



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

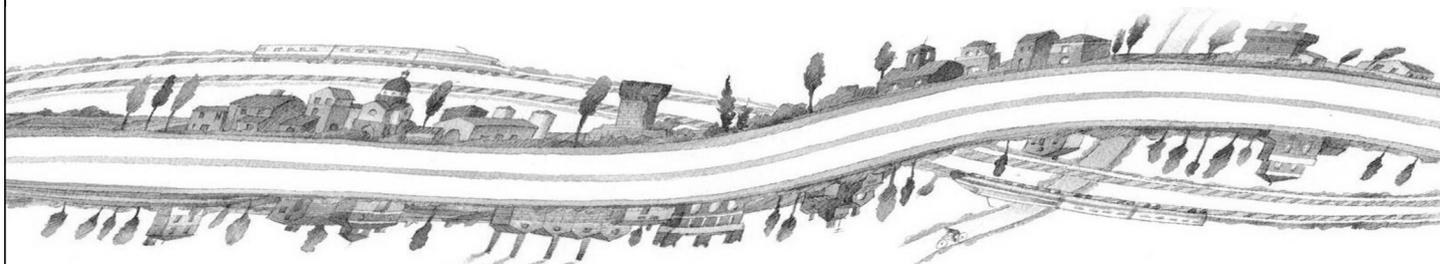
CODICE C.U.P. E81B08000060009

## PROGETTO DEFINITIVO

**VIABILITA' DI ADDUZIONE AL SISTEMA AUTOSTRADALE**  
D02 (ex 1RE) Variante alla SP n°41 in corrispondenza del tracciato Cispadano - tratto tra SP n°60 e Brescello  
IDROLOGIA E IDRAULICA

IDROLOGIA ED IDRAULICA GENERALE

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA



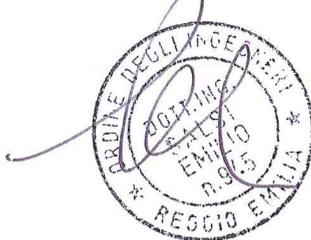
IL PROGETTISTA

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		Ing. Mammi	Ing. Telò
REV.	DATA	DESCRIZIONE		REDAZIONE	CONTROLLO
				Ing. Salsi	APPROVAZIONE

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

NUM. PROGR.	FASE	LOTTO	GRUPPO	CODICE OPERA WBS	TRATTO OPERA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVO	REV.
4863	PD	0	D02	DWS00	0	WW	RI	01	A

DATA: **MAGGIO 2012**

SCALA: **varie**

## INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. INQUADRAMENTO NORMATIVO .....	4
3. CRITERI GENERALI .....	5
3.1. Articolazione dello studio .....	5
4. L'APPLICAZIONE DEI MODELLI UTILIZZATI.....	7
4.1. Il modello idrologico .....	7
4.1.1. Evaporazione .....	8
4.1.2. Infiltrazione .....	8
4.1.3. Propagazione del flusso superficiale .....	9
4.1.4. I flussi sotterranei .....	11
4.2. Il modello per la propagazione dell'onda di piena .....	13
5. AMBITO DI RIFERIMENTO.....	16
5.1. Il comprensorio di Bonifica .....	16
5.2. Il tracciato stradale.....	18
6. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE .....	20
6.1. Indagini pluviometriche ed idrometriche.....	20
6.2. Analisi idrologiche.....	27
7. INTERFERENZE IDRAULICHE CON IL TRACCIATO IN PROGETTO .....	30
7.1. Corsi d'acqua interferiti.....	30
8. I CORSI D'ACQUA SECONDARI .....	33
8.1. SCOLO NAVIGLIA VECCHIA .....	33
8.1.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale .....	33
8.1.2. Verifiche idrauliche .....	35
8.1.2.1 Definizione delle portate di progetto.....	35
8.1.2.2 Scenari simulati.....	35
8.1.2.3 Risultati delle analisi nello Stato di Fatto.....	37
8.1.2.4 Risultati delle analisi negli Stati di Progetto 1 e 2.....	37
8.2. IRRIGATORIO DI LENTIGIONE .....	40
8.2.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale .....	40
8.2.2. Verifiche idrauliche .....	41
8.3. FOSSO A SERA DI VIA IMPERIALE .....	42
8.3.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale .....	42

8.3.2. Verifiche idrauliche .....	43
8.4. SCOLO DI VIA DEL PORTO .....	44
8.4.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale .....	44
8.4.2. Verifiche idrauliche .....	45
8.5. FOSSO A MANE DI VIA IMPERIALE.....	46
8.5.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale .....	46
8.5.2. Verifiche idrauliche .....	47
8.6. SCOLO DUGALE ALTO .....	48
8.6.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale .....	48
8.7. SCOLO DUGALE BASSO .....	50
8.7.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale .....	50
8.8. FOSSO DI GUARDIA IN DESTRA DEL CANALAZZO DI BRESCELLO.....	52
8.8.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale .....	52
8.9. TUBAZIONE SANTA CATERINA E TUBAZIONE COPELLI .....	54
9. NODO IDRAULICO DI VIA IMPERIALE .....	55
10. CANALI ANALIZZATI CON L'IPOTESI DI MOTO UNIFORME .....	57
10.1. Definizione della portata di progetto .....	57
10.1.1. Verifiche idrauliche .....	57
11. INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA ED OPERE CONNESSE.....	60

## 1. PREMESSA

---

La presente relazione è parte integrante del Progetto Definitivo dell'Autostrada Regionale Cispadana, ed in particolare della Viabilità di adduzione al sistema autostradale **D02 (ex 1RE) Variante alla SP N°41 in corrispondenza del tracciato cispadano – tratto tra SP N° 60 e Brescello** e si propone di definire le grandezze idrauliche di riferimento e, di conseguenza, di stabilire gli interventi e gli accorgimenti da adottare, al fine di garantire la compatibilità tra le infrastrutture di attraversamento dei corsi d'acqua interferiti e gli ambienti di pertinenza degli stessi.

Questo percorso progettuale è stato coordinato e condiviso per quanto possibile con il Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, e tiene conto delle prescrizioni impartite durante la Conferenza dei Servizi sul Preliminare che si è conclusa con l'approvazione del Progetto Preliminare nel Dicembre 2011.

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 (QMS) 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 generale, anche le specifiche relazioni per i due corsi d'acqua principali interferiti dalla viabilità D02, il Torrente Enza e il Canalazzo di Brescello, per ognuno dei quali l'interferenza è stata risolta con un ponte o viadotto.

## **2. INQUADRAMENTO NORMATIVO**

---

Le analisi idrauliche di seguito riportate, sono state condotte rispettando gli indirizzi e le prescrizioni riportate nella normativa di riferimento nazionale, elencata nell'elaborato PD\_0\_000\_00000\_0\_GE\_KT\_01\_A Elenco delle Normative di Riferimento.

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

### **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, completato dai rilievi effettuati nel 2008 per il progetto preliminare, ha permesso, inoltre, di definire la geometria dei corsi d'acqua nei tratti oggetto di studio.

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

Il sistema dei corsi d'acqua artificiali comprende la rete idrografica canalizzata composta dai corsi d'acqua di scolo e di irrigazione afferenti al Consorzio di Bonifica o a proprietà private che insistono sull'area attraversata. Il tracciato interferisce con canali che sono stati classificati come secondari o minori sulla base della larghezza d'alveo a piano campagna: se  $3m < B < 10m$  il canale è di rango secondario, mentre se  $B < 3m$  il canale è di rango minore.

L'analisi idrologica ed idraulica, effettuata per i corsi d'acqua interferiti dalla viabilità in progetto, rispecchia le considerazioni fatte per i diversi ambiti territoriali esaminati, in quanto ciascuno di essi presenta peculiari caratteristiche morfologiche e climatologiche che modificano i parametri idrologici connessi alla formazione ed al deflusso delle piene. La particolare caratteristica dei corsi d'acqua di bonifica risiede proprio nella loro funzionalità e negli usi a cui sono preposti; l'ambivalenza delle funzioni di scolo ed irrigazione rende non poco difficile l'analisi idrologica in quanto a rigori essi andrebbero studiati sotto il profilo della funzione di drenaggio delle acque meteoriche, tuttavia essi sono utilizzati, soprattutto nelle stagioni primaverili ed estive, anche per irrigazione, mantenendo alti i livelli in alveo e riducendo la capacità di assorbimento di eventi pluviometrici importanti.

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

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

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

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 stradale impatta sulla microcircolazione delle acque sia in termini distributivi (funzionali all'irrigazione) che scolanti. 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, che nelle planimetrie di dettaglio in scala 1:2.000 sono stati inseriti in forma computistica.

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

Sulla base delle risultanze delle analisi idrauliche si è, quindi, proceduto alla definizione delle opere di presidio idraulico necessarie a garantire sia l'officiosità idraulica delle strutture in progetto, che la compatibilità delle stesse con le dinamiche dei corsi d'acqua. Sono stati, inoltre, definiti gli accorgimenti e gli interventi necessari alla risoluzione delle interferenze con gli ulteriori elementi idraulici presenti. Per il progetto delle difese attive sono state privilegiate soluzioni di ingegneria a basso impatto ambientale, condivise con gli Enti preposti al governo del territorio.

## 4. L'APPLICAZIONE DEI MODELLI UTILIZZATI

---

### 4.1. Il modello idrologico

---

Per il processo di trasformazione Afflussi/Deflussi ci è avvalsi del modello dinamico **SWMM (Storm Water Management Model)**. Esso è stato sviluppato e aggiornato dall'agenzia federale statunitense per la protezione dell'ambiente U.S. E.P.A, descrive quantitativamente la trasformazione delle piogge in deflussi superficiali sulla superficie di un bacino imbrifero ed in correnti idriche che confluiscono e si propagano lungo i collettori.

Matematicamente il processo è rappresentato dalla soluzione di un sistema di equazioni differenziali che governano il bilancio della massa liquida (equazione di continuità) e della corrispondente energia meccanica (equazione del moto) tanto per il deflusso che si sviluppa come lama d'acqua fluente sulla superficie di una area elementare per effetto della saturazione del suolo e del superamento della sua capacità di infiltrazione, quanto del deflusso che si sviluppa come corrente essenzialmente monodimensionale in ciascuno dei tronchi elementari costituenti i collettori drenanti. Oltre tali equazioni differenziali, il modello impone contemporaneamente, attraverso ulteriori equazioni, le condizioni al contorno, ed in particolare l'identità del livello in tutti gli estremi di canali che connettono lo stesso nodo, il legame tra livello raggiunto nei nodi, dimensione fisica delle confluenze e livelli idrici nei canali riceventi.

Le condizioni iniziali nel reticolo vengono invece calcolate sulla base delle condizioni al contorno che riguardano i riceventi e della portata iniziale in ogni condotto.

Per quanto riguarda il deflusso di superficie, il programma considera ogni area elementare utilizzata per la schematizzazione dell'intero bacino come un serbatoio non lineare con un singolo ingresso che rappresenta le precipitazioni, e con più uscite che rappresentano rispettivamente l'infiltrazione, l'evaporazione ed il deflusso superficiale. È quest'ultima la componente maggiormente rappresentativa nel caso presente.

La capacità del serbatoio non lineare rappresenta la capacità massima d'accumulo sulle superfici del bacino, fornita principalmente dai micro e macro avvallamenti delle superfici e dal velo d'acqua presente sulle superfici bagnate, d'altezza variabile durante l'evento di pioggia.

Nella logica del modello il deflusso superficiale ha inizio solo quando il volume d'acqua nel serbatoio supera la capacità d'accumulo superficiale, mentre l'infiltrazione (solo nella porzione permeabile della superficie) e l'evaporazione riducono continuamente il volume d'acqua accumulato nel serbatoio. L'infiltrazione viene modellata secondo il metodo CN del Soil Conservation Service (USA). Nei casi in cui l'infiltrazione e l'evaporazione risultino potenzialmente superiori alla precipitazione, il deflusso risulta ovviamente nullo. E' presente anche la componente di deflusso ipodermico e di base, derivante dalla schematizzazione della regione sotterranea come due serbatoi non lineari interconnessi; tale elemento, introdotto quando si dispone

di osservazioni in continuo delle piogge, può simulare anche gli scambi idrici fra falda freatica e corso d'acqua, ma riveste una importanza trascurabile nella simulazione di singoli eventi di piena, come quelli analizzati in questo studio, perché i tempi di risposta dei due serbatoi sotterranei eccedono largamente quelli del ruscellamento superficiale, fornendo un contributo al deflusso totale che diviene significativo solo in regime fluviale di morbida e magra.

Il processo appena descritto, elaborato dal modulo RUNOFF del programma, viene ripetuto per ogni area elementare schematizzata, e per ogni passo temporale in cui è necessario discretizzare l'intervallo di tempo durante il quale interessa simulare la trasformazione afflussi-deflussi e la propagazione della conseguente piena lungo il sistema drenante, tenendo conto delle confluenze secondo la struttura topologica della rete di scolo.

Il modulo RUNOFF è stato sviluppato per simulare sia la quantità che la qualità dei flussi in un bacino di drenaggio ed il loro propagarsi nelle condotte della rete. Assegnatogli uno ietogramma, il programma schematizza il bacino con una combinazione di sottobacini e di condotte e/o canali ideali, e procede a svolgere un'esauriva analisi (neve disciolta, perdite da infiltrazione nelle aree pervie, ritenzione superficiale, flusso sul terreno e nelle condotte e/o canali), che permette di determinare gli idrogrammi ed i pollutogrammi nei vari nodi. Nello studio in questione si è analizzato il problema idrico solamente dal punto di vista quantitativo, non da quello qualitativo.

#### **4.1.1. Evaporazione**

L'evaporazione può essere inserita nel modulo RUNOFF sia direttamente, tramite una altezza cumulata per ciascun mese, sia a partire dalla serie temporale delle temperature.

L'evaporazione è sottratta all'altezza di pioggia caduta e/o acqua stagnante prima di calcolare l'infiltrazione e lo scorrimento superficiale. Il valore della precipitazione che il programma considera è quindi sempre quello netto a cui sono già state sottratte le perdite di evaporazione.

Sebbene nel modulo RUNOFF evaporazione e infiltrazione siano sommate per formare un unico valore di perdita per i calcoli nei sottobacini, totali separati sono mantenuti nel controllo generale della continuità.

#### **4.1.2. Infiltrazione**

Per l'infiltrazione nelle aree pervie SWMM consente di scegliere tra 3 modelli: Horton, Green-Ampt e Curve Number. Il modello empirico di Horton è frequentemente utilizzato. Molti idrologi hanno una "sensibilità" per i tre parametri richiesti, nonostante la documentazione al riguardo sia molto scarsa. Sebbene nella sua formulazione classica l'equazione possa essere utilizzata solo qualora l'intensità di precipitazione ecceda la capacità di infiltrazione, le modifiche apportate in SWMM al modello permettono di superare questa deficienza.

Alternativamente l'equazione di Green-Ampt è un modello fisico che può consentire una buona descrizione

del processo di infiltrazione. Nella formulazione di Mein-Larson il modello può anche essere applicato in caso di intensità di precipitazione inferiore alla capacità di infiltrazione all'inizio dell'intervallo temporale.

#### **4.1.3. Propagazione del flusso superficiale**

Il modulo RUNOFF rappresenta l'inizio della generazione del flusso in SWMM. Ciascun sottobacino viene suddiviso in tre sottoaree che simulano le aree impermeabili, con e senza depressioni superficiali, e l'area permeabile, con depressioni superficiali. La profondità delle depressioni superficiali è un dato di input (parametro denominato WSTORE) per le aree impermeabili e permeabili di ciascun sottobacino.

Il flusso superficiale è generato da ciascuna delle tre aree approssimandole a serbatoi non-lineari, ai quali non viene assegnata alcuna forma specifica. Tuttavia, se la larghezza del sottobacino,  $W$ , è considerata come vera larghezza del flusso superficiale, allora l'area si comporterà come un bacino rettangolare. Altrimenti, la larghezza (come anche la pendenza e la scabrezza) possono essere considerati come parametri di calibrazione. Il serbatoio non-lineare è definito combinando l'equazione di continuità con quella di Manning.

L'equazione di continuità, applicata a ciascuna sottoarea:

$$\frac{dV}{dt} = A \frac{dd}{dt} = Ai^* - Q$$

dove  $V = A \cdot d =$  volume di acqua nella sottoarea,  $m^3$

$d =$  altezza della lama d'acqua,  $m$ ,

$t =$  tempo,  $s$ ,

$A =$  area del sottobacino,  $m^2$

$i^* =$  eccedenza di precipitazione = intensità di precipitazione /neve disciolta meno tasso di evaporazione e/o infiltrazione( $m/s$ ),

$Q =$  velocità del flusso,  $m^2/s$ ,

si coniuga con l'equazione di Manning per il flusso:

$$Q = W \frac{1.49}{n} (d - d_p)^{5/3} S^{1/2}$$

dove  $W =$  larghezza del sottobacino,  $m$ ,

$n =$  coefficiente di scabrezza di Manning,

$d =$  altezza della lama d'acqua,  $m$ ,

$S =$  pendenza del sottobacino,  $m/m$ .

