



# AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA DAL CASELLO DI REGGIOLO-ROLO SULLA A22 AL CASELLO DI FERRARA SUD SULLA A13

CODICE C.U.P. E81B08000060009

## PROGETTO DEFINITIVO

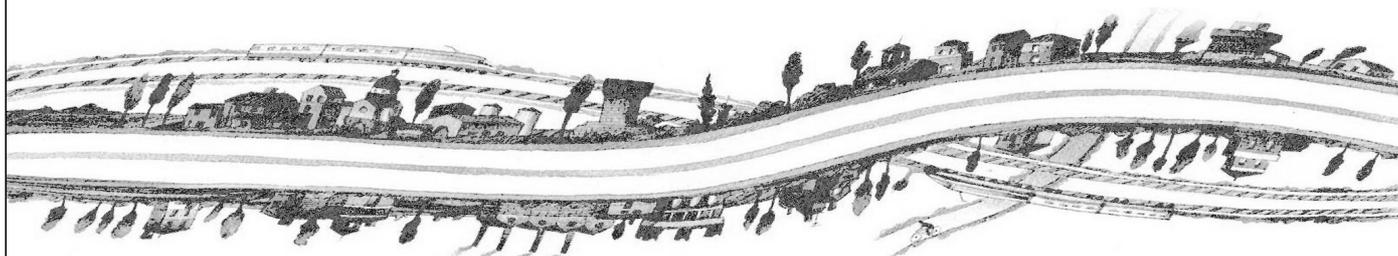
### ASSE AUTOSTRADALE

#### IDROLOGIA E IDRAULICA

#### IDRAULICA CORSI D'ACQUA SECONDARI E MINORI

#### PARTE GENERALE

RELAZIONE IDRAULICA PER LA RETE IDRICA GESTITA DAL CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA



**IL PROGETTISTA**

Ing. Riccardo Telò  
Albo Ing. Parma n° 1099



**RESPONSABILE INTEGRAZIONE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE**

Ing. Emilio Salsi  
Albo Ing. Reggio Emilia n° 945



**IL CONCESSIONARIO**

Autostrada Regionale  
Cispadana S.p.A.  
IL PRESIDENTE  
Graziano Pattuzzi

G					
F					
E					
D					
C					
B					
A	17.04.2012	EMISSIONE	ZANZUCCHI	TELO'	SALSI
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDAZIONE	CONTROLLO	APPROVAZIONE

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

NUM. PROGR.	FASE	LOTTO	GRUPPO	CODICE OPERA WBS	TRATTO OPERA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVO	REV.
0725	PD	0	000	0WS00	0	WW	RI	07	A

DATA: MAGGIO 2012

SCALA:

## INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>4</b>
<b>2. INQUADRAMENTO NORMATIVO.....</b>	<b>5</b>
2.1. NORMATIVA .....	5
CRITERI E RACCOMANDAZIONE DEL CONSORZIO DI BONIFICA DELLA PIANURA DI FERRARA .....	5
<b>3. CRITERI GENERALI .....</b>	<b>10</b>
ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO.....	10
3.1. IL MODELLO MATEMATICO PER LA PROPAGAZIONE DELL'ONDA DI PIENA .....	11
<b>4. AMBITO DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>15</b>
4.1. IL COMPENSORIO DI BONIFICA .....	15
4.2. IL TRACCIATO AUTOSTRADALE .....	16
<b>5. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE.....</b>	<b>18</b>
5.1. INDAGINI PLUVIOMETRICHE.....	18
5.2. ANALISI IDROLOGICHE.....	22
<b>6. INTERFERENZE IDRAULICHE CON IL TRACCIATO IN PROGETTO.....</b>	<b>31</b>
<b>7. I CORSI D'ACQUA SECONDARI .....</b>	<b>40</b>
7.1. SCOLO SALIONE.....	40
7.1.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale .....	40
7.1.2. Descrizione dell'intervento.....	41
7.1.3. Verifiche idrauliche .....	42
7.2. SCOLO SALIONE VECCHIO .....	48
7.2.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale .....	48
7.2.2. Descrizione dell'intervento.....	49
7.2.3. Verifiche idrauliche .....	50
7.3. SCOLO BASTARDO .....	57
7.3.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale .....	57
7.3.2. Descrizione dell'intervento.....	58
7.3.3. Verifiche idrauliche .....	59
7.4. SCOLO CHIODAROLO NUOVO.....	66

7.4.1.	Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale .....	66
7.4.2.	Descrizione dell'intervento.....	67
7.4.3.	Verifiche idrauliche .....	68
7.5.	SCOLO FOSSA .....	75
7.5.1.	Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale .....	75
7.5.2.	Descrizione dell'intervento.....	76
7.5.3.	Verifiche idrauliche .....	77
7.6.	CANALE S.AGOSTINO .....	84
7.6.1.	Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale .....	84
7.6.2.	Descrizione dell'intervento.....	85
7.6.3.	Verifiche idrauliche .....	86
7.7.	DISTRIBUTORE CIARLE NORD .....	93
7.7.1.	Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale .....	93
7.7.2.	Descrizione dell'intervento.....	94
7.7.3.	Verifiche idrauliche .....	95
7.8.	SCOLO SCORSURO .....	97
7.8.1.	Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale .....	97
7.8.2.	Descrizione dell'intervento.....	98
7.8.3.	Verifiche idrauliche .....	99
7.9.	SCOLO CORONELLA .....	106
7.9.1.	Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale .....	106
7.9.2.	Descrizione dell'intervento.....	107
7.9.3.	Verifiche idrauliche .....	108
7.10.	DIRAMAZIONE CORONELLA .....	116
7.10.1.	Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale .....	116
7.10.2.	Descrizione dell'intervento.....	117
7.10.3.	Verifiche idrauliche .....	118
7.11.	SCOLO PELOSO .....	125
7.11.1.	Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale .....	125
7.11.2.	Descrizione dell'intervento.....	126
7.11.3.	Verifiche idrauliche .....	127
7.12.	SCOLO UCCELLINO NORD.....	134
7.12.1.	Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale .....	134
7.12.2.	Descrizione dell'intervento.....	135
7.12.3.	Verifiche idrauliche .....	136

7.13. TRAVERSA CECCHINA .....	144
7.13.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale .....	144
7.13.2. Descrizione dell'intervento.....	145
7.13.3. Verifiche idrauliche .....	146
7.14. TIPOLOGIE TOMBINI SCATOLARI E DEVIAZIONI PER CANALI CONSORTILI .....	153
<b>8. I CORSI D'ACQUA MINORI.....</b>	<b>155</b>
8.1. VERIFICHE IDRAULICHE E RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE CON I CANALI MINORI ...	156
8.2. TIPOLOGIE TOMBINI CIRCOLARI E DEVIAZIONI PER FOSSI PRIVATI .....	166

## 1. PREMESSA

La presente relazione è parte integrante del Progetto Definitivo dell'Autostrada Regionale Cispadana e 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 autostradali di attraversamento ed i corsi d'acqua secondari e minori ricadenti all'interno del comprensorio di bonifica in gestione al Consorzio di Bonifica della Pianura di Ferrara.

Il percorso progettuale sviluppato per la presente fase di Progettazione Definitiva è stato coordinato e condiviso con il Consorzio di Bonifica di Ferrara, e tiene conto delle prescrizioni impartite sia durante la Conferenza dei Servizi sul Preliminare, conclusasi con l'approvazione dello stesso nel Dicembre 2011, sia con le indicazioni concordate durante incontri tecnici tematici durante la progettazione definitiva.

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 ( $Q_{max}$ ) 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 quanti indicato dal Consorzio di Bonifica;
- 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 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.

Fanno parte integrante del Progetto Definitivo, oltre alla presente relazione, dedicata agli attraversamenti secondari e minori, anche le singole specifiche relazioni sviluppate per ogni attraversamento di corsi d'acqua principali la cui interferenza è stata risolta con ponti.

## 2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

---

### 2.1. NORMATIVA

---

Lo sviluppo degli studi, analisi e verifiche idrauliche nonché la successiva progettazione delle opere di risoluzione delle interferenze è stata sviluppata nel rispetto delle Normative Nazionali e Regionali in materia nonché delle Norme Tecniche di Attuazione e Direttive Tecniche del PAI dell'Autorità di bacino del Fiume Po e del PSAI dell'Autorità di bacino del Fiume Reno.

Per la consultazione delle specifiche norme si rimanda all'elaborato:

0036PD0000000000GEKT01A - ELENCO DELLE NORMATIVE DI RIFERIMENTO

### CRITERI E RACCOMANDAZIONE DEL CONSORZIO DI BONIFICA DELLA PIANURA DI FERRARA

---

La progettazione definitiva delle opere autostradali necessarie al superamento delle interferenze con i canali di bonifica è stata fondata oltretutto sulle risultanze del progetto preliminare sulle indicazioni e prescrizioni impartite dal Consorzio della Bonifica di Ferrara con il parere prot. 10429 del 16/05/2011 espresso per la Conferenza dei Servizi (CdS). Le prescrizioni avevano carattere generale e riportavano richieste suddivise per attraversamenti risolti con ponti a luce libera e per quelli risolti mediante inserimento di manufatti tombinati; durante l'attuale fase progettuale sono stati esaminati, con i tecnici del Consorzio, tutti gli attraversamenti in progetto e sono state adottate scelte condivise per la risoluzione di ciascuno di essi.

Il Consorzio ha precisato che, prima dell'esecuzione dei lavori, dovrà essere acquisita per ogni interferenza con la rete di bonifica la concessione ai sensi del R.D. 368/1904 in materia di Polizia Idraulica e che la stessa concessione sarà rilasciata in seguito alla presentazione del progetto esecutivo di ogni singola opera, elaborato sulla base delle indicazioni tecniche e di maggiore dettaglio che verranno prescritte nella fase di progettazione definitiva.

Il Consorzio ha fornito per la successiva fase progettuale le indicazioni tecniche che di seguito sinteticamente si riassumono e che sono relative alle risoluzioni operate mediante tombature:

- *tutti i manufatti sottopassanti l'autostrada Cispadana e le strade di raccordo con la viabilità minore dovranno essere realizzati nell'alveo attuale evitando, o riducendo al minimo possibile, il ricorso a rettifiche degli attuali tracciati delle linee idrauliche;*

- *negli attraversamenti realizzati mediante la posa di scatolari, i tombinamenti dovranno essere prolungati, sia a monte che a valle, in modo da mantenere una distanza utile minima di ml. 5,00 tra la frontina del manufatto e il piede esterno del rilevato stradale o del relativo fosso di guardia. La recinzione di delimitazione dell'autostrada dovrà essere conformata in modo da consentire l'utilizzo dei 5,00 ml. richiesti per il passaggio dei mezzi consorziali da una sponda all'altra del canale;*
- *la quota di fondo di ciascun attraversamento sarà fissata dal Consorzio in fase di progettazione esecutiva. Le quote saranno collegate a caposaldi in uso al consorzio da richiamarsi esplicitamente negli elaborati grafici da presentare in fase di richiesta di concessione. In linea generale la quota di imposta dei manufatti sarà prescritta almeno 30 cm più bassa della quota originaria di fondo dell'alveo. Al fine del posizionamento altimetrico del manufatto si dovrà fare riferimento ai soli caposaldi quotati evitando di basarsi sulle quote di fondo attualmente presenti potenzialmente condizionate da depositi temporanei di melme;*
- *gli scatolari da impiegarsi per i tombinamenti dovranno essere dimensionati in modo da garantire una portata corrispondente alla portata della canalizzazione in cui saranno inseriti senza determinare innalzamenti di quota a monte del manufatto; dovranno avere altezza tale da rispettare la quota di fondo prescritta dal Consorzio e, nel contempo, mantenere un margine a luce libera di almeno 50 cm tra l'estradosso superiore e il piano campagna o la sommità arginale;*
- *in caso di parallelismo tra canali a cielo aperto e le nuove arterie stradali dovrà essere mantenuta una distanza minima di ml. 10 tra il ciglio più vicino del canale e il piede del rilevato stradale;*
- *eventuali modifiche del tracciato dell'alveo dovranno prevedere, a cura e spese del titolare dell'opera viaria, l'acquisizione al demanio dello Stato per opere di bonifica delle superfici necessarie al nuovo tracciato, compreso di frazionamenti ed atti notarili. Inoltre i nuovi tratti dovranno essere realizzati con pendenza e sezioni tali da garantire almeno le attuali portate, sia irrigue che di scolo, dei canali. Le sezioni e i profili proposti per i nuovi tracciati all'atto della richiesta di autorizzazione dovranno essere corredati da apposite relazioni idrauliche.*
- *tutti gli interventi di manutenzione straordinaria conseguenti a destabilizzazione delle scarpate nei tratti rettificati dovranno essere eseguiti a cura e spese del titolare dell'opera viabile per un periodo di 5 anni dalla data di collaudo dell'opera;*
- *oltre agli interventi sulle sponde e sull'alveo dei canali dovranno essere realizzati, secondo le indicazioni tecniche impartite dal Consorzio, da recepire nel progetto esecutivo, tutte le opere e i manufatti, completi dei meccanismi di manovra, necessari per la regimazione dei flussi delle acque, irrigue e di scolo, che in conseguenza della costruzione delle nuove opere viarie dovranno essere adeguate o spostate;*

- *tutti i nuovi manufatti dovranno essere dotati di parapetto o altri dispositivi di protezione antinfortunistica, come previsto dalla legislazione vigente in materia;*
- *in corrispondenza dei nuovi manufatti realizzati con scatoletti dovrà essere previsto il rivestimento di scarpata e fondo del canale per almeno 10 ml. a monte ed a valle del nuovo manufatto;*
- *i criteri generali sopra riportati dovranno essere seguiti anche per la progettazione delle opere necessarie alla viabilità di cantiere, anche se temporanee, interferenti con la canalizzazione demaniale. Tali interventi dovranno essere oggetto di concessione temporanea e se al termine dei lavori dovessero assumere carattere permanente dovrà essere fornito al Consorzio formale richiesta di intestazione dell'atto autorizzativo da parte del nuovo soggetto subentrante. In mancanza di tale atto il manufatto resterà nella piena titolarità dell'ente proprietario dell'autostrada;*
- *la progettazione dell'opera dovrà prevedere anche tutti gli interventi necessari per garantire il mantenimento della funzionalità dei corsi d'acqua, di scolo ed irrigui, di competenza privata intersecati dalla nuova autostrada e dalla viabilità di raccordo;*
- *tutti gli interventi che si andranno ad attuare sulla canalizzazione dovranno prevedere la realizzazione delle opere provvisorie necessarie ad assicurare la continuità del flusso idraulico durante tutto il periodo di cantiere.*

In fase di progettazione definitiva sono stati svolti vari incontri con i tecnici del Consorzio di Ferrara finalizzati ad approfondire i criteri generali esposti nel parere di CdS nonché ad esaminare nel dettaglio i singoli attraversamenti e per ciascuno di essi definire le prescrizioni specifiche. Durante tali incontri sono stati concordati ulteriori prescrizioni generali:

- in alcuni casi il rivestimento spondale a monte e valle dei tombini potrà essere ridotto a 5m anziché i 10 prescritti in relazione all'importanza del canale e comunque da definirsi puntualmente.

Infine si sono analizzati i singoli corsi d'acqua secondari per i quali sono state concordate le soluzioni di seguito indicate.

COD	NOME RILIEVO	OPERA	NOTE DISCUSSE CON CONSORZIO DI BONIFICA FERRARA
A02A017	SCOLO ALBERONE	AUTOSTRADA	<p>attraversamento in asse al canale esistente</p> <p>tombino scatolare di equivalente officiosità idraulica prolungato a monte e valle di 5m netti</p> <p>rivestimento spondale in massi (40-60cm di diametro) intasati di cls estesi a monte e valle tombino per 5m</p>

<b>COD</b>	<b>NOME RILIEVO</b>	<b>OPERA</b>	<b>NOTE DISCUSSE CON CONSORZIO DI BONIFICA FERRARA</b>
A02A023	SCOLO BUONACOMPRA OVEST	AUTOSTRADA	attraversamento in asse al canale esistente  tombino scatolare di equivalente officiosità idraulica prolungato a monte e valle di 5m netti  rivestimento spondale in massi (40-60cm di diametro) intasati di cls estesi a monte e valle tombino per 5m
A02A027	SCOLO BASTARDO	AUTOSTRADA	attraversamento in asse al canale esistente  tombino scatolare di equivalente officiosità idraulica unico per l'attraversamento autostradale e quello della Bondeno-cento (canna unica) prolungato a monte e valle di 5m netti  rivestimento spondale in massi (40-60cm di diametro) intasati di cls estesi a monte e valle tombino per 5m
A02A029	SCOLO CHIODAROLO NUOVO	AUTOSTRADA	attraversamento in asse al canale esistente od eventualmente deviarlo inclinato per ridurre la curva posta a valle  tombino scatolare di equivalente officiosità idraulica unico per l'attraversamento autostradale e quello della Bondeno-cento (canna unica) prolungato a monte e valle di 5m netti  rivestimento spondale in massi (40-60cm di diametro) intasati di cls estesi a monte e valle tombino per 5m
A02A039	SCOLO FOSSA	AUTOSTRADA	attraversamento in asse al canale esistente  tombino scatolare di equivalente officiosità idraulica prolungato a monte e valle di 5m netti  rivestimento spondale in massi (40-60cm di diametro) intasati di cls estesi a monte e valle tombino per 5m
A02A043	SCOLO S.AGOSTINO	AUTOSTRADA	Da deviare sotto al ponte dello Scolmatore di Reno
A02A048	DISTRIBUTORE CIARLE NORD	AUTOSTRADA	attraversamento deviato rispetto all'asse esistente in modo da rettificare la curva  tombino scatolare di equivalente officiosità idraulica prolungato a monte e valle di 5m netti  rivestimento in cls esteso a monte e valle tombino per 5m
A02A067	SCOLO CORONELLA	AUTOSTRADA	attraversamento in asse al canale esistente  tombino scatolare di equivalente officiosità idraulica prolungato a monte per 5m netti ed esteso a valle fin contro il tombino della FFSS  rivestimento spondale in massi (40-60cm di diametro) intasati di cls esteso a monte tombino per 5m
A02A068	DIRAMAZIONE CORONELLA	AUTOSTRADA	attraversamento in asse al canale esistente  tombino scatolare di equivalente officiosità idraulica prolungato solo a monte per 5m netti  rivestimento spondale in massi (40-60cm di diametro) intasati di cls estesi a monte e valle tombino per 5m
A02A072	SCOLO PELOSO	AUTOSTRADA	Attraversamento sotto il Viadotto FFSS garantendo su entrambe le sponde il passaggio dei mezzi, fascia libera netta di 5m  Eventualmente prevedere una deviazione locale
A02A073	SCOLO UCCELLINO NORD	AUTOSTRADA	attraversamento in asse al canale esistente  tombino scatolare di equivalente officiosità idraulica prolungato a monte e valle di 5m netti  rivestimento spondale in massi (40-60cm di diametro) intasati di cls estesi a monte e valle tombino per 5m

<b>COD</b>	<b>NOME RILIEVO</b>	<b>OPERA</b>	<b>NOTE DISCUSSE CON CONSORZIO DI BONIFICA FERRARA</b>
A02A075	TRAVERSA CECCHINA	AUTOSTRADA	Prevedere deviazione del canale parallelamente all'autostrada garantendo una fascia netta di 10m  attraversamento ortogonale all'autostrada  tombino scatolare di equivalente officiosità idraulica prolungato a monte e valle di 5m netti  rivestimento spondale in massi (40-60cm di diametro) intasati di cls estesi a monte e valle tombino per 5m
A02A078	SCOLO SALIONE	AUTOSTAZIONE CENTO	ponte a luce unica in scavalco alla sezione attuale  senza passaggio mezzi consorziali  franco idraulico minimo 1.5m  rivestimento spondale in massi (40-60cm) esteso a tutta la sezione (alveo e sponde) per l'area in ombra del ponte e per 10m a monte e valle
A02A022	SCOLO ARBORSELLI	AUTOSTAZIONE CENTO	attraversamento in asse al canale esistente  tombino scatolare di equivalente officiosità idraulica prolungato a monte e valle di 5m netti  rivestimento spondale in massi (40-60cm di diametro) intasati di cls estesi a monte e valle tombino per 5m  tratto di deviazione (circa 100m) per evitare parallelismo con autostrada
A02A083	SCOLO UCCELLINO NORD	SVINCOLO A13	attraversamento in asse al canale esistente  tombino scatolare di equivalente officiosità idraulica prolungato a monte e valle di 5m netti  rivestimento spondale in massi (40-60cm di diametro) intasati di cls estesi a monte e valle tombino per 5m

Come si evince dalle risultanze degli studi idraulici seguenti sono state rispettate tutte le prescrizioni impartite.

### 3. CRITERI GENERALI

---

#### ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO

---

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

*Fase 1<sup>a</sup>: Definizione di un quadro conoscitivo di riferimento morfologico e 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 2011 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<sup>a</sup>: Analisi idrologia e idraulica del corso d'acqua*

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 della Bonifica Ferrara o proprietà private che insistono sull'area attraversata. Il tracciato interferisce con canali che sono stati classificati come secondari sulla base della larghezza d'alveo a piano campagna  $3m < B < 10m$ , mentre se  $B < 3m$  essi vengono classificati minori..

Il criterio adottato, per individuare i livelli idrometrici da assumere a riferimento per la progettazione dei manufatti di attraversamento, è stato, quindi, quello di adottare come portata di riferimento quella massima sostenibile (Q<sub>ms</sub>), determinata mediante modellazione matematica in moto permanente.

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.

Per i corsi d'acqua minori, oltre alle verifiche dei singoli attraversamenti, è stata altresì condotta una mirata analisi volta a comprendere le interferenze che il corpo autostradale impatta sulla microcircolazione delle acque 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 e 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. 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, tubi irrigui in pressione contro-tubati e

tombini per passi carrai e che nelle planimetrie di dettaglio in scala 1:2.000 sono stati inseriti in forma computistica.

#### *Fase 3<sup>a</sup>: Progettazione delle opere di presidio idraulico*

Sulla base delle risultanze delle analisi idrauliche si è, quindi, proceduto alla definizione delle opere di presidio idraulico necessarie a garantire sia l'officiosità idraulica delle strutture in progetto, che la compatibilità delle stesse con le dinamiche del corso d'acqua. Sono stati, inoltre, definiti gli accorgimenti e gli interventi necessari al corretto superamento dell'alveo inciso nonché delle arginature dove presenti.

Per il progetto delle difese attive sono state privilegiate soluzioni di ingegneria naturalistica a basso impatto ambientale, condivise con il Consorzio di bonifica. Nella scelta e tipologia dei rivestimenti protettivi in massi si è rispettato quanto prescritto dal Consorzio di bonifica nel parere di CdS; analogamente si sono rispettate le distanze minime richieste per l'estensione dei rivestimenti, per il posizionamento delle spalle e per la ricucitura delle piste di servizio e manutenzione.

Tutte le soluzioni adottate sono state discusse e concordate con il Consorzio di bonifica Pianura di Ferrara con il quale il confronto diretto ha consentito di approfondire le problematiche dell'intervento nonché rispettare le prescrizioni di carattere generale e specifiche che sono state fornite durante la fase progettuale definitiva in apposite riunioni come risulta dai verbali relativi.

### **3.1. IL MODELLO MATEMATICO PER LA PROPAGAZIONE DELL'ONDA DI PIENA**

L'analisi idraulica è stata condotta mediante modellazione numerica dei canali, 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 appositamente nell'ambito del presente progetto definitivo.

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, gennaio 2010).

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 scatolari, 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 dalle pile del ponte viene eseguito secondo diversi metodi :

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

## 4. AMBITO DI RIFERIMENTO

---

### 4.1. IL COMPENSORIO DI BONIFICA

---

Il comprensorio della bonifica del Consorzio della Pianura di Ferrara comprende un vasto territorio che precedentemente apparteneva a vari consorzi della bassa pianura nel tratto delimitato dal fiume Panaro fino al mar Adriatico; nello specifico il territorio tra Panaro e Ferrara apparteneva al Consorzio Valli di Vecchio Reno. Il comprensorio di interesse è caratterizzato da una morfologia piatta sulla quale le fluttuazioni antiche del Reno hanno originato i paleoalvei e da essi i dossi di pianura disposti in una complessa rete e che si trovano in condizioni altimetriche di rilevato relativo e che sono solitamente caratterizzati da terreni più grossolani rispetto alla matrice alluvionale delle zone un tempo vallive e dei bacini di colmata che popolano la pianura.

L'altimetria del comprensorio degrada dai 22 metri sul livello del mare all'estremo sud-ovest, fino a meno di 4 metri sul livello del mare in corrispondenza della depressioni più marcate. Le condizioni altimetriche e morfologiche del comprensorio consentono, ad eccezione di alcune depressioni, lo scolo naturale delle acque. L'idrografia è caratterizzata da una marcata complessità, dovuta essenzialmente alla diversità dei recapiti esterni e all'origine ovunque antica del reticolo dei canali. I terreni del comprensorio hanno un'origine alluvionale, caratterizzata da un'intima mescolanza di apporti dal sistema padano-alpino con quelli prevalenti di origine appenninica. In esso assumono un'importanza fondamentale i terreni sabbioso limosi, che si ritrovano in corrispondenza dei dossi di pianura mentre nelle aree intervallive la matrice dominante è quella di suoli limosi ed argillosi caratteristici dei depositi alluvionali. Il territorio del comprensorio presenta una dominanza di seminativi pari a circa il 65% del totale della superficie, seguono le superfici urbanizzate 20%, le superfici destinate ad colture arboree e boscate 15%. Il territorio è soggetto al clima continentale moderatamente temperato della pianura padana ed è scarsamente influenzato dalla vicina presenza del mare Adriatico. Le precipitazioni sono numericamente scarse ma distribuite uniformemente nelle quattro stagioni, con valori più alti in autunno, primavera e estate e più bassi in inverno; la piovosità media annua è dell'ordine dei 700-600 mm.

Il comprensorio di bacino ricade nella Provincia di Ferrara ed appartiene al bacino idrografico del fiume Po.

## 4.2. IL TRACCIATO AUTOSTRADALE

Il tracciato dell'autostrada regionale Cispadana si sviluppa per circa 64'600 km in territorio di bassa pianura la cui morfologia si presenta monotona deprimente verso nord est e sulla quale si evidenziano 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 rilievi 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 dall'autostrada: il fiume Secchia ed il Fiume Panaro essi suddividono il territorio in tre ambiti idrologicamente omogenei tutti appartenenti al bacino idrografico del Po.

La nuova autostrada prevede quattro nuove autostazioni e due aree di servizio, oltre a due svincoli di interconnessione con le autostrade A22 ed A13, posti all'inizio e alla fine del raccordo autostradale in progetto. Il collegamento alle due autostrade esistenti prevede la ricollocazione dello svincolo di autostazione di Reggiolo-Rolo sull'A22 e la riconfigurazione dello svincolo di autostazione Ferrara Sud sull'A13.

La nuova arteria autostradale si sviluppa per il 34% in rettilineo, per il 29% in raccordo circolare e per il restante 37% in raccordo clotoideale.

CONFIGURAZIONE PLANIMETRICA	LUNGHEZZA (m)	%
<b><i>Totale tracciato</i></b>	<b>64'666.12</b>	<b>100</b>
Tratto in rettilineo	21'865.73	34
Tratto in raccordo clotoideale	24'161.51	37
Tratto in raccordo circolare	18'638.88	29

**TABELLA 4-1: CONFIGURAZIONE PLANIMETRICA**

Planimetricamente il tracciato è caratterizzato da raggi di curvatura che consentono di ripercorrere, fondamentalmente, la geometria predisposta dallo Studio di fattibilità della Regione Emilia-Romagna per il tracciato della nuova Autostrada Regionale Cispadana. Il raggio planimetrico minimo è di 806 m in prossimità dell'interconnessione con l'autostrada A22. Tutte le curve sinistrorse di raggio inferiore a 2.300 m prevedono l'incremento della banchina interna per garantire la distanza di visibilità per l'arresto alla velocità

di progetto  $V_{pmax}=140$  km/h.

La pendenza trasversale massima in curva è pari al 7%, mentre in rettilineo è sempre garantita la pendenza del 2,5% per consentire il corretto deflusso delle acque di piattaforma.

Altimetricamente l'autostrada si configura per il 42% del suo sviluppo in rilevato basso (denominato a raso), cioè con altezza inferiore a 2,5 m rispetto al piano campagna. Per il 53% in rilevato (altezze superiori ai 2.5 m rispetto al piano campagna), per il 4% in viadotto e per il restante 1% al di sotto del piano campagna (in trincea). L'altezza di rilevato massima è in corrispondenza degli scavalchi ferroviari ed è pari a 11,50 m.

<b>CONFIGURAZIONE ALTIMETRICA</b>	<b>LUNGHEZZA (m)</b>	<b>%</b>
<b><i>Totale tracciato</i></b>	<b>64'666.12</b>	<b>100</b>
Tratto a raso (H<2.50)	27'031.40	42
Tratto in rilevato (H>2.50)	34'207.57	53
Tratto in Viadotto	2'854.48	4
Tratto in Trincea Confinata	572.67	1

**TABELLA 4-2: CONFIGURAZIONE ALTIMETRICA**

## 5. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE

### 5.1. INDAGINI PLUVIOMETRICHE

L'area presa a riferimento, caratterizzata da omogeneità idrologica, è quella compresa tra la via Emilia ed il Fiume Po lungo l'orientamento nord-sud e tra Parma e Ferrara lungo l'orientamento ovest-est; si tratta di un'area estesa, ma che presenta omogeneità climatica essendo tutta appartenente alla Pianura Padana a sud del Po e tutta limitata a sud dalla catena appenninica che la separa dai regimi climatici tirrenici.

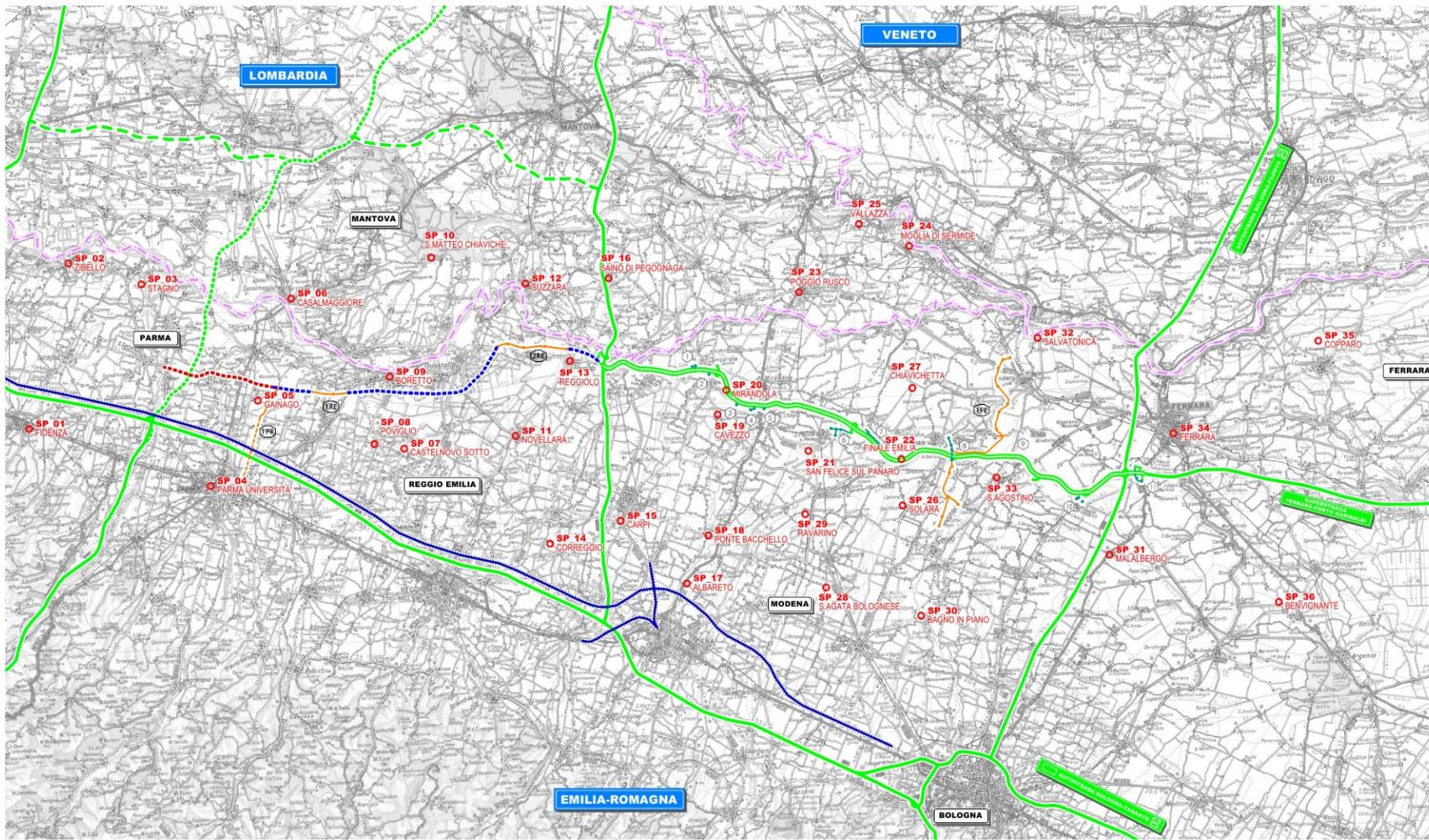
Nell'ambito dello studio sono state prese in esame numerose stazioni pluviometriche, ricadenti all'interno dell'area entro cui ricade l'Autostrada Regionale Cispadana e le Viabilità di Adduzione.

Per tali stazioni sono stati preliminarmente rilevati i valori di pioggia caratteristici; successivamente sono state scelte le stazioni maggiormente rappresentative per singolo areale sotteso e soprattutto dotate di un numero sufficiente di dati per determinare le curve di possibilità pluviometriche. Nonostante l'omogeneità idrologica, sono state determinate curve di possibilità pluviometriche nell'intorno del corridoio autostradale, con ragguaglio all'area attraverso il metodo dei topoi e quindi con discretizzazione su tratti di 4 km a variabilità ovest-est.

COD	STAZIONE	GESTIONE	LOCALITA	COMUNE	PROV	X Gauss Bo	Y Gauss Bo	STRUMENTO	BACINO
SP_01	FIDENZA	ARPA Emilia-Romagna	Coduro -	Fidenza	(PR)	1584484.25	4967975.19	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Taro
SP_02	ZIBELLO	ARPA Emilia-Romagna	Ardola	Zibello	(PR)	1588670.48	4985548.15	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Taro
SP_03	STAGNO	ARPA Emilia-Romagna	Stagno	Roccabianca	(PR)	1596501.68	4983327.25	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Taro
SP_04	PARMA UNIVERSITA'	ARPA Emilia-Romagna	via Strela	Parma	(PR)	1603936.61	4961898.84	Pr: pluviometro registratore	Parma
SP_05	GAINAGO	ARPA Emilia-Romagna	Gainago	S.Polo Torile	(PR)	1608983.67	4970975.01	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Parma
SP_06	CASALMAGGIORE	ARPA Lombardia	via Volta	Casalmaggiore	(CR)	1612566.00	4981813.00	Pr: pluviometro registratore	Oglio-Adda
SP_07	CASTELNOVO SOTTO	ARPA Emilia-Romagna	Castelnovo Sotto	Castelnovo S.	(RE)	1624687.44	4965868.82	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Pianura fra Enza e Crostolo
SP_08	POVIGLIO	ARPA Emilia-Romagna	Poviglio	Poviglio	(RE)	1621481.57	4966353.40	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Pianura fra Enza e Crostolo
SP_09	BORETTO	ARPA Emilia-Romagna	Boretto	Boretto	(RE)	1623122.84	4973513.31	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Pianura fra Enza e Crostolo
SP_10	S.MATTEO CHIAVICHE	ARPA Lombardia	S.Matteo	S.Matteo	(MN)	1627572.00	4986175.00	Pr: pluviometro registratore	Oglio
SP_11	NOVELLARA	ARPA Emilia-Romagna	Sirona	Novellara	(RE)	1636617.00	4967230.00	P: pluviometro comune	Pianura fra Crostolo e Secchia
SP_12	SUZZARA	ARPA Emilia-Romagna	Suzzara	Suzzara	(MN)	1637661.59	4983413.36	P: pluviometro comune	Pianura fra Crostolo e Secchia

COD	STAZIONE	GESTIONE	LOCALITA	COMUNE	PROV	X Gauss Bo	Y Gauss Bo	STRUMENTO	BACINO
SP_13	REGGIOLO	ARPA Emilia-Romagna	Reggiolo	Reggiolo	(RE)	1642437.31	4975183.96	P: pluviometro comune	Pianura fra Crostolo e Secchia
SP_14	CORREGGIO	ARPA Emilia-Romagna	Correggio	Correggio	(RE)	1640303.01	4955778.57	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Pianura fra Crostolo e Secchia
SP_15	CARPI	ARPA Emilia-Romagna	Carpi	Carpi	(MO)	1647876.65	4958203.44	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Pianura fra Crostolo e Secchia
SP_16	SAINO PEGOGNAGA DI	ARPA Emilia-Romagna	Pegognaga	Pegognaga	(MN)	1646582.80	4983981.05	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Pianura fra Crostolo e Secchia
SP_17	ALBARETO	ARPA Emilia-Romagna	Albareto	Modena	(MO)	1654961.78	4951545.41	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Pianura fra Secchia e Panaro
SP_18	PONTE BACCHELLO	ARPA Emilia-Romagna	Sorbara	Soliera	(MO)	1657265.94	4956647.57	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Pianura fra Secchia e Panaro
SP_19	CAVEZZO	ARPA Emilia-Romagna	Cavezzo	Cavezzo	(MO)	1658264.15	4969509.25	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Pianura fra Secchia e Panaro
SP_20	MIRANDOLA	ARPA Emilia-Romagna	Mirandola	Mirandola	(MO)	1659177.35	4972096.84	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Pianura fra Secchia e Panaro
SP_21	SAN FELICE SUL PANARO	ARPA Emilia-Romagna	San Felice sul Panaro	S.Felice P	(MO)	1667997.20	4965645.81	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Pianura fra Secchia e Panaro
SP_22	FINALE EMILIA	ARPA Emilia-Romagna	Finale Emilia	Finale Emilia	(MO)	1677956.10	4964765.86	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Pianura fra Secchia e Panaro
SP_23	POGGIO RUSCO	ARPA Emilia-Romagna	Poggio Rusco	Poggio Rusco	(MO)	1666969.06	4982502.19	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Pianura fra Secchia e Panaro
SP_24	MOGLIA SERMIDE DI	ARPA Emilia-Romagna	Moglia	Sermide	(MN)	1678789.00	4987404.00	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Pianura fra Secchia e Panaro
SP_25	VALLAZZA	ARPA Emilia-Romagna	Carbonara	Carbonara di Po	(MN)	1673397.21	4989740.87	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Pianura fra Secchia e Panaro
SP_26	SOLARA	ARPA Emilia-Romagna	Solara	Bomporto	(MO)	1678092.35	4959846.84	Pr: pluviometro registratore	Pianura fra Secchia e Panaro
SP_27	CHIAVICHETTA	ARPA Emilia-Romagna	Viarovere	Finale Emilia	(MO)	1679132.95	4972314.56	P: pluviometro comune	Pianura fra Secchia e Panaro
SP_28	S.AGATA BOLOGNESE	ARPA Emilia-Romagna	Crevalcore	Sant'Agata B.	(BO)	1669894.62	4951127.56	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Panaro
SP_29	RAVARINO	ARPA Emilia-Romagna	Ravarino	Ravarino	(MO)	1667654.40	4958910.92	P: pluviometro comune	Panaro
SP_30	BAGNO IN PIANO	ARPA Emilia-Romagna	Bagno di Piano	Sala Bologn	(BO)	1680082.51	4948117.61	Pr: pluviometro registratore	Reno (Samoggia)
SP_31	MALALBERGO	ARPA Emilia-Romagna	Malalbergo	Malalbergo	(BO)	1700250.67	4954606.55	Pr: pluviometro registratore	Reno (Idice)
SP_32	SALVATONICA	ARPA Emilia-Romagna	Salvatonica	Bondeno	(FE)	1692548.45	4977646.93	Pr: pluviometro registratore	Pianura fra Po e Reno
SP_33	S.AGOSTINO	ARPA Emilia-Romagna	S.Agostino	S.Agostino	(FE)	1688139.32	4962802.95	Pr: pluviometro registratore	Pianura fra Po e Reno
SP_34	FERRARA	ARPA Emilia-Romagna	Ferrara	Ferrara	(FE)	1707124.12	4967495.55	Pr: pluviometro registratore	Pianura fra Po e Reno
SP_35	COPPARO	ARPA Emilia-Romagna	Copparo	Copparo	(FE)	1722632.47	4977345.50	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Pianura fra Po e Reno
SP_36	BENVIGNANTE	ARPA Emilia-Romagna	Benvignante	Argenta	(FE)	1718411.94	4949591.27	Pr: pluviometro registratore	Pianura fra Po e Reno

TABELLA 5-1: STAZIONI PLUVIOMETRICHE UFFICIALI RICADENTI ALL'INTERNO DELL'AREA DI STUDIO



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.

Viceversa i comprensori di bonifica sono caratterizzati 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, chiaviche e soprattutto attraverso sollevamenti meccanici; ciò vale a maggior ragione per il territorio indagato che rappresenta, in molti casi, l'ultimo lembo di terra prima della foce dei canali dei rispettivi recettori terminali.

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 i Consorzi di bonifica che, in quanto gestori, hanno 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 dei Consorzi; 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 invasati per la funzione irrigua ed ancora pertanto pieni d'acqua. Si sono infatti osservati spesso abitanti del luogo pescare all'interno di canali anche di modeste dimensioni.

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 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. 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 il valore di portata assunto a riferimento per la caratterizzazione dei massimi deflussi e per la progettazione delle opere di attrezzamento è 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.

## 5.2. ANALISI IDROLOGICHE

Nell'ambito delle attività di progettazione sono state definite, al fine della caratterizzazione idrologica dell'area, le curve di possibilità pluviometrica caratteristiche per l'intero corridoio attraversato dall'autostrada. Le curve esprimono la relazione tra l'altezza di pioggia e la probabilità di accadimento dell'evento in funzione di parametri ricavati statisticamente dalle osservazioni alle stazioni pluviometriche ufficiali

Per la determinazione della relazione fra altezza (h) e durata (t) dell'evento di pioggia in funzione del tempo di ritorno (TR), si fa riferimento alla legge probabilistica che meglio si adatta al campione di dati utilizzato.

Nel caso delle stazioni pluviometriche in esame, la determinazione della relazione fra altezza (h) e durata (t) dell'evento di pioggia, in funzione del Tempo di Ritorno (TR), è stata ottenuta tramite la legge probabilistica di Gumbel, stimandone i parametri a(T) ed n(T), al fine di ottenere la curva di possibilità pluviometrica nella forma:

$$h = a(T)t^{n(T)}$$

L'elaborazione statistica ha portato alla definizione delle curve di possibilità climatica, dove l'altezza di pioggia espressa in millimetri è rappresentata dall'espressione:

$$h = n - \frac{\ln \left( -\ln \left( 1 - \frac{1}{T_R} \right) \right)}{a}$$

dove:

TR = tempo di ritorno

$$n = Y - \bar{Y}_N \cdot S_Y / S_N$$

$$a = S_N / S_Y$$

YN = media della variabile ridotta

SN = deviazione standard della variabile ridotta

$Y$  = media aritmetica delle massime altezze di pioggia osservate

$S_y$  = scarto quadratico medio delle massime altezze di pioggia osservate.

Il valore assunto dai parametri  $S_x$  e  $S_n$  è funzione del numero di osservazioni a disposizione e si ricava da tabelle di bibliografia.

Determinate le CPP per singola stazione pluviometrica si è poi proceduto alla loro spazializzazione sul corridoio di interesse determinando, con il metodo dei topoieti curve caratteristiche per tratti autostradali di lunghezza 4 km. Si sono prese in esame le 3 stazioni pluviometriche prossime all'infrastruttura stradale, quindi associando ad ognuna di esse un peso, calcolato con il metodo dei poligoni di Thiessen o Topoieti, sono state ricavate le intensità di pioggia per assegnato TR all'interno di ogni singolo tratto.

Il metodo di Thiessen assume che in qualsiasi punto del bacino la pioggia caduta sia la stessa del pluviometro più vicino; in questo modo si suppone che la misura di ogni strumento possa essere rappresentativa di un'area che si estende radialmente dallo strumento fino alla semidistanza dallo strumento adiacente, in ogni direzione. Procedendo in questo modo si ricavano le curve di possibilità pluviometrica all'interno di ogni singolo tratto.

Si riportano di seguito, per i diversi tempi di ritorno analizzati, le tabelle riassuntive dei valori di  $h$  in millimetri per durate di 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 6, 12 e 24 ore per singolo tratto sotteso e le CPP di tutti i tratti compresi nell'areale di pertinenza del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara.

durata [ore]	ALTEZZA DI PIOGGIA [mm] – Km39					
	Tr=1000	Tr=500	Tr=200	<b>Tr=100</b>	Tr=50	Tr=20
1	77.11	71.48	64.03	<b>58.38</b>	52.70	45.12
1.5	80.72	74.99	67.40	<b>61.64</b>	55.86	48.12
2	83.39	77.59	69.90	<b>64.07</b>	58.21	50.37
2.5	85.53	79.67	71.91	<b>66.03</b>	60.11	52.19
3	87.32	81.42	73.60	<b>67.67</b>	61.70	53.72
6	94.51	88.45	80.42	<b>74.32</b>	68.19	59.99
12	102.37	96.14	87.90	<b>81.65</b>	75.38	66.99
24	110.95	104.56	96.13	<b>89.75</b>	83.35	74.84

**TABELLA 5-2: ALTEZZE DI PIOGGIA AL Km39 – STAZIONI PLUVIO. RAVARINO, POGGIORUSCO E S. AGOSTINO**

durata [ore]	ALTEZZA DI PIOGGIA [mm] – Km43					
	Tr=1000	Tr=500	Tr=200	<b>Tr=100</b>	Tr=50	Tr=20
1	72.24	67.05	60.18	<b>54.98</b>	49.75	42.77
1.5	75.71	70.44	63.45	<b>58.15</b>	52.82	45.70
2	78.29	72.95	65.88	<b>60.52</b>	55.12	47.91
2.5	80.35	74.96	67.83	<b>62.42</b>	56.98	49.69
3	82.07	76.65	69.47	<b>64.02</b>	58.54	51.20
6	89.02	83.46	76.09	<b>70.50</b>	64.88	57.36
12	96.60	90.91	83.38	<b>77.67</b>	71.94	64.28
24	104.89	99.08	91.40	<b>85.59</b>	79.78	72.04

TABELLA 5-3: ALTEZZE DI PIOGGIA AL Km43 – STAZIONI PLUVIO. RAVARINO, POGGIORUSCO E S. AGOSTINO

durata [ore]	ALTEZZA DI PIOGGIA [mm] – Km47					
	Tr=1000	Tr=500	Tr=200	<b>Tr=100</b>	Tr=50	Tr=20
1	72.93	67.69	60.76	<b>55.50</b>	50.22	43.18
1.5	76.35	71.03	63.98	<b>58.64</b>	53.27	46.10
2	78.87	73.50	66.38	<b>60.98</b>	55.55	48.29
2.5	80.90	75.48	68.31	<b>62.86</b>	57.39	50.06
3	82.59	77.14	69.93	<b>64.45</b>	58.94	51.56
6	89.39	83.82	76.45	<b>70.85</b>	65.22	57.69
12	96.79	91.12	83.61	<b>77.91</b>	72.19	64.55
24	104.87	99.10	91.47	<b>85.70</b>	79.92	72.23

TABELLA 5-4: ALTEZZE DI PIOGGIA AL Km47 – STAZIONI PLUVIO. RAVARINO, POGGIORUSCO E S. AGOSTINO

durata [ore]	ALTEZZA DI PIOGGIA [mm] – Km51					
	Tr=1000	Tr=500	Tr=200	<b>Tr=100</b>	Tr=50	Tr=20
1	82.09	75.85	67.60	<b>61.35</b>	55.07	46.70
1.5	86.46	80.04	71.54	<b>65.09</b>	58.62	49.98
2	89.72	83.17	74.49	<b>67.90</b>	61.29	52.45
2.5	92.35	85.69	76.86	<b>70.17</b>	63.44	54.45
3	94.56	87.81	78.86	<b>72.08</b>	65.26	56.14
6	103.54	96.43	87.01	<b>79.86</b>	72.68	63.08
12	113.50	106.00	96.08	<b>88.55</b>	81.00	70.90
24	124.57	116.65	106.18	<b>98.26</b>	90.31	79.72

TABELLA 5-5: ALTEZZE DI PIOGGIA AL Km51 – STAZIONI PLUVIO. POGGIORUSCO, SELVATONICA E S. AGOSTINO

durata [ore]	ALTEZZA DI PIOGGIA [mm] – Km55					
	Tr=1000	Tr=500	Tr=200	<b>Tr=100</b>	Tr=50	Tr=20
1	84.33	77.88	69.35	<b>62.89</b>	56.41	47.75
1.5	88.72	82.08	73.31	<b>66.65</b>	59.97	51.04
2	91.98	85.21	76.25	<b>69.46</b>	62.63	53.51
2.5	94.61	87.73	78.63	<b>71.72</b>	64.79	55.51
3	96.82	89.85	80.63	<b>73.63</b>	66.60	57.20
6	105.76	98.44	88.75	<b>81.39</b>	74.00	64.12
12	115.64	107.94	97.75	<b>90.02</b>	82.26	71.91
24	126.57	118.46	107.74	<b>99.63</b>	91.49	80.65

TABELLA 5-6: ALTEZZE DI PIOGGIA AL KM55 – STAZIONI PLUVIO. FERRARA, SELVATONICA E S. AGOSTINO

durata [ore]	ALTEZZA DI PIOGGIA [mm] – Km59					
	Tr=1000	Tr=500	Tr=200	<b>Tr=100</b>	Tr=50	Tr=20
1	79.49	73.51	65.59	<b>59.59</b>	53.57	45.54
1.5	84.10	77.91	69.72	<b>63.51</b>	57.27	48.94
2	87.55	81.21	72.82	<b>66.45</b>	60.06	51.52
2.5	90.34	83.88	75.32	<b>68.84</b>	62.32	53.61
3	92.69	86.13	77.44	<b>70.85</b>	64.23	55.39
6	102.26	95.31	86.10	<b>79.11</b>	72.10	62.72
12	112.94	105.57	95.81	<b>88.41</b>	80.98	71.07
24	124.87	117.05	106.72	<b>98.89</b>	91.04	80.58

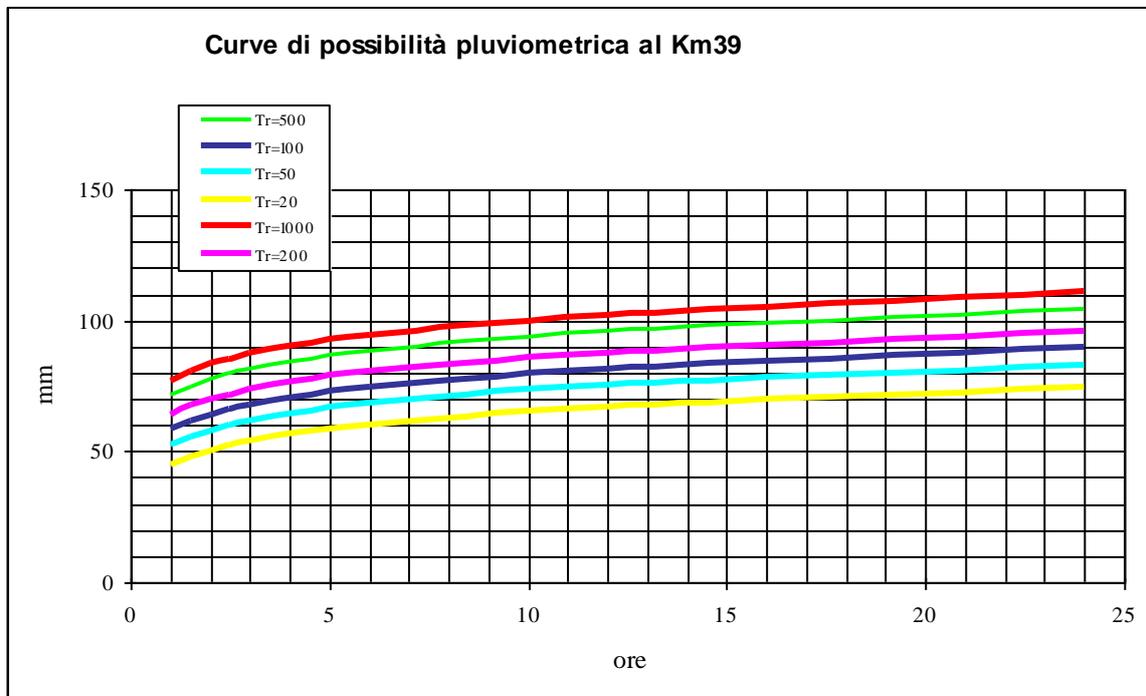
TABELLA 5-7: ALTEZZE DI PIOGGIA AL KM59 – STAZIONI PLUVIO. FERRARA, MALALBERGO E S. AGOSTINO

durata [ore]	ALTEZZA DI PIOGGIA [mm] – Km63					
	Tr=1000	Tr=500	Tr=200	<b>Tr=100</b>	Tr=50	Tr=20
1	81.15	74.95	66.75	<b>60.53</b>	54.30	45.98
1.5	86.29	79.83	71.27	<b>64.79</b>	58.28	49.58
2	90.16	83.50	74.68	<b>68.00</b>	61.29	52.32
2.5	93.29	86.48	77.45	<b>70.61</b>	63.73	54.55
3	95.94	88.99	79.79	<b>72.81</b>	65.81	56.44
6	106.78	99.30	89.41	<b>81.91</b>	74.37	64.30
12	118.97	110.92	100.28	<b>92.21</b>	84.11	73.30
24	132.68	124.03	112.58	<b>103.91</b>	95.21	83.62

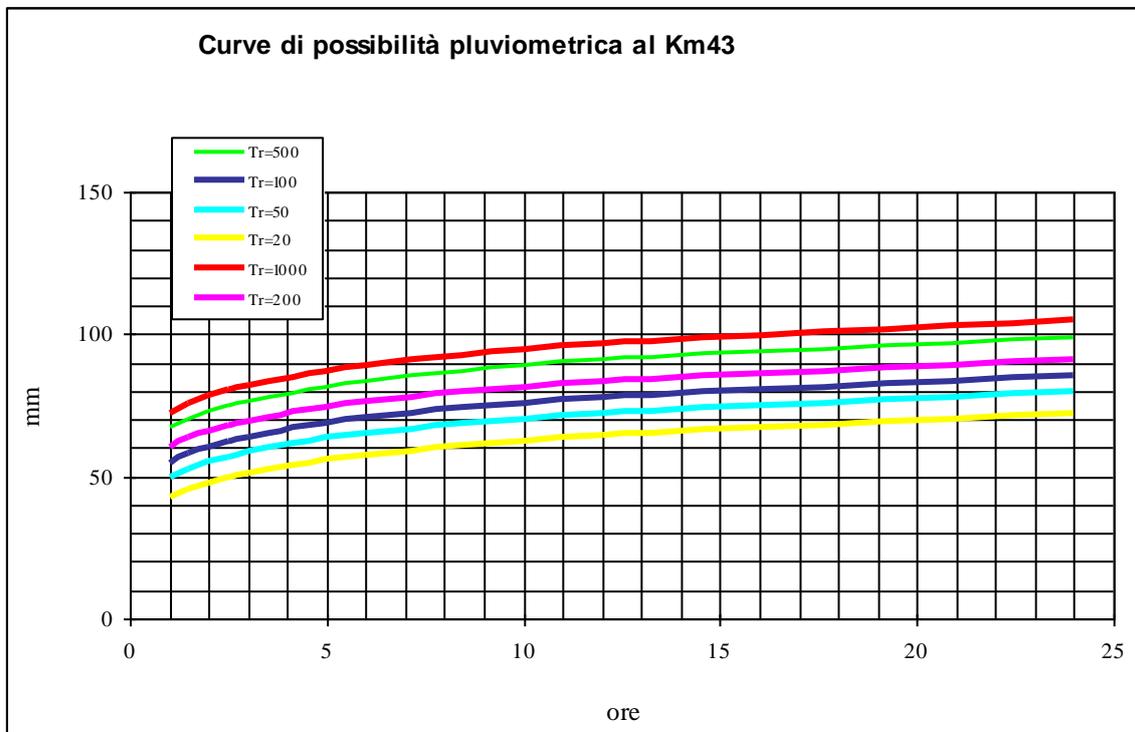
TABELLA 5-8: ALTEZZE DI PIOGGIA AL KM63 – STAZIONI PLUVIO. FERRARA, MALALBERGO E S. AGOSTINO

durata [ore]	ALTEZZA DI PIOGGIA [mm] – Km67					
	Tr=1000	Tr=500	Tr=200	<b>Tr=100</b>	Tr=50	Tr=20
1	84.29	77.81	69.23	<b>62.73</b>	56.21	47.51
1.5	89.47	82.71	73.77	<b>66.99</b>	60.19	51.11
2	93.35	86.39	77.19	<b>70.20</b>	63.19	53.83
2.5	96.49	89.37	79.95	<b>72.81</b>	65.63	56.05
3	99.13	91.88	82.28	<b>75.01</b>	67.70	57.93
6	109.93	102.15	91.85	<b>84.04</b>	76.19	65.71
12	122.02	113.67	102.61	<b>94.23</b>	85.81	74.58
24	135.56	126.59	114.72	<b>105.73</b>	96.72	84.71

