



## PROLUNGAMENTO DELLA S.S. n° 9 "TANGENZIALE NORD di REGGIO EMILIA" NEL TRATTO DA S. PROSPERO STRINATI A CORTE TEGGE

### PROGETTO DEFINITIVO

**COORDINAMENTO GRUPPO DI PROGETTAZIONE:**

 **COMUNE DI REGGIO EMILIA**  
ing. David Zilioli - Dirig. U.diP. Area Nord

**IL PROGETTISTA:**

dott. ing. Andrea Burchi  
Ordine Ingegneri di Bologna n° 7927A



**IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:**

dott. ing. Rodolfo Biondi  
Ordine Ingegneri di Modena n° 1256



**IL GEOLOGO:**

dott. geol. Pier Luigi Cocetti  
Ordine Geologi della Regione Emilia Romagna n° 455



**GRUPPO DI PROGETTAZIONE:**

  
**SITECO**  
ing. Andrea Burchi

**PROGETTISTA**

dott. ing. Andrea Burchi  
Ordine Ingegneri di Bologna n° 7927A  


**TECNICO COMPETENTE  
(O PROGETTISTA SPECIALISTICO)**

dott. ing. Riccardo Teò  
Ordine Ingegneri della  
Provincia di Parma n° 1099  


VISTO: IL RESPONSABILE  
DEL PROCEDIMENTO

ing. Angela Maria Carbone

VISTO: IL RESPONSABILE  
UNITA' DEL COORDINAMENTO

ing. Nicola Dinnella

PROTOCOLLO

DATA

## 07\_IDROLOGIA E IDRAULICA RELAZIONI

### RELAZIONE IDROLOGICO E IDRAULICA GESTIONE DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE

CODICE PROGETTO

PROGETTO

LIV. PROG.

N. PROG.

COBO27

D

1101

NOME FILE

07.1 T00ID00IDRRE01A.DWG

REVISIONE

SCALA:

CODICE  
ELAB.

T00ID00IDRRE01

A

—

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
A	EMISSIONE	settembre 2013	ing. N.Mammi	ing. R.Teò	ing. A. Burchi
C					
B					

INDICE:

<b>1.</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>6</b>
<b>2.</b>	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI</b> .....	<b>7</b>
	2.1. NORMATIVA NAZIONALE .....	7
	2.2. NORMATIVA REGIONALE/INTERREGIONALE .....	7
<b>3.</b>	<b>CRITERI GENERALI</b> .....	<b>8</b>
	3.1. ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO.....	8
<b>4.</b>	<b>L'APPLICAZIONE DEL MODELLO UTILIZZATO</b> .....	<b>11</b>
	4.1. IL MODELLO PER LA PROPAGAZIONE DELL'ONDA DI PIENA .....	11
<b>5.</b>	<b>AMBITO DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>14</b>
	5.1. IL COMPENSORIO DI BONIFICA .....	14
	5.2. DESCRIZIONE DEL TRACCIATO STRADALE AI FINI IDRAULICI.....	15
<b>6.</b>	<b>CARATTERISTICHE IDROLOGICHE</b> .....	<b>17</b>
	6.1. INDAGINI PLUVIOMETRICHE ED IDROMETRICHE .....	17
<b>7.</b>	<b>INTERFERENZE IDRAULICHE CON IL TRACCIATO IN PROGETTO</b> .....	<b>20</b>
	7.1. CORSI D'ACQUA INTERFERITI .....	20
	7.2. INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO SULLA BASE DELLA PIANIFICAZIONE DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (VINCOLI IDRAULICI FASCE DI ESONDAZIONE E AREE STORICAMENTE ALLAGATE).....	22
	7.3. QUALITÀ DELLE ACQUE SUPERFICIALI .....	23
<b>8.</b>	<b>TORRENTE CROSTOLO</b> .....	<b>28</b>
	8.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....	28
	8.1.1. Caratteristiche idrografiche .....	28
	8.1.2. Aspetti idrologici .....	30
	8.1.3. Caratteristiche geometriche e morfologiche dell'alveo (tendenza morfo-evolutiva del corso d'acqua).....	31

8.2.	DEFINIZIONE DELLE PORTATE DI RIFERIMENTO E DELLE CONDIZIONI AL CONTORNO .....	33
8.3.	VERIFICHE IDRAULICHE.....	34
8.3.1.	L'opera di attraversamento stradale .....	34
8.3.2.	Verifiche di compatibilità idraulica stato di fatto/stato di progetto .....	35
8.3.2.1	Verifica del franco di sicurezza dell'attraversamento.....	35
8.3.2.2	Valutazione della compatibilità idraulica .....	36
8.3.3.	Verifiche di compatibilità idraulica in presenza di opere provvisorie .....	42
8.3.3.1	Individuazione dei livelli idrometrici.....	42
8.3.3.2	Fasi esecutive di cantierizzazione .....	48
8.3.3.3	Considerazioni conclusive .....	50
8.3.4.	Valutazione della capacità di trasporto solido e dei fenomeni erosivi generalizzati e localizzati nel tratto interessato dall'opera .....	51
8.4.	INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA .....	56
8.5.	SOTTOSERVIZI E INFRASTRUTTURE ESISTENTI.....	58
<b>9.</b>	<b>TORRENTE MODOLENA.....</b>	<b>62</b>
9.1.	INQUADRAMENTO TERRITORIALE TORRENTE MODOLENA .....	62
9.1.1.	Caratteristiche idrografiche .....	62
9.1.2.	Aspetti idrologici .....	64
9.1.3.	Caratteristiche geometriche e morfologiche dell'alveo (tendenza morfo-evolutiva del corso d'acqua).....	64
9.2.	DEFINIZIONE DELLE PORTATE DI RIFERIMENTO .....	67
9.3.	VERIFICHE IDRAULICHE.....	67
9.3.1.	L'opera di attraversamento stradale .....	67
9.3.2.	Verifiche di compatibilità idraulica stato di fatto/stato di progetto .....	68
9.3.2.1	Verifica del franco di sicurezza dell'attraversamento.....	68
9.3.2.2	Valutazione della compatibilità idraulica .....	70
9.3.3.	Valutazione della capacità di trasporto solido e dei fenomeni erosivi generalizzati e localizzati nel tratto interessato dalle opere .....	75
9.4.	INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA .....	75
<b>10.</b>	<b>TORRENTE QUARESIMO .....</b>	<b>77</b>
10.1.	INQUADRAMENTO TERRITORIALE TORRENTE QUARESIMO.....	77
10.1.1.	Caratteristiche idrografiche .....	77
10.1.2.	Aspetti idrologici .....	78

10.1.3. Caratteristiche geometriche e morfologiche dell'alveo (tendenza morfo-evolutiva del corso d'acqua).....	78
10.2. DEFINIZIONE DELLE PORTATE DI RIFERIMENTO.....	81
10.3. VERIFICHE IDRAULICHE .....	81
10.3.1. L'opera di attraversamento stradale .....	81
10.3.2. Verifiche di compatibilità idraulica stato di fatto/stati di progetto .....	82
10.3.2.1 Verifica del franco di sicurezza dell'attraversamento.....	82
10.3.2.2 Valutazione della compatibilità idraulica .....	84
10.3.3. Valutazione della capacità di trasporto solido e dei fenomeni erosivi generalizzati e localizzati nel tratto interessato dalle opere .....	88
10.4. INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA .....	89
<b>11. CORSI D'ACQUA SECONDARI.....</b>	<b>90</b>
11.1. FOSSETTA S.GIULIO.....	90
11.1.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali dell'alveo.....	90
11.1.2. Verifiche idrauliche.....	91
11.1.2.1 Definizione delle portate di progetto .....	91
11.1.2.2 Scenari simulati.....	92
11.1.2.3 Risultati delle analisi nello Stato di Fatto .....	94
11.1.2.4 Risultati delle analisi negli Stati di Progetto .....	95
11.2. FOSSETTA BARATTO .....	98
11.2.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali dell'alveo.....	98
11.2.2. Verifiche idrauliche.....	100
11.2.2.1 Definizione delle portate di progetto .....	100
11.2.2.2 Scenari simulati.....	100
11.2.2.3 Risultati delle analisi nello Stato di Fatto .....	102
11.2.2.4 Risultati delle analisi negli Stati di Progetto .....	102
11.3. CAVO GUAZZATORE.....	106
11.3.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali dell'alveo.....	106
11.3.2. Verifiche idrauliche.....	107
11.3.2.1 Definizione delle portate di progetto .....	107
11.3.2.2 Scenari simulati.....	108
11.3.2.3 Risultati delle analisi negli Stati di Fatto.....	110
11.3.2.4 Risultati delle analisi negli Stati di Progetto .....	111
11.3.3. Rifacimento botte a sifone della Condotta Cavazzoli-Roncocesi .....	113
11.4. FOSSETTA BALLANLEOCHE .....	115
11.4.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali dell'alveo.....	115

11.4.2. Verifiche idrauliche.....	117
11.4.2.1 Definizione delle portate di progetto .....	117
11.4.2.2 Scenari simulati.....	118
11.4.2.3 Risultati delle analisi negli Stati di Fatto.....	120
11.4.2.4 Risultati delle analisi negli Stati di Progetto .....	120
11.5. FOSSETTA VALLE PIEVE MODOLENA E FOSSETTA CASTELLARA.....	124
11.5.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali dell'alveo.....	124
11.5.2. Verifiche idrauliche.....	127
11.5.2.1 Definizione delle portate di progetto .....	127
11.5.2.2 Scenari simulati.....	127
11.5.2.3 Risultati delle analisi negli Stati di Fatto.....	130
11.5.2.4 Risultati delle analisi negli Stati di Progetto .....	131
11.6. FOSSETTA VALLE RONCOCESI.....	135
11.6.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali dell'alveo.....	135
11.6.2. Verifiche idrauliche.....	137
11.6.2.1 Definizione delle portate di progetto .....	137
11.6.2.2 Scenari simulati.....	138
11.6.2.3 Risultati delle analisi nello Stato di Fatto .....	140
11.6.2.4 Risultati delle analisi negli Stati di Progetto .....	140
11.7. FOSSETTA DELLA TORRETTA.....	143
11.7.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali dell'alveo.....	143
11.7.2. Verifiche idrauliche.....	145
11.7.2.1 Definizione delle portate di progetto .....	145
11.7.2.2 Scenari simulati.....	146
11.7.2.3 Risultati delle analisi nello Stato di Fatto .....	148
11.7.2.4 Risultati delle analisi negli Stati di Progetto .....	148
11.8. RISULTATI DELLE MODELLAZIONI IDRAULICHE .....	152
11.9. INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA NELLA FASE DI CANTIERE: OPERE PROVVISORIALI .....	153
<b>12. CORSI D'ACQUA SECONDARI E FOSSI MINORI TRATTATI CON IL METODO DEL MOTO UNIFORME.....</b>	<b>154</b>
12.1. DEFINIZIONE DELLA PORTATA DI PROGETTO .....	154
12.1.1. Verifiche idrauliche.....	154
<b>13. INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA ED OPERE CONNESSE .....</b>	<b>157</b>
13.1. TOMBINI SCATOLARI PER CORSI D'ACQUA GESTITI DAL CONSORZIO DI BONIFICA .....	157

13.2. TOMBINI CIRCOLARI PER CORSI D'ACQUA GESTITI DAL CONSORZIO DI BONIFICA .....	159
13.3. TOMBINI SCATOLARI E CIRCOLARI PER FOSSI PRIVATI .....	161
13.4. OPERE IDRAULICHE MINORI .....	162
<b>14. DEVIAZIONE DEL COLETTORE FOGNARIO RONCOCESI .....</b>	<b>164</b>
14.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	164
14.2. FASI DI LAVORAZIONE .....	165
14.2.1. Allaccio alla fognatura esistente con impatto con pozzetti "A" e "H".....	165
14.2.2. Attraversamento Fossetta della Torretta.....	166
14.2.3. Attraversamento S.S. n°9 – Trincea di Corte Tegge . .....	167

## 1. PREMESSA

---

La presente relazione è parte integrante del Progetto Definitivo di "Prolungamento della Tangenziale Nord di Reggio Emilia tra S. Prospero Strinati e Corte Tegge". Essa si propone di definire le grandezze idrauliche di riferimento e, di conseguenza, di stabilire gli interventi e gli accorgimenti da adottare, al fine di garantire la compatibilità tra le infrastrutture di attraversamento dei corsi d'acqua interferiti e gli ambienti di pertinenza degli stessi.

Questo percorso progettuale è stato coordinato e condiviso, per quanto possibile, con il Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale e con l'AIPO, e tiene conto delle prescrizioni impartite durante la Conferenza dei Servizi sul Progetto Preliminare.

Il risultato finale consiste nell'aver rispettato:

- ❑ ogni singola sezione di deflusso di attraversamento per il transito di piene relative alla portata massima sostenibile del corso d'acqua ( $Q_{MS}$ ) nel rispetto del Regolamento interno di polizia idraulica dell'Ente gestore;
- ❑ i franchi imposti tra i livelli idrometrici per piene prefissate e le dimensioni interne degli attraversamenti idraulici previsti,
- ❑ distanze minime dai cigli spondali per garantire le ordinarie operazioni di manutenzione da parte degli Enti preposti;
- ❑ le opere idrauliche di protezione all'imbocco e allo sbocco di ogni attraversamento stradale in progetto, inteso come difese spondali, coerenti con quanto indicato dal Consorzio di Bonifica territorialmente competente e dall'AIPO;
- ❑ compatibilità degli scarichi drenati dalla piattaforma stradale, nei corsi d'acqua recettori;
- ❑ la continuità e la conservazione della viabilità gestionale sia in caso di piena che di magra.

L'ambito territoriale scelto per l'analisi del sistema idrografico è, quindi, quello definito dai bacini imbriferi le cui aste vengono interessate dall'opera in studio; essi appartengono interamente al bacino imbrifero del Torrente Crostolo e quindi del Fiume PO. Lo studio idrologico ed idraulico ha permesso di inquadrare il territorio interessato sotto il profilo delle sue caratteristiche idrografiche, con riferimento all'entità prevalente del bacino idrografico di riferimento.

## 2. RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI

---

Le analisi idrauliche, di seguito riportate, sono state condotte rispettando gli indirizzi e le prescrizioni riportate nella normativa di riferimento nazionale, interregionale e regionale

Lungo tutto lo sviluppo dell'analisi e della progettazione idraulica in oggetto ci si è, inoltre, attenuti e riferiti a tutto l'insieme di indicazioni e prescrizioni (Norme di polizia idraulica) impartite dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, con il quale è stato attivato un positivo confronto.

### 2.1. NORMATIVA NAZIONALE

- 1- Testo Unico sulle Opere Pubbliche di cui al Regio Decreto 25/7/1904 n.523.
- 2- L. 36 del 05/01/1994 "Tutela e uso delle risorse idriche"
- 3- L. 183/89 "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo"
- 4- D.Lgs. 3 aprile 2006 n.152 "Norme in materia ambientale" e successive modifiche ed integrazioni;
- 5- DM 14/01/2008 "Norme Tecniche per le costruzioni"
- 6- Circolare 2/02/2009 n.617 "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14/01/2008.

### 2.2. NORMATIVA REGIONALE/INTERREGIONALE

- 1- Legge Regionale n.4 del 6 marzo 2007 "*Adeguamenti normativi in materia ambientale*";
- 2- *Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce "A" e "B" del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino del fiume PO;*
- 3- *Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica del PAI dell'AdBPo;*

### 3. CRITERI GENERALI

---

#### 3.1. ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO

Lo studio idrologico-idraulico, nel suo complesso, si è articolato nelle seguenti fasi.

*Fase 1^: Definizione di un quadro conoscitivo di riferimento morfologico ed idraulico*

Scopo di questa fase è di predisporre uno strumento conoscitivo in grado di valutare le sollecitazioni idrauliche dei diversi corsi d'acqua nel tratto di interesse, intese quali idrogrammi di piena (livelli e portate), ricavate attraverso analisi idrologiche e processi di modellazione matematica, e le condizioni idrauliche al contorno, sia a monte che a valle, per quanto non espresso dagli eventuali dati idrometrici disponibili.

Il rilievo delle sezioni trasversali aggiornato al 2012-2013 proprio nell'ambito della presente progettazione definitiva ha permesso, inoltre, di definire la geometria dei corsi d'acqua nei tratti oggetto di studio.

*Fase 2^: Analisi idraulica dei corsi d'acqua naturali*

Per i corsi d'acqua principali, Torrente Crostolo, T. Modolena e T. Quaresimo, è stata condotta una precisa analisi idrologica ed idraulica, in grado di approfondire, attraverso un processo di modellazione matematica comparativa tra stato di progetto e stato attuale, le perturbazioni dell'attraversamento viario sulle dinamiche idrauliche.

I parametri idraulici e le procedure di calcolo di contesto, sono quelle ricavate da studi e ricerche condotte negli ultimi anni all'interno di progettualità e valutazioni idrodinamiche funzionali alla pianificazione territoriale e quindi hanno una valenza già affermata e validata, mentre i criteri di impostazione, e soprattutto i vincoli applicati, sono quelli contenuti nel quadro normativo di riferimento precedentemente elencato. Da quest'ultimo, ed in particolare dal PAI dell'AdBPo e dal PTCP di Reggio Emilia, si desumono anche elementi funzionali alla caratterizzazione del sistema fluviale. Tali parametri di riferimento sono affiancati da valutazioni legate all'opportunità di definire soluzioni progettuali di presidio idraulico di modesto impatto ambientale.

In generale si è proceduto nella definizione di soluzioni progettuali che rispettino i contenuti di tracciato del progetto ed altresì tengano conto del rispetto della naturalità dei luoghi e delle esigenze che gli Enti gestori hanno avanzato durante il continuo confronto che ha caratterizzato l'intero percorso progettuale.

Questa porzione dello studio ha compreso l'implementazione, per ogni corso d'acqua, di un modello matematico di propagazione degli eventi di piena, mediante il quale sono stati calcolati i principali parametri idraulici di interesse (quali tiranti idrici e velocità medie della corrente), raggiunti nelle varie sezioni trasversali da piene aventi prefissati tempi di ritorno e considerando diverse condizioni al contorno, sia nelle condizioni attuali che nello stato di progetto. Per il T. Crostolo sono stati effettuati studi relativi alla compatibilità idraulica in presenza di opere provvisoriale ed è stato valutato il processo erosivo attorno alle spalle del ponte. Tutte queste analisi si basano su procedure di calcolo proposte dalla citata direttiva dell'Autorità di Bacino del fiume Po ed attraverso la valutazione dei risultati ricavati dalle indagini geognostiche effettuate in corrispondenza dell'attraversamento in progetto.

### *Fase 3<sup>a</sup>: Analisi idraulica dei corsi d'acqua artificiali*

Il sistema dei corsi d'acqua artificiali comprende la rete idrografica canalizzata composta dai corsi d'acqua di scolo e di irrigazione afferenti al Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale.

La particolare caratteristica dei corsi d'acqua di bonifica risiede proprio nella loro funzionalità e negli usi a cui sono preposti; l'ambivalenza delle funzioni di scolo ed irrigazione rende non poco difficile l'analisi idrologica in quanto a rigore essi andrebbero studiati sotto il profilo della funzione di drenaggio delle acque meteoriche tuttavia utilizzati, soprattutto nelle stagioni primaverili ed estive anche per irrigazione mantenendo alti i livelli in alveo e riducendo la capacità di assorbimento di eventi pluviometrici importanti.

Il criterio adottato per individuare i livelli idrometrici da assumere a riferimento per la progettazione dei manufatti di attraversamento, è stato, quindi, quello di assumere come portata di riferimento quella massima sostenibile ( $Q_{MS}$ ), determinata mediante modellazione matematica in moto permanente. È stata inoltre valutata una  $Q_{MS}$  incrementata del 30%, impostando le verifiche anche nell'ipotesi di adeguamento spondale lungo parte dei tratti dei corsi d'acqua analizzati.

L'analisi idraulica, condotta mediante modellazione matematica in moto permanente, è stata condotta indagando e mettendo a confronto la condizione attuale, stato di fatto, e quella futura, stato di progetto.

Le dimensioni dei manufatti di attraversamento sono state definite in accordo con quanto impartito dal Consorzio di Bonifica in sede di CDS e comunque garantendo un franco d'aria almeno pari al 30% dell'altezza interna del tombino rispetto alla portata di progetto.

Infine, e nel caso in cui gli stessi corsi d'acqua fossero anche i recettori delle acque di scarico dai singoli impianti di depurazione, la verifica idraulica è stata altresì condotta per verificare l'impatto del contributo sui profili di rigurgito così ottenuti. L'obiettivo laminativo, che trova nel processo dell'invarianza idraulica la propria oggettivazione, è stato sempre impostato al fine di ridurre in maniera significativa questo incremento. In realtà l'imposizione restrittiva sui coefficienti idrometrici imposti dal Consorzio di Bonifica fa sì che l'incremento del valore di portata non supera mai il 10% del valore complessivo ed è sempre contenuto nel criterio di invarianza imposto.

### *Fase 4<sup>a</sup>: Analisi idraulica dei corsi d'acqua minori*

Per i fossi privati caratterizzati da sezioni trasversali minori rispetto ai precedenti (Base maggiore:  $B < 3.0m$ ) e, poiché, gli attraversamenti idraulici previsti sono rappresentati da tombini circolari di diametro  $\leq \Phi 1000$ , le analisi sono state condotte in forma più speditiva, determinando la  $Q_{MS}$  con analisi idraulica in moto uniforme, indagando e confrontando la condizione attuale, stato di fatto e quella futura, stato di progetto.

Oltre alle verifiche sui singoli attraversamenti, è stata altresì condotta una mirata analisi volta a comprendere l'effetto che il corpo stradale genera sulla microcircolazione delle acque della rete minore, sia in termini distributivi (funzionali all'irrigazione) che scolanti. Il risultato dell'analisi consiste nell'aver individuato una prima rete di fossi di diverse dimensioni chiamati fossi di collegamento idraulico che necessariamente dovranno essere poi integrati e corretti in sede di concertazione con i singoli proprietari terrieri in funzione delle specifiche richieste di conduzione agronomica dei terreni. Questi fossi hanno la funzione di raccogliere

le acque di scolo dei campi e convogliarle verso il loro naturale recapito costituito da un corso d'acqua, evitando perciò che il rilevato stradale in progetto rappresenti una diga invalicabile per la naturale microcircolazione della rete minuta. Inoltre, ed al fine di garantire sempre la continuità idraulica delle rete idrografica esistente, sono stati previsti tutta una serie di manufatti idraulici rappresentati da paratoie di diverse dimensioni e tombini circolari in CA per passi carrai.

*Fase 5^: progettazione definitiva delle opere di presidio idraulico*

Sulla base delle risultanze delle analisi idrauliche si è, quindi, proceduto alla definizione definitiva delle opere di presidio idraulico necessarie a garantire sia l'efficienza idraulica delle strutture in progetto, che la compatibilità delle stesse con le dinamiche dei corsi d'acqua. Sono stati, inoltre, definiti gli accorgimenti e gli interventi necessari alla risoluzione delle interferenze con gli ulteriori elementi idraulici presenti.

Per il progetto delle difese attive sono state privilegiate soluzioni di ingegneria a basso impatto ambientale, condivise con il Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale e con l'AIPO.

## 4. L'APPLICAZIONE DEL MODELLO UTILIZZATO

### 4.1. IL MODELLO PER LA PROPAGAZIONE DELL'ONDA DI PIENA

L'analisi idraulica è stata condotta mediante modellazione numerica dei corsi d'acqua, dove la ricostruzione in formato digitale delle rispettive morfologie dell'alveo, delle eventuali arginature e delle aree limitrofe si è basata sia sul rilievo topografico realizzato nel 2012-2013, appositamente nell'ambito del presente progetto definitivo, che sul rilievo del 2004 fornito da AIPO per il T. Crostolo che sui rilievi forniti dal Consorzio di Bonifica.

Il confronto tra le dinamiche idrauliche nello stato di fatto ed in quello di progetto, che prevede la realizzazione del tracciato stradale e delle relative opere accessorie, ha consentito di evidenziare sia il funzionamento attuale dei corsi d'acqua, sia l'influenza sugli stessi apportata dall'infrastruttura in esame. Tali influenze si riconducono soprattutto in termini di alterazioni dei profili di rigurgito e di velocità della corrente, mentre dalla prima parte delle analisi modellistiche si desumono i vincoli geometrici che le opere di attraversamento devono rispettare in termine di sezione di deflusso del manufatto.

Il modello adottato per le simulazioni matematiche effettuate, integra numericamente le equazioni differenziali del moto vario per correnti monodimensionali gradualmente variate. L'ipotesi di monodimensionalità è ampiamente giustificata nella grande maggioranza dei tratti dei corsi analoghi a quelli in esame; essa risulta poco corretta solo in corrispondenza di brusche variazioni nella geometria della sezione liquida trasversale, ma in tali circostanze il raffittimento del rilievo geometrico limita le possibili fonti di imprecisione.

Il modello utilizzato, è ***HEC-RAS River Analysis System, elaborato dall'Hydrologic Engineering Center dell' US Army Corps of Engineers degli U.S.A. (versione 4.1.0).***

Si tratta di uno strumento d'applicabilità molto ampia, largamente utilizzato presso Enti Pubblici e Privati negli Stati Uniti e in oltre 40 nazioni, ed ormai adottato anche da molti Enti Pubblici Italiani.

Il modello è stato progettato per contenere vari moduli di analisi idraulica monodimensionale: analisi di moto permanente, analisi del moto vario, analisi del trasporto solido in letto mobile. Tra le diverse componenti quella utilizzata nel presente studio consiste nell'algoritmo di calcolo idraulico per la determinazione delle variazioni della portata, della velocità, della larghezza del pelo libero della corrente e di altre caratteristiche idrauliche del moto durante la propagazione verso valle della corrente idrica di portata nota, per effetto della capacità di laminazione naturale dell'alveo, della sua resistenza d'attrito, della presenza di opere interagenti con la corrente (ponti e traverse).

Il modello, calcola i profili di moto vario per corsi d'acqua monodimensionali in regime di corrente lenta, veloce o mista. Il programma, è in grado di calcolare e gestire i profili per una rete di canali naturali o artificiali in un sistema ad albero od a singolo ramo. Le relazioni fondamentali della formulazione matematica sono le equazioni dei moti permanenti nell'espressione classica dell'equazione monodimensionale dell'energia secondo Manning. Le perdite valutate sono quelle d'attrito (secondo

Manning), valutate per le diverse parti della sezione trasversale (canale centrale, sponde laterali, golene e parti di golene), e quelle causate dalla contrazione o espansione delle sezioni (tramite un coefficiente che moltiplica la variazione dell'altezza cinetica). L'equazione della quantità di moto è utilizzata nei punti dove il profilo del pelo libero subisce brusche variazioni ovvero in regime misto nel passaggio da corrente veloce a corrente lenta oppure, in corrispondenza di ponti, traverse e sottopassi o alla confluenza di più rami di una rete.

Il modello richiede, oltre alla geometria generale del corso d'acqua, profili e sezioni trasversali, i dati di portata in ingresso nella prima sezione di monte ed, eventualmente in tutte le sezioni dove sono disponibili dati di portata, ed infine le condizioni al contorno dipendenti dal regime di moto della corrente.

L'equazione generale dell'energia è la seguente:

$$Y_2 + Z_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + h_e$$

dove:

- $Y_1, Y_2$  altezza idrometrica nella sezione 1 e 2,  
 $Z_1, Z_2$  quota del fondo alveo nelle sezioni 1 e 2,  
 $V_1, V_2$  velocità medie (portata totale/area bagnata) nelle sezioni 1 e 2,  
 $\alpha_1, \alpha_2$  coefficienti di velocità,  
 $h_e$  perdita di carico nel tratto 1-2.

La perdita di carico tra due sezioni trasversali è calcolata come somma delle perdite distribuite per attrito e di quelle concentrate per effetto di contrazioni o allargamenti bruschi di sezione secondo l'equazione:

$$h_e = LS_f + C \left( \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} - \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} \right)$$

dove:

- $L$  distanza pesata, in funzione della portata, tra le due sezioni trasversali 1 e 2,  
 $S_f$  pendenza motrice tra le sezioni 1 e 2,  
 $C$  coefficiente di perdita di carico per contrazione o allargamento di sezione.

La pendenza d'attrito  $S_f$  è valutata secondo l'espressione di Manning:

$$S_f = n^2 Q|Q| / (A^2 R^{4/3})$$

dove  $n$  è il coefficiente di resistenza di Manning (che vale anche  $n=1/c$  con  $c$  di Gauckler-Strickler) ed  $R$  è il raggio idraulico.

L'equazione differenziale del moto viene integrata per via numerica, attraverso un insieme di fasi iterative che vengono ripetute più volte per affinarne la risoluzione; per la determinazione dei profili è quindi necessario fornire le condizioni iniziali di portata in ingresso e le condizioni al contorno in funzione del

regime di moto.

La procedura di calcolo per la determinazione del profilo idraulico per portata assegnata, richiede i seguenti dati:

- descrizione completa del tronco fluviale, costituita dalla rappresentazione geometrica delle sezioni di rilievo trasversali e relativo loro posizionamento plano-altimetrico;
- descrizione geometrica di opere trasversali (ponti e relativi rilevati di accesso, tombini scatoari, traverse fluviali, soglie di fondo, briglie etc.) e/o longitudinali in alveo;
- caratterizzazione della resistenza al moto in alveo e golene mediante la definizione del coefficiente di scabrezza di Manning;
- definizione dei coefficienti di contrazione/espansione, per effetto di perturbazioni offerte al moto da parte di opere trasversali presenti in alveo;
- definizione del tipo di moto (corrente lenta o veloce) nel tronco fluviale;
- condizione al contorno di partenza del calcolo del profilo secondo tre possibili metodologie:
- introduzione di una altezza d'acqua nota di valle o di monte, a seconda che il moto avvenga in corrente lenta o veloce,
- calcolo eseguito a partire dall'altezza critica,
- calcolo eseguito a partire dalla pendenza di fondo alveo.

Il calcolo del rigurgito prodotto dagli attraversamenti viene eseguito secondo diversi metodi :

- Equazione di Yarnell;
- Metodo di conservazione della quantità di moto.

## 5. AMBITO DI RIFERIMENTO

---

### 5.1. IL COMPENSORIO DI BONIFICA

Il tracciato del prolungamento della Tangenziale Nord di Reggio Emilia si colloca nella parte medio alta della Pianura Padana ovvero laddove i corsi d'acqua appenninici tributari del Po, cambiano assetto morfologico e da corsi d'acqua ramificati si trasformano in monocorsuali ad andamento meandriforme, delimitati da arginature via via crescenti. Ed è proprio in questa parte di pianura che prendono forma i canali di bonifica funzionali allo scolo delle acque non altrimenti drenanti dai primi in quanto pensili.

Il tracciato stradale in progetto si sviluppa in gran parte parallelo e a ridosso del lato Nord della linea Ferroviaria Milano-Bologna, collegando il centro urbano di Reggio Emilia, la zona industriale di Sesso e quella di Pieve Modolena con quella di Corte Tegge. L'andamento altimetrico si presenta monotona deprimente verso Nord-Ovest, con quote altimetriche che variano da 49.00m slm all'inizio del tracciato fino a 39.00m slm dopo circa 5.0Km.

Sul territorio si evidenziano anche alcuni rilievi naturali costituiti dai dossi di pianura, in genere con orientamento nord-sud, originati dalle antiche esondazioni dei corsi d'acqua e fluttuazioni d'alveo che hanno modellato la pianura in alternanza di dossi e valli, oggi non sempre riconoscibili, i primi caratterizzati da suoli sabbiosi e talvolta ghiaiosi le seconde caratterizzate da depositi alluvionali di limi ed argille. Altri elementi di origine artificiale sono le arginature dei principali corsi d'acqua e dei rilevati infrastrutturali e le incisioni dei canali di scolo e bonifica.

Gli elementi morfologicamente più significativi sono i corpi idrici principali attraversati dalla tangenziale: il Torrente Crostolo, Modolena e Quaresimo che suddividono il territorio in ambiti idrologicamente omogenei, tutti appartenenti al bacino idrografico del Crostolo.

L'area in esame ricade all'interno del comprensorio del Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale (Figura 5-1), ente di diritto pubblico, che nasce nell'ottobre del 2009 dalla fusione dei Consorzi di Bonifica Parmigiana Moglia Secchia e Bentivoglio-Enza, ed assicura la gestione e distribuzione delle acque superficiali per la tutela e lo sviluppo del territorio. Il comprensorio del Consorzio, che ha caratteristica di interregionalità, ha una superficie totale di 312.325 Ha e ricadenti nelle province di Reggio Emilia, Modena, Parma, Massa Carrara e Mantova.

Nell'area di studio, le opere del Consorzio garantiscono il corretto deflusso delle acque meteoriche, tramite la loro raccolta, allontanamento e smaltimento ed assicurano inoltre la difesa dalle inondazioni delle acque provenienti dai territori situati più a monte. Anche a causa della sempre maggiore urbanizzazione del territorio e dei cambiamenti climatici in atto, tale attività risulta indispensabile per evitare possibili allagamenti degli immobili (terreni e fabbricati) posti nel comprensorio di bonifica.

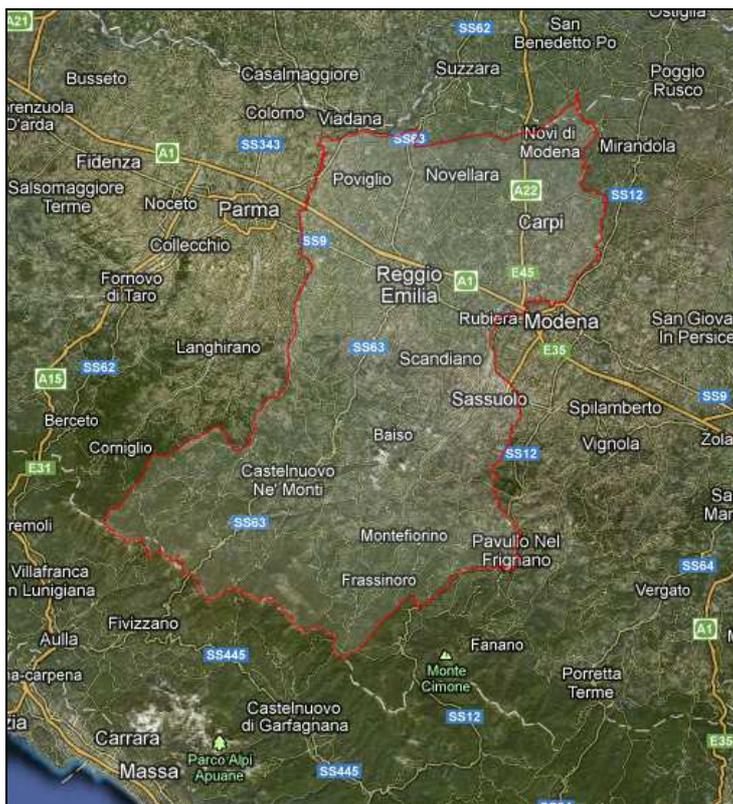


Figura 5-1: Perimetrazione del comprensorio di Bonifica dell'Emilia Centrale

Il tracciato insiste su un territorio di campagna prevalentemente destinata a seminativi con presenza di vigneti ed altre colture arboree, oltre ad alcune abitazioni isolate.

Il territorio è soggetto ad un clima continentale temperato tipico della pianura padana tuttavia con influenze del clima sublitoraneo appenninico dominato da due massimi e due minimi di precipitazione.

## 5.2. DESCRIZIONE DEL TRACCIATO STRADALE AI FINI IDRAULICI

Il tracciato del prolungamento della Tangenziale Nord di Reggio Emilia si sviluppa da Est verso Ovest per circa 6.4 km in territorio di alta pianura.

Ad Est, La viabilità in progetto si raccorda all'esistente cavalcavia della tangenziale Nord di Reggio Emilia, circa all'altezza di Via dei Gonzaga, mentre ad Ovest a via G. Vico in località Corte Tegge.

La tangenziale in progetto è di categoria B, con due corsie per senso di marcia, fino al Km 04+300, dopodiché si passa alla categoria C1 con una sola corsia per senso di marcia.

Il tracciato è prevalentemente in rilevato con la presenza di tre ponti per l'attraversamento dei corsi d'acqua principali interferiti e di due viadotti, il primo all'inizio dell'intervento, denominato "Viadotto a Est del T. Crostolo", che si collega con il cavalcavia esistente, ed il secondo, denominato "Cavalcavia Gallinari" per il superamento dello svincolo di Pieve Modolena.

Dal Km 05+570 al Km 05+950 il tracciato si sviluppa in trincea, denominata "Trincea di Corte Tegge", che

presenta una profondità massima di circa 4.30m rispetto al piano campagna circostante.

In generale, per l'intera tangenziale, la pendenza trasversale massima della strada è pari al 7% in curva, mentre in rettilineo è sempre garantita la pendenza almeno del 2,5% per consentire il corretto deflusso delle acque di piattaforma.

Il progetto stradale in esame contempla, oltre alla tangenziale, anche viabilità secondarie, tra cui due svincoli denominati "Svincolo di Rete2" e "Svincolo di Pieve Modoleña" costituiti da rampe di collegamento tra la tangenziale e la viabilità esistente. Oltre a questi due svincoli sono previsti sei sottovia che hanno la finalità di superare la tangenziale o l'esistente linea ferroviaria MI-BO. Infine sono presenti una pista ciclabile nell'area dello svincolo di Rete2 ed alcune nuove viabilità di collegamento di strade esistenti, tra cui il raccordo tra Via Guernica e Via Hiroshima.

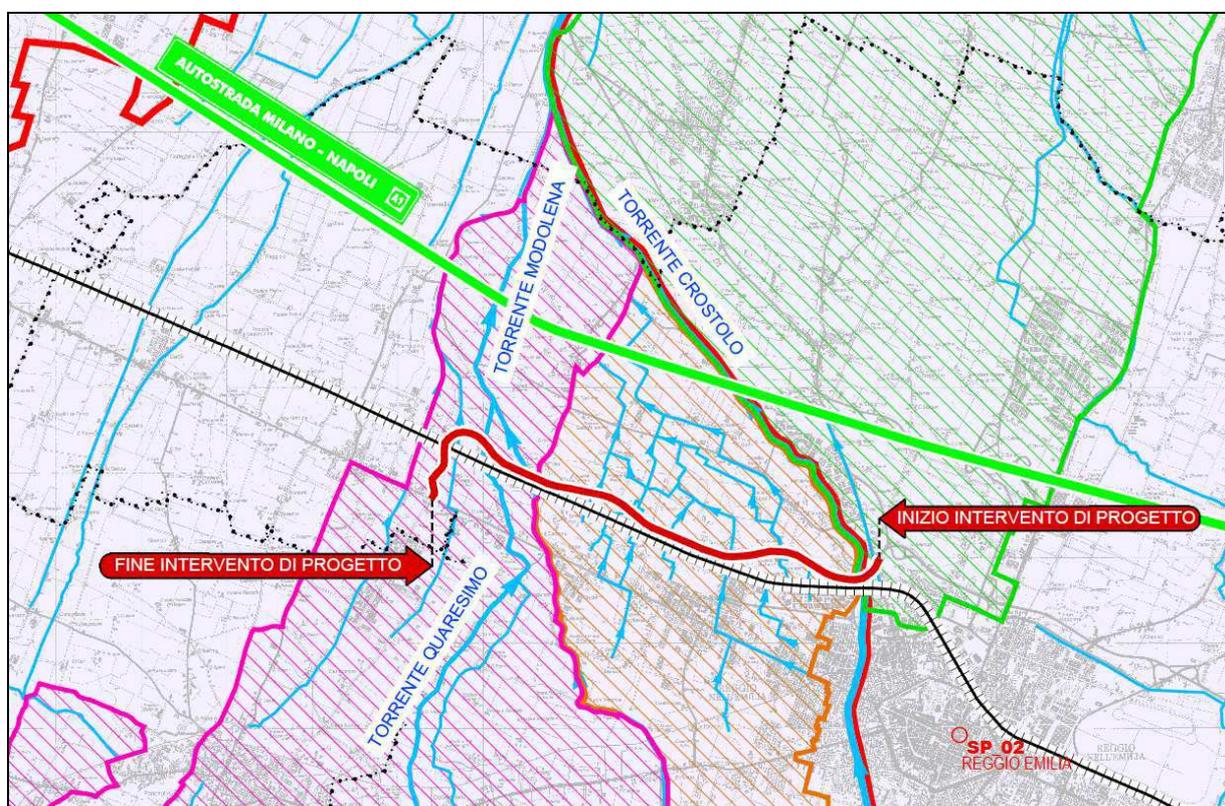


FIGURA 5-2: PLANIMETRIA DI INQUADRAMENTO DEL TRACCIATO STRADALE

## 6. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE

Lo studio idrologico ha previsto l'indagine sul regime delle piogge di breve durata e forte intensità per un Tempo di Ritorno di 25-50-100 anni, in tutti i pluviometri situati nelle vicinanze del tratto stradale, finalizzata alla definizione delle curve di possibilità pluviometrica e dei relativi ietogrammi di progetto.

### 6.1. INDAGINI PLUVIOMETRICHE ED IDROMETRICHE

L'area presa a riferimento, caratterizzata da omogeneità idrologica, è compresa tra le provincie di Reggio Emilia e Parma, si tratta di un'area che presenta omogeneità climatica, essendo tutta appartenente alla parte meridionale della Pianura Padana e limitata a sud dalla catena appenninica che la separa dai regimi tirrenici.

Nell'ambito dello studio sono state prese in esame le stazioni pluviometriche ufficiali (ARPA) all'interno di un'area sufficientemente ampia nell'intorno del tracciato in progetto (Tabella 6-1 e Figura 6-1), successivamente sono state scelte quelle geograficamente più vicine al tracciato che presentano un numero considerevole di dati.

Le analisi idrologiche finalizzate a determinare le curve di possibilità pluviometrica e gli ietogrammi di progetto sono state trattate nella "Relazione idrologico-idraulica sulla gestione delle acque di piattaforma", (cod. P00ID00IDRRE02A), quindi si rimanda ad essa tali approfondimenti.

Tabella 6-1: Stazioni pluviometriche ufficiali ricadenti all'interno dell'area di studio

CODICE	STAZIONE	COMUNE	PROV.	STRUMENTO	QUOTA (m slm)	ANNI DI ATTIVITA'
SP_01	POVIGLIO	Poviglio	(RE)	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	29,00	1963-2008
SP_02	REGGIO EMILIA	Reggio Emilia	(RE)	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	51,00	1951-2011
SP_03	QUATTRO CASTELLA	Quattro Castella	(RE)	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	173,00	2003-2011
SP_04	BASILICAGOIANO	Montechiarugolo	(PR)	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	113,00	1966-2007
SP_05	NOVELLARA SIRONA	Novellara	(RE)	P: Pluviometro registratore	19,00	1936-2005
SP_06	VILLA MASONE	Reggio Emilia	(RE)	P: Pluviometro registratore	56,00	1924-2005
SP_07	VEDRIANO	Canossa	(RE)	P: Pluviometro registratore	590,00	1913-2001

Per la caratterizzazione idrologica si è intesa la determinazione diretta o indiretta delle sollecitazioni di deflusso che interessano i corsi d'acqua di studio; tali sollecitazioni derivano, in condizioni naturali, dalla risultanza del processo di trasformazione afflussi in deflussi dove la portata idrica nel corso d'acqua è la risultante delle precipitazioni depurate delle perdite per evaporazione, traspirazione ed infiltrazione. Nell'ambito di studio tali valutazioni sono state possibili solo per i corsi d'acqua naturali, Crostolo, Modolena e Quaresimo in quanto caratterizzati da un bacino di scolo a comportamento naturale. Viceversa il comprensorio di bonifica è caratterizzato da elementi idrografici canalizzati dove il regime di scolo si

sovrappone a quello di irrigazione e dove il deflusso delle acque artificiali è spesso gestito attraverso paratoie e chiaviche.

L'analisi idrologica è stata quindi condotta con l'obiettivo di definire, dove possibile, le portate minime e massime dei corsi d'acqua studiati concentrando tale attività su quelli di rango principale e secondario per i quali è stato inoltre possibile un confronto con il Consorzio di Bonifica che, in quanto gestore, ha fornito prezioso aiuto nelle determinazioni.

Le portate minime sono rappresentate dai minimi deflussi sempre presenti all'interno dei corsi d'acqua e risultano di particolare importanza per comprendere il mantenimento, durante tutto l'arco dell'anno o viceversa la perdita parziale o totale, degli habitat caratteristici degli ambienti fluviali naturali e/o canalizzati. La portata minima è stata valutata attraverso indagini di campo ed attraverso le informazioni del Consorzio. Si è rilevato che la maggior parte dei sistemi canalizzati presenta periodi dell'anno completamente asciutti anche se riconducibili a poche giornate, in quanto durante la stagione umida i canali svolgono principalmente la funzione di scolo e pertanto sono spesso interessati da deflussi; durante la stagione secca sono invasi per la funzione irrigua ed ancora pertanto pieni d'acqua. Le portate minime sono nella maggior parte dei casi nulle.

Le portate massime sono i massimi deflussi che si sviluppano all'interno di aste canalizzate. I deflussi massimi sono in genere correlati alla probabilità con cui si verificano e questa è espressa attraverso il tempo di ritorno. La determinazione delle sollecitazioni idrologiche per assegnato tempo di ritorno avviene generalmente attraverso una indagine afflussi-deflussi sul bacino imbrifero sotteso; tuttavia tale analisi risulta eseguibile solo laddove le informazioni sul bacino sono note e dove il regime idrologico avviene interamente a gravità. Nel caso di studio solo il torrente Crostolo, Modolena e Quaresimo sono caratterizzati da queste informazioni e le portate possono essere definite per via analitica; per essi ci si è appoggiati ai valori caratteristici contenuti nel PAI per il Crostolo e nel PTCP di Reggio Emilia del 2010 per il Modolena e per il Quaresimo.

Per i canali la definizione delle portate massime assume un significato leggermente diverso; essi infatti hanno bacini imbriferi di difficile determinazione univoca, in quanto spesso è diverso il bacino di scolo da quello di irrigazione ed in caso di sollecitazioni pluviometriche durante la stagione irrigua la forte regolazione artificiale dei deflussi impedisce la determinazione di portate con riferimento probabilistico.

Come già anticipato nel Capitolo precedente, il valore di portata assunto a riferimento per la caratterizzazione dei massimi deflussi è quindi quello della massima portata sostenibile dalla geometria del canale nel tratto indagato; tale valore non vale in senso assoluto ma solo nelle sezioni d'indagine. La portata massima sostenibile viene quindi ricavata per via idraulica attraverso l'espressione di Chezy, limitatamente alla rete idrica minore, mentre per i canali classificati secondari è ottenuta ipotizzando all'interno dei modelli idraulici diverse portate e verificando quali di queste mantengono il proprio idrodinamismo all'interno dell'alveo sia esso inciso o arginato.

Le stazioni idrometriche ufficiali (ARPA) ricadenti all'interno di un'area sufficientemente ampia nell'intorno del tracciato in progetto sono riportate nella Tabella 6-2 e in Figura 6-1.

RELAZIONE IDROLOGICO E IDRAULICA: GESTIONE DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE

Tabella 6-2: Stazioni idrometriche ufficiali ricadenti all'interno dell'area di studio

CODICE	STAZIONE	COMUNE	PROV.	PROPRIETA'	TORRENTE	X Gauss-Boaga Ovest 32	Y Gauss-Boaga Ovest 32	TIPO STAZIONE	QUOTA (m slm)	ANNI DI ATTIVITA'
ID_01	CADELBOSCO	Cadelbosco di Sopra	(RE)	ARPA	Crostolo	1625122	4959620	Stazione per misura di portata con idrometrografo	25.42	2003-2011
ID_02	SORBOLO	Sorbolo	(PR)	ARPA	Enza	1614940	4966666	Stazione per misura di portata con idrometrografo	23.85	2009-2011

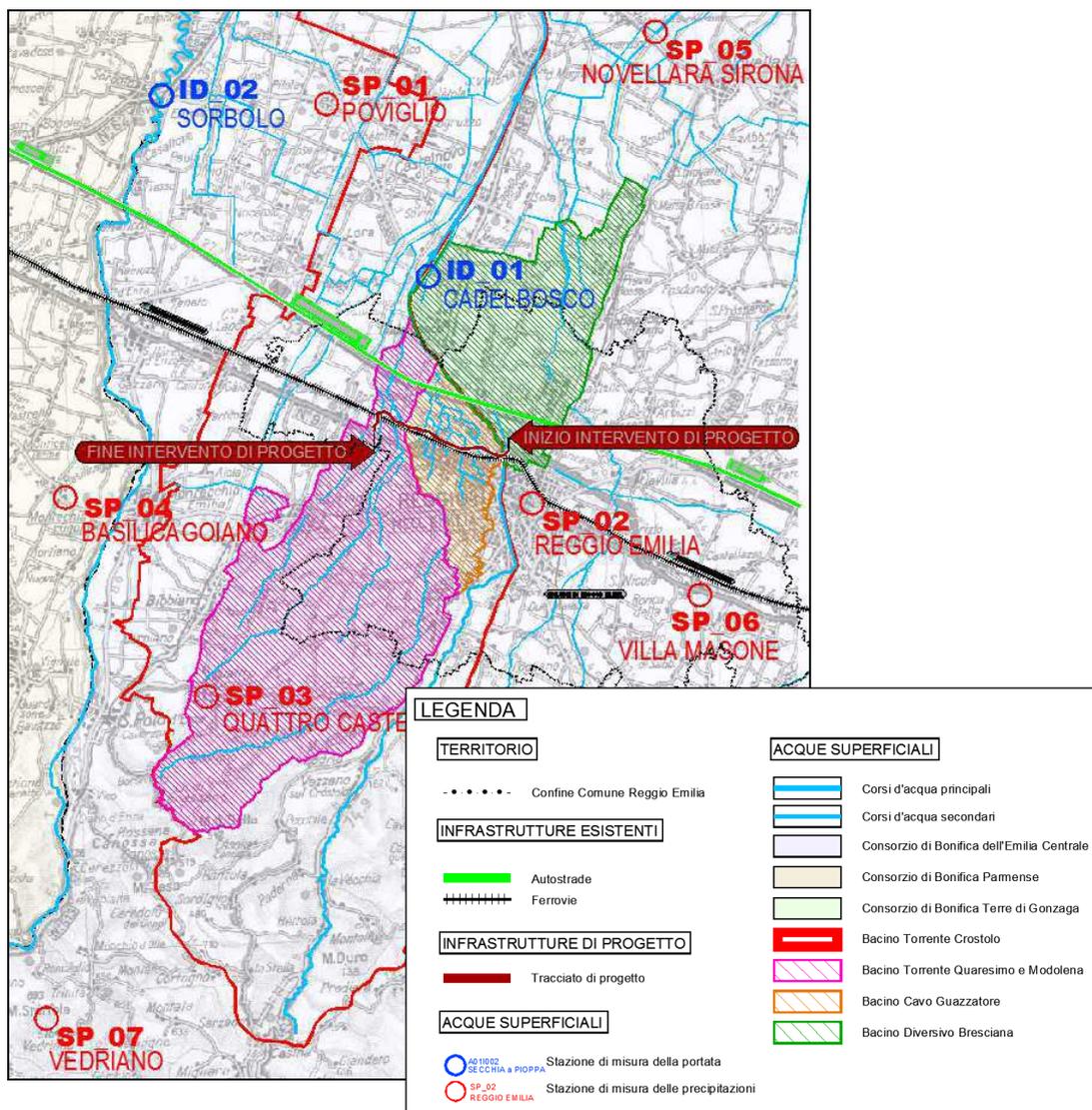


Figura 6-1: Planimetria delle stazioni pluviometriche ufficiali ricadenti all'interno dell'area di studio

## 7. INTERFERENZE IDRAULICHE CON IL TRACCIATO IN PROGETTO

Il reticolo idrografico interferito dall'opera in progetto è composto da corsi d'acqua naturali come il Torrente Crostolo, il T. Modolena e il T. Quaresimo, canali artificiali ad uso prevalentemente promiscuo, scolo ed irrigazione, e da fossi di modeste dimensioni, prevalentemente ad uso privato

Lo studio del reticolo idrografico superficiale si articola distinguendo i corsi d'acqua tra principali, secondari e minori; tale classificazione si basa sulle dimensioni delle sezioni idrauliche, e di conseguenza sul regime delle portate defluenti. In particolare l'elemento distintivo preso a riferimento è rappresentato dalla base maggiore B della sezione idraulica in corrispondenza dell'attraversamento in progetto:

- Corso d'acqua principale:  $B > 10,0\text{m}$ ;
- Corso d'acqua secondario:  $3,0\text{m} \leq B \leq 10,0\text{m}$ ;
- Corso d'acqua minore:  $B < 3,0\text{m}$ .

Di seguito sono trattati, in modo puntuale, tutti i corsi d'acqua principali e secondari interferiti dalla viabilità in progetto al fine di definire:

- 1- Le caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali;
- 2- La portata di riferimento e le condizioni al contorno per la modellazione matematica;
- 3- L'attraversamento idraulico previsto;
- 4- Le verifiche idrauliche svolte tramite modellazione matematica monodimensionale, in moto permanente. Questo permette di indagare e confrontare la condizione attuale, stato di fatto e quella futura, stato di progetto.

Per la rete minore caratterizzata da sezioni trasversali minori rispetto ai precedenti e poichè attraversano la sede stradale mediante tombini circolari di diametro  $\leq \Phi 1000$ , le analisi sono condotte in forma più speditiva, determinando la  $Q_{MS}$  con analisi idraulica in moto uniforme, indagando e confrontando la condizione attuale, stato di fatto e quella futura, stato di progetto.

### 7.1. CORSI D'ACQUA INTERFERITI

L'ambito territoriale scelto per l'analisi del sistema idrografico è quello definito dai bacini imbriferi le cui aste vengono interessate dall'opera in studio; essi appartengono al bacino imbrifero del Torrente Crostolo, tutti ricadenti in provincia di Reggio Emilia, come riportato in Figura 6-1.

Sono interferiti dal tracciato stradale, tre corsi d'acqua principali: torrente Crostolo, Modolena e Quaresimo, e una fitta rete di canali artificiali secondari e minore. Lo studio idrologico ed idraulico, differenziato per singolo sistema idrografico e per singolo ambito territoriale, ha permesso di inquadrare il territorio interessato non tanto sotto il profilo del corridoio stradale, bensì sotto il profilo delle sue caratteristiche idrografiche e quindi con riferimento all'entità prevalente del bacino idrografico di riferimento.

Il sistema è quindi organizzato in tre classi prevalenti, come precedentemente descritto, per le quali sono

**RELAZIONE IDROLOGICO E IDRAULICA: GESTIONE DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE**

previste differenti tipologie di manufatti di attraversamento:

- ❑ Corsi d'acqua principali classificati tali perché aventi sezione trasversale importante tale da imporre come attraversamento un ponte.
- ❑ Corsi d'acqua secondari classificati tali, perché aventi sezione trasversale con base maggiore  $3,0m \leq B \leq 10,0m$ , e la cui interferenza è stata risolta generalmente tramite tombino scatolare;
- ❑ Corsi d'acqua minore classificati tali, perché aventi sezione trasversale con base maggiore  $B < 3m$ , tra questi rientrano i corsi d'acqua della rete minuta di proprietà privata principalmente riconducibili alle tipologie di fossi di guardia di strade provinciali comunali o poderali e capifosso agricoli, collettori delle singole scoline, realizzati dai conduttori agricoli nell'ambito dell'organizzazione coltiva e fondiaria e la cui interferenza è stata generalmente risolta tramite tombino circolare di diametro fino al 1000mm

La tabella seguente riporta tutti i corsi d'acqua interferiti dalla viabilità in progetto, specificando le caratteristiche principali degli stessi, in termini di "ente gestore", "rango", quindi importanza dello stesso, "uso a cui è destinato ed infine le dimensioni della sezione idraulica in corrispondenza dell'attraversamento stradale: base maggiore "B", minore "b" ed altezza "H".

**Tabella 7-1: Elenco corsi d'acqua interferiti**

Nome corsi d'acqua	Ente gestore	Rango	Uso	Sezione	B (m)	b (m)	H (m)
Condotto Sessa Maggiore	Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale	Secondario	Irriguo	In scavo	Tratto tombato con scatolare B=1m, H=1.50m		
Tubazione Cavazzoli-Roncocesi	Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale	Secondario	Irriguo	Rete soffolta	Rete soffolta con condotta ø800		
Torrente Crostolo	AIPO	Principale	Corso d'acqua naturale	Arginato	68.0	7.0	8.0
Fossetta S.Giulio	Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale	Secondario	Promiscuo	In scavo	3.0	0.5	0.9
Fossetta Baratto	Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale	Secondario	Promiscuo	In scavo	3.0	0.5	0.8
Fossetta Gianferrari	Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale	Minore	Promiscuo	In scavo	2.5	0.4	0.7
Cavo Guazzatore	Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale	Secondario	Promiscuo	In scavo	8.8	2.8	2.0
Fosso 1	Privato	minore	Scolo	In scavo	1.2	0.3	0.4
Fosso 2	Privato	minore	Scolo	In scavo	1.3	0.3	0.4
Fosso 3	Privato	minore	Scolo	In scavo	2.0	0.4	0.9
Fossetta Ballanleoche	Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale	Secondario	Promiscuo	In scavo	4.5	1.0	1.7
Fossetta Valle Pieve Modolena	Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale	Secondario	Promiscuo	In scavo	3.0	0.5	1.0
Fossetta Castellara	Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale	Secondario	Promiscuo	In scavo	4.7	1.0	1.5
Fosso 5	Privato	Minore	Scolo	In scavo	2.0	0.5	0.8
Irrigatorio di Via Ferraroni	Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale	Minore	Promiscuo	In scavo	2.1	0.3	0.7
Fossetta Valle Roncocesi	Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale	Secondario	Promiscuo	In scavo	3.5	0.7	1.0

Nome corsi d'acqua	Ente gestore	Rango	Uso	Sezione	B (m)	b (m)	H (m)
Torrente Modolena	Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale	Principale	Corso d'acqua naturale	Arginato in sponda sx	18.0	10.0	4.6
Torrente Quaresimo	Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale	Principale	Corso d'acqua naturale	Arginato	20.6	7.0	4.0
Fossetta della Torretta	Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale	Secondario	Scolo	Arginato	8.0	1.5	2.5
Fosso 4	Privato	Minore	Scolo	In scavo	1.5	0.5	0.5

## 7.2. INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO SULLA BASE DELLA PIANIFICAZIONE DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (VINCOLI IDRAULICI FASCE DI ESONDAZIONE E AREE STORICAMENTE ALLAGATE)

L'area in esame è caratterizzata da una fitta rete di corsi d'acqua artificiali e naturali, tra questi ultimi il T. Crostolo, Modolena e Quaresimo presentano un assetto fisico ed ambientale della regione fluviale definito nel Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) e nel PTCP della Provincia di Reggio Emilia.

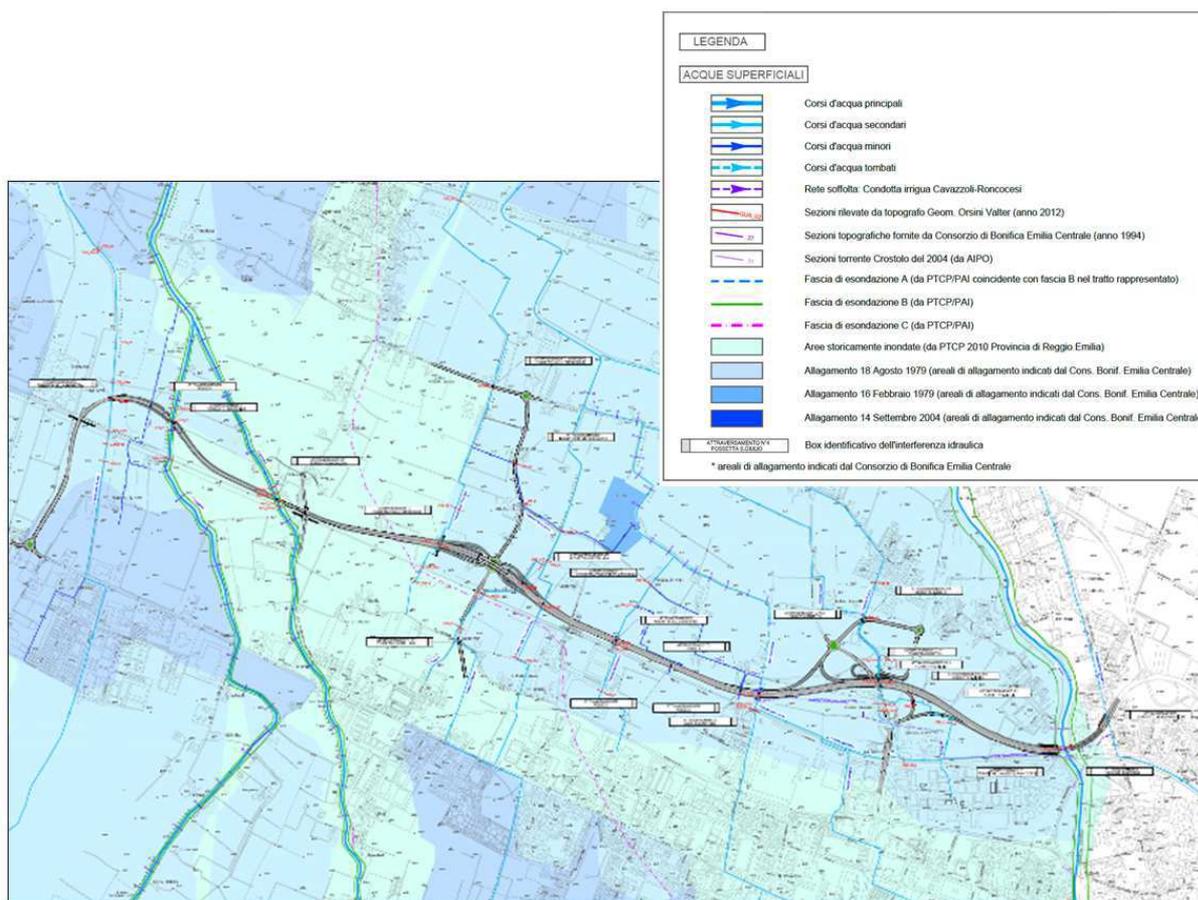


Figura 7-1: Planimetria delle interferenze e delle problematiche idrauliche

Nella regione fluviale vengono individuate e delimitate le porzioni di territorio funzionali alla delimitazione dell'alveo di piena ordinaria (Fascia A), all'espansione della piena per tempi di ritorno assunti a riferimento (Fascia B), e le aree che potrebbero avere zone coinvolte da piene con tempi di ritorno maggiori dei 200

anni (Fascia C).

La Figura 7-1, stralcio planimetrico della tavola *"Idrografia superficiale: individuazione delle interferenze e problematiche idrauliche"* (cod. P00ID00IDRPL01A), riporta, oltre alle interferenze idrauliche con il tracciato stradale e le aree storicamente allagate, anche le fasce fluviali; in particolare si evince che gran parte del tracciato si trova all'interno alla Fascia C del T. Crostolo.

Per quanto riguarda le aree di allagamento storiche riportate nella tavola precedente si evince che tutto il tracciato stradale in progetto ricade in un'area in cui, negli anni passati, si sono verificati fenomeni di allagamento. Gli areali di allagamento sono stati forniti dal Consorzio di Bonifica ed in parte sono stati estratti dalla carta delle aree storicamente inondate del PTCP 2010 della Provincia di Reggio Emilia.

Gli allagamenti risalgono a periodi passati, in particolare l'anno 1979 e il 2004, successivamente ai quali sono stati condotti, dagli enti territorialmente competenti, mirati interventi di sistemazione della rete scolante, al fine di ridurre ai minimi termini altri fenomeni di allagamento.

### **7.3. QUALITÀ DELLE ACQUE SUPERFICIALI**

Sui corpi idrici superficiali della Provincia di Reggio Emilia sono attive le seguenti reti di monitoraggio ambientale delle acque superficiali:

- Rete di 1° grado, o rete regionale della qualità ambientale;
- Rete di 2° grado (su corpi idrici minori, con valenza territoriale locale);
- Reti regionali a destinazione funzionale per acque destinate alla produzione di acqua potabile e acque dolci idonee alla vita dei pesci.

Le stazioni di rilevamento sul territorio provinciale sono mostrate nella Figura 7-2, in particolare quelle presenti lungo l'asta del T. Crostolo sono tutte stazioni della rete di 1° grado. Queste sono di seguito elencate e definite con una sigla che consente di individuarne la posizione nella figura seguente:

- C1: La Bettola;
- C2: Vezzano;
- C3: Roncocesi;
- C4: Begarolo;
- C5: C. Cava – P.te Bastiglia;
- C6: C. Tassone – S. Vittoria;
- C7: Baccanello.

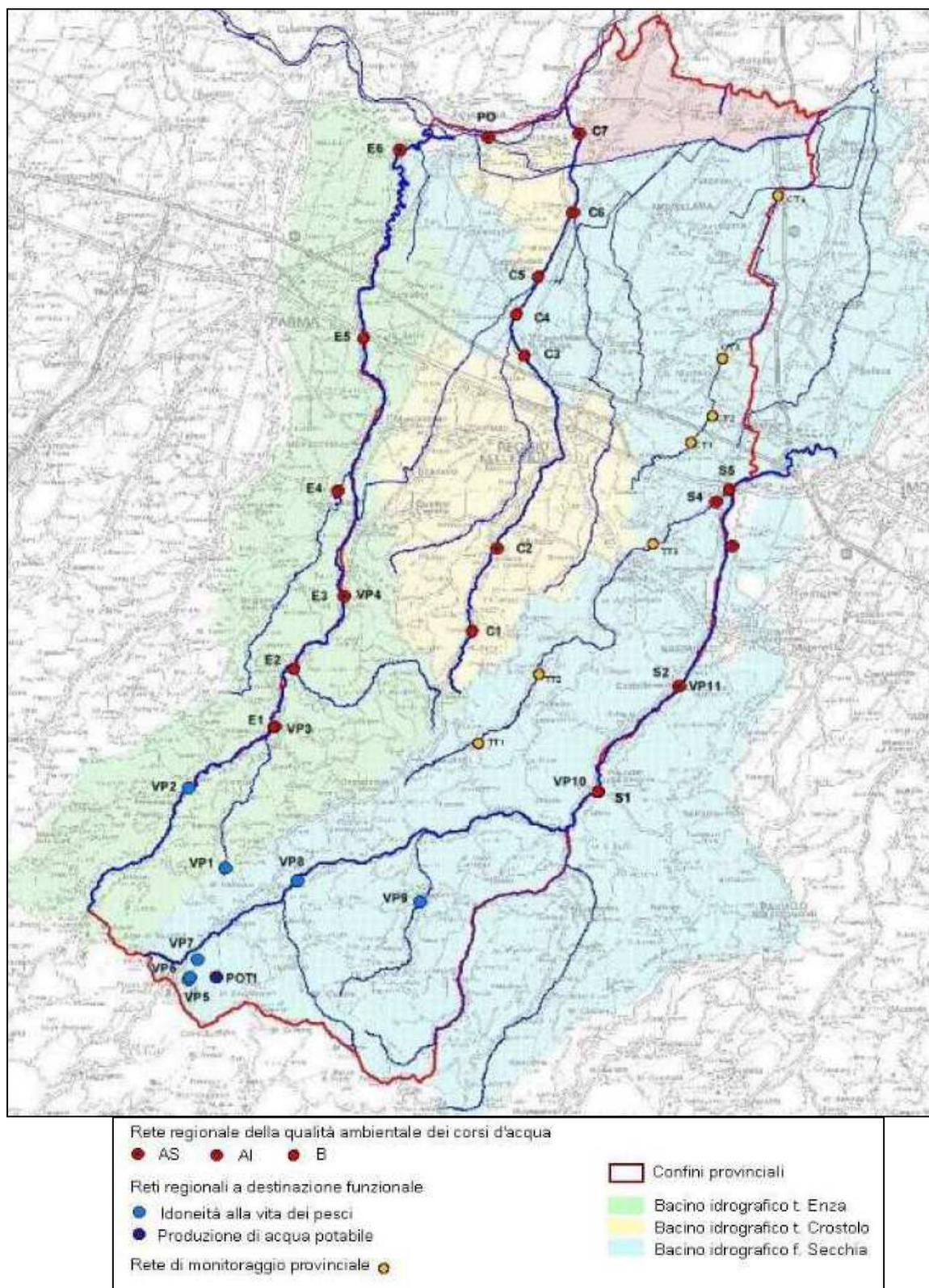


Figura 7-2: Prospetto riepilogativo delle reti di monitoraggio delle acque superficiali nella Provincia di Reggio Emilia (fonte: PTA regionale)

La metodologia per la classificazione dei corpi idrici è dettata dal D.Lgs. 152/99, che descrive gli indicatori e gli indici necessari per costruire il quadro conoscitivo dello "stato ecologico" e "stato ambientale" delle acque, rispetto a cui misurare il raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale prefissati. Lo "stato ecologico" dei corpi idrici superficiali rappresenta "l'espressione della complessità degli ecosistemi acquatici". Lo stato ecologico è definito in base sia a parametri chimico-fisici di base, attraverso l'indice di Livello di Inquinamento da Macrodescriptors (LIM), sia dalla composizione della comunità macrobentonica delle acque correnti attraverso il valore dell'Indice Biotico Esteso (IBE).

Il Livello di Inquinamento da Macrodescriptors (LIM) si ottiene sommando i punteggi ottenuti da 7 parametri chimici e microbiologici, ovvero l'ossigeno disciolto (OD), la quantità di ossigeno necessaria per l'ossidazione per via aerobica dei componenti organici (BOD<sub>5</sub>), la quantità di ossigeno necessaria per la completa ossidazione dei componenti organici ed inorganici (COD), la concentrazione di ammonio (NH<sub>4</sub>), di nitrati (NO<sub>3</sub>), di fosforo totale (P) e coliformi fecali (E.coli).

L'Indice Biotico Esteso (IBE) cioè il controllo biologico di qualità degli ambienti di acque correnti è basato sull'analisi delle comunità di macroinvertebrati, questo rappresenta un approccio complementare al controllo chimico-fisico, in grado di fornire un giudizio sintetico sulla qualità complessiva dell'ambiente e stimare l'impatto che le diverse cause di alterazione determinano sulle comunità che colonizzano i corsi d'acqua. Per definire lo Stato Ecologico di un Corso d'Acqua (SECA) si adotta la classificazione peggiore tra quelle basate sugli indici LIM e di IBE.

In Provincia di Reggio Emilia sono stati messi a confronto il SECA del biennio 2001-2002 corrispondente alla fase conoscitiva, prevista dalla normativa e considerata dal Piano di Tutela delle Acque regionale, con il SECA elaborato sui singoli anni 2003, 2004 e 2005, appartenenti alla fase a regime. Per il bacino del T. Crostolo si riporta di seguito la seguente tabella dove per "Classe 1" si intende che lo stato ambientale è elevato, per "Classe 2" è buono, per "Classe 3" è sufficiente, per "Classe 4" è scarso e per "Classe 5" è pessimo (Tabella 7-2):

Tabella 7-2: Evoluzione dello stato ecologico del T. Crostolo tra il 2001 e il 2005 (fonte: PTA regionale e dati raccolti da ARPA di Reggio Emilia in collaborazione con la Provincia di Reggio Emilia)

BACINO DEL CROSTOLO						
CORPO IDRICO	STAZIONE	TIPO	SECA 01-02 (Rif. PTA)	SECA 2003	SECA 2004	SECA 2005
Crostolo	Bettola	B	Classe 2	Classe 2	Classe 3	Classe 2
Crostolo	Briglia a valle Rio Campola (Vezzano)	AS	Classe 2	Classe 3	Classe 3	Classe 2
Crostolo	Ponte Roncocesi	B	Classe 3	Classe 3	Classe 4	Classe 3
Crostolo	Begarola valle confl. Modolena	B	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 4
C.Cava	Ponte della Bastiglia	B	Classe 4	Classe 4	Classe 4	Classe 4
Tassone	S. Vittoria	AI	Classe 5	Classe 4	Classe 4	Classe 4
Crostolo	Ponte Baccanello	AS	Classe 4	Classe 5	Classe 4	Classe 5

Analizzando la tabella precedente è possibile affermare che le forti pressioni che gravano su questo corso d'acqua determinano in chiusura di bacino uno stato ambientale che oscilla tra pessimo e scadente. Quanto affermato trova conforto nel fatto che il Crostolo compie il suo percorso attraverso aree collinari e di pianura fortemente antropizzate. Nel suo alto corso riceve gli scarichi della zona artigianale di Casina.

Nella zona di alta pianura, proprio quella in esame, confluiscono in Crostolo una serie di apporti di considerevole importanza: a Roncocesi il cavo Guazzatore e gli scolmatori di piena del comune di Reggio; a Bagarola tramite l'affluente Torrente Modolena riceve gli scarichi del depuratore di Roncocesi, che colletta anche gran parte della Val d'Enza; più a valle riceve il Cavo Cava ed il Canalazzo Tassone che veicolano rispettivamente le acque di dreno di un vasto areale agricolo e del depuratore di Mancasale.

Nelle vicinanze del tracciato di prolungamento della tangenziale è importante segnalare la presenza di un fontanile classificato, nel PTCP di Reggio Emilia, di tipo stagionale cioè con discontinua presenza di acqua, prevalentemente di falda (Figura 7-3 e Figura 7-4).

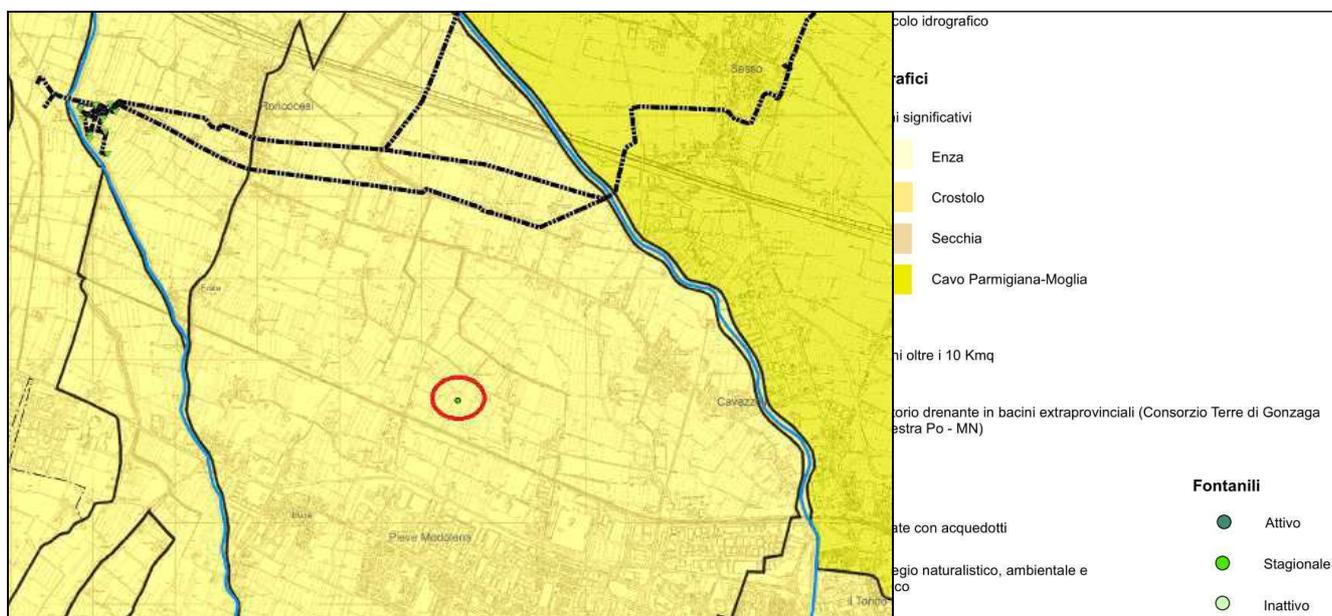


Figura 7-3: Carta degli elementi idrografici naturali ed artificiali e delle captazioni ad uso idropotabile (fonte PTCP di RE)

La presenza di fontanili, cioè di emergenze naturali della falda nella zona di pianura, rappresenta un elemento caratterizzante della fascia di transizione tra la pianura pedemontana e la media pianura alluvionale. Qui l'intersezione tra le conoidi fluviali e i sedimenti argillosi determina il fenomeno delle risorgive, dove sgorgano acque limpide e ricche di ossigeno caratterizzate da modeste escursioni termiche nell'arco dell'anno. Queste peculiarità conferiscono ai fontanili una notevole valenza sul piano naturalistico ed ecologico, in quanto molte specie animali e vegetali trovano in questi ambienti il luogo ideale per la loro stessa sopravvivenza o lo svolgimento di determinati cicli biologici.



**Figura 7-4: Risorgiva in corrispondenza della Fossetta Ballanleoche**

## 8. TORRENTE CROSTOLO

### 8.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il Torrente Crostolo è un corso d'acqua di competenza gestionale dell'Agenzia Interregionale per il Fiume Po (AIPO), che viene attraversato dalla tangenziale immediatamente a valle dell'esistente ponte della linea Ferroviaria Milano-Bologna, nell'area ricompresa tra centro industriale di Sesso e di Pieve Modolena, a ridosso del centro urbano del Comune di Reggio Emilia. L'interferenza ricade nel tratto iniziale del prolungamento del tracciato stradale, tra le progressive km 00+351,00 e km 00+412,00. In questo tratto il corso d'acqua ha ormai perso la sua forma anastomizzata ed è diventato monocorsuale, ben inciso e delimitato da ambo le parti da argini di seconda categoria, che, nel tratto di attraversamento, sono appena accennati e collegati con le aree retrostanti da dolci declivi (Figura 9-1).



