

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


TOMBINO SCATOLARE 2,00X2,00 AL KM 25+913.07

GENERALE

Relazione tecnica generale e idraulica

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio Iricav Due			-
 Ing. Giovanni MALAVENDA In ordine degli Ingegneri di Venezia n. 4289 N. 4289 Data: Luglio 2021	ing. Paolo Carmona Data: Luglio 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 8 5 0 0	0 0 1	A	- - - P - - -

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Luca RANDOLFI	Luglio 2021

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA Paolo Galvanin Ingegneri di Milano F.A. 1784 Ing. Paolo Galvanin Ingegneri di Milano N. 21784 Sez. A, Settori: a) civile e ambientale b) industriale Data: Luglio 2021 A 21784
A	EMISSIONE	E. Giorgetti	31/07/21	L. Alfieri	31/07/21	P. Galvanin	31/07/21	

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712EI2ROIN8560001MILANOX Cod. origine:
-----------------	----------------------	--



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 85 0 0 001	Rev. A	Foglio 2 di 15	

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	3
2.1	Ottemperanza alle prescrizioni cipe	3
2.2	Inquadramento normativo e criteri progettuali	3
2.3	Documenti di progetto esecutivo	4
3	DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO	5
4	DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO.....	6
5	VERIFICHE IDRAULICHE	10
5.1	Portata di progetto	10
5.2	Base geometrica.....	10
5.3	Scabrezze.....	10
5.4	Verifiche in moto uniforme.....	10
6	OPERE PROVVISORIALI	13
7	CONCLUSIONI.....	13
	ALLEGATO A – SCALE DELLE PORTATE	14

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 RO IN 85 0 0 001	Rev. A	Foglio 3 di 15

1 PREMESSA

La presente relazione descrive le opere previste per risolvere l'interferenza del reticolo secondario con la Linea AV-AC Torino – Venezia, Tratta VERONA – PADOVA, Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza, alla pk 25+913.07 all'interno del comune di San Bonifacio (VR).

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 all'interno del tratto in rilevato RI40 Rilevato ferroviario da pk 25+314,84 a pk 26+065,14, prevede il sottoattraversamento della linea mediante un tombino costituito da uno scatolare 2,00 m x 2,00 m, corredato da strutture di imbocco e sbocco per dare trasparenza al rilevato ferroviario.

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.

L'opera oggetto della presente relazione è stata richiesta dalla prescrizione n.81 della delibera.

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 E12 RO IN 85 0 0 001	Rev. A	Foglio 4 di 15	

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%).

2.3 Documenti di progetto esecutivo

IN1712E12EEIN8500001A	ELENCO ELABORATI
IN1712E12ROIN8500001A	RELAZIONE TECNICA GENERALE E IDRAULICA
IN1712E12ROIN8500002A	RELAZIONE DI CONFRONTO P.D./P.E.
IN1712E12PZIN8506001A	PLANIMETRIA STATO DI FATTO E PROGETTO CON SEZIONI TIPO
IN1712E12PZIN8506002A	PROFILO E SEZIONI DI PROGETTO
IN1712E12PZIN8500001A	CARPENTERIA - PIANTE E SEZIONI
IN1712E12BZIN8509001A	DETTAGLI IMPERMEABILIZZAZIONE
IN1712E12BZIN8500001A	ARMATURA
IN1712E12CLIN8500001A	RELAZIONE DI CALCOLO

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 RO IN 85 0 0 001	Rev. A	Foglio 5 di 15

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 non è presente un alveo inciso ma, come richiesto dalla prescrizione n.81 delibera CIPE 84/2017 viene inserita un'opera di trasparenza del rilevato ferroviario.

