

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI PROGETTO ESECUTIVO

ALLEGATO ALL'ORDINE DI SERVIZIO
N. 2631
DEL 8/11/21

GALLERIA NATURALE DI VALICO SCAVO IN MECCANIZZATO – BINARIO PARI E DISPARI - WBS GN141, GN151 Relazione tecnica, di monitoraggio e di calcolo

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Il Direttore del Consorzio Consorzio Cociv Ing. Nicola Meistro	IL DIRETTORE LAVORI FIRMA AI SENSI DEL PUNTO 1 DELL'ALLEGATO 7 AL 4° A.M.

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 0	E	C V	R O	G N 0 0 0 0	0 3 2	C

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Revisione per RdM IG51-03-E-CV-RM- GN-14-10-001 IG51-03-E-CV-RM- GN-15-10-001	Rocksoil	17/03/2020	Rocksoil	19/03/2020	A. Mancarella	23/03/2020	 Dott. Ing. Aldo Mancarella Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R
B00	Emissione per istruttoria IG5103E07ISGN14 10001A IG5103E07ISGN15 10001A	Rocksoil	01/09/2020	Rocksoil	03/09/2020	A. Mancarella	07/09/2020	
C00	Emissione per istruttoria IG5103E07ISGN14 10001A IG5103E07ISGN15 10001A	Rocksoil	01/10/2020	Rocksoil	05/10/2020	A. Mancarella	07/10/2020	

n. Elab.:

Stampato dal Service

File: IG5100ECVROGN0000032C00

di progettazione ITALFERR S.p.A.

ALBA s.r.l.

CUP: F81H92000000008

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 3 di 195

INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	7
2.	NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI	9
3.	MATERIALI IMPIEGATI	12
4.	INQUADRAMENTO GENERALE.....	14
4.1.	Caratteristiche generali dell'opera	14
4.1.1.	Anello di rivestimento	15
4.1.2.	Sistema di connessione sui giunti circonferenziali e guarnizioni di tenuta idraulica	16
4.2.	Inquadramento geologico	18
4.3.	Inquadramento idrogeologico	18
4.4.	Inquadramento geotecnico	19
4.4.1.	Riepilogo dei parametri geotecnici	19
4.4.2.	Ipotesi di calcolo	21
5.	CRITICITÀ ATTESE LUNGO IL TRACCIATO E DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ OPERATIVE	23
5.1.	Sintesi delle condizioni e criticità attese lungo il tracciato	23
5.1.1.	Criticità dovute a fattori geomeccanici.....	23
5.1.1.	Criticità dovute ad interferenze.....	24
5.2.	Modalità di avanzamento e soluzioni tecniche di presidio.....	24
6.	CARATTERISTICHE DELLA MACCHINA EPB	28
6.1.	Inquadramento caratteristiche principali.....	28
6.2.	Dimensionamento delle spinte della TBM	28
6.3.	Fresabilità dei materiali.....	29
6.3.1.	Argille a Palombini.....	29
6.3.2.	Metabasalti	38
6.3.3.	Evidenze in corso d'opera (tratto scavato in "tradizionale").....	39
6.3.4.	Considerazioni conclusive	40
6.4.	Condizionamento	41
6.4.1.	Note generali	41
6.4.2.	Le schiume	42
6.4.3.	Polimeri.....	43
6.4.4.	Considerazioni conclusive	44
7.	PREVISIONI SUL COMPORTAMENTO DEGLI AMMASSI ROCCIOSI E CRITERI DI CALCOLO APPLICATI	47
7.1.	Note Generali.....	47
7.2.	Metodo delle linee caratteristiche	49
7.3.	Analisi stabilità del fronte in gallerie superficiali	55
7.3.1.	Metodo di Tamez (1997)	55
7.3.2.	Metodo del tasso di deconfinamento critico λ_E (Panet, 1990).....	56
7.4.	Analisi numeriche bidimensionali: FLAC	56
8.	CRITERI DI VERIFICA.....	60
8.1.	Verifiche a pressoflessione e taglio - Metodo agli stati limite	60
8.2.	Verifica a fessurazione	61
9.	FASE DI DIAGNOSI - PREVISIONE SUL COMPORTAMENTO DEGLI AMMASSI ALLO SCAVO	63
9.1.	Ipotesi di base sul comportamento degli ammassi.....	63
9.2.	Previsione del comportamento degli ammassi secondo approccio probabilistico	64
9.2.1.	Argille a Palombini – GR1 – H=280 m	69
9.2.2.	Argille a Palombini – GR1 – H=160 m	70

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 4 di 195

9.2.3.	Argille a Palombini – GR2a – H=280 m	71
9.2.4.	Argille a Palombini – GR2a – H=160 m	72
9.2.5.	Argille a Palombini – GR2b – H=280 m	73
9.2.6.	Argille a Palombini – GR2b – H=160 m	74
9.2.7.	Argille a Palombini – GR3a – H=280 m	75
9.2.8.	Argille a Palombini – GR3a – H=160 m	76
9.2.9.	Argille a Palombini – GR3b – H=280 m	77
9.2.10.	Argille a Palombini – GR3b – H=160 m	78
9.2.11.	Metabasalti – B' compatto – H=280 m	79
9.2.12.	Metabasalti – B' compatto – H=160 m	80
9.2.13.	Metabasalti – B' fratturato – H=280 m	81
9.2.14.	Metabasalti – B' fratturato – H=160 m	82
9.2.15.	Metabasalti – B' molto fratturato – H=280 m	83
9.2.16.	Metabasalti – B' molto fratturato – H=160 m	84
9.3.	Previsione del comportamento degli ammassi secondo approccio deterministico	85
9.3.1.	Note introduttive	85
9.3.2.	Stabilità del fronte di scavo	85
9.4.	Conclusioni	94
9.4.1.	Analisi probabilistica	94
9.4.2.	Analisi deterministica	96
10.	FASE DI TERAPIA – DEFINIZIONE E VERIFICA DEI PROVVEDIMENTI PROGETTUALI CON METODI ANALITICI E CURVE CARATTERISTICHE	97
10.1.	Premessa	97
10.2.	Verifiche di stabilità del fronte con metodi analitici in presenza di moti di filtrazione	99
10.3.	Verifiche con il metodo delle curve caratteristiche	102
11.	FASE DI TERAPIA – ANALISI NUMERICHE – STRATEGIA DI CALCOLO.....	104
11.1.	Modelli numerici di calcolo: Ipotesi di base	104
11.1.1.	Modellazione degli elementi geotecnici e strutturali	104
11.1.2.	Taratura modelli di calcolo	107
11.1.3.	Modellazione numerica	107
12.	FASE DI TERAPIA - ANALISI NUMERICHE BIDIMENSIONALI: RISULTATI E VERIFICHE	112
12.1.	Verifiche Rivestimento definitivo in Calcestruzzo Armato	112
12.2.	Analisi 1 – Formazione di Ap GR1 - Copertura 275 m	113
12.2.1.	Fasi di calcolo	113
12.2.2.	Analisi deformativa	113
12.2.3.	Analisi Tensionale	118
12.2.4.	Verifiche allo Stato Limite Ultimo	121
12.2.5.	Verifiche allo Stato Limite di Esercizio	122
12.3.	Analisi 2 – Argille a Palombini GR2a - Copertura 275 m	124
12.3.1.	Fasi di calcolo	124
12.3.2.	Analisi deformativa	124
12.3.3.	Analisi Tensionale	129
12.3.4.	Verifiche allo Stato Limite Ultimo	132
12.3.5.	Verifiche allo Stato Limite di Esercizio	133
12.4.	Analisi 3 – Argille a Palombini GR2b - Copertura 275 m	135
12.4.1.	Fasi di calcolo	135
12.4.2.	Analisi deformativa	135
12.4.3.	Analisi Tensionale	140
12.4.4.	Verifiche allo Stato Limite Ultimo	143
12.4.5.	Verifiche allo Stato Limite di Esercizio	144
12.5.	Analisi 4 – Argille a Palombini GR3a - Copertura 275 m	146
12.5.1.	Fasi di calcolo	146
12.5.2.	Analisi deformativa	146

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 5 di 195

12.5.3.	Analisi Tensionale	151
12.5.4.	Verifiche allo Stato Limite Ultimo	154
12.5.5.	Verifiche allo Stato Limite di Esercizio	155
12.6.	Analisi 5 – Argille a Palombini GR3b - Copertura 275 m	157
12.6.1.	Fasi di calcolo	157
12.6.2.	Analisi deformativa.....	157
12.6.3.	Analisi Tensionale	162
12.6.4.	Verifiche allo Stato Limite Ultimo	165
12.6.5.	Verifiche allo Stato Limite di Esercizio	166
12.7.	Analisi 6 – Metabasalti B' molto fratturato - Copertura 275 m.....	168
12.7.1.	Fasi di calcolo	168
12.7.2.	Analisi deformativa.....	168
12.7.3.	Analisi Tensionale	172
12.7.4.	Verifiche allo Stato Limite Ultimo	179
12.7.5.	Verifiche allo Stato Limite di Esercizio	181
13.	FASE DI ESERCIZIO: QUADRO DI RIFERIMENTO PER LE SOLUZIONI PROGETTUALI.....	182
14.	NICCHIE: TELAI REGGI CONCI	186
15.	MONITORAGGIO	189
15.1.	Sintesi degli interventi di monitoraggio previsti	189
15.2.	Stazioni di misura definitiva (nicchie tecnologiche U.A.D.)	190
15.3.	Soglie di attenzione e di allarme	190
15.4.	Sezioni piezometriche spia.....	191
16.	CONCLUSIONI	193
	BIBLIOGRAFIA	194
	ALLEGATI DI CALCOLO	195

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



IG5100ECVROGN0000032C00

Foglio
6 di 195

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 7 di 195

1. INTRODUZIONE

Oggetto della presente relazione è la descrizione delle principali problematiche legate allo scavo meccanizzato della tratta della galleria di Valico che si estende dalla pk 17+780.00 (B.P.) / 17+790.03 (B.D.) alla pk 19+700.00, per uno sviluppo di circa 1.9 km per ogni binario.

La galleria di Valico appartiene al tracciato della linea ferroviaria del “Terzo Valico dei Giovi” che si estende da Genova a Tortona. Il progetto nel suo complesso prevede la realizzazione di una galleria prevalentemente a doppia canna di 27 km a binario.

Il presente documento, introdotto nella WBS GN00, è relativo all'intero sviluppo dei binari pari e dispari afferenti rispettivamente alle WBS GN141 e GN151, comprese nella Tratta 4 della galleria di Valico.

Lo scavo meccanizzato lungo il tratto analizzato prevede l'attraversamento di 3 principali formazioni geologiche con coperture comprese tra 155 e 275 m ca:

- Metabasalti del Monte Figogna (B');
- Argille a Palombini del Passo della Bocchetta” (aP);
- Formazione di Molare (FM).

La maggior parte della tratta si estenderà all'interno delle prime due formazioni indicate (B' e aP), mentre l'attraversamento all'interno della formazione di Molare è previsto per un'estensione notevolmente limitata (inferiore a 100 m). Nel presente documento non verranno dunque trattate le analisi specifiche relative alla formazione di Molare, per le quali si rimanda ai documenti progettuali relativi al tratto di galleria successivo (WBS GN14R, GN15R, GN14S, GN15S), che si estende diffusamente all'interno di tale formazione con coperture massime notevolmente superiori a quelle del tratto analizzato nella presente relazione.

Nel presente documento vengono affrontati nel dettaglio gli aspetti progettuali salienti relativi all'allungamento della tratta da scavare mediante l'utilizzo della TBM (da pk 17+780/17+790 a pk 19+700 ca) con particolare attenzione all'individuazione delle problematiche di scavo connesse all'impiego della fresa scudata ed alle relative risoluzioni. Tale relazione deve dunque essere intesa come un'integrazione agli elaborati progettuali già sviluppati per alcuni tratti della Galleria di Valico, ai quali si rimanda per tutto quanto non indicato all'interno del presente documento, con particolare riferimento a quelli relativi alla Tratta 4 per la caratterizzazione dei materiali interessati dallo scavo e a quelli sviluppati per lo Scavo in Meccanizzato per i seguenti aspetti:

- Scelta delle caratteristiche della macchina EPB;
- Linee guida, procedure operative di controllo, azioni correttive e integrative;
- Verifiche del rivestimento in fase transitoria (scasseratura, movimentazione, stoccaggio trasporto, montaggio e spinte dei martinetti);
- Dettagli tecnici sulla strumentazione di monitoraggio.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 8 di 195

Nella trattazione si farà esplicito riferimento ai seguenti elaborati:

- [Rif. 1] Relazione Tecnica Scavo in meccanizzato – Galleria di Valico (IG51-00-E-CV-RO-GN00-00-015)
- [Rif. 2] Relazione Geotecnica Tratta 4 (IG51-00-E-CV-RB-GN00-00-001)
- [Rif. 3] Addendum Relazione geotecnica, di monitoraggio e di calcolo - WBS GN14R, GN15R, GN14S, GN15S (IG51-00-E-CV-RO-GN00-00-019)
- [Rif. 4] Relazione di Calcolo Tratta 4 (IG51-00-E-CV-CL-GN00-00-001)
- [Rif. 5] Relazione di Calcolo Scavo in meccanizzato – Galleria di Valico (IG51-02-E-CV-CL-GN00-00-001)
- [Rif. 6] Relazione di Monitoraggio Scavo in meccanizzato – Galleria di Valico (IG51-02-E-CV-RO-GN00-00-001)
- [Rif. 7] Relazione Geotecnica Scavo in meccanizzato – Galleria di Valico (IG51-02-E-CV-RB-GN00-00-001)
- [Rif. 8] By-Pass di collegamento - Relazione geotecnica e di calcolo – Galleria di Valico (IG51-03-E-CV-RO-GN1W-BX-001)
- [Rif. 9] Relazione di calcolo telai reggi-conci – Galleria di Valico (IG51-00-E-CV-CL-GN00-00-010)
- [Rif. 10] Addendum Relazione di calcolo telai reggi-conci – WBS GN14R, GN15R, GN14S, GN15S (IG51-00-E-CV-CL-GN00-00-010)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 9 di 195

2. NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI

Per il calcolo e per le verifiche delle opere strutturali si è fatto riferimento alle seguenti norme:

- Legge 5/11/1971 n. 1086

Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge n° 64 del 2 febbraio 1974

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- Circolare Ministero Lavori Pubblici n. 11951 del 14/2/1974

Legge 5 novembre 1971, n. 1086. Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica. Istruzioni per l'applicazione.

- Circolare Ministero Lavori Pubblici n. 20049 del 9/1/1980

Legge 5 novembre 1971 n. 1086 - Istruzioni relative ai controlli sul conglomerato cementizio adoperato per le strutture in cemento armato.

- Istruzioni C.N.R. 10012-81

Azioni sulle costruzioni.

- Decreto Ministero Lavori Pubblici 11/3/1988

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- Circolare Ministero Lavori Pubblici n. 30483 del 24/9/1988

Legge 2 febbraio 1974 art. 1-D.M. 11 marzo 1988. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione.

- Nota Ministero Lavori Pubblici n. 183 del 13/4/1989

D.M. 11.3.88. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, la progettazione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- Decreto Ministero Lavori Pubblici 14/02/1992

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 10 di 195

- Circolare Ministero Lavori Pubblici 24/06/1993 n. 406/STC

Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche di cui al D. M. 14/02/1992.

- Decreto Ministero Lavori Pubblici 9/01/1996

Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- Decreto Ministero Lavori Pubblici 16/01/1996

Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".

- Decreto Ministero Lavori Pubblici 16/01/1996

Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero Lavori Pubblici 15/10/1996 n. 252

Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche di cui al D. M. 9/01/96.

- Circolare Ministero Lavori Pubblici 4/07/1996 n. 156AA.GG/STC

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996.

- Circolare Ministero Lavori Pubblici 10/04/1997 n. 65/AA./GG.

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D. M. 16/01/96.

- Decreto Ministero Lavori Pubblici 5/08/1999

Modificazioni al decreto ministeriale 9 gennaio 1996 contenente norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.P.R. 6 Giugno 2001, n°380

Testo unico delle disposizioni legislative e regolamenti in materia edilizia

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 11 di 195

RACCOMANDAZIONI

- Eurocodice 1 UNI-EN-1991

Criteri generali di progettazione strutturale

- Eurocodice 2 UNI-EN-1992

Progettazione delle strutture in calcestruzzo

- Eurocodice 3 UNI-EN-1993

Progettazione delle strutture in acciaio

- Eurocodice 4 UNI-EN-1994

Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo

- Eurocodice 7 UNI-EN-1997

Progettazione Geotecnica

- Eurocodice 8 UNI-EN-1998

Progettazione delle strutture per la resistenza sismica

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 12 di 195

3. MATERIALI IMPIEGATI

Calcestruzzo per conci prefabbricati

TIPO "3":

- classe	$R_{ck} \geq 60 \text{ N/mm}^2$
- classe di esposizione	XC2
- classe di consistenza	S4
- resistenza a compressione caratteristica cilindrica	$f_{ck} = 49.8 \text{ N/mm}^2$
- resistenza caratteristica a trazione semplice:	$f_{ctk;0.05} = 2.90 \text{ N/mm}^2$
- modulo elastico:	$E_c = 44152 \text{ N/mm}^2$
- coefficiente di Poisson:	$\nu = 0.2$

I conci dovranno prevedere fibre in polipropilene al fine di garantire la resistenza allo spalling (dosaggio medio 2 kg/m^3).

Al fine di aumentare la duttilità si prescrive inoltre l'uso di fibre in acciaio tipo Dramix® 4D (Bekaert) o equivalenti (dosaggio 15 kg/m^3).

Acciaio in barre ad aderenza migliorata

- tipo	B450 C
- tensione caratteristica di snervamento:	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
- tensione caratteristica di rottura:	$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$
- modulo elastico:	$E_s = 210000 \text{ N/mm}^2$

Connettori

- tipo FAMA Smartblock 90-160/300-60 (o equivalenti)
- Resistenza a taglio $\geq 60 \text{ kN}$
- Forza di estrazione (pull out) $\geq 90 \text{ kN}$

Guarnizione:

- tipo ancorata, in EPDM con predisposizione cordolino idrofilico tipo FAMA Gasket UG037A (o equivalente)
- tenuta idraulica $\geq 20 \text{ bar}$ (requisiti minimi di installazione: offset $\leq 10 \text{ mm}$ e joint gap $= 4 \text{ mm}$)
- tenuta idraulica in esercizio minima durante la vita utile dell'opera $\geq 5 \text{ bar}$ (offset $\geq 15 \text{ mm}$ e joint gap $\geq 6 \text{ mm}$)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 13 di 195

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 14 di 195

4. INQUADRAMENTO GENERALE

Il presente paragrafo contiene la descrizione generale delle opere in progetto e la sintesi dei principali aspetti relativi al contesto geologico, idrogeologico, evidenziandone le principali criticità alla quota galleria.

4.1. Caratteristiche generali dell'opera

La relazione in oggetto riguarda la realizzazione di poco più di 1.9 km di galleria con sezione a canne separate, con coperture variabili tra 155 m e 275 m ca, da scavare con sistema meccanizzato.

Tale opera è suddivisa nelle seguenti WBS:

Binario Pari

- GN141 da pk 17+780.00 a pk 19+700.00.

Binario Dispari

- GN151 da pk 17+790.03 a pk 19+700.00.

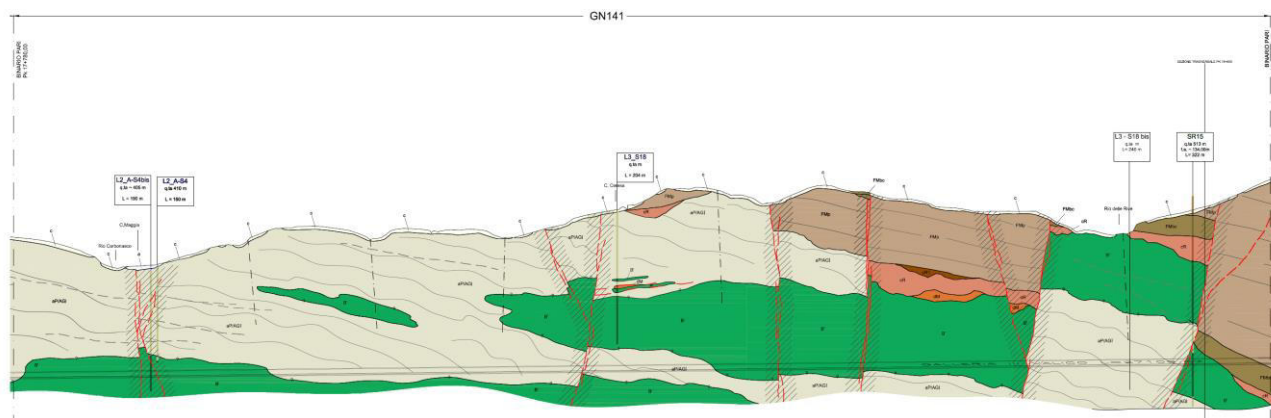


Figura 4-1 – Profilo longitudinale – binario pari

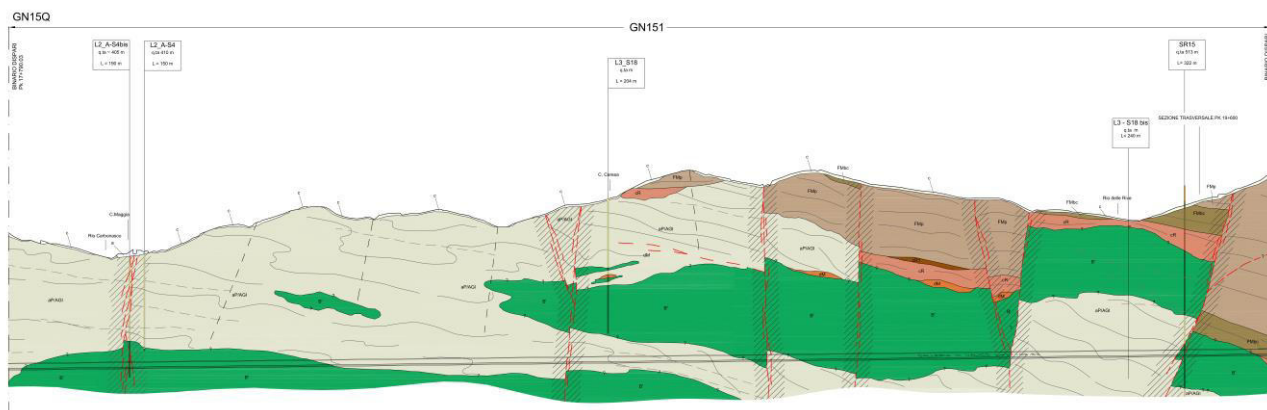


Figura 4-2 – Profilo longitudinale – binario dispari

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 15 di 195

4.1.1. Anello di rivestimento

Le gallerie hanno raggio interno pari a 4.30 m e spessore del rivestimento di 40 cm.

L'anello di tipo universale è costituito da 6 conci più il concio di chiave. La gabbia di armatura dei conci costituenti l'anello è prevista uniforme su tutta la tratta (armatura tipo "3")

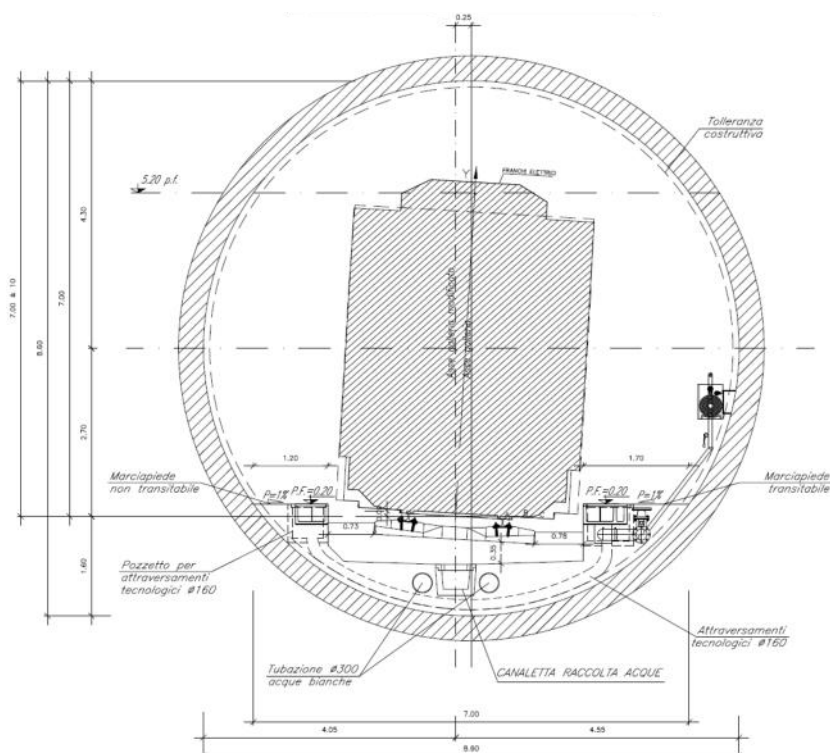


Figura 4-3. Schema generale della sezione tipo di galleria

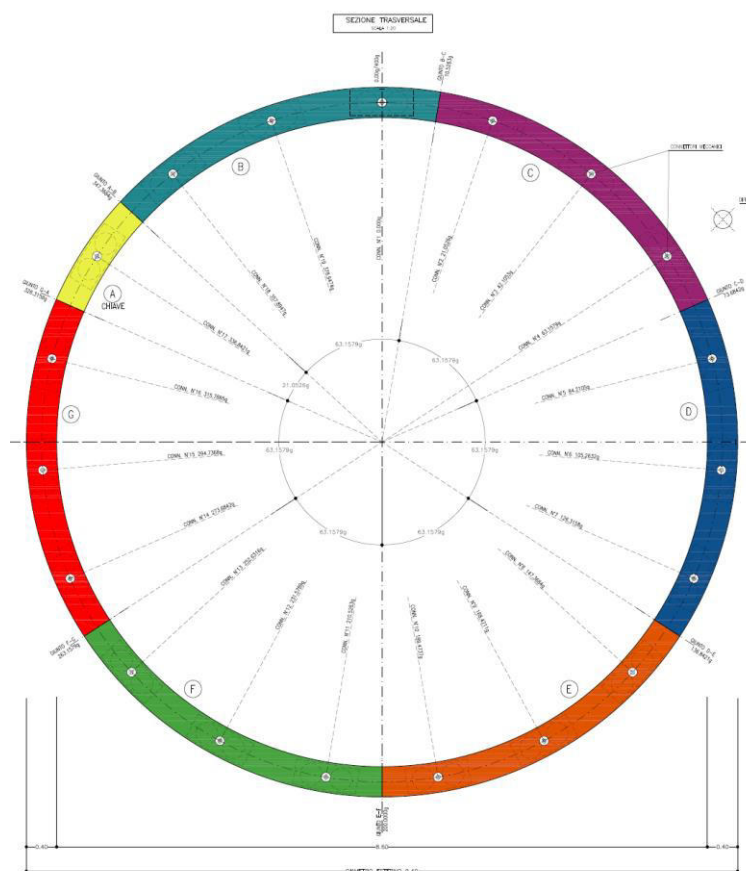


Figura 4-4. Schema anello universale

4.1.2. Sistema di connessione sui giunti circonferenziali e guarnizioni di tenuta idraulica

Si riportano le caratteristiche in Tabella 4-1 e si rimanda alla Relazione Tecnica Scavo in meccanizzato [Rif. 1] per una descrizione dettagliata delle caratteristiche di progetto richieste.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 17 di 195

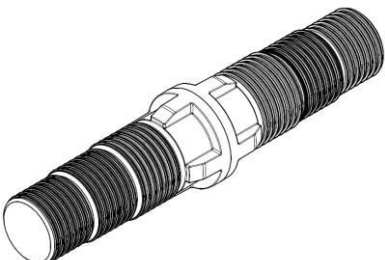
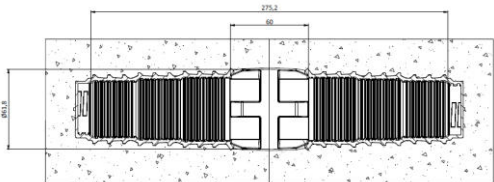
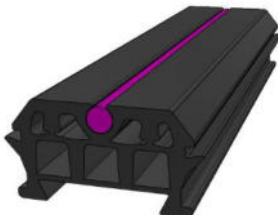
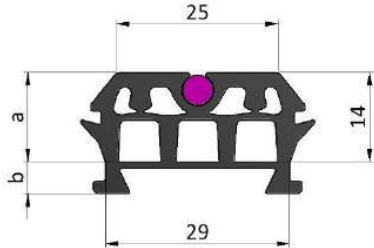
SISTEMA DI CONNESSIONE CON ELEMENTI AD ATTRITO	Resistenza sistema di connessione: • allo sfilamento (pull-out) ≥ 90 KN • taglio ≥ 60 kN Esempio tipologico (tipo Fama Smart block 90-160 300-60)  
BARRA GUIDA	In polietilene diametro $\varnothing \geq 50$ mm L=1000mm 
GUARNIZIONE	Tipo ancorata, in elastomero EPDM Tenuta idraulica ≥ 20 bar in presenza di: • offset ≥ 10 mm (<i>requisito minimo di installazione</i>) • joint gap = 4 mm (<i>requisito minimo di installazione</i>) Tenuta idraulica ≥ 5 bar in esercizio (vita nominale opera 100 anni) in presenza di • offset ≥ 15 mm. • joint gap: ≥ 6 mm (Valori minimi durante la vita utile dell'opera, considerando gli effetti indotti dal rilassamento del materiale). Esempio tipologico (guarnizione ancorata tipo Fama UG037A)  

Tabella 4-1. Dettagli costruttivi richiesti da progetto

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 18 di 195

4.2. Inquadramento geologico

Nel dettaglio le formazioni geologiche attraversate dalla Galleria di Valico nella tratta considerata sono elencate di seguito, ordinate in base allo sviluppo delle progressive:

- **Metabasalti del Monte Figogna (B')**: metabasalti da massicci a scistosi, talora con struttura a pillow, e fratturazione generalmente intensa. Si presentano con colorazioni che vanno dal verde scuro al bruno-violaceo nei punti in cui sono maggiormente alterati. Localmente contengono corpi filoniani e sono comunemente interessati, in affioramento, da una fitta maglia di giunti.
- **Argilloscisti filladici**: appartenenti alla formazione degli “Argilloscisti di Costagiutta” (AGI), i quali analogamente agli “Argilloscisti di Murta” (AGF) rappresentano, nella nuova cartografia ufficiale, Foglio “Genova” n. 213-230 in scala 1:50.000, la ex Formazione delle “Argilliti a Palombini del Passo della Bocchetta”. Dal punto vista geomeccanico tali formazioni sono completamente equivalenti alla ex formazione delle “**Argille a Palombini del Passo della Bocchetta**” (aP). Nel seguito si impiegherà tale denominazione in analogia ai documenti della precedente fase progettuale.
- **Formazione di Molare (FM)**, con particolare riferimento alla litofacies brecciosa (FMbc), costituita da brecce e subordinatamente conglomerati monogenici a supporto di clasti in bancate plurimetriche mal definite, ben cementate, a matrice sabbioso-limosa grigia, contenenti clasti da decimetrici a plurimetrici (fino a 10 m circa) di serpentiniti e metaperidotiti

Lungo il tracciato le coperture variano da un minimo di circa 155 m ad un massimo di circa 275 m all'interno delle formazioni delle Argilliti a Palombini e dei Metabasalti, che si alternano lungo la quasi totalità del tracciato. Nella parte finale, in cui lo scavo attraversa la formazione di Molare, le coperture sono comprese tra 235 e 270 m circa.

Si evita in questo documento di riportare la descrizione completa delle formazioni dal punto di vista geologico, rimandando a [Rif. 2] per una completa trattazione degli studi di dettaglio condotti in fase di Progetto Esecutivo, nelle aree oggetto d'intervento, implementati con informazioni provenienti dal Progetto Definitivo nonché dai dati presenti in letteratura.

4.3. Inquadramento idrogeologico

Le Argille a Palombini sono caratterizzate da permeabilità sostanzialmente legata alla fratturazione dell'ammasso roccioso. Trattandosi di litotipi a prevalente composizione fillosilicatica il grado di permeabilità non raggiunge mai valori particolarmente elevati. I test idraulici disponibili sull'intera area di progetto indicano, al di fuori delle zone di faglia, conducibilità idrauliche prevalenti variabili tra 1×10^{-7} e 1×10^{-8} m/s. Dall'analisi dei sondaggi è stato possibile inoltre osservare che la conducibilità idraulica nella zona di faglia è distribuita con maggior frequenza in un intervallo compreso all'incirca tra 1×10^{-6} e 1×10^{-7} m/s, con sporadici valori di conducibilità anche di poco maggiori di 1×10^{-6} . Nei tratti fuori dalle zone di faglia il grado di permeabilità atteso è da basso a molto basso, con corrispondente connettività ridotta, fatta eccezione per la possibile presenza di lenti di basalti di estensione e posizione incerta, che potrebbero portare a locali aumenti del grado di

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 19 di 195

permeabilità (medio-alta). Sono ipotizzabili portate massime transitorie comprese nei range $0 \div 0.16$ e $0.16 \div 0.40$ l/s*10 m di galleria, con possibili incrementi fino a 2 l/s*10 m di galleria per presenza contatti geologici e zone di faglia.

I Metabasalti presentano un comportamento reologico generalmente più fragile rispetto alla maggior parte degli altri complessi. Ciò determina una maggior persistenza e pervasività delle fratture, pertanto la permeabilità, anche in stato di fratturazione normale (fuori dalle zone di faglia), è maggiore che nelle altre formazioni. I test idraulici disponibili sull'intera area di progetto indicano per l'ammasso roccioso al di fuori delle zone di faglia, conducibilità idrauliche prevalenti variabili tra 1×10^{-6} e 1×10^{-7} m/s. Localmente si sono riscontrate anche conducibilità minori (fino a 1×10^{-8} m/s), che possono essere correlate a un basso stato di fratturazione o a una scarsa apertura delle fratture legata all'elevata copertura topografica. Alla quota galleria la conducibilità idraulica potrebbe presentarsi da bassa fino a medio bassa; mentre laddove è prevista l'intersezione con zone di faglie la conducibilità può assumere valori medi. Sono ipotizzabili le portate massime transitorie al di fuori della zona di faglia comprese tra 0.4 e 2 l/s per 10 m di galleria, ma in corrispondenza di zone di faglia non si possono escludere venute transitorie di ordine superiore ai 2 l/s per 10 m di galleria.

Per quanto riguarda la formazione di Molare, i test idraulici disponibili indicano per l'ammasso roccioso al di fuori delle zone di faglia, conducibilità idrauliche prevalenti variabili tra 1×10^{-7} e 1×10^{-8} m/s, mentre nelle zone di faglia, sebbene non siano disponibili test idraulici, è possibile stimare un incremento della permeabilità secondaria, legata al maggior stato di fratturazione dell'ammasso, con conducibilità idrauliche dell'ordine dei $1 \times 10^{-6}/1 \times 10^{-8}$ m/s. Alla quota galleria la conducibilità idraulica potrebbe presentarsi da bassa fino a medio bassa; tranne che nelle zone di faglia nel cui intorno, nonostante i fenomeni di ricementazione, la conducibilità può assumere valori medi. Sono ipotizzabili le portate massime transitorie al di fuori della zona di faglia comprese tra 0.0 e 0.40 l/s per 10 m di galleria

All'interno del tratto analizzato, i carichi idraulici stimati per le condizioni idrogeologiche imperturbate sono variabili fino ad un massimo di 250 m. A seguito degli scavi, i carichi tenderanno evidentemente a diminuire in maniera consistente. In tempi prolungati, l'adozione di rivestimenti drenanti consente di ridurre sensibilmente il carico idraulico preesistente.

Si rimanda alle specifiche relazioni idrogeologiche relative alle singole WBS per maggiori dettagli.

4.4. Inquadramento geotecnico

Come indicato in precedenza, lo scavo interesserà per la quasi totalità del tracciato la formazione delle Argille a Palombini (aP) e i Metabasalti del Monte Figogna (B'); solo un'ultima porzione del tratto con estensione prevista inferiore a 100 m interesserà la formazione di Molare.

4.4.1. Riepilogo dei parametri geotecnici

Di seguito si riepilogano i parametri fisico meccanici e di deformabilità dell'ammasso roccioso per ogni gruppo geomeccanico delle formazioni oggetto di caratterizzazione. Si rimanda alla relazione geotecnica [Rif. 2] per maggiori approfondimenti.

Formazione delle Argille a Palombini

Si è scelto in fase di progettazione esecutiva di suddividere le Argille a Palombini in tre principali gruppi geomeccanici, di cui i gruppi 2 e 3 in due ulteriori sottogruppi.

Tabella 4-2. Argille a Palombini: range di variabilità

Formazione	γ	ν	E_{op}	σ_c	m_i	GSI
	[kN/m ³]	[-]	[GPa]	[MPa]	[-]	[-]
GR1	27	0,25-0,3	3.0÷7.8	30÷40	15÷20	45÷55
GR2a	27	0,25-0,3	1.5÷2.0	10÷12	20÷25	40÷45
GR2b	27	0,25-0,3	1.0÷1.5		15÷20	35÷40
GR3a	26	0.3	0.6÷1.2	5÷7	19	30÷35
GR3b	26	0.3			19	25÷30

Formazione dei Metabasalti

L'analisi dei dati disponibili per la formazione dei Metabasalti (B') ha portato a individuare tre gruppi geomeccanici che si differenziano tra loro sia per indice della qualità della roccia (GSI), sia per la resistenza a compressione della matrice (UCS). Cautelativamente si è scelto di modellare il comportamento meccanico medio dei meta-basalti come un mezzo continuo-equivalente (omogeneo e stratificato) riferendosi esclusivamente al gruppo 2, "materiale fratturato" con GSI =40-50 e UCS=20-25 MPa, ed al gruppo 3 relativo al "materiale molto fratturato" con GSI =20-30 e UCS=3-15 MPa, quest'ultima tuttavia con valori molto dispersi, mediamente prossimi a 10 MPa e sporadicamente inferiori a 5 MPa.

Tabella 4-3. Metabasalti: range di variabilità

Formazione	γ	ν	UCS	m_i	GSI	E_{rm} - indisturbato
	[kN/m ³]	[-]	[MPa]	[-]	[-]	[MPa]
B' – compatto	28	0,25	40	25+5	50-60	5000÷10000
B' – fratturato	27-28	0,30	20-25	25+5	40-50	1200÷3000
B' – molto fratturato	24-26	0,30	3-15	19	20-30	600÷1200

Formazione di Molare

I parametri di calcolo sono suddivisi per l'ammasso fuori dalle zone di faglia in due gruppi, in funzione del grado di cementazione. Un terzo gruppo di parametri è definito per le condizioni di ammasso in zona di faglia.

Tabella 4-4. Formazione di molare: Range di variabilità

Gruppo geomeccanico	γ	ν	E_{RM}	σ_c	m_i	GSI	D
	[kN/m ³]	[-]	[MPa]	[MPa]	[-]	[-]	[-]
GR1 cementazione elevata	26	0,3	2600÷5000 (3800)	20÷30	18÷24 (21)	50÷55	0.0÷0.30
GR2 cementazione modesta/scarsa			900÷2600 (1750)	7÷20		40÷50	0.0÷0.30
GR3 zona di faglia/ Piani di taglio			240÷900 (570)	5÷7		35÷40	0.0÷0.30

4.4.2. Ipotesi di calcolo

I parametri di calcolo utilizzati sono stati presentati nelle tabelle precedenti assumendo i valori in base al criterio di rottura di Hoek e Brown. Laddove non sarà impiegato direttamente tale modello costitutivo verranno utilizzati i parametri secondo il modello di Mohr-Coulomb, ottenuti mediante linearizzazione dei valori di Hoek e Brown alle differenti coperture.

Nell'ambito di tale studio, data l'incertezza relativa alla posizione e al grado di fratturazione dell'ammasso in prossimità dei contatti litostratigrafici, si è ipotizzata un "associazione" tra le due formazioni aP e B', per cui in generale il comportamento meccanico dei Basalti compatti può essere assimilato a quello del GR1 delle aP, quello dei Basalti fratturati ai gruppi geomeccanici GR2a e GR2b, e quello dei Basalti molto fratturati ai gruppi GR3a e GR3b.

La bontà di tale associazione verrà evidenziata nei risultati delle analisi di diagnosi presentate nel seguito della trattazione, i quali mostreranno una sostanziale analogia in termini di comportamento allo scavo tra i gruppi geomeccanici dei Metabasalti ed i relativi gruppi delle Argille a Palombini indicati sopra.

In virtù di tali evidenze, in fase di terapia la formazione dei Metabasalti è stata dunque assimilata al comportamento delle Argille a Palombini.

Si fa inoltre notare come nel corso degli avanzamenti eseguiti alla data di stesura del presente documento, che si sono sviluppati per diversi km all'interno della formazione delle Argille a Palombini, non sono mai state riscontrate condizioni di ammasso riconducibili al gruppo geomeccanico 3b, neanche alle massime coperture (600 m). Per tali ragioni, si ritiene notevolmente limitata la probabilità di incontrare tali condizioni all'interno del tratto analizzato.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 22 di 195

Per quanto riguarda la formazione di Molare, in considerazione della limitata estensione all'interno del tratto analizzato, il presente documento non tratterà le analisi relative a tale formazione, per le quali si rimanda a [Rif. 3], relativo al tratto di galleria successivo (WBS GN14R, GN15R, GN14S, GN15S), che si estende diffusamente all'interno della formazione di Molare con coperture massime notevolmente superiori a quelle del tratto analizzato nella presente relazione.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00
	Foglio 23 di 195

5. CRITICITÀ ATTESE LUNGO IL TRACCIATO E DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ OPERATIVE

5.1. Sintesi delle condizioni e criticità attese lungo il tracciato

5.1.1. Criticità dovute a fattori geomeccanici

La tabella seguente riepiloga le principali criticità relative allo scavo in meccanizzato delle opere in progetto dovute a fattori geomeccanici. Si rimanda alla specifica relazione di “Valutazione dei rischi” per ulteriori dettagli.

Tabella 5-1 – Criticità dovute a fattori geomeccanici

Tipo criticità	Descrizione	Azioni
Afflussi in regime transitorio	Venute d'acqua concentrate in corrispondenza delle zone tettonizzate	Esecuzione di indagini in avanzamento Utilizzo di contropressione al fronte (massimo 3÷5 bar) Drenaggi in avanzamento (eventuali)
Carico idraulico in regime stabilizzato	Elevata pressione dell'acqua agente a lungo termine sul rivestimento	Esecuzione di indagini piezometriche (sezioni spia) Utilizzo di sistemi di drenaggio, da tarare in funzione delle effettive condizioni riscontrate in corso d'opera
Carichi sullo scudo ad alte coperture in faglia	Elevati carichi sullo scudo in corrispondenza delle zone tettonizzate alle massime coperture	Impiego di extra-scavo (layout testa maggiorato o copy-cutter)
Carichi sul rivestimento ad alte coperture in faglia	Elevati carichi sul rivestimento in corrispondenza delle zone tettonizzate alle massime coperture	Utilizzo di conci con $R_{ck} \geq 60\text{MPa}$, (carpenteria tipo “3”), armatura principale $\phi 20$ (armatura tipo “3”) e fibre
Fronte misto / distacco blocchi / presenza di boulders	Problemi di usura e/o danneggiamento dei componenti della testa della TBM Possibilità di sovrascavi locali	Regolazione dei parametri macchina Manutenzione delle parti meccaniche (utensili) Condizionamento del materiale scavato
Riduzione della fresabilità	Riduzione dei tassi di penetrazione e avanzamento dovuta alla presenza di materiali caratterizzati da elevata resistenza meccanica all'interno delle porzioni meno fratturate dei Metabasalti	Impiego di TBM con adeguata configurazione di testa fresante e sistema di spinta Regolazione dei parametri macchina Manutenzione delle parti meccaniche della TBM
Abrasività dei materiali scavati	Usura dei componenti della testa fresante dovuta all'attraversamento di formazioni ad elevate abrasività	Adeguate condizionamento del materiale in camera di scavo Regolazione dei parametri macchina Manutenzione delle parti meccaniche della TBM, con particolare riferimento a utensili, scudo e coclea

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 24 di 195

5.1.1. Criticità dovute ad interferenze

Le criticità dovute alle interferenze all'interno della tratta analizzata riguardano le interferenze locali in corrispondenza degli innesti dei by-pass di collegamento e nicchie previsti lungo la tratta, per i quali si prevede la predisposizione di telai reggi-conci, descritti e analizzati nei relativi elaborati. Si rimanda alle planimetrie by-pass e nicchie delle singole WBS per il dettaglio delle relative progressive.

Per quanto riguarda le interferenze in superficie, in considerazione delle coperture sempre maggiori di 155 m, non si ritiene possano essere presenti strutture superficiali interferenti con gli scavi.

5.2. Modalità di avanzamento e soluzioni tecniche di presidio

Tale paragrafo si focalizzerà sulle modalità di avanzamento all'interno delle formazioni delle Argille a Palombini e dei Metabasalti, rimandando a [Rif. 3] per quel che riguarda gli avanzamenti all'interno della Formazione di Molare.

Sulla base delle condizioni geomeccaniche previste, si prevede la possibilità di avanzare in modalità aperta per la maggior parte della tratta analizzata. Le analisi condotte tramite soluzioni all'equilibrio limite non hanno infatti evidenziato, all'interno dei contesti geomeccanici e di copertura considerati, l'esigenza di fornire una contropressione al fronte in assenza di falda.

L'impiego di modalità di avanzamento a fronte chiuso risulta dunque previsto al fine di gestire gli avanzamenti in presenza di venute d'acqua concentrate al fronte di scavo, le quali, in funzione di quanto descritto nella sezione 4 unitamente a quanto riscontrato nel corso degli avanzamenti già eseguiti all'interno delle formazioni da scavare, sono previste unicamente in corrispondenza delle zone di faglia, con particolare riferimento alla formazione dei Metabasalti che mostra generalmente conducibilità idrauliche moderatamente maggiori rispetto alle Argille a Palombini.

Nelle circostanze eccezionali di fermo prolungato sarà inoltre valutata in corso d'opera la necessità di predisporre un sostegno parziale e/o totale del fronte di scavo mediante applicazione di una contropressione di terra (modalità semi-aperta / modalità chiusa). L'esigenza di imporre una contropressione al fronte di scavo potrà derivare dalla necessità di gestire eventuali venute d'acqua in funzione delle effettive condizioni idrogeologiche dell'ammasso.

Si prevede che anche durante l'attraversamento delle zone tettonizzate ed in presenza delle massime forze di filtrazione previste all'interno del tratto analizzato, connesse al massimo battente idraulico (250 m), il limite tecnologico di contro-pressione al fronte considerato per la fresa in modalità chiusa (5 bar) sia sufficiente per garantire condizioni di stabilità del fronte di scavo.

In virtù di quanto sopra, nei tratti in cui sono previste le zone di faglia si prescrive in via preliminare l'avanzamento in modalità semi-aperta, al fine di garantire un rapido passaggio alla modalità chiusa nel caso in cui vengano effettivamente riscontrate venute d'acqua al fronte di scavo. Tale modalità di avanzamento potrà inoltre essere applicata all'occorrenza lungo tutta la tratta al fine di migliorare la guidabilità della macchina.

Nell'attraversamento di fasce tettonizzate, con particolare riferimento alle elevate coperture, si prevede il contatto tra ammasso e scudo, il quale, nelle condizioni più sfavorevoli ed in assenza di

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 25 di 195

contromisure idonee, potrebbe comportare un regime di pressioni sullo scudo superiori al limite progettuale per esso considerato (5 bar). In tali condizioni, risulta dunque necessario l'impiego di extra-scavo, il quale potrà essere ottenuto mediante predisposizione della testa di scavo con layout maggiorato ($\Phi=9820$ mm) e per le condizioni più sfavorevoli mediante l'impiego di impiego di copy-cutter ($\Phi=9950$ mm). Per tali motivi, in considerazione della presenza di un certo grado di incertezza in merito all'effettiva posizione delle zone di faglia lungo il tracciato, si dispone l'impiego extra-scavo permanente mediante configurazione della testa con layout maggiorato lungo tutta la tratta in oggetto, limitando l'impiego di condizioni di extra-scavo eccezionali (copy-cutter) in funzione delle condizioni effettivamente riscontrate in corso d'opera.

In considerazione del contesto previsto lungo la tratta, che comprende elevate coperture e l'attraversamento di numerose zone di faglia, sulla base dei risultati ottenuti dalle analisi di terapia che nelle condizioni più sfavorevoli evidenziano elevati carichi attesi sui rivestimenti definitivi, si predispone l'adozione di conci in calcestruzzo con classe di resistenza maggiorata ($R_{ck} = 60$ MPa - carpenteria di tipo "3"), unitamente ad un'armatura di tipo "3", ovvero costituita da ferri $14\Phi 20$.

Come indicato nella sezione 4.3, lungo il tratto analizzato è prevista al di fuori delle zone di faglia una conducibilità idraulica da bassa fino a medio bassa; mentre laddove è prevista l'intersezione con zone di faglia la conducibilità può assumere valori medi e gli afflussi idrici possono aumentare fino a venute transitorie attese anche di ordine superiore a 2 l/s per 10 m di galleria all'interno dei Metabasalti. In tali contesti è previsto l'utilizzo di contropressioni al fronte come strumento di contromisura e gestione di eventuali condizioni anomale in relazione alla gestione dei flussi idrici in fase di scavo. Nel caso in cui l'ammasso sia caratterizzato da permeabilità elevate e si manifestino venute d'acqua concentrate tali da non essere gestite dal normale avanzamento della macchina, potranno essere eseguiti dreni in avanzamento. Per la fase di esercizio, come verrà descritto nel capitolo 13, sulla base delle analisi condotte in merito all'evoluzione del carico idraulico nella fase successiva allo scavo, si prevede l'adozione di sistemi di drenaggio, comprensivi di sezioni drenanti, dimensionati in via preliminare in funzione delle classi di comportamento idrogeologico attese; tali schemi di drenaggio dovranno comunque essere tarati in corso d'opera a valle dei risultati ottenuti dalle sezioni di indagine previste.

Le caratteristiche e la disposizione delle formazioni geologiche lungo il tracciato inducono a prevedere spesso condizioni di fronte misto, attese in particolar modo nelle zone di contatto, particolarmente significative ai fini dello scavo con TBM a causa della repentina variazione al fronte delle caratteristiche di resistenza e abrasività del materiale. Lo stato di fratturazione può inoltre determinare il distacco di blocchi al fronte; inoltre, può verificarsi la presenza di trovanti di dimensioni decimetriche/metriche (*boulders*), in alcuni casi caratterizzati da caratteristiche di resistenza anche significative ($UCS > 100$ MPa). Tali condizioni se non correttamente fronteggiate possono determinare significative ripercussioni in termini di usura sulle componenti della TBM.

Il rischio di ingente usura sui componenti della TBM, tra cui utensili, scudo e coclea, è comunque probabile in tutte le formazioni attraversate, con particolare riferimento alla formazione delle Argille a Palombini, da ricondurre sostanzialmente alla presenza della componente calcitico/quarzitica. In tali condizioni, è dunque opportuno prevedere l'impiego di opportune contromisure, tra cui un adeguato

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 26 di 195

condizionamento del materiale in camera di scavo, unitamente a ingenti interventi di manutenzione delle parti meccaniche della TBM.

Sono attese puntuali riduzioni di fresabilità, tipicamente riconducibili alla presenza di inclusioni di origine ofiolitica a resistenza maggiore all'interno dei Metabasalti. In tali contesti, il livello operativo della TBM dovrà essere opportunamente adattato al fine di garantire la massima efficienza di taglio nell'azione degli utensili di scavo; condizione che non può prescindere dal mantenimento di un adeguato stato di manutenzione degli utensili stessi.

In relazione all'affidabilità della ricostruzione geologica/geotecnica alle elevate profondità interessate del contesto analizzato, si suggerisce di allestire la macchina con i seguenti dispositivi e sistemi:

- Strumentazione finalizzata all'esecuzione di indagini in avanzamento di tipo geofisico (es. "BEAM system");
- Dispositivi per la realizzazione di perforazioni in avanzamento sia al fronte che al contorno di scavo, allo scopo di conseguire con metodo diretto il dato geo-meccanico sulle formazioni da attraversare; la possibilità di realizzare le perforazioni al contorno del cavo consentirà inoltre di predisporre, qualora necessario, la coronella di consolidamento in calotta.

In accordo con quanto descritto in [Rif. 1], la procedura di controllo raccomandata può essere riassunta come segue:

- **FASE 1** – Indagini sistematiche in avanzamento mediante indagini indirette di tipo geofisico (es. "BEAM system") e/o dirette mediante perforazioni in avanzamento, le quali sono raccomandate nei contesti geologici di maggiore incertezza, quali le zone di faglia, anche contestualmente alle indagini indirette
- **FASE 2** – Analisi dei dati e identificazione dello scenario atteso
- **FASE 3** (eventuale) – Eventuali indagini integrative in caso di anomalie durante la FASE 1, quali indagini geofisiche indirette (sismica, geo-radar) e/o carotaggi. La disposizione, estensione e sequenza temporale di tali indagini potrà essere definita solo in corso d'opera, alla luce degli ipotizzati scenari da indagare.
- **FASE 4** – Definizione delle modalità di avanzamento

In merito alle modalità di avanzamento per la gestione dei flussi idrici in fase di scavo, si possono individuare tre principali scenari:

- 1- Permeabilità ridotta – portate attese trascurabili: in questo caso sia con battenti elevati che con battenti ridotti lo scavo avviene fondamentalmente in condizioni non drenate e sono attese portate in fase di scavo trascurabili o comunque compatibili con i normali avanzamenti della TBM;
- 2- Permeabilità media – portate attese medio-alte ma gestibili operativamente: in questo contesto risulta fondamentale l'utilizzo di strumenti di diagnosi preventiva così da individuare in anticipo eventuali zone critiche, all'interno delle quali si prevede come strumento di mitigazione della criticità l'avanzamento mediante l'applicazione di contropressione al fronte nonché il mantenimento di elevate produzioni, evitando fermi fronti per manutenzione etc..;

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 27 di 195

- 3- Permeabilità alta – portate attese elevate e con possibili problematiche in avanzamento: in questo caso, soprattutto in presenza di elevati battenti idraulici, devono essere previsti drenaggi in avanzamento. Anche in tale scenario è di fondamentale importanza l'utilizzo di strumenti diagnostici affidabili e continui.

Qualora nello scenario 3 l'analisi delle misure di controllo ne evidenziasse la necessità e/o si riscontrasse la manifesta inefficacia degli interventi di tipo operativo adottati, si potrà ricorrere alle soluzioni progettuali già previste per particolari contesti critici, tra cui:

- interventi di consolidamento al fronte, in avanzamento;
- interventi di consolidamento al contorno del cavo, in avanzamento;

Si tratta di interventi di tipo provvisoria che hanno la funzione di consentire l'avanzamento della fresa ed il completamento del rivestimento del cavo in particolari condizioni quali l'attraversamento di zone disturbate tettonicamente. La geometria, l'intensità, l'estensione e la tipologia degli interventi in esame potrà essere compiutamente definita solo in corso d'opera alla luce della situazione effettivamente riscontrata o di quella ipotizzata in base agli elementi raccolti dal sistema di controllo.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 28 di 195

6. CARATTERISTICHE DELLA MACCHINA EPB

Il presente capitolo ha lo scopo di integrare i contenuti della Relazione Tecnica Scavo in meccanizzato della Galleria di Valico [Rif. 1] in merito alle caratteristiche della TBM previste per lo scavo della tratta analizzata, con particolare riferimento a fresabilità delle formazioni attraversate e condizionamento del materiale in camera di scavo. Si rimanda pertanto a [Rif. 1] per tutto quanto non indicato nel seguito di tale sezione.

6.1. Inquadramento caratteristiche principali

Di seguito si riportano le caratteristiche della fresa scudata e del rivestimento definitivo significative ai fini delle analisi geotecniche e strutturali:

- Diametro nominale testa di scavo (configurazione standard): 9770 mm
- Diametro testa con layout maggiorato (configurazione 2): 9820 mm
- Diametro testa in condizioni di extra-scavo eccezionali (impiego di copy-cutter): 9950 mm
- Diametro scudo di testa: 9720 mm
- Diametro scudo centrale: 9705 mm
- Diametro scudo di coda: 9690 mm
- Lunghezza dello scudo: 11 m
- Pressione ammissibile sullo scudo: 5 bar
- Diametro di estradosso anello: 9400 mm
- Profondità anello: 1800 mm
- Spessore anello: 400 mm

6.2. Dimensionamento delle spinte della TBM

Ai fini del dimensionamento delle spinte della TBM, si rimanda alle analisi svolte in [Rif. 5], nel quale si tiene conto di scenari limite che risultano estendibili alle formazioni delle Argille a Palombini e dei Metabasalti, tra cui:

- massima spinta esercitabile sugli utensili con dischi da 17”;
- presenza di elevato attrito scudo-ammasso;
- mantenimento di pressioni in camera elevate.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 29 di 195

6.3. Fresabilità dei materiali

In tale paragrafo vengono presentati i risultati delle prove di fresabilità condotte su campioni lapidei riconducibili alle formazioni geologiche attraversate all'interno del tratto analizzato, con particolare riferimento alle Argille a Palombini e ai Metabasalti. Inoltre, si riportano alcune evidenze ottenute dallo scavo dei tratti in tradizionale all'interno di contesti geomeccanici verosimilmente paragonabili con quelli attesi all'interno del tratto analizzato.

6.3.1. Argille a Palombini

Sintesi delle prove di fresabilità eseguite

Sono stati sottoposti a prove di fresabilità 34 campioni riconducibili alla formazione delle Argilliti a Palombini (aP), di cui 5 prelevati da fronti della Finestra Val Lemme, mentre i restanti estratti da fori di sondaggio eseguiti lungo la Galleria di Valico e le Finestre Polcevera, Val Lemme e Castagnola.

Su campioni di argilloscisto sono state condotte le seguenti tipologie di prova:

- determinazioni della microdurezza di Knoop (n. 34);
- determinazioni dell'indice di abrasività CAI index tramite prova di abrasività Cerchar (n. 34);
- determinazioni della resistenza alla penetrazione tramite Punch Penetration Test (n. 30);
- determinazioni dell'indice di microdurezza al cone identer NCB (n. 34);
- determinazioni dell'indice Sievers' J Value (S_J) tramite Sievers Test (n. 34);
- determinazione della resistenza alla frantumazione S_{20} tramite Brittleness Test (n. 34).

Sulle litologie più competenti incluse nell'argilloscisto (serpentiniti e metabasalti) sono disponibili n. 4 determinazioni di ciascuna tipologia di prova precedentemente elencata.

Si rimanda all'Allegato Fresabilità di [Rif. 7] in merito ai criteri di determinazione degli indici di fresabilità.

Per supportare l'interpretazione dei risultati delle prove meccaniche, sono state inoltre eseguite, sugli stessi campioni, numerose analisi in diffrazione dei raggi X da polveri e esami mineralogici-petrografici.

Risultanze delle analisi diffrattometriche e mineralogiche

Lo studio diffrattometrico ha mostrato che la composizione mineralogica della maggioranza dei campioni di argilloscisto è caratterizzata da fasi fillosilatiche (clorite e muscovite/illite) dominanti (percentuale in peso mediamente prossime al 50 %), da quarzo con contenuti variabili medio-alti (15 ÷ 30 %), da feldspati con percentuali relativamente modeste (5 ÷ 15 %), mentre la calcite è dominante in alcuni campioni (fino al 50 % in peso) e modesta - scarsa (5 ÷ 10 %) - o addirittura assente in altri. Le analisi mineralogiche, oltre a confermare qualitativamente la composizione dei minerali ora elencata, specifica il contenuto dei livelli quarzosi che, oltre a quarzo dominante, contengono in genere clorite, laminette di mica chiara, scarsa calcite e minerali opachi.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 30 di 195

Determinazione dell'indice DRI

In Figura 4 sono mostrati i valori ottenuti degli indici S_J e S_{20} per tutti i campioni di argilloscisto su cui sono state condotte prove Sievers e Brittleness.

Dall'analisi incrociata dei grafici, si evidenzia una correlazione tra valori di S_{20} e S_J : a valori bassi di frantumabilità corrispondono valori alti di resistenza alla perforazione (ovvero bassi valori di S_J). Anche in questo caso i provini che mostrano la minore frantumabilità e perforabilità sono quelli caratterizzati da presenza o prevalenza di vene calcitiche/quarzitiche.

I risultati del Sievers test mostrano una marcata differenza tra campioni con abbondante componente quarzitica/calcitica ($S_J < 50$ mm/10) e quelli maggiormente rappresentativi della matrice argillitica ($S_J > 70$ mm/10). Tra quest'ultimi è possibile individuare due gruppi, il primo con numerosità prevalente che si colloca nell'intervallo $70 < S_J < 100$, il secondo caratterizzato da $S_J > 100$ con valore massimo prossimi a 150 mm/10. I valori di resistenza alla frantumabilità sono invece meno dispersi ed in prevalenza compresi nell'intervallo 40 % ÷ 60 %.

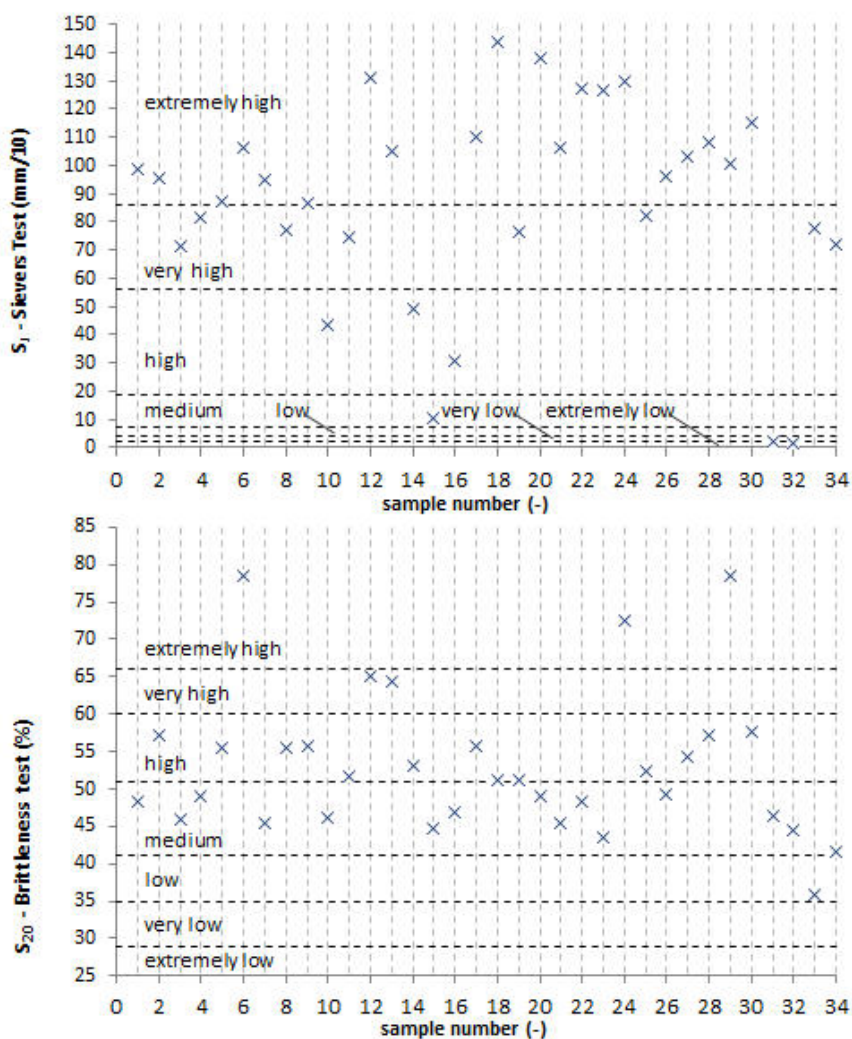


Figura 6-1. Valori di S_J e S_{20} ottenuti rispettivamente da Sievers Test e Brittleness test

Ricorrendo all'abaco riportato nella figura seguente si ottiene un campione di valori dell'indice DRI fortemente disperso, principalmente dovuta alla marcata dispersione di cui a loro volta sono caratterizzate la determinazione del parametro S_J .

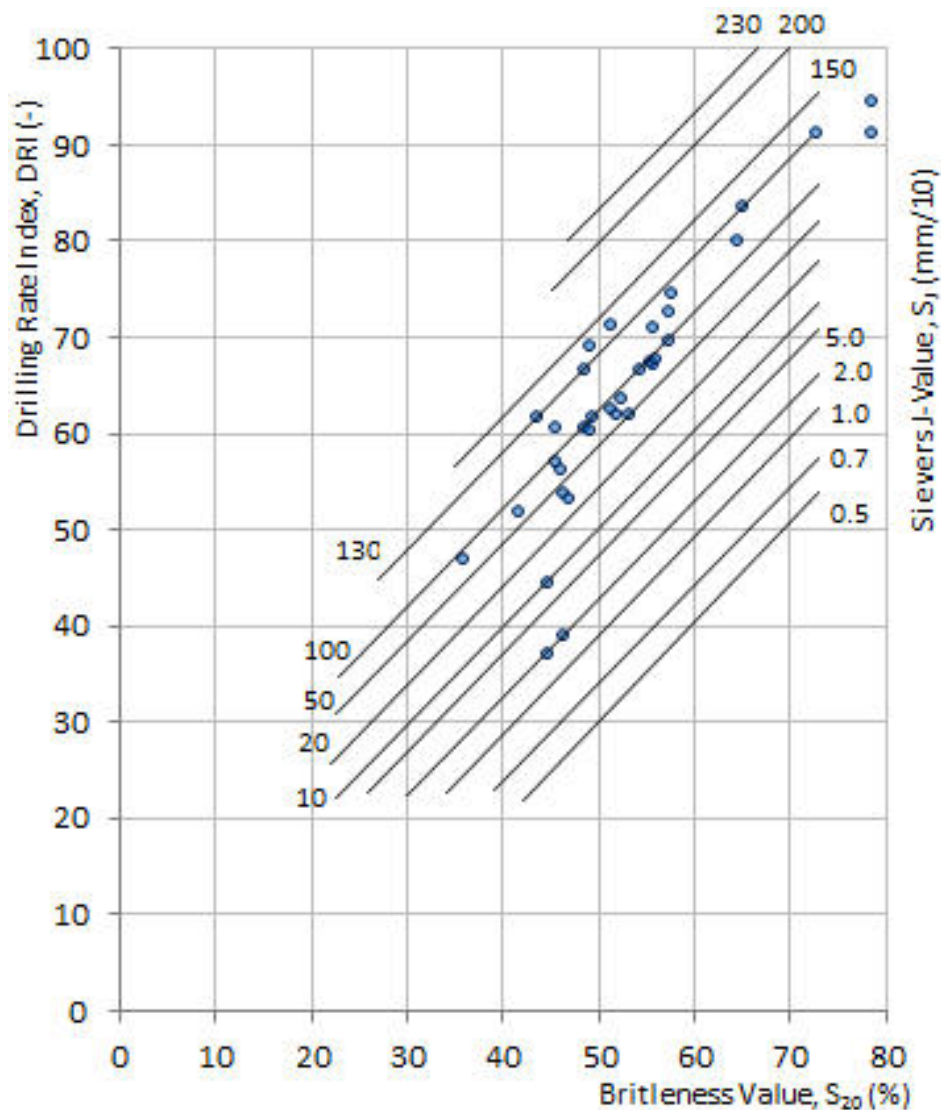


Figura 6-2. Determinazione dell'indice DRI

Il campione di valori dell'indice DRI è statisticamente caratterizzato dalle grandezze indicate nella tabella seguente.

Tabella 6-1 – Grandezze statistiche relative ai due campioni di valori di DRI considerati

Grandezza campionaria	DRI _{MIN} (%)	DRI _{MAX} (%)	DRI _{MEDIO} (%)	DRI _{DEV.ST} (%)
Valore (-)	37.22	94.50	64.76	13.47

In Figura 6-3 sono mostrate la distribuzione di frequenza e la frequenza cumulata (ampiezza di classe pari a 10), per tutti i campioni di argilloscisto su cui sono state condotte le determinazioni del DRI. Da essa si evidenzia una distribuzione normale del campione di dati considerato.

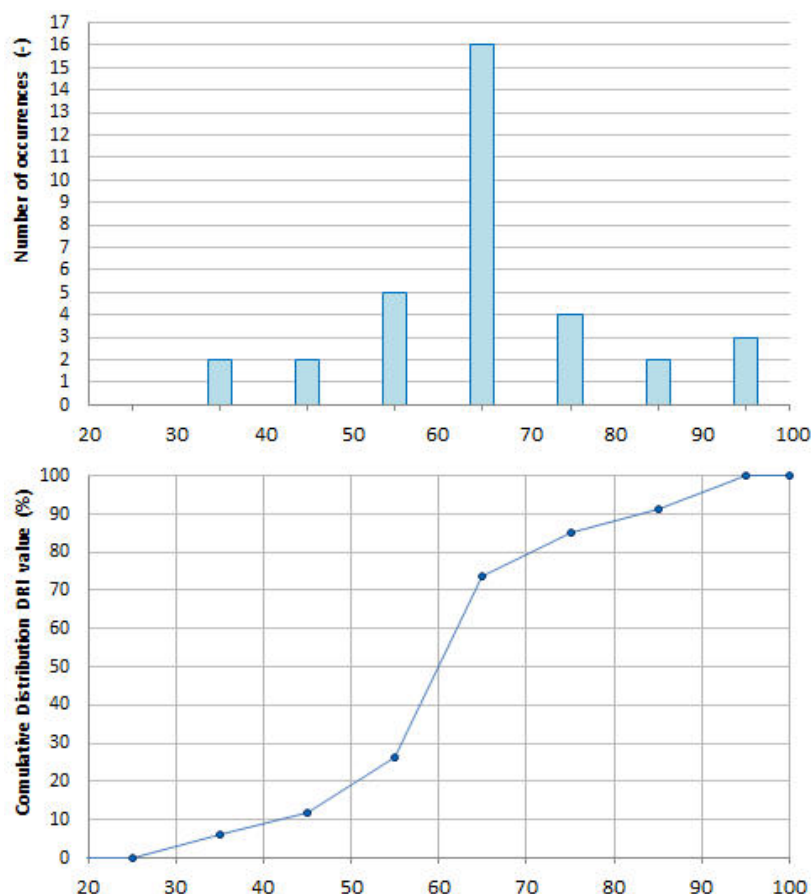


Figura 6-3. Distribuzione di frequenza e frequenza cumulata relativi al campione di valori di DRI considerati

In Figura 6-4 è evidenziata l'area sottesa dalla curva di probabilità normale corrispondente al frattile inferiore di ordine 25 %.

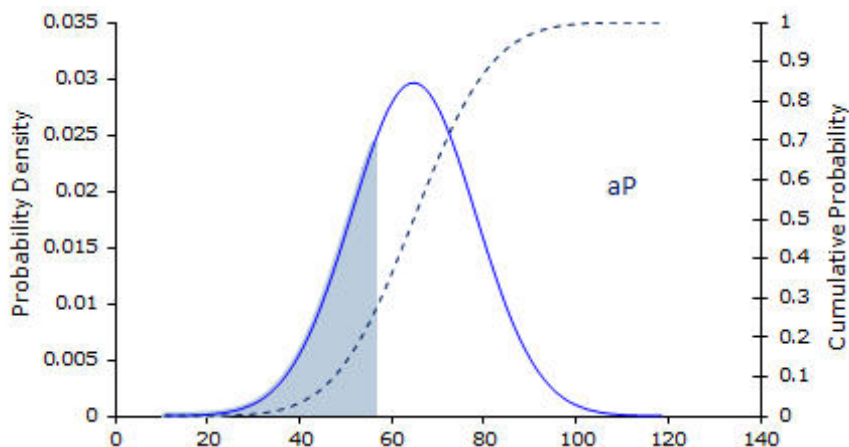


Figura 6-4. Distribuzione di probabilità normale del campione di valori di DRI relativo a tutti i campioni di argilloscisto

La tabella seguente riporta l'elenco dei frattili inferiori di interesse per i due campioni di dati considerati.

Tabella 6-2 – Frattili inferiori della distribuzione di probabilità normale relativa al campione di valori di DRI considerati

Frattili (-)	5 (%)	15 (%)	25 (%)	35 (%)	45 (%)
Valore (-)	42.60	50.79	55.67	59.56	63.06

Conclusioni

In base alle analisi interpretative e statistiche condotte, ai provini rappresentativi della matrice argillitica può essere assegnato un intervallo di variazione dell'indice di DRI compreso tra 60 e 65. I provini in cui è presente o prevalente la componente calcitico/quarzitica risultano invece essere caratterizzata da un intervallo di variazione dell'indice DRI prossimo ai valori minimi dei campioni considerati e compreso tra 40 e 45. I range di variabilità definiti per provini a matrice argillitica e con presenza di componente quarzitico/calcitica sono da considerare validi per entrambi i casi analizzati.

Determinazione dell'indice CAI

I grafici contenuti nelle figure seguenti mostrano i valori di CAI Index relativi ai provini di argillocisto su cui sono state condotte prove Cerchar.

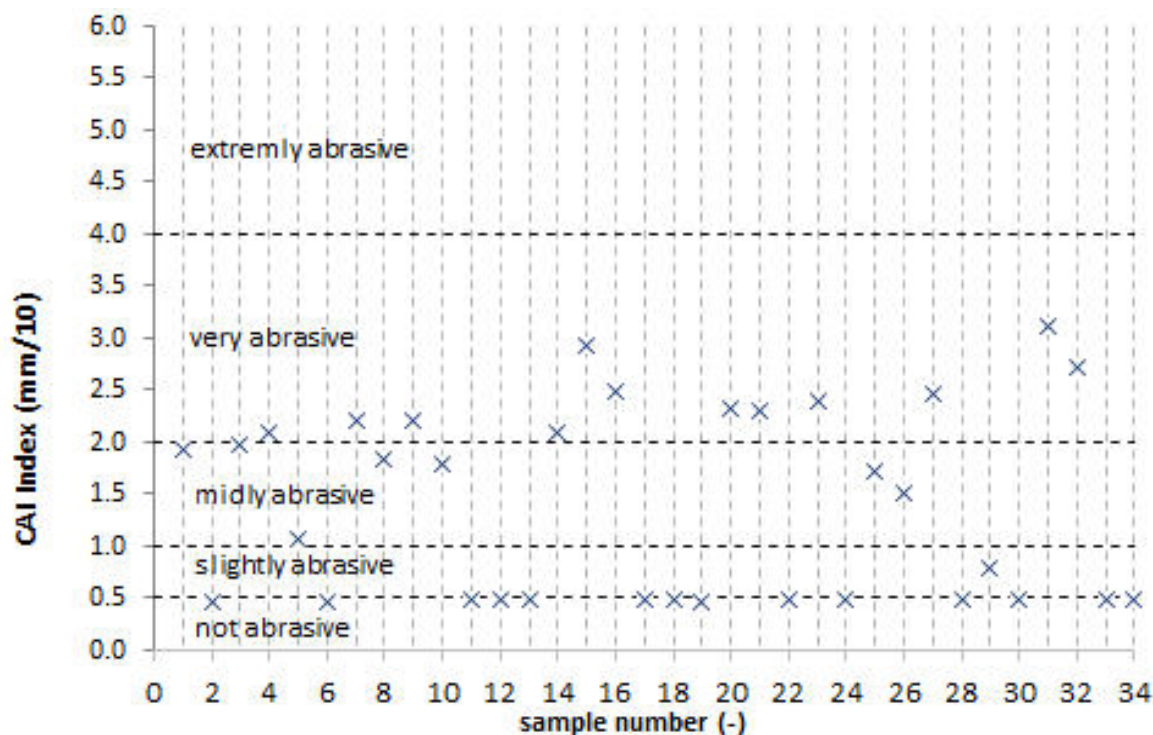


Figura 6-5. valori del CAI ottenuti dalla prova di abrasività Cerchar

L'analisi del grafico suggerisce una distinzione dei campioni in due gruppi principali:

- campioni non abrasivi, caratterizzati da CAI Index < 1.0 e relativi a provini rappresentativi della sola matrice argillitica;
- campioni mediamente e molto abrasivi, caratterizzati da un CAI Index tendenzialmente maggiore di 2.0, con valori massimi prossimi a 3.0, rappresentativo di provini con presenza o prevalenza di vene calcitico/quarzitiche.

I campioni del primo gruppo sono infatti caratterizzati da valori del CAI compresi nel range medio/basso, tipico per rocce sedimentarie argilliti/siltiti/marne. I campioni del secondo gruppo forniscono valori del CAI compresi nel range medio-alto, tipico delle arenarie a composizione calcitica.

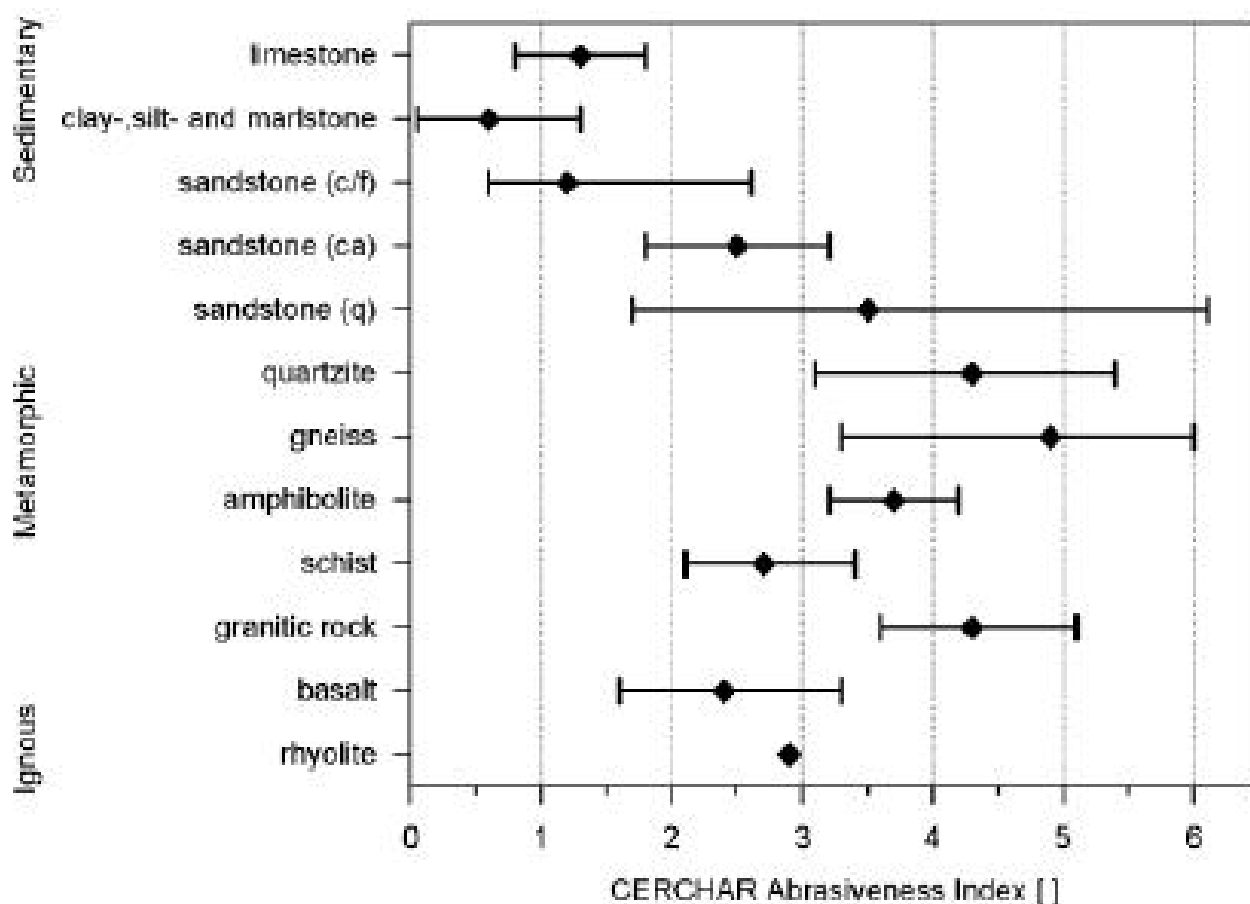


Figura 6-6. Intervalli di variazione tipici del CAI in funzione della litologia della roccia

Le figure seguenti mostrano la distribuzione di frequenza e la frequenza cumulata (ampiezza di classe pari a 0.5) per tutti i campioni per tutti i campioni di argilloscisto su cui sono state condotte le determinazioni del CAI.

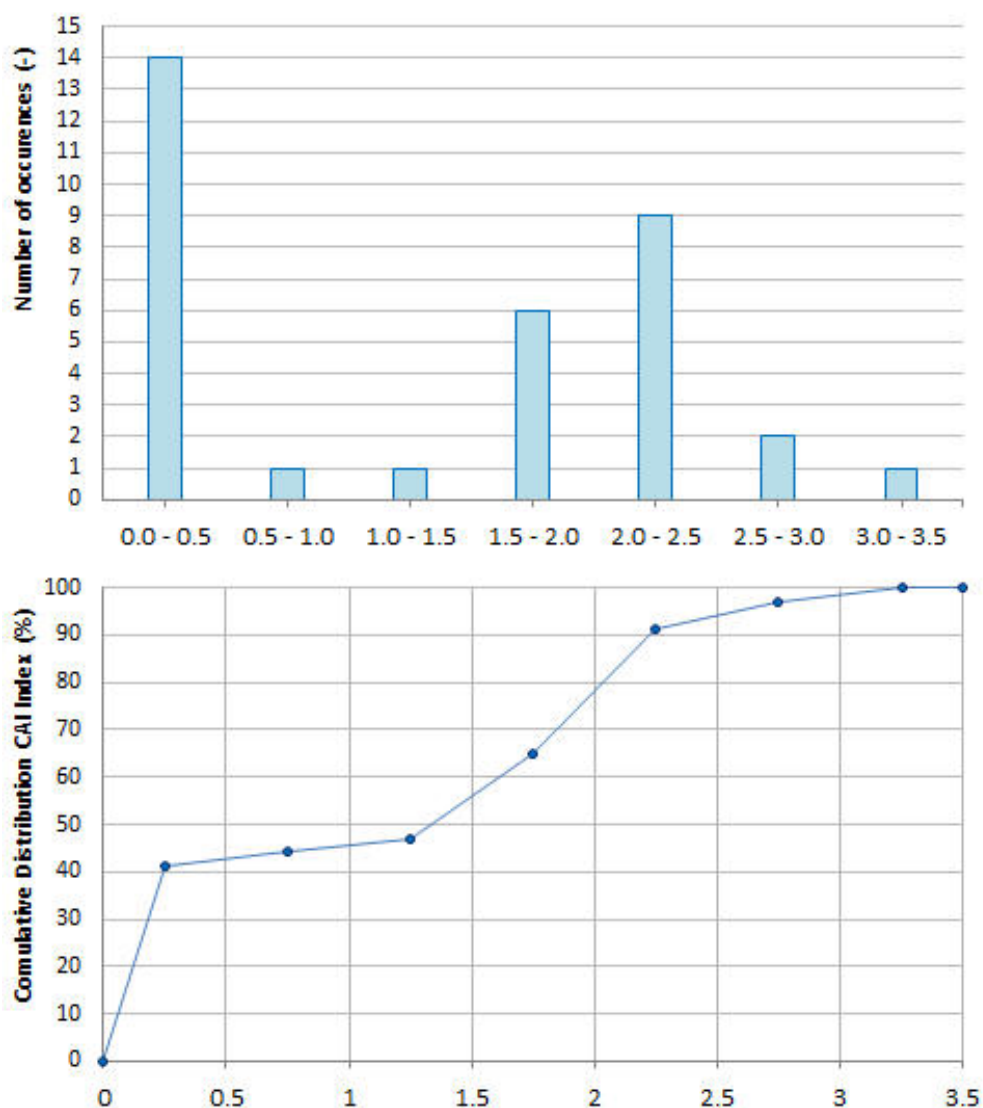


Figura 6-7. Distribuzione di frequenza e frequenza cumulata relativi al campione di valori di CAI considerati

La distribuzione di frequenza evidenzia che, al netto dei valori minori di 1.0 (corrispondenti a provini rappresentativi della sola matrice argillitica), le restanti determinazioni seguono una distribuzione normale. I campioni di dati composti dalle determinazioni dell'indice CAI maggiore di 1.0 sono statisticamente caratterizzati dalle grandezze indicate in Tabella 6-3. La curva di distribuzione normale relativa al campione di valori di CAI è mostrata in Figura 6-7.

Tabella 6-3 – Grandezze statistiche relative al campione di valori del CAI > 1 considerato

Grandezza campionaria	CAI _{MIN} (%)	CAI _{MAX} (%)	CAI _{MEDIO} (%)	CAI _{DEV.ST} (%)
Valore (mm/10)	1.07	3.10	2.16	0.48

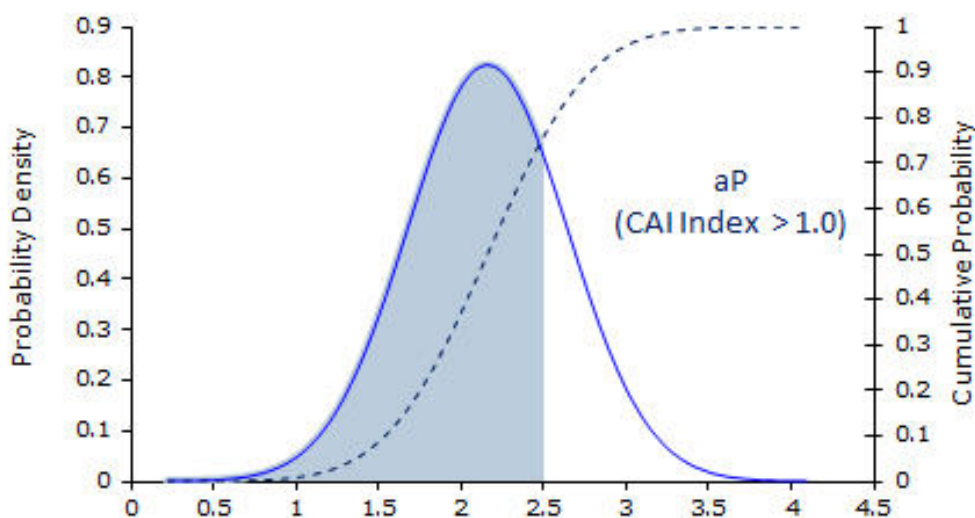


Figura 6-8. Distribuzioni di probabilità normale relative ai campioni di valori di CAI > 1 considerati

In Figura 6-8 è indicata in bianco l'area sottesa dalla curva di probabilità normale corrispondente al frattile superiore di ordine 75 %. La tabella seguente riporta l'elenco dei frattili superiori di interesse per i due campioni di dati considerati.

Tabella 6-4 – Frattili inferiori della distribuzione di probabilità normale relativa al campione di valori di CAI > 1 considerati

Frattili (-)	55 (%)	65 (%)	75 (%)	85 (%)	95 (%)
Valore (-)	2.22	2.34	2.48	2.66	2.95

Approfondimento dei risultati delle prove Cerchar

Il valore dell'indice CAI è calcolato tramite la media dell'usura, espressa in mm, su 5 diverse incisioni condotte sullo stesso provino. L'analisi interpretativa e statistica dei valori di CAI Index così determinati ha consentito di definire al paragrafo precedente un range di variazione relativo ai provini rappresentativi della matrice argillitica (0.5÷1.0) e un range di variazione per i provini con presenza o prevalenza di componente calcitico/quarzitica (2.0 ÷ 3.0).

È ora di interesse analizzare singolarmente i valori d'usura della punta del cono, senza mediare i valori ottenuti dalle cinque incisioni su ogni provino. Tale procedimento può meglio chiarire quale sia l'abrasività della litologia calcitico/quarzitiche, evitando così che incisioni su di essa condotte siano mediate con determinazioni condotte sulla matrice argillitica dello stesso provino. Le singole incisioni (singular scratch) formano un campione di 170 determinazioni; la distribuzione di frequenza dei relativi valori di CAI Index, espressa in percentuale sulla totalità delle determinazioni, è mostrata nella figura seguente.

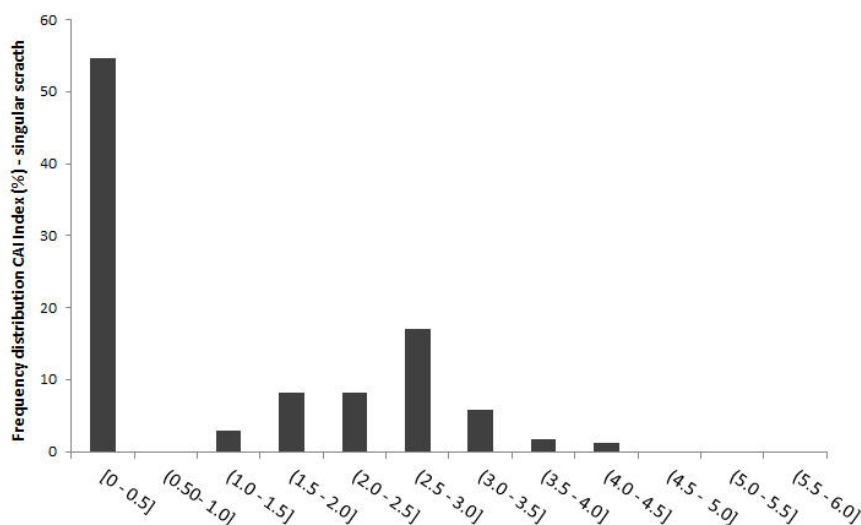


Figura 6-9. Distribuzione di frequenza relativa al campione di valori di CAI Index ottenuti da ogni singola incisione

L'analisi dell'istogramma conferma la distribuzione normale delle determinazioni di CAI Index maggiori di 1.0, ottenuti su provini con presenza o prevalenza di componente calcitico/quarzitica. Rispetto al valore di CAI Index mediato sulle cinque determinazioni, i valori ottenuti dalle singole incisioni hanno però valori massimi maggiori (superiori a 4.0 anziché compresi tra 3.5 e 4.0) e la classe con numerosità più elevata corrisponde a 2.5÷3.0 anziché 2.0 ÷2.5.

I campioni di dati composti dalle determinazioni del CAI index per singola incisione, con valore maggiore di 1.0, sono statisticamente caratterizzati dalle grandezze indicate nella tabella seguente. La curva normale è mostrata nella figura seguente.

Tabella 6-5 – Grandezze statistiche relative ai campioni di valori di CAI Index ottenuti da ogni singola incisione

Grandezza campionaria	CAI _{MIN} (%)	CAI _{MAX} (%)	CAI _{MEDIO} (%)	CAI _{DEV.ST} (%)
Valore (-)	1.03	4.38	2.54	0.69

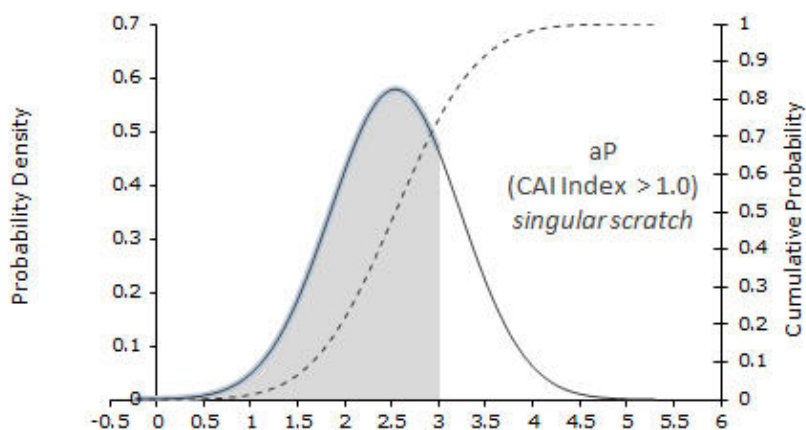


Figura 6-10. Distribuzione di probabilità normale relativa al campione di valori di CAI Index ottenuti da ogni singola incisione

Nella figura precedente è indicata in bianco l'area sottesa dalla curva di probabilità normale corrispondente al frattile superiore di ordine 75%. La tabella seguente riporta l'elenco dei frattili superiori di interesse per il campione di dati considerati.

Tabella 6-6 – Frattili inferiori della distribuzione di probabilità normale relativa al campione di valori di CAI Index ottenuti da ogni singola incisione

Frattile	55 (%)	65 (%)	75 (%)	85 (%)	95 (%)
Valore (-)	2.62	2.80	3.00	3.25	3.67

Conclusioni

In base alle analisi interpretative e statistiche condotte, ai provini rappresentativi della solo matrice argillitica può essere assegnato un valore di CAI minore o al più prossimo a 1.0 (range 0.5÷1.0, non abrasivo÷poco abrasivo). I provini con presenza o prevalenza di componente calcitico/quarzitica risultano invece essere caratterizzati da un intervallo di variazione dell'indice CAI mediamente pari a 2.0 ÷ 2.5, ma con determinazioni massime prossime a 3.0 (molto abrasivo).

La determinazione dell'usura della punta del cono, analizzata per ogni singola incisione, fornisce una distribuzione di valori dell'indice CAI traslata tra 0.4 e 0.7 relativamente ai frattili superiori di interesse (55 % ÷ 95 %), rispetto alla media dei valori ottenuti delle cinque incisioni condotte sullo stesso provino. Il range più rappresentativo della componente calcitico-quarzitica risulta essere quindi 2.5 ÷ 3.5, ma con determinazioni massime prossime a 4.0 (molto abrasivo). Anche dall'analisi condotta sui valori delle singole incisioni la matrice argillitica si conferma non abrasiva.

6.3.2. Metabasalti

Nella figura seguente è riportata l'immagini del campione rappresentativo della litologia metabasaltica, per la quale sono disponibili n. 4 determinazioni di ciascuna tipologia di prova precedentemente elencata.



Figura 6-11. Immagine fotografica del campione L5-S04-D

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 39 di 195

Sulla base delle prove di indentazione e delle prove di frantumabilità eseguite sul campione estratto dal sondaggio L5-S04, si ottiene un indice di fresabilità DRI = 63 e un valore di CAI pari a 0.48. Nella tabella seguente si riporta la sintesi dei risultati ottenuti.

Tabella 6-7 – Sintesi dei risultati delle prove di fresabilità ed abrasività

SONDAGGIO	LITOLOGIA	S _j	S ₂₀	DRI	FRESABILITÀ	CAI	ABRASIVITÀ
(-)	(-)	(mm/10)	(%)	(%)	(-)	(mm/10)	(-)
L5-S04	metabasalto	84.8	51.2	63	“elevata”	0.48	“poco abrasiva”

6.3.3. Evidenze in corso d'opera (tratto scavato in “tradizionale”)

Oltre ai risultati ottenuti dalle prove di laboratorio specifiche, si riportano alcune evidenze rilevate durante la realizzazione del tratto scavato in tradizionale, con particolare riferimento alla tratta 3, la quale, al netto di valori di copertura superiori, comprende un contesto geologico/geomeccanico analogo a quello atteso all'interno del tratto analizzato.

Per quanto riguarda la formazione delle Argille a Palombini, in accordo con quanto evidenziato dalla caratterizzazione, è stata confermata in tale contesto la presenza al fronte della componente calcitico/quarzitica (Figura 6-12). Tale condizione, oltre a determinare un aumento delle caratteristiche di resistenza alla scala locale con conseguente puntuale riduzione della fresabilità, comporta il significativo incremento delle caratteristiche di abrasività.



Figura 6-12. Fronti di scavo costituiti da Argille a Palombini con venature calcitico/quarzitiche

Ulteriori evidenze riguardano le zone di contatto tra le aP e i Metabasalti che determinano dunque condizioni di fronte misto, le quali risultano particolarmente significative ai fini dello scavo con TBM a causa della repentina variazione al fronte delle caratteristiche di resistenza e abrasività del materiale, incrementando il rischio usura sui componenti della macchina. Il passaggio da una

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 40 di 195

formazione all'altra si è mostrato spesso in maniera repentina, con una continua alternanza geologica e geomeccanica.

I Metabasalti, tipicamente quando si presentano con un'estensione almeno decametrica all'interno della sequenza geologica, hanno mostrato talvolta un'elevata competenza, con una conseguente riduzione della fresabilità del materiale, la quale risulta ulteriormente accentuata in presenza di inclusioni/trovanti di origine ofiolitica che determinano significativi incrementi delle caratteristiche di resistenza ($UCS > 100$ MPa).



Figura 6-13. Fronti di scavo costituiti da fronti misti (sinistra) o Metabasalti competenti (destra)

6.3.4. Considerazioni conclusive

I risultati ottenuti dalle prove di laboratorio condotte, unitamente alle evidenze rilevate durante la realizzazione dei tratti scavati in “tradizionale”, consentono di valutare preliminarmente le principali criticità attese in termini di fresabilità e abrasività. A tal proposito, con riferimento allo scavo con TBM, è bene tener presente come all'interno del contesto analizzato la fresabilità del materiale (intesa come capacità di ottenere la penetrazione) è sostanzialmente influenzata dalle condizioni globali dell'ammasso, ed in particolare modo dal suo grado di fratturazione. Per quanto riguarda invece l'usura delle componenti della testa, essa risulta particolarmente sensibile alle caratteristiche del materiale anche alla scala locale.

In particolare, sulla base dei dati disponibili, le caratteristiche medie tipicamente riscontrate nelle formazioni analizzate non appaiono evidenziare significative criticità in termini di capacità di ottenere la penetrazione da parte della TBM, al netto di puntuali riduzioni della fresabilità, tipicamente riconducibili alla presenza della componente calcitico/quarzitica all'interno delle Argille a Palombini o alla presenza di inclusioni di origine ofiolitica a resistenza maggiore nei Metabasalti.

In alcuni contesti si attendono invece significative criticità (alto rischio) in termini di usura sui componenti della TBM, condizione che, se non adeguatamente fronteggiata, può comportare notevoli ripercussioni sui tassi di avanzamento. Tali condizioni di criticità sono sicuramente attese

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 41 di 195

all'interno delle Argille a Palombini, da ricondurre sostanzialmente alla mineralogia del materiale, con particolare riferimento alla presenza della componente calcitico/quarzitica, come confermato dalle indagini di laboratorio. Il rischio usura è altresì atteso anche in altri contesti, tra cui in condizioni di fronte misto dovuto al passaggio di formazione e/o in presenza di blocchi o trovanti al fronte.

6.4. Condizionamento

6.4.1. Note generali

In accordo con Milligan (2000), il condizionamento del materiale scavato consente il conseguimento di importanti vantaggi durante l'esecuzione di uno scavo mediante EPB, tra cui:

- riduzione dell'usura di tutte le parti meccaniche dello scudo a contatto con il materiale scavato (testa di scavo, utensili, sistema di smarino);
- miglioramento della stabilità del fronte, con conseguente beneficio del controllo delle subsidenze;
- miglior flusso di materiale scavato attraverso la testa di scavo;
- riduzione della potenza richiesta dalla testa di scavo;
- riduzione degli attriti e conseguente riduzione della temperatura all'interno della camera di scavo;
- trasformazione del materiale scavato in una massa plastica;
- miglioramento delle proprietà del terreno nella camera di scavo, con molteplici conseguenze:
 - maggior uniformità di pressione nella camera di scavo;
 - miglior controllo delle venute di acqua attraverso la riduzione della permeabilità;
 - minor rischio di formazione di grumi di terreno nella camera di scavo;
 - miglioramento del controllo del materiale scavato nella coclea;
 - semplicità nel maneggiamento del marino.

Per conseguire tutti i risultati positivi riportati precedentemente durante lo scavo di gallerie con EPB occorre una valutazione attenta sia della qualità degli additivi utilizzati, delle tipologie di condizionamento intese come proporzioni tra i diversi additivi e tra miscela finale e terreno, sia infine del comportamento del terreno additivato, in termini di impermeabilità, resistenza a taglio, consistenza, maneggiabilità, omogeneità.

Il dosaggio degli additivi dipende dal tipo dei terreni attraversati e può presentare problemi nel caso di brusche variazioni della granulometria e delle condizioni idrauliche, situazioni queste tipiche dei terreni che dovranno essere attraversati.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 42 di 195

La testa di scavo deve poter effettuare l'iniezione di sostanze plastificanti come schiuma e polimeri mediante punti di iniezione indipendenti alimentati da linee di schiuma attraverso il giunto rotante al centro della testa di scavo.

Sulla parte posteriore della testa di scavo e sulla paratia di pressione vi saranno bracci di miscelazione per aumentare la consistenza del materiale di scavo. L'iniezione può anche avvenire nella camera di scavo, attraverso i bracci miscelatori stazionari montati davanti alla paratia di pressione. Potranno essere previste linee aggiuntive per l'iniezione di acqua ad alta pressione per il condizionamento del terreno.

6.4.2. Le schiume

Il termine “schiuma” implica una miscela di materiale tensioattivo, a sua volta eventualmente additivato con polimeri, con acqua e aria. Le quantità dei diversi fluidi sono ovviamente variabili in funzione delle caratteristiche finali da ottenere e del geomateriale con cui devono interagire, tuttavia a grandi linee si può definire una composizione media con acqua 9%, agente schiumogeno 1%, aria 90%, eventuale polimero < 1%. La presenza del polimero serve in questo caso ad aumentare la resistenza delle bolle di aria nella schiuma, e tale aliquota non va confusa con l'utilizzo del polimero per il condizionamento di materiali ghiaiosi, per i quali le percentuali di utilizzo sono diverse.

Le sostanze schiumogene possono essere di diversa natura e caratteristiche chimico-fisiche (sostanze anioniche, cationiche o anfoteriche). Attualmente le sostanze sintetiche sono maggiormente diffuse, poiché le schiume a base proteica sono più difficili da modificare con l'aggiunta di polimeri ed inoltre presentano proprietà elettrostatiche non ben conosciute.

La caratteristica più importante richiesta alla schiuma per il suo utilizzo durante lo scavo è la stabilità nel tempo. Tale stabilità è influenzata dalle dimensioni delle bolle di aria e dall'aggiunta di polimeri. La dimensione delle bolle in realtà non è direttamente responsabile della stabilità della schiuma (nonostante come linea di principio le schiume formate da bolle più piccole siano più stabili e anche più viscosi), ma è cruciale l'uniformità delle bolle stesse, in quanto bolle più grosse possono inglobare bolle più piccole nelle vicinanze, in tal modo crescendo ancora e inglobandone altre a catena, fino a collassare. La dimensione delle bolle dipende dal tasso di diluizione della miscela, dalla densità della schiuma, dal generatore di schiuma e dall'apparato di iniezione. I parametri principali che descrivono una schiuma sono (Quebaud *et al.*, 1998):

- **Capacità dello schiumogeno**, ossia la produzione di schiuma con una certa quantità di liquido in condizioni note
- **Persistenza**, che è la capacità di mantenere un volume costante e prevenire il deflusso di liquido dalla matrice della schiuma
- **Grado di dispersione della schiuma**, caratterizzata principalmente dalla dimensione media delle bolle d'aria.

Le schiume possono essere suddivise in tre categorie (EFNARC):

- Schiuma tipo A: elevata capacità disperdente (rottura dei legami dell'argilla) e buona capacità di ricoprimento (stabilità delle bolle)

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00
	Foglio 43 di 195

- Schiuma tipo B: impiego generale, con media stabilità
- Schiuma tipo C: elevata stabilità e proprietà di antisegregazione atte a sviluppare e mantenere coesione e impermeabilità del terreno.

La scelta del tipo di schiuma dipende dalle proprietà del materiale da scavare. I parametri di condizionamento principali sono essenzialmente il tasso di espansione della schiuma (FER: Foam Expansion Ratio), ossia il rapporto tra volume di schiuma e volume di sostanza schiumogena, e il tasso di iniezione (FIR: Foam Injection Ratio), cioè il rapporto tra il volume di schiuma iniettato e volume di terreno scavato.

Nella tabella seguente viene fornita un'indicazione dei parametri significativi in funzione del tipo di terreno. Si tratta di valori molto indicativi, da tarare in corso d'opera in funzione delle effettive condizioni di scavo e caratteristiche geotecniche del mezzo da scavare.

Tabella 6-8. Prodotti per EPBM per differenti terreni

Tipo di terreno	Tipo di schiuma				Additivi polimerici
	A	B	C	FIR (%)	
Argilla				30-80	Polimeri anti-intasamento
Limo-argilla sabbioso				40-60	Polimeri anti-intasamento
Sabbia-limo argilloso				20-40	Polimeri per il controllo della consistenza
Sabbia				30-40	Polimeri per il controllo della coesività e della consistenza
Ghiaia argillosa				25-50	Polimeri per il controllo della coesività e della consistenza
Ghiaia sabbiosa				30-60	Polimeri per il controllo della coesività e della consistenza

6.4.3. Polimeri

I polimeri sono essenzialmente molecole a catena lunga formate da monomeri o da molecole più piccole. La famiglia di polimeri maggiormente utilizzati ai fini del condizionamento del terreno sono le poliacrilammidi e i loro derivati, già utilizzati nell'industria come agenti flocculanti. Il loro utilizzo è legato alle loro caratteristiche sia come agenti di anti-aggregazione (specialmente nell'utilizzo di fanghi bentonitici) sia per la loro capacità di assorbire acqua, sia infine per migliorare la stabilità delle schiume rinforzando gli strati tra bolla e bolla. In argille molto consolidate possono rendere la consistenza dell'impasto più plastica, ma l'utilizzo principale avviene, attraverso la miscelazione con schiuma, su materiali a grana grossa con elevato contenuto d'acqua. Tale trattamento può trasformare il terreno sabbioso-ghiaioso in una pasta viscosa, permettendo il trasferimento della pressione sul fronte. Inoltre la capacità di assorbire l'acqua porta ad una sorta di sigillatura del materiale, riducendo in questo modo la permeabilità del terreno condizionato. Infine la viscosità del materiale permette ai singoli blocchi, sia per materiali a grana grossa, sia per blocchi di argilla compatta, di scivolare l'uno sull'altro, con considerevole riduzione degli attriti e conseguente risparmio di potenza.

I polimeri sono confezionati in vari modi, essenzialmente come solido granulare, ma in tal caso occorre porre attenzione alla miscelazione con le sostanze schiumogene, in quanto si possono creare dei grumi di materiale (*cfr. Obladen et al., 2003*) che, oltre a non amalgamarsi bene, possono inoltre peggiorare le prestazioni del fluido siccome la sostanza interna al grumo è impossibilitata ad assorbire acqua. Occorre in questo caso utilizzare dei miscelatori particolari al fine di evitare che

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 44 di 195

un'eccessiva forza degli agitatori possa rompere le catene polimeriche. Tali problemi non si presentano qualora il polimero sia utilizzato sotto forma di liquido, disperso in acqua o in olio.

6.4.4. Considerazioni conclusive

Tenuto conto di quanto indicato in precedenza, durante gli avanzamenti all'interno del tratto analizzato si ritiene necessario l'impiego di un adeguato condizionamento del materiale scavato, con particolare riferimento alla necessità di:

- ridurre l'usura delle componenti meccaniche della TBM, in special modo utensili, scudo e coclea;
- migliorare la guidabilità generale della macchina;
- garantire un muck uniforme, omogeneo e impermeabile al fine di contrastare efficacemente le venute d'acqua con avanzamento a fronte chiuso;

Al fine di fornire un inquadramento preliminare riguardo ai principali parametri di condizionamento previsti nel contesto analizzato, si riportano i risultati ottenuti durante lo scavo terminale della Finestra Polcevera (WBS GN14E), con sviluppo prossimo a 500 m e coperture comprese tra 200 - 290 m ca, all'interno della formazione delle Argille a Palombini.

Con riferimento all'andamento dei parametri di condizionamento riportati in Figura 6-14, si evidenzia che:

- le linee di iniezione di sola acqua introducono un quantitativo tipicamente inferiore a 10 m³/spinta;
- il quantitativo d'acqua connesso all'iniezione di schiuma è generalmente compreso fra i 20-25 m³/spinta, salvo locali incrementi in corrispondenza dei settori di ammasso dotati di maggior competenza (anelli 1120-1130, 1220-1240, 1300-1340).
- Il Foam Inejction Ratio risulta generalmente compreso fra 40-60%, con valori localmente superiori (FIR prossimo a 80%) nei citati passaggi entro l'ammasso caratterizzato da maggior competenza. I valori di FER, generalmente compresi fra 0.5-1, in diminuzione rispetto alle registrazioni mensili precedenti, denotato l'elevata umidità della schiuma iniettata.

