

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01
LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA
Lotto Funzionale Brescia-Verona
PROGETTO DEFINITIVO**

**GALLERIE NATURALE
G.N. CALCINATO II
RELAZIONE GENERALE**

IL PROGETTISTA
LAND CONSULTING S.r.l.

Il direttore tecnico



IL PROGETTISTA INTEGRATORE

saipem spa

Tommaso Taranta

Dotore in Ingegneria Civile Iscritto all'albo degli Ingegneri della Provincia di Milano al n. A23408 - Sez. A Settori:
a) civile e ambientale b) industriale c) dell'informazione
Tel. 02.52020557 - Fax 02.52020309
C.F. e P.IVA 00825790157

ALTA SORVEGLIANZA	Verificato	Data	Approvato	Data	

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

I	N	0	5	0	0	D	E	2	R	G	G	N	0	1	0	0	0	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

PROGETTAZIONE GENERAL CONTRACTOR									Autorizzato/Data
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	
0	31.03.14	Emissione per CdS	TOSIANI	31.03.14	GALLO	31.03.14	LAZZARI	31.03.14	Consorzio Cepav due Project Director (Ing. F. Lombardi)
1	01.07.14	Revisione per CdS	TOSIANI	01.07.14	GALLO	01.07.14	LAZZARI	01.07.14	
									Data: _____

SAIPEM S.p.a. COMM. 032121 Data: 01.07.14 Doc. IN0500DE2RGGN01000011.doc



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

CUP: F81H9100000008

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
2	ELABORATI DI RIFERIMENTO.....	4
3	INQUADRAMENTO GENERALE.....	5
3.1	Geologia e geotecnica	5
3.1.1	Inquadramento geologico	5
3.1.2	Inquadramento idrogeologico	5
3.1.3	Parametri geotecnici	5
3.2	Obiettivi e vincoli progettuali	5
3.2.1	Vita utile e qualità dell'opera	5
3.2.2	Vincoli progettuali	6
4	DESCRIZIONE DELLE OPERE E PROBLEMATICHE GEOTECNICHE.....	7
4.1	Situazioni di rischio potenziale	7
4.2	Tipologie d'intervento.....	7
5	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	8
5.1	Generale	8
5.2	Sezione tipo.....	8
5.3	Nicchioni e camere di deposito	8
5.4	Idraulica	9
6	PROBLEMATICHE E SOLUZIONI RELATIVE ALLA SICUREZZA DELL'ESERCIZIO.....	10
6.1	Sicurezza in galleria: esercizio normale e in caso di incendio.....	10
6.2	Condotta idrica antincendio	10
6.3	Ulteriori provvedimenti finalizzati alla sicurezza in caso di emergenza	10
6.4	Tecnologia dei materiali di costruzione	10
6.5	Impianti	11
7	GALLERIA NATURALE.....	12
7.1	Sezioni di scavo	12
7.2	Rivestimento di prima fase	12
7.3	Impermeabilizzazione e rivestimento interno	13
7.4	Aerodinamica.....	13
8	REALIZZAZIONE DELL'OPERA	14
8.1	Descrizione generale	14
8.2	Fasi di costruzione	14
8.2.1	Fase 1: Posa in opera in calotta delle colonne in jet –grouting armate con tubi metallici e consolidamento al fronte con Chiodatura in vetroresina (VTR).	14
8.2.2	Fase 2: Esecuzione dello scavo.....	14
8.2.3	Fase 3: Scavo dell'arco rovescio	15
8.2.4	Fase 4: Getto del rivestimento definitivo dell'arco rovescio e delle murette	15
8.2.5	Fase 5: Impermeabilizzazione.....	15
8.2.6	Fase 6: Getto del rivestimento definitivo.....	15
8.3	Nicchie	15
9	CANTIERIZZAZIONE.....	16
9.1	Aree di cantiere	16
9.2	Smarino	16
9.3	Impianto di ventilazione.....	16
9.4	Impianto di aggotamento acque	16

1 INTRODUZIONE

Nell'ambito della progettazione definitiva della linea ferroviaria Alta Velocità/ Alta Capacità Milano-Verona la galleria Calcinato II è suddivisa in tre opere distinte (WBS):

- CALCINATO II OVEST, corrispondente ad una trincea tra muri ad U (TR03) e ad una galleria artificiale a sezione policentrica (GA04);
- CALCINATO II (GN01), corrispondente ad una galleria naturale;
- CALCINATO II EST (GA05), corrispondente ad una galleria artificiale a sezione policentrica.

Il presente documento riguarda la galleria naturale Calcinato II, corrispondente alla WBS GN01. In questo tratto la linea ferroviaria, a doppio binario, è caratterizzata da una velocità di progetto di 300 km/h e da un interasse dei binari di 4.50 m.

La Galleria Calcinato II è ubicata all'altezza del Comune di Calcinato (BS), tra le località di Brescia e Peschiera del Garda; il tracciato ferroviario passa subito a Nord dell'Autostrada A4 Milano – Venezia. La galleria in esame viene ad interessare un promontorio appartenente ad un cordone morenico appartenente alla cerchia più esterna dell'anfiteatro morenico gardesano, compresa all'interno di un territorio per lo più pianeggiante di origine alluvionale e fluvioglaciale.

Vengono fornite nei capitoli successivi la descrizione dell'opera in oggetto, le problematiche geotecniche affrontate e le indicazioni in merito alle soluzioni progettuali e alle modalità costruttive adottate.

