

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 ESECUTIVO

TRINCEA LINEA AC (TR05)

DA PK 122+128.45 A PK 122+249.89

Relazione generale

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
Consorzio Cepav due 06 FEB 2019 Data: _____	Consorzio Cepav due Il Direttore del Consorzio (Ing. T. Taranta) Valido per costruzione _____ Data: _____

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA/DISCIPLINA	PROGR	REV
I N O R	1 1	E	E 2	R O	T R 0 5 0 0	0 0 2	A

PROGETTAZIONE						IL PROGETTISTA
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	
A	Emissione	LUCIA	27/07/18	MERLINI	27/07/18	
B						
C						

CIG. 751447334A File: INOR11EE2ROTR0500002A_10.doc



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

CUP: F81H9100000008

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 RO TR 050 0 002

Rev.
A

Foglio
2 di 15

INDICE

1.	INTRODUZIONE	3
1.1.	OGGETTO E SCOPO	3
1.2.	BREVE DESCRIZIONE DEL PROGETTO.....	3
2.	ELABORATI DI RIFERIMENTO	5
3.	NORMATIVE E SPECIFICHE DI RIFERIMENTO	6
3.1.	SPECIFICHE TECNICHE DI RIFERIMENTO	6
4.	DESCRIZIONE DELL'OPERA	7
4.1.	INQUADRAMENTO GENERALE.....	7
4.2.	OPERE PROVVISORIALI.....	7
4.3.	MURI DI IMBOCCO.....	8
4.1.	TRINCEA A CIELO APERTO	10
5.	ASPETTI GEOLOGICI E GEOTECNICI	11
5.1.	GALLERIA ARTIFICIALE LATO EST (GA07) MURI AD U E TRINCEA (TR05).....	12
5.1.1.	<i>Condizioni stratigrafiche</i>	12
5.1.2.	<i>Andamento della falda</i>	12
5.1.3.	<i>Valori caratteristici e di progetto dei parametri geotecnici</i>	13
6.	IDRAULICA.....	14
7.	FASI ESECUTIVE	15

1. INTRODUZIONE

1.1. Oggetto e scopo

Oggetto specifico del documento è la descrizione generale delle opere e degli interventi da realizzarsi per la trincea (TR05).

La galleria Lonato Est (GA07), si articola secondo due canne distinte: l'asse dispari è compreso tra le progressive 6+591 e 7+944.700 (lunghezza 1356m) mentre l'asse pari si estende tra 120+772.000 e 122+128.145 (lunghezza 1356m). Essa costituisce il tratto approccio sul lato est, alla omonima galleria naturale (GN02) e si sviluppa secondo un tracciato che tende ad affiancarsi all'autostrada A4 Milano – Venezia. Le due canne della galleria presentano il massimo distanziamento in corrispondenza dell'imbocco in naturale, mentre sono affiancate sull'uscita Est.. Il tracciato presenta ovunque una sezione trasversale scatolare monocanna a singolo binario tranne nella zona in prossimità dell'ingresso lato Est, dove le due canne a sezione scatolare si toccano in modo da costituire una sezione scatolare a doppio binario con setto centrale.

1.2. Breve descrizione del progetto

Nell'ambito del tracciato della linea ferroviaria Alta Velocità/ Alta Capacità Milano-Verona, la galleria Lonato, comprende la galleria naturale a doppia canna più lunga della tratta, con una lunghezza complessiva di circa 4.8 km. L'opera complessiva, compresa tra le progressive 114+535 e 122+250 riferite all'asse del binario pari, è suddivisa principalmente in sette parti d'opera distinte (WBS):

- TRINCEA DI APPROCCIO LONATO OVEST (TR04), corrispondente a una trincea di muri ad U, della lunghezza di 30 m, di approccio alla galleria artificiale ovest;
- IMBOCCO LONATO OVEST (GI03), corrispondente ad una paratia di pali tirantata e un consolidamento a tergo delle paratie di uscita della fresa;
- GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06), corrispondente ad una galleria artificiale di lunghezza complessiva pari a 1425 m, con un primo tratto monocanna, a doppio binario, con sezione scatolare, ed un secondo tratto a canne separate con sezione scatolare;
- GALLERIA NATURALE LONATO (GN02), corrispondente ad una galleria naturale a doppia canna a singolo binario, scavata in meccanizzato con lunghezze di 4782 m e 4748 m, tra le progressive 115+990 e 120+772;
- IMBOCCO LONATO EST (GI05), corrispondente ad una paratia di pali tirantata, un consolidamento a tergo delle paratie di uscita della fresa e delle opere di scavo del versante a tergo della paratia;
- GALLERIA ARTIFICIALE LONATO EST (GA07), corrispondente ad una galleria artificiale di lunghezza complessiva pari a 1356 m, con un primo tratto monocanna, a doppio binario, con sezione scatolare, ed un secondo tratto a canne separate con sezione scatolare;
- TRINCEA DI APPROCCIO LONATO EST (TR05), corrispondente a una trincea di muri ad U e una trincea a cielo aperto, della lunghezza di 121 m, di approccio alla galleria artificiale est;

Per quanto concerne l'opera principale costituita dalla galleria naturale, il cui scavo è previsto con l'impiego di una TBM del tipo EPB.

