

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. GALLERIE

PROGETTO DEFINITIVO

VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA

Variante di Bauladu

Galleria Bauladu e uscite d'emergenza - Relazione geotecnica e di calcolo

SCALA:

-

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

RR0H 01 D 07 CL GN0000 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	A.Amato <i>A.Amato</i>	Marzo 2018	H.Mohamed Dahj <i>HMD</i>	Marzo 2018	T. Paoletti <i>T.P.</i>	Marzo 2018	A.Sciotti Marzo 2018 ITALFERR S.p.A. U.O. GALLERIE Dott. Ing. Alessandra Sciotti Ordine degli Ingegneri di Roma n° 19846 <i>A.Sciotti</i>

File RR0H01D07CLGN000001A

n. Elab:354

INDICE

1	PREMESSA	7
2	SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO	7
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	8
3.1	LEGGI E NORMATIVE COGENTI	8
3.2	NORMATIVE NON COGENTI E RACCOMANDAZIONI	8
3.3	PRESCRIZIONI E SPECIFICHE TECNICHE (RFI, ITF)	8
4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	8
4.1	DOCUMENTI REFERENZIATI	8
4.2	DOCUMENTI CORRELATI.....	10
4.3	DOCUMENTI SUPERATI.....	10
5	ALLEGATI	10
6	DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO	10
7	DESCRIZIONE DELL'OPERA	12
7.1	IL TRACCIATO E LE OPERE IN SOTTERRANEO	12
7.2	INTERFERENZE LUNGO IL TRACCIATO	13
8	FASE CONOSCITIVA	14
8.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	14
	8.1.1 Prove di laboratorio.....	15
	8.1.2 Indagini geofisiche	15
8.2	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA.....	16
	8.3.1 Definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici utilizzati nelle analisi.....	27
8.4	IL REGIME IDRAULICO	29
8.5	LO STATO TENSIONALE IN SITO.	30
9	FASE DI DIAGNOSI.....	31
9.1	CLASSI DI COMPORTAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO	31
9.2	DETERMINAZIONE DELLE CATEGORIE DI COMPORTAMENTO	32

9.2.1	<i>Analisi con il metodo delle linee caratteristiche</i>	32
	<i>Metodo di analisi</i>	32
	<i>Sezioni analizzate</i>	33
	<i>Risultati delle analisi</i>	34
9.2.2	<i>Definizione delle tratte a comportamento tensio-deformativo omogeneo</i>	35
10	FASE DI TERAPIA	36
10.1	DEFINIZIONE DELLE SEZIONI TIPO	36
10.1.1	<i>Sezione tipo A0</i>	36
10.1.2	<i>Sezione tipo A1</i>	37
10.1.3	<i>Sezione tipo B1</i>	38
10.2	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI	39
10.3	ANALISI E VERIFICA DELLE SEZIONI TIPO	41
10.3.1	<i>Criteri di verifica</i>	41
10.3.1.1	<i>Interazione opera-terreno</i>	42
10.3.1.2	<i>Verifiche di resistenza dei rivestimenti di prima fase</i>	43
10.3.2	<i>Sezione A0</i>	45
10.3.3	<i>Sezione A1</i>	46
10.3.3.1	<i>Curve caratteristiche e tassi di rilascio</i>	46
10.3.3.2	<i>Modello numerico e fasi dell'analisi</i>	47
10.3.3.3	<i>Risultati dell'analisi</i>	50
10.3.3.4	<i>Verifiche dei rivestimenti di prima fase</i>	51
10.3.3.5	<i>Verifiche di resistenza dei rivestimenti definitivi</i>	55
10.3.4	<i>Sezione B1</i>	59
10.3.4.1	<i>Curve caratteristiche e tassi di rilascio</i>	59
10.3.4.2	<i>Modello numerico e fasi dell'analisi</i>	60
10.3.4.3	<i>Risultati dell'analisi</i>	62
10.3.4.4	<i>Verifiche dei rivestimenti di prima fase</i>	63
10.3.4.5	<i>Verifiche di resistenza dei rivestimenti definitivi</i>	67
11	FASE DI VERIFICA E MESSA A PUNTO DEL PROGETTO	71
11.1	MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA	71
11.2	CRITERI GENERALI PER L'APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO	72
12	CONCLUSIONI	74
13	ALLEGATI	75
13.1	CURVE CARATTERISTICHE	75

13.1.1	Curve caratteristiche in condizioni intrinseche.....	75
13.1.1.2	Galleria di linea – Sezione tipo A0 – Diagramma delle curve caratteristiche	75
13.1.1.4	Galleria di linea – Sezione tipo A1 – Diagramma delle curve caratteristiche	75
13.1.1.6	Galleria di linea – Sezione tipo B1 – Diagramma delle curve caratteristiche	75
13.1.1.8	Uscita di emergenza N°1 – Sezione tipo A0 – Diagramma delle curve caratteristiche.....	75
13.1.1.10	Uscita di emergenza N°1 – Sezione tipo A1 – Diagramma delle curve caratteristiche.....	75
13.1.1.12	Uscita di emergenza N°2 – Sezione tipo A0 – Diagramma delle curve caratteristiche.....	75
13.1.1.14	Uscita di emergenza N°2 – Sezione tipo A1 – Diagramma delle curve caratteristiche.....	75
13.1.1.16	Uscita di emergenza N°3 – Sezione tipo A0 – Diagramma delle curve caratteristiche.....	75
13.1.1.18	Uscita di emergenza N°3 – Sezione tipo A1 – Diagramma delle curve caratteristiche.....	75
13.1.2	Curve caratteristiche in presenza dei sostegni.....	94
13.1.2.2	Galleria di linea – Sezione tipo A0 – Diagramma delle curve caratteristiche	94
13.1.2.4	Galleria di linea – Sezione tipo A1 – Diagramma delle curve caratteristiche	94
13.1.2.6	Galleria di linea – Sezione tipo B1 – Diagramma delle curve caratteristiche	94
13.1.2.8	Uscita di emergenza N°1 – Sezione tipo A0 – Diagramma delle curve caratteristiche.....	94
13.1.2.10	Uscita di emergenza N°1 – Sezione tipo A1 – Diagramma delle curve caratteristiche.....	94
13.1.2.12	Uscita di emergenza N°2 – Sezione tipo A0 – Diagramma delle curve caratteristiche.....	94
13.1.2.14	Uscita di emergenza N°2 – Sezione tipo A1 – Diagramma delle curve caratteristiche.....	94
13.1.2.16	Uscita di emergenza N°3 – Sezione tipo A0 – Diagramma delle curve caratteristiche.....	94
13.1.2.18	Uscita di emergenza N°3 – Sezione tipo A1 – Diagramma delle curve caratteristiche.....	94
13.2	SEZIONE A1: RISULTATI DELL'ANALISI NUMERICA	147
13.2.1	Modello generale.....	147
13.2.1.1	Sezione tipo A1 – Geometria del modello	147
13.2.1.2	Sezione tipo A1 – Dettaglio della suddivisione in zone	147
13.2.2	Scavo e costruzione graduale per fasi.....	148
13.2.2.1	Sezione tipo A1 – Fase_02	148
13.2.2.2	Sezione tipo A1 – Fase_03	148
13.2.2.3	Sezione tipo A1 – Fase_04	148
13.2.2.4	Sezione tipo A1 – Fase_05	148
13.2.2.5	Sezione tipo A1 – Fase_06	148
13.2.2.6	Sezione tipo A1 – Fase_07	148
13.2.3	Condizioni precedenti alla realizzazione della galleria (Fase_02).....	152
13.2.3.1	Sezione tipo A1 – Diagramma della tensione principale massima.....	152
13.2.3.2	Sezione tipo A1 – Diagramma della tensione principale minima.....	152
13.2.4	Rivestimento di prima fase (Fase_04 e Fase_05).....	154
13.2.4.1	Sezione tipo A1 – Diagramma della tensione principale massima.....	154
13.2.4.2	Sezione tipo A1 – Diagramma della tensione principale minima.....	154
13.2.4.3	Sezione tipo A1 – Diagramma degli spostamenti verticali e deformata del modello	154
13.2.4.4	Sezione tipo A1 – Diagramma del rapporto di mobilitazione	154
13.2.5	Rivestimento di prima fase – Diagrammi delle sollecitazioni (Fase_04 e Fase_05).....	159
13.2.5.1	Sezione tipo A1 – Diagramma dello sforzo normale nel rivestimento di prima fase.....	159
13.2.5.2	Sezione tipo A1 – Diagramma del momento flettente nel rivestimento di prima fase.....	159
13.2.5.3	Sezione tipo A1 – Diagramma dello sforzo di taglio nel rivestimento di prima fase.....	159

13.2.6	<i>Rivestimento definitivo (Fase_06 e Fase_07).....</i>	163
13.2.6.1	<i>Sezione tipo A1 – Diagramma della tensione principale massima.....</i>	163
13.2.6.2	<i>Sezione tipo A1 – Diagramma della tensione principale minima.....</i>	163
13.2.6.3	<i>Sezione tipo A1 – Diagramma degli spostamenti verticali e deformata del modello</i>	163
13.2.6.4	<i>Sezione tipo A1 – Diagramma del rapporto di mobilitazione</i>	163
13.2.7	<i>Rivestimento definitivo – Diagrammi delle sollecitazioni (Fase_06 e Fase_07)</i>	168
13.2.7.1	<i>Sezione tipo A1 – Diagramma dello sforzo normale nel rivestimento definitivo.....</i>	168
13.2.7.2	<i>Sezione tipo A1 – Diagramma del momento flettente nel rivestimento definitivo.....</i>	168
13.2.7.3	<i>Sezione tipo A1 – Diagramma dello sforzo di taglio nel rivestimento definitivo.....</i>	168
13.2.7.4	<i>Sezione tipo A1 – Diagramma dello sforzo normale nel rivestimento definitivo.....</i>	168
13.3	SEZIONE B1: RISULTATI DELL' ANALISI NUMERICA.....	172
13.3.1	<i>Modello generale.....</i>	172
13.3.1.1	<i>Sezione tipo B1 – Geometria del modello</i>	172
13.3.1.2	<i>Sezione tipo B1 – Dettaglio della suddivisione in zone</i>	172
13.3.2	<i>Scavo e costruzione graduale per fasi.....</i>	173
13.3.2.1	<i>Sezione tipo B1 – Fase_02.....</i>	173
13.3.2.2	<i>Sezione tipo B1 – Fase_03.....</i>	173
13.3.2.3	<i>Sezione tipo B1 – Fase_04.....</i>	173
13.3.2.4	<i>Sezione tipo B1 – Fase_05.....</i>	173
13.3.2.5	<i>Sezione tipo B1 – Fase_06.....</i>	173
13.3.2.6	<i>Sezione tipo B1 – Fase_07.....</i>	173
13.3.3	<i>Condizioni precedenti alla realizzazione della galleria (Fase_02).....</i>	176
13.3.3.1	<i>Sezione tipo B1 – Diagramma della tensione principale massima.....</i>	176
13.3.3.2	<i>Sezione tipo B1 – Diagramma della tensione principale minima.....</i>	176
13.3.4	<i>Rivestimento di prima fase (Fase_04).....</i>	178
13.3.4.1	<i>Sezione tipo B1 – Diagramma della tensione principale massima.....</i>	178
13.3.4.2	<i>Sezione tipo B1 – Diagramma della tensione principale minima.....</i>	178
13.3.4.3	<i>Sezione tipo B1 – Diagramma degli spostamenti verticali e deformata del modello</i>	178
13.3.4.4	<i>Sezione tipo B1 – Diagramma del rapporto di mobilitazione</i>	178
13.3.5	<i>Rivestimento di prima fase – Diagrammi delle sollecitazioni (Fase_04 e Fase_05).....</i>	183
13.3.5.1	<i>Sezione tipo B1 – Diagramma dello sforzo normale nel rivestimento di prima fase.....</i>	183
13.3.5.2	<i>Sezione tipo B1 – Diagramma del momento flettente nel rivestimento di prima fase.....</i>	183
13.3.5.3	<i>Sezione tipo B1 – Diagramma dello sforzo di taglio nel rivestimento di prima fase.....</i>	183
13.3.6	<i>Rivestimento definitivo (Fase_06).....</i>	187
13.3.6.1	<i>Sezione tipo B1 – Diagramma della tensione principale massima – lungo termine.....</i>	187
13.3.6.2	<i>Sezione tipo B1 – Diagramma della tensione principale minima – lungo termine.....</i>	187
13.3.6.3	<i>Sezione tipo B1 – Diagramma degli spostamenti verticali e deformata del modello – lungo termine</i>	187
13.3.6.4	<i>Sezione tipo B1 – Diagramma del rapporto di mobilitazione – lungo termine</i>	187
13.3.7	<i>Rivestimento definitivo – Diagrammi delle sollecitazioni (Fase_06).....</i>	190
13.3.7.1	<i>Sezione tipo B1 – Diagramma dello sforzo normale nel rivestimento definitivo.....</i>	190
13.3.7.2	<i>Sezione tipo B1 – Diagramma del momento flettente nel rivestimento definitivo.....</i>	190
13.3.7.3	<i>Sezione tipo B1 – Diagramma dello sforzo di taglio nel rivestimento definitivo.....</i>	190



VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO - SASSARI – OLBIA
VARIANTE DI BAULADU

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	6 di 193

13.3.7.4 Sezione tipo B1 – Diagramma dello sforzo normale nel rivestimento definitivo..... 190

1 PREMESSA

Oggetto della presente relazione di calcolo è lo studio delle problematiche progettuali, il dimensionamento e la verifica degli interventi necessari alla realizzazione della galleria Bauladu nell'ambito del progetto definitivo per la velocizzazione della linea San Gavino Sassari Olbia – Variante Bauladu.

La Variante Bauladu si sviluppa per circa 8,5 Km a partire dalla linea storica in prossimità dell'abitato di Bauladu a circa la pk 107+560 per ricongiungersi con la stessa a circa la pk 117+493.

Per una corretta stima delle sollecitazioni nei rivestimenti, le analisi numeriche sono state sviluppate seguendo una procedura di scavo e costruzione graduale per fasi.

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

2 SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

Nella presente relazione si affrontano le problematiche progettuali connesse alla realizzazione della galleria Bauladu. Per l'inquadramento generale su caratteristiche e requisiti funzionali delle opere in sotterraneo si rimanda alla Relazione tecnica (Rif. [13]).

La progettazione delle opere in sotterraneo, condotta secondo il metodo ADECO-RS (Rif. [32]), si è articolata nelle seguenti fasi:

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

La progettazione è stata sviluppata nel rispetto della normativa vigente.

	VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO - SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU					
GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA – Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA RR0H	LOTTO 01	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 8 di 193

3 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

3.1 **Leggi e normative cogenti**

- Rif. [1] Decreto Ministero delle Infrastrutture e Trasporti 14/01/2008, “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”;
- Rif. [2] C.S.LL.PP., Circolare n°617 del 02/02/2009, “Istruzioni per l’applicazione delle “nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al DM 14/01/2008”;
- Rif. [3] Decreto Ministeriale 28/10/2005. “Sicurezza nelle gallerie ferroviarie”;
- Rif. [4] Regolamento del 18/11/2014 della Commissione dell’Unione Europea – 1303/2014 - relativa alla Specifica Tecnica di Interoperabilità concernente “la sicurezza nelle gallerie ferroviarie” nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità;
- Rif. [5] Regolamento del 18/11/2014 della Commissione dell’Unione Europea – 1300/2014 - relativa ad una Specifica Tecnica di Interoperabilità concernente le “persone a mobilità ridotta” nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità;
- Rif. [6] Regolamento del 18/11/2014 della Commissione dell’Unione Europea – 1299/2014 - relativa ad una Specifica Tecnica di Interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario transeuropeo ad alta velocità.

3.2 **Normative non cogenti e raccomandazioni**

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

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

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

4 **DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

4.1 **Documenti Referenziati**

- Rif. [13] U.O. Gallerie, documento RR0H01D07RGGN0000001A “Relazione tecnica delle opere in sotterraneo” datato Marzo 2018;
- Rif. [14] U.O. Geologia, Gestione Terre e Bonifiche, documento RR0H01D69RGGE0001001A “Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica” datato Marzo 2018;

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
 Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	9 di 193

- Rif. [15] U.O. Geologia, Gestione Terre e Bonifiche, documento RR0H01D69RHGE0001001A “Rapporto di campagna - stop geologici” datato Marzo 2018
- Rif. [16] U.O. Geologia, Gestione Terre e Bonifiche, documento RR0H01D69RHGE0001002A “Rapporto di campagna e rilievi geomeccanici” datato Marzo 2018;
- Rif. [17] U.O. Geologia, Gestione Terre e Bonifiche, documento RR0H01D69N5GE0001001A “Carta geologica con elementi di geomorfologia” datato Marzo 2018;
- Rif. [18] U.O. Geologia, Gestione Terre e Bonifiche, documento RR0H01D69F5GE0001001A “Profilo geologico tav. 1 di 2” datato Marzo 2018;
- Rif. [19] U.O. Geologia, Gestione Terre e Bonifiche, U.O. Geologia, Gestione Terre e Bonifiche, documento RR0H01D69F5GE0001002A “Profilo geologico tav. 2 di 2” datato Marzo 2018;;
- Rif. [20] U.O. Geologia, Gestione Terre e Bonifiche, documento RR0H01D69N5GE0002001A “Carta idrogeologica” datato Marzo 2018;
- Rif. [21] U.O. Geologia, Gestione Terre e Bonifiche, documento RR0H01D69F5GE0002001A “Profilo idrogeologico tav. 1 di 2” datato Marzo 2018;
- Rif. [22] U.O. Geologia, Gestione Terre e Bonifiche, documento RR0H01D69F5GE0002002A “Profilo idrogeologico tav. 2 di 2” datato Marzo 2018;
- Rif. [23] U.O. Geologia, Gestione Terre e Bonifiche, documento RR0H01D69SGGE0005001A “Indagini geognostiche, sondaggi, stratigrafie e prove in sito” datato Marzo 2018;
- Rif. [24] U.O. Geologia, Gestione Terre e Bonifiche, documento RR0H01D69N6GE0001001A “Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Galleria Variante Bauladu - Imbocco lato sud” datato Marzo 2018;
- Rif. [25] U.O. Geologia, Gestione Terre e Bonifiche, documento RR0H01D69N6GE0001002A “Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Galleria Variante Bauladu - Imbocco lato nord” datato Marzo 2018;
- Rif. [26] U.O. Geologia, Gestione Terre e Bonifiche, documento “Indagini Geofisiche” datato Marzo 2018;
- Rif. [27] U.O. Geologia, Gestione Terre e Bonifiche, documento RR0H01D69PRGE0005001A “- Prove di Laboratorio” datato Marzo 2018.
- Rif. [28] U.O. Geologia, Gestione Terre e Bonifiche, documento RR0H01D69PRGE0005001A “- Prove di Laboratorio” datato Marzo 2018.
- Rif. [29] U.O. Geologia, Gestione Terre e Bonifiche, documento RR0H01D69N6GE0001003A “Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Uscita di emergenza 1”
- Rif. [30] U.O. Geologia, Gestione Terre e Bonifiche, documento RR0H01D69N6GE0001003A “Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Uscita di emergenza 2”
- Rif. [31] U.O. Geologia, Gestione Terre e Bonifiche, documento RR0H01D69N6GE0001003A “Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Uscita di emergenza 3”

4.2 Documenti Correlati

- Rif. [32] Lunardi P. (2006). Progetto e Costruzione di Gallerie: Analisi delle deformazioni controllate nelle rocce e nei suoli - ADECO-RS – (Hoepli Ed.);
- Rif. [33] Bernaud D., Benamar I., Rousset G. (1994). La “nouvelle méthode implicite” pour le calcul des tunnel dans les milieux élastoplastiques et viscoplastiques – Revue Francaise de Géotechnique, N° 68.
- Rif. [34] Bernaud D., Rousset G. (1992). La « nouvelle méthode implicite » pour l’étude du dimensionnement des tunnels – Revue Francaise de Géotechnique, N° 60.
- Rif. [35] Hoek E., Brown E.T. (1997), “Practical estimates of rock mass strength”, Intl. J. Rock Mech. & Geomechanics Abstracts, 1165-1186.
- Rif. [36] Hoek E., Carranza-Torres C., Cortkum B. (2002), “Hoek-Brown Failure Criterion – 2002 Edition”.
- Rif. [37] Tamez E. (1984) “Estabilidad de tuneles excavados en suelos” - Mexican Engineering Academy.
- Rif. [38] Hoek E., Diederichs M. S. (2006), “Empirical Estimation of rock mass Modulus”, Intl. J. Rock Mech. & Mining Sciences 43 (2006), 203-215.
- Rif. [39] Broms B.B., Bennermark H. (1967), “Stability of clay at vertical openings”, J. Soil Mechanics and Foundations, Div. Am. Soc. Civ. Eng., 93: 71-94.
- Rif. [40] Terzaghi, K. & Peck, R.B. 1948. Soil Mechanics in Engineering Practice, 1st Edition, John Wiley and Sons, New York.
- Rif. [41] Marinos P. & Hoek E. 2001. Estimating the geotechnical properties of heterogeneous rock masses such as Flysch, Bull. Engg. Geol. 60, 85-92.

4.3 Documenti Superati

Non sono presenti documenti superati.

5 ALLEGATI

Il documento è corredato dai seguenti allegati:

- All. [1] “Curve caratteristiche”;
- All. [2] “Sezione tipo A1: risultati dell’analisi numerica”.
- All. [3] “Sezione tipo B1: risultati dell’analisi numerica”.

6 DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO

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

- Rif. [42] U.O. Gallerie, documento RR0H01D07SPGN0000001A “Caratteristiche dei materiali – Note generali” datato Marzo 2018;
- Rif. [43] U.O. Gallerie, documento IF0H22D07F5GN0000001A “Profilo geotecnico – Galleria Bauladu” datato Marzo 2018;
- Rif. [44] U.O. Gallerie, documento IF0H22D07F7GN0000001A “Profilo geotecnico – Uscite d’emergenza” datato Marzo 2018;

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	11 di 193

- Rif. [45] U.O. Gallerie, documento RR0H01D07BBGN0000001A “Galleria di linea a singolo binario - Sezione tipo A0 - Scavo, consolidamenti e carpenteria” datato Marzo 2018;
- Rif. [46] U.O. Gallerie, documento RR0H01D07BBGN0000002A “Galleria di linea a singolo binario - Sezione tipo A1 – Carpenteria, scavo e consolidamenti” datato Marzo 2018;
- Rif. [47] U.O. Gallerie, documento RR0H01D07BBGN0000003A “Galleria di linea a singolo binario - Sezione tipo B1 – Carpenteria, scavo e consolidamenti” datato Marzo 2018;
- Rif. [48] U.O. Gallerie, documento RR0H01D07BBGN0000004A “Uscite d’emergenza - Sezione tipo A0 - Scavo, consolidamenti e carpenteria” datato Marzo 2018;
- Rif. [49] U.O. Gallerie, documento RR0H01D07BBGN0000005A “Uscite d’emergenza -Sezione tipo A1 – Carpenteria, scavo e consolidamenti” datato Marzo 2018;
- Rif. [50] U.O. Gallerie, documento RR0H01D07BBGN00000036 “Uscite d’emergenza -Sezione tipo B1 – Carpenteria, scavo e consolidamenti” datato Marzo 2018;

7 DESCRIZIONE DELL'OPERA

7.1 Il tracciato e le opere in sotterraneo

La galleria Bauladu si sviluppa per circa 3.8 Km, da progr. 2+234.76 fino a progr. 6+040.0, di cui 3706 m in naturale, 57 m in galleria artificiale policentrica lato Oristano e 42 m in galleria artificiale policentrica lato Bonorva.

Le sezioni di intradosso utilizzate per la galleria di linea hanno un raggio di calotta pari a 3.0 metri, un raggio alle reni pari a 5.0 metri e un raggio di piedritto pari a 6.7 metri sviluppando complessivamente un'area libera di 32.3 m² ed un perimetro di 21.7 metri.

La quota di imbocco lato Oristano è pari a circa 90 m s.l.m, mentre quella lato Bonorva è pari a circa 151 m s.l.m. La galleria è monopendente, con pendenza del 16‰ in ascesa verso Bonorva. Procedendo dall'imbocco lato Oristano, le coperture crescono fino a raggiungere la copertura max di circa 60 m, entro valori compresi tra 5 e 60 m. Dalla copertura massima a pk 4+500 km, le coperture degradano fino all'imbocco lato Bonorva.

Considerata la lunghezza della galleria di linea e l'esigenza di prevedere delle uscite di emergenza ogni 1000 m, sono state progettate 3 accessi di emergenza pedonali intermedie. La sezione delle uscite ha un raggio di calotta di 1.80 m ed una larghezza utile sul piano di calpestio pari a 3.0 m. All'innesto con le gallerie di linea le uscite di emergenza sono dotate di una sezione allargata avente un raggio di 2,35 m in calotta e larghezza utile al piano di calpestio pari a 3,80 m.

Le figure seguenti illustrano le sezioni di intradosso della galleria di linea e delle uscite di emergenza pedonali.

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

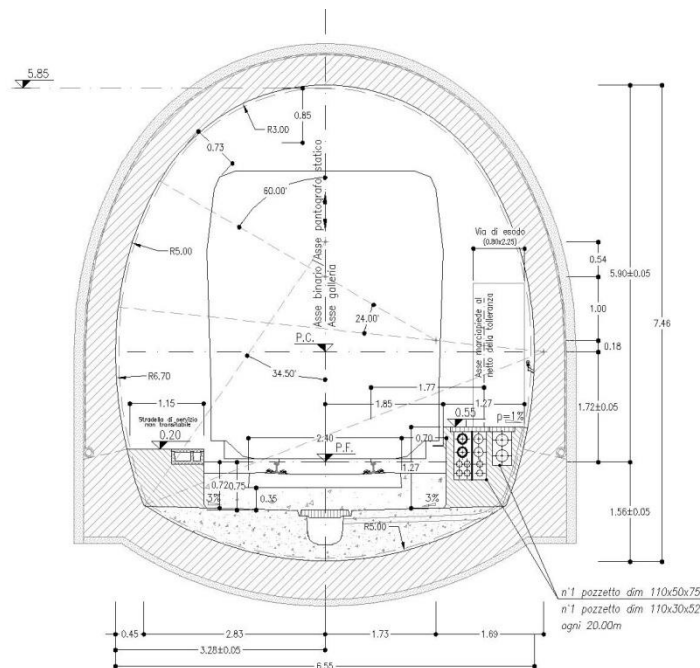


Figura 1 - Sezione di intradosso galleria di linea e gallerie artificiali policentriche (sezione corrente)

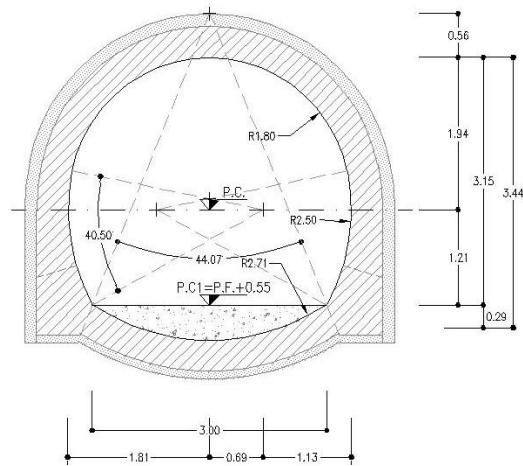



Figura 2 - Sezione tipo di intradosso uscita di emergenza pedonale (sezione corrente)

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

7.2 Interferenze lungo il tracciato

Non sono presenti interferenze lungo il tracciato della galleria di Linea e delle uscite d'emergenza.

	VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO - SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU					
GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA – Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA RR0H	LOTTO 01	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 14 di 193

8 FASE CONOSCITIVA

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

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

8.1 Inquadramento geologico

L'area di studio si colloca nella porzione centro-occidentale della Sardegna e interessa il territorio dei comuni di Bauladu, Paulilatino e Solarussa, in provincia di Oristano (OR).

Le formazioni interessate dalle opere in progetto sono:

Unità vulcanica plio-pleistocenica

Tale unità è composta da rocce laviche a composizione prevalentemente alcalina e transizionale e ricopre in discordanza stratigrafica tutti i termini litologici più antichi appartengono a tale Unità i Basalti alcalini e transizionali.

Basalti alcalini e transizionali

Si tratta di lave a composizione basaltica di colore grigio e grigio scuro (BST), massive o grosse colate, con struttura da compatta a vacuolare. risultano in genere piuttosto fratturati con locale fessurazione colonnare; a luoghi si rinvencono passaggi di breccie vulcaniche in abbondante matrice argillosa di colore marrone, arancio e rossastro.

Successione continentale quaternaria

Coltri eluvio-colluviali

Si tratta di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, marrone e rossastro (b2) e locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; a luoghi si rinvencono passaggi di argille limose e limi argilloso-sabbiosi di marrone e rossastro e sporadiche ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate.

Per la descrizione del modello geologico si rimanda agli elaborati di progetto specialistici (Rif. [13]).

9.2 Indagini geotecniche

Ai fini della modellazione e della caratterizzazione geotecnica delle unità che interessano le opere in sottterraneo in progetto, sono stati utilizzati i dati relativi alle campagne geotecniche di seguito elencate:

- Campagna indagini 2017 ("Progettazione definitiva Velocizzazione linea San Gavino - Sassari – Olbia Variante di Bauladu ").

sono state realizzate le seguenti indagini:

- n. 7 sondaggi a carotaggio continuo di cui n.6 attrezzati con piezometro, n. 1 attrezzato per sismica in foro;
- n. 10 rilievi geostrutturali;

- n. 10 stendimenti sismici a rifrazione in onde P e S
- prove di laboratorio.

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

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni	SPT	Lefranc/ Lugeon	Dilatometriche	Pressiometriche
S2_BA	2+229	1475380	4427690	95.6	Sismica in foro	30.0	5	0	2	2	0
S4_BA	3+414	1474996	4428763	154.3	Piezometro	60.0	5	3	2	2	0
S5_BA	4+187	1474565	4429404	186.0	Piezometro	40.0	5	2	2	2	0
S7_BA	5+305	1474414	4430474	178.2	Piezometro	50.0	5	1	2	2	0
S9_BA	6+222	1474945	4431203	164.2	Piezometro	40.0	5	0	2	3	0

8.1.1 Prove di laboratorio

Sono state eseguite le seguenti analisi:

- Peso di volume;
- Peso specifico;
- Determinazione del contenuto naturale d'acqua;

Sono state inoltre eseguite le seguenti prove:

- Prove compressione monoassiale anche con registrazione delle deformazioni
- Prova di compressione triassiale;
- Determinazione velocità onde Vp e Vs sui campioni

I certificati di prova sono consultabili nel Rif. [27].

8.1.2 Indagini geofisiche

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

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Tipologia indagine	Lunghezza m
1	1+705	1475247	4427249	Rifrazione	94.0
2a	2+183	1475385	4427695	Rifrazione	94.0
2b	2+174	1475366	4427689	Rifrazione	114.0
3a	3+064	1475225	4428554	Rifrazione	94.0
3b	3+081	1475230	4428577	Rifrazione	186.0
4a	4+093	1474867	4429542	Rifrazione	136.0
4b	4+093	1474869	4429543	Rifrazione	94.0
5a	5+293	1474533	4430474	Rifrazione	140.0
5b	5+287	1474592	4430447	Rifrazione	94.0
6	7+661	1476003	4432250	Rifrazione	116.0

Tabella 8-1 Sintesi delle indagini sismiche di tipo lineare, realizzate nell'ambito della campagna indagini 2017

8.2 Caratterizzazione e modellazione geotecnica

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

Lo scavo della galleria naturale Bauladu e delle uscite intermedie intercetta i basalti per tutto il suo sviluppo. Soltanto in corrispondenza dell'imbocco nord della galleria Bauladu e in corrispondenza degli imbocchi delle uscite intermedie sono presenti delle coltri di spessori modesti inferiori ai 3 m. La galleria intercetta una faglia transtensiva sinistra al km 4+850 circa.

Il modello geotecnico è rappresentato nell'elaborato "Profilo geotecnico – Galleria Bauladu" (Rif. [43]) e nell'elaborato "Profilo geotecnico – Uscite d'emergenza" (Rif. [44])

8.3 Caratterizzazione geotecnica della formazione dei Basalti Alcalini (BST)

L'Unità dei basalti alcalini (BST) è costituita da lave basaltiche di colore grigio, compatte, a tessitura afirica, a tratti vacuolari (vedi **Figura 3**); sono stati rilevati, in tutti i sondaggi eseguiti, tratti molto fratturati indicati come breccia lavica, per spessori variabili di ordine da decimetrico fino a 5 ÷ 8 metri (vedi **Figura 4**)



Figura 3. Formazione BST – Sondaggio S4 da 10 m a 15 m



Figura 4. Formazione BST – Sondaggio S4 da 25 m a 30 m

Il peso dell'unità di volume è variabile tra $25 \div 27 \text{ KN/m}^3$ (Figura 5), mentre il peso specifico varia tra $26.5 \div 27.5 \text{ KN/m}^3$.

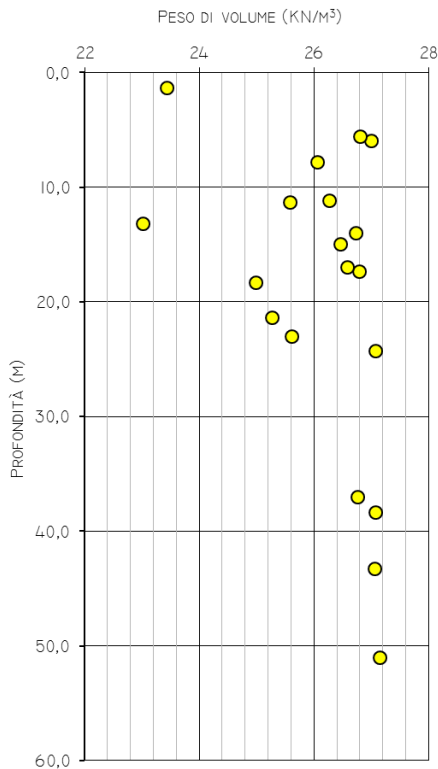


Figura 5. BST – Peso dell'unità di volume

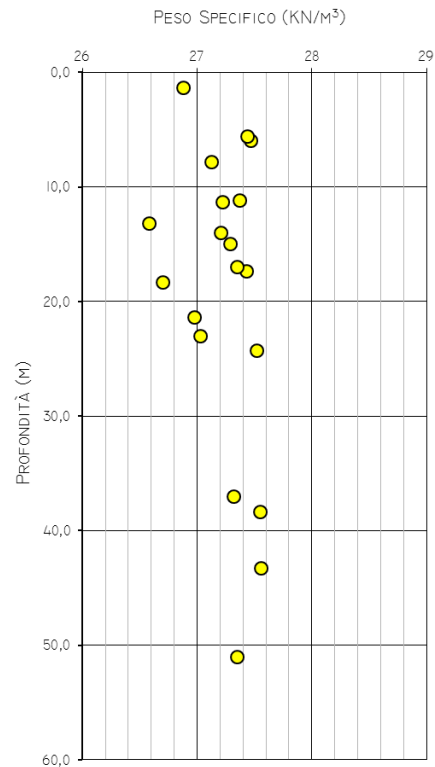


Figura 6. BST – Peso specifico

Per la caratterizzazione meccanica della formazione si è fatto riferimento ai risultati delle prove di compressione monoassiale e triassiale eseguite sui campioni prelevati dai fori di sondaggio, ed ai risultati delle prove dilatometriche e sismiche realizzate in sito.

Nel grafico della **Figura 7** sono riportati i valori delle resistenze a compressione monoassiale al variare della profondità di prelievo, ricavati dalle diverse prove eseguite. Essi risultano variabili in un intervallo tra 15 e 35 MPa; alcune prove hanno mostrato valori superiori a 40 MPa.

Nella **Figura 8** sono mostrati, nel piano $s = \frac{(\sigma_1 + \sigma_3)}{2}$, $t = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{2}$ i dati relativi alle prove triassiali eseguite su campioni prelevati nei sondaggi, mentre nella **Tabella 8-2** sono riportati i risultati delle prove e la valutazione dei parametri σ_{ci} e m_i valutati considerando un legame costitutivo del materiale secondo il criterio di Hoek & Brown.

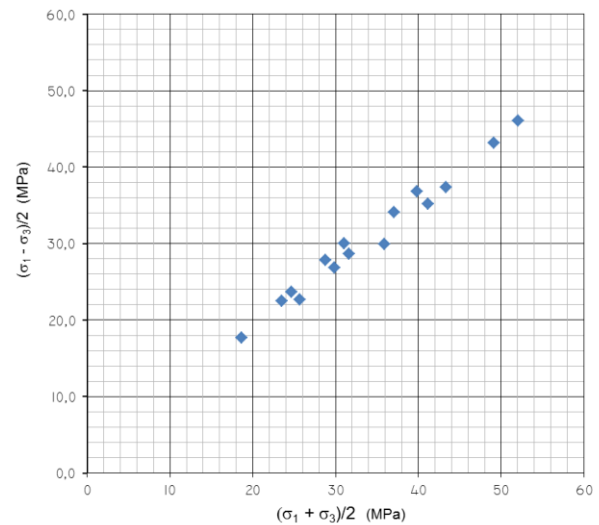
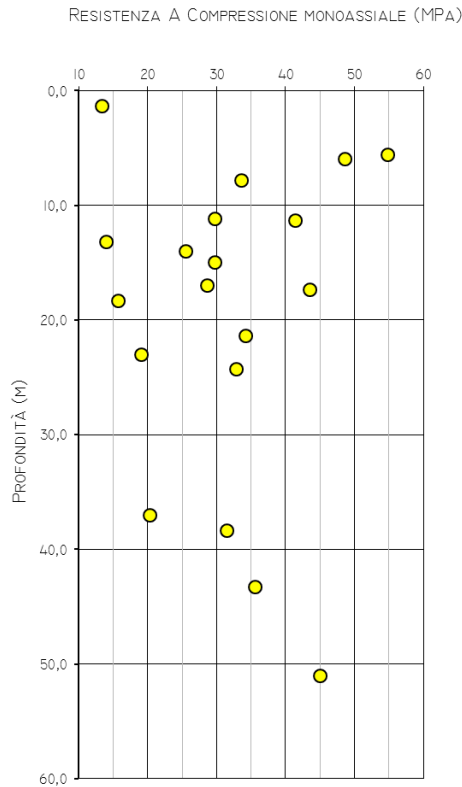


Figura 7 –BST – Prove di compressione monoassiale

Figura 8. BST – Prove di compressione triassiale

 Tabella 8-2 – Valori di σ_{ci} e m_i da prove di compressione triassiale.

Campione	σ_3 (Mpa)	σ_3 (Mpa)	σ_{ci} (Mpa)	m_i (-)
S2 SP2	1,00	48,38		
	3,00	60,27		
	6,00	80,64	38,15	17,64
S4 SP4	1,00	45,98		
	3,00	56,73		
	6,00	76,39	36,15	16,44
S5 SP5	1,00	36,36		
	3,00	48,38		
	6,00	65,78	27,11	17,26
S7 SP1	1,00	56,59		
	3,00	71,16		
	6,00	92,24	46,30	18,88
S9 SP2	1,00	61,12		
	3,00	76,68		
	6,00	98,04	50,88	19,16

Nella **Figura 9** sono riportati i valori della velocità delle onde P ed S misurate su campioni di laboratorio; la V_p è compresa tra 3000 e 5000 m/s, mentre la V_s è compresa tra 2000 e 3000 m/s.

I valori dei moduli di deformabilità G_0 ed E_0 che si ricavano dalla velocità delle onde V_s e V_p suddette, sono riportati nelle **Figura 11** e **Figura 12** e sono compresi nei range di seguito indicati:

$$10 \leq G_0 \leq 25 \text{ GPa}$$

$$20 \leq E_0 \leq 60 \text{ GPa}$$

Tali valori sono riferibili ai moduli della roccia intatta.

Nella **Figura 13** è riportato per confronto il valore dei moduli tangenti ricavati nel corso delle prove di compressione monoassiali ed il valore dei moduli E_0 ricavati da misura delle onde V_p e V_s .

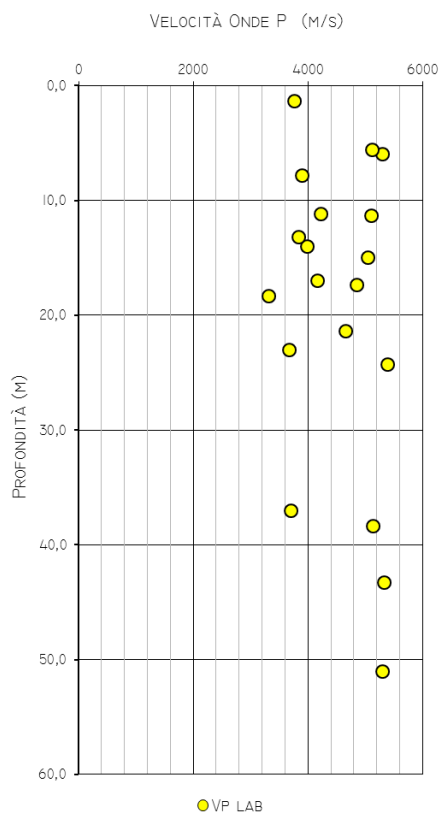


Figura 9 BST – Velocità onde P da laboratorio

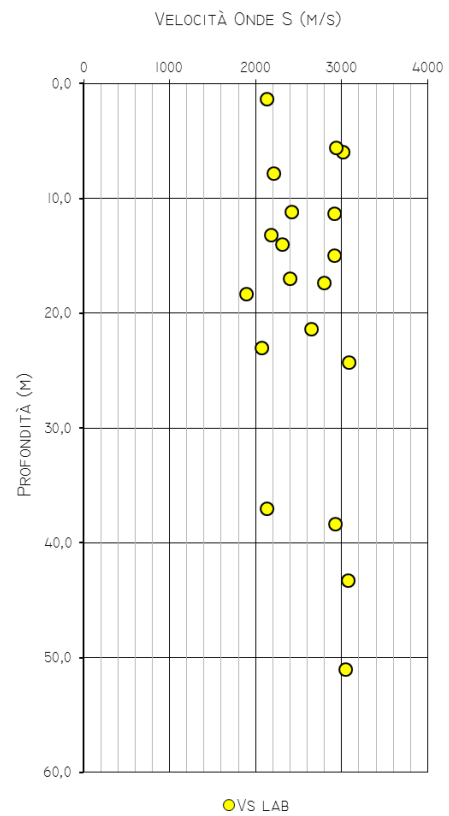
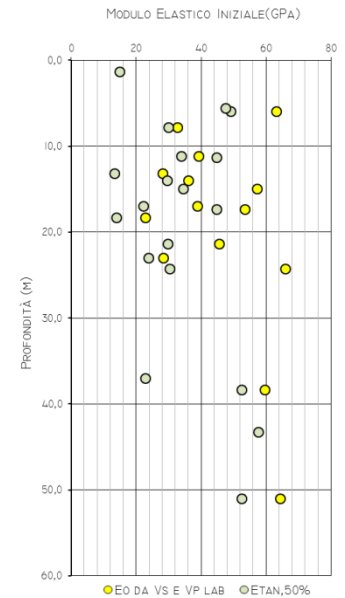
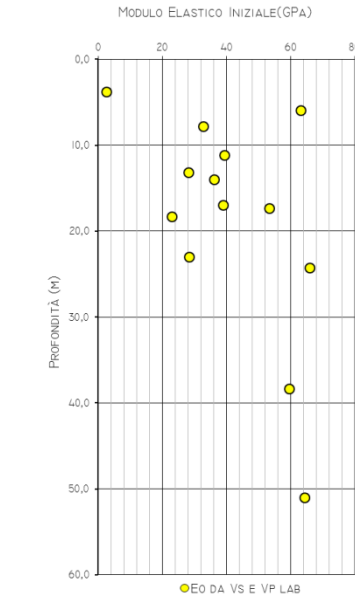
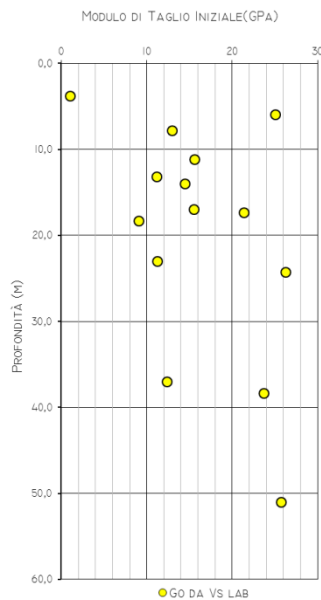


Figura 10. BST – Velocità onde S da laboratorio


Figura 11 BST – Modulo di taglio G_o
Figura 12. BST – Modulo elastico E_o
Figura 13. BST – Modulo elastico tangente

Nel grafico di **Figura 14** è riportato il diagramma di Deere - Miller, che classifica la roccia nell'ambito dei rapporti di modulo elevati, a bassa resistenza ($25 \leq \sigma_c \leq 50$ MPa).

Nella **Figura 15** e nella **Figura 16** sono riportati i valori delle velocità delle onde P ed S valutati nella prova Down Hole eseguita nel foro di sondaggio S2, eseguito in prossimità dell'imbocco Sud della Galleria.

I valori della velocità delle onde di taglio V_s crescono con la profondità e sono variabili in un range tra 1000 e 1900 m/s a partire da 5 metri di profondità fino a 30 metri. Tali valori sono congruenti con quelli ricavati dalle indagini sismiche a rifrazione eseguite lungo il tracciato della galleria.

I valori dei moduli di taglio G_o ed elastico iniziale E_o , corrispondenti alle V_s sopra indicati, sono riportati rispettivamente nella **Figura 17** e nella **Figura 18** e sono compresi nei range di seguito indicati:

$$3 \leq G_o \leq 9,5 \text{ GPa}$$

$$8 \leq E_o \leq 25 \text{ GPa}$$

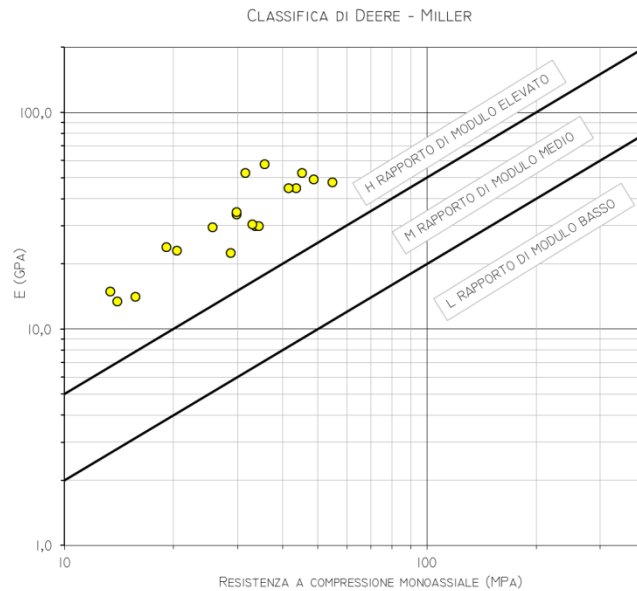


Figura 14 BST – Classifica di Deere - Miller

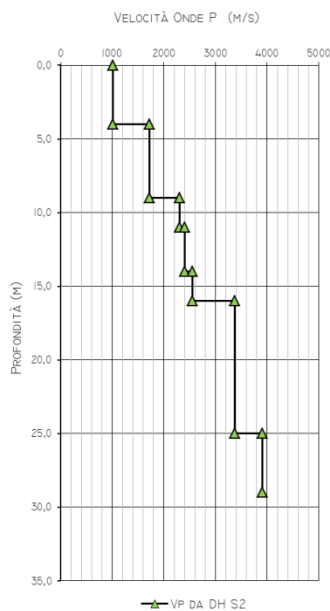


Figura 15 BST – Velocità onde P da prova Down Hole S2

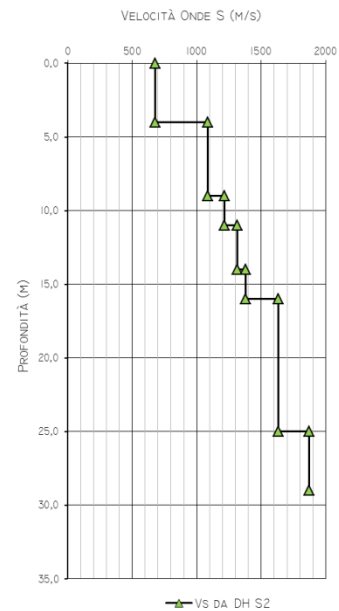


Figura 16. BST – Velocità onde S prova Down Hole S2

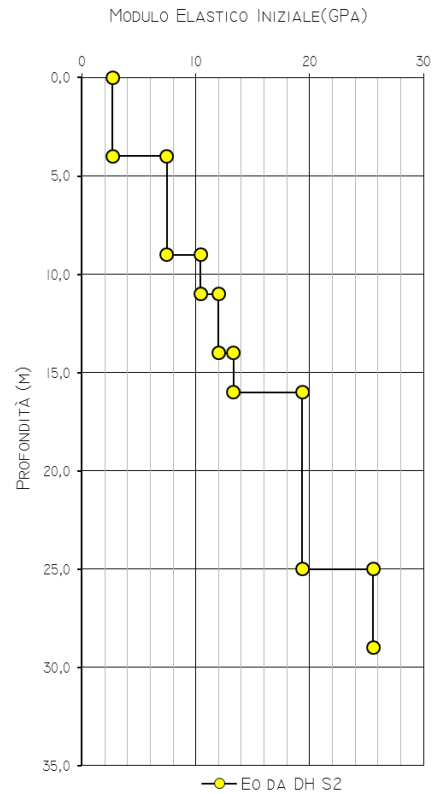
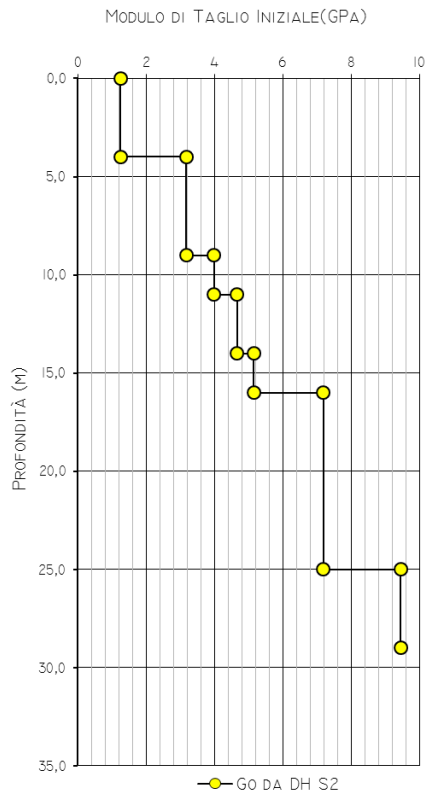


Figura 17 BST – Modulo di taglio Go da prova Down Hole S2

Figura 18. BST – Modulo di elastico Eo da prova Down Hole S2

Nella **Figura 19** è riportato il confronto tra i valori dei moduli elastici ricavati dalle prove dilatometriche ed i valori dei moduli elastici ricavati a partire dalle velocità delle onde Vs, assumendo il rapporto tra $E/E_0 = 0,1$. Tali valori sono riferibili alla scala dell'ammasso roccioso, e risultano compresi nel range seguente (vedi **Figura 20**):

$$2 \leq E \leq 6 \text{ GPa}$$

escludendo alcuni valori più elevati ricavati dalle prove dilatometriche.

Per le sole aree di imbocco della Galleria, per i primi 15 metri di profondità dal piano campagna, si assume in progetto un valore del modulo elastico crescente con la profondità:

$$0,5 \leq E \leq 2 \text{ GPa} \quad \text{tra piano campagna e 15 metri di profondità dal p.c.}$$

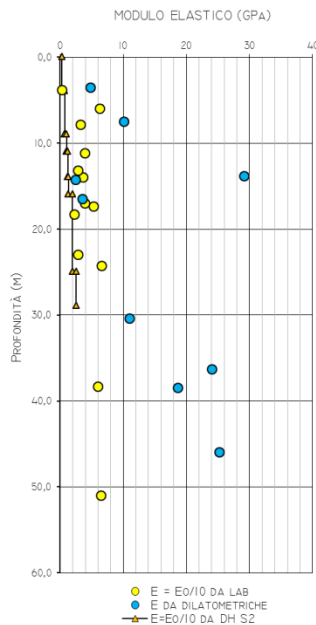


Figura 19. BST Modulo Elastico

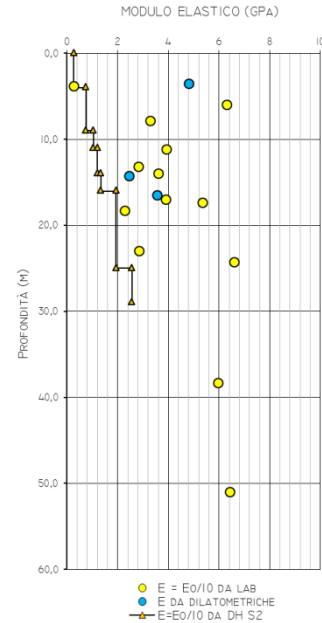


Figura 20. BST – Modulo Elastico

Per la determinazione dei parametri di resistenza meccanica della formazione BST, si adotta il criterio di resistenza di Hoek e Brown.

Il calcolo dei parametri è stato sviluppato per classi di copertura

Per la classe di copertura fino a 20 m

Sono stati utilizzati i seguenti parametri :

Copertura = 20 m

GSI = 40 ÷ 50 (ricavato da Analisi Geostrutturali su affioramenti)

$\sigma_{c,i}$ = 15 ÷ 35 MPa

E_i = 20000 MPa

m_i = 18

D = 0.7 tiene conto del disturbo legato alle modalità di scavo e delle condizioni del materiale nelle zone a più bassa copertura

c = 100 ÷ 170 KPa;

ϕ = 45 ÷ 55 °

E = 1 ÷ 2 GPa

Per la classe di copertura da 20 m a 55 m utilizzando i seguenti parametri

$\sigma_{c,i}$ = 15 ÷ 35 MPa

$$E_i = 30000 \text{ MPa}$$

$$m_i = 18$$

$$D = 0.5$$

si ottengono, per una copertura di riferimento della Galleria pari a 55 metri di seguito elencati

$$c = 220 \div 400 \text{ KPa};$$

$$\phi = 45 \div 53^\circ$$

$$E = 3 \div 6 \text{ GPa}$$

Al fine di rappresentare il comportamento meccanico della formazione alterata, che presenta elevata fratturazione ed elevato grado di alterazione, si riportano nella Figura 21 i valori della resistenza a compressione monoassiale valutata su campioni appartenenti alla formazione suddetta, variabili nel range 2 ÷ 10 MPa.

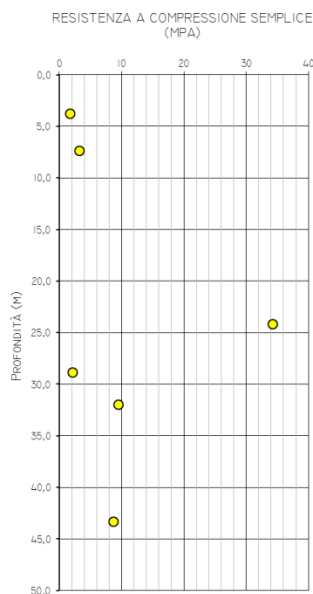


Figura 21 –BST alt – Prove di compressione monoassiale

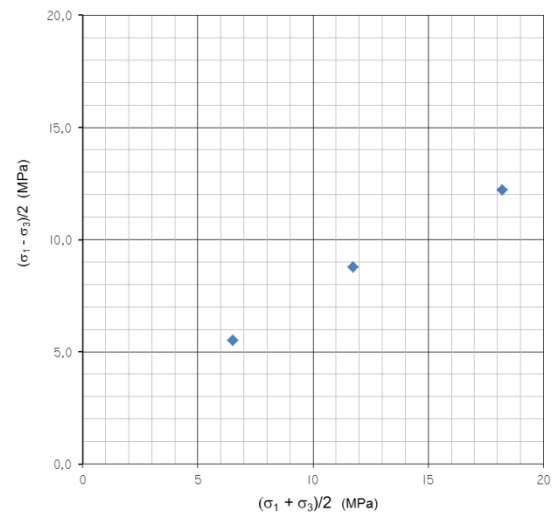


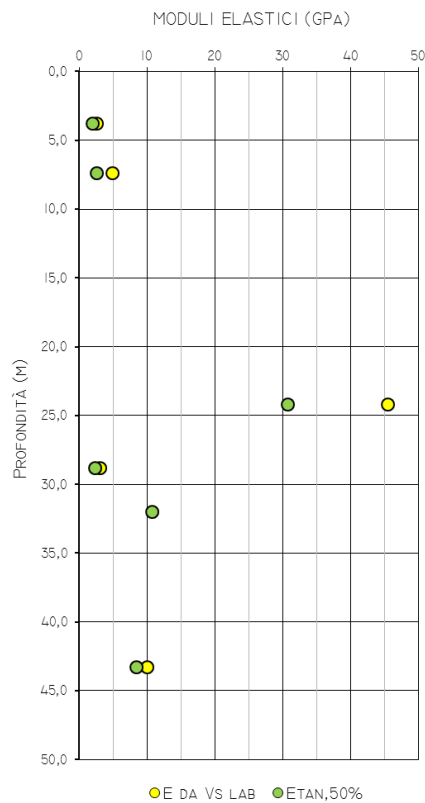
Figura 22. BST alt – Prove di compressione triassiale

Nella **Figura 22** sono mostrati, nel piano $s = \frac{(\sigma_1 + \sigma_3)}{2}$, $t = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{2}$ i dati relativi all'unica prova triassiale eseguita su campioni prelevati nei sondaggi, mentre nella **Tabella 8-3** sono riportati i risultati delle prove e la valutazione dei parametri σ_{ci} e m_i secondo il criterio di Hoek & Brown.