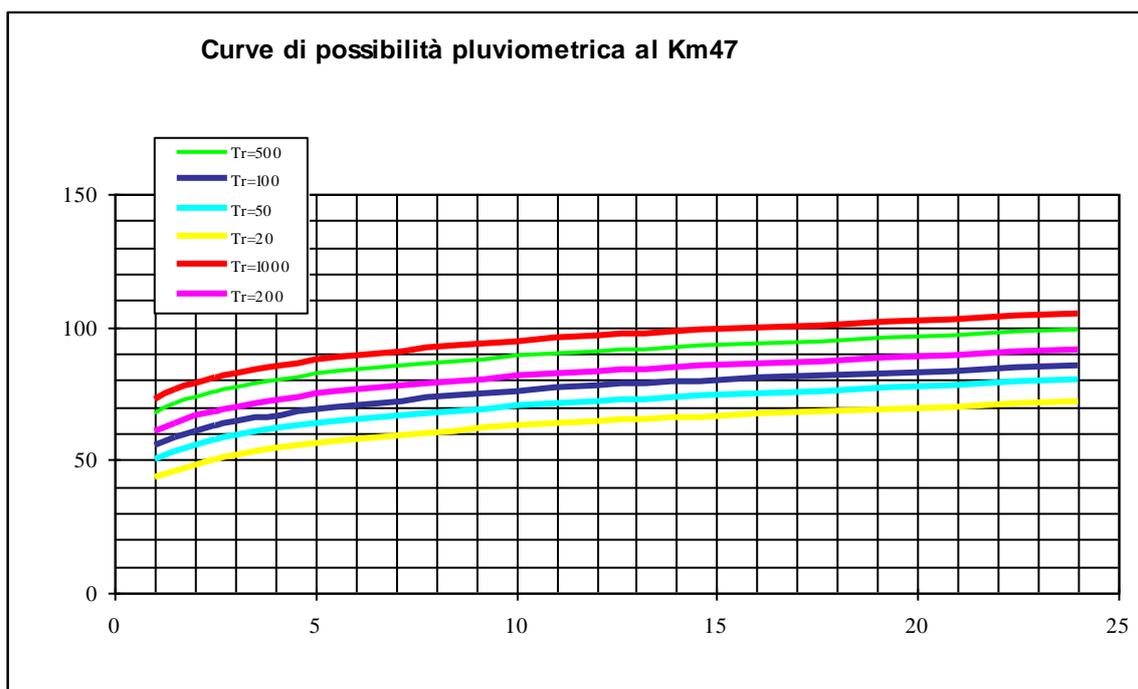
**TABELLA 5-9: ALTEZZE DI PIOGGIA AL KM67 – STAZIONI PLUVIO. FERRARA, MALALBERGO E S. AGOSTINO**



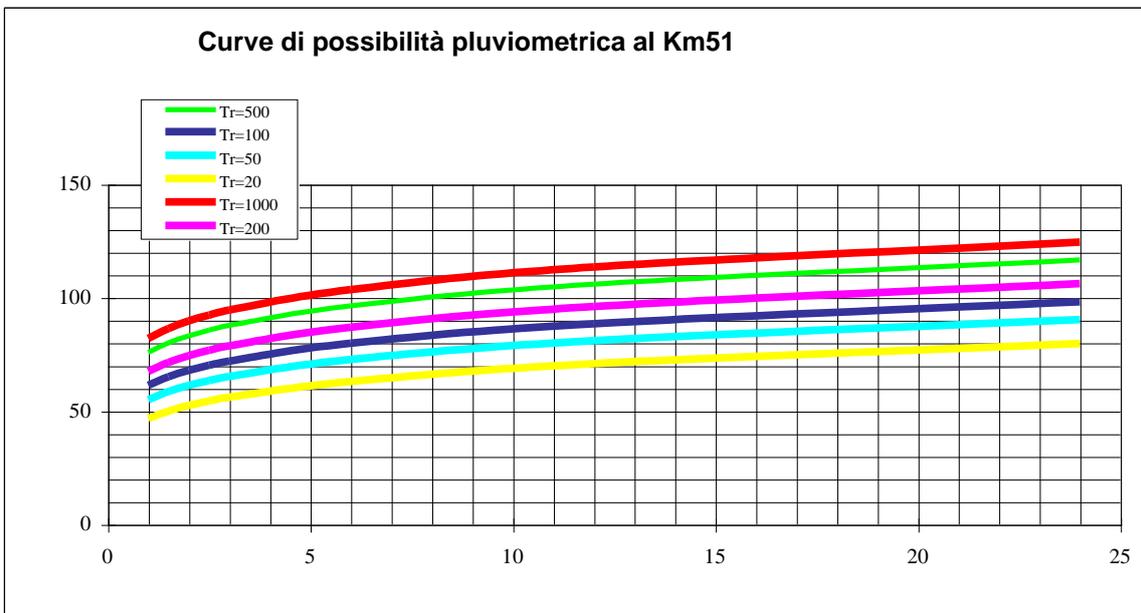
**FIGURA 5-1: LINEE SEGNALATRICI DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA AL KM39**



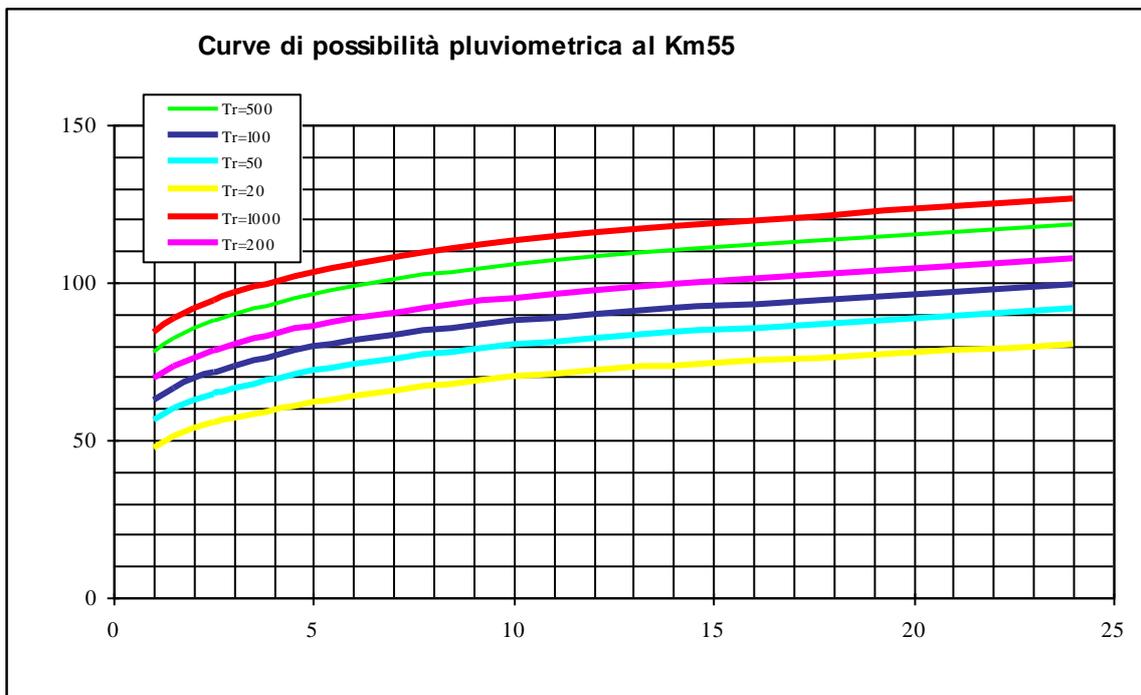
**FIGURA 5-2: LINEE SEGNALATRICI DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA AL KM43**



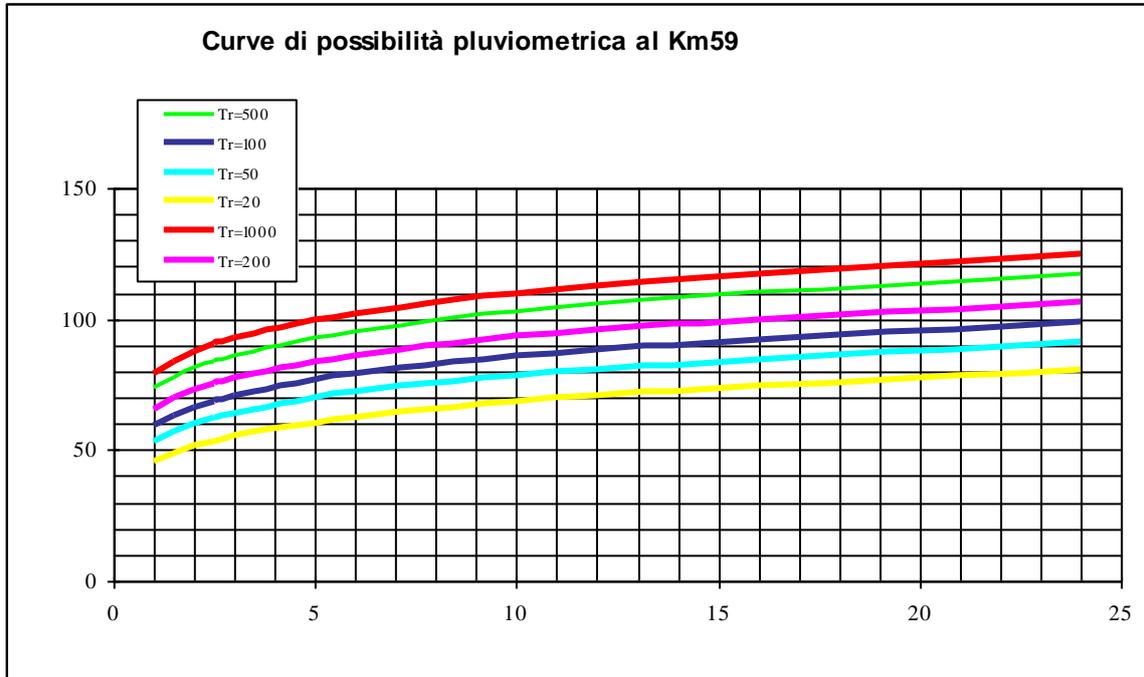
**FIGURA 5-3: LINEE SEGNALATRICI DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA AL KM47**



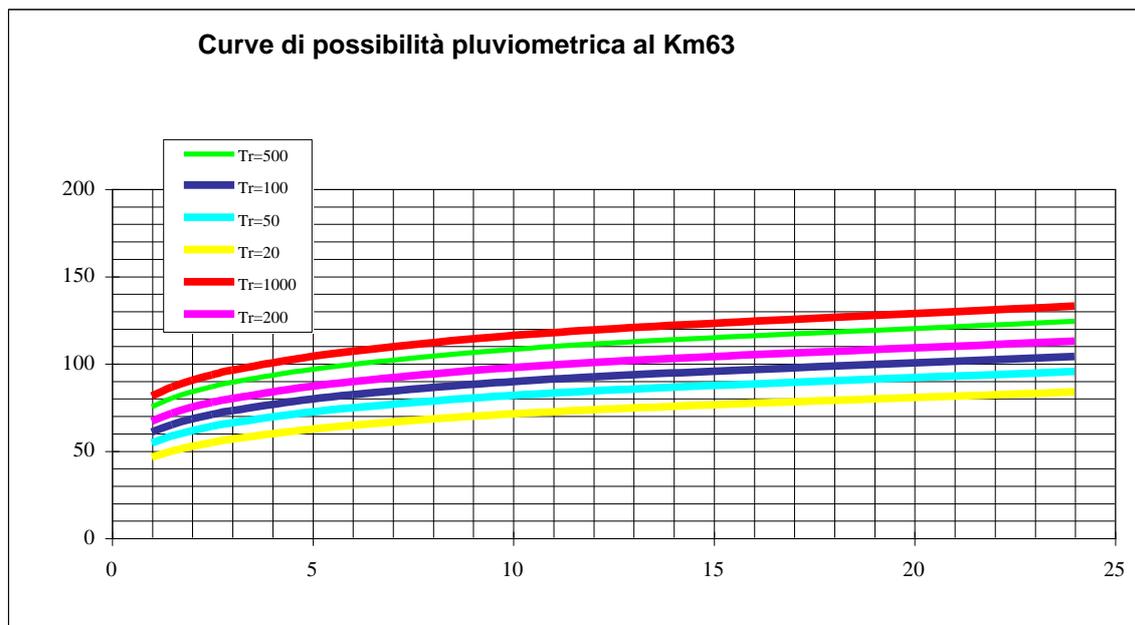
**FIGURA 5-4: LINEE SEGNALETRICI DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA AL Km51**



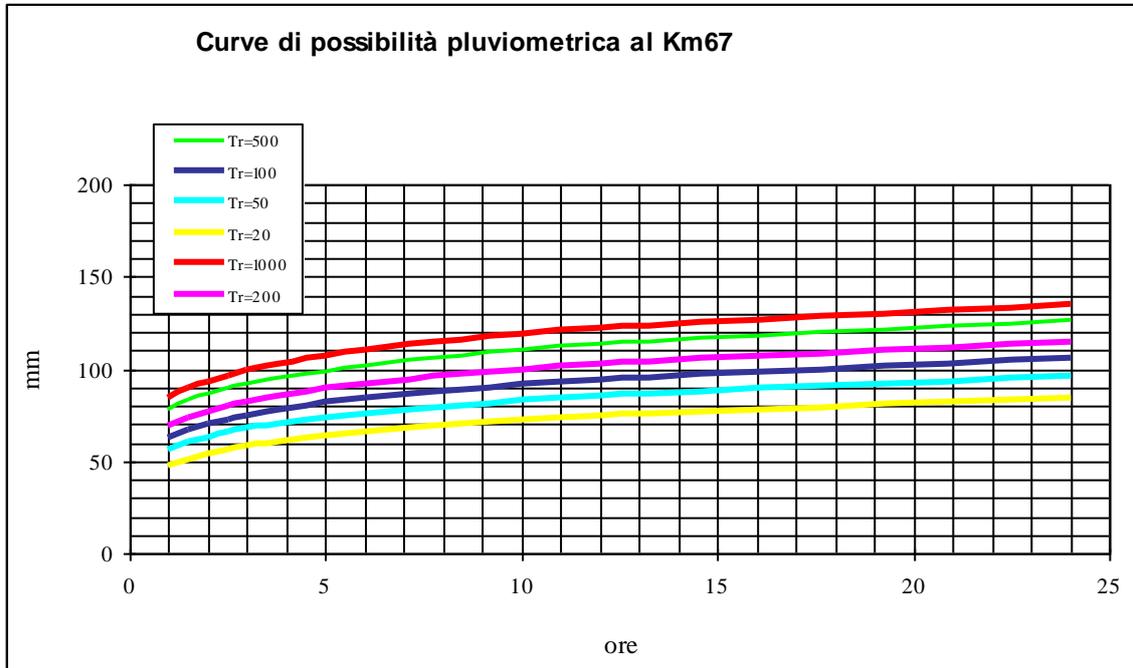
**FIGURA 5-5: LINEE SEGNALETRICI DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA AL Km55**



**FIGURA 5-6: LINEE SEGNALTRICI DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA AL Km59**



**FIGURA 5-7: LINEE SEGNALTRICI DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA AL Km63**



**FIGURA 5-8: LINEE SEGNALETRICI DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA AL Km67**

## 6. INTERFERENZE IDRAULICHE CON IL TRACCIATO IN PROGETTO

La costruzione dell'opera autostradale comporta l'interferenza con la rete idrografica superficiale esistente che è stata caratterizzata, dal punto di vista idrografico, secondo la metodologia indicata dal D.Lgs, 152/2006; i corpi idrici sono stati pertanto suddivisi in:

- fiumi; ricadono entro questa categoria il fiume Enza, il Secchia ed il Panaro;
- corpi idrici artificiali; ricadono entro questa categoria tutti i canali di bonifica che sono stati creati nei secoli dall'attività umana per esigenze di scolo e di irrigazione delle campagne. Appartengono a questa categoria anche tutti i fossi minori interpoderali connessi alla rete di bonifica dei Consorzi.

La tipizzazione di 1° livello assegna i corpi idrici superficiali di interesse del progetto alla idroecoregione n°6 "Pianura Padana" caratterizzati pertanto da omogeneità dei principali descrittori geografici, morfometrici, climatici e geologici. All'interno di tale descrizione regionalizzata sono state definite, per la tipizzazione di 2° livello le caratteristiche dei corpi idrici in relazione agli specifici descrittori individuati:

- descrittori idromorfologici: distanza dalla sorgente; morfologia dell'alveo; perennità e persistenza;
- descrittori idrologici: origine del corso d'acqua; possibile influenza del bacino a monte.

Il progetto ha inoltre introdotto, oltre alla tipizzazione di secondo livello, una ulteriore tipizzazione per i corsi d'acqua artificiali fondata sulla dimensione dell'alveo bagnato che consente una classificazione di importanza del corso d'acqua all'interno della rete di drenaggio ed all'interno della rete di approvvigionamento idrico. La tipizzazione di 3° livello ha quindi consentito la seguente classificazione:

1. corsi d'acqua artificiali principali: canali di bonifica che presentano una larghezza a piano campagna  $B \geq 10\text{m}$ ;
2. corsi d'acqua artificiali secondari: canali di bonifica con larghezza a piano campagna  $B \geq 3\text{ m}$ ;
3. corsi d'acqua artificiali minori: canali pubblici e privati (fossi interpoderali, capifossi, fossi di guardia stradali, ecc..) di larghezza  $B < 3\text{m}$ .

Il sistema dei corsi d'acqua analizzato nella presente Relazione comprende la rete idrografica artificiale di competenza del Consorzio della Bonifica di Ferrara e di proprietà private che insistono sul corridoio interferito dall'opera in progetto. La particolare caratteristica di questi corsi d'acqua risiede nella loro funzionalità e negli usi a cui sono preposti: l'ambivalenza delle funzioni di scolo ed irrigazione rende piuttosto complessa l'analisi idrologica in quanto, a rigore, essi andrebbero studiati sia sotto il profilo della funzione di drenaggio delle acque meteoriche sia sotto il profilo della funzione di canali irrigui, quando, soprattutto nelle stagioni primaverili ed estive, vengono mantenuti alti i livelli in alveo che ne riducono la capacità di invaso per eventi pluviometrici importanti.

Nei capitoli seguenti vengono trattati i singoli corsi d'acqua secondari, tutti di competenza del Consorzio di Ferrara e per i quali sono definiti i seguenti elementi idrografici, idrologici ed idraulici necessari alla caratterizzazione del corso d'acqua e quindi alla progettazione delle opere di attraversamento:

- caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali;
- portata di riferimento e le condizioni al contorno per la modellazione matematica;
- caratteristiche dell'attraversamento di progetto e delle relative opere idrauliche di completamento;
- verifiche idrauliche svolte tramite modellazione matematica monodimensionale, in moto permanente, con indagine e confronto della condizione attuale, stato di fatto e di quella futura, stato di progetto.

Nei capitoli seguenti sono infine trattati i corsi d'acqua minori, prevalentemente di proprietà privata, che avendo dimensioni minori sono stati trattati con analisi in moto uniforme determinando la  $Q_{max}$  con analisi idraulica sulla sezione d'interferenza rilevata topograficamente (campagna di rilievo per il progetto definitivo svolta nell'estate 2011); successivamente è stata svolta l'analisi idraulica funzionale alla determinazione dell'opera di attraversamento, tombino rettangolare o circolare, necessario a garantire nella sezione chiusa, il deflusso della portata di riferimento.

Il sistema di acque superficiali, interessato dal tracciato autostradale e ricadente nel comprensorio della Bonifica di Ferrara, è composto solo da corsi d'acqua artificiali canalizzati, molti di storica memoria, che drenano, in parte a gravità ed in parte meccanicamente le aree di pianura e che alimentano la fitta rete irrigua privata.

La tabella seguente riporta tutti i corsi d'acqua interessati dalla opere in progetto ricadenti nel comprensorio del Consorzio esteso dal Panaro a Ferrara e con esclusione del Canale Acque Alte e Canale Acque Basse che sono di competenza del Consorzio di Burana. Ricade nel comprensorio anche lo Scolmatore di Reno di competenza del Servizio Tecnico di Bacino Reno.

La tabella riporta anche i canali principali per la cui trattazione idrologica ed idraulica sono state sviluppate specifiche relazioni.

Le tabelle seguenti riportano le interferenze idrauliche tra la viabilità in progetto ed i canali interferiti, specificando, oltre ad alcune caratteristiche del corso d'acqua, anche il codice dell'interferenza, a cui corrisponde uno specifico attraversamento idraulico rappresentato da un ponte o un tombino circolare o scatolare a seconda dei casi.

COD PD	NOME RILIEVO	GESTORE	OPERA	PROVINCIA	COMUNE	LOCALITA'	SEZIONE	RANGO	USO
A02A201	FOSSO 1	privato	AUTOSTRADA	Modena	Finale Emilia	Casa Brizia	in scavo	minore	scolo
A02A138	FOSSO DI COLLEGAMENTO 3	privato	AUTOSTRADA	Modena	Finale Emilia			minore	



RELAZIONE IDRAULICA PER LA RETE IDRICA GESTITA DAL CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA

COD PD	NOME RILIEVO	GESTORE	OPERA	PROVINCIA	COMUNE	LOCALITA'	SEZIONE	RANGO	USO
A02A202	FOSSO SELVABELLA	privato	AUTOSTRADA	Modena	Finale Emilia	Cà Nuova	in scavo	secondario	promiscuo
A02A203	FOSSO OVEST SELVABELLA 3	privato	AUTOSTRADA	Modena	Finale Emilia	Fondo Bosco	in scavo	minore	scolo
A02A204	FOSSO EST SELVABELLA 4	privato	AUTOSTRADA	Modena	Finale Emilia	Fondo Bosco	in scavo	minore	scolo
A02A101	FOSSO	privato	AUTOSTRADA	Modena	Finale Emilia			minore	
A02A205	CANALE ACQUE ALTE	Consorzio Bonifica Burana	AUTOSTRADA	Modena	Finale Emilia	Casa Sinino	arginata	principale	promiscuo
A02A206	FOSSO OVEST PODERALE 6	privato	AUTOSTRADA	Modena	Finale Emilia	Cà Rossa	in scavo	minore	scolo
A02A208	FOSSETTA BRATELLARI	privato	AUTOSTRADA	Modena	Finale Emilia	Cà Rossa	in scavo	secondario	promiscuo
A02A209	FOSSO EST PODERALE 9	privato	AUTOSTRADA	Modena	Finale Emilia	Cà Rossa	in scavo	minore	scolo
A02A210	FOSSO 10	privato	AUTOSTRADA	Modena	Finale Emilia	Bratellari	in scavo	minore	promiscuo
A02A211	FOSSO OVEST ROVERI 11	privato	AUTOSTRADA	Modena	Finale Emilia	Bratellari	in scavo	minore	scolo
A02A102	FOSSO	privato	AUTOSTRADA	Modena	Finale Emilia			minore	
A02A137	FOSSO	privato	AUTOSTRADA	Modena	Finale Emilia			minore	
A02A213	FOSSO 13	privato	AUTOSTRADA	Modena	Finale Emilia	Casa Pincara	in scavo	minore	promiscuo
A02A120	FOSSO	privato	AUTOSTRADA					minore	
A02A103	FOSSO	privato	AUTOSTRADA	Modena	Finale Emilia			minore	
A02A104	FOSSO	privato	AUTOSTRADA	Modena	Finale Emilia			minore	
A02A214	FOSSO OVEST GNOLA 14	privato	AUTOSTRADA	Modena	Finale Emilia	Casa Luogazzo	in scavo	minore	scolo
A02A215	FOSSO EST GNOLA 15	privato	AUTOSTRADA	Modena	Finale Emilia	Casa Ramondina	in scavo	minore	scolo
A02A216	CANALE ACQUE BASSE	Consorzio Bonifica Burana	AUTOSTRADA	Modena		Punta della Valleta	in scavo	principale	promiscuo
A02A217	FOSSO OVEST VIA RIGA 17	privato	AUTOSTRADA	Modena	Finale Emilia	Bellezzanta	in scavo	minore	scolo
A02A218	FOSSO EST VIA RIGA 18	privato	AUTOSTRADA	Modena	Finale Emilia	Bellezzanta	in scavo	minore	scolo
A02A219	SCOLO SALIONE	Consorzio Bonifica Ferrara	AUTOSTRADA	Ferrara	Cento	C.S. Caterina	in scavo	secondario	promiscuo
A02A220	FOSSO EST SP-43 20	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Cento	C.S. Caterina	in scavo	minore	scolo
A02A139	FOSSO EST SP-43	privato	AUTOSTRADA	Modena	Finale Emilia			minore	
A02A105	FOSSO	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Cento			minore	
A02A221	FOSSO SUD MONSIGNORE 21	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Cento	-	in scavo	minore	scolo



RELAZIONE IDRAULICA PER LA RETE IDRICA GESTITA DAL CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA

COD PD	NOME RILIEVO	GESTORE	OPERA	PROVINCIA	COMUNE	LOCALITA'	SEZIONE	RANGO	USO
A02A222	FOSSO NORD MONSIGNORE 22	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Cento	-	in scavo	minore	scolo
A02A223	FOSSO 22	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Cento	-	in scavo	minore	scolo
A02A224	SCOLO SALIONE VECCHIO	Consorzio Bonifica Ferrara	AUTOSTRADA	Ferrara	Cento	Pilastrello	in scavo	secondario	promiscuo
A02A106	FOSSO	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Cento			minore	
A02A225	FOSSO OVEST PIANTONI 26	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Cento	Pilastrello	in scavo	minore	scolo
A02A227	FOSSO OVEST RUSCONI 28	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Cento	Pilastrello	in scavo	minore	scolo
A02A228	FOSSO EST RUSCONI 29	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Cento	Pilastrello	in scavo	minore	scolo
A02A231	FOSSO DI COLLEGAMENTO 39	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Cento	-	in scavo	minore	scolo
A02A121	FOSSO	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Cento			minore	
A02A232	CONDOTTO GENERALE	Consorzio Bonifica Ferrara	AUTOSTRADA	Ferrara	Cento	C. Ghisellini	in scavo	principale	promiscuo
A02A233	FOSSO 37	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Cento	C. Ghisellini	in scavo	minore	scolo
A02A234	FOSSO 38	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Cento	C. Ghisellini	in scavo	minore	scolo
A02A235	FOSSO 39	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Cento	C. San Martino	in scavo	minore	scolo
A02A236	FOSSO SUD VIA OROLOGI	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Cento	C. San Martino	in scavo	minore	scolo
A02A237	FOSSO NORD VIA OROLOGI	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Cento	C. San Martino	in scavo	minore	scolo
A02A122	FOSSO NORD VIA OROLOGI	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Cento	C. San Martino	in scavo	minore	scolo
A02A238	FOSSO 16	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Cento	-	in scavo	minore	scolo
A02A240	SCOLO BASTARDO	Consorzio Bonifica Ferrara	AUTOSTRADA	Ferrara	Cento	-	in scavo	secondario	promiscuo
A02A107	FOSSO	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Cento			minore	
A02A028	CANALE DI CENTO	Consorzio Bonifica Ferrara	AUTOSTRADA	Ferrara	Cento	Casumaro	arginato	principale	promiscuo
A02A029	SCOLO CHIODAROLO NUOVO	Consorzio Bonifica Ferrara	AUTOSTRADA	Ferrara	S.Agostino	Casumaro	in scavo	secondario	promiscuo
A02A030	FOSSO 18	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	S.Agostino	Santa	in scavo	minore	scolo
A02A031	FOSSO 19	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	S.Agostino	Fomasazza sopra	in scavo	minore	scolo
A02A032	FOSSO 20	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	S.Agostino	Fomasazza sopra	in scavo	minore	scolo
A02A033	FOSSO 21	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	S.Agostino	Fomasazza sopra	in scavo	minore	scolo
A02A108	FOSSO	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	S.Agostino			minore	

COD PD	NOME RILIEVO	GESTORE	OPERA	PROVINCIA	COMUNE	LOCALITA'	SEZIONE	RANGO	USO
A02A034	FOSSO OVEST 4 TORRI 22	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	S.Agostino	via Quattro Torri	in scavo	minore	scolo
A02A035	FOSSO EST 4 TORRI 23	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	S.Agostino	via Quattro Torri	in scavo	minore	scolo
A02A037	FOSSO 25	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	S.Agostino	Cà Nuova Fratta	in scavo	minore	scolo
A02A135	FOSSO DI COLLEGAMENTO 62	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico			minore	
A02A038	CANALE ANGELINO	Consorzio Bonifica Ferrara	AUTOSTRADA	Ferrara	S.Agostino	Cà Molina	in scavo	principale	promiscuo
A02A039	SCOLO FOSSA	Consorzio Bonifica Ferrara	AUTOSTRADA	Ferrara	S.Agostino	La Fossetta	in scavo	secondario	promiscuo
A02A040	FOSSO 26	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	S.Agostino	-	in scavo	minore	scolo
A02A140	FOSSO DI COLLEGAMENTO 69	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	S.Agostino			minore	
A02A141	FOSSO DI COLLEGAMENTO 70	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	S.Agostino			minore	
A02A041	FOSSO 27	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	S.Agostino	-	in scavo	minore	scolo
A02A109	FOSSO	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	S.Agostino			minore	
A02A042	SCOLMATORE RENO	Servizio Tecnico Bacino Reno	AUTOSTRADA	Ferrara	S.Agostino	San Luca	arginato	principale	promiscuo
A02A043	SCOLO S.AGOSTINO	Consorzio Bonifica Ferrara	AUTOSTRADA	Ferrara	S.Agostino	Cavalleria	in scavo	secondario	promiscuo
A02A110	FOSSO	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	S.Agostino			minore	
A02A111	FOSSO	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	S.Agostino			minore	
A02A044	FOSSO 28	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	S.Agostino	Luneda	in scavo	minore	scolo
A02A045	FOSSO OVEST CHIESA 29	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	S.Agostino	via Chiesa	in scavo	minore	scolo
A02A046	FOSSO EST CHIESA 30	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	S.Agostino	via Chiesa	in scavo	minore	scolo
A02A048	DISTRIBUTORE CIARLE NORD	Consorzio Bonifica Ferrara	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico	San Michele	in scavo	secondario	irrigazione
A02A123	FOSSO	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico			minore	
A02A049	FOSSO 34	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico	San Carlo	in scavo	minore	scolo
A02A050	FOSSO OVEST SS225 35	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico	San Carlo	in scavo	minore	scolo
A02A124	FOSSO	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico			minore	
A02A125	FOSSO DI COLLEGAMENTO 89	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico			minore	
A02A126	FOSSO DI COLLEGAMENTO 89	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico			minore	
A02A127	FOSSO	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico			minore	

COD PD	NOME RILIEVO	GESTORE	OPERA	PROVINCIA	COMUNE	LOCALITA'	SEZIONE	RANGO	USO
A02A112	FOSSO	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico			minore	
A02A128	FOSSO DI COLLEGAMENTO 94	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico			minore	
A02A052	SCOLO RIOLO	Consorzio Bonifica Ferrara	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico	Cà Riolo	in scavo	principale	promiscuo
A02A053	FOSSO 36	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico	-	in scavo	minore	scolo
A02A054	FOSSO 41	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico	la Pozza	in scavo	secondario	scolo
A02A055	FOSSO 41	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico	-	in scavo	minore	promiscuo
A02A056	FOSSO OVEST S.DONNINO 42	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico	via S.Donnino	in scavo	minore	promiscuo
A02A057	FOSSO EST S.DONNINO 43	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico	via S.Donnino	in scavo	minore	promiscuo
A02A058	FOSSO SAN DONNINO 45	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico	Fondo Stradazza	in scavo	secondario	promiscuo
A02A059	FOSSO 46	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico	S. Immacolata	in scavo	minore	promiscuo
A02A113	FOSSO	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico			minore	
A02A060	FOSSO OVEST ORTOLANI 47	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico	S.Costanza	in scavo	secondario	scolo
A02A114	FOSSO	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico			minore	
A02A061	SCOLO SCORSURO	Consorzio Bonifica Ferrara	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico	C.Nuova Zucchini	in scavo	principale	promiscuo
A02A062	FOSSO CA' DEL BOSCO	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico	Cà del Bosco	in scavo	minore	scolo
A02A063	FOSSO (48)	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico	-	in scavo	minore	scolo
A02A064	FOSSO 49	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico	Malvesia	in scavo	minore	scolo
A02A115	FOSSO	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico			minore	
A02A116	FOSSO	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico			minore	
A02A131	FOSSO DI COLLEGAMENTO 121	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico			minore	
A02A142	FOSSO DI COLLEGAMENTO 122	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico			minore	
A02A065	SCOLO PRINCIPALE SUPERIORE	Consorzio Bonifica Ferrara	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico	cispadana	in scavo	principale	promiscuo
A02A066	FOSSO 50	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico	cispadana	in scavo	minore	scolo
A02A132	FOSSO DI COLLEGAMENTO 126	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico			minore	
A02A133	FOSSO	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico			minore	
A02A117	FOSSO	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico			minore	



RELAZIONE IDRAULICA PER LA RETE IDRICA GESTITA DAL CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA

COD PD	NOME RILIEVO	GESTORE	OPERA	PROVINCIA	COMUNE	LOCALITA'	SEZIONE	RANGO	USO
A02A143	FOSSO DI COLLEGAMENTO 163	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico			minore	
A02A067	SCOLO CORONELLA	Consorzio Bonifica Ferrara	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico	cispadana	in scavo	secondario	promiscuo
A02A134	FOSSO	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico			minore	
A02A144	FOSSO DI COLLEGAMENTO 131	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico			minore	
A02A068	DIRAMAZIONE CORONELLA	Consorzio Bonifica Ferrara	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico	cispadana	in scavo	secondario	promiscuo
A02A069	FOSSO (51)	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico	-	in scavo	minore	scolo
A02A070	FOSSO (53)	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico	Chiarone sotto	in scavo	minore	scolo
A02A118	FOSSO	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico			minore	
A02A071	FOSSO 54	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico	Chiarone sotto	in scavo	minore	scolo
A02A072	SCOLO PELOSO	Consorzio Bonifica Ferrara	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico	FFSS	in scavo	secondario	promiscuo
A02A145	FOSSO DI COLLEGAMENTO 138	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico			minore	
A02A146	FOSSO DI COLLEGAMENTO 139	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico			minore	
A02A073	SCOLO UCCELLINO NORD	Consorzio Bonifica Ferrara	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico	str. Uccellino	in scavo	secondario	promiscuo
A02A074	FOSSO NORD IMPERIALE 55	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Ferrara	str. Uccellino	in scavo	minore	scolo
A02A119	FOSSO	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico			minore	
A02A075	TRAVERSA CECCHINA	Consorzio Bonifica Ferrara	AUTOSTRADA	Ferrara	Ferrara	Ferrara sud	in scavo	secondario	promiscuo
A02A150	FOSSO DI COLLEGAMENTO 165	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Ferrara			minore	
A02A303	FOSSO OVEST PIANTONI 26	privato	AUTOSTAZIONE CENTO	Ferrara	Cento	Pilastrello	in scavo	minore	scolo
A02A304	FOSSO EST PIANTONI 27	privato	AUTOSTAZIONE CENTO	Ferrara	Cento	Pilastrello	in scavo	minore	scolo
A02A380	FOSSO	privato	AUTOSTAZIONE POGGIO R.	Ferrara	Poggio Renatico	San Francesco	in scavo	minore	scolo
A02A381	FOSSO	privato	AUTOSTAZIONE POGGIO R.	Ferrara	Poggio Renatico	San Francesco	in scavo	minore	scolo
A02A386	FOSSO	privato	AUTOSTAZIONE POGGIO R.	Ferrara	Poggio Renatico		in scavo	minore	
A02A382	FOSSO	privato	AUTOSTAZIONE POGGIO R.	Ferrara	Poggio Renatico	-	in scavo	minore	scolo
A02A387	FOSSO	privato	AUTOSTAZIONE POGGIO R.	Ferrara	Poggio Renatico	-	in scavo	minore	scolo
A02A383	SCOLO UCCELLINO NORD	Consorzio Bonifica Ferrara	SVINCOLO A13	Ferrara	Poggio Renatico	via Imperiale	in scavo	secondario	promiscuo
A02A390	FOSSO	privato	SVINCOLO A13	Ferrara	Poggio Renatico			minore	



RELAZIONE IDRAULICA PER LA RETE IDRICA GESTITA DAL CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA

COD PD	NOME RILIEVO	GESTORE	OPERA	PROVINCIA	COMUNE	LOCALITA'	SEZIONE	RANGO	USO
A02A410	FOSSO OVEST SELVABELLA 3	privato	CAVALCAVIA VIA SELVABELLA	Modena	Finale Emilia	Fondo Bosco	in scavo	minore	scolo
A02A411	FOSSO EST SELVABELLA 4	privato	CAVALCAVIA VIA SELVABELLA	Modena	Finale Emilia	Fondo Bosco	in scavo	minore	scolo
A02A414	FOSSO OVEST GNOLA 14	privato	CAVALCAVIA VIA GNOLA	Modena	Finale Emilia	Casa Luogazzo	in scavo	minore	scolo
A02A415	FOSSO EST GNOLA 15	privato	CAVALCAVIA VIA GNOLA	Modena	Finale Emilia	Casa Ramondina	in scavo	minore	scolo
A02A417	FOSSO EST GNOLA 15	privato	CAVALCAVIA VIA GNOLA	Modena	Finale Emilia	Casa Ramondina	in scavo	minore	scolo
A02A418	FOSSO SUD MONSIGNORE 21	privato	CAVALCAVIA MONSIGNORE	Ferrara	Cento	-	in scavo	minore	scolo
A02A419	FOSSO SUD MONSIGNORE 21	privato	CAVALCAVIA MONSIGNORE	Ferrara	Cento	-	in scavo	minore	scolo
A02A422	FOSSO SUD MONSIGNORE 21	privato	CAVALCAVIA MONSIGNORE	Modena	Finale Emilia	Casa Luogazzo	in scavo	minore	scolo
A02A402	FOSSO EST SP6 25	privato	CAVALCAVIA VIA FINALESE	Ferrara	Cento	Pilastrello	in scavo	minore	scolo
A02A403	FOSSO	privato	CAVALCAVIA VIA FINALESE	Ferrara	Cento	Pilastrello	in scavo	minore	scolo
A02A404	FOSSO	privato	CAVALCAVIA VIA FINALESE	Ferrara	Cento	Pilastrello	in scavo	minore	scolo
A02A405	FOSSO	privato	CAVALCAVIA VIA FINALESE	Ferrara	Cento	Pilastrello	in scavo	minore	scolo
A02A406	FOSSO	privato	CAVALCAVIA VIA FINALESE	Ferrara	Cento	Pilastrello	in scavo	minore	scolo
A02A486	FOSSO OVEST 4 TORRI 22	privato	SOTTOPASSO VIA 4 TORRI	Ferrara	S.Agostino	S.Margherita di sopra	in scavo	minore	scolo
A02A487	FOSSO EST 4 TORRI 23	privato	SOTTOPASSO VIA 4 TORRI	Ferrara	S.Agostino	S.Margherita di sopra	in scavo	minore	scolo
A02A438	FOSSO	privato	SOTTOPASSO VIA 4 TORRI	Ferrara	S.Agostino			minore	
A02A439	FOSSO	privato	SOTTOPASSO VIA 4 TORRI	Ferrara	S.Agostino			minore	
A02A440	FOSSO	privato	SOTTOPASSO VIA 4 TORRI	Ferrara	S.Agostino			minore	
A02A497	FOSSO	privato	CAVALCAVIA VIA RIOLO	Ferrara	Poggio Renatico	Depuratore	in scavo	minore	scolo
A02A499	FOSSO	privato	CAVALCAVIA VIA RIOLO	Ferrara	Poggio Renatico	Maneggio	in scavo	minore	scolo
A02A441	FOSSO	privato	CAVALCAVIA VIA RIOLO	Ferrara	Poggio Renatico			minore	
A02A488	FOSSO	privato	AUTOSTAZIONE POGGIO R.	Ferrara	Poggio Renatico	San Francesco	in scavo	minore	scolo
A02A429	FOSSO	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico			minore	
A02A430	FOSSO	privato	AUTOSTRADA	Ferrara	Poggio Renatico			minore	
A02A407	FOSSO	privato	CAVALCAVIA SP50	Ferrara	Poggio Renatico		in scavo	minore	scolo
A02A408	FOSSO	privato	CAVALCAVIA SP50	Ferrara	Poggio Renatico		in scavo	minore	scolo

COD PD	NOME RILIEVO	GESTORE	OPERA	PROVINCIA	COMUNE	LOCALITA'	SEZIONE	RANGO	USO
A02A421	TRAVERSA CECCHINA	Consorzio Bonifica Ferrara	CAVALCAVIA VIA POGGIO R.	Ferrara	Ferrara	Ferrara sud	in scavo	secondario	promiscuo
FE4A003	FOSSO	privato	TANGENZIALE FERRARA	Ferrara	Ferrara	P. Bevilacqua	in scavo	minore	scolo
FE4A006	FOSSO	privato	TANGENZIALE FERRARA	Ferrara	Ferrara	P. Bevilacqua	in scavo	minore	scolo
FE4A004	FOSSO OVEST "PORETTANA"	privato	TANGENZIALE FERRARA	Ferrara	Ferrara	Osteria	in scavo	minore	scolo

**TABELLA 6-1: ELENCO CORSI D'ACQUA SECONDARI E MINORI INTERFERITI NEL TRATTO COMPRESO TRA IL PANARO E FERRARA**

## 7. I CORSI D'ACQUA SECONDARI

### 7.1. SCOLO SALIONE

#### 7.1.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale

Lo Scolo Salione nuovo è un canale promiscuo gestito dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara; nasce in fregio alla strada comunale e sfocia nel Condotto Generale, la lunghezza dell'asta è di circa 11107m. Il canale, nel tratto d'interferenza, scorre a campagna ed è caratterizzato da un tracciato rettilineo con locali tratti tombati; la sezione è in scavo di forma trapezoidale.

L'interferenza è causata dal viadotto di sovrappasso dell'autostrada alla SP n.43 Maestra Grande, che verrà confinata in trincea.

Lo Scolo Salione presenta, nel tratto di attraversamento, una sezione trapezia di base maggiore 9.54m base minore 2.59m ed altezza minima 1,95m; la quota di fondo in corrispondenza dell'attraversamento è posta a 10.00 msm mentre la quota della sponda più depressa vale 11.95 msm.



CODICE	<b>A02A219</b>	
NOME	<b>SCOLO SALIONE</b>	
PROPRIETA'	<i>demaniale</i>	
ENTE GESTORE	<i>Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara</i>	
LOCALITA'	<i>C.S. Caterina</i>	
COMUNE	<i>Cento</i>	
PROVINCIA	<i>Ferrara</i>	
CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE	BACINO (m <sup>2</sup> )	
	LUNGHEZZA (m)	11107

	SORGENTE	<i>acque di scolo</i>
	FOCE	<i>Condotto Generale</i>
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	<i>misto con alternanza di tratti retilinei e curve angolate</i>
	TIPO SEZIONE	<i>in scavo</i>
	TIPO ALVEO	<i>alveo in terra a sezione trapezoidale con fondo stretto sponde distese B&gt;H</i>
	EROSIONI	<i>erosioni al piede</i>
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	<i>secondario</i>
	USO	<i>promiscuo</i>
	GRANULOMETRIA	<i>limi e argille</i>
	AMBIENTE FLUVIALE	<i>fosso rinaturalizzato - sponde e fondo ineribiti - canneto sul fondo</i>
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	<i>campagna aperta coltivata a mais e cerealicole - alberi ed arbusti isolati - cascine agricole - adiacente alla strada provinciale</i>
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI CONTRONO	AL <i>corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle e livello a piene rive</i>
	SCABREZZA Gauckler-Strickler	<i>20-25</i>
NOTE	<i>tombini per passaggi carrai e stradali - manufatti di regolazione manuali tombini per passaggi carrai e stradali - manufatti di regolazione manuali</i>	

### 7.1.2. Descrizione dell'intervento

L'intervento prevede la risoluzione dell'interferenza attraverso l'esecuzione delle seguenti opere:

- realizzazione di deviazione planimetrica del tratto di canale a cielo aperto adiacente la Strada Maestra, da eseguirsi in prossimità dell'interferenza con le strutture in elevazione del viadotto di progetto. Il nuovo inalveamento, realizzato parallelamente all'esistente, verrà rivestito in CLS al fine di regolarizzarne la sezione e ridurre le future attività di manutenzione; saranno rifatti gli elementi di inizio e fine inalveamento che saranno collegati ai manufatti tombati presenti in testa ed in coda alla deviazione di progetto. Il canale attuale sarà tombato;
- rifacimento degli imbocchi, a monte e valle della deviazione di progetto, con i tratti tombati esistenti con ripresa dall'attuale andamento planimetrico interrato.

L'attraversamento autostradale è compatibile con i deflussi dello Scolo Salione; l'officiosità idraulica

dell'intervento di progetto è garantita dall'equivalenza di sezione e dal rivestimento in CLS del canale che favorisce le velocità di deflusso riducendone la scabrezza.

### **7.1.3. Verifiche idrauliche**

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

Le portate di riferimento adottate per la modellazione idraulica, secondo lo schema definito, si riferiscono a quelle massime sostenibili all'interno della configurazione attuale del canale nell'intero tratto modellato descritto attraverso le sezioni topografiche rilevate per la progettazione definitiva; come si evincerà nel seguito la portata massima lungo l'asta risulta talvolta inferiore a quella localizzata nella sezione d'interferenza e ciò è dovuto alla non uniformità della sezione del canale. Nell'ambito della valutazione delle portate massime si sono ignorate, a favore di sicurezza, le singolarità che limitano le portate allo stato attuale quali tombini, ponticelli, depressioni di sponda/argine che potranno nel tempo essere adeguati all'efficienza idraulica del canale.

La portata di riferimento è quindi la portata massima sostenibile pari a  $Q_{max} = 6.0 \text{ m}^3/\text{s}$ .

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:

- caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo,
- caratteristiche morfologiche e geometriche del tratto d'alveo e brusche variazioni di geometria della sezione;
- 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.

#### **Scenari simulati**

Ai fini modellistici, le condizioni di riferimento per la verifica dei tombini di progetto sono le seguenti:

- stato di fatto: considera la morfologia attuale del corso d'acqua, senza l'introduzione di alcuna opera in

progetto;

- stato di progetto: prevede l'introduzione del manufatto di attraversamento compreso le eventuali deviazioni e come portata la Qmax dello stato di fatto.

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

- rappresentazione geometrica del corso d'acqua: ricavata dal rilievo topografico eseguito per la progettazione definitiva (2011) , nonché, per lo stato di progetto, dalla geometria di progetto;
- portate di riferimento, assunte come portate massime ammissibili,
- condizione di valle: moto uniforme
- scabrezza secondo Gauckler-Strickler pari a 20-25 m<sup>1/3</sup>/sec differenziata tra sponde e alveo.

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 rilevate le velocità medie della corrente nei singoli tratti dell'alveo sia in condizioni di alveo attuale che di progetto.

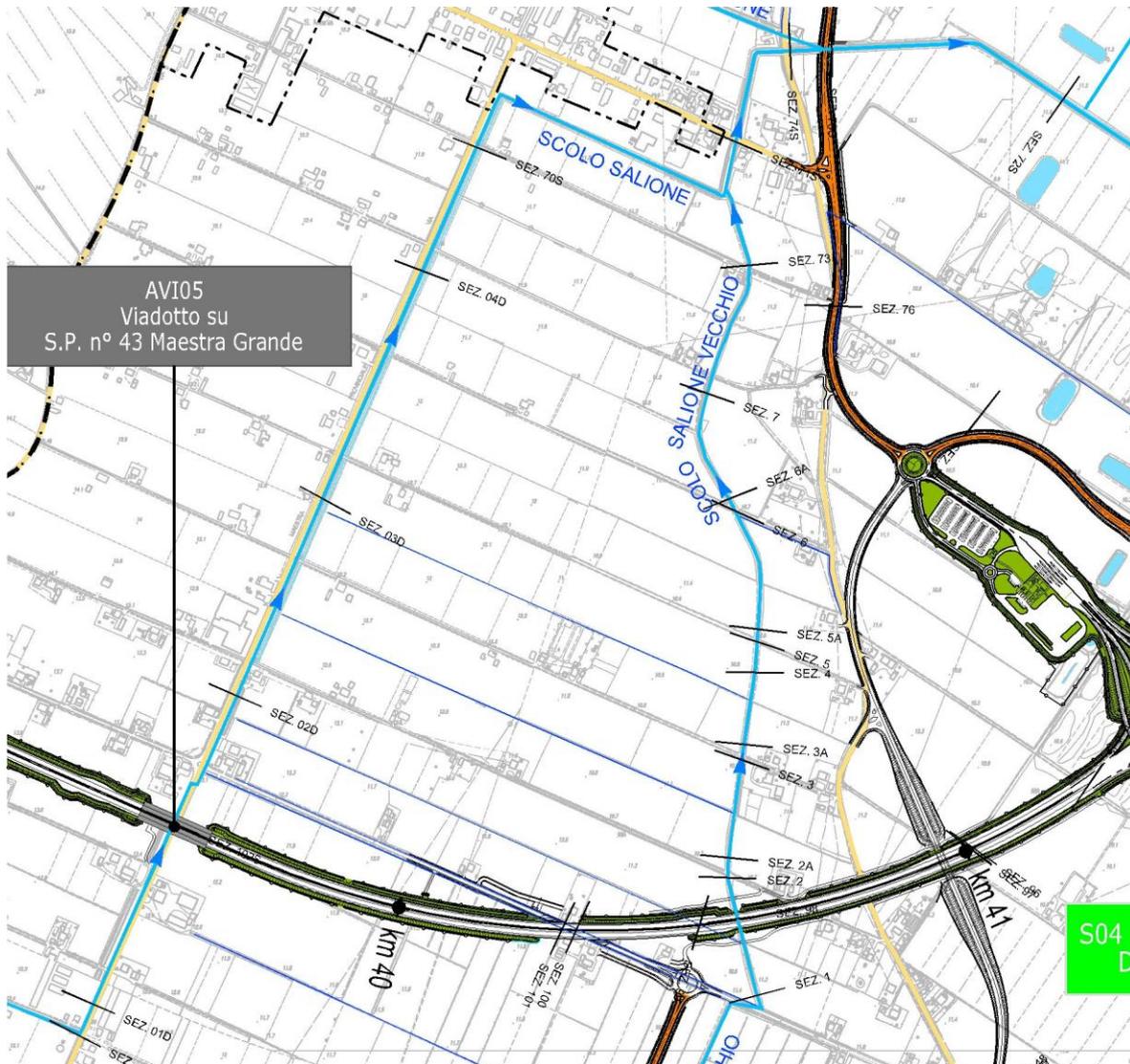
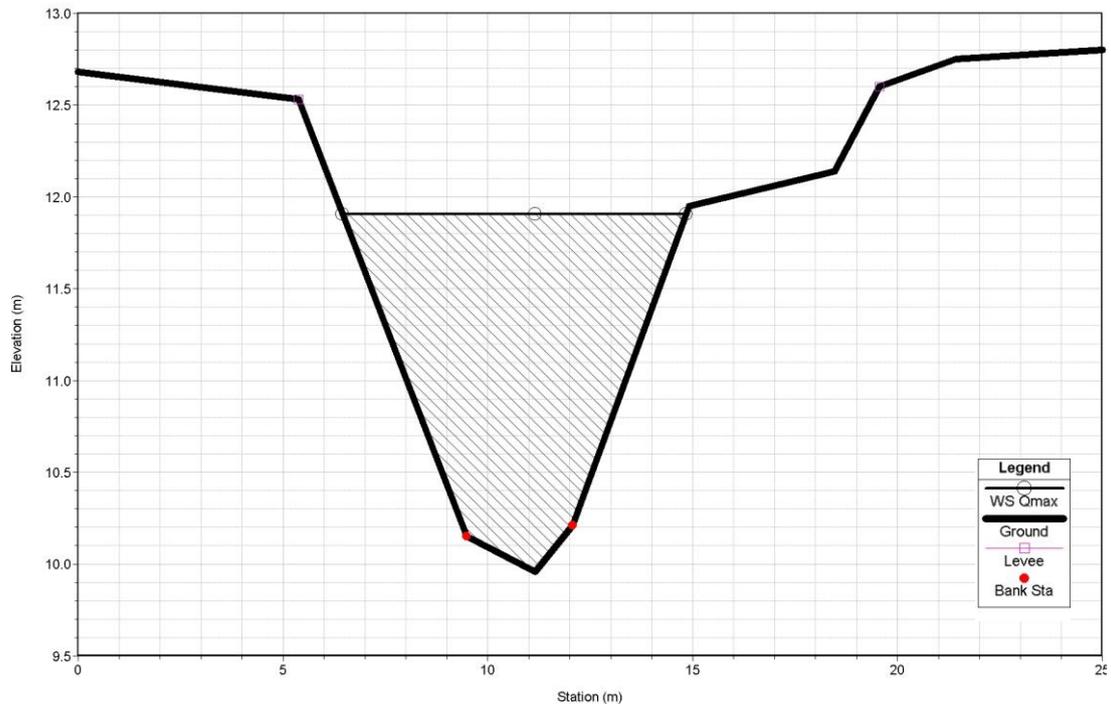


FIGURA 7-1: TRATTO DELLO SCOLO SALIONE SIMULATO

### 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 QMS nella configurazione morfologica attuale.

SalioneNuovo\_2012 Plan: SALIONENUOVO\_SDF\_2012  
 RS = 11 102S



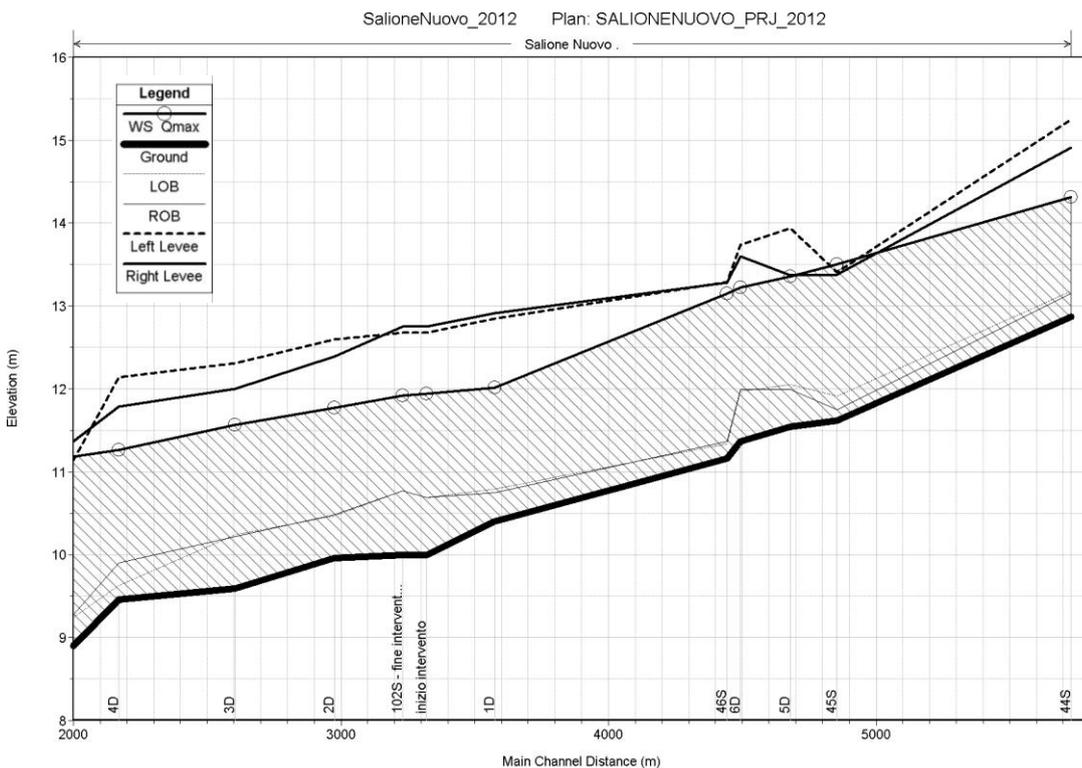
**FIGURA 7-2: STATO DI FATTO, LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER LA PORTATA DI RIFERIMENTO ALL'INTERFERENZA CON AUTOSTRADA CISPADANA**

**Risultati delle analisi nello Stato di Progetto**

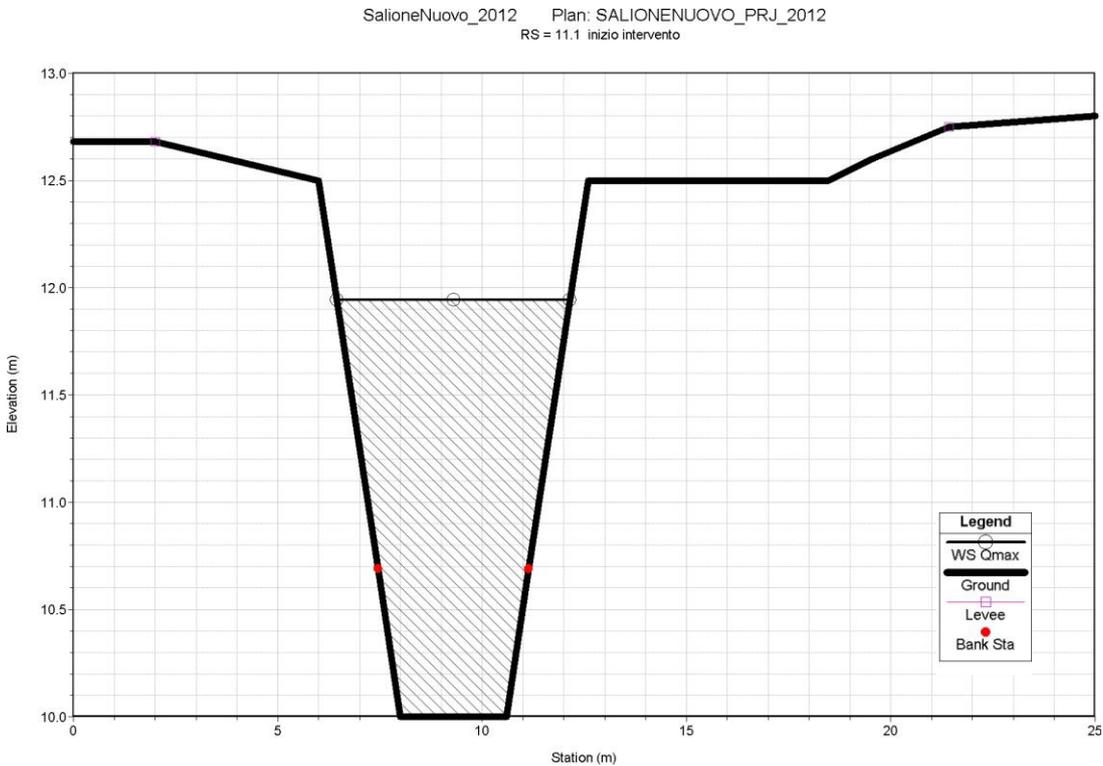
Di seguito si riportano le risultanze della modellazione idraulica per la portata massima sostenibile con confronto tra lo stato di fatto e lo stato di progetto sia in forma tabellare sia in forma grafica.