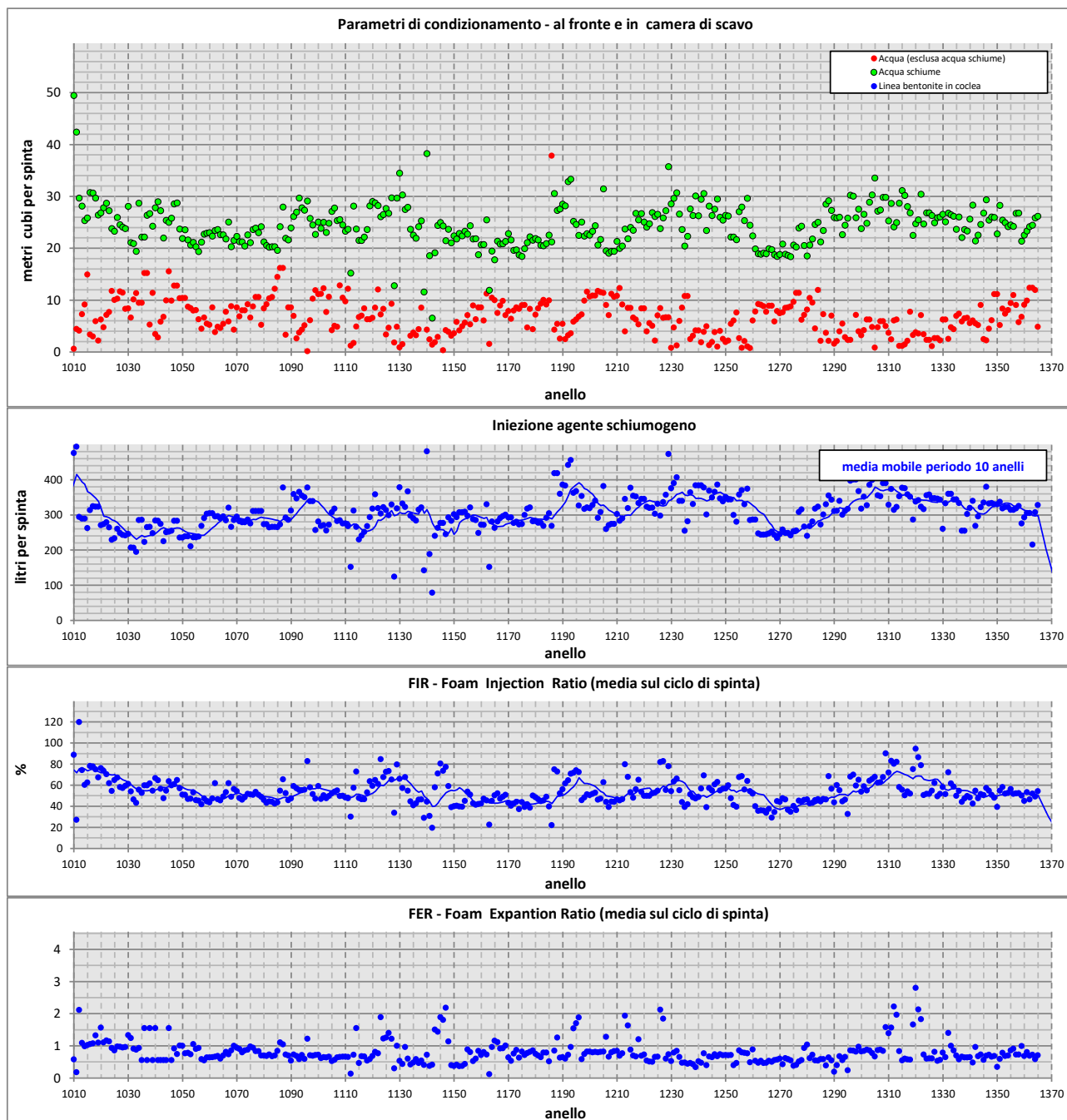


Figura 6-14. Andamento parametri di condizionamento durante lo scavo del tratto terminale della Finestra Polcevera (WNS GN15E)

In generale, l'esperienza raccolta nell'ambito della costruzione della Finestra Polcevera ha confermato quanto indicato in precedenza circa l'importanza rivestita dal condizionamento del materiale di scavo con specifico riferimento alla formazione degli Argilloscisti Filladici. È infatti apparso evidente come la sospensione prolungata del condizionamento del muck abbia accelerato in misura significativa il consumo della testa di scavo, degli utensili e delle componenti meccaniche a contatto con lo stesso quali, innanzitutto, le eliche della coclea di estrazione. Ciò è stato

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 46 di 195

essenzialmente attribuito alla composizione litologica e mineralogica dell'argilloscisto, in particolare alla presenza di vene quarzose che rendono lo smarino notevolmente abrasivo, specie in presenza di additivazione con sola acqua. La pasta risultante, ricca in particelle quarzose, ha in particolare indotto un consumo accelerato delle eliche inferiori della coclea (primariamente, poi estesosi con progressione alle eliche superiori), determinando una generalizzata difficoltà nell'estrazione di materiale a bocca coclea sino a richiedere, nel corso delle attività di scavo, fermi prolungati per il ripristino delle medesime.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 47 di 195

7. PREVISIONI SUL COMPORTAMENTO DEGLI AMMASSI ROCCIOSI E CRITERI DI CALCOLO APPLICATI

7.1. Note Generali

L'apertura di una cavità in un materiale caratterizzato da un campo di tensioni naturali preesistente, dovuto essenzialmente a carichi litostatici e a sforzi tettonici, porta ad una generale redistribuzione degli sforzi, sia in direzione trasversale che longitudinale, con conseguente incremento delle tensioni al contorno della galleria e oltre il fronte di scavo.

Si genera così un nuovo campo tensionale che tende a far evolvere l'ammasso intorno al cavo verso una nuova situazione di equilibrio diversa da quella originaria, dando luogo a fenomeni deformativi.

Nello studio di uno scavo meccanizzato, in primo luogo è necessario determinare le modalità di avanzamento in sotterraneo secondo l'approccio del "Metodo per l'Analisi delle Deformazioni Controllate nelle Rocce e nei Suoli (ADECO-RS)". Sulla base dei dati raccolti in fase di studio geologico e di caratterizzazione geomeccanica degli ammassi da attraversare, sono state effettuate le previsioni di comportamento tenso-deformativo della galleria in assenza di interventi. In particolare si fa una previsione sul "comportamento deformativo del fronte di scavo", fondamentale nella definizione delle condizioni a breve e lungo termine, e degli interventi più idonei per garantire la stabilità. Il comportamento del fronte è principalmente condizionato da:

- le caratteristiche di resistenza e deformabilità delle strutture geologiche che interessano le gallerie;
- il comportamento del materiale nel breve e lungo termine: rigonfiamento, squeezing, fluage e rilasci tensionali;
- i carichi litostatici corrispondenti alle coperture in gioco;
- la forma e le dimensioni della sezione di scavo;
- lo schema di avanzamento e la tipologia dello scavo.

Il comportamento del fronte di scavo, al quale è legato quello della cavità, può essere sostanzialmente di tre tipi: "stabile", "stabile a breve termine" e "instabile", come di seguito brevemente illustrato.

- Gallerie a fronte stabile (CASO A)

Il fronte di scavo è stabile quando lo stato tensionale al contorno della cavità in prossimità del fronte si mantiene prevalentemente in campo elastico e i fenomeni deformativi osservabili, di piccola entità, tendono ad esaurirsi rapidamente. In questo caso anche il comportamento del cavo sarà stabile (rimanendo prevalentemente in campo elastico).

- Gallerie a fronte stabile a breve termine (CASO B)

Questa condizione si verifica quando lo stato tensionale indotto dall'apertura della cavità supera le caratteristiche di resistenza meccanica del materiale al fronte, che assume un

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 48 di 195

comportamento di tipo elasto-plastico. I fenomeni deformativi connessi con tale ridistribuzione delle tensioni sono più accentuati rispetto al caso precedente e producono nell'ammasso roccioso al fronte una decompressione che porta ad una riduzione della resistenza interna. Questa decompressione deve essere opportunamente messa a regime, nel breve termine.

- Gallerie a fronte instabile (CASO C)

L'instabilità progressiva del fronte di scavo è attribuibile ad una accentuazione dei fenomeni deformativi nel campo plastico, che risultano immediati, più rilevanti e si manifestano prima ancora che avvenga lo scavo, oltre il fronte stesso. Di conseguenza tali deformazioni producono una decompressione più spinta nell'ammasso roccioso al fronte e portano ad un decadimento rapido e progressivo delle caratteristiche meccaniche d'ammasso.

Da un punto di vista pratico, una volta individuate le sezioni rappresentative del tracciato in funzione dei litotipi attraversati e delle diverse coperture riscontrate lungo il tracciato, si procede alla determinazione del comportamento dell'ammasso allo scavo attraverso delle analisi semplificate. In questa prima fase si considera il cavo in condizioni intrinseche, cioè in assenza di interventi e/o senza alcuna pressione applicata al fronte, e si valutano le condizioni di stabilità secondo la classificazione sopra riportata.

Gli strumenti numerici adottati sono:

- Analisi di stabilità del fronte (metodi di analisi empirici in forma chiusa);
- Metodo delle Linee Caratteristiche.

In realtà la soluzione tecnologica costruttiva di scavo meccanizzato prevede l'utilizzo TBM scudata a piena sezione (Tunnel Boring Machine) che è capace di stabilizzare il fronte di scavo mediante l'applicazione di una pressione al fronte. Immediatamente dopo lo scavo, via via che la macchina avanza, sono installati gli anelli in calcestruzzo armato che costituiscono il rivestimento interno di galleria, che avrà funzione sia di supporto di prima fase che di struttura definitiva. Il vuoto anulare esistente tra il rivestimento ed il terreno verrà riempito attraverso un'iniezione a pressione di malta cementizia realizzata attraverso lo scudo della TBM.

La condizione di confinamento continuo e quindi di stabilità saranno sempre garantite, ove non garantite già in condizioni intrinseche, in quanto:

- il fronte sarà stabilizzato direttamente dalla macchina di scavo mediante l'applicazione di una pressione;
- il cavo sarà sempre sostenuto prima dallo scudo della TBM e poi dal rivestimento in conci prefabbricati con l'interposizione di una malta cementizia posata a pressione.

Tramite il Metodo delle Linee Caratteristiche si riesce a cogliere approssimativamente l'entità delle sollecitazioni e delle convergenze nel rivestimento definitivo, che permettono di predimensionare gli interventi di sostegno e di individuare le sezioni di galleria maggiormente critiche da sottoporre ad analisi più accurate.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 49 di 195

Per queste sezioni è svolta un'analisi agli elementi finiti che ha permesso di determinare con maggior dettaglio il regime tensionale e deformativo nelle strutture e nell'ammasso circostante, nelle principali fasi esecutive fino alla completa realizzazione dell'opera, consentendo quindi di valutare l'evoluzione del comportamento dell'opera nel breve, medio e lungo termine.

7.2. Metodo delle linee caratteristiche

Il metodo delle curve caratteristiche permette di simulare lo scavo di una galleria basandosi sulle ipotesi di simmetria assiale e stato di deformazione piana.

Per curve caratteristiche di una cavità si intendono delle curve che legano le pressioni di contenimento, esercitate in senso radiale sul bordo della galleria dalle opere di stabilizzazione e di rivestimento, agli spostamenti radiali al suo contorno (convergenze).

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 della roccia 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.

Esse possono quindi essere utilizzate, oltre che per valutare il comportamento dell'ammasso allo scavo, anche per determinare lo stato di sollecitazione sui diversi interventi costituenti la galleria, mediante la sovrapposizione degli effetti delle curve caratteristiche della cavità e dei singoli interventi che la costituiscono.

Il Metodo delle Linee Caratteristiche è valido nei casi in cui si ritenga lecito ipotizzare che l'andamento delle sollecitazioni indotte dallo scavo, sotto l'azione delle spinte di montagna, sia di tipo idrostatico; ciò si verifica generalmente per coperture $H > 3D$ (D =diametro di scavo della galleria); valori di copertura inferiori conducono a un risultato poco rappresentativo dell'effettivo comportamento dell'ammasso roccioso.

Per ogni galleria è possibile costruire due curve caratteristiche principali:

- quella valida presso il fronte di scavo, detta curva caratteristica del fronte, che tiene conto dell'effetto tridimensionale delle tensioni vicino ad esso e che permette di risalire, mediante considerazioni sulla resistenza del nucleo, all'entità della convergenza già subita dalla galleria nella sezione in corrispondenza al fronte di scavo,
- quella valida per qualsiasi sezione sufficientemente lontana dal fronte, detta curva caratteristica della cavità, per la quale lo stato di tensione può considerarsi piano.

In generale, se la curva caratteristica non interseca l'asse delle deformazioni radiali in un valore finito, la galleria risulta instabile senza adeguati interventi di stabilizzazione.

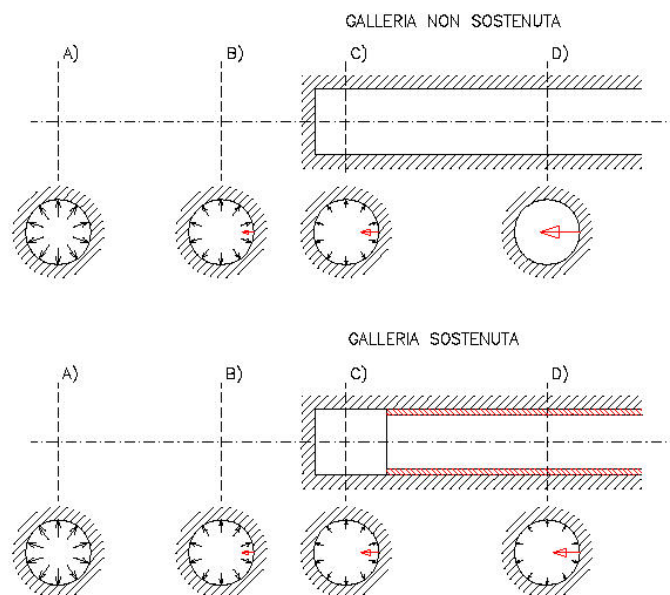


Figura 7-1 – Progressivo di confinamento del bordo di scavo per simulare l'avanzamento della galleria

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 curva caratteristica della cavità e dei rivestimenti impiegati. Quest'ultima curva, a sua volta, dipende dalle proprietà dei materiali impiegati e dalle deformazioni subite dall'ammasso prima della posa in opera del rivestimento e quindi, in ultima analisi, è legata al comportamento del fronte di scavo e al tipo di interventi previsti in avanzamento.

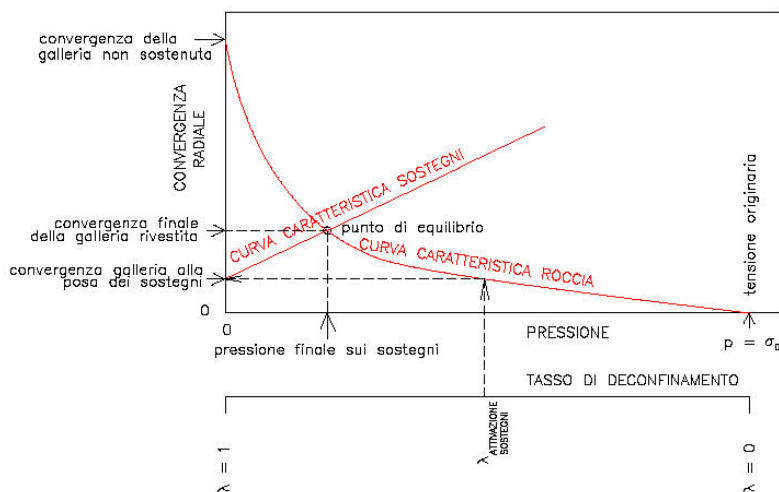


Figura 7-2 – Curve caratteristiche

Mediante la sovrapposizione degli effetti delle curve "caratteristiche" della galleria, dei sostegni e del fronte è possibile ridurre il problema tridimensionale in prossimità del fronte di scavo ad un problema

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00
	Foglio 51 di 195

bidimensionale. L'intersezione delle varie curve permette di determinare dal grafico il comportamento della galleria allo scavo.

La curva caratteristica del rivestimento, o curva di confinamento, è individuata dalla rigidità della struttura K_{st} e dallo spostamento radiale u_{d0} che si è già generato nell'intorno del cavo prima dell'installazione del supporto messo in opera a distanza d_0 dal fronte di avanzamento della galleria.

Il valore della convergenza alla distanza di posa in opera del rivestimento, u_{d0} , viene determinato simulando l'effetto di deconfinamento dovuto allo scavo e all'allontanamento del fronte per mezzo di una pressione fittizia applicata alla parete della galleria. Tale pressione, inizialmente pari allo stato di sforzo originario, viene ridotta fino ad un valore P^* definito da un tasso di rilascio λ :

$$P^* = (1 - \lambda) \cdot \sigma_0$$

In tutti i casi è necessario valutare lo spostamento al fronte u_f per risalire allo spostamento radiale alla distanza d_0 .

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 A.De.Co.Rs.

Noto lo spostamento al fronte e determinato l'andamento della curva di convergenza longitudinale della galleria tramite la funzione che fornisce il tasso di deconfinamento λ , si calcola il valore della convergenza radiale già subita dal cavo, prima della posa in opera del rivestimento; la curva di confinamento risulta a questo punto completamente definita.

La condizione di equilibrio, individuata dallo spostamento radiale u_{re} o dalla pressione radiale $P = P_e$, è determinata dall'intersezione della curva caratteristica del terreno e di quella del rivestimento. Tale condizione risulta verificata se la pressione di equilibrio è inferiore alla resistenza massima propria del rivestimento.

In virtù dei sistemi di avanzamento proposti, volti a conservare le caratteristiche meccaniche del terreno indisturbato, limitando al minimo il rimaneggiamento e l'alterazione dello stesso conseguente alle operazioni di scavo, diviene estremamente importante sapere quanto il terreno è effettivamente in grado di incassare nelle sue condizioni naturali e indisturbate, prima di giungere alla rottura. La conoscenza delle caratteristiche di resistenza al taglio del terreno nelle sue condizioni naturali è indispensabile per determinare con discreta accuratezza il contributo al contenimento del cavo che i vari interventi adottati saranno in grado di fornire.

Le analisi con curve caratteristiche sono state implementate per mezzo del software di calcolo GV4. L'impiego di tale strumento ha consentito sia la conduzione delle tradizionali analisi di diagnosi di comportamento dell'ammasso, sia l'implementazione delle analisi proprie della fase di terapia, fornendo infatti gli strumenti per simulare l'interazione dell'ammasso con lo scudo della fresa e l'anello di conci prefabbricati.

La curva caratteristica del fronte di scavo è calcolata secondo la metodologia della trasformazione omotetica, mentre la curva caratteristica del cavo si è implementata la tecnica di soluzione semi-analitica denominata "transfer – matrix", implementata nel software di calcolo. Tale soluzione è stata

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 52 di 195

adottata allo scopo di poter simulare sul medesimo caso di analisi oggetto della diagnosi (cavo libero, fronte non sostenuto) l'introduzione dei vari possibili interventi di terapia, quale in particolare la corona di consolidamenti in avanzamento, la cui modellazione non è supportata dalla soluzione analitica tradizionale e, per casi specifici di analisi, la considerazione di un carico idrostatico all'interno dell'ammasso.

Questa procedura si basa sull'osservazione che in generale, per piccoli incrementi di tensione e deformazione, le equazioni costitutive in stato di deformazione piana in un generico punto della roccia possono essere linearizzate esprimendole in forma incrementale:

$$\Delta\sigma_r = D_{11}^{ep} \Delta\varepsilon_r + D_{12}^{ep} \Delta\varepsilon_\theta$$

$$\Delta\sigma_\theta = D_{21}^{ep} \Delta\varepsilon_r + D_{22}^{ep} \Delta\varepsilon_\theta$$

dove $\Delta\sigma_r$, $\Delta\sigma_\theta$, $\Delta\varepsilon_r$ e $\Delta\varepsilon_\theta$ rappresentano le variazioni di tensione e le corrispettive variazioni di deformazione, mentre i coefficienti D_{ij}^{ep} rappresentano gli elementi della matrice di rigidità elastoplastica $\mathbf{D}^{ep}$ che può variare da punto a punto della roccia essendo funzione della storia tensio-deformativa.

Il programma discretizza la roccia attorno alla galleria in una sequenza di N anelli concentrici di raggio r_i , sufficientemente sottili da poter considerare $\mathbf{D}^{ep}$ costante all'interno di ognuno di essi.

In questo modo, in corrispondenza di una variazione Δp della pressione sul bordo dello scavo, sufficientemente piccola da consentire la linearizzazione delle equazioni costitutive incrementali, è possibile scrivere una coppia di equazioni costitutive $\Delta u-r$ e $\Delta\sigma-r$ per ognuno degli N anelli tramite delle costanti di integrazione. Imponendo la continuità dello spostamento e della tensione radiale sul confine comune di ognuna delle coppie adiacenti di anelli, una volta determinate le costanti del primo anello, è possibile ricostruire lo stato tensio-deformativo dell'intera discretizzazione.

Questo metodo permette quindi di definire degli anelli di materiale trattato intorno al cavo definito come un materiale elasto-plastico ideale (privo di caduta di resistenza), ottenendo così una distribuzione di tensioni e spostamenti ed una curva caratteristica della galleria che tengono in conto della disomogeneità radiale del terreno.

La valutazione del comportamento del fronte e del cavo, nonché delle azioni agenti sullo scudo e sull'anello in conci prefabbricati, nell'ambito della fase di terapia, è sviluppata, come detto, implementando, nella soluzione semi-analitica del software GV4, specifiche opzioni di calcolo/modellazione, capaci di considerare e/o riprodurre l'effetto dei seguenti aspetti tecnici connessi all'esecuzione dello scavo con fresa:

- > introduzione del gap radiale presente fra il profilo nominale della testa di scavo e l'estradosso dello scudo costituente la fresa, per effetto della conicità data al medesimo (gap pari a 40 mm, in condizioni standard, e 65 mm in configurazione 2);
- > introduzione del gap radiale fra estradosso dello scudo e l'estradosso dell'anello (diametro 9400mm) e simulazione dell'iniezione a tergo dello scudo della malta di riempimento del vuoto anulare anello-profilo di scavo

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 53 di 195

- > implementazione di un profilo di convergenza in direzione longitudinale al tunnel (Longitudinal Displacement Profile) in grado di considerare l'effetto irrigidente imposto dall'installazione del rivestimento anulare immediatamente a seguito della fresa TBM, e determinare quindi di conseguenza l'azione agente sull'anello in conci.

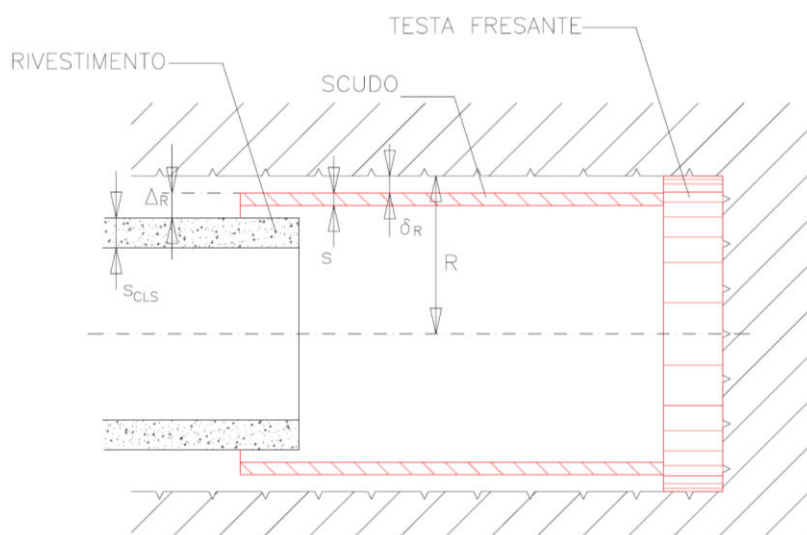


Figura 7-3 – Rappresentazione schematica elementi geometrici considerati per l'implementazione del metodo delle Curve Caratteristiche nel caso di gallerie scavate con fresa.

La procedura operativa simulata dal software prevede nello specifico:

1. Determinazione della pre-convergenza al fronte di scavo (metodo curva omotetica)
2. Definizione del punto di mobilitazione dello scudo quale elemento interagente con il cavo, aggiungendo alla pre-convergenza al fronte di scavo lo spostamento radiale del cavo stesso pari al gap esistente fra profilo di scavo ed estradosso scudo
3. Introduzione della curva caratteristica dello scudo, la cui rigidezza è calcolata secondo la formulazione seguente (E_s , R , s , ν_s rispettivamente modulo elastico, raggio, spessore e coefficiente di poisson propri dei materiali e della geometria dello scudo)

$$K_s = \frac{E_s [R^2 - (R-s)^2]}{(1+\nu_s) [(1-2\nu_s)R^2 + (R-s)^2]}$$

4. Determinazione del punto di equilibrio scudo-roccia, qualora sussistano le condizioni perché il cavo interagisca con scudo stesso;
5. Mantenimento della condizione deformativa del cavo restituita dal precedente stato di equilibrio scudo-roccia, per la presenza della malta di intasamento del gap anulare, contestualmente alla fuoriuscita dell'anello dallo scudo in fase di avanzamento, e determinazione del seguente stato di equilibrio fra l'anello in conci ed il cavo.

Il flusso logico descritto è sintetizzato nei seguenti prospetti.

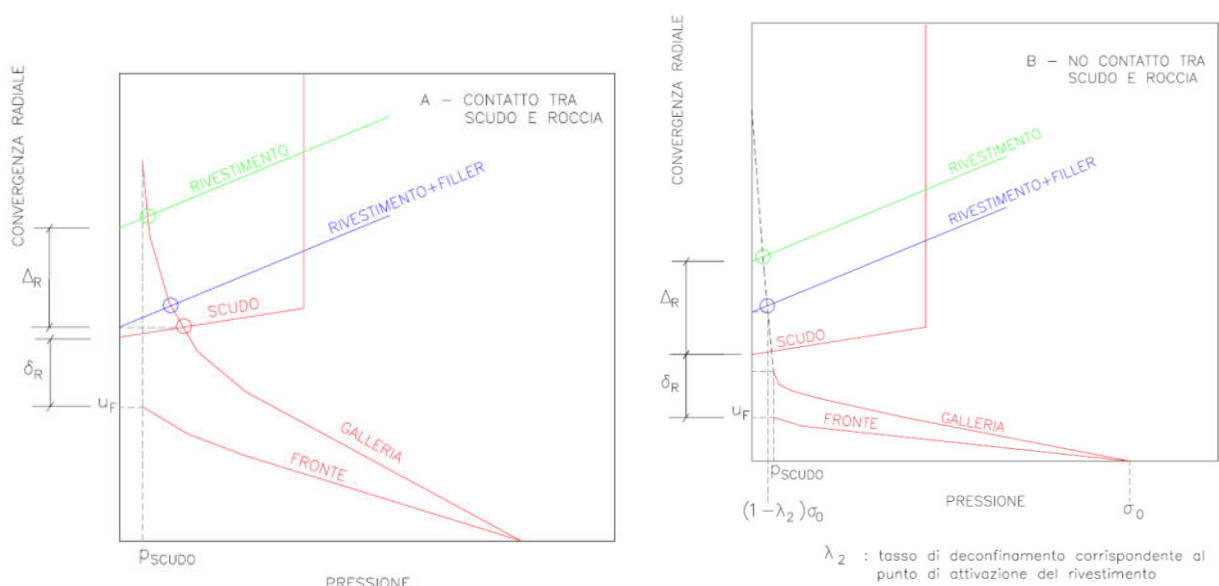


Figura 7-4 – Interazione curve caratteristiche del fronte e del cavo con curve caratteristiche dei supporti (scudo e anello in conci prefabbricate) nelle differenti simulazioni delle procedure operative (intasamento o meno del gap anulare con materiale di riempimento) e per vari contesti geo-mecanici e tensionali dell'ammasso scavato.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 55 di 195

7.3. Analisi stabilità del fronte in gallerie superficiali

Oltre alle valutazioni relative alla stabilità del cavo si analizzano le condizioni necessarie alla stabilità del fronte mediante l'impiego di metodi analitici semplificati all'equilibrio limite.

7.3.1. Metodo di Tamez (1997)

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 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, denominato F_{SF} (face safety factor).

La soluzione analitica di Tamez consente inoltre di considerare nell'ambito della verifica delle condizioni di equilibrio limite, la presenza della falda freatica e, limitatamente al contesto di verifica degli interventi di terapia, l'introduzione di una pressione stabilizzante agente sia al fronte che al contorno dello scavo.

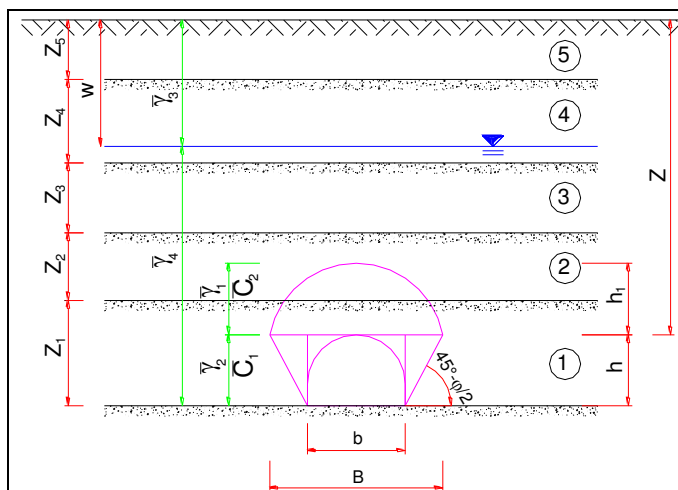


Figura 7-5 – Schema proposto da Tamez

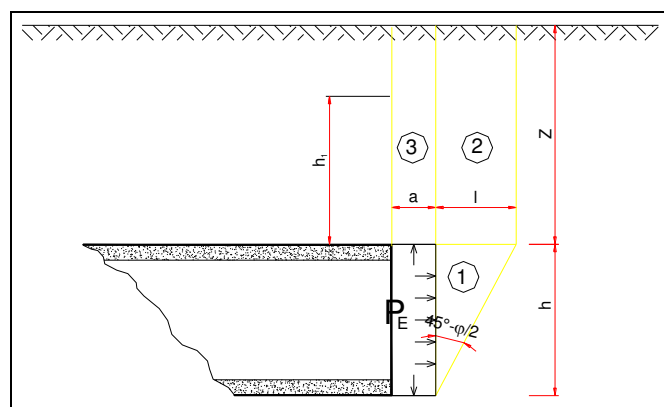


Figura 7-6 – Schema proposto da Tamez

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 56 di 195

7.3.2. Metodo del tasso di deconfinamento critico λ_E (Panet, 1990)

Il metodo convergenza-confinamento proposto da Panet permette di analizzare l'interazione fra l'ammasso roccioso ed il sostegno in funzione dell'avanzamento del fronte di scavo.

La sua applicazione agli ammassi rocciosi a debole resistenza suppone la definizione di un mezzo continuo equivalente al quale attribuire un comportamento elastoplastico rammollente. In questi ammassi, lo scavo di una galleria situata a profondità tali da sviluppare la resistenza massima (gallerie profonde $H > 2D$), provoca elevate convergenze legate alla formazione di una zona decompressa attorno al cavo.

Sotto queste ipotesi, il criterio di Panet consente di verificare le condizioni di stabilità del cavo in funzione del valore critico del tasso di deconfinamento (λ_e) del materiale (valore cui si manifestano le prime plasticizzazioni). Tale indice, in relazione al criterio di rottura di Mohr-Coulomb, è funzione del coefficiente di spinta passiva k_p e del fattore di stabilità N secondo l'equazione:

$$\lambda_e = \frac{1}{k_p + 1} \left[k_p - 1 + \frac{2}{N} \right]$$

dove $N = \frac{2\sigma_z}{\sigma_c}$

Nel caso di una galleria priva di rivestimento, se $N < 1$, non si raggiunge mai la resistenza massima dell'ammasso roccioso. Raggiunto il limite di rottura ($N > 1$) l'autore suggerisce i seguenti valori limite del tasso di deconfinamento, ai quali corrispondono determinate condizioni di stabilità del fronte:

- se $0,6 < \lambda_e < 1$ il fronte di scavo è stabile; le pressioni raggiungono il valore massimo di resistenza dell'ammasso a tergo del fronte;
- se $0,3 < \lambda_e < 0,6$ il fronte di scavo è stabile a breve termine; al fronte di scavo le pressioni raggiungono il valore di resistenza massima prima in vicinanza del bordo poi verso il nucleo;
- se $\lambda_e < 0,3$ il fronte di scavo instabile; il fronte di scavo è in condizioni di instabilità per cui necessita di interventi preventivi di consolidamento.

7.4. Analisi numeriche bidimensionali: FLAC

Le analisi tenso-deformative presentate nel seguito, sono state condotte impiegando il codice di calcolo FLAC 7.0 (Fast Lagrangian Analysis of Continua), sviluppato da ITASCA Consulting, il quale consente di affrontare problemi di meccanica del continuo, determinando gli stati tensionali e deformativi in un dominio bidimensionale, le cui caratteristiche sono definite da leggi di comportamento, di tipo elastico o plastico, e da imposte condizioni al contorno, implementando il metodo delle differenze finite. Tale metodo si basa sulla discretizzazione delle equazioni differenziali che governano il problema fisico in esame, attraverso la sostituzione delle derivate con quozienti di

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 57 di 195

differenze finite. In questo modo, le equazioni differenziali vengono trasformate in equazioni algebriche, da risolversi in successivi passi di calcolo. L'algoritmo di calcolo segue uno schema lagrangiano denominato "esplicito per integrazione diretta nel tempo" (explicit time marking), il quale è in grado di lavorare agevolmente e molto velocemente per sistemi con grandi deformazioni, con stati di collasso molto avanzati e in condizioni di instabilità (la possibilità di giungere al collasso non è infatti limitata da problemi di stabilità numerica, quale l'invertibilità di matrici). L'adattamento del metodo alle differenze finite a casi di griglia di forma qualunque segue l'approccio di Wilkins M.L..

La discretizzazione viene operata sovrapponendo alla porzione di continuo considerata un reticolo, in genere di maglie quadrilatera, in corrispondenza dei cui nodi (gridpoints) sono definite le grandezze in gioco. È allora possibile approssimare la derivata prima di una funzione rispetto a una variabile indipendente, con il rapporto tra la variazione subita dalla funzione stessa nel passare da un nodo ad uno contiguo, e la corrispondente variazione della variabile indipendente.

Con riferimento alla figura seguente, può assumersi ad un certo istante t una delle seguenti equivalenze:

$$\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_{i,j} \approx \frac{u_{i+1,j}^t - u_{i,j}^t}{\Delta x},$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_{i,j} \approx \frac{u_{i+1,j}^t - u_{i-1,j}^t}{2\Delta x},$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_{i,j} \approx \frac{u_{i,j}^t - u_{i-1,j}^t}{\Delta x}.$$

In modo analogo si opera per le derivate rispetto ad y , e per le derivate di ordine superiore. La legge costitutiva del materiale viene espressa nella seguente forma:

$$\sigma = E \cdot \frac{\partial u}{\partial x} \Rightarrow \sigma_{i,j}^t = E \cdot \frac{u_{i+1,j}^t - u_{i,j}^t}{\Delta x}$$

Il codice di calcolo FLAC usa uno schema di soluzione "esplicito condizionatamente stabile", la cui sequenza di calcolo iterativo, illustrata schematicamente nella figura seguente, comprende i seguenti passi:

- per ogni nodo della griglia si valuta la massa m , la risultante delle forze esterne F_e (gravità, carichi esterni ...), la risultante delle forze interne F_i , calcolata per integrazione degli sforzi nelle zone collegate al nodo stesso, così che è possibile determinare la forza squilibrata agente sul nodo F_u (unbalanced force $F_u = F_e - F_i$);
- per ogni gridpoint si scrive l'equazione di Newton $F_u = m \cdot a$, tramite la quale è possibile determinare l'accelerazione del nodo in esame; integrando due volte l'accelerazione si ottiene la velocità e lo spostamento incrementale di ogni nodo;

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 58 di 195

- dal campo di spostamenti incrementali, è possibile risalire al campo di deformazioni incrementali e quindi, attraverso il legame costitutivo dei materiali, al campo di variazioni degli sforzi nel reticolo;
- la variazione degli sforzi comporta la modifica, per ogni nodo della griglia, della risultante delle forze interne e conseguentemente la necessità di rideterminare la Fu, dando inizio ad un nuovo passo di calcolo. Il processo iterativo ha termine qualora si ottenga una forza squilibrata che abbia un valore minore di una tolleranza prestabilita.

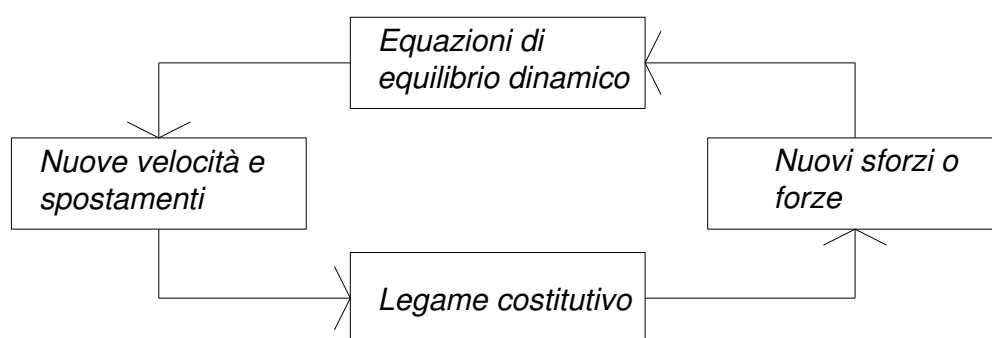


Figura 7-7– Fasi di computazione del codice di calcolo FLAC

Il codice di calcolo consente di adottare un modello di comportamento del terreno elastoplastico di tipo strain-softening.

Il criterio di rottura adottato è quello di Mohr-Coulomb: in condizioni di strain-softening, i parametri di resistenza (coesione e angolo d'attrito interno) vengono gradualmente ridotti in funzione della deformazione plastica sviluppata, secondo una legge di tipo lineare e adottando i parametri di picco e residui individuati nei capitoli successivi.

La funzione di plasticizzazione F definita dal criterio di rottura consente di individuare quelle zone di terreno in cui lo stato tensionale ha superato il limite al di sotto del quale il materiale mantiene un comportamento elastico e che sono quindi soggette a sollecitazioni tali da comportare deformazioni irreversibili nell'ammasso.

Per un generico stato di sforzo, individuato dalle tensioni principali σ_1 , σ_2 , σ_3 , il criterio di rottura di Mohr-Coulomb, è rappresentato dalle seguenti equazioni lineari:

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \pm 2 \cdot \left(c' \cdot \cos(\phi') + \frac{(\sigma_1 + \sigma_2)}{2} \cdot \sin(\phi') \right)$$

$$\sigma_2 - \sigma_3 = \pm 2 \cdot \left(c' \cdot \cos(\phi') + \frac{(\sigma_2 + \sigma_3)}{2} \cdot \sin(\phi') \right)$$

$$\sigma_3 - \sigma_1 = \pm 2 \cdot \left(c' \cdot \cos(\phi') + \frac{(\sigma_3 + \sigma_1)}{2} \cdot \sin(\phi') \right)$$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 59 di 195

Tale criterio è rappresentato, nello spazio delle tensioni principali, da una piramide a base esagonale non regolare avente, come asse, la trisettrice del primo ottante:

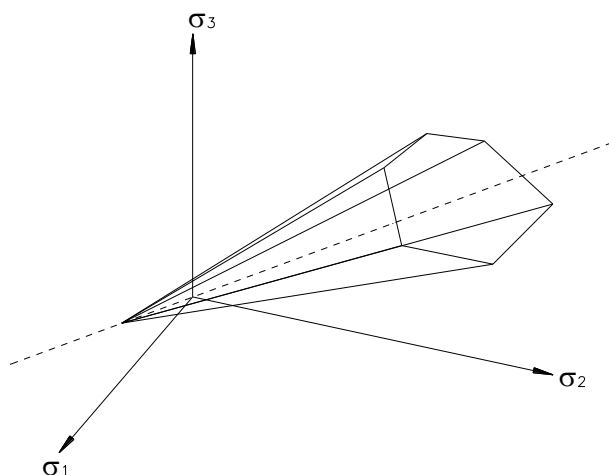


Figura 7-8 – Dominio di rottura di Mohr-Coulomb

Nel criterio di rottura di Mohr-Coulomb la resistenza al taglio non è influenzata dallo sforzo principale avente intensità intermedia; la resistenza del materiale è variabile in funzione dello stato di sforzo esistente.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 60 di 195

8. CRITERI DI VERIFICA

Le verifiche dei conci che costituiscono il rivestimento della galleria sono state eseguite in accordo alle disposizioni del D.M.L.P. 09/07/96 secondo il metodo degli stati limite descritto nel seguito.

8.1. Verifiche a pressoflessione e taglio - Metodo agli stati limite

La verifica della sezione allo stato limite ultimo viene effettuata moltiplicando le forze dovute all'azione dei carichi utilizzando i seguenti coefficienti amplificativi:

$$\gamma_g = 1.4$$

$$\gamma_q = 1.5$$

Le resistenze di calcolo, da utilizzare nelle verifiche allo stato limite ultimo, si ricavano dividendo le resistenze caratteristiche per opportuni coefficienti:

$$\gamma_c = 1.60$$

$$\gamma_s = 1.15$$

Si ottengono dunque i seguenti valori di calcolo per la resistenza del conglomerato e dell'acciaio:

- resistenza di calcolo del cls: $f_{cd} = 26.46 \text{ N/mm}^2$
- tensione limite del calcestruzzo secondo diagramma parabola-rettangolo:
 $0.85f_{cd} = 22.49 \text{ N/mm}^2$
- resistenza di calcolo a trazione: $f_{ctd} = 1.81 \text{ N/mm}^2$
- resistenza di calcolo dell'acciaio: $f_{yd} = 391.3 \text{ N/mm}^2$

Il comportamento a rottura del calcestruzzo è stato schematizzato adottando il diagramma parabola-rettangolo, tenendo in conto il coefficiente riduttivo per carichi di lunga durata pari a 0.85.

In fase di esercizio le verifiche sono state condotte accertando che sia rispettata la condizione:

$$\sigma_c \leq \sigma_{c \text{ amm}} = 0.45 \cdot f_{ck}$$

$$\sigma_s \leq \sigma_{s \text{ amm}} = 0.70 \cdot f_{yk}$$

dove:

- f_{ck} = Resistenza caratteristica di compressione del calcestruzzo;
- f_{yk} = Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio;
- $\sigma_{c \text{ amm}}$ = 22.41 MPa
- $\sigma_{s \text{ amm}}$ = 315.0 MPa

Nei confronti delle sollecitazioni taglianti le verifiche sono state condotte accertando che l'armatura disposta garantisca che venga soddisfatta la seguente disequazione:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 61 di 195

$$V_{Sdu} \leq V_{cd} + V_{wd}$$

in cui:

$$V_{cd} = 0.6 \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d \cdot \delta$$

$$V_{wd} = A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot \frac{0.9 \cdot d}{s_{trasv}} \cdot \frac{100}{s_{long}}$$

La sollecitazione a taglio non deve comunque superare un valore $V_{Rduc''}$ oltre il quale il calcestruzzo va in crisi per compressione:

$$V_{Sdu} \leq V_{Rduc''}$$

con

$$V_{Rduc''} = 0.3 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

8.2. Verifica a fessurazione

Si riporta nel seguito la descrizione del procedimento seguito per effettuare le verifiche di fessurazione.

$$w_k = 1.7 \cdot w_m = 1.7 \cdot \varepsilon_{sm} \cdot s_{rm}$$

dove:

$$s_{rm} = 2 \cdot \left(c + \frac{s}{10} \right) + k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_r}$$

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \left[1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right]$$

c è il copriferro netto

s è il passo dell'armatura a taglio

k_2 è un coefficiente relativo alla qualità di aderenza delle barre e vale:

- 0.4 per barre ad aderenza migliorata
- 0.8 per barre lisce

k_3 è un coefficiente che tiene conto della distribuzione delle tensioni in regime non fessurato e vale:

- 0.125 se l'asse neutro cade all'interno della sezione
- 0.25 nel caso di trazione pura
- $0.25 \cdot (\sigma_1 + \sigma_2) / (2\sigma_1)$ nel caso di trazione eccentrica o nel caso che si consideri una sola parte della sezione, essendo σ_1 e σ_2 rispettivamente le tensioni di trazione massima e minima ai bordi della sezione, considerata interamente reagente.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00
	Foglio 62 di 195

ϕ è il diametro delle barre

$\rho_r = A_f/A_{f,eff}$ è il rapporto tra l'area dell'armatura nella zona efficace e l'area della zona stessa.

σ_s è la tensione massima nell'armatura tesa

E_s = modulo elastico dell'acciaio

β_1 è un coefficiente rappresentativo dell'aderenza tra acciaio e calcestruzzo; vale:

- 1 per barre ad aderenza migliorata
- 0.5 per barre tonde lisce

β_2 è un coefficiente che tiene conto delle condizioni di sollecitazione

- 1 per azione di breve durata applicata una sola volta
- 0.5 nel caso di azioni ripetute e di lunga durata

σ_{sr} è la trazione nell'acciaio dovuta ad M_{crm} (momento medio di fessurazione) ponendo $N = 0$.

Per la definizione di zona efficace, si veda lo schema di seguito riportato.

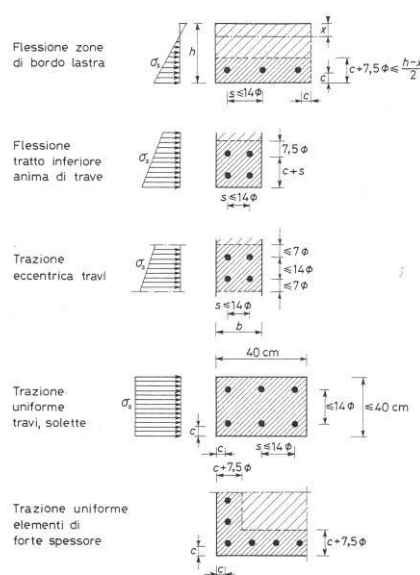


Figura 8-1 - Schema per la determinazione dell'area efficace

Si assume una condizione ambientale poco aggressiva, per cui il limite di apertura delle fessure, tenendo conto che l'armatura è ordinaria e quindi poco sensibile, è $w_1=0.20\text{mm}$. Tale valore può essere incrementato nel caso in cui il copriferro sia maggiore del minimo prescritto, secondo la seguente relazione:

$$w_2 = 0.2 \text{ mm} \cdot c/c_{\text{minimo}}$$

nel caso in esame per le strutture gettate in opera, essendo $c = 4 \text{ cm}$, risulta $c/c_{\text{minimo}} = 1.6$, da cui $w_2 = 0.32 \text{ mm}$ (cfr. par. B.6.2. della Circolare n° 252 del 15/10/1996 riferita al punto 4.3.1.2 del D.M. 09/01/1996).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00
	Foglio 63 di 195

9. FASE DI DIAGNOSI - PREVISIONE SUL COMPORTAMENTO DEGLI AMMASSI ALLO SCAVO

9.1. Ipotesi di base sul comportamento degli ammassi

La previsione del comportamento degli ammassi allo scavo (Fase di Diagnosi) consente di individuare la risposta geo-meccanica dei singoli contesti attraversati e definire in relazione agli stessi (nella seguente Fase di Terapia) le procedure operative ed i provvedimenti di natura tecnica-tecnologica da attuare per superare i medesimi in completa sicurezza e con produzioni efficaci.

Nella fase di diagnosi, sulla base degli elementi raccolti nella fase conoscitiva, sono sviluppate le previsioni sul comportamento deformativo del fronte e del cavo in assenza di interventi.

Per quanto riguarda le condizioni idrogeologiche, in accordo con quanto evidenziato nella relazione di calcolo [Rif. 4], gli esiti delle analisi e degli studi idrogeologici hanno confermato la sostanziale impermeabilità delle formazioni attraversate. Modeste manifestazioni idriche potrebbero quindi verificarsi unicamente in corrispondenza di faglie, con particolare riferimento alla formazione dei Metabasalti, i quali mostrano generalmente conducibilità idrauliche moderatamente maggiori rispetto alle altre formazioni. In fase di terapia è prevista la possibilità di impiegare sistemi di impermeabilizzazione dotati di pannelli drenanti col fine di ridurre eventuali pressioni al contorno. Le evidenze idrogeologiche espresse e i sistemi di drenaggio previsti consentono di condurre le analisi numeriche in assenza di carico idraulico.

È possibile prevedere quindi, allo stato attuale, che i battenti idrici anche elevati (250 m stimati), non costituiscano un elemento che possa indurre difficoltà tecniche e/o tecnologiche di rilievo, in condizioni di avanzamento ordinarie della fresa.

Alla luce di ciò, si è ritenuto pertanto opportuno, condurre le analisi di diagnosi valutando il comportamento del cavo sotto un carico litostatico espresso in tensioni totali, demandando il caso singolare del fermo-macchina determinante, a lungo termine, l'instaurarsi del moto di filtrazione ovvero di condizioni idro-meccaniche drenate, all'analisi specifica condotta per la condizione limite di attraversamento delle faglie trasversali, in corrispondenza delle massime coperture (275 m), all'interno dei Metabasalti, formazione nella quale è maggiore la probabilità di riscontrare tali condizioni. Tale situazione costituisce ai fini del calcolo dell'azione instabilizzante indotta dai moti di filtrazione, lo scenario più gravoso per la stabilità del fronte di scavo, infatti:

- il battente idrico raggiunge i valori massimi attesi sull'intera tratta (250 m);
- la copertura massima determina le maggiori tensioni nell'ammasso indisturbato;
- le caratteristiche geo-meccaniche dell'ammasso in zona di faglia sono assimilate al gruppo geomeccanico con le caratteristiche meccaniche peggiori (B' molto fratturato).

Per tale situazione particolare che copre, data la gravosità del contesto, anche gli eventuali scenari di fermo macchina all'interno di formazioni con caratteristiche geo-meccaniche migliori, è stata sviluppata una specifica analisi di stabilità del fronte che contemplasse gli effetti dell'instaurarsi del

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00
	Foglio 64 di 195

moto di filtrazione al fronte di scavo. Si è ricorso alla soluzione analitica di *Anagnostou – Kovari* (1996), per la cui trattazione si rimanda al paragrafo 10.2.

In sintesi, l'approccio operativo seguito per l'implementazione delle analisi di diagnosi è stato il seguente:

1. analisi probabilistica con il metodo delle curve caratteristiche al fine valutare preliminarmente il comportamento deformativo dell'ammasso e le principali criticità legate allo scavo con TBM, considerando il range di variabilità dei parametri all'interno dei vari contesti geo-meccanici attraversati;
2. analisi di stabilità del fronte mediante soluzioni analitiche in forma chiusa secondo un approccio deterministico, al fine di valutare la classe di comportamento dell'ammasso allo scavo e valutare preliminarmente la necessità di contropressione al fronte.

9.2. Previsione del comportamento degli ammassi secondo approccio probabilistico

Nel presente paragrafo viene proposta l'analisi probabilistica della risposta tenso-deformativa della galleria allo scavo, in assenza di interventi di stabilizzazione (posa rivestimenti, applicazione pressioni, presenza dello scudo).

Tale procedura consente di disporre di un quadro interpretativo quanto più completo con riferimento alla risposta dei differenti contesti geo-meccanici attraversati dall'opera, offrendo peraltro la distribuzione statistica dei parametri di progetto maggiormente significativi per la definizione degli aspetti tecnologici più appropriati per la fresa scudata. L'analisi permette inoltre di valutare in via preliminare la possibilità di contatto tra ammasso roccioso e scudo per le diverse condizioni geo-meccaniche e configurazioni di scavo previste per la testa fresante della TBM.

La diagnosi implementata con metodologia statistica è consistita, per ogni formazione, nell'elaborazione di curve caratteristiche del cavo, calcolate secondo la soluzione analitica di Carranza-Torres (2004), per ammasso roccioso caratterizzato con criterio di resistenza di Hoek-Brown. La curva convergenza-distanza dal fronte è tracciata in accordo all'equazione fornita da Hoek (1999); questa curva permette di determinare lo spostamento radiale del cavo lungo il profilo longitudinale della galleria e in corrispondenza del fronte di scavo.

Le calcolazioni eseguite si sono avvalse di funzioni di distribuzione di probabilità associate ai parametri geomeccanici delle formazioni geologiche interagenti con lo scavo, in particolare:

- curva densità di probabilità della resistenza a compressione mono-assiale (σ_{ci});
- curva densità di probabilità dell'indice GSI;
- curva densità di probabilità del parametro m_i di Hoek-Brown.

Ogni curva caratteristica è stata calcolata per ogni condizione di carico litostatico, sulla base dell'input geomeccanico a sua volta governato dal campionamento, effettuato tramite la tecnica Monte Carlo, sulle distribuzioni statistiche assegnate ai parametri in input.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00
	Foglio 65 di 195

Contestualmente alla determinazione della curva, sono stati ottenuti i seguenti parametri di risposta identificativi del comportamento dell'ammasso a seguito dell'esecuzione dello scavo:

- spostamento radiale al fronte di scavo;
- spostamento radiale del cavo in condizioni di completo rilassamento dello stesso, ovvero a distanza dal fronte;
- raggio plastico in condizioni di completo rilassamento, ovvero a distanza dal fronte.

I contesti geologici considerati ai fini dell'elaborazione in senso statistico della fase di diagnosi del comportamento dell'ammasso allo scavo sono i seguenti:

1. Formazione delle Argille a Palombini – GR1;
2. Formazione delle Argille a Palombini – GR2a;
3. Formazione delle Argille a Palombini – GR2b;
4. Formazione delle Argille a Palombini – GR3a;
5. Formazione delle Argille a Palombini – GR3b;
6. Formazione dei Metabasalti del Monte Figogna (B') – compatto;
7. Formazione dei Metabasalti del Monte Figogna (B') – fratturato;
8. Formazione dei Metabasalti del Monte Figogna (B') – molto fratturato.

Per ogni contesto geologico sono state svolte due analisi di diagnosi considerando il valore massimo e il valore minimo di copertura al piano dei centri del cavo previsto per la tratta in esame, rispettivamente 280 m e 160 m circa.

Le distribuzioni di probabilità dei parametri in input sono state definite facendo riferimento ad una legge di distribuzione normale con il 99.74% dei valori che ricade all'interno dell'intervallo:

$$[\text{Valore medio} - \text{Rel. Min} \div \text{Valore medio} + \text{Rel. Max}]$$

in sostanziale accordo con i range di variabilità dei parametri definiti per ciascun gruppo geomeccanico nella sezione 4.4.

Le tabelle seguenti riassumono i parametri assunti nelle analisi.

Tabella 9-1 – Parametri assunti per l'analisi probabilistica – GR1

Argille a Palombini – GR1					
Grandezza	Distribuzione	Media	Dev. Std.	Rel. Min	Rel. Max
Raggio di scavo (m)	No	4.885	-	-	-
GSI	Normale	50	1.66667	5	5
Fattore di disturbo D (-)	No	0	-	-	-
Resistenza a compressione della roccia intatta σ_{ci} (MPa)	Normale	35	1.66667	5	5
Costante m_i (-)	Normale	17.5	0.83333	2.5	2.5
Modulo di Young della roccia intatta E_i (MPa)	No	13414	-	-	-
Rapporto di Poisson ν (-)	No	0.3	-	-	-

E_i tale per cui E_{rm} è pari a 3.0 GPa con GSI = 45 (valori minimi del range di variabilità per il gruppo GR1)

Tabella 9-2 – Parametri assunti per l'analisi probabilistica – GR2a

Argille a Palombini – GR2a					
Grandezza	Distribuzione	Media	Dev. Std.	Rel. Min	Rel. Max
Raggio di scavo (m)	No	4.885	-	-	-
GSI	Normale	42.5	0.83333	2.5	2.5
Fattore di disturbo D (-)	No	0	-	-	-
Resistenza a compressione della roccia intatta σ_{ci} (MPa)	Normale	11	0.33333	1	1
Costante mi (-)	Normale	22.5	0.83333	2.5	2.5
Modulo di Young della roccia intatta E _i (MPa)	No	9396	-	-	-
Rapporto di Poisson ν (-)	No	0.3	-	-	-

E_i tale per cui E_{rm} è pari a 1.5 GPa con GSI = 40 (valori minimi del range di variabilità per il gruppo GR2a)

Tabella 9-3 – Parametri assunti per l'analisi probabilistica – GR2b

Argille a Palombini – GR2b					
Grandezza	Distribuzione	Media	Dev. Std.	Rel. Min	Rel. Max
Raggio di scavo (m)	No	4.885	-	-	-
GSI	Normale	37.5	0.83333	2.5	2.5
Fattore di disturbo D (-)	No	0	-	-	-
Resistenza a compressione della roccia intatta σ_{ci} (MPa)	Normale	11	0.33333	1	1
Costante mi (-)	Normale	17.5	0.83333	2.5	2.5
Modulo di Young della roccia intatta E _i (MPa)	No	8818	-	-	-
Rapporto di Poisson ν (-)	No	0.3	-	-	-

E_i tale per cui E_{rm} è pari a 1.0 GPa con GSI = 35 (valori minimi del range di variabilità per il gruppo GR2b)

Tabella 9-4 – Parametri assunti per l'analisi probabilistica – GR3a

Argille a Palombini – GR3a					
Grandezza	Distribuzione	Media	Dev. Std.	Rel. Min	Rel. Max
Raggio di scavo (m)	No	4.885	-	-	-
GSI	Normale	32.5	0.83333	2.5	2.5
Fattore di disturbo D (-)	No	0	-	-	-
Resistenza a compressione della roccia intatta σ_{ci} (MPa)	Normale	6	0.33333	1	1
Costante mi (-)	No	19	-	-	-
Modulo di Young della roccia intatta E _i (MPa)	No	7373	-	-	-
Rapporto di Poisson ν (-)	No	0.3	-	-	-

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 67 di 195

E_i tale per cui E_{rm} è pari a 0.6 GPa con GSI = 30 (valore a cavallo tra GR3a e GR3b)
 mi assunta costante in accordo con la sezione 4.4

Tabella 9-5 – Parametri assunti per l'analisi probabilistica – GR3b

Argille a Palombini – GR3b					
Grandezza	Distribuzione	Media	Dev. Std.	Rel. Min	Rel. Max
Raggio di scavo (m)	No	4.885	-	-	-
GSI	Normale	27.5	0.83333	2.5	2.5
Fattore di disturbo D (-)	No	0	-	-	-
Resistenza a compressione della roccia intatta σ_{ci} (MPa)	Normale	6	0.33333	1	1
Costante mi (-)	No	19	-	-	-
Modulo di Young della roccia intatta E _i (MPa)	No	7373	-	-	-
Rapporto di Poisson ν (-)	No	0.3	-	-	-
E _i tale per cui E _{rm} è pari a 0.6 GPa con GSI = 30 (valore a cavallo tra GR3a e GR3b) mi assunta costante in accordo con la sezione 4.4					

Tabella 9-6 – Parametri assunti per l'analisi probabilistica – B' compatto

Metabasalti del Monte Figogna – B' compatto					
Grandezza	Distribuzione	Media	Dev. Std.	Rel. Min	Rel. Max
Raggio di scavo (m)	No	4.885	-	-	-
GSI	Normale	55	1.66667	5	5
Fattore di disturbo D (-)	No	0	-	-	-
Resistenza a compressione della roccia intatta σ_{ci} (MPa)	No	40	-	-	-
Costante mi (-)	No	25	1.66667	5	5
Modulo di Young della roccia intatta E _i (MPa)	No	16300	-	-	-
Rapporto di Poisson ν (-)	No	0.25	-	-	-
E _i tale per cui E _{rm} è pari a 5.0 GPa con GSI = 50 (valori minimi del range di variabilità per il gruppo B' compatto) σ_{ci} assunta costante in accordo con la sezione 4.4					

Tabella 9-7 – Parametri assunti per l'analisi probabilistica – B' fratturato

Metabasalti del Monte Figogna – B' fratturato					
Grandezza	Distribuzione	Media	Dev. Std.	Rel. Min	Rel. Max
Raggio di scavo (m)	No	4.885	-	-	-
GSI	Normale	45	1.66667	5	5
Fattore di disturbo D (-)	No	0	-	-	-
Resistenza a compressione della roccia intatta σ_{ci} (MPa)	Normale	22.5	0.83333	2.5	2.5
Costante mi (-)	No	25	1.66667	5	5
Modulo di Young della roccia intatta E _i (MPa)	No	7500	-	-	-

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 68 di 195

Rapporto di Poisson ν (-)	No	0.3	-	-	-
E _i tale per cui E _{rm} è pari a 1.2 GPa con GSI = 40 (valori minimi del range di variabilità per il gruppo B' fratturato)					

Tabella 9-8 – Parametri assunti per l'analisi probabilistica – B' molto fratturato

Metabasalti del Monte Figogna – B' molto fratturato					
Grandezza	Distribuzione	Media	Dev. Std.	Rel. Min	Rel. Max
Raggio di scavo (m)	No	4.885	-	-	-
GSI	Normale	25	1.66667	5	5
Fattore di disturbo D (-)	No	0	-	-	-
Resistenza a compressione della roccia intatta σ_{ci} (MPa)	Normale	9	0.83333	2.5	2.5
Costante m _i (-)	No	19	-	-	-
Modulo di Young della roccia intatta E _i (MPa)	No	7373	-	-	-
Rapporto di Poisson ν (-)	No	0.3	-	-	-
E _i tale per cui E _{rm} è pari a 0.6 GPa con GSI = 30 (valori massimo del range di variabilità per il gruppo B' molto fratturato)					
σ_{ci} assunta con una variabilità pari a quella di B' fratturato in considerazione dell'elevata dispersione di valori dei dati di caratterizzazione					

Si riportano nel seguito, per i contesti geo-meccanici sopra menzionati, i risultati dell'analisi probabilistica che rivestono maggior interesse progettuale:

- Curva caratteristica del cavo;
- Curva e sintesi della distribuzione di frequenza cumulata dello spostamento finale del cavo al netto della preconvergenza;
- Sintesi delle distribuzioni statistiche dei parametri in output.

9.2.1. Argille a Palombini – GR1 – H=280 m

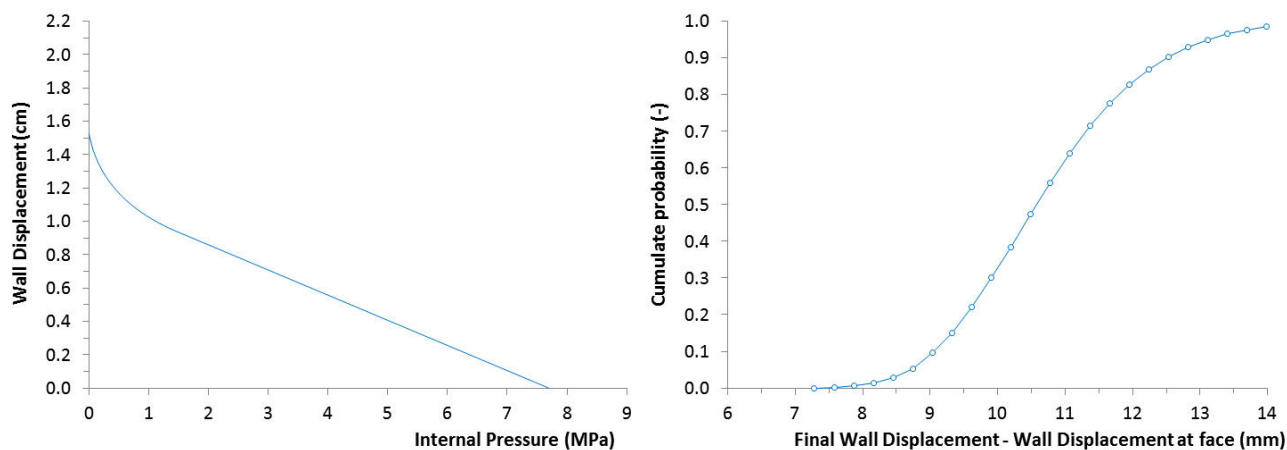


Figura 9-1 – Curva caratteristica del cavo riferita ai valori medi della distribuzione statistica considerata (sinistra), curva di distribuzione di frequenza cumulata dello spostamento finale del cavo al netto della preconvergenza (destra)

Tabella 9-9 – Sintesi delle distribuzioni statistiche ottenute per spostamento del cavo e raggio plastico finale e al fronte

Parametro	Unità	Media	Dev. Std.	Min	Max
u_{∞}	cm	1.55	0.19	1.05	2.32
u_{fronte}	cm	0.48	0.06	0.32	0.71
$R_{pl\infty}$	m	6.00	0.11	5.65	6.50
$R_{plfronte}$	m	4.89	0	4.89	4.89

Tabella 9-10 – Sintesi della distribuzione di frequenza cumulata dello spostamento finale del cavo al netto della preconvergenza

Probabilità di non superamento (%)	u_{∞} (cm)	u_{fronte} (cm)	$u_{\infty} - u_{fronte}$ (cm)
50	1.55	0.48	1.07
60	1.59	0.49	1.10
70	1.65	0.51	1.14
80	1.71	0.53	1.18
90	1.79	0.55	1.24
95	1.86	0.57	1.29

9.2.2. Argille a Palombini – GR1 – H=160 m

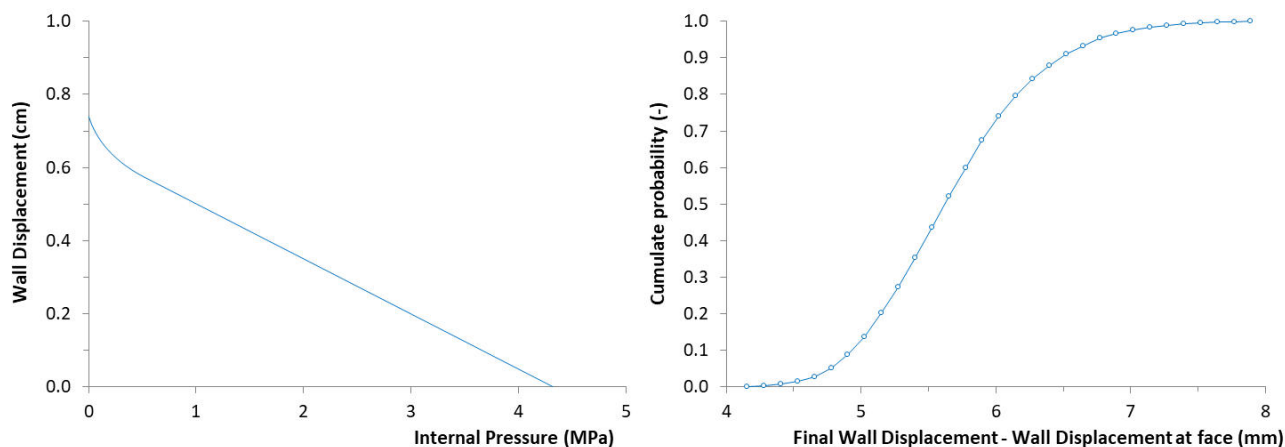


Figura 9-2 – Curva caratteristica del cavo riferita ai valori medi della distribuzione statistica considerata (sinistra), curva di distribuzione di frequenza cumulata dello spostamento finale del cavo al netto della preconvergenza (destra)

Tabella 9-11 – Sintesi delle distribuzioni statistiche ottenute per spostamento del cavo e raggio plastico finale e al fronte

Parametro	Unità	Media	Dev. Std.	Min	Max
u_{∞}	cm	0.75	0.09	0.53	1.07
u_{fronte}	cm	0.23	0.03	0.16	0.33
$R_{pl\infty}$	m	5.45	0.07	5.24	5.74
$R_{pl\text{fronte}}$	m	4.89	0.00	4.89	4.89

Tabella 9-12 – Sintesi della distribuzione di frequenza cumulata dello spostamento finale del cavo al netto della preconvergenza

Probabilità di non superamento (%)	u_{∞} (cm)	u_{fronte} (cm)	$u_{\infty} - u_{\text{fronte}}$ (cm)
50	0.75	0.23	0.52
60	0.77	0.24	0.53
70	0.79	0.24	0.55
80	0.82	0.25	0.57
90	0.86	0.26	0.59
95	0.89	0.27	0.62

9.2.3. Argille a Palombini – GR2a – H=280 m

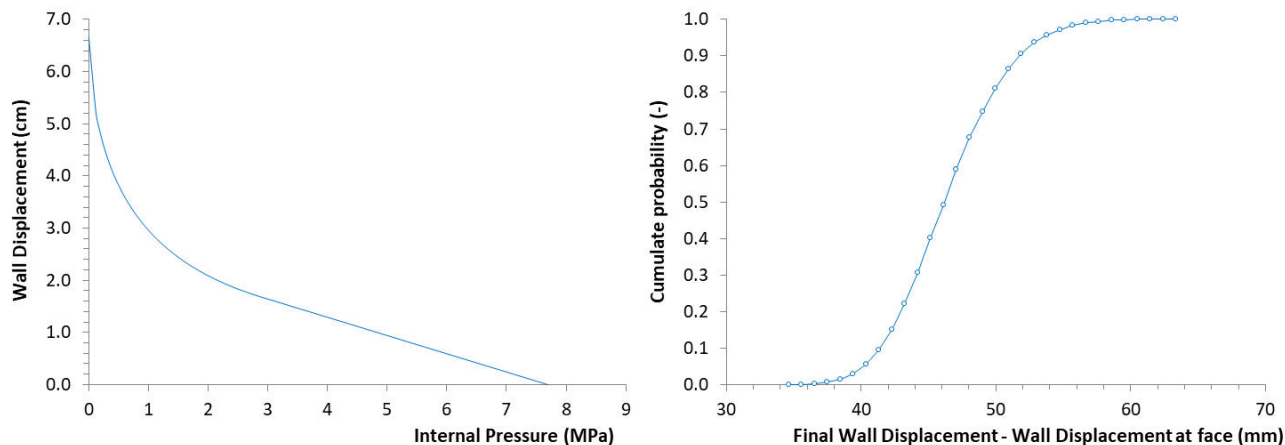


Figura 9-3 – Curva caratteristica del cavo riferita ai valori medi della distribuzione statistica considerata (sinistra), curva di distribuzione di frequenza cumulata dello spostamento finale del cavo al netto della preconvergenza (destra)

Tabella 9-13 – Sintesi delle distribuzioni statistiche ottenute per spostamento del cavo e raggio plastico finale e al fronte

Parametro	Unità	Media	Dev. Std.	Min	Max
u_{∞}	cm	6.70	0.58	5.00	9.16
u_{fronte}	cm	2.06	0.18	1.54	2.82
$R_{pl\infty}$	m	8.79	0.22	8.08	9.70
$R_{pl\text{fronte}}$	m	5.35	0.13	4.89	5.86

Tabella 9-14 – Sintesi della distribuzione di frequenza cumulata dello spostamento finale del cavo al netto della preconvergenza

Probabilità di non superamento (%)	u_{∞} (cm)	u_{fronte} (cm)	$u_{\infty} - u_{\text{fronte}}$ (cm)
50	6.70	2.06	4.64
60	6.85	2.11	4.74
70	7.01	2.16	4.85
80	7.19	2.21	4.98
90	7.45	2.29	5.15
95	7.66	2.36	5.30

9.2.4. Argille a Palombini – GR2a – H=160 m

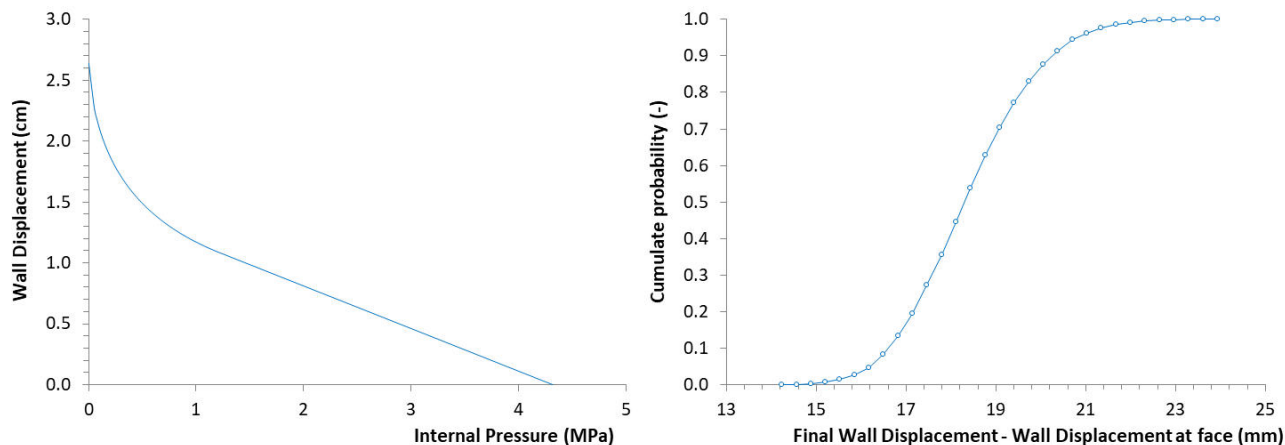


Figura 9-4 – Curva caratteristica del cavo riferita ai valori medi della distribuzione statistica considerata (sinistra), curva di distribuzione di frequenza cumulata dello spostamento finale del cavo al netto della preconvergenza (destra)

Tabella 9-15 – Sintesi delle distribuzioni statistiche ottenute per spostamento del cavo e raggio plastico finale e al fronte

Parametro	Unità	Media	Dev. Std.	Min	Max
u_{∞}	cm	2.66	0.20	2.06	3.46
u_{fronte}	cm	0.82	0.06	0.63	1.06
$R_{pl\infty}$	m	7.10	0.12	6.70	7.62
$R_{pl\text{fronte}}$	m	4.89	0.00	4.89	4.89

Tabella 9-16 – Sintesi della distribuzione di frequenza cumulata dello spostamento finale del cavo al netto della preconvergenza

Probabilità di non superamento (%)	u_{∞} (cm)	u_{fronte} (cm)	$u_{\infty} - u_{\text{fronte}}$ (cm)
50	2.66	0.82	1.84
60	2.71	0.83	1.87
70	2.76	0.85	1.91
80	2.83	0.87	1.96
90	2.92	0.90	2.02
95	2.99	0.92	2.07

9.2.5. Argille a Palombini – GR2b – H=280 m

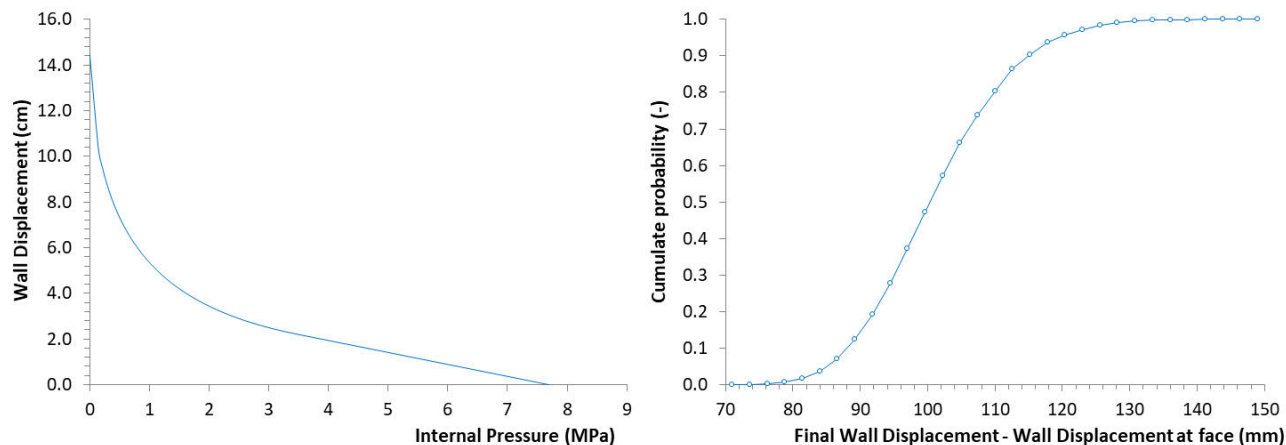


Figura 9-5 – Curva caratteristica del cavo riferita ai valori medi della distribuzione statistica considerata (sinistra), curva di distribuzione di frequenza cumulata dello spostamento finale del cavo al netto della preconvergenza (destra)

Tabella 9-17 – Sintesi delle distribuzioni statistiche ottenute per spostamento del cavo e raggio plastico finale e al fronte

Parametro	Unità	Media	Dev. Std.	Min	Max
u_{∞}	cm	14.59	1.51	10.26	21.52
u_{fronte}	cm	4.49	0.46	3.16	6.62
$R_{pl\infty}$	m	11.02	0.41	9.76	12.73
$R_{pl\text{fronte}}$	m	6.61	0.23	5.90	7.56

Tabella 9-18 – Sintesi della distribuzione di frequenza cumulata dello spostamento finale del cavo al netto della preconvergenza

Probabilità di non superamento (%)	u_{∞} (cm)	u_{fronte} (cm)	$u_{\infty} - u_{\text{fronte}}$ (cm)
50	14.59	4.49	10.10
60	14.98	4.61	10.37
70	15.38	4.74	10.65
80	15.86	4.88	10.98
90	16.52	5.09	11.44
95	17.07	5.25	11.82

9.2.6. Argille a Palombini – GR2b – H=160 m

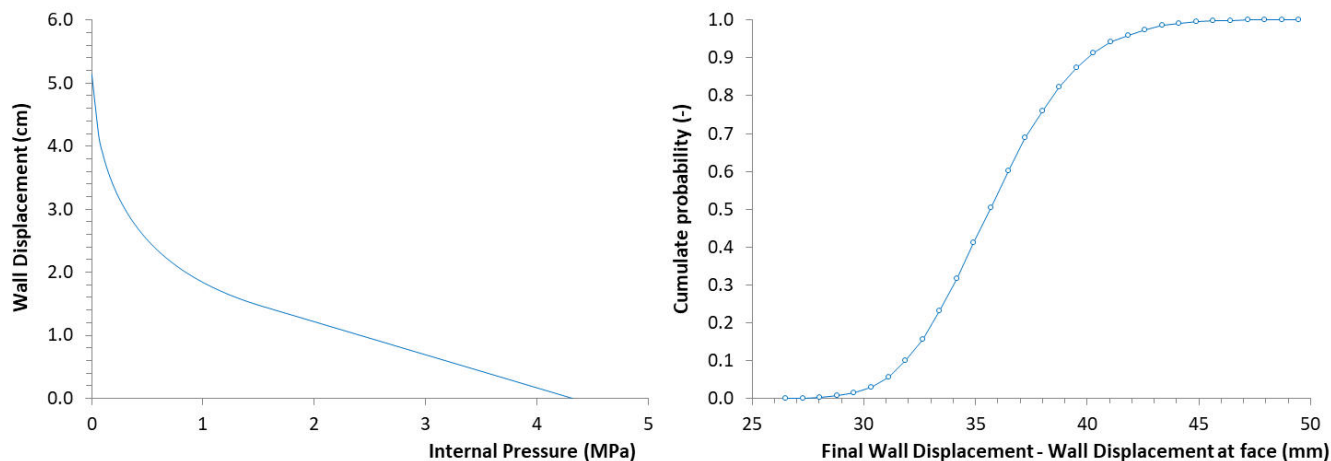


Figura 9-6 – Curva caratteristica del cavo riferita ai valori medi della distribuzione statistica considerata (sinistra), curva di distribuzione di frequenza cumulata dello spostamento finale del cavo al netto della preconvergenza (destra)

Tabella 9-19 – Sintesi delle distribuzioni statistiche ottenute per spostamento del cavo e raggio plastico finale e al fronte

Parametro	Unità	Media	Dev. Std.	Min	Max
u_{∞}	cm	5.18	0.46	3.83	7.15
u_{fronte}	cm	1.59	0.14	1.18	2.20
$R_{pl\infty}$	m	8.34	0.22	7.65	9.27
$R_{pl\text{fronte}}$	m	5.05	0.13	4.89	5.61

Tabella 9-20 – Sintesi della distribuzione di frequenza cumulata dello spostamento finale del cavo al netto della preconvergenza

Probabilità di non superamento (%)	u_{∞} (cm)	u_{fronte} (cm)	$u_{\infty} - u_{\text{fronte}}$ (cm)
50	5.18	1.59	3.58
60	5.29	1.63	3.66
70	5.42	1.67	3.75
80	5.56	1.71	3.85
90	5.76	1.77	3.99
95	5.93	1.82	4.10

9.2.7. Argille a Palombini – GR3a – H=280 m

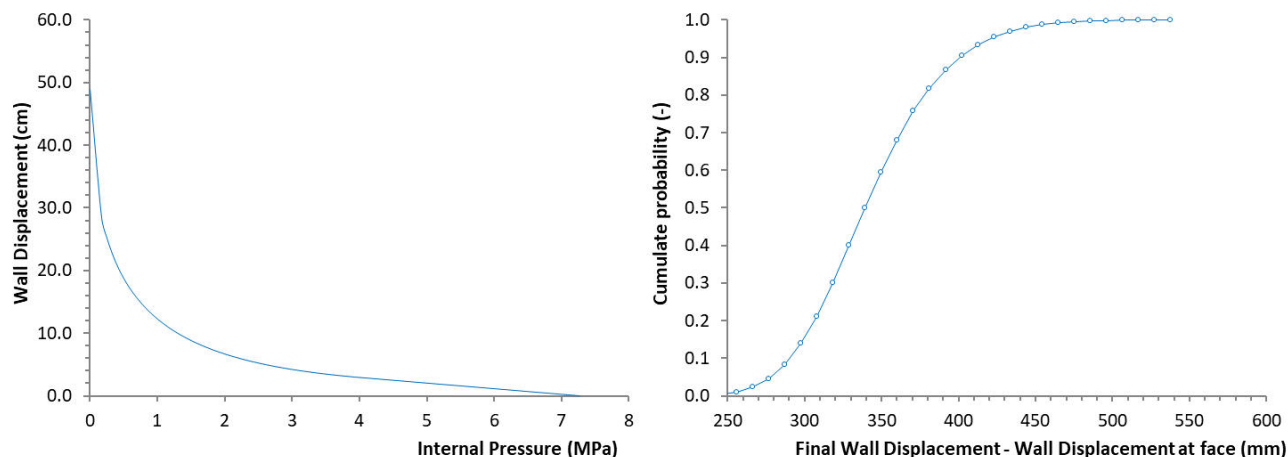


Figura 9-7 – Curva caratteristica del cavo riferita ai valori medi della distribuzione statistica considerata (sinistra), curva di distribuzione di frequenza cumulata dello spostamento finale del cavo al netto della preconvergenza (destra)

Tabella 9-21 – Sintesi delle distribuzioni statistiche ottenute per spostamento del cavo e raggio plastico finale e al fronte

Parametro	Unità	Media	Dev. Std.	Min	Max
u_{∞}	cm	49.57	6.26	32.43	77.70
u_{fronte}	cm	15.26	1.93	9.98	23.91
$R_{pl\infty}$	m	17.46	0.91	14.7	21.11
$R_{pl\text{fronte}}$	m	10.14	0.50	8.64	12.13

Tabella 9-22 – Sintesi della distribuzione di frequenza cumulata dello spostamento finale del cavo al netto della preconvergenza

Probabilità di non superamento (%)	u_{∞} (cm)	u_{fronte} (cm)	$u_{\infty} - u_{\text{fronte}}$ (cm)
50	49.57	15.26	34.31
60	50.63	15.58	35.05
70	52.43	16.14	36.29
80	54.62	16.81	37.81
90	57.89	17.82	40.07
95	60.84	18.73	42.12

9.2.8. Argille a Palombini – GR3a – H=160 m

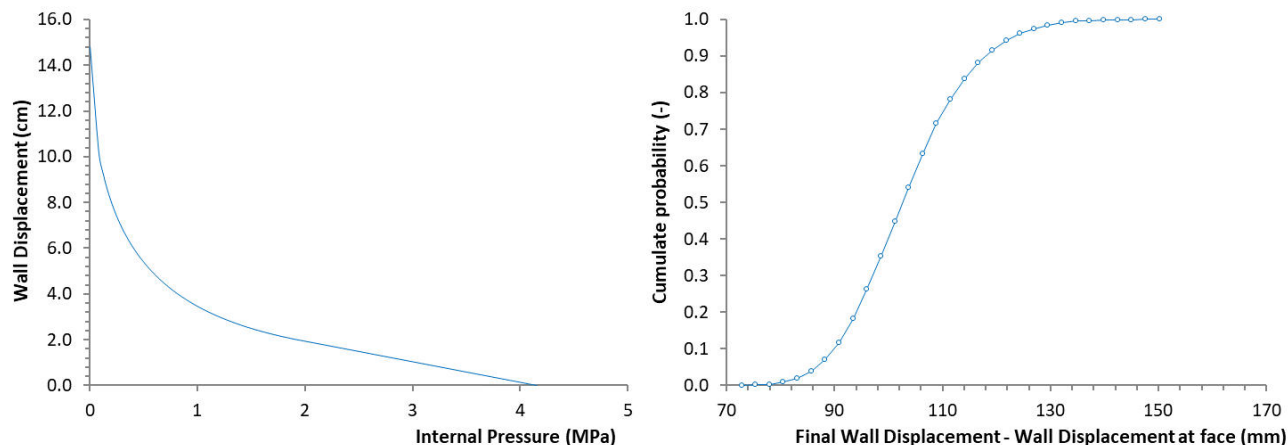


Figura 9-8 – Curva caratteristica del cavo riferita ai valori medi della distribuzione statistica considerata (sinistra), curva di distribuzione di frequenza cumulata dello spostamento finale del cavo al netto della preconvergenza (destra)

Tabella 9-23 – Sintesi delle distribuzioni statistiche ottenute per spostamento del cavo e raggio plastico finale e al fronte

Parametro	Unità	Media	Dev. Std.	Min	Max
u_{∞}	cm	14.93	1.58	10.52	21.69
u_{fronte}	cm	4.60	0.49	3.24	6.68
$R_{pl\infty}$	m	11.85	0.46	10.41	13.67
$R_{pl\text{fronte}}$	m	7.07	0.26	6.27	8.07

Tabella 9-24 – Sintesi della distribuzione di frequenza cumulata dello spostamento finale del cavo al netto della preconvergenza

Probabilità di non superamento (%)	u_{∞} (cm)	u_{fronte} (cm)	$u_{\infty} - u_{\text{fronte}}$ (cm)
50	14.93	4.60	10.33
60	15.22	4.69	10.54
70	15.66	4.82	10.84
80	16.23	4.99	11.23
90	17.05	5.25	11.80
95	17.76	5.47	12.29

9.2.9. Argille a Palombini – GR3b – H=280 m

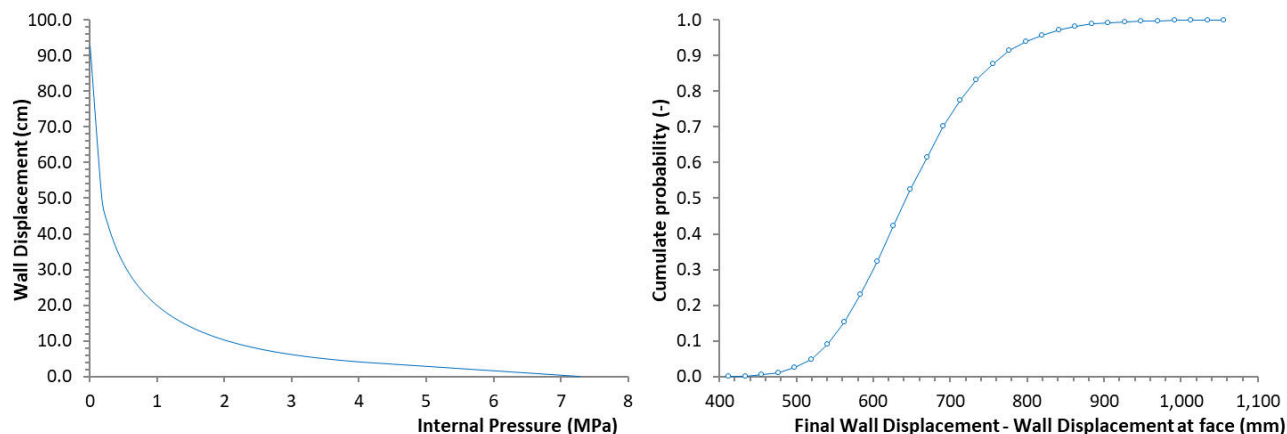


Figura 9-9 – Curva caratteristica del cavo riferita ai valori medi della distribuzione statistica considerata (sinistra), curva di distribuzione di frequenza cumulata dello spostamento finale del cavo al netto della preconvergenza (destra)

Tabella 9-25 – Sintesi delle distribuzioni statistiche ottenute per spostamento del cavo e raggio plastico finale e al fronte

Parametro	Unità	Media	Dev. Std.	Min	Max
u_{∞}	cm	94.05	12.74	59.54	152.51
u_{fronte}	cm	28.95	3.92	18.33	46.94
$R_{pl\infty}$	m	21.03	1.23	17.30	26.00
$R_{pl\text{fronte}}$	m	12.09	0.67	10.06	14.80

Tabella 9-26 – Sintesi della distribuzione di frequenza cumulata dello spostamento finale del cavo al netto della preconvergenza

Probabilità di non superamento (%)	u_{∞} (cm)	u_{fronte} (cm)	$u_{\infty} - u_{\text{fronte}}$ (cm)
50	94.05	28.95	65.10
60	96.21	29.61	66.60
70	99.77	30.71	69.06
80	104.25	32.09	72.16
90	111.03	34.17	76.86
95	117.15	36.06	81.09

9.2.10. Argille a Palombini – GR3b – H=160 m

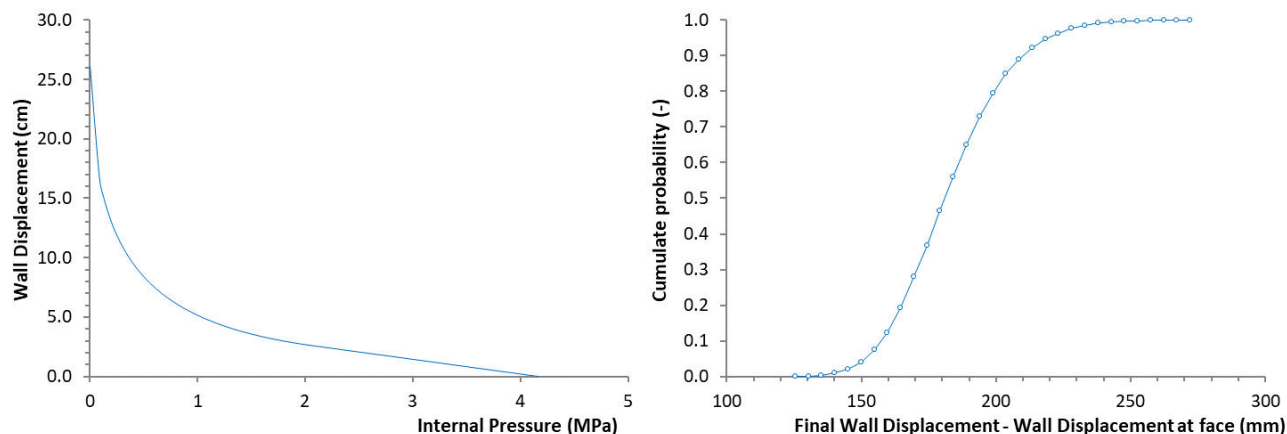


Figura 9-10 – Curva caratteristica del cavo riferita ai valori medi della distribuzione statistica considerata (sinistra), curva di distribuzione di frequenza cumulata dello spostamento finale del cavo al netto della preconvergenza (destra)

Tabella 9-27 – Sintesi delle distribuzioni statistiche ottenute per spostamento del cavo e raggio plastico finale e al fronte

Parametro	Unità	Media	Dev. Std.	Min	Max
u_{∞}	cm	26.36	2.97	18.13	39.30
u_{fronte}	cm	8.11	0.92	5.58	12.10
$R_{pl\infty}$	m	13.70	0.61	11.81	16.12
$R_{pl\text{fronte}}$	m	8.09	0.33	7.05	9.41

Tabella 9-28 – Sintesi della distribuzione di frequenza cumulata dello spostamento finale del cavo al netto della preconvergenza

Probabilità di non superamento (%)	u_{∞} (cm)	u_{fronte} (cm)	$u_{\infty} - u_{\text{fronte}}$ (cm)
50	26.36	8.11	18.25
60	26.91	8.28	18.63
70	27.75	8.54	19.21
80	28.77	8.85	19.91
90	30.34	9.34	21.00
95	31.69	9.75	21.94

9.2.11. Metabasalti – B' compatto – H=280 m

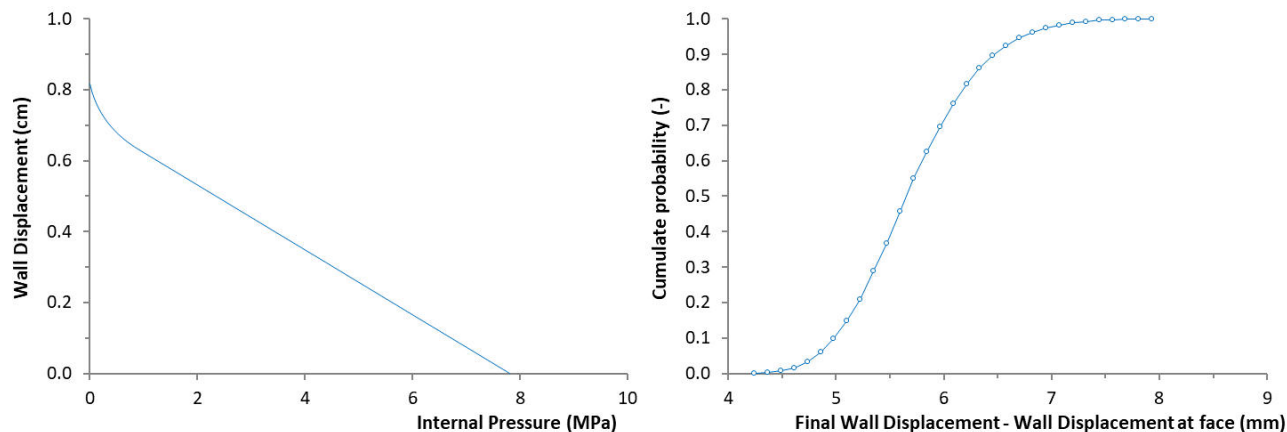


Figura 9-11 – Curva caratteristica del cavo riferita ai valori medi della distribuzione statistica considerata (sinistra), curva di distribuzione di frequenza cumulata dello spostamento finale del cavo al netto della preconvergenza (destra)

Tabella 9-29 – Sintesi delle distribuzioni statistiche ottenute per spostamento del cavo e raggio plastico finale e al fronte

Parametro	Unità	Media	Dev. Std.	Min	Max
u_{∞}	cm	0.82	0.08	0.61	1.15
u_{fronte}	cm	0.25	0.03	0.19	0.35
$R_{pl\infty}$	m	5.43	0.06	5.25	5.67
$R_{pl\text{fronte}}$	m	4.88	0.00	4.88	4.88

Tabella 9-30 – Sintesi della distribuzione di frequenza cumulata dello spostamento finale del cavo al netto della preconvergenza

Probabilità di non superamento (%)	u_{∞} (cm)	u_{fronte} (cm)	$u_{\infty} - u_{\text{fronte}}$ (cm)
50	0.82	0.25	0.57
60	0.84	0.26	0.58
70	0.86	0.27	0.60
80	0.89	0.27	0.62
90	0.94	0.29	0.65
95	0.97	0.30	0.67

9.2.12. Metabasalti – B' compatto – H=160 m

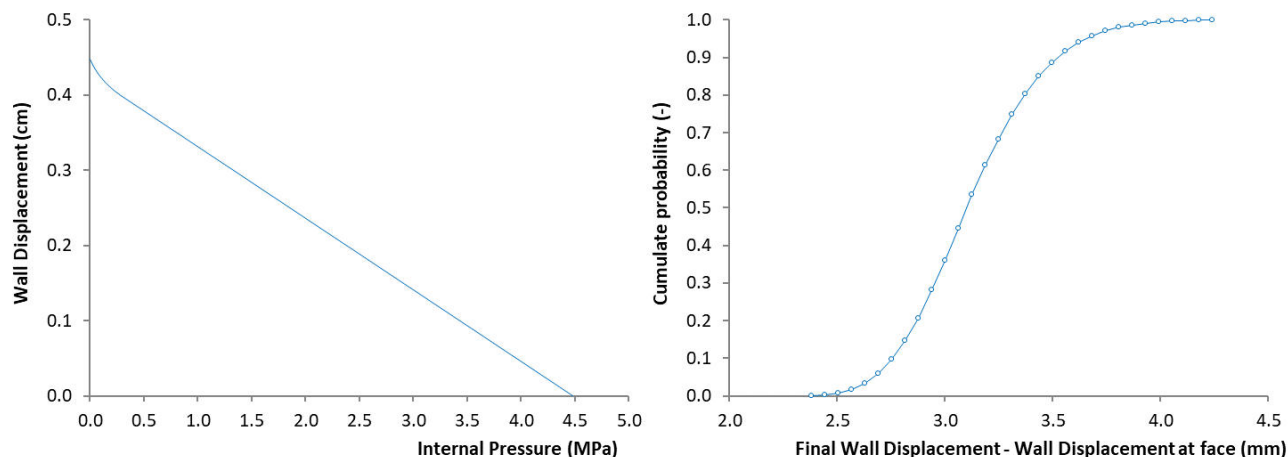


Figura 9-12 – Curva caratteristica del cavo riferita ai valori medi della distribuzione statistica considerata (sinistra), curva di distribuzione di frequenza cumulata dello spostamento finale del cavo al netto della preconvergenza (destra)

Tabella 9-31 – Sintesi delle distribuzioni statistiche ottenute per spostamento del cavo e raggio plastico finale e al fronte

Parametro	Unità	Media	Dev. Std.	Min	Max
u_{∞}	cm	0.45	0.04	0.34	0.61
u_{fronte}	cm	0.14	0.01	0.11	0.19
$R_{pl\infty}$	m	5.14	0.03	5.04	5.27
$R_{pl\text{fronte}}$	m	4.88	0.00	4.88	4.88

Tabella 9-32 – Sintesi della distribuzione di frequenza cumulata dello spostamento finale del cavo al netto della preconvergenza

Probabilità di non superamento (%)	u_{∞} (cm)	u_{fronte} (cm)	$u_{\infty} - u_{\text{fronte}}$ (cm)
50	0.45	0.14	0.31
60	0.46	0.14	0.32
70	0.47	0.15	0.33
80	0.49	0.15	0.34
90	0.51	0.16	0.35
95	0.53	0.16	0.37

9.2.13. Metabasalti – B' fratturato – H=280 m

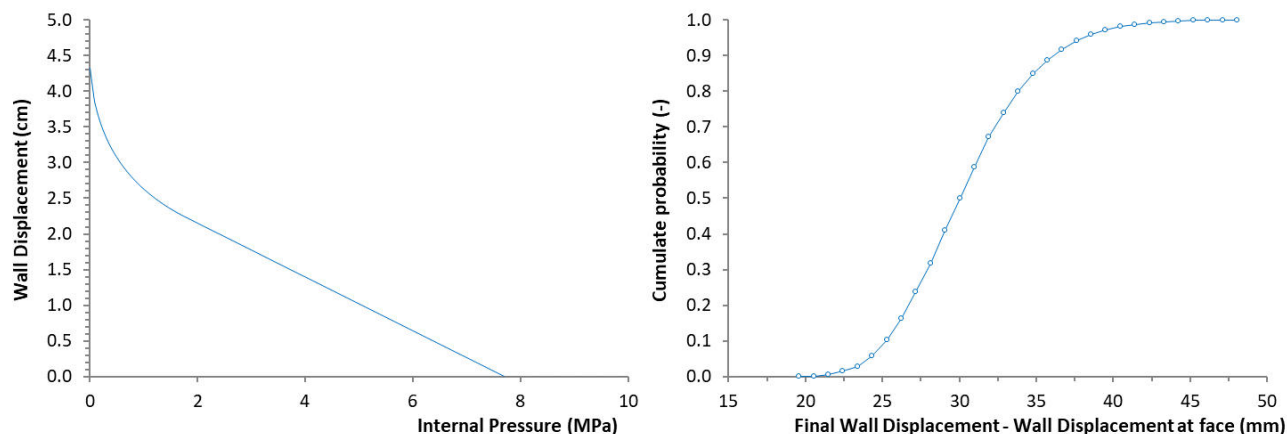


Figura 9-13 – Curva caratteristica del cavo riferita ai valori medi della distribuzione statistica considerata (sinistra), curva di distribuzione di frequenza cumulata dello spostamento finale del cavo al netto della preconvergenza (destra)

Tabella 9-33 – Sintesi delle distribuzioni statistiche ottenute per spostamento del cavo e raggio plastico finale e al fronte

Parametro	Unità	Media	Dev. Std.	Min	Max
u_{∞}	cm	4.39	0.61	2.83	6.94
u_{fronte}	cm	1.35	0.19	0.87	2.14
$R_{pl\infty}$	m	6.48	0.16	6.03	7.19
$R_{pl\text{fronte}}$	m	4.88	0.00	4.88	4.88

Tabella 9-34 – Sintesi della distribuzione di frequenza cumulata dello spostamento finale del cavo al netto della preconvergenza

Probabilità di non superamento (%)	u_{∞} (cm)	u_{fronte} (cm)	$u_{\infty} - u_{\text{fronte}}$ (cm)
50	4.39	1.35	3.04
60	4.49	1.38	3.11
70	4.67	1.44	3.23
80	4.89	1.50	3.38
90	5.22	1.61	3.61
95	5.49	1.69	3.80

9.2.14. Metabasalti – B' fratturato – H=160 m

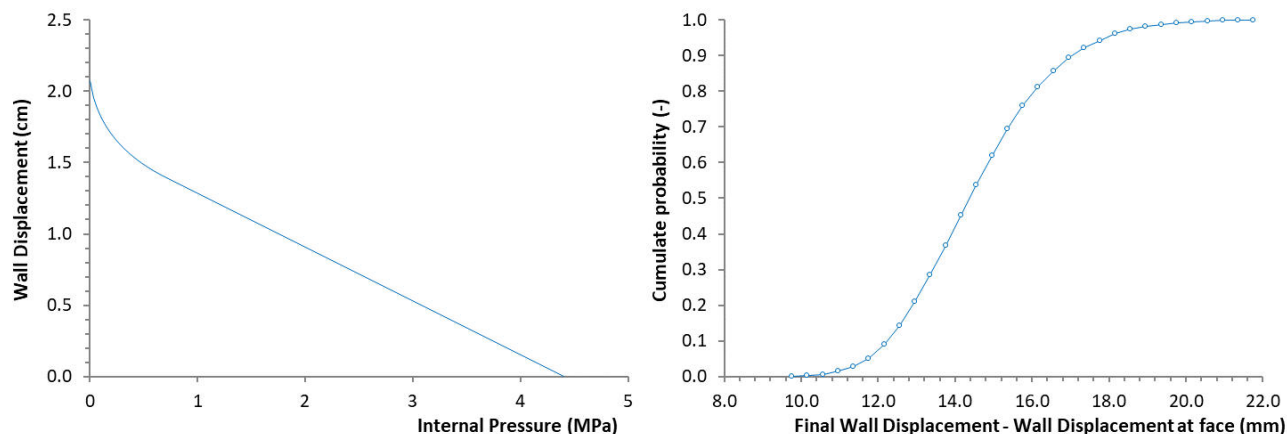


Figura 9-14 – Curva caratteristica del cavo riferita ai valori medi della distribuzione statistica considerata (sinistra), curva di distribuzione di frequenza cumulata dello spostamento finale del cavo al netto della preconvergenza (destra)

Tabella 9-35 – Sintesi delle distribuzioni statistiche ottenute per spostamento del cavo e raggio plastico finale e al fronte

Parametro	Unità	Media	Dev. Std.	Min	Max
u_{∞}	cm	2.10	0.27	1.41	3.14
u_{fronte}	cm	0.65	0.08	0.43	0.97
$R_{pl\infty}$	m	5.78	0.09	5.50	6.20
$R_{pl\text{fronte}}$	m	4.88	0.00	4.88	4.88

Tabella 9-36 – Sintesi della distribuzione di frequenza cumulata dello spostamento finale del cavo al netto della preconvergenza

Probabilità di non superamento (%)	u_{∞} (cm)	u_{fronte} (cm)	$u_{\infty} - u_{\text{fronte}}$ (cm)
50	2.10	0.65	1.45
60	2.15	0.66	1.49
70	2.22	0.68	1.54
80	2.32	0.71	1.61
90	2.46	0.76	1.70
95	2.59	0.80	1.79

9.2.15. Metabasalti – B' molto fratturato – H=280 m

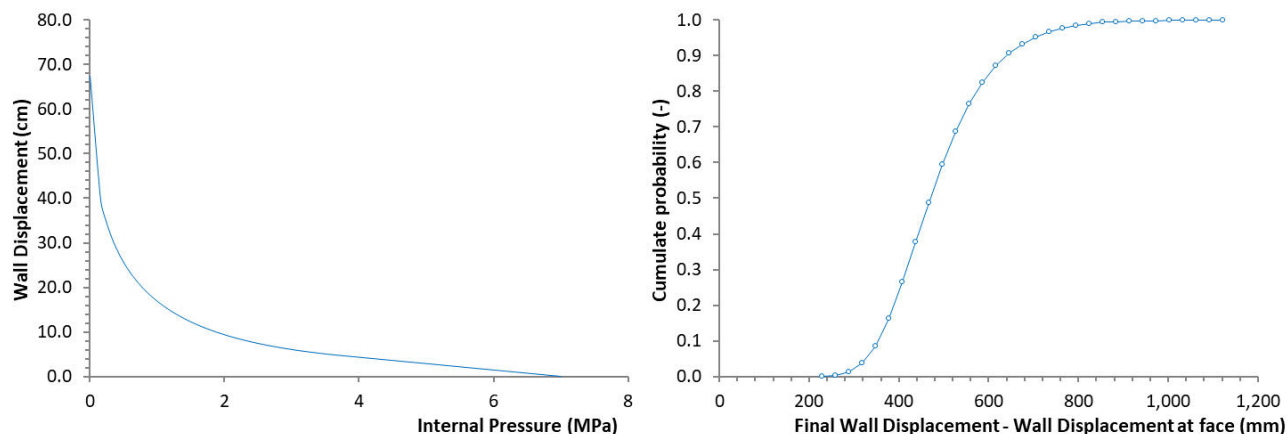


Figura 9-15 – Curva caratteristica del cavo riferita ai valori medi della distribuzione statistica considerata (sinistra), curva di distribuzione di frequenza cumulata dello spostamento finale del cavo al netto della preconvergenza (destra)

Tabella 9-37 – Sintesi delle distribuzioni statistiche ottenute per spostamento del cavo e raggio plastico finale e al fronte

Parametro	Unità	Media	Dev. Std.	Min	Max
u_{∞}	cm	70.12	16.62	32.96	161.95
u_{fronte}	cm	21.58	5.14	10.15	49.85
$R_{pl\infty}$	m	16.31	1.52	12.22	23.46
$R_{pl\text{fronte}}$	m	9.52	0.83	7.28	13.41

Tabella 9-38 – Sintesi della distribuzione di frequenza cumulata dello spostamento finale del cavo al netto della preconvergenza

Probabilità di non superamento (%)	u_{∞} (cm)	u_{fronte} (cm)	$u_{\infty} - u_{\text{fronte}}$ (cm)
50	67.88	20.89	46.99
60	71.91	22.13	49.77
70	76.68	23.60	53.07
80	82.79	25.48	57.30
90	92.28	28.40	63.88
95	101.22	31.16	70.07

9.2.16. Metabasalti – B' molto fratturato – H=160 m

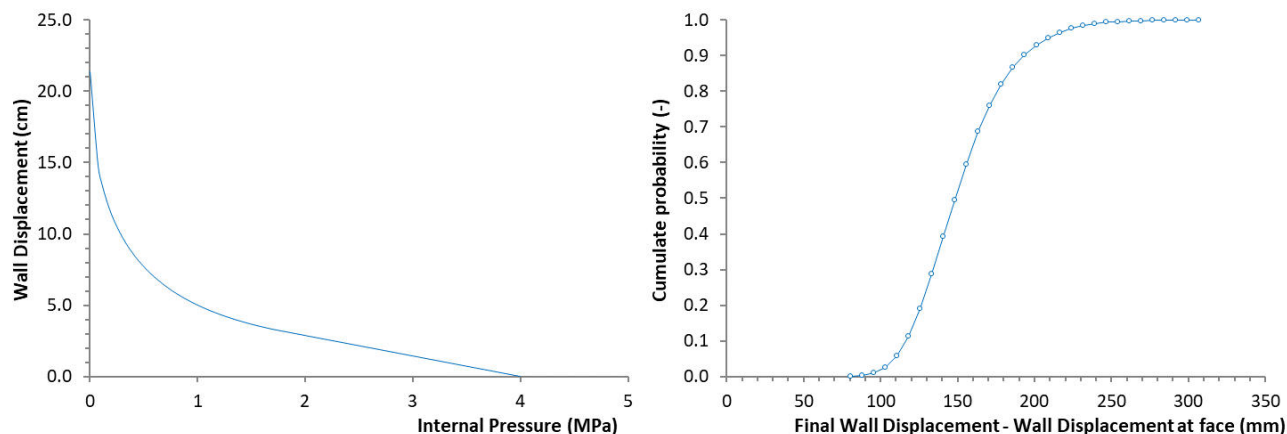


Figura 9-16 – Curva caratteristica del cavo riferita ai valori medi della distribuzione statistica considerata (sinistra), curva di distribuzione di frequenza cumulata dello spostamento finale del cavo al netto della preconvergenza (destra)

Tabella 9-39 – Sintesi delle distribuzioni statistiche ottenute per spostamento del cavo e raggio plastico finale e al fronte

Parametro	Unità	Media	Dev. Std.	Min	Max
u_{∞}	cm	21.98	4.41	11.60	44.35
u_{fronte}	cm	6.77	1.36	3.57	13.65
$R_{pl\infty}$	m	11.37	0.81	9.13	15.08
$R_{pl\text{fronte}}$	m	6.80	0.45	5.53	8.84

Tabella 9-40 – Sintesi della distribuzione di frequenza cumulata dello spostamento finale del cavo al netto della preconvergenza

Probabilità di non superamento (%)	u_{∞} (cm)	u_{fronte} (cm)	$u_{\infty} - u_{\text{fronte}}$ (cm)
50	21.98	6.77	15.21
60	22.58	6.95	15.63
70	23.80	7.33	16.48
80	25.43	7.83	17.60
90	27.89	8.58	19.30
95	30.14	9.28	20.86

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 85 di 195

9.3. Previsione del comportamento degli ammassi secondo approccio deterministico

9.3.1. Note introduttive

Nel presente paragrafo si riportano le analisi di stabilità condotte per le sezioni rappresentative mediante metodi semplificati che hanno portato alla determinazione del comportamento dell'ammasso allo scavo. In questa prima fase si considera il cavo in condizioni intrinseche, cioè in assenza di interventi e/o senza alcuna pressione applicata al fronte.

Si vuole determinare il comportamento dell'ammasso allo scavo per le suddivisioni operate sui litotipi precedentemente esaminati, in funzione anche dei carichi litostatici dovuti alle differenti coperture riscontrate lungo il tracciato della galleria in oggetto.

Nella fase di diagnosi, sulla base degli elementi raccolti nella fase conoscitiva, sono sviluppate le previsioni sul comportamento deformativo del fronte e del cavo in assenza di interventi, al fine di giungere all'individuazione di tratte a comportamento omogeneo, suddivise nelle tre categorie di comportamento precedentemente descritte.

Gli strumenti numerici adottati fanno riferimento ad analisi di stabilità del fronte (metodi di analisi all'equilibrio limite, soluzioni in forma chiusa):

- Tamez (1997)
- Panet (1990)

9.3.2. Stabilità del fronte di scavo

Per quanto riguarda le analisi di stabilità del fronte, queste sono state condotte per ogni formazione incontrata della galleria considerando le coperture rappresentative nell'ambito degli specifici contesti geologici.