Tabella 8-3 – Valori di σ_{ci} e m_i da prove di compressione triassiale.

Campione	σ_3 (Mpa)	σ_3 (Mpa)	σ_{ci} (Mpa)	m_i (-)
S4 CR5	1	12,03		
	3	20,51		
	6	30,42	4,96	19,15

Nella **Figura 23** sono mostrati i valori dei moduli elastici riferibili alla roccia intatta, compresi tra 2 e 10 GPa.


Figura 23 –BSTfratt – Moduli elastici tangenti e da prove soniche in laboratorio.

Considerando per la formazione BSTfrat un valore del GSI e della resistenza a compressione monoassiale come di seguito indicato:

$$GSI = 25 \div 35$$

$$\sigma_{c,i} = 5 \text{ MPa}$$

$$E_i = 10000 \text{ MPa}$$

$$m_i = 18$$

$$D=0$$

si ottengono, per una copertura di riferimento della Galleria pari a 50 metri i parametri di seguito elencati:

$$c = 120 \div 140 \text{ KPa};$$

$$\phi = 34 \div 38^\circ$$

In base alle indicazioni fornite dalle prove Lugeon eseguite in sito, la formazione BST è caratterizzata da permeabilità medie $k = 10^{-7} \div 10^{-8}$ m/s. (Figura 24).

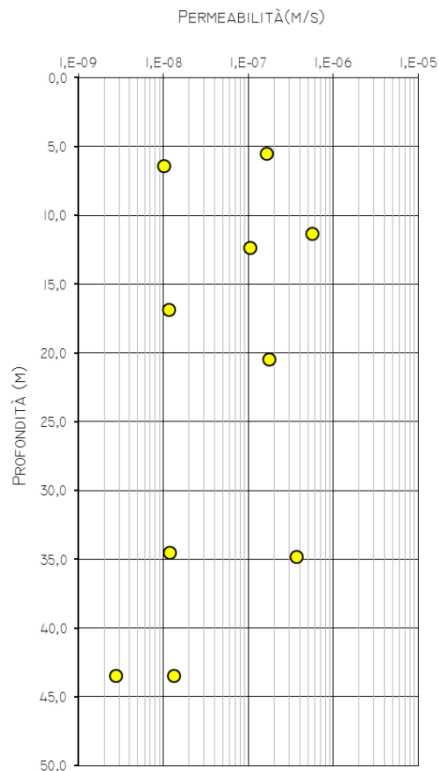


Figura 24. BST – Permeabilità

8.3.1 Definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici utilizzati nelle analisi

I parametri geotecnici di progetto adottati per la verifica delle sezioni della galleria, interessate dallo scavo nella formazione BST, sono riportati nella tabella seguente:

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
 Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	28 di 193

Unità	Copertura (m)	γ (kN/m ³)	GSI	σ_{ci} (MPa)	E _i (GPa)	c (kPa)	φ (°)	E _{tm} (GPa)
BST	<20	25 ÷ 26	40 ÷ 50	15 ÷ 35	20 ÷ 40	100 ÷ 170	45 ÷ 55	1 ÷ 2
BST	20- 50	25 ÷ 26	45 ÷ 55	15 ÷ 35	20 ÷ 40	220 ÷ 400	45 ÷ 55	3 ÷ 6
BSTfratt(faglia)	50	25 ÷ 26	25 ÷ 35	2 ÷ 10	2 - 10	120 ÷ 140	34 ÷ 38	0.6- 1

Tabella 8-4: Formazione BST– Riepilogo parametri geotecnici

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

La seguente tabella riassume i parametri geotecnici adottati per i calcoli di dimensionamento, in funzione della sezione tipologica di scavo adottata.

Sezione di calcolo	Unità	Pk [km]	copertura [m]	γ [kN/m ³]	GSI _{min} [-]	σ_{ci} [MPa]	E_i [MPa]	c [MPa]	φ [°]	σ_{cm} [MPa]	E_m [MPa]
Sezione 1 km 4+125	BST	4+125	55	26	55	35	30000	0,388	52,59	6,79	6067
Sezione 2 km 4+125	BST	4+125	55	26	50	25	30000	0,292	48,43	4,25	4408
Sezione 3 km 4+900	BST in faglia	4+900	52	26	30	5	10000	0,134	35,09	0,74	814
Sezione 4 uscita N°1	BSS	3+275	35	26	55	35	30000	0,310	55,56	6,79	6067
Sezione 5 uscita N°1	BSS	3+275	35	26	50	25	30000	0,225	51,67	2,40	4408
Sezione 6 uscita N°2	BSS	4+275	55	26	55	35	30000	0,388	52,59	6,79	6067
Sezione 7 uscita N°2	BSS	4+275	55	26	50	25	30000	0,292	48,43	4,25	4408
Sezione 8 uscita N°3	BSS	5+275	32	26	55	35	30000	0,298	56,12	6,79	6067
Sezione 9 uscita N°3	BSS	5.275	32	26	50	25	30000	0,215	52,29	1,25	4408

γ = peso dell'unità di volume dell'ammasso
 GSI = Geological Strength Index
 σ_{ci} = resistenza compressione monoassiale della roccia intatta
 E_i = modulo elastico della roccia intatta
 c = coesione dell'ammasso roccioso
 φ = angolo di attrito dell'ammasso roccioso
 σ_{cm} = resistenza globale dell'ammasso roccioso
 E_m = modulo elastico dell'ammasso roccioso

Tabella 8-5 Parametri geotecnici di calcolo

8.4 Il regime idraulico

Nei settori relativi all'opera è stato individuati i seguenti complessi idrogeologici, distinti sulla base delle differenti caratteristiche di permeabilità e del tipo di circolazione idrica che li caratterizza.

Complesso vulcano-lavico (BST).

È complesso presente lungo lo sviluppo delle gallerie naturali. Costituiscono acquiferi fessurati di buona trasmissività, piuttosto eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di discreta rilevanza, generalmente a deflusso unitario, e di piccole falde a carattere stagionale. La permeabilità, esclusivamente per fessurazione, è variabile da molto bassa a bassa. Al presente complesso è possibile attribuire un coefficiente di permeabilità k compreso tra $1 \cdot 10^{-8}$ e $1 \cdot 10^{-6}$ m/s.

Complesso detritico-colluviale (b2).

E' presente esclusivamente nelle aree d'imbocco. Costituiscono acquiferi porosi di scarsa trasmissività, moderatamente eterogenei ed anisotropi; sono privi di corpi idrici sotterranei di importanza significativa, a meno di piccole falde a carattere stagionale. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da bassa a media. Al complesso in questione si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-6}$ e $1 \cdot 10^{-3}$ m/s.

Per l'andamento della quote piezometriche lungo la galleria si rimanda ai profili geotecnici Rif. [43] Rif. [44] e alla "Relazione geologica ed idrogeologica" (Rif. [14]).

8.5 Lo stato tensionale in situ.

Lo stato tensionale in situ è definito in termini di tensione verticale efficace e tensione orizzontale efficace, definite rispettivamente come:

$$\sigma'_v = \gamma \cdot z - u$$

$$\sigma'_h = k_0 \cdot \sigma'_v$$

In cui k_0 è stato assunto pari 1.0.

9 FASE DI DIAGNOSI

Nella fase di diagnosi, sulla base del modello geotecnico scaturito dagli studi e dalle indagini effettuati nella fase conoscitiva, si procede alla previsione della risposta tensio-deformativa dell'ammasso allo scavo, in assenza di interventi di stabilizzazione. La valutazione della risposta deformativa dell'ammasso allo scavo è condotta con riferimento alle tre categorie di comportamento fondamentali individuate nel metodo ADECO-RS (Rif. [32]), di seguito brevemente richiamate, sulla base delle quali il tracciato sotterraneo è suddiviso in tratte a comportamento deformativo omogeneo.

I risultati dell'analisi del comportamento deformativo consentono di individuare gli interventi di precontenimento e/o di contenimento più idonei a garantire condizioni di stabilità della galleria in fase di scavo e a lungo termine.

9.1 Classi di comportamento del fronte di scavo

Secondo l'approccio ADECO-RS (Rif. [32]) la previsione dell'evoluzione dello stato tensionale a seguito dell'apertura di una galleria è possibile attraverso l'analisi dei fenomeni deformativi, che forniscono indicazioni sul comportamento della cavità nei riguardi della stabilità a breve e a lungo termine. Dati sperimentali e analisi teoriche hanno dimostrato che il comportamento della cavità è significativamente condizionato, oltre che dalle caratteristiche geometriche della galleria stessa e dai carichi litostatici, anche dalle caratteristiche di resistenza e di rigidità del nucleo d'avanzamento, inteso come il volume di terreno a monte del fronte di scavo. Se il nucleo non è costituito da materiale sufficientemente rigido e resistente da mantenere in campo elastico il proprio comportamento tensio-deformativo, si sviluppano fenomeni deformativi e plasticizzazioni rilevanti in avanzamento, a cui consegue l'evoluzione verso condizioni di instabilità del fronte e del cavo. Se, invece, il comportamento del nucleo d'avanzamento si mantiene in campo elastico, il nucleo stesso svolge un'azione di precontenimento del cavo, che si mantiene a sua volta in condizioni elastiche, conservando le caratteristiche di massima resistenza del materiale attraversato e quindi configurazioni di stabilità.

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

Categoria A: nucleo-fronte stabile

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

Categoria B: nucleo-fronte stabile a breve termine

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

Categoria C: nucleo-fronte instabile

Tale categoria corrisponde alla condizione in cui, superata la resistenza del terreno, i fenomeni deformativi evolvono molto rapidamente in campo plastico, producendo la progressiva instabilità del fronte di scavo e un incremento dell'estensione della zona dell'ammasso decompressa ed plasticizzata al contorno della cavità, con rapido decadimento delle caratteristiche meccaniche del materiale. L'espansione della fascia di materiale decompresso al contorno del cavo deve essere contenuta prima dell'arrivo del fronte di scavo, mediante interventi di preconsolidamento in avanzamento, che consentono di creare artificialmente l'effetto arco per far evolvere la risposta tensio-deformativa verso configurazioni di stabilità.

9.2 Determinazione delle categorie di comportamento

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

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

9.2.1 Analisi con il metodo delle linee caratteristiche

Metodo di analisi

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

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

Le ipotesi alla base del metodo sono le seguenti:

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

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

Le analisi contenute in questo documento sono state svolte col codice di calcolo GV4 (versione 4H del 2003).

Per l'ammasso si utilizza un modello costitutivo elasto-plastico, con criterio di resistenza di Mohr-Coulomb.

Ove necessario, per la definizione del comportamento deformativo della galleria in funzione della distanza dal fronte, si utilizza il Nuovo Metodo Implicito (NMI) (Rif. [33], Rif. [34]), che consente di ottenere risultati affidabili sia in termini di convergenze, sia in termini di carichi di lavoro sui sostegni.

Per il calcolo della convergenza al fronte si utilizzano le soluzioni analitiche per cavità sferiche.

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

Sezioni analizzate

Sulla base dei risultati della caratterizzazione geotecnica di cui al precedente paragrafo, in funzione delle condizioni idrauliche previste e della distribuzione delle diverse classi di copertura lungo il tracciato, sono state definite le sezioni di analisi, riassunte nella Tabella 9-1 e caratterizzate con tutti i dati di input necessari per il calcolo.

Tabella 9-1 – Sezioni analizzate con il metodo delle linee caratteristiche: dati di input.

Sezione di calcolo	Unità	H [m]	A _{scavo} [m ²]	R _{eq} [m]	σ ₀ [MPa]	γ [kN/m ³]	c' _{k p} [MPa]	φ' _{k p} [°]	E _k [MPa]
Sezione 1 Linea km 4+125	BST	55	56,36	4,24	1,43	26	0,388	52,59	6067
Sezione 2 Linea km 4+125	BST	55	57,34	4,27	1,43	26	0,292	48,43	4408
Sezione 3 Linea km 4+900	BST in faglia	52	64,76	4,54	1,35	26	0,134	35,09	814
Sezione 4 uscita N°1	BSS	35	18,33	2,42	0,91	26	0,310	55,56	6067
Sezione 5 uscita N°1	BSS	35	18,87	2,45	0,91	26	0,225	51,67	4408
Sezione 6 uscita N°2	BSS	55	18,33	2,42	1,43	26	0,388	52,59	6067
Sezione 7 uscita N°2	BSS	55	18,87	2,45	1,43	26	0,292	48,43	4408
Sezione 8 uscita N°3	BSS	32	18,33	2,42	0,83	26	0,298	56,12	6067
Sezione 9 uscita N°3	BSS	32	18,87	2,45	0,83	26	0,215	52,29	4408

H = copertura rispetto alla calotta della galleria

σ₀ = tensione totale iniziale al livello del cavo

A_{scavo} = area di scavo (nel caso di sezioni con infilaggi si riporta l'area media)

R_{eq} = raggio di scavo equivalente (riferito all'area di scavo media in presenza di sezione tronco-conica)

γ = peso dell'unità di volume dell'ammasso

c'_{k p} = valore caratteristico della coesione efficace di picco dell'ammasso

φ'_{k p} = valore caratteristico dell'angolo di attrito di picco dell'ammasso

E_k = valore caratteristico del modulo elastico dell'ammasso

Risultati delle analisi

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

- confronto tra la resistenza a compressione monoassiale dell'ammasso σ_c e la pressione critica al fronte $p_c = (3\sigma_o - 2\sigma_c) / (1 + 2K_p)$, che individua il passaggio dal comportamento elastico a quello plastico,
- sviluppo dei fenomeni deformativi e di plasticizzazione nella sezione al fronte e al contorno del cavo, prendendo a riferimento per la definizione della categoria di comportamento i seguenti due criteri:

Tabella 9-2 – Criterio 1

σ_c / p_c	Classe di comportamento
$\geq 1,2$	A
$< 1,2$ e $\geq 0,8$	A/B
$< 0,8$ e $\geq 0,2$	B/C
$< 0,2$	C

Tabella 9-3 – Criterio 2

u_F/R_{eq}	$R_{pl F}/R_{eq}$	Classe di comportamento
$\leq 0,2 \%$	$\leq 1,1$	A
$\leq 0,5 \%$	$\leq 1,5$	B
$> 0,5 \%$	$> 1,5$	C

u_F = convergenza al fronte
 $R_{pl F}$ = raggio plastico al fronte
 R_{eq} = raggio di scavo equivalente della galleria

Sulla base di queste valutazioni quantitative, unitamente all'analisi critica dei risultati ottenuti rispetto all'affidabilità dei dati di ingresso in termini di parametri di ammasso (rigidezza e resistenza) e condizioni idrauliche al contorno, in relazione ad eventuali variabilità attese lungo il tracciato della galleria e alle possibili conseguenze per comportamenti imprevedibili, è stata definita la categoria di comportamento del fronte di scavo da cui deriva l'individuazione degli eventuali necessari interventi di precontenimento e contenimento.

I risultati delle analisi sono riassunti nella tabella seguente; i tabulati di calcolo con la rappresentazione delle curve caratteristiche sono invece riportati integralmente in Allegato.

Tabella 9-4 – Sezioni analizzate con il metodo delle linee caratteristiche: risultati delle analisi

Sezione di calcolo	σ_c [MPa]	p_c [MPa]	σ_c / p_c [-]	u_F [m]	u_F / R_{eq} [%]	R_{PF} [m]	R_{PF} / R_{eq} [-]	Categoria Criterio 1	Categoria Criterio 2
Sezione 1	2,29	0,108	21,16	0,00065	0,015	4,24	1,00	A	A
Sezione 2	1,54	0,185	8,32	0,00092	0,021	4,37	1,02	A	A
Sezione 3	0,52	0,421	1,23	0,00743	0,164	5,52	1,22	A	A/B
Sezione 4	2,00	0,033	59,83	0,00024	0,010	2,42	1,00	A	A
Sezione 5	1,29	0,0076	171,26	0,000253	0,010	2,46	1,00	A	A
Sezione 6	2,29	0,108	21,16	0,000371	0,015	2,45	1,00	A	A
Sezione 7	1,54	0,185	8,32	0,000525	0,021	2,51	1,02	A	A
Sezione 8	1,96	0,024	81,86	0,000215	0,009	2,45	1,00	A	A
Sezione 9	0,60	0	>>	0,000155	0,045	2,45	1,00	A	A

$\sigma_c = (2c \cos \varphi) / (1 - \sin \varphi)$ = resistenza a compressione monoassiale dell'ammasso (parametri di picco)
 $p_c = (3\sigma_o - 2\sigma_c) / (1 + 2K_p)$ = pressione critica al fronte (con K_p coefficiente di spinta passiva)
 u_F = convergenza al fronte (soluzione cavità sferica)
 R_{PF} = raggio plastico al fronte
 R_{eq} = raggio di scavo equivalente della galleria

Come si può osservare dalla tabella precedente, tutte le sezioni di analisi ad eccezione della sezione 3 presenta una condizione di stabilità che del nucleo-fronte che giustifica l'utilizzo di una sezione di scavo di tipo A; la sezione 3 presenta una condizione di stabilità a breve termine del nucleo-fronte che giustifica l'utilizzo di una sezione di scavo di tipo B.

9.2.2 Definizione delle tratte a comportamento tensio-deformativo omogeneo

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

Le previsioni di comportamento lungo il tracciato della galleria sono illustrate in forma sintetica nel Profilo Geotecnico (Rif. [42]).

10 FASE DI TERAPIA

Nel presente capitolo sono definiti gli interventi necessari per garantire la stabilità del cavo a breve e a lungo termine, in accordo con le indicazioni provenienti dalla fase conoscitiva e dall'analisi del comportamento allo scavo (fase di diagnosi - § 9). Sono descritte le caratteristiche principali delle sezioni tipo di avanzamento, il loro campo di applicazione e la successione delle fasi esecutive.

10.1 Definizione delle sezioni tipo

10.1.1 Sezione tipo A0

La sezione A0, utilizzata per lo scavo della galleria di linea, è caratterizzata da una larghezza interna al piano dei centri di 6.55 m. La galleria sarà scavata a foro cieco, a piena sezione e verrà realizzata prevalentemente all'interno dell'unità BST. La sezione tipologica in esame presenta le seguenti caratteristiche:

Interventi di prima fase

- Lo sfondo è pari a 3 m;
- Prerivestimento composto da uno strato di 10 cm di spritz-beton fibrorinforzato dosato 35 kg/m³ di fibre metalliche e 5/6 bulloni radiali ad ancoraggio puntuale, costituiti da barre ϕ 24 mm, di lunghezza pari a 4.5 m, passo longitudinale di 2.0 m e trasversale di 2.0 m.
- Impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- Eventuali 2+2 drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua, L=30 m, sovrapposizione minima = 10 m, diametro esterno $\Phi > 60$ mm, spessore 5 mm, rivestiti con calza in TNT.

Rivestimento definitivo

- Arco rovescio di spessore 50 cm e murette gettate alla distanza massima di 5D dal fronte di scavo;
- Rivestimento definitivo di calotta dello spessore di 50 cm ad una distanza variabile dal fronte di scavo in funzione del comportamento deformativo del cavo.

Le macrofasi costruttive sono le seguenti:

- Fase 1: esecuzione dei drenaggi in avanzamento (eventuali);
- Fase 2: esecuzione dello scavo per singoli sfondi di lunghezza massima pari a 3 m, a piena sezione, mediante la sagomatura del fronte a forma concava;
- Fase 3: posa in opera dello spritz-beton fibrorinforzato per ottenere gli spessori di progetto e messa in opera dei bulloni radiali secondo le geometrie di progetto;
- Fase 4: scavo dell'arco rovescio e successivo getto di arco rovescio e murette ad una distanza massima dal fronte di scavo di 5D;
- Fase 5: posa in opera dell'impermeabilizzazione, composta da uno strato di tessuto non tessuto e da un telaio in PVC, da eseguirsi immediatamente prima del getto del rivestimento definitivo. Prima del getto del rivestimento definitivo di calotta e contestualmente alla messa in opera dell'impermeabilizzazione, saranno

posizionati tubi microfessurati $\phi 160$ mm in PVC e i cordono idroespansivi secondo le indicazioni di progetto.

- Fase 6: getto del rivestimento definitivo di calotta e piedritto entro una distanza variabile in funzione del comportamento deformativo del cavo.

10.1.2 Sezione tipo A1

La sezione tipo A1, utilizzata per lo scavo della galleria di linea è caratterizzata da una larghezza interna al piano dei centri di 6.55 m. La galleria sarà scavata a foro cieco ed a piena sezione e sarà utilizzata prevalentemente in corrispondenza dell'unità geologica BST. La sezione tipologica in esame presenta le seguenti caratteristiche:

Interventi di prima fase

- Lo sfondo è pari a 2.80 m;
- Prerivestimento composto da uno strato di 15 cm di spritz-beton fibrorinforzato dosato 35 kg/m^3 di fibre metalliche e doppie centine IPN 140 con passo 1.4 m;
- Impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- Eventuali 2+2 drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua, $L=30$ m, sovrapposizione minima = 10 m, diametro esterno $\Phi > 60$ mm, spessore 5 mm, rivestiti con calza in TNT.

Rivestimento definitivo

- Arco rovescio di spessore 50 cm e murette gettate alla distanza massima di 5D dal fronte di scavo;
- Rivestimento definitivo di calotta dello spessore di 50 cm ad una distanza variabile dal fronte di scavo in funzione del comportamento deformativo del cavo.

Le macrofasi costruttive sono le seguenti:

- Fase 1: esecuzione dei drenaggi in avanzamento (eventuale);
- Fase 2: esecuzione dello scavo per singoli sfondi aventi lunghezza massima di 3 m, a piena sezione, mediante sagomatura del fronte a forma concava;
- Fase 3: messa in opera dello spritz beton fibrorinforzato al fine di ottenere gli spessori di progetto e delle centine metalliche secondo le geometrie indicate;
- Fase 4: scavo dell'arco rovescio e successivo getto (contemporaneo a quello delle murette) ad una distanza massima dal fronte di scavo di 5D;
- Fase 5: posa in opera dell'impermeabilizzazione da eseguirsi immediatamente prima del getto del rivestimento definitivo. Precedentemente al getto del rivestimento definitivo di calotta, contestualmente alla messa in opera dell'impermeabilizzazione, dovranno essere posizionati i tubi microfessurati in PVC e i cordolini idroespansivi conformemente alle indicazioni di progetto;
- Fase 6: getto del rivestimento definitivo di calotta e piedritti entro una distanza variabile in funzione del comportamento deformativo del cavo.

10.1.3 Sezione tipo B1

La sezione tipo B1, utilizzata per lo scavo della galleria naturale è caratterizzata da una larghezza interna al piano dei centri di 6.55 m. La galleria sarà scavata a foro cieco, a piena sezione e sarà utilizzata prevalentemente in corrispondenza dell'unità BST in faglia. La sezione tipologica in esame è tronco-conica e presenta le seguenti caratteristiche:

Interventi di prima fase

- Il campo di avanzamento massimo è pari a 8.5 m;
- Spritz beton fibro-rinforzato al fronte $sp.=0.10$ m sul 50% dei singoli sfondi e $sp.=0.15$ m a fine campo;
- Precontenimento del fronte realizzato mediante 15 elementi strutturali in VTR, $L=13.5$ m, sovrapposizione minima = 5.0 m, cementati in foro con miscele cementizie. L'incidenza del preconsolidamento (numero o lunghezza degli elementi) potrà avere una variabilità del $\pm 20\%$;
- Presostegno al contorno mediante $19\pm 10\%$ tubi in acciaio $\Phi 127$ mm $sp.=10$ mm $L=12.0$ m, sovrapposizione minima 3.5 m, valvolati (1V/m), $p=0.4$ m, compresi tra un angolo di 120° ;
- Eventuali 2+2 drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua, $L=30$ m, sovrapposizione minima = 13.0 m, diametro esterno $\Phi > 60$ mm, spessore 5 mm, rivestiti con calza in TNT;
- Prerivestimento composto da uno strato di 20 cm di spritz-beton fibrorinforzato dosato 35 kg/m^3 di fibre metalliche e doppie centine IPN 160 con passo 1.0 m;
- Impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;

Rivestimento definitivo

- Arco rovescio (spessore 70 cm) e murette gettate alla distanza massima di 1.5D dal fronte di scavo;
- Rivestimento definitivo di calotta dello spessore di $40\div 105$ cm ad una distanza massima dal fronte di scavo di 4D.

Le macrofasi costruttive sono le seguenti:

- Fase 1: sagomatura del fronte a forma concava, esecuzione dello strato di spritz beton fibro-rinforzato ed esecuzione del preconsolidamento del fronte secondo la geometria di progetto;
- Fase 2: esecuzione del presostegno al contorno secondo la geometria di progetto, con sovrapposizione minima di 3.5 m;
- Fase 3: esecuzione dei drenaggi in avanzamento (eventuale);
- Fase 4: esecuzione dello scavo a piena sezione per una lunghezza massima del campo di scavo pari a 8.5 m e per singoli sfondi di 1.0 m, sagomando il fronte a forma concava;
- Fase 5: posa in opera del rivestimento di prima fase, contestualmente allo scavo, costituito da centine metalliche e da uno strato di spritz beton fibro-rinforzato. Le centine devono essere collegate tra loro attraverso apposite catene. La massima distanza del prerivestimento dal fronte di scavo è pari a 1.5 m;

- Fase 6: scavo dell'arco rovescio, armatura e getto di arco rovescio e murette con la formazione della tasca per l'alloggiamento della tubazione di drenaggio; la massima distanza del getto dell'arco rovescio dal fronte di scavo è pari a 1.5D;
- Fase 7: posa in opera dell'impermeabilizzazione, composta da uno strato protettivo di tessuto non tessuto e da un telo impermeabile in PVC;
- Fase 8: getto del rivestimento definitivo, eseguito ad una distanza massima dal fronte di scavo pari a 5D (tale distanza dovrà essere ridefinita in corso d'opera in funzione del comportamento deformativo del cavo).

10.2 Caratteristiche dei materiali strutturali

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

Con riferimento ai rivestimenti provvisori e definitivi, si sottolinea che la classe di resistenza dei calcestruzzi riportata nelle tabelle che seguono è quella utilizzata ai fini della sola modellazione numerica e delle verifiche strutturali (per i rivestimenti definitivi si rimanda alle indicazioni del Capitolato Rif. [11]).

Per le caratteristiche dei materiali da adottare per la realizzazione delle opere si rimanda all'elaborato "Caratteristiche dei materiali – Note generali" (Rif. [42]).

Interventi di presostegno

Acciaio per infilaggi al contorno	
Tipo	S 355
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq 510$ MPa
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq 355$ MPa
Modulo elastico	$E_s = 210000$ MPa

Interventi di precontenimento

Elementi in vetroresina strutturali (tubi cavi 60/40 mm)	
Resistenza a trazione caratteristica	$f_{tk} \geq 450$ MPa
Resistenza a taglio	$t \geq 85$ MPa

Rivestimento provvisorio

Calcestruzzo proiettato (fibrorinforzato)

Classe di resistenza	C 25/30
Resistenza di progetto a compressione a 28 giorni	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5 = 14.11 \text{ MPa}$
Modulo elastico a 28 giorni	$E_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm} / 10)^{0.3} = 31447 \text{ MPa}$
Classe minima di sviluppo della resistenza minima a compressione a breve termine	J2
Curva granulometrica degli aggregati di tipo continuo con diametro massimo di:	10 mm
Classe di consistenza	S5
Dosaggio in fibre	35 kg/m ³
Classe di assorbimento energetica minima	E700

Acciaio per centine

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

Rivestimenti definitivi

Calcestruzzo armato

Classe di resistenza di calcolo	C 25/30
Resistenza di progetto a compressione a 28 giorni	$f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 14.11 \text{ MPa}$
Modulo elastico a 28 giorni	$E_{cm} = 22000 (f_{cm} / 10)^{0.3} = 31447 \text{ MPa}$
Classe di esposizione	XC2
Classe di consistenza	S4
Classe di contenuto in cloruri	CL 0.2
Diametro massimo aggregato	32 mm
Copriferro	4.0 cm

Calcestruzzo non armato

Classe di resistenza di calcolo	C 25/30
Tensione massima di compressione	$\sigma_{c,max}=6.225 \text{ MPa}$
Modulo elastico a 28 giorni	$E_{cm} = 22000(f_{cm}/10)^{0.3} = 31447 \text{ MPa}$

Acciaio per barre di armatura

Tipo	B 450 C
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
Resistenza di progetto	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 450/1.15 = 391.3 \text{ MPa}$
Tensione massima in condizioni di esercizio	$\sigma_{lim} = 0.80 f_{yk} = 360 \text{ MPa}$

10.3 Analisi e verifica delle sezioni tipo

Le soluzioni progettuali descritte nel capitolo precedente sono state analizzate per verificarne adeguatezza ed efficacia, con riferimento al modello geotecnico illustrato nel capitolo 8 e nel rispetto delle indicazioni della normativa vigente (Rif. [1]Rif. [2]).

10.3.1 Criteri di verifica

Al fine di dimensionare i rivestimenti di prima fase e i rivestimenti definitivi delle sezioni tipologiche di scavo della galleria Bauladu, sono state condotte delle analisi numeriche bidimensionali. Le sezioni di analisi sono state scelte in corrispondenza delle massime coperture per ciascuna sezione tipologica prevista e ciascuna unità geomeccanica attraversata dall'opera, in modo da ottenere le sollecitazioni massime agenti sugli elementi strutturali e dunque procedere con il dimensionamento degli stessi in modo sufficientemente cautelativo.

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


	VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO - SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU					
	COMMESSA RR0H	LOTTO 01	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 42 di 193
GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA – Relazione geotecnica e di calcolo						

Tabella 10-1 – Principali caratteristiche delle sezioni di calcolo analizzate

Sezione di calcolo	Unità	Pk sez. analisi [km]	copertura [m]
A1	BST	4+125	55
B1	BST - faglia	4+900	52

I tassi di rilascio da utilizzare nelle analisi numeriche per ciascuna fase di calcolo sono stati ottenuti dalle curve caratteristiche in presenza di sostegni riportate brevemente nel seguito. Per gli output completi del programma di calcolo utilizzato per la definizione delle curve caratteristiche – GV4 – si rimanda invece agli Allegati.

Le restanti sezioni di analisi sono state verificate con il metodo delle curve caratteristiche. Per i risultati si manda all’Allegato specifico. I risultati delle curve caratteristiche evidenziano valori dei coefficienti di sicurezza adeguati sia per i pre-rivestimenti che per i rivestimenti definitivi.

10.3.1.1 Interazione opera-terreno

L’interazione opera-terreno è stata valutata mediante apposite analisi numeriche alle differenze finite (FDM), utilizzando il codice di calcolo Flac 2D (Versione 5.0-6.0-8.0) (Fast Lagrangian Analysis of Continua), sviluppato da Itasca Consulting Group di Minneapolis USA. Tale codice permette di analizzare problemi di meccanica del continuo, determinando gli stati tensionali e deformativi, in campo bidimensionale o assialsimmetrico, in equilibrio con le azioni esterne e gravitative applicate e compatibilmente con le leggi costitutive adottate per i materiali, ricorrendo al metodo delle differenze finite, sia in campo statico che dinamico. Le analisi possono essere inoltre condotte in condizioni di flusso idraulico, in modalità accoppiata o con pressioni neutre preventivamente fissate.

Nell’ambito delle analisi condotte per le gallerie in esame, sono state adottate leggi costitutive di tipo elastico lineare per le strutture e leggi elasto-plastiche con il criterio di resistenza “Mohr – Coulomb” per le zone di terreno naturale.

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

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

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

- verifiche SLU interventi di stabilizzazione: $\gamma_E = 1,3$ applicato alle caratteristiche delle sollecitazioni N, M, T;
- verifiche SLU rivestimento di prima fase: $\gamma_E = 1,3$ applicato alle caratteristiche delle sollecitazioni N, M, T;
- verifiche SLU rivestimento definitivo: $\gamma_E = 1,3$ applicato alle caratteristiche delle sollecitazioni N, M, T.

Per la verifica degli stati limite di esercizio (SLE) del rivestimento definitivo in calcestruzzo armato, le analisi numeriche sono state condotte con i valori caratteristici delle azioni e dei parametri geotecnici, adottando le pertinenti combinazioni dei carichi per la verifica di fessurazione e la verifica delle tensioni di esercizio, secondo quanto previsto dal DM 14/01/2008 e Circolare n.617 (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

10.3.1.2 Verifiche di resistenza dei rivestimenti di prima fase

L'analisi numerica è stata condotta con elementi atti a simulare lo spessore equivalente della sezione spritz e centine, utilizzando il valore di modulo elastico della sezione omogeneizzata.

Le massime sollecitazioni ottenute dalle analisi numeriche sono state ripartite tra le due tipologie di sostegni secondo i seguenti criteri:

- lo sforzo normale N_{tot} è stato ripartito in funzione del rapporto tra le rigidità assiali (EA) dei due sostegni;
- il momento flettente M_{tot} è stato attribuito interamente alle centine;
- lo sforzo di taglio T_{tot} è stato attribuito interamente alle centine.

Le azioni di calcolo per le verifiche SLU sono state definite a partire dai valori delle caratteristiche della sollecitazione derivanti dall'analisi numerica svolta con $\gamma = 1$, moltiplicando queste ultime per il coefficiente amplificativo $\gamma_E = 1.3$ (Combinazione A1+M1 della Normativa).

In ogni sezione di verifica sono state calcolate:

per l'acciaio da carpenteria:

- le tensioni normali ai lembi delle centine ($\sigma_{max,cent}$ e $\sigma_{min,cent}$);
- la tensione tangenziale agente sulla sola anima del profilato ($\tau_{max,cent}$);
- la tensione ideale massima agente nel profilato ($\sigma_{id,cent}$).

per il calcestruzzo proiettato:

- le tensioni normali ai lembi del calcestruzzo ($\sigma_{max,sb}$ e $\sigma_{min,sb}$)

Per ciascuna sezione si è verificato che la tensione in corrispondenza dei lembi maggiormente sollecitati risulti sempre al di sotto del rispettivo limite di resistenza per entrambi i materiali.

Nella seguente tabella sono sintetizzate le ipotesi assunte alla base del calcolo e le formule utilizzate per la ripartizione delle sollecitazioni e la determinazione delle tensioni nei due materiali.

Tabella 10-2 - Formule per la ripartizione delle sollecitazioni tra spritz e centine

Sollecitazioni		Ripartizione		Calcolo	
		centine	spritz	Centine	Spritz
Sforzo normale	N_{tot}	X	X	$N_{cen} = \frac{E_{acc} \cdot A_{cen}}{E_{eq} \cdot s_{eq}} \cdot N_{tot} \cdot d$	$N_{sb} = N_{tot} - \frac{N_{cen}}{d}$
Momento flettente	M_{tot}	X		$M_{cen} = M_{tot} \cdot d$	
Sforzo di taglio	T_{tot}	X		$T_{cen} = T_{tot} \cdot d$	
Tensioni				$\sigma_{max, cen} = + \frac{N_{cen}}{A_{cen}} + \frac{M_{cen}}{W_{cent}}$ $\sigma_{min, cen} = + \frac{N_{cen}}{A_{cen}} - \frac{M_{cen}}{W_{cent}}$ $\tau_{min, cen} = \frac{T_{cen}}{h \cdot a}$ $\sigma_{id, cent} = \sqrt{\sigma_{max, cent}^2 + 3\tau_{max, cent}^2}$	$\sigma_{max, sb} = \frac{N_{sb}}{s}$
E_{cls}	modulo elastico del calcestruzzo proiettato				
s	spessore del calcestruzzo proiettato				
E_{acc}	modulo elastico dell'acciaio				
A_{cen}	area delle centine				
d	interasse tra le centine				
a	spessore dell'anima del profilato				
E_{eq}	modulo elastico del rivestimento equivalente costituito da spritz e centine				
s_{eq}	spessore del rivestimento equivalente costituito da spritz e centine				
N_{tot}	sforzo normale agente sul rivestimento equivalente				
N_{cent}	sforzo normale agente sulle centine				
N_{sb}	sforzo normale agente sullo spritz beton				
M_{tot}	momento flettente agente sul rivestimento equivalente				
M_{cent}	momento flettente agente sulle centine				
T_{tot}	sforzo di taglio agente sul rivestimento equivalente				
T_{cent}	sforzo di taglio agente sulle centine				
$\sigma_{max, cent}$	tensione massima nelle centine				
$\sigma_{min, cent}$	tensione minima nelle centine				
$\tau_{max, cent}$	tensione tangenziale massima nelle centine				
$\sigma_{id, cent}$	tensione ideale nelle centine				
$\sigma_{max, sb}$	tensione massima nello spritz beton				
$\sigma_{min, sb}$	tensione minima nello spritz beton				

10.3.2 Sezione A0

La sezione tipo A0 è stata verificata solamente in riferimento alle chiodature radiali. Infatti, i rivestimenti di prima fase e definitivi sono da considerarsi verificati poiché assimilabili alla sezione tipologica A1.

Al fine di verificare la chiodatura radiale è stata utilizzata la formula proposta da UNAL (1983). Questa formula consente di stimare il carico dovuto al distacco di un cuneo di roccia (considerando il cuneo più grande possibile):

$$p_c = \gamma \cdot D_{eq} \cdot \frac{(100 - RMR)}{100} = \gamma \cdot h_c$$

In cui:

p_c è il carico dovuto al peso del cuneo

γ è il peso specifico dell'ammasso roccioso

D_{eq} è il diametro equivalente della galleria

RMR è il Rock Mass Rating

h_c è l'altezza del cuneo

Una volta individuata l'altezza del blocco di roccia, si può determinare il suo volume tracciando le tangenti alla calotta della galleria, in modo da definire una porzione di roccia avente dimensione triangolare e altezza pari ad h_c .

Considerando che la caduta del blocco di roccia sia contrastata solamente dalla bullonatura radiale, il fattore di sicurezza di quest'ultima è calcolabile come segue:

$$FS = \frac{n^{\circ} \text{bolt} \cdot T_{\max} / i_{\text{long}}}{W_c}$$

In cui il numero di bulloni ($n^{\circ} \text{bolt}$) è dato dal numero di bulloni direttamente interessati dalla porzione di materiale instabile, T_{\max} è la resistenza a rottura del bullone (calcolata moltiplicando l'area della barra per la tensione caratteristica a rottura), i_{long} è la spaziatura longitudinale e W_c è il peso della massa instabile.

Tabella 10-3 – Sezione tipo A0 - Verifica della bullonatura radiale

Unità geologica	γ [kN/m ³]	RMR [-]	h_c [m]	N°bolt [-]	T_{\max} [kN]	i_{long} [m]	W_c [kN/ml]	FS_{bolt}
BST	26	60	1.70	2	244	2	86.40	2.82

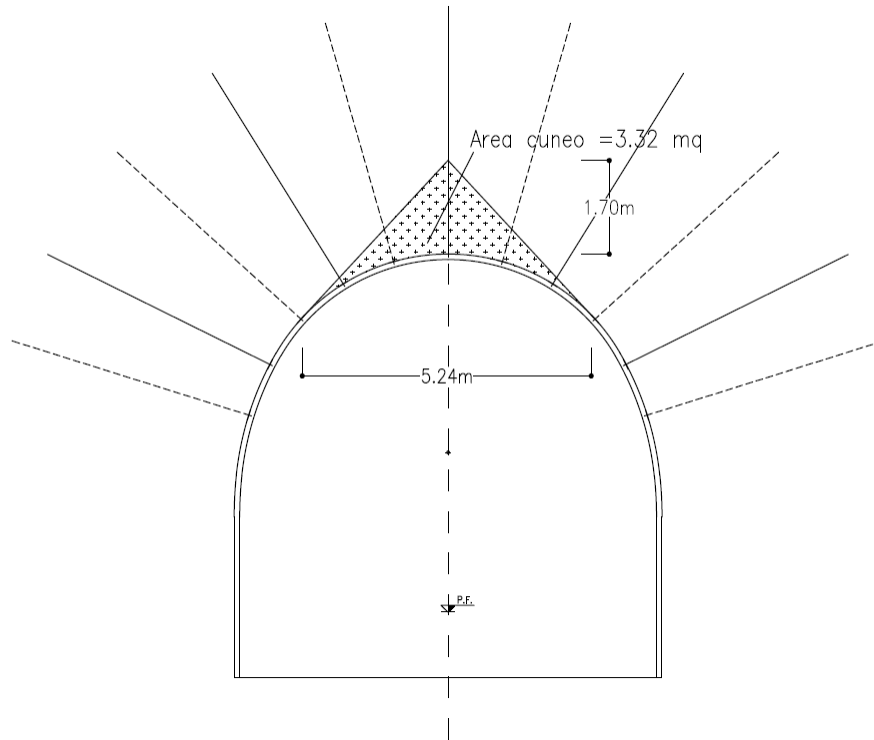


Figura 25 – Sezione tipo A0 - Definizione del potenziale cuneo instabile

I bulloni resistenti alla caduta del blocco sono 2 poiché sono stati esclusi quelli che intercettano il blocco per una lunghezza trascurabile e, a favore di sicurezza, si è individuata la sezione con il numero minore di bulloni.

La verifica della bullonatura radiale risulta soddisfatta.

10.3.3 Sezione A1

10.3.3.1 Curve caratteristiche e tassi di rilascio

Dall'analisi delle curve caratteristiche in presenza dei sostegni è stato possibile determinare i tassi di rilascio da utilizzare nelle differenti fasi realizzative della sezione tipo in oggetto. Tali curve sono state calcolate con riferimento ai parametri meccanici dell'ammasso e alla copertura riportati in Tabella 9-1. La figura seguente illustra le curve caratteristiche del cavo, del priverestimento e del rivestimento definitivo, nonché la variazione del tasso di rilascio in funzione della distanza dal fronte della galleria.

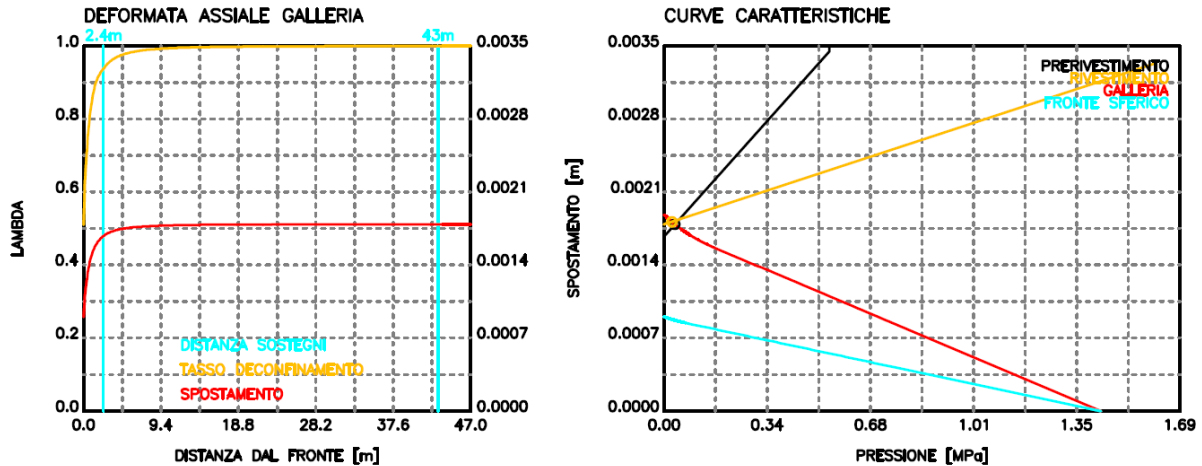


Figura 26 – Deformata assiale, tasso di rilascio e curve caratteristiche – Sezione tipologica A1

La seguente tabella riassume i tassi di rilascio ottenuti dalle curve caratteristiche e adottati nelle analisi numeriche per la sezione tipologica in esame nelle varie fasi di analisi:

Tabella 10-4 – Output di calcolo delle curve caratteristiche per la sezione tipo A1

Fase di analisi	Distanza dal fronte [m]	Tasso di rilascio [-]
Preconvergenza del fronte	0	0.510
Sfondo elementare di 2.40 m e attivazione del rivestimento di prima fase	2.40	0.937
Installazione arco rovescio e murette a distanza 5D dal fronte	43.0	0.999
Installazione rivestimento di calotta (svincolata)	-	1.0

10.3.3.2 Modello numerico e fasi dell'analisi

L'interazione opera-terreno è stata valutata mediante una apposita analisi numerica FDM, utilizzando il codice di calcolo Flac 6.0. Le dimensioni del modello numerico adottato prevedono una mesh 100x800 m, in cui è stata adottata una discretizzazione tramite maglia di elementi rettangolari, opportunamente intensificata nelle zone di maggiore interesse in corrispondenza della galleria, in modo da seguire il più fedelmente possibile le geometrie locali delle strutture (cfr. Allegato). Per ridurre il numero di zone, e quindi i tempi di calcolo, il contorno superiore del modello è stato posto ad una distanza di circa 40 m dal piano dei centri della galleria. Tenuto conto della copertura $C=55$ m, il peso dell'ammasso non considerato nel modello è stato applicato come pressione verticale sul bordo superiore. Lateralmente ed inferiormente il modello è vincolato con carrelli. I bordi del modello numerico

sono stati collocati sufficientemente lontani dalla galleria, in modo tale che le condizioni di vincolo ivi definite non interferiscano con i processi di scavo e costruzione in esame.

I rivestimenti di prima fase e definitivi, sono stati simulati utilizzando gli elementi stessi della griglia, consentendo così di riprodurre le loro reali dimensioni.

Il modello costitutivo dell'ammasso è di tipo elasto-plastico "Mohr-Coulomb" (secondo quanto riportato in Tabella 9-1). La stratigrafia è stata simulata come uno strato uniforme nell'intero modello di calcolo; il rivestimento di prima fase è stato simulato come rivestimento omogeneizzato spritz e centina dello spessore di 15 cm. Il rivestimento definitivo, invece, è stato simulato con le sue reali dimensioni, in coerenza con quanto riportato nelle tavole di carpenteria.

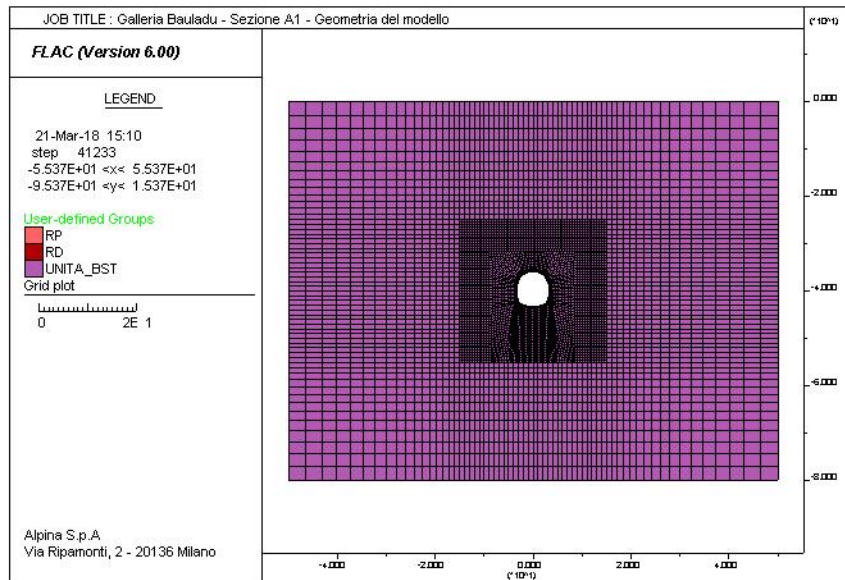


Figura 27 – Modello di calcolo della sezione A1

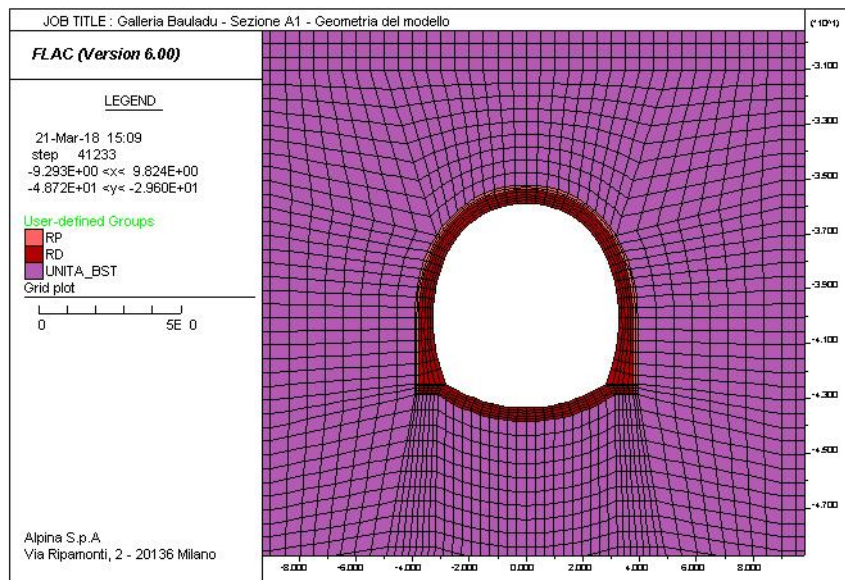


Figura 28 - Dettaglio della suddivisione in zone

Le fasi di analisi sono perciò le seguenti:

Fase_01 Costruzione della geometria del modello.

- Fase_02** Inizializzazione dello stato tensionale iniziale gravitativo – condizioni k_0 – modello costitutivo elasto-plastico “Mohr-Coulomb; livello di falda alla quota di progetto.
- Fase_03** Preconvergenza al fronte con rilascio parziale dello stato tensionale sul contorno di scavo pari al 51.0% ($\lambda=0.510$).
- Fase_04** Simulazione dello sfondo pari a 2.40 m e attivazione del rivestimento di prima fase con rilascio parziale dello stato tensionale sul contorno di scavo pari al 93.7% ($\lambda=0.937$).
- Fase_05** Installazione arco rovescio e murette a distanza 5D e rilascio parziale dello stato tensionale sul contorno di scavo pari a 99.9% ($\lambda=0.999$);
- Fase_06** Installazione del rivestimento definitivo in calotta e piedritti, rilascio completo (100%) dello stato tensionale al contorno di scavo e degrado del rivestimento di prima fase;
- Fase_07** Innalzamento della falda fino ad ottenere un battente idraulico in calotta pari a 20 m.

10.3.3.3 Risultati dell'analisi

I principali risultati delle analisi condotte con la simulazione progressiva delle fasi di scavo sono riportati in Allegato, utilizzando le seguenti unità di misura:

- tensioni in kPa;
- dimensioni geometriche in metri;
- spostamenti in metri;
- sforzo normale in kN/m;
- momento flettente in kNm/m;
- sforzo di taglio in kN/m;

I risultati indicati nei suddetti Allegati si riferiscono alle seguenti fasi principali della simulazione numerica:

- riproduzione della situazione antecedente lo scavo della galleria (Fase_02);
- attivazione del rivestimento di prima fase (Fase_04 e Fase_05);
- attivazione rivestimento definitivo (Fase_06)
- innalzamento della falda (Fase_07)

Per ciascuna delle suddette fasi, i risultati sono restituiti sotto forma di:

- diagrammi a bande cromatiche delle tensioni principali totali;
- plasticizzazione dell'ammasso roccioso intorno al profilo di scavo;

Con riferimento alla Fase_04, Fase_05, Fase_06 e Fase_07, si riportano inoltre:

- deformata del modello e spostamenti verticali;

- diagrammi delle caratteristiche della sollecitazione (sforzo normale, momento flettente e taglio) nei prerivestimenti e rivestimenti della galleria.

10.3.3.4 Verifiche dei rivestimenti di prima fase

Il rivestimento di prima fase della sezione tipo A1 è costituito da centine metalliche 2 IPN140 a passo 1.4 m e da uno strato di spritz-beton avente spessore di 15 cm.

Le verifiche sono state eseguite con riferimento alle fasi di calcolo Fase_04 e Fase_05, che corrispondono all'installazione del rivestimento di prima fase e dell'arco rovescio.

Nella tabella seguente sono sintetizzati i valori delle caratteristiche della sollecitazione nelle sezioni di M_{max} , N_{max} , e T_{max} con riferimento ai risultati delle analisi numeriche eseguite per le due fasi di analisi precedentemente dichiarate, moltiplicando le sollecitazioni derivanti dalle analisi numeriche per il coefficiente amplificativo $\gamma_E=1.3$.

Tabella 10-5 – Rivestimenti di prima fase: sollecitazioni – Sezione A1

Fase	Sezione	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di calcolo		
		N [kN/m]	M [kNm/m]	T [kN/m]	$N_d=\gamma_E \cdot N$ [kN/m]	$M_d=\gamma_E \cdot M$ [kNm/m]	$T_d=\gamma_E \cdot T$ [kN/m]
Fase_04	M_{max}	594.0	1.9	61.7	772.2	2.5	80.2
	N_{max}	859.6	0.5	0.0	1117.4	0.6	0.0
	T_{max}	653.9	0.4	78.0	850.1	0.6	101.4
Fase_05	M_{max}	664.8	1.7	64.9	864.2	2.2	84.3
	N_{max}	981.9	0.5	0.0	1276.5	0.7	0.0
	T_{max}	706.9	1.5	81.6	919.0	1.9	106.1

Nelle seguenti tabelle sono sintetizzati i risultati delle verifiche con riferimento ai risultati delle analisi numeriche. Come si può osservare, i rivestimenti di prima fase risultano verificati poiché sono rispettate le seguenti condizioni:

$$\sigma_{max, sb} \leq f_{cd}$$

$$\sigma_{id, cent} \leq f_{yd}$$

VERIFICA DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE

NORMATIVA DI RIFERIMENTO: DM 2008

LAVORO:	Gallerie Linea S.Gavino-Sassari-Olbia
Galleria:	Galleria Bauladu - Sezione A1
FASE:	Fase_04: Prerivestimento

MATERIALI

<i>Spritz Beton</i>		
Classe	C25/30	
R _{ck}	30	[MPa]
γ _c	1.5	[-]
f _{ck}	24.90	[MPa]
f _{cd}	14.11	[MPa]
f _{ctm}	-1.19	[MPa]
B	100	[cm]
s	15	[cm]
A _{sb}	1500	[cm ²]
I _{sb}	28125	[cm ⁴]
W _{sb}	3750	[cm ³]
E _{sb}	31447	[MPa]

Classe dello spritz beton
Resistenza a compressione cubica caratteristica dello spritz beton
Coefficiente parziale resistenza
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica dello spritz beton
Resistenza di calcolo a compressione dello spritz beton
Resistenza di calcolo a trazione dello spritz beton
Base della sezione di spritz beton
Altezza della sezione di spritz beton
Area della sezione di spritz beton
Momento di inerzia della sezione di spritz beton
Momento resistente della sezione di spritz beton
Modulo di elasticità dello spritz beton

<i>Centine</i>		
Tipo	S275	
Profilato	IPN140	
γ _s	1.05	[-]
N.	2	[-]
f _y	275	[MPa]
f _{yd}	261.9	[MPa]
A _{cent}	18.2	[cm ²]
I _{cent}	572	[cm ⁴]
W _{cent}	81.8	[cm ³]
h _{cent}	140	[mm]
a	5.7	[mm]
d	1.4	[m]
E _{cent}	210000	[MPa]

Tipologia acciaio
Tipologia centine
Coefficiente parziale resistenza
Numero centine
Tensione di snervamento dell'acciaio
Massima tensione nell'acciaio
Area del profilato
Momento di inerzia del profilato
Momento resistente del profilato
Altezza profilato
Spessore dell'anima del profilato
Interasse longitudinale tra le centine
Modulo di elasticità dell'acciaio

<i>Rivestimento equivalente</i>		
S _{eq}	15	[cm]
E _{eq}	33541	[MPa]

Spessore equivalente
Modulo di elasticità equivalente

VERIFICA DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE

 NORMATIVA DI RIFERIMENTO: **DM 2008**

LAVORO:	Gallerie Linea S.Gavino-Sassari-Olbia
Galleria:	Galleria Bauladu - Sezione A1
FASE:	Fase_04: Prerivestimento

SOLLECITAZIONI

<i>Sollecitazioni da calcolo numerico</i>					
Sezione	N	T	M	e	e<H/6
	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[cm]	
M _{max}	772.2	80.2	2.5	0.32	compr
N _{max}	1117.4	0.0	0.6	0.05	compr
T _{max}	850.1	101.4	0.6	0.07	compr

VERIFICHE

<i>Verifica centine</i>							Verifica
N _{cent}	T _{cent}	M _{cent}	σ _{max,cent}	σ _{min,cent}	τ _{cent}	σ _{id}	
[kN]	[kN]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	
113.9	112.23	3.47	52.5	10.1	70.3	132.6	OK
164.9	0.00	0.82	50.3	40.3	0.0	50.3	OK
125.4	141.91	0.78	39.2	29.7	88.9	158.9	OK

<i>Verifica spritz beton</i>		
N _{spritz}	σ _{max,sb}	Verifica
[kN]	[MPa]	
691	4.61	OK
1000	6.66	OK
761	5.07	OK

VERIFICA DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE
 NORMATIVA DI RIFERIMENTO: DM 2008

LAVORO:	Gallerie Linea S.Gavino-Sassari-Olbia
Galleria:	Galleria Bauladu - Sezione A1
FASE:	Fase_05: Prerivestimento

MATERIALI

<i>Spritz Beton</i>		
Classe	C25/30	
R _{ck}	30	[MPa]
γ _c	1.5	[-]
f _{ck}	24.90	[MPa]
f _{cd}	14.11	[MPa]
f _{ctm}	-1.19	[MPa]
B	100	[cm]
s	15	[cm]
A _{sb}	1500	[cm ²]
I _{sb}	28125	[cm ⁴]
W _{sb}	3750	[cm ³]
E _{sb}	31447	[MPa]

Classe dello spritz beton
Resistenza a compressione cubica caratteristica dello spritz beton
Coefficiente parziale resistenza
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica dello spritz beton
Resistenza di calcolo a compressione dello spritz beton
Resistenza di calcolo a trazione dello spritz beton
Base della sezione di spritz beton
Altezza della sezione di spritz beton
Area della sezione di spritz beton
Momento di inerzia della sezione di spritz beton
Momento resistente della sezione di spritz beton
Modulo di elasticità dello spritz beton

<i>Centine</i>		
Tipo	S275	
Profilato	IPN140	
γ _s	1.05	[-]
N.	2	[-]
f _y	275	[MPa]
f _{yd}	261.9	[MPa]
A _{cent}	18.2	[cm ²]
I _{cent}	572	[cm ⁴]
W _{cent}	81.8	[cm ³]
h _{cent}	140	[mm]
a	5.7	[mm]
d	1.4	[m]
E _{cent}	210000	[MPa]

Tipologia acciaio
Tipologia centine
Coefficiente parziale resistenza
Numero centine
Tensione di snervamento dell'acciaio
Massima tensione nell'acciaio
Area del profilato
Momento di inerzia del profilato
Momento resistente del profilato
Altezza profilato
Spessore dell'anima del profilato
Interasse longitudinale tra le centine
Modulo di elasticità dell'acciaio

<i>Rivestimento equivalente</i>		
s _{eq}	15	[cm]
E _{eq}	33541	[MPa]

Spessore equivalente
Modulo di elasticità equivalente

VERIFICA DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE

 NORMATIVA DI RIFERIMENTO: **DM 2008**

LAVORO:	Gallerie Linea S.Gavino-Sassari-Olbia
Galleria:	Galleria Bauladu - Sezione A1
FASE:	Fase_05: Prerivestimento

SOLLECITAZIONI

<i>Sollecitazioni da calcolo numerico</i>					
Sezione	N	T	M	e	e<H/6
	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[cm]	
M _{max}	864.2	84.3	2.2	0.26	compr
N _{max}	1276.5	0.0	0.7	0.05	compr
T _{max}	919.0	106.1	1.9	0.21	compr

VERIFICHE

<i>Verifica centine</i>							Verifica
N _{cent}	T _{cent}	M _{cent}	σ _{max,cent}	σ _{min,cent}	τ _{cent}	σ _{id}	
[kN]	[kN]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	
127.5	118.06	3.12	54.1	16.0	74.0	139.1	OK
188.3	0.00	0.93	57.5	46.0	0.0	57.5	OK
135.6	148.52	2.71	53.8	20.7	93.1	169.9	OK

<i>Verifica spritz beton</i>		
N _{spritz}	σ _{max, sb}	Verifica
[kN]	[MPa]	
773	5.15	OK
1142	7.61	OK
822	5.48	OK

10.3.3.5 Verifiche di resistenza dei rivestimenti definitivi

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è condotta, in accordo con la vigente normativa, secondo il metodo degli stati limite, verificando la corrispondenza delle sezioni allo stato limite ultimo S.L.U. ed agli stati limite di esercizio S.L.E.

