

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



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

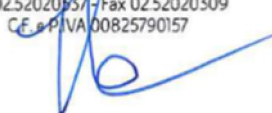
**GALLERIA NATURALE  
G. N. S. GIORGIO IN SALICI  
RELAZIONE GENERALE**

IL PROGETTISTA  
LAND CONSULTING S.r.l.  
Il direttore tecnico



IL PROGETTISTA INTEGRATORE

**saipem spa**  
Tommaso Taranta  
Dottore 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 4 0 0	0 0 1	0

PROGETTAZIONE GENERAL CONTRACTOR									Autorizzato/Data
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Consorzio <b>Cepav due</b> Project Director (Ing. F. Lombardi)
0	31.03.14	Emissione per CdS	TOSIANI	31.03.14	ANTONI	31.03.14	LAZZARI	31.03.14	

Data: \_\_\_\_\_

SAIPEM S.p.a. COMM. 032121	Data: 31.03.14	Doc. N.: 31431_01.doc
----------------------------	----------------	-----------------------



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

CUP.: F81H9100000008

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 31431\_01

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
D-E2-RG-GN0400-001

Rev.  
0

Foglio  
2 di 8

## **INDICE**

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>VARIAZIONE DEL TRACCIATO PLANO-ALTIMETRICO RISPETTO AL PROGETTO PRELIMINARE</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>QUADRO GEOLOGICO-GEOTECNICO</b>	<b>6</b>
<b>3.1</b>	<b>Inquadramento geografico e geologico</b>	<b>6</b>
<b>3.2</b>	<b>Descrizione unità litologiche</b>	<b>6</b>
3.2.1	Inquadramento geomorfologico ed idrogeologico	7
<b>3.3</b>	<b>Indagini geognostiche integrative</b>	<b>7</b>



## 1 INTRODUZIONE

La galleria naturale %San Giorgio in Salici+, nel presente progetto definitivo è costituita da una canna unica a due binari della lunghezza  $L = 1427.39$  m. Nel progetto definitivo, versione a due canne, la galleria era costituita da due canne monobinario di lunghezza pari a  $L = 1761.30$  m per il binario dispari ed  $L = 1770.0$  m per il binario pari. La differenza di lunghezza è dovuta principalmente all'arretramento di circa 300 m dell'imbocco lato Verona a causa del maggiore ingombro e di un innalzamento generale della livelletta nella soluzione monobinario. Rispetto al progetto preliminare le lunghezze della galleria naturale risultano in entrambi i casi inferiori in quanto l'andamento piano-altimetrico della galleria è stato modificato per le motivazione esposte nel Capitolo 2.

La sezione libera interna risulta di  $104,22$  m<sup>2</sup>; la sezione di scavo, ad esclusione dei fuori scavo, risulta variabile tra  $143,17$  m<sup>2</sup> e  $175.38$  m<sup>2</sup>, in funzione dei rivestimenti di prima fase e definitivi.

La sezione interna di galleria prevede un raggio in calotta di 6,1 m; in calotta si prevede un piano teorico di contatto pari a 5.30 m.

Dal punto di vista geologico la galleria attraversa tratte costituite prevalentemente da depositi glaciali e/o fluvioglaciali, materiali aventi litologia prevalente di limi-sabbiosi e ghiaie-limose, le cui caratteristiche meccaniche sono riportate nel Documento A202 00 D E2 CL GN0400 001 0.

## 2 VARIAZIONE DEL TRACCIATO PLANO-ALTIMETRICO RISPETTO AL PROGETTO PRELIMINARE

Il progetto preliminare della galleria S. Giorgio prevede la realizzazione di una canna in naturale della lunghezza di 1427.39 metri e presenta un breve tratto in artificiale all'imbocco lato Milano mentre l'artificiale lato Verona ha una maggiore lunghezza sottopassando una zona pianeggiante di notevole estensione con un modesto ricoprimento.

- L'imbocco della galleria naturale lato Milano viene spostato dalla progressiva 130+463 del progetto a due canne fino alla attuale progressiva 130+461.21 nel progetto definitivo monocanna.
- L'imbocco lato Verona viene arretrato di 303 m fino alla progressiva 131+28.60 in corrispondenza del primo risalto morfologico dove aumentano le coperture. La tratta tra le progressive 131+928.60 e 132+003.60 m è previsto in artificiale è costituita da una area pianeggiante a destinazione agricola e residenziale a bassa densità. Alcuni fabbricati sono presenti a breve distanza dall'imbocco della galleria naturale il cui tracciato della galleria naturale non interessa direttamente i fabbricati.

