

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

INTERFERENZE IDRAULICHE ED OPERE IDRAULICHE

SIFONE COSTITUITO DA UN DOPPIO SCATOLARE 3X2 ALLA PK 6+836,53

GENERALE

Relazione tecnica generale e idraulica

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio			-
 Ing. Giovanni MALAVENDA iscritto all'ordine degli ingegneri di Venezia n. 4289 Data: Settembre 2021	Iricav Due ing. Paolo Carmona Data: Settembre 2021			

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

I	N	1	7	1	2	E	I	2	R	O	I	N	1	8	0	0	0	0	1	A	-	-	-	P	-	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Luca RANDOLFI	Settembre 2021

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	verificato	Data	Approvato	Data	
A	EMISSIONE	Magni <i>Magni</i>	23/09/21	Alfieri <i>Alfieri</i>	23/09/21	Galvanin <i>Galvanin</i>	23/09/21	

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712EI2ROIN1800001A.DOCX
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>Relazione tecnica generale e idraulica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 RO IN 18 0 0 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 2 di 27</p>

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 3 di 27

INDICE

1	PREMESSA.....	4
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
2.1	Ottemperanza alle prescrizioni cipe.....	4
2.2	Inquadramento normativo e criteri progettuali	4
2.3	Documenti di progetto esecutivo	5
3	DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO.....	7
4	DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO	9
5	VERIFICHE IDRAULICHE.....	14
5.1	Portata di progetto	14
5.2	Base geometrica	14
5.3	Scabrezze	14
5.4	Verifiche in moto uniforme	14
5.4.1	Stato di fatto	14
	Fosso in terra esistente.....	15
5.4.2	Stato di progetto.....	16
	Perdite di carico opera a sifone	16
	Moto uniforme nei canali.....	18
	Risultati verifiche	20
6	DEVIAZIONI PROVVISORIE	22
6.1	Verifiche idrauliche.....	22
7	CONCLUSIONI.....	23
	ALLEGATO A – SCALE DELLE PORTATE	24

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 4 di 27

1 PREMESSA

La presente relazione descrive le opere previste per risolvere l'interferenza di uno scolo pubblico con la Linea AV-AC Torino – Venezia, Tratta VERONA – PADOVA, Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza, alla pk 6+836,53, all'interno del territorio comunale di San Martino Buon Albergo (Verona).

Di seguito si descrivono le scelte progettuali adottate in reazione alle prescrizioni CIPE, nonché alle istruttorie svolte dall'Alta Sorveglianza sul progetto stesso e le modalità di verifica idraulica delle stesse.

Il progetto per la realizzazione della linea ferroviaria, che nel tratto in questione risulta essere in corrispondenza della WBS GA01E - Galleria artificiale S.Martino da pk 6+250,00 a pk 6+841,96, prevede il sottoattraversamento della linea mediante sifone costituito da un doppio scatolare 3x2, corredato da strutture di imbocco e sbocco in cls.

Le verifiche e il dimensionamento idraulico delle opere sono state condotte considerando la portata 200-ennale, in accordo al manuale Tecnico di Progettazione Italferr.

Lo studio ha dimostrato la compatibilità idraulica dell'intervento.

Il progetto esecutivo oggetto della presente relazione risponde a quanto previsto nel precedente livello di progettazione definitiva; in questa ulteriore fase sono stati sviluppati gli elaborati conformemente al livello progettuale esecutivo per fornire i necessari elementi di dettaglio.

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Ottemperanza alle prescrizioni cipe

In accordo alle prescrizioni e raccomandazioni indicate nella delibera CIPE 84/2017 nel progetto esecutivo è stato eseguito un approfondimento sulle opere, come riportato nella relazione di confronto PD-PE e illustrato nei prossimi capitoli.

2.2 Inquadramento normativo e criteri progettuali

La normativa idraulica di riferimento per la Pianura Padana è costituita dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), adottato con delibera di Comitato Istituzionale n. 18 del 26 aprile 2001 ed approvato con DPCM del 24 maggio 2001, pubblicato sulla G.U. n 183 del 8/8/01 e successive varianti approvate.

Il PAI è sovraordinato a tutti gli altri strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica vigenti e costituisce la norma a cui attenersi per l'esecuzione di opere e infrastrutture che interferiscano con il reticolo idrografico.

Esso fornisce i valori delle portate di piena da assumere alla base delle verifiche idrauliche per alcune sezioni significative del reticolo idrografico padano; fornisce altresì le indicazioni per il calcolo delle portate di piena nelle sezioni non indagate sulla base delle curve di probabilità pluviometrica per assegnato periodo di ritorno elaborate per tutto il territorio di competenza.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 5 di 27

Il PAI contiene inoltre i criteri a cui attenersi per il dimensionamento delle opere in funzione della tipologia e dei vincoli esistenti.

I criteri adottati nel dimensionamento idraulico delle opere tengono conto delle norme di attuazione del PAI e degli indirizzi e delle indicazioni emerse nel corso dei colloqui con il Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta, Consorzio di bonifica competente sul rio oggetto di progettazione.

Da un punto di vista generale le opere di attraversamento e le sistemazioni idrauliche sono limitate allo stretto necessario alla funzionalità dell'opera nel rispetto dell'attuale configurazione dei corsi d'acqua interferenti; si è verificato che gli interventi non comportassero in nessun caso restringimenti di alveo e non inducessero in generale effetti peggiorativi sul regime idraulico del corso d'acqua.

La verifica idraulica dei manufatti di progetto è stata condotta nel rispetto del deflusso della portata 200-ennale.

Essendo lo scolo in questione un corso d'acqua secondario (bacino inferiore a 10 km²), il criterio adottato è quello di un grado di riempimento inferiore a 0.8 per i tratti di canale a cielo libero e 0.7 per i manufatti di attraversamento non in pressione, in accordo con il Manuale di Progettazione Italferr. Per quanto riguarda l'opera di sottoattraversamento ferroviario, la verifica della stessa è consistita nella determinazione dei livelli indotti dalle perdite di carico generate dall'opera e nella verifica della compatibilità degli stessi nelle inalveazioni di valle e di monte (grado di riempimento inferiore all'80%).

In mancanza di specifiche indicazioni contenute nel P.A.I., ma in accordo con il Consorzio di Bonifica competente, per le opere a sifone è stata prevista una soluzione a doppia canna con sezione praticabile, di cui solo una in funzione, per garantirne l'accesso per manutenzione e contemporaneamente l'esercizio dell'altra canna durante le operazioni di manutenzione della stessa.

Per la definizione dello stato di fatto ci si è basati sul documento "Relazione interferenze canali con la TAV" redatto dal Consorzio APV.