Nel seguito sono riepilogate le analisi svolte e i risultati ottenuti per i metodi considerati. Nelle analisi si è proceduto a valutare la sola stabilità del fronte, escludendo pertanto l'instaurarsi di potenziali meccanismi di scivolamento del cuneo di calotta, stante la tecnologia di scavo applicata (azione di confinamento attuata dallo scudo della fresa, immediatamente a valle del fronte di scavo).

Le analisi sono condotte ipotizzando che il cinematismo potenzialmente instabile al fronte di scavo non risenta della presenza della falda (si vedano considerazioni precedentemente sviluppate in merito all'instaurarsi delle condizioni idro-meccaniche non drenate o drenate al fronte di scavo).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 86 di 195

Formazione: Argille a Palombini

ANALISI DI STABILITA' DEL FRONTE - FASE DI DIAGNOSI (Tamez, 1997)

Formazione	Copertura (m)	D _{eq} (m)	γ_n (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (°)	FS _g	Comportamento
Ap_GR1/45/30	155	9.75	27	695	40	4.98	A
Ap_GR1/50/30	155	9.75	27	760	40	5.27	A
Ap_GR1/55/30	155	9.75	27	830	40	5.43	A
Ap_GR1/45/40	155	9.75	27	775	40	5.30	A
Ap_GR1/50/40	155	9.75	27	850	40	5.48	A
Ap_GR1/55/40	155	9.75	27	940	40	5.70	A
Ap_GR2a/40/10	155	9.75	27	465	37	3.69	A
Ap_GR2a/45/10	155	9.75	27	500	38	3.91	A
Ap_GR2a/42.5/11	155	9.75	27	500	38	3.91	A
Ap_GR2a/40/12	155	9.75	27	495	38	3.89	A
Ap_GR2a/45/12	155	9.75	27	535	38	4.08	A
Ap_GR2b/35/10	155	9.75	27	390	33	3.14	A
Ap_GR2b/40/10	155	9.75	27	430	33	3.31	A
Ap_GR2b/37.5/11	155	9.75	27	425	33	3.29	A
Ap_GR2b/35/12	155	9.75	27	420	33	3.27	A
Ap_GR2b/40/12	155	9.75	27	455	33	3.42	A
Ap_GR3a/30/5	155	9.75	26	280	27	2.41	A
Ap_GR3a/35/5	155	9.75	26	305	29	2.62	A
Ap_GR3a/32.5/6	155	9.75	26	310	29	2.64	A
Ap_GR3a/30/7	155	9.75	26	315	30	2.72	A
Ap_GR3a/35/7	155	9.75	26	345	30	2.85	A
Ap_GR3b/25/5	155	9.75	26	250	26	2.24	A
Ap_GR3b/30/5	155	9.75	26	280	27	2.41	A
Ap_GR3b/27.5/6	155	9.75	26	280	27	2.41	A
Ap_GR3b/25/7	155	9.75	26	280	27	2.41	A
Ap_GR3b/30/7	155	9.75	26	315	27	2.56	A
Ap_GR1/45/30	275	9.75	27	990	40	4.46	A
Ap_GR1/50/30	275	9.75	27	1070	40	4.68	A
Ap_GR1/55/30	275	9.75	27	1165	40	4.95	A
Ap_GR1/45/40	275	9.75	27	1100	40	4.77	A
Ap_GR1/50/40	275	9.75	27	1195	40	5.03	A
Ap_GR1/55/40	275	9.75	27	1300	40	5.33	A
Ap_GR2a/40/10	275	9.75	27	665	32	3.15	A
Ap_GR2a/45/10	275	9.75	27	720	34	3.39	A
Ap_GR2a/42.5/11	275	9.75	27	715	33	3.32	A
Ap_GR2a/40/12	275	9.75	27	710	34	3.37	A
Ap_GR2a/45/12	275	9.75	27	765	34	3.51	A

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 87 di 195

Ap_GR2b/35/10	275	9.75	27	560	29	2.74	A
Ap_GR2b/40/10	275	9.75	27	610	30	2.91	A
Ap_GR2b/37.5/11	275	9.75	27	605	30	2.89	A
Ap_GR2b/35/12	275	9.75	27	600	30	2.88	A
Ap_GR2b/40/12	275	9.75	27	650	30	3.00	A
Ap_GR3a/30/5	275	9.75	26	395	23	2.07	A
Ap_GR3a/35/5	275	9.75	26	435	25	2.27	A
Ap_GR3a/32.5/6	275	9.75	26	445	25	2.30	A
Ap_GR3a/30/7	275	9.75	26	450	26	2.36	A
Ap_GR3a/35/7	275	9.75	26	490	27	2.51	A
Ap_GR3b/25/5	275	9.75	26	355	22	1.93	B
Ap_GR3b/30/5	275	9.75	26	395	23	2.07	A
Ap_GR3b/27.5/6	275	9.75	26	400	24	2.14	A
Ap_GR3b/25/7	275	9.75	26	405	24	2.15	A
Ap_GR3b/30/7	275	9.75	26	450	24	2.25	A

Tabella 9-41 – Riepilogo analisi di stabilità - Fase di diagnosi (Tamez, 1997)

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 88 di 195

ANALISI DI STABILITA' DEL FRONTE - FASE DI DIAGNOSI (Panet, 1990)

Formazione	Copertura (m)	z ₀ (m)	γ (kN/m³)	GSI (-)	σ _{ci} (MPa)	m _i	λ _e	Comportamento
Ap_GR1/45/30	155	160	27	45	30	17.5	0.85	A
Ap_GR1/50/30	155	160	27	50			0.89	A
Ap_GR1/55/30	155	160	27	55			0.92	A
Ap_GR1/45/40	155	160	27	45	40		0.91	A
Ap_GR1/50/40	155	160	27	50			0.95	A
Ap_GR1/55/40	155	160	27	55			0.99	A
Ap_GR2a/40/10	155	160	27	40	10	22.5	0.66	A
Ap_GR2a/45/10	155	160	27	45	10		0.69	A
Ap_GR2a/42.5/11	155	160	27	42.5	11		0.69	A
Ap_GR2a/40/12	155	160	27	40	12		0.69	A
Ap_GR2a/45/12	155	160	27	45			0.72	A
Ap_GR2b/35/10	155	160	27	35	10	17.5	0.60	B
Ap_GR2b/40/10	155	160	27	40			0.63	A
Ap_GR2b/37.5/11	155	160	27	37.5	11		0.63	A
Ap_GR2b/35/12	155	160	27	35	12		0.63	A
Ap_GR2b/40/12	155	160	27	40			0.66	A
Ap_GR3a/30/5	155	160	26	30	5	19	0.49	B
Ap_GR3a/35/5	155	160	26	35			0.51	B
Ap_GR3a/32.5/6	155	160	26	32.5	6		0.53	B
Ap_GR3a/30/7	155	160	26	30	7		0.54	B
Ap_GR3a/35/7	155	160	26	35			0.56	B
Ap_GR3b/25/5	155	160	26	25	5		0.46	B
Ap_GR3b/30/5	155	160	26	30			0.49	B
Ap_GR3b/27.5/6	155	160	26	27.5	6		0.50	B
Ap_GR3b/25/7	155	160	26	25	7		0.51	B
Ap_GR3b/30/7	155	160	26	30			0.54	B
Ap_GR1/45/30	275	280	27	45	30	17.5	0.75	A
Ap_GR1/50/30	275	280	27	50			0.78	A
Ap_GR1/55/30	275	280	27	55			0.81	A
Ap_GR1/45/40	275	280	27	45	40		0.80	A
Ap_GR1/50/40	275	280	27	50			0.83	A
Ap_GR1/55/40	275	280	27	55			0.87	A
Ap_GR2a/40/10	275	280	27	40	10	22.5	0.58	B
Ap_GR2a/45/10	275	280	27	45			0.60	A
Ap_GR2a/42.5/11	275	280	27	42.5	11		0.60	A
Ap_GR2a/40/12	275	280	27	40	12		0.60	A
Ap_GR2a/45/12	275	280	27	45			0.63	A
Ap_GR2b/35/10	275	280	27	35	10	17.5	0.52	B
Ap_GR2b/40/10	275	280	27	40			0.54	B
Ap_GR2b/37.5/11	275	280	27	37.5	11		0.54	B

Ap_GR2b/35/12	275	280	27	35	12	19	0.54	B
Ap_GR2b/40/12	275	280	27	40			0.57	B
Ap_GR3a/30/5	275	280	26	30	5		0.42	B
Ap_GR3a/35/5	275	280	26	35			0.44	B
Ap_GR3a/32.5/6	275	280	26	32.5	6		0.45	B
Ap_GR3a/30/7	275	280	26	30	7		0.46	B
Ap_GR3a/35/7	275	280	26	35			0.48	B
Ap_GR3b/25/5	275	280	26	25	5		0.39	B
Ap_GR3b/30/5	275	280	26	30			0.42	B
Ap_GR3b/27.5/6	275	280	26	27.5	6		0.43	B
Ap_GR3b/25/7	275	280	26	25	7		0.44	B
Ap_GR3b/30/7	275	280	26	30			0.46	B

Tabella 9-42 – Riepilogo analisi di stabilità - Fase di diagnosi (Panet, 1990)

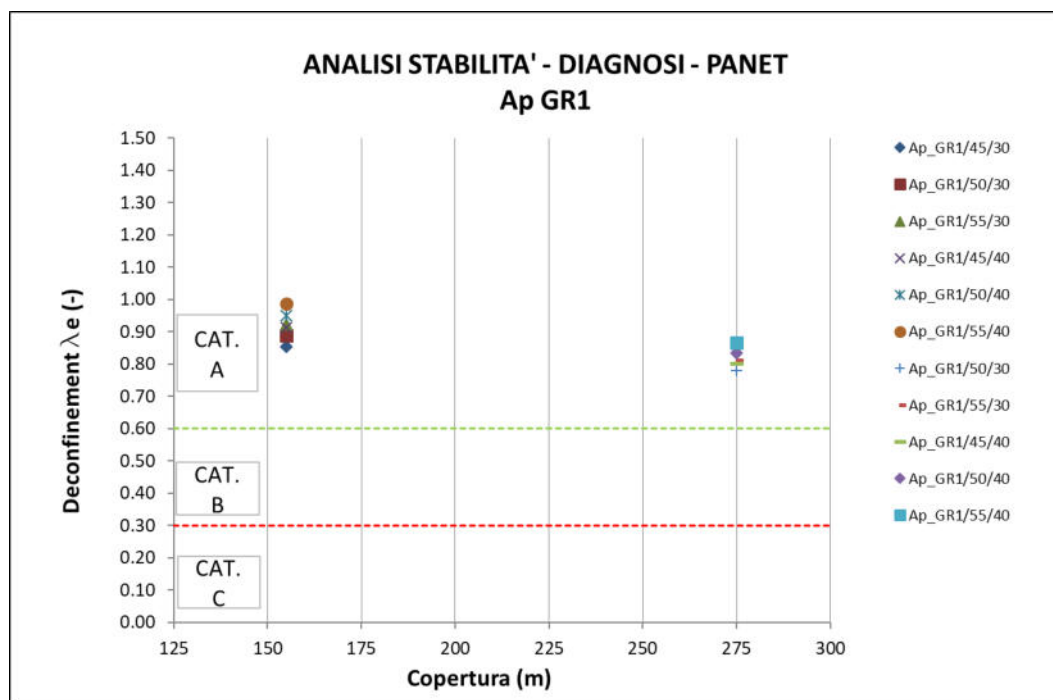


Figura 9-17 – Risultati analisi di stabilità - Fase di diagnosi (Panet, 1990)

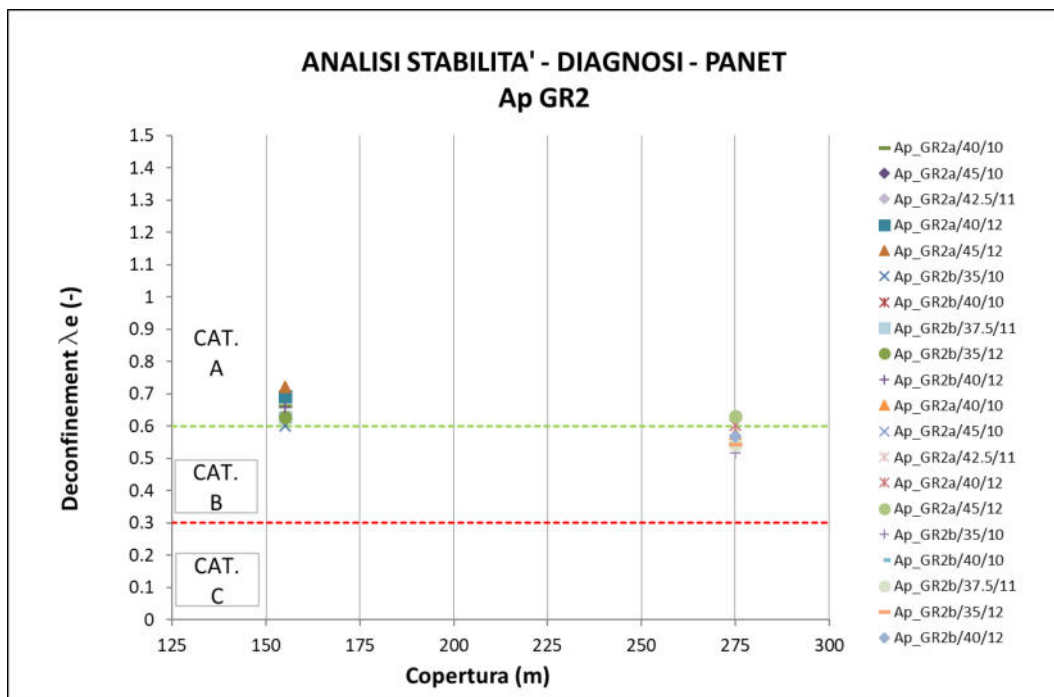


Figura 9-18 – Risultati analisi di stabilità - Fase di diagnosi (Panet, 1990)

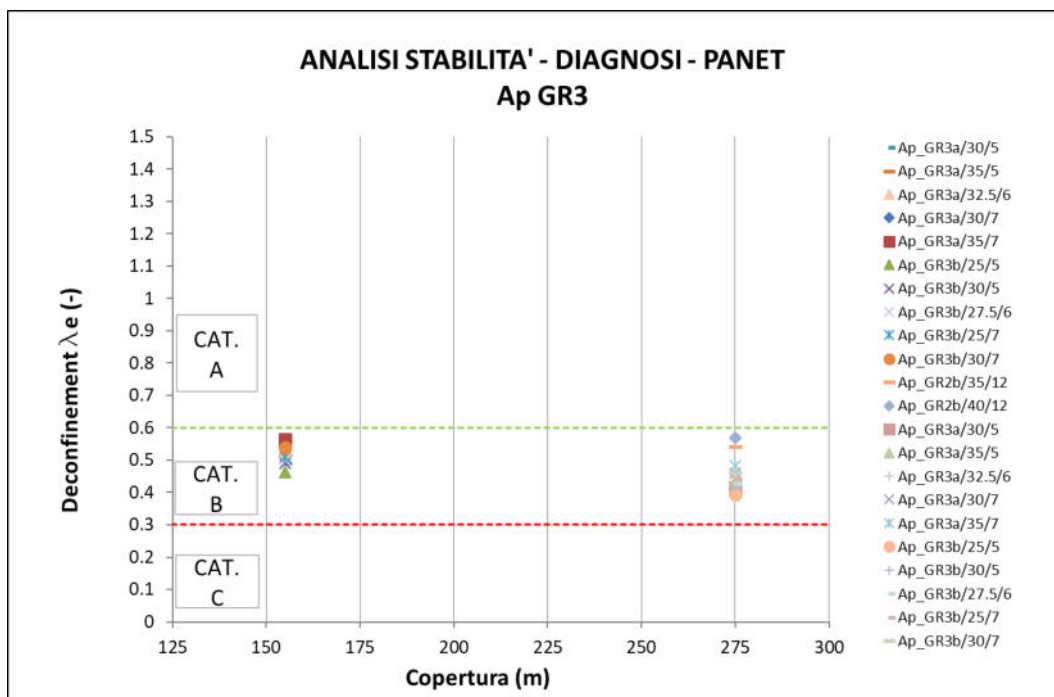


Figura 9-19 – Risultati analisi di stabilità - Fase di diagnosi (Panet, 1990)

Formazione: Metabasalti

ANALISI DI STABILTA' DEL FRONTE - FASE DI DIAGNOSI (Tamez, 1997)

Formazione	Copertura (m)	D _{eq} (m)	γ_n (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (°)	FS _g	Comportamento
B' - compatto/50/40	155	9.75	28	946	40	5.63	A
B' - compatto/55/40	155	9.75	28	1033	40	5.83	A
B' - compatto/60/40	155	9.75	28	1136	40	6.07	A
B' - fratturato/40/20	155	9.75	27.5	621	38	4.43	A
B' - fratturato/45/20	155	9.75	27.5	671	38	4.66	A
B' - fratturato/50/20	155	9.75	27.5	725	38	4.92	A
B' - fratturato/40/25	155	9.75	27.5	671	38	4.66	A
B' - fratturato/45/25	155	9.75	27.5	727	38	4.93	A
B' - fratturato/50/25	155	9.75	27.5	786	38	5.20	A
B' - molto fratturato/20/9	155	9.75	25	266	27	2.40	A
B' - molto fratturato/25/9	155	9.75	25	302	27	2.55	A
B' - molto fratturato/30/9	155	9.75	25	337	27	2.70	A
B' - compatto/50/40	275	9.75	28	1347	40	5.32	A
B' - compatto/55/40	275	9.75	28	1457	40	5.48	A
B' - compatto/60/40	275	9.75	28	1582	19	5.64	A
B' - fratturato/40/20	275	9.75	27.5	893	34	3.79	A
B' - fratturato/45/20	275	9.75	27.5	964	34	3.96	A
B' - fratturato/50/20	275	9.75	27.5	1038	34	4.15	A
B' - fratturato/40/25	275	9.75	27.5	966	34	3.97	A
B' - fratturato/45/25	275	9.75	27.5	1043	34	4.16	A
B' - fratturato/50/25	275	9.75	27.5	1124	34	4.36	A
B' - molto fratturato/20/9	275	9.75	25	381	24	2.13	A
B' - molto fratturato/25/9	275	9.75	25	432	24	2.25	A
B' - molto fratturato/30/9	275	9.75	25	480	24	2.36	A

Tabella 9-43 – Riepilogo analisi di stabilità - Fase di diagnosi (Tamez, 1997)

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 92 di 195

ANALISI DI STABILITA' DEL FRONTE - FASE DI DIAGNOSI (Panet, 1990)

Formazione	Copertura (m)	Z ₀ (m)	γ (kN/m ³)	GSI (-)	σ _{ci} (MPa)	m _i	λ _e	Comportamento
B' - compatto/50/40	155	160	28	50	40	25	0.98	A
B' - compatto/55/40	155	160		55			1.02	A
B' - compatto/60/40	155	160		60			1.05	A
B' - fratturato/40/20	155	160	27.5	40	20	25	0.79	A
B' - fratturato/45/20	155	160		45			0.82	A
B' - fratturato/50/20	155	160		50			0.85	A
B' - fratturato/40/25	155	160		40	25	25	0.83	A
B' - fratturato/45/25	155	160		45			0.86	A
B' - fratturato/50/25	155	160		50			0.89	A
B' - molto fratturato/20/9	155	160	25	20	9	19	0.52	B
B' - molto fratturato/25/9	155	160		25			0.55	B
B' - molto fratturato/30/9	155	160		30			0.58	B
B' - compatto/50/40	275	280	28	50	40	25	0.87	A
B' - compatto/55/40	275	280		55			0.90	A
B' - compatto/60/40	275	280		60			0.93	A
B' - fratturato/40/20	275	280	27.5	40	20	25	0.70	A
B' - fratturato/45/20	275	280		45			0.72	A
B' - fratturato/50/20	275	280		50			0.75	A
B' - fratturato/40/25	275	280		40	25	25	0.73	A
B' - fratturato/45/25	275	280		45			0.76	A
B' - fratturato/50/25	275	280		50			0.79	A
B' - molto fratturato/20/9	275	280	25	20	9	19	0.45	B
B' - molto fratturato/25/9	275	280		25			0.47	B
B' - molto fratturato/30/9	275	280		30			0.50	B

Tabella 9-44 – Riepilogo analisi di stabilità - Fase di diagnosi (Panet, 1990)

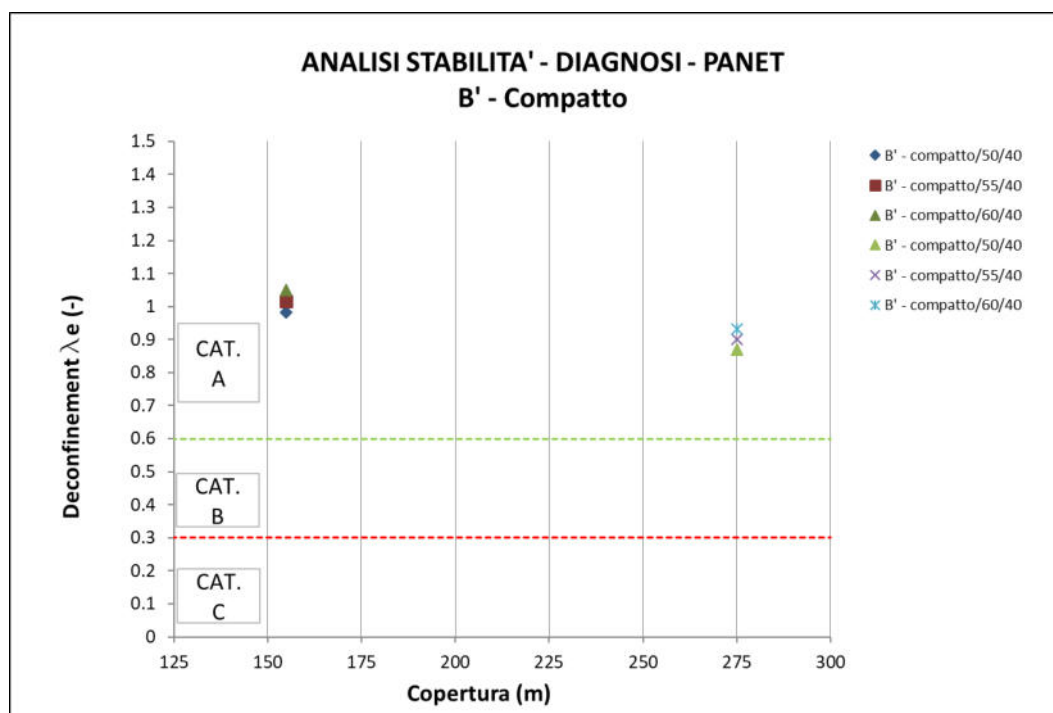


Figura 9-20 – Risultati analisi di stabilità - Fase di diagnosi (Panet, 1990)

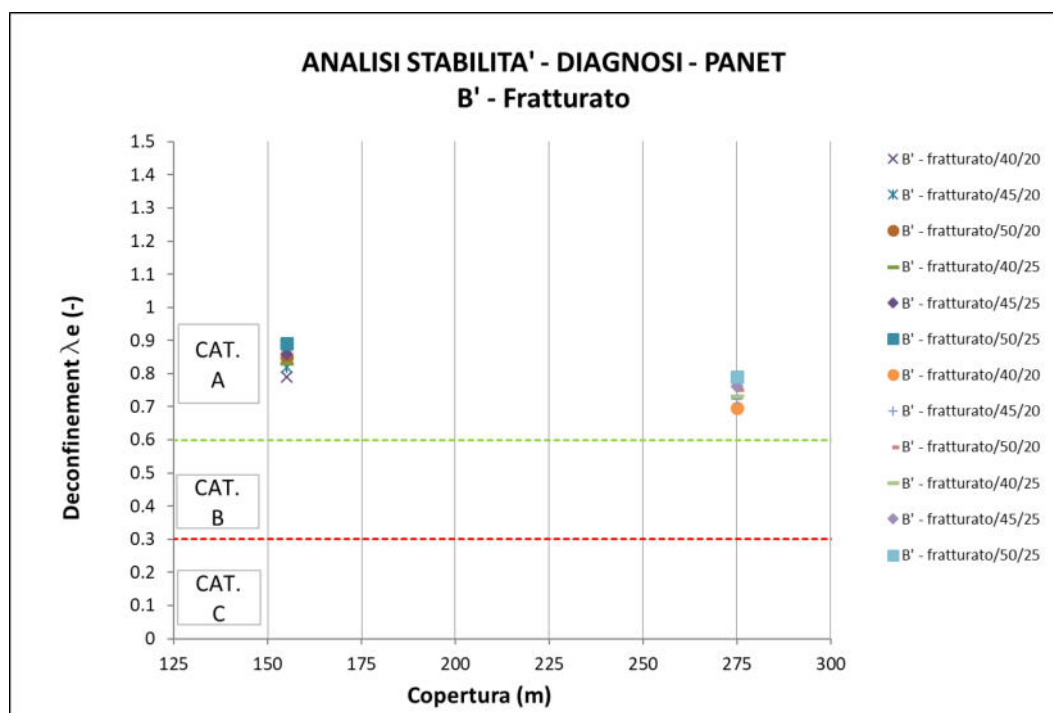


Figura 9-21 – Risultati analisi di stabilità - Fase di diagnosi (Panet, 1990)

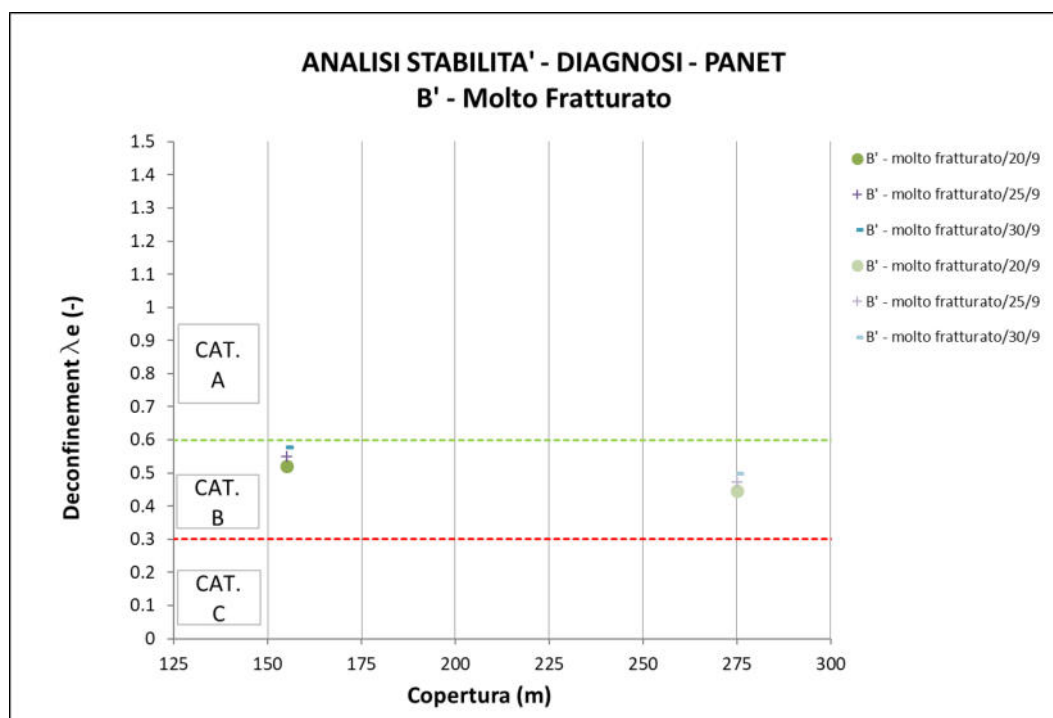


Figura 9-22 – Risultati analisi di stabilità - Fase di diagnosi (Panet, 1990)

9.4. Conclusioni

Nel presente paragrafo vengono riassunte le principali informazioni fornite dai risultati della fase di diagnosi, condotta sia con analisi probabilistiche che deterministiche, le quali consentono di valutare efficacemente le strategie di calcolo da adottare in fase di terapia.

9.4.1. Analisi probabilistica

In particolare, l'analisi probabilistica con il metodo delle curve caratteristiche ha fornito importanti informazioni preliminari riguardo alle possibili criticità legate allo scavo con TBM all'interno delle formazioni presenti considerando il range di variabilità delle condizioni previste (copertura e parametri dell'ammasso). In Tabella 9-40 è riportato un riepilogo dei principali parametri ottenuti, con particolare riferimento agli spostamenti radiali del cavo, depurati della preconvergenza, per due diverse probabilità di non superamento, ovvero al 50% (valore medio) e al 95%, le quali tengono conto dei possibili scenari di variabilità dei parametri geomeccanici per ognuna delle formazioni previste. In tabella è stata evidenziata in verde la condizione di nessuna interazione tra ammasso e scudo in configurazione di scavo standard ($\Phi = 9770$ mm), in giallo la condizione di nessuna interazione in configurazione di layout maggiorato ($\Phi = 9820$ mm) e in rosso la condizione di possibile interazione tra ammasso e scudo. Su queste basi, è possibile effettuare le seguenti considerazioni:

- Nel gruppo GR1 si esclude la possibilità di interazione tra ammasso roccioso e scudo con qualsiasi configurazione di scavo e copertura ($u_{\text{cavo}} - u_{\text{fr}} < 4$ cm);

- Nel gruppo GR2a non è prevista interazione tra ammasso roccioso e scudo ($u_{cavo} - u_{fr} < 6.5$ cm) garantendo un ulteriore extrascavo radiale di 2.5 cm (configurazione 2 – layout maggiorato); in configurazione di scavo standard non è invece possibile escludere la possibilità di contatto alle massime coperture, anche se con una probabilità di accadimento molto limitata;
- Nel gruppo GR2b in corrispondenza di coperture minime è poco probabile l'interazione tra ammasso roccioso e scudo in configurazione standard, mentre con l'aumentare della copertura non è possibile escludere che ci sia contatto con alcune componenti dello scudo anche con layout della testa maggiorato;
- Nei gruppi geomeccanici GR3a e GR3b è probabile che ci sia contatto tra scudo e ammasso con qualsiasi configurazione di scavo e copertura;
- Nei Metabasalti si prevede la possibilità di interazione scudo-ammasso solo nel gruppo maggiormente fratturato, con i tre gruppi B' compatto, B' fratturato e B' molto fratturato che evidenziano mediamente condizioni deformative meno gravose rispettivamente a GR1, GR2 e GR3 delle Argille a Palombini;
- Tipicamente non si osservano significative differenze sia in termini di risposta deformativa che di interazione tra ammasso e componenti dello scudo al variare della probabilità di accadimento all'interno dello stesso gruppo geomeccanico.

Tabella 9-45 – Riassunto dei risultati ottenuti dall'analisi della risposta tenso-deformativa del cavo
 (*cdf = cumulative distribution function); verde = nessun contatto scudo-ammasso in configurazione standard; giallo = nessun contatto scudo-ammasso in configurazione 2; rosso = possibile interazione scudo-ammasso

Gruppo geo	H [m]	Cdf 50%			cdf 95%		
		u_{cavo} [cm]	u_{fr} [cm]	$u_{cavo}-u_{fr}$ [cm]	u_{cavo} [cm]	u_{fr} [cm]	$u_{cavo}-u_{fr}$ [cm]
GR1	160	0.75	0.23	0.52	0.89	0.27	0.62
	280	1.55	0.48	1.07	1.86	0.57	1.29
GR2a	160	2.66	0.82	1.84	2.99	0.92	2.07
	280	6.70	2.06	4.64	7.66	2.36	5.30
GR2b	160	5.18	1.59	3.58	5.93	1.82	4.10
	280	14.59	4.49	10.10	17.07	5.25	11.82
GR3a	160	14.93	4.60	10.33	17.76	5.47	12.29
	280	49.57	15.26	34.31	60.84	18.73	42.12
GR3b	160	26.36	8.11	18.25	31.69	9.75	21.94
	280	94.05	28.95	65.10	117.15	36.06	81.09
B' compatto	160	0.45	0.14	0.31	0.53	0.16	0.37
	280	0.82	0.25	0.57	0.97	0.30	0.67
B' fratturato	160	2.10	0.65	1.45	2.59	0.80	1.79
	280	4.39	1.35	3.04	5.49	1.69	3.80
B' molto fratturato	160	21.98	6.77	15.21	30.14	9.28	20.86
	280	67.88	20.89	46.99	101.22	31.16	70.07

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 96 di 195

9.4.2. *Analisi deterministica*

Le analisi di stabilità del fronte hanno permesso di valutare il comportamento dell'ammasso allo scavo in assenza di interventi e l'eventuale necessità di contropressione al fronte. Sulla base dei risultati ottenuti è possibile evidenziare che:

- Per le Argille a Palombini, si prevede un comportamento di classe A nel GR1, a cavallo tra la classe A e la classe B nel GR2, in classe B per il GR3;
- I 3 gruppi geomeccanici dei Metabalsalti mostrano tipicamente comportamenti allo scavo analoghi o migliori rispetto ai relativi gruppi delle Argille a Palombini associati come indicato nella sezione 4.4.2;
- Le analisi condotte con metodo di Tamez indicano che non è necessario fornire una contropressione al fronte in assenza di falda, ad eccezione del caso più sfavorevole (parametri minimi del GR3b alle massime coperture), il quale si ritiene comunque trascurabile in questo contesto sia alla luce di un FS in corrispondenza del valore limite considerato sia in virtù della limitata probabilità di accadimento di tale contesto geomeccanico.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 97 di 195

10. FASE DI TERAPIA – DEFINIZIONE E VERIFICA DEI PROVVEDIMENTI PROGETTUALI CON METODI ANALITICI E CURVE CARATTERISTICHE

10.1. Premessa

La soluzione tecnologica costruttiva prevista per la realizzazione della galleria a foro cieco è lo scavo meccanizzato, mediante l'impiego di una TBM scudata a piena sezione (Tunnel Boring Machine) capace di stabilizzare il fronte di scavo mediante l'applicazione di una pressione al fronte. Il diametro di scavo sarà pari a 9.770 m, conseguente ad un diametro interno della galleria di 8.600 m ed uno spessore del rivestimento di 40 cm.

Il rivestimento della galleria, che avrà funzione sia di supporto di prima fase che di struttura definitiva, sarà costituito da conci prefabbricati in calcestruzzo armato posati in opera dalla macchina immediatamente dopo lo scavo.

La condizione di confinamento continuo e quindi di stabilità saranno sempre garantite, ove non garantite già in condizioni intrinseche, in quanto:

- il fronte sarà stabilizzato direttamente dalla macchina di scavo mediante l'applicazione di una pressione;
- il cavo sarà sempre sostenuto prima dallo scudo della TBM e poi dal rivestimento in conci prefabbricati con l'interposizione di una malta cementizia iniettata a pressione.

Nei seguenti paragrafi sono riportati i risultati delle analisi numeriche che hanno permesso di investigare il regime tenso-deformativo nei rivestimenti strutturali previsti in progetto.

Questo è stato raggiunto tramite tre approcci differenti:

1. Stabilità del fronte (in presenza di moti di filtrazione)
2. Metodo delle Linee Caratteristiche
3. Analisi agli elementi finiti

Le analisi di stabilità del fronte hanno consentito di valutare le modalità di avanzamento dello scavo da adottare in presenza di moti di filtrazione nelle condizioni più sfavorevoli previste, ovvero durante l'attraversamento delle zone di faglia alle massime coperture e con massimo valore di battente idraulico.

Il Metodo delle Linee Caratteristiche ha permesso di cogliere approssimativamente l'entità delle sollecitazioni e delle convergenze nel rivestimento definitivo, rappresentando una fase di predimensionamento degli interventi di sostegno e di guidare le scelte circa le sezioni di galleria da sottoporre ad analisi più accurate.

L'analisi agli elementi finiti, presentata nel capitolo successivo, ha permesso invece di indagare più dettagliatamente per le condizioni più rappresentative il regime tensionale e deformativo nelle strutture e nell'ammasso circostante, nelle principali fasi esecutive fino alla completa realizzazione dell'opera, consentendo quindi di valutare l'evoluzione del comportamento dell'opera nel breve, medio e lungo termine.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 98 di 195

Gli elementi tecnici di interesse per guidare la definizione degli interventi di terapia sono relativi alle caratteristiche prestazionali previste per la fresa scudata in termini di entità dell'extrascavo sul raggio e contropressione al fronte consentiti.

Nello specifico sono stati considerati nelle analisi proposte nel seguito:

- > diametro nominale della testa di scavo: 9770 mm
- > extra-scavo permanente sul raggio nominale (ottenuto tramite configurazione della testa con layout maggiorato): 25 mm, diametro di scavo pari a 9820 mm
- > extra-scavo in condizioni eccezionali sul raggio nominale (ottenuto tramite dispositivo copy-cutter): 100 mm - diametro di scavo pari a 9950 mm

In virtù di quanto emerso in fase di diagnosi, in fase di terapia i Metabasalti sono stati assimilati alle Argille a Palombini, in accordo con la sezione 4.4, e le analisi sono state condotte facendo riferimento ai parametri medi dei vari gruppi geomeccanici.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 99 di 195

10.2. Verifiche di stabilità del fronte con metodi analitici in presenza di moti di filtrazione

Come anticipato nell'illustrazione delle ipotesi di base, per la condizione di attraversamento delle zone di faglia all'interno dei Metabasalti, situazione questa che copre, data la gravosità del contesto, anche gli eventuali scenari di fermo macchina all'interno di formazioni con caratteristiche geo-meccaniche migliori, è stata sviluppata una specifica analisi di stabilità del fronte che contemplasse gli effetti dell'instaurarsi del moto di filtrazione al fronte di scavo.

Si è ricorso nello specifico alla soluzione analitica di Anagnostou – Kovari (1996 – Face Stability Conditions with Earth-Pressure-Balanced Shields). La soluzione proposta consente di determinare l'entità della contropressione da imporre al fronte di scavo, espressa in tensioni efficaci, necessaria alla stabilizzazione del medesimo nella particolare condizione in cui interviene un moto di filtrazione stazionario alimentato da un acquifero con dato valore di battente idrico. Il rivestimento della galleria è, nelle ipotesi del modello teorico sviluppato, assunto impermeabile.

La relazione analitica per il calcolo della pressione efficace è la seguente:

$$s' = F_o \gamma D - F_1 c + F_2 \gamma \Delta h - F_3 c \frac{\Delta h}{D}$$

Gli autori propongono il ricorso a specifici nomogrammi per la determinazione dei Coefficienti F, da definirsi in relazione alla particolare geometria del problema (dimensione dello scavo, copertura e battente idraulico in calotta). I nomogrammi esprimono difatti la sintesi di analisi numeriche parametriche implementate su modelli FEM tridimensionali del fronte, considerando il completo accoppiamento idro-meccanico per la determinazione dello stato tenso-deformativo.

Si assume pertanto che il ricorso a tale approccio di verifica fornisca una rappresentazione affidabile delle condizioni attese al fronte, anche nelle condizioni di battente idrico importante e coperture elevate. Nel merito, la soluzione proposta da Anagnostou-Kovari si pone dal lato della sicurezza in relazione ai battenti idrici attesi nelle fasce tettonizzate oggetto della presente analisi: gli stessi Autori indicano infatti che l'effetto della copertura in calotta non risulta significativo per la definizione della rete di flusso e dei fenomeni idromeccanici connessi, per valori del rapporto copertura/diametro superiori a 5.

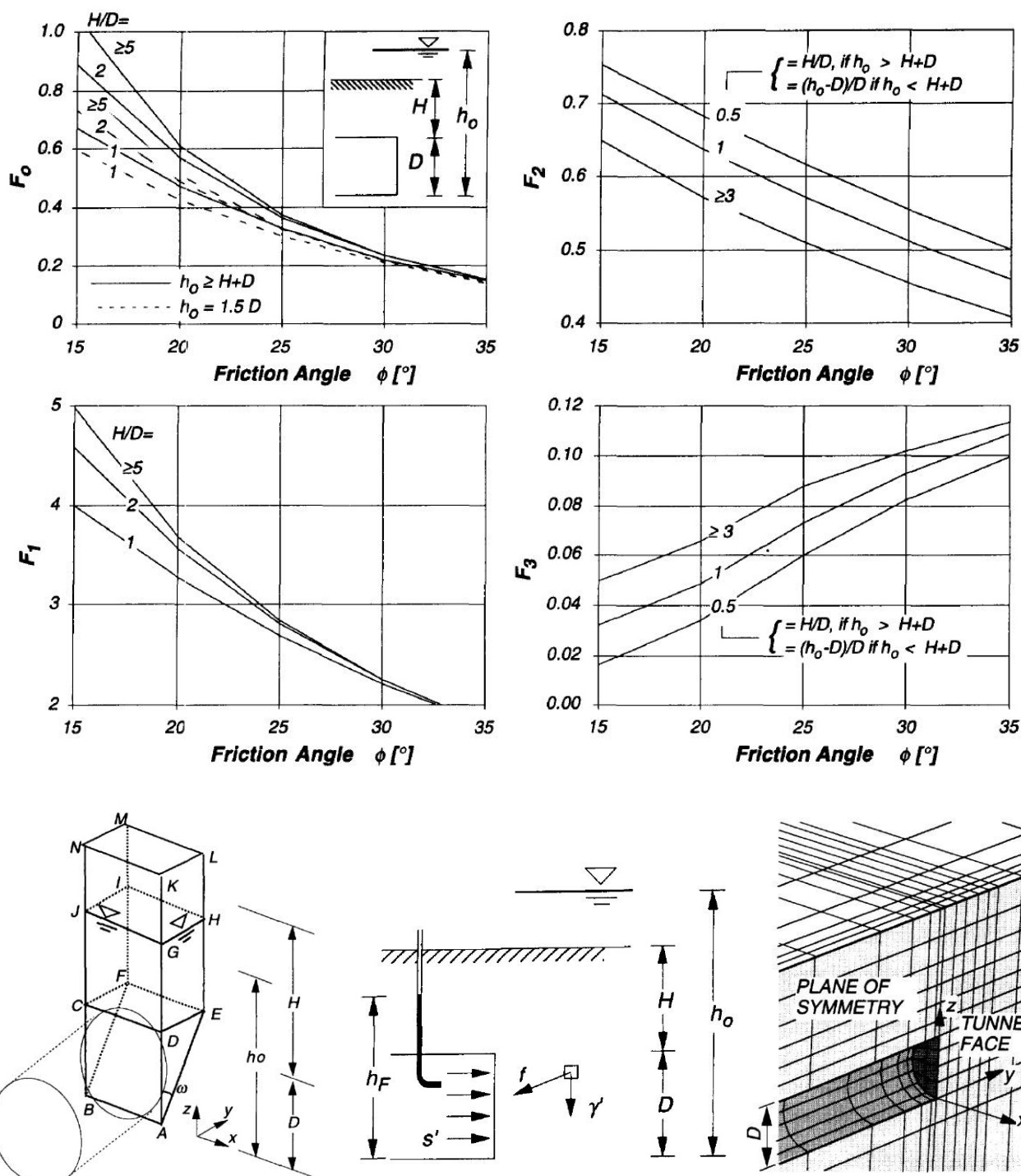


Figura 10-1 – Nomogrammi e schema del cinematismo critico al fronte, Criterio di Stabilità in presenza di moti di filtrazione al fronte di scavo di Anagnostou e Kovari (1996)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 101 di 195

Si è pertanto sviluppato il caso di studio specifico per l'attraversamento delle fasce di taglio/faglie comprese all'interno dei Metabasalti (B' molto fratturato), sotto le maggiori coperture, con parametri geomeccanici in condizione residua (fattore di disturbo 0.3), in presenza delle massime forze di filtrazione connesse ad una condizione propria di battente idrostatico in calotta pari a 250 m e pressione relativa nulla (atmosferica) entro il cavo (avanzamento della fresa in modalità aperta).

In tale scenario, secondo il criterio di Anagnostou, l'applicazione di una contro-pressione al fronte intorno a 4 bar (compresa entro il limite tecnologico assunto per la fresa operante in modalità chiusa) è sufficiente a sostenere il fronte di scavo.

Nelle valutazioni sopra esposte, si è conservativamente trascurato l'effetto benefico nei confronti dell'abbattimento del gradiente idraulico al fronte di scavo, ottenuto per mezzo di un appropriato condizionamento del materiale in camera di scavo e lungo la coclea di estrazione. Un appropriato condizionamento garantisce condizioni di elevata impermeabilità del muck, ovvero della miscela costituita da smarino, schiume, acqua ed eventualmente fanghi bentonitici iniettati in camera di scavo ed oltre la testa fresante. Un muck a struttura estremamente chiusa, in proporzione alla porosità primaria/secondaria caratterizzante l'ammasso, forza infatti la dissipazione delle pressioni d'acqua entro la camera di scavo e lungo la coclea, riducendo l'onere di bilanciamento delle forze di filtrazione, a carico delle contropressioni di terra richieste in camera di scavo.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 102 di 195

10.3. Verifiche con il metodo delle curve caratteristiche

Il presente paragrafo riporta l'esito delle analisi condotte con il metodo delle linee caratteristiche, tramite il software di calcolo GV4. La procedura implementata ha consentito di cogliere in modo sufficientemente realistico i fenomeni di interazione fra cavo e scudo della fresa, pervenendo alla stima e verifica delle pressioni agenti sullo scudo stesso (limite ammissibile 5 bar).

Si è quindi determinato lo stato di sollecitazione agente sull'anello all'atto dell'entrata in carico dello stesso, ovvero durante la fase di avanzamento della fresa successiva all'erezione dell'anello in conci prefabbricati. Si è considerata a tal proposito la presenza di un materiale incompressibile interposto fra estradosso anello e profilo di scavo (opzione intasamento gap con filler, offerta dal software di calcolo), così da assumere l'istantaneo trasferimento del carico di roccia dallo scudo all'anello prefabbricato, nel caso in cui scudo ed ammasso entrino in contatto, ovvero la convergenza del cavo sia sufficiente all'annullamento dell'extra-scavo previsto fra estradosso scudo (tail shield) e profilo di scavo (equivalente al diametro del cutter-head). Qualora il cavo non si chiuda sullo scudo, l'aliquota di carico agente sull'anello in conci è stata determinata secondo l'usuale procedura che assegna il tasso di deconfinamento sull'anello in relazione alla distanza della messa in opera dal fronte, par alla lunghezza dello scudo, considerando la curva LDP (Longitudinal Displacement Profile) calcolata secondo la proceduraolutiva Transfer Matrix del software di calcolo Gv4. Si rammenta che tale opzione di calcolo fornisce una stima realistica del profilo longitudinale dello spostamento radiale del cavo, considerando in maniera opportuna la presenza dell'anello in conci prefabbricati che riveste il cavo a partire da una distanza dal fronte pari alla lunghezza dello scudo.

In Tabella 10-1 sono riportati i principali risultati ottenuti dalle analisi, le quali hanno compreso i 5 gruppi geomeccanici della formazione della Argille a Palombini per 2 contesti di copertura (minimo e massimo). Per analisi relative ai gruppi geomeccanici 3a e 3b si è fatto riferimento ad un extrascavo radiale pari a 2.5 cm (configurazione testa con layout maggiorato) o pari a 9 cm (condizioni di extrascavo eccezionali). In considerazione dei risultati ottenuti in fase di diagnosi, le analisi sono state condotte considerando una contropressione nulla al fronte. Gli esiti delle analisi completi sono riportati negli allegati di calcolo.

Dai risultati ottenuti è possibile evidenziare quanto segue:

- Non è previsto contatto tra scudo e ammasso roccioso durante gli avanzamenti all'interno dei gruppi geomeccanici 1 e 2, ad eccezione del gruppo geomeccanico 2a alle massime coperture;
- Nei gruppi geomeccanici 3a e 3b alle massime coperture si evidenziano, in configurazione testa con layout maggiorato, pressioni sullo scudo di poco superiori al limite ammissibile considerato;
- Lo stato tensionale dei rivestimenti definitivi risulta ampiamente compreso all'interno dei limiti previsti, con un tasso di lavoro del calcestruzzo in condizioni di esercizio inferiore a 0.4.

In merito al superamento della pressione limite sullo scudo previsto all'interno del GR3a e GR3b alle massime coperture in configurazione testa con layout maggiorato, si fa notare come il limite

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 103 di 195

progettuale considerato pari a 5 bar risulti notevolmente cautelativo, tenendo presente che tale valore non corrisponde all'effettivo limite massimo di pressione che lo scudo è in grado di sostenere prima di incorrere in un danneggiamento strutturale. In ogni caso, nonostante la probabilità di incontrare tali scenari risulti piuttosto limitata, in funzione dei risultati ottenuti dalle analisi condotte potrebbe essere necessario in tali contesti l'impiego di copy-cutter al fine di garantire condizioni di extra-scavo eccezionali (impiego di copy-cutter - diametro di scavo pari a 9950 mm).

Tabella 10-1 – Riepilogo analisi di terapia mediante il metodo delle curve caratteristiche

ANALISI	Raggio di scavo [m]	Extrascavo	u_{rad} fronte [cm]	Contatto scudo-ammasso	Pressione scudo [bar]	Tensione CLS [MPa]
GR1_160m	4.885		0.2			0.5
GR1_280m	4.885		0.3			1.2
GR2a_160m	4.885		0.7			1.0
GR2a_280m	4.885		1.6			2.7
GR2b_160m	4.885		1.3			1.5
GR2b_280m	4.885		3.2	✓	4.7	5.5
GR3a_160m	4.910	✓	2.8	✓	0.2	0.2
GR3a_280m	4.910	✓	8.4	✓	5.3	6.2
GR3b_160m	4.910	✓	3.6	✓	0.9	1.0
GR3b_280m	4.910	✓	10.6	✓	5.6	6.6
GR3a_280m_copy_cutter	4.975	✓	8.5	✓	2.2	4.7
GR3b_280m_copy_cutter	4.975	✓	10.7	✓	3.0	5.0

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 104 di 195

11. FASE DI TERAPIA – ANALISI NUMERICHE – STRATEGIA DI CALCOLO

Sulla base dei risultati ottenuti nella sezione 10, si ritiene necessaria l'esecuzione di ulteriori analisi al fine di verifica dello stato tensionale dei rivestimenti definitivi, tenendo conto degli effetti dello scavo della canna adiacente, per le sezioni di progetto maggiormente rappresentative nell'intera tratta.

Le analisi sono state eseguite come segue mediante modelli bidimensionali in condizioni di deformazioni piane per i gruppi geomeccanici 1, 2a, 2b, 3a e 3b delle Argille a Palombini alle massime coperture. Inoltre, al fine di valutare gli effetti di lungo termine del carico idraulico sul rivestimento definitivo, è stato inoltre verificato lo scenario più sfavorevole dell'unità dei Metabasalti, introducendo un regime di pressioni agenti sul rivestimento definitivo nella fase di lungo termine. Tale analisi, in accordo con [Rif. 3] e [Rif. 5], è stata eseguita imponendo un battente idraulico pari a 50 m, coerentemente con la prestazione richiesta in termini di tenuta alla guarnizione in EPDM predisposta sulle facce laterali dei conci prefabbricati (5 bar). Qualora il battente idraulico indisturbato, nel lungo termine (scavo completato) risulti superiore alla soglia dei 50 m, sono difatti previste contromisure atte all'abbattimento del medesimo entro il limite progettuale consentito dal sistema di impermeabilizzazione.

11.1. Modelli numerici di calcolo: Ipotesi di base

Così come anticipato la valutazione della stabilità del cavo è stata eseguita mediante analisi numerica con un modello bidimensionale in condizioni di deformazioni piane impiegando il codice di calcolo FLAC 7.0. Le analisi numeriche sono state condotte in corrispondenza delle sezioni di progetto maggiormente rappresentative per l'intera tratta, selezionandole tra quelle per cui sono state condotte le elaborazioni con metodi analitici.

Le modellazioni numeriche hanno permesso di simulare in maniera approfondita la complessità dell'interazione terreno-struttura. La simulazione dello scavo nelle sue fasi, nell'intento di rappresentarne in maniera più fedele possibile la progressione, consente di ricostruire il comportamento dell'ammasso e l'evoluzione dei carichi in funzione dei tempi e delle modalità di installazione dei rivestimenti.

11.1.1. Modellazione degli elementi geotecnici e strutturali

Parametri Geotecnici

I parametri geotecnici adottati sono relativi a quanto riportato al §4.4 e conformi ai parametri adottati nelle precedenti analisi. Per tutte le sezioni di analisi è stato adottato per l'ammasso un criterio di rottura di Mohr-Coulomb, unitamente ad un modello costitutivo con comportamento strain-softening: i parametri di resistenza sono gradualmente ridotti dai valori di picco ai residui, secondo una legge di tipo lineare, proporzionalmente alla deformazione plastica sviluppata.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 105 di 195

Il decadimento dei parametri geomeccanici è conseguenza diretta dello sviluppo di deformazioni plastiche e della progressiva evoluzione della zona plasticizzata al contorno dello scavo, a fronte del progredire delle deformazioni.

Nelle seguenti tabelle sono mostrati i parametri geotecnici di calcolo.

Analisi	Formazione	Copertura	γ	ν	$c'_p - c'_r$	$\phi_p - \phi_r$	E_{op}
-	[-]	[m]	[kN/m ³]	[-]	[kPa]	[°]	[Mpa]
1	aP - GR1	275	27	0.27	1135 - 1010	40 - 32	5400
2	aP - GR2a	275	27	0.27	715 - 620	33 - 30	1750
3	aP - GR2b	275	27	0.27	605 - 520	30 - 26	1250
4	aP - GR3a	275	26	0.30	445 - 375	25 - 22	900
5	aP - GR3b	275	26	0.30	400 - 335	24 - 20	900
6	B' molto fratturato	275	25	0.30	430 - 355	24 - 20	900

Tabella 11-1. Parametri geotecnici di calcolo

Nella prima fase dell'analisi numerica è ricostruita in termini di sforzi e di deformazioni la situazione iniziale preesistente allo scavo della galleria. Il carico applicato in direzione verticale corrisponde al carico geostatico alle varie quote del modello. Per il carico applicato in direzione orizzontale è stato adottato un coefficiente di spinta a riposo unitario.

Modellazione elementi strutturali

Il calcestruzzo utilizzato per i rivestimenti definitivi della galleria naturale è stato modellato come un materiale elastico lineare. Questo modello rappresenta la legge di Hooke dell'elasticità isotropa lineare e richiede due parametri di rigidezza elastici, che sono il modulo di Young E , ed il coefficiente di Poisson ν , pari a $E=44152$ MPa e $\nu=0.2$.

È stato inoltre modellato con uno specifico materiale la miscela di intaso del gap tra la superficie interna dello scavo e l'estradosso del rivestimento prefabbricato. Questo spazio, dell'ordine di 10-15 cm di spessore (cfr. Figura 11-1), è dovuto sia allo spessore del manto dello scudo, sia alle tolleranze di montaggio del rivestimento. La miscela è un sistema costituito da una boiaccia di acqua, cemento e bentonite (quest'ultima fondamentale per garantire l'omogeneità della miscela e per aumentarne l'impereabilità), di consistenza super-fluida, stabilizzata per garantirne la lavorabilità per lungo tempo, alla quale viene aggiunto un additivo accelerante attivatore della presa direttamente durante l'iniezione dalla coda dello scudo TBM.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 106 di 195

Nel caso di impiego di miscele bicomponente superfluida, vengono privilegiate le resistenze a breve termine (tempo di installazione di qualche anello), mentre risultano poco significative le resistenze a lungo termine non apportando queste ultime alcun effetto sensibile sull'efficienza dell'intasamento.

La resistenza a 24 h e tempi successivi ha l'utilità solo di garantire la stabilità della miscela nel tempo.

Le caratteristiche minime della miscela bicomponente di intaso sono:

- STATO FRESCO
 - Fluidità cono Marsh (ugello diametro 4.7mm) entro 30min all'idratazione del cemento 30-45"
 - Fluidità cono Marsh (ugello diametro 4.7mm) dopo 72h dall'idratazione del cemento <55"
 - Bleeding: <3% dopo 3 ore
- STATO INDURITO (dopo l'aggiunta dell'attivatore di presa)
 - Tempo di gelificazione <12sec
 - Resistenza a compressione monoassiale:
 - 1h (stimata con prova con penetrometro tascabile) >0.05 MPa
 - 8h (prova compressione semplice) >0.10 MPa
 - 24h (prova compressione semplice) >0.50 MPa
 - Permeabilità: < 1.0E-08 m/s

La malta cementizia per il riempimento del vuoto anulare è stata simulata con tre file di elementi, pari a circa 15 cm di spessore, a cui è stato attribuito un materiale con un criterio di rottura di Mohr-Coulomb. Le caratteristiche di deformabilità sono variabili e riportate nella seguente tabella.

Tabella 11-2. Caratteristiche della malta di iniezione

Parametro	Fase di iniezione	Lungo termine
	(stato fresco)	(stato indurito)
Peso di volume naturale (kN/m ³)	18.5	18.5
Resistenza a compressione monoassiale (MPa)	0.05	0.5
Modulo elastico (MPa)	1500	4000
Coefficiente di Poisson	0.47	0.3

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 107 di 195

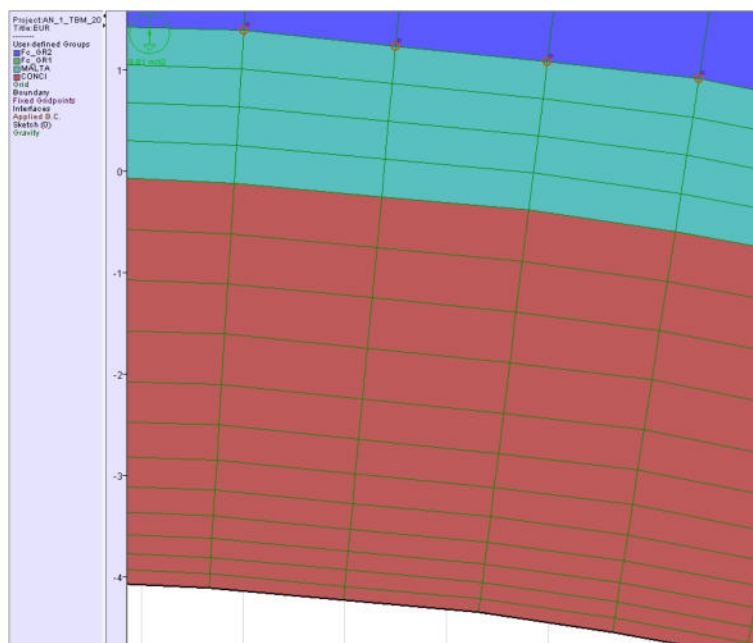


Figura 11-1. Modellazione dello strato di malta di intaso

11.1.2. Taratura modelli di calcolo

Per simulare il progressivo allontanamento del fronte di scavo dalla sezione di verifica e la contemporanea posa in opera dei sostegni con un'analisi bidimensionale, è necessario introdurre numericamente "l'effetto fronte", rilassando progressivamente le forze di scavo.

Per effetto delle dimensioni maggiorate della testa fresante rispetto allo scudo della fresa (extrascavo), nonché della tronco-conicità dello scudo stesso, il profilo di scavo prima dell'installazione dell'anello in conci subisce una deformazione resa possibile dall'esistenza di tale gioco scudo - roccia. Tale deformazione si aggiunge peraltro ai fenomeni di preconvergenza. Di fatto questa deformazione corrisponde allo spostamento al punto di equilibrio scudo-roccia valutato mediante il metodo delle linee caratteristiche. Tale deformazione sarà maggiore nel caso in cui sia previsto un extrascavo in fase di avanzamento, dato che il terreno si deformerà ulteriormente di quella quantità prima di entrare in contatto con il rivestimento.

Il processo di taratura dei modelli di calcolo è basato quindi sulla determinazione di un valore per il coefficiente che schematizza l'*effetto fronte* (Relax) tale per cui si ottengono spostamenti radiali del cavo comparabili con quelli ottenuti in fase di terapia con il metodo delle linee caratteristiche, aumentati dell'extrascavo nel caso in cui questo sia previsto.

I valori adottati nelle varie *time* di calcolo per ogni sezione analizzata sono riportati nella descrizione dei singoli modelli a cui si rimanda.

11.1.3. Modellazione numerica

I modelli per l'analisi numerica sono stati realizzati mediante il programma alle differenze finite FLAC 7.0. Il numero di elementi varia in funzione delle dimensioni del modello, differenti per le varie analisi.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 108 di 195

Il criterio di rottura adottato nelle analisi è discusso al §11.1.1.

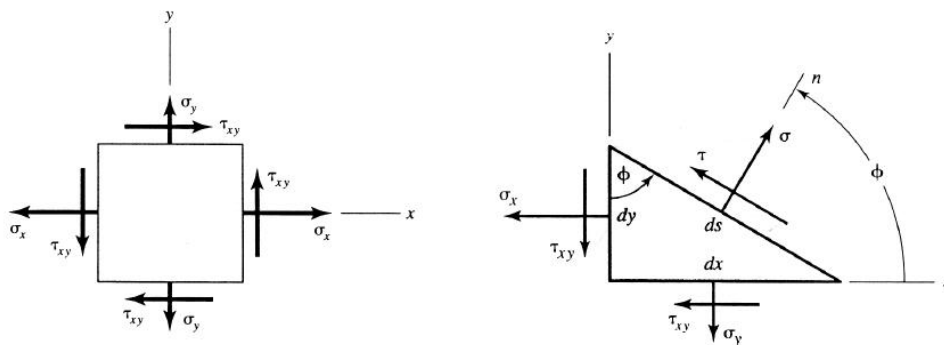
I rivestimenti definitivi in conci prefabbricati sono invece stati modellati in base alla loro reale geometria tramite elementi quadrangolari di mesh. L'utilizzo di elementi quadrangolari per la simulazione dei rivestimenti non restituisce direttamente le azioni interne M, N, T, le quali devono essere ricavate a partire dalle tensioni σ_{xx} , σ_{yy} e σ_{xy} secondo il metodo di trasformazione delle tensioni tramite cerchio di Mohr.

Risulta così possibile definire completamente lo stato tensionale in ogni nodo della griglia che simula i rivestimenti, per mezzo delle sue componenti normali e tangenziali, qualunque sia l'inclinazione della superficie che contiene il nodo stesso.

Per uno stato piano di tensione, si dimostra che la conoscenza delle tensioni agenti su due piani mutuamente perpendicolari è sufficiente per conoscere lo stato tensionale su qualunque superficie passante per il punto considerato.

Tramite le equazioni di trasformazione per uno stato piano di tensione è possibile ricavare le tensioni σ e τ necessarie per il calcolo delle azioni interne.

$$\begin{cases} \sigma = \left(\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \right) + \left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \right) \cos 2\phi + \tau_{xy} \sin 2\phi \\ \tau = - \left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \right) \sin 2\phi + \tau_{xy} \cos 2\phi \end{cases}$$



Ricavati i valori di σ_n e τ per ogni sezione, tramite l'integrazione delle stesse è possibile ottenere l'azione interna N e l'azione di taglio T e di conseguenza il momento M. La modellazione dei rivestimenti così condotta ha permesso di verificare le singole sezioni di calcolo secondo la reale geometria definite nelle relative tavole di carpenteria.

Per un migliore inquadramento dell'analisi effettuata, nelle seguenti immagini si riportano i dettagli della mesh di calcolo nell'intorno della galleria.

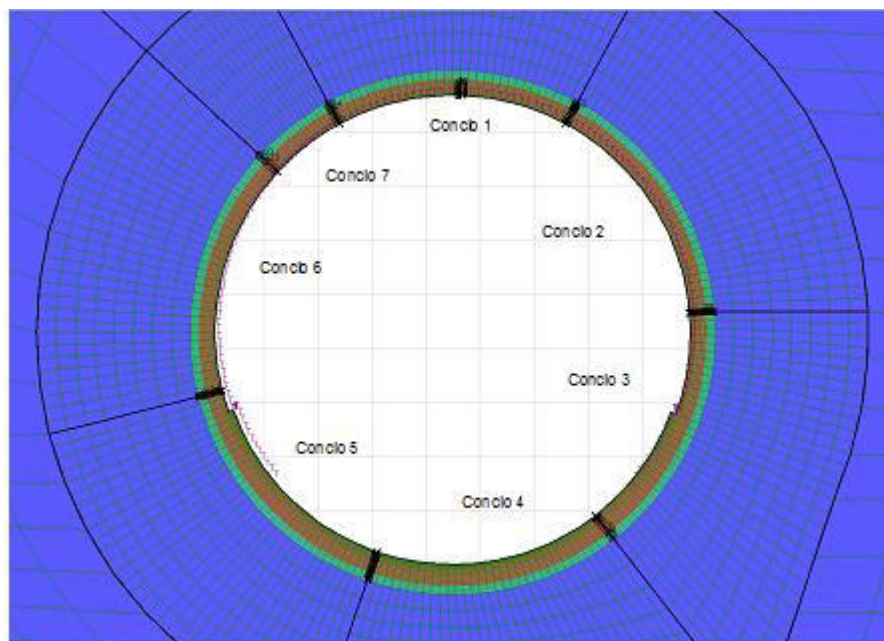


Figura 11-2. Mesh di calcolo

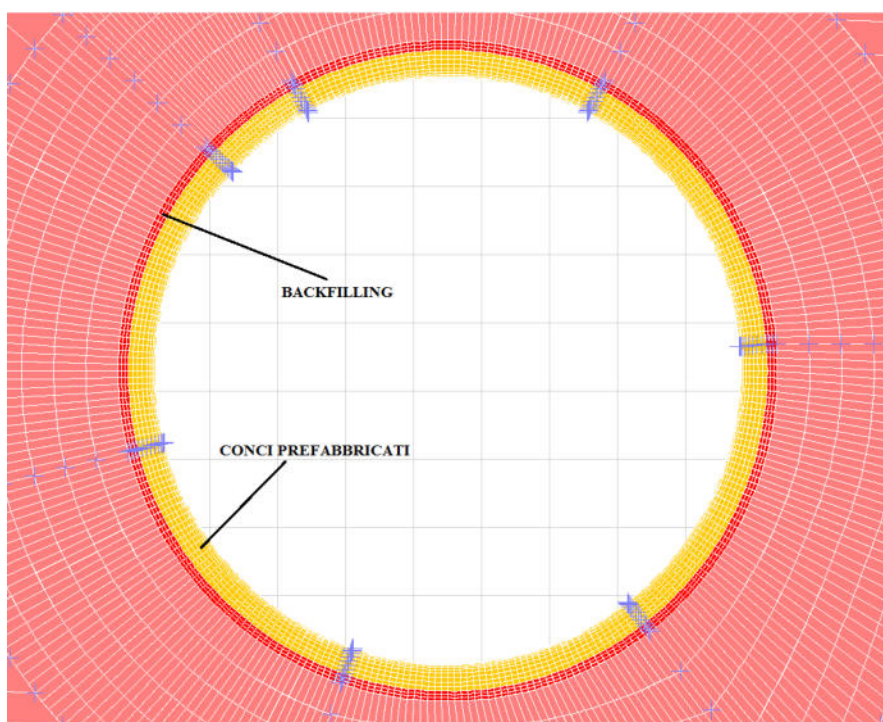


Figura 11-3. Particolare dei rivestimenti nella zona di attacco

Particolare attenzione è data alla modellazione dei giunti tra i conci della galleria. Tali sezioni sono modellate in FLAC tramite elementi interfaccia tra due piani posti a contatto l'uno con l'altro, cui sono assegnate rigidità normale e a taglio. Nella seguente figura è descritto il funzionamento dell'elemento interfaccia.

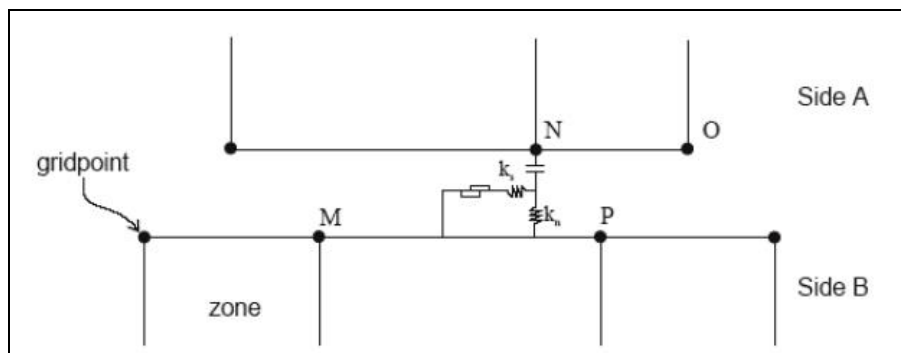


Figura 11-4. Interfaccia rappresentata da lato A e lato B connessi da molle con rigidezza normale k_n e a taglio k_s

In FLAC l'interfaccia è stata introdotta nella modalità “unglued”: lo scorrimento fra le facce contigue è consentito qualora le azioni di taglio agenti superino la resistenza associata all'angolo di attrito calcestruzzo-calcestruzzo; le facce medesime possono altresì separarsi nel caso l'interfaccia sia sottoposta a sollecitazioni normali di trazione. Nella seguente tabella vengono riportati i parametri utilizzati nelle analisi per una corretta simulazione del giunto.

I dati di input sono i seguenti:

Rigidezza normale k_n	2^{11} Pa/m
Rigidezza flessionale k_s	2^{11} Pa/m
Coesione c	0 MPa
Angolo d'attrito (*)	30°
Angolo di dilatanza (*)	0°
Adesione	0 MPa

Tabella 11-3. Parametri dell'interfaccia

In generale, le dimensioni della mesh alle differenze finite sono fissate in maniera tale da evitare che il problema in esame risulti influenzato dalle condizioni di vincolo al contorno. Per quanto concerne le condizioni di vincolo applicate, esse sono definite come “automatic boundary condition” all'interno del programma FLAC, ovvero un doppio vincolo allo spostamento al contorno inferiore e un vincolo allo spostamento orizzontale alle posizioni laterali. La formulazione del vincolo laterale permette dunque lo sviluppo di tensioni normali di compressione ma non di tensioni di taglio agenti in direzione verticale. Tali tensioni sono invece generate al contorno inferiore.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 111 di 195

Nella prima fase dell'analisi numerica viene ricostruita in termini di sforzi e di deformazioni la situazione iniziale preesistente allo scavo della galleria. Il carico applicato in direzione verticale corrisponde al carico geostatico alle varie quote del modello. Il carico applicato in direzione orizzontale è stato determinato in funzione del carico verticale, attraverso il coefficiente di spinta a riposo (K_0), considerato pari a 1.

L'analisi si basa su una successione di fasi di calcolo, che permettono di descrivere i differenti interventi costruttivi e di schematizzare le differenti condizioni di carico.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 112 di 195

12. FASE DI TERAPIA - ANALISI NUMERICHE BIDIMENSIONALI: RISULTATI E VERIFICHE

12.1. Verifiche Rivestimento definitivo in Calcestruzzo Armato

I rivestimenti definitivi della galleria naturale sono realizzati in calcestruzzo armato ordinario, con conglomerato cementizio di classe $R_{ck} = 60$ MPa (carpenteria tipo "3"). I conci hanno una larghezza di 1.8 m e spessore 0.4 m.

I conci sono caratterizzati da armatura principale simmetrica, con copriferro netto pari a 4 cm su entrambi i lati, e costituita da ferri 14 ϕ 20 (armatura tipo "3").

Le verifiche di pressoflessione sono svolte utilizzando le sollecitazioni ricavate secondo quanto descritto nei paragrafi precedenti. Per i criteri di verifica si faccia riferimento al capitolo 8a. I valori di momento flettente ottenuti dalla simulazione numerica della fase di esercizio sono stati incrementati del 30% per considerare una distribuzione degli sforzi non uniforme coerentemente a quanto rivelato dalla ricerca scientifica nel settore ("Design philosophy of concrete linings for tunnels in soft soils", Cornelis Bernhard Marco Blom).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 113 di 195

12.2. Analisi 1 – Formazione di Ap GR1 - Copertura 275 m

12.2.1. Fasi di calcolo

Lo scavo e il sostegno della galleria per le sezioni di studio sono stati simulati mediante le fasi di calcolo elencate e sintetizzate nel seguito.

- FASE 0: generazione del modello, definizione dei vincoli, dello stato tensionale geostatico iniziale, delle caratteristiche del materiale e delle leggi di comportamento;
- FASE 1: simulazione dello scavo della prima canna e dell'effetto tridimensionale del fronte mediante l'applicazione di un rilascio tensionale $\lambda=0.38$;
- FASE 2: rilascio tensionale fino al raggiungimento di uno spostamento medio corrispondente ad un avanzamento pari alla lunghezza dello scudo (11m), mediante un tasso di deconfinamento $\lambda=0.987$;
- FASE 3: attivazione degli elementi che simulano l'anello di rivestimento della prima canna e della malta bi-componente per backfilling agli istanti iniziali;
- FASE 4: maturazione malta bi-componente per backfilling;
- FASE 5: simulazione dello scavo della seconda canna e dell'effetto tridimensionale del fronte mediante l'applicazione di un rilascio tensionale con tasso di deconfinamento $\lambda=0.38$;
- FASE 6: rilascio tensionale fino al raggiungimento di uno spostamento medio corrispondente ad un avanzamento pari alla lunghezza dello scudo (11m), mediante un tasso di deconfinamento $\lambda=0.987$;
- FASE 7: attivazione degli elementi che simulano l'anello di rivestimento della seconda canna e della malta bi-componente per backfilling agli istanti iniziali;
- FASE 8: maturazione malta bi-componente per backfilling.

12.2.2. Analisi deformativa

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, tarandoli sulla base dei risultati ottenuti in fase di terapia con il metodo delle linee caratteristiche.

Di seguito vengono riportati gli spostamenti e le plasticizzazioni in corrispondenza delle fasi più significative.

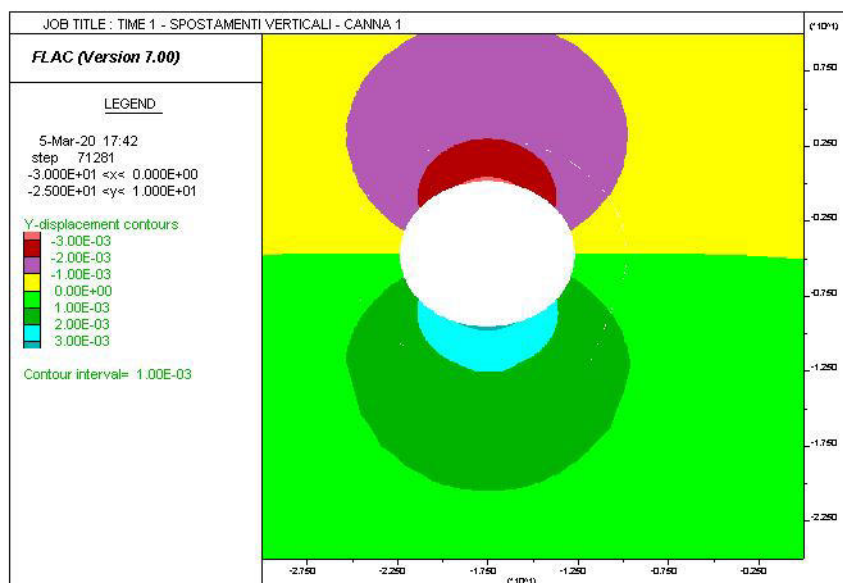


Figura 12-1. Apertura 1^ canna – Spostamenti verticali [m]

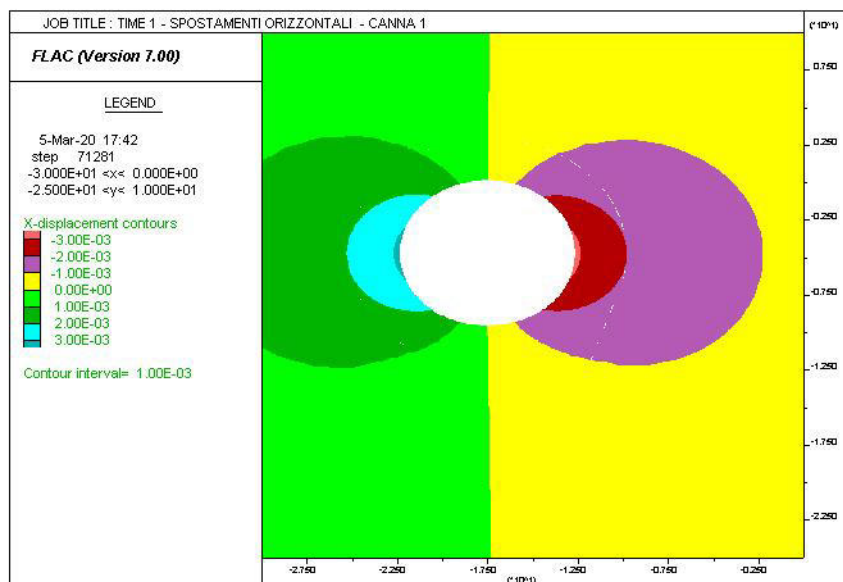


Figura 12-2. Apertura 1^ canna – Spostamenti orizzontali [m]

GENERAL CONTRACTOR  CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 115 di 195

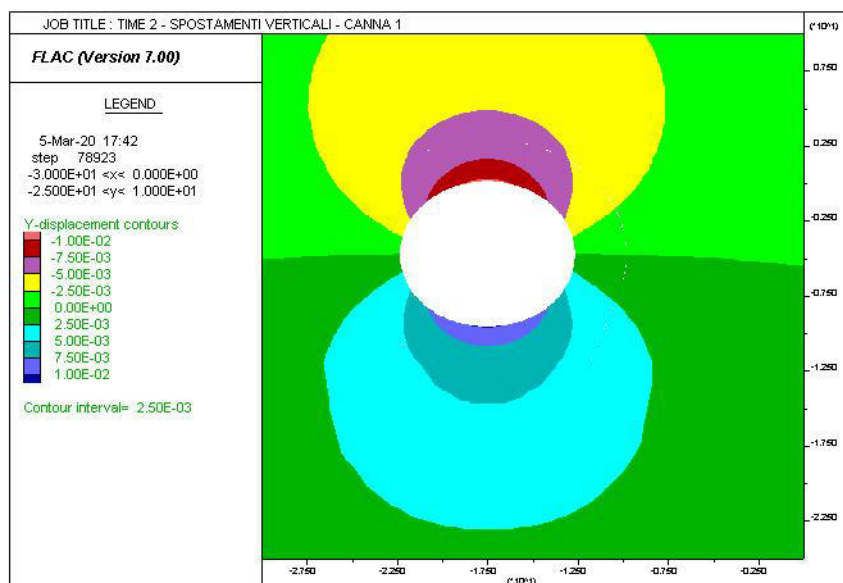


Figura 12-3. Avanzamento 1^canna fine scudo – Spostamenti verticali [m]

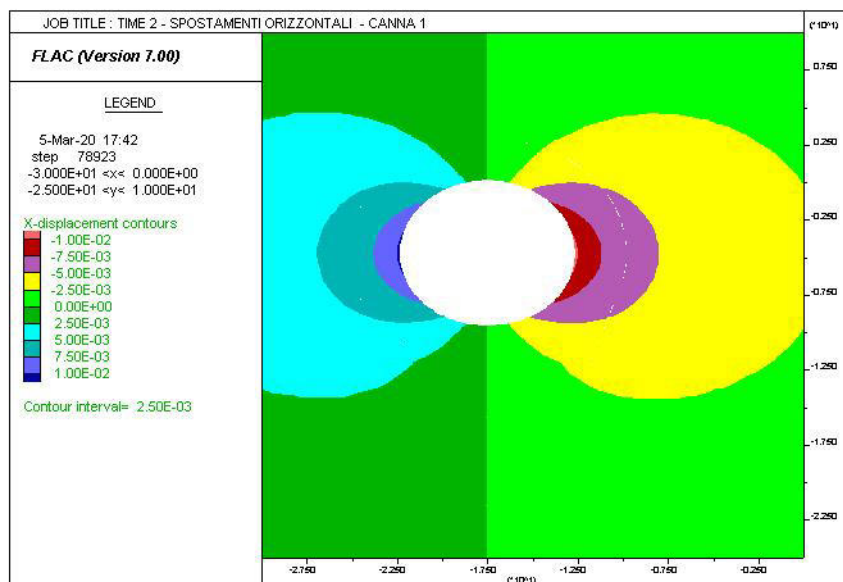


Figura 12-4. Avanzamento 1^canna fine scudo – Spostamenti orizzontali [m]

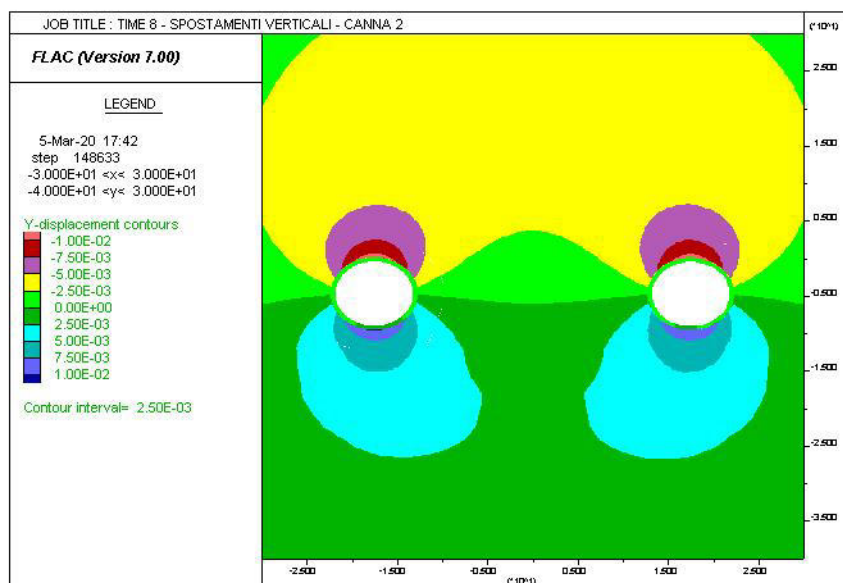


Figura 12-5. Completamento 2^canna – Spostamenti verticali [m]

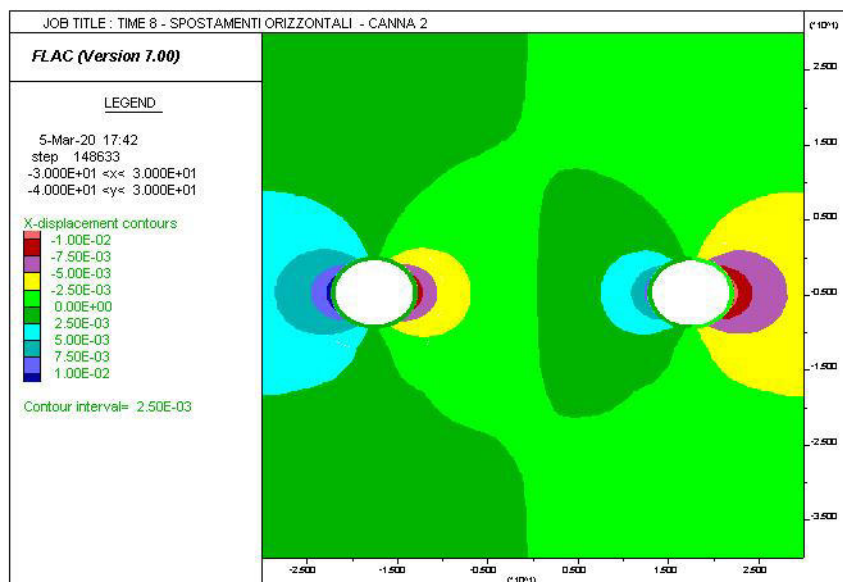


Figura 12-6. Completamento 2^canna – Spostamenti orizzontali [m]

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 117 di 195

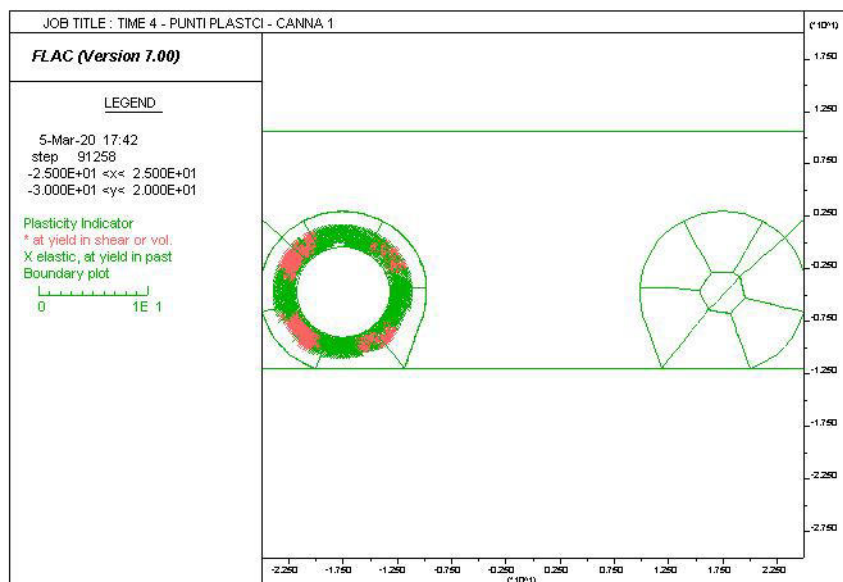


Figura 12-7. Completamento 1^ canna – Plasticizzazioni

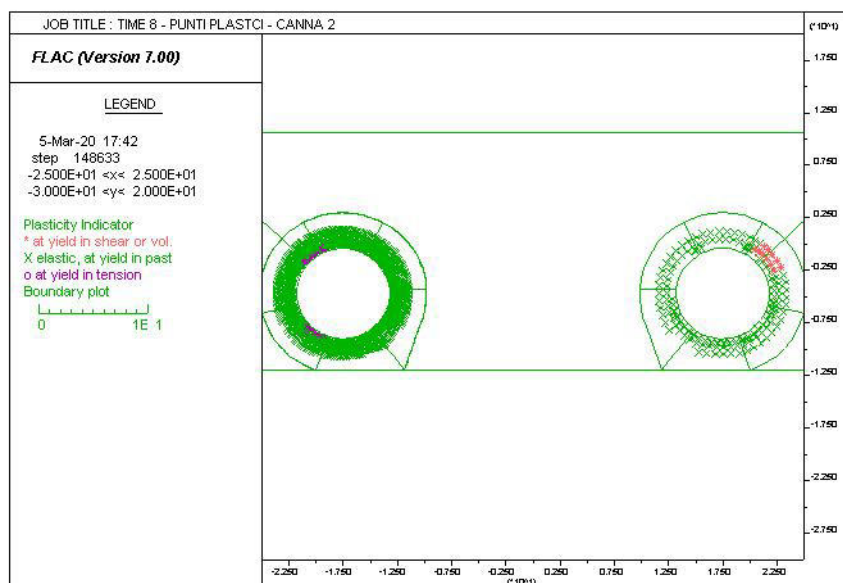


Figura 12-8. Lungo termine – Plasticizzazioni

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 118 di 195

12.2.3. Analisi Tensionale

Le seguenti immagini mostrano lo stato tensionale nell'ammasso e i diagrammi della sollecitazione dei rivestimenti definitivi nelle fasi di calcolo maggiormente significative.

Come è possibile osservare dalle figure sottostanti la prima canna scavata risulta maggiormente sollecitata rispetto alla canna scavata in seconda fase. Per completezza le verifiche sezionali verranno comunque condotte per entrambe le canne.

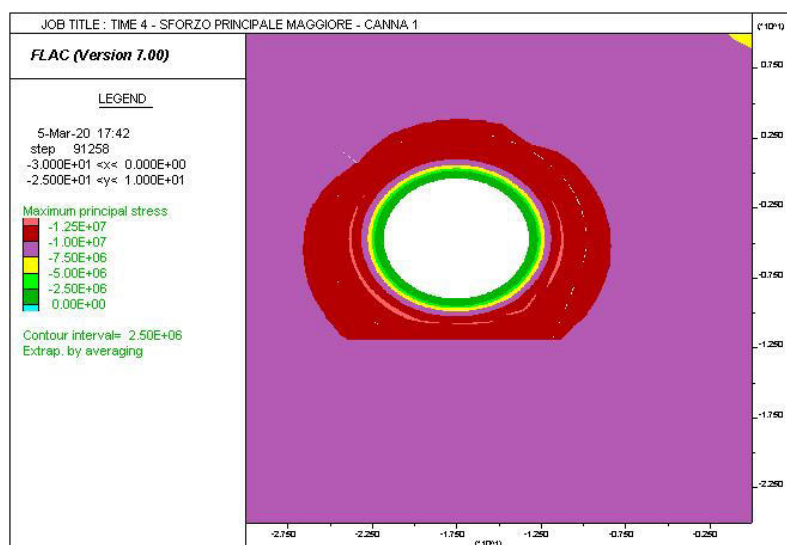


Figura 12-9. Completamento 1^canna – Sforzo principale maggiore [Pa]

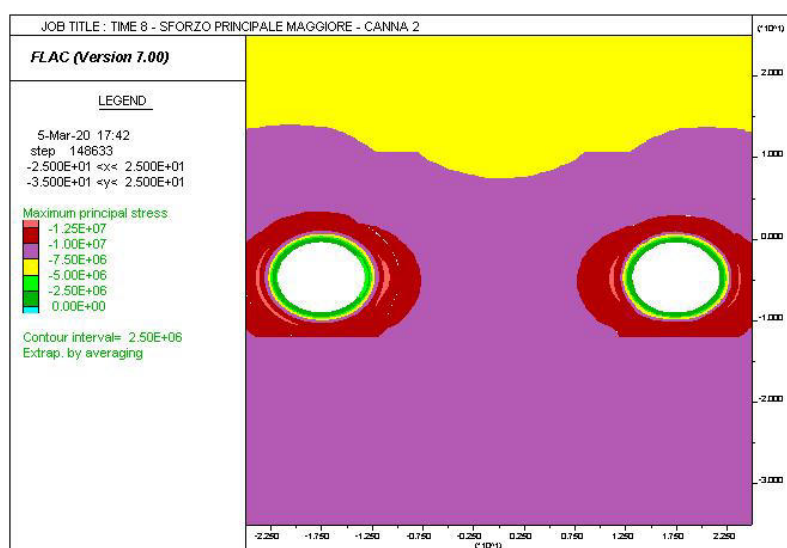
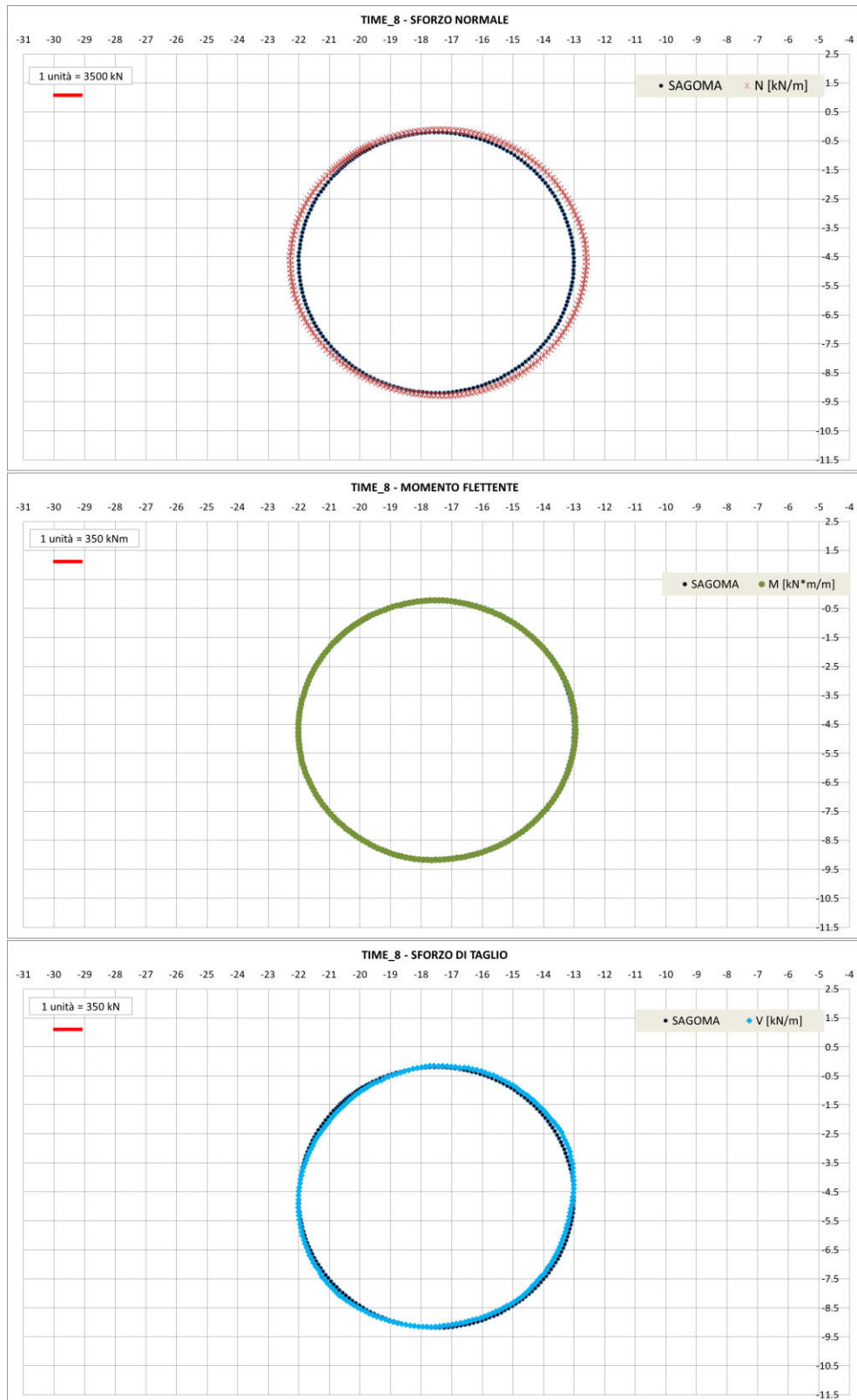
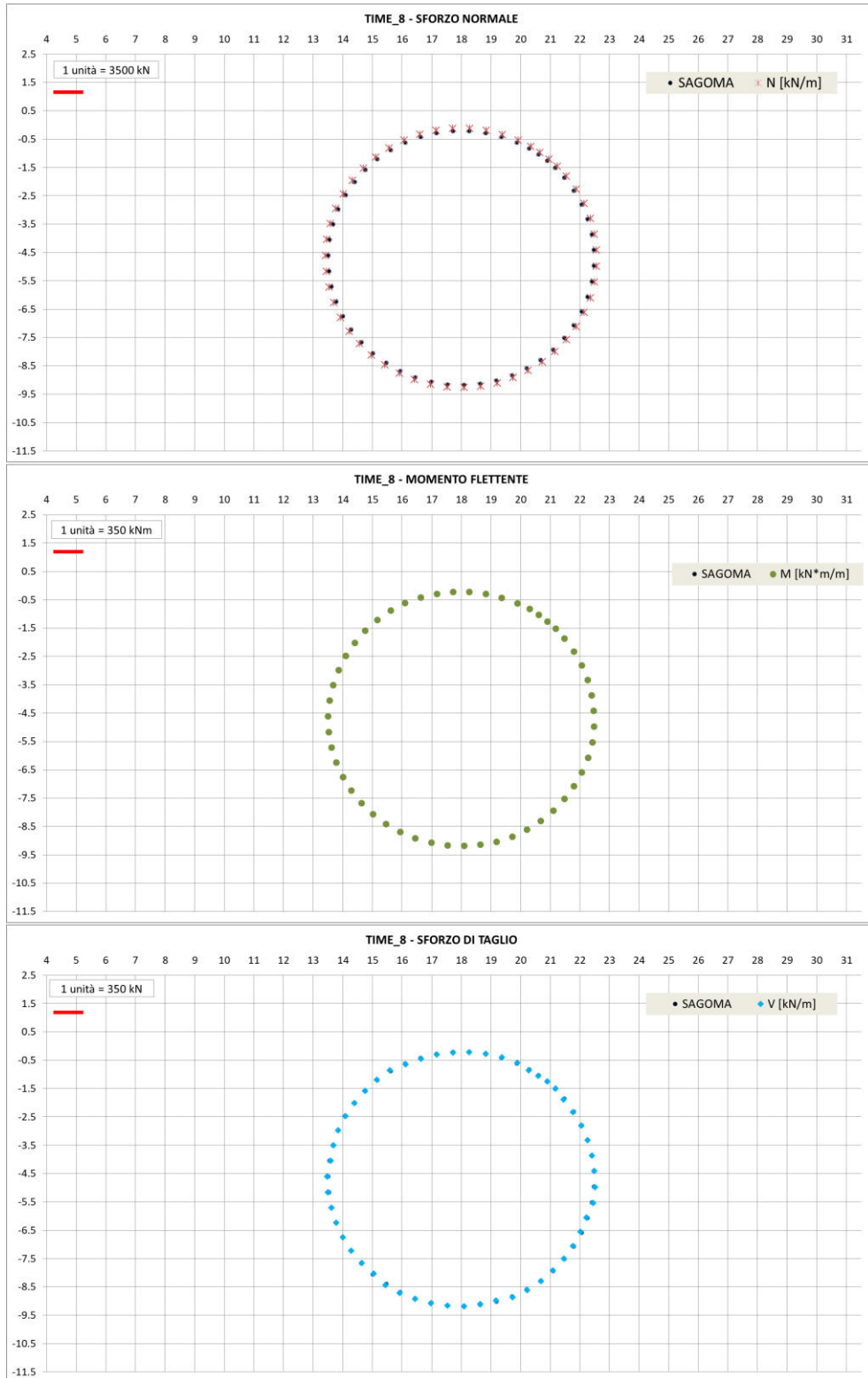


Figura 12-10. Completamento 2^canna – Sforzo principale maggiore [Pa]

TIME 8 – CANNA 1

TIME 8 – CANNA 2

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 121 di 195

12.2.4. Verifiche allo Stato Limite Ultimo

Nel seguito sono riportate le verifiche allo Stato Limite Ultimo per la sezione caratteristica del concio prefabbricato in calcestruzzo, per entrambe le canne scavate. La sezione di verifica ha base 180 cm e altezza 40 cm. Essa è armata con 14 barre $\phi 20$ all'intradosso e all'estradosso. La staffatura è formata da barre $\phi 10$ passo 15 cm.

Verifica a Pressoflessione

La verifica a pressoflessione è stata eseguita controllando che le coppie di sollecitazioni M-N rientrassero nel dominio di resistenza allo Stato Limite Ultimo. Si precisa che i valori di momento flettente sono stati incrementati del 30%, coerentemente a quanto esposto al paragrafo 12.1.

Si riportano nel seguito i domini di resistenza per i conchi caratterizzati da carpenteria tipo "3" ($R_{ck} = 60\text{MPa}$) e con armatura tipo "3" ($14\phi 20$): le verifiche risultano essere soddisfatte, in quanto tutte le sollecitazioni ricadono all'interno del dominio resistente.

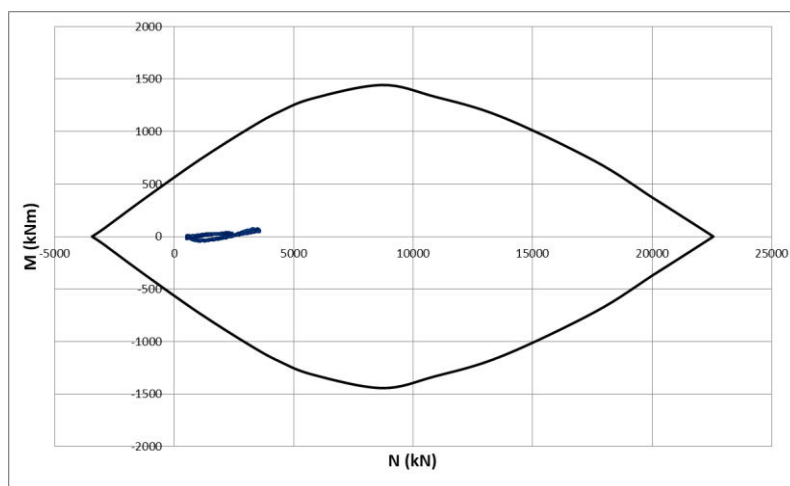


Figura 12-11. Dominio M-N Stato Limite Ultimo – CANNA 1 – TIME 8

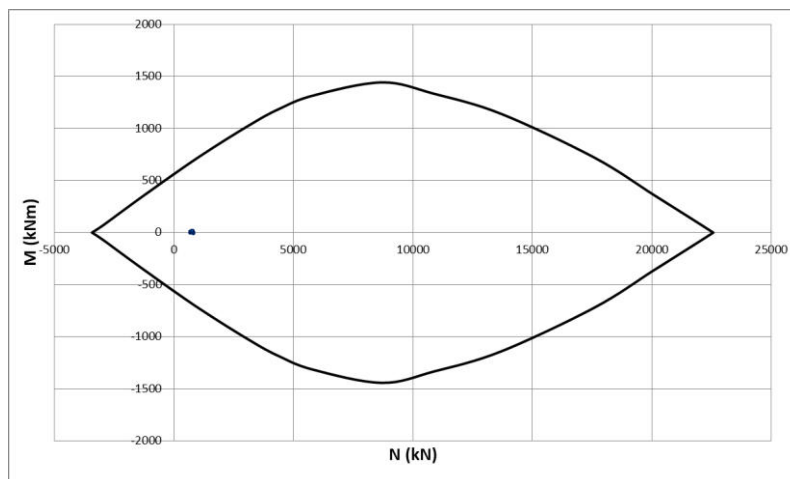


Figura 12-12. Dominio M-N Stato Limite Ultimo – CANNA 2 - TIME 8

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 122 di 195

Verifica a Taglio

La verifica a taglio allo Stato Limite Ultimo relativa all'armatura trasversale d'anima risulta soddisfatta: la somma dei contributi di resistenza del conglomerato cementizio e dell'armatura a taglio è maggiore della massima azione di taglio ricavata dalle analisi.

VERIFICA DELL'ARMATURA TRASVERSALE D'ANIMA						
TIME DI CALCOLO	CANNA	V_{sdu}	V_{cd}	V_{wd}	$V_{cd} + V_{wd}$	$V_{sdu} < V_{cd} + V_{wd}$
[-]	[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[-]
TIME 08	1	153.6	704	132.8	836.7	ok
TIME 08	2	44.3	704	132.8	836.7	ok

La verifica a taglio allo Stato Limite Ultimo relativa al conglomerato risulta soddisfatta: la resistenza a compressione delle bielle inclinate risulta maggiore della massima azione a taglio ricavata dalle analisi.

VERIFICA DEL CONGLOMERATO				
TIME DI CALCOLO	CANNA	V_{sdu}	$V_{rdu,c}$	$V_{sdu} < V_{rdu,c}$
[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]
TIME 08	1	153.6	4629.4	ok
TIME 08	2	44.3	4629.4	ok

12.2.5. Verifiche allo Stato Limite di Esercizio

Le verifiche allo Stato Limite di Esercizio sono state condotte considerando i limiti tensionali, più restrittivi, della combinazione Quasi Permanente. La verifica a fessurazione è stata omessa in quanto le barre di armatura risultano prevalentemente compresse e non si instaurano quindi fenomeni fessurativi.

Le tabelle che seguono riportano le condizioni di esercizio più critiche per le verifiche tensionali, relativamente alla fase di calcolo 8. Si precisa che i valori di momento flettente sono stati incrementati del 30%, coerentemente a quanto esposto al paragrafo 12.1.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 123 di 195

INPUT FLAC						Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI		
Element	Node	Height	N	V	M*	Af	A'f	σ_c	$\sigma_{s,inf}$	$\sigma_{s,sup}$
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm ²	cm ²	MPa	MPa	MPa
CONCIO_2	392	0.4	-2506	38	51	43.98	43.98	-3.7	-35.1	-53.2
CONCIO_3	182	0.4	-2546	-6	32	43.98	43.98	-3.5	-39.1	-50.5
<i>*il valore del momento flettente è stato incrementato del 30%</i>										

Tabella 12-1. Quadro riassuntivo verifiche SLE – CANNA 1 – TIME 8

INPUT FLAC						Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI		
Element	Node	Height	N	V	M*	Af	A'f	σ_c	$\sigma_{s,inf}$	$\sigma_{s,sup}$
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm ²	cm ²	MPa	MPa	MPa
CONCIO_7	499	0.4	-552	17	11	43.98	43.98	-0.83	-7.7	-11.8
CONCIO_2	5	0.4	-578	2	0	43.98	43.98	-0.69	-10.1	-10.3
<i>*il valore del momento flettente è stato incrementato del 30%</i>										

Tabella 12-2. Quadro riassuntivo verifiche SLE – CANNA 2 – TIME 8

Come si nota, tutte le verifiche risultano soddisfatte.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 124 di 195

12.3. Analisi 2 – Argille a Palombini GR2a - Copertura 275 m

12.3.1. Fasi di calcolo

Lo scavo e il sostegno della galleria per le sezioni di studio sono stati simulati mediante le fasi di calcolo elencate e sintetizzate nel seguito.

- FASE 0: generazione del modello, definizione dei vincoli, dello stato tensionale geostatico iniziale, delle caratteristiche del materiale e delle leggi di comportamento;
- FASE 1: simulazione dello scavo della prima canna e dell'effetto tridimensionale del fronte mediante l'applicazione di un rilascio tensionale $\lambda=0.60$;
- FASE 2: rilascio tensionale fino al raggiungimento di uno spostamento medio corrispondente ad un avanzamento pari alla lunghezza dello scudo (11m), mediante un tasso di deconfinamento $\lambda=0.97$;
- FASE 3: attivazione degli elementi che simulano l'anello di rivestimento della prima canna e della malta bi-componente per backfilling agli istanti iniziali;
- FASE 4: maturazione malta bi-componente per backfilling;
- FASE 5: simulazione dello scavo della seconda canna e dell'effetto tridimensionale del fronte mediante l'applicazione di un rilascio tensionale con tasso di deconfinamento $\lambda=0.60$;
- FASE 6: rilascio tensionale fino al raggiungimento di uno spostamento medio corrispondente ad un avanzamento pari alla lunghezza dello scudo (11m), mediante un tasso di deconfinamento $\lambda=0.97$;
- FASE 7: attivazione degli elementi che simulano l'anello di rivestimento della seconda canna e della malta bi-componente per backfilling agli istanti iniziali;
- FASE 8: maturazione malta bi-componente per backfilling.

12.3.2. Analisi deformativa

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, tarandoli sulla base dei risultati ottenuti in fase di terapia con il metodo delle linee caratteristiche.

Di seguito vengono riportati gli spostamenti e le plasticizzazioni in corrispondenza delle fasi più significative.