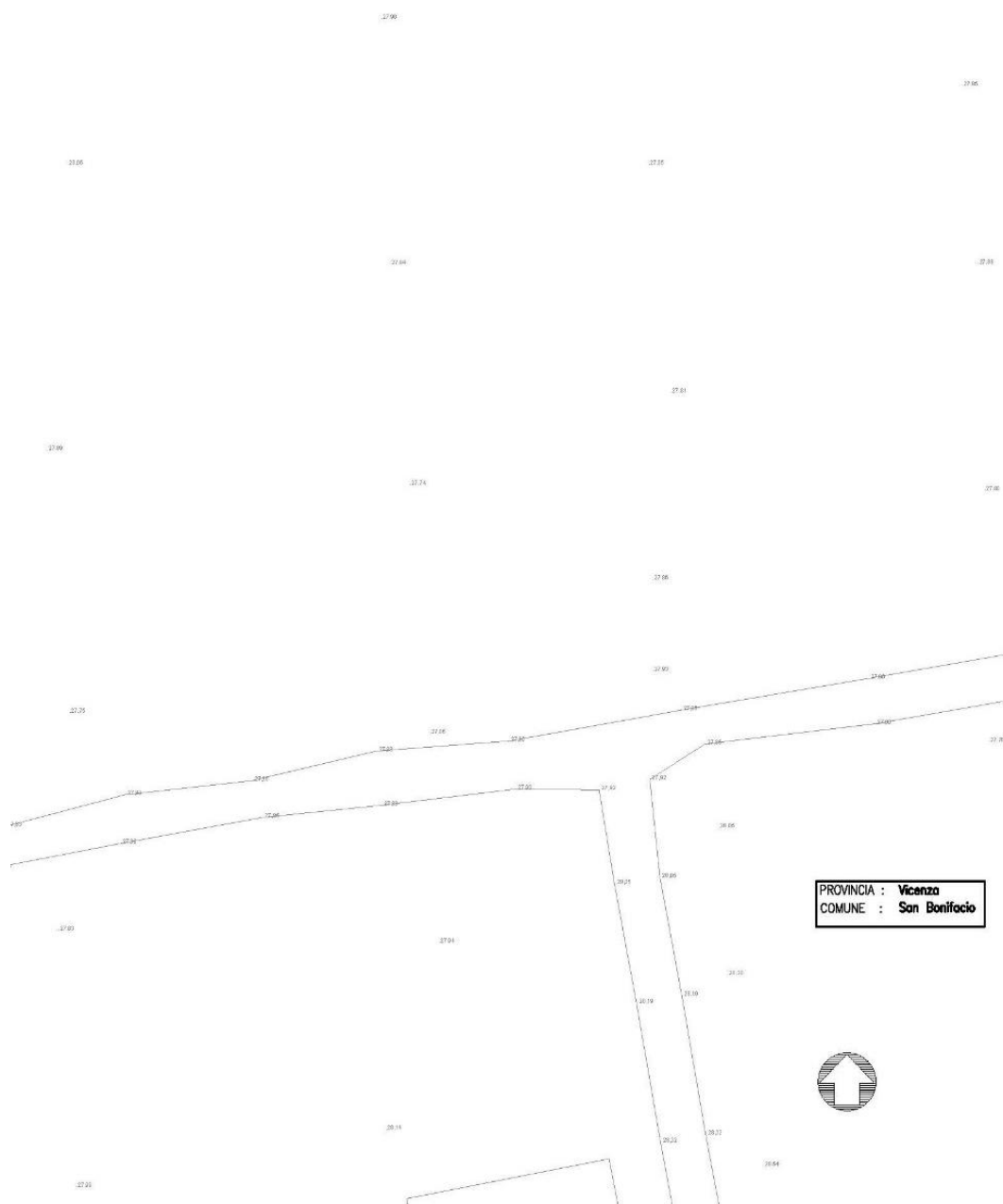


Figura 1 – Planimetria dello stato di fatto

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 RO IN 85 0 0 001	Rev. A	Foglio 6 di 15

4 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

L'intervento in progetto prevede la realizzazione di un tombino scatolare per dare trasparenza al rilevato ferroviario di progetto. L'opera, con tracciato perpendicolare alla linea, è ubicata in corrispondenza della pk 25+913.07.

Il tombino scatolare, che permette di sottopassare la linea AV/AC e lo stradello di servizio lato B.D., ha dimensioni nette interne 2.00 x 2.00 m e sviluppo pari a circa 21.35 m, la pendenza longitudinale pari allo 0.2 % viene realizzata tramite un massetto di pendenza di altezza massima pari a 0.1 m. A monte e a valle sono previsti due brevi tratti di canale a "u" di imbocco di dimensioni 2x2 m.