Le azioni di calcolo per le verifiche S.L.U. sono definite, a partire dai valori delle caratteristiche della sollecitazione derivanti dalle analisi svolte con $\gamma=1$, moltiplicando queste ultime per il coefficiente amplificativo $\gamma_E=1.3$ (Combinazione A1+M1 della vigente normativa). Le resistenze di calcolo per i vari materiali sono quelle

riportate al paragrafo § 10.2. Le verifiche strutturali sono eseguite secondo il Metodo agli Stati Limite di Esercizio per la verifica a fessurazione e secondo il Metodo agli Stati Limite Ultimi per le verifiche a pressoflessione e taglio.

In Allegato sono riportate le sollecitazioni dei rivestimenti per ciascuna fase di calcolo. Lo sforzo normale è considerato positivo se di compressione, il momento flettente è considerato positivo se tende le fibre di intradosso del rivestimento.

Le tabelle seguenti riportano le verifiche strutturali condotte nelle varie sezioni del modello, evidenziando la posizione delle sezioni individuate in Figura 29, per consentire una maggiore leggibilità dei dati. . Le tabelle di verifica si riferiscono alle fasi 06 e 07.

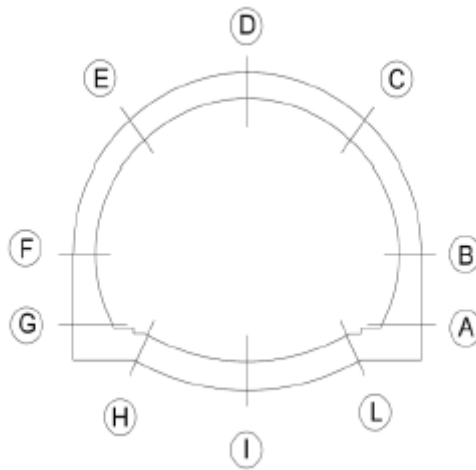


Figura 29 - Sezioni di verifica del rivestimento definitivo

Le verifiche sono state condotte ipotizzando il calcestruzzo non armato.

Le verifiche sono soddisfatte in ciascuna sezione.

Tabella 10-6 - Verifiche strutturali rivestimento definitivo - Fase_06

Sollecitazioni di calotta SLE			Sollecitazioni di calotta SLU			H sez (cm)	Verifiche calcestruzzo non armato					
N	T	M	N	T	M		σ_{cis} [MPa]	Verifiche				
(kN)	(kN)	(kNm)	(kN)	(kN)	(kNm)			e < H/3	$\sigma_{cis,max}$	τ_{cis}		
367.8	-39.5	16.4	478	-51	21	79.400	0.62	0.31	SI	SI	SI	A
343.9	-59.2	13.2	447	-77	17	69.300	0.66	0.33	SI	SI	SI	
341.9	-46.1	6.6	444	-60	9	60.800	0.67	0.45	SI	SI	SI	
336.3	-30.2	2.4	437	-39	3	54.700	0.66	0.57	SI	SI	SI	
335.0	-15.7	0.0	435	-20	0	51.900	0.86	0.65	SI	SI	SI	
326.5	-4.5	-1.3	424	-6	-2	50.000	0.86	0.68	SI	SI	SI	B
323.5	-0.7	-1.8	421	-1	-2	50.000	0.84	0.69	SI	SI	SI	
319.5	-1.2	-1.8	415	-2	-2	50.000	0.83	0.68	SI	SI	SI	
316.1	0.4	-1.7	411	0	-2	50.000	0.83	0.67	SI	SI	SI	
313.0	0.1	-1.3	407	0	-2	50.000	0.82	0.66	SI	SI	SI	
310.1	0.3	-0.9	403	0	-1	50.000	0.82	0.64	SI	SI	SI	
307.2	0.5	-0.4	399	1	-1	50.000	0.81	0.62	SI	SI	SI	
304.2	0.0	-0.1	395	0	0	50.000	0.81	0.61	SI	SI	SI	
301.7	-2.3	-0.1	392	-3	0	50.000	0.80	0.61	SI	SI	SI	
299.8	-7.8	-0.7	390	-10	-1	50.000	0.79	0.62	SI	SI	SI	C
298.3	-3.3	-1.4	388	-4	-2	50.000	0.78	0.63	SI	SI	SI	
296.7	-1.5	-1.6	386	-2	-2	50.000	0.77	0.63	SI	SI	SI	
295.6	-1.1	-1.6	384	-1	-2	50.000	0.77	0.63	SI	SI	SI	
294.7	-1.1	-1.6	383	-1	-2	50.000	0.77	0.63	SI	SI	SI	
293.6	-1.2	-1.6	382	-2	-2	50.000	0.77	0.63	SI	SI	SI	
292.7	-1.2	-1.7	381	-2	-2	50.000	0.76	0.63	SI	SI	SI	
292.3	-1.0	-1.9	380	-1	-2	50.000	0.76	0.63	SI	SI	SI	
291.8	-0.7	-2.0	379	-1	-3	50.000	0.76	0.63	SI	SI	SI	
291.3	-0.4	-2.1	379	0	-3	50.000	0.75	0.63	SI	SI	SI	
291.3	0.0	-2.2	379	0	-3	50.000	0.75	0.63	SI	SI	SI	D
291.4	0.4	-2.1	379	0	-3	50.000	0.75	0.63	SI	SI	SI	
291.8	0.7	-2.0	379	1	-3	50.000	0.76	0.63	SI	SI	SI	
292.3	1.0	-1.9	380	1	-2	50.000	0.76	0.63	SI	SI	SI	
292.7	1.2	-1.7	381	2	-2	50.000	0.76	0.63	SI	SI	SI	
293.7	1.2	-1.7	382	2	-2	50.000	0.77	0.63	SI	SI	SI	
294.7	1.1	-1.6	383	1	-2	50.000	0.77	0.63	SI	SI	SI	
295.6	1.1	-1.6	384	1	-2	50.000	0.77	0.63	SI	SI	SI	
296.8	1.5	-1.7	386	2	-2	50.000	0.77	0.63	SI	SI	SI	
298.4	3.3	-1.4	388	4	-2	50.000	0.78	0.63	SI	SI	SI	
299.8	7.8	-0.7	390	10	-1	50.000	0.79	0.62	SI	SI	SI	E
301.8	2.4	-0.1	392	3	0	50.000	0.80	0.61	SI	SI	SI	
304.3	0.0	-0.1	396	0	0	50.000	0.81	0.61	SI	SI	SI	
307.2	-0.4	-0.4	399	-1	-1	50.000	0.81	0.62	SI	SI	SI	
310.2	-0.3	-0.9	403	0	-1	50.000	0.82	0.64	SI	SI	SI	
313.1	-0.1	-1.3	407	0	-2	50.000	0.82	0.66	SI	SI	SI	
316.2	-0.4	-1.7	411	0	-2	50.000	0.83	0.67	SI	SI	SI	
319.6	1.2	-1.8	416	2	-2	50.000	0.83	0.68	SI	SI	SI	
323.6	0.7	-1.8	421	1	-2	50.000	0.84	0.69	SI	SI	SI	
326.6	4.5	-1.3	425	6	-2	50.000	0.86	0.69	SI	SI	SI	F
335.1	15.7	0.0	436	20	0	51.900	0.86	0.65	SI	SI	SI	
336.5	30.3	2.4	437	39	3	54.700	0.66	0.57	SI	SI	SI	
342.1	46.2	6.6	445	60	9	60.800	0.67	0.45	SI	SI	SI	
344.0	59.7	13.2	447	78	17	69.300	0.66	0.33	SI	SI	SI	
367.9	39.4	16.4	478	51	21	79.400	0.62	0.31	SI	SI	SI	G
Sollecitazioni di arco rovescio SLE			Sollecitazioni di arco rovescio SLU			H sez (cm)	Verifiche calcestruzzo non armato					
N	T	M	N	T	M		σ_{cis} [MPa]	Verifiche				
(kN)	(kN)	(kNm)	(kN)	(kN)	(kNm)			e < H/3	$\sigma_{cis,max}$	$\sigma_{cis,media}$		
272.9	0.8	-14.4	355	1.0	-19	50.0	0.60	0.89	SI	SI	SI	H
269.8	0.7	-15.0	351	0.9	-19	50.0	0.59	0.90	SI	SI	SI	
271.2	4.5	-14.2	353	5.9	-18	50.0	0.60	0.88	SI	SI	SI	
271.9	8.4	-12.2	353	10.9	-16	50.0	0.61	0.84	SI	SI	SI	
271.8	9.9	-9.4	353	12.9	-12	50.0	0.64	0.77	SI	SI	SI	
271.0	9.9	-6.2	352	12.9	-8	50.0	0.66	0.69	SI	SI	SI	
270.5	7.8	-3.3	352	10.2	-4	50.0	0.69	0.62	SI	SI	SI	
270.2	5.0	-1.3	351	6.5	-2	50.0	0.71	0.57	SI	SI	SI	
270.1	2.4	-0.2	351	3.1	0	50.0	0.72	0.54	SI	SI	SI	
270.2	0.0	0.2	351	0.0	0	50.0	0.54	0.54	SI	SI	SI	I
270.1	-2.4	-0.2	351	-3.2	0	50.0	0.72	0.55	SI	SI	SI	
270.2	-5.0	-1.3	351	-6.6	-2	50.0	0.71	0.57	SI	SI	SI	
270.5	-7.9	-3.4	352	-10.3	-4	50.0	0.69	0.62	SI	SI	SI	
271.1	-9.9	-6.2	352	-12.8	-8	50.0	0.66	0.69	SI	SI	SI	
271.8	-9.8	-9.4	353	-12.7	-12	50.0	0.64	0.77	SI	SI	SI	
272.0	-8.3	-12.2	354	-10.8	-16	50.0	0.62	0.84	SI	SI	SI	
271.3	-4.5	-14.2	353	-5.8	-18	50.0	0.60	0.88	SI	SI	SI	
270.0	-0.7	-14.9	351	-0.9	-19	50.0	0.59	0.90	SI	SI	SI	
273.0	-0.8	-14.4	355	-1.1	-19	50.0	0.60	0.89	SI	SI	SI	L

Tabella 10-7 - Verifiche strutturali rivestimento definitivo - Fase_07

Sollecitazioni di calotta SLE			Sollecitazioni di calotta SLU			H sez (cm)	Verifiche calcestruzzo non armato					
N (kN)	T (kN)	M (kNm)	N (kN)	T (kN)	M (kNm)		σ_{cis} (MPa)	Verifiche				
							$e < H/3$	$\sigma_{cis,max}$	$\sigma_{cis,media}$			
1970.2	-49.0	-53.5	2561	-64	-69	79.400	3.10	2.99	SI	SI	SI	A
1847.3	-113.9	2.3	2401	-148	3	69.300	2.69	2.64	SI	SI	SI	
1832.5	-104.9	30.4	2382	-136	39	60.800	3.51	2.52	SI	SI	SI	
1823.2	-92.4	41.6	2370	-120	54	54.700	4.17	2.50	SI	SI	SI	
1837.1	-75.9	41.3	2388	-99	54	51.900	4.46	2.62	SI	SI	SI	
1807.8	-57.3	31.6	2350	-74	41	50.000	4.37	2.86	SI	SI	SI	B
1809.7	-49.1	18.2	2353	-64	24	50.000	4.06	3.18	SI	SI	SI	
1805.5	-43.6	3.9	2347	-57	5	50.000	3.71	3.52	SI	SI	SI	
1802.9	-14.1	-5.5	2344	-18	-7	50.000	4.75	3.74	SI	SI	SI	
1799.5	1.1	-8.6	2339	1	-11	50.000	4.71	3.81	SI	SI	SI	
1794.6	4.4	-8.5	2333	6	-11	50.000	4.70	3.79	SI	SI	SI	
1787.3	0.4	-8.8	2324	0	-11	50.000	4.67	3.79	SI	SI	SI	
1779.2	-8.3	-11.3	2313	-11	-15	50.000	4.63	3.83	SI	SI	SI	
1772.7	-20.3	-16.8	2305	-26	-22	50.000	4.55	3.95	SI	SI	SI	
1767.1	-42.9	-23.5	2297	-56	-31	50.000	4.47	4.10	SI	SI	SI	C
1761.4	-6.8	-28.1	2290	-9	-37	50.000	4.42	4.20	SI	SI	SI	
1751.0	13.8	-28.0	2276	18	-36	50.000	4.39	4.17	SI	SI	SI	
1740.1	22.5	-23.3	2262	29	-30	50.000	4.40	4.04	SI	SI	SI	
1730.5	23.0	-17.1	2250	30	-22	50.000	4.44	3.87	SI	SI	SI	
1720.1	18.2	-11.4	2236	24	-15	50.000	4.47	3.71	SI	SI	SI	
1711.4	12.7	-6.9	2225	16	-9	50.000	4.49	3.59	SI	SI	SI	
1706.0	9.8	-3.6	2218	13	-5	50.000	4.51	3.50	SI	SI	SI	
1701.6	9.5	-0.8	2212	12	-1	50.000	4.53	3.42	SI	SI	SI	
1698.0	6.2	1.3	2207	8	2	50.000	3.43	3.36	SI	SI	SI	
1698.8	-1.7	2.2	2208	-2	3	50.000	3.45	3.34	SI	SI	SI	D
1701.2	-5.6	1.6	2212	-7	2	50.000	3.44	3.36	SI	SI	SI	
1705.0	-9.6	-0.5	2216	-12	-1	50.000	4.54	3.42	SI	SI	SI	
1711.0	-17.2	-4.4	2224	-22	-6	50.000	4.52	3.53	SI	SI	SI	
1718.0	-23.8	-10.5	2233	-31	-14	50.000	4.47	3.69	SI	SI	SI	
1728.5	-25.8	-17.9	2247	-34	-23	50.000	4.43	3.89	SI	SI	SI	
1739.6	-22.0	-24.6	2261	-29	-32	50.000	4.39	4.07	SI	SI	SI	
1748.8	-14.7	-29.5	2273	-19	-38	50.000	4.37	4.20	SI	SI	SI	
1758.2	-5.2	-31.5	2286	-7	-41	50.000	4.38	4.27	SI	SI	SI	
1767.5	14.9	-28.7	2298	19	-37	50.000	4.43	4.22	SI	SI	SI	
1772.0	50.3	-21.4	2304	65	-28	50.000	4.51	4.06	SI	SI	SI	E
1777.9	24.5	-12.6	2311	32	-16	50.000	4.61	3.86	SI	SI	SI	
1784.6	9.1	-6.1	2320	12	-8	50.000	4.69	3.71	SI	SI	SI	
1792.9	-1.2	-3.5	2331	-2	-5	50.000	4.74	3.67	SI	SI	SI	
1800.6	-6.7	-3.7	2341	-9	-5	50.000	4.76	3.69	SI	SI	SI	
1806.0	-3.7	-4.7	2348	-5	-6	50.000	4.77	3.72	SI	SI	SI	
1809.7	11.4	-2.5	2353	15	-3	50.000	4.80	3.68	SI	SI	SI	
1812.8	41.1	5.8	2357	53	8	50.000	3.76	3.49	SI	SI	SI	
1817.4	46.6	19.2	2363	61	25	50.000	4.09	3.17	SI	SI	SI	
1815.7	55.0	31.7	2360	71	41	50.000	4.39	2.87	SI	SI	SI	F
1845.0	73.9	40.7	2398	96	53	51.900	4.46	2.65	SI	SI	SI	
1830.8	90.5	40.3	2380	118	52	54.700	4.15	2.54	SI	SI	SI	
1840.2	103.1	28.2	2392	134	37	60.800	3.49	2.57	SI	SI	SI	
1855.5	114.6	-0.9	2412	149	-1	69.300	3.56	2.69	SI	SI	SI	
1980.9	46.6	-57.6	2575	61	-75	79.400	3.10	3.04	SI	SI	SI	G
Sollecitazioni di arco rovescio SLE			Sollecitazioni di arco rovescio SLU			H sez (cm)	Verifiche calcestruzzo non armato					
N (kN)	T (kN)	M (kNm)	N (kN)	T (kN)	M (kNm)		σ_{cis} (MPa)	Verifiche				
							$e < H/3$	$\sigma_{cis,max}$	$\sigma_{cis,media}$			
1186.3	168.5	-80.5	1542	219.1	-105	50.0	2.49	4.30	SI	SI	SI	H
1144.9	68.8	-47.4	1488	89.5	-62	50.0	2.62	3.43	SI	SI	SI	
1141.2	43.8	-27.9	1484	57.0	-36	50.0	2.77	2.95	SI	SI	SI	
1139.9	32.8	-14.8	1482	42.6	-19	50.0	2.89	2.64	SI	SI	SI	
1138.5	22.8	-5.4	1480	29.6	-7	50.0	2.98	2.41	SI	SI	SI	
1136.2	16.4	1.3	1477	21.3	2	50.0	2.30	2.24	SI	SI	SI	
1135.0	12.3	6.2	1476	16.0	8	50.0	2.42	2.12	SI	SI	SI	
1134.5	9.3	9.7	1475	12.0	13	50.0	2.50	2.04	SI	SI	SI	
1134.7	5.3	11.8	1475	6.9	15	50.0	2.55	1.99	SI	SI	SI	
1135.1	0.1	12.6	1476	0.1	16	50.0	2.57	1.97	SI	SI	SI	I
1134.8	-5.3	11.8	1475	-6.9	15	50.0	2.55	1.99	SI	SI	SI	
1134.6	-9.3	9.7	1475	-12.1	13	50.0	2.50	2.04	SI	SI	SI	
1134.9	-12.2	6.2	1475	-15.9	8	50.0	2.42	2.12	SI	SI	SI	
1136.0	-15.8	1.4	1477	-20.5	2	50.0	2.31	2.24	SI	SI	SI	
1138.4	-22.1	-5.1	1480	-28.8	-7	50.0	2.98	2.40	SI	SI	SI	
1140.0	-32.5	-14.4	1482	-42.2	-19	50.0	2.89	2.62	SI	SI	SI	
1141.0	-43.6	-27.4	1483	-56.7	-36	50.0	2.78	2.94	SI	SI	SI	
1144.5	-67.2	-46.6	1488	-87.4	-61	50.0	2.62	3.41	SI	SI	SI	
1185.5	-164.4	-78.8	1541	-213.7	-102	50.0	2.50	4.26	SI	SI	SI	L

10.3.4 Sezione B1

10.3.4.1 Curve caratteristiche e tassi di rilascio

Dall'analisi delle curve caratteristiche in presenza dei sostegni è stato possibile determinare i tassi di rilascio da utilizzare nelle differenti fasi realizzative della sezione tipo in oggetto. Tali curve sono state calcolate con riferimento ai parametri meccanici dell'ammasso e alla copertura riportati in Tabella 9-1. La figura seguente illustra le curve caratteristiche del cavo, del prerinvestimento e del rivestimento definitivo, nonché la variazione del tasso di rilascio in funzione della distanza dal fronte della galleria.

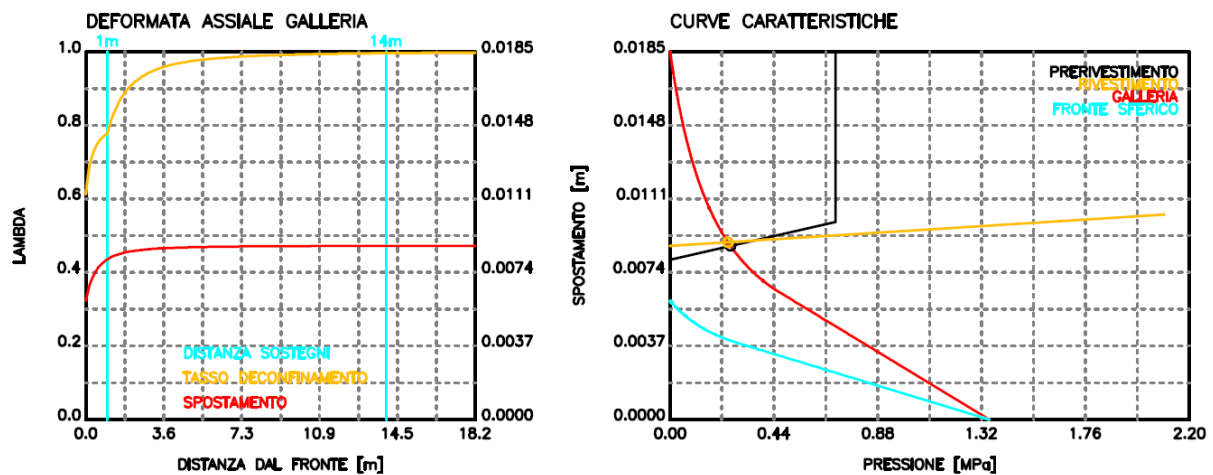


Figura 30 – Deformata assiale, tasso di rilascio e curve caratteristiche – Sezione tipologica B1

La seguente tabella riassume i tassi di rilascio ottenuti dalle curve caratteristiche e adottati nelle analisi numeriche per la sezione tipologica in esame nelle varie fasi di analisi:

Tabella 10-8 – Output di calcolo delle curve caratteristiche per la sezione tipo B1

Fase di analisi	Distanza dal fronte [m]	Tasso di rilascio [-]
Preconvergenza del fronte	0	0.612
Sfondo elementare di 1.0 m e attivazione del rivestimento di prima fase	1.0	0.778
Installazione arco rovescio e murette a distanza 1.5D dal fronte	14.0	0.996
Installazione rivestimento di calotta a distanza 4D dal fronte	36.0	1.0

10.3.4.2 *Modello numerico e fasi dell'analisi*

L'interazione opera-terreno è stata valutata mediante una apposita analisi numerica FDM, utilizzando il codice di calcolo Flac 6.0. Le dimensioni del modello numerico adottato prevedono una mesh 100x80 m, in cui è stata adottata una discretizzazione tramite maglia di elementi rettangolari, opportunamente intensificata nelle zone di maggiore interesse in corrispondenza della galleria, in modo da seguire il più fedelmente possibile le geometrie locali delle strutture (cfr. Allegato). Per ridurre il numero di zone, e quindi i tempi di calcolo, il contorno superiore del modello è stato posto ad una distanza di circa 40 m dal piano dei centri della galleria. Tenuto conto della copertura C=52 m, il peso dell'ammasso non considerato nel modello è stato applicato come pressione verticale sul bordo superiore. Lateralmente ed inferiormente il modello è vincolato con carrelli. I bordi del modello numerico sono stati collocati sufficientemente lontani dalla galleria, in modo tale che le condizioni di vincolo ivi definite non interferiscano con i processi di scavo e costruzione in esame.

I rivestimenti di prima fase e definitivi, sono stati simulati utilizzando gli elementi stessi della griglia, consentendo così di riprodurre le loro reali dimensioni.

Il modello costitutivo dell'ammasso è di tipo elasto-plastico "Mohr-Coulomb" (secondo quanto riportato in Tabella 9-1). La stratigrafia è stata simulata come uno strato uniforme nell'intero modello di calcolo; il rivestimento di prima fase è stato simulato come rivestimento omogeneizzato spritz e centina dello spessore di 20 cm. Il rivestimento definitivo, invece, è stato simulato con le sue reali dimensioni, in coerenza con quanto riportato nelle tavole di carpenteria.

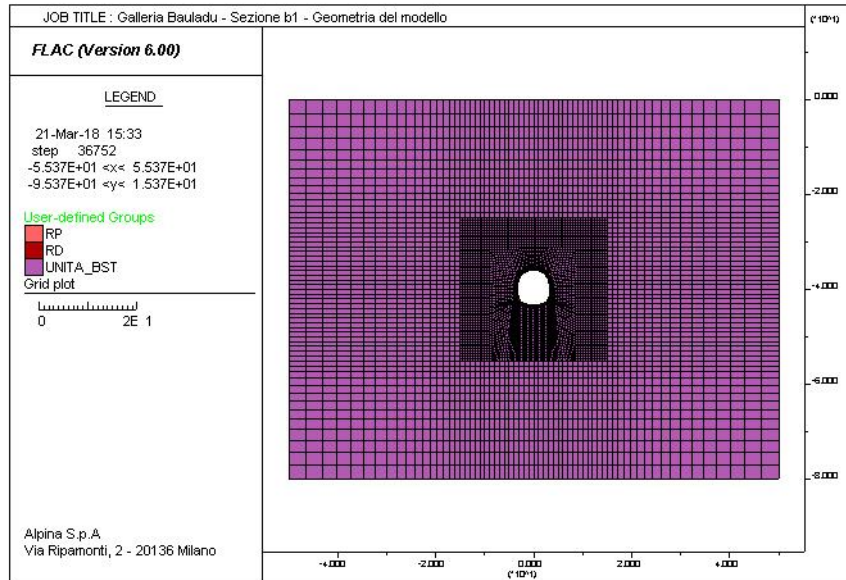


Figura 31 – Modello di calcolo della sezione B1

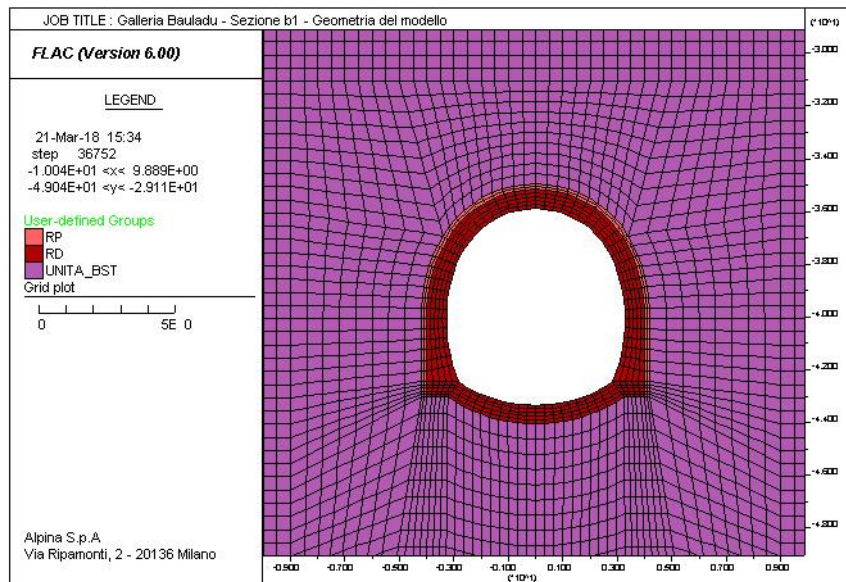


Figura 32 - Dettaglio della suddivisione in zone

Le fasi di analisi sono perciò le seguenti:

Fase_01 Costruzione della geometria del modello.

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA – Relazione geotecnica e di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	62 di 193

- Fase_02** Inizializzazione dello stato tensionale iniziale gravitativo – condizioni k_0 – modello costitutivo elasto-plastico “Mohr-Coulomb; livello di falda alla quota di progetto.
- Fase_03** Preconvergenza al fronte con rilascio parziale dello stato tensionale sul contorno di scavo pari al 61.2% ($\lambda=0.612$).
- Fase_04** Simulazione dello sfondo pari a 1.0 m e attivazione del rivestimento di prima fase con rilascio parziale dello stato tensionale sul contorno di scavo pari al 77.8% ($\lambda=0.778$).
- Fase_05** Installazione arco rovescio e murette a distanza 1.5D e rilascio parziale dello stato tensionale sul contorno di scavo pari a 99.6% ($\lambda=0.996$);
- Fase_06** Installazione del rivestimento definitivo in calotta e piedritti, rilascio completo (100%) dello stato tensionale al contorno di scavo e degrado del rivestimento di prima fase;

10.3.4.3 Risultati dell'analisi

I principali risultati delle analisi condotte con la simulazione progressiva delle fasi di scavo sono riportati in Allegato, utilizzando le seguenti unità di misura:

- tensioni in kPa;
- dimensioni geometriche in metri;
- spostamenti in metri;
- sforzo normale in kN/m;
- momento flettente in kNm/m;
- sforzo di taglio in kN/m;

I risultati indicati nei suddetti Allegati si riferiscono alle seguenti fasi principali della simulazione numerica:

- riproduzione della situazione antecedente lo scavo della galleria (Fase_02);
- attivazione del rivestimento di prima fase (Fase_04 e Fase_05);
- condizioni di lungo termine (Fase_06)

Per ciascuna delle suddette fasi, i risultati sono restituiti sotto forma di:

- diagrammi a bande cromatiche delle tensioni principali totali;
- plasticizzazione dell'ammasso roccioso intorno al profilo di scavo;

Con riferimento alla Fase_04, Fase_05 e Fase_06, si riportano inoltre:

- deformata del modello e spostamenti verticali;

- diagrammi delle caratteristiche della sollecitazione (sforzo normale, momento flettente e taglio) nei pririvestimenti e rivestimenti della galleria.

10.3.4.4 Verifiche dei rivestimenti di prima fase

Il rivestimento di prima fase della sezione tipo B1 è costituito da centine metalliche 2 IPN160 a passo 1.0 m e da uno strato di spritz-beton avente spessore di 20 cm.

Le verifiche sono state eseguite con riferimento alle fasi di calcolo Fase_04 e Fase_05, che corrispondono all'installazione del rivestimento di prima fase e dell'arco rovescio.

Nella tabella seguente sono sintetizzati i valori delle caratteristiche della sollecitazione nelle sezioni di M_{max} , N_{max} , e T_{max} con riferimento ai risultati delle analisi numeriche eseguite per le due fasi di analisi precedentemente dichiarate, moltiplicando le sollecitazioni derivanti dalle analisi numeriche per il coefficiente amplificativo $\gamma_E=1.3$.

Tabella 10-9 – Rivestimenti di prima fase: sollecitazioni - Sezione B1

Fase	Sezione	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di calcolo		
		N [kN/m]	M [kNm/m]	T [kN/m]	$N_d=\gamma_E \cdot N$ [kN/m]	$M_d=\gamma_E \cdot M$ [kNm/m]	$T_d=\gamma_E \cdot T$ [kN/m]
Fase_04	M_{max}	500.6	10.3	50.5	650.8	13.4	65.6
	N_{max}	921.6	1.6	0.0	1198.0	2.1	0.0
	T_{max}	508.6	7.4	67.6	661.2	9.7	87.9
Fase_05	M_{max}	1447.5	20.0	23.3	1881.7	25.9	30.2
	N_{max}	2098.0	4.2	0.1	2727.5	5.4	0.1
	T_{max}	1579.8	8.9	204.6	2053.7	11.5	266.0

Nelle seguenti tabelle sono sintetizzati i risultati delle verifiche con riferimento ai risultati delle analisi numeriche. Come si può osservare, i rivestimenti di prima fase risultano verificati poiché sono rispettate le seguenti condizioni:

$$\sigma_{max, sb} \leq f_{cd}$$

$$\sigma_{id, cent} \leq f_{yd}$$

VERIFICA DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE
NORMATIVA DI RIFERIMENTO: DM 2008

LAVORO:	Gallerie Linea S.Gavino-Sassari-Olbia
Galleria:	Galleria Bauladu - Sezione B1
FASE:	Fase_04: Prerivestimento

MATERIALI

<i>Spritz Beton</i>		
Classe	C25/30	
R _{ck}	30	[MPa]
γ _c	1.5	[-]
f _{ck}	24.90	[MPa]
f _{cd}	14.11	[MPa]
f _{ctm}	-1.19	[MPa]
B	100	[cm]
s	20	[cm]
A _{sb}	2000	[cm ²]
I _{sb}	66667	[cm ⁴]
W _{sb}	6667	[cm ³]
E _{sb}	31447	[MPa]

Classe dello spritz beton
Resistenza a compressione cubica caratteristica dello spritz beton
Coefficiente parziale resistenza
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica dello spritz beton
Resistenza di calcolo a compressione dello spritz beton
Resistenza di calcolo a trazione dello spritz beton
Base della sezione di spritz beton
Altezza della sezione di spritz beton
Area della sezione di spritz beton
Momento di inerzia della sezione di spritz beton
Momento resistente della sezione di spritz beton
Modulo di elasticità dello spritz beton

<i>Centine</i>		
Tipo	S275	
Profilato	IPN160	
γ _s	1.05	[-]
N.	2	[-]
f _y	275	[MPa]
f _{yd}	261.9	[MPa]
A _{cent}	22.8	[cm ²]
I _{cent}	934	[cm ⁴]
W _{cent}	117	[cm ³]
h _{cent}	160	[mm]
a	6.3	[mm]
d	1.0	[m]
E _{cent}	210000	[MPa]

Tipologia acciaio
Tipologia centine
Coefficiente parziale resistenza
Numero centine
Tensione di snervamento dell'acciaio
Massima tensione nell'acciaio
Area del profilato
Momento di inerzia del profilato
Momento resistente del profilato
Altezza profilato
Spessore dell'anima del profilato
Interasse longitudinale tra le centine
Modulo di elasticità dell'acciaio

<i>Rivestimento equivalente</i>		
S _{eq}	20	[cm]
E _{eq}	35061	[MPa]

Spessore equivalente
Modulo di elasticità equivalente

VERIFICA DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE
NORMATIVA DI RIFERIMENTO: DM 2008

LAVORO:	Gallerie Linea S. Gavino-Sassari-Olbia
Galleria:	Galleria Bauladu - Sezione B1
FASE:	Fase_04: Prerivestimento

SOLLECITAZIONI

<i>Sollecitazioni da calcolo numerico</i>					
Sezione	N	T	M	e	e<H/6
	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[cm]	
M _{max}	650.8	65.6	13.37	2.05	compr
N _{max}	1198.0	0.0	2.13	0.18	compr
T _{max}	661.2	87.9	9.67	1.46	compr

VERIFICHE

<i>Verifica centine</i>							Verifica
N _{cent}	T _{cent}	M _{cent}	σ _{max,cent}	σ _{min,cent}	τ _{cent}	σ _{id}	
[kN]	[kN]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	
87.7	65.64	13.37	76.4	-37.9	32.6	94.9	OK
161.5	0.01	2.13	44.5	26.3	0.0	44.5	OK
89.1	87.94	9.67	60.9	-21.8	43.6	97.0	OK

<i>Verifica spritz beton</i>		
N _{spritz}	σ _{max, sb}	Verifica
[kN]	[MPa]	
563	2.82	OK
1037	5.18	OK
572	2.86	OK

VERIFICA DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE

NORMATIVA DI RIFERIMENTO: DM 2008

LAVORO:	Gallerie Linea S.Gavino-Sassari-Olbia
Galleria:	Galleria Bauladu - Sezione B1
FASE:	Fase_05: Prerivestimento

MATERIALI

<i>Spritz Beton</i>		
Classe	C25/30	
R _{ck}	30	[MPa]
γ _c	1.5	[-]
f _{ck}	24.90	[MPa]
f _{cd}	14.11	[MPa]
f _{ctm}	-1.19	[MPa]
B	100	[cm]
s	20	[cm]
A _{sb}	2000	[cm ²]
I _{sb}	66667	[cm ⁴]
W _{sb}	6667	[cm ³]
E _{sb}	31447	[MPa]

Classe dello spritz beton

Resistenza a compressione cubica caratteristica dello spritz beton

Coefficiente parziale resistenza

Resistenza a compressione cilindrica caratteristica dello spritz beton

Resistenza di calcolo a compressione dello spritz beton

Resistenza di calcolo a trazione dello spritz beton

Base della sezione di spritz beton

Altezza della sezione di spritz beton

Area della sezione di spritz beton

Momento di inerzia della sezione di spritz beton

Momento resistente della sezione di spritz beton

Modulo di elasticità dello spritz beton

<i>Centine</i>		
Tipo	S275	
Profilato	IPN160	
γ _s	1.05	[-]
N.	2	[-]
f _y	275	[MPa]
f _{yd}	261.9	[MPa]
A _{cent}	22.8	[cm ²]
I _{cent}	934	[cm ⁴]
W _{cent}	117	[cm ³]
h _{cent}	160	[mm]
a	6.3	[mm]
d	1.0	[m]
E _{cent}	210000	[MPa]

Tipologia acciaio

Tipologia centine

Coefficiente parziale resistenza

Numero centine

Tensione di snervamento dell'acciaio

Massima tensione nell'acciaio

Area del profilato

Momento di inerzia del profilato

Momento resistente del profilato

Altezza profilato

Spessore dell'anima del profilato

Interasse longitudinale tra le centine

Modulo di elasticità dell'acciaio

<i>Rivestimento equivalente</i>		
s _{eq}	20	[cm]
E _{eq}	35061	[MPa]

Spessore equivalente

Modulo di elasticità equivalente

VERIFICA DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE

 NORMATIVA DI RIFERIMENTO: **DM 2008**

LAVORO:	Gallerie Linea S. Gavino-Sassari-Olbia
Galleria:	Galleria Bauladu - Sezione B1
FASE:	Fase_05: Prerivestimento

SOLLECITAZIONI

<i>Sollecitazioni da calcolo numerico</i>					
Sezione	N	T	M	e	e<H/6
	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[cm]	
M _{max}	1881.7	30.2	25.92	1.38	compr
N _{max}	2727.5	0.1	5.43	0.20	compr
T _{max}	2053.7	266.0	11.54	0.56	compr

VERIFICHE

<i>Verifica centine</i>							Verifica
N _{cent}	T _{cent}	M _{cent}	σ _{max,cent}	σ _{min,cent}	τ _{cent}	σ _{id}	
[kN]	[kN]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	
253.7	30.24	25.92	166.4	-55.1	15.0	168.4	OK
367.7	0.09	5.43	103.9	57.4	0.0	103.9	OK
276.9	265.97	11.54	110.0	11.4	131.9	253.6	OK

<i>Verifica spritz beton</i>		
N _{spritz}	σ _{max,sb}	Verifica
[kN]	[MPa]	
1628	8.14	OK
2360	11.80	OK
1777	8.88	OK

10.3.4.5 Verifiche di resistenza dei rivestimenti definitivi

In Allegato sono riportate le sollecitazioni dei rivestimenti definitivi per ciascuna fase di calcolo. Lo sforzo normale è considerato positivo se di compressione, il momento flettente è considerato positivo se tende le fibre di intradosso del rivestimento.

Le tabelle seguenti riportano le verifiche strutturali condotte nelle varie sezioni del modello, evidenziando la posizione delle sezioni individuate in Figura 29, per consentire una maggiore leggibilità dei dati. Le tabelle di verifica si riferiscono alla Fase_06.

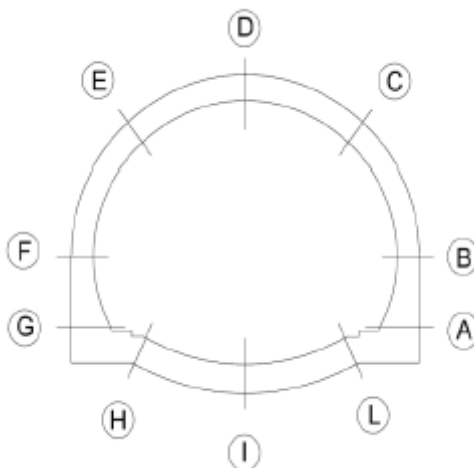


Figura 33 - Sezioni di verifica del rivestimento definitivo

Per la sezione B1, le verifiche sono state condotte ipotizzando il calcestruzzo non armato in calotta e piedritti e armato in arco rovescio e murette. Nelle verifiche delle sezioni armate è stato considerato un copriferro netto pari a 4 cm. I risultati delle verifiche effettuate confermano l'esigenza di armare arco rovescio e murette.

Le verifiche sono soddisfatte in ciascun sezione.

Tabella 10-10 - Verifiche strutturali rivestimento definitivo di calotta - Fase_06

Sollecitazioni di calotta SLE			Sollecitazioni di calotta SLU			Verifiche calcestruzzo non armato						
N	T	M	N	T	M	H sez	σ_{cls}		Verifiche			
(kN)	(kN)	(kNm)	(kN)	(kN)	(kNm)	(cm)	[MPa]		e < H/3	$\sigma_{cls,max}$	τ_{cls}	
1437	-57.8	85.7	1869	-75	111	99.000	1.98	0.93	SI	SI	SI	A
1404	-145.2	123.5	1825	-189	161	89.000	2.51	0.64	SI	SI	SI	
1439	-133.2	131.9	1870	-173	172	82.000	2.93	0.58	SI	SI	SI	
1449	-113.6	128.1	1884	-148	166	77.000	3.18	0.59	SI	SI	SI	
1451	-91.0	113.8	1886	-118	148	74.000	3.21	0.71	SI	SI	SI	
1441	-73.3	91.3	1873	-95	119	72.500	3.03	0.95	SI	SI	SI	B
1443	-64.6	65.7	1876	-84	85	72.500	2.74	1.24	SI	SI	SI	
1445	-63.3	40.1	1879	-82	52	72.500	2.45	1.54	SI	SI	SI	
1450	-44.3	19.0	1885	-58	25	72.500	2.22	1.78	SI	SI	SI	
1452	-29.6	4.0	1888	-39	5	72.500	2.05	1.96	SI	SI	SI	
1453	-18.6	-5.7	1889	-24	-7	72.500	2.64	2.07	SI	SI	SI	
1453	-12.7	-11.7	1889	-17	-15	72.500	2.61	2.14	SI	SI	SI	
1452	-16.5	-17.1	1888	-21	-22	72.500	2.59	2.20	SI	SI	SI	
1454	-33.6	-24.3	1890	-44	-32	72.500	2.56	2.28	SI	SI	SI	C
1457	-16.9	-31.3	1895	-22	-41	72.500	2.53	2.37	SI	SI	SI	
1458	-9.6	-35.3	1895	-12	-46	72.500	2.51	2.41	SI	SI	SI	
1458	-6.5	-37.4	1895	-8	-49	72.500	2.50	2.44	SI	SI	SI	
1458	-4.5	-38.6	1896	-6	-50	72.500	2.50	2.45	SI	SI	SI	
1458	-3.3	-38.9	1895	-4	-51	72.500	2.50	2.46	SI	SI	SI	
1458	-2.1	-38.6	1895	-3	-50	72.500	2.50	2.45	SI	SI	SI	
1459	-0.9	-38.1	1896	-1	-50	72.500	2.50	2.45	SI	SI	SI	
1459	-0.2	-37.6	1896	0	-49	72.500	2.50	2.44	SI	SI	SI	
1458	-0.1	-37.4	1895	0	-49	72.500	2.50	2.44	SI	SI	SI	
1458	-0.3	-37.3	1895	0	-49	72.500	2.50	2.44	SI	SI	SI	D
1458	-0.2	-37.3	1896	0	-48	72.500	2.51	2.44	SI	SI	SI	
1459	0.2	-37.5	1897	0	-49	72.500	2.51	2.44	SI	SI	SI	
1459	1.0	-38.0	1896	1	-49	72.500	2.50	2.45	SI	SI	SI	
1458	2.1	-38.5	1895	3	-50	72.500	2.50	2.45	SI	SI	SI	
1458	3.3	-38.7	1896	4	-50	72.500	2.50	2.45	SI	SI	SI	
1459	4.5	-38.4	1896	6	-50	72.500	2.50	2.45	SI	SI	SI	
1458	6.3	-37.2	1896	8	-48	72.500	2.51	2.44	SI	SI	SI	
1458	9.8	-35.1	1896	13	-46	72.500	2.52	2.41	SI	SI	SI	
1458	17.2	-30.9	1895	22	-40	72.500	2.53	2.36	SI	SI	SI	
1455	33.0	-24.0	1891	43	-31	72.500	2.56	2.28	SI	SI	SI	E
1453	15.4	-17.1	1889	20	-22	72.500	2.59	2.20	SI	SI	SI	
1454	11.9	-12.1	1890	15	-16	72.500	2.61	2.14	SI	SI	SI	
1454	18.6	-6.2	1890	24	-8	72.500	2.64	2.08	SI	SI	SI	
1450	78.0	3.6	1884	101	5	72.500	2.04	1.96	SI	SI	SI	
1438	140.1	18.7	1870	182	24	72.500	2.20	1.77	SI	SI	SI	
1436	135.2	39.9	1867	176	52	72.500	2.44	1.53	SI	SI	SI	
1434	136.9	65.6	1864	178	85	72.500	2.73	1.23	SI	SI	SI	
1431	145.6	91.0	1860	189	118	72.500	3.01	0.93	SI	SI	SI	F
1439	163.3	113.2	1871	212	147	74.000	3.19	0.70	SI	SI	SI	
1435	185.1	126.8	1865	241	165	77.000	3.15	0.58	SI	SI	SI	
1422	202.3	129.9	1849	263	169	82.000	2.89	0.58	SI	SI	SI	
1386	212.8	121.7	1802	277	158	89.000	2.48	0.64	SI	SI	SI	
1429	119.5	82.1	1858	155	107	99.000	1.95	0.94	SI	SI	SI	G

Tabella 10-11 - Verifiche strutturali arco rovescio e murette – Fase_06

Solicitazioni di arco rovescio SLE		Solicitazioni di arco rovescio SLU										Verifiche calcestruzzo armato									
N	T	M	N	T	M	H sez	φ (As tesa)	N'barre	φ (As comp)	N'barre	φ (stifile)	N'bracci	Passo	σ _{sis}	σ _s	Fessure	M _{rec}	M _{er}	ε _{sm}	S _m	Verifica
(kN)	(kN)	(kNm)	(kN)	(kN)	(kNm)	(cm)	(mm)	(m)	(mm)	(m)	(mm)	(c)	(cm)	(MPa)	(MPa)	(mm)	(kNm)	(kNm)	(%)	(mm)	(c)
1734	-251	-171	2254	-325.7	-222	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	-4.3	-11.6	-	211.8	402.4	-	-	Verificato
1721	-221	-259	2237	-287.5	-337	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	-5.3	27.3	-	210.2	400.7	-	-	Verificato
1752	-192	-344	2278	-249.1	-447	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	-6.7	27.3	-	214.0	404.6	-	-	Verificato
1765	-162	-417	2320	-210.3	-542	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	-8.2	62.4	0.06	218.0	408.6	0.19	34.20	Verificato
1814	-141	-479	2358	-183.2	-622	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	-9.6	103.6	0.12	223.9	414.5	0.31	37.31	Verificato
1833	-116	-530	2393	-150.6	-689	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	-10.9	145.7	0.17	223.9	414.5	0.26	39.38	Verificato
1847	-86.2	-570	2402	-112.0	-741	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	-9.1	87.0	0.08	240.4	458.9	0.26	28.90	Verificato
1860	-55	-600	2417	-71.6	-780	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	-9.5	98.9	0.09	241.9	460.5	0.30	28.33	Verificato
1868	-28	-619	2430	-36.2	-804	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	-9.8	106.2	0.09	243.2	461.7	0.32	29.56	Verificato
1874	0	-625	2437	0.1	-812	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	-9.9	108.4	0.10	243.9	462.4	0.33	29.63	Verificato
1869	28	-619	2430	36.5	-804	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	-9.8	106.2	0.09	243.2	461.7	0.32	29.56	Verificato
1859	56	-600	2417	72.2	-780	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	-9.5	98.9	0.09	241.9	460.4	0.30	28.33	Verificato
1847	87	-570	2401	112.7	-741	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	-9.1	87.0	0.08	240.3	458.8	0.26	28.90	Verificato
1832	116	-530	2382	151.3	-689	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	-10.9	145.6	0.17	223.8	414.4	0.44	39.37	Verificato
1813	141	-478	2357	183.3	-622	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	-9.6	103.4	0.12	221.4	412.0	0.31	37.31	Verificato
1784	161	-417	2319	209.9	-542	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	-8.2	62.3	0.06	218.0	408.5	0.19	34.19	Verificato
1751	191	-344	2277	248.9	-447	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	-6.7	27.2	-	214.0	404.5	-	-	Verificato
1720	221	-259	2236	287.2	-336	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	-5.3	2.5	-	210.1	400.6	-	-	Verificato
1733	250	-171	2253	325.5	-222	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	-4.3	-11.6	-	211.7	402.2	-	-	Verificato

Solicitazioni di arco rovescio SLE		Solicitazioni di arco rovescio SLU										Verifiche calcestruzzo armato - SLU									
N	T	M	N	T	M	H sez	φ (As tesa)	N'barre	φ (As comp)	N'barre	φ (stifile)	N'bracci	Passo	M _{ep}	F _s	VR _{dc}	VR _{ds}	V _{redmax}	Duttilità	Armatura a taglio	
(kN)	(kN)	(kNm)	(kN)	(kN)	(kNm)	(cm)	(mm)	(m)	(mm)	(m)	(mm)	(c)	(cm)	(kNm)	(c)	(kN)	(kN)	(kN)	(c)	(c)	
1734	-251	-171	2254	-325.7	-222	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	890.0	3.9	490	277	1907	ductile	NO	48
1721	-221	-259	2237	-287.5	-337	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	856.4	2.5	490	277	1907	ductile	NO	49
1752	-192	-344	2278	-249.1	-447	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	864.8	1.9	490	277	1907	ductile	NO	50
1765	-162	-417	2320	-210.3	-542	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	873.7	1.6	490	277	1907	ductile	NO	51
1814	-141	-479	2358	-183.2	-622	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	881.0	1.4	490	277	1907	ductile	NO	52
1833	-116	-530	2393	-150.6	-689	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	884.8	1.3	490	277	1907	ductile	NO	53
1847	-86.2	-570	2402	-112.0	-741	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	1336.9	1.8	487	275	1895	ductile	NO	54
1860	-55	-600	2417	-71.6	-780	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	1339.3	1.7	487	275	1895	ductile	NO	55
1868	-28	-619	2430	-36.2	-804	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	1341.2	1.7	487	275	1895	ductile	NO	56
1874	0	-625	2437	0.1	-812	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	1342.2	1.7	487	275	1895	ductile	NO	57
1869	28	-619	2430	36.5	-804	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	1341.2	1.7	487	275	1895	ductile	NO	58
1859	56	-600	2417	72.2	-780	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	1339.2	1.7	487	275	1895	ductile	NO	59
1847	87	-570	2401	112.7	-741	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	1336.8	1.8	487	275	1895	ductile	NO	60
1832	116	-530	2382	151.3	-689	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	884.7	1.3	490	277	1907	ductile	NO	61
1813	141	-478	2357	183.3	-622	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	880.8	1.4	490	277	1907	ductile	NO	62
1784	161	-417	2319	209.9	-542	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	873.5	1.6	490	277	1907	ductile	NO	63
1751	191	-344	2277	248.9	-447	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	866.1	2.5	490	277	1907	ductile	NO	64
1720	221	-259	2236	287.2	-336	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	858.7	3.9	490	277	1907	ductile	NO	65
1733	250	-171	2253	325.5	-222	70.0	12	10	12	10	12	2.5	40	858.7	3.9	490	277	1907	ductile	NO	66

11 FASE DI VERIFICA E MESSA A PUNTO DEL PROGETTO

11.1 Monitoraggio in corso d'opera

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

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

Il piano di monitoraggio deve prevedere:

- il rilievo analitico e speditivo del fronte di scavo;
- il controllo della convergenza del cavo, mediante installazione di stazioni di convergenza con 5 mire. Il numero delle sezioni di misura è specificato in Tabella 11-1 per le diverse sezioni tipo. Le sezioni devono essere ubicate in prossimità del fronte scavo, la lettura di zero deve essere eseguita prima della ripresa dell'avanzamento per lo scavo del campo successivo, e le letture successive dovranno essere eseguite con frequenza almeno giornaliera fino alla completa stabilizzazione delle misure.
- il monitoraggio dello sforzo assiale nelle centine del rivestimento di prima fase mediante celle di carico, come definito negli elaborati di progetto pertinenti;
- il monitoraggio delle deformazioni del rivestimento definitivo mediante barrette estensimetriche, come definito negli elaborati di progetto pertinenti;

I dati di monitoraggio dovranno essere inseriti in una piattaforma Web-GIS, in modo tale da garantire l'esame tempestivo e continuativo dei dati rilevati e la trasmissione sistematica dei dati e delle elaborazioni, avendo precedentemente definito ed assegnato le responsabilità per la lettura, l'elaborazione e l'interpretazione dei dati di monitoraggio, nonché per la loro distribuzione.

Le grandezze individuate come rappresentative dovranno essere rilevate e controllate con un sistema di misura che abbia un grado di precisione compatibile con i valori attesi per le grandezze sopra dette.

Gli strumenti di misura utilizzati dovranno permettere di garantire la precisione e l'affidabilità delle letture in modo da non essere influenzati in modo significativo da cambiamenti di temperatura, umidità, corrente elettrica e vibrazioni indotte.

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

Sezione tipo	Misure di convergenza		Rilievi del fronte	Estrusometro
	Frequenza sezioni	Frequenza misure	Frequenza (*)	
A1	1 ogni mezzo campo	1 al giorno	1 ogni 20 m	-
A1	1 ogni 20 m	1 al giorno	1 ogni campo	-
B1	1 ogni campo	1 al giorno	1 ogni campo	-
(*) sempre al cambio di litologia				

Tabella 11-1 – Programma di monitoraggio

11.2 Criteri generali per l'applicazione delle sezioni tipo

Sono di seguito illustrati i criteri che dovranno essere adottati in corso d'opera per l'applicazione delle sezioni tipo e la gestione delle variabilità, nell'ambito delle previsioni del progetto, che sono sintetizzate nei valori attesi delle grandezze caratteristiche. I valori attesi dei fenomeni deformativi al fronte, al cavo e al piano campagna (ove pertinente) sono individuati in funzione dei risultati delle analisi numeriche, di esperienze in contesti analoghi e di dati di letteratura (Tabella 11-2).

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

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

		VALORI ATTESI		
Sezione tipo	Formazione	Convergenza radiale ^(*) (mm)	Estrusione cumulativa totale (mm)	Cedimenti piano campagna (mm)
A0	Basalti	Trascurabile	-	-
A1	Basalti	Trascurabile	-	-
B1	Basalti fratturati	<10	-	-
(*) convergenza radiale depurata della preconvergenza				

Tabella 11-2 – Previsioni progettuali

12 CONCLUSIONI

La progettazione delle opere in sotterraneo, è stata condotta secondo il metodo ADECO-RS (Rif. [32]), articolandosi nelle seguenti fasi:

1. Fase conoscitiva (cap. 7): questa fase è stata dedicata allo studio e all'analisi del contesto geologico e geotecnico di inserimento in cui sarà realizzata la galleria, considerati anche i dati relativi alle precedenti fasi progettuali, ed ha portato alla definizione del modello geotecnico di sottosuolo utilizzato per le successive fasi del progetto.
2. Fase di diagnosi (cap. 8): in questa fase è stata eseguita la valutazione della risposta deformativa dell'ammasso allo scavo in assenza di interventi di stabilizzazione, per la determinazione delle categorie di comportamento; sulla base delle analisi condotte l'intero tracciato della galleria è caratterizzato prevalentemente da tratte con comportamento del nucleo-fronte di scavo di categoria A (stabile).
3. Fase di terapia (cap. 9): sulla base dei risultati delle precedenti fasi progettuali, per realizzare l'opera in condizioni di sicurezza sono state individuate 3 sezioni tipo di intervento denominate A0,A1,B1 Tali soluzioni progettuali sono state analizzate verificandone adeguatezza ed efficacia in tutte le fasi costruttive previste ed in condizioni di esercizio.