Queste due equazioni sono combinate in una equazione differenziale non lineare, che può essere risolta

rispetto ad un'incognita, l'altezza,  $d$ .

$$\frac{dd}{dt} = i^* - \frac{1.49 \cdot W}{A \cdot n} \cdot (d - d_p)^{5/3} S^{1/2} = i^* + WCON \cdot (d - d_p)^{5/3}$$

dove:

$$WCON = \frac{1.49 \cdot W \cdot S^{1/2}}{A \cdot n}$$

Si noti il raggruppamento della larghezza, pendenza e scabrezza in un unico parametro.

L'equazione  $dd/dt$  è risolta per ciascun intervallo temporale con un semplice schema alle differenze finite. A questo scopo, nel lato destro dell'equazione si deve considerare il flusso medio netto in ingresso ed in uscita nell'intervallo di tempo. L'intensità di precipitazione,  $i^*$ , è considerata nel programma come media nell'intervallo di tempo. Il flusso medio è approssimato calcolandolo come media tra le vecchie e le nuove altezze. Quindi, denotando coi pedici 1 e 2 rispettivamente l'inizio e la fine dell'intervallo temporale, l'equazione si approssima:

$$\frac{d_2 - d_1}{\Delta t} = i^* + WCON \cdot \left[ d_1 + \frac{1}{2}(d_2 - d_1) - d_p \right]^{5/3}$$

dove  $\Delta t$  = intervallo di tempo, (s).

Questa equazione è poi risolta in  $d_2$  usando un'iterazione di Newton-Raphson.

Dato  $d_2$ , il flusso istantaneo alla fine dell'intervallo temporale,  $WFLOW$  è calcolato tramite l'equazione di Manning. Il flusso in uscita istantaneo è anche il valore del flusso che viene trasferito ai successivi moduli di SWMM.

Nonostante la soluzione dell'equazione alle differenze finite sia immediata e semplice, delle peculiarità esistono nel modo in cui alcuni parametri per le singole sottoaree (A1, A2 e A3) vengono specificate. In particolare, solo due valori di  $WCON$  sono calcolati, uno per l'area permeabile ed uno per l'intera area impermeabile. Così, per il calcolo delle altezze nelle sottoaree impermeabili A1 e A3 si utilizza il medesimo  $WCON$ , ottenuto utilizzando l'area impermeabile totale. Tuttavia, il flusso istantaneo è calcolato usando l'area individuale di ciascuna sottoarea (ad esempio A1 o A3). L'influenza netta per le sottoaree A1 e A3 è ottenuta riducendo le larghezze in proporzione a  $A1/(A1+A3)$  o  $A3/(A1+A3)$ . Test numerici di questo schema confrontati con uno che utilizza aree individuali (con larghezze proporzionali) nel parametro  $WCON$ , indicano che si ha un risultato che può essere ritenuto soddisfacente.

Prima di eseguire questi calcoli, il programma verifica se le perdite sono maggiori dell'altezza della precipitazione più le riserve di acqua. In tal caso, le perdite (evaporazione più infiltrazione) assorbono tutta l'acqua ed il flusso è nullo. Similmente, se le perdite da sole sono sufficienti ad abbassare il livello dell'acqua al di sotto delle depressioni superficiali, la nuova altezza è calcolata solo su questa base ed il deflusso è nullo.

Lo schema computazionale si è dimostrato abbastanza stabile. L'unico caso in cui si verificano problemi di non-convergenza (oppure un tentativo di calcolare un'altezza negativa) è quando le sottoaree sono molto piccole (pochi metri quadrati) unite a intervalli temporali molto grandi (ad esempio dieci minuti). Qualora il programma segnali un messaggio di non convergenza, normalmente si può eliminare il problema aumentando l'area in questione o riducendo l'intervallo temporale.

La propagazione dei flussi generati è stabilita separatamente per ciascuna delle tre sottoaree del sottobacino.

Il flusso superficiale è calcolato come il prodotto della velocità per altezza e larghezza, (dall'equazione di Manning (3.2) basata sulla differenza tra l'altezza totale e le depressioni superficiali).

Si noti che larghezza, pendenza e coefficiente di scabrezza di Manning sono combinati in unico parametro. Così, cambiamenti equivalenti possono essere apportati alterando uno qualsiasi dei tre parametri. Si noti anche che la larghezza e la pendenza sono uguali per le aree permeabili ed impermeabili. Il coefficiente di scabrezza di Manning e l'area relativa sono gli unici parametri disponibili per il modellatore per caratterizzare il contributo delle aree permeabili ed impermeabili nell'idrogramma di uscita.

I flussi calcolati nel modulo RUNOFF e trasferiti ai moduli successivi sono valori istantanei al tempo finale dell'intervallo.

#### **4.1.4. I flussi sotterranei**

La componente sotterranea simula due zone – una superiore (insatura) ed una inferiore (satura). Il flusso dalla zona insatura a quella satura è regolata da un'equazione di percolazione nella quale i parametri possono essere sia stimati che calibrati, in base alla disponibilità dei dati. L'unico flusso in entrata è l'infiltrazione calcolata dal modulo RUNOFF. L'evapotraspirazione nella zona superiore risulta l'unica causa di perdite nella zona insatura. Perdite e deflusso dalla zona inferiore possono avvenire tramite percolazione profonda, evapotraspirazione, e scorrimento sotterraneo. Il flusso sotterraneo è una funzione della tavola d'acqua ed eventualmente dell'altezza dell'acqua nel corso d'acqua di drenaggio.

Lo scorrimento sotterraneo rappresenta il flusso laterale dalla zona satura al corso d'acqua ricevente. L'equazione del flusso assume la seguente formula generale:

$$GWFLW = A1 \cdot (D1-BC)B1 - TWBC + A3 \cdot D1 \cdot BC$$

e

$$TWFLW = A2 \cdot (TW-BC) B2$$

dove GWFLW = velocità del flusso sotterraneo all'inizio dell'intervallo temporale (per area del sottobacino)

TWFLW = influenza della velocità del flusso dell'acqua del corso d'acqua all'inizio dell'intervallo temporale (per area del sottobacino),

$A1, A2, A3$  = coefficienti di influenza del flusso sotterraneo e del corso d'acqua,

$B1, B2$  = esponenti di influenza del flusso sotterraneo e dell'acqua nel corso d'acqua,

$D1$  = altezza della zona inferiore all'inizio dell'intervallo temporale,

$BC$  = altezza del fondo del corso d'acqua,

$TW$  = altezza dell'acqua nel corso d'acqua.

Se  $D1$  è minore di  $BC$  o  $TW$ ,  $GWFLW$  è posto uguale a zero. Inoltre se  $TW = BC$  e  $B2 = 0$ , allora la forma indeterminata zero elevato a zero è posta uguale a uno dal programma.

Poiché il flusso sotterraneo può avere notevoli dimensioni, un flusso medio è calcolato iterativamente ad ogni intervallo temporale. I flussi sotterranei possono essere indirizzati a qualsiasi nodo del reticolo drenante o a qualsiasi tratto fluviale, permettendo di isolare i vari componenti dell'idrogramma totale. Quindi il flusso sotterraneo non deve necessariamente essere indirizzato alla stessa destinazione del flusso superficiale di ogni sottobacino. L'influsso dell'acqua nel corso d'acqua sul flusso sotterraneo può essere trattato in due modi distinti. La prima opzione prevede che l'altezza dell'acqua nel corso d'acqua,  $TW$ , risulti una costante maggiore od uguale al valore dell'altezza del fondo del corso d'acqua,  $BC$ , e che  $A2, B2$  e/o  $A3$  abbiano valori maggiori di zero. La scelta di questo metodo equivale a specificare una influenza media dell'acqua nel corso d'acqua per tutto lo scorrimento da usare per ciascun intervallo temporale. La seconda opzione fissa l'altezza dell'acqua nel canale o fiume,  $TW$ , uguale al reale valore del tirante nel tratto considerato. Per questa impostazione, il flusso sotterraneo deve essere indirizzato ad un corso d'acqua e non ad un nodo. L'altezza idrica nel corso d'acqua ( $TW-BC$ ) è poi determinata per ogni intervallo temporale come l'altezza al precedente intervallo temporale. L'altezza all'inizio dell'intervallo temporale deve essere utilizzato per evitare iterazioni complesse e lunghe nella combinazione con l'equazione della portata del corso d'acqua. A causa di questo compromesso, l'acqua sotterranea può "pulsare" all'oscillare di  $D1$  appena sopra e sotto di  $TW$ . Questa pulsazione può introdurre errori nella continuità ed, ovviamente, non è rappresentativa del sistema reale. Intervalli temporali più corti e canali più larghi o meno pendenti (riducendo così la risposta del corso d'acqua) possono essere utilizzati per ridurre le pulsazioni. Infine, la selezione di  $A1, B1, A2, B2$ , e  $A3$  deve essere fatta con cautela affinché  $GWFLW$  non diventi negativo. Nonostante questo possa accadere nel sistema reale, indicando un ricaricamento dal corso d'acqua, non esiste attualmente modo per rappresentare questo flusso contrario e sottrarlo dal corso d'acqua. Un modo per eludere questo è rendere  $A1$  più grande o uguale ad  $A2$  e  $B1$  più grande o uguale a  $B2$ , e  $B3$  uguale a zero.

## 4.2. Il modello 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 termini di sezione di deflusso del manufatto.

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

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

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

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

Il modello, calcola i profili di moto vario per corsi d'acqua monodimensionali in regime di corrente lenta, veloce o mista. Il programma, è in grado di calcolare e gestire i profili per una rete di canali naturali o artificiali in un sistema ad albero od a singolo ramo. Le relazioni fondamentali della formulazione matematica sono le equazioni dei moti permanenti nell'espressione classica dell'equazione monodimensionale dell'energia secondo Manning. Le perdite valutate sono quelle d'attrito (secondo Manning), valutate per le diverse parti della sezione trasversale (canale centrale, sponde laterali, golene e parti di golene), e quelle causate dalla contrazione o espansione delle sezioni (tramite un coefficiente che

moltiplica la variazione dell'altezza cinetica). L'equazione della quantità di moto è utilizzata nei punti dove il profilo del pelo libero subisce brusche variazioni ovvero in regime misto nel passaggio da corrente veloce a corrente lenta oppure, in corrispondenza di ponti, traverse e sottopassi o alla confluenza di più rami di una rete.

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

L'equazione generale dell'energia è la seguente:

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

dove:

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

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

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

dove:

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

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

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

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

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

regime di moto.

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

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

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

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

## 5. AMBITO DI RIFERIMENTO

### 5.1. Il comprensorio di Bonifica

Il Consorzio di Bonifica dell' Emilia Centrale è un ente di diritto pubblico, nasce nell'ottobre del 2009 dalla fusione dei Consorzi di Bonifica Parmigiana Moglia Secchia e Bentivoglio-Enza, ed assicura la gestione e distribuzione delle acque superficiali per la tutela e lo sviluppo del territorio. Il territorio del comprensorio consorziale dell'ex bonifica Bentivoglio-Enza ricade per la maggior parte della sua estensione in Emilia Romagna e per una modesta superficie in Toscana; interessa tre province (Reggio Emilia, Parma e Massa Carrara) e 27 Comuni. L'estensione complessiva è di 97.066 ha. Il territorio di montagna ha un'estensione di 57.060 ha, mentre il territorio di pianura risulta avere un'estensione di 40.006 ha.

Il comprensorio dell'ex Consorzio di Bonifica Parmigiana Moglia – Secchia, all'interno del quale si trova proprio il Cavo Parmigiana-Moglia, presenta invece un'estensione complessiva pari a 214.318 ha ed è pressoché coincidente con il bacino idrografico del fiume Secchia.

L'intero comprensorio viene suddiviso in due zone altimetriche distinte: quella di pianura, che da quota 17.00 m s.l.m. si eleva sino a quota 50.00 m s.l.m., e quella collinare e di montagna, che si estende fino al crinale appenninico Tosco-Emiliano.

Gli interventi e le opere di bonifica eseguite a partire dal 1919 all'interno dell'attuale comprensorio di bonifica in esame, hanno condotto ad una razionale separazione delle acque basse da quelle alte, consentendo, inoltre, di portare acqua in tutti i periodi dell'anno nei terreni agricoli fino in Appennino. Originariamente il reticolo superficiale è stato impostato mediante l'esecuzione di due collettori, il primo delle acque basse, l'altro per le alte, entrambi scaricanti nel Secchia tramite due impianti idrovori: il primo, per le acque alte, realizzato a Mondine di Moglia, mentre il secondo, per le acque basse, ubicato a San Siro di San Benedetto Po. Per evitare che i cavi che trasportano acque provenienti dai territori più alti invadano i territori più bassi, sono state separate le acque alte da quelle basse.

Le acque alte scorrono in zone alla quota di 25 metri sul livello del mare e si trovano nella parte meridionale del comprensorio. Queste acque vengono convogliate, attraverso i cavi Bondeno, Naviglio, Tresinaro e Lama, in un unico collettore, il cavo Parmigiana-Moglia. Tale collettore scarica le acque provenienti dalle terre alte, per caduta libera, nel fiume Secchia in località Bondanello (Moglia). Quando il Secchia è in piena, le chiaviche di Bondanello si chiudono e le acque del cavo Parmigiana-Moglia, convogliate nel tratto terminale del cavo Lama, possono comunque venire smaltite dall'impianto idrovo di Mondine.

Le acque basse scorrono al di sotto di tale quota nella parte settentrionale, e sono immediatamente riconoscibili per l'assenza di argini. Nei punti di incrocio fra canali di acque alte e canali di acque basse,

queste ultime passano al di sotto delle prime tramite apposite botti. Le acque basse, quindi, confluiscono in due canali di scolo principali: il Collettore Acque Basse Reggiane e il Collettore Acque Basse Modenesi. Questi si riuniscono poi in un Canale Emissario che sottopassa il cavo Parmigiana-Moglia alla botte S.Prospero, e convoglia le acque basse al Secchia presso l'impianto idrovoro di S. Siro.

L'acqua necessaria per l'irrigazione viene derivata dal Po a Boretto, dove entra nel Canale Derivatore e quindi nel cavo Parmigiana-Moglia. Da qui si distribuisce per gravità nelle zone al di sotto dei 20 metri sul livello del mare, nel restante comprensorio occorre innalzarla attraverso impianti di sollevamento. Per questo, canali come Parmigiana-Moglia e Lama, che in autunno-inverno scolano le acque alte verso valle, nei periodi secchi (da maggio a settembre) convogliano verso monte l'acqua destinata all'irrigazione.

La rete di infrastrutture e canali costruita per la bonifica del territorio della bassa reggiano-modenese è costituito da innumerevoli opere, tra cui 2 impianti di sollevamento a Po, in località Boretto, 25 impianti di sollevamento secondario, oltre 1.000 Km di canali di risalita e distributori, e innumerevoli manufatti secondari di regolazione e distribuzione.

