

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. GALLERIE

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA

NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA

LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA

LOTTO 1C BUONABITACOLO - PRAIA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

SCALA:



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

RC2A C1 R 07 RH GN0000 001 E

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
B	Emissione esecutiva	S.Saviani	Febb.2022	F.lannotta	Febb.2022	I. D'Amore	Febb.2022	A. Sciotti Settembre 2023
C	Emissione esecutiva	F.lannotta	Ott. 2022	F.lannotta	Ott. 2022	I. D'Amore	Ott. 2022	
D	Emissione esecutiva	A.Coluccio F.Bergamo	Lug. 2023	F.lannotta	Lug. 2023	I. D'Amore	Lug. 2023	
E	Emissione esecutiva	A.Coluccio F.Bergamo	Sett. 2023	F.lannotta	Sett. 2023	I. D'Amore	Sett. 2023	

File: RC2AC1R07RHGN0000001E.DOCX

ITALFERR S.p.A.
U.O. GALLERIE
Aut. Ing. Alessandra Sciotti
Copia negli ingegneri di
n° 138/16

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

SOMMARIO

1	PREMESSA.....	4
2	NORMATIVE E SPECIFICHE TECNICHE DI RIFERIMENTO	11
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	11
4	DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO	12
5	ALLEGATI.....	14
6	DESCRIZIONE DELL'OPERA	15
6.1	IL TRACCIATO E LE OPERE IN SOTTERRANEO	15
6.2	OPERE PER LA SICUREZZA IN GALLERIA.....	31
6.3	INTERFERENZE LUNGO IL TRACCIATO.....	33
7	METODOLOGIA DI LAVORO.....	34
8	FASE CONOSCITIVA	34
8.1	IL MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO	34
8.2	INDAGINI GEOTECNICHE	39
8.3	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA	42
9	FASE DI DIAGNOSI.....	108
9.1	CLASSI DI COMPORTAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO.....	108
9.2	DETERMINAZIONE DELLE CATEGORIE DI COMPORTAMENTO	109
9.3	DEFINIZIONE DELLE TRATTE A COMPORTAMENTO TENSIO-DEFORMATIVO OMOGENEO.....	115
10	FASE DI TERAPIA	121

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

10.1	DEFINIZIONE DEL METODO DI SCAVO	121
10.2	METODO DI SCAVO MECCANIZZATO	122
10.3	METODO DI SCAVO TRADIZIONALE	147
10.4	VALUTAZIONE DEI RISCHI E RELATIVE AZIONI DI MITIGAZIONE	151
	OPERE DI IMBOCCO.....	172
11	FASE DI VERIFICA E MESSA A PUNTO DEL PROGETTO.....	173
11.1	SCAVO MECCANIZZATO.....	173
11.2	SCAVO TRADIZIONALE	173
11.3	MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA.....	174
12	PROPOSTA DI INDAGINI PER LA SUCCESSIVA FASE DI PROGETTAZIONE	175
13	CONCLUSIONI.....	176

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

1 PREMESSA

La presente progettazione di fattibilità tecnica ed economica riguarda il **lotto 1c Buonabitacolo - Praia**, della nuova linea AV Salerno-Reggio Calabria.

Scopo del documento è la descrizione delle principali soluzioni tecnico-progettuali individuate per la realizzazione delle gallerie naturali.

La relazione è la revisione (rev E) del documento già emesso e sottoposto all'esame del Comitato Speciale del CSLPP in prima emissione il 08/09/2022 (rev.C) e in seconda emissione il 21/07/2023 (rev.D). Essa comprende i riscontri alle richieste di ulteriori approfondimenti ed integrazioni che la commissione speciale ha trasmesso il 07/08/2023 riguardanti lo "scavo in galleria".

Nella tabella seguente sono esposti sinteticamente gli esiti delle suddette richieste, prevalentemente sottoforma di chiarimenti. In terza colonna è riportato il riferimento al paragrafo della relazione dove è contenuto il chiarimento/integrazione, talvolta in forma più estesa. Nel testo della relazione il recepimento/chiarimento alle osservazioni è identificato da un riquadro posto in coda al paragrafo di attinenza.

Sono confermate le scelte progettuali già illustrate nelle revisioni precedenti.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

RICHIESTA DELLA COMMISSIONE	RECEPIMENTO	RIFERIMENTO
<p>N.1</p> <p><i>È previsto che nei tratti interferenti con le falde e le opere di presa le gallerie siano interamente impermeabili. Per ottenere questo risultato, nel caso di gallerie scavate con TBM, è necessario che non solo i calcestruzzi siano di caratteristiche adeguate ma anche i gasket siano adeguatamente dimensionati. È necessario verificare la tipologia e la struttura anche nel caso di non perfetto montaggio e di durabilità a lungo termine. È necessario verificare la fattibilità con doppio gasket e tubo di post iniezione.</i></p> <p><i>Se in questo tratti le gallerie sono scavate in convenzionale è necessario prevedere adeguati water-stop nei giunti di getto. Questa indicazione va riportata tra le misure di mitigazione.</i></p>	<p>Piuttosto che ricorrere al doppio gasket si preferisce l'utilizzo di guarnizioni singole con cordolino idrofilico incorporato.</p> <p>La fattibilità è confermata dai produttori delle suddette guarnizioni. Si cita ad esempio la guarnizione ancorata FAMA U.G.037A di larghezza 29mm ed altezza 14mm equipaggiata con cordino idroespansivo. Le prove di tenuta idraulica condotte presso il Laboratorio FAMA a condizioni di gap 4mm ed offset 10mm hanno permesso di verificarne la tenuta idraulica anche fino a 40bar di pressione.</p> <p>Le guarnizioni saranno abbinare a connettori di elevate prestazioni per assicurare le tolleranze sul gap</p> <p>L'indicazione dei water-stop è recepita in questa relazione e sarà rappresentata nelle successive fasi progettuali.</p>	<p>10.5 Valutazione dei rischi e relative azioni di mitigazione – interferenze sulle risorse idriche.</p>
<p>N.2</p> <p><i>Nei tratti dove si prevede gallerie drenanti è necessario una verifica della durabilità sul lungo termine dei drenaggi e della loro tecnologia e che queste indicazioni siano chiaramente espresse nel progetto anche come indicazione per le fasi successive di progettazione.</i></p>	<p>Nella relazione è esplicitata la necessità di pozzetti di ispezione per la manutenzione dei dreni. La gestione dei dreni in esercizio troverà adeguato sviluppo di dettaglio nel progetto esecutivo e nel piano di manutenzione.</p>	<p>10.5 Valutazione dei rischi e relative azioni di mitigazione – venute d'acqua e carichi idraulici elevati</p>

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

<p>N. 3</p> <p><i>Le verifiche delle contropressioni a grande profondità sono state sviluppate con l'uso delle curve caratteristiche al fronte. Non ci sono verifiche che tengano conto del carico d'acqua oltre che la pressione dei terreni per fornire un dimensionamento della TBM e della spinta massima agente. Data la criticità di questo punto, in relazione alla fattibilità delle gallerie, anche nel livello di progettazione oggetto di valutazione sarebbe opportuna una valutazione più accurata.</i></p>	<p>Si chiarisce che la pressione dell'acqua a grande profondità non è stata considerata perché non si intende controbilanciarla con la TBM. Si accetta, come prassi, l'instaurazione di condizioni idrodinamiche nell'intorno del fronte sia che si avanzi con fronte chiuso, sia con fronte aperto. Le portate al fronte sono gestibili data la bassa permeabilità degli ammassi.</p> <p>Pertanto, le analisi a grande profondità sono state effettuate nelle condizioni di avanzamento a camera chiusa con una spinta massima corrispondente ad una pressione al fronte non superiore a 5 bar. Ciò premesso si confermano le analisi svolte.</p>	<p>10.2 Metodo di scavo meccanizzato - valutazioni delle contropressioni da applicare al fronte</p>
<p>N.4</p> <p><i>La riduzione dei carichi idraulici viene affidata ai drenaggi o alla bassa permeabilità dei terreni. Queste verifiche vanno adeguatamente e dettagliatamente approfondite nelle fasi di progettazione successive con particolare attenzione alle zone con permeabilità maggiore, per esempio nei sovrascorrimenti.</i></p>	<p>Il carico idraulico si abbatte lasciando che si instauri il moto di filtrazione al fronte. Nelle tratte a bassa permeabilità che, secondo lo studio geologico sono prevalenti lungo il percorso, ciò comporta l'afflusso di basse portate facilmente gestibili. Per affrontare zone a permeabilità maggiore, attese solo in situazioni singolari, si prevede che le TBM siano predisposte e dotate di scudi muniti di attrezzature per l'esecuzione delle perforazioni e dei drenaggi su tutto il contorno dello scavo.</p> <p>Per lo scavo in tradizionale sono previsti i consueti drenaggi dal fronte.</p> <p>La progettazione esecutiva comprenderà procedure in corso d'opera di avanzamento con drenaggi.</p>	<p>--</p>

E



LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA
 NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
 LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA
 LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA
 PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2A	C1	R07RH	GN0000001	E	7 di 176

N.5

Permangono dubbi in relazione all'iniettabilità di alcune formazioni a bassa permeabilità (per la mitigazione dei rischi nello scavo dei by-pass e per l'impatto sul corpo idrico sotterraneo). Argomento che deve essere approfondito in particolare se i by-pass vengano a posizionarsi in condizioni in cui siano presenti interferenze significative con l'idrogeologica sotterranea.

La realizzazione dei by-pass che entra nel percorso critico richiede un approfondimento specifico in relazione alle condizioni idrogeologiche.

Si chiarisce che, come per le gallerie, l'interferenza dei by-pass con le risorse idriche non riguarda la fase esecutiva di scavo perché limitata nel tempo e nello spazio. La inter-distanza tra due by-pass di 500m attenua ulteriormente l'intensità dell'interazione con i bacini idrici.

Analogamente alle gallerie di linea, l'intasamento al contorno dei by-pass mediante iniezione di permeazione si rende necessario solo se il terreno o la roccia possono dar luogo a portate elevate in caso di elevata permeabilità. Come si evince dallo studio geologico e dalle prove eseguite nei fori di sondaggio, i terreni e le rocce attraversati presentano prevalentemente basse permeabilità (minori di 10^{-6} m/s)

Se localmente le permeabilità sono più alte, appare evidente che l'iniezione per mezzo di tubi a valvola è realizzabile ed efficace. In ogni caso in presenza di terreni permeabili, l'intervento principale per contrastare le pressioni e le venute d'acqua, durante lo scavo dei by-pass è, come per le gallerie, il drenaggio.

Se si dovessero affrontare situazioni di terreno poco permeabile e di scarse caratteristiche meccaniche (coesione bassa) per le quali il rinforzo con elementi strutturali in VTR non fosse sufficiente, sarà sempre possibile ricorrere (a scopo di consolidamento) al claquage mediante iniezioni selettive con tubi a valvole con miscele cementizie, oppure ricorrere a miscele chimiche più permeanti.

[10.3 Metodo di scavo tradizionale](#)

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

	<p>Per la fase di esercizio, si conferma che i rivestimenti definitivi dei by-pass verranno impermeabilizzati con membrana full round e con water stop nei giunti.</p>	
<p>N.6</p> <p><i>Rischio degli ammassi spingenti. Viene indicato negli elaborati delle gallerie tratte moderatamente spingenti (nella “Relazione tecnica delle opere in sotterraneo” per entrambi i lotti). Vengono anche indicati, per entrambi i lotti, tratte per le quali è presente il rischio di bloccaggio delle macchine con valori calcolati di spinta superiori a quelli massimi previsti per le macchine delle indicazioni sulle tecniche per la mitigazione di questo rischio. Data la criticità di questo punto sarebbe opportuno un approfondimento in relazione all’efficacia delle varie tecniche dandone le priorità.</i></p>	<p>Si chiarisce che l’indicazione di “bloccaggio” si riferisce, alla possibilità che esso accada in assenza di provvedimenti specifici.</p> <p>Il superamento di 150MN di spinta di sbloccaggio si verifica solo in tre sezioni di calcolo. 2 per il lotto 1B e 1 per il lotto 1C. In due sezioni i calcoli preliminari indicano una spinta di sblocco di 160 e in un’altra di 200 MN.</p> <p>Recenti esperienze dimostrano che le TBM posso essere prodotte con spinte di sbloccaggio anche superiori a 150MN. Quindi, qualora nell’approfondimento di calcolo delle successive fasi di progetto sia confermato il rischio di intrappolamento, sarà possibile ricorrere per le gallerie che attraversano queste sezioni a TBM con prestazione maggiore di 150 MN. Possono essere adottati, in aggiunta o in combinazione, altri provvedimenti elencati in progetto (sovrascavi maggiori, conicità di scudo, iniezioni di bentonite tra scudo e superficie di scavo) <u>Il rischio è quindi gestibile.</u></p> <p>A supporto della fattibilità, in relazione si riportano le caratteristiche della TBM della galleria Orsara e Hirpinia sulla Napoli-Bari in via di esecuzione che presentano alti valori di spinta di sbloccaggio, di sovrascavi e conicità.</p>	<p>10.2 Metodo di scavo meccanizzato - Spinte di avanzamento TBM e predimensionamento conci</p>

E



LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA
 NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
 LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA
 LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA
 PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2A	C1	R07RH	GN0000001	E	9 di 176

N.7

Non è chiaro come venga determinata la spinta massima della macchina (150.000 kN) in relazione alla pressione in camera (che deve essere indicata sia per le basse coperture che per le alte coperture). Analogamente non è chiaro come si determini la pressione dovuto all'azione quando vengono utilizzati utensili da terreno come, per esempio, i ripper.

Si chiarisce che il valore di 150 MN rappresenta un dato adottato come prestazione massima della TBM a cui attingere nell'evenienza di "blocco" dello scudo. È un dato che fa riferimento alle prestazioni medie di TBM attualmente operative o in fase di progettazione di appalti di gallerie ferroviarie a singolo binario.

Tale dato è stato confrontato con i valori di spinta necessari all'avanzamento della macchina derivanti dal calcolo che tiene conto dei seguenti contributi: pressione al fronte, attrito tra lo scudo e l'ammasso a tergo, forza da esercitare per utensili di scavo, forza di attrito delle spazzole.

Si chiarisce, inoltre, che nel calcolo della spinta massima è stata considerata la pressione in camera derivante dalle verifiche di stabilità del fronte per gallerie superficiali e quella derivante dalle verifiche di deformabilità per le gallerie profonde. Tale pressione è per lunghi tratti nulla, avendo le gallerie comportamento di tipo stabile.

[10.2 Metodo di scavo meccanizzato - Spinte di avanzamento TBM e predimensionamento conci](#)

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

<p>N.8</p> <p><i>Condizionamento dei terreni l'approfondimento degli studi porta a concludere che "E' confermato, quindi, l'uso dei polimeri con funzione anticlogging o addensante per alcune formazioni." La soluzione a questo problema viene demandato a studi specifici su altre formazioni sviluppati da CNR/POLITO che non sono allegati al progetto. Il rischio di stickness è anche confermato dai diagrammi tratti dal DAUB, in cui sono riportate le granulometrie misurate. L'uso di polimeri deve essere studiato e ben approfondito nelle fasi successive di progettazione. Nel caso si operi a camera piena nei calcari il condizionamento dei chip è garantito in relazione alla capacità di contrasto della contropressione dell'acqua.</i></p>	<p>Si conferma che sono già state eseguite prove di condizionamento e di tipo tossicologico con agenti contenenti polimeri su terreni simili. Si citano:</p> <ul style="list-style-type: none"> • i lotti Hirpinia - Orsara e Orsara-Bovino della linea ferroviaria Napoli Bari, • i lotti 1-2, 3 e 4a-4b della linea ferroviaria Palermo Catania • la linea Avigliana Orbassano della linea ferroviaria Torino-Lione. <p>Si conferma che lo studio dell'uso dei polimeri sarà approfondito nelle fasi successive di progettazione.</p>	<p>10.2 Metodo di scavo meccanizzato - Cenni sul condizionamento per lo scavo con EPB</p>
---	--	---

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

2 NORMATIVE E SPECIFICHE TECNICHE DI RIFERIMENTO

- Rif. [1] Decreto Ministero delle Infrastrutture e Trasporti 17/01/2018, “Aggiornamento delle Nuove norme Tecniche per le Costruzioni”;
- Rif. [2] C.S.LL.PP., Circolare n°7 del 21/01/2019, “Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al DM 14/01/2018”.
- Rif. [3] Decreto Ministeriale 28/10/2005. “Sicurezza nelle gallerie ferroviarie”;
- Rif. [4] Regolamento (UE) N° 1303/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alla specifica tecnica di interoperabilità concernente la “sicurezza nelle gallerie ferroviarie” del sistema ferroviario dell’Unione europea, rettificato dal Regolamento (UE) 2016/912 del 9 giugno 2016 e modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;
- Rif. [5] SIG, “Linee guida per la progettazione, l’appalto e la costruzione di opere in sotterraneo”, 1997;
- Rif. [6] RFI, doc RFI DTC SI SP IFS 001 D “Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili” (20/12/2019);
- Rif. [7] RFI, doc RFI DTC SI MA IFS 001 E “Manuale di Progettazione delle opere civili” (31/12/2020);
- Rif. [8] Italferr, Specifica Tecnica PPA.0002403 “Linee guida per la progettazione geotecnica delle gallerie naturali” (Dicembre 2015).

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- Rif. [9] Lunardi P. (2006). Progetto e Costruzione di Gallerie: Analisi delle deformazioni controllate nelle rocce e nei suoli - ADECO-RS – (Hoepli Ed.).
- Rif. [10] S.O. Geologia, Gestione Terre e Bonifiche - Elaborati Specialistici, Luglio 2023
- Rif. [11] S.O. Impianti - Elaborati Specialistici, Luglio 2023
- Rif. [12] S.O. Opere Geotecniche - Elaborati Specialistici, Luglio 2023
- Rif. [13] Skempton, A.W., (1986), “Standard Penetration Test Procedures and The Effects in Sands of Overburden Pressure, Relative Density, Particle Size, Ageing and Overconsolidation”, Geotechnique, 36(3): 425-447;
- Rif. [14] F.H. Kulhawy and P.W. Mayne (1990), “Manual on estimating soil properties for foundation design”, New York: Electric Power Res. Inst., Geotechnical Engineering Group, and (EPRI-EL-6800), Cornell University, 2-28 to 2-36;
- Rif. [15] Schmertmann, J.H.: Guidelines for cone penetration test, performance and design, Report no. FHWA-TS-78-209, Washington D.C., US Department of Transportation, p. 145 (1978);
- Rif. [16] Bolton M.D. (1986) “The strength and dilatancy of sands” Geotechnique, 36(1), 65-78;
- Rif. [17] de Mello, V.F.B. (1971) The standard penetration test, State of the Art Report. Proc. 4th Panamerican Conf. on Soil Mech. and Found. Engng, Puerto Rico, v. 1, pp. 1-86;

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

- Rif. [18] Stroud, M. A. 1989. The Standard Penetration Test – Its Application and Interpretation. Proceedings of the Geotechnology Conference on Penetration Testing in the UK, Thomas Telford;
- Rif. [19] Jamiolkowski, M., Ghionna, V. N., Lancellotta, R., & Pasqualini, E. (1988). New applications of penetration tests in design practice. In Proceedings of the First International Symposium on Penetration Testing (ISOPT I);
- Rif. [20] Ohta, Y., Goto, N. (1978): "Empirical Shear Wave Velocity Equations in Terms of Characteristic Soil Indexes," Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 6;
- Rif. [21] Imai, T. (1977). "P-and S-wave velocities of the ground in Japan," Proc.9th Int. Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering, vol 2, 127–32.
- Rif. [22] Hoek, E., Wood D. and Shah S. 1992. A modified Hoek-Brown criterion for jointed rock masses. Proc. Rock Characterization, Symp. Int. Soc. Rock Mech.: Eurock '92, (ed. J.A. Hudson), 209-214. London, Brit. Geotech. Soc.
- Rif. [23] Marinos P., Hoek E. (2000). GSI: a geologically friendly tool for rock mass strength estimation. Proc. GeoEng 2000 Conference, Melbourne.
- Rif. [24] Bieniawski Z.T. (1989). Engineering rock mass classification. John Wiley and Sons, New York.
- Rif. [25] Barton N. (2002). Some new Q-value correlations to assist in site characterization and tunnel design. Int. J. of Rock Mechanics and Mining Sciences, 39, 185-216.
- Rif. [26] ISRM (1978). Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. Int. J. of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics abstracts, 15, 6, 319-368.
- Rif. [27] Bruschi A. (2004). Meccanica delle rocce nella pratica geologica ed ingegneristica, (ed. D. Flaccovio), 76-81.
- Rif. [28] Maidl B, Herrenknecht M., Maidl U., Wehrmeyer G. (2012). Mechanised Shield Tunnelling. Ernst and Sons, Berlino.
- Rif. [29] Jethwa J.L., Sing B. (1984). Estimation of ultimate rock pressure for tunnel linings under squeezing rock conditions – a new approach. Brown E.T., Hudson J.A. (Eds.), Design and performance of underground excavations, ISRM Symposium, Cambridge, London.

4 DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO

- Rif. [30] U.O. Gallerie, documento n° RC2AC1R07PZGA0100001B "Galleria Lagonegro GN01 – Imboccato Salerno – Planimetria, profilo longitudinale e sezione galleria artificiale" (Luglio 2023).
- Rif. [31] U.O. Gallerie, documento n° RC2AC1R07PZGA0200001A "Galleria Lagonegro GN01 – Imboccato Reggio Calabria – Planimetria, profilo longitudinale e sezione galleria artificiale" (Dicembre 2021).
- Rif. [32] U.O. Gallerie, documento n° RC2AC1R07PZGA0500001A "Galleria Trecchina GN02 – Imboccato Salerno – Planimetria, profilo longitudinale e sezione galleria artificiale" (Dicembre 2021).
- Rif. [33] U.O. Gallerie, documento n° RC2AC1R07PZGA0600001A "Galleria Trecchina GN02 – Imboccato Reggio Calabria – Planimetria, profilo longitudinale e sezione galleria artificiale" (Dicembre 2021).

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN000001	REV. E

- Rif. [34] U.O. Gallerie, documento n° RC2AC1R07PZGA0700001A “Galleria Rosaneto GN03 – Imboccato Salerno – Planimetria, profilo longitudinale e sezione galleria artificiale” (Dicembre 2021).
- Rif. [35] U.O. Gallerie, documento n° RC2AC1R07PZGA8000001A “Galleria Rosaneto GN03 – Imboccato Reggio Calabria – Planimetria, profilo longitudinale e sezione galleria artificiale” (Dicembre 2021).
- Rif. [36] U.O. Gallerie, documento n° RC2AC1R07PZGA0900001A “Galleria artificiale GA09-B B.D. – Pianta, prospetto e sezione” (Dicembre 2021).
- Rif. [37] U.O. Gallerie, documento n° RC2AC1R07P7GA0900001A “Galleria artificiale GA09-B B.D. – Planimetria di inquadramento galleria artificiale” (Dicembre 2021).
- Rif. [38] U.O. Gallerie, documento n° RC2AC1R07PZGA1000001A “Galleria Tortora GN04 – Imboccato lato Salerno – Planimetria di inquadramento galleria artificiale” (Dicembre 2021).
- Rif. [39] U.O. Gallerie, documento n° RC2AC1R07PZGA1100001A “Galleria Tortora GN04 – Imboccato lato Reggio Calabria – Planimetria, profilo longitudinale e sezione galleria artificiale” (Dicembre 2021).
- Rif. [40] U.O. Gallerie, documento n° RC2AC1R07PZGA1200001A “Galleria di accesso Punto di Evacuazione e Soccorso GN05 – Imbocco – Planimetria, profilo longitudinale e sezione galleria artificiale” (Dicembre 2021).
- Rif. [41] U.O. Gallerie, documento n° RC2AC1R07F4GN0000001C “Profilo geotecnico – Tav. 1 di 9” (Luglio 2023).
- Rif. [42] U.O. Gallerie, documento n° RC2AC1R07F4GN0000002C “Profilo geotecnico – Tav. 2 di 9” (Luglio 2023).
- Rif. [43] U.O. Gallerie, documento n° RC2AC1R07F4GN0000003C “Profilo geotecnico – Tav. 3 di 9” (Luglio 2023).
- Rif. [44] U.O. Gallerie, documento n° RC2AC1R07F4GN0000004C “Profilo geotecnico – Tav. 4 di 9” (Luglio 2023).
- Rif. [45] U.O. Gallerie, documento n° RC2AC1R07F4GN0000005C “Profilo geotecnico – Tav. 5 di 9” (Luglio 2023).
- Rif. [46] U.O. Gallerie, documento n° RC2AC1R07F4GN0000006C “Profilo geotecnico – Tav. 6 di 9” (Luglio 2023).
- Rif. [47] U.O. Gallerie, documento n° RC2AC1R07F4GN0000007C “Profilo geotecnico – Tav. 7 di 9” (Luglio 2023).
- Rif. [48] U.O. Gallerie, documento n° RC2AC1R07F4GN0000008C “Profilo geotecnico – Tav. 8 di 9” (Luglio 2023).
- Rif. [49] U.O. Gallerie, documento n° RC2AC1R07F4GN0000009B “Profilo geotecnico – Tav. 9 di 9” (Luglio 2023).
- Rif. [50] U.O. Gallerie, documento n° RC2AC1R07WBG0000001A “Scavo meccanizzato – Sezioni tipo di intradosso” (Dicembre 2021).
- Rif. [51] U.O. Gallerie, documento n° RC2AC1R07WBG0000005A “Scavo tradizionale – Sezioni tipo di intradosso” (Febbraio 2022).

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

- Rif. [52] U.O. Gallerie, documento n° RC2AC1R07WBG0000002A “Scavo meccanizzato – Sezioni tipo di avanzamento e carpenteria anello” (Dicembre 2021).
- Rif. [53] U.O. Gallerie, documento n° RC2AC1R07PZGN0300001A “Cameroni di interconnessione – Pianta e sezioni tipo di intradosso” (Dicembre 2021).
- Rif. [54] U.O. Gallerie, documento n° RC2AC1R07WBG0300001A “Cameroni di interconnessione – Scavo e consolidamenti” (Dicembre 2021).
- Rif. [55] U.O. Gallerie, documento n° RC2AC1R07WBG0300002A “Cameroni di interconnessione – Carpenteria” (Dicembre 2021).
- Rif. [56] U.O. Gallerie, documento n° RC2AC1R07WBG0100001A “Scavo tradizionale – Carpenteria scavo e consolidamento” (Febbraio 2022).
- Rif. [57] U.O. Gallerie, documento n° RC2AC1R07L5GN0600001A “Galleria Lagonegro - finestra costruttiva GN06– Planimetria e profilo di tracciato” (Febbraio 2022).
- Rif. [58] U.O. Gallerie, documento n° RC2AC1R07WBG0600001A “Galleria Lagonegro – Finestra costruttiva - Carpenteria scavo e consolidamento” (Febbraio 2022).
- Rif. [59] U.O. Gallerie, documento n° RC2AC1R07WBG0000003A “collegamenti trasversali – Carpenteria, scavo e consolidamenti” (Ottobre 2022).
- Rif. [60] U.O. Gallerie, documento n° RC2AC1R07PZGN0100001A “Galleria Lagonegro - Punto di evacuazione e soccorso con accesso carrabile GN05 - Planimetria, pianta e sezioni” (Dicembre 2021).
- Rif. [61] U.O. Gallerie, documento n° RC2AC1R07WBG0100001A “Galleria Lagonegro - Punto di evacuazione e soccorso con accesso carrabile GN05 – Scavo e consolidamenti” (Dicembre 2021).
- Rif. [62] U.O. Gallerie, documento n° RC2AC1R07WBG0100004A “Collegamenti trasversali di esodo - Pianta e sezioni” (Dicembre 2021).

5 ALLEGATI

Non presenti.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

6 DESCRIZIONE DELL'OPERA

6.1 Il tracciato e le opere in sotterraneo

Il tracciato del lotto 1C si estende complessivamente per circa 44 km tra Buonabitacolo e Praia.

In questa tratta sono presenti 6 gallerie naturali di cui 3 appartengono alla nuova linea AV Salerno – Reggio Calabria, 2 ai rami di interconnessione per Praia e 1 alla linea per Praia. I deviatori di bivio di interconnessione sono posti in galleria naturale dando luogo a due cameroni di diramazione.

Nel presente lotto 1C, le due canne lungo il corretto tracciato della terza galleria sulla nuova linea AV (GN03 Rosaneto) saranno realizzate per un breve tratto di circa 50 m oltre i cameroni da cui si diramano le interconnessioni, per evitare successive interferenze con l'esercizio all'atto di ricongiungimento con il lotto 2. Entrambi i cameroni saranno realizzati in questo lotto.

La lunghezza totale delle opere in sotterraneo è di circa 37,5 km, che corrispondono a circa l'85% della lunghezza del tracciato.

Il tracciato di tutte le gallerie ha velocità di progetto di 300 km/h, eccetto i rami di interconnessione le cui deviate hanno velocità di 100 km/h.

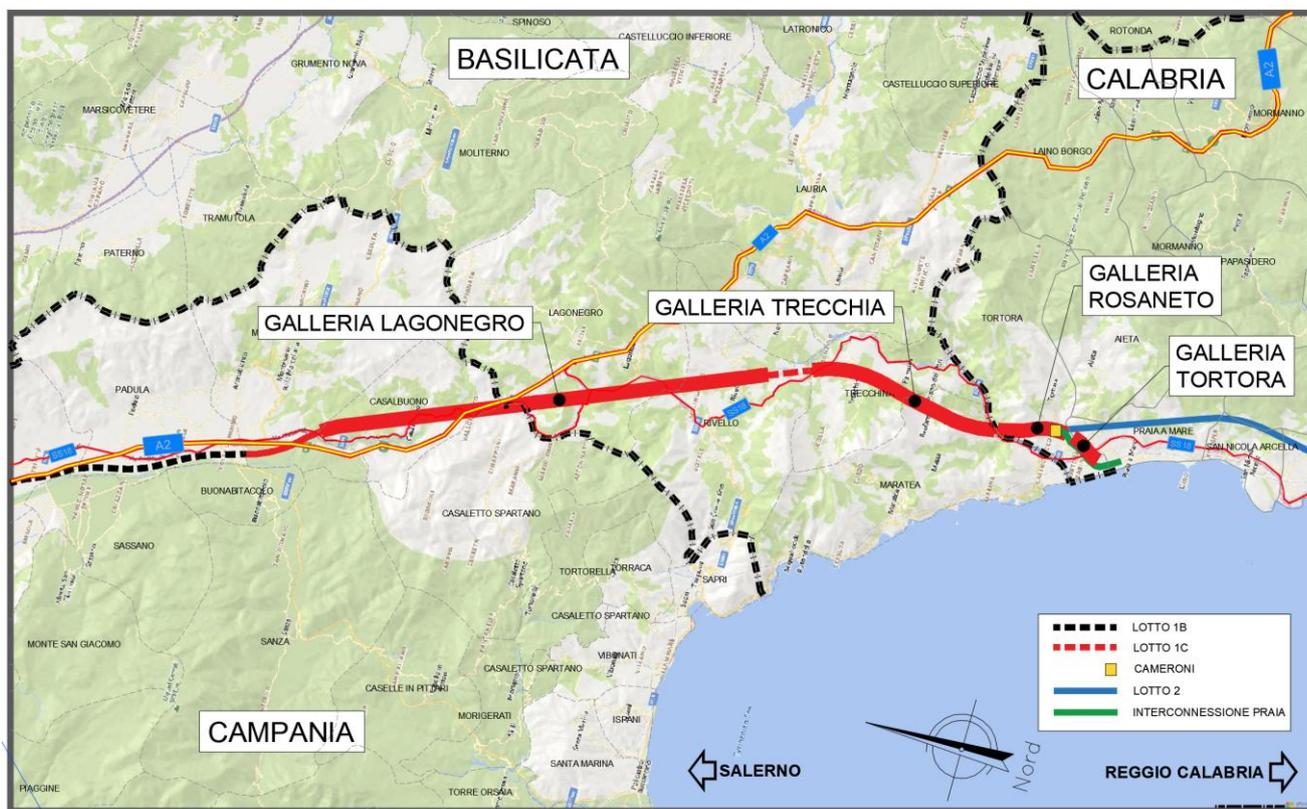


Figura 1 Tracciato lotto 1C

L'andamento altimetrico del tracciato è stato studiato in modo da evitare punti di minimo ("corde molli"). L'allontanamento delle acque è assicurato, quindi, in tutte le gallerie naturalmente verso gli imbocchi. L'inclinazione massima non è superiore allo 1,8%. Il raggio di curvatura del tracciato in galleria è superiore a 5500 m, ad eccezione del tratto di interconnessione per Praia dove si riduce a 900 m.

Tutte le gallerie sono a semplice binario doppia canna, tranne le gallerie di interconnessione per Praia, che sono a canna unica. L'interasse tra le canne varia tra 15 m in corrispondenza degli imbocchi fino ad un massimo di circa 136 m. La massima distanza tra le gallerie è dovuta alla transizione geometrica dell'interasse dei binari da 4,5 m a 40 m in galleria con il vincolo intermedio di 15 m all'imbocco in un tratto di tracciato che si sviluppa in curva. La galleria più lunga misura circa 22,4 km.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RC2A	C1	R07RH	GN0000001	E	17 di 176



Figura 2 Profilo altimetrico delle gallerie naturali (b.p.)

Nella Tabella 1 sono elencate le gallerie di linea previste nel lotto 1C con rispettivo codice di WBS. Progressive e lunghezze sono riferite al tratto in naturale al netto delle gallerie artificiali d'imbocco.

Tabella 1 Elenco delle gallerie naturali del Lotto 1C

WBS	Gallerie di linea	PK iniziale	PK finale	Lunghezza (m)	Copertura massima (m)	Sezione tipo
GN01-A	Galleria naturale Lagonegro b.p.	3+983	26+277	22.294	560	Galleria doppia canna – scavo meccanizzato (circa 4,2 km in tradizionale)
GN01-B	Galleria naturale Lagonegro b.d.	4+010	26+286	22.276	560	Galleria doppia canna – scavo meccanizzato (circa 4,2 km in tradizionale)
GN02-A	Galleria naturale Trecchina b.p.	28+700	38+234	9.534	830	Galleria doppia canna – scavo meccanizzato
GN02-B	Galleria naturale Trecchina b.d.	28+705	38+281	9.576	830	Galleria doppia canna – scavo meccanizzato
GN03-A	Galleria naturale Rosaneto b.p.	38+622	41+807	3.185	220	Galleria doppia canna – scavo meccanizzato
GN03-B	Galleria naturale Rosaneto b.d.	38+595	41+915	3.321	230	Galleria doppia canna – scavo meccanizzato
GN03-C	Cameroni pari	39+912	40+219	307		
GN03-D	Cameroni dispari	39+748	40+055	307		
GN04-A	Galleria naturale Tortora b.p.	42+374	43+958	1.583	275	Galleria doppia canna – scavo meccanizzato
GN04-B	Galleria naturale Tortora b.d.	42+377	44+000	1.623	275	Galleria doppia canna – scavo meccanizzato

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Complessivamente sono previsti circa 73,2 km di gallerie a semplice binario, di cui circa 69,2 km a doppia canna e circa 4.1 km a canna unica. Le gallerie ferroviarie saranno realizzate con scavo meccanizzato, tranne per un tratto di circa 4,2 km della galleria Lagonegro che sarà realizzato con metodo tradizionale.

Lo scavo tradizionale è, inoltre, previsto per le gallerie di servizio:

- accesso carrabile al punto di evacuazione e soccorso (PES) e, PES stesso, della galleria Lagonegro di lunghezza complessiva 2,4 km,
- finestra costruttiva di lunghezza 1000 m circa per lo scavo di un tratto della Galleria Lagonegro,
- due cameroni di interconnessione per Praia, di lunghezza pari a circa 310 m ciascuno, eseguiti in scavo tradizionale.
- by-pass di collegamento.

Nel seguito si riportano brevemente per ciascuna galleria di linea, a partire dal lato Salerno, i principali dati di posizionamento plano-altimetrico sul tracciato e le lunghezze delle gallerie artificiali di imbocco. Segue poi una breve descrizione delle sezioni tipo di intradosso.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Galleria Lagonegro (GN01)

La galleria ha configurazione doppia canna e si sviluppa tra le progressive di tracciato km 3+940 (imbocco lato Salerno) e km 26+349 (imbocco lato Reggio Calabria) sul binario pari e tra le progressive di tracciato km 4+010 (imbocco lato Salerno) e km 26+286 (imbocco lato Reggio Calabria) sul binario dispari, per una lunghezza complessiva in sotterraneo (comprensiva dei tratti artificiali di imbocco) pari rispettivamente a 22409 m e 22276 m.

Partendo dall'imbocco lato Salerno, già realizzato, posto ad una quota di 540 m s.l.m. circa, il tracciato procede in discesa, con pendenza del 12,0 ‰ per circa 10 km, del 9,0 ‰ per circa 2,4 km e con pendenza del 14,4 ‰ per il tratto restante. La copertura massima è di circa 560 metri (Figura 3).



Figura 3 Profilo galleria Lagonegro (b.p.)

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Lungo il binario pari la galleria è costituita da un tratto in naturale di 22294 m e da due tratti in artificiale, in corrispondenza degli imbocchi, di lunghezza pari a 43 m per l'imbocco lato Salerno e pari a 72 m per l'imbocco lato Reggio Calabria (Tabella 2). Lungo il binario dispari la galleria è costituita da un tratto in naturale di 22276 m e da due tratti in artificiale, in corrispondenza degli imbocchi, di lunghezza pari a 61 m per l'imbocco lato Salerno e pari a 85 m per l'imbocco lato Reggio Calabria (Tabella 3).

Tabella 2 Progressive della galleria Lagonegro b.p.

Opera	pk _{inizio}	pk _{fine}	L _{parziale}	LTOT
	[m]	[m]	[m]	[m]
Galleria artificiale lato Salerno (GA01-A)	3+940	3+983	43	22409
Galleria Naturale (GN01-A)	3+983	26+277	22294	
Galleria artificiale lato Reggio Calabria (GA02-A)	26+277	26+349	72	

Tabella 3 Progressive della galleria Lagonegro b.d.

Opera	pk _{inizio}	pk _{fine}	L _{parziale}	LTOT
	[m]	[m]	[m]	[m]
Galleria artificiale lato Salerno (GA01-B)	3+950	4+010	61	22422
Galleria Naturale (GN01-B)	4+010	26+286	22276	
Galleria artificiale lato Reggio Calabria (GA02-B)	26+286	26+372	85	

Galleria Trecchina (GN02)

La galleria ha configurazione doppia canna e si sviluppa tra le progressive di tracciato km 28+647 (imbocco lato Salerno) e km 38+260 (imbocco lato Reggio Calabria) sul binario pari e tra le progressive di tracciato km 28+644 (imbocco lato Salerno) e km 38+306 (imbocco lato Reggio Calabria) sul binario dispari, per una lunghezza complessiva in sotterraneo (comprensiva dei tratti artificiali di imbocco) pari rispettivamente a 9613 m e 9662 m.

Partendo dall'imbocco lato Salerno già realizzato, posto ad una quota di circa 230 m s.l.m. sul b.p., il tracciato procede in discesa con pendenza del 15,8 %. La copertura massima è di circa 830 metri (Figura 4).

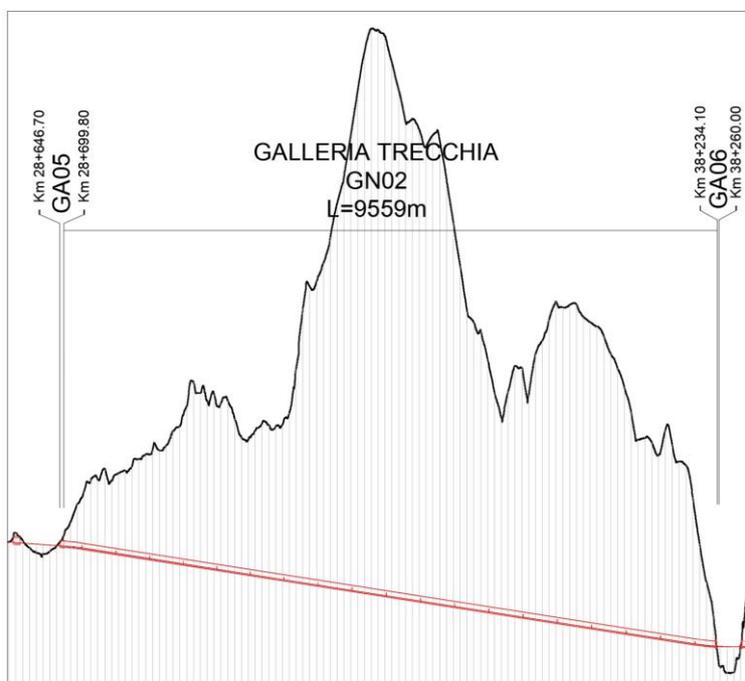


Figura 4 Profilo galleria Trecchia (b.p.)

Lungo il binario pari la galleria è costituita da un tratto in naturale di 9534 m e da due tratti in artificiale, in corrispondenza degli imbocchi, di lunghezza pari a 53 m per l'imbocco lato Salerno e pari a 26 m per l'imbocco lato Reggio Calabria (Tabella 4). Lungo il binario dispari la galleria è costituita da un tratto in naturale di 9576 m e da due tratti in artificiale, in corrispondenza degli imbocchi, di lunghezza pari a 62 m per l'imbocco lato Salerno e pari a 25 m per l'imbocco lato Reggio Calabria (Tabella 5).

Tabella 4 Progressive della galleria Trecchia b.p.

Opera	pk _{inizio}	pk _{fine}	L _{parziale}	L _{TOT}
	[m]	[m]	[m]	[m]
Galleria artificiale lato Salerno (GA05-A)	28+647	28+700	53	9613
Galleria Naturale (GN02-A)	28+700	38+234	9534	
Galleria artificiale lato Reggio Calabria (GA06-A)	38+234	38+260	26	

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Tabella 5 Progressive della galleria Trecchina b.d.

Opera	pk _{inizio}	pk _{fine}	L _{parziale}	L _{TOT}
	[m]	[m]	[m]	[m]
Galleria artificiale lato Salerno (GA05-B)	28+644	28+705	62	9662
Galleria Naturale (GN02-B)	28+705	38+281	9576	
Galleria artificiale lato Reggio Calabria (GA06-B)	38+281	38+306	25	

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Galleria Rosaneto e gallerie di interconnessione per Praia (GN03-A e GN03-B)

Come già anticipato, nell'ambito del lotto 1C le due canne della galleria Rosaneto situate lungo il corretto tracciato saranno realizzate fino ai due cameroni da cui si diramano le due interconnessioni per Praia. La galleria GN03 risulta quindi costituita da una porzione della galleria Rosaneto e dalla interconnessione sullo stesso binario. Essa si sviluppa tra le progressive di tracciato km 38+595 (imbocco lato Salerno) e km 41+859 (imbocco lato Reggio Calabria) sul binario pari e tra le progressive di tracciato km 38+567 (imbocco lato Salerno) e km 41+940 (imbocco lato Reggio Calabria) sul binario dispari, per una lunghezza complessiva in sotterraneo (comprensiva dei tratti artificiali di imbocco) pari rispettivamente a 3265 m e 3373 m.

Partendo dalla galleria Rosaneto b.p., il tracciato procede in salita fino al camerone con pendenza dell'1,1 %, per poi proseguire in discesa nell'interconnessione con pendenza del 16,3%. La copertura massima è di circa 230 metri (Figura 5).

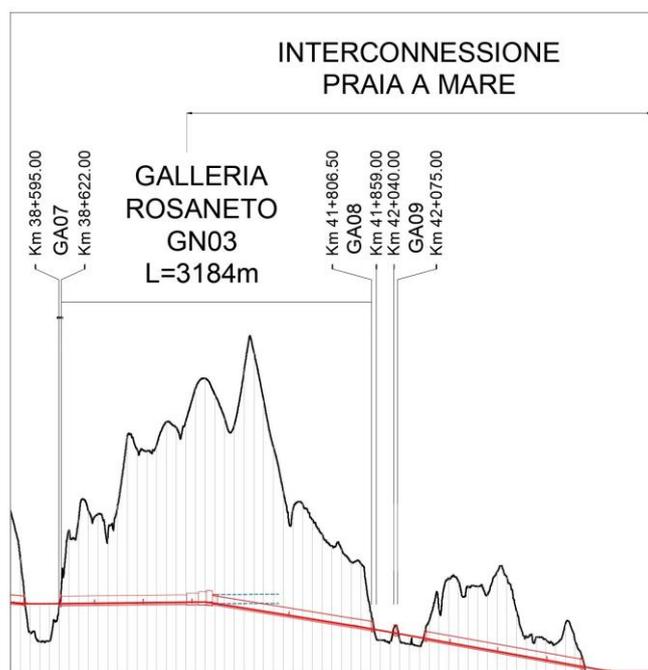


Figura 5 Profilo galleria Rosaneto + Interconnessione Praia 1

Lungo il binario pari la galleria è costituita da un tratto in naturale di 3185 m e da due tratti in artificiale, in corrispondenza degli imbocchi, di lunghezza pari a 27 m per l'imbocco lato Salerno e pari a 53 m per l'imbocco lato Reggio Calabria (Tabella 6). Lungo il binario dispari la galleria è costituita da un tratto in naturale di 3321 m e da due tratti in artificiale, in corrispondenza degli imbocchi, di lunghezza pari a 28 m per l'imbocco lato Salerno e pari a 25 m per l'imbocco lato Reggio Calabria (Tabella 7).

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Tabella 6 Progressive della galleria Rosaneto + Interconnessione Praia 1 b.p.

Opera	pk _{inizio}	pk _{fine}	L _{parziale}	L _{TOT}
	[m]	[m]	[m]	[m]
Galleria artificiale lato Salerno (GA07-A)	38+595	38+622	27	3265
Galleria Naturale (GN03-A)	38+622	41+807	3185	
Galleria artificiale lato Reggio Calabria (GA08-A)	41+807	41+859	53	

Tabella 7 Progressive della galleria Rosaneto + Interconnessione Praia 2 b.d.

Opera	pk _{inizio}	pk _{fine}	L _{parziale}	L _{TOT}
	[m]	[m]	[m]	[m]
Galleria artificiale lato Salerno (GA07-B)	38+567	38+595	28	3373
Galleria Naturale (GN03-B)	38+595	41+915	3321	
Galleria artificiale lato Reggio Calabria (GA08-B)	41+915	41+940	25	

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RC2A	C1	R07RH	GN0000001	E	26 di 176

Galleria Tortora (GN04)

La galleria a doppia canna si sviluppa tra le progressive di tracciato km 42+323 (imbocco lato Salerno) e km 43+995 (imbocco lato Reggio Calabria) sul binario pari e tra le progressive di tracciato km 42+355 (imbocco lato Salerno) e km 44+043 (imbocco lato Reggio Calabria) sul binario dispari, per una lunghezza complessiva in sotterraneo (comprensiva dei tratti artificiali di imbocco) pari rispettivamente a 1672 m e 1689 m.

Partendo dall'imbocco lato Salerno, posto ad una quota di circa 42 m s.l.m., il tracciato procede in discesa con pendenza del 18,0 ‰. La copertura massima è di circa 275 metri (Figura 7).

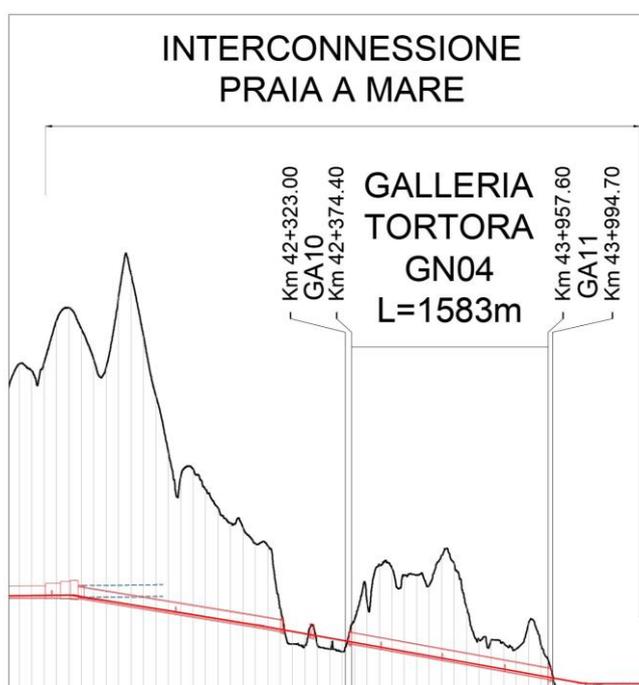


Figura 7 Profilo galleria Tortora b.p.

Lungo il binario pari la galleria è costituita da un tratto in naturale di 1584 m e da due tratti in artificiale, in corrispondenza degli imbocchi, di lunghezza pari a 51 m per l'imbocco lato Salerno e pari a 37 m per l'imbocco lato Reggio Calabria (Tabella 8). Lungo il binario dispari la galleria è costituita da un tratto in naturale di 1623 m e da due tratti in artificiale, in corrispondenza degli imbocchi, di lunghezza pari a 23 m per l'imbocco lato Salerno e pari a 44 m per l'imbocco lato Reggio Calabria (Tabella 9).

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Tabella 8 Progressive della galleria Tortora b.p.

Opera	pk _{inizio}	pk _{fine}	L _{parziale}	L _{TOT}
	[m]	[m]	[m]	[m]
Galleria artificiale lato Salerno (GA10-A)	42+323	42+374	51	1672
Galleria Naturale (GN04-A)	42+374	43+958	1584	
Galleria artificiale lato Reggio Calabria (GA11-A)	43+958	43+995	37	

Tabella 9 Progressive della galleria Tortora b.d.

Opera	pk _{inizio}	pk _{fine}	L _{parziale}	L _{TOT}
	[m]	[m]	[m]	[m]
Galleria artificiale lato Salerno (GA10-B)	42+355	42+377	23	1689
Galleria Naturale (GN04-B)	42+377	44+000	1623	
Galleria artificiale lato Reggio Calabria (GA11-B)	44+000	44+043	44	

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Sezioni tipo di intradosso

Le sezioni di intradosso delle gallerie naturali corrispondono allo standard RFI (cfr. Manuale di progettazione di RFI, Rif. [7]) per velocità di progetto $250 < v \leq 300$ km/h. Tutte le sezioni permettono:

- il transito del Gabarit di tipo C (P.M.O.5);
- l'alimentazione sia a 3 kV sia a 25 kV;

L'armamento su piastra è previsto per le gallerie lunghe Lagonegro e Trecchina per evidenti ragioni manutentive.

Per le gallerie di interconnessione, nonostante sia prevista una velocità di tracciato inferiore a 250 km/h, è stata adottata la medesima sezione di linea per continuità costruttiva (stessa TBM) con la galleria Rosaneto da cui si diramano.

Le sezioni di intradosso presentano un marciapiede d'esodo con andamento del ciglio variabile in funzione della geometria del binario attiguo sia nel caso di armamento tradizionale, sia non convenzionale. Nello specifico, nel caso di armamento tradizionale, l'altezza del ciglio risulta pari a +55 cm su piano ferro, misurata perpendicolarmente al piano di rotolamento del binario attiguo, mentre la distanza del ciglio dal bordo interno della più vicina rotaia, misurata parallelamente al piano di rotolamento, è pari a 113 cm (Rif. [7]). Nel caso di armamento su piastra, il ciglio del marciapiede si modica in relazione all'andamento del binario in modo da tenere costante la distanza di 90 cm dal bordo interno della rotaia più vicina.

In Figura 8 è rappresentata la sezione tipo di intradosso delle gallerie di linea (a doppia canna) scavate in meccanizzato con armamento su piastra e convenzionale.