La Galleria Lonato è ubicata poco a sud dell'omonimo abitato di Lonato in adiacenza ad una zona industriale; il tracciato ferroviario interferisce dopo circa 350 m dal primo inizio (nel verso delle progressive crescenti) con

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 RO TR 050 0 002

Rev.
A

Foglio
4 di 15

l'Autostrada A4 Milano – Venezia, al di sotto della quale dovranno passare le due canne della galleria Lonato con una copertura, rispetto all'autostrada, di circa 10 m.

Il rivestimento della galleria sarà realizzato in conci prefabbricati, che fungono anche da rivestimento definitivo, posti in opera dalla macchina immediatamente dopo ogni fase di avanzamento, ad una ridotta distanza dal fronte.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
11Codifica Documento
E E2 RO TR 050 0 002Rev.
AFoglio
5 di 15

2. ELABORATI DI RIFERIMENTO

Nel seguito si riporta l'elenco elaborati della WBS GA07, di cui la presente relazione generale costituisce parte integrante:

Codifica documento	TRINCEA TR05
INOR11EE2CLTR0500001	TRINCEA LINEA AC (TR05) - DA PK 122+128.45 A PK 122+249.89 - Relazione di calcolo
INOR11EE2CLTR0500002	TRINCEA LINEA AC (TR05) - DA PK 122+128.45 A PK 122+249.89 - Relazione di calcolo - allegati numerici
INOR11EE2ROTR0500001	TRINCEA LINEA AC (TR05) - DA PK 122+128.45 A PK 122+249.89 - Relazione di confronto P.D. / P.E.
INOR11EE2ROTR0500002	TRINCEA LINEA AC (TR05) - DA PK 122+128.45 A PK 122+249.89 - Relazione generale
INOR11EE2P9TR0501001	TRINCEA LINEA AC (TR05) - DA PK 122+128.45 A PK 122+249.89 - Scavi - Planimetria
INOR11EE2W9TR0501001	TRINCEA LINEA AC (TR05) - DA PK 122+128.45 A PK 122+249.89 - Scavi - Sezioni trasversali e profilo
INOR11EE2P9TR0500001	TRINCEA LINEA AC (TR05) - DA PK 122+128.45 A PK 122+249.89 - Sistemazione definitiva - Planimetria
INOR11EE2W9TR0500001	TRINCEA LINEA AC (TR05) - DA PK 122+128.45 A PK 122+249.89 - Sistemazione definitiva - Sezioni trasversali
INOR11EE2LATR0500001	TRINCEA LINEA AC (TR05) - DA PK 122+128.45 A PK 122+249.89 - Muri ad U - Planimetria e profilo
INOR11EE2BZTR0500001	TRINCEA LINEA AC (TR05) - DA PK 122+128.45 A PK 122+249.89 - Muri ad U - Carpenterie e particolari
INOR11EE2WZTR0500001	TRINCEA LINEA AC (TR05) - DA PK 122+128.45 A PK 122+249.89 - Muri ad U - Sezioni trasversali
INOR11EE2BZTR0500003	TRINCEA LINEA AC (TR05) - DA PK 122+128.45 A PK 122+249.89 - Muri ad U - Armatura
INOR11EE2BZTR0500002	TRINCEA LINEA AC (TR05) - DA PK 122+128.45 A PK 122+249.89 - Trincea - Sezione tipo
INOR11EE2BZTR0507001	TRINCEA LINEA AC (TR05) - DA PK 122+128.45 A PK 122+249.89 - Impermeabilizzazione e opere di drenaggio. Particolari costruttivi Trincea
INOR11EE24TTR0500001	TRINCEA LINEA AC (TR05) - DA PK 122+128.45 A PK 122+249.89 - Tabella materiali

3. NORMATIVE E SPECIFICHE DI RIFERIMENTO

Il quadro normativo alla base della presente revisione progettuale viene nel seguito riportato:

- **D. M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 (NTC 2008)** "Nuove Norme tecniche per le costruzioni"
- **CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617** "Istruzione per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008"
- **Legge 05.11.1971 n. 1086** "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"
- **UNI EN 1992-1-1 novembre 2005 (EC2)** "Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1: Regole generali e regole per edifici"
- **UNI EN 1998-5 gennaio 2005 (EC8)** "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica– Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici"
- **Regolamento U.E. nr. 1299/2014 della commissione del 18 novembre 2014** relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea. Pubblicato su Gazzetta Ufficiale anno 156° n°10 del 5 febbraio 2015.
- **Regolamento U.E. nr. 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 (*norma STI*)

3.1. Specifiche Tecniche di Riferimento

La presente revisione progettuale, fa riferimento al nuovo Manuale di Progettazione RFI.

- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 4 – Gallerie (RFI DTC SI GA MA IFS 001 A). Emissione 30/12/2016;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 3 – Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 A). Emissione 30/12/2016;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 6 – Sagome e Profilo minimo degli ostacoli (RFI DTC SI CS MA IFS 003 A). Emissione 30/12/2016;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 2 – Ponti e strutture (RFI DTC SI PS MA IFS 001 A). Emissione 30/12/2016;
- Specifica funzionale per il sistema di protezione e controllo accessi delle Gallerie Ferroviarie (RFI DPO PA LG A). Emissione 5/5/2008;

4. DESCRIZIONE DELL'OPERA

4.1. Inquadramento generale

La WBS TR05 è posizionata a Est della galleria GA07 dalla pk 122+128.45 alla pk 122+249.89.

Nel primo tratto tra le pk 122+128.45 e la pk 122+197.19 è presente un muro ad U di altezza variabile mentre nel rimanente tratto tra la pk 122+197.19 e la pk 122+249.89 è presente una sezione tipo in trincea a cielo aperto.

