

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J71H92000020011

U.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

**VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA**

IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione dimensionamento attraversamenti idraulici secondari

SCALA:

-

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


I Q 0 1 0 1 R 2 6 R I I D 0 0 0 2 0 0 2 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	A. Figgiaconi <i>A. Figgiaconi</i>	Settembre 2021	S. Scafa <i>S. Scafa</i>	Settembre 2021	M. Berlingieri <i>M. Berlingieri</i>	Settembre 2021	A. Perego Settembre 2021




File: IQ0101R26RIID0002002A

n. Elab.:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	Relazione dimensionamento attraversamenti idraulici secondari	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 26 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. A

INDICE

1	PREMESSA	5
2	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	8
3	INQUADRAMENTO AREA OGGETTO DI STUDIO	10
3.1	UBICAZIONE ATTRAVERSAMENTI MINORI OGGETTO DI STUDIO	11
4	TABULATI DI CALCOLO.....	16
4.1	FORNICI DI TRASPARENZA	16
4.2	TOMBINO DI ATTRAVERSAMENTO	18
5	PROCEDURA DI VERIFICA DEI DIMENSIONAMENTI IDRAULICI	19
5.1	VERIFICA IN CONDIZIONI DI MOTO PERMANENTE –HY8.....	19
5.2	VERIFICA IN CONDIZIONI DI MOTO VARIO MONODIMENSIONALE –HEC-RAS	20
6	VERIFICA ROGGIA VOLENZA KM 67+504 – IN02.....	22
6.1	INQUADRAMENTO AREA	23
6.2	CONDIZIONI AL CONTORNO	25
6.3	COEFFICIENTI DI SCABREZZA ADOTTATI	26
6.4	ANALISI STATO DI FATTO	27
6.5	ANALISI STATO DI PROGETTO	30
6.6	ANALISI STATO DI PROGETTO CONSIDERANDO GLI EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI	37
7	VERIFICA FORNICE DI TRASPARENZA KM 62+472 – IN58.....	39
7.1	INQUADRAMENTO AREA	39
7.2	CONDIZIONI AL CONTORNO	40
7.3	COEFFICIENTI DI SCABREZZA ADOTTATI	41
7.4	ANALISI STATO DI FATTO	41
7.5	ANALISI STATO DI PROGETTO	44
7.6	CONFRONTO TRA SIMULAZIONE IN MOTO VARIO (HEC-RAS) E MOTO PERMANENTE (HY-8).....	46
8	VERIFICA DIMENSIONAMENTO IN IPOTESI DI MOTO PERMANENTE	47
8.1	RISULTATI VERIFICA DIMENSIONAMENTO IN IPOTESI DI MOTO PERMANENTE.....	47
8.2	PROFILI DI MOTO PERMANENTE	50

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	Relazione dimensionamento attraversamenti idraulici secondari	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 26 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. A

INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 1.1: LOCALIZZAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO	7
FIGURA 1.2: ELENCO ELABORATI - IDROLOGIA E IDRAULICA.....	7
FIGURA 3.1: LOCALIZZAZIONE INTERVENTI – TRACCIATO OGGETTO DI INTERESSE IN ROSSO	10
FIGURA 3.2: INQUADRAMENTO AREA DI INTERVENTO	11
FIGURA 3.3: INQUADRAMENTO ATTRAVERSAMENTI IN40 E IN41	12
FIGURA 3.4: ATTRAVERSAMENTO PK 63+853KM.....	13
FIGURA 3.5: INQUADRAMENTO TOMBINO PK 63+853KM.....	14
FIGURA 3.6: RIPRISTINO SFIORATORE RETE FOGNARIA COMUNE DI PONTECURONE IN62.B.....	15
FIGURA 3.7: INQUADRAMENTO FORNICI DI TRASPARENZA IN62.C-IN62.D-IN62.E – FORNICI IN AZZURRO	15
FIGURA 6.1: INQUADRAMENTO ROGGIA VOLENZA– STRALCIO TAVOLA IQ0100R26PZID0002001A.....	22
FIGURA 6.2: PROFILO LONGITUDINALE STATO DI PROGETTO - ROGGIA VOLENZA – STRALCIO TAVOLA IQ0100R26PZID0002001A	23
FIGURA 6.3: INQUADRAMENTO BACINO ROGGIA VOLENZA – BACINO IN ROSSO	24
FIGURA 6.4: INQUADRAMENTO AREA DI PROGETTO – ROGGIA VOLENZA	24
FIGURA 6.5: PANORAMICA ROGGIA VOLENZA.....	25
FIGURA 6.6: ANDAMENTO ROGGIA VOLENZA – IN NERO IL TRACCIATO FERROVIARIO IN PROGETTO.....	25
FIGURA 6.7: IETOGRAMMA E IDROGRAMMA - ROGGIA VOLENZA.....	26
FIGURA 6.8: PRINCIPALI DATI ALTIMERICI – ROGGIA VOLENZA.....	27
FIGURA 6.9: UBICAZIONE SEZIONI DI CALCOLO USATE IN HEC-RAS – ROGGIA VOLENZA	28
FIGURA 6.10: PROFILO DI MOTO VARIO – STATO DI FATTO – ROGGIA VOLENZA	29
FIGURA 6.11: SEZIONE A MONTE (A DESTRA) E A VALLE (A SINISTRA) DELL'ATTRAVERSAMENTO ESISTENTE – STATO DI FATTO.....	30
FIGURA 6.12: ADEGUAMENTO CANALE ROGGIA VOLENZA – STATO DI PROGETTO.....	31
FIGURA 6.13: STATO DI PROGETTO – UBICAZIONE SEZIONI DI CALCOLO USATE IN HEC-RAS	32
FIGURA 6.14: PROFILO DI MOTO VARIO – STATO DI PROGETTO	34
FIGURA 6.15: SEZIONE A MONTE (A DESTRA) E A VALLE (A SINISTRA) DELL'ATTRAVERSAMENTO ESISTENTE – STATO DI PROGETTO	34
FIGURA 6.16: SEZIONE A MONTE (A DESTRA) E A VALLE (A SINISTRA) DELL'ATTRAVERSAMENTO DI PROGETTO – STATO DI PROGETTO.....	35
FIGURA 6.17: PROFILO DI MOTO VARIO – STATO DI PROGETTO SENZA CONSIDERARE IL TOMBINO ESISTENTE	36
FIGURA 6.18: PROFILO DI MOTO VARIO – TOMBINO DI PROGETTO - STATO DI PROGETTO SENZA CONSIDERARE IL TOMBINO ESISTENTE.....	36
FIGURA 6.19: PROFILO DI MOTO VARIO – TOMBINO DI PROGETTO - STATO DI PROGETTO CONSIDERANDO I CAMBIAMENTI CLIMATICI	38
FIGURA 6.20: SEZIONE A MONTE (A DESTRA) E A VALLE (A SINISTRA) DELL'ATTRAVERSAMENTO ESISTENTE – STATO DI PROGETTO CON CAMBIAMENTI CLIMATICI.....	38
FIGURA 6.21: SEZIONE A MONTE (A DESTRA) E A VALLE (A SINISTRA) DELL'ATTRAVERSAMENTO DI PROGETTO – STATO DI PROGETTO.....	38
FIGURA 7.1: INQUADRAMENTO BACINO FORNICI DI TRASPARENZA KM62+472– BACINO IMBRIFERO IN ROSSO.....	39
FIGURA 7.2: INQUADRAMENTO AREA DI PROGETTO – KM 62+472	40
FIGURA 7.3: IETOGRAMMA E IDROGRAMMA – KM29+522	41
FIGURA 7.4: PRINCIPALI DATI ALTIMERICI – PROGRESSIVA KM 62+472	42
FIGURA 7.5: UBICAZIONE SEZIONI DI CALCOLO USATE IN HEC-RAS – KM 62+472	42



 ITALFERR <small>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</small>	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	Relazione dimensionamento attraversamenti idraulici secondari	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 26 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. A

FIGURA 7.6: PROFILO DI MOTO VARIO – STATO DI FATTO – KM 62+472	43
FIGURA 7.7: SEZIONE A MONTE (A DESTRA) E A VALLE (A SINISTRA) DEL FORNICE DI TRASPARENZA ESISTENTE – STATO DI FATTO – KM 62+472..	44
FIGURA 7.8: PROFILO DI MOTO VARIO – STATO DI PROGETTO – KM 62+472	45
FIGURA 7.9: SEZIONE A MONTE (A DESTRA) E A VALLE (A SINISTRA) DEL FORNICE DI TRASPARENZA ESISTENTE – STATO DI PROGETTO – KM 62+472	45
FIGURA 7.10: SEZIONE A MONTE (A DESTRA) E A VALLE (A SINISTRA) DEL FORNICE DI TRASPARENZA ESISTENTE – STATO DI PROGETTO – KM 62+472	45
FIGURA 7.11: PROFILO MOTO PERMANENTE – STATO DI PROGETTO – KM 62+472 – IN58	46

INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 3.I: TOMBINI DI ATTRAVERSAMENTO FERROVIARIO	11
TABELLA 3.II: FORNICI DI TRASPARENZA	12
TABELLA 3.III: ULTERIORI ATTRAVERSAMENTI - SLO4 E VIABILITÀ	13
TABELLA 4.I: DATI GEOMETRICI - FORNICI DI TRASPARENZA.....	17
TABELLA 4.II: PARAMETRI IDROLOGICI - FORNICI DI TRASPARENZA.....	18
TABELLA 4.III: DATI TOMBINI DI ATTRAVERSAMENTO	18
TABELLA 6.I: VERIFICA ADEGUAMENTO CANALE ROGGIA VOLENZA	37
TABELLA 8.I: RISULTTAI VERIFICA – IN IPOTESI DI MOTO PERMANENTE.....	47

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	Relazione dimensionamento attraversamenti idraulici secondari	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 26 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. A

1 PREMESSA

Il presente documento costituisce la relazione idraulica di dimensionamento degli attraversamenti idraulici secondari, a supporto del progetto di quadruplicamento della linea ferroviaria Tortona – Voghera.

Il quadruplicamento della tratta Tortona-Voghera si inserisce nel quadro complessivo degli interventi previsti nello scenario di potenziamento dell’offerta ferroviaria delle direttrici Milano-Genova e Torino-Alessandria-Piacenza.

Nell’ambito dei Progetti per il Piano Lombardia ed al fine di dare continuità all’attivazione del Terzo Valico dei Giovi, RFI ha valutato l’opportunità di effettuare un potenziamento infrastrutturale del corridoio Milano – Genova, includendo negli interventi da realizzare anche il quadruplicamento della tratta Tortona-Voghera.

Il quadruplicamento tra Tortona e Voghera permetterà di disporre della capacità necessaria per soddisfare gli incrementi di traffico sulle due direttrici. Il layout infrastrutturale di progetto consentirà una separazione dei flussi di traffico tra i collegamenti Torino/Alessandria - Piacenza e le relazioni Milano – Genova garantendo una riduzione delle interferenze negli impianti, a beneficio di un incremento complessivo della regolarità di circolazione.

In particolare, è prevista in progetto la realizzazione di un’opera di scavalco che consentirà di instradare i treni provenienti da Genova (via TVG)/Alessandria e diretti verso Piacenza sulla “linea Piacenza” senza interferire con i treni provenienti da Milano e diretti verso Genova (via TVG)/Alessandria, che costituiscono il flusso principale secondo il nuovo modello di esercizio. Con quest’opera, da un lato si eliminano le interferenze sulla “linea Milano” in stazione di Tortona, dall’altro si consente una più equa ripartizione dei flussi sui quattro binari.


Il progetto prevede la realizzazione di una nuova coppia di binari tra le stazioni di Tortona e di Voghera, in affiancamento a quella esistente, per un’estesa di circa 16 km.

Le caratteristiche di progetto della linea sono le seguenti:

- Modulo linea 750 m
- Peso assiale D4
- Codifica per Trasporto Combinato P/C 80
- Velocità di progetto 200 km/h in rango C, salvo riduzioni puntuali
- Tipologia di traffico: misto (passeggeri e merci)
- Profilo minimo degli ostacoli: PMO 5

Il perimetro dell’intervento riguarda la tratta Tortona (esclusa) – Voghera (esclusa). Gli interventi previsti negli impianti di Tortona e Voghera sono minimali e atti ad accogliere i nuovi binari di quadruplicamento.

È previsto l’adeguamento della fermata di Pontecurone per l’inserimento dei due nuovi binari e di conseguenza saranno adeguati a STI i marciapiedi a servizio viaggiatori (altezza pari a H=55 cm e lunghezza utile di 250 m).

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	Relazione dimensionamento attraversamenti idraulici secondari	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 26 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. A

Inoltre, il sottopasso della fermata dovrà essere opportunamente adeguato per garantire la piena accessibilità anche alle PRM.

Obiettivo della presente relazione è garantire la corretta trasparenza del nuovo tracciato ferroviario. A tale scopo sono stati dimensionati nuovi fornici di trasparenza sia realizzati in proseguo a quelli esistenti sia ex-novo. In caso di nuovi attraversamenti questi sottopasseranno non solo il tracciato di progetto, bensì anche la linea storica. Oltre ai fornici di trasparenza, il progetto prevede nuovi tombini atti a garantire la continuità dei solchi di drenaggio/rogge attraverso la linea di progetto, in particolare, è stato dimensionato un nuovo tombino per la risoluzione dell'interferenza con la Roggia Volenza.

Oltre ai fornici e ai tombini di progetto, sono stati previsti nuovi fossi atti a riprodurre i naturali percorsi di drenaggio esistenti a valle degli attraversamenti.

Lo studio idraulico è stato articolato nelle seguenti fasi:

- Analisi della documentazione disponibile nei database di RFI e rilievo delle opere esistenti da sopralluogo effettuato nel luglio 2020. Sono stati censiti tutti gli attraversamenti della linea storica e sono state reperite il maggior numero di informazioni disponibili, quali la tipologia di manufatto, le dimensioni interne e per quanto possibile le quote di scorrimento.
- Definiti i parametri idrologici (rif. Relazione idrologica IQ0101R26RHID0001001A), sono stati dimensionati i vari manufatti di progetto. Per quanto riguarda l'attraversamento con il Reticolo Idrico Minore (Roggia Volenza) è stata effettuata una verifica di dimensionamento del nuovo tombino con ipotesi di moto vario sfruttando HEC-RAS, sviluppato da U.S. Army Corps of Engineers (USACE). Per quanto riguarda i fornici di trasparenza e i solchi di drenaggio, il dimensionamento è avvenuto in ipotesi di moto permanente utilizzando HY-8, sviluppato dalla FHWA (Federal Highway Administration). L'utilizzo del software HY-8 è stato effettuato previo un confronto dei risultati ottenuti per uno stesso fornice simulato anche con HEC-RAS in ipotesi di moto vario, dal confronto era emerso che HY-8 comportasse risultati più conservativi.

Di seguito di riporta il tracciato di progetto.

**Relazione dimensionamento
attraversamenti idraulici secondari**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 26 RI	ID 0002 002	A	7 di 55




Figura 1.1: Localizzazione dell'area di intervento

A seguire l'elenco degli elaborati inerenti al settore idrologia-idraulica relativo agli attraversamenti minori e al drenaggio della piattaforma:

Elaborato	Scala	z	CODIFICA DELL'ELABORATO												
			IQ	01	R	26	RH	ID	0	0	0	1	001	A	
IDROLOGIA E IDRAULICA															
Relazione idrologica bacini minori e piattaforma	-	1	IQ01	0	1	R	26	RH	ID	0	0	0	1	001	A
Corografia delle aree mappate a pericolosità idraulica PGRA-Tav. 1/2	1:10'000	1	IQ01	0	1	R	26	C4	ID	0	0	0	1	001	A
Corografia delle aree mappate a pericolosità idraulica PGRA-Tav. 2/2	1:10'000	1	IQ01	0	1	R	26	C4	ID	0	0	0	1	002	A
Corografia delle aree mappate a rischio idraulico PGRA-Tav. 1/2	1:10'000	1	IQ01	0	1	R	26	C4	ID	0	0	0	1	003	A
Corografia delle aree mappate a rischio idraulico PGRA-Tav. 2/2	1:10'000	1	IQ01	0	1	R	26	C4	ID	0	0	0	1	004	A
Corografia delle fasce di inondabilità PAI-Tav. 1/2	1:10'000	1	IQ01	0	1	R	26	C4	ID	0	0	0	1	005	A
Corografia delle fasce di inondabilità PAI-Tav. 2/2	1:10'000	1	IQ01	0	1	R	26	C4	ID	0	0	0	1	006	A
Corografia del reticolo idrografico e bacini idrografici minori -Tav. 1/2	1:10'000	1	IQ01	0	1	R	26	C4	ID	0	0	0	1	007	A
Corografia del reticolo idrografico e bacini idrografici minori -Tav. 2/2	1:10'000	1	IQ01	0	1	R	26	C4	ID	0	0	0	1	008	A
Relazione di compatibilità idraulica e drenaggio acque di piattaforma	-	1	IQ01	0	1	R	26	RI	ID	0	0	0	2	001	A
Relazione dimensionamento attraversamenti idraulici secondari	-	1	IQ01	0	1	R	26	RI	ID	0	0	0	2	002	A
IN02 Planimetria/sezioni/profilo	-	1	IQ01	0	1	R	26	PZ	ID	0	0	0	2	001	A
Planimetria criticità con documentazione fotografica-Tav. 1/2	1:10'000	1	IQ01	0	1	R	26	A4	ID	0	0	0	2	001	A
Planimetria criticità con documentazione fotografica-Tav. 2/2	1:10'000	1	IQ01	0	1	R	26	A4	ID	0	0	0	2	002	A
Planimetria sistemazioni idrauliche - Tav.1/9	1:2'000	1	IQ01	0	1	R	26	P6	ID	0	0	0	2	001	A
Planimetria sistemazioni idrauliche - Tav.2/9	1:2'000	1	IQ01	0	1	R	26	P6	ID	0	0	0	2	002	A
Planimetria sistemazioni idrauliche - Tav.3/9	1:2'000	1	IQ01	0	1	R	26	P6	ID	0	0	0	2	003	A
Planimetria sistemazioni idrauliche - Tav.4/9	1:2'000	1	IQ01	0	1	R	26	P6	ID	0	0	0	2	004	A
Planimetria sistemazioni idrauliche - Tav.5/9	1:2'000	1	IQ01	0	1	R	26	P6	ID	0	0	0	2	005	A
Planimetria sistemazioni idrauliche - Tav.6/9	1:2'000	1	IQ01	0	1	R	26	P6	ID	0	0	0	2	006	A
Planimetria sistemazioni idrauliche - Tav.7/9	1:2'000	1	IQ01	0	1	R	26	P6	ID	0	0	0	2	007	A
Planimetria sistemazioni idrauliche - Tav.8/9	1:2'000	1	IQ01	0	1	R	26	P6	ID	0	0	0	2	008	A
Planimetria sistemazioni idrauliche - Tav.9/9	1:2'000	1	IQ01	0	1	R	26	P6	ID	0	0	0	2	009	A
Planimetria sistemazioni idrauliche - Tav.10/10	1:2'000	1	IQ01	0	1	R	26	P6	ID	0	0	0	2	010	A
Opere tipologiche smaltimento acque di sede-Tav. 1/2	1:50	1	IQ01	0	1	R	26	BC	ID	0	0	0	2	001	A
Opere tipologiche smaltimento acque di sede-Tav. 2/2	1:50	1	IQ01	0	1	R	26	BC	ID	0	0	0	2	002	A


Figura 1.2: Elenco elaborati - Idrologia e idraulica

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	Relazione dimensionamento attraversamenti idraulici secondari	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 26 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. A

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Il progetto è stato redatto nel rispetto delle seguenti norme:


- Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE;
- Direttiva Alluvioni 2007/60/CE;
- D.Lgs. n. 152/2006 - T.U. Ambiente;
- R.D. 25/07/1904, N. 523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie";
- Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018);
- "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" della Rete Ferroviaria Italiana (RFI) RFI DTC SI CS MA IFS 001 E agg. 31/12/2020;
- PAI - 1. Relazione Generale;
- PAI - 7. Norme di Attuazione - Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica - Allegato 3 Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense. Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni;
- PdG Po – Piano di Gestione del fiume Po approvato il 3/03/2016 (DPCM 27 ottobre 2016);
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto del Distretto Idrografico Padano (P.G.R.A. rev. 2020);
- Norme tecniche di attuazione del Programma di Tutela e Uso delle Acque (PTUA) della Regione Lombardia del 2016;
- L.R. 15 marzo 2016, n. 4; “Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d’acqua”;
- Regolamento regionale 24 marzo 2006, n.2 - Disciplina dell'uso delle acque superficiali e sotterranee, dell'utilizzo delle acque a uso domestico, del risparmio idrico e del riutilizzo dell'acqua in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera c) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26;
- Regolamento regionale 24 marzo 2006, n.4 “Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26;
- DGR 6738 del 19 giugno 2017. “Disposizioni regionali concernenti l’attuazione del piano di gestione rischi alluvioni (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell’emergenza, ai sensi dell’art. 58 delle norme di attuazione del piano stralcio per l’assetto idrogeologico (PAI) del bacino del Fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7/12/2016 con deliberazione n. 5 dal comitato istituzionale dell’autorità di bacino del Fiume Po”;

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA												
Relazione dimensionamento attraversamenti idraulici secondari	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IQ01</td> <td>01</td> <td>R 26 RI</td> <td>ID 0002 002</td> <td>A</td> <td>9 di 55</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IQ01	01	R 26 RI	ID 0002 002	A	9 di 55
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IQ01	01	R 26 RI	ID 0002 002	A	9 di 55								

- Regolamento Regionale 19 aprile 2019, n. 8. “Disposizioni sull’applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7 (Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell’articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 “Legge per il governo del territorio”)”.

Il progetto in essere considera inoltre:

- “Linee Generali di Assetto Idraulico e idrogeologico e quadro degli interventi Bacino dello Scrivia” dell’Autorità di bacino del Fiume Po;
- “Linee Generali di Assetto Idraulico e idrogeologico (Staffora - Luria - Coppa - Scuropasso - Versa - Bardonezza - Tidone)” dell’Autorità di bacino del Fiume Po.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	Relazione dimensionamento attraversamenti idraulici secondari	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 26 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. A

3 INQUADRAMENTO AREA OGGETTO DI STUDIO

Il progetto di raddoppio ferroviario viene eseguito in parte su ferrovia esistente, mentre la maggior parte si sviluppa su terreno attualmente non occupato da sede ferroviaria.

La tratta in oggetto si sviluppa per una lunghezza complessiva di circa 16 km nell'ambito territoriale delle province di Alessandria e Pavia.

L'intervento ha origine dalle curve di ingresso della stazione di Tortona lato Ovest (Alessandria, Arquata S.) e termina nei pressi della radice lato Tortona della stazione di Voghera.

L'intervento prevede:


- la messa a PRG della stazione di Tortona;
- il quadruplicamento in affiancamento ai binari della linea Tortona – Voghera ed il mantenimento dell'attuale linea ad interasse esistente;
- la sistemazione della fermata di Pontecurone.

Nella figura seguente si riporta una foto aerea con indicazione dell'area oggetto di studio (Google Earth).



Figura 3.1: Localizzazione interventi – tracciato oggetto di interesse in rosso

Il tracciato in progetto si sviluppa complessivamente in affiancamento all'esistente rilevato ferroviario, in particolare parte del quadruplicamento si posiziona a nord e parte a sud del rilevato esistente.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	Relazione dimensionamento attraversamenti idraulici secondari	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 26 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. A

Gli interventi in progetto ricadono all'interno dei sottobacini idrografici "Scivia", "Curone" e "Staffora-Luria" ricadenti nell'area di giurisdizione dell'Autorità di bacino del Fiume. Nell'immagine a seguire i principali bacini idrografici gestiti, fino a febbraio 2017, dall'Autorità di Bacino del fiume Po (in rosso l'area di interesse).