2.3 Documenti di progetto esecutivo

IN1712EI2ROIN1800001A	RELAZIONE TECNICA GENERALE E IDRAULICA
IN1712EI2ROIN1800002A	RELAZIONE DI CONFRONTO PD/PE
IN1712EI2P8IN1806001A	PLANIMETRIA STATO DI FATTO E PROGETTO
IN1712EI2PZIN1806001A	PROFILO, SEZIONI DI PROGETTO E SEZIONI TIPO
IN1712EI2PZIN1800001A	CARPENTERIA TAV. 1
IN1712EI2PZIN1800002A	CARPENTERIA TAV. 2
IN1712EI2PZIN1800003A	CARPENTERIA TAV. 3
IN1712EI2PZIN1800004A	CARPENTERIA TAV. 4
IN1712EI2PZIN1800005A	CARPENTERIA TAV. 5
IN1712EI2BZIN1800001A	ARMATURA CONCIO 1 TAV. 1
IN1712EI2BZIN1800002A	ARMATURA CONCIO 1 TAV. 2
IN1712EI2BZIN1800003A	ARMATURA CONCIO 2 TAV. 1
IN1712EI2BZIN1800004A	ARMATURA CONCIO 2 TAV. 2

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Relazione tecnica generale e idraulica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica Documento
EI2 RO IN 18 0 0 001

Rev.
A

Foglio
6 di 27

IN1712EI2BZIN1800005A	ARMATURA CONCIO 2 TAV. 3
IN1712EI2BZIN1800006A	ARMATURA CONCIO 3 TAV. 1
IN1712EI2BZIN1800007A	ARMATURA CONCIO 3 TAV. 2
IN1712EI2BZIN1800008A	ARMATURA CONCIO 3 TAV. 3
IN1712EI2BZIN1800009A	ARMATURA CONCIO 3 TAV. 4
IN1712EI2BZIN1800010A	ARMATURA CONCIO 4
IN1712EI2BZIN1800011A	ARMATURA CONCIO 5
IN1712EI2BZIN1809001A	PARTICOLARI COSTRUTTIVI TAV. 1
IN1712EI2BZIN1809002A	PARTICOLARI COSTRUTTIVI TAV. 2
IN1712EI2BZIN1809003A	PARTICOLARI COSTRUTTIVI TAV. 3
IN1712EI2BZIN1809004A	PARTICOLARI COSTRUTTIVI TAV. 4
IN1712EI2CLIN1800001A	RELAZIONE DI CALCOLO SIFONE

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 7 di 27

3 DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

Il territorio su cui si snoda il tracciato della linea ferroviaria AC Milano-Verona è interessato da una fitta rete idrografica costituita da fiumi, torrenti, canali di bonifica, canali di irrigazione, fossi di scolo, canalette prefabbricate in cls. (pensili o appoggiate sul terreno).

Nella zona oggetto di studio è presente uno scolo pubblico non demaniale irriguo corrente parallelo a via Coetta con sistema a scorrimento dalla capacità complessiva stimata di circa 100 l/s con acque trattenute da sostegni in pietra a servizio di circa 70 ha.

Il fosso presenta un vaso regolare incassato con rive aventi uno sviluppo di m 2,50 in sx e m 1,50 in dx idraulica e fondo m 1,80 con bocca di m 4,50. Tale fosso veicola acqua di risorgiva e da derivazione dal Roselletta, distribuendola per mezzo di bocchette irrigue regolatrici alla campagna circostante, la direzione di scorrimento è pertanto verso NE. La pendenza è sub-orizzontale, tipica dei fossi irrigui.

Le precedenti informazioni sono state fornite dal Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta.



Figura 1 – Immagine satellitare dell'area oggetto di studio con sovrapposizione del tracciato ferroviario di progetto e reticolo idrico (fonte: Fonte: Arpa Veneto/grafico idrografia)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 8 di 27



Figura 2 – Scolo pubblico non demaniale via Coetta.

L'intervento riguarda un tratto dell'asta principale per una lunghezza complessiva pari circa 150 m.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 9 di 27

4 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

L'intervento in progetto prevede la realizzazione di un doppio sifone scatolare 3X2, con funzionamento alternato. L'opera, avente tracciato perpendicolare alla linea, è ubicata in corrispondenza della pk 6+836,53.

La struttura prevede un manufatto di monte costituito da un manufatto rettangolare di imbocco di larghezza 10 m e lunghezza pari a 5.10 m con sponde alte 2.20 m seguito da due tratti di canali in curva ciascuno con sezione di dimensioni 4.80x2.20 m e sviluppo in asse pari a 6.30 m che proseguono come due rampe di ingresso alle canne vere e proprie aventi pendenza del 33% e sviluppo di circa 27.33 m. Il manufatto di valle prevede due pozzi verticali di uscita dell'acqua aventi dimensioni in pianta pari a 4.80x4m, seguiti da un tratto sub-orizzontale di estensione pari a 8.25 m ed altezza delle sponde pari a 2.20 m.

Sono previste due canne scolarie 3x2m con funzionamanto alternato. La presenza di panconature a monte e a valle del sottoattraversamento consentirà la regolazione dei flussi idrici.

L'accesso dall'esterno è garantito dalla presenza delle rampe di accesso mezzi localizzate a monte del sottoattraversamento e dalle scale a pioli localizzate in corrispondenza dei pozzi di risalita di valle. I pozzi presentano profondità pari a 9.02 m; mentre le canne vere e proprie presentano lunghezza pari a 14.00 m e pendenza longitudinale pari a 0.2%, garantita dalla sagomatura mediante magrone. Superiormente l'accesso nei pozzi è garantito attraverso l'apertura dei chiusini predisposti nel grigliato metallico di copertura.

A monte e a valle dell'opera a sifone, si prevede la realizzazione di brevi tratti di canalizzazione di raccordo al reticolo esistente. Nel dettaglio, a monte è previsto un canale trapezio 3x2 m rivestito con materassi Reno per un'estensione di 10 m con origine a partire dal ponticello esistente su via Coetta.

A valle è previsto un canale trapezio 3.0x2.0 rivestito con materassi Reno per un'estensione di 10m ed un canale trapezio in terra 3.0x2.0m per un'estensione di 56.90 m. Gli ultimi 8.5 m di valle prevedono una leggera contropendenza tale da ricucire il fondo scorrevole del canale di progetto a quello del rilievo celerimetrico disponibile, in fase di realizzazione tale circostanza dovrà essere verificata.

Le inalveazioni presentano sezione pensile con scarpate a 45° e sommità arginali di 50cm.

Poiché l'alveo esistente è caratterizzato da ridotte pendenze, la differenza tra la quota di imbocco e di sbocco del manufatto a sifone è pari a 0 cm.

La presenza di una griglia a monte dell'imbocco evita l'ingresso di materiale galleggiante (fogliame, erbe, rifiuti, ecc) e solidi grossolani all'interno dell'opera di sottoattraversamento. Per la descrizione dettagliata dell'opera si rimanda agli elaborati specifici di progetto.