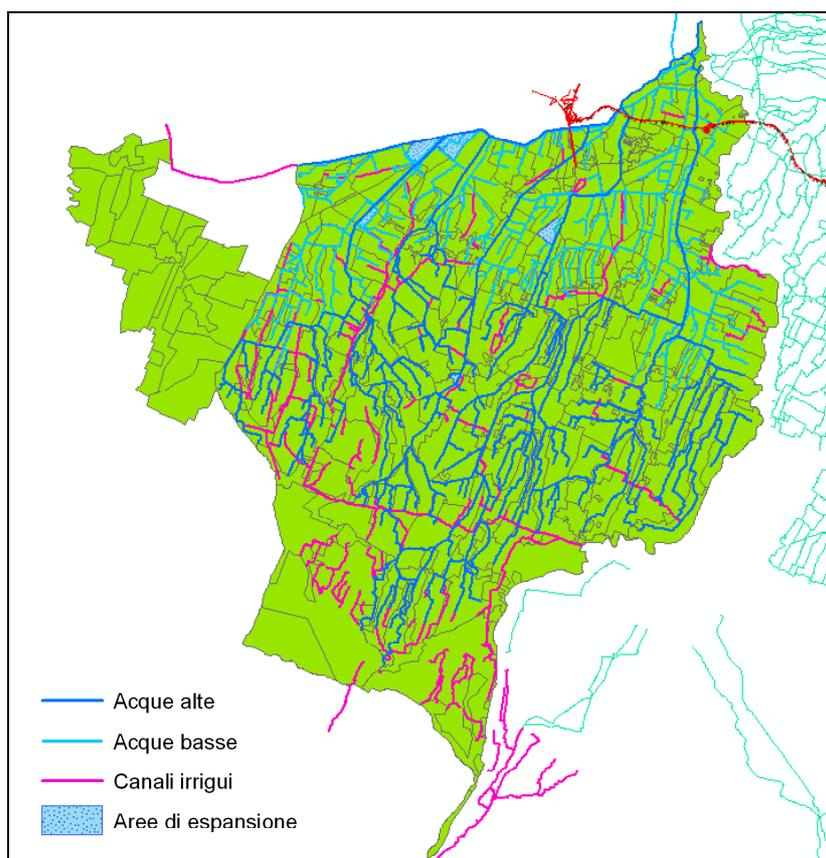


FIGURA 5-1: TERRITORIO DELL'EX BONIFICA PARMIGIANA MOGLIA - SECCHIA

Il tracciato in progetto interessa la porzione 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

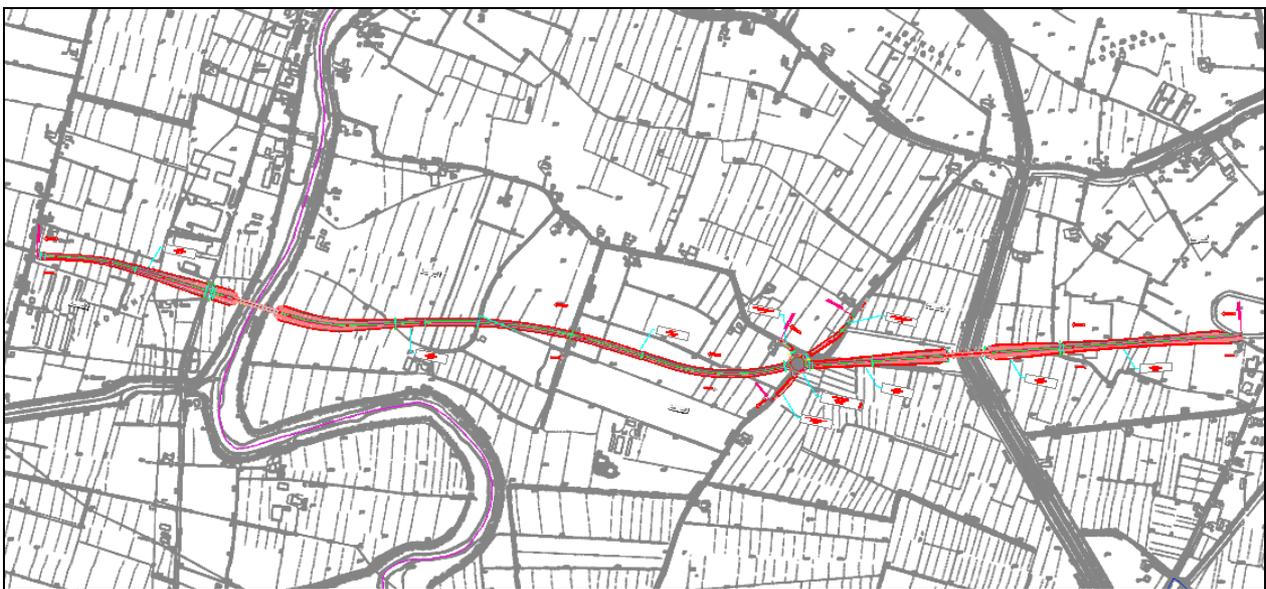
rilevati infrastrutturali, strade e ferrovie. La campagna è prevalentemente destinata a seminativi con presenza di frutteti e vigneti ed altre colture arboree, mentre i centri abitati non sono particolarmente frequenti.

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.

La maggior parte dei canali è di uso promiscuo, questo fa sì che sia quasi sempre presente acqua nel canale e quindi lo stesso è frequentemente popolato da specie ittiche ed anfibe.

## 5.2. Il tracciato stradale

La strada è classificata come C1 strada extraurbana principale ed è un nuovo tronco stradale di collegamento alla vecchia Cispadana in comune di Brescello e la viabilità denominata strada di Chiozzola in Coenzo la quale collega Sorbolo e Coenzo.

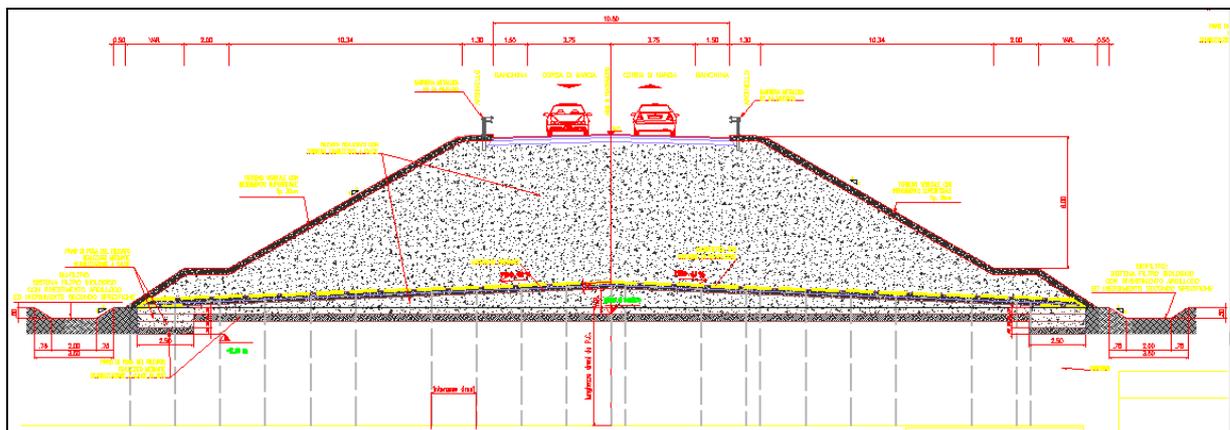


**FIGURA 5-2: PLANIMETRIA DI PROGETTO – OPERA D02 (EX 1RE)**

Il progetto si sviluppa in prossimità dei comuni di Brescello, Sorbolo e Mezzani, il territorio è caratterizzato da una limitata urbanizzazione e i vincoli più significativi sono gli attraversamenti del Torrente Enza e del Canalazzo di Brescello. Il tracciato ha inizio in prossimità della rotatoria di via Chiozzola e si sviluppa in direzione est con una curva in destra di raggio 400.00m, passata la curva la viabilità corre parallelamente ad un fabbricato esistente dove si è predisposto un muro di contenimento per mantenere le distanze come indicato in normativa, subito dopo si attraversa l'SP 41 e il fiume Enza, attraversata questa interferenza il

tracciato prosegue in aperta campagna con curve di raggio superiore a 500m raggiungendo l'intersezione tra via Imperiale e via Viazza dove è prevista la realizzazione di un nuovo svincolo a rotatoria per garantire la continuità alle strade interferenti. Oltrepassata la rotatoria ci si ricongiunge alla cispadana esistente mediante rettilineo di lunghezza di circa 1300m. Tutte le curve sono dotate di opportuni raccordi di transizione, in entrata e uscita, adeguati per categoria e velocità di progetto della strada stessa. Altimetricamente il tracciato è caratterizzato da livellette con pendenze inferiori al 3.50% e i raccordi concavi e convessi hanno un raggio di 8000m.

La sezione stradale è prevista bidirezionale della larghezza di 10,50 m; la piattaforma stradale è organizzata con due corsie di marcia di 3,75 m oltre due banchine da 1,50 m per parte.



**FIGURA 5-3: SEZIONE TIPO OPERA D02 (EX 1RE)**

Le scarpate nei tratti in rilevato hanno pendenza 2/3 con inerbimento superficiale stendendo una coltre di terreno vegetale spessa 30 cm.

Nei tratti in cui il rilevato è di altezza inferiore ad un metro sul piano campagna, la pendenza delle scarpate è prevista pari a 2/3, come pure il fosso laterale; le scarpate saranno inerbite superficialmente stendendo una coltre di terreno vegetale spessa 30 cm.

## 6. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE

### 6.1. Indagini pluviometriche ed idrometriche

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'intera area afferente al progetto dell'Autostrada Regionale Cispadana e delle 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.

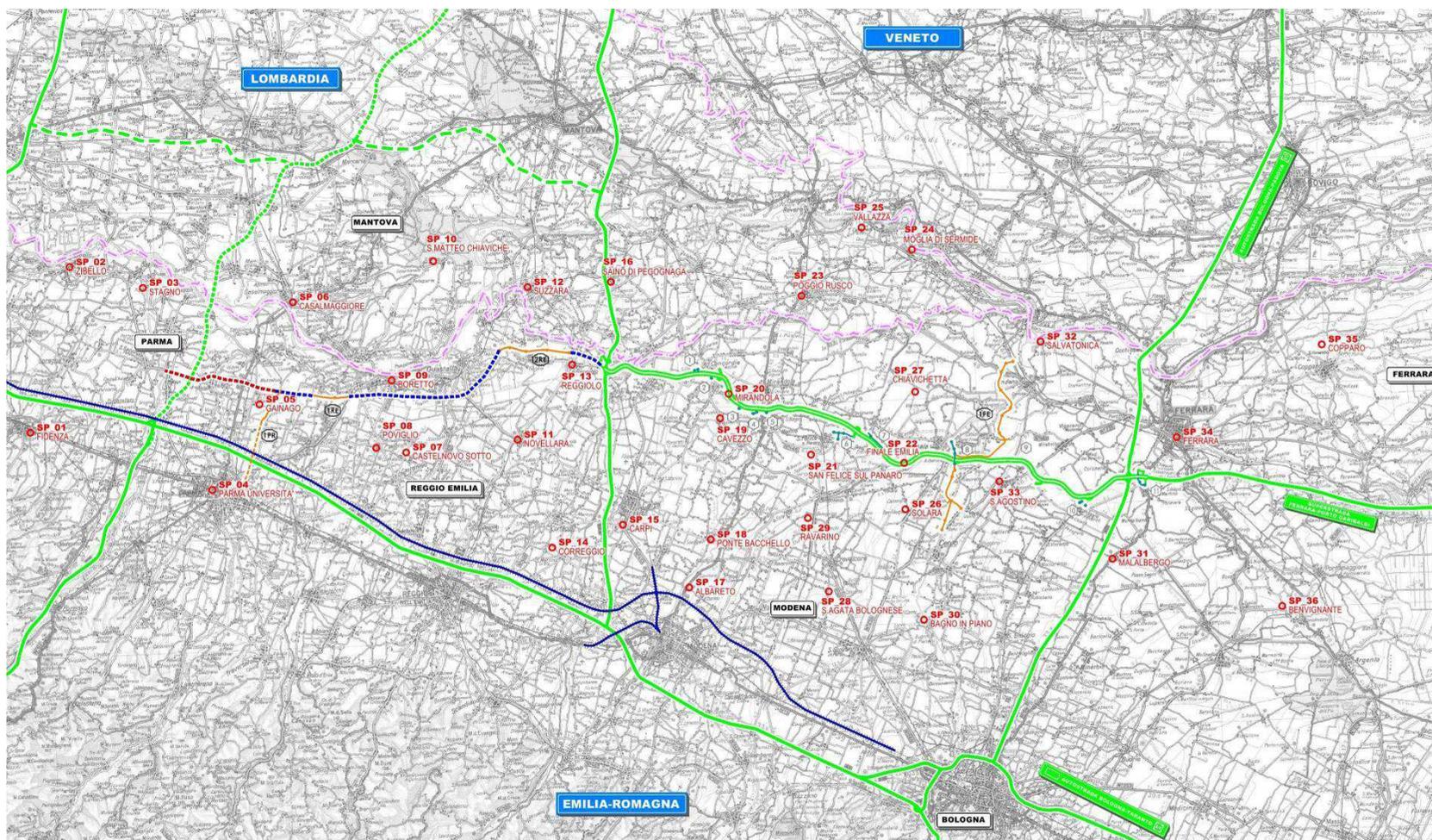
CODICE	STAZIONE	GESTIONE	LOCALITA	COMUNE	PROV.	X_Gauss_Bo	Y_Gauss_Bo	STRUMENTO	BACINO
SP_01	FIDENZA	ARPA Emilia-Romagna	Coduro - via Vittorio Veneto	Fidenza	(PR)	1584484.25	4967975.19	RP: stazione dotata di radiotrasmettitor e	Taro
SP_02	ZIBELLO	ARPA Emilia-Romagna	Ardola	Zibello	(PR)	1588670.48	4985548.15	RP: stazione dotata di radiotrasmettitor e	Taro
SP_03	STAGNO	ARPA Emilia-Romagna	Stagno	Roccabianca	(PR)	1596501.68	4983327.25	RP: stazione dotata di radiotrasmettitor e	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 Torrile	(PR)	1608983.67	4970975.01	RP: stazione dotata di radiotrasmettitor e	Parma
SP_06	CASALMAGGIO RE	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 radiotrasmettitor e	Pianura fra Enza e Crostolo
SP_08	POVIGLIO	ARPA Emilia-Romagna	Poviglio	Poviglio	(RE)	1621481.57	4966353.40	RP: stazione dotata di radiotrasmettitor e	Pianura fra Enza e Crostolo



CODICE	STAZIONE	GESTIONE	LOCALITA	COMUNE	PROV	X_Gauss_Bo	Y_Gauss_Bo	STRUMENTO	BACINO
SP_09	BORETTO	ARPA Emilia-Romagna	Boretto	Boretto	(RE)	1623122.84	4973513.31	RP: stazione dotata di radiotrasmettitor e	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
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 radiotrasmettitor e	Pianura fra Crostolo e Secchia
SP_15	CARPI	ARPA Emilia-Romagna	Carpi	Carpi	(MO)	1647876.65	4958203.44	RP: stazione dotata di radiotrasmettitor e	Pianura fra Crostolo e Secchia
SP_16	SAINO DI PEGOGNAGA	ARPA Emilia-Romagna	Pegognaga	Pegognaga	(MN)	1646582.80	4983981.05	RP: stazione dotata di radiotrasmettitor e	Pianura fra Crostolo e Secchia
SP_17	ALBARETO	ARPA Emilia-Romagna	Albareto	Modena	(MO)	1654961.78	4951545.41	RP: stazione dotata di radiotrasmettitor e	Pianura fra Secchia e Panaro
SP_18	PONTE BACCELLO	ARPA Emilia-Romagna	Sorbara	Soliera	(MO)	1657265.94	4956647.57	RP: stazione dotata di radiotrasmettitor e	Pianura fra Secchia e Panaro
SP_19	CAVEZZO	ARPA Emilia-Romagna	Cavezzo	Cavezzo	(MO)	1658264.15	4969509.25	RP: stazione dotata di radiotrasmettitor e	Pianura fra Secchia e Panaro
SP_20	MIRANDOLA	ARPA Emilia-Romagna	Mirandola	Mirandola	(MO)	1659177.35	4972096.84	RP: stazione dotata di radiotrasmettitor e	Pianura fra Secchia e Panaro
SP_21	SAN FELICE SUL PANARO	ARPA Emilia-Romagna	San Felice sul Panaro	San Felice sul Panaro	(MO)	1667997.20	4965645.81	RP: stazione dotata di radiotrasmettitor e	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 radiotrasmettitor e	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 radiotrasmettitor e	Pianura fra Secchia e Panaro
SP_24	MOGLIA DI SERMIDE	ARPA Emilia-Romagna	Moglia	Sermide	(MN)	1678789.00	4987404.00	RP: stazione dotata di radiotrasmettitor e	Pianura fra Secchia e Panaro
SP_25	VALLAZZA	ARPA Emilia-Romagna	Carbonara	Carbonara di Po	(MN)	1673397.21	4989740.87	RP: stazione dotata di radiotrasmettitor e	Pianura fra Secchia e Panaro

CODICE	STAZIONE	GESTIONE	LOCALITA	COMUNE	PROV	X_Gauss_Bo	Y_Gauss_Bo	STRUMENTO	BACINO
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 radiotrasmettitor e	Panaro
SP_29	RAVARINO	ARPA Emilia-Romagna	Ravarino	Ravarino	(MO)	1667654.40	4958910.92	P: pluviometro comune	Panaro
SP_30	BAGNO PIANO IN	ARPA Emilia-Romagna	Bagno di Piano	Sala Bolognese	(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 radiotrasmettitor e	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 6-1: STAZIONI PLUVIOMETRICHE UFFICIALI RICADENTI ALL'INTERNO DELL'AREA DI STUDIO**



**FIGURA 6-1: PLANIMETRIA DELLE STAZIONI PLUVIOMETRICHE UFFICIALI RICADENTI ALL'INTERNO DELL'AREA DI STUDIO**

Per la caratterizzazione idrologica si è intesa la determinazione diretta o indiretta delle sollecitazioni di deflusso che interessano i corsi d'acqua di studio; tali sollecitazioni derivano, in condizioni naturali, dalla risultanza del processo di trasformazione afflussi in deflussi dove la portata idrica nel corso d'acqua è la risultante delle precipitazioni depurate delle perdite per evaporazione, traspirazione ed infiltrazione. Nell'ambito di studio tali valutazioni sono state possibili solo per i corsi d'acqua naturali, Enza, Secchia e Panaro, in quanto caratterizzati da un bacino di scolo a comportamento naturale. Viceversa i comprensori di bonifica sono caratterizzati da elementi idrografici canalizzati dove il regime di scolo si sovrappone a quello di irrigazione e dove il deflusso delle acque artificiali è spesso gestito attraverso paratoie, chiaviche e soprattutto attraverso sollevamenti meccanici; ciò vale a maggior ragione per il territorio indagato che rappresenta, in molti casi, l'ultimo lembo di terra prima della foce dei canali dei rispettivi recettori terminali.