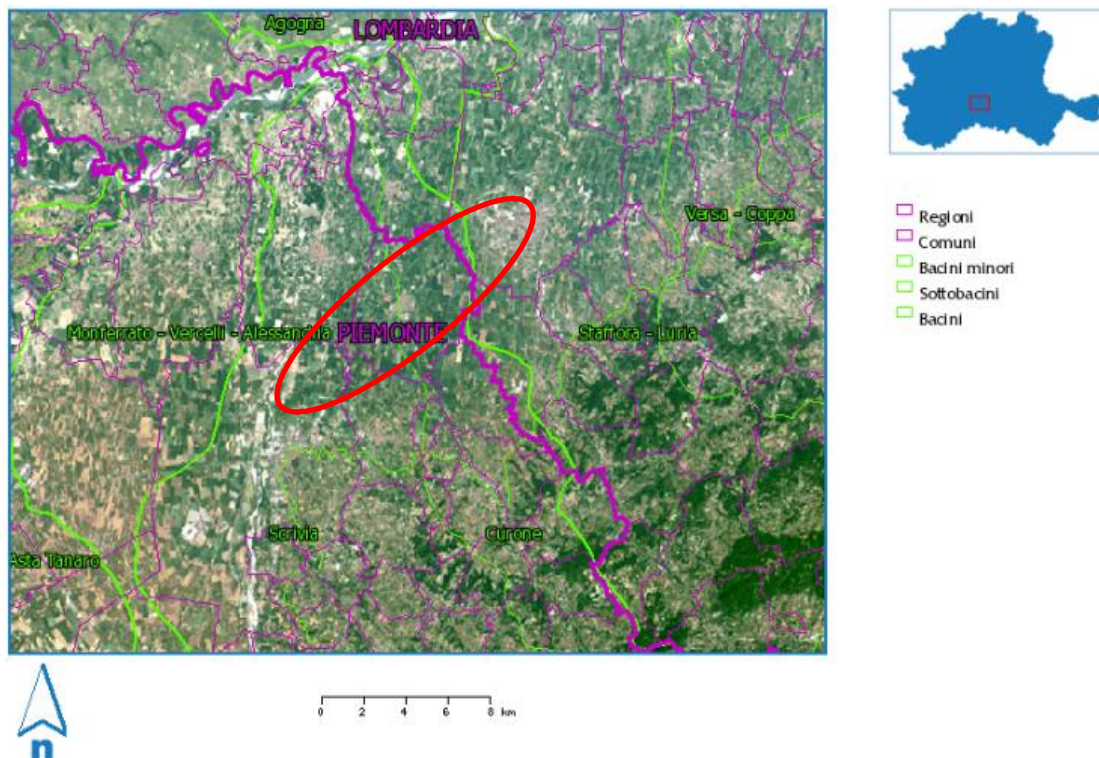


Figura 3.2: Inquadramento area di intervento


3.1 UBICAZIONE ATTRAVERSAMENTI MINORI OGGETTO DI STUDIO

In questo documento verranno analizzati due tombini di attraversamento, uno corrispondente a un fosso (IN01) e uno a un corso d'acqua classificato nel Reticolo Idrico Minore (IN02), corrispondente alla Roggia Volenza. Gli altri attraversamenti riguardano fornici di trasparenza/solchi di drenaggio. Per gli attraversamenti con i corsi d'acqua maggiori si rimanda alla relazione dedicata.

WBS	Progressiva (km)
IN01	66+093
IN02	67+504

Tabella 3.1: Tombini di attraversamento ferroviario

WBS	Progressiva (km)	WBS	Progressiva (km)
IN30	56+168	IN52	61+004
IN31	56+733	IN53	61+182
IN32	56+857	IN54	61+612
IN33	56+968	IN55	61+886
IN34	57+177	IN56	61+978
IN35	57+214	IN57	62+159
IN36	57+265	IN58	62+472
IN37	57+361	IN59	62+738

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	Relazione dimensionamento attraversamenti idraulici secondari	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 26 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. A

WBS	Progressiva (km)	WBS	Progressiva (km)
IN38	57+441	IN60	62+768
IN39	57+730	IN61	62+817
IN40	58+121	IN62	62+892
IN41	58+187	IN63	65+299
IN42	58+433	IN64	65+656
IN43	58+658	IN65	65+735
IN44	59+017	IN66	66+317
IN45	58+486	IN67	66+427
IN46	59+828	IN68	66+738
IN47	59+939	IN69	66+878
IN48	60+002	IN70	67+900
IN49	60+092	IN71	68+257
IN50	60+298	IN72	68+474
IN51	60+803	IN73	68+529

Tabella 3.II: Fornici di trasparenza

Allo stato attuale l'attraversamento IN41 consiste in un tombino ad arco di luce netta 60cm. Le acque intercettate dal tombino sono inviate tramite un fosso a valle dell'attraversamento IN40. Nello stato di progetto non si prevedono interventi sul tombino IN41. Tra la linea storica e quella di progetto verrà ripristinato il fosso esistente senza interferire con l'attuale drenaggio dell'area. Il tombino di progetto a valle dell'attraversamento IN40 è stato dimensionato considerando le acque scolanti da entrambi i bacini afferenti a IN40 e IN41.

Di seguito uno stralcio degli attraversamenti citati:

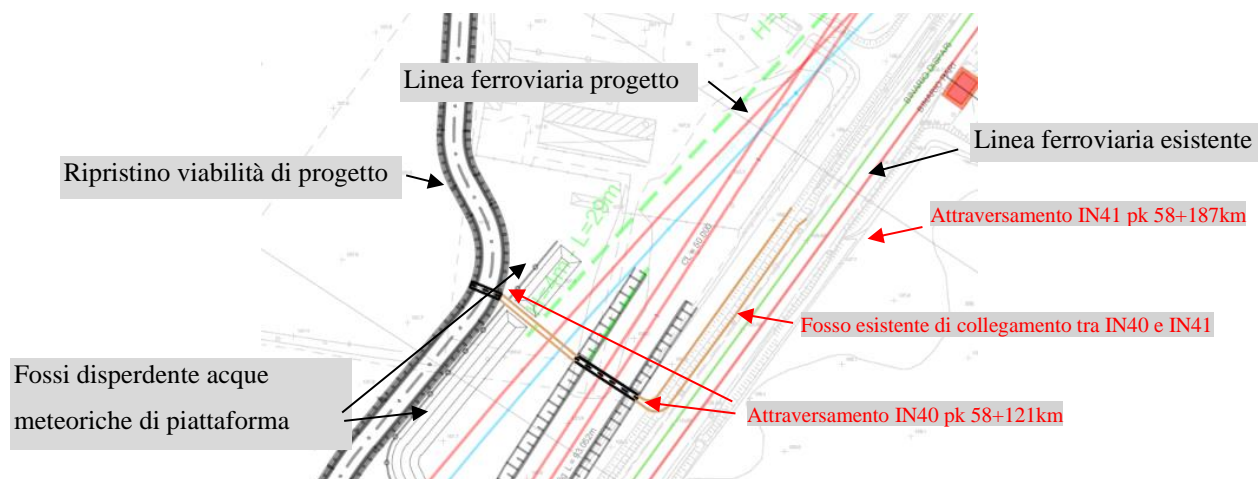



Figura 3.3: Inquadramento Attraversamenti IN40 e IN41

Oltre agli attraversamenti sopraelencati, è previsto l'inserimento di ulteriori 5 tombini, di cui 3 corrispondenti a nuovi fornici di trasparenza.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	Relazione dimensionamento attraversamenti idraulici secondari	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 26 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. A

Di seguito si elencano le WBS e le progressive dei tombini in oggetto.

WBS	Progressiva (km)
IN62_a	63+853
IN62_b	64+105
IN62_c	64+864
IN62_d	64+974
IN62_e	65+085

Tabella 3.III: Ulteriori attraversamenti - SL04 e viabilità

Il primo, WBS IN62.a, è individuato alla progressiva 63+853km del quadruplicamento di progetto Milano-Genova. Il tombino, individuato in sede di sopralluogo del 29 Luglio 2021, attraversa la linea storica e presenta una sezione ad arco di luce netta 80cm.

Di seguito si riportano due immagini, una scattata durante il sopralluogo del 29 Luglio 2021 e una estratta da Street View di Google.

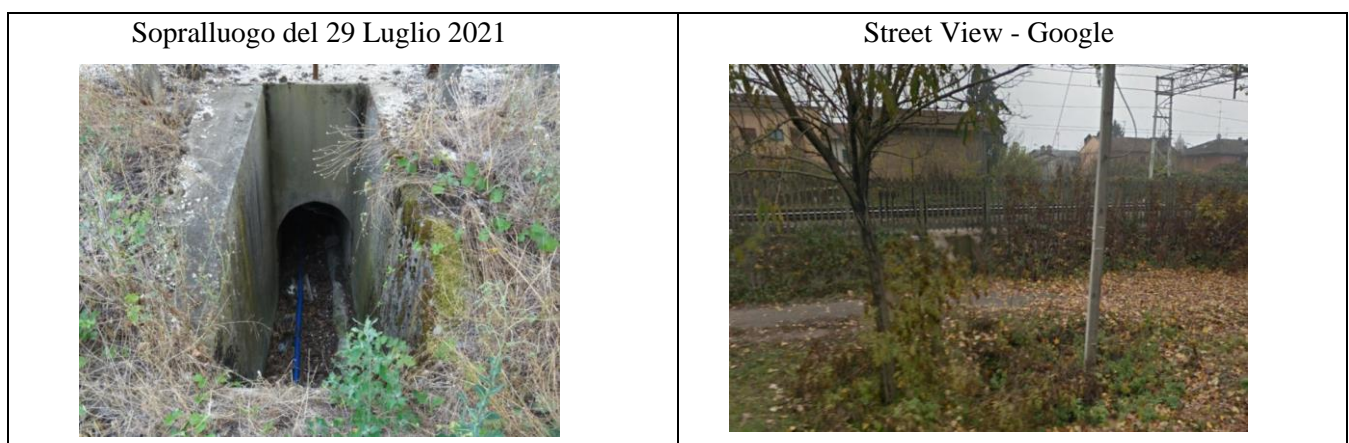


Figura 3.4: Attraversamento pk 63+853km

Il tombino in oggetto si trova a valle del centro abitato di Pontecurone. Dato il grado di urbanizzazione non si ritiene sufficiente la stima della portata basata sulle sole caratteristiche geomorfologiche del bacino imbrifero, inoltre non è nota la ramificazione della rete a monte del manufatto (cfr. Figura 3.5). In questa fase progettuale si prevede un tombino di diametro interno 1500mm in prolungamento a quello esistente, mantenendo la medesima pendenza. Il tombino di progetto attraverserà sia la nuova piattaforma ferroviaria sia il sedime stradale della via Castelnuovo. Nella fase progettuale successiva verranno effettuati gli approfondimenti necessari alla stima della portata meteorica intercettata dall'attraversamento e verrà quindi verificato il tombino di progetto proposto. Di seguito si riporta l'ubicazione dell'attraversamento in oggetto su ortofoto.

Relazione dimensionamento
attraversamenti idraulici secondari


COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 26 RI	ID 0002 002	A	14 di 55



Figura 3.5: Inquadramento tombino pk 63+853km

Il tombino IN62.b corrisponde al ripristino dello sfioratore della rete fognaria del Comune di Pontecurone. Lo sfioratore è intubato nel suo tratto iniziale per essere poi a cielo aperto prima dell'attraversamento con il rilevato della SP93. Da rilievi effettuati si ipotizza che la sua dimensione in prossimità del sottopassaggio sia di circa 2m. Il canale a cielo aperto scorre da sud verso nord e sfocia nel T. Curone.

Il progetto prevede la demolizione del rilevato della SP93 e la realizzazione di un nuovo cavalcaferrovia e di una nuova linea ferroviaria. Queste opere sono previste in corrispondenza dell'attuale tracciato dello sfioratore. La risoluzione dell'interferenza consiste nel prevedere un canale di uguali dimensioni e pendenza di quello esistente più a nord, tra le pile della cavalcaferrovia e in prossimità della fine del rilevato ferroviario. È inoltre previsto un tombino di attraversamento della Via Castelnuovo, al fine di ricollegare il nuovo canale alla rete fognaria. In questa fase è previsto un tombino di diametro interno di 2000mm. Non sono note le dimensioni del canale a cielo aperto e la portata transitante in caso di funzionamento. Queste informazioni saranno reperite in fase di progettazione definitiva. A seguire si riporta l'ubicazione delle opere citate su stralcio planimetrico.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	Relazione dimensionamento attraversamenti idraulici secondari	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 26 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. A

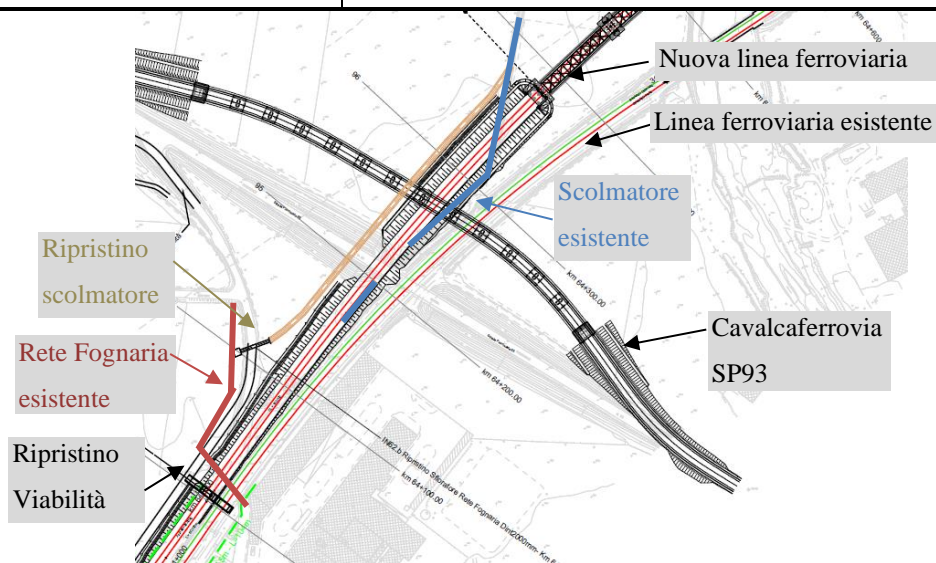


Figura 3.6: Ripristino sfioratore rete fognaria Comune di Pontecurone IN62.b

Gli ulteriori 3 attraversamenti, WBS IN62.c, IN62.d, IN62.e, consistono in nuovi fornicelli di trasparenza Dint1500mm ubicati al di sotto del rilevato di approccio in destra al viadotto sul T. Curone (SL04). La loro funzione sarà quella di limitare l'incremento dei livelli idrici nella zona interclusa tra la linea ferroviaria di progetto e quella esistente.

La verifica idraulica di questi ultimi tre tombini è stata condotta nell'ambito del modello 2D del T. Curone. Si rimanda quindi alla relazione idraulica specifica per maggiori dettagli.

Di seguito si indica l'ubicazione dei tombini citati.

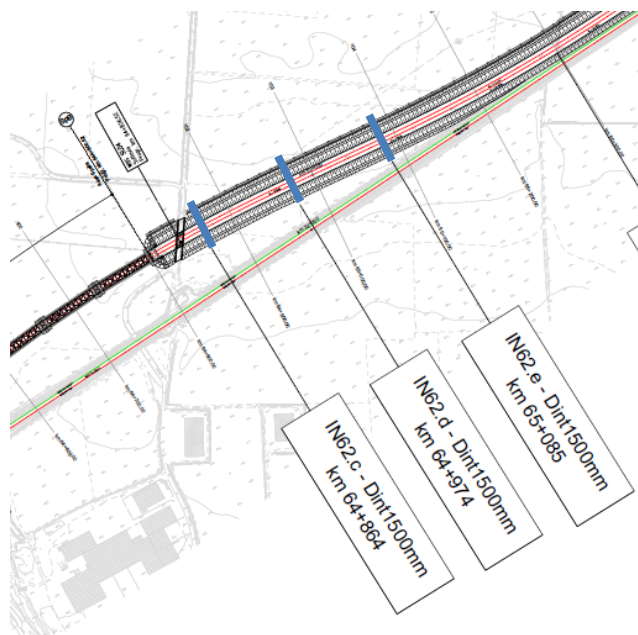



Figura 3.7: Inquadramento fornicelli di trasparenza IN62.c-IN62.d-IN62.e – Fornicelli in azzurro

Si rimanda alle corografie del reticolo idrografico e bacini idrografici minori per maggiori dettagli (rif. IQ0101R26C4ID0001007A, IQ0101R26C4ID0001008A).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	Relazione dimensionamento attraversamenti idraulici secondari	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 26 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. A

4 TABULATI DI CALCOLO

Per ogni attraversamento studiato si riepilogano i principali dati emersi dallo studio idrologico, per maggiori dettagli si rimanda alla *Relazione idrologica bacini minori e piattaforma IQ0101R26RHID0001001A*.

Oltre ai dati idrologici, si esplicitano per ogni attraversamento le principali caratteristiche geometriche dei manufatti esistenti e di quelli di progetto.

4.1 FORNICI DI TRASPARENZA

La verifica del profilo è stata effettuata in ipotesi di moto permanente con l'utilizzo del software HY-8 sviluppato dall'ente federale FHWA. Si rimanda al paragrafo 8 per i profili di pelo libero ottenuti.

Tutti i manufatti saranno realizzati in ca. In fase di progettazione definitiva saranno analizzati gli aspetti inerenti alla carpenteria.

Di seguito si riepilogano le principali caratteristiche geometriche delle opere esistenti e quelle di progetto, dove:

- H/D (m) rappresenta l'altezza o il diametro dell'attraversamento, a seconda che l'opera sia un tombino scatolare o circolare;
- B/D (m) rappresenta la base o il diametro dell'attraversamento, a seconda che l'opera sia un tombino scatolare o circolare.

Dati identificativi		Opera esistente			Opera di progetto		
WBS	Progressiva (km)	Tipologia	H (m)	B/D (m)	Tipologia	H/D (m)	B/D (m)
IN30	56+168	Arco		0.60	Scatolare	1.50	2.50
IN31	56+733	Arco	0.60	0.70	Scatolare	1.50	2.50
IN32	56+857	Arco	0.50	0.60	Circolare	1.50	1.50
IN33	56+968	Arco	0.60	0.60	Circolare	1.50	1.50
IN34	57+177	Arco	0.00	0.60	Scatolare	1.20	2.00
IN35	57+214	Arco	0.70	0.60	Circolare	1.00	1.00
IN36	57+265	...			Circolare	1.00	1.00
IN37	57+361	...			Circolare	1.20	1.20
IN38	57+441	Arco	0.60	0.60	Circolare	1.20	1.20
IN39	57+730	Arco		0.60	Scatolare	1.00	2.00
IN40	58+121	Arco		0.50	Circolare	1.50	1.50
IN41	58+187	Arco		0.60	Sarà ripristinato il fosso di comunicazione con IN40		
IN42	58+433	Arco		0.60	Circolare	1.50	1.50
IN43	58+658	Arco		0.60	Circolare	1.50	1.50
IN44	59+017	Arco		0.60	Circolare	1.50	1.50
IN45	58+486	...			Scatolare	1.00	2.00
IN46	59+828	Arco	0.55	0.70	Scatolare	1.00	2.00
IN47	59+939	...			Scatolare	1.00	2.50
IN48	60+002	Arco	0.60	0.60	Scatolare	1.00	2.50

Relazione dimensionamento
attraversamenti idraulici secondari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 26 RI	ID 0002 002	A	17 di 55

IN49	60+092	...			Scatolare	1.00	2.50
IN50	60+298	Arco		0.50	Circolare	1.50	1.50
IN51	60+803	Arco		0.60	Circolare	1.50	1.50
IN52	61+004	Arco	0.20	0.80	Scatolare	2.00	3.50
IN53	61+182	Arco	0.20	0.60	Circolare	1.50	1.50
IN54	61+612	Arco	0.00	0.60	Circolare	1.50	1.50
IN55	61+886	Arco	0.60	0.80	Circolare	1.50	1.50
IN56	61+978	Arco	0.50	0.60	Scatolare	1.50	3.00
IN57	62+159	...			Scatolare	1.50	3.00
IN58	62+472	Arco	0.30	0.30	Circolare	1.50	1.50
IN59	62+738	Arco	0.50	0.50	Scatolare	1.50	2.00
IN60	62+768	...			Scatolare	1.50	2.00
IN61	62+817	Arco	0.50	0.60	Circolare	1.50	1.50
IN62	62+892	Arco	0.40	0.70	Circolare	1.50	1.50
IN63	65+299	Arco	1.00	2.00	Scatolare	1.50	2.00
IN64	65+656	Arco	1.00	2.00	Scatolare	1.50	2.00
IN65	65+735	Arco	1.90	1.00	Scatolare	1.50	2.00
IN01	66+093	Arco	1.80	2.15-2.00	Scatolare	2.50	3.50
IN66	66+317	Arco	0.30	0.70	Circolare	1.50	1.50
IN67	66+427	Arco	0.20	0.60	Circolare	1.50	1.50
IN68	66+738	Arco	0.20	0.80	Circolare	1.50	1.50
IN69	66+878	Arco		0.70-0.60	Circolare	1.50	1.50
IN02	67+504	Arco	0.90	1.55-1.50	Scatolare	2.00	3.50
IN70	67+900	Arco		0.80	Scatolare	1.50	2.00
IN71	68+257	Arco		0.80	Circolare	1.50	1.50
IN72	68+474	...			Circolare	1.00	1.00
IN73	68+529	Arco		0.90	Circolare	1.00	1.00

Tabella 4.1: Dati geometrici - Fornici di trasparenza

Si riepilogano i principali dati idrologici emersi dallo studio idrologico, dove:

- A: area del bacino sotteso all'attraversamento (sia in kmq che ha)
- Phi: coefficiente di deflusso (-)
- Tc: Tempo di corrivazione (ore)
- Q: portata di piena (mc/s)
- U: coefficiente udometrico (l/s * ha)

WBS	A [kmq]	A [ha]	φ [-]	Tc [ore]	Q [m3/s]	u [l/s * ha]	WBS	A [kmq]	A [ha]	φ [-]	Tc [ore]	Q [m3/s]	u [l/s*ha]
IN30	0.0855	8.552	0.5	0.32	3.49	407.67	IN52	2.1856	218.561	0.45	6.43	8.47	38.74
IN31	0.0439	4.389	0.5	0.23	2.29	520.98	IN53	0.0612	6.119	0.26	0.63	0.77	126.55
IN32	0.0258	2.584	0.5	0.17	1.63	631.9	IN54	0.1902	19.021	0.35	1.84	1.45	76.12
IN33	0.03	3.004	0.5	0.19	1.8	598.25	IN55	0.2757	27.572	0.33	1.48	2.34	84.83
IN34	0.0276	2.759	0.5	0.21	1.52	549.55	IN56-IN57	1.6434	164.335	0.4	3.49	8.94	54.38
IN35	0.0213	2.134	0,5	0.45	0.67	315.34	IN58	0.0991	9.915	0.28	0.8	1.13	113.96
IN36	0.0194	1.938	0,5	0.45	0.61	315.24	IN59-IN60	0.9203	92.026	0.36	2.39	6.06	65.87

**Relazione dimensionamento
 attraversamenti idraulici secondari**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 26 RI	ID 0002 002	A	18 di 55

WBS	A [kmq]	A [ha]	ϕ [-]	Tc [ore]	Q [m3/s]	u [l/s * ha]	WBS	A [kmq]	A [ha]	ϕ [-]	Tc [ore]	Q [m3/s]	u [l/s*ha]
IN37	0.018	1.797	0,5	0.47	0.54	302.49	IN61	0.0542	5.419	0.2	0.25	1.05	192.89
IN38	0.0224	2.236	0,5	0.48	0.67	301.53	IN62	0.0095	0.95	0.2	0.11	0.34	361.71
IN39	0.0305	3.049	0.21	0.19	0.78	255.01	IN63	0.289	28.905	0.21	0.58	2.85	98.7
IN40	0.0668	6.68	0.26	0.31	1.65(*)	211.22	IN64	0.0524	5.241	0.2	0.25	0.9	172.01
IN41	0.0094	0.939	0.21	0.19	0.24	255.3	IN65	0.0791	7.908	0.2	0.31	1.17	148.14
IN42	0.0575	5.75	0.28	0.43	1.06	184.28	IN66	0.084	8.402	0.24	0.82	0.73	86.82
IN43	0.0397	3.975	0.27	0.36	0.79	199.7	IN67	0.0866	8.659	0.24	0.79	0.76	88.06
IN44	0.0428	4.282	0.22	0.37	0.67	155.93	IN68	0.0815	8.15	0.2	0.47	0.88	107.97
IN45	0.0583	5.832	0.23	0.43	0.86	147.08	IN69	0.0841	8.407	0.22	0.83	0.65	76.83
IN46-IN47	0.0644	6.443	0.26	0.64	0.81	125.56	IN70	0.4391	43.906	0.29	1.51	2.94	67
IN48	0.5213	52.129	0.26	1.87	6.62	126.97	IN71	0.1032	10.318	0.25	0.89	0.87	83.93
IN49-IN50	0.0189	1.886	0.2	0.3	0.66	351.77	IN72	0.0825	8.254	0.26	1.01	0.66	79.79
IN51	0.0252	2.519	0.2	0.17	0.64	255.11	IN73	0.0879	8.794	0.26	1.01	0.7	79.79

(*) la portata alla base del dimensionamento del tombino IN40 considera le acque affluenti dall'attraversamento IN41

Tabella 4.II: Parametri idrologici - Fornici di trasparenza


4.2 TOMBINO DI ATTRAVERSAMENTO

Si riportano a seguire i principali dati alla base del dimensionamento idraulico dei tombini di attraversamento.

