

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

CODICE C.U.P. E81B08000060009

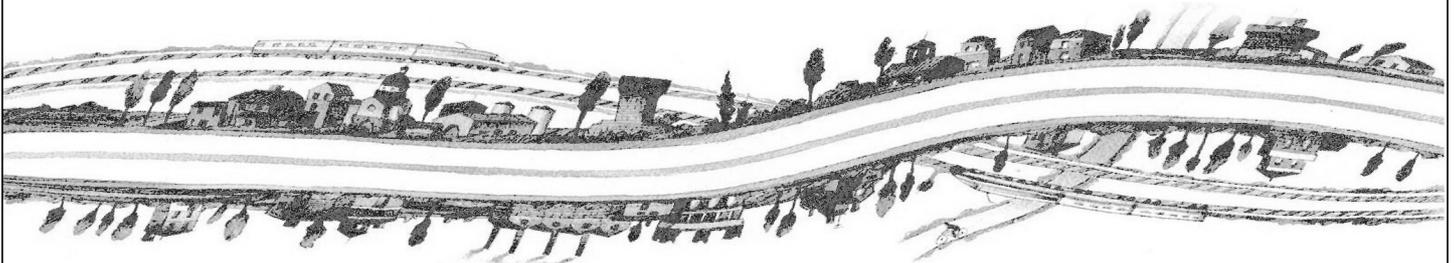
PROGETTO DEFINITIVO

**VIABILITA' DI ADDUZIONE AL SISTEMA AUTOSTRADALE
D04-08 (ex 1FE) - Raccordo Bondeno-Cento-Autostrada Cispadana**

IDROLOGIA E IDRAULICA

IDROLOGIA ED IDRAULICA GENERALE

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA



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										DATA: MAGGIO 2012
NUM. PROGR.	FASE	LOTTO	GRUPPO	CODICE OPERA WBS	TRATTO OPERA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVO	REV.	SCALA:
5293	PD	0	D00	DWS00	0	WW	RI	01	A	

INDICE

1. PREMESSA.....	4
2. INQUADRAMENTO NORMATIVO.....	5
2.1. NORMATIVA	5
2.2. CRITERI E RACCOMANDAZIONI DEL CONSORZIO DI BONIFICA DELLA PIANURA DI FERRARA.....	5
2.3. CRITERI E RACCOMANDAZIONI DEL CONSORZIO DI BONIFICA BURANA	9
3. CRITERI GENERALI	12
3.1. ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO	12
3.2. IL MODELLO MATEMATICO PER LA PROPAGAZIONE DELL'ONDA DI PIENA	13
4. AMBITO DI RIFERIMENTO	17
4.1. IL COMPENSORIO DI BONIFICA DELLA PIANURA DI FERRARA	17
4.2. IL COMPENSORIO DI BONIFICA DI BURANA	18
5. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE.....	20
5.1. INDAGINI PLUVIOMETRICHE.....	20
5.2. ANALISI IDROLOGICHE.....	23
6. INTERFERENZE IDRAULICHE CON IL TRACCIATO IN PROGETTO.....	29
7. I CORSI D'ACQUA SECONDARI	35
7.1. SCOLO CORPORENO.....	35
7.1.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale	35
7.1.2. Descrizione dell'intervento.....	37
7.1.3. Verifiche idrauliche	37
7.2. SCOLO GUADORA	43
7.2.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale	43
7.2.2. Descrizione dell'intervento.....	45
7.2.3. Verifiche idrauliche	45
7.3. SCOLO GORGHI.....	51
7.3.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale	51

7.3.2.	Descrizione dell'intervento.....	52
7.3.3.	Verifiche idrauliche	53
7.4.	FOSSO TORRE SPADA	55
7.4.1.	Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale	55
7.4.2.	Descrizione dell'intervento.....	57
7.4.3.	Verifiche idrauliche	57
7.5.	SCOLO SALIONE.....	64
7.5.1.	Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale	64
7.5.2.	Descrizione dell'intervento.....	66
7.5.3.	Verifiche idrauliche	66
7.6.	SCOLO BASTARDO	72
7.6.1.	Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale	72
7.6.2.	Descrizione dell'intervento.....	74
7.6.3.	Verifiche idrauliche	74
7.7.	SCOLO CHIODAROLO NUOVO.....	80
7.7.1.	Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale	80
7.7.2.	Descrizione dell'intervento.....	81
7.7.3.	Verifiche idrauliche	82
7.8.	SCOLO CHIODAROLO VECCHIO	87
7.8.1.	Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale	87
7.8.2.	Descrizione dell'intervento.....	89
7.8.3.	Verifiche idrauliche	89
7.9.	CONDOTTO CANTALUPO	95
7.9.1.	Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale	95
7.9.2.	Descrizione dell'intervento.....	97
7.9.3.	Verifiche idrauliche	97
7.10.	CAVO REGHIZZA	103
7.10.1.	Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale	103
7.10.2.	Descrizione dell'intervento.....	105
7.10.3.	Verifiche idrauliche	105
7.11.	TIPOLOGIE TOMBINI SCATOLARI E DEVIAZIONI PER CANALI CONSORTILI	111
8.	I CORSI D'ACQUA MINORI.....	113
8.1.	VERIFICHE IDRAULICHE E RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE CON I CANALI MINORI ...	114
8.2.	TIPOLOGIE TOMBINI CIRCOLARI E DEVIAZIONI PER FOSSI PRIVATI	120



AUTOSTRADA
REGIONALE
CISPADANA

REGIONE EMILIA ROMAGNA

AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA
dal casello di Reggiolo-Rolo sulla A22 al casello di Ferrara Sud sulla A13

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO DELLE VIABILITA' DI ADDUZIONE AL SISTEMA AUTOSTRADALE
D04-D08 (ex 1FE) – Raccordo Bondeno-Cento-Autostrada Cispadana

IDROLOGIA E IDRAULICA

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA

1. PREMESSA

La presente relazione è parte integrante del Progetto Definitivo della Viabilità di adduzione al sistema autostradale - D04-D08 (ex 1FE) Raccordo Bondeno-Cento-Autostrada Cispadana facente parte della progettazione delle opere complementari all'Autostrada Regionale Cispadana. Il lavoro 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 stradali di attraversamento ed i corsi d'acqua secondari e minori ricadenti all'interno del corridoio territoriale attraversato dal tracciato e ricadente nei comprensori di bonifica del Consorzio di Bonifica della Pianura di Ferrara e del Consorzio di Bonifica Burana.

Il percorso progettuale sviluppato per la presente fase di Progettazione Definitiva è stato coordinato e condiviso con il Consorzio di Bonifica di Ferrara e con il Consorzio di Burana, 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 e note 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

2.2. CRITERI E RACCOMANDAZIONI DEL CONSORZIO DI BONIFICA DELLA PIANURA DI FERRARA

La progettazione definitiva delle opere stradali del Raccordo Bondeno-Cento necessarie al superamento delle interferenze con i canali di bonifica è stata fondata oltreché 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 scolarie 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
1FEA008	CONDOTTO CANTALUPO	TRATTO C	<p>attraversamento in asse al canale esistente</p> <p>tombino scatolare di equivalente officiosità idraulica prolungato a monte e valle per 5m netti</p> <p>attrezzare con rampe di accesso di salita/discesa dalla capezzagna alla SP in progetto consentendo la percorrenza longitudinale dei mezzi di manutenzione lungo le sponde</p> <p>rivestimento spondale in massi (40-60cm di diametro) intasati di cls esteso a monte tombino per 5m</p>

COD	NOME RILIEVO	OPERA	NOTE DISCUSSE CON CONSORZIO DI BONIFICA FERRARA
1FEA016	SCOLO CHIODAROLO VECCHIO	TRATTO C	<p>attraversamento in asse al canale esistente</p> <p>tombino scatolare di equivalente officiosità idraulica prolungato a monte e valle per 5m netti</p> <p>attrezzare con rampe di accesso di salita/discesa dalla capezzagna alla SP in progetto consentendo la percorrenza longitudinale dei mezzi di manutenzione lungo le sponde</p> <p>rivestimento spondale in massi (40-60cm di diametro) intasati di cls esteso a monte tombino per 5m</p>
1FEA017	SCOLO CHIODAROLO NUOVO	TRATTO C	<p>Nel tratto di parallelismo occorre garantire la fascia libera da 10m pertanto è necessario spostare la Bondeno-Cento parallelamente a se stessa verso sud</p>
1FEA021	SCOLO CHIODAROLO NUOVO	TRATTO C	<p>Tombino scatolare a canna unica con quello autostradale</p>
1FEA023	SCOLO BASTARDO	TRATTO C	<p>Tombino scatolare a canna unica con quello autostradale</p>
1FEA027	SCOLO ARBORSELLI	TRATTO C	<p>attraversamento in asse al canale esistente</p> <p>tombino scatolare di equivalente officiosità idraulica prolungato a monte e valle per 2m netti</p> <p>attrezzare con rampe di accesso di salita/discesa dalla capezzagna alla SP in progetto consentendo la percorrenza longitudinale dei mezzi di manutenzione lungo le sponde</p> <p>rivestimento spondale in massi (40-60cm di diametro) intasati di cls esteso a monte tombino per 5m</p>
1FEA032	SCOLO SALIONE VECCHIO	TRATTO B	<p>attraversamento in asse al canale esistente</p> <p>tombino scatolare di equivalente officiosità idraulica prolungato a monte e valle per 2m netti</p> <p>attrezzare con rampe di accesso di salita/discesa dalla capezzagna alla SP in progetto consentendo la percorrenza longitudinale dei mezzi di manutenzione lungo le sponde</p> <p>rivestimento spondale in massi (40-60cm di diametro) intasati di cls esteso a monte tombino per 5m</p>
1FEA039	FOSSA SPADA	TRATTO A2	<p>attraversamento in asse al canale esistente</p> <p>tombino scatolare di equivalente officiosità idraulica prolungato a monte e valle per 2m netti</p> <p>attrezzare con rampe di accesso di salita/discesa dalla capezzagna alla SP in progetto consentendo la percorrenza longitudinale dei mezzi di manutenzione lungo le sponde</p> <p>rivestimento spondale in massi (40-60cm di diametro) intasati di cls esteso a monte tombino per 5m</p>
1FEA043	SCOLO GORGHI	TRATTO A2	<p>attraversamento in asse al canale esistente</p> <p>tombino scatolare di equivalente officiosità idraulica prolungato a monte e valle per 2m netti</p> <p>attrezzare con rampe di accesso di salita/discesa dalla capezzagna alla SP in progetto consentendo la percorrenza longitudinale dei mezzi di manutenzione lungo le sponde</p> <p>rivestimento spondale in massi (40-60cm di diametro) intasati di cls esteso a monte tombino per 5m</p>

COD	NOME RILIEVO	OPERA	NOTE DISCUSSE CON CONSORZIO DI BONIFICA FERRARA
1FEA045	SCOLO GUADORA	TRATTO A1	Prevedere lo spostamento del canale parallelamente a se stesso per consentire l'allargamento della strada provinciale garantendo una fascia libera di 10m Prevedere lo spostamento dello Scolo Corporeno a est del tracciato stradale per garantire la fascia da 10m Valutare la possibilità di allargare la strada esistente prima verso ovest e poi verso est al fine di non interessare lo Scolo Corporeno e lo Scolo Guadora attraversamento in asse al canale esistente tombino scatolare di equivalente officiosità idraulica prolungato a monte e valle per 5m netti rivestimento spondale in massi (40-60cm di diametro) intasati di cls esteso a monte tombino per 5m
1FEA046	DEVIATORE C.E.R.	TRATTO A1	mantenere il tombino esistente
1FEA047	SCOLO CANALAZZO INFERIORE	TRATTO A1	mantenere il tombino esistente

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

2.3. CRITERI E RACCOMANDAZIONI DEL CONSORZIO DI BONIFICA BURANA

La progettazione definitiva è stata fondata anche sulle indicazioni e prescrizioni impartite dal Consorzio della Bonifica di Burana con il parere prot. 2011/03657 del 08/03/2011 espresso per la Conferenza dei Servizi (CdS).

Il Consorzio della Bonifica Burana ha fornito osservazioni e prescrizioni generali di carattere idraulico e gestionale sulla base delle quali si è sviluppato il progetto definitivo; oltre a tali prescrizioni generali sono state poi fornite schede monografiche per ciascun corso d'acqua consorziale interferito nelle quali vengono fornite osservazioni e prescrizioni specifiche da prendere in considerazione nello sviluppo del progetto definitivo. Il Consorzio con le suddette note ha rappresentato il reticolo dei canali consorziali di propria competenza con funzione promiscua di scolo e irrigazione evidenziando che il reticolo idrografico consortile riveste un'importanza fondamentale per tutto il territorio, in quanto risulta l'unica possibilità di drenaggio delle acque di scolo dei succitati bacini e, contestualmente, vista la promiscuità di utilizzo dei canali consorziali, costituisce anche il vettore idraulico principale per la distribuzione irrigua delle acque approvvigionate dagli impianti e dalle prese localizzate lungo i Fiumi Po, Secchia e Panaro.

Con riferimento alla rete idraulica consortile principale e secondaria il Consorzio ha elencato le problematiche generali e le prescrizioni da rispettare per la successiva fase progettuale. Si richiamano le considerazioni generali applicabili ai canali secondari:

- la sezione delle tombinature e le altezze dei ponti dovranno tenere in considerazione il massimo livello di piena attualmente raggiungibile con un incremento medio del 30%, in considerazione delle risultanze di uno studio idrogeologico – idraulico eseguito dal Consorzio stesso in collaborazione con l'Università di Bologna che valuta i possibili afflussi meteorici con l'incremento della superficie urbanizzata nel territorio oggetto di intervento;
- Tombinature: ciascun manufatto deve essere prolungato a monte e valle dell'attraversamento di una lunghezza non inferiore a 10 m dal piede esterno del rilevato stradale. Tale prolungamento deve consentire l'attraversamento da una sponda all'altra dei suddetti mezzi d'opera, per cui devono essere previste opportune rampe di raccordo tra il piano di transito (campagna o sommità arginale) e la sommità delle tombinature. Si evidenzia inoltre che i solai di detti manufatti devono essere dimensionati per carichi che consentano il transito di mezzi d'opera di 1° categoria (trattori, escavatori, camion-gru, ecc..) Contestualmente alla tombinature sono da prevedersi a monte e valle del manufatto idonei muri d'ala laterali e di testata perfettamente raccordati ed innestati a 45° per almeno 1 m nelle sponde in terra del canale. In prossimità degli innesti dei muri d'ala, a protezione della sponda in terra, sarà da prevedersi un raccordo opportunamente profilato rivestito in sasso trachitico intasato in cls per tutta l'altezza arginale ed uno sviluppo longitudinale pari a 10 m a monte e valle del manufatto. La quota di esercizio idraulico dovrà essere riferita alla quota di fondo, scevra di interrimento, dei manufatti esistenti immediatamente a monte e a valle.
- Il tessuto idraulico sopra descritto (primario e secondario) è interconnesso ed integrato ad un reticolo minore estremamente capillare – di natura sia pubblica che privata, non gestito direttamente dal Consorzio – senza il quale però non risulterebbe possibile esplicitare le funzionalità irrigue e di scolo preposte allo scrivente. A titolo di esempio, ricadono in tale casistica i fossi interpoderali, aziendali, stradali, di raccordo alla pubblica fognatura, ecc...Il taglio radicale generato dal tracciato autostradale e opere annesse sull'idraulica di tutto il territorio attraversato coinvolge a pieno titolo anche questo reticolo minore. A tal proposito, le successive fasi di progettazione dovranno tenere in considerazione i seguenti aspetti in quanto attualmente non trattati:
 - Continuità: dovranno essere realizzati sottopassi di opportuna dimensione per il convogliamento delle acque sia di scolo che irrigue;
 - Omogeneità: nel caso non potesse realizzarsi la continuità per ogni ramo idraulico considerato e quindi si rendessero necessarie opere quali raccordi, collettamenti, deviazioni, ecc..., esse dovranno garantire l'omogeneità sia dei deflussi di scolo distribuiti sui cavo consortili

analogamente alla situazione pregressa sia di approvvigionamento irriguo relativamente ai pregressi punti di prelievo.

- In generale dovranno essere conservate, adeguate ovvero ripristinate tutte le opere idrauliche esistenti – di derivazione irrigua e/o di scolo delle acque – che risulteranno interessate dalle realizzande infrastrutture in oggetto: nessun terreno dovrà rimanere isolato e non potere usufruire di detti servizi.
- in considerazione della durata dei lavori in progetto e delle relative fasi cantieristiche, la fase di esecuzione dei lavori non dovrà interferire con l'esercizio idraulico di scolo o determinare interferenze con il servizio di approvvigionamento di acque pubbliche per fini irrigui.

Tutte le richieste indicate sono state rispettate nell'ambito della progettazione definitiva; la presente relazione ne da evidenza nei vari capitoli.

3. CRITERI GENERALI

3.1. ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO

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

Fase 1^: Definizione di un quadro conoscitivo di riferimento morfologico 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^: 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 (Qms), 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^a: 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'ufficiosa 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 e Consorzio di bonifica Burana con i quali il confronto diretto ha consentito di approfondire le problematiche degli interventi 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.

3.2. 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,
α_1, α_2	coefficienti di velocità,
h_e	perdita di carico nel tratto 1-2.

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

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

dove:

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

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

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

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

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

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

- descrizione completa del tronco fluviale, costituita dalla rappresentazione geometrica delle sezioni di rilievo trasversali e relativo loro posizionamento plano-altimetrico;
- descrizione geometrica di opere trasversali (ponti e relativi rilevati di accesso, tombini scatoari, traverse fluviali, soglie di fondo, briglie etc.) e/o longitudinali in alveo;
- caratterizzazione della resistenza al moto in alveo e golene mediante la definizione del coefficiente di scabrezza di Manning;
- definizione dei coefficienti di contrazione/espansione, per effetto di perturbazioni offerte al moto da parte di opere trasversali presenti in alveo;

- definizione del tipo di moto (corrente lenta o veloce) nel tronco fluviale;
- condizione al contorno di partenza del calcolo del profilo secondo tre possibili metodologie:
- introduzione di una altezza d'acqua nota di valle o di monte, a seconda che il moto avvenga in corrente lenta o veloce,
- calcolo eseguito a partire dall'altezza critica,
- calcolo eseguito a partire dalla pendenza di fondo alveo.

Il calcolo del rigurgito prodotto 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 DELLA PIANURA DI FERRARA

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 COMPENSORIO DI BONIFICA DI BURANA

L'attuale Consorzio della Bonifica Burana nasce il 1° ottobre 2009 dall'unificazione tra l'ex Consorzio di bonifica Burana-Leo-Scoltenna-Panaro e parte della pianura bolognese, quella in sinistra Samoggia, prima gestita dal Consorzio della bonifica Reno Palata.

Il comprensorio del Consorzio della Bonifica Burana, ricadente nel bacino idrografico del fiume Panaro, dal crinale toscano-emiliano arriva fino al Po in Lombardia ed è delimitato ad est dal fiume Secchia e ad ovest dal torrente Samoggia. Il comprensorio consortile ricade oggi in 58 comuni delle province di Modena, Mantova, Ferrara, Bologna e Pistoia per una superficie di 242.532 ettari.

Dell'intero comprensorio, circa 80.000 ha ricadono nella parte montana, mentre i rimanenti 162.000 ha si estendono nella porzione di pianura. Di quest'ultimi oltre 75.000 sono a scolo meccanico.

Il reticolo di bonifica attuale drena le acque di scolo delle aree agricole e collettate dai sistemi fognari dei centri urbani, sino a riversarle all'interno dei canali artificiali per poi convogliarle al fiume Panaro, al fiume Po ed al mare Adriatico, secondo lo schema di seguito esposto.

Nel territorio del Consorzio di Burana il punto nevralgico in cui confluiscono le acque raccolte dalla fitta rete di canalizzazione è Bondeno. Attraverso l'impianto di scolo S. Bianca l'acqua dei terreni e dei centri urbani della parte alta del comprensorio di pianura confluisce nel Diversivo di Burana e viene scaricata nel Panaro.

Le acque della parte più depressa del comprensorio vengono invece incanalate nel Collettore di Burana, e attraverso la Botte Napoleonica, sottopassano a gravità il fiume Panaro per raggiungere il mare Adriatico; per mezzo dell'impianto idrovoro Pilastresi l'acqua che la Botte Napoleonica non è in grado di scolare naturalmente viene pompata direttamente in Po.

L'approvvigionamento idrico del comprensorio consortile è, invece, garantito da impianti e chiaviche di derivazione che prelevano l'acqua dai fiumi Po, Panaro e Secchia. Attraverso impianti di sollevamento, canali, canalette irrigue ed impianti pluvirrigui l'acqua viene distribuita capillarmente su un territorio di 87.755 ettari.

Sul fiume Po gli impianti di derivazione sono il Sabbioncello a Quingentole, che distribuisce acqua alla parte alta della pianura e Pilastresi a Bondeno, che assicura l'acqua alla parte orientale della provincia ferrarese. L'acqua destinata all'irrigazione dell'area collinare e di alta pianura viene invece derivata dal fiume Secchia dalla Presa del Canale Maestro o di Modena a Sassuolo, dalla Chiavica Secchia a Bomporto, dal fiume Panaro dalla Presa del Canale S. Pietro a Vignola, nonché dagli impianti Bagazzano e Campazzo a Nonantolae Casoni e Picozza a Ravarino.

La rete di infrastrutture e canali realizzate e gestite dal consorzio in esame comprendono numerose opere, tra cui 1655 km di canali promiscui con funzione di scolo, 601 km di canali di irrigazione, 52 impianti di

sollevamento, 7 impianti di scolo e 44 impianti irrigui .

Il tracciato in progetto interessa la porzione centrale di pianura del comprensorio, caratterizzato da una morfologia piatta sulla quale si ergono i modesti rilevati naturali dei dossi di pianura ed artificiali delle arginature o rilevati infrastrutturali, strade e ferrovie. Analogamente ai comprensori attigui, la campagna è prevalentemente destinata a seminativi con presenza di frutteti e vigneti ed altre colture arboree, con frequente presenza di centri abitati.

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

Quasi tutti i canali principali attraversati dal tracciato autostradale in esame, tra cui il Canale Sabbioncello, presentano nel tratto di interesse una sezione con alveo in scavo e arginature assenti o di altezza modesta (inferiore al metro).

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.

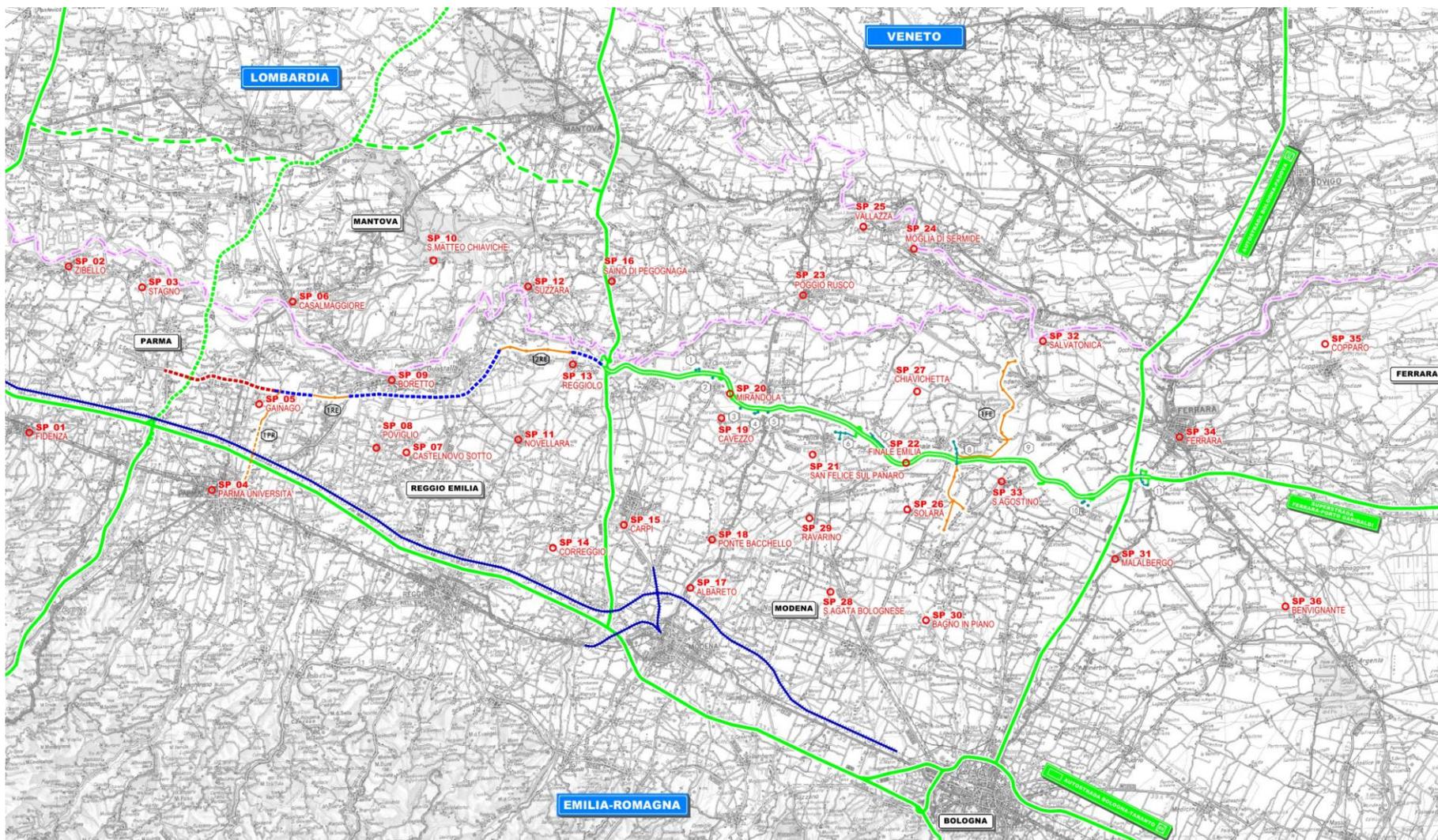
Nell'ambito dello studio sono state prese in esame numerose stazioni pluviometriche, ricadenti all'interno dell'area entro cui ricade l'Autostrada Regionale Cispadana e le Viabilità di Adduzione.

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	Castelnuovo Sotto	Castelnuovo 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



5.2. ANALISI IDROLOGICHE

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.

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 attraversamento 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.

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 dei 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:

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

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

Sy = scarto quadratico medio delle massime altezze di pioggia osservate.

Il valore assunto dai parametri Sx e Sn 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, la tabella riassuntiva dei valori di h in millimetri per durate di 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 6, 12 e 24 ore e le CPP per il tratto sotteso compreso negli areali di pertinenza dei Consorzi di Bonifica della Burana e della Pianura di Ferrara.

durata [ore]	ALTEZZA DI PIOGGIA [mm] – A					
	Tr=1000	Tr=500	Tr=200	Tr=100	Tr=50	Tr=20
1	72.53	67.26	60.29	55.01	49.71	42.63
1.5	76.31	70.93	63.80	58.40	52.97	45.71
2	79.12	73.66	66.43	60.94	55.42	48.03
2.5	81.39	75.86	68.54	62.98	57.40	49.92
3	83.30	77.72	70.32	64.71	59.07	51.52
6	91.01	85.23	77.57	71.76	65.92	58.11
12	99.53	93.55	85.64	79.64	73.61	65.56
24	108.97	102.79	94.62	88.44	82.25	74.02

TABELLA 5-2: ALTEZZE DI PIOGGIA A– STAZIONI PLUVIO. MALALBERGO, RAVARINO E S. AGOSTINO

durata [ore]	ALTEZZA DI PIOGGIA [mm] - B					
	Tr=1000	Tr=500	Tr=200	Tr=100	Tr=50	Tr=20
1	72.85	67.61	60.68	55.42	50.15	43.11
1.5	76.30	70.98	63.93	58.59	53.22	46.04
2	78.85	73.48	66.35	60.94	55.51	48.24
2.5	80.90	75.48	68.29	62.84	57.36	50.02
3	82.62	77.16	69.93	64.44	58.92	51.53
6	89.50	83.92	76.51	70.89	65.24	57.68
12	97.02	91.31	83.75	78.02	72.27	64.58
24	105.23	99.41	91.72	85.90	80.07	72.32

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

durata [ore]	ALTEZZA DI PIOGGIA [mm] - C					
	Tr=1000	Tr=500	Tr=200	Tr=100	Tr=50	Tr=20
1	91.83	84.47	74.74	67.36	59.96	50.08
1.5	97.71	90.00	79.79	72.04	64.27	53.89
2	102.14	94.16	83.59	75.57	67.53	56.78
2.5	105.73	97.53	86.67	78.44	70.17	59.12
3	108.77	100.39	89.29	80.87	72.41	61.11
6	121.24	112.11	100.02	90.84	81.63	69.32
12	135.32	125.35	112.15	102.14	92.09	78.67
24	151.24	140.32	125.87	114.93	103.95	89.32

TABELLA 5-4: ALTEZZE DI PIOGGIA C– STAZIONI PLUVIO.POGGIORUSCO, SELVATONICA E S. AGOSTINO

durata [ore]	ALTEZZA DI PIOGGIA [mm] - D					
	Tr=1000	Tr=500	Tr=200	Tr=100	Tr=50	Tr=20
1	109.63	100.24	87.82	78.41	68.97	56.36
1.5	118.05	108.01	94.73	84.67	74.56	61.07
2	124.44	113.91	99.98	89.42	78.81	64.66
2.5	129.65	118.72	104.26	93.29	82.28	67.58
3	134.07	122.80	107.89	96.58	85.23	70.07
6	152.40	139.73	122.95	110.24	97.47	80.42
12	173.37	159.10	140.21	125.89	111.52	92.33
24	197.39	181.28	159.98	143.84	127.64	106.03

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

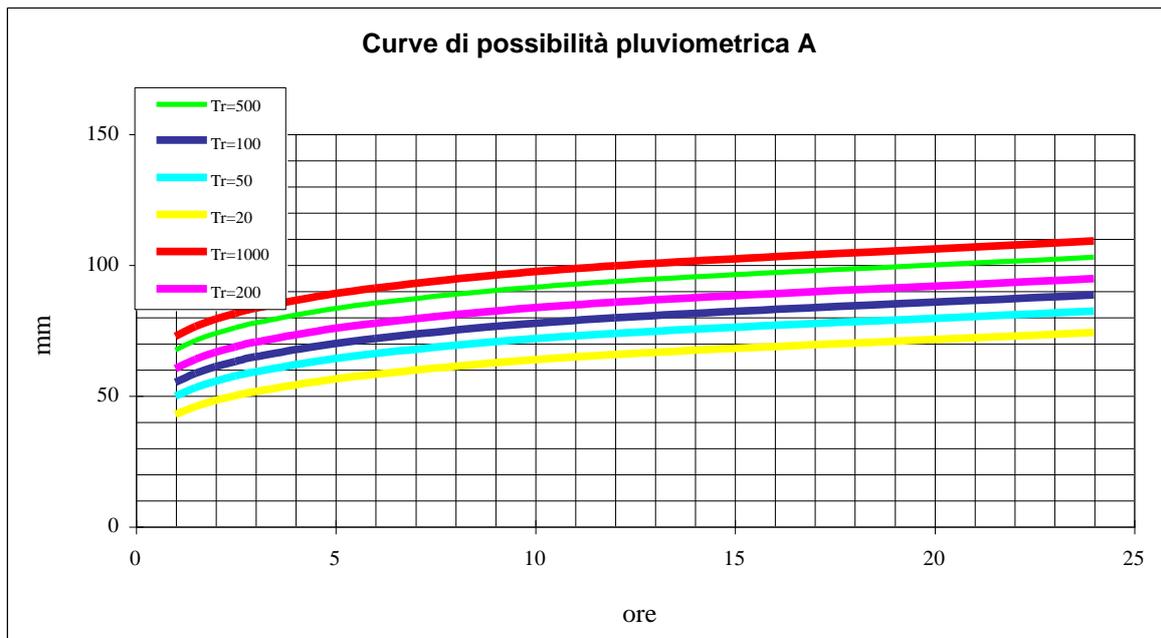


FIGURA 5-1: LINEE SEGNALATRICI DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA A