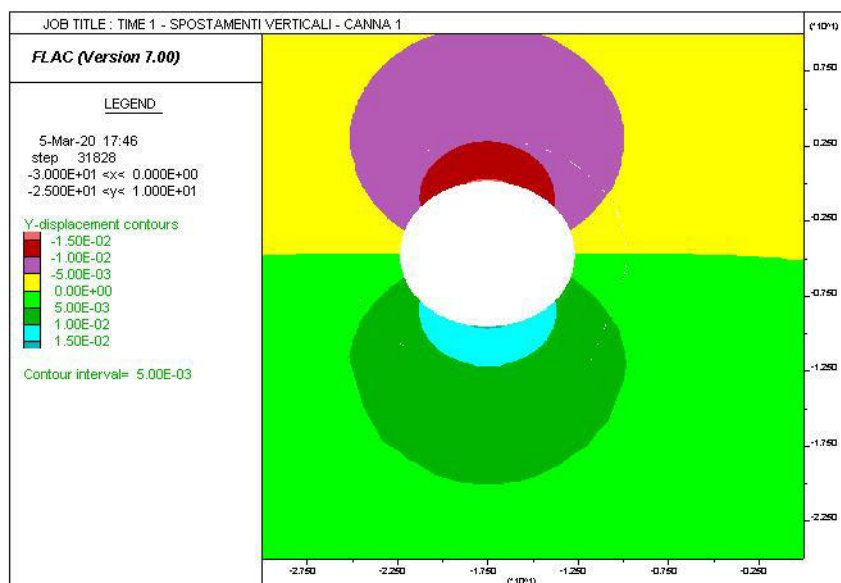


Figura 12-13. Apertura 1^a canna – Spostamenti verticali [m]

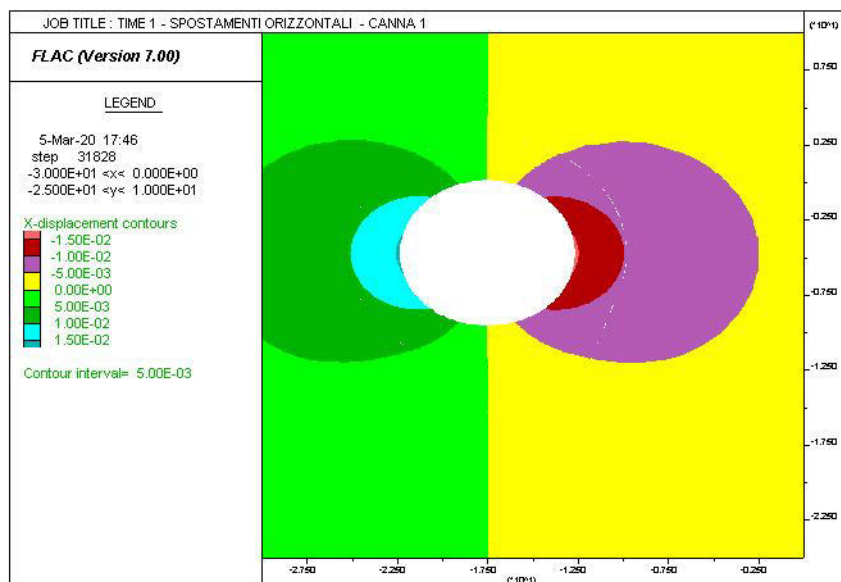


Figura 12-14. Apertura 1^a canna – Spostamenti orizzontali [m]

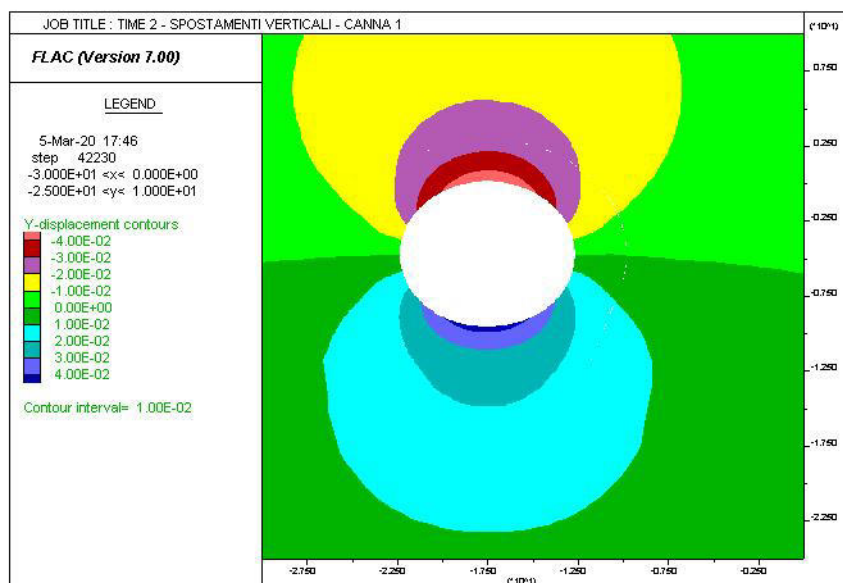


Figura 12-15. Avanzamento 1^canna fine scudo – Spostamenti verticali [m]

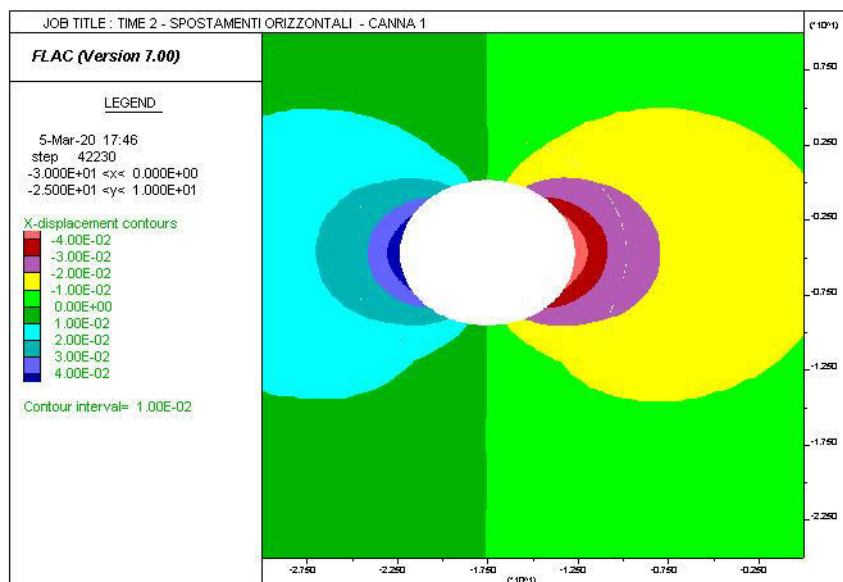


Figura 12-16. Avanzamento 1^canna fine scudo – Spostamenti orizzontali [m]

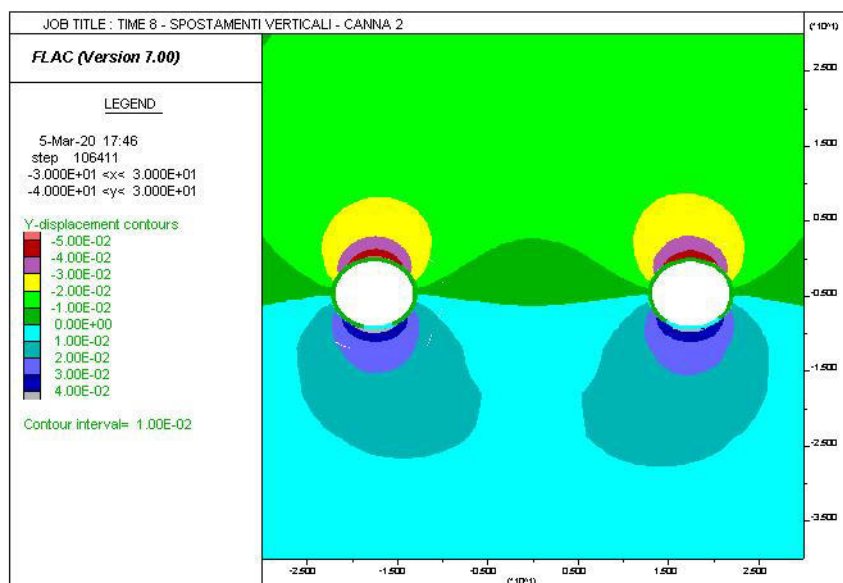


Figura 12-17. Completamento 2^acanna – Spostamenti verticali [m]

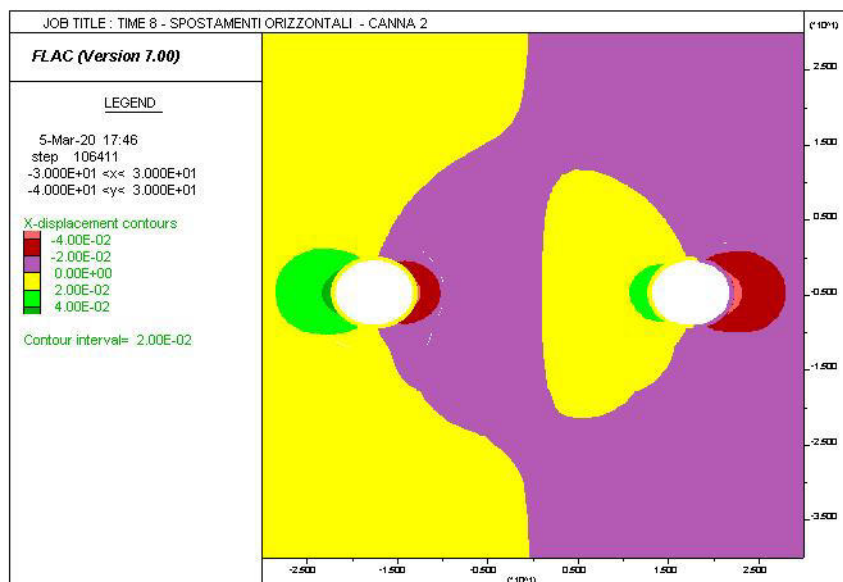


Figura 12-18. Completamento 2^acanna – Spostamenti orizzontali [m]

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 128 di 195

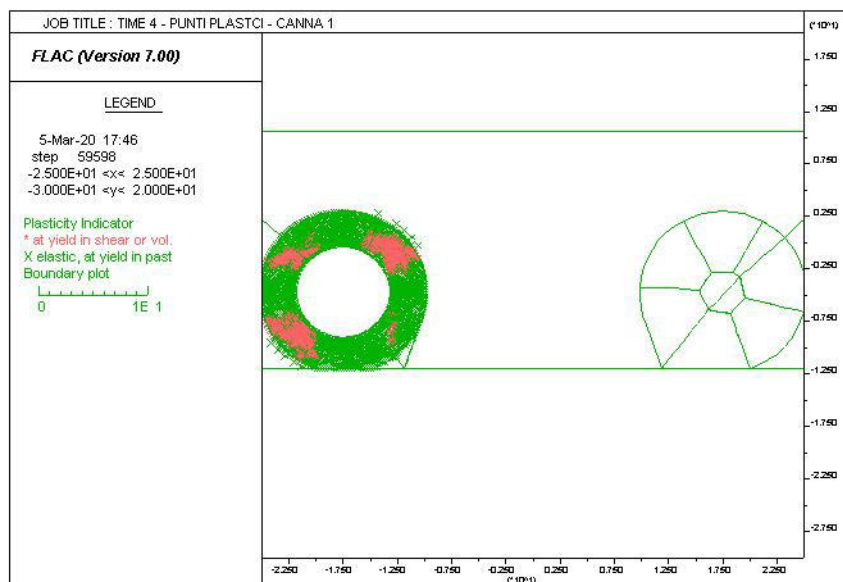


Figura 12-19. Completamento 1^a canna – Plasticizzazioni

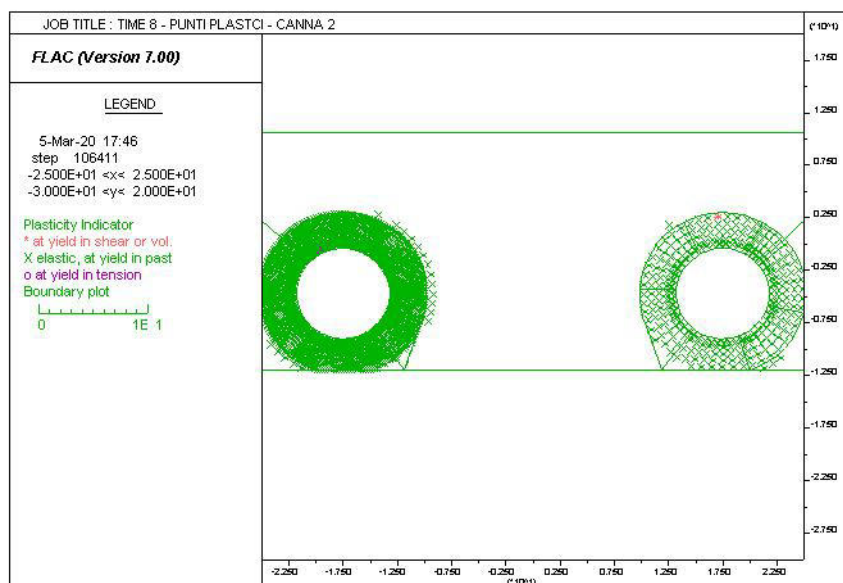


Figura 12-20. Lungo termine – Plasticizzazioni

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 129 di 195

12.3.3. Analisi Tensionale

Le seguenti immagini mostrano lo stato tensionale nell'ammasso e i diagrammi della sollecitazione dei rivestimenti definitivi nelle fasi di calcolo maggiormente significative.

Come è possibile osservare dalle figure sottostanti la prima canna scavata risulta maggiormente sollecitata rispetto alla canna scavata in seconda fase. Per completezza le verifiche sezionali verranno comunque condotte per entrambe le canne.

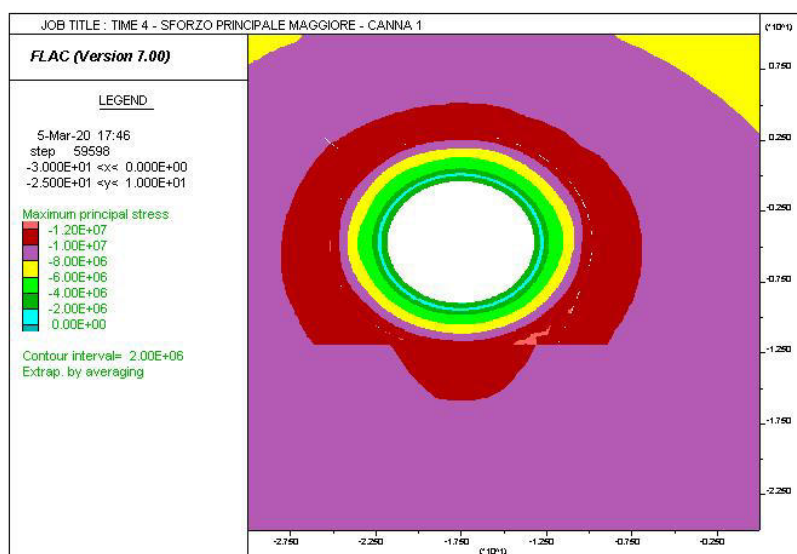


Figura 12-21. Completamento 1^canna – Sforzo principale maggiore [Pa]

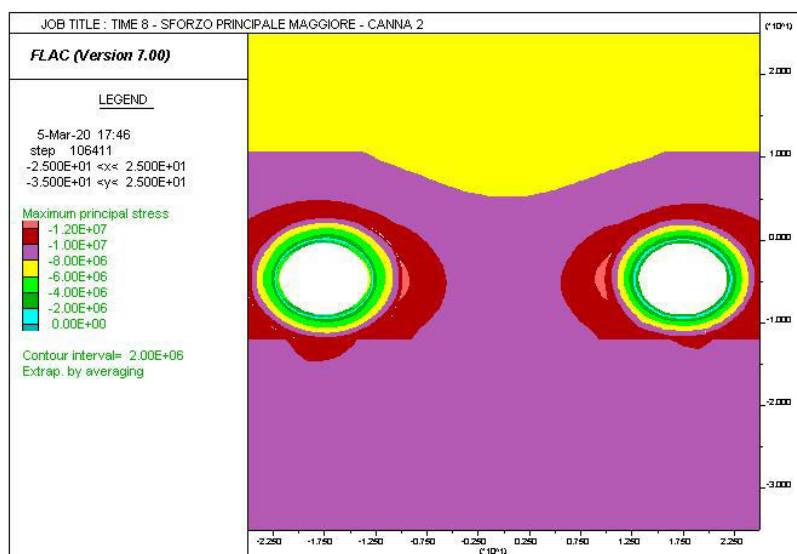
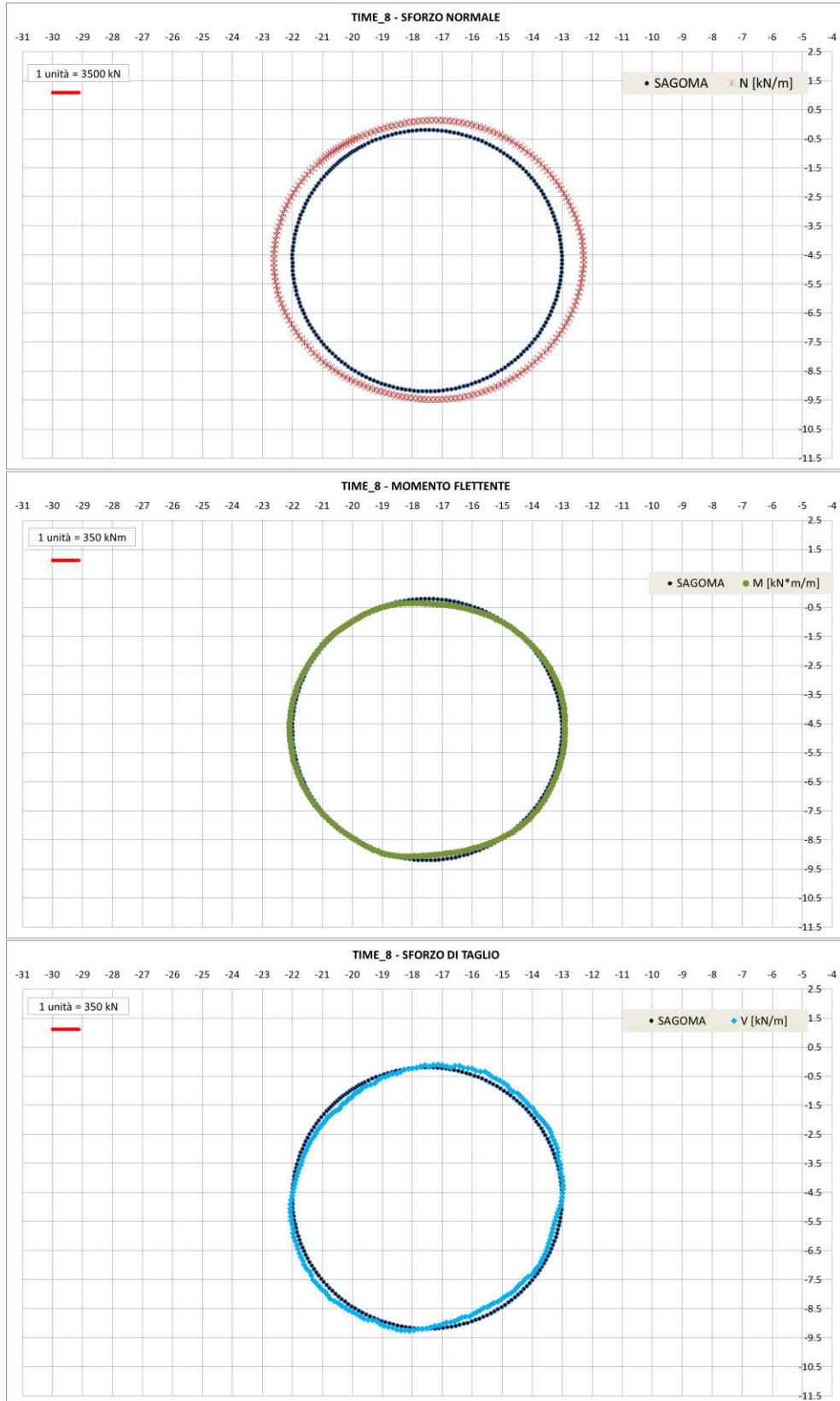
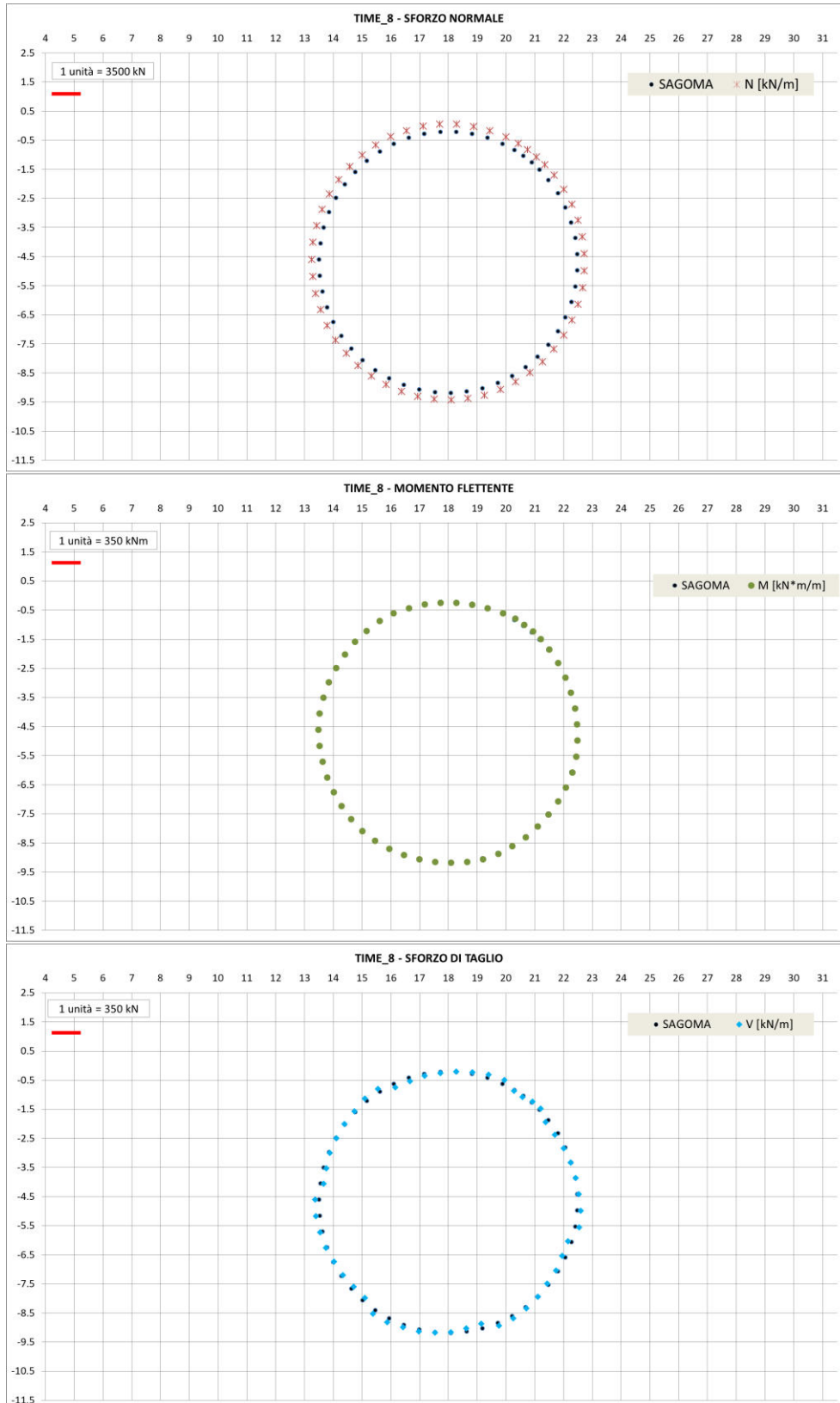


Figura 12-22. Completamento 2^canna – Sforzo principale maggiore [Pa]

TIME 8 – CANNA 1

TIME 8 – CANNA 2

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 132 di 195

12.3.4. Verifiche allo Stato Limite Ultimo

Nel seguito sono riportate le verifiche allo Stato Limite Ultimo per la sezione caratteristica del concio prefabbricato in calcestruzzo, per entrambe le canne scavate. La sezione di verifica ha base 180 cm e altezza 40 cm. Essa è armata con 14 barre $\phi 20$ all'intradosso e all'estradosso. La staffatura è formata da barre $\phi 10$ passo 15 cm.

Verifica a Pressoflessione

La verifica a pressoflessione è stata eseguita controllando che le coppie di sollecitazioni M-N rientrassero nel dominio di resistenza allo Stato Limite Ultimo. Si precisa che i valori di momento flettente sono stati incrementati del 30%, coerentemente a quanto esposto al paragrafo 12.1.

Si riportano nel seguito i domini di resistenza per i conchi caratterizzati da carpenteria tipo "3" ($R_{ck} = 60\text{MPa}$) e con armatura tipo "3" ($14\phi 20$): le verifiche risultano essere soddisfatte, in quanto tutte le sollecitazioni ricadono all'interno del dominio resistente.

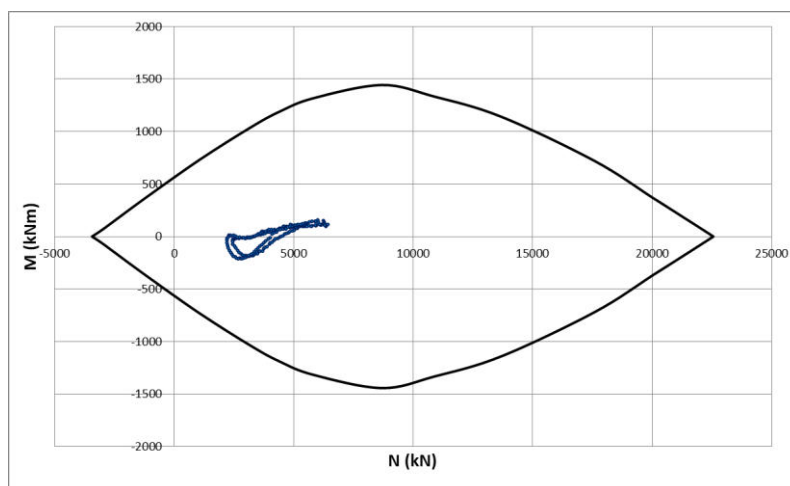


Figura 12-23. Dominio M-N Stato Limite Ultimo – CANNA 1 – TIME 8

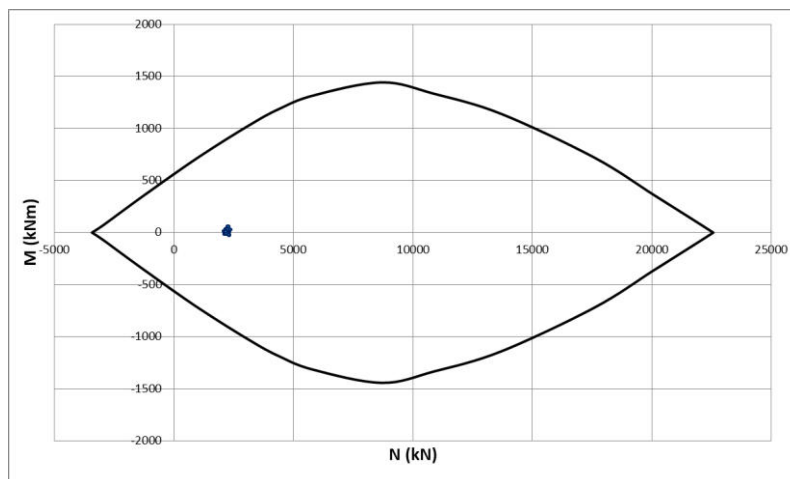


Figura 12-24. Dominio M-N Stato Limite Ultimo – CANNA 2 - TIME 8

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 133 di 195

Verifica a Taglio

La verifica a taglio allo Stato Limite Ultimo relativa all'armatura trasversale d'anima risulta soddisfatta: la somma dei contributi di resistenza del conglomerato cementizio e dell'armatura a taglio è maggiore della massima azione di taglio ricavata dalle analisi.

VERIFICA DELL'ARMATURA TRASVERSALE D'ANIMA						
TIME DI CALCOLO	CANNA	V_{sdu}	V_{cd}	V_{wd}	$V_{cd} + V_{wd}$	$V_{sdu} < V_{cd} + V_{wd}$
[-]	[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[-]
TIME 08	1	236.9	704	132.8	836.7	ok
TIME 08	2	138.3	704	132.8	836.7	ok

La verifica a taglio allo Stato Limite Ultimo relativa al conglomerato risulta soddisfatta: la resistenza a compressione delle bielle inclinate risulta maggiore della massima azione a taglio ricavata dalle analisi.

VERIFICA DEL CONGLOMERATO				
TIME DI CALCOLO	CANNA	V_{sdu}	$V_{rdu,c}$	$V_{sdu} < V_{rdu,c}$
[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]
TIME 08	1	236.9	4629.4	ok
TIME 08	2	138.3	4629.4	ok

12.3.5. Verifiche allo Stato Limite di Esercizio

Le verifiche allo Stato Limite di Esercizio sono state condotte considerando i limiti tensionali, più restrittivi, della combinazione Quasi Permanente. La verifica a fessurazione è stata omessa in quanto le barre di armatura risultano prevalentemente compresse e non si instaurano quindi fenomeni fessurativi.

Le tabelle che seguono riportano le condizioni di esercizio più critiche per le verifiche tensionali, relativamente alla fase di calcolo 8. Si precisa che i valori di momento flettente sono stati incrementati del 30%, coerentemente a quanto esposto al paragrafo 12.1.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 134 di 195

INPUT FLAC						Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI		
Element	Node	Height	N	V	M*	Af	A'f	σ_c	$\sigma_{s,inf}$	$\sigma_{s,sup}$
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm ²	cm ²	MPa	MPa	MPa
CONCIO_2	392	0.4	-4465	29	104	43.98	43.98	-6.9	-60.0	-97.2
CONCIO_3	182	0.4	-4541	14	69	43.98	43.98	-6.4	-67.6	-92.3
<i>*il valore del momento flettente è stato incrementato del 30%</i>										

Tabella 12-3. Quadro riassuntivo verifiche SLE – CANNA 1 – TIME 8

INPUT FLAC						Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI		
Element	Node	Height	N	V	M*	Af	A'f	σ_c	$\sigma_{s,inf}$	$\sigma_{s,sup}$
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm ²	cm ²	MPa	MPa	MPa
CONCIO_7	496	0.4	-1634	-26	41	43.98	43.98	-2.6	-21.4	-36.1
CONCIO_1	488	0.4	-1661	-74	1	43.98	43.98	-2.0	-29.1	-29.4
<i>*il valore del momento flettente è stato incrementato del 30%</i>										

Tabella 12-4. Quadro riassuntivo verifiche SLE – CANNA 2 – TIME 8

Come si nota, tutte le verifiche risultano soddisfatte.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 135 di 195

12.4. Analisi 3 – Argille a Palombini GR2b - Copertura 275 m

12.4.1. Fasi di calcolo

Lo scavo e il sostegno della galleria per le sezioni di studio sono stati simulati mediante le fasi di calcolo elencate e sintetizzate nel seguito.

- FASE 0: generazione del modello, definizione dei vincoli, dello stato tensionale geostatico iniziale, delle caratteristiche del materiale e delle leggi di comportamento;
- FASE 1: simulazione dello scavo della prima canna e dell'effetto tridimensionale del fronte mediante l'applicazione di un rilascio tensionale $\lambda=0.74$;
- FASE 2: rilascio tensionale fino al raggiungimento di uno spostamento medio corrispondente ad un avanzamento pari alla lunghezza dello scudo (11m), mediante un tasso di deconfinamento $\lambda=0.935$;
- FASE 3: attivazione degli elementi che simulano l'anello di rivestimento della prima canna e della malta bi-componente per backfilling agli istanti iniziali;
- FASE 4: maturazione malta bi-componente per backfilling;
- FASE 5: simulazione dello scavo della seconda canna e dell'effetto tridimensionale del fronte mediante l'applicazione di un rilascio tensionale con tasso di deconfinamento $\lambda=0.74$;
- FASE 6: rilascio tensionale fino al raggiungimento di uno spostamento medio corrispondente ad un avanzamento pari alla lunghezza dello scudo (11m), mediante un tasso di deconfinamento $\lambda=0.935$;
- FASE 7: attivazione degli elementi che simulano l'anello di rivestimento della seconda canna e della malta bi-componente per backfilling agli istanti iniziali;
- FASE 8: maturazione malta bi-componente per backfilling.

12.4.2. Analisi deformativa

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, tarandoli sulla base dei risultati ottenuti in fase di terapia con il metodo delle linee caratteristiche.

Di seguito vengono riportati gli spostamenti e le plasticizzazioni in corrispondenza delle fasi più significative.

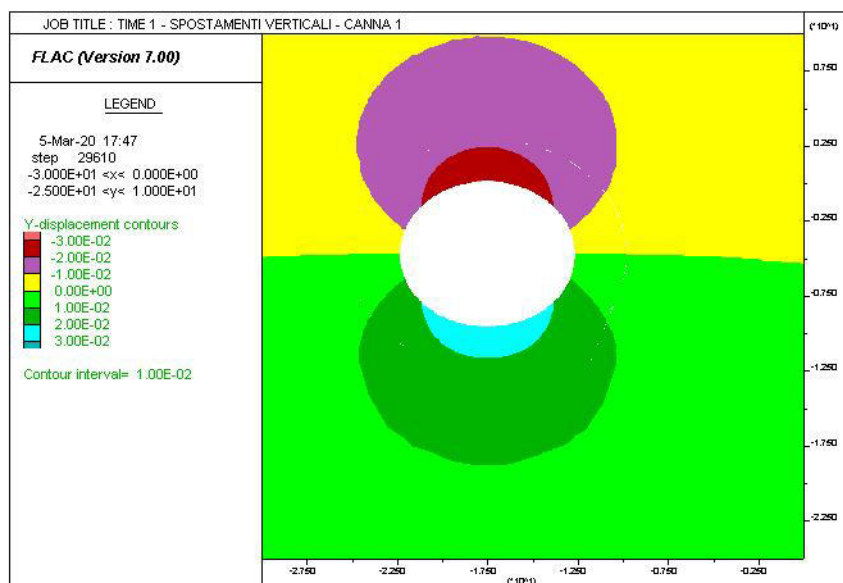


Figura 12-25. Apertura 1^a canna – Spostamenti verticali [m]

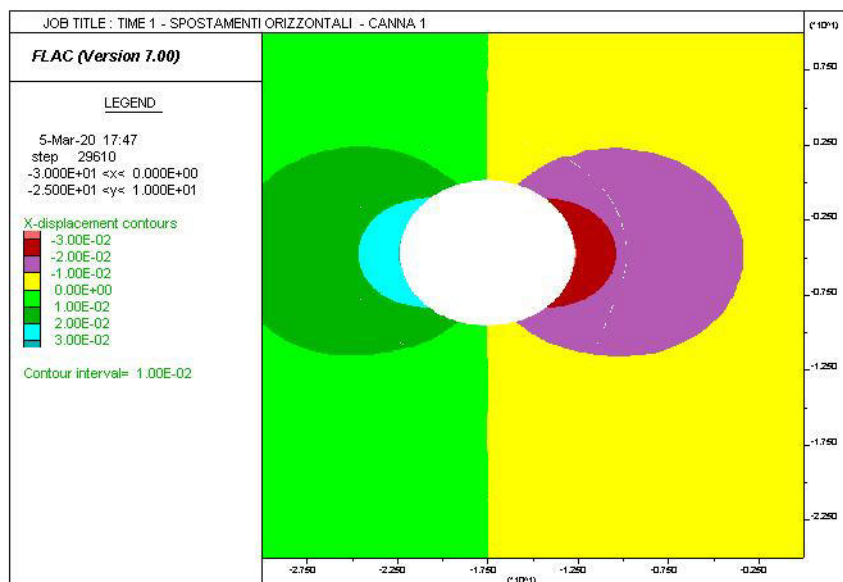


Figura 12-26. Apertura 1^a canna – Spostamenti orizzontali [m]

GENERAL CONTRACTOR  CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 137 di 195

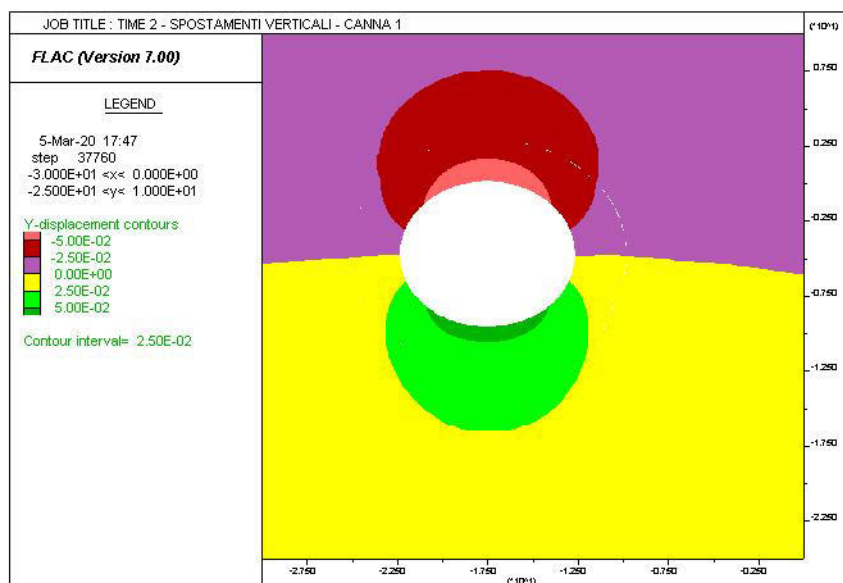


Figura 12-27. Avanzamento 1^canna fine scudo – Spostamenti verticali [m]

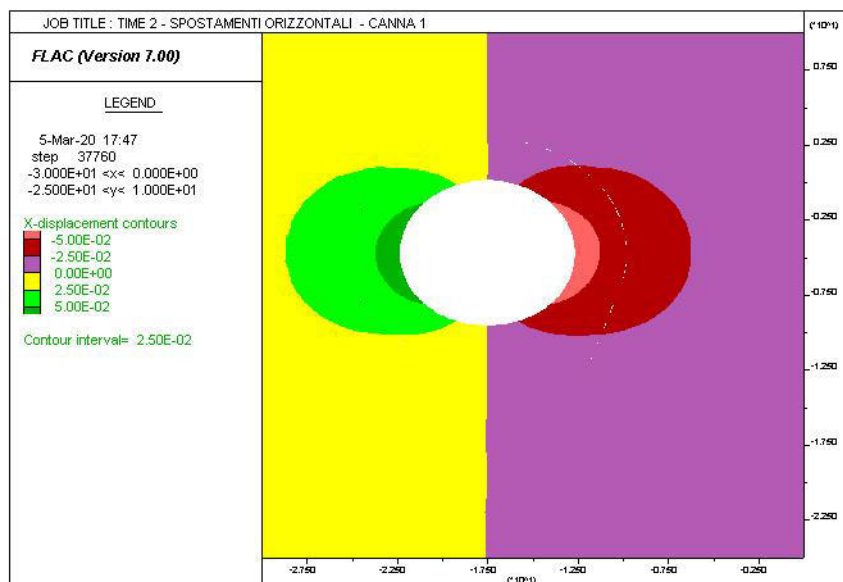


Figura 12-28. Avanzamento 1^canna fine scudo – Spostamenti orizzontali [m]

GENERAL CONTRACTOR  CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 138 di 195

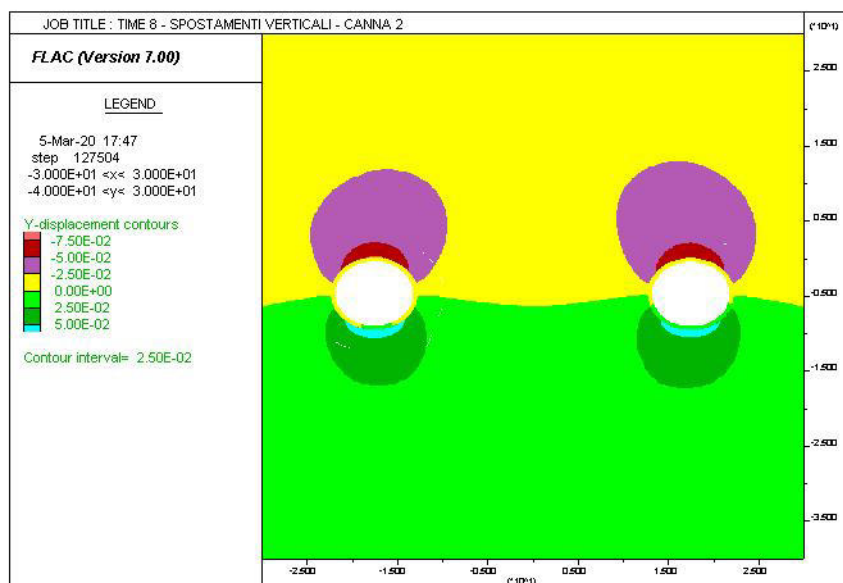


Figura 12-29. Completamento 2^acanna – Spostamenti verticali [m]

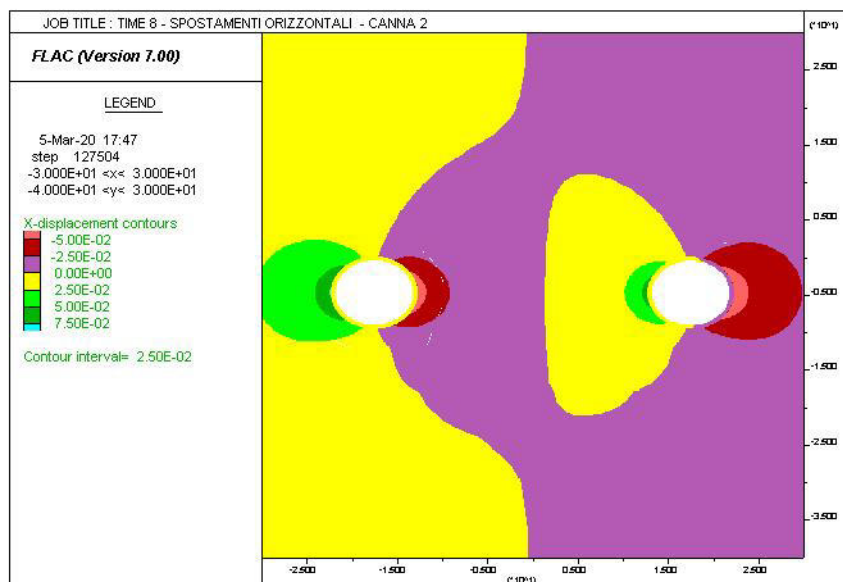


Figura 12-30. Completamento 2^acanna – Spostamenti orizzontali [m]

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 139 di 195

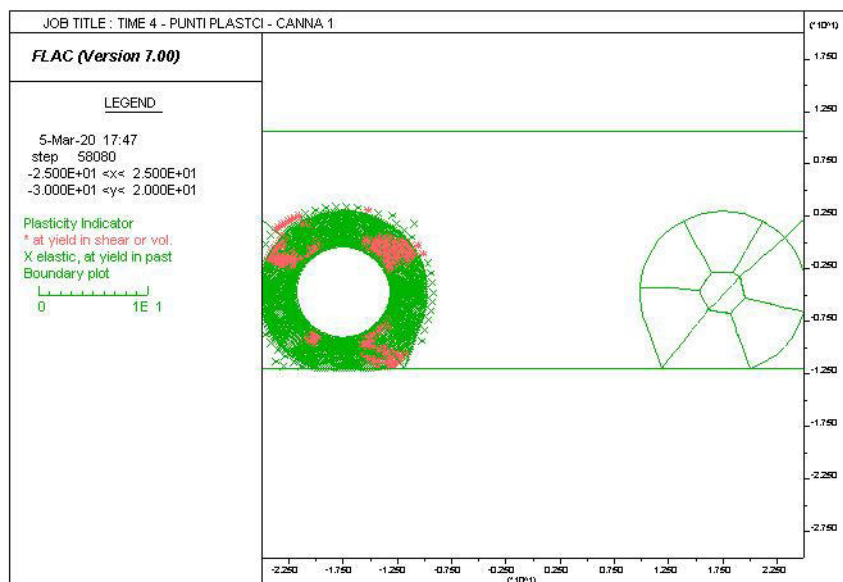


Figura 12-31. Completamento 1^ canna – Plasticizzazioni

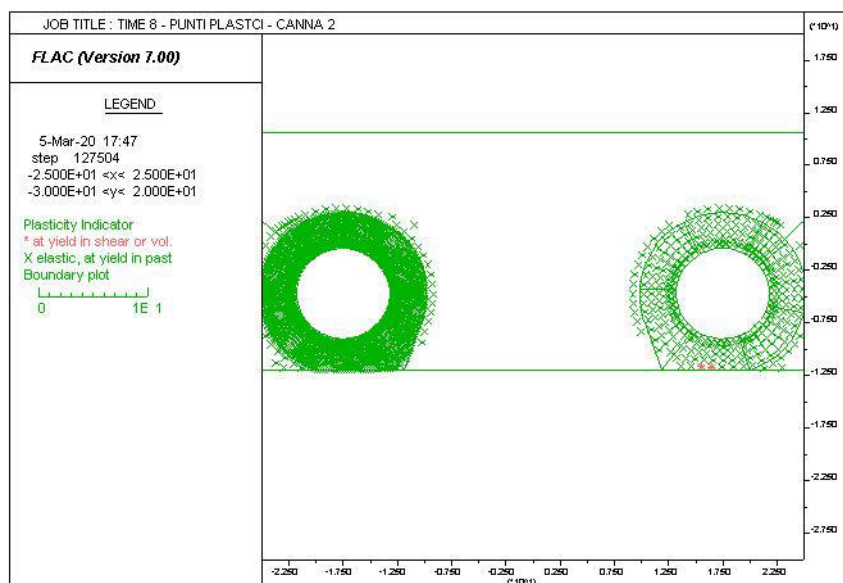


Figura 12-32. Lungo termine – Plasticizzazioni

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 140 di 195

12.4.3. Analisi Tensionale

Le seguenti immagini mostrano lo stato tensionale nell'ammasso e i diagrammi della sollecitazione dei rivestimenti definitivi nelle fasi di calcolo maggiormente significative.

Come è possibile osservare dalle figure sottostanti la prima canna scavata risulta maggiormente sollecitata rispetto alla canna scavata in seconda fase. Per completezza le verifiche sezionali verranno comunque condotte per entrambe le canne.

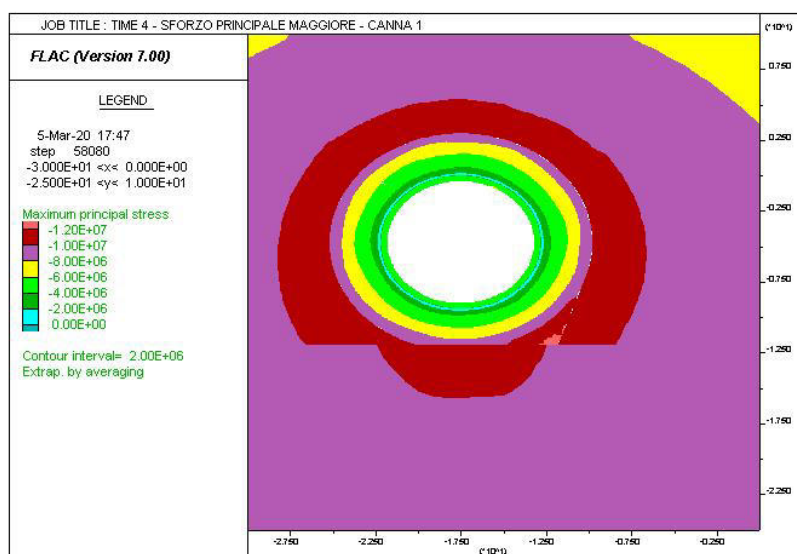


Figura 12-33. Completamento 1^canna – Sforzo principale maggiore [Pa]

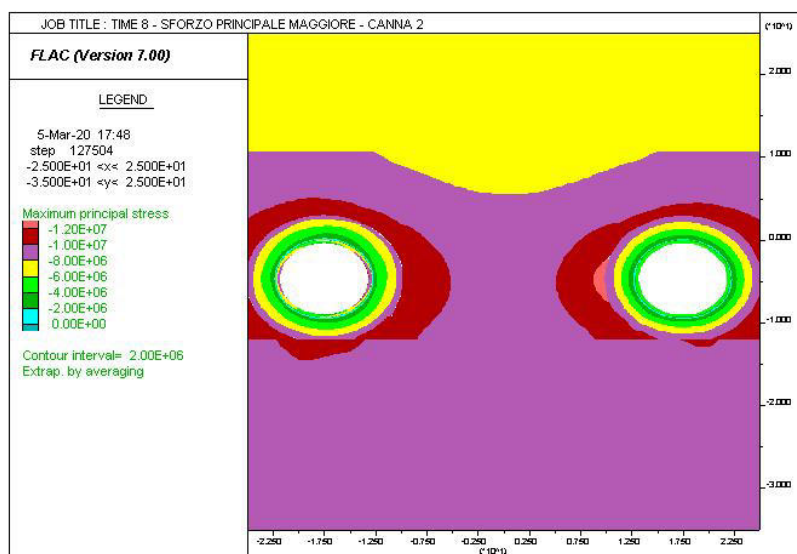
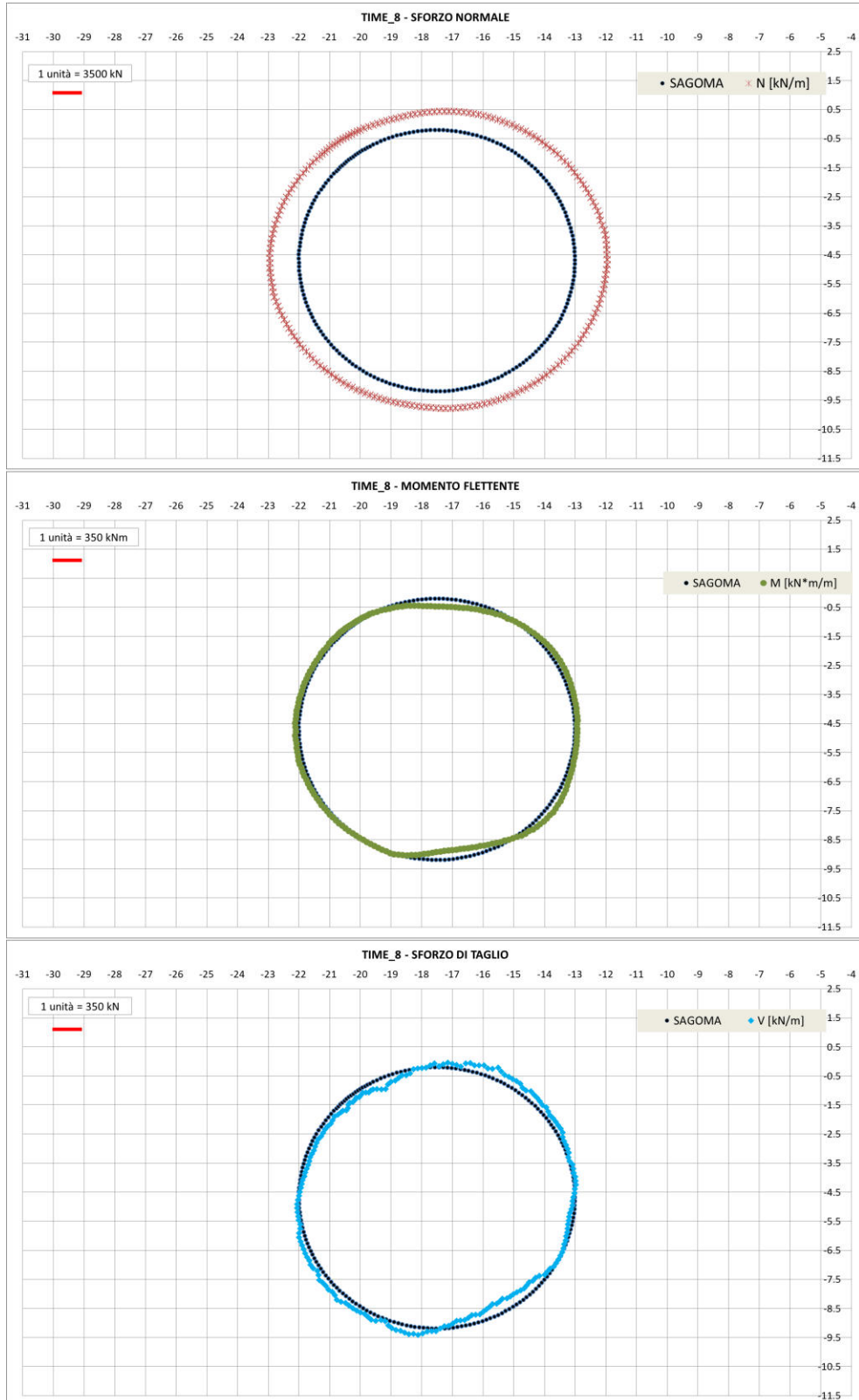
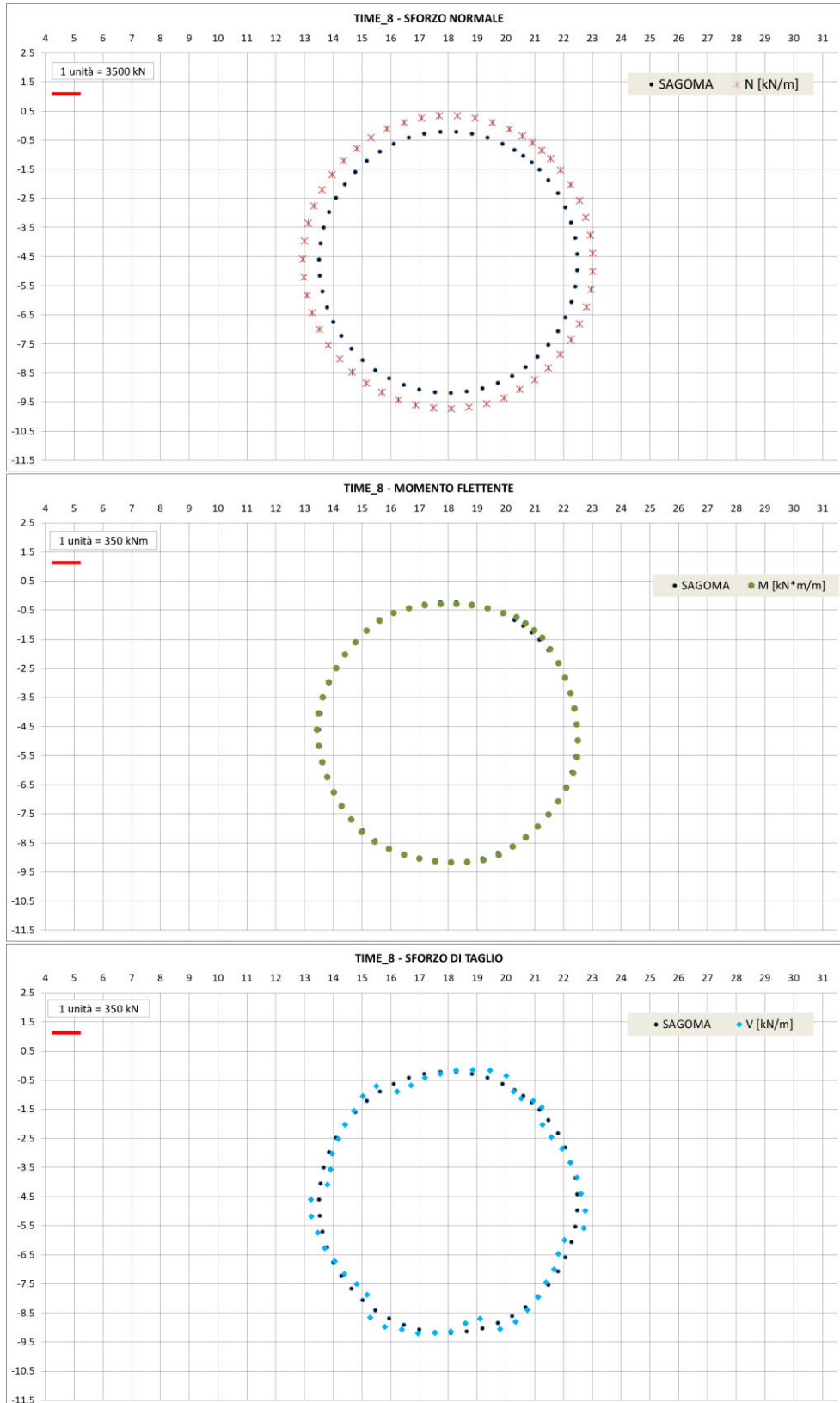


Figura 12-34. Completamento 2^canna – Sforzo principale maggiore [Pa]

TIME 8 – CANNA 1

TIME 8 – CANNA 2

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 143 di 195

12.4.4. Verifiche allo Stato Limite Ultimo

Nel seguito sono riportate le verifiche allo Stato Limite Ultimo per la sezione caratteristica del concio prefabbricato in calcestruzzo, per entrambe le canne scavate. La sezione di verifica ha base 180 cm e altezza 40 cm. Essa è armata con 14 barre $\phi 20$ all'intradosso e all'estradosso. La staffatura è formata da barre $\phi 10$ passo 15 cm.

Verifica a Pressoflessione

La verifica a pressoflessione è stata eseguita controllando che le coppie di sollecitazioni M-N rientrassero nel dominio di resistenza allo Stato Limite Ultimo. Si precisa che i valori di momento flettente sono stati incrementati del 30%, coerentemente a quanto esposto al paragrafo 12.1.

Si riportano nel seguito i domini di resistenza per i conchi caratterizzati da carpenteria tipo "3" ($R_{ck} = 60\text{MPa}$) e con armatura tipo "3" ($14\phi 20$): le verifiche risultano essere soddisfatte, in quanto tutte le sollecitazioni ricadono all'interno del dominio resistente.

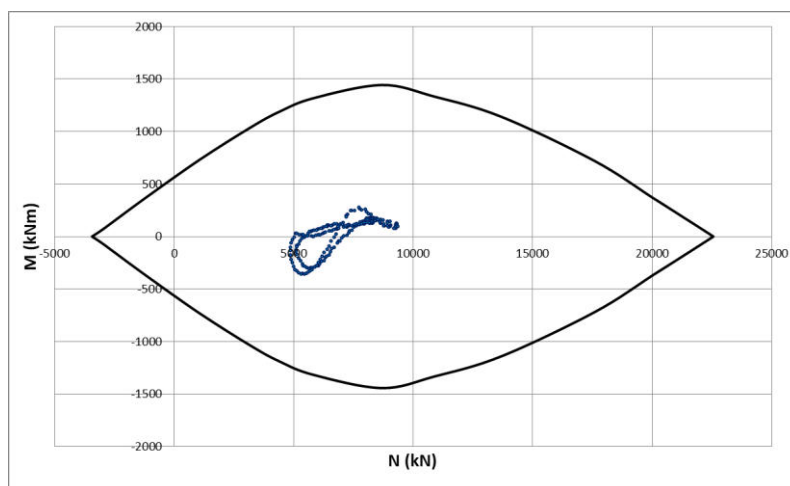


Figura 12-35. Dominio M-N Stato Limite Ultimo – CANNA 1 – TIME 8

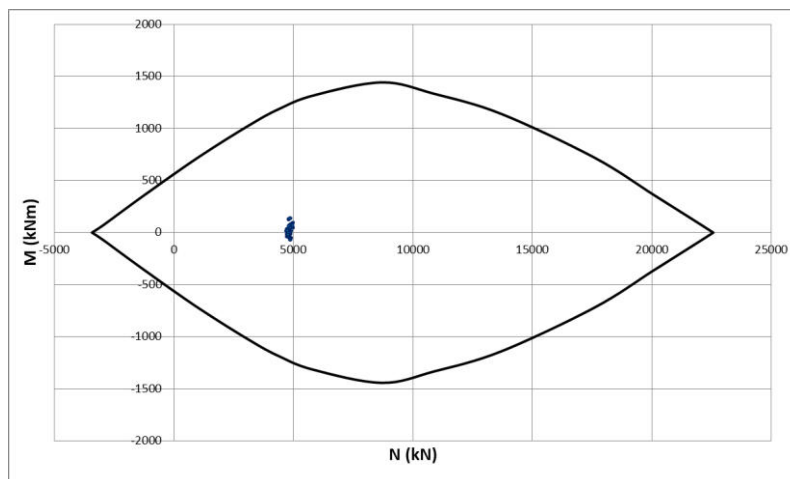


Figura 12-36. Dominio M-N Stato Limite Ultimo – CANNA 2 - TIME 8

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 144 di 195

Verifica a Taglio

La verifica a taglio allo Stato Limite Ultimo relativa all'armatura trasversale d'anima risulta soddisfatta: la somma dei contributi di resistenza del conglomerato cementizio e dell'armatura a taglio è maggiore della massima azione di taglio ricavata dalle analisi.

VERIFICA DELL'ARMATURA TRASVERSALE D'ANIMA						
TIME DI CALCOLO	CANNA	V_{sdu}	V_{cd}	V_{wd}	$V_{cd} + V_{wd}$	$V_{sdu} < V_{cd} + V_{wd}$
[-]	[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[-]
TIME 08	1	370.4	704	132.8	836.7	ok
TIME 08	2	294.6	704	132.8	836.7	ok

La verifica a taglio allo Stato Limite Ultimo relativa al conglomerato risulta soddisfatta: la resistenza a compressione delle bielle inclinate risulta maggiore della massima azione a taglio ricavata dalle analisi.

VERIFICA DEL CONGLOMERATO				
TIME DI CALCOLO	CANNA	V_{sdu}	$V_{rdu,c}$	$V_{sdu} < V_{rdu,c}$
[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]
TIME 08	1	370.4	4629.4	ok
TIME 08	2	294.6	4629.4	ok

12.4.5. Verifiche allo Stato Limite di Esercizio

Le verifiche allo Stato Limite di Esercizio sono state condotte considerando i limiti tensionali, più restrittivi, della combinazione Quasi Permanente. La verifica a fessurazione è stata omessa in quanto le barre di armatura risultano prevalentemente compresse e non si instaurano quindi fenomeni fessurativi.

Le tabelle che seguono riportano le condizioni di esercizio più critiche per le verifiche tensionali, relativamente alla fase di calcolo 8. Si precisa che i valori di momento flettente sono stati incrementati del 30%, coerentemente a quanto esposto al paragrafo 12.1.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 145 di 195

INPUT FLAC						Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI		
Element	Node	Height	N	V	M*	Af	A'f	σ_c	$\sigma_{s,inf}$	$\sigma_{s,sup}$
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm ²	cm ²	MPa	MPa	MPa
CONCIO_3	201	0.4	-5730	-12	184	43.98	43.98	-9.6	-68.0	-133.8
CONCIO_3	182	0.4	-6634	-10	54	43.98	43.98	-8.7	-107.1	-126.5
<i>*il valore del momento flettente è stato incrementato del 30%</i>										

Tabella 12-5. Quadro riassuntivo verifiche SLE – CANNA 1 – TIME 8

INPUT FLAC						Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI		
Element	Node	Height	N	V	M*	Af	A'f	σ_c	$\sigma_{s,inf}$	$\sigma_{s,sup}$
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm ²	cm ²	MPa	MPa	MPa
CONCIO_7	496	0.4	-3485	-43	95	43.98	43.98	-5.6	-44.3	-78.4
CONCIO_3	3	0.4	-3476	-74	1	43.98	43.98	-4.1	-61.0	-61.4
<i>*il valore del momento flettente è stato incrementato del 30%</i>										

Tabella 12-6. Quadro riassuntivo verifiche SLE – CANNA 2 – TIME 8

Come si nota, tutte le verifiche risultano soddisfatte.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 146 di 195

12.5. Analisi 4 – Argille a Palombini GR3a - Copertura 275 m

12.5.1. Fasi di calcolo

Lo scavo e il sostegno della galleria per le sezioni di studio sono stati simulati mediante le fasi di calcolo elencate e sintetizzate nel seguito.

- FASE 0: generazione del modello, definizione dei vincoli, dello stato tensionale geostatico iniziale, delle caratteristiche del materiale e delle leggi di comportamento;
- FASE 1: simulazione dello scavo della prima canna e dell'effetto tridimensionale del fronte mediante l'applicazione di un rilascio tensionale $\lambda=0.84$;
- FASE 2: rilascio tensionale fino al raggiungimento di uno spostamento medio corrispondente ad un avanzamento pari alla lunghezza dello scudo (11m), mediante un tasso di deconfinamento $\lambda=0.915$;
- FASE 3: attivazione degli elementi che simulano l'anello di rivestimento della prima canna e della malta bi-componente per backfilling agli istanti iniziali;
- FASE 4: maturazione malta bi-componente per backfilling;
- FASE 5: simulazione dello scavo della seconda canna e dell'effetto tridimensionale del fronte mediante l'applicazione di un rilascio tensionale con tasso di deconfinamento $\lambda=0.84$;
- FASE 6: rilascio tensionale fino al raggiungimento di uno spostamento medio corrispondente ad un avanzamento pari alla lunghezza dello scudo (11m), mediante un tasso di deconfinamento $\lambda=0.915$;
- FASE 7: attivazione degli elementi che simulano l'anello di rivestimento della seconda canna e della malta bi-componente per backfilling agli istanti iniziali;
- FASE 8: maturazione malta bi-componente per backfilling.

12.5.2. Analisi deformativa

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, tarandoli sulla base dei risultati ottenuti in fase di terapia con il metodo delle linee caratteristiche.

Di seguito vengono riportati gli spostamenti e le plasticizzazioni in corrispondenza delle fasi più significative.

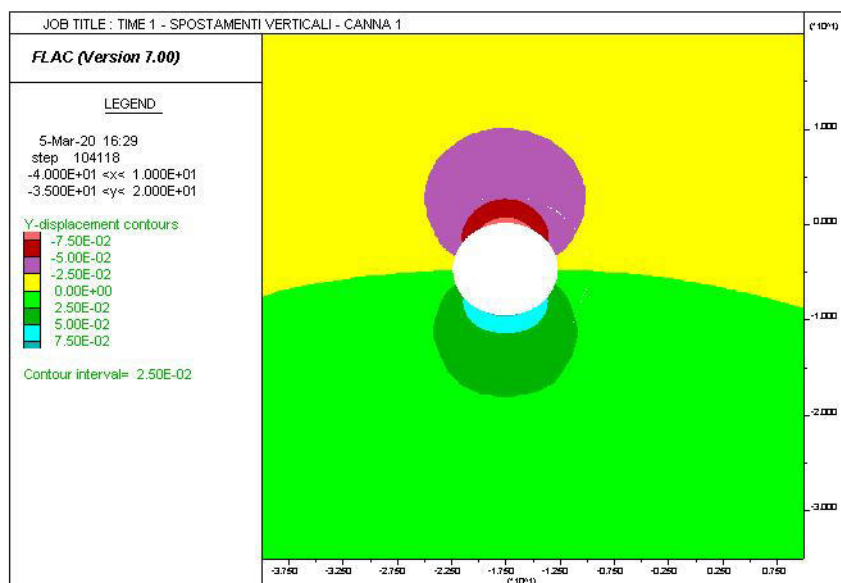


Figura 12-37. Apertura 1^a canna – Spostamenti verticali [m]

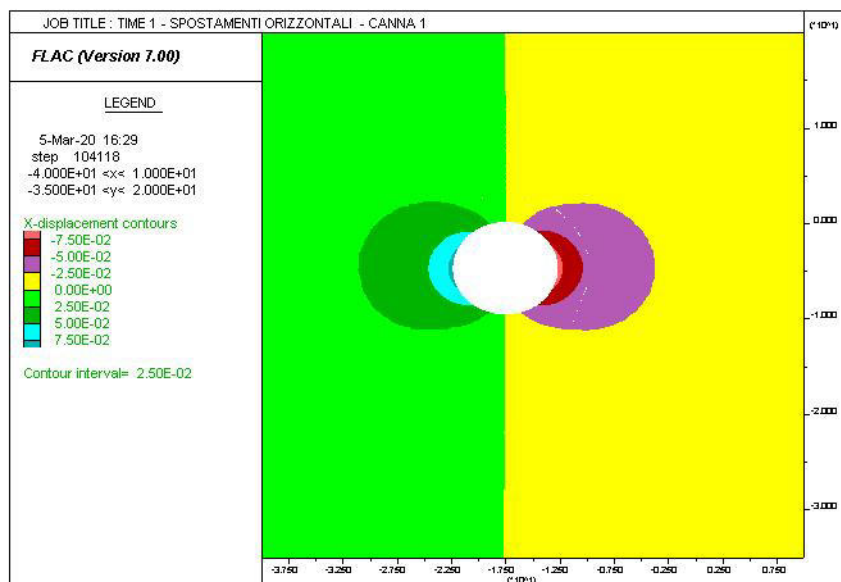


Figura 12-38. Apertura 1^a canna – Spostamenti orizzontali [m]

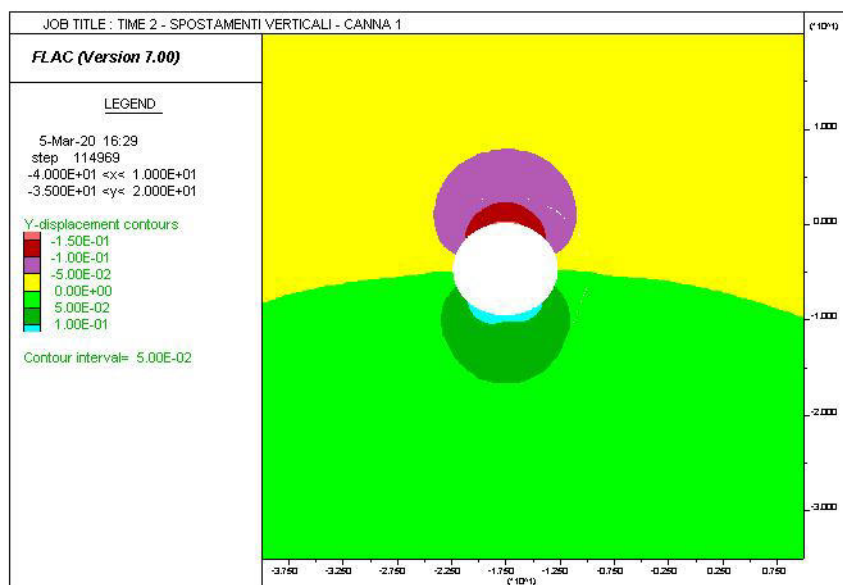


Figura 12-39. Avanzamento 1^canna fine scudo – Spostamenti verticali [m]

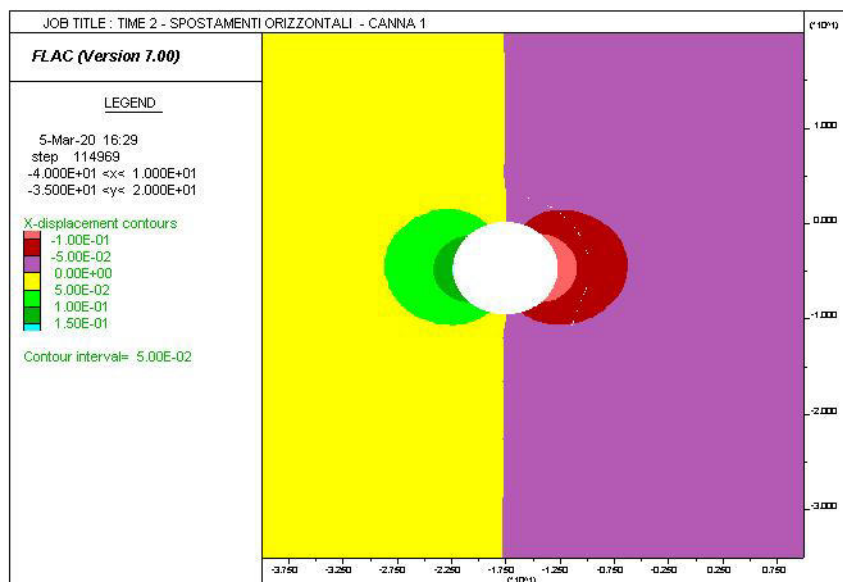


Figura 12-40. Avanzamento 1^canna fine scudo – Spostamenti orizzontali [m]

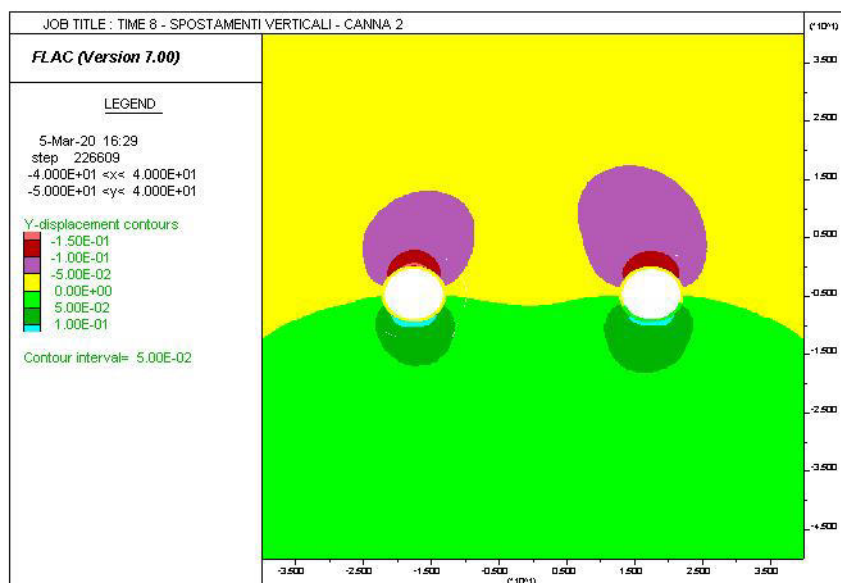


Figura 12-41. Completamento 2^acanna – Spostamenti verticali [m]

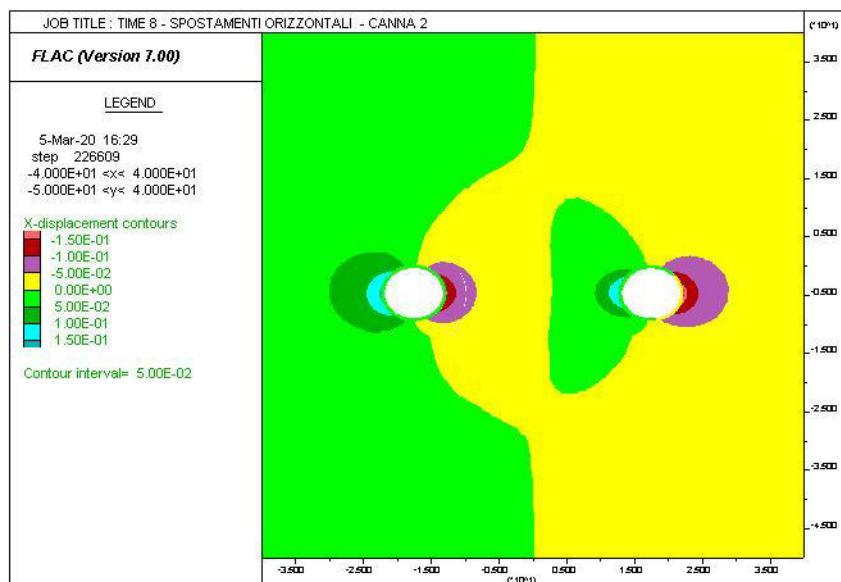


Figura 12-42. Completamento 2^acanna – Spostamenti orizzontali [m]

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 150 di 195

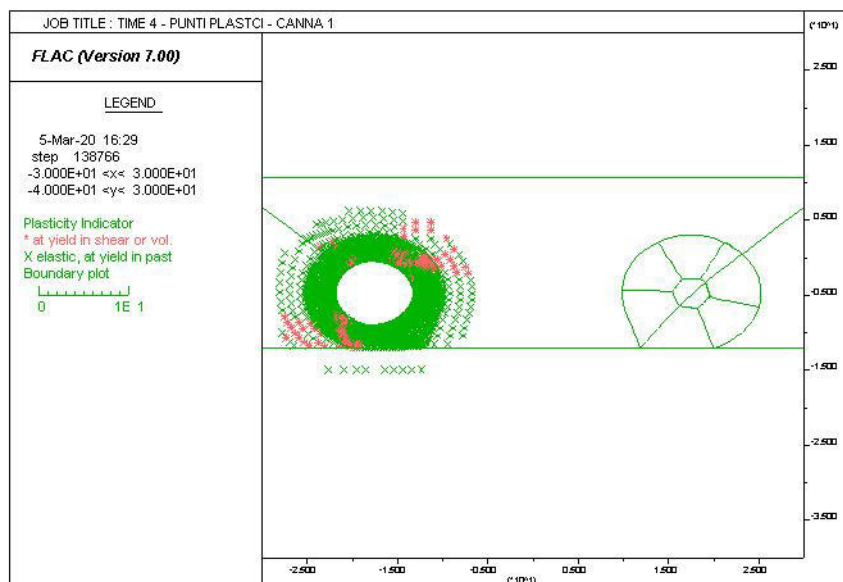


Figura 12-43. Completamento 1^a canna – Plasticizzazioni

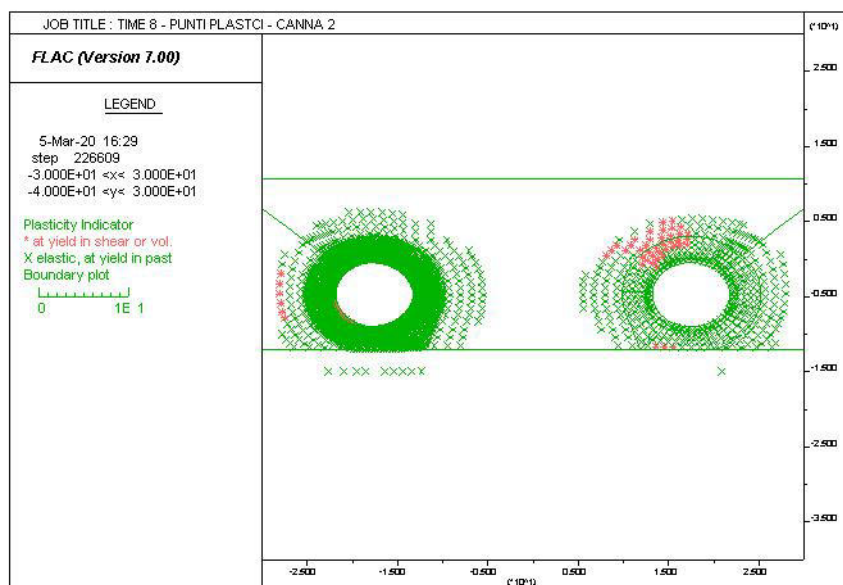


Figura 12-44. Lungo termine – Plasticizzazioni

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 151 di 195

12.5.3. Analisi Tensionale

Le seguenti immagini mostrano lo stato tensionale nell'ammasso e i diagrammi della sollecitazione dei rivestimenti definitivi nelle fasi di calcolo maggiormente significative.

Come è possibile osservare dalle figure sottostanti la prima canna scavata risulta maggiormente sollecitata rispetto alla canna scavata in seconda fase. Per completezza le verifiche sezionali verranno comunque condotte per entrambe le canne.

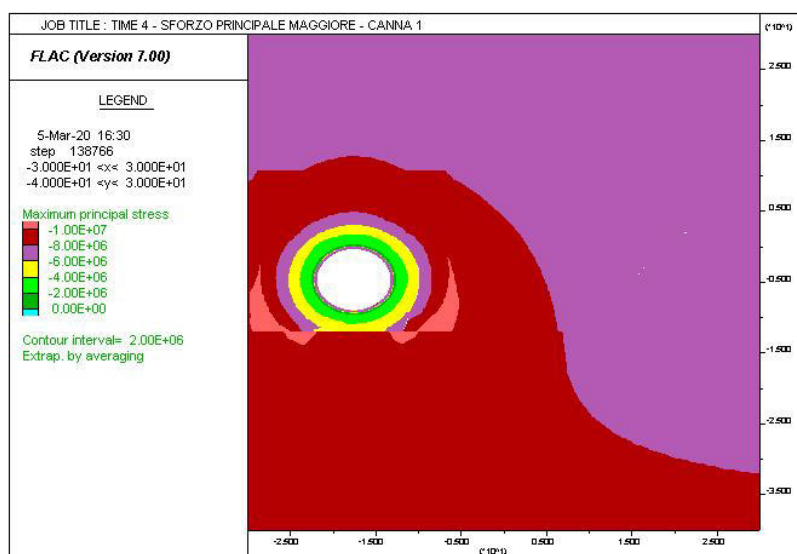


Figura 12-45. Completamento 1^canna – Sforzo principale maggiore [Pa]

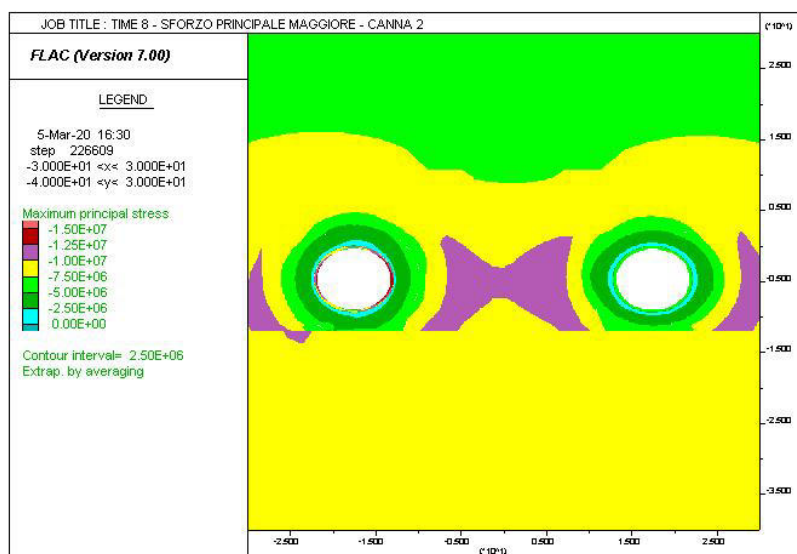
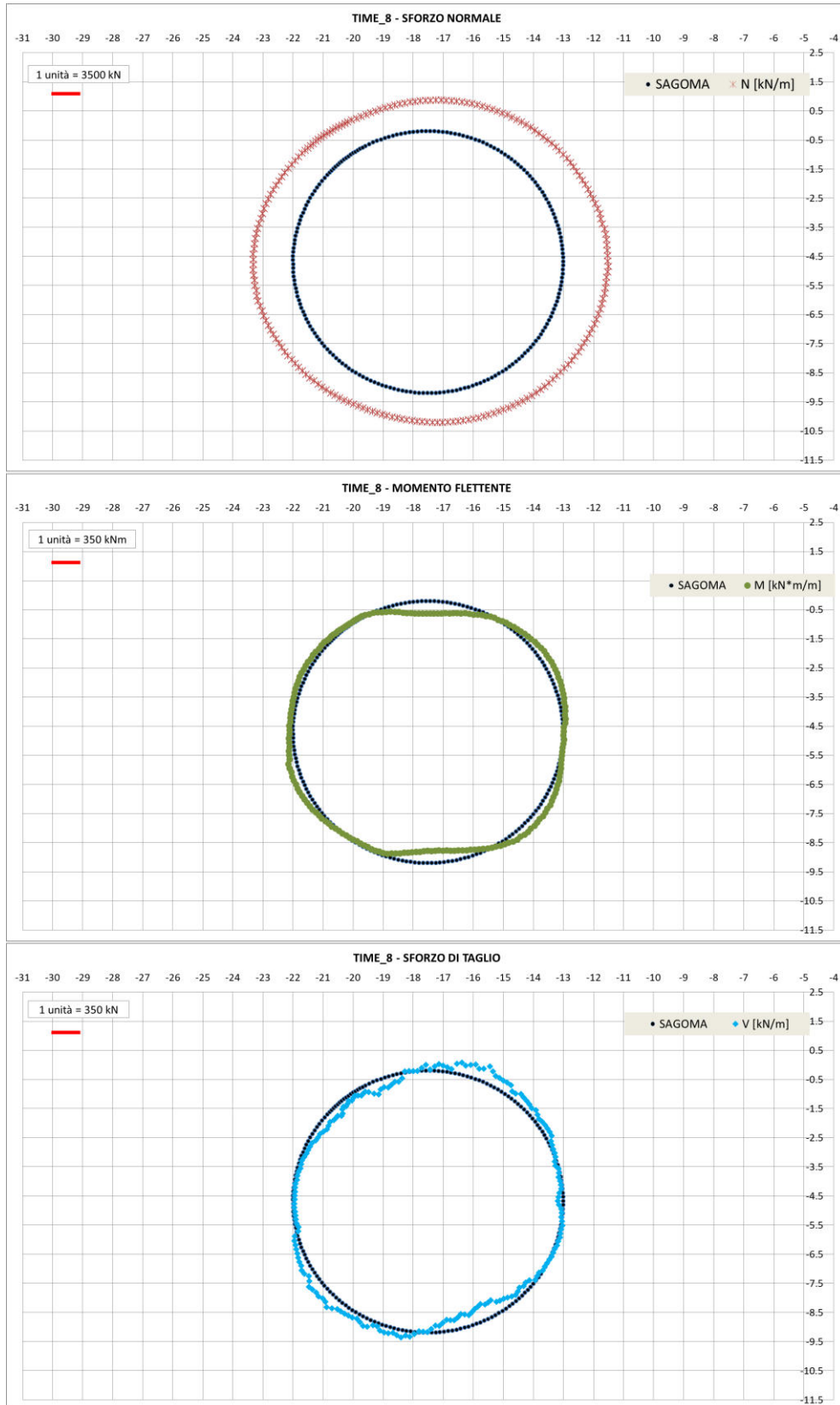
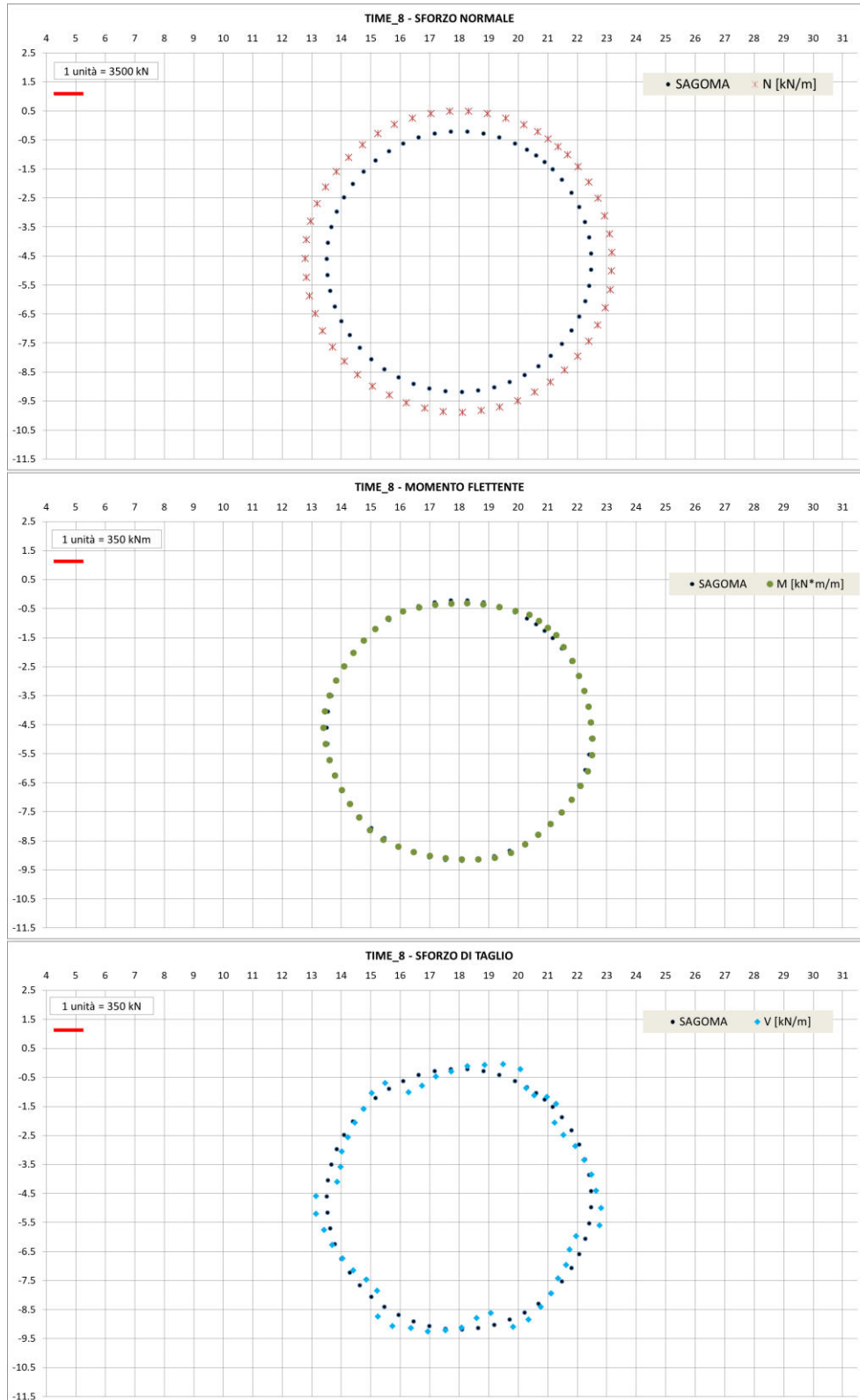


Figura 12-46. Completamento 2^canna – Sforzo principale maggiore [Pa]

TIME 8 – CANNA 1

TIME 8 – CANNA 2

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 154 di 195

12.5.4. Verifiche allo Stato Limite Ultimo

Nel seguito sono riportate le verifiche allo Stato Limite Ultimo per la sezione caratteristica del concio prefabbricato in calcestruzzo, per entrambe le canne scavate. La sezione di verifica ha base 180 cm e altezza 40 cm. Essa è armata con 14 barre $\phi 20$ all'intradosso e all'estradosso. La staffatura è formata da barre $\phi 10$ passo 15 cm.

Verifica a Pressoflessione

La verifica a pressoflessione è stata eseguita controllando che le coppie di sollecitazioni M-N rientrassero nel dominio di resistenza allo Stato Limite Ultimo. Si precisa che i valori di momento flettente sono stati incrementati del 30%, coerentemente a quanto esposto al paragrafo 12.1.

Si riportano nel seguito i domini di resistenza per i conchi caratterizzati da carpenteria tipo "3" ($R_{ck} = 60\text{MPa}$) e con armatura tipo "3" (14 $\phi 20$): le verifiche risultano essere soddisfatte, in quanto tutte le sollecitazioni ricadono all'interno del dominio resistente.

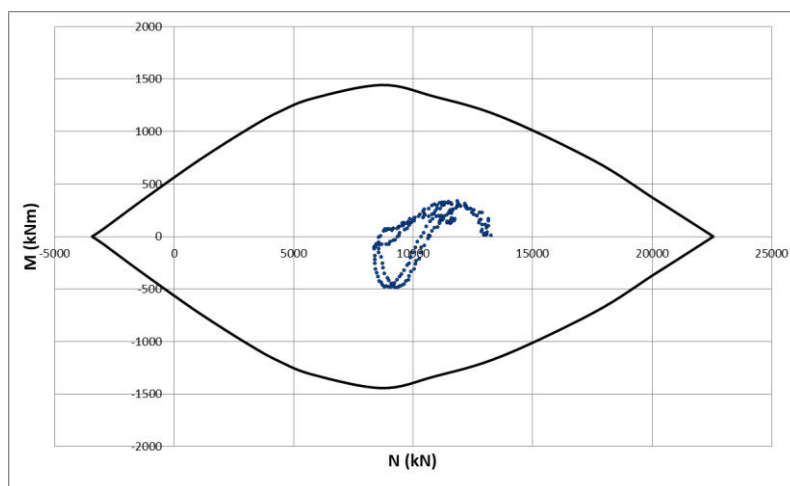


Figura 12-47. Dominio M-N Stato Limite Ultimo – CANNA 1 – TIME 8

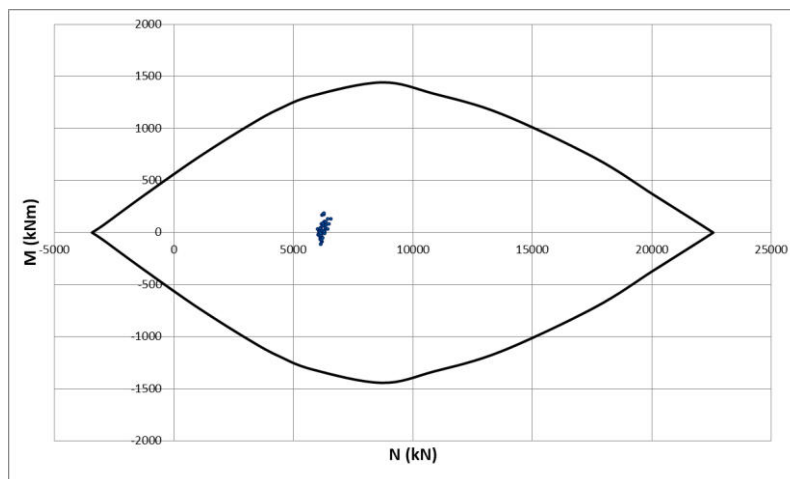


Figura 12-48. Dominio M-N Stato Limite Ultimo – CANNA 2 - TIME 8

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 155 di 195

Verifica a Taglio

La verifica a taglio allo Stato Limite Ultimo relativa all'armatura trasversale d'anima risulta soddisfatta: la somma dei contributi di resistenza del conglomerato cementizio e dell'armatura a taglio è maggiore della massima azione di taglio ricavata dalle analisi.

VERIFICA DELL'ARMATURA TRASVERSALE D'ANIMA						
TIME DI CALCOLO	CANNA	V_{sdu}	V_{cd}	V_{wd}	$V_{cd} + V_{wd}$	$V_{sdu} < V_{cd} + V_{wd}$
[-]	[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[-]
TIME 08	1	516.9	704	132.8	836.7	ok
TIME 08	2	391.1	704	132.8	836.7	ok

La verifica a taglio allo Stato Limite Ultimo relativa al conglomerato risulta soddisfatta: la resistenza a compressione delle bielle inclinate risulta maggiore della massima azione a taglio ricavata dalle analisi.

VERIFICA DEL CONGLOMERATO				
TIME DI CALCOLO	CANNA	V_{sdu}	$V_{rdu,c}$	$V_{sdu} < V_{rdu,c}$
[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]
TIME 08	1	516.9	4629.4	ok
TIME 08	2	391.1	4629.4	ok

12.5.5. Verifiche allo Stato Limite di Esercizio

Le verifiche allo Stato Limite di Esercizio sono state condotte considerando i limiti tensionali, più restrittivi, della combinazione Quasi Permanente. La verifica a fessurazione è stata omessa in quanto le barre di armatura risultano prevalentemente compresse e non si instaurano quindi fenomeni fessurativi.

Le tabelle che seguono riportano le condizioni di esercizio più critiche per le verifiche tensionali, relativamente alla fase di calcolo 8. Si precisa che i valori di momento flettente sono stati incrementati del 30%, coerentemente a quanto esposto al paragrafo 12.1.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 156 di 195

INPUT FLAC						Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI		
Element	Node	Height	N	V	M*	Af	A'f	σ_c	$\sigma_{s,inf}$	$\sigma_{s,sup}$
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm ²	cm ²	MPa	MPa	MPa
CONCIO_3	204	0.4	-8477	-18	239	43.98	43.98	-13.8	-106.5	-192.1
CONCIO_3	184	0.4	-9479	-85	6	43.98	43.98	-11.2	-165.9	-167.9
<i>*il valore del momento flettente è stato incrementato del 30%</i>										

Tabella 12-7. Quadro riassuntivo verifiche SLE – CANNA 1 – TIME 8

INPUT FLAC						Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI		
Element	Node	Height	N	V	M*	Af	A'f	σ_c	$\sigma_{s,inf}$	$\sigma_{s,sup}$
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm ²	cm ²	MPa	MPa	MPa
CONCIO_7	499	0.4	-4494	102	133	43.98	43.98	-7.4	-55.4	-102.8
CONCIO_3	5	0.4	-4507	66	3	43.98	43.98	-5.3	-78.9	-79.8
<i>*il valore del momento flettente è stato incrementato del 30%</i>										

Tabella 12-8. Quadro riassuntivo verifiche SLE – CANNA 2 – TIME 8

Come si nota, tutte le verifiche risultano soddisfatte.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 157 di 195

12.6. Analisi 5 – Argille a Palombini GR3b - Copertura 275 m

12.6.1. Fasi di calcolo

Lo scavo e il sostegno della galleria per le sezioni di studio sono stati simulati mediante le fasi di calcolo elencate e sintetizzate nel seguito.

- FASE 0: generazione del modello, definizione dei vincoli, dello stato tensionale geostatico iniziale, delle caratteristiche del materiale e delle leggi di comportamento;
- FASE 1: simulazione dello scavo della prima canna e dell'effetto tridimensionale del fronte mediante l'applicazione di un rilascio tensionale $\lambda=0.85$;
- FASE 2: rilascio tensionale fino al raggiungimento di uno spostamento medio corrispondente ad un avanzamento pari alla lunghezza dello scudo (11m), mediante un tasso di deconfinamento $\lambda=0.90$;
- FASE 3: attivazione degli elementi che simulano l'anello di rivestimento della prima canna e della malta bi-componente per backfilling agli istanti iniziali;
- FASE 4: maturazione malta bi-componente per backfilling;
- FASE 5: simulazione dello scavo della seconda canna e dell'effetto tridimensionale del fronte mediante l'applicazione di un rilascio tensionale con tasso di deconfinamento $\lambda=0.85$;
- FASE 6: rilascio tensionale fino al raggiungimento di uno spostamento medio corrispondente ad un avanzamento pari alla lunghezza dello scudo (11m), mediante un tasso di deconfinamento $\lambda=0.90$;
- FASE 7: attivazione degli elementi che simulano l'anello di rivestimento della seconda canna e della malta bi-componente per backfilling agli istanti iniziali;
- FASE 8: maturazione malta bi-componente per backfilling.

12.6.2. Analisi deformativa

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, tarandoli sulla base dei risultati ottenuti in fase di terapia con il metodo delle linee caratteristiche.

Di seguito vengono riportati gli spostamenti e le plasticizzazioni in corrispondenza delle fasi più significative.

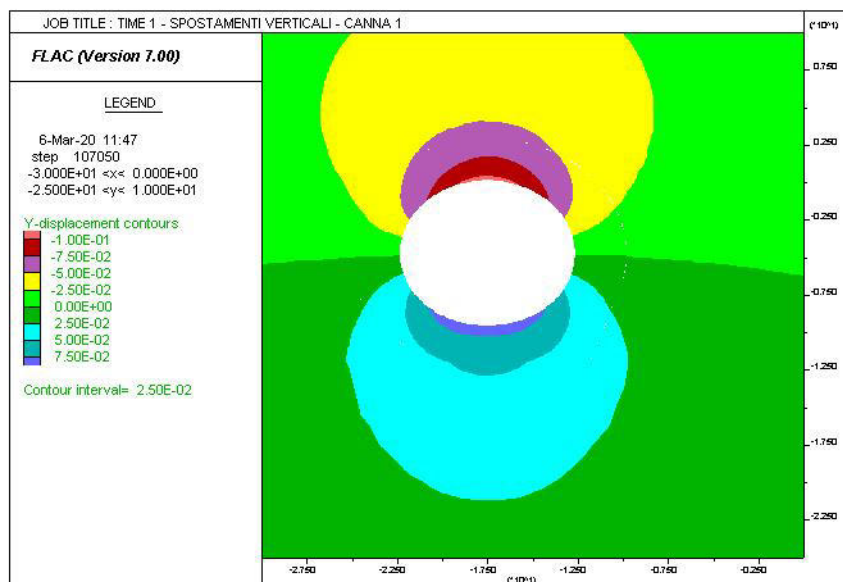


Figura 12-49. Apertura 1^ canna – Spostamenti verticali [m]

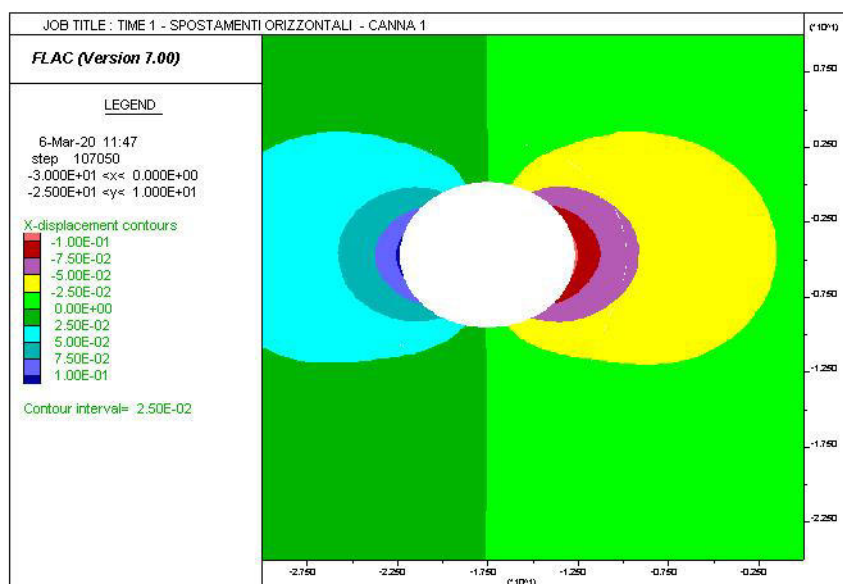


Figura 12-50. Apertura 1^ canna – Spostamenti orizzontali [m]

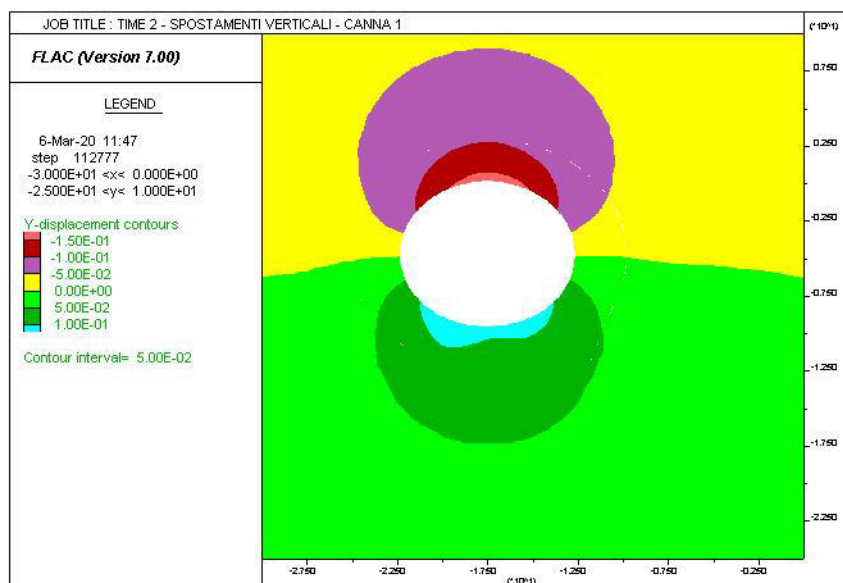


Figura 12-51. Avanzamento 1^canna fine scudo – Spostamenti verticali [m]

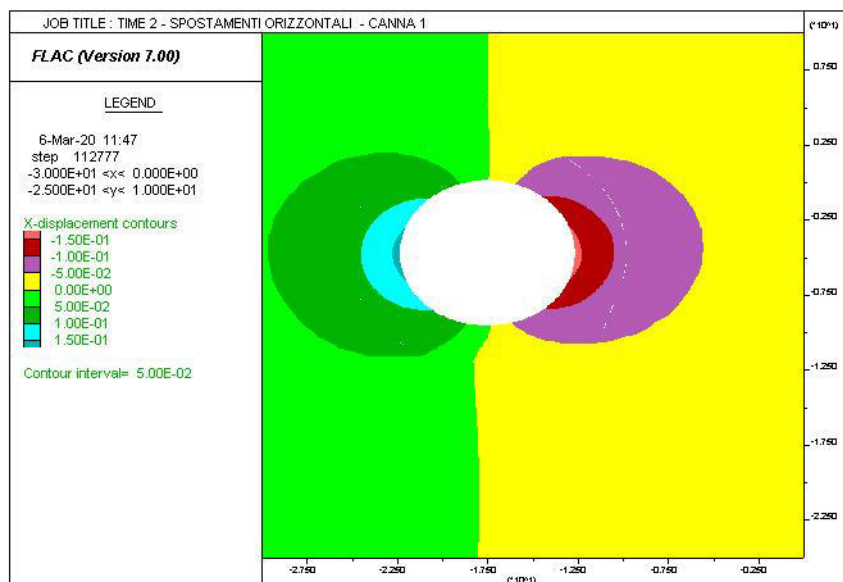


Figura 12-52. Avanzamento 1^canna fine scudo – Spostamenti orizzontali [m]

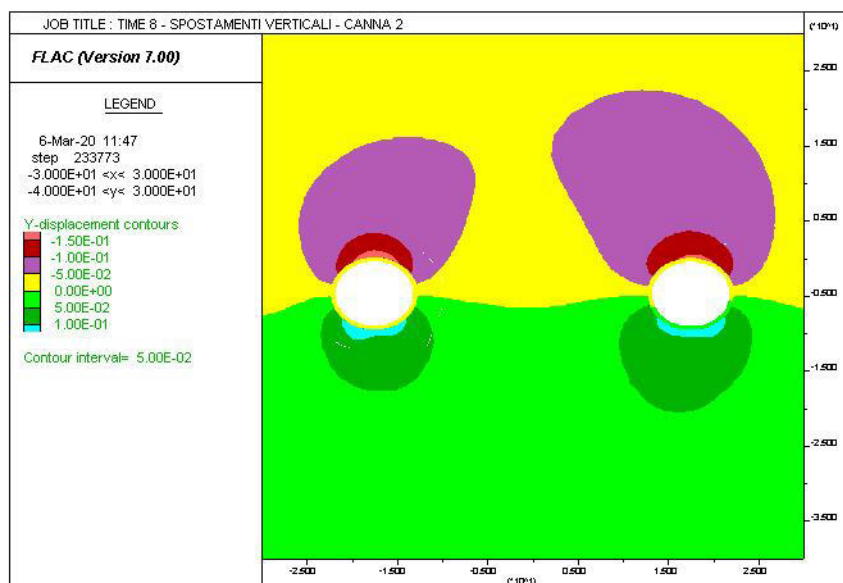


Figura 12-53. Completamento 2^acanna – Spostamenti verticali [m]

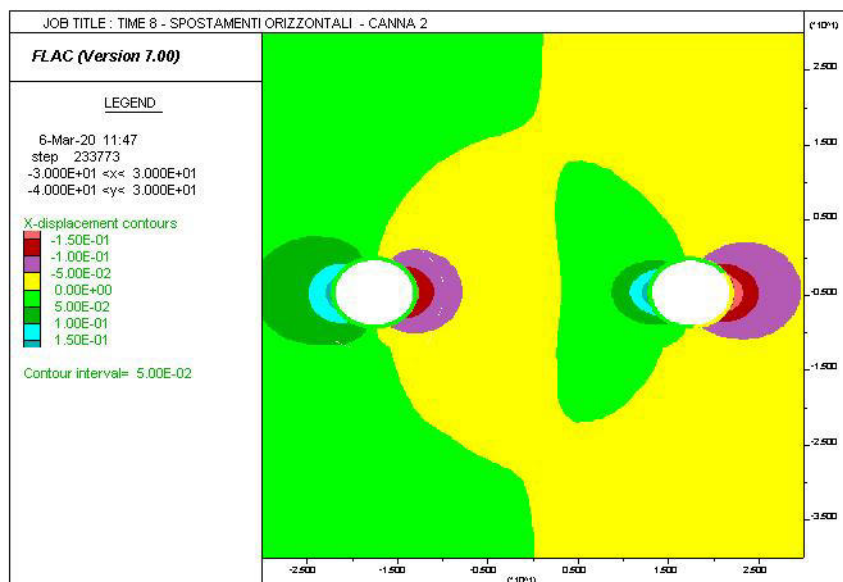


Figura 12-54. Completamento 2^acanna – Spostamenti orizzontali [m]

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 161 di 195

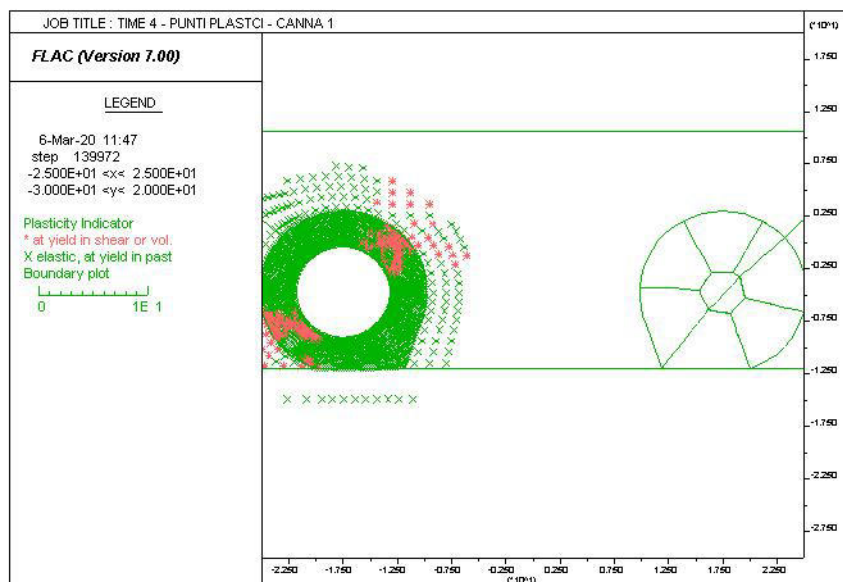


Figura 12-55. Completamento 1^a canna – Plasticizzazioni

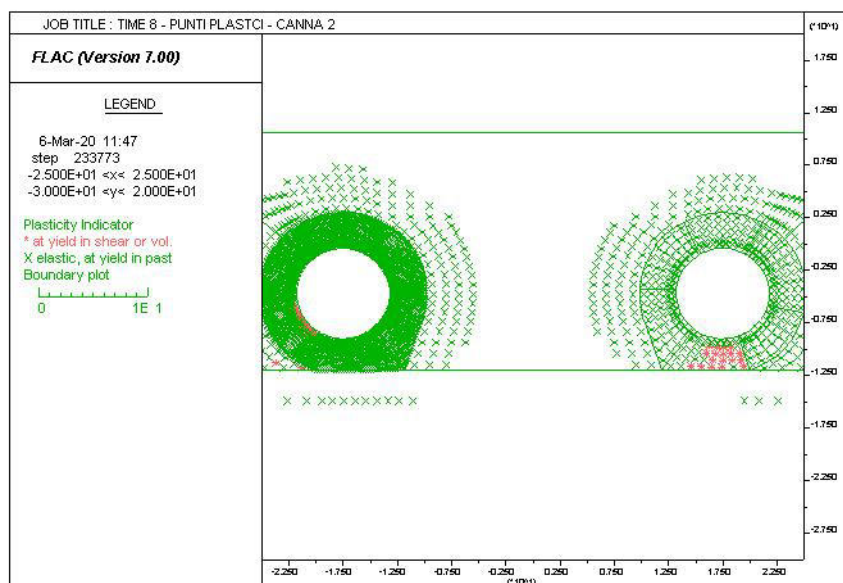


Figura 12-56. Lungo termine – Plasticizzazioni

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 162 di 195

12.6.3. Analisi Tensionale

Le seguenti immagini mostrano lo stato tensionale nell'ammasso e i diagrammi della sollecitazione dei rivestimenti definitivi nelle fasi di calcolo maggiormente significative.

Come è possibile osservare dalle figure sottostanti la prima canna scavata risulta maggiormente sollecitata rispetto alla canna scavata in seconda fase. Per completezza le verifiche sezionali verranno comunque condotte per entrambe le canne.