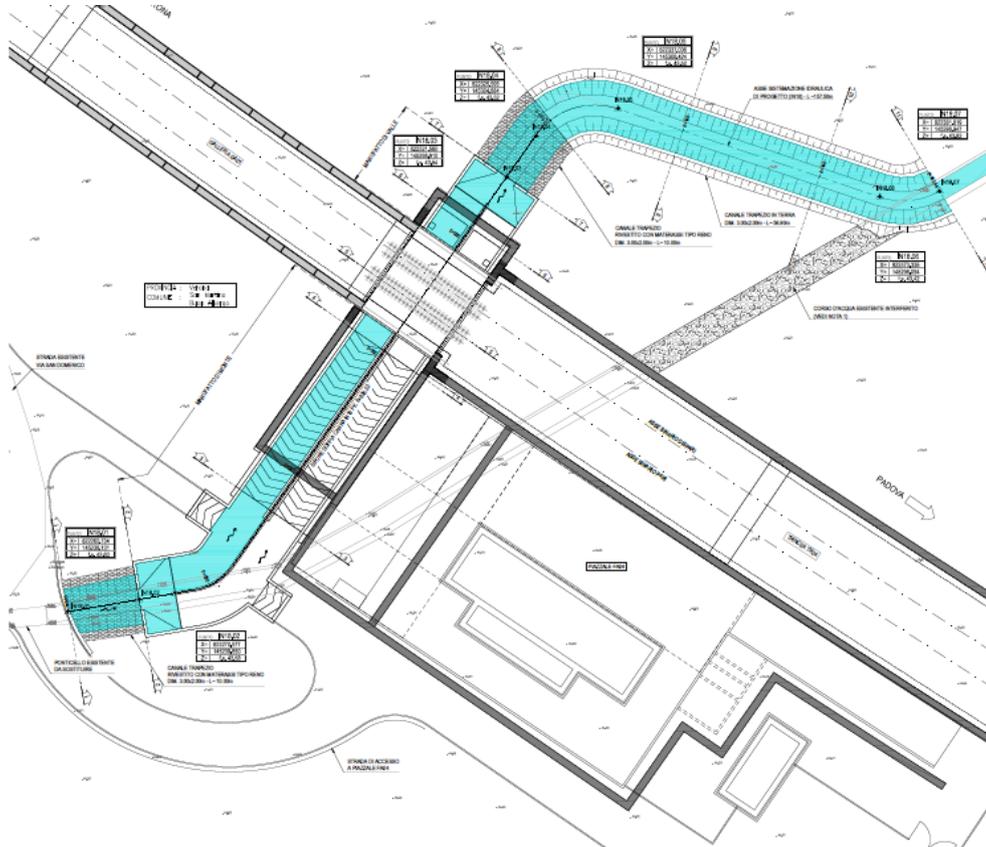


Figura 3 - Planimetria di progetto

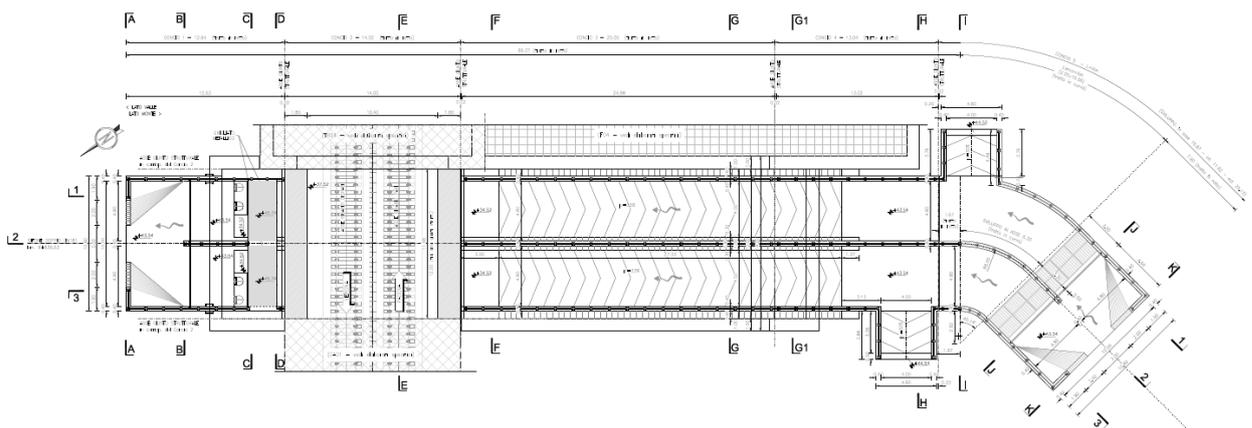


Figura 4 - Planimetria del manufatto

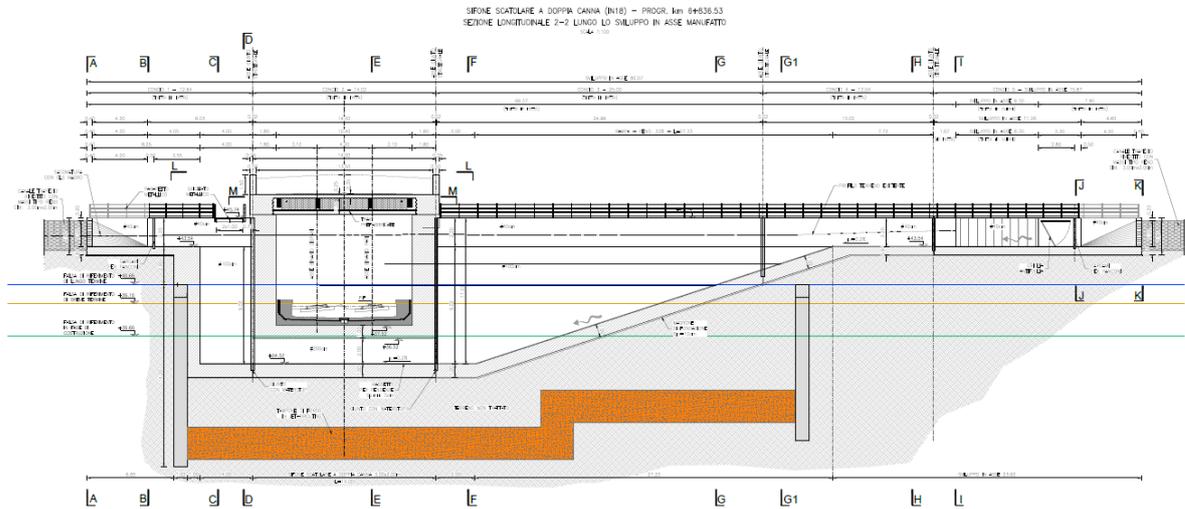


Figura 5 - Sezione longitudinale del manufatto

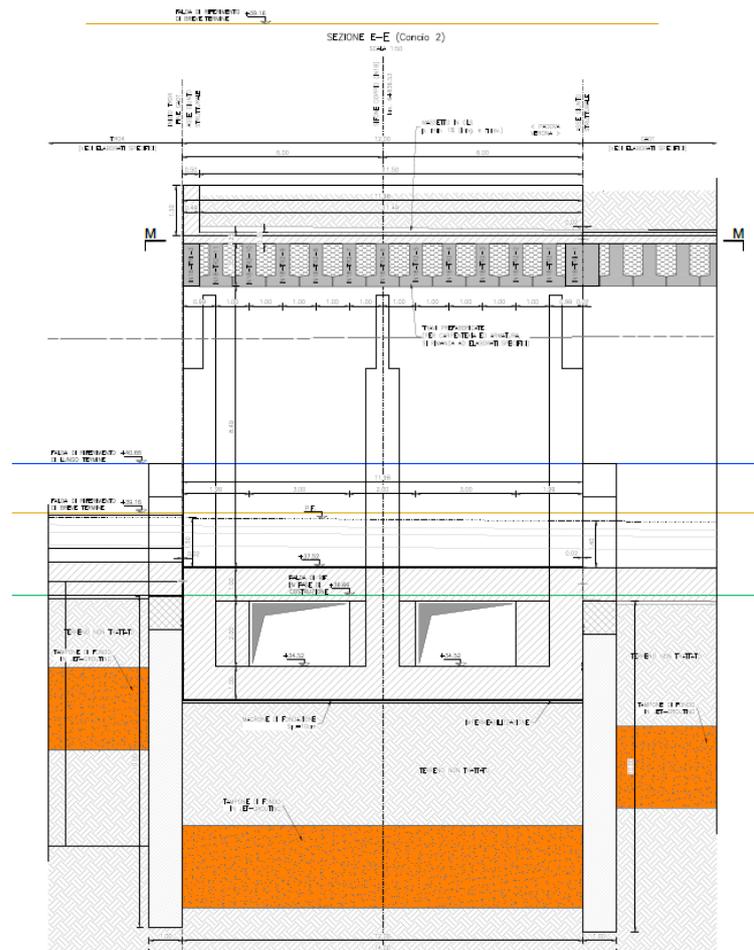


Figura 6 - Dettaglio canne orizzontali (sezione)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 12 di 27

Come previsto già nel progetto definitivo, il manufatto è impermeabilizzato con guaine di tipo bituminose. Il manufatto scatolare è separato dai canali di accesso e uscita mediante due giunti strutturali, resi impermeabili da elementi water-stop.