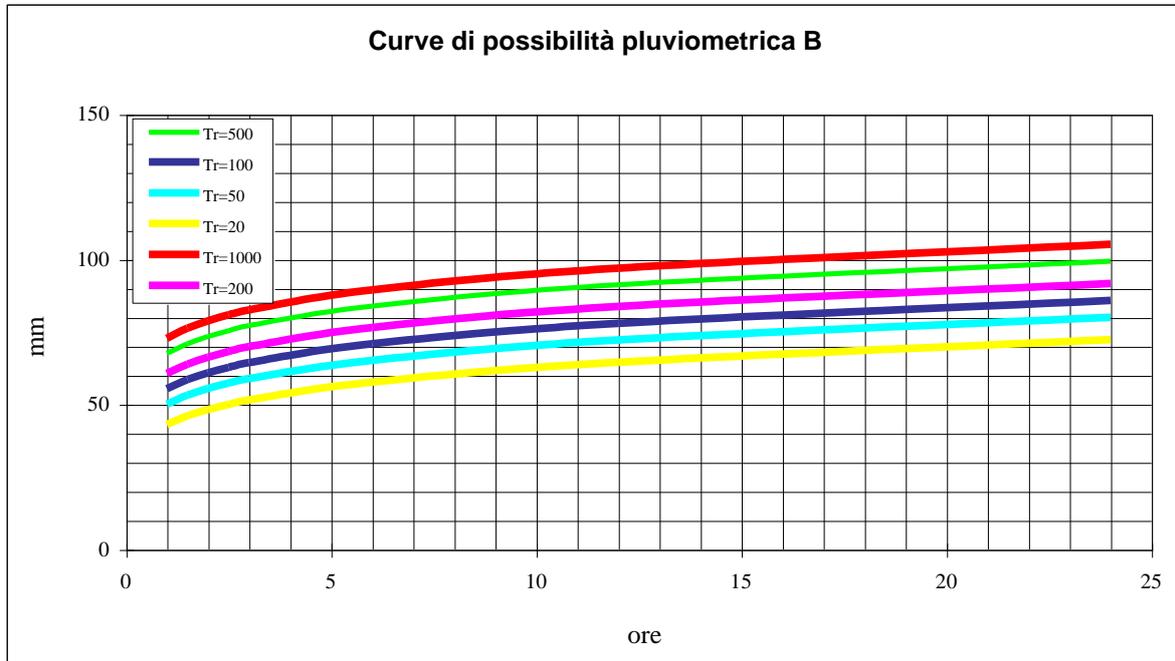


FIGURA 5-2: LINEE SEGNALATRICI DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA B

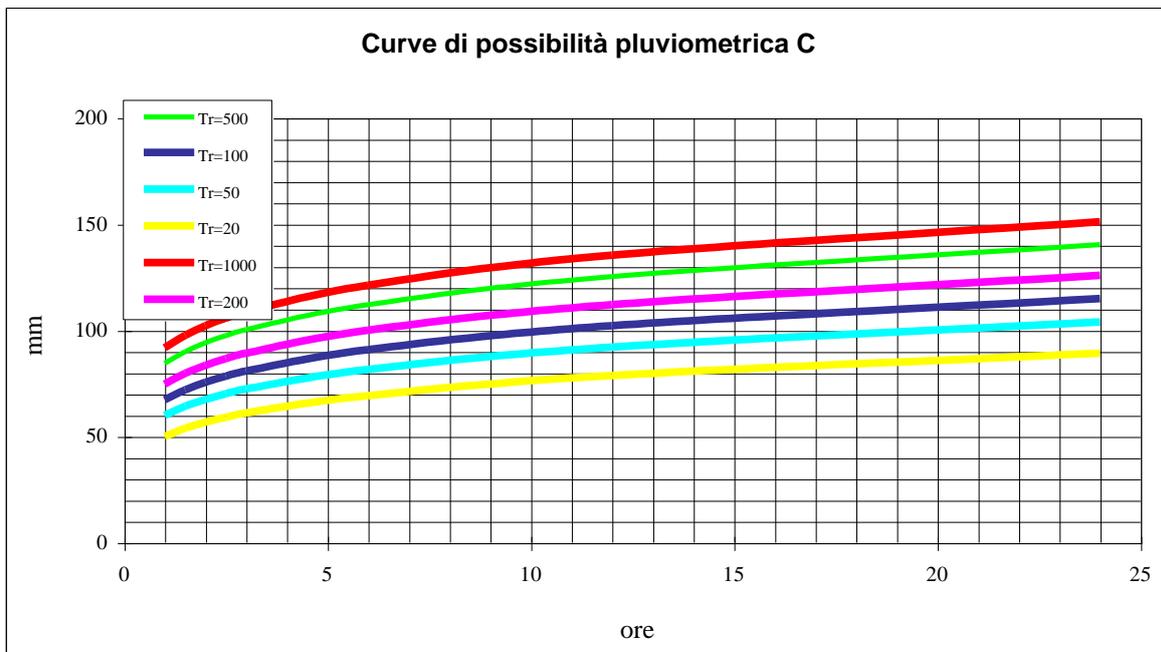


FIGURA 5-3: LINEE SEGNALATRICI DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA C

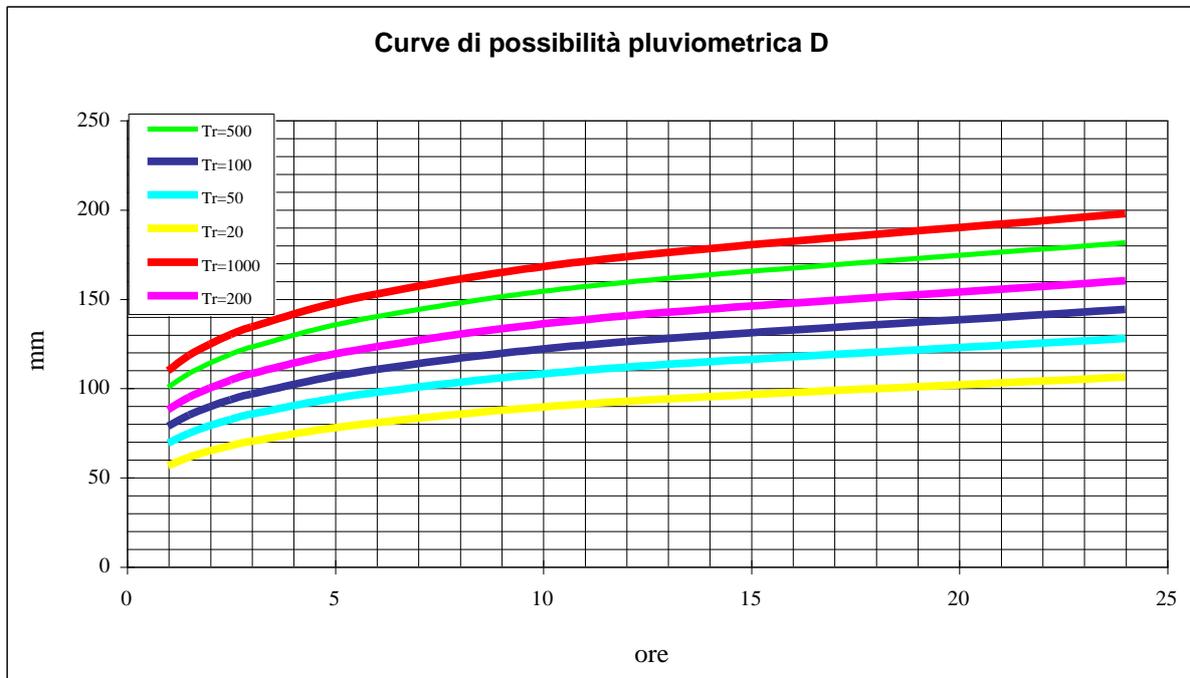


FIGURA 5-4: LINEE SEGNALETRICI DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA D

6. INTERFERENZE IDRAULICHE CON IL TRACCIATO IN PROGETTO

La costruzione dell'opera in progetto 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; ricade entro questa categoria il fiume 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 tipicizzazione 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 tipicizzazione 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 tipicizzazione di secondo livello, una ulteriore tipicizzazione 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 tipicizzazione 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 comprende una rete idrografica artificiale composta dai canali di scolo e di irrigazione di competenza del Consorzio della Bonifica di Ferrara, del Consorzio di Burana e di proprietà private che insistono su tutto il 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.

I corsi d'acqua principali sono stati studiati ed analizzati singolarmente, per ognuno di essi sono state sviluppate relative sezioni di progetto complete di relazione idraulica ed elaborati grafici di progetto. Si rimanda alle citate relazioni per la disamina delle problematiche d'interferenza con i corsi d'acqua principali, delle risultanze degli studi e delle soluzioni definite sia per i ponti di attraversamento sia per le opere idrauliche correlate.

I corsi d'acqua secondari vengono trattati nella presente relazione, per essi sono stati 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 indagini e confronto della condizione attuale, stato di fatto e di quella futura, stato di progetto.

I corsi d'acqua minori, anch'essi trattati nella presente relazione, sono, prevalentemente di proprietà privata ed avendo dimensioni modeste 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 del Raccordo Bondeno-Cento e ricadente nei comprensori di bonifica Pianura di Ferrara e Burana, 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 dall'opera in progetto: principali, secondari e minori; riporta l'Ente gestore e la località dove è ubicata l'interferenza con il Raccordo.

COD PD	NOME	GESTORE	OPERA	PROVINCIA	COMUNE	LOCALITA'	SEZIONE	RANGO	USO
1FEA200	SCOLO CORPORENO	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	TRATTO A1	Ferrara	Cento	Corpo Reno	in scavo	secondario	promiscuo
1FEA045	SCOLO GUADORA	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	TRATTO A1	Ferrara	Cento	attraversamento SP	in scavo	secondario	promiscuo
1FEA303	FOSSO SUD VIA CANNE		TRATTO A2	Ferrara	Cento	Via Canne			
1FEA044	CONDOTTO GENERALE	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	TRATTO A2	Ferrara	Cento	C. Volta	in scavo	principale	promiscuo



COD PD	NOME	GESTORE	OPERA	PROVINCIA	COMUNE	LOCALITA'	SEZIONE	RANGO	USO
1FEA043	SCOLO GORGHI	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	TRATTO A2	Ferrara	Cento	C. S. Sebastiano	in scavo	secondario	promiscuo
1FEA304	FOSSO	privato	TRATTO A2	Ferrara	Cento	Pilastrello			
1FEA042	FOSSO (28)	privato	TRATTO A2	Ferrara	Cento	Pilastrello	in scavo	minore	scolo
1FEA041	FOSSO SUD ROSSETTI 27	privato	TRATTO A2	Ferrara	Cento	Torre Spada	in scavo	minore	scolo
1FEA040	FOSSO NORD ROSSETTI 26	privato	TRATTO A2	Ferrara	Cento	Torre Spada	in scavo	minore	scolo
1FEA305	FOSSO	privato	TRATTO A2	Ferrara	Cento	Torre Spada			
1FEA306	FOSSO	privato	TRATTO A2	Ferrara	Cento	Torre Spada			
1FEA039	FOSSA SPADA	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	TRATTO A2	Ferrara	Cento	Cicolo pesca	in scavo	secondario	promiscuo
1FEA038	FOSSO (23)	privato	TRATTO A2	Ferrara	Cento	Cicolo pesca	in scavo	minore	scolo
1FEA037	FOSSO SUD 25	privato	TRATTO A2	Ferrara	Cento	Pilastrello	in scavo	minore	scolo
1FEA307	FOSSO EST S.P. CENTO	privato	TRATTO B	Ferrara	Cento	C. della Decima	in scavo	minore	scolo
1FEA202	SCOLO SALIONE	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	TRATTO B	Ferrara	Cento	C. Gorgo	in scavo	secondario	promiscuo
1FEA308	FOSSO EST S.P. CENTO	privato	TRATTO B	Ferrara	Cento	C. della Decima	in scavo	minore	scolo
1FEA204	FOSSO VIA MONCO	privato	TRATTO B	Ferrara	Cento	Alberone	in scavo	minore	scolo
1FEA206	FOSSO OVEST PIANTONI 26	privato	TRATTO C	Ferrara	Cento	Pilastrello	in scavo	minore	scolo
1FEA335	FOSSO OVEST PIANTONI 26	privato	TRATTO C	Ferrara	Cento	Pilastrello			
1FEA207	FOSSO EST PIANTONI 27	privato	TRATTO C	Ferrara	Cento	Pilastrello	in scavo	minore	scolo
1FEA208	CONDOTTO GENERALE	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	TRATTO C	Ferrara	Cento	C. Ghisellini	in scavo	principale	promiscuo
1FEA209	FOSSO 37	privato	TRATTO C	Ferrara	Cento	C. Ghisellini	in scavo	minore	scolo
1FEA210	FOSSO 38	privato	TRATTO C	Ferrara	Cento	C. Ghisellini	in scavo	minore	scolo
1FEA211	FOSSO 39	privato	TRATTO C	Ferrara	Cento	C. San Martino	in scavo	minore	scolo
1FEA212	FOSSO SUD OROLOGI	privato	TRATTO C	Ferrara	Cento	C. San Martino	in scavo	minore	scolo
1FEA213	FOSSO NORD OROLOGI	privato	TRATTO C	Ferrara	Cento	C. San Martino	in scavo	minore	scolo
1FEA214	FOSSO	privato	TRATTO C	Ferrara	Cento	via Orologi	in scavo	minore	scolo
1FEA215	FOSSO	privato	TRATTO C	Ferrara	Cento	via Orologi	in scavo	minore	scolo



COD PD	NOME	GESTORE	OPERA	PROVINCIA	COMUNE	LOCALITA'	SEZIONE	RANGO	USO
1FEA309	FOSSO	privato	TRATTO C	Ferrara	Cento	via Orologi	in scavo	minore	scolo
1FEA216	SCOLO BASTARDO	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	TRATTO C	Ferrara	Cento	-	in scavo	secondario	promiscuo
1FEA310	FOSSO	privato	TRATTO C	Ferrara	Cento			minore	
1FEA022	CANALE DI CENTO 1	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	TRATTO C	Ferrara	Cento	S.Maria Bonazza	arginato	principale	promiscuo
1FEA021	SCOLO CHIODAROLO NUOVO	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	TRATTO C	Ferrara	S. Agostino	S.Maria Bonazza	in scavo	secondario	promiscuo
1FEA019	FOSSO	privato	TRATTO C	Ferrara	S.Agostino	Fomasazza sopra	in scavo	minore	scolo
1FEA018	FOSSO	privato	TRATTO C	Ferrara	S.Agostino	Fomasazza sopra	in scavo	minore	scolo
1FEA311	FOSSO	privato	TRATTO C	Ferrara	Cento			minore	
1FEA312	FOSSO	privato	TRATTO C	Ferrara	Cento			minore	
1FEA313	FOSSO OVEST GIORDANA	privato	TRATTO C	Ferrara	Cento			minore	
1FEA314	FOSSO EST GIORDANA	privato	TRATTO C	Ferrara	Cento			minore	
1FEA315	FOSSO EST GIORDANA	privato	TRATTO C	Ferrara	Cento			minore	
1FEA316	FOSSO	privato	TRATTO C	Ferrara	Cento			minore	
1FEA317	FOSSO	privato	TRATTO C	Ferrara	Cento			minore	
1FEA318	FOSSO	privato	TRATTO C	Ferrara	Cento			minore	
1FEA319	FOSSO	privato	TRATTO C	Ferrara	Cento			minore	
1FEA320	FOSSO	privato	TRATTO C	Ferrara	Cento			minore	
1FEA321	FOSSO	privato	TRATTO C	Ferrara	Cento			minore	
1FEA999	FOSSO	privato	TRATTO C	Ferrara	Bondeno	Canatalupo	in scavo	minore	promiscuo
1FEA322	FOSSO	privato	TRATTO C	Ferrara	Cento			minore	
1FEA016	SCOLO CHIODAROLO VECCHIO	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	TRATTO C	Ferrara	Cento	Sandrina	arginato	secondario	promiscuo
1FEA015	FOSSO 11	privato	TRATTO C	Ferrara	Cento	Ponte Trevisani	in scavo	minore	scolo
1FEA323	FOSSO	privato	TRATTO C	Ferrara	Cento			minore	
1FEA014	CANALE DI CENTO 2	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	TRATTO C	Ferrara	Bondeno	Ponte Trevisani	arginato	principale	promiscuo
1FEA233	FOSSO 1	privato	TRATTO C	Ferrara	Bondeno	Luoghetto	in scavo	minore	scolo
1FEA324	FOSSO	privato	TRATTO C	Ferrara	Bondeno			minore	



COD PD	NOME	GESTORE	OPERA	PROVINCIA	COMUNE	LOCALITA'	SEZIONE	RANGO	USO
1FEA325	FOSSO	privato	TRATTO C	Ferrara	Bondeno			minore	
1FEA326	FOSSO	privato	TRATTO C	Ferrara	Bondeno			minore	
1FEA327	FOSSO SUD VIA SUORE	privato	TRATTO C					minore	
1FEA221	FOSSO	privato	TRATTO C	Ferrara	Bondeno	Canatalupo	in scavo	minore	promiscuo
1FEA222	FOSSO	privato	TRATTO C	Ferrara	Bondeno	Canatalupo	in scavo	minore	promiscuo
1FEA223	CONDOTTO CANTALUPO	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	TRATTO C	Ferrara	Bondeno	Canatalupo	arginato	secondario	promiscuo
1FEA224	CANALE ACQUE BASSE	Consorzio della Bonifica di Burana	TRATTO C	Ferrara	Bondeno	Canatalupo	arginato	principale	promiscuo
1FEA328	FOSSO	privato	TRATTO C	Ferrara	Bondeno			minore	
1FEA329	FOSSO	privato	TRATTO C	Ferrara	Bondeno			minore	
1FEA330	FOSSO	privato	TRATTO C	Ferrara	Bondeno			minore	
1FEA331	FOSSO	privato	TRATTO C	Ferrara	Bondeno			minore	
1FEA225	DERIVAZIONE SANTA BIANCA	Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara	TRATTO C	Ferrara	Bondeno	Canatalupo	arginato	principale	irrigazione
1FEA226	FOSSO 11	privato	TRATTO C	Ferrara	Bondeno	La Porcara	in scavo	minore	promiscuo
1FEA227	FOSSO 12	privato	TRATTO C	Ferrara	Bondeno	La Porcara	in scavo	minore	promiscuo
1FEA228	FOSSO SUD RONDONE 13	privato	TRATTO C	Ferrara	Bondeno	La Porcara	in scavo	minore	scolo
1FEA229	FOSSO NORD RONDONE 14	privato	TRATTO C	Ferrara	Bondeno	Fondo Pralongo	in scavo	minore	scolo
1FEA230	FOSSO 15	privato	TRATTO C	Ferrara	Bondeno	Fondo Pralongo	in scavo	minore	promiscuo
1FEA231	FOSSO 16	privato	TRATTO C	Ferrara	Bondeno	Fondo Pralongo	in scavo	minore	promiscuo
1FEA232	FOSSO 17	privato	TRATTO C	Ferrara	Bondeno	Fienil Nuovo	in scavo	minore	promiscuo
1FEA002	FOSSO 2	privato	TRATTO D	Ferrara	Bondeno	P. Punta	in scavo	minore	scolo
1FEA063	FIUME PANARO	A.I.P.O.	TRATTO D	Ferrara	Bondeno	Colombarina	arginato	principale	scolo
1FEA062	FOSSO 62	privato	TRATTO D	Ferrara	Bondeno	la Trojola	in scavo	minore	scolo
1FEA061	FOSSO 61	privato	TRATTO D	Ferrara	Bondeno	Quarti	in scavo	secondario	scolo
1FEA060	FOSSO SUD SP 45	privato	TRATTO D	Ferrara	Bondeno	Quarti	in scavo	secondario	scolo
1FEA059	CAVO PORETTO	Consorzio della Bonifica Burana	TRATTO D	Ferrara	Bondeno	Dosso Alto	in scavo	principale	promiscuo

COD PD	NOME	GESTORE	OPERA	PROVINCIA	COMUNE	LOCALITA'	SEZIONE	RANGO	USO
1FEA058	FOSSO 58	privato	TRATTO D	Ferrara	Bondeno	-	in scavo	minore	scolo
1FEA057	FOSSO 57	privato	TRATTO D	Ferrara	Bondeno	Bromagro	in scavo	minore	scolo
1FEA056	CAVO REGHIZZA	Consorzio della Bonifica Burana	TRATTO D	Ferrara	Bondeno	Fornace Cariona	in scavo	secondario	promiscuo
1FEA055	COLLETTORE BURANA	Consorzio della Bonifica Burana	TRATTO D	Ferrara	Bondeno	Carioncelletta	arginato	principale	promiscuo
1FEA054	FOSSO 54	privato	TRATTO D	Ferrara	Bondeno	Pendagnola	in scavo	minore	scolo
1FEA053	FOSSO SUD STRADA BASSA	privato	TRATTO D	Ferrara	Bondeno	La Prosperetta	in scavo	secondario	scolo
1FEA052	FOSSO NORD STRADA BASSA	privato	TRATTO D	Ferrara	Bondeno	La Prosperetta	in scavo	secondario	scolo
1FEA051	DIVERSIVO RONDONE	Consorzio della Bonifica Burana	TRATTO D	Ferrara	Bondeno	-	in scavo	secondario	promiscuo
1FEA050	CAVO RONDONE PRIMO	Consorzio della Bonifica Burana	TRATTO D	Ferrara	Bondeno	-	in scavo	principale	promiscuo
1FEA049	FOSSO 49	privato	TRATTO D	Ferrara	Bondeno	Trentastara	in scavo	minore	scolo

TABELLA 6-1: ELENCO CORSI D'ACQUA PRINCIPALI, SECONDARI E MINORI INTERFERITI DAL RACCORDO BONDENO-CENTO

7. I CORSI D'ACQUA SECONDARI

7.1. SCOLO CORPORENO

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

Lo Scolo Corporeno è un canale promiscuo gestito dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara; nasce dai contributi provenienti dalle campagne in uscita dall'abitato di Corporeno e sfocia nello Scolo Guadora poco più oltre dopo aver percorso un lungo tratto a lato est della SP Via Finalese. La lunghezza complessiva dell'asta è di circa 1506m con sezione in scavo.

L'interferenza è causata dall'allargamento in sede della strada provinciale che provoca un allargamento del rilevato stradale con conseguente necessità di deviare, parallelamente a se stesso il Corporeno.

Lo Scolo Corporeno presenta, nel tratto di parallelismo, una sezione trapezia di base maggiore $B=3.40\text{m}$ base minore $b=1.20\text{m}$ ed altezza minima $h=0.90\text{m}$; la quota di fondo in corrispondenza dell'attraversamento è posta a $H_0=10.10\text{ msm}$ mentre la quota della sponda più depressa vale $H_{\text{max}}=11.00\text{ msm}$.



CODICE	1FEA200	
NOME	SCOLO CORPORENO	
PROPRIETA'	<i>demaniale</i>	
ENTE GESTORE	<i>Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara</i>	
LOCALITA'	<i>Corpo Reno</i>	
COMUNE	<i>Cento</i>	
PROVINCIA	<i>Ferrara</i>	
CARATTERISTICHE	BACINO (km2)	

IDROGRAFICHE	LUNGHEZZA (m)	1506
	SORGENTE	<i>scoli campagna</i>
	FOCE	<i>Scolo Guadora</i>
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	<i>rettilineo a lato strada provinciale con successivo tratto a campagna</i>
	TIPO SEZIONE	<i>in scavo</i>
	TIPO ALVEO	<i>sezione in terra di forma trapezoidale con fondo largo e sponde a tratti ripide 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 di origine artificiale rinaturalizzato con sponde in erba e tratti di canneto (phragmites) - alberi isolati sulle sponde - fauna ittica, anfibia e mammifera (nutrie)</i>
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	<i>campagna aperta coltivata a mais con presenza di frutteti - cascine agricole - in aderenza alla strada provinciale e carraie</i>
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI CONTRONO	AL <i>corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle</i>
	SCABREZZA Gauckler-Strickler	21-24
NOTE	<i>passi carrai stradali con ponticelli in muratura</i>	

7.1.2. Descrizione dell'intervento

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

- deviazione canale in terra: è prevista la deviazione del canale parallelamente a se stesso al fine di non essere interferito dall'allargamento stradale in sede della Bondeno-Cento. La deviazione avrà sezione analoga all'esistente al fine di mantenere la medesima officiosità idraulica; il nuovo inalveamento avrà base maggiore $B=4.0\text{m}$, base minore $b=1.2\text{m}$ e altezza $h=1.0\text{m}$, le sponde avranno pendenza 3:2. Nei tratti di ricucitura del nuovo tracciato con quello esistente 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.
- realizzazione di tombino scatolare in calcestruzzo armato: è previsto un tombino per l'attraversamento di una strada comunale ortogonale al canale e che viene ad insistere sul nuovo inalveamento previsto per il Corporeno. L'attraversamento sarà realizzato ortogonalmente alla strada; il tombino, di dimensioni $B=2.0\text{m}$ $H=1.5\text{m}$, viene sprofondato di 10 cm, rispetto al fondo attuale;
- 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;

La deviazione e l'attraversamento sono compatibili con i deflussi dello Scolo Corporeno; la deviazione ha sezione analoga all'esistente e consente di evacuare le medesime portate, il tracciato non si allunga in modo evidente e pertanto non varia la pendenza di fondo del canale. Il tombino permette il transito della portata a piene rive con franco d'aria $F=50\text{cm}$ come richiesto; il deflusso delle acque avviene a pelo libero anche nella sezione chiusa e non è ammesso il funzionamento in pressione.

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'officiosità idraulica del canale.

La portata di riferimento è quindi la portata massima sostenibile: sono stati definiti due valori di riferimento in quanto si è osservato che il tratto vallivo del canale risulta di officiosità idraulica molto minore rispetto a quello di monte. Gli interventi sono ubicati nel tratto di monte del canale per cui sono stati verificati anche con la portata sostenibile in questo tratto. Le portate di riferimento sono pertanto denominato $Q_{sf}=0,10 \text{ m}^3/\text{s}$ e $Q_{max}=0,32 \text{ m}^3/\text{s}$.

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 1: prevede l'introduzione del manufatto di attraversamento compreso le eventuali deviazioni e come portata la Q_{sf} dello stato di fatto;
- stato di progetto 2: prevede l'introduzione del manufatto di attraversamento compreso le eventuali deviazioni e come portata la Q_{max} sostenibile nel tratto di monte del canale che risulta essere significativamente superiore rispetto a quella sostenibile a valle.

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 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.

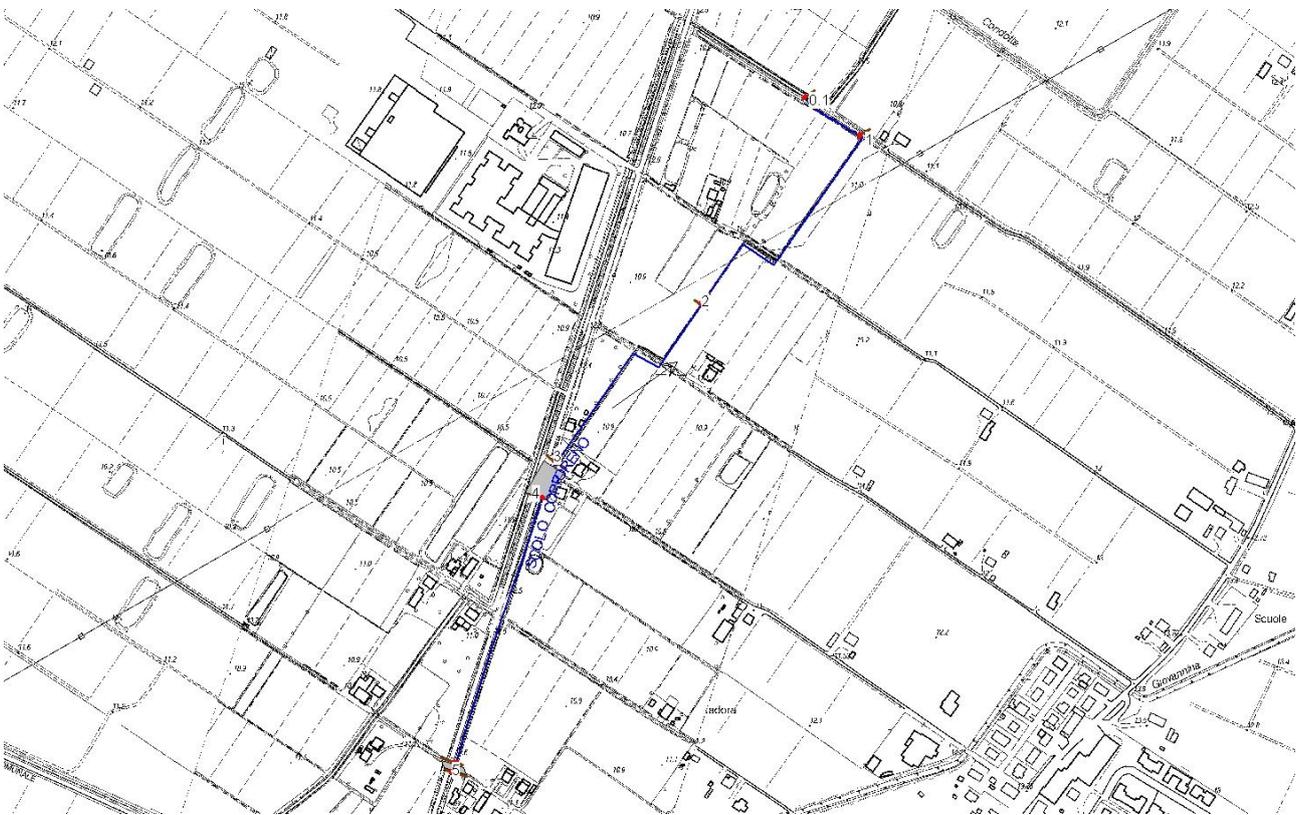


FIGURA 7-1: TRATTO DELLO SCOLO CORPORENO OGGETTO DI MODELLAZIONE IDRAULICA

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.