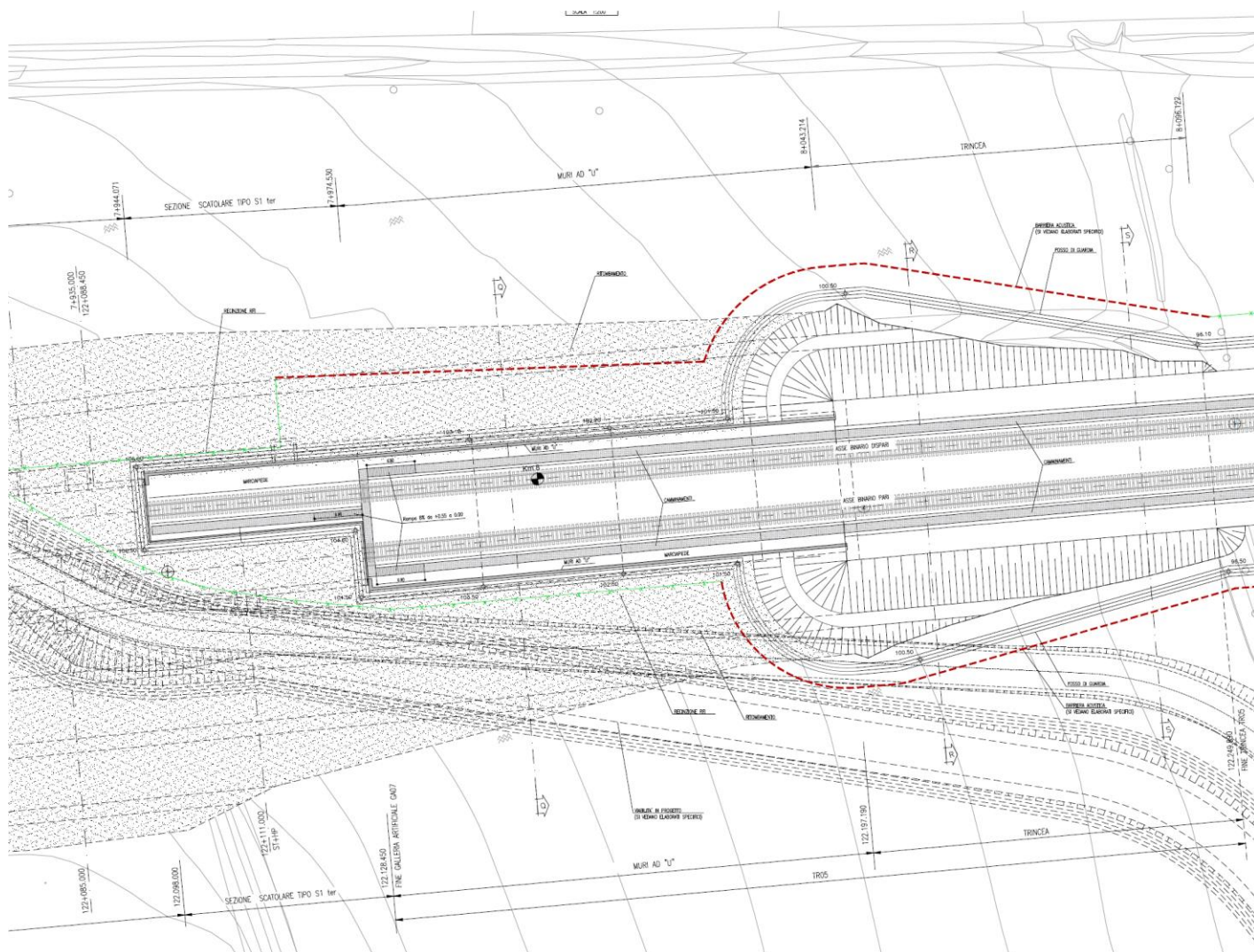


Figura 4.1: Planimetria generale TR05

4.2. Opere provvisionali

Gli scavi nel tratto dei muri ad U sono realizzati per mezzo di scarpate 3(o)/2(v) mentre nel tratto di trincea a cielo aperto per mezzo di scavi 2(o)/1(v) con banche intermedie ogni 5m.