E



LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA
 NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
 LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA
 LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA
 PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2A	C1	R07RH	GN0000001	E	29 di 176

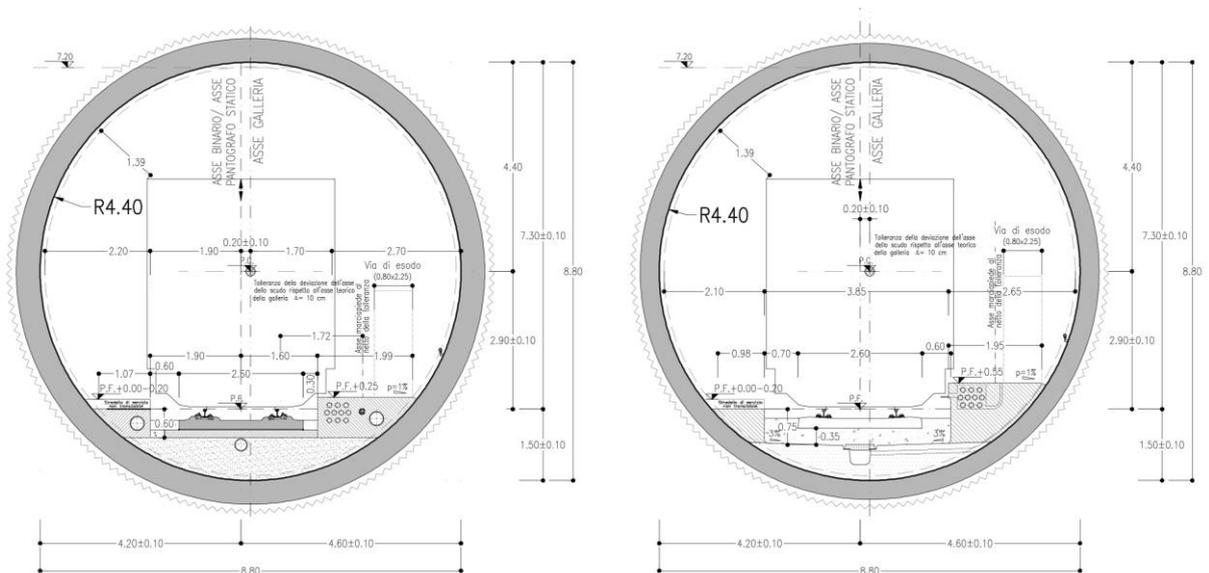


Figura 8 Sezione di intradosso gallerie – scavo meccanizzato con armamento su piastra e convenzionale.

In Figura 9 è rappresentata la sezione tipo di intradosso delle gallerie di linea (a doppia canna) scavate in tradizionale (per un tratto della galleria Lagonegro - armamento su piastra).

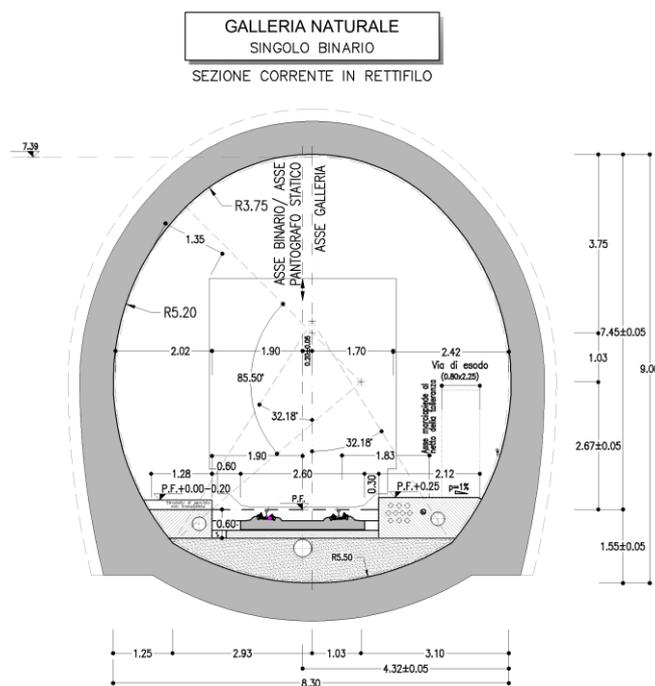


Figura 9 Sezione di intradosso gallerie – scavo tradizionale con armamento su piastra

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Opere di imbocco

Le gallerie imboccano generalmente con una copertura pari a circa un raggio di scavo. Dalla sezione di imbocco la galleria prosegue in artificiale con il medesimo profilo di intradosso della galleria naturale fino a che la struttura si trova sotto la quota originaria della superficie. Le gallerie artificiali sono tutte previste a cielo aperto in scavi realizzati tra opere di sostegno. Il terreno di riporto tenderà a rimodellare la superficie con lo stesso andamento precedente agli scavi. Sono previsti portali di imbocco a becco di flauto per restituire, quanto più possibile, l'iniziale profilo della collina.

L'ampiezza degli scavi in senso trasversale al tracciato tiene conto anche degli ingombri necessari al montaggio delle TBM o alla loro traslazione/smontaggio in fase di uscita. Eccetto la dima di attacco, le gallerie artificiali saranno eseguite dopo la partenza o l'uscita delle TBM; analogamente per lo scavo tradizionale.

L'arco rovescio sarà modellato per permettere il montaggio e l'uscita degli scudi. Allo stesso scopo, nella successiva fase progettuale verranno definite in dettaglio le opere di sostegno, in modo da non intralciare le suddette operazioni, preferendo il ricorso a tiranti e/o sostegni rigidi a sbalzo per evitare strutture con funzione di puntone.

Laddove è prevista la traslazione della TBM per scavare in sequenza due gallerie, l'opera che separa i due imbocchi è dimensionata per sostenere i relativi carichi transitori.

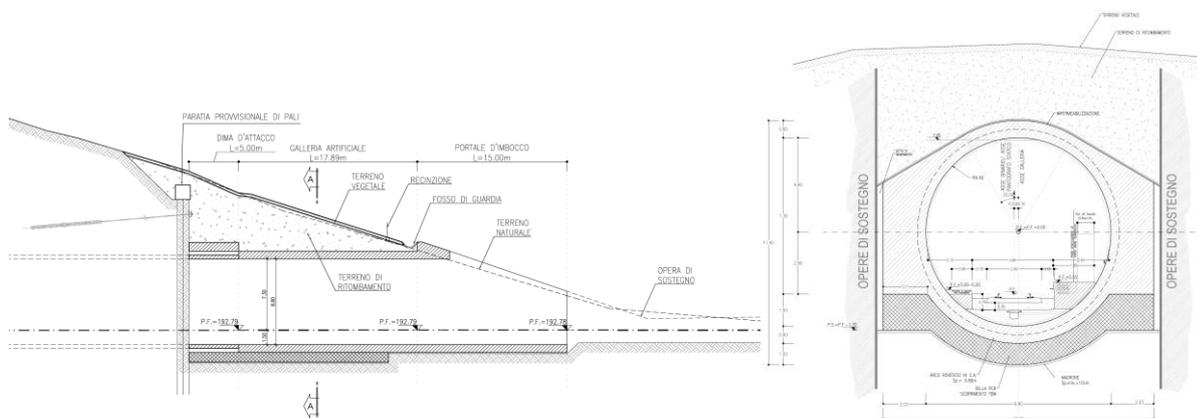


Figura 10 Profilo e sezioni di un imbocco per TBM

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

6.2 Opere per la sicurezza in galleria

Nel rispetto della normativa vigente in tema di sicurezza passeggeri in galleria, lungo le gallerie a doppia canna è prevista la realizzazione di collegamenti trasversali (by-pass) ogni 500 m.

L'opera più rilevante per la sicurezza in galleria è rappresentata dal punto di evacuazione e soccorso (PES), posto sulla galleria Lagonegro (GN01) caratterizzata da una lunghezza superiore a 20 km. Il posto di sicurezza si raggiunge con una finestra di esodo carrabile della lunghezza di circa 1.66 km a cui si aggiungono 442 m di PES vero e proprio.

Sono previsti, dunque, in totale 71 bypass trasversali e 1 PES (punto di evacuazione e soccorso).

Nella tabella seguente sono riportate per ogni galleria le lunghezze per le vie di esodo previste (Tabella 10).

Tabella 10 Vie di esodo del Lotto 1C

Vie di esodo	Lunghezza e numero
Bypass – Galleria GN01 Lagonegro	n.43 L= 30 m
PES – Galleria GN01 Lagonegro	L= 442 m
Finestra di esodo carrabile di uscita/accesso al PES	L= 1660 m
Bypass – Galleria GN02 Trecchina	19 L variabile tra 30 e 128 m
Bypass – Galleria GN03 Rosaneto	n.3 L= 30 m
Bypass - Interconnessione Praia	n.3 L variabile tra 60 e 180m
Bypass – Galleria GN04 Tortora	3 L= 30 m

In Figura 11 e Figura 12 sono riportate le principali caratteristiche delle opere di sicurezza in galleria sopra elencate tratte dagli elaborati di progetto.

Si segnala che il primo by-pass dopo il camerone di diramazione tra le due gallerie di interconnessione ha andamento altimetrico in salita e discesa per poter sottopassare le due canne in proseguimento della galleria Rosaneto da realizzarsi nel lotto 2.

E

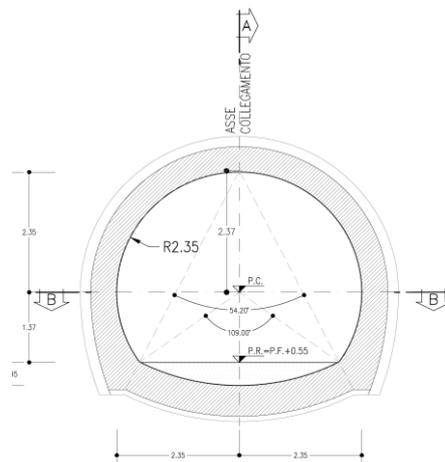
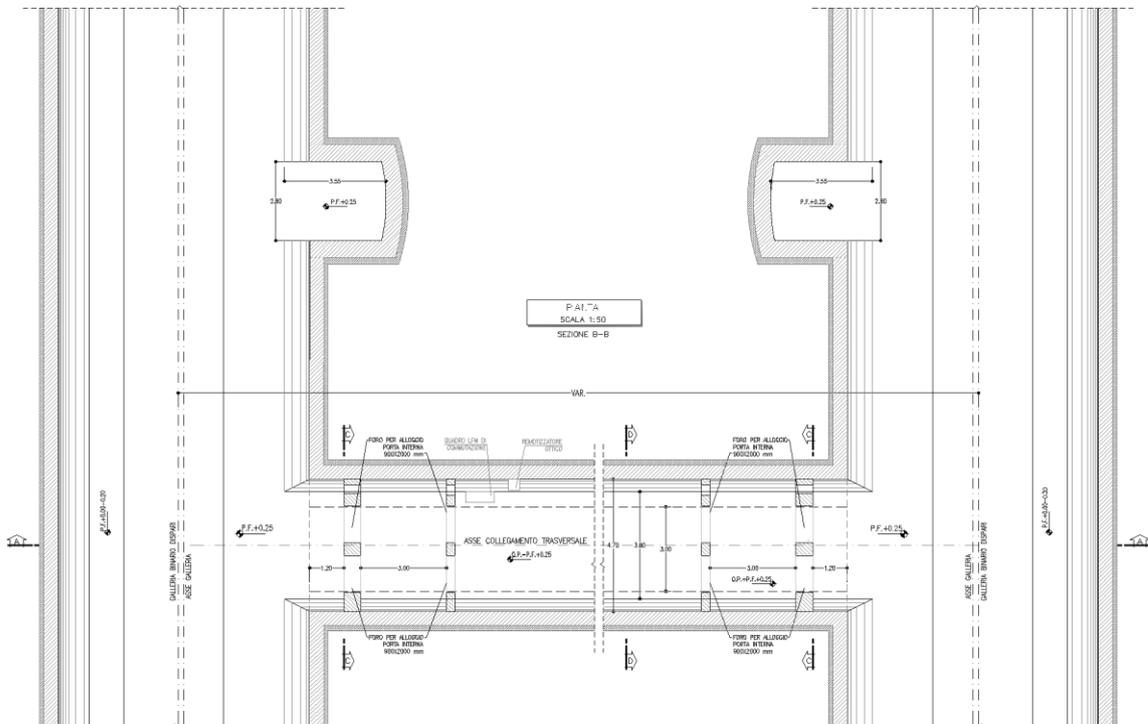
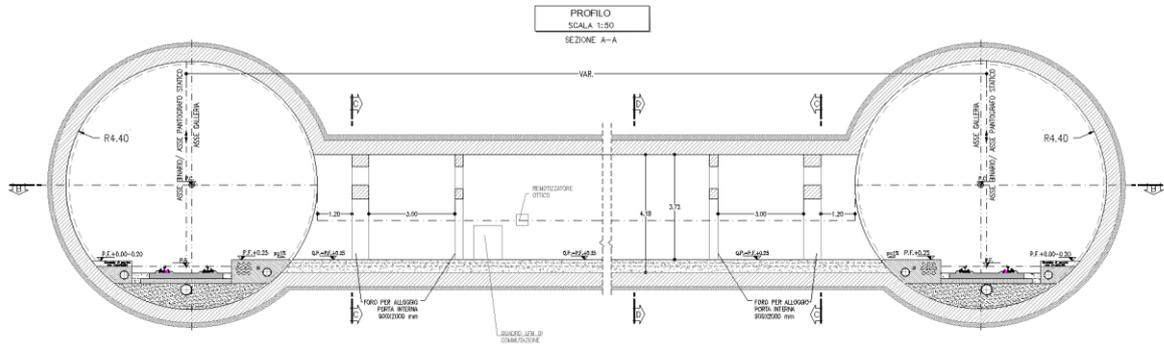


LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA
NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA
LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2A	C1	R07RH	GN0000001	E	32 di 176



	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Figura 11 By-pass tra le gallerie a doppia canna

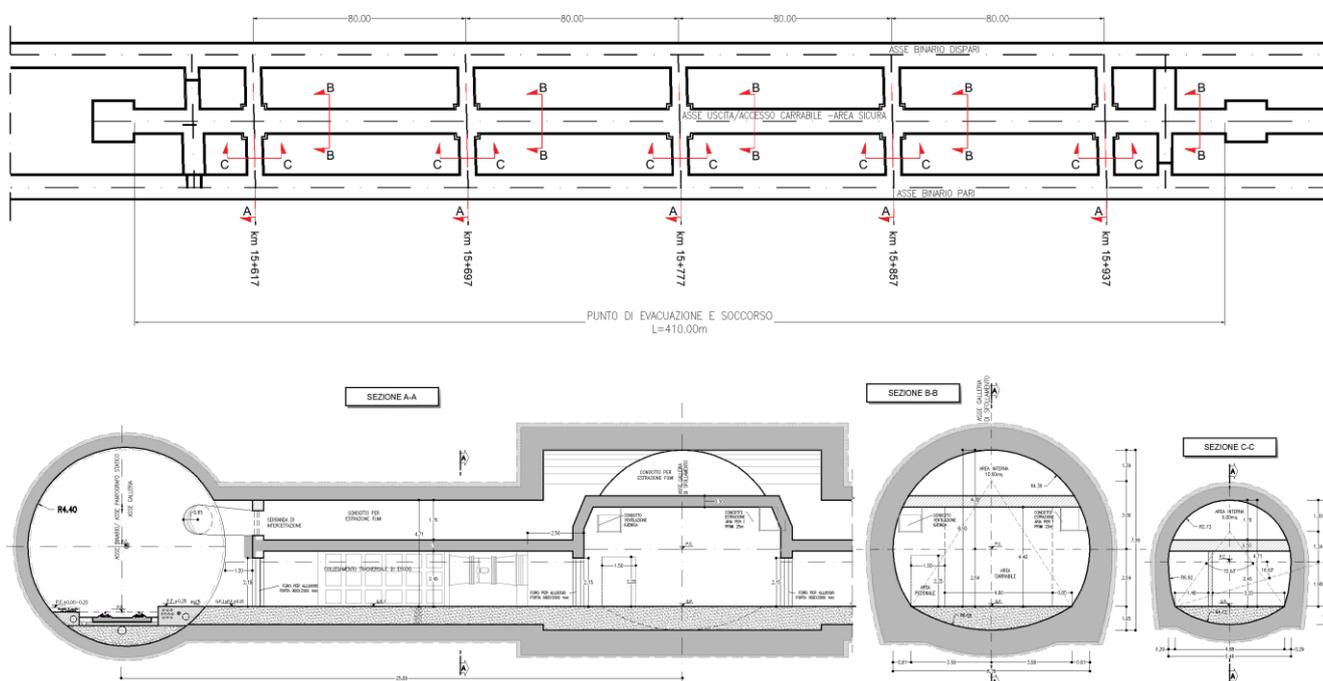


Figura 12 Punto di evacuazione e soccorso (PES)

Opere tecnologiche

Le gallerie non sono dotate di nicchie di ricovero personale (Rif. [7]) ma esclusivamente di nicchie tecnologiche e per impianti, le cui dimensioni e collocazione saranno oggetto dei successivi approfondimenti progettuali.

6.3 Interferenze lungo il tracciato

Lungo il tracciato le gallerie attraversano un territorio scarsamente edificato. Non sono presenti edifici o strutture sensibili sopra la galleria nelle tratte con basse coperture.

Le uniche interferenze sono rappresentate dal passaggio sotto la strada statale SS N585 lungo la galleria Trecchina con circa 50 m di ricoprimento intorno alla progressiva pk 28+900 b.p., e dai sottoattraversamenti di zone in cui sono presenti fabbricati alle progressive pk 41+806 nella zona di imbocco delle interconnessioni per Praia e pk 43+850 b.p. lungo la galleria Tortora con circa 20 m di ricoprimento.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

7 METODOLOGIA DI LAVORO

La progettazione delle opere in sotterraneo, condotta secondo il metodo ADECO-RS (Rif. [9]), si è articolata nelle seguenti fasi:

1. fase conoscitiva: è finalizzata allo studio e all'analisi del contesto geologico e geotecnico in cui deve essere realizzata l'opera;
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;
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.
4. fase di verifica e messa a punto: il progetto è completato dal piano di monitoraggio da predisporre ed attuare nella fase realizzativa. 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.

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

8.1 Il Modello geologico di riferimento

Metodi e risultati dello studio geologico sono illustrati e commentati negli elaborati specialistici di progetto (Rif. [10]). Si riporta di seguito una breve sintesi dei principali caratteri litologici e strutturali delle formazioni interessate dallo scavo della galleria.

Dal punto di vista geologico, le formazioni presenti nell'area interessata dal progetto possono essere distinte in 6 unità (l'unità tettonica Alburno-Cervati-Pollino, l'unità tettonica dei Monti della Maddalena, l'unità tettonica del Bulgheria, l'unità Lagonegro II, l'unità tettonica del Monte della Foraporta, le unità Liguridi e l'unità tettonica Nord-Calabrese) e 2 depositi (depositi di bacini intra-catena e depositi quaternari marini completamente formati), di seguito brevemente descritte.

- Unità tettonica Alburno-Cervati-Pollino:
 - Formazione del Bifurto BIF (non riconosciuta in questo lotto)
 - Formazione di Cerchiara FCE (non riconosciuta in questo lotto)

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

- Formazione di Trentinara TRN (non riconosciuta in questo lotto)
- Calcari con requenie e gasteropodi CRQ
- Calcari a radiolitidi RDT

CRQ (Neocomiano-Cenomaniano): calcari grigi con numerosi gasteropodi tra cui requenie e radiolitidi generalmente ben stratificati. A seconda dell'area in cui affiorano si possono distinguere caratteri peculiari della formazione. Nell'area di Serra San Giacomo si ritrovano calcari più o meno dolomitici, micritici e pseudo-oolitici, in strati da 0,2 a 2 m di spessore. Nell'area del Vallo di Diano prevalgono calcari grigi in strati medi e spessi, con frequenti livelli ricchi di gasteropodi e requenidi, subordinati a calcari scuri in strati sottili, calcari dolomitici e dolomie da massive a laminate.

RDT (Turoniano-Senoniano): calcari fangosostenuti, calcareniti, calciruditi grigiastre, biancastre e avana, in strati da medi a spessi, talora sottili. Più raramente sono presenti calcari dolomitici.

- Unità tettonica dei Monti della Maddalena
 - Calcari biolitoclastici con rudiste CBI (non riconosciuti in questo lotto)
 - Calcari a Paleodasycladus CPL (non attraversati in questo lotto)
 - Dolomia Superiore DBS

DBS (Norico-Retico): dolomie grigie frequentemente tettonizzate che presentano caratteri diversi a seconda dell'area di affioramento. Nell'area che insiste sul Vallo di Diano sono costituite da dolomie cristalline grigie in strati e banchi tabulari, di frequente fratturate e/o cataclastiche.

- Unità tettonica del Verbicaro:
 - Conglomerati e calcareniti di Serra Pollino BCR (non riconosciuti in questo lotto)
 - Formazione di Alberosa FLB (non riconosciuta in questo lotto)
 - Calcari con selce e marne del Bulgheria BHE
 - Formazione di Serra Bonangelo SBN
 - Calcari di Monte Crivo CRH
 - Dolomia Principale DPR

BHE (Giurassico inf-medio): calcareniti grossolane alternate a calcilutiti e noduli di selce, ben stratificate. Nella parte bassa prevalgono marne, marne argillose e argilliti poco consistenti.

CRH (Retico-Giurassico inf.): calcari dolomitici in banchi di colore grigio scuro con calcareniti e calcilutiti grigio chiaro.

DPR (Norico-Retico): dolomie straterellate o massive di colore grigio scuro, calcari dolomitici e conglomerati, con intercalazioni argillitiche giallastre. Sono talora osservabili litofacies intensamente tettonizzate per la presenza di faglie e zone di taglio, caratterizzate da aspetto breccioide e granulometria da ghiaiosa a block-in-matrix.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

- Unità Lagonegro II
 - Scisti silicei STSb
 - Calcari con selce SLCb
 - Formazione di Monte Facito FAC

STSb (Triassico sup.-Giurassico sup.): argilliti silicifere con intercalazioni di diaspri e selci e a luoghi straterelli di breccie calcaree silicizzate.

SLCb (Carnico-Norico): calciliti siliciferi grigio-scure con noduli di selce e intercalazioni di marne e argilliti fittamente stratificate.

- Unità tettonica del Monte della Foraporta
 - Dolomie e Calcari del Monte Foraporta FOP

FOP (Triassico sup.-Giurassico medio): costituiti da una successione di dolomie grigie e nere sovente tettonizzate con breccie cataclastiche caratterizzate da scarsa coesione (“*Dolomie della Calda*”) e calcari e calcari marnosi straterellati con intercalazioni di marne e argille giallastre (“*Calcari della Serra del Palo*”).

- Unità liguridi
 - Complesso indifferenziato di Nemoli UAS

UAS (Cretacico sup.-Eocene medio): complesso formato da diverse litologie, nella parte bassa prevalgono marne e calcari marnosi, fittamente stratificati, più o meno siliciferi. È abbastanza diffuso un intervallo caotico, costituito da matrice argillosa grigia contenente clasti ed elementi di varie dimensioni di calcareniti silicifere, rare breccie a macroforaminiferi e arenarie grigio-scure.

- Unità tettonica Nord-Calabrese
 - Formazione del Saraceno SCE (non riconosciuta in questo lotto)
 - Formazione delle Crete Nere CRN (non riconosciuta in questo lotto)

- Depositi di bacini intracatena
 - Formazione di Albidona ABD

ABD (Langhiano-Tortoniano inf.): formazione torbidityca costituita da un Membro Caotico ed un Membro Marnoso-Conglomeratico. Il Membro Caotico è costituito da clasti di calcareniti attraversate da vene calcitiche bianche in matrice fine di argilliti e siltiti grigio scure. Il Membro Marnoso-Conglomeratico è costituito da clasti di ghiaie in matrice argilloso-limosa grigia.

- Depositi quaternari completamente formati
 - Depositi collegati ai terrazzi marini g3

g3 (Tirreniano): sabbie e ghiaie, a volte ricoperte da detrito, con locali calcari e arenarie.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Dal punto di vista geomorfologico, l'area presenta una orografia caratterizzata da forti escursioni altimetriche e complessa articolazione planimetrica, con rilievi che frequentemente raggiungono il migliaio di metri di copertura. Le aree collinari sono rare e circoscritte. Il paesaggio attuale è il risultato dell'azione dovuta ai fenomeni tettonici, carsici e di erosione dovuta ai corsi d'acqua presenti (Rif. [10]).

Nel tratto compreso tra la pk 28+650 e la pk 28+800, in corrispondenza dell'imbocco della galleria Trecchina lato Salerno, è osservabile un versante a debole pendenza, senza evidenze di fenomeni franosi. Tuttavia, in corrispondenza dell'inclinometro L1B-S55 bis nelle misurazioni effettuate si è registrato uno spostamento di alcuni cm a circa 6 m di profondità al passaggio tra la coltre eluvio-detritica di copertura e il sottostante substrato. Pertanto, in superficie, pur senza evidenze morfologiche, è stata perimetrata un'area di frana attiva per movimento lento, generata come scivolamento rotazionale evolvente in colamento. Si rimanda agli elaborati specialistici della SO Opere Geotecniche per gli interventi di stabilizzazione del versante (Rif. [12]).

Sono presenti evidenze di fenomeni carsici nelle formazioni carbonatiche dell'Unità tettonica Alburno-Cervati-Pollino (Rif. [10]).

Per la trattazione delle condizioni di sismicità, si rimanda agli elaborati specifici (Rif. [10]).

Il modello idrogeologico

Nell'area di progetto è possibile riconoscere tre diversi tipi di acquiferi:

- acquiferi situati nei terreni quaternari, caratterizzati da permeabilità per porosità;
- acquiferi situati nelle formazioni carbonatiche, caratterizzati da permeabilità molto variabile e legata principalmente a fenomeni di carsismo;
- acquiferi situati nelle formazioni non carbonatiche, caratterizzati da permeabilità molto variabile per fratturazione.

Le formazioni attraversate sono state raggruppate in 5 complessi idrogeologici, distinti sulla base delle differenti caratteristiche di permeabilità e tipo di circolazione idrica che le caratterizza (Rif. [10]):

- Complesso argilloso-marnoso (ABD, CRN, SLC, STS e UAS): caratterizzato da permeabilità per porosità e secondariamente per fessurazione da bassa a molto bassa;
- Complesso calcareo-marnoso (BHE): caratterizzato da permeabilità da bassa a media per fessurazione e carsismo;
- Complesso carbonatico (BHE, CRH, CRQ): caratterizzato da permeabilità per carsismo e secondariamente per fessurazione, da media a bassa;
- Complesso dolomitico (DBS, DPR, FOP): caratterizzato da permeabilità da medio-alta a bassa in funzione della fratturazione e della tettonizzazione;
- Complesso ghiaioso-sabbioso (g3): caratterizzato da permeabilità per porosità da media ad alta.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Sono disponibili misure puntuali nei sondaggi attrezzati con piezometri relativi alle campagne di indagini Italferr 2021 e Italferr 2022/2023, che coprono il periodo che va da giugno 2021 a luglio 2023, sulla base delle quali è stato definito il livello di falda nei settori in cui sono localizzate le perforazioni.

Combinando questi dati con l'analisi dell'idrogeologia locale è stato ricostruito per l'intero tracciato l'andamento del carico idraulico sulle opere in sotterraneo.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

8.2 Indagini geotecniche

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/rocce interessati dalle opere in sotterraneo, adeguato al livello di progettazione in oggetto.

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

1. *Campagna di indagini Italferr 2021 eseguita per il PFTE AV SA-RC Lotto 1A;*
2. *Campagna di indagini Italferr 2021 eseguita per il PFTE AV SA-RC Lotto 1B (presente progetto) e Lotto 1C.*
3. *Campagna di indagini Italferr 2022-2023 eseguita per il PFTE AV SA-RC Lotto 1B (presente progetto) e Lotto 1C.*

Per quanto riguarda la campagna di indagini Italferr 2021 eseguita per il lotto 1A, sono state considerate le prove in sito eseguite sulle formazioni di interesse per il lotto 1B, in particolare:

- n. 22 sondaggi a carotaggio continuo di profondità variabili tra 30 e 89 m dal piano campagna dei quali 15 attrezzati con piezometro e 7 con inclinometro;
- n. 211 prove SPT;
- n. 59 prove di permeabilità;
- n. 15 prove pressiometriche;
- n. 11 prove dilatometriche;
- n. 2 prospezioni sismiche di tipo MASW;
- n. 5 prove sismiche di tipo Down-Hole.

Per le prove di laboratorio, sono stati analizzati 36 campioni indisturbati sui quali sono state eseguite:

- n. 26 prove di taglio diretto (TD);
- n. 12 prove edometriche;
- n. 10 prove di compressione triassiale consolidata non drenata di tipo CIU;
- n. 18 prove di compressione triassiale consolidata non drenata di tipo UU.

Della campagna di indagini Italferr 2021 per i Lotti 1B ed 1C sono state considerate le seguenti prove in sito:

- n. 37 sondaggi a carotaggio continuo di profondità variabili tra 30 e 260 m dal piano campagna, 32 attrezzati con piezometro e 2 con inclinometro;
- n. 105 prove SPT;
- n. 80 prove di permeabilità di tipo Lefranc;
- n. 30 prove di permeabilità di tipo Lugeon;

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

- n. 18 prove pressiometriche;
- n. 57 prove dilatometriche;
- n. 5 prospezioni sismiche di tipo MASW;
- n. 5 prove sismiche di tipo Down-Hole.
- n. 6 stop geologici.

Il numero totale dei campioni indisturbati/litoidi analizzati nella tratta di interesse e sottoposti a prove di laboratorio è di 135. Sui campioni sono state eseguite le seguenti prove meccaniche:

- n. 19 prove di taglio diretto TD;
- n. 6 prove di compressione triassiale consolidata non drenata di tipo CIU;
- n. 9 prove di compressione triassiale consolidata non drenata di tipo UU;
- n. 6 prove di espansione laterale libera ELL;
- n. 20 prove di compressione monoassiale semplice;
- n. 2 prove di compressione monoassiale con rilievo delle deformazioni su campioni lapidei;
- n. 65 Point Load Test;
- n. 2 determinazioni della velocità sonica.

Della campagna di indagini Italferr 2022-2023 per i Lotti 1B ed 1C sono state considerate le seguenti prove in sito:

- n. 50 sondaggi a carotaggio continuo di profondità variabili tra 30 e 325 m dal piano campagna, 38 attrezzati con piezometro e 7 con inclinometro;
- n. 116 prove di permeabilità di tipo Lefranc;
- n. 60 prove di permeabilità di tipo Lugeon;
- n. 8 prove pressiometriche;
- n. 86 prove dilatometriche;
- n. 3 prospezioni sismiche di tipo MASW;
- n. 2 prove sismiche di tipo Down-Hole.
- n. 4 stop geologici.

Il numero totale dei campioni indisturbati/litoidi analizzati nella tratta di interesse e sottoposti a prove di laboratorio è di 102. Sui campioni sono state eseguite le seguenti prove meccaniche:

- n. 34 prove di taglio diretto (TD);
- n. 2 prove di compressione triassiale consolidata non drenata di tipo CIU;

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

- n. 12 prove di compressione triassiale consolidata non drenata di tipo UU;
- n. 1 prova di espansione laterale libera ELL;
- n. 28 prove di compressione monoassiale semplice;
- n. 6 prove di compressione monoassiale con rilievo delle deformazioni su campioni lapidei;
- n. 57 Point Load Test;
- n. 24 determinazioni della velocità sonica.

Per ulteriori dettagli relativi alle campagne di indagini si rimanda al documento “Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica” (Rif. [10]). L’ubicazione dei sondaggi ed il modello geotecnico sono rappresentati negli elaborati specifici “Profilo geotecnico” (da Rif. [41] a Rif. [49]).

Nei paragrafi che seguono si riepilogano nel dettaglio i risultati della caratterizzazione e modellazione geotecnica eseguita per ciascuna delle formazioni interessate dallo scavo delle gallerie.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

8.3 Caratterizzazione e modellazione geotecnica

Nel seguito, dopo aver caratterizzato le varie formazioni presenti lungo il tracciato sulla base dei risultati delle indagini al momento disponibili, sono definiti il modello geotecnico di riferimento e le condizioni idrauliche.

Formazione di Albidona (ABD)

La formazione di Albidona, conosciuta anche come “Flysch di Albidona”, è una successione marnoso-arenaceo-conglomeratica costituita da diversi membri. Nell’area del progetto ne prevalgono 2, il Membro Caotico ed il Membro Marnoso-Conglomeratico (Figura 13).



Figura 13 ABD nel foro di sondaggio S42 tra 15 e 20 m e nel foro di sondaggio S43 tra 65 e 70 m da p.c.

Nei sondaggi realizzati in questa formazione, attraversata per circa 3500 m dalla galleria Lagonegro, la componente litoide è prevalente rispetto alla componente pelitica e se ne osserva un aumento con l’aumentare della profondità.

Facendo riferimento alla classificazione di Esu, ABD può essere classificata come “formazione strutturalmente complessa” di classe B2 (Figura 14; Esu, 1977).

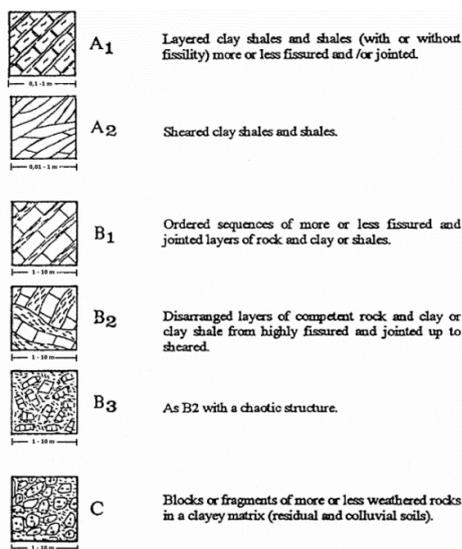


Figura 14 Classificazione delle “formazioni strutturalmente complesse” (Esu, 1977)

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Le analisi granulometriche eseguite sui campioni pelitici prelevati permettono di classificare la formazione come limo con argilla debolmente sabbioso ghiaioso (Figura 15, AGI 1977).

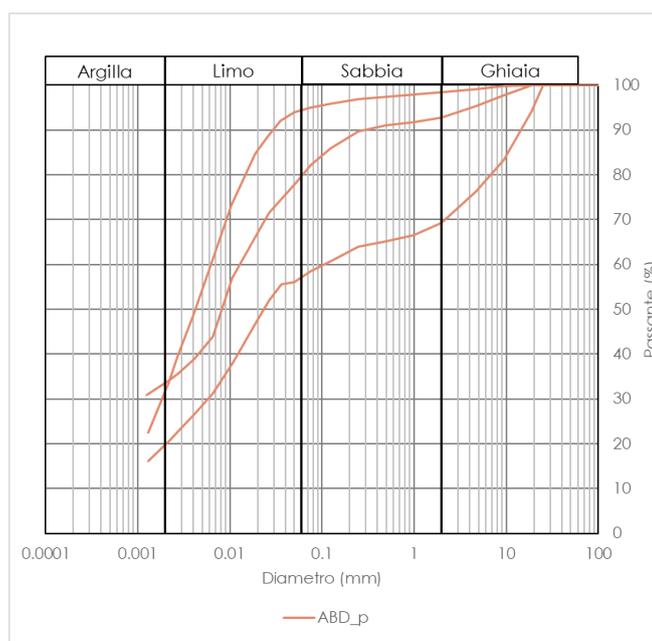


Figura 15 Analisi granulometrica

Caratteristiche fisiche

Sono stati prelevati all'interno della formazione 14 campioni litoidi tra 28,3 e 211,2 m di profondità, 2 campioni rimaneggiati alle profondità di 3,5 e 30,4 m e 1 campione indisturbato di limo argilloso prelevato a 3,8 m di profondità da piano campagna, sottoposti a prove di laboratorio.

Per quanto riguarda le caratteristiche fisiche, il peso dell'unità di volume dei campioni litoidi risulta variabile tra 23,8 e 26,4 kN/m³. Il peso dell'unità di volume del campione limoso risulta pari a 19,3 kN/m³. L'andamento con la profondità è mostrato in Figura 16.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

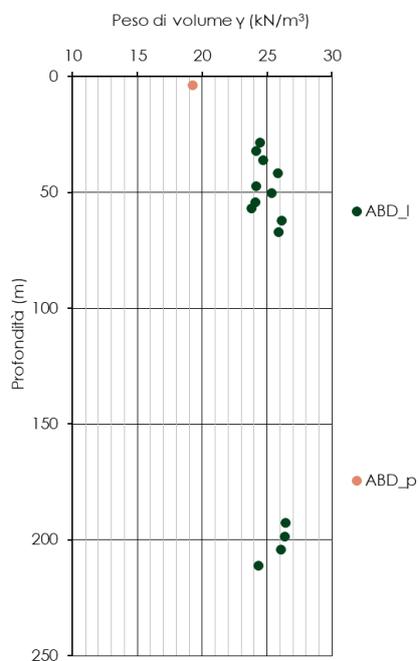


Figura 16 Peso dell'unità di volume

Caratteristiche meccaniche

Per determinare le caratteristiche di resistenza della roccia intatta sono state eseguite 1 prova di compressione monoassiale con rilievo delle deformazioni, 3 prove di compressione monoassiale semplice e 14 point load test. In Figura 17 si riporta l'andamento della resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta con la profondità. I valori ottenuti risultano compresi tra 0,7 e 147 MPa. I valori più elevati, 38÷147 MPa, si riferiscono a campioni calcarei. Gli altri valori, compresi tra 0,7 e 14,7 MPa, sono relativi a campioni di argillite, siltite e conglomerati.

Il modulo elastico della matrice rocciosa è stato ricavato dall'interpretazione di 1 prova di compressione monoassiale (CM) condotta con rilievo delle deformazioni su un campione calcareo. Da quest'ultime è stato determinato il modulo tangente iniziale pari a 12,9 GPa.

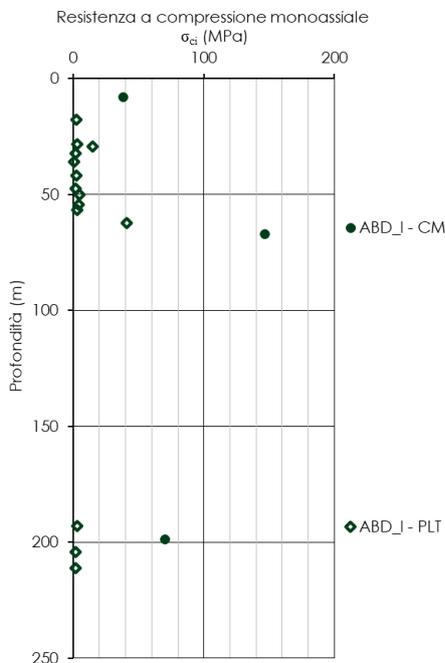


Figura 17 Resistenza a compressione monoassiale

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva dei risultati ottenuti sui campioni litoidi (Tabella 11).

Tabella 11 Prove sui campioni litoidi

Sondaggio	Campione	Profondità da p.c.	γ	γ_s	$\sigma_{ci,CM}$	$\sigma_{ci,PLT}$	$E_{i,CM}$
(-)	(-)	(m)	(kN/m ³)	(kN/m ³)	(MPa)	(MPa)	(GPa)
L1B-S42	CR1	28.3	24.43			2.6	
L1B-S42	CR2	32.2	24.18			1.4	
L1B-S42	CR3	35.9	24.70			0.7	
L1B-S42	CR4	41.6	25.81			2.2	
L1B-S42	CR5	47.4	24.16			1.7	
L1B-S43	CL1	50.15	25.33			4.6	
L1B-S43	CL2	54.15	24.09			3.8	
L1B-S43	CL3	56.7	23.82			2.9	
L1B-S43	CL4	62.2	26.14			40.8	
L1B-S43	CL5	67.15	25.86		147.0		
L1B-S44	C1	192.8	26.42			2.9	
L1B-S44	C2	198.6	26.38		70.0		
L1B-S44	C3	204.2	26.07			1.7	
L1B-S44	C4	211.2	24.32			1.4	
L1B-S41ter	CI1	8		24.42	37.9		12.9
L1B-S41ter	CI2	17.6		25.18		2.2	
L1B-S41ter	CI3	29.25		25.90		14.6	

Per quanto riguarda il campione indisturbato di limo argilloso, su di esso è stata eseguita una prova di taglio diretto e una prova triassiale non consolidata non drenata che fornisce un valore di C_u pari a 82 kPa.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

L'involuppo di resistenza dei risultati della prova nel piano di Mohr-Coulomb (Figura 18) restituisce un valore di coesione c' pari a circa 12 kPa e angolo di resistenza al taglio φ' pari a circa 23°.

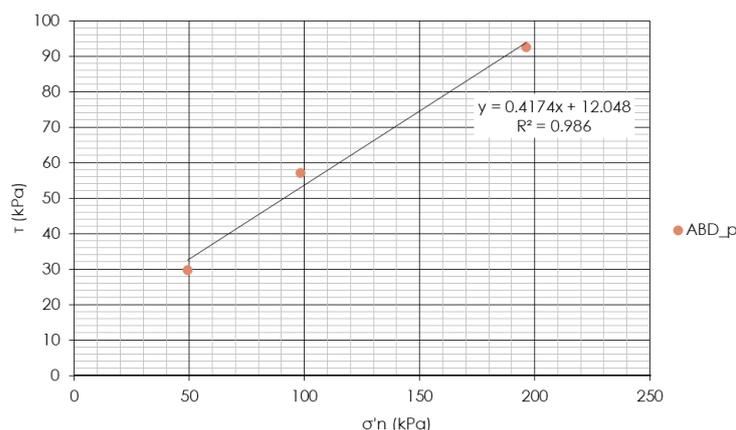


Figura 18 Involuppo di resistenza della prova di taglio diretto (TD)

Di seguito le tabelle riassuntive della prova di taglio diretto (Tabella 12).

Tabella 12 Valori a rottura della prova TD

Prove di taglio diretto					
Sondaggio e Campione	Profondità da p.c.	σ'_n	τ	φ'	c'
(-)	(m)	(kPa)	(kPa)	(°)	(kPa)
L1B-S42 - CII	3.8	49.04	29.7	22.7	12.0
		98.07	57.2		
		196.14	92.5		

Caratterizzazione dell'ammasso roccioso

Al fine di valutare le caratteristiche strutturali e di deformabilità dell'ammasso roccioso sono stati considerati i risultati delle prove eseguite in foro ed i risultati ottenuti dal rilievo geomeccanico da cassetta.

- Prove in sito

Per determinare le caratteristiche di deformabilità dell'ammasso sono stati elaborati i risultati di 2 prove pressiometriche e 5 prove dilatometriche eseguite tra 33,5 e 213 m di profondità.

L'interpretazione delle prove pressiometriche e dilatometriche è stata condotta determinando due moduli di deformabilità, relativi rispettivamente alla fase di scarico e di carico. In particolare, per le prove pressiometriche è stato necessario dapprima determinare il modulo di Young a partire dal modulo pressiometrico applicando gli opportuni coefficienti reologici. Il modulo di scarico ottenuto si riferisce al secondo ciclo di scarico. Entrambe le prove sono state eseguite sulla frazione pelitica.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RC2A	C1	R07RH	GN0000001	E	47 di 176

Per quanto riguarda le prove dilatometriche, si è considerato per la fase di scarico il modulo determinato per il terzo ciclo di scarico. La prova a 57,5 m è stata eseguita sulla frazione pelitica, le altre in corrispondenza della frazione lapidea.

Per la frazione lapidea, il modulo di scarico risulta compreso nell'intervallo 317 ÷ 1771 MPa mentre quello di carico nell'intervallo 116 ÷ 865 MPa. Per la frazione pelitica, il modulo di scarico ottenuto è compreso nell'intervallo 155 ÷ 489 MPa mentre quello di carico nell'intervallo 12 ÷ 99 MPa.

La Figura 19 riporta l'andamento dei moduli di deformabilità derivati dalle prove dilatometriche e pressiometriche con la profondità. Si osserva un incremento di rigidità con la profondità.

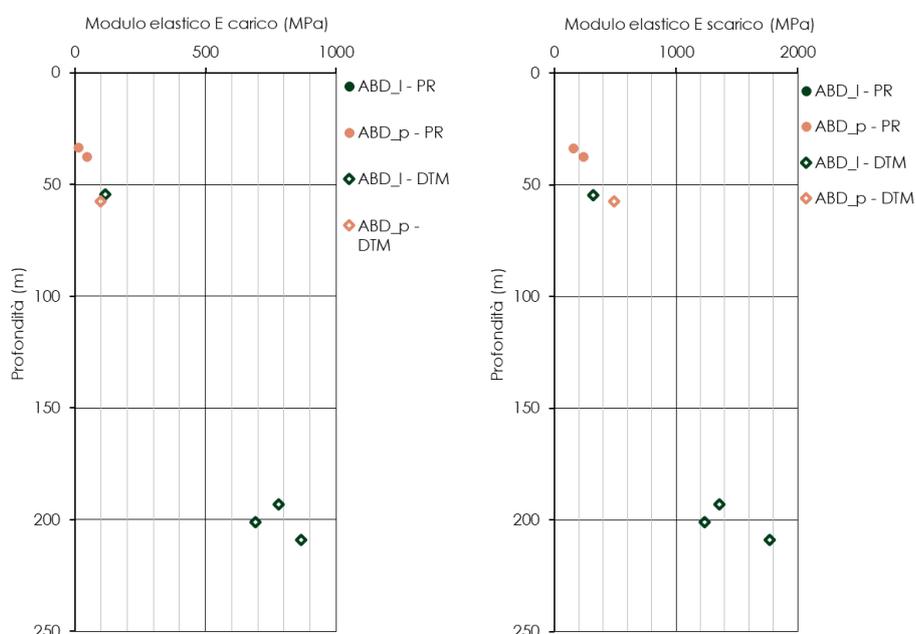


Figura 19 Moduli di deformabilità da prove dilatometriche

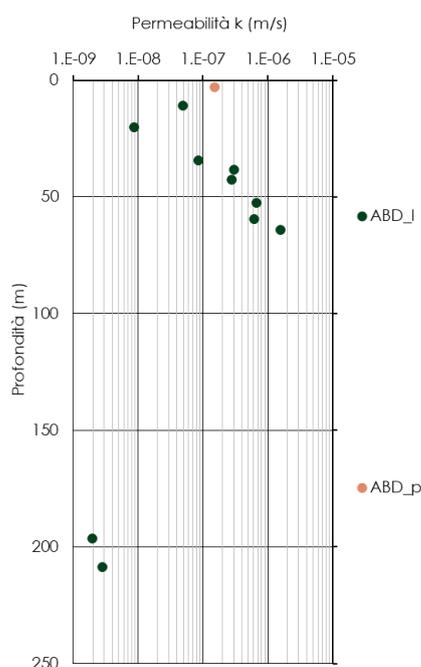
Di seguito la tabella riassuntiva delle prove eseguite (Tabella 13).

Tabella 13 Prove pressiometriche e dilatometriche

sondaggio	Profondità da p.c.	Prova	Ecarico	Escarico
(-)	(m)	(-)	(MPa)	(MPa)
L1B-S43	54.5	Dilatometrica	115.7	317.2
L1B-S44	193.0	Dilatometrica	779.5	1359.0
L1B-S44	201.0	Dilatometrica	689.4	1234.0
L1B-S44	209.0	Dilatometrica	865.2	1770.6
L1B-S42	33.5	Pressiometrica	11.6	154.6
L1B-S42	37.5	Pressiometrica	45.9	237.1
L1B-S43	57.5	Dilatometrica	98.7	489.1

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Sono state eseguite 6 prove di permeabilità di tipo Lefranc e 5 prove di tipo Lugeon a profondità variabili tra 2,9 e 208,5 m da piano campagna. Il coefficiente di permeabilità k ottenuto varia tra circa 2×10^{-6} e 2×10^{-9} m/s,().



Sondaggio	Prova	Profondità da p.c.	k
(-)	(-)	(m)	(m/s)
L1B-S41ter	Lefranc	2.9	1.5E-07
L1B-S42	Lefranc	34.5	8.6E-08
L1B-S42	Lefranc	38.5	3.1E-07
L1B-S42	Lefranc	42.5	2.8E-07
L1B-S43	Lugeon	52.5	6.6E-07
L1B-S43	Lugeon	59.5	6.2E-07
L1B-S43	Lugeon	64.0	1.6E-06
L1B-S44	Lugeon	196.5	2.0E-09
L1B-S44	Lugeon	208.5	2.8E-09
L1B-S41ter	Lefranc	10.8	4.9E-08
L1B-S41ter	Lefranc	20.0	8.6E-09

Figura 20 Coefficiente di permeabilità k da prove in sito

o Rilievi geomeccanici da cassetta

Per i sondaggi L1B-S41ter e L1B-S43 sono stati eseguiti i rilievi geomeccanici da cassetta. I risultati sono stati elaborati valutando l'indice GSI a partire dall'RQD secondo la formulazione di Truzman e al. (2011). La Figura 21 mostra l'andamento con la profondità dell'indice di qualità e dell'RQD ottenuti.

L'indice GSI risulta molto variabile, da un minimo di 19 ad un massimo di 86, in funzione del grado di fratturazione dell'ammasso.

Il range di variazione che si può assumere, facendo riferimento agli abachi di Hoek&Marinos (Rif. [23]) e alle risultanze derivanti della monografia del sondaggio, è compreso tra 25÷30 (alterazione da moderata ad elevata, siltite ed argillite poco resistenti con livelli di arenarie) (Figura 22).

E



LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA
 NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
 LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA
 LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA
 PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2A	C1	R07RH	GN0000001	E	49 di 176

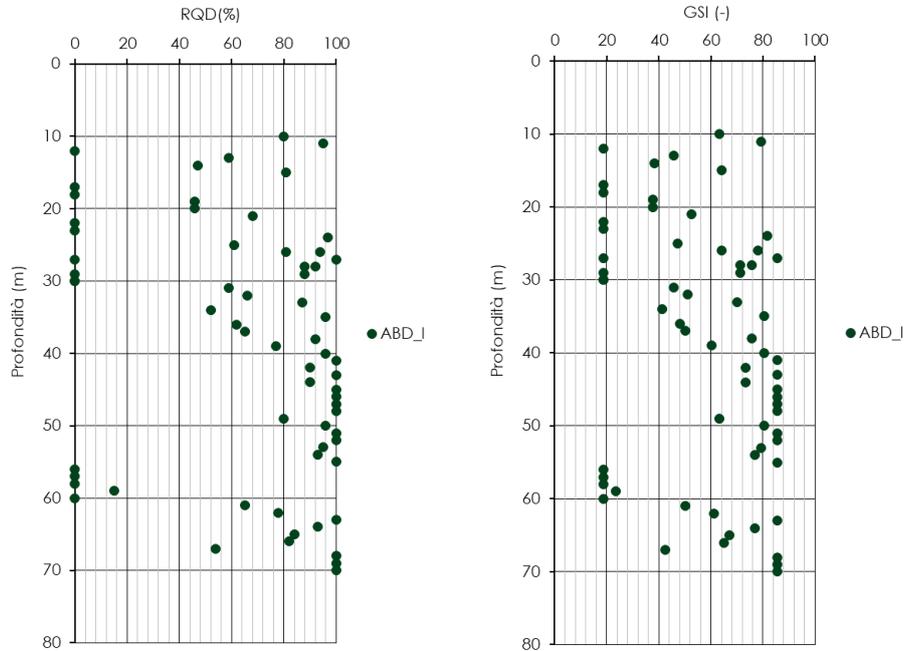


Figura 21 RQD e GSI per il sondaggio L1B-S43

GSI FOR HETEROGENEOUS ROCK MASSES SUCH AS FLYSCH (Marinos.P and Hoek. E, 2000)		SURFACE CONDITIONS OF DISCONTINUITIES (Predominantly bedding planes)	
From a description of the lithology, structure and surface conditions (particularly of the bedding planes), choose a box in the chart. Locate the position in the box that corresponds to the condition of the discontinuities and estimate the average value of GSI from the contours. Do not attempt to be too precise. Quoting a range from 33 to 37 is more realistic than giving GSI = 35. Note that the Hoek-Brown criterion does not apply to structurally controlled failures. Where unfavourably oriented continuous weak planar discontinuities are present, these will dominate the behaviour of the rock mass. The strength of some rock masses is reduced by the presence of groundwater and this can be allowed for by a slight shift to the right in the columns for fair, poor and very poor conditions. Water pressure does not change the value of GSI and it is dealt with by using effective stress analysis.		VERY GOOD - Very rough, fresh unweathered surfaces	VERY POOR - Very smooth slickensided surfaces with compact fillings or fillings with angular fragments
COMPOSITION AND STRUCTURE		GOOD - Rough, slightly weathered surfaces	VERY POOR - Very smooth slickensided or highly weathered surfaces with soft clay coatings or fillings
	A. Thick bedded, very blocky sandstone The effect of pelitic coatings on the bedding planes is minimized by the confinement of the rock mass. In shallow tunnels or slopes these bedding planes may cause structurally controlled instability.		
	B. Sandstone with thin inter-layers of siltstone		
	C. Sandstone and siltstone in similar amounts		
	D. Siltstone or silty shale with sandstone layers		
	E. Weak siltstone or clayey shale with sandstone layers		
C, D, E and G - may be more or less folded than illustrated but this does not change the strength. Tectonic deformation, faulting and loss of continuity moves these categories to F and H.			
	F. Tectonically deformed, intensively folded/faulted, sheared clayey shale or siltstone with broken and deformed sandstone layers forming an almost chaotic structure		
	G. Undisturbed silty or clayey shale with or without a few very thin sandstone layers		
	H. Tectonically deformed silty or clayey shale forming a chaotic structure with pockets of clay. Thin layers of sandstone are transformed into small rock pieces.		