2 ELABORATI DI RIFERIMENTO

TUTTI GLI ELABORATI DI RIFERIMENTO CITATI ALL'INTERNO DEL DOCUMENTO SONO DA INTENDERSI CON CODICE COMMESA "IN05" IN LUOGO DI "A202".

1. CALCINATO II - Planimetria di progetto	A202-00-D-E2	P7	GN01	0	0	001
2. CALCINATO II - Nicchie - Planimetria - Carpenteria, scavo e consolidamenti	A202-00-D-E2	PZ	GN01	0	0	001
3. CALCINATO II - Sezione tipo galleria naturale	A202-00-D-E2	BB	GN01	0	0	001
4. CALCINATO II - Profilo longitudinale	A202-00-D-E2	F7	GN01	0	0	001
5. CALCINATO II - Sezioni trasversali (Tav. 1/2)	A202-00-D-E2	W9	GN01	0	0	001
6. CALCINATO II - Imbocco lato Milano - Fase costruttiva - Planimetria e sezioni trasversali	A202-00-D-E2	PA	GN01	0	0	001
7. CALCINATO II - Sezioni trasversali (Tav. . 2/2)	A202-00-D-E2	W9	GN01	0	0	002
8. CALCINATO II - Imbocco lato Milano - Sviluppata paratia e particolari costruttivi	A202-00-D-E2	PZ	GN01	0	0	002
9. CALCINATO II - Imbocco lato Verona - Fase costruttiva - Planimetria e sezioni trasversali	A202-00-D-E2	PA	GN01	0	0	002
10. CALCINATO II - Pianta P.F. - Vista dall'alto e sezione longitudinale	A202-00-D-E2	P9	GN01	0	0	001
11. CALCINATO II - Opere di drenaggio	A202-00-D-E2	PZ	GN01	0	0	003
12. CALCINATO II - Imbocco lato Verona - Sviluppata paratia e particolari costruttivi	A202-00-D-E2	PZ	GN01	0	0	004
13. CALCINATO II - Imbocco lato Milano - Sistemazione finale - Planimetria	A202-00-D-E2	P9	GN01	0	0	002
14. CALCINATO II - Imbocco lato Milano - Sistemazione finale - Profilo longitudinale	A202-00-D-E2	F9	GN01	0	0	001
15. CALCINATO II - Imbocco lato Milano - Sistemazione finale - Sezioni trasversali	A202-00-D-E2	W9	GN01	0	0	003
16. CALCINATO II - Imbocco lato Verona - Sistemazione finale - Planimetria	A202-00-D-E2	P9	GN01	0	0	003
17. CALCINATO II - Imbocco lato Verona - Sistemazione finale - Profilo longitudinale	A202-00-D-E2	F9	GN01	0	0	002
18. CALCINATO II - Imbocco lato Verona - Sistemazione finale - Sezioni trasversali	A202-00-D-E2	W9	GN01	0	0	004
19. CALCINATO II - Sezione tipo C1 - Scavi, consolidamenti e carpenteria	A202-00-D-E2	FZ	GN01	0	0	001
20. CALCINATO II - Monitoraggio - Planimetria e sezioni	A202-00-D-E2	PZ	GN01	0	0	005
21. CALCINATO II - Relazione sul monitoraggio	A202-00-D-E2	RH	GN01	0	0	001
22. CALCINATO II - Profilo geologico-geotecnico	A202-00-D-E2	FZ	GN01	0	0	002
23. CALCINATO II - Imbocco lato Milano - Carpenteria dima - Scavi e consolidamenti concio d'attacco	A202-00-D-E2	BA	GN01	0	0	001
24. CALCINATO II - Relazione generale	A202-00-D-E2	RG	GN01	0	0	001
25. CALCINATO II - Relazione di calcolo galleria naturale	A202-00-D-E2	CL	GN01	0	0	001
26. CALCINATO II - Relazione di calcolo imbocchi	A202-00-D-E2	CL	GN01	0	0	002

3 INQUADRAMENTO GENERALE

3.1 Geologia e geotecnica

3.1.1 Inquadramento geologico

La galleria naturale Calcinato II interessa una collina derivata da un cordone morenico orientato grosso modo N-S appartenente alla cerchia più esterna dell'arco morenico del Garda, costituito da depositi quaternari di origine glaciale e fluvioglaciale. Le stratigrafie mettono in evidenza un'alternanza di strati di ghiaia in matrice sabbioso-limoso-argilloso e di sabbia in matrice limoso-argilloso con ghiaia. La cementazione è media-debole. La relazione geotecnica preliminare descrive la presenza di terreni che, sia pure con buone caratteristiche meccaniche, non sembrano dotati di cementazione.

I calcoli di stabilità di un pendio adiacente all'autostrada interessato anch'esso dallo scavo della galleria eseguiti in seguito ad osservazioni rivelatrici nell'ambito di un sopralluogo permettono di stimare la presenza di una coesione pari a circa 9 kN/m^2 . I parametri geotecnici del terreno in esame utilizzati per i calcoli statici ed il dimensionamento dei rivestimenti interno e definitivo sono riportati all'interno della relazione di calcolo.

