	1.50
Coefficiente parziale $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$		0.85	0.85	0.85
Resistenza a compressione di calcolo	fcd	Mpa	14.2	14.2	14.2
Tensione caratteristica di snervamento acciaio di armatura	fyk	Mpa	450	450	450
tensione di calcolo acciaio	fywd	Mpa	391.3	391.3	391.3
<b>Caratteristiche geometriche sezione</b>					
Altezza	H	m	1.00	1.20	0.90
Larghezza	B	m	1.00	1.00	1.00
Area calcestruzzo	Ac	m <sup>2</sup>	1.00	1.20	0.90
Larghezza anima	bw	m	1.00	1.00	1.00
copriferro	c	m	0.066	0.066	0.066
altezza utile della sezione	d	m	0.93	1.13	0.83
<b>Azione di calcolo</b>					
Sforzo normale di calcolo	N <sub>Ed</sub>	kN	3303.46	2788.46	1976.46
Sforzo di taglio di calcolo	V	kN	226.9	482.9	874.9
<b>Elementi senza armature trasversali resistenti al taglio</b>					
numero barre	num		5	7.5	7.5
diametro barre	phi	mm	20	20	20
Area dell'armatura longitudinale di trazione ancorata al di là dell'intersezione dell'asse dell'armatura con una eventuale fessura a 45° che si inneschi nella sezione considerata	Asl	mmq	1571	2356	2356
Coefficiente k	k	m	1.46	1.42	1.49
vmin	vmin		0.3	0.3	0.3
rapporto geometrico di armatura longitudinale	$\rho_1$		0.00168	0.00208	0.00283
tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp}$	Mpa	2.83	2.32	2.20
<b>Resistenza a taglio</b>	<b>V<sub>Rd</sub></b>	<b>kN</b>	<b>661.6</b>	<b>729.9</b>	<b>560.8</b>
<b>Fattore di sicurezza</b>	<b>FS</b>	<b>-</b>	<b>2.9</b>	<b>1.5</b>	<b>0.6</b>
<b>Elementi con armature trasversali resistenti al taglio</b>					
<i>Verifica del conglomerato</i>					
Resistenza a taglio del conglomerato	V <sub>Rcd</sub>	kN	3969.5	4819.5	3544.5
<i>Verifica dell'armatura trasversale</i>					
diametro staffe	fsw	mm	14	14	14
passo staffe	scp	m	0.40	0.40	0.20
numero di bracci	nb		2.5	2.5	2.5
Armatura a taglio (staffe)	Asw	mmq	385	385	385
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	$\alpha$	deg	90	90	90
Inclinazione dei puntoni in cls rispetto all'asse della trave	$\theta$	deg	21.8	21.8	21.8
tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp}$	kPa	3303	2324	2196
coefficiente alpha	$\alpha_c$		1.23	1.16	1.16
Resistenza a "taglio trazione"	V <sub>Rsdt</sub>	kN	791.2	960.7	1413.0
Resistenza a "taglio compressione"	V <sub>Rcd</sub>	kN	2531.8	2901.6	2117.5
<b>Resistenza a taglio</b>	<b>V<sub>Rd</sub></b>	<b>kN</b>	<b>791.2</b>	<b>960.7</b>	<b>1413.0</b>
<b>Fattore di sicurezza</b>	<b>FS</b>	<b>-</b>	<b>3.5</b>	<b>2.0</b>	<b>1.6</b>



9.4.2 Sezione C2P-1

9.4.2.1 Verifica rivestimenti di prima fase

Si riporta il dominio di resistenza del rivestimento di prima fase a 28 giorni.

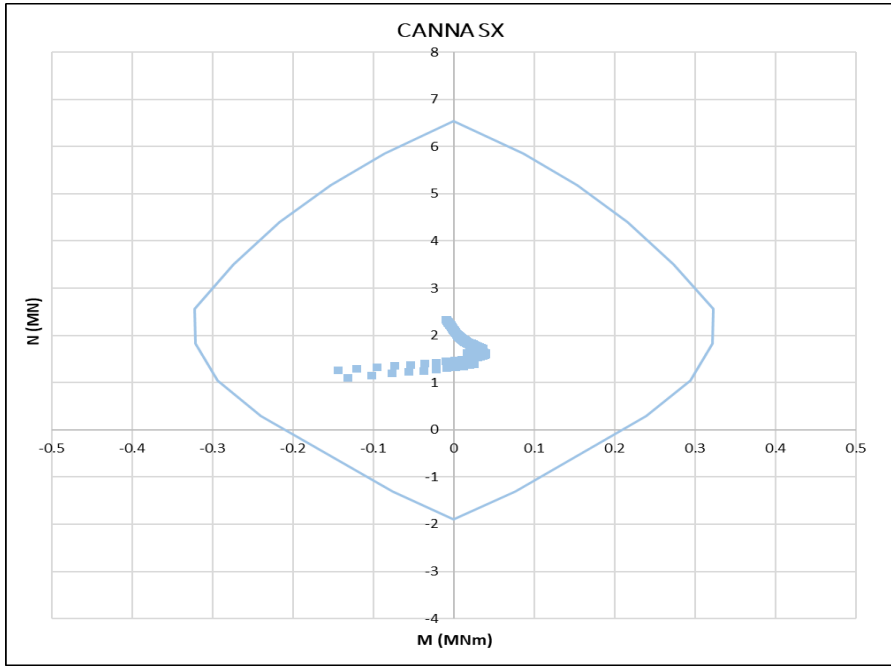


Figura: Dominio di resistenza rivestimento di prima fase.

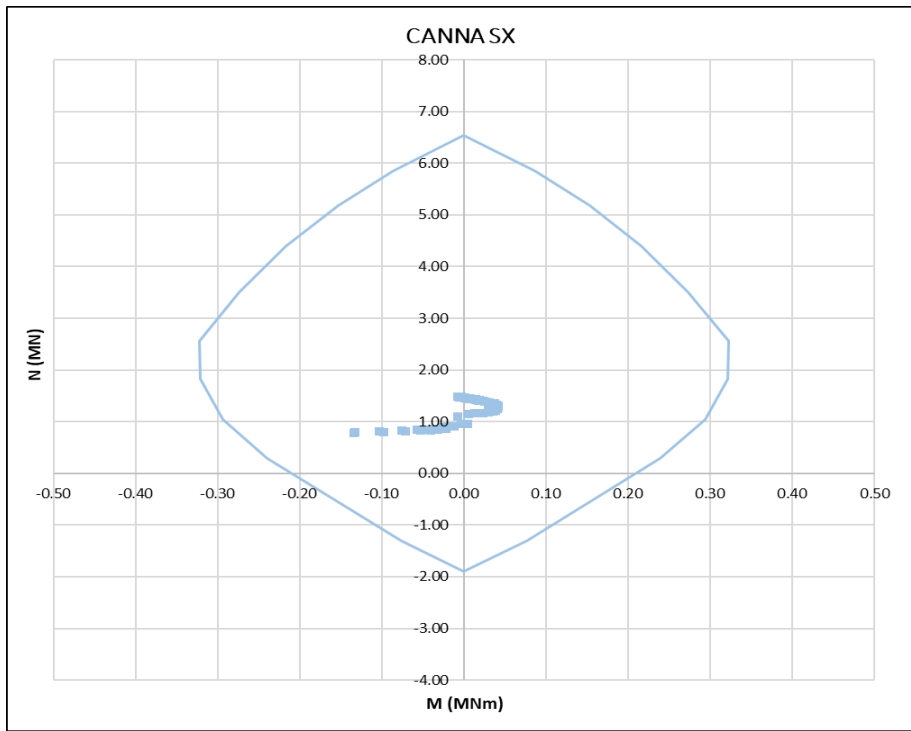


Figura: Dominio di resistenza puntone.

### 9.4.2.2 Verifica rivestimenti definitivi

➤ **Verifica a pressoflessione SLU**

Si riportano i domini di resistenza agli SLU del rivestimento definitivo:

**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2p**  
**VERIFICHE A PRESSOFLESSIONE DI SEZIONI IN CLS ARMATO**

**MATERIALI**

resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	<b>25.0</b>	MPa
coefficiente $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$	<b>0.85</b>	-
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	14.17	MPa
tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	<b>450.0</b>	MPa
tensione di calcolo	$f_{yd}$	391.3	MPa

**GEOMETRIA SEZIONE**

altezza sezione	H	<b>100</b>	cm
larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm
copriferro	c	<b>5</b>	cm

**ARMATURA**

numero barre in direzione parallela H	n//H	<b>5</b>	-
diametro barre	$\phi$	<b>20</b>	mm

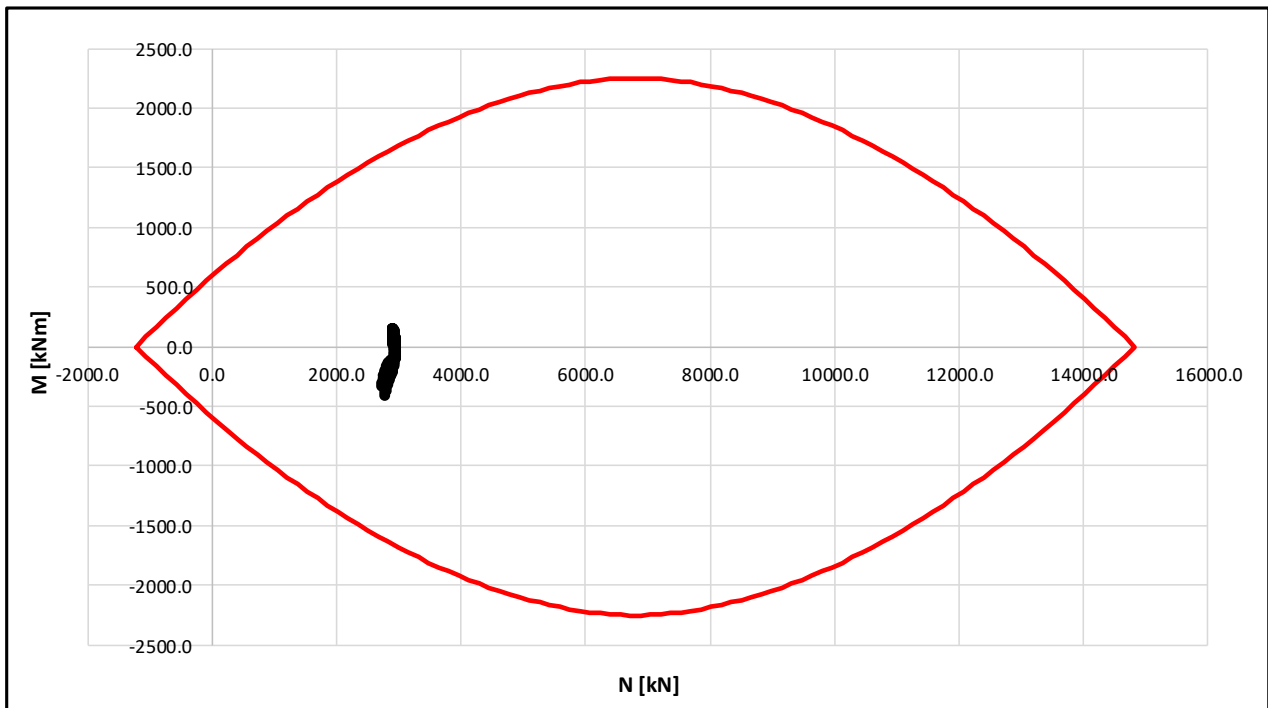



Figura: Dominio di resistenza calotta.

SS 121 "Catane" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2p**  
**VERIFICHE A PRESSOFLESSIONE DI SEZIONI IN CLS ARMATO**

**MATERIALI**

resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	<b>25.0</b>	MPa
coefficiente $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$	<b>0.85</b>	-
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	14.17	MPa
tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	<b>450.0</b>	MPa
tensione di calcolo	$f_{yd}$	391.3	MPa

**GEOMETRIA SEZIONE**

altezza sezione	H	<b>90</b>	cm
larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm
copriferro	c	<b>5</b>	cm

**ARMATURA**

numero barre in direzione parallela H	n//H	<b>7.5</b>	-
diametro barre	$\phi$	<b>20</b>	mm

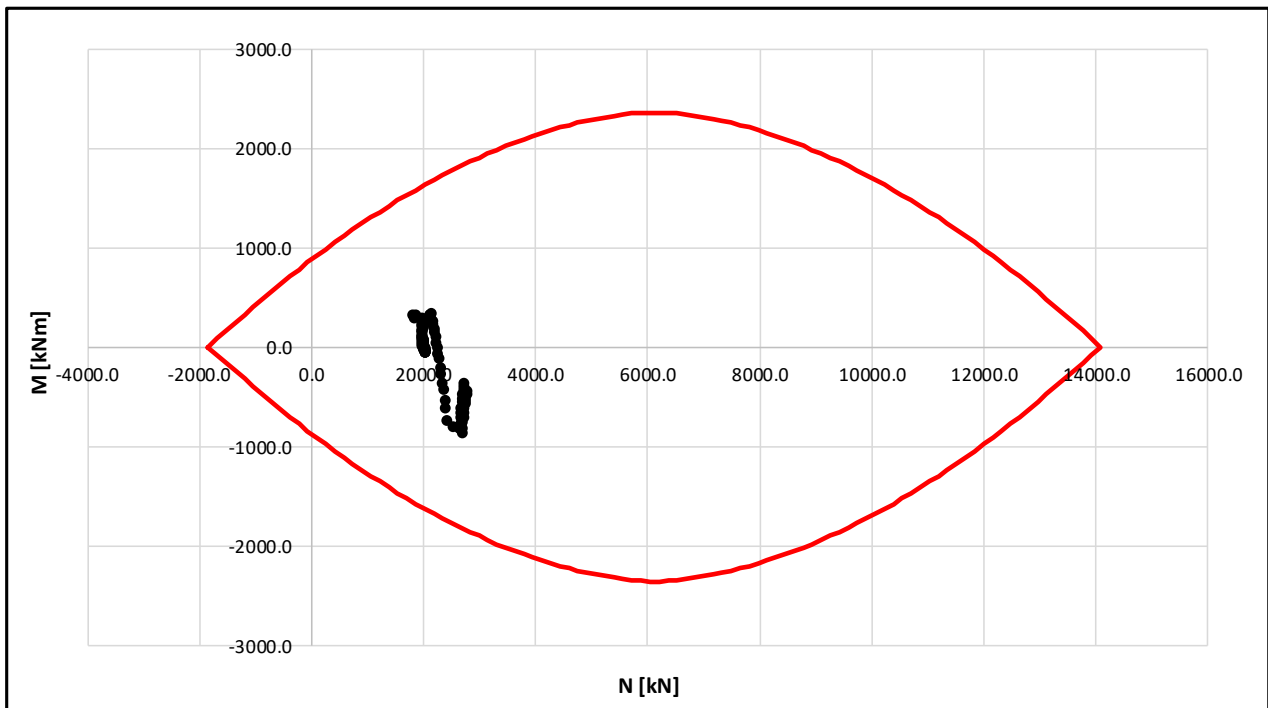



Figura: Dominio di resistenza arco rovescio e murette.

SS 121 "Catane" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

➤ **Verifica a pressoflessione SLV**

Si riportano i domini di resistenza agli SLV del rivestimento definitivo:

**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2p**  
**VERIFICHE A PRESSOFLESSIONE DI SEZIONI IN CLS ARMATO**

**MATERIALI**

resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	<b>25.0</b>	MPa
coefficiente $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$	<b>0.85</b>	-
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	14.17	MPa
tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	<b>450.0</b>	MPa
tensione di calcolo	$f_{yd}$	391.3	MPa

**GEOMETRIA SEZIONE**

altezza sezione	H	<b>100</b>	cm
larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm
copriferro	c	<b>5</b>	cm

**ARMATURA**

numero barre in direzione parallela H	n//H	<b>5</b>	-
diametro barre	$\phi$	<b>20</b>	mm

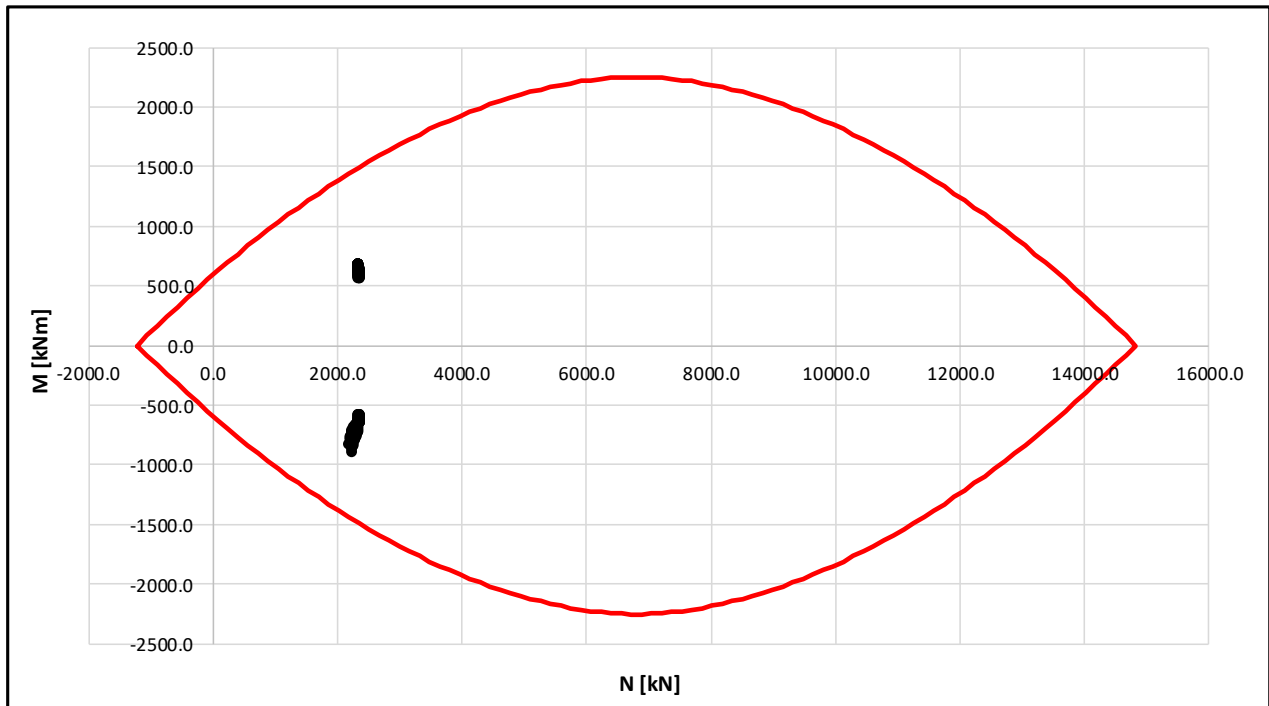



Figura: Dominio di resistenza calotta.



SS 121 "Catane" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2p**  
**VERIFICHE A PRESSOFLESSIONE DI SEZIONI IN CLS ARMATO**

**MATERIALI**

resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	<b>25.0</b>	MPa
coefficiente $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$	<b>0.85</b>	-
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	14.17	MPa
tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	<b>450.0</b>	MPa
tensione di calcolo	$f_{yd}$	391.3	MPa

**GEOMETRIA SEZIONE**

altezza sezione	H	<b>90</b>	cm
larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm
copriferro	c	<b>5</b>	cm

**ARMATURA**

numero barre in direzione parallela H	n//H	<b>7.5</b>	-
diámetro barre	$\phi$	<b>20</b>	mm

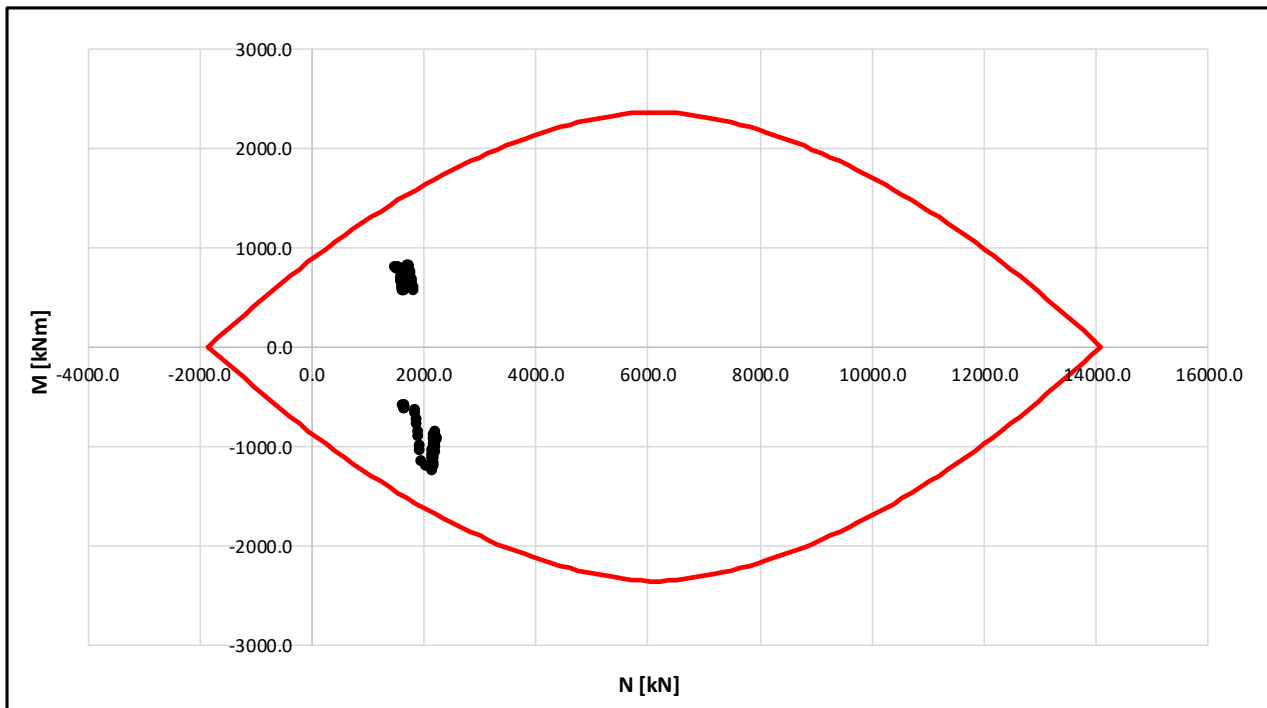



Figura: Dominio di resistenza arco rovescio e murette.


SS 121 "Catanesa" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

➤ **Verifica a taglio SLU**

Si riportano le verifiche a taglio agli SLU del rivestimento definitivo:

**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2p - SAGOMA 1**  
**VERIFICHE SLU PER SOLLECITAZIONI TAGLIANTI**

Dati	Var	unità	Piano dei centri	Piedritto - muretta	Muretta - arco rovescio
Resistenza a compressione cubica caratteristica	Rck	Mpa	30	30	30
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	fck	Mpa	25	25	25
Coefficiente parziale $\gamma_c$	$\gamma_c$		1.50	1.50	1.50
Coefficiente parziale $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$		0.85	0.85	0.85
Resistenza a compressione di calcolo	fcd	Mpa	14.2	14.2	14.2
Tensione caratteristica di snervamento acciaio di armatura	fyk	Mpa	450	450	450
tensione di calcolo acciaio	fywd	Mpa	391.3	391.3	391.3
<b>Caratteristiche geometriche sezione</b>					
Altezza	H	m	1.20	1.40	0.90
Larghezza	B	m	1.00	1.00	1.00
Area calcestruzzo	Ac	m <sup>2</sup>	1.20	1.40	0.90
Larghezza anima	bw	m	1.00	1.00	1.00
copriferro	c	m	0.066	0.066	0.066
altezza utile della sezione	d	m	1.13	1.33	0.83
<b>Azione di calcolo</b>					
Sforzo normale di calcolo	N <sub>Ed</sub>	kN	2866.5	2700.1	2238.6
Sforzo di taglio di calcolo	V	kN	28.6	410.8	626.6
<b>Elementi senza armature trasversali resistenti al taglio</b>					
numero barre	num		5	7.5	7.5
diametro barre	phi	mm	20	20	20
Area dell'armatura longitudinale di trazione ancorata al di là dell'intersezione dell'asse dell'armatura con una eventuale fessura a 45° che si inneschi nella sezione considerata	Asl	mmq	1571	2356	2356
Coefficiente k	k	m	1.42	1.39	1.49
vmin	vmin		0.3	0.3	0.3
rapporto geometrico di armatura longitudinale	$\rho_1$		0.00139	0.00177	0.00283
tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp}$	Mpa	2.39	1.93	2.49
<b>Resistenza a taglio</b>	<b>V<sub>Rd</sub></b>	<b>kN</b>	<b>698.7</b>	<b>750.2</b>	<b>597.2</b>
<b>Fattore di sicurezza</b>	<b>FS</b>	<b>-</b>	<b>24.4</b>	<b>1.8</b>	<b>1.0</b>
<b>Elementi con armature trasversali resistenti al taglio</b>					
<i>Verifica del conglomerato</i>					
Resistenza a taglio del conglomerato	V <sub>Rcd</sub>	kN	4819.5	5669.5	3544.5
<i>Verifica dell'armatura trasversale</i>					
diametro staffe	fsw	mm	14	14	14
passo staffe	scp	m	0.40	0.40	0.40
numero di bracci	nb		2.5	2.5	2.5
Armatura a taglio (staffe)	Asw	mmq	385	385	385
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	$\alpha$	deg	90	90	90
Inclinazione dei puntoni in cls rispetto all'asse della trave	$\theta$	deg	21.8	21.8	21.8
tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp}$	kPa	2389	1929	2487
coefficiente alpha	$\alpha_c$		1.17	1.14	1.18
Resistenza a "taglio trazione"	V <sub>Rsdt</sub>	kN	960.7	1130.1	706.5
Resistenza a "taglio compressione"	V <sub>Rcd</sub>	kN	2913.0	3331.6	2155.1
<b>Resistenza a taglio</b>	<b>V<sub>Rd</sub></b>	<b>kN</b>	<b>960.7</b>	<b>1130.1</b>	<b>706.5</b>
<b>Fattore di sicurezza</b>	<b>FS</b>	<b>-</b>	<b>33.6</b>	<b>2.8</b>	<b>1.1</b>

SS 121 "Catanesa" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

➤ **Verifica a taglio SLV**

Si riportano le verifiche a taglio agli SLV del rivestimento definitivo:

**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2p - SAGOMA 1**  
**VERIFICHE SLU PER SOLLECITAZIONI TAGLIANTI**

Dati	Var	unità	Piano dei centri	Piedritto - muretta	Muretta - arco rovescio
Resistenza a compressione cubica caratteristica	Rck	Mpa	30	30	30
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	fck	Mpa	25	25	25
Coefficiente parziale $\gamma_c$	$\gamma_c$		1.50	1.50	1.50
Coefficiente parziale $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$		0.85	0.85	0.85
Resistenza a compressione di calcolo	fcd	Mpa	14.2	14.2	14.2
Tensione caratteristica di snervamento acciaio di armatura	fyk	Mpa	450	450	450
tensione di calcolo acciaio	fywd	Mpa	391.3	391.3	391.3
<b>Caratteristiche geometriche sezione</b>					
Altezza	H	m	1.20	1.40	0.90
Larghezza	B	m	1.00	1.00	1.00
Area calcestruzzo	Ac	m <sup>2</sup>	1.20	1.40	0.90
Larghezza anima	bw	m	1.00	1.00	1.00
copriferro	c	m	0.066	0.066	0.066
altezza utile della sezione	d	m	1.13	1.33	0.83
<b>Azione di calcolo</b>					
Sforzo normale di calcolo	N <sub>Ed</sub>	kN	2286.9	2158.9	1803.9
Sforzo di taglio di calcolo	V	kN	185.7	479.7	645.7
<b>Elementi senza armature trasversali resistenti al taglio</b>					
numero barre	num		5	7.5	7.5
diametro barre	phi	mm	20	20	20
Area dell'armatura longitudinale di trazione ancorata al di là dell'intersezione dell'asse dell'armatura con una eventuale fessura a 45° che si inneschi nella sezione considerata	Asl	mmq	1571	2356	2356
Coefficiente k	k	m	1.42	1.39	1.49
vmin	vmin		0.3	0.3	0.3
rapporto geometrico di armatura longitudinale	$\rho_1$		0.00139	0.00177	0.00283
tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp}$	Mpa	1.91	1.54	2.00
<b>Resistenza a taglio</b>	<b>V<sub>Rd</sub></b>	<b>kN</b>	<b>616.5</b>	<b>672.9</b>	<b>536.8</b>
<b>Fattore di sicurezza</b>	<b>FS</b>	<b>-</b>	<b>3.3</b>	<b>1.4</b>	<b>0.8</b>
<b>Elementi con armature trasversali resistenti al taglio</b>					
<i>Verifica del conglomerato</i>					
Resistenza a taglio del conglomerato	V <sub>Rcd</sub>	kN	4819.5	5669.5	3544.5
<i>Verifica dell'armatura trasversale</i>					
diametro staffe	fsw	mm	14	14	14
passo staffe	scp	m	0.40	0.40	0.40
numero di bracci	nb		2.5	2.5	2.5
Armatura a taglio (staffe)	Asw	mmq	385	385	385
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	$\alpha$	deg	90	90	90
Inclinazione dei puntoni in cls rispetto all'asse della trave	$\theta$	deg	21.8	21.8	21.8
tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp}$	kPa	1906	1542	2004
coefficiente alpha	$\alpha_c$		1.13	1.11	1.14
Resistenza a "taglio trazione"	V <sub>Rsdt</sub>	kN	960.7	1130.1	706.5
Resistenza a "taglio compressione"	V <sub>Rcd</sub>	kN	2828.0	3251.5	2092.6
<b>Resistenza a taglio</b>	<b>V<sub>Rd</sub></b>	<b>kN</b>	<b>960.7</b>	<b>1130.1</b>	<b>706.5</b>
<b>Fattore di sicurezza</b>	<b>FS</b>	<b>-</b>	<b>5.2</b>	<b>2.4</b>	<b>1.1</b>



### 9.4.3 Sezione Bypass pedonale

Per il cunicolo di emergenza si riportano le verifiche della sezione di calcolo più sollecitata, ovvero la sezione a massima copertura (50m) alla progressiva 14+362.

#### 9.4.3.1 Verifica rivestimenti di prima fase

Si riporta il dominio di resistenza del rivestimento di prima fase a 28 giorni.

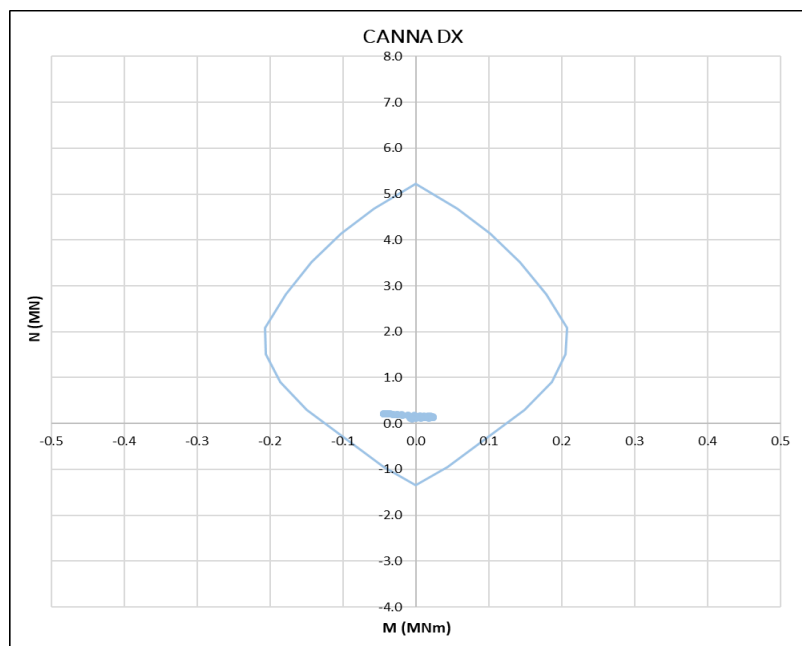


Figura: Dominio di resistenza rivestimento di prima fase.

### 9.4.3.2 Verifica rivestimenti definitivi

➤ **Verifica a pressoflessione SLU**

Si riportano i domini di resistenza agli SLU del rivestimento definitivo:

**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO Cunicolo**  
**VERIFICHE A PRESSOFLESSIONE DI SEZIONI IN CLS ARMATO**

**MATERIALI**

resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	<b>25.0</b>	MPa
coefficiente $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$	<b>0.85</b>	-
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	14.17	MPa
tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	<b>450.0</b>	MPa
tensione di calcolo	$f_{yd}$	391.3	MPa

**GEOMETRIA SEZIONE**

altezza sezione	H	<b>40</b>	cm
larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm
copriferro	c	<b>5</b>	cm

**ARMATURA**

numero barre in direzione parallela H	n//H	<b>5</b>	-
diametro barre	$\phi$	<b>20</b>	mm

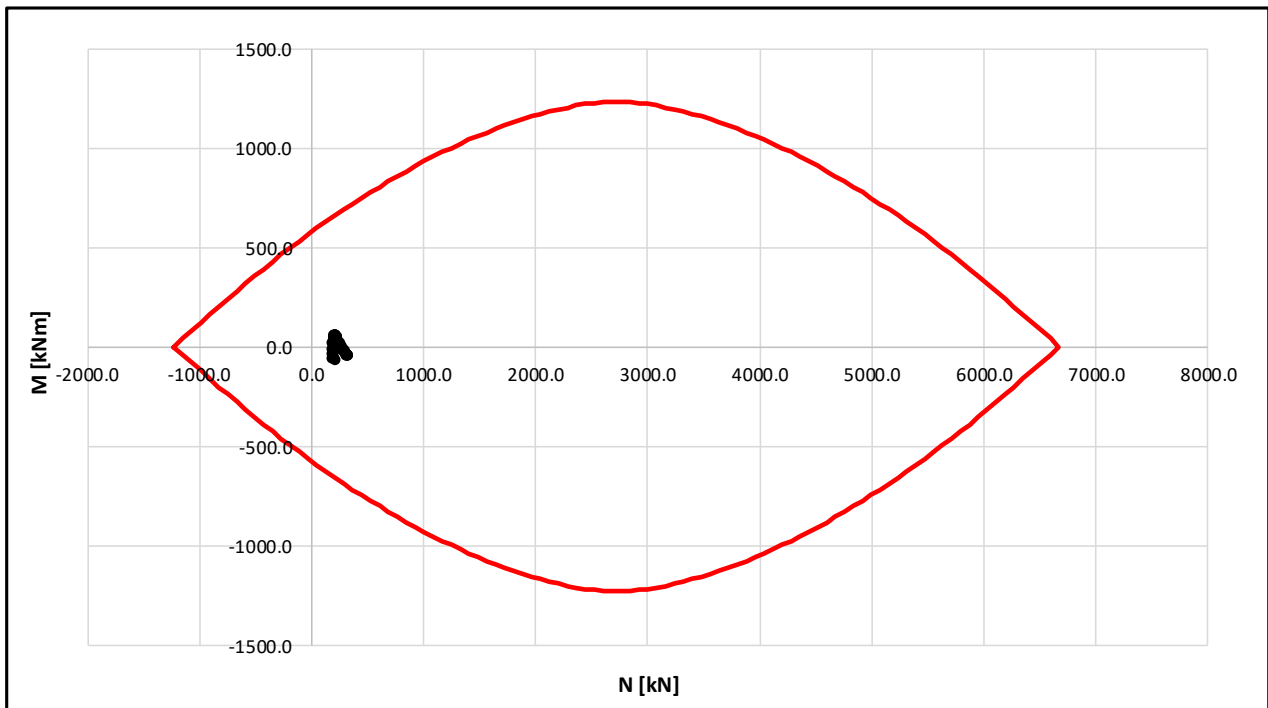



Figura: Dominio di resistenza calotta.

SS 121 "Catanesa" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO Cunicolo**  
**VERIFICHE A PRESSOFLESSIONE DI SEZIONI IN CLS ARMATO**

**MATERIALI**

resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	<b>25.0</b>	MPa
coefficiente $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$	<b>0.85</b>	-
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	14.17	MPa
tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	<b>450.0</b>	MPa
tensione di calcolo	$f_{yd}$	391.3	MPa

**GEOMETRIA SEZIONE**

altezza sezione	H	<b>60</b>	cm
larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm
copriferro	c	<b>5</b>	cm

**ARMATURA**

numero barre in direzione parallela H	n//H	<b>5</b>	-
diametro barre	$\phi$	<b>20</b>	mm

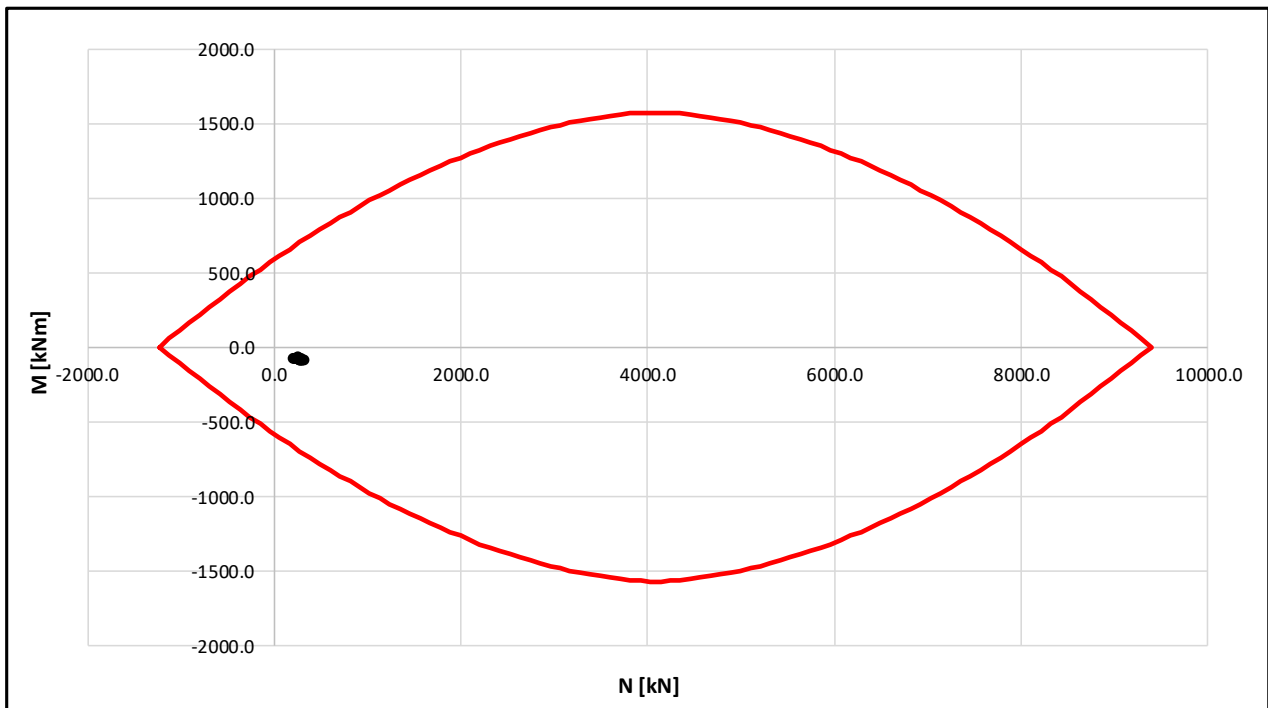



Figura: Dominio di resistenza arco rovescio e murette.