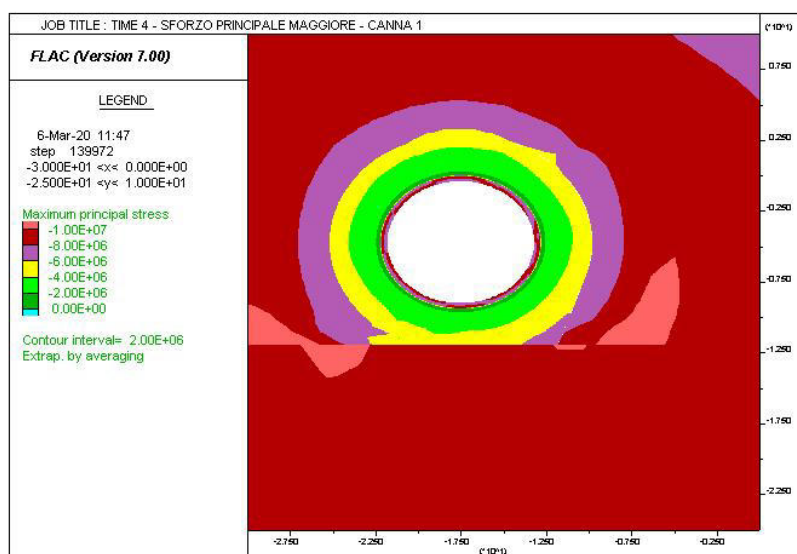


Figura 12-57. Completamento 1^canna – Sforzo principale maggiore [Pa]

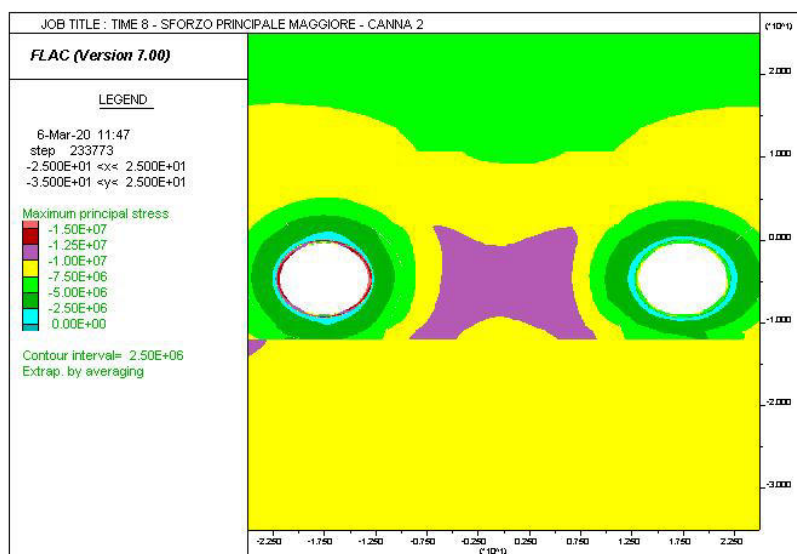
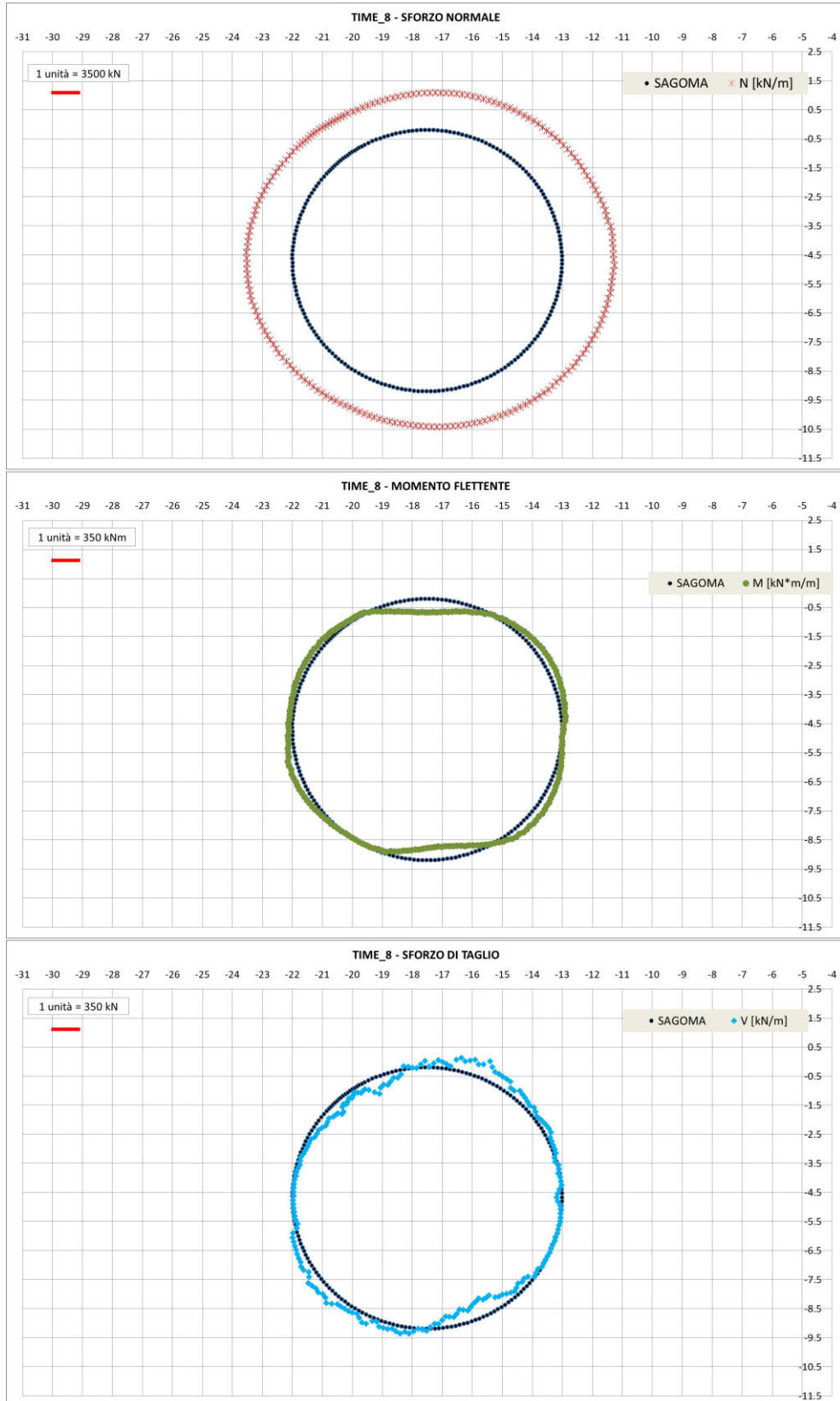
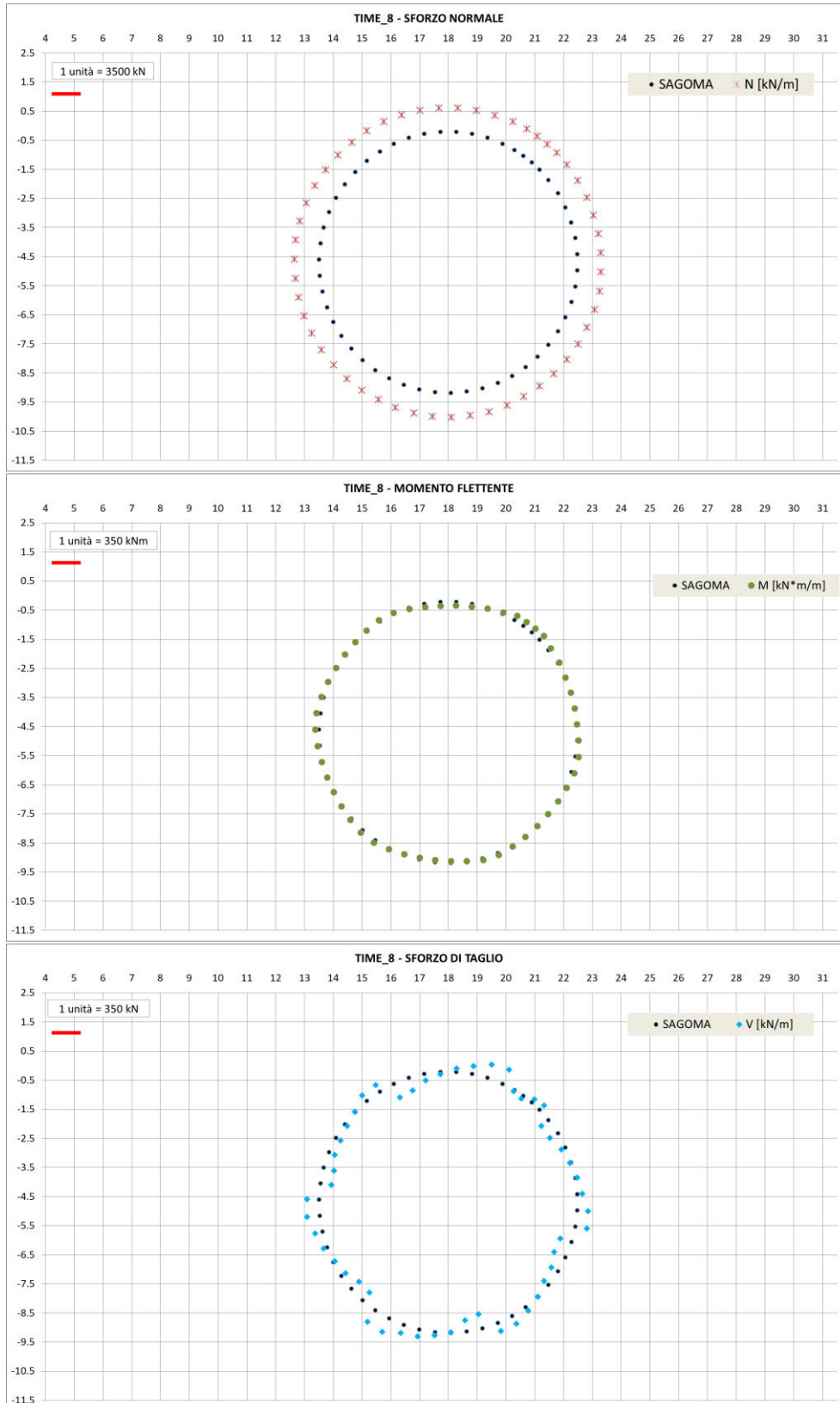


Figura 12-58. Completamento 2^canna – Sforzo principale maggiore [Pa]

TIME 8 – CANNA 1

TIME 8 – CANNA 2

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 165 di 195

12.6.4. Verifiche allo Stato Limite Ultimo

Nel seguito sono riportate le verifiche allo Stato Limite Ultimo per la sezione caratteristica del concio prefabbricato in calcestruzzo, per entrambe le canne scavate. La sezione di verifica ha base 180 cm e altezza 40 cm. Essa è armata con 14 barre $\phi 20$ all'intradosso e all'estradosso. La staffatura è formata da barre $\phi 10$ passo 15 cm.

Verifica a Pressoflessione

La verifica a pressoflessione è stata eseguita controllando che le coppie di sollecitazioni M-N rientrassero nel dominio di resistenza allo Stato Limite Ultimo. Si precisa che i valori di momento flettente sono stati incrementati del 30%, coerentemente a quanto esposto al paragrafo 12.1.

Si riportano nel seguito i domini di resistenza per i conci caratterizzati da carpenteria tipo "3" ($R_{ck} = 60\text{MPa}$) e con armatura tipo "3" ($14\phi 20$): le verifiche risultano essere soddisfatte, in quanto tutte le sollecitazioni ricadono all'interno del dominio resistente.

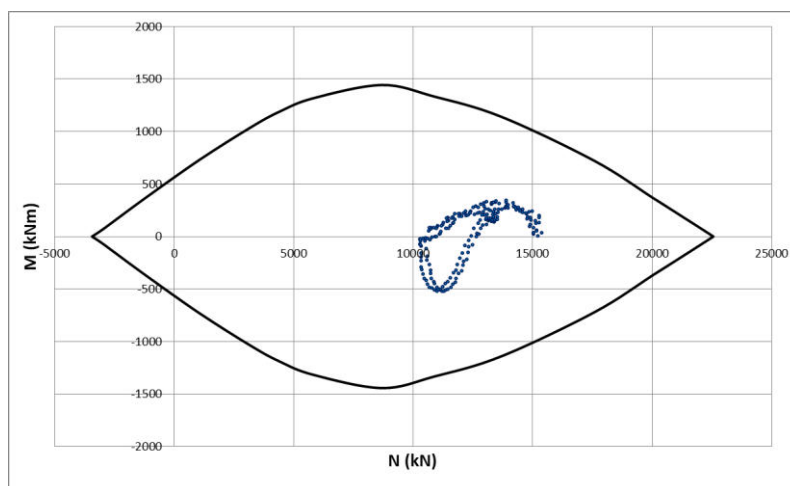


Figura 12-59. Dominio M-N Stato Limite Ultimo – CANNA 1 – TIME 8

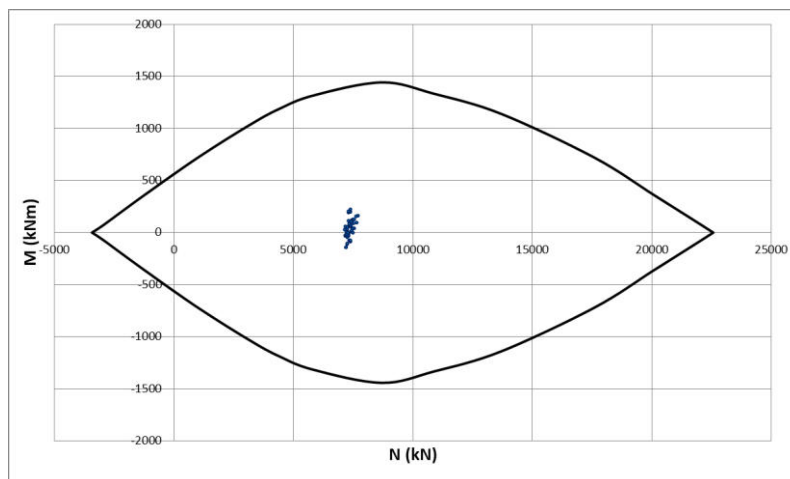


Figura 12-60. Dominio M-N Stato Limite Ultimo – CANNA 2 - TIME 8

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 166 di 195

Verifica a Taglio

La verifica a taglio allo Stato Limite Ultimo relativa all'armatura trasversale d'anima risulta soddisfatta: la somma dei contributi di resistenza del conglomerato cementizio e dell'armatura a taglio è maggiore della massima azione di taglio ricavata dalle analisi.

VERIFICA DELL'ARMATURA TRASVERSALE D'ANIMA						
TIME DI CALCOLO	CANNA	V_{sdu}	V_{cd}	V_{wd}	$V_{cd} + V_{wd}$	$V_{sdu} < V_{cd} + V_{wd}$
[-]	[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[-]
TIME 08	1	579.4	704	132.8	836.7	ok
TIME 08	2	474.2	704	132.8	836.7	ok

La verifica a taglio allo Stato Limite Ultimo relativa al conglomerato risulta soddisfatta: la resistenza a compressione delle bielle inclinate risulta maggiore della massima azione a taglio ricavata dalle analisi.

VERIFICA DEL CONGLOMERATO				
TIME DI CALCOLO	CANNA	V_{sdu}	$V_{rdu,c}$	$V_{sdu} < V_{rdu,c}$
[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]
TIME 08	1	579.4	4629.4	ok
TIME 08	2	474.2	4629.4	ok

12.6.5. Verifiche allo Stato Limite di Esercizio

Le verifiche allo Stato Limite di Esercizio sono state condotte considerando i limiti tensionali, più restrittivi, della combinazione Quasi Permanente. La verifica a fessurazione è stata omessa in quanto le barre di armatura risultano prevalentemente compresse e non si instaurano quindi fenomeni fessurativi.

Le tabelle che seguono riportano le condizioni di esercizio più critiche per le verifiche tensionali, relativamente alla fase di calcolo 8. Si precisa che i valori di momento flettente sono stati incrementati del 30%, coerentemente a quanto esposto al paragrafo 12.1.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 167 di 195

INPUT FLAC						Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI		
Element	Node	Height	N	V	M*	Af	A'f	σ_c	$\sigma_{s,inf}$	$\sigma_{s,sup}$
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm ²	cm ²	MPa	MPa	MPa
CONCIO_3	204	0.4	-9928	-7	246	43.98	43.98	-15.6	-130.8	-218.8
CONCIO_3	185	0.4	-10875	-35	2	43.98	43.98	-12.8	-191.1	-191.8
<i>*il valore del momento flettente è stato incrementato del 30%</i>										

Tabella 12-9. Quadro riassuntivo verifiche SLE – CANNA 1 – TIME 8

INPUT FLAC						Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI		
Element	Node	Height	N	V	M*	Af	A'f	σ_c	$\sigma_{s,inf}$	$\sigma_{s,sup}$
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm ²	cm ²	MPa	MPa	MPa
CONCIO_7	499	0.4	-5273	139	157	43.98	43.98	-8.7	-64.7	-121.0
CONCIO_3	4	0.4	-5347	-38	2	43.98	43.98	-6.3	-93.7	-94.6
<i>*il valore del momento flettente è stato incrementato del 30%</i>										

Tabella 12-10. Quadro riassuntivo verifiche SLE – CANNA 2 – TIME 8

Come si nota, tutte le verifiche risultano soddisfatte.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 168 di 195

12.7. Analisi 6 – Metabasalti B' molto fratturato - Copertura 275 m

12.7.1. Fasi di calcolo

Lo scavo e il sostegno della galleria per le sezioni di studio sono stati simulati mediante le fasi di calcolo elencate e sintetizzate nel seguito.

- FASE 0: generazione del modello, definizione dei vincoli, dello stato tensionale geostatico iniziale, delle caratteristiche del materiale e delle leggi di comportamento;
- FASE 1: simulazione dello scavo della prima canna e dell'effetto tridimensionale del fronte mediante l'applicazione di un rilascio tensionale $\lambda=0.84$;
- FASE 2: rilascio tensionale fino al raggiungimento di uno spostamento medio corrispondente ad un avanzamento pari alla lunghezza dello scudo (11m), mediante un tasso di deconfinamento $\lambda=0.905$;
- FASE 3: attivazione degli elementi che simulano l'anello di rivestimento della prima canna e della malta bi-componente per backfilling agli istanti iniziali;
- FASE 4: maturazione malta bi-componente per backfilling;
- FASE 5: simulazione dello scavo della seconda canna e dell'effetto tridimensionale del fronte mediante l'applicazione di un rilascio tensionale con tasso di deconfinamento $\lambda=0.84$;
- FASE 6: rilascio tensionale fino al raggiungimento di uno spostamento medio corrispondente ad un avanzamento pari alla lunghezza dello scudo (11m), mediante un tasso di deconfinamento $\lambda=0.905$;
- FASE 7: attivazione degli elementi che simulano l'anello di rivestimento della seconda canna e della malta bi-componente per backfilling agli istanti iniziali;
- FASE 8: maturazione malta bi-componente per backfilling.
- FASE 9: applicazione della falda mediante un carico idraulico equivalente pari a un battente idraulico costante di 50 m.

12.7.2. Analisi deformativa

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, tarandoli sulla base dei risultati ottenuti in fase di terapia con il metodo delle linee caratteristiche.

Di seguito vengono riportati gli spostamenti e le plasticizzazioni in corrispondenza delle fasi più significative.

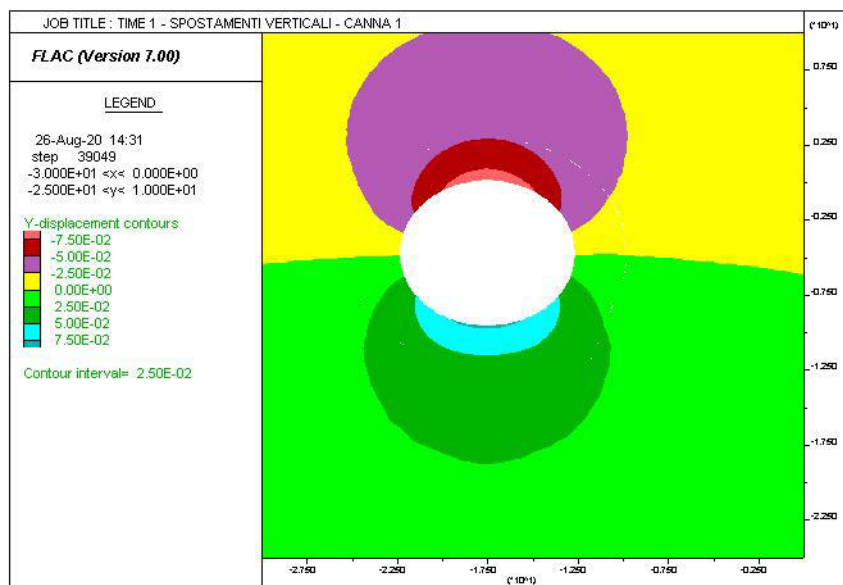


Figura 12-61. Apertura 1^a canna – Spostamenti verticali [m]

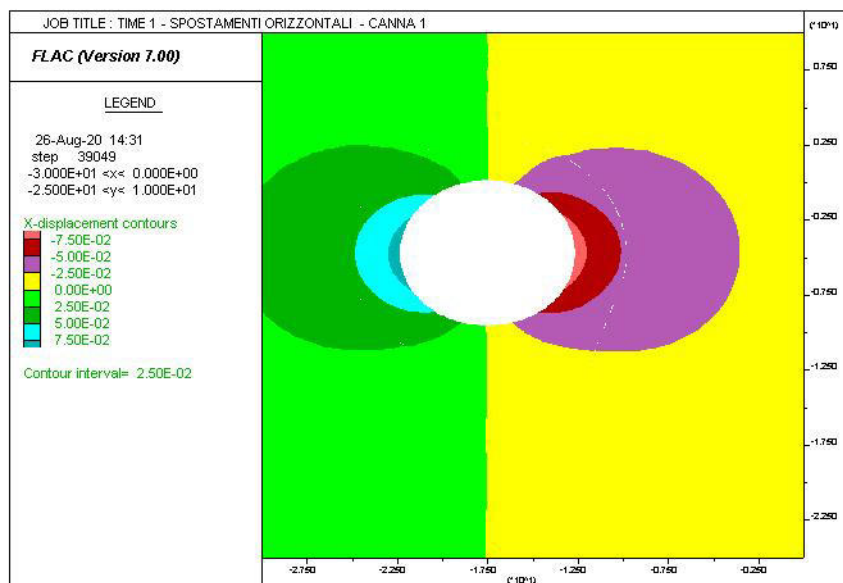


Figura 12-62. Apertura 1^a canna – Spostamenti orizzontali [m]

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 170 di 195

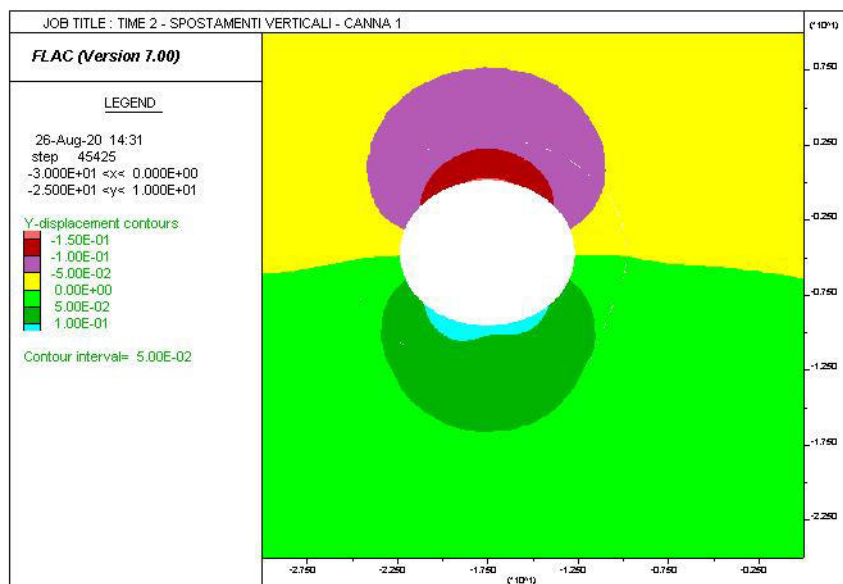


Figura 12-63. Avanzamento 1^canna fine scudo – Spostamenti verticali [m]

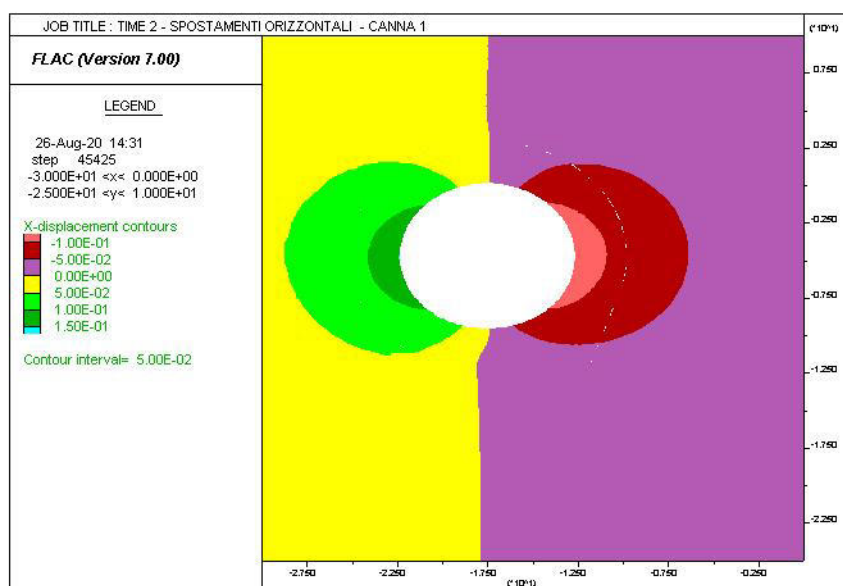


Figura 12-64. Avanzamento 1^canna fine scudo – Spostamenti orizzontali [m]

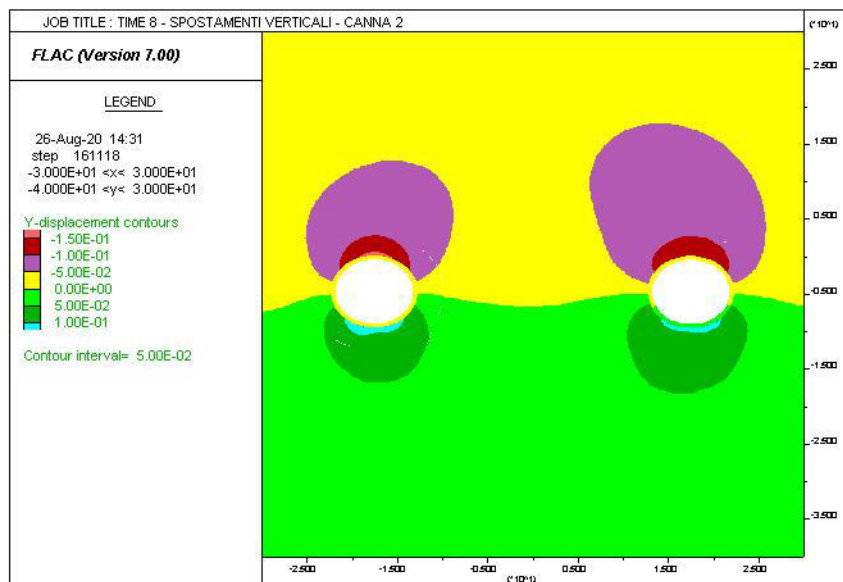


Figura 12-65. Completamento 2^acanna – Spostamenti verticali [m]

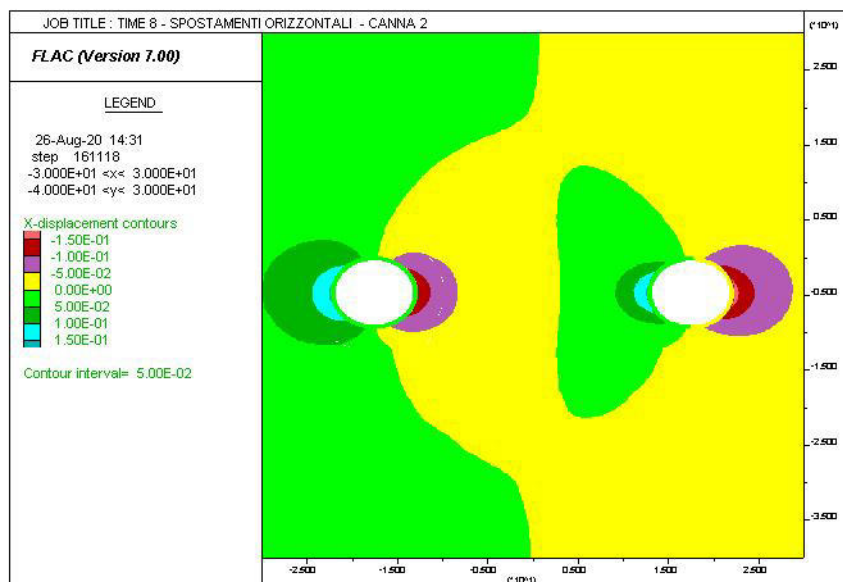


Figura 12-66. Completamento 2^acanna – Spostamenti orizzontali [m]

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 172 di 195

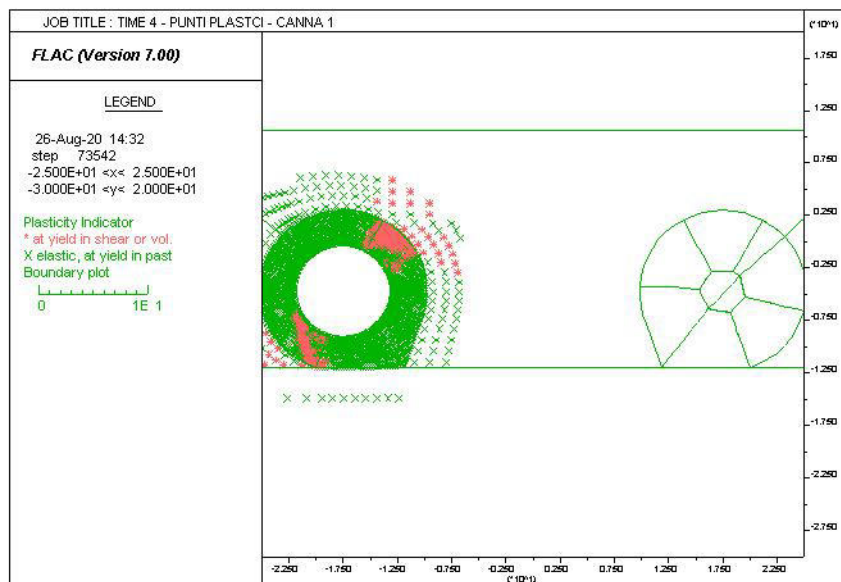


Figura 12-67. Completamento 1^ canna – Plasticizzazioni

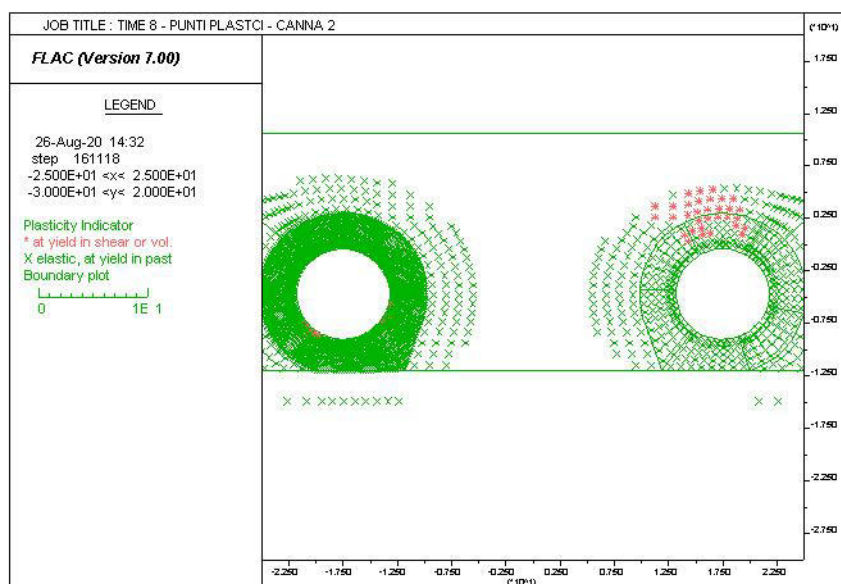


Figura 12-68. Lungo termine – Plasticizzazioni

12.7.3. Analisi Tensionale

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 173 di 195

Le seguenti immagini mostrano lo stato tensionale nell'ammasso e i diagrammi della sollecitazione dei rivestimenti definitivi nelle fasi di calcolo maggiormente significative.

Come è possibile osservare dalle figure sottostanti la prima canna scavata risulta maggiormente sollecitata rispetto alla canna scavata in seconda fase. Per completezza le verifiche sezionali verranno comunque condotte per entrambe le canne.

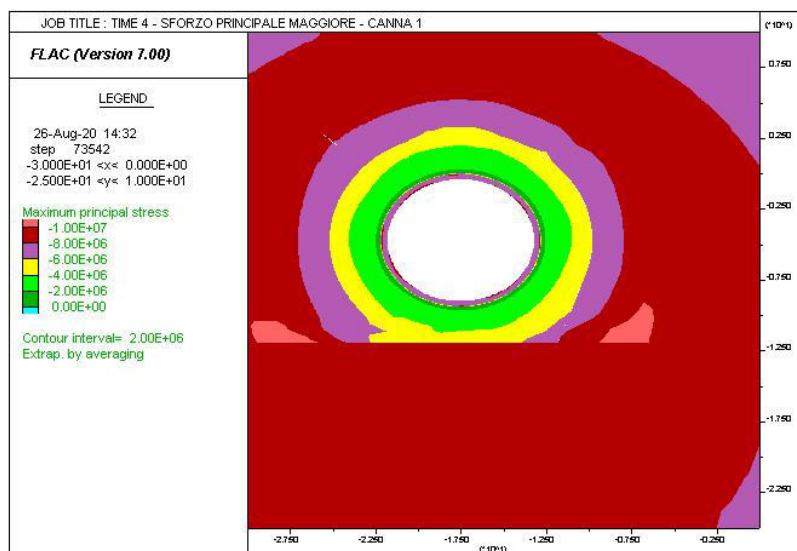


Figura 12-69. Completamento 1^canna – Sforzo principale maggiore [Pa]

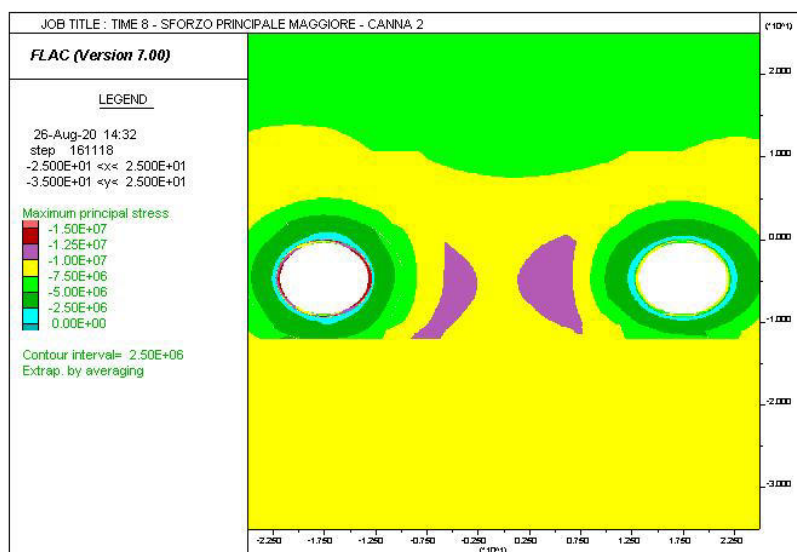


Figura 12-70. Completamento 2^canna – Sforzo principale maggiore [Pa]

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 174 di 195

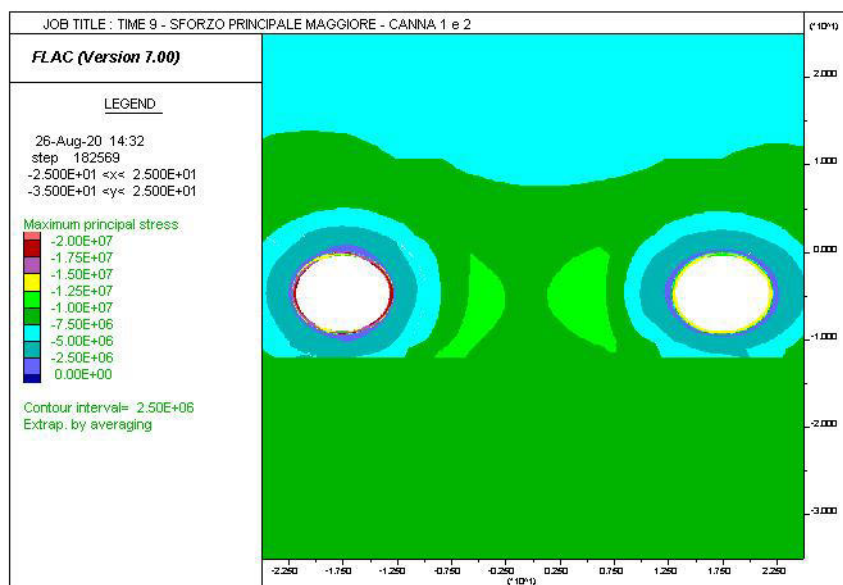
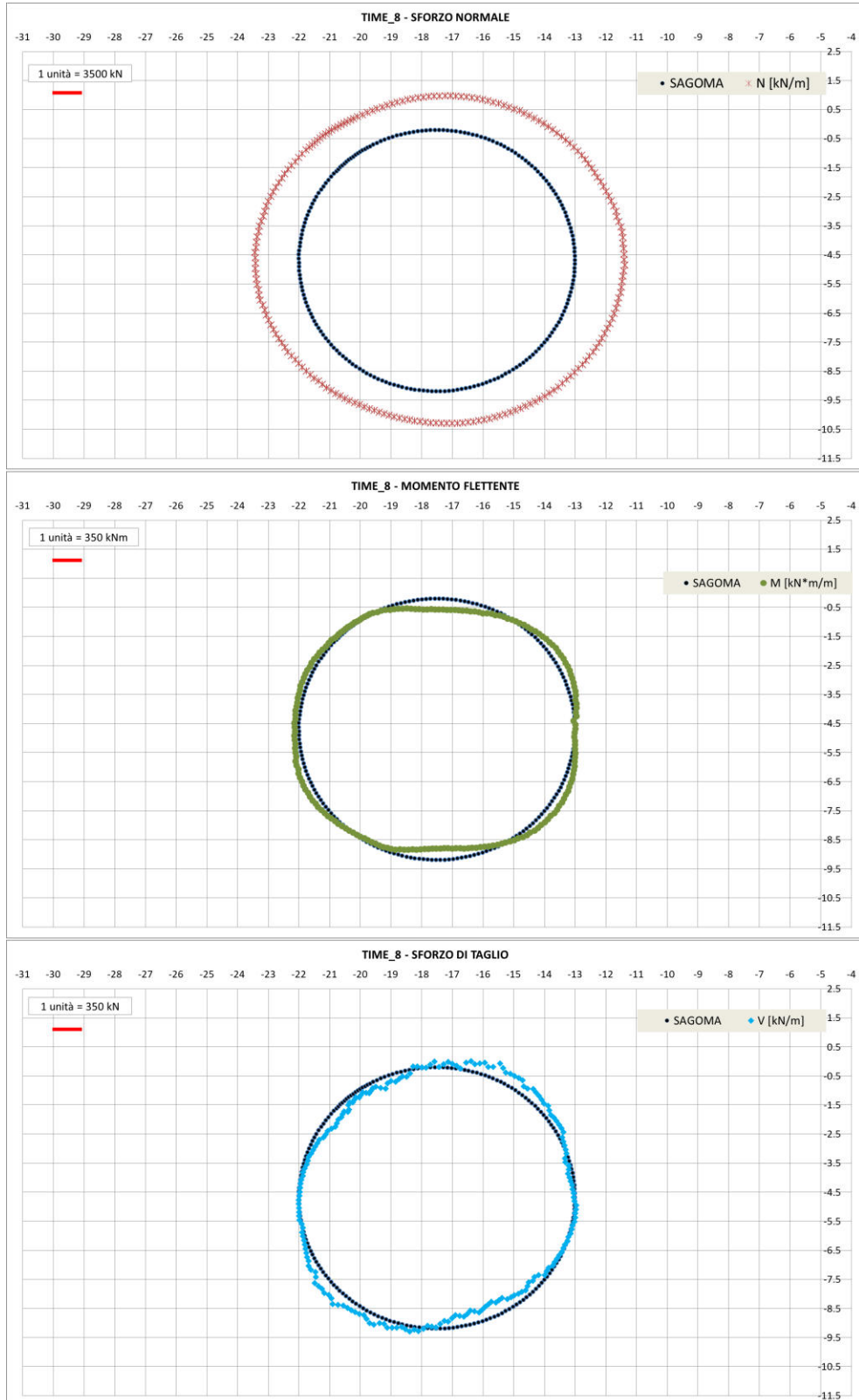
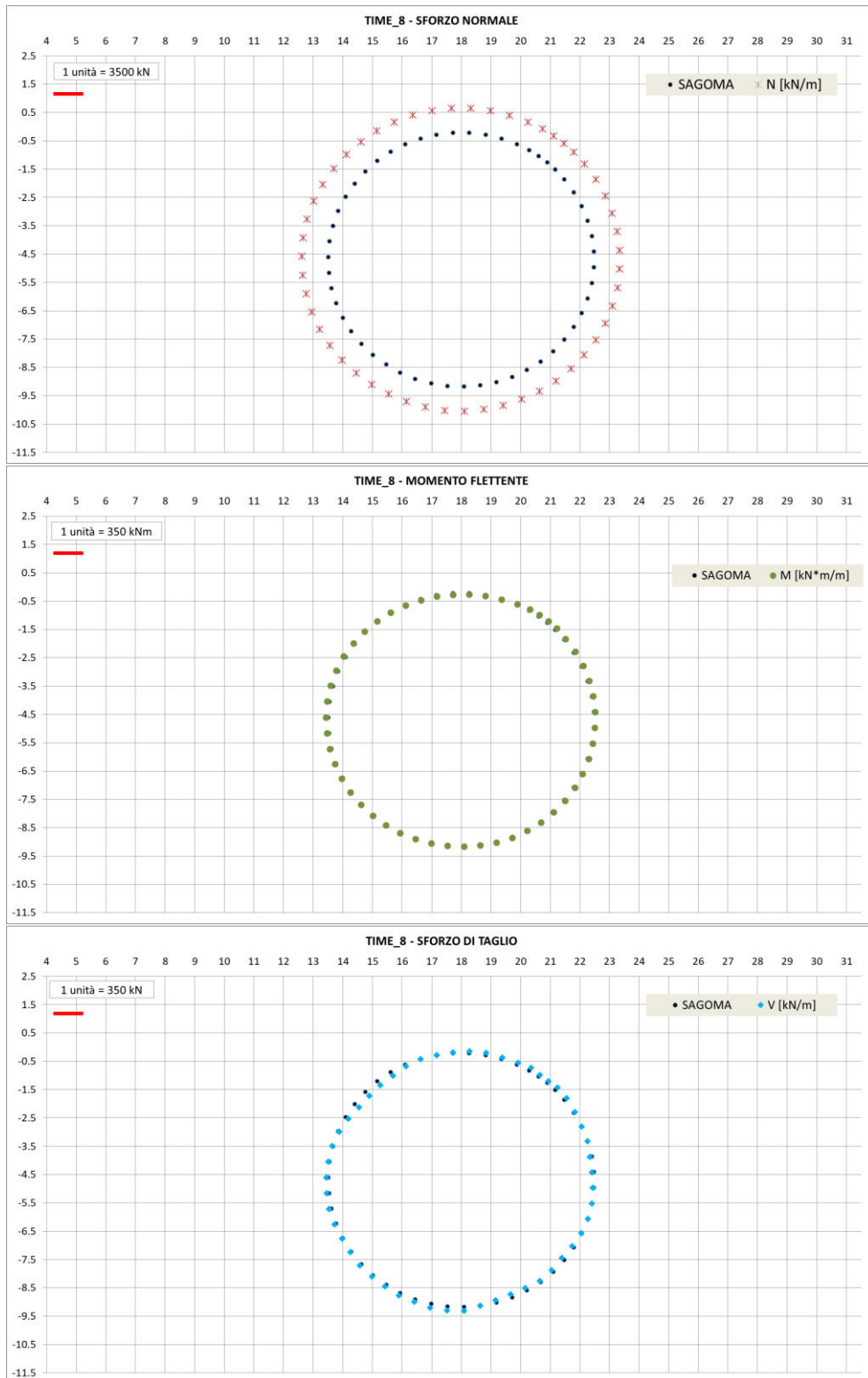
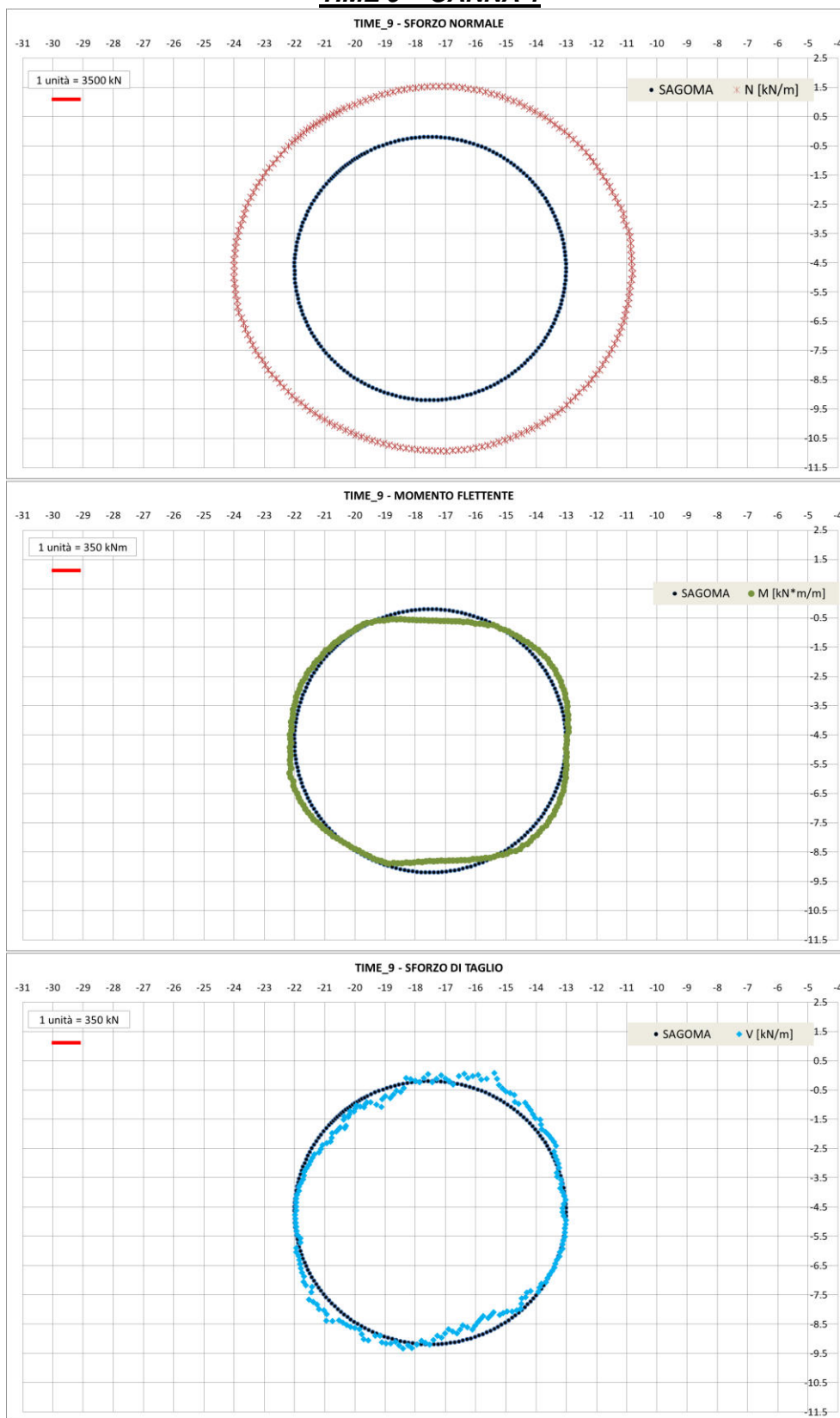
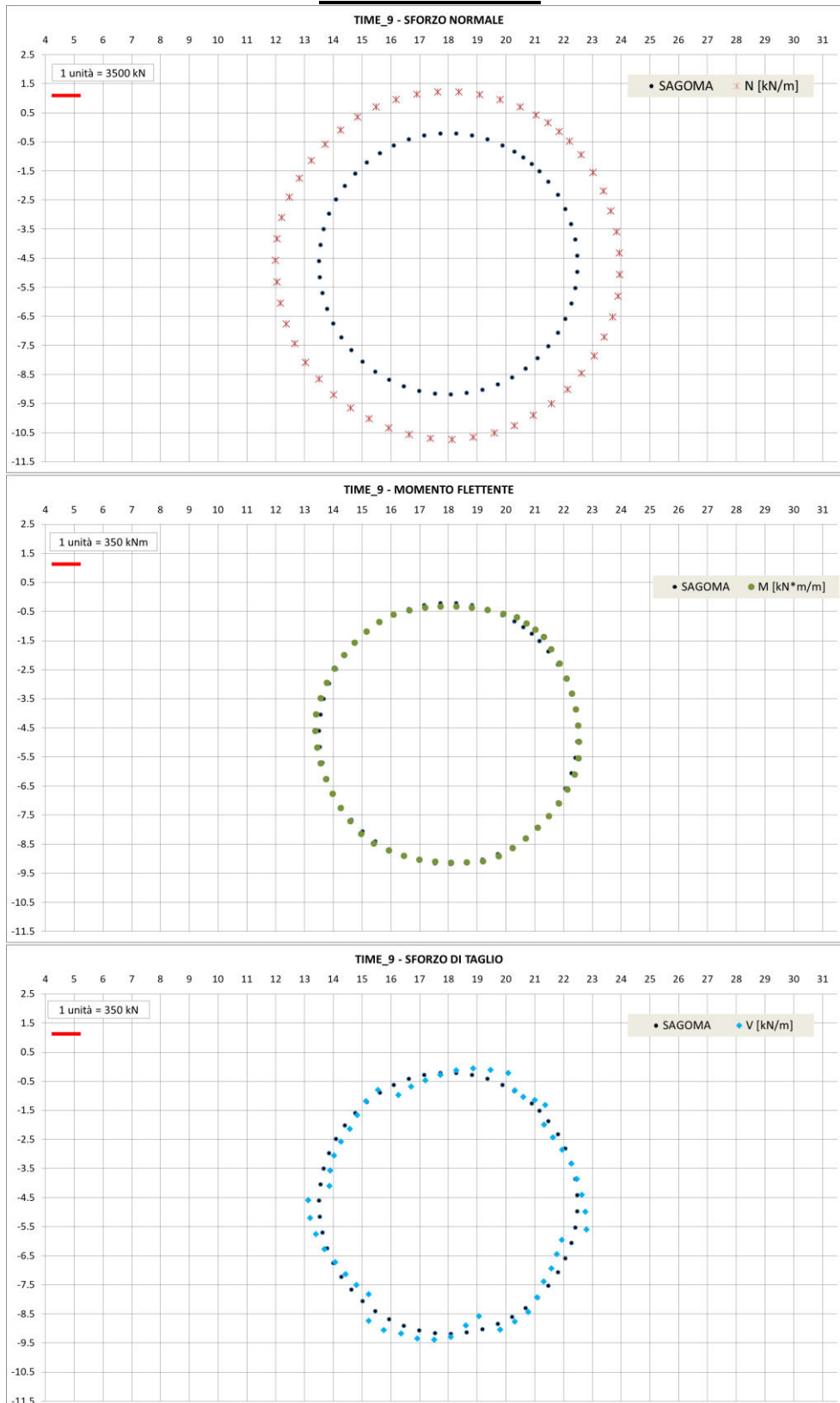


Figura 12-71. Fase 9 – Applicazione Falda – Sforzo principale maggiore [Pa]

TIME 8 – CANNA 1

TIME 8 – CANNA 2

TIME 9 – CANNA 1

TIME 9 – CANNA 2

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 179 di 195

12.7.4. Verifiche allo Stato Limite Ultimo

Nel seguito sono riportate le verifiche allo Stato Limite Ultimo per la sezione caratteristica del concio prefabbricato in calcestruzzo, per entrambe le canne scavate. La sezione di verifica ha base 180 cm e altezza 40 cm. Essa è armata con 14 barre $\phi 20$ all'intradosso e all'estradosso. La staffatura è formata da barre $\phi 10$ passo 15 cm.

Verifica a Pressoflessione

La verifica a pressoflessione è stata eseguita controllando che le coppie di sollecitazioni M-N rientrassero nel dominio di resistenza allo Stato Limite Ultimo. Si precisa che i valori di momento flettente sono stati incrementati del 30%, coerentemente a quanto esposto al paragrafo 12.1.

Si riportano nel seguito i domini di resistenza per i conchi caratterizzati da carpenteria tipo "3" ($R_{ck} = 60\text{MPa}$) e con armatura tipo "3" ($14\phi 20$): le verifiche risultano essere soddisfatte, in quanto tutte le sollecitazioni ricadono all'interno del dominio resistente.

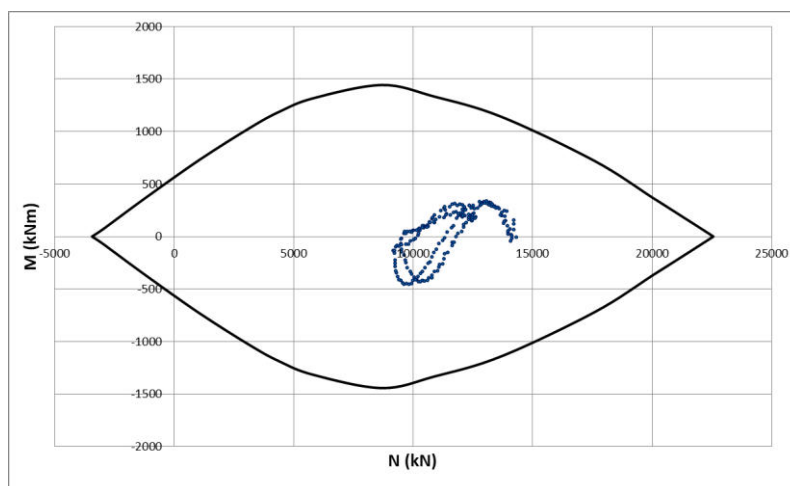


Figura 12-72. Dominio M-N Stato Limite Ultimo – CANNA 1 – TIME 8

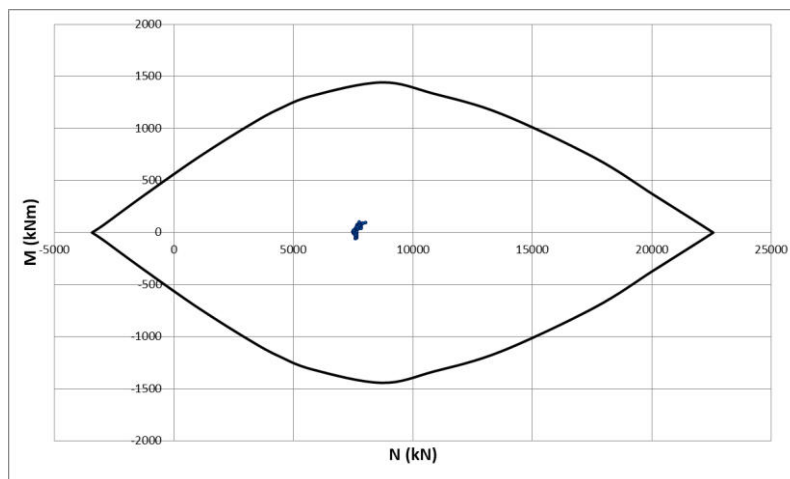


Figura 12-73. Dominio M-N Stato Limite Ultimo – CANNA 2 - TIME 8

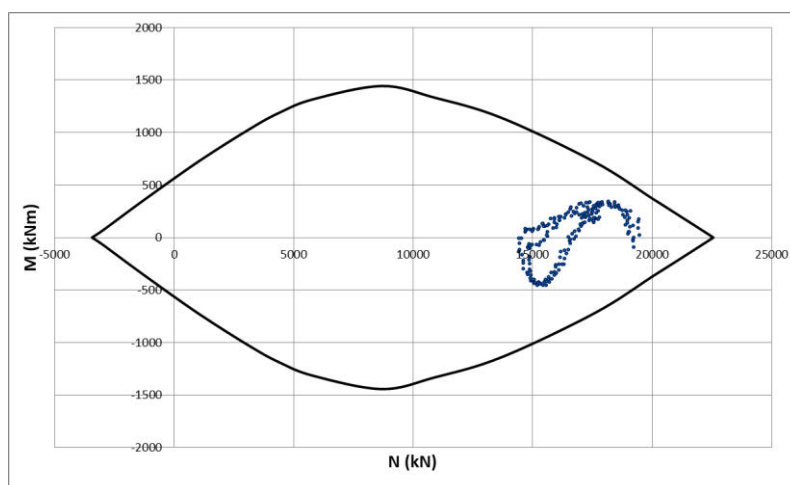


Figura 12-74. Dominio M-N Stato Limite Ultimo – CANNA 1 – TIME 9

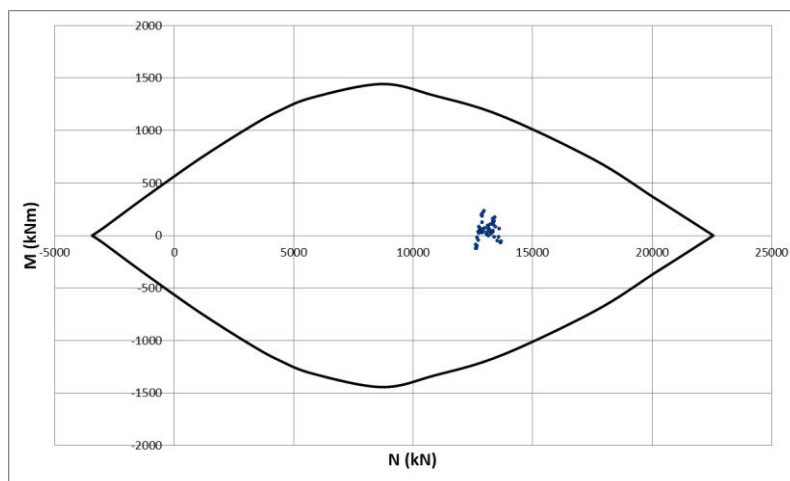


Figura 12-75. Dominio M-N Stato Limite Ultimo – CANNA 2 - TIME 9

Verifica a Taglio

La verifica a taglio allo Stato Limite Ultimo relativa all'armatura trasversale d'anima risulta soddisfatta: la somma dei contributi di resistenza del conglomerato cementizio e dell'armatura a taglio è maggiore della massima azione di taglio ricavata dalle analisi.

VERIFICA DELL'ARMATURA TRASVERSALE D'ANIMA						
TIME DI CALCOLO	CANNA	V_{sdu}	V_{cd}	V_{wd}	$V_{cd} + V_{wd}$	$V_{sdu} < V_{cd} + V_{wd}$
[-]	[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[-]
TIME 08	1	500	704	132.8	836.7	ok
TIME 08	2	172.2	704	132.8	836.7	ok
TIME 09	1	637	704	132.8	836.7	ok
TIME 09	2	413.4	704	132.8	836.7	ok

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Foglio 181 di 195
	IG5100ECVROGN0000032C00	

La verifica a taglio allo Stato Limite Ultimo relativa al conglomerato risulta soddisfatta: la resistenza a compressione delle bielle inclinate risulta maggiore della massima azione a taglio ricavata dalle analisi.

VERIFICA DEL CONGLOMERATO				
TIME DI CALCOLO	CANNA	V_{sdu}	$V_{rdu,c}$	$V_{sdu} < V_{rdu,c}$
[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]
TIME 08	1	500	4629.4	ok
TIME 08	2	172.2	4629.4	ok
TIME 09	1	637	4629.4	ok
TIME 09	2	413.4	4629.4	ok

12.7.5. Verifiche allo Stato Limite di Esercizio

Le verifiche allo Stato Limite di Esercizio sono state condotte considerando i limiti tensionali, più restrittivi, della combinazione Quasi Permanente. La verifica a fessurazione è stata omessa in quanto le barre di armatura risultano prevalentemente compresse e non si instaurano quindi fenomeni fessurativi.

Le tabelle che seguono riportano le condizioni di esercizio più critiche per le verifiche tensionali, relativamente alla fase di calcolo 8 e 9. Si precisa che i valori di momento flettente sono stati incrementati del 30%, coerentemente a quanto esposto al paragrafo 12.1.

INPUT FLAC						Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI		
Element / TIME	Node	Height	N	V	M*	Af	A'f	σ_c	$\sigma_{s,inf}$	$\sigma_{s,sup}$
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm ²	cm ²	MPa	MPa	MPa
CONCIO 3 – TIME 8	201	0.4	-9349	-35	238	43.98	43.98	-14.8	-122.0	-207.2
CONCIO 3 – TIME 8	184	0.4	-10237	-4	6	43.98	43.98	-12.1	-179.2	-181.2
CONCIO 3 – TIME 9	201	0.4	-13184	8	241	43.98	43.98	-19.3	-189.0	-275.3
CONCIO 3 – TIME 9	184	0.4	-13912	-45	17	43.98	43.98	-16.6	-242.0	-247.9
<i>*il valore del momento flettente è stato incrementato del 30%</i>										

Tabella 12-11. Quadro riassuntivo verifiche SLE – CANNA 1 – TIME 8 e TIME 9

INPUT FLAC						Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI		
Element	Node	Height	N	V	M*	Af	A'f	σ_c	$\sigma_{s,inf}$	$\sigma_{s,sup}$
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm ²	cm ²	MPa	MPa	MPa
CONCIO 2 – TIME 8	2	0.4	-5727	16	65	43.98	43.98	-7.8	-89.3	-112.4
CONCIO 2 – TIME 8	7	0.4	-5473	-107	4	43.98	43.98	-6.5	-95.6	-97.1
CONCIO 4 – TIME 9	283	0.4	-9785	70	41	43.98	43.98	-12.1	-164.9	-179.7
CONCIO 7 – TIME 9	499	0.4	-9275	176	166	43.98	43.98	-13.5	-133.6	-193.0
<i>*il valore del momento flettente è stato incrementato del 30%</i>										

Tabella 12-12. Quadro riassuntivo verifiche SLE – CANNA 2 – TIME 8 e TIME 9

Come si nota, tutte le verifiche risultano soddisfatte.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 182 di 195

13. FASE DI ESERCIZIO: QUADRO DI RIFERIMENTO PER LE SOLUZIONI PROGETTUALI

Il presente capitolo esamina gli effetti delle differenti condizioni idrogeologiche attese lungo tratta scavata con sistema meccanizzato sull'operatività della galleria a lungo termine, ai fini della definizione dell'opportuno sistema di drenaggio da realizzare.

Il tipo di drenaggio da adottare è definito in funzione delle condizioni idrogeologiche locali dell'ammasso, con particolare riferimento alle portate drenate previste. Scopo del sistema drenante è la dissipazione delle sovrappressioni di natura idrica che potrebbero concentrarsi nella fascia plastica a contatto del rivestimento. È importante tenere presente che questo processo tenderà a verificarsi comunque, anche in presenza di semplici e isolati stillicidi, solo con tempi più lunghi rispetto al caso in cui siano presenti venute più consistenti.

In accordo a quanto riportato nella Relazione di Calcolo [Rif.5], a cui si rimanda per maggiori dettagli, si distinguono le seguenti situazioni tipo:

- **tratte "A"**, in cui il carico idraulico di progetto è inferiore a 50 m, a prescindere dalla quantità di acqua presente.
- **tratte "B"**, in cui il carico idraulico di progetto è superiore a 50 m; l'ammasso roccioso ha permeabilità da nulla a estremamente bassa, tuttavia non si può escludere a priori che sia presente, talvolta, una discontinuità acquifera, sia pur dotata di permeabilità molto bassa. In queste condizioni, nell'ipotesi di un tunnel non drenante, i tempi di ripristino del carico idraulico naturale e i tempi in cui tale carico potrà andare a distribuirsi lungo la fascia di plasticizzazione sono lunghi.
- **tratte "C"**, in cui il carico idraulico di progetto è superiore a 50 m; l'ammasso roccioso ha permeabilità per fratturazione da bassa a media, essendo caratterizzato da un reticolo ben sviluppato di discontinuità tra loro interconnesse e alimentate dall'infiltrazione superficiale. Nell'ipotesi di un tunnel non drenante, i tempi di ripristino del carico idraulico naturale e i tempi in cui tale carico potrà andare a distribuirsi lungo la fascia di plasticizzazione sono da medi a lunghi; a prescindere dalla quantità d'acqua effettiva, che potrà anche essere localmente molto poca o assente, non è possibile escludere a priori che la fascia di plasticizzazione venga progressivamente saturata e ricaricata fino a presentare valori di pressioni idrostatiche analoghe al carico idraulico naturale.
- nelle **tratte "D"** il carico idraulico di progetto è superiore a 50 m e si è in presenza di zone ad elevata permeabilità, in cui sono attese probabili venute d'acqua più consistenti. Nell'ipotesi di un tunnel non drenante, i tempi di ripristino del carico idraulico naturale saranno relativamente brevi o anche molto brevi.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 183 di 195

In funzione delle classi di comportamento idrogeologico è stato eseguito il dimensionamento dei sistemi di drenaggio riportato in [Rif. 5] (al quale si rimanda per ulteriori dettagli) che ha previsto l'impiego della sezione drenante tipologica riportata in Figura 13-1, comprensiva di due tubi finestrati in PVC di diametro nominale 77 mm, rivestiti con calza in geotessuti ed estesi per metri 2 oltre il profilo di estradosso dell'anello in conci prefabbricati, così da intercettare la circolazione idrica presente entro la fascia plastica. In particolare, è stato definito l'impiego dei seguenti schemi di drenaggio:

- **Tipo 1 - relativo alle tratte "B"**: sezioni drenanti con passo 36 m, equivalente a 20 anelli (minimo due tubi per sezione, nelle posizioni individuate nello schema seguente)
- **Tipo 2 - relativo alle tratte "C"**: sezioni drenanti con passo 27 m, equivalente a 15 anelli (minimo due tubi per sezione, nelle posizioni individuate nello schema seguente)
- **Tipo 3 - relativo alle tratte "D"**: sezioni drenanti con passo 1.8 m, equivalente all'installazione di dreni in ogni anello (minimo due tubi per sezione, nelle posizioni individuate nello schema seguente)

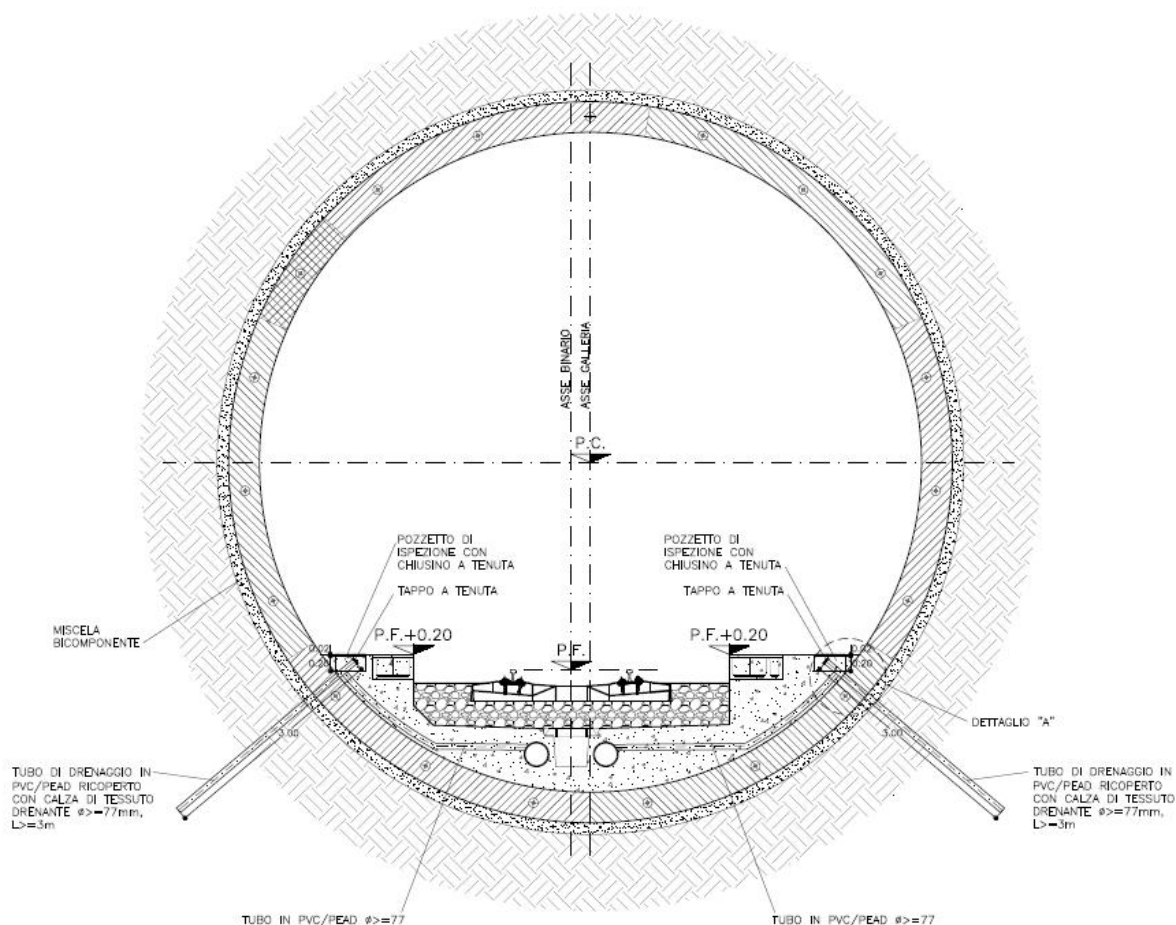


Figura 13-1. Sezione tipologica drenante

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 184 di 195

Si tratta tuttavia di valutazioni preliminari che mantengono una marcata incertezza, con particolare riferimento all'effettiva entità del carico idraulico atteso in regime stabilizzato all'interno delle formazioni attraversate. A conferma di ciò, l'esperienza di avanzamento fin qui condotta nei tratti scavati in tradizionale all'interno delle Argille a Palombini e nei Metabasalti ha evidenziato la sostanziale assenza di venute d'acqua in fase di scavo.

Al fine di tenere in conto degli aspetti sopra riportati, la valutazione preliminare della distribuzione delle sezioni drenanti lungo la tratta analizzata è stata ottenuta mediante il seguente approccio:

- Definizione dello schema di drenaggio in funzione della classe di comportamento idrogeologico prevista;
- Definizione della probabilità di accadimento della previsione progettuale in termini di classe di comportamento idrogeologico.

La definizione preliminare dello schema di drenaggio da adottare si basa esclusivamente sulla classe di comportamento idrogeologico prevista in sede di progetto, in funzione della quale si prevede l'attraversamento di tratte a comportamento idrogeologico di tipo "C" durante gli avanzamenti all'interno delle Argille a Palombini e Formazione di Molare, e di tipo "D" all'interno dei Metabasalti.

La definizione della probabilità di accadimento è stata ottenuta secondo criteri di "*engineering judgement*", basato sull'esperienze di avanzamento fino ad oggi acquisite unitamente alla previsione degli effetti prodotti dallo scavo meccanizzato all'interno dei contesti attraversati, con particolare riferimento alla probabilità di insorgenza di un flusso idrico al contorno del cavo. Per fare ciò, è stata assegnata una certa probabilità di accadimento a due condizioni specifiche:

- 1) Incremento del grado di interconnessione del sistema di fratture dovuto al detensionamento dell'ammasso al contorno della cavità a seguito dello scavo; tale condizione è funzione dell'effetto prodotto dallo scavo all'interno del contesto d'ammasso attraversato;
- 2) Presenza di acqua; condizione valutata tenendo conto sia delle condizioni previste in progetto (cautelativa) sia delle evidenze in corso d'opera nei tratti già scavati.

Il valore finale di probabilità di accadimento, considerando indipendenti le condizioni 1) e 2), è ottenuto dal prodotto delle probabilità di accadimento previste per i singoli contributi, come mostrato nella tabella seguente.

Tabella 13-1. Valutazione della probabilità di accadimento della previsione della classe di comportamento idrogeologico

ZONA	PROBABILITÀ DI ACCADIMENTO		
	INCREMENTO GRADO DI INTERCONNESSIONE	PRESENZA DI ACQUA	VALORE FINALE
FAGLIA (CORE ZONE)	100%	50%	~50.0%
FAGLIA (DAMAGE ZONE)	70%	50%	~35.0%
FUORI FAGLIA (B')	50%	50%	~25.0%
FUORI FAGLIA (aP, fM)	30%	30%	~10.0%

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 185 di 195

Sulla base di tali valutazioni, la tipologia di intervento prevista e la relativa probabilità di accadimento sono state indicate all'interno dei profili geomeccanici di ciascuna WBS, ai quali si rimanda per maggiori dettagli circa le relative pk di applicazione.

È opportuno tenere presente come, data la marcata incertezza, tali valutazioni siano da intendersi come uno strumento preliminare per la valutazione degli interventi, la cui distribuzione finale sarà invece definita in funzione delle effettive condizioni riscontrate in corso d'opera, a valle dei risultati ottenuti dalle sezioni di indagine previste. A tale scopo, si prescrive la realizzazione di **sezioni "spia"**, attrezzate con strumenti di misura delle portate e delle pressioni misurabili in foro (dettaglio nella sezione 15.4), propedeutiche alla definizione di dettaglio dell'evoluzione del carico idraulico a tergo dei conci e, conseguentemente, del sistema drenante più adeguato al contesto attraversato.

Tali sezioni d'indagine, da installare ad una distanza minima dal fronte intorno a 20-30 m, verranno adottate all'interno di settori significativi di galleria, ovvero per tratte d'opera che possono essere considerate rappresentative per omogeneità geologica e condizione idrogeologica attesa. In particolare, si prevede l'impiego di n. 1 sezione "spia":

- ad ogni cambio di formazione omogenea attraversata e zona di faglia;
- ogni 100-150 m di galleria all'interno di ogni tratto a comportamento omogeneo.

A valle dei risultati di tali strumentazioni, verranno stabiliti gli schemi di drenaggio definitivi mediante apposita nota tecnica del progettista.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 186 di 195

14. NICCHIE: TELAI REGGI CONCI

La modifica tecnica oggetto della presente relazione determina la necessità di impiego, all'interno del tratto analizzato, di telai metallici predisposti per lo smontaggio conci in corrispondenza dei by-pass di collegamento e delle nicchie. Nel presente capitolo, vengono trattati i telai reggi conci previsti per le nicchie, mentre per i by-pass di collegamento si rimanda alla relazione specifica [Rif. 8].

Il telaio metallico reggi-conci è un'opera di carattere provvisorio con lo scopo principale di garantire un contrasto efficace durante le fasi costruttive per consentire la realizzazione delle nicchie, che prevedono il taglio di conci di anelli costituenti il rivestimento definitivo della galleria, trasferendo i carichi al contorno dell'apertura.

Da Progetto Esecutivo, nei tratti della galleria di Valico realizzata mediante scavo meccanizzato sono previste le tipologie di telaio per le nicchie schematizzate nella figura seguente.

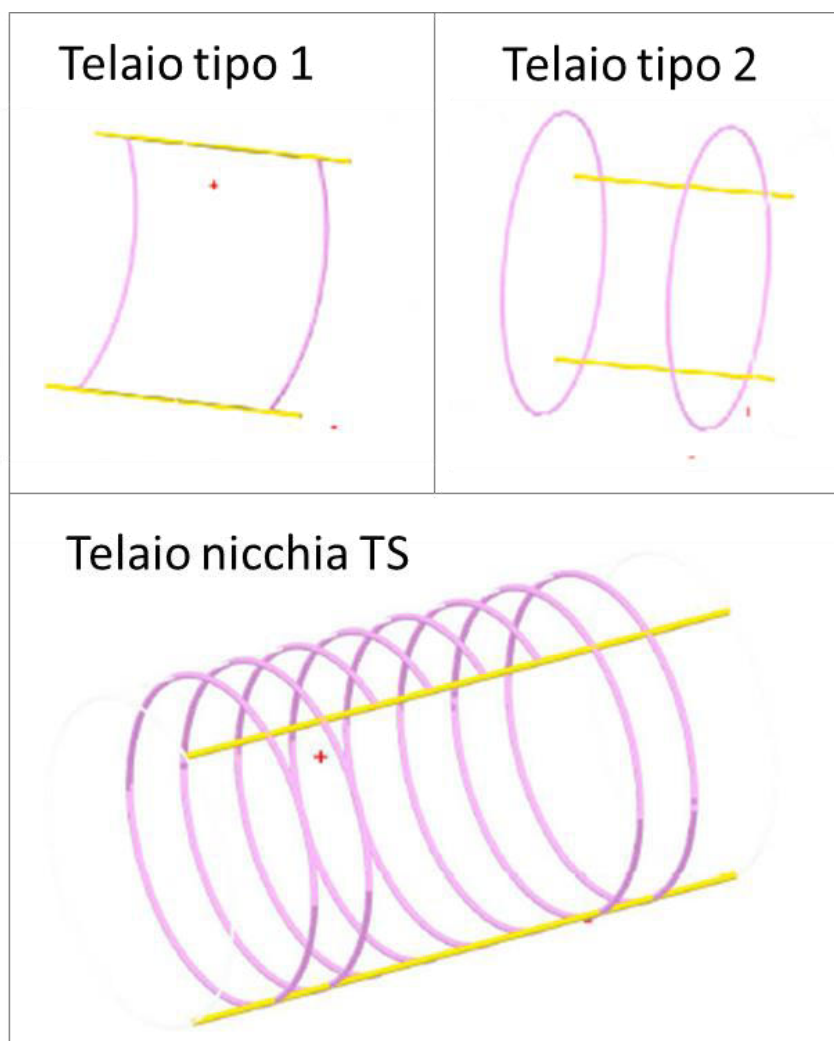


Figura 14-1. Schematizzazione tipologie telai reggi conci

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 187 di 195

La struttura di tipo 1 è costituita da due elementi colonna calandrati uniti a due elementi travi. Tale intervento è previsto nei contesti con stato tensionale relativo ai soli carichi geostatici piuttosto limitato.

La struttura di tipo 2 è costituita da due elementi colonna calandrati atti a cerchiare completamente i conci posti immediatamente in adiacenza della nicchia e uniti a due elementi travi. Tale intervento è previsto laddove lo stato tensionale nei conci risulti piuttosto elevato già prima delle fasi realizzative della nicchia, in quanto gli anelli posti in prossimità dell'apertura subiscono un incremento di carico in seguito al taglio dei conci. Inoltre, nelle situazioni geomeccaniche più sfavorevoli o in condizioni di alte coperture ($H > 250\text{m}$), potranno essere predisposti nei conci adiacenti all'apertura della nicchia delle bullonature radiali autoperforanti ad integrazione del sostegno offerto dal telaio metallico della configurazione di tipo 2. Questa tipologia di intervento è definita di tipo 2A.

Il telaio per le nicchie TS, caratterizzata da una sezione di scavo maggiore, prevede l'impiego di un apposito telaio e la rimozione dei conci nella zona interferente la sagoma della nicchia per un totale di n°4 conci consecutivi; inoltre vengono cerchiati completamente anche i due anelli di concio adiacenti all'apertura della nicchia.

Per ulteriori dettagli in merito alle caratteristiche dei telai reggi conci per le nicchie, si rimanda agli elaborati grafici specifici delle singole WBS.

Nella tabella seguente sono riepilogate le principali informazioni in merito all'ubicazione delle nicchie all'interno del tratto analizzato. Viene inoltre indicata la relativa tipologia di telaio prevista in funzione del contesto di copertura e geomeccanico atteso in corrispondenza di ciascuna nicchia.

Tabella 14-1 – Sintesi nicchie presenti sul B.P. (GN141) e B.D. (GN151)

TIPO DI NICCHIA	pk B.P.	pk B.D.	Copertura [m]	Formazione	TELAIO
NLF+FG+HP	17+850.0	17+846.6	183	B'	TIPO 2A*
UAD	18+005.0	18+000.0	163	B'	TIPO 2A*
NLF+FG+HP	18+350.0	18+343.1	212	aP	TIPO 2A
NLF+FG+HP	18+850.0	18+839.6	275	aP	TIPO 2A
TS	19+056.0	19+054.7	270	B'	NICCHIA TS
NLF+FG+HP	19+350.0	19.338.7	214	aP	TIPO 2A
*da tarare in corso d'opera in funzione del contesto riscontrato					

In particolare, alle pk indicate è previsto l'attraversamento delle formazioni delle Argille a Palombini e dei Metabasalti, con particolare riferimento ai gruppi geomeccanici intermedi, rispettivamente GR2 e B' fratturato, per i quali si prevede l'impiego di telai di tipo 2A per le nicchie UAD e NLF+FG+HP, e dei telai specifici per le nicchie di tipo TS. Tali scelte sono dunque funzione dei dati ad oggi disponibili, unitamente ai risultati ottenuti dalle analisi numeriche presentate per i tratti di galleria precedenti. Si precisa che in fase di realizzazione di tali opere i dati desunti dal monitoraggio in fase

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 188 di 195

di scavo e i risultati in termini di comportamento tenso-deformativo dei conci permetteranno di effettuare in ultimo la corretta scelta di intervento. In particolare, qualora in corso d'opera vengano riscontrate caratteristiche d'ammasso e comportamento tenso-deformativo attesi per i gruppi geomeccanici migliori delle formazioni attraversate, per le nicchie UAD e NLF+FG+HP in corrispondenza di coperture inferiori a 200 m si potrà prevedere l'impiego dei telai di tipo 2; qualora invece vengano riscontrate caratteristiche ascrivibili ai gruppi geomeccanici peggiori di ciascuna formazione, attesi nei contesti di faglia, dovranno essere valutati ulteriori interventi specifici.

Per quanto riguarda le verifiche di resistenza dei telai metallici previsti, si ritiene che i contenuti presentati nella relazione di calcolo [Rif. 9] e nel relativo addendum [Rif. 10] siano estendibili al tratto oggetto della presente relazione. Infatti, tenendo conto che il dimensionamento dei telai reggi conci dipende sostanzialmente dalle caratteristiche dei conci di rivestimento impiegati e dallo stato tensionale che si sviluppa al loro interno a seguito delle operazioni di scavo e realizzazione della galleria, è possibile evidenziare quanto segue:

- i conci di rivestimento previsti nel tratto analizzato presentano geometria identica e caratteristiche prestazionali superiori a quelle dei tratti precedenti;
- i risultati ottenuti dalle analisi numeriche presentate nei capitoli precedenti mostrano, per i gruppi geomeccanici intermedi alle massime coperture (GR2a e GR2b - H=280m), stati tensionali paragonabili o inferiori a quelli ottenuti dalle analisi condotte per la tratta precedente relative al gruppo intermedio della formazione di Molare (GR2) alle massime coperture, il quale rappresenta il contesto di riferimento considerato per il dimensionamento dei telai reggi conci di tipo 2A.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 189 di 195

15. MONITORAGGIO

Nel presente capitolo si riporta una sintesi del “programma di monitoraggio” da prevedere all’interno della tratta analizzata (WBS GN141-GN151). Per maggiori dettagli circa la strumentazione riportata nel seguito e le relative pk di applicazione, si rimanda rispettivamente alla Relazione di Monitoraggio della Galleria di Valico [Rif. 6] e ai profili geomeccanici delle singole WBS.

Lo scopo del monitoraggio è quello di controllare l’evoluzione della risposta tenso-deformativa dell’ammasso allo scavo e di verificare la corrispondenza tra il comportamento reale delle strutture in fase di realizzazione ed il comportamento ipotizzato nelle varie fasi progettuali.

15.1. Sintesi degli interventi di monitoraggio previsti

In Tabella 15-1 vengono riepilogati gli interventi di monitoraggio previsti per ognuna delle WBS.

Tabella 15-1: Sintesi degli interventi di monitoraggio

<i>Descrizione</i>	<i>Frequenza</i>	<i>N° sezioni strumentate</i>
Indagini in avanzamento	Ogni 400m	-
Prelievo di campioni e prove di laboratorio	Ogni 400m	-
Parametri macchina	In continuo lungo tutta la tratta scavata	-
Anello strumentato	in corrispondenza delle zone di faglia e della nicchia UAD (BP: pk 18+005 ca.; BD: pk 18+000 ca.)	9
Estensimetri multibase radiali	in corrispondenza della nicchia UAD (BP: pk 18+005 ca.; BD: pk 18+000 ca.)	1
Piezometri radiali	in corrispondenza della nicchia UAD (BP: pk 18+005 ca.; BD: pk 18+000 ca.)	1
Misuratori di portata	in corrispondenza della nicchia UAD (BP: pk 18+005 ca.; BD: pk 18+000 ca.)	1
Sezioni piezometriche spia	Ad ogni cambio di formazione omogenea attraversata e zona di faglia Ogni 100-150 m di galleria all’interno di ogni tratto a comportamento omogeneo	-

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 190 di 195

15.2. Stazioni di misura definitiva (nicchie tecnologiche U.A.D.)

Lungo lo sviluppo della tratta in oggetto sono previste stazioni di misura a carattere definitivo (*nicchie tecnologiche U.A.D.*) al fine di valutare le caratteristiche d'ammasso e del suo comportamento tenso-deformativo nella fase di esercizio ferroviario.

In particolare, per ognuna delle WBS è prevista n. 1 nicchia tipo β alle seguenti pk:

BINARIO PARI

- 18+805.00 WBS GN141

BINARIO DISPARI

- 18+800.00 WBS GN151

In merito alla frequenza dei rivelamenti si rimanda a quanto previsto in [Rif. 6] per tale stazione di misura definitiva; le frequenze indicate sono comunque indicative e potranno essere adattate in base a quanto riscontrato in corso d'opera e durante l'acquisizione dei primi dati.

Stazione tipo β

1. n°3 estensimetri multibase o estensimetri incrementali posti in opera radialmente in zona di calotta e ai reni della cavità, immediatamente dopo il passaggio del fronte sulla sezione prescelta. Ciascun estensimetro multibase deve avere almeno 4 basi di misura.
2. n°2 piezometri, posti in direzione radiale, sub-orizzontali sui fianchi della cavità
3. n°3 celle di pressione e 12 coppie di barrette estensimetriche del tipo a corda vibrante all'interno del rivestimento definitivo;
4. n°12 mire per la misura della convergenza sul rivestimento definitivo;
5. n°1 misuratore di portata.

15.3. Soglie di attenzione e di allarme

In Tabella 15-2 sono riportate le soglie di attenzione e di allarme per le strumentazioni installate.

Tabella 15-2: Soglie di riferimento anello strumentato

Fenomeno monitorato	Soglia di attenzione	Soglia di allarme
Stato tensionale conci Rck = 60 MPa	15 Mpa	20 Mpa
Apertura massima giunti	5mm	8mm

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 191 di 195

15.4. Sezioni piezometriche spia

Le indagini al contorno della galleria verranno eseguite attraverso l'installazione di piezometri "spia", realizzati con celle piezometriche elettriche, ubicati in corrispondenza di fori di opportune geometrie che metteranno in comunicazione le celle piezometriche con l'acqua presente al contorno della galleria.

Come mostrato nella figura seguente, il sistema proposto prevede il fissaggio preliminare di un'opportuna piastra calandrata, completa di valvola a sfera da 3", e la successiva realizzazione del foro tramite carotatrice dall'interno della valvola 3" fino a fondo foro oltrepassando l'intero spessore del rivestimento in calcestruzzo e lo strato di bicomponente. Una volta completato il foro ed estratta la carotatrice, il sistema proposto consente l'immediata messa in sicurezza attraverso la chiusura della valvola a sfera. Viene poi installato il sistema per il monitoraggio idraulico con la cella piezometrica.

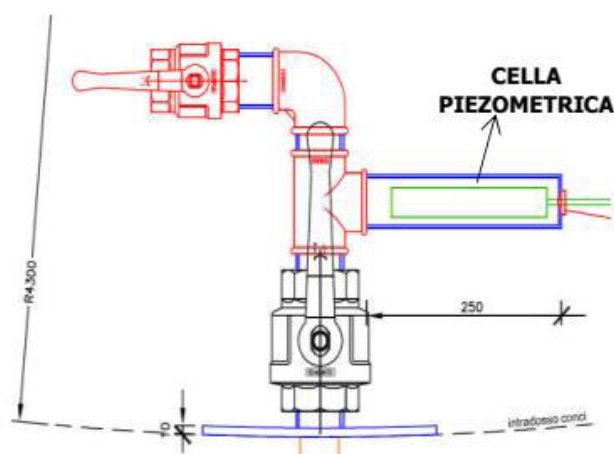


Figura 15-1 – Sistema per il monitoraggio delle pressioni idrauliche al contorno della galleria

Le sezioni d'indagine, da installare ad una distanza minima dal fronte intorno a 20-30 m, verranno adottate all'interno di settori significativi di galleria, ovvero per tratte d'opera che possono essere considerate rappresentative per omogeneità geologica e condizione idrogeologica attesa. In particolare, si prevede l'impiego di n. 1 sezione "spia":

- ad ogni cambio di formazione omogenea attraversata e zona di faglia;
- ogni 100-150 m di galleria all'interno di ogni tratto a comportamento omogeneo.

Facendo riferimento alla sequenza geologica prevista all'interno del tratto analizzato, in Tabella 15-3 sono riportate le progressive indicative per l'installazione di tali sezioni d'indagine; tali pk sono dunque funzione dell'attuale profilo geologico atteso e dovranno pertanto essere tarare in corso d'opera in relazione alle effettive condizioni d'ammasso riscontrate.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 192 di 195

Tabella 15-3. Progressive indicative di installazione delle sezioni piezometriche “spia”

WBS	Formazione geologica	pk indicativa di installazione
GN141	FMbc	19+650
	B'/aP (zona di faglia)	19+570
	aP	19+450
	aP/B' (zona di faglia)	19+330
	B'	19+200
	B' (zona di faglia)	19+075
	B' (zona di faglia)	18+949
	aP/B'	18+850
	aP	18+750
	aP (zona di faglia)	18+650
	aP	18+500
	aP	18+350
	aP/B'	18+175
	B'	18+100
	B' (zona di faglia)	17+980
	B'	17+850
GN151	B'	19+650
	B'/aP (zona di faglia)	19+570
	aP	19+450
	aP/B' (zona di faglia)	19+305
	B'	19+200
	B' (zona di faglia)	19+075
	aP/B' (zona di faglia)	18+940
	aP	18+790
	aP (zona di faglia)	18+640
	aP	18+500
	aP	18+350
	aP/B'	18+275
	B'	18+180
	B'	18+050
	B' (zona di faglia)	17+960
	B'	17+850

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 193 di 195

16. CONCLUSIONI

Nel presente documento vengono affrontati nel dettaglio principali problematiche legate allo scavo meccanizzato della tratta della Galleria di Valico che si estende dalla pk 17+780.00 (B.P.) / 17+790.03 (B.D.) alla pk 19+700.00, relativo allo sviluppo del binario pari (WBS GN141), di lunghezza pari a 1920 m, e del binario pari (WBS GN151), di lunghezza pari a circa 1910 m.

La presente relazione integra i contenuti degli elaborati progettuali già sviluppati per alcuni tratti della Galleria di Valico, con particolare riferimento a quelli relativi allo Scavo in Meccanizzato e alla Tratta 4, ai quali si rimanda per tutto quanto non indicato all'interno del presente documento.

Sono state esaminate le scelte progettuali effettuate con conseguente definizione delle modalità d'avanzamento, la successiva verifica delle sezioni rappresentative del tracciato e la definizione del programma di monitoraggio in corso d'opera. Le verifiche, condotte in conformità a quanto previsto dal D.M. 1996, dimostrano l'idoneità della soluzione progettuale adottata.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5100ECVROGN0000032C00 Foglio 194 di 195

BIBLIOGRAFIA

- Allasinaz A., Gelati R., Gnaccolini M., Martinis B., Orombelli G., Pasquarè G. & Rossi P.M. (1971) – Note illustrative e Carta Geologica d'Italia, scala 1:100.000, foglio 82, Genova. Nuova tecnica Grafica, Roma, pp134.
- Anagnostou – Kovari (1996) – “Face Stability Conditions with Earth-Pressure-Balanced Shields” – Tunnels and Deep Space - Pergamon
- Barla (1995) – “Tunnelling under squeezing rock conditions”, International Society for rock mechanics, ISRM
- Boni A. & Casnedi R. (1970) – Note illustrative e Carta Geologica d'Italia, scala 1:100.000, fogli 69, Asti e 70, Alessandria. Poligrafica & Cartevalori, Ercolano (Na), pp. 64.
- Capponi, G., Cortesogno, L., Crispini, L., Gaggero, L., Bonci, M.C., Perilli, N., Piazza, M., Vannucci, G., Firpo, M., Piccazzo, M., Pacciani, G. & Ramella, A. (2007) - Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 213-230 “Genova”. S.EL.CA. Firenze.
- Capponi, G., Crispini, L., Cortesogno, L., Gaggero, L., Firpo, M., Piccazzo, M., Cabella, R., Nosengo, S., Bonci, M.C., Vannucci, G., Piazza, M., Ramella, A., Perilli, N., et alii (2009) - Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000, foglio 213-230 – Genova.
- Cortesogno L. & Haccard D. (1984) – Carta Geologica della zona Sestri – Voltaggio. – Mem. Soc. Geol. It.
- Cortesogno L. & Haccard D. (1984) – Note illustrative alla carta Geologica della zona Sestri – Voltaggio. – Mem. Soc. Geol. It., Geol. It., 1984 (28).
- Italferr (2001) – Progetto Preliminare. Tratta A.C. Milano-Genova, III Valico.
- Italferr (2005) – Progetto Definitivo. Tratta A.C. Milano-Genova, III Valico.
- Marini M. (1997) – Carta Geologica della Val Polcevera e zone limitrofe (Appennino Settentrionale) alla scala 1:25000.
- Marini M. (1998) – Carta Geologica della Val Polcevera e zone limitrofe (Appennino Settentrionale) alla scala 1:25000. Note illustrative. – Atti Tic. Sc. Terra, vol.40.
- Ministero dell'Ambiente, Servizio Valutazione Impatto Ambientale – Richiesta integrazione A.C. Genova-Milano. Protocollo N°10784/VIA/A.O/13.G,Roma, 5 Settembre 2000.
- Piana, F., Falletti, P., Fioraso, G., Irace, A., Mosca, P., et alii (in prep.) – Carta geologica del Piemonte in scala 1:250.000. Consiglio Nazionale delle Ricerche, IGG Torino; Università degli Studi di Torino, DST; Politecnico di Torino, DIATI.
- Provincia di Genova (1998) – Area 06: Difesa del suolo, Opere Ambientali e Piano di Bacino – Torrente Chiaravagna e Torrente Polcevera. Piano di bacino stralcio per la difesa idrogeologica, geomorfologica, per la salvaguardia della rete idrografica e per la compatibilità delle attività estrattive. Consultabile su: <http://cartogis.provincia.genova.it/cartogis/pdb/>.
- Ramoni M. - Anagnostou G. - The effect of advance rate on shield loading in squeezing ground – (2007)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5100ECVROGN0000032C00	Foglio 195 di 195

ALLEGATI DI CALCOLO

ANALISI DI STABILITA' DEL FRONTE

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonzàles - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
Ap_GR1/45/30	155.0	27	695	40

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
Ap_GR1/45/30	9.75	27	695	40

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m2]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	155.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	4.55

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion	cu [kPa]	695.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	40.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	4.60

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	695.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	40.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.42

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	3892.54
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	1617.89
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	939.74

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	σ_{vp} [kPa]
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =	835.25
Crown wedge local stability (against plasticization):	verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{1d}/M\Sigma_{1d}$)	FS_g	4.98
---	--------	------

Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{1d}/M\Sigma_{1d}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_Y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
Ap_GR1/50/30	155.0	27	760	40

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
Ap_GR1/50/30	9.75	27	760	40

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	155.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	4.55

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion	cu [kPa]	760.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	40.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp [-]	4.60

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu [kPa]	760.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_P [°]	40.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf [-]	0.42

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	4185.00
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	1695.84
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	966.73

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	σ_{vp} [kPa]	
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		913.41
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified

Tunnel-face global stability (MS_{td}/MS_{td})	FS_g	5.27
---	--------	------

Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability (MS_{td}/MS_{td})	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonzàles - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_v	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
Ap_GR1/55/30	155.0	27	830	40

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
Ap_GR1/55/30	9.75	27	830	40

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	155.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	4.55

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion	cu [kPa]	830.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	40.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	4.60

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	830.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_P [°]	40.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.42

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	4185.00
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	1724.90
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	995.80

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	σ_{vp} [kPa]	
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		997.57
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{TG}/MS_{TG}$)	FS_g	5.43
--	--------	------

Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour) / 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{TG}/MS_{TG}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_v	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
Ap_GR1/45/40	155.0	27	775	40

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
Ap_GR1/45/40	9.75	27	775	40

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	155.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	4.55

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion	cu [kPa]	775.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	40.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	4.60

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	775.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_P [°]	40.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.42

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	4185.00
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	1702.07
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	972.96

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	σ_{vp} [kPa]
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =	931.44
Crown wedge local stability (against plasticization):	verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{td}/MS_{td}$)	FS_g	5.30
--	--------	------

Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour) / 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{td}/MS_{td}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
Ap_GR1/50/40	155.0	27	850	40

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
Ap_GR1/50/40	9.75	27	850	40

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	155.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	4.55

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion	cu [kPa]	850.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	40.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	4.60

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	850.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_P [°]	40.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.42

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	4185.00
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	1733.21
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	1004.10

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	σ_{vp} [kPa]
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =	1021.62
Crown wedge local stability (against plasticization):	verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{td}/M\Sigma_{td}$)	FS_g	5.48
---	--------	------

Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{td}/M\Sigma_{td}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
Ap_GR1/55/40	155.0	27	940	40

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
Ap_GR1/55/40	9.75	27	940	40

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	155.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	4.55

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion	cu [kPa]	940.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	40.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	4.60

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	940.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_P [°]	40.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.42

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	4185.00
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	1770.58
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	1041.48

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	σ_{vp} [kPa]
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =	1129.83
Crown wedge local stability (against plasticization):	verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{Tf}/MS_{Tf}$)	FS_g	5.70
--	--------	------

Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour) / 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{Tf}/MS_{Tf}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonzàles - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_y	1.00	γ_c	1.00	$\gamma_{tan\phi}$	1.00	R2	1.00
------------	------	------------	------	--------------------	------	----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]	Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface					layers ordering: invert-crown				
Ap_GR2a/40/10	155.0	27	465	37	Ap_GR2a/40/10	9.75	27	465	37

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70	Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Tunnel face width	D [m]	9.75	Total Overburden	H [m]	155.0
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00	Tunnel face height	A [m]	9.75
Surface load	qs [kPa]	0.0	Failure Mechanism geometry		
			Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Free span length	a [m]	0.0	Length of prisms in advance	L_p [m]	4.86

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1			Prisms 2-3		
Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.0	Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion	cu [kPa]	465.0	Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	37.0	Average cohesion within Discharge Zone	cu [kPa]	465.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	4.02	Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_P [°]	37.00
			Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.47

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts			Tunnel-face global stability		
Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	2386.52	($M\Sigma_{Tf}/MS_{Td}$)	FS_g	3.69
Unit shear strength (prisms 2)	σ_{m2} [kPa]	1298.12	Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour)/1.6 (rockmass ductile behaviour)		
Unit shear strength (prism 3)	σ_{m3} [kPa]	877.09	Crown-wedge stability	FS_c	-
Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)			(vertical sliding)		
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		633.15	Tunnel-facel stability	FS_f	-
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified	($M\Sigma_{Tf}/MS_{Td}$)		

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonzàles - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_y	1.00	γ_c	1.00	$\gamma_{tan\phi}$	1.00	R2	1.00
------------	------	------------	------	--------------------	------	----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]	Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface					layers ordering: invert-crown				
Ap_GR2a/45/10	155.0	27	500	38	Ap_GR2a/45/10	9.75	27	500	38

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70	Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Tunnel face width	D [m]	9.75	Total Overburden	H [m]	155.0
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00	Tunnel face height	A [m]	9.75
Surface load	qs [kPa]	0.0	Failure Mechanism geometry		
			Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Free span length	a [m]	0.0	Length of prisms in advance	L_p [m]	4.76

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1			Prisms 2-3		
Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.0	Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion	cu [kPa]	500.0	Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	38.0	Average cohesion within Discharge Zone	cu [kPa]	500.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp [-]	4.20	Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	38.00
			Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf [-]	0.45

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts			Tunnel-face global stability		
Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	2636.29	($M\Sigma_{xif}/M\Sigma_{xif}$)	FS_g	3.91
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	1346.29	Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)		
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	882.57	Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)			Tunnel-facel stability	FS_f	-
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		653.97	($M\Sigma_{xif}/M\Sigma_{xif}$)		
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified			

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
Ap_GR2a/40/12	155.0	27	495	38

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
Ap_GR2a/40/12	9.75	27	495	38

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	155.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	4.76

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion	cu [kPa]	495.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	38.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp [-]	4.20

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu [kPa]	495.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_P [°]	38.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf [-]	0.45

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	2608.61
Unit shear strength (prisms 2)	τ_{m2} [kPa]	1339.17
Unit shear strength (prism 3)	τ_{m3} [kPa]	880.32

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	σ_{vp} [kPa]	
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		647.42
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{eq}/M\Sigma_{st}$)	FS_g	3.89
---	--------	------

Admissible SF: 2.0 (rockmass brittle behaviour)/1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{st}/M\Sigma_{st}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
Ap_GR2a/45/12	155.0	27	535	38

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
Ap_GR2a/45/12	9.75	27	535	38

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	155.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	4.76

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion	cu [kPa]	535.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	38.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	4.20

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	535.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	38.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.45

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	2830.04
Unit shear strength (prisms 2)	τ_{m2} [kPa]	1396.13
Unit shear strength (prism 3)	τ_{m3} [kPa]	898.33

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	σ_{vp} [kPa]	
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		699.77
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified

Tunnel-face global stability ($M2_{Tf}/M5_{Tf}$)	FS_g	4.08
---	--------	------

Admissible SF: 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M2_{Tf}/M5_{Tf}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonzàles - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_y	1.00	γ_c	1.00	$\gamma_{tan\phi}$	1.00	R2	1.00
------------	------	------------	------	--------------------	------	----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]	Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface					layers ordering: invert-crown				
Ap_GR2b/35/10	155.0	27	390	33	Ap_GR2b/35/10	9.75	27	390	33

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70	Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Tunnel face width	D [m]	9.75	Total Overburden	H [m]	155.0
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00	Tunnel face height	A [m]	9.75
Surface load	qs [kPa]	0.0	Failure Mechanism geometry		
			Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Free span length	a [m]	0.0	Length of prisms in advance	L_p [m]	5.29

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1			Prisms 2-3		
Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.0	Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion	cu [kPa]	390.0	Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	33.0	Average cohesion within Discharge Zone	cu [kPa]	390.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp [-]	3.39	Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_P [°]	33.00
			Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf [-]	0.54

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts			Tunnel-face global stability		
Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	1807.76	($M\Sigma_{r3}/MS_{r3}$)	FS_g	3.14
Unit shear strength (prisms 2)	σ_{m2} [kPa]	1188.29	Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour)/1.6 (rockmass ductile behaviour)		
Unit shear strength (prism 3)	σ_{m3} [kPa]	869.87	Crown-wedge stability	FS_c	-
Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)			(vertical sliding)		
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		614.81	Tunnel-facel stability	FS_f	-
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified	($M\Sigma_{r3}/MS_{r3}$)		

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonzàles - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_y	1.00	γ_c	1.00	$\gamma_{tan\phi}$	1.00	R2	1.00
------------	------	------------	------	--------------------	------	----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]	Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface					layers ordering: invert-crown				
Ap_GR2b/40/10	155.0	27	430	33	Ap_GR2b/40/10	9.75	27	430	33

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70	Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Tunnel face width	D [m]	9.75	Total Overburden	H [m]	155.0
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00	Tunnel face height	A [m]	9.75
Surface load	qs [kPa]	0.0	Failure Mechanism geometry		
			Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Free span length	a [m]	0.0	Length of prisms in advance	L_p [m]	5.29

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1			Prisms 2-3		
Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.0	Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion	cu [kPa]	430.0	Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	33.0	Average cohesion within Discharge Zone	cu [kPa]	430.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp [-]	3.39	Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	33.00
			Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf [-]	0.54

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts			Tunnel-face global stability		
Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	2006.67	($M\Sigma_{xif}/MS_{xif}$)	FS_g	3.31
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	1245.02	Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)		
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	891.57	Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)			Tunnel-facel stability	FS_f	-
	c_{wp} [kPa]		($M\Sigma_{xif}/MS_{xif}$)		
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		677.91			
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified			

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonzàles - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_Y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
Ap_GR2b/35/12	155.0	27	420	33

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
Ap_GR2b/35/12	9.75	27	420	33

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	155.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	5.29

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion	cu [kPa]	420.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	33.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	3.39

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	420.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_P [°]	33.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.54

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	1956.94
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	1230.84
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	886.14

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	σ_{vp} [kPa]
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =	662.13
Crown wedge local stability (against plasticization):	verified

Tunnel-face global stability ($M_{S_{10}}/M_{S_{1d}}$)	FS_g	3.27
---	--------	------

Admissible SF: 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M_{S_{10}}/M_{S_{1d}}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonzàles - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_y	1.00	γ_c	1.00	$\gamma_{tan\phi}$	1.00	R2	1.00
------------	------	------------	------	--------------------	------	----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]	Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface					layers ordering: invert-crown				
Ap_GR2b/40/12	155.0	27	455	33	Ap_GR2b/40/12	9.75	27	455	33

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70	Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Tunnel face width	D [m]	9.75	Total Overburden	H [m]	155.0
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00	Tunnel face height	A [m]	9.75
Surface load	qs [kPa]	0.0	Failure Mechanism geometry		
			Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Free span length	a [m]	0.0	Length of prisms in advance	L_p [m]	5.29

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1			Prisms 2-3		
Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.0	Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion	cu [kPa]	455.0	Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	33.0	Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	455.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	3.39	Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_P [°]	33.00
			Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.54

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts			Tunnel-face global stability		3.42
Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	2130.99	(M2 _{ref} /MS _{1d})		
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	1280.48	Admissible SF: 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)		
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	905.13	Crown-wedge stability		
Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)			(vertical sliding)	FS _c	-
	σ_{vp} [kPa]		Tunnel-facel stability		
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		717.34	(M2 _{ref} /MS _{1d})	FS _f	-
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified			

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
Ap_GR3a/30/5	155.0	26	280	27

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
Ap_GR3a/30/5	9.75	26	280	27

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	155.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	5.97

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average cohesion	cu [kPa]	280.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	27.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	2.66

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	280.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_P [°]	27.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.66

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	1106.93
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	973.46
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	787.83

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	c_{vp} [kPa]	
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		525.58
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{td}/MS_{td}$)	FS_g	2.41
--	--------	------

Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour) / 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{td}/MS_{td}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
Ap_GR3a/35/5	155.0	26	305	29

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
Ap_GR3a/35/5	9.75	26	305	29

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	155.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	5.74

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average cohesion	cu [kPa]	305.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	29.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	2.88

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	305.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_P [°]	29.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.62

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	1271.28
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	1024.97
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	806.74

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	c_{vp} [kPa]	
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		543.51
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{Tf}/M\Sigma_{Tb}$)	FS_g	2.62
---	--------	------

Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour) / 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{Tf}/M\Sigma_{Tb}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonzàles - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
Ap_GR3a/30/7	155.0	26	315	30

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
Ap_GR3a/30/7	9.75	26	315	30

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	155.0
Tunnel face height	A [m]	9.75
Failure Mechanism geometry		
Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	5.63

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average cohesion	cu [kPa]	315.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	30.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	3.00

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	315.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	30.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.60

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	1346.36
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	1045.57
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	812.37

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	c_{wp} [kPa]	
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		545.64
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{sf}/M\Sigma_{sd}$)	FS_g	2.72
---	--------	------

Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{sf}/M\Sigma_{sd}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
Ap_GR3a/35/7	155.0	26	345	30

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
Ap_GR3a/35/7	9.75	26	345	30

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	155.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	5.63

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average cohesion	cu [kPa]	345.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	30.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp [-]	3.00

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu [kPa]	345.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_P [°]	30.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf [-]	0.60

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	1486.66
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	1087.87
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	830.37

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	σ_{vp} [kPa]
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =	597.64
Crown wedge local stability (against plasticization):	verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{td}/M\Sigma_{td}$)	FS_g	2.85
---	--------	------

Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour) / 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{td}/M\Sigma_{td}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonzàles - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_y	1.00	γ_c	1.00	$\gamma_{tan\phi}$	1.00	R2	1.00
------------	------	------------	------	--------------------	------	----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]	Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface					layers ordering: invert-crown				
Ap_GR3b/25/5	155.0	26	250	26	Ap_GR3b/25/5	9.75	26	250	26

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70	Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Tunnel face width	D [m]	9.75	Total Overburden	H [m]	155.0
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00	Tunnel face height	A [m]	9.75
Surface load	qs [kPa]	0.0	Failure Mechanism geometry		
			Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Free span length	a [m]	0.0	Length of prisms in advance	L_p [m]	6.09

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1			Prisms 2-3		
Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	26.0	Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average cohesion	cu [kPa]	250.0	Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	26.0	Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	250.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	2.56	Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_P [°]	26.00
			Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.68

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts			Tunnel-face global stability		2.24
Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	953.48	(M2 _{ref} /MS _{1d})		
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	921.70	Admissible SF: 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)		
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	764.14	Crown-wedge stability		
Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)			(vertical sliding)	FS _c	-
			Tunnel-facel stability		
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =			(M2 _{ref} /MS _{1d})	FS _f	-
Crown wedge local stability (against plasticization):			verified		

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
Ap_GR3b/30/5	155.0	26	280	27

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
Ap_GR3b/30/5	9.75	26	280	27

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	155.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	5.97

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average cohesion	cu [kPa]	280.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	27.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp [-]	2.66

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu [kPa]	280.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_P [°]	27.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf [-]	0.66

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	1106.93
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	973.46
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	787.83

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

σ_{vp} [kPa]	
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =	525.58
Crown wedge local stability (against plasticization):	verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{eq}/MS_{T_d}$)	FS_g	2.41
---	--------	------

Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{eq}/MS_{T_d}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
Ap_GR3b/25/7	155.0	26	280	27

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
Ap_GR3b/25/7	9.75	26	280	27

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	155.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	5.97

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average cohesion	cu [kPa]	280.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	27.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	2.66

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	280.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_P [°]	27.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.66

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	1106.93
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	973.46
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	787.83

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	c_{vp} [kPa]	
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		525.58
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{TG}/MS_{TG}$)	FS_g	2.41
--	--------	------

Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour) / 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{TG}/MS_{TG}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonzàles - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_y	1.00	γ_c	1.00	$\gamma_{tan\phi}$	1.00	R2	1.00
------------	------	------------	------	--------------------	------	----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]	Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface					layers ordering: invert-crown				
Ap_GR3b/30/7	155.0	26	315	27	Ap_GR3b/30/7	9.75	26	315	27

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70	Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Tunnel face width	D [m]	9.75	Total Overburden	H [m]	155.0
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00	Tunnel face height	A [m]	9.75
Surface load	qs [kPa]	0.0	Failure Mechanism geometry		
			Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Free span length	a [m]	0.0	Length of prisms in advance	L_p [m]	5.97

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1			Prisms 2-3		
Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	26.0	Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average cohesion	cu [kPa]	315.0	Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	27.0	Average cohesion within Discharge Zone	cu [kPa]	315.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp [-]	2.66	Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_P [°]	27.00
			Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf [-]	0.66