Sezioni	Sezioni H-C	Parziali (m)	Progres sive	Quota fondo (m)	Pendenz a (m/m)	Portata Qmax (m3/s)	Livello SF (m)	Livello SP (m)	Velocità SF (m/s)	Velocità SP (m/s)	Energia SF (m)	Energia SP (m)	Froude SF	Froude SP
44S	17	874	0	12.87	0.0014	6.00	14.32	14.31	0.93	0.93	14.36	14.35	0.26	0.26
45S	16	174	874	11.62	0.0005	6.00	13.48	13.50	1.07	1.05	13.53	13.54	0.26	0.25
5D	15	186	1048	11.54	0.0009	6.00	13.33	13.35	1.00	0.98	13.37	13.39	0.25	0.24
6D	14	51	1234	11.37	0.0041	6.00	13.20	13.23	0.85	0.83	13.23	13.26	0.21	0.20
46S	13	868	1285	11.16	0.0009	6.00	13.11	13.15	1.39	1.35	13.18	13.21	0.33	0.31
1D	12	254	2153	10.40	0.0016	6.00	12.14	12.01	0.99	1.11	12.18	12.07	0.25	0.30
inizio intervento	11.1	90	2407	10.00	0.0000	6.00		11.94		0.82		11.98		0.19
102S	11	255	2497	10.00	0.0002	6.00	11.91	11.92	0.86	0.83	11.94	11.95	0.20	0.20
2D	10	373	2752	9.96	0.0010	6.00	11.77	11.77	0.79	0.79	11.80	11.79	0.19	0.19
3D	9	432	3125	9.59	0.0003	6.00	11.57	11.56	0.79	0.79	11.59	11.59	0.19	0.19
4D	8	234	3557	9.46	0.0033	6.00	11.27	11.26	0.99	0.99	11.31	11.30	0.24	0.24
70S	7	619	3791	8.69	-0.0004	6.00	11.16	11.15	0.78	0.78	11.18	11.17	0.17	0.17
71S	6	219	4410	8.95	0.0011	6.00	10.94	10.93	0.64	0.64	10.96	10.95	0.16	0.16
74S	5	30	4629	8.72	0.0007	6.00	10.88	10.87	0.57	0.58	10.90	10.88	0.13	0.13
1FEA202-Bondeno-Cento (monte)	4.9	42	4659	8.70	0.0000	6.00		10.87		0.40		10.88		0.09
tombino Bondeno-Cento	4.5		4701			6.00								
1FEA202-Bondeno-Cento (valle)	4	428	4701	8.70	0.0003	6.00	10.87	10.86	0.47	0.42	10.88	10.87	0.11	0.09
72S	3	415	5129	8.59	0.0001	6.00	10.80	10.80	0.49	0.49	10.81	10.81	0.11	0.11
85S	2	164	5544	8.55	0.0000	6.00	10.72	10.72	0.51	0.51	10.74	10.74	0.12	0.12
10D	1	20	5708	8.55	0.0000	6.00	10.70	10.70	0.46	0.46	10.71	10.71	0.10	0.10
fine	0.1		5728	8.55		6.00	10.69	10.69	0.46	0.46	10.70	10.70	0.11	0.11

TABELLA 7-1: PRINCIPALI PARAMETRI IDRAULICI A CONFRONTO PER LE SINGOLE SEZIONI NELLO SF E SP



**FIGURA 7-3: SP, PROFILO DI RIGURGITO IN CORRISPONDENZA DELL'INTERFERENZA**



**FIGURA 7-4: SP, LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER LA PORTATA**

Lo Scolo Salione è recettore finale del contributo di scarico di 1 impianto di depurazione per una portata complessiva di 40 l/sec che di fatto incrementa il valore della Qmax del 0.6%, valore insignificante e trascurabile sui profili di rigurgito.

E' stato previsto l'inserimento di un clapèt in corrispondenza dello scarico per evitare fenomeni di rigurgito, in quanto la quota di scarico risulta minore rispetto alla quota raggiunta dalla Qmax.

## 7.2. SCOLO SALIONE VECCHIO

### 7.2.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale

Lo Scolo Salione vecchio è un canale promiscuo gestito dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara; nasce dal Fosso Torre Spada ad ovest dell'abitato di Pilastrello e confluisce nel Salione nuovo a sud di Alberone, la lunghezza complessiva dell'asta è di circa 2047m.

L'interferenza è causata dal sovrappasso dell'autostrada sul canale con sezione in rilevato basso, quasi ortogonale alla direzione di flusso delle acque. L'opera di attraversamento ricade nel Comune di Cento.

Lo Scolo Salione vecchio presenta, nel tratto di attraversamento, una sezione trapezia di base maggiore 4.00m base minore 1.25m ed altezza minima 1,39m; la quota di fondo in corrispondenza dell'attraversamento è posta a 9.50 msm mentre la quota della sponda più depressa vale 10.89 msm.



CODICE	<b>A02A224</b>	
NOME	<b>SCOLO SALIONE VECCHIO</b>	
PROPRIETA'	<i>demaniale</i>	
ENTE GESTORE	<i>Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara</i>	
LOCALITA'	<i>Pilastrello</i>	
COMUNE	<i>Cento</i>	
PROVINCIA	<i>Ferrara</i>	
CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE	BACINO (m2)	
	LUNGHEZZA (m)	2047
	SORGENTE	<i>scoli campagne</i>
	FOCE	<i>Scolo Salione nuovo</i>

CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	<i>misto con alternanza di tratti rettilinei e sinuosi</i>
	TIPO SEZIONE	<i>in scavo</i>
	TIPO ALVEO	<i>alveo in terra a sezione trapezoidale con fondo largo e sponde 1:1 B&gt;H</i>
	EROSIONI	<i>senza erosioni</i>
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	<i>secondario</i>
	USO	<i>promiscuo</i>
	GRANULOMETRIA	<i>limi e argille</i>
	AMBIENTE FLUVIALE	<i>canale di origine artificiale rinaturalizzato - sponde inerbite senza rivestimenti - assenza di vegetazione riparia - fauna ittica ed anfibia, mammiferi di piccola taglia (nutrie)</i>
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	<i>campagna aperta con coltivazioni di mais e foraggiere - alberi ed arbusti isolati, strade carraie e cascine</i>
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI AL CONTRONO	<i>corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle</i>
	SCABREZZA Gauckler-Strickler	<i>24-27</i>
NOTE	<i>ponte ad arco in muratura ad arco e tombini per passi carraiponte ad arco in muratura ad arco e tombini per passi carrai</i>	

### 7.2.2. Descrizione dell'intervento

L'intervento prevede la risoluzione dell'interferenza attraverso l'esecuzione delle seguenti opere:

- realizzazione di tombino scatolare in calcestruzzo armato: viene conservato l'assetto planimetrico del canale con la sola esclusione dei modesti tratti di adattamento all'imbocco e sbocco; la sezione idraulica viene mantenuta. Il tombino, di dimensioni B=2.5m H=2.0m, viene realizzato in asse al canale e sprofondato di 20 cm, rispetto al fondo attuale, per garantire futuri interventi di manutenzione. E' previsto il prolungamento del tombino per 5m a monte e valle dell'attraversamento;
- difesa spondale agli imbocchi del tombino: è prevista la realizzazione di una difesa di fondo e sponde del canale mediante posa di mantellata in pietrame di cava di pezzatura 100-300 kg in spessore di 1.0m intasati di calcestruzzo; la difesa avrà uno sviluppo longitudinale di 5 m a monte e valle del tombino;
- piste di servizio: è prevista la realizzazione di rampe di raccordo tra le capezzagne disposte sulle sponde del canale ed il tombino esterno alla recinzione al fine di consentire il passaggio di sponda ai mezzi consorziali.

L'attraversamento autostradale è compatibile con i deflussi dello Scolo Bastardo; il tombino permette il transito della portata a piene rive con franco d'aria superiore al minimo richiesto; l'officiosità idraulica del tombino è superiore a quella della sezione a cielo aperto attuale. Il deflusso delle acque avviene a pelo libero anche nella sezione chiusa e non è ammesso il funzionamento in pressione.

### **7.2.3. Verifiche idrauliche**

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

Le portate di riferimento adottate per la modellazione idraulica, secondo lo schema definito, si riferiscono a quelle massime sostenibili all'interno della configurazione attuale del canale nell'intero tratto modellato descritto attraverso le sezioni topografiche rilevate per la progettazione definitiva; come si evincerà nel seguito la portata massima lungo l'asta risulta talvolta inferiore a quella localizzata nella sezione d'interferenza e ciò è dovuto alla non uniformità della sezione del canale. Nell'ambito della valutazione delle portate massime si sono ignorate, a favore di sicurezza, le singolarità che limitano le portate allo stato attuale quali tombini, ponticelli, depressioni di sponda/argine che potranno nel tempo essere adeguati all'officiosità idraulica del canale.

La portata di riferimento è quindi la portata massima sostenibile pari a  $Q_{max} = 1.1 \text{ m}^3/\text{s}$ .

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:

- caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo,
- caratteristiche morfologiche e geometriche del tratto d'alveo e brusche variazioni di geometria della sezione;
- 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.

#### **Scenari simulati**

Ai fini modellistici, le condizioni di riferimento per la verifica dei tombini di progetto sono le seguenti:

- stato di fatto: considera la morfologia attuale del corso d'acqua, senza l'introduzione di alcuna opera in progetto;
- stato di progetto: prevede l'introduzione del manufatto di attraversamento compreso le eventuali deviazioni e come portata la  $Q_{max}$  dello stato di fatto.

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

- rappresentazione geometrica del corso d'acqua: ricavata dal rilievo topografico eseguito per la progettazione definitiva (2011) , nonché, per lo stato di progetto, dalla geometria di progetto;
- portate di riferimento, assunte come portate massime ammissibili,
- condizione di valle: moto uniforme
- scabrezza secondo Gauckler-Strickler pari a 20-25  $m^{1/3}/sec$  differenziata tra sponde e alveo.

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 rilevate le velocità medie della corrente nei singoli tratti dell'alveo sia in condizioni di alveo attuale che di progetto.

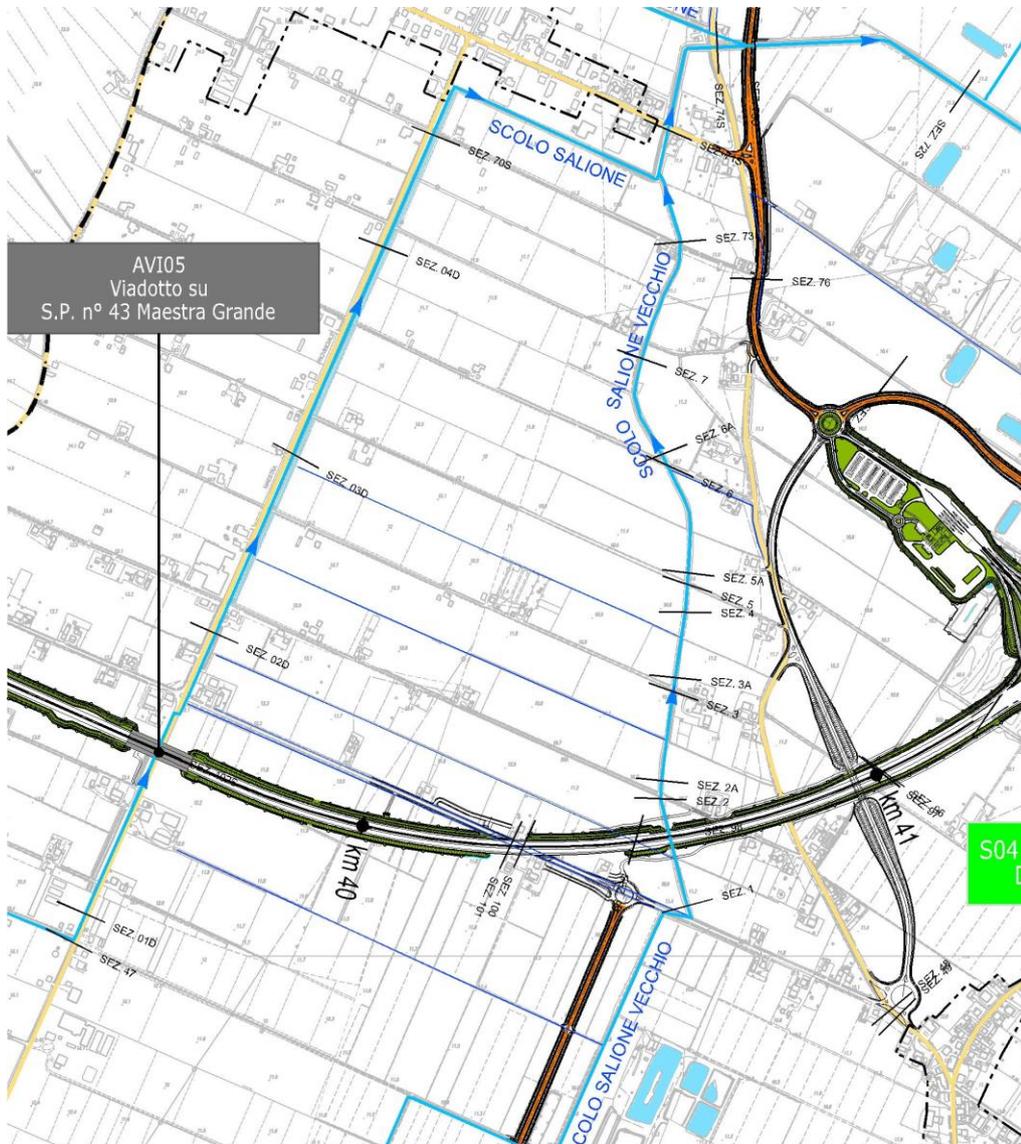
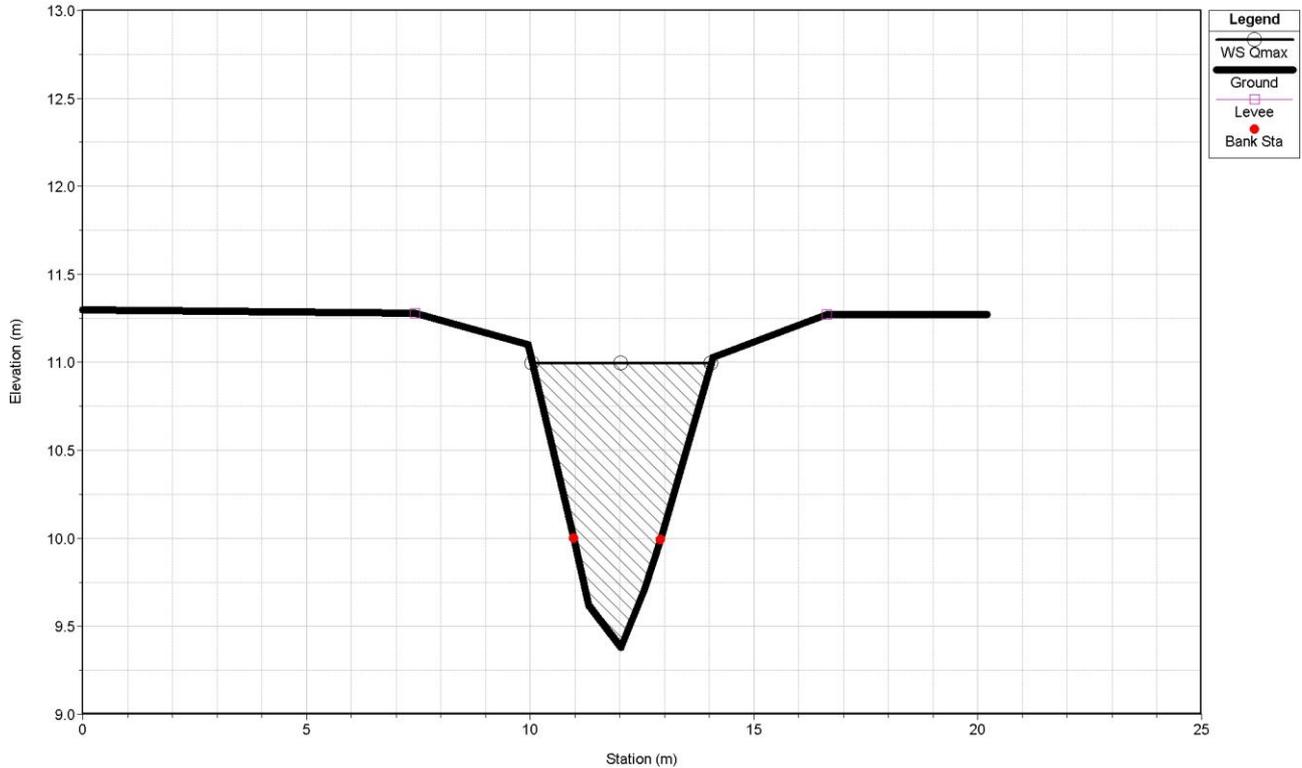


FIGURA 7-5: TRATTO DELLO SCOLO SALIONE VECCHIO SIMULATO

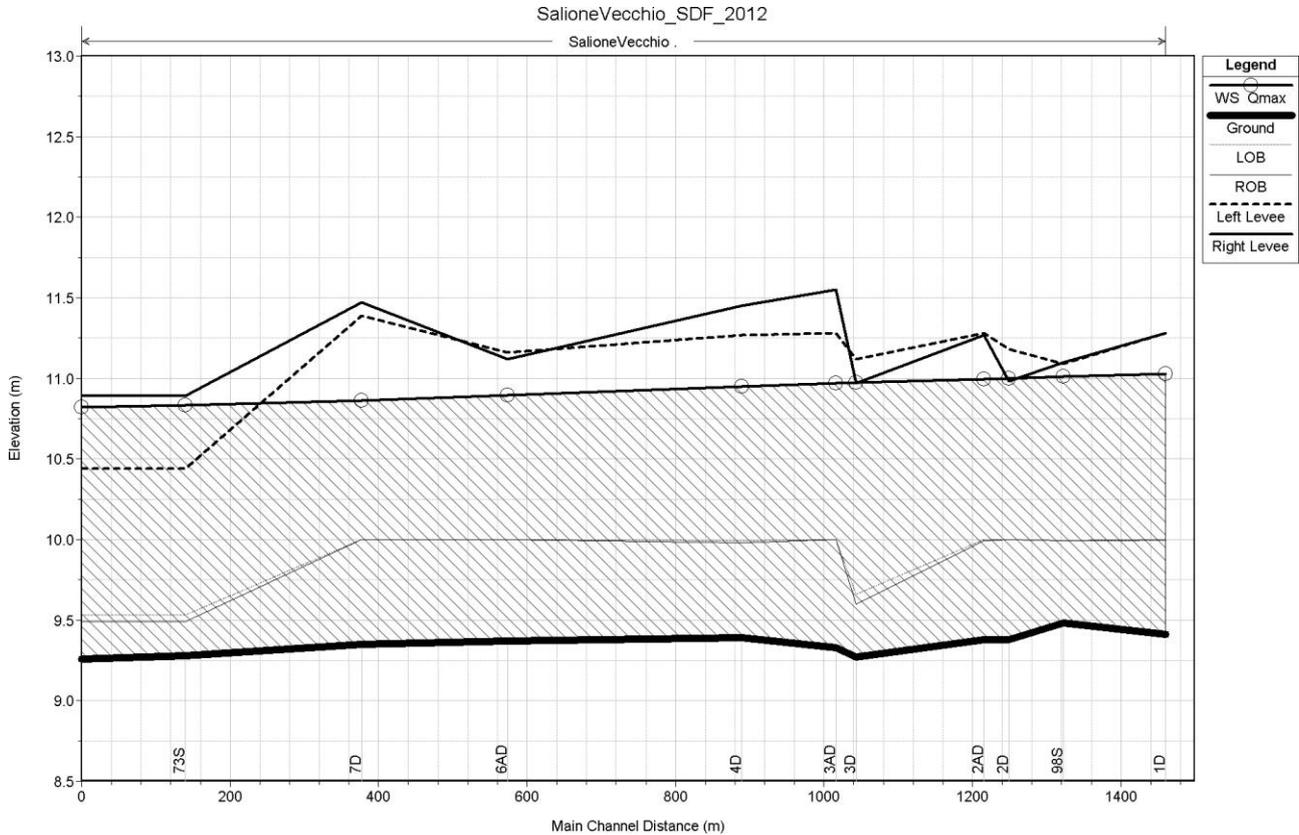
### **Risultati delle analisi nello Stato di Fatto**

Si riportano i risultati delle analisi nello Stato di Fatto sotto forma di profilo involuppo dei livelli idrometrici raggiunti dalla piena di riferimento per la configurazione geometrica attuale e la sezione trasversale del corso d'acqua posta subito a valle della futura interferenza.

SalioneVecchio\_SDF\_2012  
 RS = 9 2AD



**FIGURA 7-6: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER QMAX ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'INTERFERENZA NELLO STATO DI FATTO**



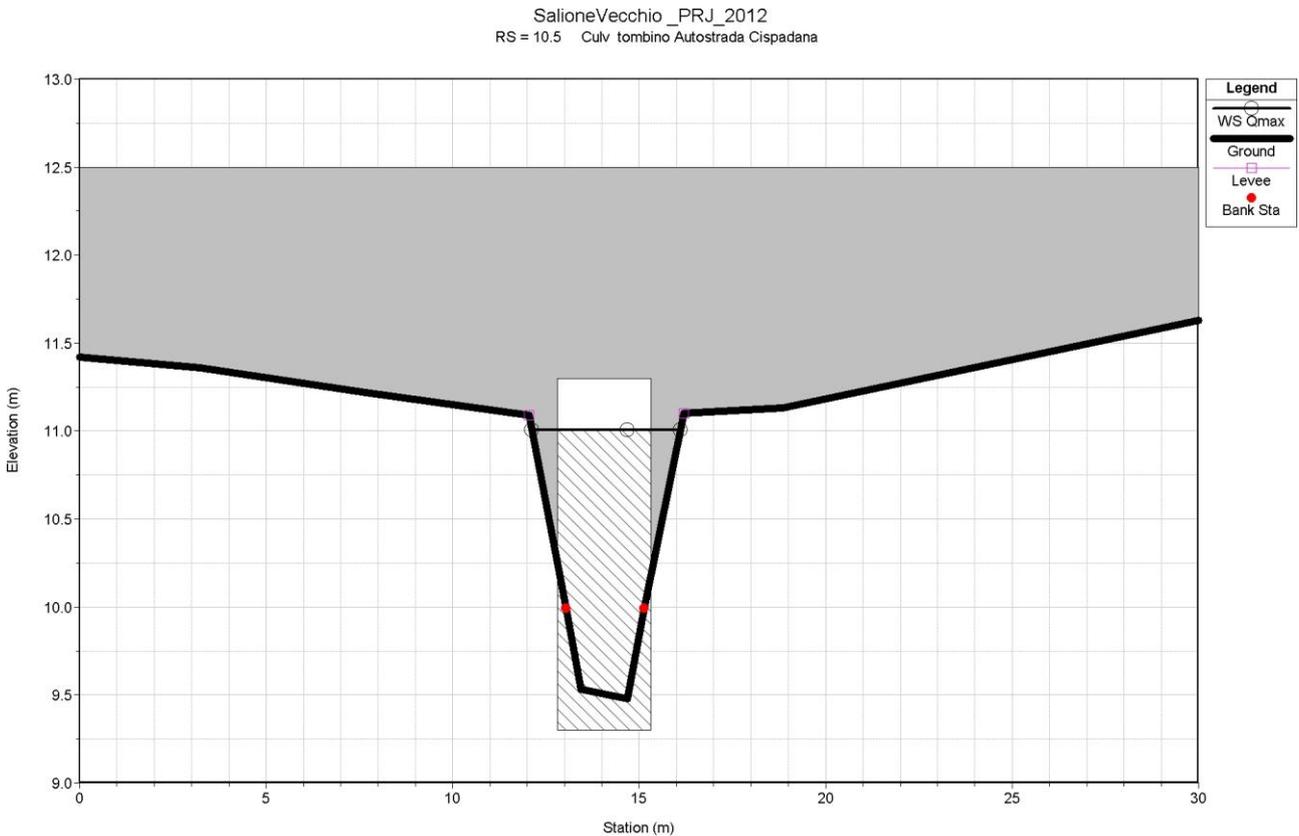
**FIGURA 7-7: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX NELLO STATO DI FATTO**

**Risultati delle analisi nello Stato di Progetto**

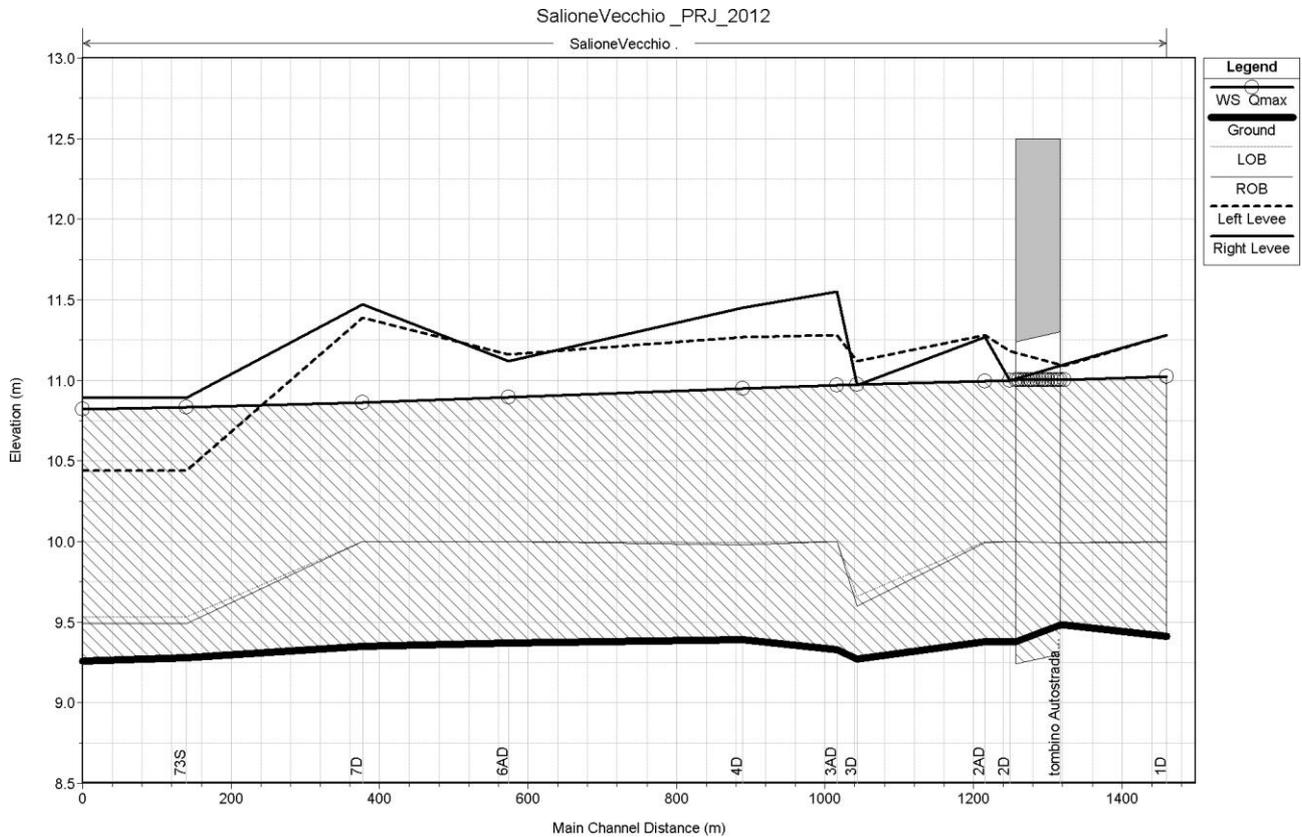
Si riporta il confronto dei risultati delle analisi nello Stato di Fatto e Stato di Progetto espressi in forma tabellare e relativi alle principali grandezze idrauliche; a seguire si riportano i risultati delle analisi nello Stato di Progetto sotto forma di profilo inviluppo dei livelli idrometrici raggiunti dalla piena di riferimento per la configurazione geometrica di progetto e la sezione trasversale del corso d'acqua in corrispondenza del manufatto di attraversamento.

Sezioni	Sezioni H-C	Parziali (m)	Progressive	Quota fondo (m)	Pendenza (m/m)	Portata Qmax (m3/s)	Livello SF (m)	Livello SP (m)	Velocità SF (m/s)	Velocità SP (m/s)	Energia SF (m)	Energia SP (m)	Froude SF	Froude SP
1D	12	138	138	9.41	-0.0005	1.10	11.03	11.02	0.29	0.29	11.03	11.03	0.08	0.08
98S	11	73	211	9.48	0.0014	1.10	11.01	11.00	0.33	0.34	11.02	11.01	0.09	0.09
tombino Autostrada Cispadana	10.5		211											
2D	10	34	245	9.38	0.0000	1.10	11.00	11.00	0.33	0.33	11.00	11.01	0.09	0.09
2AD	9	172	417	9.38	0.0006	1.10	10.99	10.99	0.36	0.36	11.00	11.00	0.10	0.10
3D	8	27	444	9.27	-0.0022	1.10	10.97	10.97	0.31	0.31	10.98	10.98	0.08	0.08
3AD	7	127	571	9.33	-0.0005	1.10	10.97	10.97	0.33	0.33	10.97	10.97	0.09	0.09
4D	6	315	886	9.39	0.0001	1.10	10.95	10.95	0.33	0.33	10.95	10.95	0.09	0.09
6AD	3	197	1083	9.37	0.0001	1.10	10.89	10.89	0.37	0.37	10.90	10.90	0.10	0.10
7D	2	237	1320	9.35	0.0003	1.10	10.86	10.86	0.33	0.33	10.87	10.87	0.09	0.09
73S	1	140	1460	9.28	0.0001	1.10	10.83	10.83	0.31	0.31	10.84	10.84	0.08	0.08
fine	0.1		1460	9.26		1.10	10.82	10.82	0.31	0.31	10.82	10.82	0.08	0.08

**TABELLA 7-2: PRINCIPALI PARAMETRI IDRAULICI A CONFRONTO PER LE SINGOLE SEZIONI NELLO SF E SP**



**FIGURA 7-8: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER QMAX ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'INTERFERENZA NELLO STATO DI PROGETTO**



**FIGURA 7-9: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX NELLO STATO DI PROGETTO**

Lo Scolo Salione Vecchio è recettore finale del contributo di scarico di 1 impianto di depurazione per una portata complessiva di 10 l/sec che di fatto incrementa il valore della Qmax del 1.0%, valore insignificante e trascurabile sui profili di rigurgito.

E' stato previsto l'inserimento di un clapèt in corrispondenza dello scarico per evitare fenomeni di rigurgito, in quanto la quota di scarico risulta minore rispetto alla quota raggiunta dalla Qmax.

## 7.3. SCOLO BASTARDO

### 7.3.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale

Lo Scolo Bastardo è un canale promiscuo secondario gestito dal Consorzio di Bonifica della Pianura di Ferrara; nasce con una allacciante dal Condotto Generale e sfocia nel Canale di Cento, la lunghezza dell'asta è di circa 7445 m.

L'interferenza è causata dal sovrappasso dell'autostrada che attraversa il canale diagonalmente alla direzione della corrente; il passaggio avviene con sezione stradale in rilevato basso in vicinanza della Via degli Orologi a Buonacompra in Comune di Cento.

Si tratta di un corso d'acqua di scolo gestito dal Consorzio che presenta, nel



tratto di attraversamento, una sezione trapezia di base maggiore 7.36m base minore 2.70m ed altezza minima 1,76m; la quota di fondo in corrispondenza dell'attraversamento è posta a 8.70 msm mentre la quota della sponda più depressa vale 10.46 msm.

CODICE	<b>A02A240</b>	
NOME	<b>SCOLO BASTARDO</b>	
PROPRIETA'	<i>demaniale</i>	
ENTE GESTORE	<i>Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara</i>	
LOCALITA'	-	
COMUNE	<i>Cento</i>	
PROVINCIA	<i>Ferrara</i>	
CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE	BACINO (m2)	
	LUNGHEZZA (m)	7445

	SORGENTE	<i>scoli campagne</i>
	FOCE	<i>Canale di Cento</i>
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	<i>rettilineo poco sinuoso con curve angolate</i>
	TIPO SEZIONE	<i>in scavo</i>
	TIPO ALVEO	<i>alveo in terra a sezione trapezoidale con fondo largo e sponde ripide B»H</i>
	EROSIONI	<i>erosioni di sponda localizzate per cedimenti al piede</i>
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	<i>secondario</i>
	USO	<i>promiscuo</i>
	GRANULOMETRIA	<i>limi e argille</i>
	AMBIENTE FLUVIALE	<i>canale rinaturalizzato - sponde inerbite senza rivestimenti con tratti di canneto - assenza di vegetazione riparia solo alberi isolati - fauna ittica (pescegatto) ed anfibia, mammiferi di piccola taglia (nutrie)</i>
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	<i>campagna aperta con coltivazioni di mais e frumento - alberi ed arbusti isolati, strade carraie e cascate</i>
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI AL CONTRONO	<i>corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle e livello a piene rive</i>
	SCABREZZA Gauckler-Strickler	<i>21-24</i>
NOTE	<i>ponte ad arco in muratura su strada Orologi con salto di quota - paratoia manuale ancorata al ponteponte ad arco in muratura su strada Orologi con salto di quota - paratoia manuale ancorata al ponte</i>	

### 7.3.2. Descrizione dell'intervento

L'intervento prevede la risoluzione dell'interferenza attraverso l'esecuzione delle seguenti opere:

- realizzazione di tombino scatolare in calcestruzzo armato: viene conservato l'assetto planimetrico del canale con la sola esclusione dei modesti tratti di adattamento all'imbocco e sbocco; la sezione idraulica viene mantenuta. Il tombino ha dimensioni 4.0x3.0m viene realizzato in asse al canale e sprofondato di 40 cm, rispetto al fondo attuale, per garantire futuri interventi di manutenzione. E' previsto il prolungamento del tombino per 5m a monte e valle dell'attraversamento;
- difesa spondale agli imbocchi del tombino: è prevista la realizzazione di una difesa di fondo e sponde del canale mediante posa di mantellata in pietrame di cava di pezzatura 100-300 kg in spessore di 1.0m

intasati di calcestruzzo; la difesa avrà uno sviluppo longitudinale di 5 m a monte e valle del tombino;

- piste di servizio: è prevista la realizzazione di rampe di raccordo tra le capezzagne disposte sulle sponde del canale ed il tombino esterno alla recinzione al fine di consentire il passaggio di sponda ai mezzi consorziali.

L'attraversamento autostradale è compatibile con i deflussi dello Scolo Bastardo; il tombino permette il transito della portata a piene rive con franco d'aria superiore al minimo richiesto; l'officiosità idraulica del tombino è superiore a quella della sezione a cielo aperto attuale. Il deflusso delle acque avviene a pelo libero anche nella sezione chiusa e non è ammesso il funzionamento in pressione.

### **7.3.3. Verifiche idrauliche**

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

Le portate di riferimento adottate per la modellazione idraulica, secondo lo schema definito, si riferiscono a quelle massime sostenibili all'interno della configurazione attuale del canale nell'intero tratto modellato descritto attraverso le sezioni topografiche rilevate per la progettazione definitiva; come si evincerà nel seguito la portata massima lungo l'asta risulta talvolta inferiore a quella localizzata nella sezione d'interferenza e ciò è dovuto alla non uniformità della sezione del canale. Nell'ambito della valutazione delle portate massime si sono ignorate, a favore di sicurezza, le singolarità che limitano le portate allo stato attuale quali tombini, ponticelli, depressioni di sponda/argine che potranno nel tempo essere adeguati all'officiosità idraulica del canale.

La portata di riferimento è quindi la portata massima sostenibile pari a  $Q_{max} = 1.9 \text{ m}^3/\text{s}$ .

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:

- caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo,
- caratteristiche morfologiche e geometriche del tratto d'alveo e brusche variazioni di geometria della sezione;
- 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.

### **Scenari simulati**

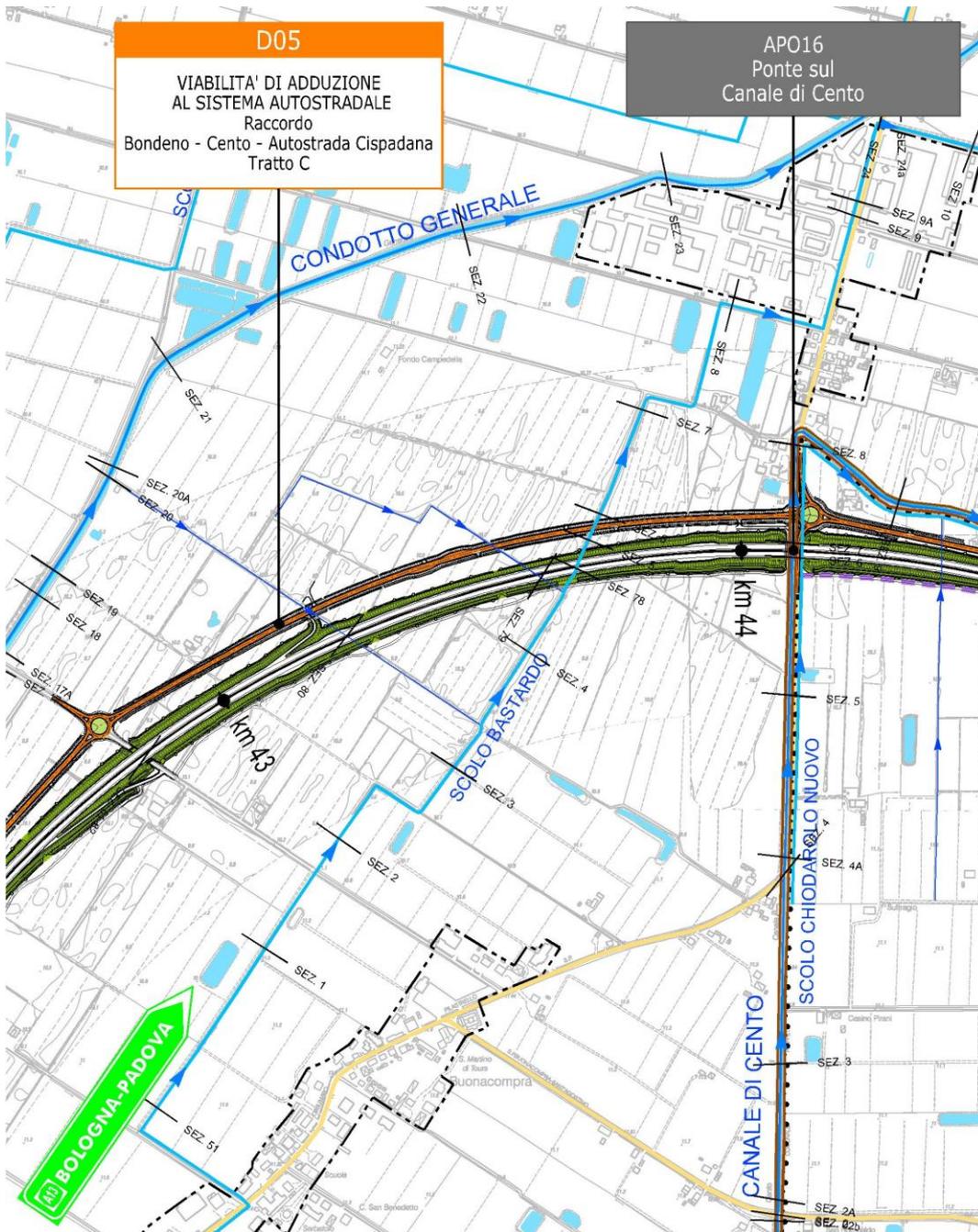
Ai fini modellistici, le condizioni di riferimento per la verifica dei tombini di progetto sono le seguenti:

- stato di fatto: considera la morfologia attuale del corso d'acqua, senza l'introduzione di alcuna opera in progetto;
- stato di progetto: prevede l'introduzione del manufatto di attraversamento compreso le eventuali deviazioni e come portata la Qmax dello stato di fatto.

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 (2011) , 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: moto uniforme
- scabrezza secondo Gauckler-Strickler pari a 20-25 m<sup>1/3</sup>/sec differenziata tra sponde e alveo.

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 rilevate le velocità medie della corrente nei singoli tratti dell'alveo sia in condizioni di alveo attuale che di progetto.

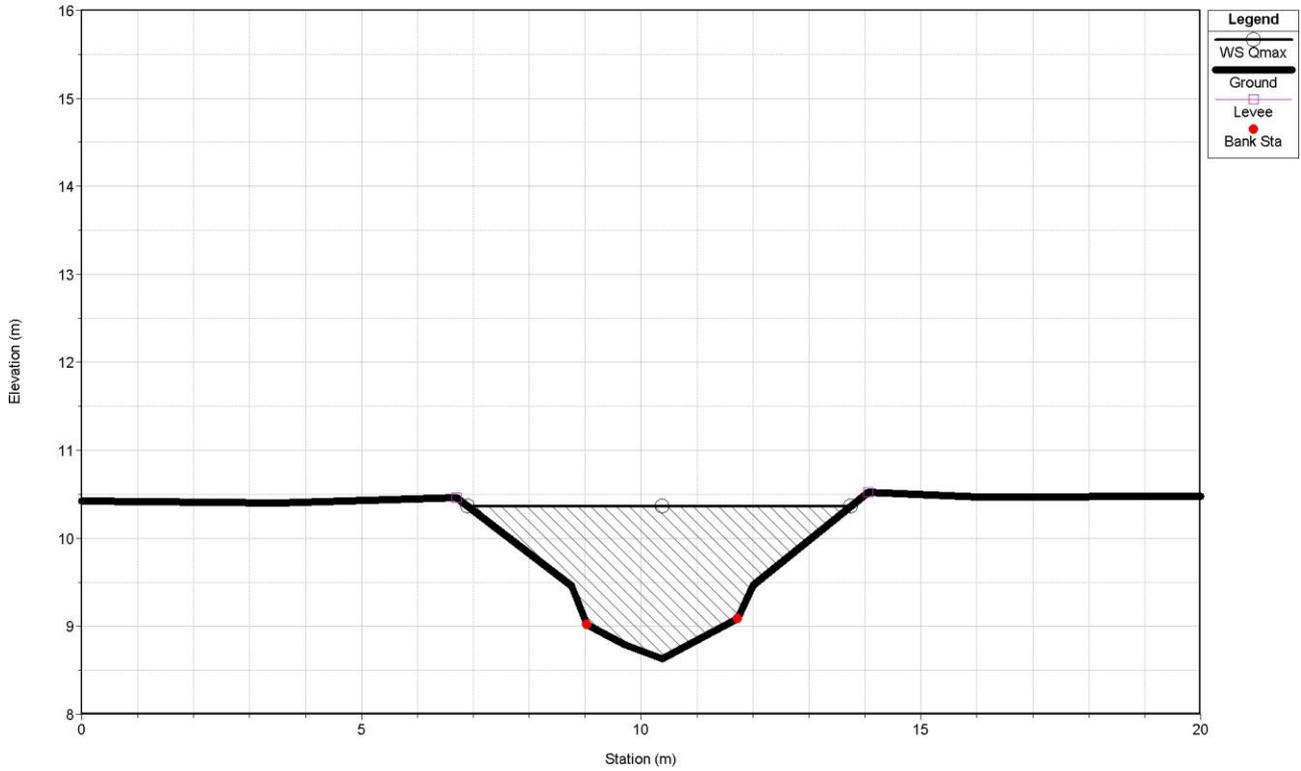


**FIGURA 7-10: TRATTO DELLO SCOLO BASTARDO SIMULATO**

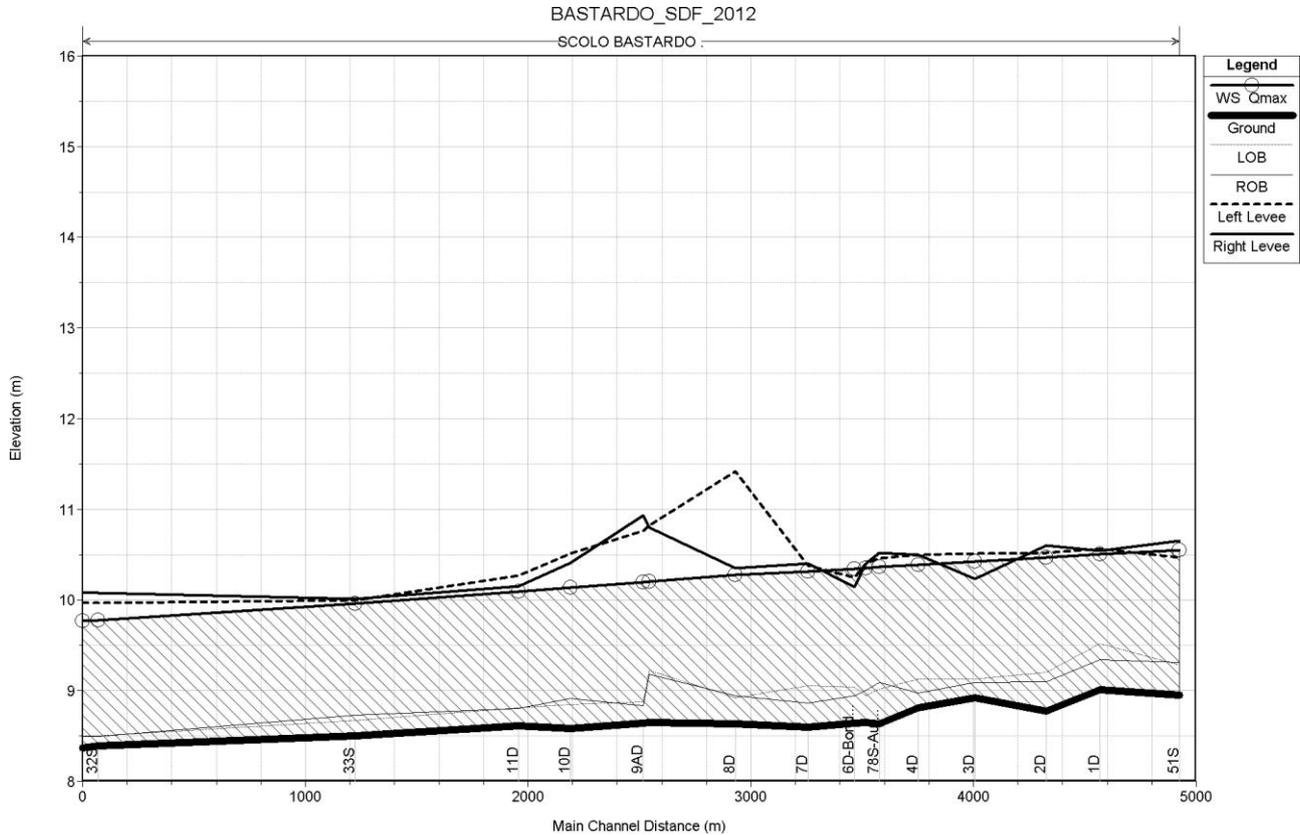
**Risultati delle analisi nello Stato di Fatto**

Si riportano i risultati delle analisi nello Stato di Fatto sotto forma di profilo involucro dei livelli idrometrici raggiunti dalla piena di riferimento per la configurazione geometrica attuale e la sezione trasversale del corso d'acqua posta subito a valle della futura interferenza.

BASTARDO\_SDF\_2012  
 RS = 11 78S-AutostradaCispadana



**FIGURA 7-11: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER QMAX ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'INTERFERENZA NELLO STATO DI FATTO**



**FIGURA 7-12: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX NELLO STATO DI FATTO**

**Risultati delle analisi nello Stato di Progetto**

Si riporta il confronto dei risultati delle analisi nello Stato di Fatto e Stato di Progetto espressi in forma tabellare e relativi alle principali grandezze idrauliche; a seguire si riportano i risultati delle analisi nello Stato di Progetto sotto forma di profilo inviluppo dei livelli idrometrici raggiunti dalla piena di riferimento per la configurazione geometrica di progetto e la sezione trasversale del corso d'acqua in corrispondenza del manufatto di attraversamento.

**RELAZIONE IDRAULICA PER LA RETE IDRICA GESTITA DAL CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**

Sezioni	Sezioni H-C	Parziali (m)	Progressive	Quota fondo (m)	Pendenza (m/m)	Portata Qmax (m3/s)	Livello SF (m)	Livello SP (m)	Velocità SF (m/s)	Velocità SP (m/s)	Energia SF (m)	Energia SP (m)	Froude SF	Froude SP
51S	16	354	354	8.95	-0.0002	1.90	10.55	10.53	0.33	0.33	10.56	10.53	0.09	0.09
1D	15	244	598	9.01	0.0010	1.90	10.50	10.47	0.38	0.39	10.51	10.48	0.11	0.11
2D	14	318	916	8.77	-0.0005	1.90	10.47	10.44	0.36	0.37	10.47	10.44	0.09	0.10
3D	13	254	1170	8.92	0.0004	1.90	10.43	10.39	0.39	0.41	10.43	10.39	0.10	0.11
4D	12	125	1295	8.81	0.0014	1.90	10.39	10.34	0.39	0.41	10.39	10.35	0.10	0.11
78S	11	110	1405	8.63	0.0001	1.90	10.36	10.34	0.37	0.25	10.37	10.34	0.10	0.06
tombino Autostrada Cispadana	10.5		1405											
5D	10	53	1458	8.62	0.0002	1.90	10.35	10.34	0.41	0.25	10.36	10.34	0.10	0.06
tombino Bondeno-Cento	9.5		1458											
6D	9	207	1665	8.61	0.0000	1.90	10.35	10.33	0.40	0.24	10.35	10.34	0.10	0.06
7D	8	326	1991	8.60	-0.0001	1.90	10.31	10.31	0.39	0.39	10.32	10.32	0.10	0.10
8D	7	387	2378	8.63	-0.0001	1.90	10.27	10.27	0.35	0.35	10.28	10.28	0.09	0.09
9D	6	28	2406	8.65	0.0004	1.90	10.20	10.20	0.47	0.47	10.21	10.21	0.12	0.12
9AD	5	328	2734	8.64	0.0002	1.90	10.20	10.20	0.44	0.44	10.21	10.21	0.11	0.11
10D	4	231	2965	8.58	-0.0001	1.90	10.14	10.14	0.42	0.42	10.14	10.14	0.11	0.11
11D	3	734	3699	8.61	0.0001	1.90	10.09	10.09	0.44	0.44	10.10	10.10	0.12	0.12
33S	2	1156	4855	8.50	0.0001	1.90	9.96	9.96	0.40	0.40	9.97	9.97	0.11	0.11
32S	1	68	4923	8.39	0.0003	1.90	9.78	9.78	0.37	0.37	9.78	9.78	0.10	0.10
fine	0.1		4923	8.37		1.90	9.77	9.77	0.37	0.37	9.77	9.77	0.10	0.10

TABELLA 7-3: PRINCIPALI PARAMETRI IDRAULICI A CONFRONTO PER LE SINGOLE SEZIONI NELLO SF E SP

BASTARDO\_PR\_2012  
 RS = 10.5 Culiv Autostrada Cispadana

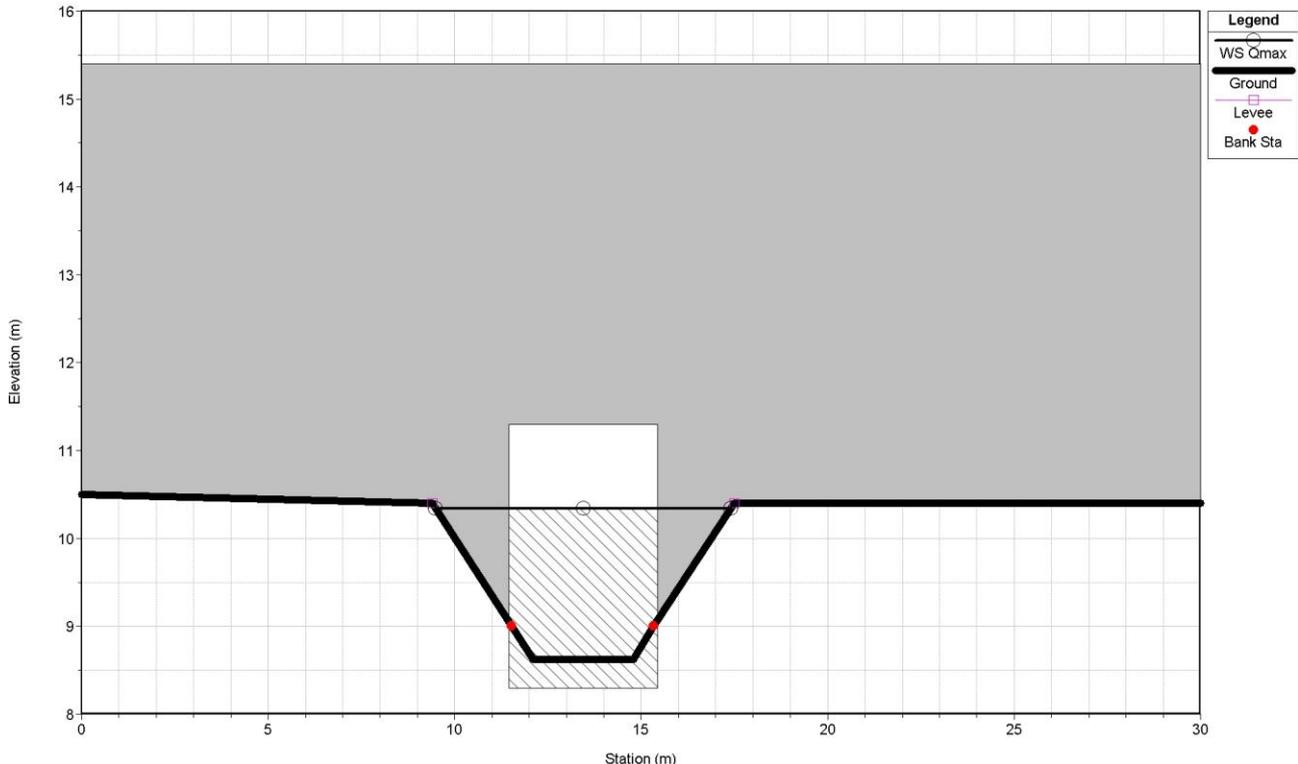
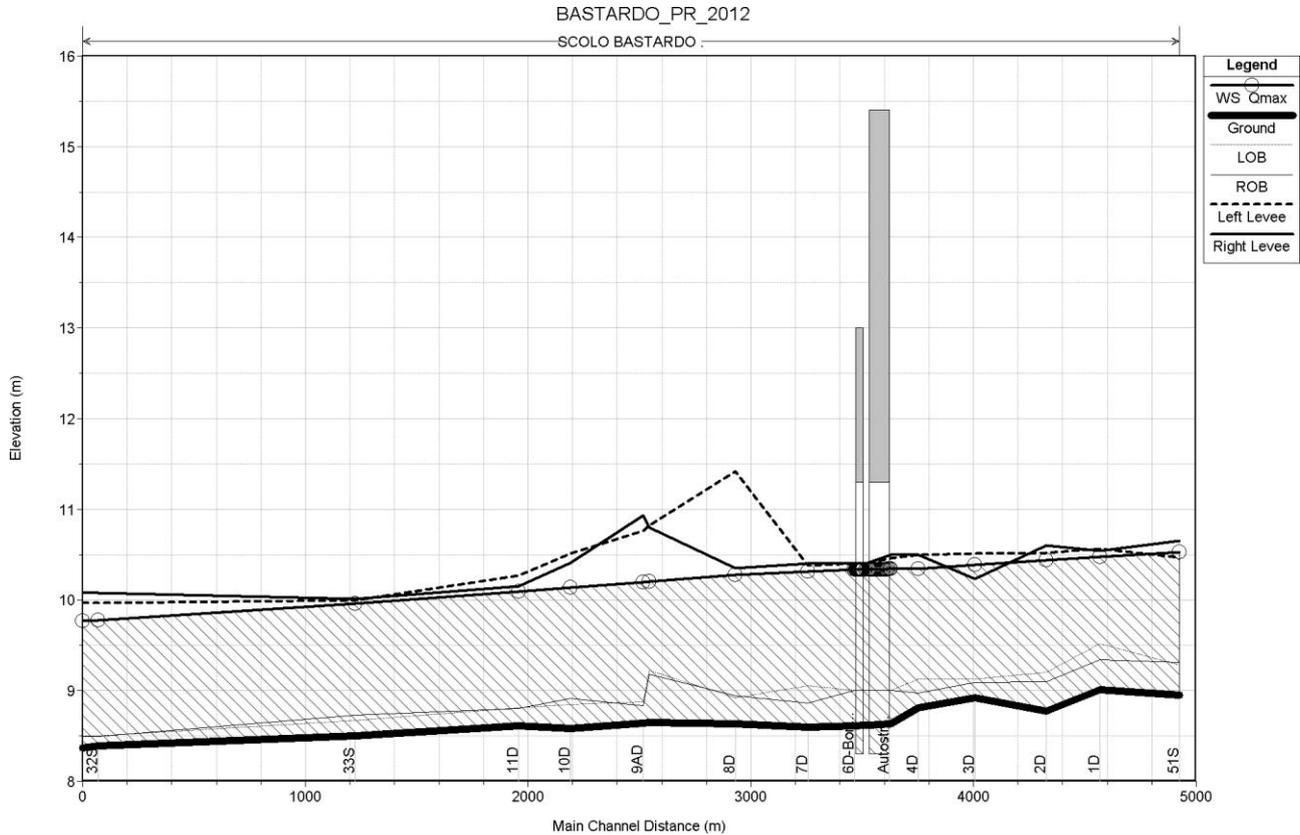


FIGURA 7-13: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER QMAX ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'INTERFERENZA NELLO STATO DI PROGETTO



**FIGURA 7-14: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX NELLO STATO DI PROGETTO**

Lo Scolo Bastardo è recettore finale del contributo di scarico di 2 impianti di depurazione per una portata complessiva di 45 l/sec che di fatto incrementa il valore della Qmax del 2.4%, valore insignificante e trascurabile sui profili di rigurgito.