Dal punto di vista strutturale le sezioni in calcestruzzo armato sono state dimensionate in esercizio per rispettare lo stato limite d'apertura di fessura minore a 0.2mm in combinazione caratteristica. Sono state inoltre condotte le verifiche di resistenza allo stato limite ultime e in condizioni sismiche SLV. La classe d'esposizione ambientale è XC4; il copriferro nominale è pari a 50mm.

Si prevede l'utilizzo di cementi di tipo CEM III, IV o V a basso calore di idratazione.

I livelli di falda utilizzati nella progettazione dell'opera sono stati definiti coerentemente con le misurazioni piezometriche effettuate tra aprile 2014 e febbraio 2018 e con quanto previsto nella Relazione Idrogeologica di tratta; dunque, i livelli della falda di progetto, per il dimensionamento delle opere in fase transitoria e definitiva valgono:

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 della falda a lungo termine: pari alla falda media "misurata" incrementata di 4.0 m.

In corrispondenza del manufatto in oggetto, la falda media misurata si attesta a quota 36.16m, ovvero a circa 2.75 m sopra la quota di fondo scavo.

Il manufatto di sottoattraversamento presenta spessori di 1 m per la soletta di copertura e di fondazione; i piedritti presentano invece uno spessore di 2m per garantire l'allineamento della struttura interna con le rampe di accesso.

Il manufatto scatolare, separato dai canali di imbocco e sbocco da giunti strutturali, risulta stabile al galleggiamento grazie al solo peso proprio; i canali di imbocco e sbocco risultano invece ancorati ai diaframmi perimetrali attraverso un cordolo sommitale.

Per la realizzazione del manufatto è previsto un pre-scavo dal piano campagna di circa 3.70 m per raggiungere il piano di esecuzione dei diaframmi e del tampone di fondo.

Poiché la falda di riferimento in fase di costruzione è a circa 3.25m m sopra il fondo scavo, si prevede la realizzazione di un tampone in jet-grouting di spessore pari a 2.5 m. Il tampone di fondo ha la duplice funzione di ridurre almeno di due ordini di grandezza la permeabilità del terreno in sito in modo da consentire lo scavo sotto falda e di contrastare al piede i diaframmi durante le fasi di scavo. In linea con la progettazione della GA01 e della trincea di approccio TR04, adiacenti con l'opera in progetto, il tampone di fondo è stato dimensionato per la falda di riferimento in fase di breve termine, ovvero anche per le escursioni eccezionali dovute p.e. ad eventi meteorici intensi. Poiché lo scavo e la realizzazione dei diaframmi del sifone sono

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 13 di 27

strettamente connessi all'interfaccia con la GA01 e le trincee di approccio, per maggiori le fasi realizzative di scavi e opere di sostegno si rimanda agli elaborati specifici della GA01 e TR00.

I canali d'accesso e d'uscita al sifone saranno realizzati in seconda fase, ovvero dopo la realizzazione dello scatolare a doppia canna e delle rampe di risalita e il parziale rinterro al contorno del manufatto.

Durante la realizzazione del sifone il fosso esistente verrà intercettato appena a valle del sottoattraversamento di via Coetta mediante una canalizzazione provvisoria in terra con sezione trapezia di dimensioni 2.5mx1.0 m di lunghezza pari a circa 127.60 m, che recapiterà a monte della canalizzazione di progetto a valle del sifone. Tale deviazione provvisoria dovrà essere verificata ed eventualmente ridefinita durante la cantierizzazione tenendo in considerazione le fasi realizzative delle altre opere coinvolte.

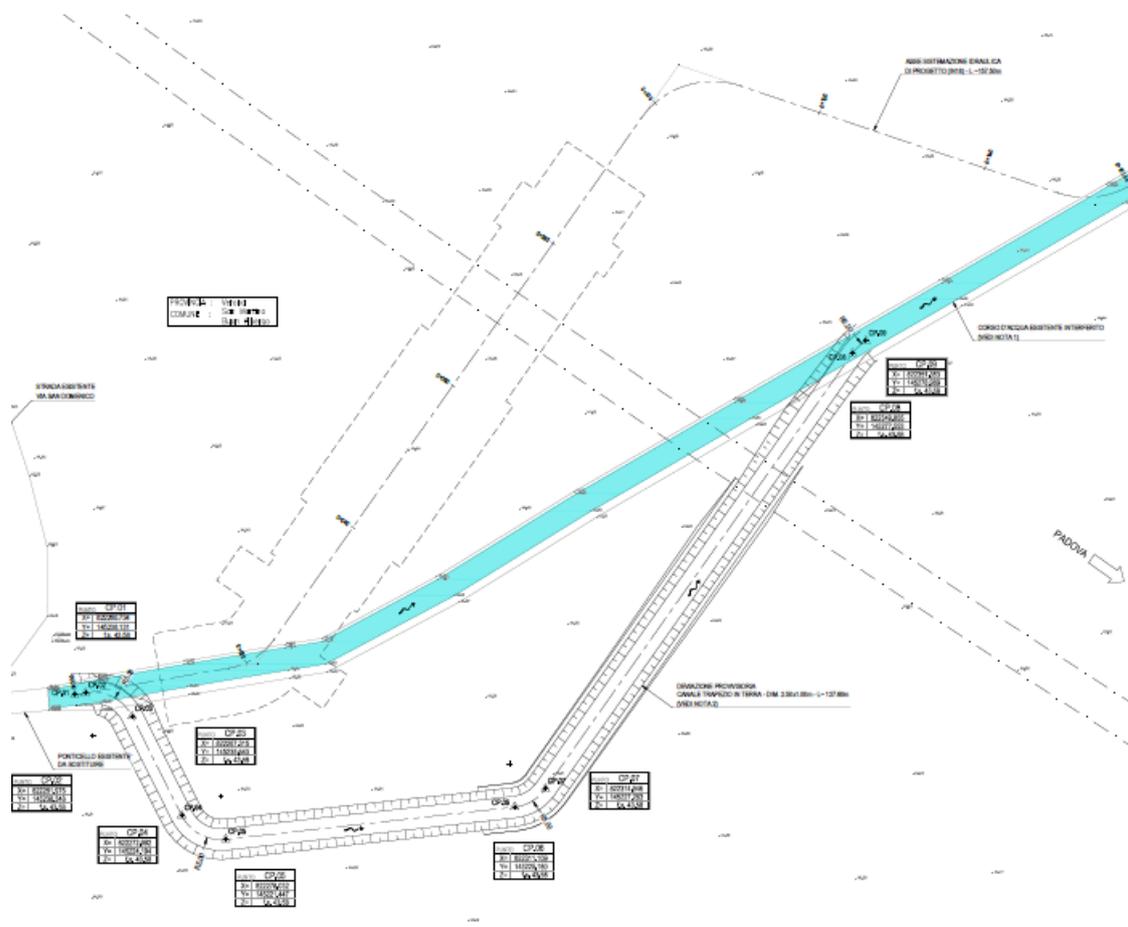


Figura 7 By-pass provvisorio

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 14 di 27

5 VERIFICHE IDRAULICHE

5.1 Portata di progetto

In accordo con il manuale di progettazione Italferr, le verifiche idrauliche sono state condotte in relazione alla portata duecentennale, pari a 4.60 mc/s.