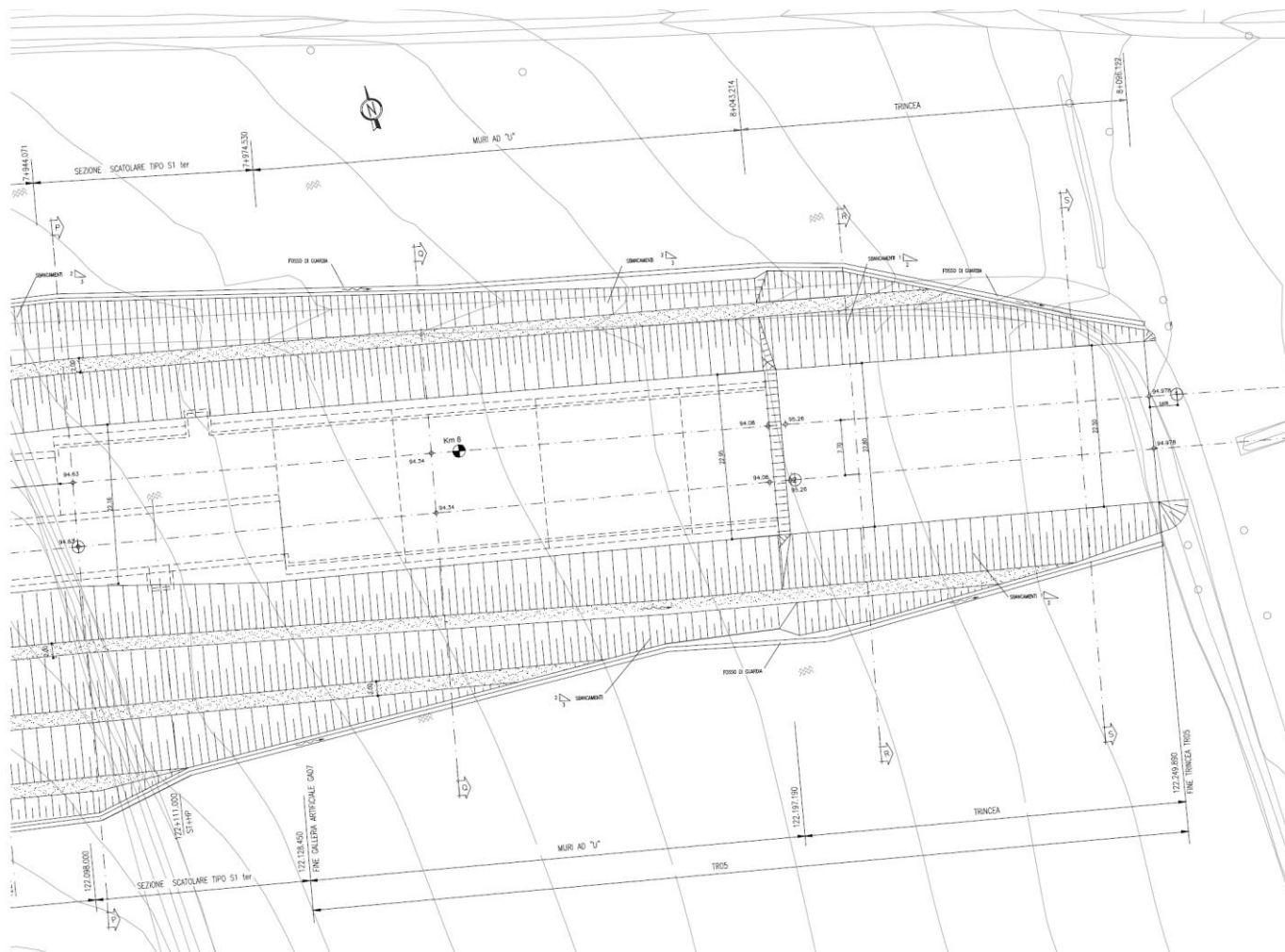


Figura 4.2 – Scavi provvisori TR05

La geometria degli scavi a cielo aperto è stata aggiornata in base alla nuova topografia derivante dai rilievi eseguiti nella fase di Progetto Esecutivo.

4.3. Muri di imbocco

Il tratto di muri ad U posti all'imbocco est della galleria artificiale è composto da 4 concio di altezza variabile; le caratteristiche dei singoli concio sono riassunti nella seguente tabella:

	Concio A <i>(tipo 1)</i>	Concio B <i>(tipo 1)</i>	Concio C <i>(tipo 1)</i>	Concio D <i>(tipo 2)</i>
Sviluppo su BP [m]	16.65	20.00	20.00	12.00
Altezza parete su BP [m]	9.60 ÷ 8.64	8.64 ÷ 7.45	7.45 ÷ 6.26	6.31 ÷ 5.55
Altezza parete su BD [m]	8.57 ÷ 7.83	7.83 ÷ 6.96	6.96 ÷ 6.08	6.08 ÷ 5.55
Spessore soletta [m]	1.40	1.40	1.40	0.90

Tabella 4.1 – Geometrie concio muri di imbocco

Lungo l'asse della trincea non vi sono interferenze a piano campagna.

La tipologia costruttiva è di struttura interamente realizzata in **c.a. mediante getto in opera**.

Il dimensionamento delle strutture nella presente relazione viene effettuato su **strutture piane**, considerando una striscia spessa 1.00 m, secondo i criteri di calcolo descritti nel seguito della presente relazione.

Le azioni considerate nel calcolo sono quelle tipiche di strutture interrate interessate dalle azioni di tipo ferroviario e dalle azioni simiche.

Si effettuano le verifiche geotecniche di sicurezza agli Stati Limite Ultimi Geotecnico ed Idraulico ed agli Stati limite di Esercizio.

Le sezioni tipo adottate sono le seguenti (riferimento all'Allegato della presente relazione di calcolo ove vengono presentati calcoli e verifiche):

TRO5			
SEZIONE 2D	TIPOLOGIA		Rif. ALLEGATO
M1	Sezione ad U	Doppio binario	B
M2	Sezione ad U	Doppio binario	C