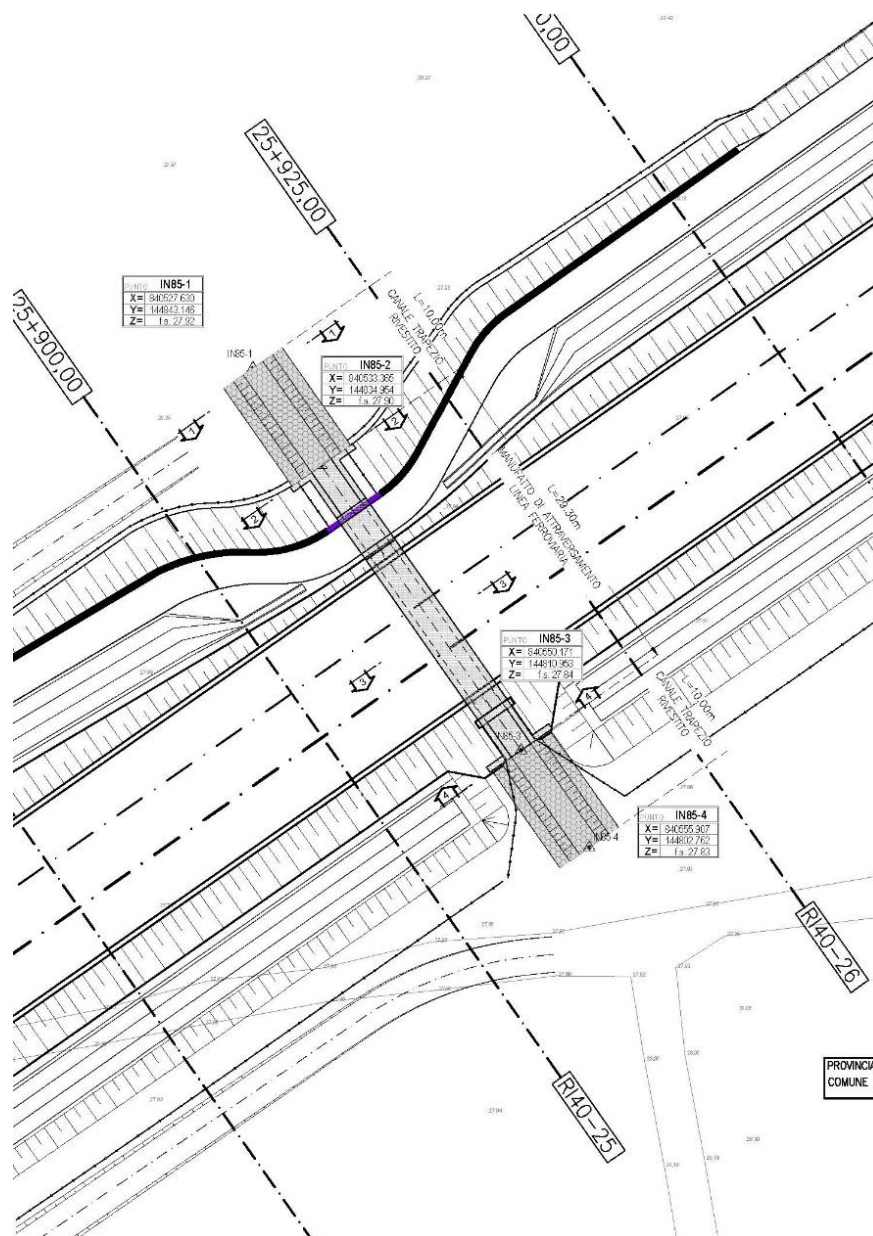


Figura 2 – Planimetria di progetto

<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 E12 RO IN 85 0 0 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 7 di 15</p>