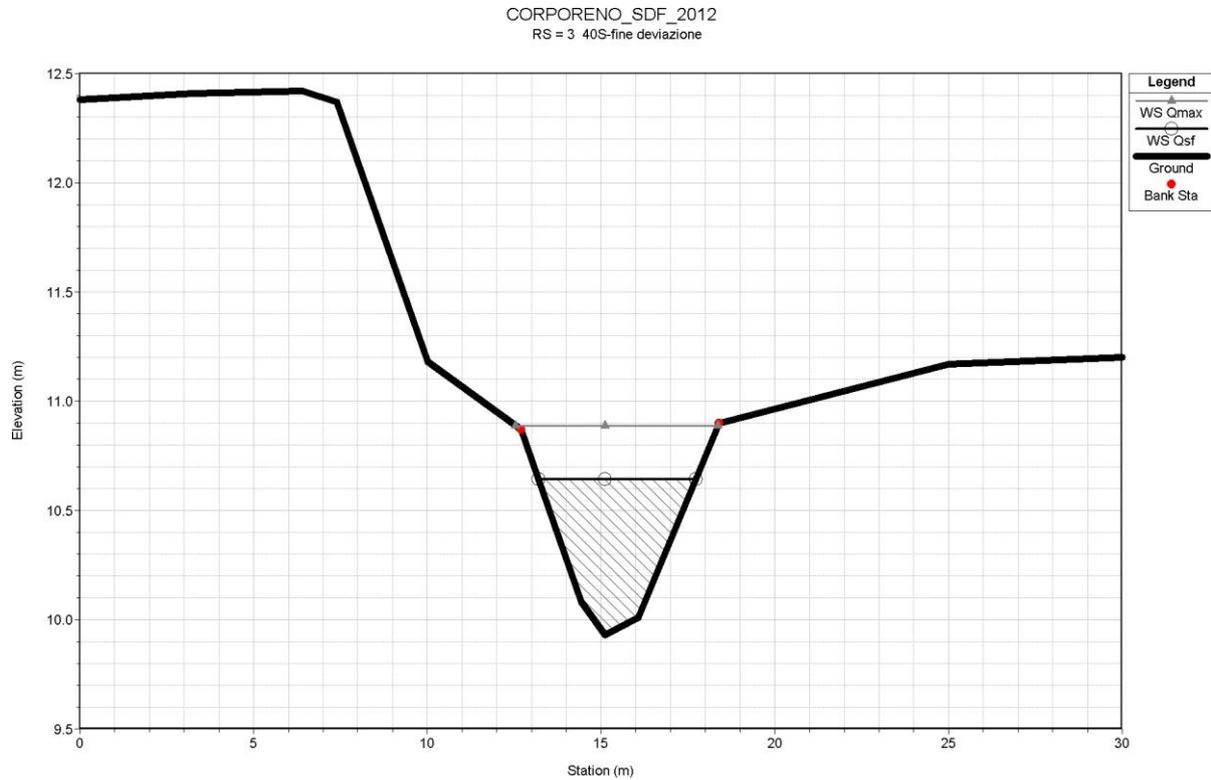


FIGURA 7-2: SF, LIVELLO IDROMETRICO PER LE PORTATE DI RIFERIMENTO ALL'INTERFERENZA CON IL RACC. BONDENO-CENTO

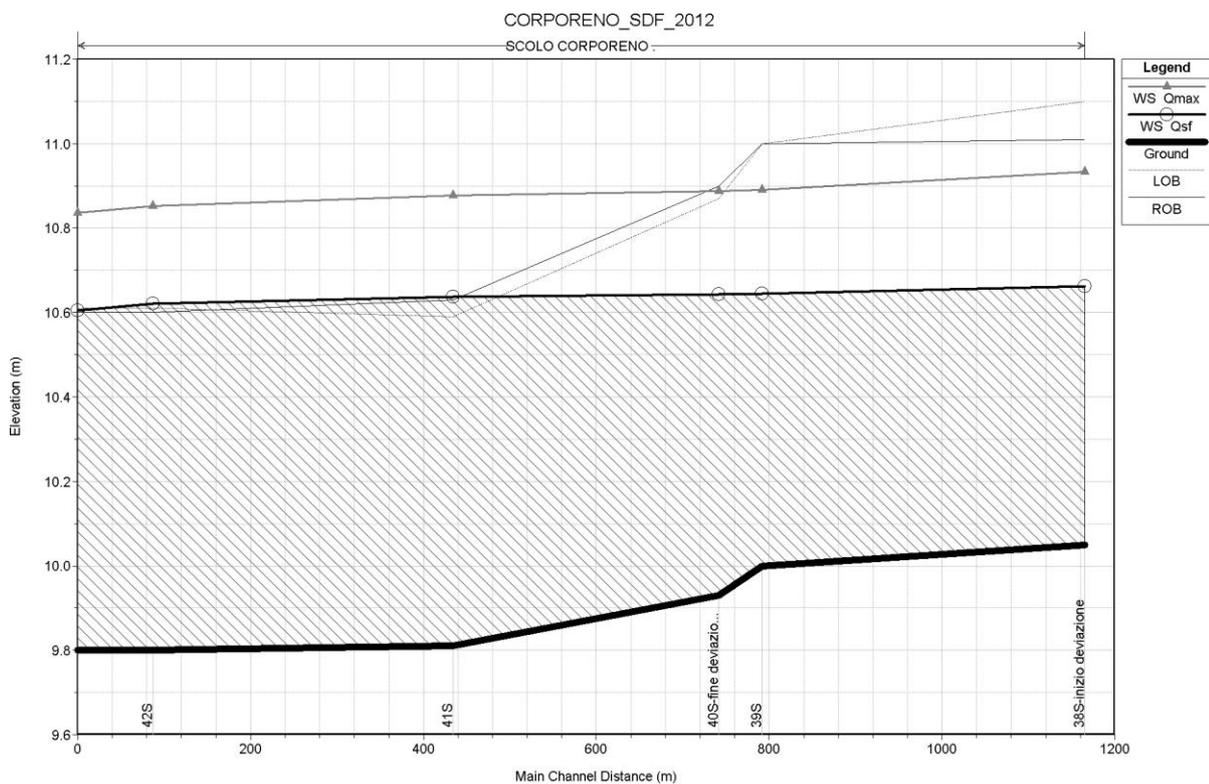


FIGURA 7-3: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QSF E QMAX NELLO STATO DI FATTO

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 involuppo 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 ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)		
38S	5	13	13	10.05	-0.0038	0.32	10.93	10.91	0.19	0.20	10.93	10.91	0.08	0.09
tombino	4.8		13											
38S-inizio deviazione	4.5	360	373	10.10	0.0003	0.32		10.91		0.17		10.91		0.07
39S	4	50	423	10.00	0.0014	0.32	10.89	10.89	0.15	0.15	10.89	10.89	0.06	0.06
tombino	3.5		423											
40S-fine deviazione	3	308	731	9.93	0.0004	0.32	10.89	10.89	0.10	0.10	10.89	10.89	0.04	0.04
41S	2	347	1078	9.81	0.0000	0.32	10.88	10.88	0.11	0.11	10.88	10.88	0.04	0.04
42S	1	87	1165	9.80	0.0000	0.32	10.85	10.85	0.19	0.19	10.85	10.85	0.07	0.07
fine	0.1		1165	9.80		0.32	10.84	10.84	0.20	0.20	10.84	10.84	0.08	0.08

TABELLA 7-1: PRINCIPALI PARAMETRI IDRAULICI A CONFRONTO PER LE SINGOLE SEZIONI NELLO SF E SP SI È CONSIDERATA LA PORTATA QMAX)

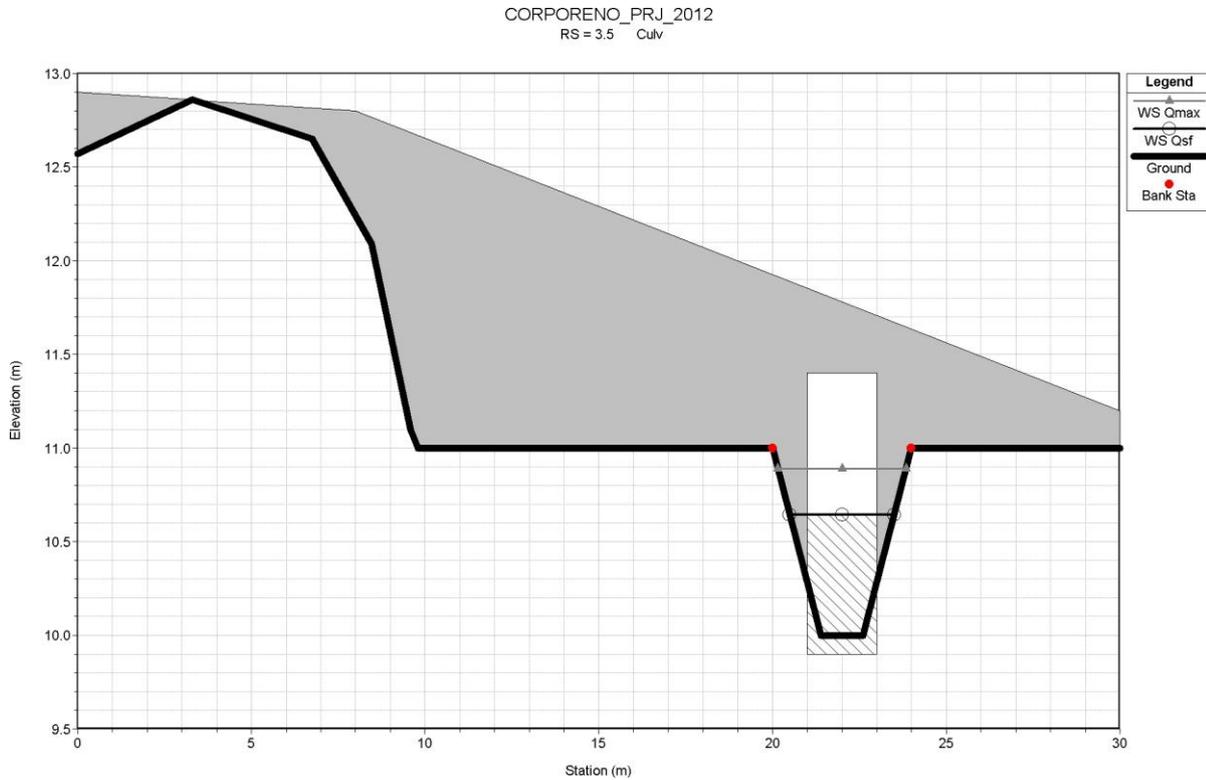


FIGURA 7-4: SP, LIVELLO IDROMETRICO PER LE PORTATE DI RIFERIMENTO ALL'INTERFERENZA CON IL RACC. BONDENO-CENTO

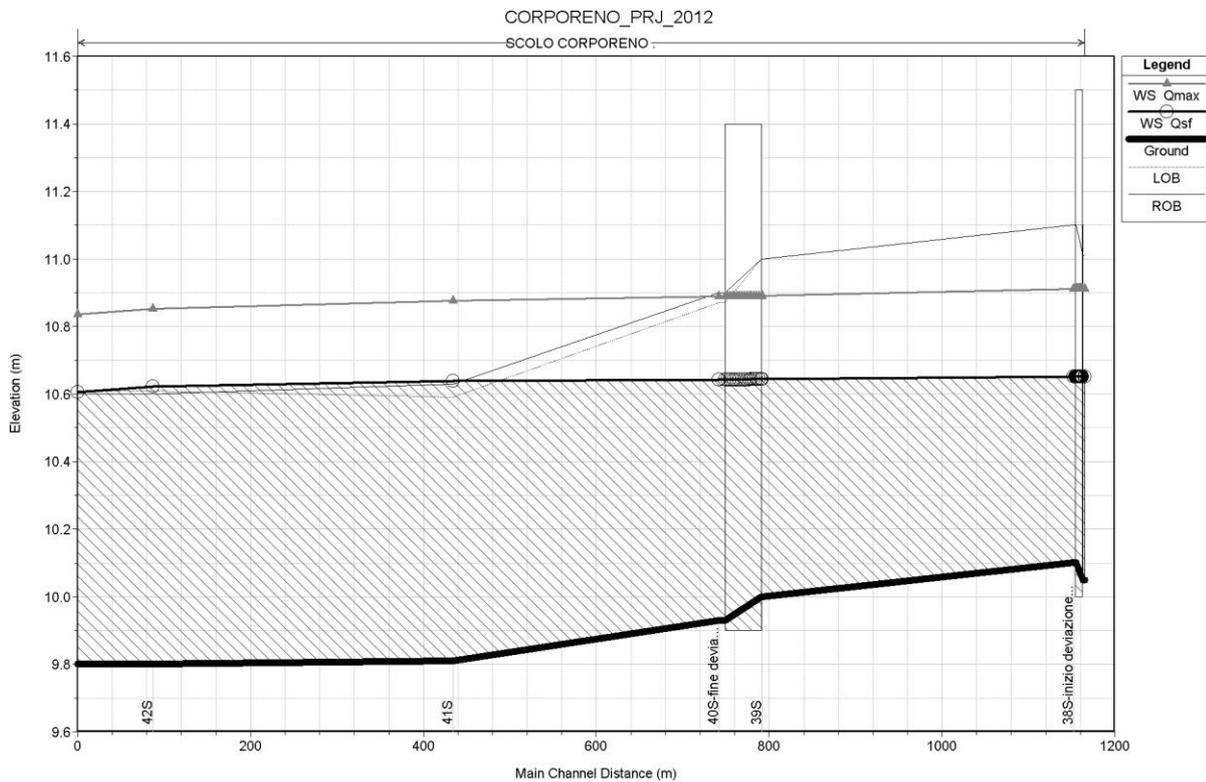


FIGURA 7-5: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QSF E QMAX NELLO STATO DI PROGETTO

7.2. SCOLO GUADORA

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

Lo Scolo Guadora è un canale promiscuo del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara ed appartenente al bacino del Condotto Generale; ha origine all'impianto di sollevamento Montebora e termina nel Condotto Generale, scorre a tratti in campagna ed a tratti in adiacenza alle strade comunali e provinciali, l'andamento prevalente di scorrimento delle acque è da SW verso NE; in prossimità dell'interferenza il canale scorre in sinistra della SP Cento-Finale con sezione in scavo e l'attraversa con ponticello ad arco. Lo scolo ha una lunghezza complessiva di circa 6061 m.

L'interferenza è causata dal Raccordo Bondeno-Cento nel tratto A1 che avviene con allargamento in sede della strada provinciale esistente provoca un allargamento del rilevato stradale con conseguente necessità di deviare, parallelamente a se stesso il canale e provvedere al rifacimento del tombino sotto la provinciale.

Lo Scolo Guadora presenta, nel tratto di parallelismo, una sezione trapezia di base maggiore $B=7.50\text{m}$ base minore $b=2.32\text{m}$ ed altezza minima $h=1.81\text{m}$; la quota di fondo in corrispondenza dell'attraversamento è posta a $H_0=9.40\text{msm}$ mentre la quota della sponda più depressa vale $H_{\text{max}}=11.21\text{msm}$.



CODICE	1FEA045
NOME	SCOLO GUADORA
PROPRIETA'	<i>demaniale</i>
ENTE GESTORE	<i>Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara</i>
LOCALITA'	<i>attraversamento SP</i>
COMUNE	<i>Cento</i>
PROVINCIA	<i>Ferrara</i>

CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE	BACINO (km2)	
	LUNGHEZZA (m)	6061
	SORGENTE	<i>scoli campagna</i>
	FOCE	<i>Condotto Generale</i>
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	<i>rettilineo a lato strada</i>
	TIPO SEZIONE	<i>in scavo</i>
	TIPO ALVEO	<i>sezione in terra di forma trapezoidale con fondo largo e sponde a tratti ripide B>H</i>
	EROSIONI	<i>fondo alveo stabile, con 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 di origine artificiale rinaturalizzato con sponde in erba e tratti di canneto - assenza di vegetazione riparia - fauna ittica, anfibia e mammifera (nutrie)</i>
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	<i>campagna aperta coltivata a mais - cascine agricole e area artigianale - strada provinciale e carraie</i>
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI CONTRONO	AL <i>corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle</i>
	SCABREZZA Gauckler-Strickler	21-24
NOTE	<i>Ponticelli 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:

- deviazione canale in terra: è prevista la deviazione del canale parallelamente a se stesso al fine di non essere interferito dall'allargamento stradale in sede della Bondeno-Cento. La deviazione avrà sezione analoga all'esistente al fine di mantenere la medesima officiosità idraulica; il nuovo inalveamento avrà base maggiore $B=7.5\text{m}$, base minore $b=2.0\text{m}$ e altezza $h=1.5\text{m}$, le sponde avranno pendenza 3:2. Nei tratti di ricucitura del nuovo tracciato con quello esistente 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.
- realizzazione di tombino scatolare in calcestruzzo armato: è previsto un tombino per l'attraversamento della strada di progetto che, ancorché parzialmente esistente, non consente il recupero dell'attuale ponte ad arco in muratura. Il nuovo attraversamento sarà realizzato ortogonalmente alla strada ed avrà dimensioni $B=3.0\text{m}$ $H=2.5\text{m}$ con sprofondato di 20 cm; il tombino viene prolungato di 5m utili a valle per consentire il passaggio dei mezzi operativi;
- 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;

La deviazione e l'attraversamento sono compatibili con i deflussi dello Scolo Guadora; la deviazione ha sezione analoga all'esistente e consente di evacuare le medesime portate, il tracciato non si allunga in modo evidente e pertanto non varia la pendenza di fondo del canale. Il tombino permette il transito della portata a piene rive con franco d'aria $F=50\text{cm}$ come richiesto; 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'efficienza idraulica del canale.

La portata di riferimento è quindi la portata massima sostenibile: sono stati definiti due valori di riferimento in quanto si è osservato che il tratto di monte del canale risulta di efficienza idraulica inferiore, in un tratto limitato, rispetto al resto del canale e ipotizzando che possano essere realizzati interventi di adeguamento dell'efficienza idraulica si è considerata anche la portata maggiore sostenibile nel tratto di vallivo di maggiore efficienza.

Le portate di riferimento sono pertanto denominate $Q_{sf}=2,50 \text{ m}^3/\text{s}$ e $Q_{max}=3,00 \text{ m}^3/\text{s}$.

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 1: prevede l'introduzione della deviazione di progetto e del manufatto di attraversamento e come portata la Q_{sf} dello stato di fatto;
- stato di progetto 2: prevede l'introduzione della deviazione di progetto e del manufatto di attraversamento compreso le eventuali deviazioni e come portata la Q_{max} sostenibile nel tratto valle che risulta essere superiore rispetto a quella sostenibile a monte.

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.

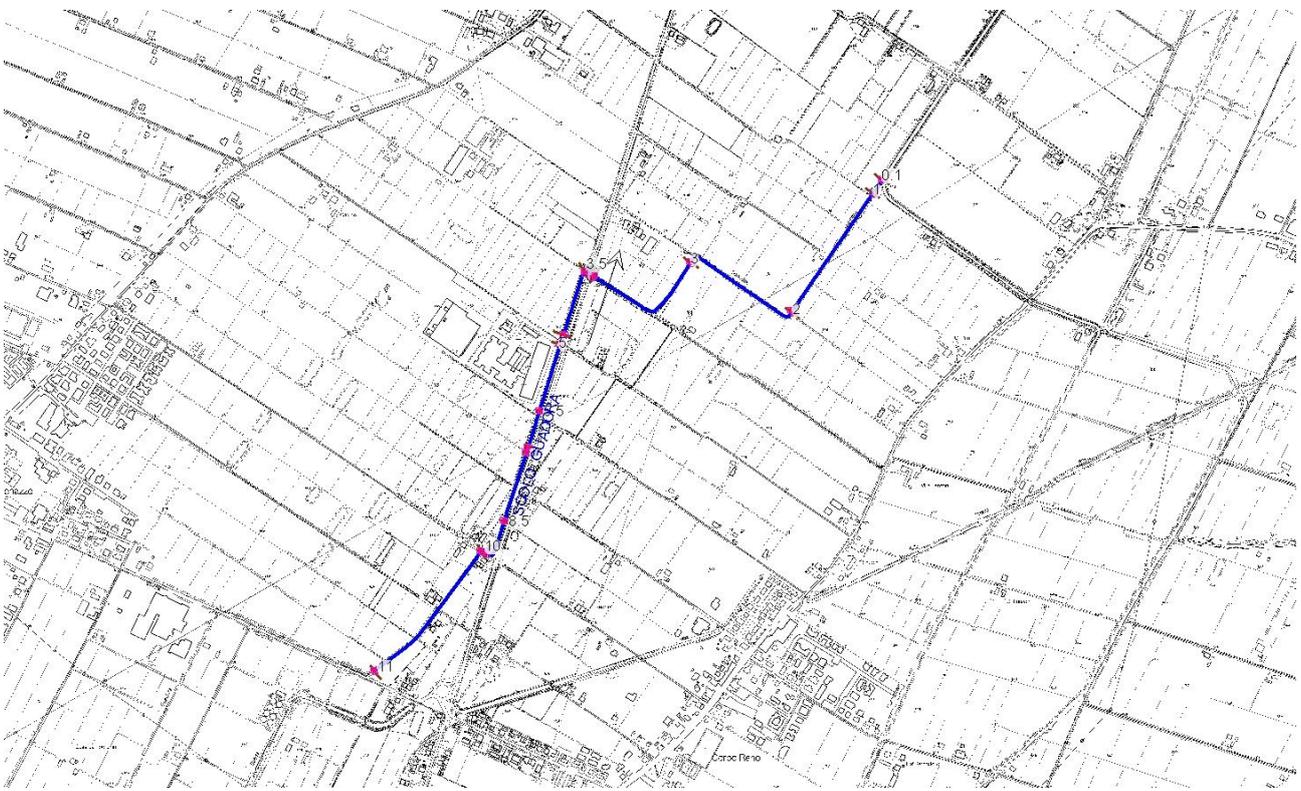


FIGURA 7-6: TRATTO DELLO SCOLO GUADORA OGGETTO DI MODELLAZIONE IDRAULICA

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.

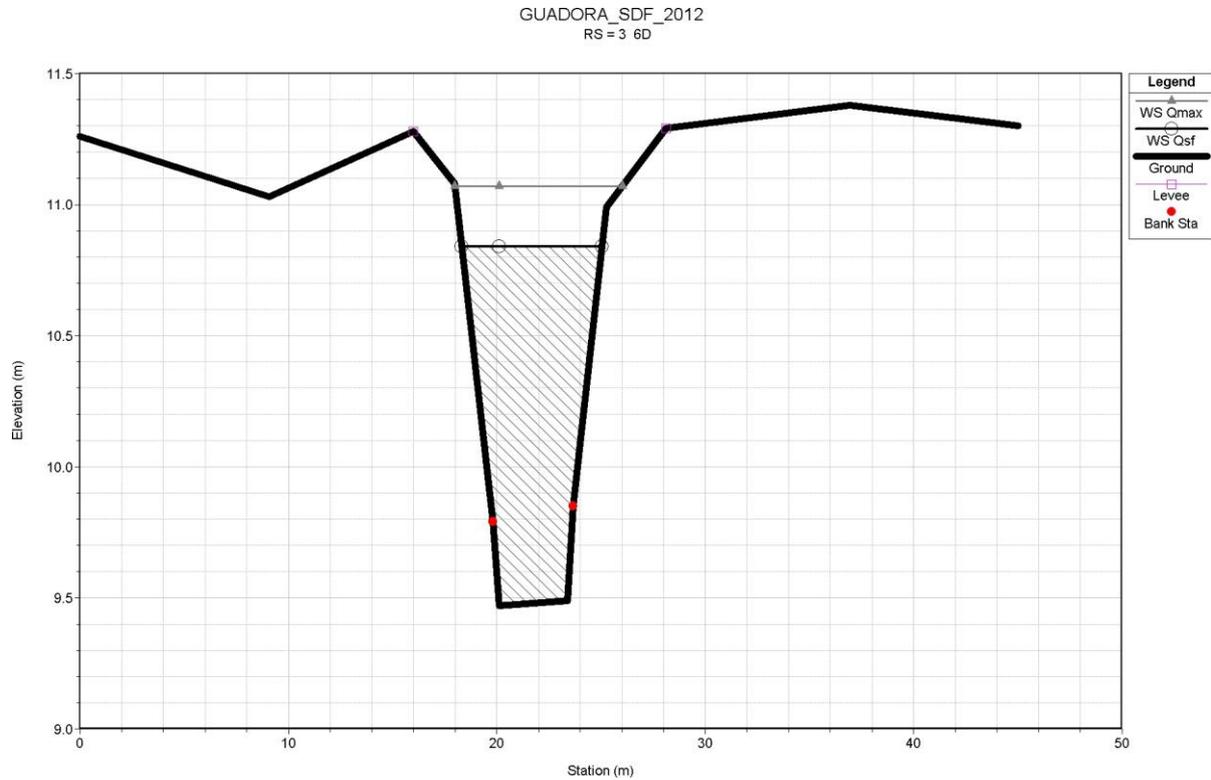


FIGURA 7-7: SF, LIVELLO IDROMETRICO PER LA PORTATA DI RIFERIMENTO ALL'INTERFERENZA CON IL RACC. BONDENO-CENTO

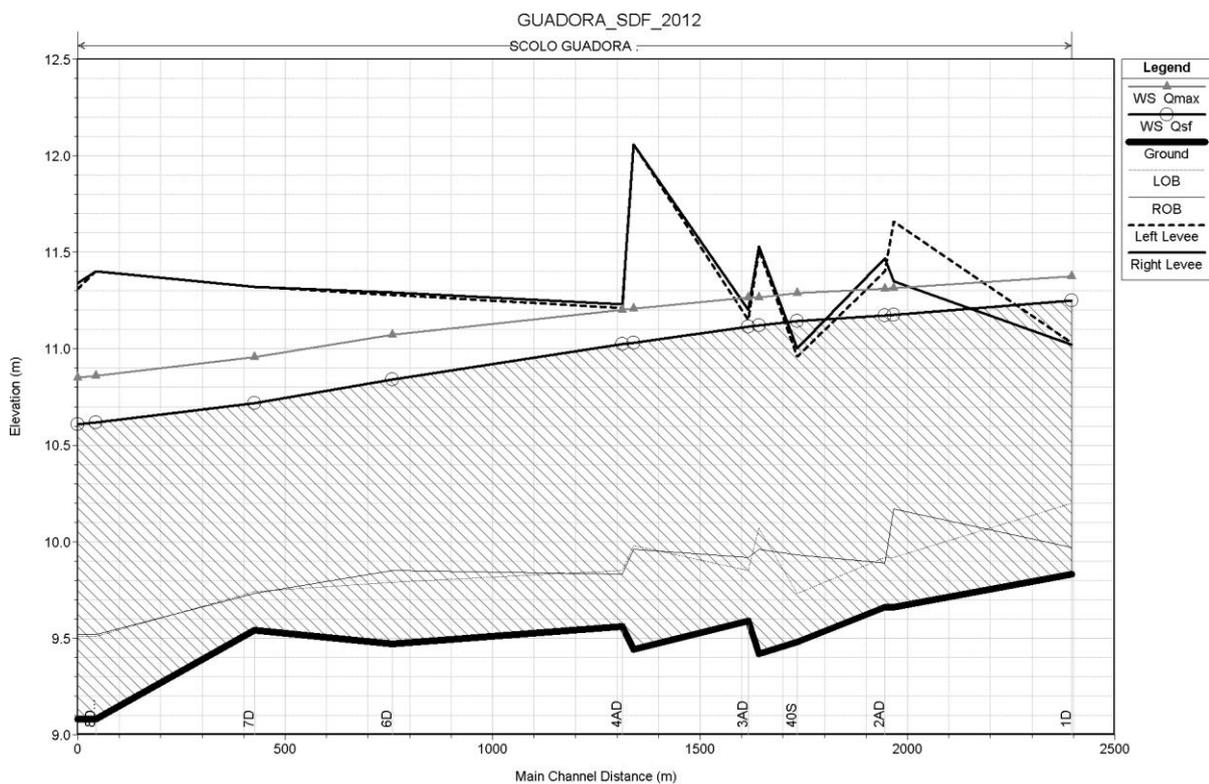


FIGURA 7-8: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QSF E QMAX NELLO STATO DI FATTO

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 involuppo 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 ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)		
1D	11	429	429	9.83	0.0004	3.00	11.38	11.40	0.38	0.36	11.38	11.40	0.10	0.10
2D	10	21	450	9.66	0.0000	3.00	11.31	11.34	0.38	0.37	11.32	11.35	0.10	0.09
2AD	9	112	562	9.66	0.0005	3.00	11.31	11.34	0.39	0.38	11.32	11.35	0.10	0.10
40S	8		562				11.29		0.34		11.29		0.08	
interp	8.5	192	754	9.60	0.0003	3.00		11.32		0.47		11.33		0.12
3D	7	16	770	9.55	-0.0013	3.00	11.27	11.30	0.52	0.45	11.28	11.31	0.13	0.11
tombino Bondeno-Cento	6.5		770											
3AD	6	100	870	9.57	0.0002	3.00	11.27	11.29	0.38	0.46	11.27	11.30	0.10	0.11
interp	5.5	186	1056	9.55	0.0002	3.00		11.27		0.47		11.28		0.12
4D	5	27	1083	9.52	0.0000	3.00	11.21	11.22	0.53	0.53	11.22	11.23	0.13	0.14
4AD	4	175	1258	9.52	0.0001	3.00	11.20	11.21	0.53	0.51	11.21	11.23	0.14	0.13
interp (monte)	3.5	30	1288	9.50	0.0000	3.00		11.19		0.48		11.20		0.12
tombino	3.3		1288											
interp (valle)	3.1	350	1638	9.50	0.0001	3.00		11.18		0.52		11.19		0.13
6D	3	333	1971	9.47	-0.0002	4.00	11.07	11.07	0.58	0.58	11.09	11.09	0.15	0.15
7D	2	382	2353	9.54	0.0012	4.00	10.96	10.96	0.58	0.58	10.97	10.97	0.16	0.16
8D	1	44	2397	9.08	0.0000	4.00	10.86	10.86	0.48	0.48	10.87	10.87	0.12	0.12
8D	0.1		2397	9.08		4.00	10.85	10.85	0.48	0.48	10.86	10.86	0.12	0.12

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

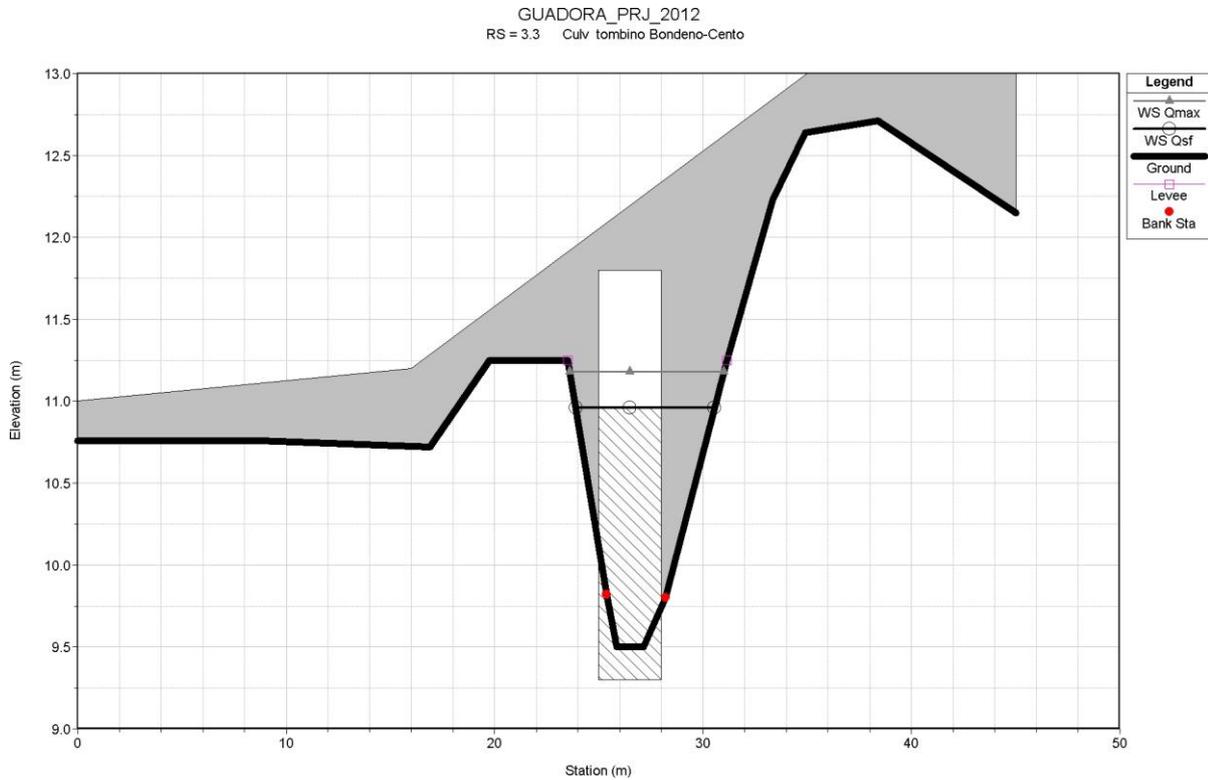


FIGURA 7-9: SP, LIVELLO IDROMETRICO PER LA PORTATA DI RIFERIMENTO ALL'INTERFERENZA CON IL RACC. BONDENO-CENTO

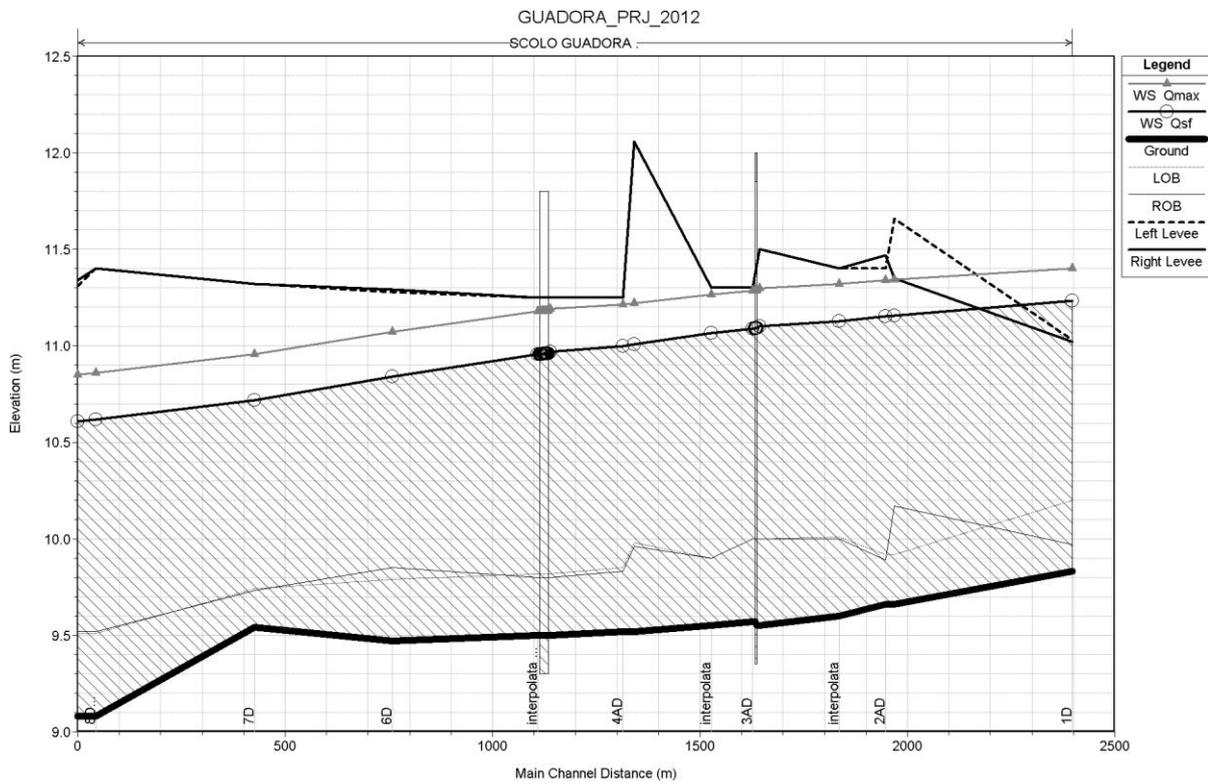


FIGURA 7-10: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QSF E QMAX NELLO STATO DI PROGETTO

7.3. SCOLO GORGHI

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

Lo Scolo Gorghi è un canale promiscuo gestito dal Consorzio di Ferrara; ha origine in località Gorghi e confluisce nel Condotto Generale a sud di Pilastrello, la lunghezza complessiva dell'asta è di circa 5452 m. Il canale, nel tratto d'interferenza, presenta sezione in scavo trapezoidale.