Le opere provvisionali sono, invece, state verificate con una portata pari a 1.03 mc/s, corrispondente ad un periodo di ritorno di 1 anno.

Per la stima di tale portata si faccia riferimento all'elaborato IN1710EI2RHID0000002 - Relazione idrologica e idraulica degli attraversamenti secondari.

5.2 Base geometrica

Il rilievo celerimetrico di dettaglio dell'asta principale del fosso di via Coetta è stato effettuato per un'estensione complessiva di circa 200 m.

Il suddetto rilievo ha permesso di venire a conoscenza dell'andamento plano-altimetrico del fosso oggetto di studio, nonché della geometria dell'alveo.

Il rilievo ha messo in evidenza l'andamento irregolare del fondo causato dalla presenza di materiale sedimentato.

5.3 Scabrezze

Non avendo operato uno studio specifico riguardante la granulometria e le condizioni morfologiche dell'alveo, per quanto riguarda la definizione del coefficiente di scabrezza da utilizzare per le verifiche, sono stati presi a riferimento gli standard Italferr.

Per il tratto di alveo esaminato è stato quindi considerato un coefficiente di Strickler, pari a 67 m^{1/3}s⁻¹ per i canali in calcestruzzo, 40 m^{1/3}s⁻¹ per gli alvei in terra e 50 m^{1/3}s⁻¹ per la sistemazione in materassi reno.

5.4 Verifiche in moto uniforme

5.4.1 Stato di fatto

La verifica di stato di fatto riguarda il fosso trapezio in terra esistente. Sono state considerate le dimensioni medie indicate dal consorzio.

Si riportano di seguito le caratteristiche delle opere, le relative scale delle portate in forma di grafico e i valori di dimensionamento per gli elementi di progetto. I tabulati delle scale delle portate sono riportati in ALLEGATO A – SCALE DELLE PORTATE.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 15 di 27

Fosso in terra esistente

Tabella 1 – Caratteristiche geometriche del fosso esistente

Pendenza Canale	i	0.002	
Base Maggiore	B	3.80	m
Base Minore	b	1.80	m
Altezza Max	H	1.00	m
Pendenza Sponde	Tg α	1.00	
Angolo sponde	α	45.00	gradi
Coeff strickler	Ks	40	m ^{-1/3} s ⁻¹

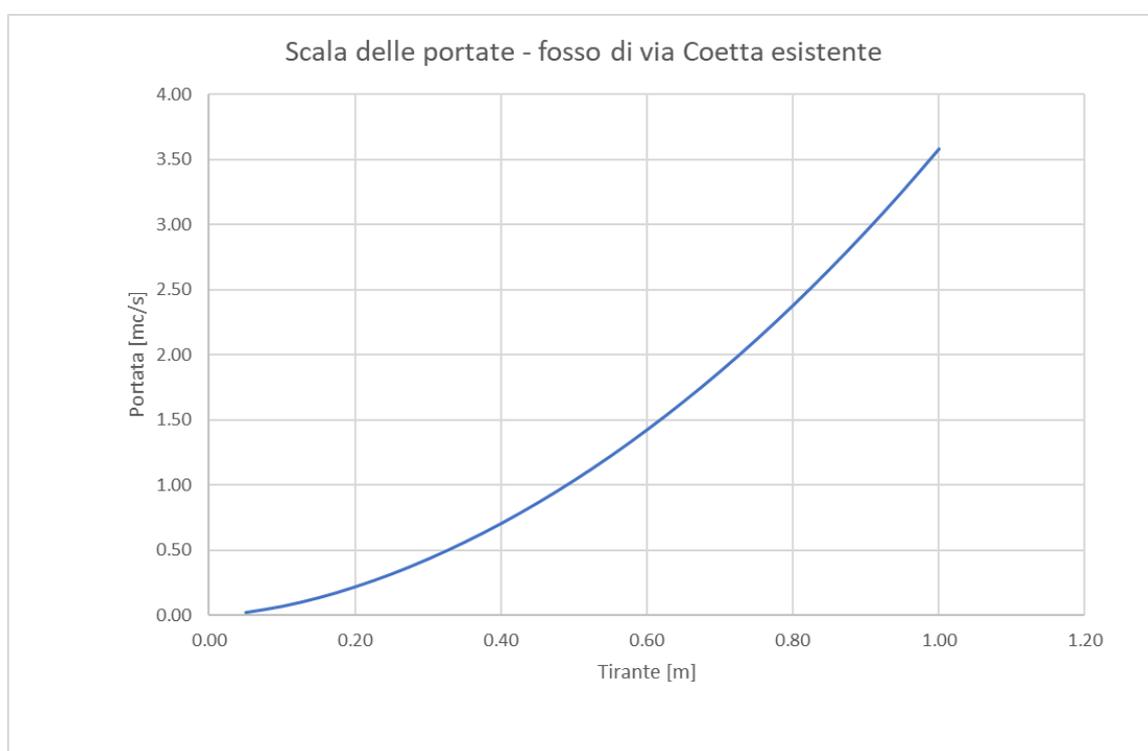


Figura 8 – Scala delle portate del fosso esistente

La portata massima convogliabile dal fosso esistente, considerando una pendenza minima pari allo 0.2% è pari a poco meno di 3.6 m³/s. L'affossatura esistente non risulta quindi compatibile con la portata 200-ennale di progetto.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 16 di 27

5.4.2 Stato di progetto

Le verifiche idrauliche consistono essenzialmente in:

- calcolo dei livelli idrici che si instaurano nelle canalizzazioni a monte e a valle dell'opera a sifone in condizione di moto uniforme;
- calcolo delle perdite di carico totali lungo il sifone al fine di determinare il livello idrico che si instaura a monte dell'opera a sifone;
- verifica della compatibilità dei tiranti effettivi che si instaurano a monte e a valle del sottoattraversamento con la geometria delle inalveazioni stesse.
- calcolo delle velocità di scorrimento per verificarne la compatibilità con i materiali di realizzazione;

Essendo l'alveo esistente a debole pendenza, il moto risulta essere comandato da valle, pertanto dal tirante idrico che si instaura nella canalizzazione Sud.

Il procedimento di verifica risulta essere iterativo e consiste nel calcolare le perdite di carico che avvengono nel sifone che andranno sommate al tirante idrico di valle (moto uniforme) per definire il tirante di monte. Dato che le perdite di carico sono funzione del tirante di monte, come primo valore di tentativo del tirante di monte, viene impostato quello ottenuto in moto uniforme; i valori verranno aggiornati iterativamente fino al raggiungimento della convergenza.

Perdite di carico opera a sifone

- Perdita concentrata per il passaggio attraverso la griglia

Valutata attraverso la formula di Berezinsky:

$$dHg = k \cdot \frac{Vm^2}{2g}$$

Dove il coefficiente k viene calcolato come:

$$k = K_d K_t i^{1.6} f(L/b) \sin\theta$$

$$f(L/b) = 8 + 2.3 L/b + 2.4 b/L$$

Dove:

K_d Coefficiente di ostruzione → Coefficiente che tiene conto del grado di ostruzione. Il valore da 1.1 a 1.2 può essere utilizzato per griglie dotate di moderne attrezzature di pulizia e 1,5 per apparecchiature obsolete. Il valore da 2 a 4 per le griglie con pulizia manuale.