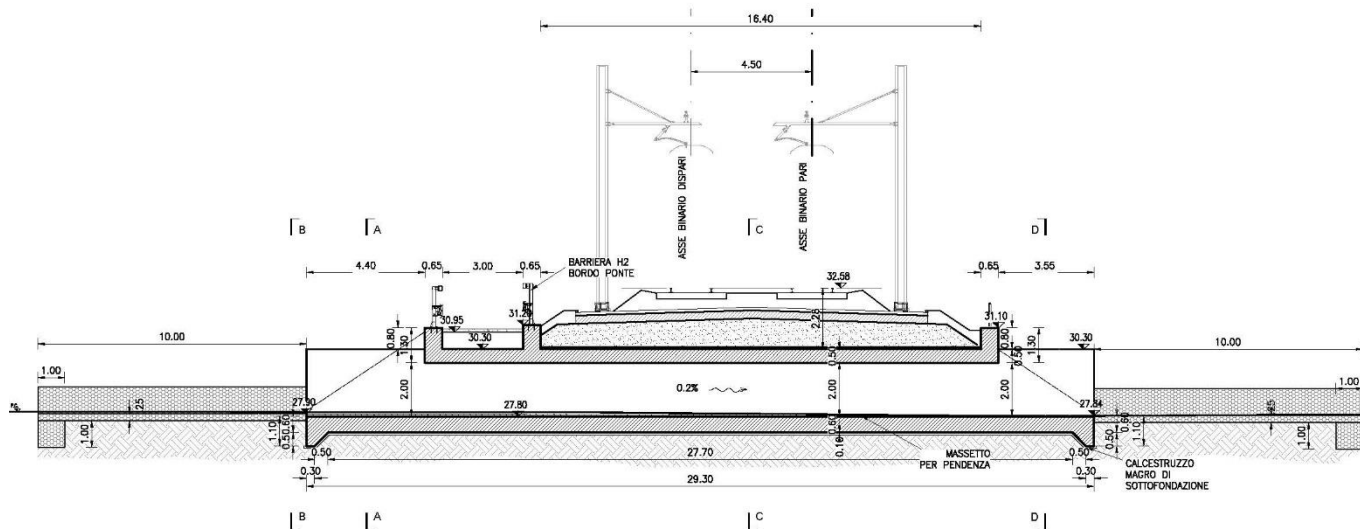


Figura 3 – Profilo di progetto del tombino IN85.

A monte e a valle del manufatto in cls sono previsti due tratti di lunghezza 10 m di canale trapezoidale di base minore 2 m altezza 1 m e sponde inclinate all' 1/1 rivestito con materassi tipo reno, come previsto dalla delibera CIPE 84/2017.

Poiché il piano campagna risulta essere ad una quota inferiore rispetto le ali del canale trapezoidale, per la posa in opera si prevede la creazione di argini con materiale da rilevato procedendo con una compattazione in accordo con le prescrizioni di Capitolato, come illustrato nella seguente immagine.

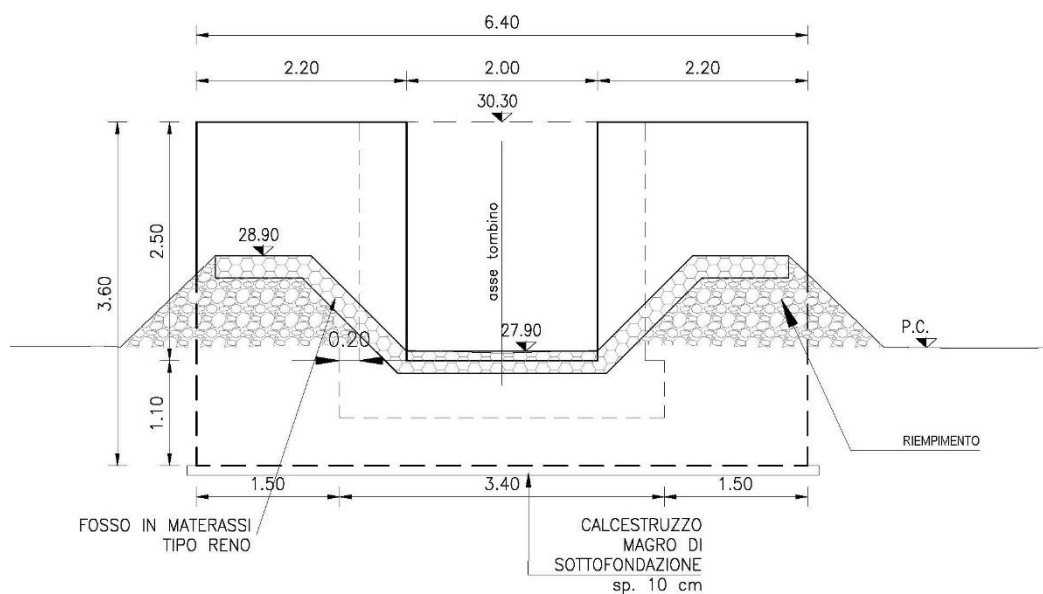


Figura 4 – Sezione B-B

<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 E12 RO IN 85 0 0 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 8 di 15</p>

Di seguito si riportano le sezioni tipo dei diversi tratti.