Il progetto è completato dal piano di monitoraggio (cap. 11) da predisporre ed attuare nella fase realizzativa, nel quale sono individuati i valori delle grandezze fisiche a cui riferirsi in corso d'opera per controllare la risposta deformativa dell'ammasso e della galleria al procedere dello scavo, verificarne la rispondenza con le previsioni progettuali e mettere a punto le sezioni tipo individuate nell'ambito delle variabilità previste.

13 ALLEGATI

13.1 Curve caratteristiche

13.1.1 Curve caratteristiche in condizioni intrinseche

13.1.1.1 Galleria di linea – Sezione tipo A0 – Listato dell’analisi

13.1.1.2 Galleria di linea – Sezione tipo A0 – Diagramma delle curve caratteristiche

13.1.1.3 Galleria di linea – Sezione tipo A1 – Listato dell’analisi

13.1.1.4 Galleria di linea – Sezione tipo A1 – Diagramma delle curve caratteristiche

13.1.1.5 Galleria di linea – Sezione tipo B1 – Listato dell’analisi

13.1.1.6 Galleria di linea – Sezione tipo B1 – Diagramma delle curve caratteristiche

13.1.1.7 Uscita di emergenza N°1 – Sezione tipo A0 – Listato dell’analisi

13.1.1.8 Uscita di emergenza N°1 – Sezione tipo A0 – Diagramma delle curve caratteristiche

13.1.1.9 Uscita di emergenza N°1 – Sezione tipo A1 – Listato dell’analisi

13.1.1.10 Uscita di emergenza N°1 – Sezione tipo A1 – Diagramma delle curve caratteristiche

13.1.1.11 Uscita di emergenza N°2 – Sezione tipo A0 – Listato dell’analisi

13.1.1.12 Uscita di emergenza N°2 – Sezione tipo A0 – Diagramma delle curve caratteristiche

13.1.1.13 Uscita di emergenza N°2 – Sezione tipo A1 – Listato dell’analisi

13.1.1.14 Uscita di emergenza N°2 – Sezione tipo A1 – Diagramma delle curve caratteristiche

13.1.1.15 Uscita di emergenza N°3 – Sezione tipo A0 – Listato dell’analisi

13.1.1.16 Uscita di emergenza N°3 – Sezione tipo A0 – Diagramma delle curve caratteristiche

13.1.1.17 Uscita di emergenza N°3 – Sezione tipo A1 – Listato dell’analisi

13.1.1.18 Uscita di emergenza N°3 – Sezione tipo A1 – Diagramma delle curve caratteristiche



VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO - SASSARI – OLBIA
VARIANTE DI BAULADU

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	76 di 193

```

#####
#####
###
###
### ##### ## ## ##
### ##### ## ## ##
### ##### ## ## ##
##### ## ## ## ##
##### ##### #####
###

```

CALCOLO GALLERIE CON METODO
CONVERGENZA-CONFINAMENTO
SOLUTORE ANALITICO

VERSIONE 4 (2003)

Velocizzazione linea San Gavino - Sassari - Olbia
Galleria Bauladu
Sezione A0 - intrinseca

- TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 3
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]	4.24000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	1.43000
Modulo di Young [MPa]	6067.00000
Coefficiente di Poisson .....	.30000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] ..	.00000
RESISTENZA ROCCIA	
Coesione picco [MPa] .....	.38800
Angolo attrito picco [°]	52.59000
Coesione residua [MPa] .....	.38800
Angolo attrito residuo [MPa]	52.59000
Angolo dilatanza [°] .....	.00000

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

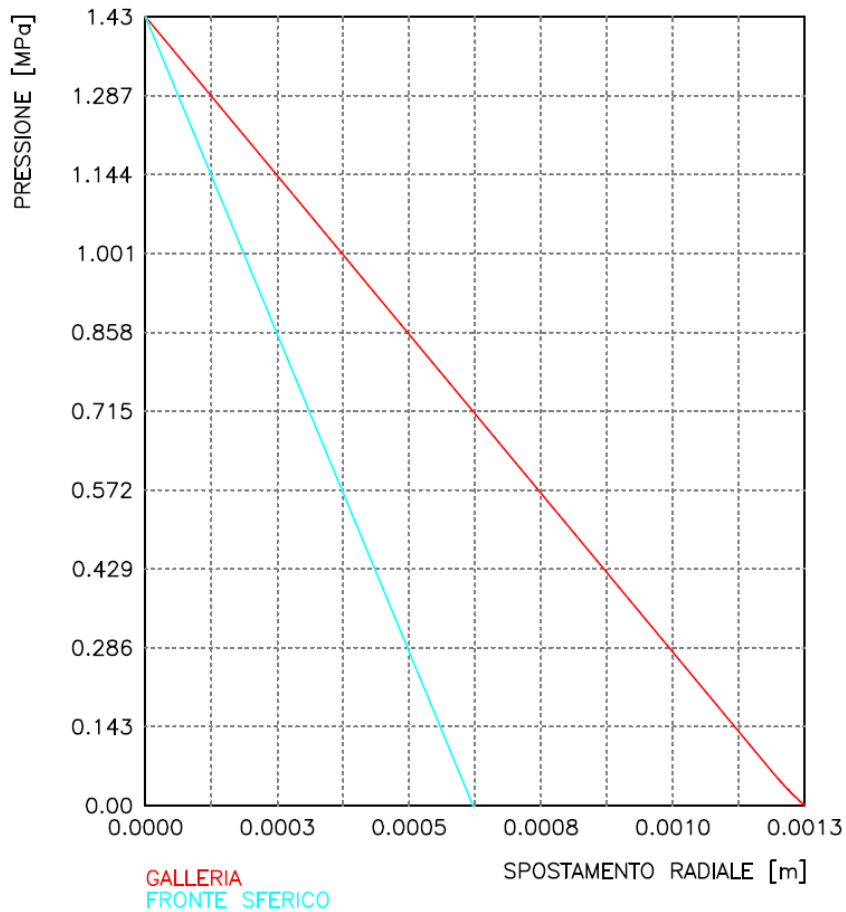
Press. fine calcolo galleria non sostenuta [MPa] ..	.000000
Spostamento radiale galleria non sostenuta [m] ....	.001308
Raggio plastico galleria non sostenuta [m]	4.339817
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.000650
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.000438
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ...	.000379
Raggio plastico fronte sferico [m]	4.240000

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] .....	.001308
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	4.339817

Velocizzazione linea San Gavino – Sassari – Olbia
Galleria Bauladu
Sezione A0 – intrinseca

CURVE CARATTERISTICHE





VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO - SASSARI – OLBIA
VARIANTE DI BAULADU

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	78 di 193

```

#####
#####
###
###
### ##### ## ## ##
### ##### ## ## ##
### ##### ## ## ##
##### ## ## ## ##
##### ##### #####
###

```

CALCOLO GALLERIE CON METODO
CONVERGENZA-CONFINAMENTO
SOLUTORE ANALITICO

VERSIONE 4 (2003)

Velocizzazione linea San Gavino - Sassari - Olbia
Galleria Bauladu
Sezione A1 - intrinseca

- TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 3
- 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]	4.27000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	1.43000
Modulo di Young [MPa]	4408.00000
Coefficiente di Poisson .....	.30000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] ..	.00000
RESISTENZA ROCCIA	
Coesione picco [MPa] .....	.29200
Angolo attrito picco [°]	48.43000
Coesione residua [MPa] .....	.29200
Angolo attrito residuo [MPa]	48.43000
Angolo dilatanza [°] .....	.00000

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

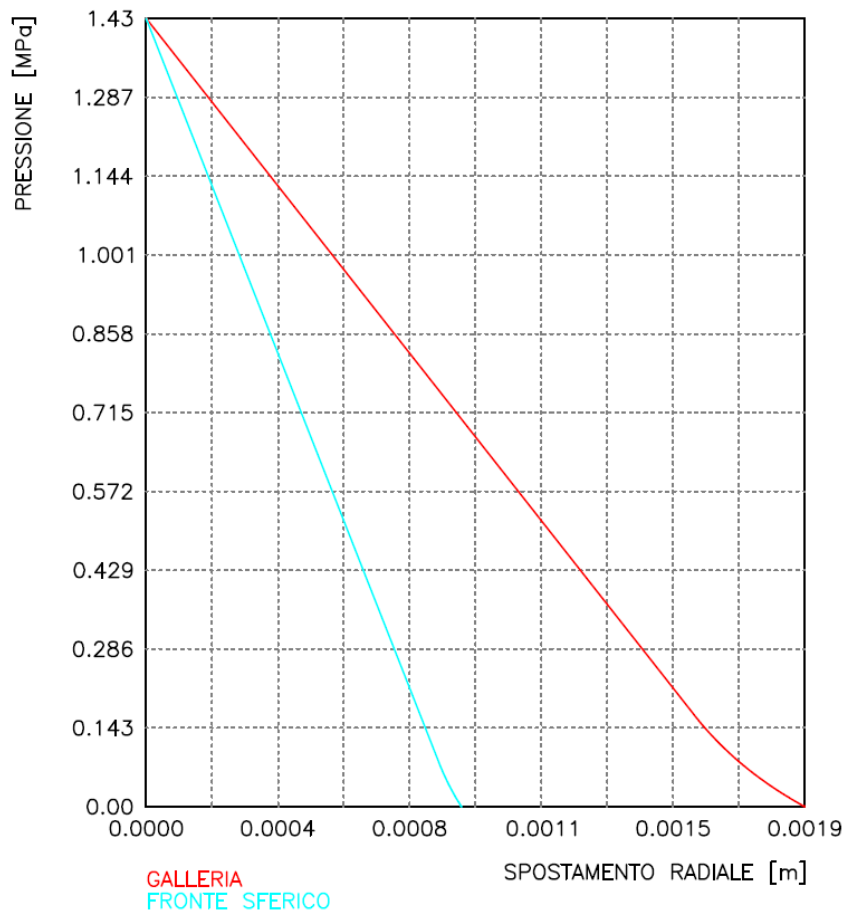
Press. fine calcolo galleria non sostenuta [MPa] ..	.000000
Spostamento radiale galleria non sostenuta [m] ....	.001912
Raggio plastico galleria non sostenuta [m]	4.641975
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.000916
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.000567
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ...	.000555
Raggio plastico fronte sferico [m]	4.369457

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] .....	.001912
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	4.641975

Velocizzazione linea San Gavino – Sassari – Olbia
Galleria Bauladu
Sezione A1 – intrinseca

CURVE CARATTERISTICHE





VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO - SASSARI – OLBIA
VARIANTE DI BAULADU

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	80 di 193

```

#####
#####
###
###
### ##### ## ## ##
### ##### ## ## ##
### ##### ## ## ##
##### ## ## ## ##
##### ##### #####
###

```

CALCOLO GALLERIE CON METODO
CONVERGENZA-CONFINAMENTO
SOLUTORE ANALITICO

VERSIONE 4 (2003)

Velocizzazione linea San Gavino - Sassari - Olbia
Galleria Bauladu
Sezione B1 - intrinseca

- TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 3
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]	4.54000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	1.35000
Modulo di Young [MPa]	814.00000
Coefficiente di Poisson .....	.30000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] .	.00000
RESISTENZA ROCCIA	
Coesione picco [MPa] .....	.13400
Angolo attrito picco [°]	35.09000
Coesione residua [MPa] .....	.13400
Angolo attrito residuo [MPa]	35.09000
Angolo dilatanza [°] .....	.00000

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

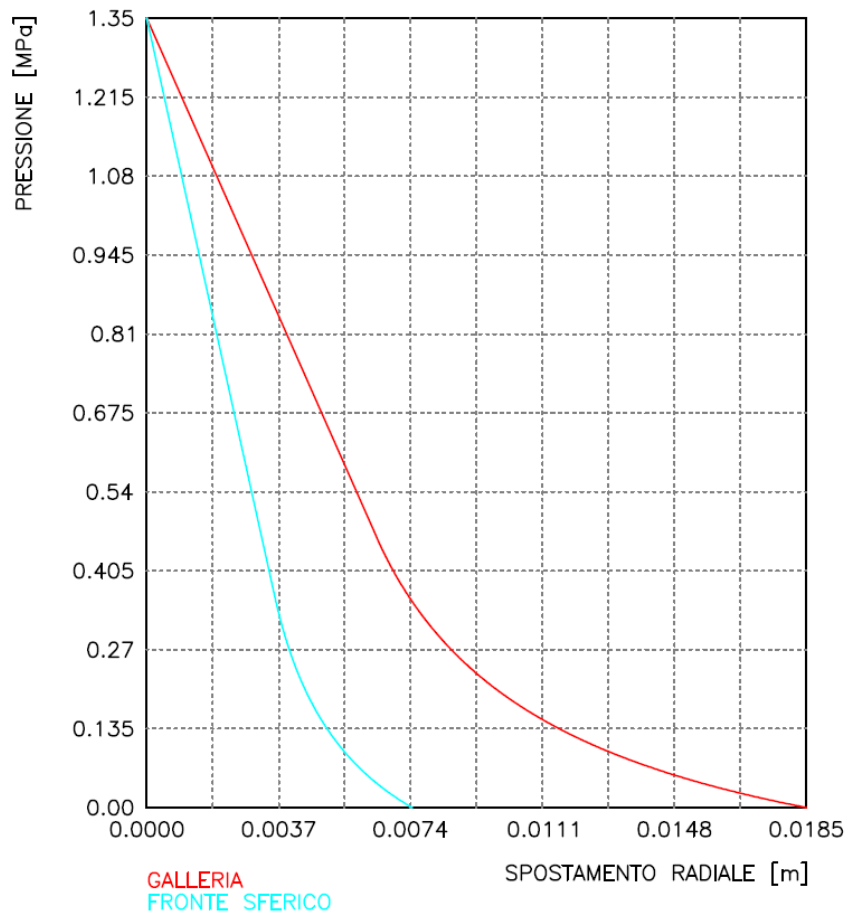
Press. fine calcolo galleria non sostenuta [MPa] ..	.000000
Spostamento radiale galleria non sostenuta [m] ....	.018475
Raggio plastico galleria non sostenuta [m]	7.164593
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.007428
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.001838
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ...	.005358
Raggio plastico fronte sferico [m]	5.521369

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] .....	.018475
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	7.164593

Velocizzazione linea San Gavino – Sassari – Olbia
Galleria Bauladu
Sezione B1 – intrinseca

CURVE CARATTERISTICHE





VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO - SASSARI – OLBIA
VARIANTE DI BAULADU

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	82 di 193

```

#####
#####
###
###
### ##### ## ## ##
### ##### ## ## ##
### ##### ## ## ##
##### ## ## ## ##
##### #####
#####

```

CALCOLO GALLERIE CON METODO
CONVERGENZA-CONFINAMENTO
SOLUTORE ANALITICO

VERSIONE 4 (2003)

Velocizzazione linea San Gavino - Sassari - Olbia
Galleria Bauladu - Uscita di emergenza N°1
Sezione A0 - intrinseca

- TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 3
- 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]	2.42000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa] .....	.91000
Modulo di Young [MPa]	6067.00000
Coefficiente di Poisson .....	.30000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] .	.00000
RESISTENZA ROCCIA	
Coesione picco [MPa] .....	.31000
Angolo attrito picco [°]	55.56000
Coesione residua [MPa] .....	.31000
Angolo attrito residuo [MPa]	55.56000
Angolo dilatanza [°] .....	.00000

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

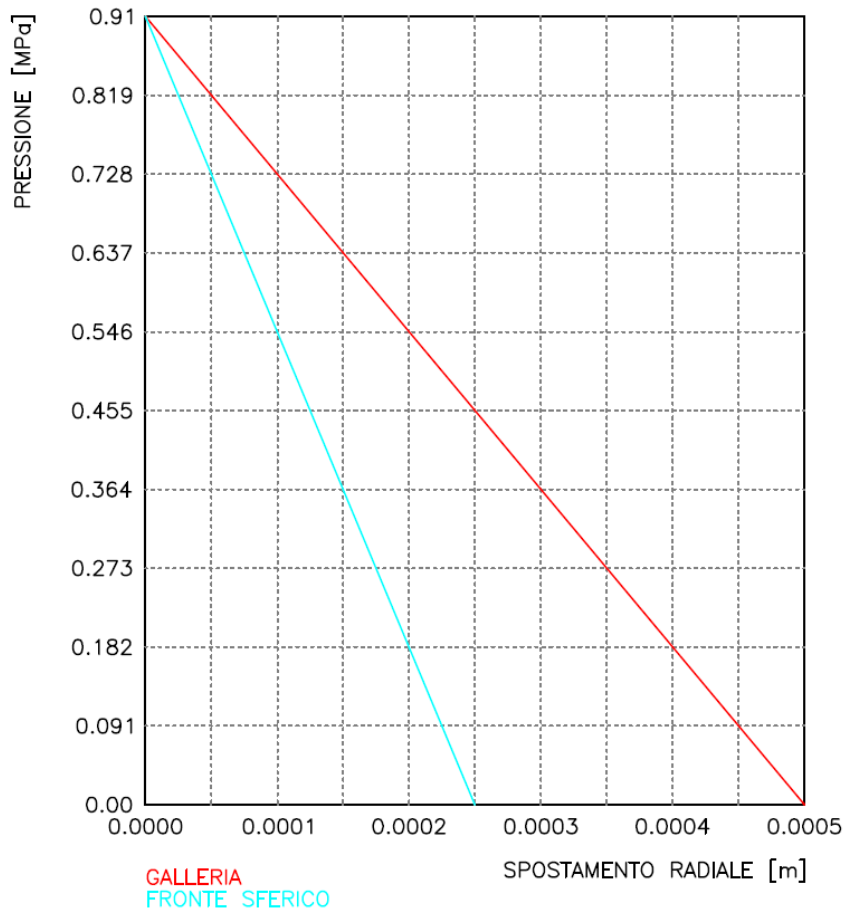
Press. fine calcolo galleria non sostenuta [MPa] ..	.000000
Spostamento radiale galleria non sostenuta [m] ....	.000472
Raggio plastico galleria non sostenuta [m]	2.420000
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.000236
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.000137
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ...	.000137
Raggio plastico fronte sferico [m]	2.420000

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] .....	.000472
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	2.420000

Velocizzazione linea San Gavino – Sassari – Olbia
Galleria Bauladu – Uscita di emergenza N°1
Sezione A0 – intrinseca

CURVE CARATTERISTICHE





VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO - SASSARI – OLBIA
VARIANTE DI BAULADU

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	84 di 193

```

#####
#####
###
###
### ##### ## ## ##
### ##### ## ## ##
### ##### ## ## ##
##### ## ## ## ##
##### #####
#####

```

CALCOLO GALLERIE CON METODO
CONVERGENZA-CONFINAMENTO
SOLUTORE ANALITICO

VERSIONE 4 (2003)

Velocizzazione linea San Gavino - Sassari - Olbia
Galleria Bauladu - Uscita di emergenza N°1
Sezione A1 - intrinseca

- TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 3
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

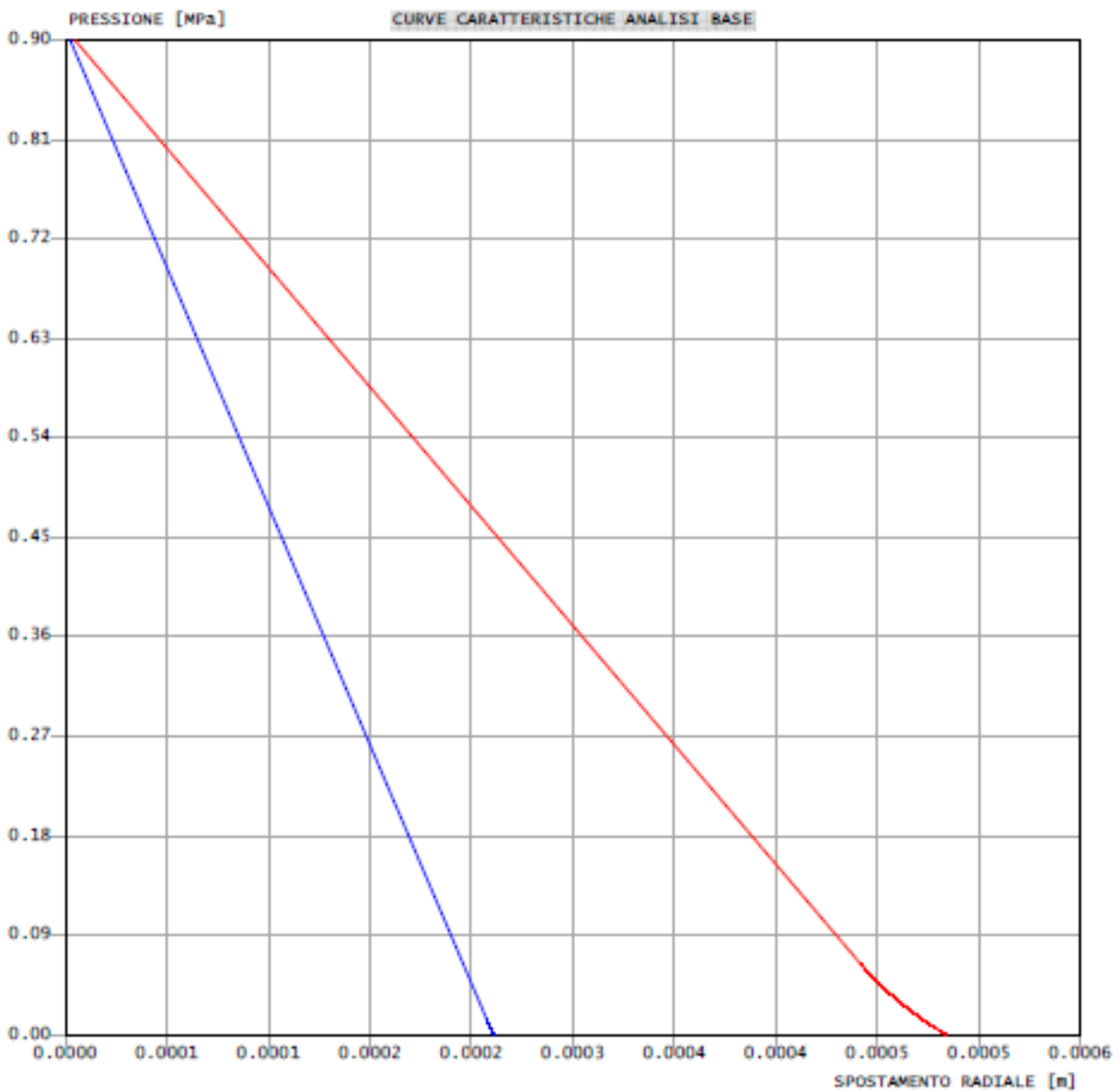
R galleria [m]	2.45000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa] .....	.91000
Modulo di Young [MPa]	4408.00000
Coefficiente di Poisson .....	.00000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] .	.00000
RESISTENZA ROCCIA	
Coesione picco [MPa] .....	.22100
Angolo attrito picco [deg]	51.00000
Coesione residua [MPa] .....	.22100
Angolo attrito residuo [deg]	51.00000
Angolo dilatanza [deg] .....	.00000

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 galleria non sostenuta [MPa] ..	.000000
Spostamento radiale galleria non sostenuta [m] ....	.000521
Raggio plastico galleria non sostenuta [m]	2.559359
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.000253
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.000167
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ...	.000151
Raggio plastico fronte sferico [m]	2.463069

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] .....	.000521
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	2.559359





VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO - SASSARI - OLBIA
VARIANTE DI BAULADU

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA -
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	86 di 193

```

#####
#####
###
###
###   #####  ##   ##   ##
###   #####  ##   ##   ##
###   #####  ##   ##   ##
#####      ##   ##   ##   ##
#####      #####  #####
                                     ##

```

CALCOLO GALLERIE CON METODO
CONVERGENZA-CONFINAMENTO
SOLUTORE ANALITICO

VERSIONE 4 (2003)

Velocizzazione linea San Gavino - Sassari - Olbia
Galleria Bauladu - Uscita di emergenza N°2
Sezione A0 - intrinseca

- TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 3
- 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]	2.42000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	1.43000
Modulo di Young [MPa]	6067.00000
Coefficiente di Poisson .....	.30000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] .	.00000
RESISTENZA ROCCIA	
Coesione picco [MPa] .....	.38800
Angolo attrito picco [°]	52.59000
Coesione residua [MPa] .....	.38800
Angolo attrito residuo [MPa]	52.59000
Angolo dilatanza [°] .....	.00000

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

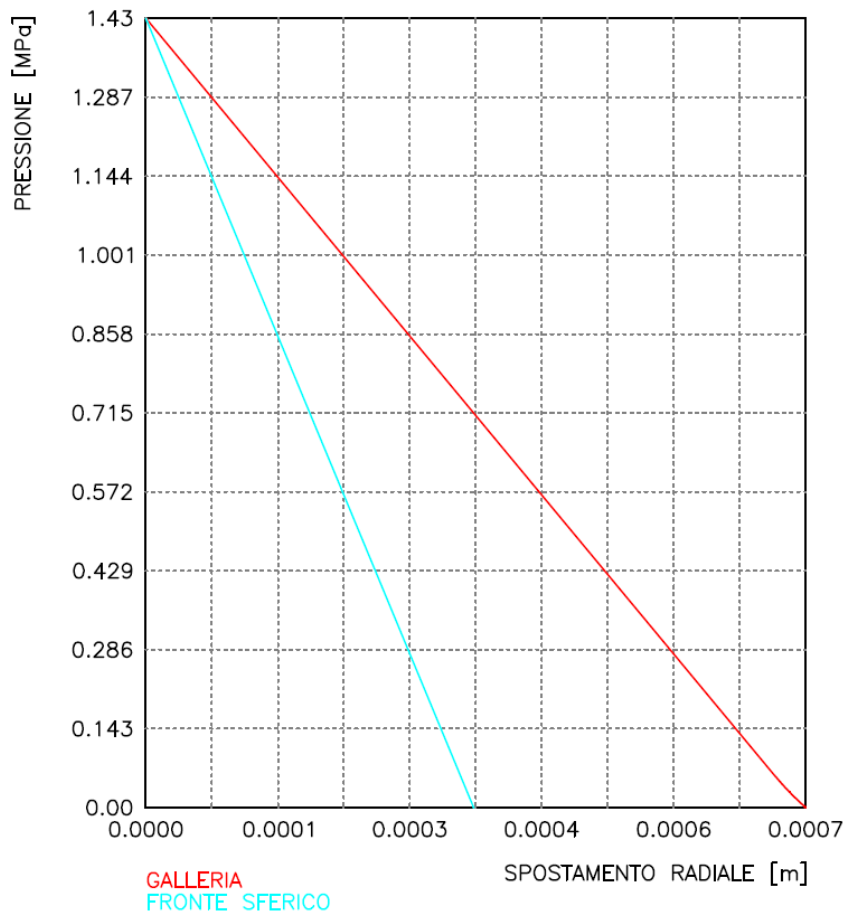
Press. fine calcolo galleria non sostenuta [MPa] ..	.000000
Spostamento radiale galleria non sostenuta [m] ....	.000747
Raggio plastico galleria non sostenuta [m]	2.476971
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.000371
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.000250
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ...	.000216
Raggio plastico fronte sferico [m]	2.420000

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] .....	.000747
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	2.476971

Velocizzazione linea San Gavino – Sassari – Olbia
Galleria Bauladu – Uscita di emergenza N°2
Sezione AO – intrinseca

CURVE CARATTERISTICHE





VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO - SASSARI – OLBIA
 VARIANTE DI BAULADU

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
 Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	88 di 193

```

#####
#####
###
###
###   #####  ##   ##   ##
###   #####  ##   ##   ##
###   #####  ##   ##   ##
#####  ##   ##   ##   ##
#####   #####  #####
                                     ##
                                     ##
  
```

CALCOLO GALLERIE CON METODO
 CONVERGENZA-CONFINAMENTO
 SOLUTORE ANALITICO

VERSIONE 4 (2003)

Velocizzazione linea San Gavino - Sassari - Olbia
 Galleria Bauladu - Uscita di emergenza N°2
 Sezione A1 - intrinseca

- TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
 VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 3
- 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]	2.45000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	1.43000
Modulo di Young [MPa]	4408.00000
Coefficiente di Poisson .....	.30000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] .	.00000
RESISTENZA ROCCIA	
Coesione picco [MPa] .....	.29200
Angolo attrito picco [°]	48.43000
Coesione residua [MPa] .....	.29200
Angolo attrito residuo [MPa]	48.43000
Angolo dilatanza [°] .....	.00000

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

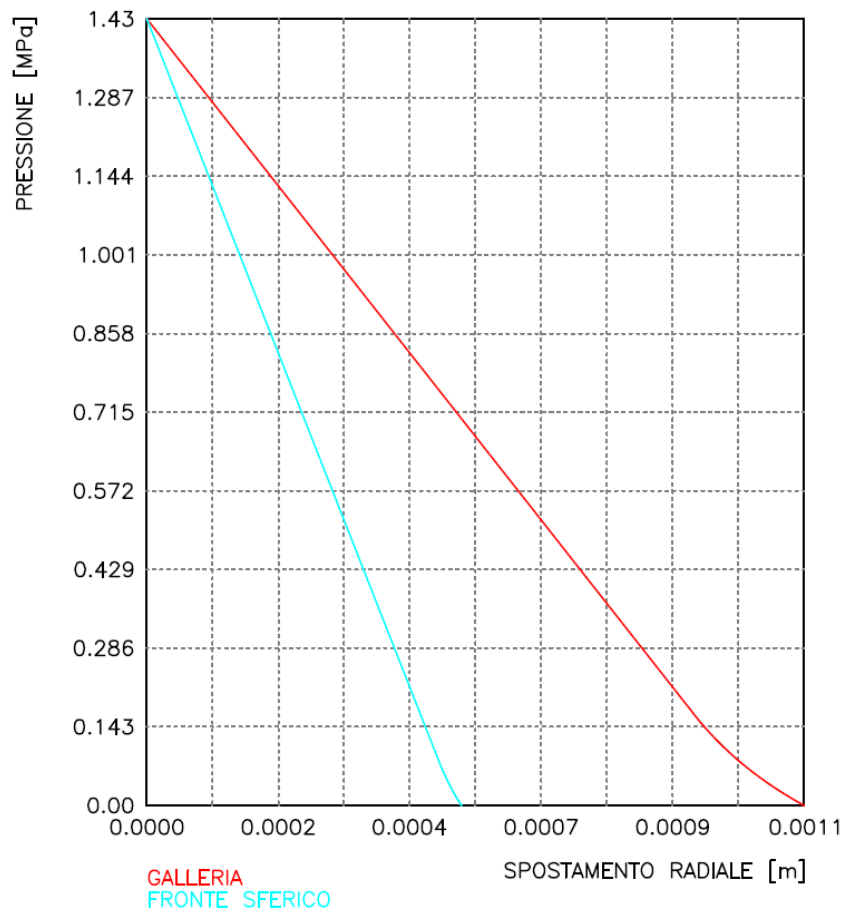
Press. fine calcolo galleria non sostenuta [MPa] ..	.000000
Spostamento radiale galleria non sostenuta [m] ....	.001097
Raggio plastico galleria non sostenuta [m]	2.663428
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.000525
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.000325
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ...	.000318
Raggio plastico fronte sferico [m]	2.507066

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] .....	.001097
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	2.663428

Velocizzazione linea San Gavino – Sassari – Olbia
Galleria Bauladu – Uscita di emergenza N°2
Sezione A1 – intrinseca

CURVE CARATTERISTICHE





VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO - SASSARI - OLBIA
VARIANTE DI BAULADU

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA -
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	90 di 193

```
#####          CALCOLO GALLERIE CON METODO
#####          CONVERGENZA-CONFINAMENTO
###            SOLUTORE ANALITICO
###
###          ###  ##  ##  ##
###          ###  ##  ##  ##
###          ###  ##  ##  ##
#####       ##  ##  ##  ##
#####       ##### #####
#####           ##
```

VERSIONE 4 (2003)

Velocizzazione linea San Gavino - Sassari - Olbia
Galleria Bauladu - Uscita di emergenza N°3
Sezione A0 - intrinseca

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 3
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]	2.42000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	.83000
Modulo di Young [MPa]	6067.00000
Coefficiente di Poisson	.30000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m ³]	.00000
RESISTENZA ROCCIA	
Coesione picco [MPa]	.29800
Angolo attrito picco [°]	56.12000
Coesione residua [MPa]	.29800
Angolo attrito residuo [MPa]	56.12000
Angolo dilatanza [°]	.00000

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

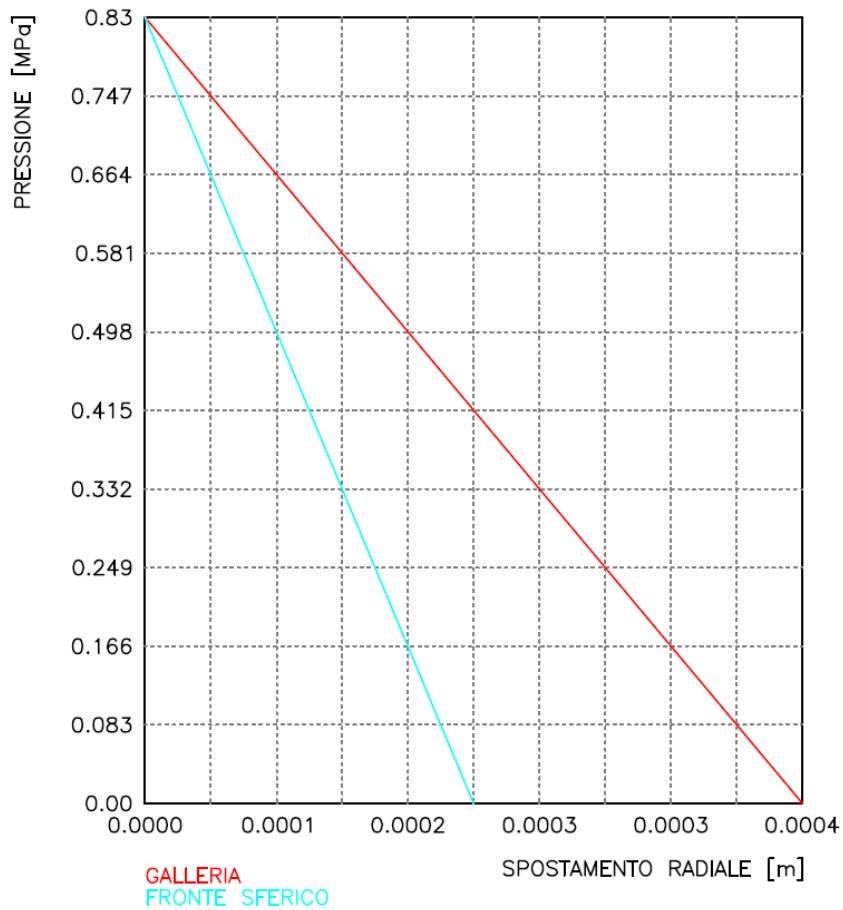
Press. fine calcolo galleria non sostenuta [MPa]	.. .000000
Spostamento radiale galleria non sostenuta [m]	.... .000430
Raggio plastico galleria non sostenuta [m]	..... 2.420000
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]	..... .000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]	..... .000215
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]	..... .000125
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]	... .000125
Raggio plastico fronte sferico [m]	..... 2.420000

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]	..... .000430
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	..... 2.420000

Velocizzazione linea San Gavino – Sassari – Olbia
Galleria Bauladu – Uscita di emergenza N°3
Sezione AO – intrinseca

CURVE CARATTERISTICHE





VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO - SASSARI – OLBIA
VARIANTE DI BAULADU

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	92 di 193

```

#####
#####
###
###
### ##### ## ## ##
### ##### ## ## ##
### ##### ## ## ##
##### ## ## ## ##
##### #####
#####

```

CALCOLO GALLERIE CON METODO
CONVERGENZA-CONFINAMENTO
SOLUTORE ANALITICO

VERSIONE 4 (2003)

Velocizzazione linea San Gavino - Sassari - Olbia
Galleria Bauladu - Uscita di emergenza N°3
Sezione A1 - intrinseca

- TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOCCIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 3
- 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

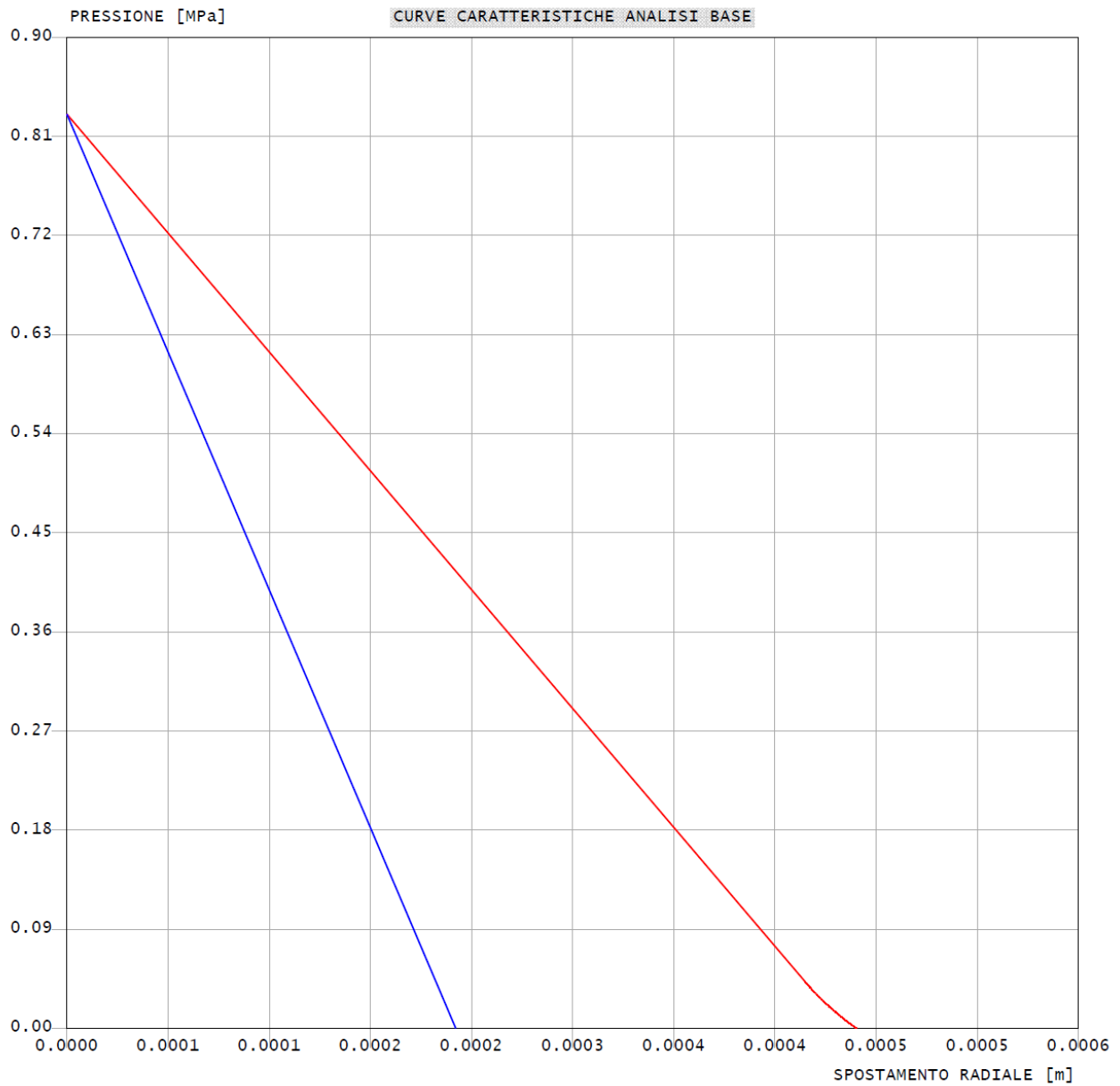
R galleria [m]	2.45000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa] .....	.83000
Modulo di Young [MPa]	4408.00000
Coefficiente di Poisson .....	.00000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] .	.00000
RESISTENZA ROCCIA	
Coesione picco [MPa] .....	.21500
Angolo attrito picco [deg]	52.29000
Coesione residua [MPa] .....	.21500
Angolo attrito residuo [deg]	52.29000
Angolo dilatanza [deg] .....	.00000

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 galleria non sostenuta [MPa] ..	.000000
Spostamento radiale galleria non sostenuta [m] ....	.000468
Raggio plastico galleria non sostenuta [m]	2.523740
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.000231
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.000155
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ...	.000136
Raggio plastico fronte sferico [m]	2.450000

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] .....	.000468
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	2.523740



13.1.2 Curve caratteristiche in presenza dei sostegni

13.1.2.1 Galleria di linea – Sezione tipo A0 – Listato dell’analisi

13.1.2.2 Galleria di linea – Sezione tipo A0 – Diagramma delle curve caratteristiche

13.1.2.3 Galleria di linea – Sezione tipo A1 – Listato dell’analisi

13.1.2.4 Galleria di linea – Sezione tipo A1 – Diagramma delle curve caratteristiche

13.1.2.5 Galleria di linea – Sezione tipo B1 – Listato dell’analisi

13.1.2.6 Galleria di linea – Sezione tipo B1 – Diagramma delle curve caratteristiche

13.1.2.7 Uscita di emergenza N°1 – Sezione tipo A0 – Listato dell’analisi

13.1.2.8 Uscita di emergenza N°1 – Sezione tipo A0 – Diagramma delle curve caratteristiche

13.1.2.9 Uscita di emergenza N°1 – Sezione tipo A1 – Listato dell’analisi

13.1.2.10 Uscita di emergenza N°1 – Sezione tipo A1 – Diagramma delle curve caratteristiche

13.1.2.11 Uscita di emergenza N°2 – Sezione tipo A0 – Listato dell’analisi

13.1.2.12 Uscita di emergenza N°2 – Sezione tipo A0 – Diagramma delle curve caratteristiche

13.1.2.13 Uscita di emergenza N°2 – Sezione tipo A1 – Listato dell’analisi

13.1.2.14 Uscita di emergenza N°2 – Sezione tipo A1 – Diagramma delle curve caratteristiche

13.1.2.15 Uscita di emergenza N°3 – Sezione tipo A0 – Listato dell’analisi

13.1.2.16 Uscita di emergenza N°3 – Sezione tipo A0 – Diagramma delle curve caratteristiche

13.1.2.17 Uscita di emergenza N°3 – Sezione tipo A1 – Listato dell’analisi

13.1.2.18 Uscita di emergenza N°3 – Sezione tipo A1 – Diagramma delle curve caratteristiche



VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO - SASSARI – OLBIA
VARIANTE DI BAULADU

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	95 di 193

```

#####
#####
###
###
### ##### ## ## ##
### ##### ## ## ##
### ##### ## ## ##
##### ## ## ## ##
##### #####
#####

```

CALCOLO GALLERIE CON METODO
CONVERGENZA-CONFINAMENTO
SOLUTORE TRANSFER-MATRIX

VERSIONE 4 (2003)

Velocizzazione linea San Gavino - Sassari - Olbia
Galleria Bauladu
Sezione A0

- TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 3
- 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 N_s)
 - 5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m]	4.24000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	1.43000
Modulo di Young [MPa]	6067.00000
Coefficiente di Poisson .....	.30000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m ³] ..	.00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] ..	.00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m]	4.24000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m]	4.24000
RESISTENZA ROCCIA -----	
Coesione picco [MPa] .....	.38800
Angolo attrito picco [°]	52.59000
Coesione residua [MPa] .....	.38800
Angolo attrito residuo [MPa]	52.59000
Angolo dilatanza [°] .....	.00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa] .....	.00000
Modulo di softening H [MPa] .....	.00000
PRERIVESTIMENTO -----	
Distanza dal fronte alla messa in opera [m]	3.00000
Coefficiente riduzione rigidità	1.00000
Forma del presivestimento	U ROVESCIA APERTA
BARRE AD ADERENZA CONTINUA -----	
Modulo di Young [MPa]	210000.00000
Resistenza a trazione [MPa]	391.30000
Tensione tesatura iniziale [MPa] .....	.00000
Lunghezza [m]	4.50000
Sezione reagente [m ²] .....	.00045
Spaziatura circonferenziale [°]	32.00000
Spaziatura longitudinale [MPa]	2.00000
Coesione interfaccia barra-roccia [MPa] .....	.35000
Angolo attrito interfaccia barra-roccia [°] .....	.00000
Perimetro sezione sfilamento [m] .....	.15700
Opzione dispositivo di ripartizione	0

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
 Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	96 di 193

[0 dispositivo di ripartizione assente]	
Distanza dal fronte attivazione barre [m]	6.00000
SPRITZ-BETON E CENTINE	
Spessore spritz [m] .....	.10000
Modulo Young spritz [MPa]	31447.00000
Coefficiente di Poisson spritz .....	.15000
Sezione centina [m ²] .....	.00000
Altezza sezione centina [m ²] .....	.00000
Posizione baricentro sezione centina [m] .....	.00000
Momento inerzia baricentrico sezione centina [m ⁴] .	.00000000
Passo centine [m] .....	.00000
Modulo Young ferro centine [MPa] .....	.00000
Resistenza compressione spritz [MPa]	14.11000
Resistenza ferro centine [MPa] .....	.00000
RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----	
Distanza dal fronte alla messa in opera [m]	42.00000
Spessore CLS [m] .....	.50000
Modulo Young CLS [MPa]	31447.00000
Coefficiente di Poisson CLS .....	.15000
Resistenza compressione CLS [MPa]	14.11000
Opzione calcolo rivestimento	0
[0 prerivestimenti non collaboranti a lungo termine]	
[1 prerivestimenti collaboranti a lungo termine]	
Gioco radiale posa in opera rivestimento [m] .....	.00000

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] .....	.001303
Raggio plastico galleria [m]	4.347195
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.000649
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.000436
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ...	.000378
Raggio plastico fronte sferico [m]	4.240000

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL PRERIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot	
U [m] :	.00110
LAMBDA :	.85335
Trasformazione Omotetica	
U [m] :	.00127
LAMBDA :	.97689
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica	
U [m] :	.00122
LAMBDA :	.94367
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns	
U [m] :	.00119
LAMBDA :	.92312
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica	
U [m] :	.00119
LAMBDA :	.91753

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL RIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot	
U [m] :	.00130
LAMBDA :	.99761
Trasformazione Omotetica	

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	97 di 193

U [m] : .00130
LAMBDA : 1.00000

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica

U [m] : .00129
LAMBDA : .99957

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .00128
LAMBDA : .99941

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .00128
LAMBDA : .99937

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DELLE BARRE PASSIVE -----

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .00121
LAMBDA : .93515

Trasformazione Omotetica

U [m] : .00130
LAMBDA : .99725

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica

U [m] : .00127
LAMBDA : .98047

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .00125
LAMBDA : .97334

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .00125
LAMBDA : .97140

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] .....	.001303
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	4.347195
Pressione fine calcolo (L.T.) [MPa] .....	.000000
Spost. radiale galleria fine calcolo (L.T.) [m] ...	.001303
Raggio plastico galleria fine calcolo (L.T.) [m] ..	4.347195

PRERIVESTIMENTO -----

Raggio plastico punto di equilibrio [m]	4.32026
Pressione punto di equilibrio [MPa] .....	.01269
Spostamento punto di equilibrio [m] .....	.00129
Spostamento galleria alla messa in opera [m] .....	.00122
Convergenza radiale prerivestimento [m] .....	.00007
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.943674

BARRE AD ADERENZA CONTINUA -----

Fattore di sicurezza rottura a trazione	115.31333
Fattore di sicurezza sfilamento .....	.99899
Spostamento galleria alla messa in opera [m] .....	.00127
Convergenza radiale barre [m] .....	.00003
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.980468

MODULI APPARENTI GALLERIA (PER COEFFICIENTI DI FORMA)

E1 [MPa]	5581.15200
E2 [MPa]	4593.38157

COEFFICIENTI DI FORMA SPOSTAMENTI ORIZZONTALI

Piano dei centri	1.05434
Piedritto	1.29158

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
 Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	98 di 193

COEFFICIENTI DI FORMA TENSIONI

Calotta intradosso	1.18174
Calotta estradosso	1.11898
Rene intradosso .....	.66516
Rene estradosso .....	.64140
Piedritto intradosso .....	.21358
Piedritto estradosso .....	.25487

CODICE INTERPOLAZIONE COEFFICIENTI DI FORMA 0

(0 estrapolazione 1 interpolazione)

SPRITZ-BETON E CENTINE (ANELLO CHIUSO)

Tensione spritz [MPa] .....	.52222
Tensione centine [MPa] .....	.00000
Coefficiente di sicurezza spritz	27.01918
Coefficiente di sicurezza centine	1000.00000
Pressione rottura spritz [MPa] .....	.32886
Pressione rottura centine [MPa] .....	.00000
Rigidezza spritz [MPa]	770.93776
Rigidezza centinatura [MPa] .....	.00000

SPRITZ-BETON E CENTINE (PRERIVESTIMENTO APERTO)

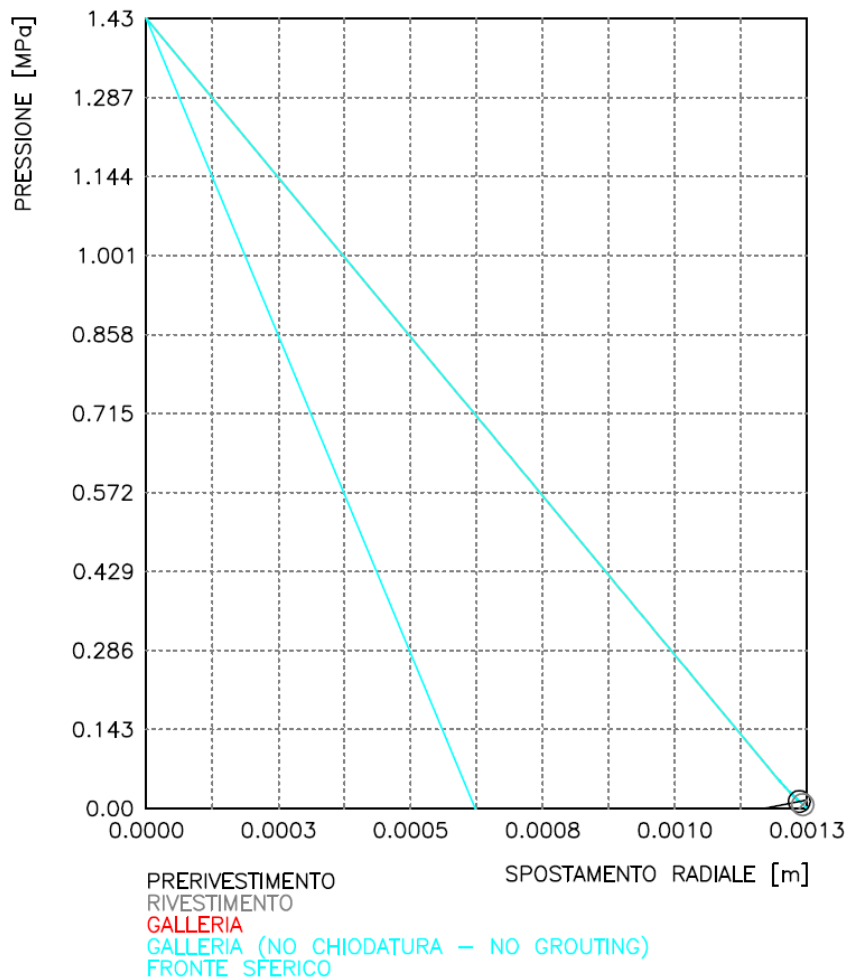
Spostamento orizzontale piano centri [m] .....	.0000706
Spostamento orizzontale piedritto [m] .....	.0000865
Sollecitazione Normale Calotta [MN] .....	.06007
Momento Flettente Calotta [MN*m]	-.00003
Tensione spriz intradosso Calotta [MPa] .....	.61713
Tensione spriz estradosso Calotta [MPa] .....	.58435
Tensione centine intradosso Calotta [MPa] .....	.00000
Tensione centine estradosso Calotta [MPa] .....	.00000
Sollecitazione Normale Piano Centri [MN] .....	.03412
Momento Flettente Piano Centri [MN*m]	-.00001
Tensione spriz intradosso Piano Centri [MPa] .....	.34736
Tensione spriz estradosso Piano Centri [MPa] .....	.33495
Tensione centine intradosso Piano Centri [MPa] .....	.00000
Tensione centine estradosso Piano Centri [MPa] .....	.00000
Sollecitazione Normale Piedritto [MN] .....	.01223
Momento Flettente Piedritto [MN*m] .....	.00002
Tensione spriz intradosso Piedritto [MPa] .....	.11154
Tensione spriz estradosso Piedritto [MPa] .....	.13310
Tensione centine intradosso Piedritto [MPa] .....	.00000
Tensione centine estradosso Piedritto [MPa] .....	.00000

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----

Raggio plastico punto di equilibrio [m]	4.32909
Pressione punto di equilibrio [MPa] .....	.00695
Spostamento punto di equilibrio [MPa] .....	.00130
Spostamento galleria alla messa in opera [m] .....	.00129
Convergenza radiale rivestimento [m] .....	.00001
Tensione CLS [MPa] .....	.06127
Coefficiente di sicurezza CLS	230.30630
Pressione rottura CLS [MPa]	1.60120
Rigidezza anello CLS [MPa]	4213.23513
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.999567

Velocizzazione linea San Gavino – Sassari – Olbia
Galleria Bauladu
Sezione A0

CURVE CARATTERISTICHE



Tipo di analisi: calcolo accoppiato fronte-galleria – Nuovo Metodo Implicito (spostamento fronte soluzione cavità sferica)
Calcolo curve caratteristiche: SOLUZIONI TRANSFER-MATRIX

DIAMETRO DELLA GALLERIA: 8.48 m

PARAMETRI ROCCIA

E: 6067 MPa ν : .3 GAMMA: 0 kN/m³ SIGMA0: 1.43 MPa
Tipo di criterio di resistenza: MOHR-COULOMB

RESISTENZA	RESISTENZA A LUNGO TERMINE
PHI picco: 52.59 °	PHI picco: .001 °
C picco: .388 MPa	C picco: .000001 MPa
PHI residuo: 52.59 °	PHI residuo: .001 °
C residuo: .388 MPa	C residuo: .000001 MPa
PSI: 0 °	PSI: 0 °
H apparente: 0 MPa	H apparente: 0 MPa

PRERIVESTIMENTO

Spritz-Beton spessore .1 m resistenza 14,11 MPa
Chiodi ad aderenza continua sezione .000452 m² lunghezza 4,5 m Incidenza 0.21 chiodi/m²

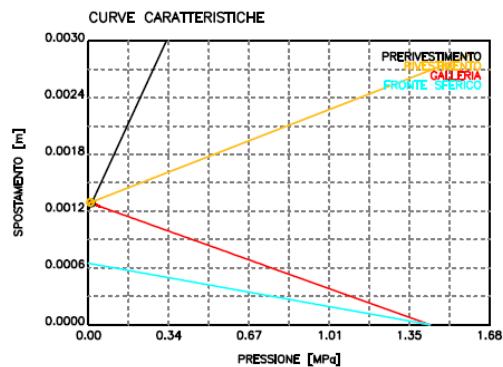
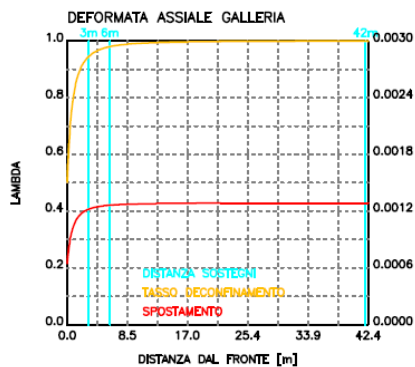
Spostamento radiale prerivestimento circolare chiuso .0001 m

TENSIONI PRERIVESTIMENTO CIRCOLARE CHIUSO

Spritz-beton 0.5 MPa
Fattore sicurezza affilamento chiodatura 1.0
Fattore sicurezza a trazione chiodatura 115.31
SPRITZ BETON E CENTINE – RISULTATO CALCOLO SEZIONE A U ROVESCIA
Spostamento arizz. piano centri 0.0001 m
Spostamento arizz. piedritto 0.0001 m
Tensioni spritz calotta (intradosso e estradosso) 0.6 0.6 MPa
Tensioni spritz piano centri (intradosso e estradosso) 0.3 0.3 MPa
Tensioni spritz piedritto (intradosso e estradosso) 0.1 0.1 MPa

RIVESTIMENTO DEFINITIVO

Calcestruzzo spessore .5 m resistenza 14,11 MPa gioco radiale 0 m
Spostamento radiale 0.0000 m
Tensione CLS 0.05 MPa





VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO - SASSARI – OLBIA
VARIANTE DI BAULADU

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	101 di 193

```

#####
#####
###
###
### ##### ## ## ##
### ##### ## ## ##
### ##### ## ## ##
##### ## ## ## ##
##### #####
#####

```

CALCOLO GALLERIE CON METODO
CONVERGENZA-CONFINAMENTO
SOLUTORE TRANSFER-MATRIX

VERSIONE 4 (2003)

Velocizzazione linea San Gavino - Sassari - Olbia
Galleria Bauladu
Sezione A1

- TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 3
- 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]	4.27000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	1.43000
Modulo di Young [MPa]	4408.00000
Coefficiente di Poisson .....	.30000
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]	4.27000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m]	4.27000
RESISTENZA ROCCIA -----	
Coesione picco [MPa] .....	.29200
Angolo attrito picco [°]	48.43000
Coesione residua [MPa] .....	.29200
Angolo attrito residuo [MPa]	48.43000
Angolo dilatanza [°] .....	.00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa] .....	.00000
Modulo di softening H [MPa] .....	.00000
PRERIVESTIMENTO -----	
Distanza dal fronte alla messa in opera [m]	2.40000
Coefficiente riduzione rigidità	1.00000
Forma del presivestimento	U ROVESCIA APERTA
SPRITZ-BETON E CENTINE -----	
Spessore spritz [m] .....	.15000
Modulo Young spritz [MPa]	31447.00000
Coefficiente di Poisson spritz .....	.15000
Sezione centina [m2] .....	.00364
Altezza sezione centina [m2] .....	.14000
Posizione baricentro sezione centina [m] .....	.07000
Momento inerzia baricentrico sezione centina [m4] ..	.00001144
Passo centine [m]	1.40000
Modulo Young ferro centine [MPa]	210000.00000
Resistenza compressione spritz [MPa]	14.11000
Resistenza ferro centine [MPa]	261.90000