Figura 8-1: Torrente Crostolo poco a valle dell'attraversamento in progetto

#### 8.1.1. Caratteristiche idrografiche

Il bacino del Crostolo (Figura 8-2) ha una superficie complessiva di circa 550 Km<sup>2</sup> (0.8% della superficie complessiva del bacino del Po), il cui 24% ricade in ambito montano. Il reticolo idrografico è tipico dell'area collinare e di pianura ai piedi dell'Appennino; oltre all'asta principale, di lunghezza modesta, il reticolo secondario è costituito da corsi d'acqua di modeste dimensioni e scarsa pendenza, frammisto al reticolo artificiale di bonifica.

Il torrente Crostolo nasce sull'Appennino emiliano in località Casina a circa 550 m s.m.; il suo corso si sviluppa circa a ridosso della SS 63 e, dopo aver attraversato Reggio Emilia, prosegue con andamento nord-est immettendosi nel fiume Po presso Guastalla, dopo un percorso di circa 55 Km.

Anticamente il corso d'acqua, dopo Reggio Emilia, sfociava nel Secchia; cambiò il suo corso all'inizio del decimo secolo; fu arginato nella seconda metà del '500 all'epoca delle grandi opere idrauliche realizzate dai Bentivoglio.

Il Crostolo attraversa aree di collina e pianura fortemente antropizzate e riceve numerosi affluenti, che si distendono a ventaglio nella fascia di alta pianura, di cui i più importanti sono:

- i torrenti montani Fiumicello e Campola, in sinistra, e Cesolla Vendina, in destra;
- il torrente Modolena, che nasce nel comune di Quattro Castella, passa sotto la rupe del castello di Canossa e si immette in Crostolo in sinistra, nei pressi della località di Begarola, nel comune di Cadelbosco Sopra;
- il Cavo Cava, canale di bonifica costruito nel 1579, che si immette in Crostolo poco a valle di S. Savino;
- il torrente Rodano, che nasce nel comune di Reggio Emilia, non affluisce direttamente in Crostolo ma attraverso il Canalazzo Tassone (costruito nel 1565, che riceve gli scoli della città di Reggio Emilia e delle acque provenienti da monte) in località Santa Vittoria.

In località Torrione il torrente Crostolo viene sottopassato, mediante un'opera idraulica denominata la "gran botte", dal Cavo Fiuma Parmigiana-Moglia, canale irriguo che adduce portata dal Po (presso Boretto) fino al Secchia.

Il torrente Crostolo sviluppa il proprio bacino nella fascia collinare dell'Appennino reggiano, fra l'Enza e il Secchia. La struttura geomorfologica dell'area rispecchia i caratteri dominanti di tutto il basso Appennino settentrionale: le rocce affioranti sono di origine sedimentata marina; ciononostante accanto a sedimenti relativamente recenti, si rinvencono rocce molto più antiche, formatesi in seguito a fenomeni geologici molto distanti tra loro nel tempo. L'affioramento roccioso prevalente è comunque quello delle "argille scagliose", pressoché prive di copertura vegetazionale e caratterizzate dalla presenza di calanchi, di frane e di dissesti diffusi.

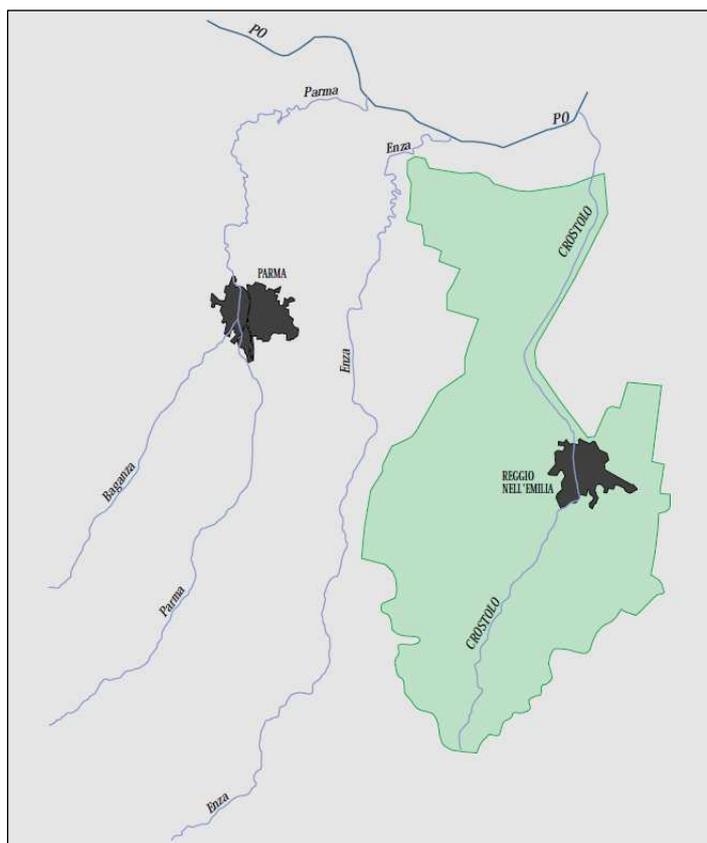


Figura 8-2: Bacino imbrifero del torrente crostolo

Il bacino del torrente Crostolo può essere suddiviso in tre fasce. Nella prima il torrente scorre all'interno di litoidi sedimentari con frequenti discontinuità per stratificazione o scistosità. Il suo corso, fino a Vezzano sul Crostolo, è interessato da affioramenti come alternanze di litoidi eterogenei a diverso comportamento

meccanico, rocce tenere prevalentemente incoerenti e complessi strutturali caotici e tettonizzati. In subordine è possibile trovare affioramenti di depositi eterogenei e di versante e di trasporto torrentizio. La seconda fascia, fino a Reggio Emilia è interessata da depositi derivanti dall'alterazione di rocce e terreni. La fascia di pianura è caratterizzata dalle alluvioni quaternarie fluviali e fluvioglaciali, che peraltro fiancheggiano i principali corsi d'acqua del bacino idrografico.

Tra le aree di interesse naturalistico presenti nel bacino si cita il biotopo di rilevanza naturalistica Crostolina di Guastalla, situato alla confluenza del Crostolo nel Po, a valle di Guastalla; un ambito ripariale e fluviale con presenza di piccole zone umide come canali, prati allagati, stagni. La vegetazione è caratterizzata dal pioppo bianco e dal salice bianco; tra le specie acquatiche vi è la rara castagna d'acqua, mentre nei prati umidi sono segnalate, tra le altre le rare campanelle maggiori, il brignolo ovato, la graziella. Presenti anche lembi di pioppeto industriale e numerose specie introdotte. L'area è un sito di rilevanza ornitologica per la presenza della più consistente colonia di nitticore della regione inoltre, sono segnalati il martin pescatore e l'averla piccola.

A nord dell'abitato di Novellara, è sito il biotopo di rilevanza naturalistica "Valli di Novellara", area caratterizzata da morfologia depressa che favorisce l'accumulo d'acqua.

A est dell'abitato di Viano si estende il biotopo di interesse floristico vegetazionale "Ca' del Vento, Ca' del Lupo, Gessi di Borzago"; la vegetazione comprende brughiere e boscaglie, praterie aride, boschi misti di latifoglie, colture cerealicole.

Si cita infine il biotopo di interesse faunistico di Monte Duro, un'area che comprende i versanti circostanti la vetta del monte omonimo, a nord-est dell'abitato di Casina.

#### 8.1.2. Aspetti idrologici

Il bacino è caratterizzato da rilievi collinari modesti, in quanto il limite non giunge allo spartiacque appenninico e risente di precipitazioni non molto intense, tipiche della pianura; il regime pluviale per tutti gli affluenti di destra del medio e basso Po è infatti contraddistinto da elevata piovosità solo nelle zone prossime al crinale, dovuta alla particolare intensità dei fronti, che per ragioni orografiche e per la vicinanza del mar Ligure tendono ad amplificare la loro azione; anche la morfologia del territorio, con pendenze deboli, e del relativo reticolo idrografico drenante concorrono a rendere modesti i contributi unitari di piena.

Eventi meteorici intensi sono possibili in tutte le stagioni anche se il periodo compreso tra settembre e novembre è quello con la massima incidenza di eventi gravosi.

Il corso d'acqua è dotato di una stazione di misura della portata con idrometrografo, in Comune di Cadelbosco di Sopra, gestita da ARPA ed attiva dal 2003 (Tabella 6-2).

I valori di portata presi a riferimento nell'ambito del presente studio derivano dai dati estratti dal P.A.I. a cura dell'Autorità di bacino del Po (Tabella 8-1), che trovano riscontro anche nel PTCP di Reggio Emilia.

Tabella 8-1: Portate di piene per il Torrente Crostolo (da PAI)

Bacino	Corso d'acqua	Sezione			Superficie km <sup>2</sup>	Q20 m <sup>3</sup> /s	Q100 m <sup>3</sup> /s	Q200 m <sup>3</sup> /s	Q500 m <sup>3</sup> /s
		Progr.( km)	Cod.	Denomin.					
Crostolo	Crostolo	14.312	46	Mucciatella	87	190	320	370	440
Crostolo	Crostolo	21.176	35	Reggio nell'Emilia	96	170	250	270	-
Crostolo	Crostolo	51.927	1	Confl. in Po	447	170	250	270	

### 8.1.3. Caratteristiche geometriche e morfologiche dell'alveo (tendenza morfo-evolutiva del corso d'acqua)

Fino a Reggio Emilia il corso d'acqua ha un andamento debolmente sinuoso, di struttura monocursale con scarsa presenza di barre longitudinali, fiancheggiato da superfici terrazzate dell'ordine di qualche metro; da Reggio Emilia alla confluenza nel Po l'andamento passa da sinuoso a circa rettilineo.

Il tratto Vezzano sul Crostolo - Reggio Emilia ha subito un forte restringimento (ad eccezione del tratto urbano), associato alla perdita dei caratteri pluricursali; in conseguenza dei fenomeni di abbassamento del profilo di fondo si è avuta la trasformazione in golene stabili di ampie aree facenti parte del letto ramificato.

Tra Reggio Emilia e Cadelbosco di Sopra il corso d'acqua, vincolato da opere di difesa e arginature pressoché continue, non ha subito modificazioni significative nel periodo recente; non si hanno significative evidenze planimetriche di abbassamento del profilo di fondo, ad eccezione di un modesto fenomeno di reincisione dell'alveo del 1934, immediatamente a valle di Reggio Emilia.

Il corso d'acqua nella parte medio-alta, fino a monte dell'abitato di Reggio Emilia, è caratterizzato da una sistemazione finalizzata al contenimento dell'erosione del fondo alveo con soglie e briglie; le opere di difesa spondale hanno incidenza pressoché nulla e non vi sono argini.

Tra gli abitati di Puianello e Rivalta è presente una cassa di espansione, che ingloba al suo interno l'alveo e le golene del Crostolo, con una massima capacità di invaso di circa 1,5 milioni di m<sup>3</sup>; la piena di riferimento viene laminata di circa il 25% e la portata rilasciata a valle è di 270 m<sup>3</sup>/s, che corrisponde alla portata limite di deflusso transitabile nella città di Reggio Emilia; l'alveo nel tratto urbano risulta costretto tra i muri di sponda e rivestito a tratti.

L'assetto del tratto di asta da Reggio Emilia alla confluenza in Po è definito da argini continui; le opere di controllo del trasporto solido e le difese longitudinali sono sporadiche spesso a protezione di attraversamenti.

L'erosione del fondo è molto elevata in tutto il tratto alto dell'asta fluviale, a monte di Villa Corbelli, come testimoniato dalla drastica riduzione della ampiezza dell'alveo avvenuta negli ultimi anni e dalla presenza di numerose opere di difesa trasversali. Nel tratto medio, da Villa Corbelli a Reggio Emilia, il fondo alveo risulta più stabile con valori di erosione e di riduzione di larghezza meno marcati. Nel tratto di pianura, da Reggio Emilia alla confluenza in Po, l'erosione del fondo si riduce progressivamente fino a quasi scomparire.

A monte dell'area di intervento il Crostolo attraversa il centro urbano di Reggio Emilia, per tale ragione, questo tratto è caratterizzato dalla presenza di diversi ponti di storica memoria tra cui quello di Via Costituzione e quello di Via XX Settembre che presentano aspetti di criticità per piene duecentennali.

Proseguendo verso valle troviamo il viadotto di Via Martiri di Piazza Tien An Men che a differenza dei primi non presentano criticità idrauliche poiché il franco di sicurezza sulla portata duecentennale è abbondantemente garantito.



Figura 8-3: Ponte FF.SS. su T. Crostolo

Immediatamente a ridosso, sul lato sud del ponte in progetto, è presente il ponte della FFSS (Figura 8-3), linea Milano-Bologna: trattasi di un attraversamento caratterizzato da quattro campate a tre pile in alveo, le cui dimensioni ed in particolare l'intradosso garantiscono un franco di sicurezza rispetto alla portata duecentennale di oltre 1,0m.

Il ponte in progetto non determina una riduzione del volume d'alveo disponibile per la laminazione delle piene perciò, sono state effettuate simulazioni idrauliche in moto permanente (stazionario). La soluzione in moto stazionario, rispetto ad una analisi in termini di colmo di piena fornita da un'analisi in moto vario, fornisce condizioni di verifica

sensibilmente più cautelative e specialmente in corrispondenza dei manufatti di attraversamento, consente di impostare un confronto corretto tra diverse formulazioni per la stima delle perdite di carico.

Il modello geometrico utilizzato è stato costruito sulla base dei rilievi topografici forniti da AIPO, risalenti al 2004, questi sono stati integrati con la sezione idraulica in corrispondenza del ponte in esame, rileva nel 2012 proprio nell'ambito del presente progetto definitivo. L'intero rilievo utilizzato è costituito da 62 sezioni trasversali d'alveo, oltre a quelle relative alle geometrie dei ponti, che rappresentano in modo esaustivo l'alveo attivo. Il tratto simulato si estende per una lunghezza di oltre 37.8km, di cui 13.3 km a monte dell'attraversamento in esame (Figura 8-4).

I valori di scabrezza assunti tengono conto della combinazione di diversi fattori che intervengono nella caratterizzazione delle perdite distribuite durante un evento di piena:

- caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo;
- caratteristiche morfologiche e geometriche quali il grado di sinuosità del tratto d'alveo e brusche variazioni di geometria della sezione;
- caratterizzazione della copertura vegetale presente nelle zone spondali e nelle aree golenali.

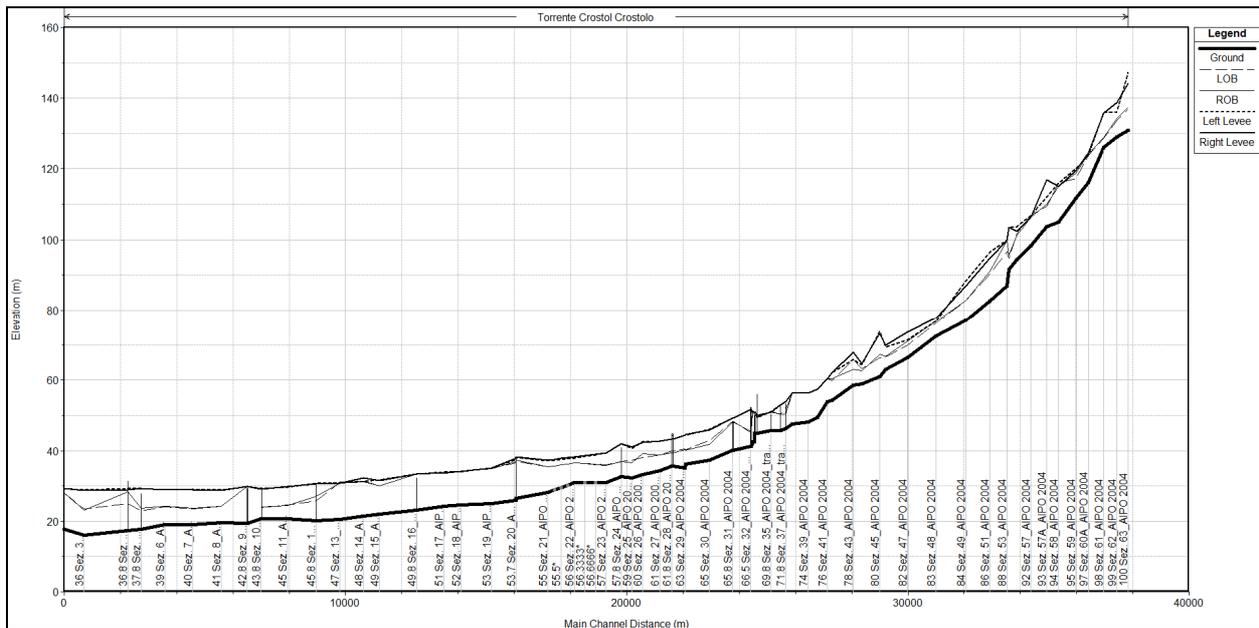


FIGURA 8-4: ANDAMENTO LONGITUDINALE DEL THALWEG E DEI PRESIDI ARGINALI NEL TRATTO DI FIUME CONSIDERATO

Sulla base dei sopralluoghi effettuati, dei riferimenti bibliografici che si riconducono ai principali studi in materia si sono quindi assunti valori opportuni della scabrezza in funzione non solo della copertura vegetale ma anche del tipo e granulometria del materiale presente in alveo.

Indicazioni presenti in letteratura sono state tratte dalla pubblicazione "Open-Channel Hydraulics" - V.T. Chow, 1959, Macgraw-Hill, Singapore e da "Meccanica dei fluidi", Marchi - Rubatta.

I valori di scabrezza (coefficiente di Strickler) assunti nella modellizzazione idraulica sono stati di 14-17 m/s<sup>1/3</sup> per l'alveo inciso e 17-18 m/s<sup>1/3</sup> per la parte golenale, variabili in funzione, principalmente, della maggiore o minore presenza di vegetazione arborea ed arbustiva in alveo, che comunque si presenta molto fitta lungo tutto il tratto indagato.

## 8.2. DEFINIZIONE DELLE PORTATE DI RIFERIMENTO E DELLE CONDIZIONI AL CONTORNO

La portata di piena di progetto (a tempo di ritorno 200 anni), rispetto alla quale effettuare la verifica idraulica dell'attraversamento in progetto e dei suoi effetti in termini di profilo idrometrico, è stata stabilita facendo riferimento ai valori indicati dall'Autorità di bacino del fiume Po nella "Direttiva piena di progetto", da assumere per le progettazioni e verifiche di compatibilità idraulica.

La Tabella 8-1 propone le portate di riferimento per diverse sezioni. Dai valori indicati risulta evidente come il tratto compreso tra Reggio Emilia e la confluenza con il Po sia condizionato dalla presenza della cassa di espansione. L'opera è presente tra gli abitati di Puianello e Rivalta, ingloba al suo interno l'alveo e le golene del Crostolo ed ha una capacità di invaso massima di circa 1.5 milioni di m<sup>3</sup>. La piena di riferimento viene laminata di circa il 25% e la portata rilasciata a valle è di 270 m<sup>3</sup> che corrisponde alla portata limite di deflusso transitabile nella città di Reggio Emilia.

Le simulazioni sono state condotte secondo una schematizzazione idrodinamica monodimensionale in moto permanente, trascurando quindi (a favore di sicurezza) gli eventuali effetti di laminazione lungo lo sviluppo del corso d'acqua.

Le condizioni al contorno di calcolo in condizioni di piena sono le seguenti:

- altezza idrometrica di valle pari ad un livello idrico noto di 23,61 m s.l.m., coincidente con quello della sezione 001 del profilo idrico del Torrente Crostolo, contenuto nella tabella 76 allegata alla Direttiva Piena di Progetto;
- portata in ingresso nel modello idraulico a monte della cassa di espansione pari a 370m<sup>3</sup>/s;
- portata in ingresso a valle della cassa di espansione pari a 270 m<sup>3</sup>/s.

I calcoli idraulici per la definizione del profilo di inviluppo di piena sono stati svolti con riferimento alle seguenti condizioni fisiche del corso d'acqua:

- configurazione attuale in assenza del nuovo attraversamento (stato di fatto);
- configurazione con la presenza del nuovo attraversamento stradale (stato di progetto);
- configurazione con la presenza delle opere provvisoriale (fase di cantiere).

### 8.3. VERIFICHE IDRAULICHE

#### 8.3.1. L'opera di attraversamento stradale

Il ponte stradale che attraversa il torrente Crostolo è in acciaio ed costituito da un'unica campata con luce pari a 62 m (vedi tav. PP00ID00IDRPP05A). Il ponte non presenta pile in alveo e l'intradosso dell'impalcato, a seguito delle verifiche idrauliche successivamente descritte ed in funzione della livelletta stradale, è stato imposto ad una quota pari a 52.31 m s.l.m., con un franco di 3.72m rispetto al tirante idrico generato da una piena bisecolare.

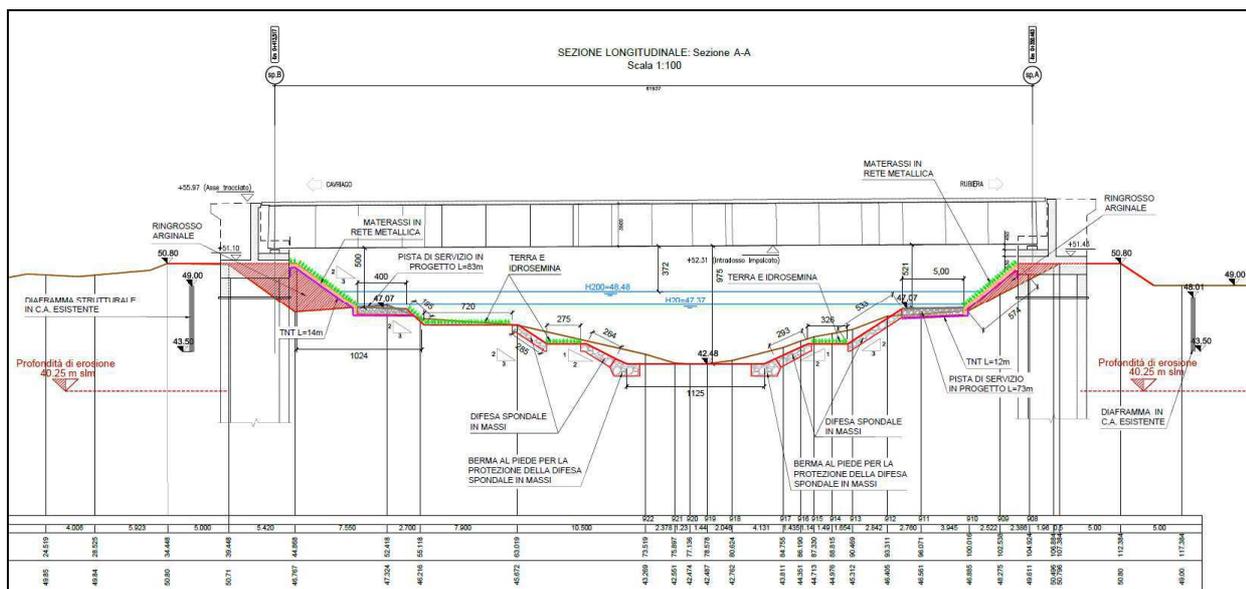


Figura 8-5: ponte in progetto sul torrente Crostolo

### 8.3.2. Verifiche di compatibilità idraulica stato di fatto/stato di progetto

Le verifiche idrauliche consistono nella determinazione delle principali caratteristiche con cui si propagano le onde di piena secondo la rispettiva descrizione geometrica dell'alveo, sia nello stato di fatto che in quello di progetto.

Le risultanze delle propagazioni nelle configurazioni simulate consistono nell'espore le principali grandezze idrauliche, soprattutto in termini di livelli idrometrici raggiunti durante gli eventi considerati in corrispondenza delle varie sezioni trasversali del corso d'acqua. Inoltre, risultano rilevate le velocità medie della corrente nei singoli tratti dell'alveo sia in condizioni di alveo attuale che di progetto.

#### 8.3.2.1 Verifica del franco di sicurezza dell'attraversamento

##### - Stato di Fatto

La sommità delle arginature in prossimità del nuovo attraversamento si attesta mediamente a quota 50.80 m s.l.m. sia in sponda sinistra che in sponda destra. Nella sezione in corrispondenza del ponte in progetto il livello per la piena bicentenaria nella configurazione attuale è a quota 48.48 m s.l.m., ne risulta pertanto che le arginature sono adeguate per la portata di 270 m<sup>3</sup>/sec, in quanto il franco è superiore ai 2.0m.

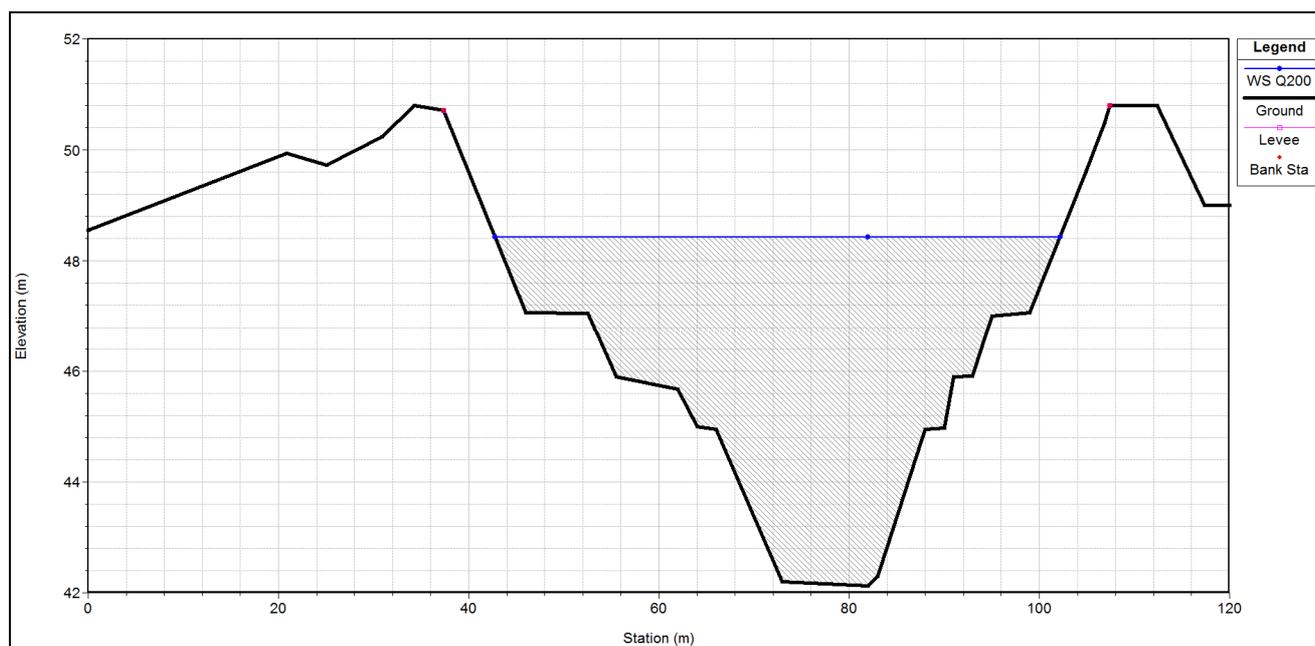


figura 8-6: Livello idrometrico raggiunto per la Q200 del Torrente Crostolo alla sezione trasversale in corrispondenza dell'asse del ponte nello stato di fatto

##### - Stato di progetto

Nella configurazione di progetto è previsto l'inserimento del ponte. Il livello per la piena bicentenaria nella sezione immediatamente a monte dell'attraversamento stradale è a quota 48.48 m s.l.m con un franco idraulico del sottotrave variabile in senso ortogonale al torrente, comunque paria a circa 3.72m rispetto alla H<sub>200</sub>, e quindi sempre maggiore rispetto al valore minimo di 1 m definito dalle prescrizioni di ANAS e dei 2.0m imposti dalla Circolare C.S.LL.PP. 07.02.2009 (Ponti stradali e ferroviari) e dalla Direttiva 4/99.

La figura seguente, che si riferisce alla modellazione idraulica, riporta il tirante idrico che si instaura in

corrispondenza dell'attraversamento in progetto per un evento di piena bicentenario.

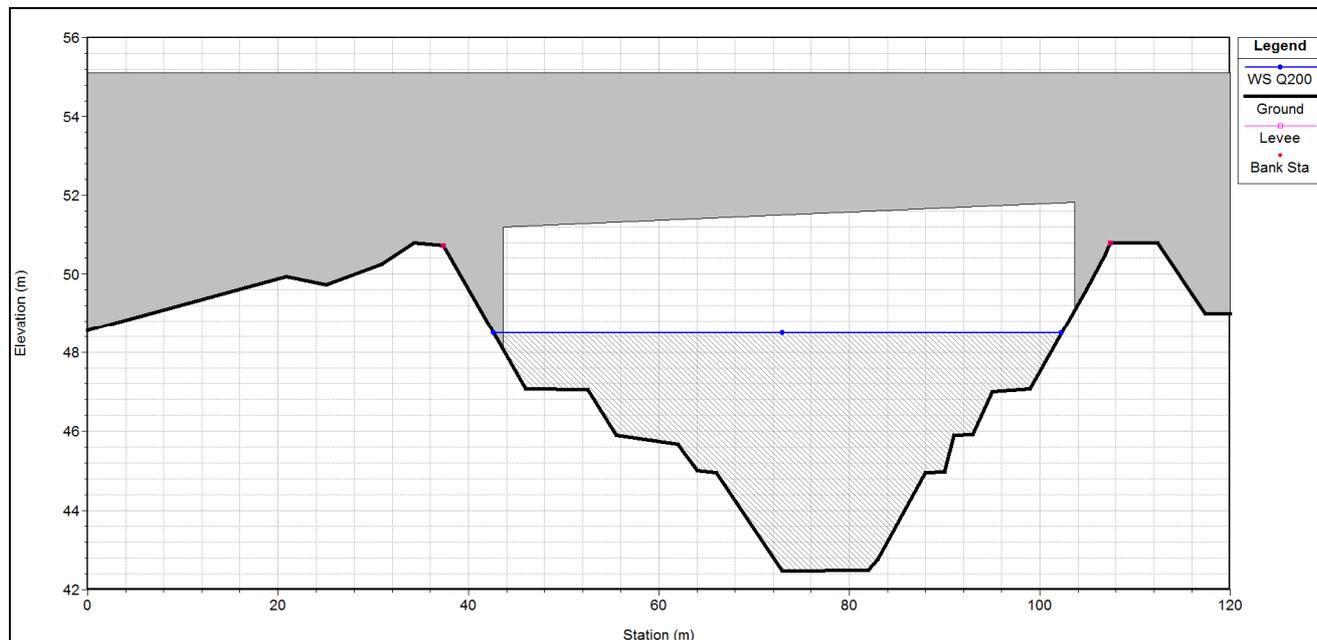


Figura 8-7: Livello idrometrico raggiunto per la portata di riferimento alla sezione trasversale in corrispondenza dell'asse del ponte in progetto

### 8.3.2.2 Valutazione della compatibilità idraulica

#### Effetto E.1. Modifiche indotte sul profilo di involuppo di piena.

Fattori determinanti: restringimenti di sezioni o ostacoli al deflusso nel tratto di corso d'acqua interessato.

Modalità di quantificazione: confronto tra il profilo di piena in condizioni indisturbate e ad intervento realizzato.

Nella tabella e nei grafici seguenti si riporta il confronto fra le principali grandezze idrauliche di riferimento relative alle simulazioni eseguite, per portata con tempo di ritorno di 200 anni, nello stato di fatto e nella condizione di progetto, in modo da valutare l'influenza del ponte in progetto.

Tabella 8-2: Principali grandezze idrauliche a confronto risultanti delle simulazioni con l'idrogramma di piena di riferimento nello stato di fatto (S.F.) e di progetto (S.P.)

Sezione Topografica	Progressiva	Quota del fondo	Q200 di progetto	Livelli idrometrici S.F.	Livelli idrometrici S.P.	$\Delta H$	Velocità S.F.	Velocità S.P.	Pendenza	Carico totale S.F.	Carico totale S.P.
	[m]	[m s.l.m.]	[m <sup>3</sup> /s]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m]	[m/s]	[m/s]	-	[m]	[m]
Sez.63	0.00	130.85	370.00	136.20	136.20	0.00	2.86	2.86	0.0048	136.62	136.62
Sez.62	393.00	128.98	370.00	133.47	133.47	0.00	1.76	1.76	0.0062	133.63	133.63
Sez.61	853.00	126.11	370.00	128.74	128.74	0.00	3.88	3.88	0.0182	129.50	129.50
Sez.60A	1404.00	116.09	370.00	120.70	120.70	0.00	2.77	2.77	0.0096	121.09	121.09
Sez.59	1855.50	111.77	370.00	115.18	115.18	0.00	3.82	3.82	0.0110	115.92	115.92
Sez.58	2474.50	104.96	370.00	109.15	109.15	0.00	2.60	2.60	0.0033	109.50	109.50

RELAZIONE IDROLOGICO E IDRAULICA: GESTIONE DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE

Sez.57A	2878.50	103.61	370.00	107.06	107.06	0.00	2.25	2.25	0.0095	107.32	107.32
Sez.57A	3442.50	98.23	370.00	103.03	103.03	0.00	2.96	2.96	0.0077	103.48	103.48
Sez.55	3948.50	94.35	370.00	99.22	99.22	0.00	2.48	2.48	0.0102	99.54	99.54
Sez.54	4218.50	91.59	370.00	95.89	95.89	0.00	4.52	4.52	0.0604	96.80	96.80
Sez.53	4296.50	86.88	370.00	93.12	93.12	0.00	3.06	3.06	0.0070	93.59	93.59
Sez.51	4922.00	82.52	370.00	88.24	88.24	0.00	2.99	2.99	0.0065	88.70	88.70
Sez.49	5751.50	77.10	370.00	82.03	82.03	0.00	3.00	3.00	0.0044	82.49	82.49
Sez.48	6813.50	72.46	270.00	75.64	75.64	0.00	1.61	1.61	0.0060	75.78	75.78
Sez.47	7823.50	66.42	270.00	70.16	70.16	0.00	2.05	2.05	0.0043	70.37	70.37
Sez.46	8613.50	63.02	270.00	67.54	67.54	0.00	1.45	1.45	0.0096	67.64	67.64
Sez.45	8832.50	60.92	270.00	66.76	66.76	0.00	2.18	2.18	0.0031	67.00	67.00
Sez.44	9449.50	58.99	270.00	63.56	63.56	0.00	2.59	2.59	0.0015	63.89	63.89
Sez.43	9770.50	58.50	270.00	62.41	62.41	0.00	1.58	1.58	0.0057	62.53	62.53
Sez.42	10511.50	54.31	270.00	59.72	59.72	0.00	2.13	2.13	0.0021	59.95	59.95
Sez.41	10675.50	53.97	270.00	56.83	56.83	0.00	4.81	4.81	0.0121	58.00	58.00
Sez.40	11049.50	49.44	270.00	55.61	55.61	0.00	1.33	1.33	0.0043	55.70	55.70
Sez.39	11373.50	48.05	270.00	55.07	55.07	0.00	1.48	1.48	0.0009	55.18	55.18
Sez.38	11929.90	47.54	270.00	53.59	53.59	0.00	2.10	2.10	0.0055	53.81	53.81
Sez.37m	12165.90	46.24	270.00	52.83	52.83	0.00	2.07	2.07	0.0000	53.05	53.05
Ponte Ferrovia	12167.90	46.24	Bridge	52.81	52.81	0.00	2.08	2.08	0.0000	53.04	53.04
Sez.37v	12174.90	46.24	270.00	52.80	52.80	0.00	2.09	2.09	0.0026	53.02	53.02
Sez.36m	12349.90	45.78	270.00	51.85	51.85	0.00	2.90	2.90	0.0000	52.27	52.27
Ponte Via della Costituzione	12351.90	45.78	Bridge	51.72	51.72	0.00	2.95	2.95	0.0000	52.15	52.15
Sez.36v	12361.90	45.78	270.00	51.54	51.54	0.00	3.13	3.13	0.0004	52.03	52.03
Sez.35m	12679.90	45.64	270.00	50.97	50.97	0.00	1.26	1.26	0.0000	51.05	51.05
Ponte di Via XX Settembre	12681.90	45.64	Bridge	40.85	40.85	0.00	1.28	1.28	0.0000	50.95	50.95
Sez.35v	12695.90	45.64	270.00	50.78	50.78	0.00	1.31	1.31	0.0013	50.87	50.87
Sez.34m	13178.90	45.02	270.00	49.16	49.16	0.00	2.36	2.36	0.0000	49.45	49.45
Ponte di Viale Martiri	13180.90	45.02	Bridge	49.06	49.06	0.00	2.45	2.45	0.0000	49.35	49.35
Sez.34v	13192.90	45.02	270.00	48.98	48.98	0.00	2.53	2.53	0.0000	49.30	49.30
Sez.33m	13260.90	45.02	270.00	48.75	48.75	0.00	1.73	1.73	0.0000	48.90	48.90
Ponte FFSS Milano- Bologna	13262.90	45.02	Bridge	48.65	48.65	0.00	1.78	1.78	0.0000	48.82	48.82
Sez.33	13274.90	45.02	270.00	48.50	48.50	0.00	1.86	1.86	0.1651	48.68	48.68
Sez.33v	13282.24	43.81	270.00	48.56	48.56	0.00	1.25	1.25	0.2807	48.64	48.64
Sez.33v	13286.90	42.50	270.00	48.56	48.56	0.00	1.14	1.14	0.0010	48.63	48.63
Sez.attrav. Monte	13311.90	42.47	270.00	48.49	48.49	0.00	1.42	1.42	0.0000	48.59	48.59
Ponte in Progetto	13312.90	42.28	Bridge	48.49	48.49	0.00	1.42	1.42	0.0000	48.55	48.55
Sez.attrav. Valle	13336.90	42.12	270.00	48.43	48.43	0.00	1.42	1.42	0.0134	48.53	48.53
Sez.32m	13400.90	41.26	270.00	48.28	48.28	0.00	1.71	1.71	0.0000	48.41	48.41
Passerella	13401.90	41.26	Bridge	48.26	48.26	0.00	1.71	1.71	0.0000	48.40	48.40
Sez.32v	13407.90	41.26	270.00	48.25	48.25	0.00	1.72	1.72	0.0019	48.38	48.38
Sez.31m	14030.90	40.07	270.00	47.15	47.15	0.00	1.48	1.48	0.0000	47.26	47.26

RELAZIONE IDROLOGICO E IDRAULICA: GESTIONE DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE

Ponte di Via Rinaldi	14032.90	40.07	Bridge	47.14	47.14	0.00	1.49	1.49	0.0000	47.25	47.25
Sez.31v	14044.90	40.07	270.00	47.11	47.11	0.00	1.50	1.50	0.0035	47.22	47.22
Sez.30	14866.90	37.23	270.00	45.30	45.30	0.00	1.94	1.94	0.0013	45.47	45.47
Sez.29	15725.90	36.15	270.00	43.52	43.52	0.00	1.84	1.84	0.0353	43.67	43.67
Sez.29A	15755.40	35.11	270.00	43.44	43.44	0.00	1.95	1.95	-0.0010	43.61	43.61
Sez.28m	16167.40	35.53	270.00	43.07	43.07	0.00	1.10	1.10	0.0000	43.13	43.13
Ponte Autostrada A1	16169.40	35.53	Bridge	43.05	43.05	0.00	1.09	1.09	0.0000	43.10	43.10
Sez.28v	16211.40	35.53	270.00	43.03	43.03	0.00	1.08	1.08	0.0027	43.08	43.08
Sez.27	16638.40	34.36	270.00	42.51	42.51	0.00	1.78	1.78	0.0018	42.66	42.66
Sez.26	17253.40	33.25	270.00	41.33	41.33	0.00	1.82	1.82	0.0024	41.49	41.49
Sez.25	17629.40	32.33	270.00	40.89	40.89	0.00	1.30	1.30	-0.0006	40.96	40.96
Sez.24m	18007.40	32.55	270.00	40.27	40.27	0.00	2.00	2.00	0.0000	40.46	40.46
Ponte di Via D.Pellegrino d'Oglio	18009.40	32.55	Bridge	40.26	40.26	0.00	2.02	2.02	0.0000	40.45	40.45
Sez.24v	18017.40	32.55	270.00	40.24	40.24	0.00	2.04	2.04	0.0031	40.44	40.44
Sez.23	18554.40	30.87	270.00	39.28	39.28	0.00	1.96	1.96	0.0000	39.45	39.45

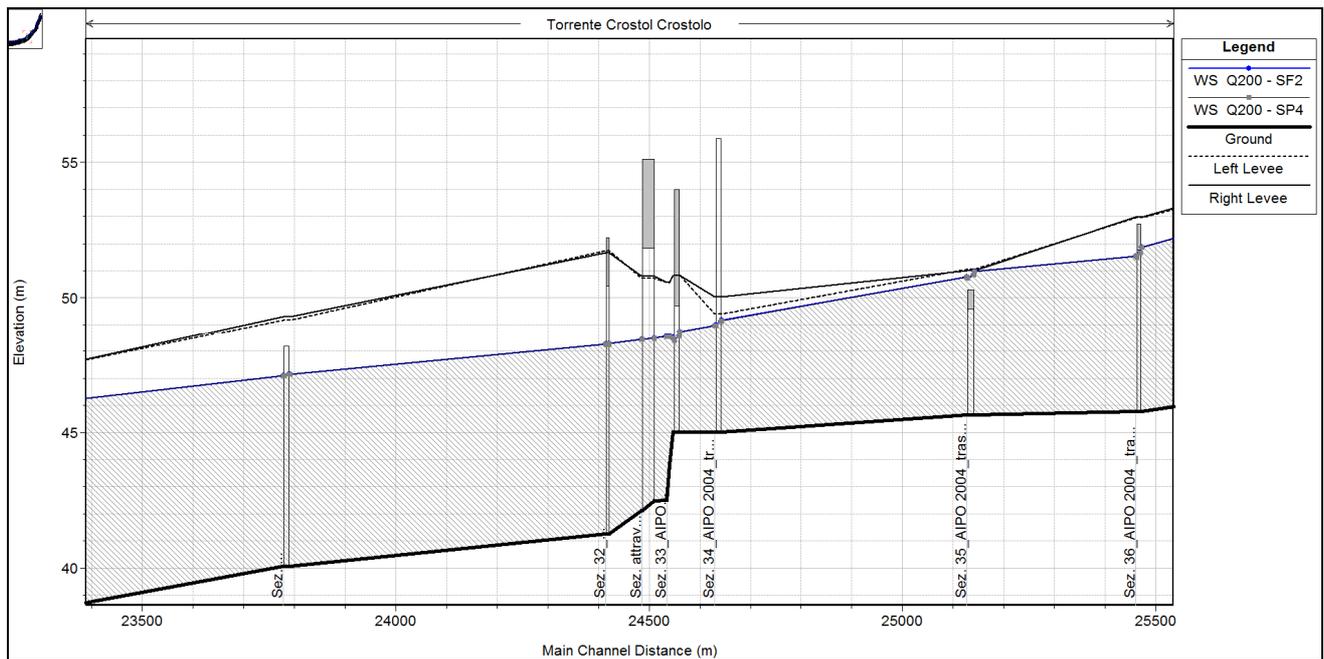


Figura 8-8: Confronto tra i profili di rigurgito nello stato di fatto e di progetto per un evento di piena con Tr200.

Gli effetti dovuti all'inserimento del ponte in progetto risultano nulli in quanto il posizionamento delle spalle esterne all'onda di piena bisecolare e l'assenza di pile in alveo fanno sì che i profili di rigurgito non vengano perturbati e i livelli idrici rimangano immutati.

Il Torrente Crostolo riceve inoltre il contributo di scarico dell'impianto di depurazione ID10 per una portata complessiva di 20 l/sec che di fatto incrementa il valore della Q200 del 0.007%, per una portata complessiva  $Q_{sc}=270.02 \text{ m}^3/\text{sec}$ .

Introducendo questo incremento di portata rispetto alla Q200, non si apprezza un aumento dei livelli idrici, pertanto è garantita la compatibilità degli scarichi con le portate di progetto dal corso d'acqua in esame (Figura 8-9).

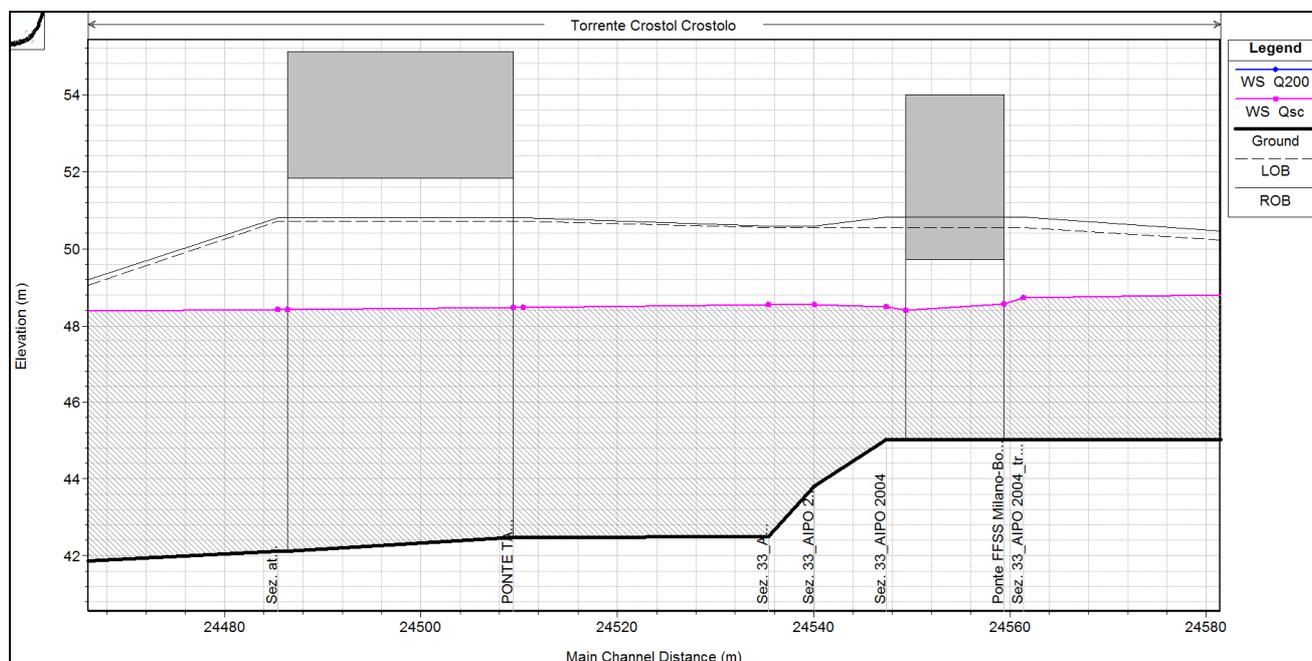


Figura 8-9 PROFILI DI RIGURGITO A CONFRONTO: Q200 E Qsc

Effetto E.2. Variazione delle aree inondate.

Fattori determinanti: riduzioni delle aree inondate causate dalla realizzazione dell'intervento e l'effetto delle stesse in termini di diminuzione della laminazione in alveo lungo il tratto fluviale.

L'opera in progetto non comporta alcuna variazione delle aree inondate all'interno della fascia B.

Effetto E.3. Variazione della capacità di trasporto solido della corrente.

Lo scenario di progetto non determina variazioni idrodinamiche della corrente di conseguenza non vi sono variazioni apprezzabili riguardanti il trasporto solido. Di seguito si riporta il confronto tra le velocità medie riscontrate nello scenario di progetto e di stato di fatto.

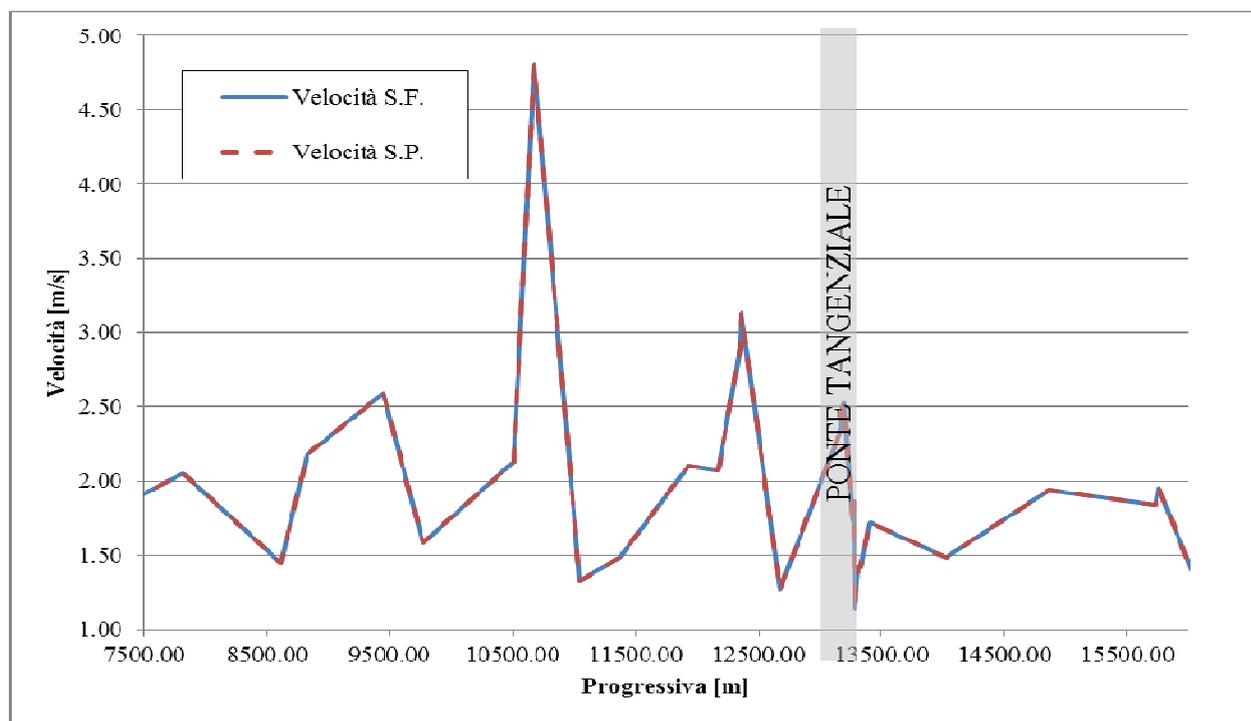


Figura 8-10: Andamento della velocità medie della corrente per la portata di riferimento nello stato di fatto e di progetto.

Dal confronto tra stato di progetto e stato di fatto, si evince che le velocità medie riscontrate nelle sezioni idrauliche non variano.

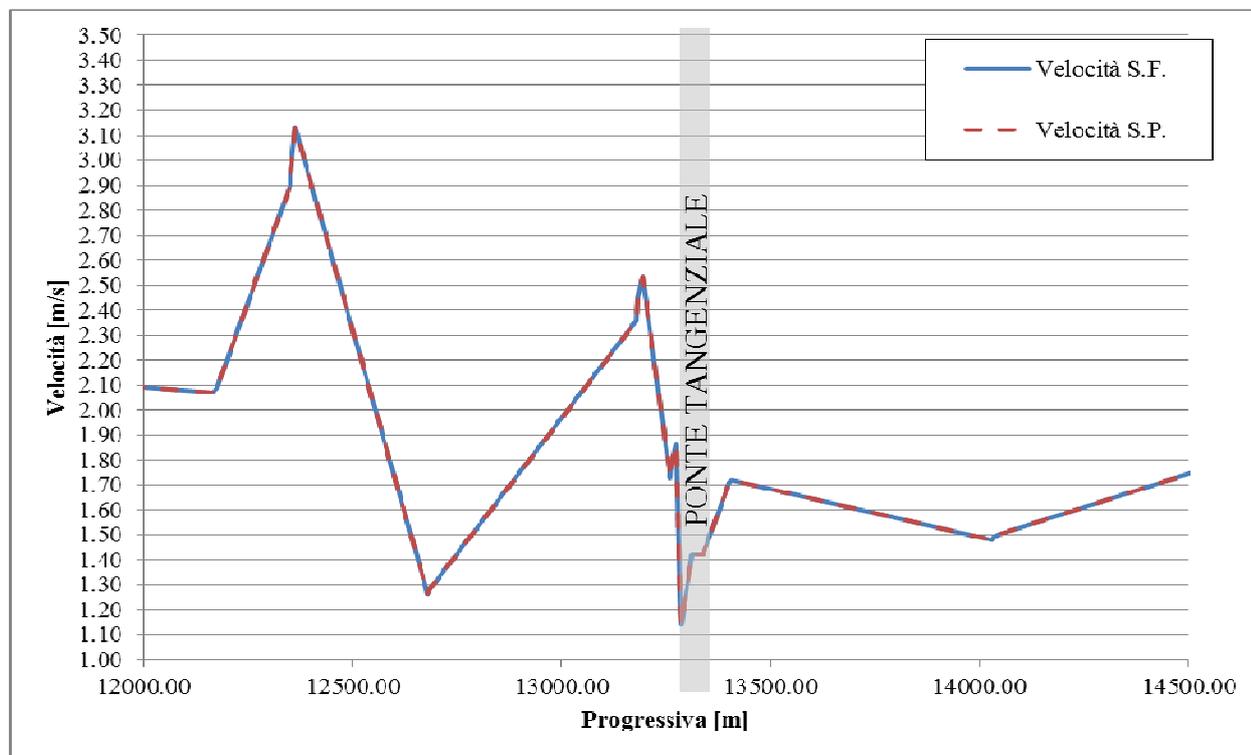


Figura 8-11: Particolare del grafico delle velocità della corrente tra lo stato di fatto e di progetto nell'intorno del ponte in progetto.

Effetto E.4. Restringimento dell'alveo e/o di indirizzamento della corrente.

In corrispondenza dell'attraversamento in progetto non vi è un apprezzabile restringimento della sezione di deflusso del corso d'acqua tale da indurre effetti sul profilo di rigurgito di monte. Inoltre non sono previsti cambi di indirizzamento della corrente.

Effetto E.5. Riduzione della capacità di invaso della piena dovuto all'eventuale sottrazione di volume all'area inondata ed identificazione degli eventuali interventi di mitigazione o compensazione.

Lo scenario di progetto non determina riduzioni della capacità di invaso della piena, in quanto non vi è sottrazione di volume all'area inondata.

Effetto E.6. Possibili fenomeni di abbassamento o innalzamento dell'alveo e di erosione generalizzata in corrispondenza dei tratti interferiti.

Si prevede la realizzazione di opere accessorie di difesa spondale, opportunamente dimensionate al fine di proteggere le sponde e l'alveo da possibili erosioni localizzate e divagazioni, oltre che le arginature da erosioni dovute alla corrente ed all'eventuale ruscellamento delle acque piovane.

Queste opere verranno descritte nei paragrafi successivi.

Effetto E.7. Problematiche indotte sulle opere stradali dall'azione di trascinamento delle acque in condizioni di piena e dimensionamento delle eventuali opere di difesa.

Fattori determinanti: localizzazione e caratteristiche strutturali degli elementi costituenti parte delle opere in progetto.

Modalità di quantificazione: valutazioni idrodinamiche sugli effetti idrodinamici indotti.

La situazione di progetto non determina variazioni idrodinamiche delle caratteristiche della corrente di piena rispetto alla situazione attuale, gli effetti sulle opere idrauliche verranno mitigati da opere di protezione idraulica.

Effetto E.8 Interazioni con le opere di difesa idrauliche (opere di sponda e argini) esistenti.

Gli effetti sulle opere idrauliche esistenti in prossimità dell'attraversamento in progetto verranno mitigati da opere di protezione.

Effetto E.9. Modifiche indotte sull'assetto morfologico e altimetrico dell'alveo di inciso e di piena.

Non si segnala alcuna modifica sostanziale dal punto di vista planimetrico né altimetrico dell'alveo né in regime ordinario né in piena.

Effetto E.10. Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale.

Fattori determinanti: opere in progetto e soluzioni di inserimento delle stesse nel sistema fluviale.

L'inserimento del ponte non implica una modificazione dell'attuale caratteristica ambientale della fascia fluviale.

Effetto E.11. Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena.

Fattori determinanti:

- condizioni di stabilità delle opere costituenti l'intervento in relazione alle sollecitazioni derivanti dalle condizioni di deflusso in piena con riferimento in particolare agli effetti connessi ai livelli idrici di piena e a quelli derivanti dell'azione erosiva della corrente sulle strutture e sulle fondazioni;
- tipologia funzionale dell'intervento.

Il franco tra l'intradosso del ponte ed il livello idrometrico per un tempo di ritorno 200 anni è adeguato in quanto superiore ai 2 m per tutto lo sviluppo dell'impalcato.

### 8.3.3. Verifiche di compatibilità idraulica in presenza di opere provvisionali

Scopo della verifica di compatibilità idraulica in presenza di opere provvisionali è di fornire indicazioni in merito alla progettazione ed alla verifica delle opere eseguite in fase di cantierizzazione durante i lavori di realizzazione del ponte in progetto, che interagiscono con l'idrodinamismo del corso d'acqua.

Le opere provvisionali previste sono di due tipi:

- predisposizione di due arginelli a protezione degli operai durante la realizzazione delle spalle del ponte del torrente Crostolo;
- realizzazione di un guado posto a valle del ponte in progetto per poter svolgere in sicurezza le operazioni di varo della trave del ponte

Le analisi sono state suddivise nelle seguenti attività:

1. Individuazione dei livelli idrometrici che si instaurano in funzione di piene prefissate per la progettazione delle due opere provvisionali;
2. Programma delle fasi di cantierizzazione per stabilire le priorità nell'esecuzione delle opere relative all'attraversamento idraulico ed in considerazione della non interferenza con la condotta irrigua Cavazzoli-Roncoesi;
3. Considerazioni conclusive in merito alla valutazione della compatibilità idraulica nella fase costruttiva dell'opera provvisionale.

Si è quindi proceduto all'implementazione di due simulazioni matematiche in moto permanente finalizzate a comprendere la risposta delle opere provvisionali alla sollecitazione di progetto.

#### 8.3.3.1 *Individuazione dei livelli idrometrici*

##### Risultati simulazione – Verifica degli arginelli

Al fine di poter svolgere i lavori di realizzazione delle pile e delle spalle del ponte in sicurezza è stato previsto l'inserimento di due arginelli in sponda destra e sinistra la cui quota di sommità è pari a 48.50m s.l.m., capace di contenere senza franco un evento con  $T_R$  200 anni. Si tratta di una assunzione progettuale certamente cautelativa che tuttavia comporta la realizzazione di un'opera minimale e dal costo limitato. Lo stesso arginello di protezione può inoltre rappresentare anche un presidio al ruscellamento delle acque durante forti acquazzoni, un presidio per evitare il rotolamento nell'area di lavoro di ciottolame o terreno smosso. Insomma presenta una valenza di presidio più ampia e tutto per proteggere l'incolumità degli operai durante

RELAZIONE IDROLOGICO E IDRAULICA: GESTIONE DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE

l'esecuzione delle pile (operazione alquanto impegnativa)

Nella tabella seguente si riporta il confronto fra le principali grandezze idrauliche di riferimento relative alle simulazioni eseguite.

**Tabella 8-3: Principali grandezze idrauliche a confronto risultanti dalle simulazioni con l'idrogramma di piena di riferimento nello stato di fatto (S.F.) e con presenza di opere provvisionali (O.P.) con Q200.**

Sezione Topografica	Progressiva [m]	Quota del fondo [m s.l.m.]	Q di progetto [m³/s]	Livelli idrometrici S.F. [m s.l.m.]	Livelli idrometrici O.P. [m s.l.m.]	ΔH [m]	Velocità S.F. [m/s]	Velocità O.P. [m/s]	Pendenza -	Carico totale S.F. [m]	Carico totale O.P. [m]
Sez.46	8613.50	63.02	270.00	67.54	67.54	0.00	1.45	1.45	0.0096	67.64	67.64
Sez.45	8832.50	60.92	270.00	66.76	66.76	0.00	2.18	2.18	0.0031	67.00	67.00
Sez.44	9449.50	58.99	270.00	63.56	63.56	0.00	2.59	2.59	0.0015	63.89	63.89
Sez.43	9770.50	58.50	270.00	62.41	62.41	0.00	1.58	1.58	0.0057	62.53	62.53
Sez.42	10511.50	54.31	270.00	59.72	59.72	0.00	2.13	2.13	0.0021	59.95	59.95
Sez.41	10675.50	53.97	270.00	56.83	56.83	0.00	4.81	4.81	0.0121	58.00	58.00
Sez.40	11049.50	49.44	270.00	55.61	55.61	0.00	1.33	1.33	0.0043	55.70	55.70
Sez.39	11373.50	48.05	270.00	55.07	55.07	0.00	1.48	1.48	0.0009	55.18	55.18
Sez.38	11929.90	47.54	270.00	53.59	53.59	0.00	2.10	2.10	0.0055	53.81	53.81
Sez.37m	12165.90	46.24	270.00	52.83	52.83	0.00	2.07	2.07	0.0000	53.05	53.05
Ponte Ferrovia	12167.90	46.24	Bridge	52.83	52.83	0.00	2.07	2.07	0.0000	53.05	53.05
Sez.37v	12174.90	46.24	270.00	52.80	52.80	0.00	2.09	2.09	0.0026	53.02	53.02
Sez.36m	12349.90	45.78	270.00	51.85	51.85	0.00	2.90	2.90	0.0000	52.27	52.27
Ponte Via della Costituzione	12351.90	45.78	Bridge	51.85	51.85	0.00	2.90	2.90	0.0000	52.27	52.27
Sez.36v	12361.90	45.78	270.00	51.54	51.54	0.00	3.13	3.13	0.0004	52.03	52.03
Sez.35m	12679.90	45.64	270.00	50.97	50.97	0.00	1.26	1.26	0.0000	51.05	51.05
Ponte di Via XX Settembre	12681.90	45.64	Bridge	50.97	50.97	0.00	1.26	1.26	0.0000	51.05	51.05
Sez.35v	12695.90	45.64	270.00	50.78	50.78	0.00	1.31	1.31	0.0013	50.87	50.87
Sez.34m	13178.90	45.02	270.00	49.16	49.16	0.00	2.36	2.36	0.0000	49.45	49.45
Ponte di Viale Martiri	13180.90	45.02	Bridge	49.16	49.16	0.00	2.36	2.36	0.0000	49.45	49.45
Sez.34v	13192.90	45.02	270.00	48.98	48.98	0.00	2.53	2.53	0.0000	49.30	49.30
Sez.33m	13260.90	45.02	270.00	48.75	48.75	0.00	1.73	1.73	0.0000	48.90	48.90
Ponte FFSS Milano-Bologna	13262.90	45.02	Bridge	48.75	48.75	0.00	1.73	1.73	0.0000	48.90	48.90
Sez.33	13274.90	45.02	270.00	48.50	48.51	0.01	1.86	1.86	0.1651	48.68	48.68
Sez.33v	13282.24	43.81	270.00	48.56	48.56	0.00	1.25	1.25	0.2807	48.64	48.64
Sez.33v	13286.90	42.50	270.00	48.56	48.56	0.00	1.14	1.14	0.0010	48.63	48.63
Sez.attrav. Monte	13311.90	42.47	270.00	48.49	48.49	0.00	1.42	1.41	0.0142	48.59	48.60
Sez.attrav. Valle	13336.90	42.12	270.00	48.43	48.43	0.00	1.42	1.61	0.0134	48.53	48.54
Sez.32m	13400.90	41.26	270.00	48.28	48.28	0.00	1.71	1.71	0.0000	48.41	48.41
Passerella	13401.90	41.26	Bridge	48.28	48.28	0.00	1.71	1.71	0.0000	48.41	48.41
Sez.32v	13407.90	41.26	270.00	48.25	48.25	0.00	1.72	1.72	0.0019	48.38	48.38
Sez.31m	14030.90	40.07	270.00	47.15	47.15	0.00	1.48	1.48	0.0000	47.26	47.26

RELAZIONE IDROLOGICO E IDRAULICA: GESTIONE DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE

Ponte di Via Rinaldi	14032.90	40.07	Bridge	47.15	47.15	0.00	1.48	1.48	0.0000	47.26	47.26
Sez.31v	14044.90	40.07	270.00	47.11	47.11	0.00	1.50	1.50	0.0035	47.22	47.22
Sez.30	14866.90	37.23	270.00	45.30	45.30	0.00	1.94	1.94	0.0013	45.47	45.47
Sez.29	15725.90	36.15	270.00	43.52	43.52	0.00	1.84	1.84	0.0353	43.67	43.67
Sez.29A	15755.40	35.11	270.00	43.44	43.44	0.00	1.95	1.95	-0.0010	43.61	43.61
Sez.28m	16167.40	35.53	270.00	43.07	43.07	0.00	1.10	1.10	0.0000	43.13	43.13
Ponte Autostrada A1	16169.40	35.53	Bridge	43.07	43.07	0.00	1.10	1.10	0.0000	43.13	43.13
Sez.28v	16211.40	35.53	270.00	43.03	43.03	0.00	1.08	1.08	0.0027	43.08	43.08

Di seguito si riporta il confronto tra i profili di rigurgito nella configurazione stato di fatto e stato con opere provvisionali (linea blu) in corrispondenza del ponte in progetto.

Data la modesta parzializzazione della sezione di deflusso, dovuta alla realizzazione dei due arginelli, rispetto alla sua ampiezza complessiva, non viene generata una variazione dei profili di rigurgito rispetto allo stato di fatto.

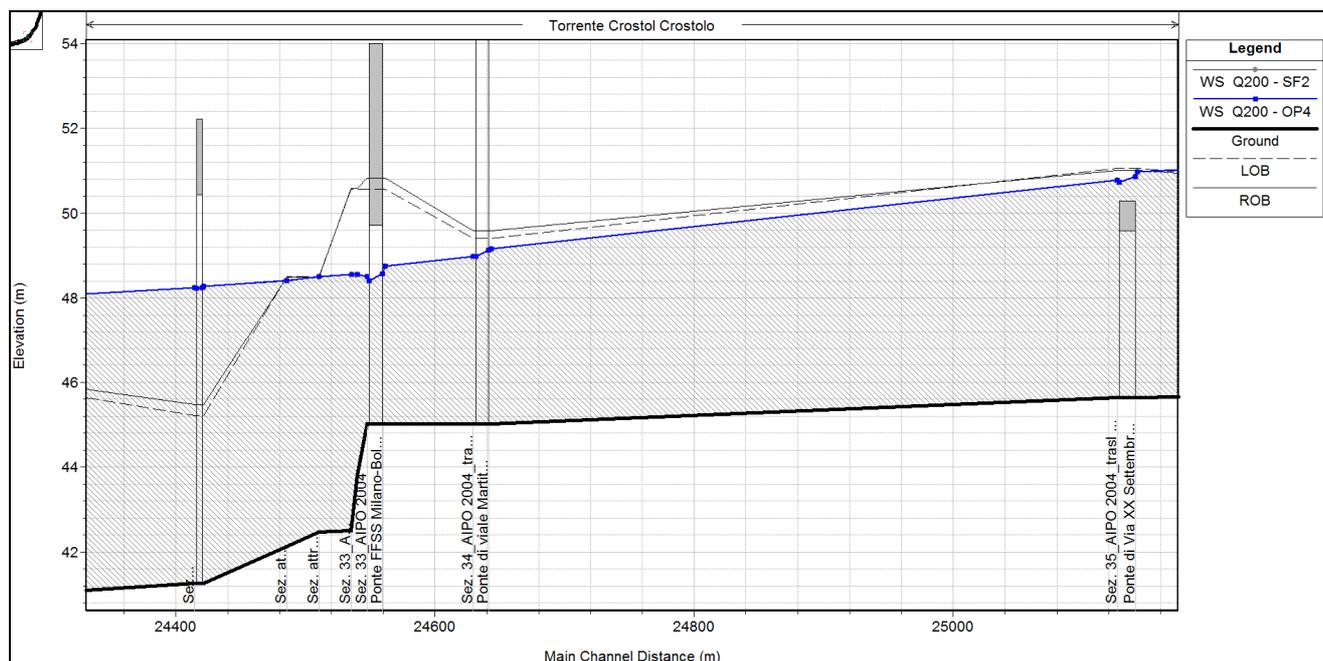


Figura 8-12 - Confronto tra il profilo di rigurgito della configurazione stato di fatto e con opere provvisionali

Risultati simulazione – Verifica del guado

Dopo aver verificato le condizioni idrodinamiche che si instaurano al passaggio della portata di progetto, si procede a verificare gli effetti che l'inserimento del guado provvisionale possono avere sulle dinamiche fluviali, soprattutto a monte dello stesso.

Il guado posto subito a valle dell'attraversamento in progetto permette di svolgere in sicurezza le operazioni di varo della trave del ponte. L'attraversamento provvisionale presenta una luce libera realizzabile con due

scatolari di dimensione 4.50x1.50m, posti a distanza di circa 2.0m tra loro. Il riempimento tra gli scatolari e le sponde del corso d'acqua è costituito da massi di cava non gelivi del peso di 800-1000 Kg/cad, che potranno essere riutilizzati per la realizzazione della sistemazione spondale finale dell'alveo come descritto nel Capitolo 8.4.

Si è simulato il passaggio di diverse portate, comprese tra 5 m<sup>3</sup>/s e sino alla portata bisecolare, in modo da valutare la risposta dell'opera provvisoria alle diverse sollecitazioni ed i relativi profili di rigurgito che si instaurano. Tramite tali simulazioni numeriche, si determina come portata limite di funzionamento con moto non in pressione negli scatolari, il valore di 17m<sup>3</sup>/s, a cui corrisponde un livello idrometrico nella sezione di monte del guado di 43.62 m s.l.m. (Figura 8-13 e Tabella 8-4).

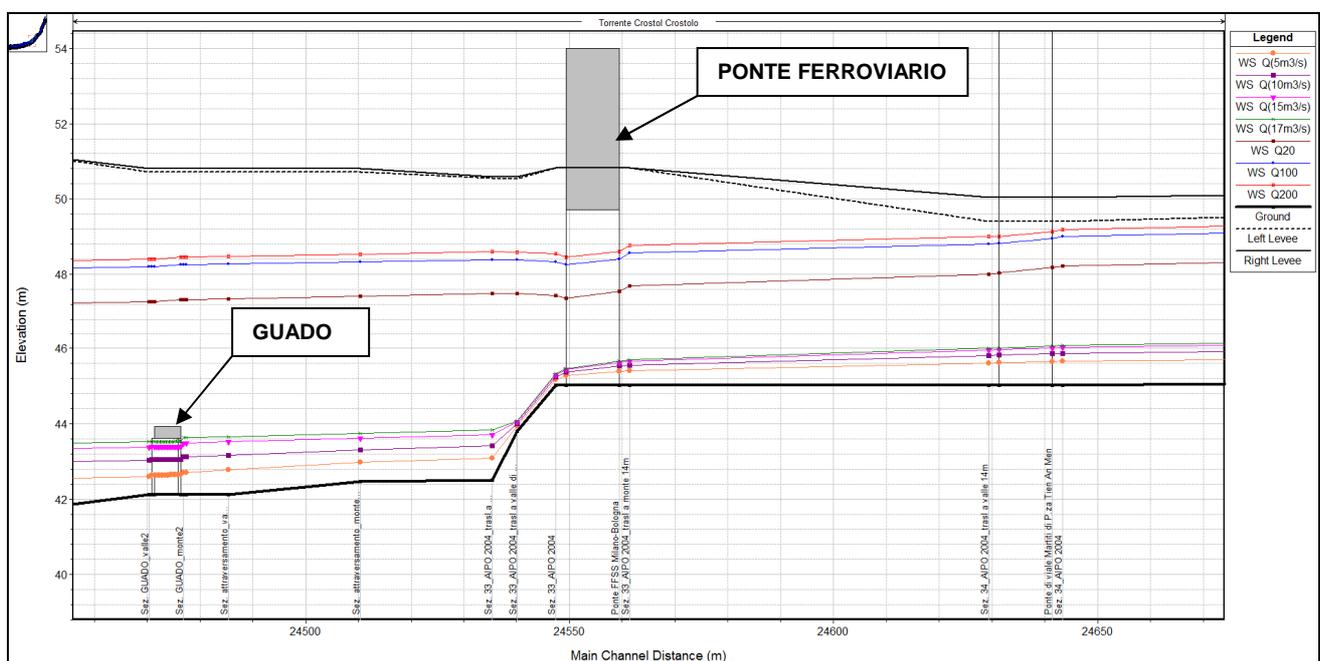


Figura 8-13: Profili di rigurgito in presenza di guado provvisorio

La portata di 17 m<sup>3</sup>/s rappresenta, quindi, la condizione limite di utilizzo dell'attraversamento provvisorio, superata la quale lo stesso si rende inagibile, poiché è ragionevole supporre che la struttura provvisoria non sia in grado di sopportare le sollecitazioni indotte dalla corrente e venga, quindi, rimossa dalla stessa.

Nella tabella seguente si riportano le principali grandezze idrauliche di riferimento relative alla simulazione eseguita con portata limite di 17 m<sup>3</sup>/s.

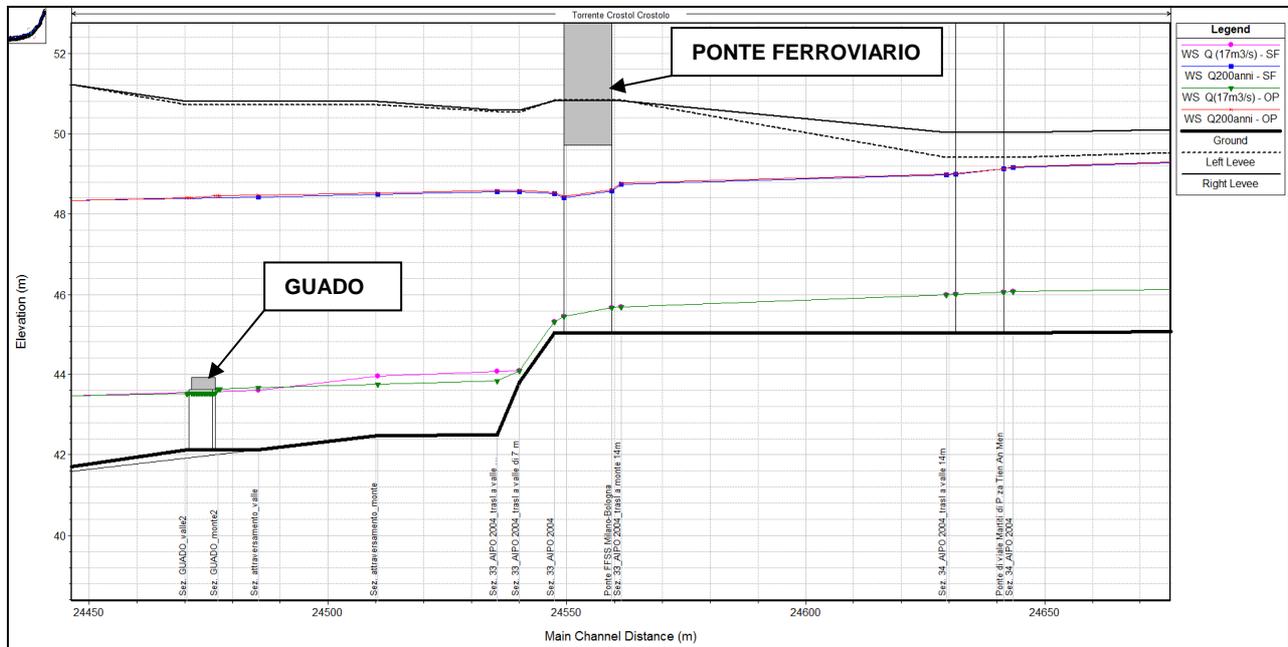
Tabella 8-4: Principali grandezze idrauliche risultanti dalla simulazione dello stato in fase di cantiere, in presenza di opere provvisorie (guado).