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

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

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. Nel caso di studio solo per il torrente Enza e i fiumi Secchia e Panaro sono caratterizzati da queste informazioni e le portate possono essere definite per via analitica; per essi ci si è appoggiati ai valori caratteristici determinati dall'Autorità di Bacino nell'ambito dei suoi più recenti studi condotti per la definizione degli ambiti di tutela fluviale.

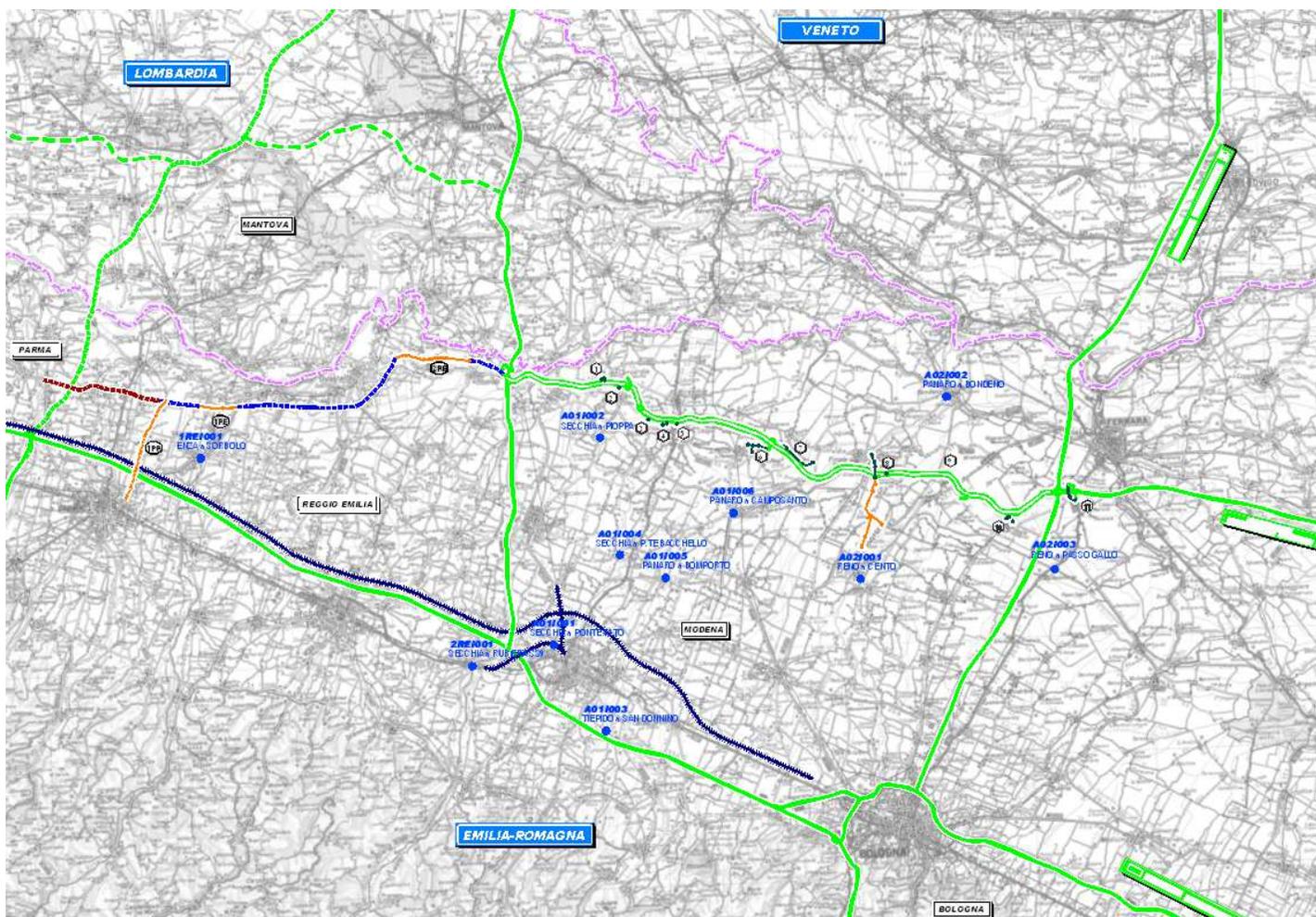
Per i canali la definizione delle portate massime assume un significato leggermente diverso; essi infatti hanno bacini imbriferi di difficile determinazione univoca, in quanto spesso è diverso il bacino di scolo da

quello di irrigazione ed in caso di sollecitazioni pluviometriche durante la stagione irrigua la forte regolazione artificiale dei deflussi impedisce la determinazione di portate con riferimento probabilistico.

Come già anticipato nel Capitolo precedente (Cap. 3.1) quindi il valore di portata assunto a riferimento per la caratterizzazione dei massimi deflussi è quindi quello della massima portata sostenibile dalla geometria del canale nel tratto indagato; tale valore non vale in senso assoluto ma solo nelle sezioni d'indagine. La portata massima sostenibile viene quindi ricavata per via idraulica attraverso l'espressione di Chezy, limitatamente alla rete idrica minore, mentre per i canali classificati secondari è ottenuta ipotizzando all'interno dei modelli idraulici diverse portate e verificando quali di queste mantengono il proprio idrodinamismo all'interno dell'alveo sia esso inciso o arginato.

**TABELLA 6-2: STAZIONI IDROMETRICHE UFFICIALI RICADENTI ALL'INTERNO DELL'AREA DI STUDIO**

COD_CISPA	COMUNE	PROVINCIA	PROPRIETA'	ENTE_GES	CORSO D'ACQUA	QUOTA ZERO IDROMETRICO (m s.l.m.)	DISTANZA DALLA CONFLUENZA CON FIUME PO (km)
1REI001	Sorbolo	PR	ARPA	ARPA	Enza	24.09	19.6
2REI001	Rubiera	RE	ARPA	ARPA	Secchia	47.17	86.8
A01I001	Modena	MO	ARPA	ARPA	Secchia	28.71	74.2
A01I002	San Possidonio	MO	ARPA	ARPA	Secchia	17.97	41.7
A01I003	Modena	MO	ARPA	ARPA	Tiepido - affluente del Panaro	42.93	68
A01I004	Soliera	MO	ARPA	ARPA	Secchia	23.62	60.3
A01I005	Bomporto	MO	ARPA	ARPA	Panaro	18.43	46.6
A01I006	Camposanto	MO	ARPA	ARPA	Panaro	-	-
A02I001	Cento	FE	ARPA	ARPA	Reno	15.2	-
A02I002	Bondeno	FE	ARPA	ARPA	Panaro	10.99	-
A02I003	Malalbergo	BO	ARPA	ARPA	Reno	4.68	-



**FIGURA 6-2: PLANIMETRIA DELLE STAZIONI IDROMETRICHE UFFICIALI RICADENTI ALL'INTERNO DELL'AREA DI STUDIO**

## 6.2. Analisi idrologiche

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:

$$h = a(T)t^{n(T)} \quad 6.1$$

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

$$h = n - \frac{\ln \left( -\ln \left( 1 - \frac{1}{T_R} \right) \right)}{a} \quad 6.2$$

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; tali valori sono riportati nella tabella sottostante.

TABELLA 6-3: VALORI DEI PARAMETRI ( $\bar{Y}_N$ ) E ( $S_N$ ) SECONDO GUMBELL

N	Media ridotta $\bar{Y}_N$									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5154	0,5177	0,5198	0,5217
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5282	0,5296	0,5309	0,5321	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5403	0,5411	0,5417	0,5424	0,5430
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5472	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5532	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5571	0,5573	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5584
90	0,5586	0,5588	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5605	0,5606	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611
N	Deviazione standard ridotta $S_N$									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	1,0010	1,0148	1,0270	1,0378	1,0476	1,0564	1,0644	1,0717	1,0785	1,0847
20	1,0904	1,0958	1,1008	1,1055	1,1098	1,1140	1,1178	1,1215	1,1250	1,1283
30	1,1314	1,1344	1,1372	1,1399	1,1425	1,1449	1,1473	1,1496	1,1518	1,1538
40	1,1559	1,1578	1,1597	1,1614	1,1632	1,1649	1,1665	1,1680	1,1696	1,1710
50	1,1724	1,1738	1,1752	1,1765	1,1777	1,1789	1,1801	1,1813	1,1824	1,1835
60	1,1846	1,1856	1,1866	1,1876	1,1886	1,1895	1,1904	1,1913	1,1922	1,1931
70	1,1939	1,1947	1,1955	1,1963	1,1971	1,1978	1,1986	1,1993	1,2000	1,2007
80	1,2014	1,2020	1,2027	1,2033	1,2039	1,2045	1,2052	1,2057	1,2063	1,2069
90	1,2075	1,2080	1,2086	1,2091	1,2096	1,2101	1,2106	1,2111	1,2116	1,2121
100	1,2126	1,2130	1,2135	1,2139	1,2144	1,2148	1,2153	1,2157	1,2161	1,2165

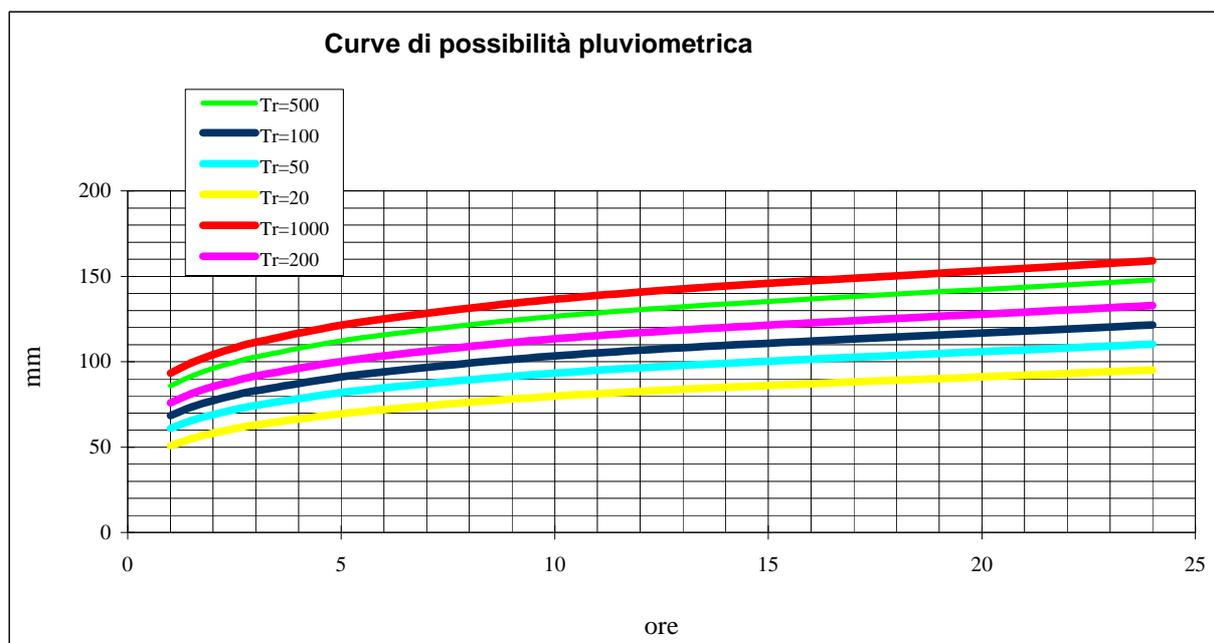
Per stimare la CPP rappresentativa di ogni singolo tratto stradale di sviluppo medio di 4 km si è proceduto nel seguente modo: per prima cosa si sono prese in esame le 3 stazioni pluviometriche prossime all'infrastruttura stradale, quindi associando ad ognuna di esse un peso, calcolato con il metodo dei poligoni di Thiessen o Topoiet, 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 nell'areale di pertinenza del Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale.

durata [ore]	ALTEZZA DI PIOGGIA [mm]					
	Tr=1000	Tr=500	Tr=200	Tr=100	Tr=50	Tr=20
1	93.31	85.83	75.94	68.45	60.94	50.92
1.5	99.49	91.65	81.28	73.43	65.54	55.02
2	104.20	96.09	85.35	77.22	69.05	58.15
2.5	108.04	99.71	88.68	80.32	71.93	60.72
3	111.32	102.80	91.52	82.96	74.37	62.91
6	124.98	115.67	103.34	93.98	84.59	72.05
12	140.79	130.56	117.02	106.75	96.45	82.68
24	159.13	147.83	132.89	121.57	110.21	95.06

**TABELLA 6-4: ALTEZZE DI PIOGGIA – STAZIONI PLUVIO. POVIGLIO, BORETTO E PARMA UNIVERSITA'**



**FIGURA 6-3: LINEE SEGNALETRICI DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA**

## 7. INTERFERENZE IDRAULICHE CON IL TRACCIATO IN PROGETTO

### 7.1. Corsi d'acqua interferiti

Il sistema di acque superficiali, interessato dal tracciato stradale, è composto da una fitta rete di corsi d'acqua artificiali, di storica memoria, rappresentativi di un importante componente dell'ambiente circostante. Questo antico intreccio di canali rappresenta un elemento determinante per la caratterizzazione anche del paesaggio agrario coinvolto dall'infrastruttura stradale ed assolve una funzione strategica per l'economica del territorio, sia in termini di distribuzione delle acque irrigue che di scolo di quelle piovane.

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 in maggior parte al bacino imbrifero del Fiume Po e si estendono nella bassa pianura reggiana, nel Comune di Sorbolo e Brescello. E' interferita dal tracciato proposto, oltre al Torrente Enza, una fitta rete di canali artificiali tra principali, secondari e minori, tra cui merita particolare attenzione il Canalazzo di Brescello per le sue precipue funzioni idrauliche.

Lo studio idrologico ed idraulico, differenziato per singolo sistema idrografico e per singolo ambito territoriale, ha permesso di inquadrare il territorio interessato non tanto sotto il profilo del corridoio autostradale e delle viabilità di adduzione, bensì sotto il profilo delle sue caratteristiche idrografiche e quindi con riferimento all'entità prevalente del bacino idrografico di riferimento.

Il sistema è quindi organizzato in tre classi prevalenti:

- ❑ **Corsi d'acqua principali** classificati tali, perché aventi sezione trasversale importante tale da imporre come attraversamento un viadotto: tra questi rientra il Torrente Enza e il Canalazzo di Brescello. Si rimandano alle specifiche relazioni idrauliche PD\_0\_D02\_DWS02\_0\_WW\_RI\_02\_A (Torrente Enza) e PD\_0\_D02\_DWS03\_0\_WW\_RI\_01\_A (Canalazzo di Brescello) le relative verifiche idrauliche.
- ❑ **Corsi d'acqua secondari** classificati tali, perché aventi sezione trasversale con base maggiore  $10m > B > 3m$ , e la cui interferenza è stata risolta con tombino scatolare o circolare;
- ❑ **Corsi d'acqua minori** classificati tali, perché aventi sezione trasversale con base maggiore  $B \leq 3m$ , tra questi rientrano i corsi d'acqua della rete minuta di proprietà privata principalmente riconducibili alle tipologie di fossi di guardia di strade provinciali comunali o poderali e capifosso agricoli, collettori delle singole scoline, realizzati dai conduttori agricoli nell'ambito dell'organizzazione coltiva e fondiaria e la cui interferenza è stata generalmente risolta tramite tombino circolare di diametro fino al  $\phi 1200mm$

Le tabelle seguenti riportano le interferenze idrauliche tra la viabilità in progetto ed i canali precedenti,

specificando, oltre ad alcune caratteristiche del corso d'acqua, anche il codice dell'interferenza, a cui corrisponde uno specifico attraversamento idraulico rappresentato da un ponte o da un tombino circolare o scatolare a seconda dei casi:

NOME CANALE	GESTORE	PROV.	RANGO	USO	WBS	DESCRIZIONE OPERA	BASE (m)	ALTEZZA (m)
TUBAZIONE SANTA CATERINA	CONSORZIO DI BONIFICA DELL'EMILIA CENTRALE	RE	secondario	irrigazione	D02DTC05	TOMB. CIRCOLARE IN CA+ TUBO PVC  ø400	-	0.80
IRRIGATORIO DI LENTIGIONE	CONSORZIO DI BONIFICA DELL'EMILIA CENTRALE	RE	secondario	irrigazione	D02DTC06	TOMB. CIRCOLARE	-	1.00
FOSSO A SERA DI VIA IMPERIALE	CONSORZIO DI BONIFICA DELL'EMILIA CENTRALE	RE	secondario	promiscuo	D02DTC07	TOMB. CIRCOLARE	-	1.20
SCOLO DI VIA DEL PORTO	CONSORZIO DI BONIFICA DELL'EMILIA CENTRALE	RE	secondario	promiscuo (scolo irrigazione)	e D02DTC08	TOMB. CIRCOLARE	-	1.20
SCOLO DI VIA DEL PORTO	CONSORZIO DI BONIFICA DELL'EMILIA CENTRALE	RE	secondario	promiscuo (scolo irrigazione)	e D02DTC09	TOMB. CIRCOLARE	-	1.20
FOSSO A MANE VIA IMPERIALE	CONSORZIO DI BONIFICA DELL'EMILIA CENTRALE	RE	secondario	promiscuo (scolo irrigazione)	e D02DTC11	TOMBINO CIRCOLARE	-	1.20
SCOLO DUGALE ALTO	CONSORZIO DI BONIFICA DELL'EMILIA CENTRALE	RE	secondario	promiscuo (scolo irrigazione)	e D02DWS30	DEVIAZIONE	-	-
TUBAZIONE COPELLI	CONSORZIO DI BONIFICA DELL'EMILIA CENTRALE	RE	secondario	irrigazione	D02DTC13	TOMB. CIRCOLARE IN CA + TUBO PVC  ø500	-	0.80
SCOLO DUGALE BASSO	CONSORZIO DI BONIFICA DELL'EMILIA CENTRALE	RE	secondario	scolo	D02DWS33	RIVESTIMENTO SPONDALE IN MASSI	-	-
FOSSO GUARDIA DESTRA DEL CANALAZZO DI BRESCELLO	CONSORZIO DI BONIFICA DELL'EMILIA CENTRALE	RE	secondario	scolo	D02DWS34	RIVESTIMENTO SPONDALE IN MASSI	-	-
SCOLO NAVIGLIA VECCHIA	CONSORZIO DI BONIFICA DELL'EMILIA CENTRALE	RE	secondario	scolo	D02DTS04	TOMB. SCATOLARE	1.50	1.50

**TABELLA 7-1: ELENCO INTERFERENZE TRA VIABILITÀ D02 E CORSI D'ACQUA SECONDARI**

NOME CANALE	GESTORE	PROV.	RANGO	USO	WBS	DESCRIZIONE E OPERA	BASE (m)	ALTEZZA (m)
FOSSO RONCHI A MANE	privato	PR	minore	scolo	D02DTS46	TOMB. SCATOLARE	2.00	1.50
FOSSO 4	privato	PR	minore	scolo	D02DTC01	TOMB. CIRCOLARE	-	1.00
FOSSO 5	privato	PR	minore	scolo	D02DTC02	TOMB. CIRCOLARE	-	1.00
CANALE ADDUZIONE	privato	RE	minore	promiscuo (scolo irrigazione)	D02DTC03	TOMB. CIRCOLARE	-	1.00
CANALE ADDUZIONE	privato	RE	minore	promiscuo (scolo irrigazione)	D02DTC04	TOMB. CIRCOLARE	-	1.00
FOSSO 2	privato	RE	minore	promiscuo (scolo irrigazione)	D02DTC10	TOMBINO CIRCOLARE	-	0.60
FOSSO 3	privato	RE	minore	scolo	D02DTC12	TOMBINO CIRCOLARE	-	1.00

**TABELLA 7-2: ELENCO INTERFERENZE TRA VIABILITÀ D02 E CORSI D'ACQUA MINORI**

## 8. I CORSI D'ACQUA SECONDARI

### 8.1. SCOLO NAVIGLIA VECCHIA

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

Si tratta di un corso d'acqua di scolo gestito dal Consorzio che presenta, nel tratto di attraversamento, una sezione trapezia di base maggiore 3,40m, base minore 1,80m ed altezza 0.8m. La quota di fondo in corrispondenza dell'attraversamento è posta a 22.27 m slm. Esso ricade a est del Canalazzo di Brescello al fine di poter scolare le acque drenanti dai terreni agricoli circostanti.

L'interferenza è risolta con uno scatolare 1.50X1.50 la cui quota di fondo risulta sprofondata di 30cm e quindi posta a 21.97 msm.

Come concordato con il Consorzio in sede CDS la tombinatura è stata prolungata monte/valle di almeno 4 m mentre gli imbocchi e gli sbocchi sono stati risolti con un manufatto di contenimento costituito da un muro in CA con le ali ben intestate nelle sponde e nel fondo. Analogamente sia a monte che a valle le sponde ed il fondo sono state rivestite con massi di pezzatura da 50 a 100kg/cad intasati di terreno di sterro per almeno 4m.

Si rimanda per un maggior dettaglio alle Tavole progettuali:

Tav. PD\_0\_D02\_DWS00\_0\_WW\_TP\_01\_A.



**FIGURA 8-1: SCOLO NAVIGLIA VECCHIA A VALLE DELL'ATTRAVERSAMENTO IN PROGETTO**

Si riporta una breve scheda sulle caratteristiche fisiche morfologiche del corso d'acqua

CODICE	<b>1REA013</b>	
NOME	<b>SCOLO NAVIGLIA VECCHIA</b>	
DATA RILIEVO	09/08/2011	
LOCALITA'	Lentigione	
COMUNE	Brescello	
PROVINCIA	RE	
UBICAZIONE	GAUSS BOAGA X	1617843.06
	GAUSS BOAGA Y	4971711.65
CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE	BACINO	-
	LUNGHEZZA (m)	1.100
	SORGENTE	campagna
	FOCE	Cavo Naviglia
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	Modesta sinuosità
	TIPO SEZIONE	In scavo
	TIPO ALVEO	alveo artificiale in scavo a sezione trapezoidale
	EROSIONI	assenza di erosioni diffusa, ma localizzata per la presenza di nutrie
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	secondario
	USO	promiscuo
	GRANULOMETRIA	limo argilloso
	AMBIENTE FLUVIALE	Fitta vegetazione spondale erbacea. Assenza di acqua.
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	Area di campagna con coltivazione a mais, presenza di case sparse
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI CONTRONO	AL corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle e livello a piene rive
	SCABREZZA (m <sup>1/3</sup> /s)	16-18
NOTE	assenza di difese idrauliche e fitta vegetazione che rallenta la propagazione della corrente	

### **8.1.2. Verifiche idrauliche**

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

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

1. massima portata sostenibile a franco nullo lungo l'intero tratto esaminato,  $Q_{ms1}=0.6 \text{ m}^3/\text{s}$
2. massima portata sostenibile incrementata per tener conto della possibilità che vengano realizzate opere di adeguamento spondale/arginale o allargamenti del canale nel tratto modellato a monte e a valle dell'attraversamento in progetto  $Q_{ms2}=0.8 \text{ m}^3/\text{s}$ ;

La determinazione dei parametri idraulici sopraesposti è stata eseguita attraverso le procedure di calcolo che verranno esposte nel successivo Capitolo.

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.

I valori provenienti dalla modellazione idraulica sono stati ottenuti, assumendo un coefficiente di Strickler pari a  $18 \text{ m}^{1/3}/\text{sec}$ , mentre la condizione di valle è assimilata al moto uniforme.

#### **8.1.2.2 Scenari simulati**

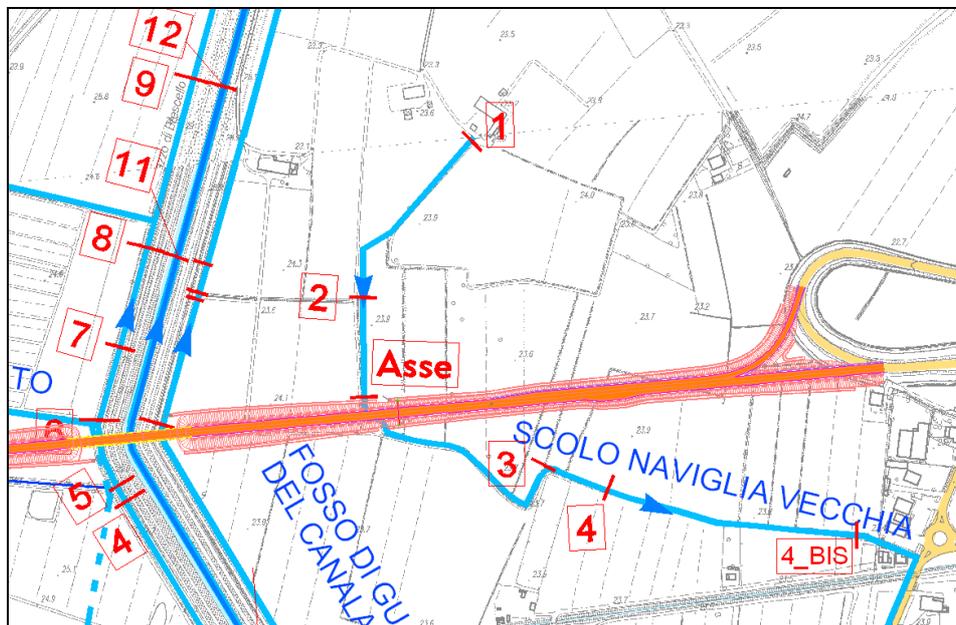
Ai fini modellistici, le condizioni di riferimento per la verifica dei tombini in progetto sono le seguenti:

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

- stato di progetto 1, che prevede l'introduzione del manufatto di attraversamento comprese le eventuali deviazioni e la realizzazione dell'adeguamento delle sezioni di deflusso;
- stato di progetto 2, che, oltre a prevedere l'introduzione del manufatto di attraversamento in progetto, tiene conto dell'incremento del valore di portata QMS per tener conto della possibilità che vengano realizzate opere di adeguamento spondale/arginale o allargamenti del canale nel tratto modellato a monte e a valle dell'attraversamento in progetto.

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 dello scatolare previsto;
- scabrezza di alveo e sponde: si sono differenziate le scabrezze per il fondo alveo e sponde inferiori, più spoglie di vegetazione, rispetto a quella della banca e sponde superiori oltre a differenziare i valori per le opere in calcestruzzo (ponti); i valori adottati sono quelli proposti dall'Autorità di bacino del fiume Po nell'ambito della Direttiva 4 (ricavati da "Open-Channel Hydraulics" - Chow, 1959);
- portate di riferimento, assunte come portate massime ammissibili nelle diverse configurazioni sopra esposte.



**FIGURA 8-2: PLANIMETRIA DELLE SEZIONI IDRAULICHE RILEVATE NEL 2011 PER LO SCOLO NAVIGLIA VECCHIA**

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

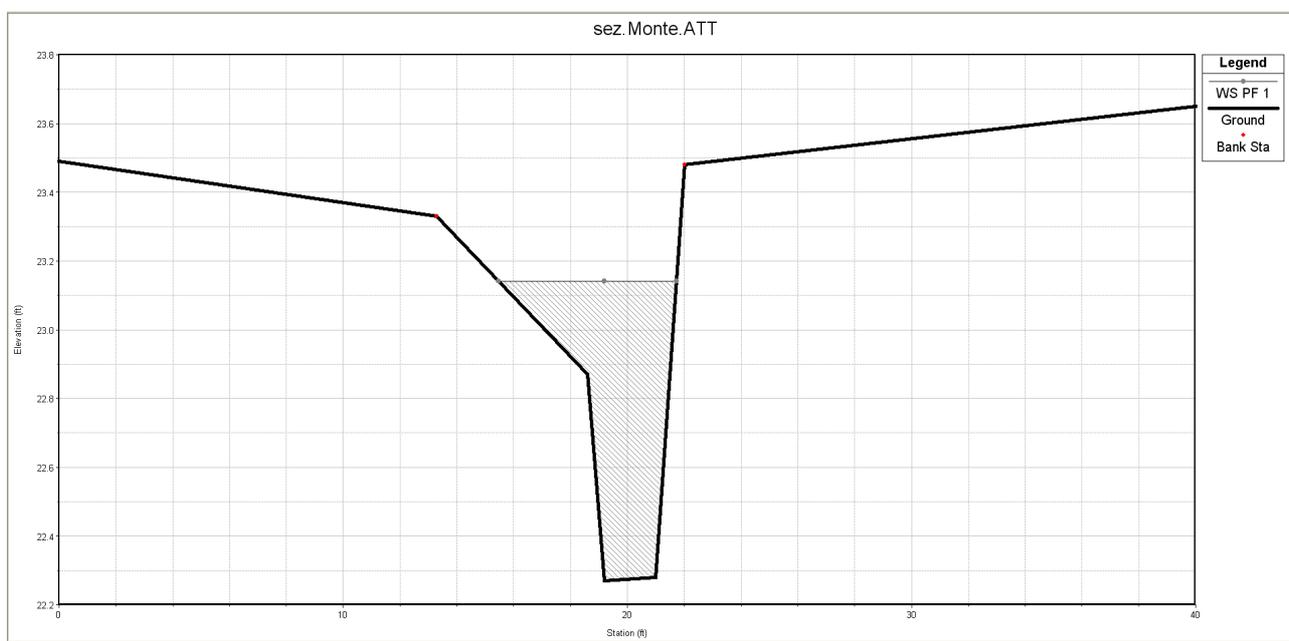
Le risultanze delle propagazioni nelle configurazioni simulate consistono nell'espore le principali grandezze idrauliche, soprattutto in termini di livelli idrometrici raggiunti durante gli eventi considerati in corrispondenza

delle varie sezioni trasversali del corso d'acqua. Inoltre, risultano rilevate le velocità medie della corrente nei singoli tratti dell'alveo sia in condizioni di alveo attuale che di progetto.

### 8.1.2.3 Risultati delle analisi nello Stato di Fatto

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

Con le condizioni al contorno sopra indicate la  $Q_{MS1}$  dello Scolo Naviglia Vecchia risulta pari a 0.6 m<sup>3</sup>/s e il livello raggiunto dalla piena di progetto nella sezione immediatamente a monte dell'attraversamento è pari a 23.14 m s.l.m.



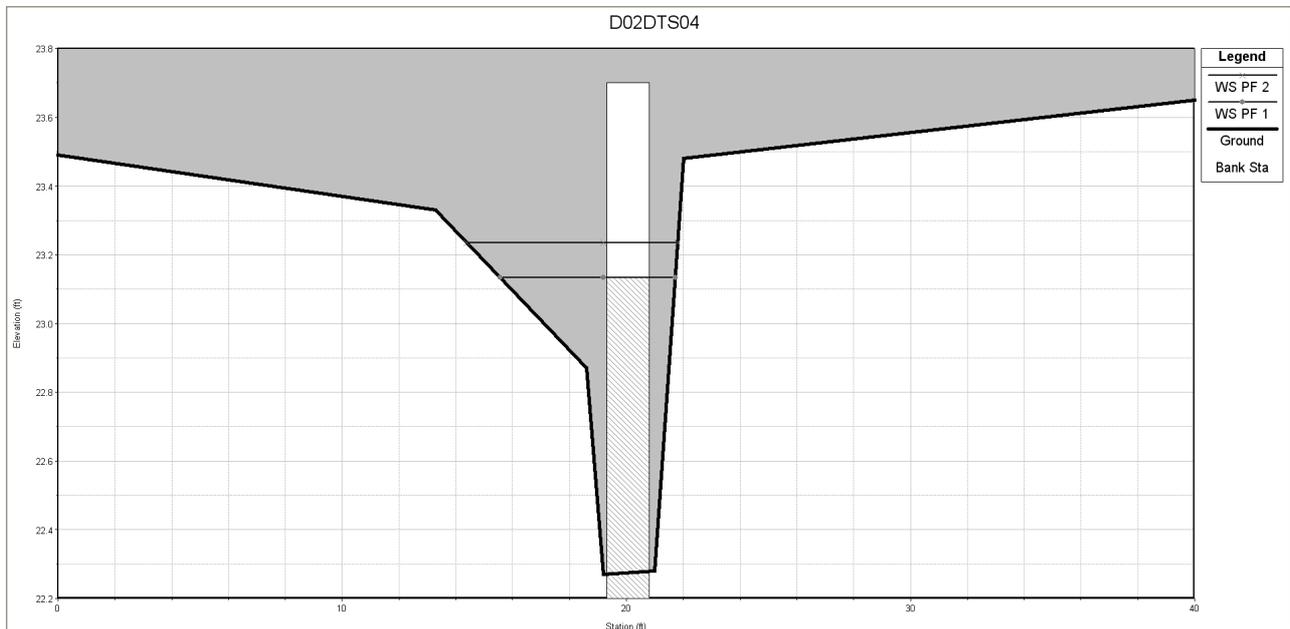
**FIGURA 8-3: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER  $Q_{MS1}=0.6$  M<sup>3</sup>/S ALLA SEZIONE TRASVERSALE IMMEDIATAMENTE A MONTE DELL'ATTRAVERSAMENTO NELLO STATO DI FATTO**

### 8.1.2.4 Risultati delle analisi negli Stati di Progetto 1 e 2

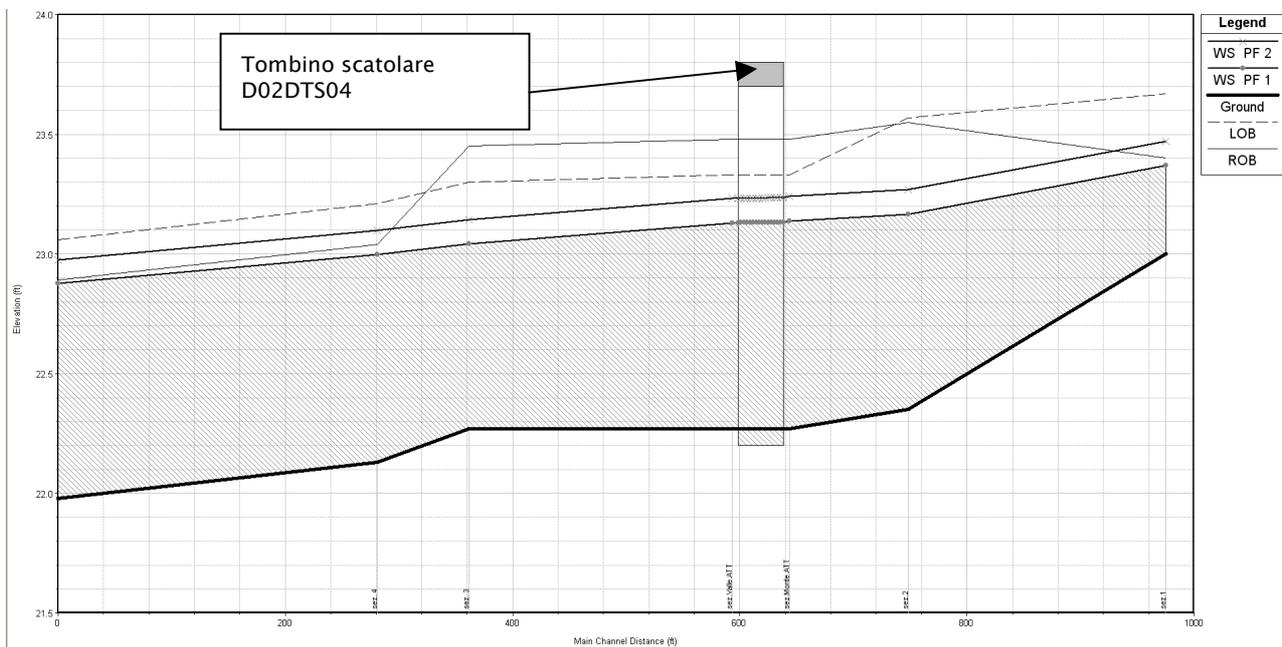
Nella configurazione di progetto 1, con l'inserimento dello scatolare in progetto in corrispondenza dell'attraversamento e con la condizione di portata massima sostenibile nella configurazione attuale  $Q_{MS1}=0.6$  m<sup>3</sup>/s, il livello idrometrico immediatamente a monte dell'attraversamento rimane invariato rispetto allo stato di fatto, attestandosi a quota 23.14 m s.l.m.