L'interferenza è causata dal tratto A2 del Raccordo Bondeno-Cento che attraversa il canale con sezione in rilevato alto per consentire il sovrappasso del manufatto di tombinamento del canale nel rispetto del prescritto franco idraulico.

Lo Scolo Gorghi presenta, nel tratto di attraversamento, una sezione trapezia di base maggiore $B=6.35\text{m}$ base minore $b=1.40\text{m}$ ed altezza minima $h=1,85\text{m}$; la quota di fondo del canale in corrispondenza dell'attraversamento è $H_0=10.55\text{ msm}$ mentre la quota della sponda più depressa vale $H_{\max}12.40\text{ msm}$.



CODICE	1FEA043	
NOME	SCOLO GORGHI	
PROPRIETA'	<i>demaniale</i>	
ENTE GESTORE	<i>Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara</i>	
LOCALITA'	<i>C. S. Sebastiano</i>	
COMUNE	<i>Cento</i>	
PROVINCIA	<i>Ferrara</i>	
CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE	BACINO (km2)	
	LUNGHEZZA (m)	<i>5452</i>
	SORGENTE	<i>scoli campagne</i>

	FOCE		<i>Condotto Generale</i>
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO		<i>rettilineo con curve a 90° in adiacenza alla strada</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>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 - strade carraie</i>
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI CONTRONO	AL	<i>corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle</i>
	SCABREZZA Gauckler-Strickler		<i>24-27</i>
NOTE	<i>tombini in CLS per passi carrai - manufatti di regolazione delle portate e prese idriche</i>		

7.3.2. Descrizione dell'intervento

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

- deviazione canale: essendo prevista la costruzione della rotatoria di svincolo il canale viene deviato ai margini della stessa; la deviazione ha sezione superiore a quella del canale esistente e sarà regolarizzata con forma trapezoidale e sponde a pendenza 3:2. Nei tratti di collegamento tra la sezione esistente e quella di nuovo in alveamento è previsto un tratto di difesa in massi esteso, a cavaliere, della ricucitura, per 5m;

- realizzazione di tombino scatolare in calcestruzzo armato: viene variato l'assetto planimetrico del canale e l'attraversamento sarà realizzato ortogonalmente alla strada; il tombino, di dimensioni B=3.0m H=2.5m, viene sprofondato di 20 cm, rispetto al fondo attuale, per garantire futuri interventi di manutenzione;
- 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 al fine di consentire il passaggio di sponda ai mezzi consorziali.

L'attraversamento è compatibile con i deflussi dello Scolo Gorgi; il tombino permette il transito della portata a piene rive con franco d'aria F=50cm come 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.

La portata di riferimento è quindi la portata massima sostenibile pari a $Q_{max} = 3.02 \text{ m}^3/\text{s}$.

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 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 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, assunta come portata massima a piene rive;
- scabrezza secondo Gauckler-Strickler pari a 20-25 m^{1/3}/sec differenziata tra sponde e alveo.

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=6.4; b=1.4; h=1.90
Pendenza longitudinale	m/m	0,0005
Officiosità idraulica	m ²	7,17
Portata massima	m ³ /s	3,02
Velocità media	m/s	0,42
Tirante idrometrico	m	1,90
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=3.00; h=2.50
Pendenza di posa	m/m	0,002
Officiosità idraulica	m ²	7,50
Portata massima	m ³ /s	6,20
Velocità media	m/s	1,12
Tirante idrometrico	m	1,80
Franco d'aria	m	0,50

7.4. FOSSO TORRE SPADA

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

Il Fosso Torre Spada è un canale promiscuo gestito dal Consorzio di Ferrara; ha origine dalla via Rossetti e confluisce nello Scolo Gorghi a sud di Pilastrello, la lunghezza complessiva dell'asta è di circa 2384 m. Il canale, nel tratto d'interferenza, scorre in aperta campagna e presenta sezione in scavo trapezoidale.

L'interferenza è causata dal tratto A2 del Raccordo Bondeno-Cento che attraversa il canale con sezione in rilevato basso per consentire il sovrappasso del manufatto di tombinamento del canale nel rispetto del prescritto franco idraulico.

Il Fosso Spada presenta, nel tratto di attraversamento, una sezione trapezia di base maggiore $B=3.50\text{m}$ base minore $b=1.18\text{m}$ ed altezza minima $h=1,53\text{m}$; la quota di fondo del canale in corrispondenza dell'attraversamento è $H_0=9.37\text{ msm}$ mentre la quota della sponda più depressa vale $H_{\text{max}}10.90\text{ msm}$.



CODICE	1FEA039	
NOME	FOSSA SPADA	
PROPRIETA'	<i>demaniale</i>	
ENTE GESTORE	<i>Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara</i>	
LOCALITA'	<i>Cicolo pesca</i>	
COMUNE	<i>Cento</i>	
PROVINCIA	<i>Ferrara</i>	
CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE	BACINO (km2)	
	LUNGHEZZA (m)	2384
	SORGENTE	<i>scoli campagne</i>

	FOCE		<i>Scolo Gorghi</i>
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO		<i>rettilineo con curve a 90°</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 e franamenti per azione delle nutrie</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 - maceri abbandonati utilizzati per aree di caccia - strade carraie</i>
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI CONTRONO	AL	<i>corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle</i>
	SCABREZZA Gauckler-Strickler		<i>21-24</i>
NOTE	<i>tombini in CLS per passi carrai - manufatti di regolazione delle portate e prese idriche</i>		

7.4.2. Descrizione dell'intervento

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

- deviazione canale: essendo il canale adiacente ad una strada poderale rispetto alla quale sono previste rampe di raccordo il canale verrà deviato modestamente rispetto all'asse attuale; la deviazione ha sezione analoga a quella del canale esistente e sarà regolarizzata con forma trapezoidale e sponde a pendenza 3:2;
- realizzazione di tombino scatolare in calcestruzzo armato: viene variato l'assetto planimetrico del canale e l'attraversamento sarà realizzato ortogonalmente alla strada; il tombino, di dimensioni B=3.0m H=2.5m, viene sprofondato di 40 cm, rispetto al fondo attuale, per garantire futuri interventi di manutenzione;
- 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 al fine di consentire il passaggio di sponda ai mezzi consorziali.

L'attraversamento è compatibile con i deflussi della Fossa Spada; il tombino permette il transito della portata a piene rive con franco d'aria F=57cm come 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.

7.4.3. 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 $Q_{max} = 0.60 \text{ m}^3/\text{s}$.

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 (estate 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.

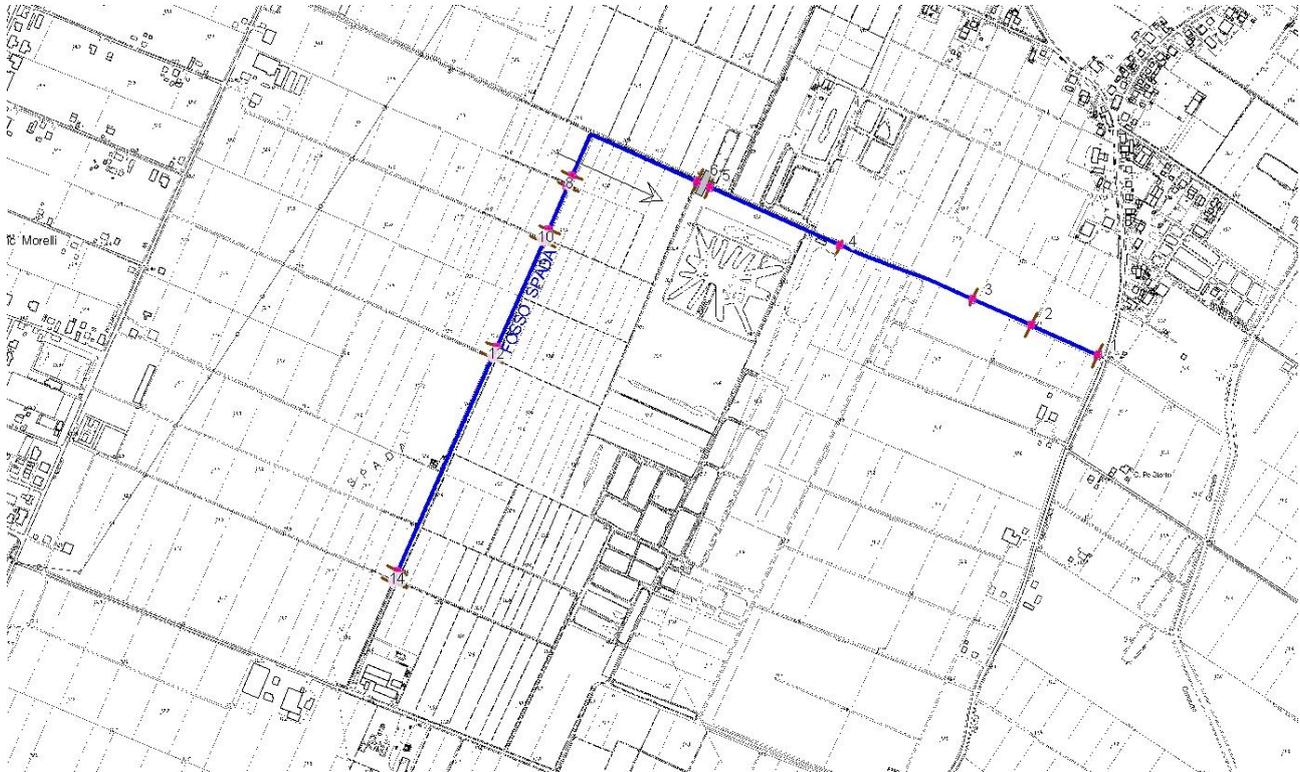


FIGURA 7-11: TRATTO DELLO SCOLO TORRE SPADA OGGETTO DI MODELLOZIONE IDRAULICA

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.

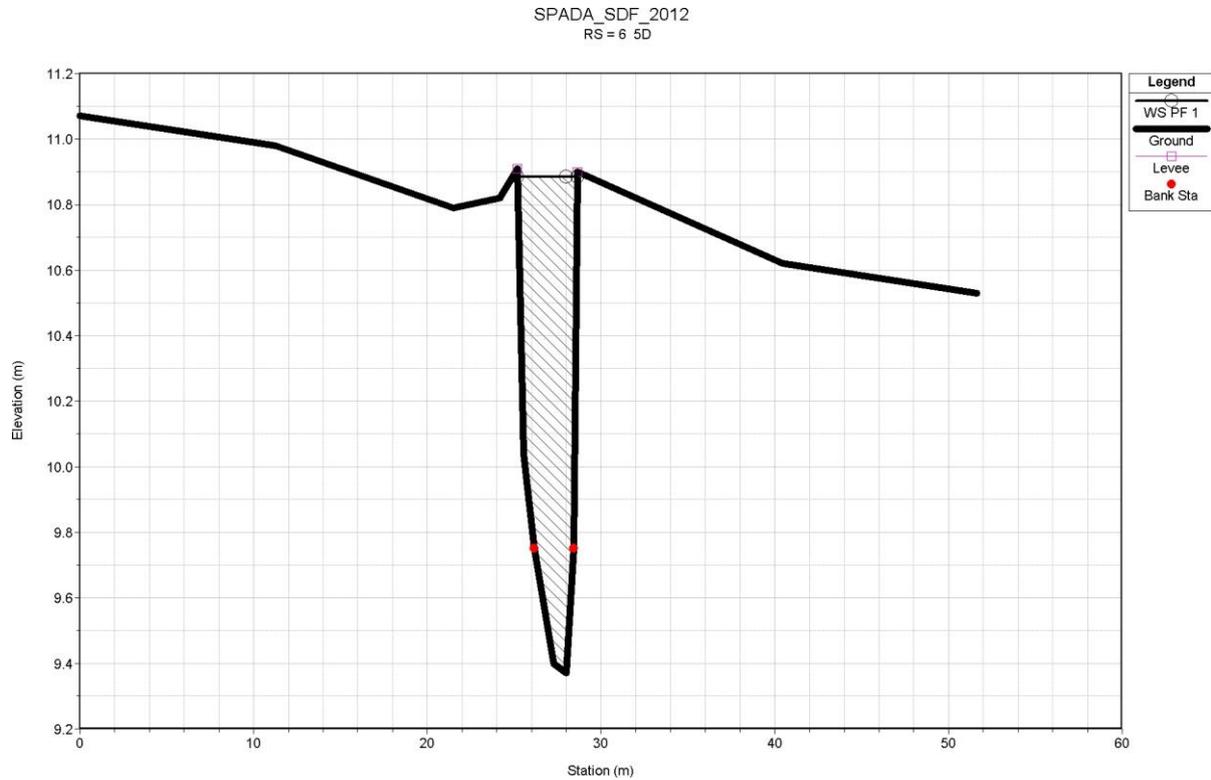


FIGURA 7-12: SF, LIVELLO IDROMETRICO PER LA PORTATA DI RIFERIMENTO ALL'INTERFERENZA CON IL RACC. BONDENO-CENTO

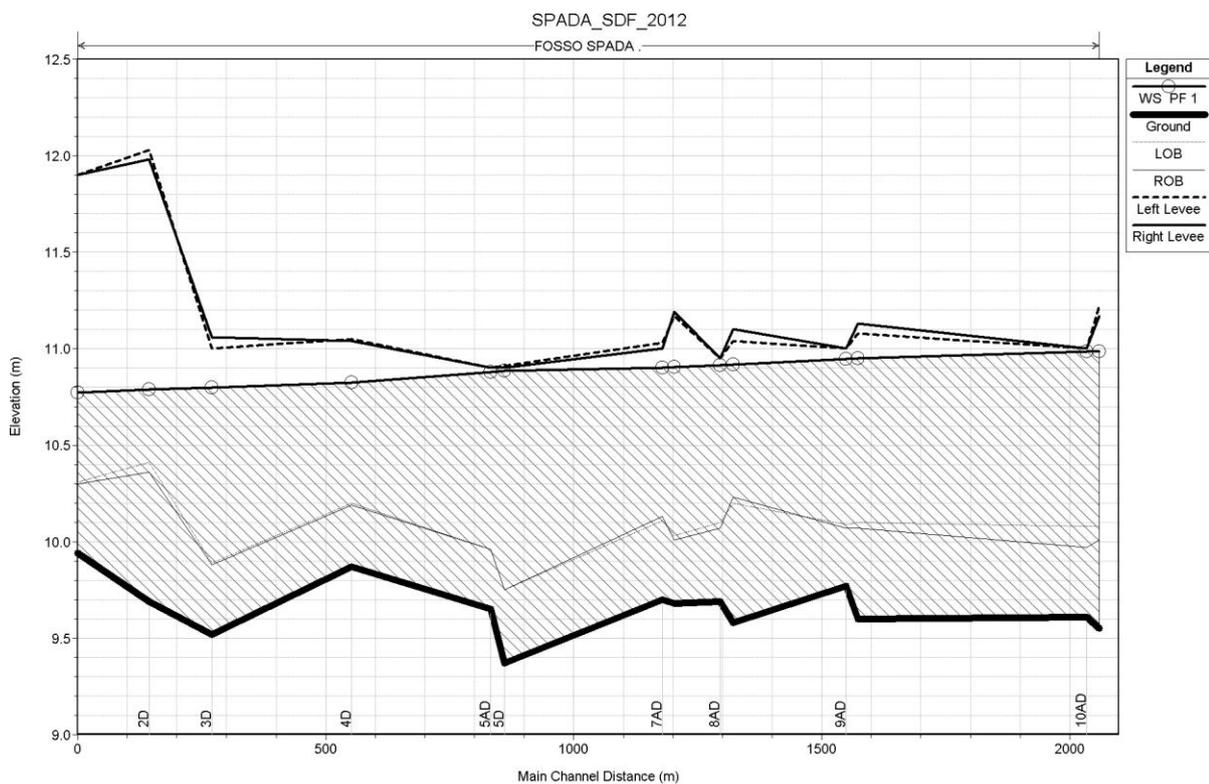


FIGURA 7-13: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX NELLO STATO DI FATTO

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 involuppo 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
10D	14	25	25	9.55	-0.0024	0.60	10.99	10.96	0.21	0.21	10.99	10.96	0.06	0.06
10AD	13	461	486	9.61	0.0000	0.60	10.98	10.96	0.23	0.23	10.99	10.96	0.06	0.07
9D	12	24	510	9.60	-0.0071	0.60	10.95	10.92	0.21	0.22	10.95	10.92	0.06	0.07
9AD	11	227	737	9.77	0.0008	0.60	10.95	10.92	0.30	0.31	10.95	10.92	0.09	0.10
8D	10	27	764	9.58	-0.0041	0.60	10.92	10.88	0.24	0.25	10.92	10.89	0.08	0.08
8AD	9	92	856	9.69	0.0001	0.60	10.91	10.88	0.26	0.27	10.92	10.88	0.08	0.08
7D	8	24	880	9.68	-0.0008	0.60	10.91	10.87	0.24	0.25	10.91	10.87	0.07	0.08
7AD	7	319	1199	9.70	0.0003	0.60	10.90	10.87	0.26	0.27	10.91	10.87	0.08	0.08
5D	6	27	1226	9.60	0.0000	0.60	10.88	10.86	0.17	0.18	10.89	10.86	0.05	0.05
tombino Bondeno-Cento	5.5		1226											
5AD	5	281	1507	9.60	-0.0010	0.60	10.88	10.86	0.28	0.19	10.88	10.86	0.08	0.05
4D	4	282	1789	9.87	0.0012	0.60	10.82	10.82	0.38	0.38	10.83	10.83	0.13	0.13
3D	3	126	1915	9.52	-0.0013	0.60	10.80	10.80	0.19	0.19	10.80	10.80	0.05	0.05
2D	2	144	2059	9.69	-0.0017	0.60	10.79	10.79	0.21	0.21	10.79	10.79	0.07	0.07
1D	1		2059	9.94		0.60	10.77	10.77	0.20	0.20	10.78	10.78	0.07	0.07

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

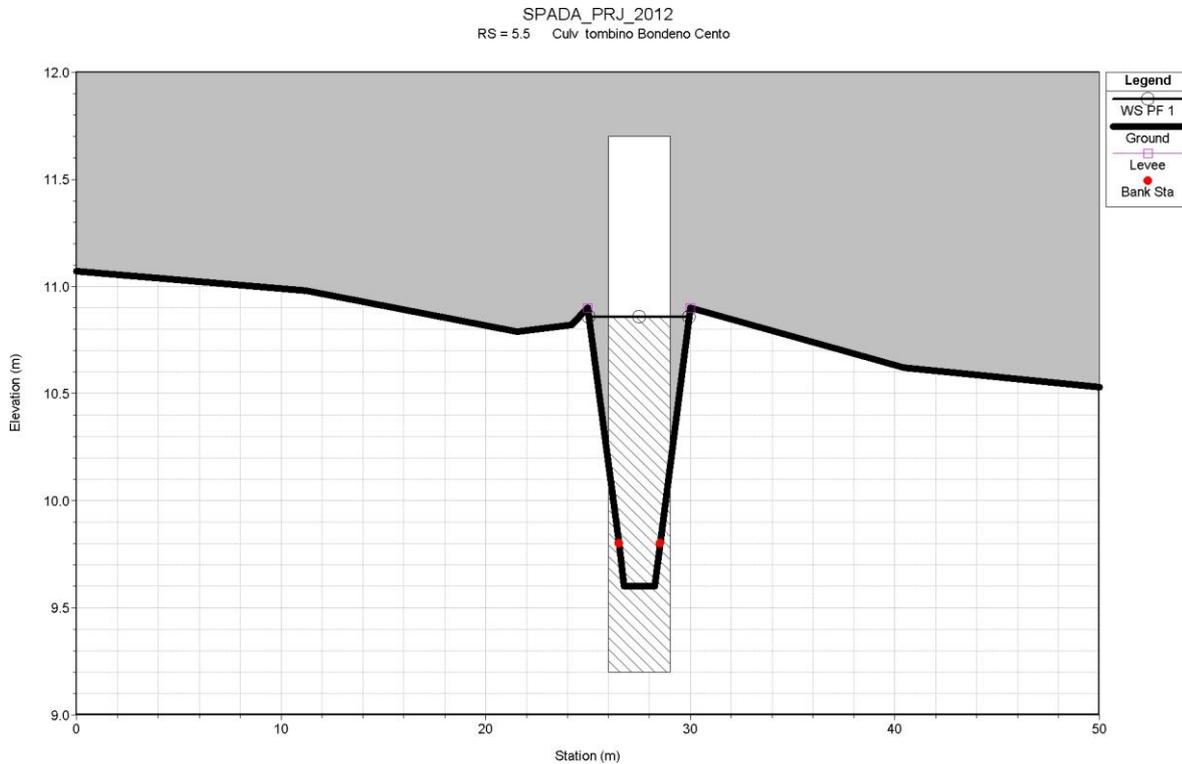


FIGURA 7-14: SP, LIVELLO IDROMETRICO PER LA PORTATA DI RIFERIMENTO ALL'INTERFERENZA CON IL RACC. BONDENO-CENTO

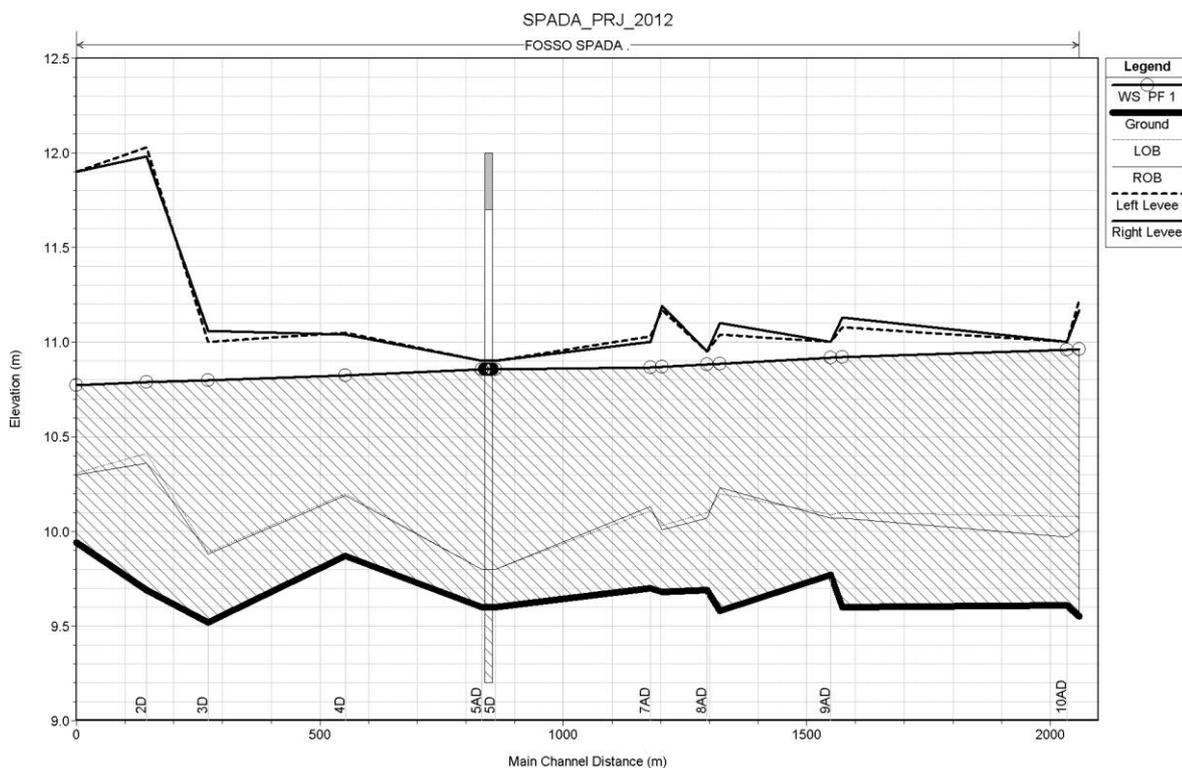


FIGURA 7-15: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX NELLO STATO DI PROGETTO



AUTOSTRADA
REGIONALE
CISPADANA

REGIONE EMILIA ROMAGNA

AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA
dal casello di Reggiolo-Rolo sulla A22 al casello di Ferrara Sud sulla A13

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO DELLE VIABILITA' DI ADDUZIONE AL SISTEMA AUTOSTRADALE
D04-D08 (ex 1FE) – Raccordo Bondeno-Cento-Autostrada Cispadana

IDROLOGIA E IDRAULICA

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA

7.5. SCOLO SALIONE

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

Lo Scolo Salione nuovo è un canale promiscuo gestito dal Consorzio 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 attraversamento della SP con ponte ad arco in muratura; la sezione è in scavo di forma trapezoidale.

L'interferenza è causata dal tratto B del Raccordo Bondeno-Cento che attraversa il canale con sezione in rilevato alto per consentire il sovrappasso del manufatto di tombinamento del canale nel rispetto del prescritto franco idraulico.

Lo Scolo Salione presenta, nel tratto di attraversamento, una sezione trapezia di base maggiore $B=11.17\text{m}$ base minore $b=4.48\text{m}$ ed altezza minima $h=2.10\text{m}$; la quota di fondo del canale in corrispondenza dell'attraversamento è $H_0=8.80\text{msm}$ mentre la quota della sponda più depressa vale $H_{\max}10.90\text{msm}$.



CODICE	1FEA202	
NOME	SCOLO SALIONE	
PROPRIETA'	<i>demaniale</i>	
ENTE GESTORE	<i>Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara</i>	
LOCALITA'	<i>C. Gorgo</i>	
COMUNE	<i>Cento</i>	
PROVINCIA	<i>Ferrara</i>	
CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE	BACINO (km2)	
	LUNGHEZZA (m)	<i>11107</i>

	SORGENTE		<i>scoli campagna</i>
	FOCE		<i>Condotto Generale</i>
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO		<i>misto con alteranza di tratti sinuosi e tratti rettilinei</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 spondali e franamenti 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 e fondo ineribiti con tratti di canneto elofitico e fragmiteto - alberi isolati sui cigli spondali - presenza di fauna ittica e anfibia, mammiferi (nutrie)</i>
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE		<i>campagna aperta coltivata a mais e frumento - alberi ed arbusti isolati - ex maceri ad uso irriguo e ricreativo - cascine agricole isolate - strade</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>21-24</i>
NOTE	<i>ponte in muratura ad arco su SP - paratoie di regolazione irrigua e scolo</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 mantenuto l'assetto planimetrico del canale e l'attraversamento sarà realizzato ortogonalmente alla strada; il tombino, di dimensioni B=5.0m H=3.0m, viene sprofondato di 40 cm, rispetto al fondo attuale, per garantire futuri interventi di manutenzione. Il manufatto viene prolungato per 5m a monte e valle al fine di consentire il passaggio dei mezzi d'opera consorziali;
- 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 al fine di consentire il passaggio di sponda ai mezzi consorziali.

L'attraversamento è compatibile con i deflussi dello Scolo Salione, il tombino permette il transito della portata a piene rive con franco d'aria F=50cm come 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.

7.5.3. 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 $Q_{max} = 6.0 \text{ m}^3/\text{s}$.

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 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.



FIGURA 7-16: TRATTO DELLO SCOLO SALIONE OGGETTO DI MODELLAZIONE IDRAULICA

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.