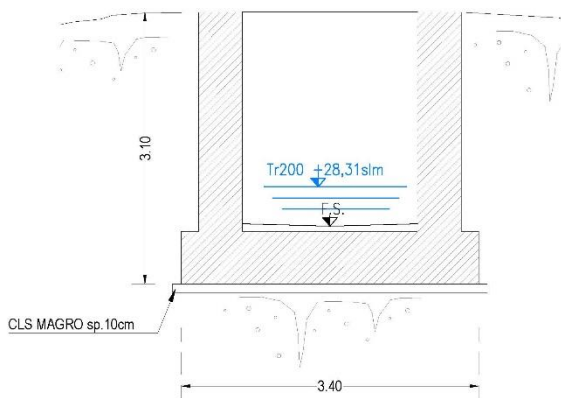


Figura 5 – Sezione tipo del manufatto a “u” di imbocco

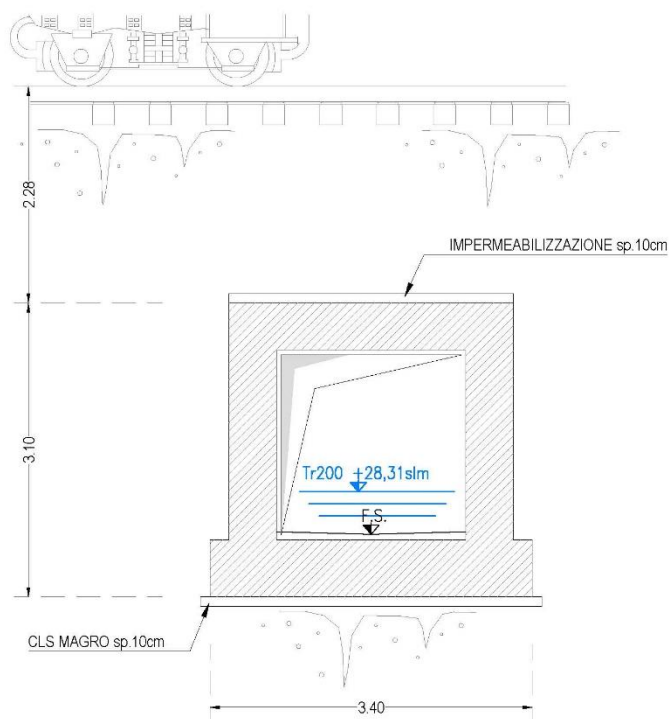


Figura 6 – Sezione tipo del manufatto di attraversamento.

<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 E12 RO IN 85 0 0 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 9 di 15</p>

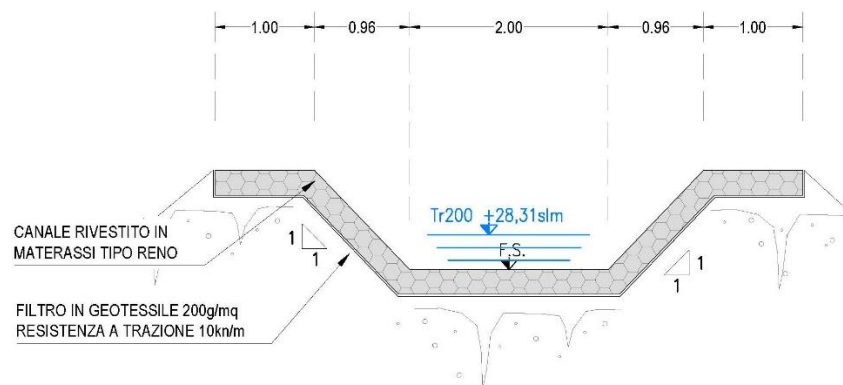


Figura 7 – Sezione tipo del canale rivestito in materassi tipo reno.

Il manufatto scatolare presenta spessori di 50 cm per la soletta di copertura ed i piedritti, mentre di 60 cm per la soletta di fondazione.

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 0.2 mm in combinazione caratteristica. Sono state inoltre condotte le verifiche di resistenza allo stato limite ultime e in condizioni sismiche SLV.

Come previsto nel progetto definitivo, il manufatto sarà impermeabilizzato con guaine di tipo bituminoso.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 RO IN 85 0 0 001	Rev. A	Foglio 10 di 15

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 1,08 mc/s. Per la stima di tale portata si faccia riferimento all'elaborato IN1710E12RHID0000002B - Relazione idrologica e idraulica degli attraversamenti secondari.

5.2 Base geometrica

La base di riferimento dell'incisione intercettata dall'opera di attraversamento (quest'ultima lunga complessivi 25 m in direzione longitudinale) si estende per circa 25 m sia a monte che a valle.

Il suddetto rilievo ha permesso di appurare che nell'area di interesse dell'opera insiste un reticolo idrografico costituito da fossi di bonifica a bassissima pendenza o addirittura in contropendenza rispetto alla direzione di scorrimento principale. Nel caso in esame, come già riferito, non è presente una vera e propria inalveazione ma una semplice incisione, cui in corrispondenza dell'opera viene conferita una sezione trapezia.

