



# PROVINCIA DI FORLÌ-CESENA

Servizio Infrastrutture Viarie, Gestione Strade, Patrimonio, Mobilità e Trasporti

## ***SP 27BIS BRALDO AL KM 2+350 INTERVENTO DI DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DEL VIADOTTO SUL TORRENTE MONTONE***

***CUP***

***G67H21019760001***

**B.6.2**

**Relazione idraulica: invarianza e opere  
di bonifica**

Il Progettista  
**Ing. Luca Gardelli**

Con la collaborazione di  
**Arch. Laura Capizzi**  
**Arch. Silvia Conversano**

Il Tecnico  
**Ing. Massimo Plazzi**



Il RUP  
**Ing. Fabrizio Di Blasio**

## SOMMARIO

|  |    |
|--|----|
| 1 Premessa e considerazioni introduttive                                   | 3  |
| 2 Normative di riferimento   | 5  |
| 2.1 Tombinature sugli scoli di bonifica                                    | 5  |
| 2.2 Invarianza idraulica   | 8  |
| 3 Assetto idrografico e natura delle superfici dell'area d'intervento      | 13 |
| 3.1 Tombinature sugli scoli di bonifica                                    | 13 |
| 3.2 Invarianza idraulica   | 18 |
| 4 Stima delle sollecitazioni idrologiche sugli scoli di bonifica           | 20 |
| 4.1 Tombinature sullo scolo "Fossola"                                      | 21 |
| 4.2 Tombinature sullo scolo "Fossola 3^ Ramo"                              | 23 |
| 5 Stima della risposta idraulica delle tombinature sugli scoli di bonifica | 25 |
| 5.1 Officiosità idraulica delle sezioni a cielo aperto dei due scoli       | 26 |
| 5.2 Tombinatura esistente sullo scolo "Fossola"                            | 29 |
| 5.3 Tombinatura esistente sullo scolo "Fossola 3^ Ramo"                    | 31 |
| 5.4 Tombinatura di progetto sullo scolo "Fossola"                          | 33 |
| 5.5 Tombinatura di progetto sullo scolo "Fossola 3^ Ramo"                  | 35 |
| 5.6 Scelte progettuali adottate per le tombinature sugli scoli di bonifica | 37 |
| 6 Applicazione del principio dell'invarianza idraulica                     | 38 |

## 1 Premessa e considerazioni introduttive

Nel presente elaborato vengono svolte ed illustrate tutte le verifiche di natura idrologica ed idraulica inerenti due aspetti specifici del progetto:

- la verifica idrologica ed idraulica dei manufatti di tombinamento, sia esistenti che di progetto, interferenti con la rete degli scolì di bonifica (in capo al competente Consorzio di Bonifica della Romagna), in particolare gli scolì Fossola e Fossola 3<sup>a</sup> Ramo, e a servizio dei vari attraversamenti stradali della S.P. 27bis “Braldo” presenti sia nel tracciato attuale che in quello di progetto;
- il rispetto del principio dell'invarianza idraulica dell'intero intervento stradale direttamente connesso alla demolizione e ricostruzione del viadotto esistente sul Fiume Montone, che comporta altresì nuove rampe di accesso ed un sedime delle opere diverso e maggiore da quello oggi impegnato, e dunque un bilancio complessivo in aumento delle superfici impermeabilizzate nell'area, circostanza che implica la necessità di implementare adeguati volumi compensativi a tutela dei corpi idrici recettori (i.e. gli stessi scolì Fossola e Fossola 3<sup>a</sup> Ramo per la porzione dell'intervento a sud del Fiume Montone, mentre per la porzione a nord di quest'ultimo i fossi della S.P. 1 “Lughese”, afferenti agli scolì Fossatello 1<sup>a</sup> Ramo e Lama/Tratturo di Villafranca).

Si specifica fin da ora che per l'opera principale del presente progetto, cioè il nuovo viadotto sul Fiume Montone (in capo alla competente Agenzia Regionale per la Sicurezza Territoriale e la Protezione Civile – Settore Romagna – Ufficio territoriale Forlì-Cesena), interferente quindi, dal punto di vista idraulico, direttamente con il reticolo idrografico principale dell'area (con spalle, pile ed impalcato), si rimanda allo specifico elaborato B.6.1., in ragione dell'importanza e della specificità dell'argomento; in esso sono valutate le principali grandezze fisiche del fiume (livelli idrici, portate, velocità, ...) in concomitanza delle piene eccezionali di riferimento e conseguentemente viene verificato, per l'opera in progetto, il rispetto di prescrizioni/vincoli/prestazioni minime previste nei Piani settoriali vigenti (PAI, PGRA e relative Direttive, ...) e/o nel R.D. 523/1904 e/o dalla vigente normativa in campo strutturale, in primis il D.M. 17 gennaio 2018 di aggiornamento delle «*Norme tecniche per le costruzioni*» (NTC 2018) ed in particolare al paragrafo 5.1.2.3 “*Compatibilità idraulica*”.

Si riporta, per facilitare l'inquadramento generale dell'area d'intervento, un estratto del GIS del Consorzio di Bonifica della Romagna.

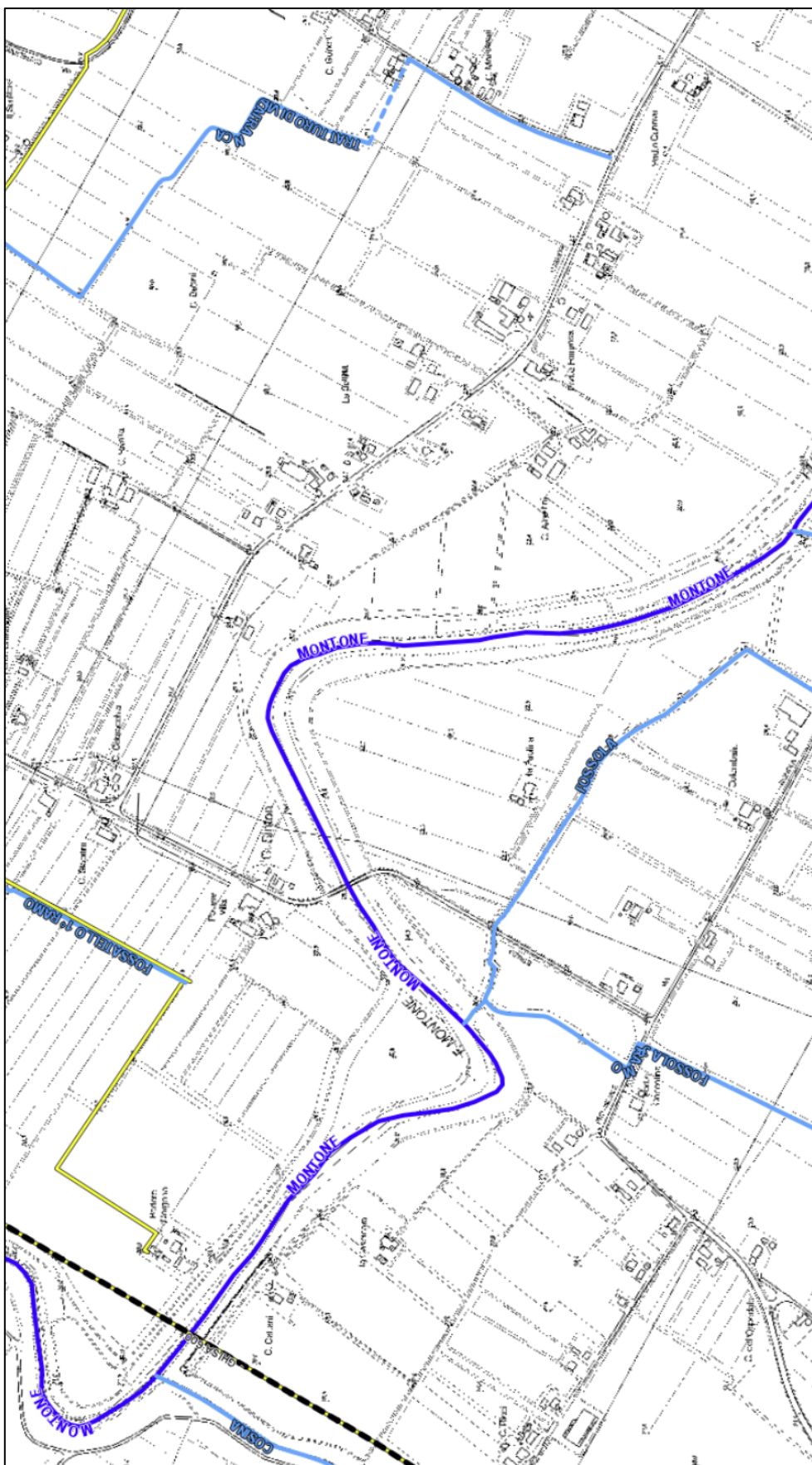


Figura 1: Estratto del GIS del Consorzio di Bonifica della Romagna



## 2 Normative di riferimento

Le due tematiche qui trattate riguardano aspetti idraulici abbastanza diversi e, soprattutto, di livello gerarchico territoriale differente.

In pratica, il principio dell'invarianza idraulica, legato a temi di consumo del suolo e di invarianza idrologica delle trasformazioni antropiche, riguarda azioni e misure di tipo estensivo, con norme che derivano da strumenti di pianificazione sovraordinati (PAI, PGRA), prontamente recepiti (e dettagliati, per quanto attiene ai particolari costruttivi o a verifiche suppletive richieste) dai competenti Consorzi di Bonifica, in qualità di autorità idraulica competente sugli scoli e quindi sulla rete di bonifica che solitamente funge da corpo recettore di tutte le acque meteoriche del territorio, e dai Comuni.

Invece, a livello puntuale di opere ed interventi interferenti con la rete di bonifica, e quindi più precisamente in merito alle opere previste nella fascia di rispetto della stessa rete (pari a 10 metri dal più esterno tra il ciglio/piede argine esterno, la parete esterna se tombinato e l'eventuale limite demaniale del canale), in attraversamento e/o parallelismo, vige – ai sensi del R.D. 368/1904 - il Regolamento di Polizia Consorziale del Consorzio di Bonifica della Romagna (2015), che riporta nel dettaglio tutte le calcolazioni necessarie, i parametri da assumere, le leggi di pioggia tipiche del territorio romagnolo, i livelli prestazionali richiesti alle opere, nuove e/o esistenti, ed infine le tipologie costruttive preferenziali per le varie opere solitamente attuate sui canali e le distanze di rispetto da mantenere.

### 2.1 Tombinature sugli scoli di bonifica

Come già anticipato in premessa, è il Regolamento di Polizia Consorziale, che detta le regole sia per le nuove opere in progetto che per eventuali opere esistenti, nel caso esse siano datate e quindi mai verificate idraulicamente e/o non autorizzate/concessionate dall'Ente.

Nel caso specifico del presente progetto, le interferenze con il reticolo di scoli - tombinati o a cielo aperto - in gestione al Consorzio di Bonifica della Romagna sono puntuali, in numero limitato e di complessità di risoluzione relativamente modesta.

Per tale tipologia di reticolo, tutte le azioni (progetti, lavori, attività imprenditoriali/agricole, distanze di rispetto, infrastrutture interferenti, ...) che rientrano nella fascia di rispetto (10 metri dal ciglio e/o dal limite demaniale e/o dal filo esterno della tombinatura) di tali canali devono essere conformi al vigente Regolamento di Polizia Consorziale (in attuazione del R.D. 368/1904) ed essere oggetto di nullaosta idraulico e/o autorizzazione e/o concessione da parte dell'Ente stesso.

A tal proposito, è dirimente l'Art. 1 del citato Regolamento, che si riporta testualmente nella figura di pagina seguente.


Procedendo da Nord-Est verso Sud-Ovest, sono due gli scoli direttamente interferenti con il sedime della nuova sede stradale di Via Ghibellina:

- Scolo Fossola, di importanza principale;
- Scolo Fossola 3<sup>a</sup> Ramo, di importanza secondaria (cioè non a rilevante funzione idraulica come i canali principali, secondo le definizioni di cui all'Art. 3 del citato Regolamento di Polizia).

Essi risultano ovunque a cielo aperto, con sagome trasversali abbastanza regolari, tranne che in corrispondenza delle due tombinature esistenti in corrispondenza degli attraversamenti dell'attuale sedime viabile della stessa via Ghibellina (S.P. 27bis).

Si rileva, più specificatamente per gli aspetti legati alle future fasi successive di progettazione, che il Regolamento di Polizia Consorziale contiene anche un dettagliato “*Allegato Tecnico*” da prendere obbligatoriamente a riferimento per tutte le attività progettuali, realizzative o di verifica (per sanatoria/tollerabilità) di qualunque tipo di opera od attività, fissa o transitoria, che venga a ricadere nella fascia di rispetto pari sempre a 10 metri, sia per i canali principali che per quelli secondari.

In particolare, vengono caratterizzate tutte le modalità e le caratteristiche delle opere (con relativi livelli di calcolo necessario) quali parallelismi, attraversamenti, scarichi e rivestimenti in alveo.

|   |   |                    |
|---|---|--------------------|
|  Consorzio di<br>Bonifica della<br>Romagna | <b>REGOLAMENTO DI POLIZIA<br/>IDRAULICA</b><br>per la conservazione e la polizia delle opere<br>pubbliche di bonifica e loro pertinenze in attuazione<br>del R.D. 08/05/1904 n. 368 |                    |
|   | Rev.03  | Data<br>09/04/2015 |

### Approvazioni:

|   |   |
|---|---|
| Proposto con:   | Delibere CA n° 1051/2014/CA del 18/11/2014 e n. 1165 del 24/03/2015 |
| Adottato con:   | Delibera Consiglio di Amministrazione n. 047 del 02/12/2014         |
| Approvato con:  | Delibera Consiglio di Amministrazione n. 049 del 09/04/2015         |
| Esaminato dalla Giunta<br>Regione-Emilia<br>Romagna Direzione<br>Generale Affari<br>Istituzionali e Legislativi | Atto n. PG/2015/508797 del 17/07/2015                               |

### **Art. 1**

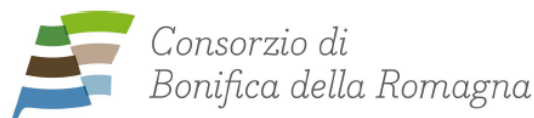
#### **Oggetto del Regolamento**

Il Consorzio di bonifica è Ente di diritto pubblico, ai sensi dell'art. 862 c.c., dell'art. 59 del R.D. 13 febbraio 1933, n. 215, e dell'art. 12 della legge regionale 2 agosto 1984, n. 42.

In applicazione del R.D. 368/1904, della L. R. 42/1984 e ss.mm., L. R. n. 5/2009 e del vigente Statuto consorziale approvato con Deliberazione di Giunta della Regione Emilia-Romagna n. 1380/2010 come modificata con Delibera di Giunta Regionale n. 62 del 23/01/2012, il Consorzio adotta il presente Regolamento, che disciplina:


1. la conservazione e manutenzione delle opere pubbliche di bonifica e irrigazione;
2. gli obblighi connessi alla realizzazione, esercizio, manutenzione di manufatti posti in essere da terzi nei canali ed altre opere pubbliche di bonifica, irrigazione e loro pertinenze;
3. le immissioni di acque meteoriche;
4. la salvaguardia della rete consortile, delle opere pubbliche di bonifica di competenza del Consorzio e delle relative zone di rispetto, anche al fine di perseguire la salvaguardia degli equilibri idrogeologici ed ambientali;
5. la disciplina delle opere sui cavi e reti irrigue

*Figura 2: Frontespizio e Art. 1 del vigente Regolamento di Polizia Idraulica*




**REGOLAMENTO DI POLIZIA IDRAULICA  
CONSORZIALE**

**ALLEGATO TECNICO**

|   |   |            |                    |                 |
|---|---|------------|--------------------|-----------------|
|  Consorzio di<br>Bonifica della<br>Romagna | Regolamento di polizia idraulica<br>consorziale | Allegato 2 |                    |                 |
|   | <b>Allegato Tecnico</b>                         | Rev.<br>3  | Data<br>09/04/2015 | Pag.<br>2 di 62 |

| Revisione | Descrizione   |
|-----------|---|
| 2         | Adottato con delibera del Consiglio di Amministrazione n. 047 del 02/12/2014  |
| 3         | Approvato con delibera del Consiglio di Amministrazione n. 049 del 09/04/2015   |
| 3         | Esaminato senza riscontro di vizi di legittimità dalla Regione Emilia Romagna, Direzione generale Affari istituzionali e legislativi come da comunicazione n. PG/2015/508797 del 17/07/2015 |

|   |   |            |                    |                 |
|---|---|------------|--------------------|-----------------|
|  Consorzio di<br>Bonifica della<br>Romagna | Regolamento di polizia idraulica<br>consorziale | Allegato 2 |                    |                 |
|   | <b>Allegato Tecnico</b>                         | Rev.<br>3  | Data<br>09/04/2015 | Pag.<br>3 di 62 |

**SOMMARIO**

|  |    |
|--|----|
| SOMMARIO .....   | 2  |
| PARALLELISMI .....   | 4  |
| ATTRAVERSAMENTI .....  | 19 |
| PARTICOLARI TIPOLOGICI IMMISSIONI E RIVESTIMENTI PROTETTIVI IN ALVEO .....     | 23 |
| LINEE GUIDA PER CALCOLI E VERIFICHE IDRAULICHE .....                           | 31 |
| LINEE GUIDA PER LA PROGETTAZIONE DEI DISPOSITIVI DI INVARIANZA IDRAULICA ..... | 42 |
| PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER OPERE PREESISTENTI .....                          | 58 |

Figura 3: Frontespizio e Sommario dell'Allegato Tecnico al Regolamento di Polizia Idraulica

Relativamente ai manufatti esistenti, assai datati e non dotati, in passato, di specifici atti autorizzativi da parte del competente Consorzio di Bonifica, occorre in questa sede verificare, così come previsto dal Regolamento Idi Polizia Consorziaria, che essi posseggano una “prestazionalità idraulica minima” atta ad ottenere il previsto nulla-osta di tollerabilità: solitamente, si prevede la capacità di smaltire almeno una piena a ricorrenza decennale per i canali secondari ed una piena trentennale per i canali principali, con adeguato franco (luce libera) dall'intradosso degli impalcati/solette superiori (30 cm, e comunque con funzionamento non in pressione della sezione utile).