3.1.2 Inquadramento idrogeologico

L'idrogeologia dell'area è caratterizzata dalla presenza di una falda freatica continua presente ad una quota di circa 115-116 m s.l.m. (soggiacenza di oltre 30 m dal piano campagna) e di una falda sospesa, presente ad una quota di circa 128-130 m s.l.m. Quest'ultima, dovuta più alla presenza di porzioni di depositi glaciali e fluvioglaciali con una maggiore percentuale di matrice limoso-argillosa che non a vere e proprie intercalazioni di terreni impermeabili, è da considerarsi di carattere discontinuo e temporaneo, risultando sensibile a ricariche dovute a periodi di maggiori precipitazioni. Questa falda più superficiale non interessa la tratta in cui viene scavata la galleria naturale.

3.1.3 Parametri geotecnici

I parametri geotecnici utilizzati per il dimensionamento statico della galleria naturale sono riportati di seguito. Più dettagli sono riportati nella Relazione di Calcolo.

Descrizione	Peso di volume naturale γ [kN/m^3]	Coefficiente di spinta a riposo k_0 [-]	OCR	Angolo d'attrito ϕ [$^\circ$]	Coesione c [kN/m^2]	Modulo di elasticità E [MPa]
Sabbia e ghiaia	19	0.5-1.0	1-4	35	9	150

3.2 Obiettivi e vincoli progettuali

3.2.1 Vita utile e qualità dell'opera

Si prevede una vita utile della galleria maggiore a cinquanta anni. Risultano dunque di grande importanza tutti quegli accorgimenti utili a garantire l'efficienza funzionale dell'opera durante tutta la sua vita utile senza ulteriori costi di risanamento.

La corretta messa in opera dell'impermeabilizzazione garantisce una completa efficienza funzionale nel corso degli anni limitando così gli interventi alla sola manutenzione ordinaria. Occorre pertanto definire in modo dettagliato i particolari costruttivi che riguardano la captazione e lo smaltimento delle acque di drenaggio, al fine di prevenire fenomeni d'intasamento che pregiudicherebbero la funzionalità del

sistema. La previsione di particolari accorgimenti come l'uso di pendenze adeguate o di pozzetti d'accesso ai drenaggi facilita i lavori di manutenzione.

Di gran rilevanza sono inoltre tutte le misure di sicurezza atte a garantire la sicurezza degli utenti in caso di incendio, nonché a salvaguardare l'opera da danni che ne comprometterebbero la funzionalità. Un sistema per il rilevamento dell'incendio, in grado di allarmare tempestivamente i mezzi di soccorso, contribuisce a limitare il propagarsi dell'incendio, limitando l'estensione e l'entità dei danni all'opera.

3.2.2 Vincoli progettuali

I seguenti aspetti hanno influenzato la progettazione definitiva della galleria Calcinato II:

- Vista la limitata lunghezza della galleria, lo scavo della galleria da entrambe i portali risulta essere una soluzione con pochi vantaggi. Sarà in ogni modo la logistica di cantiere in seguito a decidere se avverrà o meno un avanzamento dello scavo da entrambe i portali.
- Trattandosi di una galleria extraurbana superficiale in materiale sciolto (con copertura limitata, sino a ca. 14 m), il principale problema della fase di scavo è quello di assicurare la stabilità del terreno al fronte e circostante il cavo nonché di controllare gli assestamenti in superficie. Soprattutto questi ultimi possono causare il distacco di singoli sassi con il potenziale estremo di scivolare lungo il pendio fino a raggiungere la vicina Autostrada. E' possibile ridurre al minimo questo rischio con dei semplici provvedimenti quali la messa in opera di reti di protezione o ostacoli in legno lungo il coronamento del muro.
- La presenza di un traliccio dell'alta tensione alla sommità della collina morenica conferma la particolare attenzione da accordare ai poco probabili ma possibili assestamenti dovuti allo scavo della galleria. Il traliccio rimane al di fuori dell'area interessata dalla galleria perciò molto probabilmente non viene influenzato in alcuna maniera dalla sua costruzione. Al fine di escludere ogni possibile rischio, è previsto un monitoraggio del pilone sia con mire ottiche che con misure estenso-inclinometriche alla sua base.

a)

4 DESCRIZIONE DELLE OPERE E PROBLEMATICHE GEOTECNICHE

4.1 Situazioni di rischio potenziale

Nel seguito si riporta la definizione delle possibili *situazioni di rischio potenziale* (SRP) riferite al materiale riscontrato lungo il tracciato delle galleria naturale e significative ai fini progettuali.

- S1 - Instabilità del fronte:** meccanismo potenzialmente manifestabile per il collasso del nucleo per motivi di decompressione dovuti allo scavo;
- S2 - Instabilità del cavo, grandi deformazioni:** analogamente al punto precedente le deformazioni della cavità dipendono dall'equilibrio tensionale tra il carico litostatico e la resistenza dei terreni. Il rivestimento di prima fase deve incrementare in modo adeguato la resistenza dei terreni in tutte le fasi di scavo ed il suo dimensionamento dipenderà dalla copertura in gioco, dei parametri geotecnici e dalle particolarità geometriche dello scavo.
- S3 - Formazione di camini:** situazione verificabile a causa delle condizioni di bassa copertura. Tale fenomeno è in generale direttamente legato alla stabilità del fronte o della cavità. Il collasso di questo tipo può portare al franamento all'interno della cavità dei terreni di copertura per diversi metri (copertura massima = 14 m) fino al raggiungimento del piano campagna ed è solitamente preceduto da importanti assestamenti della cavità, da instabilità del fronte e/o presenza di acqua.
- S4 - Instabilità superficiale della scarpata soprastante lo scavo:** situazione verificabile a causa della limitata copertura (fino a 14 m) con conseguenti movimenti di sassi sciolti che possono raggiungere il piano stradale dell'Autostrada.
- S5- Assestamenti dell'Autostrada nei pressi della tratta dove viene scavata la galleria:** assestamenti dovuti allo scavo della galleria naturale Calcinato II possono produrre degli assestamenti della vicina Autostrada A4 Milano-Venezia che ne comprometterebbero la sua funzionalità.