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

Il calcolo dei livelli idrici 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.

La verifica delle opere di progetto comprende il manufatto di attraversamento della linea ferroviaria e i tratti di canale trapezio rivestito in materassi Reno a monte e a valle dello stesso

Nel seguito sono indicate le caratteristiche delle opere, le relative scale grafiche di deflusso e i valori di dimensionamento per gli elementi di progetto. I tabulati delle scale di deflusso sono riportati in ALLEGATO A – SCALE DELLE PORTATE.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio IricAV Due	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17 Lotto 12 Codifica Documento E12 RO IN 85 0 0 001 Rev. A Foglio 11 di 15

- **Attraversamento di progetto Linea AV/AC**

L'altezza utile massima viene assunta pari all'altezza della struttura pari a 2 m meno l'altezza massima del massetto di pendenza pari a 0.1 m.

Tabella 1 – Caratteristiche geometriche del tombino ferroviario IN85

Pendenza Canale	i	0.002	m/m
Base Maggiore	B	2.00	m
Base Minore	b	2.00	m
Altezza Max	H	1.90	m
Coeff strickler	Ks	67	$m^{-1/3}s^{-1}$

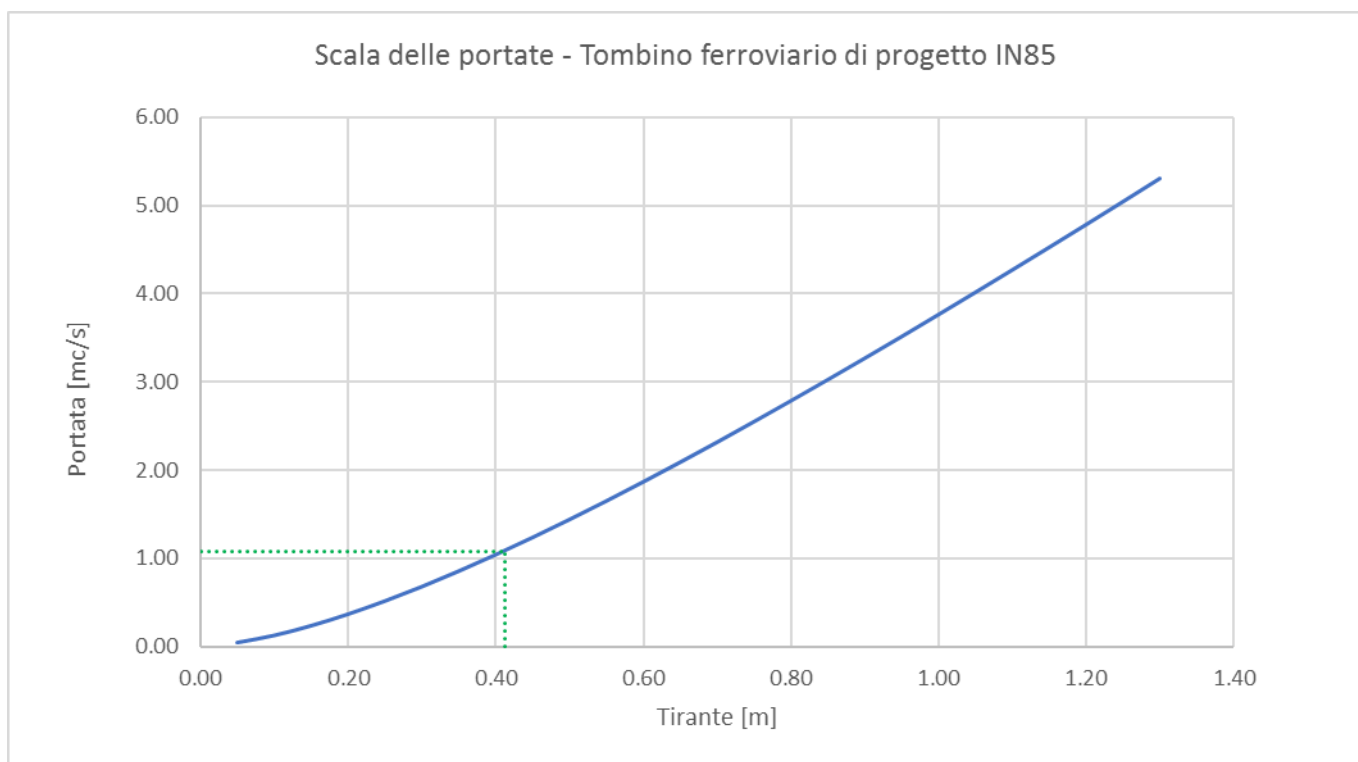


Figura 8 – Scala delle portate del tombino ferroviario IN85

Nella seguente tabella si riportano i valori di altezza del pelo libero, della velocità e del riempimento per la portata 200-ennale di progetto. Il rapporto di riempimento risulta pari al 22%, inferiore al 70% prescritto dal MdP Italferr, l'opera risulta quindi compatibile.