E' stato previsto l'inserimento di un clapèt in corrispondenza dello scarico di entrambi gli impianti per evitare fenomeni di rigurgito, in quanto la quota di scarico risulta minore rispetto alla quota raggiunta dalla Qmax.

## 7.4. SCOLO CHIODAROLO NUOVO

### 7.4.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale

Lo Scolo Chiodarolo Nuovo è un canale promiscuo secondario gestito dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara ed appartenente al bacino del Canale di Cento; nasce in località Suffragio in adiacenza alla Strada Comunale Pioppeti e scorre inizialmente da sud verso nord, poi piega e si dirige a NE fino a confluire nello Scolo Chiodarolo Vecchio a Molino Boschetti dopo aver percorso una lunghezza di circa 2731m.

L'interferenza è causata dal sovrappasso dell'autostrada che attraversa il canale quasi ortogonalmente alla direzione di flusso; il passaggio avviene con sezione stradale in viadotto e poi in rilevato, in discesa dopo il passaggio in viadotto sull'adiacente Canale di Cento e sulla SP.



Lo Scolo Chiodarolo Nuovo presenta, nel tratto di attraversamento, una sezione trapezia di base maggiore 3.31m base minore 1.16m ed altezza minima 1.00m; la quota di fondo in corrispondenza dell'attraversamento è posta a 9.79 msm mentre la quota della sponda più depressa vale 10.79 msm.

CODICE	<b>A02A029</b>	
NOME	<b>SCOLO CHIODAROLO NUOVO</b>	
PROPRIETA'	<i>demaniale</i>	
ENTE GESTORE	<i>Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara</i>	
LOCALITA'	<i>Casumaro</i>	
COMUNE	<i>S.Agostino</i>	
PROVINCIA	<i>Ferrara</i>	
CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE	BACINO (m2)	
	LUNGHEZZA (m)	2731

	SORGENTE	<i>scoli campagne</i>
	FOCE	<i>Canale di Cento</i>
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	<i>rettilineo in adiacenza alla strada con curve angolate</i>
	TIPO SEZIONE	<i>in scavo</i>
	TIPO ALVEO	<i>alveo in terra a sezione trapezoidale con fondo stretto e sponde ripide B&gt;H</i>
	EROSIONI	<i>erosioni di sponda</i>
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	<i>secondario</i>
	USO	<i>promiscuo</i>
	GRANULOMETRIA	<i>limi e argille</i>
	AMBIENTE FLUVIALE	<i>canale rinaturalizzato - sponde inerbite mantenute, presenza di canneto rigoglioso - assenza di fascia riparia, solo alberi isolati - no fauna</i>
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	<i>campagna aperta alle porte dell'abitato di Casumaro, coltivazioni a mais e cerealicole, strade carraie e cascine - vegetazione arborea ed arbustiva ad elementi singoli isolati</i>
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI AL CONTRONO	<i>corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle e livello a piene rive</i>
	SCABREZZA Gauckler-Strickler	<i>21-24</i>
NOTE		

#### 7.4.2. Descrizione dell'intervento

L'intervento prevede la risoluzione dell'interferenza attraverso l'esecuzione delle seguenti opere:

- realizzazione di tombino scatolare in calcestruzzo armato: viene conservato l'assetto planimetrico del canale con la sola esclusione dei modesti tratti di adattamento all'imbocco e sbocco; la sezione idraulica viene mantenuta. Il tombino di dimensioni B=3.0m H=2.0m viene realizzato in asse al canale e sprofondato di 40 cm, rispetto al fondo attuale, per garantire futuri interventi di manutenzione. E' previsto il prolungamento del tombino per 5m a monte e valle dell'attraversamento;
- difesa spondale agli imbocchi del tombino: è prevista la realizzazione di una difesa di fondo e sponde del canale mediante posa di mantellata in pietrame di cava di pezzatura 100-300 kg in spessore di 1.0m intasati di calcestruzzo; la difesa avrà uno sviluppo longitudinale di 5 m a monte e valle del tombino;
- piste di servizio: è prevista la realizzazione di rampe di raccordo tra le capezzagne disposte sulle

sponde del canale ed il tombino esterno alla recinzione al fine di consentire il passaggio di sponda ai mezzi consorziali.

L'attraversamento autostradale è compatibile con i deflussi dello Scolo Chiodarolo Nuovo; il tombino permette il transito della portata a piene rive con franco d'aria superiore al minimo; l'officiosità idraulica del tombino è superiore a quella del canale in terra; il deflusso delle acque avviene a pelo libero anche nella sezione chiusa e non è ammesso il funzionamento in pressione.

### **7.4.3. Verifiche idrauliche**

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

Le portate di riferimento adottate per la modellazione idraulica, secondo lo schema definito, si riferiscono a quelle massime sostenibili all'interno della configurazione attuale del canale nell'intero tratto modellato descritto attraverso le sezioni topografiche rilevate per la progettazione definitiva; come si evincerà nel seguito la portata massima lungo l'asta risulta talvolta inferiore a quella localizzata nella sezione d'interferenza e ciò è dovuto alla non uniformità della sezione del canale. Nell'ambito della valutazione delle portate massime si sono ignorate, a favore di sicurezza, le singolarità che limitano le portate allo stato attuale quali tombini, ponticelli, depressioni di sponda/argine che potranno nel tempo essere adeguati all'officiosità idraulica del canale.

La portata di riferimento è quindi la portata massima sostenibile pari a  $Q_{max} = 1.00 \text{ m}^3/\text{s}$ .

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:

- caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo,
- caratteristiche morfologiche e geometriche del tratto d'alveo e brusche variazioni di geometria della sezione;
- 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.

### **Scenari simulati**

Ai fini modellistici, le condizioni di riferimento per la verifica dei tombini di progetto sono le seguenti:

- stato di fatto: considera la morfologia attuale del corso d'acqua, senza l'introduzione di alcuna opera in progetto;
- stato di progetto: prevede l'introduzione del manufatto di attraversamento compreso le eventuali deviazioni e come portata la Qmax dello stato di fatto.

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 (2011) , 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: moto uniforme
- scabrezza secondo Gauckler-Strickler pari a 20-25 m<sup>1/3</sup>/sec differenziata tra sponde e alveo.

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 rilevate le velocità medie della corrente nei singoli tratti dell'alveo sia in condizioni di alveo attuale che di progetto.

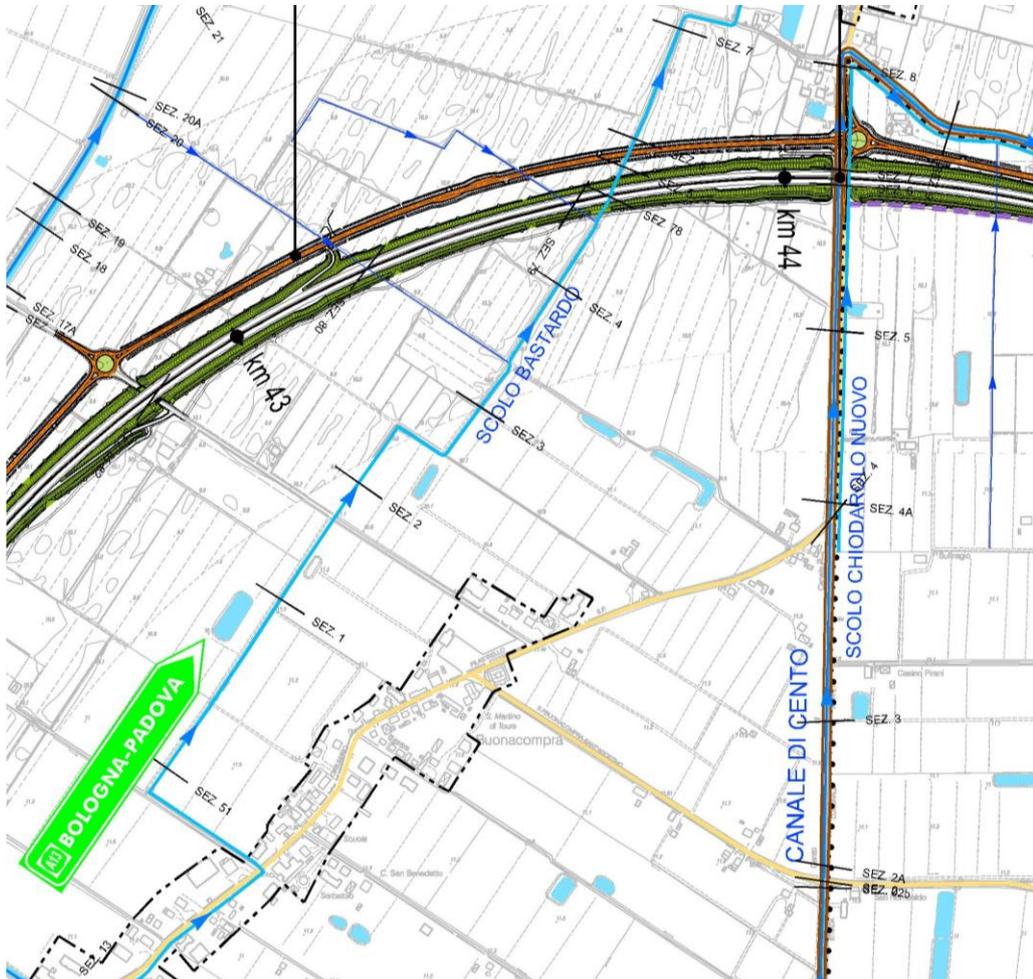
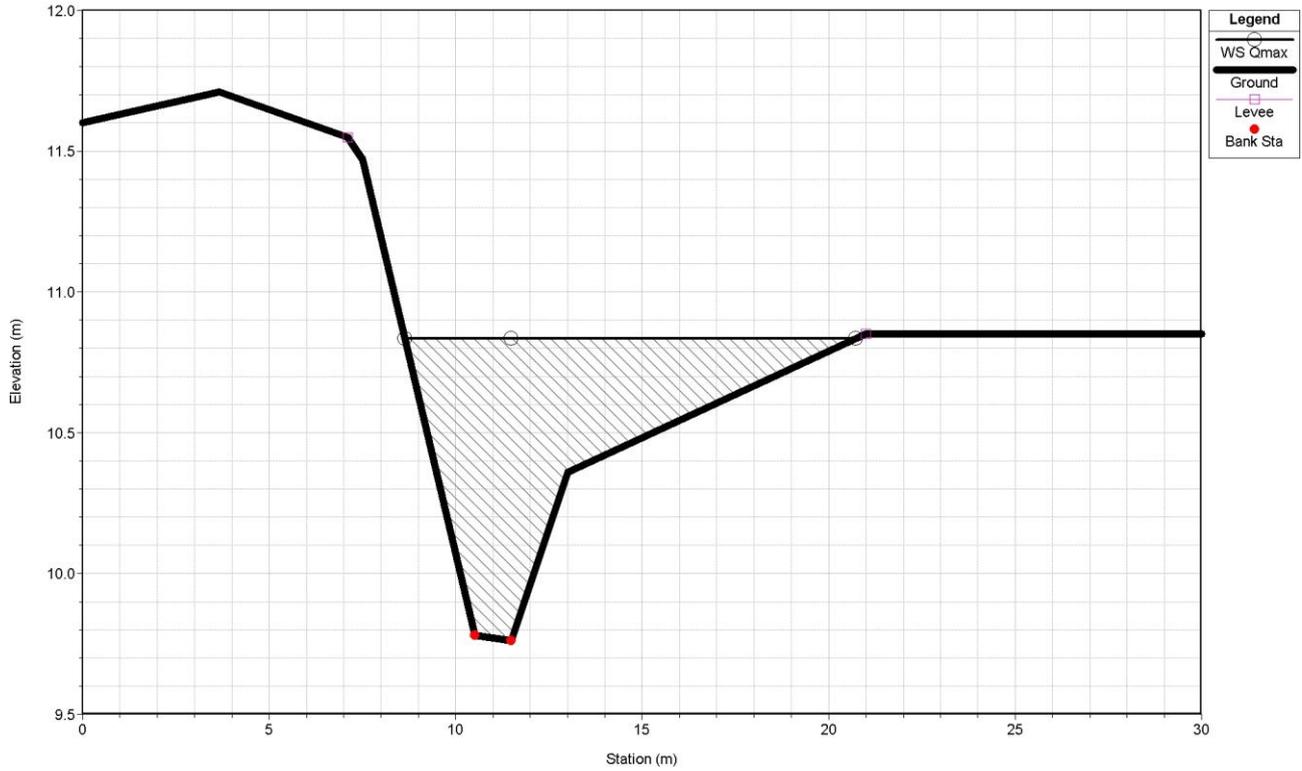


FIGURA 7-15: TRATTO DELLO SCOLO CHIODAROLO NUOVO SIMULATO

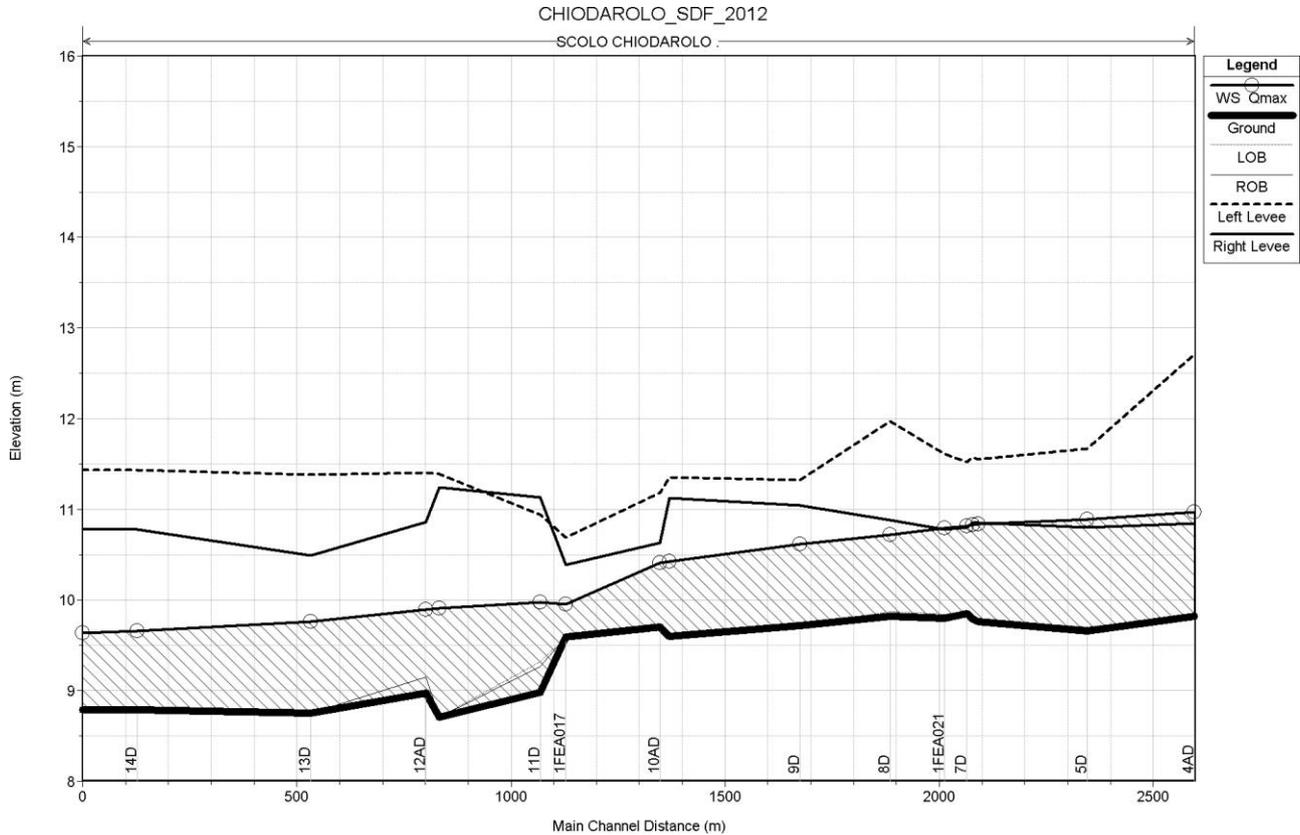
### Risultati delle analisi nello Stato di Fatto

Si riportano i risultati delle analisi nello Stato di Fatto sotto forma di profilo involuppo dei livelli idrometrici raggiunti dalla piena di riferimento per la configurazione geometrica attuale e la sezione trasversale del corso d'acqua posta subito a valle della futura interferenza.

CHIODAROLO\_SDF\_2012  
 RS = 14 6D-AutostradaCispadana



**FIGURA 7-16: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER QMAX ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'INTERFERENZA NELLO STATO DI FATTO**



**FIGURA 7-17: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX NELLO STATO DI FATTO**

### **Risultati delle analisi nello Stato di Progetto**

Si riporta il confronto dei risultati delle analisi nello Stato di Fatto e Stato di Progetto espressi in forma tabellare e relativi alle principali grandezze idrauliche; a seguire si riportano i risultati delle analisi nello Stato di Progetto sotto forma di profilo inviluppo dei livelli idrometrici raggiunti dalla piena di riferimento per la configurazione geometrica di progetto e la sezione trasversale del corso d'acqua in corrispondenza del manufatto di attraversamento.

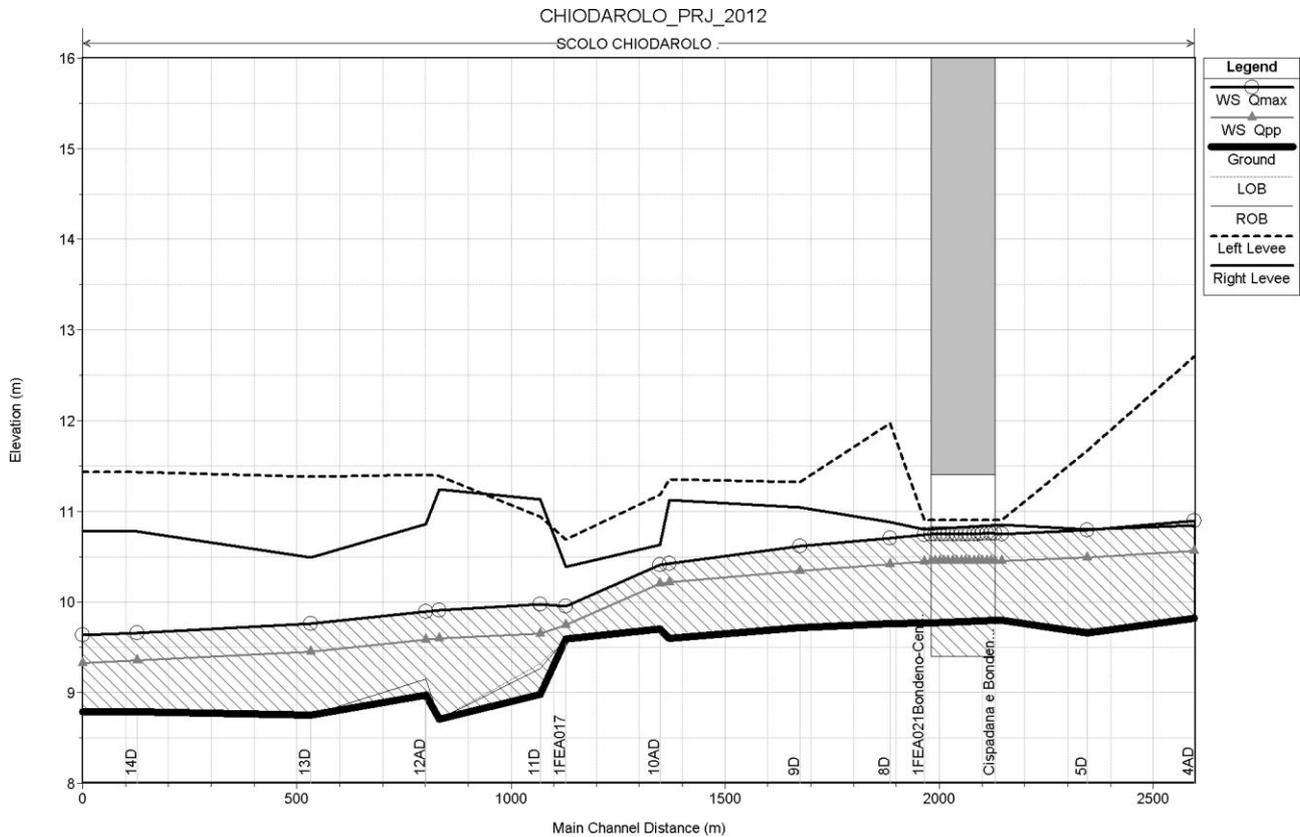
Sezioni	Sezioni H-C	Parziali (m)	Progresive	Quota fondo (m)	Pendenza (m/m)	Portata Qmax (m3/s)	Livello SF (m)	Livello SP (m)	Velocità SF (m/s)	Velocità SP (m/s)	Energia SF (m)	Energia SP (m)	Froude SF	Froude SP
4AD	16	250	250	9.82	0.0006	1.00	10.97	10.89	0.51	0.57	10.98	10.90	0.15	0.17
5D	15	200	450	9.66	-0.0007	1.00	10.89	10.79	0.51	0.51	10.90	10.80	0.15	0.15
6D	14	181	631	9.8	0.0002	1.00	10.83	10.75	0.34	0.47	10.84	10.76	0.10	0.16
A02A029	13		631				10.83		0.29		10.83		0.09	
7D	12		631				10.82		0.65		10.83		0.21	
tombino Autostrada Cispadana-Bondeno	12.5		631											
1FEA021	11	80	711	9.77	0.0001	1.00	10.79	10.74	0.52	0.46	10.80	10.75	0.17	0.15
8D	10	211	922	9.76	0.0002	1.00	10.72	10.71	0.58	0.53	10.73	10.72	0.20	0.17
9D	9	304	1226	9.72	0.0004	1.00	10.61	10.61	0.46	0.46	10.62	10.62	0.16	0.16
10D	8	22	1248	9.6	-0.0045	1.00	10.42	10.42	0.70	0.70	10.44	10.44	0.24	0.24
10AD	7	220	1468	9.7	0.0005	1.00	10.41	10.41	0.55	0.55	10.42	10.42	0.21	0.21
1FEA017	6	59	1527	9.59	0.0103	1.00	9.95	9.95	1.11	1.11	10.01	10.01	0.59	0.59
11D	5	236	1763	8.98	0.0011	1.00	9.97	9.97	0.24	0.24	9.97	9.97	0.08	0.08
12D	4	32	1795	8.71	-0.0081	1.00	9.91	9.91	0.64	0.64	9.92	9.92	0.19	0.19
12AD	3	269	2064	8.97	0.0008	1.00	9.89	9.89	0.54	0.54	9.90	9.90	0.18	0.18
13D	2	405	2469	8.75	-0.0001	1.00	9.76	9.76	0.52	0.52	9.77	9.77	0.16	0.16
14D	1	127	2596	8.79	0.0000	1.00	9.66	9.66	0.30	0.30	9.66	9.66	0.10	0.10
fine	0.1		2596	8.79		1.00	9.63	9.63	0.31	0.31	9.64	9.64	0.11	0.11

TABELLA 7-4: PRINCIPALI PARAMETRI IDRAULICI A CONFRONTO PER LE SINGOLE SEZIONI NELLO SF E SP

CHIODAROLO\_PRJ\_2012  
RS = 12.5 Culv Cispadana e Bondeno-Cento



FIGURA 7-18: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER QMAX ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'INTERFERENZA NELLO STATO DI PROGETTO



**FIGURA 7-19: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX NELLO STATO DI PROGETTO**

Lo Scolo Chiodarolo Nuovo è recettore finale del contributo di scarico di 2 impianti di depurazione per una portata complessiva di 60 l/sec che di fatto incrementa il valore della Qmax del 6.0%, valore trascurabile che non altera i profili di rigurgito.

E' stato previsto l'inserimento di un clapèt in corrispondenza dello scarico di entrambi gli impianti per evitare fenomeni di rigurgito, in quanto la quota di scarico risulta minore rispetto alla quota raggiunta dalla Qmax.

## 7.5. SCOLO FOSSA

### 7.5.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale

Lo Scolo Fossa è un canale promiscuo secondario gestito dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara ed appartenente al bacino del Canale Angelino; nasce in località Rustico S.Giuseppe e scorre da SW a NE fino a confluire nel Canale Angelino a C.na San Carlo dopo aver percorso una lunghezza di circa 4168 m.

L'interferenza è causata dal sovrappasso dell'autostrada che attraversa il canale diagonalmente alla direzione della corrente; il passaggio avviene con sezione stradale in rilevato basso a nord di Quattro Torri.

Lo Scolo Fossa presenta, nel tratto di attraversamento, una sezione trapezia di base maggiore 4.49m base minore 1.67m ed altezza minima 1,72m; la quota di fondo in corrispondenza dell'attraversamento è posta a 8.77 msm mentre la quota della sponda più depressa vale 10.49 msm.



CODICE	<b>A02A039</b>	
NOME	<b>SCOLO FOSSA</b>	
PROPRIETA'	<i>demaniale</i>	
ENTE GESTORE	<i>Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara</i>	
LOCALITA'	<i>La Fossetta</i>	
COMUNE	<i>S.Agostino</i>	
PROVINCIA	<i>Ferrara</i>	
CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE	BACINO (m2)	
	LUNGHEZZA (m)	4168
	SORGENTE	<i>scoli campagna</i>

	FOCE	<i>Canale Angelino</i>
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	<i>tracciato rettilineo con curve angolate, segue l'andamento stradale e pedonale</i>
	TIPO SEZIONE	<i>in scavo</i>
	TIPO ALVEO	<i>alveo in terra a sezione trapezoidale con sponde ripide B»H</i>
	EROSIONI	<i>erosioni di sponda</i>
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	<i>secondario</i>
	USO	<i>promiscuo</i>
	GRANULOMETRIA	<i>limi e argille</i>
	AMBIENTE FLUVIALE	<i>alveo artificiale rinaturalizzato - sponde in erba sfalciata e canneto - alberi isolati - fauna ittica ed anfibia</i>
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	<i>campagna aperta coltivata a cerealicole, ortaggi, mais e frutteti (pere) - alberi isolati</i>
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI AL CONTRONO	<i>corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle e livello a piene rive</i>
	SCABREZZA Gauckler-Strickler	<i>21-24</i>
NOTE		<i>tombini di attraversamento strade carraietombini di attraversamento strade carraie</i>

### 7.5.2. Descrizione dell'intervento

L'intervento prevede la risoluzione dell'interferenza attraverso l'esecuzione delle seguenti opere:

- realizzazione di tombino scatolare in calcestruzzo armato: viene conservato l'assetto planimetrico del canale con la sola esclusione dei modesti tratti di adattamento all'imbocco e sbocco; la sezione idraulica viene mantenuta. Il tombino di dimensioni B=3.0m H=2.5m viene realizzato in asse al canale e sprofondato di 30 cm, rispetto al fondo attuale, per garantire futuri interventi di manutenzione. E' previsto il prolungamento del tombino per 5m a monte e valle dell'attraversamento;
- difesa spondale agli imbocchi del tombino: è prevista la realizzazione di una difesa di fondo e sponde del canale mediante posa di mantellata in pietrame di cava di pezzatura 100-300 kg in spessore di 1.0m intasati di calcestruzzo; la difesa avrà uno sviluppo longitudinale di 5 m a monte e valle del tombino;
- piste di servizio: è prevista la realizzazione di rampe di raccordo tra le capezzagne disposte sulle sponde del canale ed il tombino esterno alla recinzione al fine di consentire il passaggio di sponda ai mezzi consorziali.

L'attraversamento autostradale è compatibile con i deflussi dello Scolo Fossa; il tombino permette il transito della portata a piene rive con franco d'aria superiore al minimo; l'officiosità idraulica massima del canale è inferiore all'officiosità del tombino; il deflusso delle acque avviene a pelo libero anche nella sezione chiusa e non è ammesso il funzionamento in pressione.

### **7.5.3. Verifiche idrauliche**

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

Le portate di riferimento adottate per la modellazione idraulica, secondo lo schema definito, si riferiscono a quelle massime sostenibili all'interno della configurazione attuale del canale nell'intero tratto modellato descritto attraverso le sezioni topografiche rilevate per la progettazione definitiva; come si evincerà nel seguito la portata massima lungo l'asta risulta talvolta inferiore a quella localizzata nella sezione d'interferenza e ciò è dovuto alla non uniformità della sezione del canale. Nell'ambito della valutazione delle portate massime si sono ignorate, a favore di sicurezza, le singolarità che limitano le portate allo stato attuale quali tombini, ponticelli, depressioni di sponda/argine che potranno nel tempo essere adeguati all'officiosità idraulica del canale.

La portata di riferimento è quindi la portata massima sostenibile pari a  $Q_{max} = 2.30 \text{ m}^3/\text{s}$ .

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:

- caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo,
- caratteristiche morfologiche e geometriche del tratto d'alveo e brusche variazioni di geometria della sezione;
- 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.

### **Scenari simulati**

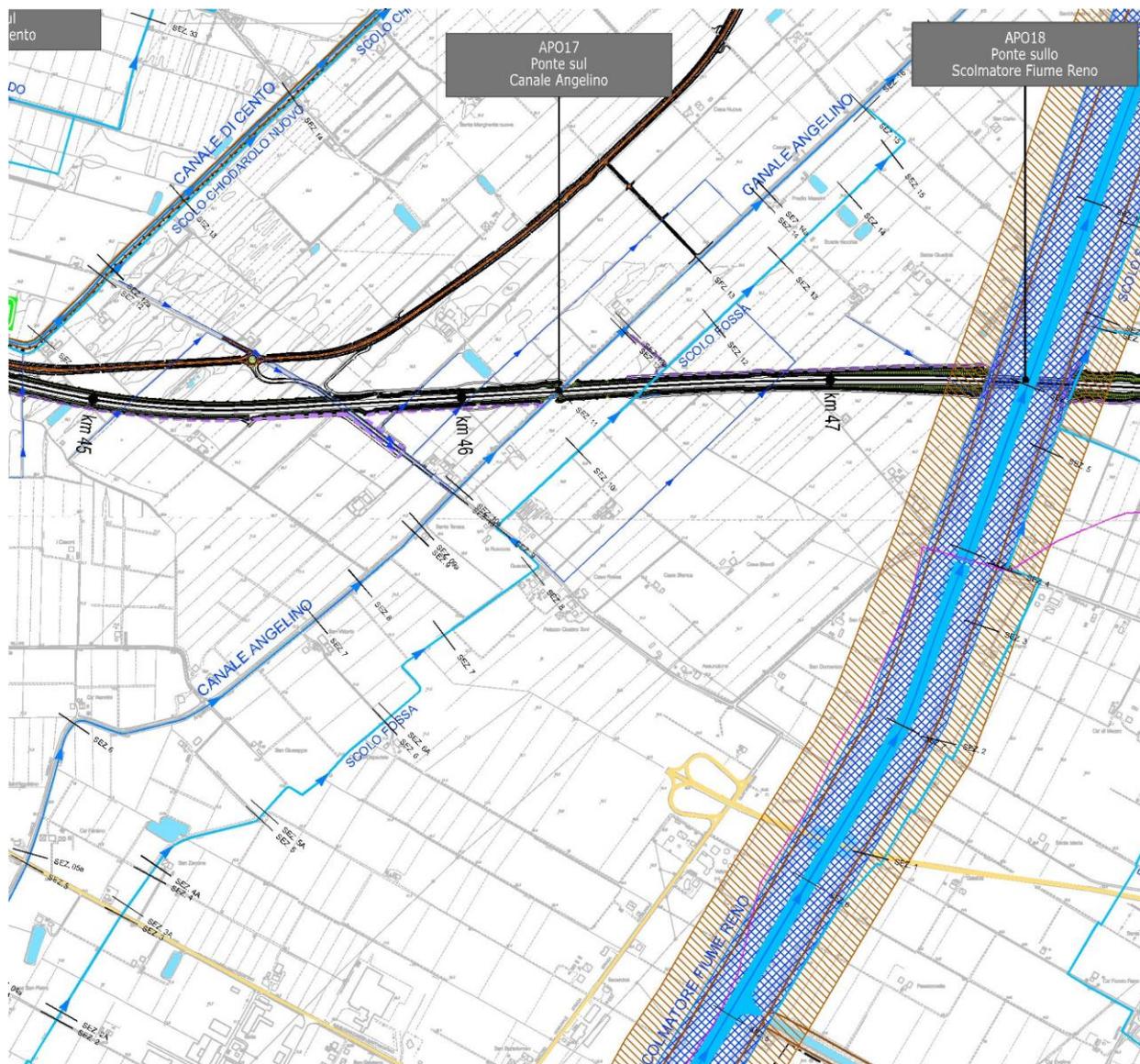
Ai fini modellistici, le condizioni di riferimento per la verifica dei tombini di progetto sono le seguenti:

- stato di fatto: considera la morfologia attuale del corso d'acqua, senza l'introduzione di alcuna opera in progetto;
- stato di progetto: prevede l'introduzione del manufatto di attraversamento compreso le eventuali deviazioni e come portata la Qmax dello stato di fatto.

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 (2011) , 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: moto uniforme
- scabrezza secondo Gauckler-Strickler pari a 20-25 m<sup>1/3</sup>/sec differenziata tra sponde e alveo.

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 rilevate le velocità medie della corrente nei singoli tratti dell'alveo sia in condizioni di alveo attuale che di progetto.

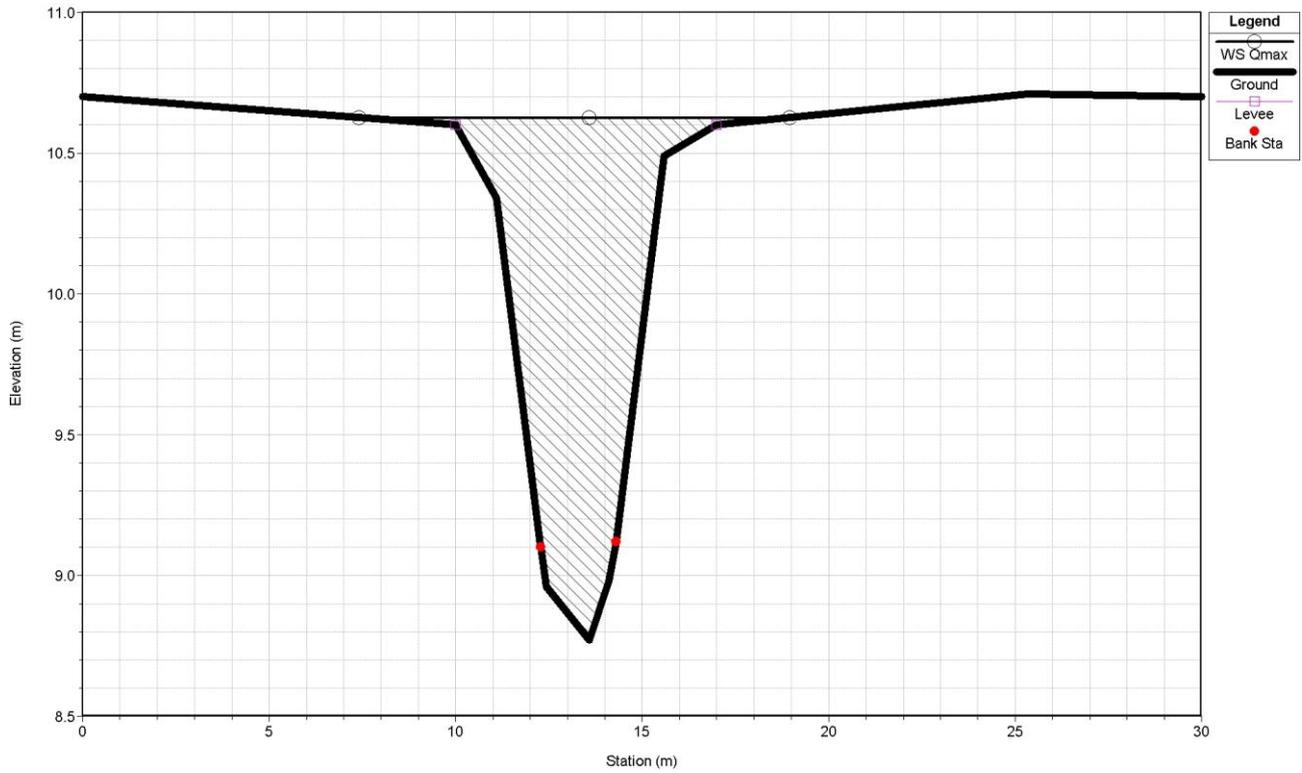


**FIGURA 7-20: TRATTO DELLO SCOLO FOSSA SIMULATO**

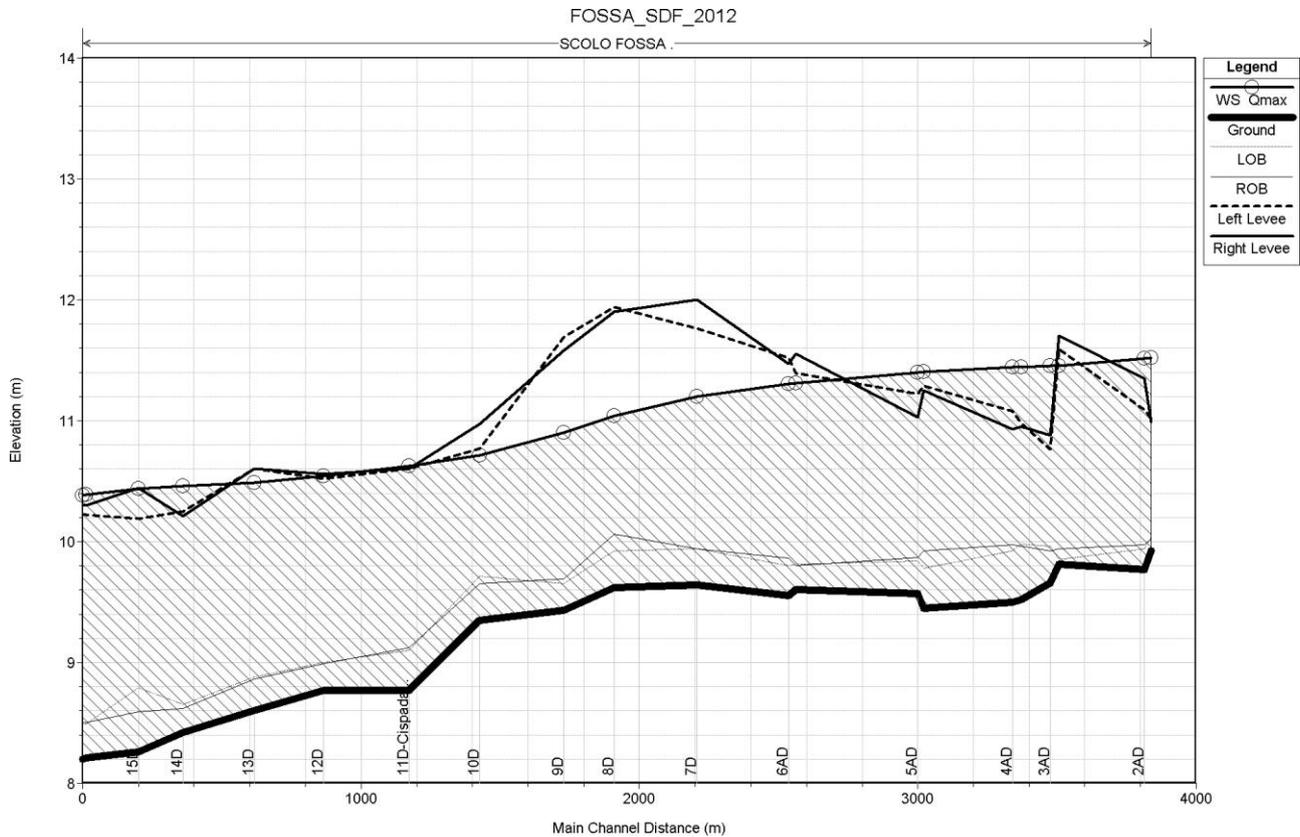
**Risultati delle analisi nello Stato di Fatto**

Si riportano i risultati delle analisi nello Stato di Fatto sotto forma di profilo involuppo dei livelli idrometrici raggiunti dalla piena di riferimento per la configurazione geometrica attuale e la sezione trasversale del corso d'acqua posta subito a valle della futura interferenza.

FOSSA\_SDF\_2012  
 RS = 6 11D-Cispadana



**FIGURA 7-21: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER QMAX ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'INTERFERENZA NELLO STATO DI FATTO**



**FIGURA 7-22: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX NELLO STATO DI FATTO**

**Risultati delle analisi nello Stato di Progetto**

Si riporta il confronto dei risultati delle analisi nello Stato di Fatto e Stato di Progetto espressi in forma tabellare e relativi alle principali grandezze idrauliche; a seguire si riportano i risultati delle analisi nello Stato di Progetto sotto forma di profilo inviluppo dei livelli idrometrici raggiunti dalla piena di riferimento per la configurazione geometrica di progetto e la sezione trasversale del corso d'acqua in corrispondenza del manufatto di attraversamento.

Sezioni	Sezioni H-C	Parziali	Progres sive	Quota fondo	Penden za	Portata Qmax	Livello SF	Livello SP	Velocità SF	Velocità SP	Energia SF	Energia SP	Froude SF	Froude SP
		(m)		(m)	(m/m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)		
2D	20	24	24	9.92	0.0062	2.30	11.52	11.51	0.21	0.21	11.52	11.51	0.05	0.06
2AD	19	308	332	9.77	-0.0001	2.30	11.51	11.51	0.41	0.42	11.52	11.51	0.10	0.10
3D	18	32	364	9.81	0.0047	2.30	11.45	11.44	0.51	0.51	11.46	11.46	0.13	0.13
3AD	17	104	468	9.66	0.0013	2.30	11.45	11.45	0.33	0.34	11.46	11.45	0.08	0.08
4D	16	30	498	9.52	0.0007	2.30	11.44	11.44	0.28	0.29	11.45	11.44	0.07	0.07
4AD	15	319	817	9.50	0.0002	2.30	11.44	11.43	0.29	0.30	11.44	11.44	0.07	0.07
5D	14	23	840	9.45	-0.0052	2.30	11.40	11.39	0.45	0.46	11.41	11.40	0.11	0.11
5AD	13	438	1278	9.57	-0.0001	2.30	11.40	11.39	0.40	0.41	11.41	11.40	0.10	0.10
6D	12	25	1303	9.60	0.0020	2.30	11.31	11.30	0.58	0.58	11.32	11.31	0.14	0.15
6AD	11	330	1633	9.55	-0.0003	2.30	11.31	11.29	0.48	0.49	11.32	11.30	0.12	0.12
7D	10	297	1930	9.64	0.0001	2.30	11.20	11.18	0.66	0.67	11.22	11.20	0.18	0.18
8D	9	180	2110	9.62	0.0011	2.30	11.04	11.01	0.67	0.69	11.06	11.03	0.19	0.20
9D	8	303	2413	9.43	0.0003	2.30	10.90	10.85	0.86	0.90	10.93	10.89	0.23	0.25
10D	7	200	2613	9.35	0.0028	2.30	10.71	10.62	0.63	0.69	10.73	10.64	0.18	0.20
(monte)	6.9	110	2723	8.8	0.0005	2.30		10.60		0.42		10.61		0.10
Autostrada	6		2723				10.63		0.55		10.64		0.13	
(valle)	5.1	250	2973	8.74	-0.0001	2.30		10.59		0.40		10.60		0.09
12D	5	250	3223	8.77	0.0007	2.30	10.54	10.54	0.58	0.58	10.56	10.56	0.14	0.14
13D	4	256	3479	8.6	0.0007	2.30	10.49	10.49	0.49	0.49	10.50	10.50	0.12	0.12
14D	3	160	3639	8.42	0.0010	2.30	10.46	10.46	0.36	0.36	10.46	10.46	0.08	0.08
15D	2	188	3827	8.26	0.0003	2.30	10.44	10.44	0.40	0.40	10.44	10.44	0.09	0.09
16D	1	12	3839	8.21	0.0008	2.30	10.39	10.39	0.74	0.74	10.40	10.40	0.16	0.16
fine	0.1		3839	8.2		2.30	10.38	10.38	0.74	0.74	10.40	10.40	0.17	0.17

TABELLA 7-5: PRINCIPALI PARAMETRI IDRAULICI A CONFRONTO PER LE SINGOLE SEZIONI NELLO SF E SP

FOSSA\_PRJ\_2012  
RS = 6 Culv. tombino Autostrada Cispadana

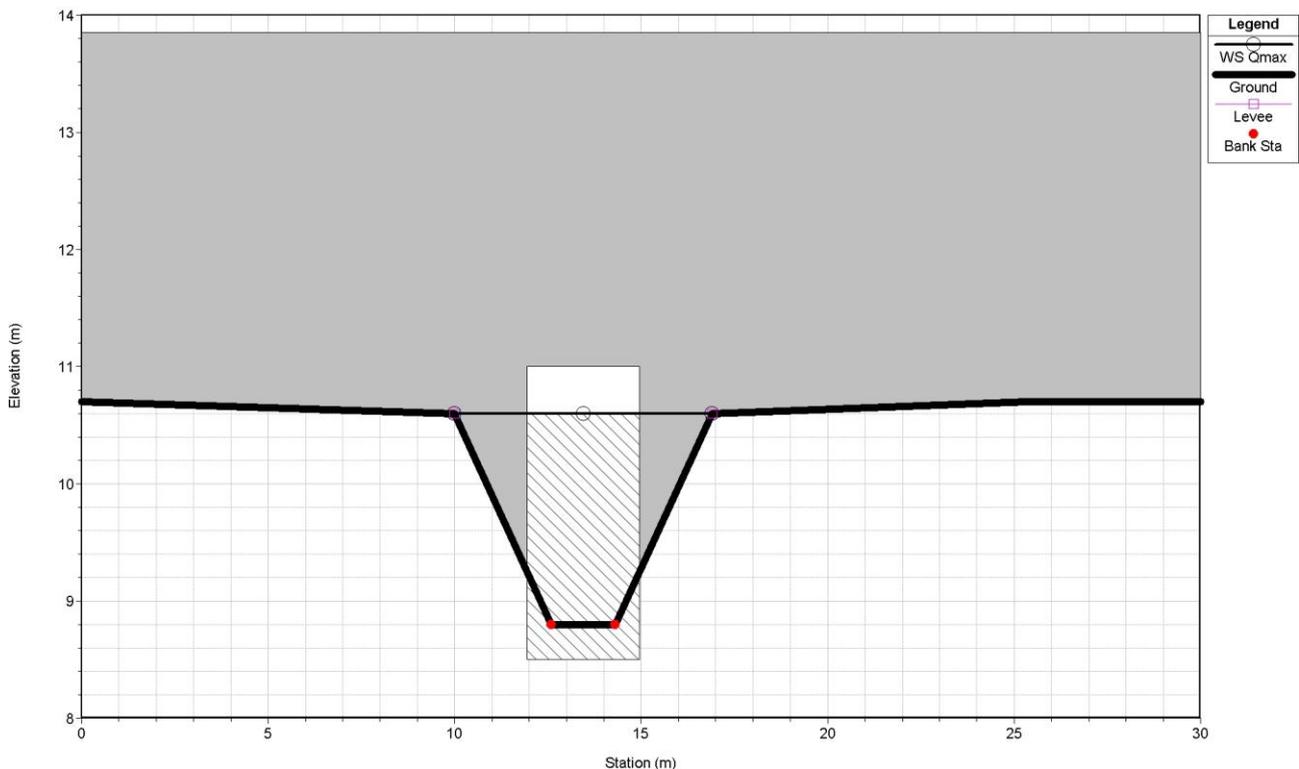
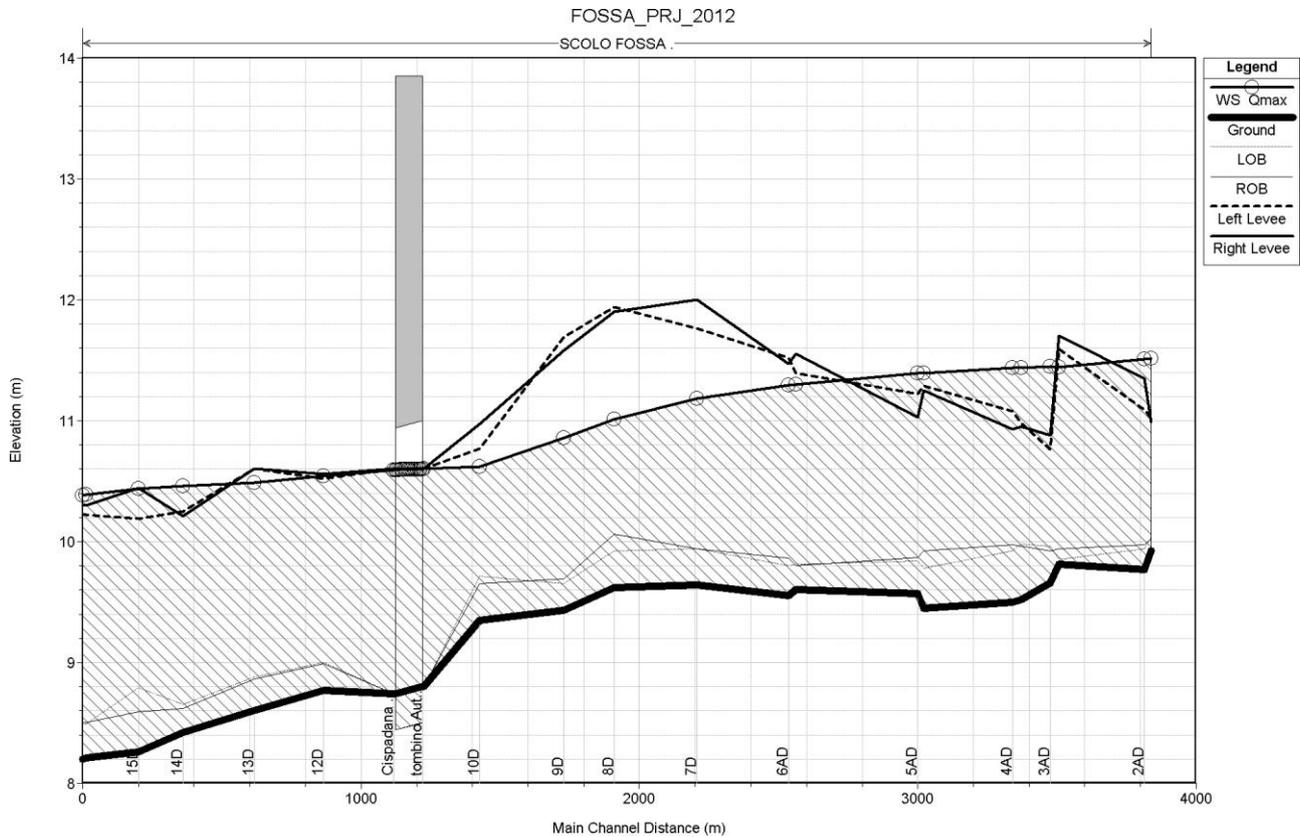


FIGURA 7-23: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER QMAX ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'INTERFERENZA NELLO STATO DI PROGETTO



**FIGURA 7-24: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX NELLO STATO DI PROGETTO**

Lo Scolo Fossa è recettore finale del contributo di scarico di 2 impianti di depurazione per una portata complessiva di 57 l/sec che di fatto incrementa il valore della Qmax del 2.5%, valore trascurabile che non altera i profili di rigurgito.

E' stato previsto l'inserimento di un clapèt in corrispondenza dello scarico di entrambi gli impianti per evitare fenomeni di rigurgito, in quanto la quota di scarico risulta minore rispetto alla quota raggiunta dalla Qmax.

## 7.6. CANALE S.AGOSTINO

### 7.6.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale

Il Canale S.Agostino è un canale promiscuo secondario del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara ed appartenente al bacino del Canale Savenuzza a sua volta sottobacino del Canale di Cento. Il canale nasce al piede esterno dell'argine destro del Cavo Napoleonico nei pressi della presa CER (Canale Emiliano Romagnolo) in località Passioncella, scorre da sud verso nord, esterno ed adiacente all'argine fino a C.na Puglia dove piega verso SE fino a dare origine al Canalazzo Superiore a Bellavista dopo aver percorso una lunghezza di circa 4419 m.



L'interferenza è causata dal sovrappasso dell'autostrada che attraversa il canale diagonalmente alla direzione della corrente; il passaggio avviene con sezione stradale in

viadotto per il superamento dello Scolmatore di Reno tuttavia la spalla dello stesso lambisce la sponda destra del canale rendendo impossibile la manutenzione e pertanto si è prevista la deviazione ed il tombamento del canale sotto il rilevato di approccio al viadotto.

Lo Scolo S.Agostino presenta, nel tratto di attraversamento, una sezione trapezia di base maggiore 5.18m base minore 1.95m ed altezza minima 0.94m; la quota di fondo in corrispondenza dell'attraversamento è posta a 10.07 msm mentre la quota della sponda più depressa vale 11.01 msm.

CODICE	<b>A02A043</b>
NOME	<b>SCOLO S.AGOSTINO</b>
PROPRIETA'	<i>demaniale</i>
ENTE GESTORE	<i>Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara</i>
LOCALITA'	<i>Cavalleria</i>
COMUNE	<i>S.Agostino</i>
PROVINCIA	<i>Ferrara</i>

CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE	BACINO (m2)	
	LUNGHEZZA (m)	4419
	SORGENTE	<i>scoli campagna</i>
	FOCE	<i>Scolo Savenuzza</i>
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	<i>rettilineo</i>
	TIPO SEZIONE	<i>in scavo</i>
	TIPO ALVEO	<i>alveo in terra a sezione trapezoidale con fondo largo e sponde ripide B»H</i>
	EROSIONI	<i>fondo alveo stabile, erosioni di sponda modeste e localizzate</i>
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	<i>secondario</i>
	USO	<i>promiscuo</i>
	GRANULOMETRIA	<i>limi e argille</i>
	AMBIENTE FLUVIALE	<i>canale rinaturalizzato - sponde vegetate in erba con piccoli isolati canneti senza fascia riparia - rivestimenti in cls in corrispondenza dei manufatti di regolazione - fauna ittica ed anfibia, nutrie</i>
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	<i>campagna aperta in sinistra con frutteti (pere), in destra strada comunale e argine dello scolmatore di Reno - arbusti isolati</i>
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI AL CONTRONO	<i>corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle e livello a piene rive</i>
	SCABREZZA	27-30
	Gauckler-Strickler	
NOTE	<i>tombini di attraversamento in corrispondenza delle strade comunali - paratoie di regolazione e derivazione tombini di attraversamento in corrispondenza delle strade comunali - paratoie di regolazione e derivazione</i>	

### 7.6.2. Descrizione dell'intervento

L'intervento prevede la risoluzione dell'interferenza attraverso l'esecuzione delle seguenti opere:

- realizzazione di tombino scatolare in calcestruzzo armato: viene conservato l'assetto planimetrico del canale con la sola esclusione dei modesti tratti di adattamento all'imbocco e sbocco; la sezione idraulica viene mantenuta. Il tombino, di dimensioni B=3.0m H=2.0m, viene realizzato in asse al canale e sprofondato di 40 cm, rispetto al fondo attuale, per garantire futuri interventi di manutenzione. E' previsto il prolungamento del tombino per 5m a monte e valle dell'attraversamento;

- difesa spondale agli imbocchi del tombino: è prevista la realizzazione di una difesa di fondo e sponde del canale mediante posa di mantellata in pietrame di cava di pezzatura 100-300 kg in spessore di 1.0m intasati di calcestruzzo; la difesa avrà uno sviluppo longitudinale di 5 m a monte e valle del tombino;
- piste di servizio: è prevista la realizzazione di rampe di raccordo tra le capezzagne disposte sulle sponde del canale ed il tombino esterno alla recinzione al fine di consentire il passaggio di sponda ai mezzi consorziali.

L'attraversamento autostradale è compatibile con i deflussi dello Scolo Sant'Agostino; il tombino permette il transito della portata a piene rive con franco d'aria superiore al minimo richiesto; l'efficienza idraulica massima del canale è inferiore all'efficienza del tombino; il deflusso delle acque avviene a pelo libero anche nella sezione chiusa e non è ammesso il funzionamento in pressione.

### **7.6.3. Verifiche idrauliche**

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

Le portate di riferimento adottate per la modellazione idraulica, secondo lo schema definito, si riferiscono a quelle massime sostenibili all'interno della configurazione attuale del canale nell'intero tratto modellato descritto attraverso le sezioni topografiche rilevate per la progettazione definitiva; come si evincerà nel seguito la portata massima lungo l'asta risulta talvolta inferiore a quella localizzata nella sezione d'interferenza e ciò è dovuto alla non uniformità della sezione del canale. Nell'ambito della valutazione delle portate massime si sono ignorate, a favore di sicurezza, le singolarità che limitano le portate allo stato attuale quali tombini, ponticelli, depressioni di sponda/argine che potranno nel tempo essere adeguati all'efficienza idraulica del canale.