La verifica del profilo è stata effettuata in condizioni di moto vario con l'utilizzo di HEC-RAS sviluppato da United States Army Corps of Engineers per quanto riguarda l'interferenza con il Reticolo Idrografico Minore (Roggia Volenza) e con HY-8 sviluppato dall'ente federale FHWA per l'attraversamento del fosso di drenaggio.

Tombino	Principali dati idrologici					Dati opera stato di fatto			Dati opera di progetto			
	A [kmq]	ϕ [-]	Tc [ore]	Q [m3/s]	u [l/s * ha]	Tipologia	H	B/D	TIPOLOGIA	B/D	H	i (%)
IN01	2.1875	0.36	3.23	10.23	46.78	Arco	1.80	2.15-2.00	SCATOLARE	3.50	2.50	0.40
IN02	4.6535	0.41	5.95	15.90	34.18	Arco	0.9	1.55-1.50	SCATOLARE	3.50	2.00	0.50

Tabella 4.III: Dati Tombini di Attraversamento

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	Relazione dimensionamento attraversamenti idraulici secondari	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 26 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. A

5 PROCEDURA DI VERIFICA DEI DIMENSIONAMENTI IDRAULICI

Le verifiche idrauliche condotte sull'attraversamento con il corso identificato nel Reticolo Idrico Minore (Roggia Volenza) sono state svolte in ipotesi di moto vario con l'utilizzo di HEC-RAS, mentre le verifiche per l'attraversamento dei solchi di drenaggio e fornici di trasparenza sono state effettuate in ipotesi di moto permanente con l'utilizzo del software HY-8.

L'uso di HY-8 è stato effettuato in seguito a un confronto dei risultati ottenuti per uno stesso fornice di trasparenza (alla progressiva 62-472km) sia nell'ipotesi di moto permanente con HY-8 sia in ipotesi di moto vario con HEC-RAS. Dal confronto è emerso che i risultati ottenuti con HY-8 comportavano una stima dei tiranti idrici maggiore rispetto al calcolo in condizioni di moto vario.

Il calcolo della massima portata di progetto è stato trattato nella relazione idrologica, per cui si rimanda ad essa per ulteriori approfondimenti.


5.1 VERIFICA IN CONDIZIONI DI MOTO PERMANENTE –HY8.

Il programma HY-8 utilizza le routines, in accordo ai criteri della FHWA definiti nelle pubblicazioni seguenti: HDS-5, "Hydraulic Design of Highway Culverts," e HEC-14, "Hydraulic Design of Energy Dissipators for Culverts and Channels".

I principali risultati che si possono ottenere tramite questo programma sono:

- determinare la dimensione, la forma ed il numero di opere d'arte (tombini e scotolari) necessari a far defluire una portata di progetto;
- definire la capacità di deflusso di un manufatto esistente imponendo il livello idrico ammissibile di monte;
- calcolare il livello idrico raggiunto a monte del manufatto per far defluire una determinata portata, sia in condizioni di normale deflusso che in condizioni di acqua ferma all'imbocco.
- determinare la scala di portata o altre relazioni tra le principali variabili idrauliche per determinare il livello di rischio della struttura.
- determinare il profilo idrico della portata transitante nell'opera.

Il programma fornisce direttamente output sintetici con le variabili principali della simulazione ed alcuni grafici che mostrano il comportamento idraulico della struttura al variare della portata di progetto o del livello idrico di monte.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	Relazione dimensionamento attraversamenti idraulici secondari	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 26 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. A

La procedura si svolge secondo i passi di seguito schematicamente indicati, in cui l'obiettivo è la determinazione della quota di carico idraulico totale (o della quota di pelo libero) necessaria a far defluire la portata di progetto attraverso il tombino:

- viene eseguito il calcolo relativo alla condizione di inlet control, in cui i dati sono costituiti (oltre che dalla portata) dalla forma e dalle dimensioni dell'imbocco;
- viene eseguito il calcolo relativo alla condizione di outlet control, in cui i dati sono costituiti dalla forma, dalle dimensioni e dal materiale (scabrezza) della canna e dall'altezza d'acqua a valle dello sbocco;

Il maggiore dei due valori calcolati per le due condizioni viene assunto come quota che governa il deflusso. La verifica proposta dalla FHWA (Federal Highway Administration) ossia l'Agenzia del Dipartimento dei Trasporti degli Stati Uniti che detta i criteri e gli standard di progettazione delle strade, intende stabilire il tipo di funzionamento del tombino, che può essere controllato da monte (inlet control) o da valle (outlet control) e ricavare in base ad esso il grado di riempimento della sezione.

Al fine di verificare quindi che la luce di sbocco non sia sommersa e che il tombino non vada in pressione, si calcola il carico idraulico totale a monte H:

$$H = y_u + \frac{U^2}{2g}$$

In termini di velocità e di grado di riempimento si assumono i seguenti valori di riferimento:


- Tirante massimo all'interno del tombino e livello raggiunto dal pelo libero a monte della sezione dell'attraversamento non superiore ai 2/3 dell'altezza della sezione utile al deflusso (NTC 2018);
- La velocità minima di moto uniforme non inferiore a 0,5 m/s, al fine di evitare il deposito di sedimenti sul fondo;
- La velocità massima di moto uniforme non superiore di 4 m/s al fine di contenere i fenomeni di abrasione (Circolare n. 11633 del 07.01.1974 del Ministero dei Lavori Pubblici).

5.2 VERIFICA IN CONDIZIONI DI MOTO VARIO MONODIMENSIONALE –HEC-RAS

La forma delle equazioni del moto vario (o equazioni di De Saint Venant) utilizzate in HEC-RAS è la seguente:

- *Equazione di continuità:*

$$\frac{(\partial A)}{(\partial t)} + \frac{(\partial(\Phi \cdot Q))}{(\partial x_c)} + \frac{(\partial[(1 - \Phi) \cdot Q])}{(\partial x_f)} = 0$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	Relazione dimensionamento attraversamenti idraulici secondari	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 26 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. A

- *Equazione di conservazione della quantità di moto:*

$$\frac{(\partial Q)}{(\partial t)} + \frac{(\partial(\Phi^2 Q^2 / A_c))}{(\partial x_c)} + \frac{(\partial((1 - \Phi^2) Q^2 / A_f))}{(\partial x_f)} + gA_c \left[\frac{(\partial Z)}{(\partial x_c)} + S_{fc} \right] + gA_f \left[\frac{(\partial Z)}{(\partial x_f)} + S_{ff} \right] = 0$$

con:


$$Q_c = \Phi \cdot Q; \quad \Phi = (K_c) / (K_c + K_f)$$

I pedici *c* ed *f* nelle equazioni si riferiscono rispettivamente al *main channel* (alveo centrale) ed alle *floodplain* (aree golenali), *Q* rappresenta la portata, *g* l'accelerazione di gravità, *x* l'ascissa, *t* il tempo, *K* la *conveyance* (o fattore di trasporto) della sezione, *Z* la quota del pelo libero (somma della quota di fondo *z* e dell'altezza liquida *y*), *A* l'area liquida, *S_f* la pendenza della linea dell'energia.

HEC-RAS utilizza generalmente il modello completo delle equazioni di De Saint Venant. Nelle analisi in moto vario le tecniche di soluzione numerica delle equazioni del moto assumono un'importanza maggiore rispetto alle analisi a moto permanente. La soluzione numerica di tali equazioni in regime di corrente lenta è basata su un metodo alle differenze finite di tipo implicito a quattro punti, noto in letteratura come *box scheme*. Dalla discretizzazione alle differenze finite delle equazioni del moto applicate ad un tratto di corso d'acqua, e dall'applicazione delle condizioni al contorno, risulta un sistema lineare di *N* equazioni in *N* incognite, con *N* pari a 2 volte il numero di sezioni in cui è stato suddiviso il corso d'acqua meno le sezioni in cui sono state assegnate le condizioni al contorno. Tale sistema deve essere risolto ad ogni successivo istante di calcolo. Il sistema di equazioni lineari viene risolto con metodo iterativo, utilizzando l'algoritmo *skyline*, specificatamente pensato per la soluzione dei problemi di moto vario nelle reti a pelo libero.

Nel caso di corrente mista lenta o veloce HEC-RAS utilizza la tecnica *Local Partial Inertia* (LPI), mediante la quale si passa gradualmente dalla soluzione delle equazioni complete del moto alla soluzione del modello parabolico delle equazioni del moto vario. Il modello parabolico viene applicato dal programma soltanto nei tratti di corso d'acqua in cui si ha un numero di Froude maggiore di un valore soglia definibile dall'utente (generalmente si assume *Fr*=1, corrispondente al passaggio della corrente attraverso lo stato critico). Il modello matematico riesce così a garantire una buona stabilità di calcolo anche nei tratti interessati da corrente veloce o mista, pur mantenendo un'adeguata accuratezza di calcolo.

Per ulteriori dettagli sulle equazioni e gli algoritmi di calcolo si rimanda alla manualistica di HEC-RAS ed in particolare all'*Hydraulic Reference Manual*.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	Relazione dimensionamento attraversamenti idraulici secondari	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 26 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. A

6 VERIFICA ROGGIA VOLENZA KM 67+504 – IN02

Alla progressiva pk 34+498 km della linea esistente Alessandria-Piacenza, corrispondente alla pk 67+504 del quadruplicamento di progetto Milano-Genova, è presente un'intersezione tra il tracciato ferroviario esistente e il Reticolo Idrico Minore, nello specifico con la Roggia Volenza.

Lo stato di progetto prevede la realizzazione di ulteriori due binari in affiancamento a quelli esistenti.

Di seguito uno stralcio planimetrico con segnata l'ubicazione dell'interferenza in oggetto.

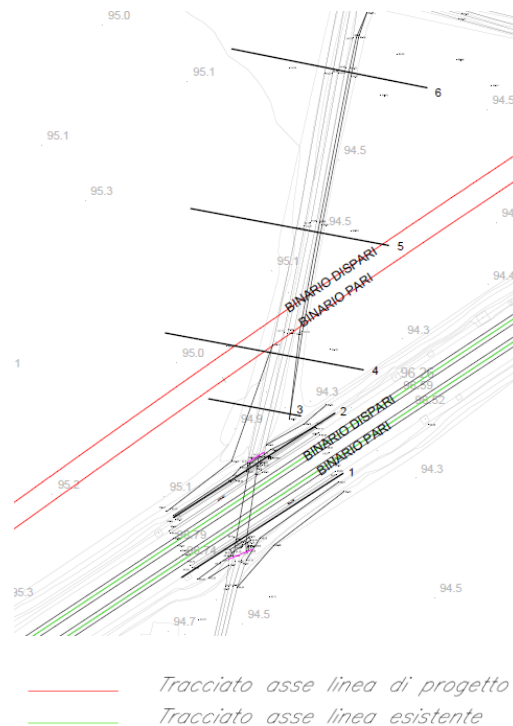



Figura 6.1: Inquadramento Roggia Volenza– Stralcio tavola IQ0100R26PZID0002001A

I manufatti di attraversamento della roggia attualmente alloggiati al di sotto della linea storica verranno mantenuti e non sono previsti interventi su di essi. È prevista invece la realizzazione di un tratto tombinato in continuità al tratto esistente.

Di seguito il profilo longitudinale delle opere citate.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	Relazione dimensionamento attraversamenti idraulici secondari	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 26 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. A

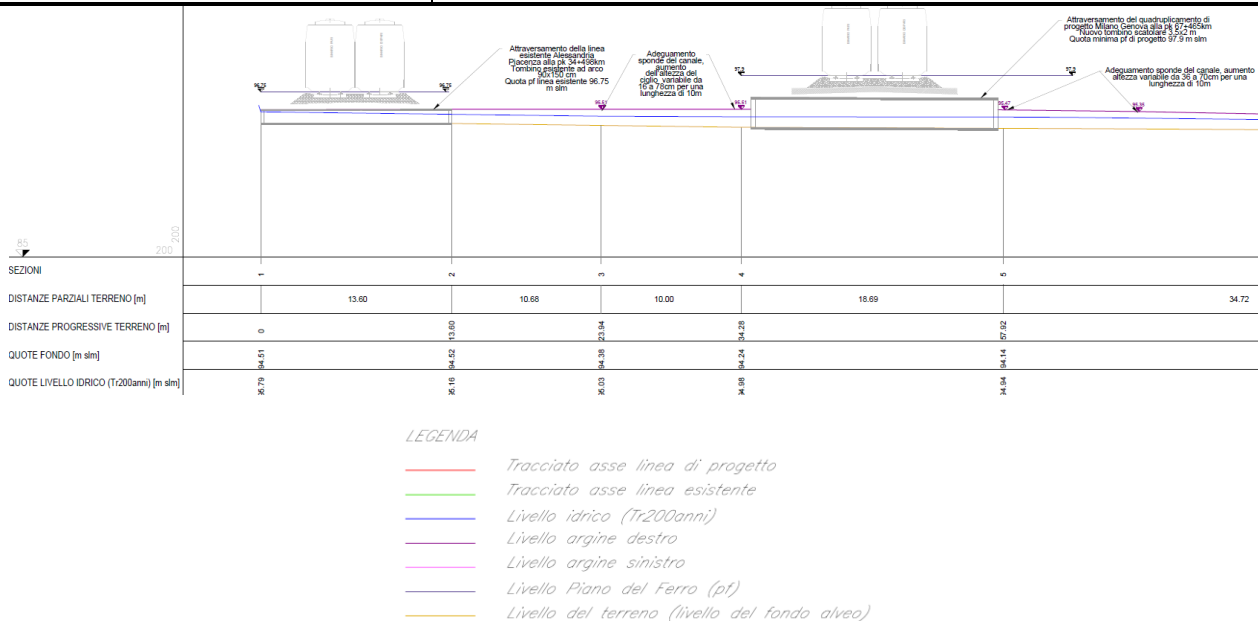


Figura 6.2: Profilo longitudinale Stato di Progetto - Roggia Volenza – Stralcio tavola IQ0100R26PZID0002001A

Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato *IN02-Planimetria/Sezioni/Profilo* codifica IQ0101R26PZID0002001A

L'obiettivo del presente paragrafo sarà quello di valutare la compatibilità delle opere idrauliche di progetto. A tale scopo è stato prima analizzato lo stato di fatto, inquadrando l'area e valutando il comportamento dei manufatti idraulici con un evento di piena con tempo di ritorno 200 anni in ipotesi di moto vario. Successivamente, nelle medesime ipotesi, sono stati simulati entrambi i tratti tominati valutando l'influenza delle nuove opere previste e verificando il corretto dimensionamento di quest'ultime.


Le simulazioni sono state condotte utilizzando HEC-RAS 6.0.0 Beta della U.S. Army Corps of Engineers (USACE). Si rimanda al paragrafo 5 per approfondimenti sui criteri di calcolo utilizzati nelle simulazioni.

6.1 INQUADRAMENTO AREA

L'attraversamento sulla Roggia Volenza si trova nel Comune di Voghera a circa 200 m a ovest della tangenziale di Voghera.

Il bacino imbrifero della roggia interessa una superficie di circa 4,65 kmq e presenta una pendenza media da Sud verso Nord di circa 0.026m/m.

Di seguito si evidenzia in rosso il bacino imbrifero della Roggia Volenza.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	Relazione dimensionamento attraversamenti idraulici secondari	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 26 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. A

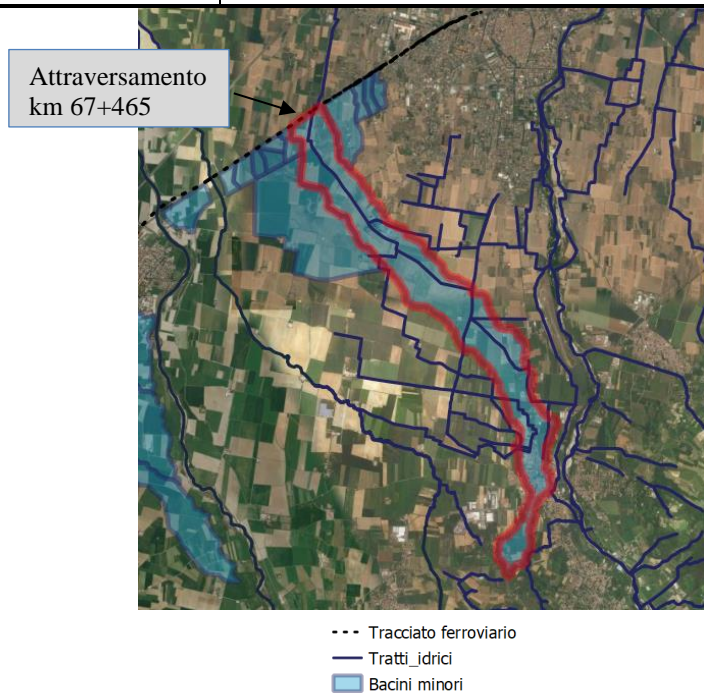



Figura 6.3: Inquadramento bacino Roggia Volenza – bacino in rosso

L'area di interesse è situata in un contesto agricolo, come è possibile notare dall'ortofoto di seguito riportata.



Figura 6.4: Inquadramento area di progetto – Roggia Volenza

La fotografia seguente è stata scattata in occasione del sopralluogo del 29 luglio 2020. È possibile notare l'elevata vegetazione esistente nell'intorno dell'area in oggetto e la non marcata sezione della roggia, che permetterebbe in caso di piena l'occupazione delle zone limitrofe.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	Relazione dimensionamento attraversamenti idraulici secondari	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 26 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. A

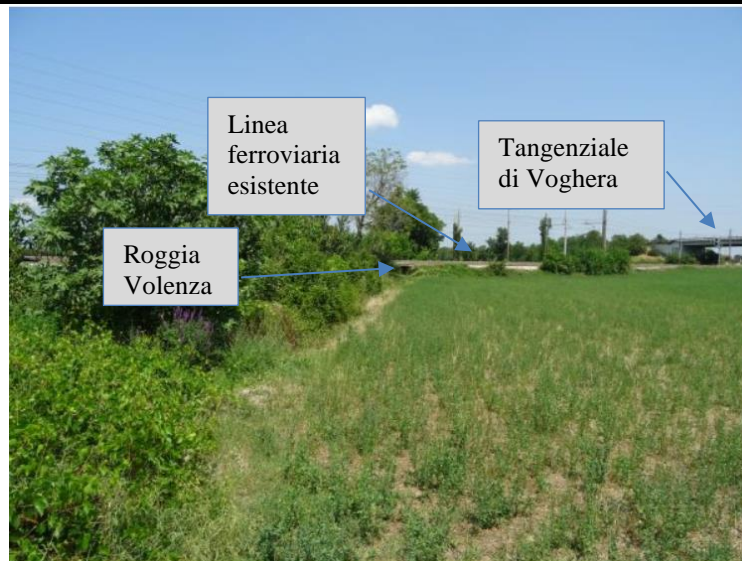


Figura 6.5: Panoramica Roggia Volenza

Dall'ortofoto riportata nella Figura 6.6 emerge che la roggia è fortemente influenzata dall'attività antropica. Oltre alle variazioni di direzioni con curvature molto pronunciate, sono riconoscibili diversi attraversamenti a monte e a valle del tratto oggetto di studio. Nell'arco di circa 800 m si individuano almeno 6 intersezioni con infrastrutture. A fini conservativi non sono stati considerati nelle simulazioni gli effetti di regolazione data dalle tombinature a monte dell'attraversamento di interesse.




Figura 6.6: Andamento Roggia Volenza – in nero il tracciato ferroviario in progetto

6.2 CONDIZIONI AL CONTORNO

Le condizioni di contorno impostate alla base di calcolo sono state a valle l'altezza normale e a monte a monte l'idrogramma di piena.

L'altezza normale è stata stimata dal programma a partire della pendenza, fissata pari a 0.5%.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	Relazione dimensionamento attraversamenti idraulici secondari	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 26 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. A

Come da indicazione delle NTC2018 e del manuale di progettazione di RFI l'evento alla base dei calcoli idraulici assunto è stato quello caratterizzato da un tempo di ritorno di 200 anni. I coefficienti della curva di possibilità pluviometrica di tipo monomia a 2 parametri sono stati quelli definiti nella relazione idrologica IQ0000F26RHID0001001A, ovvero pari a: 111.42 mm h^{-n} , $n: 0.260$. Lo ietogramma di progetto è stato quello di tipo Chicago, con durata di 23,79 ore, pari a circa tre volte il tempo di corrivazione posto pari a 5,9 ore (v. relazione IQ0000F26RHID0001001A). La posizione del picco dello ietogramma è stata posta pari a $r=0.4$, dove $r=0$ rappresenta l'inizio dell'evento e $r=1$ la fine. Le perdite idrologiche sono state stimate mediante il metodo percentuale considerando un coefficiente di deflusso medio ponderato pari a 0.41, dove tale coefficiente rappresenta la percentuale di pioggia efficace a produrre un deflusso in rapporto alla pioggia totale. La trasformazione dello ietogramma così depurato all'idrogramma di piena è avvenuta mediante l'applicazione dell'idrogramma unitario istantaneo (IUH). Nel presente studio è stato adottato lo IUH di corrivazione curva area tempi lineare, considerando un tempo di corrivazione pari a 5,9 ore.

Di seguito lo ietogramma e l'idrogramma utilizzato come condizione al contorno di monte, ottenuti con l'ausilio dell'applicativo URBIS Pro (CSDU - Centro Studi di Idraulica Urbana).

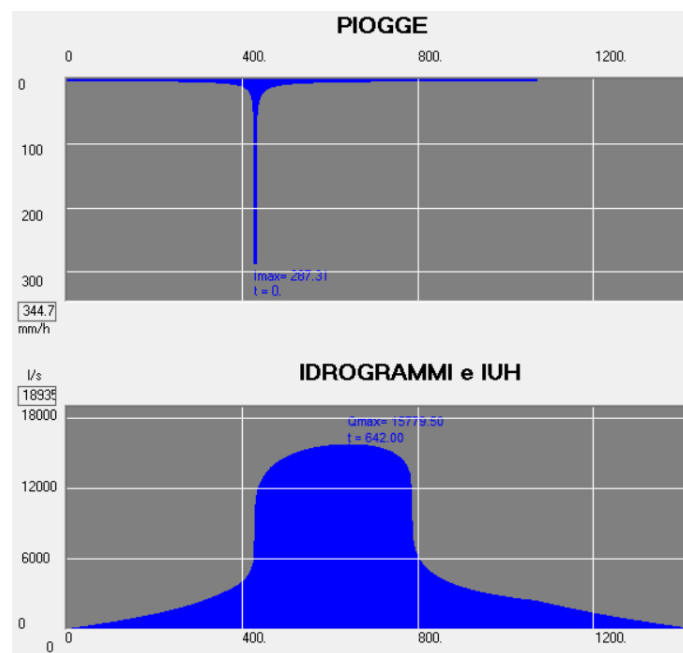



Figura 6.7: Ietogramma e idrogramma - Roggia Volenza

6.3 COEFFICIENTI DI SCABREZZA ADOTTATI

Per le sezioni trasversali sono state definite le condizioni di scabrezza facendo riferimento al coefficiente n di Manning.

La definizione del valore di n tiene conto del materiale di cui è composto l'alveo oltre che della forma della sezione e della presenza o meno di irregolarità o di vegetazione al fondo, sulle sponde e nelle aree golenali.

Per quanto riguarda l'alveo di magra è stato assunto, data la fitta presenza di vegetazione, un coefficiente pari a $0.03 \text{ s/m}^{1/3}$.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	Relazione dimensionamento attraversamenti idraulici secondari	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 26 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. A

Per le aree golenali è stato assunto invece un valore pari a $0.04 \text{ s/m}^{1/3}$.