Relativamente ai manufatti di progetto, invece, andrà garantita – con i medesimi franchi - una “prestazionalità idraulica maggiore”, non inferiore – come meglio specificato nel seguito - alla capacità di smaltire almeno una piena trentennale (e possibilmente una piena bisecolare) e non meno dell'officiosità idraulica dello scolo a cielo aperto nei tratti contigui alla tombinatura stessa.

Ai successivi paragrafi, verranno di volta in volta richiamati e fissati tutti i parametri di calcolo, sempre secondo le disposizioni del Regolamento di Polizia.

## 2.2 Invarianza idraulica

Il tema è di grande rilevanza e per questo, come si vedrà nel seguito (Paragrafi 3 e 6) tutte le grandezze in gioco sono state stimate cautelativamente al fine di dimensionare l'intervento con un buon margine di sicurezza idraulica.

L'iter progettuale ha sempre tenuto in debita considerazione tutte le prescrizioni (generali e particolari) e/o le regole di buona pratica costruttiva fornite dagli Enti gestori del territorio in senso lato (Comune di Forlì, HERA, Consorzio di Bonifica della Romagna, Autorità di bacino distrettuale del fiume Po [ex Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli]) ed in special modo quelle imposte in materia di invarianza idraulica, ove si rende necessario applicare sia come impostazione concettuale che come metodologia di calcolo l'Art. 9 *"Invarianza idraulica"* del vigente Piano Stralcio di bacino per il Rischio Idrogeologico e s.m.i. (c.d. PAI), redatto dall'ex Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli competente sull'intero territorio comunale di Forlì ed oggetto di ultima Variante di recepimento e coordinamento del Piano di Gestione Rischio Alluvioni (c.d. PGRA, 2016).

Innanzitutto, occorre precisare in quali casi sia previsto l'obbligo dell'invarianza idraulica, cioè di predisporre azioni compensative dell'aggravio idraulico determinato dall'aumento del tasso di impermeabilizzazione del suolo legato ad uno specifico intervento e/o opera.

A tal proposito, il Comma 1 dell'Art. 9 delle Norme di PAI cita testualmente:

*“Per trasformazione del territorio ad invarianza idraulica si intende la trasformazione di un'area che non provochi un aggravio della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall'area stessa”.*

Ed anche il Comma 2:

*“Al fine di garantire l'invarianza idraulica delle trasformazioni urbanistiche, è prescritto di realizzare un volume minimo di invaso atto alla laminazione delle piene, da collocarsi, in ciascuna area in cui si verifichi un aumento delle superfici impermeabili, a monte del punto di scarico dei deflussi nel corpo idrico recettore”.*

Come si vedrà meglio nel seguito, il presente progetto rientra pienamente in questa fattispecie, poiché il nuovo sedime viabile configura evidentemente nuove superfici asfaltate.

Per calcolare i volumi di stoccaggio temporaneo dei deflussi ai fini dell'invarianza idraulica sono stati utilizzati i parametri predisposti sempre dall'Autorità di Bacino nel PAI, secondo il metodo di calcolo contenuto nella normativa del Piano Stralcio.

In particolare, il Comma 5 dell'Art. 9 del Piano Stralcio recita così:

*"... il volume minimo di cui ai commi precedenti deve essere calcolato secondo la procedura riportata nel capitolo 7 della "Direttiva per le verifiche e il conseguimento degli obiettivi di sicurezza idraulica", approvata con Delibera Comitato Istituzionale n. 3/2 del 20/10/2003 e s.m. e i., che vale ai fini del presente articolo come Regolamento di Attuazione. I Comuni, nell'approvare gli interventi previsti dagli strumenti urbanistici e regolamenti comunali, ... verificano la rispondenza dei piani attuativi e dei progetti ai requisiti di volume di invaso. In base alle indicazioni tecniche ... sono fissati i criteri per considerare nel computo del volume richiesto anche il contributo delle reti fognarie ..."* (al cap. 7 della Direttiva Idraulica del Piano si richiama infatti la pubblicazione [Ingegneria Ambientale, 2001] *"La valutazione idrologica dei piani urbanistici. Un metodo semplificato per l'invarianza idraulica dei piani regolatori generali"* dell'Ing. A. Pistocchi, all'interno della quale si assume di *"... computare solo l'80% del volume geometrico disponibile ..."*).

Tutto ciò premesso, si specificheranno nella presente relazione solamente gli elementi di valutazione ed i riferimenti più importanti, fatto salvo tutto quanto è prescritto e definito nelle norme, articoli e pubblicazioni succitate.

Si riportano di seguito alcuni stralci fondamentali del capitolo 7 della Direttiva Idraulica di PAI, citata dall'Art. 9 del Piano Stralcio; infatti, con l'entrata in vigore di tale Piano, la competente Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli pubblicò (2003) anche la *"Direttiva inerente le verifiche idrauliche e gli accorgimenti tecnici da adottare per conseguire gli obiettivi di sicurezza idraulica definiti dal Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico, ai sensi degli artt. 2 ter, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 del Piano"*, poi adeguata alla Variante al Titolo II *"Assetto della rete idrografica"* (2011) ed alla già citata ultima Variante di coordinamento con il PGRA (2016).

Le linee guida tecniche in materia di invarianza idraulica - riportanti tutti gli accorgimenti da prendere ed i diversi approcci metodologici da mettere in campo in funzione delle diverse fattispecie di interventi impermeabilizzanti (in primis, dipendenti dall'estensione areale e dalla tipologia delle opere [ad es., Comparto urbanistico compatto od infrastruttura stradale lineare]) - sono tutte contenute nella succitata Direttiva.

In alcuni stralci, essa cita testualmente:

**(pag. 22)**

*"... il criterio contenuto nella normativa del piano di bacino si applica, per equità, a tutto il territorio dell'Autorità di Bacino, senza distinzione fra pianura e collina-montagna; inoltre, esso tiene conto dell'effettivo grado di consumo della risorsa associato ad ogni singolo intervento, e richiede azioni compensative proporzionate di conseguenza; infine, il criterio consente di tenere in considerazione i benefici derivanti dalla realizzazione di reti di drenaggio (fognature) nelle quali avviene in certa misura una laminazione delle piene.*

*La misura del volume minimo d'invaso da prescrivere in aree sottoposte a una quota di trasformazione I (% dell'area che viene trasformata) e in cui viene lasciata inalterata una quota P (tale che I+P=100%) è data dal valore convenzionale:*

$$w = w^o (\phi/\phi^o)^{1/(1-n)} - 15 I - w^o P \quad (1)$$

essendo  $w^\circ = 50 \text{ mc/ha}$ ,  $\phi$  = coefficiente di deflusso dopo la trasformazione,  $\phi^\circ$  = coefficiente di deflusso prima della trasformazione,  $n = 0.48$  (esponente delle curve di possibilità climatica di durata inferiore all'ora, stimato nell'ipotesi che le percentuali della pioggia oraria cadute nei 5', 15' e 30' siano rispettivamente il 30%, 60% e 75%, come risulta - orientativamente - da vari studi sperimentali; si veda ad es. CSDU, 1997), ed  $I$  e  $P$  espressi come frazione dell'area trasformata.

Il volume così ricavato è espresso in mc/ha e deve essere moltiplicato per l'area totale dell'intervento (superficie territoriale,  $St$ ), a prescindere dalla quota  $P$  che viene lasciata inalterata.

Per la stima dei coefficienti di deflusso  $f$  e  $f^\circ$  si fa riferimento alla relazione convenzionale:

$$\phi^\circ = 0.9 \text{ Imp}^\circ + 0.2 \text{ Per}^\circ \quad (2-a)$$

$$\phi = 0.9 \text{ Imp} + 0.2 \text{ Per} \quad (2-b)$$

in cui  $\text{Imp}$  e  $\text{Per}$  sono rispettivamente le frazioni dell'area totale da ritenersi impermeabile e permeabile, prima della trasformazione (se connotati dall'apice  $^\circ$ ) o dopo (se non c'è l'apice  $^\circ$ ) ...".

(pagg. 23-24):

"... Prima di entrare nel merito dei singoli argomenti, si introduce qui una classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici. Tale classificazione consente di definire soglie dimensionali in base alle quali si applicano considerazioni differenziate in relazione all'effetto atteso dell'intervento. La classificazione è riportata nella seguente Tabella 1.

| Classe di Intervento                          | Definizione  |
|---|--|
| Trascurabile impermeabilizzazione potenziale  | intervento su superfici di estensione inferiore a 0.1 ha   |
| Modesta impermeabilizzazione potenziale       | Intervento su superfici comprese fra 0.1 e 1 ha  |
| Significativa impermeabilizzazione potenziale | Intervento su superfici comprese fra 1 e 10 ha; interventi su superfici di estensione oltre 10 ha con $\text{Imp} < 0,3$ |
| Marcata impermeabilizzazione potenziale       | Intervento su superfici superiori a 10 ha con $\text{Imp} > 0,3$   |

Tabella 1 - classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici ai fini dell'invarianza idraulica

...".

"... Fissare regole generali per i criteri di dimensionamento delle luci di scarico è difficile in quanto è necessario riferirsi a condizioni operative sempre connotate da un margine di convenzionalità.

Del resto, nel caso di piccoli interventi, corrispondenti ai casi di trascurabile o modesta impermeabilizzazione potenziale, gli oneri connessi allo sviluppo di dimensionamenti di dettaglio eccedono i benefici in termini di protezione idraulica del territorio che si possono effettivamente conseguire.

Viceversa, nei casi di significativa o marcata impermeabilizzazione potenziale è assai opportuno eseguire una verifica di maggior dettaglio dell'effettivo comportamento laminativo dei dispositivi di invaso previsti dai progetti. In tal modo, con accorgimenti relativamente semplici, è possibile mantenere sotto controllo l'efficacia della laminazione e perseguire una politica attiva di invarianza idraulica.

Alla luce di queste considerazioni, si suggeriscono i seguenti criteri:

- nel caso di trascurabile impermeabilizzazione potenziale, è sufficiente che i volumi disponibili per la laminazione soddisfino i requisiti dimensionali della formula (1),

- nel caso di modesta impermeabilizzazione, oltre al soddisfacimento dei requisiti della formula (1) è opportuno che le luci di scarico non eccedano le dimensioni di un tubo di diametro 200 mm e che i tiranti idrici ammessi nell'invaso non eccedano il metro,

- nel caso di significativa impermeabilizzazione, si consiglia di dimensionare le luci di scarico e i tiranti idrici ammessi nell'invaso in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'area in trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione, almeno per una durata di pioggia di 2 ore e un tempo di ritorno di 30 anni,

- nel caso di marcata impermeabilizzazione, la norma del piano stralcio per il rischio idrogeologico richiede la presentazione di uno studio di maggiore dettaglio ...".

(pag. 30):

"... Nel caso di impermeabilizzazioni dovute a strade, l'invarianza idraulica si può realizzare con un opportuno dimensionamento dei fossi laterali e delle canalette di drenaggio; in particolare, la totale impermeabilizzazione della superficie stradale porta a dimensionare, tramite la relazione (1), un volume di invaso di circa 0,09 mc/mq di superficie stradale, ovvero poco più di 0,5 mc per ogni metro di lunghezza di una strada di larghezza pari a 6 m. Quindi la realizzazione di un fosso di volume pari a  $(0,5 / 0,8) = 0,625$  mc/m soddisfa i requisiti di volume di compensazione richiesti dalla normativa. Ovunque sia presente lo spazio necessario, è opportuno accoppiare tale volume a spazi di laminazione concentrati (aree di espansione), in corrispondenza delle immissioni nei corpi recettori. Questo consente fra l'altro di operare una blanda autodepurazione del deflusso, aumentandone i tempi di residenza nella rete scolante e la possibilità di sedimentazione dei solidi sospesi. In generale, è opportuno sviluppare comunque tutte le considerazioni idrauliche e geotecniche suggerite dal caso specifico, anche in relazione ai possibili effetti del sistema di drenaggio sulla stabilità della sede stradale. La figura seguente mostra uno schema di realizzazione dell'invarianza idraulica per un tracciato stradale.

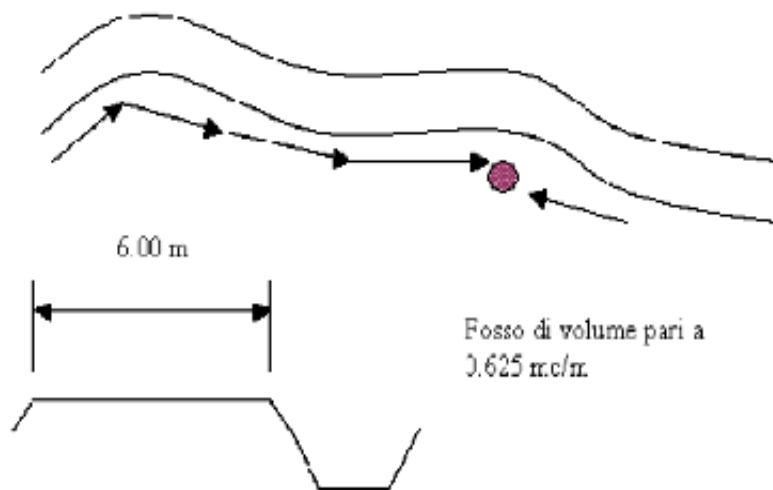


Figura 7 - schema di drenaggio con fossi e zone di espansione per la decantazione prima del recapito (sopra) e sezione esemplificativa (sotto)

..."

(pagg. 30-31):

"... Si pone il problema di valutare che cosa sia permeabile. In generale, ogni tipo di copertura che consenta la percolazione nel suolo almeno ai tassi d'infiltrazione propri del suolo "naturale" in posto è da considerare permeabile. Sono quindi certamente permeabili tutte le superfici mantenute a verde, a meno dell'ovvio controesempio di verde al di sopra di elementi interrati quali scantinati e similari, e di giardini pensili.

*Le coperture del suolo che possono essere considerate permeabili comprendono il caso delle griglie plastiche portanti e di dispositivi simili. Si tratta di strutture di pavimentazione costituite da elementi a griglia con percentuale di vuoti molto alta, e con caratteristiche tali da non indurre una compattazione spinta del terreno.*

*Nel caso invece di elementi di pavimentazione tipo "Betonella" e simili, occorre valutare caso per caso il grado di impermeabilizzazione indotto, anche tenendo conto che, essendovi una percentuale di vuoti molto minore e una forte possibilità di compattazione del terreno al di sotto e negli interstizi degli elementi di pavimentazione, si può configurare una situazione di impermeabilità di fatto.*

*Con le stesse cautele devono essere trattate le superfici in misto granulare stabilizzato e altri materiali analoghi. In linea di massima, si può considerare superfici di queste ultime due tipologie come permeabili al 50%. Sono invece certamente impermeabili le superfici asfaltate e cementificate, oltre alle coperture degli edifici anche qualora presentino elementi a verde, giardini pensili ecc ...".*

Alla luce di questo quadro generale, è possibile fare alcune semplici considerazioni per definire le azioni progettuali da attuare, che saranno poi quantificate e specificate nel seguito.

Secondo quanto riportato nella Direttiva Idraulica del Piano Stralcio, la grandezza più importante da valutare immediatamente per il computo dei volumi di compensazione idraulica è l'incidenza delle superfici permeabili pre e post intervento: tale aspetto, che rappresenta la grandezza principale da soddisfare, sarà trattato al successivo paragrafo 3.2.

Inoltre, cosa molto importante per la presente progettazione, sempre nel succitato Regolamento di Polizia Consorziale vengono predeterminati, relativamente alla tematica dell'invarianza idraulica, sia le metodologie di calcolo (in ragione dei bacini interessati e soprattutto dell'estensione territoriale oggetto di trasformazione e tributaria di un nuovo scarico fognario per acque meteoriche avente come recettore uno scolo) sia le modalità costruttive, generali e/o di particolari costruttivi, inerenti alle varie tipologie previste per il reperimento dei volumi di laminazione compensativi (sovradimensionamento fognario, depressioni morfologiche, vasche interrato). Per il presente caso, a significativa impermeabilizzazione secondo le definizioni del PAI, il Consorzio conferma – nel suo Regolamento di Polizia - come valido e sufficiente il calcolo combinato (con assunzione del volume massimo tra i due metodi) con la formula del W e con l'onda di piena trentennale e durata di pioggia di 2 ore.

Vengono pure fissati i coefficienti udometrici da garantire allo scarico di fognature a servizio di bacini oggetto d'invarianza idraulica; in particolare, l'obiettivo progettuale è di limitare il coefficiente udometrico post intervento delle aree passate da permeabili ad impermeabili a 10 l/s per ha, pari cioè a quello medio per aree agricole pre-intervento urbanistico (valore stabilito dal Consorzio di Bonifica della Romagna, competente per i territori della pianura romagnola). Per le aree già impermeabilizzate (nel caso qui in esame molto presenti, e per lo più coincidenti con il sedime stradale attuale) si considera un coefficiente udometrico cautelativo pari a 90 l/s per ha, valore suggerito sempre dal Consorzio stesso.

Inoltre, vengono indicate le formule da adottare per il calcolo delle eventuali strozzature limitatrici terminali e altresì fissato, per le stesse, un diametro minimo funzionale (125 mm) atto ad evitare pericolose occlusioni/parzializzazioni indesiderate; tali strozzature, per evidenti difficoltà funzionali ed idrauliche, non sono imposte dal PAI per opere lineari di elevato sviluppo longitudinale (ad es., strade), pur rimanendo in vigore l'obbligo di reperimento dei volumi invariati.