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts			Tunnel-face global stability		
Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	1261.14	($M\Sigma_{xif}/M\Sigma_{xif}$)	FS_g	2.56
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	1022.36	Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)		
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	810.87	Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)			Tunnel-facel stability	FS_f	-
	c_{wp} [kPa]		($M\Sigma_{xif}/M\Sigma_{xif}$)		
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		591.32			
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified			

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

V_y	1.00
-------	------

V_c	1.00
-------	------

$V_{tan\phi}$	1.00
---------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
Ap_GR2a/42.5/11	155.0	27	500	38

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
Ap_GR2a/42.5/11	9.75	27	500	38

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	q_s [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	155.0
Tunnel face height	A [m]	9.75
Failure Mechanism geometry		
Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	4.76

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion	c_u [kPa]	500.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	38.0
Coefficient of passive earth pressure	K_p [-]	4.20

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion within Discharge Zone	c_u [kPa]	500.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	38.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	K_f [-]	0.45

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	2636.29
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	1346.29
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	882.57

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	σ_{vp} [kPa]
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =	653.97
Crown wedge local stability (against plasticization):	verified

Tunnel-face global stability
($M\Sigma_{td}/M\Sigma_{td}$) FS_g

3.91

Admissible SF: 2.0 (rockmass brittle behaviour)/1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability
(vertical sliding) FS_c

-

Tunnel-facel stability

(M\Sigma_{td}/M\Sigma_{td})

 FS_f

-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_Y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/c_u [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
Ap_GR2b/37.5/11	155.0	27	425	33

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/c_u [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
Ap_GR2b/37.5/11	9.75	27	425	33

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	155.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	5.29

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion	c_u [kPa]	425.0
Average friction angle	ϕ'_f [°]	33.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	3.39

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion within Discharge Zone	c_u [kPa]	425.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	33.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.54

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	1981.81
Unit shear strength (prisms 2)	τ_{m2} [kPa]	1237.93
Unit shear strength (prism 3)	τ_{m3} [kPa]	888.86

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	σ_{vp} [kPa]	
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		670.02
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified

Tunnel-face global stability ($M_{Σ_{TIF}}/M_{Σ_{TA}}$)	FS_B	3.29
--	--------	------

Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour) / 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_C	-
Tunnel-facel stability ($M_{Σ_{TF}}/M_{Σ_{TA}}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

 γ_y

1.00

 γ_c

1.00

 $\gamma_{tan\phi}$

1.00

R2

1.00

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
Ap_GR3a/32.5/6	155.0	26	310	29

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
Ap_GR3a/32.5/6	9.75	26	310	29

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	155.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	5.74

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average cohesion	cu [kPa]	310.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	29.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	2.88

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	310.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	29.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.62

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	1294.19
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	1032.00
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	809.84

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	C_{vp} [kPa]	
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		552.43
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified

Tunnel-face global stability
($M\Sigma_{eq}/M\Sigma_{sa}$) FS_g

2.64

Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability
(vertical sliding) FS_c

-

Tunnel-facel stability

(MΣ_{eq}/MΣ_{sa}) FS_f

-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

 γ_Y 1.00 γ_c 1.00 $\gamma_{tan\phi}$ 1.00

R2 1.00

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
Ap_GR3b/27.5/6	155.0	26	280	27

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
Ap_GR3b/27.5/6	9.75	26	280	27

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	155.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	5.97

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average cohesion	cu [kPa]	280.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	27.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp [-]	2.66

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	280.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	27.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf [-]	0.66

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strengths

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	1106.93
Unit shear strength (prisms 2)	τ_{m2} [kPa]	973.46
Unit shear strength (prism 3)	τ_{m3} [kPa]	787.83

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	σ_{zp} [kPa]	
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		525.58
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{td}/M\Sigma_{td}$)	FS_g	2.41
---	--------	------

Admissible SF - 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{td}/M\Sigma_{td}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_y	1.00	γ_c	1.00	$\gamma_{tan\phi}$	1.00	R2	1.00
------------	------	------------	------	--------------------	------	----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]	Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface					layers ordering: invert-crown				
Ap_GR1/45/30	275.0	27	990	40	Ap_GR1/45/30	9.75	27	990	40

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70	Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Tunnel face width	D [m]	9.75	Total Overburden	H [m]	275.0
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00	Tunnel face height	A [m]	9.75
Surface load	qs [kPa]	0.0	Failure Mechanism geometry		
			Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Free span length	a [m]	0.0	Length of prisms in advance	L_p [m]	4.55

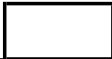
Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1			Prisms 2-3		
Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.0	Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion	cu [kPa]	990.0	Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	40.0	Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	990.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	4.60	Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	40.00
			Friction Coefficient within Discharge Zone	Kff[-]	0.42

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts			Tunnel-face global stability		
Face wedge unit strength (prism 1)	Q [kPa]	5600.64	(MS_{T2}/MS_{T4})	FS_g	4.46
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	2602.45	Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)		
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	1626.71	Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)			Tunnel-facel stability (MS_{T2}/MS_{T4})	FS_f	-
$z1$: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		1189.95			
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified			

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz  les - Dise  o Geot  cnico de T  neles (1997)

V_Y	1.00	V_C	1.00	$V_{tan\phi}$	1.00	R2	1.00
-------	------	-------	------	---------------	------	----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [�]	Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [�]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface					layers ordering: invert-crown				
Ap_GR1/50/30	275.0	27	1070	40	Ap_GR1/50/30	9.75	27	1070	40

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70	Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Tunnel face width	D [m]	9.75	Total Overburden	H [m]	275.0
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00	Tunnel face height	A [m]	9.75
Surface load	qs [kPa]	0.0	Failure Mechanism geometry		
Free span length	a [m]	0.0	Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
			Length of prisms in advance	L_p [m]	4.55

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1			Prisms 2-3		
Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.0	Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion	cu [kPa]	1070.0	Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average friction angle	ϕ'_E [�]	40.0	Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	1070.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	4.60	Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [�]	40.00
			Friction Coefficient within Discharge Zone	Kff[-]	0.42

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts			Tunnel-face global stability		
Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	6063.86	($M\Sigma_{r3}/M\Sigma_{r4}$)	FS_g	4.68
Unit shear strength (prisms 2)	S_{m2} [kPa]	2716.37	Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)		
Unit shear strength (prism 3)	S_{m3} [kPa]	1659.93	Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)			Tunnel-facel stability	FS_f	-
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =	σ_{vp} [kPa]	1286.14	($M\Sigma_{r3}/M\Sigma_{r4}$)		
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified			

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonzàles - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

 V_Y

1.00

 V_C

1.00

 $V_{tan\phi}$

1.00

R2

1.00

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
Ap_GR1/55/30	275.0	27	1165	40

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
Ap_GR1/55/30	9.75	27	1165	40

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	275.0
Tunnel face height	A [m]	9.75
Failure Mechanism geometry		
Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	4.55

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion	c_u [kPa]	1165.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	40.0
Coefficient of passive earth pressure	$Kp[-]$	4.60

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion within Discharge Zone	c_u [kPa]	1165.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	40.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	$Kff[-]$	0.42

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	6613.92
Unit shear strength (prisms 2)	S_{m2} [kPa]	2851.65
Unit shear strength (prism 3)	S_{m3} [kPa]	1699.38

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	C_{vp} [kPa]	
$z1$: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		1400.37
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{Tg}/M\Sigma_{Ta}$)	FS_g	4.95
---	--------	------

Admissible SF: -2.0 (rockmass brittle behaviour)/1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding) ($M\Sigma_{Tg}/M\Sigma_{Ta}$)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{Tg}/M\Sigma_{Ta}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz  les - Dise  o Geot  cnico de T  neles (1997)

 γ_y

1.00

 γ_c

1.00

 $\gamma_{tan\phi}$

1.00

R2

1.00

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [�]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
Ap_GR1/45/40	275.0	27	1100	40

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [�]
layers ordering: invert-crown				
Ap_GR1/45/40	9.75	27	1100	40

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	275.0
Tunnel face height	A [m]	9.75
Failure Mechanism geometry		
Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	4.55

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion	cu [kPa]	1100.0
Average friction angle	ϕ'_E [�]	40.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp [-]	4.60

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu [kPa]	1100.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [�]	40.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kff [-]	0.42

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	6237.56
Unit shear strength (prisms 2)	S_{m2} [kPa]	2759.09
Unit shear strength (prism 3)	S_{m3} [kPa]	1672.39

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	σ_{vp} [kPa]
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =	1322.21
Crown wedge local stability (against plasticization):	verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{Tg}/M\Sigma_{Ta}$)	FS_g	4.77
---	--------	------

Admissible SF: -2.0 (rockmass brittle behaviour)/1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{Tg}/M\Sigma_{Ta}$)	FS_t	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonzàles - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

 V_Y

1.00

 V_C

1.00

 $V_{tan\phi}$

1.00

R2

1.00

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
Ap_GR1/50/40	275.0	27	1195	40

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
Ap_GR1/50/40	9.75	27	1195	40

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	275.0
Tunnel face height	A [m]	9.75
Failure Mechanism geometry		
Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	4.55

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion	c_u [kPa]	1195.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	40.0
Coefficient of passive earth pressure	$Kp[-]$	4.60

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion within Discharge Zone	c_u [kPa]	1195.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	40.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	$Kf[-]$	0.42

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	6787.63
Unit shear strength (prisms 2)	S_{m2} [kPa]	2894.37
Unit shear strength (prism 3)	S_{m3} [kPa]	1711.83

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

c_{vp} [kPa]	
$z1$: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =	1436.44
Crown wedge local stability (against plasticization):	verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{Tg}/M\Sigma_{Ta}$)	FS_g	5.03
---	--------	------

Admissible SF: -2.0 (rockmass brittle behaviour)/1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{Tg}/M\Sigma_{Ta}$)	FS_t	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonzales - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

 γ_y

1.00

 γ_c

1.00

 $\gamma_{tan\phi}$

1.00

R2

1.00

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
Ap_GR1/55/40	275.0	27	1300	40

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
Ap_GR1/55/40	9.75	27	1300	40

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	275.0
Tunnel face height	A [m]	9.75
Failure Mechanism geometry		
Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	4.55

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion	c_u [kPa]	1300.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	40.0
Coefficient of passive earth pressure	$Kp[-]$	4.60

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion within Discharge Zone	c_u [kPa]	1300.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	40.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	$Kff[-]$	0.42

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	7395.59
Unit shear strength (prisms 2)	S_{m2} [kPa]	3043.89
Unit shear strength (prism 3)	S_{m3} [kPa]	1755.44

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

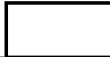
σ_{vp} [kPa]	
$z1$: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =	1562.69
Crown wedge local stability (against plasticization):	verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{Tg}/M\Sigma_{Ta}$)	FS_g	5.33
---	--------	------

Admissible SF: -2.0 (rockmass brittle behaviour)/1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding) ($M\Sigma_{Tg}/M\Sigma_{Ta}$)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{Tg}/M\Sigma_{Ta}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonzáles - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_Y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/c_u [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
Ap_GR2a/40/10	275.0	27	665	32

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/c_u [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
Ap_GR2a/40/10	9.75	27	665	32

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	q_s [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	275.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	5.40

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion	c_u [kPa]	665.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	32.0
Coefficient of passive earth pressure	K_p [-]	3.25

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion within Discharge Zone	c_u [kPa]	665.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	32.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	K_f [-]	0.56

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	3107.54
Unit shear strength (prisms 2)	S_{m2} [kPa]	2142.66
Unit shear strength (prism 3)	S_{m3} [kPa]	1597.49

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	c_{vp} [kPa]	
$z1$: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		1083.74
Crown wedge local stability (against plasticization):	verified	

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{10}/M\Sigma_{10}$)	FS_g	3.15
---	--------	------

Admissible SF: 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{10}/M\Sigma_{10}$)	FS_t	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

V_y	1.00	V_c	1.00	$V_{tan\phi}$	1.00	R2	1.00
-------	------	-------	------	---------------	------	----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [�]	Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [�]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface					layers ordering: invert-crown				
Ap_GR2a/45/10	275.0	27	720	34	Ap_GR2a/45/10	9.75	27	720	34

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70	Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Tunnel face width	D [m]	9.75	Total Overburden	H [m]	275.0
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00	Tunnel face height	A [m]	9.75
Surface load	q_s [kPa]	0.0	Failure Mechanism geometry		
			Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Free span length	a [m]	0.0	Length of prisms in advance	L_p [m]	5.18

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1			Prisms 2-3		
Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.0	Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion	c_u [kPa]	720.0	Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average friction angle	ϕ'_E [�]	34.0	Average cohesion within Discharge Zone	c_u [kPa]	720.0
Coefficient of passive earth pressure	K_p [-]	3.54	Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [�]	34.00
			Friction Coefficient within Discharge Zone	K_f [-]	0.52

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts			Tunnel-face global stability		
Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	3524.51	$(M\Sigma_{rB}/M\Sigma_{rA})$	FS_B	3.39
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	2231.42	Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour)/1.6 (rockmass ductile behaviour)		
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	1609.06			
Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)			Crown-wedge stability (vertical sliding)		
c_{vp} [kPa]			FS_c		-
$z1$: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		1096.93			
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified	Tunnel-facel stability $(M\Sigma_{rB}/M\Sigma_{rA})$		
			FS_f		-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_Y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/c_u [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
Ap_GR2a/40/12	275.0	27	710	34

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/c_u [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
Ap_GR2a/40/12	9.75	27	710	34

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	q_s [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	275.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	5.18

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion	c_u [kPa]	710.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	34.0
Coefficient of passive earth pressure	K_p [-]	3.54

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion within Discharge Zone	c_u [kPa]	710.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	34.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	K_f [-]	0.52

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	3473.73
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	2217.22
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	1603.83

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	c_{vp} [kPa]	
$z1$: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		1081.69
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{10}/M\Sigma_{10}$)	FS_g	3.37
---	--------	------

Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{10}/M\Sigma_{10}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

 γ_y

1.00

 γ_c

1.00

 $\gamma_{tan\phi}$

1.00

R2

1.00

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
Ap_GR2a/45/12	275.0	27	765	34

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
Ap_GR2a/45/12	9.75	27	765	34

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	275.0
Tunnel face height	A [m]	9.75
Failure Mechanism geometry		
Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	5.18

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion	c_u [kPa]	765.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	34.0
Coefficient of passive earth pressure	$Kp[-]$	3.54

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion within Discharge Zone	c_u [kPa]	765.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	34.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	$Kff[-]$	0.52

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	3753.02
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	2295.33
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	1632.62

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	c_{vp} [kPa]	
$z1$: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		1165.51
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{r3}/M\Sigma_{r4}$)	FS_g	3.51
---	--------	------

Admissible SF: -2.0 (rockmass brittle behaviour)/1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{r3}/M\Sigma_{r4}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

 γ_y

1.00

 γ_c

1.00

 $\gamma_{tan\phi}$

1.00

R2

1.00

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
Ap_GR2b/35/10	275.0	27	560	29

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
Ap_GR2b/35/10	9.75	27	560	29

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	275.0
Tunnel face height	A [m]	9.75
Failure Mechanism geometry		
Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	5.74

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion	c_u [kPa]	560.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	29.0
Coefficient of passive earth pressure	K_p [-]	2.88

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion within Discharge Zone	c_u [kPa]	560.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	29.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	K_{ff} [-]	0.62

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	2435.24
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	1962.68
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	1544.63

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	σ_{vp} [kPa]
$z1$: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =	998.22
Crown wedge local stability (against plasticization):	verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{r3}/M\Sigma_{r4}$)	FS_g	2.74
---	--------	------

Admissible SF: -2.0 (rockmass brittle behaviour)/1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding) ($M\Sigma_{r3}/M\Sigma_{r4}$)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{r3}/M\Sigma_{r4}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

 γ_y

1.00

 γ_c

1.00

 $\gamma_{tan\phi}$

1.00

R2

1.00

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [�]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
Ap_GR2b/40/10	275.0	27	610	30

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [�]
layers ordering: invert-crown				
Ap_GR2b/40/10	9.75	27	610	30

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	275.0
Tunnel face height	A [m]	9.75
Failure Mechanism geometry		
Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	5.63

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion	cu [kPa]	610.0
Average friction angle	ϕ'_E [�]	30.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp [-]	3.00

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu [kPa]	610.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [�]	30.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kff [-]	0.60

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	2721.06
Unit shear strength (prisms 2)	S_{m2} [kPa]	2045.84
Unit shear strength (prism 3)	S_{m3} [kPa]	1574.53

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

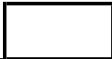
	C_{vp} [kPa]	
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		1056.97
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{Tf}/M\Sigma_{Ta}$)	FS_g	2.91
---	--------	------

Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{Tf}/M\Sigma_{Ta}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonzàles - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_y	1.00	γ_c	1.00	$\gamma_{tan\phi}$	1.00	R2	1.00
------------	------	------------	------	--------------------	------	----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]	Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface					layers ordering: invert-crown				
Ap_GR2b/35/12	275.0	27	600	30	Ap_GR2b/35/12	9.75	27	600	30

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70	Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Tunnel face width	D [m]	9.75	Total Overburden	H [m]	275.0
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00	Tunnel face height	A [m]	9.75
Surface load	qs [kPa]	0.0	Failure Mechanism geometry		
Free span length	a [m]	0.0	Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
			Length of prisms in advance	L_p [m]	5.63

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1			Prisms 2-3		
Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.0	Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion	cu [kPa]	600.0	Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	30.0	Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	600.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	3.00	Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	30.00
			Friction Coefficient within Discharge Zone	Kff[-]	0.60

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts			Tunnel-face global stability		
Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	2674.30	($M\Sigma_{r3}/M\Sigma_{r4}$)	FS_g	2.88
Unit shear strength (prisms 2)	S_{m2} [kPa]	2031.74	Admissible SF: -2.0 (rockmass brittle behaviour)/1.6 (rockmass ductile behaviour)		
Unit shear strength (prism 3)	S_{m3} [kPa]	1568.53	Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)			Tunnel-facel stability	FS_f	-
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		1039.64	($M\Sigma_{r3}/M\Sigma_{r4}$)		
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified			

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

 V_Y

1.00

 V_C

1.00

 $V_{tan\phi}$

1.00

R2

1.00

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
Ap_GR2b/40/12	275.0	27	650	30

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
Ap_GR2b/40/12	9.75	27	650	30

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	275.0
Tunnel face height	A [m]	9.75
Failure Mechanism geometry		
Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	5.63

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion	c_u [kPa]	650.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	30.0
Coefficient of passive earth pressure	$Kp[-]$	3.00

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion within Discharge Zone	c_u [kPa]	650.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	30.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	$Kff[-]$	0.60

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	2908.12
Unit shear strength (prisms 2)	S_{m2} [kPa]	2102.24
Unit shear strength (prism 3)	S_{m3} [kPa]	1598.53

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	C_{vp} [kPa]	
$z1$: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		1126.31
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{Tg}/M\Sigma_{Ta}$)	FS_g	3.00
---	--------	------

Admissible SF: -2.0 (rockmass brittle behaviour)/1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding) ($M\Sigma_{Tg}/M\Sigma_{Ta}$)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{Tg}/M\Sigma_{Ta}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz  les - Dise  o Geot  cnico de T  neles (1997)

γ_y	1.00	γ_c	1.00	$\gamma_{tan\phi}$	1.00	R2	1.00
------------	------	------------	------	--------------------	------	----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [�]	Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [�]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface					layers ordering: invert-crown				
Ap_GR3a/30/5	275.0	26	395	23	Ap_GR3a/30/5	9.75	26	395	23

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70	Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Tunnel face width	D [m]	9.75	Total Overburden	H [m]	275.0
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00	Tunnel face height	A [m]	9.75
Surface load	qs [kPa]	0.0	Failure Mechanism geometry		
Free span length	a [m]	0.0	Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
			Length of prisms in advance	L_p [m]	6.45

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average cohesion	cu [kPa]	395.0
Average friction angle	ϕ'_E [�]	23.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp [-]	2.28

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu [kPa]	395.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [�]	23.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kff [-]	0.74

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	1484.56
Unit shear strength (prisms 2)	S_{m2} [kPa]	1570.26
Unit shear strength (prism 3)	S_{m3} [kPa]	1338.64

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

σ_{vp} [kPa]	
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =	807.08
Crown wedge local stability (against plasticization):	verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{r3}/M\Sigma_{r4}$)	FS_g	2.07
---	--------	------

Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{r3}/M\Sigma_{r4}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

 γ_v

1.00

 γ_c

1.00

 $\gamma_{tan\phi}$

1.00

R2

1.00

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
Ap_GR3a/35/5	275.0	26	435	25

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
Ap_GR3a/35/5	9.75	26	435	25

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	275.0
Tunnel face height	A [m]	9.75
Failure Mechanism geometry		
Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	6.21

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average cohesion	c_u [kPa]	435.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	25.0
Coefficient of passive earth pressure	$Kp[-]$	2.46

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average cohesion within Discharge Zone	c_u [kPa]	435.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	25.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	$Kff[-]$	0.70

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	1716.85
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	1673.90
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	1394.94

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	σ_{vp} [kPa]
$z1$: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =	854.82
Crown wedge local stability (against plasticization):	verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{r3}/M\Sigma_{r4}$)	FS_g	2.27
---	--------	------

Admissible SF: -2.0 (rockmass brittle behaviour)/1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{r3}/M\Sigma_{r4}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

 γ_v

1.00

 γ_c

1.00

 $\gamma_{tan\phi}$

1.00

R2

1.00

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
Ap_GR3a/30/7	275.0	26	450	26

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
Ap_GR3a/30/7	9.75	26	450	26

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	275.0
Tunnel face height	A [m]	9.75
Failure Mechanism geometry		
Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	6.09

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average cohesion	cu [kPa]	450.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	26.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp [-]	2.56

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu [kPa]	450.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	26.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kff [-]	0.68

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	1817.66
Unit shear strength (prisms 2)	S_{m2} [kPa]	1715.59
Unit shear strength (prism 3)	S_{m3} [kPa]	1415.23

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	C_{vp} [kPa]	
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		865.08
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{Tf}/M\Sigma_{Ta}$)	FS_g	2.36
---	--------	------

Admissible SF: -2.0 (rockmass brittle behaviour)/1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	656.83
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{Tf}/M\Sigma_{Ta}$)	FS_f	2.37

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_y	1.00	γ_c	1.00	$\gamma_{tan\phi}$	1.00	R2	1.00
------------	------	------------	------	--------------------	------	----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]	Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface					layers ordering: invert-crown				
Ap_GR3a/35/7	275.0	26	490	27	Ap_GR3a/35/7	9.75	26	490	27

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70	Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Tunnel face width	D [m]	9.75	Total Overburden	H [m]	275.0
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00	Tunnel face height	A [m]	9.75
Surface load	qs [kPa]	0.0	Failure Mechanism geometry		
Free span length	a [m]	0.0	Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
			Length of prisms in advance	L_p [m]	5.97

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1			Prisms 2-3		
Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	26.0	Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average cohesion	cu [kPa]	490.0	Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	27.0	Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	490.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	2.66	Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	27.00
			Friction Coefficient within Discharge Zone	Kff[-]	0.66

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts			Tunnel-face global stability		
Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	2032.19	($M\Sigma_{r3}/M\Sigma_{r4}$)	FS_g	2.51
Unit shear strength (prisms 2)	S_{m2} [kPa]	1790.04	Admissible SF: -2.0 (rockmass brittle behaviour)/1.6 (rockmass ductile behaviour)		
Unit shear strength (prism 3)	S_{m3} [kPa]	1449.26	Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)			Tunnel-facel stability	FS_f	-
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		920.04	($M\Sigma_{r3}/M\Sigma_{r4}$)		
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified			

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_y	1.00	γ_c	1.00	$\gamma_{tan\phi}$	1.00	R2	1.00
------------	------	------------	------	--------------------	------	----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]	Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface					layers ordering: invert-crown				
Ap_GR3b/25/5	275.0	26	355	22	Ap_GR3b/25/5	9.75	26	355	22

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70	Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Tunnel face width	D [m]	9.75	Total Overburden	H [m]	275.0
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00	Tunnel face height	A [m]	9.75
Surface load	qs [kPa]	0.0	Failure Mechanism geometry		
Free span length	a [m]	0.0	Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
			Length of prisms in advance	L_p [m]	6.58

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1			Prisms 2-3		
Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	26.0	Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average cohesion	cu [kPa]	355.0	Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	22.0	Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	355.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	2.20	Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	22.00
			Friction Coefficient within Discharge Zone	Kff[-]	0.75

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts			Tunnel-face global stability		
Face wedge unit strength (prism 1)	Q [kPa]	1294.28	($M\Sigma_{res}/MS_{Td}$)	FS_g	1.93
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	1488.00	Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)		
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	1290.89	Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)			Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{res}/MS_{Td}$)	FS_f	-
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =	σ_{vp} [kPa]	737.76			
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified			

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_y	1.00	γ_c	1.00	$\gamma_{tan\phi}$	1.00	R2	1.00
------------	------	------------	------	--------------------	------	----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]	Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface					layers ordering: invert-crown				
Ap_GR3b/30/5	275.0	26	395	23	Ap_GR3b/30/5	9.75	26	395	23

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70	Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Tunnel face width	D [m]	9.75	Total Overburden	H [m]	275.0
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00	Tunnel face height	A [m]	9.75
Surface load	qs [kPa]	0.0	Failure Mechanism geometry		
			Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Free span length	a [m]	0.0	Length of prisms in advance	L_p [m]	6.45

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1			Prisms 2-3		
Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	26.0	Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average cohesion	cu [kPa]	395.0	Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	23.0	Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	395.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	2.28	Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	23.00
			Friction Coefficient within Discharge Zone	Kff[-]	0.74

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts			Tunnel-face global stability		
Face wedge unit strength (prism 1)	Q [kPa]	1484.56	(MS_{T2}/MS_{T4})	FS_g	2.07
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	1570.26	Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)		
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	1338.64	Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)			Tunnel-facel stability (MS_{T2}/MS_{T4})	FS_f	-
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		807.08			
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified			

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_y	1.00	γ_c	1.00	$\gamma_{tan\phi}$	1.00	R2	1.00
------------	------	------------	------	--------------------	------	----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]	Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface					layers ordering: invert-crown				
Ap_GR3b/25/7	275.0	26	405	24	Ap_GR3b/25/7	9.75	26	405	24

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70	Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Tunnel face width	D [m]	9.75	Total Overburden	H [m]	275.0
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00	Tunnel face height	A [m]	9.75
Surface load	qs [kPa]	0.0	Failure Mechanism geometry		
Free span length	a [m]	0.0	Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
			Length of prisms in advance	L_p [m]	6.33

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1			Prisms 2-3		
Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	26.0	Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average cohesion	cu [kPa]	405.0	Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	24.0	Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	405.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	2.37	Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	24.00
			Friction Coefficient within Discharge Zone	Kff[-]	0.72

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts			Tunnel-face global stability		
Face wedge unit strength (prism 1)	Q [kPa]	1557.09	($M\Sigma_{res}/MS_{Td}$)	FS_g	2.15
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	1609.35	Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)		
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	1361.13	Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)			Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{res}/MS_{Td}$)	FS_f	-
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =	σ_{vp} [kPa]	812.20			
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified			

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_y	1.00	γ_c	1.00	$\gamma_{tan\phi}$	1.00	R2	1.00
------------	------	------------	------	--------------------	------	----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]	Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface					layers ordering: invert-crown				
Ap_GR3b/30/7	275.0	26	450	24	Ap_GR3b/30/7	9.75	26	450	24

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70	Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Tunnel face width	D [m]	9.75	Total Overburden	H [m]	275.0
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00	Tunnel face height	A [m]	9.75
Surface load	qs [kPa]	0.0	Failure Mechanism geometry		
Free span length	a [m]	0.0	Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
			Length of prisms in advance	L_p [m]	6.33

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1			Prisms 2-3		
Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	26.0	Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average cohesion	cu [kPa]	450.0	Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	24.0	Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	450.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	2.37	Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	24.00
			Friction Coefficient within Discharge Zone	Kff[-]	0.72

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts			Tunnel-face global stability		
Face wedge unit strength (prism 1)	Q [kPa]	1744.19	(MS_{T2}/MS_{T4})	FS_g	2.25
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	1671.40	Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)		
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	1393.35	Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)			Tunnel-facel stability (MS_{T2}/MS_{T4})	FS_f	-
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =	σ_{vp} [kPa]				
	902.48				
Crown wedge local stability (against plasticization):	verified				

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_Y	1.00	γ_c	1.00	$\gamma_{tan\phi}$	1.00	R2	1.00
------------	------	------------	------	--------------------	------	----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]	Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface					layers ordering: invert-crown				
Ap_GR2a/42.5/11	275.0	27	715	33	Ap_GR2a/42.5/11	9.75	27	715	33

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70	Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Tunnel face width	D [m]	9.75	Total Overburden	H [m]	275.0
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00	Tunnel face height	A [m]	9.75
Surface load	qs [kPa]	0.0	Failure Mechanism geometry		
Free span length	a [m]	0.0	Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
			Length of prisms in advance	L_p [m]	5.29

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1			Prisms 2-3		
Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.0	Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion	cu [kPa]	715.0	Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average friction angle	ϕ'_f [°]	33.0	Average cohesion within Discharge Zone	cu [kPa]	715.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	3.39	Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	33.00
			Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.54

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts			Tunnel-face global stability		FS _B	3.32
Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	3423.91	(MΣ _{tau} /MΣ _{sa})			
Unit shear strength (prisms 2)	τ_{m2} [kPa]	2219.94	Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour) / 1.6 (rockmass ductile behaviour)			
Unit shear strength (prism 3)	τ_{m3} [kPa]	1616.86				
Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)			Crown-wedge stability		FS _C	-
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		1127.48	Tunnel-facel stability		FS _f	-
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified	(MΣ _{tau} /MΣ _{sa})			

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

V_y	1.00
-------	------

V_c	1.00
-------	------

$V_{tan\phi}$	1.00
---------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [�]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
Ap_GR2b/37.5/11	275.0	27	605	30

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [�]
layers ordering: invert-crown				
Ap_GR2b/37.5/11	9.75	27	605	30

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	275.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	5.63

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion	cu [kPa]	605.0
Average friction angle	ϕ'_E [�]	30.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp [-]	3.00

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	605.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [�]	30.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf [-]	0.60

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	2697.68
Unit shear strength (prisms 2)	τ_{m2} [kPa]	2038.79
Unit shear strength (prism 3)	τ_{m3} [kPa]	1571.53

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	σ_{vp} [kPa]
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =	1048.31
Crown wedge local stability (against plasticization):	verified

Tunnel-face global stability
($M\Sigma_{m}/M\Sigma_{p}$) FS_g

2.89

Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability
(vertical sliding) FS_c

-

Tunnel-facel stability

(MΣ_m/MΣ_p) FS_f

-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_Y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
Ap_GR3a/32.5/6	275.0	26	445	25

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
Ap_GR3a/32.5/6	9.75	26	445	25

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	275.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	6.21

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average cohesion	cu [kPa]	445.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	25.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp [-]	2.46

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	445.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	25.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf [-]	0.70

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	1759.23
Unit shear strength (prisms 2)	τ_{m2} [kPa]	1687.76
Unit shear strength (prism 3)	τ_{m3} [kPa]	1401.90

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	σ_{vp} [kPa]
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =	874.48
Crown wedge local stability (against plasticization):	verified

Tunnel-face global stability

$(M\Sigma_{m1}/MS_{y1})$	FS_g	2.30
--------------------------	--------	------

Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)

	$(M\Sigma_{f1}/MS_{y1})$	FS_c	-
Tunnel-facel stability	$(M\Sigma_{f1}/MS_{y1})$	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
Ap_GR3b/27.5/6	275.0	26	400	24

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
Ap_GR3b/27.5/6	9.75	26	400	24

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	275.0
Tunnel face height	A [m]	9.75
Failure Mechanism geometry		
Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	6.33

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average cohesion	cu [kPa]	400.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	24.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	2.37

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	26.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	400.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	24.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.72

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	1536.30
Unit shear strength (prisms 2)	τ_{m2} [kPa]	1602.46
Unit shear strength (prism 3)	τ_{m3} [kPa]	1357.55

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	σ_{vp} [kPa]
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =	802.17
Crown wedge local stability (against plasticization):	verified

Tunnel-face global stability (M_{S1d}/M_{S1d})	FS_g	2.14
---	--------	------

Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability (M_{S1d}/M_{S1d})	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

V_Y	1.00
-------	------

V_C	1.00
-------	------

$V_{tan\phi}$	1.00
---------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
B' - compatto/50/40	155.0	28	946	40

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
B' - compatto/50/40	9.75	28	946	40

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	155.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	4.55

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	28.0
Average cohesion	cu [kPa]	946.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	40.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	4.60

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	28.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	28.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	946.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	40.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.42

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	4340.00
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	1824.19
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	1068.08

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	c_{vp} [kPa]	
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		1137.03
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{10}/MS_{10}$)	FS_g	5.63
--	--------	------

Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour)/1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{10}/MS_{10}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_Y	1.00	γ_C	1.00	$\gamma_{tan\phi}$	1.00	R2	1.00
------------	------	------------	------	--------------------	------	----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [�]	Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [�]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface					layers ordering: invert-crown				
B' - compatto/55/40	155.0	28	1033	40	B' - compatto/55/4	9.75	28	1033	40

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70	Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Tunnel face width	D [m]	9.75	Total Overburden	H [m]	155.0
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00	Tunnel face height	A [m]	9.75
Surface load	qs [kPa]	0.0	Failure Mechanism geometry		
			Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Free span length	a [m]	0.0	Length of prisms in advance	L_p [m]	4.55

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1			Prisms 2-3		
Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	28.0	Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	28.0
Average cohesion	cu [kPa]	1033.0	Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	28.0
Average friction angle	ϕ'_E [�]	40.0	Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	1033.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	4.60	Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [�]	40.00
			Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.42

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts			Tunnel-face global stability		
Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	4340.00	($M\Sigma_{eq}/MS_{fa}$)	FS_g	5.83
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	1860.32	Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour) / 1.6 (rockmass ductile behaviour)		
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	1104.21	Crown-wedge stability	FS_c	-
Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)			(vertical sliding)		
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		1241.64	Tunnel-facel stability	FS_f	-
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified	($M\Sigma_{eq}/MS_{fa}$)		

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_Y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
B' - compatto/60/40	155.0	28	1136	40

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
B' - compatto/60/4	9.75	28	1136	40

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	155.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	4.55

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	28.0
Average cohesion	cu [kPa]	1136.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	40.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp [-]	4.60

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	28.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	28.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu [kPa]	1136.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_P [°]	40.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf [-]	0.42

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	4340.00
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	1903.09
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	1146.98

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	σ_{vp} [kPa]	
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		1365.48
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified

Tunnel-face global stability (MS_{int}/MS_{Td})	FS_g	6.07
--	--------	------

Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability (MS_{int}/MS_{Td})	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_v	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
B' - fratturato/40/20	155.0	28	621	38

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
B' - fratturato/40/2	9.75	28	621	38

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	155.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	4.76

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.5
Average cohesion	cu [kPa]	621.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	38.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	4.20

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.5
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.5
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	621.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	38.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kff[-]	0.45

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	3303.68
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	1530.35
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	949.23

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	c_{vp} [kPa]	
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		812.31
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{10}/M\Sigma_{10}$)	FS_g	4.43
---	--------	------

Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour)/1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{10}/M\Sigma_{10}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
B' - fratturato/45/20	155.0	27.5	671	38

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
B' - fratturato/45/20	9.75	28	671	38

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	155.0
Tunnel face height	A [m]	9.75
Failure Mechanism geometry		
Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	4.76

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.5
Average cohesion	cu [kPa]	671.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	38.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	4.20

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.5
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.5
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	671.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	38.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.45

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	3580.47
Unit shear strength (prisms 2)	τ_{m2} [kPa]	1601.55
Unit shear strength (prism 3)	τ_{m3} [kPa]	971.74

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	σ_{vp} [kPa]
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =	877.75
Crown wedge local stability (against plasticization):	verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{T/F}/M\Sigma_{S/F}$)	FS_g	4.66
Admissible SF: 2.0 (rockmass brittle behaviour)/1.6 (rockmass ductile behaviour)		
Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{T/F}/M\Sigma_{S/F}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonzàles - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
B' - fratturato/50/20	155.0	27.5	725	38

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
B' - fratturato/50/2	9.75	28	725	38

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	155.0
Tunnel face height	A [m]	9.75
Failure Mechanism geometry		
Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	4.76

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.5
Average cohesion	cu [kPa]	725.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	38.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	4.20

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.5
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.5
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	725.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	38.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.45

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	3879.41
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	1678.45
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	996.06

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	C_{wp} [kPa]	
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		948.42
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{sp}/M\Sigma_{sa}$)	FS_g	4.92
---	--------	------

Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{sp}/M\Sigma_{sa}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_Y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
B' - fratturato/40/25	155.0	27.5	671	38

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
B' - fratturato/40/2	9.75	28	671	38

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	155.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	4.76

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.5
Average cohesion	cu [kPa]	671.0
Average friction angle	ϕ'_E [°]	38.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	4.20

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.5
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.5
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	671.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_P [°]	38.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.45

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	3580.47
Unit shear strength (prisms 2)	s_{m2} [kPa]	1601.55
Unit shear strength (prism 3)	s_{m3} [kPa]	971.74

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	σ_{vp} [kPa]	
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		877.75
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{td}/M\Sigma_{td}$)	FS_g	4.66
---	--------	------

Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{td}/M\Sigma_{td}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_Y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [�]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
B' - fratturato/45/25	155.0	27.5	727	38

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [�]
layers ordering: invert-crown				
B' - fratturato/45/2	9.75	28	727	38

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	155.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	4.76

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.5
Average cohesion	cu [kPa]	727.0
Average friction angle	ϕ'_f [�]	38.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	4.20

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.5
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.5
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	727.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_f [�]	38.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.45

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	3890.48
Unit shear strength (prisms 2)	σ_{m2} [kPa]	1681.29
Unit shear strength (prism 3)	σ_{m3} [kPa]	996.96

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

c_{wp} [kPa]	
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =	951.04
Crown wedge local stability (against plasticization):	verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{ij}/MS_{ij}$)	FS_g	4.93
--	--------	------

Admissible SF: 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{ij}/MS_{ij}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_Y	1.00
------------	------

γ_C	1.00
------------	------

$\gamma_{\tan\phi}$	1.00
---------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
B' - fratturato/50/25	155.0	27.5	786	38

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
B' - fratturato/50/2	9.75	28	786	38

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	155.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	4.76

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.5
Average cohesion	cu [kPa]	786.0
Average friction angle	ϕ'_f [°]	38.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	4.20

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.5
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.5
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	786.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	38.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.45

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	4217.09
Unit shear strength (prisms 2)	σ_{m2} [kPa]	1765.31
Unit shear strength (prism 3)	σ_{m3} [kPa]	1023.52

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	σ_{vp} [kPa]	
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		1028.25
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{ij}/M\Sigma_{ij}$)	FS_g	5.20
---	--------	------

Admissible SF: 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	796.82
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{ij}/M\Sigma_{ij}$)	FS_f	5.21

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_Y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
B' - molto fratturato/20/9	155.0	25	266	27

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
B' - molto fratturato/	9.75	25	266	27

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	155.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	5.97

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	25.0
Average cohesion	cu [kPa]	266.0
Average friction angle	ϕ'_f [°]	27.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	2.66

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	25.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	25.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	266.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_f [°]	27.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.66

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	1050.12
Unit shear strength (prisms 2)	σ_{m2} [kPa]	931.50
Unit shear strength (prism 3)	σ_{m3} [kPa]	755.41

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	σ_{wp} [kPa]	
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		499.29
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{ij}/MS_{ij}$)	FS_g	2.40
--	--------	------

Admissible SF: 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{ij}/MS_{ix}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_Y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [�]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
B' - molto fratturato/25/9	155.0	25	302	27

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [�]
layers ordering: invert-crown				
B' - molto fratturato/	9.75	25	302	27

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	155.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	5.97

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	25.0
Average cohesion	cu [kPa]	302.0
Average friction angle	ϕ'_f [�]	27.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	2.66

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	25.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	25.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	302.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [�]	27.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.66

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	1208.74
Unit shear strength (prisms 2)	σ_{m2} [kPa]	981.80
Unit shear strength (prism 3)	σ_{m3} [kPa]	779.10

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	σ_{wp} [kPa]
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =	566.91
Crown wedge local stability (against plasticization):	verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{ij}/MS_{ij}$)	FS_g	2.55
--	--------	------

Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{ij}/MS_{ix}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_Y	1.00
------------	------

γ_C	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
B' - molto fratturato/30/9	155.0	25	337	27

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
B' - molto fratturato/	9.75	25	337	27

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	155.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	5.97

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	25.0
Average cohesion	cu [kPa]	337.0
Average friction angle	ϕ'_f [°]	27.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	2.66

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	25.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	25.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	337.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_f [°]	27.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.66

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	1362.95
Unit shear strength (prisms 2)	σ_{m2} [kPa]	1030.70
Unit shear strength (prism 3)	σ_{m3} [kPa]	802.14

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	C_{wp} [kPa]	
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		632.66
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{ij}/MS_{ij}$)	FS_g	2.70
--	--------	------

Admissible SF: 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{ij}/MS_{ij}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_Y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [�]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
B' - compatto/50/40	275.0	28	1347	40

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [�]
layers ordering: invert-crown				
B' - compatto/50/4	9.75	28	1347	40

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	275.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	4.55

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	28.0
Average cohesion	cu [kPa]	1347.0
Average friction angle	ϕ'_f [�]	40.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	4.60

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	28.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	28.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	1347.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [�]	40.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.42

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	7662.86
Unit shear strength (prisms 2)	σ_{m2} [kPa]	3154.99
Unit shear strength (prism 3)	σ_{m3} [kPa]	1819.97

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	σ_{wp} [kPa]
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =	1619.18
Crown wedge local stability (against plasticization):	verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{ij}/M\Sigma_{ix}$)	FS_g	5.32
---	--------	------

Admissible SF: 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{ij}/M\Sigma_{ix}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_Y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
B' - compatto/55/40	275.0	28	1457	40

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
B' - compatto/55/4	9.75	28	1457	40

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	275.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	4.55

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	28.0
Average cohesion	cu [kPa]	1457.0
Average friction angle	ϕ'_f [°]	40.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	4.60

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	28.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	28.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	1457.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	40.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.42

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	7700.00
Unit shear strength (prisms 2)	σ_{m2} [kPa]	3207.14
Unit shear strength (prism 3)	σ_{m3} [kPa]	1865.65

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	C_{wp} [kPa]	
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		1751.44
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{ij}/M\Sigma_{ij}$)	FS_g	5.48
---	--------	------

Admissible SF: 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{ij}/M\Sigma_{ij}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_Y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
B' - compatto/60/40	275.0	28	1582	40

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
B' - compatto/60/4	9.75	28	1582	40

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	275.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	4.55

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	28.0
Average cohesion	cu [kPa]	1582.0
Average friction angle	ϕ'_f [°]	40.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	4.60

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	28.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	28.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	1582.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	40.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.42

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	7700.00
Unit shear strength (prisms 2)	σ_{m2} [kPa]	3259.04
Unit shear strength (prism 3)	σ_{m3} [kPa]	1917.56

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	C_{wp} [kPa]	
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		1901.74
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{ij}/M\Sigma_{ij}$)	FS_g	5.64
---	--------	------

Admissible SF: 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{ij}/M\Sigma_{ij}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_Y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [�]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
B' - fratturato/40/20	275.0	27.5	893	34

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [�]
layers ordering: invert-crown				
B' - fratturato/40/2	9.75	28	893	34

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	275.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	5.18

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.5
Average cohesion	cu [kPa]	893.0
Average friction angle	ϕ'_f [�]	34.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	3.54

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.5
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.5
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	893.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_f [�]	34.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.52

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	4400.56
Unit shear strength (prisms 2)	σ_{m2} [kPa]	2499.51
Unit shear strength (prism 3)	σ_{m3} [kPa]	1722.46

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	σ_{wp} [kPa]	
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		1360.58
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{ij}/M\Sigma_{ij}$)	FS_g	3.79
---	--------	------

Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{ij}/M\Sigma_{ij}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_Y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [�]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
B' - fratturato/45/20	275.0	27.5	964	34

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [�]
layers ordering: invert-crown				
B' - fratturato/45/2	9.75	28	964	34

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	275.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	5.18

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.5
Average cohesion	cu [kPa]	964.0
Average friction angle	ϕ'_f [�]	34.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	3.54

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.5
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.5
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	964.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_f [�]	34.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.52

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	4761.09
Unit shear strength (prisms 2)	σ_{m2} [kPa]	2600.34
Unit shear strength (prism 3)	σ_{m3} [kPa]	1759.63

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	σ_{wp} [kPa]	
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		1468.79
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{ij}/M\Sigma_{ij}$)	FS_g	3.96
---	--------	------

Admissible SF: 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{ij}/M\Sigma_{ij}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_Y	1.00	γ_c	1.00	$\gamma_{tan\phi}$	1.00	R2	1.00
------------	------	------------	------	--------------------	------	----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [�]	Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [�]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface					layers ordering: invert-crown				
B' - fratturato/50/20	275.0	27.5	1038	34	B' - fratturato/50/2	9.75	28	1038	34

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70	Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Tunnel face width	D [m]	9.75	Total Overburden	H [m]	275.0
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00	Tunnel face height	A [m]	9.75
Surface load	qs [kPa]	0.0	Failure Mechanism geometry		
Free span length	a [m]	0.0	Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
			Length of prisms in advance	L_p [m]	5.18

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1			Prisms 2-3		
Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.5	Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.5
Average cohesion	cu [kPa]	1038.0	Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.5
Average friction angle	ϕ'_f [�]	34.0	Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	1038.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	3.54	Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [�]	34.00
			Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.52

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts			Tunnel-face global stability		
Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	5136.86	($M\Sigma_{w1}/M\Sigma_{s1}$)	FS_g	4.15
Unit shear strength (prisms 2)	σ_{m2} [kPa]	2705.44	Admissible SF : 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)		
Unit shear strength (prism 3)	σ_{m3} [kPa]	1798.38	Crown-wedge stability	FS_c	-
Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)			(vertical sliding)		
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		1581.57	Tunnel-facel stability	FS_f	-
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified	($M\Sigma_{w1}/M\Sigma_{s1}$)		

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_Y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
B' - fratturato/40/25	275.0	27.5	966	34

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
B' - fratturato/40/2	9.75	28	966	34

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	275.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	5.18

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.5
Average cohesion	cu [kPa]	966.0
Average friction angle	ϕ'_f [°]	34.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	3.54

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.5
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.5
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	966.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	34.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.52

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	4771.25
Unit shear strength (prisms 2)	σ_{m2} [kPa]	2603.19
Unit shear strength (prism 3)	σ_{m3} [kPa]	1760.68

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	σ_{wp} [kPa]
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =	1471.84
Crown wedge local stability (against plasticization):	verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{ij}/M\Sigma_{ij}$)	FS_g	3.97
---	--------	------

Admissible SF: 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{ij}/M\Sigma_{ij}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_Y	1.00	γ_C	1.00	$\gamma_{tan\phi}$	1.00	R2	1.00
------------	------	------------	------	--------------------	------	----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [�]	Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [�]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface					layers ordering: invert-crown				
B' - fratturato/45/25	275.0	27.5	1043	34	B' - fratturato/45/2	9.75	28	1043	34

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70	Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Tunnel face width	D [m]	9.75	Total Overburden	H [m]	275.0
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00	Tunnel face height	A [m]	9.75
Surface load	qs [kPa]	0.0	Failure Mechanism geometry		
Free span length	a [m]	0.0	Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
			Length of prisms in advance	L_p [m]	5.18

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1			Prisms 2-3		
Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.5	Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.5
Average cohesion	cu [kPa]	1043.0	Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.5
Average friction angle	ϕ'_f [�]	34.0	Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	1043.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	3.54	Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [�]	34.00
			Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.52

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts			Tunnel-face global stability		
Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	5162.25	($M\Sigma_{w1}/M\Sigma_{s1}$)	FS_g	4.16
Unit shear strength (prisms 2)	σ_{m2} [kPa]	2712.54	Admissible SF: 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)		
Unit shear strength (prism 3)	σ_{m3} [kPa]	1800.99	Crown-wedge stability	FS_c	-
Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)			(vertical sliding)		
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =		1589.19	Tunnel-facel stability	FS_f	-
Crown wedge local stability (against plasticization):		verified	($M\Sigma_{w1}/M\Sigma_{s1}$)		

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_Y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
B' - fratturato/50/25	275.0	27.5	1124	34

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
B' - fratturato/50/2	9.75	28	1124	34

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	275.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	5.18

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	27.5
Average cohesion	cu [kPa]	1124.0
Average friction angle	ϕ'_f [°]	34.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	3.54

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.5
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	27.5
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	1124.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	34.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.52

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	5573.57
Unit shear strength (prisms 2)	σ_{m2} [kPa]	2827.58
Unit shear strength (prism 3)	σ_{m3} [kPa]	1843.40

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

c_{wp} [kPa]	
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =	1712.64
Crown wedge local stability (against plasticization):	verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{ij}/MS_{ij}$)	FS_g	4.36
--	--------	------

Admissible SF: 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{ij}/MS_{ij}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_Y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
B' - molto fratturato/20/9	275.0	25	381	24

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
B' - molto fratturato/	9.75	25	381	24

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	275.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	6.33

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	25.0
Average cohesion	cu [kPa]	381.0
Average friction angle	ϕ'_f [°]	24.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	2.37

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	25.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	25.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	381.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	24.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.72

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	1462.18
Unit shear strength (prisms 2)	σ_{m2} [kPa]	1535.84
Unit shear strength (prism 3)	σ_{m3} [kPa]	1302.75

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	σ_{wp} [kPa]
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =	764.06
Crown wedge local stability (against plasticization):	verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{ij}/M\Sigma_{ij}$)	FS_g	2.13
---	--------	------

Admissible SF: 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{ij}/M\Sigma_{ij}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_Y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{tan\phi}$	1.00
--------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
B' - molto fratturato/25/9	275.0	25	432	24

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
B' - molto fratturato/	9.75	25	432	24

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	275.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	6.33

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	25.0
Average cohesion	cu [kPa]	432.0
Average friction angle	ϕ'_f [°]	24.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	2.37

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	25.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	25.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	432.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_f [°]	24.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.72

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	1674.22
Unit shear strength (prisms 2)	σ_{m2} [kPa]	1606.16
Unit shear strength (prism 3)	σ_{m3} [kPa]	1339.27

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

c_{wp} [kPa]	
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =	866.38
Crown wedge local stability (against plasticization):	verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{ij}/M\Sigma_{ij}$)	FS_g	2.25
---	--------	------

Admissible SF: 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{ij}/M\Sigma_{ij}$)	FS_f	-

FACE STABILITY ANALYSIS



Enrique Tamez Gonz les - Diseño Geotécnico de Túneles (1997)

γ_Y	1.00
------------	------

γ_c	1.00
------------	------

$\gamma_{\tan\phi}$	1.00
---------------------	------

R2	1.00
----	------

Stratigraphy and geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: from tunnel crown to ground surface				
B' - molto fratturato/30/9	275.0	25	480	24

Tunnel Face layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c'/Cu [kPa]	ϕ' [°]
layers ordering: invert-crown				
B' - molto fratturato/	9.75	25	480	24

Excavation cross section and Failure Mechanism geometry

Tunnel full face area	A_{EXCAV} [m ²]	74.70
Tunnel face width	D [m]	9.75
water table level above tunnel invert	H_w [m]	0.00
Surface load	qs [kPa]	0.0
Free span length	a [m]	0.0

Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	9.75
Total Overburden	H [m]	275.0
Tunnel face height	A [m]	9.75

Failure Mechanism geometry

Discharge zone height	Z_d [m]	16.58
Length of prisms in advance	L_p [m]	6.33

Failure Mechanism Prisms - Average geotechnical properties

Prisms 1

Average saturated unit weight	γ_n [kNm ⁻³]	25.0
Average cohesion	cu [kPa]	480.0
Average friction angle	ϕ'_f [°]	24.0
Coefficient of passive earth pressure	Kp[-]	2.37

Prisms 2-3

Average saturated unit weight upper D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	25.0
Average saturated unit weight within D.Z.	γ_n [kNm ⁻³]	25.0
Average cohesion within Discharge Zone	cu[kPa]	480.0
Average friction angle within Discharge Zone	ϕ'_p [°]	24.00
Friction Coefficient within Discharge Zone	Kf[-]	0.72

Prismatic volumes shear resistance and Safety factors

Failure Mechanism wedges - Unit strenghts

Face wedge unit strength (prism 1)	q [kPa]	1873.79
Unit shear strength (prisms 2)	σ_{m2} [kPa]	1672.35
Unit shear strength (prism 3)	σ_{m3} [kPa]	1373.64

Crown prism vertical-stress field (Terzaghi's arching effect)

	σ_{wp} [kPa]
z1: Vertical dist. from tunnel boundary [m] =	962.69
Crown wedge local stability (against plasticization):	verified

Tunnel-face global stability ($M\Sigma_{ij}/M\Sigma_{ij}$)	FS_g	2.36
---	--------	------

Admissible SF: 2.0 (rockmass brittle behaviour)/ 1.6 (rockmass ductile behaviour)

Crown-wedge stability (vertical sliding)	FS_c	-
Tunnel-facel stability ($M\Sigma_{ij}/M\Sigma_{ij}$)	FS_f	-

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR1/45/30	155	27	4185
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.32

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR1/45/30	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	--------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	30
Material constant	m_i (-)	17.5
Geological strength index	GSI (-)	45
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	4.41

MOHR-COULOMB PARAMETERS	LINEARIZATION	
Cohesion	c' (kPa)	694.2
Friction angle	ϕ' (°)	44.6
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	5.7

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	2.0
Deconfinement	λ_e (-)	0.85
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR1/50/30	155	27	4185
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.32

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR1/50/30	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	--------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	30
Material constant	m_i (-)	17.5
Geological strength index	GSI (-)	50
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	5.20

MOHR-COULOMB PARAMETERS	LINEARIZATION	
Cohesion	c' (kPa)	758.2
Friction angle	ϕ' (°)	46.0
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	6.1

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	1.7
Deconfinement	λ_e (-)	0.89
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR1/55/30	155	27	4185
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.32

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR1/55/30	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	--------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	30
Material constant	m_i (-)	17.5
Geological strength index	GSI (-)	55
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	6.12

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION	
Cohesion	c' (kPa)		831.8
Friction angle	ϕ' (°)		47.4
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)		-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)		6.6

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	1.4
Deconfinement	λ_e (-)	0.92
Tunnel face stability		Stable face

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR1/45/40	155	27	4185
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.32

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR1/45/40	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	--------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	40
Material constant	m_i (-)	17.5
Geological strength index	GSI (-)	45
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	5.88

MOHR-COULOMB PARAMETERS	LINEARIZATION	
Cohesion	c' (kPa)	774.4
Friction angle	ϕ' (°)	46.8
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	6.4

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	1.5
Deconfinement	λ_e (-)	0.91
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR1/50/40	155	27	4185
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.32

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR1/50/40	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	--------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS

Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	40
Material constant	m_i (-)	17.5
Geological strength index	GSI (-)	50
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	6.93

MOHR-COULOMB PARAMETERS

LINEARIZATION

Cohesion	c' (kPa)	850.4
Friction angle	ϕ' (°)	48.2
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	6.8

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	1.2
Deconfinement	λ_e (-)	0.95
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR1/55/40	155	27	4185
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.32

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR1/55/40	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	--------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS

Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	40
Material constant	m_i (-)	17.5
Geological strength index	GSI (-)	55
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	8.17

MOHR-COULOMB PARAMETERS

LINEARIZATION

Cohesion	c' (kPa)	939.9
Friction angle	ϕ' (°)	49.5
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	7.4

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	1.1
Deconfinement	λ_e (-)	0.99
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR2a/40/10	155	27	4185
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.32

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR2a/40/10	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	---------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	10
Material constant	m_i (-)	22.5
Geological strength index	GSI (-)	40
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	1.43

MOHR-COULOMB PARAMETERS	LINEARIZATION	
Cohesion	c' (kPa)	464.3
Friction angle	ϕ' (°)	36.6
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	4.0

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	6.0
Deconfinement	λ_e (-)	0.66
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n	$\Delta\sigma_v$
		[kN/m ³]	kNm/m ²
Ap_GR2a/45/10	155	27	4185
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.32

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR2a/45/10	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	---------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS

Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	10
Material constant	m_i (-)	22.5
Geological strength index	GSI (-)	45
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	1.67

MOHR-COULOMB PARAMETERS

LINEARIZATION

Cohesion	c' (kPa)	501.8
Friction angle	ϕ' (°)	38.1
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	4.2

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	5.2
Deconfinement	λ_e (-)	0.69
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR2a/40/12	155	27	4185
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.32

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR2a/40/12	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	---------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS

Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	12
Material constant	m_i (-)	22.5
Geological strength index	GSI (-)	40
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	1.71

MOHR-COULOMB PARAMETERS

LINEARIZATION

Cohesion	c' (kPa)	495.4
Friction angle	ϕ' (°)	38.0
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	4.2

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	5.0
Deconfinement	λ_e (-)	0.69
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR2a/45/12	155	27	4185
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.32

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR2a/45/12	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	---------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS

Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	12
Material constant	m_i (-)	22.5
Geological strength index	GSI (-)	45
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	2.00

MOHR-COULOMB PARAMETERS

LINEARIZATION		UNIT
Cohesion	c' (kPa)	535.6
Friction angle	ϕ' (°)	39.5
Rock mass strength	σ' cm (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	Kp (-)	4.5

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	4.3
Deconfinement	λ_e (-)	0.72
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR2b/35/10	155	27	4185
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.32

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR2b/35/10	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	---------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	10
Material constant	m_i (-)	17.5
Geological strength index	GSI (-)	35
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	1.06

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION
Cohesion	c' (kPa)	391.8
Friction angle	ϕ' (°)	33.0
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	3.4

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	8.2
Deconfinement	λ_e (-)	0.60
Tunnel face stability	Short term face stability	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR2b/40/10	155	27	4185
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.32

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR2b/40/10	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	---------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	10
Material constant	m_i (-)	17.5
Geological strength index	GSI (-)	40
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	1.25

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION
Cohesion	c' (kPa)	427.0
Friction angle	ϕ' (°)	34.5
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	3.6

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	6.9
Deconfinement	λ_e (-)	0.63
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR2b/35/12	155	27	4185
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.32

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR2b/35/12	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	---------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	12
Material constant	m_i (-)	17.5
Geological strength index	GSI (-)	35
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	1.27

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION
Cohesion	c' (kPa)	418.5
Friction angle	ϕ' (°)	34.4
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	3.6

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	6.8
Deconfinement	λ_e (-)	0.63
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR2b/40/12	155	27	4185
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.32

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR2b/40/12	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	---------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	12
Material constant	m_i (-)	17.5
Geological strength index	GSI (-)	40
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	1.50

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION
Cohesion	c' (kPa)	456.3
Friction angle	ϕ' (°)	35.9
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	3.8

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	5.8
Deconfinement	λ_e (-)	0.66
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR3a/30/5	155	26	4030
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.16

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR3a/30/5	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	--------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	26
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS

Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	5
Material constant	m_i (-)	19
Geological strength index	GSI (-)	30
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	0.47

MOHR-COULOMB PARAMETERS

LINEARIZATION		LINEARIZATION
Cohesion	c' (kPa)	278.3
Friction angle	ϕ' (°)	27.3
Rock mass strength	σ' cm (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	Kp (-)	2.7

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	17.6
Deconfinement	λ_e (-)	0.49
Tunnel face stability	Short term face stability	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR3a/35/5	155	26	4030
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.16

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR3a/35/5	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	--------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	26
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	5
Material constant	m_i (-)	19
Geological strength index	GSI (-)	35
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	0.55

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION
Cohesion	c' (kPa)	305.5
Friction angle	ϕ' (°)	28.7
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	2.8

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	15.0
Deconfinement	λ_e (-)	0.51
Tunnel face stability	Short term face stability	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR3a/30/7	155	26	4030
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.16

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR3a/30/7	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	--------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	26
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS

Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	7
Material constant	m_i (-)	19
Geological strength index	GSI (-)	30
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	0.66

MOHR-COULOMB PARAMETERS

MOHR COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION	
Cohesion	c' (kPa)		314.9
Friction angle	ϕ' (°)		29.7
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)		-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)		3.0

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	12.6
Deconfinement	λ_e (-)	0.54
Tunnel face stability	Short term face stability	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR3a/35/7	155	26	4030
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.16

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR3a/35/7	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	--------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	26
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	7
Material constant	m_i (-)	19
Geological strength index	GSI (-)	35
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	0.78

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION
Cohesion	c' (kPa)	345.8
Friction angle	ϕ' (°)	31.2
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	3.2

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	10.7
Deconfinement	λ_e (-)	0.56
Tunnel face stability	Short term face stability	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n	$\Delta\sigma_v$
		[kN/m ³]	kNm/m ²
Ap_GR3b/25/5	155	26	4030
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.16

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR3b/25/5	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	--------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	26
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	5
Material constant	m_i (-)	19
Geological strength index	GSI (-)	25
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	0.40

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION
Cohesion	c' (kPa)	250.3
Friction angle	ϕ' (°)	25.9
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	2.5

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	20.7
Deconfinement	λ_e (-)	0.46
Tunnel face stability	Short term face stability	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR3b/30/5	155	26	4030
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.16

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR3b/30/5	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	--------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	26
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	5
Material constant	m_i (-)	19
Geological strength index	GSI (-)	30
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	0.47

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION
Cohesion	c' (kPa)	278.3
Friction angle	ϕ' (°)	27.3
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	2.7

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	17.6
Deconfinement	λ_e (-)	0.49
Tunnel face stability	Short term face stability	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR3b/25/7	155	26	4030
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.16

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR3b/25/7	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	--------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	26
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS

Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	7
Material constant	m_i (-)	19
Geological strength index	GSI (-)	25
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	0.56

MOHR-COULOMB PARAMETERS

LINEARIZATION

Cohesion	c' (kPa)	283.0
Friction angle	ϕ' (°)	28.2
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	2.8

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	14.8
Deconfinement	λ_e (-)	0.51
Tunnel face stability	Short term face stability	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR3b/30/7	155	26	4030
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.16

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR3b/30/7	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	--------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	26
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	7
Material constant	m_i (-)	19
Geological strength index	GSI (-)	30
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	0.66

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION
Cohesion	c' (kPa)	314.9
Friction angle	ϕ' (°)	29.7
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	3.0

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	12.6
Deconfinement	λ_e (-)	0.54
Tunnel face stability	Short term face stability	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR2a/42.5/11	155	27	4185
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.32

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR2a/42.5/11	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	-----------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	11
Material constant	m_i (-)	22.5
Geological strength index	GSI (-)	42.5
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	1.70

MOHR-COULOMB PARAMETERS	LINEARIZATION	
Cohesion	c' (kPa)	499.7
Friction angle	ϕ' (°)	38.1
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	4.2

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	5.1
Deconfinement	λ_e (-)	0.69
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR2b/37.5/11	155	27	4185
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.32

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR2b/37.5/11	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	-----------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	11
Material constant	m_i (-)	17.5
Geological strength index	GSI (-)	37.5
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	1.26

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION	
Cohesion	c' (kPa)		423.8
Friction angle	ϕ' (°)		34.4
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)		-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)		3.6

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	6.8
Deconfinement	λ_e (-)	0.63
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR3a/32.5/6	155	26	4030
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.16

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR3a/32.5/6	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	----------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	26
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	6
Material constant	m_i (-)	19
Geological strength index	GSI (-)	32.5
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	0.61

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION	
Cohesion	c' (kPa)		312.3
Friction angle	ϕ' (°)		29.3
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)		-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)		2.9

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	13.6
Deconfinement	λ_e (-)	0.53
Tunnel face stability	Short term face stability	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR3b/27.5/6	155	26	4030
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.16

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR3b/27.5/6	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	----------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	26
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	6
Material constant	m_i (-)	19
Geological strength index	GSI (-)	27.5
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	0.52

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION	
Cohesion	c' (kPa)	282.8	
Friction angle	ϕ' (°)	27.9	
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-	
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	2.8	

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	15.9
Deconfinement	λ_e (-)	0.50
Tunnel face stability	Short term face stability	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR1/45/30	275	27	7425
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.56

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR1/45/30	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	--------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	30
Material constant	m_i (-)	17.5
Geological strength index	GSI (-)	45
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	4.41

MOHR-COULOMB PARAMETERS	LINEARIZATION	
Cohesion	c' (kPa)	987.2
Friction angle	ϕ' (°)	40.2
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	4.6

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	3.4
Deconfinement	λ_e (-)	0.75
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR1/50/30	275	27	7425
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.56

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR1/50/30	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	--------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS

Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	30
Material constant	m_i (-)	17.5
Geological strength index	GSI (-)	50
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	5.20

MOHR-COULOMB PARAMETERS

LINEARIZATION

Cohesion	c' (kPa)	1070.7
Friction angle	ϕ' (°)	41.7
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	5.0

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	2.9
Deconfinement	λ_e (-)	0.78
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR1/55/30	275	27	7425
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.56

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR1/55/30	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	--------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	30
Material constant	m_i (-)	17.5
Geological strength index	GSI (-)	55
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	6.12

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION	
Cohesion	c' (kPa)		1162.9
Friction angle	ϕ' (°)		43.1
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)		-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)		5.3

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	2.5
Deconfinement	λ_e (-)	0.81
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR1/45/40	275	27	7425
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.56

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR1/45/40	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	--------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS

Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	40
Material constant	m_i (-)	17.5
Geological strength index	GSI (-)	45
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	5.88

MOHR-COULOMB PARAMETERS

LINEARIZATION

Cohesion	c' (kPa)	1097.8
Friction angle	ϕ' (°)	42.5
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	5.2

Therapy phase - applied pressure

Tunnel support pressure	σ'_T (MPa)	0
-------------------------	-------------------	---

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	2.6
Deconfinement	λ_e (-)	0.80
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR1/50/40	275	27	7425
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.56

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR1/50/40	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	--------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS

Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	40
Material constant	m_i (-)	17.5
Geological strength index	GSI (-)	50
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	6.93

MOHR-COULOMB PARAMETERS

LINEARIZATION

Cohesion	c' (kPa)	1194.4
Friction angle	ϕ' (°)	43.9
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	5.5

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	2.2
Deconfinement	λ_e (-)	0.83
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR1/55/40	275	27	7425
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.56

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR1/55/40	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	--------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS

Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	40
Material constant	m_i (-)	17.5
Geological strength index	GSI (-)	55
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	8.17

MOHR-COULOMB PARAMETERS

LINEARIZATION

Cohesion	c' (kPa)	1303.1
Friction angle	ϕ' (°)	45.3
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	5.9

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	1.9
Deconfinement	λ_e (-)	0.87
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR2a/40/10	275	27	7425
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.56

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR2a/40/10	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	---------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS

Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	10
Material constant	m_i (-)	22.5
Geological strength index	GSI (-)	40
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	1.43

MOHR-COULOMB PARAMETERS

LINEARIZATION

Cohesion	c' (kPa)	664.3
Friction angle	ϕ' (°)	32.2
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	3.3

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	10.6
Deconfinement	λ_e (-)	0.58
Tunnel face stability	Short term face stability	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR2a/45/10	275	27	7425
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.56

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR2a/45/10	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	---------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS

Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	10
Material constant	m_i (-)	22.5
Geological strength index	GSI (-)	45
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	1.67

MOHR-COULOMB PARAMETERS

LINEARIZATION

Cohesion	c' (kPa)	717.4
Friction angle	ϕ' (°)	33.7
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	3.5

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	9.1
Deconfinement	λ_e (-)	0.60
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR2a/40/12	275	27	7425
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.56

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR2a/40/12	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	---------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS

Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	12
Material constant	m_i (-)	22.5
Geological strength index	GSI (-)	40
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	1.71

MOHR-COULOMB PARAMETERS

LINEARIZATION

Cohesion	c' (kPa)	709.8
Friction angle	ϕ' (°)	33.6
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	3.5

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	8.8
Deconfinement	λ_e (-)	0.60
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR2a/45/12	275	27	7425
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.56

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR2a/45/12	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	---------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	12
Material constant	m_i (-)	22.5
Geological strength index	GSI (-)	45
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	2.00

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION
Cohesion	c' (kPa)	766.6
Friction angle	ϕ' (°)	35.1
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	3.7

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	7.5
Deconfinement	λ_e (-)	0.63
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR2b/35/10	275	27	7425
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.56

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR2b/35/10	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	---------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	10
Material constant	m_i (-)	17.5
Geological strength index	GSI (-)	35
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	1.06

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION
Cohesion	c' (kPa)	558.5
Friction angle	ϕ' (°)	28.7
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	2.8

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	14.3
Deconfinement	λ_e (-)	0.52
Tunnel face stability	Short term face stability	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR2b/40/10	275	27	7425
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.56

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR2b/40/10	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	---------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	10
Material constant	m_i (-)	17.5
Geological strength index	GSI (-)	40
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	1.25

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION
Cohesion	c' (kPa)	608.2
Friction angle	ϕ' (°)	30.1
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	3.0

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	12.1
Deconfinement	λ_e (-)	0.54
Tunnel face stability	Short term face stability	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR2b/35/12	275	27	7425
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.56

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR2b/35/12	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	---------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	12
Material constant	m_i (-)	17.5
Geological strength index	GSI (-)	35
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	1.27

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION
Cohesion	c' (kPa)	597.5
Friction angle	ϕ' (°)	30.1
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	3.0

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	11.9
Deconfinement	λ_e (-)	0.54
Tunnel face stability	Short term face stability	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR2b/40/12	275	27	7425
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.56

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR2b/40/12	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	---------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	12
Material constant	m_i (-)	17.5
Geological strength index	GSI (-)	40
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	1.50

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION
Cohesion	c' (kPa)	650.8
Friction angle	ϕ' (°)	31.5
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	3.2

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	10.1
Deconfinement	λ_e (-)	0.57
Tunnel face stability	Short term face stability	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR3a/30/5	275	26	7150
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.28

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR3a/30/5	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	--------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	26
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	5
Material constant	m_i (-)	19
Geological strength index	GSI (-)	30
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	0.47

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION
Cohesion	c' (kPa)	394.5
Friction angle	ϕ' (°)	23.4
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	2.3

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	30.9
Deconfinement	λ_e (-)	0.42
Tunnel face stability	Short term face stability	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR3a/35/5	275	26	7150
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.28

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR3a/35/5	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	--------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	26
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS

Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	5
Material constant	m_i (-)	19
Geological strength index	GSI (-)	35
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	0.55

MOHR-COULOMB PARAMETERS

LINEARIZATION

Cohesion	c' (kPa)	433.0
Friction angle	ϕ' (°)	24.6
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	2.4

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	26.3
Deconfinement	λ_e (-)	0.44
Tunnel face stability	Short term face stability	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n	$\Delta\sigma_v$
		[kN/m ³]	kNm/m ²
Ap_GR3a/30/7	275	26	7150
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.28

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR3a/30/7	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	--------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	26
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS

Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	7
Material constant	m_i (-)	19
Geological strength index	GSI (-)	30
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	0.66

MOHR-COULOMB PARAMETERS

		LINEARIZATION
Cohesion	c' (kPa)	448.2
Friction angle	ϕ' (°)	25.7
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	2.5

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	22.0
Deconfinement	λ_e (-)	0.46
Tunnel face stability	Short term face stability	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR3a/35/7	275	26	7150
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.28

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR3a/35/7	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	--------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	26
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS

Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	7
Material constant	m_i (-)	19
Geological strength index	GSI (-)	35
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	0.78

MOHR-COULOMB PARAMETERS

Cohesion	c' (kPa)	492.0
Friction angle	ϕ' (°)	27.0
Rock mass strength	σ' cm (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	Kp (-)	2.7

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	18.8
Deconfinement	λ_e (-)	0.48
Tunnel face stability	Short term face stability	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR3b/25/5	275	26	7150
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.28

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR3b/25/5	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	--------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	26
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS

Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	5
Material constant	m_i (-)	19
Geological strength index	GSI (-)	25
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	0.40

MOHR-COULOMB PARAMETERS

LINEARIZATION

Cohesion	c' (kPa)	355.2
Friction angle	ϕ' (°)	22.1
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	2.2

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	36.3
Deconfinement	λ_e (-)	0.39
Tunnel face stability	Short term face stability	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR3b/30/5	275	26	7150
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.28

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR3b/30/5	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	--------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	26
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS

Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	5
Material constant	m_i (-)	19
Geological strength index	GSI (-)	30
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	0.47

MOHR-COULOMB PARAMETERS

LINEARIZATION

Cohesion	c' (kPa)	394.5
Friction angle	ϕ' (°)	23.4
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	2.3

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	30.9
Deconfinement	λ_e (-)	0.42
Tunnel face stability	Short term face stability	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR3b/25/7	275	26	7150
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.28

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR3b/25/7	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	--------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	26
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS

Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	7
Material constant	m_i (-)	19
Geological strength index	GSI (-)	25
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	0.56

MOHR-COULOMB PARAMETERS

LINEARIZATION		LINEARIZATION
Cohesion	c' (kPa)	403.3
Friction angle	ϕ' (°)	24.4
Rock mass strength	σ' cm (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	Kp (-)	2.4

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	25.9
Deconfinement	λ_e (-)	0.44
Tunnel face stability	Short term face stability	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR3b/30/7	275	26	7150
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.28

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR3b/30/7	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	--------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	26
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	7
Material constant	m_i (-)	19
Geological strength index	GSI (-)	30
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	0.66

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION
Cohesion	c' (kPa)	448.2
Friction angle	ϕ' (°)	25.7
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	2.5

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	22.0
Deconfinement	λ_e (-)	0.46
Tunnel face stability	Short term face stability	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR2a/42.5/11	275	27	7425
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.56

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR2a/42.5/11	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	-----------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	11
Material constant	m_i (-)	22.5
Geological strength index	GSI (-)	42.5
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	1.70

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION	
Cohesion	c' (kPa)	ϕ' (°)	715.1
Friction angle	ϕ' (°)	σ'_{cm} (MPa)	33.7
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	K_p (-)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)		3.5

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	8.9
Deconfinement	λ_e (-)	0.60
Tunnel face stability		Stable face

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR2b/37.5/11	275	27	7425
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.56

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR2b/37.5/11	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	-----------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	11
Material constant	m_i (-)	17.5
Geological strength index	GSI (-)	37.5
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	1.26

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION	
Cohesion	c' (kPa)		604.3
Friction angle	ϕ' (°)		30.1
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)		-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)		3.0

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	12.0
Deconfinement	λ_e (-)	0.54
Tunnel face stability	Short term face stability	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR3a/32.5/6	275	26	7150
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.28

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR3a/32.5/6	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	----------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	26
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	6
Material constant	m_i (-)	19
Geological strength index	GSI (-)	32.5
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	0.61

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION	
Cohesion	c' (kPa)	443.6	
Friction angle	ϕ' (°)	25.3	
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-	
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	2.5	

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	23.7
Deconfinement	λ_e (-)	0.45
Tunnel face stability	Short term face stability	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
Ap_GR3b/27.5/6	275	26	7150
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.28

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	Ap_GR3b/27.5/6	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	----------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	26
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	6
Material constant	m_i (-)	19
Geological strength index	GSI (-)	27.5
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	0.52

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION	
Cohesion	c' (kPa)		402.0
Friction angle	ϕ' (°)		24.0
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)		-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)		2.4

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	27.9
Deconfinement	λ_e (-)	0.43
Tunnel face stability	Short term face stability	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
B' - compatto/50/40	155	28	4340
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.48

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	B' - compatto/50/40	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	---------------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	28
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	40
Material constant	m_i (-)	25
Geological strength index	GSI (-)	50
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	8.25

MOHR-COULOMB PARAMETERS	LINEARIZATION	
Cohesion	c' (kPa)	945.5
Friction angle	ϕ' (°)	50.8
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	7.9

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	1.1
Deconfinement	λ_e (-)	0.98
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
B' - compatto/55/40	155	28	4340
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.48

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_z (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	B' - compatto/55/40	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	---------------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	28
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	40
Material constant	m_i (-)	25
Geological strength index	GSI (-)	55
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	9.61

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION	
Cohesion	c' (kPa)		1032.2
Friction angle	ϕ' (°)		52.1
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)		-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)		8.5

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	0.9
Deconfinement	λ_e (-)	1.02
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
B' - compatto/60/40	155	28	4340
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.48

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	B' - compatto/60/40	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	---------------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	28
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	40
Material constant	m_i (-)	25
Geological strength index	GSI (-)	60
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	11.20

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION	
Cohesion	c' (kPa)		1135.3
Friction angle	ϕ' (°)		53.4
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)		-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)		9.1

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	0.8
Deconfinement	λ_e (-)	1.05
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
B' - fratturato/40/20	155	27.5	4262.5
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.40

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	B' - fratturato/40/20	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	-----------------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27.5
------------------------------------	---------------------------------	------

HOEK & BROWN PARAMETERS

Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	20
Material constant	m_i (-)	25
Geological strength index	GSI (-)	40
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	3.04

MOHR-COULOMB PARAMETERS

LINEARIZATION		
Cohesion	c' (kPa)	620.3
Friction angle	ϕ' (°)	42.8
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	5.2

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	2.9
Deconfinement	λ_e (-)	0.79
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
B' - fratturato/45/20	155	27.5	4262.5
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.40

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	B' - fratturato/45/20	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	-----------------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27.5
------------------------------------	---------------------------------	------

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	20
Material constant	m_i (-)	25
Geological strength index	GSI (-)	45
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	3.54

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION	
Cohesion	c' (kPa)		671.1
Friction angle	ϕ' (°)		44.3
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)		-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)		5.6

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	2.5
Deconfinement	λ_e (-)	0.82
Tunnel face stability		Stable face

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
B' - fratturato/50/20	155	27.5	4262.5
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.40

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	B' - fratturato/50/20	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	-----------------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27.5
------------------------------------	---------------------------------	------

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	20
Material constant	m_i (-)	25
Geological strength index	GSI (-)	50
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	4.12

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION	
Cohesion	c' (kPa)	724.5	
Friction angle	ϕ' (°)	45.7	
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-	
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	6.0	

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	2.1
Deconfinement	λ_e (-)	0.85
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
B' - fratturato/40/25	155	27.5	4262.5
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.40

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_z (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	B' - fratturato/40/25	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	-----------------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27.5
------------------------------------	---------------------------------	------

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	25
Material constant	m_i (-)	25
Geological strength index	GSI (-)	40
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	3.80

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION	
Cohesion	c' (kPa)	670.4	
Friction angle	ϕ' (°)	44.5	
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-	
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	5.7	

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	2.3
Deconfinement	λ_e (-)	0.83
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
B' - fratturato/45/25	155	27.5	4262.5
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.40

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	B' - fratturato/45/25	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	-----------------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27.5
------------------------------------	---------------------------------	------

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	25
Material constant	m_i (-)	25
Geological strength index	GSI (-)	45
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	4.42

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION
Cohesion	c' (kPa)	726.3
Friction angle	ϕ' (°)	46.0
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	6.1

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	2.0
Deconfinement	λ_e (-)	0.86
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
B' - fratturato/50/25	155	27.5	4262.5
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.40

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	B' - fratturato/50/25	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	-----------------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27.5
------------------------------------	---------------------------------	------

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	25
Material constant	m_i (-)	25
Geological strength index	GSI (-)	50
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	5.15

MOHR-COULOMB PARAMETERS	LINEARIZATION	
Cohesion	c' (kPa)	785.6
Friction angle	ϕ' (°)	47.4
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	6.6

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	1.7
Deconfinement	λ_e (-)	0.89
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
B' - molto fratturato/20/9	155	25	3875
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.00

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	B' - molto fratturato/20/9	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	----------------------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	25
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS

Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	9
Material constant	m_i (-)	19
Geological strength index	GSI (-)	20
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	0.61

MOHR-COULOMB PARAMETERS

LINEARIZATION

Cohesion	c' (kPa)	266.0
Friction angle	ϕ' (°)	28.7
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	2.8

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	13.0
Deconfinement	λ_e (-)	0.52
Tunnel face stability	Short term face stability	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
B' - molto fratturato/25/9	155	25	3875
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.00

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	B' - molto fratturato/25/9	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	----------------------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	25
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS

Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	9
Material constant	m_i (-)	19
Geological strength index	GSI (-)	25
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	0.72

MOHR-COULOMB PARAMETERS

LINEARIZATION		
Cohesion	c' (kPa)	302.1
Friction angle	ϕ' (°)	30.3
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	3.0

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	11.1
Deconfinement	λ_e (-)	0.55
Tunnel face stability	Short term face stability	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
B' - molto fratturato/30/9	155	25	3875
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	155
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	4.00

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	B' - molto fratturato/30/9	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	----------------------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	25
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS

Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	9
Material constant	m_i (-)	19
Geological strength index	GSI (-)	30
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	0.85

MOHR-COULOMB PARAMETERS

Cohesion	c' (kPa)	336.3
Friction angle	ϕ' (°)	31.9
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	3.2

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	9.4
Deconfinement	λ_e (-)	0.58
Tunnel face stability	Short term face stability	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
B' - compatto/50/40	275	28	7700
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.84

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	B' - compatto/50/40	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	---------------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	28
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	40
Material constant	m_i (-)	25
Geological strength index	GSI (-)	50
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	8.25

MOHR-COULOMB PARAMETERS	LINEARIZATION	
Cohesion	c' (kPa)	1346.4
Friction angle	ϕ' (°)	46.6
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	6.3

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	1.9
Deconfinement	λ_e (-)	0.87
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n	$\Delta\sigma_v$
		[kN/m ³]	kNm/m ²
B' - compatto/55/40	275	28	7700
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.84

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	B' - compatto/55/40	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	---------------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	28
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	40
Material constant	m_i (-)	25
Geological strength index	GSI (-)	55
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	9.61

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION	
Cohesion	c' (kPa)	1456.4	
Friction angle	ϕ' (°)	48.0	
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-	
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	6.8	

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	1.6
Deconfinement	λ_e (-)	0.90
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
B' - compatto/60/40	275	28	7700
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.84

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	B' - compatto/60/40	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	---------------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	28
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	40
Material constant	m_i (-)	25
Geological strength index	GSI (-)	60
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	11.20

MOHR-COULOMB PARAMETERS	LINEARIZATION	
Cohesion	c' (kPa)	1581.6
Friction angle	ϕ' (°)	49.4
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	7.3

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	1.4
Deconfinement	λ_e (-)	0.93
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
B' - fratturato/40/20	275	27.5	7562.5
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.70

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	B' - fratturato/40/20	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	-----------------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27.5
------------------------------------	---------------------------------	------

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	20
Material constant	m_i (-)	25
Geological strength index	GSI (-)	40
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	3.04

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION	
Cohesion	c' (kPa)	892.7	
Friction angle	ϕ' (°)	38.4	
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-	
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	4.3	

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	5.1
Deconfinement	λ_e (-)	0.70
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
B' - fratturato/45/20	275	27.5	7562.5
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.70

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	B' - fratturato/45/20	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	-----------------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27.5
------------------------------------	---------------------------------	------

HOEK & BROWN PARAMETERS

Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	20
Material constant	m_i (-)	25
Geological strength index	GSI (-)	45
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	3.54

MOHR-COULOMB PARAMETERS

LINEARIZATION		
Cohesion	c' (kPa)	963.9
Friction angle	ϕ' (°)	39.9
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	4.6

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	4.4
Deconfinement	λ_e (-)	0.72
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
B' - fratturato/50/20	275	27.5	7562.5
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.70

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	B' - fratturato/50/20	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	-----------------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27.5
------------------------------------	---------------------------------	------

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	20
Material constant	m_i (-)	25
Geological strength index	GSI (-)	50
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	4.12

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION	
Cohesion	c' (kPa)		1037.6
Friction angle	ϕ' (°)		41.4
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)		-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)		4.9

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	3.7
Deconfinement	λ_e (-)	0.75
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
B' - fratturato/40/25	275	27.5	7562.5
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.70

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	B' - fratturato/40/25	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	-----------------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27.5
------------------------------------	---------------------------------	------

HOEK & BROWN PARAMETERS

Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	25
Material constant	m_i (-)	25
Geological strength index	GSI (-)	40
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	3.80

MOHR-COULOMB PARAMETERS

LINEARIZATION		
Cohesion	c' (kPa)	965.4
Friction angle	ϕ' (°)	40.2
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	4.6

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	4.1
Deconfinement	λ_e (-)	0.73
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
B' - fratturato/45/25	275	27.5	7562.5
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
Total overburden H (m) 275			
Total overburden stress at the tunnel axis σ_0 (MPa) 7.70			

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	B' - fratturato/45/25	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	-----------------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27.5
------------------------------------	---------------------------------	------

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	25
Material constant	m_i (-)	25
Geological strength index	GSI (-)	45
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	4.42

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION	
Cohesion	c' (kPa)	ϕ' (°)	1043.1
Friction angle	ϕ' (°)	σ'_{cm} (MPa)	41.7
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	K_p (-)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)		5.0

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	3.5
Deconfinement	λ_e (-)	0.76
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
B' - fratturato/50/25	275	27.5	7562.5
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.70

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	B' - fratturato/50/25	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	-----------------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	27.5
------------------------------------	---------------------------------	------

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	25
Material constant	m_i (-)	25
Geological strength index	GSI (-)	50
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	5.15

MOHR-COULOMB PARAMETERS		LINEARIZATION	
Cohesion	c' (kPa)		1123.8
Friction angle	ϕ' (°)		43.1
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)		-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)		5.3

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	3.0
Deconfinement	λ_e (-)	0.79
Tunnel face stability	Stable face	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
B' - molto fratturato/20/9	275	25	6875
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_o (MPa)	7.00

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	B' - molto fratturato/20/9	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	----------------------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	25
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS		
Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	9
Material constant	m_i (-)	19
Geological strength index	GSI (-)	20
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	0.61

MOHR-COULOMB PARAMETERS	LINEARIZATION	
Cohesion	c' (kPa)	381.1
Friction angle	ϕ' (°)	24.9
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	2.5

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	22.8
Deconfinement	λ_e (-)	0.45
Tunnel face stability	Short term face stability	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
B' - molto fratturato/25/9	275	25	6875
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_0 (MPa)	7.00

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	B' - molto fratturato/25/9	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	----------------------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	25
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS

Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	9
Material constant	m_i (-)	19
Geological strength index	GSI (-)	25
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	0.72

MOHR-COULOMB PARAMETERS

		LINEARIZATION	
Cohesion	c' (kPa)	431.9	
Friction angle	ϕ' (°)	26.3	
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-	
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	2.6	

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	19.4
Deconfinement	λ_e (-)	0.47
Tunnel face stability	Short term face stability	

TUNNEL FACE STABILITY

INPUT PARAMETERS

Overburden layers

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kN/m ³]	$\Delta\sigma_v$ kNm/m ²
B' - molto fratturato/30/9	275	25	6875
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Total overburden	H (m)	275
Total overburden stress at the tunnel axis	σ_o (MPa)	7.00

Tunnel geometry

Tunnel face height	H (m)	9.75
Equivalent diameter	Deq (m)	9.75
Deep tunnel (H>3D)		

Boundary conditions

Surface surcharge pressure	σ_s (MPa)	0
----------------------------	------------------	---

Geomechanical parameters

Geological formation	B' - molto fratturato/30/9	Failure criterion	HOEK & BROWN
----------------------	----------------------------	-------------------	--------------

Unit weight of the soil /rock mass	γ_n (kN/m ³)	25
------------------------------------	---------------------------------	----

HOEK & BROWN PARAMETERS

Uniaxial compressive strength of rock material	σ_{ci} (MPa)	9
Material constant	m_i (-)	19
Geological strength index	GSI (-)	30
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	0.85

MOHR-COULOMB PARAMETERS

		LINEARIZATION
Cohesion	c' (kPa)	480.2
Friction angle	ϕ' (°)	27.8
Rock mass strength	σ'_{cm} (MPa)	-
Passive earth pressure coefficient	K_p (-)	2.7

RESULTS

Tunnel face stability - Panet (1990)

Stability ratio	N (-)	16.5
Deconfinement	λ_e (-)	0.50
Tunnel face stability	Short term face stability	

LINEE CARATTERISTICHE

GR1_160m

```
#####
#####
###
###
### ##### ## ##
### ##### ## ##
### ##### ## ##
##### ## ## ##
##### #####
#####
```

CALCOLO GALLERIE CON METODO
CONVERGENZA-CONFINAMENTO
SOLUTORE TRANSFER-MATRIX

VERSIONE 4 (2003)

nuovo lavoro
nuova analisi
analisi base

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 5
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m] 4.88500

PARAMETRI GEOTECNICI -----
Tensione originaria [MPa] 4.32000
Modulo di Young [MPa] 5400.00000
Coefficiente di Poisson30000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] . .00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] .. .00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa].. .00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m] 4.88500
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa].. .00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m] 4.88500
RESISTENZA ROCCIA
Coesione picco [MPa]80600
Angolo attrito picco [°] 40.00000
Coesione residua [MPa]71600
Angolo attrito residuo [MPa] 32.00000
Angolo dilatanza [°]00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa]00000
Modulo di softening H [MPa]00000

FRESA SCUDATA -----
Spessore scudo metallico [m]06000
Gioco tra scudo e roccia [m]04000
Pressione sul fronte di scavo [MPa]00000
Coefficiente di Poisson acciaio scudo30000
Modulo Young acciaio scudo [MPa] 200000.00000
Resistenza acciaio scudo [MPa] 500.00000
Intasamento con filler (l=si,0=no) 1

RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----
Distanza dal fronte alla messa in opera [m] 11.00000
Spessore CLS [m]40000
Modulo Young CLS [MPa] 40305.00000
Coefficiente di Poisson CLS20000
Resistenza compressione CLS [MPa] 18.70000
Opzione calcolo rivestimento 0
[0 prerivestimenti non collaboranti a lungo termine]
[1 prerivestimenti collaboranti a lungo termine]
Gioco radiale posa in opera rivestimento [m]14500

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000
Spostamento radiale galleria [m]006094
Raggio plastico galleria [m] 5.900082
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]002767
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]001562
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]001767
Raggio plastico fronte sferico [m] 5.224940

STATO GALLERIA AL FRONTE DI SCAVO (PER FRESA SCUDATA) -----

GR1_160m

```
Metodo Panet-Guenot
  U [m] : .00277
  LAMBDA : .54667

Trasformazione Omotetica
  U [m] : .00177
  LAMBDA : .34919

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica
  U [m] : .00277
  LAMBDA : .54667

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
  U [m] : .00156
  LAMBDA : .30861

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
  U [m] : .00177
  LAMBDA : .34919
```

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL RIVESTIMENTO -----

```
Metodo Panet-Guenot
  U [m] : .00577
  LAMBDA : .98144

Trasformazione Omotetica
  U [m] : .00609
  LAMBDA : .99980

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica
  U [m] : .00592
  LAMBDA : .99034

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
  U [m] : .00586
  LAMBDA : .98675

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
  U [m] : .00587
  LAMBDA : .98733
```

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

```
Pressione fine calcolo [MPa] ..... .000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m] ..... .006094
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] ..... 5.900082
```

```
FRESA SCUDATA -----
Raggio plastico al punto di equilibrio [m] ..... .00000
Pressione al punto di equilibrio [MPa] ..... .00000
Spostamento al punto di equilibrio [m] ..... .00177
Convergenza radiale scudo [m] ..... .00000
Tensione scudo [MPa] ..... .00000
Coefficiente di sicurezza scudo ..... .00000
Pressione rottura scudo [MPa] ..... 6.10353
Rigidezza scudo [MPa] ..... 2730.48809
```

Il rivestimento prefabbricato non entra in contatto con la roccia.

```
RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----
Raggio plastico punto di equilibrio [m] ..... .00000
Pressione punto di equilibrio [MPa] ..... .00000
Spostamento punto di equilibrio [MPa] ..... .04171
Spostamento galleria alla messa in opera [m] ..... .04171
Convergenza radiale rivestimento [m] ..... .00000
Tensione CLS [MPa] ..... .00000
Coefficiente di sicurezza CLS ..... 1000000.00000
Pressione rottura CLS [MPa] ..... 1.51147
Rigidezza anello CLS [MPa] ..... 3774.88538
Tasso di deconfinamento alla messa in opera ..... .987325
```

GR1_280m

```
#####
#####
###
###
### ##### ## ##
### ##### ## ##
### ##### ## ##
##### ## ## ##
##### #####
#####
```

CALCOLO GALLERIE CON METODO
CONVERGENZA-CONFINAMENTO
SOLUTORE TRANSFER-MATRIX

VERSIONE 4 (2003)

nuovo lavoro
nuova analisi
analisi base

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 5
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m] 4.88500

PARAMETRI GEOTECNICI -----
Tensione originaria [MPa] 7.56000
Modulo di Young [MPa] 5400.00000
Coefficiente di Poisson30000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] . .00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] .. .00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa].. .00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m] 4.88500
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa].. .00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m] 4.88500
RESISTENZA ROCCIA
Coesione picco [MPa] 1.13500
Angolo attrito picco [°] 40.00000
Coesione residua [MPa] 1.01000
Angolo attrito residuo [MPa] 32.00000
Angolo dilatanza [°]00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa]00000
Modulo di softening H [MPa]00000

FRESA SCUDATA -----
Spessore scudo metallico [m]06000
Gioco tra scudo e roccia [m]04000
Pressione sul fronte di scavo [MPa]00000
Coefficiente di Poisson acciaio scudo30000
Modulo Young acciaio scudo [MPa] 200000.00000
Resistenza acciaio scudo [MPa] 500.00000
Intasamento con filler (l=si,0=no) 1

RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----
Distanza dal fronte alla messa in opera [m] 11.00000
Spessore CLS [m]40000
Modulo Young CLS [MPa] 40305.00000
Coefficiente di Poisson CLS20000
Resistenza compressione CLS [MPa] 18.70000
Opzione calcolo rivestimento 0
[0 prerivestimenti non collaboranti a lungo termine]
[1 prerivestimenti collaboranti a lungo termine]
Gioco radiale posa in opera rivestimento [m]14500

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000
Spostamento radiale galleria [m]011625
Raggio plastico galleria [m] 6.207832
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]005152
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]002537
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]003371
Raggio plastico fronte sferico [m] 5.362615

STATO GALLERIA AL FRONTE DI SCAVO (PER FRESA SCUDATA) -----

GR1_280m

```
Metodo Panet-Guenot
  U [m] : .00515
  LAMBDA : .58169

Trasformazione Omotetica
  U [m] : .00337
  LAMBDA : .38067

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica
  U [m] : .00515
  LAMBDA : .58169

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
  U [m] : .00254
  LAMBDA : .28649

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
  U [m] : .00337
  LAMBDA : .38067
```

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL RIVESTIMENTO -----

```
Metodo Panet-Guenot
  U [m] : .01096
  LAMBDA : .98373

Trasformazione Omotetica
  U [m] : .01161
  LAMBDA : .99976

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica
  U [m] : .01121
  LAMBDA : .99005

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
  U [m] : .01104
  LAMBDA : .98594

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
  U [m] : .01109
  LAMBDA : .98722
```

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

```
Pressione fine calcolo [MPa] ..... .000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m] ..... .011625
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] ..... 6.207832
```

```
FRESA SCUDATA -----
Raggio plastico al punto di equilibrio [m] ..... .00000
Pressione al punto di equilibrio [MPa] ..... .00000
Spostamento al punto di equilibrio [m] ..... .00337
Convergenza radiale scudo [m] ..... .00000
Tensione scudo [MPa] ..... .00000
Coefficiente di sicurezza scudo ..... .00000
Pressione rottura scudo [MPa] ..... 6.10353
Rigidezza scudo [MPa] ..... 2730.48809
```

Il rivestimento prefabbricato non entra in contatto con la roccia.

```
RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----
Raggio plastico punto di equilibrio [m] ..... .00000
Pressione punto di equilibrio [MPa] ..... .00000
Spostamento punto di equilibrio [MPa] ..... .04327
Spostamento galleria alla messa in opera [m] ..... .04327
Convergenza radiale rivestimento [m] ..... .00000
Tensione CLS [MPa] ..... .00000
Coefficiente di sicurezza CLS ..... 1000000.00000
Pressione rottura CLS [MPa] ..... 1.51147
Rigidezza anello CLS [MPa] ..... 3774.88538
Tasso di deconfinamento alla messa in opera ..... .987218
```

GR2a_160m

```
#####
#####
###
###
### ##### ## ##
### ##### ## ##
### ##### ## ##
##### ## ## ##
##### #####
#####
#####
```

CALCOLO GALLERIE CON METODO
CONVERGENZA-CONFINAMENTO
SOLUTORE TRANSFER-MATRIX

VERSIONE 4 (2003)

nuovo lavoro
nuova analisi
analisi base

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 5
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m] 4.88500

PARAMETRI GEOTECNICI -----
Tensione originaria [MPa] 4.32000
Modulo di Young [MPa] 1750.00000
Coefficiente di Poisson30000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] . .00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] .. .00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa].. .00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m] 4.88500
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa].. .00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m] 4.88500
RESISTENZA ROCCIA
Coesione picco [MPa]50000
Angolo attrito picco [°] 38.00000
Coesione residua [MPa]44000
Angolo attrito residuo [MPa] 30.00000
Angolo dilatanza [°]00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa]00000
Modulo di softening H [MPa]00000

FRESA SCUDATA -----
Spessore scudo metallico [m]06000
Gioco tra scudo e roccia [m]04000
Pressione sul fronte di scavo [MPa]00000
Coefficiente di Poisson acciaio scudo30000
Modulo Young acciaio scudo [MPa] 200000.00000
Resistenza acciaio scudo [MPa] 500.00000
Intasamento con filler (l=si,0=no) 1

RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----
Distanza dal fronte alla messa in opera [m] 11.00000
Spessore CLS [m]40000
Modulo Young CLS [MPa] 40305.00000
Coefficiente di Poisson CLS20000
Resistenza compressione CLS [MPa] 18.70000
Opzione calcolo rivestimento 0
[0 prerivestimenti non collaboranti a lungo termine]
[1 prerivestimenti collaboranti a lungo termine]
Gioco radiale posa in opera rivestimento [m]14500

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000
Spostamento radiale galleria [m]024444
Raggio plastico galleria [m] 6.892809
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]010350
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]003637
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]007089
Raggio plastico fronte sferico [m] 5.633774

STATO GALLERIA AL FRONTE DI SCAVO (PER FRESA SCUDATA) -----

GR2a_160m

Metodo Panet-Guenot
U [m] : .01035
LAMBDA : .66279

Trasformazione Omotetica
U [m] : .00709
LAMBDA : .45395

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica
U [m] : .01035
LAMBDA : .66279

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
U [m] : .00364
LAMBDA : .23289

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
U [m] : .00709
LAMBDA : .45395

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL RIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot
U [m] : .02278
LAMBDA : .98550

Trasformazione Omotetica
U [m] : .02440
LAMBDA : .99962

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica
U [m] : .02253
LAMBDA : .98319

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
U [m] : .02172
LAMBDA : .97497

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
U [m] : .02213
LAMBDA : .97922

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

Pressione fine calcolo [MPa]	.000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m]	.024444
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	6.892809

FRESA SCUDATA -----

Raggio plastico al punto di equilibrio [m]	.00000
Pressione al punto di equilibrio [MPa]	.00000
Spostamento al punto di equilibrio [m]	.00709
Convergenza radiale scudo [m]	.00000
Tensione scudo [MPa]	.00000
Coefficiente di sicurezza scudo	.00000
Pressione rottura scudo [MPa]	6.10353
Rigidezza scudo [MPa]	2730.48809

Il rivestimento prefabbricato non entra in contatto con la roccia.

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----

Raggio plastico punto di equilibrio [m]	.00000
Pressione punto di equilibrio [MPa]	.00000
Spostamento punto di equilibrio [MPa]	.04700
Spostamento galleria alla messa in opera [m]	.04700
Convergenza radiale rivestimento [m]	.00000
Tensione CLS [MPa]	.00000
Coefficiente di sicurezza CLS	1000000.00000
Pressione rottura CLS [MPa]	1.51147
Rigidezza anello CLS [MPa]	3774.88538
Tasso di deconfinamento alla messa in opera	.979220

GR2a_280m

```
#####
#####
###
###
### ##### ## ##
### ##### ## ##
### ##### ## ##
##### ## ## ##
##### #####
#####
#####
```

CALCOLO GALLERIE CON METODO
CONVERGENZA-CONFINAMENTO
SOLUTORE TRANSFER-MATRIX

VERSIONE 4 (2003)

nuovo lavoro
nuova analisi
analisi base

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 5
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m] 4.88500

PARAMETRI GEOTECNICI -----
Tensione originaria [MPa] 7.56000
Modulo di Young [MPa] 1750.00000
Coefficiente di Poisson30000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] . .00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] .. .00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa].. .00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m] 4.88500
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa].. .00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m] 4.88500
RESISTENZA ROCCIA
Coesione picco [MPa]71500
Angolo attrito picco [°] 34.00000
Coesione residua [MPa]63000
Angolo attrito residuo [MPa] 30.00000
Angolo dilatanza [°]00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa]00000
Modulo di softening H [MPa]00000

FRESA SCUDATA -----
Spessore scudo metallico [m]06000
Gioco tra scudo e roccia [m]04000
Pressione sul fronte di scavo [MPa]00000
Coefficiente di Poisson acciaio scudo30000
Modulo Young acciaio scudo [MPa] 200000.00000
Resistenza acciaio scudo [MPa] 500.00000
Intasamento con filler (l=si,0=no) 1

RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----
Distanza dal fronte alla messa in opera [m] 11.00000
Spessore CLS [m]40000
Modulo Young CLS [MPa] 40305.00000
Coefficiente di Poisson CLS20000
Resistenza compressione CLS [MPa] 18.70000
Opzione calcolo rivestimento 0
[0 prerivestimenti non collaboranti a lungo termine]
[1 prerivestimenti collaboranti a lungo termine]
Gioco radiale posa in opera rivestimento [m]14500

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000
Spostamento radiale galleria [m]056165
Raggio plastico galleria [m] 8.123729
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]022237
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]005588
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]016288
Raggio plastico fronte sferico [m] 6.085656

STATO GALLERIA AL FRONTE DI SCAVO (PER FRESA SCUDATA) -----

GR2a_280m

```
Metodo Panet-Guenot
  U [m] : .02224
  LAMBDA : .76253

Trasformazione Omotetica
  U [m] : .01629
  LAMBDA : .59601

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica
  U [m] : .02224
  LAMBDA : .76253

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
  U [m] : .00559
  LAMBDA : .20449

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
  U [m] : .01629
  LAMBDA : .59601
```

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL RIVESTIMENTO -----

```
Metodo Panet-Guenot
  U [m] : .05121
  LAMBDA : .98532

Trasformazione Omotetica
  U [m] : .05586
  LAMBDA : .99918

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica
  U [m] : .04901
  LAMBDA : .97781

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
  U [m] : .04600
  LAMBDA : .96643

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
  U [m] : .04791
  LAMBDA : .97384
```

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

```
Pressione fine calcolo [MPa] ..... .000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m] ..... .056165
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] ..... 8.123729
```

```
FRESA SCUDATA -----
Raggio plastico al punto di equilibrio [m] ..... .00000
Pressione al punto di equilibrio [MPa] ..... .00000
Spostamento al punto di equilibrio [m] ..... .01629
Convergenza radiale scudo [m] ..... .00000
Tensione scudo [MPa] ..... .00000
Coefficiente di sicurezza scudo ..... .00000
Pressione rottura scudo [MPa] ..... 6.10353
Rigidezza scudo [MPa] ..... 2730.48809
```

```
RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----
Raggio plastico punto di equilibrio [m] ..... 8.10549
Pressione punto di equilibrio [MPa] ..... .00164
Spostamento punto di equilibrio [MPa] ..... .05608
Spostamento galleria alla messa in opera [m] ..... .05608
Convergenza radiale rivestimento [m] ..... .00000
Tensione CLS [MPa] ..... .02033
Coefficiente di sicurezza CLS ..... 919.92033
Pressione rottura CLS [MPa] ..... 1.51147
Rigidezza anello CLS [MPa] ..... 3774.88538
Tasso di deconfinamento alla messa in opera ..... .973842
```

GR2b_160m

```
#####
#####
###
###
### ##### ## ##
### ##### ## ##
### ##### ## ##
##### ## ## ##
##### #####
#####
#####
```

CALCOLO GALLERIE CON METODO
CONVERGENZA-CONFINAMENTO
SOLUTORE TRANSFER-MATRIX

VERSIONE 4 (2003)

nuovo lavoro
nuova analisi
analisi base

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 5
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m] 4.88500

PARAMETRI GEOTECNICI -----
Tensione originaria [MPa] 4.32000
Modulo di Young [MPa] 1250.00000
Coefficiente di Poisson30000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] . .00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] .. .00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa].. .00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m] 4.88500
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa].. .00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m] 4.88500
RESISTENZA ROCCIA
Coesione picco [MPa]42400
Angolo attrito picco [°] 33.00000
Coesione residua [MPa]36800
Angolo attrito residuo [MPa] 26.00000
Angolo dilatanza [°]00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa]00000
Modulo di softening H [MPa]00000

FRESA SCUDATA -----
Spessore scudo metallico [m]06000
Gioco tra scudo e roccia [m]04000
Pressione sul fronte di scavo [MPa]00000
Coefficiente di Poisson acciaio scudo30000
Modulo Young acciaio scudo [MPa] 200000.00000
Resistenza acciaio scudo [MPa] 500.00000
Intasamento con filler (l=si,0=no) 1

RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----
Distanza dal fronte alla messa in opera [m] 11.00000
Spessore CLS [m]40000
Modulo Young CLS [MPa] 40305.00000
Coefficiente di Poisson CLS20000
Resistenza compressione CLS [MPa] 18.70000
Opzione calcolo rivestimento 0
[0 prerivestimenti non collaboranti a lungo termine]
[1 prerivestimenti collaboranti a lungo termine]
Gioco radiale posa in opera rivestimento [m]14500

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000
Spostamento radiale galleria [m]045810
Raggio plastico galleria [m] 8.251869
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]018003
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]004558
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]013285
Raggio plastico fronte sferico [m] 6.129183

STATO GALLERIA AL FRONTE DI SCAVO (PER FRESA SCUDATA) -----

GR2b_160m

Metodo Panet-Guenot
U [m] : .01800
LAMBDA : .76282

Trasformazione Omotetica
U [m] : .01328
LAMBDA : .60766

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica
U [m] : .01800
LAMBDA : .76282

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
U [m] : .00456
LAMBDA : .20849

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
U [m] : .01328
LAMBDA : .60766

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL RIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot
U [m] : .04167
LAMBDA : .98465

Trasformazione Omotetica
U [m] : .04555
LAMBDA : .99910

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica
U [m] : .03943
LAMBDA : .97503

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
U [m] : .03680
LAMBDA : .96229

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
U [m] : .03848
LAMBDA : .97061

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

Pressione fine calcolo [MPa]	.000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m]	.045810
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	8.251869

FRESA SCUDATA -----

Raggio plastico al punto di equilibrio [m]	.00000
Pressione al punto di equilibrio [MPa]	.00000
Spostamento al punto di equilibrio [m]	.01328
Convergenza radiale scudo [m]	.00000
Tensione scudo [MPa]	.00000
Coefficiente di sicurezza scudo	.00000
Pressione rottura scudo [MPa]	6.10353
Rigidezza scudo [MPa]	2730.48809

Il rivestimento prefabbricato non entra in contatto con la roccia.