K_t Coefficiente di forma delle barre → 0,51 per barre rettangolari allungate, 0,35 per barre circolari, 0,32 per barre rettangolari con punte arrotondate

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 17 di 27

P → Relazione tra area barre e area totale

θ → Angolo formato dal piano della griglia con piano orizzontale [gradi]

L → Lunghezza delle barre nella direzione del flusso [m]

b → Distanza tra le barre [m]

v → velocità media attraverso la griglia (considerare la superficie totale lorda della griglia)

- Perdita concentrata per variazione di sezione rampa di ingresso - canna circolare

Definita come perdita di sbocco della tubazione in un serbatoio

$$dH_a = 1 \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Dove V è la velocità nella canna del sifone

- Perdite continue nella canna del sifone

$$dH_{cs} = \frac{(2 \cdot g \cdot L_c)}{K_s^2 \cdot R_H^{4/3}} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Dove:

L_c rappresenta la lunghezza della canna

K_s è il coefficiente di resistenza secondo Gauckler-Strickler

R è il raggio idraulico

V è la velocità nella canna

- Perdita concentrata di uscita canna-pozzetto scatolare:

definita come perdita di sbocco della canna rettangolare in un serbatoio praticamente a moto nullo

$$dH_i = 1 \cdot \frac{V_m^2}{2g}$$

Dove V_m rappresenta la velocità di moto uniforme nella canna del sifone.

- Perdita concentrata per variazione di sezione canna sifone - pozzetto scatolare:

$$dH_r = 0.5 \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Dove V rappresenta la velocità idrica nella canna del sifone

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 18 di 27

Moto uniforme nei canali

Il calcolo dei livelli idrici nei canali di monte e di valle è stato condotto in moto uniforme mediante la formulazione di Chezy:

$$Q = \chi \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i_f}$$

Dove Q [m³/s] è la portata, χ [m^{1/2} s⁻¹] il coefficiente di attrito, A [m²] l'area della sezione liquida, R [m] il raggio idraulico, i_f la pendenza dell'alveo.

Si riportano di seguito le caratteristiche delle canalizzazioni in progetto le relative scale delle portate in forma di grafico ed tiranti previsti in moto uniforme. I tabulati delle scale delle portate sono riportati in ALLEGATO A – SCALE DELLE PORTATE.

- Canale trapezio di monte e di valle rivestito con materassi tipo reno

Tabella 2 – Caratteristiche geometriche del canale trapezio di monte

Pendenza Canale	i	0.002	
Base Maggiore	B	7.00	m
Base Minore	b	3.00	m
Altezza Max	H	2.00	m
Pendenza Sponde	Tg α	1.00	
Angolo sponde	α	45.00	gradi
Coeff strickler	Ks	50	m ^{-1/3} s ⁻¹

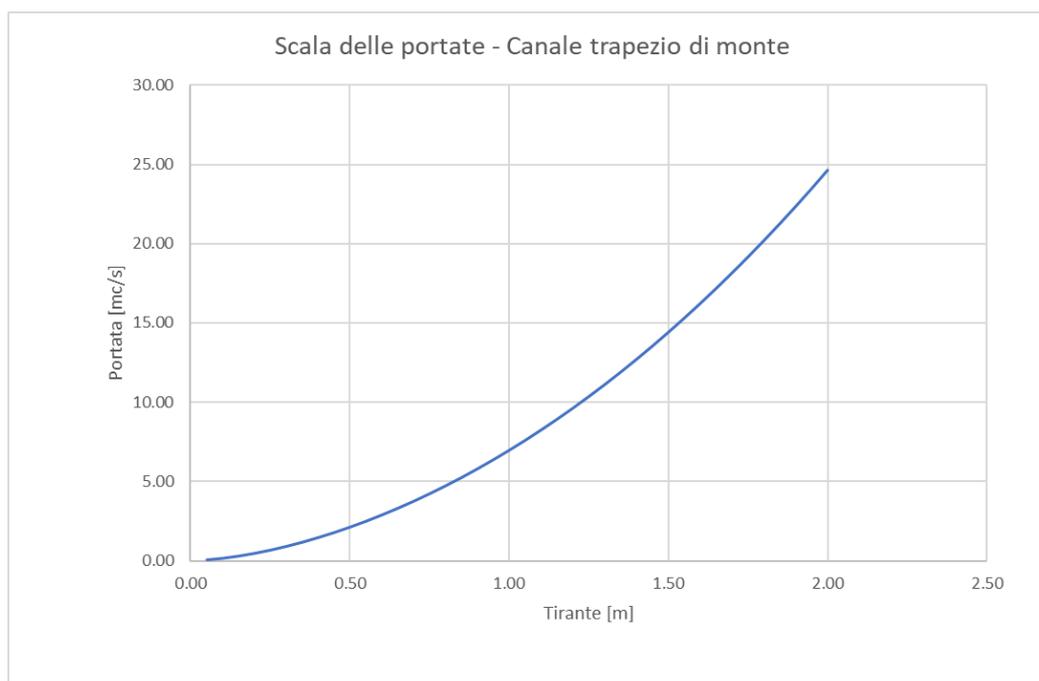


Figura 9 – Scala delle portate del canale trapezio di monte

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 19 di 27

Tabella 3 – Tirante previsto in moto uniforme nel canale trapezio di monte

Altezza pelo libero (m)	Portata (m ³ /s)	Velocità (m/s)	H/Hmax
0.79	4.60	1.54	0.39

- Canale rettangolare di monte e di valle

Tabella 4 – Caratteristiche geometriche del canale rettangolare di monte

Pendenza Canale	i	0.002	
Base Maggiore	B	10.00	m
Base Minore	b	10.00	m
Altezza Max	H	2.20	m
Pendenza Sponde	Tg α	0.00	
Angolo sponde	α	0.00	gradi
Coeff strickler	Ks	67	m ^{-1/3} s ⁻¹

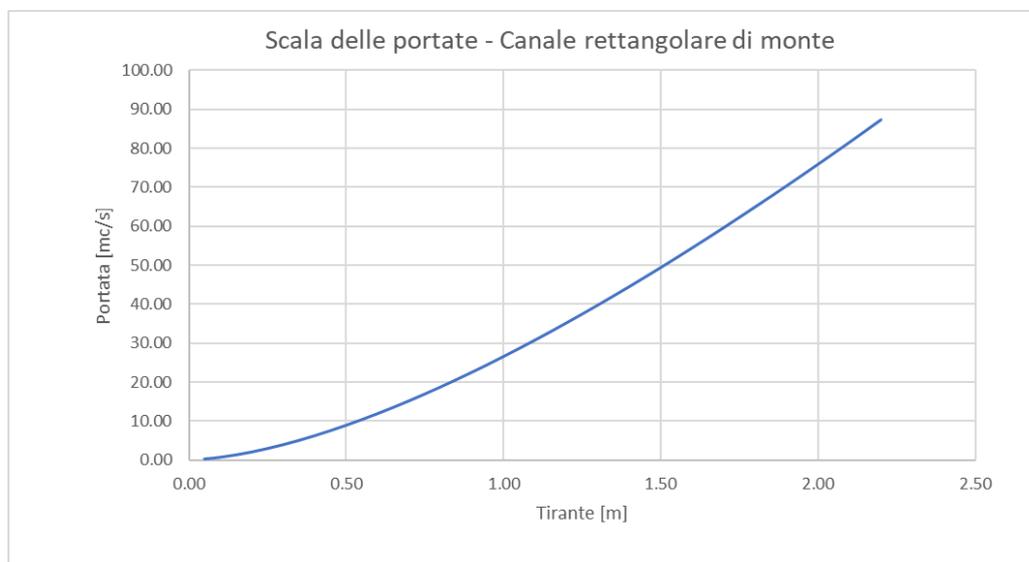


Figura 10 – Scala delle portate del canale rettangolare di monte

Tabella 5 – Tirante previsto in moto uniforme nel canale rettangolare di monte

Altezza pelo libero (m)	Portata (m ³ /s)	Velocità (m/s)	H/Hmax
0.33	4.60	1.38	0.15