4.2 Tipologie d'intervento

SRP	Descrizione	Tipologia di intervento	Zona
S1	Instabilità del fronte	Sagomatura del fronte con forma concava ($f=1,0$ m). Messa in opera di elementi longitudinali in VTR per il consolidamento del fronte e spritzbeton fibrorinforzato con uno spessore variabile tra i 5 ed i 25 cm. Alla fine di ogni campo, prima della messa in opera delle delle VTR, sul fronte viene proiettato lo spritzbeton fibrorinforzato.	Lungo tutta la tratta della galleria naturale
S2	Instabilità del cavo	Messa in opera delle centine e dello spritzbeton armato una rete elettrosaldata (5 cm)	Lungo tutta la tratta della galleria naturale
S3	Formazione di camini	Messa in opera di colonne in jet grouting armati con tubo metallico disposte lungo il contorno della cavità unitamente agli elementi longitudinali in vetroresina (VTR) per il consolidamento del fronte. Limitazione della fase di scavo, arco rovescio entro una distanza molto limitata dal fronte di scavo (massimo 12 m).	Lungo tutta la tratta della galleria naturale
S4	Instabilità superficiale della scarpata soprastante lo scavo	Messa in opera di reti o semplici costruzioni in legno lungo il coronamento del muro a riparo dell'adiacente Autostrada	Lungo tutta la corona del muro adiacente all'Autostrada
S5	Assestamenti dell'Autostrada	Messa in opera di colonne in jet grouting armati con tubo metallico disposte lungo il contorno della cavità unitamente agli elementi longitudinali in vetroresina (VTR) per il consolidamento del fronte.	Lungo tutta la tratta della galleria naturale

5 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

5.1 Generale

La galleria Calcinato II in progettazione consta di una singola canna a doppio binario ed è prevista per il completamento della linea ferroviaria dell'alta velocità (di seguito A.V.) nella tratta tra Milano e Verona. E' previsto il transito di treni con velocità di punta fino a 300 km/h.

5.2 Sezione tipo

Per velocità comprese tra i 200 ed i 300 km/h le sagome della galleria sono state individuate dalla Società Italferr Sis. T.A.V.. L'interasse tra i binari è pari a 4.50 m. I marciapiedi di servizio hanno una larghezza non inferiore a 120 cm, per consentire un transito agevole.

La galleria naturale è lunga 230 m; complessivamente la Galleria Calcinato II, comprese le due gallerie artificiali, misura 460 m. La pendenza longitudinale della galleria è di 0.3 % in direzione Verona, il piano del ferro è orizzontale (sulla sezione trasversale) in quanto tutta la galleria si sviluppa in rettilineo. Il tracciato ferroviario è ad una distanza di circa 30 m dall'asse A4 e la copertura sopra la calotta della galleria naturale varia tra circa 4-5 m agli imbocchi e circa 14 m nel tratto centrale.

Nella seguente tabella si riportano le principali caratteristiche geometriche delle sagome della sezione corrente.

	<i>Sezione corrente</i>
<i>Raggio interno</i>	6.10 m
<i>Altezza max. profilo dal piano del ferro</i>	8.90 m
<i>Larghezza max. profilo*</i>	11.04 m

*) Altezza e larghezza riferite all'intradosso del rivestimento definitivo sul piano di calpestio del marciapiede

Sulla base delle informazioni riportate nella relazione geotecnica preliminare, la galleria Calcinato II si sviluppa unicamente in materiale sciolto. Per poter far fronte alle spinte del terreno verso la cavità si prevede lo scavo di un arco rovescio al fine di garantire la stabilità a lungo termine dello scavo. Il completamento del supporto portante (anello) è fondamentale per poter fornire continuità geometrica e quindi meccanica, è perciò necessario studiare il dettaglio tra il rivestimento definitivo dell'arco rovescio e il rivestimento di prima fase di calotta e piedritti per poter così garantire un effetto pari all'anello. La distanza massima dal fronte di scavo all'arco rovescio non deve quindi essere superiore a 12 m.

Come si evince dai calcoli delle deformazioni effettuati riportati nella relazione di calcolo, anche nel caso più estremo, l'Autostrada a Sud della galleria Calcinato II non viene interessata da possibili deformazioni dovute allo scavo della galleria. Si rinuncia così ad approfondire questo tema.

