

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE
OBIETTIVO N. 443/01
LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA
Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza
PROGETTO ESECUTIVO**

TR - TRINCEE

TR00 - TRINCEE DI APPROCCIO ALLA GALLERIA ARTIFICIALE S. MARTINO
GENERALE

Relazione generale

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE Ing. Giovanni MALAYENDA ALBO INGEGNERI PROV. DI MESSINA n. 4503 Data: Giugno 2022	Consorzio Iricav Due ing. Paolo Carmona Data: Giugno 2022			

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

I	N	1	7	1	2	E	I	2	R	O	T	R	0	0	0	0	0	0	1	B	-	-	-	P	-	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Alberto LEVORATO 	Giugno 2022

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	R. CONFORTI 	29/10/21	L. ALFIERI 	29/10/21	P. GALVANIN 	29/10/21	
B	REVISIONE G.C.	R. CONFORTI 	24/06/22	L. ALFIERI 	24/06/22	P. GALVANIN 	24/06/22	
C								
D								

Data: 24/06/2022

CIG. 8377957CD1

CUP: J41E91000000009

File: IN1712EI2ROTR0000001B.DOCX

Cod. origine:



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

I DIRITTI DEL PRESENTE DOCUMENTO SONO RISERVATI: LA RIPRODUZIONE ANCHE PARZIALE E' VIETATA

GENERAL CONTRACTOR  I'ICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
Trincee – Relazione generale	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EII2 RO TR 00 0 0 001	Rev. B	Foglio 2 di 18

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
2.1	Riferimenti Normativi	4
2.2	Documenti di progetto esecutivo.....	4
2.3	Specifiche Tecniche	5
3	DESCRIZIONE ITER PROGETTUALE: PD-PDV-PE	6
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO	8
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	10
5.1	Falda di progetto.....	10
6	INQUADRAMENTO SISMICO	11
7	DESCRIZIONE DELLE OPERE	13
7.1	Aspetti generali	13
7.2	Geometria delle opere di sostegno.....	16
7.3	Fasi costruttive	18
7.4	Smaltimento acque meteoriche.....	18
7.5	Interferenze idrauliche	18

GENERAL CONTRACTOR  ITICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
Trincee – Relazione generale	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EII2 RO TR 00 0 0 001	Rev. B	Foglio 3 di 18

1 PREMESSA

Nella presente relazione si riporta la descrizione dell'opere denominate Trincee TR01÷05 di approccio alla galleria GA01 San Martino Buon Albergo della Linea AV/AC Verona Padova, posta in corrispondenza del Primo Lotto Funzionale Verona – Bivio Vicenza, tra le progressive pk 4+942.53 e pk 6+842.53, per una lunghezza complessiva pari a 1900m.

Attraverso le trincee e la galleria in oggetto il tracciato sottopassa il nuovo svincolo autostradale di Verona Est, l'autostrada A4 e la Tangenziale Sud di Verona. I manufatti oggetto della presente relazione delle trincee TR01-TR03 si estendono lato Verona dalla pk 4+072.53 alla pk 4+942+53, mentre quelli delle trincee TR04-TR05 lato Vicenza dalla pk 6+842.53 alla pk 7+192.53.

Si presenta di seguito una planimetria di inquadramento dell'opera, comprensiva delle trincee e della galleria artificiale GA01 per una visione complessiva degli interventi.

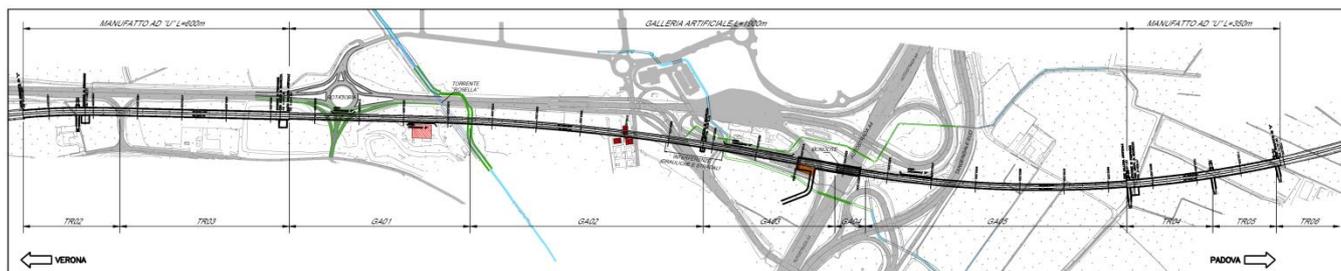


Figura 1: Planimetria di inquadramento Galleria San Martino Buon Albergo e trincee di approccio

Le specifiche di base della linea tra le progressive di interesse sono le seguenti:

Interasse tra i binari	4,20 m
Velocità max di tracciato (3+633.36 – 7+558.74)	210 km/h
Accelerazione max non compensata	0,6 m/sec ²
Sopraelevazione massima	13,0 cm
Raggio di curvatura minimo	1500 m
Raggio dei raccordi verticali	$R_{min}=V^2_{max}(km/h) / 12,96 a_v$ dove $a_v=0,3$ m/sec ² e V in km/h
Tipo di raccordo di transizione	Parabolico
Pendenza longitudinale massima	12 per mille compensata – lungo linea
Profilo minimo degli ostacoli	FICHE UIC 660-1
Gabarit	C
Carico assiale massimo	22,5 ton
Alimentazione della linea di contatto	3 kV C.C.

Per la descrizione delle opere in interferenza con le trincee (sifoni e impianti di sollevamento si rimanda alle WBS specifiche.