Sezione Topografica	Progressiva	Quota del fondo	Q di progetto	Livelli idrometrici O.P.	Velocità O.P.	Pendenza	Carico totale O.P.
	[m]	[m s.l.m.]	[m <sup>3</sup> /s]	[m s.l.m.]	[m/s]		[m]
Sez.46	8613.50	63.02	17.00	63.91	1.53	0.0096	64.03
Sez.45	8832.50	60.92	17.00	62.45	0.87	0.0031	62.49
Sez.44	9449.50	58.99	17.00	60.60	0.73	0.0015	60.63

RELAZIONE IDROLOGICO E IDRAULICA: GESTIONE DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE

Sez.43	9770.50	58.50	17.00	59.17	0.83	0.0057	59.21
Sez.42	10511.50	54.31	17.00	55.91	0.72	0.0021	55.93
Sez.41	10675.50	53.97	17.00	54.56	2.00	0.0121	54.76
Sez.40	11049.50	49.44	17.00	50.76	0.87	0.0043	50.80
Sez.39	11373.50	48.05	17.00	50.09	0.64	0.0009	50.11
Sez.38	11929.90	47.54	17.00	48.66	1.05	0.0055	48.72
Sez.37m	12165.90	46.24	17.00	47.94	0.76	0.0000	47.97
Ponte Ferrovia	12167.90	46.24	Bridge	47.94	0.76	0.0000	47.97
Sez.37v	12174.90	46.24	17.00	47.93	0.77	0.0026	47.96
Sez.36m	12349.90	45.78	17.00	47.46	0.97	0.0000	47.51
Ponte Via della Costituzione	12351.90	45.78	Bridge	47.46	0.97	0.0000	47.51
Sez.36v	12361.90	45.78	17.00	47.41	1.00	0.0004	47.46
Sez.35m	12679.90	45.64	17.00	46.94	0.41	0.0000	46.95
Ponte di Via XX Settembre	12681.90	45.64	Bridge	46.94	0.41	0.0000	46.95
Sez.35v	12695.90	45.64	17.00	46.92	0.42	0.0013	46.93
Sez.34m	13178.90	45.02	17.00	46.07	0.82	0.0000	46.10
Ponte di Viale Martiri	13180.90	45.02	Bridge	46.07	0.82	0.0000	46.10
Sez.34v	13192.90	45.02	17.00	46.00	0.89	0.0000	46.04
Sez.33m	13260.90	45.02	17.00	45.69	0.66	0.0000	45.72
Ponte FFSS Milano-Bologna	13262.90	45.02	Bridge	45.69	0.66	0.0000	45.72
Sez.33	13274.90	45.02	17.00	45.32	1.60	0.1651	45.45
Sez.33v	13282.24	43.81	17.00	44.08	1.57	0.2807	44.20
Sez.33v	13286.90	42.50	17.00	43.83	0.40	0.0010	43.83
Sez.attrav. Monte	13311.90	42.47	17.00	43.74	1.06	0.0142	43.79
Sez.attrav. Valle	13336.90	42.12	17.00	43.65	0.87	0.0000	43.68
Sez.Guado1	13344.90	42.12	17.00	43.62	0.90	0.0000	43.66
Sez.Guado1	13345.40	42.12	17.00	43.62	0.80	0.0000	43.65
GUADO	13346.40	42.12	Culvert	43.62	0.80	0.0000	43.65
Sez.Guado1	13351.40	42.12	17.00	43.51	0.88	0.0000	43.55
Sez.Guado1	13351.90	42.12	17.00	43.50	0.99	0.0176	43.55
Sez.32m	13400.90	41.26	17.00	43.38	0.76	0.0000	43.41
Passerella	13401.90	41.26	Bridge	43.38	0.76	0.0000	43.41
Sez.32v	13407.90	41.26	17.00	43.36	0.76	0.0019	43.39
Sez.31m	14030.90	40.07	17.00	41.99	0.86	0.0000	42.03
Ponte di Via Rinaldi	14032.90	40.07	Bridge	41.99	0.86	0.0000	42.03
Sez.31v	14044.90	40.07	17.00	41.95	0.88	0.0035	41.99
Sez.30	14866.90	37.23	17.00	40.05	0.85	0.0013	40.09
Sez.29	15725.90	36.15	17.00	38.38	0.80	0.0353	38.41
Sez.29A	15755.40	35.11	17.00	38.34	0.69	-0.0010	38.37
Sez.28m	16167.40	35.53	17.00	37.89	0.58	0.0000	37.91
Ponte Autostrada A1	16169.40	35.53	Bridge	37.89	0.58	0.0000	37.91
Sez.28v	16211.40	35.53	17.00	37.84	0.60	0.0027	37.86

Dal confronto tra i livelli idrometrici nello stato di fatto ed in presenza del guado, per la portata limite di utilizzo del guado ( $17\text{m}^3/\text{s}$ ) e per la portata bisecolare si evidenziano degli incrementi locali dei profili di rigurgito, compresi tra 3.0 e 7.0 cm, che si esauriscono ancor prima di raggiungere il ponte della ferrovia MI-BO, rimanendo sempre comunque contenuti all'interno dell'alveo inciso del fiume (Figura 8-14).



**FIGURA 8-14: CONFRONTO PROFILO DI RIGURGITO NELLO STATO DI FATTO E CON OPERE PROVVISORIE (GUADO) NELL'INTORNO DELL'ATTRAVERSAMENTO IN PROGETTO SUL TORRENTE CROSTOLO.**

Naturalmente durante tutta la fase dei lavori occorre monitorare accuratamente le previsioni meteo e l'evoluzione dei livelli idrici a monte dell'attraversamento, attraverso l'attivazione di un costante collegamento radio con i tecnici di AIPO territorialmente competenti ed attraverso un telecontrollo tramite l'installazione di un sistema di misurazione del livello idrico a monte dell'attraversamento in progetto.

Si rimanda al progetto esecutivo e di cantierizzazione un maggior dettaglio delle procedure da tenersi al fine di :

1. Ridurre i rischi per l'incolumità di persone e mezzi operativi;
2. Ridurre i danni alle infrastrutture e alle materie di cantiere.

Tale procedura potrà riferirsi ai parametri idraulici della presente relazione e dovrà contenere nel Capitolato Prestazionale e nel PSC tutti i criteri e le metodiche funzionali alla riduzione del rischio sia delle persone che delle cose.

L'Impresa a tale scopo dovrà assicurarsi per un importo non inferiore a € 5.000.000,00 anche in considerazione che in tutti i casi e per qualunque evento di piena, sono sempre a carico esclusivo dell'Impresa sia i lavori occorrenti per rimuovere le materie, per qualunque causa depositate, nelle aree di lavoro, durante i lavori e comunque fino a collaudo avvenuto, sia le perdite anche totali di attrezzature, mezzi d'opera e macchinari, ponti di servizio, centine, armature in legno, baracche ed altre opere provvisorie e

non potrà pretendere nulla all'Amministrazione concedente anche in considerazione che l'impresa è assicurata.

Sono altresì a carico dell'Impresa gli eventuali ringrossi, risarcimenti e sistemazioni delle ture di protezione provvisoria qualora sollecitate dagli stessi eventi e analogamente la rimozione e pulizia dei canali fucatori ormai non più utilizzabili. Per dare la possibilità alla Stazione Appaltante di accertare che i danni di forza maggiore non siano imputabili alla negligenza della ditta o del personale alle sue dipendenze, e di provvedere, dopo, alla loro segnalazione all'Amministrazione concedente, l'Impresa dovrà darne comunicazione alla Direzione Lavori immediatamente, e, comunque, entro e non oltre il terzo giorno dalla stessa cessazione dell'evento che ha provocato i danni stessi, pena la decadenza da ogni e qualsiasi diritto ai relativi indennizzi.

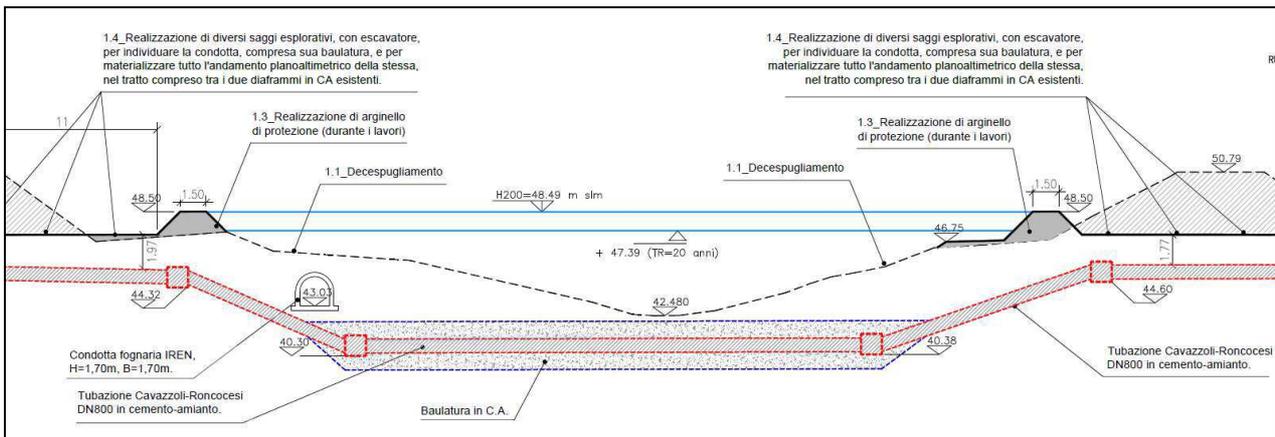
I materiali approvvigionati in cantiere ed a piè d'opera, sino alla loro completa messa in opera ed a prove e rinterro eseguite, rimarranno a rischio e pericolo dell'Impresa per qualunque causa di deterioramento e perdita e potranno essere sempre rifiutati se al momento dell'impiego e dell'entrata nei magazzini non saranno più ritenuti idonei dalla Direzione Lavori.

#### 8.3.3.2 *Fasi esecutive di cantierizzazione*

La realizzazione del ponte dovrà avvenire secondo le seguenti fasi:

##### Fase 1 (periodo di lavoro 1 Marzo-15 Aprile)

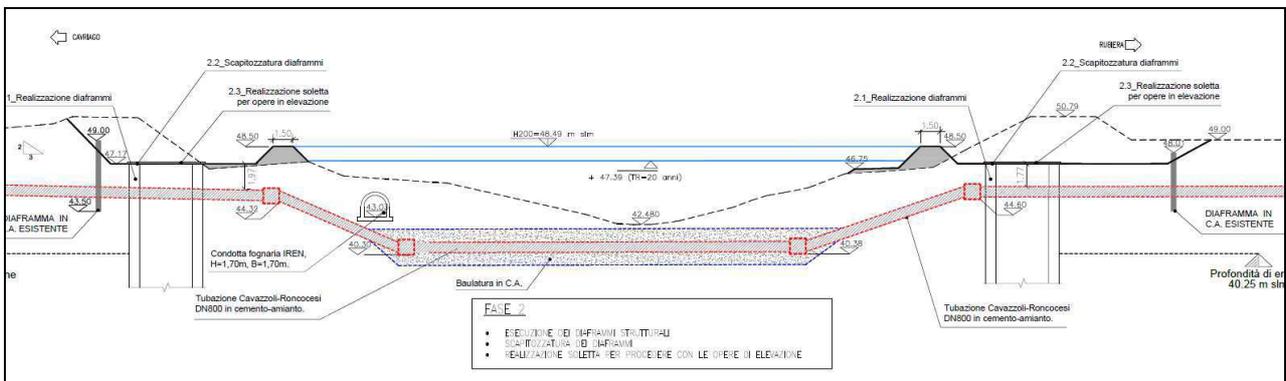
- decespugliamento e picchettamento per la preparazione dell'area di lavoro;
- realizzazione dello sbancamento arginale e del riempimento per la preparazione del piano di lavoro per l'infissione dei diaframmi;
- realizzazione di arginello provvisoria di protezione durante i lavori, fino ad un evento di piena bisecolare;
- realizzazione di diversi saggi esplorativi, con escavatore, per individuare la condotta esistente compresa la baulatura, e per materializzare tutto l'andamento planoaltimetrico della stessa, nel tratto compreso tra i due diaframmi in c.a. esistenti.
- Reinterro dei saggi precedentemente eseguiti.



**Figura 8-15 Fasi esecutive di cantierizzazione: FASE1**

***Fase 2 (periodo di lavoro 1 Marzo-15 Aprile)***

- Esecuzione dei diaframmi strutturali con mezzo oleodinamico;
- Scapitozzatura dei diaframmi;
- Realizzazione della soletta per procedere con le opere di elevazione;

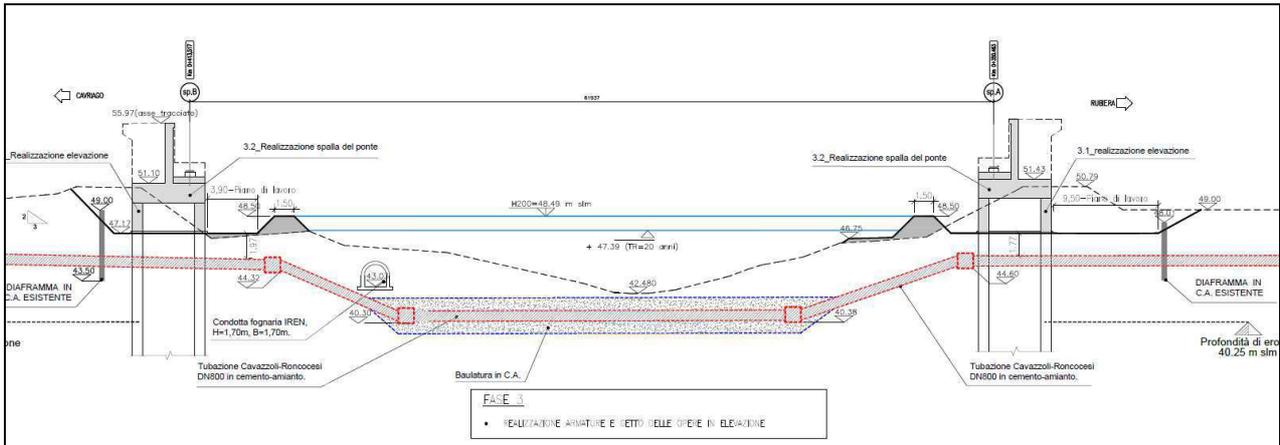


**Figura 8-16 Fasi esecutive di cantierizzazione: FASE2**

***Fase 3 (periodo di lavoro dopo il 15 Aprile)***

- Realizzazione delle armature e del getto delle opere in elevazione;

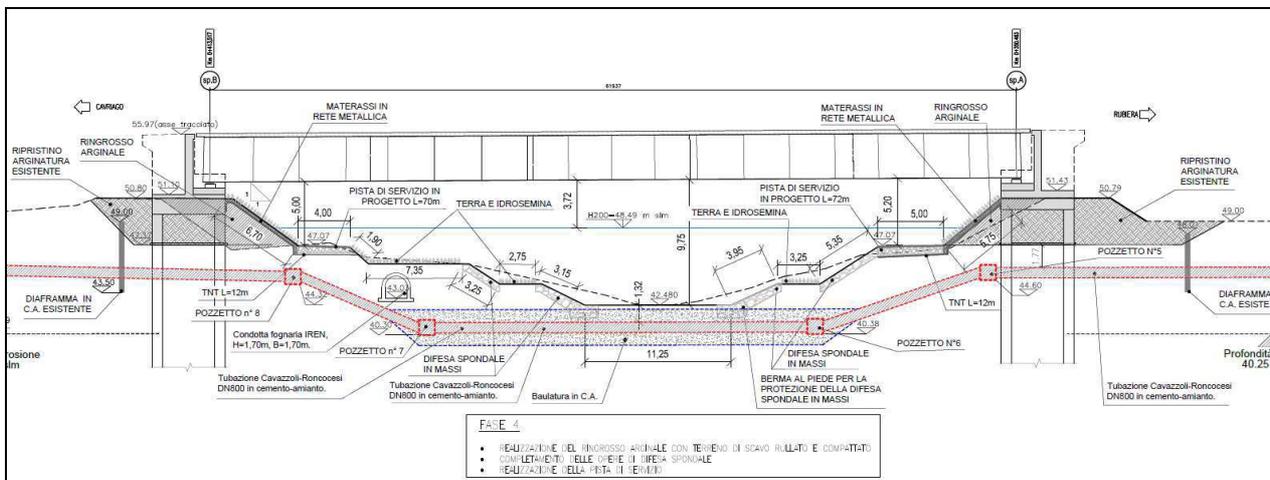
**RELAZIONE IDROLOGICO E IDRAULICA: GESTIONE DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE**



**Figura 8-17 Fasi esecutive di cantierizzazione: FASE3**

**Fase 4 (periodo di lavoro dopo il 15 Aprile)**

- Realizzazione del ringrosso arginale con terreno di scavo rullato e compattato;
- Completamento delle opere di difesa spondale come da progetto;
- Realizzazione della pista di servizio.



**Figura 8-18 Fasi esecutive di cantierizzazione: FASE4**

La fase finale della realizzazione del ponte consiste nel varo della trave, che comporta operazione in alveo di mezzi meccanici. Per consentire queste operazioni è prevista la realizzazione di un'opera provvisoria rappresentata da un guado che ha le caratteristiche descritte nel paragrafo precedente.

**8.3.3.3 Considerazioni conclusive**

Mediante le valutazioni numeriche sopra illustrate, è stato possibile verificare le opere provvisorie da attuare sul Torrente Crostolo. Di seguito sono enunciate le considerazioni conclusive, da rispettare durante le diverse fasi di lavoro:

- le aree destinate allo stoccaggio provvisoriale di materie, e quindi anche di materiali inerti provenienti da movimenti terra effettuati in ambito di cantiere, dovranno risultare esterne ai corpi arginali, fatto salvo il pietrame per il successivo ed immediato reimpiego;
- le aree destinate allo stoccaggio di sostanze idroinquinanti come i serbatoi di stoccaggio di materie contaminanti o potenzialmente contaminanti, devono essere ubicati esternamente ai corpi arginali;
- la quota sommitale degli arginelli provvisoriale non dovrà essere inferiore a 48.50 m s.l.m., in modo da garantire la sicurezza del personale operante in tale area;
- le operazioni di varo della trave del ponte, che avranno una durata limitata di alcuni giorni, dovranno essere previste in un periodo idoneo caratterizzato da assenza o comunque scarsità di precipitazioni sull'intero bacino del T. Crostolo a monte dell'attraversamento in progetto e da livelli idrici di magra del corso d'acqua.

Durante la fase di cantiere si prescrive di effettuare regolarmente un attento monitoraggio dei dati pluviometrici e idrometrici visualizzabili in tempo reale dal sito internet dell'ARPA Emilia Romagna, Servizio IdroMeteoClima (<http://www.arpa.emr.it/sim/?idrologia>) ed in costante contatto con i tecnici AIPO (Ufficio Operativo di Reggio). Lungo l'asta del Torrente Crostolo si possono visualizzare, in tempo reale i livelli idrometrici rilevati nelle stazioni idrometriche di Cadelbosco di Sopra e Puianello. Il monitoraggio si completa con un attento controllo delle previsioni meteo e di un costante collegamento radio con i tecnici di AIPO, territorialmente competenti.

#### 8.3.4. Valutazione della capacità di trasporto solido e dei fenomeni erosivi generalizzati e localizzati nel tratto interessato dall'opera

La presenza in un qualunque alveo fluviale di pile, spalle o corpi interagenti con il dinamismo del fiume, comporta inevitabilmente una variazione geometrica della sezione fluviale e quindi aumenti di velocità localizzati causati dall'addensamento delle linee di corrente attorno alle pile stesse.

Questo fenomeno provoca l'instaurarsi di masse vorticosi, a forma di ferro di cavallo, attorno alle pile e può generare importanti processi di erosione localizzati che si formano durante la fase di crescita dell'onda di piena, per poi invertirsi durante la successiva fase calante.

Tali fenomeni devono essere opportunamente indagati al fine di determinare la quota a cui impostare le fondazioni delle strutture, in modo tale che le stesse non siano interessate, a causa dell'erosione, da fenomeni di scalzamento alla base.

Nel caso in esame si sono presi in considerazione i processi erosivi che possono riguardare le spalle del ponte e ci si è posti nella situazione cautelativa in cui i processi erosivi possano essere influenzati da fattori esterni al ponte e che, in caso estremo, potrebbero interessare le stesse fondazioni.

In generale l'erosione localizzata risulta tanto più marcata quanto più sono elevati i tiranti idrici e la velocità della corrente e quanto più è minuta la pezzatura del materiale incoerente costituente il fondo alveo; le escavazioni più significative si verificano in occasione del transito delle piene.

Il processo erosivo può essere schematizzato come il sovrapporsi di quattro tipi di fenomeni:

- escavazione naturale del fiume,
- escavazione dovuta al restringimento della sezione di deflusso,
- escavazione localizzata attorno alle pile/spalle del ponte,
- erosione regressiva dovuta all'abbassamento del thalweg del Fiume Po e quindi abbassamento del letto del Torrente Crostolo.

Il primo tipo di escavazione è solitamente legato ai fenomeni di trasporto solido che si verificano durante le piene ed in generale sono piuttosto contenuti. Il secondo tipo di erosione è principalmente funzione, oltre che delle caratteristiche idrodinamiche del fiume, del rapporto tra la larghezza ristretta e la larghezza originaria della sezione; quanto più questo è prossimo all'unità, tanto minori sono gli effetti del restringimento sui processi di deflusso ed erosione. I valori di escavazione dovuti a questi due processi sono solitamente riconducibili alle normali variazioni delle forme di fondo.

I processi erosivi più intensi, facilmente riscontrabili nel caso del ponte sul Torrente Crostolo, sono invece quelli localizzati attorno alle spalle del ponte e sono principalmente funzione di:

- forma e dimensione delle spalle,
- angolo tra la corrente indisturbata e la spalla,
- velocità della corrente, velocità critica e tirante idrico,
- caratteristiche dei sedimenti e loro granulometria.

La profondità di scavo massima è determinabile tramite l'applicazione di formule empiriche, disponibili nella letteratura scientifica, derivanti dai risultati di indagini sperimentali. Le formule empiriche sottoriportate si riferiscono alla valutazione dell'erosione in corrispondenza delle pile di un ponte, ne consegue che nel caso specifico del ponte del Torrente Crostolo, caratterizzato dall'assenza di pile in alveo, l'erosione è stata valutata in corrispondenza delle spalle, le quali sono state assimilate a delle pile aventi relativo posizionamento e dimensioni.

Per l'analisi in questione si è adottata la formula empirica sottoriportata, detta Metodo Breusers, Nicollet e Shen, largamente diffusa nelle applicazioni tecniche:

$$d_s/s = f_1(v_0/v_c) [2 \tanh(y_0/s)] f_2 f_3(\alpha, l/s)$$

dove:

$l$  = lunghezza della pila,

$s$  = larghezza della pila,

$d_s$  = profondità di scavo,

$v_0$  = velocità media della corrente,

$v_c$  = velocità critica di trascinamento,

$\alpha$  = angolo tra la direzione della corrente indisturbata e la pila,

$f_1$  = coefficiente sperimentale, legato al rapporto tra la velocità della corrente e la velocità critica di trascinamento,

$f_2$  = coefficiente di forma,

$f_3$  = coefficiente funzione dell'angolo di attacco della corrente,

$y_0$  = tirante idrico.

Il coefficiente sperimentale  $f_1$  viene determinato in funzione del rapporto tra la velocità media della corrente indisturbata  $v_0$  e la velocità critica di trascinamento  $v_c$ , definita come la velocità alla quale inizia il movimento del materiale di fondo di diametro  $d$  e peso specifico  $\gamma_s$ . Per i miscugli eterogenei di clasti di forma differente solitamente si utilizza come diametro  $d$  il  $d_{50}$  ovvero il diametro per passante in peso superiore al 50%.

La velocità critica è la velocità di incipiente movimento per la quale si è adottata la seguente espressione:

$$v_c = 0,85 [2gd(\gamma_s - \gamma)/\gamma]^{1/2}$$

con:

$v_c$  = velocità critica,

$g$  = accelerazione di gravità,

$d$  = diametro  $d_{50}$  dei grani,

$\gamma_s$  = peso specifico del materiale di fondo,

$\gamma$  = peso specifico dell'acqua.

I coefficienti  $f$  assumono i valori di seguito descritti:

$$f_1(v_0/v_c)=0 \quad \text{per} \quad v_0/v_c = 0,5$$

$$f_1(v_0/v_c)=2v_0/v_c-1 \quad \text{per} \quad 0,5 < v_0/v_c \leq 1,0$$

$$f_1(v_0/v_c)=1 \quad \text{per} \quad v_0/v_c > 1,0$$

Il coefficiente  $f_2$  di forma tiene conto dell'impatto delle pile con la corrente in alveo; vale:

$$f_2 = 1,00 \quad \text{per pile circolari o con fronti arrotondate,}$$

$$f_2 = 0,75 \quad \text{per pile sagomate in modo da accompagnare la corrente,}$$

$$f_2 = 1,30 \quad \text{per pile rettangolari.}$$

I coefficienti  $f$  assumono i seguenti valori:

$f_1 = 1$ , in quanto la velocità media della corrente risulta essere sempre superiore alla velocità critica di

trascinamento;

$$f_2 = 1.3;$$

$$f_3 = 1.$$

Il valore di erosione massima attendibile  $d_s$  per un dato evento di piena rappresenta l'escavazione massima che si può avere attorno alle pile/spalle durante l'evento di piena: durante la fase calante della piena si assiste ad un parziale riempimento di tale erosione, pertanto a piena conclusa non si riesce ad evincere quale sia stata effettivamente la profondità massima di scavo raggiunta durante l'evento.

Si riportano di seguito i risultati dell'analisi condotta, eseguita adottando come tempo di ritorno  $TR= 200$  anni, portata  $Q_{200}= 270 \text{ m}^3/\text{s}$  e coefficiente di scabrezza (Strickler)  $C=15-20 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ .

**TABELLA 8-5: DATI RELATIVI AL CALCOLO DELL'EROSIONE MASSIMA ALLA BASE DELLE SPALLE DEL PONTE IN PROGETTO.**

<b>Torrente Crostolo</b>			
<b>Metodo Breusers, Nicollet e Shen</b>			
<b>Calcolo erosione massima alla base delle spalle del ponte</b>			<b>Ponte in progetto</b>
$Q_{200}$	270 m <sup>3</sup> /s		
velocità media	$v_0$	m/s	1.71
tirante idrico	$y_0$	m	2.39
diametro	$d_{50}$	m	0.03
gravità	$g$	m/s <sup>2</sup>	9.81
peso specifico grani	$g_s$	kg/m <sup>3</sup>	1900
peso specifico acqua	$g_w$	kg/m <sup>3</sup>	1000
velocità critica di trascinamento	$v_c$	m/s	0.619
rapporto velocità	$v_0/v_c$	-	2.764
angolo corrente-pila	$a$	°	0
diametro o larghezza pila	$s$	m	5.6
lunghezza pila	$l$	m	25.5
rapporto larghezza/lunghezza	$l/s$	-	4.55
$f1$		-	1
$f2$		-	1.3
$f3$		-	1
<b>erosione massima (spalla singola)</b>	<b><math>d_s</math></b>	<b>m</b>	<b>5.86</b>

Il Metodo Breusers, Nicollet e Shen tende a sovrastimare i valori di erosione massima attendibile  $d_s$ , in quanto ipotizza che il materiale costituente il fondo alveo sia completamente disomogeneo.

Avendo preso in considerazione nell'analisi la larghezza della spalla pari alla larghezza totale delle fondazioni (pari a 5,6 m), la profondità massima di erosione raggiunge valori attorno ai 5.86 m (quota 40,25 m s.l.m.). Le fondazioni del ponte sono state quindi calcolate con questa ipotesi estrema.

La letteratura presenta analoghi modelli sempre di carattere empirico o semi-empirico basati sui dati sperimentali per la previsione del valore massimo della profondità di scavo in condizioni di acque chiare e

sedimento uniforme. Tali equazioni fanno riferimento ad un medesimo schema, in cui la profondità della fossa d'erosione  $S$  risulta crescente sia con l'incremento del tirante idrico  $y_0$  che con la larghezza della pila  $b$ .

Le formule sperimentali più note riportate in letteratura e che ricoprono un ampio spettro delle principali grandezze geometriche, cinematiche e dinamiche da cui il fenomeno dipende, sono basate su esperienze di laboratorio con riferimento ad una singola pila cilindrica, in condizioni di velocità prossima a quella limite per l'inizio del movimento del materiale di fondo. Le formulazioni più note sono di seguito riportate.

Secondo Veiga da Cugna (1956-70) (riportato da Breusers et al., 1977)

$$S = 1,35b \left( \frac{Y_0}{b} \right)^{0,3}$$

Secondo Hancu (riportato da Breusers et al., 1977)

$$S = 1,66b \left( \frac{Y_0}{b} \right)^{0,13}$$

Secondo Coleman (1971)

$$S = 1,49b^{0,9} \left( \frac{v_0^2}{2g} \right)^{0,1}$$

Secondo Remedia (1984)

$$S = 1,42b \left( \frac{Y_0}{b} \right)^{0,15}$$

Secondo Shen (riportato da Breusers et al., 1977)

$$S = 1,35b \left( \frac{Y_0}{b} \right)^{0,2}$$

Le formulazioni empiriche sopra riportate sono state applicate nel caso in esame ipotizzando la spalla del ponte come fosse una pila avente la larghezza  $b=5,6m$  e adottando le grandezze idrodinamiche desunte dalla modellistica di dettaglio descritta nel capitolo precedente

Tali formulazioni, tutte espresse in funzione della larghezza della pila, sono usualmente in discreto accordo con i risultati sperimentali di laboratorio e spesso conducono a valutazioni molto diverse fra loro. Inoltre, esse non prendono in considerazione gli effetti dell'evoluzione temporale del fenomeno di scalzamento.

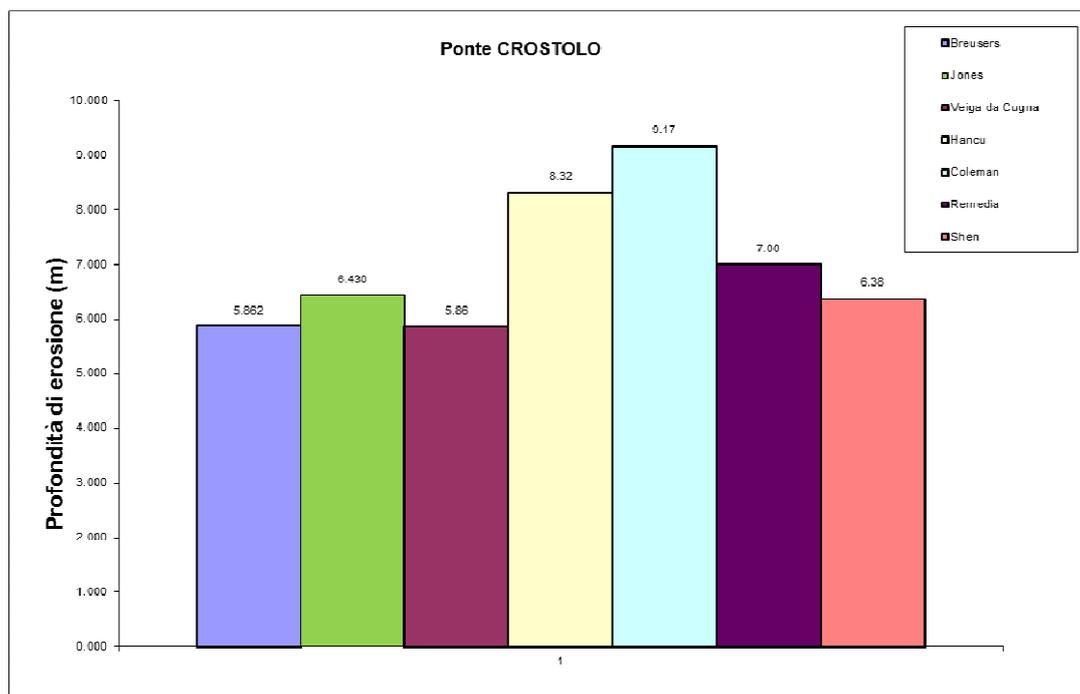


FIGURA 8-19 – PROFONDITÀ DI EROSIONE STIMATA PER LE SPALLE DEL PONTE IN PROGETTO CON VARIE FORMULAZIONI EMPIRICHE

Il grafico riassuntivo illustra un esempio del campo di variabilità della profondità di scalzamento per la spalla. È evidente il peso della larghezza della spalla nel calcolo della profondità di scalzamento; infatti, è ragionevole supporre che all'aumentare della larghezza crescano le dimensioni dei vortici a ferro di cavallo.

#### 8.4. INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA

La Direttiva 4 dell'Autorità di Bacino del fiume Po impone di inserire una serie di presidi idraulici volti a contenere fenomeni di dissesto potenzialmente innescabili dalla presenza del manufatto di attraversamento. Si è proceduto alla Progettazione dei presidi difensivi da apporre sia a protezione delle sponde in frodo che dei paramenti arginali interessati dalle spalle del ponte.

Gli interventi previsti si possono suddividere in 3 categorie e sono riportati nella tavola "Risoluzione attraversamento Torrente Crostolo: Stato di Progetto" (Cod. P000ID00IDRPP04A):

- 1) difese longitudinali volte a contenere i processi erosivi sulle sponde
- 2) ringrosso arginale e potenziamento dell'assetto difensivo
- 3) mantenimento e collegamento della viabilità di servizio interferita.

La difesa spondale si ottiene attraverso la realizzazione di una berma ed una difesa sulle sponde interne ottenute mediante il posizionamento di massi di cava non gelivi del peso di 300-800 kg/cad per la difesa spondale e 800-1200 kg/cad per la berma. La soluzione viene proposta per un tratto di 20 m a monte e valle dell'attraversamento, oltre che lungo tutto l'ingombro del ponte (circa 26 m).

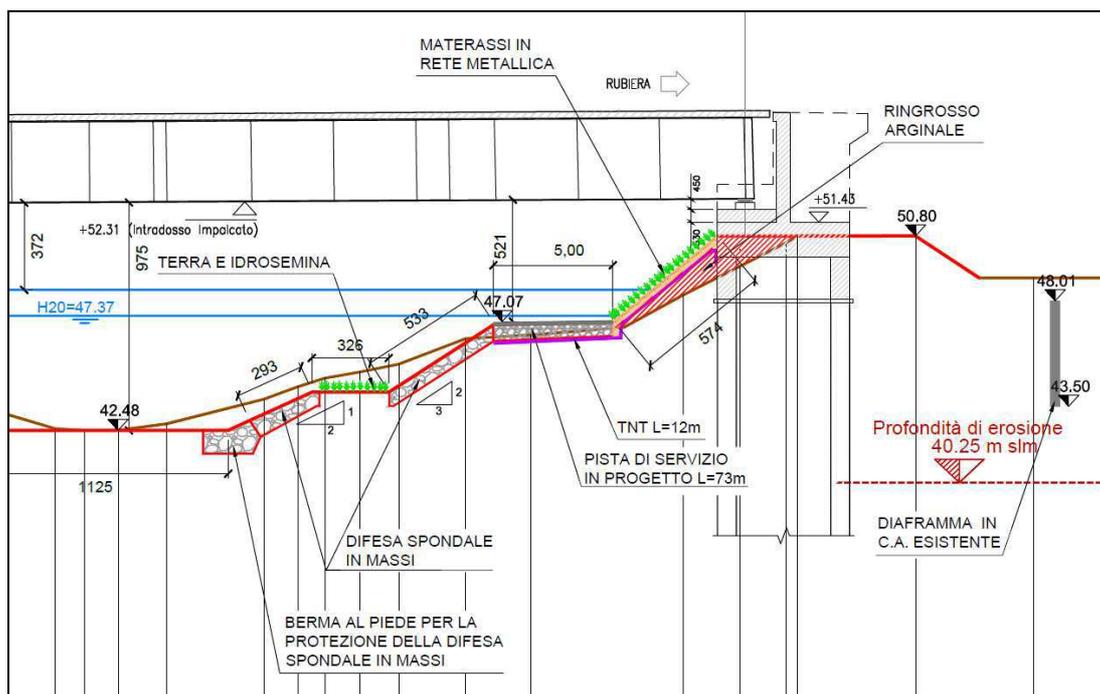


FIGURA 8-20 – PARTICOLARE DELLE DIFESE SPONDALE PREVISTE

Il ringrosso arginale in sponda destra e sinistra in corrispondenza del ponte si rende necessario in sagoma. E' realizzato con materiale di classe A4-A6 a strati sovrapposti di 50cm, compattati e regolarizzati.

Per il contenimento delle sponde del Crostolo, al di sopra della pista di servizio, sono posizionati materassi in rete metallica zincata tipo reno, spessore 23cm a doppia torsione, maglia 6x8 Ø2.2mm riempito con pietrame di media pezzatura. Il materasso è inserito al di sopra di un geotessile non tessuto in poliestere o polipropilene di massa areica 350gr/m<sup>2</sup>. Il ricoprimento del materasso metallico è affidato a uno strato di almeno 20cm di terreno integrato da idrosemina pesante eseguita con attrezzatura a pressione con aggiunta di matrice di fibre organiche e collanti di origine naturale.

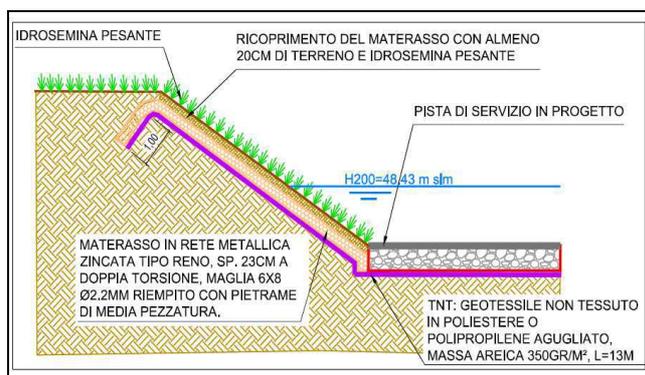


FIGURA 8-21 – PARTICOLARE DELLA SISTEMAZIONE IDRAULICA PREVISTA FUORI L'OMBRA DEL PONTE

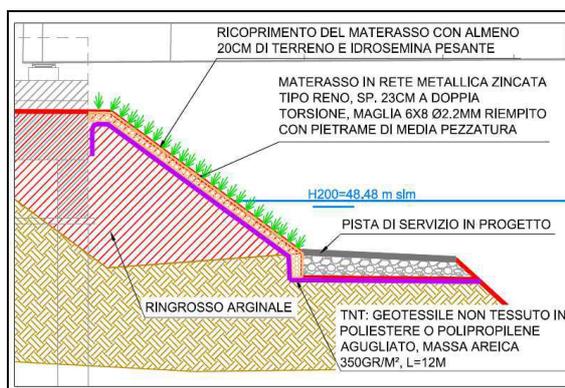


FIGURA 8-22 – PARTICOLARE DELLA SISTEMAZIONE IDRAULICA PREVISTA SOTTO L'OMBRA DEL PONTE

Per dare continuità alle piste di servizio arginali è stata prevista la realizzazione, da ambedue le sponde, di piste di servizio sotto al ponte che si raccordano a quelle esistenti. Queste sono costituite da 30cm di ciotolame prelevato in natura ricoperto da 15cm di stabilizzato rollato e compattato.

Infine, una volta completati i lavori di risezionamento dell'alveo e di posa delle difese, si procederà ad effettuare idrosemina nelle aree dove non sono previsti i massi e la pista di servizio.

## 8.5. SOTTOSERVIZI E INFRASTRUTTURE ESISTENTI

L'area attraversata dal tracciato stradale, in corrispondenza del ponte sul T. Crostolo e caratterizzata dalla presenza di molti sottoservizi (Figura 8-23), che hanno condizionato le scelte progettuali del ponte stesso, in particolare dal punto di vista della geometria delle fondazioni.

Nella tavola "*Risoluzione attraversamento Torrente Crostolo: Sottoservizi*" (Cod. P000ID00IDRPP05A) sono riportati tutti i sottoservizi presenti nell'area circostante al ponte in progetto, in particolare:

- Condotta irrigua Cavazzoli Roncocesi;
- Rete fognaria, acque miste;
- Rete acquedottistica;
- Rete teleriscaldamento;
- Rete Gas;

Di questi, la rete acquedottistica, il teleriscaldamento e il gas gestite da IREN, sono ubicati in sponda sinistra del Crostolo e risultano esterni all'impronta del ponte, quindi la trattazione dell'eventuale deviazione degli stessi, non è argomento di questo studio e si rimanda ad altri elaborati, approfondimenti in merito.

La Rete fognaria acque miste, gestita da IREN, si compone di tre rami, che convergono al pozzetto, codificato da IREN con il N°36663, che si trova in sponda sinistra del Crostolo, lato fiume, a circa 13m a monte del ponte in progetto. Da nord converge al pozzetto il primo ramo costituito da una condotta in CA Ø1400mm; il secondo ramo diverge dal pozzetto in direzione nord ed è rappresentato da un manufatto a volta H=1.70m e B=1.70m in CA con funzione di scarico di troppo pieno all'interno del Crostolo. Quest'ultimo si sviluppa longitudinalmente al corso d'acqua ad una distanza variabile dalle fondazioni del ponte, comunque mai inferiori a 9,50m. Il terzo ramo è costituito da una condotta ovoidale H=1.80m e B=1.20m in CA che attraversa trasversalmente il corso d'acqua ad una distanza variabile dalle fondamenta del ponte, comunque mai inferiori a 5,50m.

Nella configurazione di progetto il ponte e la relativa sistemazione spondale, non interferisce con la rete fognaria descritta, quindi non si prevedono deviazioni della stessa.

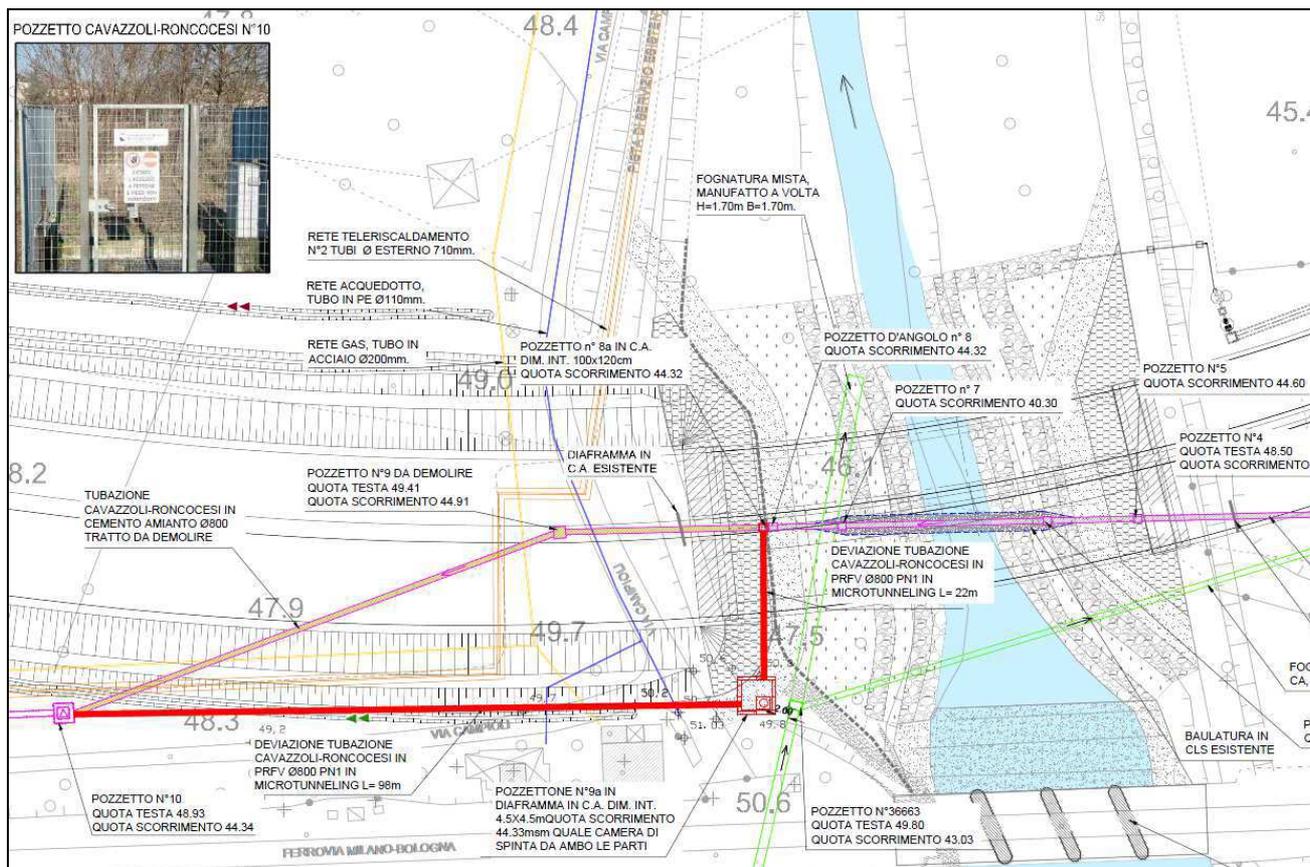


Figura 8-23: stralcio planimetrico dei sottoservizi nell'area del ponte sul t. Crostolo e della deviazione della condotta Cavazzoli-Roncocesi.

La condotta irrigua Cavazzoli Roncocesi gestita dal Consorzio di Bonifica si sviluppa trasversalmente al corso d'acqua e lo attraversa con una botte a sifone. Entrambe le spalle del ponte interferiscono con la condotta irrigua, che nel tratto in esame è in cemento amianto del Ø800mm. Per evitare questa interferenza le fondazioni del ponte sono state progettate con la tecnica dei diaframmi scolorari, prevedendo un'interruzione degli stessi in corrispondenza della condotta, ad una distanza variabile dalle fondamenta del ponte, comunque mai inferiori a 1,0m (Figura 8-24).

In sponda destra, il ponte in esame, si raccorda ad un viadotto in progetto, le cui fondazioni non interagiscono con la condotta; detto questo, sia sotto al ponte che in sponda destra, la stessa non è soggetta a delle deviazioni e viene mantenuta inalterata fino al raccordo con il Condotto Sessa Maggiore, dove la condotta Cavazzoli-Roncocesi ha inizio.

In sponda sinistra, poiché la condotta verrebbe ricoperta dal rilevato stradale, con un'altezza media di circa 6,0m, è stato necessario prevedere una deviazione della stessa, esterna al rilevato sul lato sud della tangenziale. Il tratto deviato va dal pozzetto N°10 al pozzetto N°8 per una lunghezza di circa 126m (Figura 8-23). Il tratto deviato è previsto che sia realizzato con tubi in PRFV (resina poliestere rinforzata con fibre di vetro) Ø800 PN1 e con una Rigidezza Nominale di 80KN/m<sup>2</sup>.

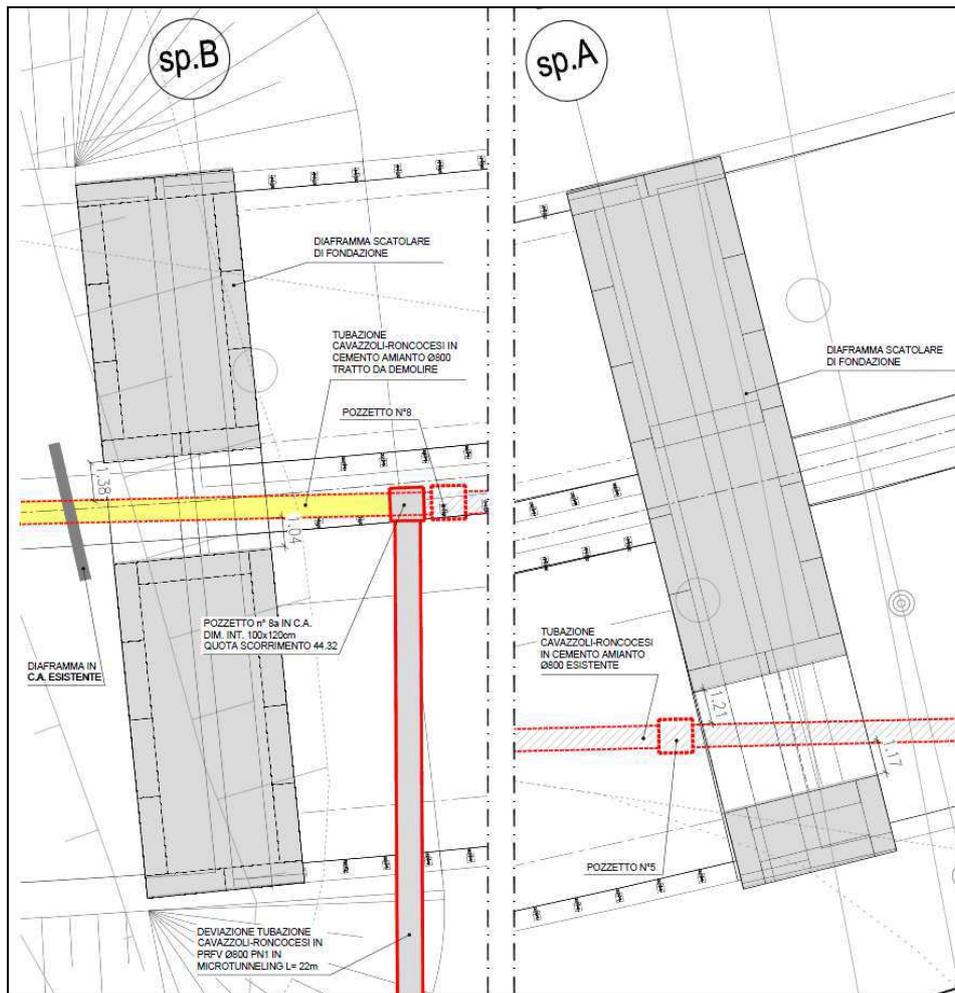


Figura 8-24: Planimetria di dettaglio delle fondazioni del ponte e della condotta Cavazzoli-Roncocesi

La presenza dell'infrastruttura ferroviaria a breve distanza dall'ubicazione del tratto deviato sommata all'importante profondità di posa della condotta, a circa 5,0m dal piano campagna, e al livello di falda acquifera molto superficiale, ha comportato la scelta della tecnica del Microtunneling, rispetto a quella dello scavo a cielo aperto, per la realizzazione della deviazione della condotta.

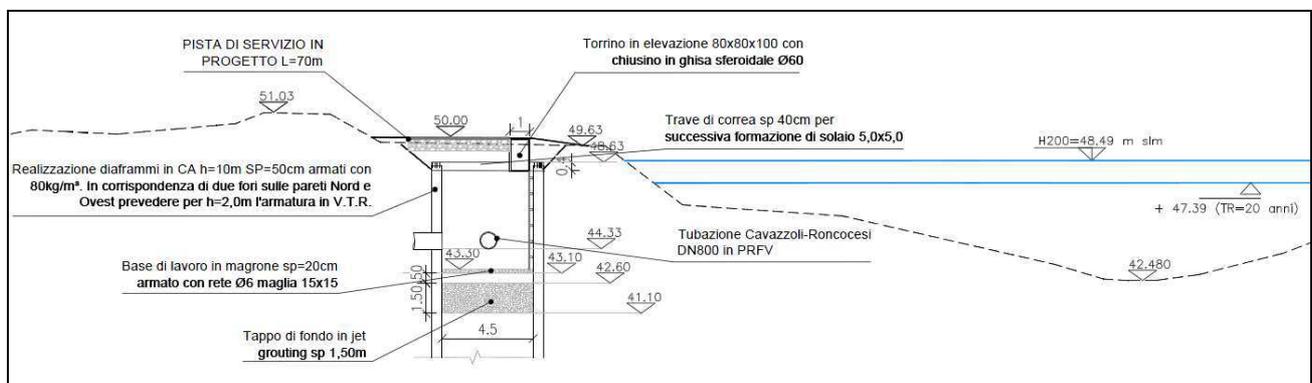


Figura 8-25: Pozzo per realizzazione del tratto deviato della condotta Cavazzoli-Roncocesi con la tecnica del Microtunneling

Le fasi realizzative della deviazione sono di seguito elencati e visualizzati nella Figura 8-25:

1. Esecuzione di tappone in jet grouting (spessore 1,50m);
2. Esecuzione dei diaframmi strutturali (con Waterstop);
3. Scavo all'interno dei diaframmi fino a quota 43.10m slm per realizzazione del pozzettone di spinta del tubo;
4. Scapitozzatura dei diaframmi e realizzazione trave di correa;
5. Getto di magrone (spessore 20cm) armato con rete elettrosaldato Ø6 maglia 15cmx15cm;
6. Realizzazione di Microtunneling e stuccatura con resine epossiliche delle tubazioni negli angoli e nelle discontinuità;
7. Realizzazione del solettone a quota 48,00m slm;
8. Realizzazione del torrino in elevazione con chiusino in ghisa per rendere ispezionabile il pozzettone.

## 9. TORRENTE MODOLENA

### 9.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE TORRENTE MODOLENA

Il Torrente Modolena è un corso d'acqua di competenza gestionale del Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale che viene attraversato dalla tangenziale immediatamente a valle dell'esistente ponte della linea Ferroviaria Milano-Bologna, nell'area a ovest della zona artigianale di Pieve Modolena a circa 5,0Km dal centro urbano del Comune di Reggio Emilia. L'interferenza ricade quasi alla fine del tratto di prolungamento del tracciato stradale, tra le progressive km 04+560,00 e km 04+520,00 (Figura 9-1). In realtà il Modolena è di un corso d'acqua che ha perso nel tempo la sua naturalità diventando un vero e proprio canale ad andamento monocorsuale, delimitato e costretto da ambo i lati da arginature. Le dolci e chiare acque via-via si sono trasformate in acque di dubbia qualità mentre la ricca ed eterogenea fauna bentonica si è banalizzata nel tempo con concentrazioni importanti di chironomi, ditteri e irudinei, mentre la sporadica fauna ittica è di origine esclusivamente alloctona (pseudoaradiora, silurus glanis, abramidi e carassius auratus et al).



Figura 9-1: Torrente Modolena poco a valle dell'attraversamento in progetto

#### 9.1.1. Caratteristiche idrografiche

Il bacino del Modolena (Figura 9-2), comprendente anche quello del Torrente Quaresimo, suo affluente di sinistra, ha una superficie complessiva di circa 108 Km<sup>2</sup> si sviluppa lungo l'orientamento S — N e si estende tra le prime colline della fascia appenninica e l'alta Pianura Padana, caratterizzata da rilievi non molto elevati, circa 400m slm.

Il Torrente Modolena è il principale affluente del torrente Crostolo. Il reticolo idrografico è tipico dell'area di alta pianura e di collina ai piedi dell'appennino; oltre all'asta principale, di lunghezza modesta, poco più di 30Km, il reticolo secondario è costituito da corsi d'acqua di modeste dimensioni e scarsa pendenza. Il corso d'acqua nasce presso la località di Grassano in comune di San Polo d'Enza. Nel tratto collinare riceve l'importante apporto idrico del rio Bercemme, che nasce da una valle attigua e confluisce nel torrente Modolena in località Salvarano, comune di Quattro Castella. Dopo aver ricevuto le acque del Torrente Quaresimo e del Canale San Silvestro si immette, in località Begarola (Comune di Cadelbosco Sopra), nel Torrente Crostolo (è affluente di sinistra).

Il torrente Modolena riceve dal 1983, ovvero a far data dalla costruzione dell'impianto di depurazione di Roncocesi, le acque reflue depurate degli abitati di Ciano d'Enza, S.Polo d'Enza, Sant'Illario, Quattro Castella, Bibbiano, Cavriago e Reggio Ovest.

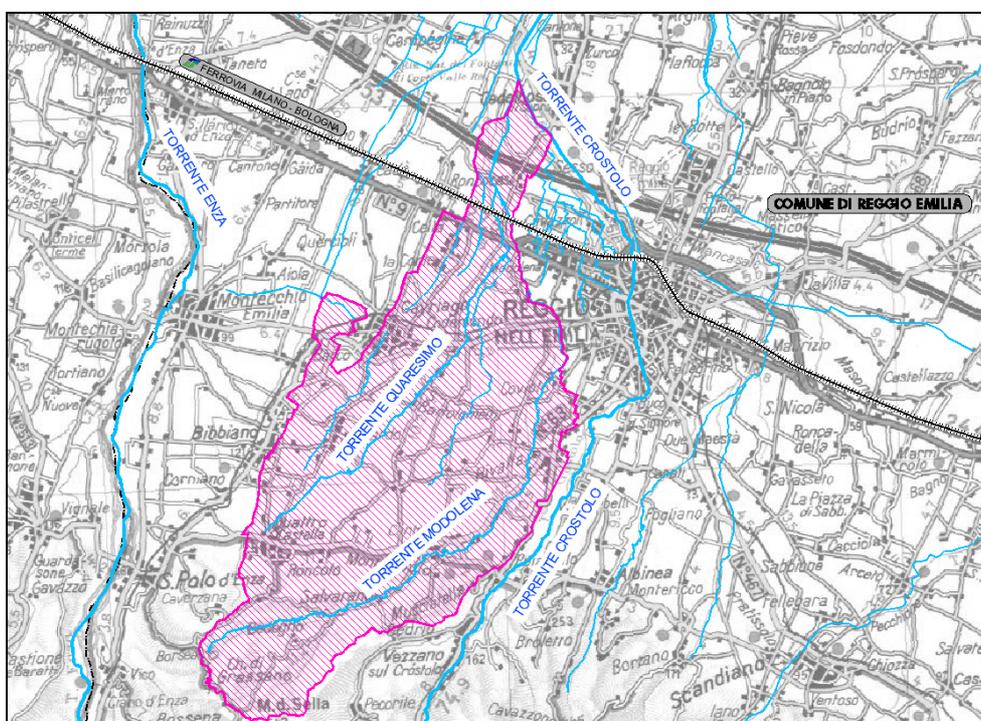


Figura 9-2: Bacino imbrifero dei torrenti Quaresimo e Modolena

Nella fascia compresa fra il T. Modolena e il T. Quaresimo: i terreni più superficiali, che risentono degli apporti dei torrenti suddetti, sono prevalentemente limosi e sabbiosi; quelli più profondi sono invece argillosi. In questo caso abbiamo un grado di vulnerabilità da medio ad elevato. Infatti in corrispondenza del Modolena e del Quaresimo abbiamo i terreni superficiali più grossolani e quindi un grado di permeabilità più elevato.

Dal punto di vista naturalistico-ambientale il tratto di torrente indagato presenta un alveo privo di essenze arboree ed arbustive poiché, regolarmente mantenuto dal personale del Consorzio di Bonifica. L'aspetto del torrente a valle della Via Emilia è paragonabile a quello di un canale di bonifica con sponde

caratterizzate da vegetazione erbacea rada (Figura 9-1), quindi rappresenta un habitat poco ospitale per specie animali come uccelli e piccoli mammiferi, a parte le nutrie che possono essere avvistate regolarmente.

### 9.1.2. Aspetti idrologici

Il regime pluviale è contraddistinto da elevata piovosità solo nelle zone collinari, in pianura la piovosità è invece modesta. Eventi meteorici intensi sono possibili in tutte le stagioni anche se il periodo compreso tra settembre e novembre è quello con la massima incidenza di eventi gravosi.

Lungo l'asta del torrente non sono presenti stazioni idrometriche ufficiali, quindi i valori di portata assunti nel presente studio si riferiscono ai dati riportati nel PTCP di Reggio Emilia. Questi derivano dall'analisi idrologica condotta secondo le procedure previste dal PAI mediante la determinazione delle portate di piena con l'utilizzo del metodo razionale. I risultati ottenuti mediante tale metodologia sono poi stati confrontati con quelli che si ottengono con altri metodi di analisi, in particolare quelli utilizzati nell'ambito delle metodologie sviluppate per il "Progetto speciale Valutazione delle Piene (VAPI)". Quest'ultimo è stato sviluppato dal Gruppo Nazionale per la difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del CNR, che definisce una metodologia omogenea sull'intero territorio nazionale per la valutazione delle portate di piena. I valori di portata, per tempi di ritorno pari a 20, 100, 200 e 500 anni, scaturiti dalle precedenti analisi sono riportate in I valori di portata presi a riferimento per la modellazione idraulica sono quelli più cautelativi cioè quelli derivanti dal metodo VAPI.

Tabella 9-1 e sono riferiti a diverse sezioni dell'asta torrentizia.

I valori di portata presi a riferimento per la modellazione idraulica sono quelli più cautelativi cioè quelli derivanti dal metodo VAPI.

Tabella 9-1: Portate di piene per il Torrente Modolena (da PTCP Reggio Emilia)

MODOLENA		METODO RAZIONALE $Q_T$ (m <sup>3</sup> /s)				VAPI (piogge) $Q_T$ (m <sup>3</sup> /s)					
SEZ.	Località	T=20	T=100	T=200	T=500	T=10	T=20	T=50	T=100	T=200	T=500
1	Il Casotto	38.6	49.3	54.1	60.3	37.2	42.2	48.6	53.5	58.4	64.8
2	Orologia	51.6	65.6	72.0	80.3	51.3	58.1	67.0	73.8	80.6	89.4
3	Ramolini	58.0	73.6	80.6	90.0	59.3	67.1	77.3	85.2	93.0	103.2
4	C. Verzelloni	99.9	126.1	138.3	154.3	105.3	119.2	137.3	151.3	165.2	183.3
5	Begarola - Crostolo	115.6	145.7	159.7	178.1	124.1	140.6	161.9	178.4	194.8	216.2

### 9.1.3. Caratteristiche geometriche e morfologiche dell'alveo (tendenza morfo-evolutiva del corso d'acqua)

Nel tratto oggetto di intervento il corso d'acqua si sviluppa lungo la direttrice SE - NW, per poi deviare definitivamente verso nord fino alla confluenza con il torrente Crostolo in località Cadelbosco di Sopra. La struttura d'alveo nel tratto d'interesse è ovunque unicursale, caratterizzata dall'assenza di golene. Le arginature nel tratto dove è previsto l'attraversamento stradale sono di modesta altezza e presenti solo in sponda idrografica sinistra, mentre la sponda destra, posta alla medesima quota di quella sinistra, è caratterizzata dalla presenza di Via Ancini: strada comunale che consente l'accesso ad un gruppo di abitazioni, racchiuse tra il Modolena, la ferrovia MI-BO e il cavalcavia di Via C. Marx.

Il Modolena è delimitato dalle fasce fluviali, definite secondo le indicazioni contenute nell'ambito delle Direttive tecniche del PAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico) e del PSFF (Piano Stralcio delle Fasce Fluviali).

La delimitazione delle Fasce Fluviali lungo l'asta del Modolena, riguarda il tratto dalla confluenza nel T. Crostolo fino a monte dell'abitato di Salvarano, per un'estensione complessiva di circa 30Km.

La prima parte del corso del Modolena, fino all'abitato di Montecavolo, risulta caratterizzato da sezioni di modesta ampiezza, abbastanza incise e limitrofe a poche aree di espansione.

Non si evidenziano particolari criticità fino all'abitato di Montecavolo. In corrispondenza di questo si segnalano alcune abitazioni isolate in sinistra idraulica interessate dalla delimitazione della Fascia di esondazione (Fascia B).

A valle dell'abitato di Montecavolo nel tratto compreso fra il ponte sulla SP n°21 Albine-Montecavolo e il ponte della tangenziale di Montecavolo, si evidenzia una prima zona di espansione con possibilità di esondazione, sia in destra che in sinistra, per le portate di riferimento senza comunque l'interessamento di nuclei abitativi.

Proseguendo verso valle, il Modolena fiancheggia in sinistra tutta la zona artigianale di Orologia, senza evidenziare particolari problemi dal punto di vista del transito delle piene di riferimento.

Nel tratto successivo, fino alla SP n°28 per Montecchio, non si segnalano particolari criticità, se non rispetto ad alcune piccole aree di esondazione. A valle della strada provinciale per Montecchio, circa 3.0Km a monte dell'attraversamento in progetto, il corso del Modolena è completamente arginato e le sezioni risultano adeguate alle portate di progetto.

A differenza dei tratti collinari a maggiore pendenza, il tratto in esame che si sviluppa nell'alta pianura, si presenta sostanzialmente in equilibrio rispetto all'erosione di fondo.



Figura 9-3: Ponte FFSS su T. Modolena

Nell'area in oggetto il principale manufatto esistente, immediatamente monte rispetto a quello in progetto, è il ponte della ferrovia Milano Bologna (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**), caratterizzato da due campate di luce paria a 11m ciascuna, separate da una pila in centro alveo di 1,6m di larghezza. L'intradosso dell'impalcato è alla quota di 43.86m slm che garantisce un franco di sicurezza rispetto alla portata duecentennale di 80cm.

Il ponte in progetto non determina una riduzione del volume d'alveo disponibile per la laminazione delle piene perciò, sono state effettuate simulazioni idrauliche in moto permanente (stazionario). La soluzione in moto stazionario, rispetto ad una analisi in termini di colmo di piena fornita da un'analisi in moto vario, fornisce condizioni di verifica sensibilmente più cautelative e

specialmente in corrispondenza dei manufatti di attraversamento, consente di impostare un confronto corretto tra diverse formulazioni per la stima delle perdite di carico.

Il modello geometrico utilizzato è stato costruito sulla base dei rilievi topografici forniti dal Consorzio di Bonifica, risalenti al 1994, questi sono stati integrati con quattro sezioni idrauliche nell'intorno del ponte in esame, rilevate nel 2012 proprio nell'ambito del presente progetto definitivo. L'intero rilievo utilizzato è costituito da 43 sezioni trasversali d'alveo, oltre a quelle relative alle geometrie dei ponti, che rappresentano in modo esaustivo l'alveo attivo. Il tratto simulato si estende per una lunghezza di oltre 6.2km, di cui 1.6 km a monte dell'attraversamento in esame. (Figura 9-4).

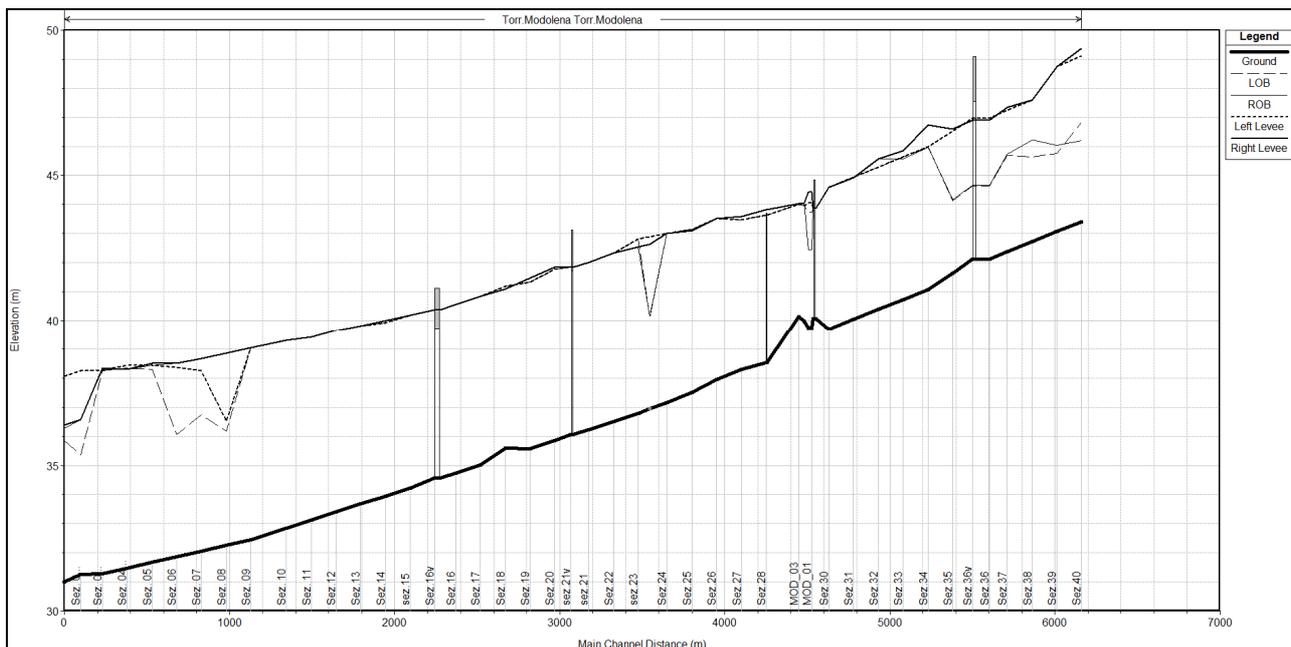


FIGURA 9-4: ANDAMENTO LONGITUDINALE DEL THALWEG E DEI PRESIDI ARGINALI NEL TRATTO DI TORRENTE CONSIDERATO

I valori di scabrezza assunti tengono conto della combinazione di diversi fattori che intervengono nella caratterizzazione delle perdite distribuite durante un evento di piena:

- caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo;
- caratteristiche morfologiche e geometriche quali il grado di sinuosità del tratto d'alveo e brusche variazioni di geometria della sezione;
- caratterizzazione della copertura vegetale presente nelle zone spondali e nelle aree golenali.

Sulla base dei sopralluoghi effettuati, dei riferimenti bibliografici che si riconducono ai principali studi in materia si sono quindi assunti valori opportuni della scabrezza in funzione non solo della copertura vegetale ma anche del tipo e granulometria del materiale presente in alveo.

Indicazioni presenti in letteratura sono state tratte dalla pubblicazione "Open-Channel Hydraulics" - V.T. Chow, 1959, Macgraw-Hill, Singapore e da "Meccanica dei fluidi", Marchi - Rubatta.

I valori di scabrezza (coefficiente di Strickler) assunti nella modellizzazione idraulica sono stati di 25-33 m/s

$^{1/3}$  per l'alveo inciso e  $22-25 \text{ m/s}^{1/3}$  per la parte spondale, variabili in funzione, principalmente, della presenza puntuale di rivestimenti spondali in cls o massi e della maggiore o minore presenza di vegetazione, che comunque si presenta sempre piuttosto rada.

## 9.2. DEFINIZIONE DELLE PORTATE DI RIFERIMENTO

La portata di piena di progetto (a tempo di ritorno 200 anni), rispetto alla quale effettuare la verifica idraulica dell'attraversamento in progetto e dei suoi effetti in termini di profilo idrometrico, è stata stabilita facendo riferimento ai valori riportati nel PTCP di Reggio Emilia ed esposti nel paragrafo 9.1.2. Nello specifico sono stati utilizzati i valori di portata ottenuti mediante il "Progetto speciale Valutazione delle Piene (VAPI)" poiché a favore di sicurezza rispetto ai valori ottenuti con il "metodo Razionale"

Tabella 9-2: Valori delle portate di piena di riferimento lungo l'asta del Torrente Modolena

LOCALITA'	PORTATE METODO "VAPI"					
	T=10anni	T=20anni	T=50anni	T=100anni	T=200anni	T=500anni
Il Casotto	37.2	42.2	48.6	53.5	58.4	64.8
Orologia	51.3	58.1	67.0	73.8	80.6	89.4
Ramolini	59.3	67.1	77.3	85.2	93.0	103.2
C. Verzelloni	105.3	119.2	137.3	151.3	165.2	183.3
Begarola - Crostolo	124.1	140.6	161.9	178.4	194.8	216.2

Le simulazioni sono state condotte secondo una schematizzazione idrodinamica monodimensionale in moto permanente, trascurando quindi (a favore di sicurezza) gli eventuali effetti di laminazione lungo lo sviluppo del corso d'acqua.

Le condizioni al contorno di calcolo in condizioni di piena sono le seguenti:

- altezza idrometrica di valle pari ad un livello idrico noto di 37.37 m s.l.m., coincidente con quello del torrente Crostolo tra la sezione 21 e 22 durante un evento di piena con TR=200anni.
- portata bicentenaria in ingresso nel modello idraulico a monte del ponte in progetto pari a  $93 \text{ m}^3/\text{s}$ .

I calcoli idraulici per la definizione del profilo di inviluppo di piena sono stati svolti con riferimento alle seguenti condizioni fisiche del corso d'acqua:

- configurazione attuale in assenza del nuovo attraversamento (stato di fatto);
- configurazione con la presenza del nuovo attraversamento stradale (situazione di progetto).

## 9.3. VERIFICHE IDRAULICHE

### 9.3.1. L'opera di attraversamento stradale

Il ponte stradale che attraversa il torrente Modolena è in CAP costituito da un'unica campata con luce pari a

29 m ( vedi tav. PP00ID00IDRPP09A).

Il ponte non presenta pile in alveo e l'intradosso dell'impalcato, a seguito delle verifiche idrauliche successivamente descritte ed in funzione della livelletta stradale, è stato imposto ad una quota pari a 44.21 m s.l.m., con un franco di 1.13m rispetto al tirante idrico generato da una piena bisecolare (Figura 9-5).

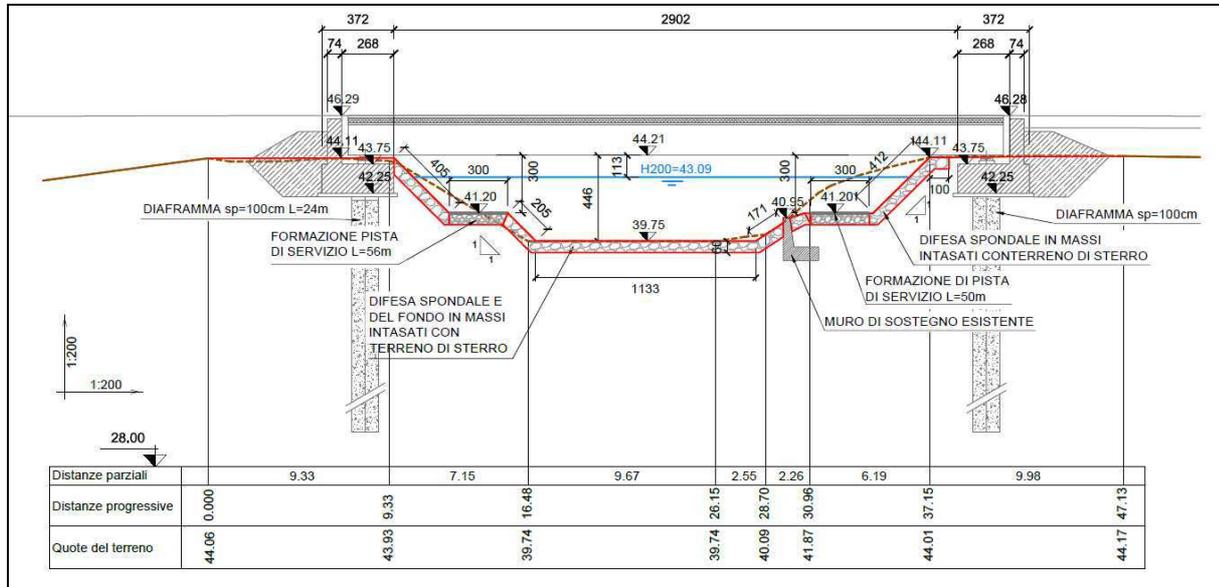


Figura 9-5 ponte in progetto sul torrente Modolena

### 9.3.2. Verifiche di compatibilità idraulica stato di fatto/stato di progetto

Le verifiche idrauliche consistono nella determinazione delle principali caratteristiche con cui si propagano le onde di piena secondo la rispettiva descrizione geometrica dell'alveo, sia nello stato di fatto che in quello di progetto.

Le risultanze delle propagazioni nelle configurazioni simulate consistono nell'espore le principali grandezze idrauliche, soprattutto in termini di livelli idrometrici raggiunti durante gli eventi considerati in corrispondenza delle varie sezioni trasversali del corso d'acqua. Inoltre, risultano rilevate le velocità medie della corrente nei singoli tratti dell'alveo sia in condizioni di alveo attuale che di progetto.

#### 9.3.2.1 Verifica del franco di sicurezza dell'attraversamento

##### - Stato di Fatto

La sommità delle arginature in prossimità del nuovo attraversamento si attesta mediamente ad una quota di poco superiore a 44.00m slm. Nella sezione in corrispondenza del ponte in progetto il livello per la piena bicentenaria nella configurazione attuale è a quota 43.10 m s.l.m., ne risulta pertanto che le arginature sono opportunamente dimensionate per la portata di 93 m³/sec, in quanto il franco minimo è pari a circa 1.00 m.

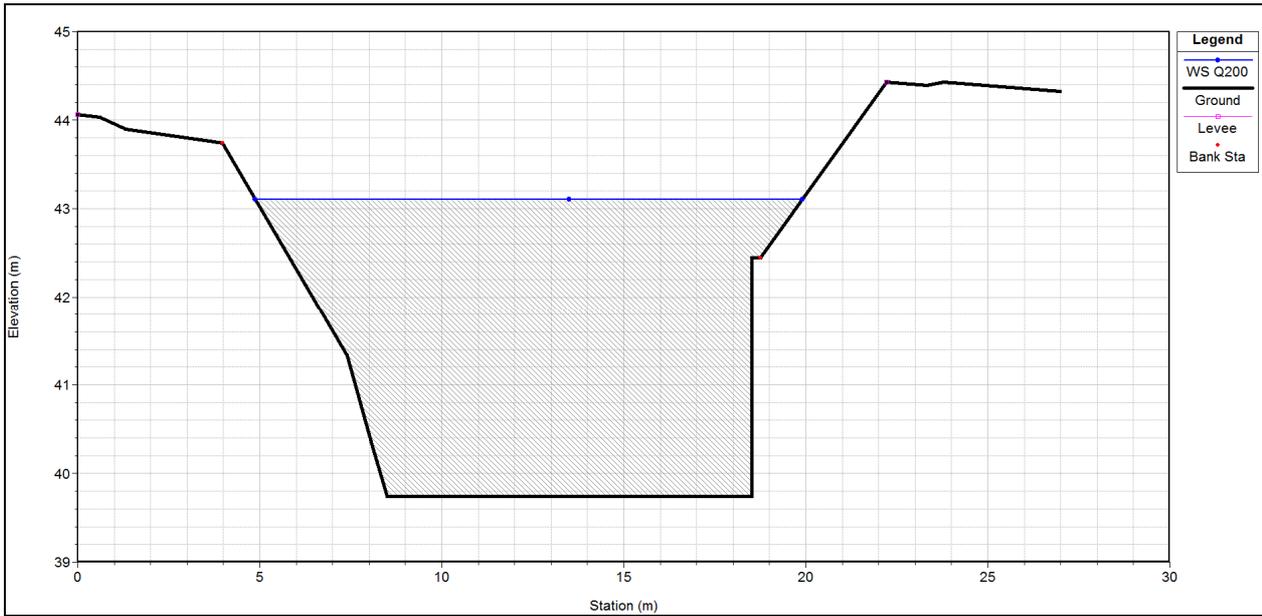


figura 9-6: Livello idrometrico raggiunto per la Q200 del Torrente Modolena alla sezione trasversale in corrispondenza dell'asse del ponte nello stato di fatto

- Stato di Progetto

Nella configurazione di progetto è previsto l'inserimento del ponte; in tale condizione il livello per la piena bicentenaria nella sezione immediatamente a monte dell'attraversamento stradale si attesta a quota 43.09 m s.l.m., quindi il franco idraulico, pari a 1.13m, risulta maggiore rispetto al valore minimo di 1 m definito dalle prescrizioni di ANAS.