5.3 Nicchioni e camere di deposito

Data la lunghezza totale della galleria, pari a 460 m comprese le due gallerie artificiali, è prevista la costruzione di un nicchione nella galleria naturale. Questo nicchione ha dimensioni in pianta, alla quota del piano di calpestio, di 2.80 m (larghezza) x 3.45 m (profondità), con una profondità minima al contorno dell'intradosso galleria di 2.86 m. L'altezza del nicchione sul piano di calpestio è pari a 2.70 m. Nel nicchione è previsto il ricovero di attrezzature di binario di limitate dimensioni, attrezzature di sicurezza (previste ogni 250 m indicate nelle "Linee guida per le gallerie ferroviarie" e nei "Criteri progettuali per la realizzazione degli impianti"), il segnalamento e gli addetti ai lavori in relazione allo spazio disponibile. Per contenere le varie attrezzature dovranno essere previsti armadi adeguati da porre



in aderenza alla parete del nicchione, cercando di utilizzare le altre pareti per la posa dei mancorrenti da utilizzare da parte degli addetti ai lavori.

Vista la lunghezza complessiva della galleria (naturale ed artificiale) non sono previste delle camere di deposito lungo tutto il suo sviluppo.



5.4 Idraulica

All'interno della galleria naturale è previsto l'alloggiamento di una canaletta in calcestruzzo avente dimensioni interne pari a 0.41 x 0.27 m, posizionata nella zona centrale della sezione, dedicata alla raccolta delle acque e di eventuali sostanze sversate. L'alimentazione della canaletta è consentita da una batteria di griglie metalliche, aventi dimensioni 0.50 x 0.50 m, posizionate con un interasse di 15 m. Di qui l'acqua viene portata sino agli imbocchi dove saranno posizionate vasche destinate alla laminazione ed al trattamento delle acque.

Il pavimento di ogni nicchia è leggermente inclinata verso il piano del ferro, così da poter convogliare tutte le acque all'interno di pilette poste accanto ogni marciapiede lungo tutta la galleria. In corrispondenza ad ogni griglia confluiscono nella canaletta centrale, mediante tubazioni con Ø 80 mm, anche le acque provenienti dalle pilette di raccolta ubicate sul marciapiede.

L'acqua piovana eventualmente penetrata fino al cavo viene drenata tramite dei tubi fessurati in PVC disposti alla base del sistema di impermeabilizzazione della calotta e lungo tutto lo sviluppo dei piedritti laterali.

La sezione tipo della galleria prevede una condotta per l'impianto idrico antincendio posizionata al di sotto del marciapiede. Qui trovano sede anche i cavi per l'alta e la bassa tensione.

GENERAL CONTRACTOR Cepav due 		ALTA SORVEGLIANZA 				
		Progetto IN05	Lotto 00	Codifica Documento D-E2-RG-GN0100-001	Rev. 1	Foglio 10 di 16

6 PROBLEMATICHE E SOLUZIONI RELATIVE ALLA SICUREZZA DELL'ESERCIZIO

6.1 Sicurezza in galleria: esercizio normale e in caso di incendio

L'esperienza insegna che l'aspetto della sicurezza riveste un carattere di fondamentale importanza. Le tristi esperienze maturate negli ultimi drammatici incidenti verificatisi in galleria portano ad analizzare con particolare attenzione il problema delle vie di fuga in galleria in caso di incidente con sviluppo di incendio.

Il concetto di sicurezza della galleria comprende:

- Un sistema per il rilevamento dell'incendio, che automaticamente arresti gli eventuali veicoli in ingresso in galleria e che allarmi in tempo reale i vigili del fuoco per poter ridurre così il tempo in cui la galleria è sotto il carico dell'incendio;
- Nonostante l'esigua lunghezza della galleria, è previsto un impianto idrico antincendio;
- Un efficiente sistema telefonico d'emergenza e degli alloggiamenti per gli estintori portatili posizionati nelle nicchie per un primo intervento;
- L'illuminazione d'emergenza che consente di evacuare le persone lungo i marciapiedi laterali. Questo sistema ha lo scopo di garantire una fuga all'esterno della galleria, possibilmente ordinata. Le vie di fuga saranno collegate ad aree di soccorso al di fuori della galleria artificiale, in posizione tale da essere raggiunte il più velocemente possibile dai mezzi di soccorso;
- L'utilizzo di adeguati materiali per garantire un idoneo livello di sicurezza della funzione portante anche in caso di incendio.

6.2 Condotta idrica antincendio

Per aumentare la sicurezza della galleria, soprattutto in caso di incendio - tema molto attuale soprattutto dopo gli ultimi incidenti avvenuti - si è preferito a degli idranti agli imbocchi della galleria una condotta idrica antincendio che percorra tutta la galleria (artificiale e naturale). La funzione è quella di poter garantire ai Vigili del Fuoco, nella zona del sinistro, una portata d'acqua ed una pressione idonee al funzionamento contemporaneo di almeno tre rubinetti antincendio. In corrispondenza delle nicchie si diramano dalla condotta primaria delle tubazioni per l'alimentazione dei rubinetti idranti. Anche questa misura è volta a garantire un tempestivo intervento in caso di incendio così da limitare il più possibile i danni a persone e struttura.

6.3 Ulteriori provvedimenti finalizzati alla sicurezza in caso di emergenza

Spesso anche a prescindere dall'efficienza del sistema di evacuazione di fumi possono determinarsi situazioni di particolare limitata visibilità; in tal senso il progetto prevede l'impiego di dispositivi ausiliari per un razionale e ordinato abbandono delle zone invase dai fumi.