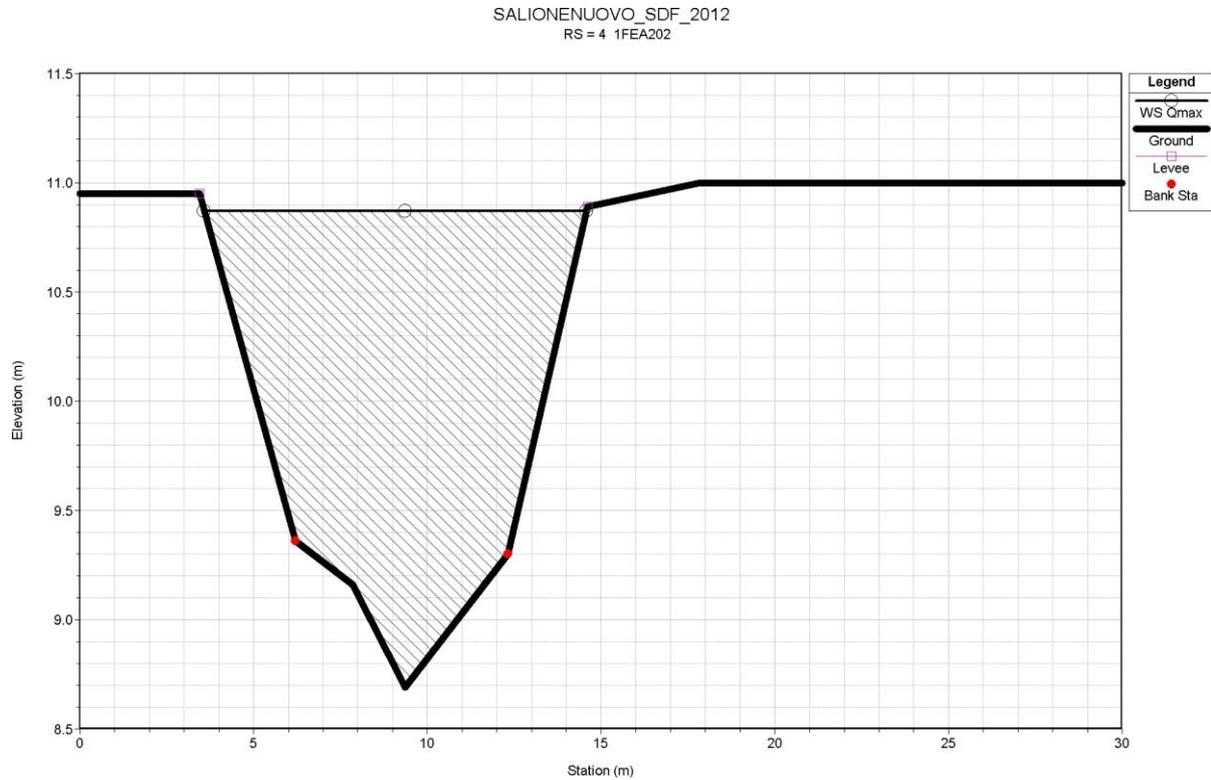


FIGURA 7-17: SF, LIVELLO IDROMETRICO PER LA PORTATA DI RIFERIMENTO ALL'INTERFERENZA CON IL RACC. BONDENO-CENTO

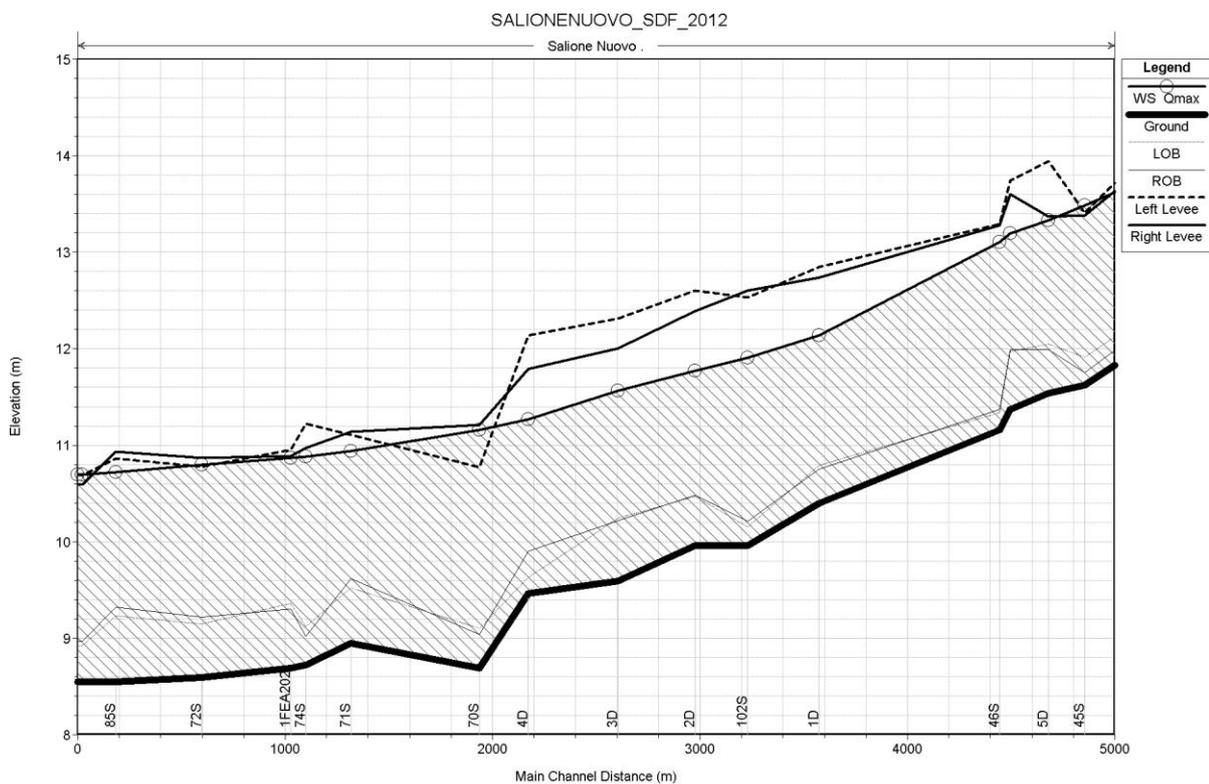


FIGURA 7-18: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX NELLO STATO DI FATTO

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 involuppo 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	Pendenz a	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)		
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 7-4: PRINCIPALI PARAMETRI IDRAULICI A CONFRONTO PER LE SINGOLE SEZIONI NELLO SF E SP

SALIONENUOVO_PRJ_2012
RS = 4.5 Culv tombino Bondeno-Cento

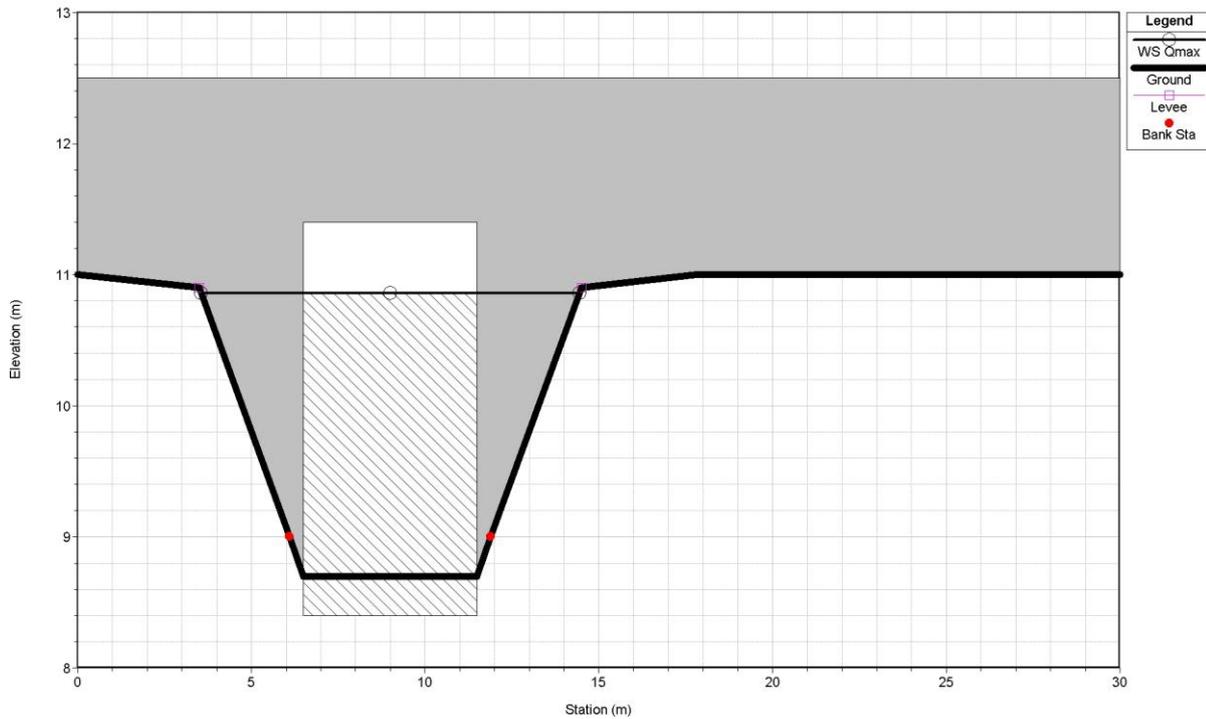


FIGURA 7-19: SP, LIVELLO IDROMETRICO PER LA PORTATA DI RIFERIMENTO ALL'INTERFERENZA CON IL RACC. BONDENO-CENTO

SALIONENUOVO_PRJ_2012
Salione Nuovo .

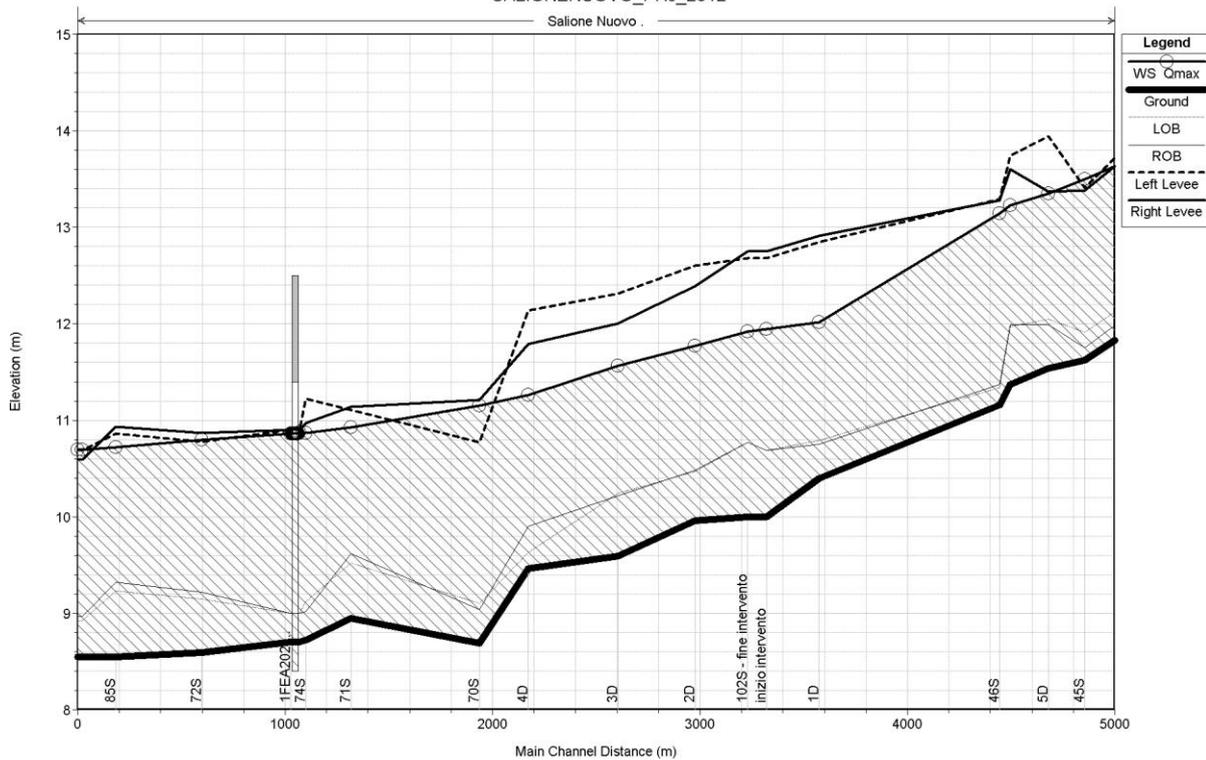


FIGURA 7-20: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX NELLO STATO DI PROGETTO

7.6. SCOLO BASTARDO

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

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

L'interferenza è causata dal tratto C del Raccordo Bondeno-Cento che attraversa il canale con sezione in rilevato alto per consentire il sovrappasso del manufatto di tombinamento del canale nel rispetto del prescritto franco idraulico. L'attraversamento è posto in continuità a quello dell'Autostrada Cispadana che è affiancata a sud del Raccordo.



Lo Scolo Bastardo presenta, nel tratto di attraversamento, una sezione trapezia di base maggiore $B=5.60\text{m}$ base minore $b=1.11\text{m}$ ed altezza minima $h=1.49\text{m}$; la quota di fondo del canale in corrispondenza dell'attraversamento è $H_0=8.76$ msm mentre la quota della sponda più depressa vale $H_{\max}10.25$ msm.

CODICE	1FEA216	
NOME	SCOLO BASTARDO	
PROPRIETA'	<i>demaniale</i>	
ENTE GESTORE	<i>Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara</i>	
LOCALITA'	-	
COMUNE	<i>Cento</i>	
PROVINCIA	<i>Ferrara</i>	
CARATTERISTICHE	BACINO (km2)	

IDROGRAFICHE	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 di origine artificiale 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 cascine</i>
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI CONTRONO	AL <i>corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle</i>
	SCABREZZA Gauckler-Strickler	21-24
NOTE	<i>ponte ad arco in muratura su strada Orologi con salto di quota - paratoia manuale ancorata al ponte</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 ha dimensioni 4.0x2.5m 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 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 è compatibile con i deflussi dello Scolo Bastardo; il tombino permette il transito della portata a piene rive con franco d'aria $F=61$ cm 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.

7.6.3. 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'officiosità idraulica del canale.

La portata di riferimento è quindi la portata massima sostenibile pari a $Q_{max}= 1,90 \text{ m}^3/\text{s}$.

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^{1/3}/sec differenziata tra sponde e alveo.

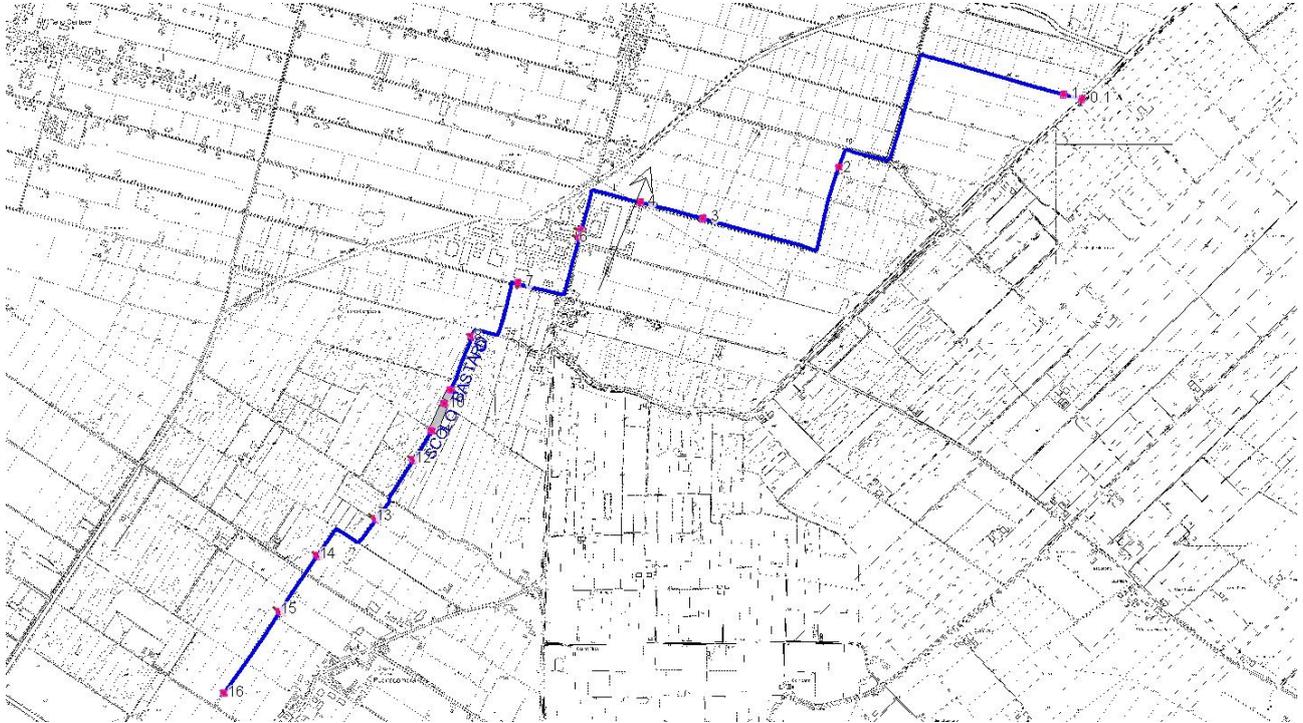


FIGURA 7-21: TRATTO DELLO SCOLO BASTARDO OGGETTO DI MODELLAZIONE IDRAULICA

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.

BASTARDO_SDF_2012
 RS = 9 6D-Bondeno-Cento

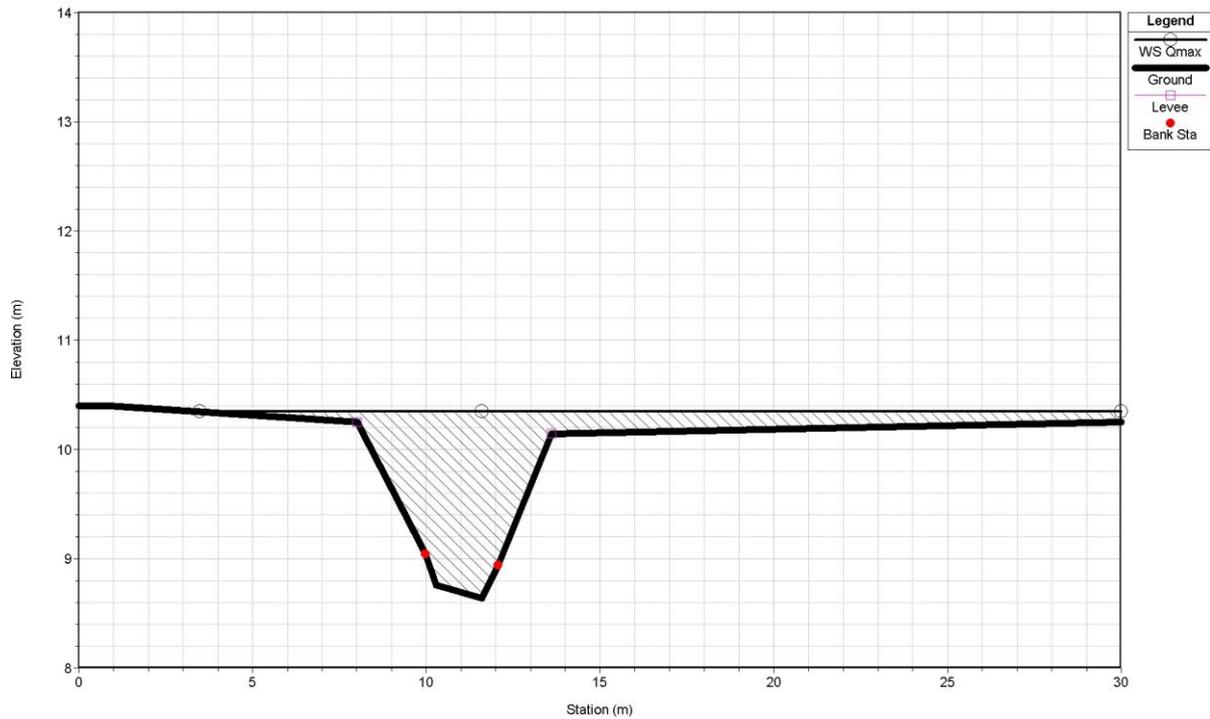


FIGURA 7-22: SF, LIVELLO IDROMETRICO PER LA PORTATA DI RIFERIMENTO ALL'INTERFERENZA CON IL RACC. BONDENO-CENTO

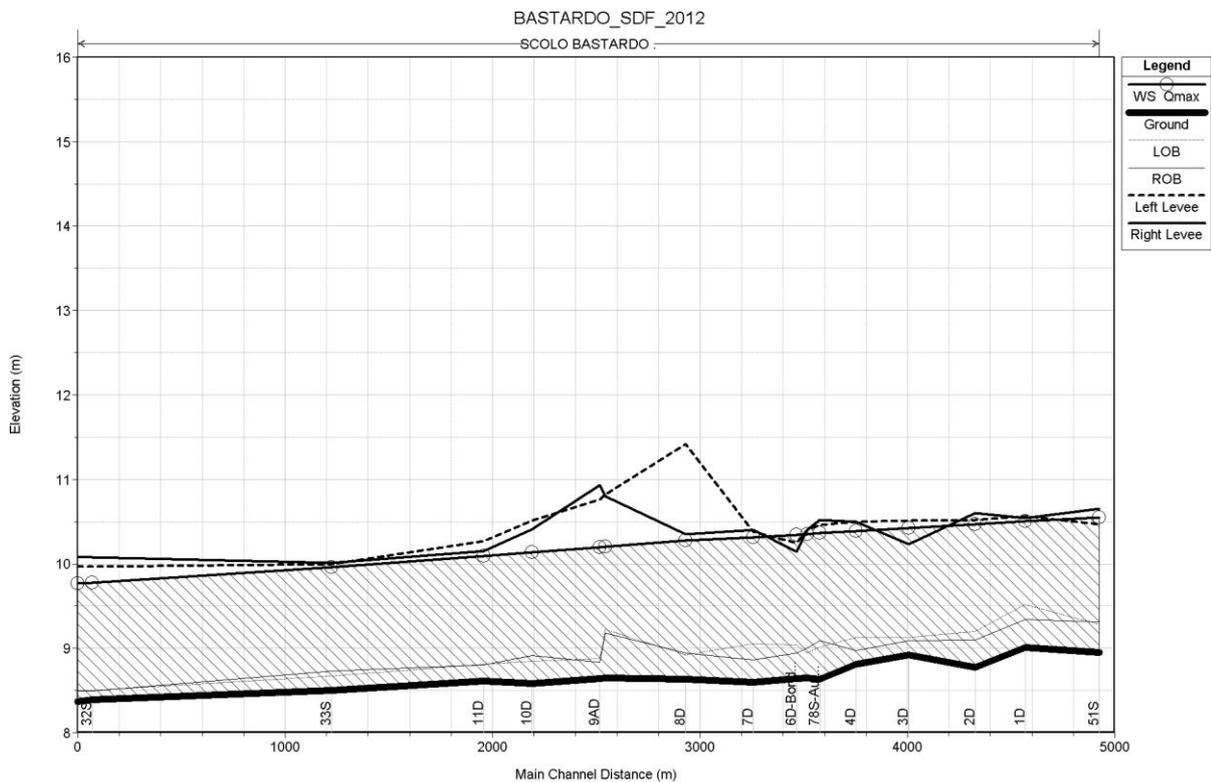


FIGURA 7-23: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX NELLO STATO DI FATTO

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 involuppo 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 ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)		
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 7-5: PRINCIPALI PARAMETRI IDRAULICI A CONFRONTO PER LE SINGOLE SEZIONI NELLO SF E SP

BASTARDO_PR_2012
 RS = 9.5 Culv Bondeno-Cento

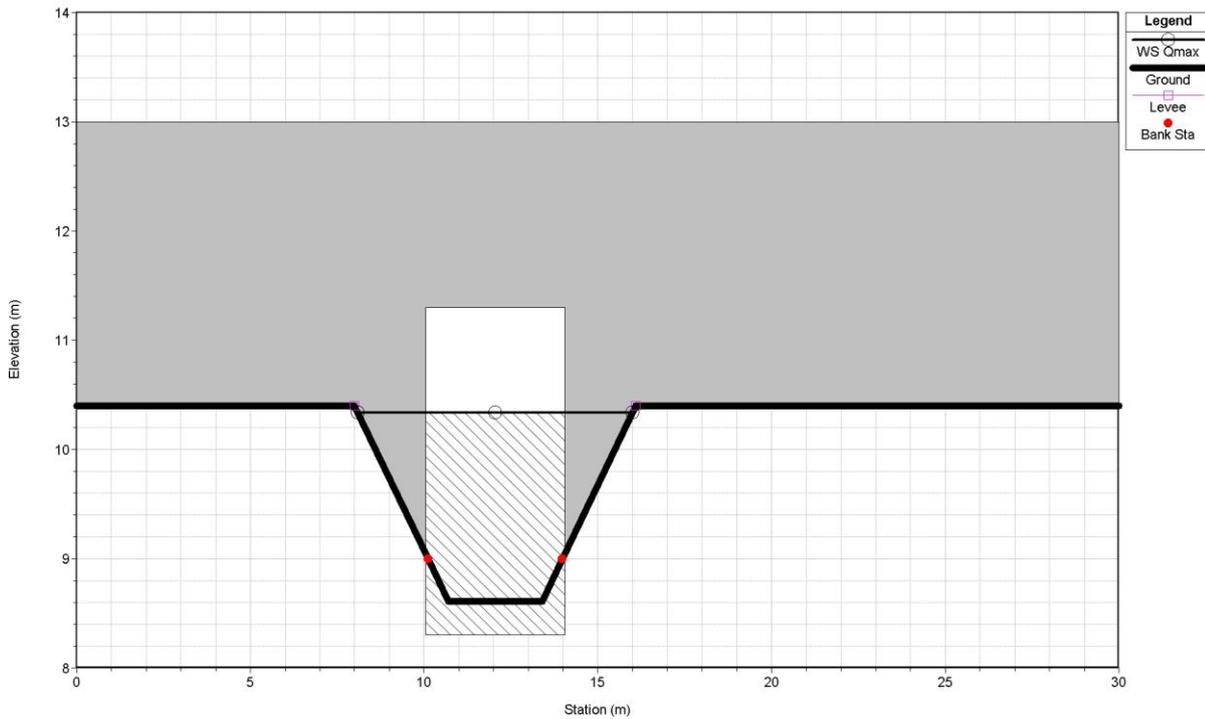


FIGURA 7-24: SP, LIVELLO IDROMETRICO PER LA PORTATA DI RIFERIMENTO ALL'INTERFERENZA CON IL RACC. BONDENO-CENTO

BASTARDO_PR_2012
 SCOLO BASTARDO

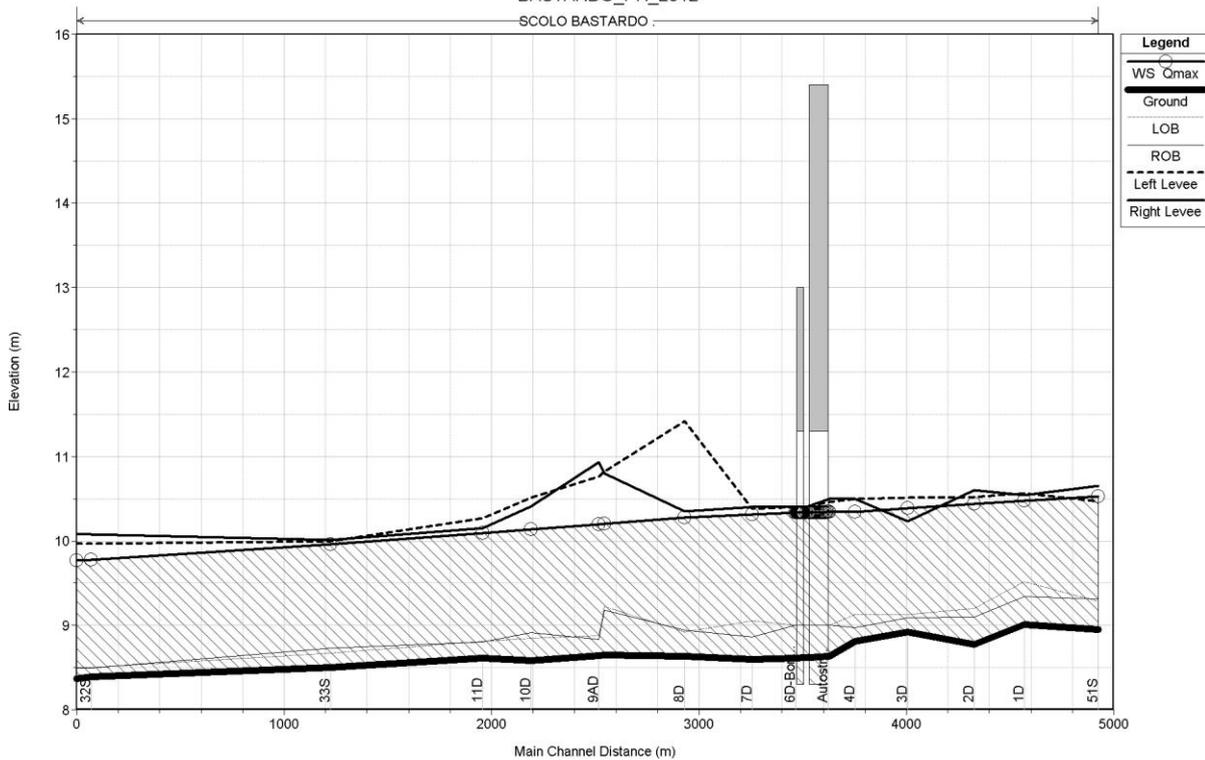


FIGURA 7-25: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX NELLO STATO DI PROGETTO

7.7. SCOLO CHIODAROLO NUOVO

7.7.1. 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 del Raccordo, che in questo tratto risulta affiancato all'autostrada e viene risolto con tombio unico in continuità.

Lo Scolo Chiodarolo Nuovo presenta, nel tratto di attraversamento, una sezione trapezia di base maggiore $B=3.31\text{m}$ base minore $b=1.16\text{m}$ ed altezza $h=1.00\text{m}$; la quota di fondo in corrispondenza dell'attraversamento è posta a $H_0=9.79\text{msm}$ mentre la quota della sponda più depressa vale $H_{\text{max}}=10.79\text{msm}$.



CODICE	1FEA017	
NOME	SCOLO CHIODAROLO NUOVO	
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>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		

7.7.2. Descrizione dell'intervento

L'intervento prevede la risoluzione dell'interferenza attraverso l'esecuzione di un tombino scatolare di dimensioni B=3.0m e H=2.0m realizzato nell'ambito della costruzione dell'Autostrada Cispadana. Essendo infatti la Bondeno-Cento adiacente all'autostrada e soprattutto in raccordo mediante rotatoria con la SP di Casumaro si è reso necessario tombare il canale per un lungo tratto fino a consentire la risoluzione dei entrambe le interferenze. Il manufatto è ricompreso nelle opere idrauliche dell'Autostrada Cispadana.

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.

7.7.3. 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 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 $Q_{max} = 1,00 m^3/s$.

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

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

- 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.



FIGURA 7-26: TRATTO DELLO SCOLO CHIODAROLO NUOVO OGGETTO DI MODELLAZIONE IDRAULICA

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.