GENERAL CONTRACTOR  IFICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Trincee – Relazione generale	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO TR 00 0 0 001	Rev. B	Foglio 4 di 18

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Riferimenti Normativi

- [1] Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 – “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario n.30.
- [2] Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 – “Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

2.2 Documenti di progetto esecutivo

IN1711EI2RHGE0000001 Relazione geologica, caratterizzazione e modellazione geologica del sito1 /2 (da 0+000 a 21+990)

IN1711EI2RBGE0000001 Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050)
IN1711EI2RHGE0000003 Relazione idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)
IN1711EI2RHGE0000005 Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base 1/2 (da 0+000 a 21+990)
IN1711EI2RGGE0000007 Relazione di sintesi dei sondaggi e prove eseguite (da 0+000 a 21+990)
IN1711EI2SGGE0000001 Programma indagini in sito di Progetto Esecutivo (da 0+000 a 21+990)
IN1711EI2PRGE0000001 Programma indagini di laboratorio di Progetto Esecutivo 1 di 2 (da 0+000 a 21+990)
IN1711EI2L6GA0100001 Planimetria di ubicazione delle indagini geognostiche e profilo geotecnico

IN1712EI2ROTR0000001 Relazione generale
IN1712EI2ROTR0000002 Relazione di confronto PD/PE
IN1712EI2RITR0004001 Relazione idraulica smaltimento acque
IN1712EI2CLTR0000001 Opere sostegno degli scavi e tamponi di fondo
- Relazione di calcolo
IN1712EI2CLTR0000002 Relazione di calcolo strutture
IN1712EI2P8TR0000001 Planimetria stato di fatto - Tav. 1
IN1712EI2P8TR0000002 Planimetria stato di fatto - Tav. 2
IN1712EI2P8TR0000003 Planimetria di progetto - Tav. 1
IN1712EI2P8TR0000004 Planimetria di progetto - Tav. 2
IN1712EI2F7TR0000001 Profilo longitudinale - Tav. 1
IN1712EI2F7TR0000002 Profilo longitudinale - Tav. 2
IN1712EI2W9TR0000001 Sezioni trasversali di progetto - Tav. 1
IN1712EI2W9TR0000002 Sezioni trasversali di progetto - Tav. 2
IN1712EI2W9TR0000003 Sezioni trasversali di progetto - Tav. 3
IN1712EI2W9TR0000004 Sezioni trasversali di progetto - Tav. 4
IN1712EI2W9TR0000005 Sezioni trasversali di progetto - Tav. 5
IN1712EI2W9TR0000006 Sezioni trasversali di progetto - Tav. 6
IN1712EI2W9TR0000007 Sezioni trasversali di progetto - Tav. 7
IN1712EI2W9TR0000008 Sezioni trasversali di progetto - Tav. 8
IN1712EI2W9TR0000009 Sezioni trasversali di progetto - Tav. 9
IN1712EI2W9TR0000010 Sezioni trasversali di progetto - Tav. 10

GENERAL CONTRACTOR  I'ICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
Trincee – Relazione generale	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EII2 RO TR 00 0 0 001	Rev. B	Foglio 5 di 18

IN1712EI2PZTR0004001	Planimetria idraulica e sezioni - TAV. 1
IN1712EI2PZTR0004002	Planimetria idraulica e sezioni - TAV. 2
IN1712EI2PZTR0004003	Planimetria idraulica e sezioni - TAV. 3
IN1712EI2PZTR0004004	Planimetria idraulica e sezioni - TAV. 4
IN1712EI2PZTR0004005	Planimetria idraulica e sezioni - TAV. 5
IN1712EI2WZTR0000001	Sezioni tipo e dettagli

2.3 Specifiche Tecniche

- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 4 – Gallerie (RFI DTC SI GA MA IFS 001 B);
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 3 – Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 B);
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 6 – Sagome e Profilo minimo degli ostacoli (RFI DTC SI CS MA IFS 003 B);
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 2 – Ponti e strutture (RFI DTC SI PS MA IFS 001 B).

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
Trincee – Relazione generale	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EII2 RO TR 00 0 0 001	Rev. B	Foglio 6 di 18

3 DESCRIZIONE ITER PROGETTUALE: PD-PDV-PE

Rispetto al progetto definitivo approvato dal CIPE, il Consorzio IricavDue ha presentato nel Luglio 2021 un Progetto Definitivo di Variante (nel seguito PDV) al fine di:

- verificare l'efficacia del tampone di fondo, incrementando lo spessore laddove necessario, nel contrastare la sottospinta idraulica in fase di scavo, anche in presenza di risalita della falda fino alla quota di breve termine, in assenza di sistemi di emungimento attivi di tipo profondo;
- indagare la possibilità di un affinamento delle modalità di iniezione del tampone di fondo, per ridurre i tempi complessivi di esecuzione delle opere e aumentare al contempo la facilità di gestione delle operazioni di scavo. In particolare, si è esaminata la possibilità di eseguire schemi di consolidamento del fondo scavo differenti rispetto a quelli previsti in sede di PD, anche non massivi, mantenendo inalterata la funzione di impermeabilizzazione e consolidamento del fondo scavo;
- ottimizzare il sistema di sostegno delle pareti di scavo nei tratti in trincea dove sono minori le profondità di scavo, eliminando i tiranti dove possibile e ricorrendo all'utilizzo di palancolati in sostituzione dei diaframmi in calcestruzzo.

Le opere oggetto di variante ricadono nelle seguenti WBS; la successiva Figura 2 illustra un inquadramento schematico territoriale delle stesse:

- galleria artificiale GA01 San Martino Buon Albergo (WBS GA01A÷E);
- trincee di approccio TR01÷TR05;
- interferenze IN09, IN10, IN13, IN1A, IN18, IN19;
- fabbricati tecnologici FA03 e FA04.