La figura seguente, che si riferisce alla modellazione idraulica, riporta il tirante idrico che si instaura in corrispondenza dell'attraversamento in progetto per un evento di piena bicentenario.

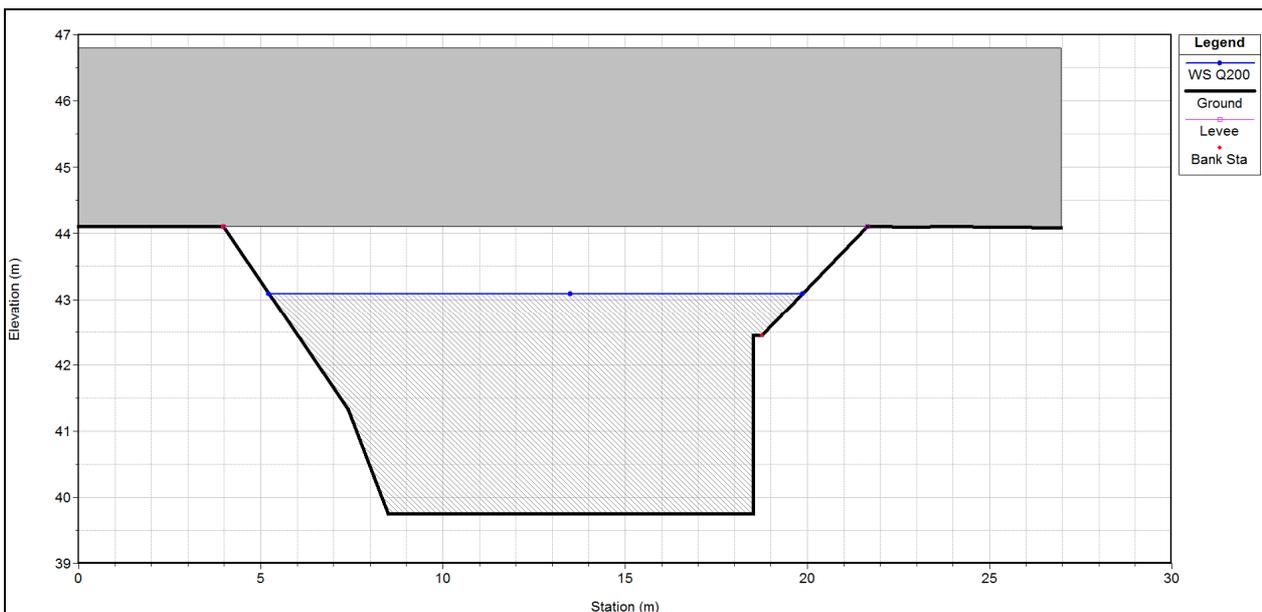


Figura 9-7: Livello idrometrico raggiunto per la portata di riferimento alla sezione trasversale in corrispondenza dell'asse del ponte.

RELAZIONE IDROLOGICO E IDRAULICA: GESTIONE DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE

9.3.2.2 Valutazione della compatibilità idraulica

Effetto E.1. Modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena.

Fattori determinanti: restringimenti di sezioni o ostacoli al deflusso nel tratto di corso d'acqua interessato.

Modalità di quantificazione: confronto tra il profilo di piena in condizioni indisturbate e ad intervento realizzato.

Nella tabella e nei grafici seguenti si riporta il confronto fra le principali grandezze idrauliche di riferimento relative alle simulazioni eseguite, per portata con tempo di ritorno di 200 anni, nello stato di fatto e nella condizione di progetto, in modo da valutare l'influenza del ponte in progetto.

Tabella 9-3: Principali grandezze idrauliche a confronto risultanti delle simulazioni con l'idrogramma di piena di riferimento nello stato di fatto (S.F.) e di progetto (S.P.)

Sezione Topografica	Progressiva	Quota del fondo	Q200	Livelli idrometrici S.F.	Livelli idrometrici S.P.	ΔH	Velocità S.F.	Velocità S.P.	Pendenza	Carico totale S.F.	Carico totale S.P.
	[m]	[m s.l.m.]	[m³/s]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m]	[m/s]	[m/s]	-	[m]	[m]
Sez.40	0.00	43.41	93.00	47.18	47.18	0.00	2.56	2.56	0.0023	47.51	47.51
Sez.39	150.00	43.07	93.00	46.87	46.87	0.00	2.15	2.15	0.0023	47.09	47.09
Sez.38	300.00	42.72	93.00	46.60	46.60	0.00	1.98	1.98	0.0023	46.78	46.78
Sez.37	450.00	42.38	93.00	46.17	46.17	0.00	2.28	2.28	0.0023	46.43	46.43
Sez.36	559.00	42.13	93.00	45.92	45.92	0.00	2.24	2.24	0.0000	46.17	46.17
Sez.36m	640.00	42.13	93.00	45.64	45.64	0.00	2.51	2.51	0.0000	45.95	45.95
Ponte Via Emilia	660.00	42.13	Bridge	45.60	45.60	0.00	2.55	2.55	0.0000	45.92	45.92
Sez.36v	660.00	42.13	93.00	45.55	45.55	0.00	2.61	2.62	0.0041	45.89	45.89
Sez.35	781.00	41.63	93.00	45.13	45.13	0.00	2.63	2.63	0.0037	45.47	45.47
Sez.34	931.00	41.08	93.00	44.75	44.74	-0.01	2.41	2.41	0.0023	45.04	45.04
Sez.33	1081.00	40.73	93.00	44.41	44.41	0.00	2.33	2.34	0.0023	44.69	44.68
Sez.32	1231.00	40.39	93.00	44.05	44.05	0.00	2.38	2.38	0.0023	44.34	44.34
Sez.31	1381.00	40.04	93.00	43.69	43.69	0.00	2.44	2.44	0.0023	43.99	43.99
Sez.30	1531.00	39.70	93.00	43.33	43.33	0.00	2.51	2.52	-0.0045	43.66	43.65
Sez.MOD01 ter	1611.00	40.06	93.00	43.24	43.24	0.00	2.33	2.33	0.0000	43.51	43.51
Ponte FFSS MI-BO	1625.00	40.06	Bridge	43.18	43.18	0.00	2.38	2.38	0.0000	43.46	43.46
Sez.MOD01 ter_v	1625.00	40.06	93.00	43.11	43.11	0.00	2.43	2.43	0.0350	43.41	43.41
Sez.MOD01 Ponte Tangenziale	1634.00	39.75	93.00	43.10	43.09	-0.01	2.39	2.41	0.0000	43.39	43.39
Sez.MOD01_v	1654.00	39.75	93.00	43.06	43.05	-0.01	2.43	2.46	-0.0089	43.36	43.36
Sez.MOD02	1679.00	39.97	93.00	42.98	42.98	0.00	2.49	2.49	-0.0051	43.30	43.30
Sez.MOD03	1711.00	40.13	93.00	42.81	42.81	0.00	2.73	2.73	0.0082	43.19	43.19
Sez.28 Ponte Via Ancini	1905.00	38.54	93.00	42.50	42.50	0.00	1.99	1.99	0.0000	42.70	42.70
Sez.28v	1911.00	38.54	93.00	42.49	42.49	0.00	1.99	1.99	0.0016	42.70	42.70
Sez.27	2061.00	38.30	93.00	42.26	42.26	0.00	2.00	2.00	0.0023	42.46	42.46
Sez.26	2211.00	37.95	93.00	41.93	41.93	0.00	2.25	2.25	0.0029	42.19	42.19

**RELAZIONE IDROLOGICO E IDRAULICA: GESTIONE DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE**

Sez.25	2361.00	37.51	93.00	41.78	41.78	0.00	1.75	1.75	0.0023	41.93	41.93
Sez.24	2511.00	37.16	93.00	41.64	41.64	0.00	1.63	1.63	0.0022	41.77	41.77
Sez.23	2686.00	36.78	93.00	41.52	41.52	0.00	1.49	1.49	0.0018	41.63	41.63
Sez.22	2836.00	36.51	93.00	41.42	41.42	0.00	1.42	1.42	0.0019	41.53	41.53
Sez.21	2986.00	36.23	93.00	41.35	41.35	0.00	1.33	1.33	0.0019	41.44	41.44
Sez.21m	3081.00	36.05	93.00	41.30	41.30	0.00	1.28	1.28	0.0000	41.39	41.39
Ponte Via Villana	3092.00	36.05	Bridge	41.30	41.30	0.00	1.28	1.28	0.0000	41.39	41.39
Sez.21v	3092.00	36.05	93.00	41.30	41.30	0.00	1.28	1.28	0.0020	41.38	41.38
Sez.20	3191.00	35.85	165.20	41.00	41.00	0.00	2.30	2.30	0.0019	41.27	41.27
Sez.19	3341.00	35.57	165.20	40.74	40.74	0.00	2.34	2.34	-0.0001	41.02	41.02
Sez.18	3491.00	35.59	165.20	40.42	40.42	0.00	2.53	2.53	0.0038	40.74	40.74
Sez.17	3641.00	35.02	165.20	40.18	40.18	0.00	2.33	2.33	0.0019	40.45	40.45
Sez.16	3791.00	34.74	165.20	39.94	39.94	0.00	2.30	2.30	0.0018	40.21	40.21
Sez.16m	3887.00	34.56	165.20	39.80	39.80	0.00	2.28	2.28	0.0000	40.06	40.06
Ponte Autostrada A1	3920.00	34.56	Bridge	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00
Sez.16v	3920.00	34.56	165.20	39.70	39.70	0.00	2.34	2.34	0.0023	39.98	39.98
Sez.15	4066.00	34.23	165.20	39.49	39.49	0.00	2.26	2.26	0.0019	39.75	39.75
Sez.14	4216.00	33.95	165.20	39.26	39.26	0.00	2.26	2.26	0.0018	39.52	39.52
Sez.13	4366.00	33.68	165.20	39.06	39.06	0.00	2.18	2.18	0.0019	39.30	39.30
Sez.12	4516.00	33.40	165.20	38.88	38.88	0.00	2.10	2.10	0.0019	39.10	39.10
Sez.11	4666.00	33.12	165.20	38.53	38.53	0.00	2.52	2.52	0.0019	38.86	38.86
Sez.10	4816.00	32.84	165.20	38.36	38.36	0.00	2.13	2.13	0.0019	38.59	38.59
Sez.9	5031.00	32.44	165.20	38.14	38.14	0.00	1.95	1.95	0.0013	38.34	38.34
Sez.8	5181.00	32.25	165.20	38.02	38.02	0.00	1.89	1.89	0.0013	38.19	38.19
Sez.7	5331.00	32.06	165.20	38.03	38.03	0.00	1.10	1.10	0.0013	38.09	38.09
Sez.6	5481.00	31.86	165.20	37.99	37.99	0.00	1.05	1.05	0.0013	38.05	38.05
Sez.5	5631.00	31.67	194.80	37.80	37.80	0.00	1.83	1.83	0.0013	37.97	37.97
Sez.4	5781.00	31.48	194.80	37.68	37.68	0.00	1.86	1.86	0.0013	37.85	37.85
Sez.3	5931.00	31.29	194.80	37.57	37.57	0.00	1.81	1.81	0.0002	37.74	37.74
Sez.2	6061.00	31.27	194.80	37.48	37.48	0.00	1.86	1.86	0.0026	37.64	37.64
Sez.1	6161.00	31.01	194.80	37.37	37.37	0.00	1.98	1.98	0.0000	37.56	37.56

Gli effetti dovuti all'inserimento del ponte in progetto risultano nulli in quanto il posizionamento delle spalle esterne all'onda di piena bisecolare e l'assenza di pile in alveo fanno sì che i profili di rigurgito non vengano perturbati e i livelli idrici rimangano immutati.

RELAZIONE IDROLOGICO E IDRAULICA: GESTIONE DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE

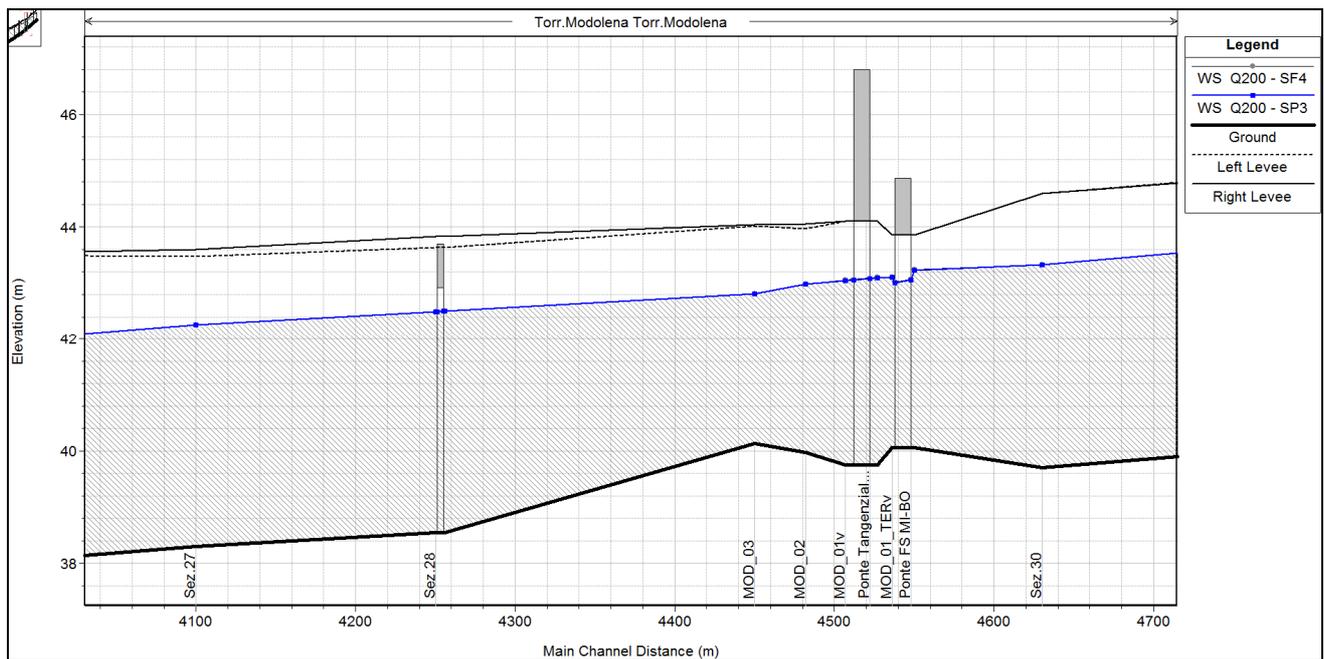


Figura 9-8: Confronto tra i profili di rigurgito nello stato di fatto e di progetto.

Il Torrente Modolena riceve inoltre il contributo di scarico dell'impianto di depurazione ID11 per una portata complessiva di 40 l/sec che di fatto incrementa il valore della  $Q_{200}$  del 0.04%, per una portata complessiva  $Q_{sc}=93.04 \text{ m}^3/\text{sec}$ . Per questo modestissimo incremento di portata rispetto alla  $Q_{200}$ , non si apprezza un aumento dei livelli idrici, pertanto è garantita la compatibilità degli scarichi con le portate di progetto dal corso d'acqua in esame (Figura 9-9).

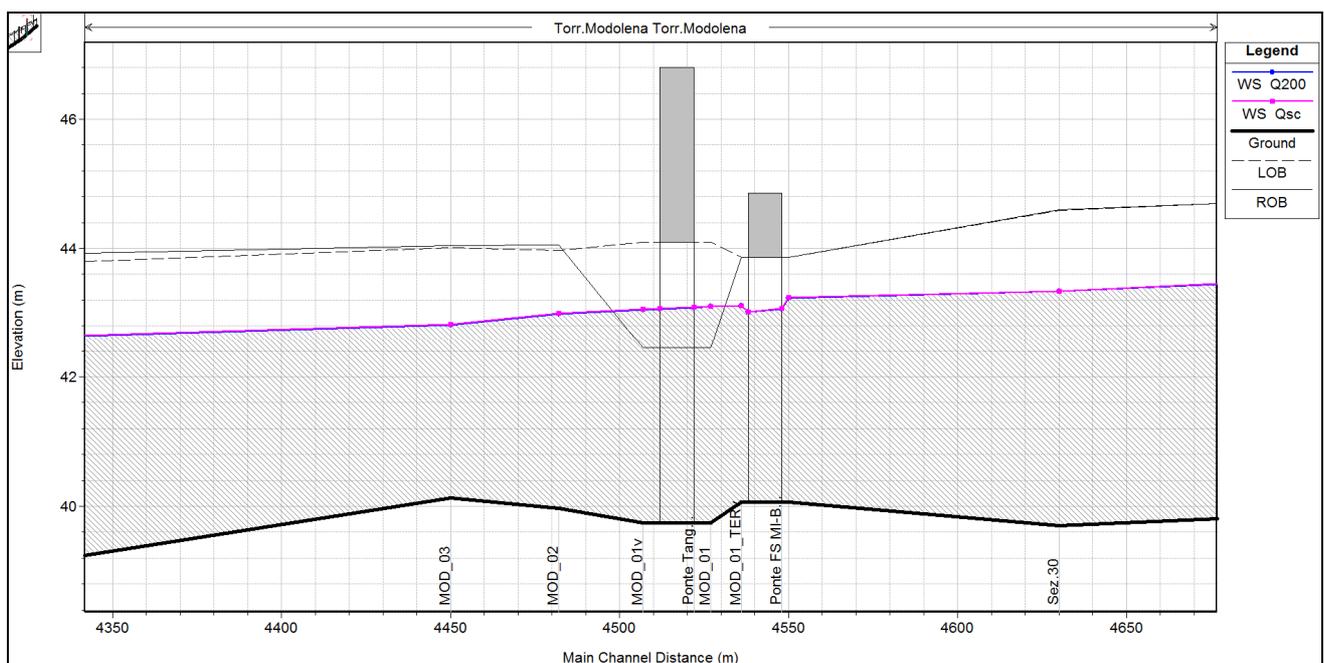


Figura 9-9 PROFILI DI RIGURGITTO A CONFRONTO: Q200 E QSC

Effetto E.2. Variazione delle aree inondate.

Fattori determinanti: riduzioni delle aree inondate causate dalla realizzazione dell'intervento e l'effetto delle stesse in termini di diminuzione della laminazione in alveo lungo il tratto fluviale.

L'opera in progetto non comporta alcuna variazione delle aree inondate all'interno della fascia B.

Effetto E.3. Variazione della capacità di trasporto solido della corrente.

Lo scenario di progetto non determina variazioni idrodinamiche della corrente di conseguenza non vi sono variazioni apprezzabili riguardanti il trasporto solido. Di seguito si riporta il confronto tra le velocità medie riscontrate nello scenario di progetto e di stato di fatto.

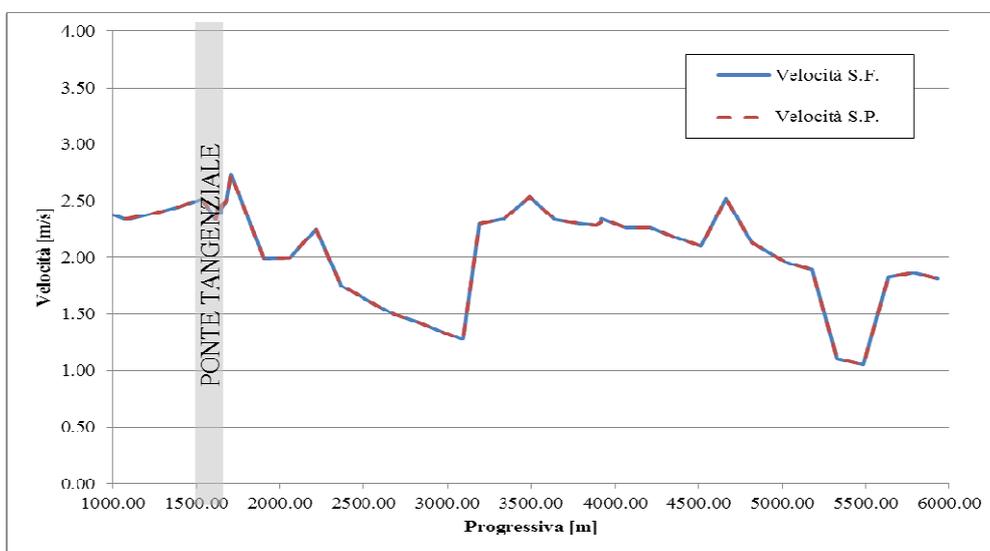


Figura 9-10: Andamento della velocità medie della corrente per la portata di riferimento nello stato di fatto e di progetto.

Dal confronto tra stato di progetto e stato di fatto si evince che le velocità medie riscontrate nelle sezioni idrauliche non variano.

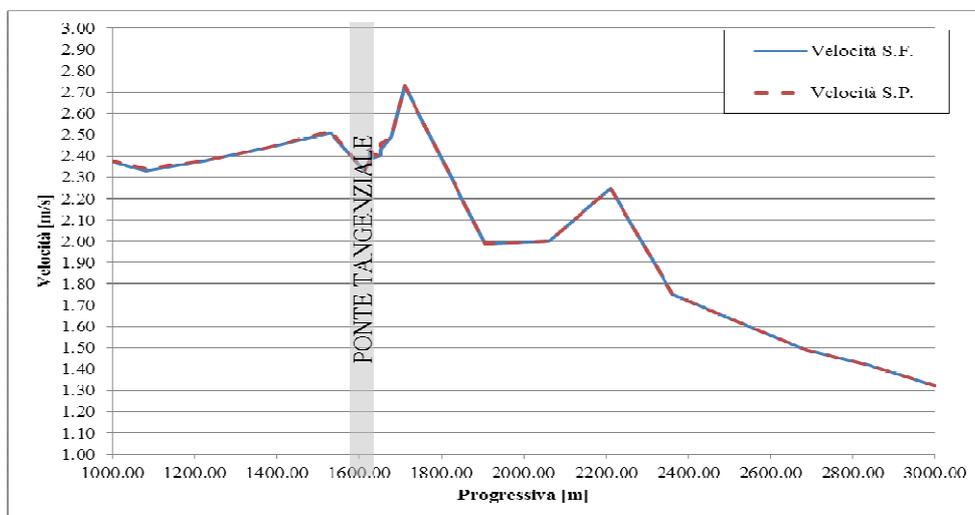


Figura 9-11: Particolare del tratto di incremento delle velocità della corrente tra lo stato di fatto e di progetto, nell'area del ponte in progetto.

Effetto E.4. Restringimento dell'alveo e/o di indirizzamento della corrente.

In corrispondenza dell'attraversamento in progetto non vi è un restringimento della sezione di deflusso del corso d'acqua tale da indurre effetti sul profilo di rigurgito di monte. Inoltre non sono previsti cambi di indirizzamento della corrente.

Effetto E.5. Riduzione della capacità di invaso della piena dovuto all'eventuale sottrazione di volume all'area inondata ed identificazione degli eventuali interventi di mitigazione o compensazione.

Lo scenario di progetto non determina riduzioni della capacità di invaso della piena, in quanto non vi è sottrazione di volume all'area inondata.

Effetto E.6. Possibili fenomeni di abbassamento o innalzamento dell'alveo e di erosione generalizzata in corrispondenza dei tratti interferiti.

Si prevede la realizzazione di opere accessorie di difesa spondale, opportunamente dimensionate al fine di proteggere le sponde e l'alveo da possibili erosioni localizzate e divagazioni, oltre che le arginature da erosioni dovute alla corrente ed all'eventuale ruscellamento delle acque piovane. Queste opere verranno descritte nei paragrafi successivi.

Effetto E.7. Problematiche indotte sulle opere stradali dall'azione di trascinamento delle acque in condizioni di piena e dimensionamento delle eventuali opere di difesa.

Fattori determinanti: localizzazione e caratteristiche strutturali degli elementi costituenti parte delle opere in progetto.

Modalità di quantificazione: valutazioni idrodinamiche sugli effetti idrodinamici indotti.

La situazione di progetto non determina variazioni idrodinamiche delle caratteristiche della corrente di piena rispetto alla situazione attuale, gli effetti sulle opere stradali verranno mitigati da opere di protezione idraulica.

Effetto E.8 Interazioni con le opere di difesa idrauliche (opere di sponda e argini) esistenti.

Gli effetti sulle opere idrauliche esistenti in prossimità dell'attraversamento in progetto verranno mitigati da opere di protezione.

Effetto E.9. Modifiche indotte sull'assetto morfologico e altimetrico dell'alveo di inciso e di piena.

Non si segnala alcuna modifica sostanziale dal punto di vista planimetrico né altimetrico dell'alveo né in regime ordinario né in piena.

Effetto E.10. Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale.

Fattori determinanti: opere in progetto e soluzioni di inserimento delle stesse nel sistema fluviale.

L'inserimento del ponte non implica una modificazione dell'attuale caratteristica ambientale della fascia fluviale.

Effetto E.11. Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena.

Fattori determinanti:

- condizioni di stabilità delle opere costituenti l'intervento in relazione alle sollecitazioni derivanti dalle condizioni di deflusso in piena con riferimento in particolare agli effetti connessi ai livelli idrici di piena e a quelli derivanti dell'azione erosiva della corrente sulle strutture e sulle fondazioni;
- tipologia funzionale dell'intervento.

Il franco tra l'intradosso del ponte ed il livello idrometrico per un tempo di ritorno 200 anni è adeguato in quanto superiore a 1 m per tutta lo sviluppo dell'impalcato.

### 9.3.3. Valutazione della capacità di trasporto solido e dei fenomeni erosivi generalizzati e localizzati nel tratto interessato dalle opere

La presenza in un qualunque alveo fluviale di pile, spalle o corpi interagenti con il dinamismo del fiume, comporta inevitabilmente una variazione geometrica della sezione fluviale e quindi aumenti di velocità localizzati causati dall'addensamento delle linee di corrente attorno alle pile stesse. Questo fenomeno provoca l'instaurarsi di masse vorticose, a forma di ferro di cavallo, attorno alle pile/spalle e può generare importanti processi di erosione localizzati che si formano durante la fase di crescita dell'onda di piena, per poi invertirsi durante la successiva fase calante.

Nel caso del Torrente Modolena non vi è la presenza di pile in alveo e tali problematiche possono essere riscontrate in corrispondenza delle spalle del ponte. Queste, nonostante siano esterne all'onda di piena bisecolare, presentano fondazioni costituite da diaframmi con spessore di 1,0m che si spingono al di sotto della quota di fondo alveo della sezioni in esame, che si attesta a 39.75m s.l.m.

## 9.4. INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA

La direttiva 4 dell'Autorità di Bacino del fiume Po impone di inserire una serie di presidi idraulici volti a contenere fenomeni di dissesto potenzialmente innescabili dalla presenza del manufatto di attraversamento. Si è proceduto alla Progettazione dei presidi difensivi da apporre sia a protezione delle sponde in frodo che dei paramenti arginali interessati dalle spalle del ponte.

Gli interventi previsti si possono suddividere in 2 categorie:

- 1) difese longitudinali volte a contenere i processi erosivi sulle sponde
- 2) mantenimento e collegamento della viabilità di servizio interferita.

La difesa spondale si ottiene attraverso la realizzazione di una protezione del fondo e delle sponde mediante il posizionamento di massi di cava non gelivi del peso di 100-300 kg/cad, intasati con terreno di sterro. La soluzione viene proposta per un tratto di circa 15.0m a monte e 27.0m a valle dell'attraversamento, oltre che lungo tutto l'ingombro del ponte (circa 19.0 m).

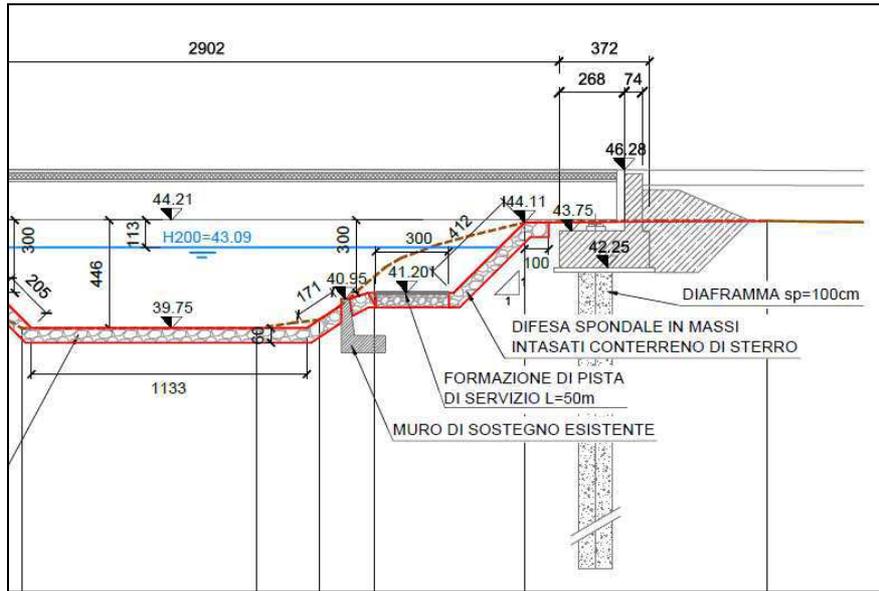


FIGURA 9-12 – PARTICOLARE DELLE DIFESE SPONDALE PREVISTE SOTTO L’OMBRA DEL PONTE

Per consentire la manutenzione dell’alveo sotto al ponte è stata prevista la realizzazione, da ambedue le sponde, di piste di servizio che a nord si raccordano con la sommità arginale, mentre a sud si spengono a ridosso del ponte ferroviario MI-BO. Queste sono costituite da 30cm di ciotolame prelevato in natura ricoperto da 15cm di stabilizzato rullato e compattato.

Infine, una volta completati i lavori di risonamento dell’alveo e di posa delle difese, si procederà ad effettuare idrosemina nelle aree dove non sono previsti i massi e la pista di servizio.

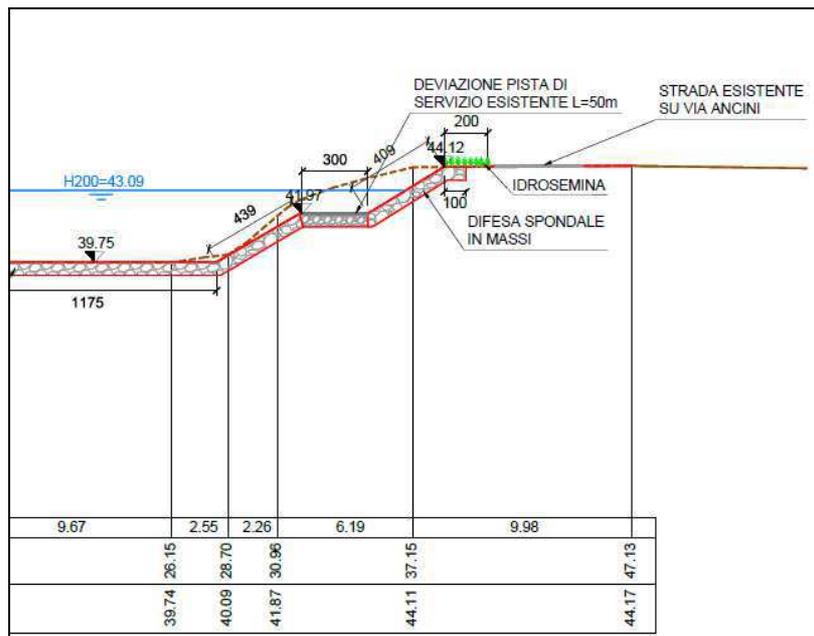


Figura 9-13– PARTICOLARE DELLE DIFESE SPONDALE PREVISTE FUORI DALL’OMBRA DEL PONTE

## 10. TORRENTE QUARESIMO

### 10.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE TORRENTE QUARESIMO

Il Torrente Quaresimo è un corso d'acqua di competenza gestionale del Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale che viene attraversato dalla tangenziale circa 170m a valle dell'esistente ponte della linea Ferroviaria Milano-Bologna, nell'area a nord della zona industriale di Corte Tegge a circa 5,7Km dal centro urbano del Comune di Reggio Emilia. L'interferenza ricade quasi alla fine del tratto di prolungamento del tracciato stradale, tra le progressive km 05+175,00 e km 05+210,00 (Figura 10-1).

Anche questo corso d'acqua come il t. Modolena si è trasformato in un canale monocorsuale perdendo nel tempo la sua naturalità. E' delimitato e costretto da ambo i lati da arginature crescenti e le sue acque di dubbia qualità sono colonizzate da popolazioni chironomi, ditteri e irudinei, mentre la sporadica fauna ittica è di origine esclusivamente alloctona (pseudorasbora, barbus barbus, silurus glanis, abramidi e carassius auratus et al).



Figura 10-1: Torrente Quaresimo in corrispondenza dell'attraversamento in progetto

#### 10.1.1. Caratteristiche idrografiche

Il bacino del Quaresimo (Figura 9-2), comprendente anche quello del Torrente Modolena, ha una superficie complessiva di circa 108 Km<sup>2</sup>, si sviluppa lungo l'orientamento S — N e si estende tra le prime colline della fascia appenninica e l'alta Pianura Padana, caratterizzata da rilievi non molto elevati, circa 250m slm.

Il Torrente Quaresimo, che nasce sulle colline di Quattro Castella, è il principale affluente del torrente Modolena. Il reticolo idrografico è tipico dell'area di alta pianura e di collina ai piedi dell'appennino; oltre all'asta principale, di lunghezza modesta, circa 20Km, il reticolo secondario è costituito da corsi d'acqua di modeste dimensioni e scarsa pendenza, va comunque ricordato l'apporto idrico del rio Moreno, che scarica le sue acque, in sponda idrografica destra del Quaresimo, poco a monte della Via Emilia.

Nella fascia compresa fra il T. Modolena e il T. Quaresimo: i terreni più superficiali, che risentono degli apporti dei torrenti suddetti, sono prevalentemente limosi e sabbiosi; quelli più profondi sono invece argillosi. In questo caso abbiamo un grado di vulnerabilità da medio ad elevato. Infatti in corrispondenza del Modolena e del Quaresimo abbiamo i terreni superficiali più grossolani e quindi un grado di permeabilità più elevato.

Dal punto di vista naturalistico-ambientale il tratto di torrente indagato presenta un alveo privo di essenze arboree ed arbustive poiché, regolarmente mantenuto dal personale del Consorzio di Bonifica. L'aspetto del torrente a valle della Via Emilia è paragonabile a quello di un canale di bonifica con sponde caratterizzate da vegetazione erbacea rada (Figura 10-1), quindi rappresenta un habitat poco ospitale per specie animali come uccelli e piccoli mammiferi, a parte le nutrie che possono essere avvistate regolarmente.

#### 10.1.2. Aspetti idrologici

Il regime pluviale è contraddistinto da elevata piovosità solo nelle zone collinari, in pianura la piovosità è invece modesta. Eventi meteorici intensi sono possibili in tutte le stagioni anche se il periodo compreso tra settembre e novembre è quello con la massima incidenza di eventi gravosi.

Lungo l'asta del torrente non sono presenti stazioni idrometriche ufficiali, quindi i valori di portata assunti nel presente studio si riferiscono ai dati riportati nel PTCP di Reggio Emilia. Questi derivano dall'analisi idrologica condotta secondo le procedure previste dal PAI mediante la determinazione delle portate di piena con l'utilizzo del metodo razionale. I risultati ottenuti mediante tale metodologia sono poi stati confrontati con quelli che si ottengono con altri metodi di analisi, in particolare quelli utilizzati nell'ambito delle metodologie sviluppate per il "Progetto speciale Valutazione delle Piene (VAPI)". Quest'ultimo è stato sviluppato dal Gruppo Nazionale per la difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del CNR, che definisce una metodologia omogenea sull'intero territorio nazionale per la valutazione delle portate di piena. I valori di portata, per tempi di ritorno pari a 20, 100, 200 e 500 anni, scaturiti dalle precedenti analisi sono riportate in Tabella 10-1 e sono riferiti a diverse sezioni dell'asta torrentizia.

I valori di portata presi a riferimento per la modellazione idraulica sono quelli più cautelativi cioè quelli derivanti dal metodo VAPI.

Tabella 10-1: Portate di piene per il Torrente Quaresimo (da PTCP Reggio Emilia)

QUARESIMO		METODO RAZIONALE $Q_T$ (m <sup>3</sup> /s)				VAPI (piogge) $Q_T$ (m <sup>3</sup> /s)					
SEZ.	Località	T=20	T=100	T=200	T=500	T=10	T=20	T=50	T=100	T=200	T=500
6	Villa Anna	51.7	66.0	72.4	80.7	49.6	56.2	64.7	71.3	77.9	86.4
7	SP n. 28	38.9	49.3	54.0	60.2	40.0	45.3	52.2	57.5	62.8	69.7
8	Conf. Mareno	38.6	48.5	53.1	59.3	42.4	48.0	55.3	60.9	66.5	73.8
4	C. Verzelloni	58.0	73.2	80.2	89.5	60.9	69.0	79.4	87.5	95.6	106.1

#### 10.1.3. Caratteristiche geometriche e morfologiche dell'alveo (tendenza morfo-evolutiva del corso d'acqua)

Nel tratto oggetto di intervento il corso d'acqua si sviluppa lungo la direttrice S - N fino alla confluenza con il torrente Modolena in località Roncocesi, frazione di Reggio Emilia. La struttura d'alveo nel tratto d'interesse

è ovunque unicursale, caratterizzata dall'assenza di golene e con arginature su entrambe le sponde con altezza di circa 2,50m rispetto al piano campagna.

Il Quaresimo è delimitato dalle fasce fluviali, definite secondo le indicazioni contenute nell'ambito delle Direttive tecniche del PAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico) e del PSFF (Piano Stralcio delle Fasce Fluviali).

La delimitazione delle Fasce Fluviali lungo l'asta del Quaresimo, riguarda il tratto compreso fra la confluenza in Modolena e la zona compresa tra le località Ghiardo e Ghiardello, per un'estensione complessiva di circa 16Km.

Nel tratto di monte fino alla SP n°28 per Montecchio, tutto il corso d'acqua presenta sezioni relativamente strette con poche possibilità di espansione. In particolare la prima parte risulta costituita da sezioni naturali con pendenze di media pianura senza presentare particolari problematiche o criticità. Tuttavia si rileva che, in occasione di brevi ed intense precipitazioni, lungo questo tratto ed in corrispondenza di manufatti non ancora adeguati alle piene di riferimento, si presentano modesti casi di crisi idraulica del torrente e dei corpi scolanti del reticolo secondario.

Nel tratti a valle della SP per Montecchio fino alla confluenza in Modolena, quindi nell'area in esame, l'alveo del Quaresimo risulta totalmente arginato, con sezioni che risultano adeguate al transito delle portate di progetto, anche se in alcuni tratti si evidenziano franchi modesti.

A differenza dei tratti collinari a maggiore pendenza, il tratto in esame che si sviluppa nell'alta pianura, si presenta sostanzialmente in equilibrio rispetto all'erosione di fondo.



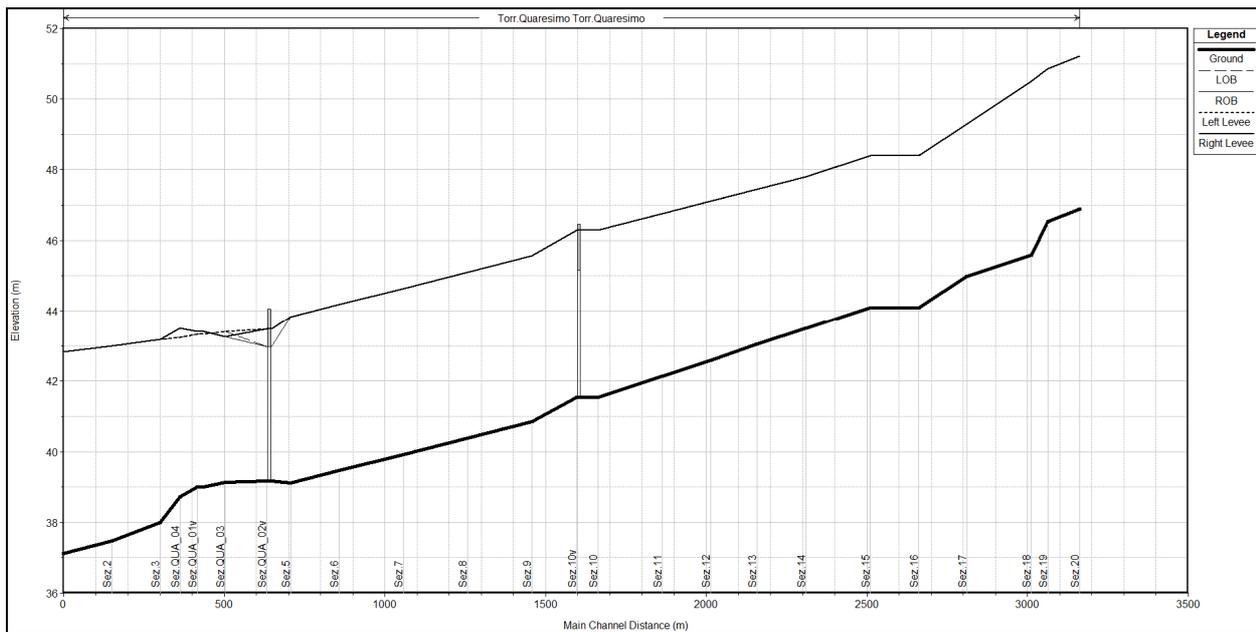
Figura 10-2: Ponte FFSS su T.Quaresimo

Nell'area in oggetto il principale manufatto esistente, circa 170m a monte di quello in progetto, è l'attraversamento idraulico della ferrovia Milano Bologna: trattasi di un ponte scatolare di luce pari a 8,0m (Figura 10-2). L'intradosso dell'impalcato è alla quota di 42.97m slm che garantisce un franco di sicurezza modesto rispetto alla portata duecentennale, di soli 27 cm.

Il ponte in progetto non determina una riduzione del volume d'alveo disponibile per la laminazione delle piene perciò, sono state effettuate simulazioni idrauliche in moto permanente (stazionario). La soluzione in moto stazionario, rispetto ad una analisi in termini di colmo di piena fornita da un'analisi in moto vario, fornisce condizioni di verifica sensibilmente più cautelative e specialmente in corrispondenza dei manufatti di attraversamento, consente di impostare un confronto corretto tra diverse formulazioni per la stima delle

perdite di carico.

Il modello geometrico utilizzato è stato costruito sulla base dei rilievi topografici forniti dal Consorzio di Bonifica, risalenti al 1994, questi sono stati integrati con quattro sezioni idrauliche nell'intorno del ponte in esame, rilevate nel 2012 proprio nell'ambito del presente progetto definitivo. L'intero rilievo utilizzato è costituito da 24 sezioni trasversali d'alveo, oltre a quelle relative alle geometrie dei ponti, che rappresentano in modo esaustivo l'alveo attivo. Il tratto simulato si estende per una lunghezza di oltre 3.15km, di cui 2.0 km a monte dell'attraversamento in esame. (Figura 10-3).



**FIGURA 10-3: ANDAMENTO LONGITUDINALE DEL THALWEG E DEI PRESIDI ARGINALI NEL TRATTO DI FIUME CONSIDERATO**

I valori di scabrezza assunti tengono conto della combinazione di diversi fattori che intervengono nella caratterizzazione delle perdite distribuite durante un evento di piena:

- caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo;
- caratteristiche morfologiche e geometriche quali il grado di sinuosità del tratto d'alveo e brusche variazioni di geometria della sezione;
- caratterizzazione della copertura vegetale presente nelle zone spondali e nelle aree golenali.

Sulla base dei sopralluoghi effettuati, dei riferimenti bibliografici che si riconducono ai principali studi in materia si sono quindi assunti valori opportuni della scabrezza in funzione non solo della copertura vegetale ma anche del tipo e granulometria del materiale presente in alveo.

Indicazioni presenti in letteratura sono state tratte dalla pubblicazione "Open-Channel Hydraulics" - V.T. Chow, 1959, Macgraw-Hill, Singapore e da "Meccanica dei fluidi", Marchi - Rubatta.

I valori di scabrezza (coefficiente di Strickler) assunti nella modellizzazione idraulica sono stati di  $25\text{m/s}^{1/3}$  per l'alveo inciso e  $23\text{ m/s}^{1/3}$  per la parte spondale, poichè quest'ultima presenta un cotico erboso maggiore

rispetto al fondo, quindi un grado di scabrezza leggermente superiore.

## 10.2. DEFINIZIONE DELLE PORTATE DI RIFERIMENTO

La portata di piena di progetto (a tempo di ritorno 200 anni), rispetto alla quale effettuare la verifica idraulica dell'attraversamento in progetto e dei suoi effetti in termini di profilo idrometrico, è stata stabilita facendo riferimento ai valori riportati nel PTCP di Reggio Emilia ed esposti nel paragrafo 10.1.2. Nello specifico sono stati utilizzati i valori di portata ottenuti mediante il "Progetto speciale Valutazione delle Piene (VAPI)" poiché a favore di sicurezza rispetto ai valori ottenuti con il "metodo Razionale"

Tabella 10-2: Valori delle portate di piena di riferimento lungo l'asta del Torrente Quaresimo

LOCALITA'	PORTATE METODO "VAPI"					
	T=10anni	T=20anni	T=50anni	T=100anni	T=200anni	T=500anni
Villa Anna	49.6	56.2	64.7	71.3	77.9	86.4
S.P. n°28	40.0	45.3	52.2	57.5	62.8	69.7
Conf. Mareno	42.4	48.0	55.3	60.9	66.5	73.8
C. Verzelloni	60.9	69.0	79.4	87.5	95.6	106.1

Le simulazioni sono state condotte secondo una schematizzazione idrodinamica monodimensionale in moto permanente, trascurando quindi (a favore di sicurezza) gli eventuali effetti di laminazione lungo lo sviluppo del corso d'acqua.

Le condizioni al contorno di calcolo in condizioni di piena sono le seguenti:

- altezza idrometrica di valle pari ad un livello idrico noto di 41.56 m s.l.m., coincidente con quello del torrente Modolena tra la sezione 24 e 23 durante un evento di piena con TR=200anni.
- portata bicentenaria in ingresso nel modello idraulico a monte del ponte in progetto pari a 66.5m<sup>3</sup>/s.

I calcoli idraulici per la definizione del profilo di inviluppo di piena sono stati svolti con riferimento alle seguenti condizioni fisiche del corso d'acqua:

- configurazione attuale in assenza del nuovo attraversamento (stato di fatto);
- configurazione con la presenza del nuovo attraversamento stradale (situazione di progetto).

## 10.3. VERIFICHE IDRAULICHE

### 10.3.1. L'opera di attraversamento stradale

Il ponte stradale che attraversa il torrente Quaresimo è in CAP, costituito da un'unica campata con luce pari a 29.4 m ( vedi tav. PP00ID00IDRPP11A).

Il ponte non presenta pile in alveo e l'intradosso dell'impalcato, a seguito delle verifiche idrauliche successivamente descritte ed in funzione della livelletta stradale, è stato imposto ad una quota pari a 44.89

m s.l.m con un franco di circa 2.59m rispetto al tirante idrico generato da una piena bisecolare (Figura 10-4).

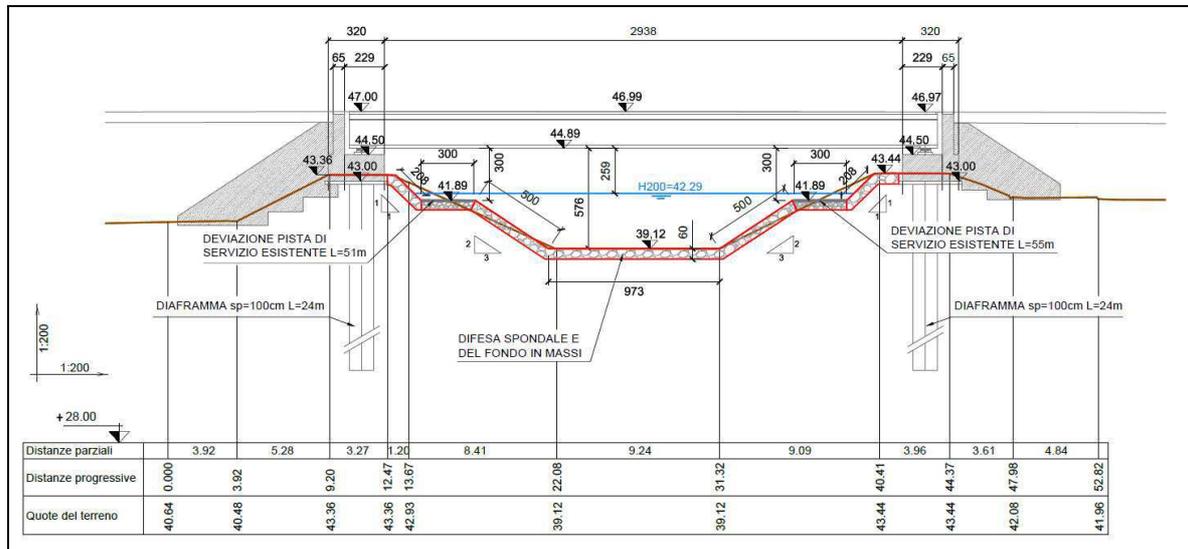


Figura 10-4 ponte in progetto sul Quaresimo

### 10.3.2. Verifiche di compatibilità idraulica stato di fatto/stati di progetto

Le verifiche idrauliche consistono nella determinazione delle principali caratteristiche con cui si propagano le onde di piena secondo la rispettiva descrizione geometrica dell'alveo, sia nello stato di fatto che in quello di progetto.

Le risultanze delle propagazioni nelle configurazioni simulate consistono nell'espore le principali grandezze idrauliche, soprattutto in termini di livelli idrometrici raggiunti durante gli eventi considerati in corrispondenza delle varie sezioni trasversali del corso d'acqua. Inoltre, risultano rilevate le velocità medie della corrente nei singoli tratti dell'alveo sia in condizioni di alveo attuale che di progetto.

#### 10.3.2.1 Verifica del franco di sicurezza dell'attraversamento

##### - Stato di Fatto

La sommità delle arginature in prossimità del nuovo attraversamento si attesta mediamente a quota 43.40 m s.l.m. in entrambe le sponde, mentre il livello per la piena bicentenaria nella configurazione attuale è a quota 42.29 m s.l.m., ne risulta pertanto che le arginature sono opportunamente dimensionate per la portata di 66.5 m<sup>3</sup>/sec, in quanto il franco minimo è superiore a 1.0 m.

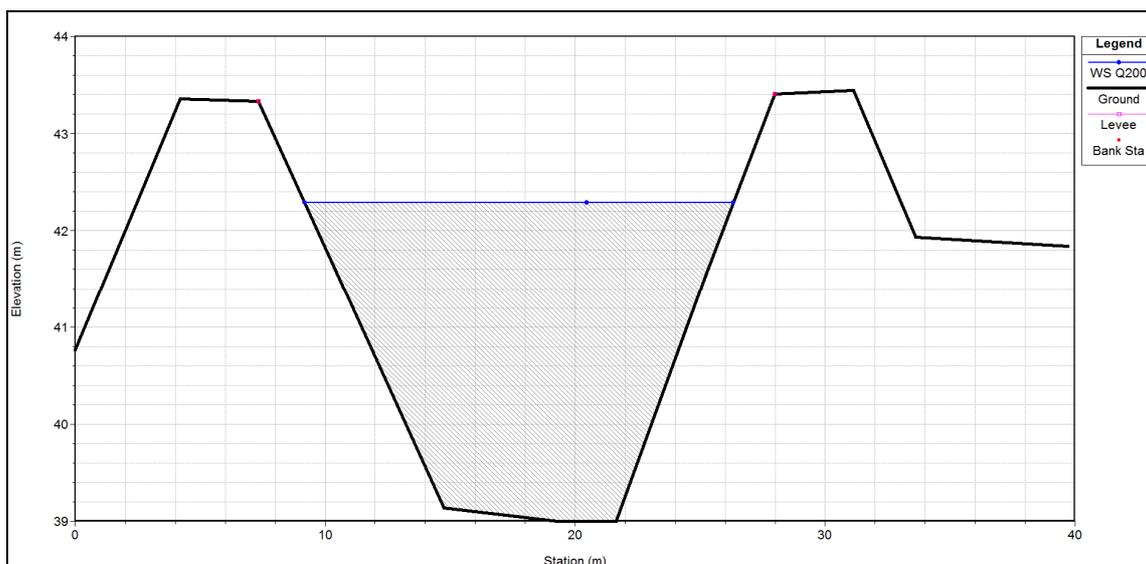


figura 10-5: Livello idrometrico raggiunto per la Q200 del Torrente Quaresimo alla sezione trasversale in corrispondenza dell'asse del ponte nello stato di fatto

- Stato di progetto

Nella configurazione di progetto è previsto l'inserimento del ponte; in tale condizione il livello per la piena bicentenaria nella sezione immediatamente a monte dell'attraversamento stradale si attesta a quota 42.29 m s.l.m., quindi il franco idraulico, pari a 2.59m, risulta maggiore rispetto al valore minimo di 1 m definito dalle prescrizioni di ANAS.

La figura seguente, che si riferisce alla modellazione idraulica, riporta il tirante idrico che si instaura in corrispondenza dell'attraversamento in progetto per un evento di piena bicentenario.

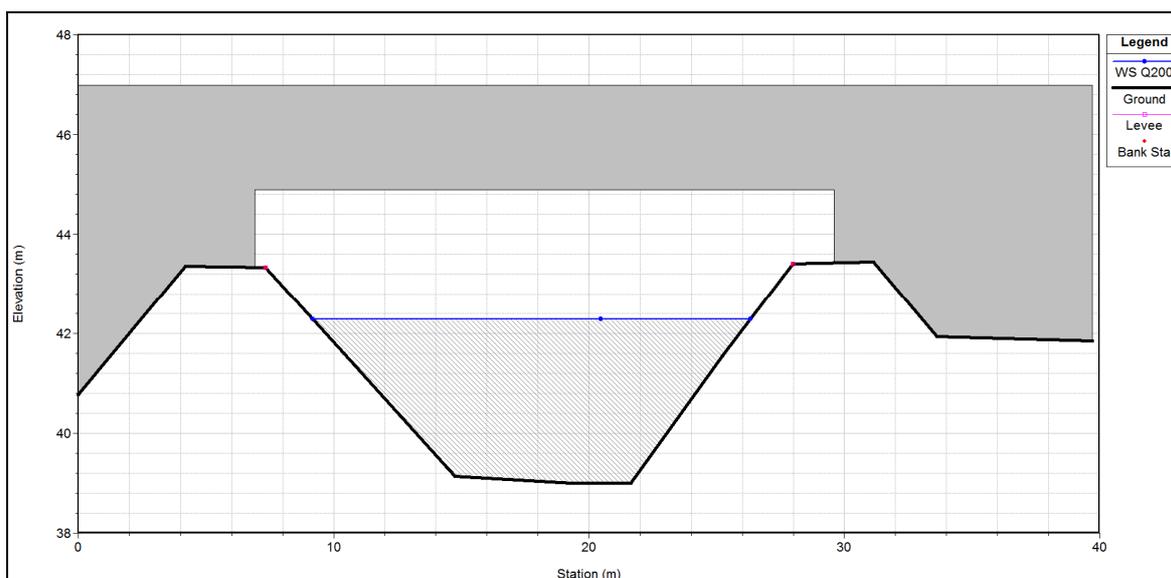


Figura 10-6: Livello idrometrico raggiunto per la portata di riferimento alla sezione trasversale in corrispondenza dell'asse del ponte.

RELAZIONE IDROLOGICO E IDRAULICA: GESTIONE DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE

10.3.2.2 Valutazione della compatibilità idraulica

Effetto E.1. Modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena.

Fattori determinanti: restringimenti di sezioni o ostacoli al deflusso nel tratto di corso d'acqua interessato.

Modalità di quantificazione: confronto tra il profilo di piena in condizioni indisturbate e ad intervento realizzato.

Nella tabella e nei grafici seguenti si riporta il confronto fra le principali grandezze idrauliche di riferimento relative alle simulazioni eseguite, per portata con tempo di ritorno di 200 anni, nello stato di fatto e nella condizione di progetto, in modo da valutare l'influenza del ponte in progetto.

Tabella 10-3: Principali grandezze idrauliche a confronto risultanti delle simulazioni con l'idrogramma di piena di riferimento nello stato di fatto (S.F.) e di progetto (S.P.)

Sezione Topografica	Progressiva	Quota del fondo	Q200 di progetto	Livelli idrometrici S.F.	Livelli idrometrici S.P.	$\Delta H$	Velocità S.F.	Velocità S.P.	Pendenza	Carico totale S.F.	Carico totale S.P.
		[m s.l.m.]	[m³/s]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]		[m/s]	[m/s]		[m]	[m]
Sez.20	0.00	46.89	62.80	49.84	49.84	0.00	2.41	2.41	0.0035	50.14	50.14
Sez.19	100.00	46.54	62.80	48.79	48.79	0.00	3.53	3.53	0.0186	49.42	49.42
Sez.18	151.00	45.59	62.80	48.78	48.78	0.00	2.15	2.15	0.0030	49.02	49.02
Sez.17	351.00	44.99	62.80	48.08	48.08	0.00	2.26	2.26	0.0060	48.34	48.34
Sez.16	501.00	44.09	62.80	47.78	47.78	0.00	1.74	1.74	0.0000	47.94	47.94
Sez.15	652.00	44.09	62.80	47.38	47.38	0.00	2.06	2.06	0.0030	47.60	47.60
Sez.14	852.00	43.49	66.50	46.72	46.72	0.00	2.24	2.24	0.0030	46.97	46.97
Sez.13	1003.00	43.04	66.50	46.26	46.26	0.00	2.10	2.10	0.0031	46.48	46.48
Sez.12	1149.00	42.59	66.50	45.83	45.83	0.00	2.08	2.08	0.0030	46.05	46.05
Sez.11	1299.00	42.14	66.50	45.41	45.41	0.00	2.06	2.06	0.0030	45.62	45.62
Sez.10	1499.00	41.54	66.50	44.89	44.89	0.00	1.95	1.95	0.0000	45.09	45.09
Sez.10m	1554.00	41.54	66.50	44.70	44.70	0.00	2.13	2.13	0.0000	44.93	44.93
Ponte via Emilia	1564.00	41.54	Bridge	44.68	44.68	0.00	2.15	2.15	0.0000	44.92	44.92
Sez.10v	1564.00	41.54	66.50	44.66	44.66	0.00	2.17	2.17	0.0050	44.90	44.90
Sez.9	1705.00	40.84	66.50	44.33	44.33	0.00	1.86	1.86	0.0023	44.51	44.51
Sez.8	1905.00	40.38	66.50	43.92	43.92	0.00	1.82	1.82	0.0023	44.09	44.09
Sez.7	2105.00	39.92	66.50	43.53	43.53	0.00	1.77	1.77	0.0023	43.69	43.69
Sez.6	2305.00	39.46	66.50	43.20	43.20	0.00	1.68	1.68	0.0023	43.34	43.34
Sez.5	2455.00	39.12	66.50	43.04	43.04	0.00	1.30	1.30	-0.0008	43.12	43.12
QUA_02m	2515.00	39.17	66.50	42.71	42.71	0.00	2.36	2.36	0.0000	42.99	42.99
Ponte FFS MI-BO	2530.00	39.17	Bridge	42.68	42.68	0.00	2.38	2.38	0.0000	42.95	42.95
QUA_02v	2530.00	39.17	66.50	42.64	42.64	0.00	2.41	2.41	0.0002	42.93	42.93
QUA_03	2660.00	39.14	66.50	42.41	42.41	0.00	1.70	1.70	0.0022	42.56	42.56
QUA_01	2725.00	39.00	66.50	42.29	42.29	0.00	1.72	1.72	0.0000	42.44	42.44
Ponte Tangenziale	2745.00	39.00	Bridge	42.29	42.29	0.00	1.72	1.72	0.0000	42.44	42.44
QUA_01v	2745.00	39.00	66.50	42.24	42.24	0.00	1.75	1.75	0.0051	42.40	42.40
QUA_04	2800.00	38.72	66.50	42.17	42.17	0.00	1.60	1.60	0.0116	42.30	42.30
Sez.3	2862.00	38.00	66.50	42.11	42.11	0.00	1.40	1.40	0.0035	42.21	42.21

RELAZIONE IDROLOGICO E IDRAULICA: GESTIONE DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE

Sez.20	3012.00	37.47	95.60	41.81	41.81	0.00	1.91	1.91	0.0023	42.00	42.00
Sez.1	3162.00	37.12	95.60	41.56	41.56	0.00	1.85	1.85	0.0000	41.73	41.73

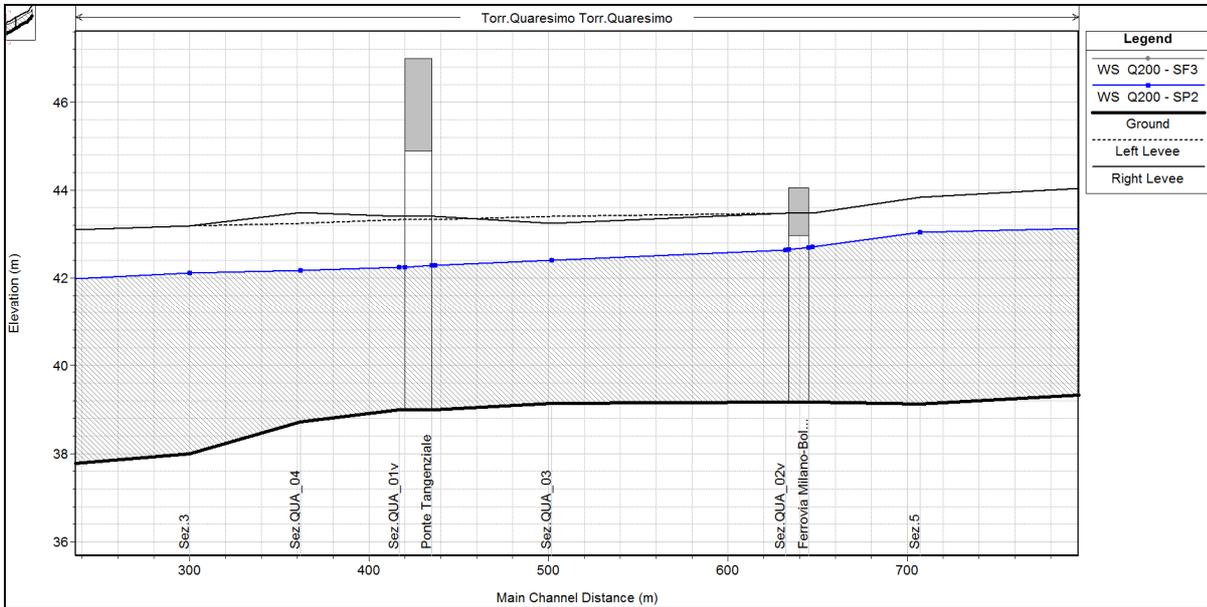


Figura 10-7: Confronto tra i profili di rigurgito nello stato di fatto e di progetto.

Gli effetti dovuti all'inserimento del ponte in progetto risultano nulli in quanto il posizionamento delle spalle esterne all'onda di piena bisecolare e l'assenza di pile in alveo fanno sì che i profili di rigurgito non vengano perturbati e i livelli idrici rimangano immutati.

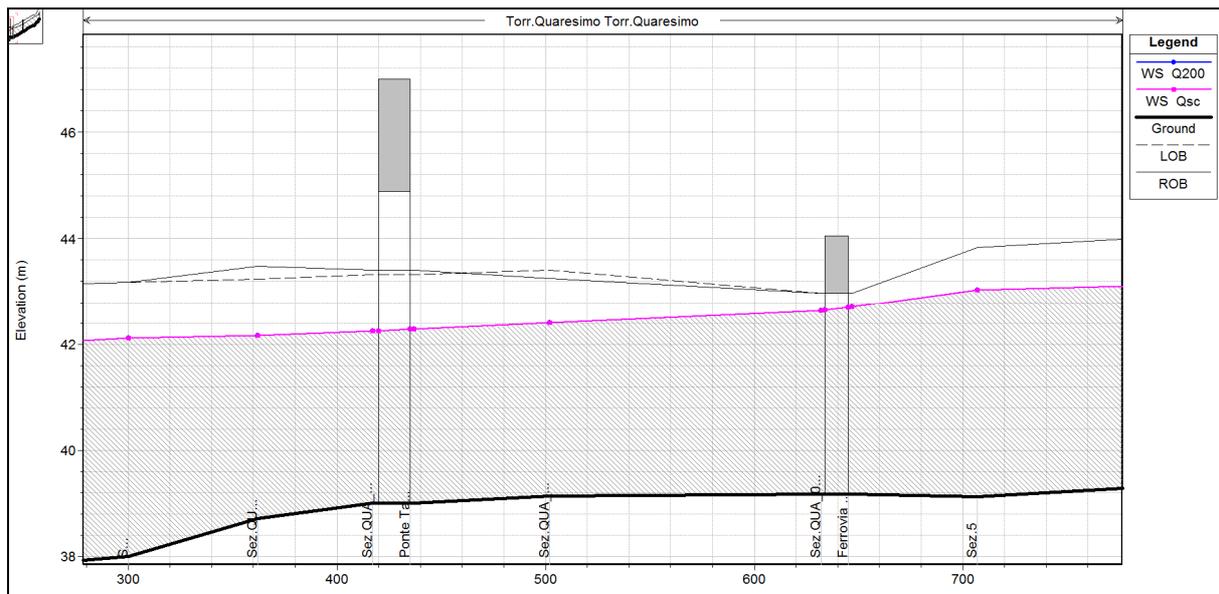


Figura 10-8 PROFILI DI RIGURGITTO A CONFRONTO: Q200 E QSC

Il Torrente Quaresimo riceve inoltre il contributo di scarico dell'impianto di depurazione ID07 per una portata complessiva di 10 l/sec che di fatto incrementa il valore della  $Q_{200}$  del 0.015%, per una portata complessiva  $Q_{sc}=66.51$  m<sup>3</sup>/sec. Per questo modestissimo incremento di portata rispetto alla  $Q_{200}$ , non si apprezza un aumento dei livelli idrici, pertanto è garantita la compatibilità degli scarichi con le portate di progetto dal corso d'acqua in esame (Figura 10-8).

#### Effetto E.2. Variazione delle aree inondate.

Fattori determinanti: riduzioni delle aree inondate causate dalla realizzazione dell'intervento e l'effetto delle stesse in termini di diminuzione della laminazione in alveo lungo il tratto fluviale.

L'opera in progetto non comporta alcuna variazione delle aree inondate all'interno della fascia B.

#### Effetto E.3. Variazione della capacità di trasporto solido della corrente.

Lo scenario di progetto non determina variazioni idrodinamiche della corrente di conseguenza non vi sono variazioni apprezzabili riguardanti il trasporto solido. Di seguito si riporta il confronto tra le velocità medie riscontrate nello scenario di progetto e di stato di fatto.

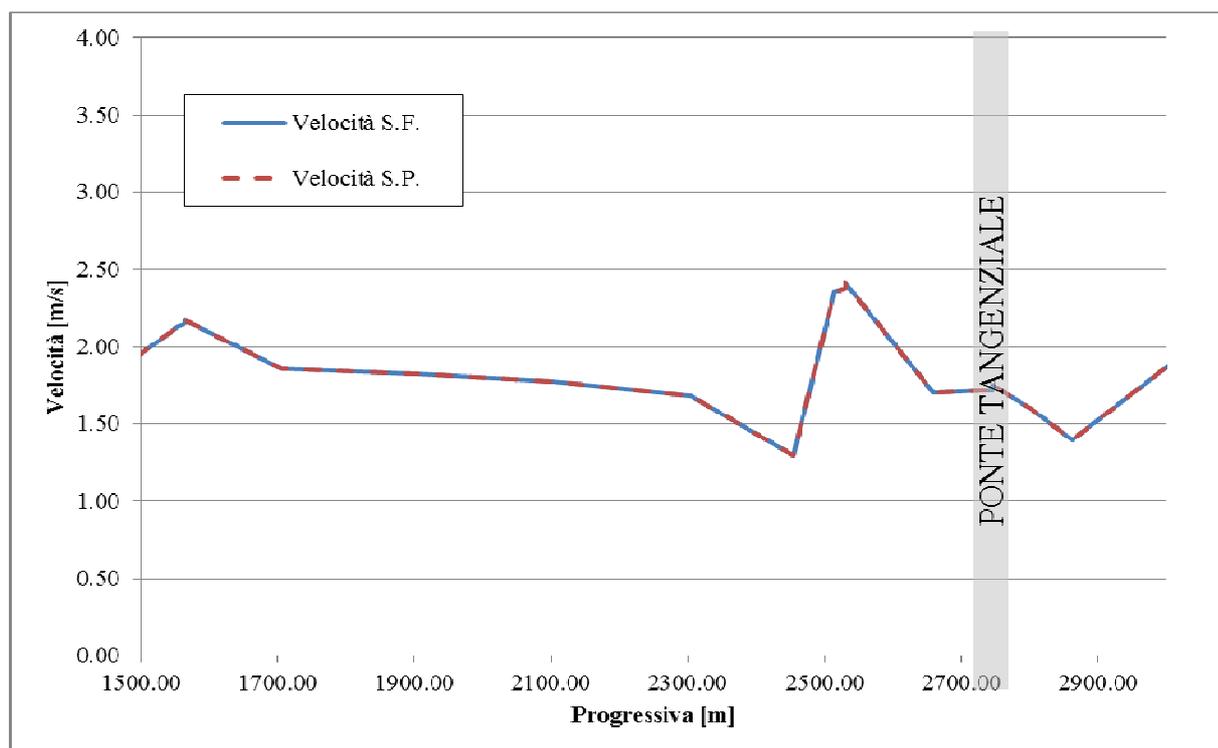


Figura 10-9: Andamento della velocità medie della corrente per la portata di riferimento nello stato di fatto e di progetto.

Dal confronto tra stato di progetto e stato di fatto, si evince che le velocità medie riscontrate nelle sezioni idrauliche non variano.

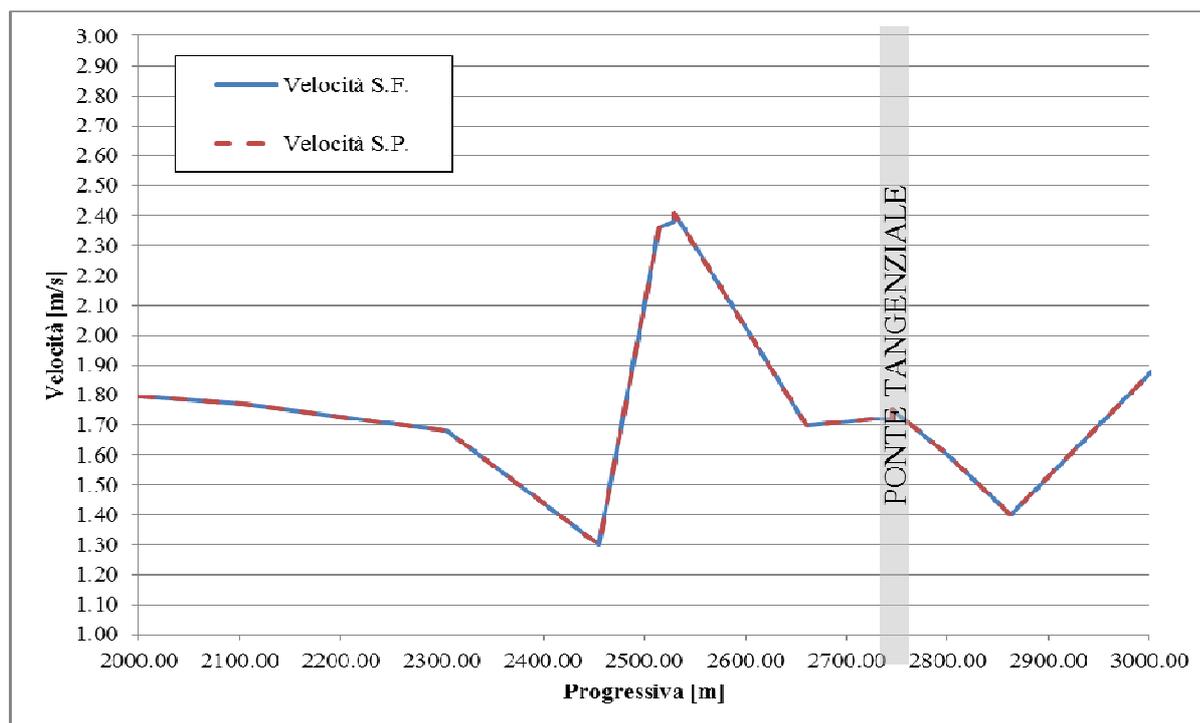


Figura 10-10: Particolare del tratto di incremento delle velocità della corrente tra lo stato di fatto e di progetto nell'area del ponte in progetto.

#### Effetto E.4. Restringimento dell'alveo e/o di indirizzamento della corrente.

In corrispondenza dell'attraversamento in progetto non vi è un restringimento della sezione di deflusso del corso d'acqua tale da indurre effetti sul profilo di rigurgito di monte. Inoltre non sono previsti cambi di indirizzamento della corrente.

#### Effetto E.5. Riduzione della capacità di invaso della piena dovuto all'eventuale sottrazione di volume all'area inondata ed identificazione degli eventuali interventi di mitigazione o compensazione.

Lo scenario di progetto non determina riduzioni della capacità di invaso della piena, in quanto non vi è sottrazione di volume all'area inondata.

#### Effetto E.6. Possibili fenomeni di abbassamento o innalzamento dell'alveo e di erosione generalizzata in corrispondenza dei tratti interferiti.

Si prevede la realizzazione di opere accessorie di difesa spondale, opportunamente dimensionate al fine di proteggere le sponde e l'alveo da possibili erosioni localizzate e divagazioni, oltre che le arginature da erosioni dovute alla corrente ed all'eventuale ruscellamento delle acque piovane. Queste opere verranno descritte nei paragrafi successivi.

#### Effetto E.7. Problematiche indotte sulle opere stradali dall'azione di trascinarsi delle acque in condizioni di piena e dimensionamento delle eventuali opere di difesa.

Fattori determinanti: localizzazione e caratteristiche strutturali degli elementi costituenti parte delle opere in progetto.

Modalità di quantificazione: valutazioni idrodinamiche sugli effetti idrodinamici indotti.

La situazione di progetto non determina variazioni idrodinamiche delle caratteristiche della corrente di piena rispetto alla situazione attuale, gli effetti sulle opere stradali verranno mitigati da opere di protezione idraulica.

Effetto E.8 Interazioni con le opere di difesa idrauliche (opere di sponda e argini) esistenti.

Gli effetti sulle opere idrauliche esistenti in prossimità dell'attraversamento in progetto verranno mitigati da opere di protezione.

Effetto E.9. Modifiche indotte sull'assetto morfologico e altimetrico dell'alveo di inciso e di piena.

Non si segnala alcuna modifica sostanziale dal punto di vista planimetrico né altimetrico dell'alveo né in regime ordinario né in piena.

Effetto E.10. Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale.

Fattori determinanti: opere in progetto e soluzioni di inserimento delle stesse nel sistema fluviale.

L'inserimento del ponte non implica una modificazione dell'attuale caratteristica ambientale della fascia fluviale.

Effetto E.11. Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena.

Fattori determinanti:

- condizioni di stabilità delle opere costituenti l'intervento in relazione alle sollecitazioni derivanti dalle condizioni di deflusso in piena con riferimento in particolare agli effetti connessi ai livelli idrici di piena e a quelli derivanti dall'azione erosiva della corrente sulle strutture e sulle fondazioni;
- tipologia funzionale dell'intervento.

Il franco tra l'intradosso del ponte ed il livello idrometrico per un tempo di ritorno 200 anni è adeguato in quanto superiore a 1 m per tutta lo sviluppo dell'impalcato.

10.3.3. Valutazione della capacità di trasporto solido e dei fenomeni erosivi generalizzati e localizzati nel tratto interessato dalle opere

La presenza in un qualunque alveo fluviale di pile, spalle o corpi interagenti con il dinamismo del fiume, comporta inevitabilmente una variazione geometrica della sezione fluviale e quindi aumenti di velocità localizzati causati dall'addensamento delle linee di corrente attorno alle pile stesse. Questo fenomeno provoca l'instaurarsi di masse vorticosi, a forma di ferro di cavallo, attorno alle pile/spalle e può generare importanti processi di erosione localizzati che si formano durante la fase di crescita dell'onda di piena, per poi invertirsi durante la successiva fase calante.

Nel caso del Torrente Quaresimo non vi è la presenza di pile in alveo e tali problematiche possono essere riscontrate in corrispondenza delle spalle del ponte. Queste, nonostante siano esterne all'onda di piena

bisecolare, presentano fondazioni costituite da diaframmi con spessore di 1,0m che si spingono al di sotto della quota di fondo alveo della sezioni in esame, che si attesta a 39.12m slm.