Figura 22 Abaco per la determinazione del GSI per i flysch (Rif. [23])

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Sintesi delle caratteristiche fisiche e meccaniche

La caratterizzazione geotecnica condotta sulla base delle indagini e delle prove attualmente disponibili ha consentito di definire per la formazione ABD i range di variazione dei parametri riassunti nella Tabella 14:

Tabella 14 Sintesi parametri geotecnici ABD

	min	max	
γ	19.3	26.4	(kN/m ³)
γ_s	24.4	26.6	(kN/m ³)
$\sigma_{ci,CM}$	37.9	147.0	(MPa)
$\sigma_{ci,PLT}$	0.7	40.8	(MPa)
$E_{t,CM}$	12.9	12.9	(GPa)
c'_{TD}	12	12.0	(kPa)
φ'_{TD}	23	22.7	(°)
Cu	82.2	82.2	(kPa)
E'_{carico}	11.6	865.2	(MPa)
$E'_{scarico}$	154.6	1770.6	(MPa)
$RQD_{cassetta}$	0	100	(-)
$GSI_{cassetta}$	19	86	(-)
k	2.0E-09	1.6E-06	(m/s)

	involuppo di rottura			
	medio	min	max	
c'_{TD}	12			(kPa)
φ'_{TD}	23			(°)

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Calcari con Requenie e Gasteropodi (CRQ)

La formazione è definita come costituita da calcari grigi con numerosi gasteropodi tra cui requenie e radiolitidi generalmente ben stratificati.

Nel sondaggio S45, in faglia, la formazione si presenta come un calcare dolomitico molto fratturato, che arriva nelle zone più disturbate a breccia costituita da blocchi calcarei immersi in una matrice sabbio-limosa (Figura 23). Nello stesso sondaggio, si è riconosciuta la presenza di una cavità carsica di dimensioni metriche riempita da depositi alluvionali (Figura 24).



Figura 23 CRQ nei fori di sondaggio L1B-S03 tra 150 e 155 m e L1B-S45 tra 85 e 90 m da p.c



Figura 24 Cavità carsica riempita di materiale alluvionale (L1B-S45 tra 100 e 110 m da p.c.)

Caratterizzazione della roccia intatta

Sono stati prelevati all'interno della formazione 18 campioni litoidi, tra 101,5 e 159,8 m di profondità da piano campagna, i quali sono stati sottoposti a prove di laboratorio.

Per quanto riguarda le caratteristiche fisiche, il peso dell'unità di volume dei campioni, il cui andamento con la profondità è mostrato in Figura 25, risulta variabile tra 20,4 e 26,7 kN/m³.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

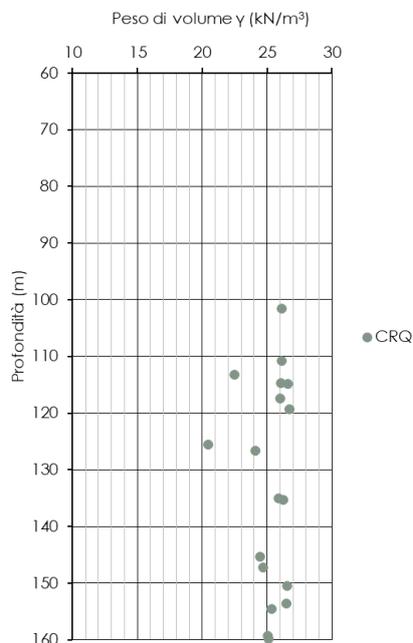


Figura 25 Peso dell'unità di volume

Per determinare le caratteristiche di resistenza e deformabilità della roccia intatta sono state eseguite 7 prove di compressione monoassiale semplice e 8 point load test. In Figura 26 si riporta l'andamento della resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta con la profondità. I valori ottenuti risultano compresi tra 15 e 160 MPa.

Il modulo elastico della matrice rocciosa è stato ricavato dall'interpretazione di 4 prove di velocità sonica su provino e 4 prove di compressione monoassiale (CM) condotte con rilievo delle deformazioni. Da queste ultime sono stati determinati i moduli tangenti iniziali. I valori dei moduli di elasticità ricavati con le diverse prove mostrano un intervallo del modulo variabile tra 9,0 e 57,3 GPa (Figura 26).

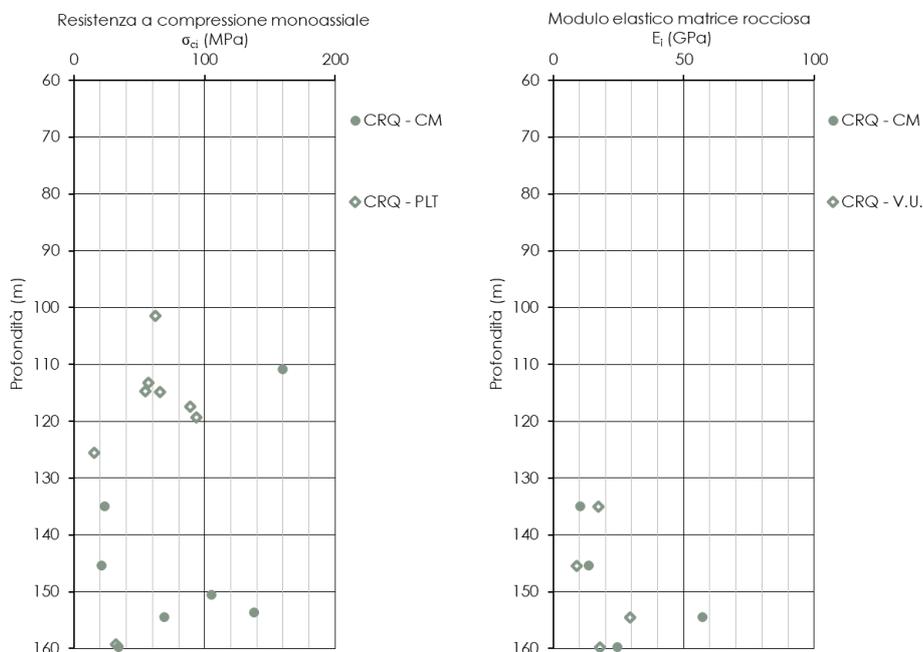


Figura 26 Resistenza a compressione monoassiale e modulo elastico della roccia intatta

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva dei risultati ottenuti (Tabella 15).

Tabella 15 Prove sui campioni litoidi

Sondaggio	Campione	Profondità da p.c.	γ	$\sigma_{ci,CM}$	$\sigma_{ci,PLT}$	$E_{i,CM}$	$E_{i,VU}$
(-)	(-)	(m)	(kN/m ³)	(MPa)	(MPa)	(GPa)	(GPa)
L1B-S3	C2	150.5	26.57	105.0			
L1B-S3	C3	153.6	26.47	138.0			
L1B-S45	C1	101.5	26.14		61.9		
L1B-S45	C2	110.8	26.14	160.0			
L1B-S45	C3	114.9	26.59		65.5		
L1B-S45	C4	117.4	26.03		88.8		
L1B-S45	C5	119.3	26.73		93.8		
L1B-S45quater	C1	113.25	22.51		56.6		
L1B-S45quater	C2	126.6	24.09				
L1B-S45quater	C3	135.25	26.22				
L1B-S45quater	C4	147.2	24.67				
L1B-S45quater	C5	159.25	25.03		32.2		
L1B-S45ter	C1	114.7	26.05		54.7		
L1B-S45ter	C2	125.5	20.43		15.1		
L1B-S45ter	C3	135	25.86	23.2		10.2	17.3
L1B-S45ter	C4	145.4	24.48	21.1		13.5	9.0
L1B-S45ter	C5	154.5	25.37	68.9		57.3	29.3
L1B-S45ter	C6	159.8	25.08	34.0		24.6	17.8

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Caratterizzazione dell'ammasso roccioso

Al fine di valutare le caratteristiche strutturali e di deformabilità dell'ammasso roccioso sono stati considerati i risultati delle prove eseguite in foro ed i risultati ottenuti dal rilievo geomeccanico da cassetta.

○ Prove in sito

Per determinare le caratteristiche di deformabilità dell'ammasso sono stati elaborati i risultati di 16 prove dilatometriche eseguite tra 85,0 e 157,0 m di profondità.

L'interpretazione delle prove dilatometriche è stata condotta determinando due moduli di deformabilità, relativi rispettivamente alla fase di scarico e di carico. In particolare, si è considerato per la fase di scarico il modulo determinato per il terzo ciclo di scarico. Il modulo di scarico risulta compreso nell'intervallo 254 ÷ 14661 MPa mentre quello di carico nell'intervallo 32 ÷ 8448 MPa.

La Figura 27 riporta l'andamento dei moduli di deformabilità derivati dalle prove dilatometriche con la profondità.

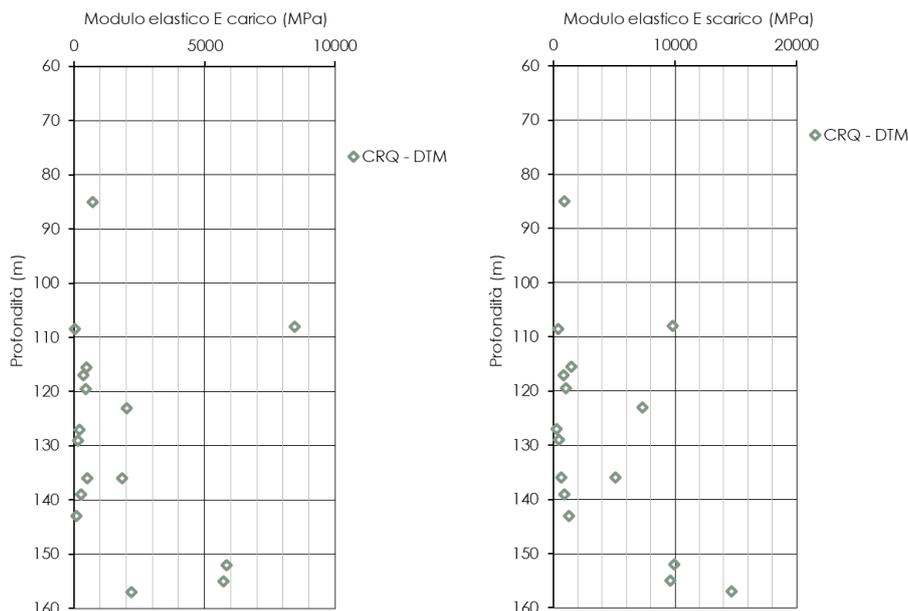


Figura 27 Moduli di deformabilità da prove dilatometriche

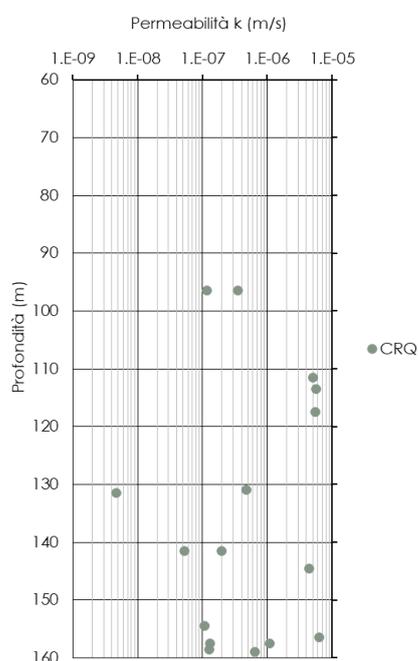
Di seguito la tabella riassuntiva delle prove dilatometriche eseguite (Tabella 16).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Tabella 16 Prove dilatometriche

sondaggio	Profondità da p.c.	Prova	E _{carico}	E _{scarico}
(-)	(m)	(-)	(MPa)	(MPa)
L1B-S45	108.5	Dilatometrica	32.0	400.0
L1B-S45	115.5	Dilatometrica	457.7	1484.9
L1B-S45	119.5	Dilatometrica	438.6	1023.3
L1B-S45bis	143.0	Dilatometrica	76.9	1242.4
L1B-S45quater	139.0	Dilatometrica	258.0	873.0
L1B-S45quater	136.0	Dilatometrica	498.0	618.0
L1B-S45quater	129.0	Dilatometrica	141.0	422.8
L1B-S45quater	127.0	Dilatometrica	198.0	254.0
L1B-S45quater	117.0	Dilatometrica	361.0	811.0
L1B-S45quater	85.0	Dilatometrica	707.0	878.0
L1B-S45ter	157.0	Dilatometrica	2190.0	14661.0
L1B-S45ter	155.0	Dilatometrica	5723.0	9625.0
L1B-S45ter	152.0	Dilatometrica	5837.0	9912.0
L1B-S45ter	136.0	Dilatometrica	1848.8	5084.0
L1B-S45ter	123.0	Dilatometrica	2009.7	7326.9
L1B-S45ter	108.0	Dilatometrica	8447.8	9833.7

Sono state eseguite 3 prove di permeabilità di tipo Lefranc e 13 prove di permeabilità di tipo Lugeon nei fori di sondaggio, a profondità variabili tra 96,5 e 159,0 m da p.c. Il coefficiente di permeabilità k risulta variabile tra 5×10^{-9} e 6×10^{-6} m/s (Figura 28).



Sondaggio	Prova	Profondità da p.c.	k
(-)	(-)	(m)	(m/s)
L1B-S3	Lugeon	144.5	4.4E-06
L1B-S3	Lugeon	156.5	6.4E-06
L1B-S45	Lefranc	111.5	5.1E-06
L1B-S45	Lefranc	113.5	5.7E-06
L1B-S45	Lefranc	117.5	5.5E-06
L1b-S45quater	Lugeon	96.5	3.5E-07
L1b-S45quater	Lugeon	131.0	4.7E-07
L1b-S45quater	Lugeon	141.5	2.0E-07
L1b-S45quater	Lugeon	157.5	1.1E-06
L1b-S45quater	Lugeon	159.0	6.5E-07
L1b-S45ter	Lugeon	96.5	1.2E-07
L1b-S45ter	Lugeon	131.5	4.7E-09
L1b-S45ter	Lugeon	141.5	5.3E-08
L1b-S45ter	Lugeon	154.5	1.1E-07
L1b-S45ter	Lugeon	157.5	1.3E-07
L1b-S45ter	Lugeon	158.5	1.3E-07

Figura 28 Coefficiente di permeabilità k da prove in sito

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

- Rilievi geomeccanici da cassetta

Sono stati eseguiti i rilievi geomeccanici da cassetta per i sondaggi che intercettano la formazione. I risultati sono stati elaborati valutando l'indice GSI a partire dall'RQD secondo la formulazione di Truzman e al. (2011). La Figura 29 mostra l'andamento con la profondità dell'indice di qualità e dell'RQD ottenuti.

L'indice GSI risulta molto variabile (tra 19 e 78) in funzione del grado di fratturazione dell'ammasso, e risente inoltre della destrutturazione avvenuta in fase in perforazione.

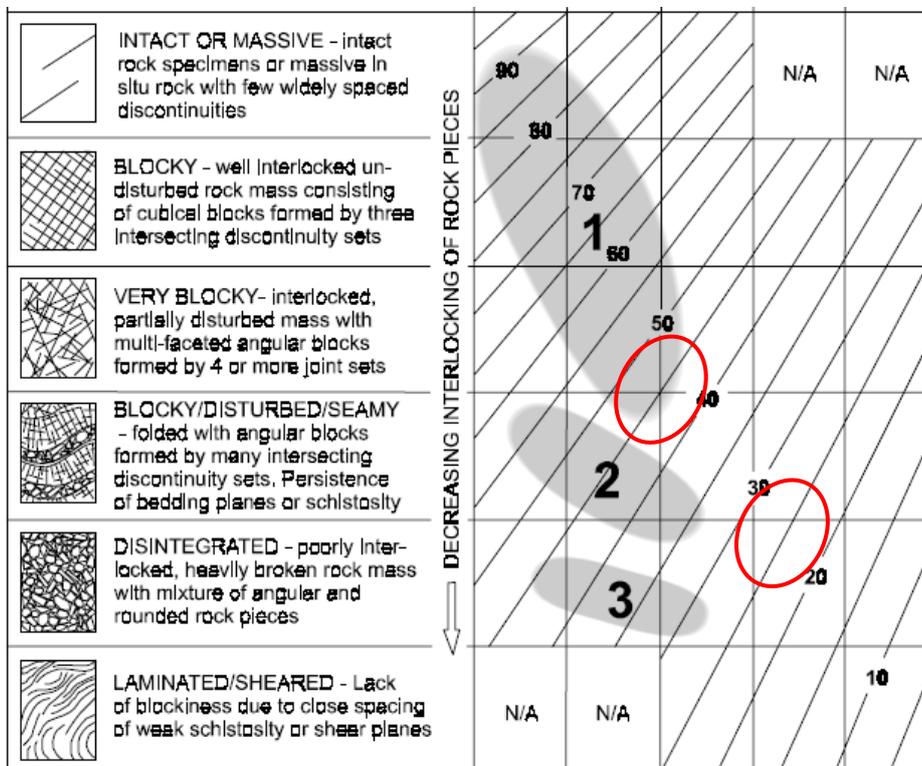
Il range di variazione che si può assumere, facendo riferimento agli abachi di Hoek&Marinos (Rif. [23]) e alle risultanze derivanti della monografia del sondaggio, è compreso tra 40÷50 (alterazione da leggera a moderata, struttura stratificata da parzialmente disturbata a disturbata) (Figura 30).

Per quanto riguarda le zone di faglia, cautelativamente si può assumere un range tra 20÷30 (alterazione da moderata ad elevata, struttura da disturbata a completa disgregazione) (Figura 30).

Figura 29 RQD e GSI per il sondaggio L1B-S03

Table 7: Most common GSI range of typical limestone.*

GEOLOGICAL STRENGTH INDEX FOR JOINTED ROCKS (Hoek and Marinos, 2000) From the lithology, structure and surface conditions of the discontinuities, estimate the average value of GSI. Do not try to be too precise. Quoting a range from 33 to 37 is more realistic than stating that GSI = 35. Note that the table does not apply to structurally controlled failures. Where weak planar structural planes are present in an unfavourable orientation with respect to the excavation face, these will dominate the rock mass behaviour. The shear strength of surfaces in rocks that are prone to deterioration as a result of changes in moisture content will be reduced if water is present. When working with rocks in the fair to very poor categories, a shift to the right may be made for wet conditions. Water pressure is dealt with by effective stress analysis.	SURFACE CONDITIONS	VERY GOOD Very rough, fresh unweathered surfaces	GOOD Rough, slightly weathered, iron stained surfaces	FAIR Smooth, moderately weathered and altered surfaces	POOR Slickensided, highly weathered surfaces with compact coatings or fillings or angular fragments	VERY POOR Slickensided, highly weathered surfaces with soft clay coatings or fillings	
		STRUCTURE	DECREASING SURFACE QUALITY →				
		(Empty row for diagram content)					
		(Empty row for diagram content)					
		(Empty row for diagram content)					



***WARNING:**

The shaded areas are indicative and may not be appropriate for site specific design purposes. Mean values are not suggested for indicative characterisation; the use of ranges is recommended

1. Massive
2. Thin bedded
3. Brecciated

Figura 30 Abaco per la determinazione del GSI per i calcari

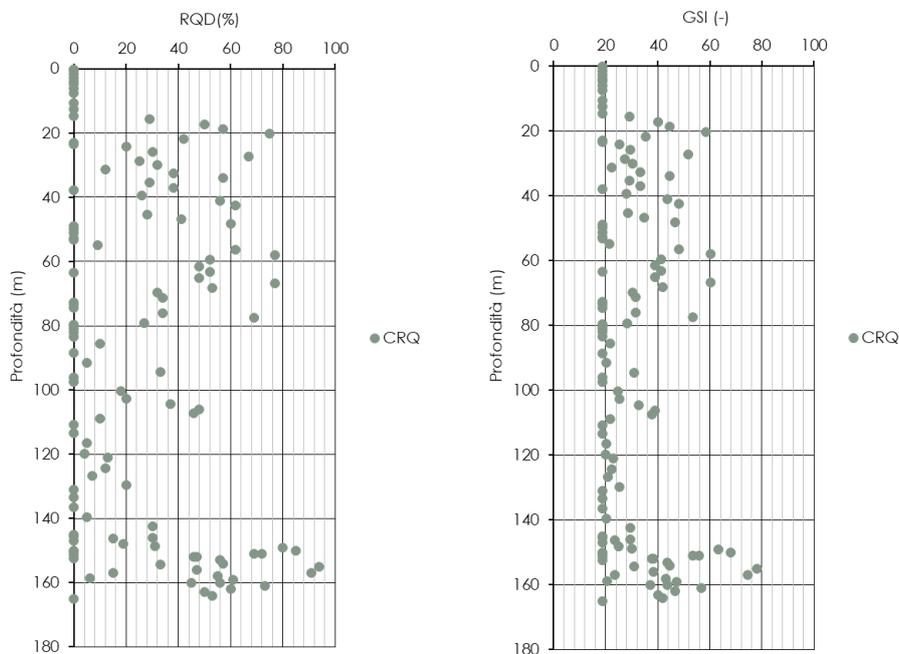


Figura 31 Rilievi geomeccanici da cassetta

Sintesi delle caratteristiche fisiche e meccaniche

La caratterizzazione geotecnica condotta sulla base delle indagini e delle prove descritte ha portato alla definizione dei principali parametri per l'unità geotecnica CRQ. La Tabella 17 riassume gli intervalli di variazione per ciascun parametro: si rimanda ai paragrafi precedenti per i dettagli relativi a ciascuna prova.

Tabella 17 Sintesi parametri geotecnici

	min	max	
γ	20.4	26.7	(kN/m ³)
$\sigma_{ci,CM}$	21.1	160.0	(MPa)
$\sigma_{ci,PLT}$	15.1	93.8	(MPa)
$E_{i,CM}$	10.2	57.3	(GPa)
$E_{i,VU}$	9.0	29.3	(GPa)
E'_{carico}	32.0	8447.8	(MPa)
$E'_{scarico}$	254.0	14661.0	(MPa)
$RQD_{cassetta}$	0	94	(-)
$GSI_{cassetta}$	19	78	(-)
k	4.7E-09	6.4E-06	(m/s)

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Dolomie e calcari dolomitici (DBS, FOP, DPR)

All'interno di questo complesso calcareo-dolomitico sono state raggruppate tre formazioni geologiche: la Dolomia Superiore DBS, le Dolomie e Calcari del Monte Foraporta FOP e la Dolomia Principale DPR. Si è scelto di considerarle come un'unica unità dal punto di vista geotecnico a seguito dell'interpretazione dei risultati delle indagini di sito e laboratorio eseguite su di esse, come illustrato di seguito.



Figura 32 DBS, DPR e FOP nei fori di sondaggio

In generale si possono quindi distinguere 3 condizioni geomeccaniche in cui si possono presentare le tre formazioni in esame:

- Condizione di fratturazione media e bassa tettonizzazione, con caratteri strutturali della formazione riconoscibili;
- Condizione di elevata fratturazione e tettonizzazione, in cui sono presenti livelli di roccia a listoni all'interno di brecce lapidee;
- Condizione di estrema tettonizzazione (cataclasi), in cui il materiale si presenta sotto forma di deposito granulare.

Va sottolineato che la condizione di estrema tettonizzazione riconosciuta nel materiale estratto dai sondaggi è influenzata dalle operazioni di carotaggio e dal disturbo arrecato dalle stesse. Durante la realizzazione delle perforazioni non si sono registrati in questa fase frammenti delle pareti del foro, e gli ammassi osservati in affioramento, sebbene molto alterati, quando non disturbati mostrano una coesione che ne impedisce la completa disgregazione.

Caratterizzazione della roccia intatta

Sono stati prelevati all'interno della unità geotecnica 95 campioni litoidi, tra 4,6 e 275 m di profondità da piano campagna, i quali sono stati sottoposti a prove di laboratorio.

Per quanto riguarda le caratteristiche fisiche, il peso dell'unità di volume dei campioni, il cui andamento con la profondità è mostrato in Figura 33, risulta variabile tra 22,8 e 28,0 kN/m³.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

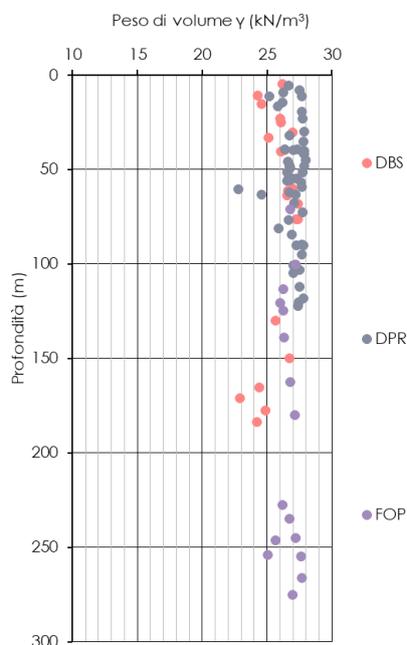


Figura 33 Peso dell'unità di volume

Per determinare le caratteristiche di resistenza e deformabilità della roccia intatta sono state eseguite 28 prove di compressione monoassiale semplice, 3 prove di compressione monoassiale con rilievo delle deformazioni, 13 misure della velocità sonora e 58 point load test. In Figura 34 si riportano l'andamento della resistenza a compressione monoassiale e del modulo elastico della roccia intatta con la profondità. I valori di resistenza a compressione ottenuti risultano compresi tra 3 e 165 MPa. I valori inferiori a 50 MPa si riferiscono a campioni prelevati nelle zone di faglia più alterate (breccia). Per quanto riguarda il modulo elastico, i valori risultano compresi tra 11 e 150 GPa.

Il modulo elastico della matrice rocciosa è stato ricavato dall'interpretazione di 2 prove di velocità sonora su provino e 2 prove di compressione monoassiale (CM) condotte con rilievo delle deformazioni. Da queste ultime sono stati determinati i moduli tangenti iniziali. I valori dei moduli di elasticità ricavati con le diverse prove mostrano un intervallo del modulo variabile tra 11,2 e 150,4 GPa (Figura 34).

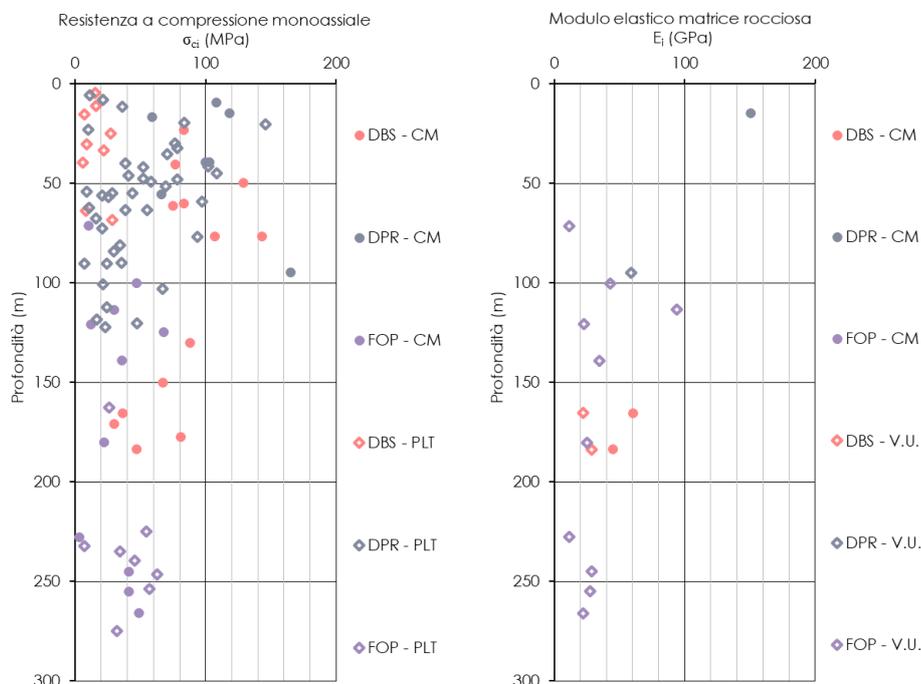


Figura 34 Resistenza a compressione monoassiale e modulo elastico della roccia intatta

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva dei risultati ottenuti (Tabella 18).

Tabella 18 Prove sui campioni litoidi

Sondaggio	Campione	Profondità da p.c.	γ	$\sigma_{ci,CM}$	$\sigma_{ci,PLT}$	$E_{i,CM}$	$E_{i,VU}$
(-)	(-)	(m)	(kN/m ³)	(MPa)	(MPa)	(GPa)	(GPa)
L1B-S5	C1	165.25	24.39	36.6		60.5	22.0
L1B-S5	C2	171	22.92	30.0			
L1B-S5	C3	177.5	24.87	81.0			
L1B-S5	C4	183.6	24.22	46.8		45.2	28.8
L1B-S46	CR1	120					
L1B-S46	CR2	130	25.63	88.0			
L1B-S46	CR4	150	26.71	67.0			
L1B-S46	CR5	160					
L1B-S48	CL1	61.1	26.59	75.0			
L1B-S48	CL2	63.7	26.54		8.4		
L1B-S48	CL3	68.15	27.41		28.6		
L1B-S48	CL4	76.45	27.39	107.0			
L1B-S48	CL5	76.45	27.25	143.0			
L1B-S49	CL1	4.6	26.17		15.4		
L1B-S49	CL2	10.8	24.25		16.1		
L1B-S49	CL3	15.1	24.56		7.0		
L1B-S49	CL4	24.9	26.09		27.1		

E



LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA
 NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
 LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA
 LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA
 PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2A	C1	R07RH	GN0000001	E	62 di 176

Sondaggio	Campione	Profondità da p.c.	γ	$\sigma_{ci,CM}$	$\sigma_{ci,PLT}$	$E_{i,CM}$	$E_{i,VU}$
(-)	(-)	(m)	(kN/m ³)	(MPa)	(MPa)	(GPa)	(GPa)
L1B-S49	CL5	33.1	25.09		22.1		
L1B-S49	CL6	40.45	26.07	77.0			
L1B-S49	CL7	49.6	26.75	129.0			
L1B-S49	CL8	59.85	26.96	83.0			
L1B-S54	CL1	23.1	26.00	83.0			
L1B-S54	CL2	30.4	26.99		8.6		
L1B-S54	CL3	39.6	26.37		6.0		
L1B-S57	CL1	7.9	27.49		21.4		
L1B-S57	CL2	11.25	27.66		36.0		
L1B-S57	CL3	19.35	27.70		83.5		
L1B-S57	CL4	22.9	27.72		9.8		
L1B-S57	CL5	29.8	27.85		76.6		
L1B-S57	CL6	35.4	27.80		70.3		
L1B-S57	CL7	39.9	27.83		38.4		
L1B-S57	CL8	41.6	27.87		51.8		
L1B-S57	CL9	48.1	27.86		78.2		
L1B-S57bis	CR6	72.6	27.71		20.6		
L1B-S57bis	CR7	84.25	26.92		29.5		
L1B-S57bis	CR8	100.6	27.02		21.4		
L1B-S57bis	CR9	104.75	27.00				
L1B-S57bis	CR11	120.2	27.42		47.5		
L1B-S57bis	CR12	122.2	27.36		23.0		
L1B-S58	CL1	54.9	27.23		28.6		
L1B-S58	CL2	63.25	27.20		55.2		
L1B-S58	CL4	76.65	26.66		93.6		
L1B-S58	CL5	81.05	25.92		34.1		
L1B-S58	CL6	47.7	26.72		52.1		
L1B-S59	CL1	90.2	27.28		7.2		
L1B-S59	CL2	94.8	27.70	165.0			59.1
L1B-S59	CL3	103.1	27.51		66.7		
L1B-S59	CL4	112.05	27.49		24.0		
L1B-S59	CL5	118.2	27.77		16.6		
L1B-S60	CR1	75.25					
L1B-S60	CR2	79.25					
L1B-S60	CR3	83.2					
L1B-S60	CR4	89.75	27.66		35.8		
L1B-S60	CR5	90.1	27.77		24.0		
L1B-S61	CL1	39.2	27.31	103.0			
L1B-S63	CL1	41.5	27.77		102.0		
L1B-S63	CL2	44.8	27.99		108.5		
L1B-S63	CL3	51.4	27.74		69.1		
L1B-S63	CL4	56.7	27.62		25.2		
L1B-S63	CL5	59.2	27.69		97.4		
L1B-S64	CL1	5.45	26.65		11.0		
L1B-S64	CL2	54.7	26.68		43.7		
L1B-S64	CL3	55.8	26.53		20.6		
L1B-S64	CL4	63.15	24.54		38.2		
L1B-S64	CL5	67.7	27.08		16.1		
L1B-S65	CL1	45.8	26.59		40.6		
L1B-S65	CL2	48.9	26.77		58.1		
L1B-S65	CL3	54.2	26.77		8.9		
L1B-S65	CL4	55.5	26.77	66.0			
L1B-S65	CL5	62.15	26.71		10.6		
L1B-S66	CL1	32.1	26.70		78.0		
L1B-S66	CL2	39.4	26.34	100.0			

E



LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA
 NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
 LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA
 LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA
 PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2A	C1	R07RH	GN0000001	E	63 di 176

Sondaggio	Campione	Profondità da p.c.	γ	$\sigma_{ci,CM}$	$\sigma_{ci,PLT}$	$E_{i,CM}$	$E_{i,VU}$
(-)	(-)	(m)	(kN/m ³)	(MPa)	(MPa)	(GPa)	(GPa)
L1B-S60bis	CR4	20.15			145.9		
L1B-S63bis	CI2	11.3	25.19				
L1B-S63bis	CI3	60.3	22.77				
L1B-S63bis	CR1	9.4	26.26	108.0			
L1B-S63bis	CR2	14.6	26.19	118.0		150.4	
L1B-S63bis	CR3	16.6	25.81	59.0			
L1B-S63bis	CR7	39.65	27.02				
L1B-S63bis	CR8	51.5	26.52				
L1B-S63bis	CR10	62.75					
L1B-S46ter	CL1	113.4	26.27	30.0			94.1
L1B-S46ter	CL2	124.76	26.25	68.0			
L1B-S46ter	CL4	225			54.5		
L1B-S46ter	CL5	232.2			6.7		
L1B-S46ter	CL6	239.4			45.8		
L1B-S46ter	CL7	246.4	25.62		62.9		
L1B-S46ter	CL8	253.8	25.07		57.1		
L1B-S47	CR1	110.1					
L1B-S47	CR2	117.1					
L1B-S47	CR3	124.1					
L1B-S47	CR4	131.1					
L1B-S47	CR5	138.1					
BH06	C2	71.2	26.78	10.0			11.7
BH06	C3	100.2	27.22	47.0			42.9
BH06	C4	120.7	26.00	12.0			22.7
BH06	C5	139	26.30	36.0			34.8
BH06	C6	162.6	26.78		26.2		
BH06	C7	180.1	27.13	22.0			24.9
BH06	C8	227.6	26.16	3.0			11.2
BH06	C9	235	26.71		34.3		
BH06	C10	245	27.19	41.0			28.4
BH06	C11	255	27.63	41.0			27.6
BH06	C12	266	27.65	49.0			22.1
BH06	C13	275	26.98		32.2		

Caratterizzazione dell'ammasso roccioso

Al fine di valutare le caratteristiche strutturali e di deformabilità dell'ammasso roccioso sono stati considerati i risultati delle prove eseguite in foro ed i risultati ottenuti dai rilievi geomeccanici.

○ Prove in sito

Per determinare le caratteristiche di deformabilità dell'ammasso sono stati elaborati i risultati di 55 prove dilatometriche, 1 prova geofisica di tipo MASW e 2 prove down-hole.

L'interpretazione delle prove dilatometriche è stata condotta determinando due moduli di deformabilità, relativi rispettivamente alla fase di scarico e di carico. In particolare, si è considerato per la fase di scarico il modulo determinato per il terzo ciclo di scarico. Il modulo di scarico risulta compreso nell'intervallo 134 ÷ 13704 MPa mentre quello di carico nell'intervallo 53 ÷ 9708 MPa.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

La Figura 35 riporta l'andamento dei moduli di deformabilità derivati dalle prove dilatometriche con la profondità.

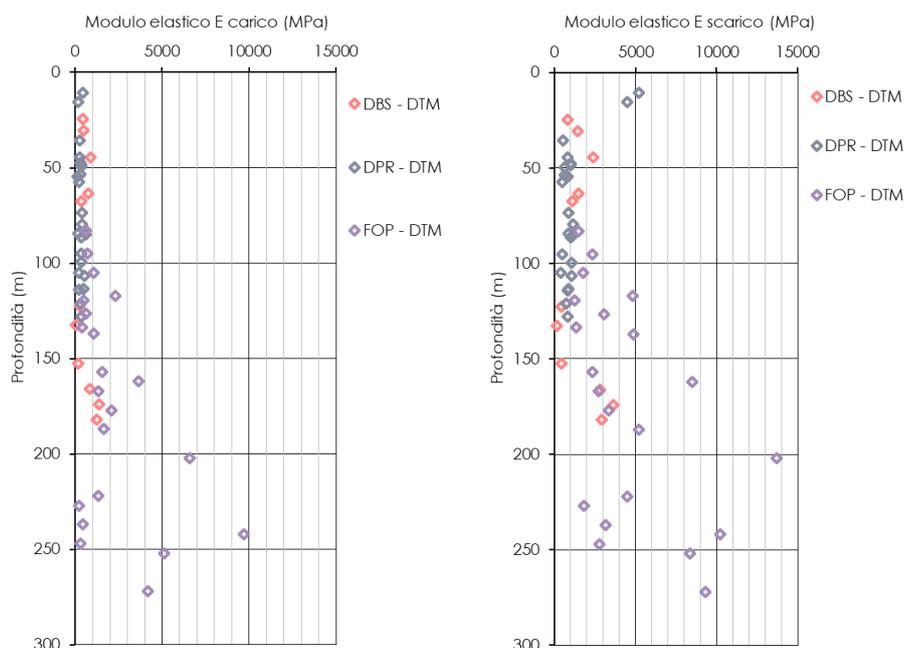


Figura 35 Moduli di deformabilità da prove dilatometriche

Di seguito la tabella riassuntiva delle prove dilatometriche eseguite (Tabella 19).

Tabella 19 Prove dilatometriche

sondaggio	Profondità da p.c. (m)	Prova (-)	E_{carico} (MPa)	E_{scarico} (MPa)
(-)	(-)	(-)	(MPa)	(MPa)
L1B-S48	63.5	Dilatometrica	731.4	1479.9
L1B-S48	67.5	Dilatometrica	351.3	1078.8
L1B-S49	30.5	Dilatometrica	505.8	1418.8
L1B-S49	44.5	Dilatometrica	881.8	2408.7
L1B-S54	24.5	Dilatometrica	431.9	805.3
L1B-S46	132.5	Dilatometrica	53.0	134.0
L1B-S46	122.5	Dilatometrica	263.0	410.0
L1B-S46	152.5	Dilatometrica	154.0	407.0
L1B-S5	166.0	Dilatometrica	858.5	2813.7
L1B-S5	174.0	Dilatometrica	1381.3	3648.0
L1B-S5	182.0	Dilatometrica	1231.5	2918.8

E



LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA
NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA
LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2A	C1	R07RH	GN0000001	E	65 di 176

sondaggio	Profondità da p.c.	Prova	E _{carico}	E _{scarico}
(-)	(m)	(-)	(MPa)	(MPa)
L1B-S57	35.5	Dilatometrica	262.5	530.0
L1B-S57	48.5	Dilatometrica	356.5	1020.6
L1B-S59	99.5	Dilatometrica	358.6	1040.5
L1B-S59	106.5	Dilatometrica	510.6	1038.8
L1B-S59	113.5	Dilatometrica	489.9	876.9
L1B-S60	79.5	Dilatometrica	403.5	1144.0
L1B-S60	84.5	Dilatometrica	154.9	841.3
L1B-S63	44.5	Dilatometrica	277.0	809.7
L1B-S63	47.5	Dilatometrica	288.0	1010.8
L1B-S63bis	10.5	Dilatometrica	456.0	5191.0
L1B-S63bis	15.5	Dilatometrica	178.0	4465.0
L1B-S63bis	73.5	Dilatometrica	396.0	881.0
L1B-S63bis	86.5	Dilatometrica	329.0	1003.0
L1B-S64	54.5	Dilatometrica	136.9	791.0
L1B-S64	57.5	Dilatometrica	212.1	489.3
L1B-S65	49.5	Dilatometrica	333.3	643.4
L1B-S65	53.5	Dilatometrica	305.1	606.4
L1B-S57bis	85.0	Dilatometrica	608.7	1160.6
L1B-S57bis	95.0	Dilatometrica	353.0	497.2
L1B-S57bis	105.0	Dilatometrica	224.1	373.7
L1B-S57bis	114.0	Dilatometrica	213.0	791.0
L1B-S57bis	121.0	Dilatometrica	323.0	709.0
L1B-S57bis	128.0	Dilatometrica	336.0	828.0
L1B-S47	119.5	Dilatometrica	504.9	1255.9
L1B-S47	126.5	Dilatometrica	618.8	3052.5
L1B-S47	133.5	Dilatometrica	413.8	1340.9
L1B-S46ter	83.0	Dilatometrica	637.5	1487.1
L1B-S46ter	95.0	Dilatometrica	698.7	2340.1
L1B-S46ter	105.0	Dilatometrica	1070.2	1750.1
L1B-S46ter	227.0	Dilatometrica	229.6	1827.6
L1B-S46ter	237.0	Dilatometrica	418.3	3153.8
L1B-S46ter	247.0	Dilatometrica	320.0	2765.8
BH06	187.0	Dilatometrica	1650.0	5207.0
BH06	177.0	Dilatometrica	2091.5	3324.6
BH06	167.0	Dilatometrica	1312.1	2738.3
BH06	157.0	Dilatometrica	1541.6	2327.8
BH06	137.0	Dilatometrica	1061.8	4864.4
BH06	117.0	Dilatometrica	2287.0	4823.1
BH06	272.0	Dilatometrica	4172.6	9304.6
BH06	162.0	Dilatometrica	3641.9	8475.3
BH06	252.0	Dilatometrica	5109.1	8344.6
BH06	242.0	Dilatometrica	9708.3	10212.9
BH06	222.0	Dilatometrica	1344.0	4507.8
BH06	202.0	Dilatometrica	6601.2	13704.0

La Figura 36 mostra gli andamenti con la profondità del modulo di taglio iniziale G_0 e del modulo elastico E_{op} (assunto pari al 20% del modulo elastico iniziale) ottenuti alle prove geofisiche MASW e down-Hole.

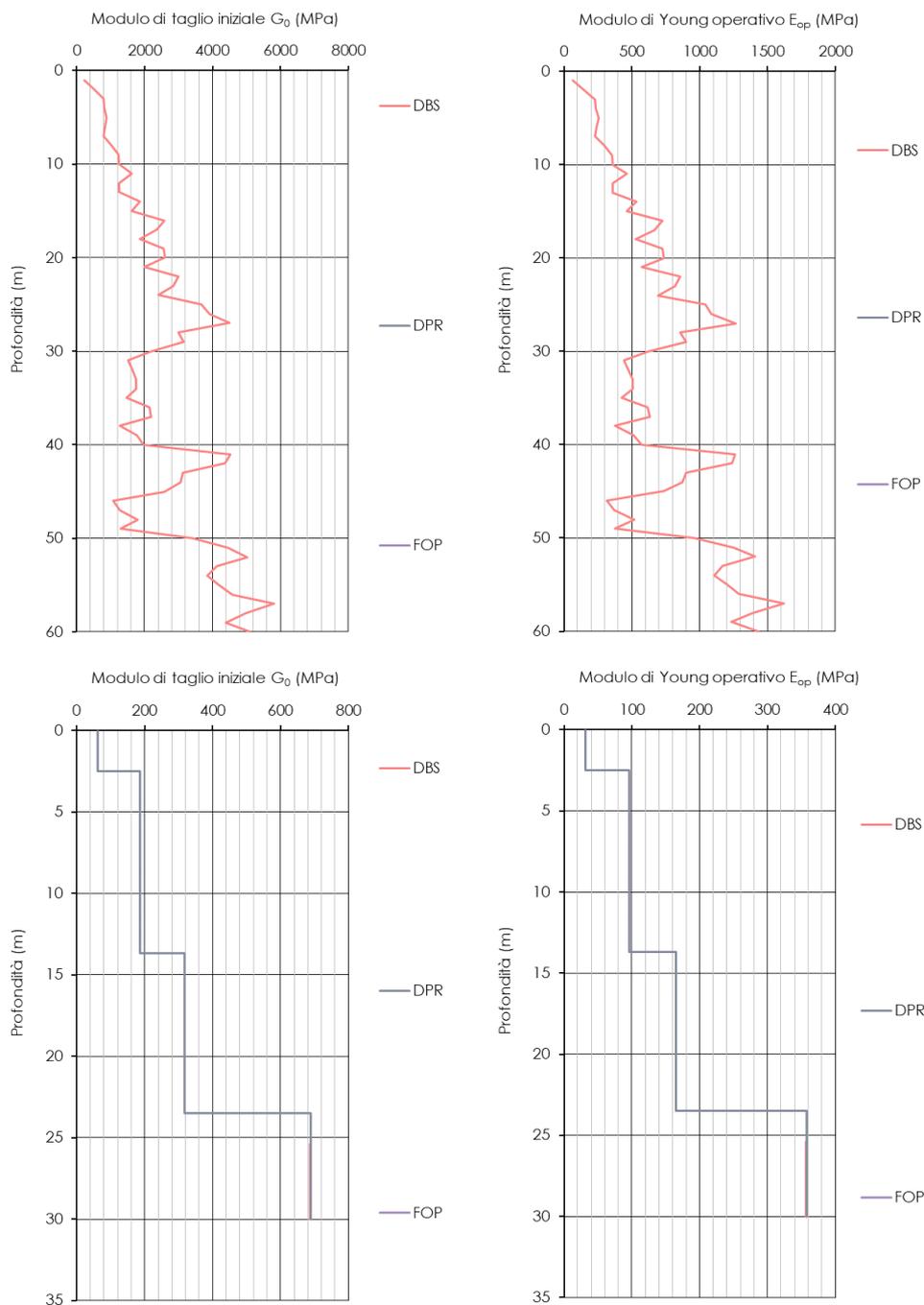


Figura 36 Modulo di taglio G_0 e modulo elastico E_{op} da prove geofisiche

Sono state eseguite 38 prove di permeabilità di tipo Lugeon e 28 prove di tipo Lefranc nei fori di sondaggio, a profondità variabili tra 2,5 e 271,5 m da p.c. Il coefficiente di permeabilità k risulta variabile tra 1×10^{-10} e 6×10^{-5} m/s (Figura 37).

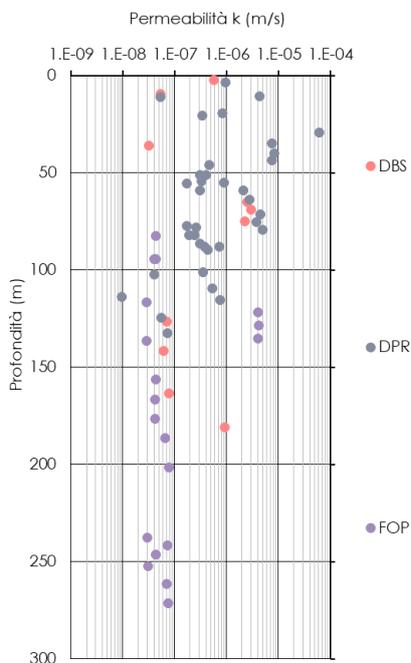


Figura 37 Coefficiente di permeabilità k

Sondaggio	Prova	Profondità da p.c.	k
(-)	(-)	(m)	(m/s)
L1B-S5	Lugeon	169.0	1.0E-10
L1B-S5	Lugeon	181.0	9.2E-07
L1B-S48	Lugeon	65.0	2.5E-06
L1B-S48	Lugeon	69.0	2.9E-06
L1B-S48	Lugeon	75.0	2.3E-06
L1B-S49	Lefranc	2.3	5.8E-07
L1B-S49	Lefranc	9.5	5.3E-08
L1B-S49	Lugeon	36.0	3.2E-08
L1B-S46	Lugeon	126.5	7.0E-08
L1B-S46	Lugeon	141.5	6.0E-08
L1B-S46	Lugeon	163.5	7.8E-08
L1B-S58	Lefranc	71.5	4.5E-06
L1B-S58	Lefranc	75.5	3.8E-06
L1B-S58	Lefranc	79.5	4.9E-06
L1B-S60	Lefranc	82.0	1.9E-07
L1B-S60	Lefranc	86.5	3.1E-07
L1B-S60	Lefranc	89.5	4.4E-07
L1B-S64	Lefranc	55.3	8.9E-07
L1B-S64	Lefranc	59.0	2.1E-06
L1B-S64	Lefranc	64.0	2.8E-06
L1B-S57	Lefranc	10.8	4.4E-06
L1B-S57	Lefranc	35.0	7.5E-06
L1B-S57	Lefranc	40.0	8.4E-06
L1B-S57	Lefranc	43.5	7.5E-06
L1B-S59	Lefranc	101.0	3.5E-07
L1B-S59	Lefranc	109.5	5.3E-07

E



LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA
 NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
 LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA
 LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA
 PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2A	C1	R07RH	GN0000001	E	68 di 176

Sondaggio	Prova	Profondità da p.c.	k
(-)	(-)	(m)	(m/s)
L1B-S59	Lefranc	115.5	7.5E-07
L1B-S63	Lefranc	46.0	4.6E-07
L1B-S63	Lefranc	51.0	3.1E-07
L1B-S63	Lefranc	54.5	3.4E-07
L1B-S65	Lefranc	51.0	4.0E-07
L1B-S65	Lefranc	55.5	1.7E-07
L1B-S65	Lefranc	59.0	3.1E-07
L1B-S57bis	Lugeon	78.0	2.6E-07
L1B-S57bis	Lugeon	88.0	3.8E-07
L1B-S57bis	Lugeon	102.5	4.0E-08
L1B-S57bis	Lugeon	113.8	9.5E-09
L1B-S57bis	Lugeon	124.5	5.6E-08
L1B-S57bis	Lugeon	132.5	7.3E-08
L1B-S63bis	Lefranc	29.5	6.2E-05
L1B-S63bis	Lugeon	11.0	5.4E-08
L1B-S63bis	Lugeon	77.3	1.7E-07
L1B-S63bis	Lugeon	82.0	2.4E-07
L1B-S63bis	Lugeon	88.0	7.3E-07
L1B-S65bis	Lefranc	3.4	9.4E-07
L1B-S65bis	Lefranc	20.8	3.4E-07
L1B-S60bis	Lefranc	19.5	8.4E-07
L1B-S47	Lugeon	122.0	4.0E-06
L1B-S47	Lugeon	128.5	4.2E-06
L1B-S47	Lugeon	135.5	4.0E-06
L1B-S46ter	Lugeon	82.5	4.4E-08
L1B-S46ter	Lugeon	94.5	4.3E-08
L1B-S46ter	Lugeon	94.5	4.0E-08
L1B-S46ter	Lugeon	237.5	3.0E-08
L1B-S46ter	Lugeon	246.5	4.4E-08
L1B-S46ter	Lugeon	252.5	3.1E-08
BH06	Lugeon	116.5	2.9E-08
BH06	Lugeon	136.5	2.9E-08
BH06	Lugeon	156.5	4.4E-08
BH06	Lugeon	166.5	4.2E-08
BH06	Lugeon	176.5	4.3E-08
BH06	Lugeon	186.5	6.6E-08
BH06	Lugeon	201.5	7.7E-08
BH06	Lugeon	241.5	7.3E-08
BH06	Lugeon	261.5	7.1E-08
BH06	Lugeon	271.5	7.4E-08

○ Rilievi geomeccanici

Per l'unità geotecnica in esame sono state eseguite 2 stazioni geomeccaniche che hanno consentito di definire una variabilità dell'indice di qualità per la condizione geomeccanica 1 pari a 54÷64 e per la condizione geomeccanica 2 pari a 20÷30.