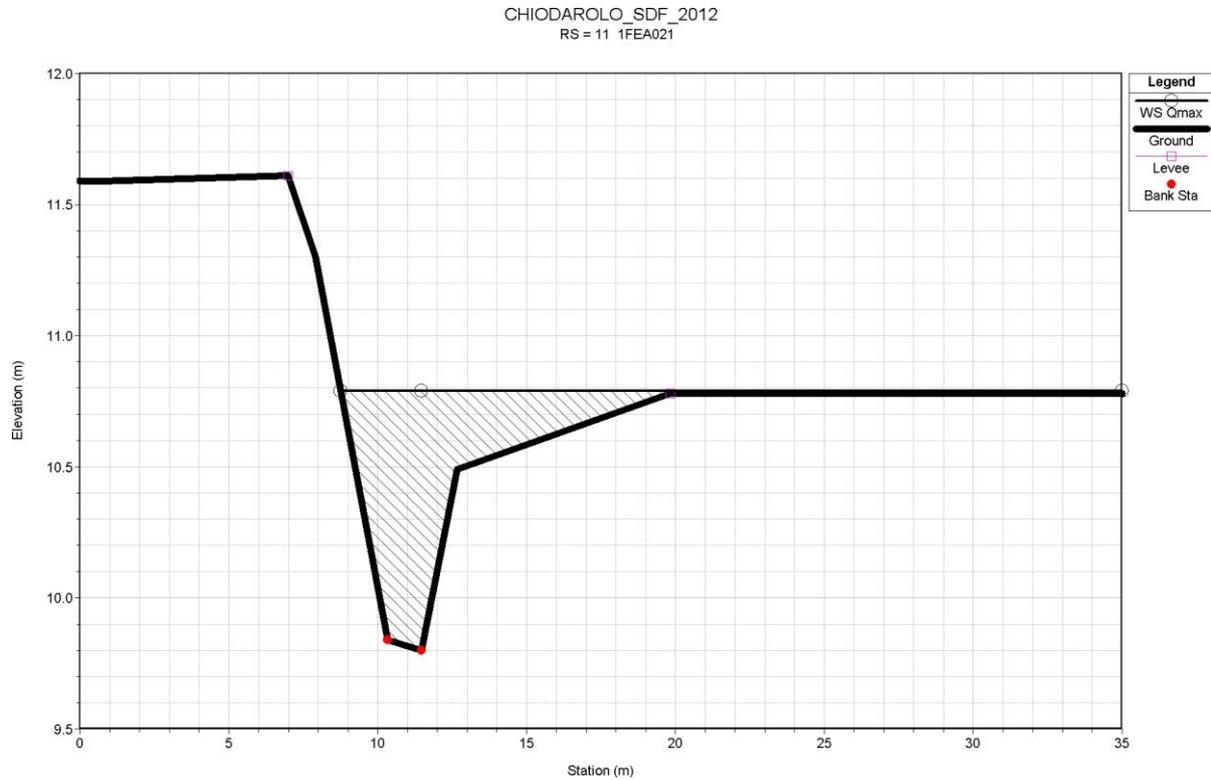


FIGURA 7-27: SF, LIVELLO IDROMETRICO PER LA PORTATA DI RIFERIMENTO ALL'INTERFERENZA CON IL RACC. BONDENO-CENTO

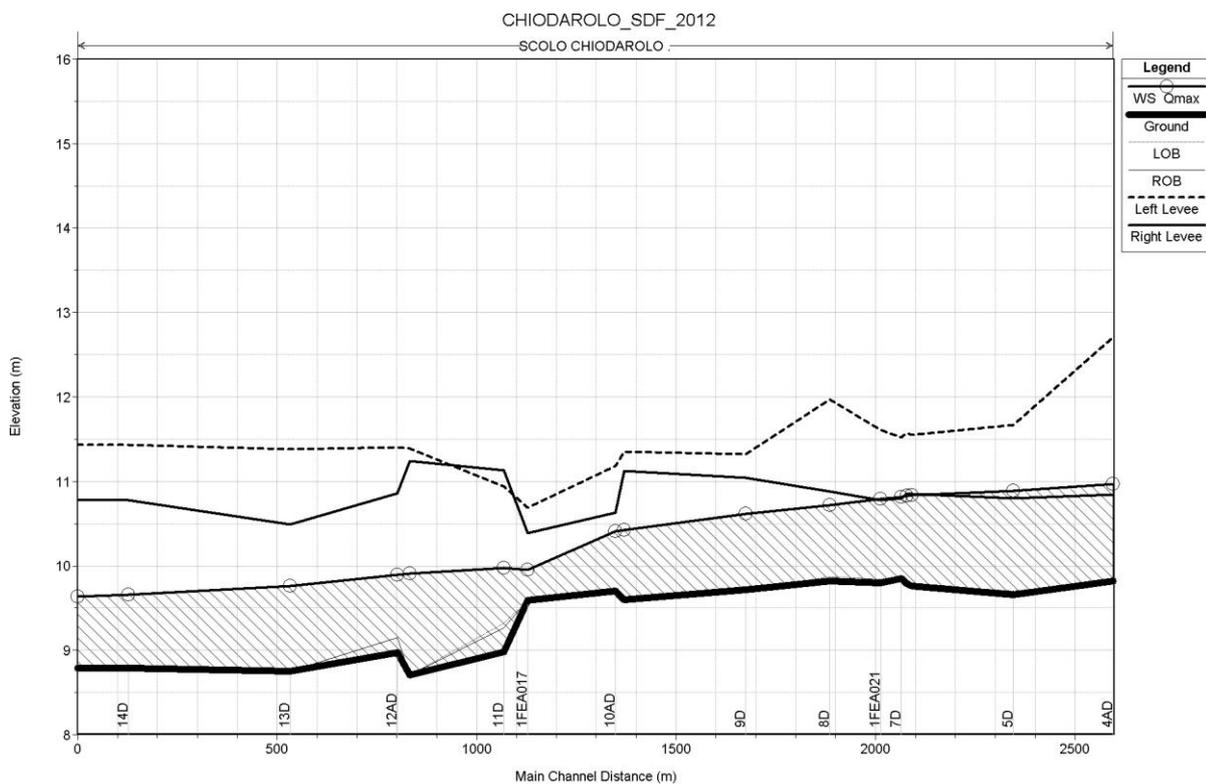


FIGURA 7-28: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX NELLO STATO DI FATTO

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

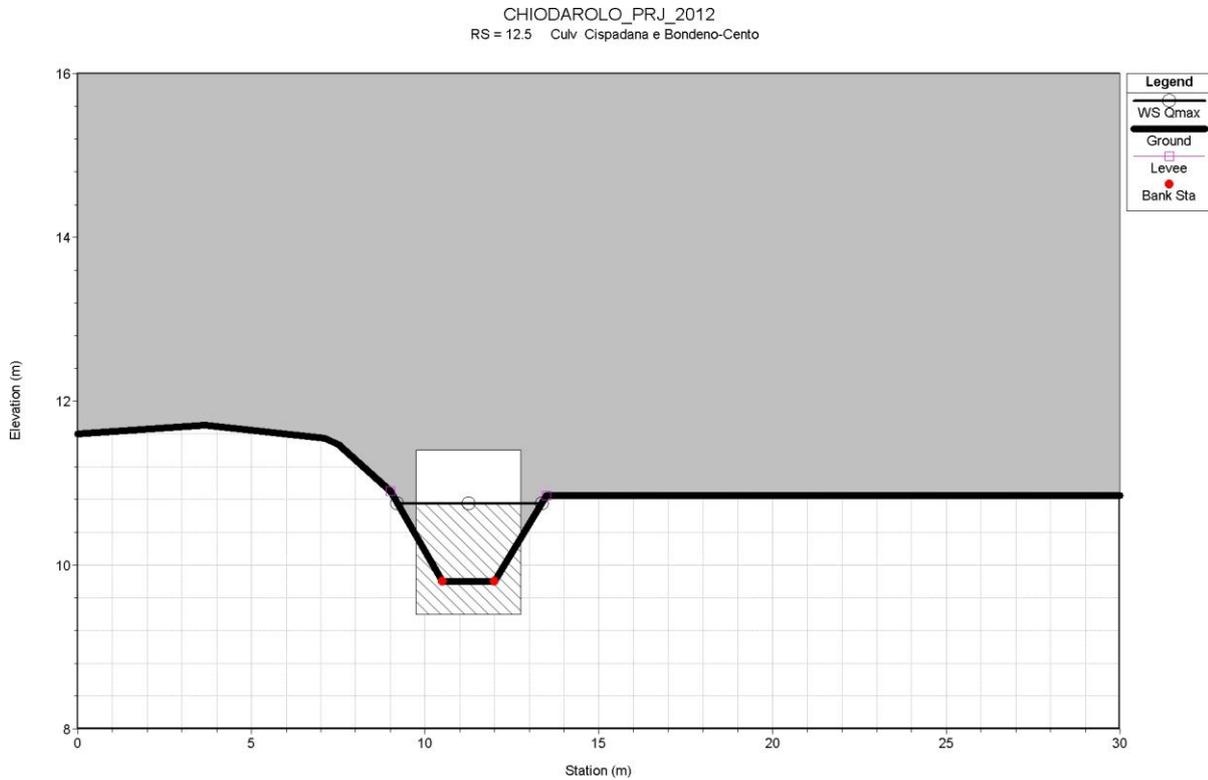


FIGURA 7-29: SP, LIVELLO IDROMETRICO PER LA PORTATA DI RIFERIMENTO ALL'INTERFERENZA CON IL RACC. BONDENO-CENTO

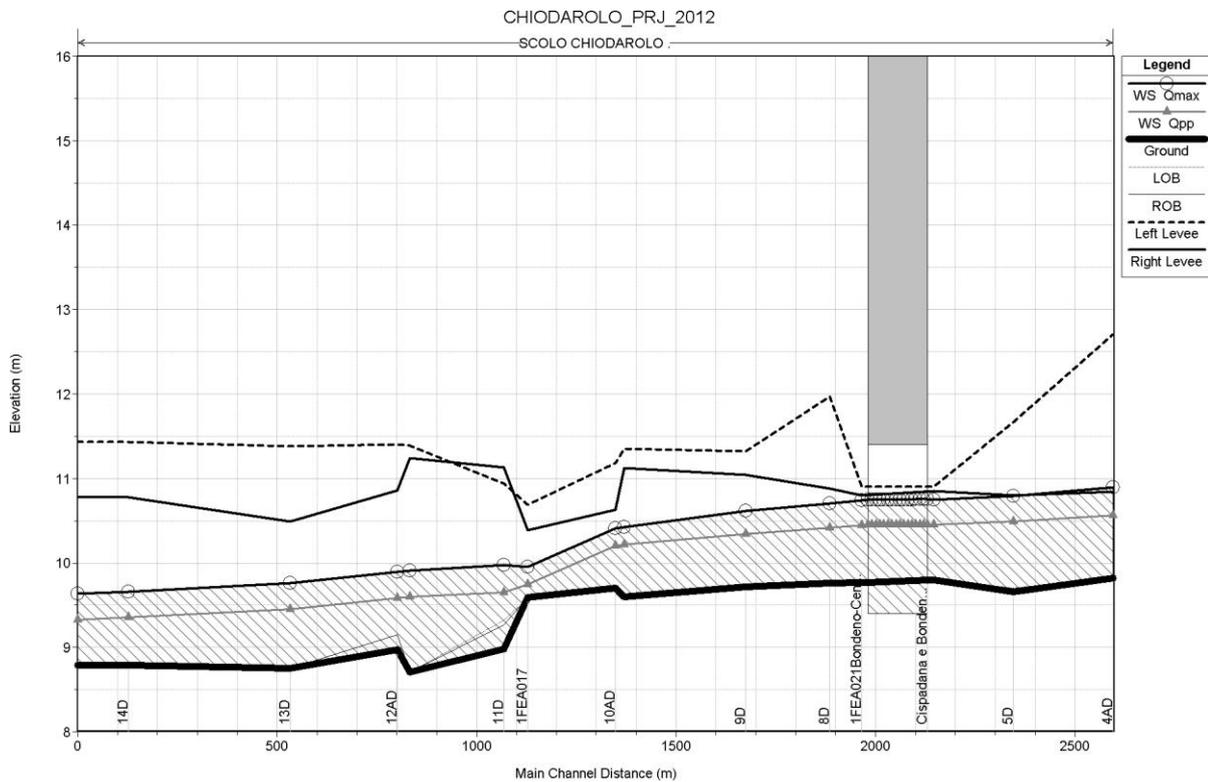


FIGURA 7-30: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX NELLO STATO DI PROGETTO

7.8. SCOLO CHIODAROLO VECCHIO

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

Lo Scolo Chiodarolo vecchio è un canale promiscuo secondario gestito dal Consorzio di Ferrara ed appartenente al bacino del Canale di Cento; in esso confluiscono i contributi delle campagne poste a sud del Canale di Cento e soprattutto quelli del Chiodarolo Nuovo; sfocia nel canale di Cento in località Molino Boschetti dopo aver percorso una lunghezza di circa 2499m.

L'interferenza è causata dal tratto C del Raccordo Bondeno-Cento che attraversa il canale con sezione in rilevato basso per consentire il sovrappasso del manufatto di tombinamento del canale nel rispetto del prescritto franco idraulico.

Lo Scolo Chiodarolo Vecchio presenta, nel tratto di attraversamento, una sezione trapezia di base maggiore $B=7.40\text{m}$ base minore $b=3.0\text{m}$ ed altezza $h=1.40\text{m}$; la quota di fondo in corrispondenza dell'attraversamento è posta a $H_0=8.80\text{msm}$ mentre la quota della sponda più depresso vale $H_{\text{max}}=10.20\text{msm}$.



CODICE	1FEA016	
NOME	SCOLO CHIODAROLO VECCHIO	
PROPRIETA'	<i>demaniale</i>	
ENTE GESTORE	<i>Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara</i>	
LOCALITA'	<i>Sandrina</i>	
COMUNE	<i>S. Agostino</i>	
PROVINCIA	<i>Ferrara</i>	
CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE	BACINO (km2)	
	LUNGHEZZA (m)	2499

	SORGENTE		<i>scoli campagne</i>
	FOCE		<i>Canale di Cento</i>
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO		<i>rettilineo con curve angolate</i>
	TIPO SEZIONE		<i>in scavo con inizio di arginatura</i>
	TIPO ALVEO		<i>alveo in terra a sezione trapezoidale con fondo stretto e sponde ripide B>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 con canneto elofitico su alveo e piede sponda - assenza di vegetazione riparia - no fauna</i>
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE		<i>campagna aperta coltivata a mais - strada carraia continua adiacente il canale; cascine agricole isolate - alcuni maceri utilizzati per irrigazione</i>
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI CONTRONO	AL	<i>corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle</i>
	SCABREZZA Gauckler-Strickler		<i>24-27</i>
NOTE			<i>tombini e ponticelli per passi carrai e attraversamenti stradali - manufatti di derivazione irrigua</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 mantenuto l'assetto planimetrico del canale e l'attraversamento sarà realizzato ortogonalmente alla strada; il tombino, di dimensioni B=4.0m H=2.5m, viene sprofondato di 50 cm, rispetto al fondo attuale, per garantire futuri interventi di manutenzione. Il manufatto viene prolungato per 5m a monte e valle al fine di consentire il passaggio dei mezzi d'opera consorziali;
- 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 al fine di consentire il passaggio di sponda ai mezzi consorziali.

L'attraversamento è compatibile con i deflussi dello Scolo Chiodarolo Vecchio, il tombino permette il transito della portata a piene rive con franco d'aria F=60cm come 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 $Q_{max} = 2.6 \text{ m}^3/\text{s}$.

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^{1/3}/sec differenziata tra sponde e alveo.

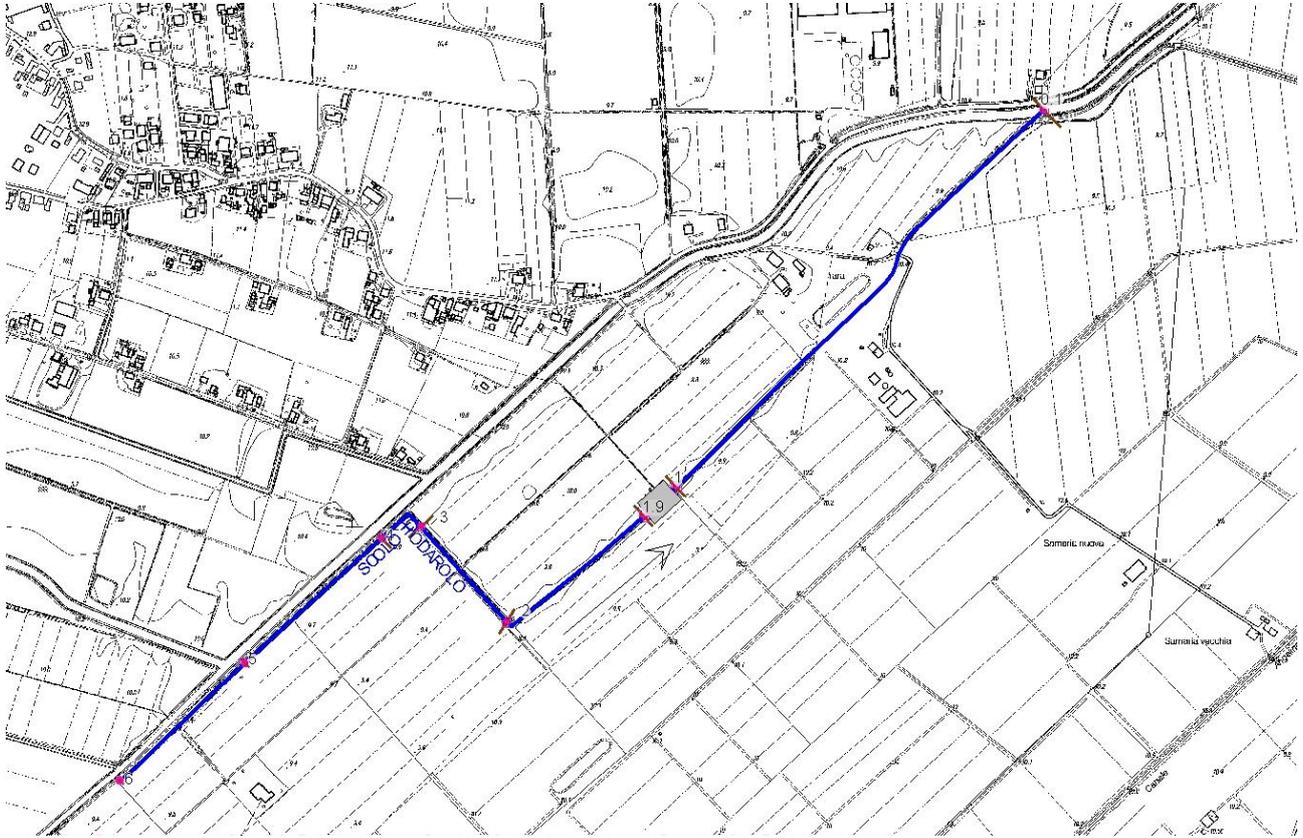


FIGURA 7-31: TRATTO DELLO SCOLIO CHIODAROLO VECCHIO OGGETTO DI MODELLAZIONE IDRAULICA

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.

CHIODAROLOVECCHIO_SDF_2012
 RS = 1 2D-Bondeno-Cento

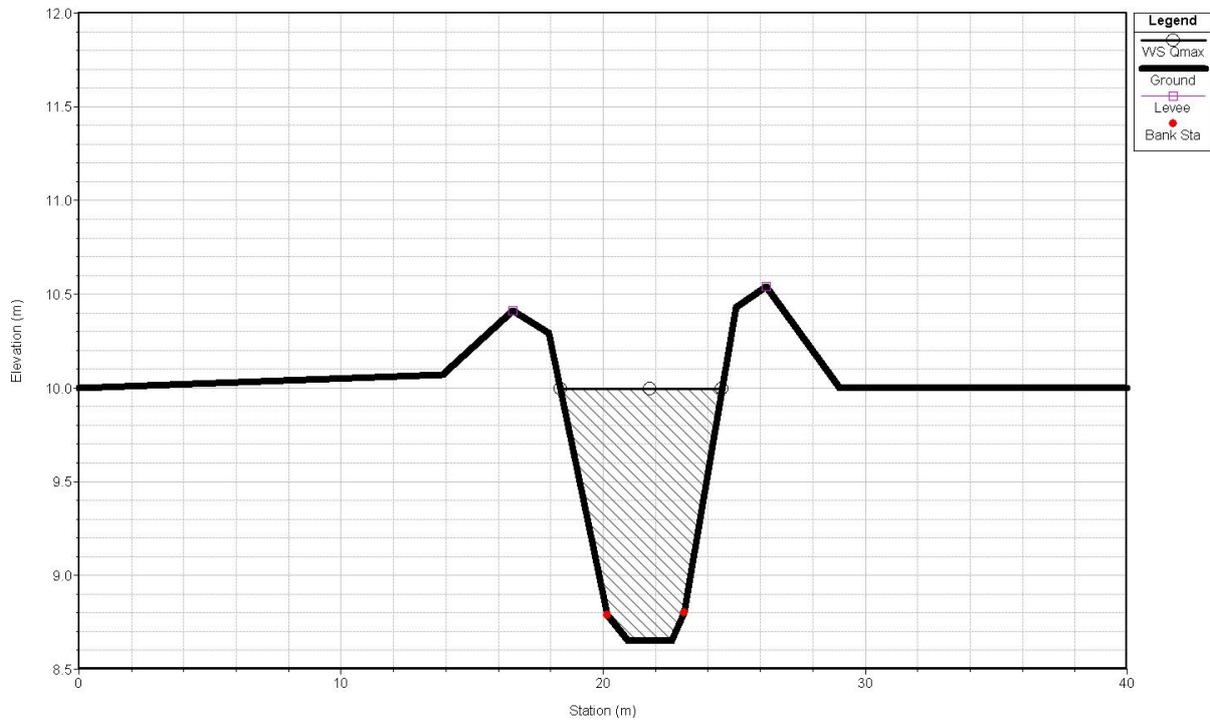


FIGURA 7-32: SF, LIVELLO IDROMETRICO PER LA PORTATA DI RIFERIMENTO ALL'INTERFERENZA CON IL RACC. BONDENO-CENTO

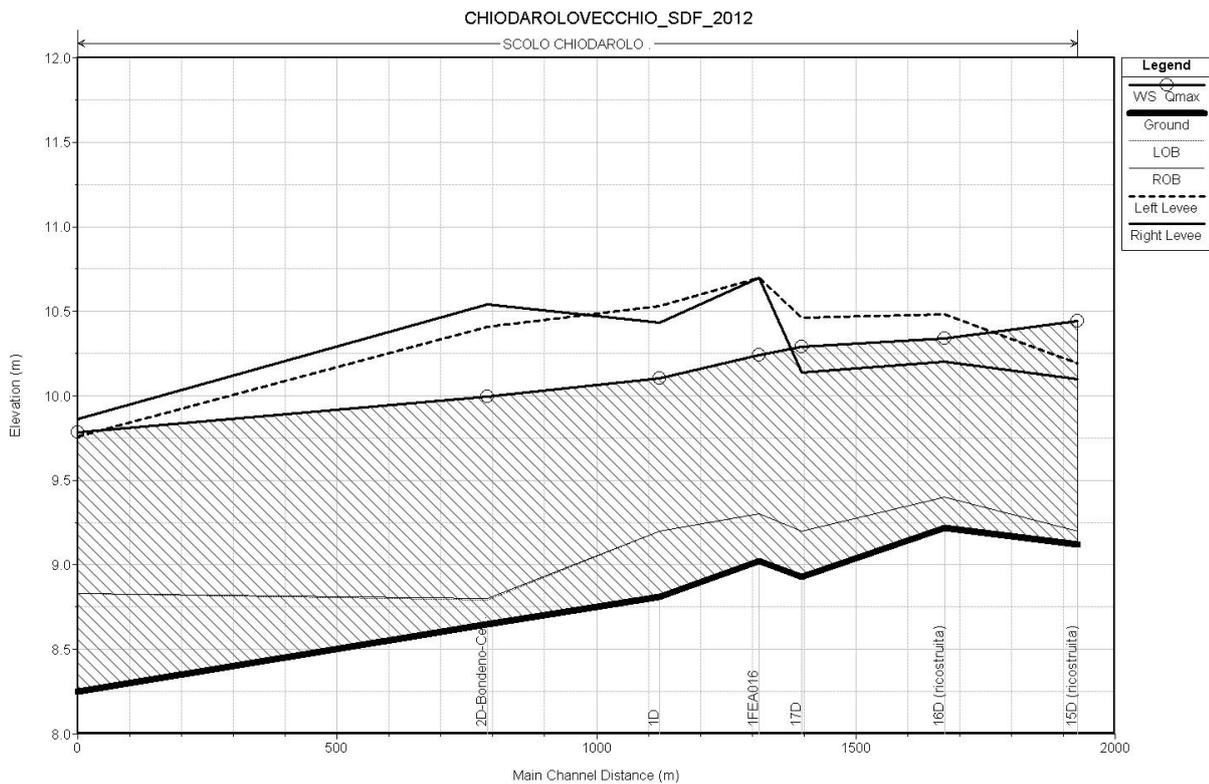


FIGURA 7-33: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX NELLO STATO DI FATTO

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 involuppo 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 ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)		
15	6	256	0	9.12	-0.0004	1.0	10.44	10.42	0.49	0.52	10.45	10.43	0.14	0.15
16	5	276	256	9.22	0.0011	1.0	10.34	10.29	0.53	0.60	10.35	10.31	0.17	0.19
17	4	82	532	8.93	-0.0011	1.0	10.29	10.21	0.29	0.36	10.29	10.22	0.08	0.11
1FEA016	3	191	614	9.02	0.0009	2.0	10.24	10.15	0.69	0.76	10.26	10.18	0.20	0.24
1	2	267	805	8.85	0.0006	2.0	10.11	10.05	0.71	0.74	10.13	10.07	0.21	0.22
ricostruita	1.9	65	1072	8.70	0.0008	2.0		9.99		0.44		10.00		0.13
tombino Bondeno-Cento	1.5		1137			2.0								
2	1	790	1137	8.65	0.0005	2.0	10.00	9.99	0.43	0.41	10.00	9.99	0.12	0.11
ricostruita	0.1		1927	8.25		2.0	9.78	9.78	0.52	0.52	9.79	9.79	0.14	0.14

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

CHIODAROLOVECCHIO_PRJ_2012
RS = 1.5 Culv. tombino Bondeno-Cento

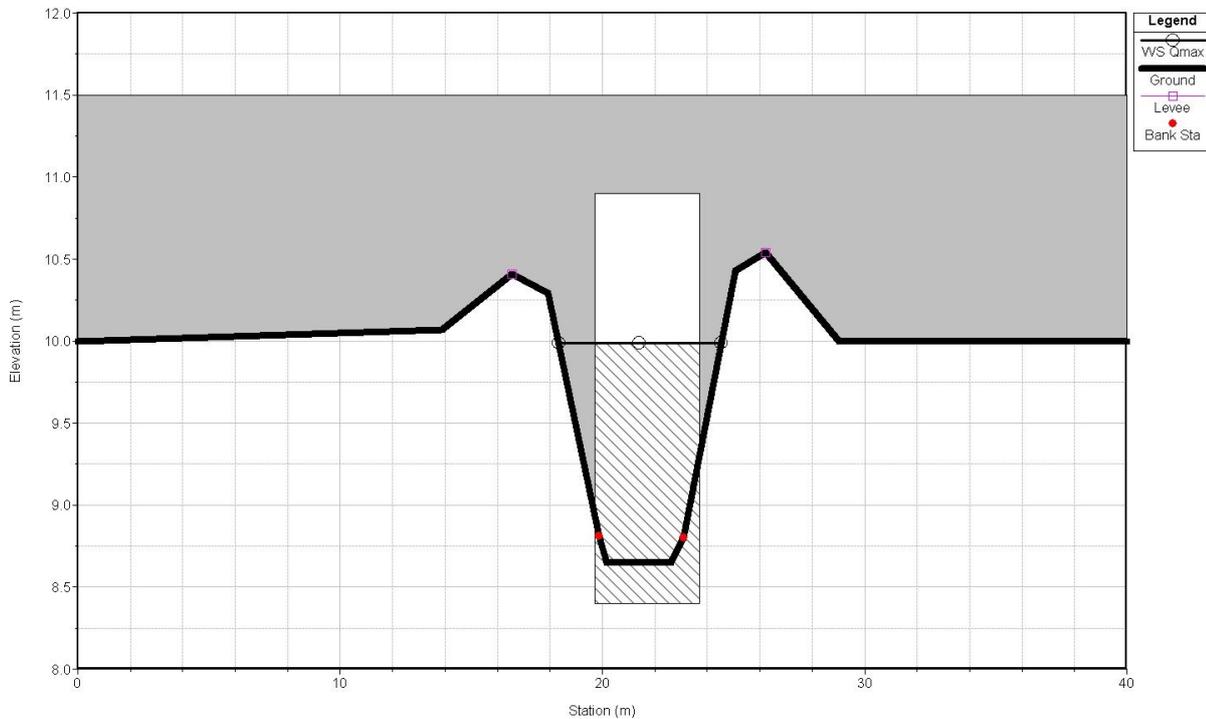


FIGURA 7-34: SP, LIVELLO IDROMETRICO PER LA PORTATA DI RIFERIMENTO ALL'INTERFERENZA CON IL RACC. BONDENO-CENTO

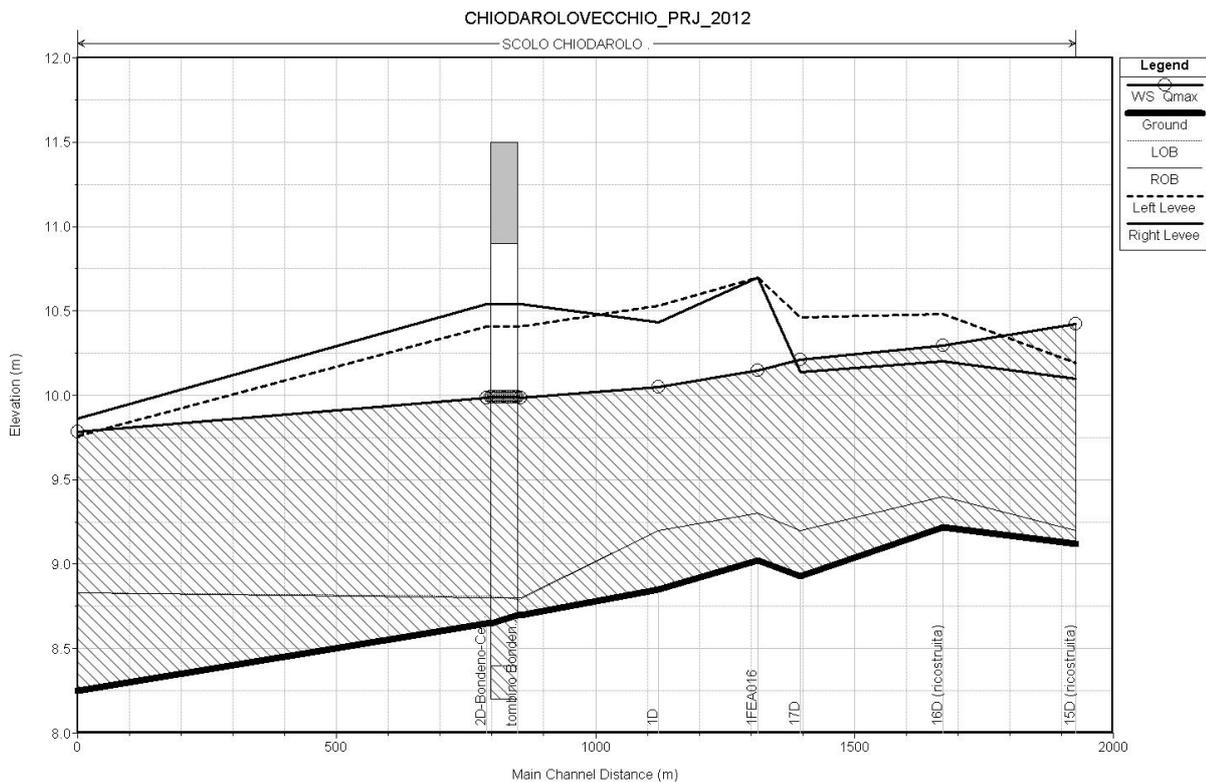


FIGURA 7-35: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX NELLO STATO DI PROGETTO

7.9. CONDOTTO CANTALUPO

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

Il Condotto Cantalupo è un canale promiscuo gestito dal Consorzio di Bonifica di Ferrara; nasce in destra al Canale Emissario di Acque Basse in località La Bulgarella, scorre a campagna a tratti affiancato alle strade carraie e sfocia dopo aver percorso 2570m nel Derivatore Santa Bianca; il canale scorre a cielo aperto con sezione in scavo intagliata sul piano campagna.

L'interferenza è causata dal tratto C del Raccordo Bondeno-Cento che attraversa il canale con sezione in rilevato alto in approccio al ponte previsto sul Canale Acque Basse che scorre al fianco del Cantalupo.

Il Condotto Cantalupo presenta, nel tratto di attraversamento, una sezione trapezia di base maggiore $B=9.46\text{m}$ base minore $b=2.17\text{m}$ ed

altezza $h=1.61\text{m}$; la quota di fondo in corrispondenza dell'attraversamento è posta a $H_0=8.08\text{msm}$ mentre la quota della sponda più depresso vale $H_{\max}=9.66\text{msm}$.



CODICE	1FEA223	
NOME	CONDOTTO CANTALUPO	
PROPRIETA'	<i>demaniale</i>	
ENTE GESTORE	<i>Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara</i>	
LOCALITA'	<i>Canatalupo</i>	
COMUNE	<i>Bondeno</i>	
PROVINCIA	<i>Ferrara</i>	
CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE	BACINO (km2)	
	LUNGHEZZA (m)	2918
	SORGENTE	<i>scoli campagna</i>

	FOCE		<i>Canale Nicolino</i>
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO		<i>misto con alternanza di tratti rettilinei ad alcuni tratti sinuosi</i>
	TIPO SEZIONE		<i>arginato</i>
	TIPO ALVEO		<i>alveo inciso a sezione trapezoidale con fondo largo B>H</i>
	EROSIONI		<i>fondo alveo stabile, presenza di erosioni di sponda soprattutto nella parte bassa dove l'alternanza dei livelli di magra facilita il cedimento del piede 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 di origine artificiale rinaturalizzato con sponde in erba; canneto di elofite sul fondo - tratti rivestiti in calcestruzzo in corrispondenza dei ponti e manufatti di regolazione - assenza di vegetazione arborea ed arbustiva - fauna ittica e anfibia con presenza di nutrie</i>
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE		<i>campagna aperta coltivata a mais e frumento - alberi ed arbusti isolati - alcuni maceri utilizzati per irrigazione</i>
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI CONTRONO	AL	<i>corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle</i>
	SCABREZZA Gauckler-Strickler		<i>21-24</i>
NOTE			<i>tombini e ponticelli per passi carrai - paratoie piane comandi per prese idriche</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 mantenuto l'assetto planimetrico del canale e l'attraversamento risulta essere inclinato rispetto alla strada di progetto; il tombino, di dimensioni B=4.0m H=2.5m, viene sprofondato di 30 cm, rispetto al fondo attuale, per garantire futuri interventi di manutenzione. Il manufatto viene prolungato per 5m a monte e valle al fine di consentire il passaggio dei mezzi d'opera consorziali;
- 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 al fine di consentire il passaggio di sponda ai mezzi consorziali.