La portata di riferimento è quindi la portata massima sostenibile pari a  $Q_{max} = 2.03 \text{ m}^3/\text{s}$ .

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:

- caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo,
- caratteristiche morfologiche e geometriche del tratto d'alveo e brusche variazioni di geometria della sezione;
- 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.

### **Scenari simulati**

Ai fini modellistici, le condizioni di riferimento per la verifica dei tombini di progetto sono le seguenti:

- stato di fatto: considera la morfologia attuale del corso d'acqua, senza l'introduzione di alcuna opera in progetto;
- stato di progetto: prevede l'introduzione del manufatto di attraversamento compreso le eventuali deviazioni e come portata la  $Q_{max}$  dello stato di fatto.

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 (2011) , 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: moto uniforme
- scabrezza secondo Gauckler-Strickler pari a 20-25  $m^{1/3}/sec$  differenziata tra sponde e alveo.

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 rilevate le velocità medie della corrente nei singoli tratti dell'alveo sia in condizioni di alveo attuale che di progetto.

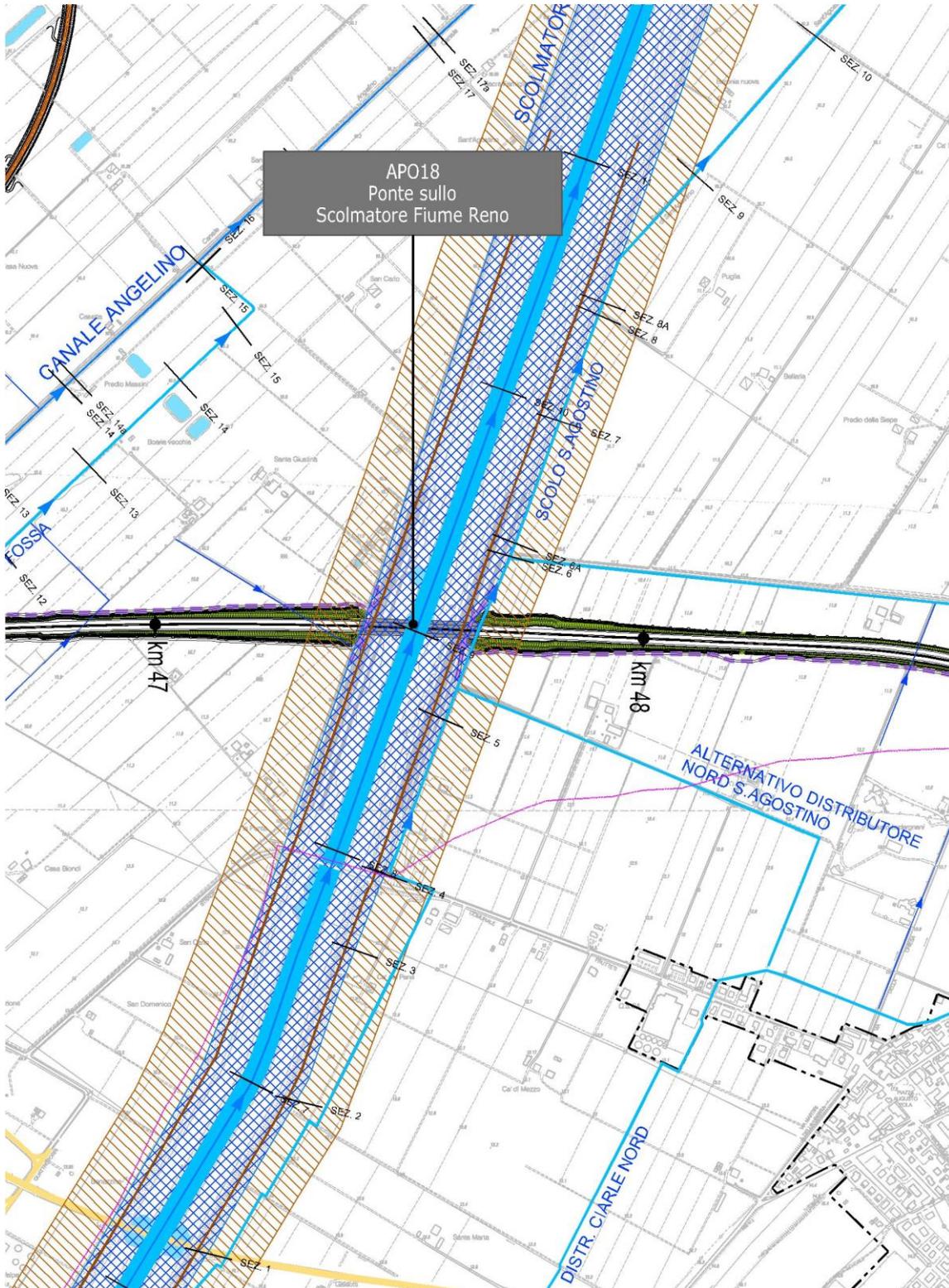
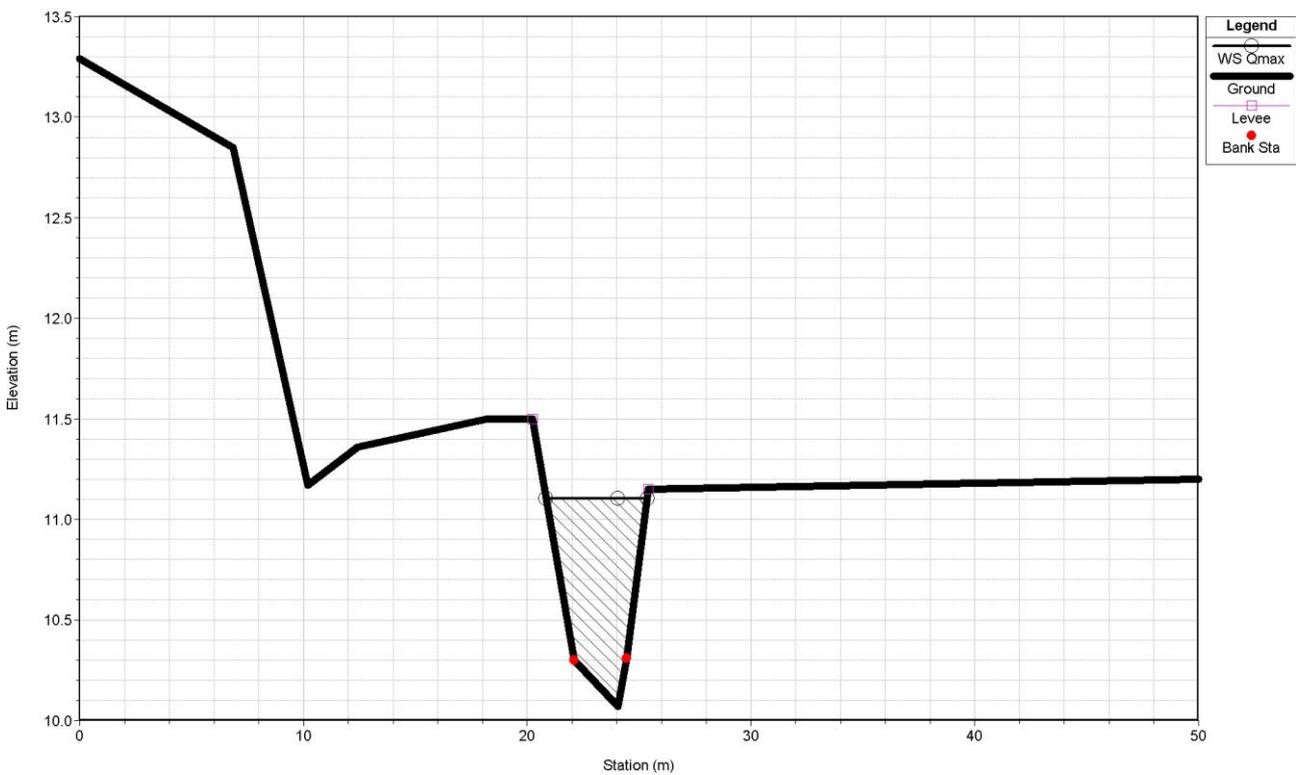


FIGURA 7-25: TRATTO DELLO SCOLO S.AGOSTINO SIMULATO

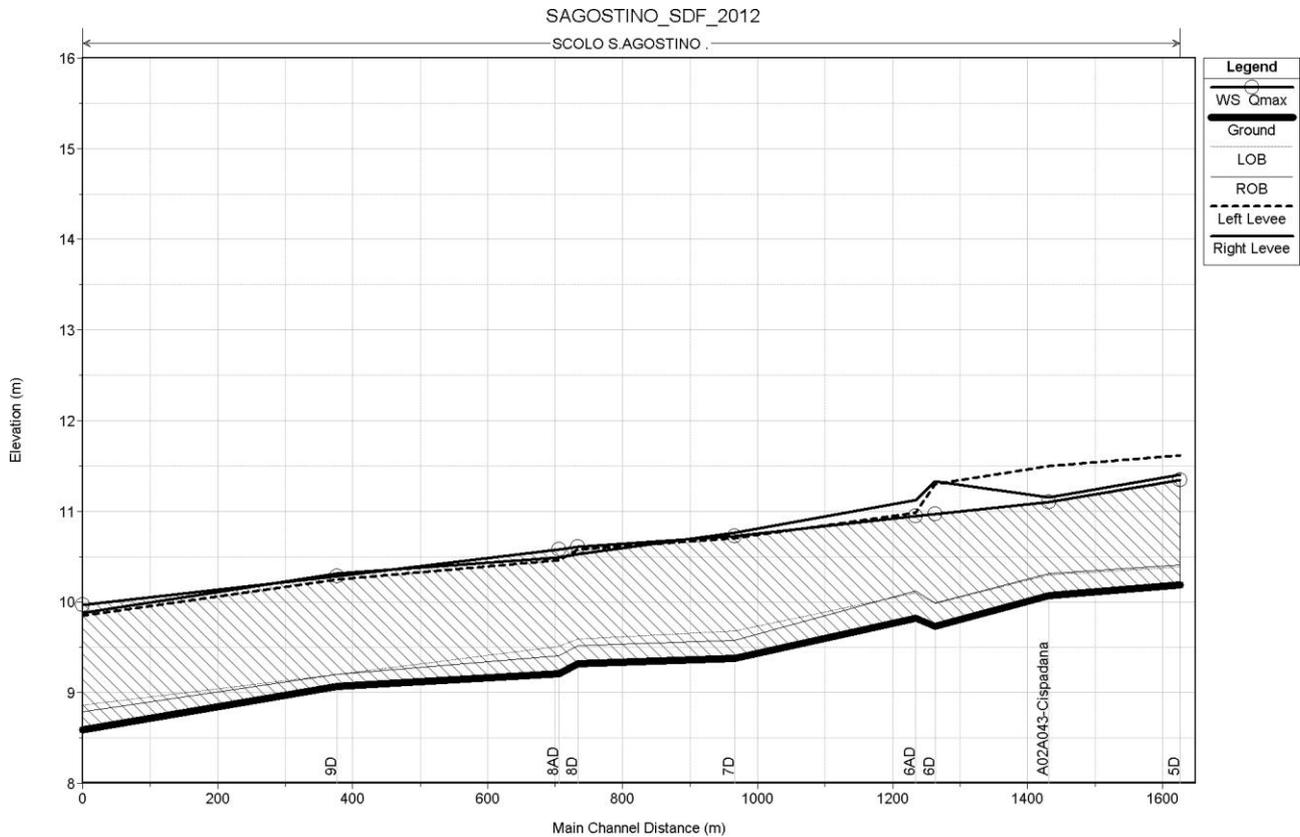
**Risultati delle analisi nello Stato di Fatto**

Si riportano i risultati delle analisi nello Stato di Fatto sotto forma di profilo involuppo dei livelli idrometrici raggiunti dalla piena di riferimento per la configurazione geometrica attuale e la sezione trasversale del corso d'acqua posta subito a valle della futura interferenza.

SAGOSTINO\_SDF\_2012  
 RS = 8 A02A043-Cispadana



**FIGURA 7-26: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER QMAX ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'INTERFERENZA NELLO STATO DI FATTO**



**FIGURA 7-27: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX NELLO STATO DI FATTO**

**Risultati delle analisi nello Stato di Progetto**

Si riporta il confronto dei risultati delle analisi nello Stato di Fatto e Stato di Progetto espressi in forma tabellare e relativi alle principali grandezze idrauliche; a seguire si riportano i risultati delle analisi nello Stato di Progetto sotto forma di profilo inviluppo dei livelli idrometrici raggiunti dalla piena di riferimento per la configurazione geometrica di progetto e la sezione trasversale del corso d'acqua in corrispondenza del manufatto di attraversamento.

Sezioni	Sezioni H-C	Parziali	Progressive	Quota fondo	Pendenza	Portata Qmax	Livello SF	Livello SP	Velocità SF	Velocità SP	Energia SF	Energia SP	Froude SF	Froude SP
		(m)		(m)	(m/m)	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)		
5D	9	134	134	10.19	0.0004	2.30	11.35	11.16	0.80	0.99	11.38	11.21	0.24	0.32
Cispadana (monte)	8.1	135	269	10.13	0.0010	2.30		11.05		0.82		11.08		0.28
tombino Autostrada Cispadana	8		269				11.10		0.91		11.14		0.30	
Cispadana (valle)	7.9	96	365	10.00	0.0028	2.30		11.03		0.78		11.06		0.25
6D	7	29	394	9.73	-0.0031	2.30	10.97	10.97	0.64	0.64	10.99	10.99	0.19	0.19
6AD	6	268	662	9.82	0.0016	2.30	10.95	10.95	0.71	0.71	10.97	10.97	0.22	0.22
7D	5	232	894	9.38	0.0003	2.30	10.73	10.73	0.78	0.78	10.75	10.75	0.22	0.22
8D	4	28	922	9.32	0.0039	2.30	10.61	10.61	0.57	0.57	10.62	10.62	0.17	0.17
8AD	3	329	1251	9.21	0.0004	2.30	10.58	10.58	0.77	0.77	10.60	10.60	0.22	0.22
9D	2	377	1628	9.07	0.0013	2.30	10.28	10.28	0.88	0.88	10.31	10.31	0.26	0.26
10D	1		1628	8.59		2.30	9.97	9.97	0.75	0.75	9.99	9.99	0.21	0.21

TABELLA 7-6: PRINCIPALI PARAMETRI IDRAULICI A CONFRONTO PER LE SINGOLE SEZIONI NELLO SF E SP

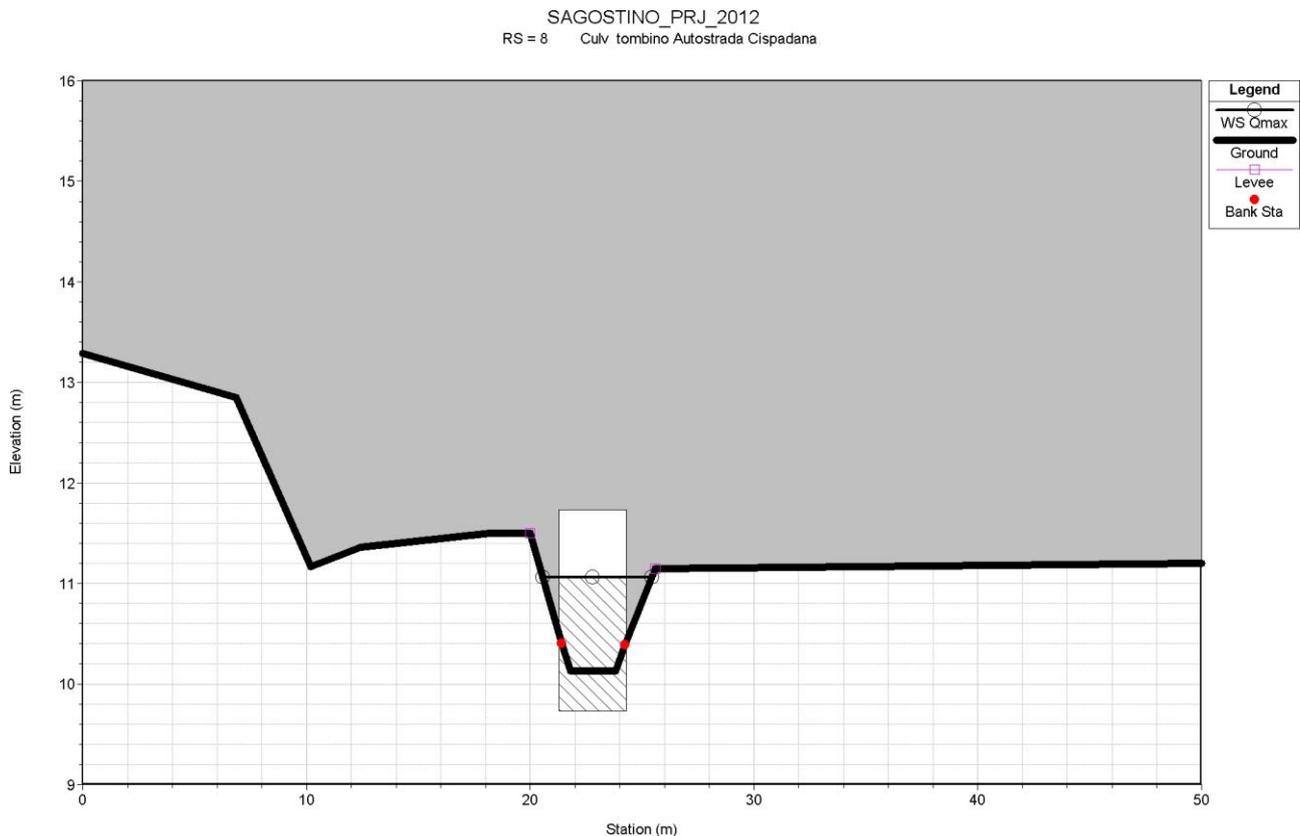
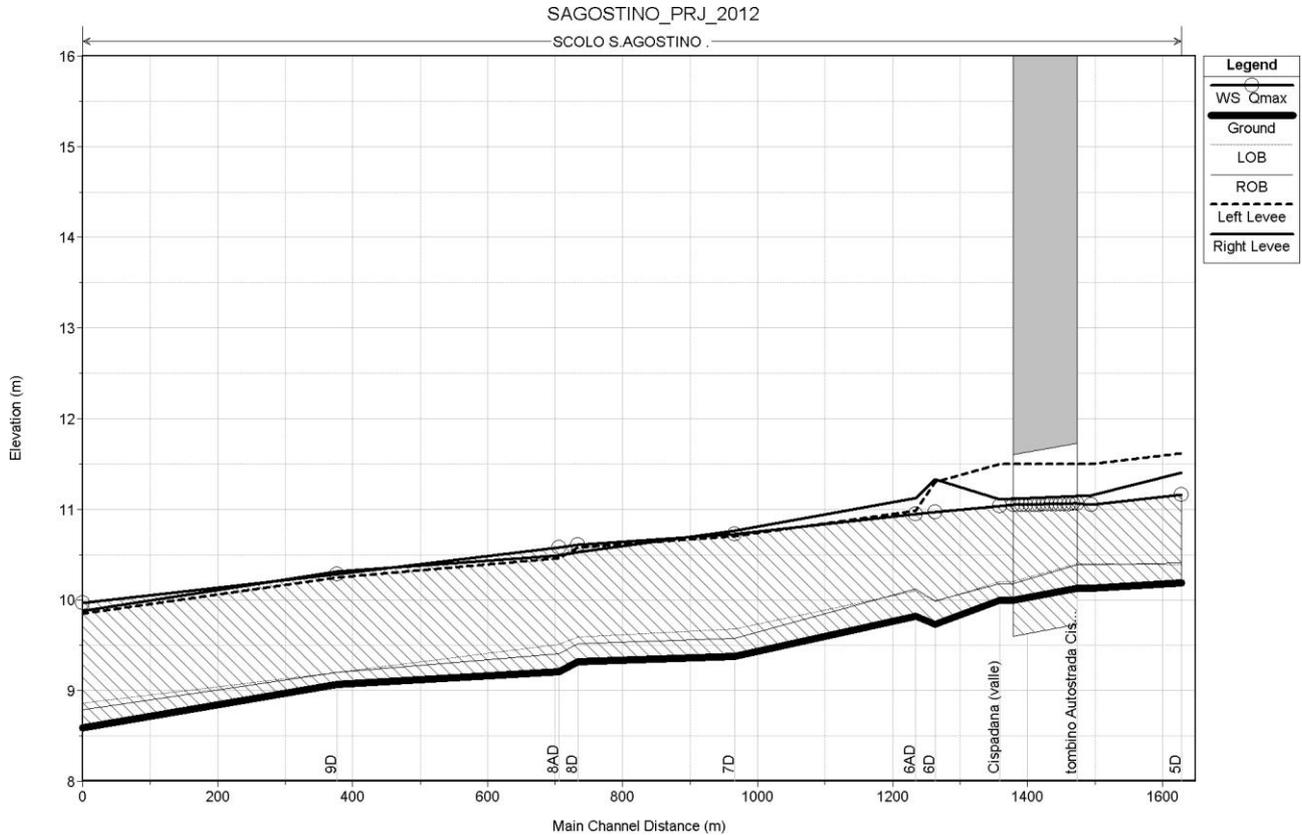


FIGURA 7-28: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER QMAX ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'INTERFERENZA NELLO STATO DI PROGETTO



**FIGURA 7-29: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX NELLO STATO DI PROGETTO**

Lo Scolo S. Agostino è recettore finale del contributo di scarico di 1 impianto di depurazione per una portata complessiva di 45 l/sec che di fatto incrementa il valore della Qmax del 2.2%, valore trascurabile che non altera i profili di rigurgito.

E' stato previsto l'inserimento di un clapèt in corrispondenza dello scarico dell'impianto per evitare fenomeni di rigurgito, in quanto la quota di scarico risulta minore rispetto alla quota raggiunta dalla Qmax.

## 7.7. DISTRIBUTORE CIARLE NORD

### 7.7.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale

Il Distributore Ciarle Nord è un canale irriguo secondario del Consorzio di Bonifica di Ferrara; il canale ha origine dal CER in località Marvelli dove preleva le acque e le distribuisce verso nord per l'irrigazione dei comprensori agricoli. Il tracciato si sviluppa rettilineo in campagna compiendo cambi di direzione a 90°, scorre per circa 4296m e termina nel Cavo Luneda in località S.Domenico. Il canale presenta lungo l'intero tracciato sezione trapezoidale con rivestimento in calcestruzzo sulle sponde e sul fondo. L'interferenza è causata dal sovrappasso dell'autostrada che attraversa il canale diagonalmente alla direzione della corrente formando un angolo di 77°; il passaggio avviene con sezione stradale in rilevato basso.



Il Distributore Ciarle, nel tratto di attraversamento, una sezione trapezia di base maggiore 5.50m base minore 2.85m ed altezza minima 0.90m; la quota di fondo in corrispondenza dell'attraversamento è posta a 11.20 msm mentre la quota della sponda più depressa vale 12.10 msm.

CODICE	<b>A02A048</b>	
NOME	<b>DISTRIBUTORE CIARLE NORD</b>	
PROPRIETA'	<i>demaniale</i>	
ENTE GESTORE	<i>Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara</i>	
LOCALITA'	<i>San Michele</i>	
COMUNE	<i>Poggio Renatico</i>	
PROVINCIA	<i>Ferrara</i>	
CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE	BACINO (m2)	
	LUNGHEZZA (m)	4296

	SORGENTE	CER
	FOCE	<i>fosso strada Luneda</i>
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	<i>rettilineo con curve a 90°, a tratti adiacente alle strade</i>
	TIPO SEZIONE	<i>in scavo</i>
	TIPO ALVEO	<i>alveo rivestito in lastre di CLS, sezione trapezoidale con fondo largo e sponde 1:1, B&gt;H</i>
	EROSIONI	<i>senza erosioni</i>
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	<i>secondario</i>
	USO	<i>irrigazione</i>
	GRANULOMETRIA	<i>terreno agrario</i>
	AMBIENTE FLUVIALE	<i>canale artificiale in CLS - assenza di fauna</i>
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	<i>campagna aperta coltivata a mais e frumento - lambisce l'abitato di San Carlo - cascine agricole isolate</i>
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI AL CONTRONO	
	SCABREZZA Gauckler-Strickler	27-30
NOTE	<i>tombini per passi carrai e attraversamenti stradali - paratoie di derivazione idrica</i> <i>tombini per passi carrai e attraversamenti stradali - paratoie di derivazione idrica</i>	

### 7.7.2. Descrizione dell'intervento

L'intervento prevede la risoluzione dell'interferenza attraverso l'esecuzione delle seguenti opere:

- realizzazione di tombino scatolare in calcestruzzo armato: viene conservato l'assetto planimetrico del canale con la sola esclusione dei modesti tratti di adattamento all'imbocco e sbocco; la sezione idraulica viene mantenuta. Il tombino, di dimensioni B=2.0m H=2.0m, viene realizzato in asse al canale e sprofondato di 30 cm, rispetto al fondo attuale, per garantire futuri interventi di manutenzione. E' previsto il prolungamento del tombino per 5m a monte e valle dell'attraversamento;
- difesa spondale agli imbocchi del tombino: è prevista la realizzazione di una difesa di fondo e sponde del canale mediante rivestimento in calcestruzzo; la difesa avrà uno sviluppo longitudinale di 5 m a monte e valle del tombino;
- piste di servizio: è prevista la realizzazione di rampe di raccordo tra le capezzagne disposte sulle

sponde del canale ed il tombino esterno alla recinzione al fine di consentire il passaggio di sponda ai mezzi consorziali.

L'attraversamento autostradale è compatibile con i deflussi del Distributore Ciarle Nord; il tombino permette il transito della portata a piene rive con franco d'aria superiore al minimo richiesto; l'officiosità idraulica massima del canale è inferiore all'officiosità del tombino; il deflusso delle acque avviene a pelo libero anche nella sezione chiusa e non è ammesso il funzionamento in pressione.

### **7.7.3. Verifiche idrauliche**

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

Le portate di riferimento adottate per la modellazione idraulica, secondo lo schema definito, si riferiscono a quelle massime sostenibili all'interno della configurazione attuale del canale. Trattandosi di un canale esclusivamente irriguo a rigori la portata di riferimento dovrebbe essere quella massima derivabile per irrigazione tuttavia, non essendo noto tale valore, si è adottata, a favore di sicurezza, la portata massima sostenibile dalla sezione attuale del canale, considerando che lo stesso risulta oggi rivestito in calcestruzzo.

La portata di riferimento è quindi la portata massima sostenibile pari a  $Q_{max} = 2.90 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Trattandosi di un corso d'acqua a deflussi regolati per l'irrigazione la trattazione idraulica è stata sviluppata adottando il metodo di moto uniforme che rappresenta adeguatamente il deflusso nel canale di studio.

#### **Scenari simulati**

Ai fini modellistici, le condizioni di riferimento per la verifica del tombino di progetto sono le seguenti:

- stato di fatto: considera la morfologia attuale del corso d'acqua, senza l'introduzione di alcuna opera in progetto;
- stato di progetto: prevede l'introduzione del manufatto di attraversamento compreso le eventuali deviazioni e come portata la  $Q_{max}$  dello stato di fatto.

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

- rappresentazione geometrica del corso d'acqua: ricavata dal rilievo topografico eseguito per la progettazione definitiva (2011), nonché, per lo stato di progetto, dalla geometria di progetto;
- portate di riferimento, assunta come portata massima a piene rive;
- scabrezza secondo Gauckler-Strickler pari a  $50 \text{ m}^{1/3}/\text{sec}$  uniforme per tutta la sezione essendo la stessa interamente rivestita in calcestruzzo.

### **Risultati delle analisi nello Stato di Fatto**

Si riportano i risultati delle analisi nello Stato di Fatto sotto forma tabellare con espresse le principali grandezze idrauliche ricavate dall'analisi in moto uniforme.

Caratteristiche	UM	Stato di fatto
Tipologia sezione	-	trapezoidale
Dimensioni	m	B=5.5; b=2.85; h=0.90
Pendenza longitudinale	m/m	0,0005
Officiosità idraulica	m <sup>2</sup>	3,76
Portata massima	m <sup>3</sup> /s	3,06
Velocità media	m/s	0,81
Tirante idrometrico	m	0.90
Franco d'aria	m	0,00

### **Risultati delle analisi nello Stato di Progetto**

Si riportano i risultati delle analisi nello Stato di Progetto sotto forma tabellare con espresse le principali grandezze idrauliche ricavate dall'analisi in moto uniforme.

Caratteristiche	UM	Stato di progetto
Tipologia sezione	-	rettangolare
Dimensioni	m	B=2.5; h=2.00
Pendenza di posa	m/m	0,002
Officiosità idraulica	m <sup>2</sup>	5,00
Portata massima	m <sup>3</sup> /s	3,50
Velocità media	m/s	1,50
Tirante idrometrico	m	1.00
Franco d'aria	m	0,70

## 7.8. SCOLO SCORSURO

### 7.8.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale

Il Canale Scorsuro è un canale di scolo del Consorzio di Bonifica Valli di Vecchio Reno ed appartenente al bacino del Canale Cembalina; nasce a lato della cabina sifoni Assa corre parallelo alla Strada Comunale Scorsuro fino a Morellazzo, poi compie alcune curve ortogonali seguendo le strade carraie e riprende la direzione SW-NE fino alla Cispadana e poi continua rettilineo fino alla foce nello Scolo Principale Superiore dopo aver percorso una lunghezza di circa 7968 m.

L'interferenza è causata dal sovrappasso dell'autostrada che attraversa il canale quasi ortogonalmente alla direzione della corrente; il passaggio avviene con sezione stradale in rilevato basso in località Casa Nuova Zucchini in Comune di Poggio Renatico.



Lo Scolo Scorsuro presenta, nel tratto di attraversamento, una sezione trapezia di base maggiore 17.8m base minore 10.8m ed altezza minima 2.33m; la quota di fondo in corrispondenza dell'attraversamento è posta a 7.78 msm mentre la quota della sponda più depressa vale 9.98 msm.

CODICE	<b>A02A061</b>	
NOME	<b>SCOLO SCORSURO</b>	
PROPRIETA'	<i>demaniale</i>	
ENTE GESTORE	<i>Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara</i>	
LOCALITA'	<i>C.Nuova Zucchini</i>	
COMUNE	<i>Poggio Renatico</i>	
PROVINCIA	<i>Ferrara</i>	
CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE	BACINO (m2)	
	LUNGHEZZA (m)	7968

	SORGENTE	<i>scoli campagna</i>
	FOCE	<i>Scolo Principale</i>
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	<i>rettilineo con curve angolate, a tratti in affiancamento alle strade carraie</i>
	TIPO SEZIONE	<i>in scavo</i>
	TIPO ALVEO	<i>alveo in terra a sezione trapezoidale recentemente risagomato con fondo largo e sponde 3:2 B»H</i>
	EROSIONI	<i>fondo alveo stabile, senza erosioni</i>
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	<i>secondario</i>
	USO	<i>promiscuo</i>
	GRANULOMETRIA	<i>limi e argille</i>
	AMBIENTE FLUVIALE	<i>canale rinaturalizzato - vegetazione spondale in erba con tratti a canneto - assenza di fascia riparia e di alberi ed arbusti - tratti rivestiti in massi a scogliera in corrispondenza del manufatto di attraversamento esistente - fauna ittica ed anfibia</i>
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	<i>campagna aperta coltivata a cerealicole, foraggere, barbabietole e mais - a nord impianto di trattamento acque di piattaforma stradale della Cispadana e vasche di laminazione in terra - assenza di vegetazione arborea</i>
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI AL CONTRONO	<i>corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle e livello a piene rive</i>
	SCABREZZA Gauckler-Strickler	<i>21-24</i>
NOTE	<i>attraversamenti con tombini in calcestruzzo e ponticelli in muratura nelle viabilità locali e carraie - attraversamento SP 70 "Cispadana" con tombino a due canne affiancate, allargamento d'alveo all'imbocco e sbocco con rivestimento in pietrame di fondo e sponde</i> <i>attraversamenti con tombini in calcestruzzo e ponticelli in muratura nelle viabilità locali e carraie - attraversamento SP 70 "Cispadana" con tombino a due canne affiancate, allargamento d'alveo all'imbocco e sbocco con rivestimento in pietrame di fondo e sponde</i>	

### 7.8.2. Descrizione dell'intervento

L'intervento prevede la risoluzione dell'interferenza attraverso l'esecuzione delle seguenti opere:

- realizzazione di tombino scatolare in calcestruzzo armato: viene conservato l'assetto planimetrico del canale con la sola esclusione dei modesti tratti di adattamento all'imbocco e sbocco; la sezione idraulica viene mantenuta. Il tombino, di dimensioni B=8.0m H=4.0m, viene realizzato in asse al canale e sprofondato di 40 cm, rispetto al fondo attuale, per garantire futuri interventi di manutenzione. E'

previsto il prolungamento del tombino per 5m a monte e valle dell'attraversamento;

- difesa spondale agli imbocchi del tombino: è prevista la realizzazione di una difesa di fondo e sponde del canale mediante posa di mantellata in pietrame di cava di pezzatura 100-300 kg in spessore di 1.0m intasati di calcestruzzo; la difesa avrà uno sviluppo longitudinale di 10 m a monte e valle del tombino;
- piste di servizio: è prevista la realizzazione di rampe di raccordo tra le capezzagne disposte sulle sponde del canale ed il tombino esterno alla recinzione al fine di consentire il passaggio di sponda ai mezzi consorziali.

L'attraversamento autostradale è compatibile con i deflussi dello Scolo Scorsuro; il tombino permette il transito della portata a piene rive con franco d'aria superiore al minimo richiesto; l'officiosità idraulica del tombino è superiore a quella della sezione a cielo aperto attuale. Il deflusso delle acque avviene a pelo libero anche nella sezione chiusa e non è ammesso il funzionamento in pressione.

### **7.8.3. Verifiche idrauliche**

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

Le portate di riferimento adottate per la modellazione idraulica, secondo lo schema definito, si riferiscono a quelle massime sostenibili all'interno della configurazione attuale del canale nell'intero tratto modellato descritto attraverso le sezioni topografiche rilevate per la progettazione definitiva; come si evincerà nel seguito la portata massima lungo l'asta risulta talvolta inferiore a quella localizzata nella sezione d'interferenza e ciò è dovuto alla non uniformità della sezione del canale. Nell'ambito della valutazione delle portate massime si sono ignorate, a favore di sicurezza, le singolarità che limitano le portate allo stato attuale quali tombini, ponticelli, depressioni di sponda/argine che potranno nel tempo essere adeguati all'officiosità idraulica del canale.

La portata di riferimento è quindi la portata massima sostenibile pari a  $Q_{max} = 7 \text{ m}^3/\text{s}$ .

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:

- caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo,
- caratteristiche morfologiche e geometriche del tratto d'alveo e brusche variazioni di geometria della sezione;

- 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.

### **Scenari simulati**

Ai fini modellistici, le condizioni di riferimento per la verifica dei tombini di progetto sono le seguenti:

- stato di fatto: considera la morfologia attuale del corso d'acqua, senza l'introduzione di alcuna opera in progetto;
- stato di progetto: prevede l'introduzione del manufatto di attraversamento compreso le eventuali deviazioni e come portata la Qmax dello stato di fatto.

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 (2011) , 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: moto uniforme
- scabrezza secondo Gauckler-Strickler pari a 20-25 m<sup>1/3</sup>/sec differenziata tra sponde e alveo.

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 rilevate le velocità medie della corrente nei singoli tratti dell'alveo sia in condizioni di alveo attuale che di progetto.

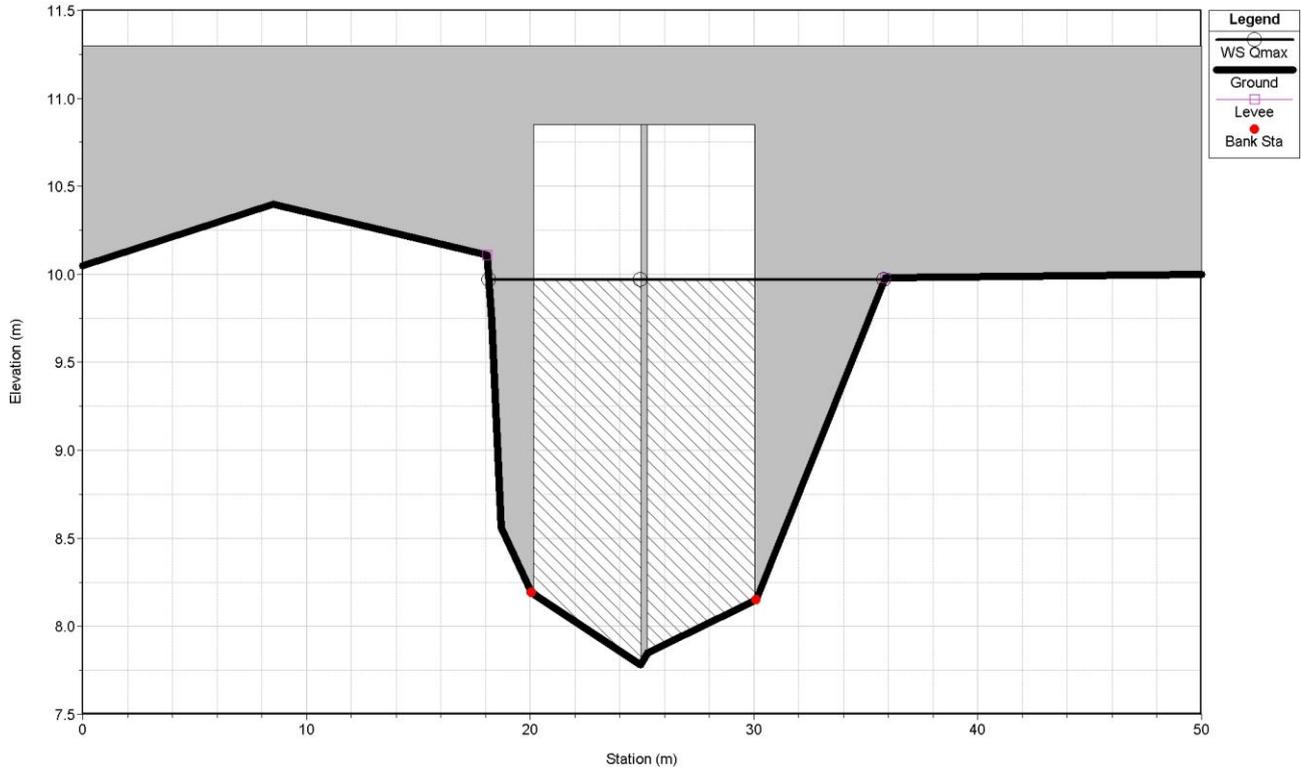


**FIGURA 7-30: TRATTO DELLO SCOLO SCORSURO SIMULATO**

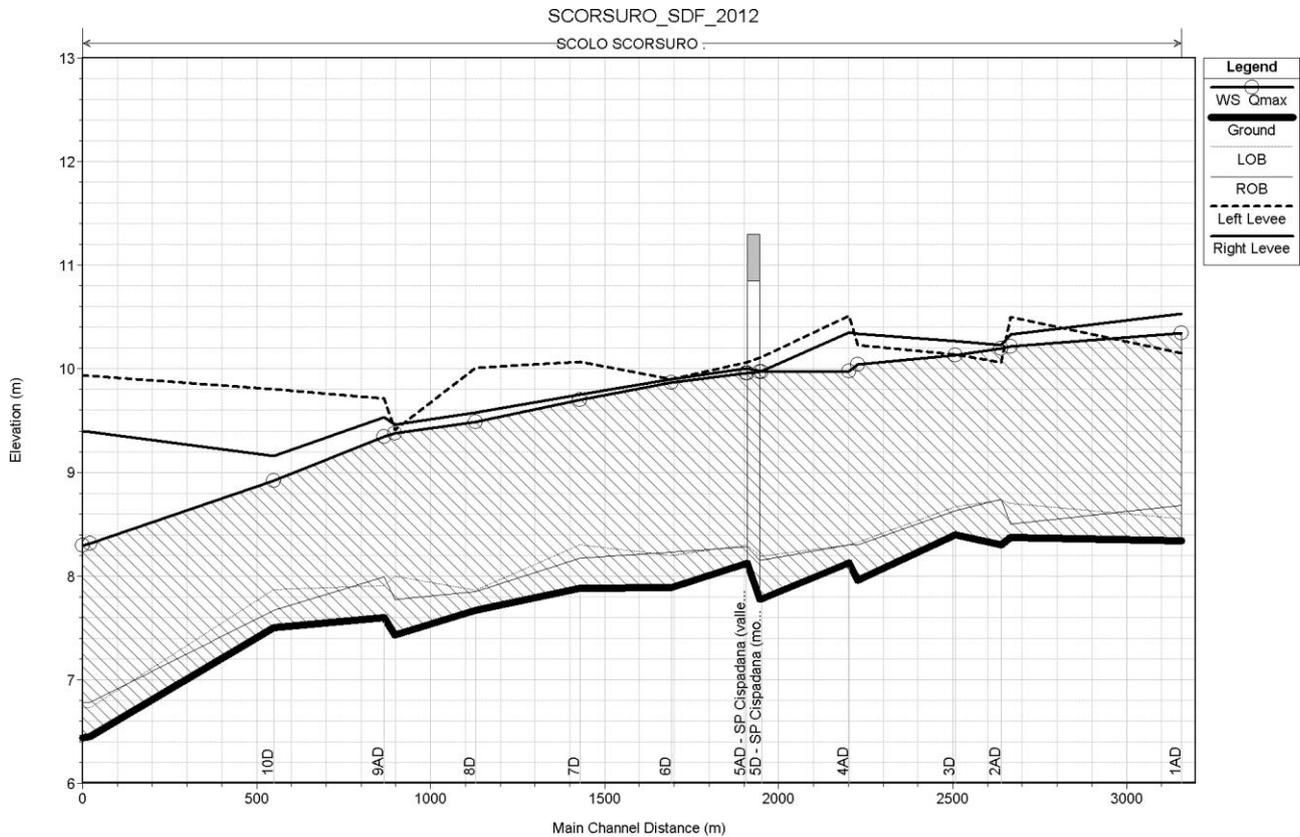
### **Risultati delle analisi nello Stato di Fatto**

Si riportano i risultati delle analisi nello Stato di Fatto sotto forma di profilo involuppo dei livelli idrometrici raggiunti dalla piena di riferimento per la configurazione geometrica attuale e la sezione trasversale del corso d'acqua posta subito a valle della futura interferenza.

SCORSURO\_SDF\_2012  
 RS = 8.5 BR ponte SP Cispadana



**FIGURA 7-31: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER QMAX ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'INTERFERENZA NELLO STATO DI FATTO**



**FIGURA 7-32: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX NELLO STATO DI FATTO**

### **Risultati delle analisi nello Stato di Progetto**

Si riporta il confronto dei risultati delle analisi nello Stato di Fatto e Stato di Progetto espressi in forma tabellare e relativi alle principali grandezze idrauliche; a seguire si riportano i risultati delle analisi nello Stato di Progetto sotto forma di profilo inviluppo dei livelli idrometrici raggiunti dalla piena di riferimento per la configurazione geometrica di progetto e la sezione trasversale del corso d'acqua in corrispondenza del manufatto di attraversamento.

Sezioni	Sezioni H-C	Parziali	Progres sive	Quota fondo	Penden za	Portata Qmax	Livello SF	Livello SP	Velocità SF	Velocità SP	Energia SF	Energia SP	Froude SF	Froude SP
		(m)		(m)	(m/m)	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)		
1AD	15	490	490	8.34	-0.0001	4.00	10.34	10.32	0.69	0.71	10.36	10.33	0.16	0.17
2D	14	27	517	8.37	0.0026	4.00	10.21	10.18	0.51	0.53	10.22	10.19	0.12	0.13
2AD	13	133	650	8.30	-0.0008	4.00	10.20	10.16	0.64	0.67	10.21	10.18	0.16	0.17
3D	12	279	929	8.40	0.0016	4.00	10.13	10.09	0.80	0.84	10.15	10.11	0.20	0.21
4D	11	25	954	7.96	-0.0068	4.00	10.04	9.98	0.56	0.59	10.05	10.00	0.13	0.14
4AD	10	232	1186	8.13	0.0014	7.00	9.97	9.91	1.39	1.49	10.03	9.97	0.33	0.36
Cispadana (monte)	9	75	1261	7.80	0.0007	7.00	9.97	9.94	0.30	0.27	9.98	9.94	0.07	0.06
tombino Autostrada Cispadana	8.5		1261											
Cispadana (valle)	8	205	1466	7.75	-0.0007	7.00	9.96	9.94	0.38	0.28	9.97	9.94	0.09	0.06
6D	7	263	1729	7.89	0.0000	7.00	9.87	9.87	1.07	1.07	9.91	9.91	0.25	0.25
7D	6	298	2027	7.88	0.0007	7.00	9.70	9.70	0.81	0.81	9.73	9.73	0.20	0.20
8D	5	233	2260	7.67	0.0010	7.00	9.49	9.49	1.06	1.06	9.52	9.52	0.25	0.25
9D	4	30	2290	7.43	-0.0057	7.00	9.38	9.38	0.65	0.65	9.40	9.40	0.16	0.16
9AD	3	317	2607	7.60	0.0003	7.00	9.35	9.35	0.94	0.94	9.38	9.38	0.24	0.24
10D	2	529	3136	7.50	0.0020	7.00	8.92	8.92	1.37	1.37	9.00	9.00	0.38	0.38
11D	1	21	3157	6.45	0.0005	7.00	8.31	8.31	0.98	0.98	8.35	8.35	0.24	0.24
fine	0.1		3157	6.44		7.00	8.29	8.29	1.00	1.00	8.33	8.33	0.24	0.24

TABELLA 7-7: PRINCIPALI PARAMETRI IDRAULICI A CONFRONTO PER LE SINGOLE SEZIONI NELLO SF E SP

SCORSURO\_PDJ\_2012  
RS = 8.5 Culv. ponte ATST Cispadana

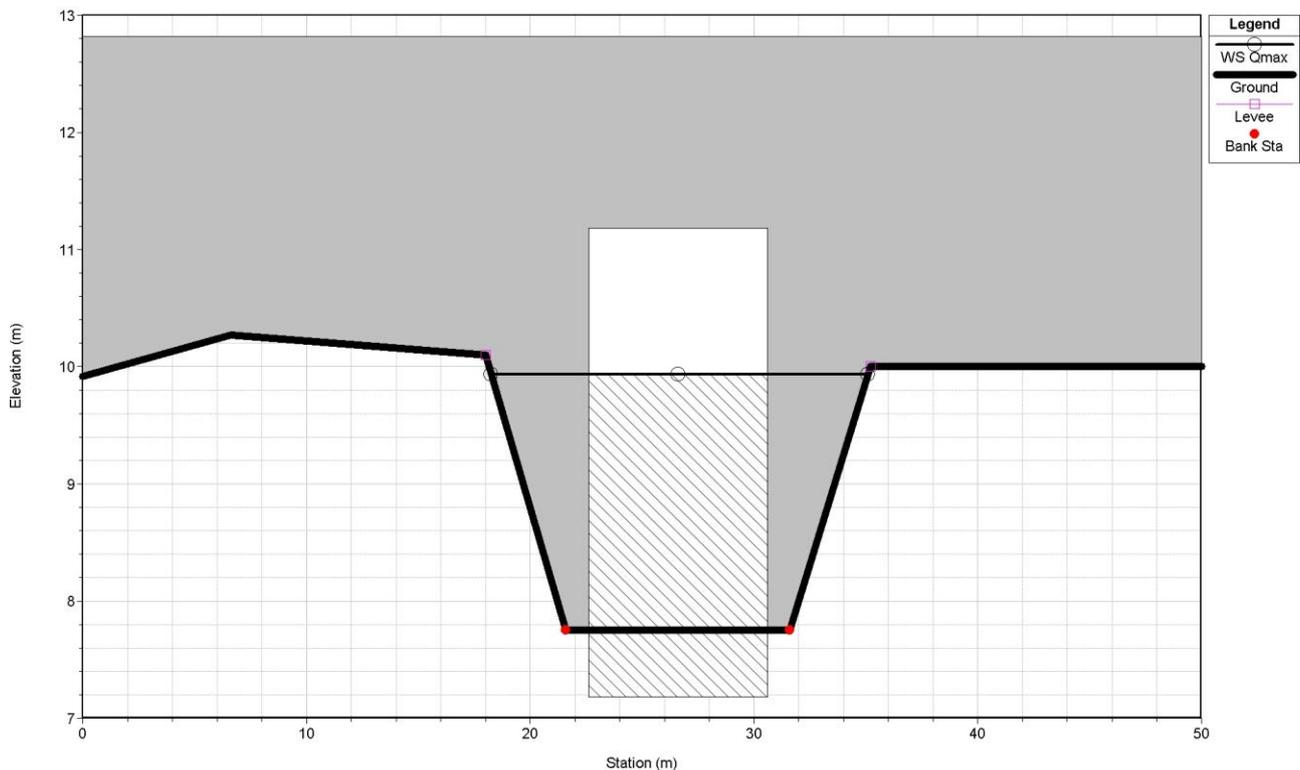
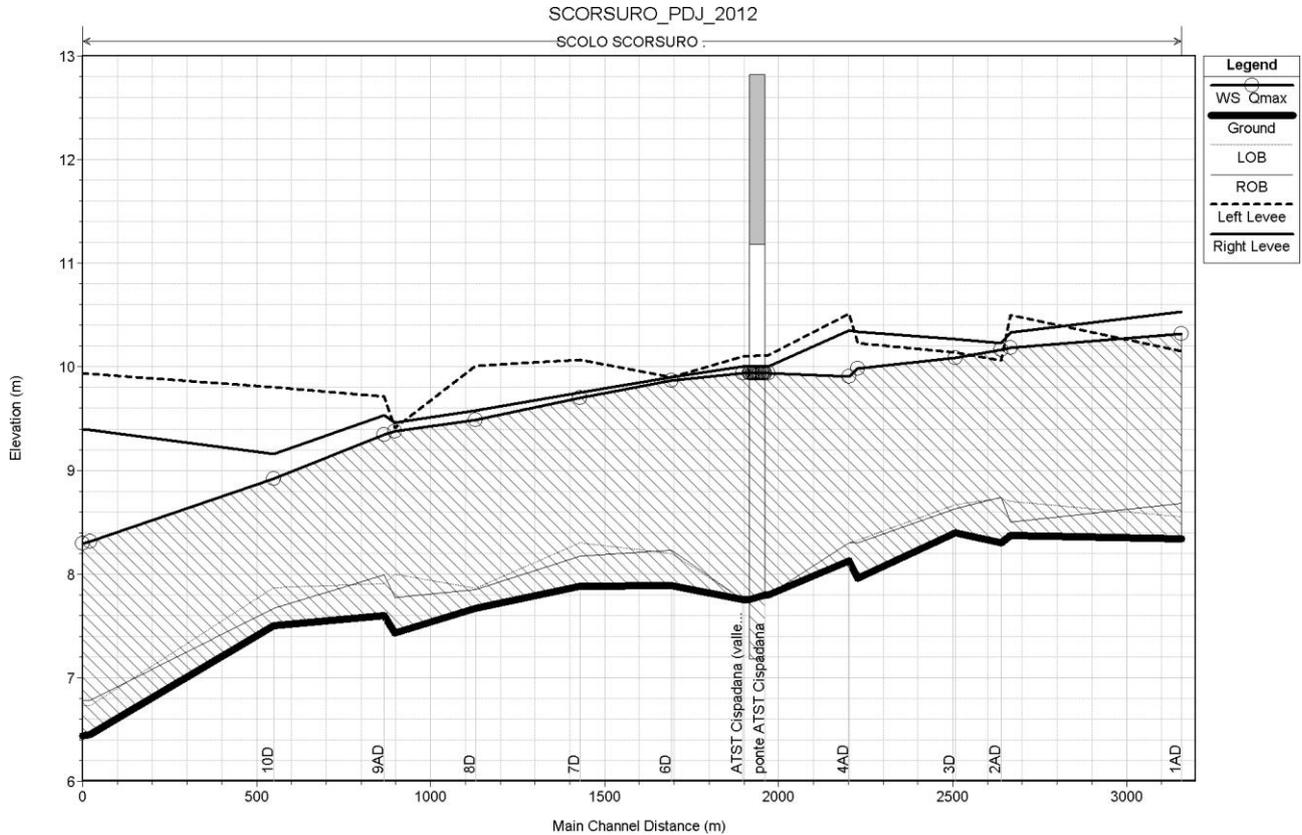


FIGURA 7-33: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER QMAX ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'INTERFERENZA NELLO STATO DI PROGETTO



**FIGURA 7-34: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX NELLO STATO DI PROGETTO**

## 7.9. SCOLO CORONELLA

### 7.9.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale

Lo Scolo Coronella è un canale promiscuo appartenente al bacino del Canale Cembalina; nasce a lato della strada comunale Imperiale a Coronella, scorre inizialmente da nord verso sud e poi piega ad est fino ad originare, alla confluenza con lo Scolo Peloso, lo Scolo Circondariale S.Martino dopo aver percorso una lunghezza di circa 5478 m. Il canale, nel tratto d'interferenza, scorre in aperta campagna con sezione in scavo. Sullo Scolo Coronella insiste il rilevato stradale della strada extraurbana Cispadana, il canale è stato attraversato con un manufatto scatolare 3,2x2,3 m di recente completamento; poco oltre il canale viene attraversato dalla linea FFSS Bologna-Padova con ponticello ad arco in muratura.



L'interferenza è causata dal sovrappasso dell'autostrada che attraversa il canale diagonalmente alla direzione della corrente; il

passaggio avviene con sezione stradale in rilevato basso in località Cà Mezza in Comune di Poggio Renatico.

Lo Scolo Coronella presenta, nel tratto di attraversamento, una sezione trapezia di base maggiore 11.56m base minore 3.23m ed altezza minima 2.82m; la quota di fondo in corrispondenza dell'attraversamento è posta a 6.61 msm mentre la quota della sponda più depressa vale 9.43 msm.

CODICE	<b>A02A067</b>
NOME	<b>SCOLO CORONELLA</b>
PROPRIETA'	<i>demaniale</i>
ENTE GESTORE	<i>Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara</i>
LOCALITA'	<i>cispadana</i>
COMUNE	<i>Poggio Renatico</i>
PROVINCIA	<i>Ferrara</i>

CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE	BACINO (m2)	
	LUNGHEZZA (m)	5478
	SORGENTE	<i>scoli campagna</i>
	FOCE	<i>Fossa Morgosa</i>
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	<i>rettilineo con deboli curve che seguono le carraie e le strade</i>
	TIPO SEZIONE	<i>in scavo</i>
	TIPO ALVEO	<i>alveo in terra di forma trapezoidale con fondo largo e sponde ripide B&gt;H</i>
	EROSIONI	<i>fondo alveo stabile ed erosioni di sponda per cedimento al piede con molti fori di nutrie e talpe</i>
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	<i>secondario</i>
	USO	<i>promiscuo</i>
	GRANULOMETRIA	<i>limi e argille</i>
	AMBIENTE FLUVIALE	<i>canale rinaturalizzato - sponde in erba e presenza di canneto a tratti fitto - vegetazione riparia assente - rivestimenti in calcestruzzo in corrispondenza dell'attraversamento stradale - fauna ittica e mammiferi (nutrie)</i>
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	<i>campagna aperta con coltivazioni di mais, soia e ortaggi, strada Cispadana e linea FFSS - vegetazione arbustiva ed arborea in corrispondenza della ferrovia</i>
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI AL CONTRONO	<i>corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle e livello a piene rive</i>
	SCABREZZA Gauckler-Strickler	21-24
NOTE	<i>tombini per attraversamento strada carria in calcestruzzo DN800mm - paratoie per regolazione e derivazione - attraversamento SP 70 "Cispadana" con tombino e rivestimento in calcestruzzo a monte e valle. tombini per attraversamento strada carria in calcestruzzo DN800mm - paratoie per regolazione e derivazione - attraversamento SP 70 "Cispadana" con tombino e rivestimento in calcestruzzo a monte e valle.</i>	

### 7.9.2. Descrizione dell'intervento

L'intervento prevede la risoluzione dell'interferenza attraverso l'esecuzione delle seguenti opere:

- realizzazione di tombino scatolare in calcestruzzo armato: viene conservato l'assetto planimetrico del canale con la sola esclusione dei modesti tratti di adattamento all'imbocco e sbocco; la sezione idraulica viene mantenuta. Il tombino, di dimensioni B=6.0m H=4.0m, viene realizzato in asse al canale

e sprofondato di 40 cm, rispetto al fondo attuale, per garantire futuri interventi di manutenzione. E' previsto il prolungamento del tombino per 5m a monte e valle dell'attraversamento;

- difesa spondale agli imbocchi del tombino: è prevista la realizzazione di una difesa di fondo e sponde del canale mediante posa di mantellata in pietrame di cava di pezzatura 100-300 kg in spessore di 1.0m intasati di calcestruzzo; la difesa avrà uno sviluppo longitudinale di 5 m a monte del tombino mentre a valle sarà estesa fino alla ferrovia;
- piste di servizio: è prevista la realizzazione di rampe di raccordo tra le capezzagne disposte sulle sponde del canale ed il tombino esterno alla recinzione al fine di consentire il passaggio di sponda ai mezzi consorziali.

L'attraversamento autostradale è compatibile con i deflussi dello Scolo Coronella; il tombino permette il transito della portata a piene rive con franco d'aria superiore al minimo richiesto; l'officiosità idraulica del tombino è superiore a quella della sezione a cielo aperto attuale. Il deflusso delle acque avviene a pelo libero anche nella sezione chiusa e non è ammesso il funzionamento in pressione.