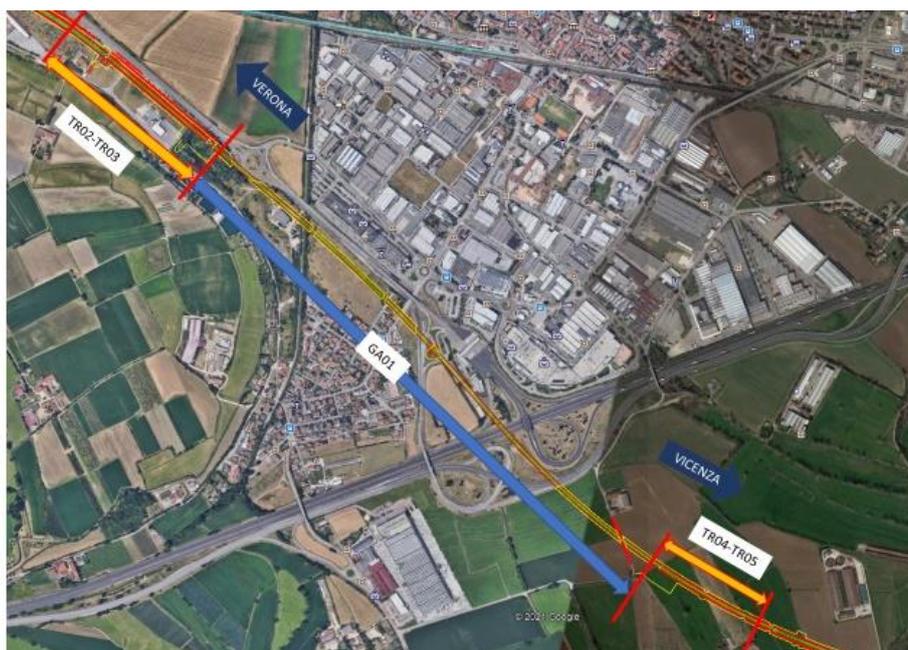


Figura 2: Inquadramento dell'opere oggetto di variante

GENERAL CONTRACTOR  I'ICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Trincee – Relazione generale	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EII2 RO TR 00 0 0 001	Rev. B	Foglio 7 di 18

Più nel dettaglio, con riferimento alle sole trincee, oggetto della presente relazione di confronto PD/PE, in sede di PDV sono state effettuate le modifiche descritte nel seguito. Le motivazioni a supporto della variante presentata sono illustrate nella relazione di variante IN1711YI2ROGA0100001 a cui si rimanda per ogni ulteriore dettaglio.

- Modifica in tutte le WBS della configurazione del tampone di fondo.
- Sostituzione, nelle tratte con minore altezza di scavo dei diaframmi perimetrali in c.a. con palancole metallici provvisori.
- Eliminazione, nelle tratte con maggiore altezza di scavo dei tiranti provvisori di sostegno delle paratie, previa realizzazione di un pre-sbancamento fino alla quota della falda di breve termine incrementata di 1 m.
- Per la trincea TR01 (lato Verona) - tra le progressive km 4+197.53 e 4+342.53 - la realizzazione degli scavi tra palancole, previa realizzazione di tampone di fondo per complessivi circa 145 m (lato Verona) in continuità con gli interventi previsti per la TR02.

Quale affinamento progettuale in sede di PDV, per la trincea TR01 - tra le progressive km 4+072.53 e 4+342.53 per complessivi 270 m – è stata aggiunta, in sostituzione della trincea aperta prevista dal PD, una struttura interna a “U” in calcestruzzo armato.

Successivamente alla presentazione del PDV, il Consorzio ha proseguito lo sviluppo del Progetto Esecutivo delle trincee (PE) - di cui la presente relazione è parte integrante - coerentemente con le indicazioni fornite nel PDV.

GENERAL CONTRACTOR  IFCAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Trincee – Relazione generale	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EII2 RO TR 00 0 0 001	Rev. B	Foglio 8 di 18

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

La struttura idrogeologica del settore interessato dalla galleria artificiale è caratterizzata dalla presenza dei depositi alluvionali della conoide del Fiume Adige al suo sbocco nella pianura padana, attribuita alle facies fluviali e fluvioglaciali del Pleistocene Superiore. Trattasi di una unità ghiaioso-sabbiosa, potente oltre 200 m, intervallata da lenti argillose di modesto spessore, variabile tra 3 e 9 m, e di estensione areale alquanto limitata, collocate a profondità comprese tra 20 e 30 m circa dal piano campagna, che vanno a separare una prima falda libera da una seconda semi-confinata. La prima falda libera presenta una soggiacenza del livello freatico di circa 6-9 m da p.c. attuale.

Dopo uno strato di riporto di 1-2m di natura ghiaiosa, da piano campagna e per spessori variabili fra i 10 e 15 m, sono presenti ghiaie con sabbia, debolmente limose, con valori di SPT generalmente variabili fra i 20 e i 70 colpi/30 cm e da una velocità delle onde di taglio Vs dell'ordine di 300 m/s (misurata da prova Cross-Hole).

Al di sotto, e per spessori del tutto simili (10÷15 m), sono presenti sabbie ghiaiose o con ghiaia, grossolane, debolmente limose, e talora sabbie più fini da ghiaiose a debolmente ghiaiose, limose o debolmente limose. La base di tale strato si trova a quote variabili fra la +16 e la +30 m slm. I valori di SPT in tali livelli sono dell'ordine dei 15÷35 colpi per le sabbie più fini, e si incrementano a 40÷60 colpi/30 m nelle sabbie ghiaiose più grossolane. La velocità delle onde di taglio, Vs, risulta dell'ordine di 220-240 m/s (misurata da prova Cross-Hole).

Al di sotto di tale banco sabbioso si rinviene uno strato formato da alternanze di materiali argilloso/limosi, e limoso/sabbiosi, di spessore complessivo indicativamente compreso fra i 4 e i 6 m. Uno strato limoso argilloso più discontinuo e sottile, di spessore 1m - 2m è a tratti presente al contatto tra ghiaie e sabbie.

Le caratteristiche di conducibilità idraulica dell'unità a prevalenza ghiaioso-sabbiosa e sabbiosa che costituisce l'acquifero contenente la prima falda libera sono state determinate mediante l'esecuzione di prove Lefranc e di prove di pompaggio in sito eseguite su tre pozzi denominati P1, P2 e P3 eseguiti durante le diverse campagne di indagini. Sulla base della composizione granulometrica e delle prove effettuate i terreni attraversati dalla galleria possono essere distinti in tre differenti litozone, caratterizzate da diversa conducibilità idraulica. I terreni a litologia prevalentemente ghiaioso-sabbiosa sono attribuibili alla LITOZONA 1, quelli prevalentemente sabbiosi sono attribuibili alla LITOZONA 2, mentre i terreni di natura limoso argillosa sono attribuibili alla LITOZONA 3.