Per i sondaggi realizzati sono stati eseguiti i rilievi geomeccanici da cassetta. I risultati sono stati elaborati valutando l'indice GSI a partire dall'RQD secondo la formulazione di Truzman e al. (2011). La Figura 38 mostra l'andamento con la profondità dell'indice di qualità e dell'RQD ottenuti.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

L'indice GSI risulta molto variabile (tra 19 e 86) in funzione del grado di fratturazione dell'ammasso, e risente inoltre della destrutturazione avvenuta in fase in perforazione.

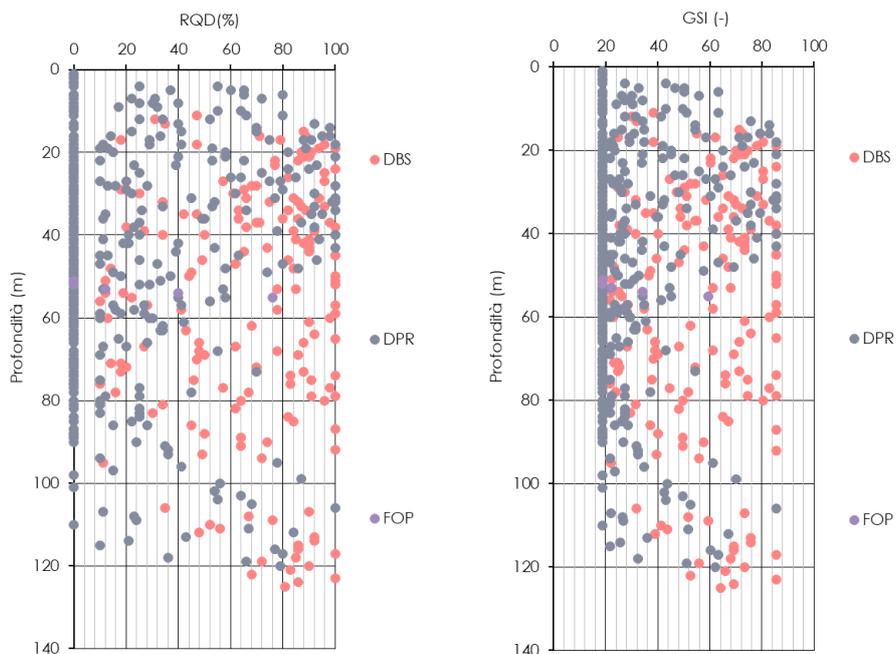


Figura 38 RQD e GSI

Facendo riferimento agli abachi di Hoek&Marinos (Rif. [23]) e alle risultanze derivanti dalle monografie dei sondaggi e dagli stop geologici, si possono definire per le condizioni geomeccaniche 1 e 2 i range di variazione del GSI. Per la condizione 1 risulta compreso tra 45÷55 (alterazione da leggera a moderata, struttura non stratificata da parzialmente disturbata) e per la condizione 2 tra 20÷30 (alterazione da moderata ad elevata, ammasso ridotto in breccia e ciottoli) (Figura 39).

Table 7: Most common GSI range of typical limestone.*

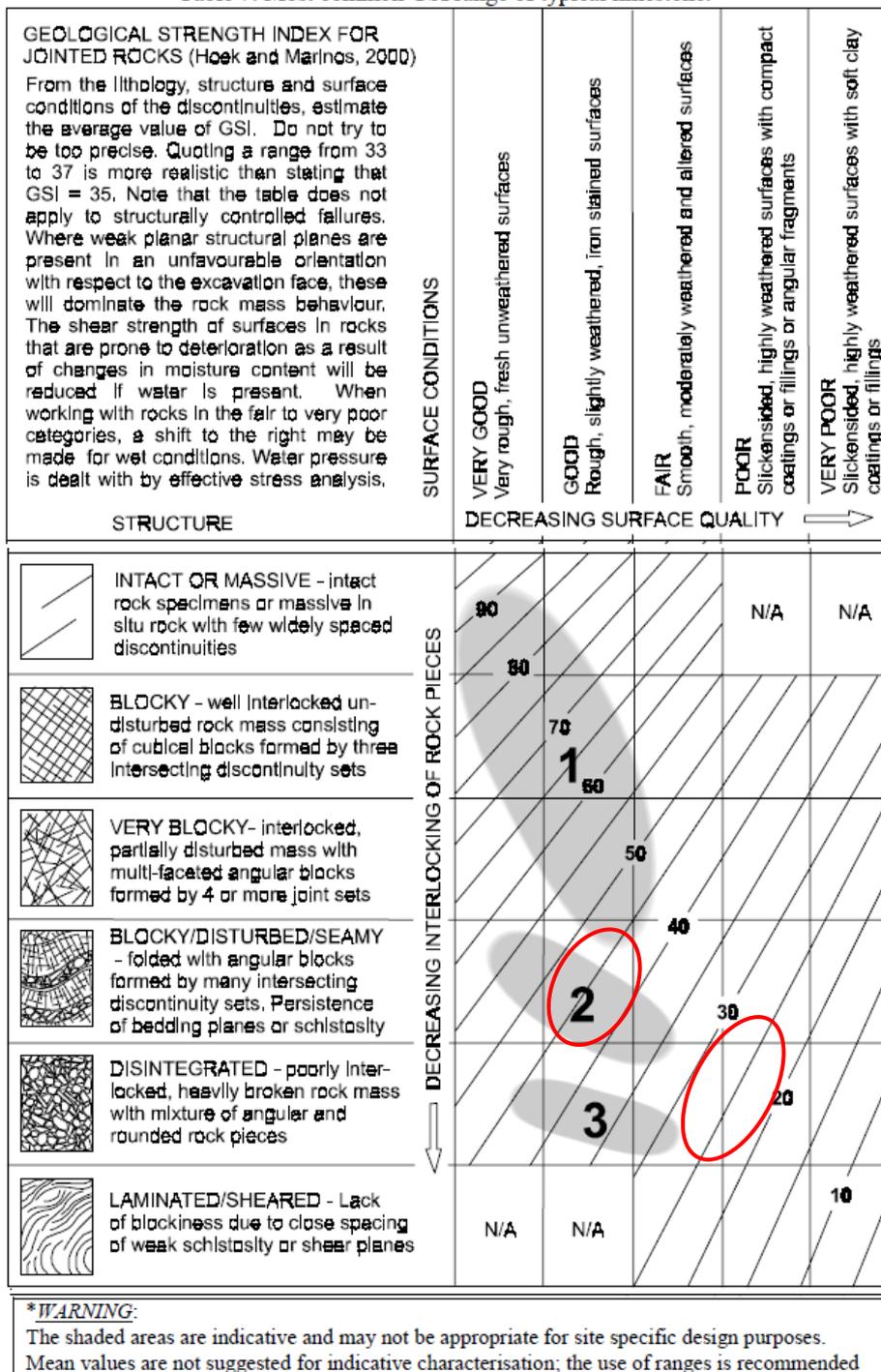


Figura 39 Abaco per la determinazione del GSI per i calcari

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Condizione geomeccanica 3

Questa condizione rappresenta la condizione di estrema tettonizzazione, in cui si può presentare l'ammasso. Come già anticipato, essa è stata riconosciuta nel materiale estratto dai sondaggi e risulta influenzata dalle operazioni di carotaggio e dal disturbo arrecato dalle stesse. Durante la realizzazione delle perforazioni, infatti, non si sono registrati in questa fase franamenti delle pareti del foro e gli ammassi osservati in affioramento, sebbene molto alterati, quando non disturbati mostrano una coesione che ne impedisce la completa disgregazione.

Dall'analisi delle curve granulometriche del materiale estratto in sondaggio, i campioni rimaneggiati sono classificabili come sabbia limosa, sabbia ghiaiosa e ghiaia sabbiosa (Figura 40).

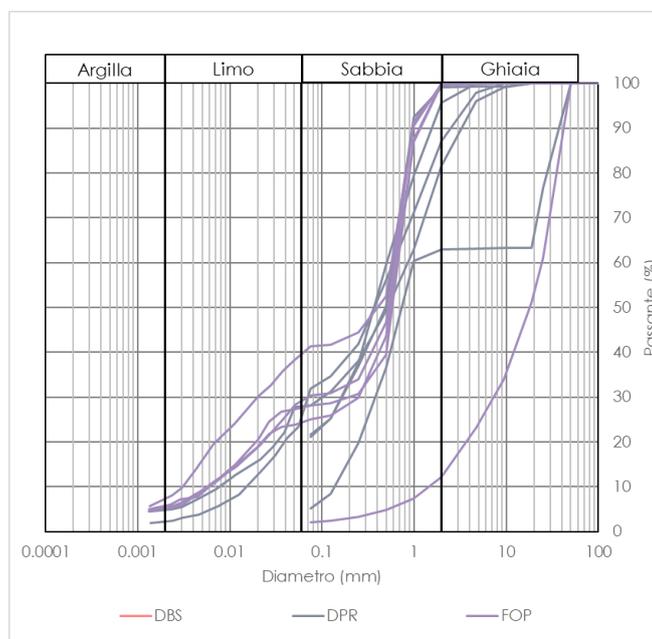


Figura 40 Analisi granulometrica

Per quanto riguarda i parametri fisici e meccanici, si assume in questa fase un intervallo di variazione per il peso di unità di volume compreso tra 20 e 22 kN/m³. Per questa condizione geomeccanica il valore dell'indice di qualità tra 10÷20 rappresentativo di una condizione di ammasso disintegrato.

Sintesi delle caratteristiche fisiche e meccaniche

La caratterizzazione geotecnica condotta sulla base delle indagini e delle prove descritte ha portato alla definizione dei principali parametri per l'unità geotecnica *DBS/DPR/FOP*. La Tabella 20 riassume gli intervalli di variazione per ciascun parametro: si rimanda ai paragrafi precedenti per i dettagli relativi a ciascuna prova.

E



LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA
 NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
 LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA
 LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA
 PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2A	C1	R07RH	GN0000001	E	72 di 176

Tabella 20 Sintesi parametri geotecnici

	min	max	
γ	22.8	28.0	(kN/m ³)
$\sigma_{ci,CM}$	3.0	165.0	(MPa)
$\sigma_{ci,PLT}$	6.0	145.9	(MPa)
$E_{i,CM}$	45.2	150.4	(GPa)
$E_{i,VU}$	11.2	94.1	(GPa)
E'_{carico}	53.0	9708.3	(MPa)
$E'_{scarico}$	134.0	13704.0	(MPa)
$RQD_{cassetta}$	0	100	(-)
$GSI_{cassetta}$	19	86	(-)
k	1.0E-10	6.2E-05	(m/s)

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Scisti silicei (STSb)

Gli Scisti silicei STSb sono definiti come composti da marne e argilliti silicifere rosse e verdi con intercalazioni di diaspri, aventi struttura scagliettata (Figura 41). In affioramento è riconoscibile la struttura fogliettata delle argilliti.



Figura 41 STSb nel foro di sondaggio L1B-S46 tra 185 e 195m da p.c

Caratterizzazione della roccia intatta

Sono stati prelevati all'interno della formazione 8 campioni, tra 4,3 e 193,4 m di profondità da piano campagna. Solo 3 campioni sono prelevati a quota cavo, i restanti 5 sono stati prelevati a profondità modeste e risultano completamente disgregati.

Per quanto riguarda le caratteristiche fisiche, il peso dell'unità di volume dei campioni, il cui andamento con la profondità è mostrato in Figura 42, risulta variabile tra 19,5 e 26,2 kN/m³.

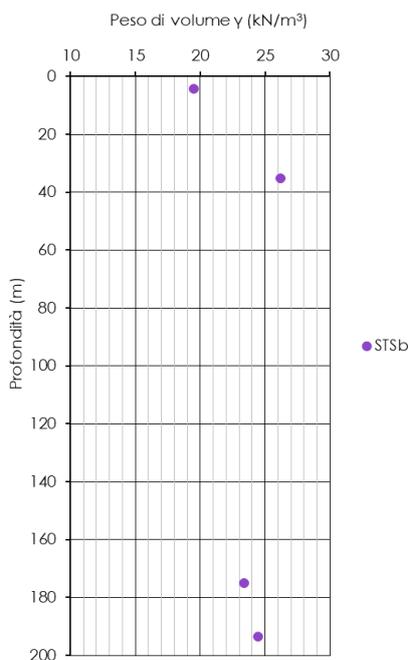


Figura 42 Peso dell'unità di volume

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RC2A	C1	R07RH	GN0000001	E	74 di 176

Per determinare le caratteristiche di resistenza e deformabilità della roccia intatta sono state eseguite 9 point load test. In Figura 43 si riporta l'andamento della resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta con la profondità. I valori ottenuti risultano compresi tra 2,2 e 36,7 MPa.

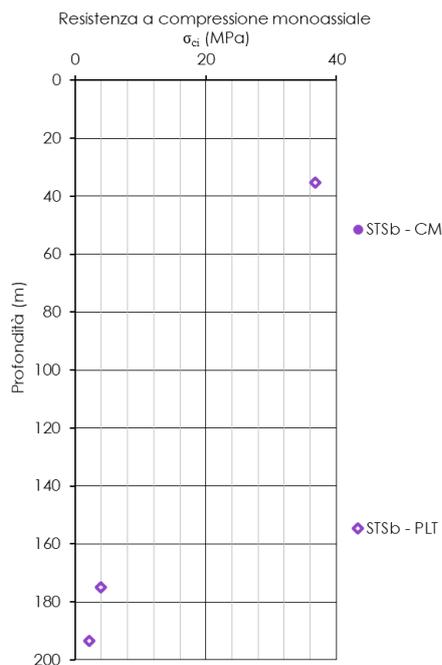


Figura 43 Resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva dei risultati ottenuti (Tabella 21).

Tabella 21 Prove sui campioni litoidi

Sondaggio	Campione	Profondità da p.c.	γ	$\sigma_{ci,PLT}$
(-)	(-)	(m)	(kN/m ³)	(MPa)
L1B-S46	CR6	175	23.38	3.8
L1B-S46	CR7	187		
L1B-S46	CR8	193.4	24.48	2.2
L1B-S46quater	CII	4.25	19.48	
L1B-S46quater	CR1	7.15		
L1B-S46quater	CR2	14.85		
L1B-S46quater	CR3	26.15		
L1B-S46quater	CR4	35.15	26.20	36.7

Caratterizzazione dell'ammasso roccioso

Al fine di valutare le caratteristiche strutturali e di deformabilità dell'ammasso roccioso sono stati considerati i risultati delle prove eseguite in foro ed i risultati ottenuti dal rilievo geomeccanico da cassetta.

- Prove in sito

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RC2A	C1	R07RH	GN0000001	E	75 di 176

Per determinare le caratteristiche di deformabilità dell'ammasso sono stati elaborati i risultati di 6 prove dilatometriche eseguite tra 10,0 e 199,5 m di profondità.

L'interpretazione delle prove dilatometriche è stata condotta determinando due moduli di deformabilità, relativi rispettivamente alla fase di scarico e di carico. In particolare, si è considerato per la fase di scarico il modulo determinato per il terzo ciclo di scarico. Il modulo di scarico risulta compreso nell'intervallo 250 ÷ 2782 MPa mentre quello di carico nell'intervallo 14÷ 1060 MPa.

La Figura 44 riporta l'andamento dei moduli di deformabilità derivati dalle prove dilatometriche con la profondità.

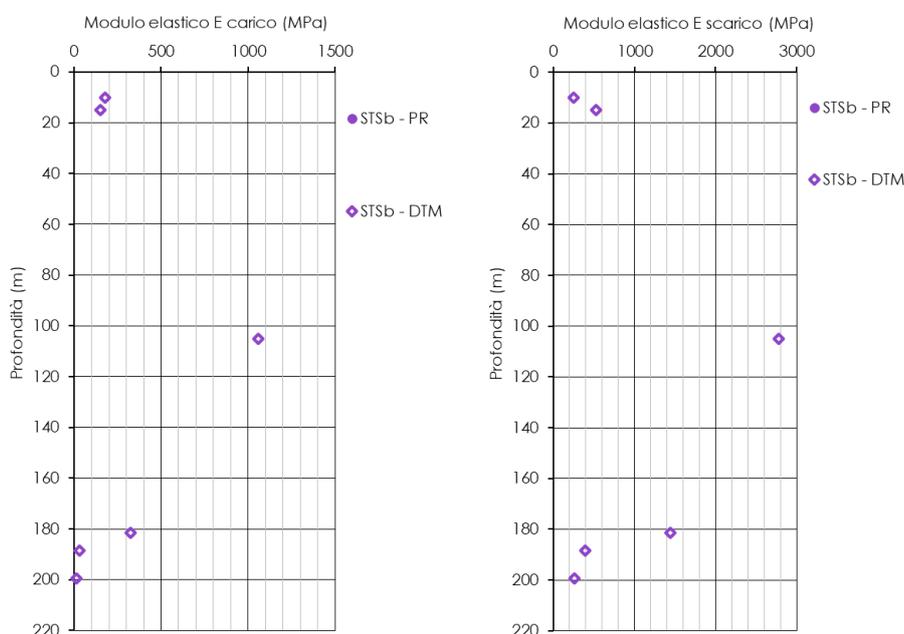


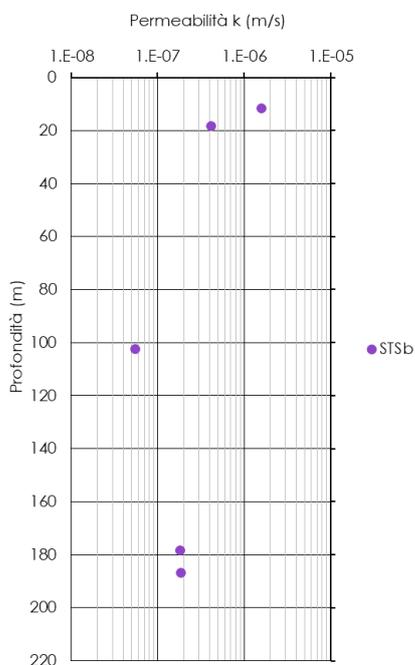
Figura 44 Moduli di deformabilità da prove dilatometriche

Di seguito la tabella riassuntiva delle prove dilatometriche eseguite (Tabella 22).

Tabella 22 Prove dilatometriche

sondaggio	Profondità da p.c.	Prova	E _{carico}	E _{scarico}
(-)	(m)	(-)	(MPa)	(MPa)
LIB-S46	188.5	Dilatometrica	31.0	390.0
LIB-S46	181.5	Dilatometrica	323.0	1445.0
LIB-S46	199.5	Dilatometrica	14.0	259.0
LIB-S46bis	105.0	Dilatometrica	1060.0	2782.1
LIB-S46quater	10.0	Dilatometrica	176.9	250.5
LIB-S46quater	15.0	Dilatometrica	151.9	524.9

Sono state eseguite 2 prove di permeabilità di tipo Lefranc e 3 prove di permeabilità di tipo Lugeon nei fori di sondaggio, a profondità variabili tra 11,8 e 186,8 m da p.c. Il coefficiente di permeabilità k risulta variabile tra 6×10^{-8} e 2×10^{-6} m/s (Figura 45).



Sondaggio	Prova	Profondità da p.c.	k
(-)	(-)	(m)	(m/s)
L1B-S46	Lugeon	178.5	1.8E-07
L1B-S46	Lugeon	186.8	1.8E-07
L1B-S46bis	Lugeon	102.5	5.5E-08
L1B-S46quater	Lefranc	11.8	1.6E-06
L1B-S46quater	Lefranc	18.3	4.2E-07

Figura 45 Coefficiente di permeabilità k da prove in sito

o Rilievi geomeccanici

Per l'unità geotecnica in esame è stata eseguita 1 stazione geomeccaniche che ha consentito di definire una variabilità dell'indice di qualità pari a 45÷55 con una resistenza a compressione della roccia intatta da martello di Smith pari a 57,2 MPa.

Per quanto riguarda le zone di faglia, cautelativamente si può assumere un range tra 20÷30 (alterazione da moderata ad elevata, struttura da disturbata a completa disgregazione).

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Sintesi delle caratteristiche fisiche e meccaniche

La caratterizzazione geotecnica condotta sulla base delle indagini e delle prove descritte ha portato alla definizione dei principali parametri per l'unità geotecnica STSb. Tabella 23 riassume gli intervalli di variazione per ciascun parametro: si rimanda ai paragrafi precedenti per i dettagli relativi a ciascuna prova.

Tabella 23 Sintesi parametri geotecnici

	min	max	
γ	19.5	26.2	(kN/m ³)
$\sigma_{ci,PLT}$	2.2	36.7	(MPa)
E'_{carico}	14.0	1060.0	(MPa)
$E'_{scarico}$	250.5	2782.1	(MPa)
k	5.5E-08	1.6E-06	(m/s)

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Calcari con selce (SLCb)

I Calcari con selce SLCb sono definiti come composti da marne, argilliti e calcareniti di colore grigio, in cui possono essere presenti intercalazioni di conglomerati e noduli di selce. In affioramento si presentano come alternanze di rocce calcaree di colore grigio medio, con stratificazione netta e inclinazione medio-alta, in cui sono riconoscibili noduli e liste di selce di colore bruno.



Figura 46 SLCb nel foro di sondaggio L1B-S46bis tra 300 e 315 m da p.c

Caratterizzazione della roccia intatta

Sono stati prelevati all'interno della formazione 15 campioni lapidei, tra 162,5 e 325,0 m di profondità da piano campagna.

Per quanto riguarda le caratteristiche fisiche, il peso dell'unità di volume dei campioni, il cui andamento con la profondità è mostrato in Figura 47, risulta variabile tra 25,4 e 27,1 kN/m³.

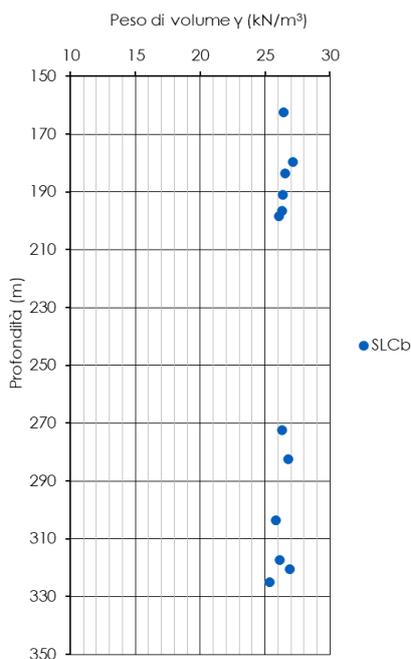


Figura 47 Peso dell'unità di volume

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Per determinare le caratteristiche di resistenza e deformabilità della roccia intatta sono state eseguite 6 prove di compressione monoassiale semplice e 9 point load test. In Figura 48 si riporta l'andamento della resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta con la profondità. I valori ottenuti risultano compresi tra 7 e 117 MPa.

Il modulo elastico della matrice rocciosa è stato ricavato dall'interpretazione di 6 prove di velocità sonica su provino. I valori dei moduli di elasticità ricavati con le diverse prove mostrano un intervallo del modulo variabile tra 25,1 e 70,8 GPa (Figura 48).

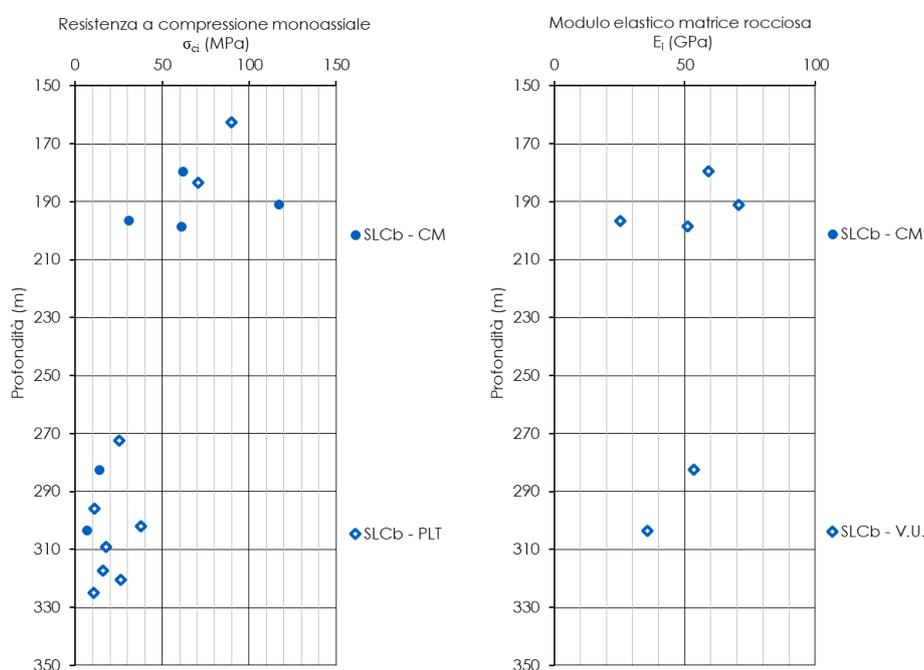


Figura 48 Resistenza a compressione monoassiale e modulo elastico della roccia intatta

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva dei risultati ottenuti (Tabella 24).

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Tabella 24 Prove sui campioni litoidi

Sondaggio	Campione	Profondità da p.c.	γ	$\sigma_{ci,CM}$	$\sigma_{ci,PLT}$	$E_{t,VU}$
(-)	(-)	(m)	(kN/m ³)	(MPa)	(MPa)	(GPa)
L1B-S46bis	C4	296			11.0	
L1B-S46bis	C5	302			37.9	
L1B-S46bis	C6	309			17.5	
L1B-S46bis	C7	317.3	26.13		16.1	
L1B-S46bis	C8	325	25.37		10.6	
L1B-S46bis	CL1	162.5	26.44		89.8	
L1B-S46bis	CL2	179.5	27.14	62.0		59.2
L1B-S46bis	CL3	183.5	26.57		70.8	
L1B-S46bis	CL4	191	26.37	117.0		70.8
L1B-S46bis	CL5	196.5	26.29	31.0		25.2
L1B-S46bis	CL6	198.5	26.06	61.0		51.2
L1B-S46bis	CL7	272.5	26.32		25.2	
L1B-S46bis	CL8	282.5	26.79	14.0		53.3
L1B-S46bis	CL9	303.5	25.85	7.0		35.6
L1B-S46bis	CL10	320.5	26.90		26.2	

Caratterizzazione dell'ammasso roccioso

Al fine di valutare le caratteristiche strutturali e di deformabilità dell'ammasso roccioso sono stati considerati i risultati delle prove eseguite in foro ed i risultati ottenuti dai rilievi geomeccanici.

○ Prove in sito

Per determinare le caratteristiche di deformabilità dell'ammasso sono stati elaborati i risultati di 4 prove dilatometriche eseguite tra 153,0 e 311,0 m di profondità.

L'interpretazione delle prove dilatometriche è stata condotta determinando due moduli di deformabilità, relativi rispettivamente alla fase di scarico e di carico. In particolare, si è considerato per la fase di scarico il modulo determinato per il terzo ciclo di scarico. Il modulo di scarico risulta compreso nell'intervallo 1412 ÷ 2417 MPa mentre quello di carico nell'intervallo 602 ÷ 1131 MPa.

La Figura 49 riporta l'andamento dei moduli di deformabilità derivati dalle prove dilatometriche con la profondità.

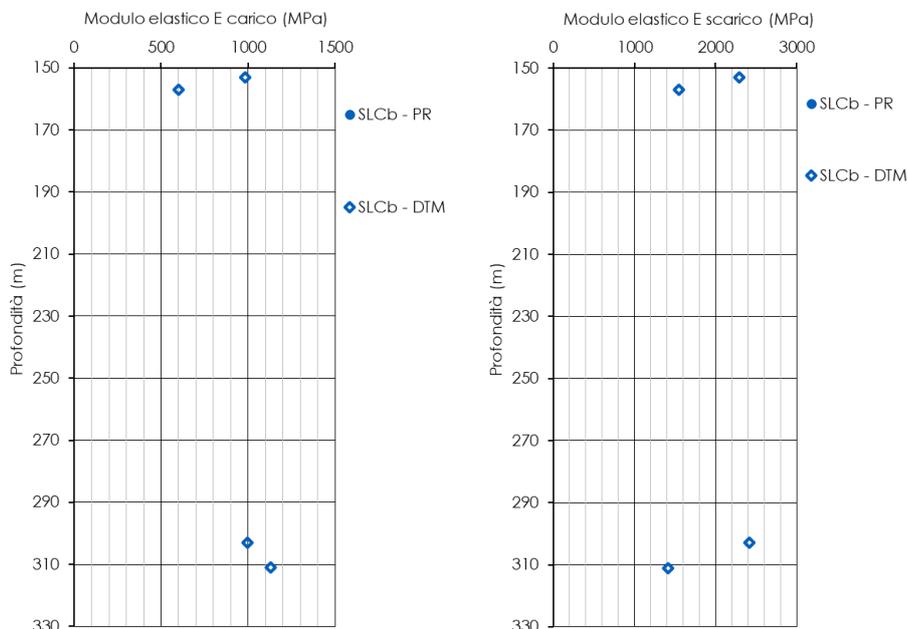


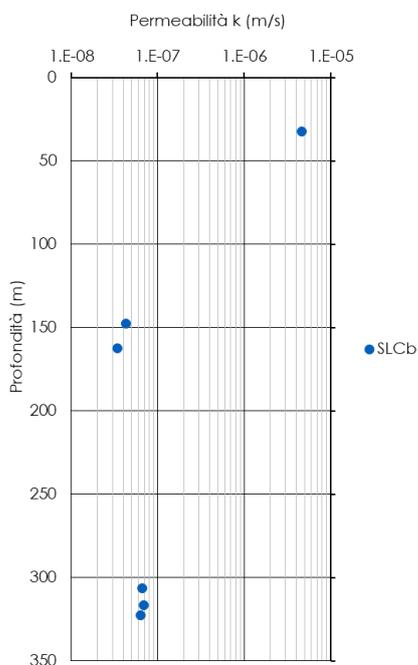
Figura 49 Moduli di deformabilità da prove dilatometriche

Di seguito la tabella riassuntiva delle prove dilatometriche eseguite (Tabella 25).

Tabella 25 Prove dilatometriche

sondaggio	Profondità da p.c.	Prova	E _{carico}	E _{scarico}
(-)	(m)	(-)	(MPa)	(MPa)
L1B-S46bis	153.0	Dilatometrica	984.8	2294.0
L1B-S46bis	157.0	Dilatometrica	601.9	1543.3
L1B-S46bis	303.0	Dilatometrica	997.8	2416.7
L1B-S46bis	311.0	Dilatometrica	1131.7	1412.4

Sono state eseguite 6 prove di permeabilità di tipo Lugeon nei fori di sondaggio, a profondità variabili tra 32,5 e 322,5 m da p.c. Il coefficiente di permeabilità k risulta variabile tra 3×10^{-8} e 5×10^{-6} m/s (Figura 50).



Sondaggio	Prova	Profondità da p.c.	k
(-)	(-)	(m)	(m/s)
L1B-S46bis	Lugeon	147.5	4.3E-08
L1B-S46bis	Lugeon	162.5	3.4E-08
L1B-S46bis	Lugeon	306.5	6.6E-08
L1B-S46bis	Lugeon	316.5	6.9E-08
L1B-S46bis	Lugeon	322.5	6.3E-08
L1B-S46quater	Lugeon	32.5	4.7E-06

Figura 50 Coefficiente di permeabilità k da prove in sito

o Rilievi geomeccanici

Per l'unità geotecnica in esame è stata eseguita 1 stazione geomeccaniche che ha consentito di definire una variabilità dell'indice di qualità pari a 50÷60 con una resistenza a compressione della roccia intatta da martello di Smith pari a 47,2 MPa.

Per quanto riguarda le zone di faglia, cautelativamente si può assumere un range tra 20÷30 (alterazione da moderata ad elevata, struttura da disturbata a completa disgregazione).

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Sintesi delle caratteristiche fisiche e meccaniche

La caratterizzazione geotecnica condotta sulla base delle indagini e delle prove descritte ha portato alla definizione dei principali parametri per l'unità geotecnica SLCb. La Tabella 26 riassume gli intervalli di variazione per ciascun parametro: si rimanda ai paragrafi precedenti per i dettagli relativi a ciascuna prova.

Tabella 26 Sintesi parametri geotecnici

	min	max	
γ	25.4	27.1	(kN/m ³)
$\sigma_{ci,CM}$	7.0	117.0	(MPa)
$\sigma_{ci,PLT}$	10.6	89.8	(MPa)
$E_{i,VU}$	25.2	70.8	(GPa)
E'_{carico}	601.9	1131.7	(MPa)
$E'_{scarico}$	1412.4	2416.7	(MPa)
k	3.4E-08	4.7E-06	(m/s)

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Complesso indifferenziato di Nemoli (UAS)

Il complesso indifferenziato di Nemoli è composto da marne, arenarie e calcari marnosi fittamente stratificati con intercalazioni di argilliti grigio scuro. È abbastanza diffuso un intervallo caotico, costituito da matrice argillosa grigia contenente clasti ed elementi di varie dimensioni di calcareniti silicifere, rare brecciole a macroforaminiferi e arenarie grigio-scure.

Dai risultati delle perforazioni si osservano infatti alternanze di marne, calcari marnosi, arenarie, siltiti ed argilliti grigio scure (Figura 51 a sx), in cui sono presenti orizzonti caotici costituiti da una matrice argillosa grigia che ingloba clasti calcarei ed arenacei (Figura 51 a dx).



Figura 51 UAS nei fori di sondaggio L1B-S50 tra 25 e 30 m e nell' L1B-S47 tra da 20 e 25 m p.c.

Le analisi granulometriche eseguite sui campioni pelitici prelevati permettono di classificare la formazione come limo argilloso sabbioso ghiaioso (Figura 52, AGI 1977).

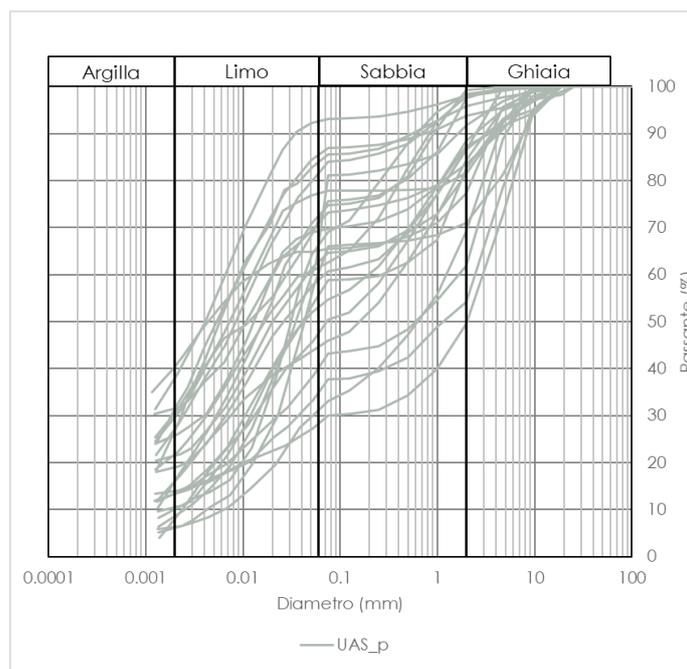


Figura 52 Analisi granulometrica

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Caratteristiche fisiche

Sono stati prelevati all'interno della formazione 16 campioni litoidi tra 7,5 e 39,8 m di profondità da piano campagna, 24 campioni rimaneggiati tra 0,9 e 38,2 m di profondità da piano campagna e 6 campioni indisturbati tra 5,3 e 39,7 m di profondità da piano campagna quali sono stati sottoposti a prove di laboratorio.

Per quanto riguarda le caratteristiche fisiche, il peso dell'unità di volume dei campioni risulta variabile tra 20,1 e 22,3 per la frazione pelitica e tra 21,0 e 27,2 kN/m³ per la frazione lapidea. L'andamento con la profondità è mostrato in Figura 53.

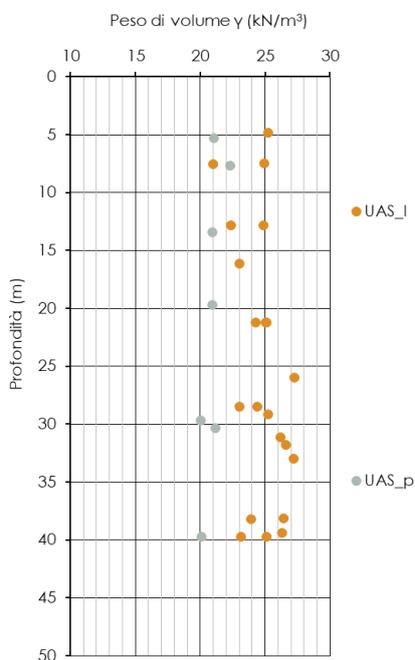


Figura 53 Peso dell'unità di volume

Caratteristiche meccaniche

Per determinare le caratteristiche di resistenza della roccia intatta sono state eseguite 2 prove di compressione monoassiale semplice e 16 point load test. In Figura 54 si riporta l'andamento della resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta con la profondità. I valori ottenuti risultano compresi tra 1,4 e 130 MPa. I valori più elevati si riferiscono a campioni calcarei.

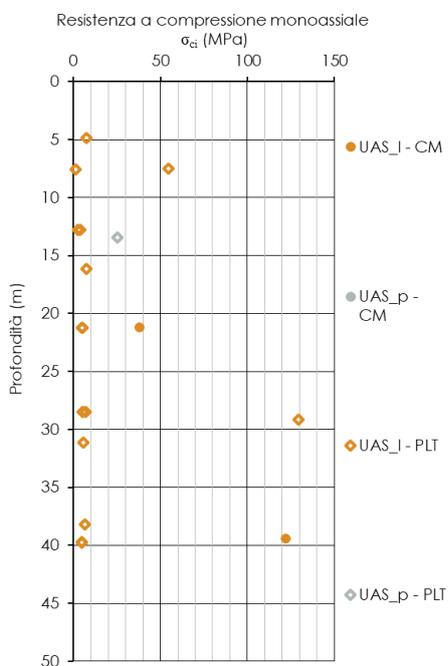


Figura 54 Resistenza a compressione monoassiale

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva dei risultati ottenuti sui campioni litoidi (Tabella 27).

Tabella 27 Prove sui campioni litoidi

Sondaggio	Campione	Profondità da p.c.	γ	$\sigma_{ci,CM}$	$\sigma_{ci,PLT}$
(-)	(-)	(m)	(kN/m^3)	(MPa)	(MPa)
L1B-S50	CL2	21.2	25.09		4.8
L1B-S50	CL3	31.15	26.19		5.8
L1B-S50	CL4	39.4	26.33	122.0	
L1B-S51	CL1	7.5	24.94		54.5
L1B-S51	CL2	12.8	24.90		4.1
L1B-S51	CL3	21.2	25.07	38.0	
L1B-S51	CL4	28.5	23.03		5.0
L1B-S51	CL5	39.7	25.12		4.8
L1B-S52	CL1	7.55	20.97		1.4
L1B-S52	CL2	12.8	22.34		2.4
L1B-S52	CL3	21.2	24.30		5.3
L1B-S52	CL4	28.5	24.38		7.2
L1B-S52	CL5	39.75	23.14		4.8
L1B-S53	CL1	16.15	23.03		7.4
L1B-S53	CL4	38.2	23.90		6.5
L1B-S49ter	CR3	29.15	25.22		129.6
L1B-S49ter	CR4	31.8	26.61		
L1B-S49ter	CR5	38.15	26.40		
L1B-S51bis	CR2	25.95	27.23		
L1B-S51bis	CR3	32.95	27.20		
L1B-S52bis	CR2	4.85	25.25		7.7

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Per quanto riguarda i campioni indisturbati prelevati nella frazione pelitica della formazione, sono state eseguite 5 prove di taglio diretto e una prova di espansione laterale libera che fornisce un valore di C_u pari a 119 kPa.

L'involuppo di resistenza dei risultati delle prove di taglio diretto nel piano di Mohr-Coulomb (Figura 55) restituisce un valore di coesione c' pari a circa 34 kPa e angolo di resistenza al taglio φ' pari a circa 17° . L'elaborazione dell'insieme di tutte le prove di taglio diretto fornisce un intervallo di coesione c' pari a $22 \div 45$ kPa e di angolo di attrito φ' pari a $15 \div 18^\circ$. Le profondità medie di prelievo dei campioni variano tra 33,2 e 76,9 m dal piano campagna.

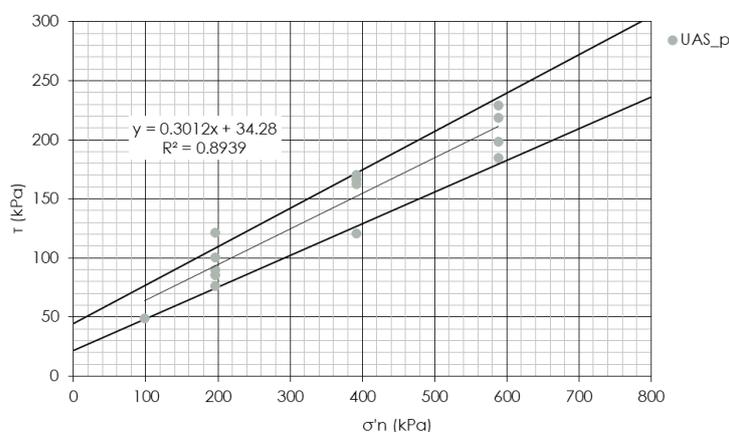


Figura 55 Involuppo di resistenza della prova di taglio diretto (TD)

Di seguito le tabelle riassuntive della prova di taglio diretto (Tabella 28).

Tabella 28 Valori a rottura delle prove TD

Prove di taglio diretto					
Sondaggio e Campione	Profondità da p.c.	σ'_n	τ	φ'	c'
(-)	(m)	(kPa)	(kPa)	($^\circ$)	(kPa)
L1B-S49ter - CI1	5.3	98.07	48.9	21.7	10.7
		196.14	90.3		
		392.28	166.7		
L1B-S52bis - CI2	19.7	196.14	76.1	19.9	10.1
		392.28	162.5		
		588.42	218.3		
L1B-S52bis - CI3	29.7	196.14	100.3	14.0	56.9
		392.28	166.2		
		588.42	198.3		
L1B-S53bis - CI1	30.4	196.14	85.4	14.2	31.0
		392.28	120.7		
		588.42	184.6		
L1B-S53bis - CI2	39.7	196.14	121.1	15.4	65.7
		392.28	170.6		
		588.42	228.9		

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RC2A	C1	R07RH	GN0000001	E	88 di 176

Caratterizzazione dell'ammasso roccioso

Al fine di valutare le caratteristiche strutturali e di deformabilità dell'ammasso roccioso sono stati considerati i risultati delle prove eseguite in foro ed i risultati ottenuti dal rilievo geomeccanico da cassetta.

- Prove in sito

Per determinare le caratteristiche di deformabilità dell'ammasso sono stati elaborati i risultati di 2 prove geofisiche di tipo MASW, 2 prove Down-Hole, 3 prove pressiometriche e 6 prove dilatometriche eseguite tra 9,5 e 26,5 m di profondità.

L'interpretazione delle prove pressiometriche e dilatometriche è stata condotta determinando due moduli di deformabilità, relativi rispettivamente alla fase di scarico e di carico. In particolare, per le prove pressiometriche, è stato necessario dapprima determinare il modulo di Young a partire dal modulo pressiometrico applicando gli opportuni coefficienti reologici. Il modulo di scarico ottenuto si riferisce al secondo ciclo di scarico.

Per quanto riguarda le prove dilatometriche, si è considerato per la fase di scarico il modulo determinato per il terzo ciclo di scarico.

La Figura 56 riporta l'andamento dei moduli di deformabilità derivati dalle prove pressiometriche con la profondità. Il modulo di scarico risulta compreso nell'intervallo 105 ÷ 2907 MPa mentre quello di carico nell'intervallo 36 ÷ 861 MPa.

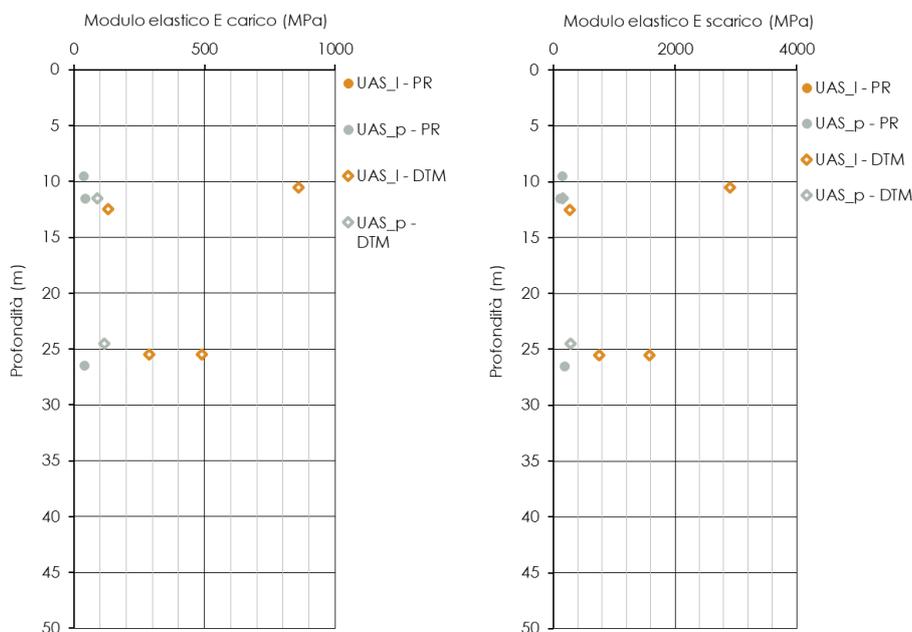


Figura 56 Moduli di deformabilità da prove pressiometriche e dilatometriche

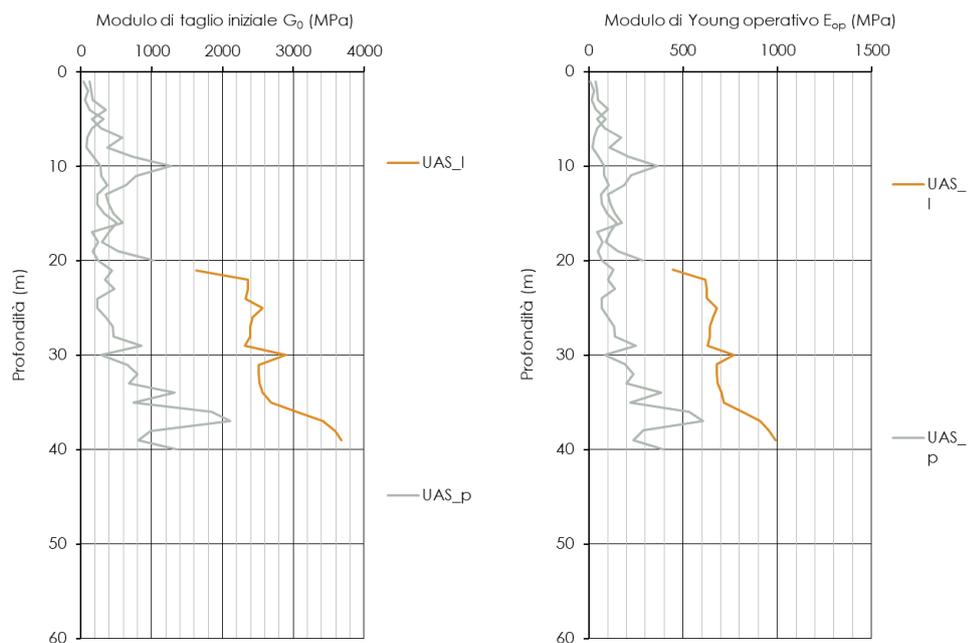
Di seguito la tabella riassuntiva delle prove elaborate (Tabella 29).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Tabella 29 Prove pressiometriche e dilatometriche

sondaggio	Profondità da p.c.	Prova	Ecarico	Escarico
(-)	(m)	(-)	(MPa)	(MPa)
LIB-S52	11.5	Dilatometrica	89.7	158.8
LIB-S52	24.5	Dilatometrica	115.6	285.5
LIB-S53	11.5	Pressiometrica	44.0	104.7
LIB-S53	26.5	Pressiometrica	40.8	190.8
LIB-S54	9.5	Pressiometrica	36.0	146.0
LIB-S50	12.5	Dilatometrica	129.1	270.4
LIB-S50	25.5	Dilatometrica	487.8	1578.1
LIB-S51	10.5	Dilatometrica	861.2	2907.2
LIB-S51	25.5	Dilatometrica	287.7	745.2

La Figura 57 mostra gli andamenti con la profondità del modulo di taglio iniziale G_0 e del modulo elastico E_{op} (assunto pari al 20% del modulo elastico iniziale) ottenuti alle prove geofisiche MASW e down-Hole.