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----

Raggio plastico punto di equilibrio [m]	.00000
Pressione punto di equilibrio [MPa]	.00000
Spostamento punto di equilibrio [MPa]	.05315
Spostamento galleria alla messa in opera [m]	.05315
Convergenza radiale rivestimento [m]	.00000
Tensione CLS [MPa]	.00000
Coefficiente di sicurezza CLS	1000000.00000
Pressione rottura CLS [MPa]	1.51147
Rigidezza anello CLS [MPa]	3774.88538
Tasso di deconfinamento alla messa in opera	.970613

GR2b_280m

```
#####
#####
###
###
### ##### ## ##
### ##### ## ##
### ##### ## ##
##### ## ## ##
##### #####
#####
#####
```

CALCOLO GALLERIE CON METODO
CONVERGENZA-CONFINAMENTO
SOLUTORE TRANSFER-MATRIX

VERSIONE 4 (2003)

nuovo lavoro
nuova analisi
analisi base

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 5
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m] 4.88500

PARAMETRI GEOTECNICI -----
Tensione originaria [MPa] 7.56000
Modulo di Young [MPa] 1250.00000
Coefficiente di Poisson30000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] . .00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] .. .00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa].. .00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m] 4.88500
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa].. .00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m] 4.88500
RESISTENZA ROCCIA
Coesione picco [MPa]60500
Angolo attrito picco [°] 30.00000
Coesione residua [MPa]52000
Angolo attrito residuo [MPa] 26.00000
Angolo dilatanza [°]00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa]00000
Modulo di softening H [MPa]00000

FRESA SCUDATA -----
Spessore scudo metallico [m]06000
Gioco tra scudo e roccia [m]04000
Pressione sul fronte di scavo [MPa]00000
Coefficiente di Poisson acciaio scudo30000
Modulo Young acciaio scudo [MPa] 200000.00000
Resistenza acciaio scudo [MPa] 500.00000
Intasamento con filler (1=si,0=no) 1

RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----
Distanza dal fronte alla messa in opera [m] 11.00000
Spessore CLS [m]40000
Modulo Young CLS [MPa] 40305.00000
Coefficiente di Poisson CLS20000
Resistenza compressione CLS [MPa] 18.70000
Opzione calcolo rivestimento 0
[0 prerivestimenti non collaboranti a lungo termine]
[1 prerivestimenti collaboranti a lungo termine]
Gioco radiale posa in opera rivestimento [m]14500

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000
Spostamento radiale galleria [m]110497
Raggio plastico galleria [m] 9.949328
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]040403
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]010994
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]032044
Raggio plastico fronte sferico [m] 6.716401

STATO GALLERIA AL FRONTE DI SCAVO (PER FRESA SCUDATA) -----

GR2b_280m

Metodo Panet-Guenot
U [m] : .04040
LAMBDA : .80937

Trasformazione Omotetica
U [m] : .03204
LAMBDA : .73776

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica
U [m] : .04040
LAMBDA : .80937

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
U [m] : .01099
LAMBDA : .28737

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
U [m] : .03204
LAMBDA : .73776

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL RIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot
U [m] : .09749
LAMBDA : .98377

Trasformazione Omotetica
U [m] : .10882
LAMBDA : .99812

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica
U [m] : .08710
LAMBDA : .96767

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
U [m] : .07910
LAMBDA : .95273

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
U [m] : .08470
LAMBDA : .96346

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

Pressione fine calcolo [MPa]	.000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m]	.110497
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	9.949328

FRESA SCUDATA -----

Raggio plastico al punto di equilibrio [m]	8.25187
Pressione al punto di equilibrio [MPa]	.46570
Spostamento al punto di equilibrio [m]	.03259
Convergenza radiale scudo [m]	.00055
Tensione scudo [MPa]	25.01865
Coefficiente di sicurezza scudo	19.98509
Pressione rottura scudo [MPa]	6.10353
Rigidezza scudo [MPa]	2730.48809

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----

Raggio plastico punto di equilibrio [m]	8.28863
Pressione punto di equilibrio [MPa]	.45550
Spostamento punto di equilibrio [MPa]	.07316
Spostamento galleria alla messa in opera [m]	.07259
Convergenza radiale rivestimento [m]	.00057
Tensione CLS [MPa]	5.63542
Coefficiente di sicurezza CLS	3.31830
Pressione rottura CLS [MPa]	1.51147
Rigidezza anello CLS [MPa]	3774.88538
Tasso di deconfinamento alla messa in opera	.963460

GR3a_160m

```

#####
#####
###
###
### ##### ## ##
### ##### ## ##
### ##### ## ##
##### ## ## ##
##### #####
#####

```

CALCOLO GALLERIE CON METODO
CONVERGENZA-CONFINAMENTO
SOLUTORE TRANSFER-MATRIX

VERSIONE 4 (2003)

nuovo lavoro
nuova analisi
analisi base

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 5
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m] 4.91000

PARAMETRI GEOTECNICI -----
Tensione originaria [MPa] 4.16000
Modulo di Young [MPa] 900.00000
Coefficiente di Poisson30000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] . .00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] .. .00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa].. .00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m] 4.91000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa].. .00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m] 4.91000
RESISTENZA ROCCIA
Coesione picco [MPa]31200
Angolo attrito picco [°] 29.00000
Coesione residua [MPa]26600
Angolo attrito residuo [MPa] 24.00000
Angolo dilatanza [°]00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa]00000
Modulo di softening H [MPa]00000

FRESA SCUDATA -----
Spessore scudo metallico [m]06000
Gioco tra scudo e roccia [m]06500
Pressione sul fronte di scavo [MPa]00000
Coefficiente di Poisson acciaio scudo30000
Modulo Young acciaio scudo [MPa] 200000.00000
Resistenza acciaio scudo [MPa] 500.00000
Intasamento con filler (l=si,0=no) 1

RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----
Distanza dal fronte alla messa in opera [m] 11.00000
Spessore CLS [m]40000
Modulo Young CLS [MPa] 40305.00000
Coefficiente di Poisson CLS20000
Resistenza compressione CLS [MPa] 16.80000
Opzione calcolo rivestimento 0
[0 prerivestimenti non collaboranti a lungo termine]
[1 prerivestimenti collaboranti a lungo termine]
Gioco radiale posa in opera rivestimento [m]14500

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000
Spostamento radiale galleria [m]096075
Raggio plastico galleria [m] 10.792265
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]034143
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]009560
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]027862
Raggio plastico fronte sferico [m] 6.987182

STATO GALLERIA AL FRONTE DI SCAVO (PER FRESA SCUDATA) -----

GR3a_160m

Metodo Panet-Guenot
U [m] : .03414
LAMBDA : .82045

Trasformazione Omotetica
U [m] : .02786
LAMBDA : .76516

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica
U [m] : .03414
LAMBDA : .82045

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
U [m] : .00956
LAMBDA : .32527

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
U [m] : .02786
LAMBDA : .76516

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL RIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot
U [m] : .08343
LAMBDA : .98307

Trasformazione Omotetica
U [m] : .09405
LAMBDA : .99756

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica
U [m] : .07154
LAMBDA : .96225

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
U [m] : .06384
LAMBDA : .94519

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
U [m] : .06949
LAMBDA : .95804

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

Pressione fine calcolo [MPa]	.000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m]	.096075
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	10.792265

FRESA SCUDATA -----

Raggio plastico al punto di equilibrio [m]	10.56415
Pressione al punto di equilibrio [MPa]	.01618
Spostamento al punto di equilibrio [m]	.02787
Convergenza radiale scudo [m]	.00001
Tensione scudo [MPa]	.55939
Coefficiente di sicurezza scudo	893.83039
Pressione rottura scudo [MPa]	6.07265
Rigidezza scudo [MPa]	2716.42690

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----

Raggio plastico punto di equilibrio [m]	10.58031
Pressione punto di equilibrio [MPa]	.01608
Spostamento punto di equilibrio [MPa]	.09289
Spostamento galleria alla messa in opera [m]	.09287
Convergenza radiale rivestimento [m]	.00002
Tensione CLS [MPa]	.19990
Coefficiente di sicurezza CLS	84.04186
Pressione rottura CLS [MPa]	1.35109
Rigidezza anello CLS [MPa]	3753.83152
Tasso di deconfinamento alla messa in opera	.958037

GR3a_280m

```
#####
#####
###
###
### ##### ## ##
### ##### ## ##
### ##### ## ##
##### ## ## ##
##### #####
#####
```

CALCOLO GALLERIE CON METODO
CONVERGENZA-CONFINAMENTO
SOLUTORE TRANSFER-MATRIX

VERSIONE 4 (2003)

nuovo lavoro
nuova analisi
analisi base

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 5
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m] 4.91000

PARAMETRI GEOTECNICI -----
Tensione originaria [MPa] 7.28000
Modulo di Young [MPa] 900.00000
Coefficiente di Poisson30000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] . .00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] .. .00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa].. .00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m] 4.91000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa].. .00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m] 4.91000
RESISTENZA ROCCIA
Coesione picco [MPa]44500
Angolo attrito picco [°] 25.00000
Coesione residua [MPa]37500
Angolo attrito residuo [MPa] 22.00000
Angolo dilatanza [°]00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa]00000
Modulo di softening H [MPa]00000

FRESA SCUDATA -----
Spessore scudo metallico [m]06000
Gioco tra scudo e roccia [m]06500
Pressione sul fronte di scavo [MPa]00000
Coefficiente di Poisson acciaio scudo30000
Modulo Young acciaio scudo [MPa] 200000.00000
Resistenza acciaio scudo [MPa] 500.00000
Intasamento con filler (l=si,0=no) 1

RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----
Distanza dal fronte alla messa in opera [m] 11.00000
Spessore CLS [m]40000
Modulo Young CLS [MPa] 40305.00000
Coefficiente di Poisson CLS20000
Resistenza compressione CLS [MPa] 18.70000
Opzione calcolo rivestimento 0
[0 prerivestimenti non collaboranti a lungo termine]
[1 prerivestimenti collaboranti a lungo termine]
Gioco radiale posa in opera rivestimento [m]14500

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000
Spostamento radiale galleria [m]289822
Raggio plastico galleria [m] 14.840910
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]090937
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]028837
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]084048
Raggio plastico fronte sferico [m] 8.191823

STATO GALLERIA AL FRONTE DI SCAVO (PER FRESA SCUDATA) -----

GR3a_280m

```
Metodo Panet-Guenot
  U [m] : .09094
  LAMBDA : .84901

Trasformazione Omotetica
  U [m] : .08405
  LAMBDA : .83447

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica
  U [m] : .09094
  LAMBDA : .84901

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
  U [m] : .02884
  LAMBDA : .54699

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
  U [m] : .08405
  LAMBDA : .83447
```

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL RIVESTIMENTO -----

```
Metodo Panet-Guenot
  U [m] : .23368
  LAMBDA : .97939

Trasformazione Omotetica
  U [m] : .27119
  LAMBDA : .99394

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica
  U [m] : .17669
  LAMBDA : .94819

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
  U [m] : .14947
  LAMBDA : .92683

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
  U [m] : .17344
  LAMBDA : .94592
```

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

```
Pressione fine calcolo [MPa] ..... .000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m] ..... .289822
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] ..... 14.840910
```

```
FRESA SCUDATA -----
Raggio plastico al punto di equilibrio [m] ..... 10.91934
Pressione al punto di equilibrio [MPa] ..... .53189
Spostamento al punto di equilibrio [m] ..... .08460
Convergenza radiale scudo [m] ..... .00055
Tensione scudo [MPa] ..... 24.98702
Coefficiente di sicurezza scudo ..... 20.01039
Pressione rottura scudo [MPa] ..... 6.07265
Rigidezza scudo [MPa] ..... 2716.42690
```

```
RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----
Raggio plastico punto di equilibrio [m] ..... 10.95320
Pressione punto di equilibrio [MPa] ..... .52757
Spostamento punto di equilibrio [MPa] ..... .15027
Spostamento galleria alla messa in opera [m] ..... .14960
Convergenza radiale rivestimento [m] ..... .00067
Tensione CLS [MPa] ..... 6.56003
Coefficiente di sicurezza CLS ..... 2.85059
Pressione rottura CLS [MPa] ..... 1.50389
Rigidezza anello CLS [MPa] ..... 3753.83152
Tasso di deconfinamento alla messa in opera ..... .945919
```

GR3b_160m

```

#####
#####
###
###
### ##### ## ##
### ##### ## ##
### ##### ## ##
##### ## ## ##
##### #####
#####

```

CALCOLO GALLERIE CON METODO
CONVERGENZA-CONFINAMENTO
SOLUTORE TRANSFER-MATRIX

VERSIONE 4 (2003)

nuovo lavoro
nuova analisi
analisi base

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 5
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m] 4.91000

PARAMETRI GEOTECNICI -----
Tensione originaria [MPa] 4.16000
Modulo di Young [MPa] 900.00000
Coefficiente di Poisson30000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] . .00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] .. .00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa].. .00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m] 4.91000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa].. .00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m] 4.91000
RESISTENZA ROCCIA
Coesione picco [MPa]28300
Angolo attrito picco [°] 27.00000
Coesione residua [MPa]23700
Angolo attrito residuo [MPa] 22.00000
Angolo dilatanza [°]00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa]00000
Modulo di softening H [MPa]00000

FRESA SCUDATA -----
Spessore scudo metallico [m]06000
Gioco tra scudo e roccia [m]06500
Pressione sul fronte di scavo [MPa]00000
Coefficiente di Poisson acciaio scudo30000
Modulo Young acciaio scudo [MPa] 200000.00000
Resistenza acciaio scudo [MPa] 500.00000
Intasamento con filler (1=si,0=no) 1

RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----
Distanza dal fronte alla messa in opera [m] 11.00000
Spessore CLS [m]40000
Modulo Young CLS [MPa] 40305.00000
Coefficiente di Poisson CLS20000
Resistenza compressione CLS [MPa] 18.70000
Opzione calcolo rivestimento 0
[0 prerivestimenti non collaboranti a lungo termine]
[1 prerivestimenti collaboranti a lungo termine]
Gioco radiale posa in opera rivestimento [m]14500

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000
Spostamento radiale galleria [m]122961
Raggio plastico galleria [m] 12.448337
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]041233
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]012235
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]035659
Raggio plastico fronte sferico [m] 7.508243

STATO GALLERIA AL FRONTE DI SCAVO (PER FRESA SCUDATA) -----

GR3b_160m

```
Metodo Panet-Guenot
  U [m] : .04123
  LAMBDA : .83554

Trasformazione Omotetica
  U [m] : .03566
  LAMBDA : .80321

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica
  U [m] : .04123
  LAMBDA : .83554

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
  U [m] : .01223
  LAMBDA : .41630

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
  U [m] : .03566
  LAMBDA : .80321
```

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL RIVESTIMENTO -----

```
Metodo Panet-Guenot
  U [m] : .10355
  LAMBDA : .98158

Trasformazione Omotetica
  U [m] : .11843
  LAMBDA : .99616

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica
  U [m] : .08393
  LAMBDA : .95585

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
  U [m] : .07314
  LAMBDA : .93682

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
  U [m] : .08178
  LAMBDA : .95241
```

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

```
Pressione fine calcolo [MPa] ..... .000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m] ..... .122961
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] ..... 12.448337
```

```
FRESA SCUDATA -----
Raggio plastico al punto di equilibrio [m] ..... 11.38325
Pressione al punto di equilibrio [MPa] ..... .08986
Spostamento al punto di equilibrio [m] ..... .03573
Convergenza radiale scudo [m] ..... .00007
Tensione scudo [MPa] ..... 3.10622
Coefficiente di sicurezza scudo ..... 160.96725
Pressione rottura scudo [MPa] ..... 6.07265
Rigidezza scudo [MPa] ..... 2716.42690
```

```
RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----
Raggio plastico punto di equilibrio [m] ..... 11.38325
Pressione punto di equilibrio [MPa] ..... .08932
Spostamento punto di equilibrio [MPa] ..... .10084
Spostamento galleria alla messa in opera [m] ..... .10073
Convergenza radiale rivestimento [m] ..... .00011
Tensione CLS [MPa] ..... 1.11064
Coefficiente di sicurezza CLS ..... 16.83717
Pressione rottura CLS [MPa] ..... 1.50389
Rigidezza anello CLS [MPa] ..... 3753.83152
Tasso di deconfinamento alla messa in opera ..... .952406
```

GR3b_280m

```
#####
#####
###
###
### ##### ## ##
### ##### ## ##
### ##### ## ##
##### ## ## ##
##### #####
#####
```

CALCOLO GALLERIE CON METODO
CONVERGENZA-CONFINAMENTO
SOLUTORE TRANSFER-MATRIX

VERSIONE 4 (2003)

nuovo lavoro
nuova analisi
analisi base

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 5
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m] 4.91000

PARAMETRI GEOTECNICI -----
Tensione originaria [MPa] 7.28000
Modulo di Young [MPa] 900.00000
Coefficiente di Poisson30000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] . .00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] .. .00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa].. .00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m] 4.91000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa].. .00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m] 4.91000
RESISTENZA ROCCIA
Coesione picco [MPa]40000
Angolo attrito picco [°] 24.00000
Coesione residua [MPa]33500
Angolo attrito residuo [MPa] 20.00000
Angolo dilatanza [°]00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa]00000
Modulo di softening H [MPa]00000

FRESA SCUDATA -----
Spessore scudo metallico [m]06000
Gioco tra scudo e roccia [m]06500
Pressione sul fronte di scavo [MPa]00000
Coefficiente di Poisson acciaio scudo30000
Modulo Young acciaio scudo [MPa] 200000.00000
Resistenza acciaio scudo [MPa] 500.00000
Intasamento con filler (l=si,0=no) 1

RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----
Distanza dal fronte alla messa in opera [m] 11.00000
Spessore CLS [m]40000
Modulo Young CLS [MPa] 40305.00000
Coefficiente di Poisson CLS20000
Resistenza compressione CLS [MPa] 18.70000
Opzione calcolo rivestimento 0
[0 prerivestimenti non collaboranti a lungo termine]
[1 prerivestimenti collaboranti a lungo termine]
Gioco radiale posa in opera rivestimento [m]14500

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000
Spostamento radiale galleria [m]366071
Raggio plastico galleria [m] 16.917238
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]109378
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]036424
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]106161
Raggio plastico fronte sferico [m] 8.731154

STATO GALLERIA AL FRONTE DI SCAVO (PER FRESA SCUDATA) -----

GR3b_280m

Metodo Panet-Guenot
U [m] : .10938
LAMBDA : .85960

Trasformazione Omotetica
U [m] : .10616
LAMBDA : .85476

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica
U [m] : .10938
LAMBDA : .85960

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
U [m] : .03642
LAMBDA : .61693

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
U [m] : .10616
LAMBDA : .85476

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL RIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot
U [m] : .28450
LAMBDA : .97818

Trasformazione Omotetica
U [m] : .33227
LAMBDA : .99199

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica
U [m] : .20228
LAMBDA : .94303

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
U [m] : .16666
LAMBDA : .91979

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
U [m] : .20052
LAMBDA : .94203

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

Pressione fine calcolo [MPa]	.000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m]	.366071
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	16.917238

FRESA SCUDATA -----

Raggio plastico al punto di equilibrio [m]	11.84866
Pressione al punto di equilibrio [MPa]	.55657
Spostamento al punto di equilibrio [m]	.10672
Convergenza radiale scudo [m]	.00056
Tensione scudo [MPa]	25.66658
Coefficiente di sicurezza scudo	19.48059
Pressione rottura scudo [MPa]	6.07265
Rigidezza scudo [MPa]	2716.42690

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----

Raggio plastico punto di equilibrio [m]	11.93648
Pressione punto di equilibrio [MPa]	.55287
Spostamento punto di equilibrio [MPa]	.17243
Spostamento galleria alla messa in opera [m]	.17172
Convergenza radiale rivestimento [m]	.00070
Tensione CLS [MPa]	6.87463
Coefficiente di sicurezza CLS	2.72015
Pressione rottura CLS [MPa]	1.50389
Rigidezza anello CLS [MPa]	3753.83152
Tasso di deconfinamento alla messa in opera	.942030

GR3a_280m_copy_cutter

```
#####
#####
###
###
###   #####   ##   ##   ##
###   #####   ##   ##   ##
###   #####   ##   ##   ##
#####   ##   ##   ##   ##
#####   #####   #####
#####
```

CALCOLO GALLERIE CON METODO
CONVERGENZA-CONFINAMENTO
SOLUTORE TRANSFER-MATRIX

VERSIONE 4 (2003)

##

nuovo lavoro
nuova analisi
analisi base

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 5
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m] 4.97500

PARAMETRI GEOTECNICI -----
Tensione originaria [MPa] 7.28000
Modulo di Young [MPa] 900.00000
Coefficiente di Poisson30000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] . .00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] .. .00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa].. .00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m] 4.97500
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa].. .00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m] 4.97500
RESISTENZA ROCCIA
Coesione picco [MPa]44500
Angolo attrito picco [°] 25.00000
Coesione residua [MPa]37500
Angolo attrito residuo [MPa] 22.00000
Angolo dilatanza [°]00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa]00000
Modulo di softening H [MPa]00000

FRESA SCUDATA -----
Spessore scudo metallico [m]06000
Gioco tra scudo e roccia [m]13000
Pressione sul fronte di scavo [MPa]00000
Coefficiente di Poisson acciaio scudo30000
Modulo Young acciaio scudo [MPa] 200000.00000
Resistenza acciaio scudo [MPa] 500.00000
Intasamento con filler (l=si,0=no) 1

RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----
Distanza dal fronte alla messa in opera [m] 11.00000
Spessore CLS [m]40000
Modulo Young CLS [MPa] 40305.00000
Coefficiente di Poisson CLS20000
Resistenza compressione CLS [MPa] 18.70000
Opzione calcolo rivestimento 0
[0 prerivestimenti non collaboranti a lungo termine]
[1 prerivestimenti collaboranti a lungo termine]
Gioco radiale posa in opera rivestimento [m]14500

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000
Spostamento radiale galleria [m]293658
Raggio plastico galleria [m] 15.037378
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]092141
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]029219
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]085161
Raggio plastico fronte sferico [m] 8.300269

STATO GALLERIA AL FRONTE DI SCAVO (PER FRESA SCUDATA) -----

GR3a_280m_copy_cutter

Metodo Panet-Guenot
U [m] : .09214
LAMBDA : .84901

Trasformazione Omotetica
U [m] : .08516
LAMBDA : .83447

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica
U [m] : .09214
LAMBDA : .84901

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
U [m] : .02922
LAMBDA : .54699

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
U [m] : .08516
LAMBDA : .83447

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL RIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot
U [m] : .23630
LAMBDA : .97918

Trasformazione Omotetica
U [m] : .27491
LAMBDA : .99398

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica
U [m] : .17820
LAMBDA : .94762

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
U [m] : .15049
LAMBDA : .92597

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
U [m] : .17492
LAMBDA : .94535

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

Pressione fine calcolo [MPa]	.000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m]	.293658
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	15.037378

FRESA SCUDATA -----

Raggio plastico al punto di equilibrio [m]	13.04110
Pressione al punto di equilibrio [MPa]	.22284
Spostamento al punto di equilibrio [m]	.08533
Convergenza radiale scudo [m]	.00017
Tensione scudo [MPa]	7.80934
Coefficiente di sicurezza scudo	64.02592
Pressione rottura scudo [MPa]	5.99379
Rigidezza scudo [MPa]	2680.53661

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----

Raggio plastico punto di equilibrio [m]	13.04110
Pressione punto di equilibrio [MPa]	.22179
Spostamento punto di equilibrio [MPa]	.21562
Spostamento galleria alla messa in opera [m]	.21533
Convergenza radiale rivestimento [m]	.00029
Tensione CLS [MPa]	2.79377
Coefficiente di sicurezza CLS	6.69346
Pressione rottura CLS [MPa]	1.48453
Rigidezza anello CLS [MPa]	3700.17286
Tasso di deconfinamento alla messa in opera	.945346

GR3b_280m_copy_cutter

```
#####
#####
###
###
### ##### ## ##
### ##### ## ##
### ##### ## ##
##### ## ## ##
##### #####
#####
```

CALCOLO GALLERIE CON METODO
CONVERGENZA-CONFINAMENTO
SOLUTORE TRANSFER-MATRIX

VERSIONE 4 (2003)

nuovo lavoro
nuova analisi
analisi base

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 5
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m] 4.97500

PARAMETRI GEOTECNICI -----
Tensione originaria [MPa] 7.28000
Modulo di Young [MPa] 900.00000
Coefficiente di Poisson30000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] . .00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] .. .00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa].. .00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m] 4.97500
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa].. .00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m] 4.97500
RESISTENZA ROCCIA
Coesione picco [MPa]40000
Angolo attrito picco [°] 24.00000
Coesione residua [MPa]33500
Angolo attrito residuo [MPa] 20.00000
Angolo dilatanza [°]00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa]00000
Modulo di softening H [MPa]00000

FRESA SCUDATA -----
Spessore scudo metallico [m]06000
Gioco tra scudo e roccia [m]13000
Pressione sul fronte di scavo [MPa]00000
Coefficiente di Poisson acciaio scudo30000
Modulo Young acciaio scudo [MPa] 200000.00000
Resistenza acciaio scudo [MPa] 500.00000
Intasamento con filler (l=si,0=no) 1

RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----
Distanza dal fronte alla messa in opera [m] 11.00000
Spessore CLS [m]40000
Modulo Young CLS [MPa] 40305.00000
Coefficiente di Poisson CLS20000
Resistenza compressione CLS [MPa] 18.70000
Opzione calcolo rivestimento 0
[0 prerivestimenti non collaboranti a lungo termine]
[1 prerivestimenti collaboranti a lungo termine]
Gioco radiale posa in opera rivestimento [m]14500

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000
Spostamento radiale galleria [m]370917
Raggio plastico galleria [m] 17.141193
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]110826
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]036906
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]107566
Raggio plastico fronte sferico [m] 8.846740

STATO GALLERIA AL FRONTE DI SCAVO (PER FRESA SCUDATA) -----

GR3b_280m_copy_cutter

Metodo Panet-Guenot
U [m] : .11083
LAMBDA : .85960

Trasformazione Omotetica
U [m] : .10757
LAMBDA : .85476

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica
U [m] : .11083
LAMBDA : .85960

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
U [m] : .03691
LAMBDA : .61693

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
U [m] : .10757
LAMBDA : .85476

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL RIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot
U [m] : .28762
LAMBDA : .97797

Trasformazione Omotetica
U [m] : .33687
LAMBDA : .99204

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica
U [m] : .20388
LAMBDA : .94242

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
U [m] : .16766
LAMBDA : .91888

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
U [m] : .20211
LAMBDA : .94143

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

Pressione fine calcolo [MPa]	.000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m]	.370917
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	17.141193

FRESA SCUDATA -----

Raggio plastico al punto di equilibrio [m]	13.94675
Pressione al punto di equilibrio [MPa]	.29706
Spostamento al punto di equilibrio [m]	.10780
Convergenza radiale scudo [m]	.00023
Tensione scudo [MPa]	10.41023
Coefficiente di sicurezza scudo	48.02970
Pressione rottura scudo [MPa]	5.99379
Rigidezza scudo [MPa]	2680.53661

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----

Raggio plastico punto di equilibrio [m]	13.94675
Pressione punto di equilibrio [MPa]	.29583
Spostamento punto di equilibrio [MPa]	.23818
Spostamento galleria alla messa in opera [m]	.23780
Convergenza radiale rivestimento [m]	.00039
Tensione CLS [MPa]	3.72646
Coefficiente di sicurezza CLS	5.01816
Pressione rottura CLS [MPa]	1.48453
Rigidezza anello CLS [MPa]	3700.17286
Tasso di deconfinamento alla messa in opera	.941430

VERIFICHE C.A.

SCAVO CON TBM - ANALISI FORMAZIONE Ap GR1 H=275m - TIME 8 - CANNA 1															
INPUT PLAXIS						Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI				CHECK			
Element	Node	Height	N	V	M	Af	Af'	σ_c [Mpa]	$\sigma_{s,inf}$ [Mpa]	$\sigma_{s,sup}$ [Mpa]	τ [Mpa]	T	CLS	As	As'
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm2	cm2								
CONCIO_1	437	0.4	-547.208	-45.306	0.359	43.98	43.98	-0.648	-9.6	-9.7	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	438	0.4	-517.924	-47.047	2.955	43.98	43.98	-0.655	-8.6	-9.6	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	439	0.4	-492.581	-48.006	3.745	43.98	43.98	-0.638	-8.0	-9.3	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	440	0.4	-472.290	-37.328	5.725	43.98	43.98	-0.645	-7.3	-9.3	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	441	0.4	-452.736	-32.107	7.842	43.98	43.98	-0.656	-6.6	-9.4	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	442	0.4	-432.825	-32.895	8.341	43.98	43.98	-0.641	-6.1	-9.1	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	443	0.4	-420.207	-27.803	9.382	43.98	43.98	-0.643	-5.7	-9.1	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	444	0.4	-408.873	-21.252	11.375	43.98	43.98	-0.661	-5.2	-9.2	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	445	0.4	-398.660	-18.029	12.181	43.98	43.98	-0.662	-4.8	-9.2	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	446	0.4	-391.250	-8.533	13.234	43.98	43.98	-0.670	-4.5	-9.3	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	447	0.4	-391.447	6.186	13.853	43.98	43.98	-0.680	-4.4	-9.4	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	448	0.4	-392.014	12.067	13.434	43.98	43.98	-0.674	-4.5	-9.3	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	449	0.4	-398.307	17.978	13.053	43.98	43.98	-0.675	-4.7	-9.3	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	450	0.4	-407.665	22.589	12.326	43.98	43.98	-0.675	-5.0	-9.4	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	451	0.4	-423.075	29.967	11.158	43.98	43.98	-0.674	-5.5	-9.4	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	452	0.4	-441.778	34.747	11.098	43.98	43.98	-0.695	-5.8	-9.8	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	453	0.4	-467.174	26.636	11.565	43.98	43.98	-0.732	-6.2	-10.3	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	454	0.4	-494.731	29.137	12.258	43.98	43.98	-0.776	-6.5	-10.9	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	455	0.4	-525.243	32.150	14.632	43.98	43.98	-0.849	-6.6	-11.9	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	456	0.4	-565.194	30.558	17.586	43.98	43.98	-0.943	-6.8	-13.1	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	457	0.4	-609.663	31.625	21.418	43.98	43.98	-1.056	-6.9	-14.6	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	458	0.4	-657.140	32.244	25.441	43.98	43.98	-1.176	-7.0	-16.1	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	459	0.4	-698.236	48.844	27.588	43.98	43.98	-1.259	-7.4	-17.2	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	460	0.4	-743.600	56.306	28.403	43.98	43.98	-1.325	-8.0	-18.2	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	461	0.4	-789.851	54.371	30.342	43.98	43.98	-1.410	-8.5	-19.3	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	462	0.4	-833.148	61.446	29.721	43.98	43.98	-1.451	-9.3	-20.0	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	463	0.4	-872.456	66.229	29.826	43.98	43.98	-1.499	-10.0	-20.7	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	464	0.4	-919.929	60.618	31.192	43.98	43.98	-1.576	-10.6	-21.8	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	465	0.4	-962.550	64.996	29.003	43.98	43.98	-1.591	-11.8	-22.1	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	466	0.4	-997.755	78.314	26.797	43.98	43.98	-1.598	-12.8	-22.4	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	467	0.4	-1044.206	70.554	27.783	43.98	43.98	-1.668	-13.4	-23.4	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	468	0.4	-1096.117	62.844	23.964	43.98	43.98	-1.668	-15.0	-23.6	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	364	0.4	-1129.612	65.620	23.024	43.98	43.98	-1.692	-15.8	-24.0	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	365	0.4	-1171.214	67.994	25.225	43.98	43.98	-1.776	-16.1	-25.1	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	366	0.4	-1215.111	70.627	22.059	43.98	43.98	-1.777	-17.4	-25.3	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	367	0.4	-1256.098	71.711	20.278	43.98	43.98	-1.797	-18.5	-25.7	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	368	0.4	-1308.585	60.134	20.986	43.98	43.98	-1.870	-19.3	-26.8	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	369	0.4	-1349.142	61.615	18.161	43.98	43.98	-1.873	-20.5	-27.0	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	370	0.4	-1382.400	74.882	16.469	43.98	43.98	-1.885	-21.4	-27.3	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	371	0.4	-1428.477	73.715	15.911	43.98	43.98	-1.930	-22.3	-28.0	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	372	0.4	-1475.785	73.181	11.854	43.98	43.98	-1.921	-23.9	-28.1	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	373	0.4	-1525.563	73.146	10.497	43.98	43.98	-1.958	-25.0	-28.7	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	374	0.4	-1574.645	72.813	9.251	43.98	43.98	-1.996	-26.1	-29.4	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	375	0.4	-1611.634	81.411	4.018	43.98	43.98	-1.956	-27.7	-29.1	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	376	0.4	-1662.154	78.149	2.918	43.98	43.98	-1.997	-28.7	-29.8	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	377	0.4	-1720.759	76.292	0.326	43.98	43.98	-2.025	-30.2	-30.4	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	378	0.4	-1764.175	84.166	4.875	43.98	43.98	-2.148	-30.2	-31.9	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	379	0.4	-1801.320	92.010	6.291	43.98	43.98	-2.214	-30.6	-32.8	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	380	0.4	-1844.947	98.747	10.144	43.98	43.98	-2.327	-30.7	-34.3	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	381	0.4	-1888.978	104.614	15.827	43.98	43.98	-2.469	-30.4	-36.1	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	382	0.4	-1930.979	109.710	18.136	43.98	43.98	-2.555	-30.8	-37.2	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	383	0.4	-2002.700	100.027	24.041	43.98	43.98	-2.733	-31.0	-39.6	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	384	0.4	-2050.138	99.456	29.454	43.98	43.98	-2.875	-30.8	-41.4	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	385	0.4	-2098.172	99.821	31.466	43.98	43.98	-2.964	-31.3	-42.6	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	386	0.4	-2157.180	97.744	37.588	43.98	43.98	-3.130	-31.3	-44.7	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	387	0.4	-2218.499	93.112	42.242	43.98	43.98	-3.276	-31.5	-46.6	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	388	0.4	-2301.146	76.607	44.025	43.98	43.98	-3.402	-32.6	-48.4	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	389	0.4	-2358.153	66.248	49.519	43.98	43.98	-3.556	-32.7	-50.4	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	390	0.4	-2355.867	68.552	48.353	43.98	43.98	-3.535	-32.8	-50.1	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	391	0.4	-2412.546	55.265	45.292	43.98	43.98	-3.553	-34.4	-50.6	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	392	0.4	-2505.877	37.541	50.566	43.98	43.98	-3.746	-35.1	-53.2	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	393	0.4	-2533.787	29.368	47.485	43.98	43.98	-3.730	-36.1	-53.1	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	394	0.4	-2555.981	19.239	38.687	43.98	43.98	-3.616	-38.1	-51.9	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	395	0.4	-2541.320	12.452	40.819	43.98	43.98	-3.633	-37.4	-52.1	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	181	0.4	-2548.828	4.650	38.900	43.98	43.98	-3.611	-37.9	-51.8	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	182	0.4	-2545.629	-6.075	31.830	43.98	43.98	-3.495	-39.1	-50.5	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	183	0.4	-2534.736	-21.418	35.945	43.98	43.98	-3.547	-38.2	-51.1	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	184	0.4	-2550.517	-31.679	37.684	43.98	43.98	-3.593	-38.2	-51.7	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	185	0.4	-2494.838	-37.630	33.468	43.98	43.98	-3.461	-37.9	-49.9	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	186	0.4	-2443.065	-50.443	35.377	43.98	43.98	-3.431	-36.7	-49.3	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	187	0.4	-2426.097	-62.364	33.751	43.98	43.98	-3.385	-36.7	-48.8	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	188	0.4	-2404.470	-66.227	30.127	43.98	43.98	-3.302	-36.9	-47.7	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	189	0.4	-2379.378	-69.832	31.324	43.98	43.98	-3.291	-36.3	-47.5	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	190	0.4	-2327.221	-75.304	27.473	43.98	43.98	-3.169	-36.1	-45.9	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	191	0.4	-2307.739	-73.413	24.984	43.98	43.98	-3.106	-36.2	-45.1	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	192	0.4	-2285.796	-71.243	26.201	43.98	43.98	-3.100	-35.6	-44.9	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	193	0.4	-2231.406	-75.485	22.509	43.98	43.98	-2.977	-35.3	-43.3	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	194	0.4	-2208.506	-71.956	20.531	43.98	43.98	-2.919	-35.2	-42.6	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	195	0.4	-2163.008	-75.583	21.380	43.98	43.98	-2.879	-34.3	-41.9	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	196	0.4	-2112.302	-73.389	17.834	43.98	43.98	-2.763	-34.0	-40.4	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	197	0.4	-2064.038	-68.717	16.076	43.98	43.98	-2.679	-33.5	-39.2	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	198	0.4	-2021.825	-70.538	17.021	43.98	43.98	-2.644	-32.6	-38.6	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	199	0.4	-1974.682	-72.409	12.692	43.98	43.98								

SCAVO CON TBM - ANALISI FORMAZIONE Ap GR1 H=275m - TIME 8 - CANNA 1															
INPUT PLAXIS						Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI				CHECK			
Element	Node	Height	N	V	M	At	Af	σ_c [Mpa]	$\sigma_{s,inf}$ [Mpa]	$\sigma_{s,sup}$ [Mpa]	τ [MPa]	T	CLS	As	As'
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm2	cm2								
CONCIO_3	209	0.4	-1553.218	-62.850	6.578	43.98	43.98	-1.928	-26.2	-28.5	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	210	0.4	-1527.998	-52.579	7.661	43.98	43.98	-1.915	-25.5	-28.3	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	211	0.4	-1482.528	-53.179	12.516	43.98	43.98	-1.939	-23.9	-28.3	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	212	0.4	-1441.056	-52.189	9.839	43.98	43.98	-1.848	-23.6	-27.1	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	115	0.4	-1404.931	-51.095	11.044	43.98	43.98	-1.825	-22.8	-26.7	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	116	0.4	-1365.529	-49.584	16.531	43.98	43.98	-1.866	-21.1	-27.0	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	117	0.4	-1328.262	-50.962	16.013	43.98	43.98	-1.814	-20.5	-26.3	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	118	0.4	-1283.787	-64.563	16.966	43.98	43.98	-1.777	-19.6	-25.6	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	119	0.4	-1242.633	-63.329	19.675	43.98	43.98	-1.772	-18.4	-25.4	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	120	0.4	-1203.418	-62.222	19.398	43.98	43.98	-1.721	-17.7	-24.7	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	121	0.4	-1157.410	-71.456	19.809	43.98	43.98	-1.674	-16.8	-23.9	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	122	0.4	-1115.567	-68.489	21.865	43.98	43.98	-1.657	-15.7	-23.6	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	123	0.4	-1073.919	-66.168	22.669	43.98	43.98	-1.621	-14.9	-23.0	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	124	0.4	-1033.093	-63.045	24.631	43.98	43.98	-1.605	-13.8	-22.6	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	125	0.4	-994.197	-59.397	26.625	43.98	43.98	-1.591	-12.7	-22.3	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	126	0.4	-952.794	-66.618	25.825	43.98	43.98	-1.529	-12.2	-21.4	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	127	0.4	-908.119	-72.045	28.038	43.98	43.98	-1.512	-11.0	-21.0	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	128	0.4	-866.660	-65.911	29.189	43.98	43.98	-1.482	-10.0	-20.5	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	129	0.4	-827.353	-60.489	29.655	43.98	43.98	-1.443	-9.3	-19.9	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	130	0.4	-785.734	-62.862	30.804	43.98	43.98	-1.412	-8.3	-19.3	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	131	0.4	-742.434	-64.373	31.149	43.98	43.98	-1.367	-7.5	-18.6	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	132	0.4	-701.467	-56.852	29.858	43.98	43.98	-1.298	-7.0	-17.7	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	133	0.4	-661.581	-49.089	29.471	43.98	43.98	-1.246	-6.4	-16.9	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	134	0.4	-615.285	-46.896	26.640	43.98	43.98	-1.146	-6.1	-15.6	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	135	0.4	-571.640	-36.145	22.772	43.98	43.98	-1.033	-6.0	-14.1	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	136	0.4	-527.655	-22.752	18.593	43.98	43.98	-0.915	-6.0	-12.6	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	137	0.4	-493.029	-19.540	13.939	43.98	43.98	-0.801	-6.2	-11.2	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	138	0.4	-466.571	-17.900	10.041	43.98	43.98	-0.707	-6.4	-10.0	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	139	0.4	-444.916	-11.231	7.817	43.98	43.98	-0.647	-6.4	-9.2	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	140	0.4	-427.585	-5.491	4.921	43.98	43.98	-0.580	-6.6	-8.4	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	141	0.4	-413.134	-4.909	2.309	43.98	43.98	-0.522	-6.9	-7.7	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	142	0.4	-403.837	0.971	0.868	43.98	43.98	-0.488	-7.0	-7.3	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	143	0.4	-400.101	3.193	0.977	43.98	43.98	-0.485	-6.9	-7.2	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	144	0.4	-401.435	7.160	1.835	43.98	43.98	-0.500	-6.7	-7.4	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	145	0.4	-408.911	14.594	2.349	43.98	43.98	-0.517	-6.8	-7.6	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	146	0.4	-419.977	18.725	3.942	43.98	43.98	-0.556	-6.7	-8.1	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	148	0.4	-433.697	19.142	2.891	43.98	43.98	-0.555	-7.1	-8.2	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	149	0.4	-453.081	16.622	0.853	43.98	43.98	-0.545	-7.8	-8.1	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	150	0.4	-473.722	22.815	0.092	43.98	43.98	-0.558	-8.3	-8.4	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	151	0.4	-496.879	35.135	1.168	43.98	43.98	-0.602	-8.5	-9.0	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	152	0.4	-522.654	41.776	2.785	43.98	43.98	-0.658	-8.7	-9.7	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	153	0.4	-553.557	43.282	3.131	43.98	43.98	-0.700	-9.2	-10.3	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	154	0.4	-591.679	44.870	3.752	43.98	43.98	-0.754	-9.7	-11.1	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	155	0.4	-626.178	50.904	4.263	43.98	43.98	-0.803	-10.3	-11.8	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	156	0.4	-661.520	55.639	2.942	43.98	43.98	-0.823	-11.1	-12.2	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	157	0.4	-701.849	60.029	2.402	43.98	43.98	-0.862	-11.9	-12.8	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	158	0.4	-739.997	63.019	2.108	43.98	43.98	-0.902	-12.7	-13.4	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	159	0.4	-783.673	66.681	0.141	43.98	43.98	-0.922	-13.8	-13.8	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	160	0.4	-820.949	76.021	0.865	43.98	43.98	-0.977	-14.3	-14.6	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	161	0.4	-859.364	83.972	2.616	43.98	43.98	-1.050	-14.7	-15.6	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	162	0.4	-915.331	77.869	4.930	43.98	43.98	-1.153	-15.2	-17.0	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	163	0.4	-962.741	77.016	5.286	43.98	43.98	-1.214	-16.0	-17.9	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	164	0.4	-1004.681	81.933	7.473	43.98	43.98	-1.298	-16.4	-19.0	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	165	0.4	-1052.893	79.221	9.448	43.98	43.98	-1.386	-16.8	-20.2	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	166	0.4	-1092.807	81.460	9.735	43.98	43.98	-1.438	-17.5	-21.0	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	167	0.4	-1134.562	84.230	11.746	43.98	43.98	-1.519	-17.9	-22.1	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	168	0.4	-1199.404	72.026	14.021	43.98	43.98	-1.631	-18.6	-23.6	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	169	0.4	-1253.348	63.079	13.875	43.98	43.98	-1.692	-19.6	-24.6	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	170	0.4	-1280.306	69.968	15.653	43.98	43.98	-1.752	-19.7	-25.3	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	171	0.4	-1317.973	70.188	16.391	43.98	43.98	-1.808	-20.3	-26.1	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	172	0.4	-1370.034	62.612	15.890	43.98	43.98	-1.961	-21.3	-27.0	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	173	0.4	-1410.130	61.039	18.960	43.98	43.98	-1.957	-21.4	-28.2	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	174	0.4	-1447.154	57.329	19.549	43.98	43.98	-2.010	-22.0	-29.0	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	175	0.4	-1482.215	53.254	18.358	43.98	43.98	-2.032	-22.8	-29.4	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	176	0.4	-1516.041	50.177	21.387	43.98	43.98	-2.120	-22.9	-30.5	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	177	0.4	-1550.710	46.993	22.047	43.98	43.98	-2.171	-23.4	-31.3	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	178	0.4	-1564.041	45.950	19.904	43.98	43.98	-2.153	-24.0	-31.1	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	179	0.4	-1591.381	40.195	25.332	43.98	43.98	-2.271	-23.5	-32.6	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	305	0.4	-1645.694	31.029	25.241	43.98	43.98	-2.333	-24.5	-33.5	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	306	0.4	-1663.912	27.164	19.056	43.98	43.98	-2.256	-25.9	-32.7	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	307	0.4	-1655.811	28.865	20.261	43.98	43.98	-2.266	-25.5	-32.8	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	308	0.4	-1686.462	24.783	20.056	43.98	43.98	-2.299	-26.1	-33.3	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	309	0.4	-1695.776	19.976	15.695	43.98	43.98	-2.240	-27.0	-32.7	0.0	OK	OK	OK	OK

SCAVO CON TBM - ANALISI FORMAZIONE Ap GR1 H=275m - TIME 8 - CANNA 1																
INPUT PLAXIS						Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI					CHECK			
Element	Node	Height	N	V	M	Af	Af'	σ_c [Mpa]	$\sigma_{s,inf}$ [Mpa]	$\sigma_{s,sup}$ [Mpa]	τ [MPa]	T	CLS	As	As'	
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm2	cm2									
CONCIO_6	310	0.4	-1703.516	15.609	17.213	43.98	43.98	-2.273	-26.9	-33.1	0.0	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	311	0.4	-1731.613	12.456	17.821	43.98	43.98	-2.316	-27.3	-33.7	0.0	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	312	0.4	-1714.153	8.427	13.582	43.98	43.98	-2.228	-27.7	-32.6	0.0	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	313	0.4	-1716.779	1.655	14.699	43.98	43.98	-2.249	-27.6	-32.9	0.0	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	314	0.4	-1739.565	-1.926	16.007	43.98	43.98	-2.297	-27.8	-33.5	0.0	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	315	0.4	-1718.682	-5.370	12.774	43.98	43.98	-2.221	-28.0	-32.5	0.0	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	316	0.4	-1717.761	-7.833	14.058	43.98	43.98	-2.240	-27.7	-32.8	0.0	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	317	0.4	-1712.298	-12.203	15.731	43.98	43.98	-2.260	-27.3	-33.0	0.0	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	318	0.4	-1686.629	-19.187	13.352	43.98	43.98	-2.192	-27.3	-32.1	0.0	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	319	0.4	-1679.115	-21.515	14.191	43.98	43.98	-2.197	-27.0	-32.1	0.0	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	320	0.4	-1648.139	-28.221	15.906	43.98	43.98	-2.188	-26.2	-31.9	0.0	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	321	0.4	-1618.152	-34.666	14.180	43.98	43.98	-2.125	-26.0	-31.0	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	322	0.4	-1605.709	-36.443	14.323	43.98	43.98	-2.113	-25.7	-30.8	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	323	0.4	-1591.113	-38.030	17.030	43.98	43.98	-2.139	-25.0	-31.1	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	324	0.4	-1555.441	-43.708	15.872	43.98	43.98	-2.078	-24.5	-30.2	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	325	0.4	-1518.318	-47.933	14.823	43.98	43.98	-2.018	-24.1	-29.4	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	326	0.4	-1479.701	-50.657	17.049	43.98	43.98	-2.008	-23.0	-29.1	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	327	0.4	-1439.648	-53.073	16.619	43.98	43.98	-1.954	-22.4	-28.3	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	328	0.4	-1394.582	-55.007	14.622	43.98	43.98	-1.870	-21.9	-27.2	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	329	0.4	-1340.360	-64.280	16.664	43.98	43.98	-1.838	-20.6	-26.6	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	330	0.4	-1300.284	-65.248	16.834	43.98	43.98	-1.794	-19.9	-25.9	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	331	0.4	-1254.012	-65.437	15.118	43.98	43.98	-1.713	-19.4	-24.8	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	332	0.4	-1194.383	-72.244	17.026	43.98	43.98	-1.673	-18.0	-24.1	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	333	0.4	-1137.299	-77.199	16.414	43.98	43.98	-1.596	-17.1	-23.0	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	334	0.4	-1093.784	-73.598	14.029	43.98	43.98	-1.507	-16.7	-21.8	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	335	0.4	-1052.216	-69.659	15.948	43.98	43.98	-1.489	-15.7	-21.4	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	336	0.4	-998.087	-72.960	16.103	43.98	43.98	-1.428	-14.7	-20.5	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_7	470	0.4	-958.480	-71.892	13.483	43.98	43.98	-1.340	-14.5	-19.3	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_7	471	0.4	-930.605	-71.952	11.961	43.98	43.98	-1.283	-14.2	-18.5	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_7	472	0.4	-894.626	-78.886	12.148	43.98	43.98	-1.243	-13.6	-17.9	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_7	473	0.4	-867.397	-76.025	11.686	43.98	43.98	-1.204	-13.2	-17.4	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_7	474	0.4	-849.203	-65.568	9.646	43.98	43.98	-1.150	-13.2	-16.7	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_7	475	0.4	-821.404	-62.717	9.029	43.98	43.98	-1.108	-12.8	-16.1	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_7	476	0.4	-785.914	-65.385	8.138	43.98	43.98	-1.052	-12.4	-15.3	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_7	477	0.4	-760.712	-61.579	6.493	43.98	43.98	-0.996	-12.2	-14.6	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_7	478	0.4	-735.126	-57.337	5.503	43.98	43.98	-0.950	-12.0	-13.9	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_7	479	0.4	-702.839	-58.703	5.177	43.98	43.98	-0.907	-11.4	-13.3	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_7	480	0.4	-679.480	-54.030	4.196	43.98	43.98	-0.864	-11.2	-12.7	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_7	481	0.4	-657.751	-49.360	3.169	43.98	43.98	-0.822	-11.0	-12.1	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_7	482	0.4	-631.631	-51.446	3.329	43.98	43.98	-0.794	-10.5	-11.7	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_7	483	0.4	-605.980	-52.841	2.970	43.98	43.98	-0.759	-10.1	-11.2	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_7	484	0.4	-586.800	-48.253	1.774	43.98	43.98	-0.717	-10.0	-10.6	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_7	485	0.4	-567.653	-44.749	1.999	43.98	43.98	-0.698	-9.6	-10.4	-0.1	OK	OK	OK	OK	

SCAVO CON TBM - ANALISI FORMAZIONE Ap GR1 H=275m - TIME 8 - CANNA 2																	
INPUT PLAXIS						Intradosso		Estradosso		VERIFICHE SEZIONALI				CHECK			
Element	Node	Height	N	V	M	Af	A'I						T	CLS	As	As'	
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm2	cm2	σ_c [Mpa]	$\sigma_{s,inf}$ [Mpa]	$\sigma_{s,sup}$ [Mpa]	τ [MPa]						
CONCIO_1	487	0.4	-565.418	-22.887	8.563	43.98	43.98	-0.800	-8.4	-11.5	-0.04	OK	OK	OK	OK		
CONCIO_1	488	0.4	-566.069	-19.806	2.670	43.98	43.98	-0.707	-9.5	-10.4	-0.03	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	489	0.4	-577.267	-10.527	1.960	43.98	43.98	-0.709	-9.8	-10.5	-0.02	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	490	0.4	-586.241	-5.582	4.650	43.98	43.98	-0.762	-9.5	-11.2	-0.01	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	491	0.4	-587.038	-0.459	5.354	43.98	43.98	-0.774	-9.4	-11.3	0.00	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	492	0.4	-578.505	4.475	3.986	43.98	43.98	-0.742	-9.5	-10.9	0.01	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	493	0.4	-562.686	13.649	0.341	43.98	43.98	-0.666	-9.8	-10.0	0.02	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	494	0.4	-552.931	17.752	5.002	43.98	43.98	-0.729	-8.8	-10.6	0.03	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	8	0.4	-560.780	23.192	9.091	43.98	43.98	-0.803	-8.2	-11.5	0.04	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	7	0.4	-556.711	19.108	4.557	43.98	43.98	-0.726	-9.0	-10.6	0.03	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	6	0.4	-567.877	6.007	1.437	43.98	43.98	-0.689	-9.7	-10.3	0.01	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	5	0.4	-577.950	1.966	0.497	43.98	43.98	-0.686	-10.1	-10.3	0.00	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	4	0.4	-583.808	5.011	1.360	43.98	43.98	-0.707	-10.0	-10.5	0.01	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	3	0.4	-579.642	5.565	1.218	43.98	43.98	-0.700	-10.0	-10.4	0.01	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	2	0.4	-575.046	-8.445	0.436	43.98	43.98	-0.682	-10.0	-10.2	-0.01	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	1	0.4	-573.423	-21.288	4.456	43.98	43.98	-0.744	-9.3	-10.9	-0.04	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_3	8	0.4	-564.461	24.695	4.886	43.98	43.98	-0.740	-9.1	-10.8	0.04	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_3	7	0.4	-552.868	18.122	1.837	43.98	43.98	-0.678	-9.4	-10.1	0.03	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_3	6	0.4	-552.973	6.587	0.237	43.98	43.98	-0.653	-9.7	-9.8	0.01	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_3	5	0.4	-556.322	4.874	0.183	43.98	43.98	-0.656	-9.8	-9.8	0.01	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_3	4	0.4	-551.209	1.790	0.134	43.98	43.98	-0.649	-9.7	-9.7	0.00	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_3	3	0.4	-534.862	-1.389	1.218	43.98	43.98	-0.647	-9.2	-9.6	0.00	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_3	2	0.4	-513.758	-11.825	3.467	43.98	43.98	-0.658	-8.4	-9.7	-0.02	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_3	1	0.4	-509.862	-17.147	7.505	43.98	43.98	-0.718	-7.6	-10.3	-0.03	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_4	278	0.4	-504.942	28.202	7.045	43.98	43.98	-0.705	-7.6	-10.2	0.05	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_4	279	0.4	-497.270	25.480	2.082	43.98	43.98	-0.617	-8.4	-9.1	0.04	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_4	280	0.4	-503.805	12.203	1.100	43.98	43.98	-0.609	-8.7	-9.1	0.02	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_4	281	0.4	-509.591	8.951	2.658	43.98	43.98	-0.640	-8.5	-9.4	0.02	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_4	282	0.4	-511.993	4.372	2.772	43.98	43.98	-0.645	-8.5	-9.5	0.01	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_4	283	0.4	-508.291	0.530	1.292	43.98	43.98	-0.617	-8.7	-9.2	0.00	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_4	284	0.4	-496.594	-18.587	2.204	43.98	43.98	-0.618	-8.3	-9.1	-0.03	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_4	285	0.4	-499.526	-28.927	7.342	43.98	43.98	-0.703	-7.5	-10.1	-0.05	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_5	287	0.4	-497.280	23.093	7.335	43.98	43.98	-0.700	-7.4	-10.1	0.04	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_5	288	0.4	-488.387	18.737	2.346	43.98	43.98	-0.611	-8.2	-9.0	0.03	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_5	289	0.4	-497.620	5.896	0.913	43.98	43.98	-0.599	-8.6	-8.9	0.01	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_5	290	0.4	-499.681	-4.567	1.889	43.98	43.98	-0.617	-8.5	-9.1	-0.01	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_5	291	0.4	-500.237	-15.189	1.157	43.98	43.98	-0.606	-8.6	-9.0	-0.03	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_5	292	0.4	-506.739	-20.793	0.994	43.98	43.98	-0.611	-8.7	-9.1	-0.04	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_5	293	0.4	-515.588	-31.611	4.768	43.98	43.98	-0.681	-8.2	-9.9	-0.05	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_5	294	0.4	-542.102	-31.123	9.540	43.98	43.98	-0.788	-7.8	-11.3	-0.05	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	8	0.4	-557.164	-19.987	5.322	43.98	43.98	-0.739	-8.9	-10.8	-0.03	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	7	0.4	-561.912	-20.489	0.564	43.98	43.98	-0.669	-9.8	-10.0	-0.04	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	6	0.4	-572.393	-11.558	3.572	43.98	43.98	-0.729	-9.4	-10.7	-0.02	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	5	0.4	-569.592	-6.162	5.097	43.98	43.98	-0.750	-9.1	-10.9	-0.01	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	4	0.4	-570.277	-0.040	4.924	43.98	43.98	-0.748	-9.2	-10.9	0.00	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	3	0.4	-561.411	9.150	3.102	43.98	43.98	-0.708	-9.3	-10.4	0.02	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	2	0.4	-551.363	24.444	1.544	43.98	43.98	-0.672	-9.4	-10.0	0.04	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	1	0.4	-558.956	27.129	8.484	43.98	43.98	-0.791	-8.3	-11.4	0.05	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_7	496	0.4	-546.771	-15.473	11.408	43.98	43.98	-0.823	-7.6	-11.7	-0.03	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_7	497	0.4	-537.794	-12.620	9.795	43.98	43.98	-0.787	-7.7	-11.2	-0.02	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_7	498	0.4	-539.168	9.259	10.134	43.98	43.98	-0.794	-7.7	-11.3	0.02	OK	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_7	499	0.4	-552.388	17.342	11.415	43.98	43.98	-0.830	-7.7	-11.8	0.03	OK	OK	OK	OK	OK	

SCAVO CON TBM - ANALISI FORMAZIONE Ap GR2a H=275m - TIME 8 - CANNA 1																
INPUT PLAXIS						Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI				CHECK				
Element	Node	Height	N	V	M	Af	Af'						T	CLS	As	As'
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm2	cm2	σc [Mpa]	σs,inf [Mpa]	σs,sup [Mpa]	τ [MPa]					
CONCIO_1	437	0.4	-2040.624	-92.173	9.835	43.98	43.98	-2.552	-34.2	-37.7	-0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	438	0.4	-1956.923	-102.382	14.916	43.98	43.98	-2.534	-31.8	-37.1	-0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	439	0.4	-1888.332	-111.247	11.399	43.98	43.98	-2.398	-31.2	-35.3	-0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	440	0.4	-1845.152	-75.854	15.233	43.98	43.98	-2.408	-29.8	-35.2	-0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	441	0.4	-1808.175	-60.124	20.943	43.98	43.98	-2.456	-28.1	-35.6	-0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	442	0.4	-1771.937	-65.939	21.003	43.98	43.98	-2.414	-27.4	-35.0	-0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	443	0.4	-1764.007	-53.494	23.470	43.98	43.98	-2.444	-26.9	-35.3	-0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	444	0.4	-1756.336	-43.256	31.547	43.98	43.98	-2.564	-25.3	-36.6	-0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	445	0.4	-1752.807	-55.372	38.423	43.98	43.98	-2.669	-24.0	-37.7	-0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	446	0.4	-1766.274	-44.808	51.878	43.98	43.98	-2.899	-21.8	-40.4	-0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	447	0.4	-1807.932	-8.710	66.650	43.98	43.98	-3.183	-19.9	-43.8	0.0	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	448	0.4	-1850.976	-7.051	81.582	43.98	43.98	-3.471	-18.0	-47.2	0.0	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	449	0.4	-1904.518	-4.337	97.487	43.98	43.98	-3.787	-16.1	-51.0	0.0	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	450	0.4	-1945.398	-0.776	109.413	43.98	43.98	-4.025	-14.7	-53.8	0.0	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	451	0.4	-1996.621	26.809	117.103	43.98	43.98	-4.207	-14.2	-56.1	0.0	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	452	0.4	-2044.695	51.650	125.919	43.98	43.98	-4.404	-13.5	-58.5	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	453	0.4	-2095.585	25.726	130.889	43.98	43.98	-4.543	-13.5	-60.3	0.0	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	454	0.4	-2147.763	49.438	132.071	43.98	43.98	-4.623	-14.2	-61.5	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	455	0.4	-2196.259	69.721	135.219	43.98	43.98	-4.730	-14.5	-62.9	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	456	0.4	-2255.250	63.771	134.955	43.98	43.98	-4.795	-15.5	-63.9	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	457	0.4	-2300.771	56.592	132.070	43.98	43.98	-4.802	-16.9	-64.2	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	458	0.4	-2356.179	45.465	132.117	43.98	43.98	-4.868	-17.8	-65.1	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	459	0.4	-2390.887	91.737	126.096	43.98	43.98	-4.813	-19.5	-64.7	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	460	0.4	-2442.931	110.483	119.205	43.98	43.98	-4.764	-21.7	-64.4	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	461	0.4	-2496.656	95.253	117.400	43.98	43.98	-4.799	-22.9	-65.0	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	462	0.4	-2540.568	112.906	107.703	43.98	43.98	-4.696	-25.5	-64.0	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	463	0.4	-2581.133	128.844	101.672	43.98	43.98	-4.648	-27.2	-63.6	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	464	0.4	-2642.961	110.082	99.323	43.98	43.98	-4.683	-28.8	-64.3	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	465	0.4	-2686.141	126.559	85.941	43.98	43.98	-4.521	-31.9	-62.7	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	466	0.4	-2719.935	168.811	73.874	43.98	43.98	-4.368	-34.7	-61.1	0.3	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	467	0.4	-2781.636	144.494	69.760	43.98	43.98	-4.375	-36.5	-61.5	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	468	0.4	-2853.849	127.021	52.186	43.98	43.98	-4.180	-40.9	-59.6	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	364	0.4	-2884.831	134.214	43.261	43.98	43.98	-4.075	-43.0	-58.5	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	365	0.4	-2934.348	132.366	42.420	43.98	43.98	-4.119	-44.1	-59.3	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	366	0.4	-2984.270	136.125	27.993	43.98	43.98	-3.948	-47.5	-57.6	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	367	0.4	-3036.787	134.124	19.338	43.98	43.98	-3.872	-50.0	-56.9	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	368	0.4	-3109.420	98.306	16.067	43.98	43.98	-3.905	-51.9	-57.6	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	369	0.4	-3156.369	100.769	5.539	43.98	43.98	-3.793	-54.6	-56.6	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	370	0.4	-3190.129	125.595	0.045	43.98	43.98	-3.745	-56.2	-56.2	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	371	0.4	-3248.554	116.209	3.603	43.98	43.98	-3.870	-56.6	-57.8	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	372	0.4	-3308.137	113.349	14.357	43.98	43.98	-4.112	-55.7	-60.8	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	373	0.4	-3373.992	106.272	18.051	43.98	43.98	-4.248	-56.2	-62.6	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	374	0.4	-3435.114	100.317	22.029	43.98	43.98	-4.383	-56.5	-64.4	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	375	0.4	-3472.527	120.067	33.294	43.98	43.98	-4.606	-55.2	-67.1	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	376	0.4	-3537.779	107.043	36.049	43.98	43.98	-4.726	-55.8	-68.7	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	377	0.4	-3605.698	98.249	42.915	43.98	43.98	-4.915	-55.8	-71.2	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	378	0.4	-3651.002	114.488	53.321	43.98	43.98	-5.134	-54.7	-73.8	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	379	0.4	-3683.427	121.812	55.519	43.98	43.98	-5.207	-54.9	-74.8	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	380	0.4	-3719.726	128.830	62.383	43.98	43.98	-5.359	-54.3	-76.7	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	381	0.4	-3765.066	137.313	71.415	43.98	43.98	-5.556	-53.5	-79.1	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	382	0.4	-3804.281	137.314	73.083	43.98	43.98	-5.628	-53.9	-80.1	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	383	0.4	-3896.462	112.206	82.741	43.98	43.98	-5.890	-53.8	-83.4	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	384	0.4	-3941.831	108.857	89.094	43.98	43.98	-6.045	-53.5	-85.4	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	385	0.4	-3984.663	103.274	89.236	43.98	43.98	-6.097	-54.2	-86.1	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	386	0.4	-4051.900	99.113	97.861	43.98	43.98	-6.313	-53.8	-88.9	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	387	0.4	-4124.021	90.391	102.740	43.98	43.98	-6.476	-54.2	-91.0	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	388	0.4	-4228.925	60.600	103.294	43.98	43.98	-6.608	-56.0	-92.9	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	389	0.4	-4290.741	48.669	110.137	43.98	43.98	-6.789	-55.8	-95.3	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	390	0.4	-4251.019	62.068	103.707	43.98	43.98	-6.640	-56.3	-93.4	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	391	0.4	-4323.789	48.788	95.385	43.98	43.98	-6.593	-59.1	-93.2	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	392	0.4	-4464.694	29.480	103.789	43.98	43.98	-6.892	-60.0	-97.2	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	393	0.4	-4487.042	34.429	99.119	43.98	43.98	-6.844	-61.3	-96.7	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	394	0.4	-4507.956	36.861	85.699	43.98	43.98	-6.655	-64.0	-94.7	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	395	0.4	-4482.099	40.580	89.929	43.98	43.98	-6.692	-62.8	-95.0	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	181	0.4	-4515.675	28.814	84.919	43.98	43.98	-6.652	-64.3	-94.7	0.0	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	182	0.4	-4541.181	14.313	69.085	43.98	43.98	-6.430	-67.6	-92.3	0.0	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	183	0.4	-4545.026	-2.253	75.895	43.98	43.98	-6.543	-66.4	-93.6	0.0	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	184	0.4	-4598.504	-15.887	79.873	43.98	43.98	-6.669	-66.7	-95.3	0.0	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	185	0.4	-4513.739	-27.138	74.494	43.98	43.98	-6.484	-66.1	-92.8	0.0	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	186	0.4	-4428.743	-53.676	81.287	43.98	43.98	-6.492	-63.4	-92.5	-0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	187	0.4	-4410.422	-78.579	81.559	43.98	43.98	-6.475	-63.1	-92.3	-0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	188	0.4	-4384.865	-90.431	77.297	43.98	43.98	-6.377	-63.4	-91.0	-0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	189	0.4	-4348.981	-99.554	81.119	43.98	43.98	-6.396	-62.1	-91.1	-0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	190	0.4	-4269.003	-111.659	74.075	43.98	43.98	-6.190	-61.9	-88.4	-0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	191	0.4	-4250.707	-109.573	71.136	43.98	43.98	-6.121	-62.1	-87.6	-0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	192	0.4	-4222.775	-104.710	75.580	43.98	43.98	-6.159	-60.8	-87.9	-0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	193	0.4	-4132.450	-110.291	69.427	43.98	43.98	-5.955	-60.3	-85.2	-0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	194	0.4	-4107.907	-98.158	67.406	43.98	43.98	-5.894	-60.3	-84.4	-0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	195	0.4	-4042.362	-97.454	70.878	43.98										

SCAVO CON TBM - ANALISI FORMAZIONE Ap GR2a H=275m - TIME 8 - CANNA 1																
INPUT PLAXIS					Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI					CHECK				
Element	Node	Height	N	V	M	Af	Af'						T	CLS	As	As'
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm2	cm2	σc [Mpa]	σs,inf [Mpa]	σs,sup [Mpa]	τ [MPa]					
CONCIO_3	209	0.4	-3156.830	-123.748	52.120	43.98	43.98	-4.535	-46.3	-64.9	-0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	210	0.4	-3131.093	-113.320	46.117	43.98	43.98	-4.409	-46.9	-63.4	-0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	211	0.4	-3058.970	-123.061	28.001	43.98	43.98	-4.036	-48.8	-58.9	-0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	212	0.4	-2993.183	-133.356	24.856	43.98	43.98	-3.909	-48.3	-57.2	-0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	115	0.4	-2938.651	-139.042	13.173	43.98	43.98	-3.659	-49.4	-54.1	-0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	116	0.4	-2878.839	-135.436	8.649	43.98	43.98	-3.517	-49.1	-52.2	-0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	117	0.4	-2821.592	-138.830	17.624	43.98	43.98	-3.592	-46.5	-52.8	-0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	118	0.4	-2749.814	-164.166	30.223	43.98	43.98	-3.709	-43.0	-53.8	-0.3	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	119	0.4	-2693.956	-155.317	47.225	43.98	43.98	-3.914	-39.0	-55.9	-0.3	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	120	0.4	-2638.276	-152.317	56.595	43.98	43.98	-3.997	-36.3	-56.6	-0.3	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	121	0.4	-2568.739	-169.245	67.088	43.98	43.98	-4.083	-33.2	-57.2	-0.3	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	122	0.4	-2516.516	-155.905	81.953	43.98	43.98	-4.258	-29.6	-59.0	-0.3	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	123	0.4	-2459.711	-149.991	92.640	43.98	43.98	-4.361	-26.7	-59.9	-0.3	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	124	0.4	-2404.171	-134.818	105.277	43.98	43.98	-4.497	-23.5	-61.2	-0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	125	0.4	-2359.812	-118.392	118.157	43.98	43.98	-4.650	-20.4	-62.7	-0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	126	0.4	-2300.969	-132.779	122.310	43.98	43.98	-4.647	-18.6	-62.4	-0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	127	0.4	-2238.155	-138.265	131.669	43.98	43.98	-4.722	-15.8	-63.0	-0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	128	0.4	-2183.575	-117.895	139.230	43.98	43.98	-4.779	-13.5	-63.4	-0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	129	0.4	-2132.449	-100.150	142.889	43.98	43.98	-4.777	-12.0	-63.1	-0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	130	0.4	-2074.249	-101.583	148.386	43.98	43.98	-4.796	-10.0	-63.1	-0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	131	0.4	-2023.363	-103.906	151.754	43.98	43.98	-4.790	-8.5	-62.8	-0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	132	0.4	-1969.761	-81.033	150.489	43.98	43.98	-4.708	-7.7	-61.6	-0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	133	0.4	-1928.715	-54.618	152.852	43.98	43.98	-4.701	-6.5	-61.4	-0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	134	0.4	-1876.012	-52.837	148.495	43.98	43.98	-4.569	-6.3	-59.7	-0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	135	0.4	-1824.875	-26.558	141.408	43.98	43.98	-4.394	-6.8	-57.5	0.0	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	136	0.4	-1777.627	1.946	135.622	43.98	43.98	-4.246	-7.0	-55.6	0.0	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	137	0.4	-1737.411	7.673	124.512	43.98	43.98	-4.021	-8.3	-52.9	0.0	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	138	0.4	-1696.671	15.516	110.923	43.98	43.98	-3.757	-10.0	-49.7	0.0	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	139	0.4	-1656.875	46.043	98.151	43.98	43.98	-3.507	-11.6	-46.7	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	140	0.4	-1624.974	71.146	79.797	43.98	43.98	-3.177	-14.3	-42.9	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	141	0.4	-1600.896	72.821	61.815	43.98	43.98	-2.863	-17.1	-39.3	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	142	0.4	-1585.478	90.667	46.616	43.98	43.98	-2.603	-19.6	-36.3	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	143	0.4	-1586.464	84.544	29.092	43.98	43.98	-2.325	-22.7	-33.1	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	144	0.4	-1596.444	76.178	16.201	43.98	43.98	-2.132	-25.2	-31.0	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	145	0.4	-1616.006	84.040	6.004	43.98	43.98	-1.992	-27.4	-29.5	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	146	0.4	-1646.736	80.390	6.453	43.98	43.98	-2.036	-27.8	-30.1	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	148	0.4	-1677.905	68.440	7.757	43.98	43.98	-2.093	-28.2	-30.9	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	149	0.4	-1727.481	47.622	4.074	43.98	43.98	-2.093	-29.7	-31.1	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	150	0.4	-1773.929	56.732	4.866	43.98	43.98	-2.160	-30.4	-32.1	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	151	0.4	-1833.724	87.829	0.941	43.98	43.98	-2.167	-32.1	-32.5	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	152	0.4	-1897.604	98.861	5.442	43.98	43.98	-2.314	-32.4	-34.4	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	153	0.4	-1967.196	91.273	6.967	43.98	43.98	-2.420	-33.4	-35.9	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	154	0.4	-2054.228	83.507	9.427	43.98	43.98	-2.561	-34.5	-37.9	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	155	0.4	-2124.183	93.393	12.002	43.98	43.98	-2.684	-35.3	-39.5	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	156	0.4	-2187.419	100.898	7.887	43.98	43.98	-2.693	-37.1	-39.9	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	157	0.4	-2262.464	105.434	6.802	43.98	43.98	-2.764	-38.6	-41.1	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	158	0.4	-2323.157	107.582	6.577	43.98	43.98	-2.832	-39.7	-42.1	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	159	0.4	-2395.847	112.785	0.820	43.98	43.98	-2.825	-42.0	-42.3	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	160	0.4	-2447.768	134.950	1.599	43.98	43.98	-2.899	-42.8	-43.4	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	161	0.4	-2500.530	154.460	6.255	43.98	43.98	-3.035	-42.9	-45.1	0.3	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	162	0.4	-2596.940	132.065	12.975	43.98	43.98	-3.255	-43.4	-48.0	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	163	0.4	-2668.475	127.740	13.951	43.98	43.98	-3.354	-44.5	-49.5	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	164	0.4	-2725.337	142.387	20.055	43.98	43.98	-3.518	-44.4	-51.6	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	165	0.4	-2795.716	134.883	26.171	43.98	43.98	-3.698	-44.5	-53.9	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	166	0.4	-2846.910	142.424	27.595	43.98	43.98	-3.781	-45.2	-55.1	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	167	0.4	-2904.428	152.340	33.617	43.98	43.98	-3.944	-45.1	-57.2	0.3	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	168	0.4	-3017.989	121.723	41.151	43.98	43.98	-4.197	-45.8	-60.5	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	169	0.4	-3107.779	102.839	42.300	43.98	43.98	-4.321	-47.1	-62.3	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	170	0.4	-3133.687	125.534	47.874	43.98	43.98	-4.440	-46.6	-63.7	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	171	0.4	-3186.673	129.299	51.456	43.98	43.98	-4.559	-46.9	-65.3	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	172	0.4	-3283.059	113.191	51.307	43.98	43.98	-4.670	-48.6	-67.0	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	173	0.4	-3355.687	111.714	58.765	43.98	43.98	-4.874	-48.6	-69.6	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	174	0.4	-3421.174	105.035	60.554	43.98	43.98	-4.979	-49.4	-71.1	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	175	0.4	-3490.998	96.745	56.491	43.98	43.98	-4.997	-51.4	-71.6	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	176	0.4	-3557.901	93.675	62.600	43.98	43.98	-5.172	-51.4	-73.9	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	177	0.4	-3626.072	92.052	64.163	43.98	43.98	-5.277	-52.4	-75.3	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	178	0.4	-3647.944	94.060	59.191	43.98	43.98	-5.224	-53.6	-74.8	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	179	0.4	-3700.291	82.716	72.745	43.98	43.98	-5.501	-52.1	-78.2	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	305	0.4	-3809.102	64.410	75.930	43.98	43.98	-5.679	-53.5	-80.7	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	306	0.4	-3836.041	58.727	65.498	43.98	43.98	-5.545	-55.8	-79.3	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	307	0.4	-3801.741	66.268	71.146	43.98	43.98	-5.595	-54.2	-79.7	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	308	0.4	-3856.688	63.124	75.211	43.98	43.98	-5.724	-54.4	-81.4	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	309	0.4	-3873.411	58.612	68.435	43.98	43.98	-5.636	-55.9	-80.4	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	310	0.4	-3884.035	51.781	76.173	43.98	43.98	-5.771	-54.7	-82.0	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	311	0.4	-3940.575	41.909	83.369	43.98	43.98	-5.952	-54.5	-84.3	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	312	0.4	-3897.520	24.503	75.340	43.98	43.98	-5.774	-55.1	-82.1	0.0	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	313	0.4	-3890.133	-0.351	80.405	43.98	43.98	-5.846	-54.1	-82.9	0.0	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	314	0.4	-3928.242	-15.820	86.901	43.98	43.98	-5.994	-53.6	-84.7	0.0	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	315	0.4	-3878.306	-27.362	78.555	43.98										

SCAVO CON TBM - ANALISI FORMAZIONE Ap GR2a H=275m - TIME 8 - CANNA 1															
INPUT PLAXIS						Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI				CHECK			
Element	Node	Height	N	V	M	Af	A/I	σ_c [Mpa]	$\sigma_{s,inf}$ [Mpa]	$\sigma_{s,sup}$ [Mpa]	τ [MPa]	T	CLS	As	As'
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm2	cm2								
CONCIO_6	329	0.4	-3276.788	-109.756	52.642	43.98	43.98	-4.684	-48.3	-67.1	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	330	0.4	-3237.229	-105.228	49.880	43.98	43.98	-4.594	-48.1	-65.9	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	331	0.4	-3183.919	-97.238	43.292	43.98	43.98	-4.426	-48.3	-63.8	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	332	0.4	-3094.898	-107.449	47.294	43.98	43.98	-4.385	-46.0	-63.0	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	333	0.4	-3013.676	-118.734	45.171	43.98	43.98	-4.256	-45.0	-61.1	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	334	0.4	-2964.505	-109.837	39.306	43.98	43.98	-4.105	-45.2	-59.2	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	335	0.4	-2918.498	-102.707	45.614	43.98	43.98	-4.152	-43.2	-59.6	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	336	0.4	-2839.125	-120.829	45.819	43.98	43.98	-4.062	-41.8	-58.2	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	470	0.4	-2782.628	-127.502	37.516	43.98	43.98	-3.863	-42.3	-55.7	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	471	0.4	-2740.157	-132.153	33.477	43.98	43.98	-3.749	-42.3	-54.2	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	472	0.4	-2674.785	-160.641	33.845	43.98	43.98	-3.678	-41.0	-53.2	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	473	0.4	-2635.726	-160.046	31.160	43.98	43.98	-3.590	-40.8	-52.0	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	474	0.4	-2621.713	-134.551	23.122	43.98	43.98	-3.445	-42.0	-50.3	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	475	0.4	-2578.635	-131.715	19.244	43.98	43.98	-3.333	-42.0	-48.8	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	476	0.4	-2509.763	-146.726	14.389	43.98	43.98	-3.175	-41.6	-46.8	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	477	0.4	-2470.333	-138.372	6.711	43.98	43.98	-3.006	-42.3	-44.7	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	478	0.4	-2427.565	-127.200	1.256	43.98	43.98	-2.869	-42.5	-43.0	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	479	0.4	-2360.675	-135.107	1.456	43.98	43.98	-2.794	-41.3	-41.8	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	480	0.4	-2319.932	-120.445	6.545	43.98	43.98	-2.827	-39.7	-42.0	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	481	0.4	-2281.879	-104.379	11.279	43.98	43.98	-2.858	-38.2	-42.2	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	482	0.4	-2228.194	-111.514	10.722	43.98	43.98	-2.786	-37.3	-41.2	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	483	0.4	-2170.646	-115.316	10.968	43.98	43.98	-2.722	-36.3	-40.2	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	484	0.4	-2130.534	-97.194	13.496	43.98	43.98	-2.716	-35.1	-39.9	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	485	0.4	-2089.682	-86.781	9.789	43.98	43.98	-2.609	-35.0	-38.5	-0.1	OK	OK	OK	OK

SCAVO CON TBM - ANALISI FORMAZIONE Ap GR2a H=275m - TIME 8 - CANNA 2															
INPUT PLAXIS						Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI				CHECK			
Element	Node	Height	N	V	M	Af	Af	σ_c [Mpa]	$\sigma_{s,inf}$ [Mpa]	$\sigma_{s,sup}$ [Mpa]	τ [MPa]	T	CLS	As	As'
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm2	cm2								
CONCIO_1	487	0.4	-1698.312	-84.816	16.860	43.98	43.98	-2.262	-26.9	-32.9	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	488	0.4	-1661.225	-73.805	0.703	43.98	43.98	-1.961	-29.1	-29.4	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	489	0.4	-1667.272	-40.203	14.517	43.98	43.98	-2.188	-26.8	-32.0	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	490	0.4	-1654.432	-25.128	21.283	43.98	43.98	-2.281	-25.3	-32.9	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	491	0.4	-1644.184	8.777	22.315	43.98	43.98	-2.285	-25.0	-32.9	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	492	0.4	-1636.840	31.507	16.714	43.98	43.98	-2.187	-25.8	-31.8	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	493	0.4	-1616.840	71.599	3.077	43.98	43.98	-1.947	-27.9	-29.0	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	494	0.4	-1640.143	88.796	15.613	43.98	43.98	-2.174	-26.1	-31.7	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	8	0.4	-1679.920	67.552	20.064	43.98	43.98	-2.291	-26.0	-33.2	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	7	0.4	-1629.057	60.766	8.120	43.98	43.98	-2.041	-27.2	-30.1	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	6	0.4	-1620.423	20.926	0.173	43.98	43.98	-1.905	-28.5	-28.6	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	5	0.4	-1593.721	1.670	2.431	43.98	43.98	-1.909	-27.6	-28.5	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	4	0.4	-1594.114	-15.001	1.441	43.98	43.98	-1.894	-27.8	-28.3	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	3	0.4	-1606.985	-24.182	3.327	43.98	43.98	-1.939	-27.7	-28.9	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	2	0.4	-1610.961	-57.481	13.418	43.98	43.98	-2.104	-26.0	-30.8	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	1	0.4	-1626.690	-70.742	26.207	43.98	43.98	-2.326	-23.9	-33.3	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	8	0.4	-1599.603	84.422	25.624	43.98	43.98	-2.285	-23.6	-32.8	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	7	0.4	-1558.531	81.302	12.080	43.98	43.98	-2.022	-26.3	-29.6	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	6	0.4	-1546.577	46.590	1.193	43.98	43.98	-1.834	-27.0	-27.4	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	5	0.4	-1544.761	21.826	4.127	43.98	43.98	-1.879	-26.5	-27.9	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	4	0.4	-1553.429	-15.183	4.858	43.98	43.98	-1.901	-26.5	-28.2	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	3	0.4	-1547.923	-34.582	0.385	43.98	43.98	-1.823	-27.2	-27.3	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	2	0.4	-1514.016	-65.351	9.650	43.98	43.98	-1.931	-24.9	-28.4	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	1	0.4	-1549.585	-72.679	22.738	43.98	43.98	-2.181	-23.2	-31.4	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	278	0.4	-1549.283	88.403	21.378	43.98	43.98	-2.159	-23.5	-31.1	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	279	0.4	-1496.134	88.108	6.339	43.98	43.98	-1.857	-26.2	-27.5	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	280	0.4	-1508.581	49.091	5.611	43.98	43.98	-1.860	-25.6	-27.6	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	281	0.4	-1508.434	37.882	11.785	43.98	43.98	-1.958	-24.4	-28.7	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	282	0.4	-1513.199	10.127	12.995	43.98	43.98	-1.983	-24.3	-29.0	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	283	0.4	-1525.599	-12.905	8.396	43.98	43.98	-1.924	-25.4	-28.4	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	284	0.4	-1511.066	-73.593	4.192	43.98	43.98	-1.840	-25.9	-27.4	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	285	0.4	-1548.868	-98.804	20.979	43.98	43.98	-2.152	-23.5	-31.0	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	287	0.4	-1541.511	65.769	22.975	43.98	43.98	-2.175	-23.0	-31.3	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	288	0.4	-1493.921	58.810	10.178	43.98	43.98	-1.916	-24.5	-28.1	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	289	0.4	-1514.562	31.220	0.083	43.98	43.98	-1.779	-26.7	-26.7	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	290	0.4	-1505.994	4.321	4.182	43.98	43.98	-1.834	-25.8	-27.3	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	291	0.4	-1503.566	-31.510	3.941	43.98	43.98	-1.828	-25.8	-27.2	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	292	0.4	-1524.305	-45.535	0.339	43.98	43.98	-1.795	-26.8	-26.9	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	293	0.4	-1534.507	-76.085	10.177	43.98	43.98	-1.963	-25.2	-28.8	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	294	0.4	-1588.811	-77.158	23.803	43.98	43.98	-2.244	-23.7	-32.2	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	8	0.4	-1595.417	-77.352	19.619	43.98	43.98	-2.185	-24.6	-31.6	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	7	0.4	-1554.032	-72.597	5.408	43.98	43.98	-1.910	-26.4	-28.3	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	6	0.4	-1568.481	-37.389	8.062	43.98	43.98	-1.969	-26.2	-29.1	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	5	0.4	-1553.850	-13.181	12.937	43.98	43.98	-2.030	-25.0	-29.7	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	4	0.4	-1563.189	14.356	12.239	43.98	43.98	-2.030	-25.3	-29.7	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	3	0.4	-1560.993	34.681	7.419	43.98	43.98	-1.950	-26.2	-28.8	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	2	0.4	-1546.918	75.474	4.991	43.98	43.98	-1.895	-26.3	-28.1	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	1	0.4	-1607.567	84.946	22.075	43.98	43.98	-2.238	-24.4	-32.3	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	496	0.4	-1634.174	-26.470	41.158	43.98	43.98	-2.573	-21.4	-36.1	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	497	0.4	-1602.980	-32.854	38.897	43.98	43.98	-2.501	-21.3	-35.2	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	498	0.4	-1594.239	19.581	40.195	43.98	43.98	-2.511	-20.9	-35.3	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	499	0.4	-1616.034	36.065	42.404	43.98	43.98	-2.572	-20.9	-36.0	0.1	OK	OK	OK	OK

SCAVO CON TBM - ANALISI FORMAZIONE Ap GR2b H=275m - TIME 8 - CANNA 1															
INPUT PLAXIS						Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI				CHECK			
Element	Node	Height	N	V	M	Af	Af'					T	CLS	As	As'
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm2	cm2	σc [Mpa]	σs,inf [Mpa]	σs,sup [Mpa]	τ [MPa]				
CONCIO_1	437	0.4	-4009.987	-177.252	19.134	43.98	43.98	-5.011	-67.2	-74.0	-0.30	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	438	0.4	-3909.919	-221.010	6.199	43.98	43.98	-4.688	-67.7	-70.0	-0.38	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	439	0.4	-3824.032	-250.088	13.949	43.98	43.98	-4.711	-64.8	-69.8	-0.43	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	440	0.4	-3772.627	-180.260	33.373	43.98	43.98	-4.959	-60.4	-72.4	-0.31	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	441	0.4	-3729.523	-143.412	55.431	43.98	43.98	-5.260	-55.7	-75.6	-0.25	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	442	0.4	-3677.408	-148.026	63.045	43.98	43.98	-5.320	-53.5	-76.0	-0.25	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	443	0.4	-3673.219	-114.123	73.016	43.98	43.98	-5.473	-51.6	-77.7	-0.20	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	444	0.4	-3662.488	-84.670	90.710	43.98	43.98	-5.742	-48.2	-80.7	-0.15	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	445	0.4	-3653.140	-102.348	102.080	43.98	43.98	-5.912	-46.0	-82.6	-0.18	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	446	0.4	-3670.093	-77.948	124.891	43.98	43.98	-6.295	-42.3	-87.0	-0.13	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	447	0.4	-3738.465	-0.028	149.152	43.98	43.98	-6.762	-39.1	-92.5	0.00	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	448	0.4	-3778.690	-0.757	166.217	43.98	43.98	-7.080	-36.8	-96.3	0.00	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	449	0.4	-3838.647	-2.513	185.899	43.98	43.98	-7.464	-34.3	-100.9	0.00	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	450	0.4	-3872.284	-4.214	198.797	43.98	43.98	-7.709	-32.6	-103.8	-0.01	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	451	0.4	-3926.808	40.809	204.725	43.98	43.98	-7.867	-32.5	-105.8	0.07	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	452	0.4	-3974.500	82.197	214.061	43.98	43.98	-8.072	-31.7	-108.3	0.14	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	453	0.4	-4027.937	26.389	217.025	43.98	43.98	-8.181	-32.1	-109.8	0.05	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	454	0.4	-4085.204	66.829	214.098	43.98	43.98	-8.202	-33.6	-110.3	0.11	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	455	0.4	-4136.518	102.809	215.677	43.98	43.98	-8.287	-34.2	-111.4	0.18	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	456	0.4	-4208.583	88.612	211.338	43.98	43.98	-8.303	-36.3	-111.9	0.15	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	457	0.4	-4255.406	73.338	202.486	43.98	43.98	-8.217	-38.7	-111.2	0.13	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	458	0.4	-4322.096	52.758	199.020	43.98	43.98	-8.240	-40.5	-111.7	0.09	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	459	0.4	-4351.049	135.900	186.613	43.98	43.98	-8.077	-43.2	-110.0	0.23	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	460	0.4	-4413.083	168.258	171.499	43.98	43.98	-7.909	-47.0	-108.4	0.29	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	461	0.4	-4480.352	142.420	165.432	43.98	43.98	-7.891	-49.3	-108.5	0.24	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	462	0.4	-4528.320	171.542	146.205	43.98	43.98	-7.642	-53.6	-105.9	0.29	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	463	0.4	-4562.554	197.336	134.515	43.98	43.98	-7.496	-56.3	-104.4	0.34	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	464	0.4	-4638.873	163.649	128.259	43.98	43.98	-7.486	-58.7	-104.6	0.28	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	465	0.4	-4687.259	186.597	104.000	43.98	43.98	-7.157	-63.9	-101.1	0.32	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	466	0.4	-4718.658	254.947	82.797	43.98	43.98	-6.856	-68.3	-97.9	0.44	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	467	0.4	-4796.540	210.228	75.738	43.98	43.98	-6.835	-70.9	-98.0	0.36	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	468	0.4	-4889.909	173.329	46.071	43.98	43.98	-6.473	-77.8	-94.3	0.30	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	364	0.4	-4916.740	179.689	33.033	43.98	43.98	-6.297	-80.7	-92.5	0.31	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	365	0.4	-4971.534	176.833	32.953	43.98	43.98	-6.360	-81.6	-93.4	0.30	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	366	0.4	-5027.946	180.591	10.319	43.98	43.98	-6.066	-86.7	-90.4	0.31	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	367	0.4	-5085.204	178.528	3.445	43.98	43.98	-6.024	-88.9	-90.2	0.31	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	368	0.4	-5180.018	125.126	8.146	43.98	43.98	-6.210	-89.7	-92.7	0.21	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	369	0.4	-5230.850	130.750	25.709	43.98	43.98	-6.549	-87.5	-96.7	0.22	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	370	0.4	-5255.771	175.242	35.387	43.98	43.98	-6.732	-86.2	-98.9	0.30	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	371	0.4	-5321.608	162.497	43.181	43.98	43.98	-6.934	-86.0	-101.4	0.28	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	372	0.4	-5385.943	156.137	63.401	43.98	43.98	-7.331	-83.5	-106.2	0.27	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	373	0.4	-5458.078	141.328	71.576	43.98	43.98	-7.546	-83.3	-108.9	0.24	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	374	0.4	-5529.117	126.842	79.622	43.98	43.98	-7.757	-83.1	-111.6	0.22	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	375	0.4	-5566.694	150.837	96.892	43.98	43.98	-8.076	-80.7	-115.4	0.26	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	376	0.4	-5644.163	122.296	100.724	43.98	43.98	-8.228	-81.3	-117.4	0.21	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	377	0.4	-5720.883	97.502	109.541	43.98	43.98	-8.458	-81.1	-120.3	0.17	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	378	0.4	-5766.390	109.424	121.365	43.98	43.98	-8.700	-79.8	-123.3	0.19	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	379	0.4	-5790.773	113.213	118.865	43.98	43.98	-8.689	-80.7	-123.2	0.19	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	380	0.4	-5821.961	113.430	121.908	43.98	43.98	-8.774	-80.7	-124.3	0.19	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	381	0.4	-5864.791	114.958	127.197	43.98	43.98	-8.908	-80.5	-126.0	0.20	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	382	0.4	-5897.593	112.683	120.161	43.98	43.98	-8.835	-82.3	-125.3	0.19	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	383	0.4	-6014.275	67.393	124.178	43.98	43.98	-9.036	-83.7	-128.1	0.12	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	384	0.4	-6055.192	56.157	123.040	43.98	43.98	-9.065	-84.6	-128.6	0.10	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	385	0.4	-6098.543	52.813	111.956	43.98	43.98	-8.940	-87.3	-127.4	0.09	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	386	0.4	-6174.550	51.417	113.438	43.98	43.98	-9.053	-88.4	-129.0	0.09	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	387	0.4	-6251.136	44.988	111.042	43.98	43.98	-9.104	-90.2	-129.9	0.08	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	388	0.4	-6390.318	11.744	100.542	43.98	43.98	-9.101	-94.5	-130.5	0.02	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	389	0.4	-6462.753	7.346	103.067	43.98	43.98	-9.226	-95.3	-132.2	0.01	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	390	0.4	-6384.282	44.308	92.268	43.98	43.98	-8.962	-95.9	-128.9	0.08	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	391	0.4	-6471.783	40.657	77.254	43.98	43.98	-8.826	-100.1	-127.8	0.07	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	392	0.4	-6659.617	26.021	86.808	43.98	43.98	-9.198	-101.7	-132.8	0.04	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	393	0.4	-6676.174	39.945	82.485	43.98	43.98	-9.149	-102.8	-132.3	0.07	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	394	0.4	-6691.506	41.646	66.106	43.98	43.98	-8.906	-106.0	-129.7	0.07	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	395	0.4	-6627.611	36.655	77.897	43.98	43.98	-9.019	-102.7	-130.6	0.06	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	181	0.4	-6643.320	6.774	73.297	43.98	43.98	-8.964	-103.8	-130.1	0.01	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	182	0.4	-6633.847	-9.864	54.386	43.98	43.98	-8.652	-107.1	-126.5	-0.02	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	183	0.4	-6615.901	-33.255	64.334	43.98	43.98	-8.789	-105.0	-128.0	-0.06	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	184	0.4	-6684.040	-44.322	66.300	43.98	43.98	-8.901	-105.8	-129.6	-0.08	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	185	0.4	-6571.373	-44.471	55.812	43.98	43.98	-8.602	-105.7	-125.7	-0.08	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	186	0.4	-6459.564	-64.702	65.789	43.98	43.98	-8.629	-102.0	-125.5	-0.11	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	187	0.4	-6441.472	-86.321	65.756	43.98	43.98	-8.607	-101.6	-125.2	-0.15	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	188	0.4	-6418.175	-88.072	60.883	43.98	43.98	-8.502	-102.1	-123.9	-0.15	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	189	0.4	-6388.171	-82.001	71.125	43.98	43.98	-8.630	-99.7	-125.2	-0.14	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	190	0.4	-6285.737	-83.964	69.447	43.98	43.98	-8.483	-98.2	-123.1	-0.14	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	191	0.4	-6278.873	-70.643	71.633	43.98	43.98	-8.510	-97.7	-123.4	-0.12	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	192	0.4	-6265.679	-51.860	86.293	43.98	43.98	-8.728	-94.9	-125.8	-0.09	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	193	0.4	-6167.623	-49.897	87.494	43.98	43.98	-8.632	-92.9	-124.3	-0.09	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	194	0.4	-6163.167	-30.364	95.504	43.98	43.98	-8.754	-91.4	-125.6	-0.05	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	195	0.4	-6095.578	-30.031	112.453	43.98	43.98	-8.944	-87.2	-127.5	-0.05	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	196	0.4	-6016.418	-14.211	117.587	43.98	43.98	-8.933	-84.9	-127.0	-0.02	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	197	0.4	-5955.734	0.120	127.973	43.98	43.98	-9.027							

SCAVO CON TBM - ANALISI FORMAZIONE Ap GR2b H=275m - TIME 8 - CANNA 1															
INPUT PLAXIS						Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI				CHECK			
Element	Node	Height	N	V	M	Af	Af'					T	CLS	As	As'
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm2	cm2	σc [Mpa]	σs,inf [Mpa]	σs,sup [Mpa]	τ [MPa]				
CONCIO_3	209	0.4	-5158.391	-184.803	142.579	43.98	43.98	-8.324	-65.3	-116.3	-0.32	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	210	0.4	-5147.115	-171.152	129.763	43.98	43.98	-8.107	-67.4	-113.9	-0.29	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	211	0.4	-5055.269	-187.889	94.388	43.98	43.98	-7.436	-72.1	-105.9	-0.32	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	212	0.4	-4978.591	-208.644	83.081	43.98	43.98	-7.166	-72.8	-102.5	-0.36	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	115	0.4	-4914.777	-222.546	59.004	43.98	43.98	-6.708	-76.0	-97.1	-0.38	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	116	0.4	-4847.942	-216.460	16.510	43.98	43.98	-5.953	-82.4	-88.3	-0.37	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	117	0.4	-4787.986	-222.837	5.154	43.98	43.98	-5.702	-83.4	-85.2	-0.38	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	118	0.4	-4697.295	-264.536	32.312	43.98	43.98	-6.028	-76.9	-88.5	-0.45	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	119	0.4	-4635.935	-245.224	66.455	43.98	43.98	-6.499	-69.7	-93.5	-0.42	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	120	0.4	-4577.889	-235.251	87.326	43.98	43.98	-6.763	-65.0	-96.2	-0.40	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	121	0.4	-4493.881	-260.102	109.008	43.98	43.98	-7.009	-59.6	-98.6	-0.45	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	122	0.4	-4438.901	-232.370	137.268	43.98	43.98	-7.395	-53.6	-102.7	-0.40	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	123	0.4	-4376.159	-214.127	157.085	43.98	43.98	-7.636	-48.9	-105.2	-0.37	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	124	0.4	-4315.859	-184.902	179.670	43.98	43.98	-7.925	-43.8	-108.2	-0.32	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	125	0.4	-4273.145	-154.691	201.965	43.98	43.98	-8.230	-39.1	-111.4	-0.27	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	126	0.4	-4208.493	-177.277	208.636	43.98	43.98	-8.260	-36.7	-111.4	-0.30	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	127	0.4	-4136.248	-188.993	225.119	43.98	43.98	-8.437	-32.5	-113.1	-0.32	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	128	0.4	-4074.326	-152.548	237.278	43.98	43.98	-8.558	-29.3	-114.2	-0.26	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	129	0.4	-4020.576	-119.269	242.825	43.98	43.98	-8.583	-27.3	-114.3	-0.20	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	130	0.4	-3954.349	-126.478	251.862	43.98	43.98	-8.649	-24.5	-114.7	-0.22	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	131	0.4	-3898.855	-134.071	257.427	43.98	43.98	-8.673	-22.6	-114.7	-0.23	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	132	0.4	-3839.543	-93.200	254.128	43.98	43.98	-8.551	-22.1	-113.1	-0.16	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	133	0.4	-3800.543	-47.709	258.007	43.98	43.98	-8.567	-20.7	-113.1	-0.08	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	134	0.4	-3737.694	-46.986	249.434	43.98	43.98	-8.356	-21.2	-110.5	-0.08	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	135	0.4	-3677.791	1.572	235.832	43.98	43.98	-8.070	-22.5	-107.0	0.00	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	136	0.4	-3623.933	53.674	225.365	43.98	43.98	-7.840	-23.5	-104.2	0.09	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	137	0.4	-3583.943	60.541	204.610	43.98	43.98	-7.463	-26.5	-99.7	0.10	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	138	0.4	-3549.054	68.557	180.308	43.98	43.98	-7.035	-30.2	-94.8	0.12	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	139	0.4	-3512.124	120.049	159.235	43.98	43.98	-6.656	-33.3	-90.3	0.21	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	140	0.4	-3487.154	161.198	127.547	43.98	43.98	-6.123	-38.6	-84.2	0.28	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	141	0.4	-3479.664	151.319	98.324	43.98	43.98	-5.649	-43.7	-78.9	0.26	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	142	0.4	-3482.708	177.374	75.198	43.98	43.98	-5.285	-47.9	-74.8	0.30	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	143	0.4	-3507.170	161.880	45.706	43.98	43.98	-4.844	-53.6	-69.9	0.28	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	144	0.4	-3543.539	142.015	24.807	43.98	43.98	-4.554	-57.9	-66.8	0.24	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	145	0.4	-3589.453	149.698	7.506	43.98	43.98	-4.333	-61.9	-64.5	0.26	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	146	0.4	-3636.024	135.330	18.457	43.98	43.98	-4.562	-60.7	-67.3	0.23	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	148	0.4	-3676.292	106.000	20.742	43.98	43.98	-4.645	-61.0	-68.4	0.18	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	149	0.4	-3758.076	48.250	10.784	43.98	43.98	-4.583	-64.2	-68.1	0.08	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	150	0.4	-3817.747	56.104	12.184	43.98	43.98	-4.675	-65.0	-69.4	0.10	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	151	0.4	-3869.127	117.038	9.961	43.98	43.98	-4.700	-66.3	-69.9	0.20	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	152	0.4	-3930.078	134.306	1.553	43.98	43.98	-4.638	-68.9	-69.5	0.23	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	153	0.4	-3998.871	110.754	3.179	43.98	43.98	-4.744	-69.8	-71.0	0.19	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	154	0.4	-4103.320	88.783	1.776	43.98	43.98	-4.845	-71.9	-72.6	0.15	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	155	0.4	-4174.188	102.970	0.867	43.98	43.98	-4.913	-73.3	-73.6	0.18	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	156	0.4	-4235.398	112.337	8.426	43.98	43.98	-5.106	-73.1	-76.1	0.19	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	157	0.4	-4315.658	116.546	11.284	43.98	43.98	-5.245	-74.0	-78.0	0.20	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	158	0.4	-4372.471	116.945	11.291	43.98	43.98	-5.312	-75.0	-79.0	0.20	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	159	0.4	-4448.385	118.995	21.343	43.98	43.98	-5.561	-74.5	-82.1	0.20	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	160	0.4	-4487.176	155.200	23.668	43.98	43.98	-5.644	-74.8	-83.2	0.27	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	161	0.4	-4530.716	185.987	29.073	43.98	43.98	-5.781	-74.6	-85.0	0.32	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	162	0.4	-4646.685	138.713	38.834	43.98	43.98	-6.072	-74.9	-88.8	0.24	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	163	0.4	-4720.930	128.734	37.113	43.98	43.98	-6.132	-76.5	-89.8	0.22	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	164	0.4	-4772.133	152.705	43.656	43.98	43.98	-6.296	-76.2	-91.8	0.26	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	165	0.4	-4842.037	136.173	50.423	43.98	43.98	-6.486	-76.2	-94.3	0.23	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	166	0.4	-4881.973	149.466	48.676	43.98	43.98	-6.505	-77.2	-94.7	0.26	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	167	0.4	-4933.510	167.174	54.728	43.98	43.98	-6.662	-77.1	-96.7	0.29	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	168	0.4	-5076.706	114.481	63.573	43.98	43.98	-6.971	-78.0	-100.8	0.20	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	169	0.4	-5179.664	86.144	61.714	43.98	43.98	-7.062	-80.1	-102.2	0.15	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	170	0.4	-5179.672	128.641	68.234	43.98	43.98	-7.166	-79.0	-103.4	0.22	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	171	0.4	-5224.500	139.097	72.133	43.98	43.98	-7.280	-79.1	-104.9	0.24	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	172	0.4	-5338.715	119.183	70.354	43.98	43.98	-7.386	-81.4	-106.6	0.20	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	173	0.4	-5414.580	123.500	82.110	43.98	43.98	-7.662	-80.6	-110.0	0.21	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	174	0.4	-5477.488	121.368	86.101	43.98	43.98	-7.800	-81.0	-111.9	0.21	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	175	0.4	-5550.797	118.336	81.682	43.98	43.98	-7.815	-83.1	-112.4	0.20	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	176	0.4	-5623.094	119.798	94.126	43.98	43.98	-8.098	-82.2	-115.9	0.21	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	177	0.4	-5701.934	121.966	99.325	43.98	43.98	-8.273	-82.6	-118.2	0.21	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	178	0.4	-5715.025	123.163	92.878	43.98	43.98	-8.186	-84.0	-117.3	0.21	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	179	0.4	-5779.010	95.585	113.864	43.98	43.98	-8.595	-81.4	-122.1	0.16	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	305	0.4	-5925.687	47.206	117.316	43.98	43.98	-8.822	-83.3	-125.3	0.08	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	306	0.4	-5944.259	32.134	97.534	43.98	43.98	-8.529	-87.2	-122.1	0.06	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	307	0.4	-5865.824	43.998	102.709	43.98	43.98	-8.520	-84.9	-121.7	0.08	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	308	0.4	-5928.724	42.101	104.863	43.98	43.98	-8.628	-85.6	-123.2	0.07	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	309	0.4	-5938.603	43.255	90.260	43.98	43.98	-8.407	-88.4	-120.7	0.07	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	310	0.4	-5944.402	42.125	98.236	43.98	43.98	-8.541	-87.1	-122.2	0.07	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	311	0.4	-6024.737	37.170	105.372	43.98	43.98	-8.749	-87.2	-124.9	0.06	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	312	0.4	-5953.883	21.936	92.076	43.98	43.98	-8.454	-88.3	-121.3	0.04	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	313	0.4	-5944.502	-6.192	98.403	43.98	43.98	-8.543	-87.0	-122.3	-0.01	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	314	0.4	-6010.727	-22.382	106.547	43.98	43.98	-8.751	-86.8	-124.9	-0.04	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	315	0.4	-5939.458	-34.814	93.592	43.98	43.98	-8.461	-87.8	-121.3	-0.06	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	316	0.4	-5940.144	-41.435	97.953	43.98	43.98	-8.531	-87.1	-122.1	-0.07	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	317	0.4	-5917.634	-52.414	102.615	43.98	43.98	-							

SCAVO CON TBM - ANALISI FORMAZIONE Ap GR2b H=275m - TIME 8 - CANNA 1															
INPUT PLAXIS						Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI				CHECK			
Element	Node	Height	N	V	M	Af	A/I	σ_c [Mpa]	$\sigma_{s,inf}$ [Mpa]	$\sigma_{s,sup}$ [Mpa]	τ [MPa]	T	CLS	As	As'
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm2	cm2								
CONCIO_6	329	0.4	-5225.462	-114.613	78.974	43.98	43.98	-7.390	-77.9	-106.1	-0.20	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	330	0.4	-5192.978	-108.868	77.522	43.98	43.98	-7.329	-77.6	-105.3	-0.19	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	331	0.4	-5140.756	-96.203	69.688	43.98	43.98	-7.143	-78.0	-103.0	-0.16	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	332	0.4	-5036.145	-112.294	78.005	43.98	43.98	-7.153	-74.7	-102.6	-0.19	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	333	0.4	-4946.034	-128.217	75.992	43.98	43.98	-7.015	-73.5	-100.7	-0.22	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	334	0.4	-4908.347	-108.801	68.557	43.98	43.98	-6.852	-74.1	-98.7	-0.19	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	335	0.4	-4876.406	-89.698	82.246	43.98	43.98	-7.033	-71.1	-100.6	-0.15	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	336	0.4	-4792.774	-116.505	85.957	43.98	43.98	-6.994	-69.0	-99.8	-0.20	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	470	0.4	-4736.259	-128.335	75.917	43.98	43.98	-6.767	-69.8	-97.0	-0.22	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	471	0.4	-4694.767	-132.958	72.441	43.98	43.98	-6.663	-69.7	-95.6	-0.23	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	472	0.4	-4615.906	-176.761	76.520	43.98	43.98	-6.636	-67.6	-95.0	-0.30	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	473	0.4	-4582.542	-169.130	76.287	43.98	43.98	-6.593	-67.0	-94.3	-0.29	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	474	0.4	-4592.233	-117.856	68.215	43.98	43.98	-6.476	-68.6	-93.1	-0.20	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	475	0.4	-4550.197	-107.737	67.374	43.98	43.98	-6.413	-68.1	-92.2	-0.18	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	476	0.4	-4468.423	-134.305	63.747	43.98	43.98	-6.259	-67.3	-90.1	-0.23	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	477	0.4	-4436.875	-122.860	56.061	43.98	43.98	-6.100	-68.1	-88.2	-0.21	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	478	0.4	-4396.240	-108.130	52.072	43.98	43.98	-5.989	-68.1	-86.7	-0.19	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	479	0.4	-4315.583	-130.585	50.667	43.98	43.98	-5.872	-66.9	-85.1	-0.22	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	480	0.4	-4281.554	-114.651	45.250	43.98	43.98	-5.746	-67.3	-83.5	-0.20	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	481	0.4	-4253.257	-98.287	39.659	43.98	43.98	-5.624	-67.8	-82.0	-0.17	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	482	0.4	-4190.999	-125.960	41.112	43.98	43.98	-5.574	-66.4	-81.2	-0.22	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	483	0.4	-4128.004	-154.289	38.373	43.98	43.98	-5.456	-65.8	-79.6	-0.26	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	484	0.4	-4094.563	-142.580	31.099	43.98	43.98	-5.301	-66.5	-77.7	-0.24	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	485	0.4	-4051.870	-143.339	32.626	43.98	43.98	-5.275	-65.5	-77.2	-0.25	OK	OK	OK	OK

SCAVO CON TBM - ANALISI FORMAZIONE Ap GR2b H=275m - TIME 8 - CANNA 2																
INPUT PLAXIS						Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI				CHECK				
Element	Node	Height	N	V	M	Af	A/I	σ_c [Mpa]	$\sigma_{s,inf}$ [Mpa]	$\sigma_{s,sup}$ [Mpa]	τ [MPa]	T	CLS	As	As'	
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm2	cm2									
CONCIO_1	487	0.4	-3571.194	-186.763	32.863	43.98	43.98	-4.715	-57.0	-68.8	-0.3	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	488	0.4	-3485.344	-172.546	5.972	43.98	43.98	-4.186	-60.3	-62.4	-0.3	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	489	0.4	-3504.340	-85.857	37.163	43.98	43.98	-4.705	-55.0	-68.4	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	490	0.4	-3480.745	-42.564	50.568	43.98	43.98	-4.890	-52.2	-70.3	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	491	0.4	-3469.848	36.407	50.505	43.98	43.98	-4.877	-52.1	-70.1	0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	492	0.4	-3465.438	84.696	35.971	43.98	43.98	-4.640	-54.6	-67.5	0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	493	0.4	-3434.948	173.175	3.960	43.98	43.98	-4.095	-59.8	-61.2	0.3	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	494	0.4	-3495.721	192.367	37.075	43.98	43.98	-4.693	-54.9	-68.2	0.3	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	8	0.4	-3547.977	134.037	39.855	43.98	43.98	-4.799	-55.3	-69.6	0.2	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	7	0.4	-3458.428	133.200	13.262	43.98	43.98	-4.271	-58.5	-63.3	0.2	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	6	0.4	-3469.396	25.279	4.772	43.98	43.98	-4.148	-60.2	-61.9	0.0	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	5	0.4	-3438.416	-15.764	8.681	43.98	43.98	-4.174	-59.0	-62.1	0.0	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	4	0.4	-3462.578	-62.047	3.693	43.98	43.98	-4.123	-60.3	-61.6	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	3	0.4	-3511.027	-73.011	9.723	43.98	43.98	-4.276	-60.1	-63.6	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	2	0.4	-3531.946	-152.089	35.315	43.98	43.98	-4.708	-55.9	-68.5	-0.3	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	1	0.4	-3567.916	-160.725	65.357	43.98	43.98	-5.228	-51.1	-74.5	-0.3	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_3	8	0.4	-3528.252	174.638	63.413	43.98	43.98	-5.150	-50.8	-73.5	0.3	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_3	7	0.4	-3467.520	186.725	31.194	43.98	43.98	-4.567	-55.5	-66.6	0.3	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_3	6	0.4	-3463.109	98.161	4.514	43.98	43.98	-4.137	-60.2	-61.8	0.2	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_3	5	0.4	-3463.994	48.531	7.743	43.98	43.98	-4.189	-59.6	-62.4	0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_3	4	0.4	-3481.692	-35.334	9.739	43.98	43.98	-4.242	-59.6	-63.0	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_3	3	0.4	-3475.717	-74.050	1.106	43.98	43.98	-4.097	-61.0	-61.4	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_3	2	0.4	-3398.633	-156.085	21.543	43.98	43.98	-4.332	-56.0	-63.7	-0.3	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_3	1	0.4	-3475.330	-154.879	50.884	43.98	43.98	-4.889	-52.1	-70.3	-0.3	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_4	278	0.4	-3473.786	190.299	47.323	43.98	43.98	-4.831	-52.7	-69.6	0.3	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_4	279	0.4	-3377.551	207.229	11.333	43.98	43.98	-4.145	-57.4	-61.5	0.4	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_4	280	0.4	-3413.732	106.318	16.918	43.98	43.98	-4.276	-57.1	-63.1	0.2	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_4	281	0.4	-3415.221	83.705	30.520	43.98	43.98	-4.494	-54.7	-65.6	0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_4	282	0.4	-3428.403	14.294	32.525	43.98	43.98	-4.542	-54.5	-66.2	0.0	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_4	283	0.4	-3455.513	-32.094	20.780	43.98	43.98	-4.387	-57.1	-64.6	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_4	284	0.4	-3420.888	-175.549	9.243	43.98	43.98	-4.162	-58.6	-61.9	-0.3	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_4	285	0.4	-3497.265	-210.454	47.498	43.98	43.98	-4.861	-53.1	-70.1	-0.4	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_5	287	0.4	-3475.544	140.209	52.190	43.98	43.98	-4.910	-51.9	-70.5	0.2	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_5	288	0.4	-3380.814	147.475	22.255	43.98	43.98	-4.322	-55.5	-63.5	0.3	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_5	289	0.4	-3420.535	71.578	1.360	43.98	43.98	-4.037	-60.0	-60.5	0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_5	290	0.4	-3389.118	18.719	10.478	43.98	43.98	-4.145	-57.8	-61.5	0.0	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_5	291	0.4	-3381.246	-68.294	10.411	43.98	43.98	-4.135	-57.7	-61.4	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_5	292	0.4	-3414.624	-93.224	0.428	43.98	43.98	-4.015	-60.0	-60.2	-0.2	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_5	293	0.4	-3418.920	-171.975	23.216	43.98	43.98	-4.383	-56.0	-64.4	-0.3	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_5	294	0.4	-3518.468	-154.322	54.260	43.98	43.98	-4.993	-52.2	-71.7	-0.3	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	8	0.4	-3430.211	-161.999	44.307	43.98	43.98	-4.731	-52.5	-68.3	-0.3	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	7	0.4	-3362.036	-162.892	11.343	43.98	43.98	-4.127	-57.2	-61.2	-0.3	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	6	0.4	-3400.124	-72.677	18.723	43.98	43.98	-4.289	-56.5	-63.2	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	5	0.4	-3374.148	-21.022	28.850	43.98	43.98	-4.420	-54.2	-64.6	0.0	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	4	0.4	-3404.546	43.633	26.560	43.98	43.98	-4.419	-55.2	-64.7	0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	3	0.4	-3416.677	86.119	15.684	43.98	43.98	-4.260	-57.3	-63.0	0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	2	0.4	-3392.327	182.618	13.103	43.98	43.98	-4.190	-57.4	-62.1	0.3	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_6	1	0.4	-3540.931	189.324	50.842	43.98	43.98	-4.965	-53.2	-71.4	0.3	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_7	496	0.4	-3484.842	-42.606	95.393	43.98	43.98	-5.608	-44.3	-78.4	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_7	497	0.4	-3440.402	-73.346	89.001	43.98	43.98	-5.455	-44.6	-76.5	-0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_7	498	0.4	-3422.250	49.670	91.718	43.98	43.98	-5.476	-43.8	-76.7	0.1	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_7	499	0.4	-3468.517	71.099	96.042	43.98	43.98	-5.600	-43.9	-78.3	0.1	OK	OK	OK	OK	