La valutazione complessiva dei risultati delle campagne di indagine per le due differenti litozone porta alle seguenti considerazioni:

- le prove Lefranc effettuate a diverse profondità restituiscono valori di conducibilità idraulica generalmente piuttosto dispersi. La variabilità si manifesta per la LITOZONA 1 con valori compresi tra un minimo di 4.26 10⁻⁵m/s ed un massimo di 1.18 10⁻² m/s e per la LITOZONA 2 da 3.39 10⁻⁶m/s a 9.62 10⁻³m/s. La LITOZONA 3 è quella che risente delle minori variabilità attestandosi tra 10⁻⁶ e 10⁻⁷m/s;

GENERAL CONTRACTOR  I'ICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
Trincee – Relazione generale	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EII2 RO TR 00 0 0 001	Rev. B	Foglio 9 di 18

- Le prove di pompaggio forniscono valori di coefficiente di permeabilità per l'intera colonna interessata dalla prova e costituita dalla LITAZONA 1 e LITAZONA 2. Anche in questo caso i valori appaiono piuttosto dispersi, compresi tra $8.84 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ e $2.2 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$. In questo caso è possibile fare alcune considerazioni qualitative sull'andamento delle prove. La forma delle curve di portata/abbassamenti sono caratteristiche di acquiferi ad elevata trasmissività ed anche il comportamento dei piezometri di controllo è in linea con questa interpretazione. La curva di risalita al termine della prova di lunga durata non è utilizzabile in modo affidabile perché non presenta tratti di raccordo, pertanto i valori più bassi di coefficiente di permeabilità sono da considerarsi scarsamente affidabili.

In conclusione, ai fini del dimensionamento delle opere, la scelta cautelativa che deriva dall'analisi dei dati porta ad ipotizzare una permeabilità media della LITAZONA 1 compresa nell'intorno di $2 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ mentre per la LITAZONA 2 tale valore potrà scendere a valori di $5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ con possibilità di variazioni accentuate sia verso il basso che verso l'alto, fino a 10^{-3} m/s come documentato in alcune prove Lefranc. Mediamente l'acquifero interessato dalla galleria, costituito dalle due litozone, potrà presentare coefficienti di permeabilità intermedi in virtù degli spessori attraversati. Tuttavia, è bene considerare che l'ambiente fluvio glaciale con alvei multicanale possono andare incontro a locali e improvvise variazioni nelle caratteristiche litologiche del sedimento e, di conseguenza, nella risposta idrogeologica dell'acquifero.

GENERAL CONTRACTOR  IFCAV2		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Trincee – Relazione generale	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO TR 00 0 0 001	Rev. B	Foglio 10 di 18

5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La struttura idrogeologica del settore interessato dalla galleria artificiale è caratterizzata dalla presenza dei depositi alluvionali della conoide del Fiume Adige al suo sbocco nella pianura padana, attribuita alle facies fluviali e fluvioglaciali del Pleistocene Superiore. Trattasi di una unità ghiaioso-sabbiosa, potente oltre 200 m, intervallata da lenti argillose di modesto spessore, variabile tra 3 e 9 m, e di estensione areale alquanto limitata, collocate a profondità comprese tra 20 e 30 m circa dal piano campagna, che vanno a separare una prima falda libera da una seconda semi-confinata. La prima falda libera presenta una soggiacenza del livello freatico di circa 6-9 m da p.c. attuale.

Dopo uno strato di riporto di 1-2m di natura ghiaiosa, da piano campagna e per spessori variabili fra i 10 e 15 m, sono presenti ghiaie con sabbia, debolmente limose, con valori di SPT generalmente variabili fra i 20 e i 70 colpi/30 cm e da una velocità delle onde di taglio V_s dell'ordine di 300 m/s (misurata da prova Cross-Hole).

Al di sotto, e per spessori del tutto simili (10÷15 m), sono presenti sabbie ghiaiose o con ghiaia, grossolane, debolmente limose, e talora sabbie più fini da ghiaiose a debolmente ghiaiose, limose o debolmente limose. La base di tale strato si trova a quote variabili fra la +16 e la +30 m slm. I valori di SPT in tali livelli sono dell'ordine dei 15÷35 colpi per le sabbie più fini, e si incrementano a 40÷60 colpi/30 m nelle sabbie ghiaiose più grossolane. La velocità delle onde di taglio, V_s , risulta dell'ordine di 220-240 m/s (misurata da prova Cross-Hole).

Al di sotto di tale banco sabbioso si rinviene uno strato formato da alternanze di materiali argilloso/limosi, e limoso/sabbiosi, di spessore complessivo indicativamente compreso fra i 4 e i 6 m. Uno strato limoso argilloso più discontinuo e sottile, di spessore 1m - 2m è a tratti presente al contatto tra ghiaie e sabbie.

Da un punto di vista della distribuzione delle resistenze penetrometriche e della densità relativa, i grafici seguenti riassumono gli andamenti lungo la tratta in esame.

5.1 Falda di progetto

I valori di soggiacenza misurati nei piezometri lungo la tratta in esame indicano una sostanziale stabilità nelle escursioni stagionali. La differenza di quota massima e minima misurata risulta essere inferiore a 3 m.

Ai fini progettuali, prendendo a riferimento i livelli di falda definiti nella Relazione Idrogeologica di tratta (Doc. rif. IN1711EI2RHGE0000003), si assumeranno:

1. quota della falda di riferimento in fase di costruzione: pari alla falda media "misurata" incrementata di 0.5 m;
2. quota della falda a breve termine: pari alla falda media "misurata" incrementata di 3.0 m;
3. Quota di falda a lungo termine: pari alla falda media "misurata" incrementata di 4.5 m;

GENERAL CONTRACTOR  ITICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Trincee – Relazione generale	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EII2 RO TR 00 0 0 001	Rev. B	Foglio 11 di 18

6 INQUADRAMENTO SISMICO

L'inquadramento sismico dell'area di interesse e la definizione dell'azione sismica di progetto sono stabiliti in accordo alle prescrizioni fornite dalle NTC2008. Per l'opera in progetto si assume una Vita Nominale pari a $V_n = 100$ anni, con Classe d'Uso IV (coefficiente d'uso $C_u = 2$). Di conseguenza, il periodo di riferimento per l'azione sismica, definito in accordo al punto 2.4.3 delle NTC2008, risulta pari a:

$$V_r = V_n \times C_u = 200 \text{ anni.}$$

Sulla base delle informazioni disponibili, ai fini di una zonazione del tracciato in funzione della categoria di suolo, a scala dell'opera e particolarmente ai fini della verifica a liquefazione di cui ai punti seguenti, l'intero tracciato può essere ragionevolmente classificato in categoria **C** ossia:

“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).”