Lo scopo è perseguito installando uno speciale corrimano lungo i piedritti; detto corrimano è isolato termicamente ed è applicato ad un'altezza di circa 1,0 m dal piano di calpestio. Lungo il corrimano, che prende il nome figurativo ed intuitivo di "Filo di Arianna", saranno installate luci di orientamento messe in funzione solo in caso di emergenza. L'intero sistema agevola il raggiungimento degli imbocchi diminuendo la concitazione normalmente esistente in caso di incendio. Inoltre un sistema di segnaletica informerà le persone in fuga sulla distanza dagli imbocchi al fine di poter uscire dalla galleria nel minor tempo possibile.

6.4 Tecnologia dei materiali di costruzione

L'importanza socioeconomica di una galleria ferroviaria, già citata in precedenza, impone che, anche a seguito di un incendio, debba essere mantenuto un idoneo livello di sicurezza della funzione portante del

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
D-E2-RG-GN0100-001

Rev.
1

Foglio
11 di 16

rivestimento definitivo per limitare il danneggiamento e quindi garantire il reimpiego dell'opera. In particolare, riveste notevole importanza il comportamento al fuoco del conglomerato cementizio che costituisce il rivestimento definitivo; esso deve avere una resistenza al fuoco di REI120.

6.5 Impianti

Le scelte di intervento sono scaturite in base a valutazioni tecnico-economiche. Vista la lunghezza esigua della galleria, si è tralasciato un impianto di ventilazione forzata a comando per consentire l'accesso in atmosfera libera da fumi e/o vapori e gas nocivi.

Inoltre le Linee Guida Per il Miglioramento della Sicurezza Nelle Gallerie Ferroviarie prevedono misure di sicurezza quale impianti di ventilazione solo per gallerie con una lunghezza minima pari a 5 km.

7 GALLERIA NATURALE

7.1 Sezioni di scavo

In accordo al profilo geologico-geotecnico della galleria e a quanto sopra riportato (situazioni di rischio potenziale), si prevede per lo scavo della galleria naturale l'applicazione di una sola sezione tipo (C1a) in quanto la stessa si sviluppa su una lunghezza moderata (230 m), e pertanto non sono attesi importanti cambiamenti geotecnici che motiverebbero l'applicazione di due o più diverse sezioni di scavo.

La sezione tipo prevista per la tratta corrente della galleria e per le nicchie è stata dimensionata in funzione delle possibili condizioni geomeccaniche e della copertura. Normalmente, per poter garantire la stabilità dello scavo nel materiale sciolto con coesione, si impiegano come misure di presostegno gli infilaggi.

Nel seguito sono riportate sinteticamente le principali caratteristiche della sezione di scavo, deducibili con maggiore dettaglio dalle tavole di progetto.

<i>Sezione tipo</i>	<i>Localizzazione indicativa</i>	<i>Interventi di stabilizzazione e consolidamento</i>	<i>Tipo di avanzamento e modalità di scavo</i>
C1a	Tutta la tratta della galleria naturale	Colonne in jet-grouting armate con tubi metallici su 120° in calotta, colonne in micro-jet armate con tubi in VTR sul fronte, centine, betoncino proiettato fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, arco rovescio	Sezione piena, mezzi meccanici.

7.2 Rivestimento di prima fase

Colonne in jet-grouting in calotta, armate con tubo metallico su 120°: le 61 colonne in jet-grouting armate quale presostegno disposte nella volta della galleria hanno il compito di impedire che lo scavo appena aperto si riempia di materiale e potrebbe infine provocare il collasso della cavità. Il presostegno viene scelto in funzione del valore della coesione del terreno (per la definizione della coesione si veda la relazione di calcolo). Se la coesione è sufficientemente grande e le premesse sono favorevoli come in assenza di infiltrazioni d'acqua, questo provvedimento perde di importanza e può venir ridotto. Non potendo escludere a priori la presenza d'acqua né la presenza di tratte a materiale debolmente o per niente coesivo, si rinuncia a tralasciare un presostegno della volta nella galleria Calcinato II.

I tubi metallici in acciaio Fe 510 utilizzati per armare le colonne in jet-grouting per uno sviluppo di 120° in calotta, hanno un diametro di 88.9 mm ed uno spessore di 10 mm. Sono lunghi 14 m e vengono messi in opera a campi di 9 m, da cui ne risulta una sovrapposizione di 5 m.

Betoncino proiettato: lo spessore del rivestimento di prima fase, composto da betoncino proiettato, centine, reti elettrosaldate e betoncino proiettato, è di 25 cm. Per ogni sfondo (ogni 1.00 m) si realizzano 5 cm di betoncino proiettato previsto fibrorinforzati (30 kg/mc) quale sigillatura, per evitare che il terreno si disidrati, perda ulteriormente coesione e per aumentare la sicurezza dei lavori in galleria.

Centine: verranno impiegate 2 centine INP 180, posate ogni metro e collegate tra loro con delle catene. Le catene di collegamento giocano un ruolo molto importante poiché forniscono la stabilità e la continuità strutturale alle centine adiacenti.

Chiodatura in vetroresina VTR: il fronte dello scavo viene consolidato con 55 chiodature o in VTR Ø 60/40. Hanno una lunghezza di 18 m e vengono inseriti a campi di 9 m, da cui ne risulta una sovrapposizione di 9 m. Per poter sigillare il fronte da possibili distacchi di materiale sciolto localmente e

dove necessario può venir eseguito sul fronte d'avanzamento uno strato di betoncino proiettato fibrorinforzato dello spessore di circa 5 cm ogni sfondo.