Per gli attraversamenti in calcestruzzo è stato assunto un valore pari a $0.016 \text{ s/m}^{1/3}$ al fine di tenere conto dello stato attuale caratterizzato da depositi al fondo per quasi tutti gli attraversamenti.

6.4 ANALISI STATO DI FATTO

Il tratto oggetto di studio si estende per circa 240 m. La pendenza media è compresa tra 0.4% e 0.8%.

Il tombino esistente è a forma di arco con base 90 cm e altezza compresa tra 1,5 e 1,55m.

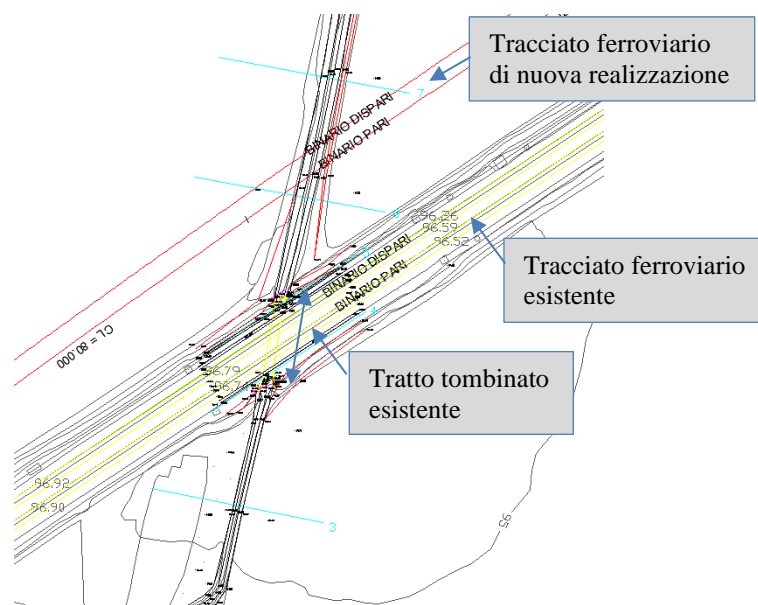


Figura 6.8: Principali dati altimerici – Roggia Volenza

La Figura 6.9 mostra l'ubicazione delle sezioni e degli elementi considerati nel modello HEC-RAS.

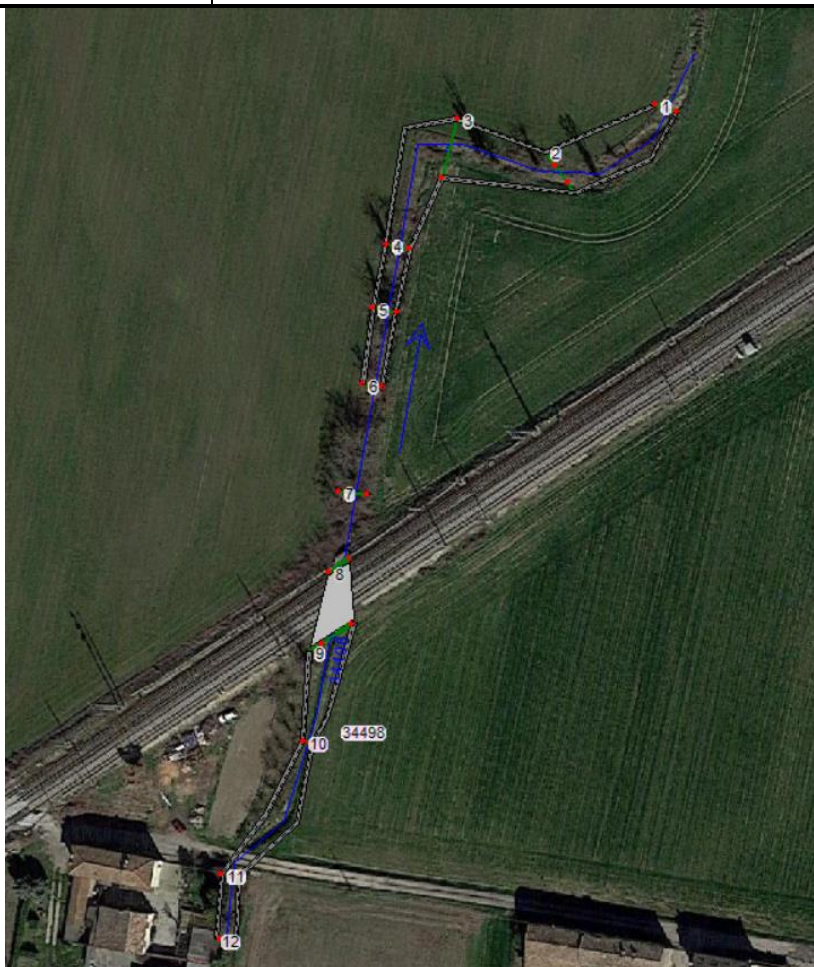


Figura 6.9: Ubicazione sezioni di calcolo usate in HEC-RAS – Roggia Volenza

Nelle simulazioni si è tenuto conto della perdita di portata dovuta alle dispersioni laterali della roggia, tramite sfioratori laterali.

Dai risultati di seguito riportati è emerso che il tombino esistente comporta un rigurgito a monte. L'innalzamento del pelo raggiunge la quota di 95,79 m slm, risultando inferiore dal piano di ferro della linea ferroviaria storica, posto a circa 96,75 m slm.

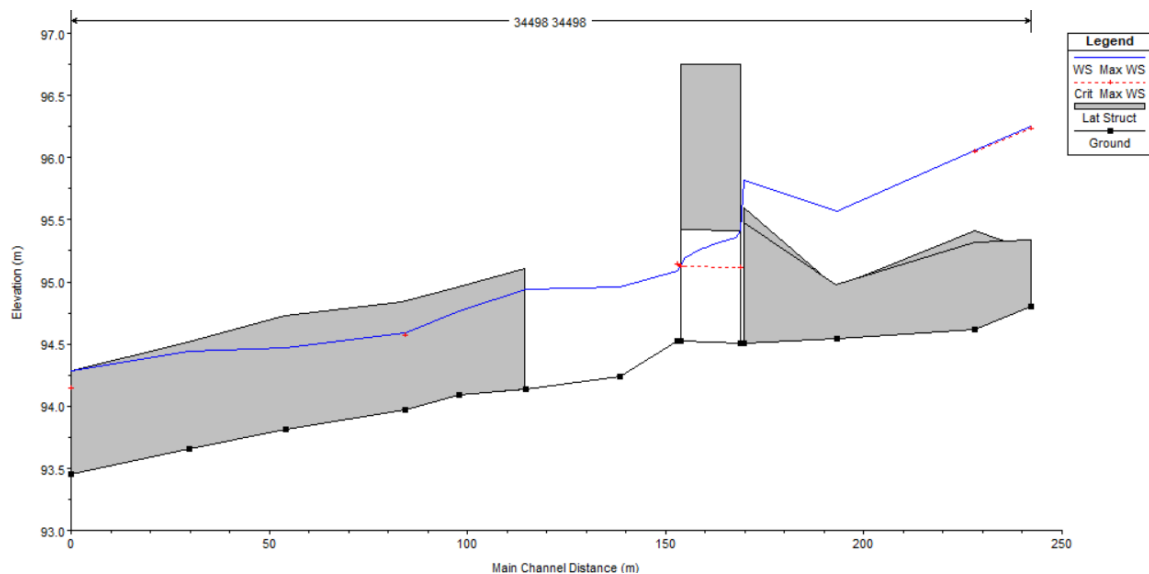
Di seguito si riportano i risultati ottenuti dall'analisi dello stato di fatto, dove:

- WS Max Ws: è il massimo livello idrico raggiunto
- Crit max WS: è il livello massimo dell'altezza critica raggiunto
- Lat Strut. è la struttura laterale inserita (gli sfioratori laterali)
- Qtotal (mc/s): è la portata afferente;
- Min Ch El (m) è la quota altimetrica del punto più basso della sezione;
- W.S Elev (m) è la quota del livello idrico;
- Crit. W. S. (m) è la quota dell'altezza idrica;
- E.G. Elev. (m) è la quota della linea dei carichi totale;

Relazione dimensionamento
attraversamenti idraulici secondari


COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 26 RI	ID 0002 002	A	29 di 55

- E.G. slope (m/m) è la pendenza della linea dei carichi totali;
- Vel. Chnl (m/s) è la velocità della corrente nella sezione.
- Flow Area (mq) è l'area bagnata;
- Top Width (m) è larghezza massima della sezione occupata dall'acqua;
- Froude Chl (-) è il numero di Froude.



Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
34498	12	Max WS	15.78	94.80	96.25	96.25	96.86	0.012110	3.54	4.81	3.98	1.01
34498	11.9	Lat Struct										
34498	11.4	Lat Struct										
34498	11	Max WS	11.16	94.62	96.05	96.02	96.60	0.014999	3.27	3.42	2.90	0.96
34498	10	Max WS	4.17	94.54	95.58		95.81	0.009147	2.12	1.97	2.21	0.72
34498	9	Max WS	2.30	94.51	95.79		95.85	0.000839	1.08	2.14	10.95	0.31
34498	8.4	Culvert										
34498	8	Max WS	2.30	94.52	95.08	95.14	95.43	0.015482	2.63	0.88	3.10	1.17
34498	7	Max WS	2.30	94.24	94.95		95.00	0.001696	0.89	2.58	3.72	0.34
34498	6	Max WS	2.29	94.14	94.93		94.96	0.001123	0.77	2.97	3.93	0.28
34498	5.5	Lat Struct										
34498	5.4	Lat Struct										
34498	5	Max WS	2.24	94.09	94.76		94.89	0.008806	1.61	1.39	3.42	0.81
34498	4	Max WS	2.24	93.97	94.58	94.56	94.76	0.012290	1.85	1.21	3.13	0.95
34498	3	Max WS	2.22	93.81	94.47		94.49	0.001969	0.70	3.19	9.63	0.39
34498	2	Max WS	1.60	93.66	94.44		94.47	0.001481	0.73	2.47	7.72	0.35
34498	1	Max WS	1.60	93.45	94.29	94.14	94.36	0.005690	1.25	1.28	3.15	0.63

Figura 6.10: Profilo di moto vario – Stato di Fatto – Roggia Volenza

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	Relazione dimensionamento attraversamenti idraulici secondari	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 26 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. A

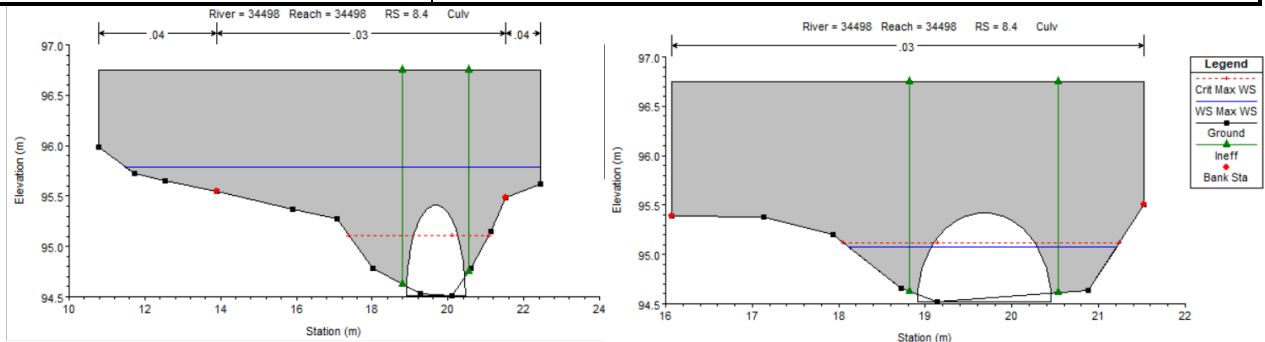


Figura 6.11: Sezione a monte (a destra) e a valle (a sinistra) dell'attraversamento esistente – Stato di Fatto

6.5 ANALISI STATO DI PROGETTO

Lo stato di progetto prevede la realizzazione di un tombino in continuazione a quello esistente.

Il nuovo tombino consisterebbe in uno scatolare in cls di dimensioni interne 3.50m x 2.00m e lunghezza 17m. La pendenza è stata fissata pari a 0.5%.

Tale manufatto seguirà una direzione il più possibile perpendicolare agli assi del tracciato di progetto, al fine di non compromettere la sicurezza statica della linea e del tombino stesso.

A tale scopo, sarà quindi adeguato il tratto della Roggia intercluso tra il tombino esistente e quello di progetto, oltre che al tratto a valle dell'attraversamento di progetto per un'estensione di circa 10m.

L'adeguamento del canale consiste in una modifica della direzione della roggia per ridurre l'inclinazione dell'attraversamento del nuovo tombino con gli assi ferroviari di progetto. L'attraversamento presenterà un'inclinazione compresa tra la normale e 25° rispetto alla normale degli assi della linea ferroviaria. In questa fase è stata assunta un'inclinazione di 11° rispetto alla normale. Inoltre, è previsto un innalzamento delle sponde del canale, affinché il tirante dato dalla portata di picco non superi il 70% di riempimento della sezione della Roggia.

L'innalzamento delle sponde ha previsto che entrambe quella destra e sinistra raggiungano lo stesso livello. L'aumento è variabile tra 16 e 78 cm. Di seguito si riportano degli stralci dall'elaborato *IN02 Planimetria/sezioni/profilo IQ0101R26PZID0002001A*, dove vengono mostrati gli interventi sul canale.

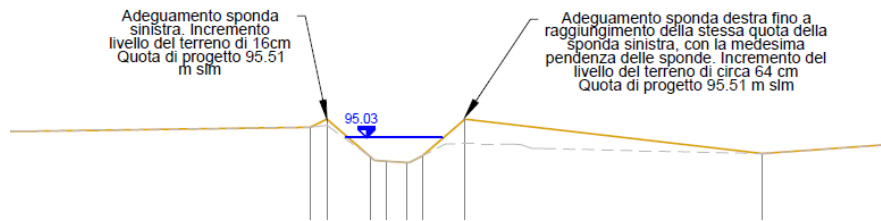
Relazione dimensionamento
attraversamenti idraulici secondari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 26 RI	ID 0002 002	A	31 di 55

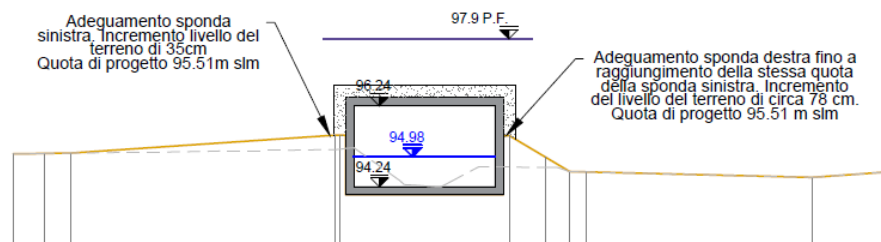
Profilo longitudinale del tratto della Roggia Volenza oggetto di adeguamento



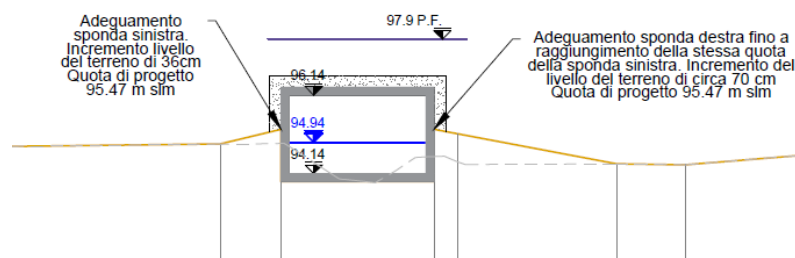
Sezione della Roggia Volenza nella zona interclusa tra i due tombini



Sezione immediatamente a monte del tombino di progetto




Sezione della Roggia Volenza a valle del tombino di progetto



— Livello del terreno (livello del fondo alveo)
- - - Livello del terreno ante-operam

Figura 6.12: Adeguamento canale Roggia Volenza – Stato di progetto

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	Relazione dimensionamento attraversamenti idraulici secondari	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 26 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. A

Di seguito si indica su ortofoto l'ubicazione dei vari elementi considerati per la verifica del dimensionamento del tombino di progetto.

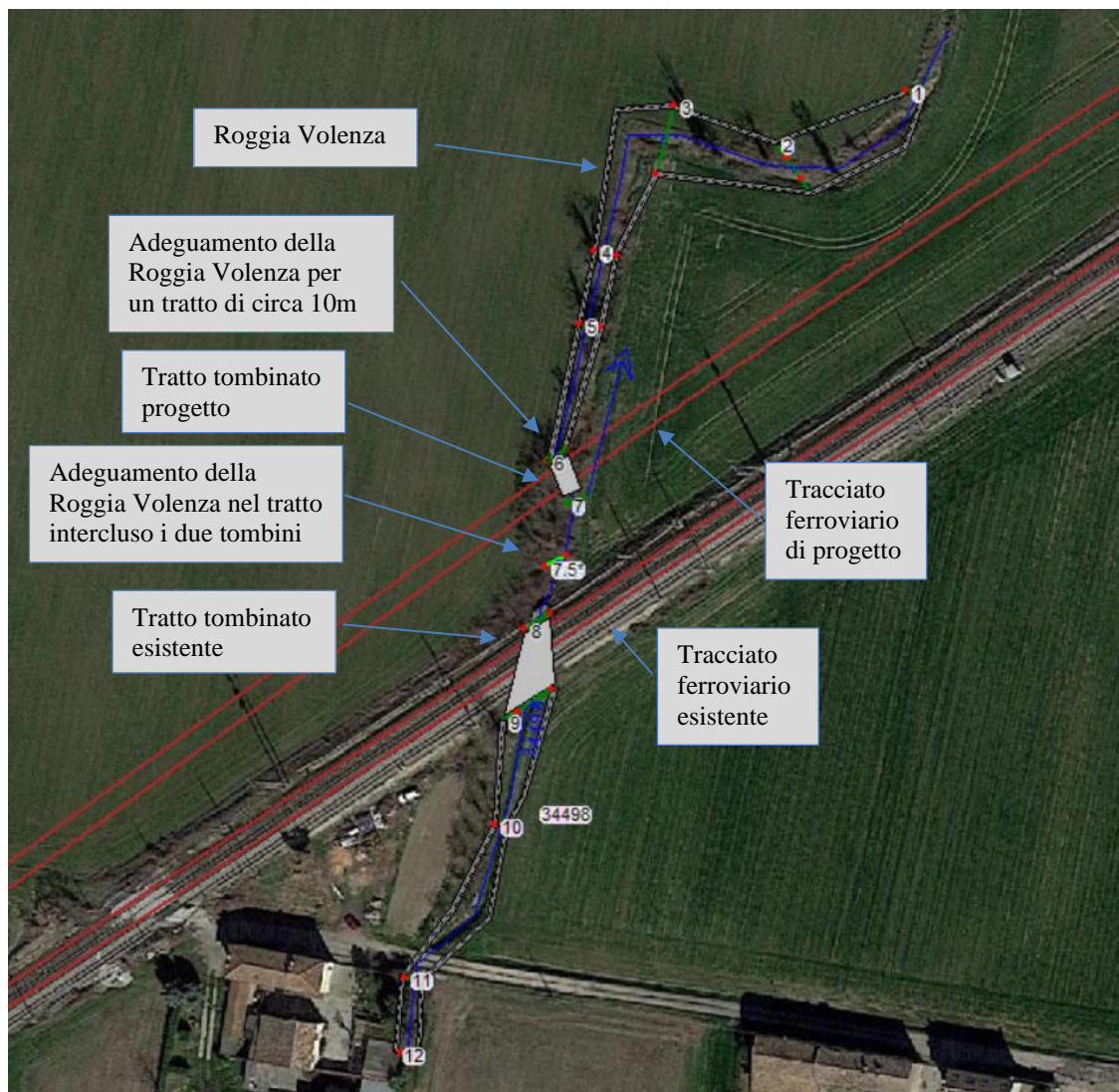



Figura 6.13: Stato di progetto – Ubicazione sezioni di calcolo usate in HEC-RAS

Il coefficiente di Manning fissato per lo scolare è stato pari a $0.0016 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$.

I dati geometrici delle sezioni e le condizioni al contorno nelle simulazioni dello stato di progetto sono stati i medesimi di quelli assunti nello stato di fatto.

La verifica è avvenuta tenendo conto dei seguenti vincoli di progetto:

- Tirante massimo all'interno del tombino e livello raggiunto dal pelo libero a monte della sezione dell'attraversamento non superiore ai $2/3$ dell'altezza della sezione utile al deflusso (NTC 2018);
- Verifica riempimento non superiore al 70% (Manuale di progettazione di RFI);
- La velocità minima di moto uniforme non inferiore a $0,5 \text{ m/s}$, al fine di evitare il deposito di sedimenti sul fondo;

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	Relazione dimensionamento attraversamenti idraulici secondari	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 26 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. A

- La velocità massima di moto uniforme non superiore a 4 m/s al fine di contenere i fenomeni di abrasione (Circolare n. 11633 del 07.01.1974 del Ministero dei Lavori Pubblici).

Dai risultati ottenuti è emerso che in seguito all'inserimento dello scatolare di progetto, il livello idrico a monte dell'attraversamento ad arco esistente raggiungerebbe la quota di 94.79 m slm, mantenendo quindi lo stesso livello rispetto lo scenario ante-operam.

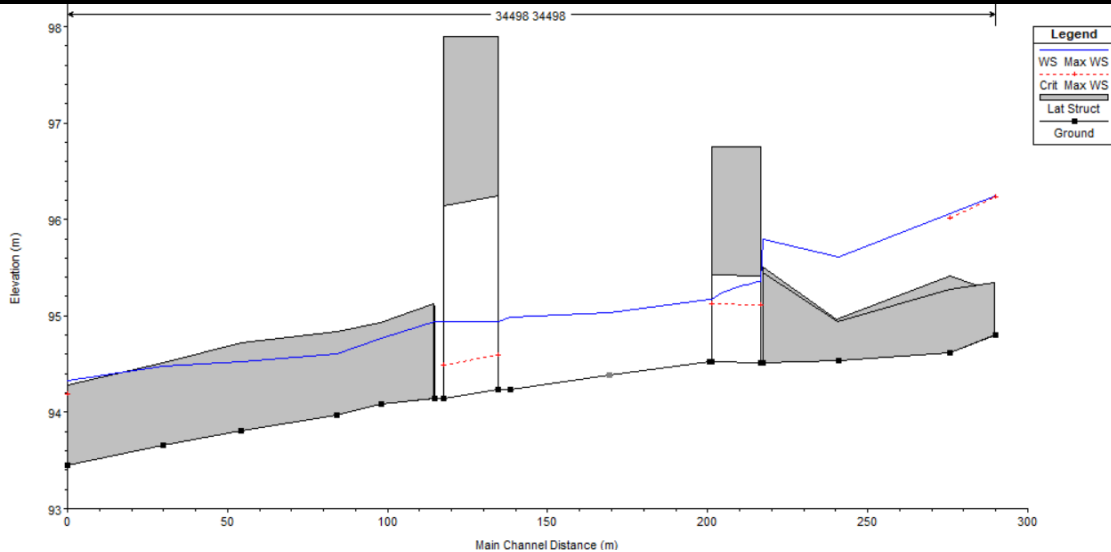
Il livello idrico all'interno dello scatolare raggiunge l'altezza di 80 cm, corrispondente a un grado di riempimento pari a circa al 40%.

A seguire si riportano il profilo longitudinale da valle verso monte e i principali risultati, dove:

- WS Max Ws: è il massimo livello idrico raggiunto
- Crit max WS: è il livello massimo dell'altezza critica raggiunto
- Lat Strut. è la struttura laterale inserita (gli sfioratori laterali)
- Ground: è il livello del terreno
- Qtotal (mc/s): è la portata afferente;
- Min Ch El (m) è la quota altimetrica del punto più basso della sezione;
- W.S Elev (m) è la quota del livello idrico;
- Crit. W. S. (m) è la quota dell'altezza idrica;
- E.G. Elev. (m) è la quota della linea dei carichi totale;
- E.G. slope (m/m) è la pendenza della linea dei carichi totali;
- Vel. Chnl (m/s) è la velocità della corrente nella sezione.
- Flow Area (mq) è l'area bagnata;
- Top Width (m) è larghezza massima della sezione occupata dall'acqua;
- Froude Chl (-) è il numero di Froude.