Tabella 2 – Verifica del tombino ferroviario IN85

Altezza pelo libero (m)	Portata (m^3/s)	Velocità (m/s)	H/Hmax
0,41	1,08	1,30	0, 22

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio IricAV Due	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17 Lotto 12 Codifica Documento E12 RO IN 85 0 0 001 Rev. A Foglio 12 di 15

- **Canale a sezione trapezia di monte e di valle**

Tabella 3 – Tombino IN85 - Caratteristiche geometriche del canale trapezio di monte e di valle

Pendenza Canale	i	0.002	m/m
Base Maggiore	B	4,00	m
Base Minore	b	2.00	m
Altezza Max	H	1,00	m
Pendenza Sponde	Tg α	1.00	
Angolo sponde	α	45.00	gradi
Coeff strickler	Ks	50	$m^{-1/3}s^{-1}$

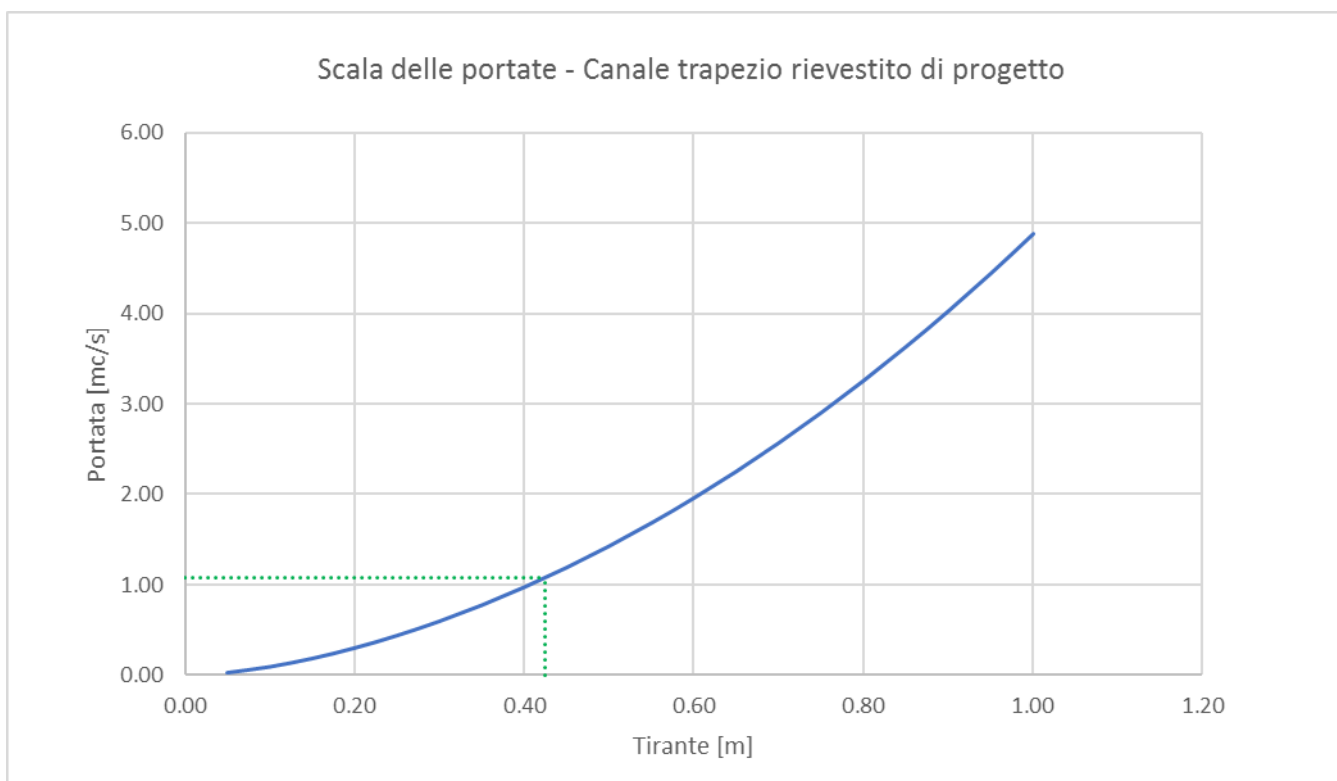


Figura 9– Tombino IN85 - Scala di deflusso delle portate sezione trapezia

Nella seguente tabella si riportano i valori di altezza del pelo libero, della velocità e del riempimento per la portata 200-ennale di progetto. Il rapporto di riempimento risulta pari al 42%, compatibile con il riempimento massimo di progetto