L'attraversamento è compatibile con i deflussi del Condotto Cantalupo, il tombino permette il transito della portata a piene rive con franco d'aria F=59cm come 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 $Q_{max} = 4.50 \text{ m}^3/\text{s}$.

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 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^{1/3}/sec differenziata tra sponde e alveo.



FIGURA 7-36: TRATTO DELLO SCOLO CANTALUPO OGGETTO DI MODELLAZIONE IDRAULICA

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.

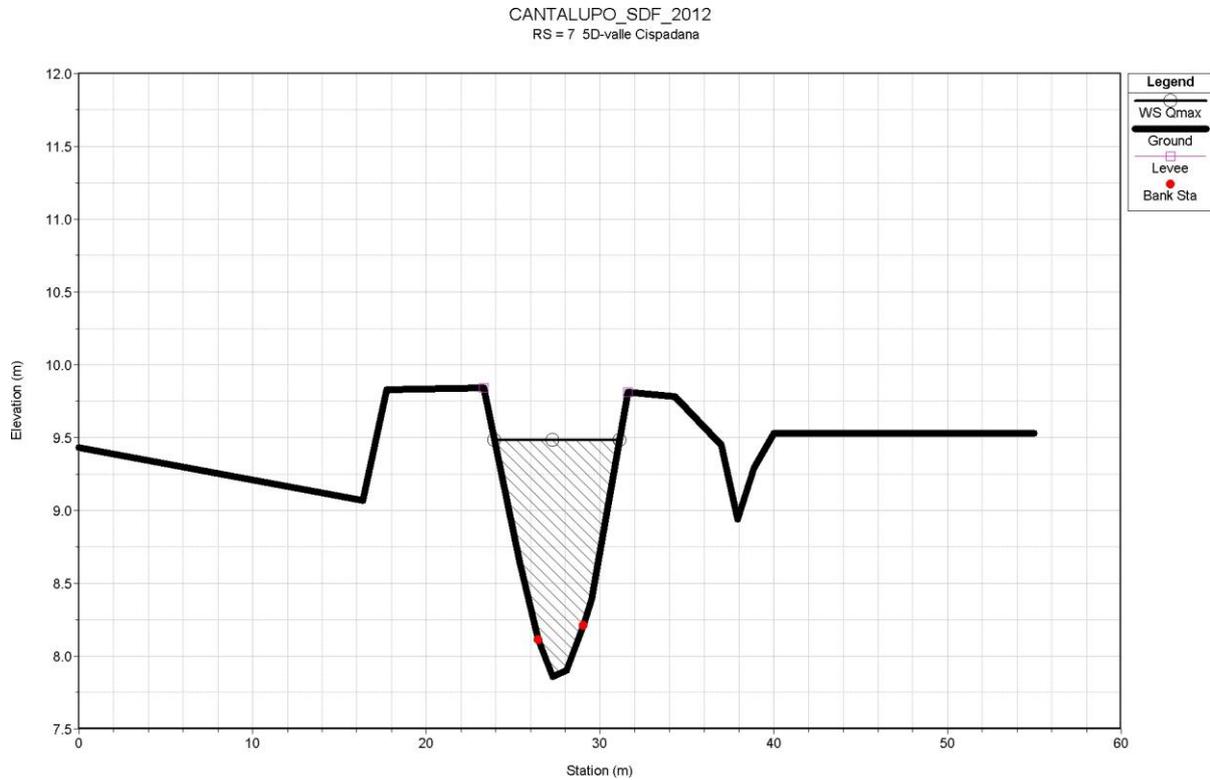


FIGURA 7-37: SF, LIVELLO IDROMETRICO PER LA PORTATA DI RIFERIMENTO ALL'INTERFERENZA CON IL RACC. BONDENO-CENTO

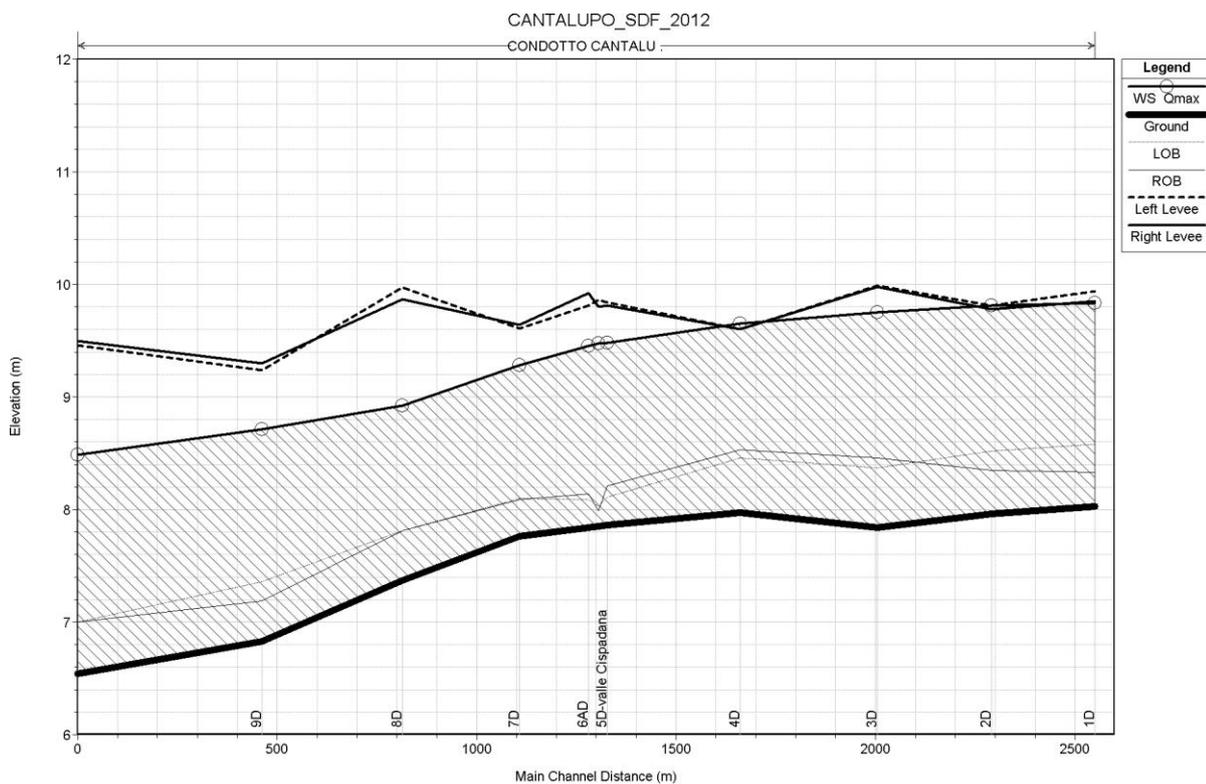


FIGURA 7-38: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX NELLO STATO DI FATTO

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 involuppo 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 ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)		
1D	11	259	259	8.03	0.0003	4.50	9.84	9.85	0.88	0.33	9.87	9.85	0.22	0.08
2D	10	287	546	7.96	0.0004	4.50	9.81	9.81	0.31	0.45	9.81	9.82	0.08	0.11
3D	9	343	889	7.84	-0.0004	4.50	9.75	9.73	0.59	0.60	9.77	9.75	0.15	0.15
4D	8	210	1099	7.97	0.0003	4.50	9.65	9.62	0.56	0.60	9.66	9.63	0.15	0.16
interp (monte)	7.9	68	1167	7.90	0.0003	4.50		9.55		0.74			9.57	0.19
tombino	7.5		1167											
interp (valle)	7.1	66	1233	7.88	0.0003	4.50		9.53		0.81		9.55		0.21
5D	7	22	1255	7.86	0.0004	4.50	9.48	9.48	0.84	0.84	9.51	9.51	0.22	0.22
6D	6	24	1279	7.85	0.0004	4.50	9.47	9.47	0.75	0.75	9.50	9.50	0.19	0.19
6AD	5	173	1452	7.84	0.0005	4.50	9.45	9.45	0.92	0.92	9.48	9.48	0.24	0.24
7D	4	295	1747	7.76	0.0013	4.50	9.28	9.28	0.96	0.96	9.32	9.32	0.26	0.26
8D	3	351	2098	7.37	0.0015	4.50	8.92	8.92	1.09	1.09	8.97	8.97	0.30	0.30
9D	2	462	2560	6.83	0.0006	4.50	8.71	8.71	0.67	0.67	8.73	8.73	0.16	0.16
10D	1		2560	6.54		4.50	8.49	8.49	0.83	0.83	8.51	8.51	0.20	0.20

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

CANTALUPO_PRJ_2012
 RS = 7.5 Culv tombino Bondeno Cento

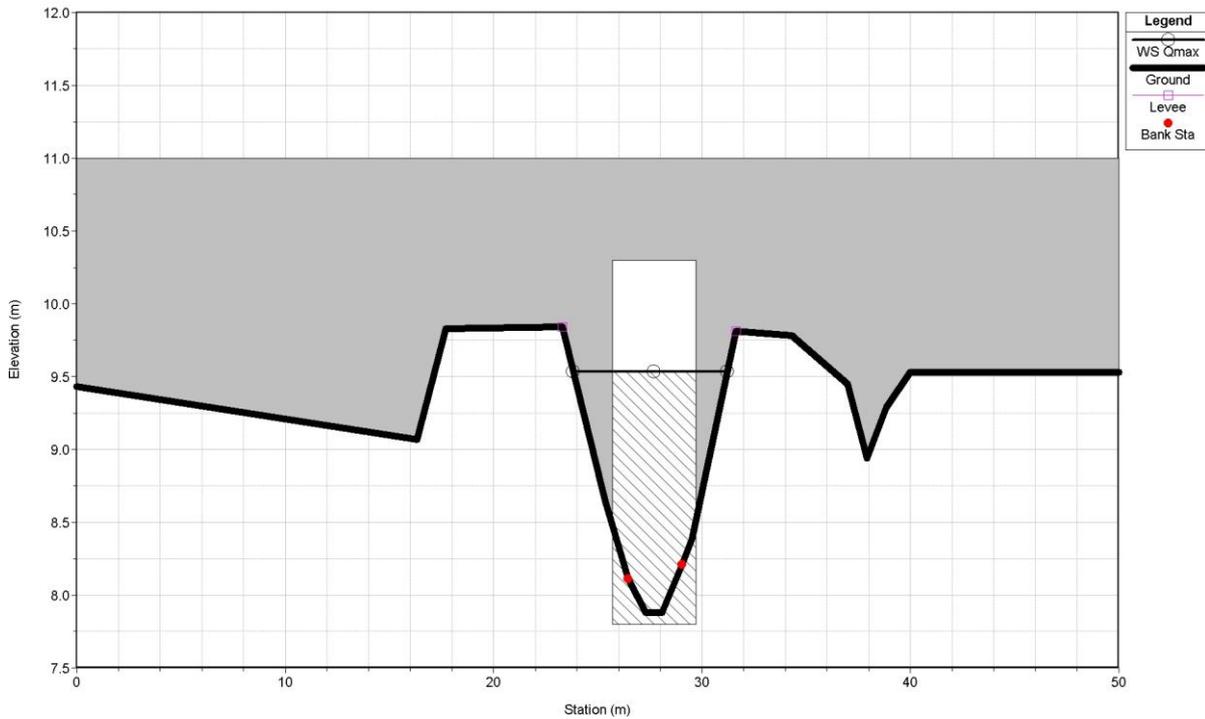


FIGURA 7-39: SP, LIVELLO IDROMETRICO PER LA PORTATA DI RIFERIMENTO ALL'INTERFERENZA CON IL RACC. BONDENO-CENTO

CANTALUPO_PRJ_2012
 CONDOTTO CANTALUPO

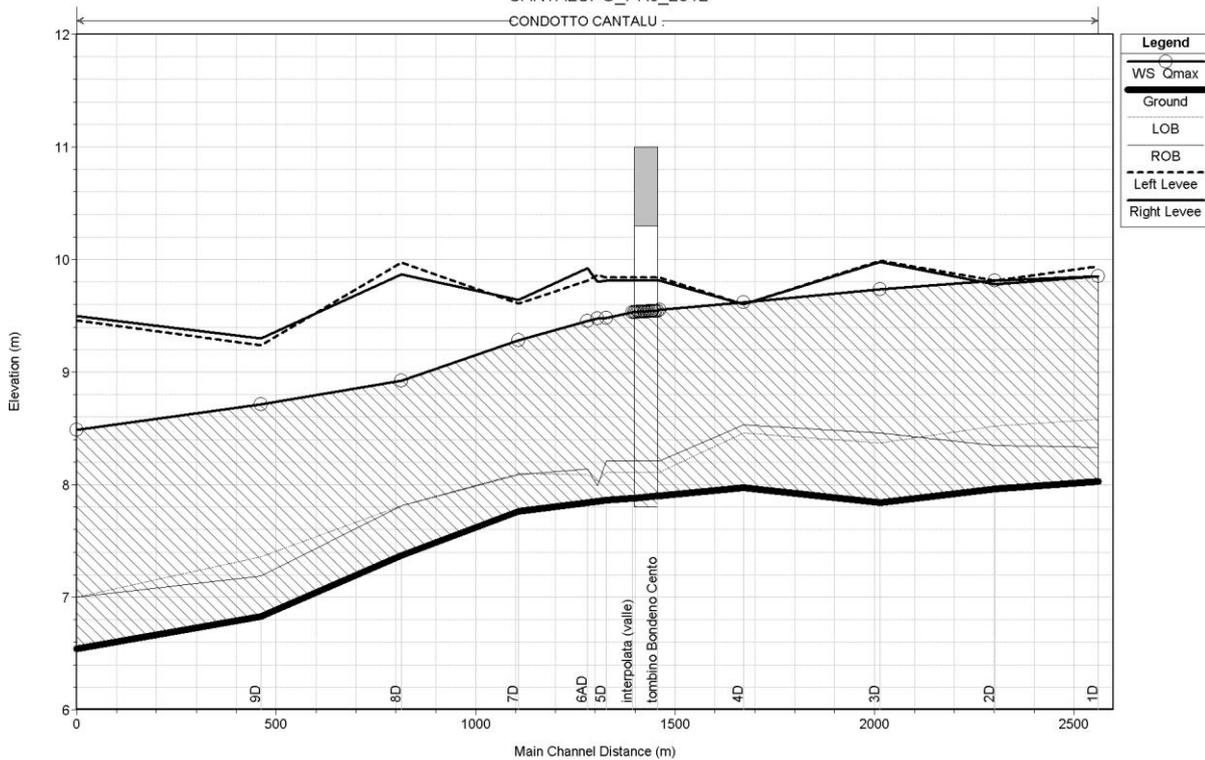


FIGURA 7-40: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX NELLO STATO DI PROGETTO

7.10. CAVO REGHIZZA

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

Il Cavo Reghizza è un canale promiscuo gestito dal Consorzio di Bonifica Burana; ha origine alla Chiavica di Bassora e scorre inizialmente da NW a SE attraversando la campagna, poi piega verso NE compiendo varie curve e subendo la regolazione mediante Chiavichetto in località Bromagro dove avviene l'attraversamento della Strada Traversagno, prosegue verso NE fino a piegare decisamente verso sud e confluire nel Cavo Poretto alle porte di Bondeno. Il canale ha rango secondario $B < 10$ m ed ha una lunghezza complessiva di 4330 m ed una lunghezza di 2102 m dall'origine all'attraversamento previsto della Bondeno-Cento.



L'interferenza è causata dal tratto D del Raccordo Bondeno-Cento che attraversa il canale con sezione in rilevato basso per il superamento del canale.

Il Cavo Reghizza presenta, nel tratto di attraversamento, una sezione trapezia di base maggiore $B=5.73$ m base minore $b=3.46$ m ed altezza $h=1.42$ m; la quota di fondo in corrispondenza dell'attraversamento è posta a $H_0=6.06$ msm mentre la quota della sponda più depressa vale $H_{max}=7.48$ msm.

CODICE	1FEA056	
NOME	CAVO REGHIZZA	
PROPRIETA'	<i>demaniale</i>	
ENTE GESTORE	<i>Consorzio della Bonifica Burana</i>	
LOCALITA'	<i>Fornace Cariona</i>	
COMUNE	<i>Bondeno</i>	
PROVINCIA	<i>Ferrara</i>	
CARATTERISTICHE	BACINO (km2)	

IDROGRAFICHE	LUNGHEZZA (m)	4822
	SORGENTE	<i>scoli campagna</i>
	FOCE	<i>Cavo Porretto</i>
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	<i>rettilineo</i>
	TIPO SEZIONE	<i>in scavo</i>
	TIPO ALVEO	<i>alveo inciso a sezione trapezoidale con fondo largo e sponde aperte B>H</i>
	EROSIONI	<i>erosioni al piede delle sponde</i>
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	<i>secondario</i>
	USO	<i>promiscuo</i>
	GRANULOMETRIA	<i>limi e argille</i>
	AMBIENTE FLUVIALE	<i>canale rinaturalizzato con sponde in erba tagliata regolarmente, tratti con phragmites sul fondo ed al piede spondale - assenza di vegetazione arborea ed arbustiva - fauna ittica e anfibia (pescegatto, gobio, gamberi della Louisiana e rane) con presenza di nutrie, aironi bianchi</i>
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	<i>campagna aperta coltivata a mais ed erba medica - alberi ed arbusti presso le cascine isolate</i>
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI CONTRONO	AL <i>corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle</i>
	SCABREZZA Gauckler-Strickler	<i>24-27</i>
NOTE		

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 mantenuto l'assetto planimetrico del canale e l'attraversamento risulta essere inclinato rispetto alla strada di progetto; il tombino, di dimensioni B=4.0m H=2.5m, viene sprofondato di 40 cm, rispetto al fondo attuale, per garantire futuri interventi di manutenzione;
- 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 50-150 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 al fine di consentire il passaggio di sponda ai mezzi consorziali.

L'attraversamento è compatibile con i deflussi del Cavo Reghizza, il tombino permette il transito della portata di riferimento con franco d'aria F=68cm superiore alla minima richiesta; la portata di riferimento è pari alla portata a piene rive incrementata dal 30% come richiesto dal Consorzio di Burana.

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 sezione lungo il tratto modellato descritto attraverso le sezioni topografiche rilevate per la progettazione definitiva ed alla portata a piene rive incrementata del 30% come richiesto dal Consorzio di Burana.

Le portate di riferimento sono quindi:

- portata massima sostenibile pari a $Q_{max} = 2.10 \text{ m}^3/\text{s}$;
- portata massima sostenibile incrementata del 30% pari a $Q_{max} = 2.70 \text{ m}^3/\text{s}$;

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

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

- 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 e la $Q_{max+30\%}$.

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.

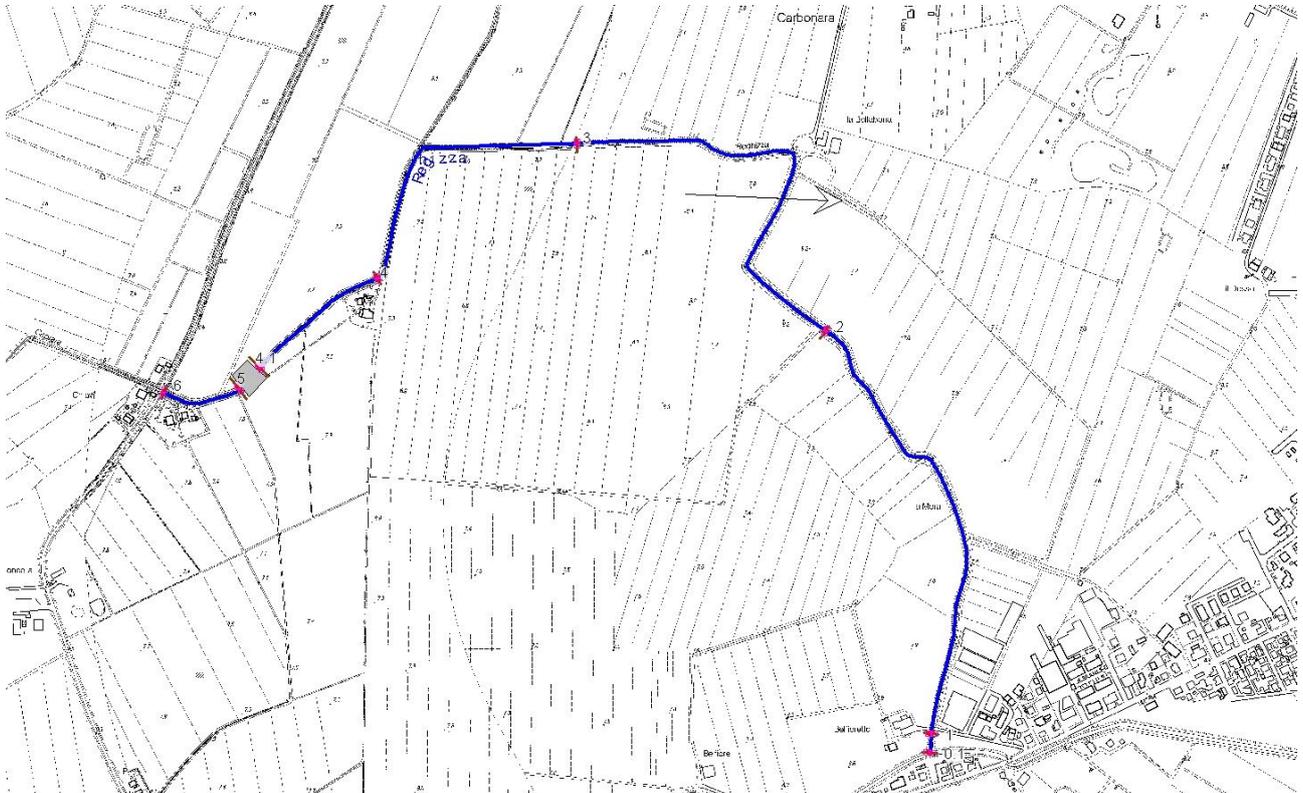


FIGURA 7-41: TRATTO DELLO SCOLO REGHIZZA OGGETTO DI MODELLAZIONE IDRAULICA

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.

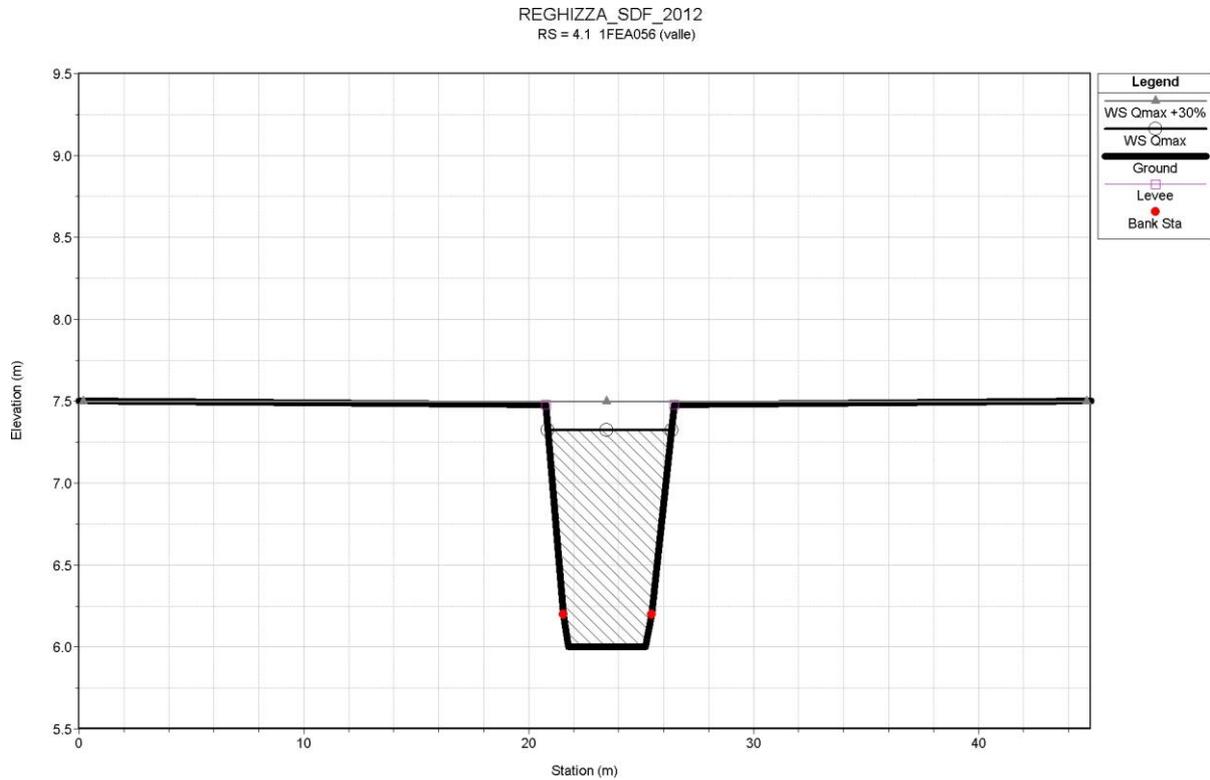


FIGURA 7-42: SF, LIVELLO IDROMETRICO PER LE PORTATE DI RIFERIMENTO ALL'INTERFERENZA CON IL RACC. BONDENO-CENTO

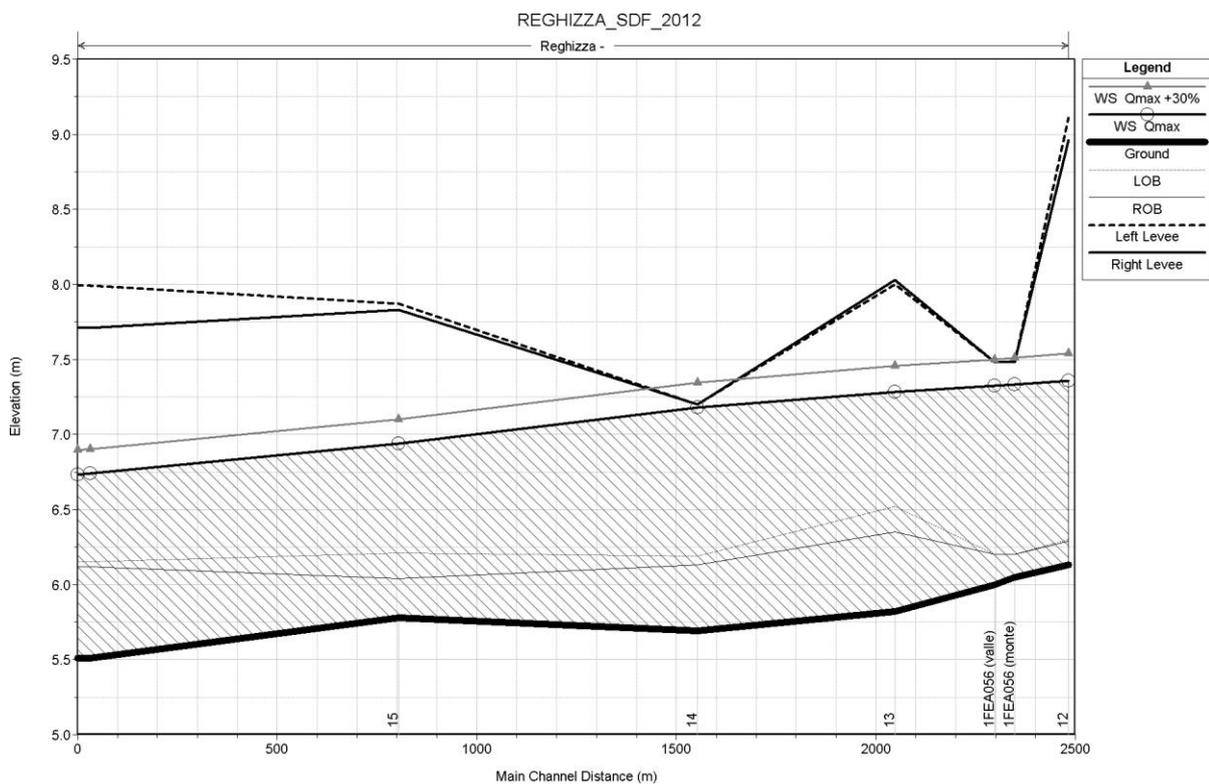


FIGURA 7-43: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX E QMAX+30% NELLO STATO DI FATTO

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 involuppo 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 ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)		
12	6	135	135	6.13	0.0006	2.10	7.36	7.32	0.43	0.44	7.37	7.33	0.12	0.13
1FEA056 (monte)	5	50	185	6.05	0.0010	2.10	7.33	7.32	0.40	0.27	7.34	7.32	0.11	0.08
tombino Bondeno-Cento	4.5		185											
1FEA056	4.1	250	435	6.00	0.0007	2.10	7.32	7.31	0.39	0.26	7.33	7.32	0.11	0.07
13	4	494	929	5.82	0.0003	2.10	7.28	7.28	0.35	0.35	7.29	7.29	0.10	0.10
14	3	749	1678	5.69	-0.0001	2.10	7.18	7.18	0.47	0.47	7.19	7.19	0.13	0.13
15	2	772	2450	5.78	0.0003	2.10	6.94	6.94	0.48	0.48	6.95	6.95	0.15	0.15
21	1	32	2482	5.51	0.0000	2.10	6.74	6.74	0.35	0.35	6.74	6.74	0.11	0.11
fine	0.1		2482	5.51		2.10	6.73	6.73	0.35	0.35	6.74	6.74	0.11	0.11

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

Sezioni	Sezioni H-C	Parziali	Progressive	Quota fondo	Pendenza	Portata Qmax+30%	Livello SF	Livello SP	Velocità SF	Velocità SP	Energia SF	Energia SP	Froude SF	Froude SP
		(m)		(m)	(m/m)	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)		
12	6	135	135	6.13	0.0006	2.7	7.54	7.5	0.47	0.48	7.55	7.51	0.13	0.13
1FEA056 (monte)	5	50	185	6.05	0.0010	2.7	7.51	7.5	0.46	0.29	7.52	7.5	0.12	0.08
tombino Bondeno-Cento	4.5		185			2.7								
1FEA056	4.1	250	435	6.00	0.0007	2.7	7.5	7.49	0.45	0.29	7.51	7.49	0.12	0.08
13	4	494	929	5.82	0.0003	2.7	7.46	7.46	0.38	0.38	7.46	7.47	0.1	0.1
14	3	749	1678	5.69	-0.0001	2.7	7.35	7.35	0.53	0.53	7.36	7.36	0.14	0.14
15	2	772	2450	5.78	0.0003	2.7	7.1	7.1	0.52	0.52	7.11	7.11	0.15	0.15
21	1	32	2482	5.51	0.0000	2.7	6.9	6.9	0.38	0.38	6.91	6.91	0.11	0.11
fine	0.1		2482	5.51		2.7	6.9	6.9	0.39	0.39	6.9	6.9	0.11	0.11