Relazione dimensionamento
attraversamenti idraulici secondari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 26 RI	ID 0002 002	A	34 di 55



Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
34498	12	Max WS	15.78	94.80	96.25	96.23	96.84	0.011776	3.48	4.80	3.98	0.99
34498	11.9	Lat Struct										
34498	11.4	Lat Struct										
34498	11	Max WS	11.14	94.62	96.06	96.02	96.60	0.014859	3.25	3.42	2.90	0.96
34498	10	Max WS	3.66	94.54	95.61	95.78	95.78	0.006389	1.79	2.04	2.21	0.59
34498	9	Max WS	2.31	94.51	95.79	95.85	95.85	0.000832	1.07	2.15	10.97	0.31
34498	8.4	Culvert										
34498	8	Max WS	2.27	94.52	95.17	95.42	95.42	0.008772	2.20	1.03	3.30	0.91
34498	7.5*	Max WS	2.31	94.38	95.03	95.11	95.11	0.004164	1.25	1.84	3.68	0.57
34498	7	Max WS	2.30	94.24	94.98	95.02	95.02	0.001430	0.86	2.69	3.73	0.32
34498	6.4	Culvert										
34498	6	Max WS	2.30	94.14	94.94	94.97	94.97	0.000836	0.78	2.94	3.94	0.28
34498	5.5	Lat Struct										
34498	5.4	Lat Struct										
34498	5	Max WS	2.29	94.09	94.77	94.90	94.90	0.008852	1.62	1.42	3.48	0.81
34498	4	Max WS	2.29	93.97	94.61	94.77	94.77	0.010846	1.77	1.29	3.22	0.89
34498	3	Max WS	2.28	93.81	94.53	94.55	94.55	0.001270	0.60	3.82	10.46	0.32
34498	2	Max WS	2.15	93.66	94.47	94.51	94.51	0.002081	0.89	2.73	7.81	0.41
34498	1	Max WS	1.86	93.45	94.33	94.19	94.42	0.005691	1.31	1.41	3.15	0.63

Figura 6.14: Profilo di moto vario – Stato di progetto

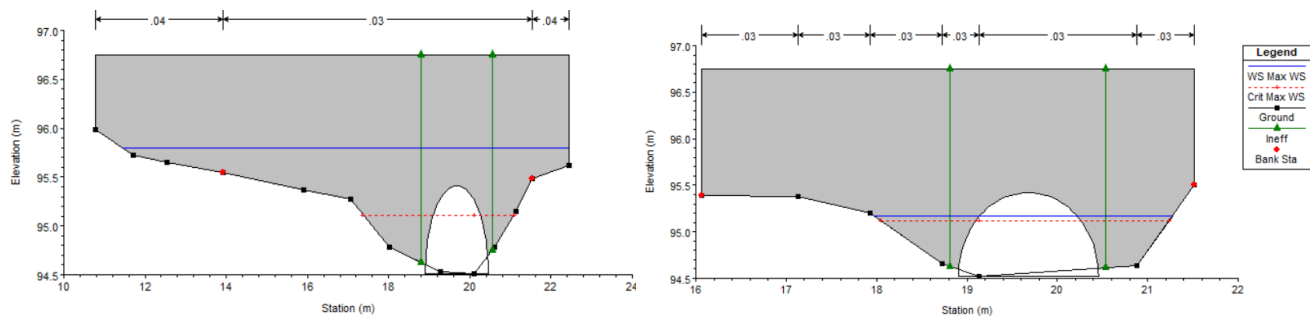


Figura 6.15: Sezione a monte (a destra) e a valle (a sinistra) dell'attraversamento esistente – Stato di Progetto

**Relazione dimensionamento
attraversamenti idraulici secondari**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 26 RI	ID 0002 002	A	35 di 55

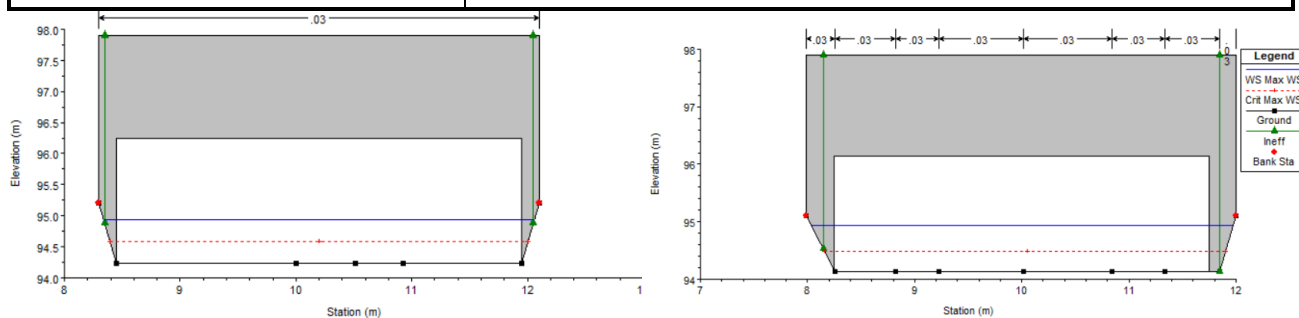
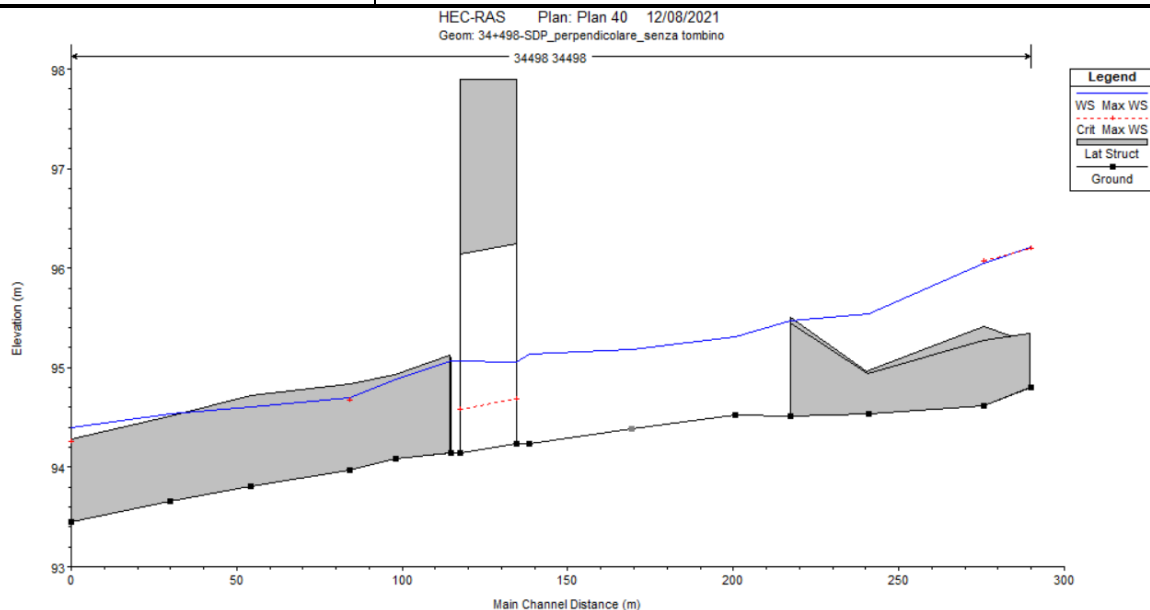


Figura 6.16: Sezione a monte (a destra) e a valle (a sinistra) dell'attraversamento di progetto – Stato di Progetto

Come è possibile notare dalla Figura 6.10, la portata in ingresso al tombino di progetto risulta fortemente influenzata dal tombino esistente di monte, infatti questo permette il transito di una portata minore rispetto a quella di piena stimata per il bacino imbrifero, pari a 15,8 mc/s. Al fine di tener conto di eventuali future sistemazioni a monte del tombino di progetto, è stata effettuata un'ulteriore simulazione senza considerare l'effetto di ostruzione del tombino di monte.

Dai risultati ottenuti, e riportati nella figura successiva, il livello del pelo libero a monte del tombino risulta pari a 95.13 m slm risultando quindi inferiore al piano del ferro, inoltre il tirante nel tombino è 0.92m, inferiore a 2/3 della sezione utile, quest'ultima pari a 2 m.



Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
34498	12	Max WS	15.04	94.80	96.21	96.19	96.78	0.011599	3.41	4.66	3.98	0.99
34498	11.9	Lat Struct										
34498	11.4	Lat Struct										
34498	11	Max WS	11.81	94.62	96.04	96.07	96.66	0.017228	3.49	3.38	2.90	1.03
34498	10	Max WS	4.26	94.54	95.54		95.80	0.010657	2.25	1.89	2.21	0.78
34498	9	Max WS	3.63	94.51	95.47		95.54	0.003296	1.12	3.24	6.78	0.52
34498	8	Max WS	3.37	94.52	95.31		95.45	0.006649	1.62	2.08	3.95	0.72
34498	7.5*	Max WS	3.30	94.38	95.18		95.27	0.004062	1.37	2.42	4.13	0.57
34498	7	Max WS	3.26	94.24	95.13		95.19	0.001537	1.00	3.24	3.78	0.34
34498	6.4	Culvert										
34498	6	Max WS	3.26	94.14	95.06		95.11	0.001034	0.96	3.39	3.99	0.32
34498	5.5	Lat Struct										
34498	5.4	Lat Struct										
34498	5	Max WS	3.23	94.09	94.88		95.04	0.008959	1.75	1.85	4.05	0.83
34498	4	Max WS	3.22	93.97	94.70	94.68	94.90	0.011976	2.01	1.60	3.56	0.96
34498	3	Max WS	3.21	93.81	94.60		94.63	0.001504	0.70	4.62	11.48	0.35
34498	2	Max WS	2.94	93.66	94.54		94.59	0.002503	1.04	3.23	7.98	0.46
34498	1	Max WS	2.31	93.45	94.40	94.26	94.50	0.005688	1.41	1.63	3.15	0.63

Figura 6.17: Profilo di moto vario – Stato di progetto senza considerare il tombino esistente

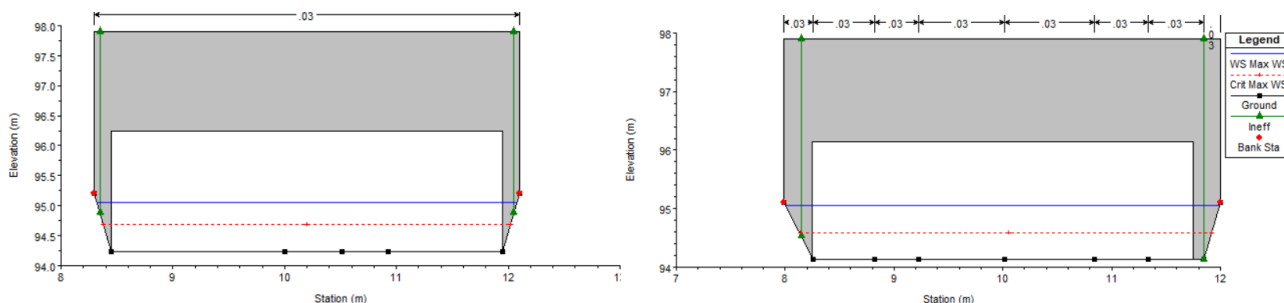



Figura 6.18: Profilo di moto vario – Tombino di progetto - Stato di progetto senza considerare il tombino esistente

Come per il tombino di progetto, anche il canale della Roggia Volenza è stato verificato considerando i livelli di pelo libero ottenuti nello scenario dello stato di progetto sia in presenza che in assenza del tombino esistente di monte.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	Relazione dimensionamento attraversamenti idraulici secondari	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 26 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. A

Di seguito si riportano le quote di fondo, del livello massimo delle sponde e i livelli di riempimenti in entrambi gli scenari per le sezioni della roggia estratte dall'elaborato grafico IQ0101R26PZID0002001A.

Dai risultati emerge che i livelli di riempimento non superano il 70% nello scenario più gravoso.

Ubicazione sezione di verifica	Quota fondo	Quota sponda	Stato di progetto - considerando il tombino di monte esistente		Stato di progetto - senza considerare il tombino di monte esistente	
			Livello pelo libero	Livello di riempimento	Livello pelo libero	Livello di riempimento
	m slm	m slm	m slm	%	m slm	%
Zona interclusa tra il tombino esistente e quello di progetto (rif.sez.3)	94.38	95.51	95.03	58%	95.18	70%
Zona immediatamente a monte del tombino di progetto (rif. Sez.4)	94.24	95.51	94.98	58%	95.13	70%
Zona a valle del tombino di progetto (rif. Sez. 5)	94.14	95.47	94.94	60%	95.06	69%

Tabella 6.1: Verifica adeguamento canale Roggia Volenza

6.6 ANALISI STATO DI PROGETTO CONSIDERANDO GLI EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI

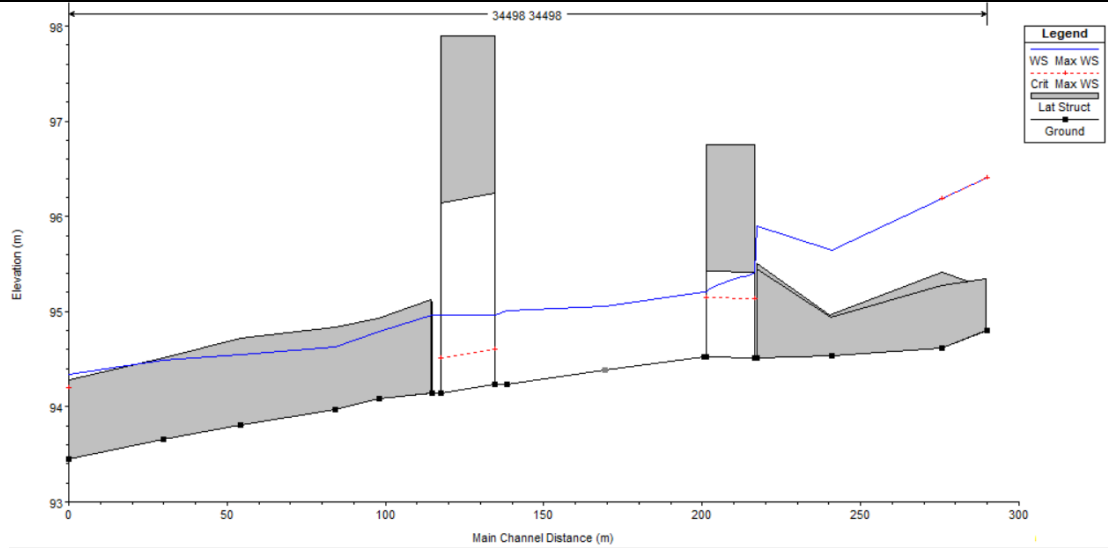
Come già introdotto nel paragrafo 5 della *Relazione idrologica bacini minori e piattaforma*, la verifica del dimensionamento dell'attraversamento della Roggia Volenza è stata effettuata considerando anche gli effetti dei cambiamenti climatici.

Secondo le valutazioni effettuate, e riportate nel suddetto documento, la variazione massima prevista per il trentennio 2061-2090 corrisponderebbe ad un incremento della precipitazione massima giornaliera del 23% circa considerando il modello meteo climatico CMCC-CCLM4 e media ad un incremento del 16% circa considerando il modello Ensemble mean.

Di seguito si riportano i profili di pelo libero ottenuti incrementando del 23% la portata di picco stimata nello scenario di progetto, dove si prevede l'esistenza di entrambi i tombini esistente e di progetto.

Il livello immediatamente a monte del tombino di progetto raggiunge la quota di 95.01 m slm, mentre il tirante all'interno del manufatto di progetto la quota di 83m, corrispondente a un livello di riempimento del 41.5%.

Sulla base dei risultati ottenuti, si considera ancora verificata l'opera di progetto.



Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
34498	12	Max WS	19.41	94.80	96.40	96.41	97.10	0.012655	3.81	5.41	3.98	1.03
34498	11.9	Lat Struct										
34498	11.4	Lat Struct										
34498	11	Max WS	13.66	94.62	96.19	96.19	96.85	0.016758	3.58	3.82	2.90	1.00
34498	10	Max WS	5.10	94.54	95.64		95.94	0.011561	2.43	2.10	2.21	0.80
34498	9	Max WS	2.46	94.51	95.89		95.95	0.000723	1.06	2.33	11.32	0.29
34498	8.4	Culvert										
34498	8	Max WS	2.39	94.52	95.21		95.45	0.007796	2.17	1.10	3.42	0.87
34498	7.5*	Max WS	2.47	94.38	95.06		95.14	0.004069	1.27	1.95	3.76	0.56
34498	7	Max WS	2.46	94.24	95.01		95.05	0.001430	0.88	2.80	3.74	0.32
34498	6.4	Culvert										
34498	6	Max WS	2.46	94.14	94.97		95.00	0.000859	0.81	3.03	3.95	0.29
34498	5.5	Lat Struct										
34498	5.4	Lat Struct										
34498	5	Max WS	2.45	94.09	94.79		94.93	0.008867	1.63	1.51	3.68	0.81
34498	4	Max WS	2.45	93.97	94.62		94.79	0.011168	1.82	1.34	3.28	0.91
34498	3	Max WS	2.45	93.81	94.54		94.56	0.001311	0.62	3.97	10.65	0.32
34498	2	Max WS	2.29	93.66	94.49		94.53	0.002153	0.92	2.83	7.84	0.42
34498	1	Max WS	1.94	93.45	94.34	94.20	94.43	0.005692	1.33	1.46	3.15	0.63

Figura 6.19: Profilo di moto vario - Tombino di progetto - Stato di progetto considerando i cambiamenti climatici

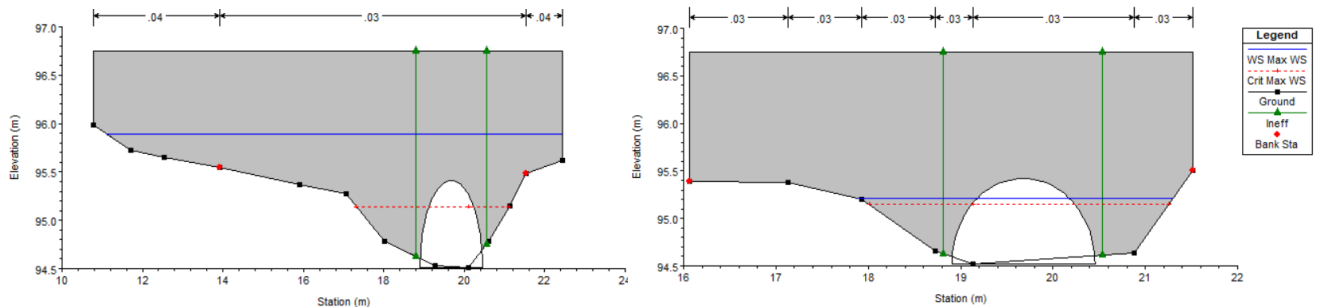


Figura 6.20: Sezione a monte (a destra) e a valle (a sinistra) dell'attraversamento esistente - Stato di progetto con cambiamenti climatici

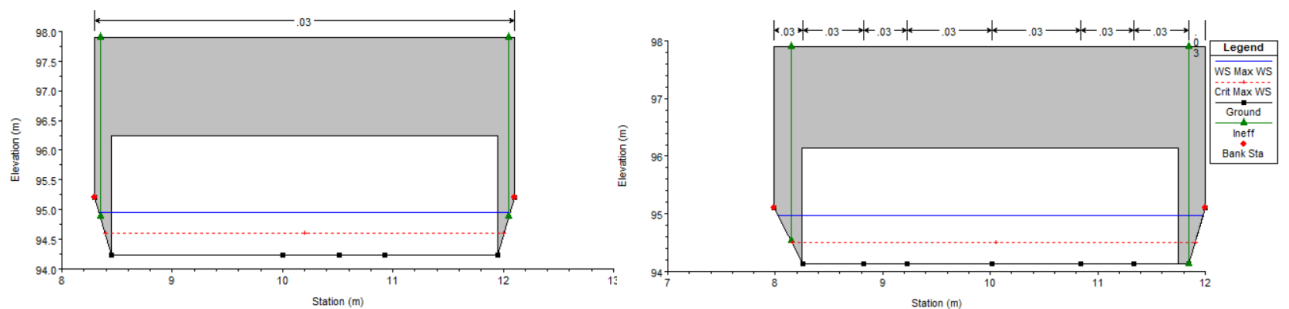



Figura 6.21: Sezione a monte (a destra) e a valle (a sinistra) dell'attraversamento di progetto - Stato di Progetto

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	Relazione dimensionamento attraversamenti idraulici secondari	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 26 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. A

7 VERIFICA FORNICE DI TRASPARENZA KM 62+472 – IN58

Alla progressiva pk 29+522 km della linea esistente Alessandria-Piacenza, corrispondente alla pk 62+472 del quadruplicamento di progetto Milano-Genova, è presente un'intersezione tra il tracciato ferroviario esistente e un fornice di trasparenza.

Lo stato di progetto prevede la realizzazione di ulteriori due binari in affiancamento a quelli esistenti.

Al fine di garantire la continuità funzionale del fornice attuale, è prevista la realizzazione un tratto tombinato a continuazione di quello esistente.

L'obiettivo del presente paragrafo sarà quello di valutare la compatibilità delle opere idrauliche di progetto. A tale scopo è stato prima analizzato lo stato di fatto, inquadrando l'area e valutando il comportamento dei manufatti idraulici con un evento di piena con tempo di ritorno 200 anni in ipotesi di moto vario. Successivamente, nelle medesime ipotesi, sono stati simulati entrambi i tratti tombinati valutando l'influenza delle nuove opere previste e verificando il corretto dimensionamento di quest'ultime.

Infine, con l'obiettivo di verificare la validità delle assunzioni di moto permanente alla base delle verifiche degli altri fornici di trasparenza, sono stati confrontati i risultati ottenuti da entrambe le simulazioni in condizioni di moto vario e di moto permanente.

7.1 INQUADRAMENTO AREA

L'attraversamento con il fornice di trasparenza in oggetto si trova nel Comune di Pontecurone.

Il bacino imbrifero interessa una superficie di circa di 10 ha e presenta una pendenza media di circa 2.2%.

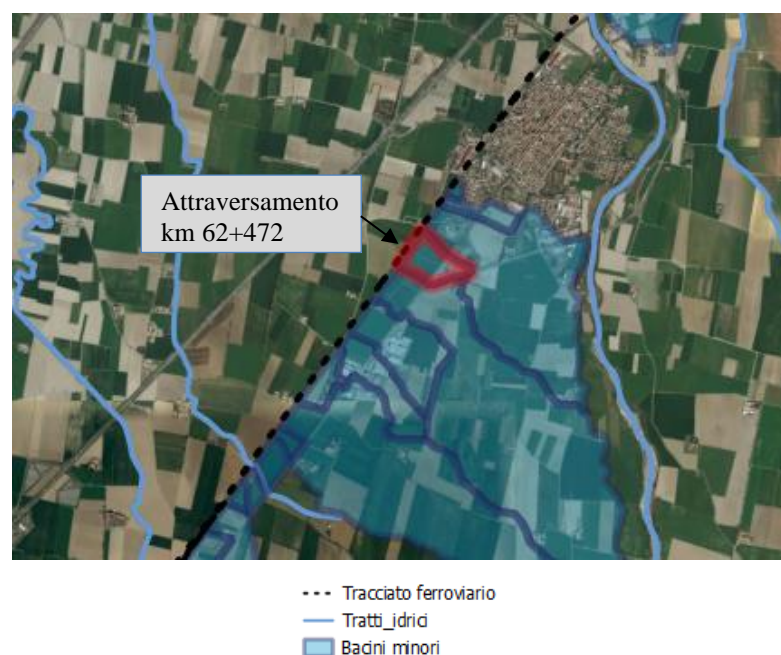



Figura 7.1: Inquadramento bacino Fornici di trasparenza km62+472– bacino imbrifero in rosso

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	Relazione dimensionamento attraversamenti idraulici secondari	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 26 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. A

Le abitazioni più prossime al tratto studiato si trovano distanti circa 70 m. Il fornice è circondato da campi coltivati che si estendono fino al solco di drenaggio. Il tratto è rettilineo e non si individuano ulteriori intersezioni con il suo percorso.



Figura 7.2: Inquadramento area di progetto – km 62+472

7.2 CONDIZIONI AL CONTORNO

Le condizioni di contorno impostate alla base di calcolo sono state a valle l'altezza normale e a monte l'idrogramma di piena.