Tabella 4 – Tombino IN85 - Verifica del canale trapezio di monte e di valle

Altezza pelo libero (m)	Portata (m ³ /s)	Velocità (m/s)	H/Hmax
0,42	1,08	1,05	0,42

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 RO IN 85 0 0 001	Rev. A	Foglio 13 di 15

6 OPERE PROVVISORIALI

Poiché le opere in progetto non interessano la posizione di un esistente la costruzione delle opere non necessita di deviazioni provvisorie dello stesso.

7 CONCLUSIONI

L'intervento di realizzazione dell'attraversamento IN85 risulta "idraulicamente compatibile", I tiranti che si instaurano all'interno del tombino e nel canale di imbocco risultano compatibili con la geometria delle inalveazioni di progetto e i gradi di riempimento massimi (70% per il tombino e 80% per inalveazioni) sono rispettati. Le velocità che si instaurano risultano essere compatibili con i materiali previsti.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 RO IN 85 0 0 001	Rev. A	Foglio 14 di 15

ALLEGATO A – SCALE DELLE PORTATE

Scala delle portate del tombino ferroviario IN85 di progetto

Altezza pelo libero (m)	Portata (m ³ /s)	Velocità (m/s)	H/Hmax
0,050	0,039	0,394	0,026
0,100	0,121	0,606	0,053
0,150	0,231	0,771	0,079
0,200	0,363	0,907	0,105
0,250	0,512	1,025	0,132
0,300	0,676	1,127	0,158
0,350	0,853	1,218	0,184
0,400	1,040	1,300	0,211
0,450	1,236	1,373	0,237
0,500	1,440	1,440	0,263
0,550	1,652	1,502	0,289
0,600	1,870	1,558	0,316
0,650	2,093	1,610	0,342
0,700	2,322	1,658	0,368
0,750	2,555	1,703	0,395
0,800	2,792	1,745	0,421
0,850	3,033	1,784	0,447
0,900	3,277	1,821	0,474
0,950	3,525	1,855	0,500
1,000	3,775	1,888	0,526
1,050	4,028	1,918	0,553
1,100	4,283	1,947	0,579
1,150	4,541	1,974	0,605
1,200	4,801	2,000	0,632
1,250	5,062	2,025	0,658
1,300	5,326	2,048	0,684
1,350	5,591	2,071	0,711
1,400	5,857	2,092	0,737
1,450	6,125	2,112	0,763
1,500	6,395	2,132	0,789
1,550	6,665	2,150	0,816
1,600	6,937	2,168	0,842
1,650	7,210	2,185	0,868
1,700	7,484	2,201	0,895
1,750	7,759	2,217	0,921
1,800	8,035	2,232	0,947
1,850	8,311	2,246	0,974
1,900	8,589	2,260	1,000

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 RO IN 85 0 0 001	Rev. A	Foglio 15 di 15

Scala delle portate del canale trapezio rivestito SDP

Altezza pelo libero (m)	Portata (m ³ /s)	Velocità (m/s)	H/Hmax
0.05	0.03	0.29	0.05
0.10	0.10	0.46	0.10
0.15	0.19	0.58	0.15
0.20	0.30	0.69	0.20
0.25	0.44	0.78	0.25
0.30	0.60	0.87	0.30
0.35	0.78	0.95	0.35
0.40	0.98	1.02	0.40
0.45	1.19	1.08	0.45
0.50	1.43	1.14	0.50
0.55	1.69	1.20	0.55
0.60	1.96	1.26	0.60
0.65	2.26	1.31	0.65
0.70	2.57	1.36	0.70
0.75	2.91	1.41	0.75
0.80	3.26	1.46	0.80
0.85	3.64	1.50	0.85
0.90	4.03	1.54	0.90
0.95	4.45	1.59	0.95
1.00	4.88	1.63	1.00