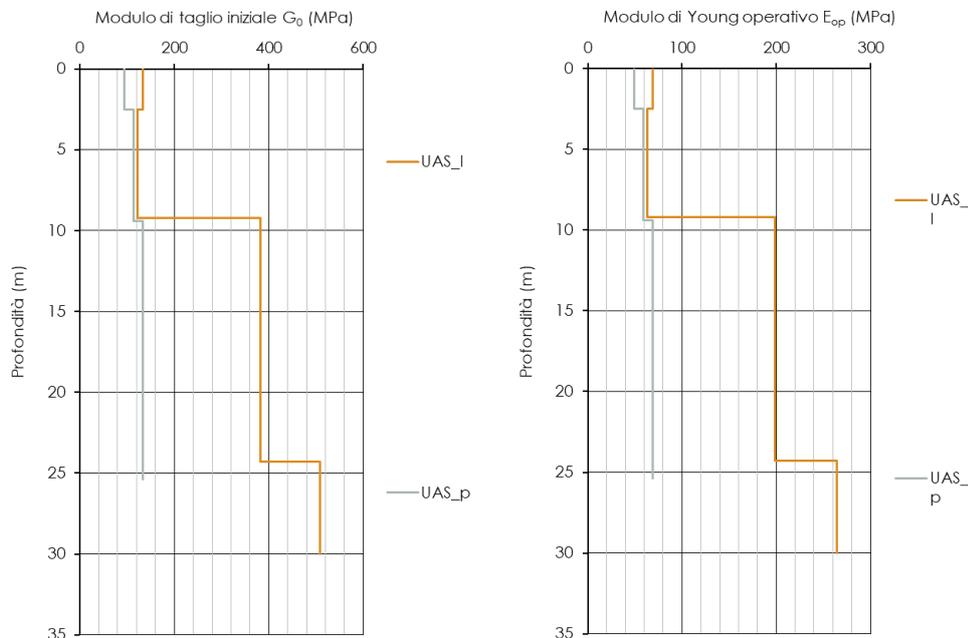
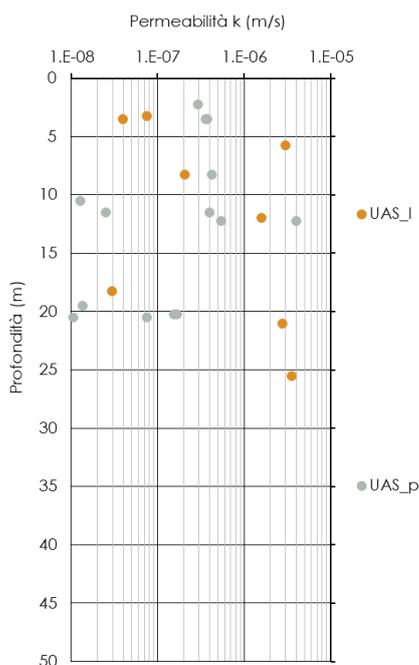


Figura 57 Modulo di taglio G_0 e modulo elastico E_{op} da prove geofisiche

Sono state eseguite 18 prove di permeabilità di tipo Lefranc e 4 prove di tipo Lugeon a profondità variabili tra 2,3 e 25,5 m da piano campagna. Il coefficiente di permeabilità k ottenuto varia tra circa 4×10^{-6} e 1×10^{-8} m/s (Figura 58).



Sondaggio	Prova	Profondità da p.c.	k
(-)	(-)	(m)	(m/s)
L1B-S50	Lefranc	3.5	3.7E-07
L1B-S50	Lugeon	12.3	4.1E-06
L1B-S53	Lefranc	2.3	3.0E-07
L1B-S53	Lefranc	10.5	1.3E-08
L1B-S53	Lefranc	20.5	1.1E-08
L1B-S54	Lefranc	8.3	4.2E-07
L1B-S54	Lefranc	20.3	1.7E-07
L1B-S49ter	Lefranc	12.3	5.4E-07
L1B-S49ter	Lefranc	20.3	1.5E-07
L1B-S53bis	Lefranc	3.5	3.6E-07
L1B-S53bis	Lefranc	11.5	2.5E-08
L1B-S53bis	Lefranc	19.5	1.4E-08
L1B-S52 BIS	Lefranc	11.5	4.0E-07
L1B-S52 BIS	Lefranc	20.5	7.4E-08
L1B-S50	Lugeon	21.0	2.8E-06
L1B-S51	Lugeon	12.0	1.6E-06
L1B-S51	Lugeon	25.5	3.6E-06
L1B-S52	Lefranc	8.3	2.1E-07
L1B-S52	Lefranc	18.3	3.0E-08
L1B-S49ter	Lefranc	3.5	4.0E-08
L1B-S51bis	Lefranc	3.2	7.5E-08
L1B-S52 BIS	Lefranc	5.8	3.0E-06

Figura 58 Coefficiente di permeabilità k da prove in sito

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

○ Rilievi geomeccanici da cassetta

Per alcuni sondaggi sono stati eseguiti i rilievi geomeccanici da cassetta. I risultati sono stati elaborati valutando l'indice GSI a partire dall'RQD secondo la formulazione di Truzman e al. (2011). La Figura 59 mostra l'andamento con la profondità dell'indice di qualità e dell'RQD ottenuti.

L'indice GSI risulta molto variabile, da un minimo di 19 ad un massimo di 86, in funzione del grado di fratturazione dell'ammasso.

Il range di variazione che si può assumere, facendo riferimento agli abachi di Hoek&Marinos (Rif. [23]) e alle risultanze derivanti dalle monografie dei sondaggi, è compreso tra 30÷42 (alterazione da leggera a moderata, argillite e siltite con quantità variabile di arenaria) (Figura 60).

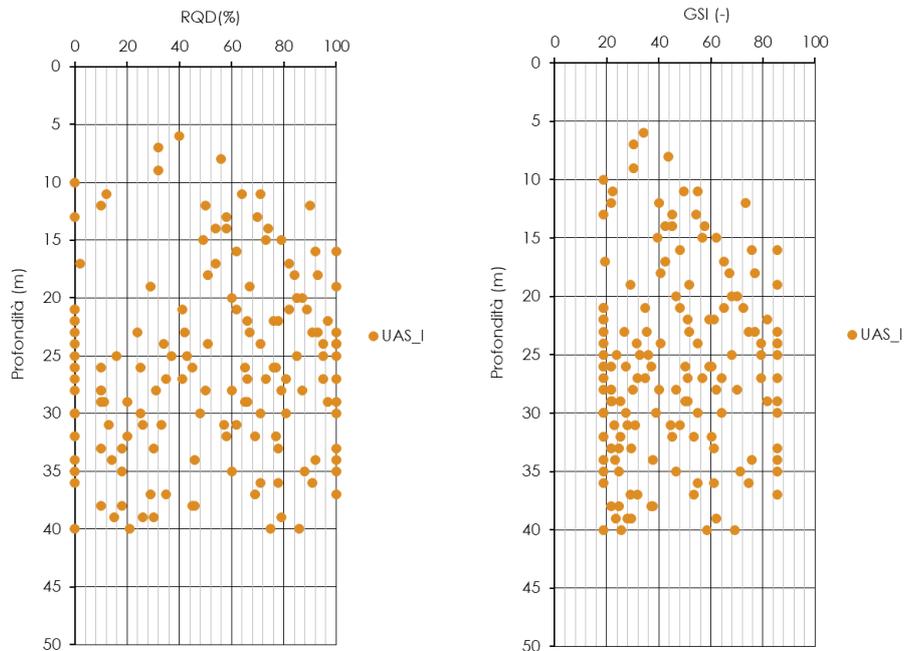


Figura 59 RQD e GSI per i sondaggi in UAS

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

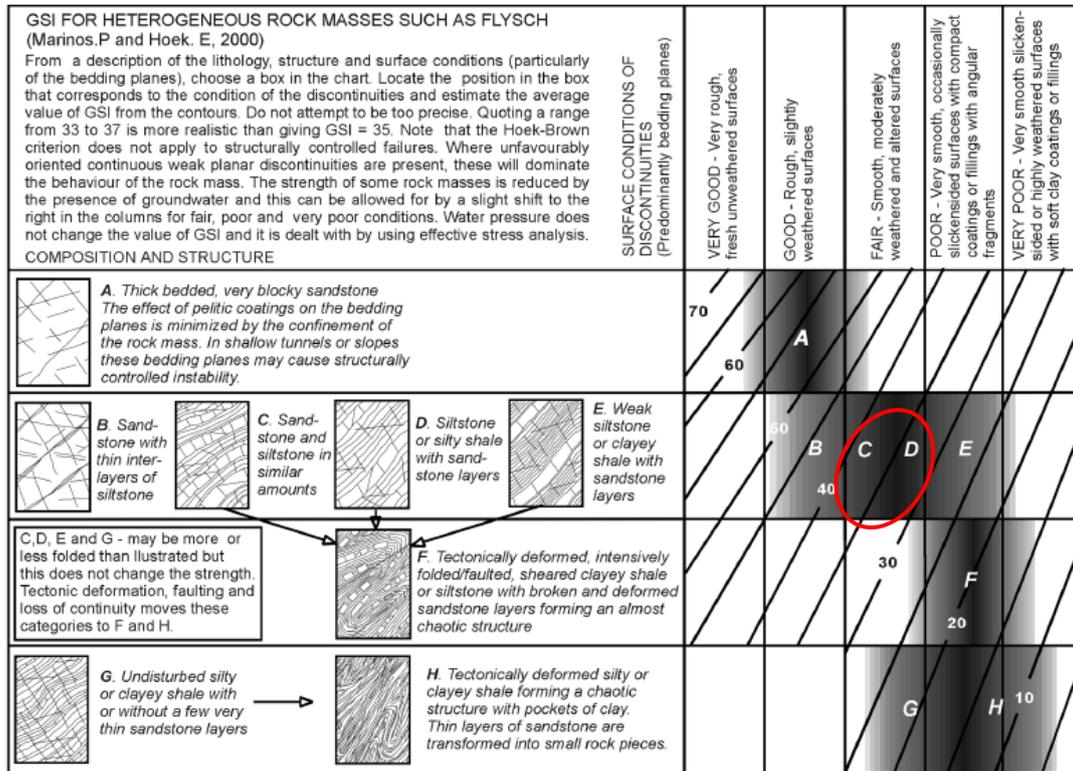


Figura 60 Abaco per la determinazione del GSI per le formazioni eterogenee (Rif. [23])

Sintesi delle caratteristiche fisiche e meccaniche

La caratterizzazione geotecnica condotta sulla base delle indagini e delle prove attualmente disponibili ha consentito di definire per la formazione UAS i range di variazione dei parametri riassunti nella Tabella 30:

Tabella 30 Sintesi parametri geotecnici

	min	max	
γ	20.1	27.2	(kN/m ³)
γ_s	26.1	26.6	(kN/m ³)
$\sigma_{ci,CM}$	38.0	122.0	(MPa)
$\sigma_{ci,PLT}$	1.4	129.6	(MPa)
c'_{TD}	10	65.7	(kPa)
ϕ'_{TD}	14	21.7	(°)
C_u	119.3	119.3	(kPa)
E'_{carico}	36.0	861.2	(MPa)
$E'_{scarico}$	104.7	2907.2	(MPa)
$RQD_{cassetta}$	0	100	(-)
$GSI_{cassetta}$	19	86	(-)
k	1.1E-08	4.1E-06	(m/s)

	involuppo di rottura			
	medio	min	max	
c'_{TD}	34	45	22	(kPa)
ϕ'_{TD}	17	18	15	(°)

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Calcari con selce e marne di Bulgheria (BHE)

I Calcari con selce e marne di Bulgheria sono definiti come costituiti da calcareniti grossolane alternate a calcilutiti e noduli di selce, ben stratificate. Nella parte bassa prevalgono marne, marne argillose e argilliti poco consistenti.



Figura 61 BHE nel foro di sondaggio L1B-S56bis tra 110 e 120 m da p.c

Caratterizzazione della roccia intatta

Sono stati prelevati all'interno della formazione 13 campioni litoidi e 6 rimaneggiati, tra 101,5 e 159,8 m di profondità da piano campagna, sottoposti a prove di laboratorio.

Per quanto riguarda le caratteristiche fisiche, il peso dell'unità di volume dei campioni, il cui andamento con la profondità è mostrato in Figura 62, risulta variabile tra 22,0 e 26,4 kN/m³.

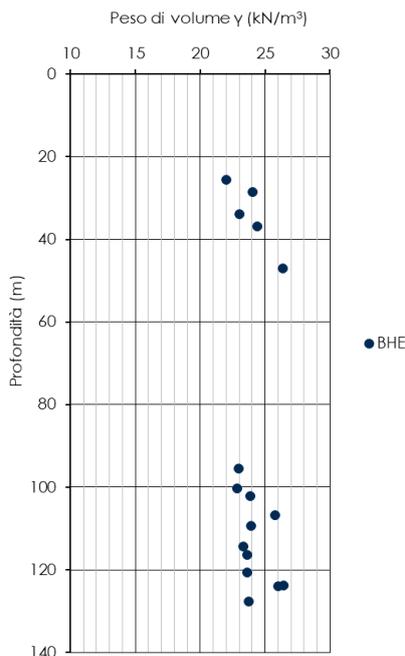


Figura 62 Peso dell'unità di volume

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Per determinare le caratteristiche di resistenza e deformabilità della roccia intatta sono state eseguite 3 prove di compressione monoassiale semplice e 9 point load test. In Figura 63 si riporta l'andamento della resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta con la profondità. I valori ottenuti risultano compresi tra 1 e 129 MPa.

Il modulo elastico della matrice rocciosa è stato ricavato dall'interpretazione di 1 prova di velocità sonica su provino. Il valore del modulo di elasticità ricavato è pari a 6,1 GPa.

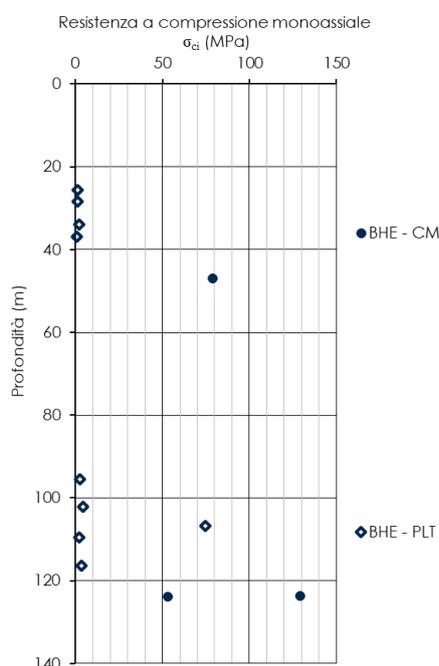


Figura 63 Resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva dei risultati ottenuti (Tabella 31).

Tabella 31 Prove sui campioni litoidi

Sondaggio	Campione	Profondità da p.c.	γ	$\sigma_{ci,CM}$	$\sigma_{ci,PLT}$	$E_{t,UV}$
(-)	(-)	(m)	(kN/m ³)	(MPa)	(MPa)	(GPa)
L1B-S55	CR1	41.85				
L1B-S55	CL1	25.6	22.00		1.2	
L1B-S55	CL2	28.45	24.02		1.4	
L1B-S55	CL3	33.85	23.00		2.2	
L1B-S55	CL4	36.9	24.40		1.0	
L1B-S56	CL1	95.45	22.94		2.4	
L1B-S56	CL2	102.15	23.83		4.3	
L1B-S56	CL3	109.45	23.92		1.9	
L1B-S56	CL4	116.45	23.62		3.4	
L1B-S56	CL5	123.9	26.04	53.0		
L1B-S56bis	CI2	106.7	25.75		74.6	
L1B-S56bis	CR15	123.75	26.44	129.0		
L1B-S56quater	CR7	47	26.34	79.0		6.0

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Caratterizzazione dell'ammasso roccioso

Al fine di valutare le caratteristiche strutturali e di deformabilità dell'ammasso roccioso sono stati considerati i risultati delle prove eseguite in foro ed i risultati ottenuti dai rilievi geomeccanici.

○ Prove in sito

Per determinare le caratteristiche di deformabilità dell'ammasso sono stati elaborati i risultati di 10 prove dilatometriche eseguite tra 29,5 e 123,0 m di profondità.

L'interpretazione delle prove dilatometriche è stata condotta determinando due moduli di deformabilità, relativi rispettivamente alla fase di scarico e di carico. In particolare, si è considerato per la fase di scarico il modulo determinato per il terzo ciclo di scarico. Il modulo di scarico risulta compreso nell'intervallo $289 \div 796$ MPa mentre quello di carico nell'intervallo $107 \div 465$ MPa.

La Figura 64 riporta l'andamento dei moduli di deformabilità derivati dalle prove dilatometriche con la profondità.

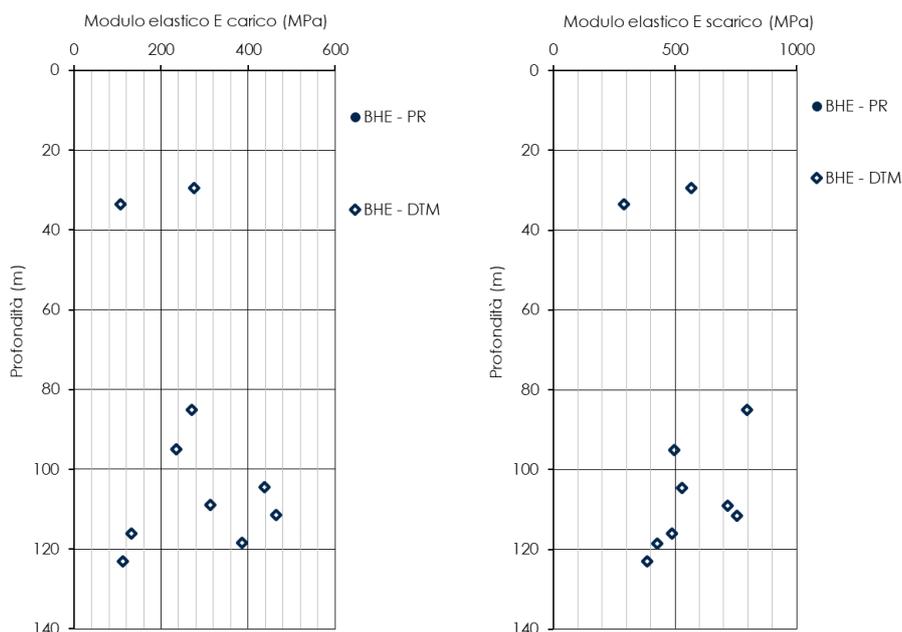


Figura 64 Moduli di deformabilità da prove dilatometriche

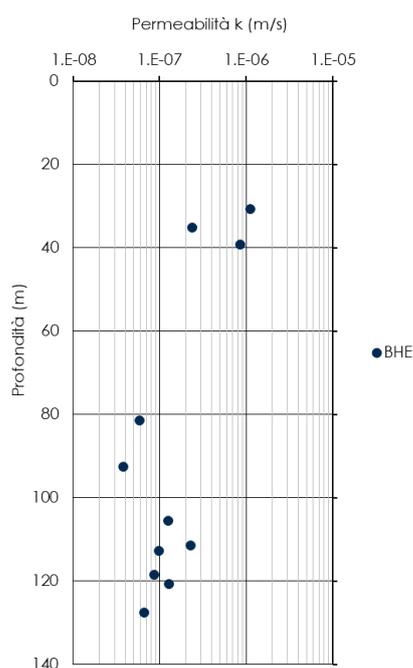
Di seguito la tabella riassuntiva delle prove dilatometriche eseguite (Tabella 32).

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Tabella 32 Prove dilatometriche

sondaggio	Profondità da p.c.	Prova	E _{carico}	E _{scarico}
(-)	(m)	(-)	(MPa)	(MPa)
L1B-S55	29.5	Dilatometrica	276.2	566.6
L1B-S55	33.5	Dilatometrica	107.0	289.5
L1B-S56	104.5	Dilatometrica	437.4	529.2
L1B-S56	111.5	Dilatometrica	465.0	755.1
L1B-S56	118.5	Dilatometrica	385.9	426.8
L1B-S56bis	85.0	Dilatometrica	270.3	796.3
L1B-S56bis	95.0	Dilatometrica	234.7	496.4
L1B-S56bis	109.0	Dilatometrica	313.3	716.5
L1B-S56bis	116.0	Dilatometrica	130.7	485.5
L1B-S56bis	123.0	Dilatometrica	112.6	385.5

Sono state eseguite 6 prove di permeabilità di tipo Lefranc e 5 prove di permeabilità di tipo Lugeon nei fori di sondaggio, a profondità variabili tra 30,8 e 127,5 m da p.c. Il coefficiente di permeabilità k risulta variabile tra 4×10^{-8} e 1×10^{-6} m/s (Figura 65).



Sondaggio	Prova	Profondità da p.c.	k
(-)	(-)	(m)	(m/s)
L1B-S55	Lefranc	30.8	1.1E-06
L1B-S55	Lefranc	35.3	2.4E-07
L1B-S55	Lefranc	39.3	8.6E-07
L1B-S56	Lefranc	105.5	1.3E-07
L1B-S56	Lefranc	112.8	9.7E-08
L1B-S56	Lefranc	120.8	1.3E-07
L1B-S56bis	Lugeon	81.5	5.9E-08
L1B-S56bis	Lugeon	92.5	3.8E-08
L1B-S56bis	Lugeon	111.5	2.3E-07
L1B-S56bis	Lugeon	118.5	8.7E-08
L1B-S56bis	Lugeon	127.5	6.6E-08

Figura 65 Coefficiente di permeabilità k da prove in sito

- o Rilievi geomeccanici

Per l'unità geotecnica in esame è stata eseguita 1 stazione geomeccanica che ha consentito di definire una variabilità dell'indice di qualità GSI per formazione, pari a $45 \div 60$.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Sono stati inoltre eseguiti i rilievi geomeccanici da cassetta per i sondaggi che intercettano la formazione. I risultati sono stati elaborati valutando l'indice GSI a partire dall'RQD secondo la formulazione di Truzman e al. (2011). La Figura 66 mostra l'andamento con la profondità dell'indice di qualità e dell'RQD ottenuti.

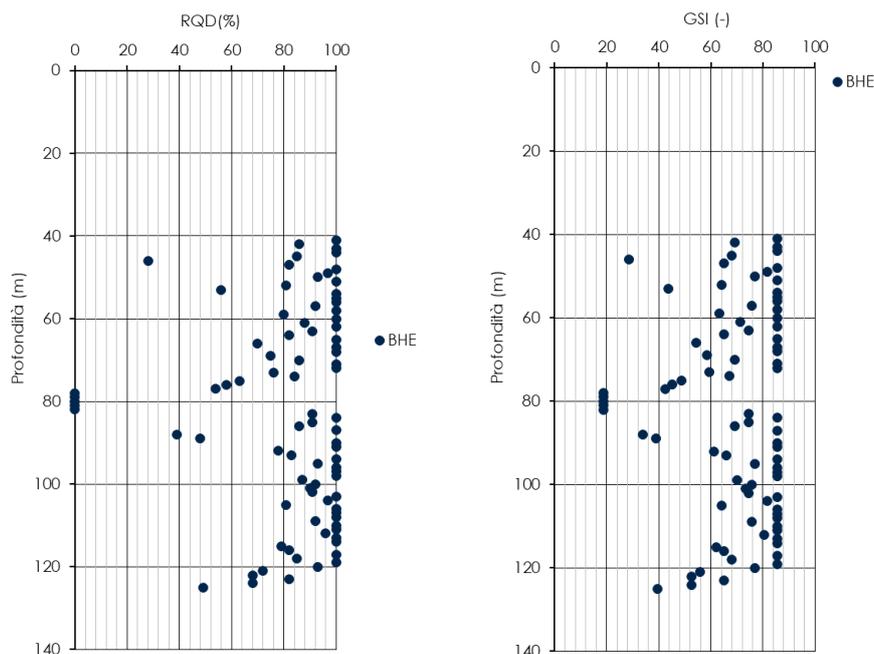


Figura 66 RQD e GSI

L'indice GSI risulta molto variabile (tra 19 e 78) in funzione del grado di fratturazione dell'ammasso, i valori medi però riconfermano l'intervallo di GSI dedotto dal rilievo geomeccanico su affioramento, che risulta compreso tra 45 e 60

Per quanto riguarda le zone di faglia, cautelativamente si può assumere un range tra 20÷30 (alterazione da moderata ad elevata, struttura da disturbata a completa disgregazione).

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Sintesi delle caratteristiche fisiche e meccaniche

La caratterizzazione geotecnica condotta sulla base delle indagini e delle prove descritte ha portato alla definizione dei principali parametri per l'unità geotecnica BHE. La Tabella 33 riassume gli intervalli di variazione per ciascun parametro: si rimanda ai paragrafi precedenti per i dettagli relativi a ciascuna prova.

Tabella 33 Sintesi parametri geotecnici

	min	max	
γ	22.0	26.4	(kN/m ³)
$\sigma_{ci,CM}$	53.0	129.0	(MPa)
$\sigma_{ci,PLT}$	1.0	74.6	(MPa)
$E_{i,VU}$	6.0	6.0	(GPa)
E'_{carico}	107.0	465.0	(MPa)
$E'_{scarico}$	289.5	796.3	(MPa)
$RQD_{cassetta}$	0	100	(-)
$GSI_{cassetta}$	19	86	(-)
k	3.8E-08	1.1E-06	(m/s)

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Calcari di Monte Crivo (CRH)

I Calcari di Monte Crivo sono definiti come calcari dolomitici in banchi e calcareniti e calcilutiti grigio scure. In affioramento si presentano come calcareniti grigio chiaro aventi una forte.



Figura 67 CRH nel foro di sondaggio L1B-S56quater tra 105 e 115 m da p.c

Caratterizzazione della roccia intatta

Sono stati prelevati all'interno della formazione 12 campioni litoidi tra 5,2 e 141,0 m di profondità da piano campagna, sottoposti a prove di laboratorio.

Per quanto riguarda le caratteristiche fisiche, il peso dell'unità di volume dei campioni, il cui andamento con la profondità è mostrato in Figura 68, risulta variabile tra 21,7 e 26,5 kN/m³.

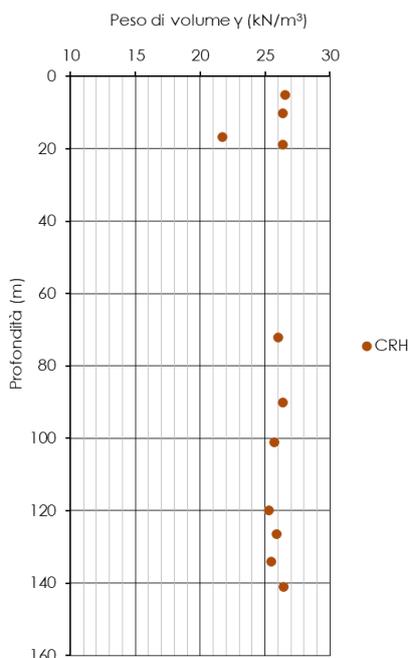


Figura 68 Peso dell'unità di volume

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Per determinare le caratteristiche di resistenza e deformabilità della roccia intatta sono state eseguite 7 prove di compressione monoassiale semplice e 5 point load test. In Figura 69 si riporta l'andamento della resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta con la profondità. I valori ottenuti risultano compresi tra 8,6 e 90,5 MPa.

Il modulo elastico della matrice rocciosa è stato ricavato dall'interpretazione di 2 prove di velocità sonica su provino e 1 prova di compressione monoassiale (CM) condotta con rilievo delle deformazioni. Da quest'ultime è stato determinato il modulo tangente iniziale. I valori dei moduli di elasticità ricavati con le diverse prove mostrano un intervallo del modulo variabile tra 22,6 e 94,9 GPa (Figura 69).

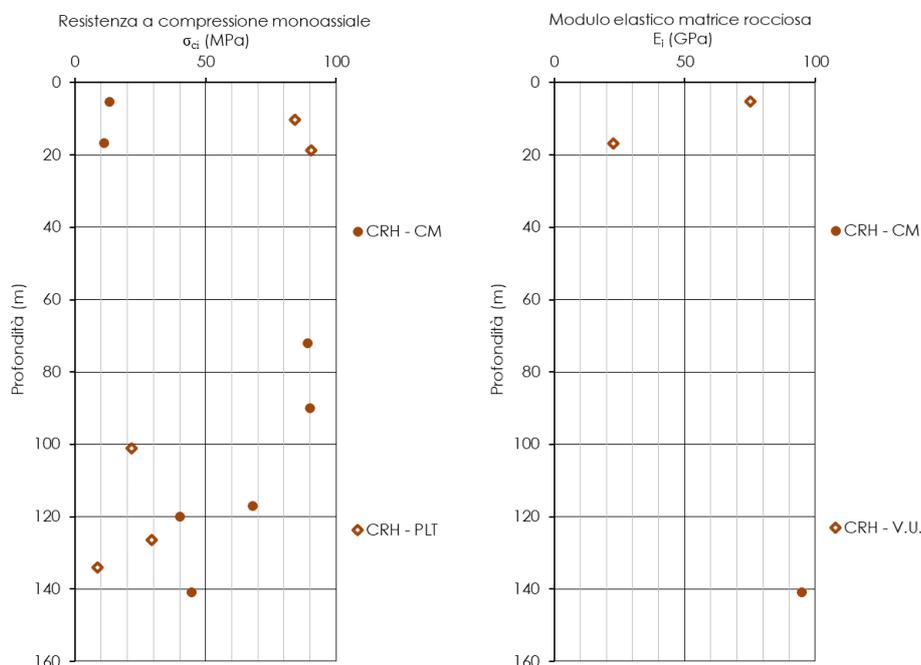


Figura 69 Resistenza a compressione monoassiale e modulo elastico della roccia intatta

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva dei risultati ottenuti (Tabella 34).

Tabella 34 Prove sui campioni litoidi

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Sondaggio	Campione	Profondità da p.c.	γ	$\sigma_{i,CM}$	$\sigma_{i,PLT}$	$E_{i,CM}$	$E_{i,VU}$
(-)	(-)	(m)	(kN/m ³)	(MPa)	(MPa)	(GPa)	(GPa)
L1B-S56ter	CR1	5.2	26.53	13.0			75.2
L1B-S56ter	CR2	10.2	26.38		84.2		
L1B-S56ter	CR3	16.75	21.71	11.0			22.6
L1B-S56ter	CR4	18.75	26.37		90.5		
L1B-S56quater	CI1	120	25.30	40.0			
L1B-S56quater	CI2	126.4	25.90		29.3		
L1B-S56quater	CI3	134	25.45		8.6		
L1B-S56quater	CI4	141	26.41	44.7		94.9	
L1B-S56quater	CR9	72.1	26.04	89.0			
L1B-S56quater	CR13	90	26.35	90.0			
L1B-S56quater	CR15	101	25.68		21.6		
L1B-S56quater	CR18	117		68.0			

Caratterizzazione dell'ammasso roccioso

Al fine di valutare le caratteristiche strutturali e di deformabilità dell'ammasso roccioso sono stati considerati i risultati delle prove eseguite in foro ed i risultati ottenuti dai rilievi geomeccanici.

○ Prove in sito

Per determinare le caratteristiche di deformabilità dell'ammasso sono stati elaborati i risultati di 11 prove dilatometriche eseguite tra 32,5 e 143,0 m di profondità.

L'interpretazione delle prove dilatometriche è stata condotta determinando due moduli di deformabilità, relativi rispettivamente alla fase di scarico e di carico. In particolare, si è considerato per la fase di scarico il modulo determinato per il terzo ciclo di scarico. Il modulo di scarico risulta compreso nell'intervallo 181 ÷ 1663 MPa mentre quello di carico nell'intervallo 14 ÷ 1081 MPa.

La Figura 70 riporta l'andamento dei moduli di deformabilità derivati dalle prove dilatometriche con la profondità.

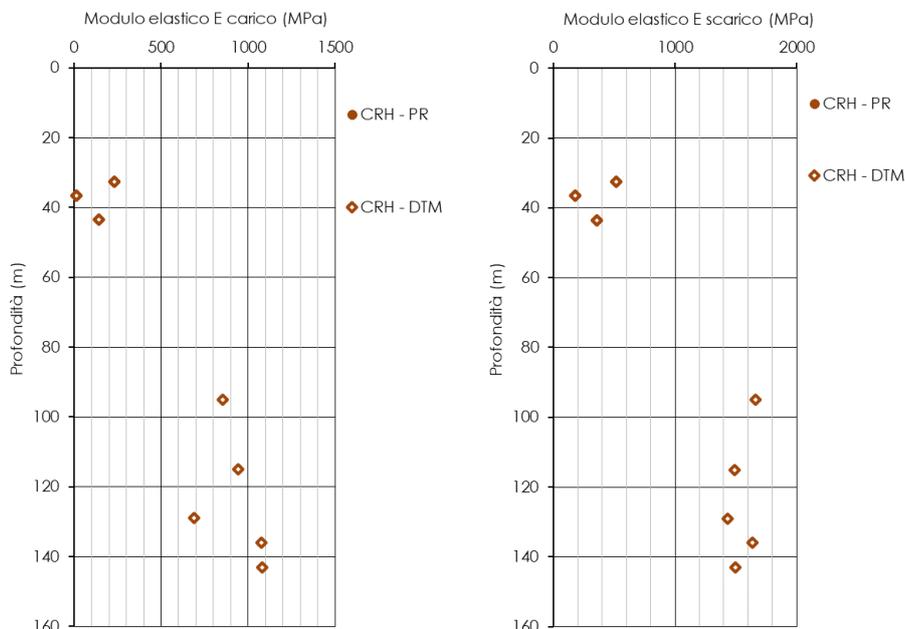


Figura 70 Moduli di deformabilità da prove dilatometriche

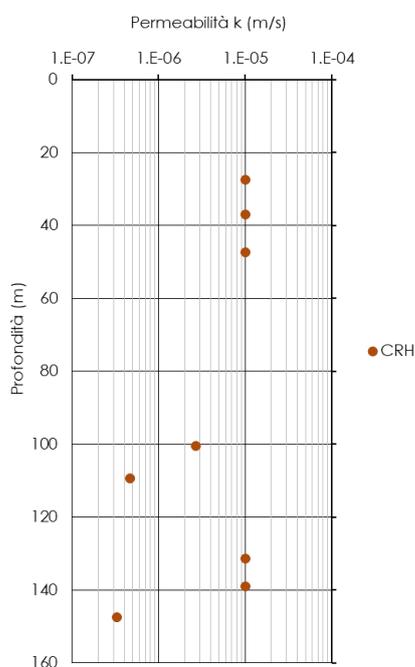
Di seguito la tabella riassuntiva delle prove dilatometriche eseguite (Tabella 35).

Tabella 35 Prove dilatometriche

sondaggio	Profondità da p.c.	Prova	E_{carico}	E_{scarico}
(-)	(m)	(-)	(MPa)	(MPa)
L1B-S56ter	32.5	Dilatometrica	231.0	513.0
L1B-S56ter	36.5	Dilatometrica	14.0	181.0
L1B-S56ter	43.5	Dilatometrica	140.0	357.0
L1B-S56ter	32.5	Dilatometrica	231.0	513.0
L1B-S56ter	36.5	Dilatometrica	14.0	181.0
L1B-S56ter	43.5	Dilatometrica	140.0	357.0
L1B-S56quat	95.0	Dilatometrica	853.2	1662.5
L1B-S56quat	115.0	Dilatometrica	943.9	1490.2
L1B-S56quat	129.0	Dilatometrica	691.0	1431.7
L1B-S56quat	136.0	Dilatometrica	1074.6	1635.8
L1B-S56quat	143.0	Dilatometrica	1081.5	1493.6

Sono state eseguite 8 prove di permeabilità di tipo Lugeon nei fori di sondaggio, a profondità variabili tra 27,5 e 147,5 m da p.c. Il coefficiente di permeabilità k risulta variabile tra 3×10^{-7} e 1×10^{-5} m/s (Figura 71).

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E



Sondaggio	Prova	Profondità da p.c.	k
(-)	(-)	(m)	(m/s)
L1B-S56ter	Lugeon	27.5	1.0E-05
L1B-S56ter	Lugeon	37.0	1.0E-05
L1B-S56ter	Lugeon	47.5	1.0E-05
L1B-S56quater	Lugeon	100.5	2.7E-06
L1B-S56quater	Lugeon	109.5	4.7E-07
L1B-S56quater	Lugeon	131.5	1.0E-05
L1B-S56quater	Lugeon	139.0	1.0E-05
L1B-S56quater	Lugeon	147.5	3.3E-07

Figura 71 Coefficiente di permeabilità k da prove in sito

○ Rilievi geomeccanici

Per l'unità geotecnica in esame è stata eseguita 1 stazione geomeccanica che ha consentito di definire una variabilità dell'indice di qualità GSI per formazione, pari a 40÷55.

Sono stati inoltre eseguiti i rilievi geomeccanici da cassetta per i sondaggi che intercettano la formazione. I risultati sono stati elaborati valutando l'indice GSI a partire dall'RQD secondo la formulazione di Truzman e al. (2011). La Figura 72 mostra l'andamento con la profondità dell'indice di qualità e dell'RQD ottenuti.

L'indice GSI risulta molto variabile (tra 19 e 78) in funzione del grado di fratturazione dell'ammasso, i valori medi però riconfermano l'intervallo di GSI dedotto dal rilievo geomeccanico su affioramento, che risulta compreso tra 40 e 55

Per quanto riguarda le zone di faglia, cautelativamente si può assumere un range tra 20÷30 (alterazione da moderata ad elevata, struttura da disturbata a completa disgregazione).

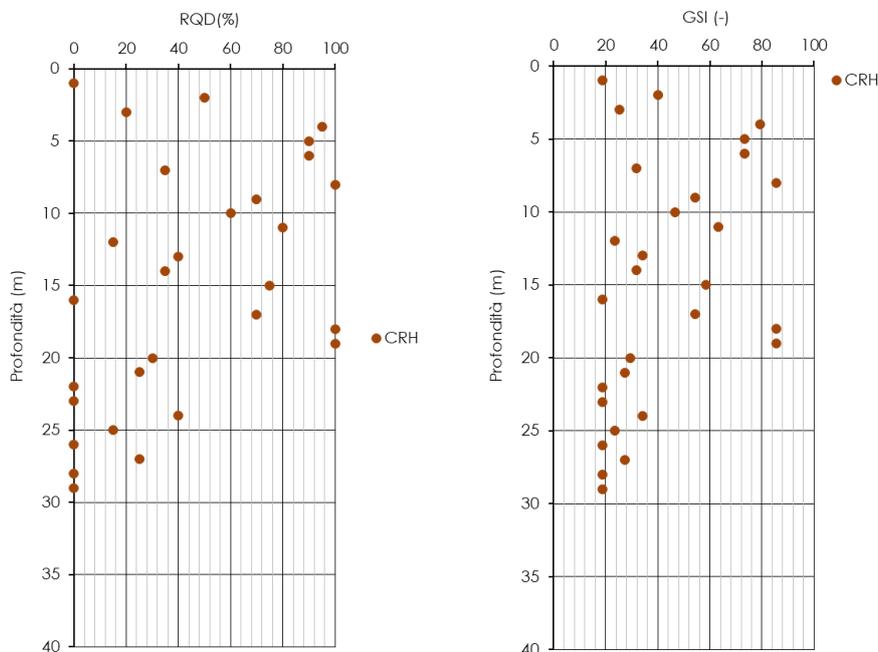


Figura 72 RQD e GSI

Sintesi delle caratteristiche fisiche e meccaniche

La caratterizzazione geotecnica condotta sulla base delle indagini e delle prove descritte ha portato alla definizione dei principali parametri per l'unità geotecnica CRH. La Tabella 36 riassume gli intervalli di variazione per ciascun parametro: si rimanda ai paragrafi precedenti per i dettagli relativi a ciascuna prova.

Tabella 36 Sintesi parametri geotecnici

	min	max	
γ	21.7	26.5	(kN/m ³)
$\sigma_{ci,CM}$	11.0	90.0	(MPa)
$\sigma_{ci,PLT}$	8.6	90.5	(MPa)
$E_{i,CM}$	94.9	94.9	(GPa)
$E_{i,VU}$	22.6	75.2	(GPa)
E'_{carico}	14.0	1081.5	(MPa)
$E'_{scarico}$	181.0	1662.5	(MPa)
$RQD_{cassetta}$	0	100	(-)
$GSI_{cassetta}$	19	86	(-)
k	3.3E-07	1.0E-05	(m/s)

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Depositi quaternari marini (g3)

La formazione è definita come composta da sabbie e ghiaie con locali intercalazioni di calcari e arenarie. È stata intercettata da un solo sondaggio, l'L1B-S64 ed è attraversata per una lunghezza di circa 200 m dalla galleria Tortora.

Si presenta come costituita in prevalenza da limi sabbiosi, sabbie limose e ghiaie addensate di colore bruno-rossastro (Figura 73):



Figura 73 g3 nel foro di sondaggio L1B-S64 tra 15 e 25 m da p.c.

In questa fase, in via cautelativa sono stati assunti per questa formazione i parametri dell'unità geotecnica PADb, presente nel lotto 1b.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Unità geotecniche

L'analisi e l'interpretazione di tutti i dati e le informazioni ad oggi disponibili hanno portato alla definizione delle Unità geotecniche. Nella Tabella 37 è riportato per ciascuna di esse il range di variazione dei principali parametri fisici e meccanici.

Tabella 37 Definizione parametri per gruppo omogeneo

Unità geotecnica	Descrizione sintetica	γ (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ (°)	Escarico (MPa)	k (m/s)
ABD (litofacies pelitico)	Marne calcaree, siltiti ed arenarie, argille marnose e limi argillosi	19	12	23	157-494	2E-06 – 2E-09
g3	Limi sabbiosi, sabbie limose e ghiaie addensate	18-21	0-30	28-49	28-1344	6E-04 – 1E-10
UAS	Limi argillosi, marne e calcari marnosi	20-27	10-65	14-22	105-2907	4E-06 – 1E-08

Unità	Descrizione sintetica	γ (kN/m ³)	σ_{ci} (MPa)	m_i	GSI	k (m/s)
ABD (litofacies litoide)	Marne calcaree, siltiti ed arenarie, argille marnose e limi argillosi	24-26	1-147	7	25-30	2E-06 – 2E-09
CRQ	Calcari	20-27	15-160	10	40-50 (20-30 faglia)	6E-06 – 5E-09
DBS, FOP, DPR (cond. geom. 1 e 2)	Dolomie e calcari dolomitici	23-28	3-165	9	40-50 (20-30 faglia)	6E-05 – 1E-10
DBS, FOP, DPR (cond. geom. 3)	Dolomie e calcari dolomitici cataclasati	23-28	3-165	9	15	6E-05 – 1E-10
STSb	Scisti silicei, marne e argilliti	20-26	2-37	7	45-55 (20-30 faglia)	2E-06 – 5E-08
SLCb	Calcari con selce, marne e argilliti	25-27	7-117	7	50-60 (20-30 faglia)	5E-06 – 3E-08
BHE	Calcari con selce, argilliti e marne calcaree	22-26	1-129	10	45-60 (20-30 faglia)	1E-06 – 4E-08
CRH	Calcari, calcari	22-27	9-95	10	40-55	1E-05 –

E  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

	con selce e marne calcaree				(20-30 faglia)	3E-07
--	-------------------------------	--	--	--	----------------	-------

⁽¹⁾ In via cautelativa all'unità g3 sono stati attribuiti i parametri dell'unità geotecnica PADb presente nel lotto 1b.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

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. [9]), di seguito brevemente richiamate, sulla base delle quali il tracciato sotterraneo è suddiviso in tratte a comportamento deformativo omogeneo.

9.1 Classi di comportamento del fronte di scavo

Secondo l'approccio ADECO-RS (Rif. [9]) la previsione dell'evoluzione dello stato tensionale a seguito dell'apertura di una galleria è possibile attraverso l'analisi dei fenomeni deformativi, che forniscono indicazioni sul comportamento della cavità nei riguardi della stabilità a breve e a lungo termine. Dati sperimentali e analisi teoriche hanno dimostrato che il comportamento della cavità è significativamente condizionato, oltre che dalle caratteristiche geometriche della galleria stessa e dai carichi litostatici, anche dalle caratteristiche di resistenza e di rigidità del nucleo 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-

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

deformativo può evolvere verso situazioni di instabilità del cavo in fase di realizzazione. Il rivestimento definitivo costituisce il margine di sicurezza per la stabilità a lungo termine.

Categoria C: nucleo-fronte instabile

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

9.2 Determinazione delle categorie di comportamento

La valutazione del comportamento deformativo del fronte è stata condotta utilizzando il metodo delle linee caratteristiche. Tali valutazioni sono state condotte con riferimento ai valori caratteristici dei parametri geotecnici e delle azioni.

La definizione delle sezioni analizzate è stata eseguita sulla base dei risultati della caratterizzazione geotecnica (vedi § 8.3), in funzione delle condizioni idrauliche previste e della distribuzione delle diverse classi di copertura lungo il tracciato.

Per la determinazione delle categorie di comportamento è stato utilizzato il metodo delle linee caratteristiche (o convergenza-confinamento); tale metodo 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. Nella fase di diagnosi, poiché la finalità è la valutazione del comportamento deformativo dell'ammasso in assenza di interventi di stabilizzazione, le analisi consistono nella valutazione della sola curva caratteristica del fronte (e del cavo) senza considerare l'interazione con i sostegni.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Sezioni analizzate

Nelle tabelle seguenti sono riepilogate le sezioni analizzate con i relativi dati di input utilizzati per il calcolo.

Sono state analizzate 6 sezioni rappresentative, 4 per la galleria Lagonegro e 2 per la galleria Trecchina. I risultati ottenuti sono stati estesi in via cautelativa anche alle gallerie Tortora e Rosaneto.

Tabella 38 Sezioni analizzate con il metodo delle linee caratteristiche: dati di input

Sezione di analisi	Galleria	Unità	pk	H	σ_o	γ	c'_{kp}	ϕ'_{kp}	E_k
			[km]]	[m]	[MPa]	[kN/m ³]	[MPa]	[°]	[MPa]
1	Lagonegro	ABD	7400	228	8.31	25.0	0.207	16.6	1464
2		CRQ	7750	332	13.72	25.0	1.211	40.7	1025
3		DBScatacl.	16100	518	10.13	26.5	0.660	23.2	4577
4		FOP	18100	382	10.31	26.5	1.043	34.0	6839
7	Trecchina	BHE	32300	430	21.90	24.0	0.703	25.8	1374
8		DPR	33250	826	8.31	26.5	1.665	28.2	14429

H = copertura rispetto al piano dei centri della galleria
 σ_o = tensione totale iniziale al livello del cavo
 γ = peso dell'unità di volume dell'ammasso
 c'_{kp} = valore caratteristico della coesione efficace di picco dell'ammasso
 ϕ'_{kp} = valore caratteristico dell'angolo di attrito di picco dell'ammasso
 E_k = valore caratteristico del modulo elastico dell'ammasso

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Risultati delle analisi

Tabella 39 Sezioni analizzate con il metodo delle linee caratteristiche: risultati delle analisi

Sezione di analisi	Formazione	σ_c	p_c	σ_c/p_c	u_F	u_F/R_{eq}	R_{PF}	R_{PF}/R_{eq}	u_∞	R_P	Categoria Criterio 1	Categoria Criterio 2.1	Categoria Criterio 2.2	R_{eq}
		[MPa]	[MPa]	[-]	[m]	[%]	[m]	[-]	[m]	[m]				[m]
D1	ABD	0.56	3.47	0.16	0.293	6.04	14.83	3.06	1.157	50.81	C	C	C	4.85
D2	CRQ	5.28	1.37	3.87	0.033	0.67	5.31	1.09	0.068	6.12	C	A	A	4.85
D3	DBScatacl.	2.00	6.64	0.30	0.060	1.23	9.23	1.90	0.17	19.31	C	C	B/C	4.85
D4	FOP	3.92	2.79	1.41	0.008	0.17	5.94	1.23	0.018	7.79	A	B	A	4.85
D5	BHE	2.24	4.35	0.52	0.085	1.76	7.60	1.57	0.213	12.99	C	C	B/C	4.85
D6	DPR	5.56	8.30	0.67	0.014	0.28	6.98	1.44	0.032	10.89	B	B	B/C	4.85

$\sigma_c = (2c \cos \varphi) / (1 - \sin \varphi)$ = 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
 u_∞ = convergenza finale del cavo
 R_P = raggio plastico finale al contorno del cavo
 R_{eq} = raggio di scavo equivalente della galleria

Analisi del comportamento allo scavo in presenza di ammassi spingenti (fenomeni di squeezing)

In corrispondenza delle fasce maggiormente fratturate e delle coperture più elevate potrebbero svilupparsi importanti e rapide deformazioni dell'ammasso al contorno del cavo e al fronte, che potrebbero condizionare l'avanzamento degli scavi e rendere necessarie modifiche tecniche e strutturali atte a contenere le elevate azioni spingenti.

È stata pertanto condotta una valutazione del comportamento deformativo allo scavo per una stima preliminare dei fenomeni che si potrebbero sviluppare. Per questa stima è fatto riferimento allo schema concettuale riportato in Figura 75 che mostra come, in funzione dello "squilibrio tensionale" indotto dallo scavo, il tipo di deformazione da attendersi è ovviamente condizionato dalla qualità dell'ammasso: a parità di condizioni tensionali, il comportamento deformativo riscontrabile può essere del tipo *rockbursting* o *squeezing* al diminuire della classe di ammasso.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RC2A	C1	R07RH	GN0000001	E	112 di 176

Nello specifico, a partire dai valori GSI individuati per le formazioni d'interesse (cfr. § 8.3) è stato valutato il corrispondente valore dell'indice RMR di Bieniawski ed è stata determinata la classe di qualità dell'ammasso (Figura 74).

RMR _c	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	≤ 20
Classe	I	II	III	IV	V
Descrizione	Molto buono	Buono	Mediocre	Scadente	Molto scadente

Figura 74 Classificazione dell'ammasso roccioso (Bieniawski)

Per le formazioni di natura carbonatica (calcarei CRQ, BHE, CRH e SBN e dolomie e calcari dolomitici DBS, DPR e FOP fuori faglia aventi i range di variazione di GSI pari rispettivamente a GSI=40-55 e GSI=45-55) l'ammasso può classificarsi da mediocre a scadente (RMR=35-50 ed RMR=40-50), fino a molto scadente nelle zone di faglia maggiormente tettonizzate (GSI=20-30 → RMR=15-25). Secondo lo schema di Figura 75, in tali condizioni di ammasso la risposta deformativa allo scavo può essere caratterizzata da fenomeni deformativi di *squeezing*.

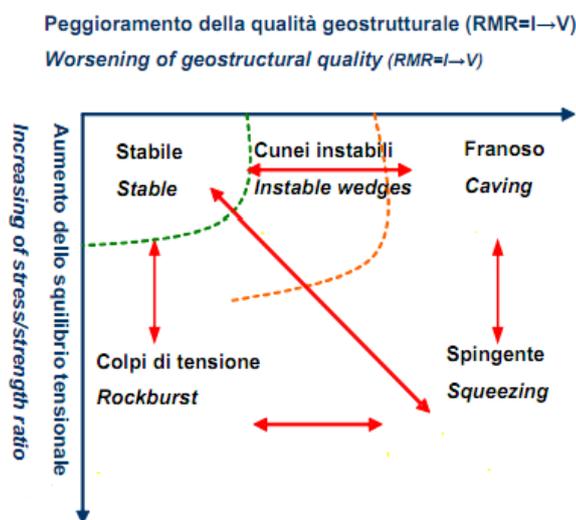


Figura 75 Schema concettuale per l'inquadramento generale del comportamento allo scavo

Al fine di valutare l'entità di tali fenomeni si è fatto riferimento al metodo semi-empirico proposto da Jethwa et al. (1984) (Rif. [29]) che esprime il potenziale di squeezing, sulla base della copertura e delle caratteristiche meccaniche dell'ammasso, mediante il seguente fattore di competenza:

$$N_c = \frac{\sigma_{cm}}{p_0} = \frac{\sigma_{cm}}{\gamma H}$$

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

dove:

σ_{cm} = resistenza a compressione dell'ammasso

(ottenuta a partire dalla resistenza della roccia intatta in funzione di GSI e m_i);

p_0 = stato tensionale in situ;

γ = peso dell'unità di volume dell'ammasso;

H = copertura della galleria.

In funzione del valore assunto dal fattore di competenza N_c , sono individuate le seguenti classi di comportamento spingente:

Tabella 40 Classificazione del comportamento spingente in accordo con Jethwa et al. (1984)

$N_c = \frac{\sigma_{cm}}{p_0}$	Livello di squeezing
< 0,4	fortemente spingente
0,4 - 0,8	moderatamente spingente
0,8 - 2	leggermente spingente
> 2	non spingente

In Tabella 41 è riportata la valutazione del livello di *squeezing* atteso per le formazioni carbonatiche e dolomitiche e le zone di faglia al variare delle coperture.