Con questo livello idrometrico lo scatolare di attraversamento risulta verificato in quanto il riempimento si attesta al 62% e viene garantito il franco d'aria minimo.

Nella configurazione di progetto 2 oltre l'inserimento dello scatolare è stato ipotizzato un adeguamento spondale nelle sezioni più critiche a monte dell'attraversamento. Con questa ipotesi la portata massima sostenibile raggiunge 0.8 m<sup>3</sup>/sec.



**FIGURA 8-4: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER  $Q_{MS1}$  E  $Q_{MS2}$  ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'ATTRAVERSAMENTO**



**FIGURA 8-5 PROFILI DI RIGURGITO PER  $Q_{MS1}$  E  $Q_{MS2}$  NELLO STATO DI PROGETTO 2 (CON ADEGUAMENTO SPONDALE)**

Di seguito si riportano i risultati delle simulazioni numeriche eseguite relativamente allo stato di fatto e di progetto 1.

Sezione Topografica	Progressiva	Quota del fondo	Q di progetto	Livelli idrometrici S.F.	Livelli idrometrici S.P.	$\Delta H$	Velocità S.F.	Velocità S.P.	Pendenza	Carico totale S.F.	Carico totale S.P.
	[m]	[m s.l.m.]	[m³/s]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m]	[m/s]	[m/s]	-	[m]	[m]
sez. 1	0.00	23.00	0.6	23.37	23.37	0.00	0.98	0.98	0.0029	23.39	23.38
sez. 2	226.50	22.35	0.6	23.17	23.16	-0.01	0.34	0.34	0.0008	23.17	23.17
sez. MONTE. ATT	331.50	22.27	0.6	23.14	23.14	0.00	0.23	0.23	0.0008	23.14	23.14
Scatolare D01DTS04	381.50	0.00	0.6	23.14	23.14	0.00	0.23	0.23	0.0008	23.14	23.14
sez. VALLE. ATT	381.50	22.27	0.6	23.13	23.13	0.00	0.23	0.23	0.0008	23.13	23.13
sez. 3	613.50	22.27	0.6	23.04	23.04	0.00	0.46	0.46	0.0017	23.05	23.05
sez. 4	693.99	22.13	0.6	23.00	23.00	0.00	0.34	0.34	0.0005	23.00	23.00
sez. 4BIS	974.99	21.98	0.6	22.88	22.88	0.00	0.31	0.31	0.0005	22.88	22.88

**TABELLA 8-1: RISULTATI DELLA SIMULAZIONE NUMERICA ESEGUITA RELATIVAMENTE ALLO SF E ALLO SP1**

## 8.2. IRRIGATORIO DI LENTIGIONE

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

Si tratta di un corso d'acqua d'irrigazione gestito dal Consorzio che presenta, nel tratto di attraversamento, una sezione trapezia di base maggiore 3,0m, base minore 1,30m ed altezza 0.7m. La quota di fondo in corrispondenza dell'attraversamento è posta a 25.46 m slm. Esso ricade a est del Torrente Enza, scorre per il primo tratto da ovest verso est per poi deviare bruscamente verso nord e scaricare le acque nello Scolo di Via del Porto.

L'interferenza è risolta con un tombino circolare  $\Phi 1000$  la cui quota di fondo risulta sprofondata di 30cm e quindi posta a 25.16 m slm.

Come concordato con il Consorzio in sede CDS la tombinatura è stata prolungata monte/valle di almeno 4 m, mentre gli imbocchi e gli sbocchi sono stati risolti con un manufatto di contenimento costituito da un muro in CA con le ali ben intestate nelle sponde e nel fondo. Analogamente sia a monte che a valle le sponde ed il fondo sono state rivestite con massi di pezzatura da 50 a 100kg/cad intasati di terreno di sterro per almeno 4m.

Si rimanda per un maggior dettaglio alle Tavole progettuali: Tav. PD\_0\_D02\_DWS00\_0\_WW\_TP\_02\_A

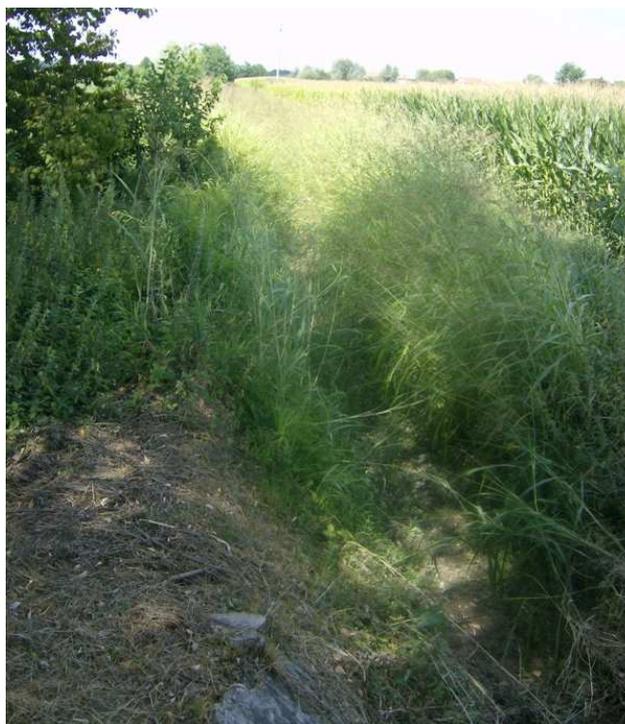


FIGURA 8-6: IRRIGATORIO DI LENTIGIONE A MONTE DELL'ATTRAVERSAMENTO IN PROGETTO

Si riporta una breve scheda sulle caratteristiche fisiche morfologiche del corso d'acqua.

CODICE	<b>1REA004</b>	
NOME	<b>IRRIGATORIO DI LENTIGIONE</b>	
DATA RILIEVO	09/08/2011	
LOCALITA'	Lentigione	
COMUNE	Brescello	
PROVINCIA	RE	
UBICAZIONE	GAUSS BOAGA X	1616383.37
	GAUSS BOAGA Y	4971712.53
CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE	BACINO	-
	LUNGHEZZA (m)	1.900
	SORGENTE	campagna
	FOCE	Scolo S. Caterina
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	rettilineo
	TIPO SEZIONE	assenza di erosioni diffusa, ma localizzata per la presenza di nutrie
	TIPO ALVEO	alveo artificiale in scavo a sezione trapezoidale
	EROSIONI	assenza di erosioni diffusa, ma localizzata per la presenza di nutrie
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	secondario
	USO	promiscuo
	GRANULOMETRIA	limo argilloso
	AMBIENTE FLUVIALE	Fitta vegetazione spondale con presenza di giunchi ed ortiche. Presenza di vegetazione riparia costituita da specie arboree come ciliegi, gelsi, mandorli. Assenza di acqua, quindi di pesci e probabilmente di anfibi.
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	Aperta campagna con coltivazioni di mais e ortaggi
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI CONTRONO	AL corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle
	SCABREZZA (m <sup>1/3</sup> /s)	19-21
NOTE	a monte dell'attraversamento autostradale, un tratto dell'Irrigatorio di Lentigione presenta un tratto pensile con fondo e sponde cementate. E' presente al termine del tratto pensile una paratoia per la regolazione dei livelli e delle portate	

### 8.2.2. Verifiche idrauliche

Lo studio del comportamento idrodinamico del canale in esame prevede la verifica, in condizioni di moto uniforme, del grado di riempimento del tombino in progetto. Questa verifica, più speditiva rispetto a quella condotta con modellazione matematica in moto permanente, è stata scelta sia per le ridotte dimensioni della sezione idraulica dell'Irrigatorio di Lentigione che per impiego di un tombino circolare per l'attraversamento in progetto.

Nel Capitolo 10 sono riportate le verifiche idrauliche dei corsi d'acqua per i quali è stato previsto un tombino circolare come attraversamento idraulico.

### **8.3. FOSSO A SERA DI VIA IMPERIALE**

#### **8.3.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale**

Si tratta di un corso d'acqua promiscuo, di scolo ed irrigazione, gestito dal Consorzio, che presenta, nel tratto di attraversamento, una sezione trapezia di base maggiore 3.0m, base minore 1.0m ed altezza 0.8m. La quota di fondo in corrispondenza dell'attraversamento è posta a 23.80 m slm. Esso scorre a est di Via Imperiale in località Lentigione e confluisce nello Scolo di Via del Porto, in corrispondenza di un delicato nodo idraulico, caratterizzato da diversi organi di regolazione chiavicale che consentono la gestione delle acque durante il periodo irriguo. La descrizione della risoluzione del nodo idraulico denominato di Via Imperiale è affrontato nel Capitolo 9, successivamente alla trattazione dei corsi d'acqua interferiti dalla viabilità in progetto.

L'interferenza del Fosso a Sera di Via Imperiale è risolta con un tombino circolare  $\Phi 1200$  la cui quota di fondo risulta sprofondata di 30cm e quindi posta a 23.50 m slm.

Come concordato con il Consorzio in sede CDS gli imbocchi e gli sbocchi della tombinatura sono stati risolti con un manufatto di contenimento costituito da un muro in CA con le ali ben intestate nelle sponde e nel fondo. Analogamente sia a monte che a valle le sponde ed il fondo sono state rivestite con massi di pezzatura da 50 a 100kg/cad intasati di terreno di sterro per almeno 4m.

Si rimanda per un maggior dettaglio alle Tavole progettuali: Tav. PD\_0\_D02\_DWS00\_0\_WW\_TP\_02\_A



**FIGURA 8-7: FOSSO A SERA DI VIA IMPERIALE A MONTE DELL'ATTRAVERSAMENTO IN PROGETTO**

Si riporta una breve scheda sulle caratteristiche fisiche morfologiche del corso d'acqua.

CODICE	1REA005	
NOME	FOSSO A SERA DI VIA IMPERIALE INFERIORE	
DATA RILIEVO	09/08/2011	
LOCALITA'	Lentigione	
COMUNE	Brescello	
PROVINCIA	RE	
UBICAZIONE	GAUSS BOAGA X	1617076.52
	GAUSS BOAGA Y	4971656.91
CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE	BACINO	-
	LUNGHEZZA (m)	2.000
	SORGENTE	campagna
	FOCE	Scolo di Via del Porto
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	rettilineo
	TIPO SEZIONE	in scavo
	TIPO ALVEO	alveo artificiale in scavo a sezione trapezoidale
	EROSIONI	assenza di erosioni diffusa, ma localizzata per la presenza di nutrie
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	secondario
	USO	promiscuo
	GRANULOMETRIA	limo argilloso
	AMBIENTE FLUVIALE	Vegetazione spondale erbacea rada. Presenza di pesci e probabili anfibi
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	Area di campagna coltivata a mais; presenza di strada (Via Imperiale Inferiore) e case sparse
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI CONTRONO	AL corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle
	SCABREZZA (m <sup>1/3</sup> /s)	22-25
NOTE	tombino circolare per passaggio carraio - assenza di difese idrauliche	

### 8.3.2. Verifiche idrauliche

Lo studio del comportamento idrodinamico del canale in esame prevede la verifica, in condizioni di moto uniforme, del grado di riempimento del tombino in progetto. Questa verifica, più speditiva rispetto a quella condotta con modellazione matematica in moto permanente, deriva sia dalle ridotte dimensioni della sezione idraulica del Fosso a Sera di Via Imperiale che dall'impiego di un tombino circolare per l'attraversamento in progetto.

Nel Capitolo 10 sono riportate le verifiche idrauliche dei corsi d'acqua per i quali è stato previsto un tombino circolare come attraversamento idraulico.

## 8.4. SCOLO DI VIA DEL PORTO

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

Si tratta di un corso d'acqua promiscuo, di scolo ed irrigazione, gestito dal Consorzio, che presenta, nel tratto di attraversamento, una sezione trapezia di base maggiore 2.6m, base minore 0.5m ed altezza 0.7m. La quota di fondo in corrispondenza dell'attraversamento è posta a 27.70 m slm. Esso scorre parallelo a Via Viazza, in località Lentigione e confluisce nello Scolo Dugale Alto, in corrispondenza di un delicato nodo idraulico, caratterizzato da diversi organi di regolazione chiavicale che consentono la gestione delle acque durante il periodo irriguo. La descrizione della risoluzione del nodo idraulico denominato di Via Imperiale è affrontato nel Capitolo 9, successivamente alla trattazione dei corsi d'acqua interferiti dalla viabilità in progetto.

L'interferenza dello Scolo di Via del Porto è risolta con due tombini circolari  $\Phi 1200$ , collegati tra loro tramite un pozzetto in C.A., all'interno del quale è stata predisposta una paratoia regolabile a doppio settore 1.2mx1.2m, richiesta dallo stesso Consorzio per la regolazione delle acque di irrigazione.

Come concordato con il Consorzio in sede CDS gli imbocchi e gli sbocchi della tombinatura sono stati risolti con un manufatto di contenimento costituito da un muro in CA con le ali ben intestate nelle sponde e nel fondo. Analogamente sia a monte che a valle le sponde ed il fondo sono state rivestite con massi di pezzatura da 50 a 100kg/cad intasati di terreno di sterro per almeno 4m

Si rimanda per un maggior dettaglio alle Tavole progettuali: Tav. PD\_0\_D02\_DWS00\_0\_WW\_TP\_02\_A



FIGURA 8-8: SCOLO DI VIA DEL PORTO A MONTE DELL'ATTRAVERSAMENTO IN PROGETTO

Si riporta una breve scheda sulle caratteristiche fisiche morfologiche del corso d'acqua.

CODICE	1REA014	
NOME	SCOLO DI VIA DEL PORTO	
DATA RILIEVO	09/08/2011	
LOCALITA'	Lentigione	
COMUNE	Brescello	
PROVINCIA	RE	
UBICAZIONE	GAUSS BOAGA X	1617245.06
	GAUSS BOAGA Y	4971824.85
CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE	BACINO	-
	LUNGHEZZA (m)	1.000
	SORGENTE	campagna
	FOCE	Scolo Dugale Alto
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	Modesta sinuosità
	TIPO SEZIONE	in scavo
	TIPO ALVEO	alveo artificiale in scavo a sezione trapezoidale
	EROSIONI	assenza di erosioni diffusa, ma localizzata per la presenza di nutrie
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	secondario
	USO	promiscuo
	GRANULOMETRIA	limo argilloso
	AMBIENTE FLUVIALE	Vegetazione spondale erbacea rada. Presenza di pesci e probabili anfibi
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	Area di campagna coltivata a mais; presenza di strada (Via Imperiale Inferiore) e case sparse
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI CONTRONO	AL corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle
	SCABREZZA (m <sup>1/3</sup> /s)	22-25
NOTE	tombino circolare per passaggio carraio - assenza di difese idrauliche	

#### 8.4.2. Verifiche idrauliche

Lo studio del comportamento idrodinamico del canale in esame prevede la verifica, in condizioni di moto uniforme, del grado di riempimento del tombino in progetto. Questa verifica, più speditiva rispetto a quella condotta con modellazione matematica in moto permanente, deriva sia dalle ridotte dimensioni della sezione idraulica dello Scolo di Via del porto che dall'impiego di un tombino circolare per l'attraversamento in progetto.