SS 121 "Catanesa" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

➤ **Verifica a pressoflessione SLV**

Si riportano i domini di resistenza agli SLV del rivestimento definitivo:

**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO Cunicolo**  
**VERIFICHE A PRESSOFLESSIONE DI SEZIONI IN CLS ARMATO**

**MATERIALI**

resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	<b>25.0</b>	MPa
coefficiente $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$	<b>0.85</b>	-
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	14.17	MPa
tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	<b>450.0</b>	MPa
tensione di calcolo	$f_{yd}$	391.3	MPa

**GEOMETRIA SEZIONE**

altezza sezione	H	<b>40</b>	cm
larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm
copriferro	c	<b>5</b>	cm

**ARMATURA**

numero barre in direzione parallela H	n//H	<b>5</b>	-
diametro barre	$\phi$	<b>20</b>	mm

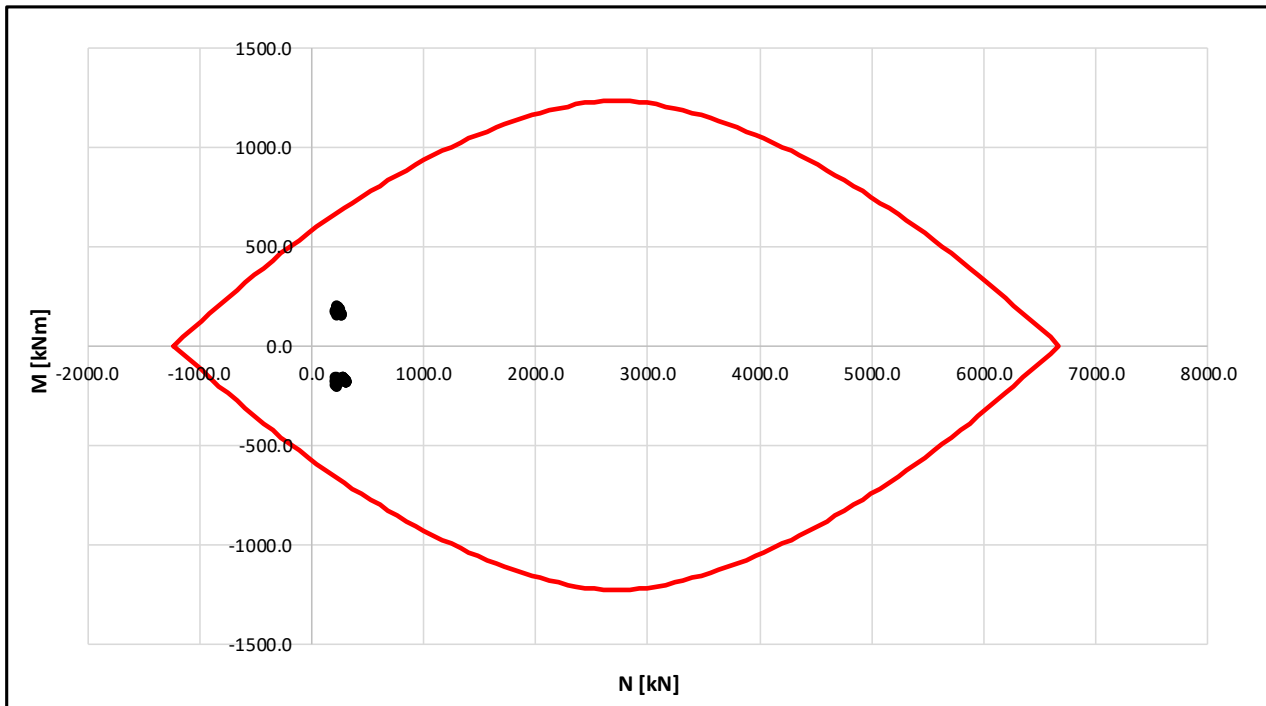



Figura: Dominio di resistenza calotta.



SS 121 "Catanese" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO Cunicolo**

**VERIFICHE A PRESSOFLESSIONE DI SEZIONI IN CLS ARMATO**

**MATERIALI**

resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	<b>25.0</b>	MPa
coefficiente $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$	<b>0.85</b>	-
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	14.17	MPa
tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	<b>450.0</b>	MPa
tensione di calcolo	$f_{yd}$	391.3	MPa

**GEOMETRIA SEZIONE**

altezza sezione	H	<b>60</b>	cm
larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm
copriferro	c	<b>5</b>	cm

**ARMATURA**

numero barre in direzione parallela H	n//H	<b>5</b>	-
diámetro barre	$\phi$	<b>20</b>	mm

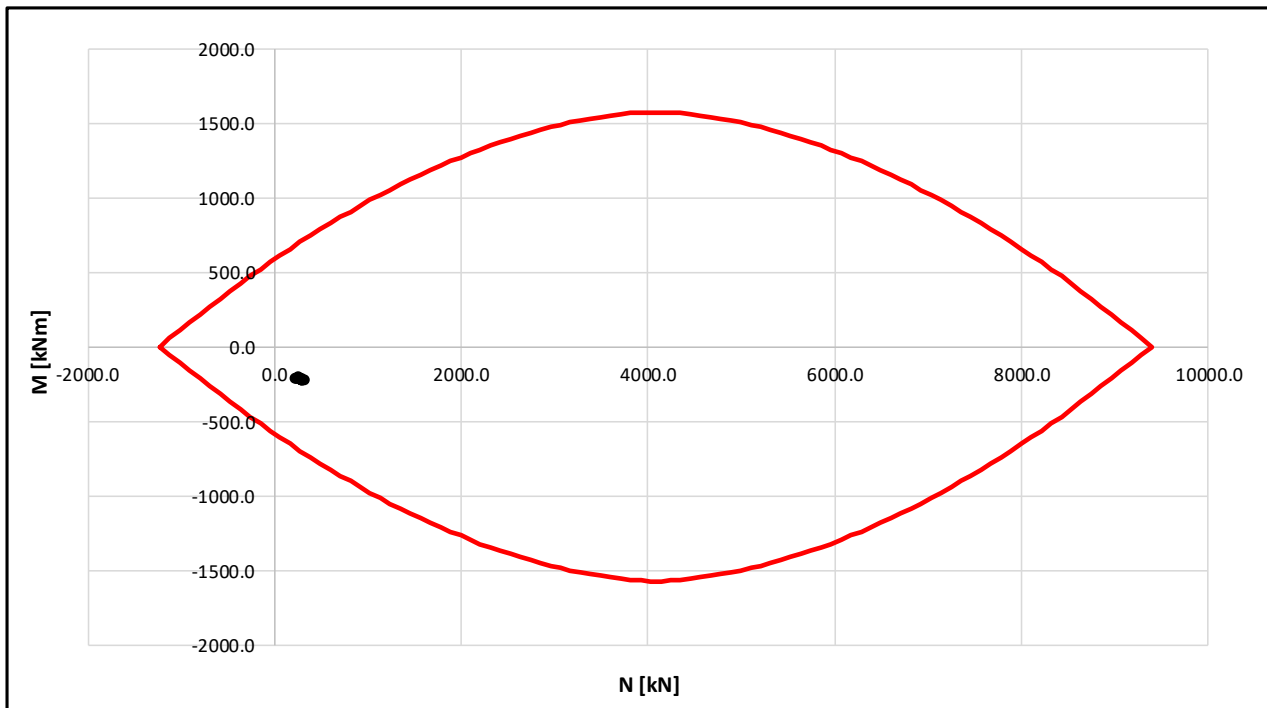



Figura: Dominio di resistenza arco rovescio e murette.

<b>SS 121 "Catanesa"</b> <i>Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta</i>		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>UP62</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	


➤ **Verifica a taglio SLU**

Si riportano le verifiche a taglio agli SLU del rivestimento definitivo:

**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO Cunicolo**

**VERIFICHE SLU PER SOLLECITAZIONI TAGLIANTI**

Dati	Var	unità	Piano dei centri	Piedritto - muretta	Muretta - arco rovescio
Resistenza a compressione cubica caratteristica	Rck	Mpa	30	30	30
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	fck	Mpa	25	25	25
Coefficiente parziale $\gamma_c$	$\gamma_c$		1.50	1.50	1.50
Coefficiente parziale $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$		0.85	0.85	0.85
Resistenza a compressione di calcolo	fcd	Mpa	14.2	14.2	14.2
Tensione caratteristica di snervamento acciaio di armatura	fyk	Mpa	450	450	450
tensione di calcolo acciaio	fywd	Mpa	391.3	391.3	391.3
<b>Caratteristiche geometriche sezione</b>					
Altezza	H	m	0.40	0.60	0.60
Larghezza	B	m	1.00	1.00	1.00
Area calcestruzzo	Ac	m <sup>2</sup>	0.40	0.60	0.60
Larghezza anima	bw	m	1.00	1.00	1.00
copriferro	c	m	0.066	0.066	0.066
altezza utile della sezione	d	m	0.33	0.53	0.53
<b>Azione di calcolo</b>					
Sforzo normale di calcolo	N <sub>Ed</sub>	kN	253.50	183.30	195.00
Sforzo di taglio di calcolo	V	kN	65.0	119.6	16.9
<b>Elementi senza armature trasversali resistenti al taglio</b>					
numero barre	num		5	5	5
diámetro barre	phi	mm	20	20	20
Area dell'armatura longitudinale di trazione ancorata al di là dell'intersezione dell'asse dell'armatura con una eventuale fessura a 45° che si inneschi nella sezione considerata	Asl	mmq	1571	1571	1571
Coefficiente k	k	m	1.77	1.61	1.61
vmin	vmin		0.4	0.4	0.4
rapporto geometrico di armatura longitudinale	$\rho_1$		0.00470	0.00294	0.00294
tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp}$	Mpa	0.63	0.31	0.33
<b>Resistenza a taglio</b>	<b>V<sub>Rd</sub></b>	<b>kN</b>	<b>193.4</b>	<b>225.3</b>	<b>226.9</b>
<b>Fattore di sicurezza</b>	<b>FS</b>	<b>-</b>	<b>3.0</b>	<b>1.9</b>	<b>13.4</b>

SS 121 "Catanesa" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>UP62</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

➤ **Verifica a taglio SLV**

Si riportano le verifiche a taglio agli SLV del rivestimento definitivo:

**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO Cunicolo**  
**VERIFICHE SLU PER SOLLECITAZIONI TAGLIANTI**


Dati	Var	unità	Piano dei centri	Piedritto - muretta	Muretta - arco rovescio
Resistenza a compressione cubica caratteristica	Rck	Mpa	30	30	30
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	fck	Mpa	25	25	25
Coefficiente parziale $\gamma_c$	$\gamma_c$		1.50	1.50	1.50
Coefficiente parziale $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$		0.85	0.85	0.85
Resistenza a compressione di calcolo	fcd	Mpa	14.2	14.2	14.2
Tensione caratteristica di snervamento acciaio di armatura	fyk	Mpa	450	450	450
tensione di calcolo acciaio	fywd	Mpa	391.3	391.3	391.3
<b>Caratteristiche geometriche sezione</b>					
Altezza	H	m	0.40	0.60	0.60
Larghezza	B	m	1.00	1.00	1.00
Area calcestruzzo	Ac	m <sup>2</sup>	0.40	0.60	0.60
Larghezza anima	bw	m	1.00	1.00	1.00
copriferro	c	m	0.066	0.066	0.066
altezza utile della sezione	d	m	0.33	0.53	0.53
<b>Azione di calcolo</b>					
Sforzo normale di calcolo	N <sub>Ed</sub>	kN	262.36	208.36	217.36
Sforzo di taglio di calcolo	V	kN	184.7	226.7	147.7
<b>Elementi senza armature trasversali resistenti al taglio</b>					
numero barre	num		5	5	5
diámetro barre	phi	mm	20	20	20
Area dell'armatura longitudinale di trazione ancorata al di là dell'intersezione dell'asse dell'armatura con una eventuale fessura a 45° che si inneschi nella sezione considerata	Asl	mmq	1571	1571	1571
Coefficiente k	k	m	1.77	1.61	1.61
vmin	vmin		0.4	0.4	0.4
rapporto geometrico di armatura longitudinale	$\rho_1$		0.00470	0.00294	0.00294
tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp}$	Mpa	0.66	0.35	0.36
<b>Resistenza a taglio</b>	<b>V<sub>Rd</sub></b>	<b>kN</b>	<b>194.5</b>	<b>228.7</b>	<b>229.9</b>
<b>Fattore di sicurezza</b>	<b>FS</b>	<b>-</b>	<b>1.1</b>	<b>1.0</b>	<b>1.6</b>

➤ Verifica SLE

Si riportano le verifiche a taglio agli SLE del rivestimento definitivo:

LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA003 - SEZIONE TIPO Cunicolo  
VERIFICHE SLE (armatura poco sensibile)


Dati	Var	unità	Chiave calotta	Piano dei centri	Piedritto - murietta	Murietta - arco rovescio	Chiave arco rovescio
Altezza della sezione	H	cm	40,0	40,0	60,0	60,0	60,0
Larghezza sezione di calcolo	B	cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Tipo di acciaio armatura	f <sub>yk</sub>	MPa	450,0	450,0	450,0	450,0	450,0
Numero barre in zona tesa	φ	-	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Diametro barre in zona tesa	φ	cm	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Numero barre in zona compressa	φ	-	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Diametro barre in zona compressa	φ	cm	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Armatura zona tesa	A <sub>s</sub>	cmq	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7
Armatura zona compressa	A <sub>s</sub>	cmq	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7
Copriferro in zona tesa	c	cm	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
Copriferro zona compressa	c	cm	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
Rapporto f <sub>t</sub> /f <sub>c</sub>	n	-	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Momento flettente	M <sub>d</sub>	kNm	30,0	12,0	34,0	54,0	67,0
Sforzo Normale	N <sub>d</sub>	kN	236,0	195,0	141,0	150,0	237,0
Condizioni ambientali			AGGRESSIVE	AGGRESSIVE	AGGRESSIVE	AGGRESSIVE	AGGRESSIVE
Posizione asse neutro	x	m	0,3	0,4	0,3	0,2	0,3
Max tensione conglomerato	σ <sub>c,max</sub>	MPa	1,7	0,8	0,9	1,5	1,8
Max tensione acciaio zona tesa	σ <sub>st,max</sub>	MPa	7,0	-2,6	8,9	28,4	24,5
Max tensione acciaio zona compressa	σ <sub>sc,max</sub>	MPa	18,7	10,5	10,4	15,7	20,1
<b>Verifiche SLE-CARATTERISTICA</b>							
Tensione massima ammissibile	σ <sub>slim</sub>	MPa	360,0	360,0	360,0	360,0	360,0
coefficiente di utilizzo - Stato I limite limitazione tensioni	c. u.		2%	1%	2%	8%	7%
<b>Verifiche SLE-FREQUENTE</b>							
valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile	w <sub>lim</sub>	mm	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Tensione limite ammissibile	σ <sub>slim</sub>	MPa	222,2	222,2	222,2	222,2	222,2
coefficiente di utilizzo - Stato I limite limitazione tensioni	c. u.		3%	1%	4%	13%	11%
<b>Verifiche SLE-QP</b>							
valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile	w <sub>lim</sub>	mm	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Tensione limite ammissibile	σ <sub>slim</sub>	MPa	182,2	182,2	182,2	182,2	182,2
coefficiente di utilizzo - Stato I limite limitazione tensioni	c. u.		4%	1%	5%	16%	13%

SS 121 "Catanesa" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

## 9.5 Riepilogo armature sezioni tipo

Nella tabella seguente si riassumono le armature utilizzate per le varie sezioni:


Sezione tipo	Sagoma	Sezione di verifica	Zona tesa	Zona compressa	Staffe
C2	1	Chiave calotta	Φ20/20	Φ20/20	-
		Piano dei centri	Φ20/20	Φ20/20	-
		Piedritto - muretta	Φ20/20+Φ20/40	Φ20/20	-
		Muretta - arco rovescio	Φ20/20+Φ20/40	Φ20/20	Φ14/20
		Chiave arco rovescio	Φ20/20+Φ20/40	Φ20/20	-
C2	Cunicolo	Chiave calotta	Φ20/20	Φ20/20	-
		Piano dei centri	Φ20/20	Φ20/20	-
		Piedritto - muretta	Φ20/20	Φ20/20	-
		Muretta - arco rovescio	Φ20/20	Φ20/20	-
		Chiave arco rovescio	Φ20/20	Φ20/20	-
Sezione tipo	Sagoma	Sezione di verifica	Zona tesa	Zona compressa	Staffe
C2P	1	Chiave calotta	Φ20/20	Φ20/20	-
		Piano dei centri	Φ20/20	Φ20/20	-
		Piedritto - muretta	Φ20/20+Φ20/40	Φ20/20	-
		Muretta - arco rovescio	Φ20/20+Φ20/40	Φ20/20	Φ14/40
		Chiave arco rovescio	Φ20/20+Φ20/40	Φ20/20	-
C2P	Cunicolo	Chiave calotta	Φ20/20	Φ20/20	-
		Piano dei centri	Φ20/20	Φ20/20	-
		Piedritto - muretta	Φ20/20	Φ20/20	-
		Muretta - arco rovescio	Φ20/20	Φ20/20	-
		Chiave arco rovescio	Φ20/20	Φ20/20	-

<i>SS 121 "Cataneſe"</i> <i>Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta</i>		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>UP62</b>	<b><i>Relazione tecnica e di calcolo</i></b>	

## **10 CONCLUSIONI**

---

Nella presente relazione si sono verificati con successo tanto i rivestimenti provvisori che quelli definitivi delle sezioni tipo previste per la galleria GN03.

<i>SS 121 "Cataneſe"</i> <i>Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta</i>		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>UP62</b>	<b><i>Relazione tecnica e di calcolo</i></b>	

## **11 ALLEGATI**

---

### **11.1 Metodo semi-empirico di Tamèz**

**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2 - SAGOMA 1**  
**STABILITA' DEL FRONTE DI SCAVO - METODO DI TAMEZ**

**Terreno Flysh Numidico**

**z=50m ammasso naturale**

GEOMETRIA	var	unità	
Larghezza dello scavo	b	m	15,50
altezza dello scavo	h	m	11,18
Copertura di terreno sulla calotta	z	m	50,00
distanza tra il fronte ed il sostegno	a	m	1,00
profondità della falda	w	m	50,00

**PARAMETRI GEOMECCANICI**

Peso specifico del terreno	g	kN/mc	20,0
coesione drenata del terreno da scavare	c1	kPa	20,0
coesione drenata del terreno sopra la calotta	c2	kPa	20,0
angolo d'attrito	φ	deg	25,0
pressione di sostegno al fronte	p	kPa	0,0
coefficiente $K_a = \sigma_h / \sigma_v$	$K_a$		0,50
coefficiente $K_0 = \sigma_{h0} / \sigma_{v0}$	$K_0$		0,50
pressione interstiziale	u	kPa	0,00

**Altezza del prisma di carico sulla calotta della galleria:**

$$h_1 = 1.7 b \quad \text{per } z/D \geq 3$$

$$h_1 = z \quad \text{per } z/D < 3$$

$$h_1 = 26,35$$

**Altezza del prisma di carico sulla calotta della galleria:**

profondità del cuneo frontale  $l$  m 7,12

**Valori medi della resistenza a rottura nei prismi 2 e 3:**

$$\tau_{m3} = c_2 + \{0.25[w\gamma + (z - h_1 - w)(\gamma - \gamma_w)] - u\}tg\phi$$

per tunnel profondi

$$\tau_{m3} = c_2$$

per tunnel superficiali

$$\tau_{m2} = c_2 + \frac{K_0}{2} \left[ w\gamma + (z - h_1 - w)(\gamma - \gamma_w) + 3.4c_1 / \sqrt{K_a} - \frac{(\gamma - \gamma_w)h}{2} \right]$$

per tunnel profondi

$$\tau_{m2} = c_2 + \frac{K_0}{2} \left[ 3.4c_1 / \sqrt{K_a} - \frac{(\gamma - \gamma_w)h}{2} \right]$$

per tunnel superficiali

nel caso in oggetto si ha:

$$\tau_{m3} = 105,9$$

$$\tau_{m2} = 202,2$$

**Fattore di sicurezza rispetto al collasso del fronte di scavo:**

$$FSF = \frac{\left[ \frac{2(\tau_{m2} - \tau_{m3})}{(1 + a/l)^2} + 2\tau_{m3} \right] \frac{h_1}{b} + \frac{2\tau_{m3}}{(1 + a/l)\sqrt{K_a}} \frac{h_1}{h} + \frac{3.4c}{(1 + a/l)^2 \sqrt{K_a}}}{\left[ 1 + \frac{2h}{3z(1 + a/l)^2} \right] [\gamma z - p]} = 1,17$$

**Fattore di sicurezza rispetto al collasso del prisma 3 in calotta:**

$$FS3 = \frac{2\tau_{m3}}{\gamma z - p} \left[ \frac{h_1}{b} \left( 1 + \frac{b}{a} \right) \right] = 5,94$$



**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2 - SAGOMA 1****STABILITA' DEL FRONTE DI SCAVO - METODO DI TAMEZ****Terreno Flysh Numidico****z=40m ammasso naturale**

GEOMETRIA	var	unità	
Larghezza dello scavo	b	m	15,50
altezza dello scavo	h	m	11,18
Copertura di terreno sulla calotta	z	m	40,00
distanza tra il fronte ed il sostegno	a	m	1,00
profondità della falda	w	m	40,00

**PARAMETRI GEOMECCANICI**

Peso specifico del terreno	g	kN/mc	20,0
coesione drenata del terreno da scavare	c1	kPa	20,0
coesione drenata del terreno sopra la calotta	c2	kPa	20,0
angolo d'attrito	$\phi$	deg	25,0
pressione di sostegno al fronte	p	kPa	0,0
coefficiente $Ka = \sigma_h / \sigma_v$	Ka		0,50
coefficiente $K0 = \sigma_{h0} / \sigma_{v0}$	K0		0,50
pressione interstiziale	u	kPa	0,00

**Altezza del prisma di carico sulla calotta della galleria:**

$$h1 = 1.7 b \quad \text{per } z / D \geq 3$$

$$h1 = z \quad \text{per } z / D < 3$$

$$h1 = 40$$

**Altezza del prisma di carico sulla calotta della galleria:**

$$\text{profondità del cuneo frontale} \quad l \quad \text{m} \quad 7,12$$

**Valori medi della resistenza a rottura nei prismi 2 e 3:**

$$\tau_{m3} = c_2 + \{0.25[w\gamma + (z - h1 - w)(\gamma - \gamma_w)] - u\}tg\phi$$

per tunnel profondi

$$\tau_{m3} = c_2$$

per tunnel superficiali

$$\tau_{m2} = c_2 + \frac{K0}{2} \left[ w\gamma + (z - h1 - w)(\gamma - \gamma_w) + 3.4c_1 / \sqrt{Ka} - \frac{(\gamma - \gamma_w)h}{2} \right]$$

per tunnel profondi

$$\tau_{m2} = c_2 + \frac{K0}{2} \left[ 3.4c_1 / \sqrt{Ka} - \frac{(\gamma - \gamma_w)h}{2} \right]$$

per tunnel superficiali

nel caso in oggetto si ha:

$$\tau_{m3} = 20,0$$

$$\tau_{m2} = 30,1$$

**Fattore di sicurezza rispetto al collasso del fronte di scavo:**

$$FSF = \frac{\left[ \frac{2(\tau_{m2} - \tau_{m3})}{(1 + a/l)^2} + 2\tau_{m3} \right] \frac{h1}{b} + \frac{2\tau_{m3}}{(1 + a/l)\sqrt{Ka}} \frac{h1}{h} + \frac{3.4c}{(1 + a/l)^2 \sqrt{Ka}}}{\left[ 1 + \frac{2h}{3z(1 + a/l)^2} \right] [\gamma z - p]} = 0,43$$

**Fattore di sicurezza rispetto al collasso del prisma 3 in calotta:**

$$FS3 = \frac{2\tau_{m3}}{\gamma z - p} \left[ \frac{h1}{b} \left( 1 + \frac{b}{a} \right) \right] = 2,13$$

**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2 - SAGOMA 1**  
**STABILITA' DEL FRONTE DI SCAVO - METODO DI TAMEZ**

**Terreno Flysh Numidico**

**z=30m ammasso naturale**

GEOMETRIA	var	unità	
Larghezza dello scavo	b	m	15,50
altezza dello scavo	h	m	11,18
Copertura di terreno sulla calotta	z	m	30,00
distanza tra il fronte ed il sostegno	a	m	1,00
profondità della falda	w	m	30,00

**PARAMETRI GEOMECCANICI**

Peso specifico del terreno	g	kN/mc	20,0
coesione drenata del terreno da scavare	c1	kPa	20,0
coesione drenata del terreno sopra la calotta	c2	kPa	20,0
angolo d'attrito	φ	deg	25,0
pressione di sostegno al fronte	p	kPa	0,0
coefficiente $K_a = \sigma_h / \sigma_v$	$K_a$		0,50
coefficiente $K_0 = \sigma_{h0} / \sigma_{v0}$	$K_0$		0,50
pressione interstiziale	u	kPa	0,00

**Altezza del prisma di carico sulla calotta della galleria:**

$$h_1 = 1.7 b \quad \text{per } z/D \geq 3$$

$$h_1 = z \quad \text{per } z/D < 3$$

$h_1 = 30$

**Altezza del prisma di carico sulla calotta della galleria:**

profondità del cuneo frontale  $l$  m  $7,12$

**Valori medi della resistenza a rottura nei prismi 2 e 3:**

$$\tau_{m3} = c_2 + \{0.25[w\gamma + (z - h_1 - w)(\gamma - \gamma_w)] - u\}tg\phi$$

per tunnel profondi

$$\tau_{m3} = c_2$$

per tunnel superficiali

$$\tau_{m2} = c_2 + \frac{K_0}{2} \left[ w\gamma + (z - h_1 - w)(\gamma - \gamma_w) + 3.4c_1 / \sqrt{K_a} - \frac{(\gamma - \gamma_w)h}{2} \right]$$

per tunnel profondi

$$\tau_{m2} = c_2 + \frac{K_0}{2} \left[ 3.4c_1 / \sqrt{K_a} - \frac{(\gamma - \gamma_w)h}{2} \right]$$

per tunnel superficiali

nel caso in oggetto si ha:

$$\tau_{m3} = 20,0$$

$$\tau_{m2} = 30,1$$

**Fattore di sicurezza rispetto al collasso del fronte di scavo:**

$$FSF = \frac{\left[ \frac{2(\tau_{m2} - \tau_{m3})}{(1 + a/l)^2} + 2\tau_{m3} \right] \frac{h_1}{b} + \frac{2\tau_{m3}}{(1 + a/l)\sqrt{K_a}} \frac{h_1}{h} + \frac{3.4c}{(1 + a/l)^2 \sqrt{K_a}}}{\left[ 1 + \frac{2h}{3z(1 + a/l)^2} \right] [\gamma z - p]} = 0,44$$

**Fattore di sicurezza rispetto al collasso del prisma 3 in calotta:**

$$FS3 = \frac{2\tau_{m3}}{\gamma z - p} \left[ \frac{h_1}{b} \left( 1 + \frac{b}{a} \right) \right] = 2,13$$

**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2 - SAGOMA 1**  
**STABILITA' DEL FRONTE DI SCAVO - METODO DI TAMEZ**

**Terreno Flysh Numidico**

**z=20m ammasso naturale**

GEOMETRIA	var	unità	
Larghezza dello scavo	b	m	15,50
altezza dello scavo	h	m	11,18
Copertura di terreno sulla calotta	z	m	20,00
distanza tra il fronte ed il sostegno	a	m	1,00
profondità della falda	w	m	20,00

PARAMETRI GEOMECCANICI			
Peso specifico del terreno	g	kN/mc	20,0
coesione drenata del terreno da scavare	c1	kPa	20,0
coesione drenata del terreno sopra la calotta	c2	kPa	20,0
angolo d'attrito	φ	deg	25,0
pressione di sostegno al fronte	p	kPa	0,0
coefficiente $K_a = \sigma_h / \sigma_v$	$K_a$		0,50
coefficiente $K_0 = \sigma_{h0} / \sigma_{v0}$	$K_0$		0,50
pressione interstiziale	u	kPa	0,00

**Altezza del prisma di carico sulla calotta della galleria:**

$$h_1 = 1.7 b \quad \text{per } z/D \geq 3$$

$$h_1 = z \quad \text{per } z/D < 3$$

$h_1 = 20$

**Altezza del prisma di carico sulla calotta della galleria:**

profondità del cuneo frontale  $l$  m  $7,12$

**Valori medi della resistenza a rottura nei prismi 2 e 3:**

$$\tau_{m3} = c_2 + \{0.25[w\gamma + (z - h_1 - w)(\gamma - \gamma_w)] - u\}tg\phi$$

per tunnel profondi

$$\tau_{m3} = c_2$$

per tunnel superficiali

$$\tau_{m2} = c_2 + \frac{K_0}{2} \left[ w\gamma + (z - h_1 - w)(\gamma - \gamma_w) + 3.4c_1 / \sqrt{K_a} - \frac{(\gamma - \gamma_w)h}{2} \right]$$

per tunnel profondi

$$\tau_{m2} = c_2 + \frac{K_0}{2} \left[ 3.4c_1 / \sqrt{K_a} - \frac{(\gamma - \gamma_w)h}{2} \right]$$

per tunnel superficiali

nel caso in oggetto si ha:

$$\tau_{m3} = 20,0$$

$$\tau_{m2} = 30,1$$

**Fattore di sicurezza rispetto al collasso del fronte di scavo:**

$$FSF = \frac{\left[ \frac{2(\tau_{m2} - \tau_{m3})}{(1 + a/l)^2} + 2\tau_{m3} \right] \frac{h_1}{b} + \frac{2\tau_{m3}}{(1 + a/l)\sqrt{K_a}} \frac{h_1}{h} + \frac{3.4c}{(1 + a/l)^2 \sqrt{K_a}}}{\left[ 1 + \frac{2h}{3z(1 + a/l)^2} \right] [\gamma z - p]} = 0,46$$

**Fattore di sicurezza rispetto al collasso del prisma 3 in calotta:**

$$FS3 = \frac{2\tau_{m3}}{\gamma z - p} \left[ \frac{h_1}{b} \left( 1 + \frac{b}{a} \right) \right] = 2,13$$

**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2 - SAGOMA 1****STABILITA' DEL FRONTE DI SCAVO - METODO DI TAMEZ****Terreno Flysh Numidico****z=10m ammasso naturale**

GEOMETRIA	var	unità	
Larghezza dello scavo	b	m	15,50
altezza dello scavo	h	m	11,18
Copertura di terreno sulla calotta	z	m	10,00
distanza tra il fronte ed il sostegno	a	m	1,00
profondità della falda	w	m	10,00

**PARAMETRI GEOMECCANICI**

Peso specifico del terreno	g	kN/mc	20,0
coesione drenata del terreno da scavare	c1	kPa	20,0
coesione drenata del terreno sopra la calotta	c2	kPa	20,0
angolo d'attrito	$\phi$	deg	25,0
pressione di sostegno al fronte	p	kPa	0,0
coefficiente $Ka = \sigma_h / \sigma_v$	Ka		0,50
coefficiente $K0 = \sigma_{h0} / \sigma_{v0}$	K0		0,50
pressione interstiziale	u	kPa	0,00

**Altezza del prisma di carico sulla calotta della galleria:**

$$h1 = 1.7 b \quad \text{per } z / D \geq 3$$

$$h1 = z \quad \text{per } z / D < 3$$

$$h1 = 10$$

**Altezza del prisma di carico sulla calotta della galleria:**

$$\text{profondità del cuneo frontale} \quad l \quad \text{m} \quad 7,12$$

**Valori medi della resistenza a rottura nei prismi 2 e 3:**

$$\tau_{m3} = c_2 + \{0.25[w\gamma + (z - h1 - w)(\gamma - \gamma_w)] - u\}tg\phi$$

per tunnel profondi

$$\tau_{m3} = c_2$$

per tunnel superficiali

$$\tau_{m2} = c_2 + \frac{K0}{2} \left[ w\gamma + (z - h1 - w)(\gamma - \gamma_w) + 3.4c_1 / \sqrt{Ka} - \frac{(\gamma - \gamma_w)h}{2} \right]$$

per tunnel profondi

$$\tau_{m2} = c_2 + \frac{K0}{2} \left[ 3.4c_1 / \sqrt{Ka} - \frac{(\gamma - \gamma_w)h}{2} \right]$$

per tunnel superficiali

nel caso in oggetto si ha:

$$\tau_{m3} = 20,0$$

$$\tau_{m2} = 30,1$$

**Fattore di sicurezza rispetto al collasso del fronte di scavo:**

$$FSF = \frac{\left[ \frac{2(\tau_{m2} - \tau_{m3})}{(1 + a/l)^2} + 2\tau_{m3} \right] \frac{h1}{b} + \frac{2\tau_{m3}}{(1 + a/l)\sqrt{Ka}} \frac{h1}{h} + \frac{3.4c}{(1 + a/l)^2 \sqrt{Ka}}}{\left[ 1 + \frac{2h}{3z(1 + a/l)^2} \right] [\gamma z - p]} = 0,49$$

**Fattore di sicurezza rispetto al collasso del prisma 3 in calotta:**

$$FS3 = \frac{2\tau_{m3}}{\gamma z - p} \left[ \frac{h1}{b} \left( 1 + \frac{b}{a} \right) \right] = 2,13$$

**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2p - SAGOMA 1****STABILITA' DEL FRONTE DI SCAVO - METODO DI TAMEZ****Terreno Flysh Numidico****z=40m ammasso naturale**

GEOMETRIA	var	unità	
Larghezza dello scavo	b	m	15,90
altezza dello scavo	h	m	11,38
Copertura di terreno sulla calotta	z	m	40,00
distanza tra il fronte ed il sostegno	a	m	1,00
profondità della falda	w	m	40,00

PARAMETRI GEOMECCANICI			
Peso specifico del terreno	g	kN/mc	20,0
coesione drenata del terreno da scavare	c1	kPa	20,0
coesione drenata del terreno sopra la calotta	c2	kPa	20,0
angolo d'attrito	φ	deg	25,0
pressione di sostegno al fronte	p	kPa	0,0
coefficiente $K_a = \sigma_h / \sigma_v$	$K_a$		0,50
coefficiente $K_0 = \sigma_{h0} / \sigma_v0$	$K_0$		0,50
pressione interstiziale	u	kPa	0,00

**Altezza del prisma di carico sulla calotta della galleria:**

$$h1 = 1.7 b \quad \text{per } z / D \geq 3$$

$$h1 = z \quad \text{per } z / D < 3$$

$$h1 = 40$$

**Altezza del prisma di carico sulla calotta della galleria:**

profondità del cuneo frontale	l	m	7,25
-------------------------------	---	---	------

**Valori medi della resistenza a rottura nei prismi 2 e 3:**

$$\tau_{m3} = c_2 + \{0.25[w\gamma + (z - h1 - w)(\gamma - \gamma_w)] - u\}tg\phi$$

per tunnel profondi

$$\tau_{m3} = c_2$$

per tunnel superficiali

$$\tau_{m2} = c_2 + \frac{K_0}{2} \left[ w\gamma + (z - h1 - w)(\gamma - \gamma_w) + 3.4c_1 / \sqrt{K_a} - \frac{(\gamma - \gamma_w)h}{2} \right]$$

per tunnel profondi

$$\tau_{m2} = c_2 + \frac{K_0}{2} \left[ 3.4c_1 / \sqrt{K_a} - \frac{(\gamma - \gamma_w)h}{2} \right]$$

per tunnel superficiali

nel caso in oggetto si ha:

$\tau_{m3} =$	20,0
$\tau_{m2} =$	29,8

**Fattore di sicurezza rispetto al collasso del fronte di scavo:**

$$FSF = \frac{\left[ \frac{2(\tau_{m2} - \tau_{m3})}{(1 + a/l)^2} + 2\tau_{m3} \right] \frac{hl}{b} + \frac{2\tau_{m3}}{(1 + a/l)\sqrt{K_a}} \frac{hl}{h} + \frac{3.4c}{(1 + a/l)^2\sqrt{K_a}}}{\left[ 1 + \frac{2h}{3z(1 + a/l)^2} \right] [\gamma z - p]} = 0,42$$

**Fattore di sicurezza rispetto al collasso del prisma 3 in calotta:**

$$FS3 = \frac{2\tau_{m3}}{\gamma z - p} \left[ \frac{hl}{b} \left( 1 + \frac{b}{a} \right) \right] = 2,13$$

**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2p - SAGOMA 1****STABILITA' DEL FRONTE DI SCAVO - METODO DI TAMEZ****Terreno Flysh Numidico****z=30m ammasso naturale**

GEOMETRIA	var	unità	
Larghezza dello scavo	b	m	15,90
altezza dello scavo	h	m	11,38
Copertura di terreno sulla calotta	z	m	30,00
distanza tra il fronte ed il sostegno	a	m	1,00
profondità della falda	w	m	30,00

**PARAMETRI GEOMECCANICI**

Peso specifico del terreno	g	kN/mc	20,0
coesione drenata del terreno da scavare	c1	kPa	20,0
coesione drenata del terreno sopra la calotta	c2	kPa	20,0
angolo d'attrito	φ	deg	25,0
pressione di sostegno al fronte	p	kPa	0,0
coefficiente $K_a = \sigma_h / \sigma_v$	$K_a$		0,50
coefficiente $K_0 = \sigma_{h0} / \sigma_v0$	$K_0$		0,50
pressione interstiziale	u	kPa	0,00

**Altezza del prisma di carico sulla calotta della galleria:**

$$h1 = 1.7 b \quad \text{per } z / D \geq 3$$

$$h1 = z \quad \text{per } z / D < 3$$

$$h1 = 30$$

**Altezza del prisma di carico sulla calotta della galleria:**

profondità del cuneo frontale	l	m	7,25
-------------------------------	---	---	------

**Valori medi della resistenza a rottura nei prismi 2 e 3:**

$$\tau_{m3} = c_2 + \{0.25[w\gamma + (z - h1 - w)(\gamma - \gamma_w)] - u\}tg\phi$$

per tunnel profondi

$$\tau_{m3} = c_2$$

per tunnel superficiali

$$\tau_{m2} = c_2 + \frac{K_0}{2} \left[ w\gamma + (z - h1 - w)(\gamma - \gamma_w) + 3.4c_1 / \sqrt{K_a} - \frac{(\gamma - \gamma_w)h}{2} \right]$$

per tunnel profondi

$$\tau_{m2} = c_2 + \frac{K_0}{2} \left[ 3.4c_1 / \sqrt{K_a} - \frac{(\gamma - \gamma_w)h}{2} \right]$$

per tunnel superficiali

nel caso in oggetto si ha:

$$\tau_{m3} = 20,0$$

$$\tau_{m2} = 29,8$$

**Fattore di sicurezza rispetto al collasso del fronte di scavo:**

$$FSF = \frac{\left[ \frac{2(\tau_{m2} - \tau_{m3})}{(1 + a/l)^2} + 2\tau_{m3} \right] \frac{h1}{b} + \frac{2\tau_{m3}}{(1 + a/l)\sqrt{K_a}} \frac{h1}{h} + \frac{3.4c}{(1 + a/l)^2 \sqrt{K_a}}}{\left[ 1 + \frac{2h}{3z(1 + a/l)^2} \right] [\gamma z - p]} = 0,43$$

**Fattore di sicurezza rispetto al collasso del prisma 3 in calotta:**

$$FS3 = \frac{2\tau_{m3}}{\gamma z - p} \left[ \frac{h1}{b} \left( 1 + \frac{b}{a} \right) \right] = 2,13$$

**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2p - SAGOMA 1****STABILITA' DEL FRONTE DI SCAVO - METODO DI TAMEZ****Terreno Flysh Numidico****z=20m ammasso naturale**

GEOMETRIA	var	unità	
Larghezza dello scavo	b	m	15,90
altezza dello scavo	h	m	11,38
Copertura di terreno sulla calotta	z	m	20,00
distanza tra il fronte ed il sostegno	a	m	1,00
profondità della falda	w	m	20,00

**PARAMETRI GEOMECCANICI**

Peso specifico del terreno	g	kN/mc	20,0
coesione drenata del terreno da scavare	c1	kPa	20,0
coesione drenata del terreno sopra la calotta	c2	kPa	20,0
angolo d'attrito	φ	deg	25,0
pressione di sostegno al fronte	p	kPa	0,0
coefficiente $K_a = \sigma_h / \sigma_v$	$K_a$		0,50
coefficiente $K_0 = \sigma_{h0} / \sigma_v0$	$K_0$		0,50
pressione interstiziale	u	kPa	0,00

**Altezza del prisma di carico sulla calotta della galleria:**

$$h1 = 1.7 b \quad \text{per } z / D \geq 3$$

$$h1 = z \quad \text{per } z / D < 3$$

$$h1 = 20$$

**Altezza del prisma di carico sulla calotta della galleria:**

profondità del cuneo frontale	l	m	7,25
-------------------------------	---	---	------

**Valori medi della resistenza a rottura nei prismi 2 e 3:**

$$\tau_{m3} = c_2 + \{0.25[w\gamma + (z - h1 - w)(\gamma - \gamma_w)] - u\}tg\phi$$

per tunnel profondi

$$\tau_{m3} = c_2$$

per tunnel superficiali

$$\tau_{m2} = c_2 + \frac{K_0}{2} \left[ w\gamma + (z - h1 - w)(\gamma - \gamma_w) + 3.4c_1 / \sqrt{K_a} - \frac{(\gamma - \gamma_w)h}{2} \right]$$

per tunnel profondi

$$\tau_{m2} = c_2 + \frac{K_0}{2} \left[ 3.4c_1 / \sqrt{K_a} - \frac{(\gamma - \gamma_w)h}{2} \right]$$

per tunnel superficiali

nel caso in oggetto si ha:

$\tau_{m3} =$	20,0
$\tau_{m2} =$	29,8

**Fattore di sicurezza rispetto al collasso del fronte di scavo:**

$$FSF = \frac{\left[ \frac{2(\tau_{m2} - \tau_{m3})}{(1 + a/l)^2} + 2\tau_{m3} \right] \frac{hl}{b} + \frac{2\tau_{m3}}{(1 + a/l)\sqrt{K_a}} \frac{hl}{h} + \frac{3.4c}{(1 + a/l)^2\sqrt{K_a}}}{\left[ 1 + \frac{2h}{3z(1 + a/l)^2} \right] [\gamma z - p]} = 0,45$$

**Fattore di sicurezza rispetto al collasso del prisma 3 in calotta:**

$$FS3 = \frac{2\tau_{m3}}{\gamma z - p} \left[ \frac{hl}{b} \left( 1 + \frac{b}{a} \right) \right] = 2,13$$

**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2p - SAGOMA 1****STABILITA' DEL FRONTE DI SCAVO - METODO DI TAMEZ****Terreno Flysh Numidico****z=10m ammasso naturale**

GEOMETRIA	var	unità	
Larghezza dello scavo	b	m	15,90
altezza dello scavo	h	m	11,38
Copertura di terreno sulla calotta	z	m	10,00
distanza tra il fronte ed il sostegno	a	m	1,00
profondità della falda	w	m	10,00

**PARAMETRI GEOMECCANICI**

Peso specifico del terreno	g	kN/mc	20,0
coesione drenata del terreno da scavare	c1	kPa	20,0
coesione drenata del terreno sopra la calotta	c2	kPa	20,0
angolo d'attrito	φ	deg	25,0
pressione di sostegno al fronte	p	kPa	0,0
coefficiente $K_a = \sigma_h / \sigma_v$	$K_a$		0,50
coefficiente $K_0 = \sigma_{h0} / \sigma_v0$	$K_0$		0,50
pressione interstiziale	u	kPa	0,00

**Altezza del prisma di carico sulla calotta della galleria:**

$$h1 = 1.7 b \quad \text{per } z / D \geq 3$$

$$h1 = z \quad \text{per } z / D < 3$$

$$h1 = 10$$

**Altezza del prisma di carico sulla calotta della galleria:**

profondità del cuneo frontale	l	m	7,25
-------------------------------	---	---	------

**Valori medi della resistenza a rottura nei prismi 2 e 3:**

$$\tau_{m3} = c_2 + \{0.25[w\gamma + (z - h1 - w)(\gamma - \gamma_w)] - u\}tg\phi$$

per tunnel profondi

$$\tau_{m3} = c_2$$

per tunnel superficiali

$$\tau_{m2} = c_2 + \frac{K_0}{2} \left[ w\gamma + (z - h1 - w)(\gamma - \gamma_w) + 3.4c_1 / \sqrt{K_a} - \frac{(\gamma - \gamma_w)h}{2} \right]$$

per tunnel profondi

$$\tau_{m2} = c_2 + \frac{K_0}{2} \left[ 3.4c_1 / \sqrt{K_a} - \frac{(\gamma - \gamma_w)h}{2} \right]$$

per tunnel superficiali

nel caso in oggetto si ha:

$\tau_{m3} =$	20,0
$\tau_{m2} =$	29,8

**Fattore di sicurezza rispetto al collasso del fronte di scavo:**

$$FSF = \frac{\left[ \frac{2(\tau_{m2} - \tau_{m3})}{(1 + a/l)^2} + 2\tau_{m3} \right] \frac{h1}{b} + \frac{2\tau_{m3}}{(1 + a/l)\sqrt{K_a}} \frac{h1}{h} + \frac{3.4c}{(1 + a/l)^2 \sqrt{K_a}}}{\left[ 1 + \frac{2h}{3z(1 + a/l)^2} \right] [\gamma z - p]} = 0,48$$

**Fattore di sicurezza rispetto al collasso del prisma 3 in calotta:**

$$FS3 = \frac{2\tau_{m3}}{\gamma z - p} \left[ \frac{h1}{b} \left( 1 + \frac{b}{a} \right) \right] = 2,13$$



**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO Cunicolo****STABILITA' DEL FRONTE DI SCAVO - METODO DI TAMEZ****Terreno Flysh Numidico****z=50m ammasso naturale**

GEOMETRIA	var	unità	
Larghezza dello scavo	b	m	3.60
altezza dello scavo	h	m	4.92
Copertura di terreno sulla calotta	z	m	50.00
distanza tra il fronte ed il sostegno	a	m	1.00
profondità della falda	w	m	50.00
<b>PARAMETRI GEOMECCANICI</b>			
Peso specifico del terreno	g	kN/mc	20.0
coesione drenata del terreno da scavare	c1	kPa	20.0
coesione drenata del terreno sopra la calotta	c2	kPa	20.0
angolo d'attrito	φ	deg	25.0
pressione di sostegno al fronte	p	kPa	0.0
coefficiente Ka =σh/σv	Ka		0.50
coefficiente K0 =σh0/σv0	K0		0.50
pressione interstiziale	u	kPa	0.00

**Altezza del prisma di carico sulla calotta della galleria:**

$$h1 = 1.7 b \quad \text{per } z / D \geq 3$$

$$h1 = z \quad \text{per } z / D < 3 \quad h1 = 6.12$$

**Altezza del prisma di carico sulla calotta della galleria:**

$$\text{profondità del cuneo frontale} \quad l \quad m \quad 3.13$$

**Valori medi della resistenza a rottura nei prismi 2 e 3:**

$$\tau_{m3} = c_2 + \{0.25[w\gamma + (z - h1 - w)(\gamma - \gamma_w)] - u\}tg\phi \quad \text{per tunnel profondi}$$

$$\tau_{m3} = c_2 \quad \text{per tunnel superficiali}$$

$$\tau_{m2} = c_2 + \frac{K0}{2} \left[ w\gamma + (z - h1 - w)(\gamma - \gamma_w) + 3.4c_1 / \sqrt{Ka} - \frac{(\gamma - \gamma_w)h}{2} \right] \quad \text{per tunnel profondi}$$

$$\tau_{m2} = c_2 + \frac{K0}{2} \left[ 3.4c_1 / \sqrt{Ka} - \frac{(\gamma - \gamma_w)h}{2} \right] \quad \text{per tunnel superficiali}$$

nel caso in oggetto si ha:

$$\tau_{m3} = 129.4$$

$$\tau_{m2} = 260.6$$

**Fattore di sicurezza rispetto al collasso del fronte di scavo:**

$$FSF = \frac{\left[ \frac{2(\tau_{m2} - \tau_{m3})}{(1 + a/l)^2} + 2\tau_{m3} \right] \frac{h1}{b} + \frac{2\tau_{m3}}{(1 + a/l)\sqrt{Ka}} \frac{h1}{h} + \frac{3.4c}{(1 + a/l)^2\sqrt{Ka}}}{\left[ 1 + \frac{2h}{3z(1 + a/l)^2} \right] [\gamma z - p]} = 1.06$$

**Fattore di sicurezza rispetto al collasso del prisma 3 in calotta:**

$$FS3 = \frac{2\tau_{m3}}{\gamma z - p} \left[ \frac{h1}{b} \left( 1 + \frac{b}{a} \right) \right] = 2.02$$

**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO Cunicolo****STABILITA' DEL FRONTE DI SCAVO - METODO DI TAMEZ****Terreno Flysh Numidico****z=40m ammasso naturale**

GEOMETRIA	var	unità	
Larghezza dello scavo	b	m	3.60
altezza dello scavo	h	m	4.92
Copertura di terreno sulla calotta	z	m	40.00
distanza tra il fronte ed il sostegno	a	m	1.00
profondità della falda	w	m	40.00

**PARAMETRI GEOMECCANICI**

Peso specifico del terreno	g	kN/mc	20.0
coesione drenata del terreno da scavare	c1	kPa	20.0
coesione drenata del terreno sopra la calotta	c2	kPa	20.0
angolo d'attrito	$\phi$	deg	25.0
pressione di sostegno al fronte	p	kPa	0.0
coefficiente $Ka = \sigma_h / \sigma_v$	$Ka$		0.50
coefficiente $K0 = \sigma_h / \sigma_v 0$	$K0$		0.50
pressione interstiziale	u	kPa	0.00

**Altezza del prisma di carico sulla calotta della galleria:**

$$h1 = 1.7 b \quad \text{per } z / D \geq 3$$

$$h1 = z \quad \text{per } z / D < 3 \quad h1 = 6.12$$

**Altezza del prisma di carico sulla calotta della galleria:**

profondità del cuneo frontale  $l$  m 3.13

**Valori medi della resistenza a rottura nei prismi 2 e 3:**

$$\tau_{m3} = c_2 + \{0.25[w\gamma + (z - h1 - w)(\gamma - \gamma_w)] - u\}tg\phi \quad \text{per tunnel profondi}$$

$$\tau_{m3} = c_2 \quad \text{per tunnel superficiali}$$

$$\tau_{m2} = c_2 + \frac{K0}{2} \left[ w\gamma + (z - h1 - w)(\gamma - \gamma_w) + 3.4c_1 / \sqrt{Ka} - \frac{(\gamma - \gamma_w)h}{2} \right] \quad \text{per tunnel profondi}$$

$$\tau_{m2} = c_2 + \frac{K0}{2} \left[ 3.4c_1 / \sqrt{Ka} - \frac{(\gamma - \gamma_w)h}{2} \right] \quad \text{per tunnel superficiali}$$

nel caso in oggetto si ha:

$$\tau_{m3} = 106.1$$

$$\tau_{m2} = 210.6$$

**Fattore di sicurezza rispetto al collasso del fronte di scavo:**

$$FSF = \frac{\left[ \frac{2(\tau_{m2} - \tau_{m3})}{(1 + a/l)^2} + 2\tau_{m3} \right] \frac{h1}{b} + \frac{2\tau_{m3}}{(1 + a/l)\sqrt{Ka}} \frac{h1}{h} + \frac{3.4c}{(1 + a/l)^2\sqrt{Ka}}}{\left[ 1 + \frac{2h}{3z(1 + a/l)^2} \right] [\gamma z - p]} = 1.08$$

**Fattore di sicurezza rispetto al collasso del prisma 3 in calotta:**

$$FS3 = \frac{2\tau_{m3}}{\gamma z - p} \left[ \frac{h1}{b} \left( 1 + \frac{b}{a} \right) \right] = 2.07$$

**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO Cunicolo****STABILITA' DEL FRONTE DI SCAVO - METODO DI TAMEZ****Terreno Flysh Numidico****z=30m ammasso naturale**

GEOMETRIA	var	unità	
Larghezza dello scavo	b	m	3.60
altezza dello scavo	h	m	4.92
Copertura di terreno sulla calotta	z	m	30.00
distanza tra il fronte ed il sostegno	a	m	1.00
profondità della falda	w	m	30.00
<b>PARAMETRI GEOMECCANICI</b>			
Peso specifico del terreno	g	kN/mc	20.0
coesione drenata del terreno da scavare	c1	kPa	20.0
coesione drenata del terreno sopra la calotta	c2	kPa	20.0
angolo d'attrito	$\phi$	deg	25.0
pressione di sostegno al fronte	p	kPa	0.0
coefficiente $K_a = \sigma_h / \sigma_v$	$K_a$		0.50
coefficiente $K_0 = \sigma_h / \sigma_v 0$	$K_0$		0.50
pressione interstiziale	u	kPa	0.00

**Altezza del prisma di carico sulla calotta della galleria:**

$$h_1 = 1.7 b \quad \text{per } z / D \geq 3$$

$$h_1 = z \quad \text{per } z / D < 3 \quad h_1 = 6.12$$

**Altezza del prisma di carico sulla calotta della galleria:**

$$\text{profondità del cuneo frontale} \quad l \quad \text{m} \quad 3.13$$

**Valori medi della resistenza a rottura nei prismi 2 e 3:**

$$\tau_{m3} = c_2 + \{0.25[w\gamma + (z - h_1 - w)(\gamma - \gamma_w)] - u\}tg\phi \quad \text{per tunnel profondi}$$

$$\tau_{m3} = c_2 \quad \text{per tunnel superficiali}$$

$$\tau_{m2} = c_2 + \frac{K_0}{2} \left[ w\gamma + (z - h_1 - w)(\gamma - \gamma_w) + 3.4c_1 / \sqrt{K_a} - \frac{(\gamma - \gamma_w)h}{2} \right] \quad \text{per tunnel profondi}$$

$$\tau_{m2} = c_2 + \frac{K_0}{2} \left[ 3.4c_1 / \sqrt{K_a} - \frac{(\gamma - \gamma_w)h}{2} \right] \quad \text{per tunnel superficiali}$$

nel caso in oggetto si ha:

$$\tau_{m3} = 82.8$$

$$\tau_{m2} = 160.6$$

**Fattore di sicurezza rispetto al collasso del fronte di scavo:**

$$FSF = \frac{\left[ \frac{2(\tau_{m2} - \tau_{m3})}{(1 + a/l)^2} + 2\tau_{m3} \right] \frac{hl}{b} + \frac{2\tau_{m3}}{(1 + a/l)\sqrt{K_a}} \frac{hl}{h} + \frac{3.4c}{(1 + a/l)^2\sqrt{K_a}}}{\left[ 1 + \frac{2h}{3z(1 + a/l)^2} \right] [\gamma z - p]} = 1.11$$

**Fattore di sicurezza rispetto al collasso del prisma 3 in calotta:**

$$FS3 = \frac{2\tau_{m3}}{\gamma z - p} \left[ \frac{hl}{b} \left( 1 + \frac{b}{a} \right) \right] = 2.16$$

**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO Cunicolo****STABILITA' DEL FRONTE DI SCAVO - METODO DI TAMEZ****Terreno Flysh Numidico****z=20m ammasso naturale**

GEOMETRIA	var	unità	
Larghezza dello scavo	b	m	3.60
altezza dello scavo	h	m	4.92
Copertura di terreno sulla calotta	z	m	20.00
distanza tra il fronte ed il sostegno	a	m	1.00
profondità della falda	w	m	20.00

**PARAMETRI GEOMECCANICI**

Peso specifico del terreno	g	kN/mc	20.0
coesione drenata del terreno da scavare	c1	kPa	20.0
coesione drenata del terreno sopra la calotta	c2	kPa	20.0
angolo d'attrito	$\phi$	deg	25.0
pressione di sostegno al fronte	p	kPa	0.0
coefficiente $K_a = \sigma_h / \sigma_v$	$K_a$		0.50
coefficiente $K_0 = \sigma_h / \sigma_v 0$	$K_0$		0.50
pressione interstiziale	u	kPa	0.00

**Altezza del prisma di carico sulla calotta della galleria:**

$$h_1 = 1.7 b \quad \text{per } z / D \geq 3$$

$$h_1 = z \quad \text{per } z / D < 3 \quad h_1 = 6.12$$

**Altezza del prisma di carico sulla calotta della galleria:**

profondità del cuneo frontale  $l$  m 3.13

**Valori medi della resistenza a rottura nei prismi 2 e 3:**

$$\tau_{m3} = c_2 + \{0.25[w\gamma + (z - h_1 - w)(\gamma - \gamma_w)] - u\}tg\phi \quad \text{per tunnel profondi}$$

$$\tau_{m3} = c_2 \quad \text{per tunnel superficiali}$$

$$\tau_{m2} = c_2 + \frac{K_0}{2} \left[ w\gamma + (z - h_1 - w)(\gamma - \gamma_w) + 3.4c_1 / \sqrt{K_a} - \frac{(\gamma - \gamma_w)h}{2} \right] \quad \text{per tunnel profondi}$$

$$\tau_{m2} = c_2 + \frac{K_0}{2} \left[ 3.4c_1 / \sqrt{K_a} - \frac{(\gamma - \gamma_w)h}{2} \right] \quad \text{per tunnel superficiali}$$

nel caso in oggetto si ha:

$$\tau_{m3} = 59.5$$

$$\tau_{m2} = 110.6$$

**Fattore di sicurezza rispetto al collasso del fronte di scavo:**

$$FSF = \frac{\left[ \frac{2(\tau_{m2} - \tau_{m3})}{(1 + a/l)^2} + 2\tau_{m3} \right] \frac{hl}{b} + \frac{2\tau_{m3}}{(1 + a/l)\sqrt{K_a}} \frac{hl}{h} + \frac{3.4c}{(1 + a/l)^2\sqrt{K_a}}}{\left[ 1 + \frac{2h}{3z(1 + a/l)^2} \right] [\gamma z - p]} = 1.18$$

**Fattore di sicurezza rispetto al collasso del prisma 3 in calotta:**

$$FS3 = \frac{2\tau_{m3}}{\gamma z - p} \left[ \frac{hl}{b} \left( 1 + \frac{b}{a} \right) \right] = 2.33$$

**LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO Cunicolo****STABILITA' DEL FRONTE DI SCAVO - METODO DI TAMEZ****Terreno Flysh Numidico****z=10m ammasso naturale**

GEOMETRIA	var	unità	
Larghezza dello scavo	b	m	3.60
altezza dello scavo	h	m	4.92
Copertura di terreno sulla calotta	z	m	10.00
distanza tra il fronte ed il sostegno	a	m	1.00
profondità della falda	w	m	10.00

PARAMETRI GEOMECCANICI			
Peso specifico del terreno	g	kN/mc	20.0
coesione drenata del terreno da scavare	c1	kPa	20.0
coesione drenata del terreno sopra la calotta	c2	kPa	20.0
angolo d'attrito	$\phi$	deg	25.0
pressione di sostegno al fronte	p	kPa	0.0
coefficiente $K_a = \sigma_h / \sigma_v$	$K_a$		0.50
coefficiente $K_0 = \sigma_h / \sigma_v 0$	$K_0$		0.50
pressione interstiziale	u	kPa	0.00

**Altezza del prisma di carico sulla calotta della galleria:**

$$h_1 = 1.7 b \quad \text{per } z / D \geq 3$$

$$h_1 = z \quad \text{per } z / D < 3 \quad h_1 = 10$$

**Altezza del prisma di carico sulla calotta della galleria:**

profondità del cuneo frontale  $l$  m 3.13

**Valori medi della resistenza a rottura nei prismi 2 e 3:**

$$\tau_{m3} = c_2 + \{0.25[w\gamma + (z - h_1 - w)(\gamma - \gamma_w)] - u\} \text{tg}\phi \quad \text{per tunnel profondi}$$

$$\tau_{m3} = c_2 \quad \text{per tunnel superficiali}$$

$$\tau_{m2} = c_2 + \frac{K_0}{2} \left[ w\gamma + (z - h_1 - w)(\gamma - \gamma_w) + 3.4c_1 / \sqrt{K_a} - \frac{(\gamma - \gamma_w)h}{2} \right] \quad \text{per tunnel profondi}$$

$$\tau_{m2} = c_2 + \frac{K_0}{2} \left[ 3.4c_1 / \sqrt{K_a} - \frac{(\gamma - \gamma_w)h}{2} \right] \quad \text{per tunnel superficiali}$$

nel caso in oggetto si ha:

$$\tau_{m3} = 20.0$$


$$\tau_{m2} = 37.9$$

**Fattore di sicurezza rispetto al collasso del fronte di scavo:**

$$FSF = \frac{\left[ \frac{2(\tau_{m2} - \tau_{m3})}{(1 + a/l)^2} + 2\tau_{m3} \right] \frac{hl}{b} + \frac{2\tau_{m3}}{(1 + a/l)\sqrt{K_a}} \frac{hl}{h} + \frac{3.4c}{(1 + a/l)^2 \sqrt{K_a}}}{\left[ 1 + \frac{2h}{3z(1 + a/l)^2} \right] [\gamma z - p]} = 1.31$$

**Fattore di sicurezza rispetto al collasso del prisma 3 in calotta:**

$$FS3 = \frac{2\tau_{m3}}{\gamma z - p} \left[ \frac{hl}{b} \left( 1 + \frac{b}{a} \right) \right] = 2.56$$

SS 121 "Cataneese" <i>Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta</i>		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
<b>UP62</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo</b>	

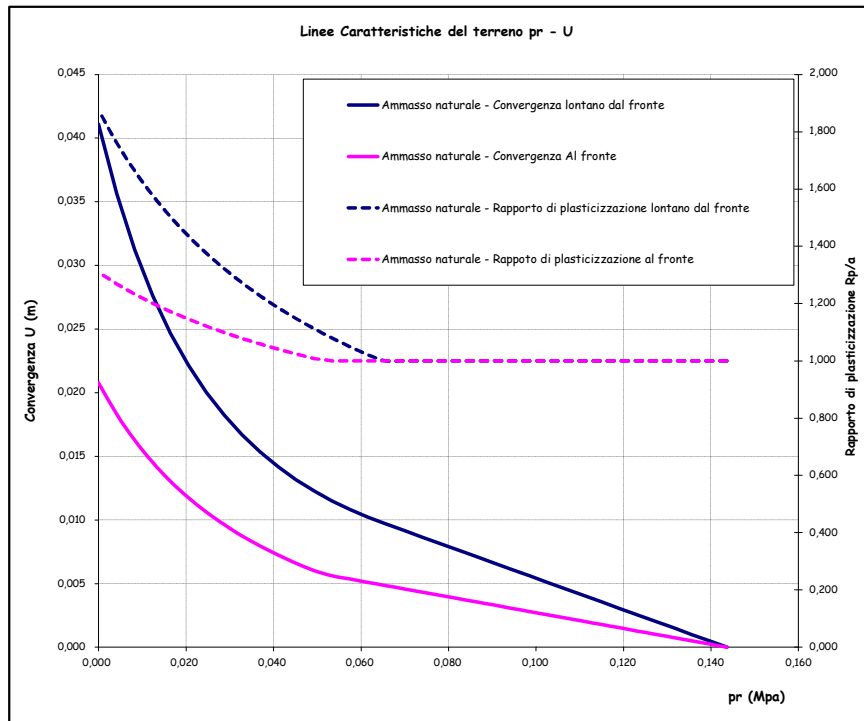
## 11.2 Metodo delle linee caratteristiche

LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2 - SAGOMA 1=CURVE  
 CARATTERISTICHE DEL TERRENO IN CONDIZIONI NATURALI

DATI			
<b>Geometria</b>			
Raggio di scavo equivalente	Var	unità	
<i>a</i>		m	6,82
Copertura (in asse galleria)	<i>C</i>	m	10,0
<b>Parametri geomeccanici</b>			
Peso di volume del terreno	$\gamma$	MN/mc	0,0200
Angolo d'attrito interno in condizioni di picco	$\phi p$	deg	25,0
coesione drenata in condizioni di picco	<i>cp</i>	MPa	0,020
Angolo d'attrito interno in condizioni residue	$\phi r$	deg	25,0
coesione drenata in condizioni residue	<i>cr</i>	MPa	0,020
Modulo di Young	<i>E</i>	Mpa	71
Coefficiente di Poisson	$\nu$		0,3
Dilatanza	$\psi$	deg	0
<b>Stato di sforzo iniziale</b>			
coefficiente di spinta a riposo	<i>K0</i>		0,58
Carico litostatico	$\sigma 0$	Mpa	0,14
<b>RESULTATI - CONDIZIONI PIANE (LONTANO DAL FRONTE)</b>			
fattore A (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>A</i>		0,079
fattore B (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>B</i>		0,075
fattore C (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>C</i>		0,024
pressione critica di confinamento	<i>pe</i>	Mpa	0,06
coefficiente $\lambda$ al limite elastico	$\lambda e$		0,55
convergenza al limite elastico	<i>Ue</i>	m	0,010
convergenza del cavo in assenza di sostegno	<i>Uinf</i>	m	0,041
deformazione radiale	$\epsilon inf$	%	0,6
Estensione fascia plasticizzata	<i>Rp - a</i>	m	6,0
<b>RESULTATI - CONDIZIONI SFERICHE (AL FRONTE DI SCAVO)</b>			
fattore A (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>A</i>		0,060
fattore B (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>B</i>		0,075
fattore C (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>C</i>		0,400
pressione critica di confinamento	<i>pe</i>	Mpa	0,05
coefficiente $\lambda$ al limite elastico	$\lambda e$		0,64
convergenza al limite elastico	<i>Ue</i>	m	0,006
convergenza al fronte di scavo	<i>Uf</i>	m	0,021
deformazione radiale	$\epsilon f$	%	0,3
Estensione fascia plasticizzata	<i>Rp - a</i>	m	2,1

AMMASSO NON CONSOLIDATO										
CONDIZIONI PIANE						CONDIZIONI SFERICHE				
$\lambda$	1- $\lambda$	pr (MPa)	status	Rp/r	Rp (m)	Ur (m)	status	Rp/r	Rp (m)	Uf (m)
0,00	1,00	0,144	E	1,000	6,82	0,000	E	1,000	6,82	0,000
0,029	0,97	0,140	E	1,000	6,82	0,001	E	1,000	6,82	0,000
0,06	0,94	0,135	E	1,000	6,82	0,001	E	1,000	6,82	0,001
0,09	0,91	0,131	E	1,000	6,82	0,002	E	1,000	6,82	0,001
0,11	0,89	0,127	E	1,000	6,82	0,002	E	1,000	6,82	0,001
0,14	0,86	0,123	E	1,000	6,82	0,003	E	1,000	6,82	0,001
0,17	0,83	0,119	E	1,000	6,82	0,003	E	1,000	6,82	0,002
0,20	0,80	0,115	E	1,000	6,82	0,004	E	1,000	6,82	0,002
0,23	0,77	0,111	E	1,000	6,82	0,004	E	1,000	6,82	0,002
0,26	0,74	0,107	E	1,000	6,82	0,005	E	1,000	6,82	0,002
0,29	0,71	0,103	E	1,000	6,82	0,005	E	1,000	6,82	0,003
0,31	0,69	0,099	E	1,000	6,82	0,006	E	1,000	6,82	0,003
0,34	0,66	0,094	E	1,000	6,82	0,006	E	1,000	6,82	0,003
0,37	0,63	0,090	E	1,000	6,82	0,007	E	1,000	6,82	0,003
0,40	0,60	0,086	E	1,000	6,82	0,007	E	1,000	6,82	0,004
0,43	0,57	0,082	E	1,000	6,82	0,008	E	1,000	6,82	0,004
0,46	0,54	0,078	E	1,000	6,82	0,008	E	1,000	6,82	0,004
0,49	0,51	0,074	E	1,000	6,82	0,009	E	1,000	6,82	0,004
0,51	0,49	0,070	E	1,000	6,82	0,009	E	1,000	6,82	0,005
0,54	0,46	0,066	E	1,000	6,82	0,010	E	1,000	6,82	0,005
0,57	0,43	0,062	P	1,021	6,97	0,010	E	1,000	6,82	0,005
0,60	0,40	0,057	P	1,050	7,16	0,011	E	1,000	6,82	0,005
0,63	0,37	0,053	P	1,080	7,37	0,012	E	1,000	6,82	0,006
0,66	0,34	0,049	P	1,113	7,59	0,012	P	1,008	6,88	0,006
0,69	0,31	0,045	P	1,148	7,83	0,013	P	1,024	6,99	0,007
0,71	0,29	0,041	P	1,186	8,09	0,014	P	1,041	7,10	0,007
0,74	0,26	0,037	P	1,227	8,37	0,015	P	1,059	7,22	0,008
0,77	0,23	0,033	P	1,272	8,68	0,017	P	1,078	7,36	0,009
0,80	0,20	0,029	P	1,321	9,01	0,018	P	1,099	7,50	0,010
0,83	0,17	0,025	P	1,376	9,39	0,020	P	1,121	7,65	0,011
0,86	0,14	0,021	P	1,436	9,80	0,022	P	1,146	7,82	0,012
0,89	0,11	0,016	P	1,503	10,25	0,025	P	1,172	8,00	0,013
0,91	0,09	0,012	P	1,579	10,77	0,028	P	1,201	8,19	0,015
0,94	0,06	0,008	P	1,664	11,35	0,031	P	1,233	8,41	0,016
0,97	0,03	0,004	P	1,762	12,02	0,036	P	1,269	8,66	0,018
1,00	0,00	0,000	P	1,876	12,80	0,041	P	1,309	8,93	0,021
n. punti		35		step	0,0286					

LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2 - SAGOMA 1=CURVE  
 CARATTERISTICHE DEL TERRENO IN CONDIZIONI NATURALI



DATI		
<b>Geometria</b>		
<i>a</i>	m	6,82
<i>C</i>	m	10,0
<b>Parametri geotecnici</b>		
$\gamma$	MN/m <sup>3</sup>	0,0200
$\phi p$	(°)	25
<i>cp</i>	MPa	0,020
$\phi r$	(°)	25
<i>cr</i>	MPa	0,020
<i>E</i>	Mpa	71
$\nu$		0,3
$\psi$	(°)	0
<b>Stato di sforzo iniziale</b>		
<i>K0</i>		0,58
$\sigma 0$	Mpa	0,14

RESULTATI		
<b>Lontano dal fronte</b>		
<i>Uinf</i>	m	0,041
$\epsilon inf$	%	0,6
<i>Rpinf - a</i>	m	6,0
<b>Al fronte</b>		
<i>Uf</i>	m	0,021
$\epsilon f$	%	0,3
<i>Rpf - a</i>	m	2,1

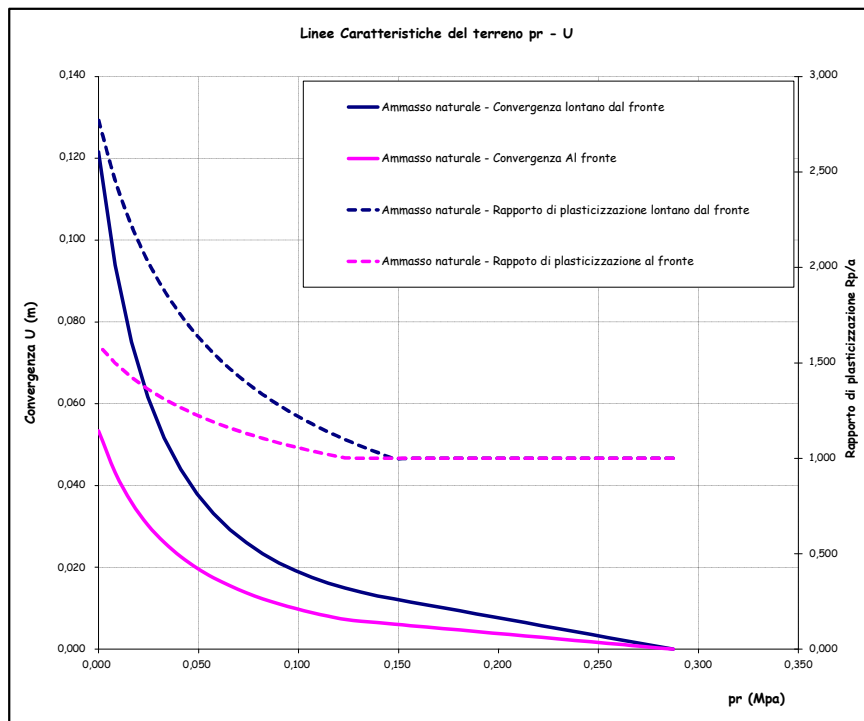
LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2 - SAGOMA 1=CURVE  
 CARATTERISTICHE DEL TERRENO IN CONDIZIONI NATURALI

DATI			
<b>Geometria</b>			
Raggio di scavo equivalente	Var	unità	
<i>a</i>		m	6,82
Copertura (in asse galleria)	<i>C</i>	m	20,0
<b>Parametri geomeccanici</b>			
Peso di volume del terreno	$\gamma$	MN/mc	0,0200
Angolo d'attrito interno in condizioni di picco	$\phi p$	deg	25,0
coesione drenata in condizioni di picco	<i>cp</i>	MPa	0,020
Angolo d'attrito interno in condizioni residue	$\phi r$	deg	25,0
coesione drenata in condizioni residue	<i>cr</i>	MPa	0,020
Modulo di Young	<i>E</i>	Mpa	101
Coefficiente di Poisson	$\nu$		0,3
Dilatanza	$\psi$	deg	0
<b>Stato di sforzo iniziale</b>			
coefficiente di spinta a riposo	<i>K0</i>		0,58
Carico litostatico	$\sigma 0$	Mpa	0,29
<b>RESULTATI - CONDIZIONI PIANE (LONTANO DAL FRONTE)</b>			
fattore A (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>A</i>		0,140
fattore B (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>B</i>		0,132
fattore C (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>C</i>		0,024
pressione critica di confinamento	<i>pe</i>	Mpa	0,15
coefficiente $\lambda$ al limite elastico	$\lambda e$		0,49
convergenza al limite elastico	<i>Ue</i>	m	0,012
convergenza del cavo in assenza di sostegno	<i>Uinf</i>	m	0,122
deformazione radiale	$\epsilon inf$	%	1,8
Estensione fascia plasticizzata	<i>Rp - a</i>	m	12,1
<b>RESULTATI - CONDIZIONI SFERICHE (AL FRONTE DI SCAVO)</b>			
fattore A (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>A</i>		0,106
fattore B (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>B</i>		0,132
fattore C (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>C</i>		0,400
pressione critica di confinamento	<i>pe</i>	Mpa	0,12
coefficiente $\lambda$ al limite elastico	$\lambda e$		0,57
convergenza al limite elastico	<i>Ue</i>	m	0,007
convergenza al fronte di scavo	<i>Uf</i>	m	0,053
deformazione radiale	$\epsilon f$	%	0,8
Estensione fascia plasticizzata	<i>Rp - a</i>	m	4,0

AMMASSO NON CONSOLIDATO										
CONDIZIONI PIANE						CONDIZIONI SFERICHE				
$\lambda$	1- $\lambda$	pr (MPa)	status	Rp/r	Rp (m)	Ur (m)	status	Rp/r	Rp (m)	Uf (m)
0,00	1,00	0,287	E	1,000	6,82	0,000	E	1,000	6,82	0,000
0,029	0,97	0,279	E	1,000	6,82	0,001	E	1,000	6,82	0,000
0,06	0,94	0,271	E	1,000	6,82	0,001	E	1,000	6,82	0,001
0,09	0,91	0,263	E	1,000	6,82	0,002	E	1,000	6,82	0,001
0,11	0,89	0,254	E	1,000	6,82	0,003	E	1,000	6,82	0,001
0,14	0,86	0,246	E	1,000	6,82	0,004	E	1,000	6,82	0,002
0,17	0,83	0,238	E	1,000	6,82	0,004	E	1,000	6,82	0,002
0,20	0,80	0,230	E	1,000	6,82	0,005	E	1,000	6,82	0,003
0,23	0,77	0,222	E	1,000	6,82	0,006	E	1,000	6,82	0,003
0,26	0,74	0,213	E	1,000	6,82	0,006	E	1,000	6,82	0,003
0,29	0,71	0,205	E	1,000	6,82	0,007	E	1,000	6,82	0,004
0,31	0,69	0,197	E	1,000	6,82	0,008	E	1,000	6,82	0,004
0,34	0,66	0,189	E	1,000	6,82	0,009	E	1,000	6,82	0,004
0,37	0,63	0,181	E	1,000	6,82	0,009	E	1,000	6,82	0,005
0,40	0,60	0,172	E	1,000	6,82	0,010	E	1,000	6,82	0,005
0,43	0,57	0,164	E	1,000	6,82	0,011	E	1,000	6,82	0,005
0,46	0,54	0,156	E	1,000	6,82	0,012	E	1,000	6,82	0,006
0,49	0,51	0,148	P	1,000	6,82	0,012	E	1,000	6,82	0,006
0,51	0,49	0,140	P	1,031	7,03	0,013	E	1,000	6,82	0,006
0,54	0,46	0,131	P	1,063	7,25	0,014	E	1,000	6,82	0,007
0,57	0,43	0,123	P	1,099	7,50	0,015	P	1,002	6,84	0,007
0,60	0,40	0,115	P	1,138	7,76	0,016	P	1,020	6,96	0,008
0,63	0,37	0,107	P	1,180	8,05	0,018	P	1,039	7,08	0,009
0,66	0,34	0,099	P	1,226	8,37	0,019	P	1,059	7,22	0,010
0,69	0,31	0,090	P	1,278	8,72	0,021	P	1,081	7,37	0,011
0,71	0,29	0,082	P	1,334	9,10	0,023	P	1,104	7,53	0,012
0,74	0,26	0,074	P	1,398	9,54	0,026	P	1,130	7,71	0,014
0,77	0,23	0,066	P	1,469	10,02	0,029	P	1,159	7,90	0,016
0,80	0,20	0,057	P	1,550	10,58	0,033	P	1,190	8,12	0,017
0,83	0,17	0,049	P	1,643	11,21	0,038	P	1,225	8,36	0,020
0,86	0,14	0,041	P	1,751	11,95	0,044	P	1,265	8,63	0,023
0,89	0,11	0,033	P	1,879	12,82	0,052	P	1,310	8,94	0,026
0,91	0,09	0,025	P	2,032	13,86	0,062	P	1,363	9,30	0,030
0,94	0,06	0,016	P	2,220	15,15	0,075	P	1,424	9,72	0,036
0,97	0,03	0,008	P	2,458	16,77	0,094	P	1,499	10,22	0,043
1,00	0,00	0,000	P	2,771	18,90	0,122	P	1,591	10,86	0,053

n. punti 35 step 0,0286

LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2 - SAGOMA 1=CURVE  
 CARATTERISTICHE DEL TERRENO IN CONDIZIONI NATURALI



DATI		
<b>Geometria</b>		
<i>a</i>	m	6,82
<i>C</i>	m	20,0
<b>Parametri geotecnici</b>		
$\gamma$	MN/m <sup>3</sup>	0,0200
$\phi p$	(°)	25
<i>cp</i>	MPa	0,020
$\phi r$	(°)	25
<i>cr</i>	MPa	0,020
<i>E</i>	Mpa	101
$\nu$		0,3
$\psi$	(°)	0
<b>Stato di sforzo iniziale</b>		
<i>K0</i>		0,58
$\sigma 0$	Mpa	0,29

RESULTATI		
<b>Lontano dal fronte</b>		
<i>Uinf</i>	m	0,122
$\epsilon inf$	%	1,8
<i>Rp inf - a</i>	m	12,1
<b>Al fronte</b>		
<i>Uf</i>	m	0,053
$\epsilon f$	%	0,8
<i>Rp f - a</i>	m	4,0



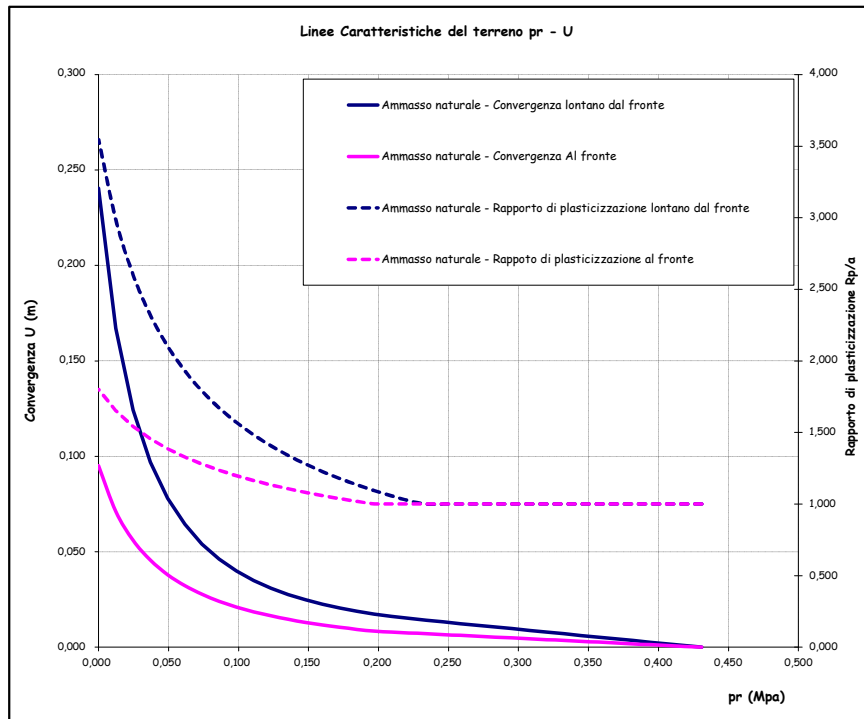
LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2 - SAGOMA 1=CURVE  
 CARATTERISTICHE DEL TERRENO IN CONDIZIONI NATURALI