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 20 di 27

Risultati verifiche

Coeff. di perdita carico griglia		
Kd	2,00	
Kf	0,51	
p	0,1	
f(L/b)	13,95	
L	0,05	m
b	0,1	m
q	60	deg
q	1,05	rad
V	0,66	m/s
k	0,310	m

Perdite concentrate griglia	dHgr	0.0038	m
coeff. Perdita griglia	k	0.310	
Perdite variazione di sezione - rampa di ingresso - canna sifone	dHa	0.03	m
area canna sifone	A	5.70	m ²
velocità nella canna	V	0.81	m/s
coeff. Perdita sbocco	ks	1.00	
Perdite continue canna sifone	dHcs	0.01	m
lunghezza canna	Lc	14.00	m
base	b	3.00	m
altezza	H	1.90	m
area canna sifone	A	5.70	m ²
velocità nella canna	V	0.81	m/s
coeff. Restenza Gauckler-Strickler	KS	67	m ^{1/3} /s
raggio idraulico	R	0.48	m
Perdita concentrata di uscita canna-pozzetto scatolare:	dHi	0.03	m
coeff. Perdita imbocco	ki	1	
velocità canna sifone	Vm	0.81	m/s
Perdita concentrata per variazione di sezione canna sifone - pozzetto scatolare	dHr	0.02	m
coeff. Perdita variazione sezione	k1	0.5	
velocità nella canna	V	0.81	m/s
area canna sifone	A	5.70	m ²
Perdite di carico complessive	ΔH	0.09	m

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 21 di 27

Ne risulta una perdita di carico nel sifone pari a 9 cm, che sommata al livello di valle, pari a 44.33 m slm genera un livello idrico di monte pari a 44.42, corrispondente ad un tirante di 0.88 m. Tale livello genera un riempimento del canale rettangolare di monte pari a 39% ed al canale trapezio di monte pari al 44%. Nella canna del sifone si instaura una velocità della corrente pari a 0.81 m/s.

Tirante di valle sifone	0.79	m
Quota di fondo di valle	43.54	m slm
Livello idrico di valle	44.33	m slm
Livello idrico canale di monte	44.42	m slm
Quota di fondo canale rett. di monte	43.54	m slm
Tirante canale rett. di monte	0.88	m
Quota di fondo canale trp. di monte	43.54	m slm
Tirante canale trp. di monte	0.88	m

Velocità canale trp. di valle	1.54	m/s
Velocità canale trp. di monte	1.35	m/s
Velocità canale rett di monte	0.48	m/s
Velocità moto nella canna	0.81	m/s

I tiranti che si instaurano a monte e a valle dell'opera a sifone risultano essere compatibili con la geometria delle inalveazioni di progetto. Le velocità che si instaurano risultano essere compatibili con in materiali previsti.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 22 di 27

6 DEVIAZIONI PROVVISORIE

Poiché l'intervento di realizzazione dell'opera a sifone verrà realizzato ad alveo asciutto, per garantire la continuità idraulica si prevede la realizzazione di opere provvisoriale per la deviazione delle portate in arrivo, con restituzione delle stesse a valle del tratto di canale oggetto di intervento. Esse consistono nella realizzazione di un canale provvisorio in terra con sezione trapezia 2.50x1.00 di lunghezza pari a circa 127.60 m con pendenza suborizzontale.

Il tracciato della deviazione provvisoria è stato definito in funzione dell'ingombro degli scavi per la realizzazione dell'opera e delle aree a disposizione, nonché dell'accessibilità dell'area per le lavorazioni. Tale deviazione provvisoria dovrà comunque essere verificata ed eventualmente ridefinita durante la cantierizzazione tenendo in considerazione le fasi realizzative delle altre opere coinvolte.

6.1 Verifiche idrauliche

Per il dimensionamento delle opere provvisoriale è stata utilizzata una portata di progetto con tempo di ritorno pari a 1 anno, pari a 1.03 mc/s.

Il calcolo dei livelli idrici nelle canalizzazioni e nella tombinatura è stato condotto in moto uniforme mediante la formulazione di Chezy precedentemente definita.

Si riportano di seguito le caratteristiche della canalizzazione in progetto, la relativa scala delle portate in forma di grafico e il tirante previsto in moto uniforme. Il tabulato della scala delle portate è riportato in ALLEGATO A – SCALE DELLE PORTATE.

Tabella 6 – Caratteristiche geometriche del canale provvisoriale

Pendenza Canale	i	0.001	
Base Maggiore	B	4.50	m
Base Minore	b	2.50	m
Altezza Max	H	1.00	m
Pendenza Sponde	Tg α	1.00	
Angolo sponde	α	45.00	gradi
Coeff strickler	Ks	40	m ^{-1/3} s ⁻¹

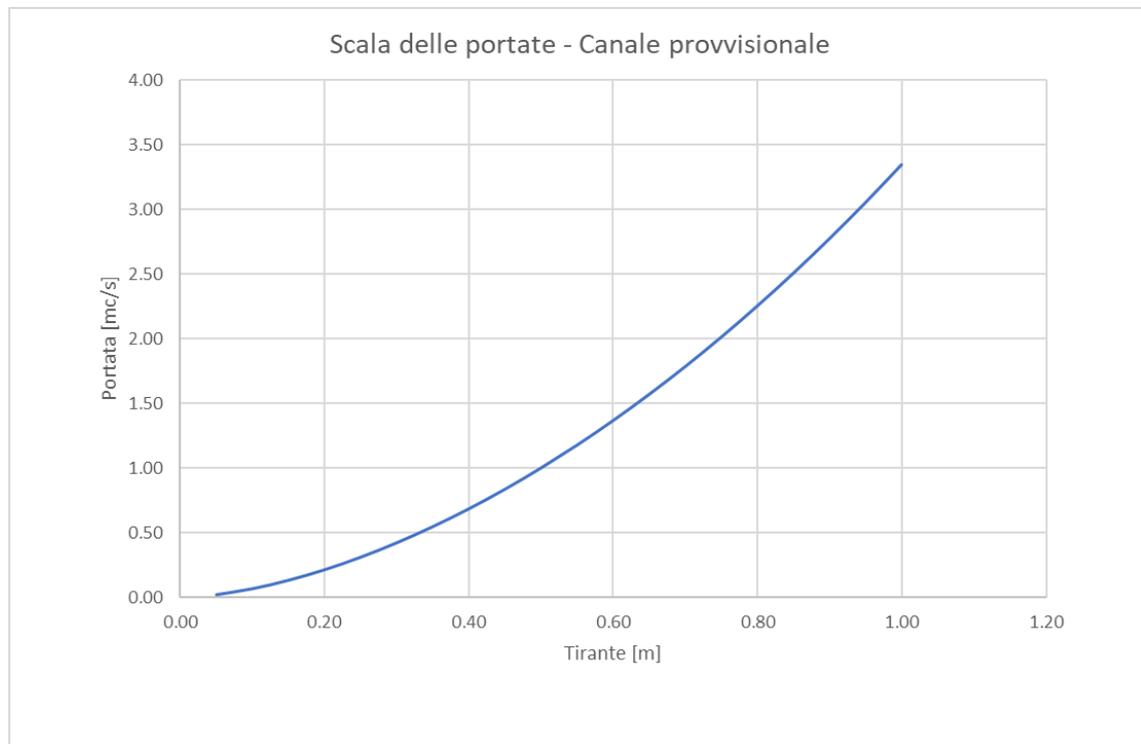


Figura 11 – Scala delle portate del canale provvisorio

Tabella 7 – Tirante previsto in moto uniforme nel canale provvisorio

Altezza pelo libero (m)	Portata (m ³ /s)	Velocità (m/s)	H/Hmax
0.51	1.03	0.67	0.51

7 CONCLUSIONI

L'intervento di sistemazione del fosso di via Coetta risulta "idraulicamente compatibile", il sotto-atteveramento della linea mediante opera a sifone genera livelli idrici che risultano essere contenuti nelle inalveazioni di progetto.