Alla fine di ogni campo d'avanzamento e prima della messa in opera in calotta delle colonne in jet-grouting armate, il fronte viene assicurato con 25 cm di spritzbeton fibrorinforzato. Per ridurre le misure necessarie al sostegno del fronte, si procederà alla sua sagomatura con forma concava (freccia 1,0 m).

7.3 Impermeabilizzazione e rivestimento interno

Il rivestimento di prima fase della galleria dovrà essere regolarizzato prima della posa dell'impermeabilizzazione in modo da ottenere superfici regolari prive di brusche differenze di sagoma e di parti metalliche in vista che potrebbero danneggiare l'impermeabilizzazione. Un tessuto in microfibra (400 g/m²) permette di regolarizzare la superficie della galleria. A questo tessuto viene applicata in un secondo momento l'impermeabilizzazione di 2 mm in PVC. Le fessure in prossimità delle riprese di getto (sezione trasversale) con calcestruzzo sono impermeabilizzate per mezzo di bandelle iniettabili saldate all'impermeabilizzazione. In questo modo è possibile formare dei settori regolari che possono essere isolati in caso di falla limitando così l'estensione delle infiltrazioni.

La galleria si sviluppa interamente sopra falda per cui l'impermeabilizzazione si estende solo fino alla base dei piedritti laterali, risvoltando sopra le murette. Alla base del sistema di impermeabilizzazione della calotta, lungo tutto lo sviluppo dei piedritti laterali sono disposti tubi fessurati in PVC contornati da uno strato di geocomposito drenante che convogliano le acque drenate longitudinalmente, sfruttando la pendenza dello 0.3%, verso l'esterno della galleria, dove potrà venir immessa direttamente nel sistema di raccolta dell'acqua piovana.

Il rivestimento interno è prevalentemente in calcestruzzo non armato con uno spessore minimo di 60 cm, eccezion fatta per le tratte in prossimità delle nicchie e nelle zone di imbocco. In queste tratte lo spessore del rivestimento interno resterà costante ma si predisporrà un'armatura con un'incidenza pari a circa 110 kg/mc.

7.4 Aerodinamica

In galleria il treno incontra e vince resistenze aerodinamiche all'avanzamento che influenzano le prestazioni del materiale rotabile. In ogni condizione di marcia dei treni non deve mai venir superato il valore della pressione in galleria di 10 kPa. Una corretta progettazione garantisce un adeguato livello di comfort e prevede principalmente un adeguato dimensionamento della sezione trasversale libera e, secondariamente, uno studio appropriato nei tratti terminali (imbocco e sbocco).

Data la lunghezza complessiva della galleria (tratte in artificiale incluse), pari a circa 460 m e dato il rapporto di bloccaggio¹, i fenomeni aerodinamici dovuti alle sovrappressioni generate dal traffico dei treni possono essere considerati di entità trascurabile.

¹ Rapporto fra le sezioni del treno e la sezione della galleria

8 REALIZZAZIONE DELL'OPERA

8.1 Descrizione generale

Lo scavo della galleria avverrà a piena sezione con l'impiego di un escavatore idraulico. Il materiale sciolto potrà così venire attaccato per mezzo di un unghione, in caso estremo potrà anche venir impiegato un martello demolitore. Per lo scavo della galleria Calcinato II l'escavatore idraulico rappresenta un macchinario versatile. Lo sfondo è di circa 1 m così che la luce libera di scavo² varierà da un minimo di 50 cm ad un massimo di 1.5 m. Il fronte di scavo concavo permette di meglio sopportare le sollecitazioni del terreno.

Il rivestimento di prima fase ha uno spessore minimo di 25 cm, le nicchie dovute all'impiego di infilaggi metallici verranno riempite solo in minima parte con calcestruzzo proiettato, la differenza nello scavo della sezione verrà colmata in gran parte con la messa in opera del rivestimento definitivo. Le verifiche statiche del rivestimento definitivo sono state condotte, come per il rivestimento di prima fase, sulla base dei risultati di analisi di interazione terreno-struttura.

8.2 Fasi di costruzione

8.2.1 Fase 1: Posa in opera in calotta delle colonne in jet-grouting armate con tubi metallici e consolidamento al fronte con Chiodatura in vetroresina (VTR).

Sagomatura del fronte a forma concava (freccia 1,0 m). Esecuzione del presostegno in calotta mediante colonne in jet-grouting armate e preconsolidamento al fronte secondo la geometria di progetto con la seguente modalità:

- Esecuzione sul fronte d'avanzamento di uno strato di spritz-beton fibrorinforzato dello spessore minimo di 25 cm.
- Posa in opera, come presostegno in calotta, di 61 colonne in jet-grouting, armate su 120° con tubi metallici di diametro 88.9 mm, spessore 10 mm e lunghezza 14 m. La disposizione delle colonne descriverà una superficie tronco-conica di raggio 7,30 m – 8,20 m ed un angolo di circa 240°.
- Posa in opera come preconsolidamento al fronte, di 55 Chiodatura in vetroresina (VTR Ø 60/40), di lunghezza pari a 18 m con sovrapposizione 9 m.

8.2.2 Fase 2: Esecuzione dello scavo

Dopo ogni sfondo di 1 m

Lo scavo deve essere eseguito a piena sezione, per singoli sfondi di massimo 1,0 m, sagomando il fronte a forma concava anche ad ogni sfondo parziale. Per poter sigillare il fronte da possibili distacchi di materiale sciolto localmente e dove necessario può venir eseguito sul fronte d'avanzamento uno strato di betoncino proiettato fibrorinforzato dello spessore di circa 5 cm.