DATI			
<b>Geometria</b>			
Raggio di scavo equivalente	a	m	6,82
Copertura (in asse galleria)	C	m	30,0
<b>Parametri geomeccanici</b>			
Peso di volume del terreno	$\gamma$	MN/mc	0,0200
Angolo d'attrito interno in condizioni di picco	$\phi p$	deg	25,0
coesione drenata in condizioni di picco	cp	MPa	0,020
Angolo d'attrito interno in condizioni residue	$\phi r$	deg	25,0
coesione drenata in condizioni residue	cr	MPa	0,020
Modulo di Young	E	Mpa	124
Coefficiente di Poisson	$\nu$		0,3
Dilatanza	$\psi$	deg	0
<b>Stato di sforzo iniziale</b>			
coefficiente di spinta a riposo	K0		0,58
Carico litostatico	$\sigma 0$	Mpa	0,43
<b>RESULTATI - CONDIZIONI PIANE (LONTANO DAL FRONTE)</b>			
fattore A (calcolo spostamenti in fase plastica)	A		0,200
fattore B (calcolo spostamenti in fase plastica)	B		0,190
fattore C (calcolo spostamenti in fase plastica)	C		0,024
pressione critica di confinamento	pe	Mpa	0,23
coefficiente $\lambda$ al limite elastico	$\lambda e$		0,46
convergenza al limite elastico	Ue	m	0,014
convergenza del cavo in assenza di sostegno	Uinf	m	0,240
deformazione radiale	$\epsilon inf$	%	3,5
Estensione fascia plasticizzata	Rp - a	m	17,4
<b>RESULTATI - CONDIZIONI SFERICHE (AL FRONTE DI SCAVO)</b>			
fattore A (calcolo spostamenti in fase plastica)	A		0,152
fattore B (calcolo spostamenti in fase plastica)	B		0,190
fattore C (calcolo spostamenti in fase plastica)	C		0,400
pressione critica di confinamento	pe	Mpa	0,20
coefficiente $\lambda$ al limite elastico	$\lambda e$		0,54
convergenza al limite elastico	Ue	m	0,008
convergenza al fronte di scavo	Uf	m	0,095
deformazione radiale	$\epsilon f$	%	1,4
Estensione fascia plasticizzata	Rp - a	m	5,5

AMMASSO NON CONSOLIDATO										
CONDIZIONI PIANE						CONDIZIONI SFERICHE				
$\lambda$	1- $\lambda$	pr (MPa)	status	Rp/r	Rp (m)	Ur (m)	status	Rp/r	Rp (m)	Uf (m)
0,00	1,00	0,431	E	1,000	6,82	0,000	E	1,000	6,82	0,000
0,029	0,97	0,419	E	1,000	6,82	0,001	E	1,000	6,82	0,000
0,06	0,94	0,406	E	1,000	6,82	0,002	E	1,000	6,82	0,001
0,09	0,91	0,394	E	1,000	6,82	0,003	E	1,000	6,82	0,001
0,11	0,89	0,382	E	1,000	6,82	0,004	E	1,000	6,82	0,002
0,14	0,86	0,369	E	1,000	6,82	0,004	E	1,000	6,82	0,002
0,17	0,83	0,357	E	1,000	6,82	0,005	E	1,000	6,82	0,003
0,20	0,80	0,345	E	1,000	6,82	0,006	E	1,000	6,82	0,003
0,23	0,77	0,332	E	1,000	6,82	0,007	E	1,000	6,82	0,004
0,26	0,74	0,320	E	1,000	6,82	0,008	E	1,000	6,82	0,004
0,29	0,71	0,308	E	1,000	6,82	0,009	E	1,000	6,82	0,004
0,31	0,69	0,296	E	1,000	6,82	0,010	E	1,000	6,82	0,005
0,34	0,66	0,283	E	1,000	6,82	0,011	E	1,000	6,82	0,005
0,37	0,63	0,271	E	1,000	6,82	0,011	E	1,000	6,82	0,006
0,40	0,60	0,259	E	1,000	6,82	0,012	E	1,000	6,82	0,006
0,43	0,57	0,246	E	1,000	6,82	0,013	E	1,000	6,82	0,007
0,46	0,54	0,234	E	1,000	6,82	0,014	E	1,000	6,82	0,007
0,49	0,51	0,222	P	1,023	6,98	0,015	E	1,000	6,82	0,008
0,51	0,49	0,209	P	1,057	7,21	0,016	E	1,000	6,82	0,008
0,54	0,46	0,197	P	1,094	7,46	0,017	E	1,000	6,82	0,008
0,57	0,43	0,185	P	1,134	7,74	0,019	P	1,018	6,94	0,009
0,60	0,40	0,172	P	1,178	8,04	0,020	P	1,038	7,08	0,010
0,63	0,37	0,160	P	1,226	8,37	0,022	P	1,059	7,22	0,012
0,66	0,34	0,148	P	1,280	8,73	0,025	P	1,082	7,38	0,013
0,69	0,31	0,135	P	1,340	9,14	0,028	P	1,106	7,55	0,015
0,71	0,29	0,123	P	1,407	9,60	0,031	P	1,134	7,73	0,016
0,74	0,26	0,111	P	1,483	10,11	0,035	P	1,164	7,94	0,019
0,77	0,23	0,099	P	1,570	10,71	0,040	P	1,198	8,17	0,021
0,80	0,20	0,086	P	1,671	11,40	0,046	P	1,236	8,43	0,024
0,83	0,17	0,074	P	1,789	12,20	0,054	P	1,279	8,72	0,028
0,86	0,14	0,062	P	1,930	13,17	0,064	P	1,328	9,06	0,032
0,89	0,11	0,049	P	2,103	14,35	0,078	P	1,386	9,46	0,038
0,91	0,09	0,037	P	2,320	15,82	0,097	P	1,456	9,93	0,046
0,94	0,06	0,025	P	2,601	17,74	0,124	P	1,542	10,52	0,056
0,97	0,03	0,012	P	2,984	20,36	0,167	P	1,651	11,27	0,071
1,00	0,00	0,000	P	3,546	24,19	0,240	P	1,800	12,28	0,095

n. punti 35 step 0,0286

LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2 - SAGOMA 1=CURVE  
 CARATTERISTICHE DEL TERRENO IN CONDIZIONI NATURALI



DATI		
<b>Geometria</b>		
a	m	6,82
C	m	30,0
<b>Parametri geotecnici</b>		
$\gamma$	MN/m <sup>3</sup>	0,0200
$\phi p$	(°)	25
cp	MPa	0,020
$\phi r$	(°)	25
cr	MPa	0,020
E	Mpa	124
$\nu$		0,3
$\psi$	(°)	0
<b>Stato di sforzo iniziale</b>		
K0		0,58
$\sigma 0$	Mpa	0,43

RESULTATI		
<b>Lontano dal fronte</b>		
Uinf	m	0,240
$\epsilon inf$	%	3,5
Rp inf - a	m	17,4
<b>Al fronte</b>		
Uf	m	0,095
$\epsilon f$	%	1,4
Rp f - a	m	5,5

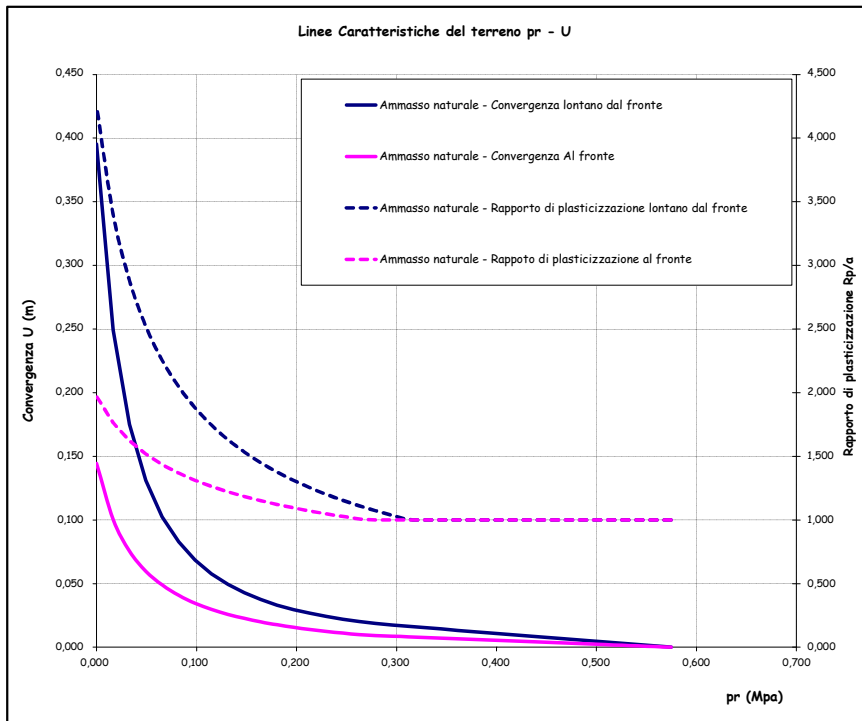
LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2 - SAGOMA 1=CURVE  
 CARATTERISTICHE DEL TERRENO IN CONDIZIONI NATURALI

DATI			
<b>Geometria</b>			
Raggio di scavo equivalente	a	m	6,82
Copertura (in asse galleria)	C	m	40,0
<b>Parametri geomeccanici</b>			
Peso di volume del terreno	$\gamma$	MN/mc	0,0200
Angolo d'attrito interno in condizioni di picco	$\phi p$	deg	25,0
coesione drenata in condizioni di picco	cp	MPa	0,020
Angolo d'attrito interno in condizioni residue	$\phi r$	deg	25,0
coesione drenata in condizioni residue	cr	MPa	0,020
Modulo di Young	E	Mpa	143
Coefficiente di Poisson	$\nu$		0,3
Dilatanza	$\psi$	deg	0
<b>Stato di sforzo iniziale</b>			
coefficiente di spinta a riposo	K0		0,58
Carico litostatico	$\sigma 0$	Mpa	0,57
<b>RESULTATI - CONDIZIONI PIANE (LONTANO DAL FRONTE)</b>			
fattore A (calcolo spostamenti in fase plastica)	A		0,261
fattore B (calcolo spostamenti in fase plastica)	B		0,247
fattore C (calcolo spostamenti in fase plastica)	C		0,024
pressione critica di confinamento	pe	Mpa	0,31
coefficiente $\lambda$ al limite elastico	$\lambda e$		0,45
convergenza al limite elastico	Ue	m	0,016
convergenza del cavo in assenza di sostegno	Uinf	m	0,395
deformazione radiale	$\epsilon inf$	%	5,8
Estensione fascia plasticizzata	Rp - a	m	22,2
<b>RESULTATI - CONDIZIONI SFERICHE (AL FRONTE DI SCAVO)</b>			
fattore A (calcolo spostamenti in fase plastica)	A		0,198
fattore B (calcolo spostamenti in fase plastica)	B		0,247
fattore C (calcolo spostamenti in fase plastica)	C		0,400
pressione critica di confinamento	pe	Mpa	0,27
coefficiente $\lambda$ al limite elastico	$\lambda e$		0,53
convergenza al limite elastico	Ue	m	0,009
convergenza al fronte di scavo	Uf	m	0,144
deformazione radiale	$\epsilon f$	%	2,1
Estensione fascia plasticizzata	Rp - a	m	6,6

AMMASSO NON CONSOLIDATO										
CONDIZIONI PIANE						CONDIZIONI SFERICHE				
$\lambda$	1- $\lambda$	pr (MPa)	status	Rp/r	Rp (m)	Ur (m)	status	Rp/r	Rp (m)	Uf (m)
0,00	1,00	0,575	E	1,000	6,82	0,000	E	1,000	6,82	0,000
0,029	0,97	0,558	E	1,000	6,82	0,001	E	1,000	6,82	0,001
0,06	0,94	0,542	E	1,000	6,82	0,002	E	1,000	6,82	0,001
0,09	0,91	0,525	E	1,000	6,82	0,003	E	1,000	6,82	0,002
0,11	0,89	0,509	E	1,000	6,82	0,004	E	1,000	6,82	0,002
0,14	0,86	0,493	E	1,000	6,82	0,005	E	1,000	6,82	0,003
0,17	0,83	0,476	E	1,000	6,82	0,006	E	1,000	6,82	0,003
0,20	0,80	0,460	E	1,000	6,82	0,007	E	1,000	6,82	0,004
0,23	0,77	0,443	E	1,000	6,82	0,008	E	1,000	6,82	0,004
0,26	0,74	0,427	E	1,000	6,82	0,009	E	1,000	6,82	0,005
0,29	0,71	0,410	E	1,000	6,82	0,010	E	1,000	6,82	0,005
0,31	0,69	0,394	E	1,000	6,82	0,011	E	1,000	6,82	0,006
0,34	0,66	0,378	E	1,000	6,82	0,012	E	1,000	6,82	0,006
0,37	0,63	0,361	E	1,000	6,82	0,013	E	1,000	6,82	0,007
0,40	0,60	0,345	E	1,000	6,82	0,014	E	1,000	6,82	0,007
0,43	0,57	0,328	E	1,000	6,82	0,015	E	1,000	6,82	0,008
0,46	0,54	0,312	P	1,003	6,84	0,016	E	1,000	6,82	0,008
0,49	0,51	0,296	P	1,036	7,07	0,017	E	1,000	6,82	0,009
0,51	0,49	0,279	P	1,072	7,31	0,019	E	1,000	6,82	0,009
0,54	0,46	0,263	P	1,111	7,58	0,020	P	1,008	6,87	0,010
0,57	0,43	0,246	P	1,154	7,87	0,022	P	1,027	7,01	0,011
0,60	0,40	0,230	P	1,201	8,19	0,024	P	1,048	7,15	0,012
0,63	0,37	0,213	P	1,253	8,55	0,027	P	1,070	7,30	0,014
0,66	0,34	0,197	P	1,311	8,94	0,030	P	1,095	7,47	0,016
0,69	0,31	0,181	P	1,376	9,39	0,033	P	1,121	7,65	0,018
0,71	0,29	0,164	P	1,449	9,89	0,037	P	1,151	7,85	0,020
0,74	0,26	0,148	P	1,534	10,46	0,043	P	1,184	8,08	0,023
0,77	0,23	0,131	P	1,631	11,13	0,049	P	1,221	8,33	0,026
0,80	0,20	0,115	P	1,745	11,90	0,058	P	1,263	8,61	0,030
0,83	0,17	0,099	P	1,881	12,83	0,068	P	1,311	8,94	0,035
0,86	0,14	0,082	P	2,046	13,96	0,083	P	1,368	9,33	0,041
0,89	0,11	0,066	P	2,253	15,37	0,103	P	1,435	9,79	0,049
0,91	0,09	0,049	P	2,520	17,19	0,131	P	1,518	10,35	0,060
0,94	0,06	0,033	P	2,882	19,66	0,175	P	1,623	11,07	0,076
0,97	0,03	0,016	P	3,405	23,23	0,249	P	1,764	12,03	0,100
1,00	0,00	0,000	P	4,249	28,98	0,395	P	1,971	13,44	0,144

n. punti 35 step 0,0286

LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2 - SAGOMA 1=CURVE  
 CARATTERISTICHE DEL TERRENO IN CONDIZIONI NATURALI



DATI		
<b>Geometria</b>		
a	m	6,82
C	m	40,0
<b>Parametri geotecnici</b>		
$\gamma$	MN/m <sup>3</sup>	0,0200
$\phi p$	(°)	25
cp	MPa	0,020
$\phi r$	(°)	25
cr	MPa	0,020
E	Mpa	143
$\nu$		0,3
$\psi$	(°)	0
<b>Stato di sforzo iniziale</b>		
K0		0,58
$\sigma 0$	Mpa	0,57

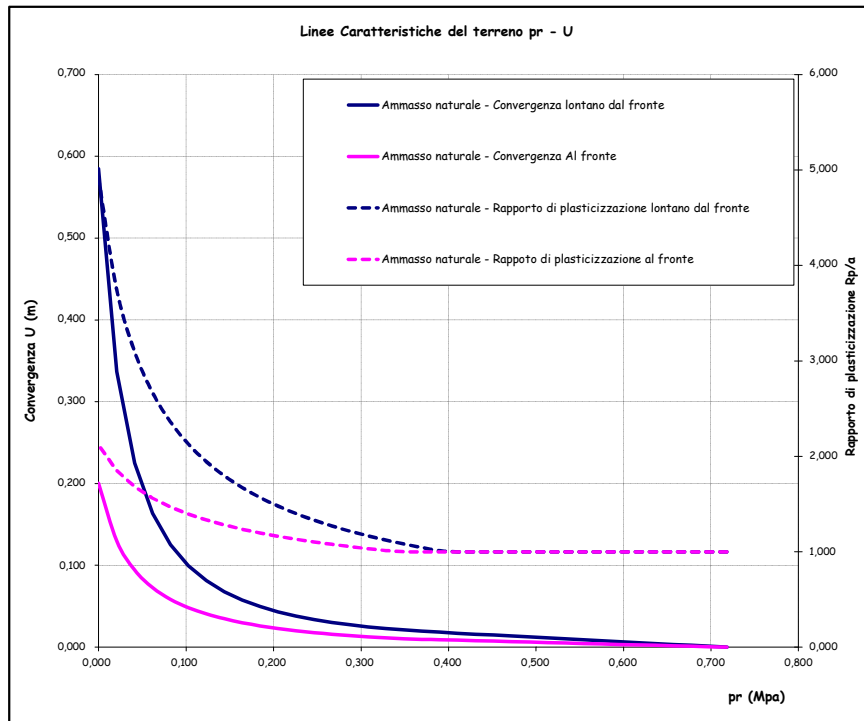
RESULTATI		
<b>Lontano dal fronte</b>		
Uinf	m	0,395
$\epsilon inf$	%	5,8
Rpinf - a	m	22,2
<b>Al fronte</b>		
Uf	m	0,144
$\epsilon f$	%	2,1
Rpf - a	m	6,6

LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2 - SAGOMA 1=CURVE  
 CARATTERISTICHE DEL TERRENO IN CONDIZIONI NATURALI

DATI			
<b>Geometria</b>			
Raggio di scavo equivalente	Var	unità	
<i>a</i>		m	6,82
Copertura (in asse galleria)	<i>C</i>	m	50,0
<b>Parametri geomeccanici</b>			
Peso di volume del terreno	$\gamma$	MN/mc	0,0200
Angolo d'attrito interno in condizioni di picco	$\phi p$	deg	25,0
coesione drenata in condizioni di picco	<i>cp</i>	MPa	0,020
Angolo d'attrito interno in condizioni residue	$\phi r$	deg	25,0
coesione drenata in condizioni residue	<i>cr</i>	MPa	0,020
Modulo di Young	<i>E</i>	Mpa	160
Coefficiente di Poisson	$\nu$		0,3
Dilatanza	$\psi$	deg	0
<b>Stato di sforzo iniziale</b>			
coefficiente di spinta a riposo	<i>K0</i>		0,58
Carico litostatico	$\sigma 0$	Mpa	0,72
<b>RESULTATI - CONDIZIONI PIANE (LONTANO DAL FRONTE)</b>			
fattore A (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>A</i>		0,322
fattore B (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>B</i>		0,304
fattore C (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>C</i>		0,024
pressione critica di confinamento	<i>pe</i>	Mpa	0,40
coefficiente $\lambda$ al limite elastico	$\lambda e$		0,45
convergenza al limite elastico	<i>Ue</i>	m	0,018
convergenza del cavo in assenza di sostegno	<i>Uinf</i>	m	0,585
deformazione radiale	$\epsilon inf$	%	8,6
Estensione fascia plasticizzata	<i>Rp - a</i>	m	26,6
<b>RESULTATI - CONDIZIONI SFERICHE (AL FRONTE DI SCAVO)</b>			
fattore A (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>A</i>		0,244
fattore B (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>B</i>		0,304
fattore C (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>C</i>		0,400
pressione critica di confinamento	<i>pe</i>	Mpa	0,34
coefficiente $\lambda$ al limite elastico	$\lambda e$		0,52
convergenza al limite elastico	<i>Ue</i>	m	0,010
convergenza al fronte di scavo	<i>Uf</i>	m	0,200
deformazione radiale	$\epsilon f$	%	2,9
Estensione fascia plasticizzata	<i>Rp - a</i>	m	7,6

AMMASSO NON CONSOLIDATO										
CONDIZIONI PIANE						CONDIZIONI SFERICHE				
$\lambda$	1- $\lambda$	pr (MPa)	status	Rp/r	Rp (m)	Ur (m)	status	Rp/r	Rp (m)	Uf (m)
0,00	1,00	0,718	E	1,000	6,82	0,000	E	1,000	6,82	0,000
0,029	0,97	0,698	E	1,000	6,82	0,001	E	1,000	6,82	0,001
0,06	0,94	0,677	E	1,000	6,82	0,002	E	1,000	6,82	0,001
0,09	0,91	0,657	E	1,000	6,82	0,003	E	1,000	6,82	0,002
0,11	0,89	0,636	E	1,000	6,82	0,005	E	1,000	6,82	0,002
0,14	0,86	0,616	E	1,000	6,82	0,006	E	1,000	6,82	0,003
0,17	0,83	0,595	E	1,000	6,82	0,007	E	1,000	6,82	0,003
0,20	0,80	0,575	E	1,000	6,82	0,008	E	1,000	6,82	0,004
0,23	0,77	0,554	E	1,000	6,82	0,009	E	1,000	6,82	0,005
0,26	0,74	0,534	E	1,000	6,82	0,010	E	1,000	6,82	0,005
0,29	0,71	0,513	E	1,000	6,82	0,011	E	1,000	6,82	0,006
0,31	0,69	0,493	E	1,000	6,82	0,013	E	1,000	6,82	0,006
0,34	0,66	0,472	E	1,000	6,82	0,014	E	1,000	6,82	0,007
0,37	0,63	0,451	E	1,000	6,82	0,015	E	1,000	6,82	0,007
0,40	0,60	0,431	E	1,000	6,82	0,016	E	1,000	6,82	0,008
0,43	0,57	0,410	E	1,000	6,82	0,017	E	1,000	6,82	0,009
0,46	0,54	0,390	P	1,011	6,89	0,018	E	1,000	6,82	0,009
0,49	0,51	0,369	P	1,045	7,13	0,020	E	1,000	6,82	0,010
0,51	0,49	0,349	P	1,082	7,38	0,021	E	1,000	6,82	0,010
0,54	0,46	0,328	P	1,122	7,66	0,023	P	1,013	6,91	0,011
0,57	0,43	0,308	P	1,167	7,96	0,025	P	1,033	7,04	0,013
0,60	0,40	0,287	P	1,216	8,29	0,027	P	1,054	7,19	0,014
0,63	0,37	0,267	P	1,270	8,66	0,030	P	1,077	7,35	0,016
0,66	0,34	0,246	P	1,331	9,08	0,034	P	1,103	7,52	0,018
0,69	0,31	0,226	P	1,400	9,55	0,038	P	1,131	7,72	0,020
0,71	0,29	0,205	P	1,478	10,08	0,043	P	1,162	7,93	0,023
0,74	0,26	0,185	P	1,568	10,69	0,050	P	1,197	8,17	0,026
0,77	0,23	0,164	P	1,672	11,41	0,058	P	1,236	8,43	0,030
0,80	0,20	0,144	P	1,796	12,25	0,068	P	1,281	8,74	0,035
0,83	0,17	0,123	P	1,944	13,26	0,081	P	1,333	9,09	0,041
0,86	0,14	0,103	P	2,128	14,52	0,100	P	1,395	9,51	0,048
0,89	0,11	0,082	P	2,361	16,10	0,125	P	1,469	10,02	0,059
0,91	0,09	0,062	P	2,668	18,20	0,164	P	1,562	10,65	0,073
0,94	0,06	0,041	P	3,098	21,14	0,225	P	1,683	11,48	0,094
0,97	0,03	0,021	P	3,753	25,60	0,337	P	1,852	12,63	0,130
1,00	0,00	0,000	P	4,901	33,44	0,585	P	2,116	14,44	0,200
n. punti		35		step	0,0286					

LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2 - SAGOMA 1=CURVE  
 CARATTERISTICHE DEL TERRENO IN CONDIZIONI NATURALI



DATI		
<b>Geometria</b>		
<i>a</i>	m	6,82
<i>C</i>	m	50,0
<b>Parametri geotecnici</b>		
$\gamma$	MN/m <sup>3</sup>	0,0200
$\phi p$	(°)	25
<i>cp</i>	MPa	0,020
$\phi r$	(°)	25
<i>cr</i>	MPa	0,020
<i>E</i>	Mpa	160
$\nu$		0,3
$\psi$	(°)	0
<b>Stato di sforzo iniziale</b>		
<i>K0</i>		0,58
$\sigma 0$	Mpa	0,72

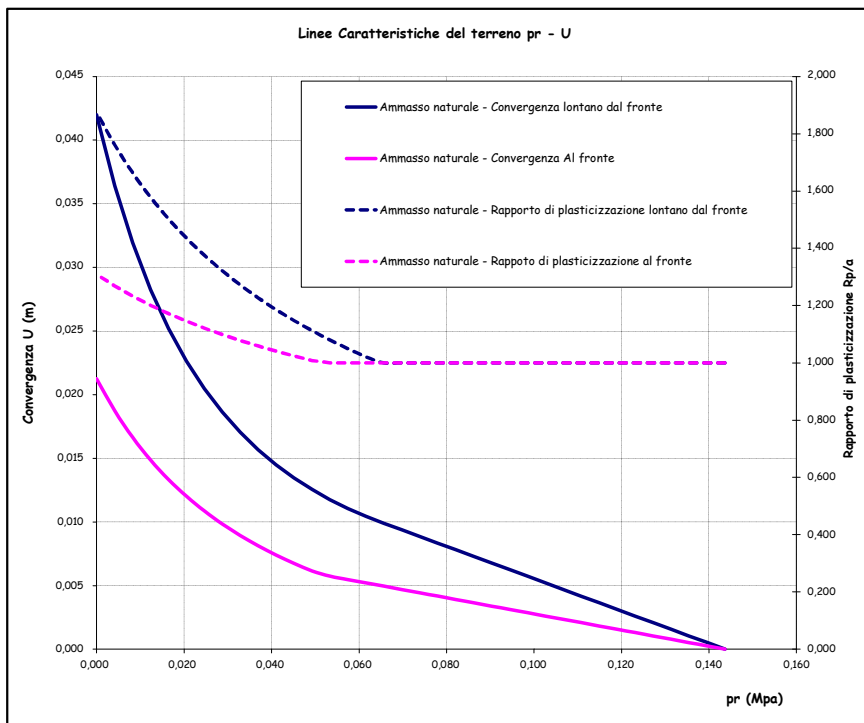
RESULTATI		
<b>Lontano dal fronte</b>		
<i>Uinf</i>	m	0,585
$\epsilon inf$	%	8,6
<i>Rpinf - a</i>	m	26,6
<b>Al fronte</b>		
<i>Uf</i>	m	0,200
$\epsilon f$	%	2,9
<i>Rpf - a</i>	m	7,6

LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2p - SAGOMA 1=CURVE  
 CARATTERISTICHE DEL TERRENO IN CONDIZIONI NATURALI

DATI			
<b>Geometria</b>			
Raggio di scavo equivalente	Var	unità	
<i>a</i>		m	6,97
Copertura (in asse galleria)	<i>C</i>	m	10,0
<b>Parametri geomeccanici</b>			
Peso di volume del terreno	$\gamma$	MN/mc	0,0200
Angolo d'attrito interno in condizioni di picco	$\phi p$	deg	25,0
coesione drenata in condizioni di picco	<i>cp</i>	MPa	0,020
Angolo d'attrito interno in condizioni residue	$\phi r$	deg	25,0
coesione drenata in condizioni residue	<i>cr</i>	MPa	0,020
Modulo di Young	<i>E</i>	Mpa	71
Coefficiente di Poisson	$\nu$		0,3
Dilatanza	$\psi$	deg	0
<b>Stato di sforzo iniziale</b>			
coefficiente di spinta a riposo	<i>K0</i>		0,58
Carico litostatico	$\sigma 0$	Mpa	0,14
<b>RESULTATI - CONDIZIONI PIANE (LONTANO DAL FRONTE)</b>			
fattore A (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>A</i>		0,079
fattore B (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>B</i>		0,075
fattore C (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>C</i>		0,023
pressione critica di confinamento	<i>pe</i>	Mpa	0,06
coefficiente $\lambda$ al limite elastico	$\lambda e$		0,55
convergenza al limite elastico	<i>Ue</i>	m	0,010
convergenza del cavo in assenza di sostegno	<i>Uinf</i>	m	0,042
deformazione radiale	$\epsilon inf$	%	0,6
Estensione fascia plasticizzata	<i>Rp - a</i>	m	6,1
<b>RESULTATI - CONDIZIONI SFERICHE (AL FRONTE DI SCAVO)</b>			
fattore A (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>A</i>		0,060
fattore B (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>B</i>		0,075
fattore C (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>C</i>		0,400
pressione critica di confinamento	<i>pe</i>	Mpa	0,05
coefficiente $\lambda$ al limite elastico	$\lambda e$		0,64
convergenza al limite elastico	<i>Ue</i>	m	0,006
convergenza al fronte di scavo	<i>Uf</i>	m	0,021
deformazione radiale	$\epsilon f$	%	0,3
Estensione fascia plasticizzata	<i>Rp - a</i>	m	2,2

AMMASSO NON CONSOLIDATO										
CONDIZIONI PIANE						CONDIZIONI SFERICHE				
$\lambda$	1- $\lambda$	pr (MPa)	status	Rp/r	Rp (m)	Ur (m)	status	Rp/r	Rp (m)	Uf (m)
0,00	1,00	0,144	E	1,000	6,97	0,000	E	1,000	6,97	0,000
0,029	0,97	0,140	E	1,000	6,97	0,001	E	1,000	6,97	0,000
0,06	0,94	0,135	E	1,000	6,97	0,001	E	1,000	6,97	0,001
0,09	0,91	0,131	E	1,000	6,97	0,002	E	1,000	6,97	0,001
0,11	0,89	0,127	E	1,000	6,97	0,002	E	1,000	6,97	0,001
0,14	0,86	0,123	E	1,000	6,97	0,003	E	1,000	6,97	0,001
0,17	0,83	0,119	E	1,000	6,97	0,003	E	1,000	6,97	0,002
0,20	0,80	0,115	E	1,000	6,97	0,004	E	1,000	6,97	0,002
0,23	0,77	0,111	E	1,000	6,97	0,004	E	1,000	6,97	0,002
0,26	0,74	0,107	E	1,000	6,97	0,005	E	1,000	6,97	0,002
0,29	0,71	0,103	E	1,000	6,97	0,005	E	1,000	6,97	0,003
0,31	0,69	0,099	E	1,000	6,97	0,006	E	1,000	6,97	0,003
0,34	0,66	0,094	E	1,000	6,97	0,006	E	1,000	6,97	0,003
0,37	0,63	0,090	E	1,000	6,97	0,007	E	1,000	6,97	0,003
0,40	0,60	0,086	E	1,000	6,97	0,007	E	1,000	6,97	0,004
0,43	0,57	0,082	E	1,000	6,97	0,008	E	1,000	6,97	0,004
0,46	0,54	0,078	E	1,000	6,97	0,008	E	1,000	6,97	0,004
0,49	0,51	0,074	E	1,000	6,97	0,009	E	1,000	6,97	0,004
0,51	0,49	0,070	E	1,000	6,97	0,009	E	1,000	6,97	0,005
0,54	0,46	0,066	E	1,000	6,97	0,010	E	1,000	6,97	0,005
0,57	0,43	0,062	P	1,021	7,12	0,010	E	1,000	6,97	0,005
0,60	0,40	0,057	P	1,050	7,32	0,011	E	1,000	6,97	0,005
0,63	0,37	0,053	P	1,080	7,53	0,012	E	1,000	6,97	0,006
0,66	0,34	0,049	P	1,113	7,76	0,013	P	1,008	7,03	0,006
0,69	0,31	0,045	P	1,148	8,00	0,013	P	1,024	7,14	0,007
0,71	0,29	0,041	P	1,186	8,27	0,014	P	1,041	7,26	0,007
0,74	0,26	0,037	P	1,227	8,56	0,016	P	1,059	7,38	0,008
0,77	0,23	0,033	P	1,272	8,87	0,017	P	1,078	7,52	0,009
0,80	0,20	0,029	P	1,321	9,21	0,019	P	1,099	7,66	0,010
0,83	0,17	0,025	P	1,376	9,59	0,020	P	1,121	7,82	0,011
0,86	0,14	0,021	P	1,436	10,01	0,023	P	1,146	7,99	0,012
0,89	0,11	0,016	P	1,503	10,48	0,025	P	1,172	8,17	0,013
0,91	0,09	0,012	P	1,579	11,01	0,028	P	1,201	8,38	0,015
0,94	0,06	0,008	P	1,664	11,60	0,032	P	1,233	8,60	0,017
0,97	0,03	0,004	P	1,762	12,29	0,036	P	1,269	8,85	0,019
1,00	0,00	0,000	P	1,876	13,08	0,042	P	1,309	9,13	0,021
n. punti		35		step	0,0286					

LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2p - SAGOMA 1=CURVE  
 CARATTERISTICHE DEL TERRENO IN CONDIZIONI NATURALI



DATI		
<b>Geometria</b>		
<i>a</i>	m	6,97
<i>C</i>	m	10,0
<b>Parametri geotecnici</b>		
$\gamma$	MN/m <sup>3</sup>	0,0200
$\phi p$	(°)	25
<i>cp</i>	MPa	0,020
$\phi r$	(°)	25
<i>cr</i>	MPa	0,020
<i>E</i>	Mpa	71
$\nu$		0,3
$\psi$	(°)	0
<b>Stato di sforzo iniziale</b>		
<i>K0</i>		0,58
$\sigma 0$	Mpa	0,14

RESULTATI		
<b>Lontano dal fronte</b>		
<i>Uinf</i>	m	0,042
$\epsilon inf$	%	0,6
<i>Rpinf - a</i>	m	6,1
<b>Al fronte</b>		
<i>Uf</i>	m	0,021
$\epsilon f$	%	0,3
<i>Rpf - a</i>	m	2,2

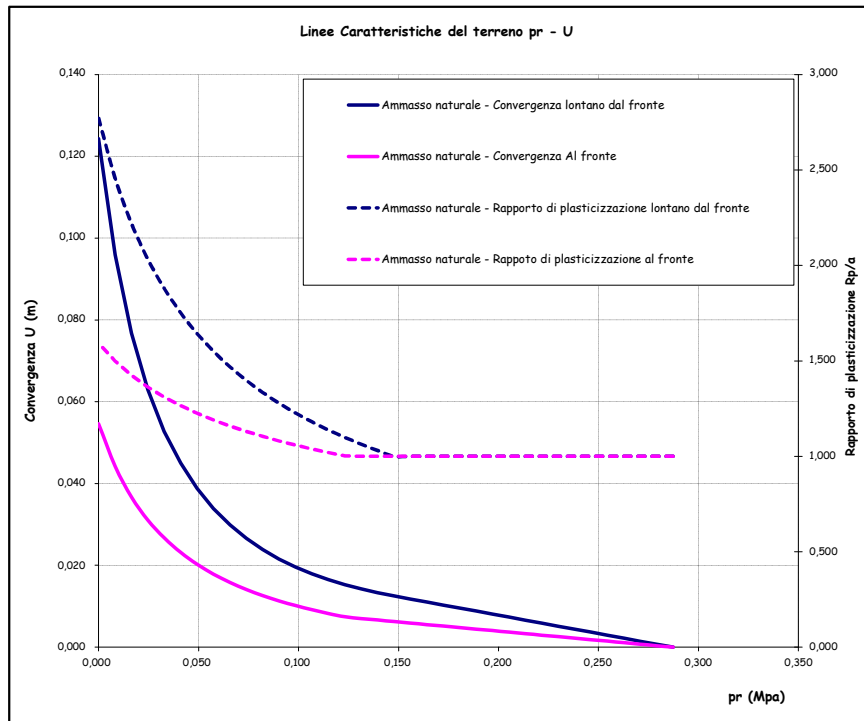
LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2p - SAGOMA 1=CURVE  
 CARATTERISTICHE DEL TERRENO IN CONDIZIONI NATURALI

DATI			
<b>Geometria</b>			
Raggio di scavo equivalente	Var	unità	
<i>a</i>		m	6,97
Copertura (in asse galleria)	<i>C</i>	m	20,0
<b>Parametri geomeccanici</b>			
Peso di volume del terreno	$\gamma$	MN/mc	0,0200
Angolo d'attrito interno in condizioni di picco	$\phi p$	deg	25,0
coesione drenata in condizioni di picco	<i>cp</i>	MPa	0,020
Angolo d'attrito interno in condizioni residue	$\phi r$	deg	25,0
coesione drenata in condizioni residue	<i>cr</i>	MPa	0,020
Modulo di Young	<i>E</i>	Mpa	101
Coefficiente di Poisson	$\nu$		0,3
Dilatanza	$\psi$	deg	0
<b>Stato di sforzo iniziale</b>			
coefficiente di spinta a riposo	<i>K0</i>		0,58
Carico litostatico	$\sigma 0$	Mpa	0,29
<b>RESULTATI - CONDIZIONI PIANE (LONTANO DAL FRONTE)</b>			
fattore A (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>A</i>		0,140
fattore B (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>B</i>		0,132
fattore C (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>C</i>		0,023
pressione critica di confinamento	<i>pe</i>	Mpa	0,15
coefficiente $\lambda$ al limite elastico	$\lambda e$		0,49
convergenza al limite elastico	<i>Ue</i>	m	0,013
convergenza del cavo in assenza di sostegno	<i>Uinf</i>	m	0,124
deformazione radiale	$\epsilon inf$	%	1,8
Estensione fascia plasticizzata	<i>Rp - a</i>	m	12,3
<b>RESULTATI - CONDIZIONI SFERICHE (AL FRONTE DI SCAVO)</b>			
fattore A (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>A</i>		0,106
fattore B (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>B</i>		0,132
fattore C (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>C</i>		0,400
pressione critica di confinamento	<i>pe</i>	Mpa	0,12
coefficiente $\lambda$ al limite elastico	$\lambda e$		0,57
convergenza al limite elastico	<i>Ue</i>	m	0,007
convergenza al fronte di scavo	<i>Uf</i>	m	0,055
deformazione radiale	$\epsilon f$	%	0,8
Estensione fascia plasticizzata	<i>Rp - a</i>	m	4,1

AMMASSO NON CONSOLIDATO										
CONDIZIONI PIANE						CONDIZIONI SFERICHE				
$\lambda$	1- $\lambda$	pr (MPa)	status	Rp/r	Rp (m)	Ur (m)	status	Rp/r	Rp (m)	Uf (m)
0,00	1,00	0,287	E	1,000	6,97	0,000	E	1,000	6,97	0,000
0,029	0,97	0,279	E	1,000	6,97	0,001	E	1,000	6,97	0,000
0,06	0,94	0,271	E	1,000	6,97	0,001	E	1,000	6,97	0,001
0,09	0,91	0,263	E	1,000	6,97	0,002	E	1,000	6,97	0,001
0,11	0,89	0,254	E	1,000	6,97	0,003	E	1,000	6,97	0,001
0,14	0,86	0,246	E	1,000	6,97	0,004	E	1,000	6,97	0,002
0,17	0,83	0,238	E	1,000	6,97	0,004	E	1,000	6,97	0,002
0,20	0,80	0,230	E	1,000	6,97	0,005	E	1,000	6,97	0,003
0,23	0,77	0,222	E	1,000	6,97	0,006	E	1,000	6,97	0,003
0,26	0,74	0,213	E	1,000	6,97	0,007	E	1,000	6,97	0,003
0,29	0,71	0,205	E	1,000	6,97	0,007	E	1,000	6,97	0,004
0,31	0,69	0,197	E	1,000	6,97	0,008	E	1,000	6,97	0,004
0,34	0,66	0,189	E	1,000	6,97	0,009	E	1,000	6,97	0,004
0,37	0,63	0,181	E	1,000	6,97	0,010	E	1,000	6,97	0,005
0,40	0,60	0,172	E	1,000	6,97	0,010	E	1,000	6,97	0,005
0,43	0,57	0,164	E	1,000	6,97	0,011	E	1,000	6,97	0,006
0,46	0,54	0,156	E	1,000	6,97	0,012	E	1,000	6,97	0,006
0,49	0,51	0,148	P	1,000	6,97	0,013	E	1,000	6,97	0,006
0,51	0,49	0,140	P	1,031	7,19	0,013	E	1,000	6,97	0,007
0,54	0,46	0,131	P	1,063	7,42	0,014	E	1,000	6,97	0,007
0,57	0,43	0,123	P	1,099	7,66	0,015	P	1,002	6,99	0,007
0,60	0,40	0,115	P	1,138	7,93	0,017	P	1,020	7,11	0,008
0,63	0,37	0,107	P	1,180	8,23	0,018	P	1,039	7,24	0,009
0,66	0,34	0,099	P	1,226	8,55	0,020	P	1,059	7,38	0,010
0,69	0,31	0,090	P	1,278	8,91	0,022	P	1,081	7,53	0,011
0,71	0,29	0,082	P	1,334	9,30	0,024	P	1,104	7,70	0,013
0,74	0,26	0,074	P	1,398	9,75	0,027	P	1,130	7,88	0,014
0,77	0,23	0,066	P	1,469	10,24	0,030	P	1,159	8,08	0,016
0,80	0,20	0,057	P	1,550	10,81	0,034	P	1,190	8,30	0,018
0,83	0,17	0,049	P	1,643	11,46	0,039	P	1,225	8,55	0,020
0,86	0,14	0,041	P	1,751	12,21	0,045	P	1,265	8,82	0,023
0,89	0,11	0,033	P	1,879	13,10	0,053	P	1,310	9,14	0,027
0,91	0,09	0,025	P	2,032	14,17	0,063	P	1,363	9,50	0,031
0,94	0,06	0,016	P	2,220	15,48	0,077	P	1,424	9,93	0,037
0,97	0,03	0,008	P	2,458	17,14	0,096	P	1,499	10,45	0,044
1,00	0,00	0,000	P	2,771	19,32	0,124	P	1,591	11,10	0,055

n. punti 35 step 0,0286

LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2p - SAGOMA 1=CURVE  
 CARATTERISTICHE DEL TERRENO IN CONDIZIONI NATURALI