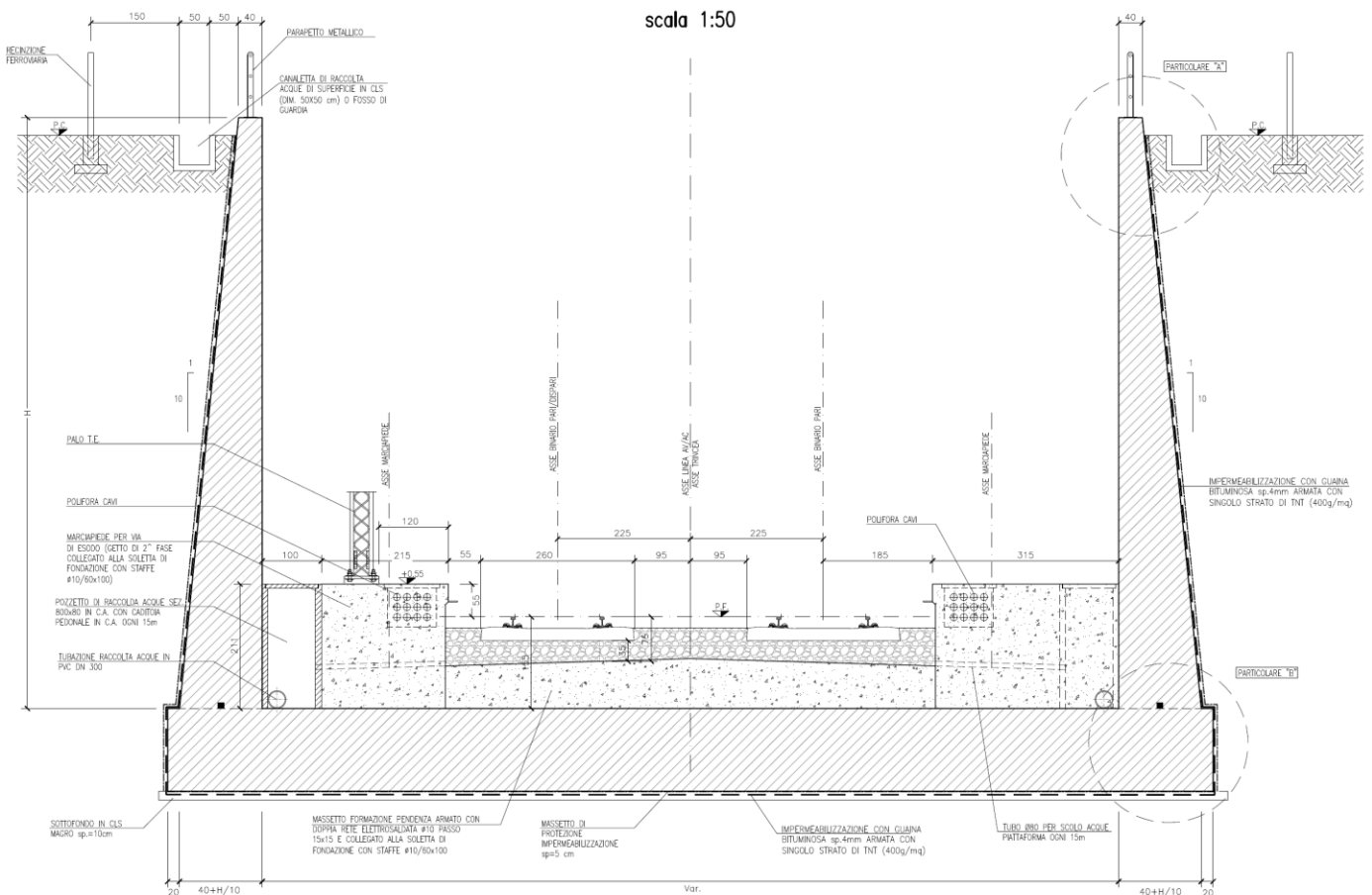


Figura 4.3 – Muri ad U: sezione tipo PE

I muri presentano uno spessore di 40cm in testa, la pendenza del muro lato terra è 1/10 mentre lo spessore alla base dipende dalla sua altezza che varia lungo lo sviluppo longitudinale.

Doc. N.

Progetto
INORLotto
11Codifica Documento
E E2 RO TR 050 0 002Rev.
AFoglio
10 di 15

Il muro lato binario dispari ha un'altezza minore rispetto al muro lato binario pari in quanto prosecuzione della sezione tipo S1-TER della GA07.

Il getto del marciapiede è stato esteso fino al piedritto al fine di evitare che diventi ricettacolo di materiali vari. Le acque di piattaforma vengono raccolte da tubi $\phi 80$ che confluiscono nei pozzetti disposti lateralmente al marciapiede ogni 15m. Un tubo $\phi 300$ opportunamente dimensionato collega i pozzetti e allontana le acque di piattaforma.

I marciapiedi laterali sono utilizzati sia per alloggiare al di sotto i cavi degli impianti tramite polifora, sia come vie di esodo.

4.1. Trincea a cielo aperto

Di seguito si presenta la sezione tipo della trincea ferroviaria utilizzata, con e senza la presenza di pali TE.