L'analisi dimostra che il rischio di un comportamento spingente dell'ammasso non è significativo nel complesso: è moderato solo nelle zone di faglia ad alte coperture (oltre i 300 m) e nelle formazioni delle dolomie e calcari dolomitici (DBS, DPR) oltre i 700 m di copertura.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RC2A	C1	R07RH	GN0000001	E	114 di 176

Tabella 41 Classificazione del livello di squeezing

σ_{ci} [MPa]	GSI	mi	γ [kN/m ³]	copertura [m]	c' [Mpa]	ϕ' [°]	E_{rm} (Ammasso roccioso) [Gpa]	σ_{cm} [MPa]	$N_c =$ $\sigma_{cm}/\gamma H$	Livello di squeezing
------------------------	-----	----	----------------------------------	------------------	-------------	----------------	--	------------------------	-----------------------------------	-------------------------

CRQ	100	45	10	26	100	0,834	52	20,12	15,6	6,0	non spingente
	100	45	10	26	200	1,145	47	20,12	15,62	3,0	non spingente
	100	45	10	26	300	1,41	44,5	20,12	15,62	2,0	non spingente

CRQ (faglia)	100	20	10	26	110	0,4	42,8	4,11	8,12	2,8	non spingente
	100	20	10	26	200	0,58	38	4,11	8,12	1,6	leggermente spingente
	100	20	10	26	330	0,802	35	4,11	8,12	0,9	leggermente spingente

DBS, DPR	85	45	9	27	100	0,77	50	8,08	12,6	4,7	non spingente
	85	45	9	27	150	0,92	47	8,08	12,6	3,1	non spingente
	85	45	9	27	200	1,06	45	8,08	12,6	2,3	non spingente
	85	45	9	27	280	1,27	42	8,08	12,6	1,7	leggermente spingente
	85	45	9	27	400	1,54	40	8,08	12,6	1,2	leggermente spingente
	85	45	9	27	515	1,78	38	8,08	12,6	0,9	leggermente spingente
	85	45	9	27	700	2,13	35	8,08	12,6	0,7	moderatamente spingente
	85	45	9	27	840	2,38	34	8,08	12,6	0,6	moderatamente spingente

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

DBS, DPR in zone di faglia	85	20	9	27	100	0,35	41	1,65	6,5	2,4	non spingente
	85	20	9	27	200	0,54	36	1,65	6,5	1,2	leggermente spingente
	85	20	9	27	300	0,703	33	1,65	6,5	0,8	moderatamente spingente
	85	20	9	27	400	0,845	31	1,65	6,5	0,6	moderatamente spingente
	85	20	9	27	520	0,993	29	1,65	6,5	0,5	moderatamente spingente

CRH, BHE, SBN	100	40	10	26	100	0,71	51	14,4	14	5,4	non spingente
	100	40	10	26	300	1,26	43	14,4	14	1,8	leggermente spingente
	100	40	10	26	500	1,7	39	14,4	14	1,1	leggermente spingente
	100	40	10	26	700	2,08	36	14,4	14	0,8	moderatamente spingente
	100	40	10	26	800	2,26	35	14,4	14	0,7	moderatamente spingente

CRH, BHE, SBN in zone di faglia	100	20	10	26	200	0,58	38	4,11	8,12	1,6	leggermente spingente
	100	20	10	26	400	0,91	33	4,11	8,12	0,8	moderatamente spingente
	100	20	10	26	700	1,3	29	4,11	8,12	0,4	moderatamente spingente

9.3 Definizione delle tratte a comportamento tensio-deformativo omogeneo

Il tracciato della galleria in progetto è stato suddiviso in tratte a comportamento tensio-deformativo omogeneo del nucleo-fronte di scavo sulla base dei risultati delle analisi sopra descritte, del modello geotecnico scaturito dagli studi e dalle indagini effettuate, tenendo conto delle condizioni geotecniche e di copertura, delle dimensioni degli scavi, delle condizioni idrauliche al contorno, delle variabilità attese lungo il tracciato e delle possibili conseguenze per comportamenti imprevisi.

È possibile concludere quanto segue:

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

- Per la galleria Lagonegro, in ragione dell'elevato grado di fratturazione ed alterazione degli ammassi rocciosi, delle condizioni idrauliche associate ad elevate coperture è previsto prevalentemente un comportamento del nucleo-fronte di tipo stabile a breve termine ("B") e instabile (tipo "C"). Nei calcari e dolomie nelle tratte con basso grado di fratturazione ("zone non tettonizzate") il comportamento dell'ammasso si prevede per lo più stabile (comportamento "A") o stabile a breve termine (comportamento "B"). Alle basse coperture nelle unità geotecniche marnoso-argillose ABD e UAS è previsto un comportamento del nucleo-fronte di tipo instabile ("C").
- Per la galleria Trecchina, nelle Argilliti e Calcari BHE è previsto un comportamento del nucleo-fronte di tipo stabile a breve termine ("B") e instabile (tipo "C"). Nei calcari e dolomie (CRH e DPR), nelle tratte a basso grado di fratturazione ("zone non tettonizzate") a coperture inferiori a 300 m, il comportamento dell'ammasso si prevede per lo più stabile a breve termine ("B") e stabile ("A"), mentre in condizioni di elevata fratturazione ("zone tettonizzate"), nelle zone di faglia, nelle zone con coperture superiori a 300 m è previsto un comportamento di tipo stabile a breve termine ("B") e instabile (tipo "C"). Nella formazione del complesso indifferenziato di Nemoli (UAS), in ragione delle loro caratteristiche meccaniche e strutturali (§8.3) il comportamento è previsto instabile (tipo "C").
- Per la galleria Rosaneto negli ammassi rocciosi in condizioni di bassa fratturazione ("zone non tettonizzate") il comportamento dell'ammasso si prevede per lo più stabile (comportamento "A") o stabile a breve termine (comportamento "B") in funzione del grado di fratturazione, delle coperture e delle condizioni idrauliche. Il comportamento del nucleo-fronte di tipo stabile a breve termine ("B") e instabile (tipo "C") è più probabile solo nelle zone di faglia e nelle zone ad elevato grado di fratturazione ("zone tettonizzate").
- Per la galleria Tortora, negli ammassi rocciosi in condizioni di bassa fratturazione ("zone non tettonizzate") il comportamento dell'ammasso si prevede per lo più stabile (comportamento "A") o stabile a breve termine (comportamento "B"). Il comportamento del nucleo-fronte di tipo instabile (tipo "C") è più probabile solo nelle "zone tettonizzate" e nelle sabbie limose g3.

La previsione di comportamento lungo il tracciato è illustrata in forma sintetica nell'elaborato di progetto "Profilo geotecnico" (da Rif. [41] a Rif. [49]).

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RC2A	C1	R07RH	GN0000001	E	117 di 176

Rischi potenziali connessi allo scavo della galleria

Il quadro conoscitivo descritto nei precedenti paragrafi ha consentito di individuare i principali elementi di potenziale criticità per le opere in sotterraneo di progetto.

Nelle seguenti tabelle (Tabella 42, Tabella 43, Tabella 44 e Tabella 45) tali rischi sono riepilogati per tutte le unità geotecniche interessate dallo scavo.

Tabella 42 Rischi potenziali connessi allo scavo della galleria Lagonegro

Tratta (km)		Lunghezza (m)	Coperture (m)	Formazione	Rischi potenziali
da pk	a pk				
3+983	7+313	3330	8-240	ABD	Instabilità fronte scavo Rischio basso di venute d'acqua Rischio medio di clogging (litofacies coesivo) Rischio medio-basso di abrasività
11+653	12+668	1015	175-194	DBS	Instabilità fronte scavo Rischio medio di venute d'acqua
12+668	13+372	704.5	245-560	STSb	Instabilità fronte scavo Rischio basso di venute d'acqua Rischio medio-basso di abrasività
13+372	14+104	732	245-560	DBS	Instabilità fronte scavo Rischio medio di venute d'acqua
14+104	15+859	1775	245-560	FOP	Instabilità fronte scavo Rischio medio-basso di venute d'acqua
15+859	16+163	304	245-56	DBS	Instabilità fronte scavo Rischio medio di venute d'acqua
16+163	16+712	549	120-560	STSb	Instabilità fronte scavo Rischio basso di venute d'acqua Rischio medio-basso di abrasività
16+712	17+597	885	120-560	SLCb	Instabilità fronte scavo Rischio basso di venute d'acqua Rischio medio-basso di abrasività
17+597	18+552	955	120-380	FOP	Instabilità fronte scavo Rischio medio-basso di venute d'acqua
18+552	19+136	584	210-485	DBS	Instabilità fronte scavo Rischio medio di venute d'acqua
19+136	20+245	1109	130-485	STSb	Instabilità fronte scavo

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Tratta (km)		Lunghezza (m)	Coperture (m)	Formazione	Rischi potenziali
da pk	a pk				
					Rischio basso di venute d'acqua Rischio medio-basso di abrasività
20+220	20+958	738	130-485	SLCb	Instabilità fronte scavo Rischio basso di venute d'acqua Rischio medio-basso di abrasività
20+958	21+780	822	130-485	STsb	Instabilità fronte scavo Rischio basso di venute d'acqua Rischio medio-basso di abrasività
21+780	23+171	60	90-300	DBS	Instabilità fronte scavo Rischio medio di venute d'acqua
23+171	24+422	1201	90-300	FOP	Instabilità fronte scavo Rischio medio-basso di venute d'acqua
24+372	26+202	1780	40-180	DBS	Instabilità fronte scavo Rischio medio di venute d'acqua
26+089	26+227	138	8-40	UAS	Instabilità fronte scavo Rischio basso di venute d'acqua Rischio medio-basso di abrasività

E	 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
		RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Tabella 43 Rischi potenziali connessi allo scavo della galleria Trecchina

Tratta (km)		Lunghezza (m)	Coperture (m)	Formazione	Rischi potenziali
da pk	a pk				
28+700	28+730	30	7-55	UAS	Instabilità fronte scavo Rischio basso di venute d'acqua Rischio medio-basso di abrasività
28+730	32+391	3361	55-435	BHE	Instabilità fronte scavo Rischio basso di venute d'acqua
32+391	33+078	687	270-690	CRH	Instabilità fronte scavo Rischio medio-basso di venute d'acqua
33+078	34+372	1094	270-690	DPR	Instabilità fronte scavo Rischio medio-basso di venute d'acqua
34+372	34+406	239	270-690	CRH	Instabilità fronte scavo Rischio medio-basso di venute d'acqua
34+406	34+675	269	270-690	DPR	Instabilità fronte scavo Rischio medio-basso di venute d'acqua
34+675	35+052	377	270-690	CRH	Instabilità fronte scavo Rischio medio-basso di venute d'acqua
35+052	35+155	153	270-470	DPR	Instabilità fronte scavo Rischio medio-basso di venute d'acqua
35+155	35+939	784	270-470	CRH	Instabilità fronte scavo Rischio medio-basso di venute d'acqua
35+939	38+259	2370	9-470	DPR	Instabilità fronte scavo Rischio medio-basso di venute d'acqua

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Tabella 44 Rischi potenziali connessi allo scavo della galleria Rosaneto

Tratta (km)		Lunghezza (m)	Coperture (m)	Formazione	Rischi potenziali
da pk	a pk				
38+622	41+807	294	8-240	DPR	Instabilità fronte scavo Rischio medio-basso di venute d'acqua

Tabella 45 Rischi potenziali connessi allo scavo della galleria Tortora

Tratta (km)		Lunghezza (m)	Coperture (m)	Formazione	Rischi potenziali
da pk	a pk				
42+374	42+846	447	8-60	DPR	Instabilità fronte scavo Rischio medio-basso di venute d'acqua
42+846	43+089	218	55-48	BHE	Instabilità fronte scavo Rischio basso di venute d'acqua
43+064	43+368	304	83-30	CRH	Instabilità fronte scavo Rischio medio-basso di venute d'acqua
43+368	43+430	62	35-33	DPR	Instabilità fronte scavo Rischio medio-basso di venute d'acqua
43+430	43+658	228	33	g3	Instabilità fronte scavo Rischio medio-basso di venute d'acqua
43+658	43+957	300	33-7	DPR	Instabilità fronte scavo Rischio medio-basso di venute d'acqua

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RC2A	C1	R07RH	GN0000001	E	121 di 176

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 deformativo allo scavo (fase di diagnosi). Sono, quindi, descritte le caratteristiche principali delle sezioni di avanzamento, il loro campo di applicazione e la successione delle fasi esecutive.

10.1 Definizione del metodo di scavo

La scelta del metodo di scavo più appropriato per realizzare le opere in sotterraneo in progetto è derivata dall'analisi del tracciato plano-altimetrico, dell'inquadramento geologico-idrogeologico, della previsione della risposta deformativa allo scavo (determinazione della categoria di comportamento) e dalla configurazione delle gallerie.

In particolare, sono stati considerati i seguenti aspetti:

- superamento di zone potenzialmente critiche dal punto di vista geologico, geomorfologico ed idrogeologico (fasce tettonizzate, elevati carichi idraulici e/o venute di acqua, materiali di caratteristiche meccaniche scadenti, attraversamento di zone a bassa copertura);
- contenimento del fronte di scavo per evitare possibili instabilità del fronte stesso legate alle condizioni geotecniche delle unità attraversate;
- lunghezza e numero delle gallerie e necessità di ridurre al minimo i tempi di realizzazione delle opere, velocizzando le operazioni di scavo e posa del rivestimento.

Questi aspetti hanno portato all'adozione prevalente del metodo di scavo meccanizzato per le gallerie naturali di linea.

Lo scavo meccanizzato è stato escluso per la tratta di galleria Lagonegro ricadente nella formazione calcarea CRQ, in quanto meno adatto alla gestione del rischio di interferenza con cavità carsiche, come descritto nel paragrafo 0 *Chiarimento all'osservazione N.5 della Commissione Speciale*

In questo lotto i tratti in scavo tradizionale che possono interferire in fase di esercizio con i bacini idrici sono quelli che ricadono in ammasso a rischio carsico (calcarei CRQ) della galleria Lagonegro e dalla relativa finestra di scavo.

Come per lo scavo meccanizzato, allo scopo di evitare ogni possibile interferenza si prevede in questi tratti l'adozione di un sistema di impermeabilizzazione full-round unito alla posa in opera di water stop nelle riprese di getto.

Si chiarisce che, come per le gallerie, l'interferenza dei by-pass tra le gallerie a doppia canna con le risorse idriche non riguarda la fase esecutiva di scavo perché limitata nel tempo e nello spazio. La inter-distanza tra due by-pass di 500m attenua ulteriormente l'intensità dell'interazione con i bacini idrici.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Analogamente alle gallerie di linea, l'intasamento al contorno dei by-pass mediante iniezione di permeazione si rende necessario solo se il terreno o la roccia possono dar luogo a portate elevate in caso di elevata permeabilità. Come si evince dallo studio geologico e dalle prove eseguite nei fori di sondaggio, i terreni e le rocce attraversati presentano prevalentemente basse permeabilità (minori di 10^{-6} m/s)

Se localmente le permeabilità sono più alte, appare evidente che l'iniezione per mezzo di tubi a valvola è realizzabile ed efficace. In ogni caso in presenza di terreni permeabili, l'intervento principale per contrastare le pressioni e le venute d'acqua, durante lo scavo dei by-pass è, come per le gallerie, il drenaggio.

Se si dovessero affrontare situazioni di terreno poco permeabile e di scarse caratteristiche meccaniche (coesione bassa) per le quali il rinforzo con elementi strutturali in VTR non fosse sufficiente, sarà sempre possibile ricorrere (a scopo di consolidamento) al claquage mediante iniezioni selettive con tubi a valvole con miscele cementizie, oppure ricorrere a miscele chimiche più permeanti.

Integrazione all'osservazione N.5 della Commissione Speciale:

Per la fase di esercizio, i rivestimenti definitivi delle gallerie eseguite con metodo tradizionale (compresi quelli dei by-pass tra le gallerie a doppia canna) ricadenti nei tratti di possibile interferenza con i bacini idrici verranno impermeabilizzati con membrana full round e con water stop nei giunti.

Valutazione dei rischi e relative azioni di mitigazione. Inoltre, lo scavo di tipo tradizionale è stato applicato alle situazioni in cui la tecnologia di scavo meccanizzato non risulta conveniente e/o applicabile sia per la geometria della sezione, sia per la lunghezza della galleria.

In definitiva le opere per le quali sarà impiegato il metodo di scavo tradizionale sono:

- il tratto di circa 4,2 km della Galleria Lagonegro GN01 nei Calcari CRQ,
- la finestra costruttiva per affrontare il tratto di cui al punto precedente, della lunghezza di circa 1 km,
- la galleria carrabile di accesso al posto di evacuazione e soccorso (PES) e il PES stesso della galleria Lagonegro con relativi allarghi per le manovre, nicchie e collegamenti alle gallerie di linea,
- i cameroni di diramazione da cui partono le interconnessioni per Praia,
- i collegamenti trasversali di esodo (by-pass),
- le nicchie tecnologiche.

Nei paragrafi seguenti sono affrontate nel dettaglio le modalità realizzative previste.

10.2 Metodo di scavo meccanizzato

Si analizzano le diverse tipologie di Tunnel Boring Machine (TBM) a pressione del fronte, individuando quella ritenuta più valida in base alle risultanze della fase conoscitiva e della fase di diagnosi di questo livello di progettazione.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Scelta della macchina

Come emerso dalla fase conoscitiva e dalla fase di diagnosi, le gallerie naturali attraversano sia formazioni rocciose e terreni consistenti con una previsione di comportamento prevalente stabile/stabile a breve termine (tipo A/B) sia terreni, ammassi rocciosi intensamente fratturati e zone in faglia con una previsione di comportamento allo scavo instabile (tipo C).

In particolare, il contesto geotecnico in cui saranno realizzate le opere va da terreni a rocce intensamente fratturate, a rocce dure e compatte e risulta, pertanto, molto eterogeneo. Ciò comporta la necessità di prevedere un metodo di scavo flessibile per quanto possibile, tale da poter adattare il metodo di scavo alle diverse condizioni che si presentano. Per affrontare le tratte in terreni o nelle fasce tettonizzate degli ammassi rocciosi è necessario, infatti, l'impiego di macchine scudate che possano esercitare una pressione di supporto del fronte, in modo da garantire stabilità del fronte e continuità di avanzamento; d'altro canto l'attraversamento delle tratte con formazioni rocciose di buone caratteristiche meccaniche è più vantaggioso con macchine che possano scavare in modalità aperta con estrazione del materiale attraverso nastro trasportatore.

La tipologia di macchina individuata è la TBM di tipo Dual Mode, anche detta "convertibile", che può passare da una configurazione idonea a esercitare, quando necessario, una pressione di supporto del fronte con tecnologia di tipo EPB, ad una configurazione di scavo in roccia con nastro trasportatore ed idonee pale di carico del marino, prevedendo un'adeguata configurazione della testa di scavo e degli utensili di scavo (Figura 76 e Figura 77). Tale scelta è dettata dalla opportunità di rendere più efficace l'avanzamento nelle tratte in cui sono presenti ammassi rocciosi con buone caratteristiche meccaniche.



Figura 76 TBM "convertibile" in configurazione EPB

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E



Figura 77 TBM “convertibile” in configurazione da roccia

Le TBM dovranno essere progettate per lo specifico contesto attraversato: la complessità delle condizioni geologiche e geotecniche rende necessaria una accurata valutazione dei rischi che possono presentarsi in fase di scavo e la predisposizione di adeguate contromisure, che possono coinvolgere la configurazione della macchina, prevedere l'impiego di tecnologie specifiche e l'implementazione di sistemi di controllo e monitoraggio, anche con l'utilizzo di una piattaforma integrata di monitoraggio, elaborazione e trasmissione dati con segnalazione del superamento soglie dei parametri significativi in tempo reale.

Inoltre, l'impossibilità di realizzare indagini geognostiche nelle tratte ad alte coperture rende necessaria l'adozione di sistemi di indagini in avanzamento di tipo diretto ed indiretto, mirate soprattutto a individuare in anticipo l'attraversamento delle zone di faglia e le condizioni idrauliche. A tale scopo le TBM dovranno prevedere un potenziamento dei sistemi di perforazione, per sondaggi e trattamenti in avanzamento, ad es. con: installazione di più perforatrici all'interno dello scudo per l'esecuzione di fori in avanzamento attraverso il mantello stesso predisposto allo scopo con aperture, aumento delle posizioni di perforazioni su tutta la circonferenza, con possibilità di registrare i parametri di perforazione. Le perforazioni saranno eseguite sia allo scopo di sondaggi a distruzione di nucleo o a carotaggio continuo, sia allo scopo di installare tubi di drenaggio e/o l'esecuzione di iniezioni di consolidamento e impermeabilizzazione. Per le indagini di tipo indiretto, le TBM dovranno essere attrezzate di sistemi geofisici (di natura geoelettrica e/o sismica, a seconda dei casi) per il monitoraggio sistematico in avanzamento. Gli esiti di tali rilievi dovranno essere restituiti in automatico nella piattaforma integrata del monitoraggio, elaborati ed interpretati in maniera sistematica dal Progettista.

Infine, una particolare attenzione dovrà essere posta nella fase realizzativa per garantire continuità di avanzamento con velocità il più possibile elevata. Tale obiettivo sarà raggiunto, ad esempio, con: utilizzo di tipologie di cutters che riducano i fermi ed i tempi di manutenzione, apprestamenti per consentire l'estensione dei servizi e la manutenzione più veloce della macchina, impianto di iniezione della malta efficiente che eviti blocchi durante la fase di iniezione, migliorie e potenziamento del sistema di drenaggio dell'acqua in galleria, potenziamento dei sistemi di perforazione, ottimizzazione dei cicli di scavo e montaggio anelli, gestione dello smarino e pianificazione della cantierizzazione che non comporti fermi allo scavo.

Il dettaglio della modalità di avanzamento dello scavo meccanizzato lungo il tracciato della galleria (configurazione da roccia o EPB in modalità chiusa o aperta) sarà sviluppato nella successiva fase progettuale.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

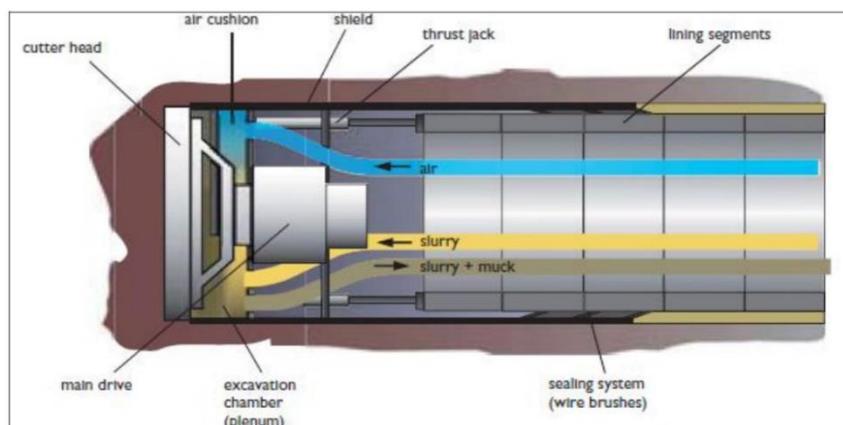


Figura 79 Schema di funzionamento di una TBM di tipo Hydroshield

Attraverso l'applicazione della pressione al fronte entrambe le tipologie di macchina (EPB e Slurry/Hydroshield) consentono il superamento di condizioni complesse dal punto di vista geologico e geotecnico permettendo, nel caso in esame, di:

- fronteggiare comportamenti allo scavo di tipo B e C e quindi abbattere il rischio più temuto di instabilità del fronte e del cavo;
- assicurare il massimo controllo delle deformazioni del terreno e quindi limitare i cedimenti in superficie nelle tratte a bassa copertura;
- limitare le variazioni di pressione interstiziali nei terreni e i conseguenti moti di filtrazione con possibile trascinarsi della frazione fina nei terreni più permeabili.

In genere, le macchine di tipo EPB sono adatte per realizzare gallerie in materiali di bassa permeabilità e con un contenuto di particelle fini (diametro < 0.075 mm) minimo pari al 15-20%, con pressioni di supporto del fronte generalmente inferiori a 5 bar. Comunque, mediante un opportuno condizionamento, fronti di galleria con terreni con minore percentuale di fino possono essere ugualmente affrontati (Figura 80). Le macchine EPB richiedono acqua e/o agenti condizionanti per dotare il materiale scavato di una consistenza adeguata al fine di poter trasmettere in maniera efficace la pressione necessaria al fronte di scavo. In una situazione in cui la pressione necessaria al fronte è alta - molto alta (oltre i 5 bar), diventa più difficile mantenere il controllo della pressione, specialmente la distribuzione di questa lungo il fronte di scavo (tramite un valore di densità apparente costante del materiale nella camera di scavo); inoltre, la dissipazione di una pressione elevata attraverso la coclea potrebbe essere complicata, richiedendo una coclea molto lunga o una doppia coclea con pompa a pistoni. Inoltre, l'adozione di una macchina tipo EPB può adattarsi con più facilità a cambi litologici e/o di maggiore fratturazione, nel caso di scavo in rocce tenere.

Le macchine Slurry/Hydroshield sono normalmente utilizzate in materiali granulari e privi di coesione (sabbie e ghiaie) attraverso i quali il fango bentonitico può circolare facilmente e formare il cake al fronte, necessario per mantenere la pressione di supporto necessaria. Il campo ideale di lavoro è costituito da formazioni geologiche sostanzialmente carenti di frazioni argillose. La loro presenza, infatti, costituisce un notevole svantaggio per la difficoltà della loro separazione dal fango bentonitico, che in questo caso richiede soluzioni impiantistiche complicate e maggiori tempi per il trattamento. D'altro canto, mediante la pressione esercitata al fronte dal

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

fango bentonitico, queste macchine sono in grado di affrontare pressioni idrostatiche anche alte-molto alte (> 5 bar).

E' da considerare che improvvise venute d'acqua che potrebbero verificarsi nella transizione con materiali a differente permeabilità sotto falda, possono alterare le caratteristiche del fango bentonitico nella camera di scavo, producendo modifiche non controllate della pressione applicata al fronte. Pertanto, nelle zone di contatto e/o transizioni tra diverse litologie, sono necessari frequenti controlli e adattamenti alle caratteristiche dello slurry.

I materiali coesivi sono intrinsecamente difficili da trattare negli impianti di trattamento dei fanghi e costituiscono uno svantaggio per lo scavo meccanizzato mediante Hydroshield.

La TBM Slurry non si presta con agilità, diversamente dalla EPB, ai cambi da modalità chiusa (con pressione di supporto del fronte) a modalità aperta (senza contropressione del fronte) e viceversa, per l'attraversamento di condizioni geotecniche caratterizzate da comportamento di tipo stabile/stabile a breve termine (A/B).

Il controllo del peso del materiale scavato è più complicato nel caso dell'impiego di una TBM di tipo Slurry si in cui la misura si basa sulla differenza di densità del fango in uscita rispetto a quello di entrata piuttosto che di una TBM di tipo EPB dotata di bilance di misurazione sul nastro trasportatore all'uscita della coclea. Un'informazione immediata circa il peso del materiale scavato consente di individuare tempestivamente sovrascavi e/o collassi in corso e di modificare conseguentemente i parametri di scavo fornendo un maggior controllo dei cedimenti nelle tratte a bassa copertura.

Per entrambe le tipologie di macchina, la presenza di materiale coesivo adesivo (sticky clay) può causare anche problemi di intasamento (clogging) della testa fresante e nel sistema di trasporto del materiale scavato a meno che non si utilizzino appropriati agenti condizionanti per ridurre il potenziale di clogging.

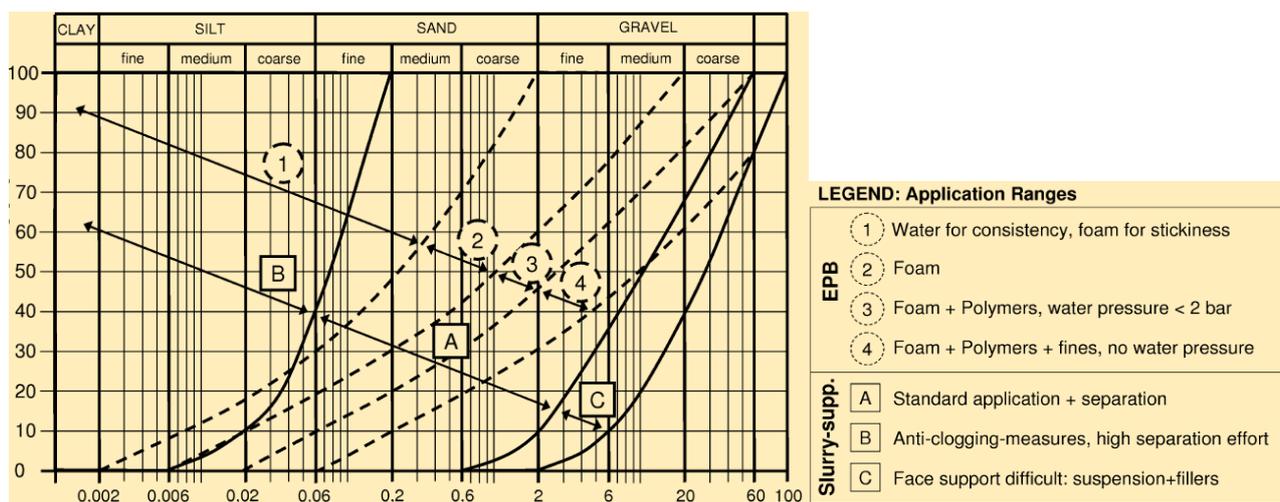


Figura 80 Campi di applicazione di EPB e Slurry e condizionamento

Il modello geologico e geotecnico di riferimento delle gallerie, definito sulla base dei dati ad oggi disponibili, riporta molti tratti da scavare in formazioni rocciose. Per tale ragione è stato previsto l'utilizzo di TBM di tipo Dual-Mode.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Campi di applicazione in termini granulometrici

In Figura 81 si riportano i generali campi di applicazione delle due tipologie di macchina in funzione delle curve granulometriche. Come si evince dalle indagini (cfr. fase conoscitiva), la maggior parte delle formazioni incontrate dalle gallerie presentano una percentuale della componente fine che ricade nel campo di applicazione ideale della tecnologia EPB.

La TBM Slurry avanzerebbe con difficoltà nelle tratte in argilla, molto frequenti per tutte le gallerie, per problemi di clogging che richiederebbero l'uso intenso di additivi e di un maggior onere per gli impianti di separazione dei fanghi in termini di ingombri e di complessità dei trattamenti dei terreni.

Pertanto, in termini granulometrici, il caso in esame ricade nel normale campo di applicazione di una TBM di tipo EPB.

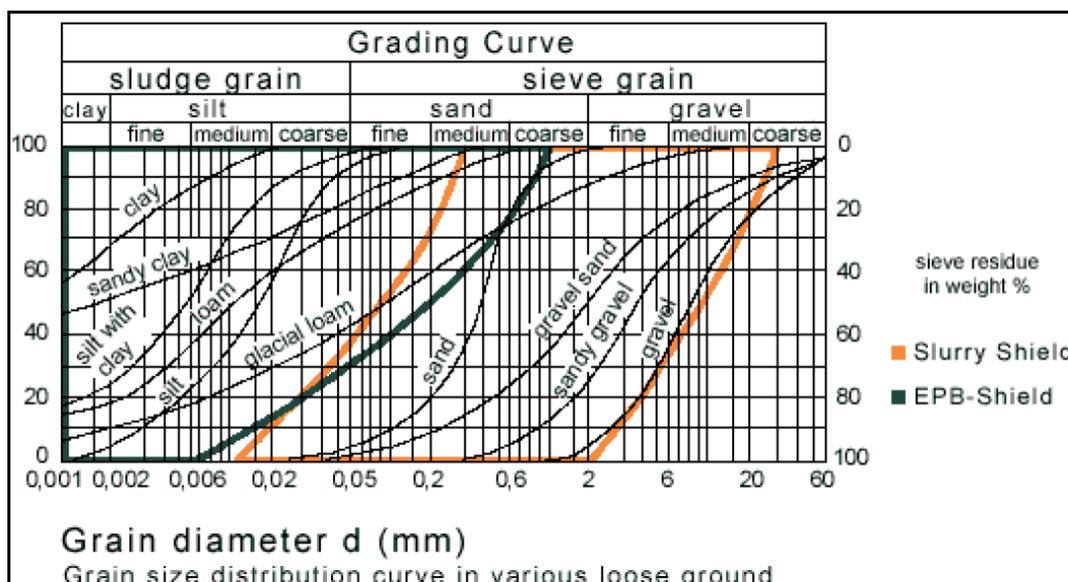


Figura 81 Campo di applicabilità TBM Slurry vs EPB, in termini di granulometria

Cenni sul condizionamento per lo scavo con EPBs

L'avanzamento con TBM in modalità EPB avviene con la camera di scavo costantemente e completamente piena del materiale estratto.

Il "condizionamento" dei terreni in camera di scavo riveste un ruolo di primaria importanza. L'utilizzo di additivi è uno dei fattori fondamentali che consente il buon funzionamento della macchina TBM-EPB, per contro il loro impiego deve essere valutato attentamente in termini ambientali affinché il riutilizzo successivo delle terre scavate condizionate sia possibile senza creare impatti negativi sull'ambiente e sulla salute dell'uomo. Il condizionamento deve quindi soddisfare entrambi i requisiti: deve essere ampiamente sufficiente a consentire il processo di scavo ma non tale da creare difficoltà nel riutilizzo delle terre nel rispetto dell'ambiente e dell'uomo.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

In letteratura esistono indicazioni generali circa il range granulometrico di applicabilità di uno scavo con tecnologia EPB e la tipologia di condizionamento dipende da numerosi fattori, tra cui principalmente: le caratteristiche granulometriche e litologiche del terreno da scavare, le relative caratteristiche di permeabilità, i valori di pressione idrostatica, nonché, in generale i valori di pressione di supporto del fronte. Si riporta in Figura 82 un esempio tratto dalle raccomandazioni dell'associazione tedesca delle gallerie "DAUB" (Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e. V.), German Tunnelling Committee, facente parte dell'International Tunnelling and Underground Space Association (ITA-AITES): "Recommendations for Face Support Pressure Calculations for Shield Tunnelling in Soft Ground" (2016).

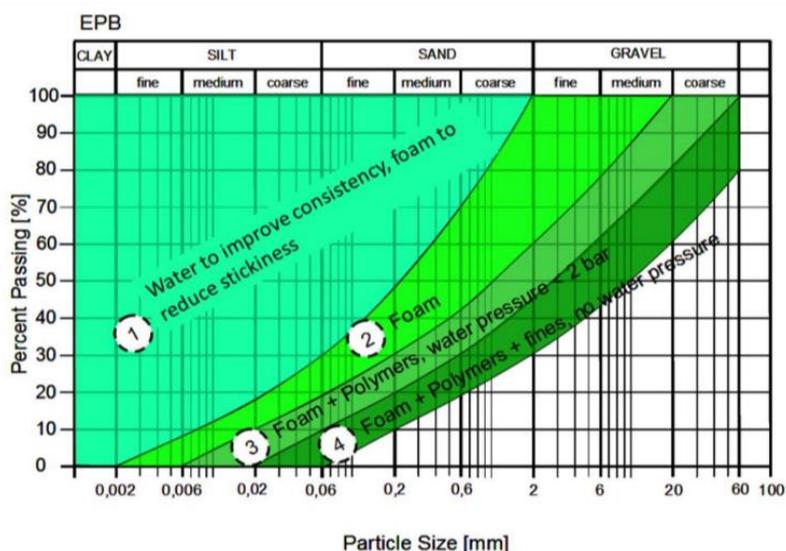


Figura 82 Campo di applicazione di una TBM di tipo EPB ed indicazioni generali circa il condizionamento (Thewes 2007)

Con l'obiettivo di una corretta gestione dei rischi geologici, idrogeologici e geotecnici di progetto, in fase esecutiva dovrà essere condotto uno studio di condizionamento con prove di laboratorio, su campioni prelevati in situ, per determinare la tipologia di additivi e le relative quantità, comunque in coerenza con gli obiettivi ed i contenuti del Piano di Utilizzo delle Terre.

Nel caso in esame, si riporta a seguire la tabella riassuntiva delle unità geotecniche interessate dallo scavo e quelle riassuntive delle informazioni disponibili riguardo alla relativa composizione granulometrica.

Sulla base della letteratura scientifica sul tema (Thewes 2007), è stata effettuata una valutazione preliminare circa l'applicabilità dello scavo di questi terreni con TBM di tipo EPB e circa le generali modalità di condizionamento. La tabella a seguire indica le lunghezze delle unità geotecniche attraversate dalle gallerie da scavare in meccanizzato.

Lotto 1c		
Galleria	Formazione	Lunghezza

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

-	-	m
GN01	ABD	3476
	DBS	5689
	CRQ	167
	FOP	3627
	STSb	3182
	SLCb	1763
	UAS	213
GN02	UAS	20
	BHE	3671
	CRH	2031
	DPR	3811
GN03	DPR	2923
GN04	DPR	833
	BHE	219
	CRH	304
	g3	228

Figura 83 Lunghezze delle unità geotecniche interessate dallo scavo meccanizzato

Si riportano a seguire i grafici di compatibilità della maggior parte delle formazioni attraversate con TBM di tipo EPB con indicazioni circa la tipologia di condizionamento.

I grafici di Figura 84 mostrano come questi terreni ricadano nel campo di applicabilità di una TBM di tipo EPB con condizionamento ipotizzabile con l'aggiunta di acqua libera per ridurne la consistenza e l'impiego di schiume/polimeri anticlogging (caso 1) o con sola schiuma (caso 2).

Al caso 1 sono riconducibili le formazioni ABD, STSb, UAS_p e BHE e per esse, sulla base della disponibilità dei dati, è stato approfondito il potenziale rischio clogging.

A cavallo tra il caso 2 ed il caso 3 sono riconducibili le zone cataclamate delle formazioni DBS/FOP/DPR.

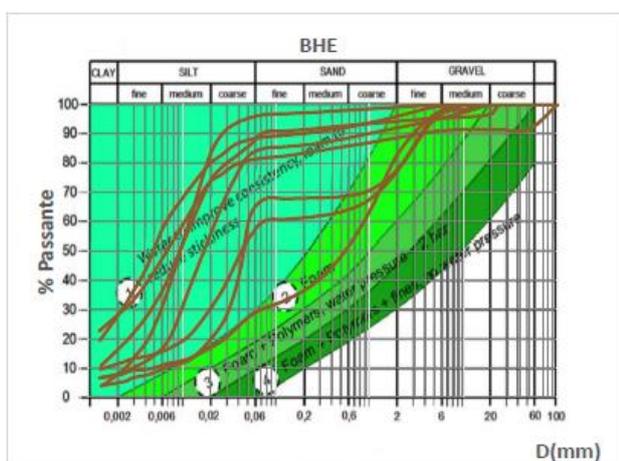
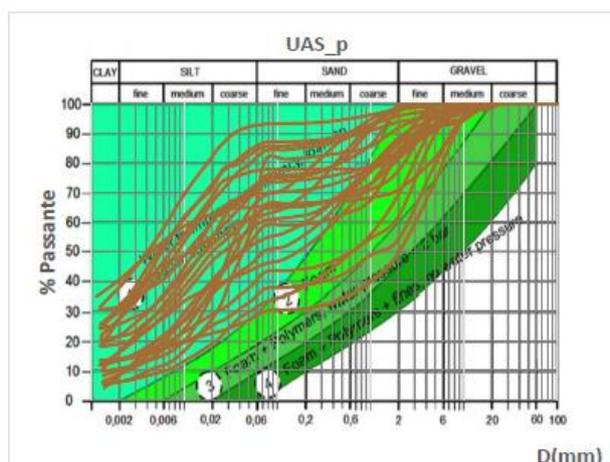
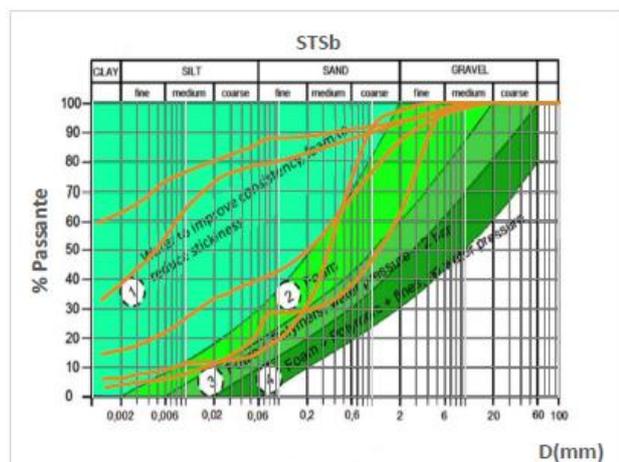
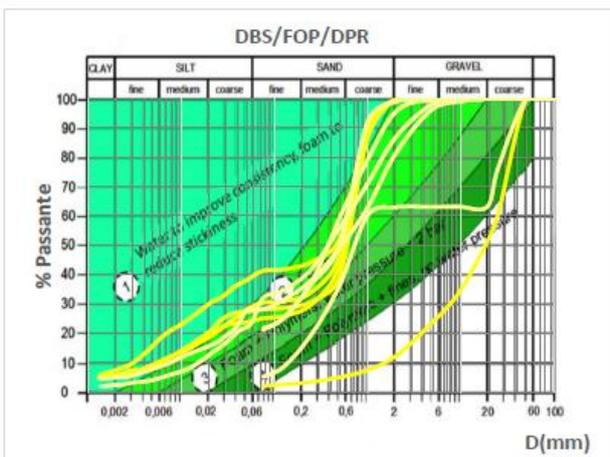
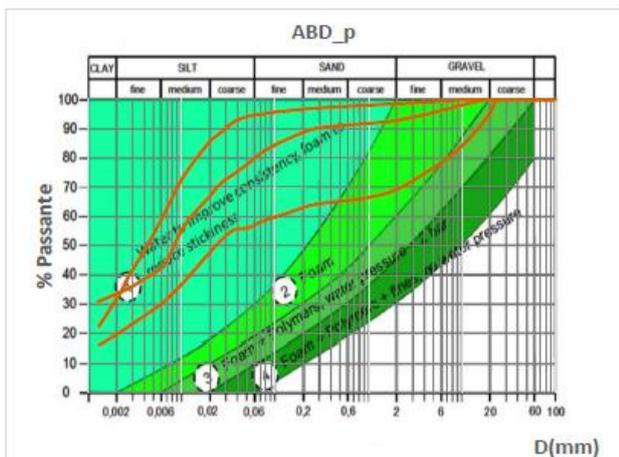


Figura 84 - Compatibilità dei terreni attraversati con TBM di tipo EPB ed indicazioni circa il condizionamento, (Thewes, 2007)

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Chiarimenti all'osservazione N.8 della Commissione Speciale:

Sono già state eseguite prove di condizionamento e di tipo tossicologico con agenti contenenti polimeri su terreni simili.

Gli studi specifici di condizionamento sviluppati da CNR/Polito hanno coinvolto numerose formazioni, afferenti a:

- i lotti Hirpinia - Orsara e Orsara-Bovino della linea ferroviaria Napoli Bari,
- i lotti 1-2, 3 e 4a-4b della linea ferroviaria Palermo Catania
- la linea Avigliana Orbassano della linea ferroviaria Torino-Lione

Per le caratteristiche granulometriche dei litotipi testati e per la valutazione del rischio clogging, si rimanda all'”Annesso tecnico per la gestione dei materiali provenienti dallo scavo meccanizzato con additivi: indirizzi metodologici e valutazioni programmatiche sugli studi sperimentali e sul protocollo operativo di corso d'opera” allegato al PUT.

Il CNR ha anche condotto uno studio specifico dei terreni attraversati dal Passante ferroviario di Firenze.

Così come i terreni relativi ai lotti 1B ed 1C, anche quelli testati negli studi sopra menzionati, ricadono nel campo di applicabilità di una TBM di tipo EPB con condizionamento ipotizzabile con l'aggiunta di acqua libera per ridurne la consistenza e l'impiego di schiume/polimeri anticlogging (caso 1) o con sola schiuma (caso 2) o con l'impiego di schiume e polimeri addensanti (caso 3).

A mero titolo di esempio, facendo riferimento ai casi di studio riportati nell'Annesso tecnico allegato al PUT ed a quello del Passante Ferroviario di Firenze, si riportano alcuni litotipi condizionati con idonei prodotti e dosaggi, risultati, tra l'altro, compatibili anche dal punto di vista ambientale:

1. il membro pelitico argilloso della formazione di Terravecchia TRV - lotto 4a della linea Palermo Catania - così descritto “*Argille limose e argille marnose di colore grigio, grigio-azzurro e grigio-verdastro, marrone per alterazione, a struttura scagliosa o sottilmente stratificata, talora con laminate e con strati irregolari e lentiformi, con frequenti livelli millimetrici di sabbie e sabbie limose grigie e giallastre; a luoghi si rinvengono passaggi di marne, marne argillose e argilliti di colore grigio e grigio-verdastro, a struttura scagliosa o sottilmente stratificata.*”

Si riporta a seguire il fuso granulometrico caratteristico con una stima circa il rischio di adesione delle particelle di argille utilizzando il criterio proposto da Thewes (2005) ed una tabella tratta dallo studio di condizionamento condotto dal Polito che riporta i prodotti ed i dosaggi ottimali dei terreni per i quali, incrementati del 30%, è stata verificata la compatibilità ambientale da parte del CNR.

Progetto: PA-CA_Lotto 4a

Formazione: TRV Formazione di Terravecchia membro pelitico argilloso

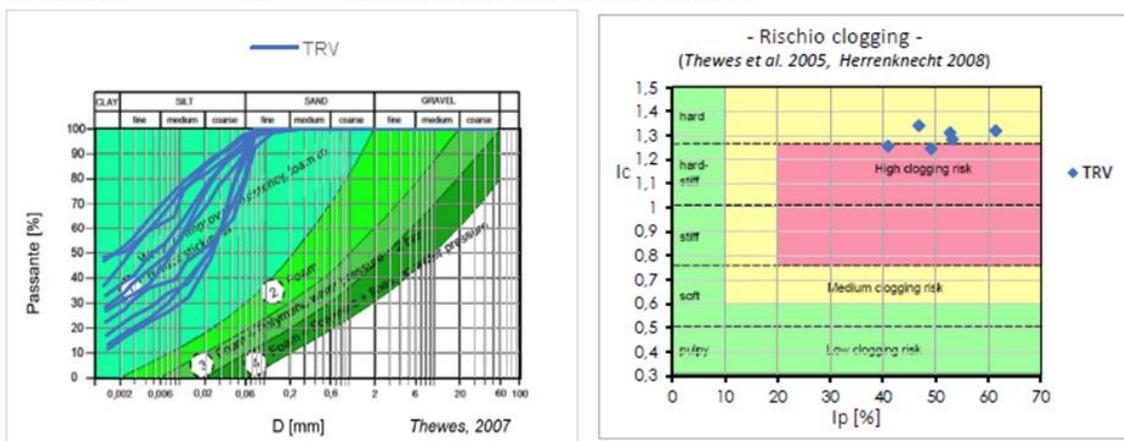


Tabella 3 – Tabella riassuntiva dei condizionamenti scelti dal Committente, a cui va aggiunto l’incremento del 30% del FIR (%), per le prove ecotossicologiche del CNR per la formazione TRV (ex TRV3)

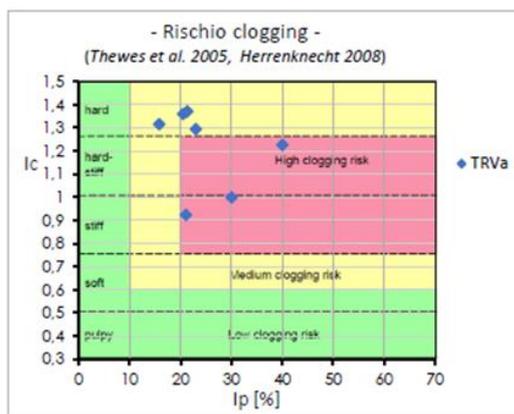
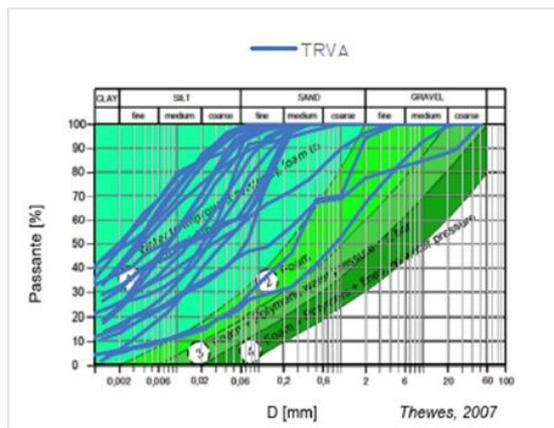
Parametri di condizionamento	Lamberti (Foamex SNG-AC)	Condat (CLB F5/AC)	Mapei (Polyfoamer ECO100/Plus e Stabilfoam 300)	Basf (MasterRoc SLF32)
ID TEST	5	4	3	1
massa campione (g)	6000	6000	6000	6000
w _p (%)	36	36	36	36
w _{tot} (%)	61	58	59	60
FER (-)	6	10	8	8
FIR (%)	80	70	70	70
c _f (%)	1.20	2.00	1.40	1.30
PIR (%)	-	-	25	-
c _p (%)	-	-	0.15	-
TR _{polimero} (l/m ³)	-	-	0.38	-
TR _{schiuma} (l/m ³)	1.60	1.40	1.23	1.14

2. il membro sabbioso-conglomeratico della formazione di Terravecchia TRV - lotto 3 della linea ferroviaria Palermo Catania - così descritto “*Arenarie e conglomerati a clasti poligenici ad elementi eterometrici carbonatici, silicei, cristallini, graniti e porfiriti dacitico-andesitiche, da sub-arrotondati ad arrotondati, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio, rosso e giallastro, generalmente abbondante, da poco a ben cementata; a luoghi sono presenti intercalazioni di arenarie giallastre e livelli di sabbie grossolane grigie e rossastre, in strati da sottili a spessi.*”

Si riporta a seguire il fuso granulometrico caratteristico con una stima circa il rischio di adesione delle particelle di argille utilizzando il criterio proposto da Thewes (2005) ed una tabella tratta dallo studio di condizionamento condotto dal Polito che riporta i prodotti ed i dosaggi ottimali dei terreni per i quali, incrementati del 30%, è stata verificata la compatibilità ambientale da parte del CNR.