### 3 Assetto idrografico e natura delle superfici dell'area d'intervento

Come in tutte le valutazioni dimensionali di opere idrauliche significative (e quindi anche le tombinature degli scolli), occorre in primis la definizione morfologica dei vettori idrici e dei relativi bacini tributari, poi una corretta stima delle sollecitazioni idrologiche (i.e. piogge estreme e relative portate al picco alle sezioni di chiusura) ed infine una stima della prestazionalità idraulica delle opere, comparata con le precedenti.

Per l'invarianza idraulica, invece, come già anticipato, serve una definizione precisa della natura delle superfici interessate dall'intervento, suddivise tra permeabili/semipermeabili/impermeabili, sia allo stato ante opera che in quello di progetto. Da tale rapporto deriva il volume compensativo da reperire, applicando le formule previste dalla normativa vigente, come esplicitato al precedente paragrafo.

#### 3.1 Tombinature sugli scolli di bonifica

Il punto di partenza per ogni valutazione idrologico-idraulica sono i dati geometrici e morfologici, sia dei bacini sottesi che delle relative morfologie d'alveo (sia a cielo aperto che tombinate).

I primi sono stati forniti gentilmente dagli uffici tecnici del Consorzio di Bonifica della Romagna (vedasi figure seguenti), come le estensioni e le pendenze dei bacini tributari totali e/o sottesi alle sezioni d'interesse, oltre al grado di urbanizzazione presente in essi. Si riportano nelle pagine seguenti i documenti forniti, derivanti dal GIS dell'Ente.

Per quanto riguarda le morfologie degli alvei dei due scolli - e le sagome dei due tombinamenti esistenti sull'attuale sede di via Ghibellina, da verificare - e le relative pendenze di fondo, tali dati sono desumibili dal rilievo topografico di dettaglio appositamente condotto per il presente progetto.

Le sagome a cielo aperto dei due canali sono tipicamente trapezie ed incassate, con tiranti utili (dislivello tra ciglio sommitale e fondo) dell'ordine di 185-200 cm nel Fossola e 155-175 cm nel Fossola 3<sup>a</sup> Ramo. Le larghezze al fondo e sommitali degli scolli sono variabili, con dimensioni minime riportate nel seguito, in quanto funzionali alle verifiche idrauliche svolte.

Le tombinature esistenti sui due scolli sono riportate nelle figure alle pagine seguenti; esse sono ad arco a tutto sesto, realizzate in opera (si riporta negli schemi grafici anche la sagoma rettangolare equivalente, cioè quella rettangolare con identica sezione trasversale a quella reale, utile – con buona approssimazione di calcolo – alla verifica idraulica semplificata atta all'eventuale rilascio del nulla-osta di tollerabilità),

- scolo Fossola: larghezza 146 cm, altezza imposte pareti verticali 115 cm, altezza complessiva 188 cm (altezza sez. rettangolare equivalente: 172 cm)
- scolo Fossola 3<sup>a</sup> Ramo: larghezza 90 cm, altezza imposte pareti verticali 115 cm, altezza complessiva 160 cm (altezza sez. rettangolare equivalente: 150 cm)

La pendenza media del bacino di monte dello scolo Fossola è pari al 7 per mille circa, dato fornito dal Consorzio, mentre per il Fossola 3<sup>a</sup> Ramo (da CTR) si attesta sul 3,5 per mille.

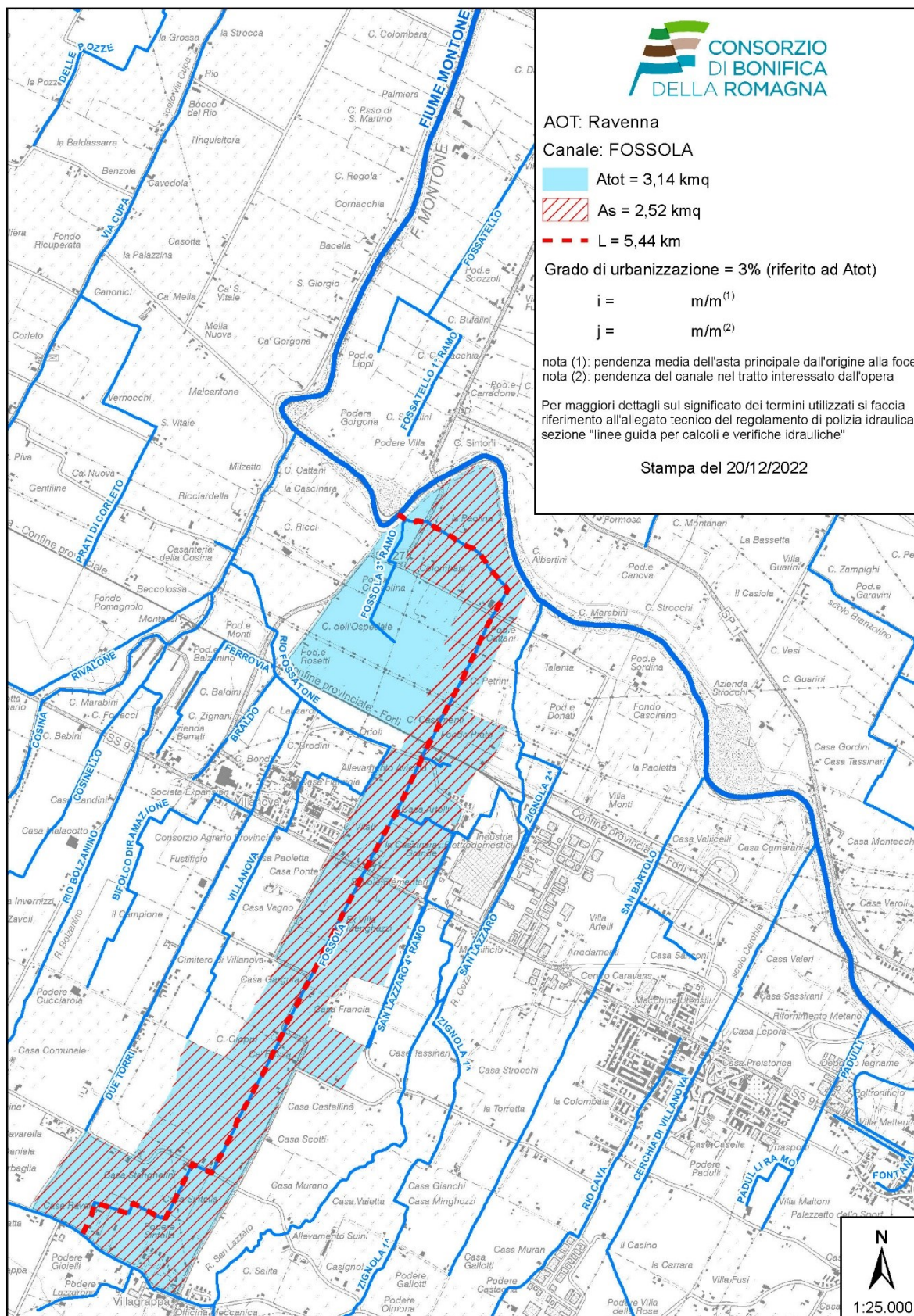


Figura 4: Dati idrografici dello scolo Fossola (fonte: Consorzio di Bonifica della Romagna)



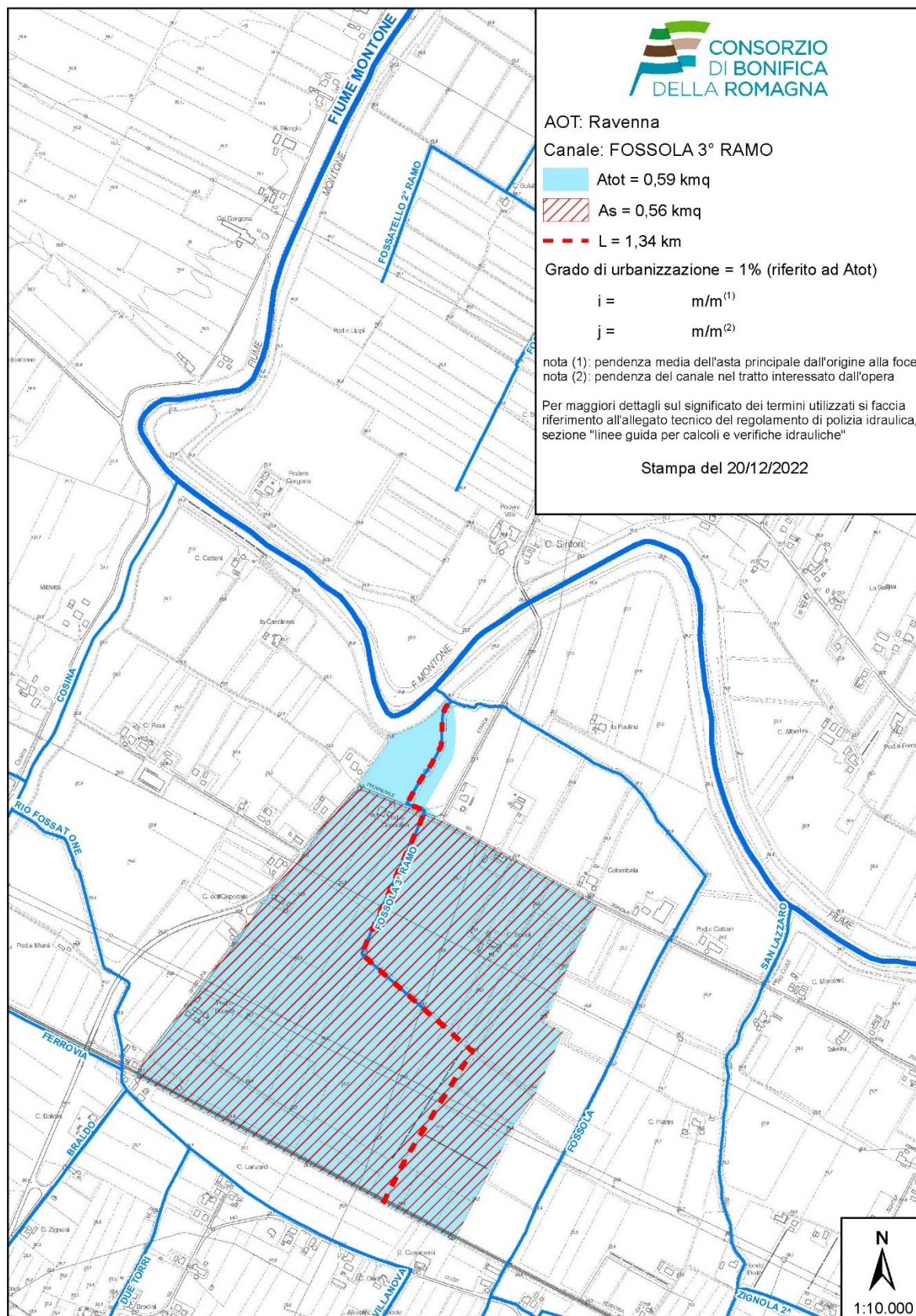


Figura 5: Dati idrografici dello scolo Fossola 3<sup>a</sup> Ramo (fonte: Consorzio di Bonifica della Romagna)



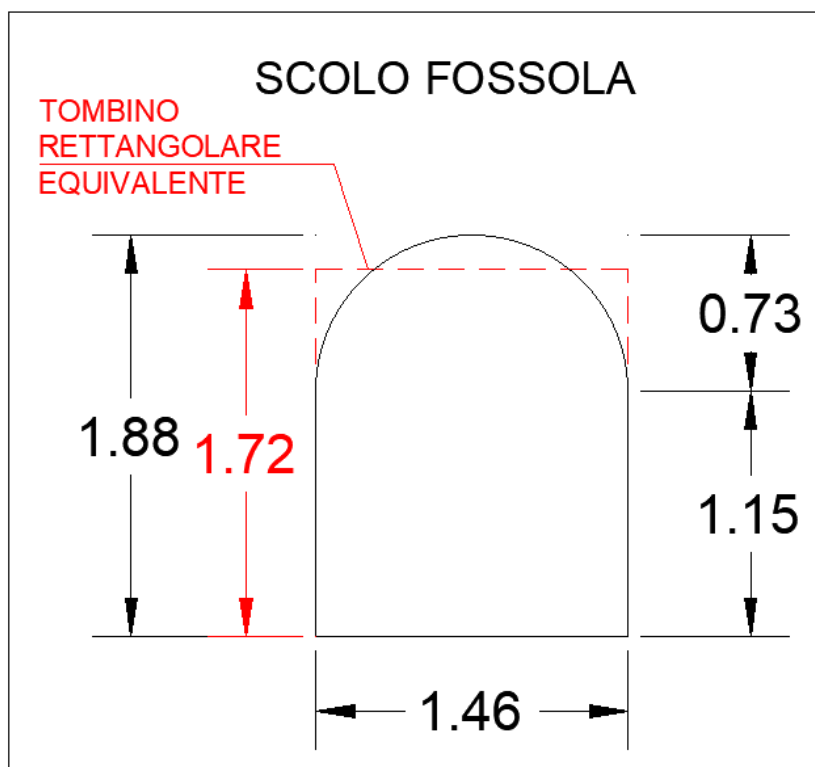


Figura 6: Sagoma della tombinatura attuale della S.P. 27bis sullo scolo Fossola e fotografia da valle



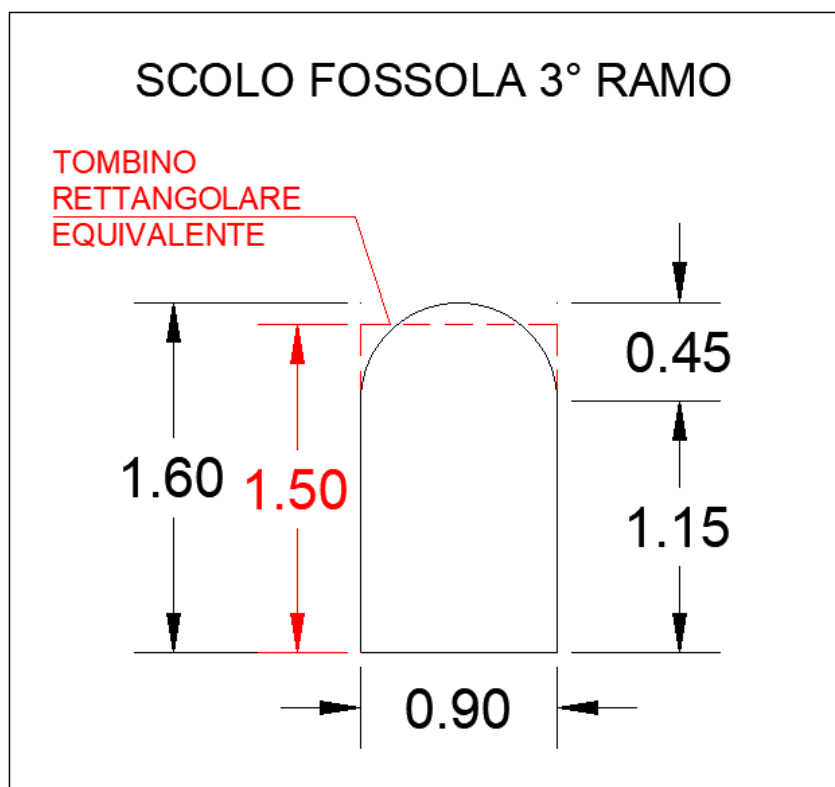


Figura 7: Sagoma della tombinatura attuale della S.P. 27bis sullo scolo Fossola 3<sup>a</sup> Ramo e fotografia da valle

Sulla scorta dei suddetti dati idrografici forniti dal Consorzio, poi, applicando le formule classiche per i valori del tempo di corrivazione  $T_c$  e del coefficiente di afflusso  $C$  (sempre indicati dal Consorzio), è possibile condurre in primis una valutazione idrologica – grazie alle leggi di possibilità climatica a diversa ricorrenza media ( $T_r$ , tempo di ritorno), già studiate e definite dal Consorzio per i vari territori [ravennate, riminese, forlivese e cesenate] di sua competenza] - per la stima della massima portata, in ogni canale e a varie sezioni di chiusura dello stesso, a prefissato tempo di ritorno  $T_r$  (i.e. frequenza media di accadimento).

Nel seguito, ai Paragrafi 4 e 5 tutte le calcolazioni idrologico-idrauliche svolte per i vari manufatti di tombinatura (esistenti e di progetto) da verificare e dimensionare idraulicamente.

### 3.2 Invarianza idraulica

Come già illustrato al precedente Paragrafo 2.2, in base alle formule adottate dalla vigente normativa (Art. 9 del Piano Stralcio) risulta di fondamentale importanza la determinazione delle superfici permeabili, semipermeabili ed impermeabili nello stato ante e post operam, all'interno del perimetro d'intervento.

Per la specificità di questo progetto, che in molti tratti va ad intervenire su porzioni di sedime stradale esistente e conseguentemente anche sui relativi fossi di guardia laterali, si ritiene più semplice ed al tempo stesso più cautelativo condurre i calcoli d'invarianza idraulica assumendo come stato di partenza (ante operam) dell'intero sedime viabile principale della strada e relative rotatorie (14453 mq) quello originario a verde e/o agricolo, ipotizzando dunque per esso uno stato iniziale totalmente permeabile (e quindi conteggiando i fossi laterali non solo per la quota di "potenziamento della sagoma", ma per l'intera geometria come partecipante all'invaso e laminazione delle acque). Tra le nuove superfici impermeabili, vi sono anche i marciapiedi del nuovo viadotto (583 mq). Tra le nuove superfici semipermeabili, vanno annoverate le varie rampe di accesso a proprietà private e agli argini e i percorsi pedonali previsti da progetto (538 mq).

Vanno inoltre considerate, come azioni virtuose, le varie "desigillature" previste con la demolizione degli asfalti su un tratto stradale significativo, dallo scolo Fossola fino al nuovo viadotto (1100 mq), sistemata a stabilizzato/macadam e dunque semipermeabile, con la demolizione del vecchio ponte (455 mq) e sottostante alveo ovviamente permeabile e con la rinaturalizzazione a verde, dunque permeabile, di due tratti di strada a sud (480 mq), vicino all'attuale prima curva a 90°.