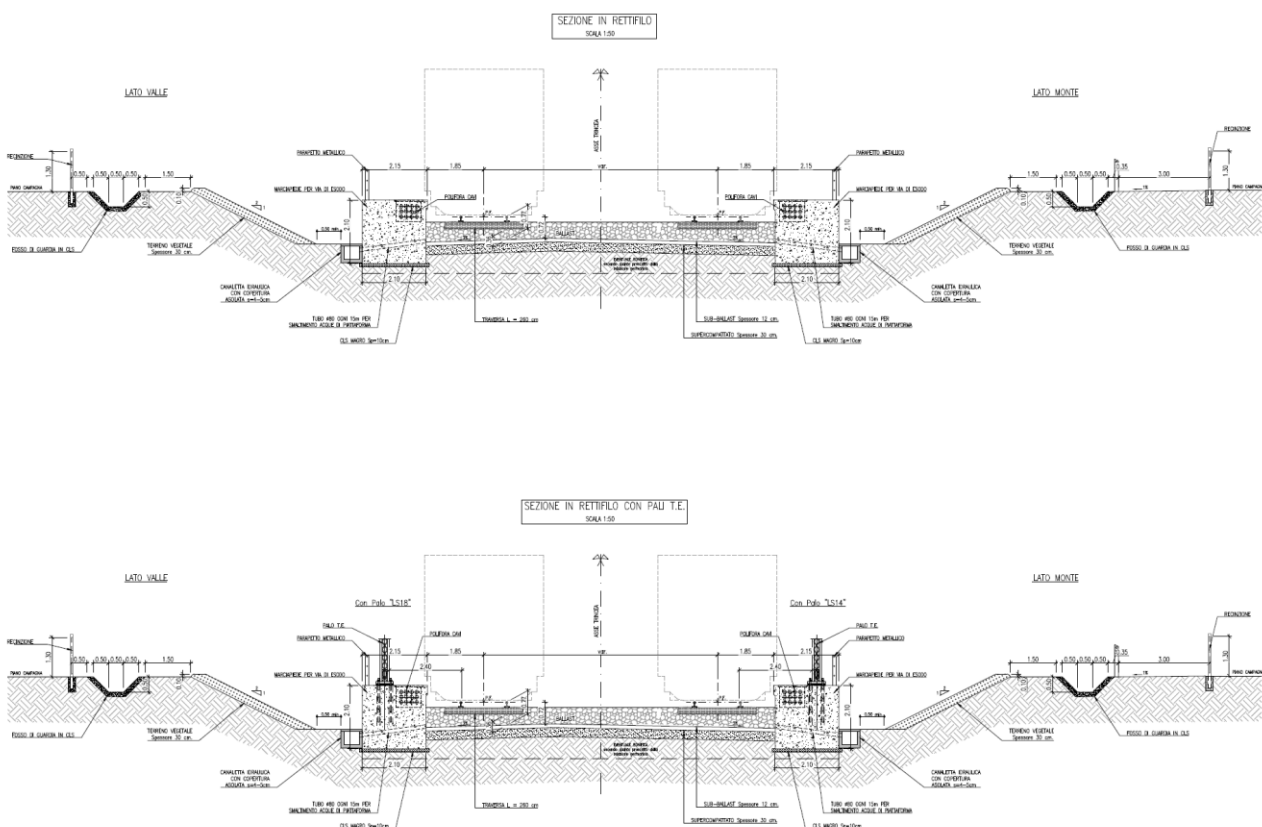


Figura 4.4 – Trincea: sezione tipo PE

Rispetto alla classica trincea di linea la sezione tipo della TR05 prevede il blocco del marciapiede in cui vengono alloggiati le polifore per i cavi. L'allontanamento delle acque di piattaforma avviene tramite canaletta idraulica su cui confluisce un tubo $\phi 80$ ogni 15m.

5. ASPETTI GEOLOGICI E GEOTECNICI

Per la caratterizzazione geologica e geotecnica della galleria Lonato sono state condotte tre principali campagne di indagini geognostiche nel 1992-1994, 2000-2002 e nel 2003-2004 a queste si è aggiunta la campagne condotta nel 2014-2015 per l'esecuzione di sondaggi a supporto del piano di gestione ambientale e del piano di utilizzo terre, e la campagna geognostica integrativa per la progettazione esecutiva svoltasi nel dicembre del 2017.

Durante l'esecuzione dei sondaggi, come riportato nelle precedenti tabelle, sono state eseguite le seguenti indagini:

- prove penetrometriche dinamiche SPT, sia con campionatore sia utilizzando una punta chiusa
- prove di permeabilità Lefranc
- prove pressiometriche Menard
- indagini sismiche cross-hole
- installazione di piezometri a tubo aperto o Casagrande
- analisi granulometriche sui campioni rimaneggiati recuperati

In particolare nei 7 sondaggi eseguiti nella campagna d'indagine geognostica del 2017, AV-LO-CH-01 - 07, sono state condotte sia prove penetrometriche SPT che indagini sismiche cross-hole, con lo scopo di avere maggiori dati per la caratterizzazione dei terreni, dal punto di vista sia della resistenza sia della deformabilità, nelle aree di imbocco, in corrispondenza delle tratte di più alta copertura della galleria naturale, e nella zona del sottoattraversamento dell'autostrada A4. Il piezometro AV-LO-PZ-01 è stato eseguito con lo scopo di comprendere meglio i carichi idraulici a livello della galleria nella zona tra le progressive 118+500 e 119+000 circa, dove potrebbero potenzialmente esserci i carichi idrostatici più elevati.

In Figura 5.1 è riportata l'ubicazione dei sondaggi e delle prove cross-hole eseguite per la campagna geognostica integrativa per la progettazione esecutiva.



Figura 5.1 – Campagna geognostica integrativa 2017 per la progettazione esecutiva; ubicazione delle coppie di fori di indagine.

In Figura 5.2 si riportano i sondaggi nella zona della galleria Lonato Est utilizzati per la caratterizzazione geotecnica dei terreni.