I vincoli che condizionano la livelletta della galleria sono a partire da ovest verso est:

- lo scavalco di una area pianeggiante ove è prevista la realizzazione di un viadotto per motivi di carattere idraulico;
- il sottopasso dell'autostrada Milano-Venezia ove è necessario mantenere una copertura adeguata;
- il mantenimento in sotterraneo (in galleria naturale od artificiale) nell'attraversamento della zona pianeggiante a destinazione agricola-residenziale presente dal lato est;

Il tracciato della galleria a canna unica, con riferimento al piano dei ferri è situato a q. 108 m s.l.m. in corrispondenza dell'imbocco lato Milano e q. 109,5 m s.l.m. in corrispondenza dell'imbocco lato Verona e presenta una lieve pendenza verso Ovest. Per confronto con il progetto a due canne il piano dei ferri risulta molto simile fra le due ipotesi progettuali in corrispondenza dell'imbocco lato Milano e la livelletta monocanna sale per essere circa 2 m superiore a quella del progetto a due canne in corrispondenza dell'imbocco lato Verona. L'ingombro della Galleria a canna unica risulta maggiore con un diametro di circa 13 m contro gli 11 m di ciascuna delle canne monobinario. La combinazione tra innalzamento della livelletta e aumento dell'ingombro riduce significativamente le coperture che variano da 4 ad un massimo di 18,5 con una media di 7-10 m; queste coperture risultano ridotte da 2 a 3 m rispetto a quelle considerate nel progetto a due canne.

L'imbocco lato Milano, nel progetto a canna unica, viene arretrato verso E di 38 m senza comportare significative variazioni rispetto all'ipotesi a due canne. Nella fase progettuale preliminare l'imbocco era spostato circa 330 m verso Ovest rispetto all'attuale soluzione monocanna e risultava ubicato in corrispondenza di un fabbricato residenziale con notevoli problematiche sia in fase di acquisizione delle aree sia durante la fase di lavoro, in conseguenza del disturbo che può essere arrecato dal cantiere di imbocco alla parte residua di proprietà non direttamente interessata dalla costruzione della linea. Non essendo possibile, per la morfologia dei luoghi e le conseguenti coperture, spostare in modo decisivo l'imbocco verso ovest per sottopassare il fabbricato in galleria naturale è stato opzionato, uno spostamento dal lato opposto che comporta coperture maggiori. In effetti il terreno, nella zona agricola ubicata ad est rispetto al citato fabbricato, risulta modellato con una modesta

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 31431\_01

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
D-E2-RG-GN0400-001

Rev.  
0

Foglio  
5 di 8

inclinazione, presentando quote crescenti da Milano verso Verona, tali da consentire l'esecuzione di questa tratta in galleria artificiale e posizionare il successivo imbocco in naturale con valori di copertura ancora compresi nel range dei valori ottimali,

Questa soluzione monocanna, come il progetto definitivo a due canne consente di rendere indipendente l'inizio dei lavori in sotterraneo rispetto alla definizione dell'interferenza con il fabbricato residenziale.

Per quanto riguarda invece l'imbocco est, pur prestandosi la morfologia pianeggiante dei luoghi ad uno spostamento dell'imbocco della galleria naturale, si è ritenuto di non variare la progressiva dello stesso per evitare di prolungare, all'interno di una zona ove sono presenti diversi fabbricati residenziali, gli importanti sbancamenti che risultano necessari per la realizzazione di una galleria artificiale; le dimensioni della trincea sono considerevolmente ridotte rispetto al progetto a due canne (nella versione a due canne l'ingombro era veramente notevole anche a causa della necessità di mantenere la distanza fra i binari prossima ai 30 metri).

In conclusione, a seguito della modifica della progressiva dell'imbocco lato Milano della galleria naturale San Giorgio si ottiene una attenuazione delle interferenze ed una riduzione della lunghezza della galleria naturale con un evidente miglioramento sia nei tempi che nei costi di realizzazione dell'opera.