Tutte le superfici sopra elencate sono facilmente individuate nella planimetria schematizzata riportata alla pagina seguente.

Se ne deduce, quindi, che il saldo complessivo di "impermeabilizzazione" conseguente al presente progetto è pari a:

$$S_{\text{NEW,IMP}} = 14453 + 583 + (538/2) - 455 - 480 - (1100/2) = \mathbf{13820 \text{ mq}}$$

Al Paragrafo 6 si riportano tutte le stime – secondo le metodologie previste dal PAI e dal Regolamento di Polizia consorziale – dei volumi di compensazione da reperire per garantire la piena invarianza idraulica dell'intervento in esame; poi, si individuano tipologicamente e geograficamente, oltre che sotto l'aspetto quantitativo, i volumi progettualmente reperiti, in risposta alla predetta esigenza.

## KEYPLAN DELLE SUPERFICI D'INTERVENTO MODIFICATE IN TERMINI DI PERMEABILITA'

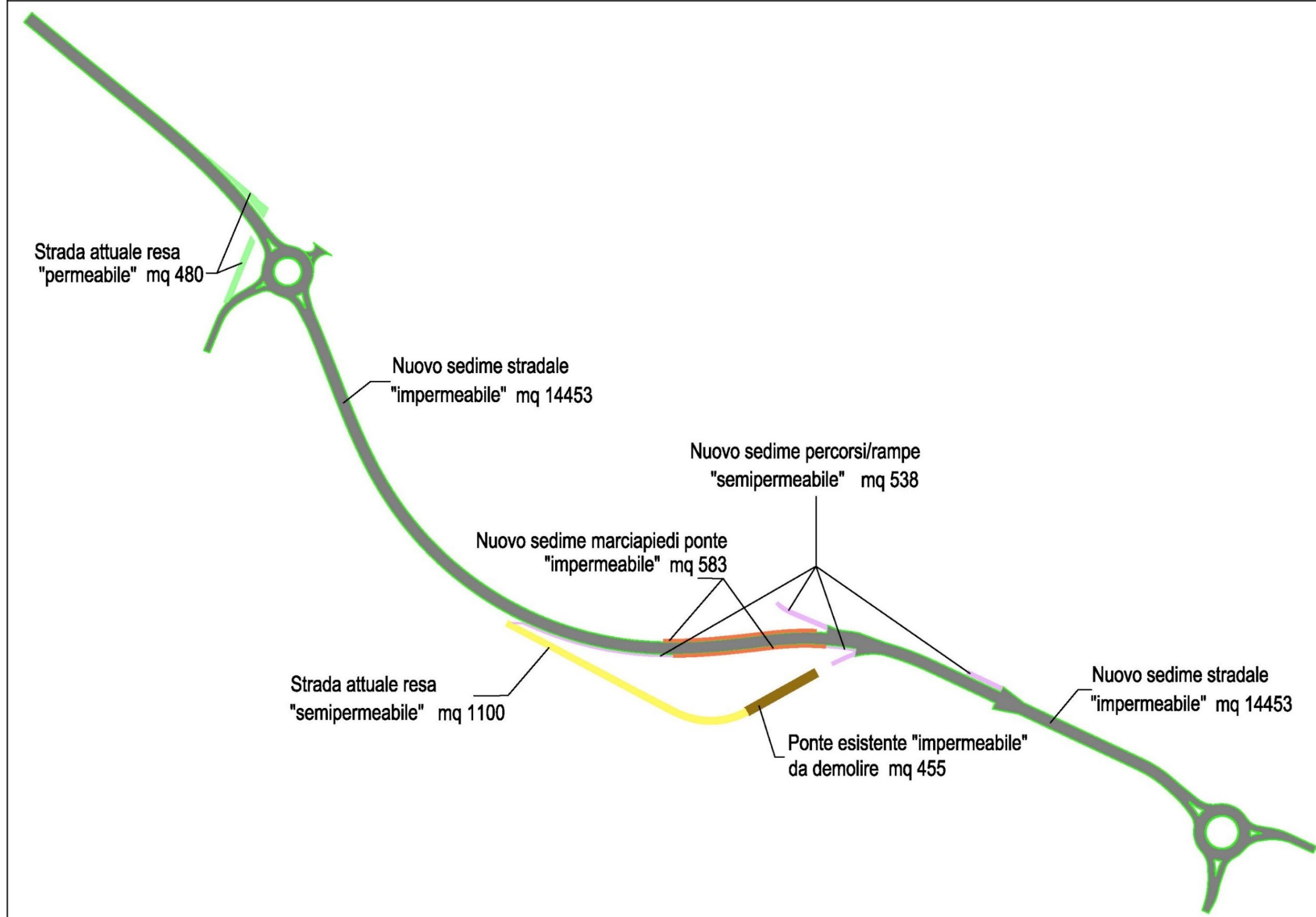


Figura 8: Schema planimetrico delle superfici impermeabili, semipermeabili ed impermeabili nello stato di progetto

#### 4 Stima delle sollecitazioni idrologiche sugli scoli di bonifica

Le leggi di pioggia (o leggi di possibilità pluviometrica) qui utilizzate sono fornite dal Regolamento di Polizia del Consorzio, suddivise per durate di pioggia maggiori o inferiori all'ora.

Per il caso in esame, i tempi di pioggia critici sono sempre superiori a 1 ora e pertanto la tabella delle leggi di possibilità climatica assunta è:

|        | a  | n    |
|--------|----|------|
| TR 10  | 35 | 0.33 |
| TR 30  | 48 | 0.30 |
| TR 50  | 54 | 0.28 |
| TR 200 | 72 | 0.28 |

Le portate massime vengono calcolate con la nota formula del "metodo razionale".

$$Q = k \cdot C \cdot i_c \cdot A_{tot}$$

Il coefficiente di deflusso C si stima come media pesata tra il valore di 0.40 - per i terreni forlivesi, come indicato di massima a pag. 10 della Direttiva Tecnica del PAI ("*... Al fine di una corretta interpretazione, è da sottolineare che i territori di pianura posti a ovest e a nord del fiume Savio hanno un comportamento tendenzialmente diverso da quelli posti a sud e ad est, a causa di una diversa conformazione idrografica che porta a pendenze minori e a percorsi idraulici più lunghi e con maggiore capacità di invaso. Questo evidenzia la non omogeneità delle risposte alle piogge che si traduce in diversi valori del coefficiente idrometrico (portata prodotta per unità di area del bacino) nei due casi. Per tenere conto della diversificazione del territorio, è opportuno adottare coefficienti di deflusso più alti nella parte a est e sud del fiume Savio, e tempi di corrivazione tendenzialmente più rapidi. I coefficienti di deflusso orientativi per la parte ovest e nord sono indicati in valori di 0,4-0,5, e per la parte sud ed est in valori di 0,5-0,6 ...") e come formulato anche al punto d) del paragrafo 5 delle "Linee guida per calcoli e verifiche idrauliche – Nuovi manufatti in alveo" del Regolamento di Polizia consorziale, ove si dice che "*... in assenza di valutazioni approfondite, si potranno utilizzare i valori minimi pari a 0.40 per i bacini agricoli di pianura ...*" - e il valore di 0.80 - per l'aliquota di terreni urbanizzati, quantificati percentualmente dal Consorzio, parametro cautelativo desunto dalla manualistica di settore e dall'esperienza ingegneristica/progettuale -.*

Si ottiene così  $C = 0.412$  per lo scolo Fossola e  $C = 0.404$  per lo scolo Fossola 3<sup>a</sup> Ramo.

Inoltre, come si vede dai fogli, si utilizza la formula del Pasini ricalibrata dal Prof. Ing. Brath (2002), valida per i territori della pianura, quando  $A_{tot} > 1 \text{ km}^2$ , e la formula di Ongaro, quando  $A_{tot} < 1 \text{ km}^2$ , per il calcolo del tempo di corrivazione  $T_c$  di ogni bacino, cioè il tempo che impiega la goccia caduta più lontana ad arrivare alla sezione di chiusura d'interesse e che si assume coincidente con la durata di pioggia  $T_p$  più critica per la portata massima al picco generata dall'evento pluviometrico eccezionale a prefissato tempo di ritorno  $T_r$ .

Si specifica da subito che, all'altezza delle tombature esistenti/di progetto, il bacino idrografico tributario dello Scolo Fossola è pari a  $2.52 \text{ km}^2$  (dei complessivi  $3.14 \text{ km}^2$ , ove la parte mancante è quasi completamente imputabile al bacino del Fossola 3<sup>a</sup> ramo), mentre per lo scolo Fossola 3<sup>a</sup> Ramo è pari a  $0.56 \text{ km}^2$  (dei complessivi  $0.59 \text{ km}^2$ : cautelativamente, nei calcoli si assumerà quest'ultimo dato).

Si riportano di seguito i calcoli delle portate idrologiche massime svolti per entrambi gli scoli.



## 4.1 Tombinature sullo scolo "Fossola"



Consorzio di  
Bonifica della Romagna

compilare i campi in rosso

### CALCOLO DELLA PORTATA DI PROGETTO ( $Q_{200_s}$ , $Q_{50_s}$ , $Q_{30_s}$ , $Q_{10_s}$ )

Canale Consorziale: **Fossola**

Si adotta il metodo razionale

$$Q = k \cdot C \cdot i_c \cdot A$$

ove:

k = fattore di correzione delle unità di misura = 0,278

C = coefficiente di afflusso

$i_c$  = intensità della pioggia di progetto (mm/h)

A = Superficie del bacino (kmq)

#### Stima del coefficiente di afflusso (C)

Il coefficiente di afflusso deve essere determinato dal progettista. Si riporta, a riferimento, la tabella proposta da G. Benini ("Sistemazioni idraulico forestali" - 1990)

|                        |        | Tipo di suolo   |                          |                  |
|------------------------|--------|-----------------|--------------------------|------------------|
|                        |        | Terreno leggero | Terreno di medio impasto | Terreno compatto |
| Vegetazione e pendenza |        |                 |                          |                  |
| Boschi                 | < 10 % | 0,13            | 0,18                     | 0,25             |
|                        | > 10 % | 0,16            | 0,21                     | 0,36             |
| Pascoli                | < 10 % | 0,16            | 0,16                     | 0,22             |
|                        | > 10 % | 0,22            | 0,42                     | 0,62             |
| Colture agrarie        | < 10 % | 0,40            | 0,60                     | 0,70             |
|                        | > 10 % | 0,52            | 0,72                     | 0,82             |

Si assume C= **0.412**

#### Calcolo del tempo di corrivazione

Per i bacini di montagna si adotta la formula di Pezzoli (1970):

$$t_c = 0,055 \frac{L}{i^{0,5}}$$

$t_c$  = tempo di corrivazione (ore)

ove: L = lunghezza dell'asta principale estesa fino allo spartiacque (Km)

i = pendenza media dell'asta principale

Per i canali di pianura si adotta la formula di Pasini ricalibrata da Brath, 2002

$$t_c = 0,8 \cdot \frac{0,108 \cdot \sqrt[3]{A_{tot}} \cdot L}{\sqrt{i}}$$

$t_c$  = tempo di corrivazione (ore)

L = lunghezza dell'asta principale estesa allo spartiacque (Km)

$A_{tot}$  = estensione bacino idrografico (Kmq)

$i_{tot}$  = pendenza media dell'intera asta principale (m/m)

Tipologia bacino (m/p):

$A_{tot}$  =

**p**

**3.14 kmq**

L =

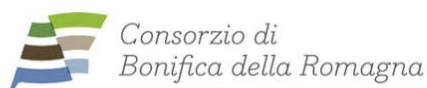
**5.44 Km**

$i_{tot}$  =

**0.00700 m/m**

$t_c$  =

**2.66 ore**

**Stima dell'intensità di precipitazione critica ( $i_c$ )**

Curve di possibilità climatica:

$$h_p(TR) = a(TR) \cdot d^{n(TR)} \quad i_p(TR) = h_p(TR) / d$$

ove:

 $h_p$  = altezza di precipitazione (mm) $i_p$  = intensità di precipitazione (mm/h) $d$  = durata della precipitazione (ore) $a - n$  = parametri desunti dall'interpolazione dei valori sperimentali $TR$  = tempo di ritorno

Per fissati valori del tempo di ritorno e per le diverse zone, il PAI suggerisce:

per  $T_p \geq 1h$ 

| TR<br>(anni) | a      |        |       |         | n      |        |       |         |
|--------------|--------|--------|-------|---------|--------|--------|-------|---------|
|              | Rimini | Cesena | Forlì | Ravenna | Rimini | Cesena | Forlì | Ravenna |
| 10           | 40.86  | 35     | 35    | 35      | 0.28   | 0.33   | 0.33  | 0.33    |
| 30           | 51.09  | 51     | 48    | 51      | 0.27   | 0.29   | 0.30  | 0.28    |
| 50           | 55.76  | 58     | 54    | 58      | 0.27   | 0.29   | 0.28  | 0.30    |
| 200          | 76.63  | 74     | 72    | 74      | 0.26   | 0.29   | 0.28  | 0.30    |

Per il caso in esame si adotta, a discrezione del progettista:

|        | a  | n    | $h_p$ | $i_p$ |
|--------|----|------|-------|-------|
| TR 10  | 35 | 0.33 | 48.33 | 18.17 |
| TR 30  | 48 | 0.30 | 64.37 | 24.20 |
| TR 50  | 54 | 0.28 | 71.01 | 26.70 |
| TR 200 | 72 | 0.28 | 94.68 | 35.60 |

**Calcolo della portata di progetto alla sezione terminale dello scolo**

$$Q = k \cdot C \cdot i_c \cdot A_{tot}$$

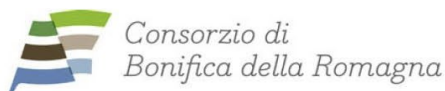
|                  |                           |             |  |
|------------------|---------------------------|-------------|--|
| $Q_{10, TOT} =$  | 6.54 m <sup>3</sup> /sec  | $q_{10} =$  | 2.08 m <sup>3</sup> /sec/Km <sup>2</sup> |
| $Q_{30, TOT} =$  | 8.70 m <sup>3</sup> /sec  | $q_{30} =$  | 2.77 m <sup>3</sup> /sec/Km <sup>2</sup> |
| $Q_{50, TOT} =$  | 9.60 m <sup>3</sup> /sec  | $q_{50} =$  | 3.06 m <sup>3</sup> /sec/Km <sup>2</sup> |
| $Q_{200, TOT} =$ | 12.80 m <sup>3</sup> /sec | $q_{200} =$ | 4.08 m <sup>3</sup> /sec/Km <sup>2</sup> |

**Calcolo della portata di progetto alla sezione da verificare**

$A_S =$  2.52 Km<sup>2</sup> Area bacino chiuso alla sezione da verificare

|                |                           |
|----------------|---------------------------|
| $Q_{10, S} =$  | 5.25 m <sup>3</sup> /sec  |
| $Q_{30, S} =$  | 6.99 m <sup>3</sup> /sec  |
| $Q_{50, S} =$  | 7.71 m <sup>3</sup> /sec  |
| $Q_{200, S} =$ | 10.28 m <sup>3</sup> /sec |

Figura 9: Portate idrologiche a prefissato  $Tr$  dello scolo Fossola

4.2 Tombinature sullo scolo "Fossola 3<sup>a</sup> Ramo"

compilare i campi in rosso

CALCOLO DELLA PORTATA DI PROGETTO ( $Q_{200\_s}$ ,  $Q_{30\_s}$ )Canale Consorziale: **Fossola 3<sup>a</sup> Ramo**

Si adotta il metodo razionale

$$Q = k \cdot C \cdot i_c \cdot A$$

ove:

k = fattore di correzione delle unità di misura = 0,278

C= coefficiente di afflusso

 $i_c$  = intensità della pioggia di progetto (mm/h)

A = Superficie del bacino (kmq)

## Stima del coefficiente di afflusso (C)

Il coefficiente di afflusso deve essere determinato dal progettista. Si riporta, a riferimento, la tabella proposta da G. Benini ("Sistemazioni idraulico forestali" - 1990)

|                        |        | Tipo di suolo   |                          |                  |
|------------------------|--------|-----------------|--------------------------|------------------|
|                        |        | Terreno leggero | Terreno di medio impasto | Terreno compatto |
| Vegetazione e pendenza |        |                 |                          |                  |
|                        |        |                 |                          |                  |
| Boschi                 | < 10 % | 0,13            | 0,18                     | 0,25             |
|                        | > 10 % | 0,16            | 0,21                     | 0,36             |
| Pascoli                | < 10 % | 0,16            | 0,16                     | 0,22             |
|                        | > 10 % | 0,22            | 0,42                     | 0,62             |
| Colture agrarie        | < 10 % | 0,40            | 0,60                     | 0,70             |
|                        | > 10 % | 0,52            | 0,72                     | 0,82             |

Si assume C= **0.404**

## Calcolo del tempo di corrivazione

Per i bacini di montagna si adotta la formula di Pezzoli (1970):

$$t_c = 0,055 \frac{L}{i^{0,5}}$$

ove:  $t_c$  = tempo di corrivazione (ore)  
 $L$  = lunghezza dell'asta principale estesa fino allo spartiacque (Km)  
 $i$  = pendenza media dell'asta principale

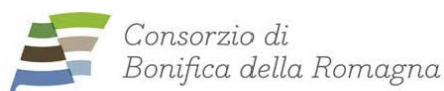
Per i canali di pianura si adotta la formula di Ongaro ( $A_{tot} < 1,0$  Km<sup>2</sup>)

$$t_c = 0,18 \sqrt[3]{A_{tot} L}$$

$t_c$  = tempo di corrivazione (ore)  
 $L$  = lunghezza dell'asta principale estesa allo spartiacque (Km)  
 $A_{tot}$  = estensione bacino idrografico (Km<sup>2</sup>)  
 $i_{tot}$  = pendenza media dell'intera asta principale (m/m)