### **7.9.3. Verifiche idrauliche**

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

Le portate di riferimento adottate per la modellazione idraulica, secondo lo schema definito, si riferiscono a quelle massime sostenibili all'interno della configurazione attuale del canale nell'intero tratto modellato descritto attraverso le sezioni topografiche rilevate per la progettazione definitiva; come si evincerà nel seguito la portata massima lungo l'asta risulta talvolta inferiore a quella localizzata nella sezione d'interferenza e ciò è dovuto alla non uniformità della sezione del canale. Nell'ambito della valutazione delle portate massime si sono ignorate, a favore di sicurezza, le singolarità che limitano le portate allo stato attuale quali tombini, ponticelli, depressioni di sponda/argine che potranno nel tempo essere adeguati all'officiosità idraulica del canale.

La portata di riferimento è quindi la portata massima sostenibile pari a  $Q_{max} = 6.50 \text{ m}^3/\text{s}$ .

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:

- caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo,

- caratteristiche morfologiche e geometriche del tratto d'alveo e brusche variazioni di geometria della sezione;
- 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.

### **Scenari simulati**

Ai fini modellistici, le condizioni di riferimento per la verifica dei tombini di progetto sono le seguenti:

- stato di fatto: considera la morfologia attuale del corso d'acqua, senza l'introduzione di alcuna opera in progetto;
- stato di progetto: prevede l'introduzione del manufatto di attraversamento compreso le eventuali deviazioni e come portata la  $Q_{max}$  dello stato di fatto.

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 (2011) , 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: moto uniforme
- scabrezza secondo Gauckler-Strickler pari a 20-25  $m^{1/3}/sec$  differenziata tra sponde e alveo.

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 rilevate le velocità medie della corrente nei singoli tratti dell'alveo sia in condizioni di alveo attuale che di progetto.

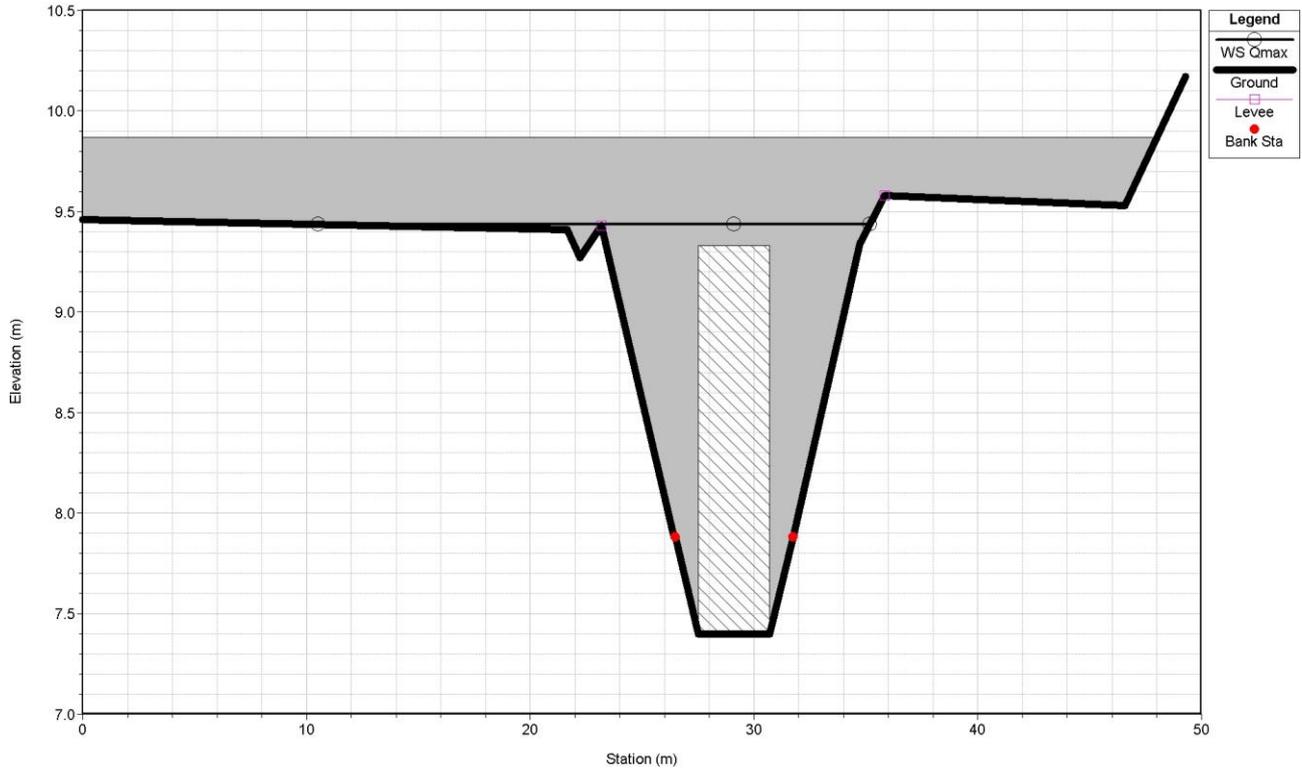


FIGURA 7-35: TRATTO DELLO SCOLO CORONELLA SIMULATO

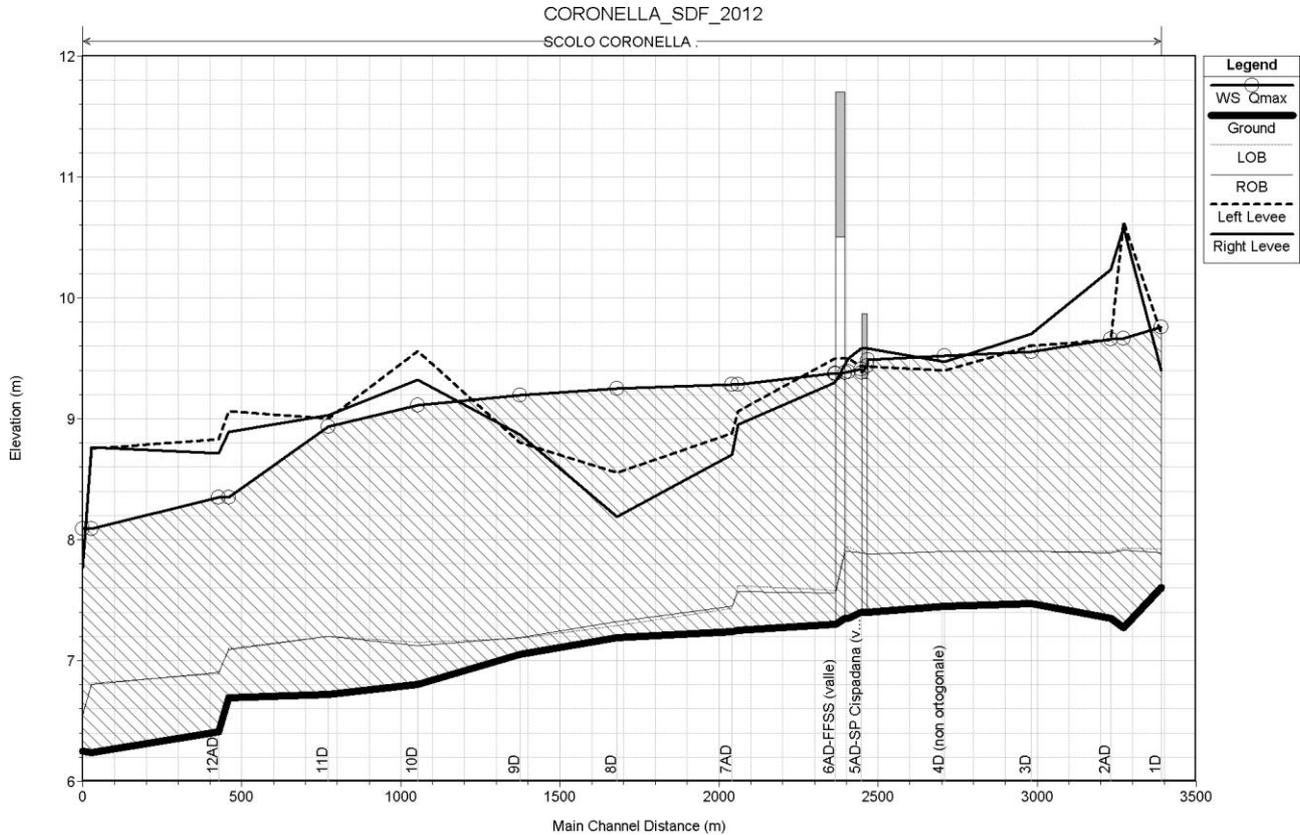
### **Risultati delle analisi nello Stato di Fatto**

Si riportano i risultati delle analisi nello Stato di Fatto sotto forma di profilo involuppo dei livelli idrometrici raggiunti dalla piena di riferimento per la configurazione geometrica attuale e la sezione trasversale del corso d'acqua posta subito a valle della futura interferenza.

CORONELLA\_SDF\_2012  
 RS = 13.5 BR SP Cispadana



**FIGURA 7-36: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER QMAX ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'INTERFERENZA NELLO STATO DI FATTO**



**FIGURA 7-37: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX NELLO STATO DI FATTO**

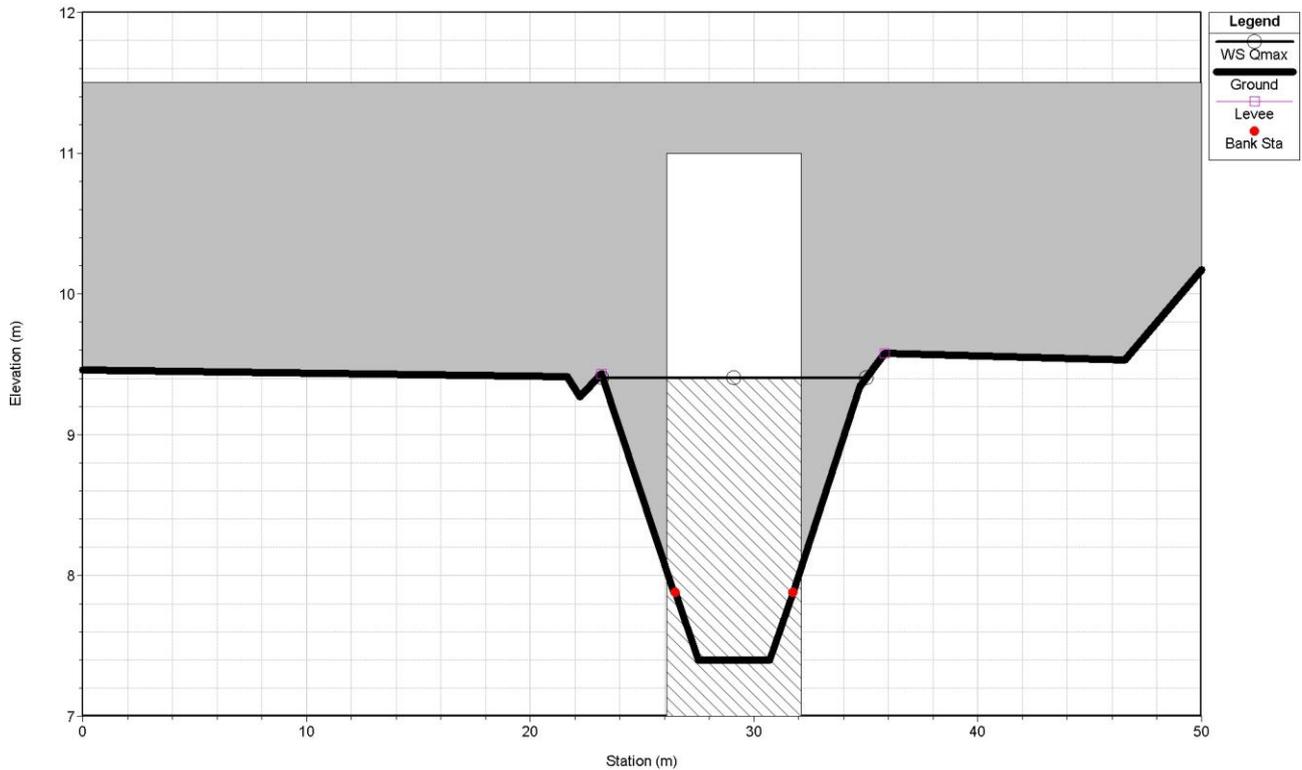
**Risultati delle analisi nello Stato di Progetto**

Si riporta il confronto dei risultati delle analisi nello Stato di Fatto e Stato di Progetto espressi in forma tabellare e relativi alle principali grandezze idrauliche; a seguire si riportano i risultati delle analisi nello Stato di Progetto sotto forma di profilo inviluppo dei livelli idrometrici raggiunti dalla piena di riferimento per la configurazione geometrica di progetto e la sezione trasversale del corso d'acqua in corrispondenza del manufatto di attraversamento.

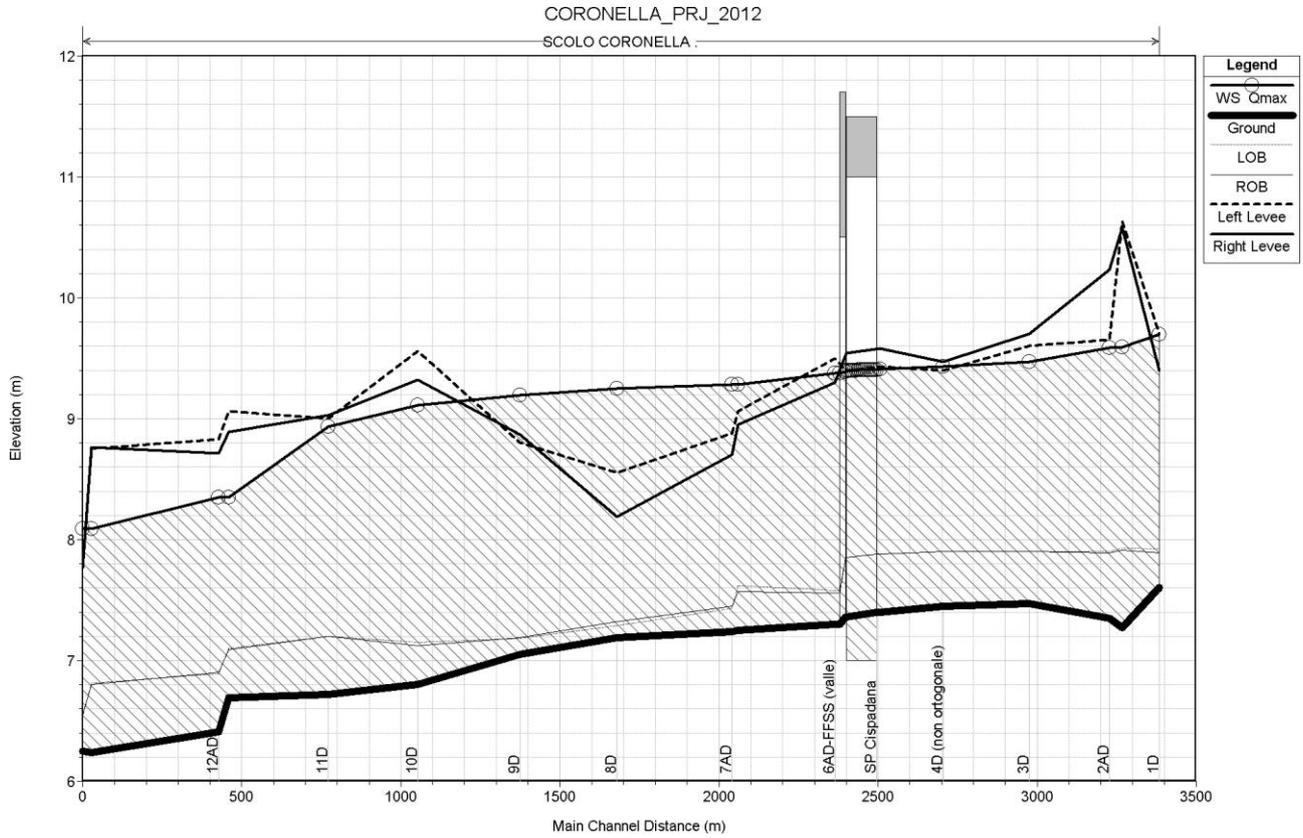
Sezioni	Sezioni H-C	Parziali	Progressive	Quota fondo	Pendenza	Portata Qmax	Livello SF	Livello SP	Velocità SF	Velocità SP	Energia SF	Energia SP	Froude SF	Froude SP
		(m)		(m)	(m/m)	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)		
1D	19	117	117	7.60	0.0028	6.50	9.75	9.69	0.72	0.79	9.77	9.72	0.16	0.18
2D	18	40	157	7.27	-0.0020	6.50	9.66	9.59	1.04	1.09	9.71	9.64	0.22	0.24
2AD	17	251	408	7.35	-0.0005	6.50	9.66	9.59	0.78	0.77	9.68	9.61	0.17	0.17
3D	16	271	679	7.47	0.0001	6.50	9.55	9.47	0.79	0.84	9.58	9.50	0.18	0.20
4D	15	200	879	7.45	0.0002	6.50	9.52	9.43	0.35	0.38	9.53	9.44	0.08	0.09
5D Cispadana (monte)	14	105	984	7.40	0.0004	6.50	9.48	9.41	0.53	0.51	9.50	9.42	0.12	0.12
tombino Autostrada Cispadana	13.5		984											
5AD Cispadana (valle)	13	1	985	7.36	0.0000	6.50	9.41	9.40	0.53	0.55	9.42	9.41	0.12	0.13
6D	12		985				9.39		0.68		9.41		0.15	
tombino FFSS	11.5		985											
6AD FFSS (valle)	11	305	1290	7.30	0.0002	6.50	9.37	9.37	0.68	0.68	9.39	9.39	0.15	0.15
7D	10	20	1310	7.25	0.0005	6.50	9.28	9.28	0.68	0.68	9.30	9.30	0.16	0.16
7AD	9	361	1671	7.24	0.0001	6.50	9.28	9.28	0.49	0.49	9.29	9.29	0.11	0.11
8D	8	305	1976	7.19	0.0005	6.50	9.25	9.25	0.33	0.33	9.25	9.25	0.07	0.07
9D	7	320	2296	7.05	0.0008	6.80	9.19	9.19	0.74	0.74	9.21	9.21	0.16	0.16
10D	6	282	2578	6.8	0.0003	6.80	9.11	9.11	0.61	0.61	9.13	9.13	0.13	0.13
11D	5	313	2891	6.72	0.0001	11.00	8.93	8.93	1.17	1.17	8.99	8.99	0.26	0.26
12D	4	31	2922	6.69	0.0090	11.00	8.35	8.35	1.80	1.80	8.50	8.50	0.46	0.46
12AD	3	401	3323	6.41	0.0004	11.00	8.35	8.35	1.20	1.20	8.42	8.42	0.28	0.28
13D	2	27	3350	6.24	-0.0004	11.00	8.09	8.09	0.76	0.76	8.11	8.11	0.19	0.19
13AD	1		3350	6.25		11.00	8.09	8.09	0.58	0.58	8.10	8.10	0.14	0.14

TABELLA 7-8: PRINCIPALI PARAMETRI IDRAULICI A CONFRONTO PER LE SINGOLE SEZIONI NELLO SF E SP

CORONELLA\_PRJ\_2012  
 RS = 13.5 Culv tombino ATST Cispadana



**FIGURA 7-38: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER QMAX ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'INTERFERENZA NELLO STATO DI PROGETTO**



**FIGURA 7-39: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX NELLO STATO DI PROGETTO**

## 7.10. DIRAMAZIONE CORONELLA

### 7.10.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale

La Diramazione Coronella è un canale promiscuo appartenente al bacino del Canale Cembalina; nasce in fregio alla strada Imperiale e scorre da nord verso sud per sfociare nello Scolo Coronella dopo aver percorso una lunghezza di circa 2194 m. Il canale, nel tratto d'interferenza, scorre in aperta campagna con sezione in scavo. L'interferenza è causata dal sovrappasso dell'autostrada che attraversa il canale quasi ortogonalmente alla direzione della corrente; il passaggio avviene con sezione stradale in rilevato basso in località Chiarone di sopra in Comune di Poggio Renatico.



La Diramazione Coronella presenta, nel tratto di attraversamento, una sezione trapezia di base maggiore 2.83m base minore 2.16m ed altezza minima 0.79m; la quota di fondo in corrispondenza dell'attraversamento è posta a 8.16 msm mentre la quota della sponda più depressa vale 8.95 msm.

CODICE	<b>A02A068</b>	
NOME	<b>DIRAMAZIONE CORONELLA</b>	
PROPRIETA'	<i>demaniale</i>	
ENTE GESTORE	<i>Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara</i>	
LOCALITA'	<i>cispadana</i>	
COMUNE	<i>Poggio Renatico</i>	
PROVINCIA	<i>Ferrara</i>	
CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE	BACINO (m2)	
	LUNGHEZZA (m)	2194
	SORGENTE	<i>scoli campagna</i>

	FOCE	<i>Fossa Morgosa</i>
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	<i>rettilineo</i>
	TIPO SEZIONE	<i>in scavo</i>
	TIPO ALVEO	<i>alveo in terra di forma trapezoidale con fondo largo e sponde ripide B&gt;H</i>
	EROSIONI	<i>fondo alveo stabile ed erosioni di sponda per cedimento al piede con molti fori di nutrie</i>
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	<i>secondario</i>
	USO	<i>promiscuo</i>
	GRANULOMETRIA	<i>limi e argille</i>
	AMBIENTE FLUVIALE	<i>canale rinaturalizzato - vegetazione spondale in erba e canneto - vegetazione riparia assente - rivestimenti in calcestruzzo in corrispondenza dell'attraversamento stradale - fauna ittica e mammiferi (nutrie)</i>
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	<i>campagna aperta con coltivazioni di mais e soia, strada Cispadana e linea FFSS - vegetazione arbustiva ed arborea in corrispondenza della ferrovia</i>
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI AL CONTRONO	<i>corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle e livello a piene rive</i>
	SCABREZZA Gauckler-Strickler	<i>21-24</i>
NOTE	<i>tombini per attraversamenti di carraie e accessi carrabili alle abitazioni - paratoie di regolazione di portate e livelli - tombino circolare in calcestruzzo DN800mm di attraversamento della SP 70 "Cispadana" prolungato fino alla ferrovia</i> <i>tombini per attraversamenti di carraie e accessi carrabili alle abitazioni - paratoie di regolazione di portate e livelli - tombino circolare in calcestruzzo DN800mm di attraversamento della SP 70 "Cispadana" prolungato fino alla ferrovia</i>	

### 7.10.2. Descrizione dell'intervento

L'intervento prevede la risoluzione dell'interferenza attraverso l'esecuzione delle seguenti opere:

- realizzazione di tombino scatolare in calcestruzzo armato: viene conservato l'assetto planimetrico del canale con la sola esclusione dei modesti tratti di adattamento all'imbocco e sbocco; la sezione idraulica viene mantenuta. Il tombino, di dimensioni B=3.0m H=2.0m, viene realizzato in asse al canale e sprofondato di 40 cm, rispetto al fondo attuale, per garantire futuri interventi di manutenzione. E' previsto il prolungamento del tombino per 5m a monte dell'attraversamento mentre a valle è previsto il prolungamento fino alla ferrovia;

- difesa spondale agli imbocchi del tombino: è prevista la realizzazione di una difesa di fondo e sponde del canale mediante posa di mantellata in pietrame di cava di pezzatura 100-300 kg in spessore di 1.0m intasati di calcestruzzo; la difesa avrà uno sviluppo longitudinale di 5 m a monte e valle del tombino;
- piste di servizio: è prevista la realizzazione di rampe di raccordo tra le capezzagne disposte sulle sponde del canale ed il tombino esterno alla recinzione al fine di consentire il passaggio di sponda ai mezzi consorziali.

L'attraversamento autostradale è compatibile con i deflussi della Diramazione Coronella, il tombino permette il transito della portata a piene rive con franco d'aria superiore al minimo richiesto; l'efficienza idraulica del tombino è superiore a quella della sezione a cielo aperto attuale. Il deflusso delle acque avviene a pelo libero anche nella sezione chiusa e non è ammesso il funzionamento in pressione.

### **7.10.3. Verifiche idrauliche**

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

Le portate di riferimento adottate per la modellazione idraulica, secondo lo schema definito, si riferiscono a quelle massime sostenibili all'interno della configurazione attuale del canale nell'intero tratto modellato descritto attraverso le sezioni topografiche rilevate per la progettazione definitiva; come si evincerà nel seguito la portata massima lungo l'asta risulta talvolta inferiore a quella localizzata nella sezione d'interferenza e ciò è dovuto alla non uniformità della sezione del canale. Nell'ambito della valutazione delle portate massime si sono ignorate, a favore di sicurezza, le singolarità che limitano le portate allo stato attuale quali tombini, ponticelli, depressioni di sponda/argine che potranno nel tempo essere adeguati all'efficienza idraulica del canale.

La portata di riferimento è quindi la portata massima sostenibile pari a  $Q_{max} = 0.30 \text{ m}^3/\text{s}$ .

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:

- caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo,
- caratteristiche morfologiche e geometriche del tratto d'alveo e brusche variazioni di geometria della sezione;
- 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.

### **Scenari simulati**

Ai fini modellistici, le condizioni di riferimento per la verifica dei tombini di progetto sono le seguenti:

- stato di fatto: considera la morfologia attuale del corso d'acqua, senza l'introduzione di alcuna opera in progetto;
- stato di progetto: prevede l'introduzione del manufatto di attraversamento compreso le eventuali deviazioni e come portata la  $Q_{max}$  dello stato di fatto.

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 (2011) , 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: moto uniforme
- scabrezza secondo Gauckler-Strickler pari a 20-25  $m^{1/3}/sec$  differenziata tra sponde e alveo.

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 rilevate le velocità medie della corrente nei singoli tratti dell'alveo sia in condizioni di alveo attuale che di progetto.

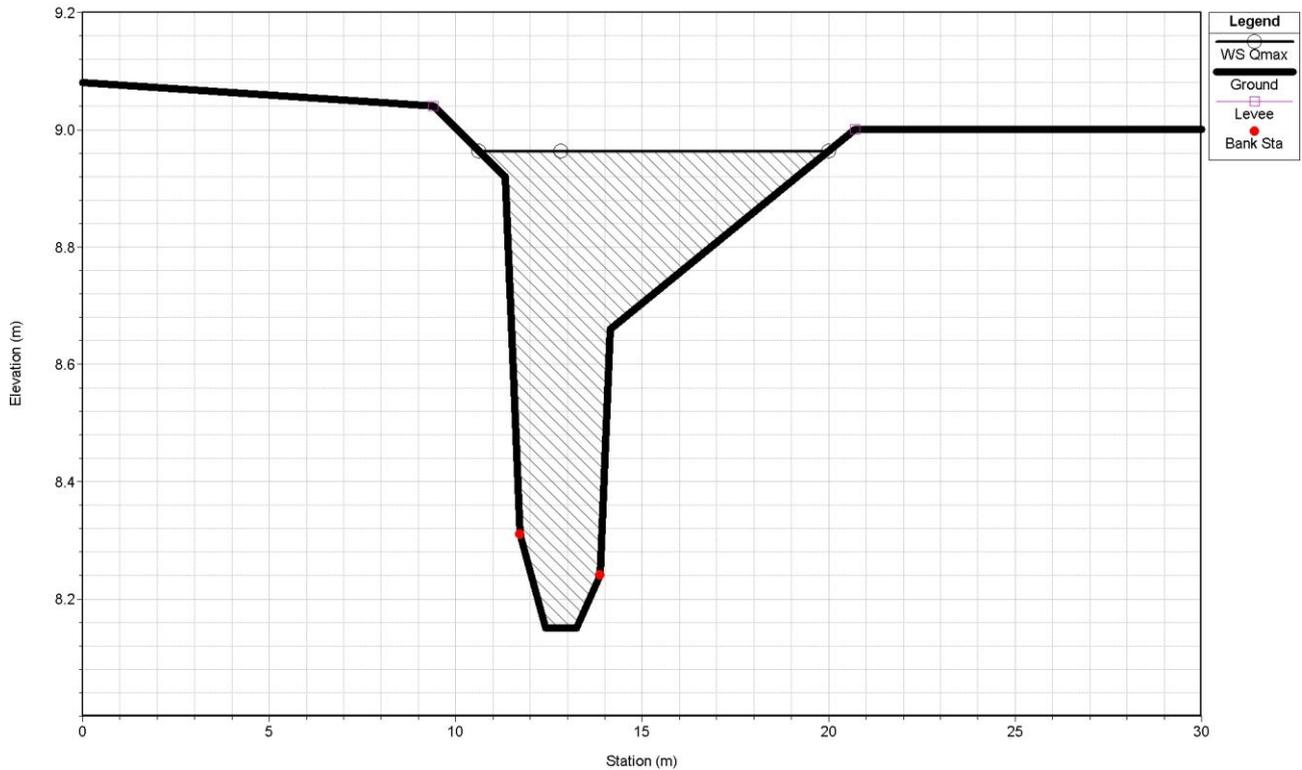


**FIGURA 7-40: TRATTO DELLO SCOLO DIRAMAZIONE CORONELLA SIMULATO**

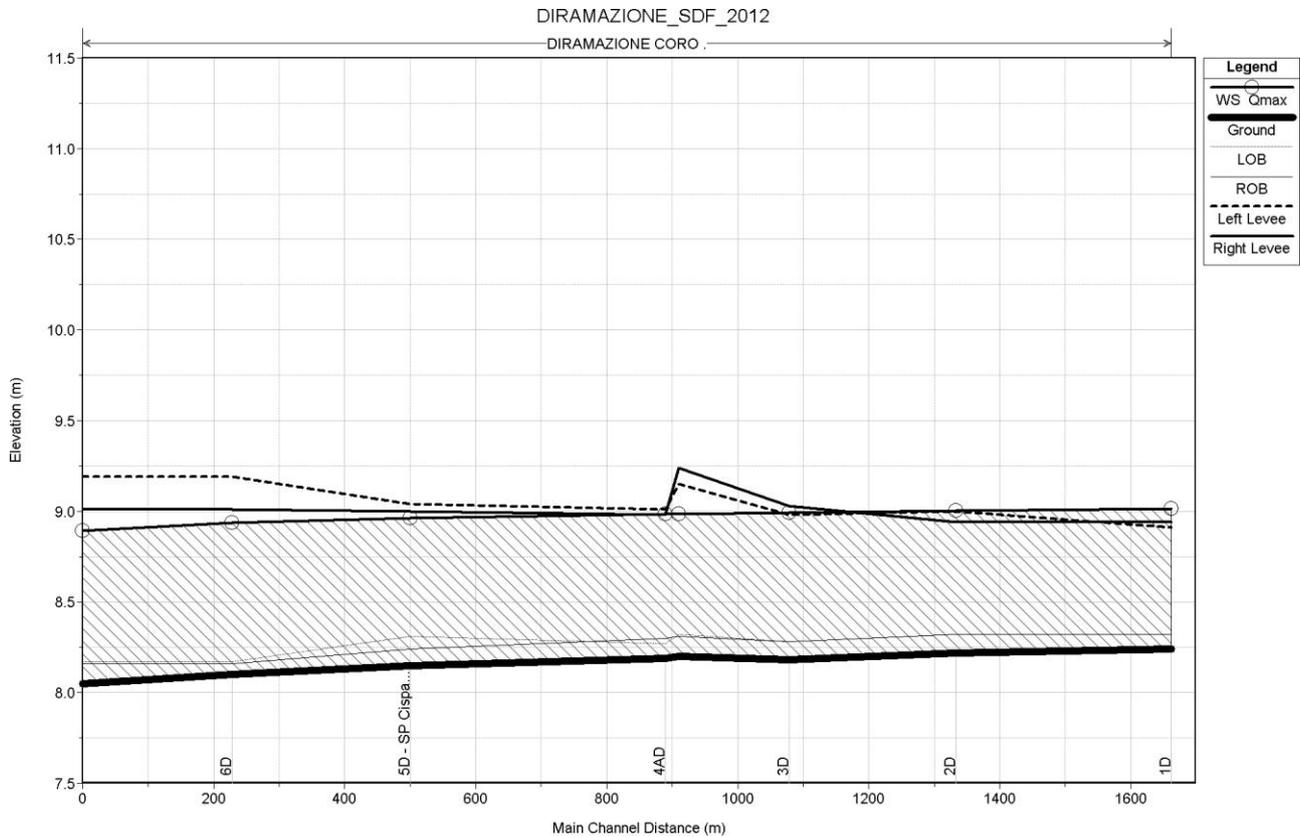
**Risultati delle analisi nello Stato di Fatto**

Si riportano i risultati delle analisi nello Stato di Fatto sotto forma di profilo involuppo dei livelli idrometrici raggiunti dalla piena di riferimento per la configurazione geometrica attuale e la sezione trasversale del corso d'acqua posta subito a valle della futura interferenza.

DIRAMAZIONE\_SDF\_2012  
 RS = 2 5D - SP Cispadana



**FIGURA 7-41: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER QMAX ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'INTERFERENZA NELLO STATO DI FATTO**



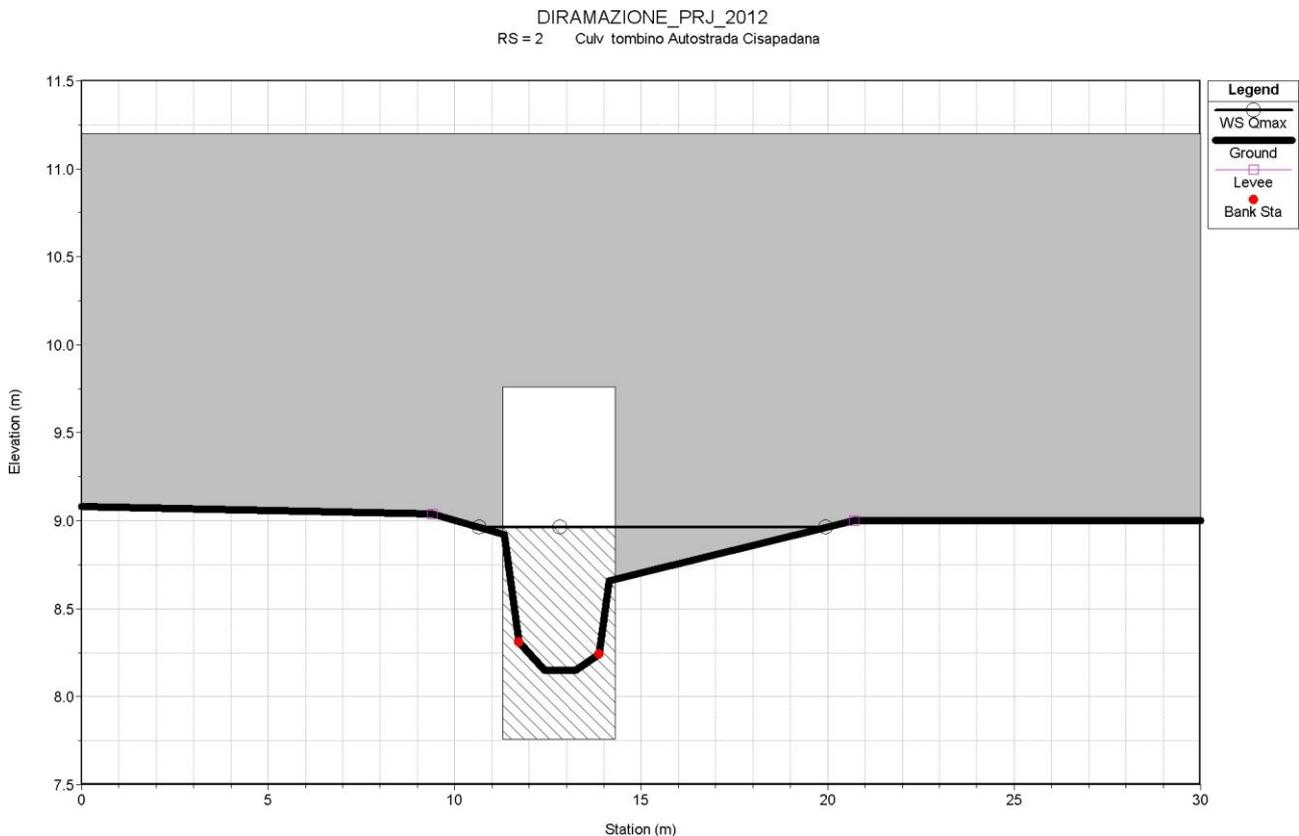
**FIGURA 7-42: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX NELLO STATO DI FATTO**

### **Risultati delle analisi nello Stato di Progetto**

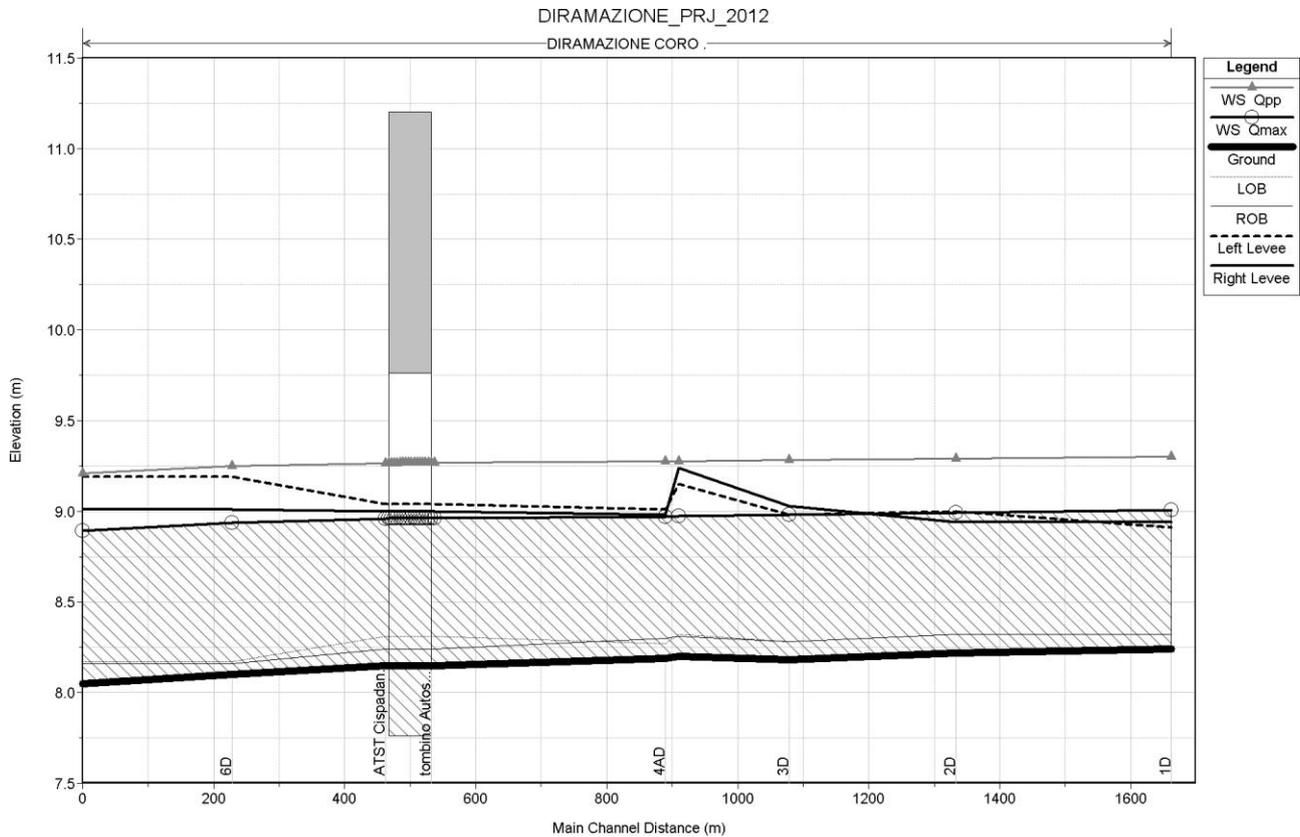
Si riporta il confronto dei risultati delle analisi nello Stato di Fatto e Stato di Progetto espressi in forma tabellare e relativi alle principali grandezze idrauliche; a seguire si riportano i risultati delle analisi nello Stato di Progetto sotto forma di profilo inviluppo dei livelli idrometrici raggiunti dalla piena di riferimento per la configurazione geometrica di progetto e la sezione trasversale del corso d'acqua in corrispondenza del manufatto di attraversamento.

Sezioni	Sezioni H-C	Parziali	Progres sive	Quota fondo	Penden za	Portata Qmax	Livello SF	Livello SP	Velocità SF	Velocità SP	Energia SF	Energia SP	Froude SF	Froude SP
		(m)		(m)	(m/m)	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)		
1D	7	329	329	8.24	0.0001	0.25	9.01	9.00	0.13	0.13	9.02	9.01	0.05	0.05
2D	6	254	583	8.22	0.0002	0.25	9.00	8.99	0.12	0.12	9.00	8.99	0.04	0.04
3D	5	169	752	8.18	-0.0001	0.30	8.99	8.98	0.16	0.16	8.99	8.98	0.06	0.06
4D	4	20	772	8.20	0.0005	0.30	8.98	8.97	0.13	0.13	8.99	8.97	0.05	0.05
4AD	3	353	1125	8.19	0.0001	0.30	8.98	8.97	0.15	0.15	8.98	8.97	0.05	0.06
Cispadana (monte)	2.1	75	1200	8.15	0.0000	0.30		8.96		0.15		8.96		0.05
tombino Autostrada Cispadana	2		1200				8.96		0.15		8.96		0.05	
Cispadana (valle)	1.9	234	1434	8.15	0.0002	0.30		8.96		0.15		8.96		0.06
6D	1	228	1662	8.10	0.0002	0.30	8.94	8.94	0.30	0.30	8.94	8.94	0.10	0.10
confluenza	0.1		1662	8.05		0.30	8.89	8.89	0.30	0.30	8.90	8.90	0.10	0.10

**TABELLA 7-9: PRINCIPALI PARAMETRI IDRAULICI A CONFRONTO PER LE SINGOLE SEZIONI NELLO SF E SP**



**FIGURA 7-43: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER QMAX ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'INTERFERENZA NELLO STATO DI PROGETTO**



**FIGURA 7-44: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX NELLO STATO DI PROGETTO**

Lo Scolo Diramazione Coronella è recettore finale del contributo di scarico di 1 impianto di depurazione per una portata complessiva di 29 l/sec che di fatto incrementa il valore della Qmax del 10%, valore che non interferisce con i profili di rigurgito in quanto, dalle simulazioni effettuate, non si apprezzano variazioni del livello idrometrico .

E' stato previsto l'inserimento di un clapèt in corrispondenza dello scarico dell'impianto per evitare fenomeni di rigurgito, in quanto la quota di scarico risulta minore rispetto alla quota raggiunta dalla Qmax.

## 7.11. SCOLO PELOSO

### 7.11.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale

Lo Scolo Peloso è un canale promiscuo appartenente al bacino del Canale Cembalina; nasce in sinistra del Distributore Terre Alte a Ca Canova, scorre da nord verso sud adiacente alla via Pelosa fino a strada Imperiale, poi prosegue in aperta campagna, sottopassa la ferrovia Milano-Bologna e prosegue verso sud fino a dare origine al Canale Circondariale San Martino a Tenuta Uccellino dopo aver percorso una lunghezza di circa 4806 m. Il canale, nel tratto d'interferenza, scorre in adiacenza alla strada carraia con sezione in scavo.



L'interferenza è causata dal sovrappasso dell'autostrada che attraversa il canale con asse inclinato rispetto alla direzione della corrente; il passaggio avviene con sezione stradale in viadotto in località Casello in Comune di Poggio Renatico.

Lo Scolo Peloso presenta, nel tratto di attraversamento, una sezione trapezia di base maggiore 7.30m base minore 2.28m ed altezza minima 1,40m; la quota di fondo in corrispondenza dell'attraversamento è posta a 7.35 msm mentre la quota della sponda più depressa vale 8.75 msm.

CODICE	<b>A02A072</b>	
NOME	<b>SCOLO PELOSO</b>	
PROPRIETA'	<i>demaniale</i>	
ENTE GESTORE	<i>Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara</i>	
LOCALITA'	<i>FFSS</i>	
COMUNE	<i>Poggio Renatico</i>	
PROVINCIA	<i>Ferrara</i>	
CARATTERISTICHE	BACINO (m2)	

IDROGRAFICHE	LUNGHEZZA (m)	4806
	SORGENTE	<i>scoli campagna</i>
	FOCE	<i>Scolo San Martino</i>
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	<i>rettilineo</i>
	TIPO SEZIONE	<i>in scavo</i>
	TIPO ALVEO	<i>alveo in terra di forma trapezoidale con fondo largo e sponde ripide B&gt;H, chiavica a monte del passaggio della SP 70 "Cispadana"</i>
	EROSIONI	<i>fondo alveo stabile, con deboli erosioni di sponda da franamento superficiale, sponde ripide</i>
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	<i>secondario</i>
	USO	<i>promiscuo</i>
	GRANULOMETRIA	<i>limi e sabbie</i>
	AMBIENTE FLUVIALE	<i>canale rinaturalizzato - vegetazione spondale in erba con macchie di canneto - alberi ed arbusti isolati - fauna ittica(pescegatto), gamberi della Louisiana e anfiabi, nutrie</i>
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	<i>campagna aperta coltivata, a cereali, foraggiere e mais, SP 70 "Cispadana" e linea FFSS, abitato di Stazione Coronella - vegetazione arborea ed arbustiva presso le abitazioni</i>
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI AL CONTRONO	<i>corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle e livello a piene rive</i>
	SCABREZZA Gauckler-Strickler	21-24
NOTE	<i>attraversamenti con tombini in calcestruzzo, tombini in acciaio e ponticelli ad arco in muratura - attraversamento FFSS con ponticello - attraversamento SP 70 "Cispadana" con viadottoattraversamenti con tombini in calcestruzzo, tombini in acciaio e ponticelli ad arco in muratura - attraversamento FFSS con ponticello - attraversamento SP 70 "Cispadana" con viadotto</i>	

### 7.11.2. Descrizione dell'intervento

L'interferenza viene risolta con deviazione del canale al di sotto dell'ultima campata del viadotto di sovrappasso sulla linea FFSS Milano-Bologna che attraversa l'asse del canale con inclinazione 63°; la deviazione mantiene l'attuale sezione del canale ed ha origine a valle del tombino esistente di sottopasso ferroviario ed a valle della paratoia di presa dello scolo Uccellino, la deviazione compie una curva a sinistra per imboccare la campata, curva raccordata al tracciato esistente a monte e valle con angoli molto modesti e di poco impatto sull'assetto planimetrico del canale.

La soluzione prevede il mantenimento della continuità idraulica del canale con sezione in terra e senza tombinamenti; l'altezza utile del viadotto sul piano campagna consente il transito dei mezzi di ispezione e manutenzione, analogamente a quanto attualmente in corso, lungo le marezzane destra e sinistra. Nei tratti di transizione tra la sezione esistente e quella deviata verranno realizzati due tratti di raccordo con posa di pietrame a spacco di cava a formare una mantellata di protezione spondale e di fondo per circa 5 m a monte e 5 m a valle.

L'attraversamento autostradale è compatibile con i deflussi dello Scolo Peloso; la sezione del canale, nel tratto di nuovo inalveamento ha la medesima officiosità idraulica e l'intradosso del viadotto Ciaspadana è ad oltre 7 m dal piano campagna adiacente il canale.

### **7.11.3. Verifiche idrauliche**

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

Le portate di riferimento adottate per la modellazione idraulica, secondo lo schema definito, si riferiscono a quelle massime sostenibili all'interno della configurazione attuale del canale nell'intero tratto modellato descritto attraverso le sezioni topografiche rilevate per la progettazione definitiva; come si evincerà nel seguito la portata massima lungo l'asta risulta talvolta inferiore a quella localizzata nella sezione d'interferenza e ciò è dovuto alla non uniformità della sezione del canale. Nell'ambito della valutazione delle portate massime si sono ignorate, a favore di sicurezza, le singolarità che limitano le portate allo stato attuale quali tombini, ponticelli, depressioni di sponda/argine che potranno nel tempo essere adeguati all'officiosità idraulica del canale.

La portata di riferimento è quindi la portata massima sostenibile pari a  $Q_{max} = 2.50 \text{ m}^3/\text{s}$ .

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:

- caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo,
- caratteristiche morfologiche e geometriche del tratto d'alveo e brusche variazioni di geometria della sezione;
- 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.

### **Scenari simulati**

Ai fini modellistici, le condizioni di riferimento per la verifica dei tombini di progetto sono le seguenti:

- stato di fatto: considera la morfologia attuale del corso d'acqua, senza l'introduzione di alcuna opera in progetto;
- stato di progetto: prevede l'introduzione del manufatto di attraversamento compreso le eventuali deviazioni e come portata la  $Q_{max}$  dello stato di fatto.

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 (2011) , 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: moto uniforme
- scabrezza secondo Gauckler-Strickler pari a 20-25  $m^{1/3}/sec$  differenziata tra sponde e alveo.

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 rilevate le velocità medie della corrente nei singoli tratti dell'alveo sia in condizioni di alveo attuale che di progetto.

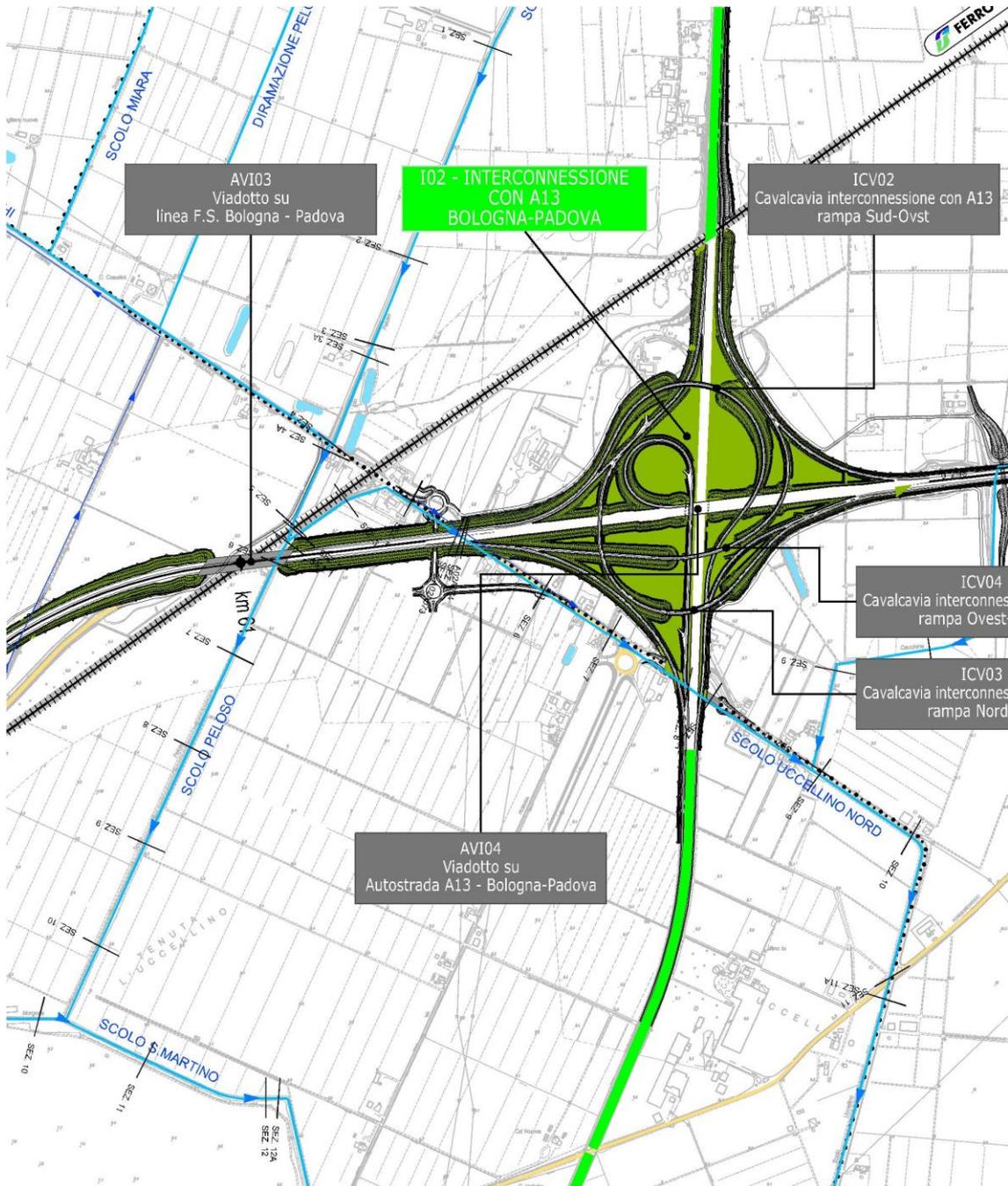
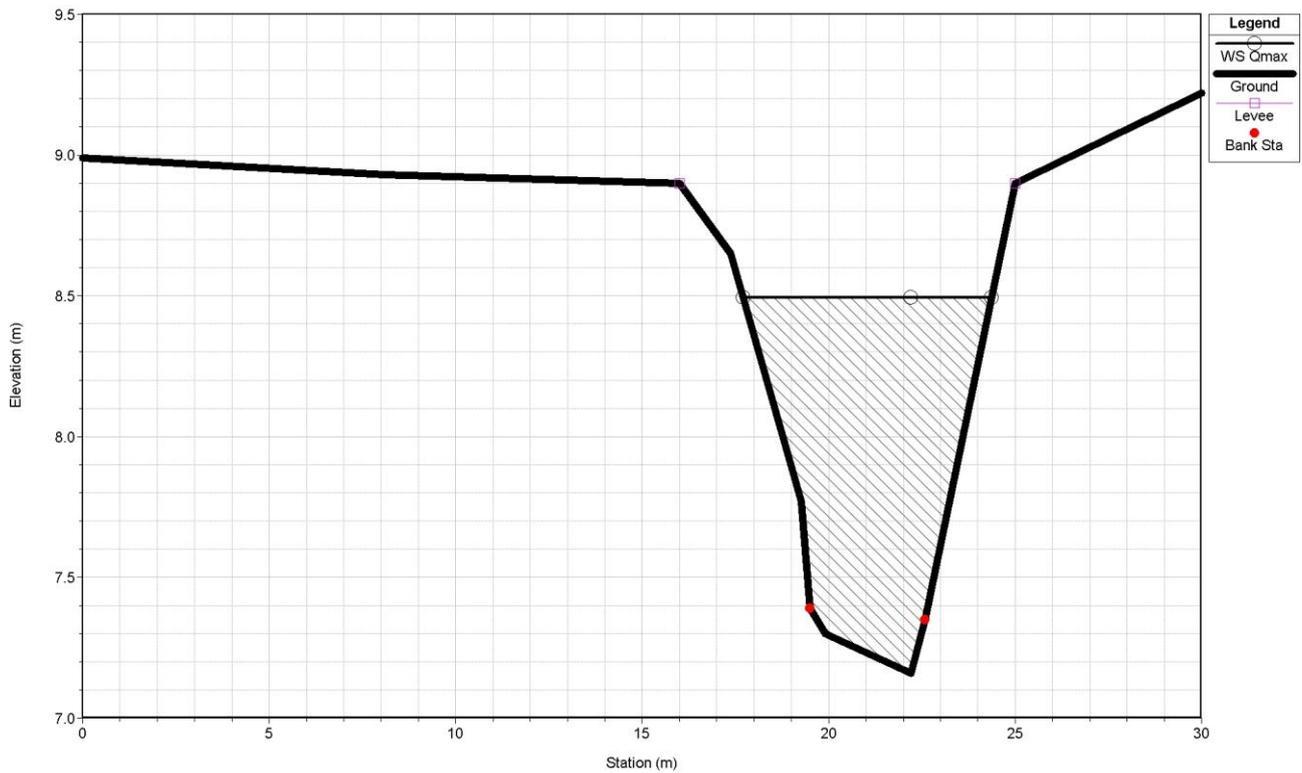


FIGURA 7-45: TRATTO DELLO SCOLO PELOSO VECCHIO SIMULATO

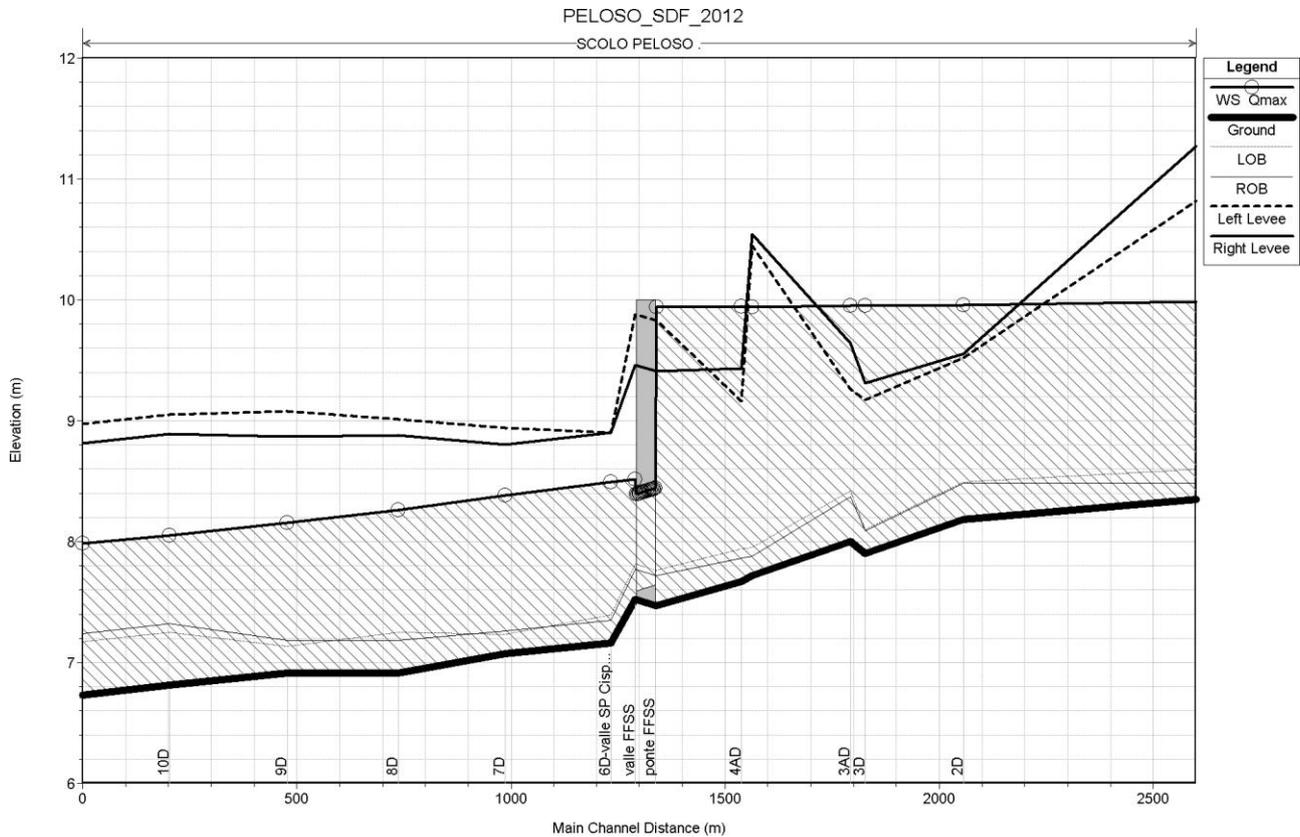
### Risultati delle analisi nello Stato di Fatto

Si riportano i risultati delle analisi nello Stato di Fatto sotto forma di profilo involuppo dei livelli idrometrici raggiunti dalla piena di riferimento per la configurazione geometrica attuale e la sezione trasversale del corso d'acqua posta subito a valle della futura interferenza.