L'altezza normale è stata calcolata dal programma a partire delle pendenze, quest'ultima fissata pari a 0.4%.

Come per la simulazione effettuata sulla Roggia Volenza, l'evento alla base dei calcoli idraulici è stato quello caratterizzato da un tempo di ritorno di 200 anni. I coefficienti della curva di possibilità pluviometrica di tipo monomia a 2 parametri sono stati quelli definiti nella relazione idrologica IQ0000F26RHID0001001A, ovvero a 124.74 mm h^{-n} , $n: 0.25$. Lo ietogramma di progetto è stato quello di tipo Chicago, con durata di 24 ore, mentre il tempo di corrivazione è stato fissato pari a 0,8 ore. La posizione del picco dello ietogramma è stata posta pari a $r=0.4$, dove $r=0$ rappresenta l'inizio dell'evento e $r=1$ la fine. Le perdite idrologiche sono state stimate mediante il metodo percentuale considerando un coefficiente di deflusso medio ponderato pari a 0.28. La trasformazione dello ietogramma depurato all'idrogramma di piena è avvenuta mediante l'applicazione dell'idrogramma unitario istantaneo (IUH). Nel presente studio è stato adottato lo IUH di corrivazione curva area tempi lineare. L'intensità massima di pioggia così ottenuta è risultata pari a 225,19 mm/h, mentre la portata di picco pari a 1,13 mc/s.

Di seguito lo ietogramma e l'idrogramma utilizzato come condizione al contorno di monte, ottenuti con l'ausilio dell'applicativo URBIS Pro (CSDU - Centro Studi di Idraulica Urbana).

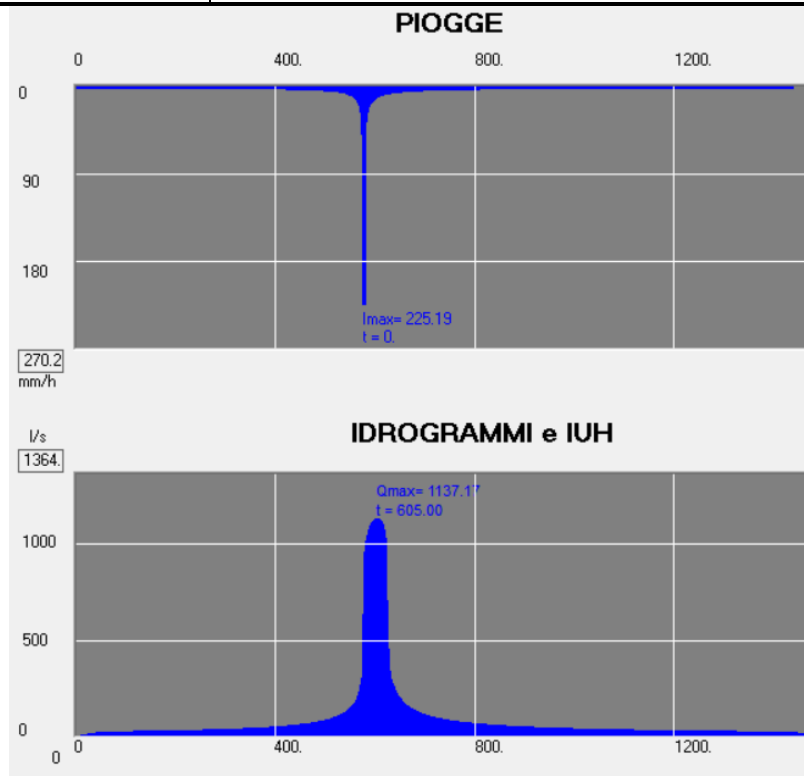


Figura 7.3: Ietogramma e idrogramma – km29+522

7.3 COEFFICIENTI DI SCABREZZA ADOTTATI

Per le sezioni trasversali sono state definite le condizioni di scabrezza facendo riferimento al coefficiente n di Manning.

La definizione del valore di n tiene conto del materiale di cui è composto l'alveo oltre che della forma della sezione e della presenza o meno di irregolarità o di vegetazione al fondo, sulle sponde e nelle aree golenali.


Per quanto riguarda l'alveo di magra è stato assunto, data la fitta presenza di vegetazione, un coefficiente pari a $0.004 \text{ s/m}^{1/3}$.

Per le aree golenali è stato assunto invece un valore pari a $0.05 \text{ s/m}^{1/3}$.

Per gli attraversamenti in calcestruzzo è stato assunto un valore pari a $0.016 \text{ s/m}^{1/3}$ al fine di tenere conto dello stato attuale caratterizzato da depositi al fondo per quasi tutti gli attraversamenti.

7.4 ANALISI STATO DI FATTO

Il tratto studiato si estende per circa 55 m e presenta una pendenza media di circa 0.2% con direzione da SE verso NO.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	Relazione dimensionamento attraversamenti idraulici secondari	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 26 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. A

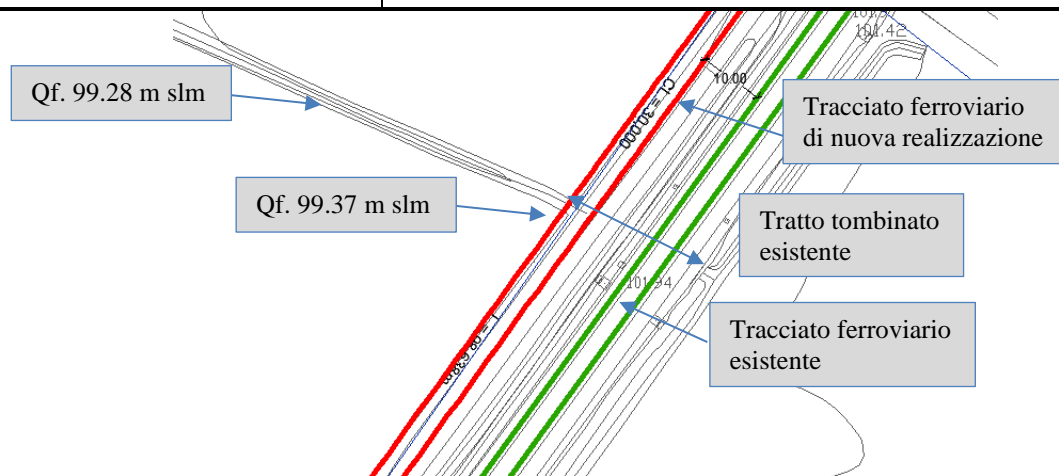


Figura 7.4: Principali dati altimetrici – Progressiva km 62+472

Il tratto tombinato esistente è a forma di arco di dimensioni interne di 30 cm ed è lungo circa 20 m.

La Figura 6.9 mostra l'ubicazione delle sezioni e degli elementi considerati nel modello HEC-RAS.

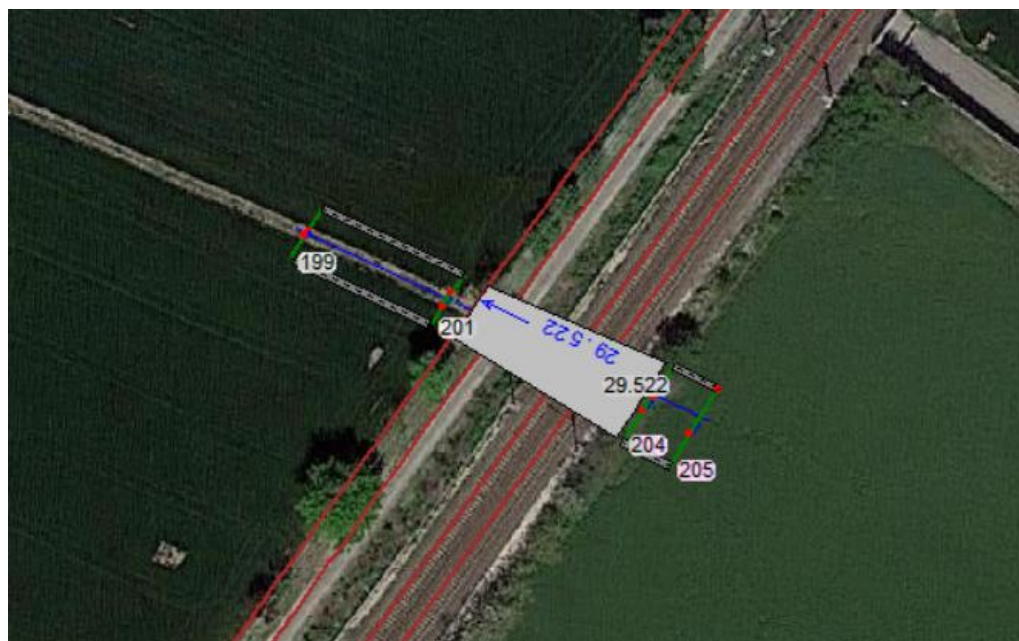


Figura 7.5: Ubicazione sezioni di calcolo usate in HEC-RAS – km 62+472

Nelle simulazioni si è tenuto conto della perdita di portata dovuta alle dispersioni laterali del solco.

Sono state inserite “strutture laterale”, ovvero elementi che HEC-RAS permette di inserire al fine di simulare sfioratori laterali. Questi elementi sono stati inseriti lungo tutto il tratto studiato.

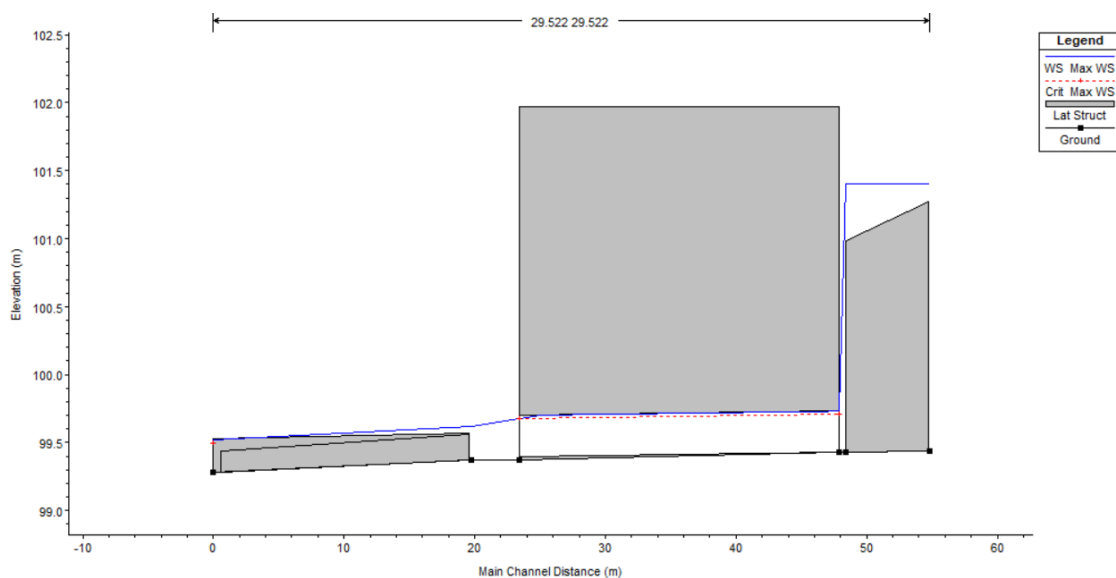
Dai risultati di seguito riportati è emerso che il tombino esistente in caso di evento meteorico di progetto funziona in pressione, comportando un rigurgito a monte. Il livello massimo raggiunto a monte del tombino esistente raggiunge la quota di 101.40 m slm.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti dall'analisi dello stato di fatto, dove:

Relazione dimensionamento
attraversamenti idraulici secondari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 26 RI	ID 0002 002	A	43 di 55

- WS Max Ws: è il massimo livello idrico raggiunto
- Crit max WS: è il livello massimo dell'altezza critica raggiunto
- Lat Strut. è la struttura laterale inserita (gli sfioratori laterali)
- Qtotal (mc/s): è la portata afferente;
- Min Ch El (m) è la quota altimetrica del punto più basso della sezione;
- W.S Elev (m) è la quota del livello idrico;
- Crit. W. S. (m) è la quota dell'altezza idrica;
- E.G. Elev. (m) è la quota della linea dei carichi totale;
- E.G. slope (m/m) è la pendenza della linea dei carichi totali;
- Vel. Chnl (m/s) è la velocità della corrente nella sezione.
- Flow Area (mq) è l'area bagnata;
- Top Width (m) è larghezza massima della sezione occupata dall'acqua;
- Froude Chl (-) è il numero di Froude.



Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
29.522	205	Max WS	1.14	99.44	101.40		101.40	0.000178	0.21	5.80	11.30	0.08
29.522	204.5	Lat Struct										
29.522	204.4	Lat Struct										
29.522	204	Max WS	0.17	99.43	101.40		101.41	0.000020	0.17	0.99	11.34	0.04
29.522	202.4	Culvert										
29.522	201	Max WS	0.17	99.37	99.62		99.71	0.018010	1.34	0.13	7.64	0.85
29.522	200.4	Lat Struct										
29.522	200	Lat Struct										
29.522	199	Max WS	0.08	99.28	99.52	99.50	99.53	0.008419	0.55	0.20	3.24	0.47

Figura 7.6: Profilo di moto vario – Stato di Fatto – km 62+472

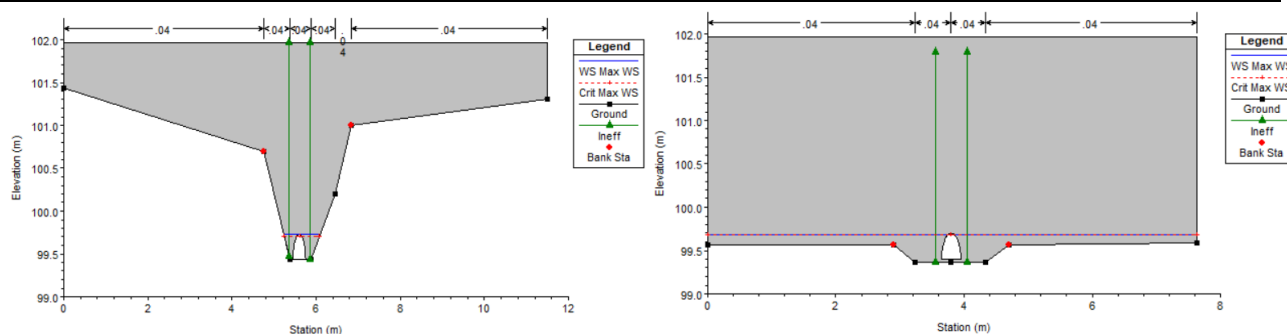


Figura 7.7: Sezione a monte (a destra) e a valle (a sinistra) del fornice di trasparenza esistente – Stato di Fatto – km 62+472

7.5 ANALISI STATO DI PROGETTO

Lo stato di progetto prevede la realizzazione di un fornice di trasparenza in continuazione a quello esistente. Il nuovo tratto si estenderebbe per circa 10 m.

Il manufatto idraulico consisterebbe in un tombino circolare in cls di dimensioni interne 1.5m. La pendenza è stata fissata pari a 0.2%.

Il coefficiente di Manning fissato per lo scatolare è stato pari a $0.0016 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$.

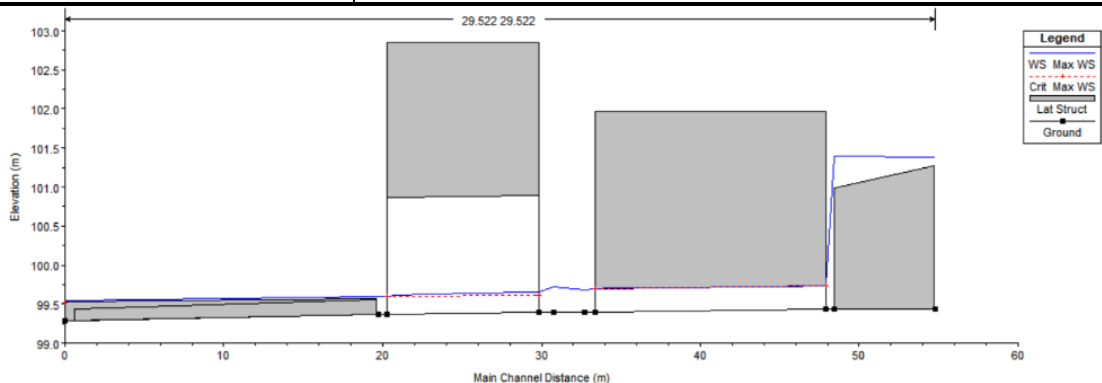
La verifica è avvenuta tenendo conto dei seguenti vincoli di progetto:

- Tirante massimo all'interno del tombino e livello raggiunto dal pelo libero a monte della sezione dell'attraversamento non superiore ai 2/3 dell'altezza della sezione utile al deflusso (NTC2018);
- La velocità minima di moto uniforme non inferiore a 0,5 m/s, al fine di evitare il deposito di sedimenti sul fondo;
- La velocità massima di moto uniforme non superiore di 4 m/s al fine di contenere i fenomeni di abrasione (Circolare n. 11633 del 07.01.1974 del Ministero dei Lavori Pubblici).

Nello stato di progetto l'innalzamento del livello idrico a monte è risultato 1 cm inferiore allo stato ante-operam, confermano la non influenza del nuovo manufatto sul comportamento idrico di quello esistente a monte. Il livello idrico del fornice di progetto raggiunge 22 cm, risultando inferiore al 70% di riempimento e al limite di 2/3 dell'altezza della sezione utile al deflusso.

La quota di piano ferro della linea storia, che risulta lungo il progetto più bassa o complanare a quella della linea di progetto, si attesta a una quota pari a 101.97 m slm, garantendo un 1 m di franco dal pelo libero a monte del tombino di progetto pari a 99.72 m slm.

La velocità della corrente nel fornice di progetto è risultata compresa tra 0.97 e 1.23 m/s.



HEC-RAS Plan: Plan 29 River: 29.522 Reach: 29.522 Profile: Max WS												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
29.522	205	Max WS	1.14	99.44	101.39		101.39	0.000193	0.21	5.64	11.21	0.09
29.522	204.5	Lat Struct										
29.522	204.4	Lat Struct										
29.522	204	Max WS	0.21	99.43	101.39		101.39	0.000031	0.21	0.98	11.24	0.05
29.522	202.4	Culvert										
29.522	202.2	Max WS	0.21	99.39	99.68		99.78	0.019646	1.46	0.14	0.84	0.88
29.522	202	Max WS	0.21	99.39	99.72		99.73	0.000951	0.37	0.56	1.94	0.20
29.522	201.5	Culvert										
29.522	201	Max WS	0.21	99.37	99.60		99.62	0.005174	0.60	0.34	7.64	0.43
29.522	200.4	Lat Struct										
29.522	200	Lat Struct										
29.522	199	Max WS	0.12	99.28	99.54	99.52	99.55	0.009066	0.62	0.28	5.89	0.50

Reach	River Sta	Profile	E.G. US. (m)	W.S. US. (m)	E.G. IC (m)	E.G. OC (m)	Min El Weir Flow (m)	Q Culv Group (m3/s)	Q Weir (m3/s)	Delta WS (m)	Culv Vel US (m/s)	Culv Vel DS (m/s)
29.522	202.4	Culvert #1	Max WS	101.39	101.39	100.89	101.39	101.97	0.20	1.72	2.85	2.85
29.522	201.5	Culvert #1	Max WS	99.72	99.72	99.69	99.72	102.85	0.20	0.12	0.97	1.23

Figura 7.8: Profilo di moto vario – Stato di Progetto – km 62+472

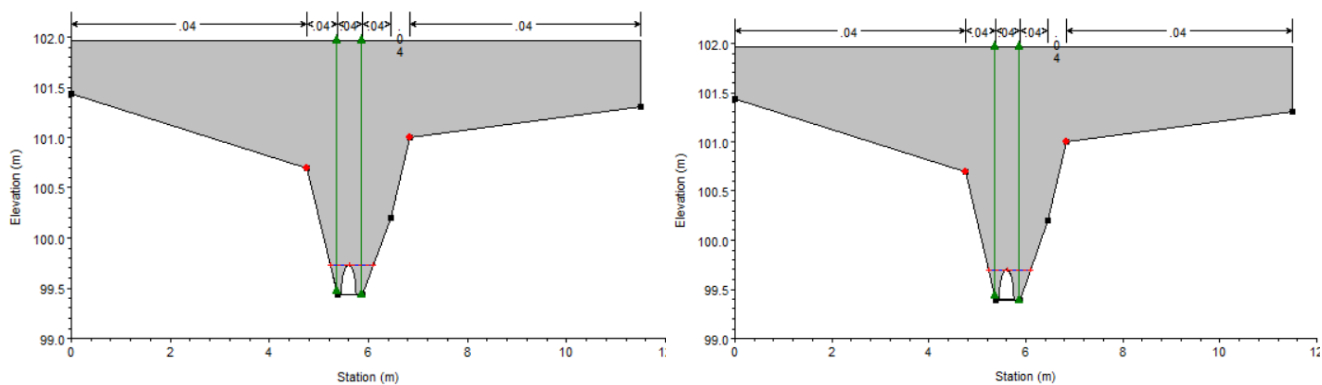


Figura 7.9: Sezione a monte (a destra) e a valle (a sinistra) del fornice di trasparenza esistente – Stato di Progetto – km 62+472

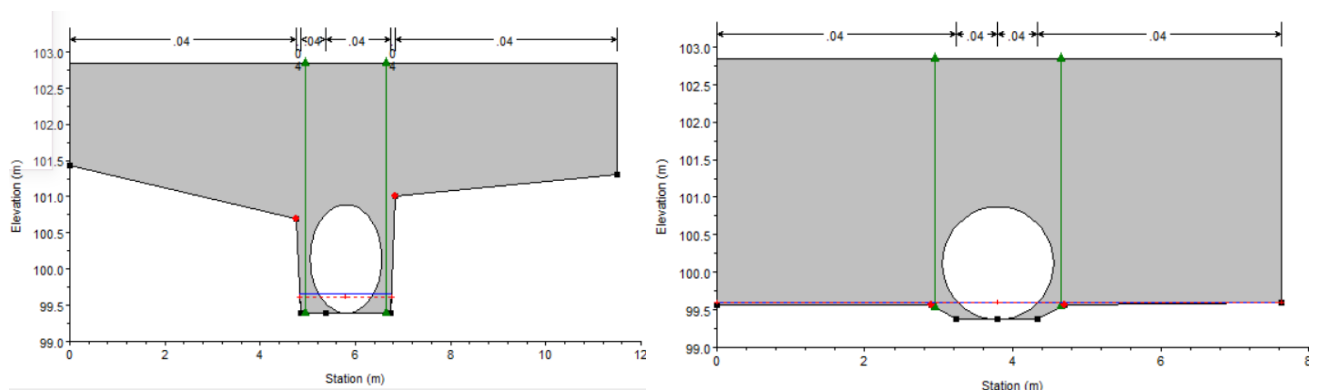



Figura 7.10: Sezione a monte (a destra) e a valle (a sinistra) del fornice di trasparenza esistente – Stato di Progetto – km 62+472

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	Relazione dimensionamento attraversamenti idraulici secondari	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 26 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. A

7.6 CONFRONTO TRA SIMULAZIONE IN MOTO VARIO (HEC-RAS) E MOTO PERMANENTE (HY-8)

Come già introdotto la verifica del dimensionamento dei vari attraversamenti è stata effettuata nell'ipotesi di moto permanente.

In questo paragrafo si confrontano i risultati ottenuti con il software HEC-RAS nell'ipotesi di moto vario e quelli ottenuti con il software HY-8 nell'ipotesi di moto permanente.

Il confronto dei risultati ha mostrato che i profili di moto permanente sono stati più conservativi, sia nella valutazione del tirante idrico all'interno dei manufatti di progetto sia nella stima del livello idrico atteso a monte dell'attraversamento. Tale confronto ha verificato la validità al ricorso dell'ipotesi di moto permanente per la verifica del dimensionamento dei manufatti idraulici, in quanto più conservativo.

Secondo i risultati ottenuti il tirante massimo che si verifica nella sezione di monte del fornace di trasparenza IN58 raggiunge un livello pari a 0.61m, corrispondente a un grado di riempimento del 41%.

Il livello del piano di ferro dei binari esistenti è posto pari a 101.97 m slm, risultando quindi al di sopra del livello di rigurgito a monte del tombino, quest'ultimo pari a 100.21 m slm.