DATI		
<b>Geometria</b>		
<i>a</i>	m	6,97
<i>C</i>	m	20,0
<b>Parametri geotecnici</b>		
$\gamma$	MN/m <sup>3</sup>	0,0200
$\phi p$	(°)	25
<i>cp</i>	MPa	0,020
$\phi r$	(°)	25
<i>cr</i>	MPa	0,020
<i>E</i>	Mpa	101
$\nu$		0,3
$\psi$	(°)	0
<b>Stato di sforzo iniziale</b>		
<i>K0</i>		0,58
$\sigma 0$	Mpa	0,29

RESULTATI		
<b>Lontano dal fronte</b>		
<i>Uinf</i>	m	0,124
$\epsilon inf$	%	1,8
<i>Rp inf - a</i>	m	12,3
<b>Al fronte</b>		
<i>Uf</i>	m	0,055
$\epsilon f$	%	0,8
<i>Rp f - a</i>	m	4,1

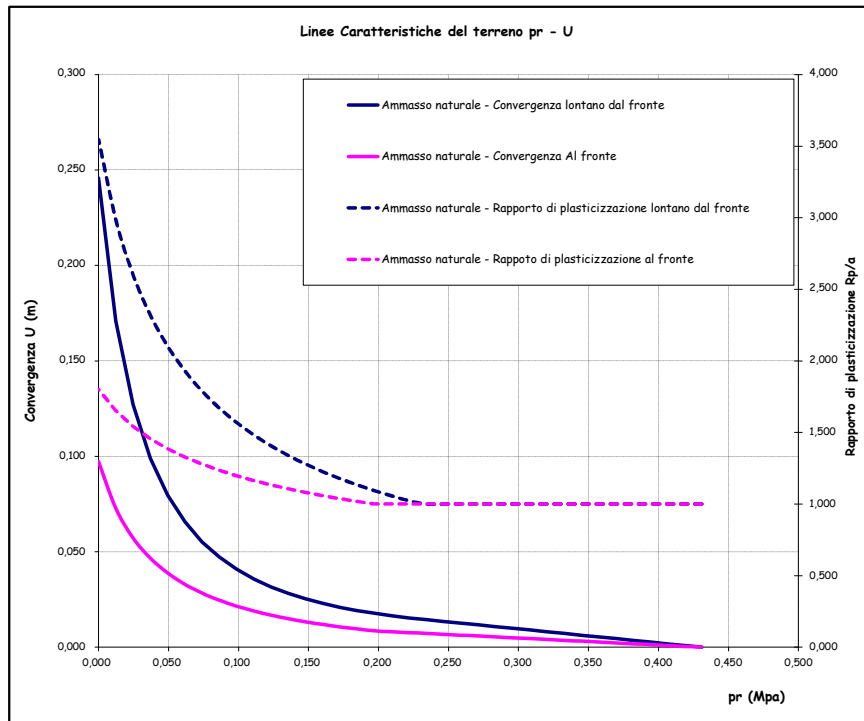
LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2p - SAGOMA 1=CURVE  
 CARATTERISTICHE DEL TERRENO IN CONDIZIONI NATURALI

DATI			
<b>Geometria</b>			
Raggio di scavo equivalente	a	m	6,97
Copertura (in asse galleria)	C	m	30,0
<b>Parametri geomeccanici</b>			
Peso di volume del terreno	$\gamma$	MN/mc	0,0200
Angolo d'attrito interno in condizioni di picco	$\phi p$	deg	25,0
coesione drenata in condizioni di picco	cp	MPa	0,020
Angolo d'attrito interno in condizioni residue	$\phi r$	deg	25,0
coesione drenata in condizioni residue	cr	MPa	0,020
Modulo di Young	E	Mpa	124
Coefficiente di Poisson	$\nu$		0,3
Dilatanza	$\psi$	deg	0
<b>Stato di sforzo iniziale</b>			
coefficiente di spinta a riposo	K0		0,58
Carico litostatico	$\sigma 0$	Mpa	0,43
<b>RESULTATI - CONDIZIONI PIANE (LONTANO DAL FRONTE)</b>			
fattore A (calcolo spostamenti in fase plastica)	A		0,200
fattore B (calcolo spostamenti in fase plastica)	B		0,190
fattore C (calcolo spostamenti in fase plastica)	C		0,023
pressione critica di confinamento	pe	Mpa	0,23
coefficiente $\lambda$ al limite elastico	$\lambda e$		0,46
convergenza al limite elastico	Ue	m	0,015
convergenza del cavo in assenza di sostegno	Uinf	m	0,246
deformazione radiale	$\epsilon inf$	%	3,5
Estensione fascia plasticizzata	Rp - a	m	17,8
<b>RESULTATI - CONDIZIONI SFERICHE (AL FRONTE DI SCAVO)</b>			
fattore A (calcolo spostamenti in fase plastica)	A		0,152
fattore B (calcolo spostamenti in fase plastica)	B		0,190
fattore C (calcolo spostamenti in fase plastica)	C		0,400
pressione critica di confinamento	pe	Mpa	0,20
coefficiente $\lambda$ al limite elastico	$\lambda e$		0,54
convergenza al limite elastico	Ue	m	0,009
convergenza al fronte di scavo	Uf	m	0,097
deformazione radiale	$\epsilon f$	%	1,4
Estensione fascia plasticizzata	Rp - a	m	5,6

AMMASSO NON CONSOLIDATO										
CONDIZIONI PIANE										
$\lambda$	1- $\lambda$	pr (MPa)	status	Rp/r	Rp (m)	Ur (m)	status	Rp/r	Rp (m)	Uf (m)
0,00	1,00	0,431	E	1,000	6,97	0,000	E	1,000	6,97	0,000
0,029	0,97	0,419	E	1,000	6,97	0,001	E	1,000	6,97	0,000
0,06	0,94	0,406	E	1,000	6,97	0,002	E	1,000	6,97	0,001
0,09	0,91	0,394	E	1,000	6,97	0,003	E	1,000	6,97	0,001
0,11	0,89	0,382	E	1,000	6,97	0,004	E	1,000	6,97	0,002
0,14	0,86	0,369	E	1,000	6,97	0,005	E	1,000	6,97	0,002
0,17	0,83	0,357	E	1,000	6,97	0,005	E	1,000	6,97	0,003
0,20	0,80	0,345	E	1,000	6,97	0,006	E	1,000	6,97	0,003
0,23	0,77	0,332	E	1,000	6,97	0,007	E	1,000	6,97	0,004
0,26	0,74	0,320	E	1,000	6,97	0,008	E	1,000	6,97	0,004
0,29	0,71	0,308	E	1,000	6,97	0,009	E	1,000	6,97	0,005
0,31	0,69	0,296	E	1,000	6,97	0,010	E	1,000	6,97	0,005
0,34	0,66	0,283	E	1,000	6,97	0,011	E	1,000	6,97	0,005
0,37	0,63	0,271	E	1,000	6,97	0,012	E	1,000	6,97	0,006
0,40	0,60	0,259	E	1,000	6,97	0,013	E	1,000	6,97	0,006
0,43	0,57	0,246	E	1,000	6,97	0,014	E	1,000	6,97	0,007
0,46	0,54	0,234	E	1,000	6,97	0,014	E	1,000	6,97	0,007
0,49	0,51	0,222	P	1,023	7,14	0,015	E	1,000	6,97	0,008
0,51	0,49	0,209	P	1,057	7,37	0,016	E	1,000	6,97	0,008
0,54	0,46	0,197	P	1,094	7,63	0,018	E	1,000	6,97	0,009
0,57	0,43	0,185	P	1,134	7,91	0,019	P	1,018	7,10	0,010
0,60	0,40	0,172	P	1,178	8,21	0,021	P	1,038	7,23	0,011
0,63	0,37	0,160	P	1,226	8,55	0,023	P	1,059	7,38	0,012
0,66	0,34	0,148	P	1,280	8,92	0,025	P	1,082	7,54	0,013
0,69	0,31	0,135	P	1,340	9,34	0,028	P	1,106	7,72	0,015
0,71	0,29	0,123	P	1,407	9,81	0,032	P	1,134	7,91	0,017
0,74	0,26	0,111	P	1,483	10,34	0,036	P	1,164	8,12	0,019
0,77	0,23	0,099	P	1,570	10,95	0,041	P	1,198	8,35	0,022
0,80	0,20	0,086	P	1,671	11,65	0,047	P	1,236	8,62	0,025
0,83	0,17	0,074	P	1,789	12,47	0,055	P	1,279	8,92	0,028
0,86	0,14	0,062	P	1,930	13,46	0,066	P	1,328	9,26	0,033
0,89	0,11	0,049	P	2,103	14,66	0,080	P	1,386	9,67	0,039
0,91	0,09	0,037	P	2,320	16,17	0,099	P	1,456	10,15	0,047
0,94	0,06	0,025	P	2,601	18,14	0,127	P	1,542	10,75	0,057
0,97	0,03	0,012	P	2,984	20,81	0,171	P	1,651	11,52	0,073
1,00	0,00	0,000	P	3,546	24,72	0,246	P	1,800	12,55	0,097

n. punti 35 step 0,0286

LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2p - SAGOMA 1=CURVE  
 CARATTERISTICHE DEL TERRENO IN CONDIZIONI NATURALI



DATI		
<b>Geometria</b>		
a	m	6,97
C	m	30,0
<b>Parametri geotecnici</b>		
$\gamma$	MN/m <sup>3</sup>	0,0200
$\phi p$	(°)	25
cp	MPa	0,020
$\phi r$	(°)	25
cr	MPa	0,020
E	Mpa	124
$\nu$		0,3
$\psi$	(°)	0
<b>Stato di sforzo iniziale</b>		
K0		0,58
$\sigma 0$	Mpa	0,43

RESULTATI		
<b>Lontano dal fronte</b>		
Uinf	m	0,246
$\epsilon inf$	%	3,5
Rp inf - a	m	17,8
<b>Al fronte</b>		
Uf	m	0,097
$\epsilon f$	%	1,4
Rp f - a	m	5,6

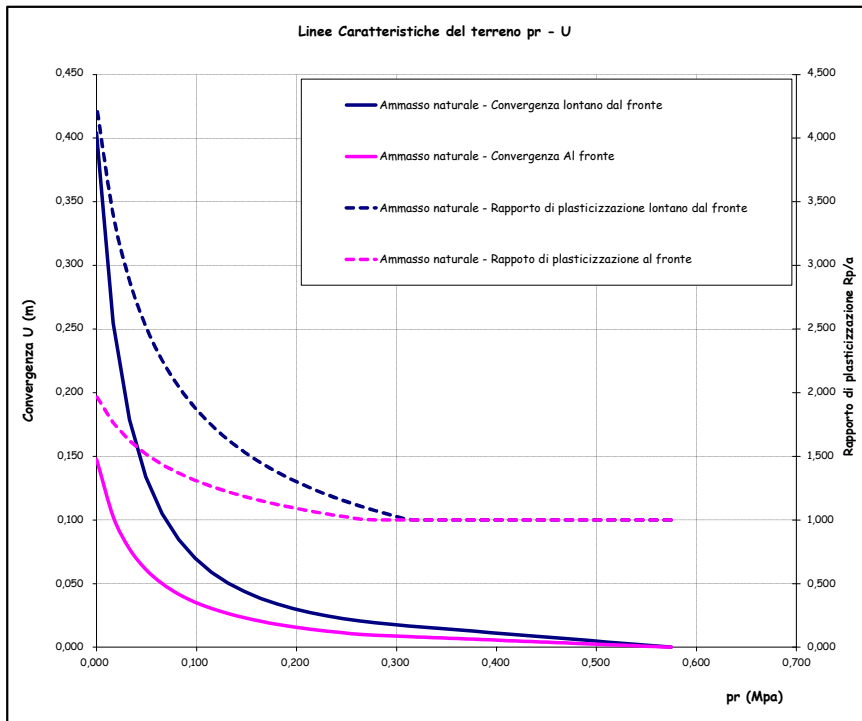
LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2p - SAGOMA 1=CURVE  
 CARATTERISTICHE DEL TERRENO IN CONDIZIONI NATURALI

DATI			
<b>Geometria</b>			
Raggio di scavo equivalente	Var	unità	
<i>a</i>		m	6,97
Copertura (in asse galleria)	<i>C</i>	m	40,0
<b>Parametri geomeccanici</b>			
Peso di volume del terreno	$\gamma$	MN/mc	0,0200
Angolo d'attrito interno in condizioni di picco	$\phi p$	deg	25,0
coesione drenata in condizioni di picco	<i>cp</i>	MPa	0,020
Angolo d'attrito interno in condizioni residue	$\phi r$	deg	25,0
coesione drenata in condizioni residue	<i>cr</i>	MPa	0,020
Modulo di Young	<i>E</i>	Mpa	143
Coefficiente di Poisson	$\nu$		0,3
Dilatanza	$\psi$	deg	0
<b>Stato di sforzo iniziale</b>			
coefficiente di spinta a riposo	<i>K0</i>		0,58
Carico litostatico	$\sigma 0$	Mpa	0,57
<b>RESULTATI - CONDIZIONI PIANE (LONTANO DAL FRONTE)</b>			
fattore A (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>A</i>		0,261
fattore B (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>B</i>		0,247
fattore C (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>C</i>		0,023
pressione critica di confinamento	<i>pe</i>	Mpa	0,31
coefficiente $\lambda$ al limite elastico	$\lambda e$		0,45
convergenza al limite elastico	<i>Ue</i>	m	0,017
convergenza del cavo in assenza di sostegno	<i>Uinf</i>	m	0,404
deformazione radiale	$\epsilon inf$	%	5,8
Estensione fascia plasticizzata	<i>Rp - a</i>	m	22,7
<b>RESULTATI - CONDIZIONI SFERICHE (AL FRONTE DI SCAVO)</b>			
fattore A (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>A</i>		0,198
fattore B (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>B</i>		0,247
fattore C (calcolo spostamenti in fase plastica)	<i>C</i>		0,400
pressione critica di confinamento	<i>pe</i>	Mpa	0,27
coefficiente $\lambda$ al limite elastico	$\lambda e$		0,53
convergenza al limite elastico	<i>Ue</i>	m	0,010
convergenza al fronte di scavo	<i>Uf</i>	m	0,148
deformazione radiale	$\epsilon f$	%	2,1
Estensione fascia plasticizzata	<i>Rp - a</i>	m	6,8

AMMASSO NON CONSOLIDATO										
	CONDIZIONI PIANE						CONDIZIONI SFERICHE			
$\lambda$	1- $\lambda$	pr (MPa)	status	Rp/r	Rp (m)	Ur (m)	status	Rp/r	Rp (m)	Uf (m)
0,00	1,00	0,575	E	1,000	6,97	0,000	E	1,000	6,97	0,000
0,029	0,97	0,558	E	1,000	6,97	0,001	E	1,000	6,97	0,001
0,06	0,94	0,542	E	1,000	6,97	0,002	E	1,000	6,97	0,001
0,09	0,91	0,525	E	1,000	6,97	0,003	E	1,000	6,97	0,002
0,11	0,89	0,509	E	1,000	6,97	0,004	E	1,000	6,97	0,002
0,14	0,86	0,493	E	1,000	6,97	0,005	E	1,000	6,97	0,003
0,17	0,83	0,476	E	1,000	6,97	0,006	E	1,000	6,97	0,003
0,20	0,80	0,460	E	1,000	6,97	0,007	E	1,000	6,97	0,004
0,23	0,77	0,443	E	1,000	6,97	0,008	E	1,000	6,97	0,004
0,26	0,74	0,427	E	1,000	6,97	0,009	E	1,000	6,97	0,005
0,29	0,71	0,410	E	1,000	6,97	0,010	E	1,000	6,97	0,005
0,31	0,69	0,394	E	1,000	6,97	0,011	E	1,000	6,97	0,006
0,34	0,66	0,378	E	1,000	6,97	0,013	E	1,000	6,97	0,006
0,37	0,63	0,361	E	1,000	6,97	0,014	E	1,000	6,97	0,007
0,40	0,60	0,345	E	1,000	6,97	0,015	E	1,000	6,97	0,007
0,43	0,57	0,328	E	1,000	6,97	0,016	E	1,000	6,97	0,008
0,46	0,54	0,312	P	1,003	7,00	0,017	E	1,000	6,97	0,008
0,49	0,51	0,296	P	1,036	7,23	0,018	E	1,000	6,97	0,009
0,51	0,49	0,279	P	1,072	7,48	0,019	E	1,000	6,97	0,009
0,54	0,46	0,263	P	1,111	7,75	0,021	P	1,008	7,03	0,010
0,57	0,43	0,246	P	1,154	8,05	0,023	P	1,027	7,16	0,011
0,60	0,40	0,230	P	1,201	8,37	0,025	P	1,048	7,30	0,013
0,63	0,37	0,213	P	1,253	8,74	0,027	P	1,070	7,46	0,014
0,66	0,34	0,197	P	1,311	9,14	0,030	P	1,095	7,63	0,016
0,69	0,31	0,181	P	1,376	9,59	0,034	P	1,121	7,82	0,018
0,71	0,29	0,164	P	1,449	10,11	0,038	P	1,151	8,03	0,020
0,74	0,26	0,148	P	1,534	10,69	0,044	P	1,184	8,26	0,023
0,77	0,23	0,131	P	1,631	11,37	0,050	P	1,221	8,51	0,026
0,80	0,20	0,115	P	1,745	12,17	0,059	P	1,263	8,81	0,030
0,83	0,17	0,099	P	1,881	13,12	0,070	P	1,311	9,14	0,035
0,86	0,14	0,082	P	2,046	14,27	0,085	P	1,368	9,54	0,042
0,89	0,11	0,066	P	2,253	15,71	0,105	P	1,435	10,01	0,050
0,91	0,09	0,049	P	2,520	17,57	0,134	P	1,518	10,58	0,061
0,94	0,06	0,033	P	2,882	20,09	0,179	P	1,623	11,32	0,077
0,97	0,03	0,016	P	3,405	23,74	0,255	P	1,764	12,30	0,103
1,00	0,00	0,000	P	4,249	29,63	0,404	P	1,971	13,74	0,148

n. punti 35 step 0,0286

LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2p - SAGOMA 1=CURVE  
 CARATTERISTICHE DEL TERRENO IN CONDIZIONI NATURALI



DATI		
<b>Geometria</b>		
<i>a</i>	m	6,97
<i>C</i>	m	40,0
<b>Parametri geotecnici</b>		
$\gamma$	MN/m <sup>3</sup>	0,0200
$\phi p$	(°)	25
<i>cp</i>	MPa	0,020
$\phi r$	(°)	25
<i>cr</i>	MPa	0,020
<i>E</i>	Mpa	143
$\nu$		0,3
$\psi$	(°)	0
<b>Stato di sforzo iniziale</b>		
<i>K0</i>		0,58
$\sigma 0$	Mpa	0,57

RESULTATI		
<b>Lontano dal fronte</b>		
<i>Uinf</i>	m	0,404
$\epsilon inf$	%	5,8
<i>Rp inf - a</i>	m	22,7
<b>Al fronte</b>		
<i>Uf</i>	m	0,148
$\epsilon f$	%	2,1
<i>Rp f - a</i>	m	6,8

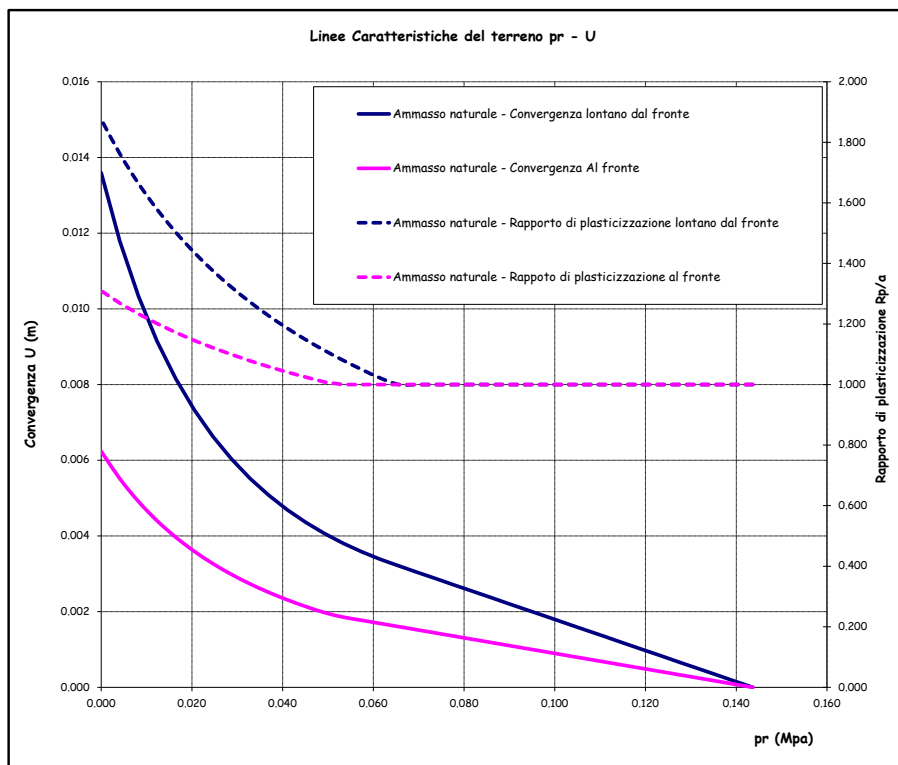
LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO Cunicolo  
 CURVE CARATTERISTICHE DEL TERRENO IN CONDIZIONI NATURALI

DATI			
<b>Geometria</b>			
Raggio di scavo equivalente	a	m	2.26
Copertura (in asse galleria)	C	m	10.0
<b>Parametri geomeccanici</b>			
Peso di volume del terreno	$\gamma$	MN/mc	0.0200
Angolo d'attrito interno in condizioni di picco	$\phi p$	deg	25.0
coesione drenata in condizioni di picco	cp	MPa	0.020
Angolo d'attrito interno in condizioni residue	$\phi r$	deg	25.0
coesione drenata in condizioni residue	cr	MPa	0.020
Modulo di Young	E	Mpa	71
Coefficiente di Poisson	$\nu$		0.3
Dilatanza	$\psi$	deg	0
<b>Stato di sforzo iniziale</b>			
coefficiente di spinta a riposo	K0		0.58
Carico litostatico	$\sigma 0$	Mpa	0.14
<b>RISULTATI - CONDIZIONI PIANE (LONTANO DAL FRONTE)</b>			
fattore A (calcolo spostamenti in fase plastica)	A		0.079
fattore B (calcolo spostamenti in fase plastica)	B		0.075
fattore C (calcolo spostamenti in fase plastica)	C		0.122
pressione critica di confinamento	pe	Mpa	0.06
coefficiente $\lambda$ al limite elastico	$\lambda e$		0.55
convergenza al limite elastico	Ue	m	0.003
convergenza del cavo in assenza di sostegno	Uinf	m	0.014
deformazione radiale	$\epsilon inf$	%	0.6
Estensione fascia plasticizzata	Rp - a	m	2.0
<b>RISULTATI - CONDIZIONI SFERICHE (AL FRONTE DI SCAVO)</b>			
fattore A (calcolo spostamenti in fase plastica)	A		0.060
fattore B (calcolo spostamenti in fase plastica)	B		0.075
fattore C (calcolo spostamenti in fase plastica)	C		0.400
pressione critica di confinamento	pe	Mpa	0.05
coefficiente $\lambda$ al limite elastico	$\lambda e$		0.64
convergenza al limite elastico	Ue	m	0.002
convergenza al fronte di scavo	Uf	m	0.006
deformazione radiale	$\epsilon f$	%	0.3
Estensione fascia plasticizzata	Rp - a	m	0.7

AMMASSO NON CONSOLIDATO											
CONDIZIONI PIANE						CONDIZIONI SFERICHE					
$\lambda$	1- $\lambda$	pr (MPa)	status	Rp/r	Rp (m)	Ur (m)	status	Rp/r	Rp (m)	Uf (m)	
0.00	1.00	0.144	E	1.000	2.26	0.000	E	1.000	2.26	0.000	
0.029	0.97	0.140	E	1.000	2.26	0.000	E	1.000	2.26	0.000	
0.06	0.94	0.135	E	1.000	2.26	0.000	E	1.000	2.26	0.000	
0.09	0.91	0.131	E	1.000	2.26	0.001	E	1.000	2.26	0.000	
0.11	0.89	0.127	E	1.000	2.26	0.001	E	1.000	2.26	0.000	
0.14	0.86	0.123	E	1.000	2.26	0.001	E	1.000	2.26	0.000	
0.17	0.83	0.119	E	1.000	2.26	0.001	E	1.000	2.26	0.001	
0.20	0.80	0.115	E	1.000	2.26	0.001	E	1.000	2.26	0.001	
0.23	0.77	0.111	E	1.000	2.26	0.001	E	1.000	2.26	0.001	
0.26	0.74	0.107	E	1.000	2.26	0.002	E	1.000	2.26	0.001	
0.29	0.71	0.103	E	1.000	2.26	0.002	E	1.000	2.26	0.001	
0.31	0.69	0.099	E	1.000	2.26	0.002	E	1.000	2.26	0.001	
0.34	0.66	0.094	E	1.000	2.26	0.002	E	1.000	2.26	0.001	
0.37	0.63	0.090	E	1.000	2.26	0.002	E	1.000	2.26	0.001	
0.40	0.60	0.086	E	1.000	2.26	0.002	E	1.000	2.26	0.001	
0.43	0.57	0.082	E	1.000	2.26	0.003	E	1.000	2.26	0.001	
0.46	0.54	0.078	E	1.000	2.26	0.003	E	1.000	2.26	0.001	
0.49	0.51	0.074	E	1.000	2.26	0.003	E	1.000	2.26	0.001	
0.51	0.49	0.070	E	1.000	2.26	0.003	E	1.000	2.26	0.002	
0.54	0.46	0.066	E	1.000	2.26	0.003	E	1.000	2.26	0.002	
0.57	0.43	0.062	P	1.021	2.30	0.003	E	1.000	2.26	0.002	
0.60	0.40	0.057	P	1.050	2.37	0.004	E	1.000	2.26	0.002	
0.63	0.37	0.053	P	1.080	2.44	0.004	E	1.000	2.26	0.002	
0.66	0.34	0.049	P	1.113	2.51	0.004	P	1.008	2.28	0.002	
0.69	0.31	0.045	P	1.148	2.59	0.004	P	1.024	2.31	0.002	
0.71	0.29	0.041	P	1.186	2.68	0.005	P	1.041	2.35	0.002	
0.74	0.26	0.037	P	1.227	2.77	0.005	P	1.059	2.39	0.003	
0.77	0.23	0.033	P	1.272	2.87	0.006	P	1.078	2.43	0.003	
0.80	0.20	0.029	P	1.321	2.98	0.006	P	1.099	2.48	0.003	
0.83	0.17	0.025	P	1.376	3.10	0.007	P	1.121	2.53	0.003	
0.86	0.14	0.021	P	1.436	3.24	0.007	P	1.146	2.59	0.004	
0.89	0.11	0.016	P	1.503	3.39	0.008	P	1.172	2.65	0.004	
0.91	0.09	0.012	P	1.579	3.56	0.009	P	1.201	2.71	0.004	
0.94	0.06	0.008	P	1.664	3.76	0.010	P	1.233	2.78	0.005	
0.97	0.03	0.004	P	1.762	3.98	0.012	P	1.269	2.86	0.006	
1.00	0.00	0.000	P	1.876	4.23	0.014	P	1.309	2.95	0.006	

n. punti 35 step 0.0286

LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO Cunicolo  
 CURVE CARATTERISTICHE DEL TERRENO IN CONDIZIONI NATURALI



DATI		
<b>Geometria</b>		
a	m	2.26
C	m	10.0
<b>Parametri geotecnici</b>		
$\gamma$	MN/m <sup>3</sup>	0.0200
$\phi p$	(°)	25
cp	MPa	0.020
$\phi r$	(°)	25
cr	MPa	0.020
E	Mpa	71
$\nu$		0.3
$\psi$	(°)	0
<b>Stato di sforzo iniziale</b>		
K0		0.58
$\sigma 0$	Mpa	0.14

RISULTATI		
<b>Lontano dal fronte</b>		
Uinf	m	0.014
$\epsilon inf$	%	0.6
Rp inf - a	m	2.0
<b>Al fronte</b>		
Uf	m	0.006
$\epsilon f$	%	0.3
Rp f - a	m	0.7



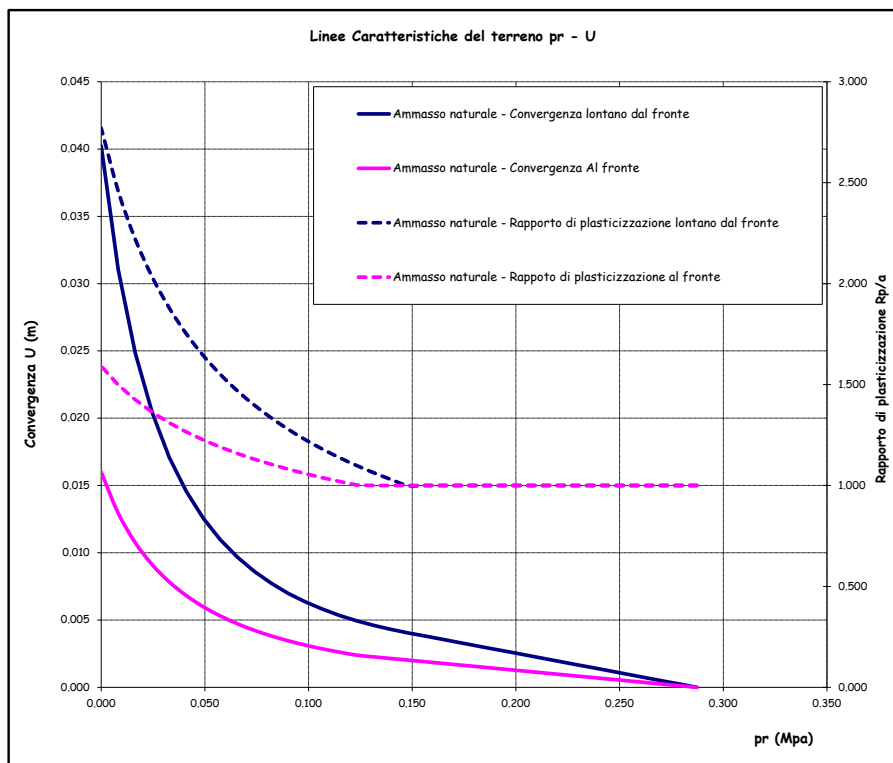
LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO Cunicolo  
 CURVE CARATTERISTICHE DEL TERRENO IN CONDIZIONI NATURALI

DATI			
<b>Geometria</b>			
Var	unità		
Raggio di scavo equivalente	a	m	2.26
Copertura (in asse galleria)	C	m	20.0
<b>Parametri geomeccanici</b>			
Var	unità		
Peso di volume del terreno	$\gamma$	MN/mc	0.0200
Angolo d'attrito interno in condizioni di picco	$\phi p$	deg	25.0
coesione drenata in condizioni di picco	cp	MPa	0.020
Angolo d'attrito interno in condizioni residue	$\phi r$	deg	25.0
coesione drenata in condizioni residue	cr	MPa	0.020
Modulo di Young	E	Mpa	101
Coefficiente di Poisson	$\nu$		0.3
Dilatanza	$\psi$	deg	0
coefficiente di spinta passiva - picco	Np		2.464
Resistenza a compressione uniassiale - picco	fp	Mpa	0.063
coefficiente di spinta passiva - residue	Nr		2.464
Resistenza a compressione uniassiale - residue	fr	Mpa	0.063
fattore di dilatanza	K		1.000
<b>Stato di sforzo iniziale</b>			
Var	unità		
coefficiente di spinta a riposo	K0		0.58
Carico litostatico	$\sigma 0$	Mpa	0.29
<b>RISULTATI - CONDIZIONI PIANE (LONTANO DAL FRONTE)</b>			
fattore A (calcolo spostamenti in fase plastica)	A		0.140
fattore B (calcolo spostamenti in fase plastica)	B		0.132
fattore C (calcolo spostamenti in fase plastica)	C		0.122
pressione critica di confinamento	pe	Mpa	0.15
coefficiente $\lambda$ al limite elastico	$\lambda e$		0.49
convergenza al limite elastico	Ue	m	0.004
convergenza del cavo in assenza di sostegno	Uinf	m	0.040
deformazione radiale	$\epsilon inf$	%	1.8
Estensione fascia plasticizzata	Rp - a	m	4.0
<b>RISULTATI - CONDIZIONI SFERICHE (AL FRONTE DI SCAVO)</b>			
fattore A (calcolo spostamenti in fase plastica)	A		0.106
fattore B (calcolo spostamenti in fase plastica)	B		0.132
fattore C (calcolo spostamenti in fase plastica)	C		0.400
pressione critica di confinamento	pe	Mpa	0.12
coefficiente $\lambda$ al limite elastico	$\lambda e$		0.57
convergenza al limite elastico	Ue	m	0.002
convergenza al fronte di scavo	Uf	m	0.016
deformazione radiale	$\epsilon f$	%	0.7
Estensione fascia plasticizzata	Rp - a	m	1.3

AMMASSO NON CONSOLIDATO											
CONDIZIONI PIANE						CONDIZIONI SFERICHE					
$\lambda$	1- $\lambda$	pr (MPa)	status	Rp/r	Rp (m)	Ur (m)	status	Rp/r	Rp (m)	Uf (m)	
0.00	1.00	0.287	E	1.000	2.26	0.000	E	1.000	2.26	0.000	
0.029	0.97	0.279	E	1.000	2.26	0.000	E	1.000	2.26	0.000	
0.06	0.94	0.271	E	1.000	2.26	0.000	E	1.000	2.26	0.000	
0.09	0.91	0.263	E	1.000	2.26	0.001	E	1.000	2.26	0.000	
0.11	0.89	0.254	E	1.000	2.26	0.001	E	1.000	2.26	0.000	
0.14	0.86	0.246	E	1.000	2.26	0.001	E	1.000	2.26	0.001	
0.17	0.83	0.238	E	1.000	2.26	0.001	E	1.000	2.26	0.001	
0.20	0.80	0.230	E	1.000	2.26	0.002	E	1.000	2.26	0.001	
0.23	0.77	0.222	E	1.000	2.26	0.002	E	1.000	2.26	0.001	
0.26	0.74	0.213	E	1.000	2.26	0.002	E	1.000	2.26	0.001	
0.29	0.71	0.205	E	1.000	2.26	0.002	E	1.000	2.26	0.001	
0.31	0.69	0.197	E	1.000	2.26	0.003	E	1.000	2.26	0.001	
0.34	0.66	0.189	E	1.000	2.26	0.003	E	1.000	2.26	0.001	
0.37	0.63	0.181	E	1.000	2.26	0.003	E	1.000	2.26	0.002	
0.40	0.60	0.172	E	1.000	2.26	0.003	E	1.000	2.26	0.002	
0.43	0.57	0.164	E	1.000	2.26	0.004	E	1.000	2.26	0.002	
0.46	0.54	0.156	E	1.000	2.26	0.004	E	1.000	2.26	0.002	
0.49	0.51	0.148	P	1.000	2.26	0.004	E	1.000	2.26	0.002	
0.51	0.49	0.140	P	1.031	2.33	0.004	E	1.000	2.26	0.002	
0.54	0.46	0.131	P	1.063	2.40	0.005	E	1.000	2.26	0.002	
0.57	0.43	0.123	P	1.099	2.48	0.005	P	1.002	2.26	0.002	
0.60	0.40	0.115	P	1.138	2.57	0.005	P	1.020	2.30	0.003	
0.63	0.37	0.107	P	1.180	2.66	0.006	P	1.039	2.34	0.003	
0.66	0.34	0.099	P	1.226	2.77	0.006	P	1.059	2.39	0.003	
0.69	0.31	0.090	P	1.278	2.88	0.007	P	1.081	2.44	0.003	
0.71	0.29	0.082	P	1.334	3.01	0.008	P	1.104	2.49	0.004	
0.74	0.26	0.074	P	1.398	3.15	0.009	P	1.130	2.55	0.004	
0.77	0.23	0.066	P	1.469	3.32	0.010	P	1.159	2.61	0.005	
0.80	0.20	0.057	P	1.550	3.50	0.011	P	1.190	2.69	0.005	
0.83	0.17	0.049	P	1.643	3.71	0.013	P	1.225	2.77	0.006	
0.86	0.14	0.041	P	1.751	3.95	0.015	P	1.265	2.86	0.007	
0.89	0.11	0.033	P	1.879	4.24	0.017	P	1.310	2.96	0.008	
0.91	0.09	0.025	P	2.032	4.59	0.020	P	1.363	3.08	0.009	
0.94	0.06	0.016	P	2.220	5.01	0.025	P	1.424	3.21	0.011	
0.97	0.03	0.008	P	2.458	5.55	0.031	P	1.499	3.38	0.013	
1.00	0.00	0.000	P	2.771	6.25	0.040	P	1.591	3.59	0.016	

n. punti 35 step 0.0286

LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO Cunicolo  
 CURVE CARATTERISTICHE DEL TERRENO IN CONDIZIONI NATURALI



DATI		
<b>Geometria</b>		
a	m	2.26
C	m	20.0
<b>Parametri geotecnici</b>		
$\gamma$	MN/m <sup>3</sup>	0.0200
$\phi p$	(°)	25
cp	MPa	0.020
$\phi r$	(°)	25
cr	MPa	0.020
E	Mpa	101
$\nu$		0.3
$\psi$	(°)	0
<b>Stato di sforzo iniziale</b>		
K0		0.58
$\sigma 0$	Mpa	0.29

RISULTATI		
<b>Lontano dal fronte</b>		
Uinf	m	0.040
$\epsilon inf$	%	1.8
Rp inf - a	m	4.0
<b>Al fronte</b>		
Uf	m	0.016
$\epsilon f$	%	0.7
Rp f - a	m	1.3

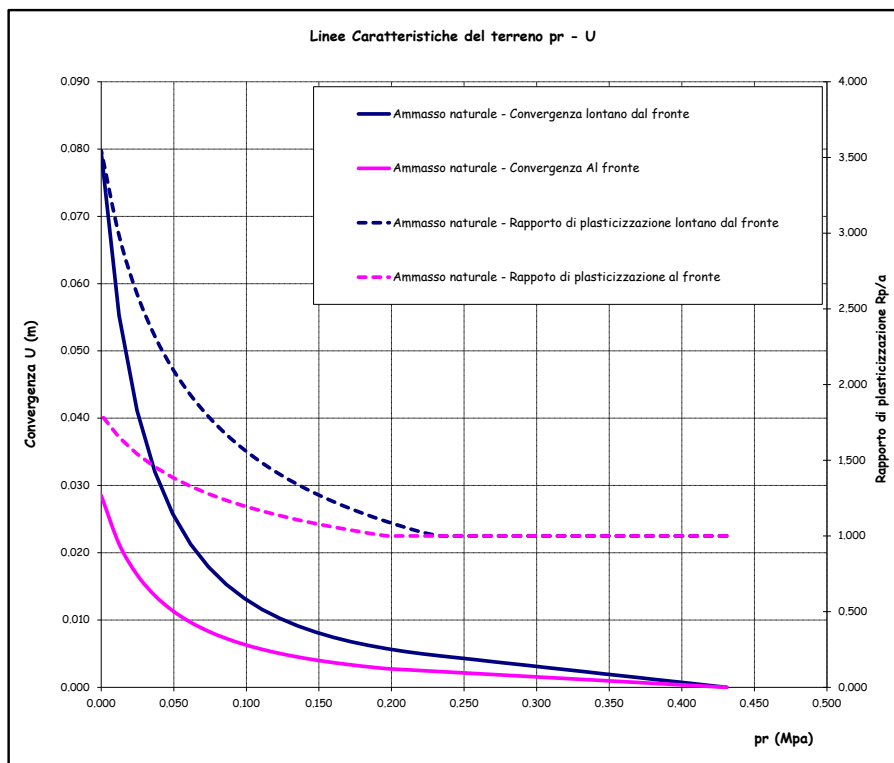
LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO Cunicolo  
 CURVE CARATTERISTICHE DEL TERRENO IN CONDIZIONI NATURALI