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
 Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	102 di 193

RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----	
Distanza dal fronte alla messa in opera [m]	43.00000
Spessore CLS [m] .....	.50000
Modulo Young CLS [MPa]	31447.00000
Coefficiente di Poisson CLS .....	.15000
Resistenza compressione CLS [MPa]	14.11000
Opzione calcolo rivestimento	0
[0 priverivestimenti non collaboranti a lungo termine]	
[1 priverivestimenti collaboranti a lungo termine]	
Gioco radiale posa in opera rivestimento [m] .....	.00000

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] .....	.001909
Raggio plastico galleria [m]	4.650500
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.000916
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.000566
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ..	.000554
Raggio plastico fronte sferico [m]	4.373064

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL PRERIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot	
U [m] :	.00153
LAMBDA :	.85104
Trasformazione Omotetica	
U [m] :	.00181
LAMBDA :	.97486
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica	
U [m] :	.00170
LAMBDA :	.93679
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns	
U [m] :	.00163
LAMBDA :	.90652
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica	
U [m] :	.00163
LAMBDA :	.90536

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL RIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot	
U [m] :	.00190
LAMBDA :	.99836
Trasformazione Omotetica	
U [m] :	.00191
LAMBDA :	1.00000
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica	
U [m] :	.00182
LAMBDA :	.99967
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns	
U [m] :	.00179
LAMBDA :	.99951
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica	
U [m] :	.00178
LAMBDA :	.99951

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] .....	.001909
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	4.650500
PRERIVESTIMENTO -----	
Raggio plastico punto di equilibrio [m]	4.55023
Pressione punto di equilibrio [MPa] .....	.03506
Spostamento punto di equilibrio [m] .....	.00182
Spostamento galleria alla messa in opera [m] .....	.00170
Convergenza radiale prerivestimento [m] .....	.00012
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.936793
MODULI APPARENTI GALLERIA (PER COEFFICIENTI DI FORMA)	
E1 [MPa]	2662.51135
E2 [MPa]	2080.32894
COEFFICIENTI DI FORMA SPOSTAMENTI ORIZZONTALI	
Piano dei centri	1.33810
Piedritto	1.73041
COEFFICIENTI DI FORMA TENSIONI	
Calotta intradosso	1.23221
Calotta estradosso	1.11433
Rene intradosso .....	.72697
Rene estradosso .....	.67897
Piedritto intradosso .....	.35791
Piedritto estradosso .....	.44787
CODICE INTERPOLAZIONE COEFFICIENTI DI FORMA	1
(0 estrapolazione 1 interpolazione)	
SPRITZ-BETON E CENTINE (ANELLO CHIUSO)	
Tensione spritz [MPa] .....	.90532
Tensione centine [MPa]	5.66965
Coefficiente di sicurezza spritz	15.58571
Coefficiente di sicurezza centine	46.19336
Pressione rottura spritz [MPa] .....	.54077
Pressione rottura centine [MPa]	1.60274
Rigidezza spritz [MPa]	1157.26060
Rigidezza centinatura [MPa]	127.86885
SPRITZ-BETON E CENTINE (PRERIVESTIMENTO APERTO)	
Spostamento orizzontale piano centri [m] .....	.0001543
Spostamento orizzontale piedritto [m] .....	.0001995
Sollecitazione Normale Calotta [MN] .....	.24770
Momento Flettente Calotta [MN*m]	-.00022
Tensione spriz intradosso Calotta [MPa]	1.09282
Tensione spriz estradosso Calotta [MPa]	1.02201
Tensione centine intradosso Calotta [MPa]	7.26625
Tensione centine estradosso Calotta [MPa]	6.82491
Sollecitazione Normale Piano Centri [MN] .....	.14841
Momento Flettente Piano Centri [MN*m]	-.00009
Tensione spriz intradosso Piano Centri [MPa] .....	.64793
Tensione spriz estradosso Piano Centri [MPa] .....	.61909
Tensione centine intradosso Piano Centri [MPa]	4.31396
Tensione centine estradosso Piano Centri [MPa]	4.13422
Sollecitazione Normale Piedritto [MN] .....	.08506
Momento Flettente Piedritto [MN*m] .....	.00017
Tensione spriz intradosso Piedritto [MPa] .....	.33582
Tensione spriz estradosso Piedritto [MPa] .....	.38986
Tensione centine intradosso Piedritto [MPa]	2.26662
Tensione centine estradosso Piedritto [MPa]	2.60343
RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----	
Raggio plastico punto di equilibrio [m]	4.57206
Pressione punto di equilibrio [MPa] .....	.02516
Spostamento punto di equilibrio [MPa] .....	.00184
Spostamento galleria alla messa in opera [m] .....	.00182
Convergenza radiale rivestimento [m] .....	.00002
Tensione CLS [MPa] .....	.22073



VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO - SASSARI – OLBIA
VARIANTE DI BAULADU

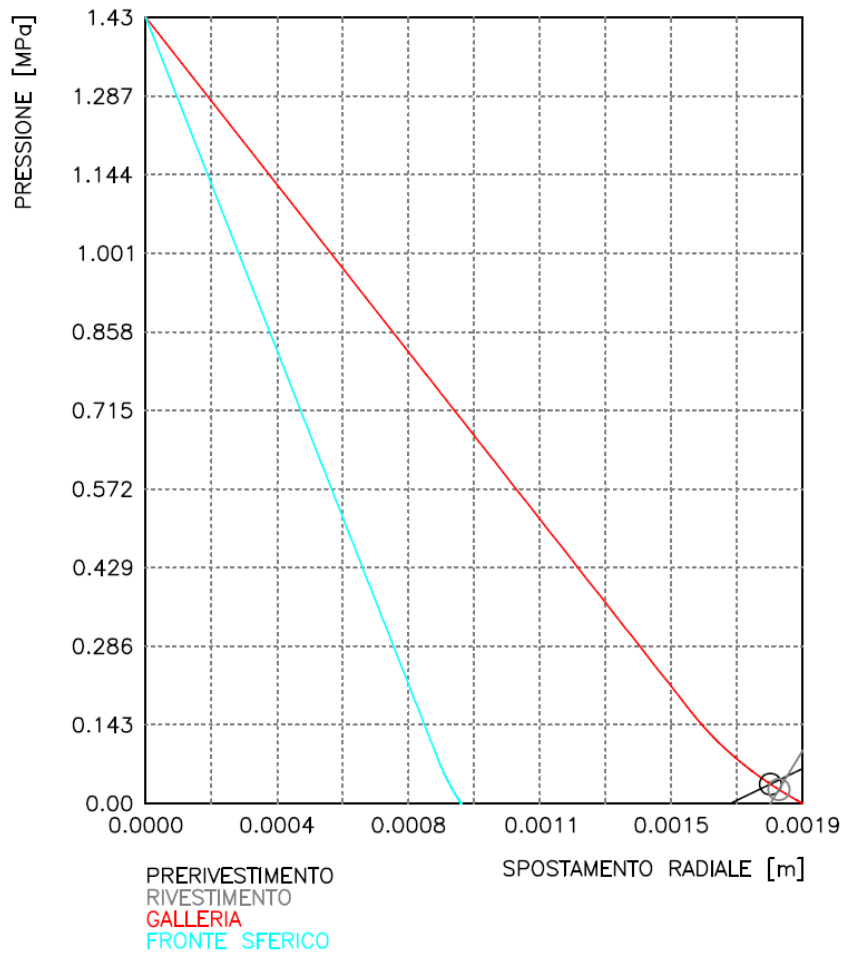
GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	104 di 193

Coefficiente di sicurezza CLS	63.92516
Pressione rottura CLS [MPa]	1.60847
Rigidezza anello CLS [MPa]	4235.33012
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.999670

Velocizzazione linea San Gavino – Sassari – Olbia
Galleria Bauladu
Sezione A1

CURVE CARATTERISTICHE





VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO - SASSARI – OLBIA
VARIANTE DI BAULADU

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	106 di 193

Velocizzazione linea San Gavino – Sassari – Olbia
Galleria Bauladu
Sezione A1

ELABORATO RIASSUNTIVO DELL'ANALISI

Tipo di analisi: calcolo accoppiato fronte-galleria – Nuovo Metodo Implicito (spostamento fronte soluzione cavità sferica)
Calcolo curve caratteristiche: SOLUZIONI TRANSFER-MATRIX

DIAMETRO DELLA GALLERIA: 8.54 m

PARAMETRI ROCCIA

E: 4408 MPa N_i: .3 GAMMA: 0 kN/m³ SIGMA₀: 1.43 MPa
Tipo di criterio di resistenza: MOHR-COULOMB

RESISTENZA	RESISTENZA A LUNGO TERMINE
PHI picco: 48.43 °	PHI picco: .001 °
C picco: .292 MPa	C picco: .000001 MPa
PHI residuo: 48.43 °	PHI residuo: .001 °
C residuo: .292 MPa	C residuo: .000001 MPa
PSI: 0 °	PSI: 0 °
H apparente: 0 MPa	H apparente: 0 MPa

PRERIVESTIMENTO

Spritz-Beton spessore .15 m resistenza 14.11 MPa centine sezione .00364 m² passo 1.4 m resistenza 261.9 MPa

Spostamento radiale prerivestimento circolare chiuso .0001 m

TENSIONI PRERIVESTIMENTO CIRCOLARE CHIUSO

Spritz-beton 0.9 MPa Centine 5.7 MPa

SPRITZ BETON E CENTINE – RISULTATO CALCOLO SEZIONE A U ROVESCIA

Spostamento orizz. piano centri 0.0002 m

Spostamento orizz. piedritto 0.0002 m

Tensioni spritz calotta (intradosso e estradosso) 1.1 1.0 MPa

Tensioni spritz piano centri (intradosso e estradosso) 0.6 0.6 MPa

Tensioni spritz piedritto (intradosso e estradosso) 0.3 0.4 MPa

Tensioni centine calotta (intradosso e estradosso) 7.3 6.8 MPa

Tensioni centine piano centri (intradosso e estradosso) 4.3 4.1 MPa

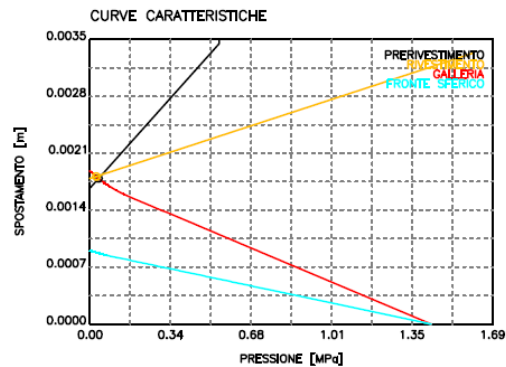
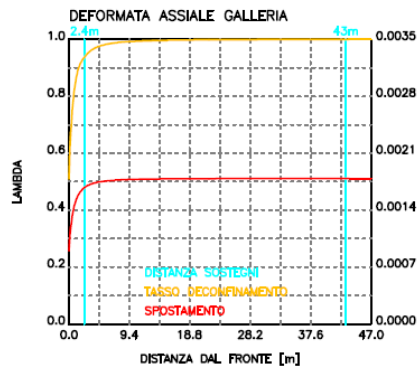
Tensioni centine piedritto (intradosso e estradosso) 2.3 2.6 MPa

RIVESTIMENTO DEFINITIVO

Calcestruzzo spessore .5 m resistenza 14.11 MPa gioco radiale 0 m

Spostamento radiale 0.0000 m

Tensione CLS 0.22 MPa



```

#####             CALCOLO GALLERIE CON METODO
#####             CONVERGENZA-CONFINAMENTO
###             SOLUTORE TRANSFER-MATRIX
###
###          #####  ##      ##      ##
###          #####  ##      ##      ##
###          #####  ##      ##      ##
#####          ##      ##      ##      ##
#####          #####  #####
                                     VERSIONE 4 (2003)
                                     ##

```

Velocizzazione linea San Gavino - Sassari - Olbia
 Galleria Bauladu
 Sezione B1

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
 VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 3
 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 N_s)
 5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m] 4.54000

PARAMETRI GEOTECNICI -----

Tensione originaria [MPa]	1.35000
Modulo di Young [MPa]	814.00000
Coefficiente di Poisson .....	.30000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m ³] ..	.00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] ..	.00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m]	4.54000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m]	4.54000
RESISTENZA ROCCIA	
Coesione picco [MPa] .....	.13400
Angolo attrito picco [°]	35.09000
Coesione residua [MPa] .....	.13400
Angolo attrito residuo [MPa]	35.09000
Angolo dilatanza [°] .....	.00000
Modulo di softening apparente H_a [MPa] .....	.00000
Modulo di softening H [MPa] .....	.00000
FRONTE DI SCAVO RINFORZATO	
Chiodatura assiale del fronte	
Area influenza chiodo [m ²]	4.32000
Resistenza a trazione chiodo [MPa]	450.00000
Sezione reagente a trazione chiodo [m ²] .....	.00157
Lunghezza chiodo [m]	6.75000
Tensione aderenza chiodo-terreno [m] .....	.35000
Perimetro sezione sfilamento chiodo [m] .....	.31400
Parametri di resistenza equivalenti del fronte rinforzato	
Coesione picco [MPa] .....	.21663
Coesione residua [MPa] .....	.21663
PRERIVESTIMENTO -----	
Distanza dal fronte alla messa in opera [m]	1.00000
Coefficiente riduzione rigidità	1.00000
Forma del presivestimento	U ROVESCIA APERTA
SPRITZ-BETON E CENTINE	
Spessore spritz [m] .....	.20000

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	108 di 193

Modulo Young spritz [MPa]	31447.00000
Coefficiente di Poisson spritz .....	.15000
Sezione centina [m ²] .....	.00456
Altezza sezione centina [m ²] .....	.16000
Posizione baricentro sezione centina [m] .....	.09000
Momento inerzia baricentrico sezione centina [m ⁴] .	.00001868
Passo centine [m]	1.00000
Modulo Young ferro centine [MPa]	210000.00000
Resistenza compressione spritz [MPa]	14.11000
Resistenza ferro centine [MPa]	261.90000

RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----	
Distanza dal fronte alla messa in opera [m]	14.00000
Spessore CLS [m] .....	.70000
Modulo Young CLS [MPa]	31447.00000
Coefficiente di Poisson CLS .....	.15000
Resistenza compressione CLS [MPa]	14.11000
Opzione calcolo rivestimento	0
[0 prerivestimenti non collaboranti a lungo termine]	
[1 prerivestimenti collaboranti a lungo termine]	
Gioco radiale posa in opera rivestimento [m] .....	.00000

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] .....	.018525
Raggio plastico galleria [m]	7.197491
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.005973
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.003890
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ...	.005372
Raggio plastico fronte sferico [m]	5.125607

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL PRERIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot	
U [m] :	.00928
LAMBDA :	.83261
Trasformazione Omotetica	
U [m] :	.01348
LAMBDA :	.93883
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica	
U [m] :	.00806
LAMBDA :	.77798
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns	
U [m] :	.00666
LAMBDA :	.68133
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica	
U [m] :	.00765
LAMBDA :	.75408

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL RIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot	
U [m] :	.01738
LAMBDA :	.98935
Trasformazione Omotetica	
U [m] :	.01850
LAMBDA :	.99974
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica	



VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO - SASSARI – OLBIA
VARIANTE DI BAULADU

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	109 di 193

U [m] : .00875
LAMBDA : .99617

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .00756
LAMBDA : .99450

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .00838
LAMBDA : .99576

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]018525
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 7.197491

PRERIVESTIMENTO -----
Raggio plastico punto di equilibrio [m] 5.23778
Pressione punto di equilibrio [MPa]25529
Spostamento punto di equilibrio [m]00875
Spostamento galleria alla messa in opera [m]00806
Convergenza radiale prerivestimento [m]00068
Tasso di deconfinamento alla messa in opera777982

MODULI APPARENTI GALLERIA (PER COEFFICIENTI DI FORMA)
E1 [MPa] 383.66392
E2 [MPa] 153.90790

COEFFICIENTI DI FORMA SPOSTAMENTI ORIZZONTALI
Piano dei centri 7.51991
Piedritto 10.96530

COEFFICIENTI DI FORMA TENSIONI
Calotta intradosso 1.46566
Calotta estradosso 1.03091
Rene intradosso84042
Rene estradosso70192
Piedritto intradosso -.09567
Piedritto estradosso 1.24840

CODICE INTERPOLAZIONE COEFFICIENTI DI FORMA 1
(0 estrapolazione 1 interpolazione)
SPRITZ-BETON E CENTINE (ANELLO CHIUSO)
Tensione spritz [MPa] 5.09623
Tensione centine [MPa] 31.58029
Coefficiente di sicurezza spritz 2.76871
Coefficiente di sicurezza centine 8.29315
Pressione rottura spritz [MPa]69572
Pressione rottura centine [MPa] 2.08389
Rigidezza spritz [MPa] 1460.00225
Rigidezza centinatura [MPa] 210.92511

SPRITZ-BETON E CENTINE (PRERIVESTIMENTO APERTO)
Spostamento orizzontale piano centri [m]0051341
Spostamento orizzontale piedritto [m]0074864
Sollecitazione Normale Calotta [MN] 1.45612
Momento Flettente Calotta [MN*m] -.00845
Tensione spriz intradosso Calotta [MPa] 7.39705
Tensione spriz estradosso Calotta [MPa] 5.26817
Tensione centine intradosso Calotta [MPa] 47.26428
Tensione centine estradosso Calotta [MPa] 35.89112
Sollecitazione Normale Piano Centri [MN]89957
Momento Flettente Piano Centri [MN*m] -.00269
Tensione spriz intradosso Piano Centri [MPa] 4.24707
Tensione spriz estradosso Piano Centri [MPa] 3.56890
Tensione centine intradosso Piano Centri [MPa] 27.68221
Tensione centine estradosso Piano Centri [MPa] 24.05919
Sollecitazione Normale Piedritto [MN]67233
Momento Flettente Piedritto [MN*m]02613
Tensione spriz intradosso Piedritto [MPa] -.41685

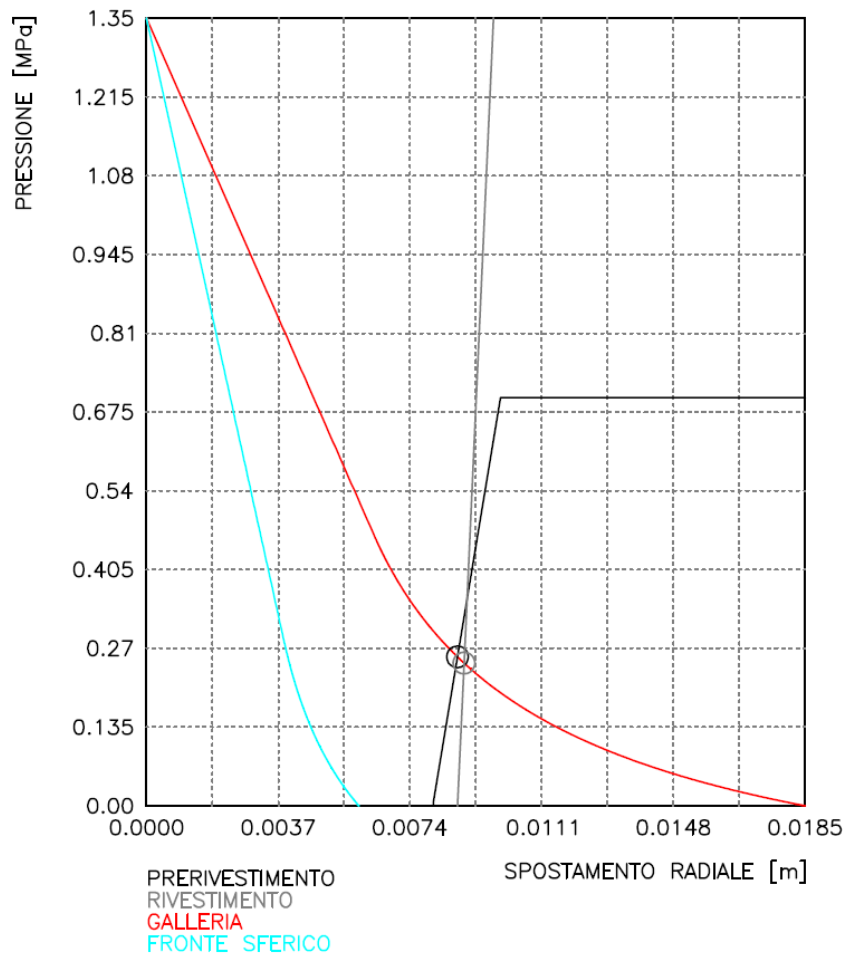
GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	110 di 193

Tensione spriz estradosso Piedritto [MPa]	6.16479
Tensione centine intradosso Piedritto [MPa]	3.80907
Tensione centine estradosso Piedritto [MPa]	38.97029
RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----	
Raggio plastico punto di equilibrio [m]	5.29128
Pressione punto di equilibrio [MPa] .....	.24470
Spostamento punto di equilibrio [MPa] .....	.00893
Spostamento galleria alla messa in opera [m] .....	.00875
Convergenza radiale rivestimento [m] .....	.00018
Tensione CLS [MPa]	1.65024
Coefficiente di sicurezza CLS	8.55027
Pressione rottura CLS [MPa]	2.09227
Rigidità anello CLS [MPa]	5778.44365
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.996172

Velocizzazione linea San Gavino – Sassari – Olbia
Galleria Bauladu
Sezione B1

CURVE CARATTERISTICHE





VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO - SASSARI – OLBIA
VARIANTE DI BAULADU

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	112 di 193

Velocizzazione linea San Gavino – Sassari – Olbia
Galleria Bauladu
Sezione B1

ELABORATO RIASSUNTIVO DELL'ANALISI

Tipo di analisi: calcolo accoppiato fronte-galleria – Nuovo Metodo Implicito (spostamento fronte soluzione cavità sferica)
Calcolo curve caratteristiche: SOLUZIONI TRANSFER-MATRIX

DIAMETRO DELLA GALLERIA: 9.08 m

PARAMETRI ROCCIA

E: 814 MPa Ni: .3 GAMMA: 0 kN/m³ SIGMA0: 1.35 MPa
Tipo di criterio di resistenza: MOHR-COULOMB

RESISTENZA	RESISTENZA A LUNGO TERMINE
PHi picco: 35.09 °	PHi picco: .001 °
C picco: .134 MPa	C picco: .000001 MPa
PHi residuo: 35.09 °	PHi residuo: .001 °
C residuo: .134 MPa	C residuo: .000001 MPa
PSi: 0 °	PSi: 0 °
H apparente: 0 MPa	H apparente: 0 MPa

PRECONSOLIDAMENTO FRONTE DI SCAVO

Chiodatura assiale con barre sezione .00157 m² incidenza .23148141
Ulteriore miglioramento fronte – incremento Cp 0 MPa – pressione sul

PRERIVESTIMENTO

Spritz-Beton spessore .2 m resistenza 14.11 MPa centine sezione .00456 m² passo 1 m resistenza 261.9 MPa

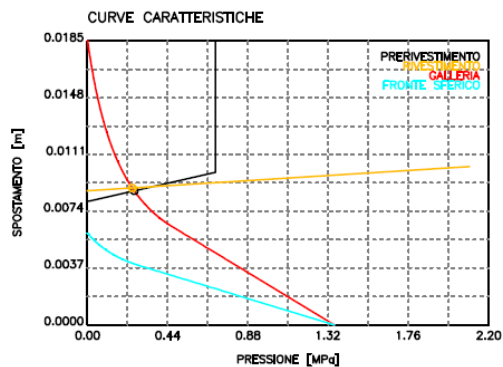
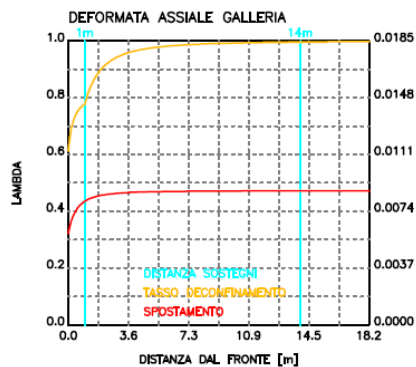
Spostamento radiale prerivestimento circolare chiuso .0007 m

TENSIONI PRERIVESTIMENTO CIRCOLARE CHIUSO

Spritz-beton 5.1 MPa Centine 31.6 MPa
SPRITZ BETON E CENTINE – RISULTATO CALCOLO SEZIONE A U ROVESCIA
Spostamento orizz. piano centri 0.0051 m
Spostamento orizz. piedritto 0.0075 m
Tensioni spritz calotta (intradosso e estradosso) 7.4 5.3 MPa
Tensioni spritz piano centri (intradosso e estradosso) 4.2 3.6 MPa
Tensioni spritz piedritto (intradosso e estradosso) -0.4 6.2 MPa
Tensioni centine calotta (intradosso e estradosso) 47.3 35.9 MPa
Tensioni centine piano centri (intradosso e estradosso) 27.7 24.1 MPa
Tensioni centine piedritto (intradosso e estradosso) 3.8 39.0 MPa

RIVESTIMENTO DEFINITIVO

Calcestruzzo spessore .7 m resistenza 14.11 MPa gioco radiale 0 m
Spostamento radiale 0.0002 m
Tensione CLS 1.65 MPa





VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO - SASSARI – OLBIA
VARIANTE DI BAULADU

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	113 di 193

```

#####
#####
###
###
### ##### ## ## ##
### ##### ## ## ##
### ##### ## ## ##
##### ## ## ## ##
##### #####
#####

```

CALCOLO GALLERIE CON METODO
CONVERGENZA-CONFINAMENTO
SOLUTORE TRANSFER-MATRIX

VERSIONE 4 (2003)

Velocizzazione linea San Gavino - Sassari - Olbia
Galleria Bauladu - Uscita di emergenza N°1
Sezione A0

- TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 3
- 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]	2.42000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa] .....	.91000
Modulo di Young [MPa]	6067.00000
Coefficiente di Poisson .....	.30000
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]	2.42000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m]	2.42000
RESISTENZA ROCCIA -----	
Coesione picco [MPa] .....	.31000
Angolo attrito picco [°]	55.56000
Coesione residua [MPa] .....	.31000
Angolo attrito residuo [MPa]	55.56000
Angolo dilatanza [°] .....	.00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa] .....	.00000
Modulo di softening H [MPa] .....	.00000
PRERIVESTIMENTO -----	
Distanza dal fronte alla messa in opera [m]	3.00000
Coefficiente riduzione rigidità	1.00000
Forma del presivestimento	U ROVESCIA APERTA
BARRE AD ADERENZA CONTINUA -----	
Modulo di Young [MPa]	210000.00000
Resistenza a trazione [MPa]	391.30000
Tensione tesatura iniziale [MPa] .....	.00000
Lunghezza [m]	3.00000
Sezione reagente [m2] .....	.00045
Spaziatura circonferenziale [°]	50.00000
Spaziatura longitudinale [MPa]	2.00000
Coesione interfaccia barra-roccia [MPa] .....	.35000
Angolo attrito interfaccia barra-roccia [°] .....	.00000
Perimetro sezione sfilamento [m] .....	.15700
Opzione dispositivo di ripartizione	0

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	114 di 193

[0 dispositivo di ripartizione assente]	
Distanza dal fronte attivazione barre [m]	6.00000
SPRITZ-BETON E CENTINE	
Spessore spritz [m] .....	.10000
Modulo Young spritz [MPa]	31447.00000
Coefficiente di Poisson spritz .....	.15000
Sezione centina [m ²] .....	.00000
Altezza sezione centina [m ²] .....	.00000
Posizione baricentro sezione centina [m] .....	.00000
Momento inerzia baricentrico sezione centina [m ⁴] .	.00000000
Passo centine [m] .....	.00000
Modulo Young ferro centine [MPa] .....	.00000
Resistenza compressione spritz [MPa]	14.11000
Resistenza ferro centine [MPa] .....	.00000
RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----	
Distanza dal fronte alla messa in opera [m]	14.00000
Spessore CLS [m] .....	.40000
Modulo Young CLS [MPa]	31447.00000
Coefficiente di Poisson CLS .....	.15000
Resistenza compressione CLS [MPa]	14.11000
Opzione calcolo rivestimento	0
[0 prerivestimenti non collaboranti a lungo termine]	
[1 prerivestimenti collaboranti a lungo termine]	
Gioco radiale posa in opera rivestimento [m] .....	.00000

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] .....	.000469
Raggio plastico galleria [m]	2.420000
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.000236
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.000136
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ...	.000136
Raggio plastico fronte sferico [m]	2.420000

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL PRERIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot	
U [m] :	.00043
LAMBDA :	.91871
Trasformazione Omotetica	
U [m] :	.00046
LAMBDA :	.97236
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica	
U [m] :	.00046
LAMBDA :	.98118
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns	
U [m] :	.00046
LAMBDA :	.97319
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica	
U [m] :	.00046
LAMBDA :	.97319

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL RIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot	
U [m] :	.00047
LAMBDA :	.99198
Trasformazione Omotetica	

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	115 di 193

U [m] : .00047
LAMBDA : .99995

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica

U [m] : .00047
LAMBDA : .99890

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .00047
LAMBDA : .99843

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .00047
LAMBDA : .99843

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DELLE BARRE PASSIVE -----

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .00046
LAMBDA : .96809

Trasformazione Omotetica

U [m] : .00047
LAMBDA : .99636

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica

U [m] : .00047
LAMBDA : .99430

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .00047
LAMBDA : .99188

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .00047
LAMBDA : .99188

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] .....	.000469
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	2.420000
Pressione fine calcolo (L.T.) [MPa] .....	.000000
Spost. radiale galleria fine calcolo (L.T.) [m] ...	.000470
Raggio plastico galleria fine calcolo (L.T.) [m] ..	2.420000

PRERIVESTIMENTO -----

Raggio plastico punto di equilibrio [m]	2.42000
Pressione punto di equilibrio [MPa] .....	.00450
Spostamento punto di equilibrio [m] .....	.00047
Spostamento galleria alla messa in opera [m] .....	.00046
Convergenza radiale prerivestimento [m] .....	.00001
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.981178

BARRE AD ADERENZA CONTINUA -----

Fattore di sicurezza rottura a trazione	9.52566
Fattore di sicurezza sfilamento .....	.97913
Spostamento galleria alla messa in opera [m] .....	.00047
Convergenza radiale barre [m] .....	.00000
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.994303

MODULI APPARENTI GALLERIA (PER COEFFICIENTI DI FORMA)

E1 [MPa]	6099.55758
E2 [MPa]	6090.62013

COEFFICIENTI DI FORMA SPOSTAMENTI ORIZZONTALI

Piano dei centri .....	.90607
Piedritto	1.22639

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	116 di 193

COEFFICIENTI DI FORMA TENSIONI

Calotta intradosso	1.07990
Calotta estradosso	1.02529
Rene intradosso .....	.77166
Rene estradosso .....	.70137
Piedritto intradosso .....	.24703
Piedritto estradosso .....	.37978

CODICE INTERPOLAZIONE COEFFICIENTI DI FORMA 0

(0 estrapolazione 1 interpolazione)

SPRITZ-BETON E CENTINE (ANELLO CHIUSO)

Tensione spritz [MPa] .....	.09089
Tensione centine [MPa] .....	.00000
Coefficiente di sicurezza spritz	155.23473
Coefficiente di sicurezza centine	1000.00000
Pressione rottura spritz [MPa] .....	.57101
Pressione rottura centine [MPa] .....	.00000
Rigidezza spritz [MPa]	1366.98978
Rigidezza centinatura [MPa] .....	.00000

SPRITZ-BETON E CENTINE (PRERIVESTIMENTO APERTO)

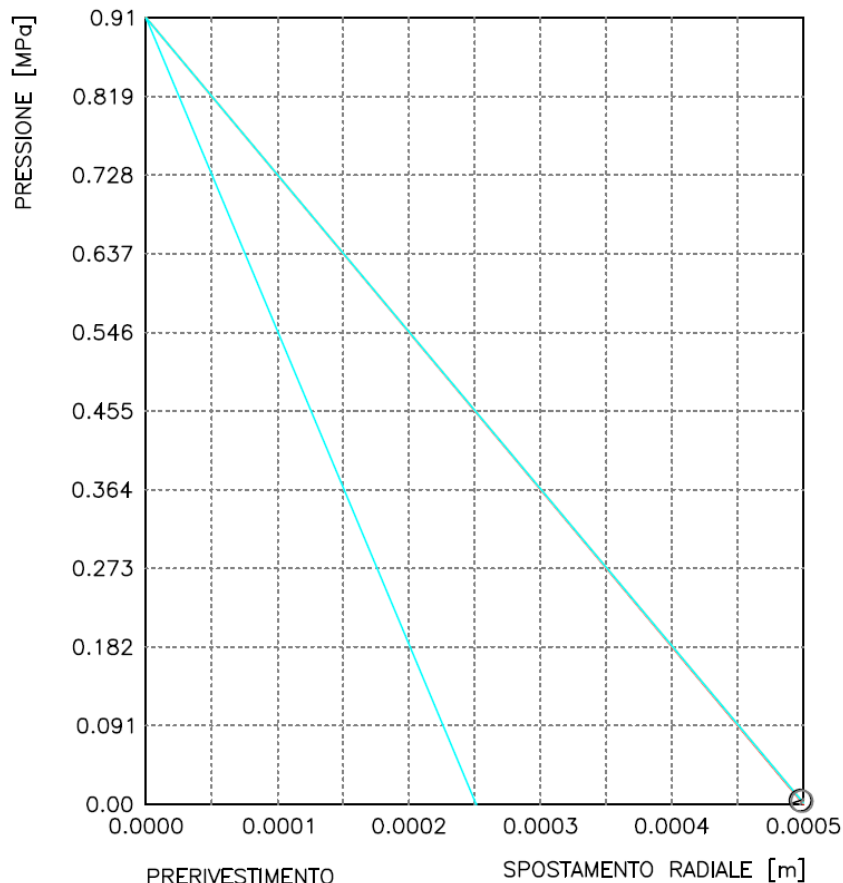
Spostamento orizzontale piano centri [m] .....	.0000059
Spostamento orizzontale piedritto [m] .....	.0000080
Sollecitazione Normale Calotta [MN] .....	.00957
Momento Flettente Calotta [MN*m] .....	.00000
Tensione spriz intradosso Calotta [MPa] .....	.09816
Tensione spriz estradosso Calotta [MPa] .....	.09319
Tensione centine intradosso Calotta [MPa] .....	.00000
Tensione centine estradosso Calotta [MPa] .....	.00000
Sollecitazione Normale Piano Centri [MN] .....	.00669
Momento Flettente Piano Centri [MN*m]	-.00001
Tensione spriz intradosso Piano Centri [MPa] .....	.07014
Tensione spriz estradosso Piano Centri [MPa] .....	.06375
Tensione centine intradosso Piano Centri [MPa] .....	.00000
Tensione centine estradosso Piano Centri [MPa] .....	.00000
Sollecitazione Normale Piedritto [MN] .....	.00285
Momento Flettente Piedritto [MN*m] .....	.00001
Tensione spriz intradosso Piedritto [MPa] .....	.02245
Tensione spriz estradosso Piedritto [MPa] .....	.03452
Tensione centine intradosso Piedritto [MPa] .....	.00000
Tensione centine estradosso Piedritto [MPa] .....	.00000

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----

Raggio plastico punto di equilibrio [m]	2.42000
Pressione punto di equilibrio [MPa] .....	.00339
Spostamento punto di equilibrio [MPa] .....	.00047
Spostamento galleria alla messa in opera [m] .....	.00047
Convergenza radiale rivestimento [m] .....	.00000
Tensione CLS [MPa] .....	.02149
Coefficiente di sicurezza CLS	656.65824
Pressione rottura CLS [MPa]	2.22304
Rigidezza anello CLS [MPa]	6221.75892
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.998895

Velocizzazione linea San Gavino – Sassari – Olbia
Galleria Bauladu – Uscita di emergenza N°1
Sezione A0

CURVE CARATTERISTICHE



PRERIVESTIMENTO
RIVESTIMENTO
GALLERIA
GALLERIA (NO CHIODATURA – NO GROUTING)
FRONTE SFERICO

Tipo di analisi: calcolo accoppiato fronte-galleria – Nuovo Metodo Implicito (spostamento fronte soluzione cavità sferica)
Calcolo curve caratteristiche: SOLUZIONI TRANSFER-MATRIX

DIAMETRO DELLA GALLERIA: 4.84 m

PARAMETRI ROCCIA

E: 6067 MPa ν : .3 GAMMA: 0 kN/m³ SIGMA0: .91 MPa
Tipo di criterio di resistenza: MOHR-COULOMB

RESISTENZA	RESISTENZA A LUNGO TERMINE
PHi piccolo: 55.56 °	PHi piccolo: .001 °
C piccolo: .31 MPa	C piccolo: .000001 MPa
PHi residuo: 55.56 °	PHi residuo: .001 °
C residuo: .31 MPa	C residuo: .000001 MPa
PSi: 0 °	PSi: 0 °
H apparente: 0 MPa	H apparente: 0 MPa

PRERIVESTIMENTO

Spritz-Beton spessore .1 m resistenza 14.11 MPa
Chiodi ad aderenza continua sezione .000452 m² lunghezza 3 m incidenza 0.24 chiodi/m²

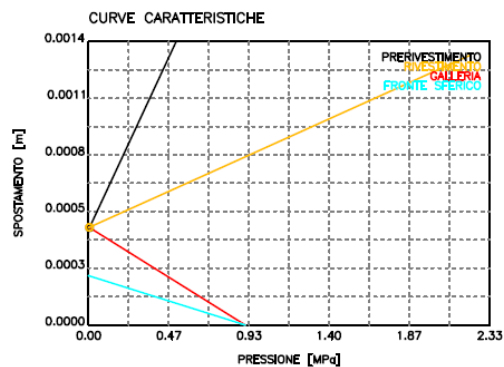
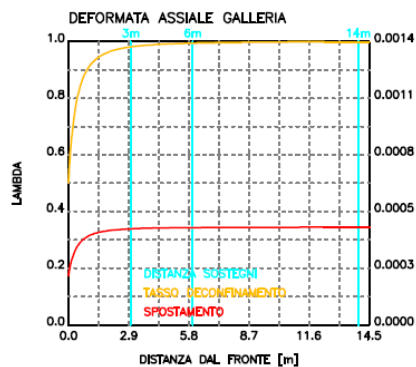
Spostamento radiale prerivestimento circolare chiuso . m

TENSIONI PRERIVESTIMENTO CIRCOLARE CHIUSO

Spritz-beton 0.1 MPa
Fattore sicurezza effilamento chiodatura 0.98
Fattore sicurezza a trazione chiodatura 9.53
SPRITZ BETON E CENTINE – RISULTATO CALCOLO SEZIONE A U ROVESCIA
Spostamento orizz. piano centri 0.0 m
Spostamento orizz. piedritto 0.0 m
Tensioni spritz calotta (intradosso e estradosso) 0.1 0.1 MPa
Tensioni spritz piano centri (intradosso e estradosso) 0.1 0.1 MPa
Tensioni spritz piedritto (intradosso e estradosso) 0.0 0.0 MPa

RIVESTIMENTO DEFINITIVO

Calcestruzzo spessore .4 m resistenza 14.11 MPa gioco radiale 0 m
Spostamento radiale 0.0000 m
Tensione CLS 0.02 MPa





VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO - SASSARI - OLBIA
VARIANTE DI BAULADU

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA -
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	119 di 193

```

#####
#####
###
###
### ##### ## ## ##
### ##### ## ## ##
### ##### ## ## ##
##### ## ## ## ##
##### #####
#####

```

CALCOLO GALLERIE CON METODO
CONVERGENZA-CONFINAMENTO
SOLUTORE TRANSFER-MATRIX

VERSIONE 4 (2003)

Velocizzazione linea San Gavino - Sassari - Olbia
Galleria Bauladu - Uscita di emergenza N°1
Sezione A1

- TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 3
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]	2.45000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	.91000
Modulo di Young [MPa]	4408.00000
Coefficiente di Poisson	.00000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3]	.00000
RESISTENZA ROCCIA	
Coesione picco [MPa]	.22100
Angolo attrito picco [deg]	51.00000
Coesione residua [MPa]	.22100
Angolo attrito residuo [deg]	51.00000
Angolo dilatanza [deg]	.00000
PRERIVESTIMENTO -----	
Distanza dal fronte alla messa in opera [m]	2.80000
Coefficiente riduzione rigidità	1.00000
Forma del prerivestimento	U ROVESCIA APERTA
SPRITZ-BETON E CENTINE	
Spessore spritz [m]	.15000
Modulo Young spritz [MPa]	31447.00000
Coefficiente di Poisson spritz	.15000
Sezione centina [m2]	.36400
Altezza sezione centina [m2]	.14000
Posizione baricentro sezione centina [m]	.07000
Momento inerzia baricentrico sezione centina [m4]	.00001144
Passo centine [m]	1.40000
Modulo Young ferro centine [MPa]	210000.00000
Resistenza compressione spritz [MPa]	14.11000
Resistenza ferro centine [MPa]	261.90000
RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----	
Distanza dal fronte alla messa in opera [m]	15.00000
Spessore CLS [m]	.40000
Modulo Young CLS [MPa]	31447.00000
Coefficiente di Poisson CLS	.15000
Resistenza compressione CLS [MPa]	7.00000
Opzione calcolo rivestimento	0
[0 prerivestimenti non collaboranti a lungo termine]	
[1 prerivestimenti collaboranti a lungo termine]	



VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO - SASSARI – OLBIA
VARIANTE DI BAULADU

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	120 di 193

Gioco radiale posa in opera rivestimento [m]00000

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 galleria non sostenuta [MPa] ..	.000000
Spostamento radiale galleria non sostenuta [m] ....	.000521
Raggio plastico galleria non sostenuta [m]	2.559359
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.000253
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.000167
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ...	.000151
Raggio plastico fronte sferico [m]	2.463069

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL PRERIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .00047
LAMBDA : .92970

Trasformazione Omotetica

U [m] : .00050
LAMBDA : .97986

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .00049
LAMBDA : .96535

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .00048
LAMBDA : .95339

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .00048
LAMBDA : .95103

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL RIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .00052
LAMBDA : .99567

Trasformazione Omotetica

U [m] : .00052
LAMBDA : .99998

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .00049
LAMBDA : .99869

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .00049
LAMBDA : .99824

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .00049
LAMBDA : .99815

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] .....	.000521
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	2.559359

PRERIVESTIMENTO -----

Raggio plastico al punto di equilibrio [m]	2.50655
Pressione al punto di equilibrio [MPa] .....	.02801
Spostamento al punto di equilibrio [m] .....	.00049
Spostamento alla messa in opera [m] .....	.00049
Convergenza radiale prerivestimento [m] .....	.00000

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
 Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	121 di 193

Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.965350
MODULI APPARENTI GALLERIA (PER COEFFICIENTI DI FORMA)	
E1 [MPa]	3086.32309
E2 [MPa]	2603.16534
COEFFICIENTI DI FORMA SPOSTAMENTI ORIZZONTALI	
Piano dei centri	6.40746
Piedritto	9.80680
COEFFICIENTI DI FORMA TENSIONI	
Calotta intradosso	1.46358
Calotta estradosso	1.00671
Rene intradosso .....	.90051
Rene estradosso .....	.77311
Piedritto intradosso	-.39427
Piedritto estradosso	1.61723
CODICE INTERPOLAZIONE COEFFICIENTI DI FORMA	0
(0 estrapolazione 1 interpolazione)	
SPRITZ-BETON E CENTINE (ANELLO CHIUSO)	
Tensione spritz [MPa] .....	.03946
Tensione centine [MPa] .....	.23957
Coefficiente di sicurezza spritz	357.62199
Coefficiente di sicurezza centine	1093.22777
Pressione rottura spritz [MPa]	9.92937
Pressione rottura centine [MPa]	30.35345
Rigidezza spritz [MPa]	2052.67389
Rigidezza centinatura [MPa]	22285.71429
SPRITZ-BETON E CENTINE (PRERIVESTIMENTO APERTO)	
Spostamento orizzontale piano centri [m] .....	.0000179
Spostamento orizzontale piedritto [m] .....	.0000274
Sollecitazione Normale Calotta [MN/m] .....	.12134
Momento Flettente Calotta [MN*m/m]	-.00040
Tensione spriz intradosso Calotta [MPa] .....	.11311
Tensione spriz estradosso Calotta [MPa]	-.01345
Tensione centine intradosso Calotta [MPa] .....	.69901
Tensione centine estradosso Calotta [MPa]	-.08979
Sollecitazione Normale Piano Centri [MN/m] .....	.08221
Momento Flettente Piano Centri [MN*m/m]	-.00011
Tensione spriz intradosso Piano Centri [MPa] .....	.04986
Tensione spriz estradosso Piano Centri [MPa] .....	.01457
Tensione centine intradosso Piano Centri [MPa] .....	.31725
Tensione centine estradosso Piano Centri [MPa] .....	.09728
Sollecitazione Normale Piedritto [MN/m] .....	.06007
Momento Flettente Piedritto [MN*m/m] .....	.00176
Tensione spriz intradosso Piedritto [MPa]	-.27295
Tensione spriz estradosso Piedritto [MPa] .....	.28425
Tensione centine intradosso Piedritto [MPa]	-1.57467
Tensione centine estradosso Piedritto [MPa]	1.89822
RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----	
Raggio plastico al punto di equilibrio [m]	2.52160
Pressione al punto di equilibrio [MPa] .....	.01955
Spostamento al punto di equilibrio [m] .....	.00050
Spostamento galleria alla messa in opera [m] .....	.00049
Convergenza radiale rivestimento [m] .....	.00001
Tensione CLS [MPa] .....	.12309
Coefficiente di sicurezza	56.86770
Pressione rottura anello CLS [MPa]	1.11153
Rigidezza anello CLS [MPa]	6281.95887
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.998688

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	122 di 193

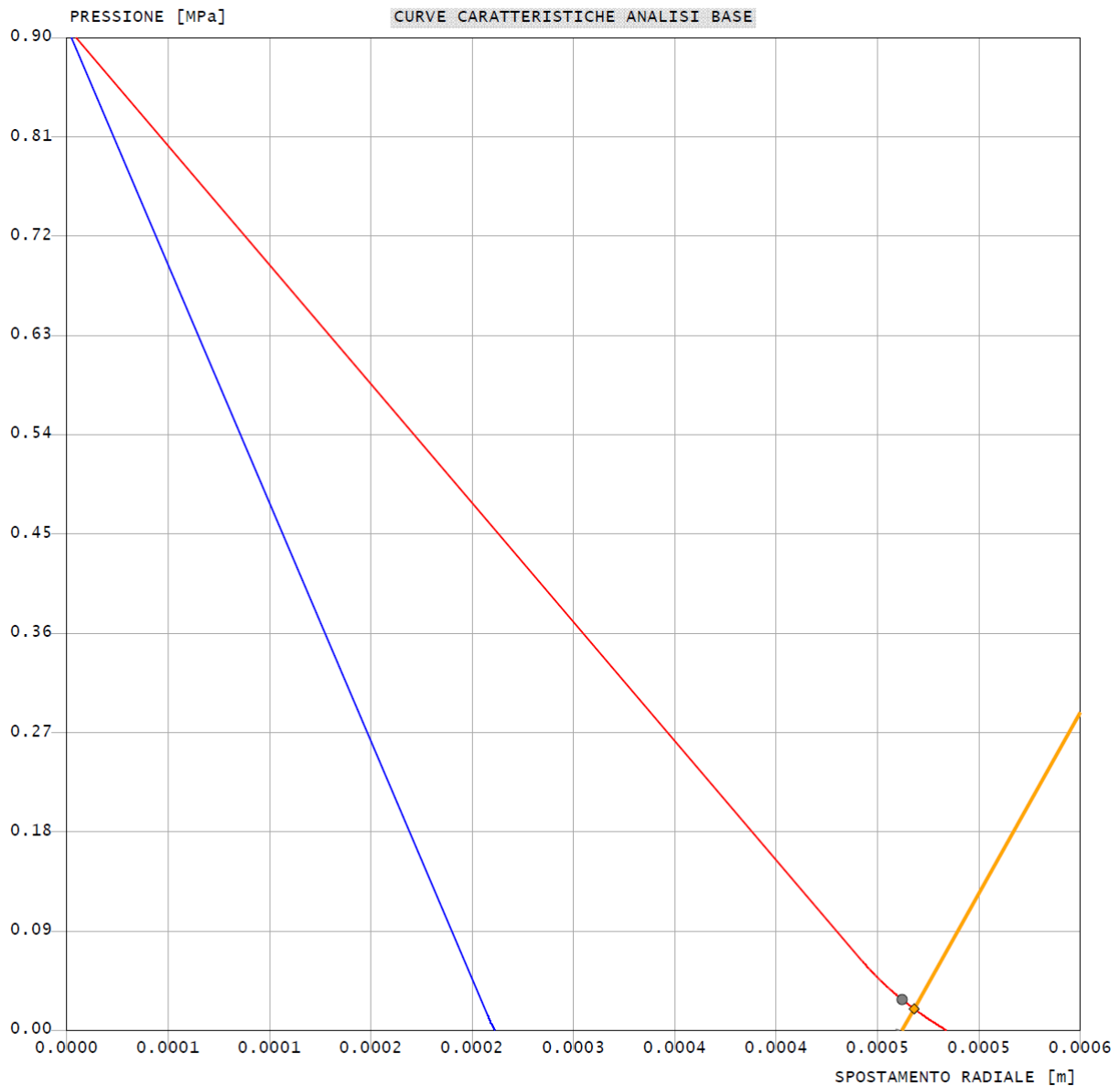
Velocizzazione linea San Gavino - Sassari - Olbia
Galleria Bauladu - Uscita di emergenza N°1
Sezione A1

criterio di resistenza: MOHR COULOMB

Pressione Prerivestimento [MPa]: 0.03

Pressione Rivestimento [MPa]: 0.02

— GALLERIA B.T.
— GALLERIA L.T.
— FRONTE SFERICO
— PRERIVESTIMENTO
— RIVESTIMENTO





VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO - SASSARI – OLBIA
VARIANTE DI BAULADU

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	123 di 193

Velocizzazione linea San Gavino - Sassari - Olbia
Galleria Bauladu - Uscita di emergenza N°1
Sezione A1

tipo di analisi: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA: NMI cavità sferica
calcolo curve caratteristiche: SOLUZIONI CHIUSE
sagoma prerivestimento: U ROVESCIA APERTA
diametro della galleria [m]: 4.9

PARAMETRI ROCCIA

E: 4408 MPa NI: 0 GAMMA: 0 kN/m³ SIGMAD: .91 MPa

Tipo di criterio di resistenza: MOHR-COULOMB

RESISTENZA A BREVE TERMINE

PHI picco [°]: 51
C picco [MPa]: .221
PHI residuo [°]: 51
C residuo [MPa]: .221
PSI [°]: 0

PRERIVESTIMENTO

Spritz Beton spessore .15 m resistenza 14.11 MPa centine sezione .364 m² passo 1.4 m resistenza 261.9 MPa
Spostamento radiale prerivestimento circolare chiuso: 0.00000
Tensioni prerivestimento circolare chiuso: spritz-beton 0.0 MPa centine 0.2 MPa

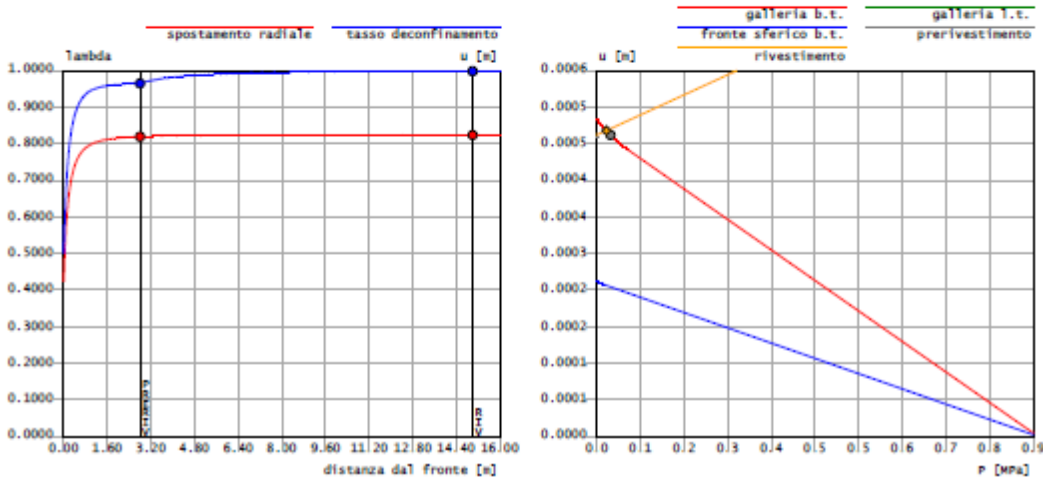
SPRITZ BETON E CENTINE - RISULTATO CALCOLO SEZIONE A U ROVESCIA

spostamento orizz. piano centri [m]: 0.00002
spostamento orizz. piedritto [m]: 0.00003

tensione spritz [MPa]	calotta intr./estr.	piano centri intr./estr.	piedritto intr./estr.
	0.1 / 0.0	0.0 / 0.0	-0.3 / 0.3
tensione centine [MPa]	calotta intr./estr.	piano centri intr./estr.	piedritto intr./estr.
	0.7 / -0.1	0.3 / 0.1	-1.6 / 1.9

RIVESTIMENTO DEFINITIVO

Calcestruzzo spessore .4 m resistenza 7 MPa gioco radiale 0 m
Spostamento radiale [m]:0.00001 Tensione [MPa]:0.1





VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO - SASSARI – OLBIA
VARIANTE DI BAULADU

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	124 di 193

```

#####
#####
###
###
### ##### ## ## ##
### ##### ## ## ##
### ##### ## ## ##
##### ## ## ## ##
##### #####
#####

```

CALCOLO GALLERIE CON METODO
CONVERGENZA-CONFINAMENTO
SOLUTORE TRANSFER-MATRIX

VERSIONE 4 (2003)

Velocizzazione linea San Gavino - Sassari - Olbia
Galleria Bauladu - Uscita di emergenza N°2
Sezione A0

- TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 3
- 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 N_s)
 - 5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m]	2.42000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	1.43000
Modulo di Young [MPa]	6067.00000
Coefficiente di Poisson .....	.30000
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]	2.42000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m]	2.42000
RESISTENZA ROCCIA -----	
Coesione picco [MPa] .....	.38800
Angolo attrito picco [°]	52.59000
Coesione residua [MPa] .....	.38800
Angolo attrito residuo [MPa]	52.59000
Angolo dilatanza [°] .....	.00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa] .....	.00000
Modulo di softening H [MPa] .....	.00000
PRERIVESTIMENTO -----	
Distanza dal fronte alla messa in opera [m]	3.00000
Coefficiente riduzione rigidità	1.00000
Forma del presivestimento	U ROVESCIA APERTA
BARRE AD ADERENZA CONTINUA -----	
Modulo di Young [MPa]	210000.00000
Resistenza a trazione [MPa]	391.30000
Tensione tesatura iniziale [MPa] .....	.00000
Lunghezza [m]	3.00000
Sezione reagente [m2] .....	.00045
Spaziatura circonferenziale [°]	50.00000
Spaziatura longitudinale [MPa]	2.00000
Coesione interfaccia barra-roccia [MPa] .....	.35000
Angolo attrito interfaccia barra-roccia [°] .....	.00000
Perimetro sezione sfilamento [m] .....	.15700
Opzione dispositivo di ripartizione	0

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	125 di 193

[0 dispositivo di ripartizione assente]	
Distanza dal fronte attivazione barre [m]	6.00000
SPRITZ-BETON E CENTINE	
Spessore spritz [m] .....	.10000
Modulo Young spritz [MPa]	31447.00000
Coefficiente di Poisson spritz .....	.15000
Sezione centina [m ²] .....	.00000
Altezza sezione centina [m ²] .....	.00000
Posizione baricentro sezione centina [m] .....	.00000
Momento inerzia baricentrico sezione centina [m ⁴] .	.000000000
Passo centine [m] .....	.00000
Modulo Young ferro centine [MPa] .....	.00000
Resistenza compressione spritz [MPa]	14.11000
Resistenza ferro centine [MPa] .....	.00000
RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----	
Distanza dal fronte alla messa in opera [m]	14.00000
Spessore CLS [m] .....	.40000
Modulo Young CLS [MPa]	31447.00000
Coefficiente di Poisson CLS .....	.15000
Resistenza compressione CLS [MPa]	14.11000
Opzione calcolo rivestimento	0
[0 prerivestimenti non collaboranti a lungo termine]	
[1 prerivestimenti collaboranti a lungo termine]	
Gioco radiale posa in opera rivestimento [m] .....	.00000

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] .....	.000744
Raggio plastico galleria [m]	2.481182
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.000370
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.000249
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ...	.000216
Raggio plastico fronte sferico [m]	2.420000

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL PRERIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot	
U [m] :	.00068
LAMBDA :	.92228
Trasformazione Omotetica	
U [m] :	.00072
LAMBDA :	.97751
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica	
U [m] :	.00072
LAMBDA :	.97796
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns	
U [m] :	.00072
LAMBDA :	.96997
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica	
U [m] :	.00072
LAMBDA :	.96769

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL RIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot	
U [m] :	.00074
LAMBDA :	.99364
Trasformazione Omotetica	