Nel Capitolo 10 sono riportate le verifiche idrauliche dei corsi d'acqua per i quali è stato previsto un tombino circolare come attraversamento idraulico.

## 8.5. FOSSO A MANE DI VIA IMPERIALE

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

Si tratta di un corso d'acqua promiscuo, di scolo ed irrigazione, gestito dal Consorzio, che presenta, nel tratto di attraversamento, una sezione trapezia di base maggiore 3.0m, base minore 1.0m ed altezza 1.0m. La quota di fondo in corrispondenza dell'attraversamento è posta a 23.45 m slm. Esso scorre parallelo a Via Imperiale, in località Lentigione e confluisce nello Scolo Dugale Alto, in corrispondenza di un delicato nodo idraulico, caratterizzato da diversi organi di regolazione chiavicale che consentono la gestione delle acque durante il periodo irriguo. La descrizione della risoluzione del nodo idraulico denominato di Via Imperiale è affrontato nel Capitolo 9, successivamente alla trattazione dei corsi d'acqua interferiti dalla viabilità in progetto.

L'interferenza del Fosso a Mane di Via Imperiale è risolta con una deviazione del fosso che rimane parallelo alla strada in progetto e con un tombino circolare  $\Phi 1200$  la cui quota di fondo risulta sprofondata di 30cm e quindi posta a 23.25 msm.

Come concordato con il Consorzio in sede CDS gli imbecchi e gli sbocchi della tombinatura sono stati risolti con un manufatto di contenimento costituito da un muro in CA con le ali ben intestate nelle sponde e nel fondo. Analogamente sia a monte che a valle le sponde ed il fondo sono state rivestite con massi di pezzatura da 50 a 100kg/cad intasati di terreno di sterro per almeno 4m

Si rimanda per un maggior dettaglio alle Tavole progettuali: Tav. PD\_0\_D02\_DWS00\_0\_WW\_TP\_02\_A.



FIGURA 8-9: FOSSO A MANE DI VIA IMPERIALE A MONTE DELL'ATTRAVERSAMENTO IN PROGETTO

Si riporta una breve scheda sulle caratteristiche fisiche e morfologiche del corso d'acqua.

CODICE	1REA006	
NOME	FOSSO A MANE VIA IMPERIALE INFERIORE	
DATA RILIEVO	09/08/2011	
LOCALITA'	Lentigione	
COMUNE	Brescello	
PROVINCIA	RE	
UBICAZIONE	GAUSS BOAGA X	1617093.22
	GAUSS BOAGA Y	4971661.31
CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE	BACINO	-
	LUNGHEZZA (m)	1.400
	SORGENTE	campagna
	FOCE	Scolo Mortolo di Lentigione
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	rettilineo
	TIPO SEZIONE	in scavo
	TIPO ALVEO	alveo artificiale in scavo a sezione trapezoidale
	EROSIONI	assenza di erosioni diffusa, ma localizzata per la presenza di nutrie
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	secondario
	USO	Promiscuo (scolo e irrigazione)
	GRANULOMETRIA	limo sargilloso
	AMBIENTE FLUVIALE	Vegetazione spondale erbacea rada. Presenza di pesci e anfibi
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	Area di campagna coltivata a mais; presenza di strada (Via Imperiale Inferiore) e case sparse
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI CONTRONO	AL corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle
	SCABREZZA (m <sup>1/3</sup> /s)	22-25
NOTE	ponticelli scatolari prefabbricati per passaggi carrai - assenza di difese idrauliche	

### 8.5.2. Verifiche idrauliche

Lo studio del comportamento idrodinamico del canale in esame prevede la verifica, in condizioni di moto uniforme, del grado di riempimento del tombino in progetto. Questa verifica, più speditiva rispetto a quella condotta con modellazione matematica in moto permanente, deriva sia dalle ridotte dimensioni della sezione idraulica dello Scolo di Via del Porto che dall'impiego di un tombino circolare per l'attraversamento in progetto.

Nel Capitolo 10 sono riportate le verifiche idrauliche dei corsi d'acqua per i quali è stato previsto un tombino circolare come attraversamento idraulico.

## **8.6. SCOLO DUGALE ALTO**

### **8.6.1. Caratteristiche idrografiche, geometriche, morfologiche ed ambientali del canale**

Si tratta di un corso d'acqua promiscuo, di scolo ed irrigazione, gestito dal Consorzio che presenta, nel tratto di attraversamento, una sezione trapezia di base maggiore 2.8m, base minore 0.8m ed altezza 0.9m.

Esso scorre parallelo a Via Viazza, in località Lentigione e confluisce nello Scolo Dugale Basso, in corrispondenza di un delicato nodo idraulico, caratterizzato da diversi organi di regolazione chiavicale che consentono la gestione delle acque durante il periodo irriguo. La descrizione della risoluzione del nodo idraulico denominato di Via Imperiale è affrontato nel Capitolo 9, successivamente alla trattazione dei corsi d'acqua interferiti dalla viabilità in progetto.

L'interferenza dello Scolo Dugale Alto con la strada in progetto si verifica in corrispondenza dell'interconnessione del canale stesso con lo Scolo di Via del Porto e con il Fosso a Mane di Via Imperiale. Al fine di ripristinare questo nodo idraulico è stata prevista una leggera deviazione del Dugale, spostando l'interconnessione tra i tre corsi d'acqua circa 20m a sud-est, rispetto alla posizione attuale. In accordo con l'Ente gestore è stato previsto un pozzetto in C.A. entro il quale convergono per gravità le acque dello Scolo di Via del Porto e del Fosso a Mane e dipartono quelle del Dugale. All'interno dello stesso pozzetto sono state previste due paratoie: una a doppio settore 1,2x1,2m per la regolazione delle portate provenienti dallo scolo di Via del Porto e l'altre a monosectore 1,5x1,5m per la regolazione delle portate provenienti dal Fosso a Mane.



**FIGURA 8-10: SCOLO DUGALE ALTO IN PROSSIMITÀ DELLA ROTATORIA IN PROGETTO**

Si riporta una breve scheda sulle caratteristiche fisiche e morfologiche del corso d'acqua.

CODICE	1REA015	
NOME	SCOLO DUGALE ALTO	
DATA RILIEVO	09/08/2011	
LOCALITA'	Lentigione	
COMUNE	Brescello	
PROVINCIA	RE	
PROGRESSIVA	02+350	
UBICAZIONE	GAUSS BOAGA X	1617093.22
	GAUSS BOAGA Y	4971661.31
CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE	BACINO	-
	LUNGHEZZA (m)	1.400
	SORGENTE	campagna
	FOCE	Scolo Dugale Basso
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	rettilineo
	TIPO SEZIONE	in scavo
	TIPO ALVEO	alveo artificiale in scavo a sezione trapezoidale
	EROSIONI	assenza di erosioni diffusa, ma localizzata per la presenza di nutrie
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	secondario
	USO	Promiscuo (scolo e irrigazione)
	GRANULOMETRIA	limo argilloso
	AMBIENTE FLUVIALE	Vegetazione spondale erbacea rada. Presenza di pesci e anfibi
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	Area di campagna coltivata a mais; presenza di strada (Via Imperiale Inferiore) e case sparse
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI CONTRONO	AL corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle
	SCABREZZA (m <sup>1/3</sup> /s)	22-25
NOTE	ponticelli scatolari prefabbricati per passaggi carrai - assenza di difese idrauliche	

## 8.7. SCOLO DUGALE BASSO

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

Si tratta di un corso d'acqua promiscuo, di scolo ed irrigazione, gestito dal Consorzio che presenta, nel tratto di attraversamento, una sezione trapezia di base maggiore 7.0m, base minore 1.4m ed altezza 2.5m.

Esso ricade in sponda sinistra del Canalazzo di Brescello al fine di poter scolare le acque drenanti dai terreni agricoli circostanti.

Lo Scolo Dugale Basso non viene direttamente interferito dalla viabilità in progetto, poiché scorre al di sotto del viadotto progettato per il superamento del Canalazzo di Brescello. Nonostante ciò è stato necessario prevedere, in accordo con il Consorzio, una leggera deviazione dello stesso per consentire di realizzare il ringrosso arginale del Canalazzo di Brescello. Di seguito è riportato uno stralcio della tavola relativa alla sistemazione idraulica del Canalazzo di Brescello che mostra l'intervento previsto per il Duagale Basso; per una visione completa dell'intervento si rimanda alla Tav. PD\_0\_D02\_DWS03\_0\_WW\_TP\_02\_A

La sistemazione idraulica del Dugale Basso consiste in una difesa spondale in massi di cava non gelivi del peso di 50-100 Kg/cad, posati a faccia piana ed intasati negli interstizi con terreno di sterro, per una lunghezza complessiva di 50m. Si rimanda a un maggior dettagli nella Tavola progettuale: Tav. PD\_0\_D02\_DWS00\_0\_WW\_TP\_02\_A

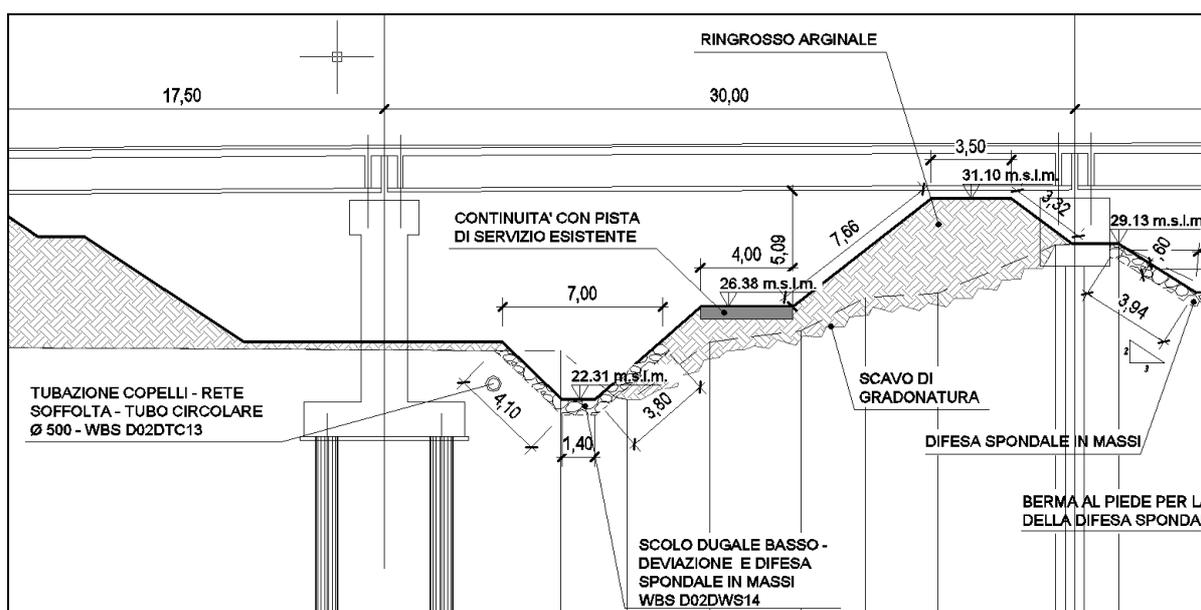


FIGURA 8-11: SISTEMAZIONE IDRAULICA DELLO SCOLO DUGALE BASSO



**FIGURA 8-12: SCOLO DUGALE BASSO A MONTE DEL VIADOTTO IN PROGETTO**

Si riporta una breve scheda sulle caratteristiche fisiche morfologiche del corso d'acqua.

CODICE	1REA010	
NOME	SCOLO DUGALE BASSO	
DATA RILIEVO	09/08/2011	
LOCALITA'	Lentigione	
COMUNE	Brescello	
PROVINCIA	RE	
PROGRESSIVA	02+820	
UBICAZIONE	GAUSS BOAGA X	1617561.26
	GAUSS BOAGA Y	4971686.82
CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE	BACINO	-
	LUNGHEZZA (m)	1.600
	SORGENTE	campagna
	FOCE	Canalazzo di Brescello
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	rettilineo
	TIPO SEZIONE	in scavo
	TIPO ALVEO	alveo artificiale in scavo a sezione trapezoidale
	EROSIONI	assenza di erosioni diffusa, ma localizzata per la presenza di nutrie
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	secondario
	USO	promiscuo (scolo e irrigazione)
	GRANULOMETRIA	limo argilloso
	AMBIENTE FLUVIALE	Vegetazione spondale con presenza di macrofite (Phragmites). Presenza di acqua, di pesci e di anfibi
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	Area di campagna coltivata a mais; presenza di case sparse
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI CONTRONO	AL corrente lenta: pendenza di moto uniforme
	SCABREZZA (m <sup>1/3</sup> /s)	22-25
NOTE	Lo Scolo Mortolo di Lentigione funge da scolo per il Canalazzo di Brescello che scorre parallelo ad esso	

## 8.8. FOSSO DI GUARDIA IN DESTRA DEL CANALAZZO DI BRESCELLO

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

Si tratta di un corso d'acqua di scolo gestito dal Consorzio che presenta, nel tratto di attraversamento, una sezione trapezia di base maggiore 4,7m, base minore 1,0m ed altezza 1,1m.

Esso ricade in sponda destra del Canalazzo di Brescello al fine di poter scolare le acque drenanti dai terreni agricoli circostanti. E' di fatto un colo di guardia del ben più importante canale omonimo.

Il Fosso di Guardia in Destra del Canalazzo di Brescello non viene direttamente interferito dalla viabilità in progetto, poiché scorre al di sotto del viadotto progettato per il superamento del Canalazzo di Brescello. Nonostante ciò è stato necessario prevedere, in accordo con il Consorzio, una leggera deviazione dello stesso per consentire di realizzare il ringrosso arginale del corso d'acqua principale. Di seguito è riportato uno stralcio della tavola relativa alla sistemazione idraulica del Canalazzo di Brescello che mostra l'intervento previsto per il Fosso in esame; per una visione completa dell'intervento si rimanda alla Tav. PD\_0\_D02\_DWS03\_0\_WW\_TP\_02\_A

La sistemazione idraulica del Fosso in Destra del Canalazzo consiste in una difesa spondale in massi di cava non gelivi del peso di 50-100 Kg/cad, posati a faccia piana ed intasati negli interstizi con terreno di sterro, per una lunghezza complessiva di 50m. Si rimanda a un maggior dettagli nella Tavola progettuale: Tav. PD\_0\_D02\_DWS00\_0\_WW\_TP\_02\_A

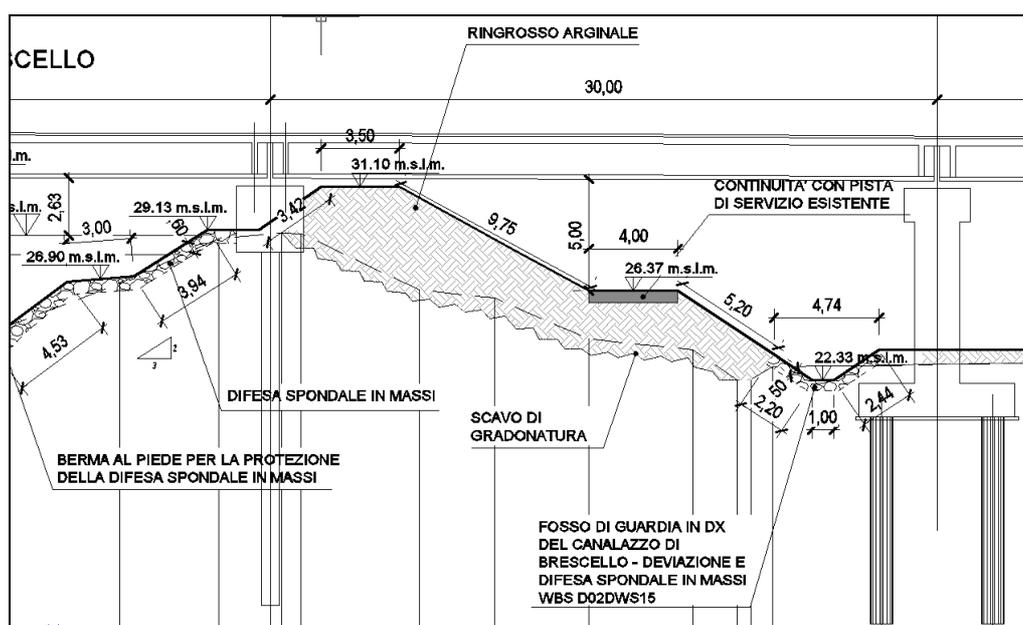


FIGURA 8-13: SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL FOSSO DI GUARDIA IN DX DEL CANALAZZO DI BRESCELLO



**FIGURA 8-14: FOSSO DI GUARDIA IN DX DEL CANALAZZO DI BRESCELLO A VALLE DEL VIADOTTO IN PROGETTO**

Si riporta una breve scheda sulle caratteristiche fisiche morfologiche del corso d'acqua.