DATI			
<b>Geometria</b>			
Var	unità		
Raggio di scavo equivalente	a	m	2.26
Copertura (in asse galleria)	C	m	30.0
<b>Parametri geomeccanici</b>			
Var	unità		
Peso di volume del terreno	$\gamma$	MN/mc	0.0200
Angolo d'attrito interno in condizioni di picco	$\phi p$	deg	25.0
coesione drenata in condizioni di picco	cp	MPa	0.020
Angolo d'attrito interno in condizioni residue	$\phi r$	deg	25.0
coesione drenata in condizioni residue	cr	MPa	0.020
Modulo di Young	E	Mpa	124
Coefficiente di Poisson	$\nu$		0.3
Dilatanza	$\psi$	deg	0
coefficiente di spinta passiva - picco	Np		2.464
Resistenza a compressione uniaxiale - picco	fp	Mpa	0.063
coefficiente di spinta passiva - residue	Nr		2.464
Resistenza a compressione uniaxiale - residue	fr	Mpa	0.063
fattore di dilatanza	K		1.000
<b>Stato di sforzo iniziale</b>			
Var	unità		
coefficiente di spinta a riposo	K0		0.58
Carico litostatico	$\sigma 0$	Mpa	0.43
<b>RISULTATI - CONDIZIONI PIANE (LONTANO DAL FRONTE)</b>			
fattore A (calcolo spostamenti in fase plastica)	A		0.200
fattore B (calcolo spostamenti in fase plastica)	B		0.190
fattore C (calcolo spostamenti in fase plastica)	C		0.122
pressione critica di confinamento	pe	Mpa	0.23
coefficiente $\lambda$ al limite elastico	$\lambda e$		0.46
convergenza al limite elastico	Ue	m	0.005
convergenza del cavo in assenza di sostegno	Uinf	m	0.080
deformazione radiale	$\epsilon inf$	%	3.5
Estensione fascia plasticizzata	Rp - a	m	5.7
<b>RISULTATI - CONDIZIONI SFERICHE (AL FRONTE DI SCAVO)</b>			
fattore A (calcolo spostamenti in fase plastica)	A		0.152
fattore B (calcolo spostamenti in fase plastica)	B		0.190
fattore C (calcolo spostamenti in fase plastica)	C		0.400
pressione critica di confinamento	pe	Mpa	0.20
coefficiente $\lambda$ al limite elastico	$\lambda e$		0.54
convergenza al limite elastico	Ue	m	0.003
convergenza al fronte di scavo	Uf	m	0.029
deformazione radiale	$\epsilon f$	%	1.3
Estensione fascia plasticizzata	Rp - a	m	1.8

AMMASSO NON CONSOLIDATO											
CONDIZIONI PIANE						CONDIZIONI SFERICHE					
$\lambda$	1- $\lambda$	pr (MPa)	status	Rp/r	Rp (m)	Ur (m)	status	Rp/r	Rp (m)	Uf (m)	
0.00	1.00	0.431	E	1.000	2.26	0.000	E	1.000	2.26	0.000	
0.029	0.97	0.419	E	1.000	2.26	0.000	E	1.000	2.26	0.000	
0.06	0.94	0.406	E	1.000	2.26	0.001	E	1.000	2.26	0.000	
0.09	0.91	0.394	E	1.000	2.26	0.001	E	1.000	2.26	0.000	
0.11	0.89	0.382	E	1.000	2.26	0.001	E	1.000	2.26	0.001	
0.14	0.86	0.369	E	1.000	2.26	0.001	E	1.000	2.26	0.001	
0.17	0.83	0.357	E	1.000	2.26	0.002	E	1.000	2.26	0.001	
0.20	0.80	0.345	E	1.000	2.26	0.002	E	1.000	2.26	0.001	
0.23	0.77	0.332	E	1.000	2.26	0.002	E	1.000	2.26	0.001	
0.26	0.74	0.320	E	1.000	2.26	0.003	E	1.000	2.26	0.001	
0.29	0.71	0.308	E	1.000	2.26	0.003	E	1.000	2.26	0.001	
0.31	0.69	0.296	E	1.000	2.26	0.003	E	1.000	2.26	0.002	
0.34	0.66	0.283	E	1.000	2.26	0.004	E	1.000	2.26	0.002	
0.37	0.63	0.271	E	1.000	2.26	0.004	E	1.000	2.26	0.002	
0.40	0.60	0.259	E	1.000	2.26	0.004	E	1.000	2.26	0.002	
0.43	0.57	0.246	E	1.000	2.26	0.004	E	1.000	2.26	0.002	
0.46	0.54	0.234	E	1.000	2.26	0.005	E	1.000	2.26	0.002	
0.49	0.51	0.222	P	1.023	2.31	0.005	E	1.000	2.26	0.002	
0.51	0.49	0.209	P	1.057	2.39	0.005	E	1.000	2.26	0.003	
0.54	0.46	0.197	P	1.094	2.47	0.006	E	1.000	2.26	0.003	
0.57	0.43	0.185	P	1.134	2.56	0.006	P	1.018	2.30	0.003	
0.60	0.40	0.172	P	1.178	2.66	0.007	P	1.038	2.34	0.003	
0.63	0.37	0.160	P	1.226	2.77	0.007	P	1.059	2.39	0.004	
0.66	0.34	0.148	P	1.280	2.89	0.008	P	1.082	2.44	0.004	
0.69	0.31	0.135	P	1.340	3.02	0.009	P	1.106	2.50	0.005	
0.71	0.29	0.123	P	1.407	3.17	0.010	P	1.134	2.56	0.005	
0.74	0.26	0.111	P	1.483	3.35	0.012	P	1.164	2.63	0.006	
0.77	0.23	0.099	P	1.570	3.54	0.013	P	1.198	2.70	0.006	
0.80	0.20	0.086	P	1.671	3.77	0.015	P	1.236	2.79	0.007	
0.83	0.17	0.074	P	1.789	4.04	0.018	P	1.279	2.89	0.008	
0.86	0.14	0.062	P	1.930	4.36	0.021	P	1.328	3.00	0.010	
0.89	0.11	0.049	P	2.103	4.75	0.026	P	1.386	3.13	0.011	
0.91	0.09	0.037	P	2.320	5.23	0.032	P	1.456	3.29	0.014	
0.94	0.06	0.025	P	2.601	5.87	0.041	P	1.542	3.48	0.017	
0.97	0.03	0.012	P	2.984	6.73	0.055	P	1.651	3.73	0.021	
1.00	0.00	0.000	P	3.546	8.00	0.080	P	1.800	4.06	0.029	

n. punti 35 step 0.0286

LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO Cunicolo  
 CURVE CARATTERISTICHE DEL TERRENO IN CONDIZIONI NATURALI



DATI		
<b>Geometria</b>		
a	m	2.26
C	m	30.0
<b>Parametri geotecnici</b>		
$\gamma$	MN/m <sup>3</sup>	0.0200
$\phi p$	(°)	25
cp	MPa	0.020
$\phi r$	(°)	25
cr	MPa	0.020
E	Mpa	124
$\nu$		0.3
$\psi$	(°)	0
<b>Stato di sforzo iniziale</b>		
K0		0.58
$\sigma 0$	Mpa	0.43

RISULTATI		
<b>Lontano dal fronte</b>		
Uinf	m	0.080
$\epsilon inf$	%	3.5
Rpinf - a	m	5.7
<b>Al fronte</b>		
Uf	m	0.029
$\epsilon f$	%	1.3
Rpf - a	m	1.8

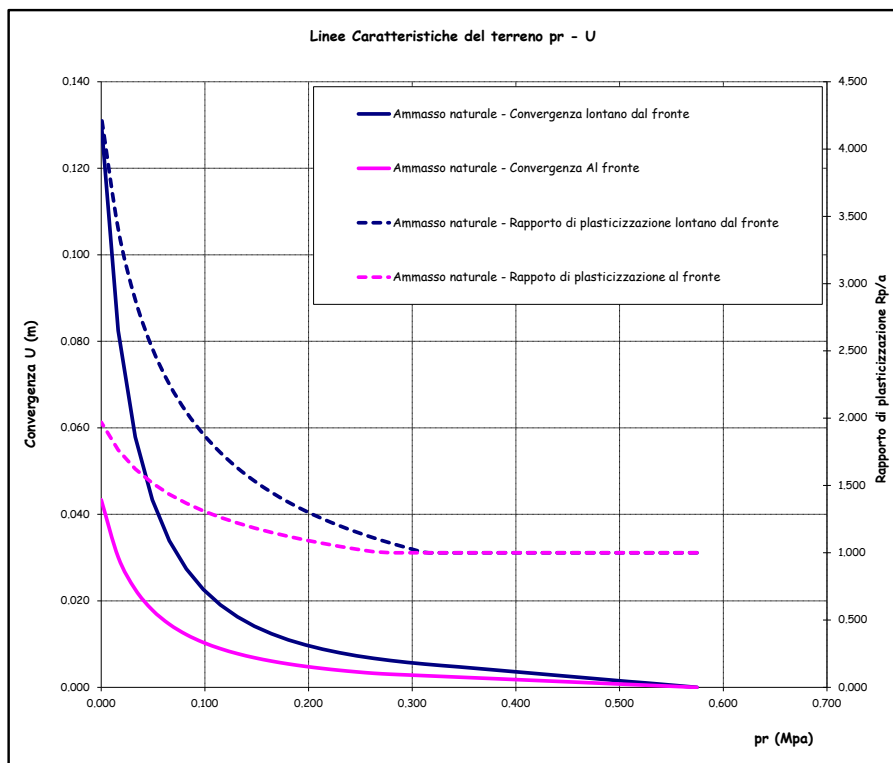
LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO Cunicolo  
 CURVE CARATTERISTICHE DEL TERRENO IN CONDIZIONI NATURALI

DATI			
<b>Geometria</b>			
Var	unità		
Raggio di scavo equivalente	a	m	2.26
Copertura (in asse galleria)	C	m	40.0
<b>Parametri geomeccanici</b>			
Var	unità		
Peso di volume del terreno	$\gamma$	MN/mc	0.0200
Angolo d'attrito interno in condizioni di picco	$\phi p$	deg	25.0
coesione drenata in condizioni di picco	cp	MPa	0.020
Angolo d'attrito interno in condizioni residue	$\phi r$	deg	25.0
coesione drenata in condizioni residue	cr	MPa	0.020
Modulo di Young	E	Mpa	143
Coefficiente di Poisson	$\nu$		0.3
Dilatanza	$\psi$	deg	0
<b>Stato di sforzo iniziale</b>			
Var	unità		
coefficiente di spinta a riposo	K0		0.58
Carico litostatico	$\sigma 0$	Mpa	0.57
<b>RISULTATI - CONDIZIONI PIANE (LONTANO DAL FRONTE)</b>			
fattore A (calcolo spostamenti in fase plastica)	A		0.261
fattore B (calcolo spostamenti in fase plastica)	B		0.247
fattore C (calcolo spostamenti in fase plastica)	C		0.122
pressione critica di confinamento	pe	Mpa	0.31
coefficiente $\lambda$ al limite elastico	$\lambda e$		0.45
convergenza al limite elastico	Ue	m	0.005
convergenza del cavo in assenza di sostegno	Uinf	m	0.131
deformazione radiale	$\epsilon inf$	%	5.8
Estensione fascia plasticizzata	Rp - a	m	7.3
<b>RISULTATI - CONDIZIONI SFERICHE (AL FRONTE DI SCAVO)</b>			
fattore A (calcolo spostamenti in fase plastica)	A		0.198
fattore B (calcolo spostamenti in fase plastica)	B		0.247
fattore C (calcolo spostamenti in fase plastica)	C		0.400
pressione critica di confinamento	pe	Mpa	0.27
coefficiente $\lambda$ al limite elastico	$\lambda e$		0.53
convergenza al limite elastico	Ue	m	0.003
convergenza al fronte di scavo	Uf	m	0.043
deformazione radiale	$\epsilon f$	%	1.9
Estensione fascia plasticizzata	Rp - a	m	2.2

AMMASSO NON CONSOLIDATO											
CONDIZIONI PIANE						CONDIZIONI SFERICHE					
$\lambda$	1- $\lambda$	pr (MPa)	status	Rp/r	Rp (m)	Ur (m)	status	Rp/r	Rp (m)	Uf (m)	
0.00	1.00	0.575	E	1.000	2.26	0.000	E	1.000	2.26	0.000	
0.029	0.97	0.558	E	1.000	2.26	0.000	E	1.000	2.26	0.000	
0.06	0.94	0.542	E	1.000	2.26	0.001	E	1.000	2.26	0.000	
0.09	0.91	0.525	E	1.000	2.26	0.001	E	1.000	2.26	0.001	
0.11	0.89	0.509	E	1.000	2.26	0.001	E	1.000	2.26	0.001	
0.14	0.86	0.493	E	1.000	2.26	0.002	E	1.000	2.26	0.001	
0.17	0.83	0.476	E	1.000	2.26	0.002	E	1.000	2.26	0.001	
0.20	0.80	0.460	E	1.000	2.26	0.002	E	1.000	2.26	0.001	
0.23	0.77	0.443	E	1.000	2.26	0.003	E	1.000	2.26	0.001	
0.26	0.74	0.427	E	1.000	2.26	0.003	E	1.000	2.26	0.002	
0.29	0.71	0.410	E	1.000	2.26	0.003	E	1.000	2.26	0.002	
0.31	0.69	0.394	E	1.000	2.26	0.004	E	1.000	2.26	0.002	
0.34	0.66	0.378	E	1.000	2.26	0.004	E	1.000	2.26	0.002	
0.37	0.63	0.361	E	1.000	2.26	0.004	E	1.000	2.26	0.002	
0.40	0.60	0.345	E	1.000	2.26	0.005	E	1.000	2.26	0.002	
0.43	0.57	0.328	E	1.000	2.26	0.005	E	1.000	2.26	0.003	
0.46	0.54	0.312	P	1.003	2.26	0.005	E	1.000	2.26	0.003	
0.49	0.51	0.296	P	1.036	2.34	0.006	E	1.000	2.26	0.003	
0.51	0.49	0.279	P	1.072	2.42	0.006	E	1.000	2.26	0.003	
0.54	0.46	0.263	P	1.111	2.51	0.007	P	1.008	2.27	0.003	
0.57	0.43	0.246	P	1.154	2.60	0.007	P	1.027	2.32	0.004	
0.60	0.40	0.230	P	1.201	2.71	0.008	P	1.048	2.36	0.004	
0.63	0.37	0.213	P	1.253	2.83	0.009	P	1.070	2.41	0.004	
0.66	0.34	0.197	P	1.311	2.96	0.010	P	1.095	2.47	0.005	
0.69	0.31	0.181	P	1.376	3.10	0.011	P	1.121	2.53	0.005	
0.71	0.29	0.164	P	1.449	3.27	0.012	P	1.151	2.60	0.006	
0.74	0.26	0.148	P	1.534	3.46	0.014	P	1.184	2.67	0.007	
0.77	0.23	0.131	P	1.631	3.68	0.016	P	1.221	2.76	0.008	
0.80	0.20	0.115	P	1.745	3.94	0.019	P	1.263	2.85	0.009	
0.83	0.17	0.099	P	1.881	4.24	0.023	P	1.311	2.96	0.010	
0.86	0.14	0.082	P	2.046	4.62	0.027	P	1.368	3.09	0.012	
0.89	0.11	0.066	P	2.253	5.08	0.034	P	1.435	3.24	0.015	
0.91	0.09	0.049	P	2.520	5.69	0.043	P	1.518	3.42	0.018	
0.94	0.06	0.033	P	2.882	6.50	0.058	P	1.623	3.66	0.023	
0.97	0.03	0.016	P	3.405	7.68	0.082	P	1.764	3.98	0.030	
1.00	0.00	0.000	P	4.249	9.59	0.131	P	1.971	4.45	0.043	

n. punti 35 step 0.0286

LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO Cunicolo  
 CURVE CARATTERISTICHE DEL TERRENO IN CONDIZIONI NATURALI



DATI		
<b>Geometria</b>		
a	m	2.26
C	m	40.0
<b>Parametri geotecnici</b>		
$\gamma$	MN/m <sup>3</sup>	0.0200
$\phi p$	(°)	25
cp	MPa	0.020
$\phi r$	(°)	25
cr	MPa	0.020
E	Mpa	143
$\nu$		0.3
$\psi$	(°)	0
<b>Stato di sforzo iniziale</b>		
K0		0.58
$\sigma 0$	Mpa	0.57

RISULTATI		
<b>Lontano dal fronte</b>		
Uinf	m	0.131
$\epsilon inf$	%	5.8
Rp inf - a	m	7.3
<b>Al fronte</b>		
Uf	m	0.043
$\epsilon f$	%	1.9
Rp f - a	m	2.2

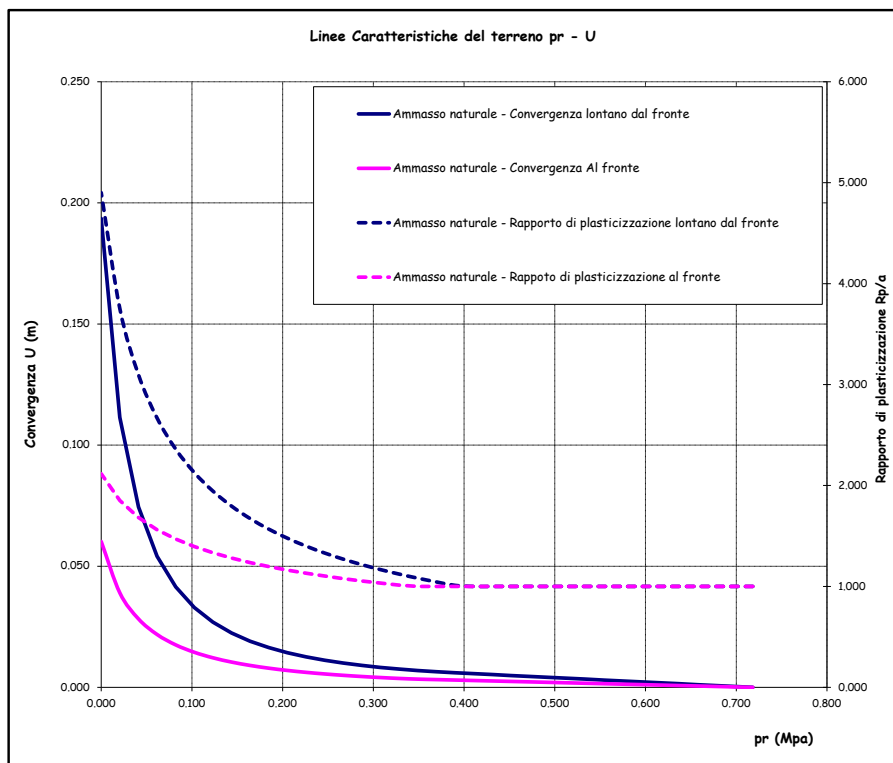
LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO Cunicolo  
 CURVE CARATTERISTICHE DEL TERRENO IN CONDIZIONI NATURALI

DATI			
<b>Geometria</b>			
Var	unità		
Raggio di scavo equivalente	a	m	2.26
Copertura (in asse galleria)	C	m	50.0
<b>Parametri geomeccanici</b>			
Var	unità		
Peso di volume del terreno	$\gamma$	MN/mc	0.0200
Angolo d'attrito interno in condizioni di picco	$\phi p$	deg	25.0
coesione drenata in condizioni di picco	cp	MPa	0.020
Angolo d'attrito interno in condizioni residue	$\phi r$	deg	25.0
coesione drenata in condizioni residue	cr	MPa	0.020
Modulo di Young	E	Mpa	160
Coefficiente di Poisson	$\nu$		0.3
Dilatanza	$\psi$	deg	0
coefficiente di spinta passiva - picco	Np		2.464
Resistenza a compressione uniassiale - picco	fp	Mpa	0.063
coefficiente di spinta passiva - residue	Nr		2.464
Resistenza a compressione uniassiale - residue	fr	Mpa	0.063
fattore di dilatanza	K		1.000
<b>Stato di sforzo iniziale</b>			
Var	unità		
coefficiente di spinta a riposo	K0		0.58
Carico litostatico	$\sigma 0$	Mpa	0.72
<b>RISULTATI - CONDIZIONI PIANE (LONTANO DAL FRONTE)</b>			
fattore A (calcolo spostamenti in fase plastica)	A		0.322
fattore B (calcolo spostamenti in fase plastica)	B		0.304
fattore C (calcolo spostamenti in fase plastica)	C		0.122
pressione critica di confinamento	pe	Mpa	0.40
coefficiente $\lambda$ al limite elastico	$\lambda e$		0.45
convergenza al limite elastico	Ue	m	0.006
convergenza del cavo in assenza di sostegno	Uinf	m	0.194
deformazione radiale	$\epsilon inf$	%	8.6
Estensione fascia plasticizzata	Rp - a	m	8.8
<b>RISULTATI - CONDIZIONI SFERICHE (AL FRONTE DI SCAVO)</b>			
fattore A (calcolo spostamenti in fase plastica)	A		0.244
fattore B (calcolo spostamenti in fase plastica)	B		0.304
fattore C (calcolo spostamenti in fase plastica)	C		0.400
pressione critica di confinamento	pe	Mpa	0.34
coefficiente $\lambda$ al limite elastico	$\lambda e$		0.52
convergenza al limite elastico	Ue	m	0.003
convergenza al fronte di scavo	Uf	m	0.060
deformazione radiale	$\epsilon f$	%	2.7
Estensione fascia plasticizzata	Rp - a	m	2.5

AMMASSO NON CONSOLIDATO											
CONDIZIONI PIANE						CONDIZIONI SFERICHE					
$\lambda$	1- $\lambda$	pr (MPa)	status	Rp/r	Rp (m)	Ur (m)	status	Rp/r	Rp (m)	Uf (m)	
0.00	1.00	0.718	E	1.000	2.26	0.000	E	1.000	2.26	0.000	
0.029	0.97	0.698	E	1.000	2.26	0.000	E	1.000	2.26	0.000	
0.06	0.94	0.677	E	1.000	2.26	0.001	E	1.000	2.26	0.000	
0.09	0.91	0.657	E	1.000	2.26	0.001	E	1.000	2.26	0.001	
0.11	0.89	0.636	E	1.000	2.26	0.002	E	1.000	2.26	0.001	
0.14	0.86	0.616	E	1.000	2.26	0.002	E	1.000	2.26	0.001	
0.17	0.83	0.595	E	1.000	2.26	0.002	E	1.000	2.26	0.001	
0.20	0.80	0.575	E	1.000	2.26	0.003	E	1.000	2.26	0.001	
0.23	0.77	0.554	E	1.000	2.26	0.003	E	1.000	2.26	0.002	
0.26	0.74	0.534	E	1.000	2.26	0.003	E	1.000	2.26	0.002	
0.29	0.71	0.513	E	1.000	2.26	0.004	E	1.000	2.26	0.002	
0.31	0.69	0.493	E	1.000	2.26	0.004	E	1.000	2.26	0.002	
0.34	0.66	0.472	E	1.000	2.26	0.005	E	1.000	2.26	0.002	
0.37	0.63	0.451	E	1.000	2.26	0.005	E	1.000	2.26	0.002	
0.40	0.60	0.431	E	1.000	2.26	0.005	E	1.000	2.26	0.003	
0.43	0.57	0.410	E	1.000	2.26	0.006	E	1.000	2.26	0.003	
0.46	0.54	0.390	P	1.011	2.28	0.006	E	1.000	2.26	0.003	
0.49	0.51	0.369	P	1.045	2.36	0.006	E	1.000	2.26	0.003	
0.51	0.49	0.349	P	1.082	2.44	0.007	E	1.000	2.26	0.003	
0.54	0.46	0.328	P	1.122	2.53	0.008	P	1.013	2.29	0.004	
0.57	0.43	0.308	P	1.167	2.63	0.008	P	1.033	2.33	0.004	
0.60	0.40	0.287	P	1.216	2.74	0.009	P	1.054	2.38	0.004	
0.63	0.37	0.267	P	1.270	2.87	0.010	P	1.077	2.43	0.005	
0.66	0.34	0.246	P	1.331	3.00	0.011	P	1.103	2.49	0.006	
0.69	0.31	0.226	P	1.400	3.16	0.013	P	1.131	2.55	0.006	
0.71	0.29	0.205	P	1.478	3.33	0.014	P	1.162	2.62	0.007	
0.74	0.26	0.185	P	1.568	3.54	0.016	P	1.197	2.70	0.008	
0.77	0.23	0.164	P	1.672	3.77	0.019	P	1.236	2.79	0.009	
0.80	0.20	0.144	P	1.796	4.05	0.022	P	1.281	2.89	0.010	
0.83	0.17	0.123	P	1.944	4.39	0.027	P	1.333	3.01	0.012	
0.86	0.14	0.103	P	2.128	4.80	0.033	P	1.395	3.15	0.014	
0.89	0.11	0.082	P	2.361	5.33	0.041	P	1.469	3.31	0.018	
0.91	0.09	0.062	P	2.668	6.02	0.054	P	1.562	3.52	0.022	
0.94	0.06	0.041	P	3.098	6.99	0.074	P	1.683	3.80	0.028	
0.97	0.03	0.021	P	3.753	8.47	0.111	P	1.852	4.18	0.039	
1.00	0.00	0.000	P	4.901	11.06	0.194	P	2.116	4.78	0.060	

n. punti 35 step 0.0286

LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO Cunicolo  
 CURVE CARATTERISTICHE DEL TERRENO IN CONDIZIONI NATURALI

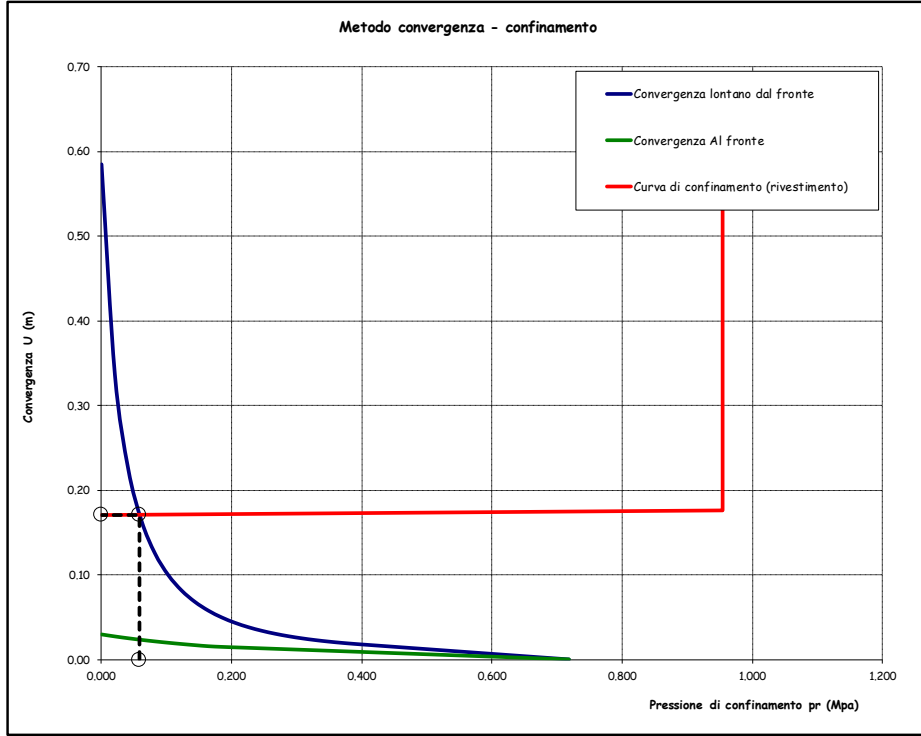


DATI		
<b>Geometria</b>		
a	m	2.26
C	m	50.0
<b>Parametri geotecnici</b>		
$\gamma$	MN/m <sup>3</sup>	0.0200
$\phi p$	(°)	25
cp	MPa	0.020
$\phi r$	(°)	25
cr	MPa	0.020
E	Mpa	160
$\nu$		0.3
$\psi$	(°)	0
<b>Stato di sforzo iniziale</b>		
K0		0.58
$\sigma 0$	Mpa	0.72

RISULTATI		
<b>Lontano dal fronte</b>		
Uinf	m	0.194
$\epsilon inf$	%	8.6
Rp inf - a	m	8.8
<b>Al fronte</b>		
Uf	m	0.060
$\epsilon f$	%	2.7
Rp f - a	m	2.5



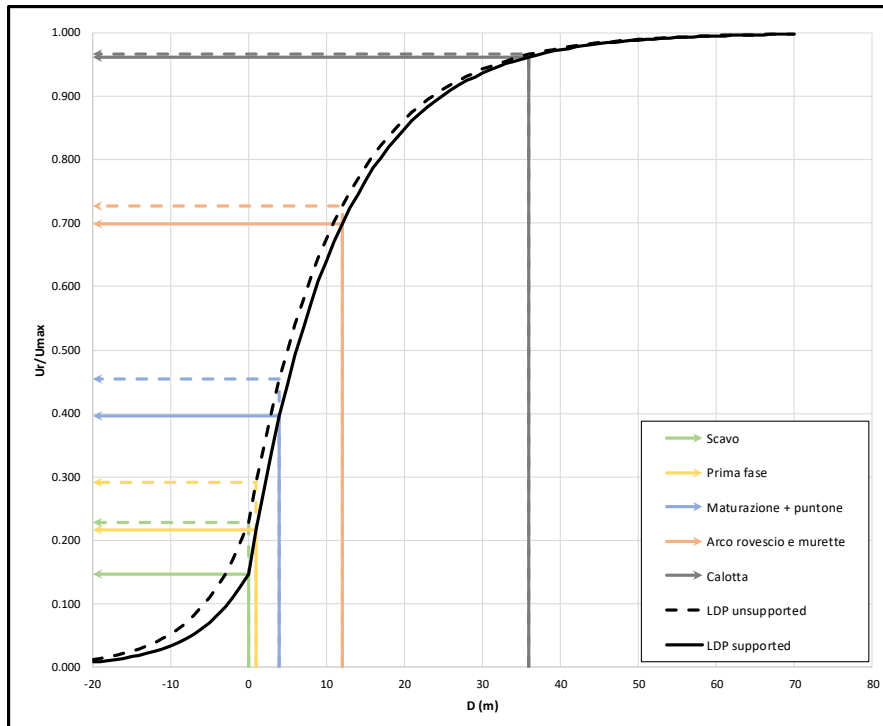
LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2 - SAGOMA 1  
 ANALISI DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE - METODO CONVERGENZA CONFINAMENTO



DATI			
Geometria			
a	m	6.82	
C	m	50.0	
Parametri geotecnici			
$\gamma$	MN/m <sup>3</sup>	0.0200	
$\phi p$	(°)	25	
cp	MPa	0.020	
$\phi r$	(°)	25	
cr	MPa	0.020	
E	Mpa	160	
$\nu$		0.3	
$\psi$	(°)	0	
Stato di sforzo iniziale			
K0		0.58	
$\sigma 0$	Mpa	0.72	
Consolidamento al fronte			
Nelementi		80	
Lelem	m	6.0	

RISULTATI			
Al fronte			
Ufc	m	0.030	
Ui	m	0.171	
Cond. Equilibrio			
priv	kPa	58	
Uriv	m	0.171	
$\epsilon eq$	%	2.5	
Req - a	m	11.8	
Spritz-beton			
fed	Mpa	15.9	
fmax	Mpa	1.1	
FS		14.6	
Acciaio			
fyd	Mpa	262	
fmax	Mpa	10.9	
FS		23.9	

LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2 - SAGOMA 1  
 SPOSTAMENTI RADIALI IN FUNZIONE DELLA DISTANZA DAL FRONTE E CURVA DI CONVERGENZA DEL CAVO



SS 121 "Catanese"

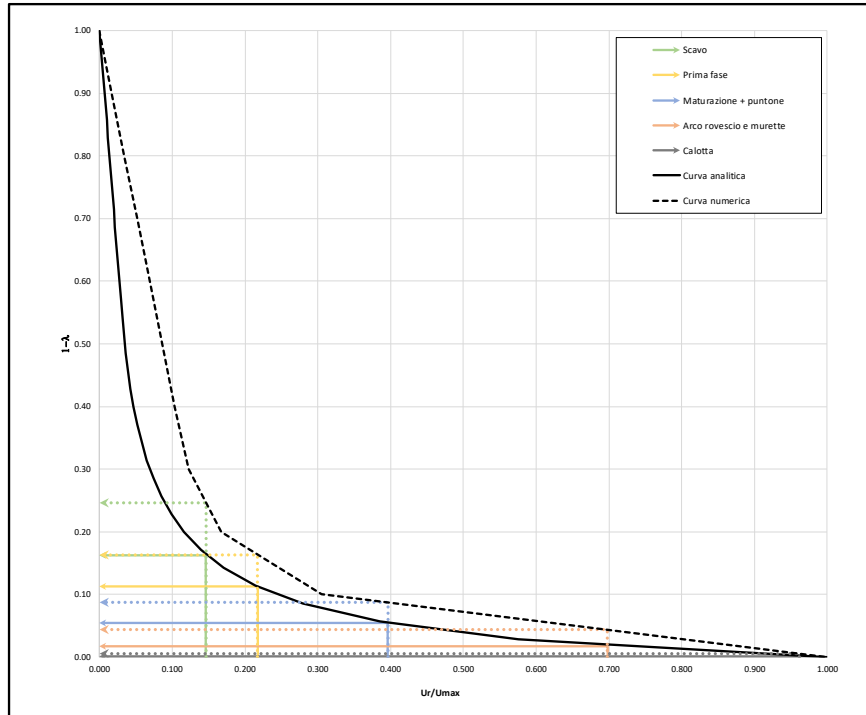
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta



UP62

Relazione tecnica e di calcolo

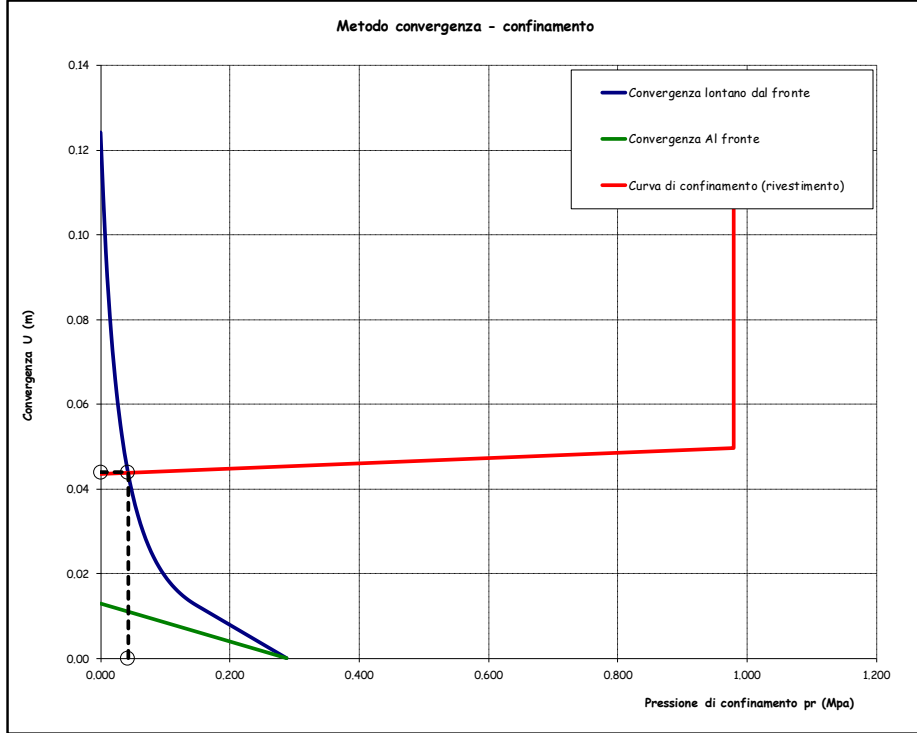
LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2 - SAGOMA 1  
CONFRONTO TRA CURVA DI CONVERGENZA ANALITICA E CURVA DI CONVERGENZA NUMERICA







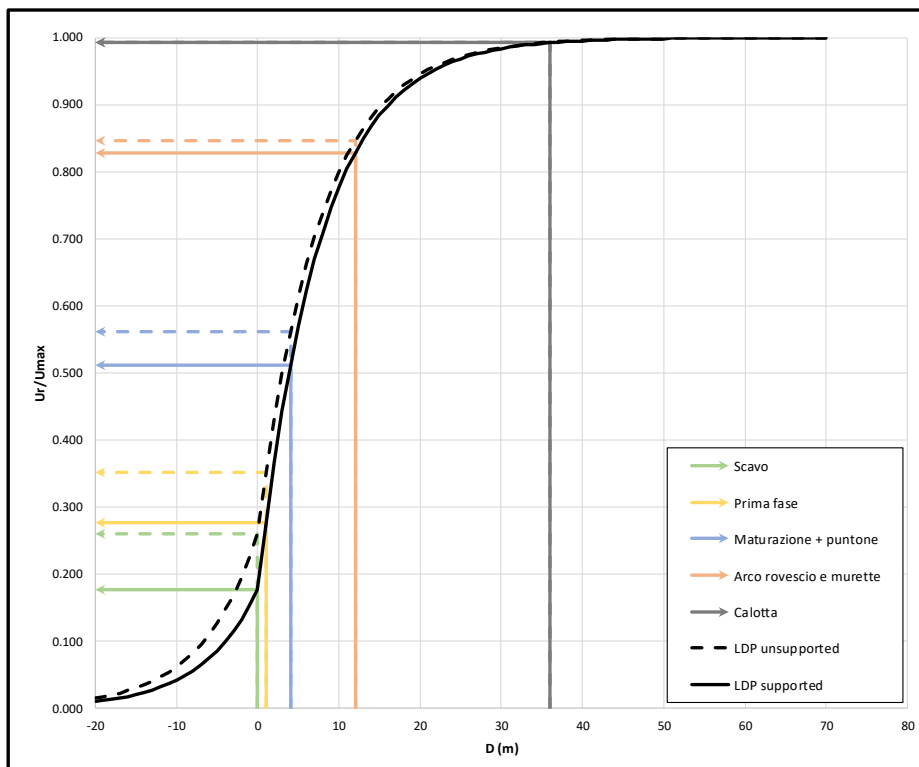
LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2p - SAGOMA 1  
 ANALISI DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE - METODO CONVERGENZA CONFINAMENTO



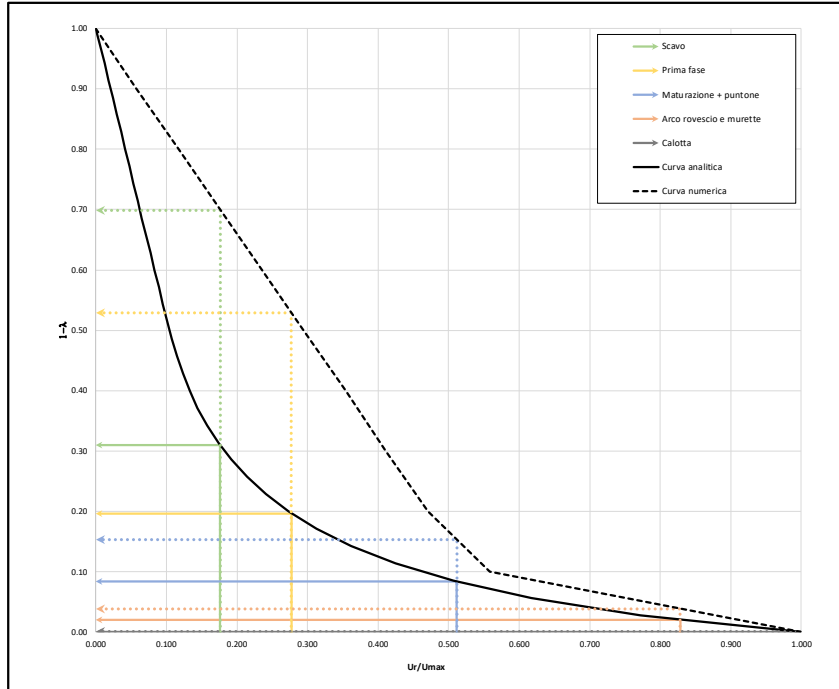
DATI			
Geometria			
a	m		6.97
c	m		20.0
Parametri geotecnici			
$\gamma$	MN/m <sup>3</sup>		0.0200
$\phi_p$	(°)		25
$c_p$	MPa		0.020
$\phi_r$	(°)		25
$c_r$	MPa		0.020
E	Mpa		101
$\nu$			0.3
w	(%)		0
Stato di sforzo iniziale			
K0			0.58
$\sigma_0$	Mpa		0.29
Consolidamento al fronte			
Nelementi			70
Lelem	m		6.0