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	126 di 193

U [m] : .00074
LAMBDA : .99996

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica

U [m] : .00074
LAMBDA : .99869

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .00074
LAMBDA : .99822

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .00073
LAMBDA : .99808

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DELLE BARRE PASSIVE -----

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .00072
LAMBDA : .97284

Trasformazione Omotetica

U [m] : .00074
LAMBDA : .99722

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica

U [m] : .00073
LAMBDA : .99328

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .00073
LAMBDA : .99085

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .00073
LAMBDA : .99016

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] .....	.000744
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	2.481182
Pressione fine calcolo (L.T.) [MPa] .....	.000000
Spost. radiale galleria fine calcolo (L.T.) [m] ...	.000744
Raggio plastico galleria fine calcolo (L.T.) [m] ..	2.481182

PRERIVESTIMENTO -----

Raggio plastico punto di equilibrio [m]	2.47085
Pressione punto di equilibrio [MPa] .....	.00944
Spostamento punto di equilibrio [m] .....	.00074
Spostamento galleria alla messa in opera [m] .....	.00072
Convergenza radiale prerivestimento [m] .....	.00001
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.977956

BARRE AD ADERENZA CONTINUA -----

Fattore di sicurezza rottura a trazione	16114.59850
Fattore di sicurezza sfilamento	21.80407
Spostamento galleria alla messa in opera [m] .....	.00074
Convergenza radiale barre [m] .....	.00001
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.993283

MODULI APPARENTI GALLERIA (PER COEFFICIENTI DI FORMA)

E1 [MPa]	4947.59901
E2 [MPa]	4545.41823

COEFFICIENTI DI FORMA SPOSTAMENTI ORIZZONTALI

Piano dei centri	1.04625
Piedritto	1.38549

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	127 di 193

COEFFICIENTI DI FORMA TENSIONI

Calotta intradosso	1.12953
Calotta estradosso	1.05225
Rene intradosso .....	.75267
Rene estradosso .....	.68881
Piedritto intradosso .....	.27530
Piedritto estradosso .....	.39931

CODICE INTERPOLAZIONE COEFFICIENTI DI FORMA 0

(0 estrapolazione 1 interpolazione)

SPRITZ-BETON E CENTINE (ANELLO CHIUSO)

Tensione spritz [MPa] .....	.19540
Tensione centine [MPa] .....	.00000
Coefficiente di sicurezza spritz	72.20925
Coefficiente di sicurezza centine	1000.00000
Pressione rottura spritz [MPa] .....	.57101
Pressione rottura centine [MPa] .....	.00000
Rigidezza spritz [MPa]	1366.98978
Rigidezza centinatura [MPa] .....	.00000

SPRITZ-BETON E CENTINE (PRERIVESTIMENTO APERTO)

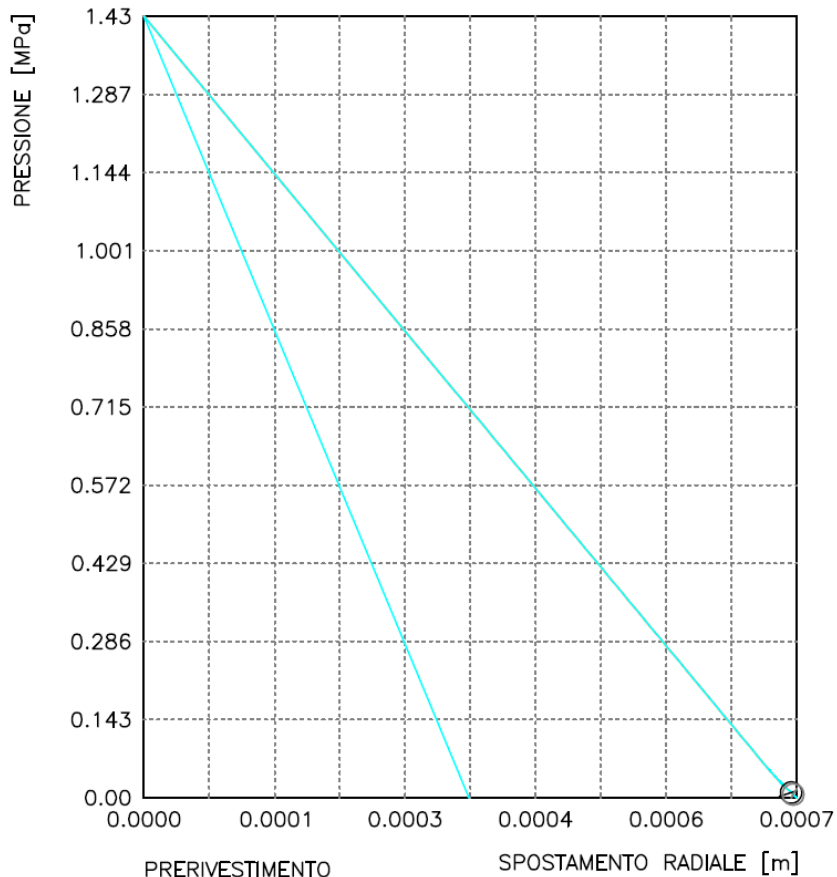
Spostamento orizzontale piano centri [m] .....	.0000146
Spostamento orizzontale piedritto [m] .....	.0000194
Sollecitazione Normale Calotta [MN] .....	.02132
Momento Flettente Calotta [MN*m]	-.00001
Tensione spriz intradosso Calotta [MPa] .....	.22071
Tensione spriz estradosso Calotta [MPa] .....	.20561
Tensione centine intradosso Calotta [MPa] .....	.00000
Tensione centine estradosso Calotta [MPa] .....	.00000
Sollecitazione Normale Piano Centri [MN] .....	.01408
Momento Flettente Piano Centri [MN*m]	-.00001
Tensione spriz intradosso Piano Centri [MPa] .....	.14707
Tensione spriz estradosso Piano Centri [MPa] .....	.13460
Tensione centine intradosso Piano Centri [MPa] .....	.00000
Tensione centine estradosso Piano Centri [MPa] .....	.00000
Sollecitazione Normale Piedritto [MN] .....	.00659
Momento Flettente Piedritto [MN*m] .....	.00002
Tensione spriz intradosso Piedritto [MPa] .....	.05379
Tensione spriz estradosso Piedritto [MPa] .....	.07803
Tensione centine intradosso Piedritto [MPa] .....	.00000
Tensione centine estradosso Piedritto [MPa] .....	.00000

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----

Raggio plastico punto di equilibrio [m]	2.47085
Pressione punto di equilibrio [MPa] .....	.00609
Spostamento punto di equilibrio [MPa] .....	.00074
Spostamento galleria alla messa in opera [m] .....	.00074
Convergenza radiale rivestimento [m] .....	.00000
Tensione CLS [MPa] .....	.03868
Coefficiente di sicurezza CLS	364.79127
Pressione rottura CLS [MPa]	2.22304
Rigidezza anello CLS [MPa]	6221.75892
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.998692

Velocizzazione linea San Gavino – Sassari – Olbia
Galleria Bauladu – Uscita di emergenza N°2
Sezione A0

CURVE CARATTERISTICHE



PRERIVESTIMENTO
RIVESTIMENTO
GALLERIA
GALLERIA (NO CHIODATURA – NO GROUTING)
FRONTE SFERICO



VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO - SASSARI – OLBIA
VARIANTE DI BAULADU

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	129 di 193

Velocizzazione linea San Gavino – Sassari – Olbia
Galleria Bauladu – Uscita di emergenza N°2
Sezione A0

ELABORATO RIASSUNTIVO DELL'ANALISI

Tipo di analisi: calcolo accoppiato fronte-galleria – Nuovo Metodo Implicito (spostamento fronte soluzione cavità sferica)
Calcolo curve caratteristiche: SOLUZIONI TRANSFER-MATRIX

DIAMETRO DELLA GALLERIA: 4.84 m

PARAMETRI ROCCIA

E: 6087 MPa ν : .3 γ : 0 kN/m³ σ_{max} : 1.43 MPa
Tipo di criterio di resistenza: MOHR-COULOMB

RESISTENZA	RESISTENZA A LUNGO TERMINE
PHI piccolo: 52.59 °	PHI piccolo: .001 °
C piccolo: .388 MPa	C piccolo: .000001 MPa
PHI residuo: 52.59 °	PHI residuo: .001 °
C residuo: .388 MPa	C residuo: .000001 MPa
PSI: 0 °	PSI: 0 °
H apparente: 0 MPa	H apparente: 0 MPa

PRERIVESTIMENTO

Spritz-Beton spessore .1 m resistenza 14.11 MPa
Chiodi ad aderenza continua sezione .000452 m² lunghezza 3 m incidenza 0.24 chiodi/m²

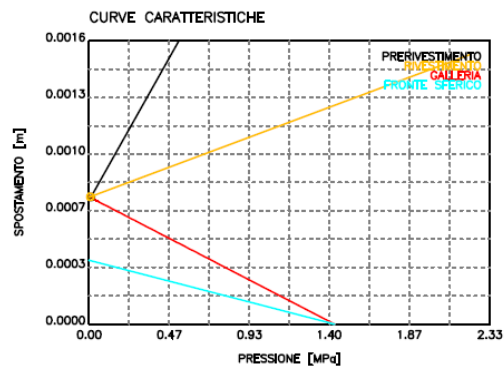
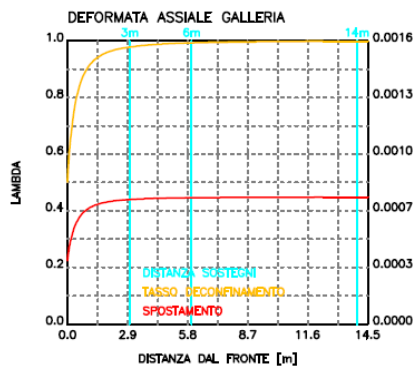
Spostamento radiale prerivestimento circolare chiuso . m

TENSIONI PRERIVESTIMENTO CIRCOLARE CHIUSO

Spritz-beton 0.2 MPa
Fattore sicurezza affilamento chiodatura 21.8
Fattore sicurezza a trazione chiodatura 16114.6
SPRITZ BETON E CENTINE – RISULTATO CALCOLO SEZIONE A U ROVESCIA
Spostamento orizz. piano centri 0.0 m
Spostamento orizz. piedritto 0.0 m
Tensioni spritz calotta (intradosso e estradosso) 0.2 0.2 MPa
Tensioni spritz piano centri (intradosso e estradosso) 0.1 0.1 MPa
Tensioni spritz piedritto (intradosso e estradosso) 0.1 0.1 MPa

RIVESTIMENTO DEFINITIVO

Calcestruzzo spessore .4 m resistenza 14.11 MPa gioco radiale 0 m
Spostamento radiale 0.0000 m
Tensione CLS 0.04 MPa





VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO - SASSARI – OLBIA
VARIANTE DI BAULADU

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	130 di 193

```

#####
#####
###
###
### ##### ## ## ##
### ##### ## ## ##
### ##### ## ## ##
##### ## ## ## ##
##### #####
#####

```

CALCOLO GALLERIE CON METODO
CONVERGENZA-CONFINAMENTO
SOLUTORE TRANSFER-MATRIX

VERSIONE 4 (2003)

Velocizzazione linea San Gavino - Sassari - Olbia
Galleria Bauladu - Uscita di emergenza N°2
Sezione A1

- TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 3
- 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]	2.45000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	1.43000
Modulo di Young [MPa]	4408.00000
Coefficiente di Poisson .....	.30000
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]	2.45000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m]	2.45000
RESISTENZA ROCCIA -----	
Coesione picco [MPa] .....	.29200
Angolo attrito picco [°]	48.43000
Coesione residua [MPa] .....	.29200
Angolo attrito residuo [MPa]	48.43000
Angolo dilatanza [°] .....	.00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa] .....	.00000
Modulo di softening H [MPa] .....	.00000
PRERIVESTIMENTO -----	
Distanza dal fronte alla messa in opera [m]	2.40000
Coefficiente riduzione rigidità	1.00000
Forma del presivestimento	U ROVESCIA APERTA
SPRITZ-BETON E CENTINE -----	
Spessore spritz [m] .....	.15000
Modulo Young spritz [MPa]	31447.00000
Coefficiente di Poisson spritz .....	.15000
Sezione centina [m2] .....	.00364
Altezza sezione centina [m2] .....	.14000
Posizione baricentro sezione centina [m] .....	.07000
Momento inerzia baricentrico sezione centina [m4] ..	.00001144
Passo centine [m]	1.20000
Modulo Young ferro centine [MPa]	210000.00000
Resistenza compressione spritz [MPa]	14.11000
Resistenza ferro centine [MPa]	261.90000

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	131 di 193

RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----
 Distanza dal fronte alla messa in opera [m] 15.00000
 Spessore CLS [m]40000
 Modulo Young CLS [MPa] 31447.00000
 Coefficiente di Poisson CLS15000
 Resistenza compressione CLS [MPa] 14.11000
 Opzione calcolo rivestimento 0
 [0 prerivestimenti non collaboranti a lungo termine]
 [1 prerivestimenti collaboranti a lungo termine]
 Gioco radiale posa in opera rivestimento [m]00000

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]001095
 Raggio plastico galleria [m] 2.668319
 Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
 Spostamento radiale fronte sferico [m]000525
 Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]000325
 Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]000318
 Raggio plastico fronte sferico [m] 2.509135

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL PRERIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot
 U [m] : .00096
 LAMBDA : .92771

Trasformazione Omotetica
 U [m] : .00104
 LAMBDA : .97507

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica
 U [m] : .00103
 LAMBDA : .96969

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
 U [m] : .00101
 LAMBDA : .95766

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
 U [m] : .00101
 LAMBDA : .95723

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL RIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot
 U [m] : .00109
 LAMBDA : .99596

Trasformazione Omotetica
 U [m] : .00110
 LAMBDA : .99998

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica
 U [m] : .00106
 LAMBDA : .99894

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
 U [m] : .00104
 LAMBDA : .99852

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
 U [m] : .00104
 LAMBDA : .99850

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] .....	.001095
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	2.668319
PRERIVESTIMENTO -----	
Raggio plastico punto di equilibrio [m]	2.62332
Pressione punto di equilibrio [MPa] .....	.02506
Spostamento punto di equilibrio [m] .....	.00106
Spostamento galleria alla messa in opera [m] .....	.00103
Convergenza radiale prerivestimento [m] .....	.00003
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.969693
MODULI APPARENTI GALLERIA (PER COEFFICIENTI DI FORMA)	
E1 [MPa]	2291.56874
E2 [MPa]	2020.46331
COEFFICIENTI DI FORMA SPOSTAMENTI ORIZZONTALI	
Piano dei centri	1.53077
Piedritto	2.13567
COEFFICIENTI DI FORMA TENSIONI	
Calotta intradosso	1.21807
Calotta estradosso	1.06661
Rene intradosso .....	.82861
Rene estradosso .....	.70442
Piedritto intradosso .....	.28269
Piedritto estradosso .....	.67974
CODICE INTERPOLAZIONE COEFFICIENTI DI FORMA	0
(0 estrapolazione 1 interpolazione)	
SPRITZ-BETON E CENTINE (ANELLO CHIUSO)	
Tensione spritz [MPa] .....	.35817
Tensione centine [MPa]	2.17474
Coefficiente di sicurezza spritz	39.39502
Coefficiente di sicurezza centine	120.42809
Pressione rottura spritz [MPa] .....	.94350
Pressione rottura centine [MPa]	2.88423
Rigidezza spritz [MPa]	2052.67389
Rigidezza centinatura [MPa]	260.00000
SPRITZ-BETON E CENTINE (PRERIVESTIMENTO APERTO)	
Spostamento orizzontale piano centri [m] .....	.0000388
Spostamento orizzontale piedritto [m] .....	.0000542
Sollecitazione Normale Calotta [MN] .....	.08298
Momento Flettente Calotta [MN*m]	-.00011
Tensione spriz intradosso Calotta [MPa] .....	.42703
Tensione spriz estradosso Calotta [MPa] .....	.38556
Tensione centine intradosso Calotta [MPa]	2.83321
Tensione centine estradosso Calotta [MPa]	2.57470
Sollecitazione Normale Piano Centri [MN] .....	.05568
Momento Flettente Piano Centri [MN*m]	-.00009
Tensione spriz intradosso Piano Centri [MPa] .....	.28965
Tensione spriz estradosso Piano Centri [MPa] .....	.25564
Tensione centine intradosso Piano Centri [MPa]	1.91915
Tensione centine estradosso Piano Centri [MPa]	1.70717
Sollecitazione Normale Piedritto [MN] .....	.03495
Momento Flettente Piedritto [MN*m] .....	.00030
Tensione spriz intradosso Piedritto [MPa] .....	.11629
Tensione spriz estradosso Piedritto [MPa] .....	.22502
Tensione centine intradosso Piedritto [MPa] .....	.82495
Tensione centine estradosso Piedritto [MPa]	1.50265
RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----	
Raggio plastico punto di equilibrio [m]	2.63600
Pressione punto di equilibrio [MPa] .....	.02010
Spostamento punto di equilibrio [MPa] .....	.00106
Spostamento galleria alla messa in opera [m] .....	.00106
Convergenza radiale rivestimento [m] .....	.00001
Tensione CLS [MPa] .....	.12658



VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO - SASSARI – OLBIA
VARIANTE DI BAULADU

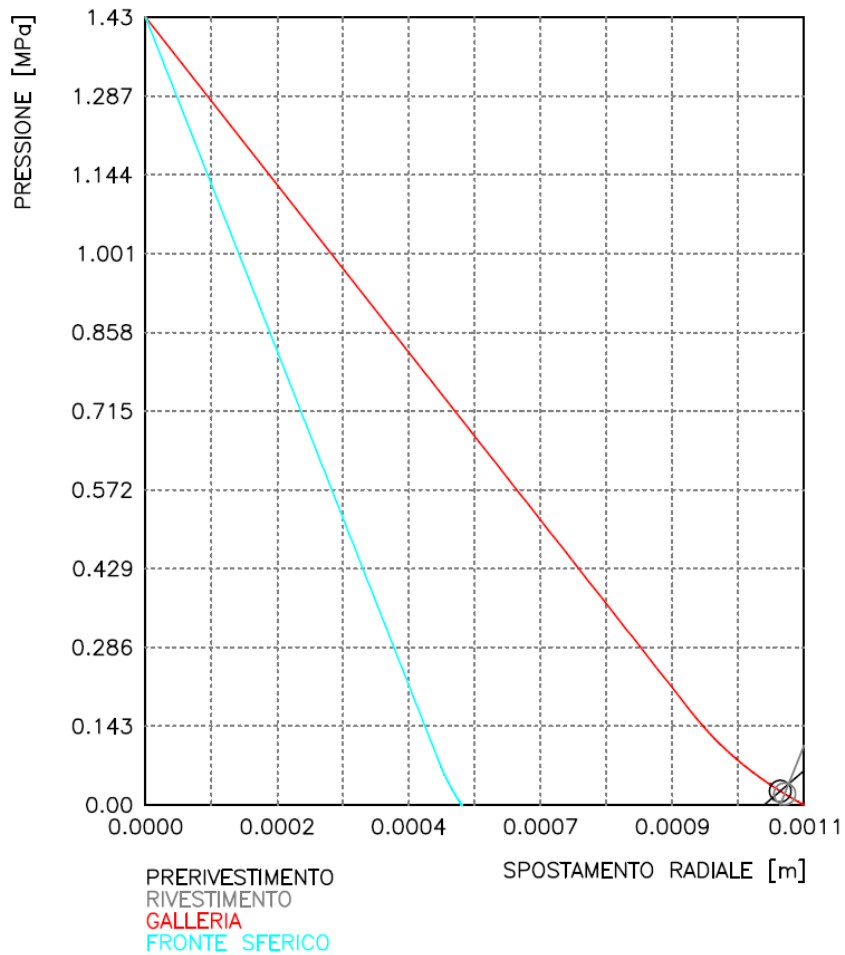
GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	133 di 193

Coefficiente di sicurezza CLS	111.47411
Pressione rottura CLS [MPa]	2.24053
Rigidezza anello CLS [MPa]	6281.95887
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.998940

Velocizzazione linea San Gavino – Sassari – Olbia
Galleria Bauladu – Uscita di emergenza N°2
Sezione A1

CURVE CARATTERISTICHE





VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO - SASSARI – OLBIA
VARIANTE DI BAULADU

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	135 di 193

Velocizzazione linea San Gavino – Sassari – Olbia
Galleria Bauladu – Uscita di emergenza N°2
Sezione A1

ELABORATO RIASSUNTIVO DELL'ANALISI

Tipo di analisi: calcolo accoppiato fronte-galleria – Nuovo Metodo Implicito (spostamento fronte soluzione cavità sferica)
Calcolo curve caratteristiche: SOLUZIONI TRANSFER-MATRIX

DIAMETRO DELLA GALLERIA: 4.9 m

PARAMETRI ROCCIA

E: 4408 MPa Nt: .3 GAMMA: 0 kN/m3 SIGMA0: 1.43 MPa
Tipo di criterio di resistenza: MOHR-COULOMB

RESISTENZA	RESISTENZA A LUNGO TERMINE
PHi piccolo: 48.43 °	PHi piccolo: .001 °
C piccolo: .292 MPa	C piccolo: .000001 MPa
PHi residuo: 48.43 °	PHi residuo: .001 °
C residuo: .292 MPa	C residuo: .000001 MPa
PSI: 0 °	PSI: 0 °
H apparente: 0 MPa	H apparente: 0 MPa

PRERIVESTIMENTO

Spritz-Beton spessore .15 m resistenza 14.11 MPa cernite sezione .00364 m2 passo 1.2 m resistenza 261.9 MPa

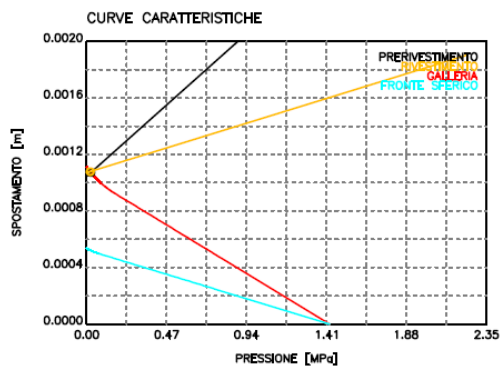
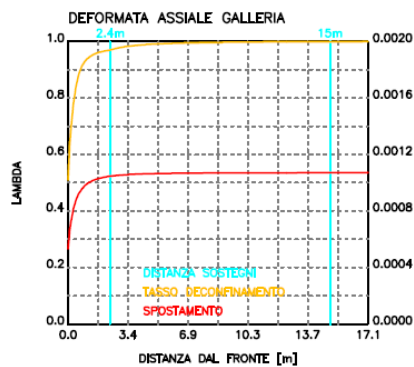
Spostamento radiale prerivestimento circolare chiuso . m

TENSIONI PRERIVESTIMENTO CIRCOLARE CHIUSO

Spritz-beton 0.4 MPa Cernite 2.2 MPa
SPRITZ BETON E CERNITE – RISULTATO CALCOLO SEZIONE A U ROVESCIA
Spostamento orizz. piano centri 0.0 m
Spostamento orizz. piedritto 0.0001 m
Tensioni spritz calotta (intradosso e estradosso) 0.4 0.4 MPa
Tensioni spritz piano centri (intradosso e estradosso) 0.3 0.3 MPa
Tensioni spritz piedritto (intradosso e estradosso) 0.1 0.2 MPa
Tensioni cernite calotta (intradosso e estradosso) 2.6 2.6 MPa
Tensioni cernite piano centri (intradosso e estradosso) 1.9 1.7 MPa
Tensioni cernite piedritto (intradosso e estradosso) 0.8 1.5 MPa

RIVESTIMENTO DEFINITIVO

Calcestruzzo spessore .4 m resistenza 14.11 MPa gioco radiale 0 m
Spostamento radiale 0.0000 m
Tensione CLS 0.13 MPa





VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO - SASSARI – OLBIA
VARIANTE DI BAULADU

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	136 di 193

```
#####
#####
###
###
### ##### ## ## ##
### ##### ## ## ##
### ##### ## ## ##
##### ## ## ## ##
##### #####
#####
#####
```

CALCOLO GALLERIE CON METODO
CONVERGENZA-CONFINAMENTO
SOLUTORE TRANSFER-MATRIX

VERSIONE 4 (2003)

Velocizzazione linea San Gavino - Sassari - Olbia
Galleria Bauladu - Uscita di emergenza N°3
Sezione A0

- TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 3
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]	2.42000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa] .....	.83000
Modulo di Young [MPa]	6067.00000
Coefficiente di Poisson .....	.30000
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]	2.42000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m]	2.42000
RESISTENZA ROCCIA -----	
Coesione picco [MPa] .....	.29800
Angolo attrito picco [°]	56.12000
Coesione residua [MPa] .....	.29800
Angolo attrito residuo [MPa]	56.12000
Angolo dilatanza [°] .....	.00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa] .....	.00000
Modulo di softening H [MPa] .....	.00000
PRERIVESTIMENTO -----	
Distanza dal fronte alla messa in opera [m]	3.00000
Coefficiente riduzione rigidezza	1.00000
Forma del presivestimento	U ROVESCIA APERTA
BARRE AD ADERENZA CONTINUA -----	
Modulo di Young [MPa]	210000.00000
Resistenza a trazione [MPa]	391.30000
Tensione tesatura iniziale [MPa] .....	.00000
Lunghezza [m]	3.00000
Sezione reagente [m2] .....	.00045
Spaziatura circonferenziale [°]	50.00000
Spaziatura longitudinale [MPa]	2.00000
Coesione interfaccia barra-roccia [MPa] .....	.35000
Angolo attrito interfaccia barra-roccia [°] .....	.00000
Perimetro sezione sfilamento [m] .....	.15700
Opzione dispositivo di ripartizione	0

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
 Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	137 di 193

[0 dispositivo di ripartizione assente]	
Distanza dal fronte attivazione barre [m]	6.00000
SPRITZ-BETON E CENTINE	
Spessore spritz [m] .....	.10000
Modulo Young spritz [MPa]	31447.00000
Coefficiente di Poisson spritz .....	.15000
Sezione centina [m ²] .....	.00000
Altezza sezione centina [m ²] .....	.00000
Posizione baricentro sezione centina [m] .....	.00000
Momento inerzia baricentrico sezione centina [m ⁴] .	.000000000
Passo centine [m] .....	.00000
Modulo Young ferro centine [MPa] .....	.00000
Resistenza compressione spritz [MPa]	14.11000
Resistenza ferro centine [MPa] .....	.00000
RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----	
Distanza dal fronte alla messa in opera [m]	14.00000
Spessore CLS [m] .....	.40000
Modulo Young CLS [MPa]	31447.00000
Coefficiente di Poisson CLS .....	.15000
Resistenza compressione CLS [MPa]	14.11000
Opzione calcolo rivestimento	0
[0 prerivestimenti non collaboranti a lungo termine]	
[1 prerivestimenti collaboranti a lungo termine]	
Gioco radiale posa in opera rivestimento [m] .....	.00000

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] .....	.000428
Raggio plastico galleria [m]	2.420000
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.000215
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.000124
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ...	.000124
Raggio plastico fronte sferico [m]	2.420000

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL PRERIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot	
U [m] :	.00039
LAMBDA :	.91871
Trasformazione Omotetica	
U [m] :	.00042
LAMBDA :	.97236
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica	
U [m] :	.00042
LAMBDA :	.98139
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns	
U [m] :	.00042
LAMBDA :	.97349
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica	
U [m] :	.00042
LAMBDA :	.97349

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL RIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot	
U [m] :	.00043
LAMBDA :	.99198
Trasformazione Omotetica	

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	138 di 193

U [m] : .00043
LAMBDA : .99995

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica

U [m] : .00043
LAMBDA : .99891

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .00043
LAMBDA : .99845

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .00043
LAMBDA : .99845

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DELLE BARRE PASSIVE -----

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .00042
LAMBDA : .96809

Trasformazione Omotetica

U [m] : .00043
LAMBDA : .99636

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica

U [m] : .00043
LAMBDA : .99437

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .00043
LAMBDA : .99198

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .00043
LAMBDA : .99198

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] .....	.000428
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	2.420000
Pressione fine calcolo (L.T.) [MPa] .....	.000000
Spost. radiale galleria fine calcolo (L.T.) [m] ...	.000429
Raggio plastico galleria fine calcolo (L.T.) [m] ..	2.420000

PRERIVESTIMENTO -----

Raggio plastico punto di equilibrio [m]	2.42000
Pressione punto di equilibrio [MPa] .....	.00406
Spostamento punto di equilibrio [m] .....	.00043
Spostamento galleria alla messa in opera [m] .....	.00042
Convergenza radiale prerivestimento [m] .....	.00001
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.981388

BARRE AD ADERENZA CONTINUA -----

Fattore di sicurezza rottura a trazione	10.44380
Fattore di sicurezza sfilamento .....	.97913
Spostamento galleria alla messa in opera [m] .....	.00043
Convergenza radiale barre [m] .....	.00000
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.994373

MODULI APPARENTI GALLERIA (PER COEFFICIENTI DI FORMA)

E1 [MPa]	6099.55758
E2 [MPa]	6090.62013

COEFFICIENTI DI FORMA SPOSTAMENTI ORIZZONTALI

Piano dei centri .....	.90607
Piedritto	1.22639

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	139 di 193

COEFFICIENTI DI FORMA TENSIONI

Calotta intradosso	1.07990
Calotta estradosso	1.02529
Rene intradosso .....	.77166
Rene estradosso .....	.70137
Piedritto intradosso .....	.24703
Piedritto estradosso .....	.37978

CODICE INTERPOLAZIONE COEFFICIENTI DI FORMA 0

(0 estrapolazione 1 interpolazione)

SPRITZ-BETON E CENTINE (ANELLO CHIUSO)

Tensione spritz [MPa] .....	.08199
Tensione centine [MPa] .....	.00000
Coefficiente di sicurezza spritz	172.09919
Coefficiente di sicurezza centine	1000.00000
Pressione rottura spritz [MPa] .....	.57101
Pressione rottura centine [MPa] .....	.00000
Rigidezza spritz [MPa]	1366.98978
Rigidezza centinatura [MPa] .....	.00000

SPRITZ-BETON E CENTINE (PRERIVESTIMENTO APERTO)

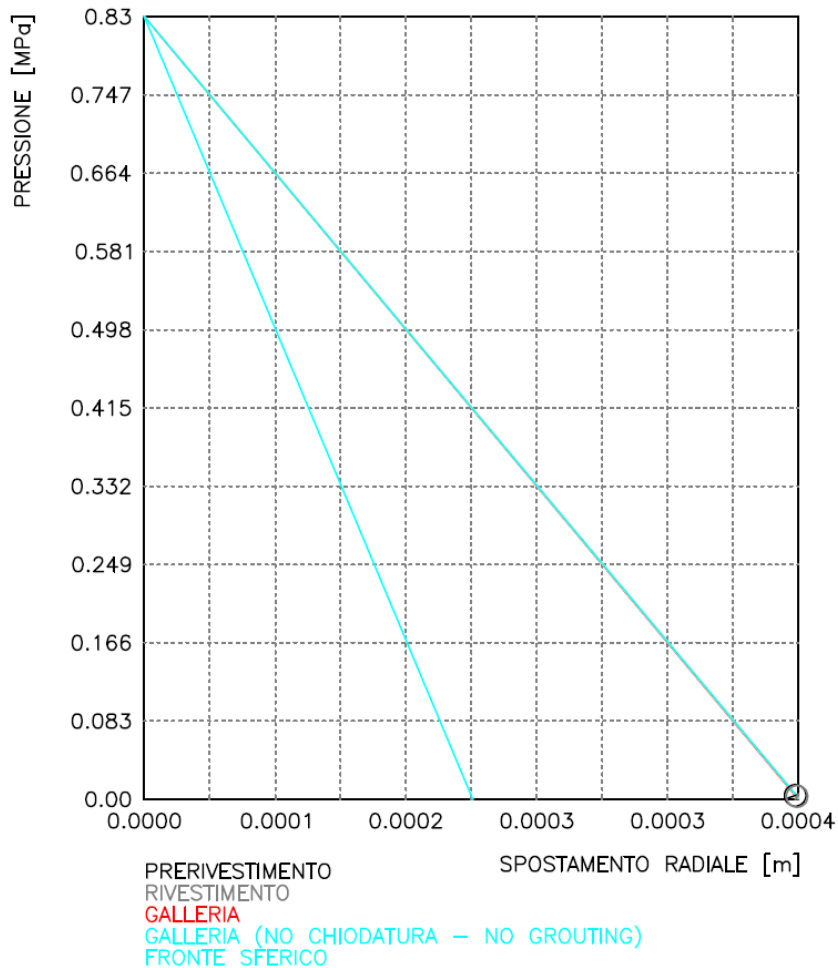
Spostamento orizzontale piano centri [m] .....	.0000053
Spostamento orizzontale piedritto [m] .....	.0000072
Sollecitazione Normale Calotta [MN] .....	.00863
Momento Flettente Calotta [MN*m] .....	.00000
Tensione spriz intradosso Calotta [MPa] .....	.08854
Tensione spriz estradosso Calotta [MPa] .....	.08406
Tensione centine intradosso Calotta [MPa] .....	.00000
Tensione centine estradosso Calotta [MPa] .....	.00000
Sollecitazione Normale Piano Centri [MN] .....	.00604
Momento Flettente Piano Centri [MN*m] .....	.00000
Tensione spriz intradosso Piano Centri [MPa] .....	.06327
Tensione spriz estradosso Piano Centri [MPa] .....	.05750
Tensione centine intradosso Piano Centri [MPa] .....	.00000
Tensione centine estradosso Piano Centri [MPa] .....	.00000
Sollecitazione Normale Piedritto [MN] .....	.00257
Momento Flettente Piedritto [MN*m] .....	.00001
Tensione spriz intradosso Piedritto [MPa] .....	.02025
Tensione spriz estradosso Piedritto [MPa] .....	.03114
Tensione centine intradosso Piedritto [MPa] .....	.00000
Tensione centine estradosso Piedritto [MPa] .....	.00000

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----

Raggio plastico punto di equilibrio [m]	2.42000
Pressione punto di equilibrio [MPa] .....	.00306
Spostamento punto di equilibrio [MPa] .....	.00043
Spostamento galleria alla messa in opera [m] .....	.00043
Convergenza radiale rivestimento [m] .....	.00000
Tensione CLS [MPa] .....	.01943
Coefficiente di sicurezza CLS	726.35288
Pressione rottura CLS [MPa]	2.22304
Rigidezza anello CLS [MPa]	6221.75892
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.998910

Velocizzazione linea San Gavino – Sassari – Olbia
Galleria Bauladu – Uscita di emergenza N°3
Sezione A0

CURVE CARATTERISTICHE



Velocizzazione linea San Gavino – Sassari – Olbia
Galleria Bauladu – Uscita di emergenza N°3
Sezione A0

ELABORATO RIASSUNTIVO DELL'ANALISI

Tipo di analisi: calcolo accoppiato fronte-galleria – Nuovo Metodo Implicito (spostamento fronte soluzione cavità sferica)
Calcolo curve caratteristiche: SOLUZIONI TRANSFER-MATRIX

DIAMETRO DELLA GALLERIA: 4.84 m

PARAMETRI ROCCIA

E: 6067 MPa ν : .3 γ : 0 kN/m³ σ : .83 MPa
Tipo di criterio di resistenza: MOHR-COULOMB

RESISTENZA	RESISTENZA A LUNGO TERMINE
PH piccolo: 56.12 °	PH piccolo: .001 °
C piccolo: .298 MPa	C piccolo: .000001 MPa
PH residuo: 56.12 °	PH residuo: .001 °
C residuo: .298 MPa	C residuo: .000001 MPa
PSl: 0 °	PSl: 0 °
H apparente: 0 MPa	H apparente: 0 MPa

PRERIVESTIMENTO

Spritz-Beton spessore .1 m resistenza 14.11 MPa
Chiodi ad aderenza continua sezione .000452 m² lunghezza 3 m incidenza 0.24 chiodi/m²

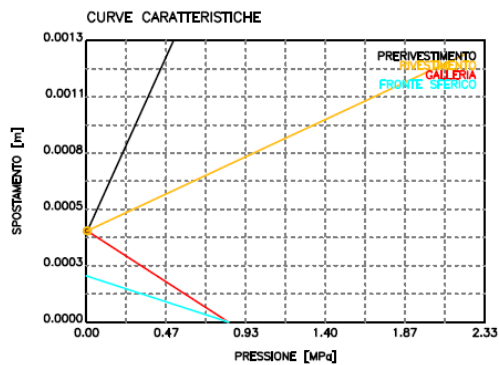
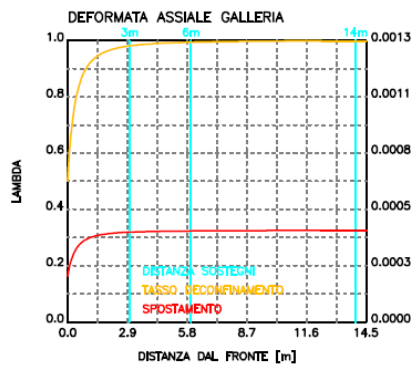
Spostamento radiale prerivestimento circolare chiuso . m

TENSIONI PRERIVESTIMENTO CIRCOLARE CHIUSO

Spritz-beton 0.1 MPa
Fattore sicurezza sfilamento chiodatura 0.98
Fattore sicurezza a trazione chiodatura 10.44
SPRITZ BETON E CENTINE – RISULTATO CALCOLO SEZIONE A U ROVESCIA
Spostamento orizz. piano centri 0.0 m
Spostamento orizz. piedritto 0.0 m
Tensioni spritz calotta (intradosso e estradosso) 0.1 0.1 MPa
Tensioni spritz piano centri (intradosso e estradosso) 0.1 0.1 MPa
Tensioni spritz piedritto (intradosso e estradosso) 0.0 0.0 MPa

RIVESTIMENTO DEFINITIVO

Calcestruzzo spessore .4 m resistenza 14.11 MPa gioco radiale 0 m
Spostamento radiale 0.0000 m
Tensione CLS 0.02 MPa





VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO - SASSARI - OLBIA
VARIANTE DI BAULADU

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA -
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	142 di 193

```
#####
#####
###
###
### ##### ## ## ##
### ##### ## ## ##
### ##### ## ## ##
##### ## ## ## ##
##### #####
#####
```

CALCOLO GALLERIE CON METODO
CONVERGENZA-CONFINAMENTO
SOLUTORE TRANSFER-MATRIX

VERSIONE 4 (2003)

Velocizzazione linea San Gavino - Sassari - Olbia
Galleria Bauladu - Uscita di emergenza N°3
Sezione A1

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 3
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 N_s)
5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

DATI ANALISI

R galleria [m]	2.45000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	.83000
Modulo di Young [MPa]	4408.00000
Coefficiente di Poisson	.00000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m ³]	.00000
RESISTENZA ROCCIA	
Coesione picco [MPa]	.21500
Angolo attrito picco [deg]	52.29000
Coesione residua [MPa]	.21500
Angolo attrito residuo [deg]	52.29000
Angolo dilatanza [deg]	.00000
PRERIVESTIMENTO -----	
Distanza dal fronte alla messa in opera [m]	2.80000
Coefficiente riduzione rigidezza	1.00000
Forma del prerivestimento	U ROVESCIA APERTA
SPRITZ-BETON E CENTINE	
Spessore spritz [m]	.15000
Modulo Young spritz [MPa]	31447.00000
Coefficiente di Poisson spritz	.15000
Sezione centina [m ²]	.36400
Altezza sezione centina [m ²]	.14000
Posizione baricentro sezione centina [m]	.07000
Momento inerzia baricentrico sezione centina [m ⁴]	.00001144
Passo centine [m]	1.40000
Modulo Young ferro centine [MPa]	210000.00000
Resistenza compressione spritz [MPa]	14.11000
Resistenza ferro centine [MPa]	261.90000
RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----	
Distanza dal fronte alla messa in opera [m]	15.00000
Spessore CLS [m]	.40000
Modulo Young CLS [MPa]	31447.00000
Coefficiente di Poisson CLS	.15000
Resistenza compressione CLS [MPa]	7.00000
Opzione calcolo rivestimento	0
[0 prerivestimenti non collaboranti a lungo termine]	
[1 prerivestimenti collaboranti a lungo termine]	
Gioco radiale posa in opera rivestimento [m]	.00000

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 galleria non sostenuta [MPa] ..	.000000
Spostamento radiale galleria non sostenuta [m] ....	.000468
Raggio plastico galleria non sostenuta [m]	2.523740
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.000231
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.000155
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ...	.000136
Raggio plastico fronte sferico [m]	2.450000

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL PRERIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .00042
LAMBDA : .91924

Trasformazione Omotetica

U [m] : .00045
LAMBDA : .97682

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .00045
LAMBDA : .96531

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .00044
LAMBDA : .95343

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .00044
LAMBDA : .95040

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL RIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .00046
LAMBDA : .99511

Trasformazione Omotetica

U [m] : .00047
LAMBDA : .99998

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .00045
LAMBDA : .99869

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .00044
LAMBDA : .99824

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .00044
LAMBDA : .99812

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] .....	.000468
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	2.523740

PRERIVESTIMENTO -----

Raggio plastico al punto di equilibrio [m]	2.47742
Pressione al punto di equilibrio [MPa] .....	.02504
Spostamento al punto di equilibrio [m] .....	.00045
Spostamento alla messa in opera [m] .....	.00045
Convergenza radiale prerivestimento [m] .....	.00000
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.965309

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
 Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	144 di 193

MODULI APPARENTI GALLERIA (PER COEFFICIENTI DI FORMA)

E1 [MPa]	3679.70471
E2 [MPa]	3083.37076
COEFFICIENTI DI FORMA SPOSTAMENTI ORIZZONTALI	
Piano dei centri	5.87895
Piedritto	8.97248
COEFFICIENTI DI FORMA TENSIONI	
Calotta intradosso	1.44226
Calotta estradosso	1.01683
Rene intradosso .....	.89414
Rene estradosso .....	.76626
Piedritto intradosso	-.31366
Piedritto estradosso	1.52155
CODICE INTERPOLAZIONE COEFFICIENTI DI FORMA	0
(0 estrapolazione 1 interpolazione)	
SPRITZ-BETON E CENTINE (ANELLO CHIUSO)	
Tensione spritz [MPa] .....	.03527
Tensione centine [MPa] .....	.21413
Coefficiente di sicurezza spritz	400.10008
Coefficiente di sicurezza centine	1223.08061
Pressione rottura spritz [MPa]	9.92937
Pressione rottura centine [MPa]	30.35345
Rigidezza spritz [MPa]	2052.67389
Rigidezza centinatura [MPa]	22285.71429
SPRITZ-BETON E CENTINE (PRERIVESTIMENTO APERTO)	
Spostamento orizzontale piano centri [m] .....	.0000147
Spostamento orizzontale piedritto [m] .....	.0000224
Sollecitazione Normale Calotta [MN/m] .....	.10797
Momento Flettente Calotta [MN*m/m]	-.00033
Tensione spriz intradosso Calotta [MPa] .....	.09679
Tensione spriz estradosso Calotta [MPa]	-.00855
Tensione centine intradosso Calotta [MPa] .....	.59943
Tensione centine estradosso Calotta [MPa]	-.05710
Sollecitazione Normale Piano Centri [MN/m] .....	.07290
Momento Flettente Piano Centri [MN*m/m]	-.00010
Tensione spriz intradosso Piano Centri [MPa] .....	.04441
Tensione spriz estradosso Piano Centri [MPa] .....	.01275
Tensione centine intradosso Piano Centri [MPa] .....	.28246
Tensione centine estradosso Piano Centri [MPa] .....	.08512
Sollecitazione Normale Piedritto [MN/m] .....	.05303
Momento Flettente Piedritto [MN*m/m] .....	.00144
Tensione spriz intradosso Piedritto [MPa]	-.22106
Tensione spriz estradosso Piedritto [MPa] .....	.23334
Tensione centine intradosso Piedritto [MPa]	-1.27391
Tensione centine estradosso Piedritto [MPa]	1.55821
RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----	
Raggio plastico al punto di equilibrio [m]	2.49227
Pressione al punto di equilibrio [MPa] .....	.01657
Spostamento al punto di equilibrio [m] .....	.00045
Spostamento galleria alla messa in opera [m] .....	.00045
Convergenza radiale rivestimento [m] .....	.00001
Tensione CLS [MPa] .....	.10437
Coefficiente di sicurezza	67.06848
Pressione rottura anello CLS [MPa]	1.11153
Rigidezza anello CLS [MPa]	6281.95887
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.998688

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	145 di 193

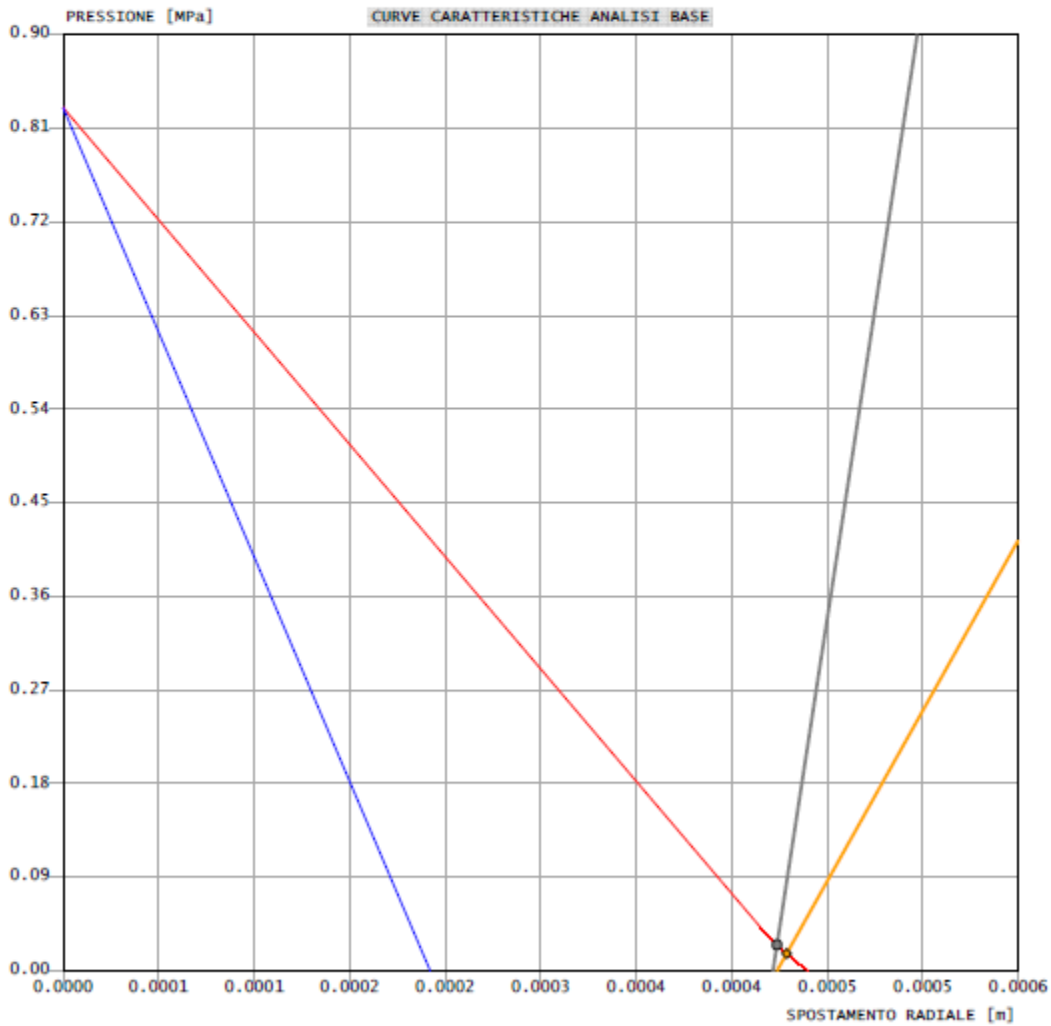
Velocizzazione linea San Gavino - Sassari -Olbia
Galleria Bauladu - Uscita di emergenza N°3
Sezione A1

criterio di resistenza: MOHR COULOMB

Pressione Prerivestimento [MPa]: 0.03

Pressione Rivestimento [MPa]: 0.02

— GALLERIA B.T.
— GALLERIA L.T.
— FRONTE SFERICO
— PRERIVESTIMENTO
— RIVESTIMENTO



Velocizzazione linea San Gavino - Sassari - Olbia
Galleria Bauladu - Uscita di emergenza N°3
Sezione A1

tipo di analisi: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA: NMI cavità sferica
calcolo curve caratteristiche: SOLUZIONI CHIUSE
sagoma prerivestimento: U ROVESCIA APERTA
diametro della galleria [m]: 4.9

PARAMETRI ROCCIA

E: 4408 MPa NI: 0 GAMMA: 0 kN/m³ SIGMA0: .83 MPa

Tipo di criterio di resistenza: MOHR-COULOMB

RESISTENZA A BREVE TERMINE

PHI picco [°]: 52.29
C picco [MPa]: .215
PHI residuo [°]: 52.29
C residuo [MPa]: .215
PSI [°]: 0

PRERIVESTIMENTO

Spritz Beton spessore .15 m resistenza 14.11 MPa centine sezione .364 m² passo 1.4 m resistenza 261.9 MPa
Spostamento radiale prerivestimento circolare chiuso: 0.00000
Tensioni prerivestimento circolare chiuso: spritz-beton 0.0 MPa centine 0.2 MPa

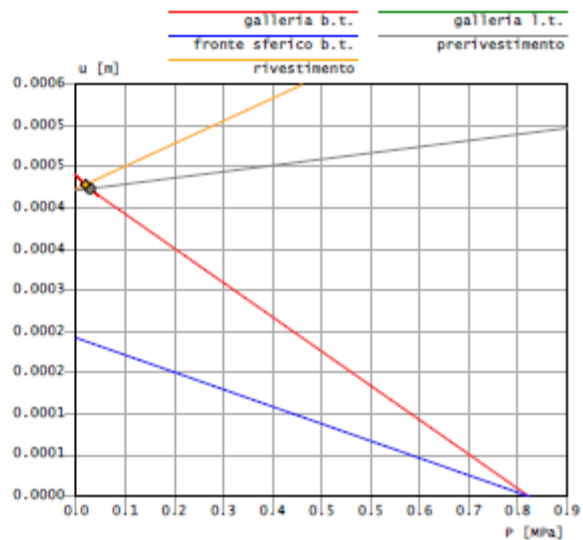
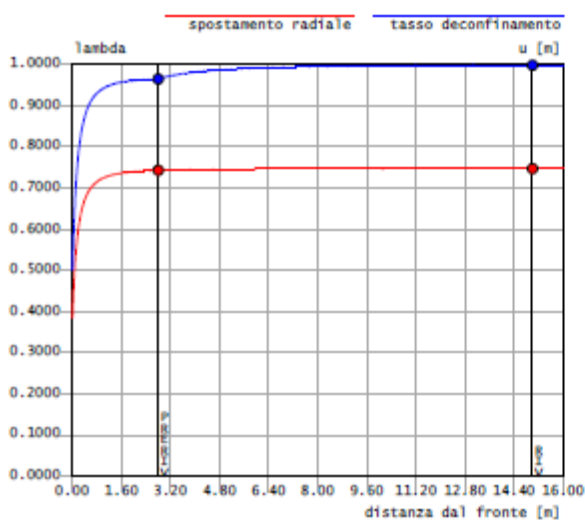
SPRITZ BETON E CENTINE - RISULTATO CALCOLO SEZIONE A U ROVESCIA

spostamento orizz. piano centri [m]: 0.00001
spostamento orizz. piedritto [m]: 0.00002

tensione spritz [MPa]	calotta intr./estr.	piano centri intr./estr.	piedritto intr./estr.
	0.1 / 0.0	0.0 / 0.0	-0.2 / 0.2
tensione centine [MPa]	calotta intr./estr.	piano centri intr./estr.	piedritto intr./estr.
	0.6 / -0.1	0.3 / 0.1	-1.3 / 1.6

RIVESTIMENTO DEFINITIVO

Calcestruzzo spessore .4 m resistenza 7 MPa gioco radiale 0 m
Spostamento radiale [m]:0.00001 Tensione [MPa]:0.1

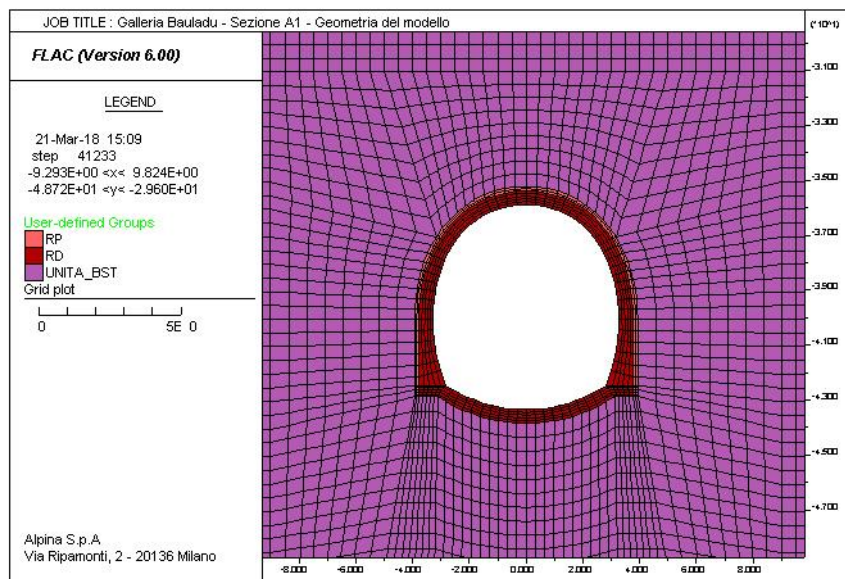
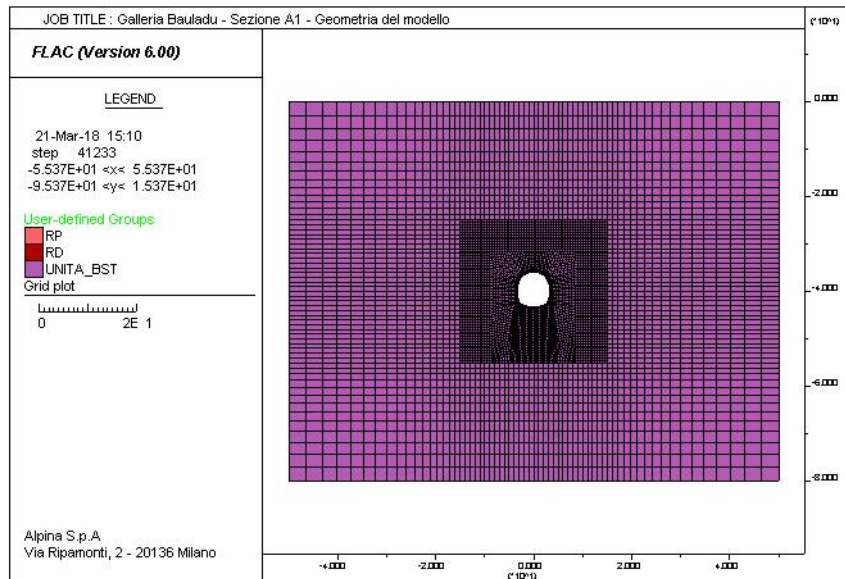