La continuità idraulica durante la realizzazione delle opere è garantita mediante la realizzazione di una deviazione provvisoria.

ALLEGATO A – SCALE DELLE PORTATE

Scala delle portate del canale trapezio esistente - SDF

Altezza pelo libero (m)	Portata (m ³ /s)	Velocità (m/s)	H/Hmax
0.05	0.0217	0.24	0.05
0.10	0.0689	0.36	0.10
0.15	0.1353	0.46	0.15
0.20	0.2188	0.55	0.20
0.25	0.3181	0.62	0.25
0.30	0.4327	0.69	0.30
0.35	0.5619	0.75	0.35
0.40	0.7058	0.80	0.40
0.45	0.8641	0.85	0.45
0.50	1.0368	0.90	0.50
0.55	1.2240	0.95	0.55
0.60	1.4258	0.99	0.60
0.65	1.6422	1.03	0.65
0.70	1.8735	1.07	0.70
0.75	2.1198	1.11	0.75
0.80	2.3812	1.14	0.80
0.85	2.6581	1.18	0.85
0.90	2.9504	1.21	0.90
0.95	3.2586	1.25	0.95
1.00	3.5827	1.28	1.00
0.05	0.0217	0.24	0.05
0.10	0.0689	0.36	0.10
0.15	0.1353	0.46	0.15
0.20	0.2188	0.55	0.20
0.25	0.3181	0.62	0.25
0.30	0.4327	0.69	0.30
0.35	0.5619	0.75	0.35
0.40	0.7058	0.80	0.40
0.45	0.8641	0.85	0.45
0.50	1.0368	0.90	0.50
0.55	1.2240	0.95	0.55
0.60	1.4258	0.99	0.60
0.65	1.6422	1.03	0.65
0.70	1.8735	1.07	0.70
0.75	2.1198	1.11	0.75
0.80	2.3812	1.14	0.80
0.85	2.6581	1.18	0.85
0.90	2.9504	1.21	0.90
0.95	3.2586	1.25	0.95
1.00	3.5827	1.28	1.00

Scala delle portate del canale trapezio di monte e di valle - SDP

Altezza pelo libero (m)	Portata (m ³ /s)	Velocità (m/s)	H/Hmax
0.05	0.0454	0.30	0.03
0.10	0.1437	0.46	0.05
0.15	0.2821	0.60	0.08
0.20	0.4554	0.71	0.10
0.25	0.6604	0.81	0.13
0.30	0.8954	0.90	0.15
0.35	1.1589	0.99	0.18
0.40	1.4498	1.07	0.20
0.45	1.7677	1.14	0.23
0.50	2.1118	1.21	0.25
0.55	2.4818	1.27	0.28
0.60	2.8776	1.33	0.30
0.65	3.2988	1.39	0.33
0.70	3.7455	1.45	0.35
0.75	4.2175	1.50	0.38
0.80	4.7148	1.55	0.40
0.85	5.2376	1.60	0.43
0.90	5.7858	1.65	0.45
0.95	6.3596	1.69	0.48
1.00	6.9591	1.74	0.50
1.05	7.5843	1.78	0.53
1.10	8.2355	1.83	0.55
1.15	8.9129	1.87	0.58
1.20	9.6165	1.91	0.60
1.25	10.3466	1.95	0.63
1.300	11.1033	1.99	0.65
1.350	11.8869	2.02	0.68
1.400	12.6976	2.06	0.70
1.450	13.5356	2.10	0.73
1.500	14.4010	2.13	0.75
1.550	15.2942	2.17	0.78
1.600	16.2153	2.20	0.80
1.650	17.1646	2.24	0.83
1.700	18.1422	2.27	0.85
1.750	19.1485	2.30	0.88
1.800	20.1837	2.34	0.90
1.850	21.2479	2.37	0.93
1.900	22.3415	2.40	0.95
1.950	23.4646	2.43	0.98
2.000	24.6176	2.46	1.00

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 26 di 27

Scala delle portate del canale rettangolare di monte e di valle - SDP

Altezza pelo libero (m)	Portata (m ³ /s)	Velocità (m/s)	H/Hmax
0.05	0.2020	0.40	0.02
0.10	0.6371	0.64	0.05
0.15	1.2441	0.83	0.07
0.20	1.9966	1.00	0.09
0.25	2.8776	1.15	0.11
0.30	3.8748	1.29	0.14
0.35	4.9787	1.42	0.16
0.40	6.1812	1.55	0.18
0.45	7.4758	1.66	0.20
0.50	8.8568	1.77	0.23
0.55	10.3192	1.88	0.25
0.60	11.8585	1.98	0.27
0.65	13.4708	2.07	0.30
0.70	15.1525	2.16	0.32
0.75	16.9003	2.25	0.34
0.80	18.7112	2.34	0.36
0.85	20.5825	2.42	0.39
0.90	22.5116	2.50	0.41
0.95	24.4962	2.58	0.43
1.00	26.5340	2.65	0.45
1.05	28.6230	2.73	0.48
1.10	30.7613	2.80	0.50
1.15	32.9470	2.86	0.52
1.20	35.1785	2.93	0.55
1.25	37.4541	3.00	0.57
1.300	39.7724	3.06	0.59
1.350	42.1318	3.12	0.61
1.400	44.5311	3.18	0.64
1.450	46.9689	3.24	0.66
1.500	49.4439	3.30	0.68
1.550	51.9551	3.35	0.70
1.600	54.5013	3.41	0.73
1.650	57.0815	3.46	0.75
1.700	59.6946	3.51	0.77
1.750	62.3396	3.56	0.80
1.800	65.0157	3.61	0.82
1.850	67.7219	3.66	0.84
1.900	70.4574	3.71	0.86
1.950	73.2213	3.75	0.89
2.000	76.0130	3.80	0.91
2.050	78.8316	3.85	0.93
2.100	81.6764	3.89	0.95
2.150	84.5467	3.93	0.98

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 27 di 27

Scala delle portate del canale trapezio provvisionale in terra

Altezza pelo libero (m)	Portata (m ³ /s)	Velocità (m/s)	H/Hmax
0.05	0.0214	0.17	0.05
0.10	0.0677	0.26	0.10
0.15	0.1329	0.33	0.15
0.20	0.2146	0.40	0.20
0.25	0.3115	0.45	0.25
0.30	0.4226	0.50	0.30
0.35	0.5475	0.55	0.35
0.40	0.6857	0.59	0.40
0.45	0.8369	0.63	0.45
0.50	1.0010	0.67	0.50
0.55	1.1779	0.70	0.55
0.60	1.3676	0.74	0.60
0.65	1.5699	0.77	0.65
0.70	1.7850	0.80	0.70
0.75	2.0128	0.83	0.75
0.80	2.2533	0.85	0.80
0.85	2.5068	0.88	0.85
0.90	2.7732	0.91	0.90
0.95	3.0527	0.93	0.95
1.00	3.3453	0.96	1.00