Tipologia bacino (m/p):

 $A_{tot}$  = **0.59** km<sup>2</sup> $L$  = **1.34** Km $i_{tot}$  = **0.00350** m/m $t_c$  = **3.99** ore

**Stima dell'intensità di precipitazione critica ( $i_c$ )**

Curve di possibilità climatica:

$$h_p(TR) = a(TR) \cdot d^{n(TR)} \quad i_p(TR) = h_p(TR) / d$$

ove:

 $h_p$  = altezza di precipitazione (mm) $i_p$  = intensità di precipitazione (mm/h) $d$  = durata della precipitazione (ore) $a - n$  = parametri desunti dall'interpolazione dei valori sperimentali $TR$  = tempo di ritorno

Per fissati valori del tempo di ritorno e per le diverse zone, il PAI suggerisce:

per  $Tp \geq 1h$ 

| TR<br>(anni) | a      |        |       |         | n      |        |       |         |
|--------------|--------|--------|-------|---------|--------|--------|-------|---------|
|              | Rimini | Cesena | Forlì | Ravenna | Rimini | Cesena | Forlì | Ravenna |
| 10           | 40.86  | 35     | 35    | 35      | 0.28   | 0.33   | 0.33  | 0.33    |
| 30           | 51.09  | 51     | 48    | 51      | 0.27   | 0.29   | 0.30  | 0.28    |
| 50           | 55.76  | 58     | 54    | 58      | 0.27   | 0.29   | 0.28  | 0.30    |
| 200          | 76.63  | 74     | 72    | 74      | 0.26   | 0.29   | 0.28  | 0.30    |

Per il caso in esame si adotta, a discrezione del progettista:

|        | a  | n    | $h_p$  | $i_p$ |
|--------|----|------|--------|-------|
| TR 10  | 35 | 0.33 | 55.28  | 13.84 |
| TR 30  | 48 | 0.30 | 72.72  | 18.21 |
| TR 50  | 54 | 0.28 | 79.58  | 19.92 |
| TR 200 | 72 | 0.28 | 106.11 | 26.56 |

**Calcolo della portata di progetto alla sezione terminale dello scolo**

$$Q = k \cdot C \cdot i_c \cdot A_{tot}$$

|                  |                          |             |  |
|------------------|--------------------------|-------------|--|
| $Q_{10, TOT} =$  | 0.92 m <sup>3</sup> /sec | $q_{10} =$  | 1.55 m <sup>3</sup> /sec/Km <sup>2</sup> |
| $Q_{30, TOT} =$  | 1.21 m <sup>3</sup> /sec | $q_{30} =$  | 2.04 m <sup>3</sup> /sec/Km <sup>2</sup> |
| $Q_{50, TOT} =$  | 1.32 m <sup>3</sup> /sec | $q_{50} =$  | 2.24 m <sup>3</sup> /sec/Km <sup>2</sup> |
| $Q_{200, TOT} =$ | 1.76 m <sup>3</sup> /sec | $q_{200} =$ | 2.98 m <sup>3</sup> /sec/Km <sup>2</sup> |

**Calcolo della portata di progetto alla sezione da verificare** $A_S =$  0.59 Km<sup>2</sup> Area bacino chiuso alla sezione da verificare

|                |                          |
|----------------|--------------------------|
| $Q_{10, S} =$  | 0.92 m <sup>3</sup> /sec |
| $Q_{30, S} =$  | 1.21 m <sup>3</sup> /sec |
| $Q_{50, S} =$  | 1.32 m <sup>3</sup> /sec |
| $Q_{200, S} =$ | 1.76 m <sup>3</sup> /sec |

Figura 10: Portate idrologiche a prefissato  $Tr$  dello scolo Fossola 3<sup>a</sup> Ramo

## 5 Stima della risposta idraulica delle tombinature sugli scoli di bonifica

Come premessa generale, si ricorda che, nel dimensionamento di una nuova tombinatura occorre verificare prima l'ufficiosità idraulica della sezione a cielo aperto contermine, comunque sempre da garantire, e poi la capacità di smaltire i picchi di portata a prefissato tempo di ritorno (almeno  $Tr = 30$  anni, come fissato dal PAI nella Direttiva tecnica, e comunque da concordare con il competente Consorzio di Bonifica).

Per il nullaosta di tollerabilità di opere esistenti, cioè per i due tombini della S.P. 27bis esistenti sullo scolo Fossola (lunghezza di circa 6.3 metri) e sullo scolo Fossola 3<sup>a</sup> ramo (lunghezza di circa 8.2 metri), occorre accertare una "prestazionalità idraulica minima", solitamente fissata dal Consorzio di Bonifica nel passaggio di una piena con "almeno"  $Tr = 10$  anni per i canali secondari e  $Tr = 30$  anni per i canali principali.

Per quanto riguarda il coefficiente di scabrezza, il Regolamento di Polizia consorziale adotta la formula di Bazin II e fissa i seguenti valori di  $\gamma$ :

- 1.30 per canali inerbiti ben mantenuti;
- 1.00 per manufatti di sviluppo inferiore a 12 metri;
- 0.85 per manufatti di sviluppo maggiore di 12 metri.

salvo diverse prescrizioni del Consorzio.

Occorre specificare in breve come sono stati considerati i livelli massimi di piena nei tombini e nelle sezioni a cielo aperto, circostanza dalla quale discende la stima del franco idraulico (fissato, dal Consorzio di Bonifica, in 30 cm minimi).

In pratica, si è imposto un franco minimo di 30 cm in tutte le nuove opere (tombinature) per cui, una volta fissata l'altezza utile interna e quindi il massimo tirante idrico (170 cm per lo scolo Fossola, essendo la sagoma 250x200 cm, e 120 cm per lo scolo Fossola 3<sup>a</sup> Ramo, essendo la sagoma 150x150 cm, come si specificherà nel seguito), si è ovviamente considerato quest'ultimo valore presente anche nelle sezioni a cielo aperto poste appena prima e dopo dell'opera, per continuità di profilo idraulico in condizioni di moto permanente e quasi uniforme.

Nel solo scolo Fossola ciò comporta una verifica con franco  $< 30$  cm, condizione mantenuta a tutela del dimensionamento dei nuovi manufatti in quanto determinante una portata idrica maggiore come ufficiosità idraulica del canale da garantire.

La pendenza media del fondo canale è pari a circa il 3 per mille nello scolo Fossola e il 4 per mille nello scolo Fossola 3<sup>a</sup> Ramo (valori usati per il calcolo di  $Q_s$ , portata massima della sezione a cielo aperto).

La pendenza di fondo delle due tombinature attuali è, da rilievo, pari a circa il 3 per mille nel Fossola e il 3.5 per mille nel Fossola 3<sup>a</sup> Ramo; per i tombini di progetto, verificata la pendenza di fondo presente nel punto preciso di installazione dei tombini, si ha una pendenza di fondo sempre del 3 per mille per il Fossola e del 7,3 per mille nel Fossola 3<sup>a</sup> Ramo.

Come già descritto al Paragrafo 3, le tombinature esistenti sui due scoli sono entrambe ad arco a tutto sesto, realizzate in opera; di esse si è considerata la sagoma rettangolare equivalente, cioè quella con identica sezione trasversale a quella reale, utile – con buona approssimazione di calcolo – alla verifica idraulica semplificata atta all'eventuale rilascio del nulla-osta di tollerabilità:

- scolo Fossola: larghezza 146 cm, altezza imposte pareti verticali 115 cm, altezza complessiva 188 cm (altezza sez. rettangolare equivalente: 172 cm)
- scolo Fossola 3<sup>a</sup> Ramo: larghezza 90 cm, altezza imposte pareti verticali 115 cm, altezza complessiva 160 cm (altezza sez. rettangolare equivalente: 150 cm)

Il criterio di “valutazione prestazionale ottimale” delle nuove tombinature è stato quello di garantire con le nuove sagome degli scatolari il passaggio di  $Q_s$  e almeno della piena cinquantennale ( $Tr = 50$  anni) con il franco richiesto di 30 cm e, prima di andare in pressione, anche la piena bisecolare ( $Tr = 200$  anni), pur in presenza di franco più ridotto.

Ciò ha portato ai seguenti dimensionamenti:

- scolo Fossola: larghezza 250 cm, altezza 200 cm (tirante idrico ottimale: 170 cm)
- scolo Fossola 3<sup>a</sup> Ramo: larghezza 150 cm, altezza 150 cm (tirante idrico ottimale: 120 cm)

Si procede nel seguito all'illustrazione di tutti i calcoli condotti, alla luce dei quali a seguire saranno riportate le conseguenti scelte progettuali.

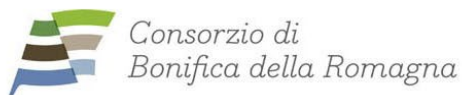
### 5.1 Officiosità idraulica delle sezioni a cielo aperto dei due scoli

Per la stima dell'officiosità idraulica del canale, si è considerata la sezione tipo trapezoidale desumibile dal rilievo topografico effettuato, utilizzando la larghezza in sommità e l'altezza utile dal ciglio sommitale minori; nel caso specifico, d'altronde, la variabilità di tali grandezze nell'ambito del presente intervento è assai limitata.

Come già anticipato, mantenendo come riferimento l'altezza interna delle nuove tombinature ed il franco di 30 cm da esse, il tirante di riferimento negli alvei a cielo aperto sono stati assunti pari a 170 cm per il Fossola e 120 cm per il Fossola 3<sup>a</sup> Ramo.

Le portate  $Q_s$  limite delle sezioni a cielo sono conseguentemente le seguenti:

- $Q_s = 8.56$  mc/s      per lo scolo Fossola;
- $Q_s = 4.03$  mc/s      per lo scolo Fossola 3<sup>a</sup> Ramo;



compilare i campi in rosso

**CALCOLO DELLA OFFICIOSITA' ALLA SEZIONE S ( $Q_s$ )**Canale Consorziale: **Fossola**

Condizioni approssimate di moto uniforme

**Formula di Bazin II**

$$Q = AV$$

$$V = K \sqrt{RJ}$$

$$K = \frac{87 \sqrt{R}}{\sqrt{R} + y}$$

A = Area sezione utile

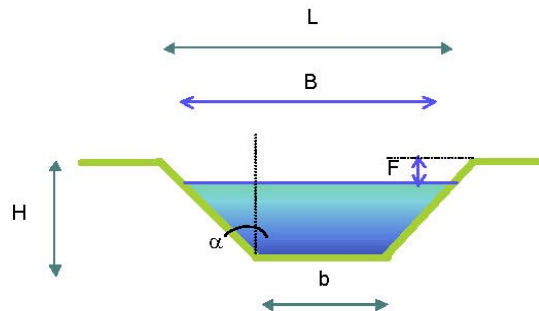
R = raggio idraulico = A/C

C = Contorno bagnato

J = Pendenza

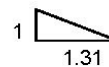
 $\gamma$  = coefficiente di scabrezza

F = franco di sicurezza o di bonifica



L = 5.55 m  
 b = 0.70 m  
 H = 1.85 m  
 F = 0.15 m  
 J = 0.00300 m/m

tg( $\alpha$ ) = 1.31  $\Rightarrow$  pendenza sponde = ctg( $\alpha$ ) = 1/ 1.31  
 B = 5.16 m  
 A = 4.98 mq  
 C = 6.31 m  
 R = 0.79 m



Canali in terra con vegetazione soggetti a diserbo regolare

 $\gamma = 1.30 \text{ m}^{1/2}$ 

K = 35.32

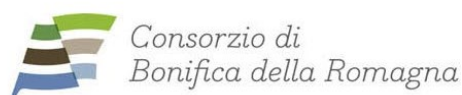
V = 1.72 m/sec

 **$Q_s = 8.56 \text{ mc/sec}$** ☒ Atot > 1 kmq

selezionare o meno il flag in base al caso specifico

|               |              |               |                              |
|---------------|--------------|---------------|------------------------------|
| $Q_{10,S} =$  | 5.25 mc/sec  | $\Rightarrow$ | sezione verificata a Q10     |
| $Q_{30,S} =$  | 6.99 mc/sec  | $\Rightarrow$ | sezione verificata a Q30     |
| $Q_{50,S} =$  | 7.71 mc/sec  | $\Rightarrow$ | sezione verificata a Q50     |
| $Q_{200,S} =$ | 10.28 mc/sec | $\Rightarrow$ | sezione insufficiente a Q200 |

Figura 11: Stima dell'officiosità idraulica della sezione "minima" a cielo aperto dello scolo Fossola, con franco idraulico pari a 30 cm rispetto all'intradosso della tombinatura di progetto (vedasi al paragrafo 5.4)



compilare i campi in rosso

**CALCOLO DELLA OFFICIOSITA' ALLA SEZIONE S (Q<sub>S</sub>)**Canale Consorziale: **Fossola 3<sup>a</sup> Ramo**Condizioni approssimate di moto uniforme**Formula di Bazin II**

$$Q = AV$$

$$V = K \sqrt{RJ}$$

$$K = \frac{87 \sqrt{R}}{\sqrt{R} + y}$$

A = Area sezione utile

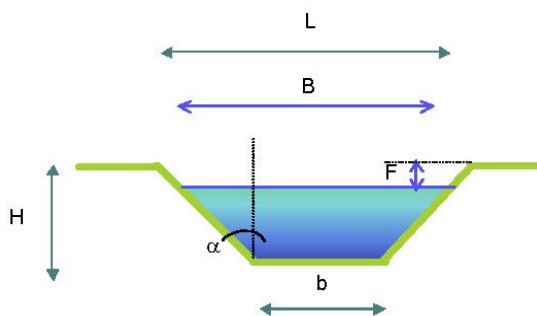
R = raggio idraulico = A/C

C = Contorno bagnato

J = Pendenza

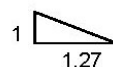
γ = coefficiente di scabrezza

F = franco di sicurezza o di bonifica



L = 4.60 m  
 b = 0.65 m  
 H = 1.55 m  
 F = 0.35 m  
 J = 0.00400 m/m

tg(α) = 1.27 ⇒ pendenza sponde = ctg(α) = 1 / 1.27  
 B = 3.71 m  
 A = 2.61 mq  
 C = 4.54 m  
 R = 0.58 m



Canali in terra con vegetazione soggetti a diserbo regolare

γ = 1.30 m<sup>1/2</sup>

K = 32.07

V = 1.54 m/sec

Q<sub>S</sub> = 4.03 mc/sec☐ Atot > 1 kmq

selezionare o meno il flag in base al caso specifico

|                       |             |   |                           |
|-----------------------|-------------|---|---------------------------|
| Q <sub>10, S</sub> =  | 0.92 mc/sec | ⇒ | sezione verificata a Q10  |
| Q <sub>30, S</sub> =  | 1.21 mc/sec | ⇒ | sezione verificata a Q30  |
| Q <sub>50, S</sub> =  | 1.32 mc/sec | ⇒ | sezione verificata a Q50  |
| Q <sub>200, S</sub> = | 1.76 mc/sec | ⇒ | sezione verificata a Q200 |

Figura 12: Stima dell'officiosità idraulica della sezione "minima" a cielo aperto dello scolo Fossola 3<sup>a</sup> Ramo, con franco idraulico pari a 30 cm rispetto all'intradosso della tombinatura di progetto (vedasi al paragrafo 5.5)



## 5.2 Tombinatura esistente sullo scolo "Fossola"



Consorzio di  
Bonifica della Romagna

compilare i campi in rosso

CALCOLO DELLA OFFICIOSITA' AL MANUFATTO ( $Q_M$ )

Canale Consorziale:

**Fossola**

Manufatto rettangolare

## Formula di Bazin II

$$Q = AV$$

$$V = K \sqrt{RJ}$$

$$K = \frac{87 \sqrt{R}}{\sqrt{R} + \gamma}$$

A = Area tombinata

R = A/C

C = Contorno bagnato

J = Pendenza dello scolare

$\gamma$  = coefficiente di scabrezza

franco = **0.30 m**

J = **0.00300 m/m**

Canali in terra regolari con erbe basse

$\gamma$  = **1.00 m<sup>1/2</sup>**

## SCATOLARI PREFABBRICATI (franco F)

| base (mm) |   | altezza (mm) | Area (mq) | R    | K     | V (m/sec) | Officiosità $Q_M$ (mc/sec) |
|-----------|---|--------------|-----------|------|-------|-----------|----------------------------|
| 1000      | x | 800          | 0.50      | 0.25 | 29.00 | 0.79      | 0.40                       |
| 1200      | x | 800          | 0.60      | 0.27 | 29.85 | 0.85      | 0.51                       |
| 1200      | x | 1000         | 0.84      | 0.32 | 31.53 | 0.98      | 0.82                       |
| 1500      | x | 1000         | 1.05      | 0.36 | 32.68 | 1.08      | 1.13                       |
| 1600      | x | 1000         | 1.12      | 0.37 | 33.00 | 1.10      | 1.24                       |
| 1750      | x | 1000         | 1.23      | 0.39 | 33.42 | 1.14      | 1.40                       |
| 2000      | x | 1000         | 1.40      | 0.41 | 34.01 | 1.20      | 1.67                       |
| 2500      | x | 1000         | 1.75      | 0.45 | 34.90 | 1.28      | 2.24                       |
| 2100      | x | 1100         | 1.68      | 0.45 | 35.02 | 1.29      | 2.17                       |
| 2000      | x | 1250         | 1.90      | 0.49 | 35.76 | 1.37      | 2.60                       |
| 2250      | x | 1250         | 2.14      | 0.52 | 36.35 | 1.43      | 3.06                       |
| 2500      | x | 1250         | 2.38      | 0.54 | 36.85 | 1.48      | 3.52                       |
| 3000      | x | 1250         | 2.85      | 0.58 | 37.64 | 1.57      | 4.48                       |
| 2000      | x | 1500         | 2.40      | 0.55 | 36.96 | 1.50      | 3.59                       |
| 2500      | x | 1500         | 3.00      | 0.61 | 38.19 | 1.64      | 4.91                       |
| 3000      | x | 1500         | 3.60      | 0.67 | 39.11 | 1.75      | 6.30                       |
| 3500      | x | 1500         | 4.20      | 0.71 | 39.81 | 1.84      | 7.73                       |
| 2200      | x | 1700         | 3.08      | 0.62 | 38.26 | 1.64      | 5.07                       |
| 2500      | x | 1750         | 3.63      | 0.67 | 39.18 | 1.76      | 6.37                       |
| 2750      | x | 1750         | 3.99      | 0.71 | 39.72 | 1.83      | 7.29                       |
| 3000      | x | 1750         | 4.35      | 0.74 | 40.19 | 1.89      | 8.22                       |
| 3500      | x | 1800         | 5.25      | 0.81 | 41.18 | 2.03      | 10.64                      |
| 2500      | x | 2000         | 4.25      | 0.72 | 39.94 | 1.86      | 7.89                       |
| 2750      | x | 2000         | 4.68      | 0.76 | 40.52 | 1.94      | 9.05                       |
| 3000      | x | 2000         | 5.10      | 0.80 | 41.03 | 2.01      | 10.23                      |
| 3250      | x | 2000         | 5.53      | 0.83 | 41.49 | 2.07      | 11.44                      |
| 3000      | x | 2250         | 5.85      | 0.85 | 41.71 | 2.10      | 12.30                      |
| 3750      | x | 2000         | 6.38      | 0.89 | 42.25 | 2.19      | 13.93                      |
| 4000      | x | 2000         | 6.80      | 0.92 | 42.58 | 2.24      | 15.20                      |
| 3500      | x | 2250         | 6.83      | 0.92 | 42.62 | 2.24      | 15.30                      |
| 3750      | x | 2250         | 7.31      | 0.96 | 43.01 | 2.30      | 16.84                      |
| 4000      | x | 2200         | 7.60      | 0.97 | 43.22 | 2.34      | 17.76                      |
| 4000      | x | 2250         | 7.80      | 0.99 | 43.36 | 2.36      | 18.41                      |
| 4000      | x | 2500         | 8.80      | 1.05 | 44.01 | 2.47      | 21.71                      |
| 4500      | x | 2500         | 9.90      | 1.11 | 44.66 | 2.58      | 25.54                      |
| 5000      | x | 3000         | 13.50     | 1.30 | 46.33 | 2.89      | 39.03                      |
| 6000      | x | 3000         | 16.20     | 1.42 | 47.31 | 3.09      | 50.04                      |

Dimensione scelta (standard o utente):

**1460** x **1720**      2.07      0.48      35.65      1.36      **2.81**

Verifiche:

☒ Abot > 1 kmq

selezionare o meno il flag in base al caso specifico

$Q_S$  = 8.56 mc/sec

$Q_{10\_S}$  = 5.25 mc/sec

$Q_{30\_S}$  = 6.99 mc/sec

$Q_{50\_S}$  = 7.71 mc/sec

$Q_{200\_S}$  = 10.28 mc/sec

Scatolare insufficiente alla  $Q_S$

Scatolare insufficiente alla  $Q_{10}$

Scatolare insufficiente alla  $Q_{30}$

Scatolare insufficiente alla  $Q_{50}$

Scatolare insufficiente alla  $Q_{200}$

Figura 13: Stima dell'officiosità idraulica della tombinatura esistente dello scolo Fossola - Franco 30 cm



Consorzio di  
Bonifica della Romagna

compilare i campi in rosso

### CALCOLO DELLA OFFICIOSITA' AL MANUFATTO ( $Q_M$ )

Canale Consorziale:

**Fossola**

Manufatto rettangolare

Formula di Bazin II

$$Q = AV$$

$$V = K \sqrt{RJ}$$

$$K = \frac{87 \sqrt{R}}{\sqrt{R} + \gamma}$$

A = Area tominata

R = A/C

C = Contorno bagnato

J = Pendenza dello scatolare

$\gamma$  = coefficiente di scabrezza

franco = **0.01** m

J = **0.00300** m/m

Canali in terra regolari con erbe basse

$\gamma$  = **1.00** m<sup>1/2</sup>

| SCATOLARI PREFABBRICATI (franco F) |   |                 |              |      |       |                               |
|------------------------------------|---|-----------------|--------------|------|-------|-------------------------------|
| base<br>(mm)                       |   | altezza<br>(mm) | Area<br>(mq) | R    | K     | Officiosità $Q_M$<br>(mc/sec) |
| 1000                               | x | 800             | 0.79         | 0.31 | 30.99 | 0.84                          |
| 1200                               | x | 800             | 0.95         | 0.34 | 32.07 | 1.03                          |
| 1200                               | x | 1000            | 1.19         | 0.37 | 33.00 | 1.10                          |
| 1500                               | x | 1000            | 1.49         | 0.43 | 34.38 | 1.23                          |
| 1600                               | x | 1000            | 1.58         | 0.44 | 34.75 | 1.27                          |
| 1750                               | x | 1000            | 1.73         | 0.46 | 35.26 | 1.32                          |
| 2000                               | x | 1000            | 1.98         | 0.50 | 35.98 | 1.39                          |
| 2500                               | x | 1000            | 2.48         | 0.55 | 37.09 | 1.51                          |
| 2100                               | x | 1100            | 2.29         | 0.53 | 36.75 | 1.47                          |
| 2000                               | x | 1250            | 2.48         | 0.55 | 37.12 | 1.51                          |
| 2250                               | x | 1250            | 2.79         | 0.59 | 37.79 | 1.59                          |
| 2500                               | x | 1250            | 3.10         | 0.62 | 38.37 | 1.66                          |
| 3000                               | x | 1250            | 3.72         | 0.68 | 39.30 | 1.77                          |
| 2000                               | x | 1500            | 2.98         | 0.60 | 37.95 | 1.61                          |
| 2500                               | x | 1500            | 3.73         | 0.68 | 39.31 | 1.78                          |
| 3000                               | x | 1500            | 4.47         | 0.75 | 40.34 | 1.91                          |
| 3500                               | x | 1500            | 5.22         | 0.80 | 41.14 | 2.02                          |
| 2200                               | x | 1700            | 3.72         | 0.67 | 39.10 | 1.75                          |
| 2500                               | x | 1750            | 4.35         | 0.73 | 40.05 | 1.87                          |
| 2750                               | x | 1750            | 4.79         | 0.77 | 40.63 | 1.95                          |
| 3000                               | x | 1750            | 5.22         | 0.81 | 41.15 | 2.02                          |
| 3500                               | x | 1800            | 6.27         | 0.88 | 42.17 | 2.17                          |
| 2500                               | x | 2000            | 4.98         | 0.77 | 40.63 | 1.95                          |
| 2750                               | x | 2000            | 5.47         | 0.81 | 41.25 | 2.04                          |
| 3000                               | x | 2000            | 5.97         | 0.86 | 41.80 | 2.12                          |
| 3250                               | x | 2000            | 6.47         | 0.89 | 42.29 | 2.19                          |
| 3000                               | x | 2250            | 6.72         | 0.90 | 42.34 | 2.20                          |
| 3750                               | x | 2000            | 7.46         | 0.97 | 43.12 | 2.32                          |
| 4000                               | x | 2000            | 7.96         | 1.00 | 43.47 | 2.38                          |
| 3500                               | x | 2250            | 7.84         | 0.98 | 43.31 | 2.35                          |
| 3750                               | x | 2250            | 8.40         | 1.02 | 43.72 | 2.42                          |
| 4000                               | x | 2200            | 8.76         | 1.05 | 43.98 | 2.46                          |
| 4000                               | x | 2250            | 8.96         | 1.06 | 44.10 | 2.48                          |
| 4000                               | x | 2500            | 9.96         | 1.11 | 44.63 | 2.57                          |
| 4500                               | x | 2500            | 11.21        | 1.18 | 45.32 | 2.70                          |
| 5000                               | x | 3000            | 14.95        | 1.36 | 46.85 | 2.99                          |
| 6000                               | x | 3000            | 17.94        | 1.50 | 47.88 | 3.21                          |

Dimensione scelta (standard o utente):

|             |   |             |      |      |       |      |             |
|-------------|---|-------------|------|------|-------|------|-------------|
| <b>1460</b> | x | <b>1720</b> | 2.50 | 0.51 | 36.28 | 1.42 | <b>3.55</b> |
|-------------|---|-------------|------|------|-------|------|-------------|

Verifiche:

☒ Abot > 1 kmq

selezionare o meno il flag in base al caso specifico

$Q_S$  = 8.56 mc/sec

$Q_{10_S}$  = 5.25 mc/sec

$Q_{30_S}$  = 6.99 mc/sec

$Q_{50_S}$  = 7.71 mc/sec

$Q_{200_S}$  = 10.28 mc/sec

Scatolare insufficiente alla  $Q_S$

Scatolare insufficiente alla  $Q_{10}$

Scatolare insufficiente alla  $Q_{30}$

Scatolare insufficiente alla  $Q_{50}$

Scatolare insufficiente alla  $Q_{200}$

Figura 14: Stima dell'officiosità idraulica della tombinatura esistente dello scolo Fossola - Franco 1 cm

## 5.3 Tombinatura esistente sullo scolo "Fossola 3^ Ramo"



Consorzio di  
Bonifica della Romagna

compilare i campi in rosso

CALCOLO DELLA OFFICIOSITA' AL MANUFATTO ( $Q_M$ )

Canale Consorziale: **Fossola 3^ Ramo**

Manufatto rettangolare

## Formula di Bazin II

$$Q = AV$$

$$V = K \sqrt{R/J}$$

$$K = \frac{87 \sqrt{R}}{\sqrt{R} + \gamma}$$

A = Area tombinata

R = A/C

C = Contorno bagnato

J = Pendenza dello scatolare

$\gamma$  = coefficiente di scabrezza

franco = **0.30 m**

J = **0.00350 m/m**

Canali in terra regolari con erbe basse

$\gamma$  = **1.00 m<sup>1/2</sup>**

## SCATOLARI PREFABBRICATI (franco F)

| base<br>(mm) |   | altezza<br>(mm) | Area<br>(mq) | R    | K     | V<br>(m/sec) | Officiosità $Q_M$<br>(mc/sec) |
|--------------|---|-----------------|--------------|------|-------|--------------|-------------------------------|
| 1000         | x | 800             | 0.50         | 0.25 | 29.00 | 0.86         | 0.43                          |
| 1200         | x | 800             | 0.60         | 0.27 | 29.85 | 0.92         | 0.55                          |
| 1200         | x | 1000            | 0.84         | 0.32 | 31.53 | 1.06         | 0.89                          |
| 1500         | x | 1000            | 1.05         | 0.36 | 32.68 | 1.16         | 1.22                          |
| 1600         | x | 1000            | 1.12         | 0.37 | 33.00 | 1.19         | 1.34                          |
| 1750         | x | 1000            | 1.23         | 0.39 | 33.42 | 1.23         | 1.51                          |
| 2000         | x | 1000            | 1.40         | 0.41 | 34.01 | 1.29         | 1.81                          |
| 2500         | x | 1000            | 1.75         | 0.45 | 34.90 | 1.38         | 2.42                          |
| 2100         | x | 1100            | 1.68         | 0.45 | 35.02 | 1.40         | 2.35                          |
| 2000         | x | 1250            | 1.90         | 0.49 | 35.76 | 1.48         | 2.81                          |
| 2250         | x | 1250            | 2.14         | 0.52 | 36.35 | 1.54         | 3.30                          |
| 2500         | x | 1250            | 2.38         | 0.54 | 36.85 | 1.60         | 3.80                          |
| 3000         | x | 1250            | 2.85         | 0.58 | 37.84 | 1.70         | 4.84                          |
| 2000         | x | 1500            | 2.40         | 0.55 | 36.96 | 1.61         | 3.88                          |
| 2500         | x | 1500            | 3.00         | 0.61 | 38.19 | 1.77         | 5.30                          |
| 3000         | x | 1500            | 3.60         | 0.67 | 39.11 | 1.89         | 6.80                          |
| 3500         | x | 1500            | 4.20         | 0.71 | 39.81 | 1.99         | 8.35                          |
| 2200         | x | 1700            | 3.08         | 0.62 | 38.26 | 1.78         | 5.47                          |
| 2500         | x | 1750            | 3.63         | 0.67 | 39.18 | 1.90         | 6.88                          |
| 2750         | x | 1750            | 3.99         | 0.71 | 39.72 | 1.97         | 7.87                          |
| 3000         | x | 1750            | 4.35         | 0.74 | 40.19 | 2.04         | 8.88                          |
| 3500         | x | 1800            | 5.25         | 0.81 | 41.18 | 2.19         | 11.49                         |
| 2500         | x | 2000            | 4.25         | 0.72 | 39.94 | 2.01         | 8.52                          |
| 2750         | x | 2000            | 4.68         | 0.76 | 40.52 | 2.09         | 9.77                          |
| 3000         | x | 2000            | 5.10         | 0.80 | 41.03 | 2.17         | 11.05                         |
| 3250         | x | 2000            | 5.53         | 0.83 | 41.49 | 2.24         | 12.36                         |
| 3000         | x | 2250            | 5.65         | 0.85 | 41.71 | 2.27         | 13.29                         |
| 3750         | x | 2000            | 6.38         | 0.89 | 42.25 | 2.36         | 15.05                         |
| 4000         | x | 2000            | 6.80         | 0.92 | 42.58 | 2.41         | 16.42                         |
| 3500         | x | 2250            | 6.83         | 0.92 | 42.62 | 2.42         | 16.53                         |
| 3750         | x | 2250            | 7.31         | 0.96 | 43.01 | 2.49         | 18.19                         |
| 4000         | x | 2200            | 7.60         | 0.97 | 43.22 | 2.52         | 19.18                         |
| 4000         | x | 2250            | 7.80         | 0.99 | 43.36 | 2.55         | 19.88                         |
| 4000         | x | 2500            | 8.80         | 1.05 | 44.01 | 2.66         | 23.45                         |
| 4500         | x | 2500            | 9.90         | 1.11 | 44.66 | 2.79         | 27.59                         |
| 5000         | x | 3000            | 13.50        | 1.30 | 46.33 | 3.12         | 42.16                         |
| 6000         | x | 3000            | 16.20        | 1.42 | 47.31 | 3.34         | 54.05                         |

Dimensione scelta (standard o utente):

**900** x **1500** 1.08 0.33 31.66 1.07 **1.16**

Verifiche:

☐ Atot > 1 kmq

selezionare o meno il flag in base al caso specifico

$Q_S$  = 4.03 mc/sec

$Q_{10\_S}$  = 0.92 mc/sec

$Q_{30\_S}$  = 1.21 mc/sec

$Q_{50\_S}$  = 1.32 mc/sec

$Q_{200\_S}$  = 1.76 mc/sec

Scatolare insufficiente alla  $Q_S$

Scatolare verificato alla  $Q_{10}$

Scatolare insufficiente alla  $Q_{30}$

Scatolare insufficiente alla  $Q_{50}$

Scatolare insufficiente alla  $Q_{200}$

Figura 15: Stima dell'officiosità idraulica della tombinatura esistente dello scolo Fossola 3^ Ramo - Franco 30 cm



Consorzio di  
Bonifica della Romagna

compilare i campi in rosso

### CALCOLO DELLA OFFICIOSITA' AL MANUFATTO ( $Q_M$ )

Canale Consorziale: **Fossola 3<sup>a</sup> Ramo**

Manufatto rettangolare

Formula di Bazin II

$$Q = AV$$

$$V = K \sqrt{RJ}$$

$$K = \frac{87}{\sqrt{R + \gamma}}$$

A = Area tominata  
R = A/C  
C = Contorno bagnato  
J = Pendenza dello scatolare  
 $\gamma$  = coefficiente di scabrezza

franco = **0.01 m**

J = **0.00350 m/m**

Canali in terra regolari con erbe basse

$\gamma = 1.00 \text{ m}^{1/2}$

| SCATOLARI PREFABBRICATI (franco F) |   |              |           |      |       |                            |
|------------------------------------|---|--------------|-----------|------|-------|----------------------------|
| base (mm)                          |   | altezza (mm) | Area (mq) | R    | K     | Officiosità $Q_M$ (mc/sec) |
| 1000                               | x | 800          | 0.79      | 0.31 | 30.99 | 1.01                       |
| 1200                               | x | 800          | 0.95      | 0.34 | 32.07 | 1.11                       |
| 1200                               | x | 1000         | 1.19      | 0.37 | 33.00 | 1.19                       |
| 1500                               | x | 1000         | 1.49      | 0.43 | 34.38 | 1.33                       |
| 1600                               | x | 1000         | 1.58      | 0.44 | 34.75 | 1.37                       |
| 1750                               | x | 1000         | 1.73      | 0.46 | 35.26 | 1.42                       |
| 2000                               | x | 1000         | 1.98      | 0.50 | 35.98 | 1.50                       |
| 2500                               | x | 1000         | 2.48      | 0.55 | 37.09 | 1.63                       |
| 2100                               | x | 1100         | 2.29      | 0.53 | 36.75 | 1.59                       |
| 2000                               | x | 1250         | 2.48      | 0.55 | 37.12 | 1.63                       |
| 2250                               | x | 1250         | 2.79      | 0.59 | 37.79 | 1.72                       |
| 2500                               | x | 1250         | 3.10      | 0.62 | 38.37 | 1.79                       |
| 3000                               | x | 1250         | 3.72      | 0.68 | 39.30 | 1.92                       |
| 2000                               | x | 1500         | 2.98      | 0.60 | 37.95 | 1.74                       |
| 2500                               | x | 1500         | 3.73      | 0.68 | 39.31 | 1.92                       |
| 3000                               | x | 1500         | 4.47      | 0.75 | 40.34 | 2.06                       |
| 3500                               | x | 1500         | 5.22      | 0.80 | 41.14 | 2.18                       |
| 2200                               | x | 1700         | 3.72      | 0.67 | 39.10 | 1.69                       |
| 2500                               | x | 1750         | 4.35      | 0.73 | 40.05 | 2.02                       |
| 2750                               | x | 1750         | 4.79      | 0.77 | 40.63 | 2.11                       |
| 3000                               | x | 1750         | 5.22      | 0.81 | 41.15 | 2.19                       |
| 3500                               | x | 1800         | 6.27      | 0.88 | 42.17 | 2.35                       |
| 2500                               | x | 2000         | 4.98      | 0.77 | 40.63 | 2.11                       |
| 2750                               | x | 2000         | 5.47      | 0.81 | 41.25 | 2.20                       |
| 3000                               | x | 2000         | 5.97      | 0.86 | 41.80 | 2.29                       |
| 3250                               | x | 2000         | 6.47      | 0.89 | 42.29 | 2.37                       |
| 3000                               | x | 2250         | 6.72      | 0.90 | 42.34 | 2.37                       |
| 3750                               | x | 2000         | 7.46      | 0.97 | 43.12 | 2.51                       |
| 4000                               | x | 2000         | 7.96      | 1.00 | 43.47 | 2.57                       |
| 3500                               | x | 2250         | 7.84      | 0.98 | 43.31 | 2.54                       |
| 3750                               | x | 2250         | 8.40      | 1.02 | 43.72 | 2.61                       |
| 4000                               | x | 2200         | 8.76      | 1.05 | 43.98 | 2.66                       |
| 4000                               | x | 2250         | 8.96      | 1.06 | 44.10 | 2.68                       |
| 4000                               | x | 2500         | 9.96      | 1.11 | 44.63 | 2.78                       |
| 4500                               | x | 2500         | 11.21     | 1.18 | 45.32 | 2.91                       |
| 5000                               | x | 3000         | 14.95     | 1.36 | 46.85 | 3.23                       |
| 6000                               | x | 3000         | 17.94     | 1.50 | 47.88 | 3.47                       |