Il confronto porta a concludere che nell'ipotesi di moto permanente i livelli idrici risultano maggiori di quelli nell'ipotesi di moto vario, dove viene considerato l'effetto del tombino esistente di monte e le dispersioni laterali delle acque meteoriche.

La maggiorazione dei risultati ottenuti con hy-8 rispetto a quelle ottenuti con hec-ras risulta di circa 0.49 m per quanto riguarda il massimo livello di rigurgito a monte del tombino esistente, e di circa 0.38 cm per quanto riguarda il tirante all'interno del tombino di progetto.

Di seguito il profilo di pelo libero transitante nel fornace di trasparenza, ottenuto con il software HY-8, dove in blu si indica il livello idrico e in rosso l'altezza critica.

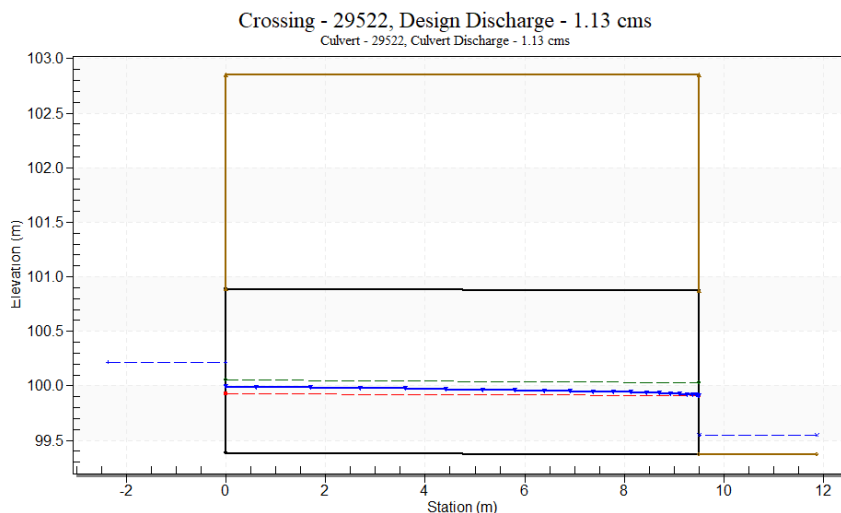



Figura 7.11: Profilo moto permanente – Stato di Progetto – km 62+472 – IN58

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	Relazione dimensionamento attraversamenti idraulici secondari	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 26 RI	DOCUMENTO ID 0002 002	REV. A

8 VERIFICA DIMENSIONAMENTO IN IPOTESI DI MOTO PERMANENTE

8.1 RISULTATI VERIFICA DIMENSIONAMENTO IN IPOTESI DI MOTO PERMANENTE

Di seguito si riepilogano i principali risultati ottenuti dalla verifica del dimensionamento nelle ipotesi di moto permanente

Sono tutti attraversamenti nuovi, la distinzione evidenziata nella colonna “descrizione” sta a indicare quali verranno realizzati a valle di un altro manufatto esistente e quali invece risultano ex novo.

Tabella 8.I: Risultati verifica – in ipotesi di moto permanente

WBS	Progressiva (km)	Quota scorrimento monte tombino (m slm)	Quota scorrimento valle tombino (m slm)	Tipologia	Base/Diametro (m)	Altezza tombino/Diametro (m)	Pendenza (m/m)	Portata (mc/s)	Quota livello idrico monte attraversamento (m slm)	Livello di riempimento massimo nella sezione immediatamente a monte del tombino/fornice (m)	Livello massimo di riempimento 2/3 (NTC2018) (m)	Livello max di riempimento 70% (MGP RFI) (m)	Tirante massimo raggiunto all'interno del tombino/fornice (m)	Velocità minima raggiunta all'interno del tombino/fornice (m/s)	Velocità massima raggiunta all'interno del tombino/fornice (m/s)	Descrizione
IN30	56+168	108.20	108.16	Scatolare	2.50	1.50	0.002	3.49	109.14	0.94	1.00	1.05	0.70	1.99	2.39	Proseguimento esistente
IN31	56+733	108.20	108.15	Scatolare	2.50	1.50	0.005	2.29	108.89	0.69	1.00	1.05	0.44	2.08	2.18	Proseguimento esistente
IN32	56+857	108.20	108.18	Circolare	1.50	1.50	0.002	1.63	109.16	0.96	1.00	1.05	0.96	1.86	2.21	Proseguimento esistente
IN33	56+968	108.20	108.12	Circolare	1.50	1.50	0.004	1.80	109.20	1.00	1.00	1.05	0.85	2.12	2.28	Proseguimento esistente
IN34	57+177	108.00	107.90	Scatolare	2.00	1.20	0.004	1.52	108.66	0.66	0.80	0.84	0.39	1.95	2.12	Proseguimento esistente
IN35	57+214	108.00	107.86	Circolare	1.00	1.00	0.005	0.67	108.63	0.63	0.67	0.70	0.45	1.71	1.79	Proseguimento esistente
IN36	57+265	108.00	107.84	Circolare	1.00	1.00	0.005	0.61	108.64	0.64	0.67	0.70	0.47	1.70	1.82	Nuovo
IN37	57+361	107.80	107.70	Circolare	1.20	1.20	0.003	0.54	108.40	0.60	0.80	0.84	0.45	1.38	1.68	Nuovo
IN38	57+441	108.00	107.91	Circolare	1.20	1.20	0.003	0.67	108.67	0.67	0.80	0.84	0.51	1.45	1.79	Proseguimento esistente
IN39	57+730	108.00	107.87	Scatolare	2.00	1.00	0.003	0.78	108.43	0.43	0.67	0.70	0.29	1.34	1.56	Proseguimento esistente
IN40	58+121	108.00	107.94	Circolare	1.50	1.50	0.002	1.65	108.94	0.94	1.00	1.05	0.79	1.72	2.22	Proseguimento esistente
IN42	58+433	106.90	106.83	Circolare	1.50	1.50	0.002	1.06	107.71	0.81	1.00	1.05	0.64	1.48	1.94	Proseguimento esistente
IN43	58+658	106.30	106.23	Circolare	1.50	1.50	0.002	0.79	106.99	0.69	1.00	1.05	0.55	1.35	1.78	Proseguimento esistente

Relazione dimensionamento
attraversamenti idraulici secondari

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IQ01 01 R 26 RI ID 0002 002 A 48 di 55

WBS	Progressiva (km)	Quota scorrimento monte tombino (m slm)	Quota scorrimento valle tombino (m slm)	Tipologia	Base/Diametro (m)	Altezza tombino/Diametro (m)	Pendenza (m/m)	Portata (mc/s)	Quota livello idrico monte attraversamento (m slm)	Livello di riempimento massimo nella sezione immediatamente a monte del tombino/fornice (m)	Livello massimo di riempimento 2/3 (NTC2018) (m)	Livello max di riempimento 70% (MdP RFI) (m)	Tirante massimo raggiunto all'interno del tombino/fornice (m)	Velocità minima raggiunta all'interno del tombino/fornice (m/s)	Velocità massima raggiunta all'interno del tombino/fornice (m/s)	Descrizione
IN44	59+017	105.50	105.43	Circolare	1.50	1.50	0.002	0.67	106.13	0.63	1.00	1.05	0.50	1.29	1.70	Proseguimento esistente
IN45	58+486	103.30	103.19	Scatolare	2.00	1.00	0.003	0.86	103.76	0.46	0.67	0.70	0.27	1.61	1.63	Nuovo
IN46	59+828	101.70	101.64	Scatolare	2.00	1.00	0.003	0.81	102.11	0.41	0.67	0.70	0.30	1.36	1.58	Proseguimento esistente
IN47	59+939	101.70	101.63	Scatolare	2.50	1.00	0.005	2.21	102.36	0.66	0.67	0.70	0.43	2.06	2.15	Nuovo
IN48	60+002	101.70	101.63	Scatolare	2.50	1.00	0.005	2.21	102.36	0.66	0.67	0.70	0.43	2.06	2.15	Proseguimento esistente
IN49	60+092	101.30	101.23	Scatolare	2.50	1.00	0.005	2.21	101.96	0.66	0.67	0.70	0.43	2.06	2.11	Nuovo
IN50	60+298	101.70	101.65	Circolare	1.50	1.50	0.002	0.66	102.32	0.62	1.00	1.05	0.48	1.34	1.69	Proseguimento esistente
IN51	60+803	99.80	99.76	Circolare	1.50	1.50	0.002	0.64	100.41	0.61	1.00	1.05	0.48	1.32	1.98	Proseguimento esistente
IN52	61+004	99.80	99.72	Scatolare	3.50	2.00	0.004	8.47	101.11	1.31	1.33	1.40	0.84	2.87	2.89	Proseguimento esistente
IN53	61+182	99.30	99.27	Circolare	1.50	1.50	0.002	0.77	99.93	0.63	1.00	1.05	0.48	1.60	1.77	Proseguimento esistente
IN54	61+612	99.85	99.78	Circolare	1.50	1.50	0.004	1.45	100.70	0.85	1.00	1.05	0.61	2.13	2.39	Proseguimento esistente
IN55	61+886	99.20	99.03	Circolare	1.50	1.50	0.010	2.34	100.33	0.94	1.00	1.05				Proseguimento esistente
IN56	61+978	99.00	98.92	Scatolare	3.00	1.50	0.005	4.47	99.76	0.76	1.00	1.05	0.50	2.22	2.42	Proseguimento esistente
IN57	62+159	98.90	98.75	Scatolare	3.00	1.50	0.01	4.47	99.83	0.76	1.00	1.05	0.61	2.45	2.61	Nuovo
IN58	62+472	99.39	99.37	Circolare	1.50	1.50	0.002	1.13	100.21	0.82	1.00	1.05	0.61	1.67	1.98	Proseguimento esistente
IN59	62+738	99.78	99.71	Scatolare	2.00	1.50	0.005	3.03	100.76	0.98	1.00	1.05	0.63	2.42	2.46	Proseguimento esistente
IN60	62+768	99.00	98.90	Scatolare	2.00	1.50	0.005	3.03	99.94	0.98	1.00	1.05	0.62	2.46	2.48	Nuovo
IN61	62+817	99.80	99.70	Circolare	1.50	1.50	0.005	1.05	100.60	0.80	1.00	1.05	0.53	1.90	1.93	Proseguimento esistente
IN62	62+892	99.70	99.66	Circolare	1.50	1.50	0.002	0.34	100.14	0.44	1.00	1.05	0.35	1.10	1.41	Proseguimento esistente
IN63	65+299	94.20	94.10	Scatolare	2.00	1.50	0.003	2.85	95.16	0.96	1.00	1.05	0.74	1.93	1.94	Proseguimento esistente
IN64	65+656	93.00	92.94	Scatolare	2.00	1.50	0.002	0.90	93.49	0.49	1.00	1.05	0.38	1.20	1.18	Proseguimento esistente
IN65	65+735	92.90	92.86	Scatolare	2.00	1.50	0.002	1.17	93.48	0.58	1.00	1.05	0.46	1.29	1.29	Proseguimento esistente
IN01	66+093	93.40	93.32	Scatolare	3.50	2.50	0.004	10.23	95.05	1.65	1.67	1.75	1.00	2.92	2.93	Proseguimento esistente

**VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA**

**Relazione dimensionamento
attraversamenti idraulici secondari**

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IQ01 01 R 26 RI ID 0002 002 A 49 di 55

WBS	Progressiva (km)	Quota scorrimento monte tombino (m slm)	Quota scorrimento valle tombino (m slm)	Tipologia	Base/Diametro (m)	Altezza tombino/Diametro (m)	Pendenza (m/m)	Portata (mc/s)	Quota livello idrico monte attraversamento (m slm)	Livello di riempimento massimo nella sezione immediatamente a monte del tombino/fornice (m)	Livello massimo di riempimento 2/3 (NTC2018) (m)	Livello max di riempimento 70% (MdP RFI) (m)	Tirante massimo raggiunto all'interno del tombino/fornice (m)	Velocità minima raggiunta all'interno del tombino/fornice (m/s)	Velocità massima raggiunta all'interno del tombino/fornice (m/s)	Descrizione
IN66	66+317	94.05	94.01	Circolare	1.50	1.50	0.002	0.73	94.71	0.66	1.00	1.05	0.51	1.38	1.74	Proseguimento esistente
IN67	66+427	95.00	94.97	Circolare	1.50	1.50	0.002	0.76	95.67	0.67	1.00	1.05	0.52	1.39	1.76	Proseguimento esistente
IN68	66+738	96.00	95.96	Circolare	1.50	1.50	0.002	0.88	96.72	0.72	1.00	1.05	0.50	1.71	1.82	Proseguimento esistente
IN69	66+878	96.40	96.37	Circolare	1.50	1.50	0.002	0.65	96.99	0.59	1.00	1.05	0.48	1.33	1.85	Proseguimento esistente
IN70	67+900	93.20	93.14	Scatolare	2.00	1.50	0.003	2.94	94.18	0.98	1.00	1.05	0.75	1.95	1.97	Proseguimento esistente
IN71	68+257	92.05	92.00	Circolare	1.50	1.50	0.002	0.87	92.77	0.72	1.00	1.05	0.57	1.42	1.82	Proseguimento esistente
IN72	68+474	90.28	90.20	Circolare	1.00	1.00	0.003	0.66	90.90	0.62	0.67	0.70	0.48	1.37	1.32	Nuovo
IN73	68+529	90.28	90.25	Circolare	1.00	1.00	0.003	0.70	90.92	0.64	0.67	0.70	0.50	1.32	1.35	Proseguimento esistente

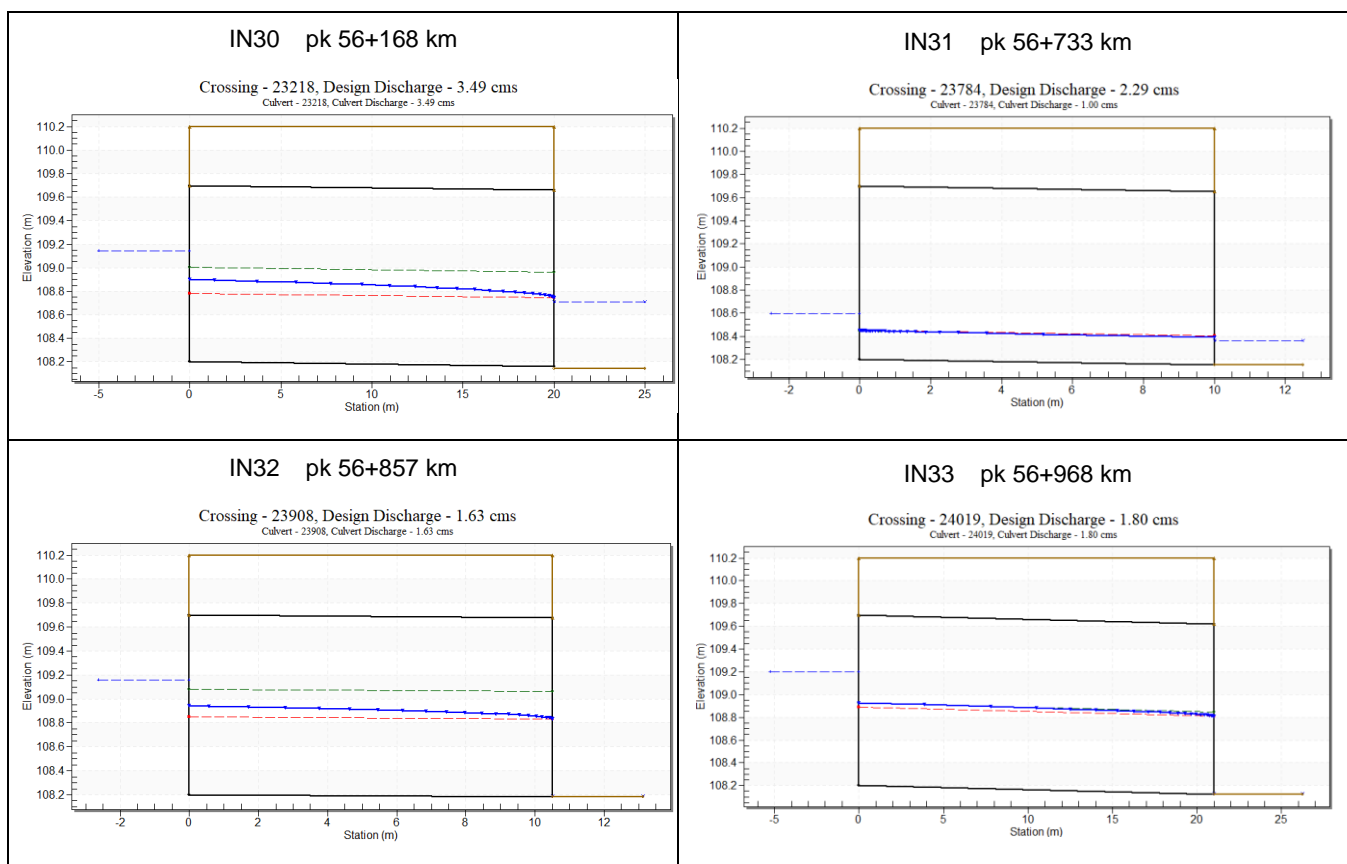
Relazione dimensionamento
attraversamenti idraulici secondari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 26 RI	ID 0002 002	A	50 di 55

8.2 PROFILI DI MOTO PERMANENTE

Di seguito si riportano i profili liberi per attraversamento, dove si indica:

- In blu il profilo libero;
- In rosso l'altezza critica;
- In verde l'altezza normale.

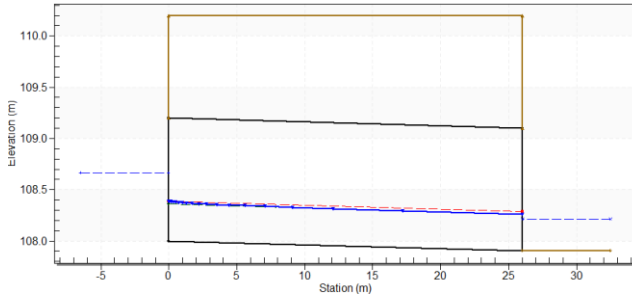


Relazione dimensionamento
attraversamenti idraulici secondari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 26 RI	ID 0002 002	A	51 di 55

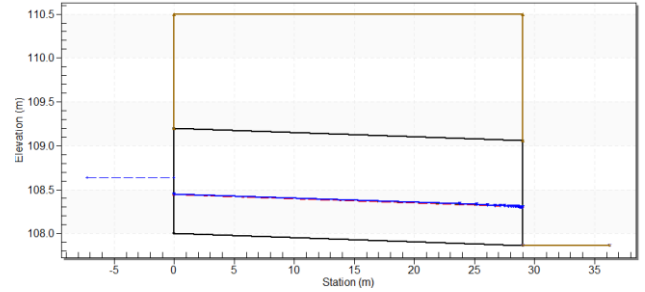
IN34 pk 57+177 km

Crossing - 24168, Design Discharge - 1.52 cms
Culvert - 24168, Culvert Discharge - 1.52 cms



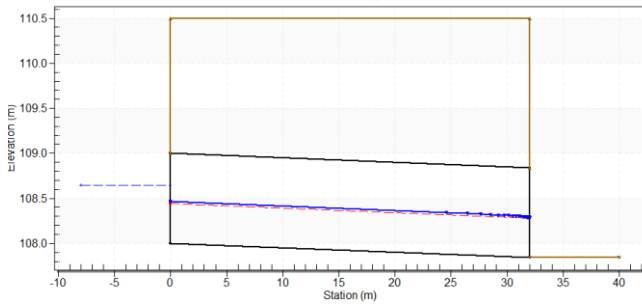
IN35 pk 57+214 km

Crossing - 24265, Design Discharge - 0.67 cms
Culvert - 24265, Culvert Discharge - 0.67 cms



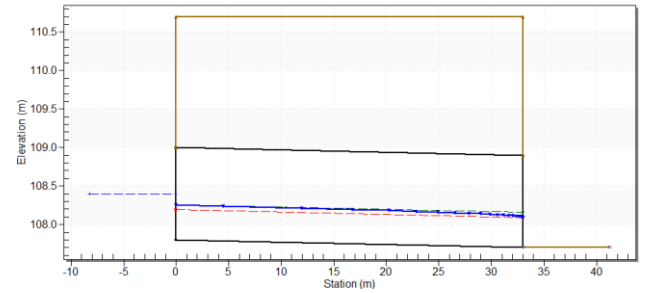
IN36 pk 57+265 km

Crossing - 24316, Design Discharge - 0.61 cms
Culvert - 24316, Culvert Discharge - 0.61 cms



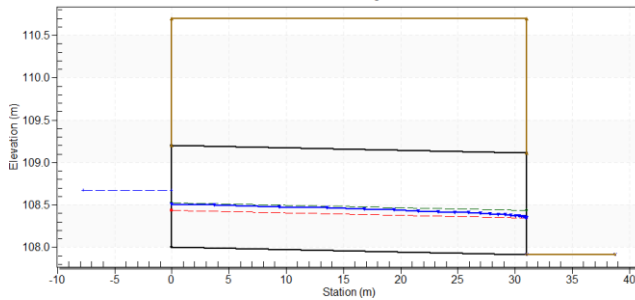
IN37 pk 57+361 km

Crossing - 24412, Design Discharge - 0.54 cms
Culvert - 24412, Culvert Discharge - 0.54 cms



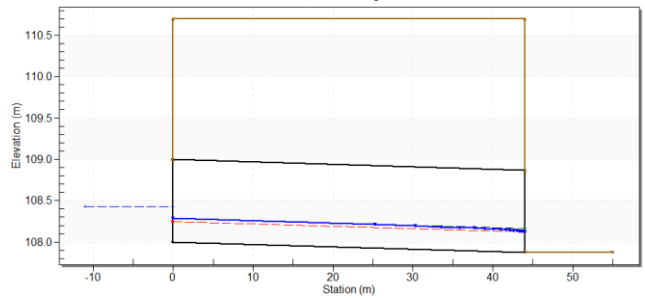
IN38 pk 57+441 km

Crossing - 24492, Design Discharge - 0.67 cms
Culvert - 24492, Culvert Discharge - 0.67 cms



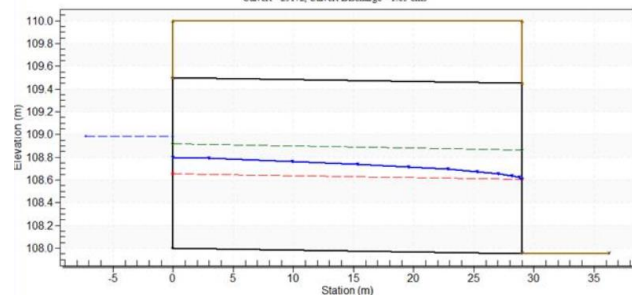
IN39 pk 57+730 km

Crossing - 24781, Design Discharge - 0.78 cms
Culvert - 24781, Culvert Discharge - 0.78 cms



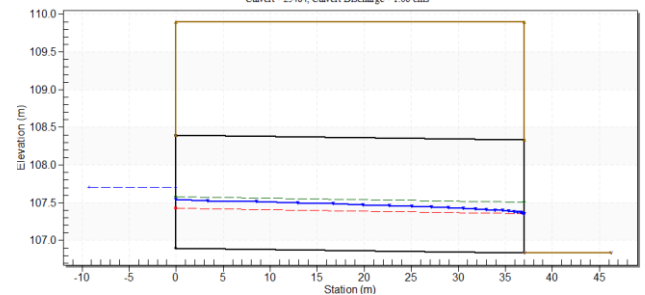
IN40 pk 58+121 km

Crossing - 25172, Design Discharge - 1.65 cms
Culvert - 25172, Culvert Discharge - 1.65 cms



IN42 pk 58+433 km

Crossing - 25484, Design Discharge - 1.06 cms
Culvert - 25484, Culvert Discharge - 1.06 cms

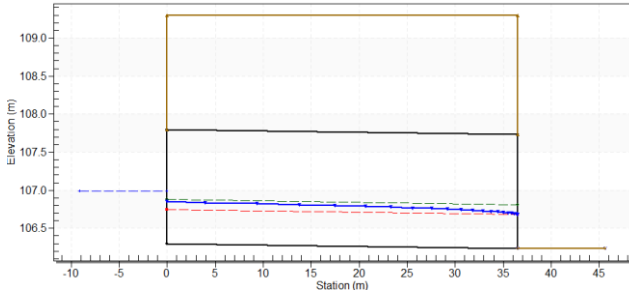


Relazione dimensionamento
attraversamenti idraulici secondari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 26 RI	ID 0002 002	A	52 di 55