Messa in opera sulle pareti di un primo strato di regolarizzazione di 5 cm di calcestruzzo proiettato fibrorinforzato, posa della centina che va immediatamente collegata alle altre tramite catene e ulteriore strato di 18 cm di calcestruzzo proiettato non fibrorinforzato.

² Luce libera di scavo intesa come massima lunghezza di scavo non sostenuta.

GENERAL CONTRACTOR Cepav due 		ALTA SORVEGLIANZA 				
		Progetto IN05	Lotto 00	Codifica Documento D-E2-RG-GN0100-001	Rev. 1	Foglio 15 di 16

Dopo lo sfondo successivo

Ulteriore strato di 2 cm di calcestruzzo fibrorinforzato e posa della rete elettrosaldata. Completamento del rivestimento di prima fase con calcestruzzo proiettato non fibrorinforzato fino a raggiungere lo spessore totale di 25 cm.

8.2.3 Fase 3: Scavo dell'arco rovescio

Lo scavo per la messa in opera del rivestimento definitivo in arco rovescio (100 cm) deve avvenire al più tardi 12 metri dietro il fronte per poter garantire il prima possibile un completamento del supporto portante di prima fase.

8.2.4 Fase 4: Getto del rivestimento definitivo dell'arco rovescio e delle murette

Il getto dell'arco rovescio e delle murette avverrà circa 12 m dal fronte, come sopra citato. Per la realizzazione delle nicchie, il getto delle murette, per una larghezza di 4-5 m, verrà ritardato, in modo tale da permettere le operazioni di scavo delle stesse.

8.2.5 Fase 5: Impermeabilizzazione

La messa in opera dell'impermeabilizzazione sarà eseguita immediatamente prima del getto del rivestimento definitivo della calotta. Per poter adagiare al meglio l'impermeabilizzazione senza danneggiarla è importante che le nicchie create dall'impiego di colonne in micro-jet armate vengano in parte regolarizzate con del calcestruzzo proiettato al fine di evitare brusche pieghe dell'impermeabilizzazione che oltre a danneggiare il foglio in PVC rendono la sua messa in opera molto difficoltosa. L'impermeabilizzazione non verrà appoggiata direttamente al calcestruzzo proiettato del rivestimento di prima fase, bensì verrà prima applicato uno strato di T.N.T. (tessuto non tessuto, 400 g/mq) al fine di proteggere il telo in PVC garantendo così la sua importante funzione.

8.2.6 Fase 6: Getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo della calotta e dei piedritti sarà eseguito ad una distanza dal fronte variabile.

8.3 Nicchie

Le nicchie vengono scavate in un secondo tempo, prima della posa del rivestimento definitivo. Le centine del rivestimento di prima fase vengono tagliate, come pure gli infilaggi di preconsolidamento al contorno interessati dallo scavo della nicchia.

Per poter permettere lo scavo è previsto il presostegno della calotta con colonne in micro-jet armate con tubi metallici di diametro 139.4 mm, spessore 10 mm, caratterizzati da una lunghezza di 5,5 m. Il rivestimento di prima fase previsto è composto da 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata

9 CANTIERIZZAZIONE

9.1 Aree di cantiere

Il processo di cantierizzazione deve essere razionalizzato con l'intento di limitare il più possibile, nel tempo e nello spazio, l'incidenza sulle aree circostanti e sulla viabilità ordinaria. Nell'individuare i siti dove collocare i cantieri principali per lo scavo della galleria naturale si devono preferite quelle aree libere più aderenti possibile alle opere da realizzare. Si devono privilegiate quelle con caratteristiche ambientali meno pregiate o addirittura quelle che attualmente versano in un stato di degrado allo scopo di ridurre al minimo e/o eliminare le potenziali interferenze ambientali. Per lo scavo della galleria naturale si prevedono dunque delle aree per l'installazione dei cantieri di imbocco in prossimità di entrambi i portali.

9.2 Smarino

Il materiale di smarino risultato dallo scavo della galleria naturale Calcinato II verrà trasportato su gomma in zone previste per il deposito e potrà eventualmente venir riutilizzato. L'evacuazione del materiale di smarino con nastri trasportatori nonostante il minor impiego di manodopera e di ventilazione oltre che di sicurezza non risulta appropriata per lo scavo di questa galleria in quanto la sua lunghezza è piuttosto esigua. Per i dumper o autocarri che circoleranno sulle strade pubbliche sarà messa in opera una vasca per il lavaggio dei pneumatici.

9.3 Impianto di ventilazione

Per lo scavo della galleria Calcinato II è previsto l'impiego di un impianto di ventilazione progettato secondo le Raccomandazioni SIA 196³. Scopo della ventilazione è quello di fornire aria fresca lungo la galleria e ridurre la concentrazione degli agenti inquinanti e delle particelle sospese, riportandoli ampiamente entro i limiti accettati.

9.4 Impianto di aggettamento acque

Su ogni fronte verrà installato un impianto di aggettamento per l'evacuazione all'esterno delle acque torbide durante le diverse fasi di costruzione.

³ Norme Svizzere della Società degli Ingegneri e degli Architetti. Ventilazione sotterranea.