Per quanto riguarda l'eventuale amplificazione topografica, considerato che il sito di interesse si trova su superficie sostanzialmente pianeggiante (cat. T1, ossia Superficie pianeggiante e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$, in accordo alla Tabella 3.2.IV al par.3.2.2. delle NTC2008), il fattore di amplificazione topografica è sempre $S_T = 1$. Con riferimento alle indicazioni contenute nella relazione sismica IN1711E12RHGE0000005 (Punti del reticolo P4, P5, P6 da pk 4+941 a pk 6+841.96), i valori del fattore di sito S e dell'azione sismica di progetto $a_{max} = S a_g$ per i periodi di ritorno corrispondenti ai diversi stati limite sono stati valutati e riportati in Tabella 1.

Tabella 1 Parametri sismici

Categoria Sottosuolo	SL	T_R (anni)	a_g (g)	F_0 (-)	TC^* (s)	S (-)	a_{max} (g)
C	SLO	120	0.084	2.453	0.264	1.500	0.126
	SLD	201	0.108	2.416	0.271	1.500	0.162
	SLV	1898	0.254	2.405	0.287	1.333	0.339
	SLC	2475	0.281	2.379	0.290	1.299	0.365



ID	Progressive di riferimento	Tabella valori				
		SL	$T_R(\text{anni})$	$a_g(\text{g})$	$F_0(-)$	$T_C^*(\text{s})$
P4 (GA01)	4+941	SLO	120	0.084	2.453	0.264
		SLD	201	0.108	2.416	0.271
		SLV	1898	0.254	2.405	0.287
		SLC	2475	0.281	2.379	0.290
		SL	$T_R(\text{anni})$	$a_g(\text{g})$	$F_0(-)$	$T_C^*(\text{s})$
P5 (GA01)	5+878.50	SLO	120	0.084	2.456	0.264
		SLD	201	0.107	2.417	0.271
		SLV	1898	0.253	2.405	0.287
		SLC	2475	0.279	2.379	0.290
		SL	$T_R(\text{anni})$	$a_g(\text{g})$	$F_0(-)$	$T_C^*(\text{s})$
P6 (GA01)	6+841.96	SLO	120	0.083	2.461	0.264
		SLD	201	0.106	2.422	0.271
		SLV	1898	0.251	2.406	0.287
		SLC	2475	0.277	2.379	0.290
		SL	$T_R(\text{anni})$	$a_g(\text{g})$	$F_0(-)$	$T_C^*(\text{s})$

GENERAL CONTRACTOR  IFICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Trincee – Relazione generale	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EII2 RO TR 00 0 0 001	Rev. B	Foglio 13 di 18

7 DESCRIZIONE DELLE OPERE

7.1 Aspetti generali

Le trincee di approccio della Galleria Artificiale San Martino sono così suddivise:

- lato Verona: TR01, TR02, TR03 da pk 4+072.53 alla pk 4+942+53
- lato Vicenza: TR04, TR05 dalla pk 6+842.53 alla pk 7+192.53.

I manufatti della trincea lato Verona hanno una lunghezza complessiva di circa 870 m, di cui circa 270 in TR01 188 m in TR02 e 412 m in TR03, e presenta altezze variabili da un minimo di ~2 m fino ad un massimo di ~10 m. La trincea lato Vicenza ha una lunghezza complessiva di circa 350 m, di cui circa 232 m in TR04 e 118 m in TR05, e presenta altezze variabili da un minimo di ~2 m fino ad un massimo di ~10 m.

Sono inoltre previste n.3 stazioni di pompaggio con annessa uscita di sicurezza di dimensioni in pianta 15x15 m e altezze comprese tra 7.2 m e 12.6 m. Le stazioni sono così ubicate:

- Stazione di pompaggio 1 al km 4+499 (TR02);
- Stazione di pompaggio 2 al km 4+936 (TR03);
- Stazione di pompaggio 2 al km 6+846 (TR04).

Le opere di sostegno degli scavi delle trincee di approccio alla galleria artificiale e delle stazioni di pompaggio sono costituite da paratie di pannelli di diaframma in c.a. da 2.5/2.8 m di larghezza, spessore 1 m e lunghezza variabile in funzione delle profondità di scavo previste e da palancole per le altezze di scavo più modeste.

Le strutture interne delle trincee e delle stazioni di pompaggio sono costituite da solette di fondazione e contropareti in c.a. gettato in opera.

Allo scopo di contrastare la sottospinta idraulica nelle fasi di scavo è prevista la realizzazione di un tampone di fondo tra la quota di fondo scavo di progetto e la quota di equilibrio idraulico mediante colonne di jet grouting. Il jet grouting viene eseguito da una quota superiore rispetto a quella della falda di riferimento.

Nel lungo termine, mancando il peso di zavorra del terreno al di sopra della soletta di copertura, la sicurezza allo stato limite ultimo idraulico di galleggiamento è garantita dall'ancoraggio delle contropareti interne alla sommità delle paratie di bordo (che funzionano quindi come fondazioni profonde tese – in caso di falda a quota di progetto), oppure dal peso stesso dei manufatti.

Più nel dettaglio, nel PDV presentato dal Consorzio I2, sono stati effettuati alcuni affinamenti in merito alle opere di sostegno e definitive.

GENERAL CONTRACTOR  ITICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Trincee – Relazione generale	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI12 RO TR 00 0 0 001	Rev. B	Foglio 14 di 18

I principi di intervento adottati per la galleria artificiale GA01 sono stati, infatti, estesi anche per le trincee di approccio per quanto riguarda i dimensionamenti del tampone di fondo e la configurazione degli stessi a singolo e doppio strato.