#### 10.4. INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA

La Direttiva 4 dell'Autorità di Bacino del fiume Po impone di inserire una serie di presidi idraulici volti a contenere fenomeni di dissesto potenzialmente innescabili dalla presenza del manufatto di attraversamento. Si è proceduto alla Progettazione dei presidi difensivi da apporre sia a protezione delle sponde in frodo che dei paramenti arginali interessati dalle spalle del ponte.

Gli interventi previsti si possono suddividere in 2 categorie:

- 1) difese longitudinali volte a contenere i processi erosivi sulle sponde
- 2) mantenimento e collegamento della viabilità di servizio interferita.

La difesa longitudinale si ottiene attraverso la realizzazione di una protezione del fondo e delle sponde mediante il posizionamento di massi di cava non gelivi del peso di 100-300 kg/cad intasati con terreno di sterro. La soluzione viene proposta per un tratto di 16 m a monte e valle dell'attraversamento, oltre che lungo tutto l'ingombro del ponte (circa 24 m).

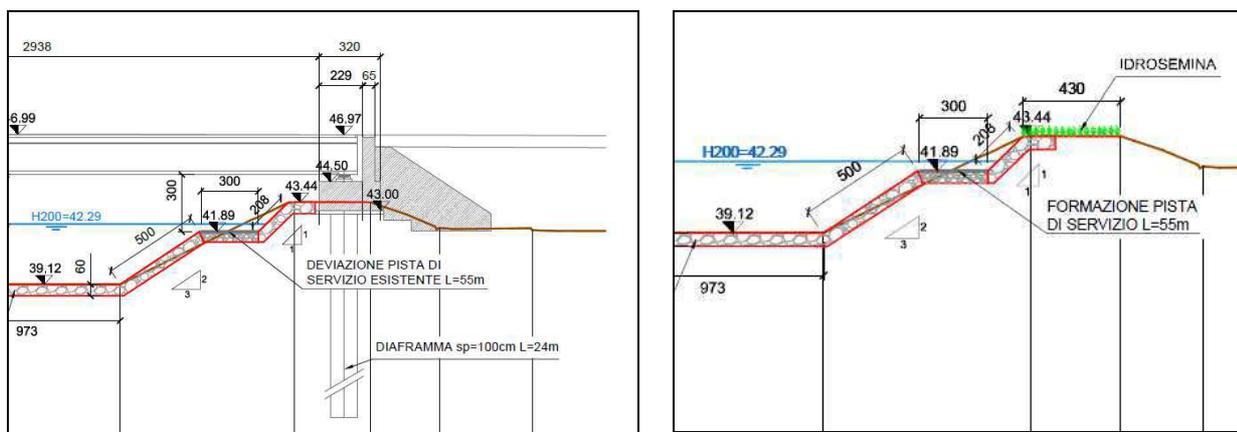


FIGURA 10-11 – PARTICOLARE DELLE DIFESE SPONDALI PREVISTE SOTTO L'OMBRA DEL PONTE E FUORI

Per dare continuità alle piste esistenti, poste sulla sommità arginale, è stato previsto l'inserimento, di piste di servizio al di sotto del ponte che si raccordano all'esistente. Queste sono costituite da 30cm di ciotolame prelevato in natura ricoperto da 15cm di stabilizzato rullato e compattato.

Infine, una volta completati i lavori di risezionamento dell'alveo e di posa delle difese, si procederà ad effettuare idrosemina nelle aree dove non sono previsti i massi e la pista di servizio.

## 11. CORSI D'ACQUA SECONDARI

Di seguito si riporta la trattazione delle verifiche idrauliche condotte tramite modellazione matematica monodimensionale realizzate per ciascun corso d'acqua secondario.

### 11.1. FOSSETTA S.GIULIO

#### 11.1.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali dell'alveo

La Fossetta San Giulio è un corso d'acqua gestito dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, che interferisce con la tangenziale alla progressiva Pk 01+345.00 e la attraversa mediante un tombino circolare in C.A. Ø1200mm (TM03). Il tombino circolare di lunghezza all'incirca pari a 292m permette di attraversare sia la tangenziale in progetto, che le rampe di raccordo alla stessa. Più a valle, il corso d'acqua è interferito dalla viabilità di collegamento tra viale Bice Bertani e via Hiroshima (TM04), inoltre, è previsto un attraversamento podereale (TM22) per consentire l'accesso ad una proprietà privata. Entrambi i precedenti attraversamenti sono risolti mediante tubazioni circolari in C.A. Ø1200mm.

Il canale si sviluppa con andamento SudEst-NordOvest quindi piega verso Ovest a valle delle interferenze per poi confluire nel Cavo Guazzatore. Il corso d'acqua in esame è un canale promiscuo, con funzione principalmente di scolo e presenta una sezione in scavo di forma trapezoidale con fondo in terra e sponde inerbite; sono assenti alberature ed arbusti sui cigli spondali, nell'area in esame. L'alveo è caratterizzato dalla presenza di materiali fini sul fondo, ascrivibili al sistema dei limi e dei limi sabbiosi.

La sezione trapezia del canale nel tratto interessato dall'attraversamento stradale presenta una base maggiore di 3.00m, base minore di 0.50m ed altezza pari a 0.90m.

All'altezza della Pk 00+960 la fossetta viene deviata verso Ovest per un tratto di circa 202m parallelamente alla rampa e si raccorda al tombino TM03. La deviazione è realizzata mediante un fosso avente base maggiore 3.00m, base minore 0.50m e altezza 1.00m completamente rivestito in massi di cava non gelivi del peso di 50-100Kg/cad intasati con terreno di sterro. Il raccordo tra fine deviazione ed imbocco tombino TM03 avviene alla quota di 44.70m slm, mentre lo sbocco del è alla quota di 43.85m slm. La tubazione è dimensionata in modo tale da ricevere il contributo di scarico delle acque di piattaforma dell'impianto di depurazione ID01.



FIGURA 11-1: FOSSETTA SAN GIULIO A VALLE DELLA SEZIONE D'INTERFERENZA CON LA STRADA IN PROGETTO

Il tombino TM22 ha uno sviluppo di 8m, la quota di posa all'imbocco è pari a 43.84m s.l.m. mentre allo sbocco è pari a 43.83m s.l.m.; il tombino TM04 ha uno sviluppo di 36m, la quota di posa all'imbocco è pari a 43.35m s.l.m. mentre allo sbocco è pari a 43.24m s.l.m.

Come concordato con il Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, i tombini sono stati prolungati monte/valle per garantire il passaggio di una pista di larghezza 5m, mentre gli imbocchi e gli sbocchi sono stati risolti con un manufatto di contenimento costituito da un muro in CA con le ali ben intestate nelle sponde e nel fondo. Analogamente sia a monte che a valle le sponde ed il fondo sono stati rivestiti con massi di cava non gelivi di pezzatura da 50 a 100 kg/cad disposti, a faccia piana, per almeno 4m.

Tabella 11-1: principali caratteristiche della Fossetta San Giulio

NOME	<b>FOSSETTA SAN GIULIO</b>	
ENTE GESTORE	<i>Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale</i>	
LOCALITA'	<i>Cavazzoli</i>	
PROGRESSIVA	<i>01+345.00</i>	
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	<i>Rettilineo</i>
	TIPO SEZIONE	<i>in scavo</i>
	TIPO ALVEO	<i>alveo artificiale parte in scavo a sezione trapezoidale e parte intubata con tombino Ø1000 in CA</i>
	EROSIONI	<i>assenza di erosioni</i>
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	<i>secondario</i>
	USO	<i>promiscuo</i>
	GRANULOMETRIA	<i>limo sabbioso</i>
	AMBIENTE FLUVIALE	<i>vegetazione spondale erbacea rada</i>
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	<i>campagna con infrastrutture stradali</i>
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI AL CONTORNO	<i>corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle</i>
	SCABREZZA (m <sup>1/3</sup> /s)	<i>22-25</i>

In corrispondenza del rilevato stradale la Fossetta San Giulio è parzialmente intubata con tombino Ø1000 in CA, quindi per evitare cedimenti del rilevato stesso è opportuno rimuovere il tratto di tubo esistente e se non più riutilizzabile occorre conferirlo in discarica.

### 11.1.2. Verifiche idrauliche

#### 11.1.2.1 *Definizione delle portate di progetto*

Le portate di riferimento adottate per la modellazione idraulica si riferiscono a quelle massime sostenibili all'interno, rispettivamente, della configurazione attuale del canale in prossimità degli attraversamenti in progetto e della configurazione che prevede l'adeguamento spondale dei tratti che ne limitano il deflusso.

Tali portate di progetto valgono, rispettivamente:

1. massima portata sostenibile a franco nullo lungo l'intero tratto esaminato,  $Q_{MS1}=0.60 \text{ m}^3/\text{s}$
2. massima portata sostenibile incrementata del 30% a seguito degli adeguamenti in quota dei tratti di maggior criticità  $Q_{MS2}=0.78 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Avendo constatato che il tratto oggetto di analisi è caratterizzato da moderata lunghezza ed estensione, e specialmente considerando il fatto che le opere idrauliche in progetto non determinano significativa riduzione del volume d'alveo disponibile per la laminazione delle piene, sono state effettuate simulazioni idrauliche in moto permanente (stazionario).

I valori di scabrezza assunti tengono conto della combinazione di diversi fattori che intervengono nella caratterizzazione delle perdite distribuite durante un evento di piena:

4. caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo,
5. caratteristiche morfologiche e geometriche del tratto d'alveo e brusche variazioni di geometria della sezione;
6. caratterizzazione della copertura vegetale presente nelle zone spondali.

Sulla base dei sopralluoghi effettuati, dei riferimenti bibliografici che si riconducono ai principali studi in materia si sono quindi assunti valori opportuni della scabrezza in funzione non solo della copertura vegetale, ma anche del tipo e granulometria del materiale presente in alveo.

#### 11.1.2.2 Scenari simulati

Ai fini modellistici, le condizioni di riferimento per la verifica degli attraversamenti in progetto sono le seguenti:

- *stato di fatto*, che considera la morfologia attuale del corso d'acqua, senza l'introduzione di alcuna opera in progetto;
- *stato di progetto 1*, che prevede la deviazione del corso d'acqua verso ovest e l'introduzione dei manufatti di attraversamento delle viabilità in progetto, ed una portata circolante pari alla portata di progetto  $Q_{MS1}$ ;
- *stato di progetto 2*, che, oltre a prevedere la deviazione e l'introduzione dei manufatti in progetto, tiene conto della possibilità che vengano realizzate opere di adeguamento spondale nel tratto modellato a monte e a valle degli attraversamenti in progetto (portata circolante pari alla portata di progetto  $Q_{MS2}$ ).

Per l'implementazione degli scenari sopra esposti, i parametri idraulici di calcolo sono:

- rappresentazione geometrica del corso d'acqua: ricavata dal rilievo topografico eseguito ad hoc per la progettazione definitiva, nonché, per lo stato di progetto, dalla geometria di progetto;
- portate di riferimento, assunte come portate massime ammissibili nelle diverse configurazioni sopra

esposte;

- condizione di valle: pendenza di moto uniforme pari a 0.27%;
- scabrezza secondo G.-Strickler pari a 22-25 m<sup>1/3</sup>/sec, differenziata tra sponde e alveo, mentre, nei tratti dove è presente lo scatolare e quindi il rivestimento in massi, il coefficiente di scabrezza è pari a 40-50 m<sup>1/3</sup>/sec.

Il modello geometrico utilizzato è stato costruito sulla base dei rilievi topografici realizzati nel 2012 proprio nell'ambito del presente progetto definitivo, integrati dai rilievi eseguiti durante i sopralluoghi. Il modello è costituito da 9 sezioni trasversali d'alveo (Figura 11-2 e Figura 11-3), oltre a quelle relative alle geometrie dei manufatti, che rappresentano in modo esaustivo l'alveo attivo. Il tratto simulato si estende per una lunghezza di oltre 936m, di cui 242m a monte dell'attraversamento della tangenziale.

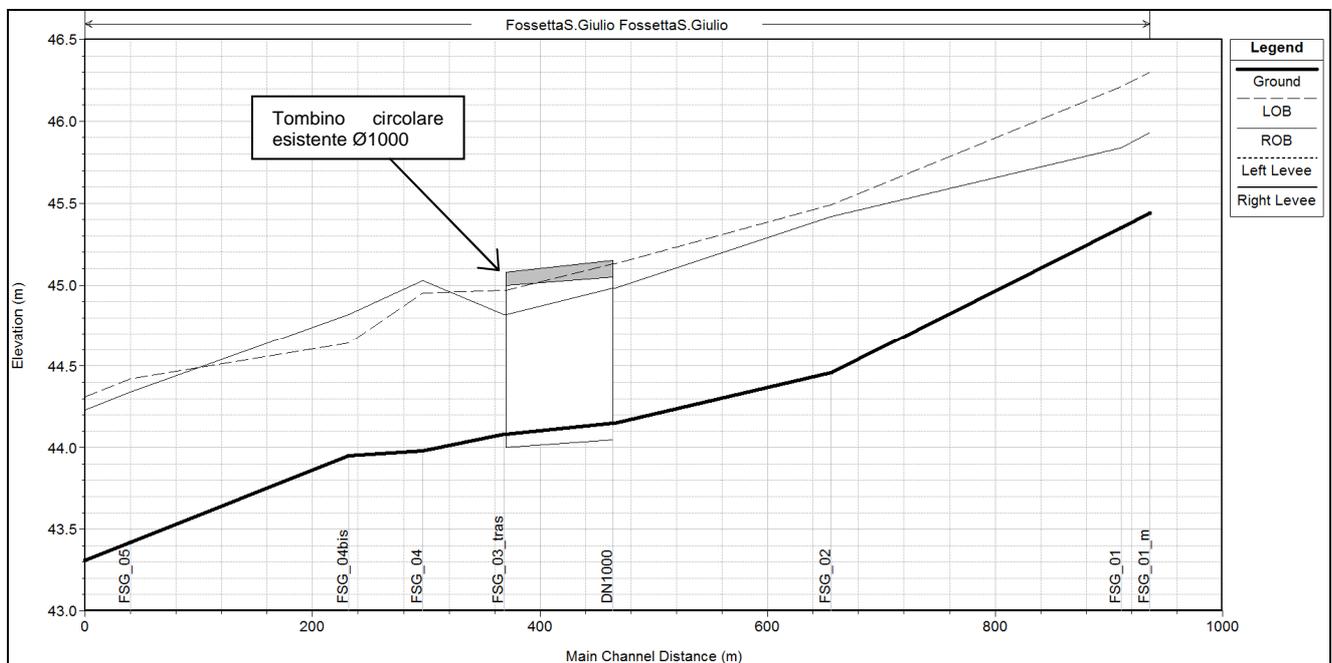


FIGURA 11-2: ANDAMENTO LONGITUDINALE DEL THALWEG NEL TRATTO DI CANALE CONSIDERATO NELLO STATO DI FATTO

La tabella ed i grafici seguenti illustrano i risultati ottenuti andando ad individuare sia la portata massima ammissibile lungo tutto il tratto simulato nella configurazione morfologica attuale, sia nelle configurazioni di progetto.

Le risultanze delle propagazioni nelle configurazioni simulate consistono nell'espore le principali grandezze idrauliche, soprattutto in termini di livelli idrometrici raggiunti durante gli eventi considerati in corrispondenza delle varie sezioni trasversali del corso d'acqua. Inoltre, risultano calcolate le velocità medie della corrente nei singoli tratti dell'alveo sia in condizioni di alveo attuale che di progetto.

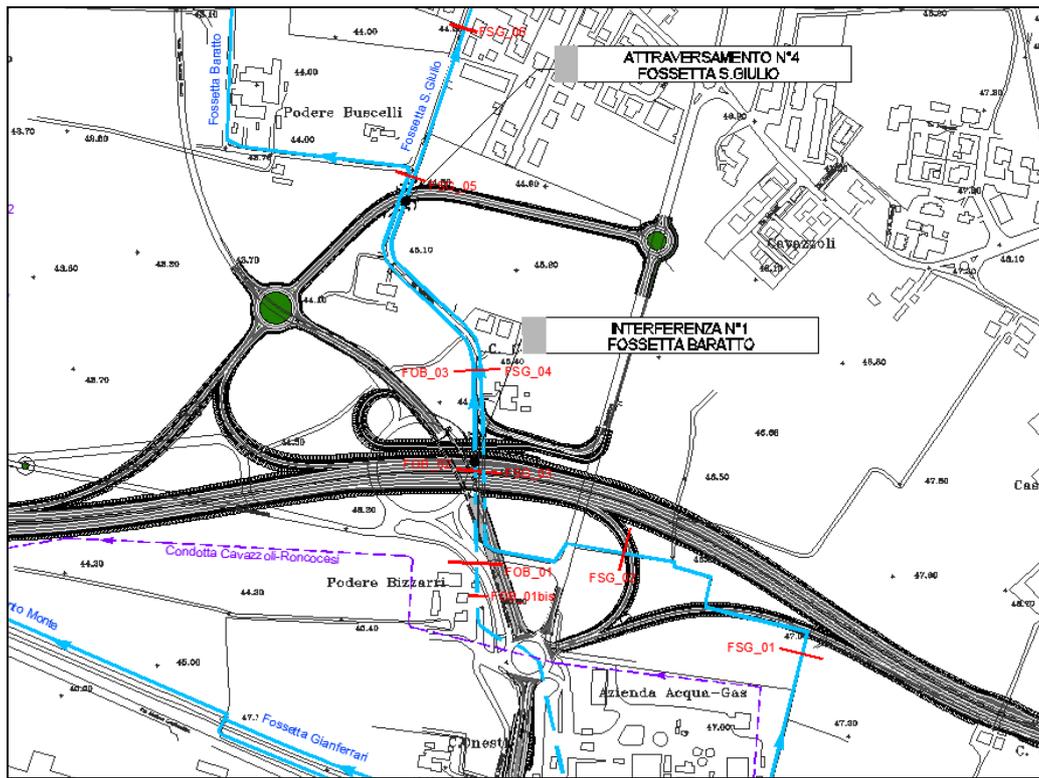


FIGURA 11-3: TRATTO DEL CANALE SIMULATO CON INDICAZIONE DELLE SEZIONI TOPOGRAFICHE

11.1.2.3 Risultati delle analisi nello Stato di Fatto

In questa configurazione è stato simulato il tratto di corso d'acqua in oggetto in occasione del raggiungimento del massimo livello di piena nella configurazione morfologica attuale.

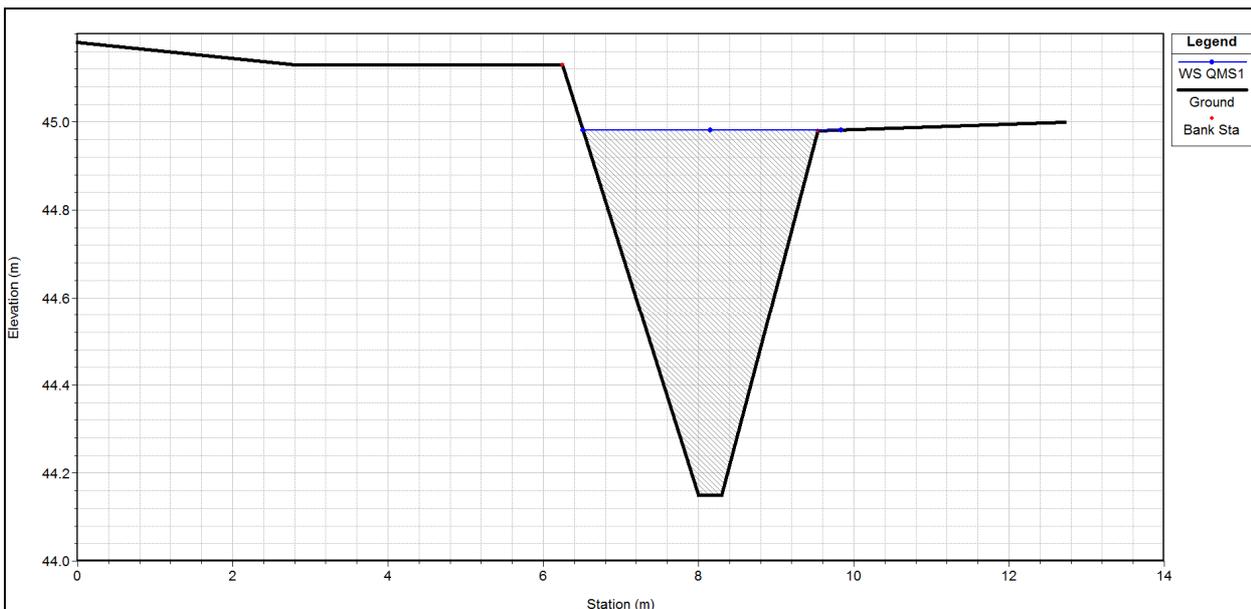


FIGURA 11-4: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER QMS1=0.60 m³/s ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'IMBOCCO DEL TOMBINO ESISTENTE NELLO STATO DI FATTO

11.1.2.4 Risultati delle analisi negli Stati di Progetto

Stato di progetto 1

Nella configurazione di progetto 1 si considera l'inserimento dei tombini di progetto e si tiene conto della deviazione del corso d'acqua.

Di seguito si confrontano i principali parametri idraulici nella condizione di progetto 1 e stato di fatto dovuti al transito della QMS1.

TABELLA 11-2: PARAMETRI IDRAULICI A CONFRONTO TRA STATO DI FATTO SF E STATO DI PROGETTO SP1 DURANTE LA PROPAGAZIONE DELLA QMS1=0.60M<sup>3</sup>/SEC

Sezione Topografica	Progressiva [m]	Quota del fondo [m s.l.m.]	QMS1 [m <sup>3</sup> /s]	Livelli idrometrici S.F.	Livelli idrometrici S.P.	ΔH [m]	Velocità S.F.	Velocità S.P.	Pendenza -	Carico totale S.F. [m]	Carico totale S.P. [m]
				[m s.l.m.]	[m s.l.m.]		[m/s]	[m/s]			
Sez. FSG_01	0.00	45.44	0.60	46.01	46.04	0.03	0.72	0.64	0.0025	46.03	46.06
Sez. 01	40.00	45.34	0.60	-	45.90	-	-	0.89	0.0032	-	45.94
Sez. 02	140.00	45.02	0.60	-	45.59	-	-	0.92	0.0032	-	45.63
Sez. 03	240.00	44.70	0.60	-	45.31	-	-	0.85	0.0023	-	45.34
Attrav. TM03	242.00	44.70	Culvert	-	45.30	-	-	0.85	0.0000	-	45.32
Sez. 04	540.00	44.00	0.60	-	44.77	-	-	0.54	0.0015	-	44.78
Sez. 05	580.00	43.94	0.60	-	44.74	-	-	0.50	0.0008	-	44.75
Attrav. TM22	581.00	43.94	Culvert	-	44.73	-	-	0.51	0.0000	-	44.74
Sez. 05v	591.00	43.93	0.60	-	44.71	-	-	0.52	0.0021	-	44.73
Sez. FSG_04	615.00	43.88	0.60	44.74	44.70	-0.04	0.47	0.44	0.0005	44.75	44.71
Sez. FSG_04bis	681.00	43.85	0.60	44.61	44.58	-0.03	0.62	0.59	0.0022	44.62	44.60
Sez. FSG_05m	828.00	43.53	0.60	44.07	44.14	0.07	0.62	0.69	0.0024	44.09	44.17
Attrav. TM04	829.00	43.52	Culvert	-	44.12	-	-	0.66	0.0000	-	44.15
Sez. FSG_05	872.00	43.42	0.60	44.07	44.09	0.02	0.62	0.58	0.0022	44.09	44.11
Sez. FSG_05v	923.00	43.31	0.60	43.96	43.96	0.00	0.62	0.62	0.0000	43.98	43.98

In corrispondenza dei manufatti di attraversamento il valore di portata QMS1 genera riempimenti minori rispetto al 70% della sezione di deflusso dei tombini in progetto (vedi paragrafo riassuntivo 11.8).

RELAZIONE IDROLOGICO E IDRAULICA: GESTIONE DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE

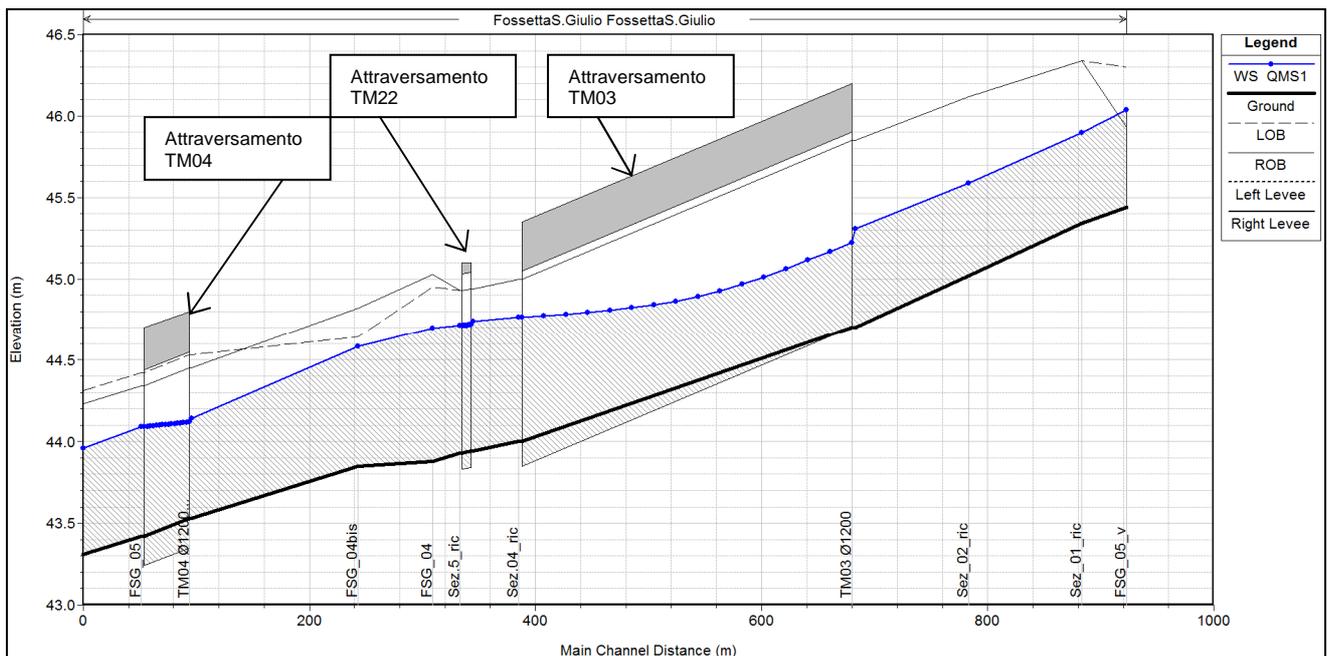


FIGURA 11-5: PROFILO DI RIGURGITO NELLO STATO DI PROGETTO 1 PER UNA PORTATA CIRCOLANTE  $QMS1=0.6 \text{ m}^3/\text{SEC}$

Il corso d'acqua riceve inoltre il contributo di scarico dell'impianto di depurazione ID01 per una portata complessiva di 16 l/sec che di fatto incrementa il valore della QMS1 del 2.67%, per una portata complessiva  $Qsc=0.616 \text{ m}^3/\text{sec}$ . Questo modesto incremento di portata genera un aumento del profilo di rigurgito dell'ordine di 1 cm, valore trascurabile che garantisce la compatibilità degli scarichi nel corpo idrico recettore.

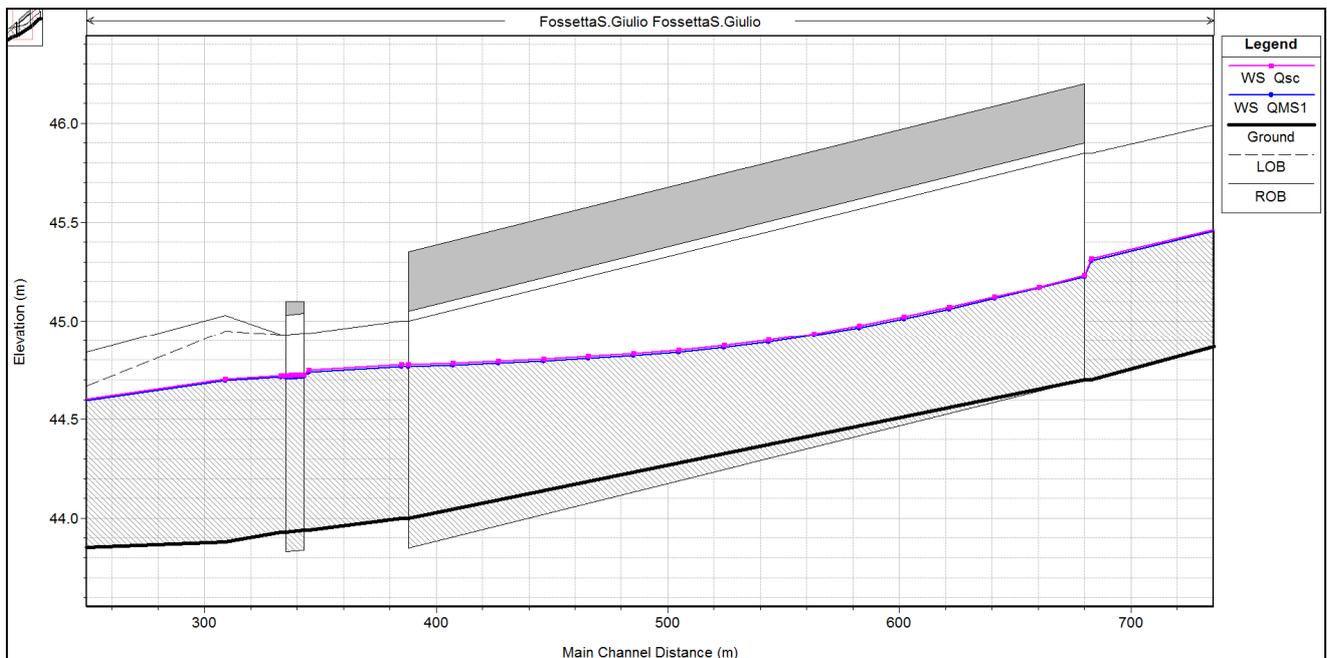


Figura 11-6 PROFILI DI RIGURGITO A CONFRONTO:  $QMS1=0.60 \text{ m}^3/\text{SEC}$  E  $Qsc=0.616 \text{ m}^3/\text{SEC}$

Stato di progetto 2

Nella configurazione di progetto 2 è stato ipotizzato un incremento di circa il 30% della  $Q_{MS1}$  assimilabile all'adeguamento spondale/arginale nelle sezioni più critiche. Si riporta di seguito il confronto tra i profili di rigurgito nei due stati di progetto esaminati.

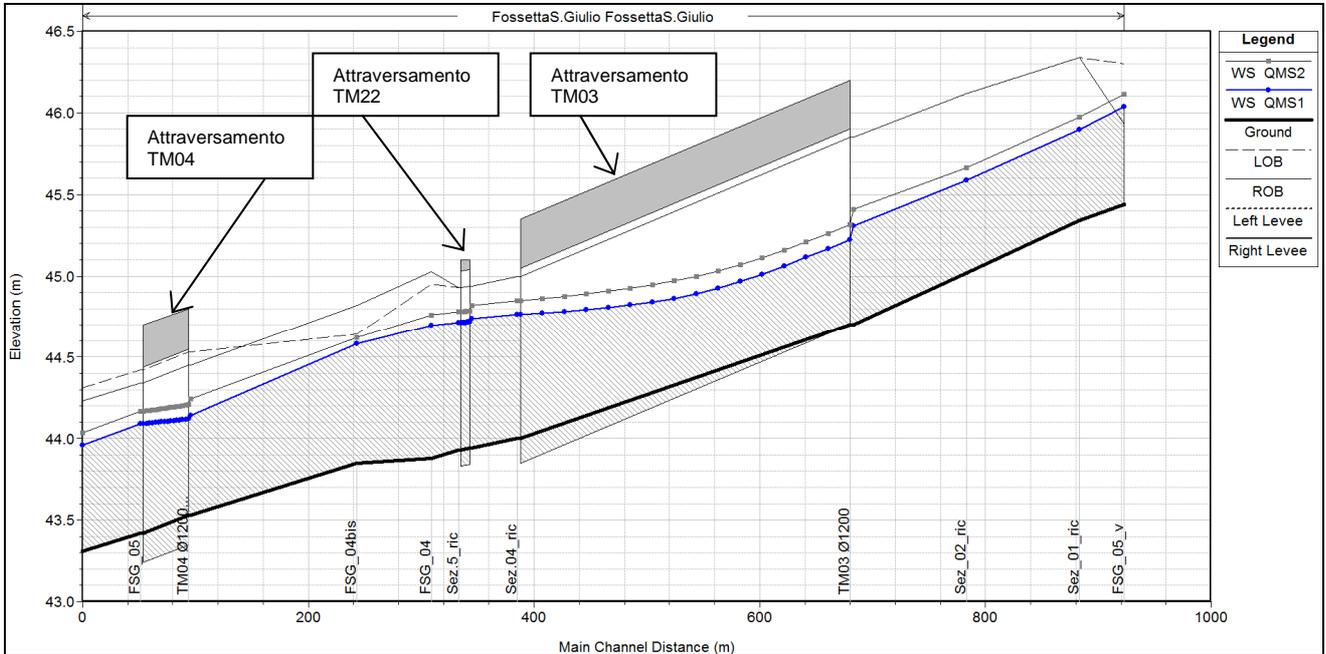


FIGURA 11-7: PROFILI DI RIGURGITO A CONFRONTO TRA  $Q_{MS1}=0.6 \text{ m}^3/\text{SEC}$  E  $Q_{MS2}=0.78 \text{ m}^3/\text{SEC}$

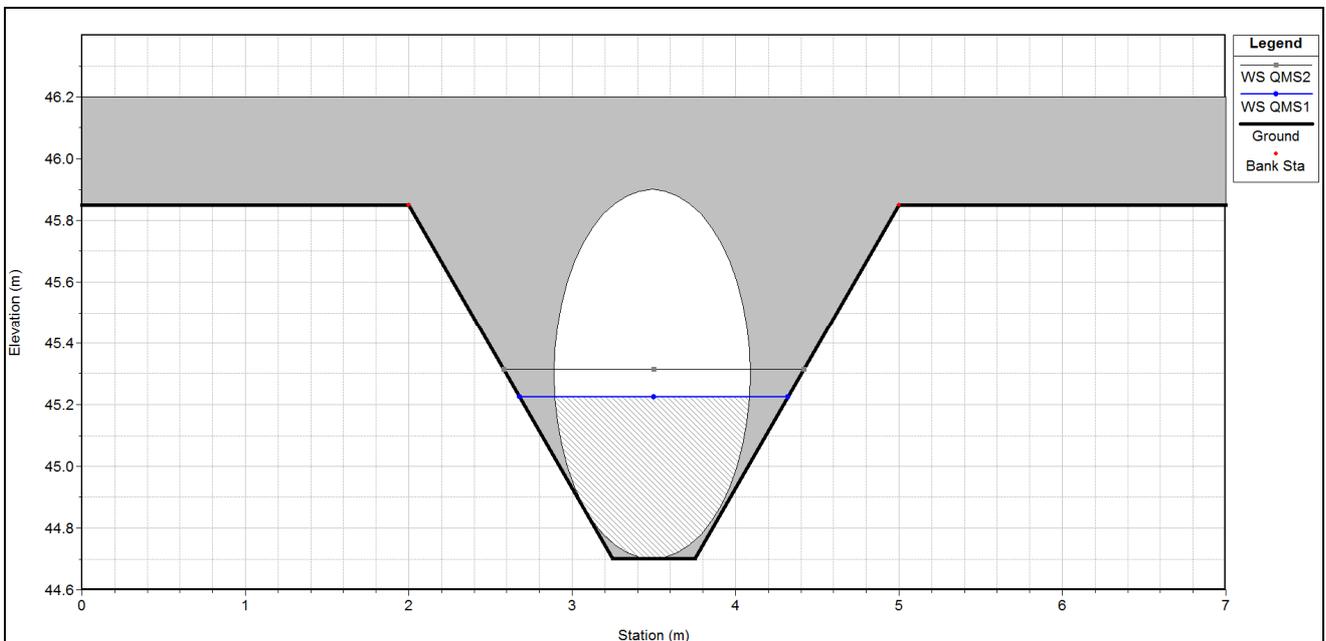


FIGURA 11-8: CONFRONTO TRA  $Q_{MS1}=0.60 \text{ m}^3/\text{SEC}$  E  $Q_{MS2}=0.78 \text{ m}^3/\text{SEC}$  NELLA SEZIONE IN CORRISPONDENZA DELL'IMBOCCO DEL TOMBINO TM03

## 11.2. FOSSETTA BARATTO

### 11.2.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali dell'alveo

La Fossetta Baratto è un corso d'acqua gestito dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, che è interferito dalla viabilità in progetto alla progressiva Pk 01+360.00. Inoltre, a valle della tangenziale, il corso d'acqua e ulteriormente interferisce dalla viabilità di secondaria che collega viale Bice Bertani e via Hiroshima.

Il fosso si sviluppa con andamento SudEst-NordOvest e confluire nel Cavo Guazzatore. L'uso del Baratto promiscuo, principalmente con funzione di scolo e presenta, ove non tombato, una sezione in scavo di forma trapezoidale con fondo in terra e sponde inerbite; sono assenti alberature ed arbusti sui cigli spondali. L'alveo è caratterizzato dalla presenza di materiali fini sul fondo, ascrivibili al sistema dei limi e limi sabbiosi.

La Fossetta Baratto presenta una sezione trapezia caratterizzata da una base maggiore di 3.00m, base minore di 0.50m ed altezza pari a 0.80m. Il corso d'acqua nell'area di interferenza con la tangenziale in progetto si presenta tombato mediante una condotta Ø1000 in CA.

L'interferenza con la viabilità principale viene risolta introducendo un tombino circolare Ø1000 (TM06), che intercetta il tombino esistente a monte della viabilità mediante un pozzetto prefabbricato in c.a. di dimensioni interne 120x140x150cm. La tubazione si estende per una lunghezza totale di 270m e le quote di scorrimento sono rispettivamente 44.72 m s.l.m. all'imbocco e 43.90 m. s.l.m. allo sbocco. Lungo tale condotta sono presenti altri due pozzetti in CA prefabbricati i cui particolari costruttivi sono riportati nella tavola "Schemi rete di raccolta e sezioni tipo del sistema di drenaggio (scarichi in corpo idrico recettore)" (cod. P00ID00IDRST02A).



FIGURA 11-9: FOSSETTA BARATTO A VALLE DELL'INTERFERENZA CON LA STRADA IN PROGETTO

Il primo di questi riceve le acque della Condotta Cavazzoli-Roncocesi esclusivamente nel periodo irriguo tramite derivazione in pressione realizzata tramite tubo in acciaio INOX AISI304 Ø300 (TM24) , mentre il secondo riceve le acque di scolo dei campi, raccolte nel fosso di guardia che si sviluppa lungo il sottovia dello svincolo di Rete 2.

L'interferenza con la viabilità secondaria in progetto è risolta con l'introduzione di un tombino Ø1000 in CA (TM07) di sviluppo pari a 38m le cui quote di scorrimento sono rispettivamente 43.60 m s.l.m. all'imbocco e 43.50 m. s.l.m. allo sbocco.

Per consentire al piccolo complesso artigianale, posto subito a ovest del sottovia dello svincolo di Rete2, di continuare a scaricare le acque bianche nella fossetta Baratto, è stata raccordata la condotta esistente, costituita da tubazioni Ø1000 in CA, con il fosso di guardia stradale tramite muri d'ala in CA ben intestate nelle sponde e nel fondo del fosso (TM05) come si può vedere nel particolare riportato nella tavola "Schemi rete di raccolta e sezioni tipo del sistema di drenaggio (scarichi in corpo idrico recettore)" (cod. P00ID00IDRST02A).

Per consentire un accesso per la pista di servizio all'impianto di sollevamento del sottovia di Rete2, da Via Guernica è stato previsto un ulteriore tombino circolare Ø1000 in CA (TM06) di sviluppo pari a 6m le cui quote di scorrimento sono rispettivamente 43.93 m s.l.m. all'imbocco e 43.92 m. s.l.m. allo sbocco.

Come concordato con il Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, i tombini che consentono l'attraversamento della tangenziale e delle viabilità secondarie, sono stati prolungati monte/valle per garantire il passaggio di una pista di larghezza pari a 5m, mentre gli imbocchi e gli sbocchi sono stati risolti con un manufatto di contenimento costituito da un muro in CA con le ali ben intestate nelle sponde e nel fondo. Analogamente sia a monte che a valle le sponde ed il fondo sono stati rivestiti con massi di cava non gelivi di pezzatura da 50 a 100 kg/cad disposti, a faccia piana, per almeno 4m.

Tabella 11-3: principali caratteristiche della Fossetta Baratto

NOME	<b>FOSETTA BARATTO</b>	
ENTE GESTORE	<i>Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale</i>	
LOCALITA'	<i>Cavazzoli</i>	
PROGRESSIVA	<i>03+360.00</i>	
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	<i>Rettilineo</i>
	TIPO SEZIONE	<i>in scavo</i>
	TIPO ALVEO	<i>alveo artificiale parte in scavo a sezione trapezoidale e parte intubata con tombino Ø1000 in CA</i>
	EROSIONI	<i>assenza di erosioni</i>
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	<i>secondario</i>
	USO	<i>promiscuo</i>
	GRANULOMETRIA	<i>limo sabbioso</i>
	AMBIENTE FLUVIALE	<i>vegetazione spondale erbacea rada</i>
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	<i>campagna con infrastrutture stradali</i>
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI AL CONTORNO	<i>corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle</i>
	SCABREZZA (m <sup>1/3</sup> /s)	<i>22-25</i>

In corrispondenza del rilevato stradale la Fossetta Baratto è completamente intubata con tombino Ø1000 in CA, quindi per evitare cedimenti del rilevato stesso è opportuno rimuovere il tratto di tubo esistente e se non più riutilizzabile occorre conferirlo in discarica.

### 11.2.2. Verifiche idrauliche

#### 11.2.2.1 *Definizione delle portate di progetto*

Le portate di riferimento adottate per la modellazione idraulica si riferiscono a quelle massime sostenibili all'interno, rispettivamente, della configurazione attuale del canale in prossimità degli attraversamenti in progetto e della configurazione che prevede l'adeguamento spondale dei tratti che ne limitano il deflusso. Tali portate di progetto valgono, rispettivamente:

1. massima portata sostenibile a franco nullo lungo l'intero tratto esaminato,  $Q_{MS1}=0.55 \text{ m}^3/\text{s}$
2. massima portata sostenibile incrementata del 30% a seguito degli adeguamenti in quota dei tratti di maggior criticità  $Q_{MS2}=0.70 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Avendo constatato che il tratto oggetto di analisi è caratterizzato da moderata lunghezza ed estensione, e specialmente considerando il fatto che le opere idrauliche in progetto non determinano significativa riduzione del volume d'alveo disponibile per la laminazione delle piene, sono state effettuate simulazioni idrauliche in moto permanente (stazionario).

I valori di scabrezza assunti tengono conto della combinazione di diversi fattori che intervengono nella caratterizzazione delle perdite distribuite durante un evento di piena:

7. caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo,
8. caratteristiche morfologiche e geometriche del tratto d'alveo e brusche variazioni di geometria della sezione;
9. caratterizzazione della copertura vegetale presente nelle zone spondali.

Sulla base dei sopralluoghi effettuati, dei riferimenti bibliografici che si riconducono ai principali studi in materia si sono quindi assunti valori opportuni della scabrezza in funzione non solo della copertura vegetale ma anche del tipo e granulometria del materiale presente in alveo.

#### 11.2.2.2 *Scenari simulati*

Ai fini modellistici, le condizioni di riferimento per la verifica degli attraversamenti in progetto sono le seguenti:

- *stato di fatto*, che considera la morfologia attuale del corso d'acqua, senza l'introduzione di alcuna opera in progetto;
- *stato di progetto 1*, che prevede l'introduzione dei manufatti in progetto con relativa deviazione del fosso, ed una portata circolante pari alla portata di progetto  $Q_{MS1}$ ;

- *stato di progetto 2*, che, oltre a prevedere l'introduzione dei manufatti in progetto, tiene conto della possibilità che vengano realizzate opere di adeguamento spondale nel tratto modellato, quindi con una portata circolante pari alla portata di progetto  $Q_{MS2}$ .

Per l'implementazione degli scenari sopra esposti, i parametri idraulici di calcolo sono:

- rappresentazione geometrica del corso d'acqua: ricavata dal rilievo topografico eseguito ad hoc per la progettazione definitiva, nonché, per lo stato di progetto, dalla geometria di progetto;
- portate di riferimento, assunte come portate massime ammissibili nelle diverse configurazioni sopra esposte;
- condizione di valle: pendenza di moto uniforme pari a 0.22%;
- scabrezza secondo G.-Strickler pari a 22-25  $m^{1/3}/sec$ , differenziata tra sponde e alveo, mentre, nei tratti dove sono presenti i manufatti e quindi i rivestimenti in massi, il coefficiente di scabrezza è pari a 40-50  $m^{1/3}/sec$ .

Il modello geometrico utilizzato è stato costruito sulla base dei rilievi topografici realizzati nel 2012 proprio nell'ambito del presente progetto definitivo ed integrati dai rilievi eseguiti durante i sopralluoghi. L'intero rilievo utilizzato è costituito da 4 sezioni trasversali d'alveo, oltre a quelle relative alle geometrie dei manufatti, che rappresentano in modo esaustivo l'alveo attivo. Il tratto simulato si estende per una lunghezza di oltre 846m, di cui 52m a monte del primo attraversamento (Figura 11-10 e Figura 11-11).

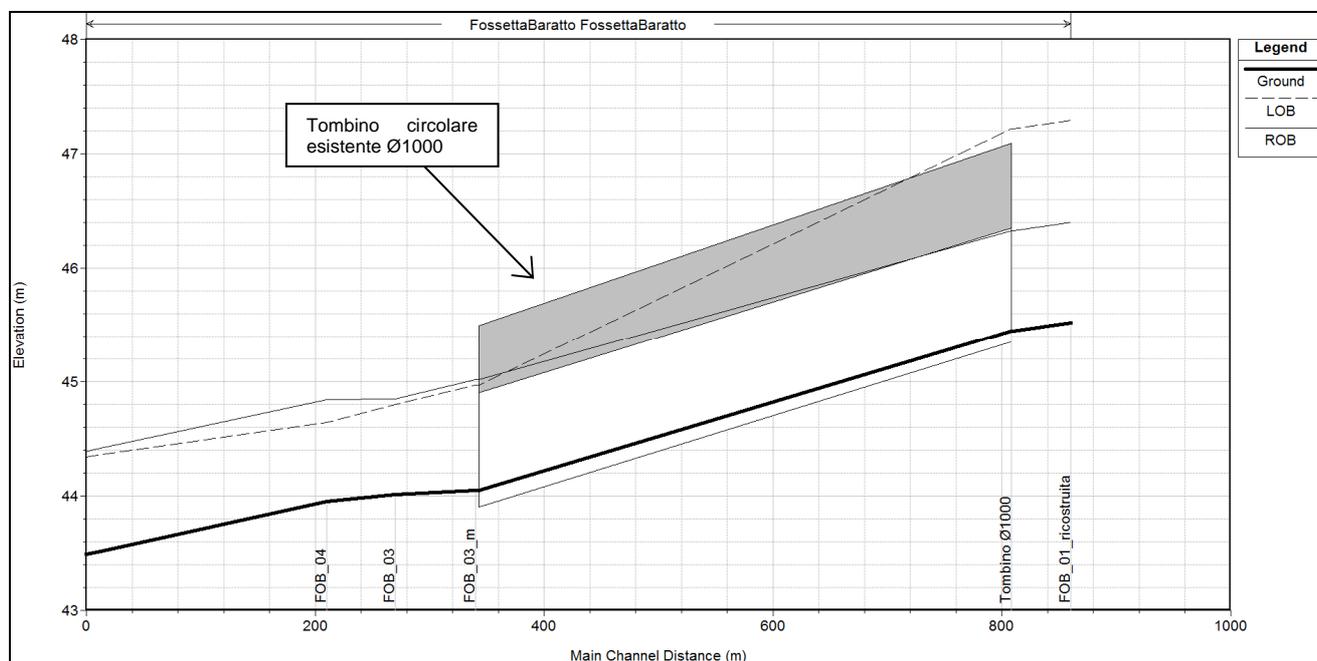


FIGURA 11-10: ANDAMENTO LONGITUDINALE DEL THALWEG NEL TRATTO DI CANALE CONSIDERATO NELLO STATO DI FATTO

Le risultanze delle propagazioni nelle configurazioni simulate consistono nell'espore le principali grandezze idrauliche, soprattutto in termini di livelli idrometrici raggiunti durante gli eventi considerati in corrispondenza delle varie sezioni trasversali del corso d'acqua. Inoltre, risultano calcolate le velocità medie della corrente nei singoli tratti dell'alveo sia in condizioni di alveo attuale che di progetto.

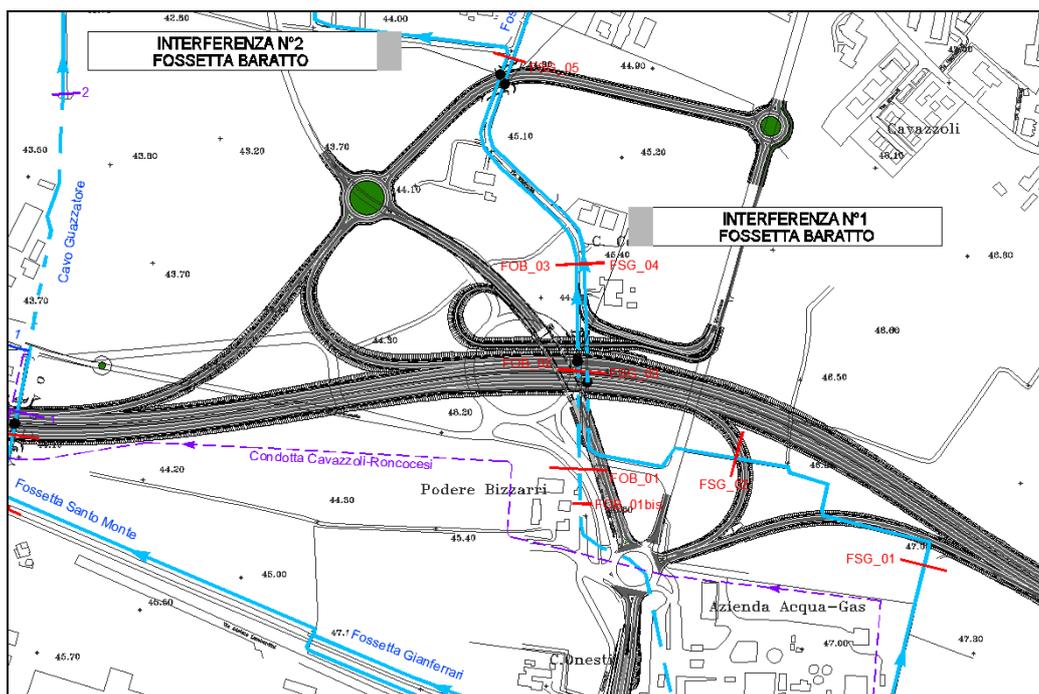


FIGURA 11-11: TRATTO DEL FOSSO SIMULATO CON INDICAZIONE DELLE SEZIONI TOPOGRAFICHE

### 11.2.2.3 Risultati delle analisi nello Stato di Fatto

In questa configurazione è stato simulato il tratto di corso d'acqua in oggetto in occasione del raggiungimento del massimo livello di piena nella configurazione morfologica attuale.

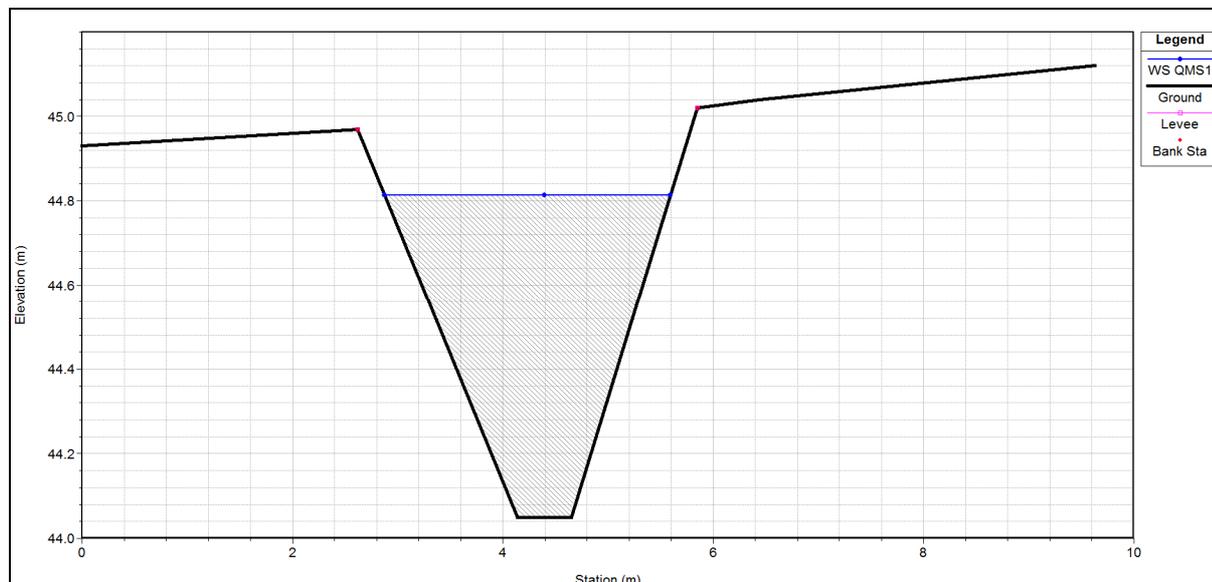


FIGURA 11-12: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER  $QMS1=0.55 \text{ m}^3/\text{s}$  ALLA SEZIONE TRASVERSALE FOB03 IN CORRISPONDENZA DELL'INTERFERENZA CON LA VIABILITÀ PRINCIPALE IN PROGETTO NELLO STATO DI FATTO

### 11.2.2.4 Risultati delle analisi negli Stati di Progetto

#### Stato di progetto 1

RELAZIONE IDROLOGICO E IDRAULICA: GESTIONE DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE

Nella configurazione di progetto 1 si considera l'inserimento dei tombini di progetto. Di seguito si confrontano i principali parametri idraulici nella condizione di progetto 1 e stato di fatto dovuti al transito della  $Q_{MS1}$ .

TABELLA 11-4: PARAMETRI IDRAULICI A CONFRONTO TRA STATO DI FATTO SF E STATO DI PROGETTO SP1 DURANTE LA PROPAGAZIONE DELLA  $Q_{MS1}=0.55m^3/SEC$

Sezione Topografica	Progressiva	Quota del fondo	$Q_{MS1}$	Livelli idrometrici S.F.	Livelli idrometrici S.P.	$\Delta H$	Velocità S.F.	Velocità S.P.	Pendenza	Carico totale S.F.	Carico totale S.P.
	[m]	[m s.l.m.]	[m <sup>3</sup> /s]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m]	[m/s]	[m/s]	-	[m]	[m]
Sez. FOB01	0.00	45.52	0.55	46.17	46.17	0.00	0.57	0.58	0.0014	46.19	46.19
Sez. FOB01 ter	50.00	45.45	0.55	45.97	45.97	0.00	0.86	0.86	0.0040	46.00	46.00
Attrav. TM06	52.00	45.45	Culvert	45.97	45.97	0.00	0.86	0.00	0.0000	46.00	46.00
Sez. FOB01 ter_1	416.00	44.00	0.55	44.86	44.86	0.00	0.39	0.39	0.0006	44.87	44.87
Attrav. TM06	418.00	44.00	Culvert	44.86	44.86	0.00	0.39	0.39	0.0000	44.87	44.87
Sez. FOB03 m	506.00	43.95	0.55	44.81	44.74	-0.07	0.45	0.45	0.0007	44.82	44.75
Sez. FOB03 trasl m	536.00	43.93	0.55	44.76	44.72	-0.04	0.45	0.45	0.0010	44.73	44.73
Attrav. TM23	538.00	43.93	Culvert	44.76	44.72	-0.04	0.45	0.45	0.0000	44.70	44.73
Sez. FOB03 trasl v	546.00	43.92	0.55	44.70	44.66	-0.04	0.45	0.50	0.0007	44.66	44.67
Sez. FOB03	576.00	43.90	0.55	44.73	44.63	-0.10	0.46	0.48	0.0008	44.74	44.64
Sez. FOB04	636.00	43.85	0.55	44.62	44.54	-0.08	0.56	0.50	0.0016	44.63	44.55
Sez. FOB05m	791.00	43.60	0.55	44.28	44.28	0.00	0.53	0.53	0.0022	44.30	44.30
Attrav. TM07	793.00	43.60	Culvert	44.28	44.28	0.00	0.53	0.53	0.0000	44.28	44.30
Sez. FOB05	836.00	43.50	0.55	44.17	44.17	0.00	0.55	0.55	0.0010	44.17	44.18
Sez. FOB05v	846.00	43.49	0.55	44.07	44.14	0.07	0.57	0.57	0.00	44.15	44.16

In corrispondenza dei manufatti di attraversamento il valore di portata  $Q_{MS1}$  genera riempimenti minori o uguali rispetto al 70% della sezione di deflusso dei tombini in progetto (vedi paragrafo riassuntivo 11.8).

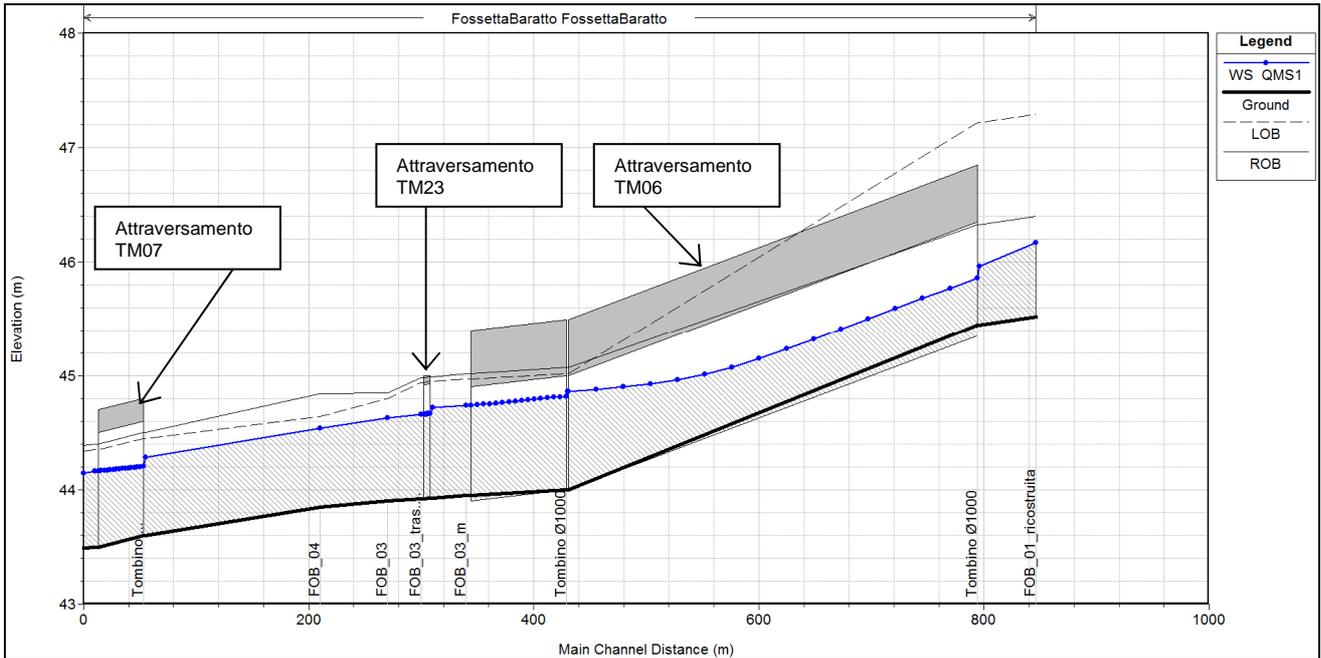


FIGURA 11-13: PROFILO DI RIGURGITO NELLO STATO DI PROGETTO 1 PER UNA PORTATA CIRCOLANTE  $Q_{MS1}=0.55 \text{ m}^3/\text{SEC}$

Il corso d'acqua riceve inoltre il contributo di scarico dell'impianto di sollevamento IS01 per una portata complessiva di 20 l/sec che di fatto incrementa il valore della  $Q_{MS1}$  del 3.63%, per una portata complessiva  $Q_{sc}=0.57 \text{ m}^3/\text{sec}$ . Questo modesto incremento di portata genera un aumento del profilo di rigurgito dell'ordine di 2 cm, valore trascurabile che garantisce la compatibilità degli scarichi nel corpo idrico recettore.

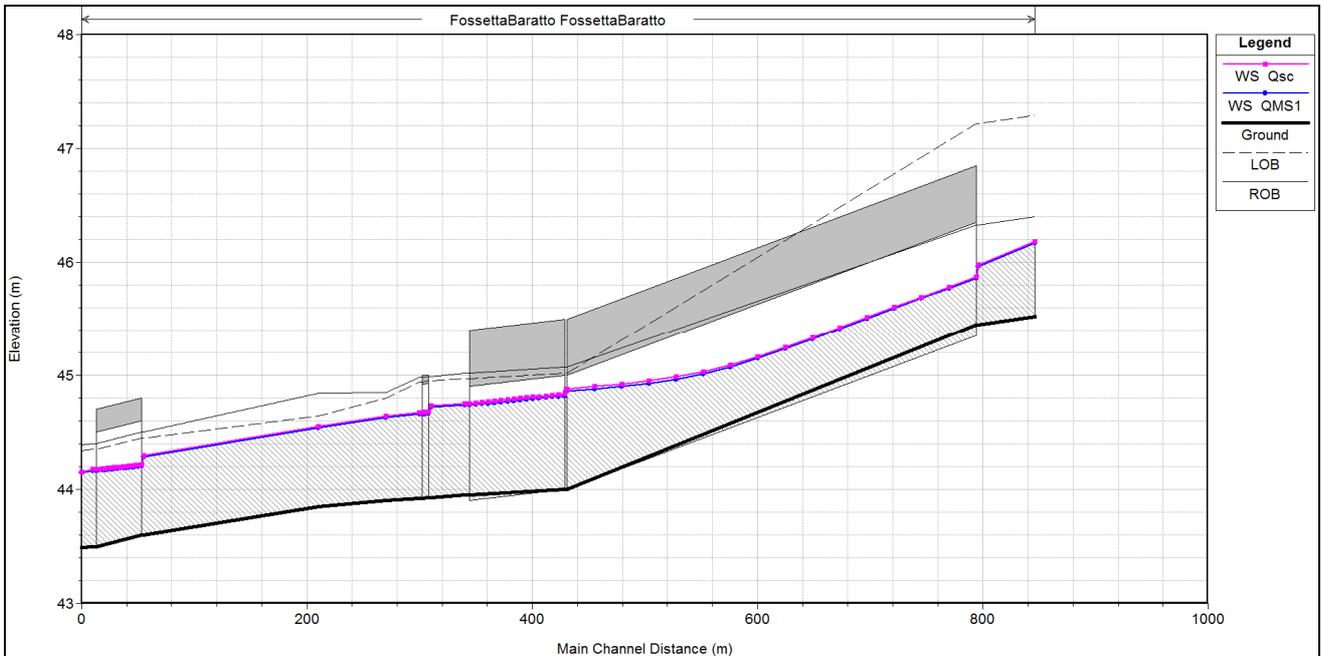


Figura 11-14 PROFILI DI RIGURGITO A CONFRONTO:  $Q_{MS1}=0.55 \text{ m}^3/\text{SEC}$  E  $Q_{sc}=0.57 \text{ m}^3/\text{SEC}$

Nella configurazione di progetto 2 è stato ipotizzato un incremento di circa il 30% della  $Q_{MS1}$  assimilabile all'adeguamento spondale/arginale nelle sezioni più critiche. Si riporta di seguito il confronto tra i profili di rigurgito nei due stati di progetto esaminati.

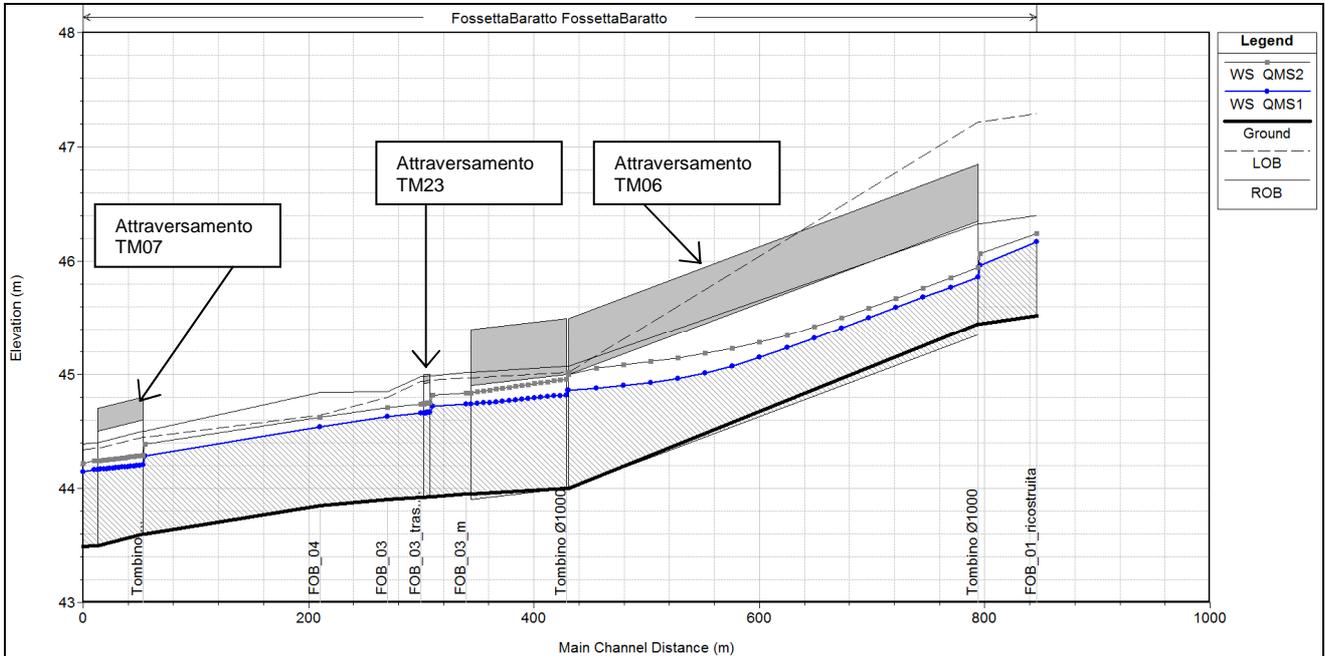


FIGURA 11-15: PROFILI DI RIGURGITO A CONFRONTO TRA  $Q_{MS1}=0.55 \text{ m}^3/\text{SEC}$  E  $Q_{MS2}=0.70 \text{ m}^3/\text{SEC}$

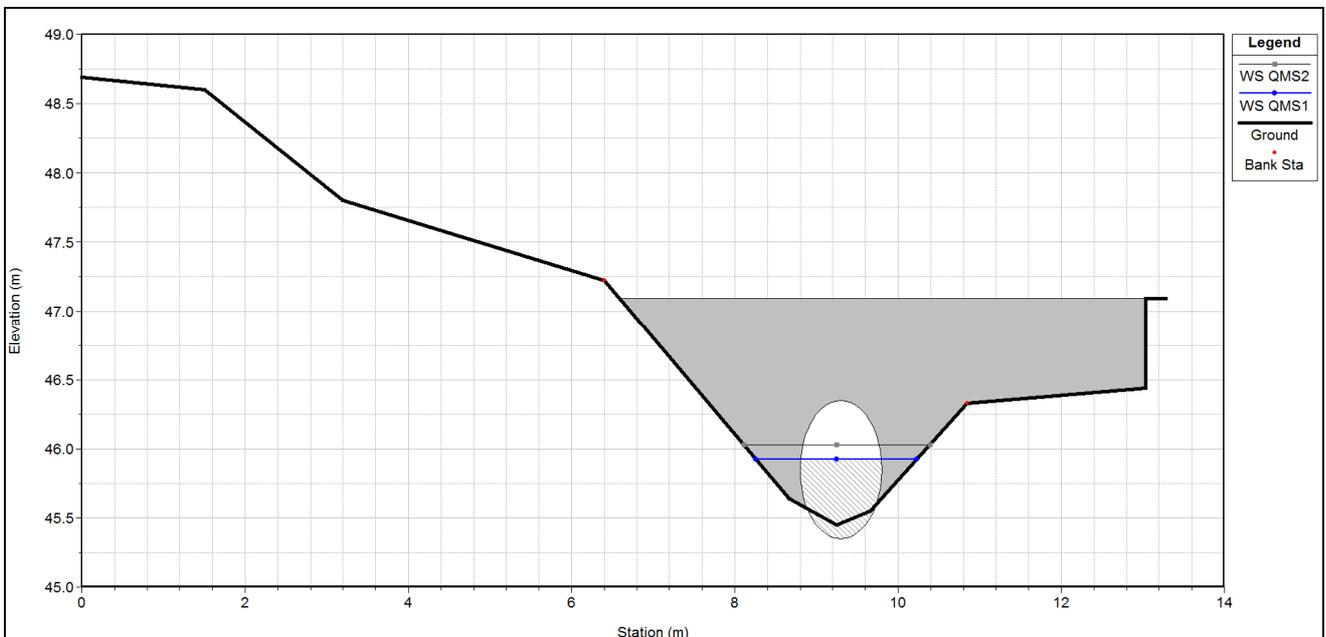


FIGURA 11-16: CONFRONTO TRA  $Q_{MS1}=0.55 \text{ m}^3/\text{SEC}$  E  $Q_{MS2}=0.70 \text{ m}^3/\text{SEC}$  NELLA SEZIONE IN CORRISPONDENZA DELL'IMBOCCO DEL TOMBINO TM06

### 11.3. CAVO GUAZZATORE

#### 11.3.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali dell'alveo

Il Cavo Guazzatore è un corso d'acqua gestito dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, che interferisce con la viabilità in progetto alla progressiva Pk 01+959.00.

Il canale si sviluppa con andamento Sud-Nord quindi a valle dell'interferenza con la strada in progetto piega verso Nord-Ovest e riceve in destra le acque della Fossetta Baratto e della Fossetta San Giulio, mentre in sinistra le acque della Fossetta Ballanleoche, della Fossetta Valle Pieve Modolena e della Fossetta Valle Roncocesi prima di confluire nel Torrente Crostolo. Il corso d'acqua in esame è un canale promiscuo, principalmente di scolo; presenta una sezione in scavo di forma trapezoidale con fondo in terra e sponde inerbite; sono assenti alberature ed arbusti sui cigli spondali. L'alveo è caratterizzato dalla presenza di materiali fini sul fondo, ascrivibili al sistema dei limi e dei limi sabbiosi.

La sezione trapezia del canale nel tratto interessato dall'attraversamento stradale presenta una base maggiore di 8.80m, base minore di 2.80m ed altezza pari a 2.00m.

L'interferenza con la viabilità in progetto viene risolta mediante l'inserimento di uno scatolare in CA realizzato in opera (TM08) di dimensioni 5.00x3.00m e lunghezza 49m, le cui quote di fondo sono rispettivamente pari a 41.72 m s.l.m. all'imbocco e 41.54m s.l.m. allo sbocco, con uno sprofondamento, rispetto al fondo attuale di 30cm. Lo scatolare avrà una sezione di deflusso leggermente parzializzata dalla presenza di un passaggio faunistico con un ingombro trasversale di 1.0mx0.60m per l'intera lunghezza del tombino.

A valle dell'interferenza con la viabilità, il corso d'acqua riceve le acque di scarico dell'impianto di depurazione ID02, la cui portata massima di trattamento è pari a 16 l/s.



**FIGURA 11-17: CAVO GUAZZATORE ALLA SEZIONE D'INTERFERENZA CON LA STRADA IN PROGETTO**

Come concordato con il Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, la tombinatura è stata prolungata monte/valle per garantire il passaggio di una pista di larghezza 5m, mentre gli imbocchi e gli sbocchi sono stati risolti con un manufatto di contenimento costituito da un muro in CA con le ali ben intestate nelle sponde e nel fondo. Analogamente sia a monte che a valle le sponde ed il fondo sono stati rivestiti con massi di cava non gelivi di pezzatura da 100 a 300 kg/cad disposti, a faccia piana, per almeno 4m allo sbocco, e per almeno 12m all'imbocco al fine di rivestire l'intero canale, che in tale tratto viene interessato dal rifacimento della botte a sifone della Condotta Cavazzoli Roncocesi, di cui si affronta l'analisi nel capitolo

11.3.3. La tavola di riferimento in cui è riportata la risoluzione dell'attraversamento del Cavo Guazzatore ha il codice P00ID00IDRPP14A.

Tabella 11-5: principali caratteristiche del Cavo Guazzatore

NOME	<b>CAVO GUAZZATORE</b>	
ENTE GESTORE	<i>Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale</i>	
LOCALITA'	<i>Cavazzoli</i>	
PROGRESSIVA	<i>01+959.00</i>	
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	<i>Rettilineo</i>
	TIPO SEZIONE	<i>in scavo</i>
	TIPO ALVEO	<i>alveo artificiale in scavo a sezione trapezoidale</i>
	<i>EROSIONI</i>	<i>Erosioni localizzate dovute a tane di nutrie</i>
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	<i>Secondario</i>
	USO	<i>Promiscuo</i>
	GRANULOMETRIA	<i>limo sabbioso</i>
	AMBIENTE FLUVIALE	<i>vegetazione spondale erbacea rada</i>
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	<i>campagna con presenza di infrastrutture viarie</i>
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI AL CONTORNO	<i>corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle</i>
	SCABREZZA ( $m^{1/3}/s$ )	<i>22-25</i>

Il tombino in esame è in linea rispetto al corso d'acqua, quindi per la sua realizzazione è necessario prevedere una deviazione provvisoria temporanea, caratterizzata da una sezione trasversale di poco inferiore all'attuale  $B=8.0$ ,  $b=2.0m$   $H=2.0m$  e con uno sviluppo longitudinale di circa 90m.

Si rimanda al cap.11.9, la trattazione completa delle fasi di cantiere nel caso di una deviazione di un canale secondario, come quello in esame.

### 11.3.2. Verifiche idrauliche

#### 11.3.2.1 *Definizione delle portate di progetto*

Le portate di riferimento adottate per la modellazione idraulica si riferiscono a quelle massime sostenibili all'interno, rispettivamente, della configurazione attuale del canale in prossimità dell'attraversamento in progetto e della configurazione che prevede l'adeguamento arginale e/o spondale dei tratti che nel limitano il deflusso. Tali portate di progetto valgono, rispettivamente:

1. massima portata sostenibile a franco nullo lungo l'intero tratto esaminato,  $Q_{MS1}=9.00 m^3/s$ ;
2. massima portata sostenibile incrementata a seguito degli adeguamenti in quota dei tratti di maggior criticità  $Q_{MS2}=11.70m^3/s$ .

Avendo constatato che il tratto oggetto di analisi è caratterizzato da moderata lunghezza ed estensione, e

specialmente considerando il fatto che le opere idrauliche in progetto non determinano significativa riduzione del volume d'alveo disponibile per la laminazione delle piene, sono state effettuate simulazioni idrauliche in moto permanente (stazionario).

I valori di scabrezza assunti tengono conto della combinazione di diversi fattori che intervengono nella caratterizzazione delle perdite distribuite durante un evento di piena:

10. caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo,
11. caratteristiche morfologiche e geometriche del tratto d'alveo e brusche variazioni di geometria della sezione;
12. caratterizzazione della copertura vegetale presente nelle zone spondali.

Sulla base dei sopralluoghi effettuati, dei riferimenti bibliografici che si riconducono ai principali studi in materia si sono quindi assunti valori opportuni della scabrezza in funzione non solo della copertura vegetale ma anche del tipo e granulometria del materiale presente in alveo.

#### 11.3.2.2 Scenari simulati

Ai fini modellistici, le condizioni di riferimento per la verifica degli attraversamenti in progetto sono le seguenti:

- *stato di fatto*, che considera la morfologia attuale del corso d'acqua, senza l'introduzione di alcuna opera in progetto;
- *stato di progetto 1*, che prevede l'introduzione del manufatto di attraversamento, caratterizzato da una sezione di deflusso parzializzata (4,0mx3,0m) per la presenza del passaggio faunistico, ed una portata circolante pari alla portata di progetto  $Q_{MS1}$ ;
- *stato di progetto 2*, che, oltre a prevedere l'introduzione del manufatto in progetto parzializzato, tiene conto della possibilità che vengano realizzate opere di adeguamento spondale nel tratto modellato a monte e a valle dell'attraversamento in progetto (portata circolante pari alla portata di progetto  $Q_{MS2}$ ).