### 3 QUADRO GEOLOGICO-GEOTECNICO

#### 3.1 Inquadramento geografico e geologico

La galleria naturale "San Giorgio in salici" è situata al margine orientale dell'arco morenico gardesano. Il territorio è caratterizzato da un graduale passaggio dai cordoni morenici Rissiani senza brusche interruzioni di facies ai depositi fluvio-glaciali coevi. I cordoni morenici sono orientati prevalentemente N-S e presentano una evidenza morfologica, ridotta rispetto a quella osservata nella Galleria Lonato, con rilievi plurimetrici.

Delimitati dai cordoni morenici relativamente impermeabili, si sono depositi dei depositi glaciolacustri di estensione areale limitata; in questi depositi risultano prevalenti le frazioni limose ed argillose. Quei depositi presentano una limitata estensione ed interessano verosimilmente solo la porzione superiore del cavo.

Il quadro geologico-geotecnico ed idrogeologico è ripreso dagli elaborati: "Studio geologico- idrogeologico di dettaglio Galleria San Giorgio" e "Sezione geologica e idrogeologica Galleria di San Giorgio" che derivano dai dati del Progetto Preliminare, e dai risultati della campagna geognostica integrativa condotta nel 2004 per la redazione del Progetto Definitivo.

Il tracciato ferroviario, in questa zona, interseca dapprima depositi glaciali costituiti da limi con sabbia e una limitata frazione ghiaiosa per passare successivamente a depositi fluvio-glaciali caratterizzati da una distribuzione granulometrica molto simile ai precedenti. Il tracciato prosegue alternando le due litofacies per terminare in corrispondenza degli imbocchi lato Verona all'interno di depositi fluvio-glaciali. Rispetto alla galleria Lonato le ghiaie risultano meno diffuse e con una presenza più limitata di elementi lapidei decimetrici. Le coperture variano da un minimo di 4-5 m in corrispondenza degli imbocchi fino a locali massimi localizzati di 18,50 m, con una media di circa 7-10 m.

Sono presenti delle zone di circolazione idrica sia nei depositi fluvio-glaciali sia in orizzonti localizzati all'interno delle morene. In generale gli acquiferi più superficiali, tendono ad ubicarsi tra piano campagna e i 7 m di profondità.

#### 3.2 Descrizione unità litologiche

La ricostruzione geologica viene riferita agli elaborati: "Studio geologico- idrogeologico di dettaglio Galleria San Giorgio" e "Sezione geologica e idrogeologica Galleria di San Giorgio".

Nell'area in esame sono state riconosciute le seguenti unità, appartenenti ai depositi di copertura:

**Depositi fluvio-glaciali:** Questi depositi sono costituiti da ghiaie con matrice sabbioso limosa e sabbie ghiaiose. Sono presenti come depositi intramorenici nella parte centrale del tracciato.



**Depositi glaciali È morene:** Questi depositi sono eterogenei e sono costituiti prevalentemente da limi, limi con sabbia e una percentuale molto ridotta di ghiaie (con ciottoli di dimensioni centimetriche) a supporto di matrice limosa. I depositi si presentano compatti.

### 3.2.1 Inquadramento geomorfologico ed idrogeologico

La morfologia risulta costituita da rilievi poco marcati altimetricamente costituiti da cordoni morenici, le quote del piano campagna variano tra 120 e un massimo di circa 140 m s.l.m. in corrispondenza del sondaggio XA202G175. I cordoni morenici presentano un'evidenza morfologica ridotta rispetto alla galleria Lonato.

In genere i depositi glaciali, in funzione dell'elevata presenza di materiale fine, nonostante l'eterogeneità e la presenza di materiale grossolano peraltro poco rappresentato nella galleria San Giorgio, presentano permeabilità ridotte. I depositi glaciofluviali riconosciuti presentano una presenza di materiale fine nettamente superiore rispetto ai depositi alluvionali, che sono soggetti ad una maggior selezione da parte degli agenti di trasporto e deposizionali. In funzione della loro granulometria i depositi fluvioglaciali presentano una permeabilità ridotta rispetto ai depositi alluvionali che costituiscono la circostante pianura. Sono presenti delle zone di circolazione idrica sia nei depositi glaciofluviali sia in orizzonti localizzati all'interno delle morene.