CODICE	1REA012	
NOME	FOSSO DI GUARDIA IN DESTRA DEL CANALAZZO DI BRESCELLO	
DATA RILIEVO	09/08/2011	
LOCALITA'	Lentigione	
COMUNE	Brescello	
PROVINCIA	RE	
PROGRESSIVA	02+890	
UBICAZIONE	GAUSS BOAGA X	1617628.96
	GAUSS BOAGA Y	4971694.24
CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE	BACINO	-
	LUNGHEZZA (m)	2.400
	SORGENTE	campagna
	FOCE	Canale di Cases
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	rettilineo
	TIPO SEZIONE	in scavo
	TIPO ALVEO	alveo artificiale in scavo a sezione trapezoidale
	EROSIONI	assenza di erosioni diffusa, ma localizzata per la presenza di nutrie
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	secondario
	USO	scolo
	GRANULOMETRIA	limo argilloso
	AMBIENTE FLUVIALE	Vegetazione spondale con presenza di macrofiti. Scarsa presenza di acqua
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	Area di campagna coltivata a mais; presenza di case sparse
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI AL CONTRONO	corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle e livello a piene rive
	SCABREZZA (m <sup>1/3</sup> /s)	22-25
NOTE	funge da scolo per il Canalazzo di Brescello che scorre parallelo ad esso	

## **8.9. TUBAZIONE SANTA CATERINA E TUBAZIONE COPELLI**

---

Il tracciato stradale in progetto interferisce con con due condotte soffolte, in gestione al Consorzio, denominate Tubazione Santa Caterina e Tubazione Copelli.

Per queste, in accordo con il Consorzio è stato previsto di sostituire la tubazione esistente: in particolare per la Tubazione Santa Caterina è stato previsto un tubo in C.A  $\Phi 800$  all'interno del quale si inserisce un tubo in PVC  $\Phi 400$  mentre per la Tubazione Copelli è stato previsto un tubo in C.A  $\Phi 800$  all'interno del quale si inserisce un tubo in PVC  $\Phi 500$ .

## 9. NODO IDRAULICO DI VIA IMPERIALE

Il nodo idraulico di Via Imperiale, chiamato in questo modo perché si colloca all'incrocio tra Via Imperiale, Via del Porto e Via Viazza in Località Lentigione di Brescello, è caratterizzato dalla presenza di diversi corsi d'acqua, che qui interagiscono, ed attraverso organi di regolazione vengono gestiti per la distribuzione delle acque nei periodi irrigui.

In corrispondenza dell'attuale incrocio è prevista la realizzazione di una rotatoria che interferisce i seguenti corsi d'acqua:

- Fosso a Sera di Via Imperiale, Fosso a Mane di Via Imperiale, Scolo di Via del Porto e Scolo Dugale Alto, precedentemente descritti;
- Fosso 2 ad uso promiscuo, scolo ed irrigazione, classificato minore per le modeste dimensioni della sezione idraulica e ad uso privato.

Attraverso un attento sopralluogo sul posto, con i tecnici del Consorzio, sono state risolte queste interferenze nel seguente modo:

- 1) Fosso a Sera di Via Imperiale: è stato leggermente deviato ed è stato ripristinato il collegamento con lo Scolo di Via del Porto. I due canali convergono in un pozzetto in C.A. all'interno del quale è stata prevista una paratoia regolabile a doppio settore di dimensioni 1,2mx1,2m necessaria per la gestione delle portate nel periodo di irrigazione. Allo scopo di consentire all'Ente gestore di accedere e svolgere le ordinarie attività manutentive del Fosso a Sera di Via Imperiale è stato previsto di mantenere fruibile il tratto terminale di tale Via, nonostante il tracciato in progetto preveda un nuovo ramo di raccordo alla rotatoria che si sviluppa parallelamente all'omonima Via.
- 2) Scolo di Via del Porto: è stato intubato con un  $\Phi 1200$  sia lungo il tratto terminale di tale Via, prima della rotatoria, che sotto alla rotatoria stessa evitando, in questo modo, difficoltà nelle operazioni di manutenzione, nel caso che lo scolo fosse mantenuto, in alcuni tratti, a cielo aperto.
- 3) L'interferenza del Fosso a Mane di Via Imperiale è risolta con una deviazione dello stesso che rimane parallelo all'omonima Via ed attraverso un tombino circolare  $\Phi 1200$  viene risolta l'interferenza con la viabilità in progetto.
- 4) L'interferenza dello Scolo Dugale Alto con la strada in progetto si verifica in corrispondenza dell'interconnessione del canale stesso con lo Scolo di Via del Porto e con il Fosso a Mane di Via Imperiale. Al fine di ripristinare questo nodo idraulico è stata prevista una leggera deviazione del Dugale, spostando l'interconnessione tra i tre corsi d'acqua circa 20m a sud-est, rispetto alla posizione attuale. In accordo con l'Ente gestore è stato previsto un pozzetto in C.A. entro il quale convergono per gravità le acque dello Scolo di Via del Porto e del Fosso a Mane e dipartono quelle del Dugale. All'interno dello stesso pozzetto sono state previste due paratoie: una a doppio settore

1,2x1,2m per la regolazione delle portate provenienti dallo scolo di Via del Porto e l'altra a monosettore 1,5x1,5m per la regolazione delle portate provenienti dal Fosso a Mane.

- Il Fosso 2 è stato leggermente deviato, mantenendolo parallelo al ramo di raccordo posto a nord della rotatoria in progetto ed è stato ripristinato il collegamento con lo Scolo Dugale Alto attraverso un tombino circolare  $\Phi 600$ .

Di seguito è riportato uno stralcio della planimetria di dettaglio relativa alla risoluzione delle interferenze idrauliche tra l'intera viabilità in progetto D02 (ex 1RE) ed il reticolo idrografico esistente. Per la visione completa della planimetria si rimanda alla TAV: 4875\_PD\_0\_D02\_DWS00\_0\_WW\_P2\_01\_A.

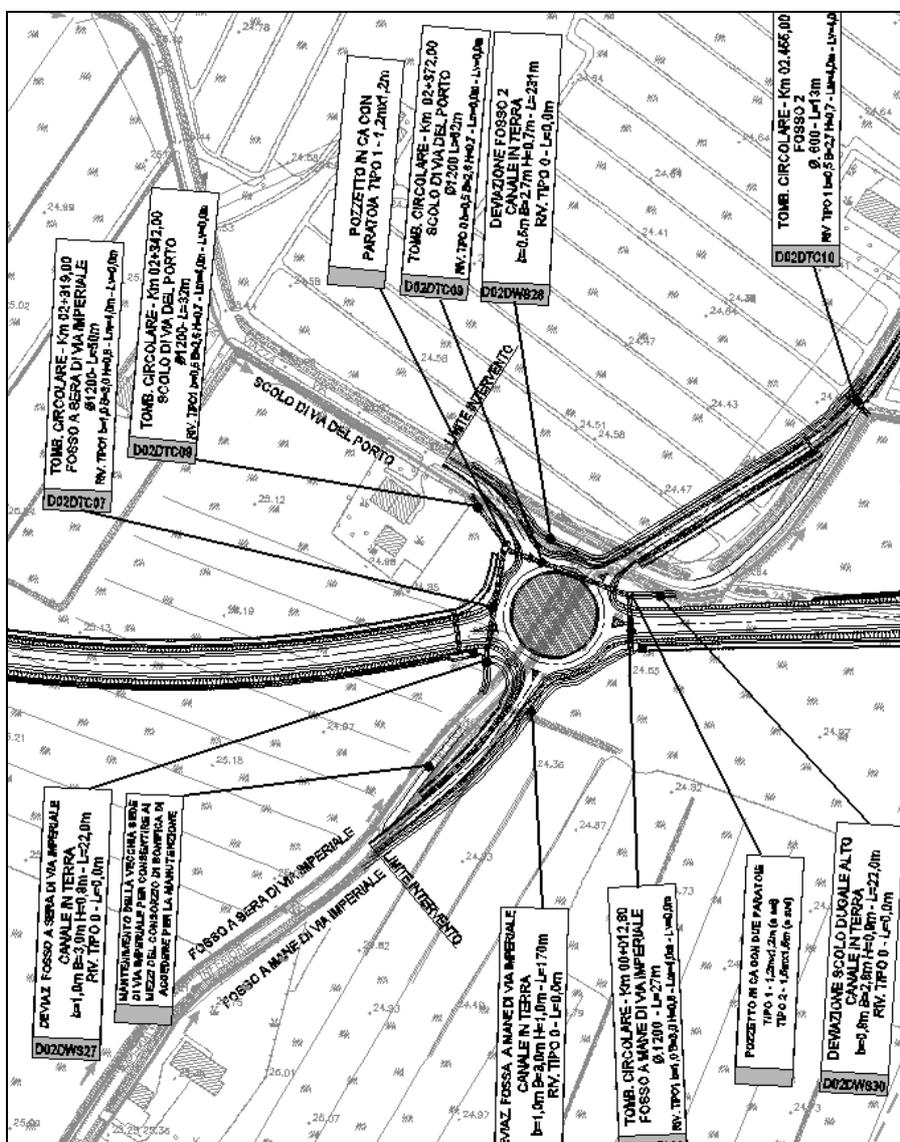


FIGURA 9-1: STRALCIO PLANIMETRICO DELLA RISOLUZIONE IDRAULICA DEL NODO DI VIA IMPERIALE

## 10. CANALI ANALIZZATI CON L'IPOTESI DI MOTO UNIFORME

Di seguito si esaminano i rimanenti fossi, che interagiscono con la viabilità in progetto, mediante tombini circolari o scatolari di modeste dimensioni. Le verifiche di seguito enucleate sono state risolte col metodo del Moto uniforme, ovvero applicando le canoniche ma sempre valide, formule di Chezy. Anche per questi canali, come per i precedenti, è stato svolto un attento censimento che ha comportato sia la definizione dell'assetto geometrico rilevato attraverso sezioni trasversali che di rilievo celerimetrico, sia la definizione dei parametri idraulici di contesto quali la scabrezza e la pendenza.

### 10.1. Definizione della portata di progetto

Lo studio del comportamento idrodinamico dei canali artificiali in esame prevede la verifica in condizioni di moto uniforme del grado di riempimento dei tombini circolari presenti in ciascun attraversamento stradale. L'analisi del rilievo topografico ha permesso di individuare le caratteristiche geometriche dei fossi in esame. Sono state ricostruite le sezioni trapezoidali a monte di ciascun canale e successivamente sono state individuate le diverse pendenze dei canali in prossimità dell'attraversamento.

Note le caratteristiche geometriche dei fossi è stato possibile determinare la portata massima sostenibile mediante la formula di Chezy riportata di seguito.

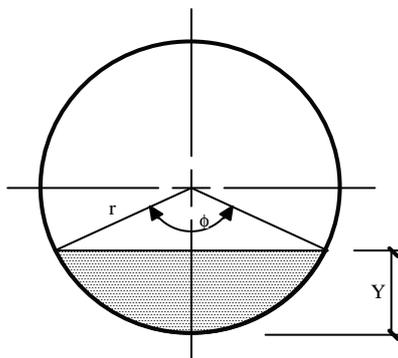
$$Q = AKsR^{2/3} \sqrt{i}$$

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

#### 10.1.1. Verifiche idrauliche

La verifica del comportamento idrodinamico dei fossi in esame, nell'ipotesi di moto uniforme, è stata realizzata individuando il grado di riempimento  $A2$  del tombino per la relativa portata massima sostenibile.

$$A2 = \frac{A_{defl}}{A_{tombino}}$$



**FIGURA 10-1 : SEZIONE TIPOLOGICA DI UN TOMBINO CIRCOLARE**

Noto il diametro di ciascun tombino è stato possibile calcolare l'area bagnata della sezione al variare dell'angolo  $\varphi$ :

$$A_{defl} = \frac{r}{2}(\varphi - \sin \varphi)$$

il perimetro bagnato della condotta:

$$P = r\varphi$$

il raggio idraulico della sezione:

$$R = \frac{A}{P}$$

ed infine la relativa portata mediante la formula di Chezy.

Procedendo per tentativi, al variare dell'angolo  $\varphi$ , è stata individuata l'area bagnata  $A_{defl}$  e successivamente il grado di riempimento  $A2$  di ciascun tombino circolare per una portata pari alla portata massima sostenibile.

La tabella seguente riporta, per ciascun fosso analizzato, i dati geometrici delle sezioni dei fossi e le portate massime sostenibili. In particolare  $b$ ,  $B$  e  $h$  rappresentano i valori della base maggiore, della base minore e dell'altezza della sezione trapezoidale. Sono inoltre riportati la progressiva chilometrica ( $Pk$ ), il diametro, la portata massima sostenibile, e il grado di riempimento del tombino stradale ( $A2$ ), in termine di superficie occupata dall'acqua sull'area di deflusso totale.

WBS	Nome	Progressiva progetto	b [m]	B [m]	h [m]	OPERA	LARGH. (m)	ALTEZZA (m)	DIAM. (m)	Q max sostenibile (m <sup>3</sup> /sec)	% Riempimento Tombino
D02DTC06	IRRIGATORIO DI LENTIGIONE	01+655,00	1	2.5	0.7	TOMB. CIRCOLARE	-	-	1.00	0.28	62.50
D02DTC07	FOSSO A SERA DI VIA IMPERIALE	02+319,00	1	3	0.8	TOMB. CIRCOLARE	-	-	1.20	0.55	63.50
D02DTC08	SCOLO DI VIA DEL PORTO	02+342,00	0.5	2.6	0.7	TOMB. CIRCOLARE	-	-	1.20	0.37	47.00
D02DTC09	SCOLO DI VIA DEL PORTO	02+372,00	0.5	2.6	0.7	TOMB. CIRCOLARE	-	-	1.20	0.37	47.00
D02DTC11	FOSSO A MANE DI VIA IMPERIALE	00+012,80	0.8	2.8	1	TOMB. CIRCOLARE	-	-	1.20	0.47	70.00
D02DTS46	FOSSO RONCHI A MANE	00+010,00	0.9	2	0.7	TOMB. SCATOLARE	2.00	1.50	-	0.60	20.00
D02DTC01	FOSSO 4	00+527,80	0.5	1.5	0.7	TOMB. CIRCOLARE	-	-	1.00	0.25	41.10
D02DTC02	FOSSO 5	00+559,00	0.5	1.5	0.7	TOMB. CIRCOLARE	-	-	1.00	0.26	45.40
D02DTC03	CANALE DI ADDUZIONE	01+130,00	0.9	2.3	0.5	TOMB. CIRCOLARE	-	-	1.00	0.29	49.30
D02DTC04	CANALE DI ADDUZIONE	01+370,65	0.9	2.3	0.5	TOMB. CIRCOLARE	-	-	1.00	0.29	49.30
D02DTC10	FOSSO 2	02+445,00	0.5	1.5	0.5	TOMB. CIRCOLARE	-	-	0.60	0.10	68.10
D02DTC12	FOSSO 3	00+194,00	0.5	1.5	0.5	TOMB. CIRCOLARE	-	-	1.00	0.13	35.20

TABELLA 10-1: DATI GEOMETRICI, PORTATE MASSIME SOSTENIBILI E PERCENTUALI DI RIEMPIMENTO DEI TOMBINI ANALIZZATI

## **11. INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA ED OPERE CONNESSE**

---

Gli interventi di sistemazione idraulica sono stati progettati nel rispetto delle prescrizioni impartite dallo stesso Consorzio di Bonifica in sede di CDS, sia durante gli incontri.

Si rimanda alle seguenti tavole le diverse opere idrauliche progettate:

- Tav:4876\_PD\_0\_D02\_DWS00\_0\_WW\_TP\_01\_A e Tav:4877\_PD\_0\_D02\_DWS00\_0\_WW\_TP\_02\_A visualizza la sistemazione e la tipologia adottata per gli imbocchi di monte e di valle e di conseguenza la relativa protezione idraulica
- Tav:4878\_PD\_0\_D02\_DWS00\_0\_WW\_TP\_03\_A \_illustra la sistemazione idraulica e la tipologia adottata per gli imbocchi di monte e di valle e di conseguenza la relativa protezione idraulica per i corsi d'acqua privati
- Tav 4879\_PD\_0\_D02\_DWS00\_0\_WW\_TP\_04\_A: definisce le diverse tipologie di paratoie distinte come mono e bisettore in funzione della sezione
- Tav 4880\_PD\_0\_D02\_DWS00\_0\_WW\_TP\_05\_A. definisce le tipologie di attraversamento poderali, le controtubazioni per garantire il passaggio delle tubazioni irrigue in pressione e il tipologico del modulatore per lo scarico delle acque di piattaforma stradale all'interno dei corpi recettori.