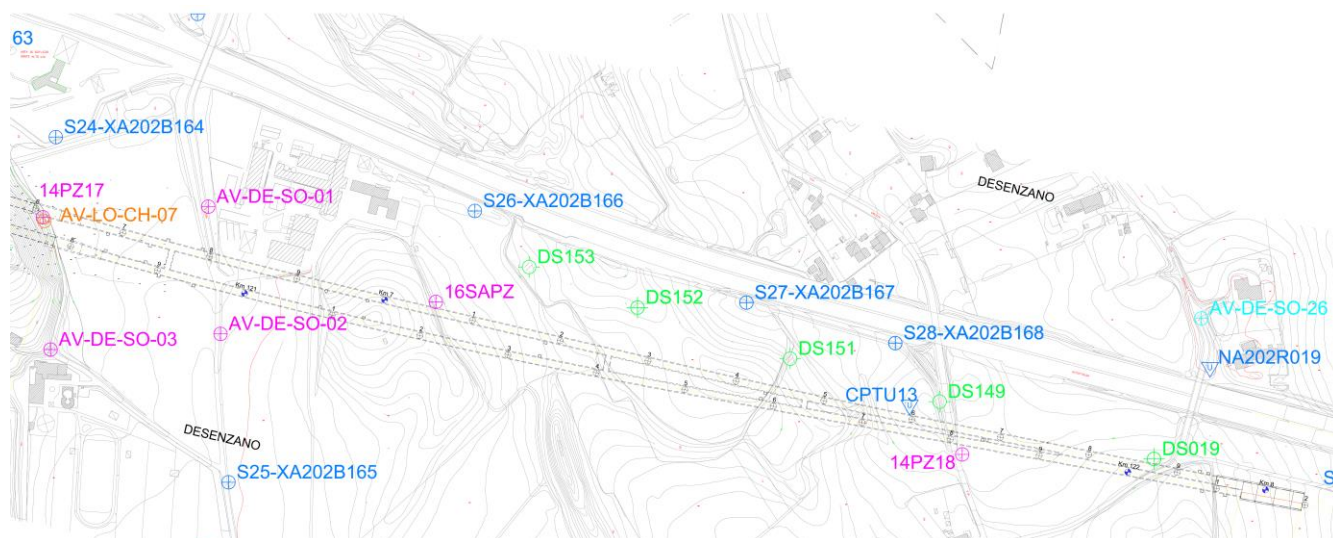


Figura 5.2- Sondaggi nella zona della galleria artificiale Lonato Ovest

5.1. Galleria artificiale lato Est (GA07) muri ad U e trincea (TR05)

Con riferimento alle planimetria con l'ubicazione delle indagini condotte nelle diverse campagne geognostiche, in tale area sono disponibili i seguenti sondaggi con relativa esecuzione di prove SPT, in ciascun sondaggio: AV-DE-SO-01, AV-DE-SO-02, DS019, DS149, DS151, DS152, DS153, 14PZ18, S25-XA202B165, S26-XA202B166, S27-XA202B167, S28-XA202B168, S29-XA202B169, 16SAPZ.

5.1.1. Condizioni stratigrafiche

I sondaggi sopra elencati mostrano prevalentemente la presenza di ghiaie e sabbie, ghiaie e sabbie limose, ghiaia fine con ciottoli, ghiaia grossolana con ciottoli e con presenza di clasti. Inoltre, localmente, sono presenti strati di sabbia media e/o fine dello spessore massimo di 10 metri e anche strati di limo molto consistente (valori del pocket penetrometer di 3-4 kg/cm²) dello spessore massimo di qualche metro.

5.1.2. Andamento della falda

Analogamente alle condizioni in corrispondenza dell'imbocco lato Verona della galleria naturale Lonato, le letture piezometriche condotte sui piezometri installati in prossimità di tale zona (Figura 5.3) mostrano come la falda sia prevalentemente situata al di sotto delle quote di fondo scavo o, in alcune tratte di limitata estensione, coincidente o di poco superiore alla quota di fondo scavo. Cautelativamente per la tratta interessata dalle paratie di imbocco verrà mantenuta pari alla quota di fondo scavo mentre per le opere definitive sarà considerata 3m al disopra del fondo scavo.