Le formazioni geologiche presenti nell'area di progetto possono essere distinte, dal punto di vista idrogeologico, in due unità principali caratterizzate da permeabilità per porosità diverse. Le caratterizzazioni idrogeologiche sono riprese dagli elaborati: %Studio geologico-idrogeologico di dettaglio Galleria San Giorgio+ e %Sezione geologica e idrogeologica Galleria di San Giorgio+

I depositi glaciali localmente presentano permeabilità media stimata da prove in situ (tra  $1 \cdot 10^{-5}$  e  $1 \cdot 10^{-7}$  m/s) mentre la permeabilità nei depositi fluvioglaciali risulta da media a bassa (tra  $1 \cdot 10^{-4}$  e  $1 \cdot 10^{-8}$  m/s). Una discreta continuità della falda superficiale può essere attesa all'interno dei depositi fluvioglaciali intramorenici, mentre all'interno delle morene sono attesi corpi idrici localizzati realmente a fasce di maggiore granulometria.

Resta da verificare con le indagini in situ previste (sondaggio 4SS034) l'eventuale presenza della falda in prossimità dell'imbocco lato Milano.

### 3.3 Indagini geognostiche integrative

In sede di progettazione preliminare sono state condotte due campagne di indagine geognostiche su tracciati marcatamente differenti da quello attualmente considerato, costituite da sondaggi a carotaggio continuo e prove, in situ e di laboratorio, che hanno permesso la messa a punto della caratterizzazione litologica e geotecnica del presente progetto. Le indagini eseguite nel 1992 non sono state considerate poiché ubicate lungo un tracciato eccessivamente distante dal presente.

Le indagini eseguite nella campagna Italferr del 2002 sono ubicate lungo un tracciato più vicino a quello considerato e vengono considerate anche se in alcuni casi presentano fuoriuscite eccessive considerato il progetto e la generale accessibilità del territorio.

Le indagini eseguite nella campagna integrativa 2004 risultano in asse al tracciato. In corrispondenza e in prossimità dell'imbocco lato Milano (sondaggio 4SS034 e perforazioni 4SA034, 4SB034; sondaggio 4SC035 e prova penetrometrica dinamica 4PU009), le indagini

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 31431\_01

Progetto  
IN05Lotto  
00Codifica Documento  
D-E2-RG-GN0400-001Rev.  
0Foglio  
8 di 8

non sono state eseguite per problemi di accesso, ed è prevista la loro esecuzione con accesso forzoso.

Viene presentata a seguito una tabella riassuntiva delle indagini eseguite nelle campagne del 2002 e 2004:

## SONDAGGI GALLERIA S.GIORGIO IN SALICI

	SONDAGGIO	PROGRESSIVA	STRATIGRAFIA DISPONIBILE	QUOTA TESTA FORO	LUNGHEZZ A	FUORI ASSE	PROVE IN SITU	FALDA (m)
CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITALFERR 2002	XA 202G171	130+498	x	175,5	25	573 N	STP, PRESSIOMETRICA, LEFRANC	-
	XA 202B172	130+970	x	128,54	30	330 N	STP, LUGEON	3,5
	XA 202B173	131+058	x	126,41	30	30 S	STP, PRESSIOMETRICA, LEFRANC	6
	XA 202B174	131+521	x	133	35	33 S	STP, LUGEON	14
	XA 202G175	131+743	x	134,98	35	135 N	STP, PRESSIOMETRICA, LEFRANC	no
	XA 202G176	132+262	x	122,96	25	123 S	STP, LUGEON	2,5, 13,5
	XA 202B177	132+329	x	40,46	25	40 S	STP, PRESSIOMETRICA, LEFRANC	7
CAMPAGNA PROGETTO DEFINITIVO 2003-2004	4SS034	130+507	no al Sett. 2004	-	35	-		
	4SA034	130+507	no al Sett. 2004	-	35	-		
	4SB034	130+507	no al Sett. 2004	-	35	-		
	4SC035	130+784	no al Sett. 2004	-	35	-		
	4PU009	130+824	no al Sett. 2004	-	35	-		
	4SS036	131+283	x	131	35	6 S	STP	-
	4SA036	131+259	x	132	30	43 N	STP	-
	4SB036	131+327	x	133	30	44 N	STP, LEFRANC	-
	4SC037	131+656	x	129,1	45	9 S	STP	-
	4SC038	132+021	x	121	35	10 S	STP	-