Per l'implementazione degli scenari sopra esposti, i parametri idraulici di calcolo sono:

- rappresentazione geometrica del corso d'acqua: ricavata dal rilievo topografico eseguito ad hoc per la progettazione definitiva, nonché, per lo stato di progetto, dalla geometria di progetto;
- portate di riferimento, assunte come portate massime ammissibili nelle diverse configurazioni sopra esposte;
- condizione di valle: pendenza di moto uniforme pari a 0.22%;
- scabrezza secondo G.-Strickler pari a 22-25  $m^{1/3}/sec$ , differenziata tra sponde e alveo, mentre, nei tratti dove è presente lo scatolare e quindi il rivestimento in massi, il coefficiente di scabrezza è pari a 40-50  $m^{1/3}/sec$ .

Il modello geometrico utilizzato è stato costruito sulla base dei rilievi topografici forniti dal Consorzio di

Bonifica, integrati con le sezioni idrauliche nell'intorno del tombino in esame, rilevate nel 2012 proprio nell'ambito del presente progetto definitivo. L'intero modello idraulico è costituito da 19 sezioni trasversali d'alveo, oltre a quelle relative alle geometrie dei manufatti, che rappresentano in modo esaustivo l'alveo attivo. Il tratto simulato si estende per una lunghezza di oltre 1.814km, di cui circa 100m a monte dell'attraversamento in esame.

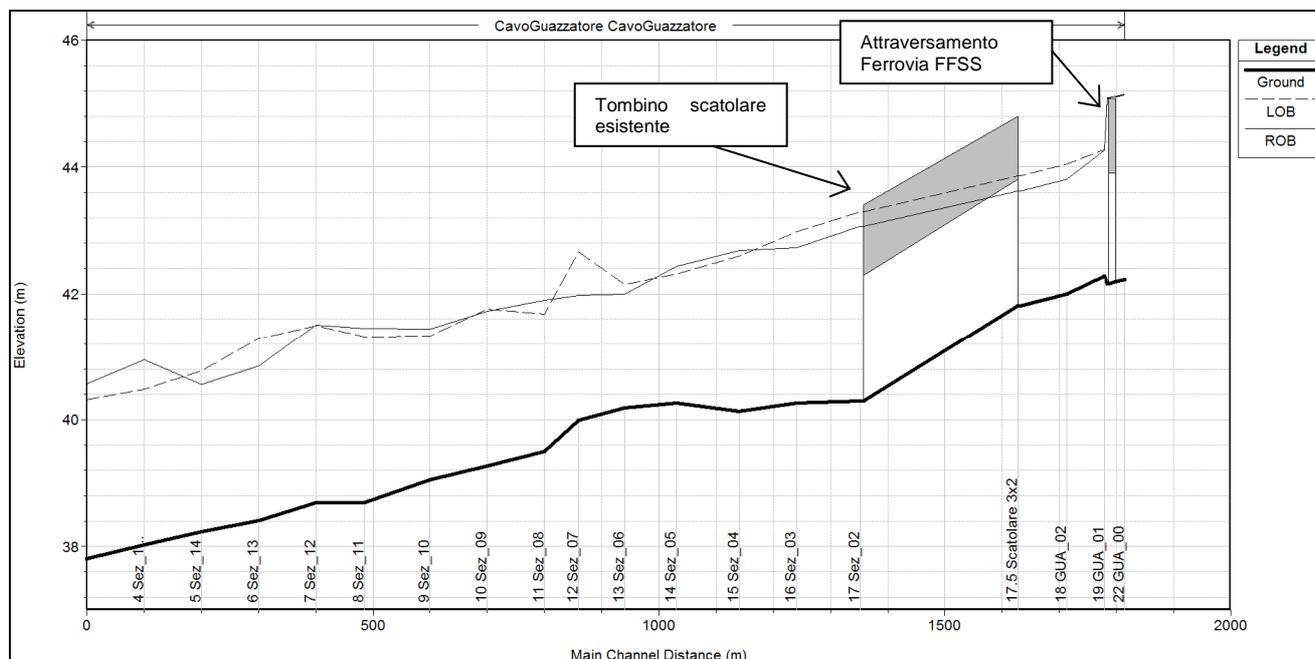


FIGURA 11-18: ANDAMENTO LONGITUDINALE DEL THALWEG NEL TRATTO DI CANALE CONSIDERATO

La tabella ed i grafici seguenti illustrano i risultati ottenuti andando ad individuare sia la portata massima ammissibile lungo tutto il tratto simulato nella configurazione morfologica attuale, sia nelle configurazioni di progetto.

Le risultanze delle propagazioni nelle configurazioni simulate consistono nell'espore le principali grandezze idrauliche, soprattutto in termini di livelli idrometrici raggiunti durante gli eventi considerati in corrispondenza delle varie sezioni trasversali del corso d'acqua. Inoltre, risultano calcolate le velocità medie della corrente nei singoli tratti dell'alveo sia in condizioni di alveo attuale che di progetto.

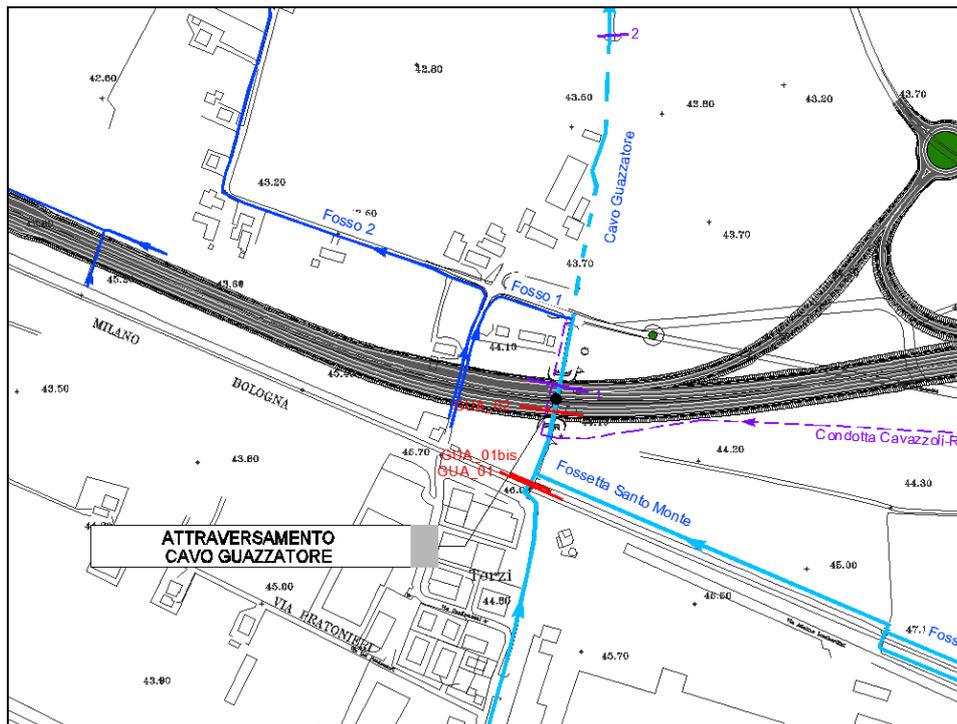


FIGURA 11-19: TRATTO DEL CANALE NELL'AREA IN ESAME CON INDICAZIONE DELLE SEZIONI TOPOGRAFICHE

### 11.3.2.3 Risultati delle analisi negli Stati di Fatto

In questa configurazione è stato simulato il tratto di corso d'acqua in oggetto in occasione del raggiungimento del massimo livello di piena nella configurazione morfologica attuale.

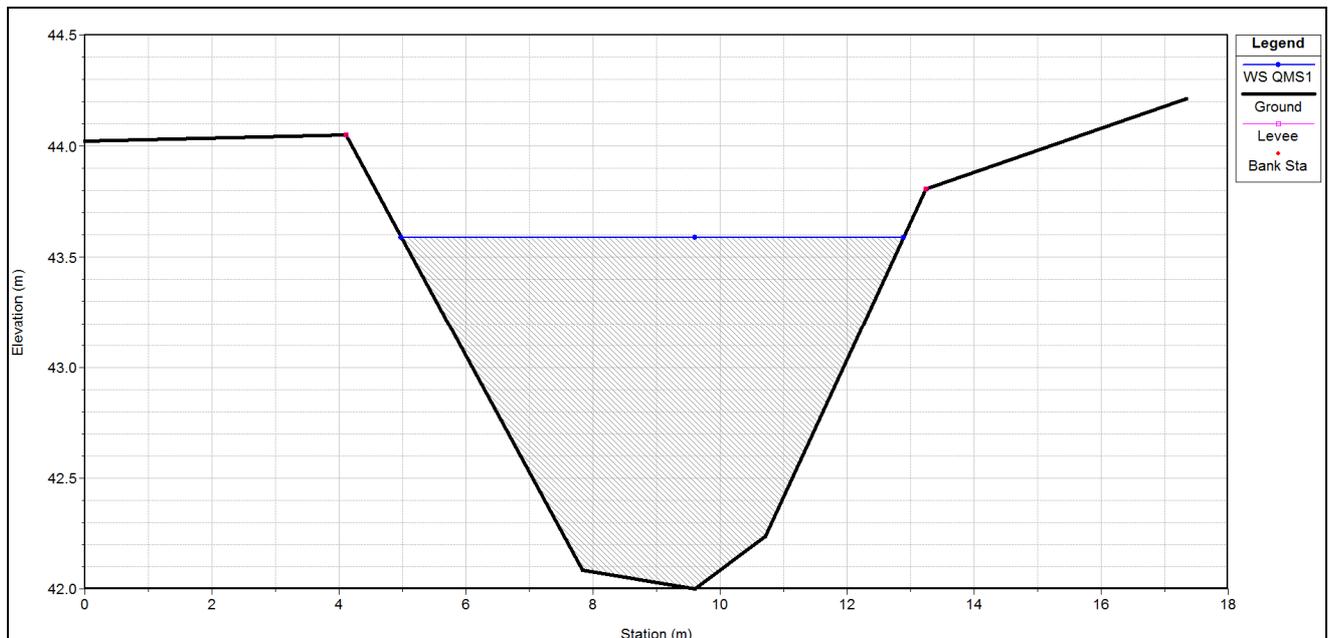


FIGURA 11-20: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER  $QMS1=9.00 \text{ m}^3/\text{s}$  ALLA SEZIONE TRASVERSALE GA02 IN CORRISPONDENZA DELL'INTERFERENZA CON LA VIABILITÀ IN PROGETTO NELLO STATO DI FATTO

RELAZIONE IDROLOGICO E IDRAULICA: GESTIONE DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE

11.3.2.4 Risultati delle analisi negli Stati di Progetto

Stato di progetto 1

Nella configurazione di progetto 1 si considera l'inserimento del tombino di attraversamento della viabilità in progetto, caratterizzato da una sezione di deflusso parzializzata (4,0mx3,0m) per la presenza del passaggio faunistico.

Di seguito si confrontano i principali parametri idraulici nella condizione di progetto 1 e stato di fatto dovuti al transito della  $Q_{MS1}$ .

TABELLA 11-6: PARAMETRI IDRAULICI A CONFRONTO TRA STATO DI FATTO SF E STATO DI PROGETTO SP1 DURANTE LA PROPAGAZIONE DELLA  $Q_{MS1}=9.00\text{m}^3/\text{SEC}$

Sezione Topografica	Progressiva [m]	Quota del fondo [m s.l.m.]	QMS1 [m³/s]	Livelli idrometrici S.F. [m s.l.m.]	Livelli idrometrici S.P. [m s.l.m.]	$\Delta H$ [m]	Velocità S.F. [m/s]	Velocità S.P. [m/s]	Pendenza -	Carico totale S.F. [m]	Carico totale S.P. [m]
GUA_00	0.00	42.22	9.00	44.24	44.24	0.00	0.87	0.87	0.0020	44.28	44.28
GUA_01bis_m	15.00	42.19	9.00	44.24	44.24	0.00	0.85	0.85	0.0000	44.28	44.27
Attrav. Ferrovia FFSS	19.00	42.18	Bridge	44.24	44.24	0.00	0.85	0.85	0.0000	44.24	44.27
GUA_01BIS_v	31.00	42.16	9.00	43.76	43.68	0.08	1.29	1.41	-0.0240	43.84	43.78
GUA_01	36.00	42.28	9.00	43.75	43.67	0.08	1.31	1.41	0.0056	43.83	43.77
GUA_01_tr	45.00	42.23	9.00	43.68	43.63	0.05	1.40	1.40	0.0057	43.68	43.73
GUA_02m	82.00	42.02	9.00	43.59	43.54	0.05	1.20	1.21	0.0028	43.59	43.61
Attrav. TM08	84.00	42.01	Culvert	43.59	43.54	0.05	1.20	1.20	0.0000	43.59	43.60
GUA_02	149.00	41.84	9.00	43.59	43.46	0.13	1.13	1.09	0.0011	43.65	43.52
GUA_02_v	184.00	41.80	9.00	43.41	43.40	0.01	1.11	1.11	0.0054	43.48	43.47
Attrav. Esistente	190.00	41.80	Culvert	43.40	43.40	0.00	1.10	1.10	0.0000	43.40	43.47
Sez_02	462.00	40.29	9.00	42.33	42.33	0.00	0.99	0.99	0.0003	42.38	42.38
Sez_03	574.00	40.26	9.00	42.19	42.19	0.00	0.93	0.93	0.0013	42.23	42.23
Sez_04	674.00	40.13	9.00	42.04	42.04	0.00	1.02	1.02	-0.0012	42.09	42.09
Sez_05	784.00	40.26	9.00	41.86	41.86	0.00	1.02	1.02	0.0008	41.91	41.91
Sez_06	874.00	40.19	9.00	41.72	41.72	0.00	0.98	0.98	0.0025	41.77	41.77
Sez_07	954.00	39.99	9.00	41.35	41.35	0.00	1.83	1.83	0.0082	41.52	41.52
Sez_08	1014.00	39.50	9.00	41.25	41.25	0.00	1.03	1.03	0.0023	41.30	41.30
Sez_09	1114.00	39.27	9.00	41.04	41.04	0.00	1.15	1.15	0.0022	41.11	41.11
Sez_10	1214.00	39.05	9.00	40.77	40.77	0.00	1.27	1.27	0.0031	40.85	40.85
Sez_11	1329.00	38.69	9.00	40.51	40.51	0.00	1.09	1.09	0.0000	40.57	40.57
Sez_12	1414.00	38.69	9.00	40.35	40.35	0.00	1.07	1.07	0.0028	40.41	40.41
Sez_13	1514.00	38.41	9.00	40.16	40.16	0.00	1.06	1.06	0.0018	40.22	40.22
Sez_14	1614.00	38.23	9.00	39.95	39.95	0.00	1.14	1.14	0.0020	40.02	40.02
Sez_15	1714.00	38.03	9.00	39.75	39.75	0.00	1.09	1.09	0.0022	39.81	39.81
Sez_16	1814.00	37.81	9.00	39.54	39.54	0.00	1.13	1.13	0.0000	39.60	39.60

In corrispondenza del manufatto di attraversamento il valore di portata  $Q_{MS1}$  genera un riempimento minore rispetto al 70% della sezione di deflusso del tombino (vedi paragrafo riassuntivo 11.8).

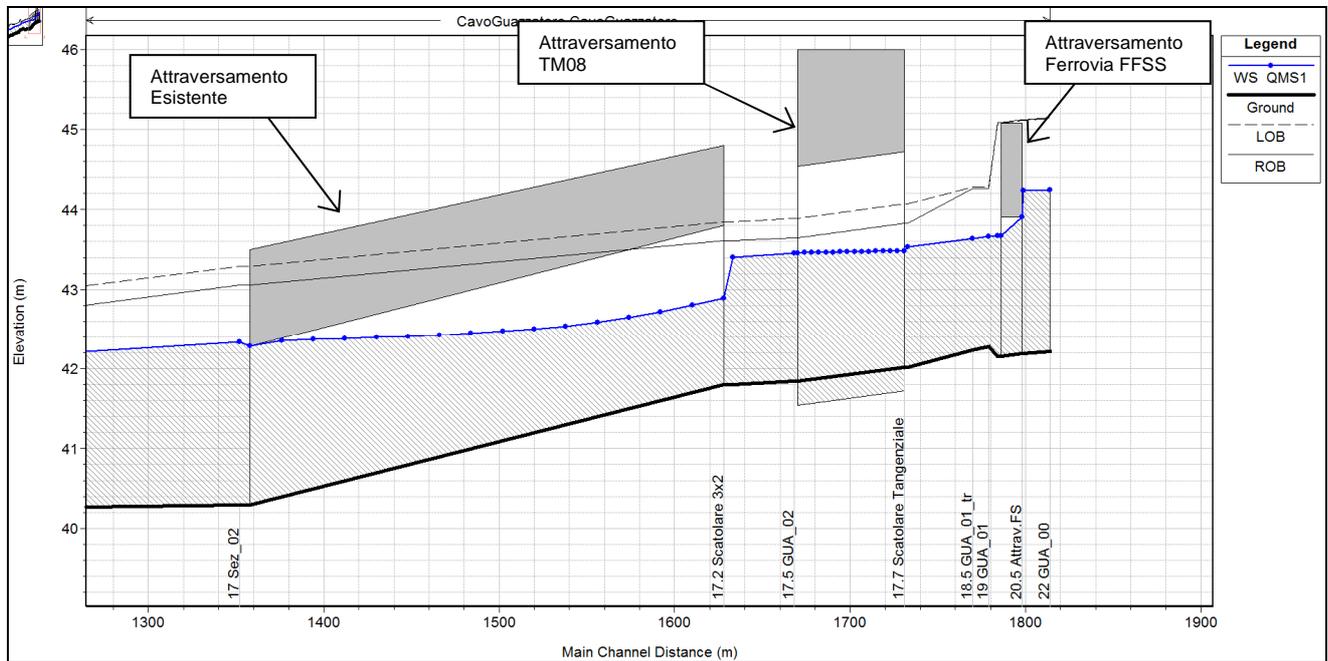


FIGURA 11-21: PROFILO DI RIGURGITO NELLO STATO DI PROGETTO 1 PER UNA PORTATA CIRCOLANTE  $Q_{MS1}=9.00 \text{ m}^3/\text{SEC}$

Il corso d'acqua riceve inoltre il contributo di scarico dell'impianto di depurazione ID02 per una portata massima di 14 l/sec che di fatto incrementa il valore della  $Q_{MS1}$  del 0.15%, per una portata complessiva  $Q_{SC}=9.014 \text{ m}^3/\text{sec}$ . Questo modesto incremento di portata non genera apprezzabili aumenti del profilo di rigurgito, quindi è garantita la compatibilità degli scarichi nel corpo idrico recettore.

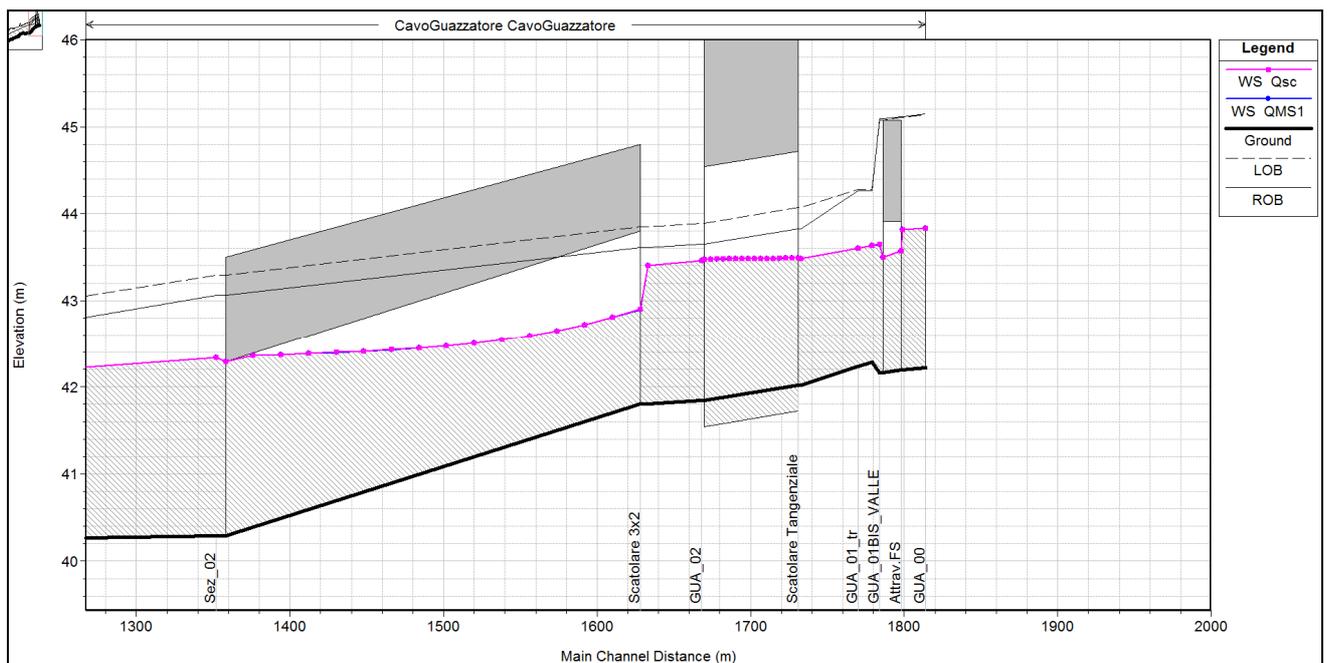


Figura 11-22 PROFILI DI RIGURGITO A CONFRONTO:  $Q_{MS1}=9.00 \text{ M}^3/\text{SEC}$  E  $Q_{SC}=9.014 \text{ M}^3/\text{SEC}$

Stato di progetto 2

Nella configurazione di progetto 2 è stato ipotizzato un incremento di circa il 30% della  $Q_{MS1}$  assimilabile all'adeguamento spondale/arginale nelle sezioni più critiche. Si riporta di seguito il confronto tra i profili di rigurgito nei due stati di progetto esaminati.

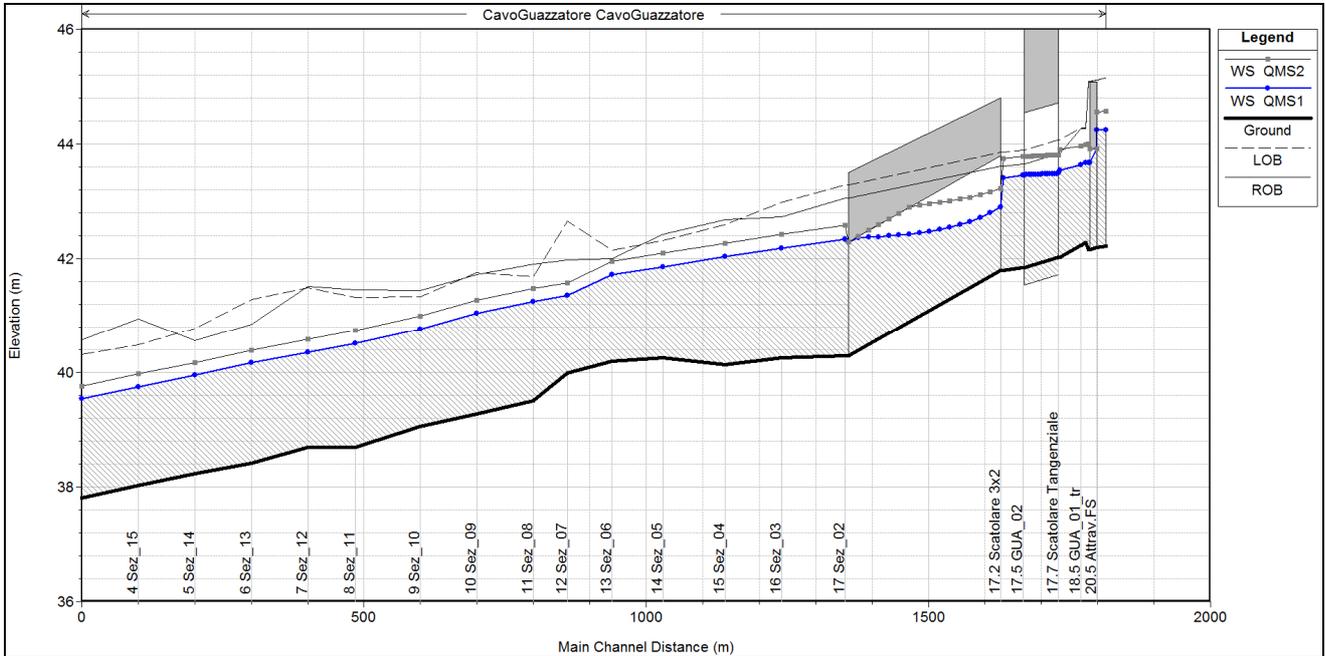


FIGURA 11-23: PROFILI DI RIGURGITO A CONFRONTO TRA  $Q_{MS1}=9.00 \text{ m}^3/\text{SEC}$  E  $Q_{MS2}=11.70 \text{ m}^3/\text{SEC}$

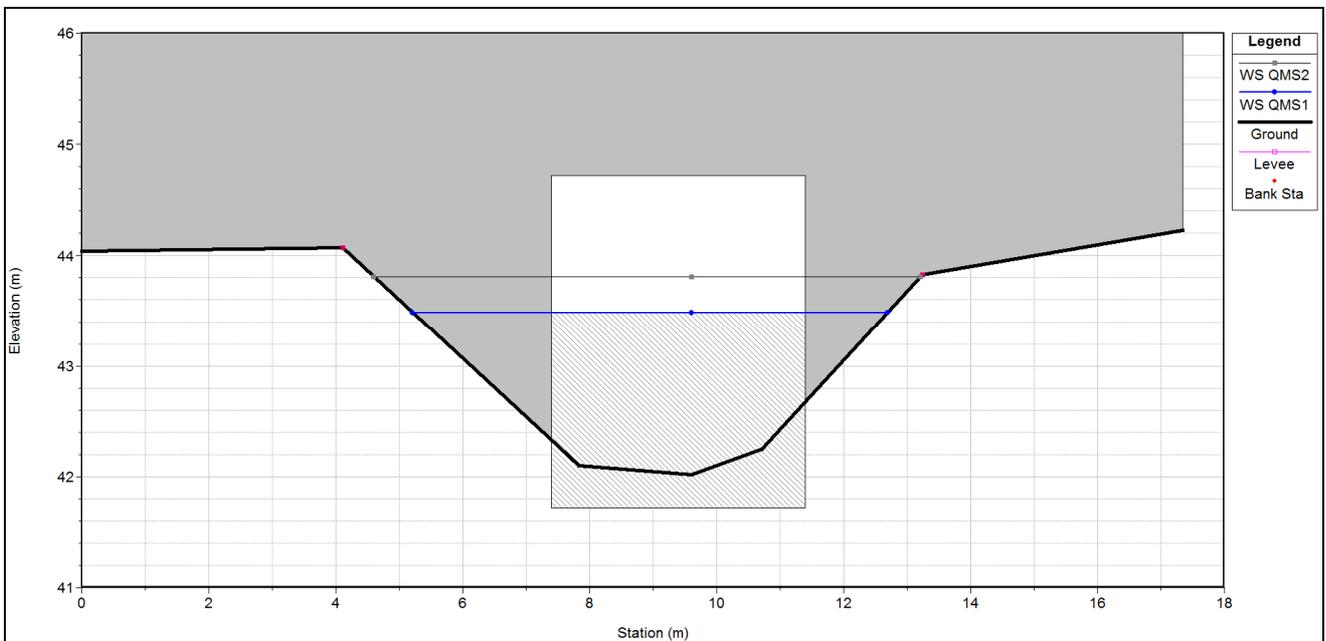


FIGURA 11-24: CONFRONTO TRA  $Q_{MS1}=9.00 \text{ m}^3/\text{SEC}$  E  $Q_{MS2}=11.70 \text{ m}^3/\text{SEC}$  NELLA SEZIONE IN CORRISPONDENZA DELL'IMBOCCO DEL TOMBINO TM08 DI ATTRAVERSAMENTO

11.3.3. Rifacimento botte a sifone della Condotta Cavazzoli-Roncocesi

Immediatamente a monte dell'imbocco del tombino precedentemente esaminato è presente la Condotta Cavazzoli-Roncocesi che oltrepassa il Cavo Guazzatore con una botte a sifone, per poi continuare il suo percorso verso nord, parallelamente al canale stesso. La condotta termina il suo corso all'altezza di via Normandia dove avviene lo scarico nel Guazzatore.

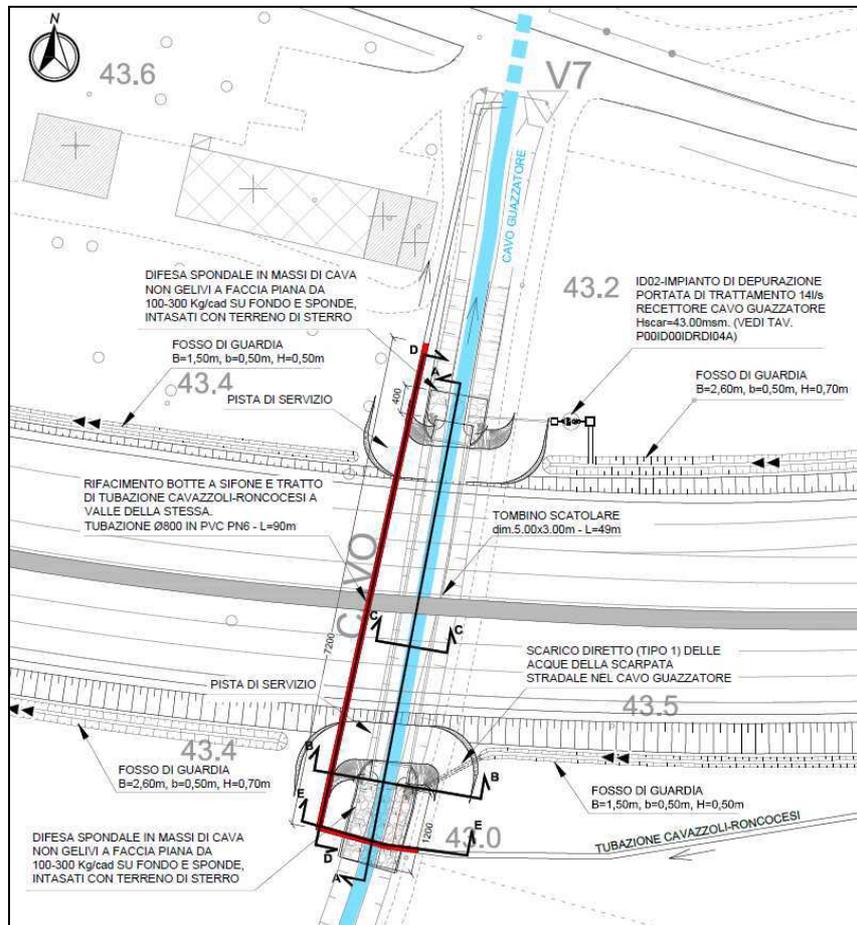


Figura 11-25: Planimetria del tombino TM08 del Cavo Guazzatore e del rifacimento della condotta cavazzoli-roncocesi

La scelta di prevedere il rifacimento di una porzione della Condotta Cavazzoli-Roncocesi, che comprende sia la botte a sifone sotto al Guazzatore che il tratto subito a valle di circa 72m, è motivata dal fatto che durante le fasi di cantiere, i numerosi mezzi meccanici che transitano sopra alla condotta, posta a circa 1.0m dal piano campagna attuale, potrebbero causare dei cedimenti e conseguenti rotture della stessa, costituita da tubi in PVC Ø800 PN6.

Il rifacimento della botte a sifone (Figura 11-26) prevede l'impiego di tubi e pezzi speciali delle medesime caratteristiche dell'attuale. Il tubo è baulato con 15 cm di cls C25/30 armato con rete elettrosaldata Ø6 e maglie 15cmx15cm. L'alveo del Cavo Guazzatore è opportunamente rivestito su sponde e fondo con massi di cava non gelivi di pezzatura di 100-300Kg/cad intasati con terreno di sterro, al fine di proteggere la condotta durante le fasi di risezionamento e manutenzione ordinaria del canale.

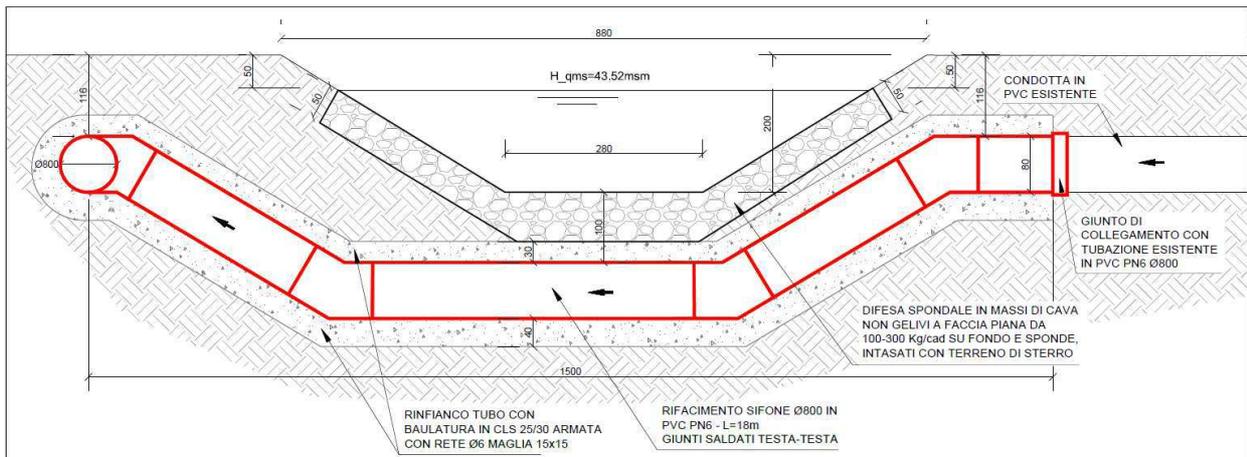


Figura 11-26: Rifacimento della botte a sifone sotto al Cavo Guazzatore

A valle del sifone, il tratto di cui si prevede il rifacimento si sviluppa per l'intera larghezza della tangenziale, per una lunghezza di circa 72m (Figura 11-27). Le caratteristiche del tubo e della baulatura sono analoghe a quelle precedenti.

I raccordi con la tubazione esistente sono realizzati con giunti a perfetta tenuta idraulica.

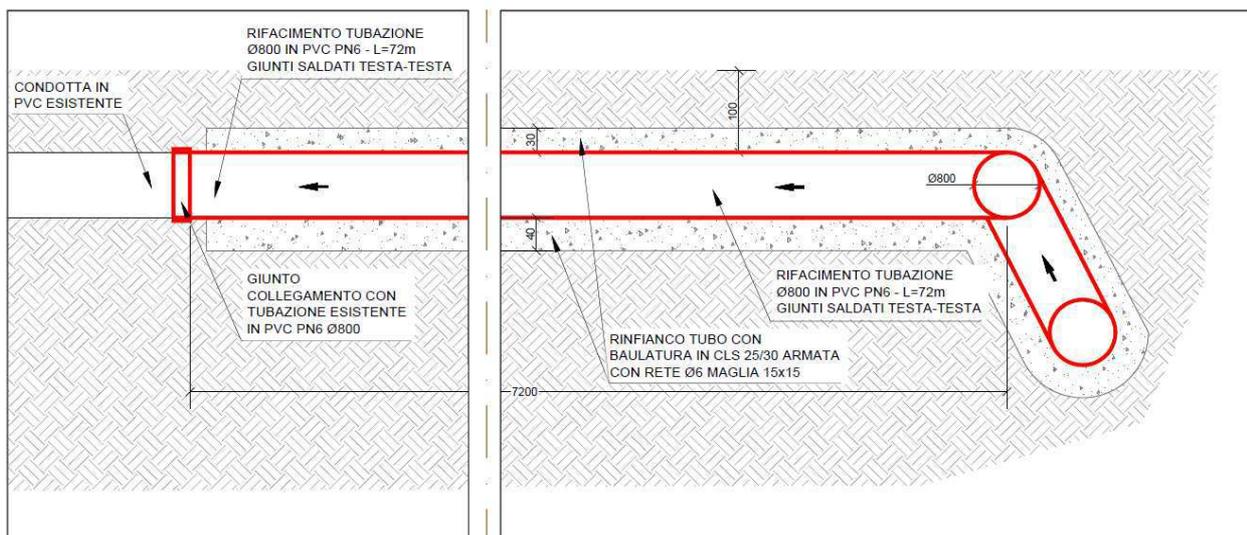


Figura 11-27: Rifacimento della condotta Cavazzoli-Roncoresi nel tratto parallelo al Cavo Guazzatore

## 11.4. FOSSETTA BALLANLEOCHE

### 11.4.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali dell'alveo

La Fossetta Ballanleocche è un corso d'acqua gestito dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, che interferisce con la viabilità in progetto alla progressiva Pk 02+710.00.

Il canale si sviluppa con andamento Sud-Nord e a valle dell'interferenza con la viabilità in progetto confluisce

nel Cavo Guazzatore. Il corso d'acqua in esame è un canale promiscuo, principalmente di scolo e presenta una sezione in scavo di forma trapezoidale con fondo in terra e sponde inerbite; sono assenti alberature ed arbusti sui cigli spondali. L'alveo è caratterizzato dalla presenza di materiali fini sul fondo, ascrivibili al sistema dei limi e dei limi argillosi.

La sezione trapezia del canale nel tratto interessato presenta una base maggiore di 4.50m, base minore di 1.00m ed altezza pari a 1.70m.

L'interferenza con la viabilità in progetto viene risolta mediante l'inserimento di uno scatolare (TM09) di dimensioni 3.00x2.50m, lunghezza 40m, con quote di fondo rispettivamente pari a 39.56 m s.l.m. all'imbocco e 39.44m s.l.m. allo sbocco. A monte e a valle dell'interferenza, per una lunghezza totale pari a 240m, è previsto la ricalibratura del canale con una sezione di deflusso di dimensioni pari a 5.00m di base maggiore, 1.00m di base minore e 2.00m di altezza. Il risezionamento, con abbassamento del fondo soprattutto in corrispondenza dello scatolare in progetto, è stato necessario per consentire la predisposizione di un altro scatolare, molto più piccolo B=1,0m e H=0.5m, posto trasversalmente al corso d'acqua, ad una quota di scorrimento di poco superiore all'intradosso del tombino TM09.



**FIGURA 11-28: FOSSETTA BALLANLEOCHE ALLA SEZIONE D'INTERFERENZA CON LA STRADA IN PROGETTO**

Lo scatolare 1,0mx0.5m ha la funzione di collegare i fossi di guardia stradali, le cui acque non possono essere scaricate all'interno del Ballanleoche, poiché già sofferente dal punto di vista dello scolo delle acque.

Per l'intero tratto di canale risezionato è prevista la protezione delle sponde e del fondo mediante rivestimento in massi di cava non gelivi del peso di 50-100 Kg/cad intasati con terreno di sterro.

La tavola di riferimento in cui è riportata la risoluzione dell'attraversamento della Fossetta Ballanleoche ha il codice P00ID00IDRPP15A.

I manufatti idraulici esistenti nel tratto di canale esaminato sono i seguenti:

1. Ponticello scatolare a volta B=1,0m e H=1.50m per l'attraversamento della Ferrovia MI-BO;
2. Tombino Ø1800 in CA per un attraversamento poderale a monte del tombino in progetto;
3. Tombino Ø1500 in CA per l'attraversamento di Via Normandia a valle del tombino in progetto.

Come concordato con il Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, la tombinatura è stata prolungata monte/valle per garantire il passaggio di una pista di larghezza 5m, mentre gli imbocchi e gli sbocchi sono

stati risolti con un manufatto di contenimento costituito da un muro in CA con le ali ben intestate nelle sponde e nel fondo.

Tabella 11-7: principali caratteristiche della Fossetta Ballanleocche

NOME	<b>FOSSETTA BALLANLEOCHE</b>	
ENTE GESTORE	<i>Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale</i>	
LOCALITA'	<i>Pieve Modolena</i>	
PROGRESSIVA	<i>02+710.00</i>	
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	<i>Rettilineo</i>
	TIPO SEZIONE	<i>in scavo</i>
	TIPO ALVEO	<i>alveo artificiale in scavo a sezione trapezoidale</i>
	<i>EROSIONI</i>	<i>assenza di erosioni</i>
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	<i>secondario</i>
	USO	<i>promiscuo</i>
	GRANULOMETRIA	<i>limo argilloso</i>
	AMBIENTE FLUVIALE	<i>vegetazione spondale erbacea rada</i>
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	<i>campagna aperta con presenza di infrastrutture stradali e ferroviarie</i>
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI AL CONTORNO	<i>corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle</i>
	SCABREZZA ( $m^{1/3}/s$ )	<i>20-25</i>

Il tombino in esame è in linea rispetto al corso d'acqua, quindi per la sua realizzazione è necessario prevedere una deviazione provvisoria temporanea, caratterizzata da una sezione trasversale uguale all'attuale  $B=4.5$ ,  $b=1.0$  m  $H=1.7$  m e con uno sviluppo longitudinale di circa 70m.

Si rimanda al cap.11.9, la trattazione completa delle fasi di cantiere nel caso di una deviazione di un canale secondario, come quello in esame.

#### 11.4.2. Verifiche idrauliche

##### 11.4.2.1 *Definizione delle portate di progetto*

Le portate di riferimento adottate per la modellazione idraulica si riferiscono a quelle massime sostenibili all'interno, rispettivamente, della configurazione attuale del canale in prossimità dell'attraversamento in progetto e della configurazione che prevede l'adeguamento spondale dei tratti che nel limitano il deflusso. Tali portate di progetto valgono, rispettivamente:

1. massima portata sostenibile a franco nullo lungo l'intero tratto esaminato,  $Q_{MS1}=2.20 \text{ m}^3/s$ ;
2. massima portata sostenibile incrementata a seguito degli adeguamenti in quota dei tratti di maggior criticità  $Q_{MS2}=2.90 \text{ m}^3/s$ ;

Avendo constatato che il tratto oggetto di analisi è caratterizzato da moderata lunghezza ed estensione, e specialmente considerando il fatto che le opere idrauliche in progetto non determinano significativa riduzione del volume d'alveo disponibile per la laminazione delle piene, sono state effettuate simulazioni idrauliche in moto permanente (stazionario).

I valori di scabrezza assunti tengono conto della combinazione di diversi fattori che intervengono nella caratterizzazione delle perdite distribuite durante un evento di piena:

13. caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo,
14. caratteristiche morfologiche e geometriche del tratto d'alveo e brusche variazioni di geometria della sezione;
15. caratterizzazione della copertura vegetale presente nelle zone spondali.

Sulla base dei sopralluoghi effettuati, dei riferimenti bibliografici che si riconducono ai principali studi in materia si sono quindi assunti valori opportuni della scabrezza in funzione non solo della copertura vegetale ma anche del tipo e granulometria del materiale presente in alveo.

#### 11.4.2.2 Scenari simulati

Ai fini modellistici, le condizioni di riferimento per la verifica degli attraversamenti in progetto sono le seguenti:

- *stato di fatto*, che considera la morfologia attuale del corso d'acqua, senza l'introduzione di alcuna opera in progetto;
- *stato di progetto 1*, che prevede l'introduzione del manufatto di attraversamento della viabilità e la ricalibratura del corso d'acqua, ed una portata circolante pari alla portata di progetto  $Q_{MS1}$ ;
- *stato di progetto 2*, che, oltre a prevedere l'introduzione del manufatto in progetto e del risezionamento, tiene conto della possibilità che vengano realizzate opere di adeguamento spondale nel tratto modellato a monte e a valle dell'attraversamento in progetto (portata circolante pari alla portata di progetto  $Q_{MS2}$ ).

Per l'implementazione degli scenari sopra esposti, i parametri idraulici di calcolo sono:

- rappresentazione geometrica del corso d'acqua: ricavata dal rilievo topografico eseguito ad hoc per la progettazione definitiva, nonché, per lo stato di progetto, dalla geometria di progetto;
- portate di riferimento, assunte come portate massime ammissibili nelle diverse configurazioni sopra esposte;
- condizione di valle: pendenza di moto uniforme 0.30%;
- scabrezza secondo G.-Strickler pari a  $20-25 \text{ m}^{1/3}/\text{sec}$ , differenziata tra sponde e alveo, mentre, nei tratti dove è presente lo scatolare e quindi il rivestimento in massi, il coefficiente di scabrezza è pari a  $40-50 \text{ m}^{1/3}/\text{sec}$ .

Il modello geometrico utilizzato è stato costruito sulla base dei rilievi topografici realizzati nel 2012 proprio nell'ambito del presente progetto definitivo ed integrati con i rilievi eseguiti durante i sopralluoghi. Il modello idraulico è costituito da 7 sezioni trasversali d'alveo, oltre a quelle relative alle geometrie dei manufatti, che rappresentano in modo esaustivo l'alveo attivo. Il tratto simulato si estende per una lunghezza di oltre 790m, di cui 285m a monte dell'attraversamento in esame.

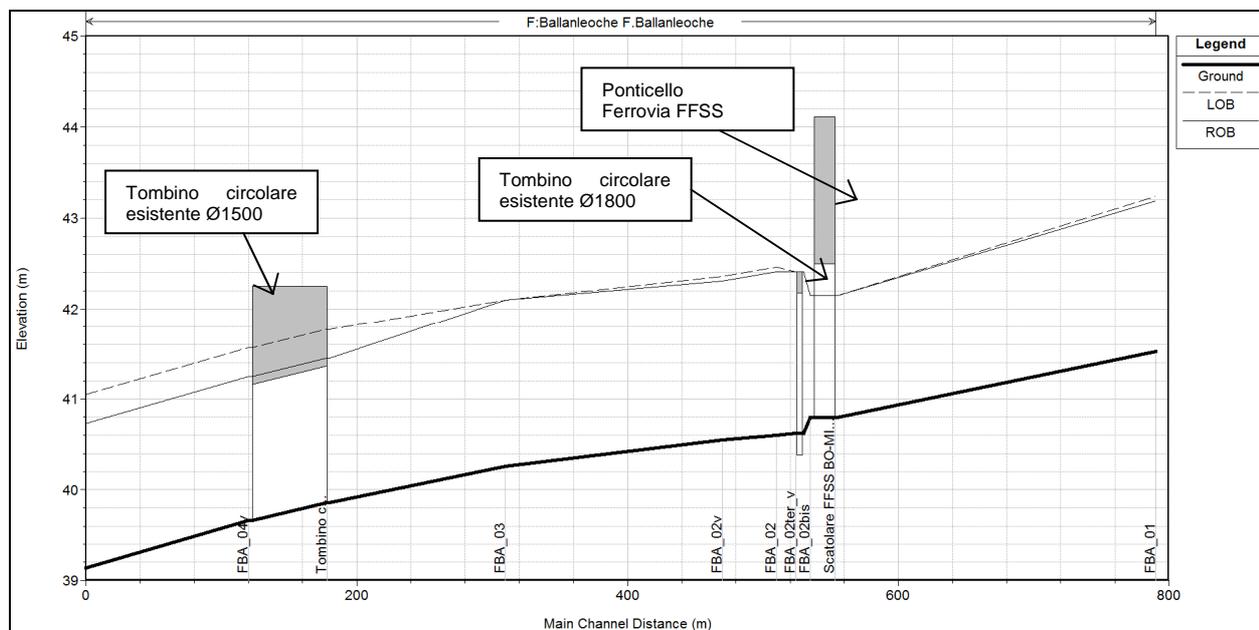


FIGURA 11-29: ANDAMENTO LONGITUDINALE DEL THALWEG NEL TRATTO DI CANALE CONSIDERATO

La tabella ed i grafici seguenti illustrano i risultati ottenuti andando ad individuare sia la portata massima ammissibile lungo tutto il tratto simulato nella configurazione morfologica attuale, sia nelle configurazioni di progetto.

Le risultanze delle propagazioni nelle configurazioni simulate consistono nell'espore le principali grandezze idrauliche, soprattutto in termini di livelli idrometrici raggiunti durante gli eventi considerati in corrispondenza delle varie sezioni trasversali del corso d'acqua. Inoltre, risultano calcolate le velocità medie della corrente nei singoli tratti dell'alveo sia in condizioni di alveo attuale che di progetto.

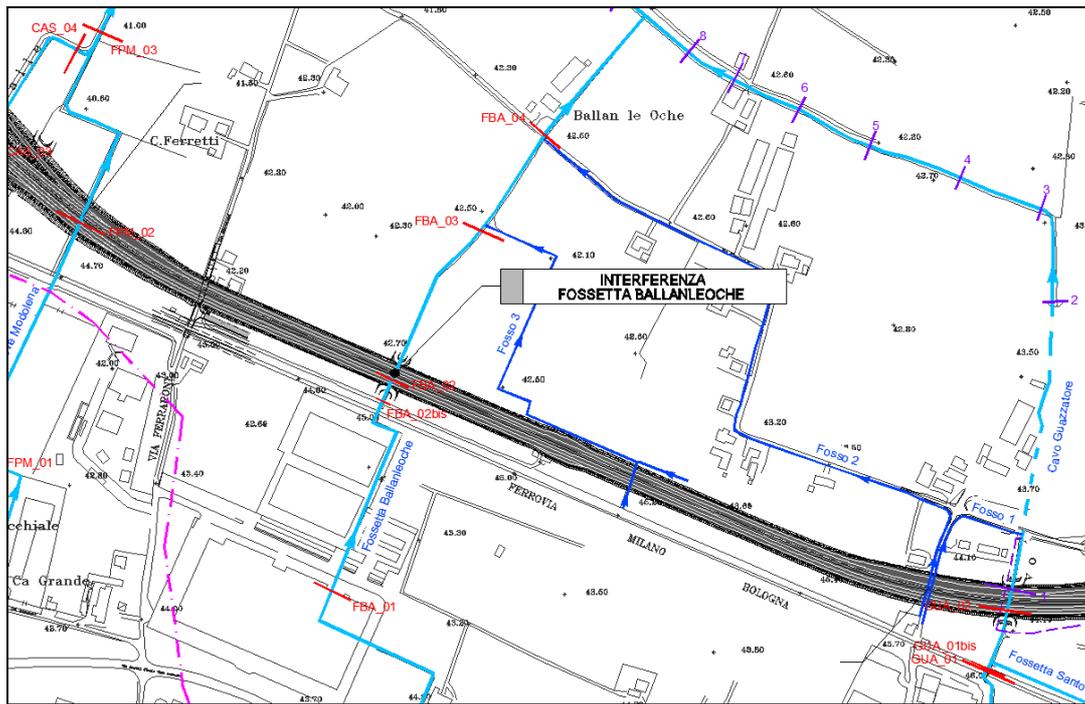


FIGURA 11-30: TRATTO DEL CANALE SIMULATO CON INDICAZIONE DELLE SEZIONI TOPOGRAFICHE

11.4.2.3 Risultati delle analisi negli Stati di Fatto

In questa configurazione è stato simulato il tratto di corso d'acqua in oggetto in occasione del raggiungimento del massimo livello di piena nella configurazione morfologica attuale.

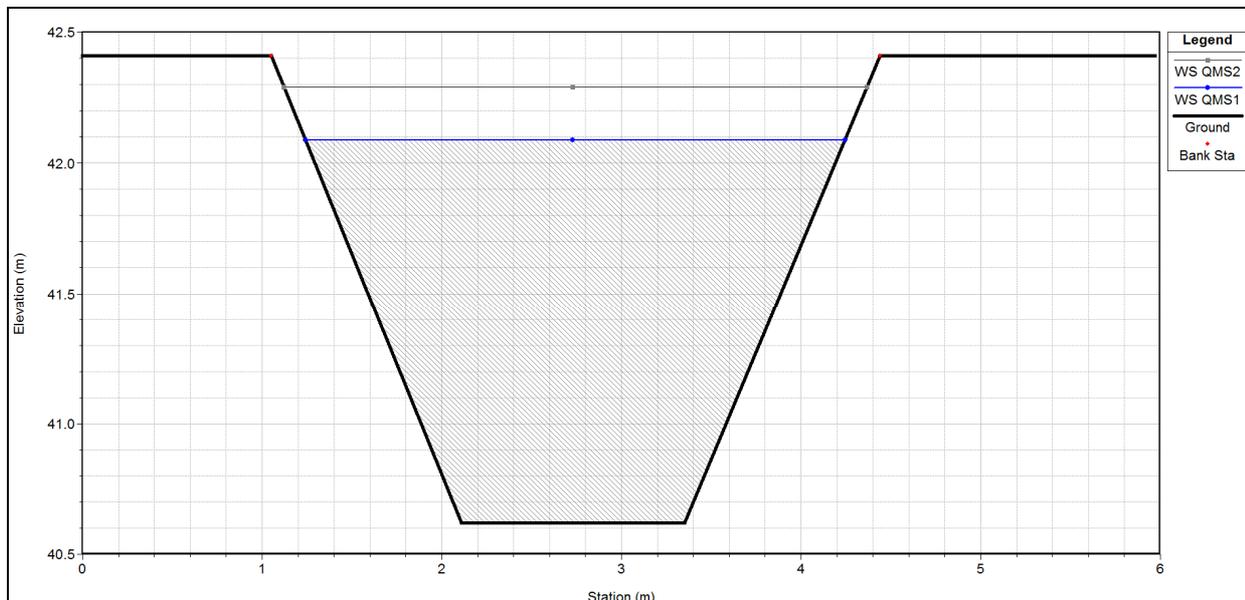


FIGURA 11-31: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER  $QMS1=2.20 \text{ m}^3/\text{s}$  ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'INTERFERENZA CON LA VIABILITÀ IN PROGETTO NELLO STATO DI FATTO

11.4.2.4 Risultati delle analisi negli Stati di Progetto

Stato di progetto 1

RELAZIONE IDROLOGICO E IDRAULICA: GESTIONE DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE

Nella configurazione di progetto 1 si considera l'inserimento del tombino di attraversamento della viabilità in progetto e la ricalibratura del corso d'acqua.

Di seguito si confrontano i principali parametri idraulici nella condizione di progetto 1 e stato di fatto dovuti al transito della  $Q_{MS1}$ .

**TABELLA 11-8: PARAMETRI IDRAULICI A CONFRONTO TRA STATO DI FATTO SF E STATO DI PROGETTO SP1 DURANTE LA PROPAGAZIONE DELLA  $Q_{MS1}=2.20M^3/SEC$**

Sezione Topografica	Progressiva [m]	Quota del fondo	QMS1 [m³/s]	Livelli idrometrici S.F.	Livelli idrometrici S.P.	$\Delta H$ [m]	Velocità S.F.	Velocità S.P.	Pendenza -	Carico totale S.F.	Carico totale S.P.
		[m s.l.m.]		[m s.l.m.]	[m s.l.m.]		[m/s]	[m/s]		[m]	[m]
Sez. FBA_01	0.00	41.52	2.20	42.94	42.93	-0.01	0.76	0.76	0.0031	42.97	42.96
Sez. FBA_02bis_m	235.00	40.80	2.20	42.18	42.10	-0.08	1.74	1.84	0.0000	42.33	42.27
Ponticello Ferrovia FFSS	237.00	40.80	Bridge	42.18	42.10	-0.08	1.74	1.85	0.0000	42.31	42.25
Sez. FBA_02bis	255.00	40.80	2.20	41.97	41.66	-0.31	2.05	2.84	0.0600	42.19	42.07
Sez. FBA_02ter	260.00	40.50	2.20	42.09	41.62	-0.47	0.71	1.05	0.0083	42.11	41.67
Tombino Circolare Ø1800	262.00	40.48	Culvert	42.07	41.60	-0.47	0.70	1.05	0.0000	42.10	41.66
Sez. FBA_02ter_v	266.00	40.45	2.20	42.05	41.55	-0.50	0.73	1.08	0.0036	42.08	41.61
Sez. FBA_02	280.00	40.40	2.20	42.02	41.54	-0.48	0.81	0.95	0.0008	42.05	41.59
Scatolare TM09	282.00	40.40	Culvert	42.02	41.54	-0.48	0.82	0.95	0.0000	42.04	41.58
Sez. FBA_02v	340.00	40.35	2.20	41.93	41.53	-0.40	0.83	0.89	0.0011	41.97	41.57
Sez. FBA_03	480.00	40.20	2.20	41.47	41.33	-0.14	1.00	1.08	0.0026	41.52	41.39
Sez. FBA_04	610.00	39.86	2.20	41.06	41.05	-0.01	0.91	0.92	0.0033	41.10	41.09
Tombino Circolare Ø1500	612.00	39.86	Culvert	41.06	41.05	-0.01	0.92	0.95	0.0000	41.09	41.08
Sez. FBA_04v	670.00	39.66	2.20	40.75	40.75	0.00	1.07	1.07	0.0043	40.81	40.81
Sez. FBA_05	790.00	39.14	2.20	40.33	40.33	0.00	0.92	0.92	0.0000	40.37	40.37

In corrispondenza del manufatto di attraversamento il valore di portata  $Q_{MS1}$  genera un riempimento pari al 70% della sezione di deflusso del tombino in progetto (vedi paragrafo riassuntivo 11.8). Rispetto allo stato di fatto, quello di progetto presenta livelli idrici con quote più basse, limitatamente all'area risezionata, dovute all'abbassamento del fondo del canale e alla riduzione della scabrezza per l'effetto del rivestimento in massi di sponde e fondo.

RELAZIONE IDROLOGICO E IDRAULICA: GESTIONE DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE

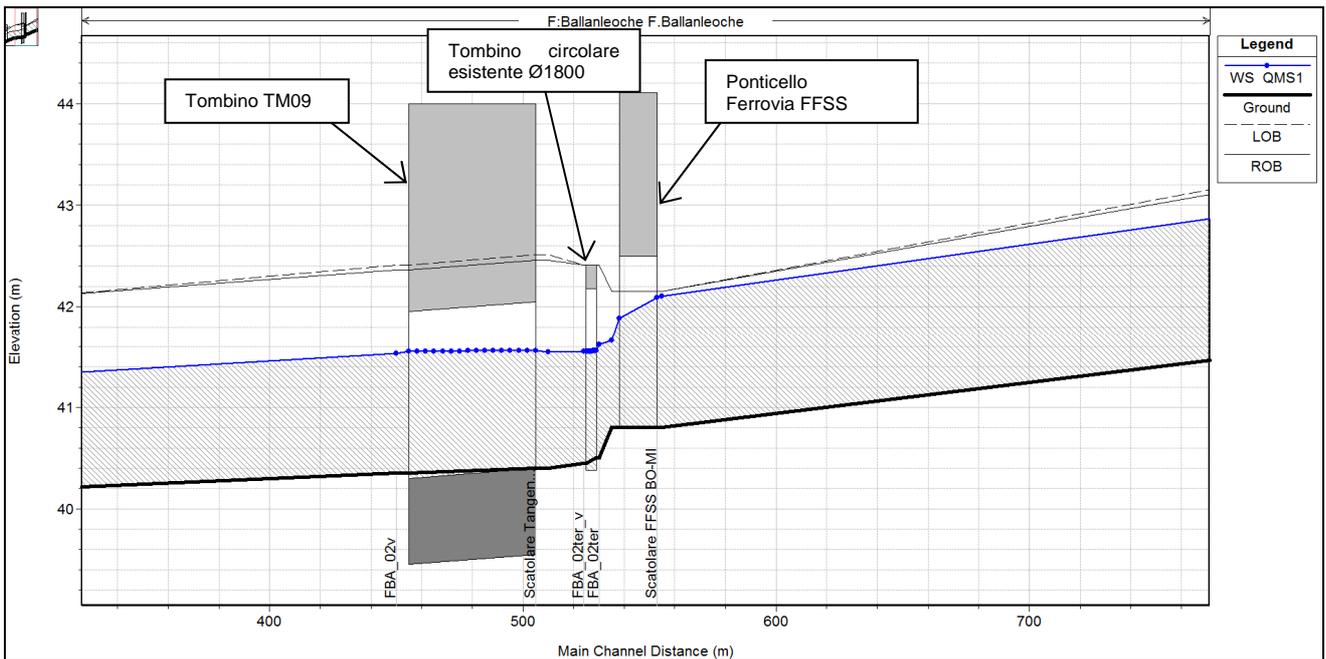


FIGURA 11-32: PROFILO DI RIGURGITO NELLO STATO DI PROGETTO 1 PER UNA PORTATA CIRCOLANTE  $Q_{MS1}=2.20 \text{ m}^3/\text{SEC}$

Stato di progetto 2

Nella configurazione di progetto 2 è stato ipotizzato un incremento di circa il 30% della  $Q_{MS1}$  assimilabile all'adeguamento spondale/arginale nelle sezioni più critiche. Si riporta di seguito il confronto tra i profili di rigurgito nei due stati di progetto esaminati.

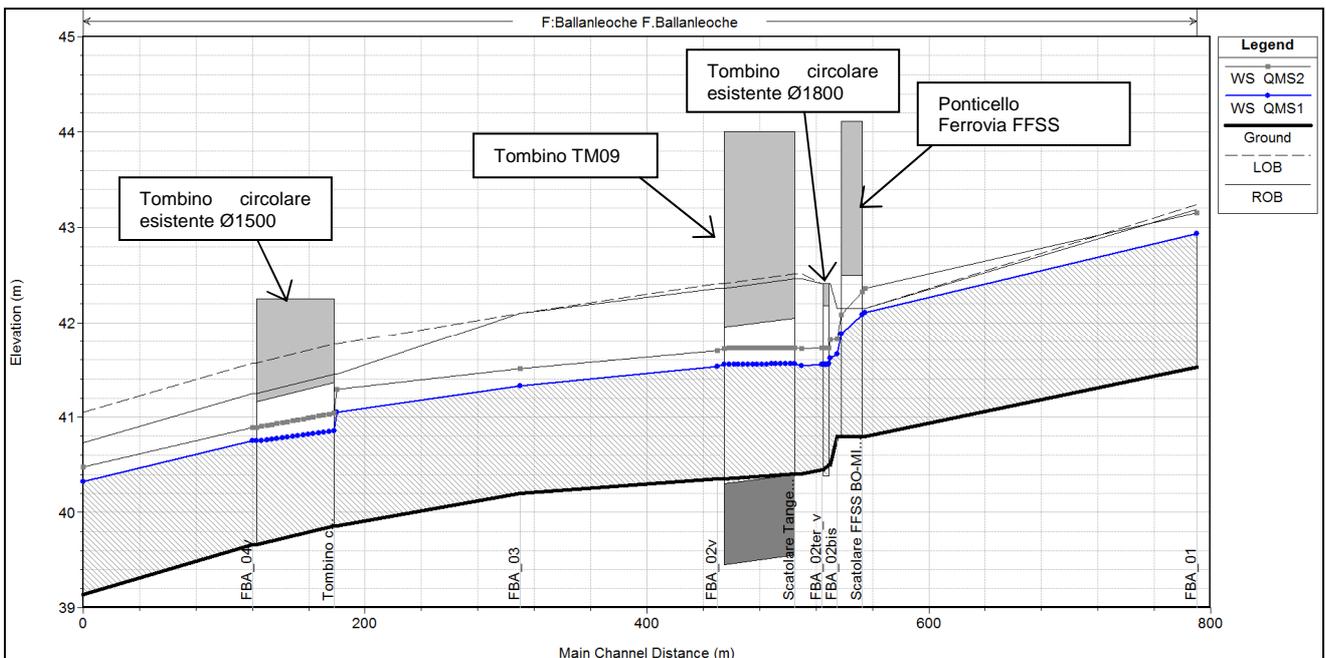


FIGURA 11-33: PROFILI DI RIGURGITO A CONFRONTO TRA  $Q_{MS1}=2.20 \text{ m}^3/\text{SEC}$  E  $Q_{MS2}=2.90 \text{ m}^3/\text{SEC}$

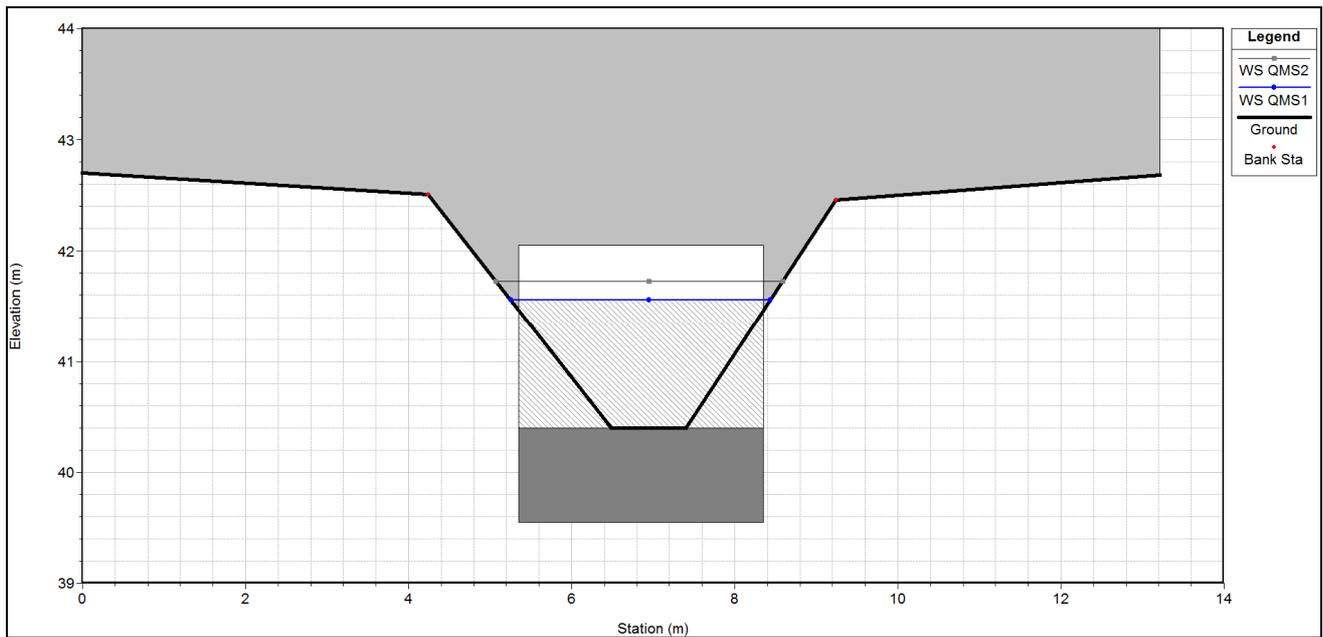


FIGURA 11-34: CONFRONTO TRA  $QMS1=2.20 \text{ m}^3/\text{SEC}$  E  $QMS2=2.90 \text{ m}^3/\text{SEC}$  NELLA SEZIONE IN CORRISPONDENZA DELL'IMBOCCO DEL TOMBINO TM09

## 11.5. FOSSETTA VALLE PIEVE MODOLENA E FOSSETTA CASTELLARA

### 11.5.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali dell'alveo

La Fossetta Valle Pieve Modolena e la Fossetta Castellara sono corsi d'acqua gestiti dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, che sono interferite dalla viabilità in progetto rispettivamente alla progressiva Pk 03+120 e la Pk 03+250.

Entrambi i corsi d'acqua sono canali promiscui, principalmente di scolo e presentano una sezione in scavo di forma trapezoidale con fondo in terra e sponde inerbite; sono assenti alberature ed arbusti sui cigli spondali. L'alveo è caratterizzato dalla presenza di materiali fini sul fondo, ascrivibili al sistema dei limi e dei limi argillosi.

Poiché i due canali si uniscono poco a valle della tangenziale è stato previsto, in accordo con gli enti competenti, di spostare il raccordo subito a monte, al fine di realizzare un solo attraversamento idraulico, opportunamente dimensionato per garantire il deflusso in sicurezza degli apporti idrici di entrambi i corsi d'acqua in esame. La scelta di un unico attraversamento per entrambi giustifica la trattazione nel medesimo capitolo.

La Fossetta Valle Pieve Modolena si sviluppa con andamento SudO-Nord fino alla confluenza nel Cavo Guazzatore. Al fine di realizzare un unico attraversamento idraulico, il corso d'acqua viene deviato verso ovest fino alla Pk 03+193 dove è previsto il tombino scatolare TM10, realizzato in opera in CA con dimensioni interne  $B=2.75\text{m}$ ,  $H=2.25\text{m}$  e lunghezza di circa 70m. La deviazione della fossetta si estende a ridosso del piede della scarpata della tangenziale lato sud, per circa 90m con sezione trapezia:  $B=3.0\text{m}$ ,  $b=0.5\text{m}$  e  $H=1.0\text{m}$ .



FIGURA 11-35: FOSSETTA VALLE PIEVE MODOLENA A VALLE DELL'INTERFERENZA CON LA STRADA IN PROGETTO

Tale deviazione prevede il rivestimento del fondo e delle sponde con massi di cava non gelivi di pezzatura da 50-100 Kg/cad, intasati con terreno di sterro.

Al fine di garantire la continuità di una pista di servizio, necessaria per la gestione e manutenzione delle scarpate stradali e della pulizia dei fossi di guardia, è previsto un attraversamento poderale sulla Fossetta Valle Pieve Modolena, rappresentato da un tombino scatolare in CA (TM25) con dimensioni interne  $B=2.0\text{m}$  e  $H=1.0\text{m}$  e lunghezza di 6.0m, posto immediatamente a monte dell'inizio del tratto deviato.

La scelta di uno scatolare con luce decisamente minore rispetto a quella del tombino TM10 sta nel fatto che il TM25 deve garantire il deflusso in sicurezza delle sole acque della Fossetta Valle Pieve Modolena, inoltre tale attraversamento è ad uso esclusivamente poderale.

Tabella 11-9: principali caratteristiche della Fossetta Valle Pieve Modolena

NOME	<b>FOSSETTA VALLE PIEVE MODOLENA</b>	
ENTE GESTORE	Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale	
LOCALITA'	Pieve Modolena	
PROGRESSIVA	03+120.00	
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	<i>Rettilineo</i>
	TIPO SEZIONE	<i>in scavo</i>
	TIPO ALVEO	<i>alveo artificiale in scavo a sezione trapezoidale</i>
	<i>EROSIONI</i>	<i>assenza di erosioni</i>
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	<i>Secondario</i>
	USO	<i>Promiscuo</i>
	GRANULOMETRIA	<i>limo argilloso</i>
	AMBIENTE FLUVIALE	<i>vegetazione spondale erbacea rada</i>
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	<i>campagna aperta con presenza di infrastrutture stradali e ferroviarie</i>
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI AL CONTORNO	<i>corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle</i>
	SCABREZZA (m <sup>1/3</sup> /s)	22-25

La Fossetta Castellara si sviluppa con andamento Sud-Nord fino alla confluenza nella Fossetta Valle Pieve Modolena a valle della viabilità in progetto. Al fine di realizzare un unico attraversamento idraulico, il corso d'acqua viene deviato verso est fino alla Pk 03+193 dove è previsto il tombino scatolare TM10, precedentemente descritto. La deviazione della fossetta si estende a ridosso del piede della scarpata della tangenziale lato sud, per circa 85m con sezione trapezia: B=1.0m, b=1.0m e H=1.5m. Tale deviazione prevede il rivestimento del fondo e delle sponde con massi di cava non gelivi di pezzatura da 50-100 Kg/cad, intasati con terreno di sterro.



FIGURA 11-36: FOSSETTA CASTELLARA A VALLE DELL'INTERFERENZA CON LA STRADA IN PROGETTO

Il tombino TM10 è posto ad una quota di scorrimento all'imbocco pari a 39.50m s.l.m. e allo sbocco pari a 39.40m s.l.m. A valle di questo è prevista la realizzazione di un nuovo tratto di canale in grado di collettare in sicurezza le acque di entrambe le fossette descritte: B=4.8m, b=1.3m, H=1.7m. Questo ha una lunghezza di circa 55m, rivestito su fondo e sponde con massi di cava non gelivi di pezzatura di 50-100Kg/cad e si raccorda alla Fossetta Valle Pieve Modolena, nel tratto esistente a valle della tangenziale.

Al fine di garantire la continuità di una pista di servizio, necessaria per la gestione e manutenzione delle scarpate stradali e della pulizia dei fossi di guardia, è previsto un attraversamento poderale sulla Fossetta Castellara, rappresentato da un tombino scatolare in CA (TM26) con dimensioni interne B=2.0m e H=1.5m e lunghezza di 6.0m, posto immediatamente a monte dell'inizio del tratto deviato.

La scelta di uno scatolare con luce decisamente minore rispetto a quella del tombino TM10 sta nel fatto che il TM26 deve garantire il deflusso in sicurezza delle sole acque della Fossetta Castellara, inoltre tale attraversamento è ad uso esclusivamente poderale.

Come concordato con il Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, il tombino TM10 è prolungato a valle per garantire il passaggio di una pista di larghezza 5m, mentre all'imbocco il prolungamento non è previsto, perché il passaggio poderale è garantito dai due tombini poderali TM25 e TM26 precedentemente descritti.

Gli imbocchi e gli sbocchi sono stati risolti con un manufatto di contenimento costituito da un muro in CA con le ali ben intestate nelle sponde e nel fondo. All'imbocco i muri d'ala presentano un'apertura di 45° per consentire un miglior raccordo con le sponde dei due fossi, che qui convergono.

Tabella 11-10: principali caratteristiche della Fossetta Castellara

NOME	<b>FOSSETTA CASTELLARA</b>	
ENTE GESTORE	<i>Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale</i>	
LOCALITA'	<i>Pieve Modolena</i>	
PROGRESSIVA	<i>03+250.00</i>	
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	<i>Rettilineo</i>
	TIPO SEZIONE	<i>in scavo</i>
	TIPO ALVEO	<i>alveo artificiale in scavo a sezione trapezoidale</i>
	<i>EROSIONI</i>	<i>assenza di erosioni</i>
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	<i>secondario</i>
	USO	<i>promiscuo</i>
	GRANULOMETRIA	<i>limo argilloso</i>
	AMBIENTE FLUVIALE	<i>vegetazione spondale erbacea rada</i>
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	<i>campagna aperta con presenza di infrastrutture stradali e ferroviarie</i>
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI AL CONTORNO	<i>corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle</i>
	SCABREZZA (m <sup>1/3</sup> /s)	<i>22-25</i>

A valle dell'interferenza con la tangenziale, il corso d'acqua riceve le acque di scarico degli impianti di depurazione ID03 e ID04 e del Sottovia ciclabile di Via Ferraroni, le cui portate massime scaricate sono rispettivamente pari a 20 l/s, 16 l/s e 10 l/s.

La Fossetta Castellara, oltre ad essere interferita dalla tangenziale, lo è anche dal sottovia ferroviario MI-BO dello Svincolo di Pieve Modolena. di cava non gelivi di pezzatura di 50-100Kg/cad intasati con terreno di sterro.

### 11.5.2. Verifiche idrauliche

#### 11.5.2.1 Definizione delle portate di progetto

Nel caso in esame i due corsi d'acqua sono stati studiati mediante un unico modello idraulico e le portate di riferimento adottate si riferiscono a quelle massime sostenibili all'interno del tratto di corso d'acqua analizzato.

Per la Fossetta Valle Pieve Modolena:

1. massima portata sostenibile a franco nullo lungo l'intero tratto esaminato,  $Q_{MS1}=1.20 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
2. massima portata sostenibile incrementata a seguito degli adeguamenti in quota dei tratti di maggior criticità  $Q_{MS2}=1.50 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Per la Fossetta Castellara:

3. massima portata sostenibile a franco nullo lungo l'intero tratto esaminato,  $Q_{MS1}=3.50 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
4. massima portata sostenibile incrementata a seguito degli adeguamenti in quota dei tratti di maggior criticità  $Q_{MS2}=4.50 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Per il tratto a valle della confluenza dei due fossi:

5. massima portata sostenibile a franco nullo lungo l'intero tratto esaminato,  $Q_{MS1}=1.20+3.50=4.70 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
6. massima portata sostenibile incrementata a seguito degli adeguamenti in quota dei tratti di maggior criticità  $Q_{MS2}=1.50+4.50=6.0 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Avendo constatato che il tratto oggetto di analisi è caratterizzato da moderata lunghezza ed estensione, e specialmente considerando il fatto che le opere idrauliche in progetto non determinano significativa riduzione del volume d'alveo disponibile per la laminazione delle piene, sono state effettuate simulazioni idrauliche in moto permanente (stazionario).

I valori di scabrezza assunti tengono conto della combinazione di diversi fattori che intervengono nella caratterizzazione delle perdite distribuite durante un evento di piena:

16. caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo,
17. caratteristiche morfologiche e geometriche del tratto d'alveo e brusche variazioni di geometria della sezione;
18. caratterizzazione della copertura vegetale presente nelle zone spondali.

Sulla base dei sopralluoghi effettuati, dei riferimenti bibliografici che si riconducono ai principali studi in materia si sono quindi assunti valori opportuni della scabrezza in funzione non solo della copertura vegetale ma anche del tipo e granulometria del materiale presente in alveo.

#### 11.5.2.2 Scenari simulati

Ai fini modellistici, le condizioni di riferimento per la verifica degli attraversamenti in progetto sono le

seguenti:

- *stato di fatto*, che considera la morfologia attuale dei corsi d'acqua, senza l'introduzione di alcuna deviazione e di opere in progetto;
- *stato di progetto 1*, che prevede l'introduzione delle deviazioni e dei manufatti di attraversamento, ed una portata circolante pari alla portata di progetto  $Q_{MS1}$  per entrambi i corsi d'acqua;
- *stato di progetto 2*, che, oltre a prevedere l'introduzione delle deviazioni e dei manufatti in progetto, tiene conto della possibilità che vengano realizzate opere di adeguamento spondale (portate circolanti pari alle portate di progetto  $Q_{MS2}$ ).