Con riferimento alla trincea TR01 (lato Verona) - al fine di evitare interferenze con la falda di breve termine – si è previsto uno scavo confinato da palancole, previa realizzazione di un tampone di fondo in jet grouting; la stessa soluzione è stata proposta per la successiva trincea TR02, per parte delle trincee TR03 e TR04, nonché per i sifoni IN19 e IN1A.

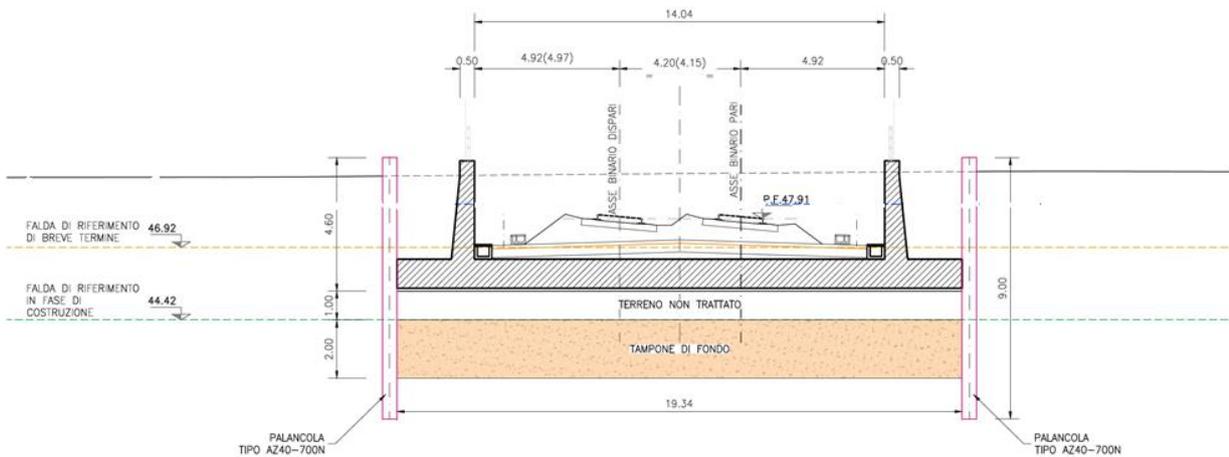


Figura 3: Estensione degli interventi di sostegno e impermeabilizzazione degli scavi per la TR01 tra le pk km 4+197.53 e 4+342.53

In tutti i tratti in cui i diaframmi lungo la trincea sono stati sostituiti con palancole, i manufatti interni sono stati modificati per consentire la stabilità al galleggiamento a lungo termine per peso proprio e rinterro; la geometria dei manufatti, ad opere ultimate, dopo l'estrazione delle palancole, è rappresentata in figura.

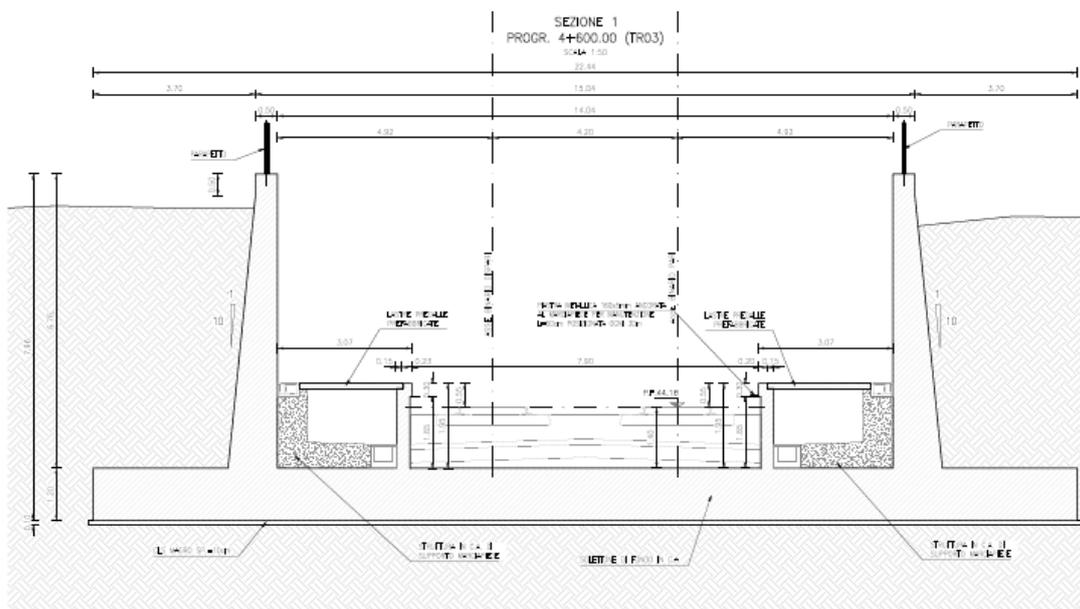


Figura 4: Configurazione tipica delle trincee– ad opere ultimate, dopo l'estrazione delle palancole - nei tratti in cui sono realizzati i palancole in sostituzione dei diaframmi in c.a.

GENERAL CONTRACTOR  ITICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Trincee – Relazione generale	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EII2 RO TR 00 0 0 001	Rev. B	Foglio 15 di 18

Nei tratti in cui le altezze di scavo e i battenti idraulici sono elevati (tratto terminale della TR03 e iniziale della TR04, sifoni IN09-IN10-IN18, fabbricati FA03 e FA04), i diaframmi in c.a. sono stati mantenuti e la soluzione ottimizzata, prevedendo un pre-scavo di sbancamento per diminuire l'altezza libera del diaframma; la figura seguente mostra una configurazione tipica delle opere di sostegno in questi tratti. Ai diaframmi è demandata anche la funzione di bilanciare l'eventuale aliquota di sottospinta idraulica non compensata dal peso proprio dei manufatti interni.