Dimensione scelta (standard o utente):

|            |          |             |      |      |       |      |             |
|------------|----------|-------------|------|------|-------|------|-------------|
| <b>900</b> | <b>x</b> | <b>1500</b> | 1.34 | 0.35 | 32.21 | 1.12 | <b>1.50</b> |
|------------|----------|-------------|------|------|-------|------|-------------|

Verifiche:

☐ Atot > 1 kmq

selezionare o meno il flag in base al caso specifico

$Q_S = 4.03 \text{ mc/sec}$

$Q_{10_S} = 0.92 \text{ mc/sec}$

$Q_{30_S} = 1.21 \text{ mc/sec}$

$Q_{50_S} = 1.32 \text{ mc/sec}$

$Q_{200_S} = 1.76 \text{ mc/sec}$

Scatolare insufficiente alla QS

Scatolare verificato alla Q10

Scatolare verificato alla Q30

Scatolare verificato alla Q50

Scatolare insufficiente alla Q200

Figura 16: Stima dell'officiosità idraulica della tominatura esistente dello scolo Fossola 3<sup>a</sup> Ramo - Franco 1 cm

## 5.4 Tombinatura di progetto sullo scolo "Fossola"



Consorzio di  
Bonifica della Romagna

compilare i campi in rosso

CALCOLO DELLA OFFICIOSITA' AL MANUFATTO ( $Q_M$ )

Canale Consorziale: **Fossola**

Manufatto rettangolare

Formula di Bazin II

$$Q = AV$$

$$V = K \sqrt{RJ}$$

$$K = \frac{87 \sqrt{R}}{\sqrt{R} + \gamma}$$

A = Area tombinata

R = A/C

C = Contorno bagnato

J = Pendenza dello scolare

$\gamma$  = coefficiente di scabrezza

franco = **0.30 m**

J = **0.00300 m/m**

Canali in terra regolari senza vegetazione. Canali in cemento deteriorato

$\gamma$  = **0.85 m<sup>1/2</sup>**

| SCATOLARI PREFABBRICATI (franco F) |   |              |           |      |       |                            |
|------------------------------------|---|--------------|-----------|------|-------|----------------------------|
| base (mm)                          |   | altezza (mm) | Area (mq) | R    | K     | Officiosità $Q_M$ (mc/sec) |
| 1000                               | x | 800          | 0.50      | 0.25 | 32.22 | 0.88                       |
| 1200                               | x | 800          | 0.60      | 0.27 | 33.11 | 0.95                       |
| 1200                               | x | 1000         | 0.84      | 0.32 | 34.86 | 1.09                       |
| 1500                               | x | 1000         | 1.05      | 0.36 | 36.06 | 1.19                       |
| 1600                               | x | 1000         | 1.12      | 0.37 | 36.38 | 1.22                       |
| 1750                               | x | 1000         | 1.23      | 0.39 | 36.82 | 1.26                       |
| 2000                               | x | 1000         | 1.40      | 0.41 | 37.43 | 1.32                       |
| 2500                               | x | 1000         | 1.75      | 0.45 | 38.34 | 1.41                       |
| 2100                               | x | 1100         | 1.68      | 0.45 | 38.47 | 1.42                       |
| 2000                               | x | 1250         | 1.90      | 0.49 | 39.23 | 1.50                       |
| 2250                               | x | 1250         | 2.14      | 0.52 | 39.83 | 1.57                       |
| 2500                               | x | 1250         | 2.38      | 0.54 | 40.33 | 1.62                       |
| 3000                               | x | 1250         | 2.85      | 0.58 | 41.14 | 1.72                       |
| 2000                               | x | 1500         | 2.40      | 0.55 | 40.45 | 1.64                       |
| 2500                               | x | 1500         | 3.00      | 0.61 | 41.70 | 1.79                       |
| 3000                               | x | 1500         | 3.60      | 0.67 | 42.83 | 1.91                       |
| 3500                               | x | 1500         | 4.20      | 0.71 | 43.34 | 2.00                       |
| 2200                               | x | 1700         | 3.08      | 0.62 | 41.77 | 1.80                       |
| 2500                               | x | 1750         | 3.63      | 0.67 | 42.70 | 1.92                       |
| 2750                               | x | 1750         | 3.99      | 0.71 | 43.24 | 1.99                       |
| 3000                               | x | 1750         | 4.35      | 0.74 | 43.72 | 2.06                       |
| 3500                               | x | 1800         | 5.25      | 0.81 | 44.71 | 2.20                       |
| 2500                               | x | 2000         | 4.25      | 0.72 | 43.47 | 2.02                       |
| 2750                               | x | 2000         | 4.68      | 0.76 | 44.05 | 2.10                       |
| 3000                               | x | 2000         | 5.10      | 0.80 | 44.57 | 2.18                       |
| 3250                               | x | 2000         | 5.53      | 0.83 | 45.02 | 2.25                       |
| 3000                               | x | 2250         | 5.85      | 0.85 | 45.24 | 2.28                       |
| 3750                               | x | 2000         | 6.38      | 0.89 | 45.79 | 2.37                       |
| 4000                               | x | 2000         | 6.80      | 0.92 | 46.11 | 2.42                       |
| 3500                               | x | 2250         | 6.83      | 0.92 | 46.15 | 2.43                       |
| 3750                               | x | 2250         | 7.31      | 0.96 | 46.54 | 2.49                       |
| 4000                               | x | 2200         | 7.60      | 0.97 | 46.75 | 2.53                       |
| 4000                               | x | 2250         | 7.80      | 0.99 | 46.89 | 2.55                       |
| 4000                               | x | 2500         | 8.80      | 1.05 | 47.53 | 2.66                       |
| 4500                               | x | 2500         | 9.90      | 1.11 | 48.17 | 2.78                       |
| 5000                               | x | 3000         | 13.50     | 1.30 | 49.83 | 3.11                       |
| 6000                               | x | 3000         | 16.20     | 1.42 | 50.79 | 3.32                       |

Dimensione scelta (standard o utente):

|             |   |             |      |      |       |      |             |
|-------------|---|-------------|------|------|-------|------|-------------|
| <b>2500</b> | x | <b>2000</b> | 4.25 | 0.72 | 43.47 | 2.02 | <b>8.59</b> |
|-------------|---|-------------|------|------|-------|------|-------------|

Verifiche:

☒ Atot > 1 kmq

selezionare o meno il flag in base al caso specifico

$Q_S$  = 8.56 mc/sec

$Q_{10\_S}$  = 5.25 mc/sec

$Q_{30\_S}$  = 6.99 mc/sec

$Q_{50\_S}$  = 7.71 mc/sec

$Q_{200\_S}$  = 10.28 mc/sec

Scolare verificato alla  $Q_S$

Scolare verificato alla  $Q_{10}$

Scolare verificato alla  $Q_{30}$

Scolare verificato alla  $Q_{50}$

Scolare insufficiente alla  $Q_{200}$

Figura 17: Stima dell'officiosità idraulica della tombinatura di progetto dello scolo Fossola - Franco 30 cm





Consorzio di  
Bonifica della Romagna

compilare i campi in rosso

### CALCOLO DELLA OFFICIOSITA' AL MANUFATTO ( $Q_M$ )

Canale Consorziale: **Fossola**

Manufatto rettangolare

Formula di Bazin II

$$Q = AV$$

$$V = K \sqrt{RJ}$$

$$K = \frac{87 \sqrt{R}}{\sqrt{R} + \gamma}$$

A = Area tombinata  
R = A/C  
C = Contorno bagnato  
J = Pendenza dello scatolare  
 $\gamma$  = coefficiente di scabrezza

franco = **0.04 m**

J = **0.00300 m/m**

Canali in terra regolari senza vegetazione. Canali in cemento deteriorato

$\gamma$  = **0.85** m<sup>1/2</sup>

| SCATOLARI PREFABBRICATI (franco F) |   |              |           |      |       |                            |
|------------------------------------|---|--------------|-----------|------|-------|----------------------------|
| base (mm)                          |   | altezza (mm) | Area (mq) | R    | K     | Officiosità $Q_M$ (mc/sec) |
| 1000                               | x | 800          | 0.76      | 0.30 | 34.15 | 1.03                       |
| 1200                               | x | 800          | 0.91      | 0.34 | 35.25 | 1.12                       |
| 1200                               | x | 1000         | 1.15      | 0.37 | 36.27 | 1.21                       |
| 1500                               | x | 1000         | 1.44      | 0.42 | 37.66 | 1.34                       |
| 1600                               | x | 1000         | 1.54      | 0.44 | 38.05 | 1.38                       |
| 1750                               | x | 1000         | 1.68      | 0.46 | 38.56 | 1.43                       |
| 2000                               | x | 1000         | 1.92      | 0.49 | 39.29 | 1.51                       |
| 2500                               | x | 1000         | 2.40      | 0.54 | 40.40 | 1.63                       |
| 2100                               | x | 1100         | 2.23      | 0.53 | 40.09 | 1.59                       |
| 2000                               | x | 1250         | 2.42      | 0.55 | 40.49 | 1.64                       |
| 2250                               | x | 1250         | 2.72      | 0.58 | 41.17 | 1.72                       |
| 2500                               | x | 1250         | 3.03      | 0.61 | 41.75 | 1.79                       |
| 3000                               | x | 1250         | 3.63      | 0.67 | 42.68 | 1.91                       |
| 2000                               | x | 1500         | 2.92      | 0.59 | 41.36 | 1.75                       |
| 2500                               | x | 1500         | 3.65      | 0.67 | 42.74 | 1.92                       |
| 3000                               | x | 1500         | 4.38      | 0.74 | 43.76 | 2.06                       |
| 3500                               | x | 1500         | 5.11      | 0.80 | 44.55 | 2.18                       |
| 2200                               | x | 1700         | 3.65      | 0.66 | 42.54 | 1.90                       |
| 2500                               | x | 1750         | 4.28      | 0.72 | 43.49 | 2.02                       |
| 2750                               | x | 1750         | 4.70      | 0.76 | 44.08 | 2.11                       |
| 3000                               | x | 1750         | 5.13      | 0.80 | 44.60 | 2.18                       |
| 3500                               | x | 1800         | 6.16      | 0.88 | 45.61 | 2.34                       |
| 2500                               | x | 2000         | 4.90      | 0.76 | 44.10 | 2.11                       |
| 2750                               | x | 2000         | 5.39      | 0.81 | 44.72 | 2.20                       |
| 3000                               | x | 2000         | 5.88      | 0.85 | 45.26 | 2.29                       |
| 3250                               | x | 2000         | 6.37      | 0.89 | 45.75 | 2.36                       |
| 3000                               | x | 2250         | 6.63      | 0.89 | 45.81 | 2.37                       |
| 3750                               | x | 2000         | 7.35      | 0.96 | 46.57 | 2.50                       |
| 4000                               | x | 2000         | 7.84      | 0.99 | 46.92 | 2.56                       |
| 3500                               | x | 2250         | 7.74      | 0.98 | 46.77 | 2.53                       |
| 3750                               | x | 2250         | 8.29      | 1.01 | 47.18 | 2.60                       |
| 4000                               | x | 2200         | 8.64      | 1.04 | 47.43 | 2.65                       |
| 4000                               | x | 2250         | 8.84      | 1.05 | 47.55 | 2.67                       |
| 4000                               | x | 2500         | 9.84      | 1.10 | 48.09 | 2.77                       |
| 4500                               | x | 2500         | 11.07     | 1.18 | 48.76 | 2.90                       |
| 5000                               | x | 3000         | 14.80     | 1.36 | 50.29 | 3.21                       |
| 6000                               | x | 3000         | 17.76     | 1.49 | 51.29 | 3.43                       |

Dimensione scelta (standard o utente):

|             |          |             |      |      |       |      |              |
|-------------|----------|-------------|------|------|-------|------|--------------|
| <b>2500</b> | <b>x</b> | <b>2000</b> | 4.90 | 0.76 | 44.10 | 2.11 | <b>10.34</b> |
|-------------|----------|-------------|------|------|-------|------|--------------|

Verifiche:

☒ Atot > 1 kmq

selezionare o meno il flag in base al caso specifico

$Q_S$  = 8.56 mc/sec

$Q_{10\_S}$  = 5.25 mc/sec

$Q_{30\_S}$  = 6.99 mc/sec

$Q_{50\_S}$  = 7.71 mc/sec

$Q_{200\_S}$  = 10.28 mc/sec

Scatolare verificato alla  $Q_S$

Scatolare verificato alla  $Q_{10}$

Scatolare verificato alla  $Q_{30}$

Scatolare verificato alla  $Q_{50}$

Scatolare verificato alla  $Q_{200}$

Figura 18: Stima dell'officiosità idraulica della tombinatura di progetto dello scolo Fossola - Franco 4 cm

## 5.5 Tombinatura di progetto sullo scolo "Fossola 3^ Ramo"



Consorzio di  
Bonifica della Romagna

compilare i campi in rosso

CALCOLO DELLA OFFICIOSITA' AL MANUFATTO ( $Q_M$ )

Canale Consorziale: **Fossola 3^ Ramo**

Manufatto rettangolare

Formula di Bazin II

$$Q = AV$$

$$V = K \sqrt{RJ}$$

$$K = \frac{87 \sqrt{R}}{\sqrt{R} + \gamma}$$

A = Area tombinata

R = A/C

C = Contorno bagnato

J = Pendenza dello scatolare

$\gamma$  = coefficiente di scabrezza

franco = **0.30 m**

J = **0.00730 m/m**

Canali in terra regolari senza vegetazione. Canali in cemento deteriorato

$\gamma = 0.85 \text{ m}^{1/2}$

| SCATOLARI PREFABBRICATI (franco F) |   |                 |              |      |       |                               |
|------------------------------------|---|-----------------|--------------|------|-------|-------------------------------|
| base<br>(mm)                       |   | altezza<br>(mm) | Area<br>(mq) | R    | K     | Officiosità $Q_M$<br>(mc/sec) |
| 1000                               | x | 800             | 0.50         | 0.25 | 32.22 | 0.69                          |
| 1200                               | x | 800             | 0.60         | 0.27 | 33.11 | 0.89                          |
| 1200                               | x | 1000            | 0.84         | 0.32 | 34.86 | 1.42                          |
| 1500                               | x | 1000            | 1.05         | 0.36 | 36.06 | 1.95                          |
| 1600                               | x | 1000            | 1.12         | 0.37 | 36.38 | 2.13                          |
| 1750                               | x | 1000            | 1.23         | 0.39 | 36.82 | 2.40                          |
| 2000                               | x | 1000            | 1.40         | 0.41 | 37.43 | 2.87                          |
| 2500                               | x | 1000            | 1.75         | 0.45 | 38.34 | 3.84                          |
| 2100                               | x | 1100            | 1.68         | 0.45 | 38.47 | 3.72                          |
| 2000                               | x | 1250            | 1.90         | 0.49 | 39.23 | 4.44                          |
| 2250                               | x | 1250            | 2.14         | 0.52 | 39.83 | 5.22                          |
| 2500                               | x | 1250            | 2.38         | 0.54 | 40.33 | 6.01                          |
| 3000                               | x | 1250            | 2.85         | 0.58 | 41.14 | 7.64                          |
| 2000                               | x | 1500            | 2.40         | 0.55 | 40.45 | 6.13                          |
| 2500                               | x | 1500            | 3.00         | 0.61 | 41.70 | 8.36                          |
| 3000                               | x | 1500            | 3.60         | 0.67 | 42.63 | 10.71                         |
| 3500                               | x | 1500            | 4.20         | 0.71 | 43.34 | 13.12                         |
| 2200                               | x | 1700            | 3.08         | 0.62 | 41.77 | 8.63                          |
| 2500                               | x | 1750            | 3.63         | 0.67 | 42.70 | 10.84                         |
| 2750                               | x | 1750            | 3.99         | 0.71 | 43.24 | 12.38                         |
| 3000                               | x | 1750            | 4.35         | 0.74 | 43.72 | 13.95                         |
| 3500                               | x | 1800            | 5.25         | 0.81 | 44.71 | 18.02                         |
| 2500                               | x | 2000            | 4.25         | 0.72 | 43.47 | 13.40                         |
| 2750                               | x | 2000            | 4.68         | 0.76 | 44.05 | 15.34                         |
| 3000                               | x | 2000            | 5.10         | 0.80 | 44.57 | 17.33                         |
| 3250                               | x | 2000            | 5.53         | 0.83 | 45.02 | 19.37                         |
| 3000                               | x | 2250            | 5.85         | 0.85 | 45.24 | 20.82                         |
| 3750                               | x | 2000            | 6.38         | 0.89 | 45.79 | 23.55                         |
| 4000                               | x | 2000            | 6.80         | 0.92 | 46.11 | 25.68                         |
| 3500                               | x | 2250            | 6.83         | 0.92 | 46.15 | 25.85                         |
| 3750                               | x | 2250            | 7.31         | 0.96 | 46.54 | 28.43                         |
| 4000                               | x | 2200            | 7.60         | 0.97 | 46.75 | 29.96                         |
| 4000                               | x | 2250            | 7.80         | 0.99 | 46.89 | 31.05                         |
| 4000                               | x | 2500            | 8.80         | 1.05 | 47.53 | 36.58                         |
| 4500                               | x | 2500            | 9.90         | 1.11 | 48.17 | 42.98                         |
| 5000                               | x | 3000            | 13.50        | 1.30 | 49.83 | 65.48                         |
| 6000                               | x | 3000            | 16.20        | 1.42 | 50.79 | 83.80                         |