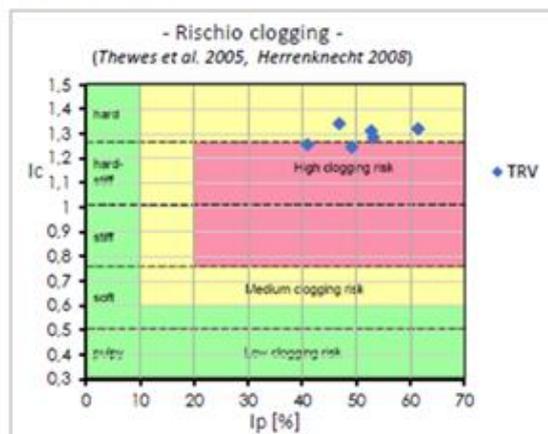
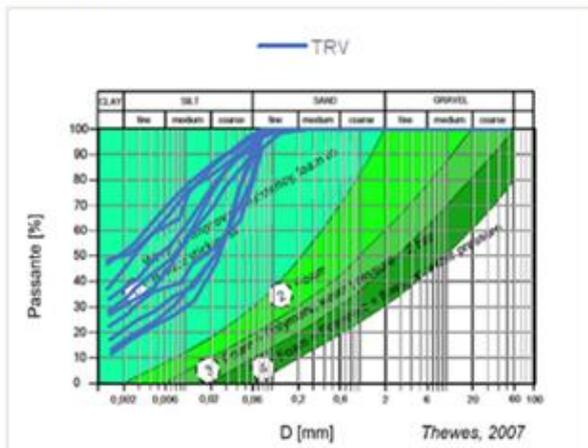
Progetto: PA-CA_Lotto 3

Formazione: TRVa Formazione di Terravecchia



Progetto: PA-CA_Lotto 4a

Formazione: TRV Formazione di Terravecchia membro pelitico argilloso



E



LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA
 NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
 LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA
 LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA
 PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2A	C1	R07RH	GN0000001	E	135 di 176

Tabella 3 – Tabella riassuntiva dei condizionamenti scelti dal Committente, a cui va aggiunto l'incremento del 30% del FIR (%), per le prove ecotossicologiche del CNR per la formazione TRVa

Parametri di condizionamento	Lamberti (Foamex SNG-AC e Lamsperse L/72)	Condat (CLB F5/AC)	Mapei (Polyfoamer ECO100/Plus e Stabilfoam 300)	Basf (MasterRoc SLF32)
ID TEST	5	5	5	2
massa campione (g)	6000	6000	6000	6000
w_p (%)	31	31	31	31
w_{tot} (%)	40	40	37	40
FER (-)	8	8	8	6
FIR (%)	70	40	40	40
c_f (%)	1.70	2.00	1.50	1.10
PIR (%)	2	-	3	-
c_p (%)	2.50	-	0.75	-
TR_{polimero} (l/m³)	0.46	-	0.27	-
TR_{schiuma} (l/m³)	1.49	1.00	0.75	0.73

3. il membro sabbioso-conglomeratico della formazione di Terravecchia TRV - lotto 4a della linea ferroviaria Palermo Catania - così descritto “Arenarie e conglomerati a clasti poligenici ad elementi eterometrici carbonatici, silicei, cristallini, graniti e porfiriti dacitico-andesitiche, da sub-arrotondati ad arrotondati, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio, rosso e giallastro, generalmente abbondante, da poco a ben cementata; a luoghi sono presenti intercalazioni di arenarie giallastre e livelli di sabbie grossolane grigie e rossastre, in strati da sottili a spessi.”

Si riporta a seguire il fuso granulometrico caratteristico con una stima circa il rischio di adesione delle particelle di argille utilizzando il criterio proposto da Thewes (2005) ed una tabella tratta dallo studio di condizionamento condotto dal Polito che riporta i prodotti ed i dosaggi ottimali dei terreni per i quali, incrementati del 30%, è stata verificata la compatibilità ambientale da parte del CNR.

Progetto: PA-CA_Lotto 3

Formazione: TRVa Formazione di Terravecchia

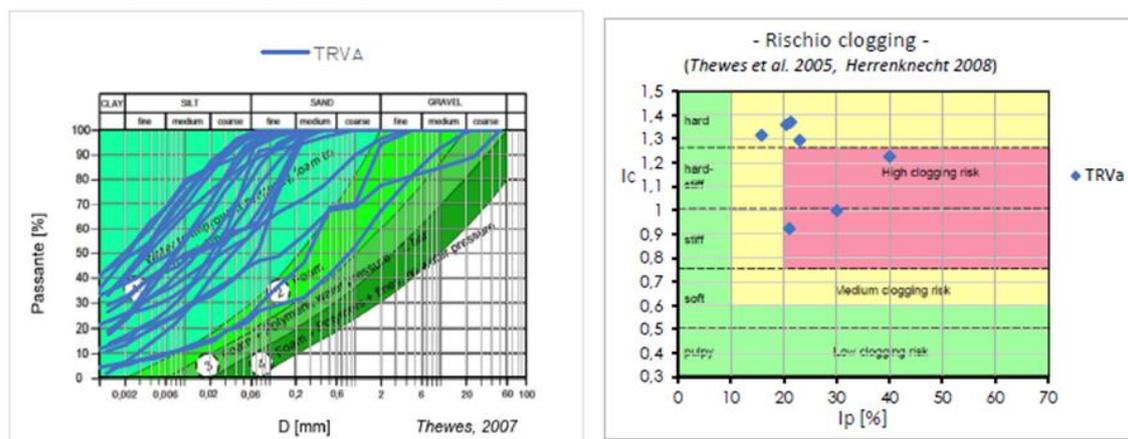


Tabella 3 – Tabella riassuntiva dei condizionamenti scelti dal Committente, a cui va aggiunto l’incremento del 30% del FIR (%), per le prove ecotossicologiche del CNR per la formazione TRVa

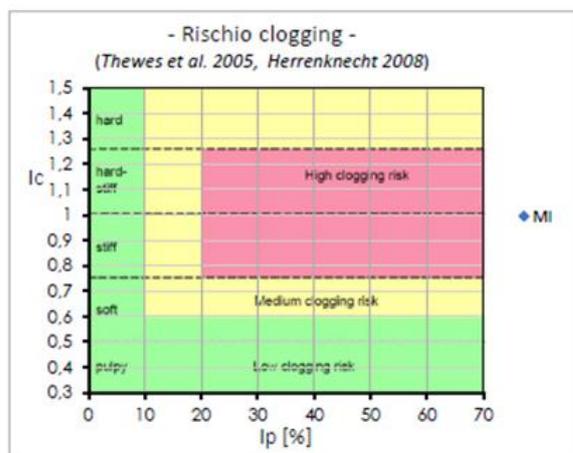
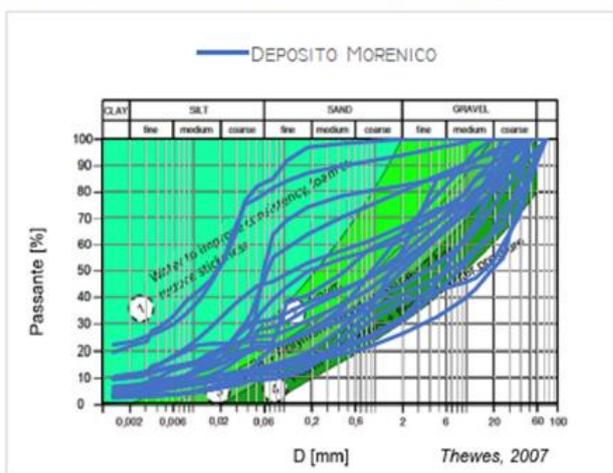
Parametri di condizionamento	Lamberti (Foamex SNG-AC e Lamspere L/72)	Condat (CLB F5/AC)	Mapei (Polyfoamer ECO100/Plus e Stabilfoam 300)	Basf (MasterRoc SLF32)
ID TEST	5	5	5	2
massa campione (g)	6000	6000	6000	6000
w _p (%)	31	31	31	31
w _{tot} (%)	40	40	37	40
FER (-)	8	8	8	6
FIR (%)	70	40	40	40
c _f (%)	1.70	2.00	1.50	1.10
PIR (%)	2	-	3	-
c _p (%)	2.50	-	0.75	-
TR _{polimero} (l/m ³)	0.46	-	0.27	-
TR _{schiuma} (l/m ³)	1.49	1.00	0.75	0.73

4. depositi morenici – Tratta Avigliana – Orbassano della linea ferroviaria Torino-Lione.

Si riporta a seguire il fuso granulometrico caratteristico con una stima circa il rischio di adesione delle particelle di argille utilizzando il criterio proposto da Thewes (2005) ed una tabella tratta dallo studio di condizionamento condotto dal Polito che riporta i prodotti ed i dosaggi dei terreni per i quali è stata verificata la compatibilità ambientale da parte del CNR.

Progetto: Linea Torino - Lione, tratta Avigliana Orbassano

Formazione: MI Deposito Morenico



I valori ricadono al di fuori dell'area del grafico e non risultano visualizzati



**POLITECNICO
DI TORINO**

Tabella 2 - Condizionamenti da seguire per il confezionamento dei microcosmi forniti dalla committenza.

PRODOTTI E DOSAGGI PER IL CONFEZIONAMENTO DEI CAMPIONI DA CONSEGNARE AL CNR - TORINO LIONE - Tratta Avigliana-Orbassano				
LITOTIPO 1 - Morene				
CASE PRODUTTRICI	MAPEI - campione 1 -	MAPEI - campione 2 -	TNL18 - campione 3 -	TNL18 - campione 4 -
	POLYFOAMER ECO 100	POLYFOAMER ECO 100	ACTISOYL 20W	ACTISOYL 20W
w naturale [% in peso]	1		1	
w aggiunta [% in peso]	12		12	
C _f [%]	2,2		1,6	
FIR [%]	45	45	60	60
FER [x:1]	16	8	17	8
Treatment Ratio [l/m³]	0,6	1,2	0,6	1,2

5. Ghiaie in matrice limoso-sabbioso-argillosa, qualificate come “Terreno 2” del Passante ferroviario di Firenze.

Si riporta a seguire il fuso granulometrico caratteristico:

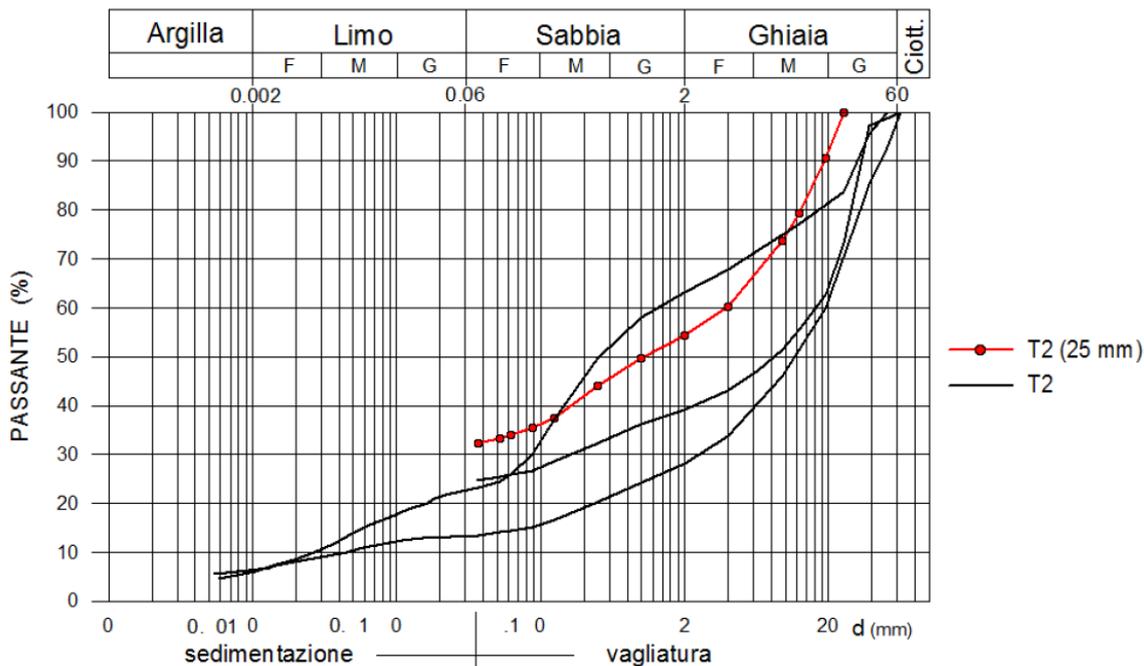


Figura 2.3 Curve granulometriche del terreno 2 in condizioni naturali e dopo vagliatura a 25 mm

ed i prodotti ed i dosaggi per i quali è stata verificata la compatibilità ambientale dei terreni condizionati:

Tabella 2.1 Parametri di condizionamento utilizzati

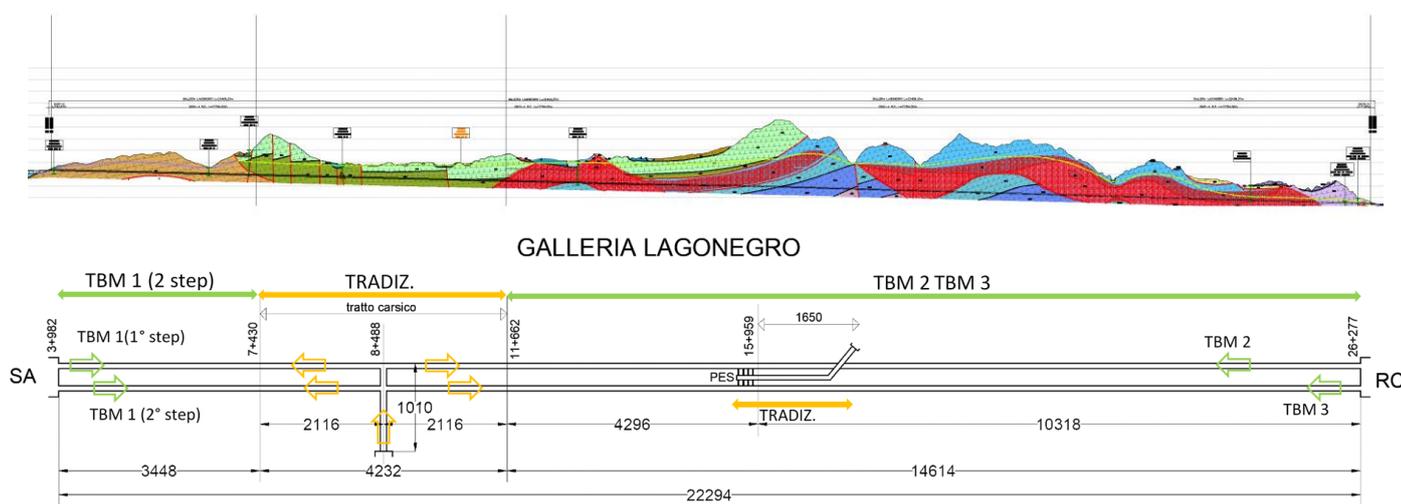
Produttore	Nome prodotto	Concentrazione	FER	FIR	TR	Terreno
		(%)	(xx:1)	(%)	(l/m ³)	
MAPEI	Polyfoamer ECO/100	3.0	12	70	1.75	2
	Mapedrill XG01	2.0	-	-	1.17	2

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Numero di macchine previste

Considerati gli sviluppi delle gallerie e le condizioni geotecniche ed idrauliche delle unità attraversate, si ritiene opportuno, al fine di ottimizzare costi e tempi di realizzazione, utilizzare 6 macchine, come dettagliato di seguito:

- Tre TBM, tipo Dual Mode, scaveranno la galleria Lagonegro, che costituisce la galleria di maggiore lunghezza. Una macchina partirà dall'imbocco lato Salerno e, dopo aver scavato la prima canna per circa 4,2 km, sarà smontata e rimontata per eseguire lo scavo della seconda canna nel tratto analogo per l'altro binario. Due macchine partiranno dall'imbocco lato Reggio Calabria e scaveranno circa 14,6 km a testa fino al limite del tratto in tradizionale.



- Due TBM, tipo Dual Mode, scaveranno la galleria Trecchina, partendo dall'imbocco lato Reggio Calabria.
- Una TBM, tipo Dual Mode, scaverà le gallerie Tortora e Rosaneto, partendo dall'imbocco lato Reggio Calabria della galleria Tortora. Si realizzerà prima una canna e dopo aver smontato e rimontato la TBM all'imbocco lato RC si realizzerà la seconda.

Le partenze e gli arrivi delle TBM sono previste per un tratto sotto dima, in cui si monterà anche l'anello di rivestimento. Il montaggio, lo smontaggio/traslazione avverranno nelle trincee di sbancamento d'imbocco. Successivamente allo scavo delle gallerie verranno realizzate le gallerie artificiali di imbocco. Ove necessario, a tergo delle paratie frontali di attacco in naturale saranno realizzati interventi di consolidamento, per una lunghezza di circa 15 m, propedeutici alle partenze delle macchine.

Sezioni di avanzamento

La sezione tipo di avanzamento in scavo meccanizzato fa riferimento ad una configurazione standard per comportamenti d'ammasso tipo B/C. Per una rappresentazione completa della sezione in scavo meccanizzato e

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

del rivestimento in conci prefabbricati si rimanda agli specifici elaborati grafici di progetto (Rif. [50] e Rif. [52]). Si riportano di seguito le principali caratteristiche delle sezioni tipo di avanzamento:

- raggio interno: 4,40 m
- tipologia anello: universale
- numero conci: 6+1
- spessore conci: 0,45 m/0,50 m
- lunghezza conci: 1,50 m

Si è scelto di adottare un anello di tipo universale, che consente, mediante la semplice rotazione attorno al proprio asse di un anello rispetto al precedente, di sfalsare i giunti longitudinali e di seguire l'andamento plano-altimetrico del tracciato e di apportare le eventuali necessarie correzioni in corso d'opera, senza ricorrere ad elementi speciali.

I giunti dei conci sono dotati di smussi che rendono tali zone meno soggette a fratture e lesioni locali durante le fasi di movimentazione e montaggio, che facilitano inoltre la scasseratura dei conci stessi e consentono in fase di montaggio ed esercizio leggere rotazioni in corrispondenza dei giunti evitando il danneggiamento del concio stesso.

Per la connessione dei conci è previsto l'assemblaggio mediante bulloni, connettori longitudinali e barre guida posizionate sulle facce di contatto dello stesso anello montati prima del posizionamento del concio.

Per garantire la tenuta idraulica tra i giunti (sia longitudinali che radiali) su ciascun concio sono integrate guarnizioni in EPDM precaricate dal serraggio dei connettori/bulloni.

Valutazioni delle contropressioni da applicare al fronte

Al fine di valutare l'entità della contropressione da applicare al fronte in modo da confermare la compatibilità delle condizioni geotecniche lungo il tracciato con la tipologia di macchina TBM-EPB, sono state sviluppate analisi di stabilità del fronte e del cavo, mirate alla valutazione dello sviluppo di meccanismi di collasso o di deformazioni e spostamenti elevati.

È stata considerata l'applicazione di una contropressione al fronte di scavo necessaria al mantenimento del controllo deformativo fino alla posa del rivestimento definitivo in conci. Trattandosi di una verifica per uno stato limite ultimo di tipo GEO, si è utilizzato l'Approccio 1- Combinazione 2 (A2+M2+R2), con R2 =1.

Per la previsione delle condizioni del fronte, si è adottato il metodo delle linee caratteristiche, verificando l'entità delle convergenze.

Si riportano di seguito i risultati per le condizioni di massime coperture, in termini deformativi e di raggio plastico. Si osserva che i valori di convergenza al fronte u_F risultano inferiori a 30 cm e pertanto sono compatibili con l'avanzamento dello scavo con TBM e con il successivo montaggio del rivestimento finale.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Sezione di analisi	Formazione	P_F	u_F	u_F/R_{eq}	R_{PF}	R_{PF}/R_{eq}	u_∞	R_P	R_{eq}
		[bar]	[m]	[%]	[m]	[-]	[m]	[m]	[m]
T1	ABD	5	0.256	5.29	14.65	3.02	0.912	0.256	5.29
T2	CRQ	0	0.042	0.86	5.78	1.19	0.090	0.042	0.86
T3	DBScatacl.	2	0.112	2.32	11.63	2.40	0.37	0.112	2.32
T4	FOP	0	0.012	0.25	6.81	1.40	0.029	0.012	0.25
T5	BHE	0	0.164	3.37	9.55	1.97	0.468	0.164	3.37
T6	DPR	0	0.024	0.49	8.51	1.75	0.064	0.024	0.49

Per quanto riguarda la mitigazione delle venute d'acqua si evidenzia che per quasi la totalità del loro sviluppo le gallerie sono sottofalda, ma la permeabilità dei terreni, in generale bassa e medio bassa, lascia escludere fenomeni di filtrazione con portate significative.

Nelle formazioni con rischio carsismo, il rischio di venute d'acqua concentrate verrà gestito eseguendo indagini in avanzamento di tipo geoelettrico e, qualora necessario, eseguendo drenaggi in avanzamento.

Chiarimento all'osservazione N.3 della Commissione Speciale:

La pressione dell'acqua a grande profondità non è stata considerata perché non si intende controbilanciarla con la TBM. Si accetta, come prassi, l'instaurazione di condizioni idrodinamiche nell'intorno del fronte sia che si avanzi con fronte chiuso, sia con fronte aperto. Le portate al fronte sono gestibili data la bassa permeabilità degli ammassi.

Pertanto, le analisi a grande profondità sono state effettuate nelle condizioni di avanzamento a camera chiusa con una spinta massima corrispondente ad una pressione al fronte non superiore a 5 bar. Ciò premesso si confermano le analisi svolte.

Spinte di avanzamento TBM e predimensionamento conci

Per il predimensionamento del rivestimento definitivo sono state condotte specifiche analisi di interazione terreno-struttura nelle condizioni ritenute più critiche lungo il tracciato. In particolare, sono state prese in esame le sezioni delle gallerie Lagonegro e Trecchina in corrispondenza delle coperture più elevate all'interno delle formazioni che possono presentare importanti deformazioni in fase di avanzamento generando pressioni significative sull'intero sistema di scavo meccanizzato (testa fresante, scudo e conci), anche con possibile rischio

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RC2A	C1	R07RH	GN0000001	E	142 di 176

di bloccaggio della macchina. Per quanto riguarda le gallerie Rosaneto e Tortora, i contesti geotecnici possono essere considerati assimilabili alle condizioni analizzate per le gallerie Lagonegro e Trecchina.

Le analisi sono state svolte con il metodo delle linee caratteristiche, simulando la presenza dello scudo e del rivestimento in conci prefabbricati. Le analisi sono condotte con i valori caratteristici dei parametri geotecnici e le verifiche del rivestimento definitivo sono state eseguite allo stato limite ultimo STR applicando il coefficiente parziale amplificativo $\gamma_E = 1,3$ alle tensioni da calcolo (Combinazione 1 dell'Approccio 1 (A1+M1+R1)).

Sulla base dei carichi agenti sullo scudo, valutati tenendo conto del sovrascavo δ applicato, è stata determinata la spinta necessaria a garantire l'avanzamento della macchina. Nel dettaglio la spinta complessiva è stata calcolata tenendo conto di quattro singoli termini. (Rif. [28]):

$$\Sigma W = W_{sh} + W_{sk} + W_{exc} + W_{sup}$$

W_{sh} = forza dovuta alla presenza delle spazzole e del cutting edge

W_{sk} = forza dovuta all'attrito macchina-terreno

W_{sup} = forza da applicare al fronte

W_{exc} = forza necessaria allo scavo

I quattro contributi sono di seguito esplicitati:

- Forza attrito macchina/terreno:

$$W_{sk} = \mu [2\pi \cdot R \cdot L (\sigma_{media}) + F_{sh}]$$

dove:

μ è il coefficiente di attrito metallo/terreno

R è il raggio di scavo

L è la lunghezza dello scudo

σ_{media} è la pressione del terreno sul rivestimento

F_{sh} è il peso della macchina

La forza attrito macchina/terreno è stata determinata a partire dalla pressione agente sullo scudo derivante dalle analisi condotte con il metodo delle curve caratteristiche. Tale forza è funzione del coefficiente di attrito μ , per il quale, in funzione della litologia attraversata, possono assumersi valori in un range compreso tra 0,25 e 0,35. Scavi in contesti simili hanno evidenziato la possibilità di ridurre tale valore adottando speciali lubrificanti in

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

bentonite al contorno dello scudo metallico finalizzati a ridurre l'attrito rispetto al profilo di scavo arrivando fino a valori pari a 0,15.

- Forza da applicare al fronte:

$$W_{sup} = A_{exc} \cdot P_{fronte}$$

dove:

P_{fronte} è la pressione applicata al fronte

A_{exc} è l'area di scavo.

Il valore della pressione al fronte è stato assunto sulla base dei risultati ottenuti al paragrafo precedente.

- Forza necessaria allo scavo:

$$W_{exc} = n^{\circ}Cutter \cdot P_{cutter}$$

dove:

$n^{\circ}Cutter$ rappresenta il numero complessivo di cutter

P_{cutter} = è la forza sviluppata da ciascun cutter

Sono stati considerati 100 utensili di scavo (disc cutters) installati al fronte e una forza di scavo agente sul singolo disco pari a 200 kN.

- Forza data dalla presenza delle spazzole e del cutting edge:

$$W_{sh} = 2\pi \cdot R \cdot (p_{sh} \cdot t + p_{sp})$$

dove:

p_{sh} è la forza sul cutting edge, pari a 10 kN/m²

t è lo spessore del cutting edge, ipotizzato pari a 1,2 m

p_{sp} è la forza dovuta alle spazzole, pari a 1 kN/m

Il contributo indotto dalle resistenze offerte dal cutting edge e dalle spazzole di coda è assunto costante per l'intera tratta, considerando peraltro il modesto peso nel bilancio totale della spinta richiesta (circa 400 kN).

La somma delle suddette componenti di forza di spinta conduce ad un valore di spinta complessiva necessaria all'avanzamento della macchina.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RC2A	C1	R07RH	GN0000001	E	144 di 176

Nella Tabella 46 sono riepilogati i risultati delle analisi svolte in termini di spinta massima necessaria per l'avanzamento delle frese e resistenza minima del calcestruzzo dei conci per il soddisfacimento delle verifiche tensionali per SLU.

I risultati ottenuti mostrano che nelle zone tettonizzate, anche in corrispondenza delle massime coperture, sono sufficienti gli usuali sovrascavi garantiti dalla tipologia di TBM prevista (dell'ordine dei 5 cm) per evitare il bloccaggio della macchina e ad avere tensioni accettabili sullo scudo della TBM.

Tabella 46 Risultati analisi per valutazione forza di sbloccaggio e tensione sui conci prefabbricati

Sezione	Formaz.	Copertura	Sovrascavo δ	Tensione scudo	ΣW	Verifica bloccaggio Scudo	Tensione massima cls	Resistenza minima cls
(-)	(-)	(m)	(m)	(MPa)	(kN)	(-)	(MPa)	(-)
1	ABD	129	0.03	5.2	101564	ok	18.29	C35/45
2	ABD	170	0.03	4.8	79347	ok	16.34	C35/45
3	ABD	248	0.03	9.9	160305	Blocco fresa	27.85	C55/67
4	ABD	248	0.08	8.2	141698	ok	25.44	C45/55
5	DBScatacl.	176	0.03	1.0	42563	ok	15.35	C35/45
6	STSB	242	0.03	0.9	26879	ok	15.17	C35/45
7	DBScatacl.	518	0.03	7.6	98486	ok	24.43	C45/55
8	FOPcatacl.	325	0.03	3.2	51176	ok	18.35	C35/45
9	STSB	560	0.03	2.8	47695	ok	17.76	C35/45
10	DBScatacl.	404	0.03	6.2	98062	ok	36.48	C70/85
11	STSB	193	0.03	0.7	24865	ok	20.37	C45/55
12	BHE	137	0.03	0.5	22657	ok	15.68	C35/45
13	BHE	248	0.03	3.3	52434	ok	16.80	C35/45
14	BHE	437	0.03	8.2	105912	ok	23.02	C45/55
15	CRH	775	0.03	3.8	58085	ok	23.27	C45/55
16	CRH	443	0.03	1.8	36265	ok	22.49	C45/55
17	DPR	826	0.03	4.4	64588	ok	23.40	C45/55
18	DPR	464	0.03	2.0	38497	ok	12.57	C35/45

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Le analisi sono state condotte considerando per le varie sezioni il valore di carico idraulico indicato nei Profili geologici (Rif. [10]) fin quando compatibile con le classi di resistenza dei conci. Laddove si riscontrano le condizioni di massime coperture e carichi idraulici elevati è stata prevista l'adozione di dispositivi di riduzione delle pressioni a tergo del rivestimento (drenaggio a lungo termine), mentre tra le pk: 17+600 ÷ 19+136, 21+781 ÷ 21+917, 24+306 ÷ 26+064, 28+738 ÷ 29+738 e 32+392 ÷ 38+050 è stata considerata la galleria impermeabile al fine di mitigare il rischio di interferenza con le sorgenti riportate nella relazione Geologica, Idrogeologica e Geomorfologica (Rif. [10]) e pertanto nelle analisi è stato assunto il massimo carico idraulico atteso.

Le verifiche del rivestimento definitivo mostrano che per la realizzazione dei conci prefabbricati è possibile utilizzare calcestruzzi di classe di resistenza C35/45 MPa (minima prescritta da Capitolato RFI) per far fronte, nella galleria Lagonegro, alle sollecitazioni indotte per coperture fino a 170 nell'ABD e massimo carico idraulico da pk 4+000 a pk 6+950 m; per coperture fino a 325 nei Calcari e nelle Dolomie cataclasate da pk 11+650 a pk 15+450, da pk 16+150 a pk 17+600, da pk 19+200 a pk 21+750 e da pk 21+950 a 26+300, e per la galleria Trecchina nelle Argilliti e Calcari BHE fino a coperture di 250 m e nelle Dolomie DPR da pk 28+700 a pk 31+900 e da pk 35+250 a pk 38+250. Per quanto riguarda le analisi nei Calcari e Dolomie cataclasate alle massime coperture e le Argilliti, Calcari e Dolomie alle massime coperture è necessario adottare calcestruzzi aventi resistenza maggiore per resistere alle sollecitazioni indotte (C45/55) nella galleria Lagonegro da pk 15+450 a pk 16+150 e nella galleria Trecchina da pk 31+900 a 35+250. Infine, per la tratta della galleria Trecchina da pk 17+600 a pk 18+500, è necessario incrementare ulteriormente la classe di resistenza (C70/85) a causa degli elevati carichi idraulici da verificare

Chiarimento all'osservazione N.6 e 7 della Commissione Speciale:

L'indicazione di "bloccaggio" si riferisce, alla possibilità che esso accada in assenza di provvedimenti specifici.

Si chiarisce che il valore di 150 MN rappresenta un dato adottato come prestazione massima della TBM a cui attingere nell'evenienza di "blocco" dello scudo. È un dato che fa riferimento alle prestazioni medie di TBM attualmente operative o in fase di progettazione di appalti di gallerie ferroviarie a singolo binario.

Tale dato è stato confrontato con i valori di spinta necessari all'avanzamento della macchina derivanti dal calcolo che tiene conto dei seguenti contributi: pressione al fronte, attrito macchina terreno, forza da esercitare per utensili di scavo, forza di attrito delle spazzole.

La formulazione adottata consente una stima speditiva per il calcolo della pressione di sbloccaggio adeguata alla fase di progettazione in oggetto. Si precisa, inoltre, che i contributi dimensionati di tale formula sono rappresentati dalla forza dovuta all'attrito macchina-terreno e dalla forza da applicare al fronte, in camera di scavo.

Nel calcolo della spinta massima è stata considerata la pressione in camera derivante dalle verifiche di stabilità del fronte per gallerie superficiali e quella derivante dalle verifiche di deformabilità per le gallerie profonde. Tale pressione è per lunghi tratti nulla, avendo le gallerie comportamento di tipo stabile.

Il superamento di 150MN di spinta di sbloccaggio si verifica solo in una sezione di calcolo, come indicato nella Tabella 46. Tali analisi sono state eseguite anche considerando un sovrascavo addizionale di 5 cm (da

E



LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA
 NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
 LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA
 LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2A	C1	R07RH	GN0000001	E	146 di 176

3 cm a 8 cm in totale) in corrispondenza del quale mostrano valori di spinta di avanzamento inferiori al dato di prestazione pari a 150 MN.

Recenti esperienze dimostrano che le TBM possono essere prodotte con spinte di sbloccaggio anche superiori a 150MN. Quindi, qualora nell'approfondimento di calcolo delle successive fasi di progetto sia confermato il rischio di intrappolamento, sarà possibile ricorrere per le gallerie che attraversano queste sezioni a TBM con prestazione maggiore di 150 MN. Possono essere adottati, in aggiunta o in combinazione, altri provvedimenti elencati in progetto (sovrascavi maggiori, conicità di scudo, iniezioni di bentonite tra scudo e superficie di scavo) Il rischio è quindi gestibile.

A supporto della fattibilità, in relazione si riportano le caratteristiche della TBM della galleria Orsara e Hirpinia sulla Napoli-Bari in via di esecuzione che presentano alti valori di spinta di sbloccaggio, di sovrascavi e conicità.

TBM Galleria Hirpinia:

DATI TECNICI			GALLERIA HIRPINIA		
CATEGORIA	DATO	(UM)	PE NAPOLI	PE BARI 1	PE BARI 2-VAR
TBM Geometrie	DC1 - Diametro di scavo nominale	mm	9820	9920	9920
	Gap (DC1-DS) Radiale	mm	70	120	120
	Gap (DC1-Anello) Radiale	mm	210	260	260
	Dispositivo extra-scavo (rad)	mm			130
	DC2 - Diametro scavo + extra-scavo	mm	9820	9920	10180
	Gap (DC2-DS) Radiale	mm	70	120	250
	Gap (DC2-Anello) Radiale	mm	210	260	390
	Copy-cutter (rad)	mm	60	60	60
	DC3 - Diametro scavo + extra-scavo + cc	mm	9940	10040	10300
	Gap (DC3-Scudo) Radiale	mm	130	180	310
	Gap (DC3-Anello) Radiale	mm	270	320	450
	Lunghezza cutterhead	mm			
	Lunghezza scudo	mm	10500	10500	10500
	DS - Diametro scudo (coda)	mm	9680	9680	9680
	Pressione ammasso su scudo (max)	bar	10,00	15,00	15,00
	Pressione da iniettori scudo (bar)	bar		5,00	5,00
	Pressione Camera (max)	bar	6,00	6,00	6,00

spinta nominale massima di **168.000 kN**;

extra-spinta eccezionale di **210.000 kN**.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

TBM Galleria Orsara

Diametro scavo nominale	9.920 mm
Extra-scavo radiale	190 mm (130+60)
Diametro scavo massimo	10.300 mm
Conicità scudo	100 mm (50 + 50)
Lunghezza scudo	11.50 m (5.5+2.5+3.5)
Pressione supportata scudo centrale	15 bar
Pressione supportata scudo coda	10 bar
Dispositivi di lubrificazione scudo	Presenti
Pressione al fronte (camera di scavo)	5 bar
Pressione al contorno scudo	5 bar (bentonite)
Spinta nominale	150-160 MN
Spinta di sblocco (ripartenza)	210 MN
Presenza articolazione	Si
Spinta articolazione intermedia	110 MN
Anello di rivestimento	7+0 (L=1.80 m)
Classe calcestruzzo	C50/60 (Progr. 50+120 e 57+955)

10.3 Metodo di scavo tradizionale

L'avanzamento in tradizionale è previsto per il tratto nei Calcari CRQ della Galleria Lagonegro e per la relativa finestra di accesso costruttiva, per il PES della Galleria Lagonegro, per i cameroni di interconnessione per Praia e per i by-pass.

La scelta di eseguire con metodo di scavo tradizionale i 4,2 km della galleria Lagonegro situati nei Calcari CRQ discende dalla probabilità di intercettare cavità carsiche con dimensioni non facilmente prevedibili, anche

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

comparabili alla sezione di scavo. La risoluzione di queste interferenze nel caso di scavo con TBM potrebbe avere un impatto significativo sugli avanzamenti previsti.

Per lo scavo della finestra e della galleria di linea nella formazione CRQ si prevedono sezioni di scavo prevalentemente di tipo A e B. Le sezioni di tipo C sono previste per affrontare i tratti in cui la roccia potrebbe presentarsi molto fratturata o alterata o per attraversamento di zone carsiche riempite con materiale sciolto. In caso di permeabilità elevate, per effetto della fratturazione, che possono comportare afflussi idraulici rilevanti, non gestibili soltanto con interventi di drenaggio, i consolidamenti al contorno avranno anche funzione di impermeabilizzazione.

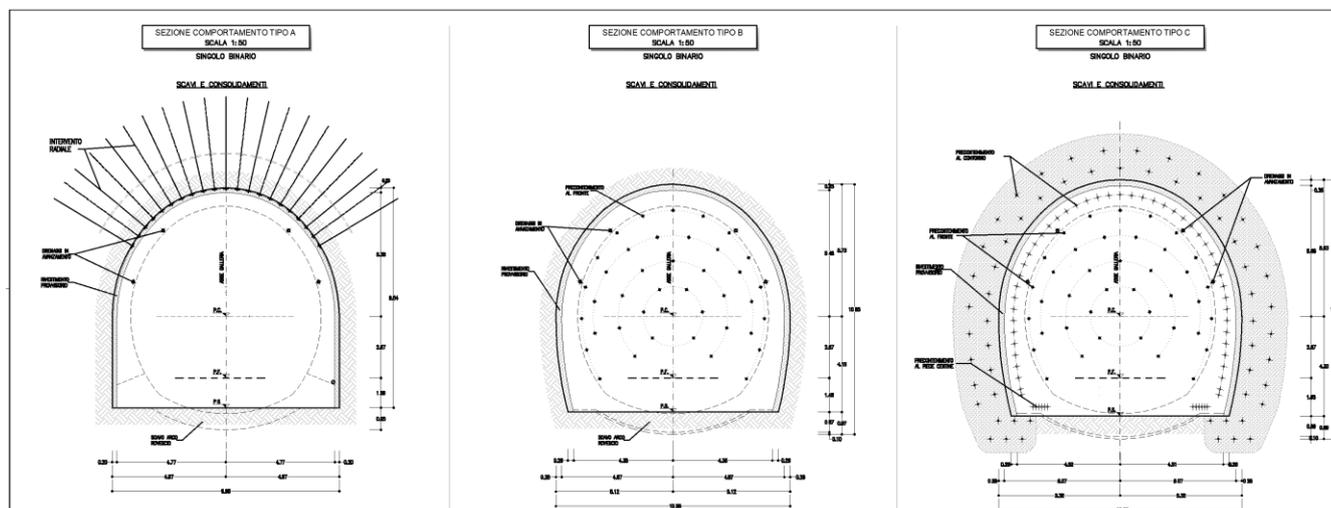


Figura 85 Sezioni tipo di scavo e consolidamento Galleria Lagonegro

Per quanto riguarda le altre opere, dato il loro limitato sviluppo, lo scavo meccanizzato non dispiega i suoi vantaggi economici e di riduzione dei tempi. La loro costruzione con il sistema tradizionale (eccetto i by-pass) è fuori dal percorso critico del programma di costruzione condizionato, evidentemente, dalle lunghe gallerie.

La galleria di accesso al PES e il PES stesso, compreso tra le due canne della galleria Lagonegro, interessa le formazioni dell'Unità Lagonegro II (Scisti silicei, marne e argilliti) sotto falda. Si prevedono sezioni con comportamento allo scavo prevalentemente di tipo A alle medio/basse coperture e di tipo B/C a coperture più elevate per effetto del carico litostatico e delle condizioni idrauliche.

E



LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA
 NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
 LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA
 LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA
 PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2A	C1	R07RH	GN0000001	E	149 di 176

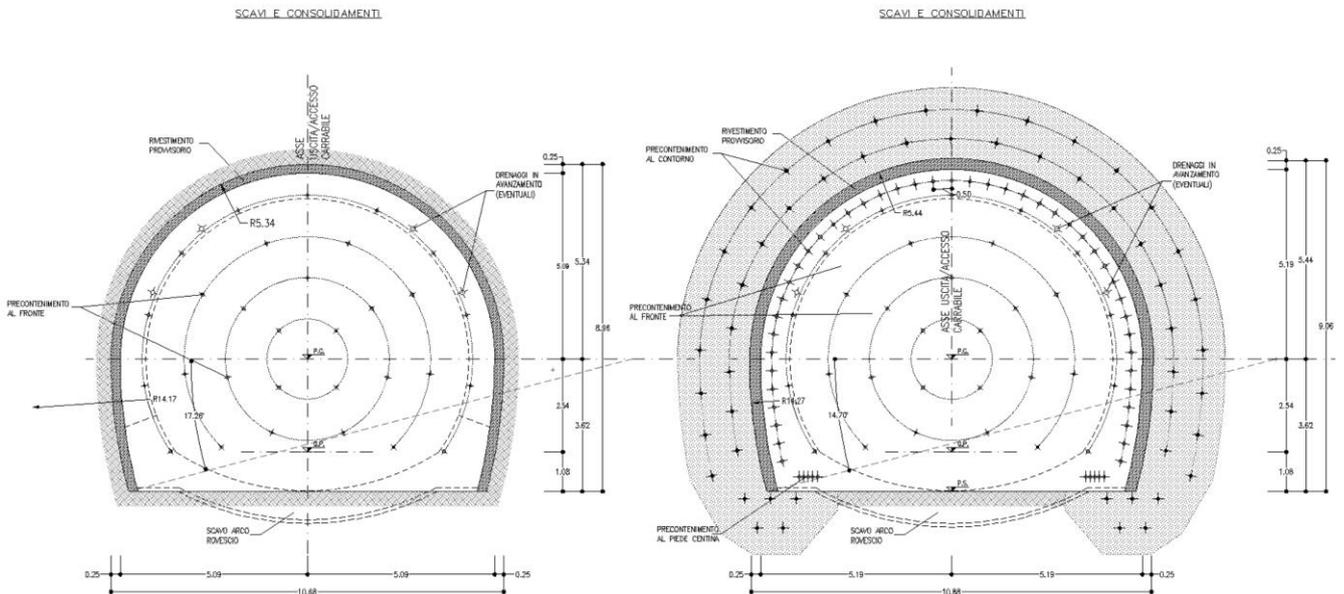


Figura 86 Consolidamenti per galleria carrabile PES- sezione tipo C

Per i cameroni di interconnessione per Praia, localizzati all'interno delle Dolomie, si prevede comportamento di tipo A/B. Il camerone verrà eseguito per allargò, dopo la realizzazione della galleria meccanizzata Rosaneto. La galleria verrà utilizzata per eseguire consolidamenti, se necessari, consistenti in inserimento di tubi in VTR iniettati.

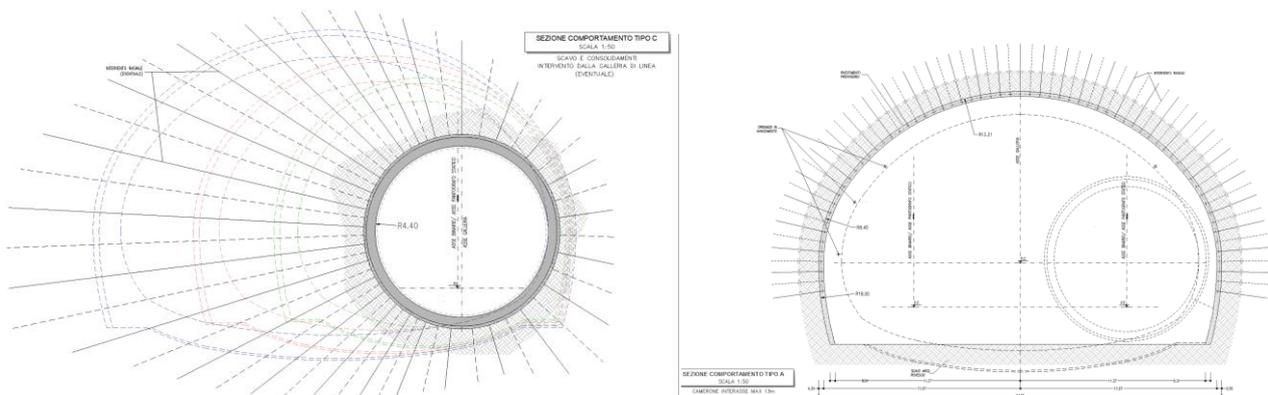


Figura 87 Sezione tipo di avanzamento per i cameroni di interconnessione

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Per una più dettagliata rappresentazione si rimanda agli elaborati specialistici (da Rif. [53] a Rif. [62]).

Lo scavo dei by-pass prevederà interventi di blindaggio dei conci prefabbricati delle gallerie di linea ed eventuali consolidamenti prima della demolizione del rivestimento e dell'avvio dello scavo, volti a garantire la stabilità del rivestimento a seguito dell'apertura necessaria per la realizzazione dell'innesto (Figura 88).

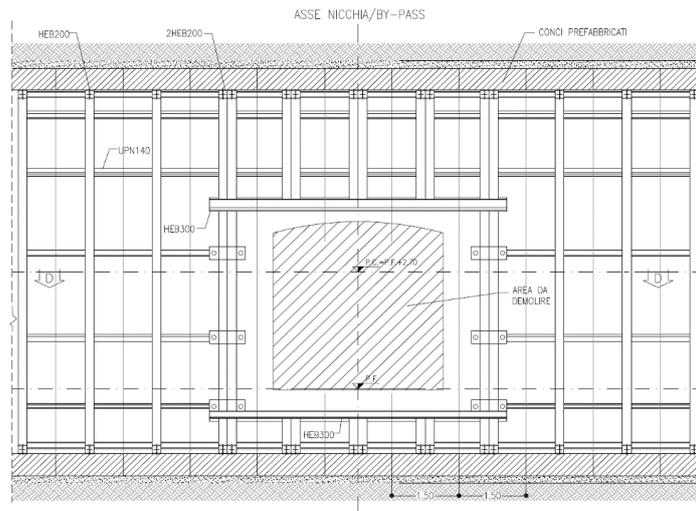


Figura 88 Tipologico intervento di blindaggio innesto by-pass su galleria di linea in scavo meccanizzato

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Chiarimento all'osservazione N.5 della Commissione Speciale

In questo lotto i tratti in scavo tradizionale che possono interferire in fase di esercizio con i bacini idrici sono quelli che ricadono in ammasso a rischio carsico (calcarì CRQ) della galleria Lagonegro e dalla relativa finestra di scavo.

Come per lo scavo meccanizzato, allo scopo di evitare ogni possibile interferenza si prevede in questi tratti l'adozione di un sistema di impermeabilizzazione full-round unito alla posa in opera di water stop nelle riprese di getto.

Si chiarisce che, come per le gallerie, l'interferenza dei by-pass tra le gallerie a doppia canna con le risorse idriche non riguarda la fase esecutiva di scavo perché limitata nel tempo e nello spazio. La inter-distanza tra due by-pass di 500m attenua ulteriormente l'intensità dell'interazione con i bacini idrici.

Analogamente alle gallerie di linea, l'intasamento al contorno dei by-pass mediante iniezione di permeazione si rende necessario solo se il terreno o la roccia possono dar luogo a portate elevate in caso di elevata permeabilità. Come si evince dallo studio geologico e dalle prove eseguite nei fori di sondaggio, i terreni e le rocce attraversati presentano prevalentemente basse permeabilità (minori di 10^{-6} m/s)

Se localmente le permeabilità sono più alte, appare evidente che l'iniezione per mezzo di tubi a valvola è realizzabile ed efficace. In ogni caso in presenza di terreni permeabili, l'intervento principale per contrastare le pressioni e le venute d'acqua, durante lo scavo dei by-pass è, come per le gallerie, il drenaggio.

Se si dovessero affrontare situazioni di terreno poco permeabile e di scarse caratteristiche meccaniche (coesione bassa) per le quali il rinforzo con elementi strutturali in VTR non fosse sufficiente, sarà sempre possibile ricorrere (a scopo di consolidamento) al claquage mediante iniezioni selettive con tubi a valvole con miscele cementizie, oppure ricorrere a miscele chimiche più permeanti.

Integrazione all'osservazione N.5 della Commissione Speciale:

Per la fase di esercizio, i rivestimenti definitivi delle gallerie eseguite con metodo tradizionale (compresi quelli dei by-pass tra le gallerie a doppia canna) ricadenti nei tratti di possibile interferenza con i bacini idrici verranno impermeabilizzati con membrana full round e con water stop nei giunti.

10.4 Valutazione dei rischi e relative azioni di mitigazione

Sulla base delle problematiche geologiche e geotecniche evidenziate dalla fase conoscitiva e di diagnosi (vedi paragrafi 8 e 9), sono stati individuati i rischi che possono presentarsi durante lo scavo delle gallerie, anche con specifico riferimento all'utilizzo di TBM di tipo Dual Mode (TBM EPB/Roccia). Si evidenzia che tale analisi non comprende i rischi legati agli aspetti geologico-ambientali, di cantierizzazione e di sicurezza, per i quali si rimanda agli elaborati specifici.

Di seguito sono illustrate le misure ritenute più idonee per la mitigazione dei rischi sopra analizzati.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Instabilità del fronte

Fenomeni di instabilità possono interessare l'attraversamento delle formazioni con caratteristiche meccaniche scadenti, anche con copertura ridotta, e di ammassi fratturati e/o di zone tettonizzate. Tale rischio può comportare, ad esempio, il franamento del fronte, sovrascavi e difficoltà di riempimento della malta cementizia a tergo dei conci per le opere realizzate con TBM.

L'adozione della modalità di avanzamento con fronte in pressione mitiga tale rischio. A tale scopo, dovrà essere adottato uno specifico protocollo di avanzamento in fase realizzativa che garantisca il controllo delle pressioni applicate e la massima continuità possibile delle operazioni di scavo (programmazione dei fermi macchina per interventi di manutenzione al di fuori di tali tratte).

In corso d'opera dovrà essere adottato un sistema di monitoraggio dei principali parametri di controllo dello scavo meccanizzato, associato a definiti livelli di soglia che permettono di prevenire fenomeni di instabilità, adottando al loro superamento specifiche azioni correttive.

Fenomeni di subsidenza/interferenza con opere preesistenti

Date le coperture generalmente elevate, tale rischio è limitato alle brevi tratte a partire dagli imbocchi dove sono presenti manufatti in superficie (galleria Tortora pk 43+850 circa). Le misure di mitigazione sono analoghe a quelle previste per l'instabilità del fronte: l'avanzamento con fronte in pressione consente di limitare gli effetti indotti dallo scavo al contorno della galleria e di ridurre significativamente i cedimenti in superficie consentendo il sottoattraversamento in sicurezza di strade e fabbricati. Nella successiva fase di progettazione sarà comunque sviluppato un apposito piano di monitoraggio delle interferenze in superficie e un monitoraggio geotecnico con la definizione del valore di volume perso atteso e la definizione di soglie limite al superamento delle quali dovranno essere adottate specifiche azioni correttive.

Fenomeni di squeezing/comportamento spingente (convergenze/estrusioni)

Il fenomeno di *squeezing* in fase di scavo potrebbe evolvere al punto tale da produrre il blocco della macchina ed il collasso del fronte. Tale criticità può essere mitigata garantendo velocità di avanzamento elevata e costante, limitando le interruzioni e i fermi macchina, e inoltre:

- consentendo opportuni sovrascavi (attraverso l'adozione di gauge cutters di idoneo diametro e copycutters),
- aumentando la conicità dello scudo e diminuendo per quanto possibile la sua lunghezza (impiegando una fresa monoscudata),
- incrementando la forza di spinta della macchina per consentirne lo sblocco in condizioni eccezionali,
- predisponendo ugelli di bentonite intorno allo scudo per diminuirne l'attrito,
- adottando un sistema di monitoraggio per misurare lo spessore dell'intercapedine tra perimetro dello scudo ed estradosso dello scudo e l'eventuale pressione del terreno nella parte anteriore dello scudo,

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

- impostando una procedura in caso di fermo anche prolungato.

Le analisi eseguite mostrano come il rischio di squeezing sia moderato nelle zone di faglia a copertura superiore a 300 m e nelle zone non tettonizzate di dolomie e calcari oltre i 700 m di copertura. Per queste sezioni si dovranno considerare sovrascavi di 5 o 10 cm per evitare il bloccaggio della macchina (assumendo come spinta massima esercitabile dalla TBM un valore di 150000 kN).

Venute d'acqua e carichi idraulici elevati

Il rischio connesso alle venute d'acqua si manifesta con più pericolosità in combinazione di falde con carichi idraulici elevati e permeabilità medio-alte. Le venute d'acqua in galleria possono comportare difficoltà di avanzamento della macchina, difficoltà di riempimento con malta cementizia a tergo dei conci, difficoltà di eseguire interventi in camera di scavo in condizioni iperbariche, difficoltà di montaggio degli anelli, deterioramento delle spazzole di coda.