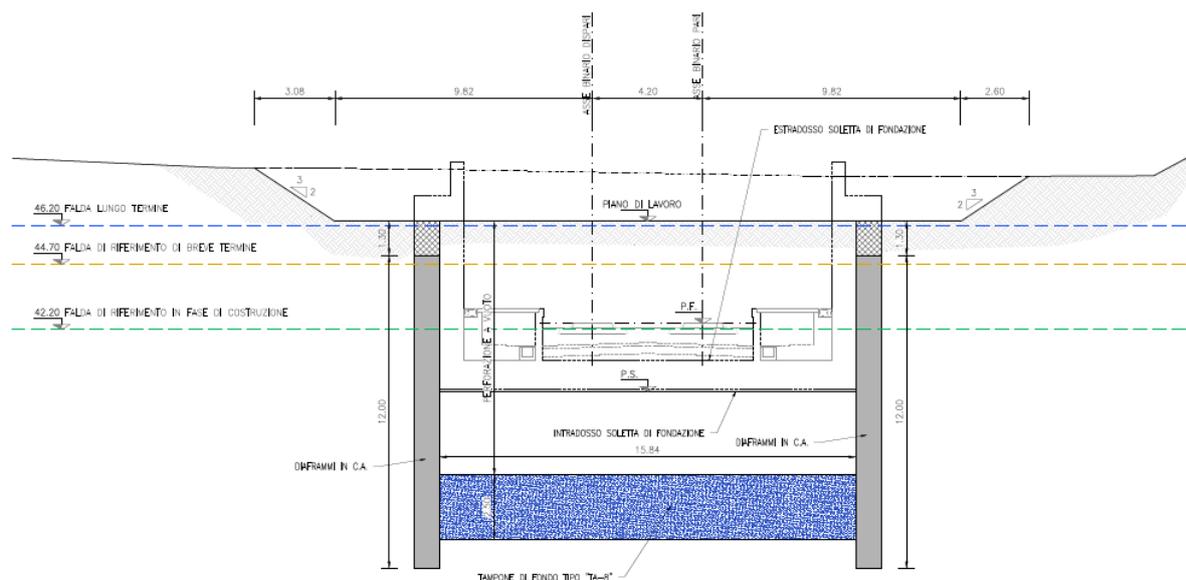


Figura 5: Configurazione tipica delle trincee nel PDV nei tratti in cui sono realizzati i diaframmi in c.a. con pre-sbancamento del terreno ai lati.

L'altezza delle palancole/ diaframmi lungo le trincee e nei sifoni, è stata – quindi - ristudiata in funzione dello spessore effettivo dei tamponi calcolati nelle diverse sezioni - in relazione al battente di falda - e della altezza del pre- scavo da realizzare: per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici allegati alla presente.

Per la trincea TR01 - tra le progressive km 4+072.53 e 4+342.53 per complessivi 270 m – è stata aggiunta, in sostituzione della trincea aperta prevista dal PD in questa tratta, una struttura interna a “U” in calcestruzzo armato.

Tale aggiunta si è resa necessaria al fine di risolvere l'interferenza con il livello di falda di lungo termine e piano ferro come mostrato nelle figure successive, in analogia a quanto fatto nel PD per la trincea TR05 lato Vicenza: in tal modo è possibile evitare che in caso di raggiungimento della quota di falda di lungo termine, l'interno pacchetto di armamento si trovi al di sotto del massimo livello di falda ipotizzato

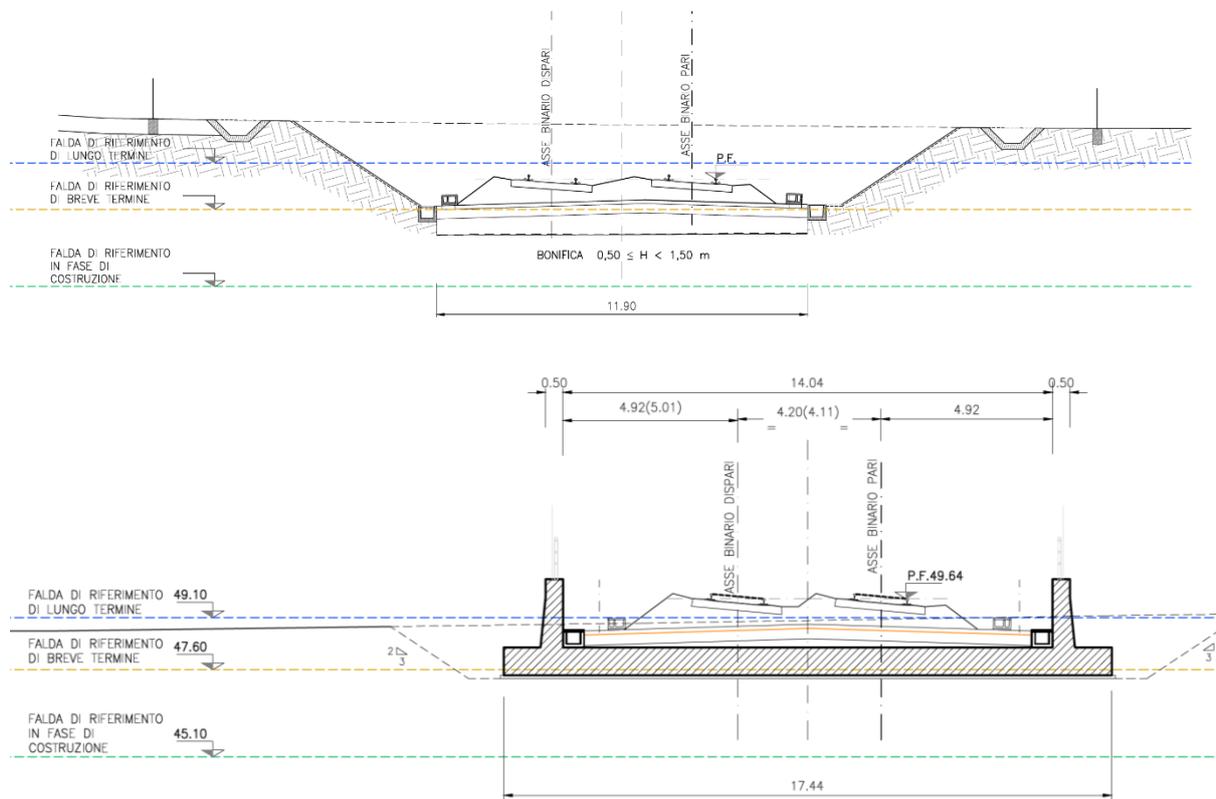


Figura 6: TR01 - tra le progressive km 4+072.53 e 4+342.53 – Introduzione di un manufatto a “U” (immagine in basso) in sostituzione della trincea a cielo aperto prevista in PD (immagine in alto).