PELOSO\_SDF\_2012  
 RS = 5 6D-valle SP Cispadana



**FIGURA 7-46: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER QMAX ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'INTERFERENZA NELLO STATO DI FATTO**



**FIGURA 7-47: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX NELLO STATO DI FATTO**

**Risultati delle analisi nello Stato di Progetto**

Si riporta il confronto dei risultati delle analisi nello Stato di Fatto e Stato di Progetto espressi in forma tabellare e relativi alle principali grandezze idrauliche; a seguire si riportano i risultati delle analisi nello Stato di Progetto sotto forma di profilo inviluppo dei livelli idrometrici raggiunti dalla piena di riferimento per la configurazione geometrica di progetto e la sezione trasversale del corso d'acqua in corrispondenza del manufatto di attraversamento.

Sezioni	Sezioni H-C	Parziali (m)	Progressive	Quota fondo (m)	Pendenza (m/m)	Portata Qmax (m <sup>3</sup> /s)	Livello SF (m)	Livello SP (m)	Velocità SF (m/s)	Velocità SP (m/s)	Energia SF (m)	Energia SP (m)	Froude SF	Froude SP
1D	12	553	553	8.35	0.0003	2.50	9.98	9.98	0.49	0.49	9.99	9.99	0.12	0.13
2D	11	229	782	8.18	0.0012	2.50	9.96	9.95	0.19	0.19	9.96	9.95	0.05	0.05
3D	10	34	816	7.90	-0.0029	2.50	9.95	9.95	0.15	0.15	9.95	9.95	0.03	0.03
3AD	9	230	1046	8.00	0.0012	2.50	9.95	9.95	0.15	0.15	9.95	9.95	0.03	0.03
4D	8	25	1071	7.72	0.0020	2.50	9.94	9.94	0.28	0.28	9.94	9.94	0.06	0.06
4AD	7	198	1269	7.67	0.0010	2.50	9.94	9.94	0.17	0.17	9.94	9.94	0.04	0.04
5D FFSS (monte)	6	50	1319	7.47	0.0014	2.50	9.94	9.93	0.22	0.23	9.94	9.93	0.05	0.05
manufatto FFSS	5.9		1319											
FFSS (valle)	5.8	25	1344	7.40	0.0000	2.50	8.52	8.51	0.81	0.72	8.55	8.54	0.28	0.22
tombino Autostrada Cispadana	5.5		1344											
6D	5	220	1564	7.20	0.0006	2.50	8.49	8.49	0.53	0.59	8.51	8.50	0.15	0.17
7D	4	250	1814	7.07	0.0006	2.50	8.38	8.38	0.68	0.68	8.40	8.40	0.20	0.20
8D	3	260	2074	6.91	0.0000	2.50	8.26	8.26	0.58	0.58	8.28	8.28	0.17	0.17
9D	2	275	2349	6.91	0.0004	2.50	8.15	8.15	0.55	0.55	8.17	8.17	0.16	0.16
10D	1	202	2551	6.81	0.0004	2.50	8.05	8.05	0.48	0.48	8.06	8.06	0.15	0.15
confluenza	0.1		2551	6.73		2.50	7.98	7.98	0.47	0.47	7.99	7.99	0.15	0.15

TABELLA 7-10: PRINCIPALI PARAMETRI IDRAULICI A CONFRONTO PER LE SINGOLE SEZIONI NELLO SF E SP

PELOSO\_PRJ\_2012  
RS = 5.5 BR viadotto ATST Cispadana

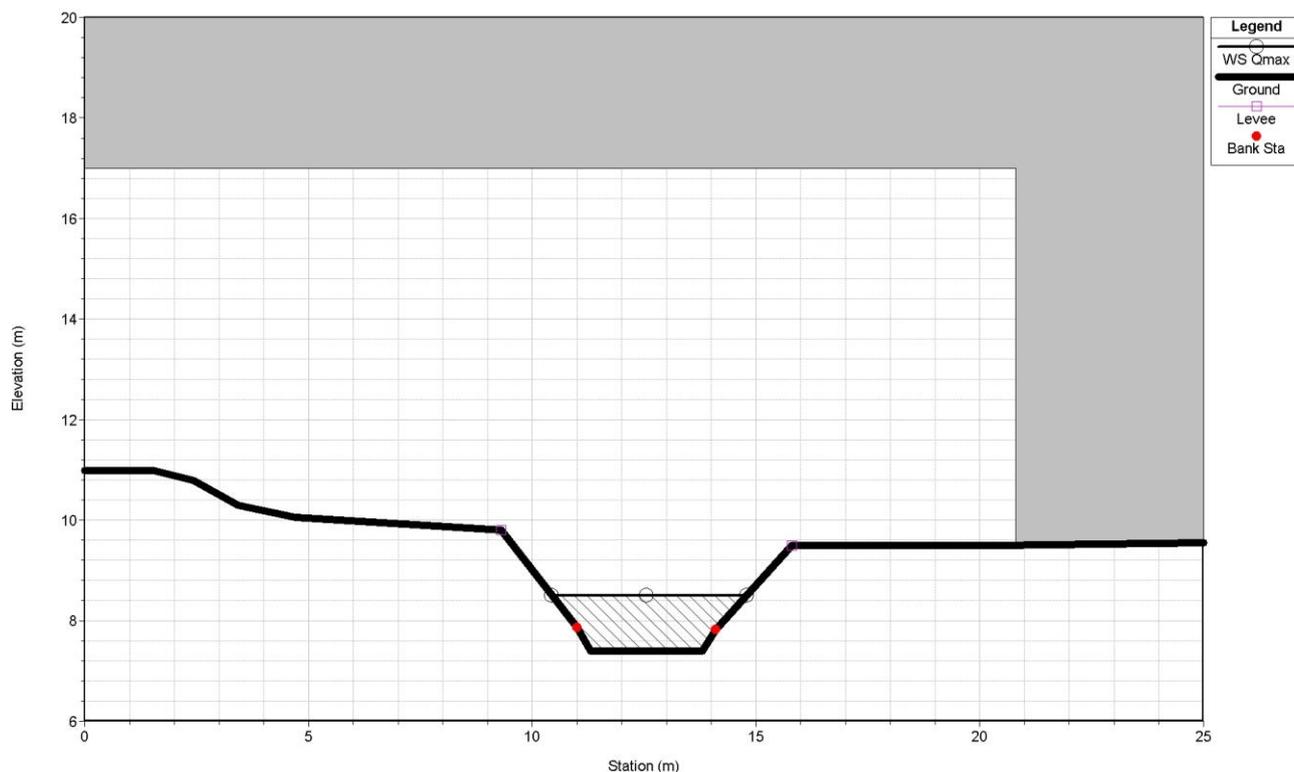
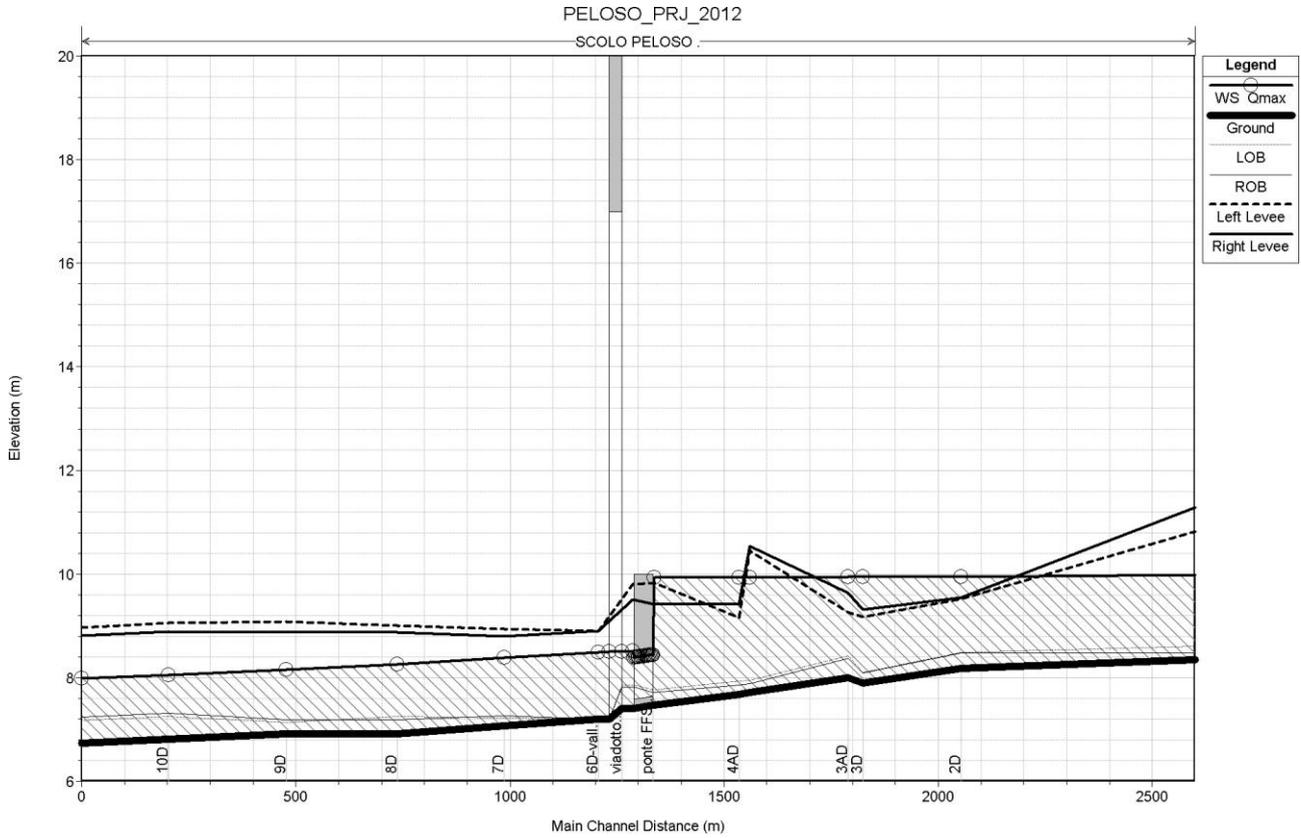


FIGURA 7-48: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER QMAX ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'INTERFERENZA NELLO STATO DI PROGETTO



**FIGURA 7-49: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX NELLO STATO DI PROGETTO**

## 7.12. SCOLO UCCELLINO NORD

### 7.12.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale

Lo Scolo Uccellino è un canale promiscuo appartenente al bacino del Canale Cembalina; nasce dallo Scolo Peloso in vicinanza della ferrovia Milano-Bologna al Casello di strada Imperiale, scorre in fregio alla strada stessa prima con asse ovest-est, poi con asse nord-sud; sfocia nel Canale Circondariale San Martino a Possessione Stanga dopo aver percorso una lunghezza di circa 3351 m. Il canale, nel tratto d'interferenza, scorre a lato della via Imperiale con sezione in scavo.



L'interferenza è causata dal sovrappasso dell'autostrada che attraversa il canale con asse inclinato rispetto alla direzione della corrente; il passaggio avviene con sezione stradale in rilevato alto in località Casello in Comune di Poggio Renatico.

Lo Scolo Uccellino presenta, nel tratto di attraversamento, una sezione trapezia di base maggiore 3.23m base minore 1.45m ed altezza minima 1,30m; la quota di fondo in corrispondenza dell'attraversamento è posta a 8.21 msm mentre la quota della sponda più depressa vale 9.51 msm.

CODICE	<b>A02A073</b>	
NOME	<b>SCOLO UCCELLINO NORD</b>	
PROPRIETA'	<i>demaniale</i>	
ENTE GESTORE	<i>Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara</i>	
LOCALITA'	<i>str. Uccellino</i>	
COMUNE	<i>Poggio Renatico</i>	
PROVINCIA	<i>Ferrara</i>	
CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE	BACINO (m <sup>2</sup> )	
	LUNGHEZZA (m)	3351

	SORGENTE	<i>scoli campagna</i>
	FOCE	<i>Scolo San Martino</i>
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	<i>rettilineo che segue la strada omonima</i>
	TIPO SEZIONE	<i>in scavo</i>
	TIPO ALVEO	<i>alveo in terra di forma trapezoidale con fondo largo e sponde ripide B&gt;H</i>
	EROSIONI	<i>assenza di erosioni spondali</i>
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	<i>secondario</i>
	USO	<i>promiscuo</i>
	GRANULOMETRIA	<i>limi e argille</i>
	AMBIENTE FLUVIALE	<i>canale rinaturalizzato - vegetazione spondale erbacea - assenza di fascia riparia e di fauna</i>
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	<i>campagna coltivata a cereali, foraggere, vigneti, frutteti di pere e mais, abitato di Stazione Coronella e viabilità - vegetazione arborea ed arbustiva presso le abitazioni</i>
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI AL CONTRONO	<i>corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle e livello a piene rive</i>
	SCABREZZA Gauckler-Strickler	<i>21-24</i>
NOTE	<i>attraversamenti con tombini per accessi alle abitazioni - paratoie di regolazione irrigue - attraversamento SP 70 "Cispadana" con tubi in calcestruzzo DN1000mm attraversamenti con tombini per accessi alle abitazioni - paratoie di regolazione irrigue - attraversamento SP 70 "Cispadana" con tubi in calcestruzzo DN1000mm</i>	

### 7.12.2. Descrizione dell'intervento

L'intervento prevede la risoluzione dell'interferenza attraverso l'esecuzione delle seguenti opere:

- realizzazione di tombino scatolare in calcestruzzo armato: viene conservato l'assetto planimetrico del canale con la sola esclusione dei modesti tratti di adattamento all'imbocco e sbocco; la sezione idraulica viene mantenuta. Il tombino, di dimensioni B=3.0m H=2.0m, viene realizzato in asse al canale e sprofondato di 20 cm, rispetto al fondo attuale, per garantire futuri interventi di manutenzione. E' previsto il prolungamento del tombino per 5m a monte e valle dell'attraversamento;
- difesa spondale agli imbocchi del tombino: è prevista la realizzazione di una difesa di fondo e sponde del canale mediante posa di mantellata in pietrame di cava di pezzatura 100-300 kg in spessore di 1.0m

intasati di calcestruzzo; la difesa avrà uno sviluppo longitudinale di 5 m a monte e valle del tombino;

- piste di servizio: è prevista la realizzazione di rampe di raccordo tra le capezzagne disposte sulle sponde del canale ed il tombino esterno alla recinzione al fine di consentire il passaggio di sponda ai mezzi consorziali.

L'attraversamento autostradale è compatibile con i deflussi dello Scolo Uccellino; il tombino permette il transito della portata a piene rive con franco d'aria superiore al minimo richiesto; l'officiosità idraulica del tombino è superiore a quella della sezione a cielo aperto attuale. Il deflusso delle acque avviene a pelo libero anche nella sezione chiusa e non è ammesso il funzionamento in pressione.

### **7.12.3. Verifiche idrauliche**

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

Le portate di riferimento adottate per la modellazione idraulica, secondo lo schema definito, si riferiscono a quelle massime sostenibili all'interno della configurazione attuale del canale nell'intero tratto modellato descritto attraverso le sezioni topografiche rilevate per la progettazione definitiva; come si evincerà nel seguito la portata massima lungo l'asta risulta talvolta inferiore a quella localizzata nella sezione d'interferenza e ciò è dovuto alla non uniformità della sezione del canale. Nell'ambito della valutazione delle portate massime si sono ignorate, a favore di sicurezza, le singolarità che limitano le portate allo stato attuale quali tombini, ponticelli, depressioni di sponda/argine che potranno nel tempo essere adeguati all'officiosità idraulica del canale.

La portata di riferimento è quindi la portata massima sostenibile pari a  $Q_{max} = 1.80 \text{ m}^3/\text{s}$ .

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:

- caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo,
- caratteristiche morfologiche e geometriche del tratto d'alveo e brusche variazioni di geometria della sezione;
- 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.

### **Scenari simulati**

Ai fini modellistici, le condizioni di riferimento per la verifica dei tombini di progetto sono le seguenti:

- stato di fatto: considera la morfologia attuale del corso d'acqua, senza l'introduzione di alcuna opera in progetto;
- stato di progetto: prevede l'introduzione del manufatto di attraversamento compreso le eventuali deviazioni e come portata la Qmax dello stato di fatto.

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 (2011) , 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: moto uniforme
- scabrezza secondo Gauckler-Strickler pari a 20-25 m<sup>1/3</sup>/sec differenziata tra sponde e alveo.

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 rilevate le velocità medie della corrente nei singoli tratti dell'alveo sia in condizioni di alveo attuale che di progetto.

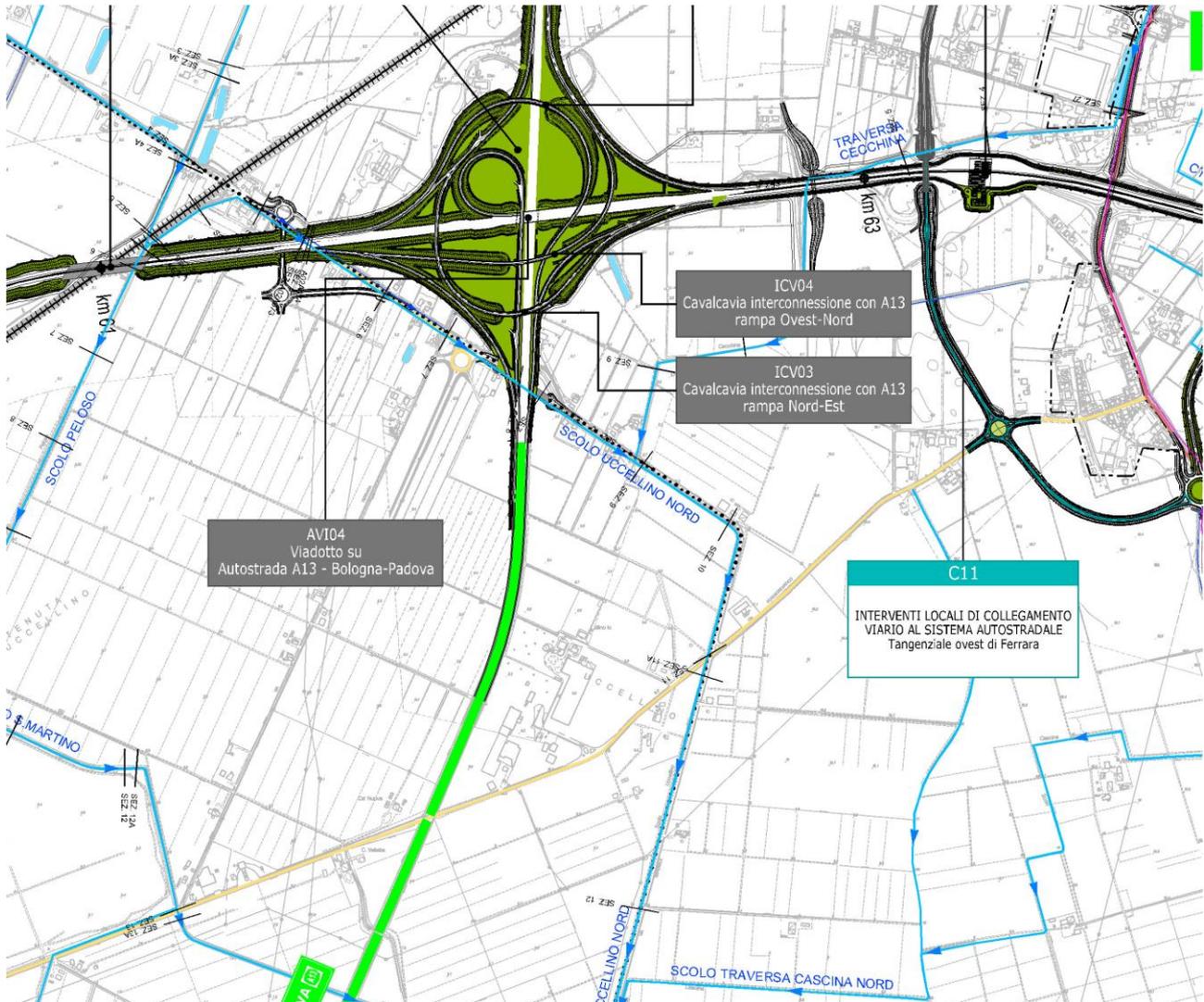
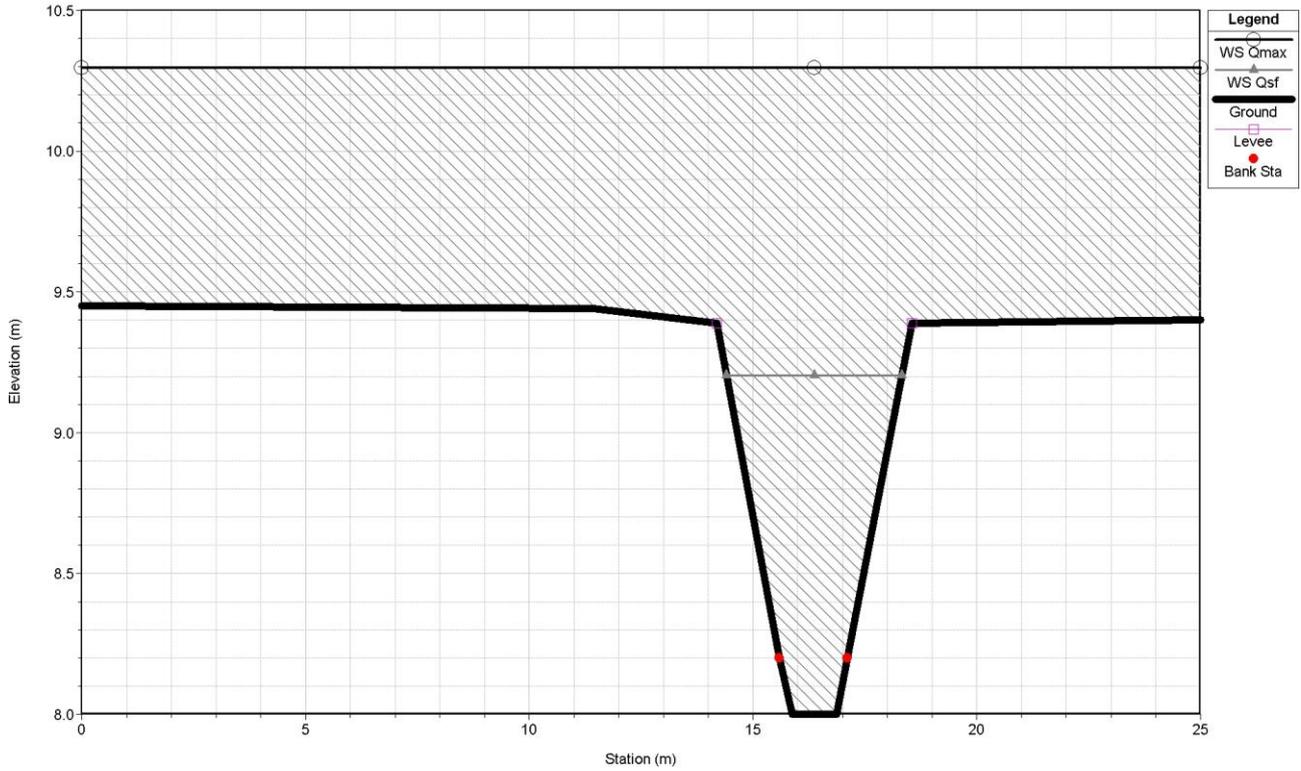


FIGURA 7-50: TRATTO DELLO SCOLO UCCELLINO NORD SIMULATO

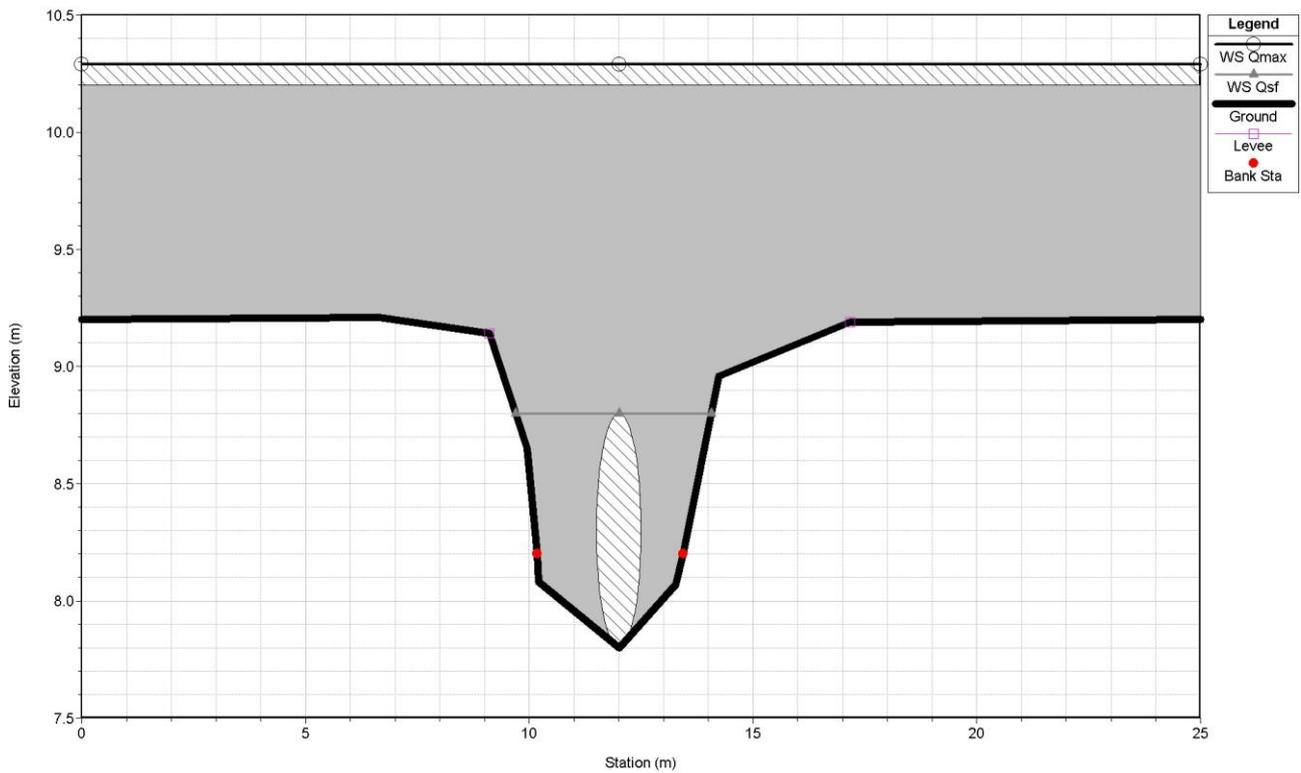
### Risultati delle analisi nello Stato di Fatto

Si riportano i risultati delle analisi nello Stato di Fatto sotto forma di profilo involuppo dei livelli idrometrici raggiunti dalla piena di riferimento per la configurazione geometrica attuale e la sezione trasversale del corso d'acqua posta subito a valle della futura interferenza.

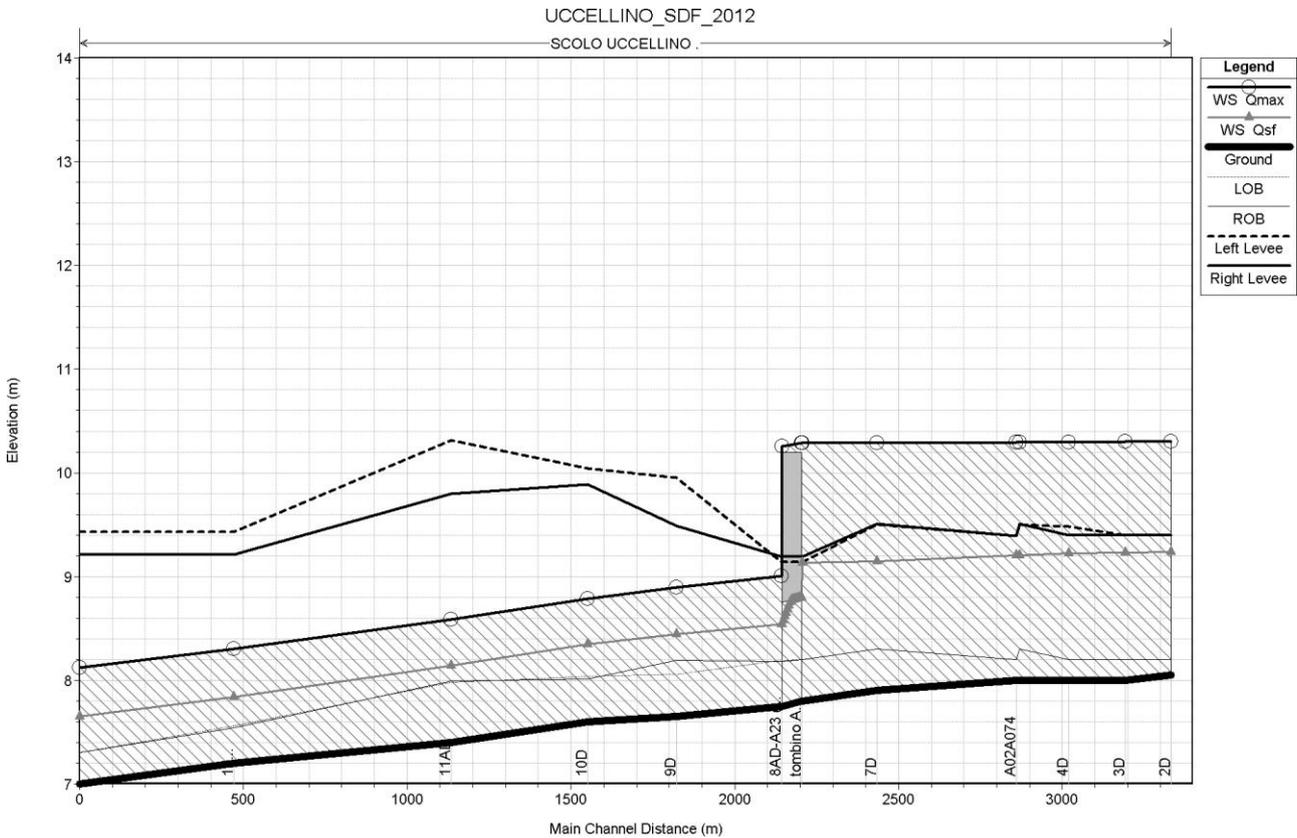
UCCELLINO\_SDF\_2012  
 RS = 9 A02A074



UCCELLINO\_SDF\_2012  
 RS = 5.5 Culiv tombino A23



**FIGURA 7-51: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER QMAX ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'INTERFERENZA NELLO STATO DI FATTO**



**FIGURA 7-52: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX NELLO STATO DI FATTO**

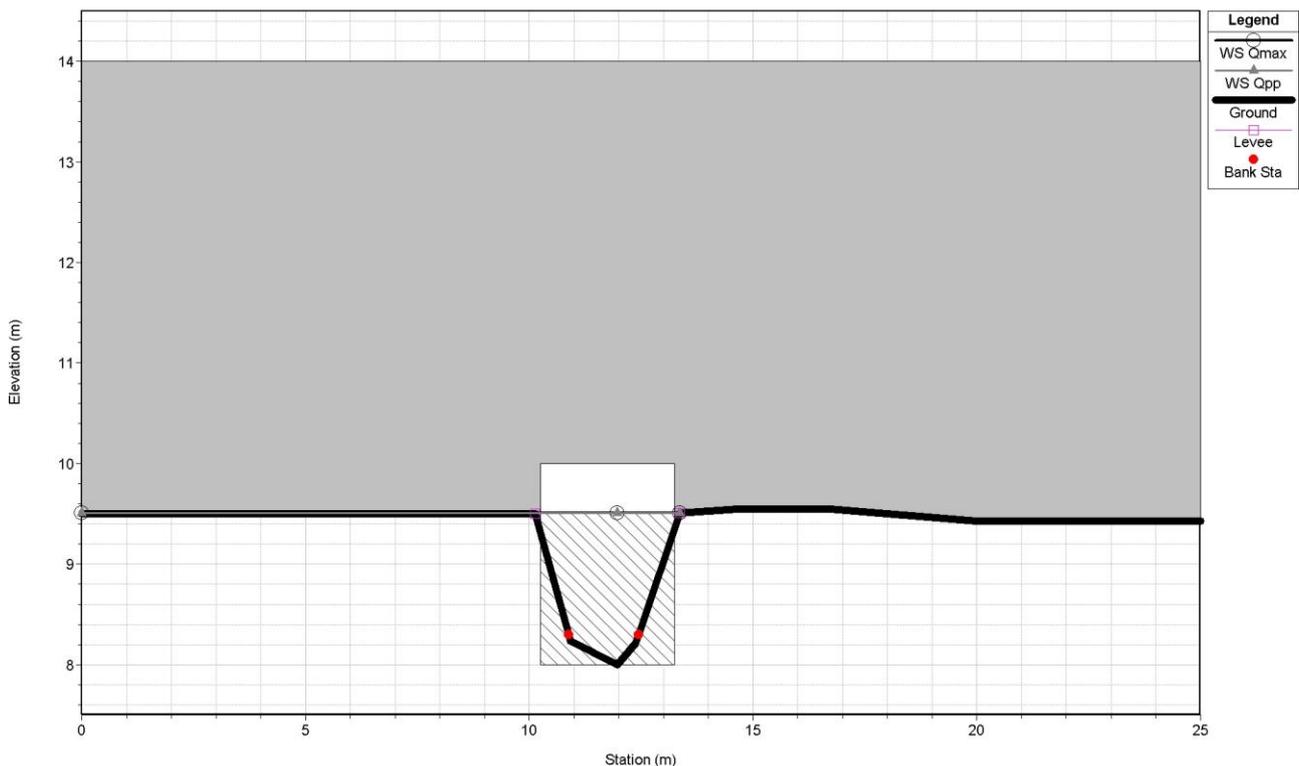
**Risultati delle analisi nello Stato di Progetto**

Si riporta il confronto dei risultati delle analisi nello Stato di Fatto e Stato di Progetto espressi in forma tabellare e relativi alle principali grandezze idrauliche; a seguire si riportano i risultati delle analisi nello Stato di Progetto sotto forma di profilo inviluppo dei livelli idrometrici raggiunti dalla piena di riferimento per la configurazione geometrica di progetto e la sezione trasversale del corso d'acqua in corrispondenza del manufatto di attraversamento.

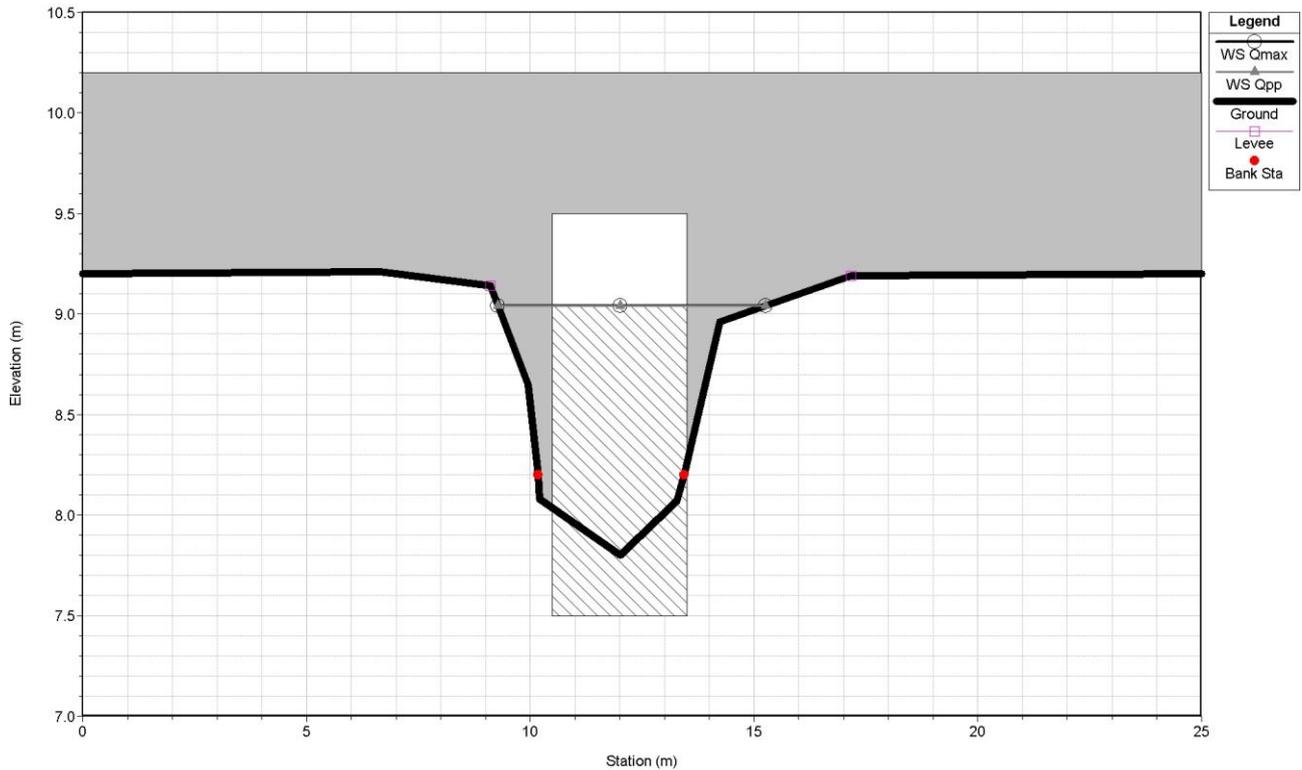
Sezioni	Sezioni H-C	Parziali	Progres sive	Quota fondo	Penden za	Portata Qmax	Livello SF	Livello SP	Velocità SF	Velocità SP	Energia SF	Energia SP	Froude SF	Froude SP
		(m)		(m)	(m/m)	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)		
2D	14	141	141	8.05	0.0004	1.80	10.30	9.57	0.12	0.34	10.30	9.58	0.03	0.09
3D	13	173	314	8.00	0.0000	1.80	10.30	9.55	0.16	0.40	10.30	9.56	0.03	0.10
4D	12	35	349	8.00	0.0000	1.80	10.30	9.52	0.12	0.43	10.30	9.53	0.03	0.11
Cispadana (monte)	10	5	354	8.00	0.0000	1.80	10.29	9.50	0.15	0.70	10.30	9.52	0.03	0.19
	9.1	230	584	8.00	0.0004	1.80		9.50		0.70		9.52		0.19
tombino Autostrada Cispadana	9		584				10.29		0.14		10.30		0.03	
Cispadana (valle)	8.9	5	589	7.90	0.0000	1.80		9.48		0.68		9.50		0.19
Cispadana (valle)	8	310	899	7.90	0.0000	1.80		9.47		0.71		9.50		0.19
7D	7	227	1126	7.90	0.0004	1.80	10.29	9.17	0.15	0.94	10.29	9.21	0.03	0.29
8D-A23 (monte)	6	64	1190	7.80	0.0008	1.80	10.29	9.04	0.09	0.48	10.29	9.05	0.02	0.15
tombino Autostrada A13	5.5		1190											
8AD-A23 (valle)	5	320	1510	7.75	0.0003	1.80	9.00	9.00	0.49	0.49	9.02	9.02	0.15	0.15
9D	4	271	1781	7.65	0.0002	1.80	8.89	8.89	0.45	0.45	8.90	8.90	0.14	0.14
10D	3	419	2200	7.60	0.0005	1.80	8.79	8.79	0.51	0.51	8.80	8.80	0.16	0.16
11AD	2	663	2863	7.40	0.0003	1.80	8.59	8.59	0.50	0.50	8.60	8.60	0.17	0.17
12D	1	470	3333	7.20	0.0004	1.80	8.30	8.30	0.48	0.48	8.31	8.31	0.16	0.16
12D	0.1		3333	7.00		1.80	8.12	8.12	0.46	0.46	8.13	8.13	0.15	0.15

TABELLA 7-11: PRINCIPALI PARAMETRI IDRAULICI A CONFRONTO PER LE SINGOLE SEZIONI NELLO SF E SP

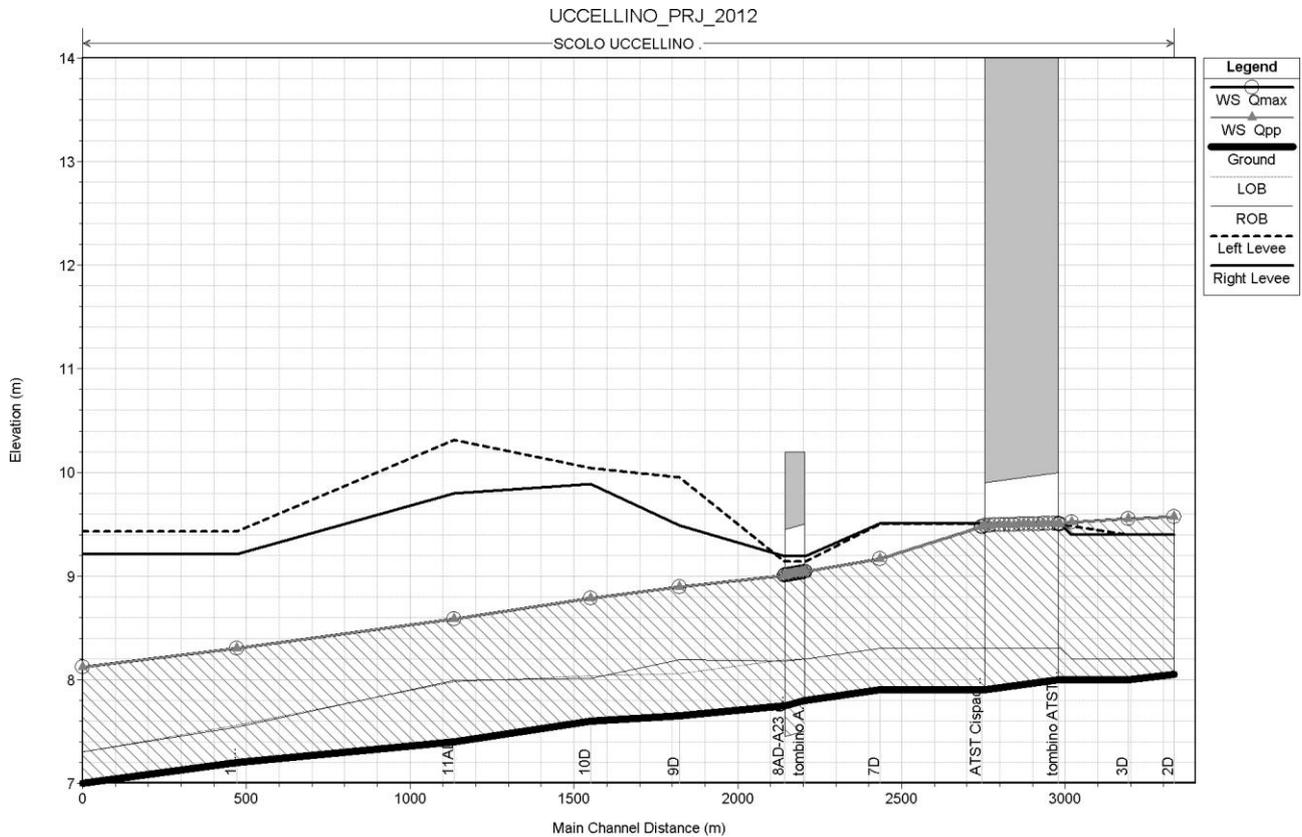
UCCELLINO\_PRJ\_2012  
RS = 9 Culv. tombino ATST Cispadana



UCCELLINO\_PRJ\_2012  
 RS = 5.5 Culv tombino A23



**FIGURA 7-53: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER QMAX ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'INTERFERENZA NELLO STATO DI PROGETTO**



**FIGURA 7-54: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX NELLO STATO DI PROGETTO**

Lo Scolo Uccellino Nord è recettore finale del contributo di scarico di 1 impianto di depurazione per una portata complessiva di 20 l/sec che di fatto incrementa il valore della Qmax del 1,1%, valore trascurabile che non si apprezza nell'osservazione dei profili di rigurgito.

E' stato previsto l'inserimento di un clapet in corrispondenza dello scarico dell'impianto per evitare fenomeni di rigurgito, in quanto la quota di scarico risulta minore rispetto alla quota raggiunta dalla Qmax.

## 7.13. TRAVERSA CECCHINA

### 7.13.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale

La Traversa Cecchina è un canale promiscuo appartenente al bacino del Canale Cembalina; ha origine dal Raccogliore Bosco Nuovo in fregio alla SS Porrettana allo svincolo di quest'ultima con la SS Ferrara mare, scorre in adiacenza alla strada e poi attraversa l'autostrada A13, poco prima dello svincolo Ferrara sud, prosegue verso sud nella campagna aperta e confluisce nello Scolo Uccellino alla via Imperiale dopo aver percorso una lunghezza di circa 1864 m. Il canale, nel tratto d'interferenza, scorre tombinato al di sotto del rilevato dello svincolo Ferrara sud, oltre questo la sezione è naturale in scavo.



L'interferenza è causata dal sovrappasso dell'autostrada che attraversa il canale con asse ortogonale rispetto alla direzione della corrente; il passaggio avviene con sezione stradale in rilevato basso allo svincolo di Ferrara sud in Comune di Ferrara.

La Traversa Cecchina presenta, nel tratto di attraversamento, una sezione trapezia di base maggiore 6.64m base minore 4.28m ed altezza minima 1,36m; la quota di fondo in corrispondenza dell'attraversamento è posta a 8.06 msm mentre la quota della sponda più depressa vale 9.42 msm.

CODICE	<b>A02A075</b>
NOME	<b>TRAVERSA CECCHINA</b>
PROPRIETA'	<i>demaniale</i>
ENTE GESTORE	<i>Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara</i>
LOCALITA'	<i>Ferrara sud</i>
COMUNE	<i>Ferrara</i>
PROVINCIA	<i>Ferrara</i>

CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE	BACINO (m <sup>2</sup> )	
	LUNGHEZZA (m)	1864
	SORGENTE	<i>scoli campagna</i>
	FOCE	<i>Scolo Uccellino Nord</i>
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	<i>rettilineo</i>
	TIPO SEZIONE	<i>in scavo</i>
	TIPO ALVEO	<i>alveo in terra di forma trapezoidale con fondo largo e sponde ripide B&gt;H</i>
	EROSIONI	<i>assenza di erosioni spondali</i>
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	<i>secondario</i>
	USO	<i>promiscuo</i>
	GRANULOMETRIA	<i>limi e argille</i>
	AMBIENTE FLUVIALE	<i>canale rinaturalizzato - vegetazione spondale erbacea - assenza di fascia riparia e di fauna - tombino esistente per attraversamento Raccordo</i>
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	<i>area industriale e campagna coltivata a frutteti con cascine agricole isolate</i>
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI AL CONTRONO	<i>corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle e livello a piene rive</i>
	SCABREZZA	27-30
	Gauckler-Strickler	
NOTE		

### 7.13.2. Descrizione dell'intervento

L'intervento prevede la risoluzione dell'interferenza attraverso l'esecuzione delle seguenti opere:

- realizzazione di tombino scatolare in calcestruzzo armato: viene conservato l'assetto planimetrico del canale con la sola esclusione dei modesti tratti di adattamento all'imbocco e sbocco; la sezione idraulica viene mantenuta. Il tombino, di dimensioni B=4.0m H=2.5m, viene realizzato in asse al canale e sprofondato di 30 cm, rispetto al fondo attuale, per garantire futuri interventi di manutenzione. E' previsto il prolungamento del tombino per 5m a monte e valle dell'attraversamento;
- difesa spondale agli imbocchi del tombino: è prevista la realizzazione di una difesa di fondo e sponde del canale mediante posa di mantellata in pietrame di cava di pezzatura 100-300 kg in spessore di 1.0m

intasati di calcestruzzo; la difesa avrà uno sviluppo longitudinale di 5 m a monte e valle del tombino;

- piste di servizio: è prevista la realizzazione di rampe di raccordo tra le capezzagne disposte sulle sponde del canale ed il tombino esterno alla recinzione al fine di consentire il passaggio di sponda ai mezzi consorziali.

L'attraversamento autostradale è compatibile con i deflussi della Traversa Cecchina; il tombino permette il transito della portata a piene rive con franco d'aria modesto in quanto non risulta possibile aumentare la livelletta del raccordo autostradale esistente. Il deflusso delle acque avviene a pelo libero anche nella sezione chiusa e non è ammesso il funzionamento in pressione.

### **7.13.3. Verifiche idrauliche**

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

Le portate di riferimento adottate per la modellazione idraulica, secondo lo schema definito, si riferiscono a quelle massime sostenibili all'interno della configurazione attuale del canale nell'intero tratto modellato descritto attraverso le sezioni topografiche rilevate per la progettazione definitiva; come si evincerà nel seguito la portata massima lungo l'asta risulta talvolta inferiore a quella localizzata nella sezione d'interferenza e ciò è dovuto alla non uniformità della sezione del canale. Nell'ambito della valutazione delle portate massime si sono ignorate, a favore di sicurezza, le singolarità che limitano le portate allo stato attuale quali tombini, ponticelli, depressioni di sponda/argine che potranno nel tempo essere adeguati all'ufficiosità idraulica del canale.

La portata di riferimento è quindi la portata massima sostenibile pari a  $Q_{max} = 2.50 \text{ m}^3/\text{s}$ .

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:

- caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo,
- caratteristiche morfologiche e geometriche del tratto d'alveo e brusche variazioni di geometria della sezione;
- 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.

### **Scenari simulati**

Ai fini modellistici, le condizioni di riferimento per la verifica dei tombini di progetto sono le seguenti:

- stato di fatto: considera la morfologia attuale del corso d'acqua, senza l'introduzione di alcuna opera in progetto;
- stato di progetto: prevede l'introduzione del manufatto di attraversamento compreso le eventuali deviazioni e come portata la  $Q_{max}$  dello stato di fatto.

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 (2011), 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: moto uniforme
- scabrezza secondo Gauckler-Strickler pari a 20-25  $m^{1/3}/sec$  differenziata tra sponde e alveo.

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 rilevate le velocità medie della corrente nei singoli tratti dell'alveo sia in condizioni di alveo attuale che di progetto.

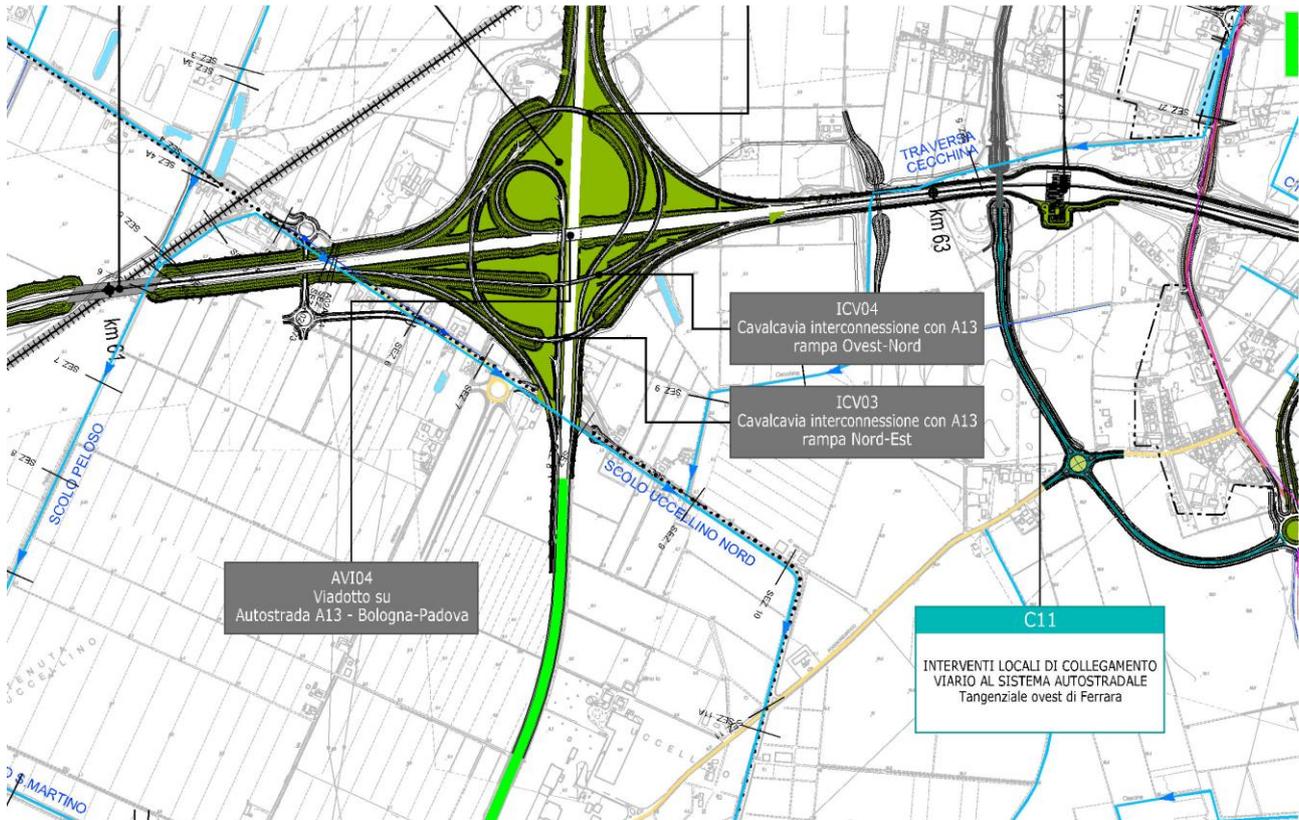
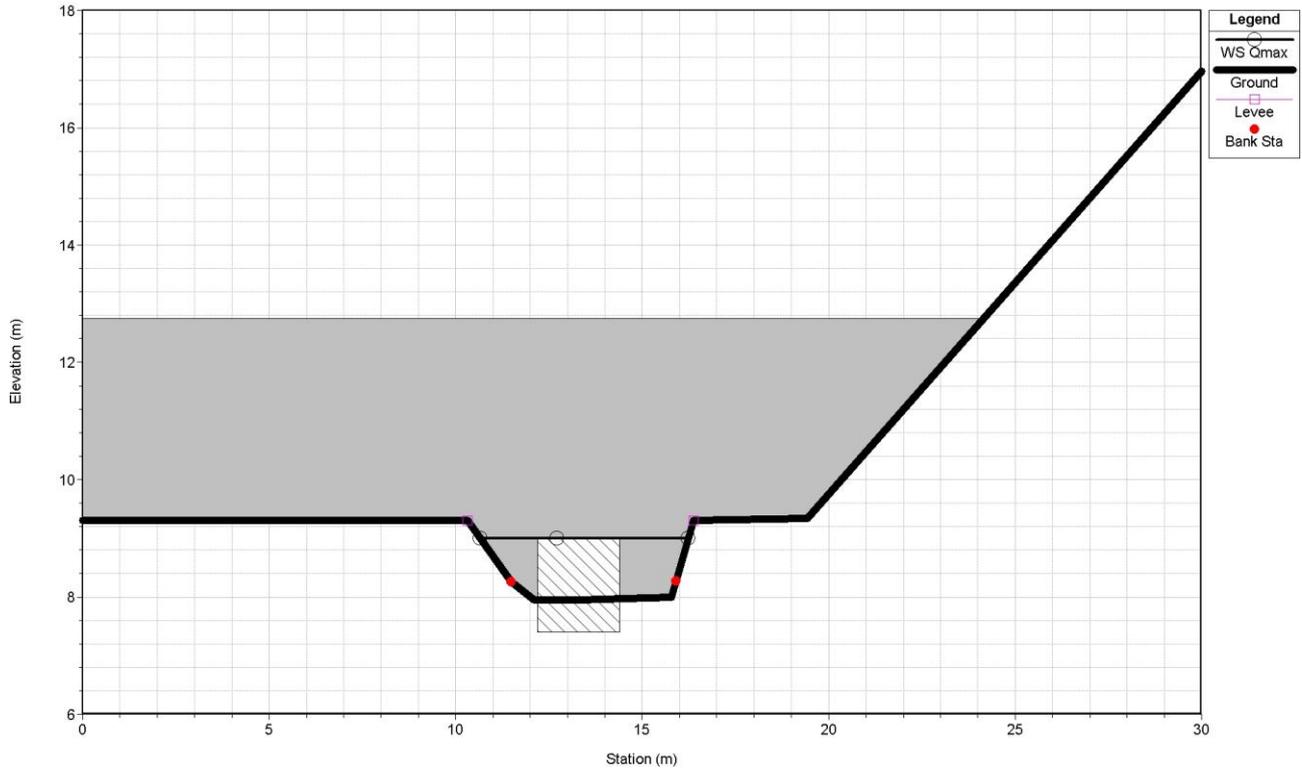


FIGURA 7-55: TRATTO DELLA TRAVERSA CECCHINA SIMULATO

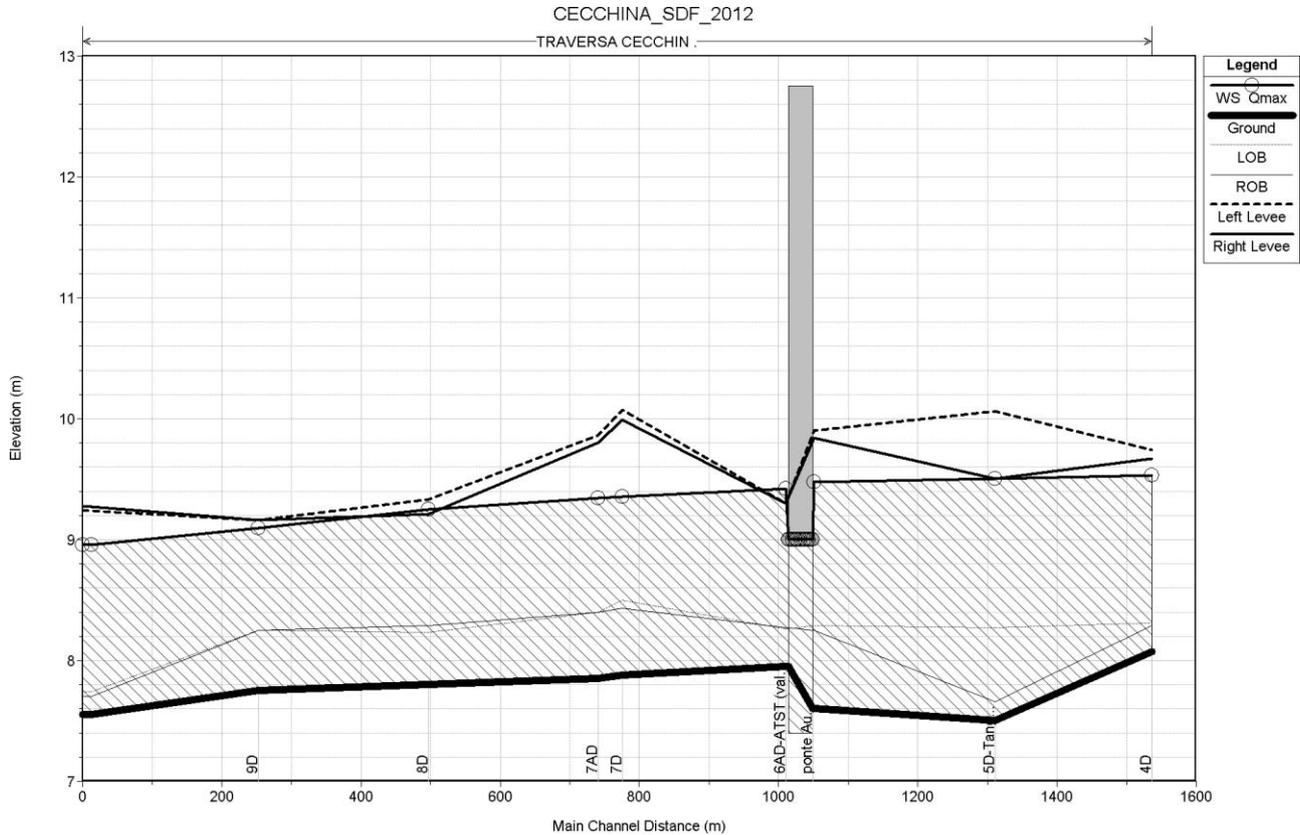
### Risultati delle analisi nello Stato di Fatto

Si riportano i risultati delle analisi nello Stato di Fatto sotto forma di profilo involucro dei livelli idrometrici raggiunti dalla piena di riferimento per la configurazione geometrica attuale e la sezione trasversale del corso d'acqua posta subito a valle della futura interferenza.