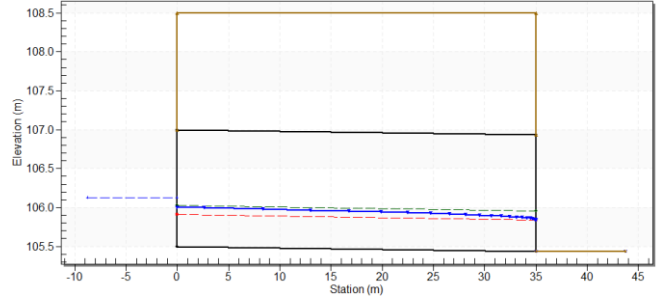
IN43 pk 58+658 km

Crossing - 25708, Design Discharge - 0.79 cms
Culvert - 25708, Culvert Discharge - 0.79 cms



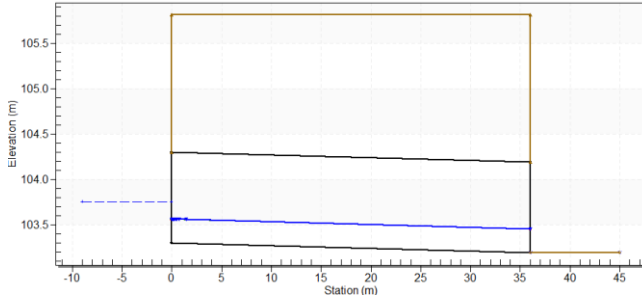
IN44 pk 59+017 km

Crossing - 26067, Design Discharge - 0.67 cms
Culvert - 26067, Culvert Discharge - 0.67 cms



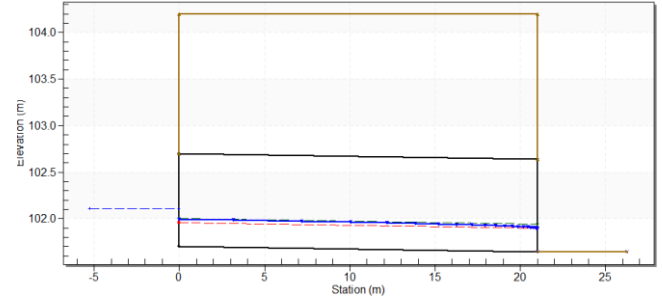
IN45 58+486 km

Crossing - 26536, Design Discharge - 0.86 cms
Culvert - 26536, Culvert Discharge - 0.86 cms



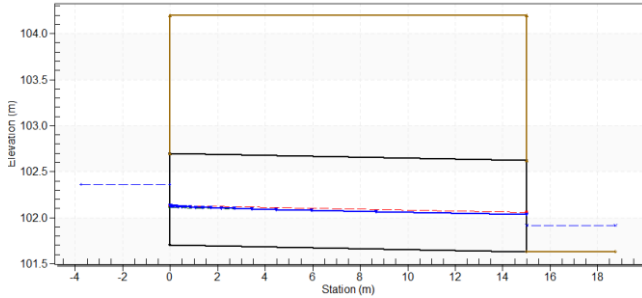
IN46 pk 59+828 km

Crossing - 26878, Design Discharge - 0.81 cms
Culvert - 26878, Culvert Discharge - 0.81 cms



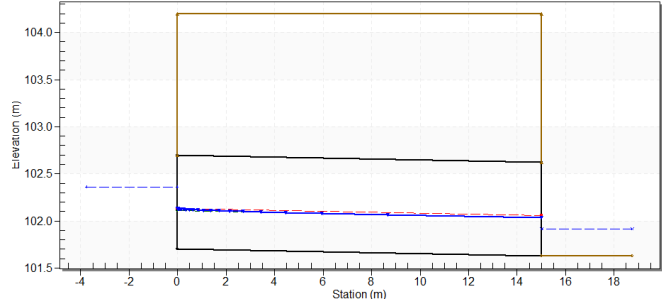
IN47 pk 59+939 km

Crossing - 26989, Design Discharge - 2.21 cms
Culvert - 26989, Culvert Discharge - 2.21 cms



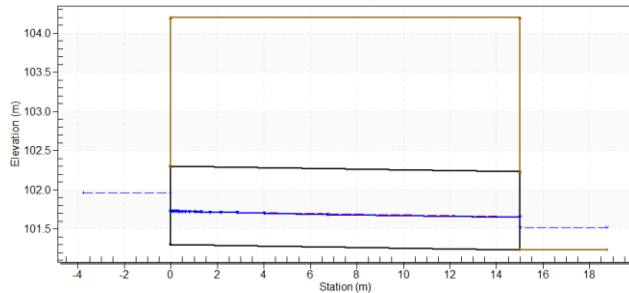
IN48 pk 60+002 km

Crossing - 27049, Design Discharge - 2.21 cms
Culvert - 27049, Culvert Discharge - 2.21 cms



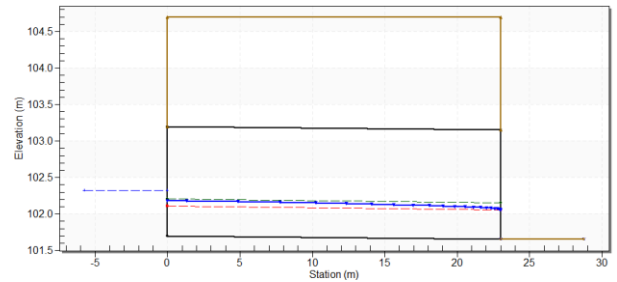
IN49 pk 60+092 km

Crossing - 27142, Design Discharge - 2.21 cms
Culvert - 27142, Culvert Discharge - 2.21 cms



IN50 pk 60+298 km

Crossing - 27346, Design Discharge - 0.66 cms
Culvert - 27346, Culvert Discharge - 0.66 cms

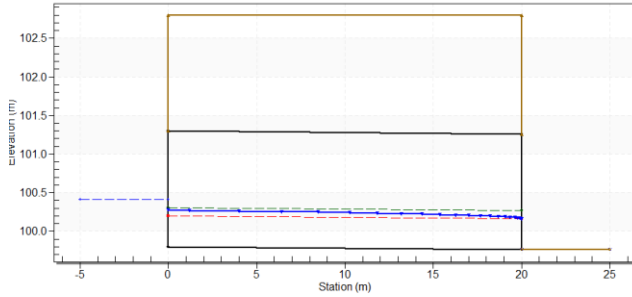


Relazione dimensionamento
attraversamenti idraulici secondari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 26 RI	ID 0002 002	A	53 di 55

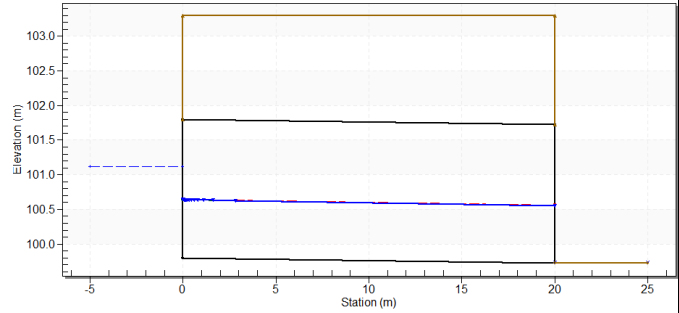
IN51 pk 60+803 km

Crossing - 27846, Design Discharge - 0.64 cms
Culvert - 27846, Culvert Discharge - 0.64 cms



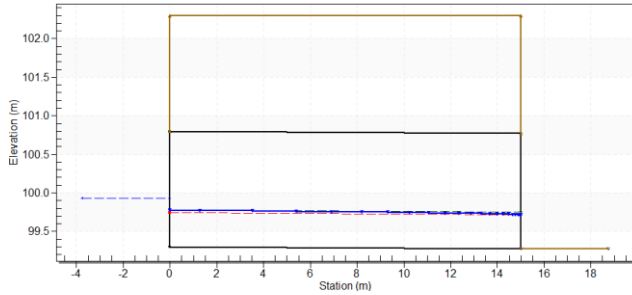
IN52 pk 61+004 km

Crossing - 28060, Design Discharge - 8.47 cms
Culvert - 28060, Culvert Discharge - 8.47 cms



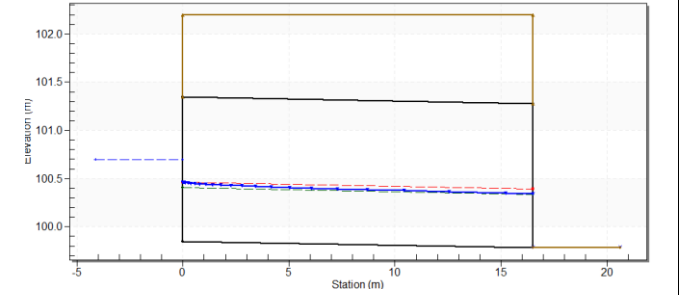
IN53 pk 61+182 km

Crossing - 28228, Design Discharge - 0.77 cms
Culvert - 28228, Culvert Discharge - 0.77 cms



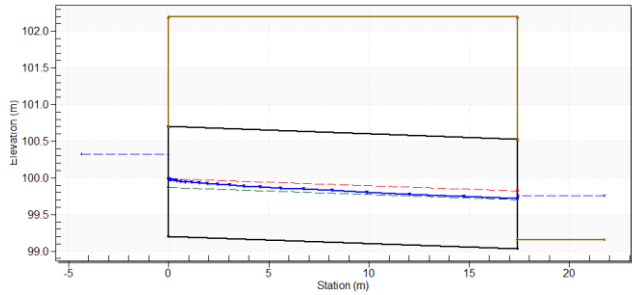
IN54 pk 61+612 km

Crossing - 28658, Design Discharge - 1.45 cms
Culvert - 28658, Culvert Discharge - 1.45 cms



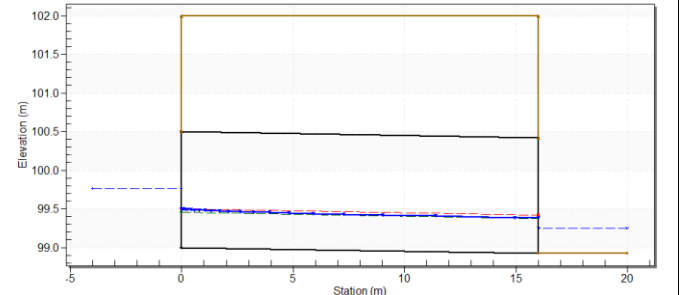
IN55 pk 61+886 km

Crossing - 28936, Design Discharge - 2.34 cms
Culvert - 28936, Culvert Discharge - 2.34 cms



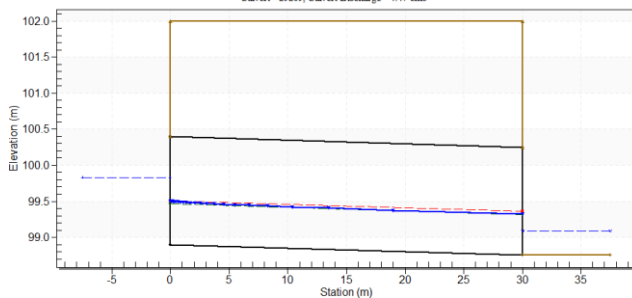
IN56 pk 61+978 km

Crossing - 29023, Design Discharge - 4.47 cms
Culvert - 29023, Culvert Discharge - 4.47 cms



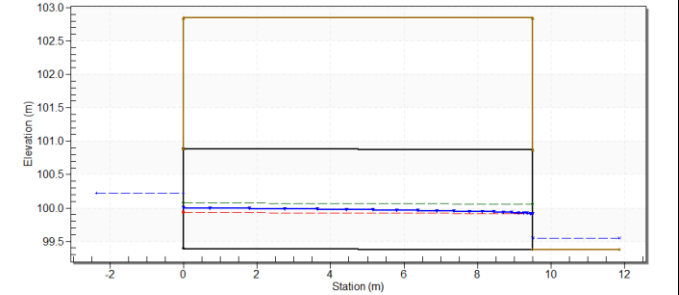
IN57 pk 62+159 km

Crossing - 29209, Design Discharge - 4.47 cms
Culvert - 29209, Culvert Discharge - 4.47 cms



IN58 pk 62+472 km

Crossing - 29522, Design Discharge - 1.13 cms
Culvert - 29522, Culvert Discharge - 1.13 cms

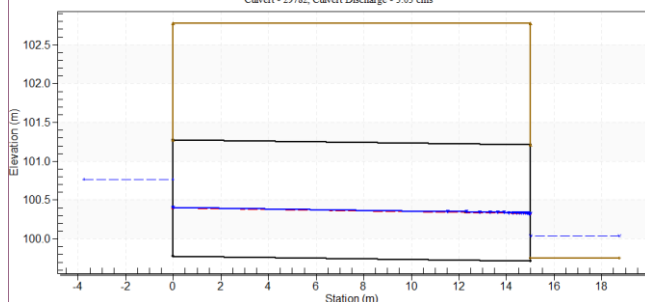


Relazione dimensionamento
attraversamenti idraulici secondari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 26 RI	ID 0002 002	A	54 di 55

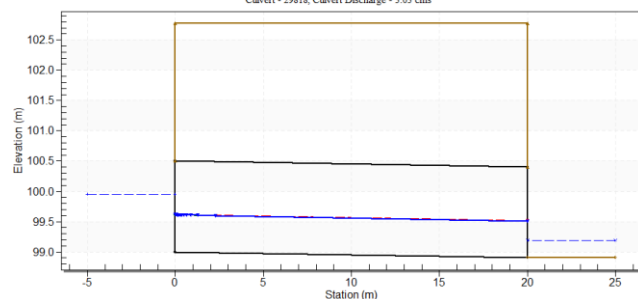
IN59 pk 62+738 km

Crossing - 29782, Design Discharge - 3.03 cms
Culvert - 29782, Culvert Discharge - 3.03 cms



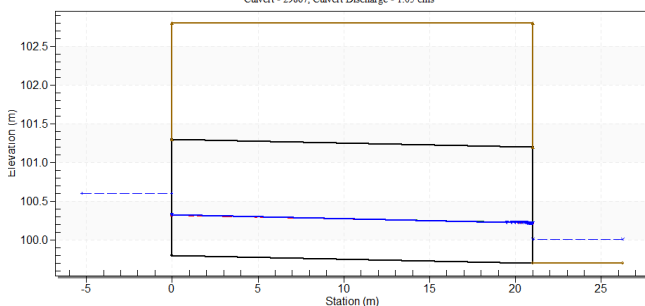
IN60 pk 62+768 km

Crossing - 29818, Design Discharge - 3.03 cms
Culvert - 29818, Culvert Discharge - 3.03 cms



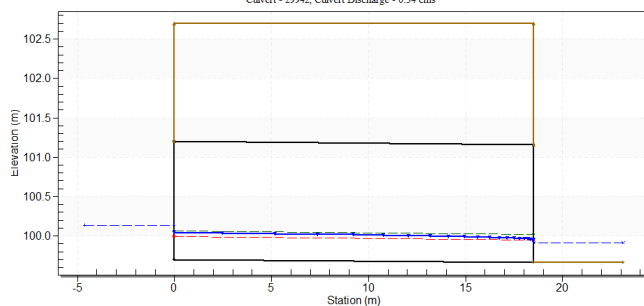
IN61 pk 62+817 km

Crossing - 29867, Design Discharge - 1.05 cms
Culvert - 29867, Culvert Discharge - 1.05 cms



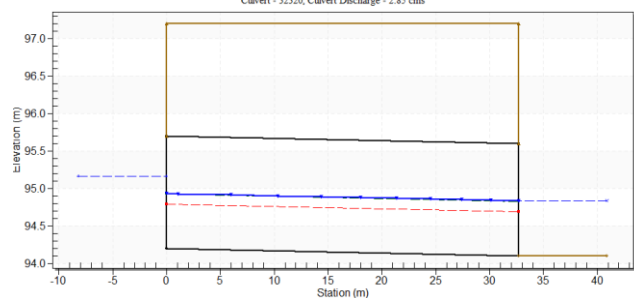
IN62 pk 62+892 km

Crossing - 29942, Design Discharge - 0.34 cms
Culvert - 29942, Culvert Discharge - 0.34 cms



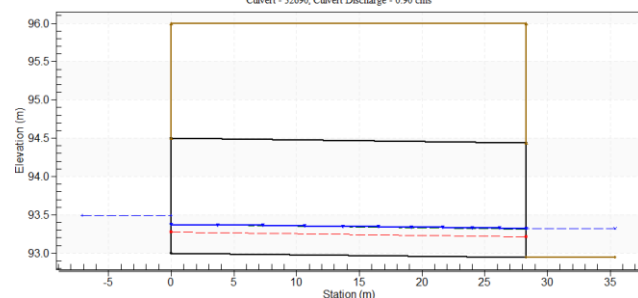
IN63 pk 65+299 km

Crossing - 32320, Design Discharge - 2.85 cms
Culvert - 32320, Culvert Discharge - 2.85 cms



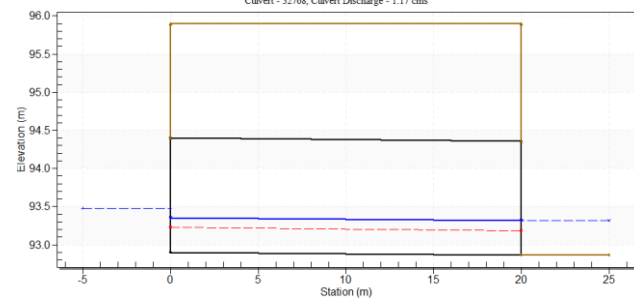
IN64 pk 65+656 km

Crossing - 32690, Design Discharge - 0.90 cms
Culvert - 32690, Culvert Discharge - 0.90 cms



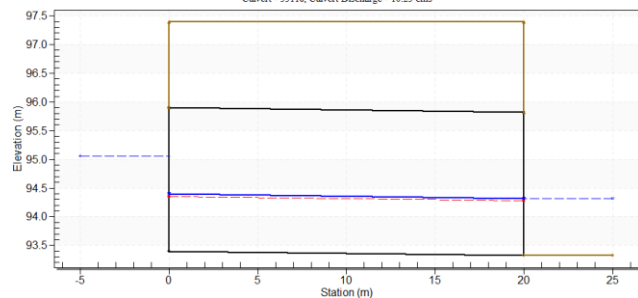
IN65 pk 65+735 km

Crossing - 32768, Design Discharge - 1.17 cms
Culvert - 32768, Culvert Discharge - 1.17 cms



IN01 pk 66+093 km

Crossing - 33118, Design Discharge - 10.23 cms
Culvert - 33118, Culvert Discharge - 10.23 cms

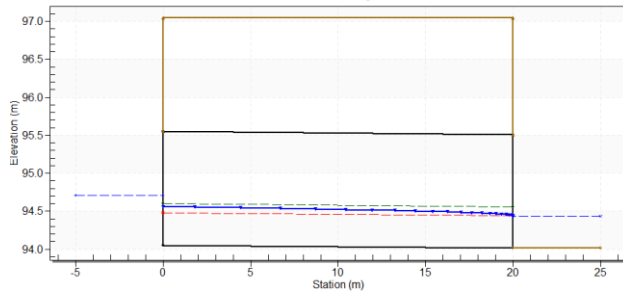


Relazione dimensionamento
attraversamenti idraulici secondari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 26 RI	ID 0002 002	A	55 di 55

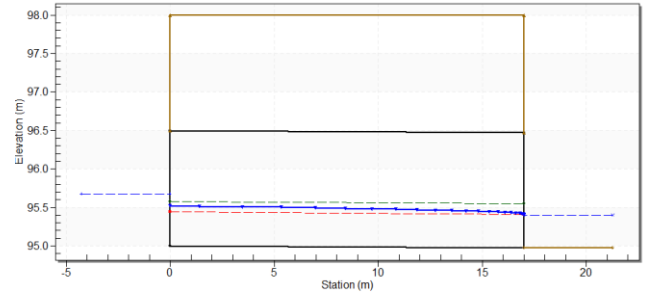
IN66 pk 66+317 km

Crossing - 33342, Design Discharge - 0.73 cms
Culvert - 33342, Culvert Discharge - 0.73 cms



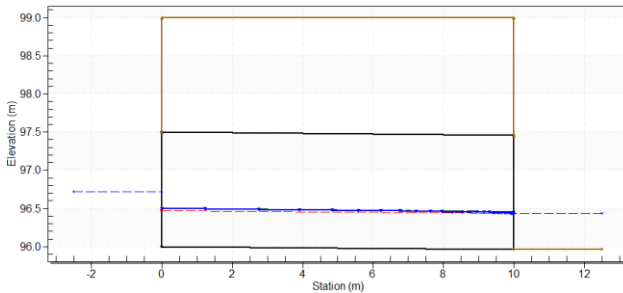
IN67 pk 66+427 km

Crossing - 33460, Design Discharge - 0.76 cms
Culvert - 33460, Culvert Discharge - 0.76 cms



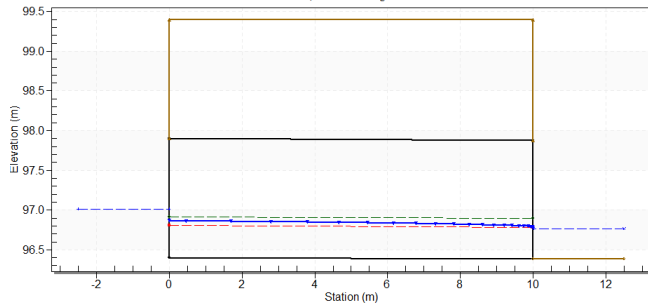
IN68 pk 66+738 km

Crossing - 33767, Design Discharge - 0.88 cms
Culvert - 33767, Culvert Discharge - 0.88 cms



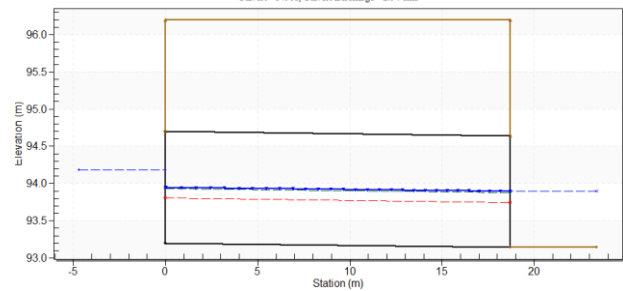
IN69 pk 66+878 km

Crossing - 33902, Design Discharge - 0.65 cms
Culvert - 33902, Culvert Discharge - 0.65 cms



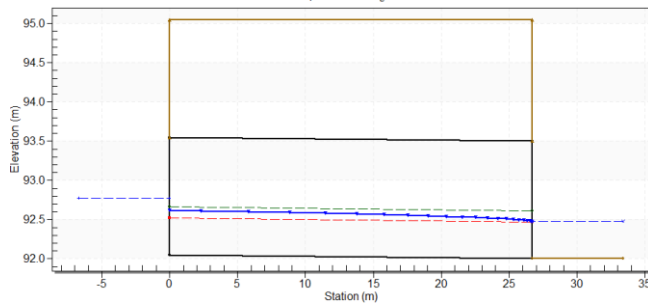
IN70 pk 67+900 km

Crossing - 34908, Design Discharge - 2.94 cms
Culvert - 34908, Culvert Discharge - 2.94 cms



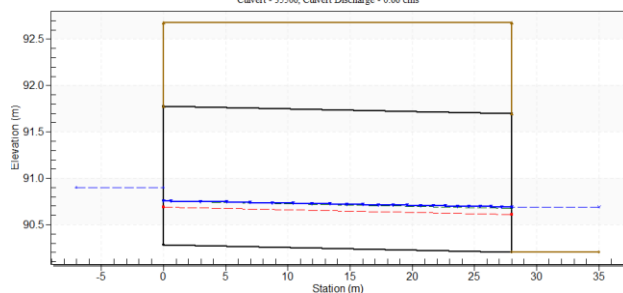
IN71 pk 68+257 km

Crossing - 35276, Design Discharge - 0.87 cms
Culvert - 35276, Culvert Discharge - 0.87 cms



IN72 pk 68+474 km

Crossing - 35506, Design Discharge - 0.66 cms
Culvert - 35506, Culvert Discharge - 0.66 cms



IN73 pk 68+529 km

Crossing - 35561, Design Discharge - 0.70 cms
Culvert - 35561, Culvert Discharge - 0.70 cms