7.2 Geometria delle opere di sostegno

Nel seguito sono descritte sinteticamente le sezioni di calcolo dimensionanti delle opere di sostegno.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Trincee – Relazione generale	Progetto IN17 Lotto 12 Codifica Documento EII2 RO TR 00 0 0 001 Rev. B Foglio 17 di 18

Tabella 2 Geometria sezioni dimensionanti

WBS [-]	FABBRICATO / SIFONE	TIPOLOGIA OPERA DI SOSTEGNO	SPECIFICHE TAMPONE DI FONDO	Pk	Nome schema di calcolo	Altezza di scavo + riempimento	Specifiche opera di sostegno	Profondità opera di sostegno	Specifiche puntonamento opera di sostegno	Battente idrico su Falda di Breve Termine (m)
TR01	-	Palancole + tampone jet	'TP': 2.0m tratt.	4+295	TR01 TP	≈4.0m	PU28	9.0	-	≈1.70m
TR01	-	Palancole + tampone jet	'TA-1': 1.0m non tratt.+ 2.0m tratt.	4+340	TR01 TA-1	≈4.6m	PU28	9.0	-	≈2.10m
TR02	-	Palancole + tampone jet	'TA-2': 1.5m non tratt.+2.5m tratt.	4+400	TR02 TA-2	≈5.1m	PU28	10.0	-	≈2.50m
TR02	-	Palancole + tampone jet	'TA-3': 2.0m non tratt.+2.5m tratt.	4+480	TR02 TA-3	≈6.0m	PU28	10.0	-	≈2.60m
TR02	IN09	Diaframmi + tampone jet	'TA4': 5.5m non tratt.+2.5m tratt.	4+480	TA4-IN09	≈9.0m	Diafr. sp. 1m + punt. provv.	14.8m	Ø	≈6.0m
TR02	IN10	Diaframmi + tampone jet	TR02: 'TA-5': 2.5m non tratt.+2.5m tratt.	4+500	TA5-IN10	TR02: ≈6m IN10: ≈ 9.5m	Diafr.sp. 1m + punt. provv.	14.8m	Ø406.4/16mm	≈2.60m
			IN10: 'TA-5': 5.0m non tratt.+2.5m tratt.							IN10: ≈6.1m
TR02	-	Palancole + tampone jet	'TA-6': 2.5m non tratt.+2.5m tratt.	4+525	TA-6	≈7.0m	PU28	10.0m	-	≈2.70m
TR03	-	Palancole + tampone jet	'TA-7': 3.0m non tratt.+2.5m tratt.	4+675	TA-7	≈8.0m	AZ32-750	13.0m	-	≈2.70m
TR03	-	Diaframmi + tampone jet	'TA-8': 3.0m non tratt.+2.5m Tratt.	4+840	TA-8	≈10.0m	Diafr. sp. 1m	12.0m	-	≈2.70m
TR03	FA03	Diaframmi + tampone jet	TR03 2.0m tratt.+ 1.65m non tratt.+2.5m tratt.	4+937	TS-FA03	TR03: ≈8.0m FA03: ≈9.0m	Diafr. sp. 1m	TR03: 13.0m FA03: 16.80m	≈2.70m	≈6.20m
			FA03 2.0m tratt.+ 4.0m non tratt.+2.5m tratt.							var.
TR04	IN18	Diaframmi + tampone jet	'TA': 5.5m non tratt. +2.5m tratt.	6+836	TA-IN18	≈11.0m	Diafr. sp. 1m + punt. provv.	14.5m	Ø406.4/16mm	≈2.70m
TR04	FA04	Diaframmi + tampone jet	TR04: 2.0m non tratt.+2.5m tratt.	6+900	TA3-FA04	TR04:≈8.0m FA04:≈10.0m	Diafr. sp. 1m	TR04: 9.0m FA04: 11.0m	-	≈2.60m
			FA04 3.0m terr. non tratt.+2.5m terr. tratt.							var.
TR04	-	Palancole + tampone jet	'TA-1': 1.0m non tratt.+2.0m tratt.	6+950	TA-1	≈7.5m	PU28	7.0m	-	≈2.60m

GENERAL CONTRACTOR  I'ICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
Trincee – Relazione generale	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EII2 RO TR 00 0 0 001	Rev. B	Foglio 18 di 18	

7.3 Fasi costruttive

Le fasi costruttive prevedono in tutte le tratte un pre-scavo di sbancamento fino alla quota di imposta dei diaframmi e delle palancole di perimetrazione degli scavi; dal piano di pre-scavo è eseguito anche il tampone di fondo in jet-grouting.

Ultimate le opere di sostegno e impermeabilizzazione degli scavi è effettuato lo scavo di ribasso; raggiunta la quota di fondo scavo si esegue il magrone di pulizia e a risalire le opere di contenimento della sede ferroviaria costituite da muri a “U” illustrati nelle immagini riportate nei paragrafi precedenti e negli appositi elaborati di progetto.

7.4 Smaltimento acque meteoriche

Per i dettagli relativi allo smaltimento delle acque lungo le trincee nonché alle stazioni di pompaggio si rimanda alla relazione di dettaglio IN1711EI2RITR0006001 di cui al precedente § 2.2

7.5 Interferenze idrauliche

Le interferenze idrauliche con canali/fossi che attraversano le trincee sono risolte attraverso i seguenti sifoni:

- IN09 su Trincea TR02
- IN18 su trincea TR04
- IN19 su trincea TR05

Per i dettagli relativi alle suddette opere si rimanda agli elaborati specifici di progetto.