CECCHINA\_SDF\_2012  
 RS = 6.5 Culv. ponte Autostrada



**FIGURA 7-56: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER QMAX ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'INTERFERENZA NELLO STATO DI FATTO**



**FIGURA 7-57: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX NELLO STATO DI FATTO**

### **Risultati delle analisi nello Stato di Progetto**

Si riporta il confronto dei risultati delle analisi nello Stato di Fatto e Stato di Progetto espressi in forma tabellare e relativi alle principali grandezze idrauliche; a seguire si riportano i risultati delle analisi nello Stato di Progetto sotto forma di profilo inviluppo dei livelli idrometrici raggiunti dalla piena di riferimento per la configurazione geometrica di progetto e la sezione trasversale del corso d'acqua in corrispondenza del manufatto di attraversamento.

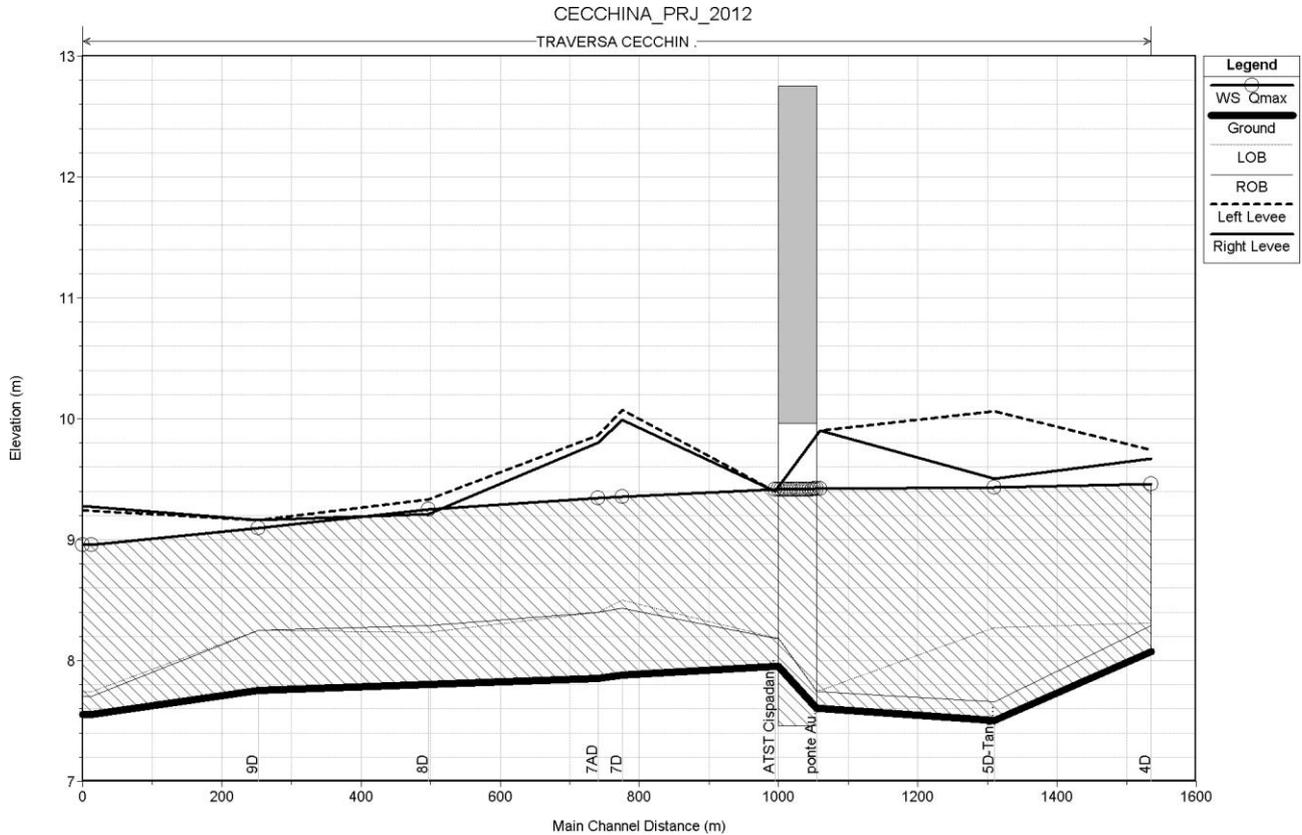
Sezioni	Sezioni H-C	Parziali (m)	Progres sive	Quota fondo (m)	Penden za (m/m)	Portata Qmax (m3/s)	Livello SF (m)	Livello SP (m)	Velocità SF (m/s)	Velocità SP (m/s)	Energia SF (m)	Energia SP (m)	Froude SF	Froude SP
4D	9	225	225	8.07	0.0025	2.50	9.53	9.46	0.62	0.66	9.54	9.48	0.17	0.18
5D- Tangenziale FE (valle)	8	250	475	7.50	-0.0004	2.50	9.50	9.43	0.31	0.32	9.51	9.44	0.08	0.08
Cispadana (monte)	7	65	540	7.60	-0.0054	2.50	9.47	9.42	0.36	0.27	9.48	9.43	0.10	0.06
tombino Autostrada Cispadana	6.5		540											
Cispadana (valle)	6	220	760	7.95	0.0003	2.50	9.42	9.41	0.36	0.34	9.43	9.42	0.10	0.09
7D	5	34	794	7.88	0.0009	2.50	9.35	9.35	0.60	0.60	9.37	9.37	0.17	0.17
7AD	4	244	1038	7.85	0.0002	2.50	9.34	9.34	0.58	0.58	9.35	9.35	0.16	0.16
8D	3	245	1283	7.80	0.0002	2.50	9.25	9.25	0.51	0.51	9.26	9.26	0.14	0.14
9D	2	239	1522	7.75	0.0008	2.50	9.09	9.09	0.88	0.88	9.12	9.12	0.27	0.27
10D	1	13	1535	7.55	0.0000	2.50	8.96	8.96	0.55	0.55	8.97	8.97	0.15	0.15
fine	0.1		1535	7.55		2.50	8.95	8.95	0.55	0.55	8.97	8.97	0.15	0.15

TABELLA 7-12: PRINCIPALI PARAMETRI IDRAULICI A CONFRONTO PER LE SINGOLE SEZIONI NELLO SF E SP

CECCHINA\_PRJ\_2012  
RS = 6.5 Culv/ ponte Autostrada



FIGURA 7-58: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER QMAX ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'INTERFERENZA NELLO STATO DI PROGETTO



**FIGURA 7-59: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX NELLO STATO DI PROGETTO**

La Traversa Cecchina è recettore finale del contributo di scarico di 1 impianto di depurazione per una portata complessiva di 80 l/sec che di fatto incrementa il valore della Qmax del 3,2%, valore trascurabile che non si apprezza nell'osservazione dei profili di rigurgito.

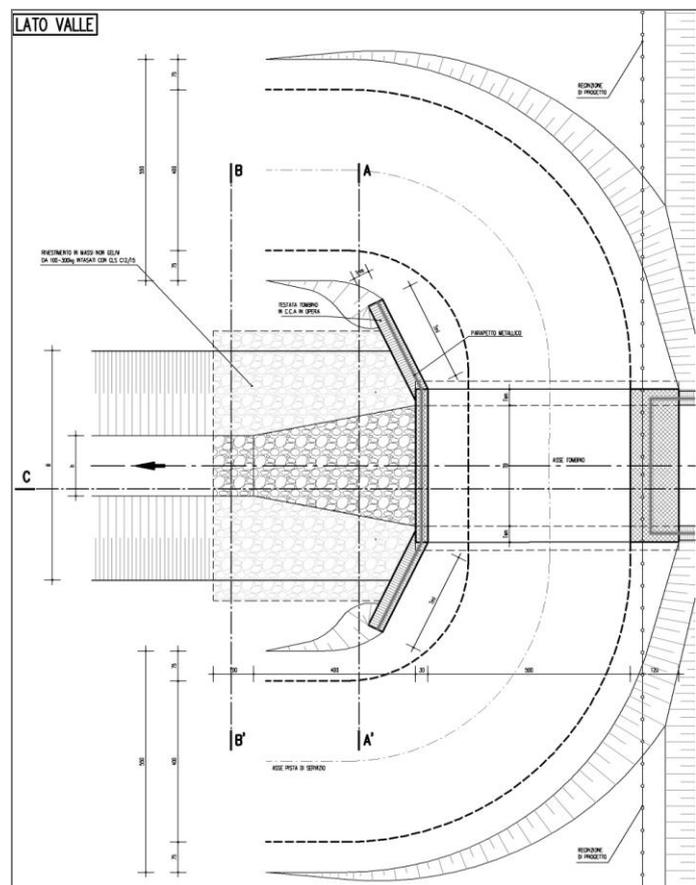
E' stato previsto l'inserimento di un clapet in corrispondenza dello scarico dell'impianto per evitare fenomeni di rigurgito, in quanto la quota di scarico risulta minore rispetto alla quota raggiunta dalla Qmax.

## 7.14. TIPOLOGIE TOMBINI SCATOLARI E DEVIAZIONI PER CANALI CONSORTILI

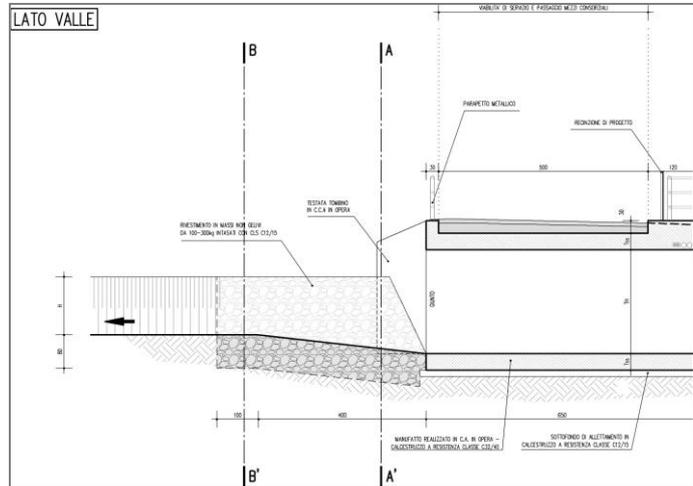
Di seguito si riportano gli schemi adottati per le risoluzioni tipologiche delle interferenze con i corsi d'acqua secondari di bonifica.

PIANTA

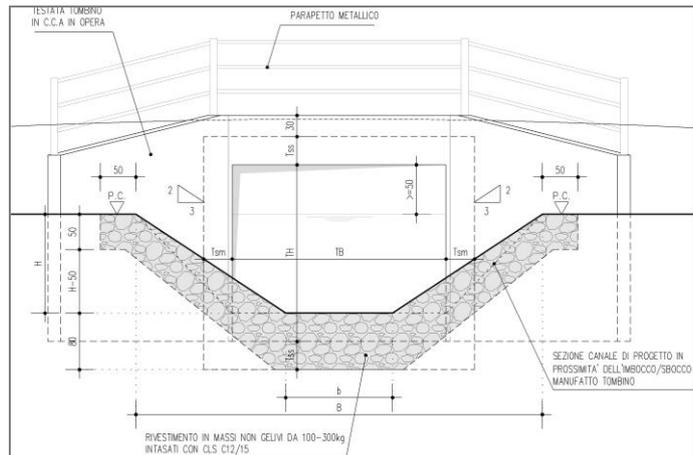
IMBOCCO TOMBINO SCATOLARE



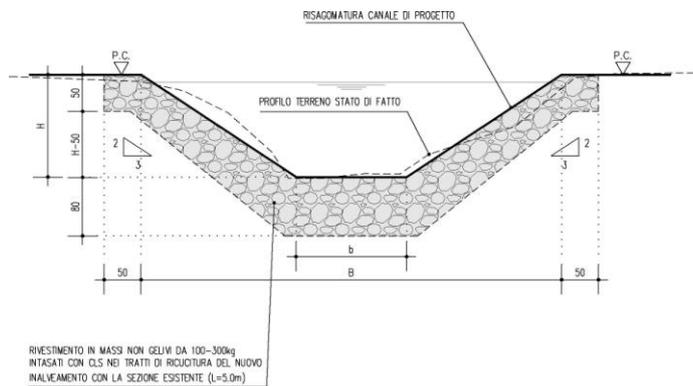
SEZIONE LONGITUDINALE  
 IMBOCCO TOMBINO SCATOLARE



SEZIONE TRASVERSALE  
 IMBOCCO TOMBINO SCATOLARE



SEZIONE TRASVERSALE  
 DEVIAZIONE CANALE IN TERRA



## **8. I CORSI D'ACQUA MINORI**

I corsi d'acqua minori indagati sono canali e fossi di larghezza a piano campagna inferiore a 3m interferiti dalle opere in progetto. Si tratta generalmente di fossi principali poderali e interpoderali che costituiscono il primo elemento di drenaggio delle campagne nei quali le acque di scolo sono convogliate attraverso le scoline (non comprese nello studio); tali fossi svolgono spesso anche la funzione irrigua e pertanto derivano per invaso le acque di irrigazione dai canali consortili attraverso opere di governo delle portate generalmente realizzate con paratoie a movimentazione manuale. Oltre ad essi ricadono nei fossi minori anche i fossi di guardia delle strade provinciali, comunali e interpoderali che costituiscono un elemento di drenaggio la cui funzione deve essere garantita.

Il progetto definitivo si è pertanto occupato di risolvere le interferenze con tutti i corsi d'acqua minori, censiti durante le indagini preliminari al progetto e rilevati anche successivamente durante la progettazione. La risoluzione delle interferenze tende a garantire la funzione sia di scolo sia di irrigazione svolta dai canali minori per fare ciò si è previsto di dare continuità a tali elementi di drenaggio con attraversamenti, realizzati con tombini circolari e rettangolari, sotto i rilevati autostradali e delle opere di collegamento connesse. In molti casi si è cercato di ridurre l'impatto su tali aste elementari di drenaggio predisponendo delle deviazioni e realizzando attraversamenti ortogonali all'asse autostradale; tale soluzione consente sia di ridurre i costi realizzando tombini di dimensioni ridotte sia di consentire la costruzione dei manufatti senza interrompere la funzionalità dei canali esistenti.

La rete di scolo ed irrigua esistente è noto essere estremamente articolata e complessa e caratterizzata da numerose interconnessioni e collegamenti regolati da manufatti di scarico ma anche di derivazione; il progetto definitivo si è pertanto occupato anche della risoluzione delle interferenze prodotte dall'opera autostradale sulla rete minore esistente che, oltre a prevedere manufatti di attraversamento, è stata attrezzata anche con fossi di gronda, posti a monte dell'autostrada e tali da raccogliere i contributi del drenaggio di campagna e convogliarli nel più vicino manufatto di attraversamento. La complessa rete dei fossi di collegamento garantisce la risoluzione delle interferenze con la rete idrica esistente; tali fossi saranno attrezzati con manufatti di derivazione/regolazione funzionali a ripristinare la funzionalità della rete sia per lo scolo sia per l'irrigazione delle campagne poste a nord e/o sud dell'autostrada. Nelle planimetrie di progetto sono rappresentati tutti i fossi di collegamento previsti e rappresentate le caratteristiche geometriche di ciascuno.

Di seguito si esaminano i fossi minori quasi tutti di proprietà privata, che interagiscono con l'autostrada ed opere di collegamento, mediante tombini circolari o scatolari di modeste dimensioni, e che sono sempre territorialmente di competenza del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara. Le verifiche di seguito enunciate

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 che di rilievo celerimetrico, sia la definizione dei parametri idraulici di contesto quali la scabrezza e la pendenza.

Gli interventi di progetto comprendono anche la realizzazione di manufatti per il governo delle portate in sostituzione di quelli esistenti che verranno demoliti; si è pertanto prevista la realizzazione di paratoie di diverso tipo in funzione dei canali su cui verranno posizionate. Non essendo disponibile, nell'attuale fase progettuale, una conoscenza minuziosa della posizione delle paratoie attuali e dei regimi idrici d'irrigazione si rimanda alla successiva fase progettuale e meglio ancora alla fase costruttiva il posizionamento corretto dei manufatti di regolazione che dovrà necessariamente essere concordato con i proprietari dei canali in relazione all'uso di scolo ed irriguo che assumeranno le campagne una volta che sarà stata realizzata l'autostrada e le relative opere connesse.

Alla stessa stregua il progetto definitivo ha trattato le interferenze con la rete irrigua interrata che si è previsto di risolvere mediante la costruzione di nuovi attraversamenti il cui posizionamento dovrà essere definito nelle future fasi progettuali e nella costruzione.

## **8.1. VERIFICHE IDRAULICHE E RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE CON I CANALI MINORI**

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 o rettangolari 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.

$$Q = AK_s R^{2/3} \sqrt{i}$$

Il valore del coefficiente di Strickler attribuito al tratto di alveo è pari a  $K_s = 20-25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ .

Nota la portata massima si è individuata la sezione di tombino adeguata ad evacuare tale portata fissando la quota di fondo del manufatto pari a quella del tombino e garantendo sempre un franco d'aria dell'ordine di

0.2-03 H dove H è l'altezza utile della sezione corrispondente al diametro nel caso di manufatti circolari od all'altezza nel caso di manufatti rettangolari.

Di seguito si riportano, in forma tabellare, le caratteristiche geometriche ed idrauliche dei corsi d'acqua minori come emergono dalle indagini condotte secondo la metodologia specificata. Nella medesima tabella si riportano anche le informazioni dei manufatti di attraversamento previsti per i quali è indicata anche la WBS di riferimento riscontrabile nelle planimetrie progettuali di dettaglio (scala 1:2000); sono indicate le dimensioni dei manufatti, le quote di posa ed il franco idraulico nonché la lunghezza della deviazione provvisoria, dove prevista, che geometricamente avrà sezione analoga a quella esistente.

Nei casi dove i corsi d'acqua minori sono stati individuati come recettori delle acque scaricate dalla piattaforma autostradale, opportunamente depurate, si è sempre previsto l'inserimento di un clapèt in corrispondenza dello sbocco della tubazione posta a valle dell'impianto di trattamento. Il manufatto regolatore è stato previsto per evitare fenomeni di rigurgito all'interno dell'impianto di trattamento, in quanto la quota di scarico risulta minore rispetto alla quota raggiunta dalla Q sostenibile del canale recettore.

I corsi d'acqua minori per i quali occorre prevedere il clapèt sono:

Fosso Selvabella,

Fossetta Bratellari,

Fosso (pk 40+030)

Fosso ovest via Chiesa

Fosso S. Donnino

Fosso nord strada Imperiale

RELAZIONE IDRAULICA PER LA RETE IDRICA GESTITA DAL CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA

COD PD	NOME RILIEVO	OPERA	bmin (m)	Bmax (m)	H0 (msm)	Hmin (msm)	Hmax (msm)	i (%)	Qrif (m3/s)	Vrif (m/s)	TOMBINO WBS	TOMBINO DESCRIZIONE	PROGR NUMERICA	LARGH (m)	ALTEZZ A (m)	LUNGH (m)	FONDO (msm)	H INTRA (msm)	FRANCO (m)	DEV PROV L
A02A201	FOSSO 1	A31	0.30	1.36	14.90	15.30	15.44	0.0002	0.036	0.11	A31ATS25	TOMBINO SCATOLARE	35,175.25	1.5	1.0	78	14.70	15.70	0.40	
A02A202	FOSSO SELVABELLA	A31	0.31	1.70	13.15	13.89	14.05	0.0002	0.108	0.14	A31ATS26	TOMBINO SCATOLARE	35,560.70	1.5	1.5	82	12.95	14.45	0.56	143.0
A02A203	FOSSO OVEST SELVABELLA 3	A31	0.32	1.26	13.92	14.23	14.50	0.0002	0.023	0.10	A31ATCB6	TOMBINO CIRCOLARE	35,807.90		0.8	86	13.82	14.62	0.39	
A02A204	FOSSO EST SELVABELLA 4	A31	0.35	1.50	13.77	14.32	14.37	0.0002	0.065	0.13	A31ATCB7	TOMBINO CIRCOLARE	35,863.02		1.0	85	13.67	14.67	0.35	
A02A101	FOSSO	A31	0.42	2.09	12.84	13.60	13.80	0.0002	0.149	0.16	A31ATCB8	TOMBINO CIRCOLARE	36,244.35		1.2	70	12.74	13.94	0.34	138.0
A02A206	FOSSO OVEST PODERALE 6	A33	0.25	1.55	12.88	13.24	13.44	0.0002	0.033	0.10	A33ATCB9	TOMBINO CIRCOLARE	36,475.38		0.8	73	12.78	13.58	0.34	126.0
A02A208	FOSSETTA BRATELLARI	A33	0.77	2.80	12.15	13.00	13.01	0.001	0.614	0.40	A33ATS27	TOMBINO SCATOLARE	36,655.08	2.0	1.5	81	11.95	13.45	0.45	139.0
A02A209	FOSSO EST PODERALE 9	A33	0.44	1.28	12.25	12.84	12.94	0.0002	0.066	0.13	A33ATCC0	TOMBINO CIRCOLARE			1.0	6	12.15	13.15	0.31	
A02A210	FOSSO 10	A33	0.45	2.00	11.92	12.47	12.64	0.0002	0.091	0.14	A33ATCC1	TOMBINO CIRCOLARE	36,849.90		1.0	55	11.82	12.82	0.35	
A02A211	FOSSO OVEST ROVERI 11	A33	0.35	1.75	12.10	12.78	12.83	0.0002	0.102	0.14	A33ATS29	TOMBINO SCATOLARE	37,175.75	1.5	1.0	52	12.00	13.00	0.22	
A02A102	FOSSO	A33	0.30	1.50	12.08	12.45	12.45	0.0002	0.035	0.105	A33ATS59	TOMBINO SCATOLARE	37,570.44	1.5	1.0	52	11.88	12.88	0.43	94.0
A02A137	FOSSO	A33	0.30	1.50	12.08	12.45	12.45	0.0002	0.035	0.105	A33ATS62	TOMBINO SCATOLARE		1.5	1.0	6	11.88	12.88	0.43	
A02A213	FOSSO 13	A33	0.32	1.44	11.78	12.23	12.32	0.0002	0.046	0.12	A33ATCC4	TOMBINO CIRCOLARE	37,673.44		0.8	51	11.68	12.48	0.25	97.0
A02A120	FOSSO	A33	0.30	1.64	11.76	12.36	12.36	0.0002			A33ATCC5	TOMBINO CIRCOLARE	37,943.50		1.0	56	11.66	12.66	0.30	
A02A103	FOSSO	A33	0.30	1.90	11.75	12.10	12.20	0.0002	0.039	0.102	A33ATCC6	TOMBINO CIRCOLARE			0.8	6	11.65	12.45	0.35	

COD PD	NOME RILIEVO	OPERA	bmin (m)	Bmax (m)	H0 (msm)	Hmin (msm)	Hmax (msm)	i (%)	Qrif (m3/s)	Vrif (m/s)	TOMBINO WBS	TOMBINO DESCRIZIONE	PROGR NUMERICA	LARGH (m)	ALTEZZ A (m)	LUNGH (m)	FONDO (msm)	H INTRA (msm)	FRANCO (m)	DEV PROV L
A02A104	FOSSO	A33	0.30	1.86	11.85	12.20	12.20	0.0002	0.039	0.102	A33ATCC7	TOMBINO CIRCOLARE	38,107.04		0.8	78	11.75	12.55	0.35	109.0
A02A214	FOSSO OVEST GNOLA 14	A33	0.43	2.38	12.00	12.56	12.69	0.0002	0.108	0.14	A33ATCC8	TOMBINO CIRCOLARE	38,250.00		1.0	66	11.90	12.90	0.34	
A02A215	FOSSO EST GNOLA 15	A33	0.41	1.85	11.90	12.59	12.60	0.0002	0.114	0.15	A33ATCC9	TOMBINO CIRCOLARE	38,306.04		1.0	74	11.80	12.80	0.21	139.0
A02A217	FOSSO OVEST VIA RIGA 17	A35	0.32	1.52	12.80	13.30	13.30	0.0002	0.056	0.12	A35ATCD0	TOMBINO CIRCOLARE	38,887.67		0.8	75	12.70	13.50	0.20	146.0
A02A218	FOSSO EST VIA RIGA 18	A35	0.45	1.00	13.50	13.70	13.70	0.0002	0.011	0.08	A35ATCD1	TOMBINO CIRCOLARE	38,912.12		0.8	80	13.40	14.20	0.50	140.0
A02A220	FOSSO EST SP-43 20	A36	0.68	3.20	11.55	12.32	12.57	0.0002	0.257	0.17	A36ATCD2	TOMBINO CIRCOLARE			1.0	26	11.45	12.45	0.13	
A02A105	FOSSO	A37	0.30	1.30	11.45	11.70	11.80	0.0002	0.017	0.08	A37ATCD3	TOMBINO CIRCOLARE	39,975.02		0.8	57	11.15	11.95	0.25	
A02A221	FOSSO SUD MONSIGNORE 21	A37	0.81	3.52	10.65	11.33	11.50	0.0002	0.242	0.16	A37ATCD4	TOMBINO CIRCOLARE	40,149.76		1.0	56	10.55	11.55	0.22	
A02A106	FOSSO	A37	0.50	3.20	11.20	11.60	11.60	0.0002	0.085	0.11	A37ATCD5	TOMBINO CIRCOLARE	40,811.10		0.8	56	11.10	11.90	0.30	101.0
A02A225	FOSSO OVEST PIANTONI 26	A37	0.43	1.51	9.90	10.33	10.63	0.0002	0.049	0.12	A37ATCD6	TOMBINO CIRCOLARE	40,960.54		1.0	76	9.80	10.80	0.47	
A02A227	FOSSO OVEST RUSCONI 28	A37	0.43	1.48	9.32	9.88	10.05	0.0002	0.070	0.13	A37ATCD7	TOMBINO CIRCOLARE			1.0	6	9.22	10.22	0.34	
A02A228	FOSSO EST RUSCONI 29	A37	0.34	1.52	9.20	9.81	9.92	0.0002	0.075	0.13	A37ATCD8	TOMBINO CIRCOLARE	41,237.90		1.0	65	9.10	10.10	0.29	109.0
A02A121	FOSSO	A37	0.50	1.50	10.30	10.80	10.80	0.0002	0.064	0.13	A37ATCE0	TOMBINO CIRCOLARE			0.8	6	10.20	11.00	0.20	
A02A233	FOSSO 37	A39	0.35	1.65	9.45	10.17	10.22	0.0002	0.104	0.14	A39ATCE1	TOMBINO CIRCOLARE	42,030.59		1.0	70	9.35	10.35	0.18	
A02A234	FOSSO 38	A39	0.40	1.52	9.47	10.06	10.26	0.0002	0.075	0.13	A39ATCE2	TOMBINO CIRCOLARE	42,219.80		1.0	66	9.37	10.37	0.31	

RELAZIONE IDRAULICA PER LA RETE IDRICA GESTITA DAL CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA

COD PD	NOME RILIEVO	OPERA	bmin (m)	Bmax (m)	H0 (msm)	Hmin (msm)	Hmax (msm)	i (%)	Qrif (m3/s)	Vrif (m/s)	TOMBINO WBS	TOMBINO DESCRIZIONE	PROGR NUMERICA	LARGH (m)	ALTEZZ A (m)	LUNGH (m)	FONDO (msm)	H INTRA (msm)	FRANCO (m)	DEV PROV L
A02A235	FOSSO 39	A39	0.50	1.88	9.45	10.04	10.07	0.0002	0.099	0.14	A39ATCE3	TOMBINO CIRCOLARE	42,421.19		1.0	76	9.35	10.35	0.31	
A02A236	FOSSO SUD VIA OROLOGI	A39	0.32	0.80	9.72	10.01	10.05	0.0002	0.014	0.09	A39ATCE4	TOMBINO CIRCOLARE	42,805.90		0.8	94	9.62	10.42	0.41	
A02A237	FOSSO NORD VIA OROLOGI	A39	0.41	1.35	9.65	9.97	10.10	0.0002	0.028	0.10	A39ATCE5	TOMBINO CIRCOLARE	42,831.13		0.8	77	9.55	10.35	0.38	
A02A122	FOSSO NORD VIA OROLOGI	A39	0.41	1.35	9.65	9.97	10.10	0.0002	0.028	0.10	A39ATCE6	TOMBINO CIRCOLARE			0.8	11	9.55	10.35	0.38	
A02A238	FOSSO 16	A39	0.25	1.45	9.54	10.10	10.10	0.0002	0.059	0.12	A39ATCE7	TOMBINO CIRCOLARE	43,284.87		0.8	71	9.34	10.14	0.04	
A02A107	FOSSO	A39	0.66	1.90	9.60	10.10	10.20	0.0002	0.086	0.13	A39ATCE8	TOMBINO CIRCOLARE	43,879.69		0.8	87	9.50	10.30	0.20	
A02A030	FOSSO 18	A41	0.30	2.05	9.72	10.49	10.49	0.0002	0.138	0.15	A41ATCE9	TOMBINO CIRCOLARE	44,369.67		1.2	92	9.62	10.82	0.33	155.0
A02A031	FOSSO 19	A41	0.30	2.30	9.66	10.46	10.46	0.0002	0.165	0.16	A41ATCF0	TOMBINO CIRCOLARE	44,692.87		1.0	55	9.56	10.56	0.10	
A02A032	FOSSO 20	A41	0.30	1.03	9.70	10.30	10.30	0.0002	0.047	0.12	A41ATCF1	TOMBINO CIRCOLARE	44,805.48		0.8	58	9.60	10.40	0.10	139.0
A02A033	FOSSO 21	A41	0.30	2.10	9.23	10.13	10.13	0.0002	0.176	0.16	A41ATCF2	TOMBINO CIRCOLARE	45,063.71		1.2	54	9.13	10.33	0.20	
A02A034	FOSSO OVEST 4 TORRI 22	A41	0.30	2.35	9.76	10.39	10.77	0.0002	0.119	0.14	A41ATCF3	TOMBINO CIRCOLARE	45,615.07		1.0	55	9.66	10.66	0.27	
A02A035	FOSSO EST 4 TORRI 23	A41	0.30	1.60	10.00	10.61	10.81	0.0002	0.077	0.13	A41ATCF4	TOMBINO CIRCOLARE	45,717.73		1.0	54	9.90	10.90	0.29	
A02A037	FOSSO 25	A41	0.30	2.75	9.47	10.33	10.49	0.0002	0.221	0.17	A41ATCF5	TOMBINO CIRCOLARE	45,990.56		1.2	62	9.37	10.57	0.24	
A02A040	FOSSO 26	A43	0.30	1.45	10.02	10.66	10.74	0.0002	0.074	0.13	A43ATCF7	TOMBINO CIRCOLARE	46,886.35		0.8	59	9.92	10.72	0.06	
A02A041	FOSSO 27	A43	0.30	0.97	10.36	10.76	10.81	0.0002	0.026	0.10	A43ATCF8	TOMBINO CIRCOLARE			0.8	9	10.26	11.06	0.30	

COD PD	NOME RILIEVO	OPERA	bmin (m)	Bmax (m)	H0 (msm)	Hmin (msm)	Hmax (msm)	i (%)	Qrif (m3/s)	Vrif (m/s)	TOMBINO WBS	TOMBINO DESCRIZIONE	PROGR NUMERICA	LARGH (m)	ALTEZZ A (m)	LUNGH (m)	FONDO (msm)	H INTRA (msm)	FRANCO (m)	DEV PROV L
A02A109	FOSSO	A44	0.20	1.10	10.72	11.20	11.20	0.0002	0.034	0.11	A44ATCF9	TOMBINO CIRCOLARE	47,420.21		0.8	102	10.62	11.42	0.22	138.0
A02A110	FOSSO	A45	0.80	2.00	10.70	11.10	11.16	0.0002	0.069	0.12	A45ATS34	TOMBINO SCATOLARE	47,836.00	1.5	1.0	86	10.60	11.60	0.50	
A02A111	FOSSO	A45	0.30	1.90	10.60	11.00	11.00	0.0002	0.048	0.11	A45ATCG0	TOMBINO CIRCOLARE	48,038.78		0.8	63	10.30	11.10	0.10	
A02A044	FOSSO 28	A45	0.30	2.73	11.10	12.06	12.10	0.0002	0.257	0.18	A45ATS35	TOMBINO SCATOLARE	48,556.05	1.5	1.5	95	11.00	12.50	0.44	95.0
A02A045	FOSSO OVEST CHIESA 29	A45	0.30	2.57	11.65	12.38	12.52	0.0002	0.162	0.15	A45ATCN5	TOMBINO CIRCOLARE			1.0	7	11.55	12.55	0.17	
A02A046	FOSSO EST CHIESA 30	A45	0.30	2.33	11.67	12.42	12.45	0.0002	0.152	0.15	A45ATS36	TOMBINO SCATOLARE	48,767.95	1.5	1.0	58	11.47	12.47	0.05	103.0
A02A123	FOSSO	A45	0.50	1.50	12.00	12.50	12.50	0.0002	0.064	0.13	A45ATCG1	TOMBINO CIRCOLARE	49,481.00		0.8	52	11.90	12.70	0.20	
A02A049	FOSSO 34	A45	0.30	2.82	11.95	12.89	13.16	0.0002	0.258	0.18	A45ATS38	TOMBINO SCATOLARE	49,806.62	1.5	1.5	54	11.75	13.25	0.36	
A02A050	FOSSO OVEST SS225 35	A45	0.38	3.00	11.68	12.02	12.02	0.0002	0.058	0.10	A45ATCG2	TOMBINO CIRCOLARE	50,012.90		0.8	53	11.58	12.38	0.36	86.0
A02A124	FOSSO	A45	0.30	1.50	11.60	12.00	12.00	0.0002	0.039	0.11	A45ATCG3	TOMBINO CIRCOLARE			0.8	9	11.30	12.10	0.10	
A02A127	FOSSO	A45	0.30	1.80	10.75	11.15	11.15	0.0002	0.046	0.11	A45ATS39	TOMBINO SCATOLARE	50,501.63	1.5	1.0	49	10.55	11.55	0.40	
A02A112	FOSSO	A45	0.30	1.95	10.80	11.30	11.30	0.0002	0.070	0.12	A45ATS40	TOMBINO SCATOLARE	50,771.65	1.5	1.0	46	10.60	11.60	0.30	94.0
A02A053	FOSSO 36	A47	0.30	2.34	11.01	11.64	11.96	0.0002	0.118	0.14	A47ATCG7	TOMBINO CIRCOLARE	51,949.51		1.0	60	10.91	11.91	0.27	
A02A054	FOSSO 41	A47	0.30	4.44	10.04	11.42	11.50	0.0005	1.170	0.36	A47ATS41	TOMBINO SCATOLARE	52,162.10	2.0	2.0	82	9.84	11.84	0.34	148.0
A02A055	FOSSO 41	A47	0.50	2.24	9.70	10.60	10.60	0.0002	0.212	0.17	A47ATS42	TOMBINO SCATOLARE	52,551.77	1.5	1.0	45	9.60	10.60	0.00	

COD PD	NOME RILIEVO	OPERA	bmin (m)	Bmax (m)	H0 (msm)	Hmin (msm)	Hmax (msm)	i (%)	Qrif (m3/s)	Vrif (m/s)	TOMBINO WBS	TOMBINO DESCRIZIONE	PROGR NUMERICA	LARGH (m)	ALTEZZA A (m)	LUNGH (m)	FONDO (msm)	H INTRA (msm)	FRANCO (m)	DEV PROV L
A02A057	FOSSO EST S.DONNINO 42	A47	1.48	2.89	9.33	10.17	10.88	0.0002	0.360	0.20	A47ATS43	TOMBINO SCATOLARE	52,893.76	1.5	1.0	46	9.23	10.23	0.06	
A02A058	FOSSO SAN DONNINO 45	A47	0.30	4.54	9.08	10.09	10.43	0.0005	0.746	0.31	A47ATS44	TOMBINO SCATOLARE	53,448.57	2.0	2.0	55	8.88	10.88	0.45	97.0
A02A059	FOSSO 46	A47	2.40	3.50	9.08	9.40	9.45	0.0002	0.119	0.13	A47ATS45	TOMBINO SCATOLARE	53,771.57	1.5	1.0	53	8.98	9.98	0.53	122.0
A02A113	FOSSO	A47	0.30	2.30	8.90	9.56	9.60	0.0002	0.124	0.15	A47ATS46	TOMBINO SCATOLARE	54,083.57	1.5	1.0	56	8.80	9.80	0.20	113.0
A02A060	FOSSO OVEST ORTOLANI 47	A47	0.57	2.60	9.35	10.00	10.02	0.0005	0.250	0.24	A47ATS47	TOMBINO SCATOLARE	54,238.93	1.5	1.0	67	8.85	9.85	-0.17	98.0
A02A114	FOSSO	A47	0.50	2.00	9.25	9.62	9.62	0.0002	0.051	0.11	A47ATCG8	TOMBINO CIRCOLARE	54,556.22		1.2	48	8.35	9.55	-0.07	
A02A062	FOSSO CA' DEL BOSCO	A49	0.79	2.28	9.40	10.00	10.16	0.0002	0.140	0.15	A49ATS49	TOMBINO SCATOLARE	55,075.85	1.5	1.0	44	8.60	9.60	-0.40	106.0
A02A063	FOSSO (48)	A49	0.72	2.45	8.72	9.43	9.77	0.0002	0.184	0.16	A49ATCG9	TOMBINO CIRCOLARE	55,466.56		1.0	57	8.62	9.62	0.19	
A02A064	FOSSO 49	A49	0.30	2.15	8.75	9.60	9.60	0.0002	0.167	0.16	A49ATS50	TOMBINO SCATOLARE	56,163.69	1.5	1.0	76	8.65	9.65	0.05	
A02A115	FOSSO	A49	0.30	2.00	9.30	10.00	10.00	0.0002	0.118	0.15	A49ATCH0	TOMBINO CIRCOLARE	56,430.16		1.0	70	9.20	10.20	0.20	
A02A116	FOSSO	A49	0.30	1.70	8.35	8.70	8.70	0.0002	0.036	0.10	A49ATS51	TOMBINO SCATOLARE	56,912.31	1.5	1.0	65	7.60	8.60	-0.10	103.0
A02A066	FOSSO 50	A51	0.25	1.52	7.71	8.42	8.77	0.0002	0.086	0.14	A51ATCH2	TOMBINO CIRCOLARE			1.0	6	7.61	8.61	0.19	
A02A133	FOSSO	A51	0.50	1.80	7.45	8.00	8.00	0.0002	0.086	0.14	A51ATCH4	TOMBINO CIRCOLARE	58,261.22		0.8	60	7.35	8.15	0.15	
A02A117	FOSSO	A51	0.30	1.50	7.90	8.40	8.40	0.0002	0.054	0.12	A51ATCH5	TOMBINO CIRCOLARE	58,590.41		0.8	57	7.80	8.60	0.20	
A02A134	FOSSO	A51	0.30	2.00	8.10	8.50	8.50	0.0002	0.051	0.11	A51ATCH6	TOMBINO CIRCOLARE	59,258.81		0.8	48	8.00	8.80	0.30	

**RELAZIONE IDRAULICA PER LA RETE IDRICA GESTITA DAL CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**

COD PD	NOME RILIEVO	OPERA	bmin (m)	Bmax (m)	H0 (msm)	Hmin (msm)	Hmax (msm)	i (%)	Qrif (m3/s)	Vrif (m/s)	TOMBINO WBS	TOMBINO DESCRIZIONE	PROGR NUMERICA	LARGH (m)	ALTEZZ A (m)	LUNGH (m)	FONDO (msm)	H INTRA (msm)	FRANCO (m)	DEV PROVV L
A02A069	FOSSO (51)	A51	0.13	1.60	8.20	8.85	8.85	0.0002	0.073	0.13	A51ATCH7	TOMBINO CIRCOLARE	60,122.04		1.0	52	7.90	8.90	0.05	
A02A070	FOSSO (53)	A51	0.34	1.57	8.00	8.65	8.82	0.0002	0.085	0.14	A51ATCH8	TOMBINO CIRCOLARE	60,399.05		1.0	61	7.90	8.90	0.25	
A02A118	FOSSO	A51	0.30	1.50	7.65	8.00	8.00	0.0002	0.032	0.10	A51ATCH9	TOMBINO CIRCOLARE	60,532.48		0.8	63	7.55	8.35	0.35	
A02A071	FOSSO 54	A51	0.50	2.38	8.19	8.77	9.17	0.0002	0.119	0.14	A51ATC10	TOMBINO CIRCOLARE		1.5	1.0	8.0	8.09	9.09	0.32	
A02A074	FOSSO NORD IMPERIALE 55	A53	0.30	3.42	8.64	9.55	9.55	0.0002	0.301	0.18	A53ATS56	TOMBINO SCATOLARE	61,578.88	1.5	1.5	158	8.44	9.94	0.39	217.0
A02A119	FOSSO	A55	0.30	2.00	8.05	8.65	8.70	0.0002	0.094	0.14	A55ATS57	TOMBINO SCATOLARE	62,481.94	1.5	1.0	76	7.85	8.85	0.20	159.0
A02A303	FOSSO OVEST PIANTONI 26	S04	0.6	2.90	9.40	9.80	10.13	0.0002	0.082	0.12	S04STC11	TOMBINO CIRCOLARE			0.8	71.0	9.30	10.10	0.30	124.0
A02A304	FOSSO EST PIANTONI 27	S04	0.4	2.30	9.17	9.97	10.08	0.0002	0.175	0.16	S04STS01	TOMBINO SCATOLARE		1.5	1.5	77.0	8.97	10.47	0.50	130.0
A02A380	FOSSO	S05	0.36	1.73	11.09	11.47	11.62	0.0002	0.043	0.11	S05STS02	TOMBINO SCATOLARE		1.5	1.5	60.0	10.89	12.39	0.92	
A02A382	FOSSO	S05	0.38	1.77	11.43	12.04	12.11	0.0002	0.090	0.14	S05STC12	TOMBINO CIRCOLARE			1.0	27.0	11.33	12.33	0.29	
A02A387	FOSSO	S05	0.38	1.77	11.43	12.04	12.11	0.0002	0.090	0.14	S05STC13	TOMBINO CIRCOLARE			1.0	20.0	11.33	12.33	0.29	
A02A390	FOSSO	I02	0.30	2.20	8.25	8.70	8.80	0.0002	0.066	0.12	I02ITS02	TOMBINO SCATOLARE		1.5	1.0	23.0	8.05	9.05	0.35	
A02A391	FOSSO	S06	0.50	3.00	8.60	9.20	9.20	0.0010	0.225	0.21	S06STS03	TOMBINO SCATOLARE		1.5	1.0	52.0	8.40	9.40	0.20	
A02A392	FOSSO	S06	0.50	1.80	8.30	8.80	8.80	0.0010	0.114	0.20	S06STC14	TOMBINO CIRCOLARE			0.8	35	8.20	9.00	0.20	
A02A393	FOSSO	S06	0.50	3.50	7.60	8.20	8.20	0.0010	0.255	0.21	S06STS04	TOMBINO SCATOLARE		1.5	1.0	52.0	7.40	8.40	0.20	

**RELAZIONE IDRAULICA PER LA RETE IDRICA GESTITA DAL CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**

COD PD	NOME RILIEVO	OPERA	bmin (m)	Bmax (m)	H0 (msm)	Hmin (msm)	Hmax (msm)	i (%)	Qrif (m3/s)	Vrif (m/s)	TOMBINO WBS	TOMBINO DESCRIZIONE	PROGR NUMERICA	LARGH (m)	ALTEZZ A (m)	LUNGH (m)	FONDO (msm)	H INTRA (msm)	FRANCO (m)	DEV PROV L
A02A410	FOSSO OVEST SELVABELLA 3	V31	0.32	1.26	13.92	14.23	14.50	0.0002	0.023	0.10	V31VTCA8	TOMBINO CIRCOLARE			0.8	7.0	13.82	14.62	0.39	
A02A411	FOSSO EST SELVABELLA 4	V31	0.35	1.50	13.77	14.32	14.37	0.0002	0.065	0.13	V31VTCA9	TOMBINO CIRCOLARE			1.0	7.0	13.67	14.67	0.35	
A02A414	FOSSO OVEST GNOLA 14	V33	0.43	2.38	12.00	12.56	12.69	0.0002	0.108	0.14	V33VTCB0	TOMBINO CIRCOLARE			1.0	8.0	11.90	12.90	0.34	
A02A415	FOSSO EST GNOLA 15	V33	0.41	1.85	11.90	12.59	12.60	0.0002	0.114	0.15	V33VTCB1	TOMBINO CIRCOLARE			1.0	7.0	11.80	12.80	0.21	
A02A417	FOSSO EST GNOLA 15	V33	0.41	1.85	11.90	12.59	12.60	0.0002	0.114	0.15	V33VTCB2	TOMBINO CIRCOLARE			1.0	7.0	11.80	12.80	0.21	
A02A418	FOSSO SUD MONSIGNORE 21	V49	0.81	3.52	10.65	11.33	11.50	0.0002	0.242	0.16	V49VTCB4	TOMBINO CIRCOLARE			1.0	6.0	10.55	11.55	0.22	
A02A419	FOSSO SUD MONSIGNORE 21	V49	0.81	3.52	10.65	11.33	11.50	0.0002	0.242	0.16	V49VTCB5	TOMBINO CIRCOLARE			1.0	6.0	10.55	11.55	0.22	
A02A422	FOSSO SUD MONSIGNORE 21	V34	0.45	1.00	13.50	13.70	13.70	0.0002	0.011	0.08	V34VTCB6	TOMBINO CIRCOLARE			0.8	6	13.40	14.20	0.50	
A02A402	FOSSO EST SP6 25	V35	0.4	1.4	11.28	11.57	11.57	0.0002	0.025	0.09	V35VTCB7	TOMBINO CIRCOLARE			0.8	13.0	11.18	11.98	0.41	
A02A403	FOSSO	V35	0.5	2.4	10.50	11.00	11.00	0.0002	0.095	0.13	V35VTCB8	TOMBINO CIRCOLARE			1.0	21.0	10.40	11.40	0.40	
A02A404	FOSSO	V35	0.3	1.9	11.20	11.70	11.70	0.0002	0.068	0.12	V35VTCB9	TOMBINO CIRCOLARE			0.8	16.0	11.10	11.90	0.20	
A02A405	FOSSO	V35	0.5	2.7	10.90	11.40	11.40	0.0002	0.105	0.13	V35VTCC0	TOMBINO CIRCOLARE			0.8	14.0	10.80	11.60	0.20	
A02A406	FOSSO	V35	0.5	2.4	10.50	11.00	11.00	0.0002	0.095	0.13	V35VTCC1	TOMBINO CIRCOLARE			1.0	14.0	10.40	11.40	0.40	
A02A486	FOSSO OVEST 4 TORRI 22	V36	0.30	1.62	9.61	10.32	10.56	0.0002	0.096	0.14	V36VTCC2	TOMBINO CIRCOLARE			1.0	7.0	9.51	10.51	0.19	
A02A487	FOSSO EST 4 TORRI 23	V36	0.40	2.21	9.62	10.18	10.58	0.0002	0.099	0.14	V36VTCC3	TOMBINO CIRCOLARE			1.0	8.0	9.52	10.52	0.34	

RELAZIONE IDRAULICA PER LA RETE IDRICA GESTITA DAL CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA

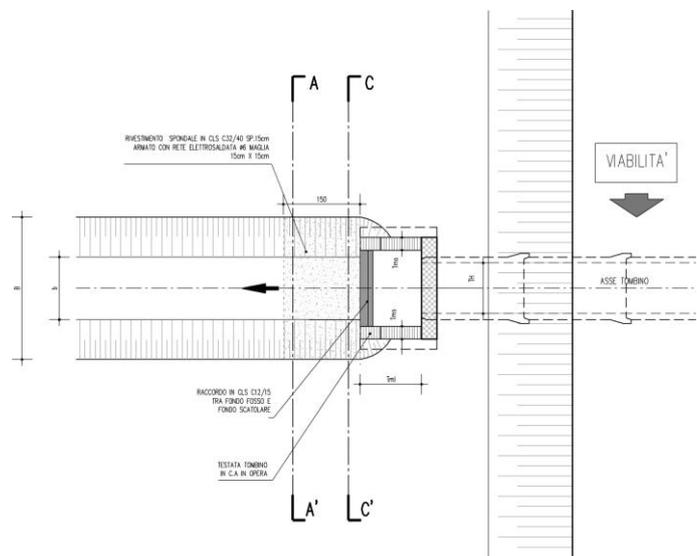
COD PD	NOME RILIEVO	OPERA	bmin (m)	Bmax (m)	H0 (msm)	Hmin (msm)	Hmax (msm)	i (%)	Qrif (m3/s)	Vrif (m/s)	TOMBINO WBS	TOMBINO DESCRIZIONE	PROGR NUMERICA	LARGH (m)	ALTEZZ A (m)	LUNGH (m)	FONDO (msm)	H INTRA (msm)	FRANCO (m)	DEV PROVV L
A02A499	FOSSO	V38	0.30	2.00	11.20	11.65	11.65	0.0002	0.061	0.12	V38VTCC4	TOMBINO CIRCOLARE			0.6	19.0	11.10	11.70	0.05	
A02A488	FOSSO	V39	0.30	1.77	11.76	12.41	12.45	0.0002	0.093	0.14	V39VTCC5	TOMBINO CIRCOLARE			1.0	14.0	11.66	12.66	0.25	
A02A407	FOSSO	V42	0.3	1.9	9.20	9.95	9.95	0.0002	0.123	0.15	V42VTCC6	TOMBINO CIRCOLARE			1.0	30.0	9.10	10.10	0.15	
A02A408	FOSSO	V42	0.3	2.4	9.20	9.80	9.80	0.0002	0.112	0.14	V42VTS13	TOMBINO SCATOLARE		1.5	1.0	50.0	9.10	10.10	0.30	
A02A424	FOSSO NORD IMPERIALE	V44	0.30	3.42	8.64	9.40	9.55	0.0010	0.338	0.24	V44VTS14	TOMBINO SCATOLARE		1.5	1.5	64	8.44	9.94	0.54	
A02A427	FOSSO NORD IMPERIALE	V44	0.30	3.42	8.64	9.40	9.55	0.0010	0.338	0.24	V44VTS17	TOMBINO SCATOLARE		1.5	1.5	66	8.44	9.94	0.54	
FE4A003	FOSSO	C11	0.30	1.80	9.50	10.00	10.00	0.0002	0.065	0.12	C11CTC25	TOMBINO CIRCOLARE	952.77		0.8	31.0	9.40	10.20	0.20	63.0
FE4A006	FOSSO	C11	0.30	1.50	10.40	10.90	11.10	0.0002	0.054	0.12	C11CTC26	TOMBINO CIRCOLARE	161.80		0.8	16.0	10.30	11.10	0.20	
FE4A004	FOSSO OVEST "PORETTANA"	C11	0.30	1.50	9.10	9.50	9.50	0.0002	0.039	0.11	C11CTS11	TOMBINO SCATOLARE	585.00	1.5	1.0	66	8.90	9.90	0.40	

## 8.2. TIPOLOGIE TOMBINI CIRCOLARI E DEVIAZIONI PER FOSSI PRIVATI

Di seguito si riportano gli schemi adottati per le risoluzioni tipologiche delle interferenze con i corsi d'acqua minori di proprietà privata.

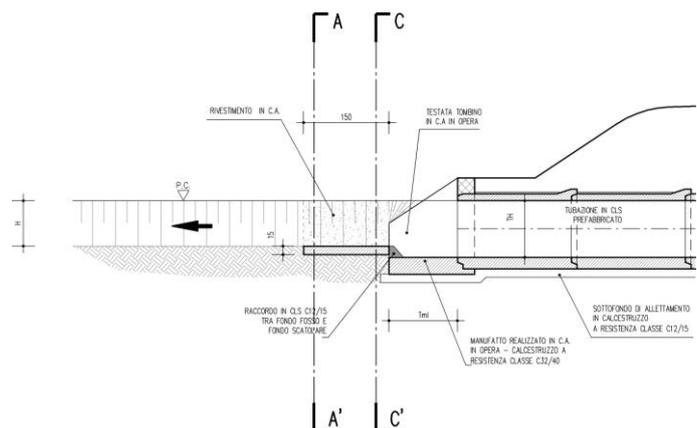
PIANTA

IMBOCCO TOMBINO CIRCOLARE



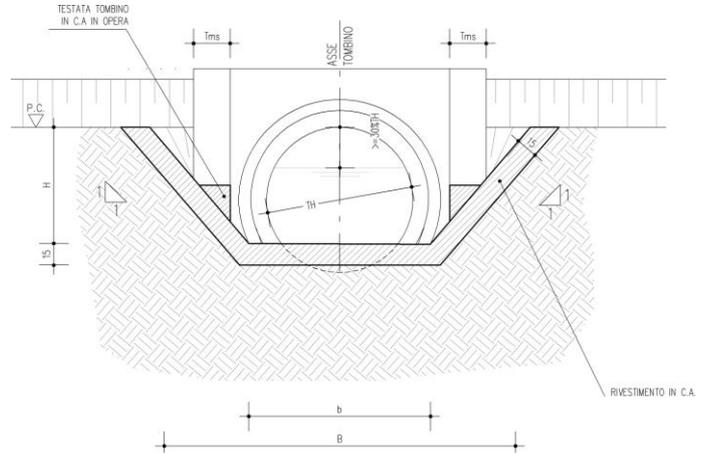
SEZIONE LONGITUDINALE

IMBOCCO TOMBINO CIRCOLARE



SEZIONE TRASVERSALE

IMBOCCO TOMBINO CIRCOLARE



SEZIONE TRASVERSALE

DEVIAZIONE CANALE IN TERRA