Per l'implementazione degli scenari sopra esposti, i parametri idraulici di calcolo sono:

- rappresentazione geometrica dei corsi d'acqua: ricavata dal rilievo topografico eseguito ad hoc per la progettazione definitiva, nonché, per lo stato di progetto, dalla geometria di progetto;
- portate di riferimento, assunte come portate massime ammissibili nelle diverse configurazioni sopra esposte;
- condizione di valle: pendenza di moto uniforme 0.10%;
- scabrezza secondo G.-Strickler pari a 20-25  $m^{1/3}/sec$ , differenziata tra sponde e alveo, mentre, nei tratti dove è presente lo scatolare e quindi il rivestimento in massi, il coefficiente di scabrezza è pari a 40-50  $m^{1/3}/sec$ .

Il modello geometrico utilizzato è stato costruito sulla base dei rilievi topografici realizzati nel 2012 proprio nell'ambito del presente progetto definitivo ed integrati con i rilievi eseguiti durante i sopralluoghi. Il modello idraulico è costituito da 8 sezioni trasversali d'alveo, oltre a quelle relative alle geometrie dei manufatti, che rappresentano in modo esaustivo gli alvei attivi.

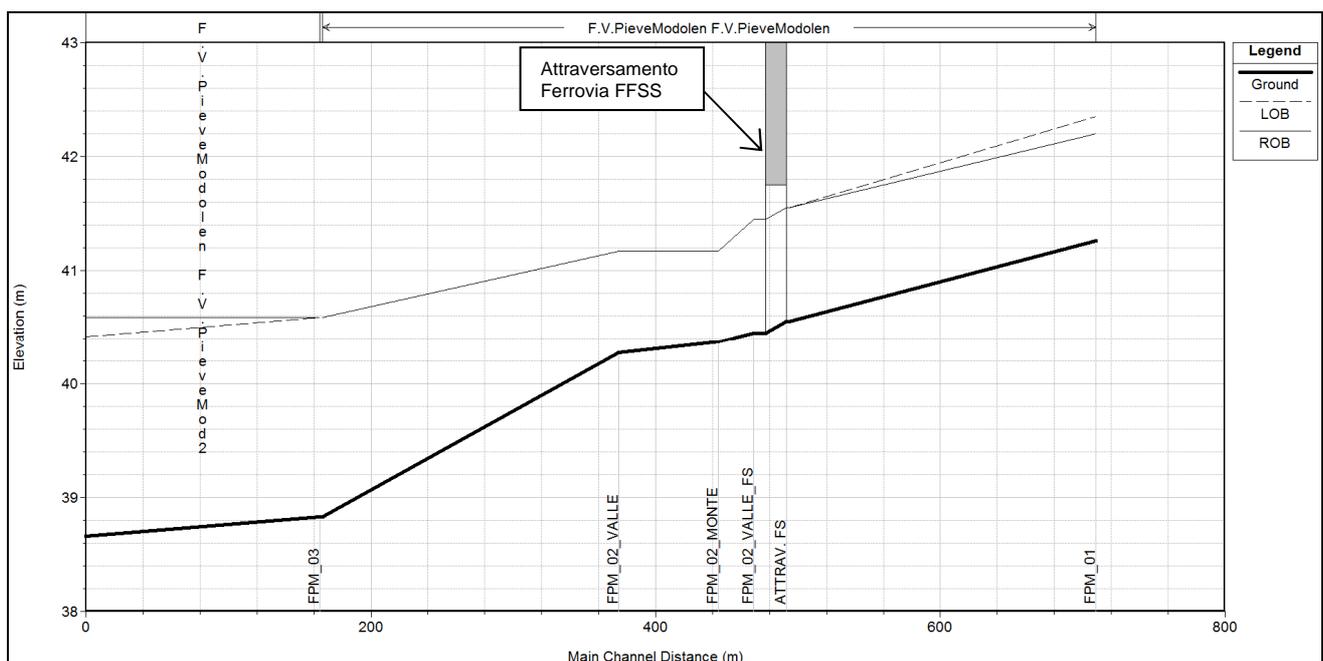


FIGURA 11-37: ANDAMENTO LONGITUDINALE DEL THALWEG PER IL TRATTO CONSIDERATO DELLA FOSSETTA VALLE PIEVE

MODOLENA

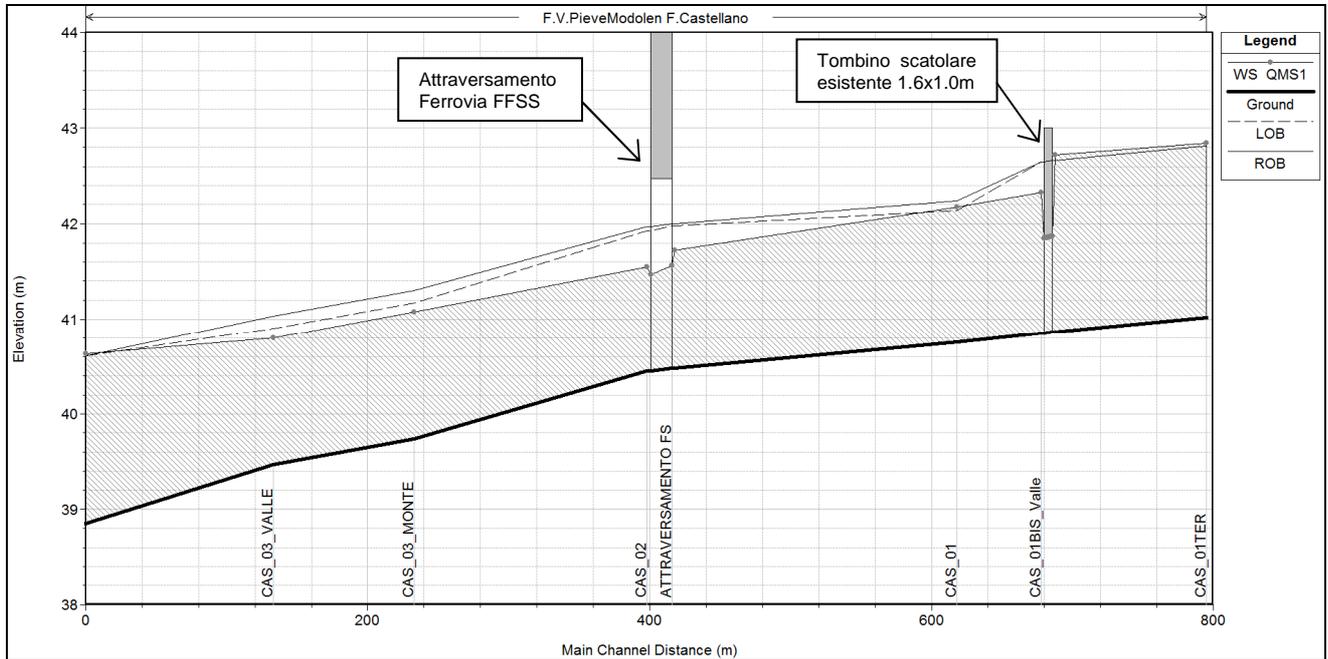


FIGURA 11-38: ANDAMENTO LONGITUDINALE DEL THALWEG PER IL TRATTO CONSIDERATO DELLA FOSSETTA CASTELLARA

La tabella ed i grafici seguenti illustrano i risultati ottenuti andando ad individuare sia la portata massima ammissibile lungo tutto il tratto simulato nella configurazione morfologica attuale, sia nelle configurazioni di progetto. Le risultanze delle propagazioni nelle configurazioni simulate consistono nell'espore le principali grandezze idrauliche, soprattutto in termini di livelli idrometrici raggiunti durante gli eventi considerati in corrispondenza delle varie sezioni trasversali del corso d'acqua. Inoltre, risultano calcolate le velocità medie della corrente nei singoli tratti dell'alveo sia in condizioni di alveo attuale che di progetto.

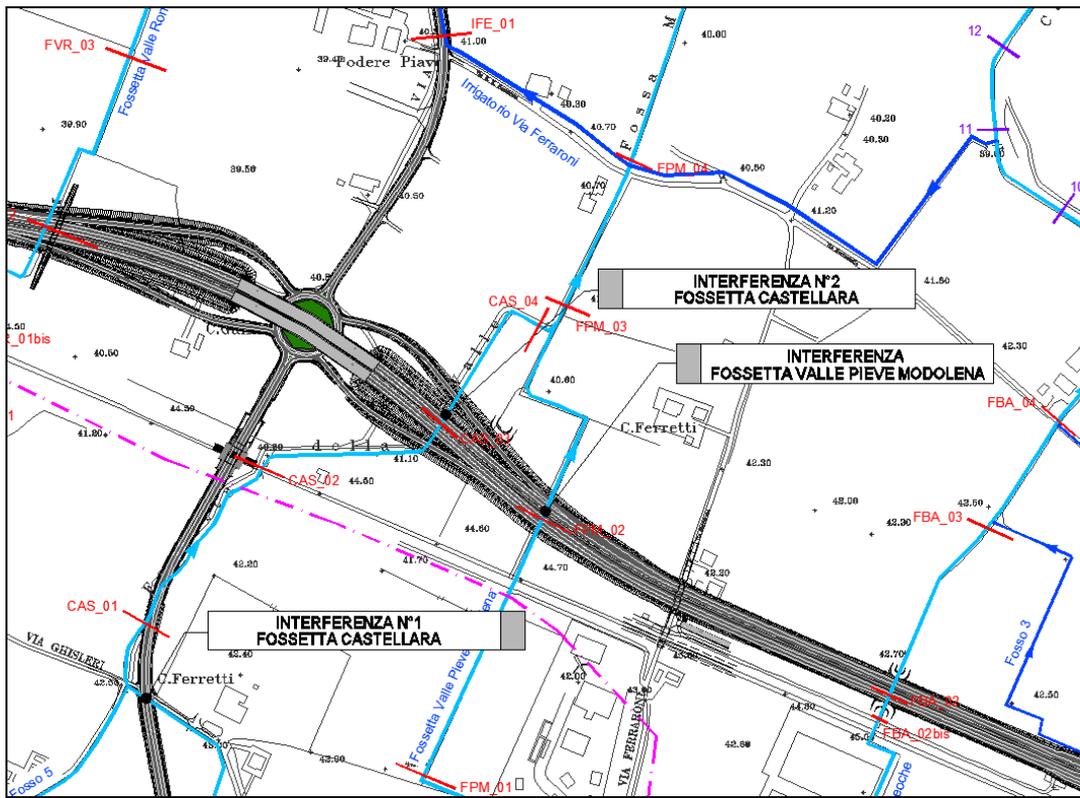


FIGURA 11-39: TRATTO DEI CORSI D'ACQUA SIMULATI CON INDICAZIONE DELLE SEZIONI TOPOGRAFICHE

### 11.5.2.3 Risultati delle analisi negli Stati di Fatto

In questa configurazione sono stati simulati i tratti dei corsi d'acqua in oggetto in occasione del raggiungimento del massimo livello di piena nella configurazione morfologica attuale.

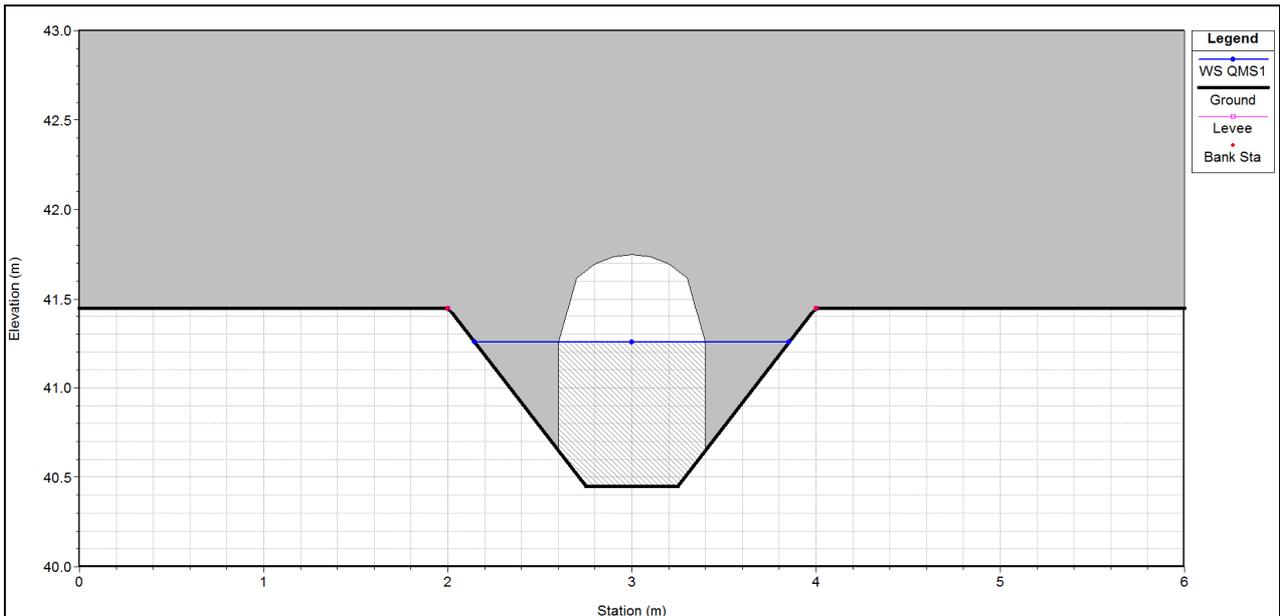
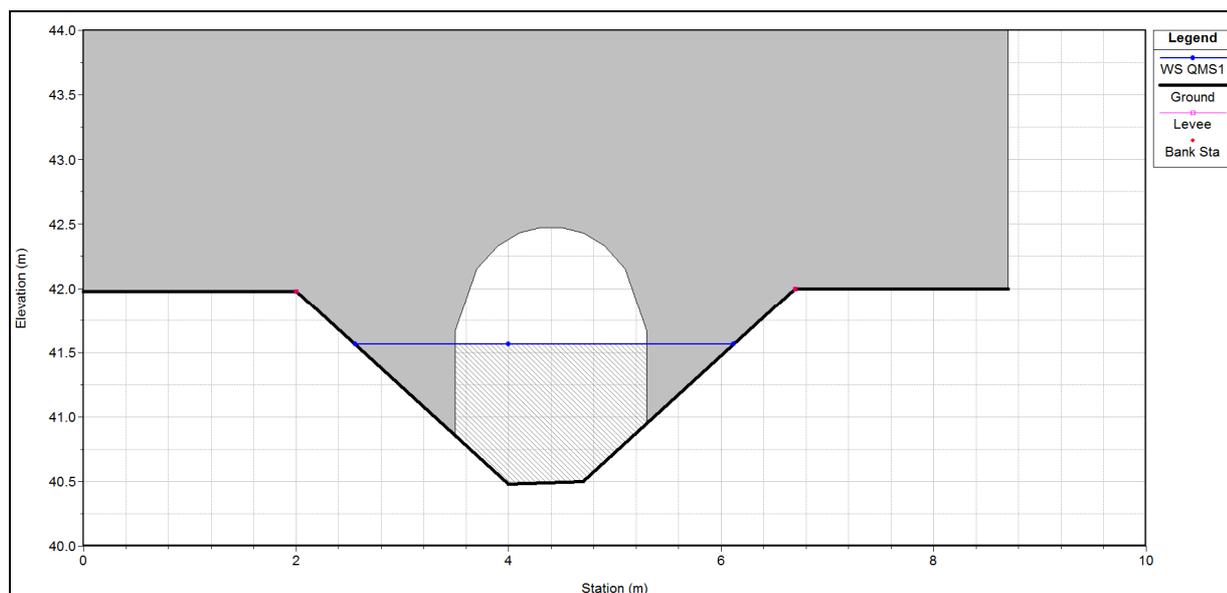


FIGURA 11-40: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO CON LA PORTATA  $Q_{MS1}$  NEL FOSSETTA VALLE PIEVE MODOLENA ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELLA FERROVIA FFSS MI-BO



**FIGURA 11-41: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO CON LA PORTATA  $Q_{MS1}$  NEL FOSSETTA CASTELLARA ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELLA FERROVIA FFSS MI-BO**

#### 11.5.2.4 Risultati delle analisi negli Stati di Progetto

##### Stato di progetto 1

Nella configurazione di progetto 1 si considera l'inserimento delle deviazioni e dei tombini di progetto. Di seguito si riportano i principali parametri idraulici nella condizione di progetto 1 dovuti al transito della  $Q_{MS1}$ .

**TABELLA 11-11: FOSSETTA CASTELLARA: PARAMETRI IDRAULICI NELLO STATO DI PROGETTO SP1 DURANTE LA PROPAGAZIONE DELLA QMS1**

Sezione Topografica	Progressiva	Quota del fondo	QMS1	Livelli idrometrici S.P.	Velocità S.P.	Pendenza	Carico totale S.P.
	[m]	[m s.l.m.]	[m³/s]	[m s.l.m.]	[m/s]	-	[m]
CAS_01TER	0.00	41.30	3.50	42.70	1.16	0.0026	42.76
CAS_01TER_1	77.00	41.10	3.50	42.46	1.20	0.0036	42.54
Tombino TM11	79.00	41.10	Culvert	42.45	1.22	0.0000	42.52
CAS_01TER_2	91.00	41.05	3.50	42.39	1.24	0.0071	42.47
CAS_01TER_m	117.00	40.87	3.50	42.35	1.05	0.0015	42.41
Tombino TM21	119.00	40.87	Culvert	42.34	1.08	0.0000	42.38
CAS_01BIS_v	127.00	40.85	3.50	42.29	1.11	0.0015	42.35
CAS_01	187.00	40.76	3.50	42.17	0.95	0.0014	42.22
CAS_02_m	387.00	40.48	3.50	41.71	1.23	0.0000	41.79
Attrav. Ferrovia FFSS	389.00	40.48	Bridge	41.65	1.28	0.0000	41.75
CAS_02	407.00	40.45	3.50	41.52	1.54	0.0038	41.65
Sez. SP1	537.00	39.95	3.50	41.21	1.15	0.0050	41.27
Tombino TM26	539.00	39.95	Culvert	41.15	1.20	0.0000	41.22
Sez. SP2	547.00	39.90	3.50	41.09	1.25	0.0043	41.17
Sez. SP3	641.00	39.50	3.50	40.94	0.95	0.0000	40.98

**TABELLA 11-12: FOSSETTA VALLE PIEVE MODOLENA: PARAMETRI IDRAULICI NELLO STATO DI PROGETTO SP1 DURANTE LA PROPAGAZIONE DELLA  $Q_{MS1}$**

RELAZIONE IDROLOGICO E IDRAULICA: GESTIONE DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE

Sezione Topografica	Progressiva	Quota del fondo	QMS1	Livelli idrometrici S.P.	Velocità S.P.	Pendenza	Carico totale S.P.
	[m]	[m s.l.m.]	[m³/s]	[m s.l.m.]	[m/s]	-	[m]
FPM_01	0.00	41.26	1.20	42.07	0.79	0.0033	42.10
FPM_02_m	215.00	40.55	1.20	41.53	0.99	0.0000	41.58
Attrav. Ferrovia FFSS	217.00	40.50	Bridge	41.50	1.00	0.0000	41.50
FPM_02_v	240.00	40.45	1.20	41.22	1.45	0.0067	41.33
FPM_02_v_pista	255.00	40.35	1.20	40.97	2.02	0.0050	41.17
Tombino TM25	257.00	40.33	Culvert	40.99	1.80	0.0000	41.12
Sez. SP1	265.00	40.30	1.20	41.01	1.12	0.0101	41.07
Sez. SP2	344.00	39.50	1.20	40.98	0.46	0.0000	40.99
Sez. SP3_m	347.00	39.50	4.70	40.91	1.17	0.0013	40.98
Tombino TM10	352.00	39.45	Culvert	40.85	1.20	0.0000	40.95
Sez. SP3_v	422.00	39.40	4.70	40.79	1.24	0.0000	40.87
Sez. SP4	427.00	39.40	4.70	40.78	1.26	0.0041	40.86
FPM_03	567.00	38.83	4.70	40.57	1.00	0.0010	40.62
FPM_04	732.00	38.66	4.70	40.40	0.72	0.0000	40.43

In corrispondenza del manufatto di attraversamento delle viabilità in progetto (TM10) il valore di portata  $Q_{MS1}$  genera un riempimento minore rispetto al 70% della sezione di deflusso (vedi paragrafo riassuntivo 11.8).

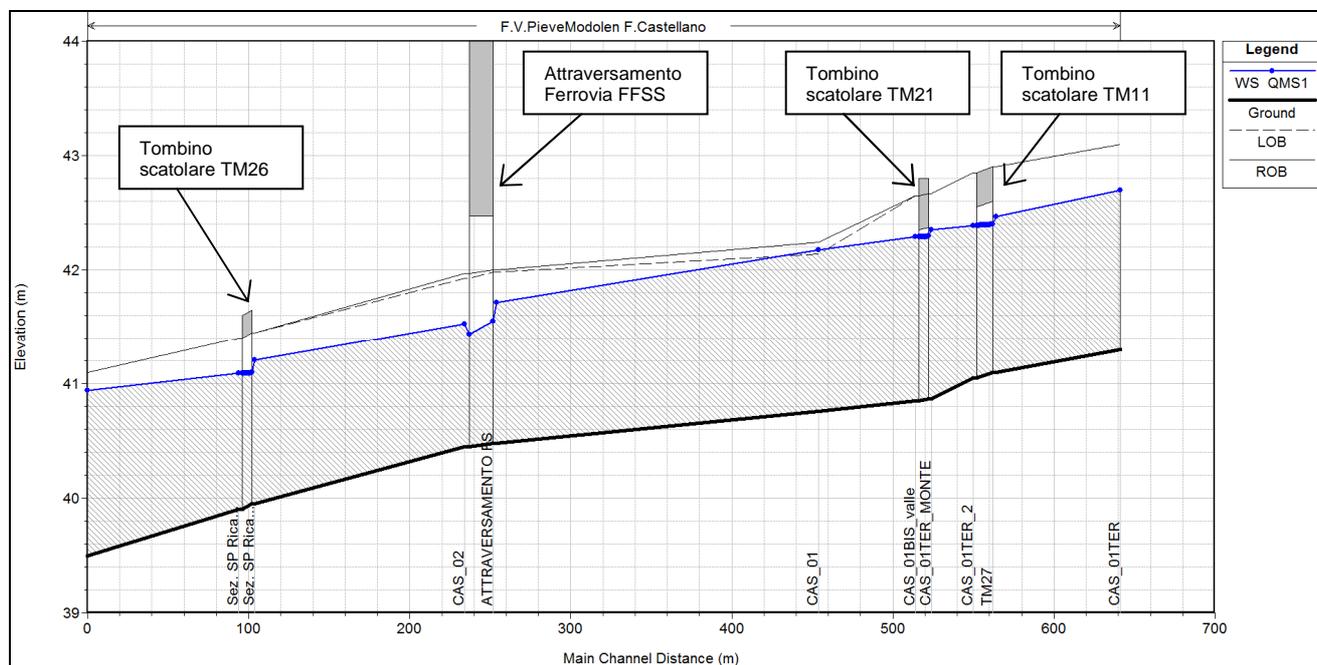


FIGURA 11-42: PROFILO DI RIGURGITO NELLO STATO DI PROGETTO 1 PER LA FOSSETTA CASTELLARA, PER UNA PORTATA CIRCOLANTE  $Q_{MS1}$ .

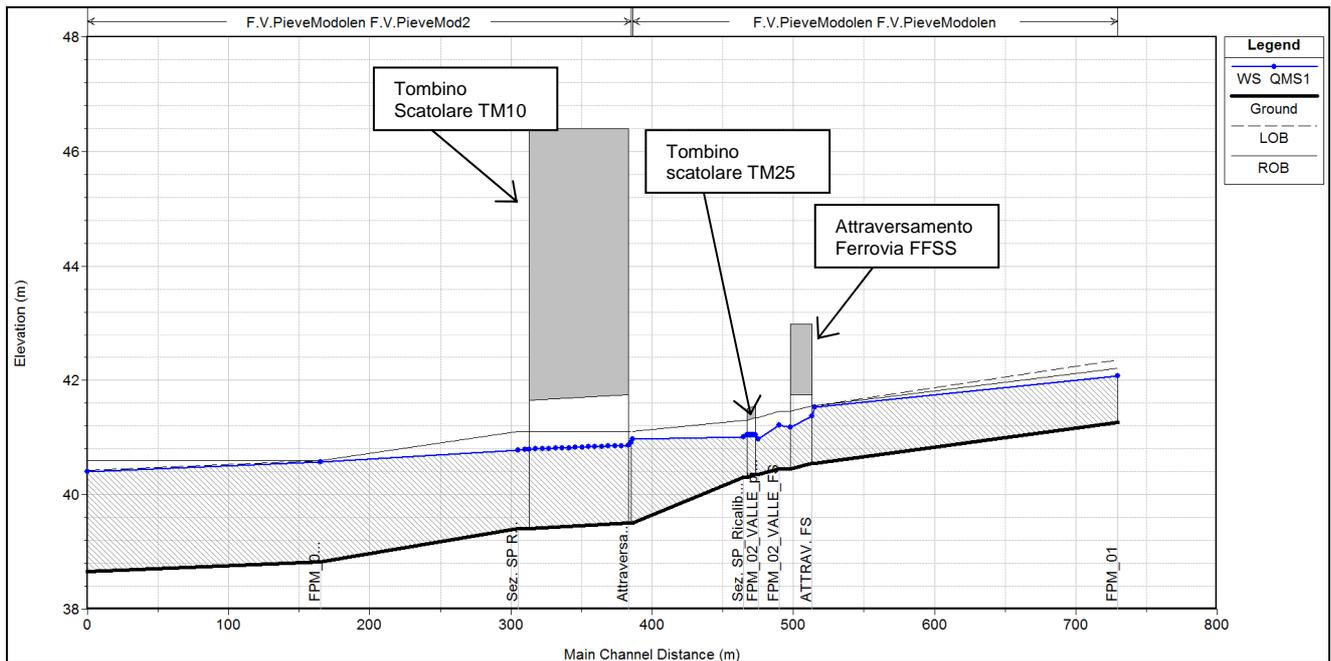


FIGURA 11-43: PROFILO DI RIGURGITO NELLO STATO DI PROGETTO 1 PER LA FOSSETTA VALLE PIEVE MODOLENA, PER UNA PORTATA CIRCOLANTE  $Q_{MS1}$

Il corso d'acqua riceve inoltre il contributo degli scarichi dell'impianto di depurazione ID03 e ID04 e dell'impianto di sollevamento IS09 del Sottovia di Via Ferraroni, per una portata complessiva di 46 l/sec che di fatto incrementa il valore della  $Q_{MS1}$  del 0.98%, per una portata complessiva  $Q_{sc}=4.756 \text{ m}^3/\text{sec}$ . Questo modesto incremento di portata genera un aumento del profilo di rigurgito non apprezzabile, quindi è garantisce la compatibilità degli scarichi nel corpo idrico recettore.

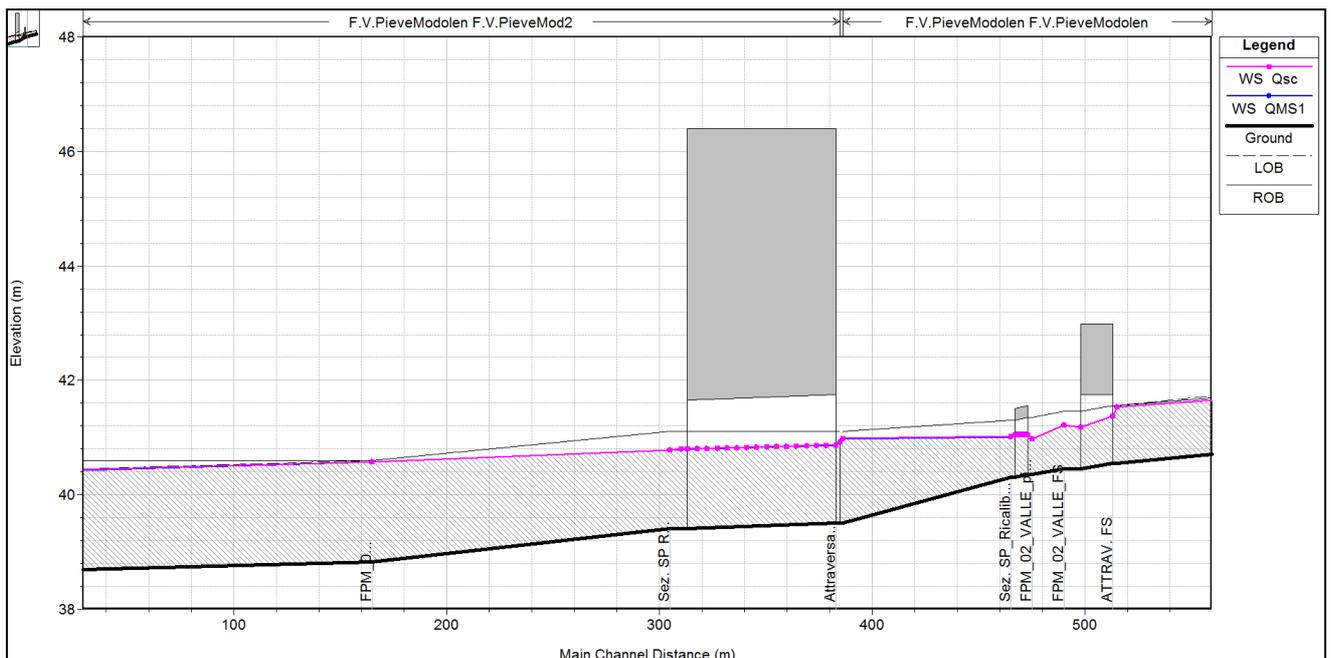


Figura 11-44 PROFILI DI RIGURGITO A CONFRONTO:  $Q_{MS1}=4.70 \text{ M}^3/\text{SEC}$  E  $Q_{SC}=4.736 \text{ M}^3/\text{SEC}$

Stato di progetto 2

Nella configurazione di progetto 2 è stato ipotizzato un incremento di circa il 30% delle  $Q_{MS1}$  assimilabile all'adeguamento spondale/arginale nelle sezioni più critiche. Si riporta di seguito il confronto tra i profili di rigurgito nei due stati di progetto esaminati.

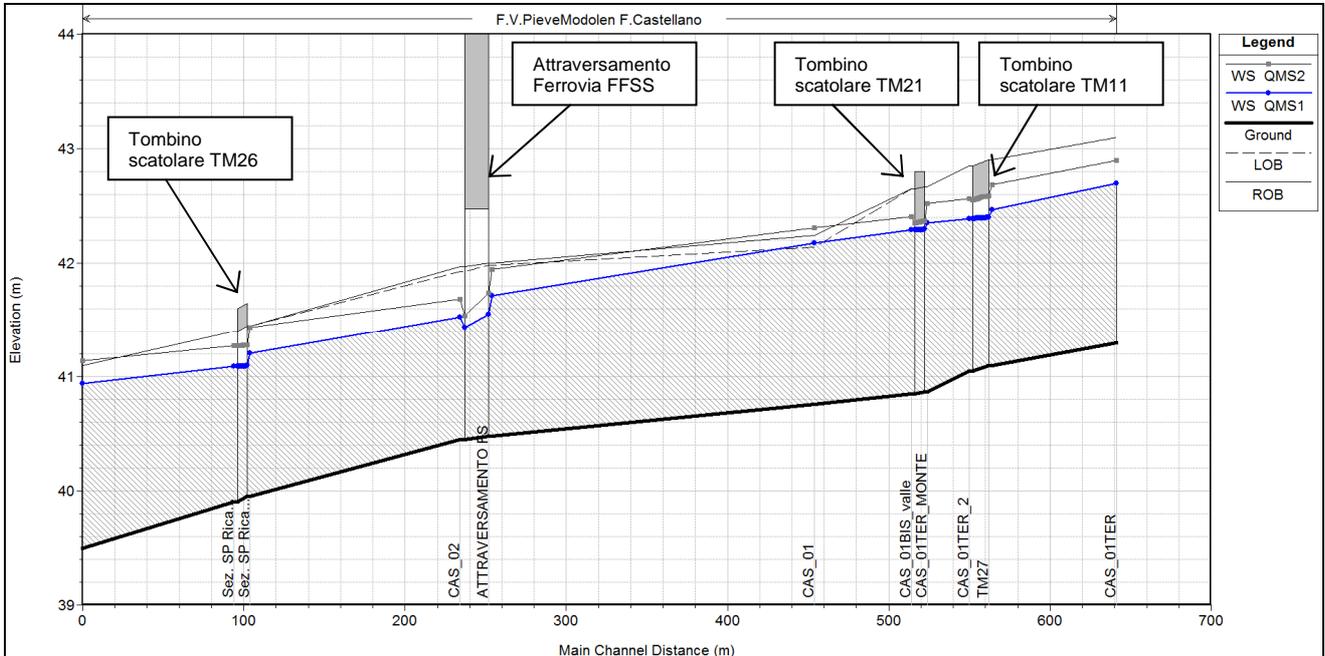


FIGURA 11-45: FOSSETTA CASTELLARA, PROFILI DI RIGURITO A CONFRONTO TRA  $Q_{MS1}$  E  $Q_{MS2}$ .

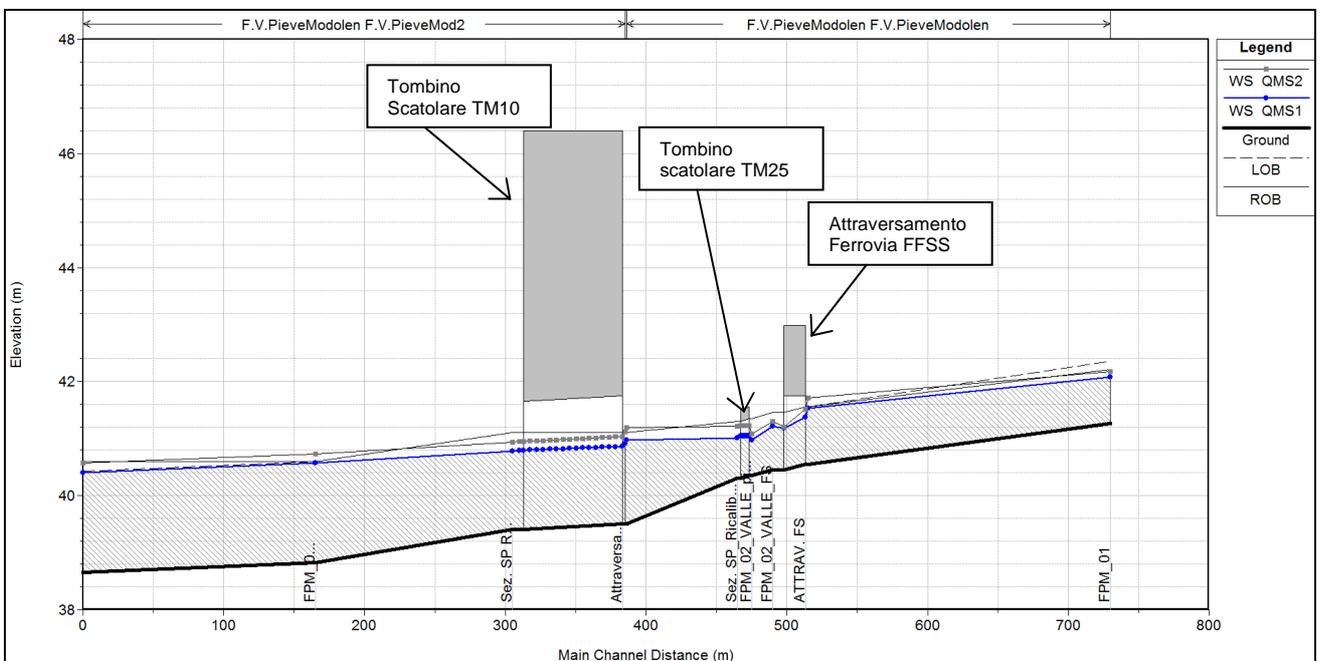


FIGURA 11-46: FOSSETTA VALLE PIEVE MODOLENA, PROFILI DI RIGURITO A CONFRONTO TRA  $Q_{MS1}$  E  $Q_{MS2}$ .

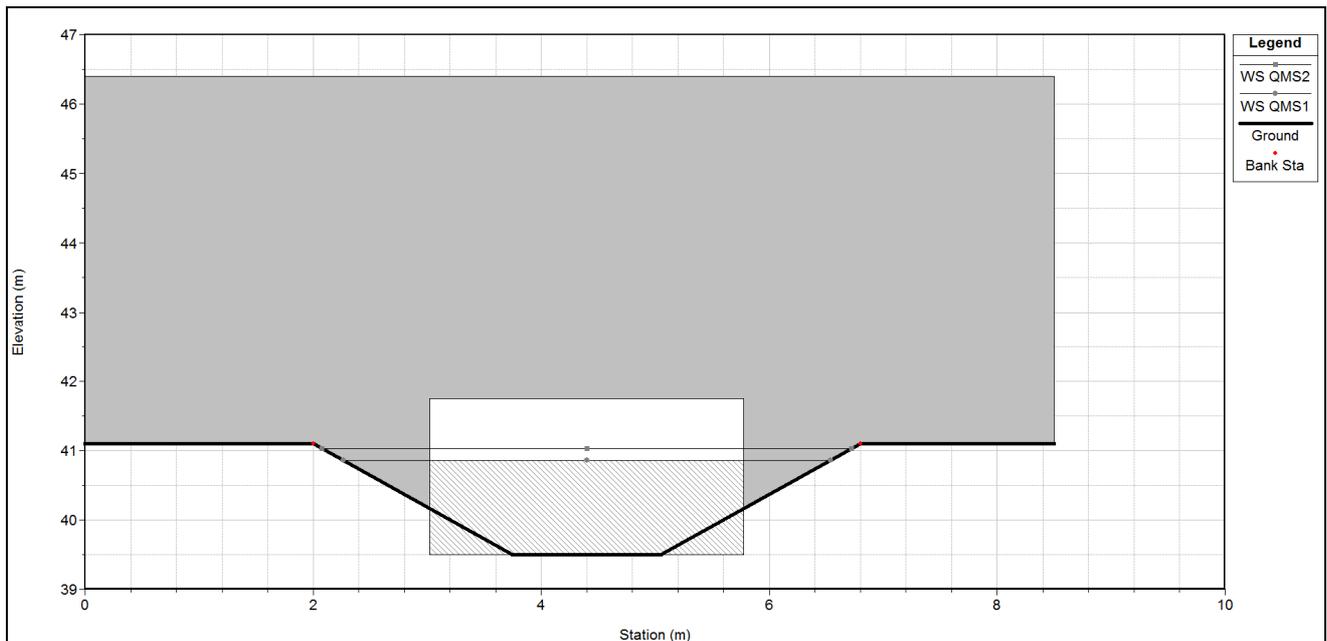


FIGURA 11-47: CONFRONTO TRA  $Q_{MS1}=4.70 \text{ m}^3/\text{SEC}$  E  $Q_{MS2}=6.00 \text{ m}^3/\text{SEC}$  NELLA SEZIONE IN CORRISPONDENZA DEL TOMBINO DI ATTRAVERSAMENTO

## 11.6. FOSSETTA VALLE RONCOCESI

### 11.6.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali dell'alveo

La Fossetta Valle Roncocesi è un corso d'acqua gestito dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, che interferisce con la viabilità in progetto alla progressiva Pk 03+712.00.

Il canale si sviluppa con andamento Sud-Nord fino alla confluenza nel Cavo Guazzatore. Il corso d'acqua in esame è un canale promiscuo, principalmente di scolo e presenta una sezione in scavo di forma trapezoidale con fondo in terra e sponde inerbite; sono assenti alberature ed arbusti sui cigli spondali. L'alveo è caratterizzato dalla presenza di materiali fini sul fondo, ascrivibili al sistema dei limi e dei limi argillosi.

La sezione trapezia del canale nel tratto interessato dall'attraversamento stradale presenta una base maggiore di 3.50m, base minore di 0.70m ed altezza pari a 1.00m.

L'interferenza con la viabilità in progetto viene risolta mediante l'inserimento di un tombino scatolare (TM14) in CA realizzato in opera di dimensioni 2.00x1.50m e lunghezza 62m, la cui quota di scorrimento è pari a 39.55m s.l.m. all'imbocco e 39.36m s.l.m. allo sbocco. Come concordato con il Consorzio di Bonifica, la tombinatura è stata prolungata monte/valle per garantire il passaggio di una pista di larghezza 5m, mentre gli imbocchi e gli sbocchi sono stati risolti con un manufatto di contenimento costituito da un muro in CA con le ali ben intestate nelle sponde e nel fondo. Le sponde ed il fondo sono stati rivestiti con massi di cava non gelivi di pezzatura da 50 a 100 kg/cad disposti, a faccia piana, per almeno 4m a monte, mentre 6.0m a valle per la presenza dello scarico dell'impianto di depurazione ID06.



FIGURA 11-48: FOSSETTA VALLE RONCOCESI ALLA SEZIONE D'INTERFERENZA CON LA STRADA IN PROGETTO

A valle dell'interferenza con la tangenziale, il corso d'acqua riceve le acque di scarico degli impianti di depurazione ID05 e ID06 e degli impianti di sollevamento IS03 per il Sottovia di Via C. Marx e IS10 per il Sottovia poderale Roncocesi, le cui portate massime scaricate sono rispettivamente pari a 20 l/s, 30 l/s, 10l/s e 10l/s.

Il tombino in esame è in linea rispetto al corso d'acqua, quindi per la sua realizzazione è necessario prevedere una deviazione provvisoria temporanea, caratterizzata da una sezione trasversale uguale all'attuale  $B=3.5$ ,  $b=0.7$   $H=1.0$  m e con uno sviluppo longitudinale di circa 94m.

Si rimanda al cap.11.9, la trattazione completa delle fasi di cantiere nel caso di una deviazione di un canale secondario, come quello in esame.

Tabella 11-13: principali caratteristiche della Fossetta Valle Roncocesi

NOME	<b>FOSSETTA VALLE RONCOCESI</b>
ENTE GESTORE	Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale

LOCALITA'	<i>Pieve Modolena</i>	
PROGRESSIVA	<i>03+712.00</i>	
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	<i>Rettilineo</i>
	TIPO SEZIONE	<i>in scavo</i>
	TIPO ALVEO	<i>alveo artificiale in scavo a sezione trapezoidale</i>
	<i>EROSIONI</i>	<i>assenza di erosioni</i>
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	<i>secondario</i>
	USO	<i>Promiscuo</i>
	GRANULOMETRIA	<i>limo argilloso</i>
	AMBIENTE FLUVIALE	<i>vegetazione spondale erbacea rada</i>
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	<i>campagna aperta con presenza di infrastrutture stradali</i>
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI AL CONTORNO	<i>corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle</i>
	SCABREZZA ( $m^{1/3}/s$ )	<i>20-25</i>

#### 11.6.2. Verifiche idrauliche

##### 11.6.2.1 *Definizione delle portate di progetto*

Le portate di riferimento adottate per la modellazione idraulica si riferiscono a quelle massime sostenibili all'interno, rispettivamente, della configurazione attuale del canale in prossimità dell'attraversamento in progetto e della configurazione che prevede l'adeguamento arginale e/o spondale dei tratti che nel limitano il deflusso. Tali portate di progetto valgono, rispettivamente:

1. massima portata sostenibile a franco nullo lungo l'intero tratto esaminato,  $Q_{MS1}=1.80 m^3/s$ ;
2. massima portata sostenibile incrementata a seguito degli adeguamenti in quota dei tratti di maggior criticità  $Q_{MS2}=2.30m^3/s$ .

Avendo constatato che il tratto oggetto di analisi è caratterizzato da moderata lunghezza ed estensione, e specialmente considerando il fatto che le opere idrauliche in progetto non determinano significativa riduzione del volume d'alveo disponibile per la laminazione delle piene, sono state effettuate simulazioni idrauliche in moto permanente (stazionario).

I valori di scabrezza assunti tengono conto della combinazione di diversi fattori che intervengono nella caratterizzazione delle perdite distribuite durante un evento di piena:

19. caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo,
20. caratteristiche morfologiche e geometriche del tratto d'alveo e brusche variazioni di geometria della sezione;
21. caratterizzazione della copertura vegetale presente nelle zone spondali.

Sulla base dei sopralluoghi effettuati, dei riferimenti bibliografici che si riconducono ai principali studi in materia si sono quindi assunti valori opportuni della scabrezza in funzione non solo della copertura vegetale

ma anche del tipo e granulometria del materiale presente in alveo.

#### 11.6.2.2 *Scenari simulati*

Ai fini modellistici, le condizioni di riferimento per la verifica degli attraversamenti in progetto sono le seguenti:

- *stato di fatto*, che considera la morfologia attuale del corso d'acqua, senza l'introduzione di alcuna opera in progetto;
- *stato di progetto 1*, che prevede l'introduzione del manufatto di attraversamento della viabilità in progetto, ed una portata circolante pari alla portata di progetto  $Q_{MS1}$ ;
- *stato di progetto 2*, che, oltre a prevedere l'introduzione del manufatto in progetto, tiene conto della possibilità che vengano realizzate opere di adeguamento spondale nel tratto modellato a monte e a valle dell'attraversamento in progetto (portata circolante pari alla portata di progetto  $Q_{MS2}$ ).

Per l'implementazione degli scenari sopra esposti, i parametri idraulici di calcolo sono:

- rappresentazione geometrica del corso d'acqua: ricavata dal rilievo topografico eseguito ad hoc per la progettazione definitiva, nonché, per lo stato di progetto, dalla geometria di progetto;
- portate di riferimento, assunte come portate massime ammissibili nelle diverse configurazioni sopra esposte;
- condizione di valle: pendenza di moto uniforme pari a 0.16%;
- scabrezza secondo G.-Strickler pari a 22-25  $m^{1/3}/sec$ , differenziata tra sponde e alveo, mentre, nei tratti dove è presente lo scatolare e quindi il rivestimento in massi, il coefficiente di scabrezza è pari a 40-50  $m^{1/3}/sec$ .

Il modello geometrico utilizzato è stato costruito sulla base dei rilievi topografici realizzati nel 2012 proprio nell'ambito del presente progetto definitivo e integrati con i rilievi svolti durante i sopralluoghi. Il modello idraulico è costituito da 6 sezioni trasversali d'alveo, oltre a quelle relative alle geometrie dei manufatti, che rappresentano in modo esaustivo l'alveo attivo. Il tratto simulato si estende per una lunghezza di oltre 2.22km, di cui 0.21 km a monte dell'attraversamento in esame.

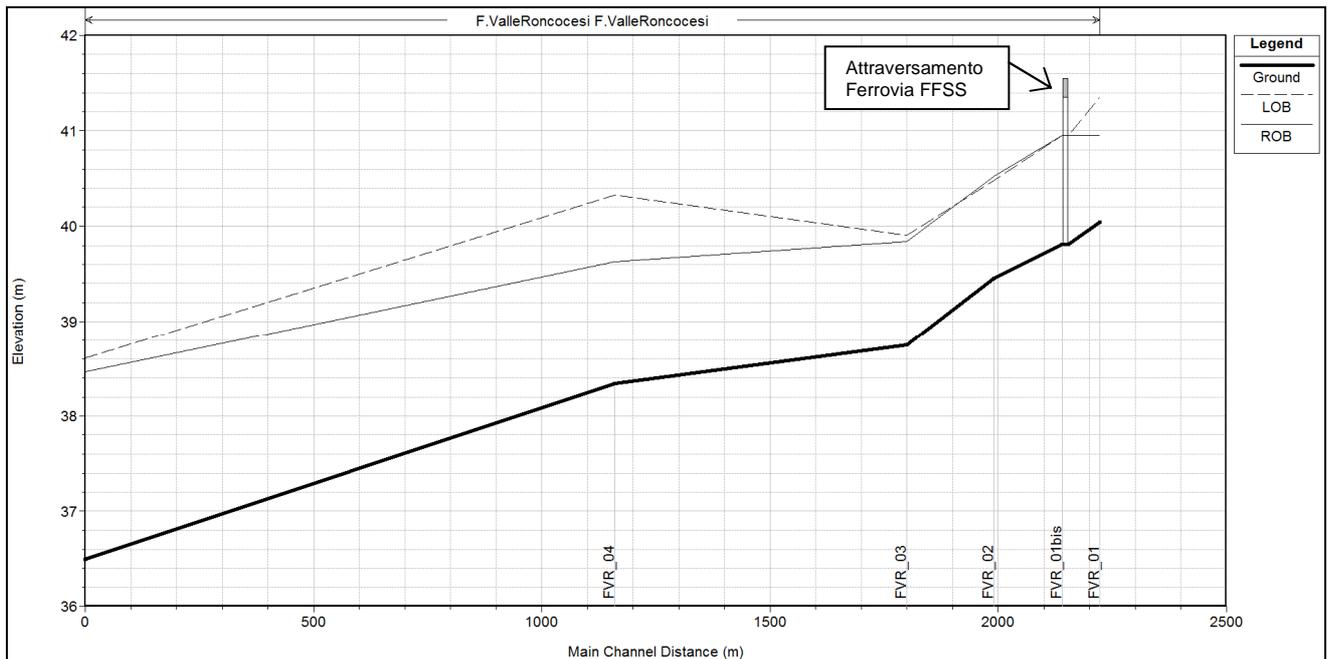


FIGURA 11-49: ANDAMENTO LONGITUDINALE DEL THALWEG NEL TRATTO DI CANALE CONSIDERATO

La tabella ed i grafici seguenti illustrano i risultati ottenuti andando ad individuare sia la portata massima ammissibile lungo tutto il tratto simulato nella configurazione morfologica attuale, sia nelle configurazioni di progetto.

Le risultanze delle propagazioni nelle configurazioni simulate consistono nell'espore le principali grandezze idrauliche, soprattutto in termini di livelli idrometrici raggiunti durante gli eventi considerati in corrispondenza delle varie sezioni trasversali del corso d'acqua. Inoltre, risultano calcolate le velocità medie della corrente nei singoli tratti dell'alveo sia in condizioni di alveo attuale che di progetto.

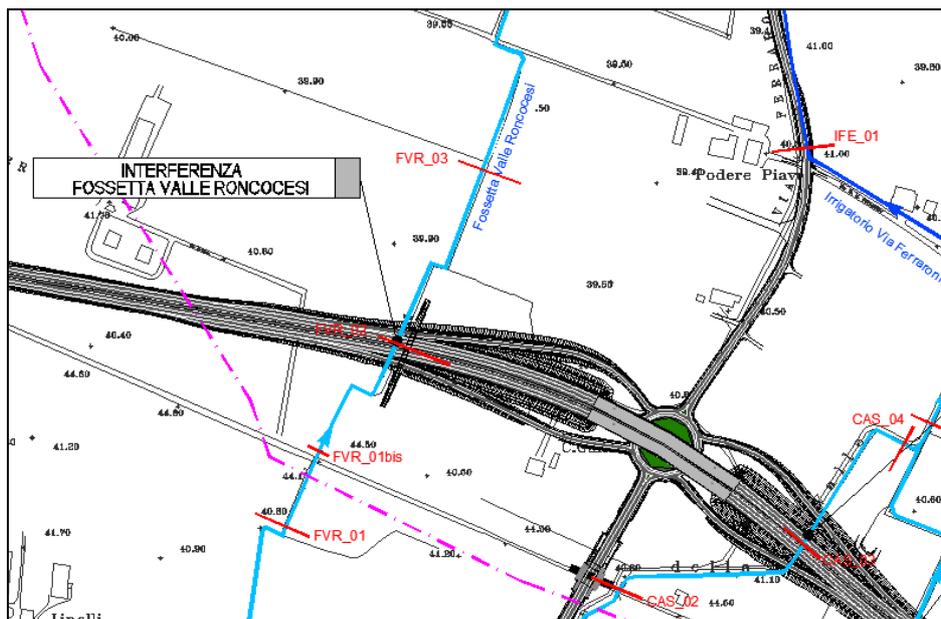


FIGURA 11-50: TRATTO DEL CANALE SIMULATO CON INDICAZIONE DELLE SEZIONI TOPOGRAFICHE

### 11.6.2.3 Risultati delle analisi nello Stato di Fatto

In questa configurazione è stato simulato il tratto di corso d'acqua in oggetto in occasione del raggiungimento del massimo livello di piena nella configurazione morfologica attuale.

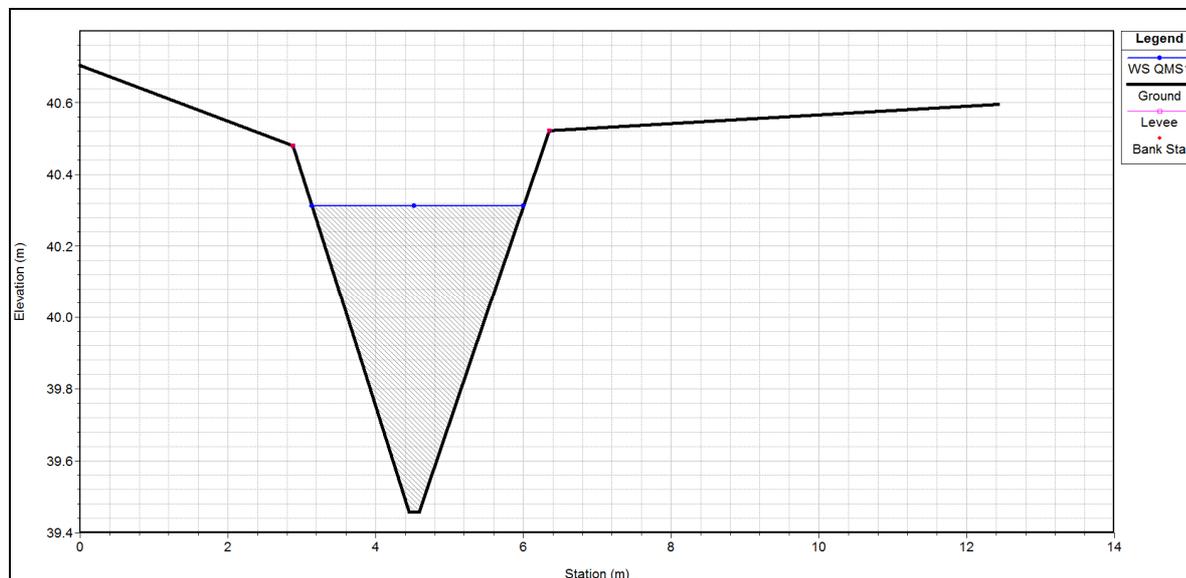


FIGURA 11-51: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER  $Q_{MS1}=1.80 \text{ m}^3/\text{s}$  ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'INTERFERENZA CON LA VIABILITÀ IN PROGETTO NELLO STATO DI FATTO

### 11.6.2.4 Risultati delle analisi negli Stati di Progetto

#### Stato di progetto 1

Nella configurazione di progetto 1 si considera l'inserimento del tombino di attraversamento della viabilità in progetto. Di seguito si confrontano i principali parametri idraulici nella condizione di progetto 1 e stato di fatto dovuti al transito della  $Q_{MS1}$ .

TABELLA 11-14: PARAMETRI IDRAULICI A CONFRONTO TRA STATO DI FATTO SF E STATO DI PROGETTO SP1 DURANTE LA PROPAGAZIONE DELLA  $Q_{MS1}=1.80 \text{ m}^3/\text{SEC}$

Sezione Topografica	Progressiva [m]	Quota del fondo [m s.l.m.]	$Q_{MS1}$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	Livelli idrometrici S.F. [m s.l.m.]	Livelli idrometrici S.P. [m s.l.m.]	$\Delta H$ [m]	Velocità S.F. [m/s]	Velocità S.P. [m/s]	Pendenza -	Carico totale S.F. [m]	Carico totale S.P. [m]
Sez. FVR_01	0.00	40.04	1.80	41.21	41.18	-0.03	0.64	0.67	0.0034	41.22	41.20
Sez. FVR_01bis_m	68.00	39.81	1.80	41.05	41.01	-0.04	1.11	1.15	0.0000	41.11	41.08
Attrav. Ferrovia FFSS	70.00	39.81	Bridge	41.04	41.00	-0.04	0.00	1.16	0.0000	41.10	41.06
Sez. FVR_01bis	87.00	39.81	1.80	41.01	40.97	-0.04	1.15	1.19	0.0022	41.08	41.04
Sez. FVR_02m	207.00	39.55	1.80	40.31	40.27	-0.04	1.40	1.94	0.0030	40.41	40.46
Tombino scatolare TM14	212.00	39.50	Culvert	40.29	40.25	-0.04	1.35	1.90	0.0000	40.38	40.42
Sez. FVR_02v	272.00	39.34	1.80	40.24	40.20	-0.04	1.10	1.40	0.0040	40.25	40.30
Sez. FVR_03	422.00	38.75	1.80	40.06	40.06	0.00	0.50	0.50	0.0006	40.07	40.07
Sez. FVR_04	1062.00	38.34	1.80	39.36	39.36	0.00	0.77	0.77	0.0016	39.39	39.39
Sez. FVR_05	2222.00	36.49	1.80	37.17	37.17	0.00	0.64	0.64	0.0000	37.19	37.19

In corrispondenza del manufatto di attraversamento il valore di portata  $Q_{MS1}$  genera un riempimento minore rispetto al 70% della sezione di deflusso (vedi paragrafo riassuntivo 11.8)

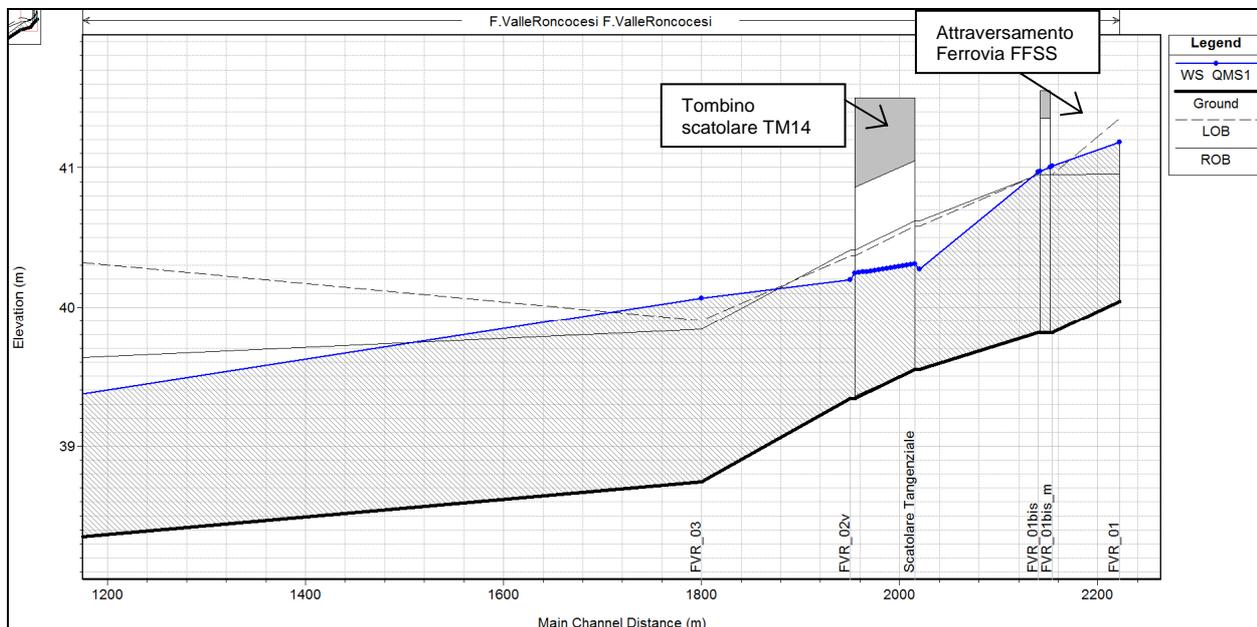


FIGURA 11-52: PROFILO DI RIGURGITO NELLO STATO DI PROGETTO 1 PER LA FOSSETTA VALLE RONCOESI, PER UNA PORTATA CIRCOLANTE  $Q_{MS1}$ .

Il corso d'acqua riceve inoltre il contributo di scarico degli impianti di depurazione ID05, ID06, e degli impianti di sollevamento IS03 e IS10, per una portata complessiva di 70 l/sec che di fatto incrementa il valore della  $Q_{MS1}$  del 3.9%, per una portata complessiva  $Q_{sc}=1.87 \text{ m}^3/\text{sec}$ . Questo modesto incremento di portata genera un aumento del profilo di rigurgito dell'ordine di 2 cm, valore trascurabile che garantisce la compatibilità degli scarichi nel corpo idrico recettore.

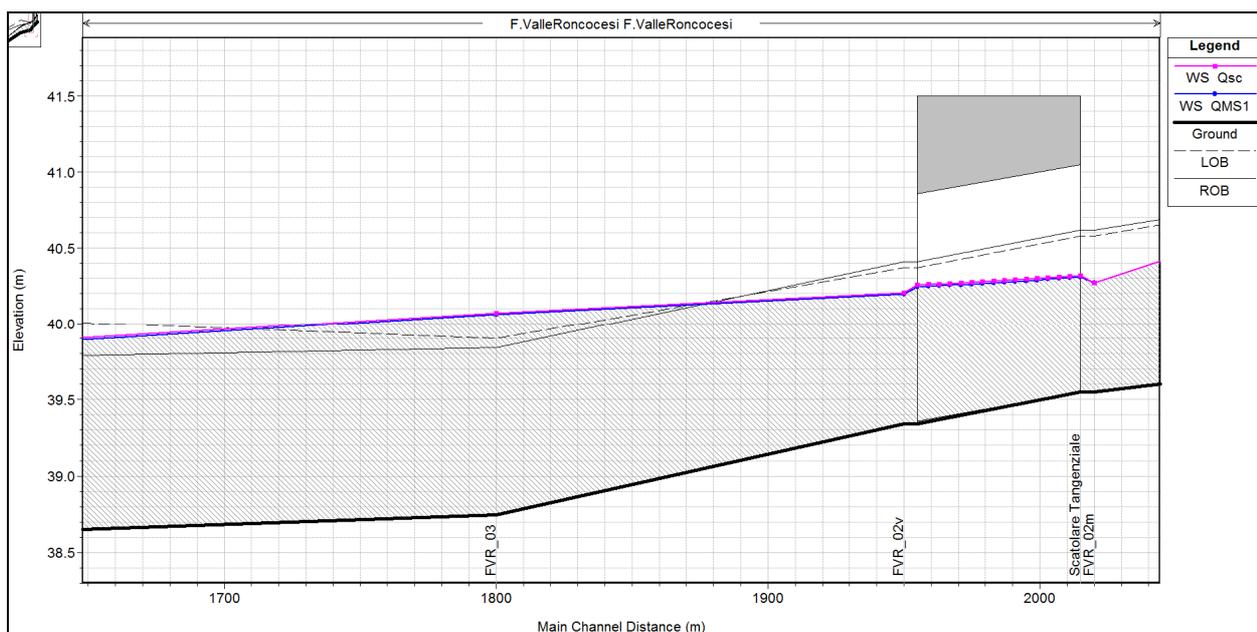
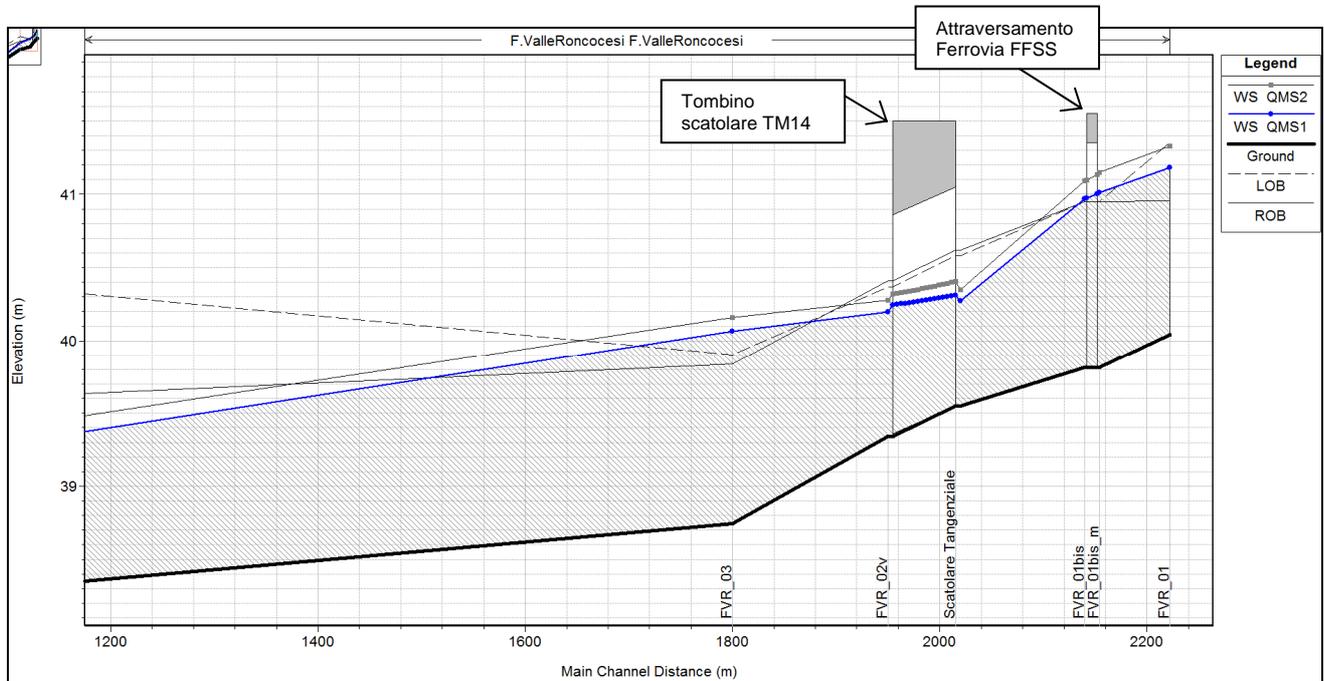


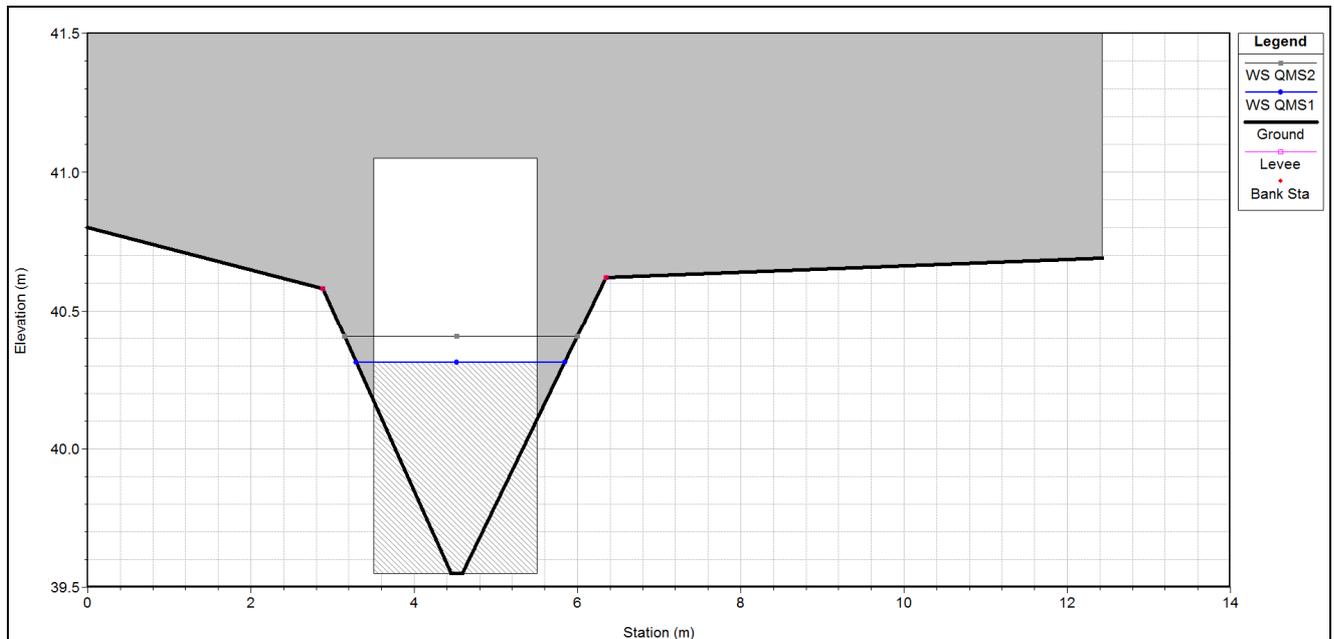
Figura 11-53 PROFILI DI RIGURGITO A CONFRONTO:  $Q_{MS1}=1.80 \text{ M}^3/\text{SEC}$  E  $Q_{SC}=1.85 \text{ M}^3/\text{SEC}$

Stato di progetto 2

Nella configurazione di progetto 2 è stato ipotizzato un incremento di circa il 30% della  $Q_{MS1}$  assimilabile all'adeguamento spondale/arginale nelle sezioni più critiche. Si riporta di seguito il confronto tra i profili di rigurgito nei due stati di progetto esaminati.



**FIGURA 11-54: PROFILI DI RIGURGITO A CONFRONTO TRA  $Q_{MS1}=1.80 \text{ m}^3/\text{SEC}$  E  $Q_{MS2}=2.30 \text{ m}^3/\text{SEC}$**



**FIGURA 11-55: CONFRONTO TRA  $Q_{MS1}=1.80 \text{ m}^3/\text{SEC}$  E  $Q_{MS2}=2.30 \text{ m}^3/\text{SEC}$  NELLA SEZIONE IN CORRISPONDENZA DELL'IMBOCCO DEL TOMBINO TM14**

## 11.7. FOSSETTA DELLA TORRETTA

### 11.7.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali dell'alveo

La Fossetta della Torretta è un corso d'acqua gestito dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, che interferisce con la viabilità in progetto alla progressiva Pk 05+525.

Il canale si sviluppa con andamento Sud-Nord quindi piega verso Nord-Est a valle dell'interferenza con la strada in progetto ed infine confluire nel Torrente Modolena. Il corso d'acqua in esame è un canale arginato che in passato aveva funzione irrigua, ma attualmente solo quella di scolo. La sezione è di forma trapezoidale con fondo in terra e sponde inerbite; sono assenti alberature ed arbusti sui cigli spondali. L'alveo è caratterizzato dalla presenza di materiali fini sul fondo, ascrivibili al sistema dei limi e dei limi argillosi.

La sezione del canale nel tratto interessato dall'attraversamento stradale presenta una base maggiore di 8.00m, base minore di 1.50m ed altezza pari a 2.50m.

L'interferenza con la viabilità in progetto avviene all'inizio del tratto in trincea, quindi è stato necessario prevedere una deviazione della Torretta verso est, al fine di posizionare l'attraversamento idraulico in corrispondenza di una sezione stradale sufficientemente in rilevato per accoglierlo, garantendo un margine di ricoprimento dello stesso. L'attraversamento è rappresentato da un tombino scatolare in CA (TM15) realizzato in opera con dimensioni interne di 5,0m di base, 3,0m di altezza e circa 32m di lunghezza, la cui quota di scorrimento è pari a 38.38 m s.l.m. all'imbocco e 38.33m s.l.m. allo sbocco. La deviazione di monte dello scatolare si sviluppa per 180m, mentre quella di valle per 150m, in entrambi i casi la sezione di deflusso ha le seguenti caratteristiche:  $B=8.0m$ ,  $b=1.5m$   $H=2.5m$ .



FIGURA 11-56: FOSSETTA DELLA TORRETTA ALLA SEZIONE D'INTERFERENZA CON LA STRADA IN PROGETTO

Come concordato con il Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, la tombinatura è stata prolungata monte/valle per garantire il passaggio di una pista di servizio di larghezza pari a 5m, mentre gli imbocchi e gli sbocchi sono stati risolti con un manufatto di contenimento costituito da un muro in CA con le ali ben intestate nelle sponde e nel fondo.

Le sponde ed il fondo, allo sbocco sono rivestiti con massi di pezzatura da 100 a 300 kg/cad disposti, a faccia piana, per almeno 4m. All'imbocco questo rivestimento è prolungato per 15m a causa della presenza dello scarico delle acque della piattaforma stradale depurate mediante l'impianto ID08. In prossimità dello



RELAZIONE IDROLOGICO E IDRAULICA: GESTIONE DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE

ENTE GESTORE	<i>Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale</i>	
LOCALITA'	<i>Corte Tegge</i>	
PROGRESSIVA	<i>05+525.00</i>	
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	<i>Rettilineo</i>
	TIPO SEZIONE	<i>arginato</i>
	TIPO ALVEO	<i>alveo artificiale in arginato a sezione trapezoidale</i>
	EROSIONI	<i>assenza di erosioni</i>
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	<i>secondario</i>
	USO	<i>scolo</i>
	GRANULOMETRIA	<i>limo argilloso</i>
	AMBIENTE FLUVIALE	<i>vegetazione spondale erbacea rada</i>
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	<i>campagna aperta</i>
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI AL CONTORNO	<i>corrente lenta: altezza idrica nota</i>
	SCABREZZA (m <sup>1/3</sup> /s)	<i>20-25</i>

### 11.7.2. Verifiche idrauliche

#### 11.7.2.1 *Definizione delle portate di progetto*

Le portate di riferimento adottate per la modellazione idraulica si riferiscono a quelle massime sostenibili all'interno, rispettivamente, della configurazione attuale del canale in prossimità dell'attraversamento in progetto e della configurazione che prevede l'adeguamento arginale e/o spondale dei tratti che ne limitano il deflusso. Tali portate di progetto valgono, rispettivamente:

1. massima portata sostenibile a franco nullo lungo l'intero tratto esaminato,  $Q_{MS1}=7.50 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
2. massima portata sostenibile incrementata a seguito degli adeguamenti in quota dei tratti di maggior criticità  $Q_{MS2}=9.70 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Avendo constatato che il tratto oggetto di analisi è caratterizzato da moderata lunghezza ed estensione, e specialmente considerando il fatto che le opere idrauliche in progetto non determinano significativa riduzione del volume d'alveo disponibile per la laminazione delle piene, sono state effettuate simulazioni idrauliche in moto permanente (stazionario).

I valori di scabrezza assunti tengono conto della combinazione di diversi fattori che intervengono nella caratterizzazione delle perdite distribuite durante un evento di piena:

22. caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo,
23. caratteristiche morfologiche e geometriche del tratto d'alveo e brusche variazioni di geometria della sezione;
24. caratterizzazione della copertura vegetale presente nelle zone spondali.

Sulla base dei sopralluoghi effettuati, dei riferimenti bibliografici che si riconducono ai principali studi in materia si sono quindi assunti valori opportuni della scabrezza in funzione non solo della copertura vegetale ma anche del tipo e granulometria del materiale presente in alveo.

#### 11.7.2.2 Scenari simulati

Ai fini modellistici, le condizioni di riferimento per la verifica degli attraversamenti in progetto sono le seguenti:

- *stato di fatto*, che considera la morfologia attuale del corso d'acqua, senza l'introduzione di alcuna opera in progetto;
- *stato di progetto 1*, che prevede la deviazione del corso d'acqua verso est e l'introduzione del manufatto di attraversamento della viabilità in progetto, ed una portata circolante pari alla portata di progetto  $Q_{MS1}$ ;
- *stato di progetto 2*, che, oltre a prevedere la deviazione e l'introduzione del manufatto in progetto, tiene conto della possibilità che vengano realizzate opere di adeguamento spondale nel tratto modellato a monte e a valle dell'attraversamento in progetto (portata circolante pari alla portata di progetto  $Q_{MS2}$ ).

Per l'implementazione degli scenari sopra esposti, i parametri idraulici di calcolo sono:

- rappresentazione geometrica del corso d'acqua: ricavata dal rilievo topografico eseguito ad hoc per la progettazione definitiva, nonché, per lo stato di progetto, dalla geometria di progetto;
- portate di riferimento, assunte come portate massime ammissibili nelle diverse configurazioni sopra esposte;
- condizione di valle: cautelativamente è stata utilizzata un'altezza idrica nota 39.78m s.l.m., pari alla quota arginale riscontrata nell'ultima sezione topografica modellata (sez.TOR06);
- scabrezza secondo G.-Strickler pari a 20-25  $m^{1/3}/sec$ , differenziata tra sponde e alveo, mentre, nei tratti dove è presente lo scatolare e quindi il rivestimento in massi, il coefficiente di scabrezza è pari a 40-50  $m^{1/3}/sec$ .

Il modello geometrico utilizzato è stato costruito sulla base dei rilievi topografici forniti dal Consorzio di Bonifica, integrati con le sezioni idrauliche nell'intorno del ponte in esame, rilevate nel 2012 proprio nell'ambito del presente progetto definitivo. Il modello idraulico è costituito da 11 sezioni trasversali d'alveo, oltre a quelle relative alle geometrie dei manufatti di attraversamento, che rappresentano in modo esaustivo l'alveo attivo. Il tratto simulato si estende per una lunghezza di oltre 2.16km, di cui 0.83 km a monte dell'attraversamento in esame.