TABELLA 7-10: PRINCIPALI PARAMETRI IDRAULICI A CONFRONTO PER LE SINGOLE SEZIONI NELLO SF E SP PER QMAX+30%

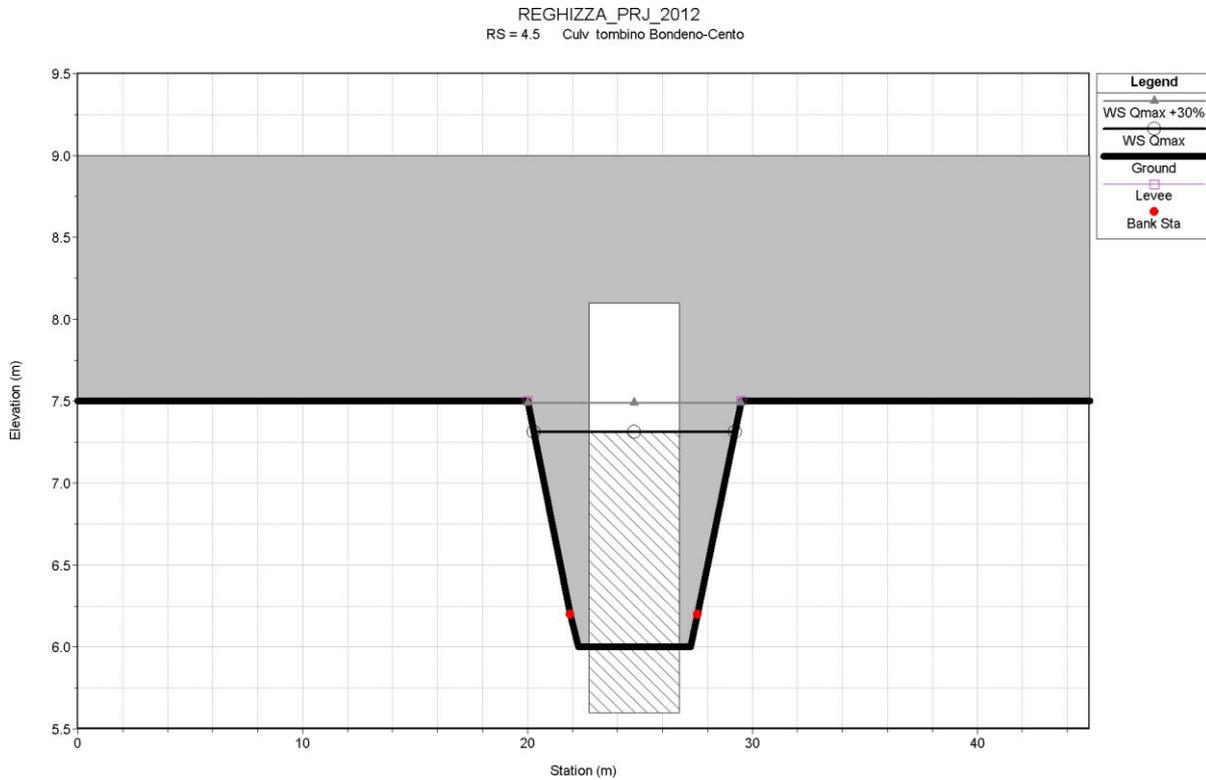


FIGURA 7-44: SP, LIVELLO IDROMETRICO PER LE PORTATE DI RIFERIMENTO ALL'INTERFERENZA CON IL RACC. BONDENO-CENTO

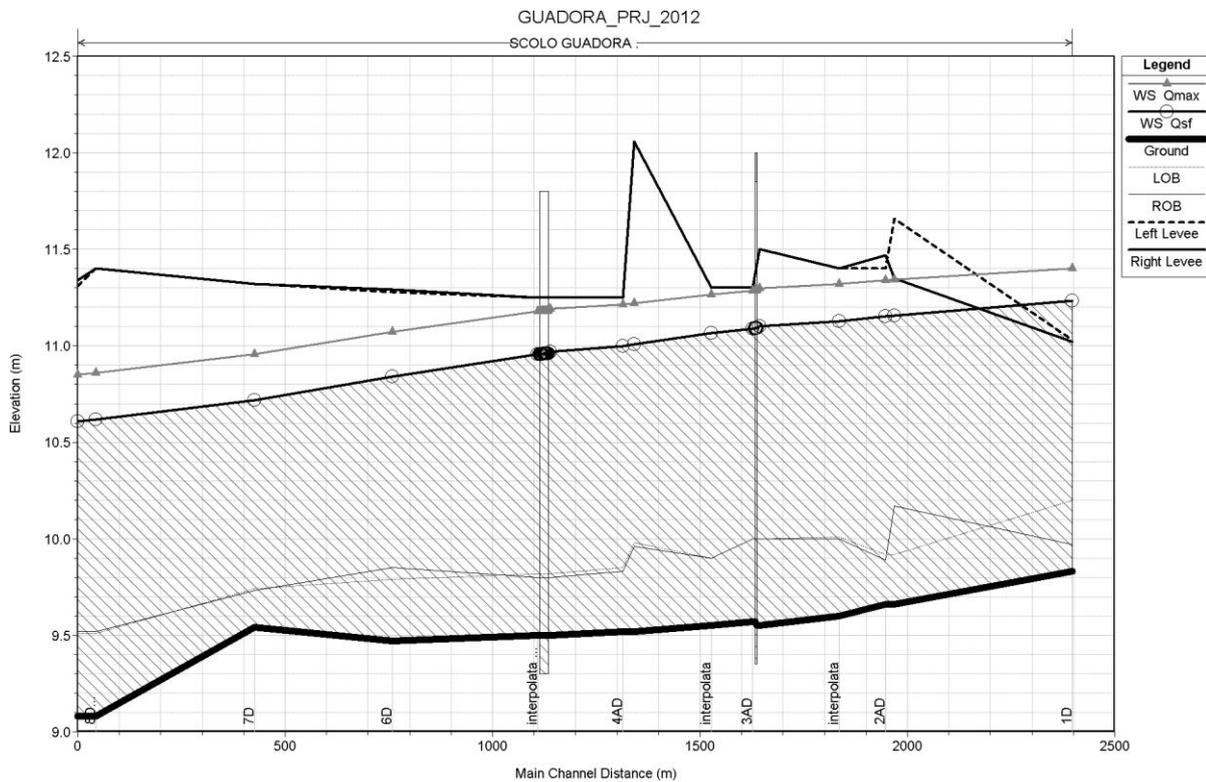


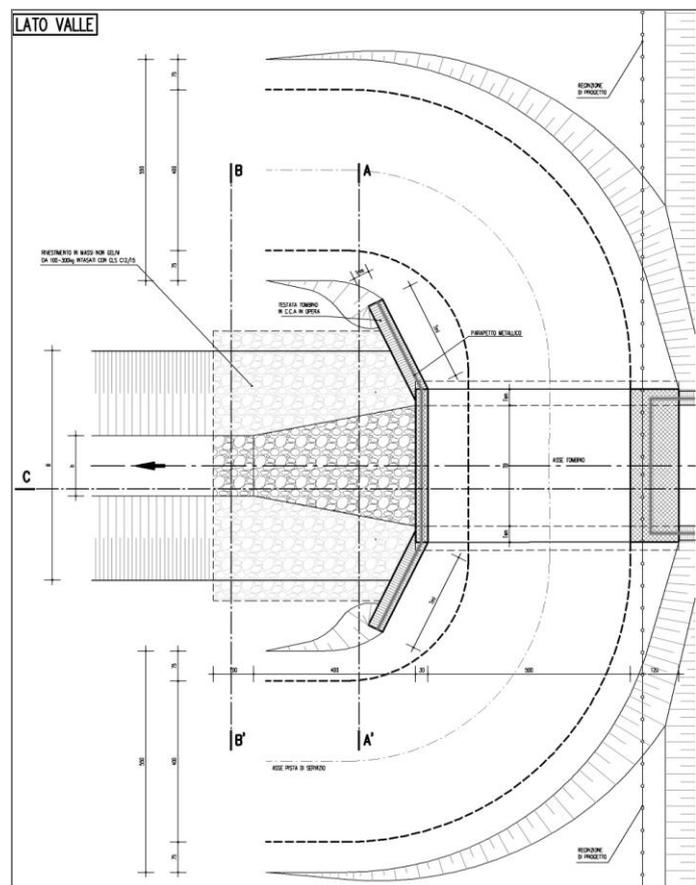
FIGURA 7-45: PROFILO INVILUPPO DI PIENA PER QMAX E QMAX+30% NELLO STATO DI PROGETTO

7.11. TIPOLOGIE TOMBINI SCATOLARI E DEVIAZIONI PER CANALI CONSORTILI

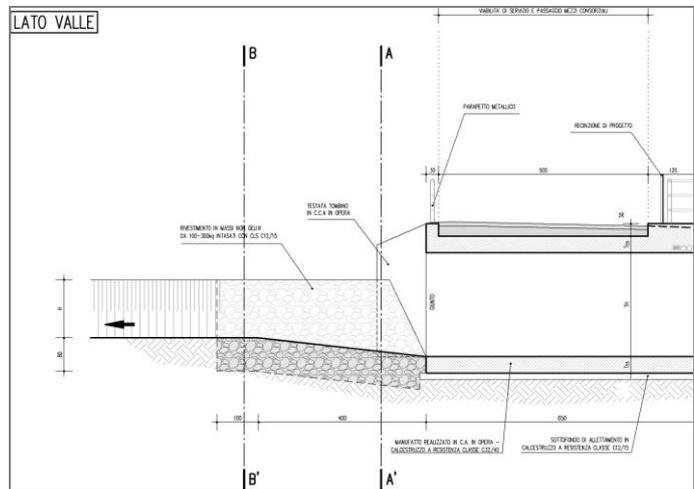
Di seguito si riportano gli schemi adottati per le risoluzioni tipologiche delle interferenze con i corsi d'acqua secondari di bonifica.

PIANTA

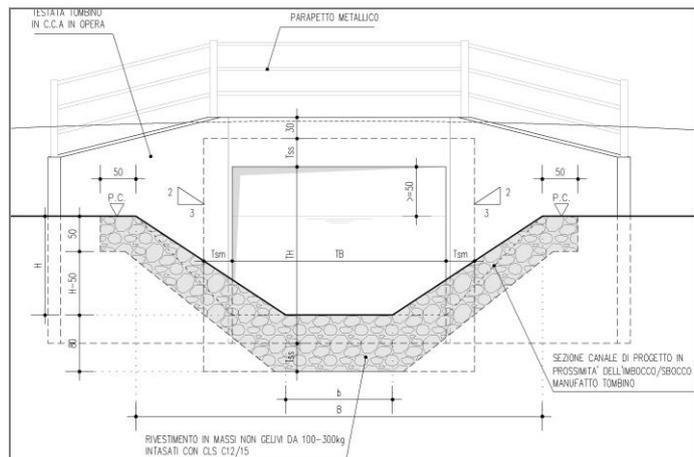
IMBOCCO TOMBINO SCATOLARE



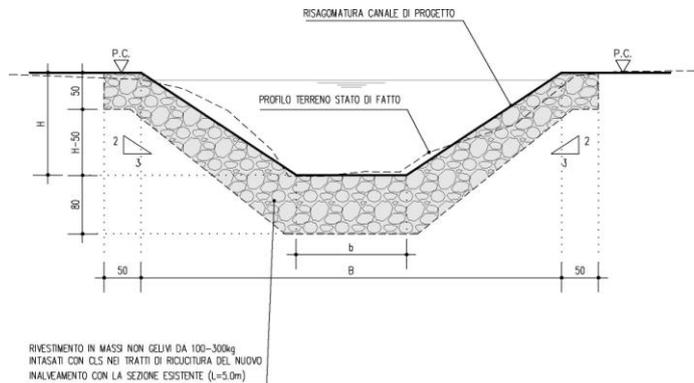
SEZIONE LONGITUDINALE
IMBOCCO TOMBINO SCATOLARE



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.

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.

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

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

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 $0.2-0.3 H$ 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.

COD PD	NOME	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 ALVEO	H INTRAD	FRANCO	DEV PROVV L
1FEA042	FOSSO (28)	D06	0.30	1.20	9.85	10.50	10.75	0.001	0.138	0.28	D06DTC38	TOMBINO CIRCOLARE	2196.70		1.0	27.0	9.75	10.75	0.25	64.0
1FEA041	FOSSO SUD ROSSETTI 27	D06	0.30	1.11	10.66	10.89	11.05	0.001	0.029	0.18	D06DTC39	TOMBINO CIRCOLARE	2473.20		0.8	49.0	10.36	11.16	0.27	73.0
1FEA040	FOSSO NORD ROSSETTI 26	D06	0.30	1.30	10.42	10.94	11.06	0.001	0.111	0.27	D06DTC40	TOMBINO CIRCOLARE	2482.59		1.0	45.0	10.32	11.32	0.38	69.0
1FEA038	FOSSO (23)	D06	0.30	1.61	10.48	10.95	11.01	0.001	0.119	0.26	D06DTC43	TOMBINO CIRCOLARE	3912.89		0.8	16.0	10.38	11.18	0.23	
1FEA037	FOSSO SUD 25	D06	0.73	2.53	10.27	10.92	11.37	0.001	0.372	0.35	D06DTS23	TOMBINO SCATOLARE	4155.61	1.5	1.0	20.0	10.17	11.17	0.25	
1FEA307	FOSSO EST S.P. CENTO	D04	0.30	1.50	10.60	11.00	11.00	0.001	0.088	0.24	D04DTC44	TOMBINO CIRCOLARE			0.6	30.0	10.60	11.20	0.20	
1FEA308	FOSSO EST S.P. CENTO	D04	0.50	2.00	10.50	11.00	11.00	0.001	0.182	0.29	D04DTC45	TOMBINO CIRCOLARE			1.0	6.0	10.40	11.40	0.40	
1FEA204	FOSSO VIA MONCO	D04	0.60	2.00	10.65	11.25	11.25	0.001	0.253	0.32	D04DTC46	TOMBINO CIRCOLARE	1639.03		1.0	19.0	10.55	11.55	0.30	
1FEA206	FOSSO OVEST PIANTONI 26	D05	0.50	3.00	9.46	10.22	10.26	0.001	0.492	0.37	D05DTS25	TOMBINO SCATOLARE	518.96	1.5	1.5	26.0	9.26	10.76	0.54	100.0
1FEA207	FOSSO EST PIANTONI 27	D05	0.30	3.50	9.10	10.13	10.25	0.001	0.831	0.42	D05DTS26	TOMBINO SCATOLARE	528.42	1.5	1.5	25.0	8.90	10.40	0.27	80.0
1FEA209	FOSSO 37	D05	0.35	1.65	9.45	10.17	10.22	0.0001	0.073	0.10	D05DTC47	TOMBINO CIRCOLARE	945.47		1.0	19.0	9.35	10.35	0.18	
1FEA210	FOSSO 38	D05	0.40	1.52	9.47	10.06	10.26	0.0001	0.053	0.09	D05DTC48	TOMBINO CIRCOLARE	1136.08		1.0	20.0	9.37	10.37	0.31	
1FEA211	FOSSO 39	D05	0.50	1.88	9.45	10.04	10.07	0.0001	0.070	0.10	D05DTC49	TOMBINO CIRCOLARE	1339.50		1.0	18.0	9.35	10.35	0.31	
1FEA212	FOSSO SUD OROLOGI	D05	0.32	0.80	9.72	10.01	10.05	0.0001	0.010	0.06	D05DTC50	TOMBINO CIRCOLARE	1699.92		0.6	22.0	9.62	10.22	0.21	
1FEA213	FOSSO NORD OROLOGI	D05	0.41	1.35	9.65	9.97	10.10	0.0001	0.020	0.07	D05DTC51	TOMBINO CIRCOLARE	1765.64		0.6	19.0	9.55	10.15	0.18	

COD PD	NOME	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 ALVEO	H INTRAD	FRANCO	DEV PROVVL
1FEA214	FOSSO	D05	0.30	1.30	9.78	10.28	10.28	0.0010	0.105	0.26	D05DTC52	TOMBINO CIRCOLARE	2171.58		0.8	22.0	9.68	10.48	0.20	59.0
1FEA215	FOSSO	D05	0.30	1.76	9.68	10.18	10.23	0.0010	0.161	0.31	D05DTC53	TOMBINO CIRCOLARE	2313.56		0.8	18.0	9.58	10.38	0.20	
1FEA309	FOSSO	D05	0.29	1.83	9.36	10.03	10.09	0.0010	0.224	0.31	D05DTC54	TOMBINO CIRCOLARE	2532.98		1.0	26.0	9.26	10.26	0.23	77.0
1FEA310	FOSSO	D05	0.30	1.95	9.50	10.10	10.10	0.00010	0.065	0.10	D05DTC55	TOMBINO CIRCOLARE	2887.05		1.0	21.0	9.40	10.40	0.30	
1FEA019	FOSSO	D05	0.30	2.45	9.60	10.36	10.54	0.0010	0.415	0.40	D05DTC56	TOMBINO CIRCOLARE	3686.15		1.2	19.0	9.50	10.70	0.34	
1FEA018	FOSSO	D05	0.30	1.23	9.67	10.28	10.71	0.0010	0.148	0.32	D05DTC57	TOMBINO CIRCOLARE	3798.68		1.0	21.0	9.57	10.57	0.29	
1FEA311	FOSSO	D05	1.00	2.60	9.50	10.15	10.15	0.0001	0.136	0.12	D05DTS28	TOMBINO SCATOLARE	4008.18	1.5	1.0	18.0	9.40	10.40	0.25	
1FEA312	FOSSO	D05	0.90	3.00	9.40	10.10	10.10	0.0001	0.163	0.12	D05DTS29	TOMBINO SCATOLARE	4183.27	1.5	1.0	17.0	9.30	10.30	0.20	
1FEA313	FOSSO OVEST GIORDANA	D05	0.30	1.70	9.80	10.50	10.50	0.0001	0.070	0.10	D05DTC58	TOMBINO CIRCOLARE	4391.11		1.0	17.0	9.70	10.70	0.20	
1FEA314	FOSSO EST GIORDANA	D05	0.30	1.70	9.80	10.50	10.50	0.0001	0.070	0.10	D05DTC59	TOMBINO CIRCOLARE	4457.02		1.0	15.0	9.70	10.70	0.20	
1FEA315	FOSSO EST GIORDANA	D05	0.30	1.70	9.80	10.50	10.50	0.0001	0.070	0.10	D05DTC60	TOMBINO CIRCOLARE	4457.02		1.0	8.0	9.70	10.70	0.20	
1FEA316	FOSSO	D05	0.30	1.60	9.70	10.20	10.20	0.0001	0.041	0.09	D05DTC61	TOMBINO CIRCOLARE	4696.78		0.8	19.0	9.60	10.40	0.20	
1FEA317	FOSSO	D05	0.50	2.00	8.88	9.58	9.58	0.0001	0.094	0.11	D05DTC62	TOMBINO CIRCOLARE	5543.19		1.0	22.0	8.78	9.78	0.20	
1FEA318	FOSSO	D05	0.50	2.00	8.88	9.58	9.58	0.0001	0.094	0.11	D05DTC63	TOMBINO CIRCOLARE			1.0	7.0	8.68	9.68	0.10	
1FEA319	FOSSO	D05	0.50	2.00	8.88	9.58	9.58	0.0001	0.094	0.11	D05DTC64	TOMBINO CIRCOLARE	219.15		1.0	13.0	8.68	9.68	0.10	

COD PD	NOME	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 ALVEO	H INTRAD	FRANCO	DEV PROV L
1FEA320	FOSSO	D05	0.50	2.55	8.80	9.50	9.50	0.0001	0.118	0.11	D05DTS30	TOMBINO SCATOLARE	6012.22	1.5	1.0	20.0	8.70	9.70	0.20	
1FEA321	FOSSO	D05	0.30	1.60	8.80	9.27	9.27	0.0001	0.037	0.08	D05DTC65	TOMBINO CIRCOLARE	6186.44		0.8	21.0	8.70	9.50	0.23	
1FEA999	FOSSO	D05	0.50	1.50	8.85	9.25	9.25	0.0001	0.033	0.08	D05DTC86	TOMBINO CIRCOLARE	6400		1.0	28.0	8.75	9.75	0.50	
1FEA322	FOSSO	D05	0.30	1.50	9.00	9.40	9.40	0.0001	0.028	0.08	D05DTC66	TOMBINO CIRCOLARE	6508.38		0.8	28.0	8.80	9.60	0.20	
1FEA015	FOSSO 11	D05	0.30	2.71	9.22	10.09	10.13	0.0010	0.495	0.38	D05DTS32	TOMBINO SCATOLARE	6772.16	1.5	1.5	19.0	9.02	10.52	0.43	
1FEA323	FOSSO	D05	0.30	1.50	9.00	9.40	9.40	0.0001	0.028	0.08	D05DTC67	TOMBINO CIRCOLARE	6885.67		0.8	19.0	8.80	9.60	0.20	
1FEA233	FOSSO 1	D05	0.30	2.23	8.78	9.63	9.76	0.0010	0.389	0.36	D05DTS33	TOMBINO SCATOLARE	7342.12618	1.5	1.5	48.0	8.48	9.98	0.35	107.0
1FEA324	FOSSO	D05	0.50	2.30	9.15	9.70	9.70	0.0001	0.075	0.10	D05DTC68	TOMBINO CIRCOLARE	449.35		0.8	29.0	9.05	9.85	0.15	
1FEA325	FOSSO	D05	0.50	2.00	9.20	9.80	9.80	0.0001	0.076	0.10	D05DTC69	TOMBINO CIRCOLARE	64.82		1.0	18.0	9.00	10.00	0.20	
1FEA326	FOSSO	D05	0.30	1.80	9.10	9.50	9.50	0.0001	0.033	0.08	D05DTC70	TOMBINO CIRCOLARE	272.58		0.8	15.0	8.90	9.70	0.20	
1FEA327	FOSSO SUD VIA SUORE	D05	0.30	1.40	9.15	9.70	9.70	0.0010	0.130	0.28	D05DTC71	TOMBINO CIRCOLARE	7944.18395		0.8	19.0	9.05	9.85	0.15	
1FEA221	FOSSO	D05	0.30	1.50	8.35	8.85	8.85	0.0001	0.038	0.09	D05DTC87	TOMBINO CIRCOLARE	8392.44		1.0	19.0	8.25	9.25	0.40	
1FEA222	FOSSO	D05	0.30	1.00	8.30	8.70	8.70	0.0001	0.019	0.07	D05DTC88	TOMBINO CIRCOLARE	8619.54		0.8	29.0	8.10	8.90	0.20	
1FEA328	FOSSO	D05	0.20	1.20	7.90	8.60	8.60	0.0001	0.043	0.09	D05DTS35	TOMBINO SCATOLARE	8858.35	1.5	1.0	74.0	7.80	8.80	0.20	
1FEA329	FOSSO	D05	0.20	1.20	7.90	8.60	8.60	0.0001	0.043	0.09	D05DTC72	TOMBINO CIRCOLARE			1.0	4.0	7.80	8.80	0.20	

COD PD	NOME	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 ALVEO	H INTRAD	FRANCO	DEV PROVV L
1FEA330	FOSSO	D05	0.20	1.20	7.90	8.60	8.60	0.0001	0.043	0.09	D05DTC73	TOMBINO CIRCOLARE			1.0	4.0	7.80	8.80	0.20	
1FEA331	FOSSO	D05	0.50	2.30	8.15	8.85	8.85	0.0001	0.108	0.11	D05DTS36	TOMBINO SCATOLARE	9047.8	1.5	1.0	69.0	8.05	9.05	0.20	
1FEA226	FOSSO 11	D05	0.32	1.80	7.70	8.30	8.30	0.0010	0.192	0.30	D05DTC74	TOMBINO CIRCOLARE	9258.04508	19.0	1.0	20.0	7.60	8.60	0.30	
1FEA227	FOSSO 12	D05	0.25	1.30	7.65	8.20	8.20	0.0010	0.115	0.27	D05DTC75	TOMBINO CIRCOLARE	9516.04425	15.0	1.0	16.0	7.55	8.55	0.35	
1FEA228	FOSSO SUD RONDONE 13	D05	0.35	1.35	7.70	8.35	8.35	0.0010	0.164	0.30	D05DTC76	TOMBINO CIRCOLARE	9757.9232	22.0	1.0	23.0	7.60	8.60	0.25	
1FEA229	FOSSO NORD RONDONE 14	D05	0.25	1.35	7.70	8.30	8.30	0.0010	0.134	0.28	D05DTC77	TOMBINO CIRCOLARE	9819.49949	20.0	1.0	21.0	7.60	8.60	0.30	
1FEA230	FOSSO 15	D05	0.35	1.35	7.55	8.25	8.25	0.0010	0.180	0.30	D05DTC78	TOMBINO CIRCOLARE	10055.4995	15.0	1.0	16.0	7.45	8.45	0.20	
1FEA231	FOSSO 16	D05	0.65	1.70	7.70	8.40	8.40	0.0010	0.280	0.34	D05DTC79	TOMBINO CIRCOLARE	10344.6557	16.0	1.0	19.0	7.60	8.60	0.20	
1FEA232	FOSSO 17	D05	0.40	1.40	7.65	8.25	8.25	0.0010	0.159	0.29	D05DTC80	TOMBINO CIRCOLARE	10605.9327	14.0	1.0	15.0	7.55	8.55	0.30	
1FEA002	FOSSO 2	D08	0.30	1.76	9.26	9.65	9.84	0.0010	0.097	0.24	D08DTC81	TOMBINO CIRCOLARE	506.895859		0.6	56.0	9.26	9.86	0.21	
1FEA062	FOSSO 62	D08	0.30	3.56	7.21	8.16	8.36	0.0010	0.749	0.41	D08DTS37	TOMBINO SCATOLARE	1476.40032	2.0	1.5	26.0	7.11	8.61	0.45	67.0
1FEA061	FOSSO 61	D08	0.30	3.89	6.43	7.53	7.54	0.0010	1.025	0.44	D08DTC82	TOMBINO CIRCOLARE	2131.17167		1.0	26.0	6.73	7.73	0.20	
1FEA060	FOSSO SUD SP 45	D08	5.00	1.00	7.60	8.60	8.60	0.0010	0.970	0.32	D08DTS44	TOMBINO SCATOLARE	2297	1.5	1.5	26.0	7.50	9.00	0.40	
1FEA058	FOSSO 58	D08	0.30	1.98	6.28	7.08	7.24	0.0010	0.314	0.34	D08DTC83	TOMBINO CIRCOLARE	2798.50722		1.2	26.0	6.18	7.38	0.30	
1FEA057	FOSSO 57	D08	0.30	2.19	6.28	7.22	7.31	0.0010	0.438	0.37	D08DTS38	TOMBINO SCATOLARE	3265.40774	1.5	1.5	17.0	6.08	7.58	0.36	

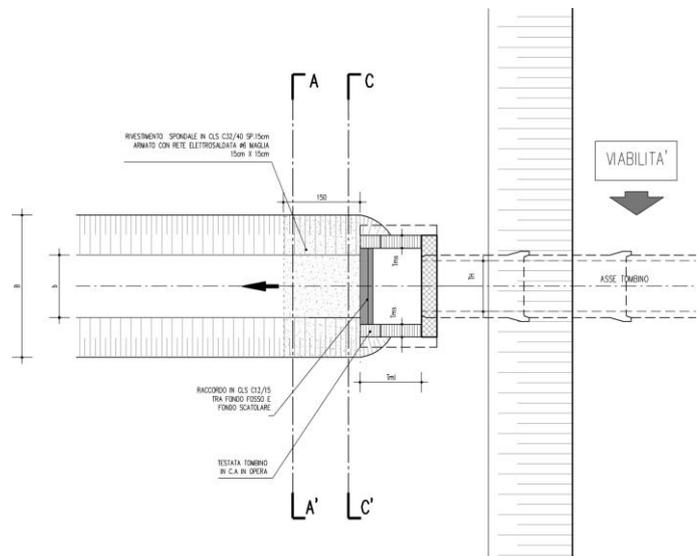
COD PD	NOME	OPERA	bmin (m)	Bmax (m)	H0 (msm)	Hmin (msm)	Hmax (msm)	i (%)	Qrif (m3/s)	Vrif (m/s)	TOMBINO WBS	TOMBINO DESCRIZIONE	PROGR NUMERICA	LARGH (m)	ALTEZZ A (m)	LUNGH (m)	FONDO ALVEO	H INTRAD	FRANCO	DEV PROVV L
1FEA054	FOSSO 54	D08	0.30	3.65	6.30	6.96	7.30	0.0010	0.437	0.34	D08DTS40	TOMBINO SCATOLARE	4982.90152	1.5	1.5	15.0	6.00	7.50	0.54	
1FEA053	FOSSO SUD STRADA BASSA	D08	0.50	3.60	7.20	8.50	8.50	0.0010	1.299	0.49	D08DTS41	TOMBINO SCATOLARE	5398.23046	2.0	1.5	19.0	7.10	8.60	0.10	
1FEA332	FOSSO SUD STRADA BASSA	D08	0.50	3.60	7.20	8.50	8.50	0.0010	1.299	0.49	D08DTS42	TOMBINO SCATOLARE		2.0	1.5	11.0	7.10	8.60	0.10	
1FEA333	FOSSO SUD STRADA BASSA	D08	0.50	3.60	7.20	8.50	8.50	0.0010	1.299	0.49	D08DTS43	TOMBINO SCATOLARE		2.0	1.5	5.0	7.10	8.60	0.10	
1FEA052	FOSSO NORD STRADA BASSA	D08	0.30	5.28	8.00	8.60	8.60	0.0010	0.532	0.32	D08DTC84	TOMBINO CIRCOLARE			1.0	13.0	7.90	8.90	0.30	
1FEA051	DIVERSIVO RONDONE	D08	3.26	12.43	6.15	8.88	8.89	0.0001	7.426	0.35										
1FEA049	FOSSO 49	D08	0.30	3.26	7.36	8.00	8.44	0.0010	0.373	0.33	D08DTC85	TOMBINO CIRCOLARE	6000.81553		1.2	15.0	7.26	8.46	0.46	

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.

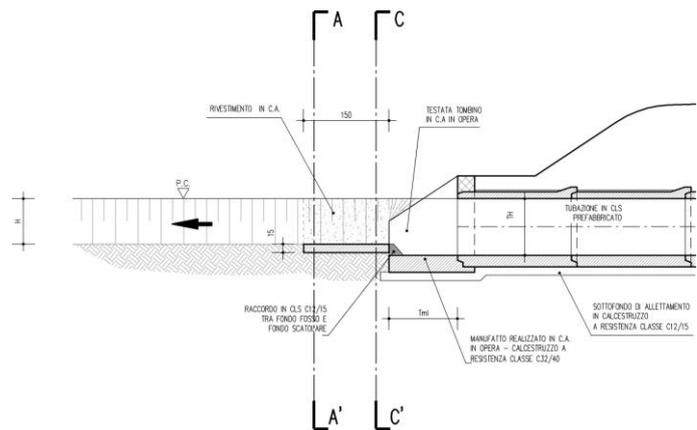
PIANTA

IMBOCCO TOMBINO CIRCOLARE

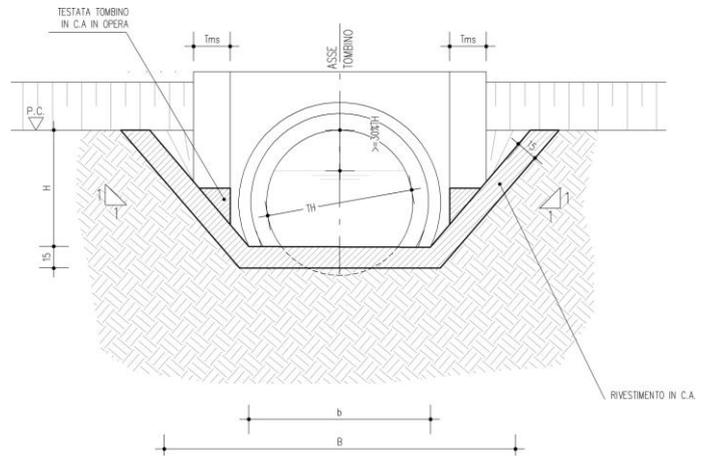


SEZIONE LONGITUDINALE

IMBOCCO TOMBINO CIRCOLARE



SEZIONE TRASVERSALE
 IMBOCCO TOMBINO CIRCOLARE



SEZIONE TRASVERSALE
 DEVIAZIONE CANALE IN TERRA