RISULTATI			
Al fronte			
U <sub>fc</sub>	m		0.013
U <sub>i</sub>	m		0.044
Cond. Equilibrio			
priv	kPa		43
U <sub>riv</sub>	m		0.044
s <sub>eq</sub>	%		0.6
Req - a	m		5.1
Spritz-beton			
f <sub>cd</sub>	Mpa		15.9
f <sub>max</sub>	Mpa		0.8
FS			20.3
Acciaio			
f <sub>yd</sub>	Mpa		262
f <sub>max</sub>	Mpa		7.9
FS			33.2

LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO C2p - SAGOMA 1  
 SPOSTAMENTI RADIALI IN FUNZIONE DELLA DISTANZA DAL FRONTE E CURVA DI CONVERGENZA DEL CAVO

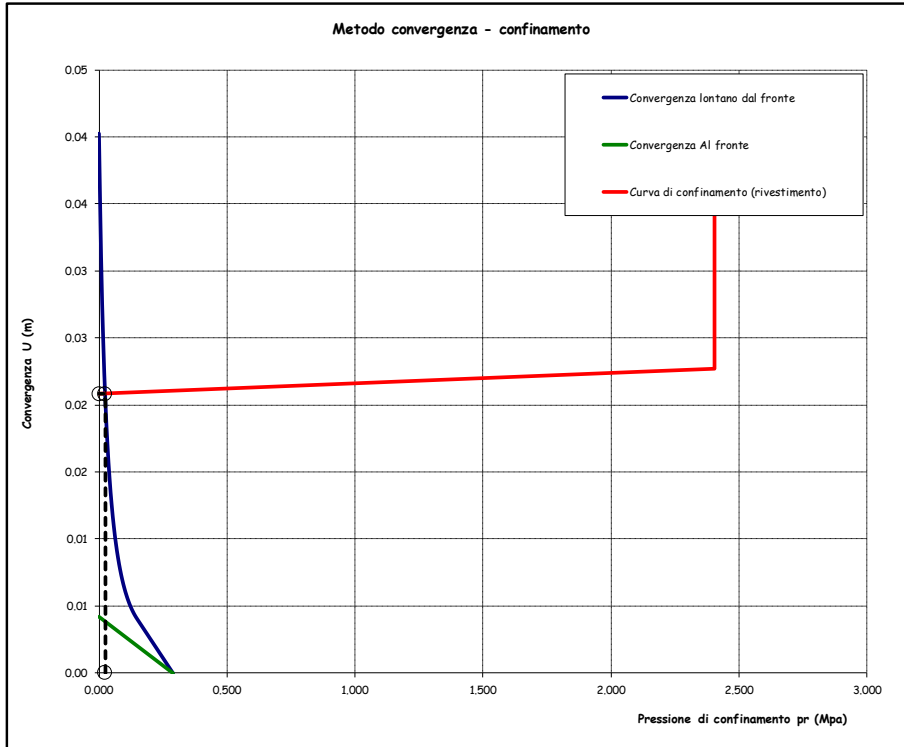


LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA ØN03 - SEZIONE TIPO C2p - SAGOMA 1  
 CONFRONTO TRA CURVA DI CONVERGENZA ANALITICA E CURVA DI CONVERGENZA NUMERICA





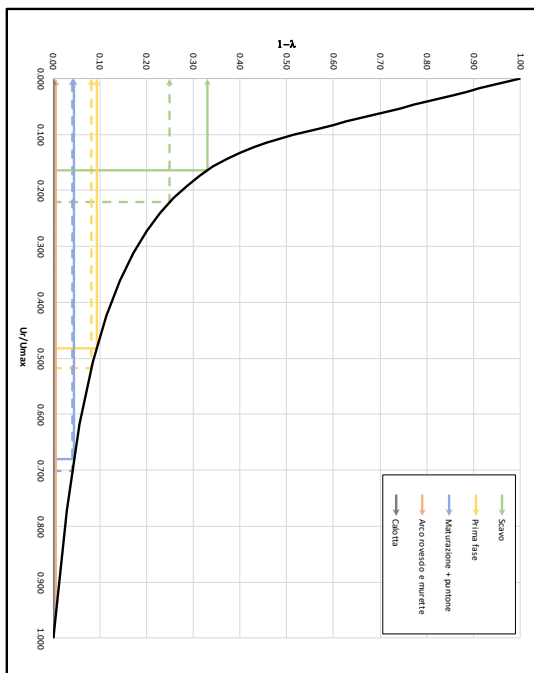
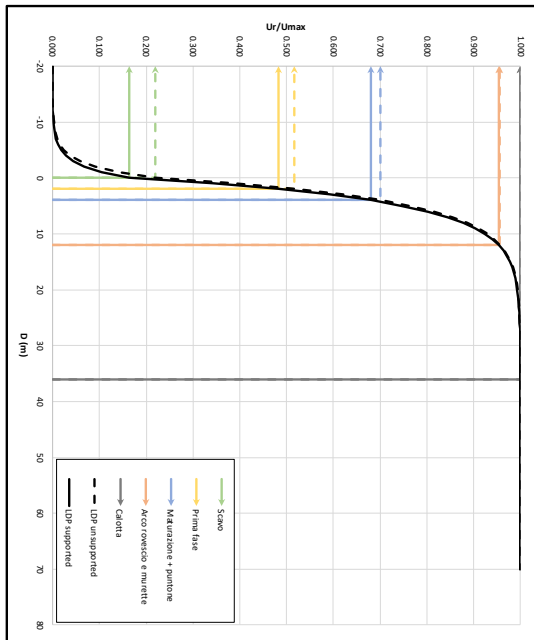
LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO Cunicolo  
 ANALISI DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE - METODO CONVERGENZA CONFINAMENTO



DATI			
Geometria			
a	m	2.26	
C	m	20.0	
Parametri geotecnici			
$\gamma$	MN/m <sup>3</sup>	0.0200	
$\phi_p$	(°)	25	
$c_p$	MPa	0.020	
$\phi_r$	(°)	25	
$c_r$	MPa	0.020	
E	Mpa	101	
$\nu$		0.3	
w	(%)	0	
Stato di sforzo iniziale			
K0		0.58	
$\sigma_0$	Mpa	0.29	
Consolidamento al fronte			
Nelementi		10	
Lelem	m	4.5	

RISULTATI			
Al fronte			
U <sub>fc</sub>	m	0.004	
U <sub>i</sub>	m	0.021	
Cond. Equilibrio			
priv	kPa	23	
U <sub>riv</sub>	m	0.021	
$\epsilon_{eq}$	%	0.9	
Req - a	m	2.4	
Spritz-beton			
f <sub>cd</sub>	Mpa	15.9	
f <sub>max</sub>	Mpa	0.2	
FS		92.2	
Acciaio			
f <sub>yd</sub>	Mpa	262	
f <sub>max</sub>	Mpa	1.7	
FS		151.0	

LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA 6N03 - SEZIONE TIPO CIRCOLARE  
 SPOSTAMENTI RADIALI IN FUNZIONE DELLA DISTANZA DAL FRONTE E CURVA DI CONVERGENZA DEL CAVO



UNSI/PORTED	+	D (m)	U/V/Umax	1-A
Scavo	0	0	0.250	0.25
Prima fase	8 h	2	0.517	0.08
Manutenzione +	48 h	4	0.701	0.04
Accro rovescio	28 gg	12	0.956	0.00
Calotta	60 gg	36	1.000	0.00

SS 121 "Catanesa"

Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta



UP62

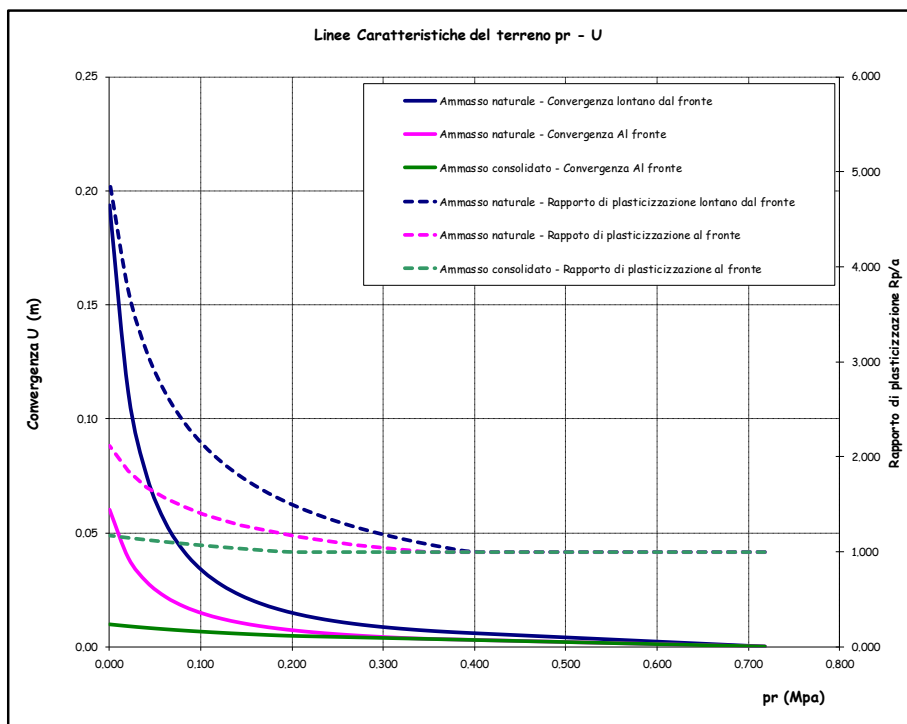
Relazione tecnica e di calcolo

LAVORO: U/R2 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA S/M3 - SEZIONE TIPO GUGLIONE  
 CARRE CARATTERISTICHE DEL TERRENO

DATI		Var	unità
Reggio di scavo equivalente	d	m	2,26
Copertura (in esse galleria)	C	m	50,0
<b>Parametri geomeccanici</b>			
Pressione geostatica	$\gamma$	AN/unc	0,02/0
Angolo d'attrito interno in condizioni di picco	$\phi_p$	deg	25,0
Angolo d'attrito interno in condizioni residue	$\phi_r$	deg	25,0
Coeficiente di Poisson	$\nu$		0
Modulo di Young	E	Mpa	780
Coeficiente di Poisson	$\nu$		0,3
Coeficiente di spinta passiva - picco	$K_p$		2444
Coeficiente di spinta passiva - residue	$K_r$		0,053
Coeficiente di spinta attiva - residue	$K_a$		2444
Resistenza compressione uniaxiale - residue	$\sigma_c$	Mpa	0,053
Resistenza compressione uniaxiale - picco	$\sigma_{cp}$	Mpa	1,000
<b>Stato di sforzo iniziale</b>			
Coeficiente di spinta e spesse	$K_0$		0,58
Carico idraulico	$\gamma_w$	Mpa	0,72

A	1-A	pr (Mpa)	CONDIZIONI FRANE				AMASSO NON CONSOLIDATO				CONDIZIONI FRANE				AMASSO CONSOLIDATO			
			status	Rp/r	Rp (m)	U-r (m)	U/V/unc	status	Rp/r	Rp (m)	U-r (m)	U/V/unc	status	Rp/r	Rp (m)	U-r (m)	U/V/unc	
0,00	1,00	0,718	E	1,000	2,26	0,00	0,00	0,00	0,00	E	1,000	2,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
0,03	0,97	0,698	E	1,000	2,26	0,00	0,00	0,00	0,00	E	1,000	2,26	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00
0,06	0,94	0,677	E	1,000	2,26	0,00	0,00	0,00	0,00	E	1,000	2,26	0,00	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
0,09	0,91	0,657	E	1,000	2,26	0,00	0,00	0,00	0,00	E	1,000	2,26	0,00	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00
0,11	0,89	0,636	E	1,000	2,26	0,00	0,00	0,00	0,00	E	1,000	2,26	0,00	0,00	0,07	0,00	0,07	0,00
0,14	0,86	0,616	E	1,000	2,26	0,00	0,00	0,00	0,00	E	1,000	2,26	0,00	0,02	0,00	0,09	0,00	0,10
0,17	0,83	0,595	E	1,000	2,26	0,00	0,00	0,00	0,00	E	1,000	2,26	0,00	0,02	0,00	0,09	0,00	0,11
0,20	0,80	0,575	E	1,000	2,26	0,00	0,00	0,00	0,00	E	1,000	2,26	0,00	0,02	0,00	0,10	0,00	0,13
0,23	0,77	0,554	E	1,000	2,26	0,00	0,00	0,00	0,00	E	1,000	2,26	0,00	0,03	0,00	0,15	0,00	0,15
0,26	0,74	0,534	E	1,000	2,26	0,00	0,00	0,00	0,00	E	1,000	2,26	0,00	0,03	0,00	0,17	0,00	0,17
0,29	0,71	0,513	E	1,000	2,26	0,00	0,00	0,00	0,00	E	1,000	2,26	0,00	0,03	0,00	0,19	0,00	0,19
0,32	0,68	0,492	E	1,000	2,26	0,00	0,00	0,00	0,00	E	1,000	2,26	0,00	0,04	0,00	0,20	0,00	0,20
0,34	0,66	0,472	E	1,000	2,26	0,00	0,00	0,00	0,00	E	1,000	2,26	0,00	0,04	0,00	0,22	0,00	0,23
0,37	0,63	0,451	E	1,000	2,26	0,00	0,00	0,00	0,00	E	1,000	2,26	0,00	0,04	0,00	0,24	0,00	0,25
0,40	0,60	0,431	E	1,000	2,26	0,00	0,00	0,00	0,00	E	1,000	2,26	0,00	0,04	0,00	0,26	0,00	0,27
0,43	0,57	0,410	E	1,000	2,26	0,00	0,00	0,00	0,00	E	1,000	2,26	0,00	0,05	0,00	0,30	0,00	0,30
0,46	0,54	0,390	E	1,000	2,26	0,00	0,00	0,00	0,00	E	1,000	2,26	0,00	0,05	0,00	0,32	0,00	0,32
0,49	0,51	0,369	E	1,000	2,26	0,00	0,00	0,00	0,00	E	1,000	2,26	0,00	0,05	0,00	0,33	0,00	0,34
0,51	0,49	0,349	E	1,000	2,26	0,00	0,00	0,00	0,00	E	1,000	2,26	0,00	0,05	0,00	0,33	0,00	0,34
0,54	0,46	0,328	E	1,122	2,53	0,00	0,00	0,04	0,04	E	1,033	2,29	0,00	0,06	0,00	0,35	0,00	0,36
0,57	0,43	0,308	E	1,147	2,63	0,00	0,00	0,04	0,04	E	1,033	2,33	0,00	0,07	0,00	0,37	0,00	0,38
0,60	0,40	0,287	E	1,216	2,74	0,00	0,00	0,05	0,05	E	1,064	2,38	0,00	0,07	0,00	0,39	0,00	0,40
0,63	0,37	0,267	E	1,270	2,87	0,00	0,00	0,05	0,05	E	1,077	2,43	0,00	0,08	0,00	0,41	0,00	0,42
0,66	0,34	0,246	E	1,331	3,00	0,00	0,00	0,06	0,06	E	1,103	2,49	0,00	0,09	0,00	0,43	0,00	0,44
0,69	0,31	0,225	E	1,400	3,16	0,00	0,00	0,07	0,07	E	1,131	2,55	0,00	0,10	0,00	0,45	0,00	0,46
0,71	0,29	0,205	E	1,478	3,34	0,00	0,00	0,08	0,08	E	1,162	2,62	0,00	0,11	0,00	0,48	0,00	0,48
0,74	0,26	0,185	E	1,568	3,54	0,00	0,00	0,08	0,08	E	1,197	2,70	0,00	0,13	0,00	0,50	0,00	0,50
0,77	0,23	0,164	E	1,672	3,77	0,00	0,00	0,10	0,10	E	1,256	2,79	0,00	0,15	0,00	0,54	0,00	0,54
0,80	0,20	0,144	E	1,796	4,05	0,00	0,00	0,12	0,12	E	1,331	2,89	0,00	0,17	0,00	0,57	0,00	0,58
0,83	0,17	0,123	E	1,944	4,39	0,00	0,00	0,14	0,14	E	1,428	3,01	0,00	0,20	0,00	0,61	0,00	0,62
0,86	0,14	0,103	E	2,128	4,80	0,00	0,00	0,17	0,17	E	1,549	3,15	0,00	0,24	0,00	0,66	0,00	0,67
0,89	0,11	0,082	E	2,341	5,33	0,00	0,00	0,21	0,21	E	1,697	3,31	0,00	0,29	0,00	0,71	0,00	0,72
0,91	0,09	0,062	E	2,468	6,02	0,00	0,00	0,28	0,28	E	1,862	3,52	0,00	0,36	0,00	0,77	0,00	0,78
0,94	0,06	0,041	E	3,098	6,99	0,00	0,00	0,38	0,38	E	1,843	3,80	0,00	0,47	0,00	0,83	0,00	0,84
0,97	0,03	0,021	E	3,793	8,47	0,00	0,00	0,58	0,58	E	1,852	4,18	0,00	0,64	0,00	0,91	0,00	0,92
1,00	0,00	0,000	E	4,901	11,06	0,00	0,00	1,00	1,00	E	1,492	4,78	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00

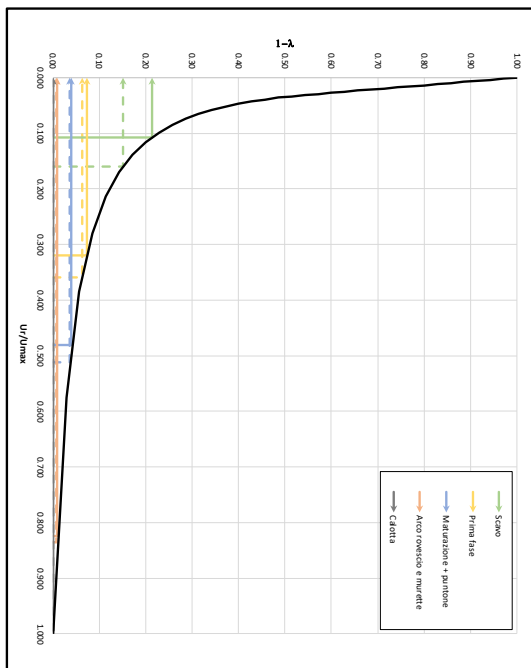
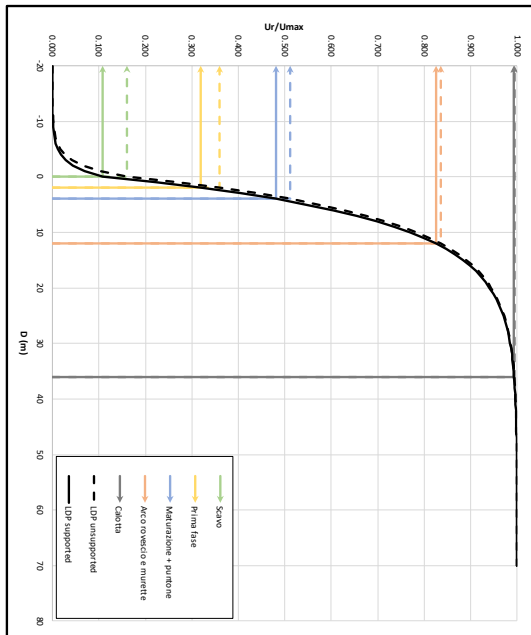
LAVORO: UP62 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALLERIA GN03 - SEZIONE TIPO Cunicolo  
 CURVE CARATTERISTICHE DEL TERRENO



DATI		
Geometria		
$a$	m	2.26
$C$	m	50.0
Parametri geotecnici		
$\gamma$	MN/m <sup>3</sup>	0.0200
$\phi p$	(°)	25
$cp$	MPa	0.020
$\phi r$	(°)	25
$cr$	MPa	0.020
$E$	Mpa	160
$\nu$		0.3
$w$	(%)	0
Stato di sforzo iniziale		
$K0$		0.58
$\sigma 0$	Mpa	0.72
Consolidamento al fronte		
Nelementi		10
Lelem	m	4.5

RISULTATI			
AMMASSO NATURALE			
Lontano dal fronte			
$U_{inf}$	m		0.194
$s_{inf}$	%		8.6
$R_{pinf} - a$	m		8.8
Al fronte			
$U_f$	m		0.060
$s_f$	%		2.7
$R_{pf} - a$	m		2.5
AMMASSO CONSOLIDATO			
Al fronte			
$U_{fc}$	m		0.010
$s_{fc}$	%		0.4
$R_{pfc} - a$	m		0.4

LAVORO: UM2 - SS131 PALERMO-BOLOGNETTA - GALERIA GN03 - SEZIONE TIPO CANALE  
 SPOSTAMENTI RADIALI IN FUNZIONE DELLA DISTANZA DAL FONTE E CURVA DI CONVERGENZA DEL CANO



UNSUPPORTED	+	D (m)	Ur/Ummax	1-λ
Scavo	0	0	0.150	0.15
Prima fase	8 h	2	0.359	0.06
Manutenzione + pulizia	48 h	4	0.512	0.04
Arco rovescio	28 99	12	0.535	0.01
Calotta	60 99	36	0.594	0.00



11.4 Output software sezione di calcolo 14+362 C2

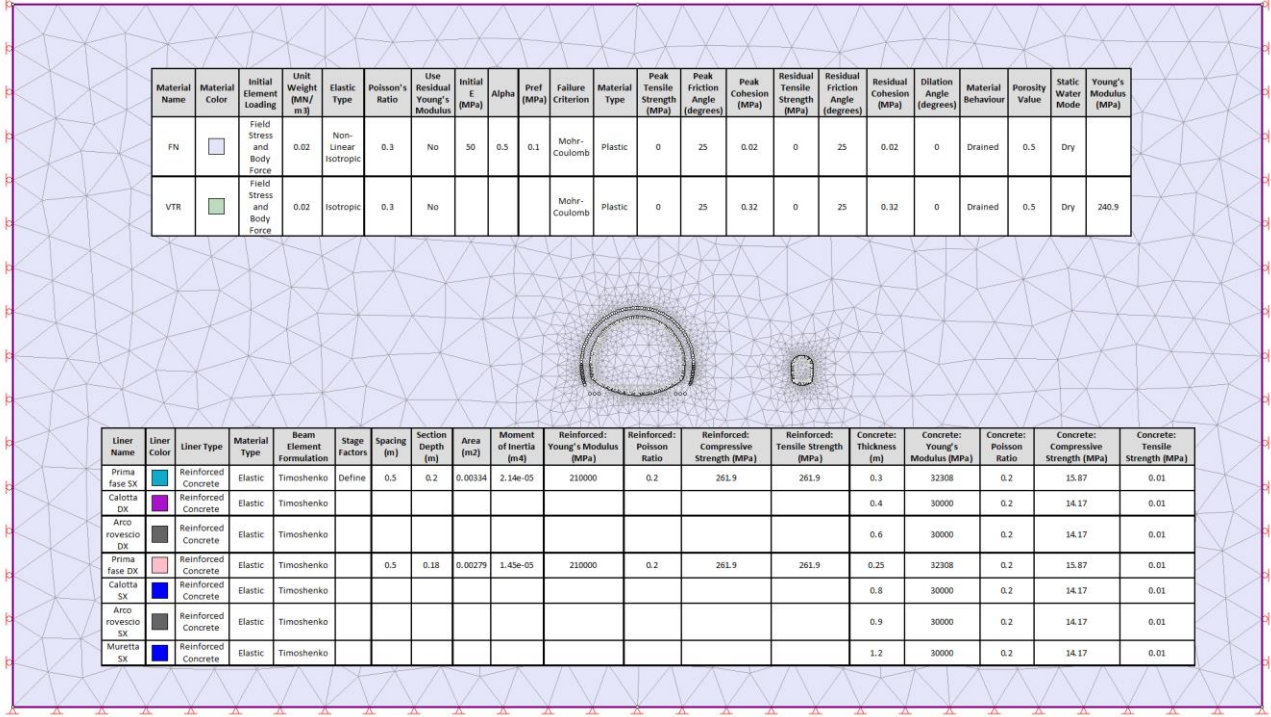


Figura. Proprietà.

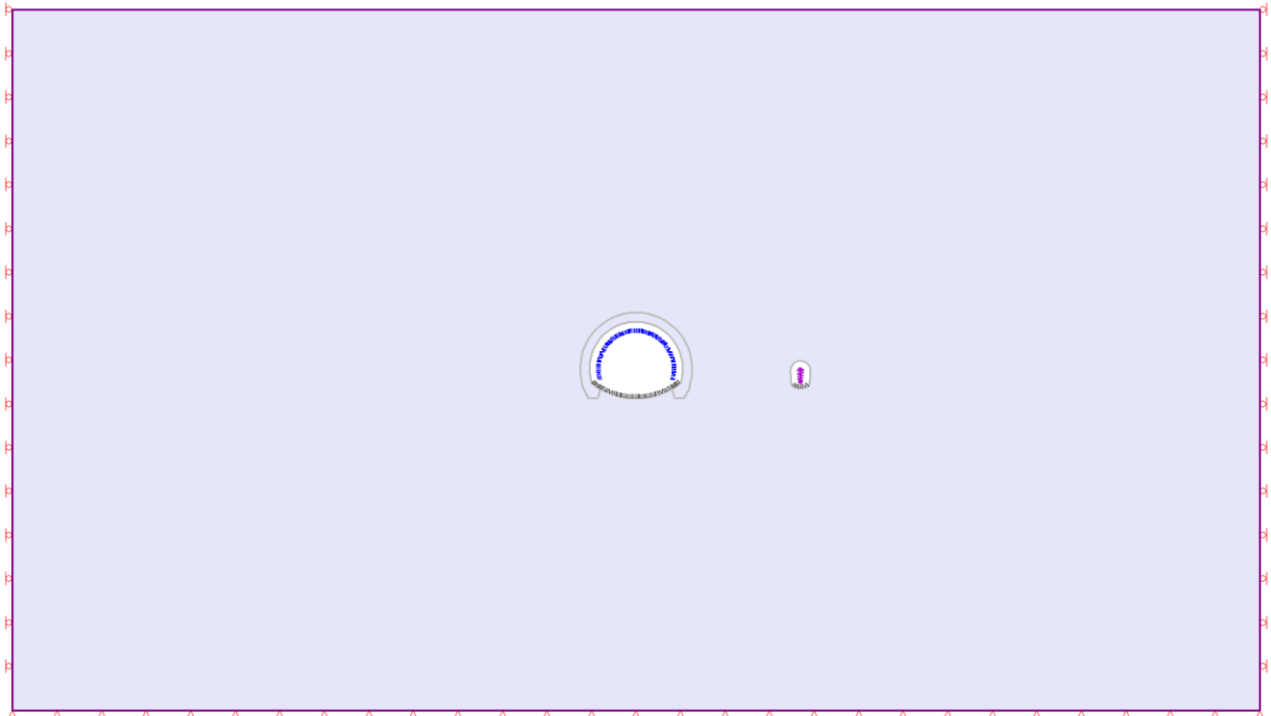


Figura. Modello.

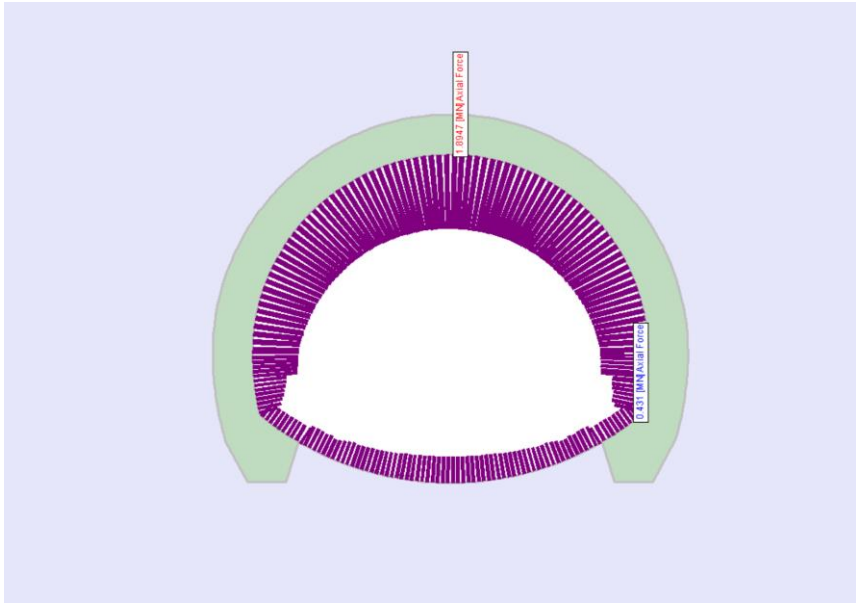


Figura. Sforzi normali su rivestimento di prima fase – Fase 4.

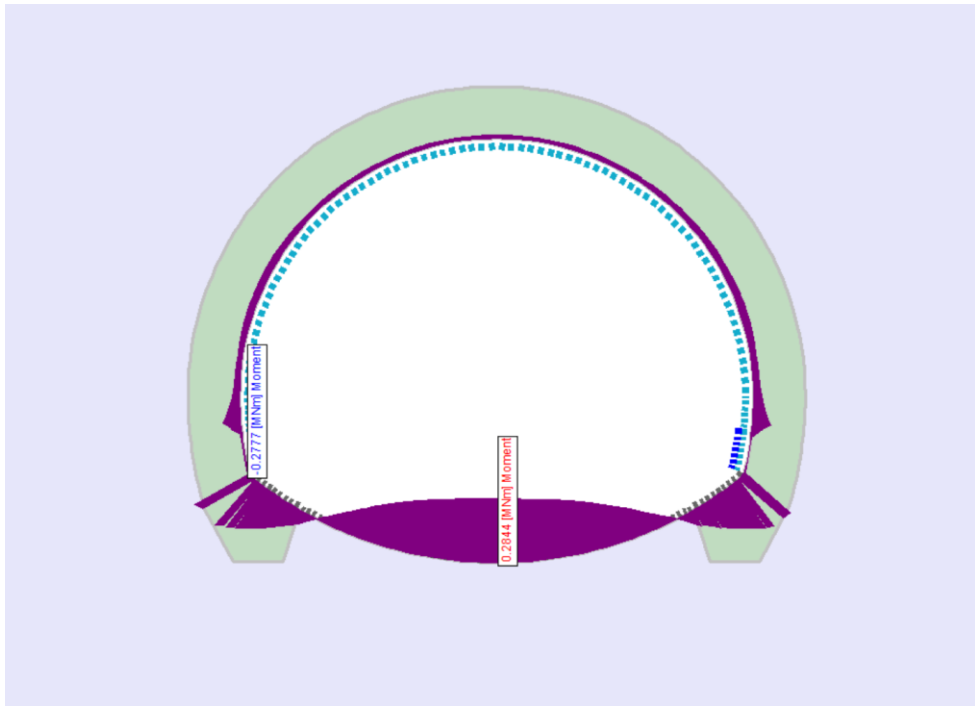


Figura. Momento su rivestimento di prima fase – Fase 4.

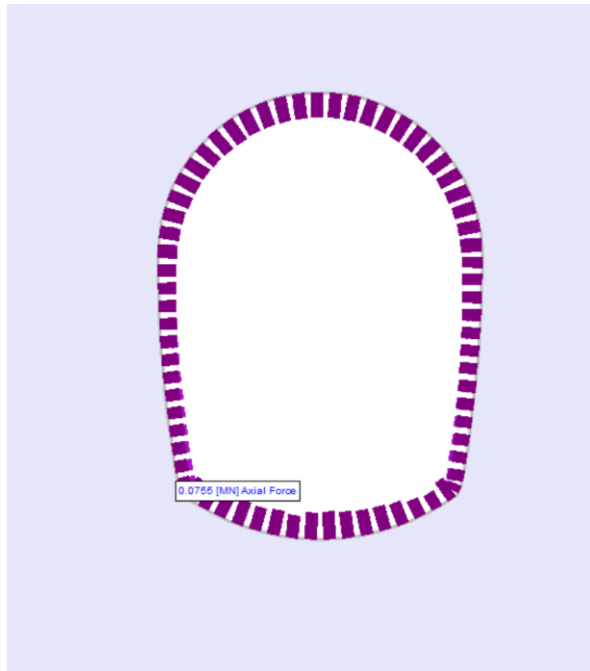


Figura. Sforzi normali su rivestimento di prima fase – Fase 8.

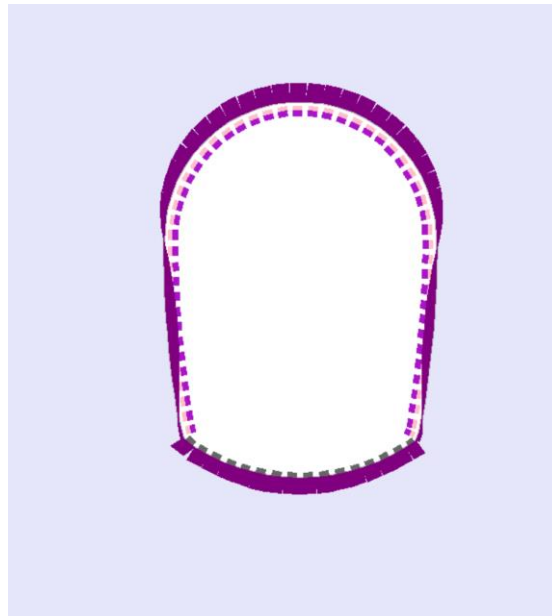


Figura. Momento su rivestimento di prima fase – Fase 8.

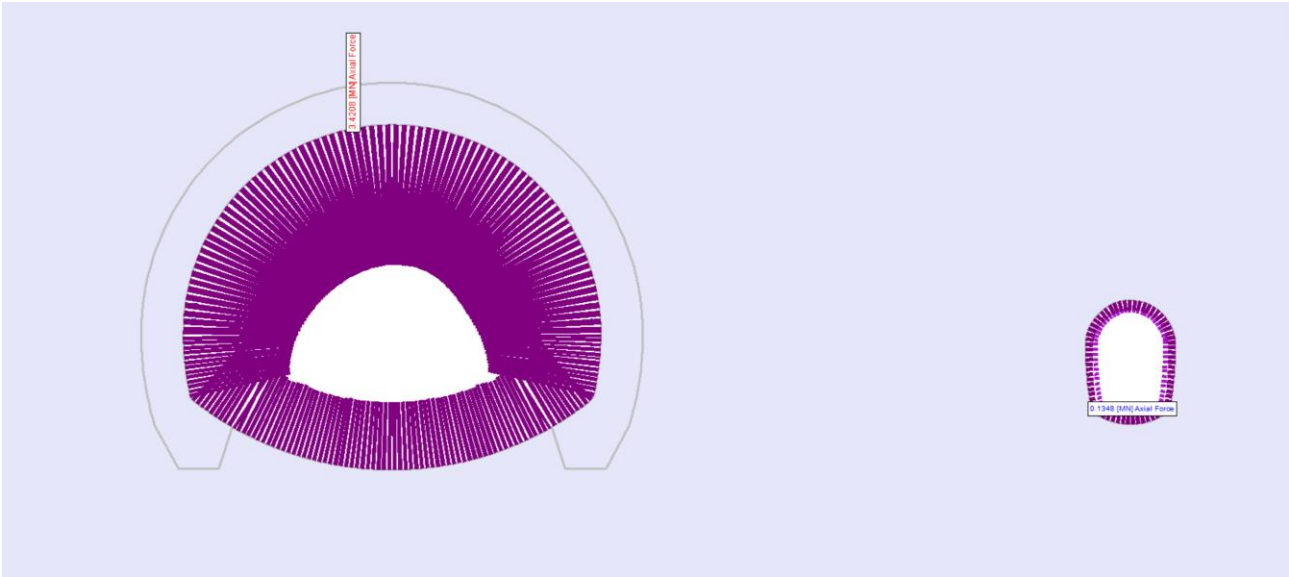


Figura. Sforzi normali su rivestimenti definitivi – Fase 9.

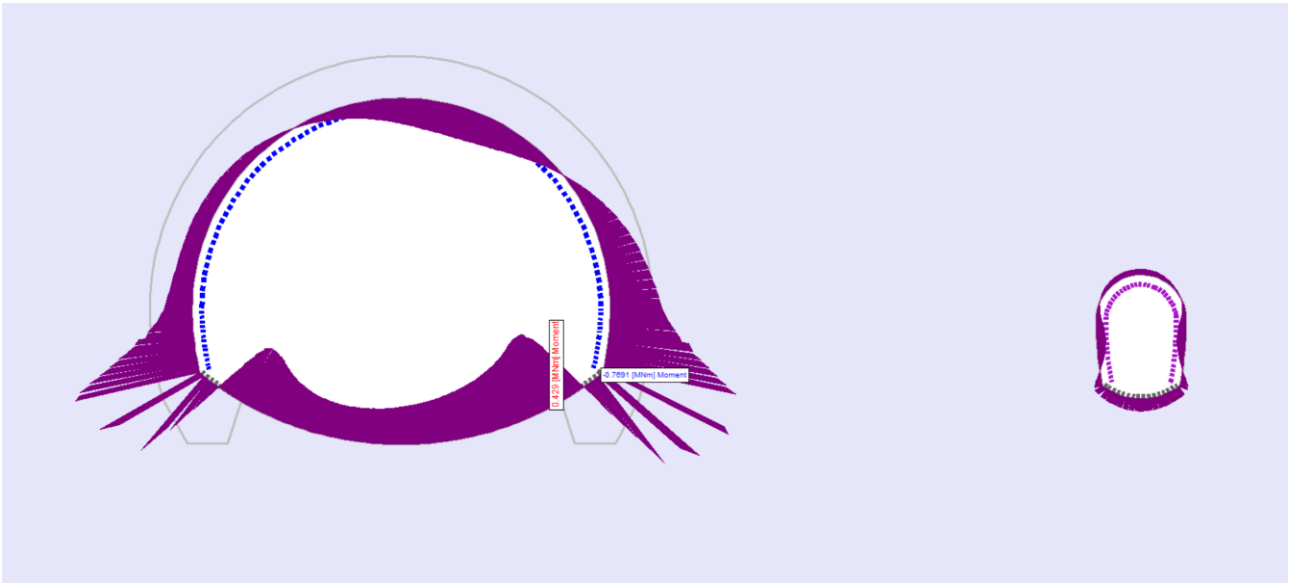


Figura. Momento su rivestimenti definitivi – Fase 9.

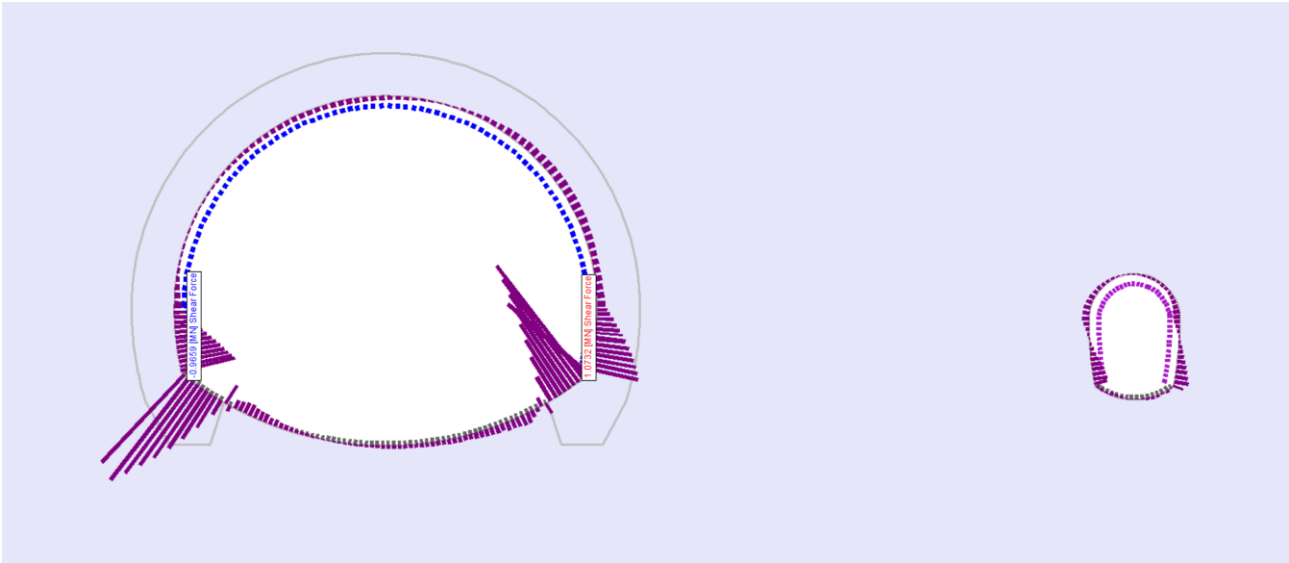


Figura. Taglio su rivestimenti definitivi – Fase 9.