13.2 Sezione A1: risultati dell'analisi numerica

13.2.1 Modello generale

13.2.1.1 Sezione tipo A1 – Geometria del modello

13.2.1.2 Sezione tipo A1 – Dettaglio della suddivisione in zone



13.2.2 Scavo e costruzione graduale per fasi

13.2.2.1 Sezione tipo A1 – Fase 02

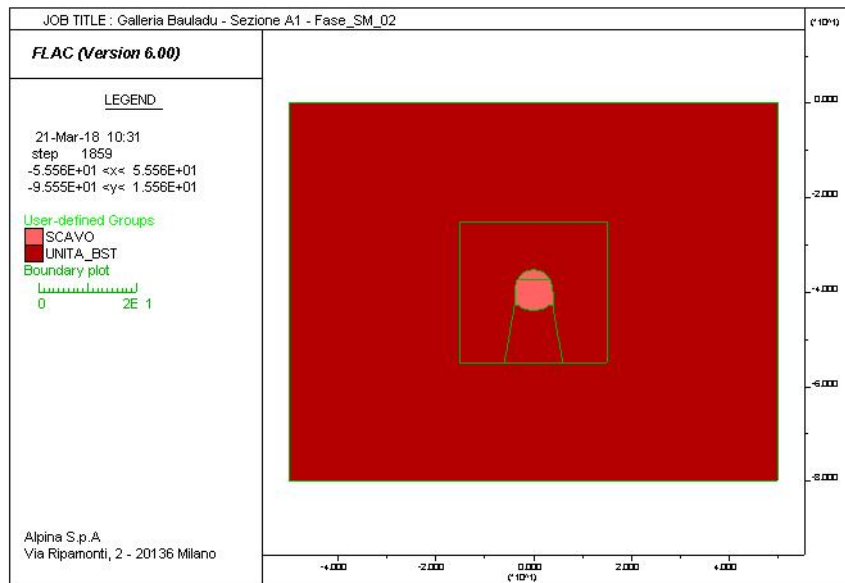
13.2.2.2 Sezione tipo A1 – Fase 03

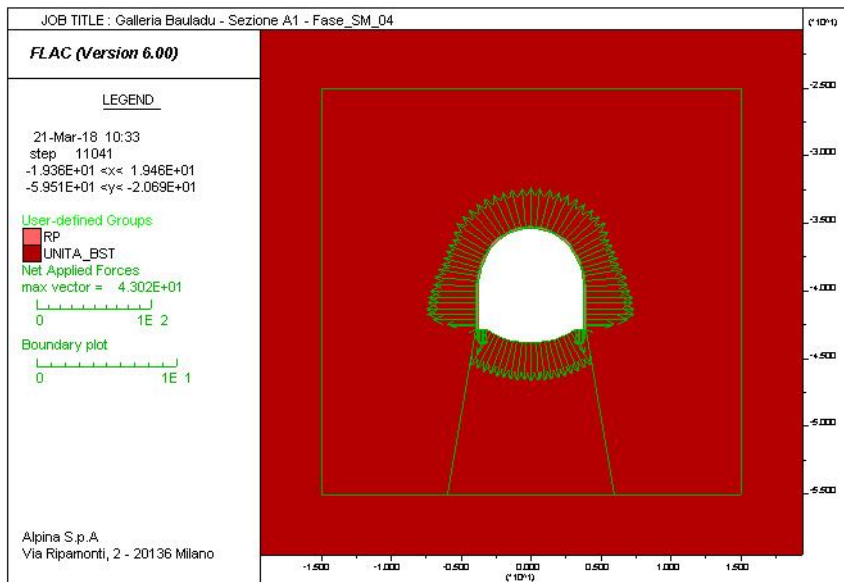
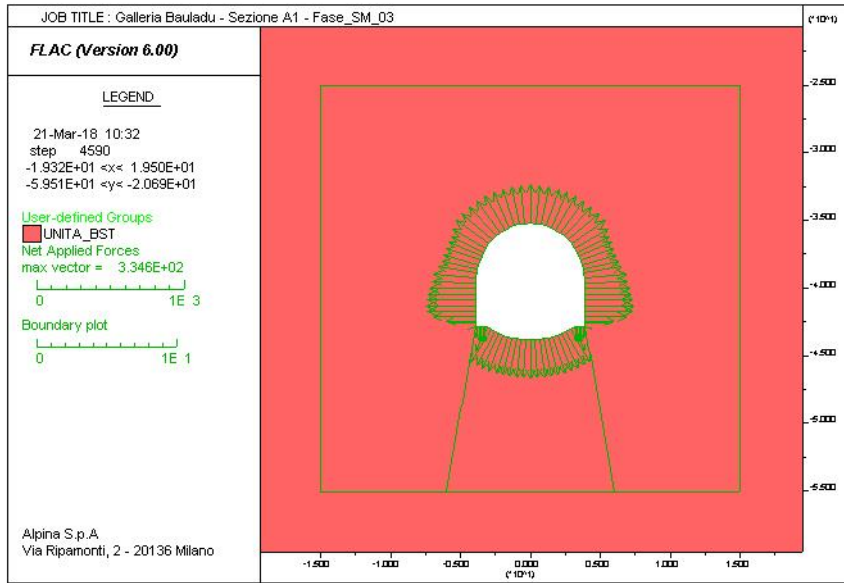
13.2.2.3 Sezione tipo A1 – Fase 04

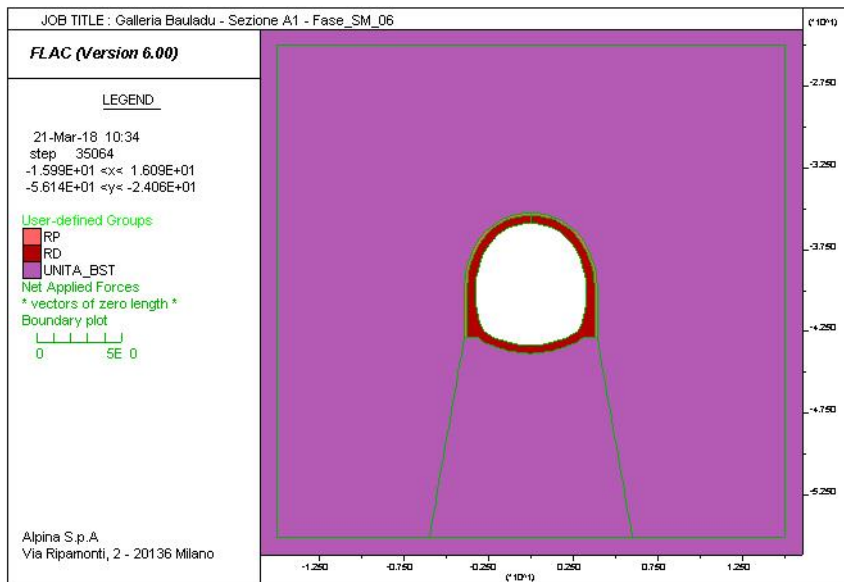
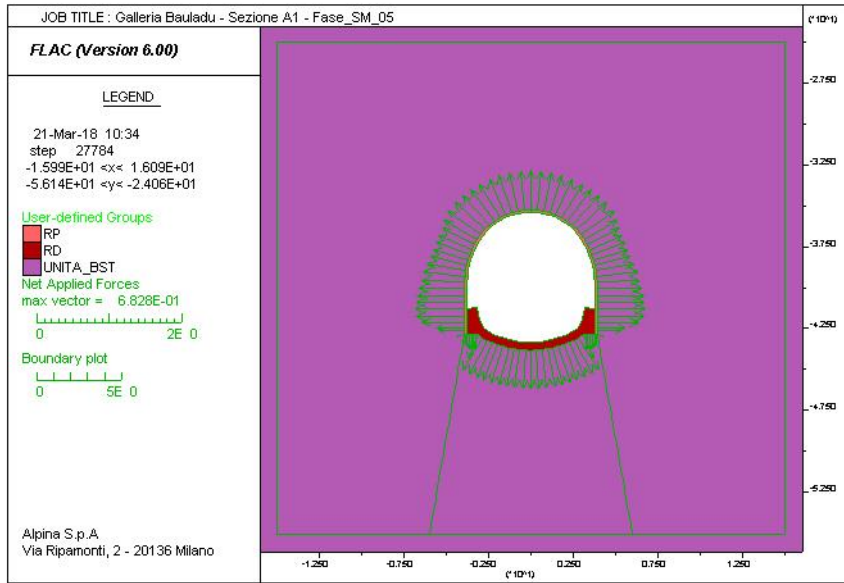
13.2.2.4 Sezione tipo A1 – Fase 05

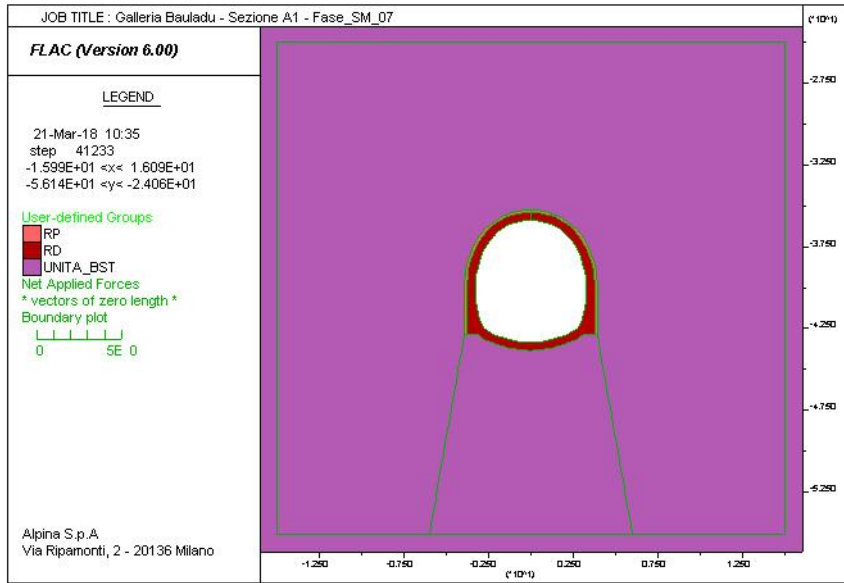
13.2.2.5 Sezione tipo A1 – Fase 06

13.2.2.6 Sezione tipo A1 – Fase 07





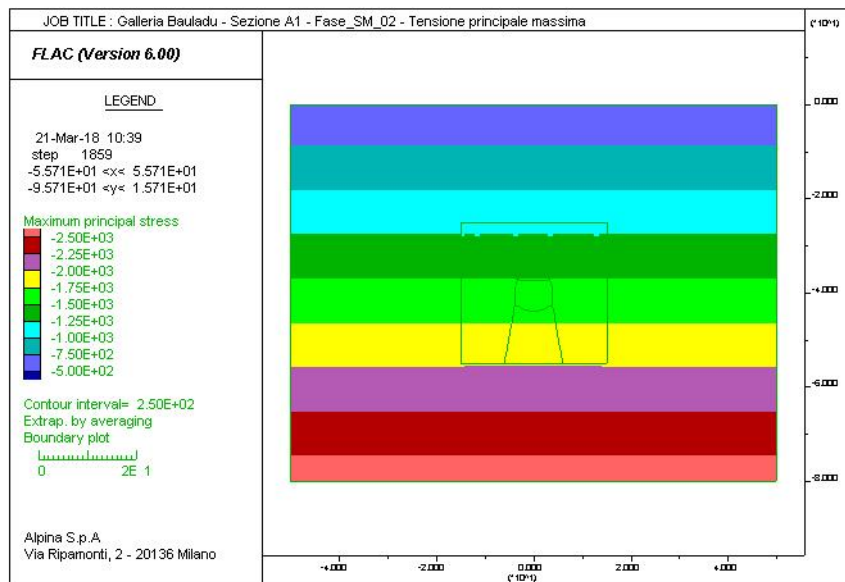


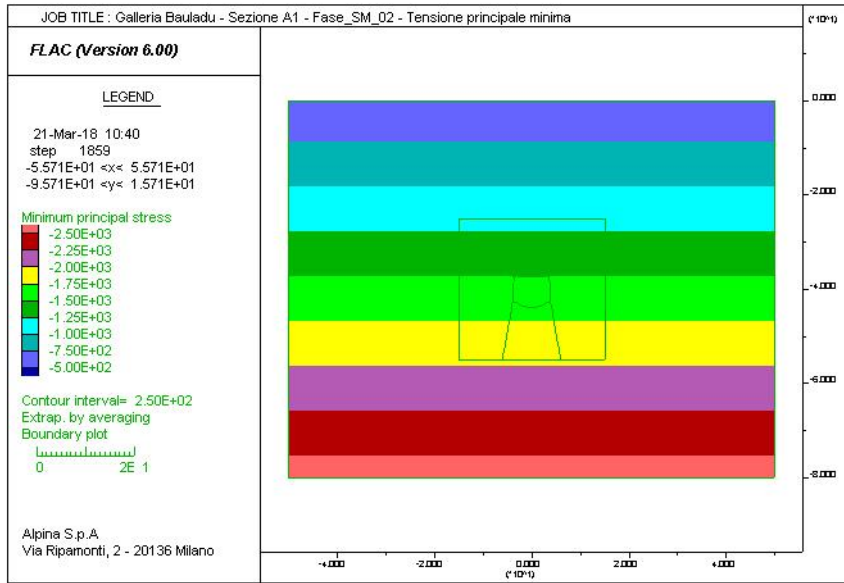


13.2.3 Condizioni precedenti alla realizzazione della galleria (Fase_02)

13.2.3.1 Sezione tipo A1 – Diagramma della tensione principale massima

13.2.3.2 Sezione tipo A1 – Diagramma della tensione principale minima





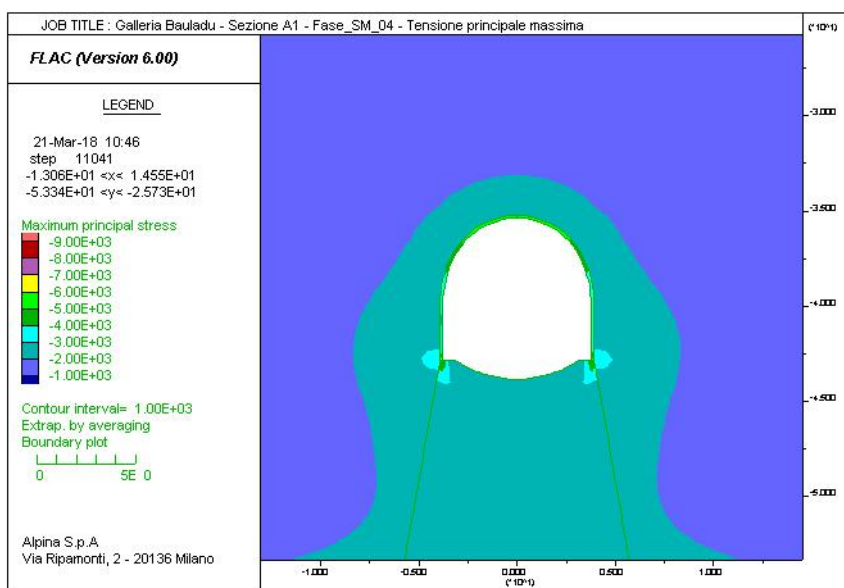
13.2.4 Rivestimento di prima fase (Fase_04 e Fase_05)

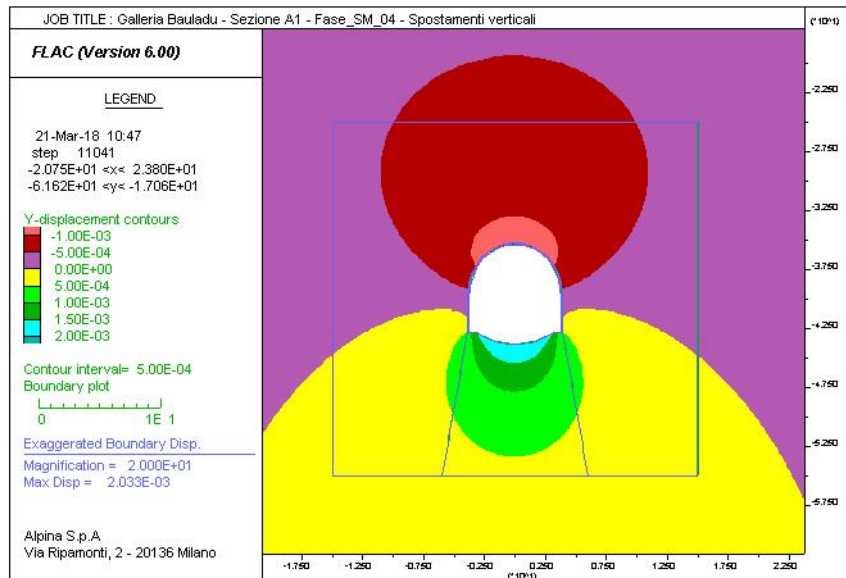
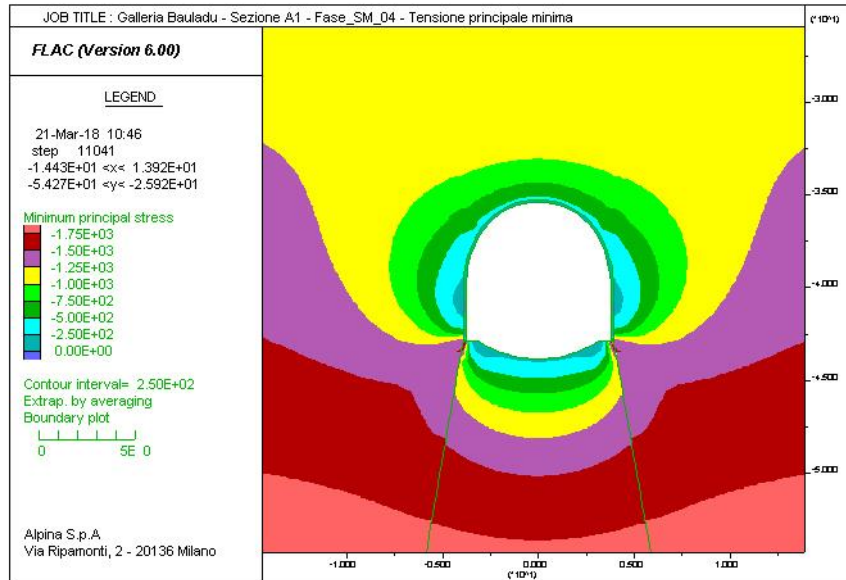
13.2.4.1 Sezione tipo A1 – Diagramma della tensione principale massima

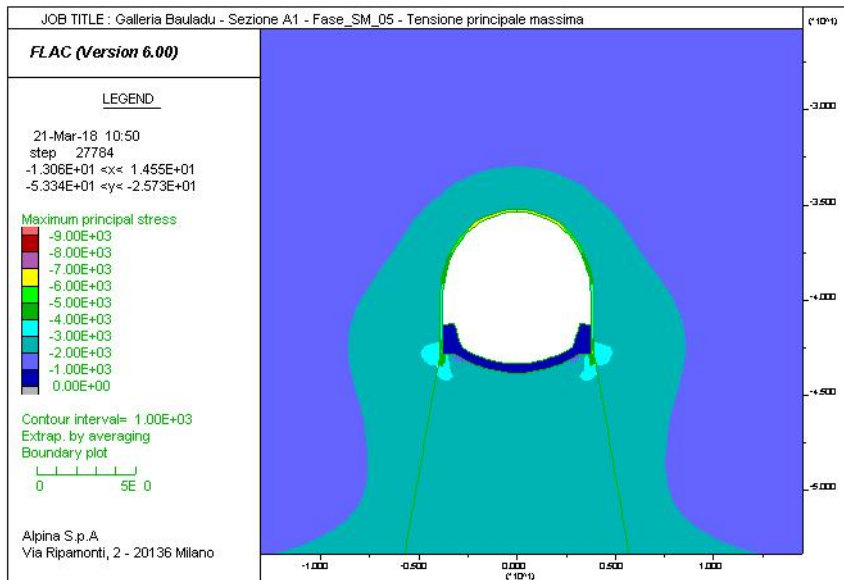
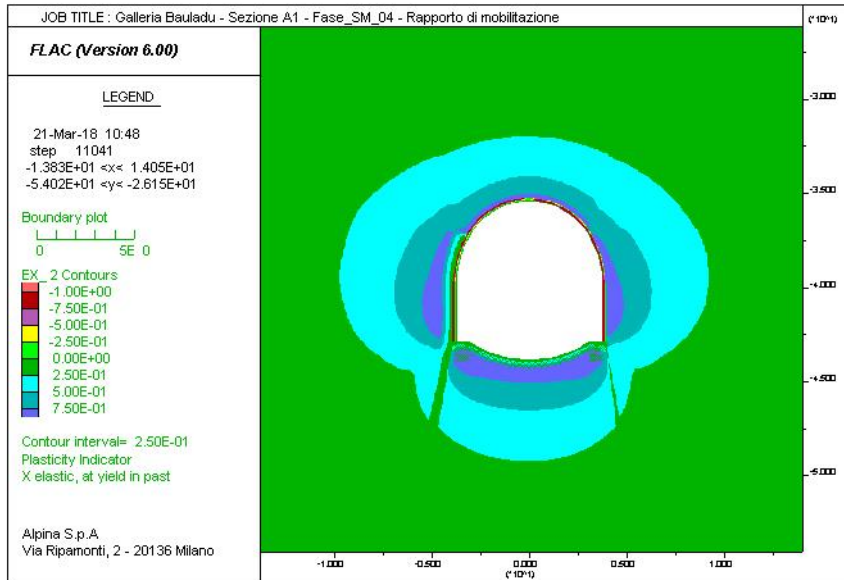
13.2.4.2 Sezione tipo A1 – Diagramma della tensione principale minima

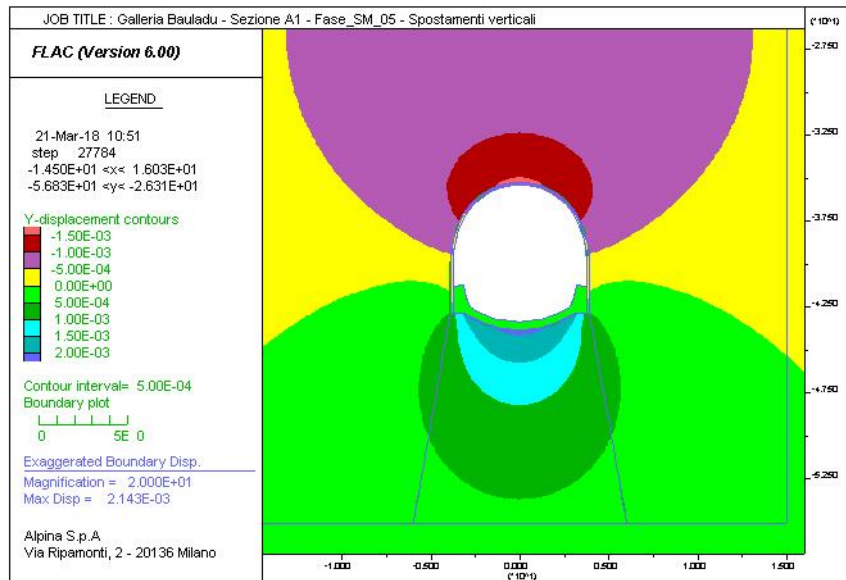
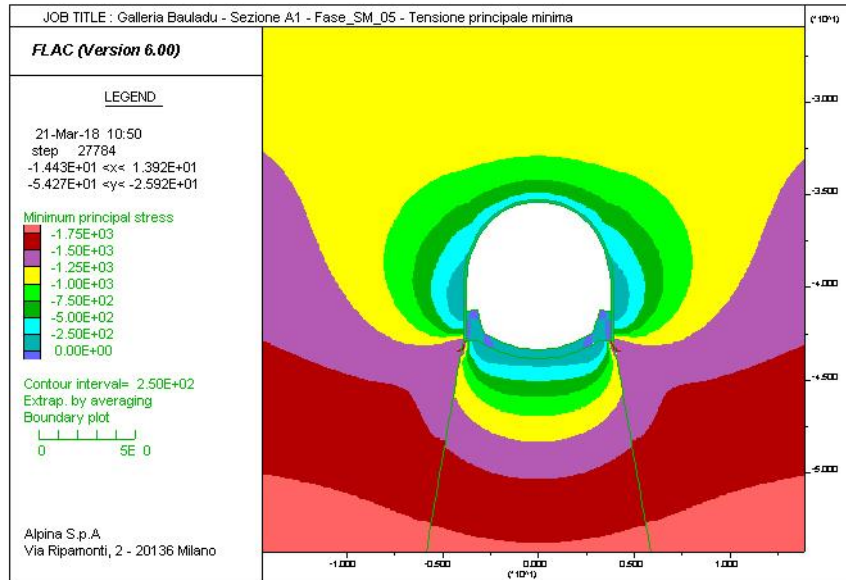
13.2.4.3 Sezione tipo A1 – Diagramma degli spostamenti verticali e deformata del modello

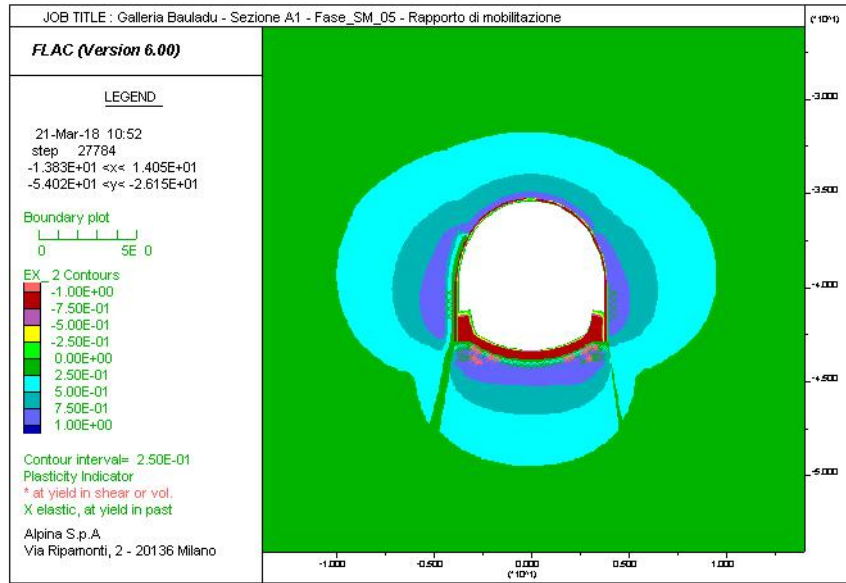
13.2.4.4 Sezione tipo A1 – Diagramma del rapporto di mobilitazione













VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO - SASSARI – OLBIA
VARIANTE DI BAULADU

GALLERIA BAULADU E USCITE DI EMERGENZA –
Relazione geotecnica e di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	01	D 07 CL	GN 00 00 001	A	159 di 193

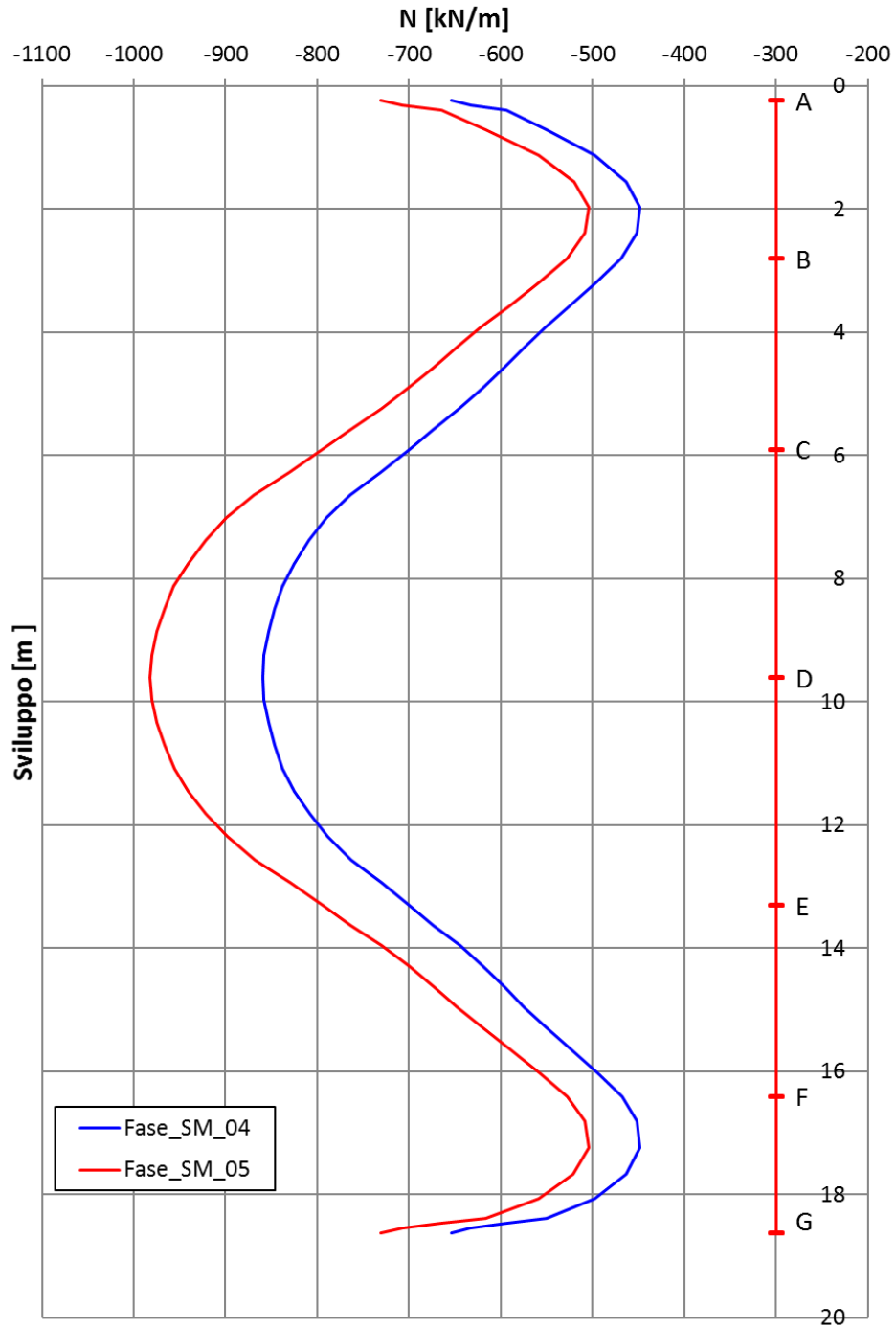
13.2.5 Rivestimento di prima fase – Diagrammi delle sollecitazioni (Fase_04 e Fase_05)

13.2.5.1 Sezione tipo A1 – Diagramma dello sforzo normale nel rivestimento di prima fase

13.2.5.2 Sezione tipo A1 – Diagramma del momento flettente nel rivestimento di prima fase

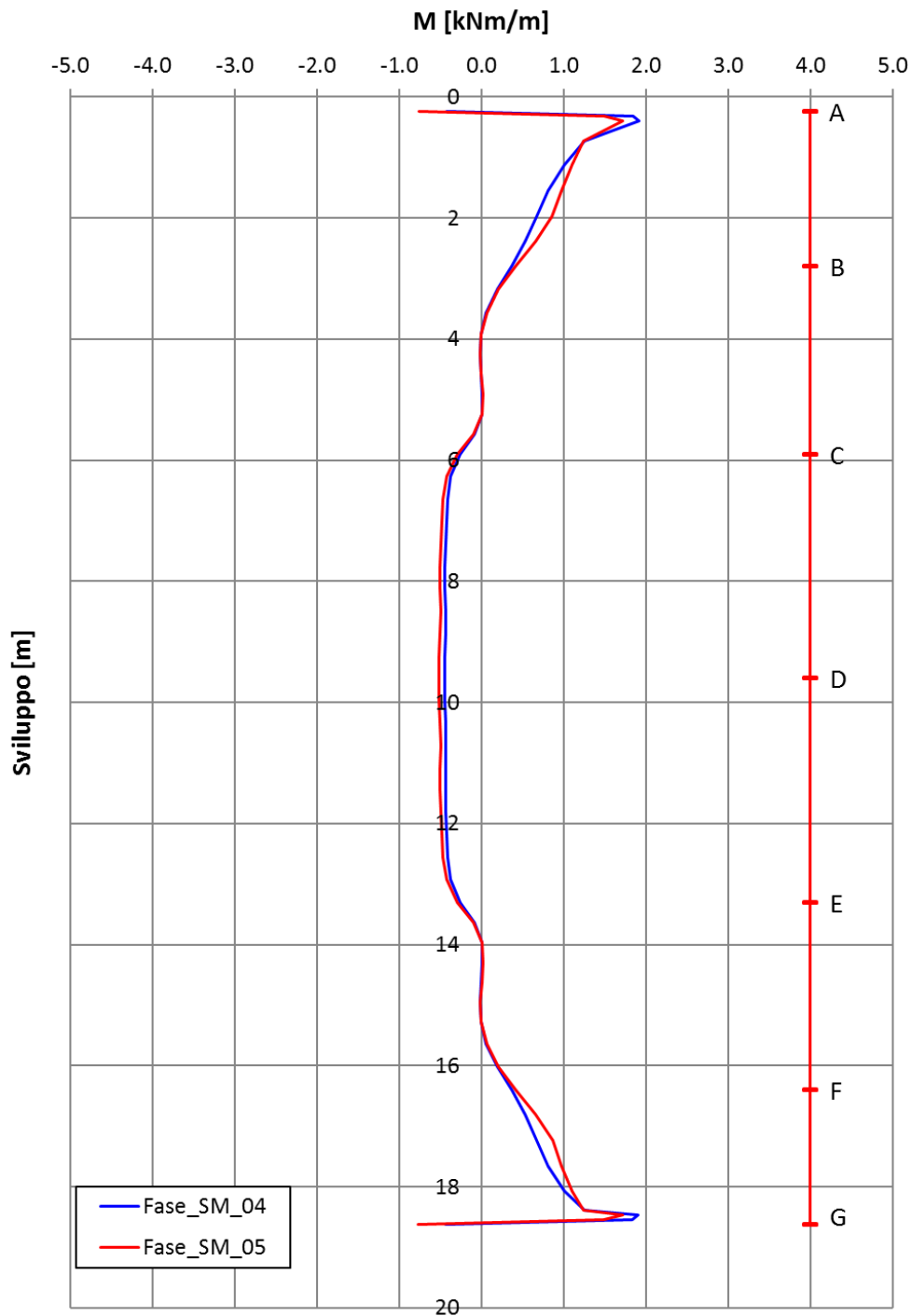
13.2.5.3 Sezione tipo A1 – Diagramma dello sforzo di taglio nel rivestimento di prima fase

Galleria Bauladu - A1 - Rivestimento prima fase Sforzo normale

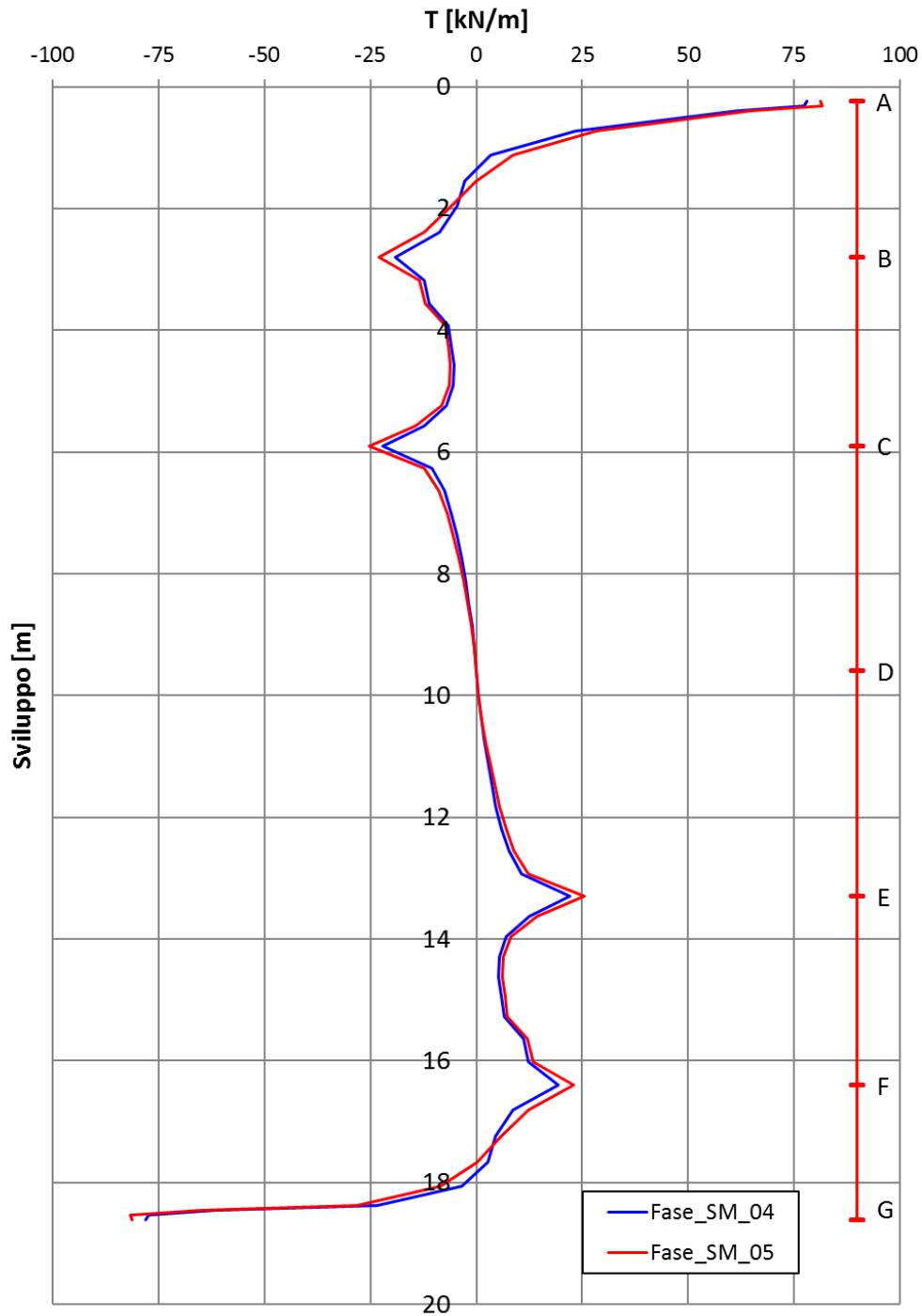


Galleria Bauladu - A1 - Rivestimento prima fase

Momento flettente



Galleria Bauladu - A1 - Rivestimento prima fase Sforzo di taglio



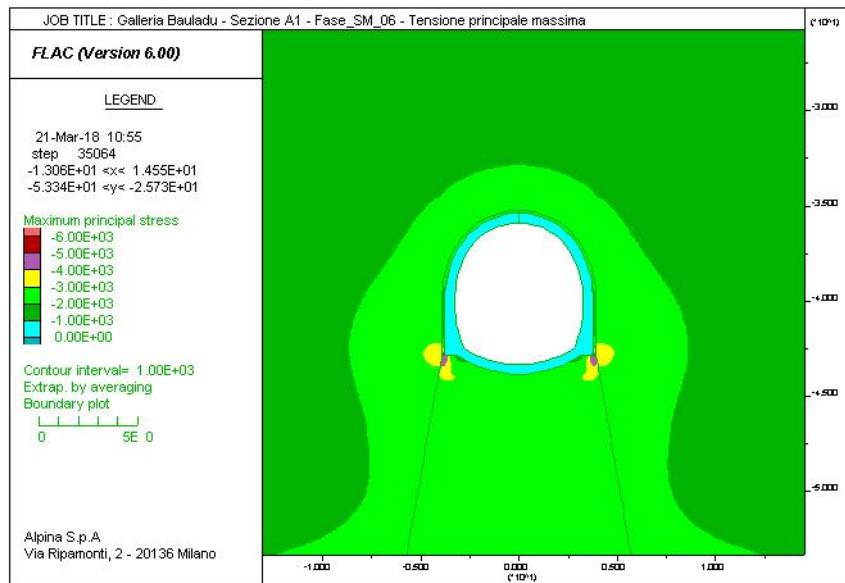
13.2.6 Rivestimento definitivo (Fase_06 e Fase_07)

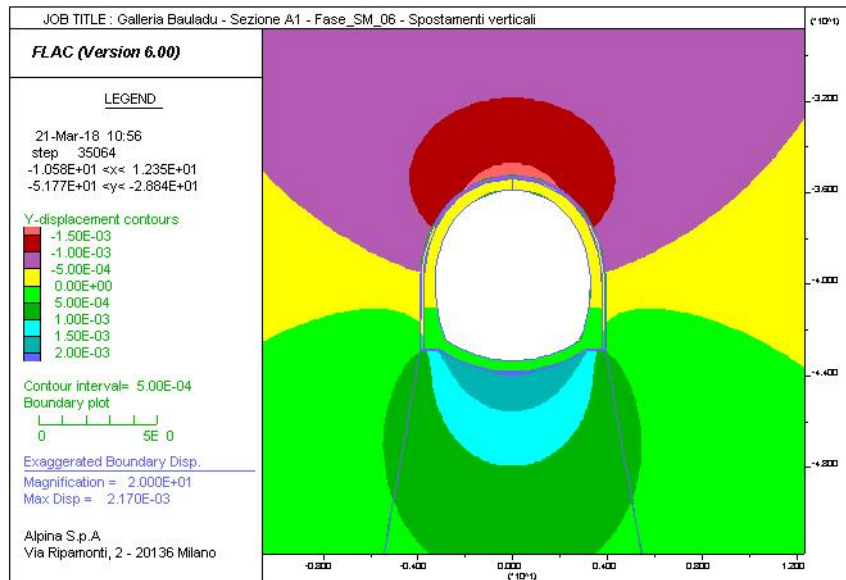
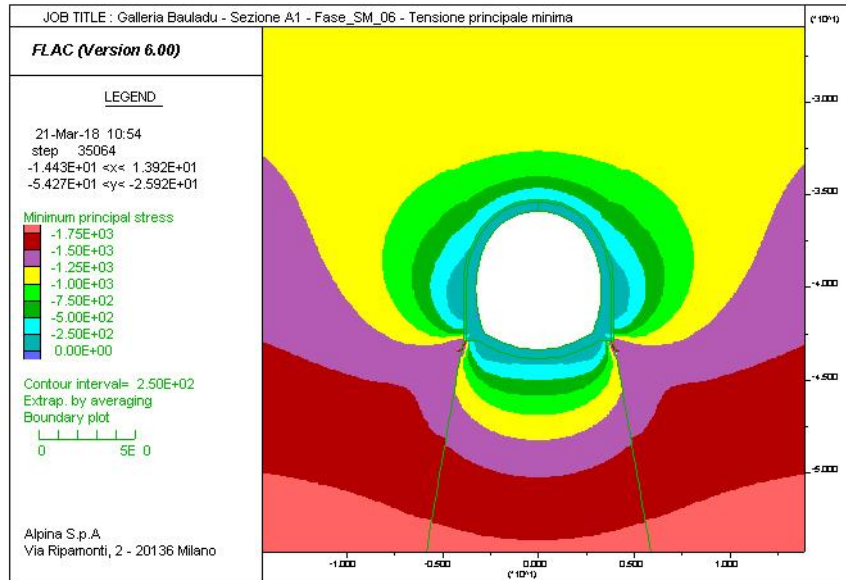
13.2.6.1 Sezione tipo A1 – Diagramma della tensione principale massima

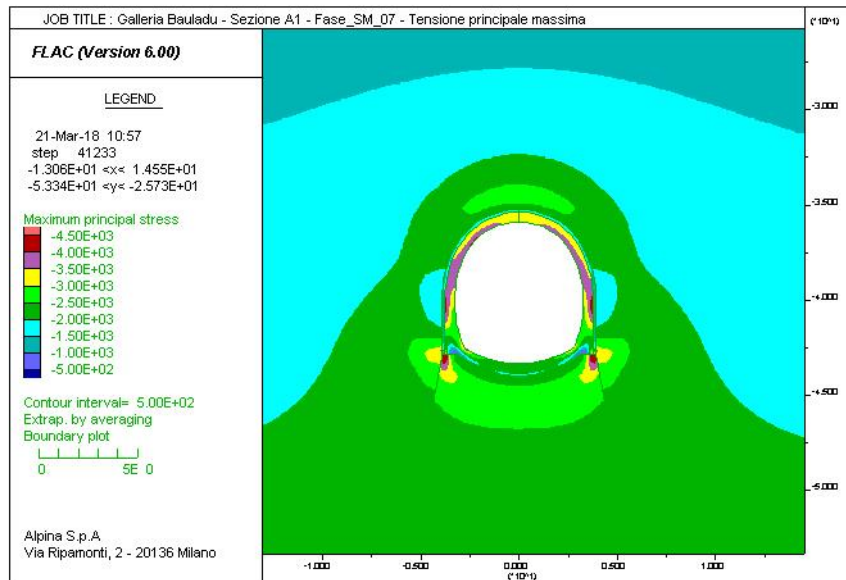
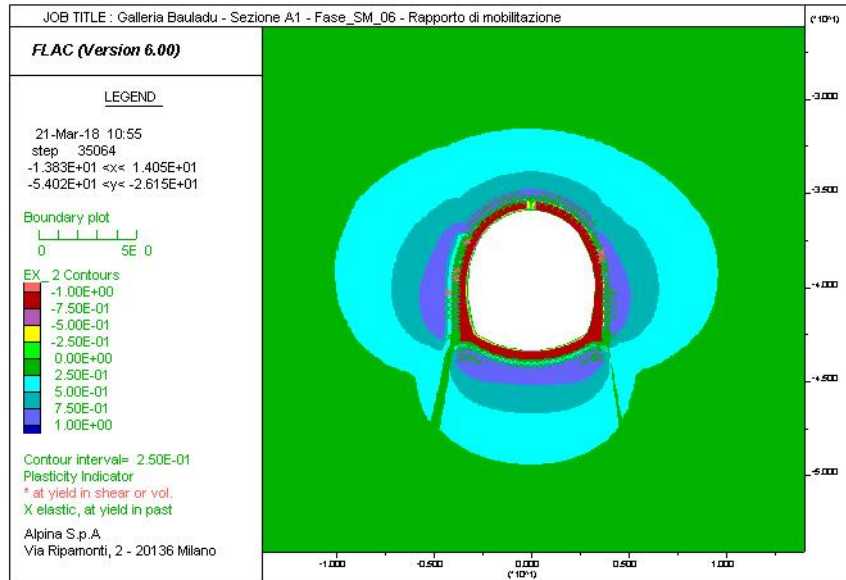
13.2.6.2 Sezione tipo A1 – Diagramma della tensione principale minima

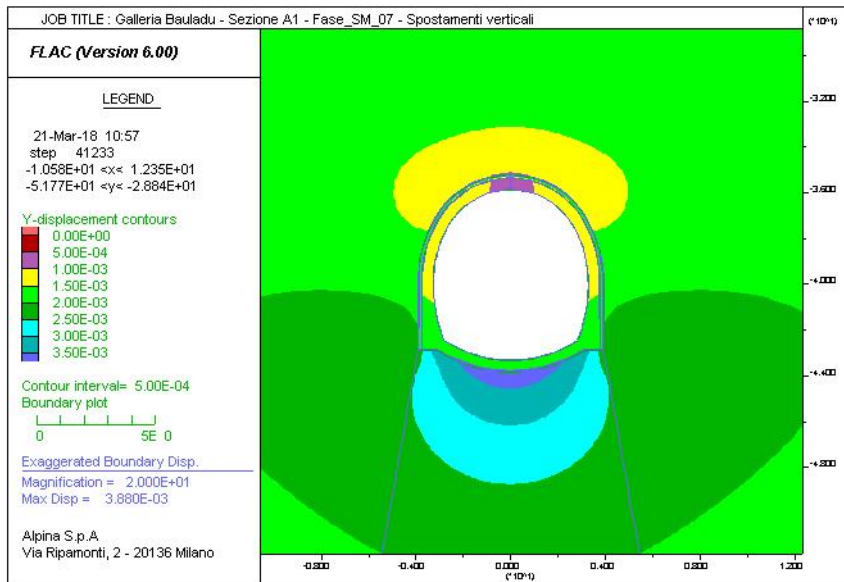
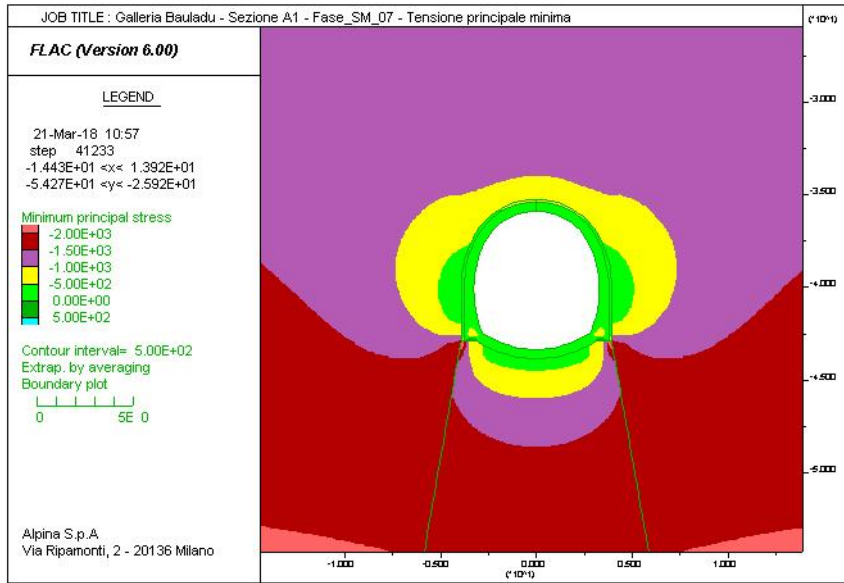
13.2.6.3 Sezione tipo A1 – Diagramma degli spostamenti verticali e deformata del modello

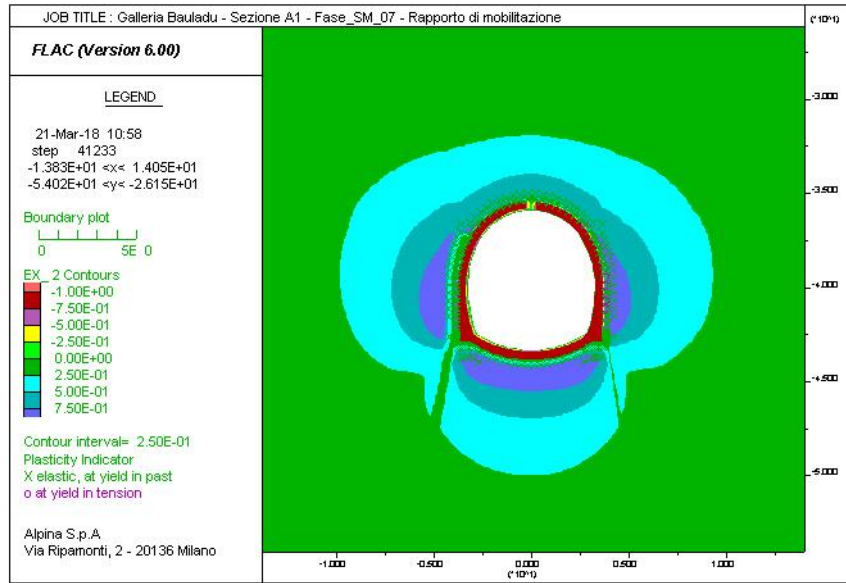
13.2.6.4 Sezione tipo A1 – Diagramma del rapporto di mobilitazione











13.2.7 Rivestimento definitivo – Diagrammi delle sollecitazioni (Fase_06 e Fase_07)

13.2.7.1 Sezione tipo A1 – Diagramma dello sforzo normale nel rivestimento definitivo

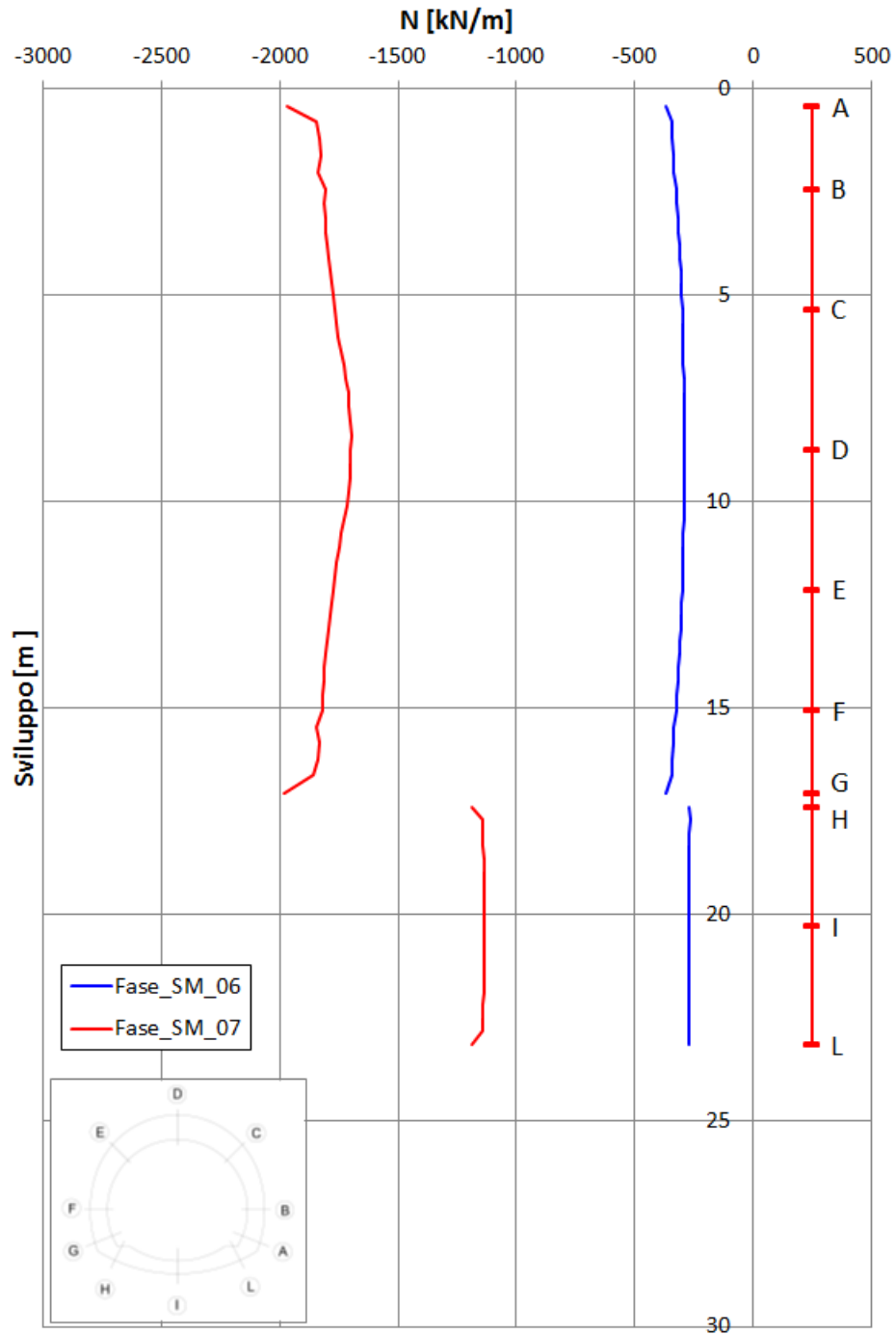
13.2.7.2 Sezione tipo A1 – Diagramma del momento flettente nel rivestimento definitivo

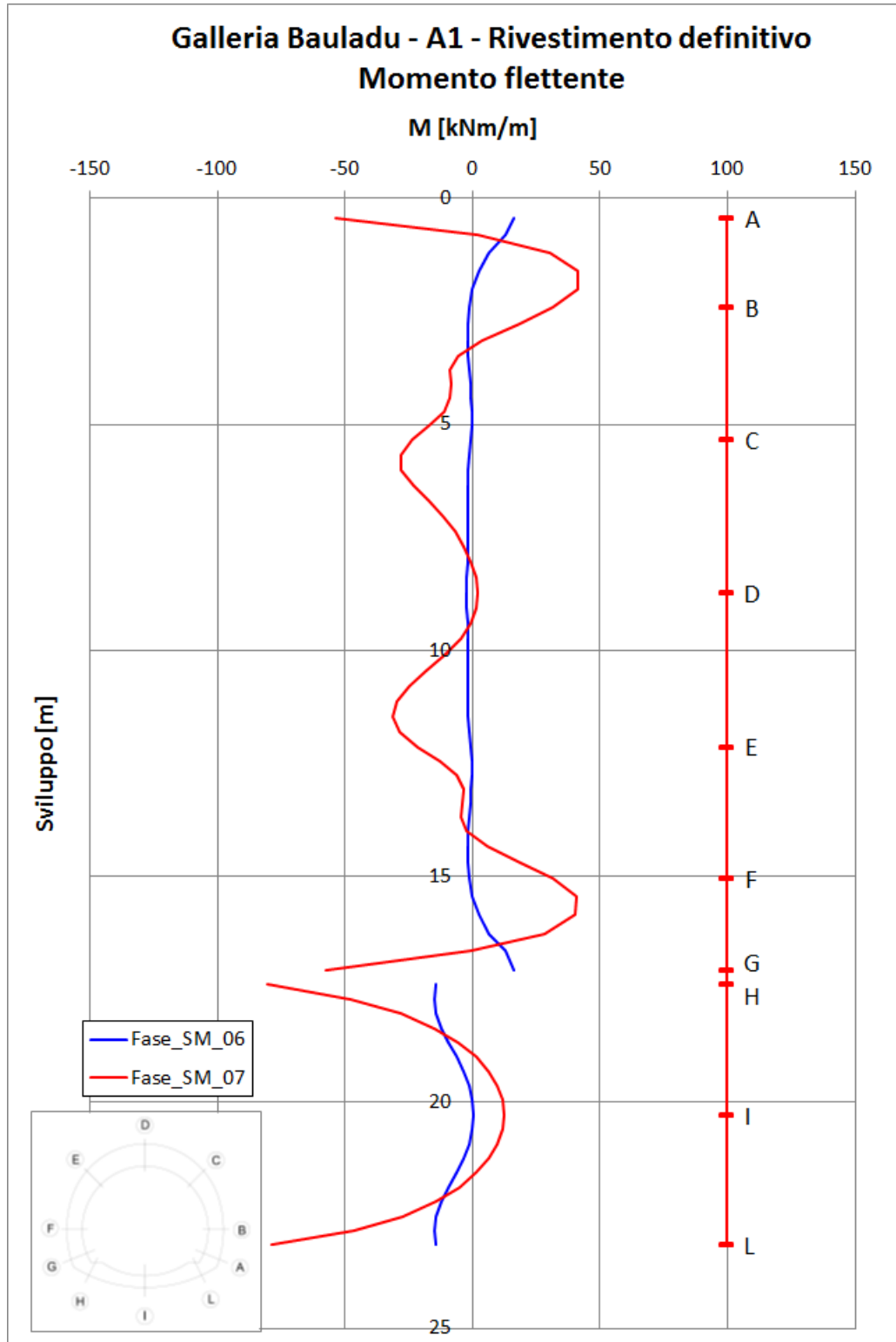
13.2.7.3 Sezione tipo A1 – Diagramma dello sforzo di taglio nel rivestimento definitivo