Per quanto riguarda le condizioni transitorie (fase di scavo), sulla base dei valori di carico idraulico definiti nello studio geologico (Rif. [10]) e i valori di permeabilità determinati per le varie formazioni, sono state stimate le venute d'acqua attese in galleria. I risultati del calcolo, che è stato svolto considerando una condizione di galleria drenante su tutto il contorno e ipotesi cautelative per la definizione della conducibilità idraulica dei litotipi, possono essere considerati come dei valori limite superiori delle condizioni attese. Le portate d'acqua più consistenti sono attese nelle zone di faglia permeabili per fratturazione (valore massimo stimato di 18 l/s su 10 m di galleria) nelle zone in cui il tracciato attraversa le formazioni carbonatiche. Nelle altre formazioni sono stimate venute d'acqua da deboli ad assenti (inferiori o uguali a 3 l/s su 10 m). Per la trattazione dettagliata si rimanda all'elaborato specialistico (Rif. [10]).

Tuttavia, nello studio geologico è segnalata la probabilità che la galleria Lagonegro intercetti cavità o condotti carsici nella formazione dei calcari: nella formazione CRQ per circa 4 km e nella formazione FOP per circa 1 km. In tali contesti la previsione delle portate sopra illustrata non può ritenersi pertinente.

Le misure di mitigazione del rischio comprendono quanto già previsto per garantire la stabilità del fronte (scudo e avanzamento con fronte in pressione), l'implementazione di un sistema di drenaggio dell'acqua al fronte (in caso di venute d'acqua significative maggiori di 30-50 l/s e/o per necessità di ridurre il carico idraulico in avanzamento) con predisposizione di un sistema di perforazione nel back-up, migliorie per garantire l'intasamento a tergo dei conci (ad es. impostazione sistematica iniezioni secondarie), una specifica progettazione della macchina di scavo (ad esempio, adeguata lunghezza della coclea, adeguato condizionamento, adozione di più file di spazzole, rilievo pressioni idrauliche, ecc.). Nei casi di maggior gravità, attesi con bassa probabilità, in cui il solo drenaggio non è sufficiente a ridurre le portate, è possibile dalle stesse perforazioni iniettare miscele (di tipo cementizio con accelerante, oppure chimiche) per ridurre la permeabilità. Analoghi interventi di impermeabilizzazione saranno previsti anche per lo scavo tradizionale.

Le eventuali venute d'acqua in corrispondenza delle tratte soggette a fenomeni di carsismo possono essere prevenute mediante indagini sistematiche in avanzamento, provvedendo quindi all'esecuzione di drenaggi per le zone o cavità individuate.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Poiché per la mitigazione del rischio carsico, la tratta più lunga nei calcari CRQ verrà realizzata in tradizionale, le indagini in avanzamento sono rappresentate da semplici perforazioni. Per il tratto in scavo meccanizzato nei calcari FOP le indagini sono di tipo geofisico, eseguibili senza interruzione del ciclo di scavo.

In alcune tratte, l'elevato carico idraulico di lungo termine sul rivestimento definitivo richiede di adottare provvedimenti per ridurre la pressione idraulica al contorno della galleria funzionanti per l'intera vita dell'opera.

La configurazione di galleria di tipo "drenante" è realizzata mediante l'esecuzione di un sistema di dreni che consentono di ridurre le pressioni dell'acqua al contorno del cavo (Figura 89)

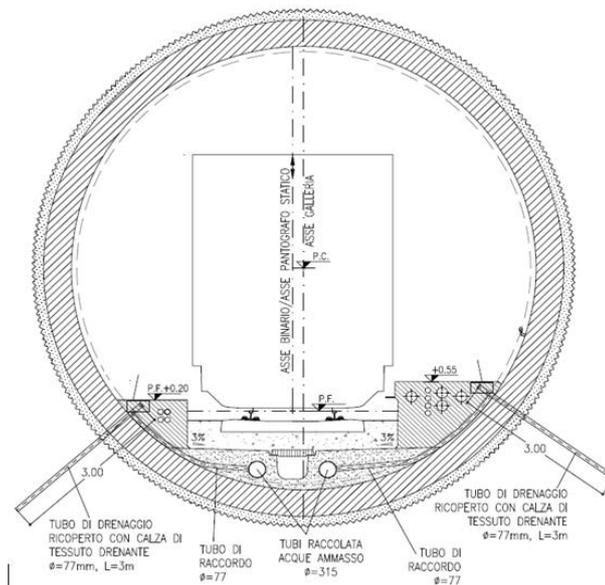


Figura 89 Dispositivi di drenaggio radiale di lungo termine per la riduzione delle pressioni idrauliche

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Il sistema verrà adottato per le gallerie Lagonegro per circa 10 km e la Trecchina per circa 2.5 km, al di fuori dei tratti di potenziale interferenza con gli acquiferi di alimentazione delle sorgenti.

Dato il complesso contesto, si prevede, inoltre, in fase di scavo, l'adozione di un sistema per la misura e il controllo dei carichi idraulici, secondo l'approccio del metodo osservazionale.

In linea generale, le gallerie che presentano carichi idraulici, oltre quelli dell'ammasso, sostenibili dal rivestimento senza ricorrere a maggiorazione di spessori o a classi di calcestruzzo non usuali, sono previste, in ogni caso, completamente impermeabili, mentre nei tratti in cui i carichi idraulici sono elevati, si procederà a installare i dispositivi di riduzione della pressione solo se non potenzialmente interferenti con le risorse idriche.

Integrazione di recepimento all'osservazione N.2 della Commissione Speciale:

Per garantire la funzionalità del sistema di drenaggio nel corso della vita dell'opera la galleria dovrà essere dotata di pozzetti di ispezione in corrispondenza dei dreni.

La gestione dei dreni in esercizio troverà adeguato sviluppo di dettaglio nel progetto esecutivo e nel piano di manutenzione.

Interferenza sulle risorse idriche

Il rischio di interferenza con le sorgenti è stato affrontato nello studio idrogeologico al quale si rimanda per una dettagliata esposizione Rif. [10].

La metodologia adottata (metodo DHI) si basa su un modello molto cautelativo perché fondato sull'ipotesi di galleria completamente non rivestita e quindi drenante sull'intera superficie di scavo. Nella realtà, le gallerie sono dotate di rivestimento impermeabile installato a breve distanza dal fronte (all'incirca 10 m) che consente di escludere interferenze con gli acquiferi di alimentazione delle sorgenti. Come sopra riportato, quando i carichi idraulici sono elevati si ricorre a dispositivi di drenaggi (cfr. Figura 89) che innescano condizioni idrodinamiche allo scopo di abbassare le iniziali pressioni idrostatiche. È da attendersi che la superficie forata dei tubi drenanti, di diversi ordini di grandezza inferiore a quella dell'intera superficie di scavo galleria, causi variazioni idrodinamiche nell'ammasso circostante significativamente inferiori a quelle simulate dal metodo adottato per la valutazione dell'interferenza. E', altresì evidente, che le portate sono ulteriormente ridotte per effetto dei bassi valori di permeabilità attesi su gran parte dell'estensione delle gallerie. È lecito, quindi, attendersi che, nelle ipotesi di progetto, l'interferenza abbia intensità inferiore a quella prevista.

Ciò nonostante, a scopo cautelativo, per scongiurare ogni possibile interferenza, si è deciso di non installare i dispositivi di riduzione di pressione idrostatiche nei tratti in cui la galleria è potenzialmente interferente con i bacini di alimentazione delle sorgenti, progettando il rivestimento impermeabile resistente anche ai carichi idraulici più elevati secondo il modello geologico di progetto [Rif. [10]].

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Nella tabella seguente sono riportati i dati di interferenza esposti nello studio geologico Rif. [10] relativi alle sorgenti interferenti (DHI ≥ 3) e il provvedimento di mitigazione conseguentemente adottato (impermeabilizzazione). Per le caratteristiche e posizione delle sorgenti si rimanda allo studio geologico.

LOTTO 1C - INTERFERENZA CON LE SORGENTI AVENTI CLASSE DHI 3-4 - INTERVENTI DI MITIGAZIONE									
n. sorgente	classe DHI	Galleria	tratto interferente			Formazione	pressione idraulica su calotta (m)	Metodo scavo	Terapia
			da pk	a pk	lunghezza (m)				
11	3	Lagonegro	7+460	11+635	4.175	CRQ/RDT	< 150	Tradizionale	galleria impermeabile
12	4								
17	3								
18	3								
20	3								
44	3		17+600	18+550	950	FOP	200	Meccanizzato	galleria impermeabile concii 45cm C45/55
45	4		18+550	19+135	585	DBS	200		galleria impermeabile concii 45cm C70/85
46	4								
48	4								
56	4		21+780	21+920	140	STSb	< 150	Meccanizzato	galleria impermeabile concii 45cm C45/55
59	4	24+315	26+065	1.750	DBS	< 50	Meccanizzato	galleria impermeabile concii 45cm C35/45	
80	4	Trecchina	28+720	29+750	1.030	BHE	< 120	Meccanizzato	galleria impermeabile concii 50cm C55/67
86	3								
87	3								
88	3								
109	4								
110	3								
111	3								
112	3								
113	3								
115	3								
116	4								
117	4								
118	4		32+390	38+050	5660	CRH/DPR	< 160	Meccanizzato	galleria impermeabile concii 50cm C45/55
119	3								
120	3								
121	3								
122	3								
123	3								
124	4								
125	4								
126	4								
128	3								

Come nel caso delle sorgenti, anche le interferenze sui corsi d'acqua sono legate all'attraversamento in galleria di complessi idrogeologici a maggiore permeabilità e di zone di faglia considerate come settori a permeabilità aumentata. In tutti i casi di probabilità di interferenza medio alta, i settori di galleria associati corrispondono a

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

quelli che determinano interferenza per le sorgenti e pertanto le soluzioni progettuali adottate e richiamate in precedenza risultano efficaci anche a tal riguardo.

Chiarimento all'osservazione N. 1 della Commissione Speciale:

Piuttosto che ricorrere al doppio gasket si preferisce l'utilizzo di guarnizioni singole con cordolino idrofilico incorporato.

L'impermeabilizzazione delle gallerie Laganegro e Trecchina nei tratti interferenti con i bacini idrici è garantita da guarnizioni semplici di gomma integrate nel getto dei conci. La produzione di guarnizioni (con profili e mescole sempre più performanti) ha raggiunto standard elevati che assicurano la tenuta idraulica sotto forti carichi idraulici.

La fattibilità è confermata dai produttori delle suddette guarnizioni. Si cita ad esempio la guarnizione ancorata FAMA U.G.037A di larghezza 29mm ed altezza 14mm equipaggiata con cordino idroespansivo. Le prove di tenuta idraulica condotte presso il Laboratorio FAMA a condizioni di gap 4mm ed offset 10mm hanno permesso di verificarne la tenuta idraulica anche fino a 40bar di pressione.

Le guarnizioni saranno abbinare a connettori di elevate prestazioni per assicurare le tolleranze sul gap

Ad ogni modo la tipologia di guarnizione e le tolleranze dovranno essere definite dal progettista esecutivo al fine di garantire le prestazioni dell'opera a lungo termine.

Per i by-pass che ricadono nei tratti potenzialmente interferenti con i bacini idrici si ricorrerà a membrana impermeabile full round e a water stop nei giunti di getto.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Fenomeni carsici

Fenomeni di carsismo si riscontrano nei calcari CRQ (Rif. [21]). In base ai risultati dello studio geologico e geomorfologico (Rif. [10]), il rischio di incontrare cavità di dimensioni non compatibili con l'avanzamento con TBM non può essere escluso. Al fine di mitigare questo rischio, si è deciso di realizzare lo scavo nel tratto di galleria all'interno di questa formazione con metodo tradizionale, risolvendo l'eventuale interferenza con le cavità attraverso provvedimenti specifici a seconda della dimensione, del tipo e della posizione delle stesse.

La mitigazione del rischio carsico si articola in due fasi. La prima fase di monitoraggio è volta a individuare e rilevare le cavità in anticipo rispetto all'avanzamento; allo scopo si prescriveranno misure di monitoraggio geofisico seguite da perforazioni di sondaggio per definire posizione e configurazione di eventuali cavità rispetto alla galleria. La seconda fase di mitigazione consiste nel riempire la cavità e metterla in sicurezza prima della costruzione della galleria al suo interno; le modalità di intasamento della cavità variano a seconda della posizione rispetto alla galleria e della sua conformazione, nonché dalle condizioni idrauliche e dalla presenza di materiale di riempimento. Nel caso in cui le cavità siano riempite di acqua e detriti, si procede innanzitutto con l'operazione di drenaggio mediante perforazione prima dell'arrivo del fronte ed eventualmente di riduzione della permeabilità mediante iniezioni di miscele di cemento e/o chimiche.

Di seguito sono forniti alcuni esempi schematici di avanzamento in base a rispettive ipotesi sulla forma e posizione della cavità. Tali schemi devono intendere come indicativi e non esaustivi. Per la documentazione di gara gli schemi verranno implementati. Bisogna, comunque, considerare che, in taluni casi, le modalità di messa in sicurezza della cavità possono essere decise solo in corso d'opera in funzione sia del rilievo geometrico, sia del reale contesto geomeccanico al contorno.

Il principio alla base di ogni intervento è di "predisporre" l'attraversamento con riempimenti e/o consolidamenti atti a mettere in sicurezza prima le maestranze e, successivamente, lo scavo e l'opera di rivestimento. Lo scavo tradizionale facilita gli interventi di messa in sicurezza davanti al fronte, altrimenti molto complessi per le maestranze per evidenti ragioni di accessibilità alle cavità dalla TBM con mezzi adeguati. In tal senso la scelta dello scavo tradizionale è la principale misura di mitigazione del rischio carsico.

In questa fase progettuale è stata stimato l'eventuale rallentamento dovuto al trattamento delle cavità, per verificare la sua neutralità rispetto al percorso critico rappresentato dallo scavo con TBM della tratta verso RC della galleria Lagonegro.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Esempi di avanzamento in cavità carsiche

1. Cavità vuota, di modeste dimensioni, interessante la zona di piedritto ed una porzione di arco-rovescio: la cavità tende a restringersi verso il basso.

Modalità di intervento: riempimento con materiale grossolano di pezzatura variabile e completamento con magrone di calcestruzzo. Superamento con posa di centine e spritz-beton.

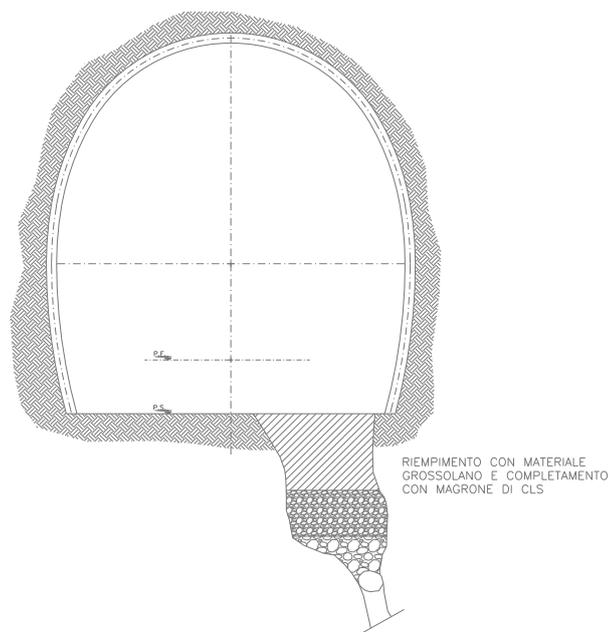


Figura 90 Schema di intervento n.1

E  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

2. Cavità assimilabile a pozzo, vuota, stabile, che si sviluppa sino a profondità non nota, che da una parte si sviluppa orizzontalmente sino a intercettare la galleria su un paramento.

Modalità di intervento: posa di una cassaforma nel ramo orizzontale della cavità a circa 1-2 m dietro l'estradosso della galleria e successivo riempimento con magrone di calcestruzzo o spritz-beton.

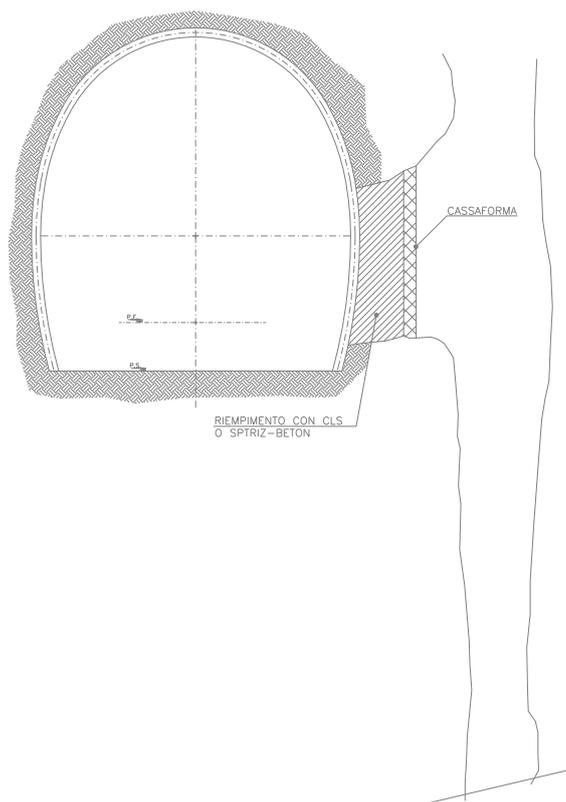


Figura 91 Schema di intervento n. 2

E  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

3. Cavità a pozzo, di lunghezza max. 1,00 m in senso longitudinale e profondità non nota che intercetta la galleria in asse.

Modalità di intervento: posa di putrelle e lamiere al di sotto dell'estradosso dell'arco-rovescio, attraversamento con centine, pernervometal e spritz-beton, successivo riempimento della cavità.

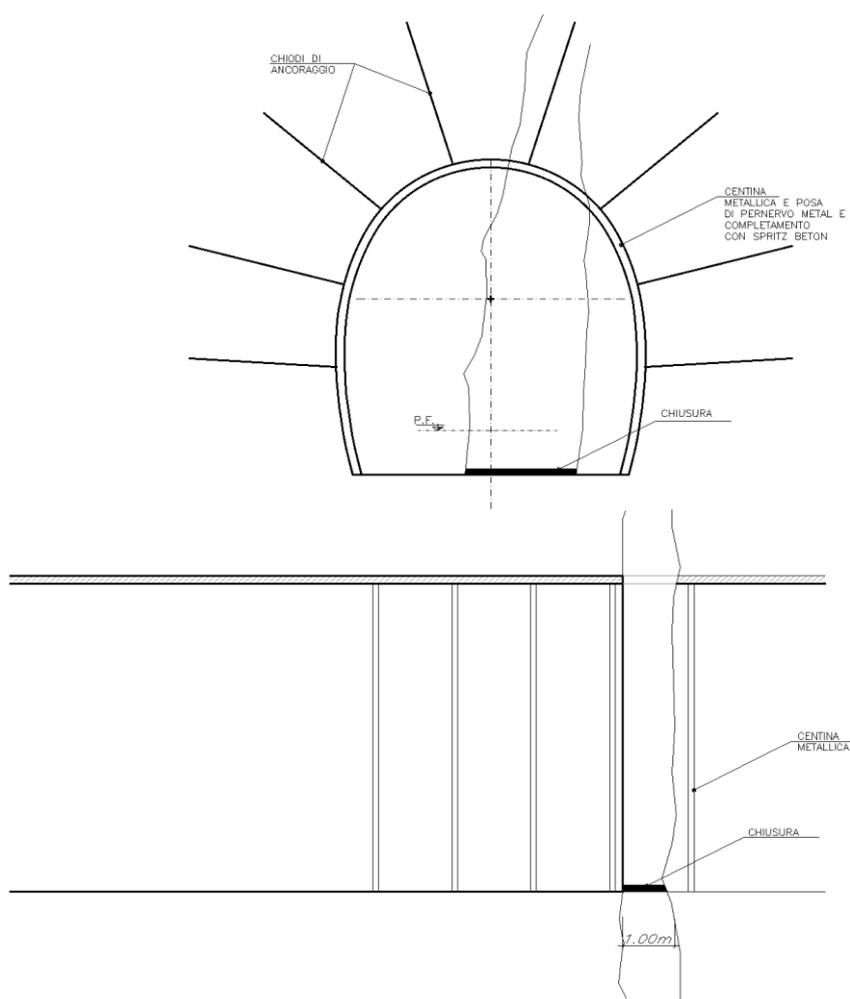


Figura 92 Schema di intervento n.3

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

4. Cavità assimilabile a pozzo che intercetta la galleria in asse, di grandi dimensioni con base che si ferma all'altezza dell'arco rovescio, parzialmente riempita sino al piano dei centri della galleria con materiale detritico di grossa pezzatura misto a materiale sciolto.

Modalità di intervento: realizzazione di un muro tampono in calcestruzzo, riempimento del vuoto sopra il materiale detritico con malta cementizia iniettata attraverso fori eseguiti nel tampono. Eventuali iniezioni di consolidamento del materiale sciolto attraverso canne valvolate. Superamento mediante applicazione della sez. tipo C.

E



LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA
 NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
 LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA
 LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA
 PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2A	C1	R07RH	GN0000001	E	163 di 176

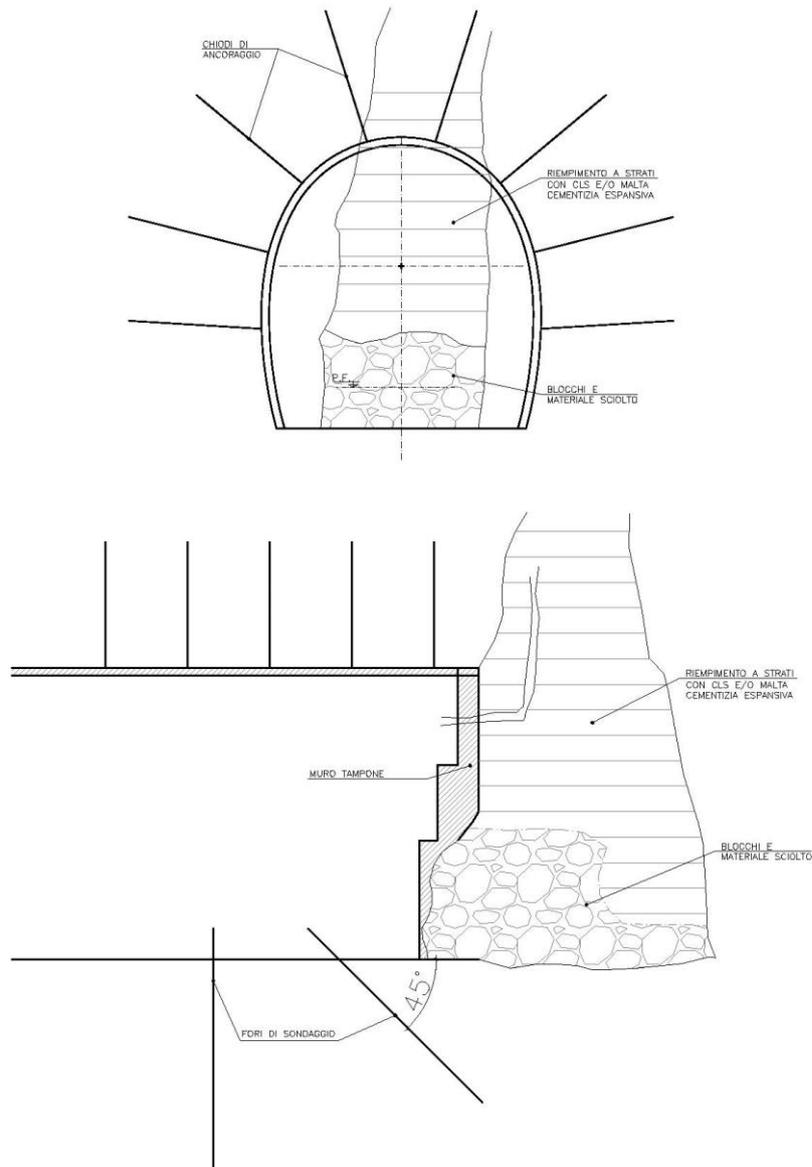


Figura 93 Schema di intervento n.4

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN000001	REV. E

5. Cavità di grandi dimensioni riempita con materiale detritico (blocchi di grosso diametro e materiale fino) che intercetta la galleria in asse.

Modalità di intervento: Posa al fronte di un tampone in spritz-beton, esecuzione di iniezioni cementizie di riempimento al fronte tramite canne valvolate. Superamento mediante applicazione della sez. tipo C rinforzata con infilaggi metallici in calotta.

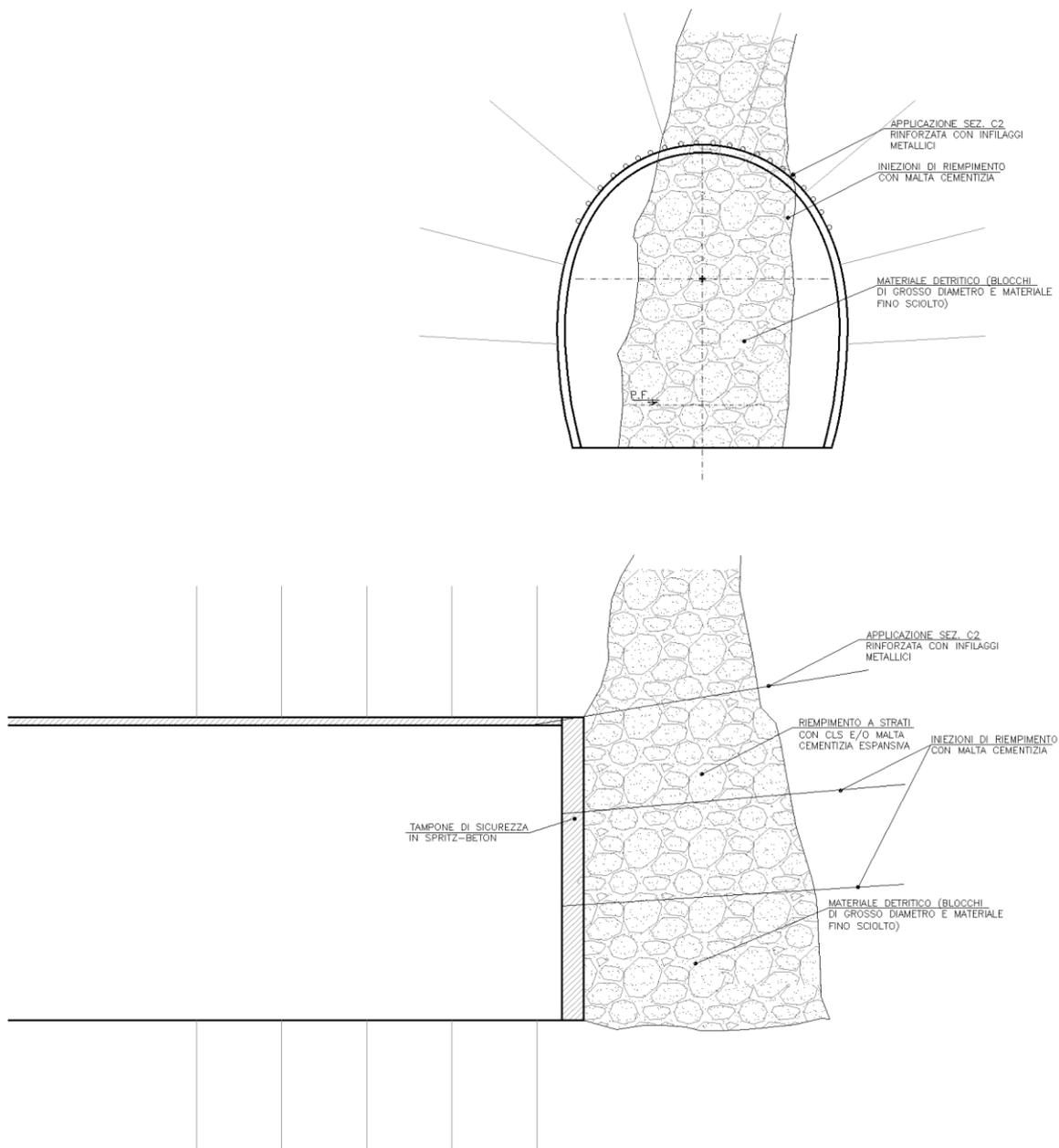


Figura 94 Schema di intervento n.5

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Clogging

Lo studio geologico e la caratterizzazione geotecnica condotti hanno evidenziato la presenza di formazioni di natura argillosa (in particolare il litofacies coesivo di ABD), nelle quali il fenomeno di *clogging* in fase di scavo si potrebbe verificare: il materiale argilloso può aderire agli utensili di taglio, rendendoli inefficaci, e/o può ostruire le aperture della testa fresante verso la camera di scavo, bloccare la testa fresante o anche la coclea. Per stimare il rischio di adesione delle particelle di argille si può utilizzare il criterio proposto da Thewes (2005): il grafico di Figura 95 mostra tre categorie di potenziale di adesione (basso-intermedio-alto), in funzione delle seguenti caratteristiche del materiale argilloso: Indice di Plasticità: $IP = W_L - W_P$ e Indice di Consistenza: $I_C = (W_L - w_n)/IP$, in cui W_L = limite liquido, W_P = limite plastico e w_n = contenuto naturale d'acqua.

Per la litofacies pelitica della formazione ABD e le formazioni STSb, UAS_p e BHE, è stato approfondito il potenziale rischio clogging. I valori della formazione BHE ricadono all'esterno della campitura colorata e non sono visibili.

Dall'esame di Figura 95 risulta che tali formazioni presentano un rischio clogging da medio a nullo.

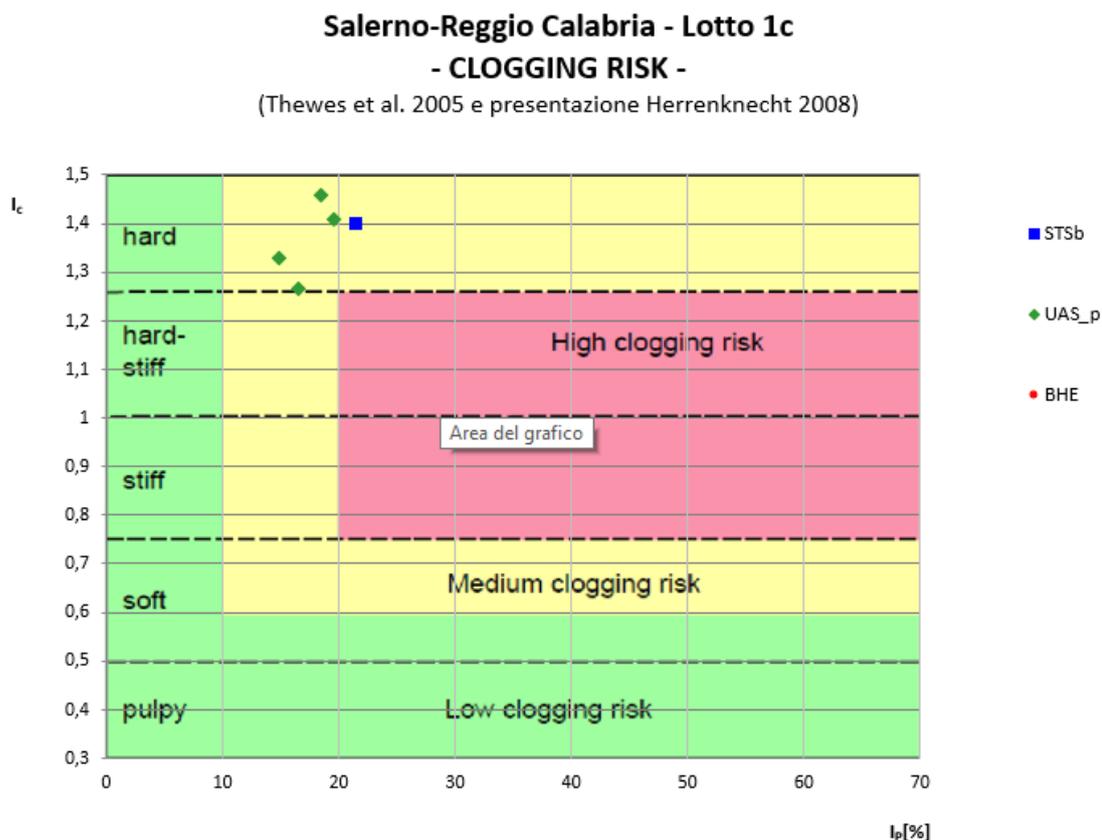


Figura 95 Rischio clogging

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Il fenomeno di clogging rappresenta una criticità ben più severa per una TBM Slurry, ma può comunque rallentare anche una TBM EPB, e deve essere mitigata con soluzioni mirate ad evitare che le particelle di argille si accumulino in testa ed in camera di scavo e riducendo la capacità delle stesse di aderire le une alle altre tramite, ad esempio: una opportuna scelta degli additivi per il condizionamento e la progettazione di un adeguato impianto di condizionamento in fase di configurazione della macchina una specifica configurazione della testa di scavo e della camera di scavo, impiego di getti d'acqua ad alta pressione all'interno della camera di scavo e sulla testa.

Abrasività

Visto il contesto geologico e geotecnico, il rischio di interessare materiali abrasivi è considerato come medio-basso. Tale rischio interessa infatti potrebbe interessare le formazioni che possono potenzialmente contenere del quarzo (ABD, SLCb, STSb, UAS). L'abrasività comporta l'elevata usura dei cutters e la necessità di frequenti ingressi in camera di scavo per la loro manutenzione/sostituzione, con fermi anche prolungati, e può determinare l'usura della testa di scavo e della coclea: tutti fattori che concorrono alla diminuzione della velocità media di avanzamento della macchina.

Per mitigare tale rischio dovrà essere effettuata un'attenta progettazione della testa di scavo e degli utensili di scavo, per tipologia, distribuzione e materiali e dovrà essere previsto un corretto approvvigionamento degli stessi. Inoltre, si dovrà, ad esempio: prevedere un sistema di protezione all'usura della testa di scavo e per la coclea, pianificare correttamente i fermi macchina per le ispezioni e la manutenzione, nonché impostare un monitoraggio per misurare il grado di usura attraverso sensori appositamente predisposti.

Presenza di gas

Lo studio geologico classifica come basso il rischio di intercettare gas nel corso delle fasi di scavo delle opere in sotterraneo (Rif. [10]).

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Sintesi dei rischi e delle azioni di mitigazione

Nella tabella a seguire si riepilogano per ciascun rischio individuato le relative azioni di mitigazione da intraprendere.

Rischi	Effetti	Esempi di misure da adottare per la mitigazione dei rischi
Instabilità del fronte di scavo /condizioni geomeccaniche sfavorevoli	<ul style="list-style-type: none"> – Subsidenza – Franamento del fronte – Difficoltà realizzazione riempimento a tergo dei conci 	Adozione TBM scudata con supporto del fronte di scavo, posa in continuo del rivestimento definitivo con iniezione della malta di intasamento a tergo dei conci
		Definizione adeguata pressione di supporto del fronte e dei parametri di scavo da ricalibrare e verificare attraverso un processo di back analysis dello scavo (ad es., PAT) che tenga conto del controllo dei parametri di scavo (ad es., pressione al fronte, peso del materiale scavato, pressione e volumi di iniezione della malta) e dei risultati del monitoraggio di superficie e monitoraggio geotecnico
		Maggiori velocità di avanzamento ottenute ad esempio con: <ul style="list-style-type: none"> • apprestamenti per consentire l'estensione dei servizi e la manutenzione più veloce della macchina, • un impianto di iniezione della malta più efficiente che eviti blocchi durante la fase di iniezione, • migliorie al sistema di drenaggio dell'acqua in galleria, • l'utilizzo di tipologie di cutters che riducano i fermi ed i tempi di manutenzione, • la realizzazione di drenaggi/impermeabilizzazioni/consolidamenti, • un potenziamento dei sistemi di perforazione*, • un sistema di manutenzione programmata TBM integrato nel software PC, • una gestione dello smarino che non comporti fermi, • una pianificazione della cantierizzazione che non comporti fermi, • una piattaforma integrata di monitoraggio,

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Rischi	Effetti	Esempi di misure da adottare per la mitigazione dei rischi
		<p>elaborazione e trasmissione dati con segnalazione allarmi in tempo reale.</p> <p>Indagini volte a definire meglio le caratteristiche geotecniche in fase realizzativa (ad esempio, indagini Georadar, prospezioni in avanzamento, anche con sistema Full Beam Scan con visualizzazione 2D e 3D della geologia davanti alla TBM)</p> <p>*Potenziamento dei sistemi di perforazione per sondaggi e trattamenti in avanzamento (anche per perforazione in roccia) ad es. con:</p> <ul style="list-style-type: none"> • installazione n. 2 perforatrici all'interno dello scudo per l'esecuzione di perforazioni orizzontali nella sezione da scavare, • aumento posizioni di perforazioni e su tutta la circonferenza, • possibilità di registrare i parametri di perforazione (penetrazione, coppia, pressione, velocità di rotazione, ecc.)
Fenomeni di subsidenza/interferenza con opere preesistenti	Induzione di danni.	Oltre a quanto indicato per il fenomeno di instabilità, predisposizione di monitoraggio strutturale delle interferenze in superficie e monitoraggio geotecnico con la definizione del valore di volume perso atteso e la definizione di soglie limite al superamento delle quali adottare specifiche azioni correttive
Venute d'acqua	<ul style="list-style-type: none"> – Difficoltà di avanzamento – Ingresso di fine in galleria – Difficili interventi in testa in condizioni iperbariche – Difficoltà realizzazione riempimento a tergo dei conci – Difficoltà montaggio 	<p>specifica progettazione della macchina di scavo (ad esempio, adeguata lunghezza della coclea, adeguato condizionamento, adozione di più file di spazzole con adeguato ingrassaggio e rilievo pressioni idrauliche, ecc.)</p> <p>Migliorie al sistema di drenaggio dell'acqua al fronte</p> <p>Predisposizione di un adeguato piano di manutenzione ordinaria e straordinaria che tenga conto delle tratte a pressione di supporto elevata al fine di evitare fermi ed operazioni in camera di scavo</p> <p>Migliorie per superare difficoltà nelle eventuali operazioni di manutenzione straordinaria in testa in condizioni iperbariche (ad es., presenza di camere iperbariche per uomini e camera</p>

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Rischi	Effetti	Esempi di misure da adottare per la mitigazione dei rischi
	anelli – Deterioramento delle spazzole di coda	iperbarica per attrezzi) Migliorie per garantire l'intasamento a tergo dei conci (ad es. impostazione sistematica iniezioni secondarie) Migliorie mirate a conoscere lo stato delle pressioni effettive a tergo dei conci ed in testa (ad es. piezometri dietro agli anelli in coda allo scudo, ecc.) Migliorie per consentire il corretto montaggio degli anelli (ad es. con sensori di allarme) Predisposizione procedura di fermo Migliorie per incrementare la velocità di avanzamento
Squeezing	– Blocco della macchina – Collasso del fronte	TBM scudata con sovrascavo per diametro gauge cutters e copycutters Aumento conicità scudo Lunghezza ridotta scudi Impiego TBM monoscudata Dimensionamento adeguato della spinta eccezionale Ugelli bentonite sullo scudo Sensori per misurare il gioco tra perimetro di scavo ed estradosso scudo Sensori nella parte anteriore dello scudo che misurano l'eventuale pressione del terreno Procedura in caso di fermo anche prolungato Migliorie per favorire lo smarino ed impedire l'accumulo di argilla sulla testa od in camera di scavo (ad es., configurando efficacemente la testa di scavo e gli utensili, prevedendo la possibilità di getti acqua ad alta pressione (300bar) all'interno della camera di scavo ed in testa, al centro e nella zona periferica, ecc.)
Clogging	– Blocco della testa	Impianto adeguato di condizionamento (ad es. con linee e

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

Rischi	Effetti	Esempi di misure da adottare per la mitigazione dei rischi
	<ul style="list-style-type: none"> – Danneggiamenti utensili di scavo – Ostruzione coclea 	<p>pompe indipendenti di iniezione acqua e schiuma, ecc.) e sistema di controllo dei volumi e della distribuzione degli additivi</p> <p>Definizione idoneo condizionamento</p> <p>Monitoraggio ad hoc (ad es. con telecamera in camera di scavo o sensori)</p> <p>Adeguate configurazione della testa di scavo</p>
Abrasività medio-elevata	<ul style="list-style-type: none"> – Usura dei cutter – Frequenti fermi per ispezioni e sostituzioni – Usura testa di scavo – Usura della coclea – Diminuzione velocità di avanzamento 	<p>Accurata selezione utensili di scavo, per tipologia, distribuzione, durata degli stessi (materiali)</p> <p>Adeguate approvvigionamento utensili di scavo</p> <p>Protezione antiusura di tutta la testa di scavo ed in particolare della zona periferica</p> <p>Protezione antiusura per la coclea: vite e albero della vite</p> <p>Pianificazione fermi ed ispezioni</p> <p>Sensori in testa per misura usura utensili di scavo</p>
Fenomeni carsici	<ul style="list-style-type: none"> – Impossibilità di applicare una corretta pressione al fronte a causa della cavità – Venute d'acqua elevate in caso di cavità riempita di acqua – Per cavità di dimensioni comparabili a quelle della galleria, impossibilità a procedere senza interventi preventivi 	<p>Adozione del metodo di scavo tradizionale. Nel corso dello scavo indagini in avanzamento. Riempimento delle cavità prima dello scavo.</p>

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RC2A	C1	R07RH	GN0000001	E	172 di 176

Opere di imbocco

Le gallerie imboccano generalmente con una copertura di 5-6 m corrispondenti all'incirca ad un raggio della sezione di scavo. Dalla sezione di imbocco la galleria prosegue in artificiale con il medesimo profilo di intradosso della galleria naturale fino a che la struttura si trova sotto la quota originaria della superficie. Le gallerie artificiali sono tutte previste a cielo aperto in scavi realizzati tra opere di sostegno. Il terreno di riporto tenderà a rimodellare la superficie con lo stesso andamento precedente agli scavi. Saranno previsti degli interventi di protezione dall'erosione e di regimazione delle acque meteoriche con rete di canalette.

Sono previsti portali di imbocco a becco di flauto per restituire, quanto più possibile, l'iniziale profilo della collina.

Le strutture provvisorie di sostegno degli scavi realizzate con paratie di pali e i rivestimenti delle gallerie artificiali sono stati pre-dimensionati ricorrendo a soluzioni progettuali ed esperienze precedenti in contesti simili.

In corrispondenza delle sezioni di imbocco, per assicurare la stabilità del fronte in avvio e in uscita della TBM sono previsti consolidamenti eseguiti dall'alto oppure dal fronte.

L'ampiezza degli scavi in senso trasversale al tracciato tiene conto anche degli ingombri necessari al montaggio delle TBM o alla loro traslazione/smontaggio in fase di uscita. Eccetto la dima di attacco, le gallerie artificiali saranno eseguite dopo la partenza o l'uscita delle TBM e l'arco rovescio sarà modellato per permettere il montaggio e l'uscita degli scudi. Allo stesso scopo, nella successiva fase progettuale verranno definite con più dettaglio le opere di sostegno, in modo da non intralciare le suddette operazioni, preferendo il ricorso a tiranti e/o sostegni rigidi a sbalzo per evitare strutture con funzione di puntone.

Laddove è prevista la traslazione della TBM per scavare in sequenza due gallerie, l'opera che separa i due imbocchi è dimensionata per sostenere i relativi carichi transitori.

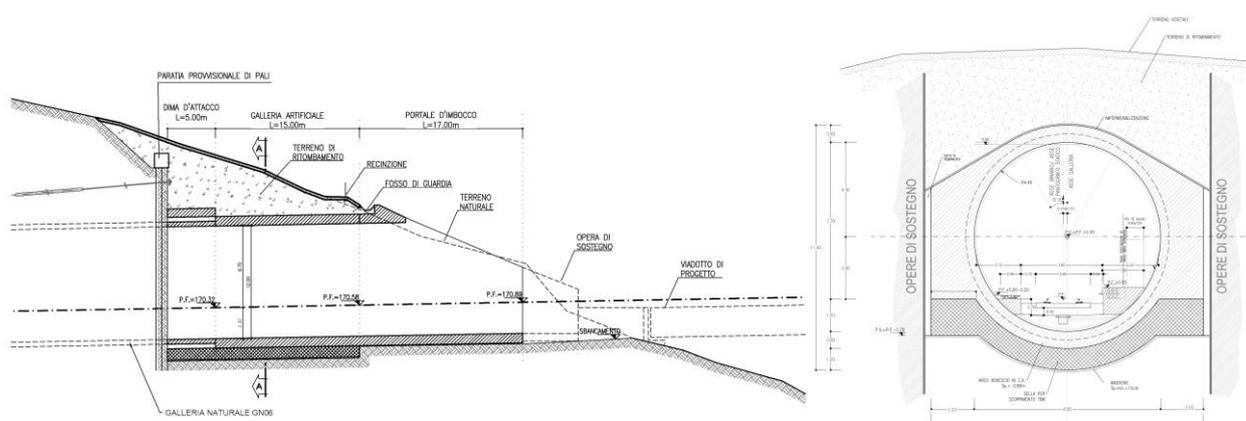


figura 96 Profilo e sezioni di un imbocco per TBM

Per la sistemazione finale degli imbocchi delle gallerie di linea si rimanda alle tavole specifiche (da Rif. [30] a Rif. [39]).

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

11 FASE DI VERIFICA E MESSA A PUNTO DEL PROGETTO

La complessità delle condizioni geologiche e geotecniche associata all'impossibilità di realizzare indagini geognostiche per parte del tracciato a causa delle alte coperture ha reso necessario, oltre ad una accurata valutazione dei rischi che possono presentarsi in fase di scavo e alla predisposizione di adeguate contromisure che possono coinvolgere la configurazione delle macchine, anche il ricorso all'approccio osservazionale mediante l'adozione di sistemi di indagini in avanzamento, l'impiego di tecnologie specifiche e l'implementazione di sistemi di controllo e monitoraggio, anche con l'utilizzo di una piattaforma integrata di monitoraggio, elaborazione e trasmissione dati con segnalazione del superamento soglie dei parametri significativi in tempo reale.

11.1 Scavo meccanizzato

Nel caso di scavo meccanizzato, la flessibilità in fase di avanzamento, in risposta alle condizioni riscontrate, è garantita dalla variabilità dei parametri operativi di controllo della TBM.

Pertanto, sulla base dei dati macchina raccolti durante l'avanzamento e le risultanze del monitoraggio geotecnico e topografico in superficie e in galleria, i parametri macchina (ad es.: contropressione al fronte) saranno modificati operando all'interno della variabilità prevista in fase progettuale.

11.2 Scavo tradizionale

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 e i valori soglia dei fenomeni deformativi al fronte e al contorno del cavo saranno definiti nella successiva fase progettuale.

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 lo scenario prevalente previsto in progetto e la risposta deformativa rientra nel campo dei valori attesi: la previsione progettuale è confermata, si procede con la sezione tipo prevalente prevista per la tratta.
2. La risposta deformativa non rientra nel campo di accettabilità dei valori soglia, rispetto ai valori attesi, definito in progetto: la sezione tipo prevalente 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 differenti da quelle ipotizzate come scenario prevalente 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.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

11.3 Monitoraggio in corso d'opera

Nella fase realizzativa dovrà essere posto in opera un adeguato programma di monitoraggio, volto a verificare gli effetti indotti dalla realizzazione degli imbocchi ed in particolare delle gallerie naturali, in considerazione delle sezioni di scavo e consolidamento previste, ottimizzandole nell'ambito delle variabilità indicata in progetto.

Con riferimento alle tratte realizzate con metodo di scavo meccanizzato il programma di monitoraggio dovrà prevedere:

- il controllo dei principali parametri macchina desunti direttamente in fase di scavo dalla fresa tra cui: pressione di supporto del fronte di scavo, densità del materiale nella camera di scavo, pressione e volume del materiale di intasamento iniettato a tergo dei conci, peso e volume del materiale scavato, condizionamento del terreno;
- il monitoraggio dello stato tensionale nel rivestimento definitivo mediante barrette estensimetriche saldate sui ferri di armatura dei conci e celle di carico tra i giunti longitudinali degli stessi.

Con riferimento alle tratte realizzate con metodo di scavo tradizionale il programma di monitoraggio dovrà prevedere:

- il rilievo analitico e speditivo del fronte di scavo;
- il controllo della convergenza del cavo, mediante installazione di stazioni di convergenza con mire ottiche;
- il controllo dell'estrusione del fronte, mediante installazione di estrusometri in avanzamento, dove previsto;
- il controllo delle deformazioni al contorno del cavo attraverso gli estensimetri multibase;
- il monitoraggio dello stato tensionale nel rivestimento di prima fase mediante celle di carico, celle di pressione e strain-gauges;
- il monitoraggio dello stato tensionale nel rivestimento definitivo mediante barrette estensimetriche.

Con riferimento alla realizzazione degli imbocchi il programma di monitoraggio dovrà prevedere:

- monitoraggio piezometrico per la misura della variazione della quota di falda nelle aree prospicienti alle paratie di imbocco;
- monitoraggio inclinometrico per la misura degli spostamenti orizzontali delle paratie e del terreno limitrofo;
- monitoraggio degli spostamenti delle paratie mediante mire ottiche disposte sull'opera di sostegno;
- monitoraggio delle sollecitazioni indotte dallo scavo sui tiranti mediante celle di carico.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN000001	REV. E

12 PROPOSTA DI INDAGINI PER LA SUCCESSIVA FASE DI PROGETTAZIONE

Nelle successive fasi progettuali, per definire in modo più dettagliato le caratteristiche geotecniche delle unità di interesse per le opere in sotterraneo sarà integrata la campagna di indagini già eseguita al fine di ottimizzare le scelte progettuali effettuate relativamente alle opere ed alle tecniche realizzative adottate.

L'obiettivo delle indagini di arricchimento è quello di migliorare il quadro conoscitivo delle unità attraversate. Si valuterà a tal fine anche la possibilità di eseguire stop geostrutturali sugli affioramenti degli ammassi rocciosi e sondaggi a carotaggio continuo a profondità inferiori al cavo delle gallerie per il recupero di campioni da testare in laboratorio di terreni/rocce appartenenti alle formazioni di interesse.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO-PRAIA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA RC2A	LOTTO C1	CODIFICA R07RH	DOCUMENTO GN0000001	REV. E

13 CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono state affrontate le problematiche progettuali connesse con la realizzazione delle gallerie del lotto 1C della nuova linea AV Salerno-Reggio Calabria.

La progettazione dell'opera in sotterraneo è stata condotta secondo il metodo ADECO-RS, articolandosi nelle seguenti fasi:

- fase conoscitiva (cap. 8): lo studio e all'analisi del contesto geologico e geotecnico di inserimento in cui saranno realizzate le gallerie hanno condotto alla definizione del modello geotecnico di sottosuolo, da affinare nelle successive fasi del progetto, e all'individuazione dei potenziali rischi connessi alla realizzazione dell'opera in sotterraneo;
- fase di diagnosi (cap. 9): la valutazione della risposta deformativa dell'ammasso allo scavo in assenza di interventi di stabilizzazione ha consentito di determinare le categorie di comportamento per la previsione e l'individuazione delle tratte a comportamento tensio-deformativo omogeneo;
- fase di terapia (cap. 10): si prevede di realizzare lo scavo delle gallerie naturali prevalentemente con metodo meccanizzato. Sono state individuate le soluzioni progettuali che consentono l'avanzamento in condizioni di sicurezza e la mitigazione dei rischi potenziali.

Il progetto è completato dalle prime indicazioni per il 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 delle gallerie al procedere dello scavo e verificarne la rispondenza con le previsioni progettuali.