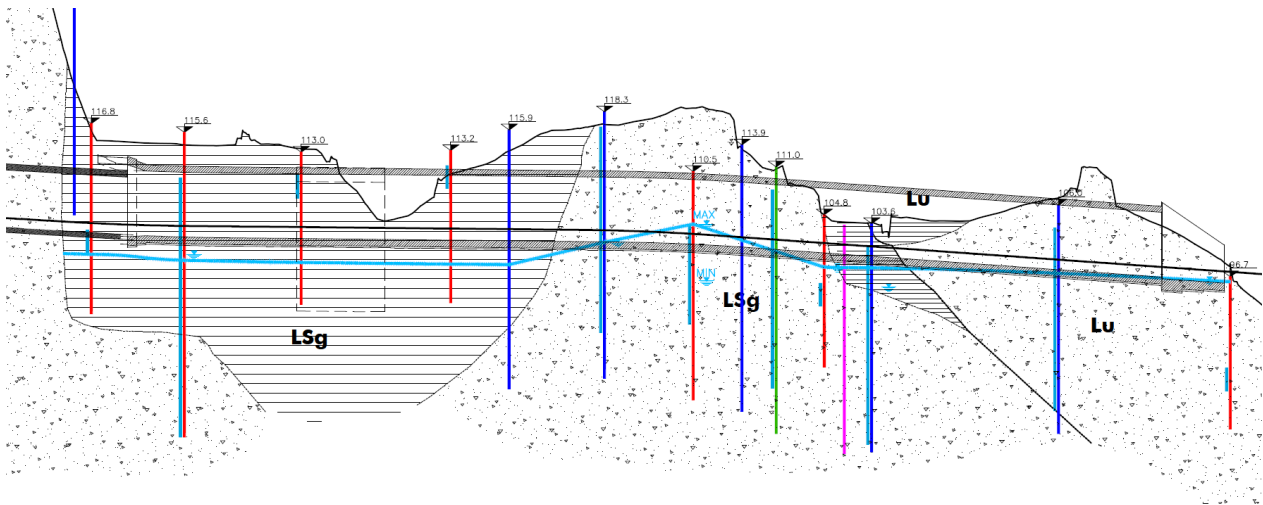


Figura 5.3 – Tratta relativa all’imbocco lato Verona della galleria Lonato e alla galleria artificiale (GA07) e trincea di approccio (TR05), estratto della sezione geologica ed idrogeologica in scala 1:5.000/1:500, del territorio interessato dallo scavo della galleria di Lonato (doc. rif. IN0500DE2F5GE00010182) con livello della falda accertato.

5.1.3. Valori caratteristici e di progetto dei parametri geotecnici

In conclusione, sulla base dei valori riportati nei precedenti paragrafi, nella seguente Tabella sono riportati i parametri geotecnici di riferimento per la Progettazione Esecutiva delle opere nella zona della galleria artificiale Lonato Est.

Da (m)	A (m)	γ_d (kN/m ³)	γ (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	OCR (-)	K_0 (-)	c'_k (kPa)	ϕ'_k (°)	E_{vc} (MPa)	E_{UR} (MPa)
p.c.	0,5	13,3	16,8	18,3	1	0,50	0	23	80	128
0,5	5	19,2	21,1	22,0	2	0,78	0	40	70	175
5	15	19,6	21,4	22,2	2	0,77	0	39	60	150
15	20	19,6	21,4	22,2	2	0,77	0	38	90	225
> 20		19,6	21,4	22,2	2	0,77	0	39	90	225

Tabella 5.1 – Galleria artificiale Lonato Est (GA07) e trincea di approccio (TR05), parametri geotecnici per la progettazione esecutiva.

6. IDRAULICA

Lo smaltimento delle acque di piattaforma verrà garantito da una tubazione posta al di sotto del marciapiede in cui è presente anche la via d'esodo.

Il sistema di raccolta delle acque prevede nella zona del muro:

- Una sagomatura del riempimento inferiore con pendenza trasversale del 2-3 % in modo da direzionare sotto ballast, le acque verso la tubazione di raccolta laterale;
- Un tubo di sfogo ogni 15 m per convogliare le acque verso il pozzetto.
- Un pozzetto di raccolta ogni 15 m per la confluenza delle acque nel tubo.

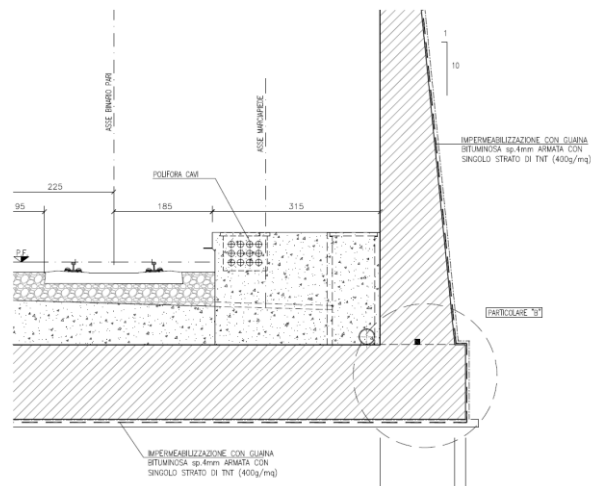


Figura 6.1: Galleria Lonato Est – Sezione tipologica tratto muri ad U con posizionamento dei tubi di smaltimento

Mentre nella zona della trincea a cielo aperto si prevede un tubo di sfogo ogni 15m che confluisce nella canaletta idraulica.

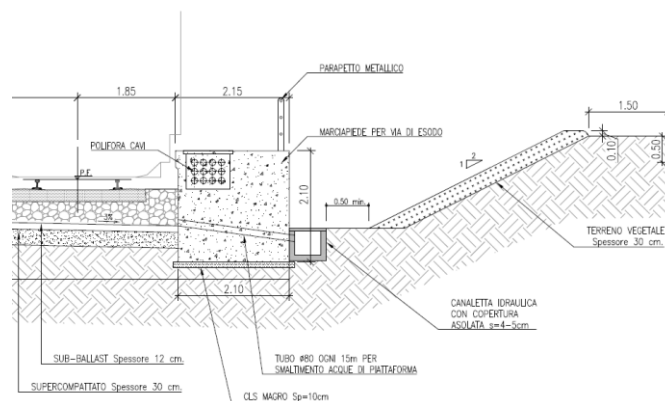


Figura 6.2: Galleria Lonato Est – Sezione tipologica tratto trincea a cielo aperto con posizionamento dei tubi di smaltimento

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 RO TR 050 0 002

Rev.
A

Foglio
15 di 15

7. FASI ESECUTIVE

Per quanto riguarda la realizzazione dell'opera, essendo realizzata completamente con una metodologia "cut and cover", non sussistono particolari vincoli che possano determinare una particolare sequenza nell'esecuzione delle opere.