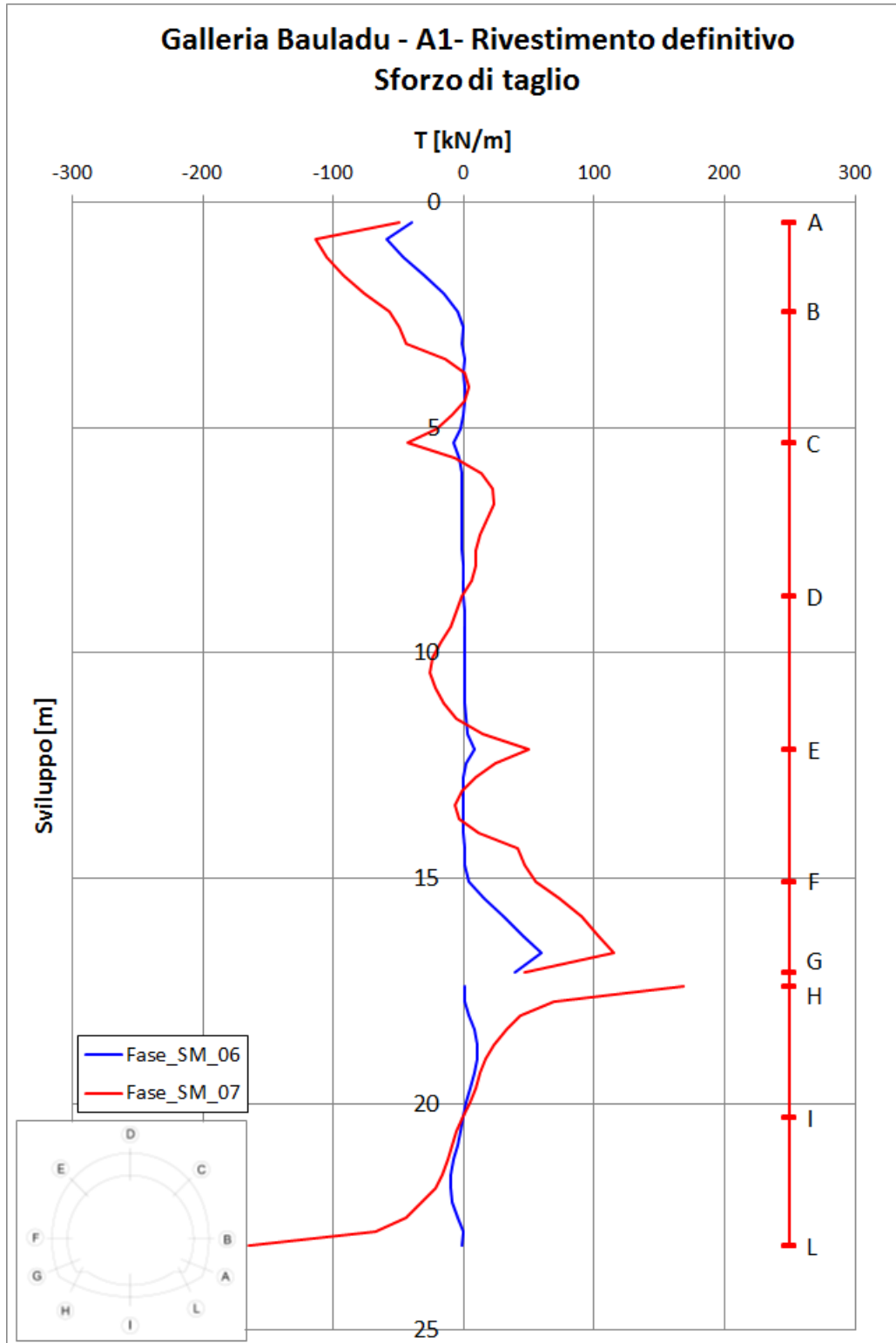
13.2.7.4 Sezione tipo A1 – Diagramma dello sforzo normale nel rivestimento definitivo

Galleria Bauladu - A1 - Rivestimento definitivo

Sforzo normale





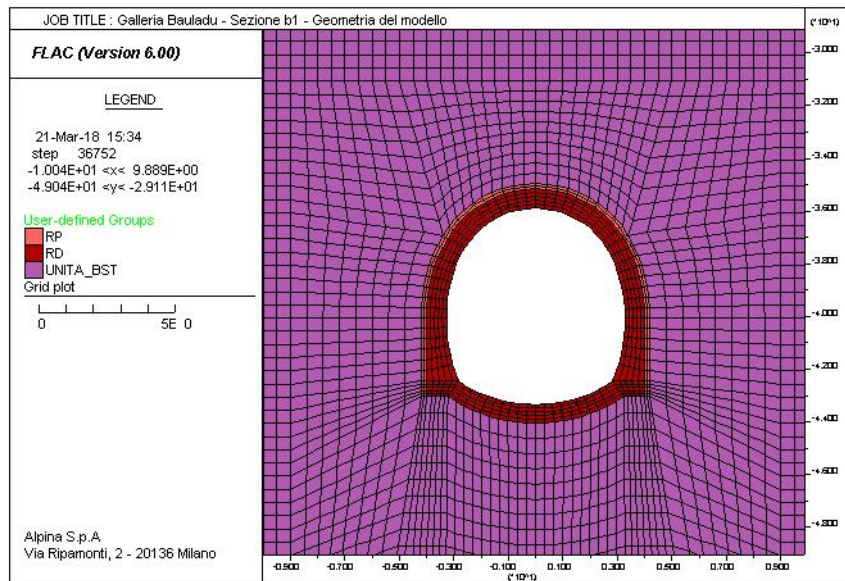
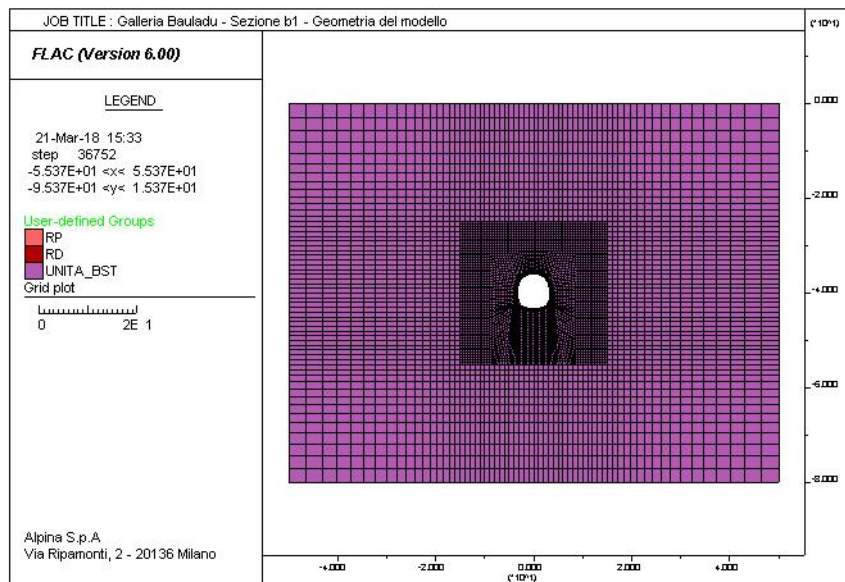


13.3 Sezione B1: risultati dell'analisi numerica

13.3.1 Modello generale

13.3.1.1 Sezione tipo B1 – Geometria del modello

13.3.1.2 Sezione tipo B1 – Dettaglio della suddivisione in zone



13.3.2 Scavo e costruzione graduale per fasi

13.3.2.1 Sezione tipo B1 – Fase 02

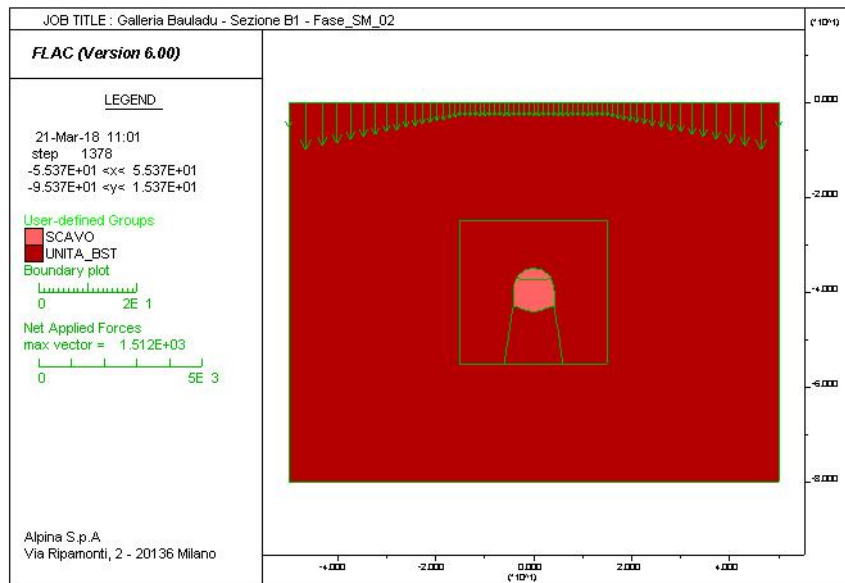
13.3.2.2 Sezione tipo B1 – Fase 03

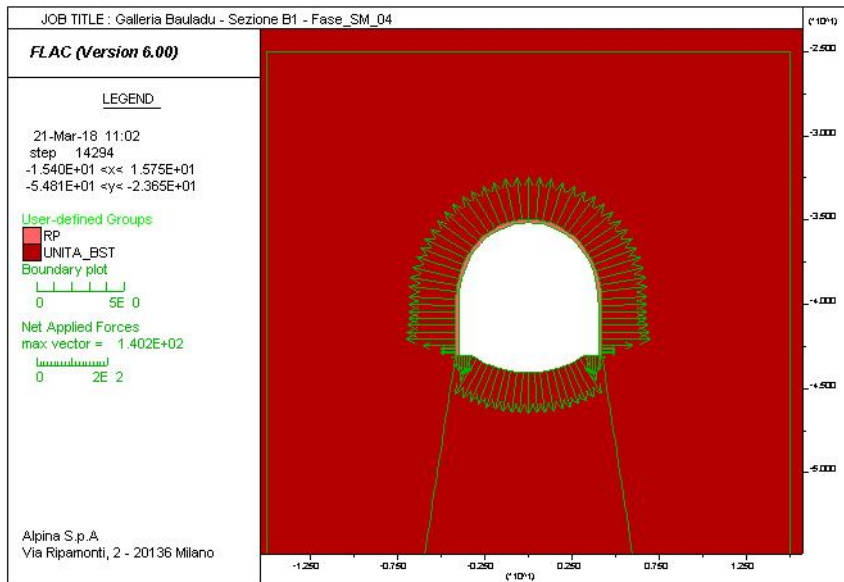
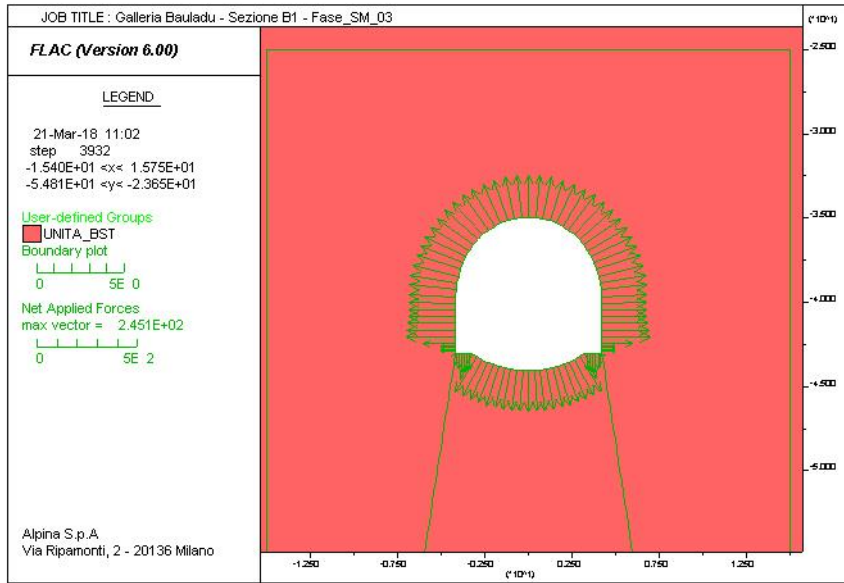
13.3.2.3 Sezione tipo B1 – Fase 04

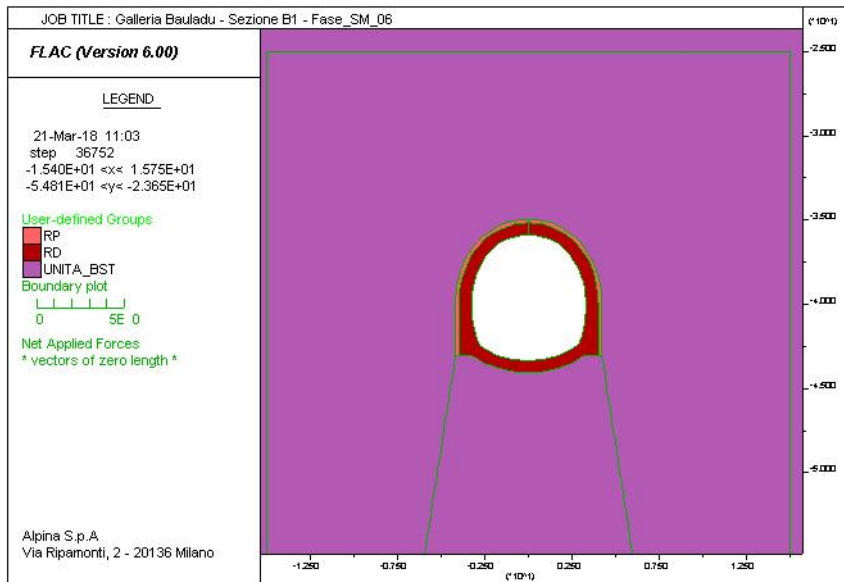
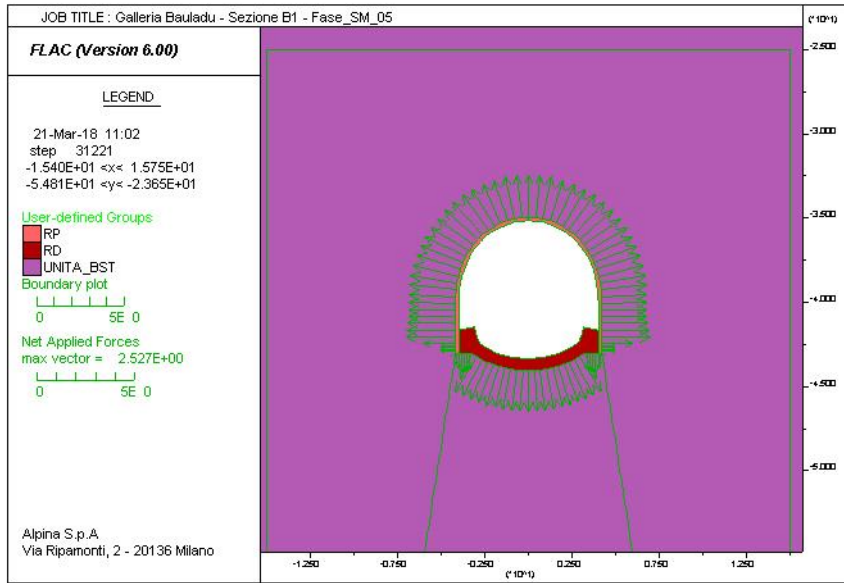
13.3.2.4 Sezione tipo B1 – Fase 05

13.3.2.5 Sezione tipo B1 – Fase 06

13.3.2.6 Sezione tipo B1 – Fase 07



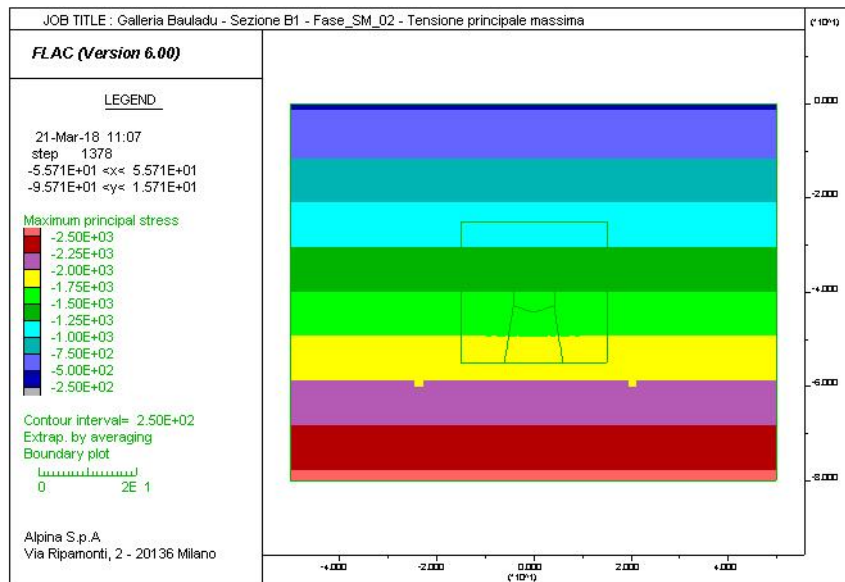


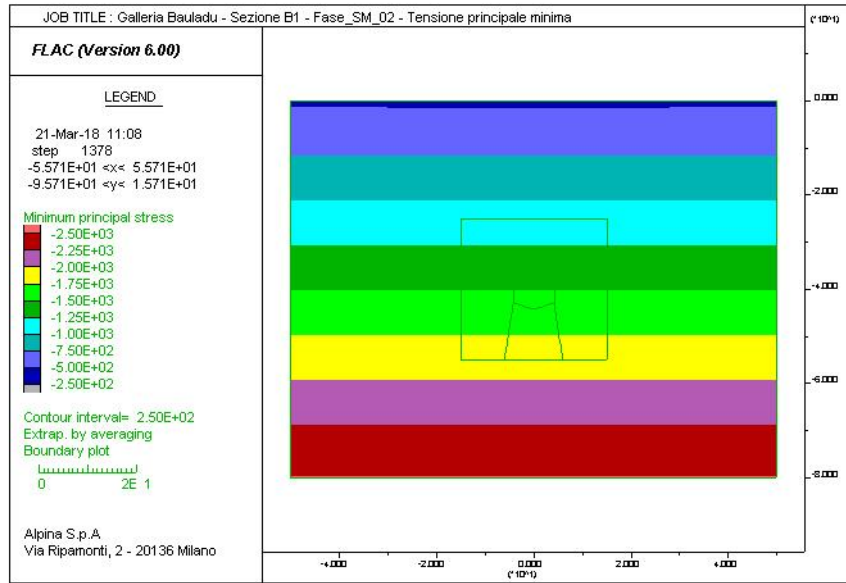


13.3.3 Condizioni precedenti alla realizzazione della galleria (Fase_02)

13.3.3.1 Sezione tipo B1 – Diagramma della tensione principale massima

13.3.3.2 Sezione tipo B1 – Diagramma della tensione principale minima





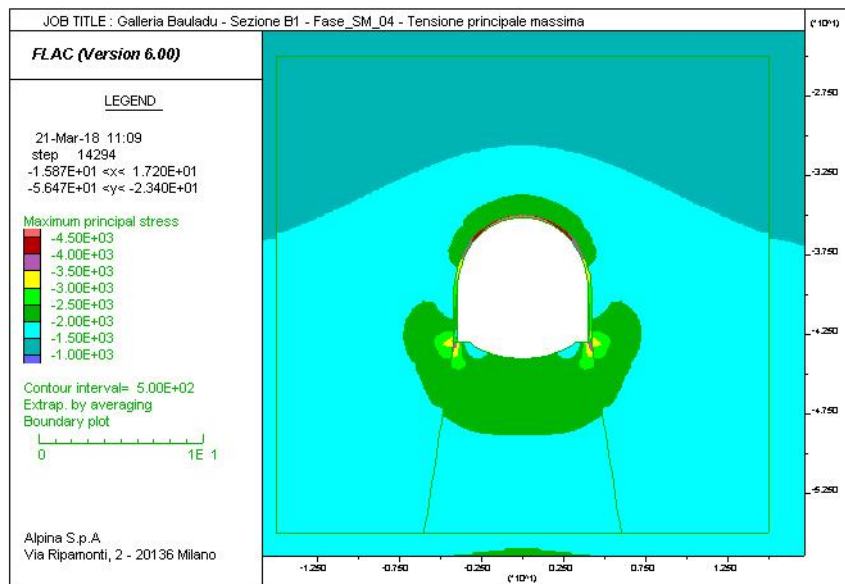
13.3.4 Rivestimento di prima fase (Fase_04)

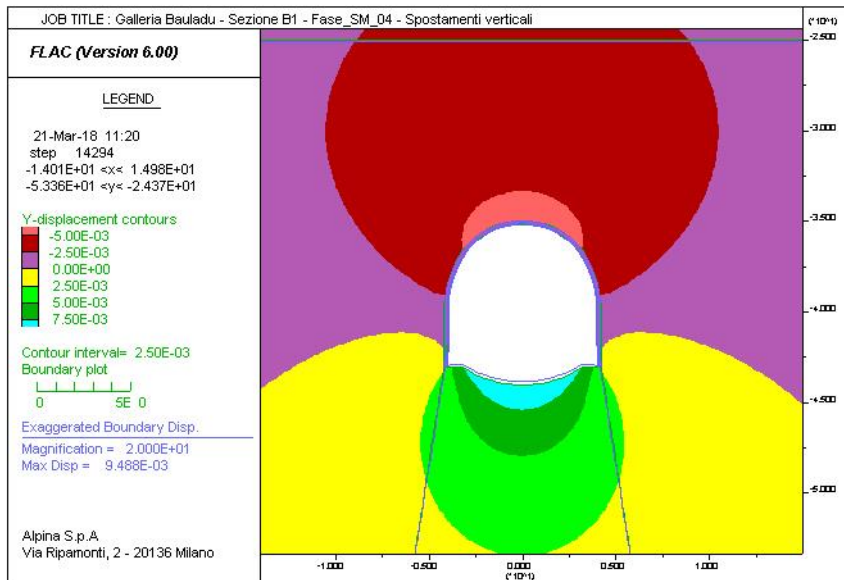
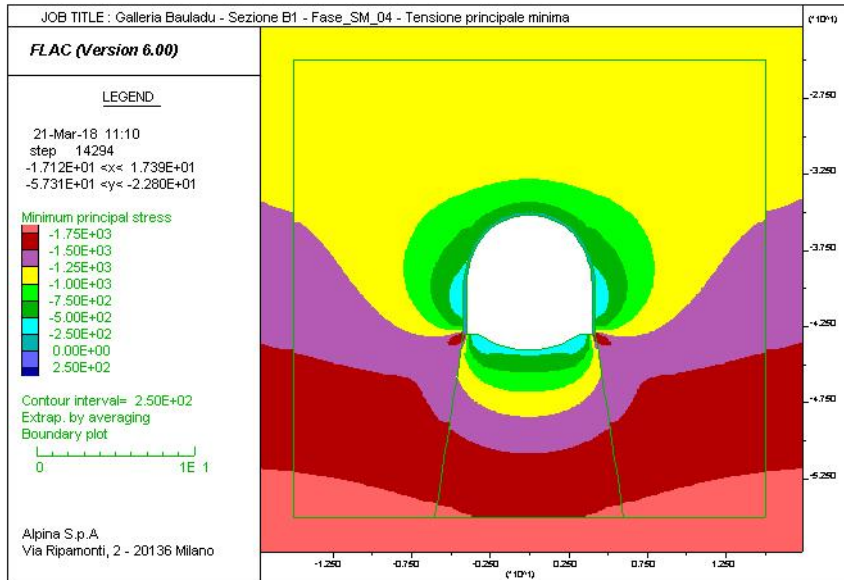
13.3.4.1 Sezione tipo B1 – Diagramma della tensione principale massima

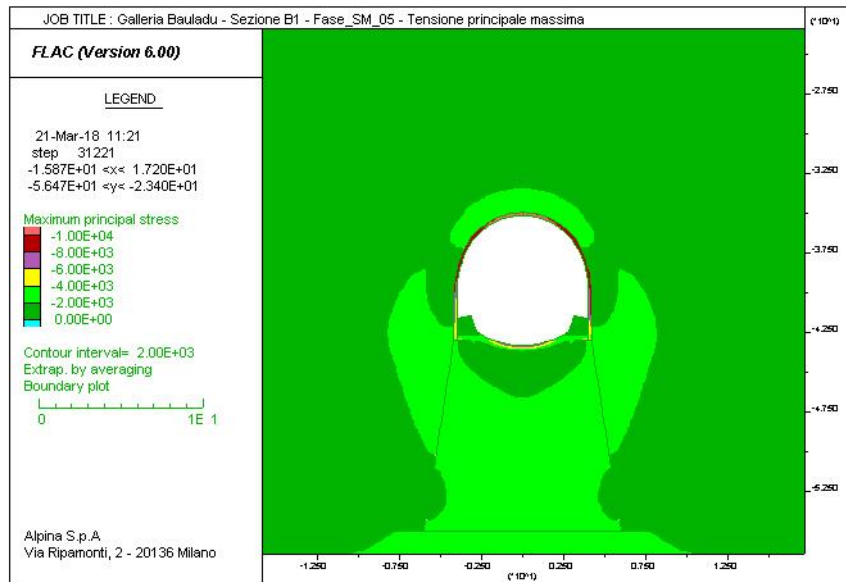
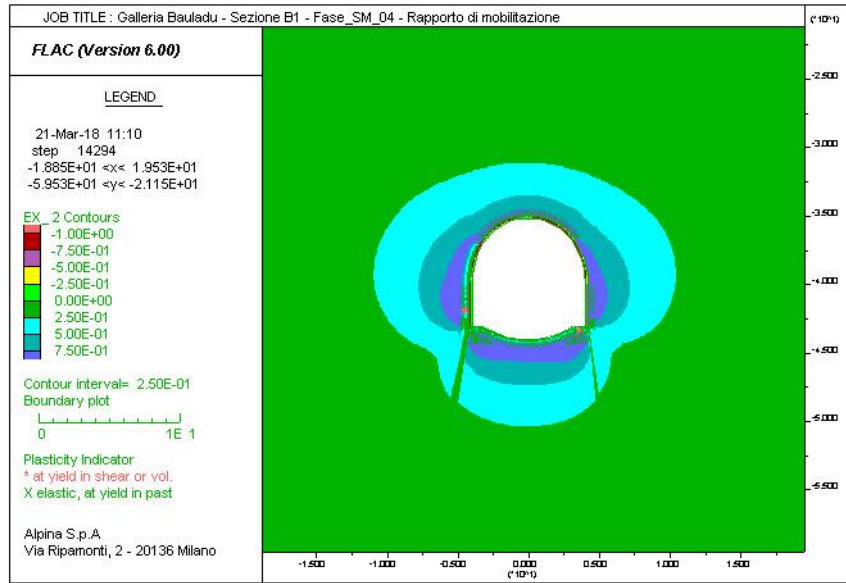
13.3.4.2 Sezione tipo B1 – Diagramma della tensione principale minima

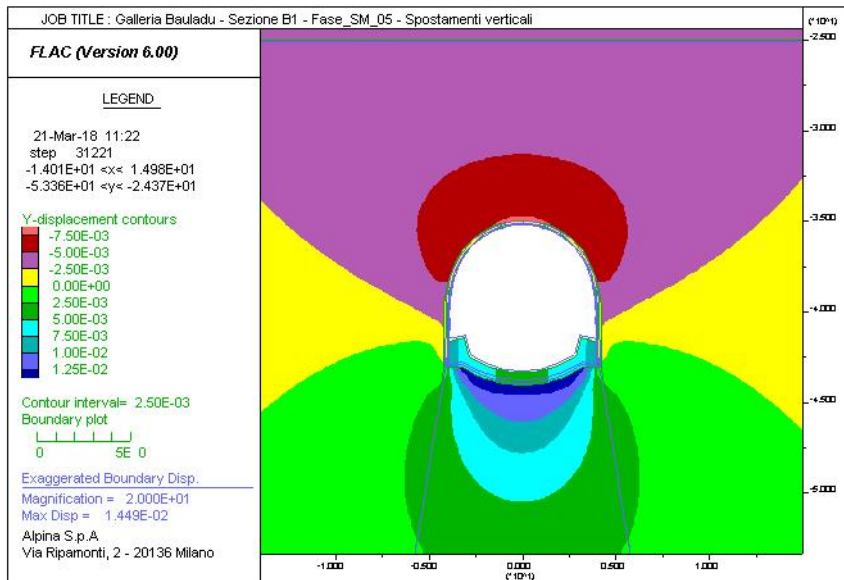
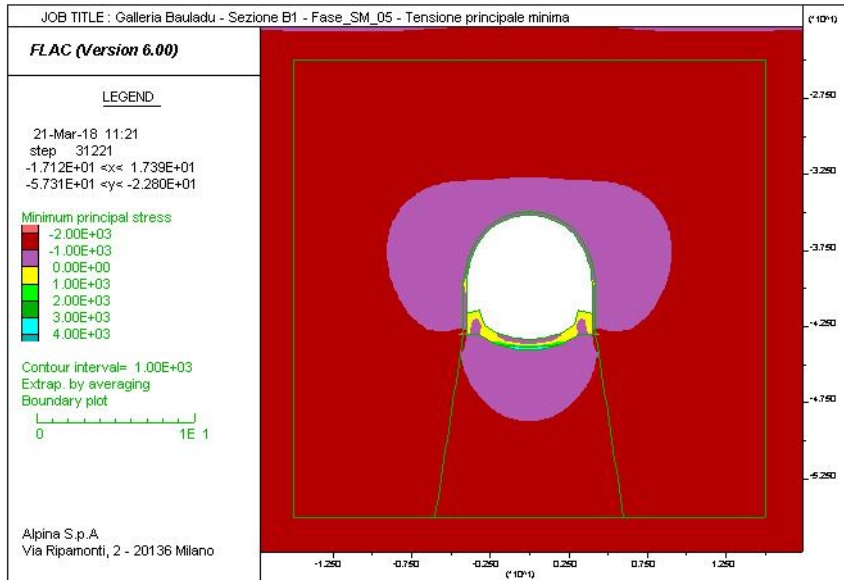
13.3.4.3 Sezione tipo B1 – Diagramma degli spostamenti verticali e deformata del modello

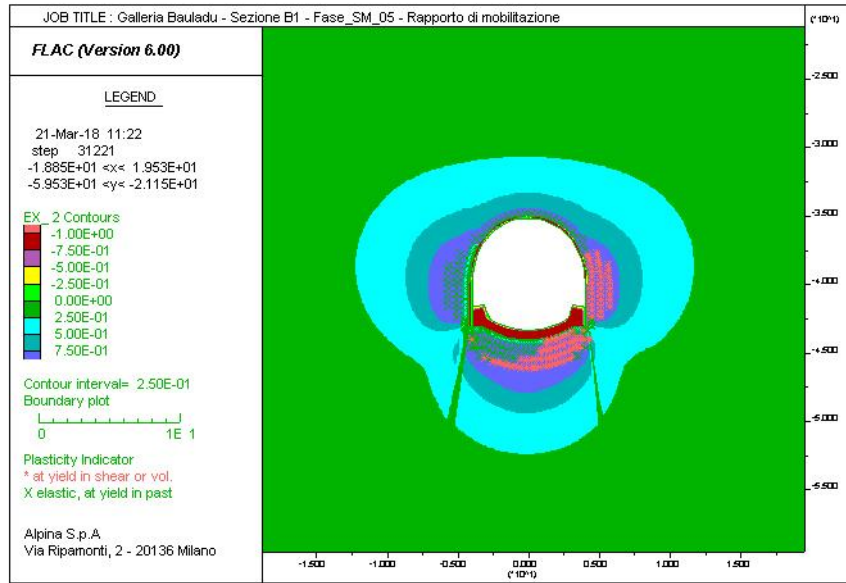
13.3.4.4 Sezione tipo B1 – Diagramma del rapporto di mobilitazione











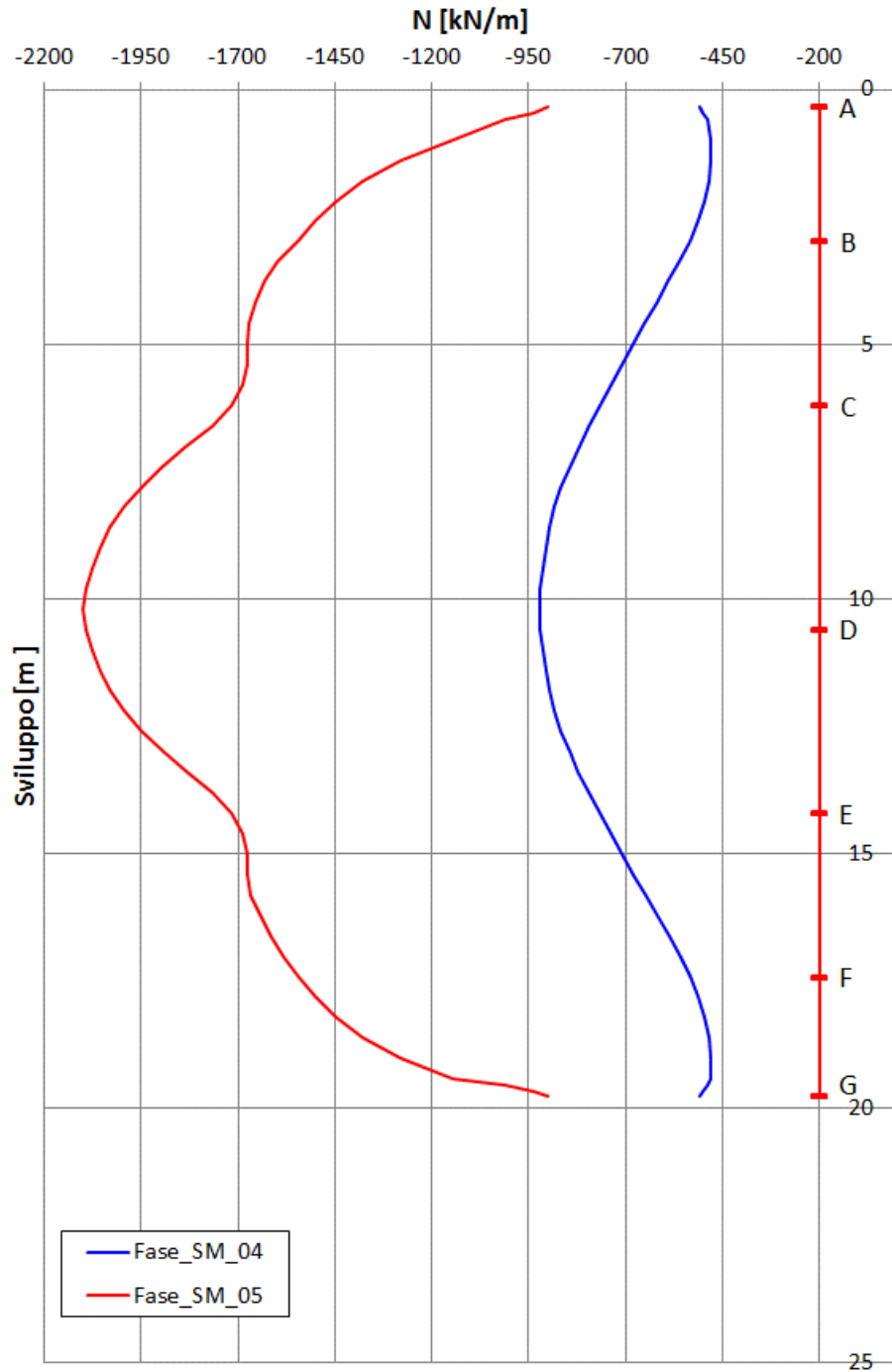
13.3.5 Rivestimento di prima fase – Diagrammi delle sollecitazioni (Fase_04 e Fase_05)

13.3.5.1 Sezione tipo B1 – Diagramma dello sforzo normale nel rivestimento di prima fase

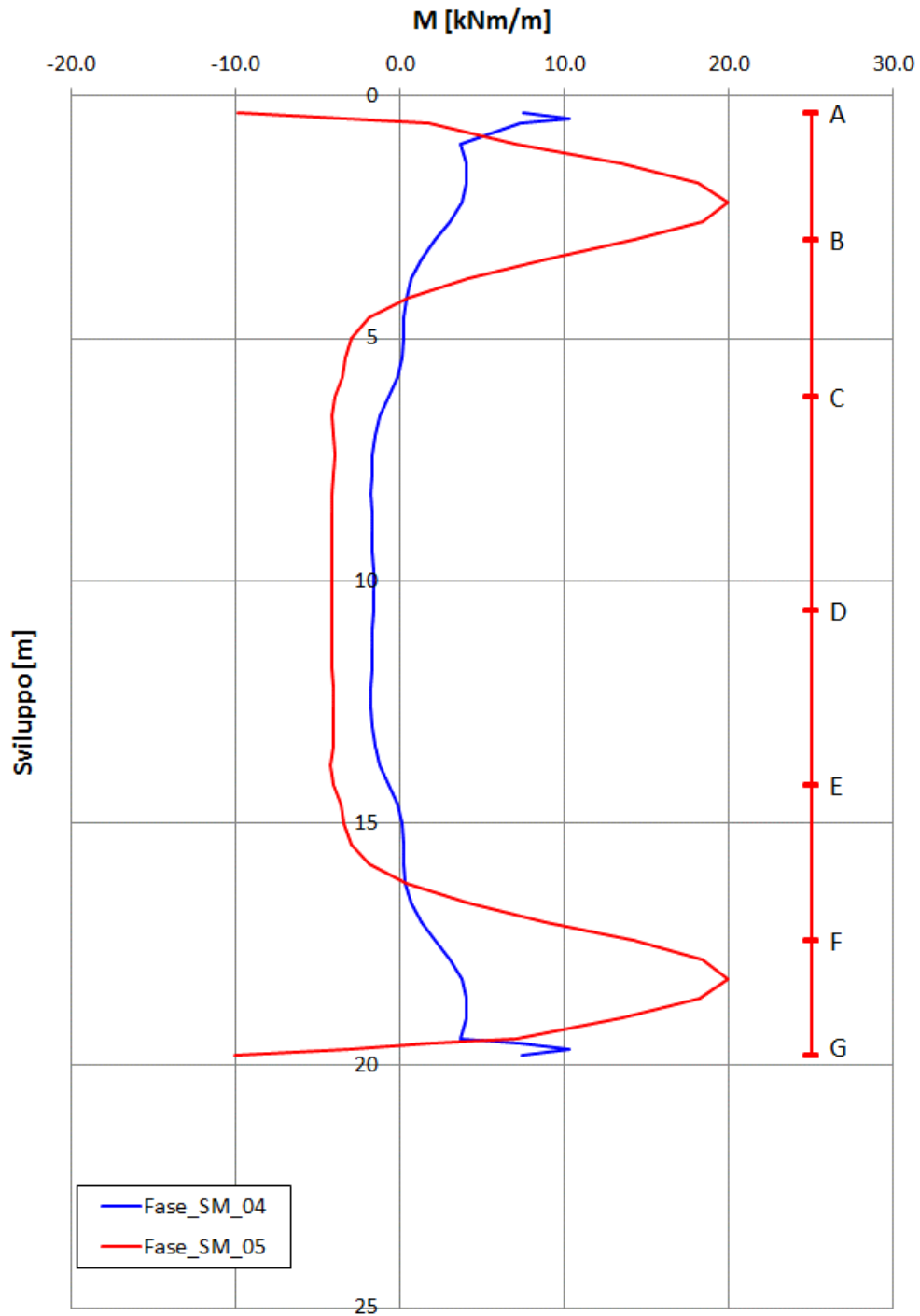
13.3.5.2 Sezione tipo B1 – Diagramma del momento flettente nel rivestimento di prima fase

13.3.5.3 Sezione tipo B1 – Diagramma dello sforzo di taglio nel rivestimento di prima fase

Galleria Bauladu - B1 - Rivestimento prima fase Sforzo normale

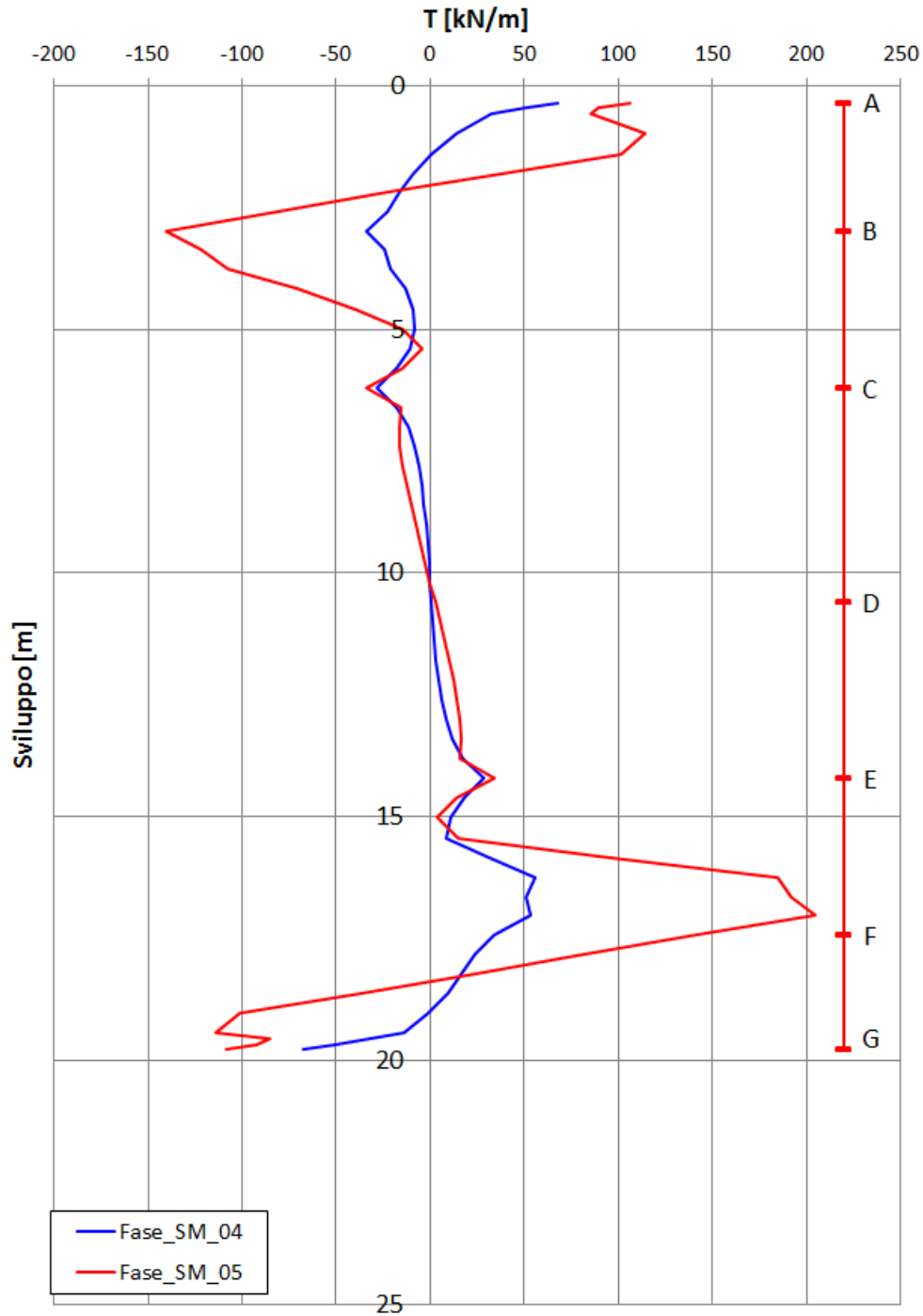


Galleria Bauladu - B1 - Rivestimento prima fase
Momento flettente



Galleria Bauladu - B1 - Rivestimento prima fase

Sforzo di taglio



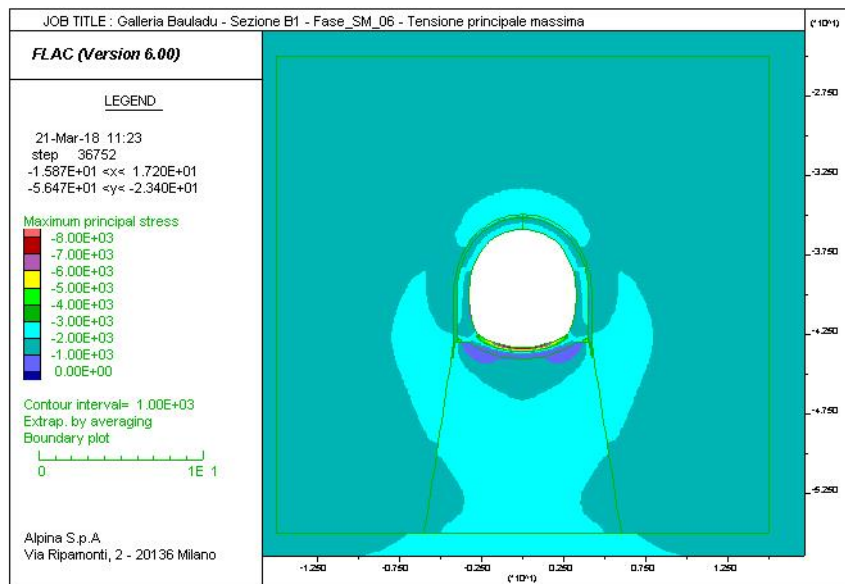
13.3.6 Rivestimento definitivo (Fase_06)

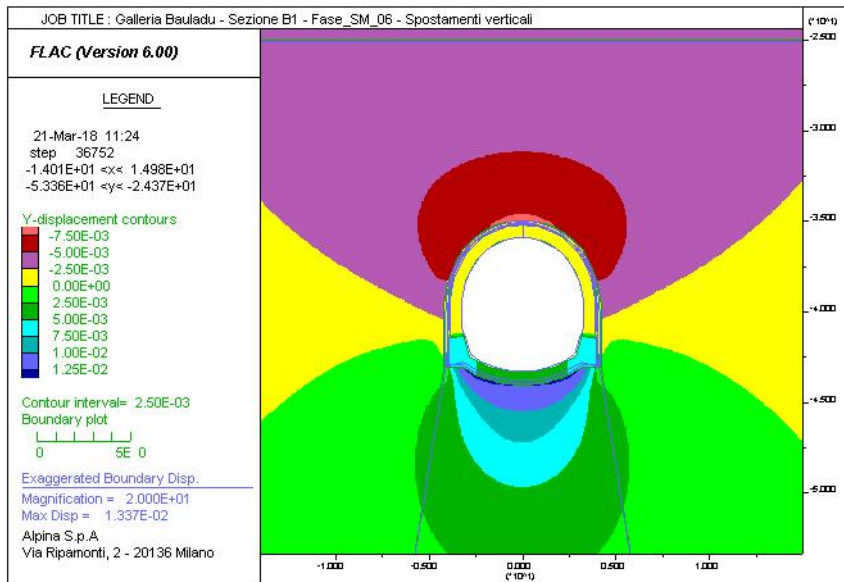
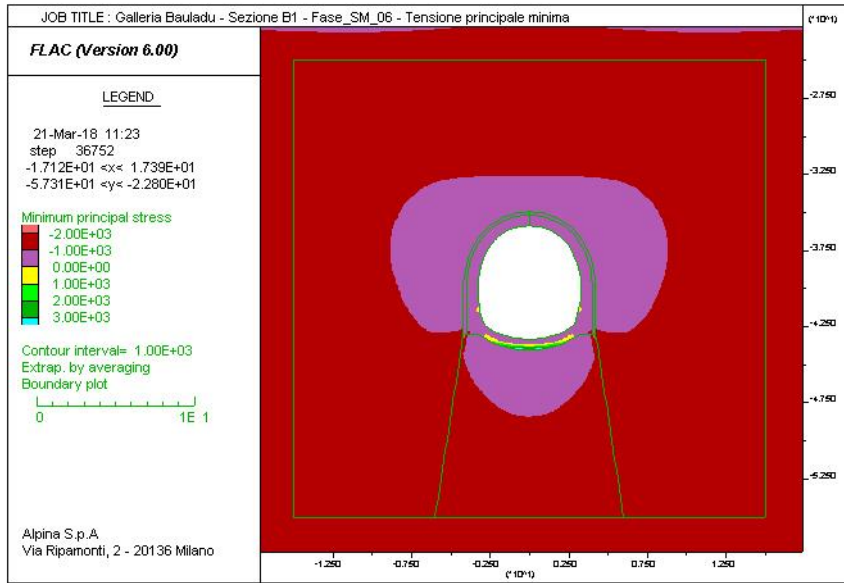
13.3.6.1 Sezione tipo B1 – Diagramma della tensione principale massima – lungo termine

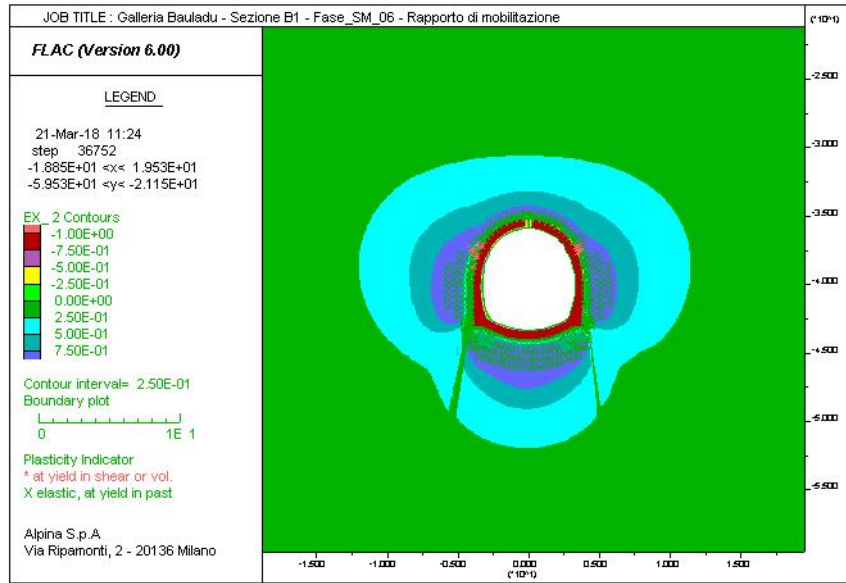
13.3.6.2 Sezione tipo B1 – Diagramma della tensione principale minima – lungo termine

13.3.6.3 Sezione tipo B1 – Diagramma degli spostamenti verticali e deformata del modello – lungo termine

13.3.6.4 Sezione tipo B1 – Diagramma del rapporto di mobilitazione – lungo termine







13.3.7 Rivestimento definitivo – Diagrammi delle sollecitazioni (Fase_06)

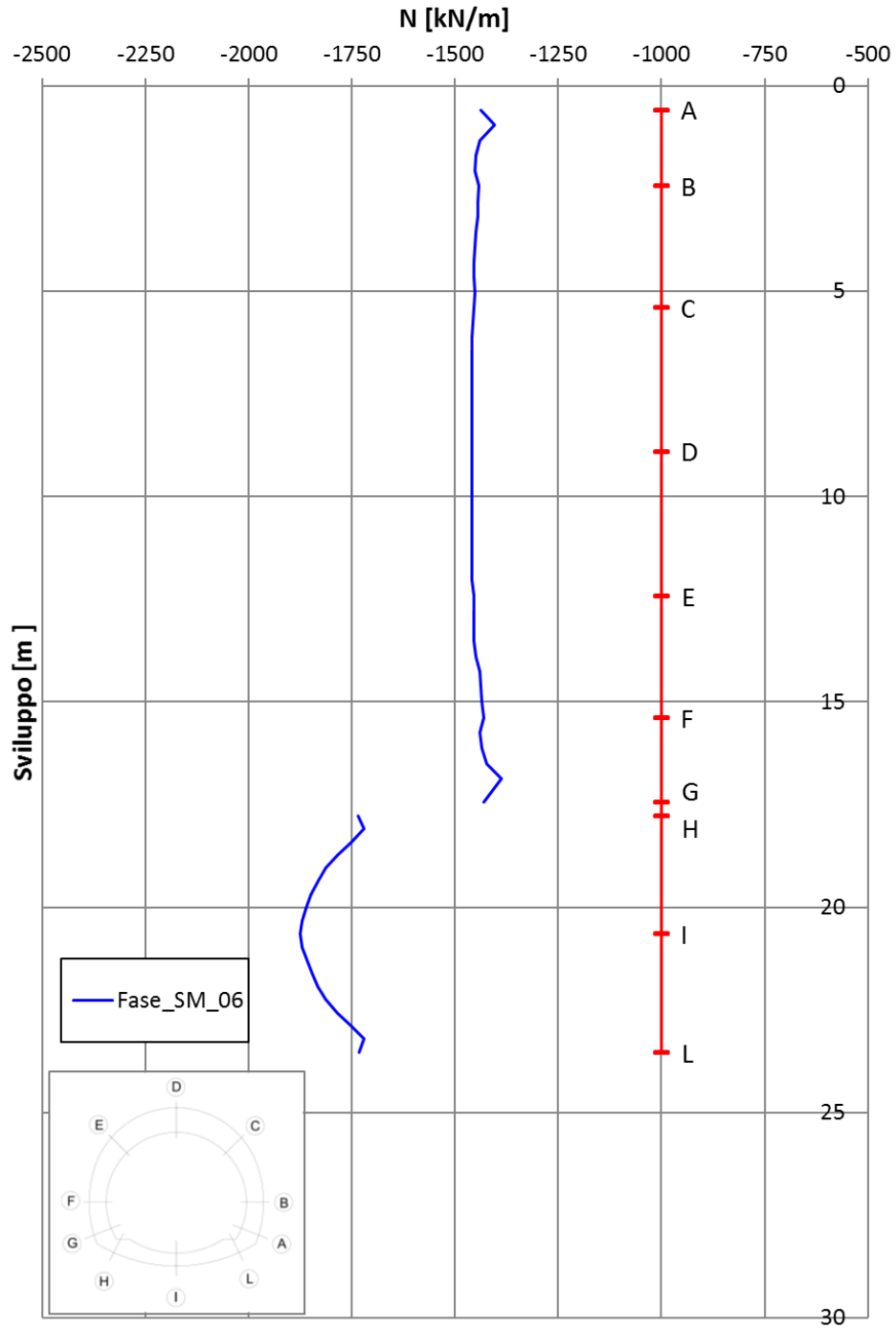
13.3.7.1 Sezione tipo B1 – Diagramma dello sforzo normale nel rivestimento definitivo

13.3.7.2 Sezione tipo B1 – Diagramma del momento flettente nel rivestimento definitivo

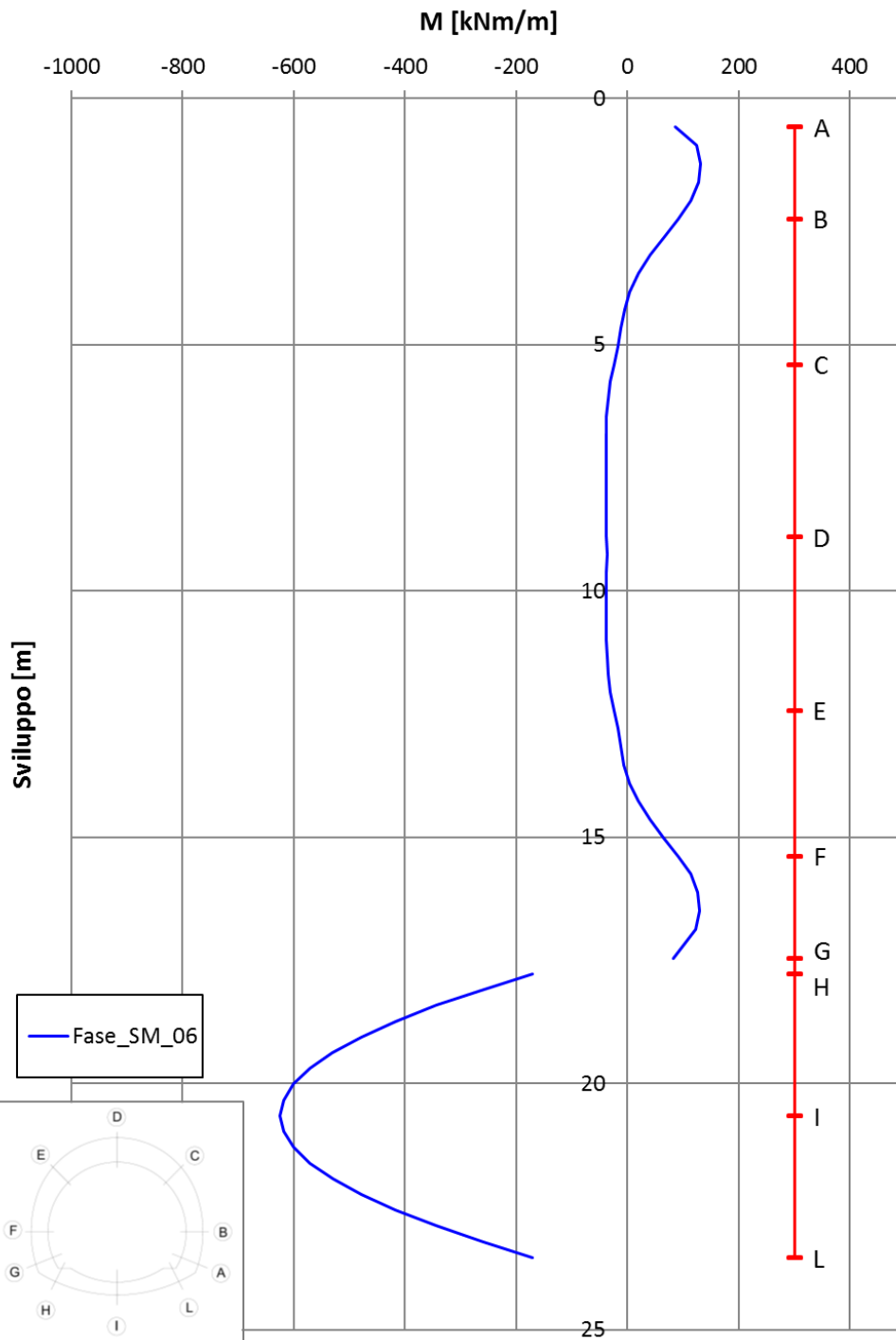
13.3.7.3 Sezione tipo B1 – Diagramma dello sforzo di taglio nel rivestimento definitivo

13.3.7.4 Sezione tipo B1 – Diagramma dello sforzo normale nel rivestimento definitivo

Galleria Bauladu - B1 - Rivestimento definitivo Sforzo normale



Galleria Bauladu - B1 - Rivestimento definitivo Momento flettente



Galleria Bauladu - B1- Rivestimento definitivo Sforzo di taglio