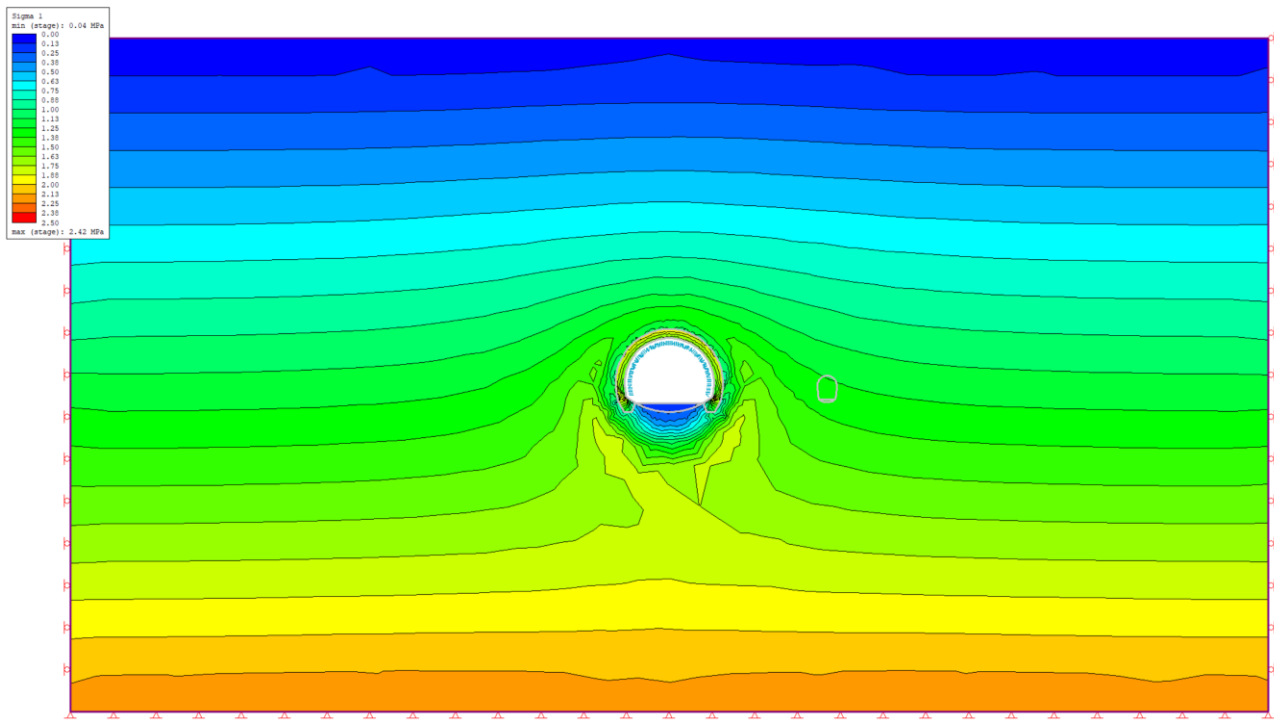


Figura. Tensioni principali – Fase 3.

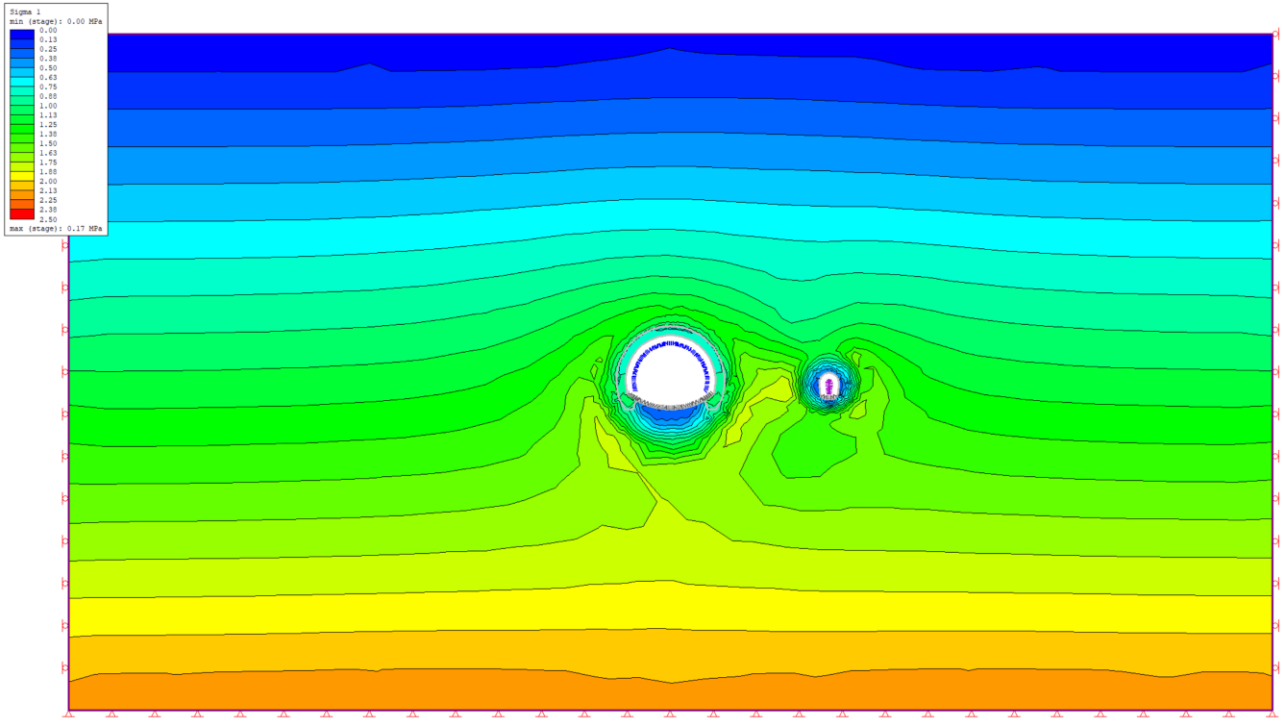


Figura. Tensioni principali – Fase 9.

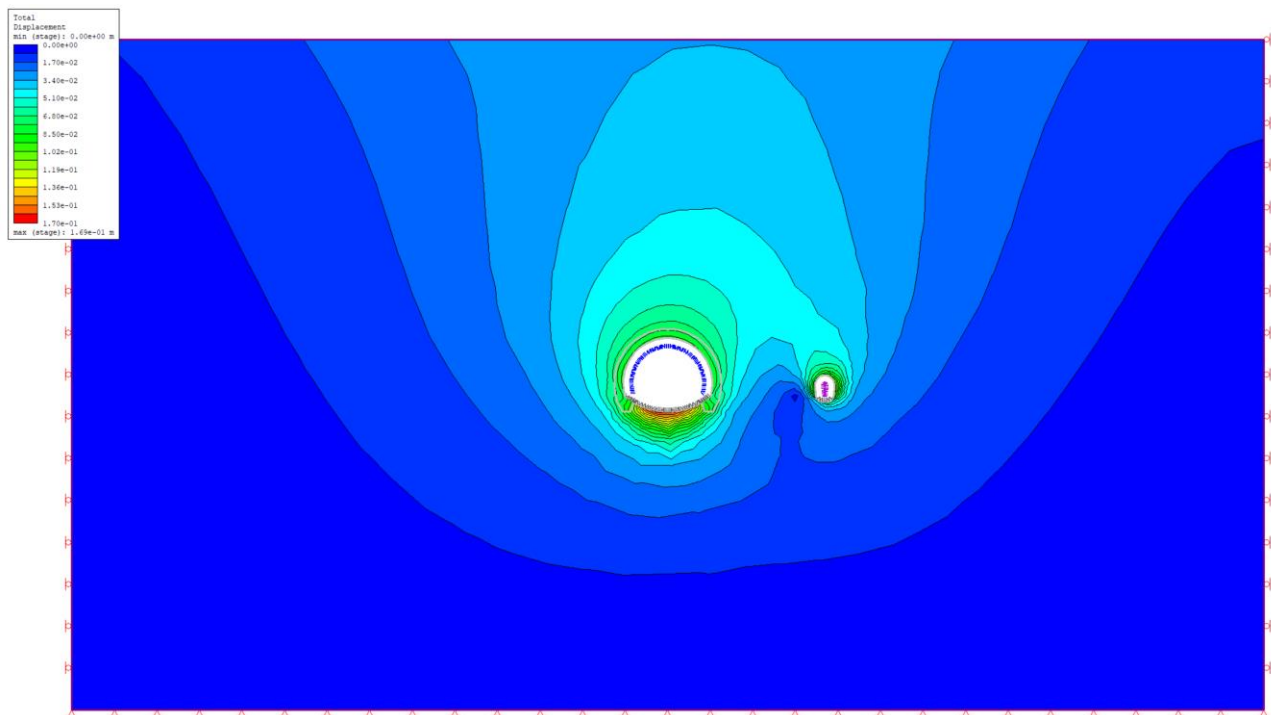


Figura. Spostamenti totali – Fase 9.

11.5 Output software sezione di calcolo 14+174 C2P

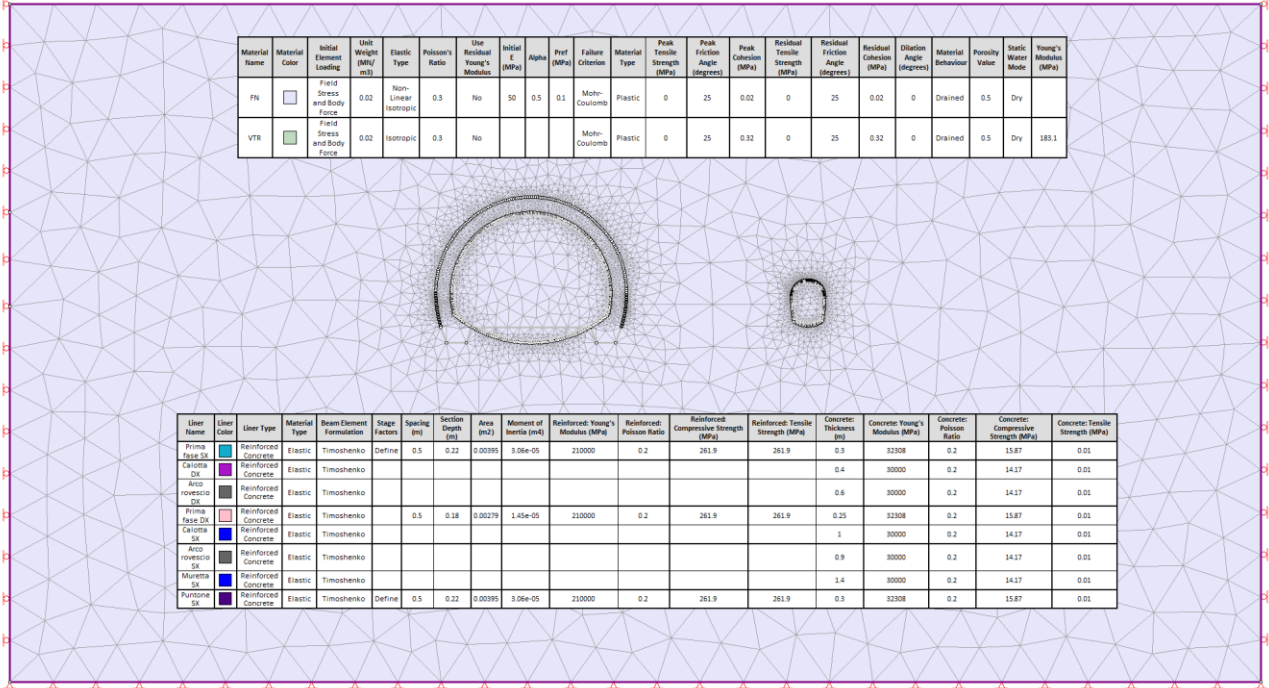


Figura. Proprietà.

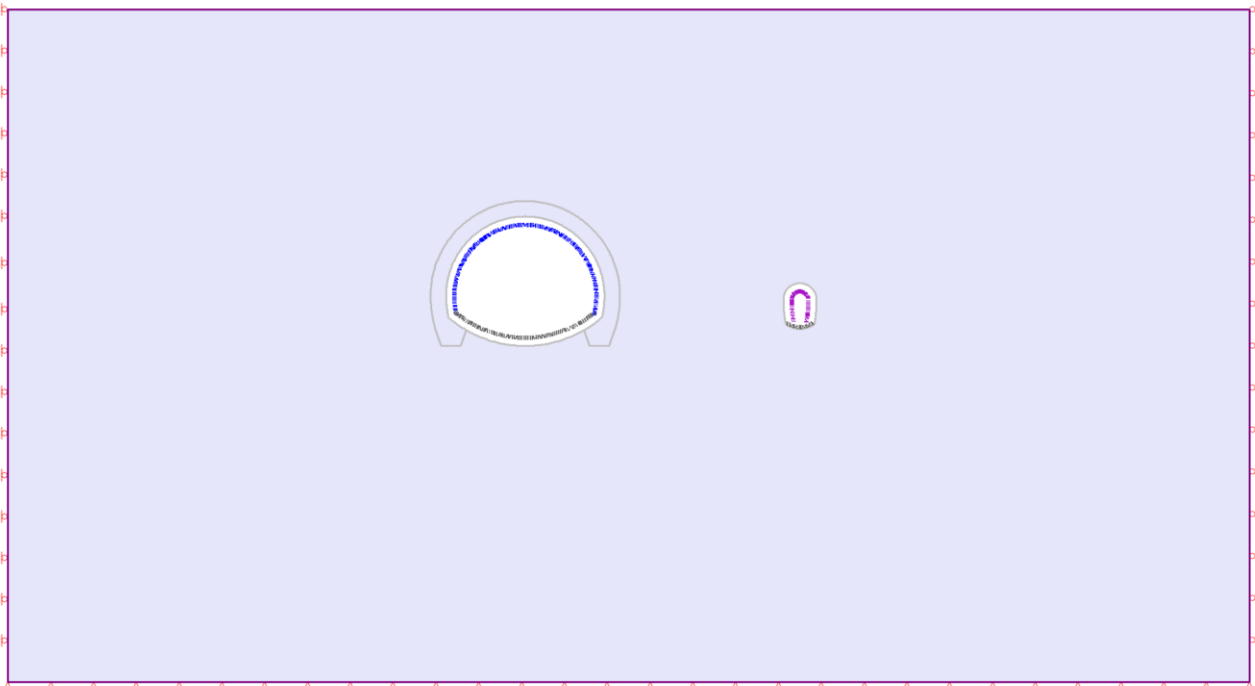


Figura. Modello.

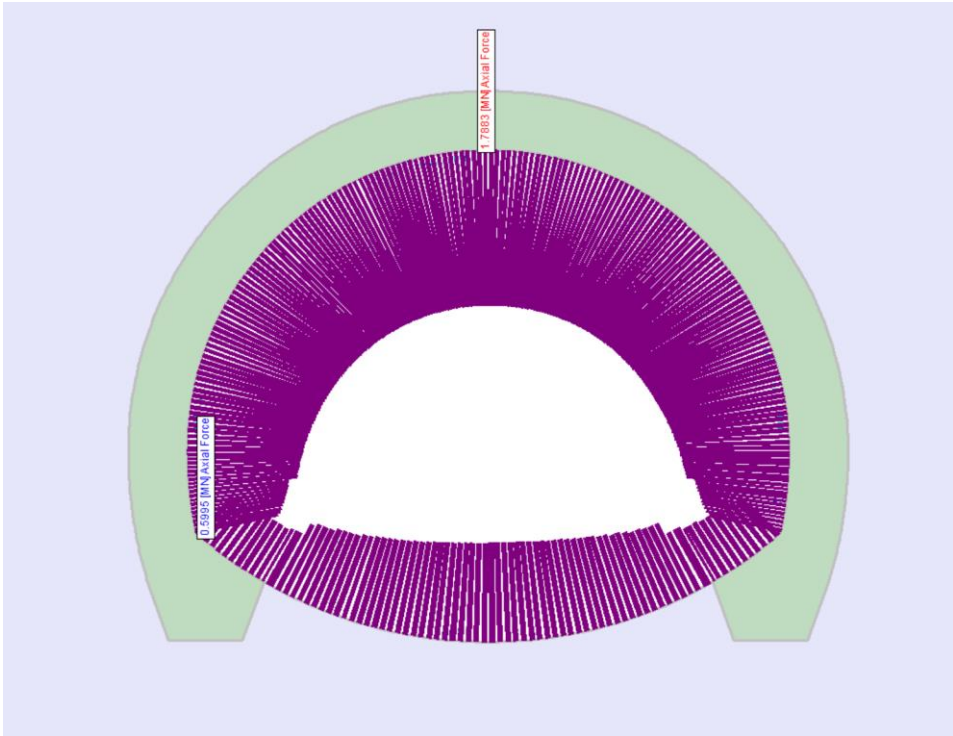


Figura. Sforzi normali su rivestimento di prima fase – Fase 4.

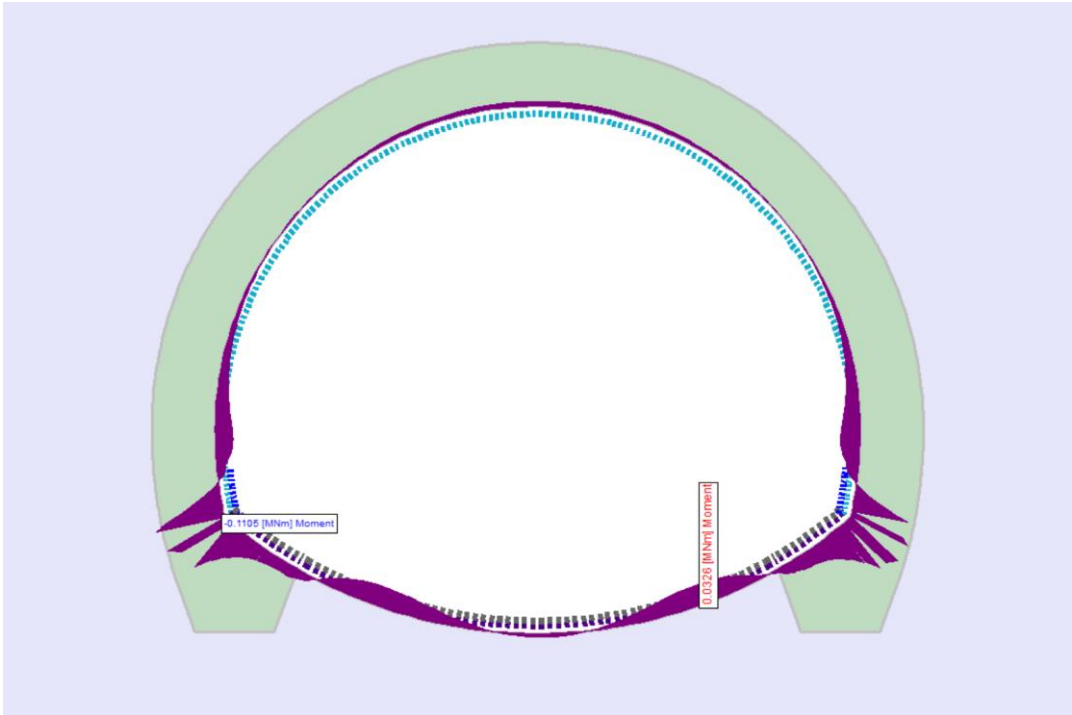


Figura. Momento su rivestimento di prima fase – Fase 4.



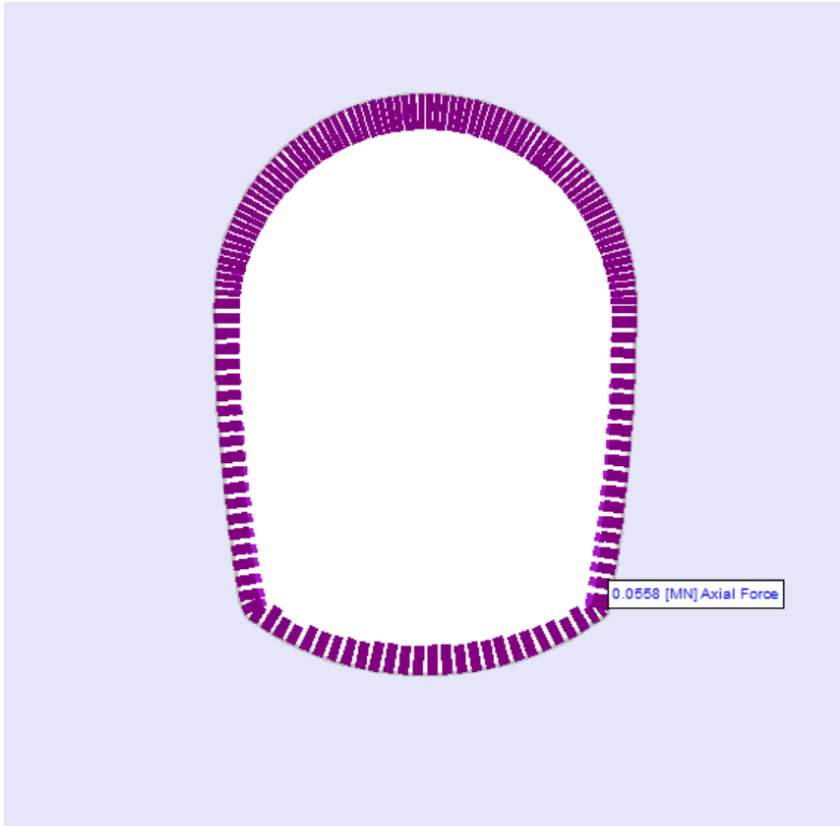


Figura. Sforzi normali su rivestimento di prima fase – Fase 8.

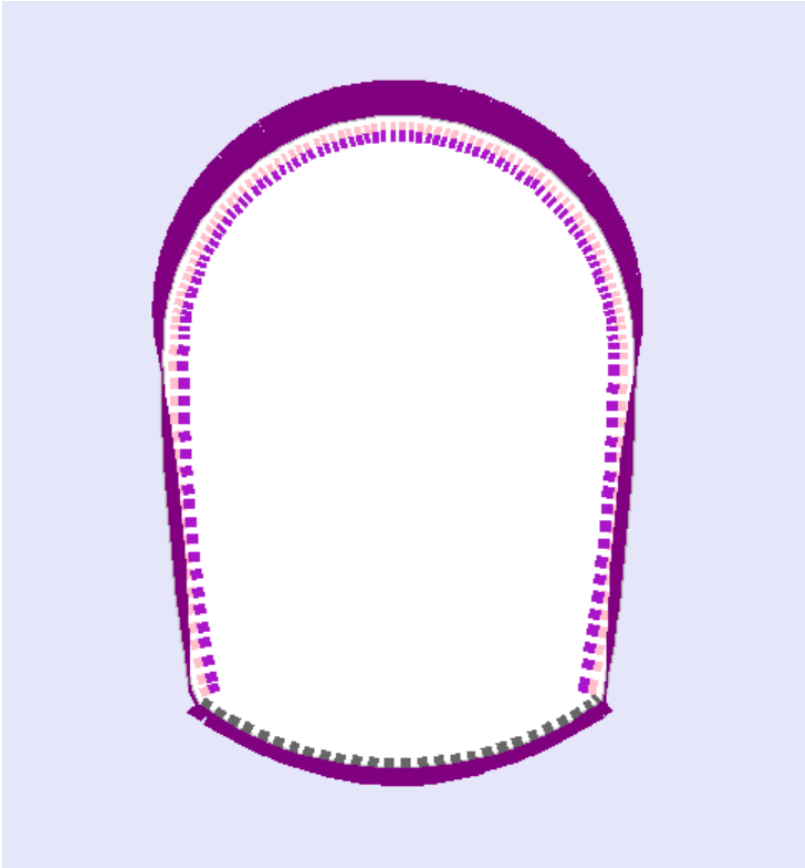


Figura. Momento su rivestimento di prima fase – Fase 8.

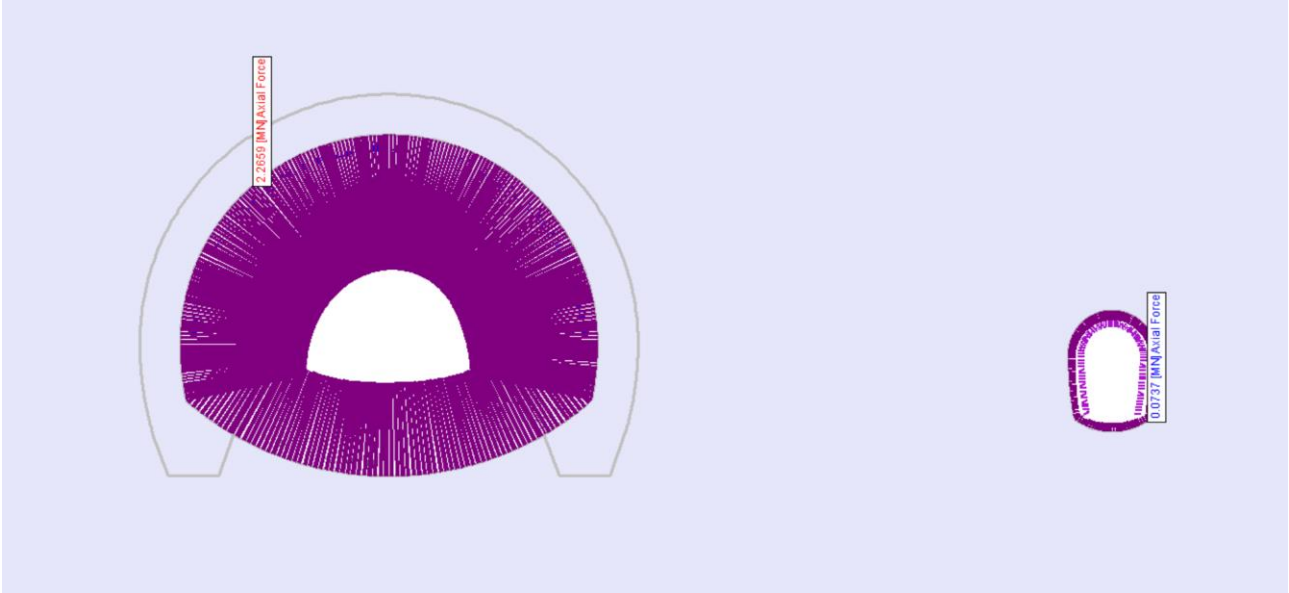


Figura. Sforzi normali su rivestimenti definitivi – Fase 9.

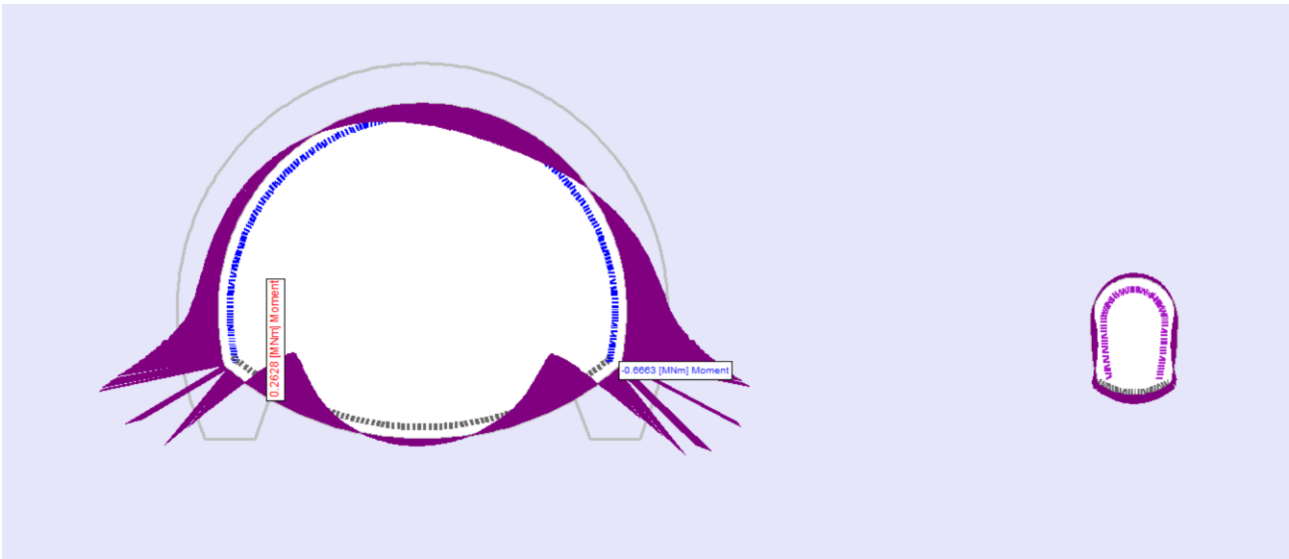


Figura. Momento su rivestimenti definitivi – Fase 9.

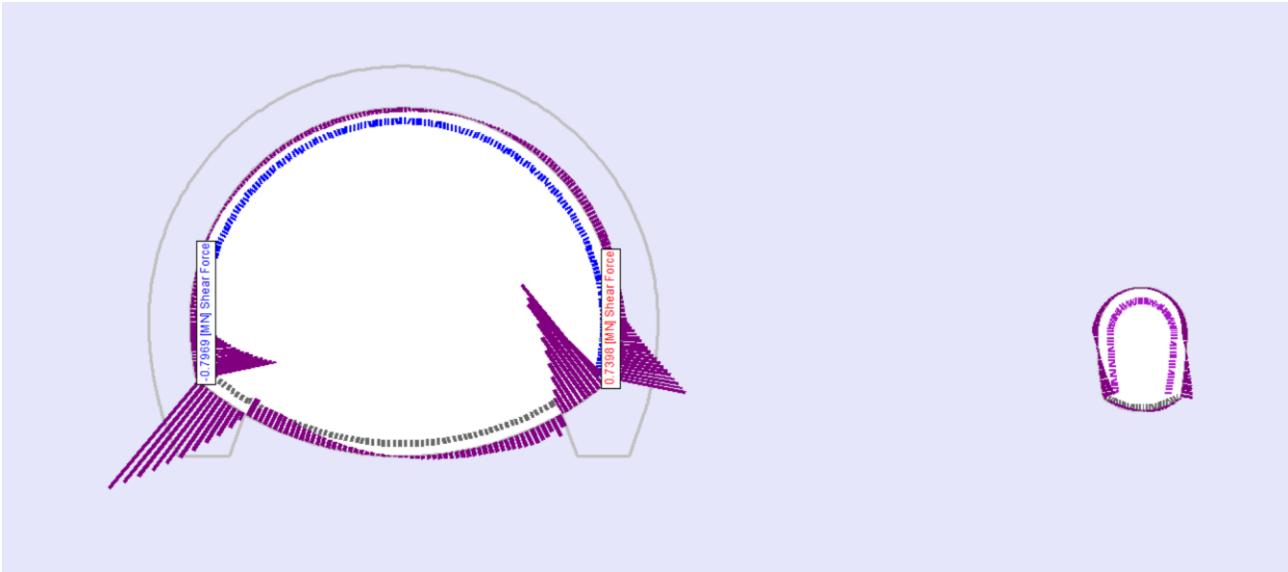


Figura. Taglio su rivestimenti definitivi – Fase 9.

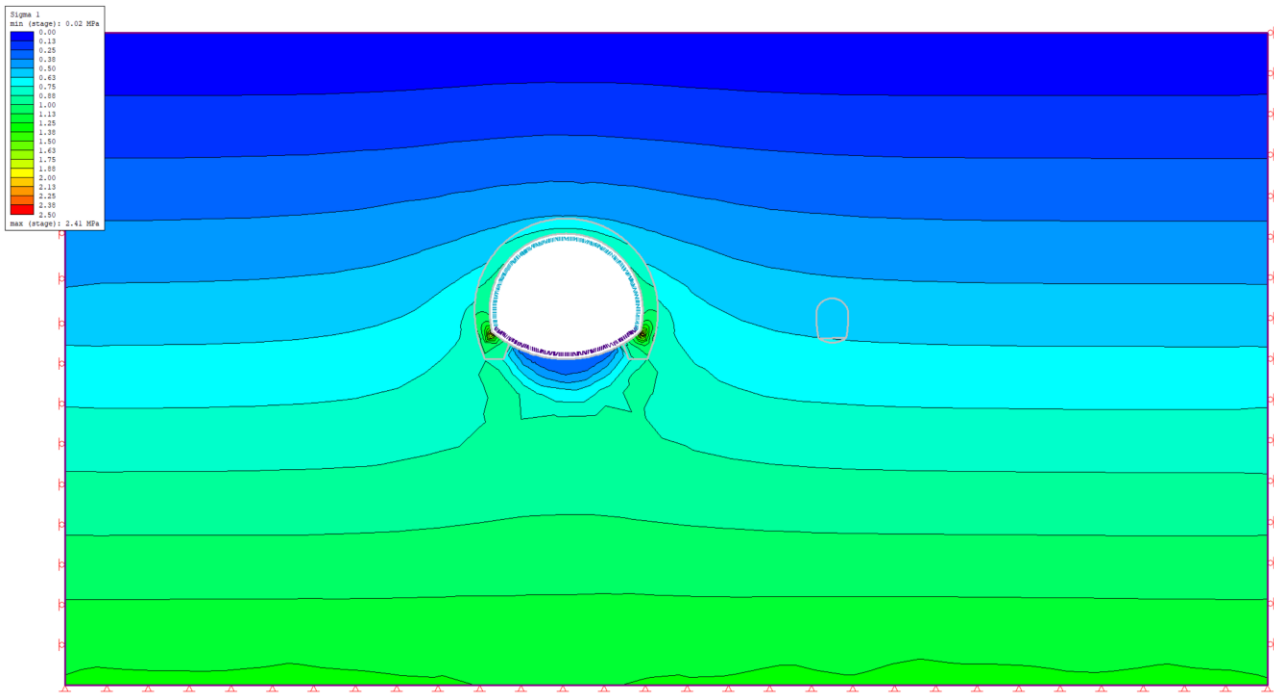


Figura. Tensioni principali – Fase 3.

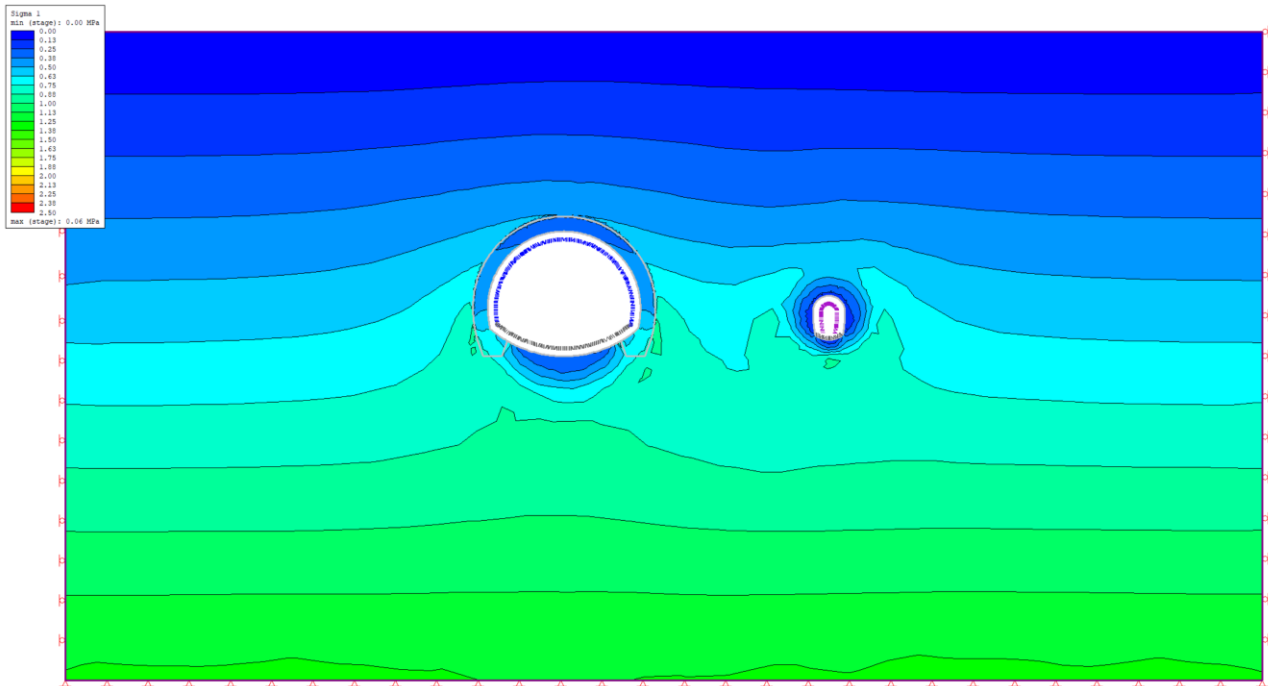


Figura. Tensioni principali – Fase 9.

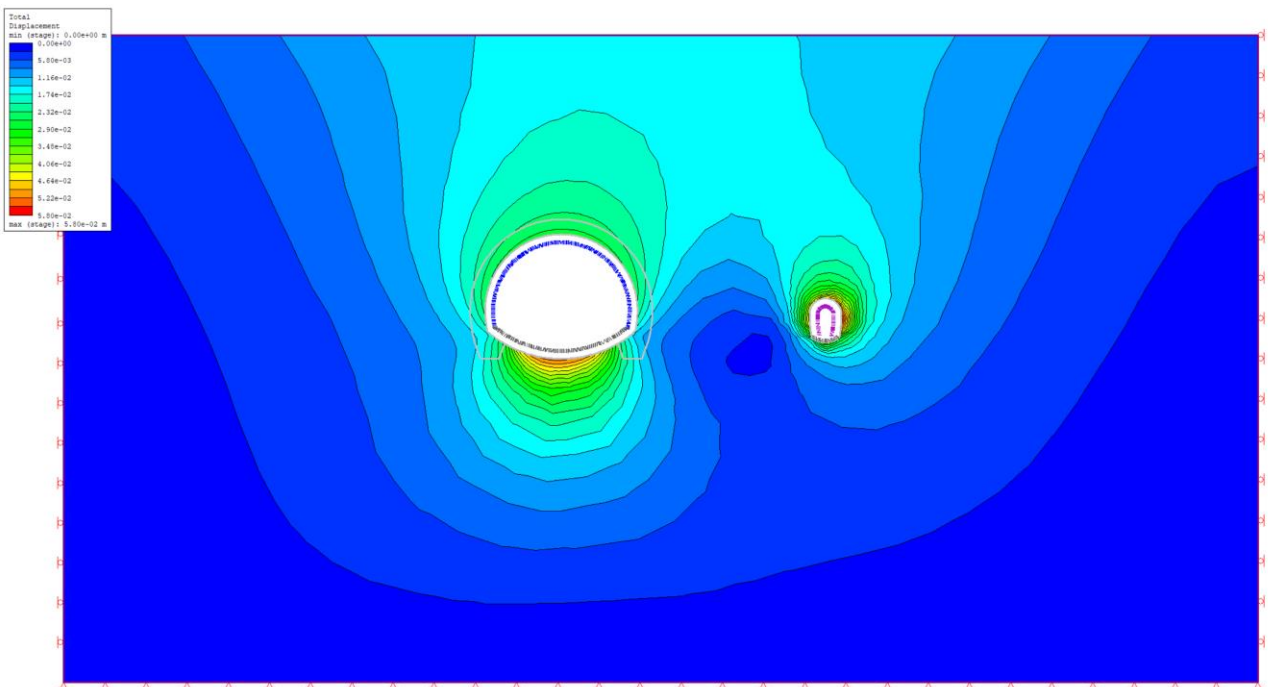


Figura. Spostamenti totali – Fase 9.