SCAVO CON TBM - ANALISI FORMAZIONE Ap GR3a H=275m - TIME 08 - CANNA 1																
INPUT PLAXIS						Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI					CHECK			
Element	Node	Height	N	V	M	Af	Af'	σc [Mpa]	σs,inf' [Mpa]	σs,sup [Mpa]	τ [MPa]	T	CLS	As	As'	
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm2	cm2									
CONCIO_1	437	0.4	-6280.618	-158.610	36.405	43.98	43.98	-7.951	-104.1	-117.1	-0.27	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	438	0.4	-6182.282	-234.983	3.398	43.98	43.98	-7.311	-108.2	-109.5	-0.40	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	439	0.4	-6126.069	-297.635	8.310	43.98	43.98	-7.323	-106.4	-109.3	-0.51	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	440	0.4	-6118.416	-215.276	42.210	43.98	43.98	-7.853	-100.2	-115.3	-0.37	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	441	0.4	-6122.301	-189.553	84.222	43.98	43.98	-8.526	-92.7	-122.9	-0.33	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	442	0.4	-6121.686	-227.340	109.894	43.98	43.98	-8.934	-88.1	-127.5	-0.39	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	443	0.4	-6187.610	-191.687	141.669	43.98	43.98	-9.517	-83.6	-134.3	-0.33	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	444	0.4	-6227.339	-147.991	184.574	43.98	43.98	-10.247	-76.6	-142.7	-0.25	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	445	0.4	-6253.359	-169.851	211.900	43.98	43.98	-10.712	-72.2	-148.0	-0.29	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	446	0.4	-6298.884	-112.424	251.433	43.98	43.98	-11.395	-65.9	-155.9	-0.19	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	447	0.4	-6381.525	26.597	282.385	43.98	43.98	-11.984	-61.8	-162.9	0.05	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	448	0.4	-6418.394	20.506	299.317	43.98	43.98	-12.297	-59.4	-166.6	0.04	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	449	0.4	-6490.025	8.819	322.535	43.98	43.98	-12.750	-56.5	-172.0	0.02	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	450	0.4	-6513.232	-3.425	335.244	43.98	43.98	-12.980	-54.7	-174.7	-0.01	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	451	0.4	-6572.785	63.694	337.683	43.98	43.98	-13.088	-55.3	-176.2	0.11	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	452	0.4	-6621.851	126.334	347.259	43.98	43.98	-13.298	-54.4	-178.8	0.22	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	453	0.4	-6680.736	28.985	347.248	43.98	43.98	-13.367	-55.5	-179.8	0.05	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	454	0.4	-6743.954	92.602	337.780	43.98	43.98	-13.291	-58.3	-179.2	0.16	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	455	0.4	-6795.849	151.017	335.945	43.98	43.98	-13.323	-59.5	-179.8	0.26	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	456	0.4	-6883.765	129.183	324.203	43.98	43.98	-13.239	-63.2	-179.2	0.22	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	457	0.4	-6928.804	105.506	304.677	43.98	43.98	-12.981	-67.5	-176.5	0.18	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	458	0.4	-7007.909	74.193	293.815	43.98	43.98	-12.901	-70.8	-176.0	0.13	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	459	0.4	-7023.355	209.132	269.412	43.98	43.98	-12.531	-75.4	-171.9	0.36	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	460	0.4	-7096.405	260.238	239.707	43.98	43.98	-12.144	-82.0	-167.9	0.45	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	461	0.4	-7175.877	217.676	224.062	43.98	43.98	-11.988	-86.2	-166.5	0.37	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	462	0.4	-7223.350	260.949	188.691	43.98	43.98	-11.481	-93.4	-161.0	0.45	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	463	0.4	-7242.063	297.744	166.367	43.98	43.98	-11.148	-97.7	-157.3	0.51	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	464	0.4	-7329.786	238.769	151.871	43.98	43.98	-11.020	-101.9	-156.2	0.41	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	465	0.4	-7377.104	267.577	110.800	43.98	43.98	-10.422	-110.1	-149.7	0.46	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	466	0.4	-7396.634	369.232	75.549	43.98	43.98	-9.884	-116.7	-143.8	0.63	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	467	0.4	-7486.416	294.502	62.216	43.98	43.98	-9.778	-120.7	-143.0	0.50	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_1	468	0.4	-7598.546	228.834	15.103	43.98	43.98	-9.159	-131.1	-136.5	0.39	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	364	0.4	-7609.703	233.308	4.800	43.98	43.98	-9.009	-133.1	-134.8	0.40	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	365	0.4	-7664.660	227.652	4.353	43.98	43.98	-9.066	-134.2	-135.7	0.39	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	366	0.4	-7722.176	228.752	38.289	43.98	43.98	-9.674	-129.1	-142.8	0.39	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	367	0.4	-7781.419	222.231	57.856	43.98	43.98	-10.054	-126.6	-147.4	0.38	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	368	0.4	-7892.812	135.649	64.022	43.98	43.98	-10.283	-127.5	-150.4	0.23	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	369	0.4	-7942.428	138.828	88.298	43.98	43.98	-10.728	-124.0	-155.6	0.24	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	370	0.4	-7945.959	204.545	100.029	43.98	43.98	-10.919	-122.0	-157.8	0.35	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	371	0.4	-8015.368	185.535	108.996	43.98	43.98	-11.143	-121.6	-160.6	0.32	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	372	0.4	-8078.589	171.944	136.276	43.98	43.98	-11.651	-117.8	-166.6	0.29	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	373	0.4	-8152.142	153.585	146.052	43.98	43.98	-11.893	-117.4	-169.7	0.26	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	374	0.4	-8227.806	135.096	155.651	43.98	43.98	-12.135	-117.0	-172.7	0.23	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	375	0.4	-8256.444	171.469	178.760	43.98	43.98	-12.536	-113.4	-177.4	0.29	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	376	0.4	-8343.517	133.553	182.502	43.98	43.98	-12.698	-114.2	-179.6	0.23	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	377	0.4	-8425.808	99.250	194.175	43.98	43.98	-12.980	-113.6	-183.1	0.17	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	378	0.4	-8467.931	119.167	210.101	43.98	43.98	-13.283	-111.5	-186.7	0.20	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	379	0.4	-8478.677	126.880	205.681	43.98	43.98	-13.225	-112.5	-186.1	0.22	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	380	0.4	-8497.379	127.779	208.574	43.98	43.98	-13.293	-112.3	-187.0	0.22	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	381	0.4	-8533.384	128.485	215.497	43.98	43.98	-13.446	-111.7	-188.8	0.22	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	382	0.4	-8557.188	124.028	203.861	43.98	43.98	-13.288	-114.2	-187.2	0.21	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	383	0.4	-8703.360	56.388	208.999	43.98	43.98	-13.542	-115.8	-190.7	0.10	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	384	0.4	-8739.728	38.288	205.149	43.98	43.98	-13.523	-117.2	-190.6	0.07	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	385	0.4	-8776.644	29.002	186.579	43.98	43.98	-13.271	-121.1	-187.9	0.05	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	386	0.4	-8867.736	25.446	186.275	43.98	43.98	-13.373	-122.8	-189.5	0.04	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	387	0.4	-8957.784	13.565	179.454	43.98	43.98	-13.370	-125.6	-189.8	0.02	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	388	0.4	-9129.679	-39.124	161.673	43.98	43.98	-13.289	-131.8	-189.7	-0.07	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	389	0.4	-9204.746	-50.469	161.194	43.98	43.98	-13.369	-133.2	-190.9	-0.09	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	390	0.4	-9068.194	-3.942	140.104	43.98	43.98	-12.874	-134.6	-184.7	-0.01	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	391	0.4	-9167.993	-17.346	113.111	43.98	43.98	-12.561	-141.2	-181.7	-0.03	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	392	0.4	-9403.783	-46.054	119.684	43.98	43.98	-12.943	-144.1	-187.0	-0.08	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	393	0.4	-9403.367	-30.195	104.744	43.98	43.98	-12.704	-146.8	-184.3	-0.05	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	394	0.4	-9408.549	-26.854	71.954	43.98	43.98	-12.189	-152.8	-178.5	-0.05	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_2	395	0.4	-9311.108	-28.064	78.351	43.98	43.98	-12.176	-149.9	-178.0	-0.05	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_3	181	0.4	-9337.413	-71.113	58.642	43.98	43.98	-11.893	-153.9	-174.9	-0.12	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_3	182	0.4	-9346.056	-96.808	13.909	43.98	43.98	-11.192	-162.1	-167.0	-0.17	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_3	183	0.4	-9351.327	-110.311	10.072	43.98	43.98	-11.137	-162.8	-166.5	-0.19	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_3	184	0.4	-9478.656	-85.079	5.593	43.98	43.98	-11.215	-165.9	-167.9	-0.15	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_3	185	0.4	-9370.682	-34.981	27.219	43.98	43.98	-11.432	-160.1	-169.9	-0.06	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_3	186	0.4	-9265.463	-18.935	12.419	43.98	43.98	-11.073	-160.9	-165.4	-0.03	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_3	187	0.4	-9275.677	-15.990	9.154	43.98	43.98	-11.033	-161.7	-165.0	-0.03	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_3	188	0.4	-9285.485	6.645	8.844	43.98	43.98	-11.040	-161.9	-165.1	0.01	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_3	189	0.4	-9292.655	28.245	17.766	43.98	43.98	-11.190	-160.4	-166.8	0.05	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_3	190	0.4	-9188.042	22.393	30.615	43.98	43.98	-11.272	-156.3	-167.3	0.04	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_3	191	0.4	-9207.513	32.054	44.962	43.98	43.98	-11.523	-154.1	-170.2	0.05	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_3	192	0.4	-9219.137	42.661	78.041	43.98	43.98	-12.063	-148.3	-176.3	0.07	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_3	193	0.4	-9110.374	24.566	91.538	43.98	43.98	-12.150	-144.0	-176.8	0.04	OK	OK	OK	OK	
CONCIO_3	194	0.4	-9131.497	34.217	110.4											

CONCIO_3	209	0.4	-8061.889	-126.248	222.982	43.98	43.98	-13.011	-102.0	-181.9	-0.22	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	210	0.4	-8077.417	-100.328	222.975	43.98	43.98	-13.029	-102.3	-182.1	-0.17	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	211	0.4	-7964.541	-131.329	187.242	43.98	43.98	-12.328	-106.7	-173.8	-0.23	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	212	0.4	-7869.913	-165.656	189.355	43.98	43.98	-12.251	-104.7	-172.5	-0.28	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	115	0.4	-7806.764	-199.381	169.357	43.98	43.98	-11.858	-107.1	-167.8	-0.34	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	116	0.4	-7725.005	-212.462	120.058	43.98	43.98	-10.978	-114.5	-157.5	-0.36	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	117	0.4	-7659.724	-235.960	100.660	43.98	43.98	-10.593	-116.8	-152.9	-0.40	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	118	0.4	-7542.815	-322.301	67.801	43.98	43.98	-9.933	-120.7	-144.9	-0.55	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	119	0.4	-7466.923	-308.536	22.937	43.98	43.98	-9.130	-127.4	-135.6	-0.53	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	120	0.4	-7392.883	-306.468	3.227	43.98	43.98	-8.729	-129.6	-130.7	-0.53	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	121	0.4	-7285.490	-361.303	34.731	43.98	43.98	-9.104	-122.1	-134.5	-0.62	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	122	0.4	-7220.181	-328.564	77.001	43.98	43.98	-9.700	-113.3	-140.9	-0.56	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	123	0.4	-7147.817	-308.159	107.981	43.98	43.98	-10.108	-106.5	-145.2	-0.53	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	124	0.4	-7077.466	-270.843	144.737	43.98	43.98	-10.611	-98.7	-150.5	-0.46	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	125	0.4	-7033.031	-230.489	182.168	43.98	43.98	-11.154	-91.2	-156.4	-0.40	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	126	0.4	-6965.947	-275.485	196.913	43.98	43.98	-11.310	-87.4	-157.9	-0.47	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	127	0.4	-6872.665	-302.777	230.560	43.98	43.98	-11.736	-79.7	-162.3	-0.52	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	128	0.4	-6803.820	-251.598	256.254	43.98	43.98	-12.064	-73.9	-165.7	-0.43	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	129	0.4	-6740.546	-205.965	273.449	43.98	43.98	-12.263	-69.7	-167.6	-0.35	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	130	0.4	-6665.725	-227.123	297.224	43.98	43.98	-12.554	-64.2	-170.6	-0.39	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	131	0.4	-6597.971	-250.501	317.532	43.98	43.98	-12.797	-59.3	-173.0	-0.43	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	132	0.4	-6531.448	-194.363	323.259	43.98	43.98	-12.810	-57.1	-172.9	-0.33	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	133	0.4	-6496.831	-128.752	342.904	43.98	43.98	-13.082	-53.0	-175.8	-0.22	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	134	0.4	-6418.203	-143.564	344.483	43.98	43.98	-13.015	-51.3	-174.7	-0.25	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	135	0.4	-6346.443	-78.103	339.684	43.98	43.98	-12.855	-50.9	-172.6	-0.13	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	136	0.4	-6282.875	-6.754	342.885	43.98	43.98	-12.831	-49.2	-172.0	-0.01	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	137	0.4	-6236.584	-15.764	330.227	43.98	43.98	-12.575	-50.7	-168.9	-0.03	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	138	0.4	-6187.764	-22.373	312.160	43.98	43.98	-12.230	-53.1	-164.8	-0.04	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	139	0.4	-6139.370	48.680	303.441	43.98	43.98	-12.035	-53.8	-162.4	0.08	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	140	0.4	-6101.884	112.979	275.517	43.98	43.98	-11.547	-58.1	-156.8	0.19	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	141	0.4	-6065.165	101.026	247.280	43.98	43.98	-11.054	-62.5	-151.1	0.17	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	142	0.4	-6027.858	157.440	224.463	43.98	43.98	-10.647	-65.9	-146.3	0.27	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	143	0.4	-6013.208	131.584	184.849	43.98	43.98	-10.000	-72.8	-139.0	0.23	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	144	0.4	-6003.348	102.213	156.356	43.98	43.98	-9.535	-77.7	-133.7	0.18	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	145	0.4	-5999.077	135.124	130.480	43.98	43.98	-9.118	-82.3	-129.0	0.23	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	146	0.4	-5995.511	140.527	84.539	43.98	43.98	-8.383	-90.4	-120.7	0.24	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	148	0.4	-5983.650	135.106	71.018	43.98	43.98	-8.154	-92.6	-118.1	0.23	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	149	0.4	-6016.580	65.988	72.139	43.98	43.98	-8.210	-93.0	-118.8	0.11	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	150	0.4	-6039.375	80.158	54.807	43.98	43.98	-7.961	-96.5	-116.1	0.14	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	151	0.4	-6076.215	161.317	50.879	43.98	43.98	-7.942	-97.9	-116.1	0.28	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	152	0.4	-6139.901	182.074	60.066	43.98	43.98	-8.163	-97.4	-118.9	0.31	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	153	0.4	-6211.143	143.146	54.303	43.98	43.98	-8.155	-99.6	-119.1	0.25	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	154	0.4	-6338.777	109.128	53.734	43.98	43.98	-8.295	-102.0	-121.2	0.19	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	155	0.4	-6415.847	132.383	54.508	43.98	43.98	-8.398	-103.2	-122.7	0.23	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	156	0.4	-6470.712	146.382	36.512	43.98	43.98	-8.176	-107.4	-120.5	0.25	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	157	0.4	-6558.247	156.134	27.611	43.98	43.98	-8.137	-110.5	-120.4	0.27	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	158	0.4	-6609.576	162.202	22.886	43.98	43.98	-8.122	-112.3	-120.5	0.28	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	159	0.4	-6691.251	170.584	2.307	43.98	43.98	-7.891	-117.4	-118.2	0.29	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	160	0.4	-6718.181	232.276	8.485	43.98	43.98	-8.021	-116.8	-119.8	0.40	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	161	0.4	-6752.160	286.315	24.308	43.98	43.98	-8.312	-114.5	-123.2	0.49	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	162	0.4	-6894.502	221.466	47.204	43.98	43.98	-8.844	-112.9	-129.8	0.38	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	163	0.4	-6974.240	210.853	54.198	43.98	43.98	-9.049	-113.1	-132.5	0.36	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	164	0.4	-7020.945	250.776	74.132	43.98	43.98	-9.421	-110.3	-136.9	0.43	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	165	0.4	-7094.805	228.903	94.609	43.98	43.98	-9.833	-108.0	-141.9	0.39	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	166	0.4	-7128.375	248.760	102.209	43.98	43.98	-9.994	-107.2	-143.8	0.43	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	167	0.4	-7178.347	272.635	121.582	43.98	43.98	-10.361	-104.6	-148.2	0.47	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	168	0.4	-7357.052	191.799	147.055	43.98	43.98	-10.976	-103.2	-155.9	0.33	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	169	0.4	-7484.238	145.492	155.110	43.98	43.98	-11.253	-104.0	-159.5	0.25	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	170	0.4	-7455.926	198.595	170.901	43.98	43.98	-11.471	-100.7	-161.9	0.34	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	171	0.4	-7488.306	204.904	182.356	43.98	43.98	-11.691	-99.2	-164.5	0.35	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	172	0.4	-7625.091	165.824	187.445	43.98	43.98	-11.933	-100.7	-167.8	0.28	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	173	0.4	-7709.306	161.207	208.629	43.98	43.98	-12.369	-98.4	-173.1	0.28	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	174	0.4	-7781.455	146.210	216.683	43.98	43.98	-12.582	-98.2	-175.8	0.25	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	175	0.4	-7864.015	129.574	211.462	43.98	43.98	-12.596	-100.6	-176.3	0.22	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	176	0.4	-7936.003	115.978	227.860	43.98	43.98	-12.941	-98.9	-180.5	0.20	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	177	0.4	-8015.730	99.239	231.602	43.98	43.98	-13.094	-99.7	-182.6	0.17	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	178	0.4	-8023.431	93.467	211.510	43.98	43.98	-12.784	-103.4	-179.1	0.16	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	179	0.4	-8093.857	56.606	230.999	43.98	43.98	-13.176	-101.2	-183.9	0.10	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	305	0.4	-8288.646	-34.796	226.371	43.98	43.98	-13.331	-105.4	-186.5	-0.06	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	306	0.4	-8330.081	-63.151	179.746	43.98	43.98	-12.638	-114.5	-178.8	-0.11	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	307	0.4	-8225.468	-38.774	167.807	43.98	43.98	-12.325	-114.8	-174.9	-0.07	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	308	0.4	-8307.121	-39.074	156.100	43.98	43.98	-12.235	-118.3	-174.2	-0.07	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	309	0.4	-8309.758	-36.615	122.220	43.98	43.98	-11.699	-124.4	-168.2	-0.06	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	310	0.4	-8299.610	-34.601	122.138	43.98	43.98	-11.686	-124.3	-168.0	-0.06	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	311	0.4	-8396.053	-28.016	120.733	43.98	43.98	-11.776	-126.2	-169.4	-0.05	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	312	0.4	-8287.816	-26.247	94.386	43.98	43.98	-11.230	-129.0	-162.8	-0.05	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	313	0.4	-8275.334	-39.431	97.590	43.98	43.98	-11.266	-128.2	-163.2	-0.07	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	314	0.4	-8369.862	-37.728	103.920	43.98	43.98	-11.478	-128.8	-166.0	-0.06	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	315	0.4	-8271.397	-35.006	87.147	43.98	43.98	-11.096	-130.0	-161.2	-0.06	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	316	0.4	-8274.060	-27.701	94.691	43.98	43.98	-11.219	-128.7	-162.6	-0.05	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	317	0.4	-8259.050	-29.074	105.101	43.98	43.98	-11.367	-126.6	-164.2	-0.05	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	318	0.4	-8167.186	-44.561	95.003	43.98	43.98	-11.098	-126.8	-160.8	-0.08	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	319	0.4	-8166.572	-34.258	103.559	43.98	43.98	-11.234	-125.2	-162.3	-0.06	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	320	0.4													

CONCIO_6	333	0.4	-7202.544	-199.612	126.564	43.98	43.98	-10.468	-104.2	-149.5	-0.34	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	334	0.4	-7176.083	-177.121	107.633	43.98	43.98	-10.136	-107.1	-145.6	-0.30	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	335	0.4	-7154.933	-149.507	119.337	43.98	43.98	-10.297	-104.6	-147.3	-0.26	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	336	0.4	-7056.858	-180.977	117.164	43.98	43.98	-10.148	-103.3	-145.2	-0.31	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	470	0.4	-6999.076	-185.719	95.732	43.98	43.98	-9.739	-106.1	-140.4	-0.32	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	471	0.4	-6954.493	-184.819	87.662	43.98	43.98	-9.558	-106.8	-138.1	-0.32	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	472	0.4	-6859.382	-243.496	91.129	43.98	43.98	-9.502	-104.5	-137.1	-0.42	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	473	0.4	-6826.265	-226.332	89.195	43.98	43.98	-9.432	-104.2	-136.2	-0.39	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	474	0.4	-6862.289	-142.269	74.624	43.98	43.98	-9.242	-107.5	-134.2	-0.24	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	475	0.4	-6822.997	-119.983	72.578	43.98	43.98	-9.164	-107.1	-133.1	-0.21	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	476	0.4	-6723.106	-151.323	67.789	43.98	43.98	-8.970	-106.2	-130.5	-0.26	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	477	0.4	-6699.097	-126.413	56.912	43.98	43.98	-8.769	-107.8	-128.1	-0.22	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	478	0.4	-6662.047	-97.857	52.515	43.98	43.98	-8.655	-107.9	-126.7	-0.17	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	479	0.4	-6564.480	-126.816	53.336	43.98	43.98	-8.554	-106.0	-125.1	-0.22	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	480	0.4	-6536.285	-97.965	48.041	43.98	43.98	-8.437	-106.5	-123.7	-0.17	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	481	0.4	-6517.728	-70.184	42.490	43.98	43.98	-8.327	-107.2	-122.4	-0.12	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	482	0.4	-6449.099	-109.064	48.714	43.98	43.98	-8.345	-104.8	-122.3	-0.19	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	483	0.4	-6379.708	-148.500	48.540	43.98	43.98	-8.261	-103.6	-121.0	-0.25	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	484	0.4	-6352.545	-127.182	41.993	43.98	43.98	-8.125	-104.3	-119.4	-0.22	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	485	0.4	-6311.569	-120.027	49.982	43.98	43.98	-8.204	-102.2	-120.1	-0.21	OK	OK	OK	OK

SCAVO CON TBM - ANALISI FORMAZIONE Ap GR3a H=275m - TIME 8 - CANNA 2															
INPUT PLAXIS						Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI				CHECK			
Element	Node	Height	N	V	M	Af	A/I	σ_c [Mpa]	$\sigma_{s,inf}$ [Mpa]	$\sigma_{s,sup}$ [Mpa]	τ [MPa]	T	CLS	As	As'
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm2	cm2								
CONCIO_1	487	0.4	-4527.168	-270.600	30.295	43.98	43.98	-5.796	-74.3	-85.1	-0.5	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	488	0.4	-4410.850	-237.721	23.909	43.98	43.98	-5.558	-73.4	-81.9	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	489	0.4	-4425.982	-118.522	65.569	43.98	43.98	-6.239	-66.2	-89.7	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	490	0.4	-4395.950	-48.714	82.920	43.98	43.98	-6.479	-62.6	-92.2	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	491	0.4	-4395.076	63.748	81.330	43.98	43.98	-6.453	-62.8	-91.9	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	492	0.4	-4411.099	137.406	59.503	43.98	43.98	-6.125	-67.0	-88.3	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	493	0.4	-4398.450	248.834	14.684	43.98	43.98	-5.397	-74.8	-80.1	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	494	0.4	-4489.388	279.341	43.208	43.98	43.98	-5.957	-71.3	-86.8	0.5	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	8	0.4	-4504.464	144.639	44.686	43.98	43.98	-5.998	-71.3	-87.3	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	7	0.4	-4402.888	135.985	15.868	43.98	43.98	-5.421	-74.7	-80.4	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	6	0.4	-4443.231	4.278	2.801	43.98	43.98	-5.260	-77.7	-78.7	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	5	0.4	-4439.780	-48.865	4.781	43.98	43.98	-5.287	-77.3	-79.0	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	4	0.4	-4508.912	-97.920	3.482	43.98	43.98	-5.348	-78.8	-80.0	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	3	0.4	-4598.554	-111.808	22.644	43.98	43.98	-5.758	-76.9	-85.0	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	2	0.4	-4645.037	-198.635	56.380	43.98	43.98	-6.349	-71.7	-91.9	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	1	0.4	-4690.767	-192.764	93.314	43.98	43.98	-6.991	-65.9	-99.3	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	8	0.4	-4607.726	227.133	90.842	43.98	43.98	-6.854	-64.9	-97.4	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	7	0.4	-4539.212	243.891	48.273	43.98	43.98	-6.096	-71.3	-88.6	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	6	0.4	-4498.348	135.107	14.748	43.98	43.98	-5.515	-76.6	-81.8	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	5	0.4	-4506.607	65.560	2.587	43.98	43.98	-5.331	-78.9	-79.8	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	4	0.4	-4511.632	-28.082	6.050	43.98	43.98	-5.392	-78.4	-80.5	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	3	0.4	-4485.171	-90.570	3.843	43.98	43.98	-5.326	-78.3	-79.7	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	2	0.4	-4393.148	-186.704	30.355	43.98	43.98	-5.640	-71.9	-82.8	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	1	0.4	-4464.848	-181.390	66.514	43.98	43.98	-6.299	-66.7	-90.5	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	278	0.4	-4455.498	252.896	59.686	43.98	43.98	-6.180	-67.8	-89.1	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	279	0.4	-4335.434	272.923	11.663	43.98	43.98	-5.274	-74.2	-78.4	0.5	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	280	0.4	-4366.682	147.851	25.585	43.98	43.98	-5.533	-72.3	-81.5	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	281	0.4	-4383.101	118.449	46.363	43.98	43.98	-5.883	-68.9	-85.5	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	282	0.4	-4409.245	29.466	51.843	43.98	43.98	-6.000	-68.4	-86.9	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	283	0.4	-4448.347	-38.877	38.423	43.98	43.98	-5.833	-71.4	-85.2	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	284	0.4	-4390.533	-220.785	0.414	43.98	43.98	-5.160	-77.2	-77.4	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	285	0.4	-4463.050	-267.701	50.667	43.98	43.98	-6.045	-69.5	-87.7	-0.5	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	287	0.4	-4419.594	175.210	58.241	43.98	43.98	-6.114	-67.4	-88.2	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	288	0.4	-4299.509	179.528	21.442	43.98	43.98	-5.388	-71.9	-79.5	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	289	0.4	-4342.394	85.825	6.632	43.98	43.98	-5.203	-75.3	-77.6	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	290	0.4	-4316.039	8.899	17.081	43.98	43.98	-5.338	-72.9	-79.0	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	291	0.4	-4319.828	-100.411	14.891	43.98	43.98	-5.308	-73.4	-78.7	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	292	0.4	-4360.776	-134.002	1.108	43.98	43.98	-5.136	-76.6	-77.0	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	293	0.4	-4384.384	-226.283	32.380	43.98	43.98	-5.662	-71.4	-83.0	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	294	0.4	-4507.985	-203.749	73.834	43.98	43.98	-6.466	-66.2	-92.6	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	8	0.4	-4449.945	-195.411	63.811	43.98	43.98	-6.239	-66.9	-89.8	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	7	0.4	-4356.856	-197.863	24.118	43.98	43.98	-5.498	-72.4	-81.0	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	6	0.4	-4397.779	-87.977	12.305	43.98	43.98	-5.358	-75.2	-79.6	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	5	0.4	-4355.368	-25.089	24.336	43.98	43.98	-5.500	-72.3	-81.0	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	4	0.4	-4385.922	50.663	21.382	43.98	43.98	-5.488	-73.4	-81.1	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	3	0.4	-4395.053	103.361	8.454	43.98	43.98	-5.293	-75.9	-78.9	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	2	0.4	-4368.356	215.746	25.471	43.98	43.98	-5.533	-72.4	-81.5	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	1	0.4	-4544.394	226.876	71.327	43.98	43.98	-6.469	-67.2	-92.8	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	496	0.4	-4486.654	-28.276	122.148	43.98	43.98	-7.210	-57.1	-100.9	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	497	0.4	-4437.797	-65.101	119.179	43.98	43.98	-7.105	-56.8	-99.5	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	498	0.4	-4440.346	74.456	124.043	43.98	43.98	-7.186	-56.0	-100.4	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	499	0.4	-4493.805	101.903	132.518	43.98	43.98	-7.383	-55.4	-102.8	0.2	OK	OK	OK	OK

SCAVO CON TBM - ANALISI FORMAZIONE Ap GR3b H=275m -TIME 8 - CANNA 1															
INPUT PLAXIS					Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI				CHECK				
Element	Node	Height	N	V	M	Af	Af'	σ_c [Mpa]	$\sigma_{s,inf}$ [Mpa]	$\sigma_{s,sup}$ [Mpa]	τ [MPa]	T	CLS	As	As'
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm2	cm2								
CONCIO_1	437	0.4	-7620.586	-187.554	38.357	43.98	43.98	-9.555	-127.3	-141.0	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	438	0.4	-7531.248	-288.043	8.897	43.98	43.98	-8.982	-131.0	-134.2	-0.5	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	439	0.4	-7505.210	-363.466	32.870	43.98	43.98	-9.333	-126.3	-138.0	-0.6	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	440	0.4	-7545.675	-251.145	83.132	43.98	43.98	-10.180	-118.0	-147.7	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	441	0.4	-7573.242	-207.359	137.149	43.98	43.98	-11.072	-108.8	-157.9	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	442	0.4	-7564.310	-241.995	161.563	43.98	43.98	-11.450	-104.3	-162.1	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	443	0.4	-7632.720	-190.624	191.758	43.98	43.98	-12.011	-100.1	-168.7	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	444	0.4	-7666.115	-131.092	232.779	43.98	43.98	-12.703	-93.3	-176.6	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	445	0.4	-7672.573	-155.579	251.772	43.98	43.98	-13.012	-90.0	-180.2	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	446	0.4	-7694.807	-92.329	285.083	43.98	43.98	-13.569	-84.4	-186.5	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	447	0.4	-7770.572	63.824	310.414	43.98	43.98	-14.061	-81.2	-192.4	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	448	0.4	-7796.852	40.254	323.394	43.98	43.98	-14.298	-79.4	-195.2	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	449	0.4	-7874.081	12.636	347.814	43.98	43.98	-14.777	-76.4	-200.9	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	450	0.4	-7894.561	-8.653	361.873	43.98	43.98	-15.025	-74.2	-203.8	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	451	0.4	-7958.833	69.793	363.877	43.98	43.98	-15.132	-75.0	-205.3	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	452	0.4	-8011.271	141.527	375.152	43.98	43.98	-15.373	-73.9	-208.2	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	453	0.4	-8070.764	22.037	374.455	43.98	43.98	-15.432	-75.1	-209.1	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	454	0.4	-8137.510	97.544	363.038	43.98	43.98	-15.329	-78.3	-208.3	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	455	0.4	-8192.403	165.560	361.513	43.98	43.98	-15.369	-79.5	-209.0	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	456	0.4	-8289.681	136.831	347.950	43.98	43.98	-15.267	-83.7	-208.2	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	457	0.4	-8334.627	106.217	325.646	43.98	43.98	-14.965	-88.5	-205.0	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	458	0.4	-8420.041	67.948	313.075	43.98	43.98	-14.965	-92.2	-204.3	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	459	0.4	-8431.423	228.066	286.182	43.98	43.98	-14.451	-97.2	-199.7	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	460	0.4	-8509.780	287.674	252.143	43.98	43.98	-14.001	-104.7	-195.0	0.5	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	461	0.4	-8599.922	236.575	235.072	43.98	43.98	-13.835	-109.3	-193.5	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	462	0.4	-8647.891	287.098	194.948	43.98	43.98	-13.253	-117.4	-187.2	0.5	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	463	0.4	-8658.427	329.408	171.172	43.98	43.98	-12.887	-121.8	-183.1	0.6	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	464	0.4	-8756.318	260.129	156.552	43.98	43.98	-12.769	-126.1	-182.2	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	465	0.4	-8803.239	294.232	109.452	43.98	43.98	-12.075	-135.4	-174.6	0.5	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	466	0.4	-8821.963	413.841	70.007	43.98	43.98	-11.469	-142.8	-167.9	0.7	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	467	0.4	-8921.071	325.438	56.537	43.98	43.98	-11.371	-147.0	-167.2	0.6	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	468	0.4	-9047.072	245.854	2.563	43.98	43.98	-10.660	-158.8	-159.7	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	364	0.4	-9051.532	251.199	18.703	43.98	43.98	-10.922	-156.0	-162.7	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	365	0.4	-9108.564	244.213	15.582	43.98	43.98	-10.939	-157.6	-163.2	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	366	0.4	-9166.852	243.152	53.632	43.98	43.98	-11.613	-151.8	-171.0	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	367	0.4	-9226.847	233.923	74.554	43.98	43.98	-12.017	-149.1	-175.8	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	368	0.4	-9349.261	130.435	79.218	43.98	43.98	-12.235	-150.4	-178.8	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	369	0.4	-9397.694	129.486	104.841	43.98	43.98	-12.699	-146.7	-184.2	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	370	0.4	-9393.212	204.395	114.932	43.98	43.98	-12.855	-144.8	-186.0	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	371	0.4	-9465.662	178.685	121.276	43.98	43.98	-13.041	-145.0	-188.4	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	372	0.4	-9531.347	159.668	148.912	43.98	43.98	-13.557	-141.2	-194.5	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	373	0.4	-9608.352	135.388	155.533	43.98	43.98	-13.753	-141.3	-197.0	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	374	0.4	-9689.010	112.874	161.291	43.98	43.98	-13.939	-141.7	-199.5	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	375	0.4	-9710.785	154.591	183.683	43.98	43.98	-14.321	-138.1	-203.9	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	376	0.4	-9797.964	110.935	183.487	43.98	43.98	-14.421	-139.7	-205.4	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	377	0.4	-9887.857	73.504	191.912	43.98	43.98	-14.660	-139.7	-208.4	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	378	0.4	-9924.649	99.889	206.891	43.98	43.98	-14.942	-137.7	-211.8	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	379	0.4	-9924.529	115.923	198.529	43.98	43.98	-14.808	-139.2	-210.3	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	380	0.4	-9939.081	125.178	200.341	43.98	43.98	-14.854	-139.1	-210.9	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	381	0.4	-9971.818	134.629	207.570	43.98	43.98	-15.008	-138.4	-212.7	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	382	0.4	-9990.789	137.168	194.364	43.98	43.98	-14.820	-141.1	-210.7	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	383	0.4	-10151.805	67.924	200.961	43.98	43.98	-15.114	-142.8	-214.7	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	384	0.4	-10188.612	55.405	199.407	43.98	43.98	-15.132	-143.7	-215.1	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	385	0.4	-10228.108	50.592	181.426	43.98	43.98	-14.893	-147.6	-212.6	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	386	0.4	-10322.041	51.311	185.058	43.98	43.98	-15.061	-148.6	-214.9	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	387	0.4	-10420.171	41.429	181.811	43.98	43.98	-15.124	-150.9	-216.0	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	388	0.4	-10617.604	-19.046	165.711	43.98	43.98	-15.100	-157.3	-216.6	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	389	0.4	-10702.497	-31.483	170.430	43.98	43.98	-15.274	-157.9	-218.9	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	390	0.4	-10537.865	21.198	152.008	43.98	43.98	-14.788	-158.3	-212.8	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	391	0.4	-10650.214	5.427	125.766	43.98	43.98	-14.502	-165.0	-210.0	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	392	0.4	-10918.474	-27.635	138.489	43.98	43.98	-15.020	-167.4	-217.0	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	393	0.4	-10915.512	-7.950	126.504	43.98	43.98	-14.826	-169.5	-214.8	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	394	0.4	-10914.313	-1.299	94.289	43.98	43.98	-14.312	-175.3	-209.0	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	395	0.4	-10797.649	0.776	107.042	43.98	43.98	-14.378	-171.0	-209.3	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	181	0.4	-10824.794	-49.589	89.593	43.98	43.98	-14.132	-174.6	-206.6	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	182	0.4	-10842.929	-87.108	40.612	43.98	43.98	-13.374	-183.6	-198.2	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	183	0.4	-10850.944	-112.783	38.481	43.98	43.98	-13.349	-184.2	-197.9	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	184	0.4	-11002.652	-89.376	22.498	43.98	43.98	-13.273	-189.7	-197.7	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	185	0.4	-10874.573	-34.988	2.014	43.98	43.98	-12.797	-191.1	-191.8	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	186	0.4	-10747.242	-18.131	15.945	43.98	43.98	-12.869	-186.4	-192.1	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	187	0.4	-10751.202	-15.175	22.590	43.98	43.98	-12.979	-185.3	-193.3	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	188	0.4	-10753.558	3.772	25.612	43.98	43.98	-13.030	-184.8	-193.9	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	189	0.4	-10747.744	14.870	57.062	43.98	43.98	-13.524	-179.0	-199.4	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	190	0.4	-10625.698	-4.753	67.514	43.98	43.98	-13.547	-175.0	-199.2	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	191	0.4	-10652.839	0.980	79.625	43.98	43.98	-13.771	-173.3	-201.8	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	192	0.4	-10672.081	10.473	111.600	43.98	43.98	-14.303	-167.9	-207.9	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	193	0.4	-10550.039	-10.612	118.963	43.98	43.98	-14.277	-164.5	-207.0	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	194	0.4	-10583.427	4.709	133.131	43.98	43.98	-14.541	-162.5	-210.2	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	195	0.4	-10510.912	-15.709	159.813	43.98	43.98	-14.881	-156.5	-213.7	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	196	0.4	-10416.884	-11.698	162.552	43.98	43.98	-14.814	-154.3						

SCAVO CON TBM - ANALISI FORMAZIONE Ap GR3b H=275m -TIME 8 - CANNA 1																	
INPUT PLAXIS						Intradosso		Estradosso		VERIFICHE SEZIONALI				CHECK			
Element	Node	Height	N	V	M	Af	Af'			σc [Mpa]	σs,inf [Mpa]	σs,sup [Mpa]	τ [MPa]	T	CLS	As	As'
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm2	cm2										
CONCIO_3	209	0.4	-9495.342	-131.324	226.217	43.98	43.98	-14.745	-126.7	-207.7	-0.2	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	210	0.4	-9523.699	-99.223	225.540	43.98	43.98	-14.768	-127.3	-208.1	-0.2	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	211	0.4	-9404.373	-133.855	184.491	43.98	43.98	-13.975	-132.6	-198.6	-0.2	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	212	0.4	-9305.215	-168.430	189.016	43.98	43.98	-13.930	-130.0	-197.7	-0.3	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	115	0.4	-9241.467	-209.092	166.687	43.98	43.98	-13.500	-132.9	-192.6	-0.4	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	116	0.4	-9159.742	-221.908	109.482	43.98	43.98	-12.494	-141.7	-180.9	-0.4	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	117	0.4	-9090.093	-250.373	88.841	43.98	43.98	-12.084	-144.1	-176.0	-0.4	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	118	0.4	-8966.736	-352.715	52.164	43.98	43.98	-11.355	-148.5	-167.2	-0.6	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	119	0.4	-8886.916	-340.095	0.973	43.98	43.98	-10.447	-156.3	-156.6	-0.6	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	120	0.4	-8809.240	-337.800	28.038	43.98	43.98	-10.786	-150.1	-160.1	-0.6	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	121	0.4	-8695.753	-404.936	63.828	43.98	43.98	-11.223	-141.7	-164.5	-0.7	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	122	0.4	-8627.145	-369.740	112.941	43.98	43.98	-11.924	-131.7	-172.1	-0.6	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	123	0.4	-8551.432	-342.988	148.348	43.98	43.98	-12.398	-124.0	-177.1	-0.6	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	124	0.4	-8476.283	-296.788	190.461	43.98	43.98	-12.980	-115.1	-183.3	-0.5	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	125	0.4	-8430.379	-245.965	232.730	43.98	43.98	-13.599	-106.8	-190.1	-0.4	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	126	0.4	-8358.472	-293.350	246.719	43.98	43.98	-13.737	-103.0	-191.3	-0.5	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	127	0.4	-8256.988	-321.792	282.882	43.98	43.98	-14.193	-94.7	-196.0	-0.6	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	128	0.4	-8182.685	-253.231	308.119	43.98	43.98	-14.508	-88.9	-199.2	-0.4	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	129	0.4	-8118.074	-189.687	322.320	43.98	43.98	-14.658	-85.2	-200.6	-0.3	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	130	0.4	-8039.828	-211.940	343.203	43.98	43.98	-14.898	-80.1	-203.0	-0.4	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	131	0.4	-7966.509	-236.013	359.889	43.98	43.98	-15.078	-75.8	-204.7	-0.4	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	132	0.4	-7900.219	-165.808	358.344	43.98	43.98	-14.975	-74.9	-203.2	-0.3	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	133	0.4	-7866.103	-87.508	373.418	43.98	43.98	-15.175	-71.6	-205.3	-0.2	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	134	0.4	-7782.207	-108.015	366.946	43.98	43.98	-14.974	-71.3	-202.7	-0.2	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	135	0.4	-7704.382	-33.341	352.837	43.98	43.98	-14.658	-72.5	-198.8	-0.1	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	136	0.4	-7635.394	46.109	349.670	43.98	43.98	-14.527	-71.8	-197.0	0.1	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	137	0.4	-7587.828	25.319	327.879	43.98	43.98	-14.124	-74.9	-192.3	0.0	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	138	0.4	-7536.565	4.082	300.805	43.98	43.98	-13.633	-78.8	-186.5	0.0	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	139	0.4	-7484.102	71.837	287.678	43.98	43.98	-13.362	-80.3	-183.3	0.1	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	140	0.4	-7443.990	130.132	255.175	43.98	43.98	-12.798	-85.4	-176.7	0.2	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	141	0.4	-7417.500	101.182	227.029	43.98	43.98	-12.319	-90.0	-171.2	0.2	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	142	0.4	-7395.429	162.287	207.599	43.98	43.98	-11.984	-93.0	-167.4	0.3	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	143	0.4	-7389.629	127.631	168.223	43.98	43.98	-11.351	-100.0	-160.2	0.2	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	144	0.4	-7384.390	89.131	140.488	43.98	43.98	-10.903	-104.9	-155.2	0.2	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	145	0.4	-7386.091	124.563	116.272	43.98	43.98	-10.520	-109.2	-150.9	0.2	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	146	0.4	-7385.916	130.365	67.398	43.98	43.98	-9.742	-118.0	-142.1	0.2	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	148	0.4	-7359.398	130.199	55.190	43.98	43.98	-9.517	-119.7	-139.5	0.2	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	149	0.4	-7380.523	50.537	57.060	43.98	43.98	-9.571	-119.7	-140.2	0.1	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	150	0.4	-7372.781	70.799	32.840	43.98	43.98	-9.177	-123.9	-135.7	0.1	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	151	0.4	-7354.714	179.652	17.844	43.98	43.98	-8.917	-126.3	-132.7	0.3	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	152	0.4	-7372.264	198.385	19.439	43.98	43.98	-8.963	-126.3	-133.3	0.3	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	153	0.4	-7444.639	134.145	13.947	43.98	43.98	-8.960	-128.6	-133.6	0.2	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	154	0.4	-7581.175	80.164	16.644	43.98	43.98	-9.164	-130.5	-136.5	0.1	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	155	0.4	-7657.083	103.269	22.795	43.98	43.98	-9.351	-130.7	-138.9	0.2	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	156	0.4	-7711.316	119.171	6.925	43.98	43.98	-9.162	-134.5	-137.0	0.2	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	157	0.4	-7800.390	128.441	2.407	43.98	43.98	-9.194	-136.9	-137.8	0.2	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	158	0.4	-7848.988	134.693	3.106	43.98	43.98	-9.263	-137.6	-138.8	0.2	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	159	0.4	-7931.974	143.904	15.168	43.98	43.98	-9.552	-136.9	-142.4	0.2	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	160	0.4	-7951.335	215.430	20.919	43.98	43.98	-9.666	-136.3	-143.7	0.4	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	161	0.4	-7978.585	277.680	32.950	43.98	43.98	-9.890	-134.6	-146.4	0.5	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	162	0.4	-8133.161	201.254	53.460	43.98	43.98	-10.397	-133.6	-152.8	0.3	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	163	0.4	-8214.359	190.913	55.200	43.98	43.98	-10.520	-134.7	-154.5	0.3	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	164	0.4	-8255.084	238.988	72.517	43.98	43.98	-10.844	-132.4	-158.3	0.4	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	165	0.4	-8331.177	215.347	90.753	43.98	43.98	-11.223	-130.4	-162.9	0.4	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	166	0.4	-8355.659	240.854	94.671	43.98	43.98	-11.314	-130.2	-164.1	0.4	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	167	0.4	-8401.716	273.058	112.367	43.98	43.98	-11.650	-127.8	-168.0	0.5	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	168	0.4	-8599.605	180.782	136.264	43.98	43.98	-12.262	-127.0	-175.8	0.3	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	169	0.4	-8733.005	129.653	141.032	43.98	43.98	-12.495	-128.5	-179.0	0.2	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	170	0.4	-8691.218	196.890	157.585	43.98	43.98	-12.709	-124.8	-181.2	0.3	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	171	0.4	-8719.670	206.764	168.943	43.98	43.98	-12.923	-123.3	-183.8	0.4	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	172	0.4	-8867.680	164.908	171.902	43.98											

SCAVO CON TBM - ANALISI FORMAZIONE Ap GR3b H=275m -TIME 8 - CANNA 1															
INPUT PLAXIS						Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI				CHECK			
Element	Node	Height	N	V	M	Af	Af'	σ_c [Mpa]	$\sigma_{s,inf}$ [Mpa]	$\sigma_{s,sup}$ [Mpa]	τ [MPa]	T	CLS	As	As'
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm2	cm2								
CONCIO_6	329	0.4	-8853.282	-131.762	160.259	43.98	43.98	-12.942	-127.2	-184.6	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	330	0.4	-8842.463	-129.555	159.600	43.98	43.98	-12.919	-127.1	-184.3	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	331	0.4	-8794.462	-115.456	146.805	43.98	43.98	-12.659	-128.6	-181.1	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	332	0.4	-8654.568	-150.951	159.252	43.98	43.98	-12.693	-123.9	-180.9	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	333	0.4	-8540.089	-188.592	152.859	43.98	43.98	-12.457	-123.0	-177.7	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	334	0.4	-8520.073	-164.985	135.461	43.98	43.98	-12.156	-125.8	-174.3	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	335	0.4	-8505.964	-138.530	154.147	43.98	43.98	-12.437	-122.2	-177.4	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	336	0.4	-8402.183	-186.044	154.445	43.98	43.98	-12.320	-120.3	-175.6	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	470	0.4	-8339.927	-198.651	131.893	43.98	43.98	-11.888	-123.2	-170.5	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	471	0.4	-8295.437	-203.283	122.517	43.98	43.98	-11.687	-124.1	-168.0	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	472	0.4	-8188.913	-280.024	126.337	43.98	43.98	-11.622	-121.6	-166.8	-0.5	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	473	0.4	-8158.477	-265.953	123.068	43.98	43.98	-11.535	-121.6	-165.7	-0.5	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	474	0.4	-8208.473	-170.841	104.929	43.98	43.98	-11.305	-125.7	-163.3	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	475	0.4	-8166.845	-144.968	100.940	43.98	43.98	-11.192	-125.7	-161.9	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	476	0.4	-8054.798	-182.779	92.945	43.98	43.98	-10.934	-125.2	-158.5	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	477	0.4	-8033.142	-152.624	78.231	43.98	43.98	-10.674	-127.4	-155.4	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	478	0.4	-7996.484	-117.238	71.075	43.98	43.98	-10.517	-128.1	-153.5	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	479	0.4	-7887.252	-150.862	70.151	43.98	43.98	-10.374	-126.3	-151.4	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	480	0.4	-7862.277	-114.753	62.120	43.98	43.98	-10.217	-127.3	-149.6	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	481	0.4	-7847.348	-79.082	54.255	43.98	43.98	-10.074	-128.5	-147.9	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	482	0.4	-7772.981	-124.241	60.492	43.98	43.98	-10.086	-126.0	-147.7	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	483	0.4	-7697.090	-170.590	59.436	43.98	43.98	-9.981	-124.9	-146.2	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	484	0.4	-7672.158	-145.438	50.739	43.98	43.98	-9.813	-126.0	-144.2	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	485	0.4	-7633.324	-137.480	59.078	43.98	43.98	-9.900	-123.8	-145.0	-0.2	OK	OK	OK	OK

SCAVO CON TBM - ANALISI FORMAZIONE Ap GR3b H=275m - TIME 8 - CANNA 2															
INPUT PLAXIS					Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI				CHECK				
Element	Node	Height	N	V	M	Af	A/I	σ_c [Mpa]	$\sigma_{s,inf}$ [Mpa]	$\sigma_{s,sup}$ [Mpa]	τ [MPa]	T	CLS	As	As'
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm2	cm2								
CONCIO_1	487	0.4	-5313.055	-327.690	31.754	43.98	43.98	-6.742	-87.9	-99.2	-0.6	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	488	0.4	-5181.506	-284.517	33.865	43.98	43.98	-6.621	-85.2	-97.3	-0.5	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	489	0.4	-5184.473	-146.717	83.093	43.98	43.98	-7.408	-76.4	-106.2	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	490	0.4	-5151.912	-54.057	104.087	43.98	43.98	-7.704	-72.1	-109.3	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	491	0.4	-5150.320	77.216	101.642	43.98	43.98	-7.663	-72.5	-108.9	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	492	0.4	-5175.902	168.613	75.592	43.98	43.98	-7.278	-77.6	-104.7	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	493	0.4	-5168.769	298.240	22.185	43.98	43.98	-6.420	-87.0	-95.0	0.5	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	494	0.4	-5282.957	338.738	47.002	43.98	43.98	-6.949	-84.6	-101.4	0.6	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	8	0.4	-5293.554	168.263	49.335	43.98	43.98	-6.999	-84.4	-102.0	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	7	0.4	-5180.589	155.736	15.463	43.98	43.98	-6.327	-88.4	-94.0	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	6	0.4	-5219.705	5.502	5.588	43.98	43.98	-6.216	-90.9	-92.9	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	5	0.4	-5212.868	-63.830	7.220	43.98	43.98	-6.234	-90.5	-93.1	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	4	0.4	-5293.873	-122.134	3.864	43.98	43.98	-6.275	-92.5	-93.9	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	3	0.4	-5398.644	-139.122	27.851	43.98	43.98	-6.780	-90.1	-100.0	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	2	0.4	-5464.630	-234.963	67.559	43.98	43.98	-7.489	-84.1	-108.3	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	1	0.4	-5509.606	-241.679	113.098	43.98	43.98	-8.267	-76.8	-117.3	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	8	0.4	-5443.316	259.111	110.145	43.98	43.98	-8.142	-76.1	-115.6	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	7	0.4	-5364.876	279.947	61.419	43.98	43.98	-7.275	-83.5	-105.5	0.5	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	6	0.4	-5327.474	158.588	21.885	43.98	43.98	-6.602	-89.9	-97.7	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	5	0.4	-5336.063	77.555	1.471	43.98	43.98	-6.287	-93.7	-94.2	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	4	0.4	-5347.288	-38.299	2.417	43.98	43.98	-6.315	-93.7	-94.6	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	3	0.4	-5322.176	-111.995	9.641	43.98	43.98	-6.401	-92.0	-95.4	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	2	0.4	-5218.545	-224.454	41.256	43.98	43.98	-6.782	-84.5	-99.3	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	1	0.4	-5313.990	-224.729	84.636	43.98	43.98	-7.584	-78.4	-108.7	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	278	0.4	-5306.221	300.503	77.078	43.98	43.98	-7.455	-79.6	-107.2	0.5	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	279	0.4	-5170.928	323.790	19.453	43.98	43.98	-6.379	-87.6	-94.5	0.6	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	280	0.4	-5212.805	185.373	26.070	43.98	43.98	-6.534	-87.1	-96.4	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	281	0.4	-5234.290	155.796	53.475	43.98	43.98	-6.995	-82.6	-101.7	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	282	0.4	-5270.860	66.699	65.153	43.98	43.98	-7.224	-81.1	-104.5	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	283	0.4	-5286.607	-17.207	53.307	43.98	43.98	-7.054	-83.5	-102.6	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	284	0.4	-5213.818	-243.806	11.741	43.98	43.98	-6.307	-89.7	-93.9	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	285	0.4	-5283.215	-317.995	47.349	43.98	43.98	-6.955	-84.5	-101.5	-0.5	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	287	0.4	-5236.351	187.066	58.340	43.98	43.98	-7.075	-81.8	-102.6	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	288	0.4	-5110.863	195.828	17.481	43.98	43.98	-6.277	-86.9	-93.1	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	289	0.4	-5158.418	95.474	13.319	43.98	43.98	-6.267	-88.4	-93.2	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	290	0.4	-5132.625	4.221	24.740	43.98	43.98	-6.418	-85.9	-94.8	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	291	0.4	-5129.988	-121.729	20.610	43.98	43.98	-6.350	-86.6	-94.0	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	292	0.4	-5180.916	-162.955	1.043	43.98	43.98	-6.098	-91.0	-91.4	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	293	0.4	-5199.940	-269.810	37.240	43.98	43.98	-6.696	-84.9	-98.2	-0.5	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	294	0.4	-5347.421	-252.468	87.744	43.98	43.98	-7.673	-78.4	-109.9	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	8	0.4	-5217.124	-198.877	80.764	43.98	43.98	-7.409	-77.4	-106.3	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	7	0.4	-5121.997	-202.395	39.332	43.98	43.98	-6.638	-83.1	-97.2	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	6	0.4	-5173.203	-96.912	0.149	43.98	43.98	-6.075	-91.1	-91.1	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	5	0.4	-5144.420	-33.383	15.754	43.98	43.98	-6.289	-87.8	-93.4	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	4	0.4	-5193.964	46.649	15.060	43.98	43.98	-6.336	-88.8	-94.1	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	3	0.4	-5208.757	114.173	2.272	43.98	43.98	-6.150	-91.3	-92.1	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	2	0.4	-5187.561	241.540	34.757	43.98	43.98	-6.642	-85.1	-97.6	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	1	0.4	-5387.090	258.737	87.309	43.98	43.98	-7.713	-79.2	-110.5	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	496	0.4	-5281.487	-30.979	139.184	43.98	43.98	-8.414	-68.1	-117.9	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	497	0.4	-5227.159	-71.753	135.935	43.98	43.98	-8.299	-67.7	-116.4	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	498	0.4	-5215.002	92.184	144.438	43.98	43.98	-8.420	-66.0	-117.7	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	499	0.4	-5273.423	138.876	157.445	43.98	43.98	-8.695	-64.7	-121.0	0.2	OK	OK	OK	OK

SCAVO CON TBM - ANALISI FORMAZIONE B' molto fratturato H=275m -TIME 8 - CANNA 1

INPUT PLAXIS						Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI				CHECK			
Element	Node	Height	N	V	M	Af	A'f	σ_c [Mpa]	$\sigma_{s,inf}$ [Mpa]	$\sigma_{s,sup}$ [Mpa]	τ [MPa]	T	CLS	As	As'
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm2	cm2								
CONCIO_1	437	0.4	-6884	-119	18	43.98	43.98	-8.372	-117.9	-124.5	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	438	0.4	-6812	-182	15	43.98	43.98	-8.242	-117.2	-122.7	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	439	0.4	-6776	-244	21	43.98	43.98	-8.285	-115.6	-123.0	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	440	0.4	-6787	-153	49	43.98	43.98	-8.745	-110.7	-128.3	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	441	0.4	-6810	-134	87	43.98	43.98	-9.371	-104.4	-135.4	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	442	0.4	-6811	-182	104	43.98	43.98	-9.643	-101.4	-138.5	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	443	0.4	-6886	-147	126	43.98	43.98	-10.094	-98.6	-143.9	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	444	0.4	-6924	-103	162	43.98	43.98	-10.705	-92.9	-150.9	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	445	0.4	-6938	-133	180	43.98	43.98	-11.014	-89.9	-154.4	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	446	0.4	-6973	-83	214	43.98	43.98	-11.589	-84.5	-161.1	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	447	0.4	-7065	56	241	43.98	43.98	-12.121	-81.3	-167.5	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	448	0.4	-7103	40	256	43.98	43.98	-12.416	-79.2	-170.9	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	449	0.4	-7177	18	279	43.98	43.98	-12.864	-76.4	-176.3	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	450	0.4	-7200	-4	292	43.98	43.98	-13.100	-74.5	-179.1	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	451	0.4	-7264	62	295	43.98	43.98	-13.218	-75.1	-180.7	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	452	0.4	-7313	122	307	43.98	43.98	-13.464	-73.9	-183.7	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	453	0.4	-7372	6	309	43.98	43.98	-13.569	-74.5	-185.1	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	454	0.4	-7437	68	302	43.98	43.98	-13.535	-76.9	-185.0	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	455	0.4	-7489	124	305	43.98	43.98	-13.651	-77.2	-186.5	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	456	0.4	-7581	91	298	43.98	43.98	-13.643	-80.1	-186.9	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	457	0.4	-7626	57	284	43.98	43.98	-13.477	-83.3	-185.2	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	458	0.4	-7707	17	281	43.98	43.98	-13.512	-85.5	-185.9	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	459	0.4	-7719	160	264	43.98	43.98	-13.262	-88.6	-183.2	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	460	0.4	-7792	212	242	43.98	43.98	-12.992	-93.9	-180.5	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	461	0.4	-7874	165	235	43.98	43.98	-12.986	-96.5	-180.7	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	462	0.4	-7921	212	207	43.98	43.98	-12.598	-102.3	-176.6	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	463	0.4	-7935	255	193	43.98	43.98	-12.393	-105.1	-174.3	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	464	0.4	-8028	198	188	43.98	43.98	-12.410	-107.7	-174.9	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	465	0.4	-8076	237	151	43.98	43.98	-11.890	-115.1	-169.3	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	466	0.4	-8094	357	120	43.98	43.98	-11.404	-121.1	-163.9	0.6	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	467	0.4	-8190	288	111	43.98	43.98	-11.385	-124.3	-164.1	0.5	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	468	0.4	-8313	228	64	43.98	43.98	-10.768	-135.0	-157.7	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	364	0.4	-8318	246	42	43.98	43.98	-10.438	-138.9	-154.0	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	365	0.4	-8374	251	43	43.98	43.98	-10.509	-139.8	-155.1	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	366	0.4	-8431	261	4	43.98	43.98	-9.953	-147.8	-149.1	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	367	0.4	-8491	261	21	43.98	43.98	-10.305	-145.7	-153.3	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	368	0.4	-8609	171	32	43.98	43.98	-10.613	-145.9	-157.3	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	369	0.4	-8658	177	63	43.98	43.98	-11.165	-141.2	-163.7	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	370	0.4	-8662	248	80	43.98	43.98	-11.447	-138.1	-166.9	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	371	0.4	-8736	226	95	43.98	43.98	-11.759	-136.9	-170.7	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	372	0.4	-8804	211	129	43.98	43.98	-12.380	-132.0	-178.0	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	373	0.4	-8884	188	143	43.98	43.98	-12.707	-130.8	-182.1	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	374	0.4	-8962	164	158	43.98	43.98	-13.029	-129.6	-186.0	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	375	0.4	-8989	201	187	43.98	43.98	-13.519	-124.9	-191.7	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	376	0.4	-9077	155	194	43.98	43.98	-13.742	-125.1	-194.6	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	377	0.4	-9163	114	209	43.98	43.98	-14.083	-123.9	-198.8	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	378	0.4	-9204	132	228	43.98	43.98	-14.433	-121.2	-202.9	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	379	0.4	-9209	137	225	43.98	43.98	-14.382	-122.0	-202.3	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	380	0.4	-9226	137	229	43.98	43.98	-14.469	-121.5	-203.4	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	381	0.4	-9261	136	237	43.98	43.98	-14.641	-120.7	-205.5	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	382	0.4	-9282	130	225	43.98	43.98	-14.470	-123.2	-203.6	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	383	0.4	-9437	56	231	43.98	43.98	-14.745	-124.9	-207.4	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	384	0.4	-9472	34	226	43.98	43.98	-14.719	-126.3	-207.3	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	385	0.4	-9505	21	206	43.98	43.98	-14.432	-130.5	-204.2	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	386	0.4	-9599	13	205	43.98	43.98	-14.522	-132.4	-205.6	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	387	0.4	-9693	-4	195	43.98	43.98	-14.486	-135.7	-205.6	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	388	0.4	-9877	-65	174	43.98	43.98	-14.355	-142.8	-205.0	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	389	0.4	-9956	-83	169	43.98	43.98	-14.382	-145.0	-205.6	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	390	0.4	-9802	-39	142	43.98	43.98	-13.773	-147.1	-198.1	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	391	0.4	-9907	-59	108	43.98	43.98	-13.347	-155.1	-193.8	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	392	0.4	-10156	-96	108	43.98	43.98	-13.641	-159.5	-198.2	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	393	0.4	-10151	-79	86	43.98	43.98	-13.283	-163.3	-194.1	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	394	0.4	-10152	-68	46	43.98	43.98	-12.640	-170.6	-186.9	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	395	0.4	-10039	-47	52	43.98	43.98	-12.604	-167.5	-186.0	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	181	0.4	-10064	-45	32	43.98	43.98	-12.329	-171.4	-183.0	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	182	0.4	-10088	-26	11	43.98	43.98	-12.021	-175.6	-179.6	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	183	0.4	-10101	-26	3	43.98	43.98	-11.911	-177.2	-178.5	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	184	0.4	-10237	-4	6	43.98	43.98	-12.105	-179.2	-181.2	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	185	0.4	-10111	34	14	43.98	43.98	-12.093	-175.5	-180.5	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	186	0.4	-9983	36	14	43.98	43.98	-11.936	-173.3	-178.2	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	187	0.4	-9981	27	29	43.98	43.98	-12.170	-170.6	-180.9	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	188	0.4	-9982	36	38	43.98	43.98	-12.318	-169.0	-182.5	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	189	0.4	-9971	41	72	43.98	43.98	-12.856	-162.6	-188.5	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	190	0.4	-9852	18	87	43.98	43.98	-12.945	-157.9	-189.0	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	191	0.4	-9874	19	103	43.98	43.98	-13.233	-155.4	-192.3	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	192	0.4	-9890	23	137	43.98	43.98	-13.792	-149.6	-198.7	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	193	0.4	-9769	-2	146	43.98	43.98	-13.796	-145.8	-198.2	0.0	OK	OK	OK	OK

SCAVO CON TBM - ANALISI FORMAZIONE B' molto fratturato H=275m -TIME 8 - CANNA 1

INPUT PLAXIS			Intradosso			Estradosso			VERIFICHE SEZIONALI				CHECK			
Element	Node	Height	N	V	M	Af	A'f		σ_c [Mpa]	$\sigma_{s,inf}$ [Mpa]	$\sigma_{s,sup}$ [Mpa]	τ [MPa]	T	CLS	As	As'
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm2	cm2									
CONCIO_3	194	0.4	-9794	7	162	43.98	43.98	-14.080	-143.4	-201.5	0.0	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	195	0.4	-9721	-17	188	43.98	43.98	-14.406	-137.5	-204.9	0.0	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	196	0.4	-9630	-19	191	43.98	43.98	-14.344	-135.4	-203.8	0.0	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	197	0.4	-9566	-13	199	43.98	43.98	-14.398	-132.8	-204.1	0.0	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	198	0.4	-9507	-29	219	43.98	43.98	-14.648	-128.1	-206.6	0.0	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	199	0.4	-9417	-41	213	43.98	43.98	-14.449	-127.6	-204.0	-0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	200	0.4	-9365	-44	224	43.98	43.98	-14.551	-124.9	-204.9	-0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	201	0.4	-9349	-35	238	43.98	43.98	-14.758	-122.0	-207.2	-0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	202	0.4	-9196	-84	220	43.98	43.98	-14.299	-122.5	-201.3	-0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	203	0.4	-9148	-77	231	43.98	43.98	-14.416	-119.7	-202.4	-0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	204	0.4	-9130	-58	236	43.98	43.98	-14.473	-118.5	-203.0	-0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	205	0.4	-8943	-158	208	43.98	43.98	-13.802	-120.3	-194.6	-0.3	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	206	0.4	-8830	-193	208	43.98	43.98	-13.672	-118.2	-192.7	-0.3	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	207	0.4	-8836	-168	211	43.98	43.98	-13.730	-117.8	-193.4	-0.3	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	208	0.4	-8713	-202	182	43.98	43.98	-13.126	-120.8	-186.0	-0.3	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	209	0.4	-8702	-162	185	43.98	43.98	-13.159	-120.1	-186.3	-0.3	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	210	0.4	-8718	-125	180	43.98	43.98	-13.090	-121.4	-185.6	-0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	211	0.4	-8603	-145	139	43.98	43.98	-12.317	-126.5	-176.4	-0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	212	0.4	-8509	-167	142	43.98	43.98	-12.251	-124.4	-175.3	-0.3	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	115	0.4	-8444	-191	122	43.98	43.98	-11.858	-126.8	-170.6	-0.3	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	116	0.4	-8362	-191	72	43.98	43.98	-10.962	-134.3	-160.1	-0.3	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	117	0.4	-8294	-203	58	43.98	43.98	-10.652	-135.7	-156.3	-0.3	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	118	0.4	-8178	-287	30	43.98	43.98	-10.078	-138.6	-149.4	-0.5	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	119	0.4	-8101	-269	9	43.98	43.98	-9.652	-141.0	-144.2	-0.5	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	120	0.4	-8027	-260	27	43.98	43.98	-9.856	-136.4	-146.2	-0.4	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	121	0.4	-7920	-320	51	43.98	43.98	-10.109	-130.3	-148.6	-0.5	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	122	0.4	-7854	-290	87	43.98	43.98	-10.600	-122.7	-153.8	-0.5	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	123	0.4	-7779	-271	111	43.98	43.98	-10.894	-117.1	-156.8	-0.5	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	124	0.4	-7708	-236	142	43.98	43.98	-11.307	-110.3	-161.1	-0.4	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	125	0.4	-7664	-199	175	43.98	43.98	-11.778	-103.7	-166.2	-0.3	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	126	0.4	-7598	-253	183	43.98	43.98	-11.837	-100.9	-166.6	-0.4	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	127	0.4	-7500	-291	215	43.98	43.98	-12.219	-93.6	-170.5	-0.5	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	128	0.4	-7432	-241	238	43.98	43.98	-12.504	-88.3	-173.4	-0.4	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	129	0.4	-7367	-196	252	43.98	43.98	-12.658	-84.6	-174.8	-0.3	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	130	0.4	-7291	-228	275	43.98	43.98	-12.930	-79.2	-177.6	-0.4	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	131	0.4	-7217	-261	295	43.98	43.98	-13.166	-74.3	-179.9	-0.4	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	132	0.4	-7150	-207	300	43.98	43.98	-13.172	-72.1	-179.7	-0.4	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	133	0.4	-7113	-143	322	43.98	43.98	-13.470	-67.6	-182.8	-0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	134	0.4	-7030	-165	325	43.98	43.98	-13.426	-65.6	-182.0	-0.3	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	135	0.4	-6952	-98	322	43.98	43.98	-13.279	-64.8	-180.0	-0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	136	0.4	-6883	-24	328	43.98	43.98	-13.292	-62.5	-179.8	0.0	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	137	0.4	-6835	-38	317	43.98	43.98	-13.071	-63.5	-177.1	-0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	138	0.4	-6784	-50	301	43.98	43.98	-12.756	-65.5	-173.4	-0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	139	0.4	-6732	22	296	43.98	43.98	-12.617	-65.5	-171.6	0.0	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	140	0.4	-6692	82	272	43.98	43.98	-12.184	-69.1	-166.5	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	141	0.4	-6656	60	249	43.98	43.98	-11.778	-72.6	-161.8	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	142	0.4	-6629	119	235	43.98	43.98	-11.527	-74.6	-158.9	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	143	0.4	-6622	89	203	43.98	43.98	-11.007	-80.2	-153.0	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	144	0.4	-6614	55	181	43.98	43.98	-10.650	-84.0	-148.9	0.1	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	145	0.4	-6605	97	161	43.98	43.98	-10.318	-87.4	-145.1	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	146	0.4	-6590	129	114	43.98	43.98	-9.543	-95.7	-136.4	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	148	0.4	-6564	159	97	43.98	43.98	-9.248	-98.2	-132.9	0.3	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	149	0.4	-6601	109	95	43.98	43.98	-9.265	-99.2	-133.3	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	150	0.4	-6630	123	71	43.98	43.98	-8.916	-104.0	-129.5	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	151	0.4	-6672	205	62	43.98	43.98	-8.820	-106.4	-128.6	0.4	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	152	0.4	-6734	213	67	43.98	43.98	-8.972	-106.6	-130.6	0.4	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	153	0.4	-6807	161	58	43.98	43.98	-8.911	-109.5	-130.2	0.3	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	154	0.4	-6940	119	55	43.98	43.98	-9.024	-112.3	-132.1	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	155	0.4	-7018	144	55	43.98	43.98	-9.108	-113.8	-133.4	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	156	0.4	-7072	160	34	43.98	43.98	-8.834	-118.5	-130.5	0.3	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	157	0.4	-7162	171	22	43.98	43.98	-8.765	-122.1	-130.1	0.3	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	158	0.4	-7213	178	16	43.98	43.98	-8.718	-124.2	-129.8	0.3	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	159	0.4	-7297	187	8	43.98	43.98	-8.697	-127.0	-130.0	0.3	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	160	0.4	-7321	252	21	43.98	43.98	-8.926	-125.1	-132.6	0.4	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	161	0.4	-7353	309	39	43.98	43.98	-9.255	-122.4	-136.5	0.5	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	162	0.4	-7502	237	65	43.98	43.98	-9.846	-120.4	-143.8	0.4	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	163	0.4	-7585	225	74	43.98	43.98	-10.077	-120.4	-146.8	0.4	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	164	0.4	-7632	266	96	43.98	43.98	-10.481	-117.2	-151.5	0.5	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	165	0.4	-7706	241	118	43.98	43.98	-10.926	-114.5	-156.8	0.4	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	166	0.4	-7737	258	126	43.98	43.98	-11.085	-113.7	-158.8	0.4	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	167	0.4	-7789	280	146	43.98	43.98	-11.468	-111.0	-163.3	0.5	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	168	0.4	-7976	188	173	43.98	43.98	-12.112	-109.5	-171.4	0.3	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	169	0.4	-8108	132	180	43.98	43.98	-12.376	-110.6	-174.9	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	170	0.4	-8074	183	193	43.98	43.98	-12.546	-107.6	-176.7	0.3	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	171	0.4	-8098	182	201	43.98	43.98	-12.711	-106.5	-178.6	0.3	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	172	0.4	-8240	135	202	43.98	43.98	-12.885	-108.9	-181.2	0.2	OK	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	173	0.4	-8326	125	219	43.98	43.98	-13.258	-107.4	-185.8	0.2	OK	OK	OK	OK	OK

SCAVO CON TBM - ANALISI FORMAZIONE B' molto fratturato H=275m -TIME 8 - CANNA 1

INPUT PLAXIS						Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI				CHECK			
Element	Node	Height	N	V	M	Af	A'f	σ_c [Mpa]	$\sigma_{s,inf}$ [Mpa]	$\sigma_{s,sup}$ [Mpa]	τ [MPa]	T	CLS	As	As'
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm2	cm2								
CONCIO_5	174	0.4	-8393	104	221	43.98	43.98	-13.369	-108.2	-187.3	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	175	0.4	-8474	82	208	43.98	43.98	-13.259	-111.9	-186.5	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	176	0.4	-8544	63	217	43.98	43.98	-13.487	-111.5	-189.3	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	177	0.4	-8620	44	213	43.98	43.98	-13.510	-113.6	-189.9	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	178	0.4	-8618	44	185	43.98	43.98	-13.062	-118.6	-184.9	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	179	0.4	-8686	27	201	43.98	43.98	-13.400	-116.9	-189.0	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	305	0.4	-8894	-11	194	43.98	43.98	-13.526	-121.9	-191.3	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	306	0.4	-8933	-4	151	43.98	43.98	-12.890	-130.2	-184.3	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	307	0.4	-8823	26	150	43.98	43.98	-12.739	-128.5	-182.1	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	308	0.4	-8920	20	146	43.98	43.98	-12.795	-130.9	-183.2	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	309	0.4	-8925	13	119	43.98	43.98	-12.367	-135.9	-178.4	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	310	0.4	-8919	7	125	43.98	43.98	-12.461	-134.6	-179.4	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	311	0.4	-9026	7	130	43.98	43.98	-12.658	-135.7	-182.1	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	312	0.4	-8913	3	106	43.98	43.98	-12.143	-138.0	-175.8	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	313	0.4	-8905	-16	113	43.98	43.98	-12.243	-136.6	-176.9	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	314	0.4	-9010	-18	123	43.98	43.98	-12.528	-136.7	-180.6	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	315	0.4	-8910	-20	106	43.98	43.98	-12.149	-137.9	-175.9	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	316	0.4	-8922	-16	116	43.98	43.98	-12.313	-136.4	-177.8	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	317	0.4	-8908	-21	127	43.98	43.98	-12.484	-134.0	-179.7	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	318	0.4	-8816	-41	116	43.98	43.98	-12.200	-134.4	-176.1	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	319	0.4	-8821	-34	125	43.98	43.98	-12.350	-132.8	-177.8	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	320	0.4	-8706	-48	139	43.98	43.98	-12.428	-128.4	-178.1	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	321	0.4	-8621	-66	134	43.98	43.98	-12.248	-127.8	-175.7	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	322	0.4	-8638	-63	142	43.98	43.98	-12.394	-126.7	-177.5	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	323	0.4	-8650	-57	163	43.98	43.98	-12.745	-123.1	-181.5	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	324	0.4	-8576	-80	158	43.98	43.98	-12.581	-122.7	-179.3	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	325	0.4	-8501	-94	154	43.98	43.98	-12.429	-122.1	-177.2	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	326	0.4	-8425	-101	167	43.98	43.98	-12.539	-118.5	-178.1	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	327	0.4	-8358	-107	161	43.98	43.98	-12.368	-118.4	-175.9	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	328	0.4	-8265	-112	146	43.98	43.98	-12.026	-119.4	-171.7	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	329	0.4	-8140	-164	152	43.98	43.98	-11.979	-116.0	-170.6	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	330	0.4	-8122	-168	146	43.98	43.98	-11.854	-116.9	-169.1	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	331	0.4	-8071	-161	127	43.98	43.98	-11.492	-119.4	-164.8	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	332	0.4	-7935	-200	130	43.98	43.98	-11.390	-116.4	-163.1	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	333	0.4	-7821	-239	116	43.98	43.98	-11.033	-116.9	-158.6	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	334	0.4	-7791	-219	91	43.98	43.98	-10.600	-120.8	-153.5	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	335	0.4	-7767	-190	99	43.98	43.98	-10.694	-119.0	-154.5	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	336	0.4	-7660	-207	95	43.98	43.98	-10.502	-117.9	-151.9	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	470	0.4	-7602	-181	69	43.98	43.98	-10.017	-121.6	-146.2	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	471	0.4	-7561	-163	61	43.98	43.98	-9.849	-122.2	-144.1	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	472	0.4	-7460	-221	69	43.98	43.98	-9.860	-118.9	-143.8	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	473	0.4	-7429	-206	70	43.98	43.98	-9.841	-118.2	-143.4	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	474	0.4	-7468	-121	58	43.98	43.98	-9.684	-121.2	-141.8	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	475	0.4	-7430	-101	58	43.98	43.98	-9.650	-120.4	-141.3	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	476	0.4	-7325	-141	56	43.98	43.98	-9.487	-119.0	-139.0	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	477	0.4	-7302	-120	45	43.98	43.98	-9.295	-120.4	-136.7	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	478	0.4	-7265	-96	41	43.98	43.98	-9.187	-120.5	-135.3	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	479	0.4	-7161	-137	43	43.98	43.98	-9.085	-118.5	-133.7	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	480	0.4	-7134	-113	36	43.98	43.98	-8.942	-119.2	-132.0	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	481	0.4	-7114	-89	28	43.98	43.98	-8.797	-120.2	-130.3	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	482	0.4	-7042	-136	33	43.98	43.98	-8.788	-118.1	-129.9	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	483	0.4	-6966	-177	31	43.98	43.98	-8.669	-117.1	-128.2	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	484	0.4	-6938	-145	22	43.98	43.98	-8.489	-118.3	-126.0	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	485	0.4	-6898	-115	31	43.98	43.98	-8.584	-116.0	-126.9	-0.2	OK	OK	OK	OK

SCAVO CON TBM - ANALISI FORMAZIONE B' molto fratturato H=275m -TIME 9 - CANNA 1

INPUT PLAXIS						Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI				CHECK			
Element	Node	Height	N	V	M	Af	Af	σ_c [Mpa]	$\sigma_{s,inf}$ [Mpa]	$\sigma_{s,sup}$ [Mpa]	τ [MPa]	T	CLS	As	As'
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm2	cm2								
CONCIO_1	437	0.4	-10502	-152	38	43.98	43.98	-12.936	-178.0	-191.8	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	438	0.4	-10382	-246	6	43.98	43.98	-12.280	-181.8	-183.8	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	439	0.4	-10318	-338	7	43.98	43.98	-12.215	-180.5	-182.8	-0.6	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	440	0.4	-10325	-191	41	43.98	43.98	-12.768	-174.5	-189.1	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	441	0.4	-10335	-154	86	43.98	43.98	-13.501	-166.6	-197.4	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	442	0.4	-10314	-226	99	43.98	43.98	-13.676	-163.9	-199.3	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	443	0.4	-10411	-174	118	43.98	43.98	-14.101	-162.2	-204.5	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	444	0.4	-10446	-111	159	43.98	43.98	-14.785	-155.5	-212.3	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	445	0.4	-10440	-163	176	43.98	43.98	-15.050	-152.4	-215.3	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	446	0.4	-10454	-92	214	43.98	43.98	-15.672	-145.8	-222.3	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	447	0.4	-10563	109	240	43.98	43.98	-16.211	-143.1	-228.9	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	448	0.4	-10582	70	254	43.98	43.98	-16.460	-140.9	-231.8	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	449	0.4	-10659	28	280	43.98	43.98	-16.968	-137.5	-237.8	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	450	0.4	-10664	-16	295	43.98	43.98	-17.211	-135.0	-240.6	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	451	0.4	-10727	69	295	43.98	43.98	-17.287	-136.1	-241.7	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	452	0.4	-10776	150	311	43.98	43.98	-17.597	-134.1	-245.4	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	453	0.4	-10836	-28	314	43.98	43.98	-17.717	-134.5	-247.0	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	454	0.4	-10907	55	305	43.98	43.98	-17.661	-137.4	-246.7	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	455	0.4	-10960	131	313	43.98	43.98	-17.843	-137.0	-249.0	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	456	0.4	-11070	78	306	43.98	43.98	-17.859	-140.2	-249.6	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	457	0.4	-11109	25	288	43.98	43.98	-17.628	-144.0	-247.2	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	458	0.4	-11205	-35	285	43.98	43.98	-17.689	-146.3	-248.3	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	459	0.4	-11196	169	268	43.98	43.98	-17.414	-149.1	-245.2	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	460	0.4	-11280	241	240	43.98	43.98	-17.056	-155.7	-241.5	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	461	0.4	-11378	172	234	43.98	43.98	-17.080	-158.4	-242.2	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	462	0.4	-11419	238	200	43.98	43.98	-16.585	-165.3	-236.8	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	463	0.4	-11404	300	187	43.98	43.98	-16.366	-167.3	-234.3	0.5	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	464	0.4	-11509	222	183	43.98	43.98	-16.427	-169.8	-235.5	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	465	0.4	-11554	279	136	43.98	43.98	-15.729	-179.0	-227.8	0.5	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	466	0.4	-11558	455	95	43.98	43.98	-15.085	-186.4	-220.6	0.8	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	467	0.4	-11669	366	87	43.98	43.98	-15.074	-190.0	-220.9	0.6	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	468	0.4	-11820	268	22	43.98	43.98	-14.228	-204.1	-212.1	0.5	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	364	0.4	-11799	238	0	43.98	43.98	-13.851	-207.7	-207.8	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	365	0.4	-11848	218	14	43.98	43.98	-14.132	-206.1	-211.1	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	366	0.4	-11911	237	24	43.98	43.98	-14.358	-205.5	-214.0	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	367	0.4	-11974	250	43	43.98	43.98	-14.740	-203.1	-218.5	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	368	0.4	-12114	132	45	43.98	43.98	-14.930	-205.3	-221.3	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	369	0.4	-12161	145	76	43.98	43.98	-15.477	-200.6	-227.6	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	370	0.4	-12147	255	89	43.98	43.98	-15.680	-197.9	-229.9	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	371	0.4	-12228	231	99	43.98	43.98	-15.927	-197.6	-233.0	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	372	0.4	-12305	210	137	43.98	43.98	-16.617	-192.2	-241.1	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	373	0.4	-12398	185	148	43.98	43.98	-16.912	-191.7	-244.8	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	374	0.4	-12489	159	160	43.98	43.98	-17.204	-191.3	-248.5	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	375	0.4	-12503	212	193	43.98	43.98	-17.753	-185.5	-254.8	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	376	0.4	-12605	156	197	43.98	43.98	-17.928	-186.7	-257.2	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	377	0.4	-12716	106	211	43.98	43.98	-18.289	-186.1	-261.7	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	378	0.4	-12755	134	234	43.98	43.98	-18.690	-182.7	-266.4	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	379	0.4	-12746	152	225	43.98	43.98	-18.540	-184.2	-264.7	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	380	0.4	-12763	157	229	43.98	43.98	-18.620	-183.8	-265.7	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	381	0.4	-12795	163	239	43.98	43.98	-18.819	-182.5	-268.0	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	382	0.4	-12813	164	222	43.98	43.98	-18.575	-185.8	-265.4	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	383	0.4	-13006	71	229	43.98	43.98	-18.918	-187.9	-270.1	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	384	0.4	-13043	51	228	43.98	43.98	-18.931	-188.9	-270.4	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	385	0.4	-13081	45	204	43.98	43.98	-18.602	-193.8	-266.8	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	386	0.4	-13188	41	207	43.98	43.98	-18.774	-195.2	-269.3	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	387	0.4	-13300	24	200	43.98	43.98	-18.795	-198.4	-270.0	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	388	0.4	-13543	-56	176	43.98	43.98	-18.699	-206.9	-270.0	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	389	0.4	-13644	-75	178	43.98	43.98	-18.849	-208.3	-272.1	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	390	0.4	-13426	-9	153	43.98	43.98	-18.191	-209.0	-263.8	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	391	0.4	-13560	-28	115	43.98	43.98	-17.753	-218.1	-259.4	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	392	0.4	-13889	-71	125	43.98	43.98	-18.289	-222.2	-266.9	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	393	0.4	-13881	-39	106	43.98	43.98	-17.976	-225.5	-263.3	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	394	0.4	-13883	-19	63	43.98	43.98	-17.293	-233.2	-255.7	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	395	0.4	-13729	8	82	43.98	43.98	-17.420	-227.0	-256.4	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	181	0.4	-13735	-42	68	43.98	43.98	-17.203	-229.7	-254.0	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	182	0.4	-13727	-67	17	43.98	43.98	-16.381	-238.7	-244.7	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	183	0.4	-13727	-74	25	43.98	43.98	-16.513	-237.2	-246.2	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	184	0.4	-13912	-45	17	43.98	43.98	-16.596	-242.0	-247.9	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	185	0.4	-13743	4	3	43.98	43.98	-16.181	-241.4	-242.5	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	186	0.4	-13578	6	26	43.98	43.98	-16.347	-234.5	-243.7	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	187	0.4	-13598	-2	35	43.98	43.98	-16.517	-233.1	-245.7	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	188	0.4	-13620	13	36	43.98	43.98	-16.564	-233.3	-246.3	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	189	0.4	-13632	25	73	43.98	43.98	-17.161	-227.0	-253.1	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	190	0.4	-13495	5	84	43.98	43.98	-17.170	-222.7	-252.6	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	191	0.4	-13555	17	96	43.98	43.98	-17.433	-221.5	-255.8	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	192	0.4	-13608	32	132	43.98	43.98	-18.072	-216.0	-263.2	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	193	0.4	-13485	4	138	43.98	43.98	-18.021	-212.8	-262.1	0.0	OK	OK	OK	OK

SCAVO CON TBM - ANALISI FORMAZIONE B' molto fratturato H=275m -TIME 9 - CANNA 1

INPUT PLAXIS						Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI				CHECK			
Element	Node	Height	N	V	M	Af	A'f	σ_c [Mpa]	$\sigma_{s,inf}$ [Mpa]	$\sigma_{s,sup}$ [Mpa]	τ [MPa]	T	CLS	As	As'
CONCIO_3	194	0.4	-13557	25	152	43.98	43.98	-18.330	-211.5	-265.9	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	195	0.4	-13491	-3	182	43.98	43.98	-18.739	-204.9	-270.2	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	196	0.4	-13401	0	182	43.98	43.98	-18.628	-203.3	-268.5	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	197	0.4	-13335	16	191	43.98	43.98	-18.694	-200.6	-269.0	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	198	0.4	-13295	1	217	43.98	43.98	-19.062	-195.2	-273.0	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	199	0.4	-13217	-12	208	43.98	43.98	-18.820	-195.5	-269.9	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	200	0.4	-13180	-10	221	43.98	43.98	-18.988	-192.5	-271.6	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	201	0.4	-13184	8	241	43.98	43.98	-19.314	-189.0	-275.3	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	202	0.4	-13008	-58	220	43.98	43.98	-18.762	-189.7	-268.3	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	203	0.4	-12979	-42	237	43.98	43.98	-18.998	-186.2	-270.9	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	204	0.4	-12986	-7	246	43.98	43.98	-19.152	-184.7	-272.6	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	205	0.4	-12747	-146	214	43.98	43.98	-18.363	-186.2	-262.7	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	206	0.4	-12622	-185	221	43.98	43.98	-18.328	-182.7	-261.7	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	207	0.4	-12669	-137	230	43.98	43.98	-18.535	-181.8	-264.3	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	208	0.4	-12536	-178	198	43.98	43.98	-17.866	-185.3	-256.2	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	209	0.4	-12559	-104	212	43.98	43.98	-18.111	-183.2	-259.0	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	210	0.4	-12621	-36	216	43.98	43.98	-18.251	-183.6	-260.9	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	211	0.4	-12498	-61	173	43.98	43.98	-17.415	-189.2	-250.9	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	212	0.4	-12406	-106	190	43.98	43.98	-17.585	-184.4	-252.4	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	115	0.4	-12360	-171	170	43.98	43.98	-17.208	-187.2	-248.0	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	116	0.4	-12280	-191	103	43.98	43.98	-16.058	-197.7	-234.7	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	117	0.4	-12217	-201	88	43.98	43.98	-15.746	-199.3	-230.9	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	118	0.4	-12097	-314	54	43.98	43.98	-15.062	-203.3	-222.7	-0.5	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	119	0.4	-12023	-287	5	43.98	43.98	-14.192	-210.8	-212.6	-0.5	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	120	0.4	-11954	-264	13	43.98	43.98	-14.232	-208.2	-212.7	-0.5	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	121	0.4	-11848	-350	39	43.98	43.98	-14.531	-201.6	-215.6	-0.6	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	122	0.4	-11793	-309	82	43.98	43.98	-15.155	-192.9	-222.4	-0.5	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	123	0.4	-11730	-274	108	43.98	43.98	-15.490	-187.2	-225.9	-0.5	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	124	0.4	-11676	-223	145	43.98	43.98	-16.014	-179.6	-231.5	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	125	0.4	-11649	-171	182	43.98	43.98	-16.571	-172.5	-237.7	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	126	0.4	-11601	-251	184	43.98	43.98	-16.544	-171.3	-237.2	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	127	0.4	-11497	-315	221	43.98	43.98	-17.019	-162.8	-242.1	-0.5	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	128	0.4	-11432	-244	244	43.98	43.98	-17.304	-157.6	-245.0	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	129	0.4	-11371	-178	257	43.98	43.98	-17.430	-154.3	-246.1	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	130	0.4	-11301	-237	281	43.98	43.98	-17.731	-148.7	-249.2	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	131	0.4	-11218	-296	303	43.98	43.98	-17.987	-143.3	-251.7	-0.5	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	132	0.4	-11155	-220	302	43.98	43.98	-17.899	-142.3	-250.5	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	133	0.4	-11129	-134	326	43.98	43.98	-18.252	-137.6	-254.3	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	134	0.4	-11024	-181	325	43.98	43.98	-18.112	-135.9	-252.3	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	135	0.4	-10940	-91	316	43.98	43.98	-17.869	-136.1	-249.2	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	136	0.4	-10861	4	324	43.98	43.98	-17.906	-133.2	-249.2	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	137	0.4	-10810	-36	309	43.98	43.98	-17.600	-135.1	-245.6	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	138	0.4	-10767	-71	287	43.98	43.98	-17.206	-138.2	-241.0	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	139	0.4	-10717	22	286	43.98	43.98	-17.137	-137.4	-240.0	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	140	0.4	-10679	106	257	43.98	43.98	-16.629	-142.0	-234.1	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	141	0.4	-10651	62	231	43.98	43.98	-16.183	-146.1	-228.9	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	142	0.4	-10631	146	218	43.98	43.98	-15.953	-148.1	-226.3	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	143	0.4	-10630	93	178	43.98	43.98	-15.318	-155.2	-219.1	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	144	0.4	-10621	38	154	43.98	43.98	-14.916	-159.5	-214.6	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	145	0.4	-10627	99	133	43.98	43.98	-14.598	-163.2	-211.0	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	146	0.4	-10633	124	76	43.98	43.98	-13.690	-173.6	-200.8	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	148	0.4	-10580	130	65	43.98	43.98	-13.451	-174.7	-197.9	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	149	0.4	-10599	19	74	43.98	43.98	-13.622	-173.3	-199.9	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	150	0.4	-10614	50	53	43.98	43.98	-13.302	-177.4	-196.4	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	151	0.4	-10618	200	46	43.98	43.98	-13.199	-178.7	-195.2	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	152	0.4	-10650	226	59	43.98	43.98	-13.444	-176.9	-198.1	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	153	0.4	-10705	145	50	43.98	43.98	-13.357	-179.6	-197.4	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	154	0.4	-10851	75	50	43.98	43.98	-13.527	-182.2	-199.9	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	155	0.4	-10918	109	55	43.98	43.98	-13.695	-182.3	-202.1	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	156	0.4	-10958	130	30	43.98	43.98	-13.345	-187.5	-198.4	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	157	0.4	-11046	143	21	43.98	43.98	-13.306	-190.6	-198.3	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	158	0.4	-11079	151	20	43.98	43.98	-13.330	-191.4	-198.7	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	159	0.4	-11161	162	7	43.98	43.98	-13.210	-195.3	-197.7	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	160	0.4	-11153	262	17	43.98	43.98	-13.362	-193.3	-199.4	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	161	0.4	-11160	345	35	43.98	43.98	-13.657	-190.2	-202.8	0.6	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	162	0.4	-11343	234	64	43.98	43.98	-14.333	-188.3	-211.2	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	163	0.4	-11421	217	67	43.98	43.98	-14.465	-189.2	-213.0	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	164	0.4	-11448	280	90	43.98	43.98	-14.867	-185.5	-217.6	0.5	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	165	0.4	-11521	242	114	43.98	43.98	-15.341	-182.4	-223.3	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	166	0.4	-11522	275	119	43.98	43.98	-15.411	-181.6	-224.1	0.5	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	167	0.4	-11554	314	141	43.98	43.98	-15.805	-178.2	-228.7	0.5	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	168	0.4	-11793	180	171	43.98	43.98	-16.556	-177.1	-238.2	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	169	0.4	-11941	106	173	43.98	43.98	-16.776	-179.2	-241.3	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	170	0.4	-11852	191	192	43.98	43.98	-16.966	-174.3	-243.0	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	171	0.4	-11860	199	203	43.98	43.98	-17.157	-172.4	-245.2	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	172	0.4	-12029	139	201	43.98	43.98	-17.312	-175.9	-247.7	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	173	0.4	-12113	136	225	43.98	43.98	-17.805	-172.9	-253.6	0.2	OK	OK	OK	OK

SCAVO CON TBM - ANALISI FORMAZIONE B' molto fratturato H=275m -TIME 9 - CANNA 1

INPUT PLAXIS						Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI				CHECK			
Element	Node	Height	N	V	M	Af	A'f	σ_c [Mpa]	$\sigma_{s,inf}$ [Mpa]	$\sigma_{s,sup}$ [Mpa]	τ [MPa]	T	CLS	As	As'
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm2	cm2								
CONCIO_5	174	0.4	-12169	118	230	43.98	43.98	-17.952	-173.0	-255.5	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	175	0.4	-12245	97	215	43.98	43.98	-17.798	-177.1	-254.1	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	176	0.4	-12318	83	234	43.98	43.98	-18.184	-175.0	-258.8	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	177	0.4	-12400	70	235	43.98	43.98	-18.297	-176.2	-260.4	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	178	0.4	-12357	87	207	43.98	43.98	-17.797	-180.5	-254.6	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	179	0.4	-12435	62	240	43.98	43.98	-18.419	-175.9	-261.9	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	305	0.4	-12691	-49	237	43.98	43.98	-18.675	-180.9	-266.0	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	306	0.4	-12686	-70	180	43.98	43.98	-17.759	-191.1	-255.6	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	307	0.4	-12502	-22	176	43.98	43.98	-17.483	-188.5	-251.7	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	308	0.4	-12618	-22	167	43.98	43.98	-17.474	-192.2	-252.1	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	309	0.4	-12601	-22	126	43.98	43.98	-16.802	-199.2	-244.5	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	310	0.4	-12581	-22	134	43.98	43.98	-16.895	-197.6	-245.4	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	311	0.4	-12722	-16	137	43.98	43.98	-17.110	-199.5	-248.5	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	312	0.4	-12551	-15	104	43.98	43.98	-16.384	-202.4	-239.6	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	313	0.4	-12537	-36	113	43.98	43.98	-16.514	-200.5	-241.0	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	314	0.4	-12688	-35	125	43.98	43.98	-16.878	-201.1	-245.7	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	315	0.4	-12541	-33	102	43.98	43.98	-16.347	-202.5	-239.1	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	316	0.4	-12554	-24	114	43.98	43.98	-16.555	-200.6	-241.5	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	317	0.4	-12549	-28	130	43.98	43.98	-16.799	-197.7	-244.2	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	318	0.4	-12420	-53	115	43.98	43.98	-16.410	-198.1	-239.3	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	319	0.4	-12438	-41	126	43.98	43.98	-16.602	-196.5	-241.5	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	320	0.4	-12298	-60	143	43.98	43.98	-16.714	-190.9	-242.2	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	321	0.4	-12195	-87	134	43.98	43.98	-16.444	-190.8	-238.7	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	322	0.4	-12239	-75	140	43.98	43.98	-16.598	-190.4	-240.6	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	323	0.4	-12284	-60	166	43.98	43.98	-17.059	-186.6	-246.0	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	324	0.4	-12202	-86	158	43.98	43.98	-16.831	-186.6	-243.1	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	325	0.4	-12118	-100	152	43.98	43.98	-16.636	-186.2	-240.5	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	326	0.4	-12039	-104	170	43.98	43.98	-16.836	-181.5	-242.4	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	327	0.4	-11977	-106	163	43.98	43.98	-16.658	-181.6	-240.1	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	328	0.4	-11877	-107	145	43.98	43.98	-16.248	-183.2	-235.1	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	329	0.4	-11719	-173	159	43.98	43.98	-16.282	-177.9	-234.8	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	330	0.4	-11717	-172	152	43.98	43.98	-16.179	-179.0	-233.6	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	331	0.4	-11670	-155	130	43.98	43.98	-15.762	-182.2	-228.7	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	332	0.4	-11508	-203	143	43.98	43.98	-15.776	-177.1	-228.1	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	333	0.4	-11379	-252	130	43.98	43.98	-15.431	-177.0	-223.7	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	334	0.4	-11366	-217	103	43.98	43.98	-14.974	-181.8	-218.5	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	335	0.4	-11365	-164	124	43.98	43.98	-15.313	-177.9	-222.3	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	336	0.4	-11255	-207	126	43.98	43.98	-15.211	-175.7	-220.7	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	470	0.4	-11201	-214	90	43.98	43.98	-14.587	-181.0	-213.4	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	471	0.4	-11158	-203	80	43.98	43.98	-14.374	-182.1	-210.8	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	472	0.4	-11032	-288	92	43.98	43.98	-14.411	-177.8	-210.7	-0.5	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	473	0.4	-11008	-262	93	43.98	43.98	-14.399	-177.2	-210.4	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	474	0.4	-11086	-134	74	43.98	43.98	-14.189	-181.9	-208.4	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	475	0.4	-11051	-101	76	43.98	43.98	-14.174	-181.0	-208.1	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	476	0.4	-10918	-158	73	43.98	43.98	-13.970	-179.2	-205.2	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	477	0.4	-10905	-124	58	43.98	43.98	-13.728	-181.5	-202.4	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	478	0.4	-10871	-82	54	43.98	43.98	-13.621	-181.7	-201.1	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	479	0.4	-10739	-137	58	43.98	43.98	-13.529	-178.7	-199.5	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	480	0.4	-10720	-97	50	43.98	43.98	-13.385	-179.7	-197.8	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	481	0.4	-10713	-56	42	43.98	43.98	-13.250	-181.0	-196.2	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	482	0.4	-10629	-122	53	43.98	43.98	-13.325	-177.6	-196.7	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	483	0.4	-10540	-180	54	43.98	43.98	-13.238	-175.8	-195.3	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	484	0.4	-10524	-136	44	43.98	43.98	-13.055	-177.4	-193.2	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	485	0.4	-10496	-115	58	43.98	43.98	-13.244	-174.4	-195.2	-0.2	OK	OK	OK	OK

SCAVO CON TBM - ANALISI FORMAZIONE B' molto fratturato H=275m -TIME 8 - CANNA 2

INPUT PLAXIS						Intradoso	Estradoso	VERIFICHE SEZIONALI				CHECK			
Element	Node	Height	N	V	M	Af	A'f	σ_c [Mpa]	$\sigma_{s,inf}$ [Mpa]	$\sigma_{s,sup}$ [Mpa]	τ [MPa]	T	CLS	As	As'
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm2	cm2								
CONCIO_1	487	0.4	-5463	-37	24	43.98	43.98	-6.789	-91.9	-100.4	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	488	0.4	-5458	1	37	43.98	43.98	-6.997	-89.4	-102.7	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	489	0.4	-5438	-2	41	43.98	43.98	-7.038	-88.4	-103.1	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	490	0.4	-5433	18	42	43.98	43.98	-7.047	-88.1	-103.2	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	491	0.4	-5427	40	36	43.98	43.98	-6.939	-89.2	-102.0	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	492	0.4	-5429	51	23	43.98	43.98	-6.746	-91.4	-99.8	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	493	0.4	-5449	35	11	43.98	43.98	-6.566	-94.0	-97.8	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	494	0.4	-5461	53	7	43.98	43.98	-6.527	-94.8	-97.5	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	8	0.4	-5459	-96	9	43.98	43.98	-6.549	-94.5	-97.7	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	7	0.4	-5473	-107	4	43.98	43.98	-6.487	-95.6	-97.1	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	6	0.4	-5487	-119	24	43.98	43.98	-6.821	-92.3	-100.9	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	5	0.4	-5498	-123	39	43.98	43.98	-7.069	-89.9	-103.7	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	4	0.4	-5561	-75	52	43.98	43.98	-7.362	-88.5	-107.3	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	3	0.4	-5643	-26	63	43.98	43.98	-7.626	-88.1	-110.6	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	2	0.4	-5727	16	65	43.98	43.98	-7.751	-89.3	-112.4	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	1	0.4	-5662	25	63	43.98	43.98	-7.656	-88.3	-111.1	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	8	0.4	-5587	40	57	43.98	43.98	-7.473	-88.1	-108.7	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	7	0.4	-5500	46	50	43.98	43.98	-7.366	-89.7	-107.5	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	6	0.4	-5549	52	46	43.98	43.98	-7.241	-89.5	-105.9	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	5	0.4	-5573	36	40	43.98	43.98	-7.182	-90.9	-105.3	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	4	0.4	-5591	17	36	43.98	43.98	-7.129	-92.1	-104.8	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	3	0.4	-5546	20	29	43.98	43.98	-6.973	-92.4	-102.9	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	2	0.4	-5444	44	19	43.98	43.98	-6.690	-92.5	-99.2	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	1	0.4	-5401	37	15	43.98	43.98	-6.580	-92.4	-97.8	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	278	0.4	-5366	43	9	43.98	43.98	-6.445	-92.8	-96.1	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	279	0.4	-5345	64	0	43.98	43.98	-6.281	-94.0	-94.2	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	280	0.4	-5378	58	6	43.98	43.98	-6.407	-93.6	-95.8	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	281	0.4	-5414	85	14	43.98	43.98	-6.578	-92.8	-97.8	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	282	0.4	-5452	94	21	43.98	43.98	-6.731	-92.3	-99.7	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	283	0.4	-5462	83	21	43.98	43.98	-6.745	-92.4	-99.9	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	284	0.4	-5434	2	17	43.98	43.98	-6.654	-92.6	-98.8	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	285	0.4	-5392	-59	4	43.98	43.98	-6.394	-94.2	-95.7	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	287	0.4	-5353	-81	7	43.98	43.98	-6.399	-92.9	-95.5	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	288	0.4	-5367	-69	13	43.98	43.98	-6.510	-92.1	-96.9	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	289	0.4	-5423	-24	21	43.98	43.98	-6.704	-91.7	-99.3	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	290	0.4	-5430	-45	25	43.98	43.98	-6.764	-91.2	-100.0	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	291	0.4	-5431	-69	27	43.98	43.98	-6.809	-90.7	-100.5	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	292	0.4	-5467	-42	30	43.98	43.98	-6.893	-90.9	-101.6	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	293	0.4	-5506	-11	28	43.98	43.98	-6.907	-92.0	-101.9	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	294	0.4	-5546	5	30	43.98	43.98	-6.984	-92.3	-103.0	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	8	0.4	-5496	67	48	43.98	43.98	-7.217	-88.2	-105.4	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	7	0.4	-5495	21	52	43.98	43.98	-7.283	-87.4	-106.1	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	6	0.4	-5508	-5	48	43.98	43.98	-7.230	-88.4	-105.6	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	5	0.4	-5470	-3	44	43.98	43.98	-7.115	-88.5	-104.1	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	4	0.4	-5504	-36	40	43.98	43.98	-7.104	-89.7	-104.2	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	3	0.4	-5499	-36	31	43.98	43.98	-6.948	-91.3	-102.4	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	2	0.4	-5508	-23	24	43.98	43.98	-6.846	-92.7	-101.3	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	1	0.4	-5591	4	29	43.98	43.98	-7.017	-93.3	-103.6	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	496	0.4	-5494	74	38	43.98	43.98	-7.046	-90.0	-103.4	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	497	0.4	-5538	45	48	43.98	43.98	-7.266	-88.9	-106.1	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	498	0.4	-5556	48	61	43.98	43.98	-7.495	-86.9	-108.8	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	499	0.4	-5538	75	69	43.98	43.98	-7.601	-85.1	-109.9	0.1	OK	OK	OK	OK

SCAVO CON TBM - ANALISI FORMAZIONE B' molto fratturato H=275m -TIME 9 - CANNA 2

INPUT PLAXIS						Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI				CHECK			
Element	Node	Height	N	V	M	Af	A'f	σ_c [Mpa]	$\sigma_{s,inf}$ [Mpa]	$\sigma_{s,sup}$ [Mpa]	τ [MPa]	T	CLS	As	As'
-	-	m	KN	KN	KN-m	cm2	cm2								
CONCIO_1	487	0.4	-9212	-247	20	43.98	43.98	-11.132	-158.6	-165.8	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	488	0.4	-9093	-172	33	43.98	43.98	-11.191	-154.3	-165.9	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	489	0.4	-9061	-121	69	43.98	43.98	-11.735	-147.2	-171.9	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	490	0.4	-9038	-41	89	43.98	43.98	-12.024	-143.2	-175.0	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	491	0.4	-9027	59	87	43.98	43.98	-11.973	-143.4	-174.4	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	492	0.4	-9030	146	61	43.98	43.98	-11.566	-148.1	-169.9	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	493	0.4	-9051	210	17	43.98	43.98	-10.893	-156.3	-162.4	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_1	494	0.4	-9161	285	44	43.98	43.98	-11.451	-153.4	-169.2	0.5	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	8	0.4	-9194	69	40	43.98	43.98	-11.425	-154.8	-169.0	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	7	0.4	-9099	27	23	43.98	43.98	-11.051	-156.0	-164.4	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	6	0.4	-9116	-65	22	43.98	43.98	-11.055	-156.5	-164.5	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	5	0.4	-9124	-136	27	43.98	43.98	-11.142	-155.8	-165.5	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	4	0.4	-9234	-130	42	43.98	43.98	-11.514	-155.0	-170.2	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	3	0.4	-9390	-122	66	43.98	43.98	-12.067	-153.6	-177.1	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	2	0.4	-9557	-149	91	43.98	43.98	-12.667	-151.9	-184.6	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_2	1	0.4	-9599	-204	123	43.98	43.98	-13.226	-147.0	-191.0	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	8	0.4	-9530	234	116	43.98	43.98	-13.035	-147.0	-188.6	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	7	0.4	-9456	215	77	43.98	43.98	-12.324	-152.7	-180.3	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	6	0.4	-9400	147	48	43.98	43.98	-11.798	-156.9	-174.1	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	5	0.4	-9457	61	30	43.98	43.98	-11.582	-161.1	-171.9	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	4	0.4	-9537	-44	25	43.98	43.98	-11.590	-163.5	-172.4	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	3	0.4	-9526	-111	31	43.98	43.98	-11.682	-162.1	-173.4	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	2	0.4	-9422	-150	46	43.98	43.98	-11.796	-157.6	-174.2	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_3	1	0.4	-9538	-206	79	43.98	43.98	-12.450	-153.8	-182.1	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	278	0.4	-9553	254	72	43.98	43.98	-12.363	-155.3	-181.1	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	279	0.4	-9460	257	23	43.98	43.98	-11.475	-162.4	-170.7	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	280	0.4	-9570	175	11	43.98	43.98	-11.415	-166.4	-170.5	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	281	0.4	-9662	177	38	43.98	43.98	-11.940	-163.4	-176.9	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	282	0.4	-9753	139	51	43.98	43.98	-12.266	-162.5	-180.9	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	283	0.4	-9785	70	41	43.98	43.98	-12.144	-164.9	-179.7	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	284	0.4	-9704	-153	9	43.98	43.98	-11.537	-169.2	-172.5	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_4	285	0.4	-9718	-295	46	43.98	43.98	-12.135	-162.9	-179.3	-0.5	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	287	0.4	-9617	136	59	43.98	43.98	-12.228	-158.7	-179.9	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	288	0.4	-9440	117	29	43.98	43.98	-11.541	-161.0	-171.4	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	289	0.4	-9475	103	9	43.98	43.98	-11.266	-165.2	-168.4	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	290	0.4	-9404	-12	1	43.98	43.98	-11.049	-165.5	-165.7	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	291	0.4	-9337	-139	5	43.98	43.98	-11.036	-163.6	-165.3	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	292	0.4	-9360	-168	24	43.98	43.98	-11.368	-160.5	-169.1	-0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	293	0.4	-9383	-207	53	43.98	43.98	-11.854	-155.8	-174.7	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_5	294	0.4	-9534	-218	96	43.98	43.98	-12.717	-150.7	-185.0	-0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	8	0.4	-9204	-122	91	43.98	43.98	-12.247	-145.8	-178.3	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	7	0.4	-9119	-128	60	43.98	43.98	-11.665	-149.7	-171.4	-0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	6	0.4	-9165	-72	28	43.98	43.98	-11.200	-156.4	-166.3	-0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	5	0.4	-9117	6	15	43.98	43.98	-10.935	-157.9	-163.1	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	4	0.4	-9210	36	17	43.98	43.98	-11.088	-159.0	-165.3	0.1	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	3	0.4	-9240	101	24	43.98	43.98	-11.233	-158.3	-167.0	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	2	0.4	-9291	182	48	43.98	43.98	-11.674	-155.0	-172.2	0.3	OK	OK	OK	OK
CONCIO_6	1	0.4	-9572	248	96	43.98	43.98	-12.759	-151.4	-185.7	0.4	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	496	0.4	-9214	16	133	43.98	43.98	-12.929	-138.5	-186.0	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	497	0.4	-9199	-4	139	43.98	43.98	-13.013	-137.0	-186.9	0.0	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	498	0.4	-9223	96	154	43.98	43.98	-13.277	-134.8	-190.0	0.2	OK	OK	OK	OK
CONCIO_7	499	0.4	-9275	176	166	43.98	43.98	-13.526	-133.6	-193.0	0.3	OK	OK	OK	OK