RELAZIONE IDROLOGICO E IDRAULICA: GESTIONE DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE

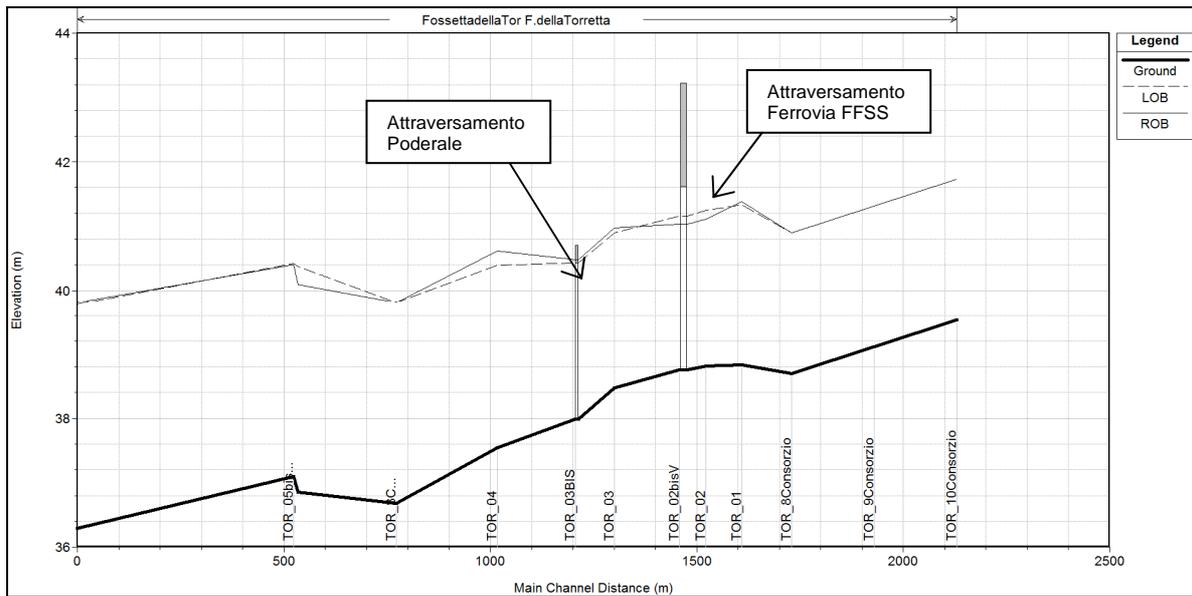


FIGURA 11-58: ANDAMENTO LONGITUDINALE DEL THALWEG E DEI PRESIDI ARGINALI NEL TRATTO DI CANALE CONSIDERATO

La tabella ed i grafici seguenti illustrano i risultati ottenuti andando ad individuare sia la portata massima ammissibile lungo tutto il tratto simulato nella configurazione morfologica attuale, sia nelle configurazioni di progetto.

Le risultanze delle propagazioni nelle configurazioni simulate consistono nell'espore le principali grandezze idrauliche, soprattutto in termini di livelli idrometrici raggiunti durante gli eventi considerati in corrispondenza delle varie sezioni trasversali del corso d'acqua. Inoltre, risultano calcolate le velocità medie della corrente nei singoli tratti dell'alveo sia in condizioni di alveo attuale che di progetto.

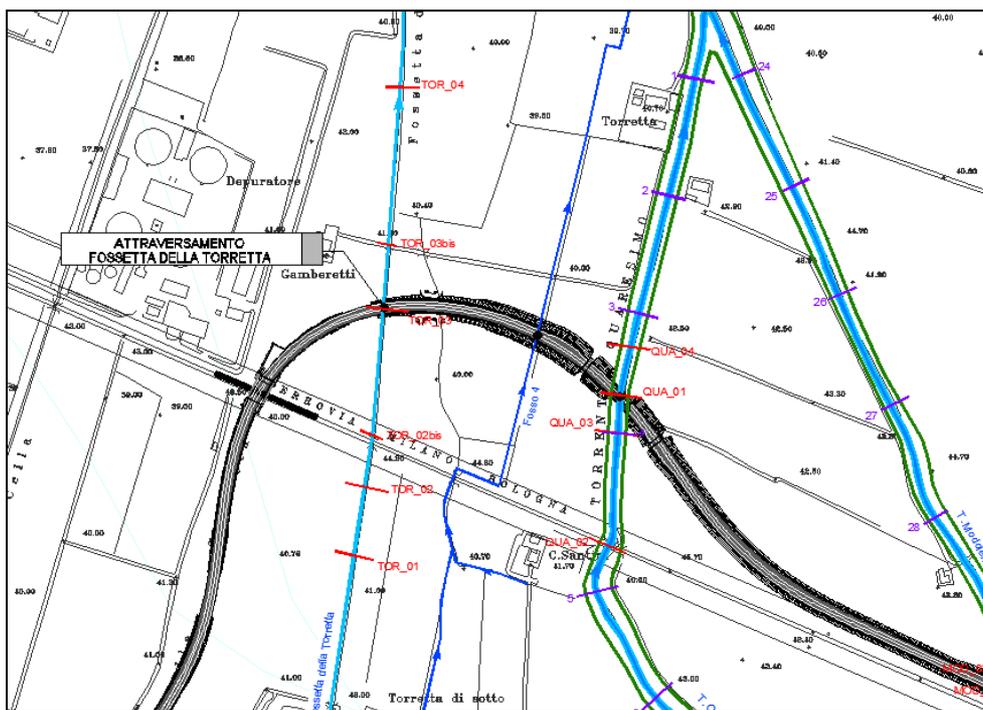


FIGURA 11-59: TRATTO DEL CANALE SIMULATO CON INDICAZIONE DELLE SEZIONI TOPOGRAFICHE

### 11.7.2.3 Risultati delle analisi nello Stato di Fatto

In questa configurazione è stato simulato il tratto di corso d'acqua in oggetto in occasione del raggiungimento del massimo livello di piena nella configurazione morfologica attuale.

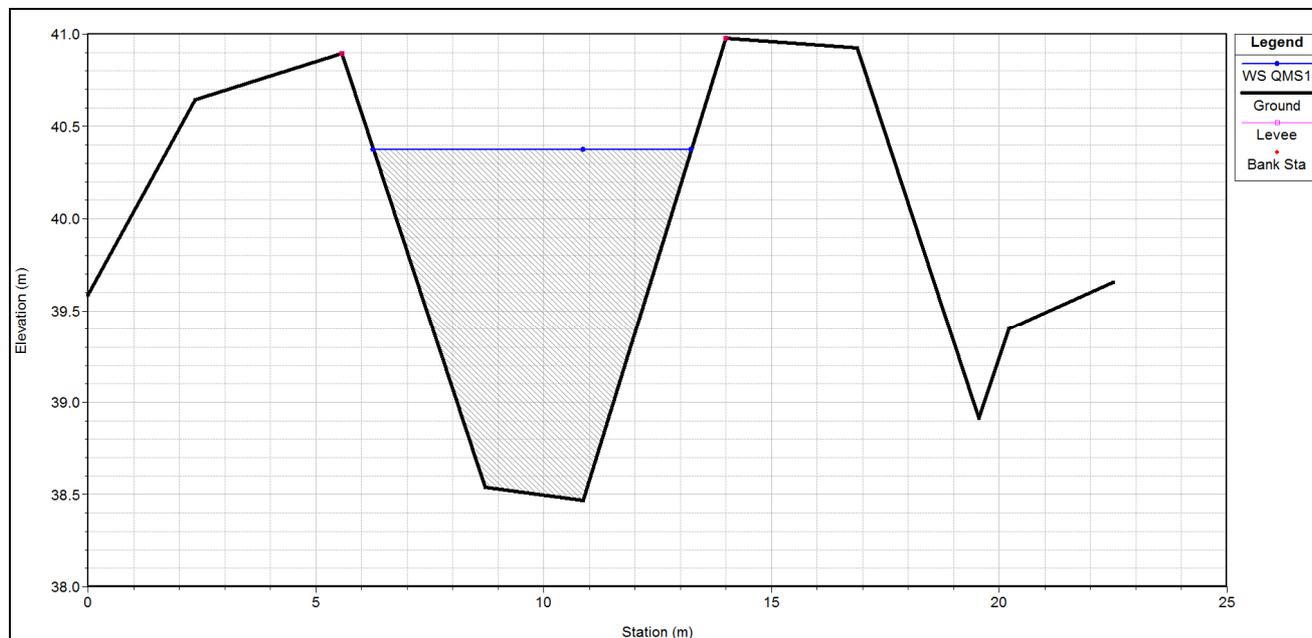


FIGURA 11-60: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER  $Q_{MS1}=7.50 \text{ m}^3/\text{s}$  ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'INTERFERENZA CON LA VIABILITÀ IN PROGETTO NELLO STATO DI FATTO

### 11.7.2.4 Risultati delle analisi negli Stati di Progetto

#### Stato di progetto 1

Nella configurazione di progetto 1 si considera l'inserimento dello scatolare di progetto le cui dimensioni sono pari a 5.00x3.00m, inoltre si tiene conto della deviazione del corso d'acqua in corrispondenza dell'attraversamento in progetto.

Di seguito si confrontano i principali parametri idraulici nella condizione di progetto 1 e stato di fatto dovuti al transito della  $Q_{MS1}$ .

TABELLA 11-16: PARAMETRI IDRAULICI A CONFRONTO TRA STATO DI FATTO SF E STATO DI PROGETTO SP1 DURANTE LA PROPAGAZIONE DELLA  $Q_{MS1}=7.50 \text{ m}^3/\text{SEC}$

Sezione Topografica	Progressiva [m]	Quota del fondo [m s.l.m.]	Q di progetto [m³/s]	Livelli idrometrici S.F. [m s.l.m.]	Livelli idrometrici S.P. [m s.l.m.]	$\Delta H$ [m]	Velocità S.F. [m/s]	Velocità S.P. [m/s]	Pendenza -	Carico totale S.F. [m]	Carico totale S.P. [m]
Sez.10	0.00	39.53	7.50	41.57	41.57	0.00	0.79	0.79	0.0021	41.60	41.60
Sez.09	200.00	39.11	7.50	41.35	41.35	0.00	0.68	0.68	0.0020	41.37	41.38
Sez.08	400.00	38.70	7.50	41.21	41.22	0.01	0.57	0.57	-0.0011	41.22	41.23
Sez. TOR1	520.00	38.83	7.50	41.05	41.06	0.01	0.96	0.95	0.0002	41.10	41.11
Sez. TOR2	607.00	38.81	7.50	40.87	40.88	0.01	0.92	0.90	0.0012	40.91	40.93
Sez. TOR2 bis_m	652.00	38.76	7.50	40.80	40.82	0.02	0.77	0.76	0.0000	40.83	40.85

RELAZIONE IDROLOGICO E IDRAULICA: GESTIONE DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE

Ponte FFSS												
MI-BO	654.00	38.76	Bridge	40.80	40.82	0.02	0.77	0.76	0.0000	40.83	40.85	
Sez. TOR2												
bis_v	654.00	38.76	7.50	40.67	40.70	0.03	0.86	0.84	0.0024	40.71	40.73	
Sez. monte												
Tang	814.00	38.38	7.50	40.37	40.35	-0.02	0.88	0.95	0.0010	40.41	40.40	
Scatolare												
TM15	864.00	38.38	Culvert	40.37	40.35	-0.02	0.88	0.95	0.0000	40.40	40.40	
Sez. valle												
Tang	864.00	38.33	7.50	40.36	40.34	-0.02	0.86	0.90	0.0052	40.40	40.39	
Sez. trasl	924.00	38.02	7.50	40.24	40.24	0.00	0.80	0.80	0.0024	40.26	40.28	
Sez. TOR4	1124.00	37.54	7.50	40.00	40.00	0.00	0.72	0.72	0.0035	40.03	40.03	
Sez.03	1369.00	36.68	7.50	39.92	39.92	0.00	0.37	0.37	-0.0007	39.93	39.93	
Sez. TOR5	1607.00	36.85	7.50	39.85	39.85	0.00	0.50	0.50	-0.0246	39.87	39.87	
Sez. TOR5 bis	1617.00	37.10	7.50	39.85	39.85	0.00	0.43	0.43	0.0015	39.86	39.86	
Sez. TOR6	2141.00	36.29	7.50	39.78	39.78	0.00	0.28	0.28	0.0000	39.78	39.78	

In corrispondenza del manufatto di attraversamento il valore di portata  $Q_{MS1}$  genera un riempimento minore rispetto al 70% della sezione di deflusso (vedi paragrafo riassuntivo 11.8)

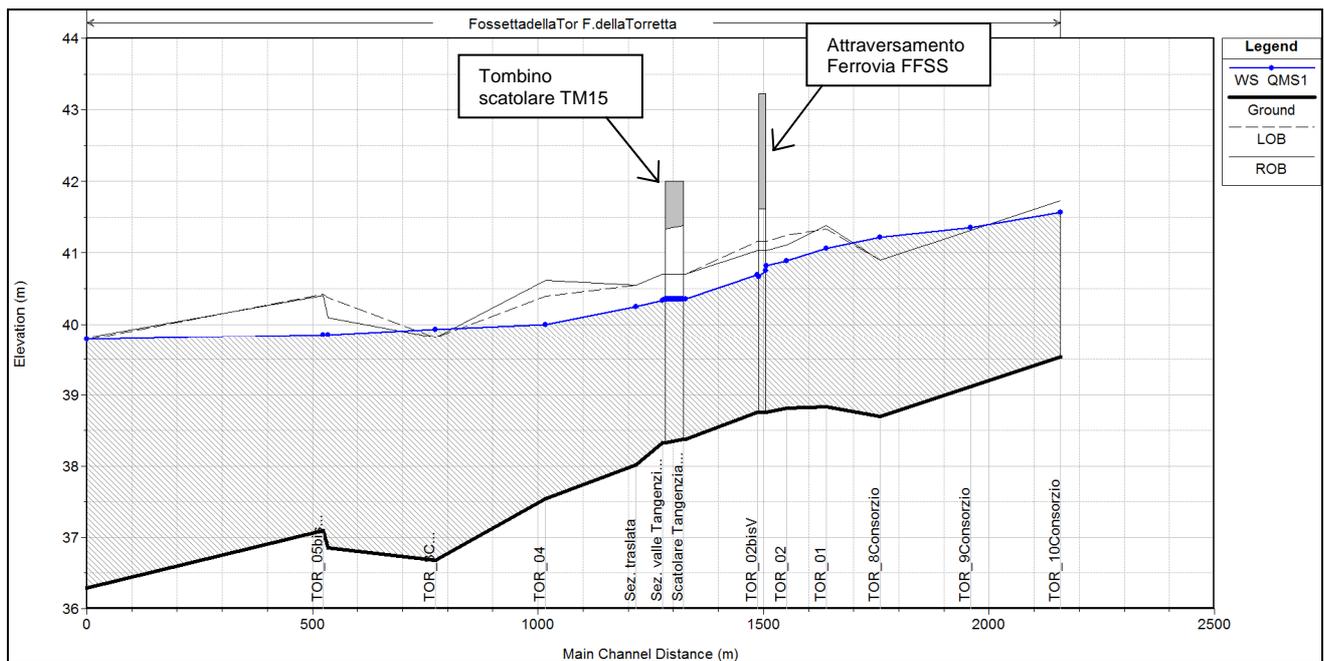


FIGURA 11-61: PROFILO DI RIGURGITO NELLO STATO DI PROGETTO 1 PER LA FOSSETTA DELLA TORRETTA, PER UNA PORTATA CIRCOLANTE  $Q_{MS1}$ .

Il corso d'acqua riceve inoltre il contributo di scarico degli impianti di depurazione ID08 e ID09 per una portata complessiva di 30 l/sec che di fatto incrementa il valore della  $Q_{MS1}$  del 0.4%, per una portata complessiva  $Q_{SC}=7.80$  m<sup>3</sup>/sec. Questo modesto incremento di portata genera un aumento del profilo di rigurgito dell'ordine di 3 cm, valore trascurabile che garantisce la compatibilità degli scarichi nel corpo idrico recettore.

RELAZIONE IDROLOGICO E IDRAULICA: GESTIONE DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE

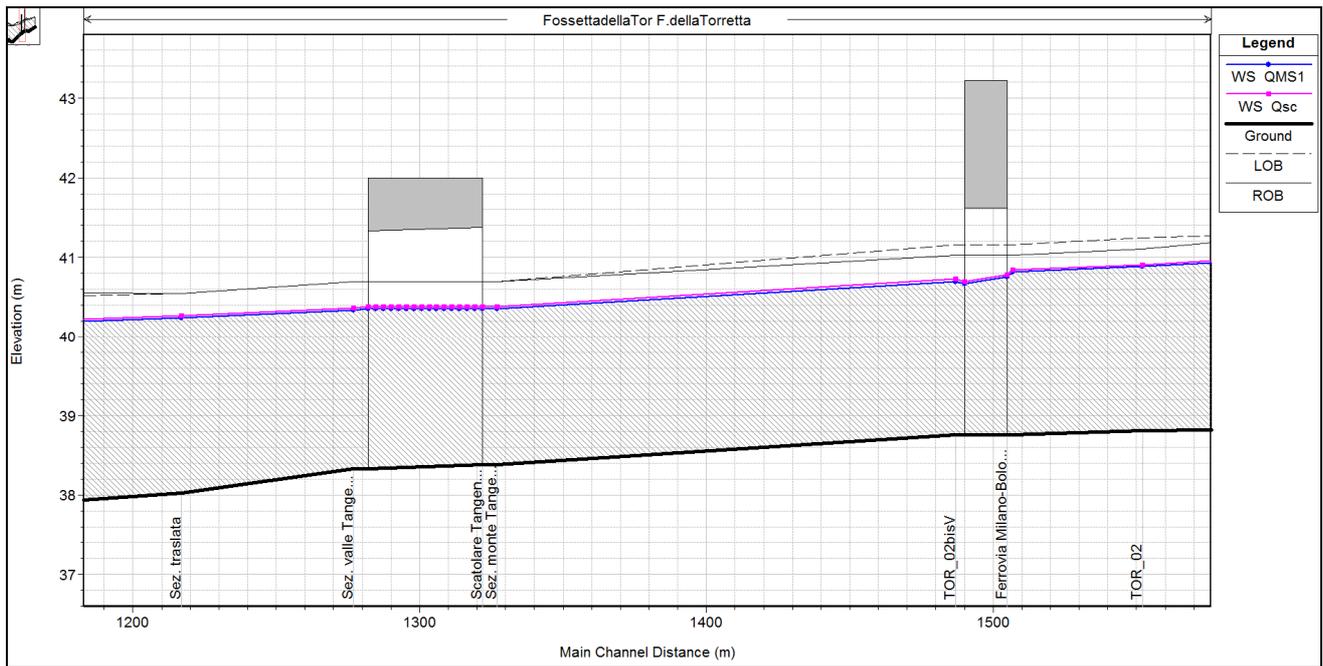


Figura 11-62 PROFILI DI RIGURGITO A CONFRONTO:  $Q_{MS1}=7.50 \text{ M}^3/\text{SEC}$  E  $Q_{SC}=7.80 \text{ M}^3/\text{SEC}$

Stato di progetto 2

Nella configurazione di progetto 2 è stato ipotizzato un incremento di circa il 30% della  $Q_{MS1}$  assimilabile all'adeguamento spondale/arginale nelle sezioni più critiche a monte dell'attraversamento. Si riporta di seguito il confronto tra i profili di rigurgito nei due stati di progetto esaminati.

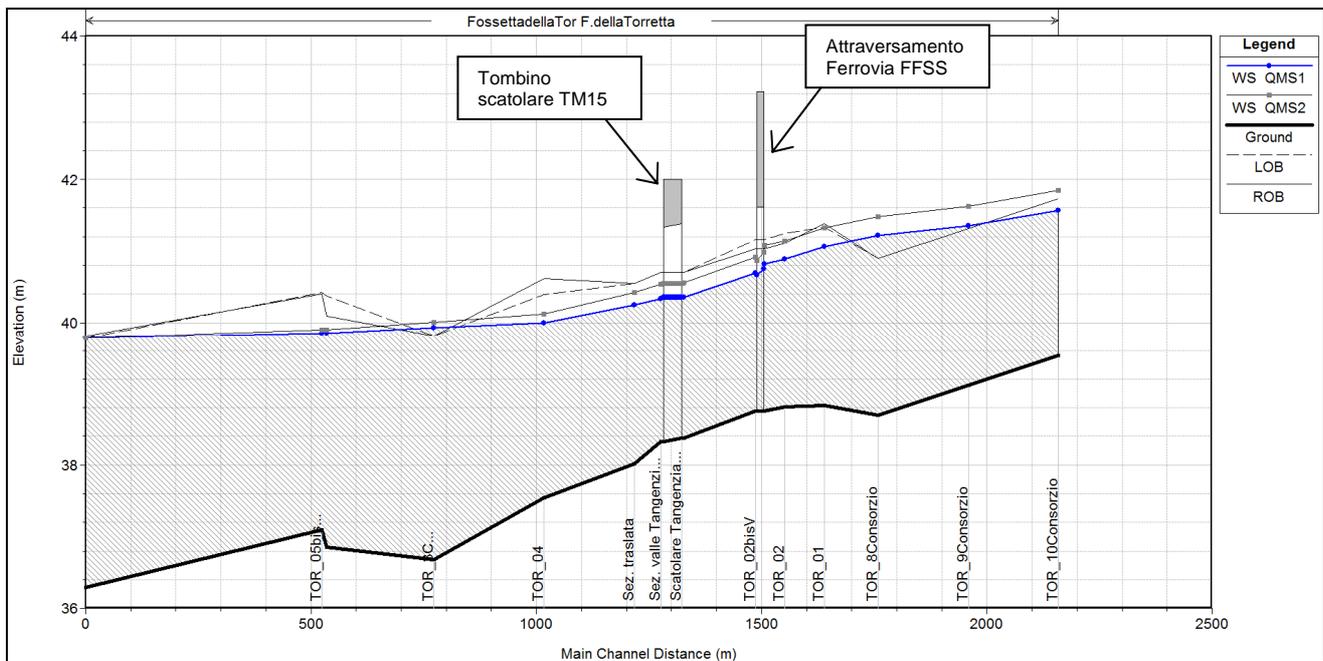


FIGURA 11-63: PROFILI DI RIGURGITO A CONFRONTO TRA  $Q_{MS1}=7.50 \text{ M}^3/\text{SEC}$  E  $Q_{MS2}=9.70 \text{ M}^3/\text{SEC}$

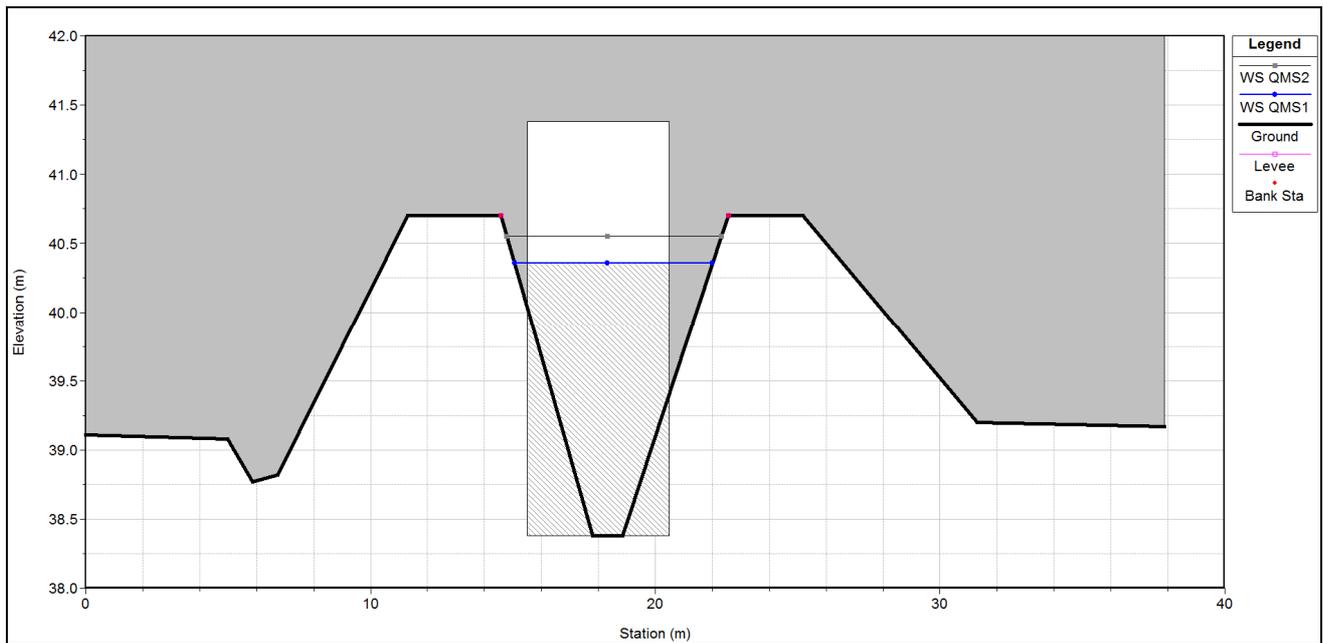


FIGURA 11-64: CONFRONTO TRA  $Q_{MS1}=7.50 \text{ M}^3/\text{SEC}$  E  $Q_{MS2}=9.70 \text{ M}^3/\text{SEC}$  NELLA SEZIONE IN CORRISPONDENZA DELL'IMBOCCO DELLO SCATOLARE TM15

## 11.8. RISULTATI DELLE MODELLAZIONI IDRAULICHE

L'implementazione dei modelli idraulici monodimensionali in moto permanente ha permesso di indagare il comportamento di ciascun canale, stimando per ognuno di essi la portata massima sostenibile, pari alla massima portata sostenibile dall'attuale sezione idraulica del canale e di verificare il grado di riempimento di tutti i tombini previsti in sede di progetto.

La tabella seguente riporta, per ciascun canale modellato il codice del tombino, il nome del corso d'acqua, la progressiva chilometrica (Pk) d'interferenza, le dimensioni del manufatto di attraversamento, la portata massima sostenibile ( $Q_{MS1}$ ), i livelli idrometrici e il grado di riempimento del manufatto, in termini di superficie occupata dall'acqua.

Tabella 11-17 : Risultati delle simulazioni idrauliche e grado di riempimento raggiunto in ciascun tombino

Codice	Corso d'acqua	Pk	$Q_{MS1}$	Dimensioni Manufatto		L	Livello Idrometrico	Grado di riempimento
				B	H			
-	nome	Km	m <sup>3</sup> /sec	m	m	m	m	%
TM03	Fossetta S. Giulio	01+345.00	0.60	-	1.20	292	44.78	65
TM04	Fossetta S. Giulio	00+170 (viabilità collegamento)	0.60	-	1.20	36	44.12	66
TM22	Fossetta S. Giulio	00+125 (viabilità collegamento)	0.60	-	1.20	8	44.71	69
TM06	Fossetta Baratto	01+360.00	0.55	-	1.00	270	45.97	70
TM07	Fossetta Baratto	00+165 (viabilità collegamento)	0.55	-	1.00	38	44.21	60
TM23	Fossetta Baratto	Interferenza con strada podereale	0.55	-	1.00	6	44.66	70
TM08	Cavo Guazzatore	01+959.00	9.00	5.00	3.00	49	43.49	63
TM09	Fossetta Ballanleoche	02+710.00	2.20	3.00	2.50	40	41.56	70
TM10	Fossetta Valle Pieve Modolena	03+193.00	4.70	2.75	2.25	70	40.86	65
TM25	Fossetta Valle Pieve Modolena	Interferenza con pista di servizio	1.20	2.00	1.00	6	41.04	70
TM21	Fossetta Castellara	00+400 (viabilità collegamento)	3.50	2.00	1.50	10	42.30	95
TM26	Fossetta Castellara	Interferenza con pista di servizio	3.50	2.00	1.50	6	41.09	84
TM11	Fossetta Castellara	Interferenza con strada podereale	3.50	2.00	1.50	10	42.39	90
TM14	Fossetta Valle Roncocesi	03+712.00	1.80	2.00	1.50	62	40.31	60
TM15	Fossetta della Torretta	05+325.00	7.50	5.00	3.00	323	40.36	67

A meno di taluni casi, trattasi di interferenze con strade poderali o piste di servizio, la percentuale del grado

di riempimento dei manufatti di attraversamento della tangenziale o delle strade secondarie in progetto si mantiene minore o uguale al 70% dell'area di deflusso del tombino, come richiesto nel Capitolato d'Oneri di ANAS

### 11.9. INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA NELLA FASE DI CANTIERE: OPERE PROVVISORIALI

Le opere provvisorie per la fase di cantierizzazione sono previste solo per i corsi d'acqua in cui è presente acqua per diversi mesi all'anno e per i quali non sono previste deviazioni permanenti che consentono di realizzare il tombino di attraversamento senza interruzione del deflusso naturale.

Queste opere provvisorie sono essenzialmente rappresentate da:

- tura idraulica a monte dell'attraversamento idraulico;
- tura idraulica a valle dell'attraversamento idraulico;
- realizzazione del by-pass provvisorio, con lunghezza e sezione di deflusso indicate nei capitoli dei corsi d'acqua per i quali è necessario prevedere questi interventi (Tabella 11-18).

Tabella 11-18 : Elenco corsi d'acqua per i quali è prevista tura monte /valle con deviazione provvisoria del canale

Codice	Nome corso d'acqua	Progressiva	Ente Gestore
TM08	Cavo Guazzatore	01+195.00	Consorzio Emilia Centrale
TM09	Fossetta Ballanleocche	02+710.00	Consorzio Emilia Centrale
TM14	Fossetta Valle Roncocesi	03+712.00	Consorzio Emilia Centrale

Le operazioni di formazione del by-pass temporaneo sono le seguenti:

- 1) Creazione di 2 fondoni. Verranno realizzati a monte ed a valle del by-pass e dovranno presentare una profondità di circa 1m;
- 2) Realizzazione del By Pass. Si procede con l'escavo da valle verso monte depositando le materie di scavo tra il tombino previsto ed il by-pass. Lo scavo dovrà essere eseguito a qualche metro di distanza dal corso d'acqua per evitare cedimenti della scarpata e per disporre di un'area di stoccaggio del terreno di scavo.

Per i restanti corsi d'acqua, rappresentati essenzialmente da fossi di scolo privati, caratterizzati da sezione idraulica modesta e assenza di acqua per gran parte dell'anno, la realizzazione del manufatto di attraversamento è realizzata senza la necessità di prevedere una vera e propria deviazione.

## 12. CORSI D'ACQUA SECONDARI E FOSSI MINORI TRATTATI CON IL METODO DEL MOTO UNIFORME

Di seguito si esaminano i restanti corsi d'acqua dove l'interferenza è risolta con tombini circolari.

Le verifiche di seguito enucleate sono state risolte col metodo del Moto uniforme, ovvero applicando le canoniche, ma sempre valide, formule di Chezy. Anche per questi canali come per i precedenti è stato svolto un attento censimento che ha comportato sia la definizione dell'assetto geometrico rilevato attraverso sezioni trasversali e rilievo celerimetrico, sia la definizione dei parametri idraulici di contesto quali la scabrezza e la pendenza.

### 12.1. DEFINIZIONE DELLA PORTATA DI PROGETTO

Lo studio del comportamento idrodinamico dei canali artificiali in esame prevede la verifica in condizioni di moto uniforme del grado di riempimento dei tombini circolari presenti in ciascun attraversamento stradale.

L'analisi del rilievo topografico ha permesso di individuare le caratteristiche geometriche dei fossi in esame. Sono state ricostruite le sezioni trapezoidali a monte di ciascun canale e successivamente sono state individuate le diverse pendenze dei canali in prossimità dell'attraversamento.

Note le caratteristiche geometriche dei fossi è stato possibile determinare la portata massima sostenibile mediante la formula di Chezy riportata di seguito.

$$Q = AKsR^{2/3}\sqrt{i}$$

Il valore del coefficiente di Strickler attribuito al tratto di alveo è pari a  $Ks = 20-25m^{1/3}/s$ .

#### 12.1.1. Verifiche idrauliche

La verifica del comportamento idrodinamico dei fossi in esame, nell'ipotesi di moto uniforme, è stata realizzata individuando il grado di riempimento  $A2$  del tombino per la relativa portata massima sostenibile.

$$A2 = \frac{A_{defl}}{A_{tombino}}$$

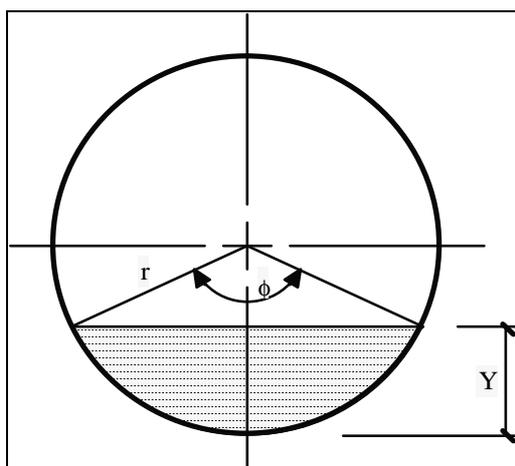


Figura 12-1 : Sezione tipologica di un tombino circolare

Noto il diametro di ciascun tombino è stato possibile calcolare l'area bagnata della sezione al variare dell'angolo  $\varphi$  :

$$A_{defl} = \frac{r}{2}(\varphi - \sin \varphi)$$

il perimetro bagnato della condotta:

$$P = r\varphi$$

il raggio idraulico della sezione:

$$R = \frac{A}{P}$$

ed infine la relativa portata mediante la formula di Chezy.

Procedendo per tentativi, al variare dell'angolo  $\varphi$  , è stata individuata l'area bagnata  $A_{defl}$  e successivamente il grado di riempimento  $A_2$  di ciascun tombino circolare per una portata pari alla portata massima sostenibile.

La tabella seguente riporta, per ciascun fosso analizzato, i dati geometrici delle sezioni di deflusso degli stessi e le portate massime sostenibili. In particolare  $b$ ,  $B$  e  $h$  rappresentano i valori della base maggiore, della base minore e dell'altezza della sezione trapezoidale. Sono inoltre riportati la progressiva chilometrica ( $P_k$ ) dell'interferenza, il diametro, la scabrezza, la portata massima sostenibile, e il grado di riempimento del tombino stradale, in termine di superficie occupata dall'acqua sull'area di deflusso totale. La pendenza è stata ricavata in parte dal rilievo topografico e in parte dal rilievo celerimetrico.

Tabella 12-1 : Dati geometrici, portate massime sostenibili e percentuali di riempimento dei tombini analizzati

Codice	Corso d'acqua	Pk	Q <sub>MS</sub>	B	b	h	Pendenza	Scabrezza	OPERA	Diam.	Grado di riempimento

**RELAZIONE IDROLOGICO E IDRAULICA: GESTIONE DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE**

-	nome	Km	m <sup>3</sup> /sec	m	m	m	%	m <sup>1/3</sup> /s	-	m	%
TM13	Irrigatorio di via Ferraroni	Viabilità di collegamento	0.30	2.10	0.30	0.70	0.09	25	Tombino Circolare in PeAD PN6	0.60	100
TM17	Fosso 3	02+415.00	0.60	2.00	0.40	0.90	0.18	25	Tombino Circolare in CA	1.00	69
TM18	Fosso 4	05+325.00	0.22	1.50	0.50	0.50	0.19	25	Tombino Circolare in CA	0.80	50.0
TM12	Fosso 5	00+408 Sottovia Piev Modolena	0.54	2.00	0.50	0.80	0.17	25	Tombino Circolare in CA	1.00	65

In corrispondenza di tutti i manufatti di attraversamento il valore di portata massima sostenibile genera riempimenti minori al 70% della sezione di deflusso del tombino, tranne nel caso dell'Irrigatorio di Via Ferraroni ove, su indicazione del Consorzio di Bonifica è stata prevista una deviazione del fosso intubandolo per un tratto di circa 250m con una condotta Ø600 in PeAD PN6, quindi in grado di resistere alle sovrappressioni che si possono generare in caso di deflusso della portata massima sostenibile.

La tavola di riferimento in cui è riportata la risoluzione dell'attraversamento dell'Irrigatorio di Via Ferraroni ha il codice P00ID00IDRPP15A.

### 13. INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA ED OPERE CONNESSE

Per ciascun tipo di tombino, sono stati previste diverse tipologie di sistemazioni idrauliche in corrispondenza dell'imbocco e dello sbocco, inoltre sono previste un certo numero di opere idrauliche minori rappresentate da paratoie e tombini circolari per attraversamenti poderali. Le varie tipologie vengono descritte puntualmente di seguito.

#### 13.1. TOMBINI SCATOLARI PER CORSI D'ACQUA GESTITI DAL CONSORZIO DI BONIFICA

Su indicazione del Consorzio di Bonifica, il raccordo tra il tombino e la scarpata del canale è realizzato con muri d'ala in CA ben intestate nelle sponde e nel fondo e prolungati in asse al canale. Il rivestimento delle sponde e del fondo è costituito da massi di cava non gelivi del peso di 50-100 Kg/cad (peso specifico 2,4 t/m<sup>3</sup>) per i canali con base maggiore  $\leq 5.0\text{m}$  e del peso di 100-300 Kg/cad per quelli con base maggiore  $> 5.0\text{m}$ . I massi sono incassati per 50cm su sponde e fondo ed intasati con terreno sciolto di sterro per un'incidenza del 30% del volume dell'intero rivestimento, che è prolungato di 4,0m dalla testa del tombino, a meno di casi particolari descritti nei capitoli precedenti.

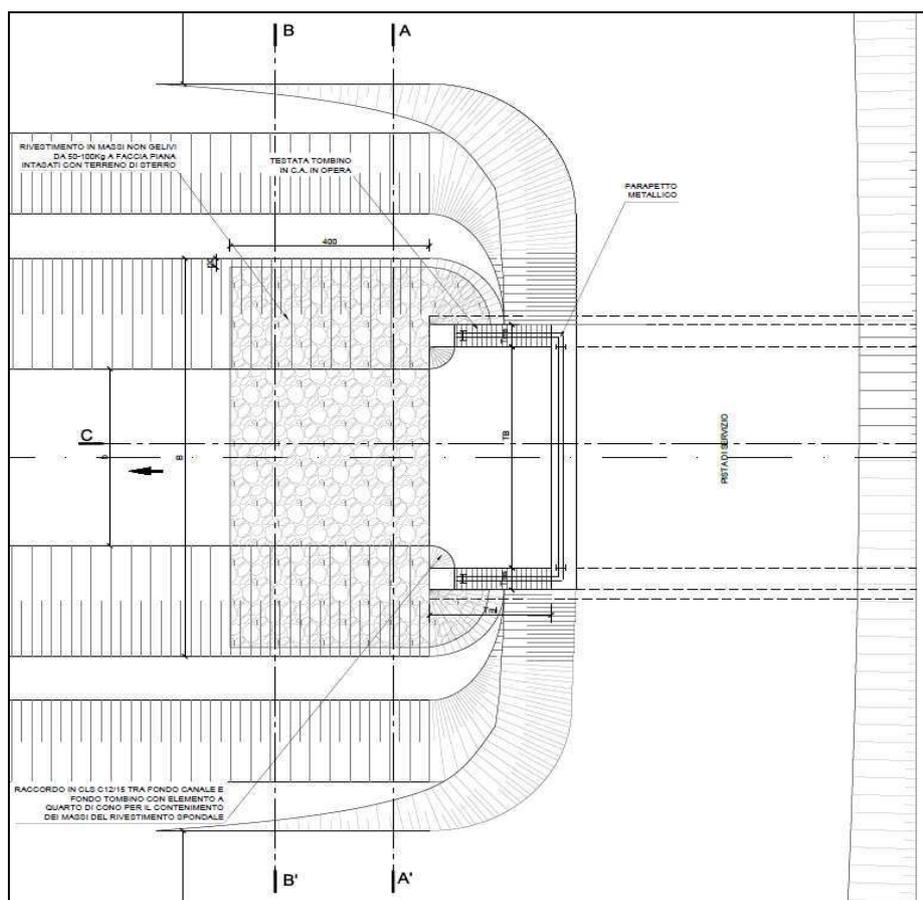


FIGURA 13-1: PLANIMETRIA IMBOCCO/SBOCCO PER TOMBINI SCATOLARI DI CORSI D'ACQUA GESTITI DAL CONSORZIO



### 13.2. TOMBINI CIRCOLARI PER CORSI D'ACQUA GESTITI DAL CONSORZIO DI BONIFICA

Su indicazione del Consorzio di Bonifica, il raccordo tra il tombino e la scarpata del canale è realizzato con muri d'ala in CA ben intestate nelle sponde e nel fondo e prolungati in asse al canale. Il rivestimento delle sponde e del fondo è costituito da massi di cava non gelivi del peso di 50-100 Kg/cad (peso specifico 2,4 t/m<sup>3</sup>) incassati per 50cm su sponde e fondo ed intasati con terreno sciolto di sterro per un'incidenza del 30% del volume dell'intero rivestimento. Tale rivestimento è prolungato di 4,0m dalla testa del tombino, a meno di casi particolari descritti nei capitoli precedenti.

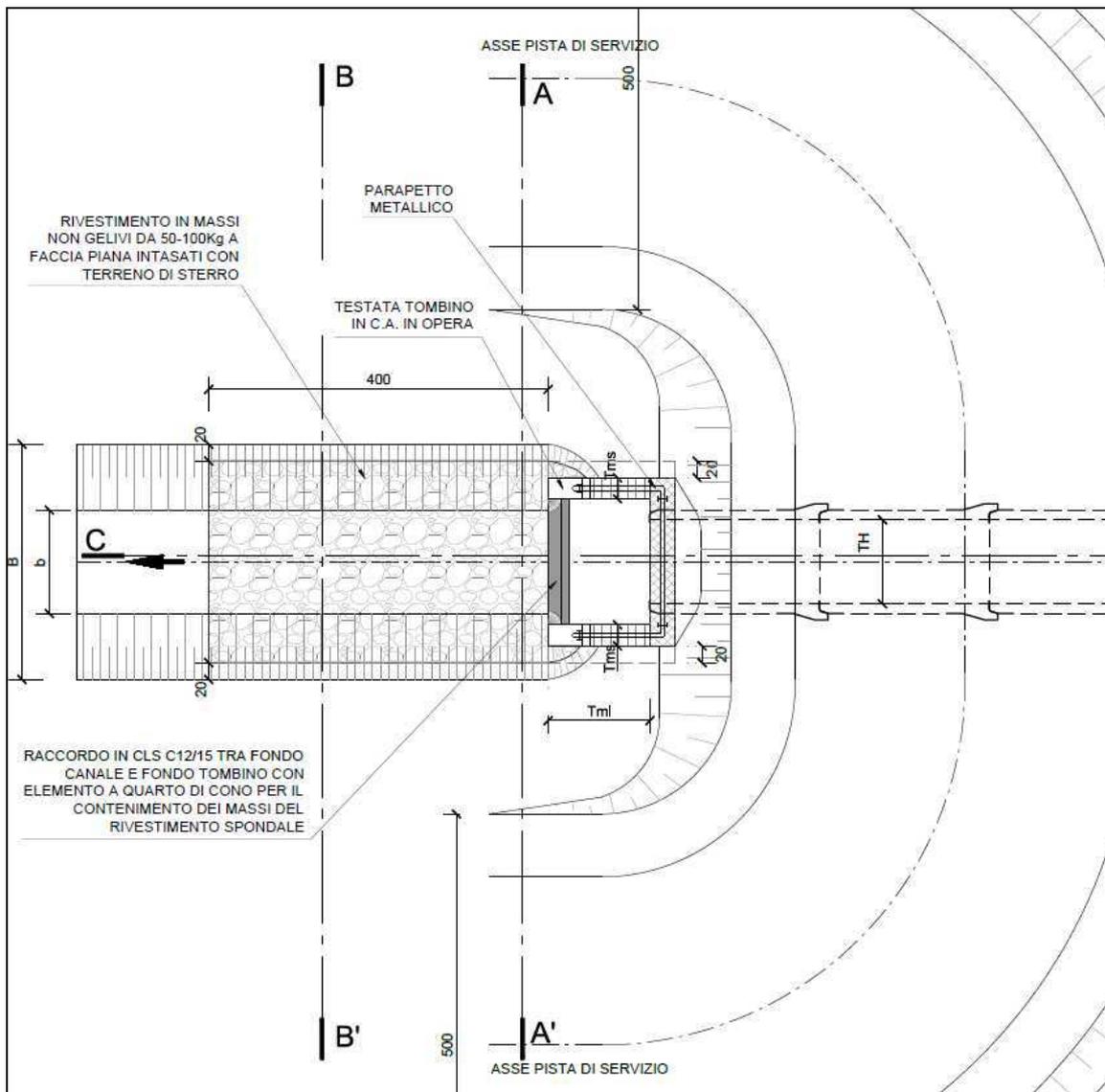


FIGURA 13-4: PLANIMETRIA IMBOCCO/SBOCCO PER TOMBINI CIRCOLARI DI CORSI D'ACQUA GESTITI DAL CONSORZIO

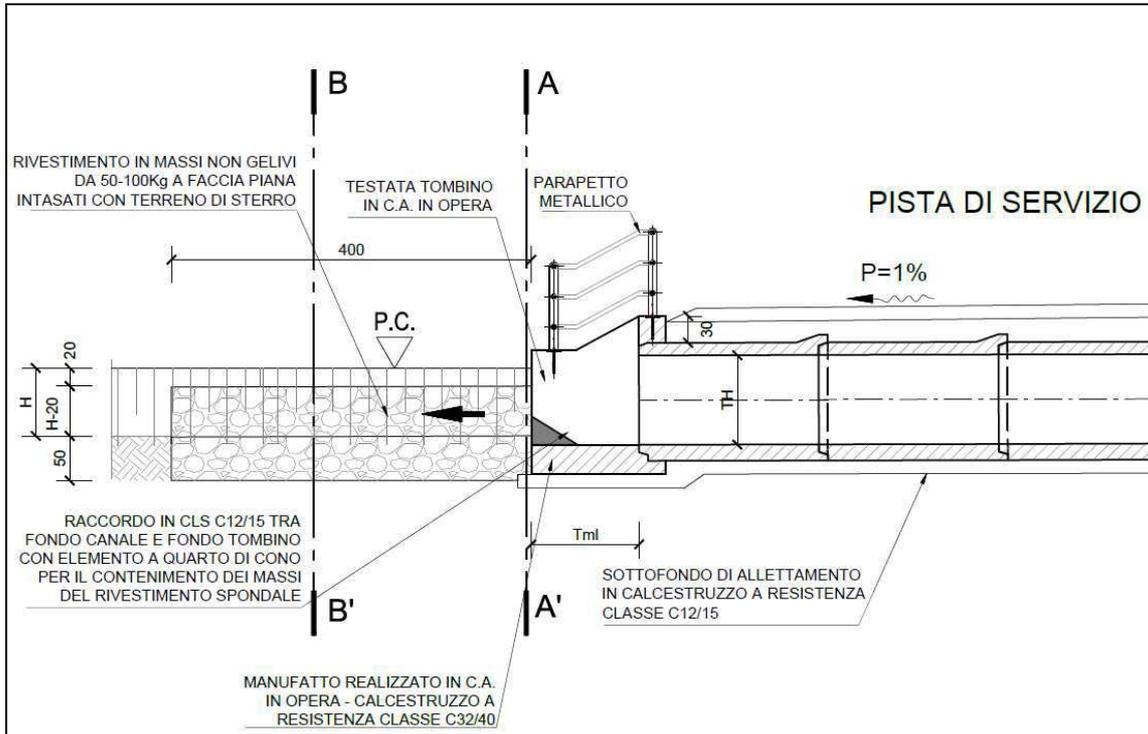


FIGURA 13-5: SEZIONE C-C, IMBOCCO/SBOCCO PER TOMBINI CIRCOLARI DI CORSI D'ACQUA GESTITI DAL CONSORZIO

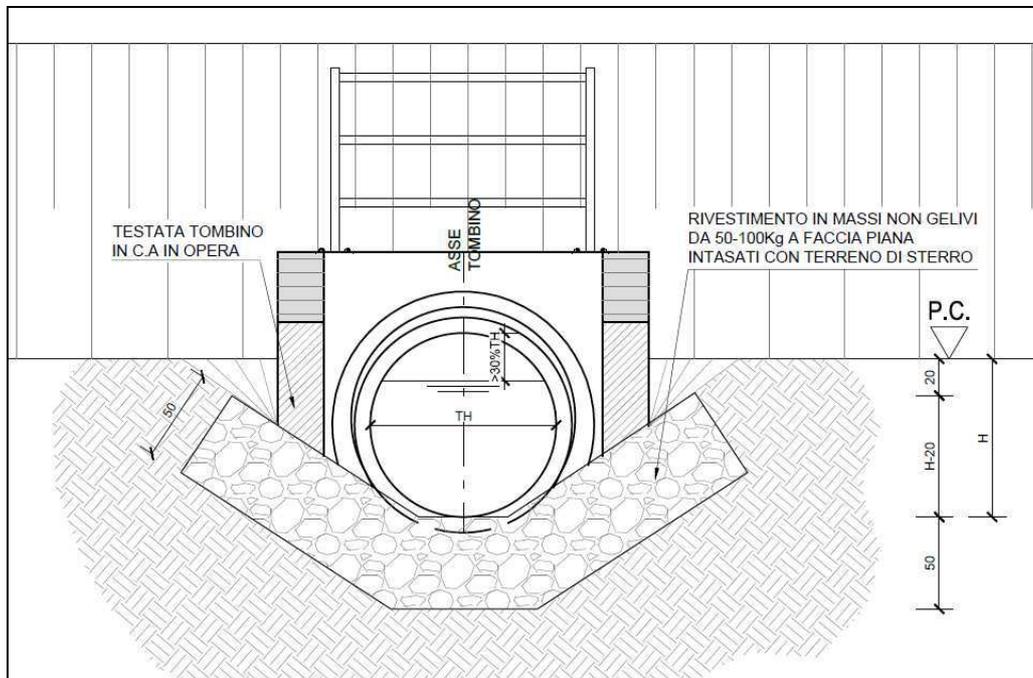


FIGURA 13-6: SEZIONE A-A, IMBOCCO/SBOCCO PER TOMBINI CIRCOLARI DI CORSI D'ACQUA GESTITI DAL CONSORZIO

### 13.3. TOMBINI SCATOLARI E CIRCOLARI PER FOSSI PRIVATI

Nel caso fossi privati o di fossi di guardia stradale il rivestimento delle sponde e del fondo è previsto unicamente a valle dell'attraversamento in progetto. Il raccordo tra il tombino scatolare o circolare e la scarpata del fosso è realizzato con muri d'ala prolungati in asse al canale e il rivestimento delle sponde e del fondo è costituito da cls C32/40 spessore 15cm armato con rete elettrosaldata Ø6 maglia 15x15cm. Tale sistemazione è prolungata di 1,50m dalla testa del tombino verso valle.

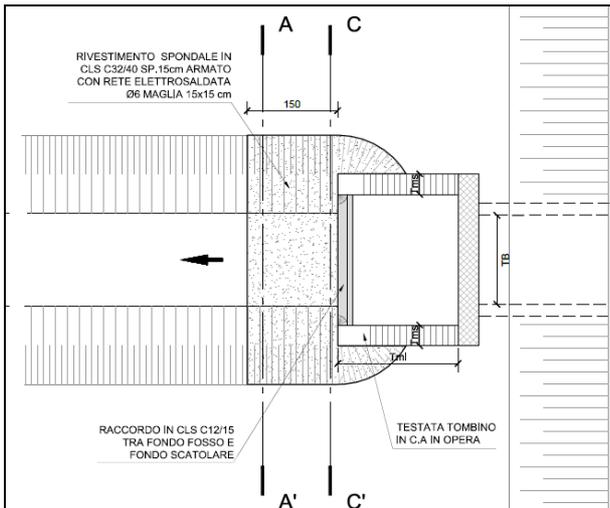


FIGURA 13-7: PLANIMETRIA IMBOCCO/SBOCCO PER TOMBINI SCATOLARI DI CORSI D'ACQUA PRIVATI

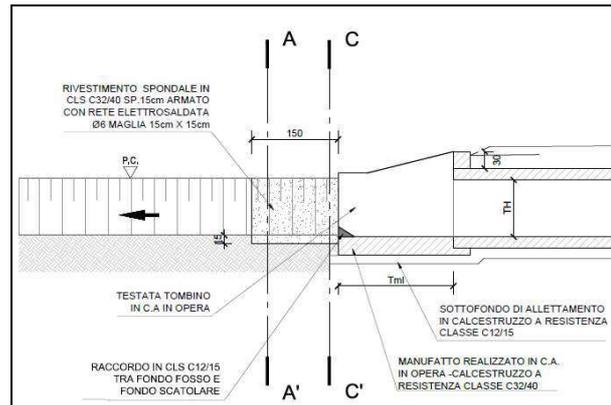


FIGURA 13-8: SEZIONE C-C, IMBOCCO/SBOCCO PER TOMBINI SCATOLARI DI CORSI D'ACQUA PRIVATI

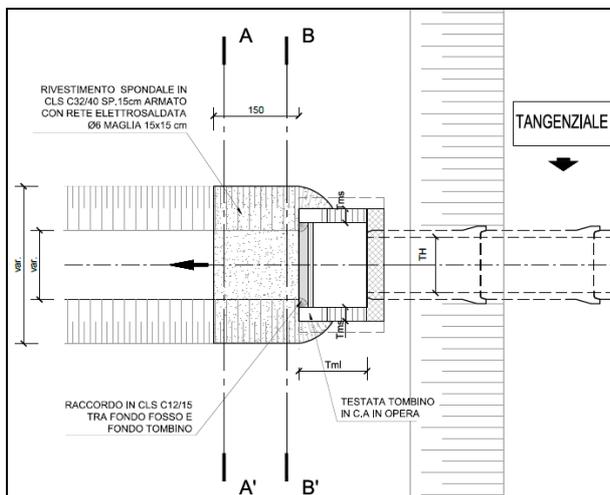


FIGURA 13-9: PLANIMETRIA IMBOCCO/SBOCCO PER TOMBINI CIRCOLARI DI CORSI D'ACQUA PRIVATI

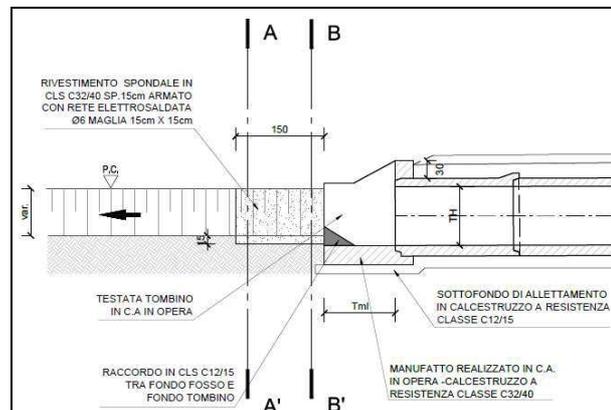


FIGURA 13-10: SEZIONE C-C, IMBOCCO/SBOCCO PER TOMBINI CIRCOLARI DI CORSI D'ACQUA PRIVATI

### 13.4. OPERE IDRAULICHE MINORI

Tra le opere d'arte minore, oltre ai tombini, sono previste diversi organi di regolazione delle portate rappresentati da paratoie di tipologia e dimensione differenti.

Di seguito si riporta una tabella che riassume le tipologie ed indicativamente le quantità previste per l'intero tratto della tangenziale e delle viabilità secondarie.

Tabella 13-1: tipologie e quantità indicative delle paratoie previste in progetto

TIPO DI CHIAVICA		LUCE INTERNA (cm)	QUANTITÀ
GOVERNABILE CON VOLANTINO E RIDUTTORE	MONOSETTORE	120x120	5
	MONOSETTORE	100x100	5
	MONOSETTORE	80x80	15
	MONOSETTORE	70x70	25
GOVERNABILE A MANO	QUADRATA CON SCUDO IN ACCIAIO	50x50	20
CON CLAPET	PER TUBAZIONE	Ø20	15
	PER TUBAZIONE	Ø30	10
	PER TUBAZIONE	Ø50	5

Di seguito sono riportate le immagini degli organi di regolazione delle portate previsti in progetto

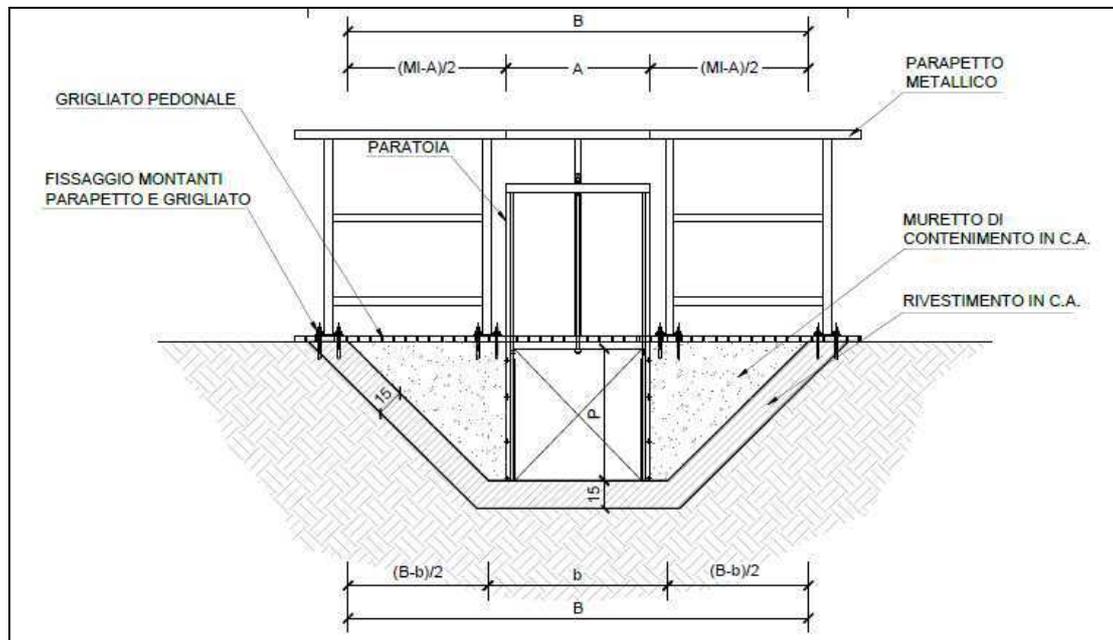


FIGURA 13-11: PARATOIA MONOSETTORE GOVERNABILE CON VOLANTINO E RIDUTTORE

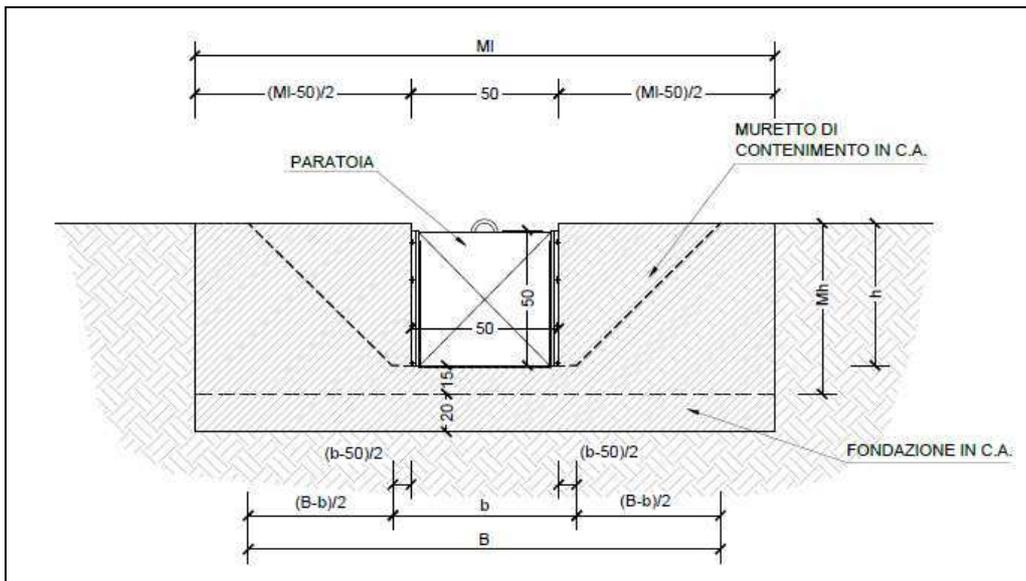


FIGURA 13-12: PARATOIA QUADRATA CON SCUDO IN ACCIAIO GOVERNABILE A MANO

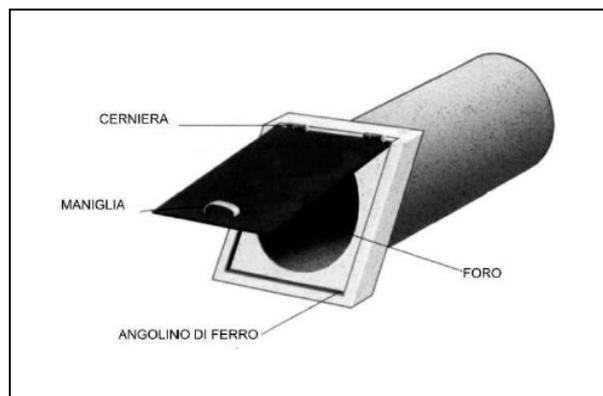


FIGURA 13-13: PARATOIA PER TUBAZIONE CON CLAPET

Infine per eventuali attraversamenti poderali e viabilità minori, non indicati nella planimetria di progetto, sono previste tubazioni in cls prefabbricate autoportanti Ø800, lunghe mediamente 6.0m, con relativi manufatti di testata e rivestimento spondale in cls come per i fossi privati, nella misura di 25 passaggi al km.

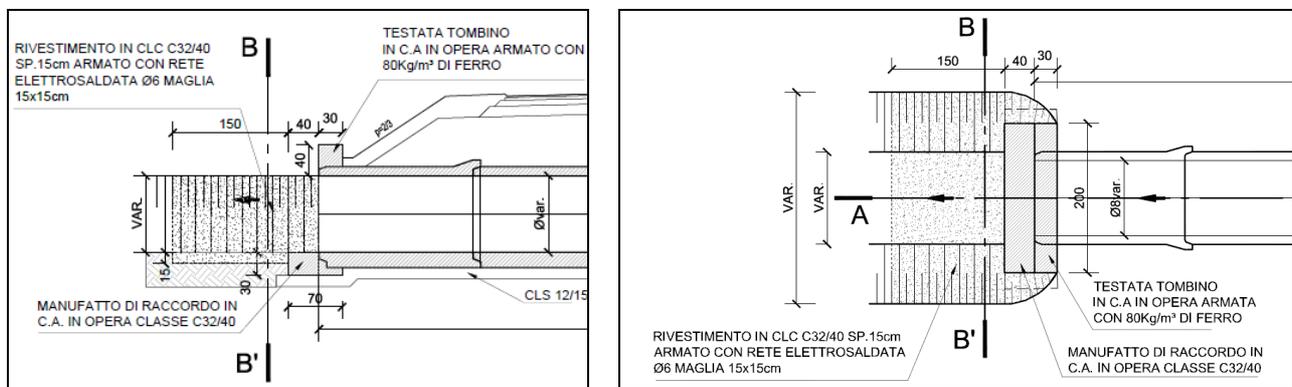


FIGURA 13-14: SEZIONE E PLANIMETRIA DELL' IMBOCCO/SBOCCO PER TOMBINI CIRCOLARI DI ATTRAVERSAMENTI PODERALI

## 14. DEVIAZIONE DEL COLETTORE FOGNARIO RONCOCESI

### 14.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

In località Corte Tegge, nel tratto terminale del tracciato della tangenziale, dove questa si sviluppa in trincea, è presente l'interferenza con la condotta fognaria acque miste di IREN denominata Roncocesi (Figura 14-1).

Tale condotta, in CA Ø1000, si sviluppa da sud-est a nord-ovest ed è interferita dalla trincea tra il pozzetto N°38199 e quello N°38200. La quota di fondo della condotta e la quota della livelleta stradale nel tratto d'interferenza non potendo coesistere, ha comportato la deviazione della prima, come riportato nell'immagine seguente.

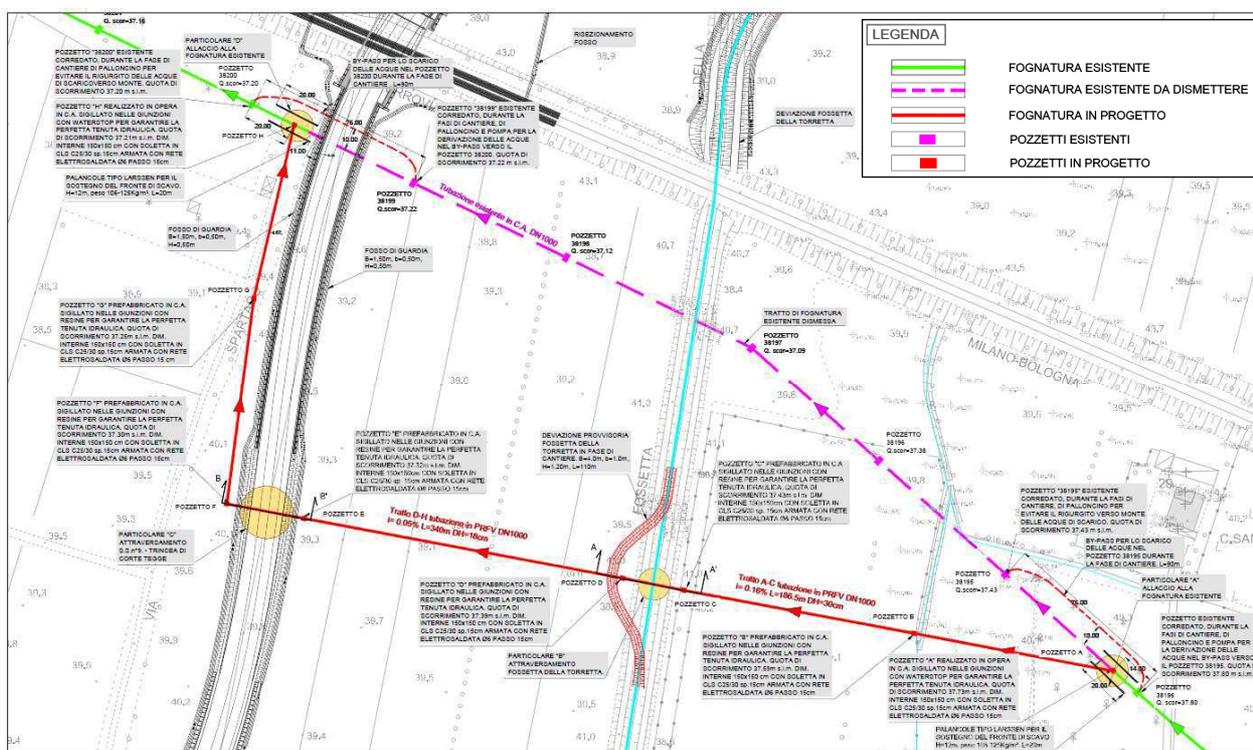


Figura 14-1: Planimetria di inquadramento della fognatura esistente e di quella in progetto

La deviazione della fogna, costituito da tubazioni in PRFV Ø1000 SN10, si sviluppa per circa 527m, allacciandosi a quella esistente tra i pozzetti N°38196 e N°38195 in ingresso ed tra i pozzetti N°38199 e N°38200 in uscita. Tale deviazione comporta l'attraversamento della Fossata della Torretta, e della tangenziale in progetto, ove la livelleta stradale lo consente per garantire un opportuno ricoprimento alla condotta.

Il primo tratto, lungo indicativamente 187m, con pendenza di 0,16% si sviluppa dal pozzetto "A" a quello "C", caratterizzato da un'area coltiva tra il pozzetto "A" e "B" e da un'area asfaltata, ad uso di autorimessa, nel tratto successivo fino al pozzetto "C".

Dal pozzetto "C" fino all'impatto con la fognatura in corrispondenza del pozzetto "H", la pendenza della condotta si riduce a 0,05% e si sviluppa tutta in un'area coltivata.

## 14.2. FASI DI LAVORAZIONE

Le fasi di lavorazioni per la realizzazione della deviazione fognaria sono riportate nella tavola "Deviazione collettore fognario Roncocesi" (cod. P00ID00IDRPP19A) e prevedono:

- I. Allaccio alla fognatura esistente con impatto con pozzetti "A" e "H";
- II. Attraversamento Fossetta della Torretta;
- III. Attraversamento - Trincea di Corte Tegge.

### 14.2.1. Allaccio alla fognatura esistente con impatto con pozzetti "A" e "H"

Di seguito sono elencate le fasi realizzative per l'allaccio della fogna

- 1) Chiusura del flusso di liquame tra pozzetto di monte e di valle mediante inserimento di palloncino;
- 2) Derivazione delle acque di fogna mediante by-pass, e scarico delle acque nel pozzetto esistente di valle. La pompa dovrà avere una portata commisurata al tempo impiegato ed alla stagionalità dei lavori; essendo la fogna di tipo misto. Si ricorda che la  $Q_m=48$  l/s e la portata di punta 200l/s;
- 3) Infissione delle palancole per il preventivo sostegno dei fronti di scavo;
- 4) Aggottamento delle acque di falda con pompa dotata di manichetta di lunghezza adeguata per lo scarico individuato secondo indicazioni della D.L.; le acque di falda se non inquinate potranno essere scaricate nel fosso presente, in caso contrario in fogna.
- 5) Messa a luce della tubazione fognaria esistente nei punti di raccordo con tubazione di progetto, mediante scavo manuale;
- 6) Predisposizione di pompa triturrante o autobotte per lo svuotamento del tratto di fognatura interessato;
- 7) Rottura e pulizia delle pareti interne della tubazione e dei pozzetti esistenti mediante getto d'acqua in pressione;
- 8) Sigillatura della condotta esistente da dismettere mediante getto di cls magro, per una lunghezza di 5m all'inizio e al termine del tratto interessato;
- 9) Getto di sottofondazione in cls C25/30 sp.15cm con rete elettrosaldata Ø6 passo 15 cm;
- 10) Realizzazione in opera dei pozzetti in C.A. sigillati nelle giunzioni con waterstop per garantire la perfetta tenuta idraulica. Completamento dei pozzetti con elementi raggiunti quota realizzati secondo normativa europea EN 1917 e chiusino in ghisa sferoidale e riempimento come da elaborati grafici;
- 11) Posa tubazione di progetto in PFRV;
- 12) Prevedere fondello idraulico all'interno dei pozzetti mediante getto di cls magro;

13) Sigillatura delle tubazioni collegate ai pozzetti mediante nastro tipo Terolit e inserimento di giunzioni per condotte a gravità costituite da una carcassa in PRFV con una guarnizione di gomma sintetica tipo EPDM.

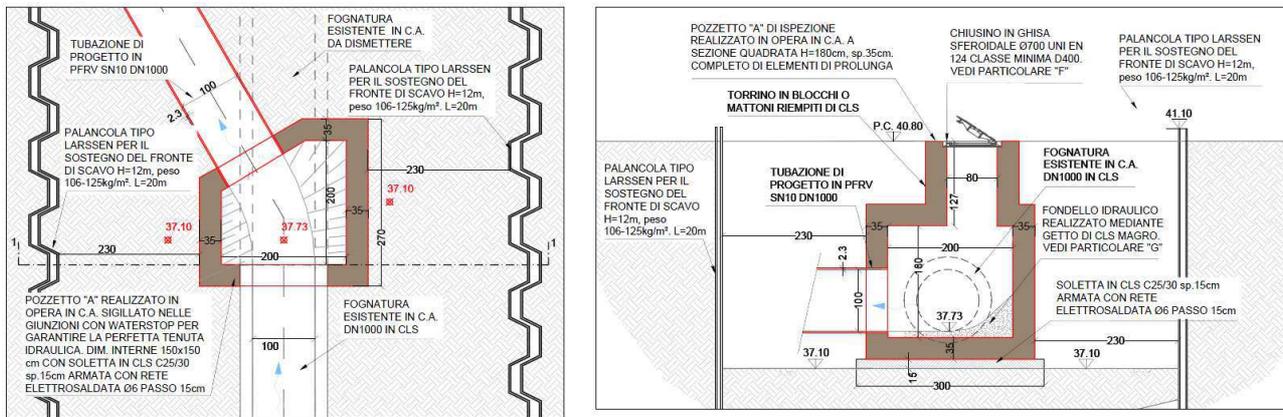
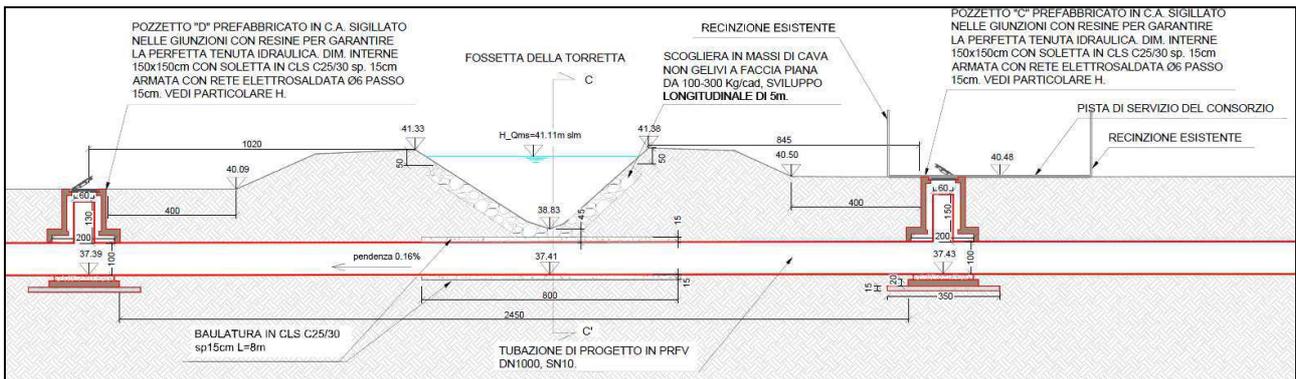


Figura 14-2: Particolare di allaccio alla fogna esistente con Pozzetto "A"

#### 14.2.2. Attraversamento Fossetta della Torretta

Di seguito sono elencate le fasi realizzative per l'attraversamento della Fossetta della Torretta.

- 1) Scavo per la deviazione provvisoria della Fossetta della Torretta, dimensioni sezione idraulica  $B=4.00\text{m}$ ,  $b=1.00\text{m}$  e  $H=4.20\text{m}$ , lunghezza del tratto 110m;
- 2) Smantellamento dell'argine e scavo a sezione obbligata per posa della tubazione di progetto;
- 3) Getto di sottofondazione in cls C25/30 sp.15cm con rete elettrosaldata  $\varnothing 6$  passo 15cm;
- 4) Posa del pozzetto "C" prefabbricato in C.A. sigillato nelle giunzioni con resine per garantire la perfetta tenuta idraulica, dimensioni interne come da elaborati grafici, più raggiungiquota realizzato secondo la normativa europea EN 1917 e chiusino in ghisa sferoidale e riempimento come da elaborati grafici;
- 5) Posa tubazione di progetto in PFRV  $\varnothing 1000$  SN10 con baulatura come da progetto da pozzetto "C" a pozzetto "D";
- 6) Posa del pozzetto "D" prefabbricato in C.A. sigillato nelle giunzioni con resine per garantire la perfetta tenuta idraulica, dimensioni interne come da elaborati grafici più raggiungiquota realizzato secondo la normativa europea EN 1917;
- 7) Ripristino delle arginature esistenti con rivestimento in massi per 5,0m lineari e dismissione della deviazione provvisoria della Fossetta della Torretta;
- 8) Chiusura scavi e sistemazione area di cantiere.

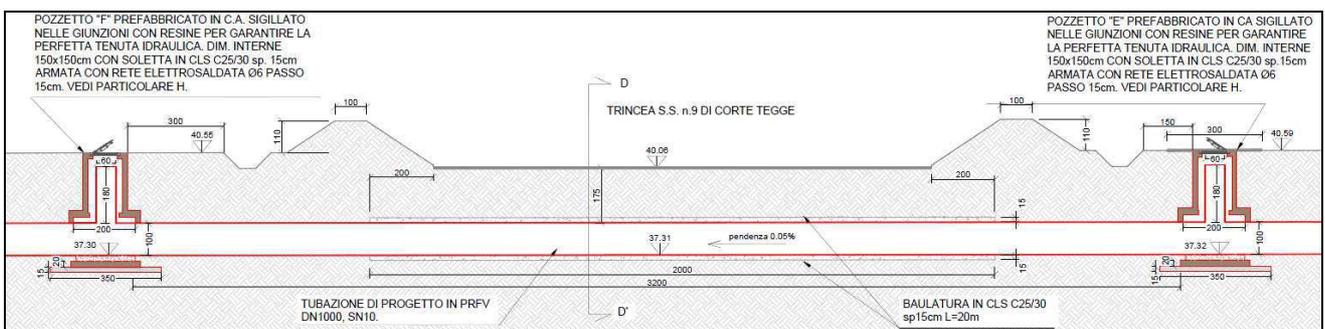


**Figura 14-3: Particolare dell'attraversamento della fossetta della Torretta**

#### 14.2.3. Attraversamento S.S. n°9 – Trincea di Corte Tegge

Di seguito sono elencate le fasi realizzative per l'attraversamento della Trincea di Corte Tegge.

- 1) Scavo a sezione obbligata con armatura delle pareti verticali;
- 2) Getto di sottofondazione in cls C25/30 con rete elettrosaldada Ø6 passo 15 cm;
- 3) Posa dei pozzetti "E" e "F" prefabbricati in C.A. sigillati nelle giunzioni con resine per garantire la perfetta tenuta idraulica, dimensioni interne come da elaborati grafici più raggiungiquota realizzati secondo la normativa europea EN 1917 e chiusino in ghisa sferoidale e riempimento come da elaborati grafici;
- 4) Posa tubazione di progetto in PRFV Ø1000 SN10;
- 5) Chiusura scavi e sistemazione area di cantiere.



**Figura 14-4: Particolare dell'attraversamento s.s. n°9 – Trincea di Corte Tegge**