Dimensione scelta (standard o utente):

|             |          |             |      |      |       |      |             |
|-------------|----------|-------------|------|------|-------|------|-------------|
| <b>1500</b> | <b>x</b> | <b>1500</b> | 1.80 | 0.46 | 38.65 | 2.24 | <b>4.04</b> |
|-------------|----------|-------------|------|------|-------|------|-------------|

Verifiche:

☐ Atot > 1 kmq

selezionare o meno il flag in base al caso specifico

$Q_S = 4.03 \text{ mc/sec}$

$Q_{10_S} = 0.92 \text{ mc/sec}$

$Q_{30_S} = 1.21 \text{ mc/sec}$

$Q_{50_S} = 1.32 \text{ mc/sec}$

$Q_{200_S} = 1.76 \text{ mc/sec}$

Scatolare verificato alla  $Q_S$

Scatolare verificato alla  $Q_{10}$

Scatolare verificato alla  $Q_{30}$

Scatolare verificato alla  $Q_{50}$

Scatolare verificato alla  $Q_{200}$

Figura 19: Stima dell'officiosità idraulica della tombinatura di progetto dello scolo Fossola 3^ Ramo - Franco 30 cm



Consorzio di  
Bonifica della Romagna

compilare i campi in rosso

### CALCOLO DELLA OFFICIOSITA' AL MANUFATTO ( $Q_M$ )

Canale Consorziale: **Fossola 3^ Ramo**

Manufatto rettangolare

Formula di Bazin II

$$Q = AV$$

$$V = K \sqrt{RJ}$$

$$K = \frac{87 \sqrt{R}}{\sqrt{R} + \gamma}$$

A = Area tominata  
R = A/C  
C = Contorno bagnato  
J = Pendenza dello scatolare  
 $\gamma$  = coefficiente di scabrezza

franco = **0.01 m**

J = **0.00730 m/m**

Canali in terra regolari senza vegetazione. Canali in cemento deteriorato

$\gamma = 0.85 \text{ m}^{1/2}$

| SCATOLARI PREFABBRICATI (franco F) |   |              |           |      |       |                            |
|------------------------------------|---|--------------|-----------|------|-------|----------------------------|
| base (mm)                          |   | altezza (mm) | Area (mq) | R    | K     | Officiosità $Q_M$ (mc/sec) |
| 1000                               | x | 800          | 0.79      | 0.31 | 34.30 | 1.28                       |
| 1200                               | x | 800          | 0.95      | 0.34 | 35.43 | 1.68                       |
| 1200                               | x | 1000         | 1.19      | 0.37 | 36.39 | 2.26                       |
| 1500                               | x | 1000         | 1.49      | 0.43 | 37.81 | 3.13                       |
| 1600                               | x | 1000         | 1.58      | 0.44 | 38.19 | 3.44                       |
| 1750                               | x | 1000         | 1.73      | 0.46 | 38.71 | 3.91                       |
| 2000                               | x | 1000         | 1.98      | 0.50 | 39.45 | 4.71                       |
| 2500                               | x | 1000         | 2.48      | 0.55 | 40.59 | 6.38                       |
| 2100                               | x | 1100         | 2.29      | 0.53 | 40.23 | 5.75                       |
| 2000                               | x | 1250         | 2.48      | 0.55 | 40.61 | 6.40                       |
| 2250                               | x | 1250         | 2.79      | 0.59 | 41.30 | 7.56                       |
| 2500                               | x | 1250         | 3.10      | 0.62 | 41.88 | 8.75                       |
| 3000                               | x | 1250         | 3.72      | 0.68 | 42.82 | 11.21                      |
| 2000                               | x | 1500         | 2.98      | 0.60 | 41.45 | 8.16                       |
| 2500                               | x | 1500         | 3.73      | 0.68 | 42.84 | 11.24                      |
| 3000                               | x | 1500         | 4.47      | 0.75 | 43.87 | 14.49                      |
| 3500                               | x | 1500         | 5.22      | 0.80 | 44.67 | 17.86                      |
| 2200                               | x | 1700         | 3.72      | 0.67 | 42.62 | 11.05                      |
| 2500                               | x | 1750         | 4.35      | 0.73 | 43.57 | 13.81                      |
| 2750                               | x | 1750         | 4.79      | 0.77 | 44.16 | 15.82                      |
| 3000                               | x | 1750         | 5.22      | 0.81 | 44.68 | 17.89                      |
| 3500                               | x | 1800         | 6.27      | 0.88 | 45.70 | 23.01                      |
| 2500                               | x | 2000         | 4.98      | 0.77 | 44.16 | 16.45                      |
| 2750                               | x | 2000         | 5.47      | 0.81 | 44.79 | 18.88                      |
| 3000                               | x | 2000         | 5.97      | 0.86 | 45.33 | 21.39                      |
| 3250                               | x | 2000         | 6.47      | 0.89 | 45.82 | 23.95                      |
| 3000                               | x | 2250         | 6.72      | 0.90 | 45.87 | 24.96                      |
| 3750                               | x | 2000         | 7.46      | 0.97 | 46.65 | 29.22                      |
| 4000                               | x | 2000         | 7.96      | 1.00 | 47.00 | 31.92                      |
| 3500                               | x | 2250         | 7.84      | 0.98 | 46.84 | 31.10                      |
| 3750                               | x | 2250         | 8.40      | 1.02 | 47.25 | 34.26                      |
| 4000                               | x | 2200         | 8.76      | 1.05 | 47.51 | 36.35                      |
| 4000                               | x | 2250         | 8.96      | 1.06 | 47.62 | 37.47                      |
| 4000                               | x | 2500         | 9.96      | 1.11 | 48.14 | 43.15                      |
| 4500                               | x | 2500         | 11.21     | 1.18 | 48.83 | 50.82                      |
| 5000                               | x | 3000         | 14.95     | 1.36 | 50.33 | 75.02                      |
| 6000                               | x | 3000         | 17.94     | 1.50 | 51.34 | 96.30                      |

Dimensione scelta (standard o utente):

|             |   |             |      |      |       |      |             |
|-------------|---|-------------|------|------|-------|------|-------------|
| <b>1500</b> | x | <b>1500</b> | 2.24 | 0.50 | 39.48 | 2.38 | <b>5.33</b> |
|-------------|---|-------------|------|------|-------|------|-------------|

Verifiche:

☐ Atot > 1 kmq

selezionare o meno il flag in base al caso specifico

$Q_S = 4.03 \text{ mc/sec}$

$Q_{10_S} = 0.92 \text{ mc/sec}$

$Q_{30_S} = 1.21 \text{ mc/sec}$

$Q_{50_S} = 1.32 \text{ mc/sec}$

$Q_{200_S} = 1.76 \text{ mc/sec}$

Scatolare verificato alla  $Q_S$

Scatolare verificato alla  $Q_{10}$

Scatolare verificato alla  $Q_{30}$

Scatolare verificato alla  $Q_{50}$

Scatolare verificato alla  $Q_{200}$

Figura 20: Stima dell'officiosità idraulica della tominatura di progetto dello scolo Fossola 3^ Ramo - Franco 1 cm



## 5.6 Scelte progettuali adottate per le tombinature sugli scoli di bonifica

In ragione degli esiti delle verifiche idrauliche effettuate, sono state assunte le seguenti scelte progettuali:

- Demolizione della tombinatura esistente sullo scolo Fossola (insufficiente rispetto alla piena decennale) e realizzazione, visti la contiguità e il parallelismo nel punto specifico degli attraversamenti tra sedime della vecchia Via Ghibellina ed il nuovo sedime della S.P. 27bis, di un'unica tombinatura - di lunghezza pari a 40 metri, con scatolare 250x200 cm e planimetricamente appena in diagonale rispetto allo sviluppo longitudinale delle strade - sottopassante entrambe le piattaforme stradali (verificata per la piena secolare con franco di 30 cm e perfino alla piena bisecolare con franco di qualche centimetro);
- Mantenimento, visti gli esiti positivi delle verifiche di tollerabilità (verificata per la piena decennale con franco di 30 cm e perfino alla piena secolare con franco quasi nullo), dell'attuale tombinatura dello scolo Fossola 3<sup>a</sup> Ramo sulla via Ghibellina;
- Realizzazione di una nuova tombinatura sullo scolo Fossola 3<sup>a</sup> Ramo - di lunghezza pari a 44 metri, con scatolare 150x150 cm e planimetricamente in diagonale significativamente rispetto allo sviluppo longitudinale della strada - sottopassante la piattaforma stradale della nuova S.P. 27bis (già verificata per la piena bisecolare con franco ottimale di 30 cm).

Entrambe le nuove tombinature saranno dotate di muretti di testata in c.c.a.; inoltre, i tratti d'alveo appena a monte e a valle delle stesse, per circa 3 metri di lunghezza, saranno rivestiti per l'intero contorno bagnato, da ciglio a ciglio, con massi (pietrame calcareo) di pezzatura 500-1000 kg, sicuramente sufficiente in ragione del regime modesto delle velocità massime (i.e. forze erosive contenute).

Si specifica che verso il fiume Montone (cioè ad ovest della nuova strada) è prevista una strada di servizio che permetterà ai mezzi consorziali il passaggio dalla sponda in sinistra idrografica del Fossola 3<sup>a</sup> Ramo alla sponda in destra idrografica dello scolo Fossola, in modo da garantire le attività di manutenzione periodica e di polizia idraulica su tutto lo sviluppo longitudinale dei fossi e su entrambe le rive.

Tale circostanza implica l'impostazione dei muretti di testata delle due nuove tombinature qualche metro più a valle del sedime stradale, appunto per consentire il passaggio dei mezzi.

## 6 Applicazione del principio dell'invarianza idraulica

Come visto al Paragrafo 3.2, le superfici impermeabili complessive (tra esistenti "rimaneggiate" e nuove) ammontano a:

$$S_{NEW,IMP} = 14453 + 583 + (538/2) - 455 - 480 - (1100/2) = 13820 \text{ mq}$$

Per compensare il conseguente aggravio in termini di portate meteoriche recapitate ai recettori superficiali dell'area, la Direttiva Tecnica del PAI permette e "consiglia" di reperirli completamente all'interno dei contigui fossi di guardia, opportunamente dimensionati, e di sopassedere all'installazione di una o più strozzature terminali limitatrici, per questioni di opportunità, gestione e manutenzione.

Tale scelta tipologica "metaprogettuale" viene qui adottata integralmente, ritenendola la più efficiente per la specifica conformazione plano-altimetrica delle opere in progetto e la "notevole frammentazione" dei recapiti ai vari fossi/scoli presenti lungo lo sviluppo della nuova arteria stradale.

Secondo le metodologie di calcolo - previste dal PAI vigente e dal Regolamento di Polizia consorziale - dei volumi di compensazione da reperire per garantire la piena invarianza idraulica dell'intervento in esame, essendo la superficie interessata maggiore di 1 ettaro, occorre effettuare una doppia verifica di quantificazione.

La prima è la seguente.

*"... La misura del volume minimo d'invaso da prescrivere in aree sottoposte a una quota di trasformazione I (% dell'area che viene trasformata) e in cui viene lasciata inalterata una quota P (tale che I+P=100%) è data dal valore convenzionale:*

$$w = w^{\circ} (\phi/\phi^{\circ})^{1/(1-n)} - 15 I - w^{\circ} P$$

essendo  $w^{\circ} = 50 \text{ mc/ha}$ ,  $\phi$  = coefficiente di deflusso dopo la trasformazione,  $\phi^{\circ}$  = coefficiente di deflusso prima della trasformazione,  $n = 0.48$  (esponente delle curve di possibilità climatica di durata inferiore all'ora, stimato nell'ipotesi che le percentuali della pioggia oraria cadute nei 5', 15' e 30' siano rispettivamente il 30%, 60% e 75%, come risulta - orientativamente - da vari studi sperimentali; si veda ad es. CSDU, 1997), ed I e P espressi come frazione dell'area trasformata.

Il volume così ricavato è espresso in mc/ha e deve essere moltiplicato per l'area totale dell'intervento (superficie territoriale, St), a prescindere dalla quota P che viene lasciata inalterata.

Per la stima dei coefficienti di deflusso  $f$  e  $f^{\circ}$  si fa riferimento alla relazione convenzionale:

$$\phi^{\circ} = 0.9 Imp^{\circ} + 0.2 Per^{\circ}$$

$$\phi = 0.9 Imp + 0.2 Per$$

in cui Imp e Per sono rispettivamente le frazioni dell'area totale da ritenersi impermeabile e permeabile, prima della trasformazione (se connotati dall'apice  $^{\circ}$ ) o dopo (se non c'è l'apice  $^{\circ}$ ) ...".

Come già anticipato in precedenza, cautelativamente si considera il sedime di tali aree completamente permeabile allo stato ante operam e quindi se ne ipotizza anche la totale "trasformazione/regolarizzazione", indipendentemente dal mantenimento o meno della natura permeabile ( $I = 1$  e  $P = 0$ ); si ottiene quindi (vedasi la tabella di calcolo seguente):

**CALCOLO DEI VOLUMI MINIMI PER L'INVARIANZA IDRAULICA**

(inserire i dati esclusivamente nei campi cerchiati)

|   |          |          |   |
|---|----------|----------|---|
| Superficie fondiaria = <input type="text" value="13'820.00"/>                         |          | mq       | inserire la superficie totale scolante all'interno del nuovo scarico acque meteoriche di progetto                         |
| <b>ANTE OPERAM</b>  |          |          |   |
| Superficie impermeabile esistente = <input type="text" value="0.00"/>                 |          | mq       | inserire il 100 % della superficie impermeabile e il 50% della superficie di stabilizzato/betonella etc.                  |
| Imp° =  |          | 0.00     |   |
| Superficie permeabile esistente = <input type="text" value="13'820.00"/>              |          | mq       | inserire il 100 % della superficie permeabile (verde o agricola) e il 50% della superficie di stabilizzato/betonella etc. |
| Per° =  |          | 1.00     |   |
| Imp°+Per° =   |          | 1.00     | corretto: risulta pari a 1  |
| <b>POST OPERAM</b>  |          |          |   |
| Superficie impermeabile di progetto = <input type="text" value="13'820.00"/>          |          | mq       | inserire il 100 % della superficie impermeabile e il 50% della superficie di stabilizzato/betonella etc.                  |
| Imp =   |          | 1.00     |   |
| Superficie permeabile progetto = <input type="text" value="0.00"/>                    |          | mq       | inserire il 100 % della superficie permeabile (verde o agricola) e il 50% della superficie di stabilizzato/betonella etc. |
| Per =   |          | 0.00     |   |
| Imp+Per =   |          | 1.00     | corretto: risulta pari a 1  |
| <b>INDICI DI TRASFORMAZIONE DELL'AREA</b>   |          |          |   |
| Superficie trasformata/livellata = <input type="text" value="13'820.00"/>             |          | mq       | inserire la superficie di tutte le aree non agricole di progetto. Compresa aree verdi                                     |
| I =   |          | 1.00     |   |
| Superficie agricola inalterata = <input type="text" value="0.00"/>                    |          | mq       | inserire la superficie agricola di progetto (ovvero la superficie agricola inalterata)                                    |
| P =   |          | 0.00     |   |
| I+P =   |          | 1.00     | corretto: risulta pari a 1  |
| <b>CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI DEFLUSSO ANTE OPERAM E POST OPERAM</b>                 |          |          |   |
| $\phi^{\circ} = 0.9 \times \text{Imp}^{\circ} + 0.2 \times \text{Per}^{\circ} =$      | 0.9 x    | 0.00 +   | 0.2 x 1.00 = 0.20 $\phi^{\circ}$  |
| $\phi = 0.9 \times \text{Imp} + 0.2 \times \text{Per} =$                              | 0.9 x    | 1.00 +   | 0.2 x 0.00 = 0.90 $\phi$  |
| <b>CALCOLO DEL VOLUME MINIMO DI INVASO</b>  |          |          |   |
| $w = w^{\circ} \left( \frac{I}{I^{\circ}} \right)^{(1/(1-n))} - 15 I - w^{\circ} P =$ | 50 x     | 18.04 -  | 15 x 1.00 - 50 x 0.00 = 886.88 mc/ha w  |
| $W = w \times \text{Superficie fondiaria (ha)} =$                                     | 886.88 x | 13'820 : | 10'000 = 1'225.67 mc W  |

Figura 21: Stima con la formula del W dei volumi da reperire

Con la classica formula del W si ottiene dunque un volume da reperire per garantire l'invarianza idraulica pari a quasi 1226 mc.

La seconda, da farsi quando l'area d'intervento supera 1 Ha, è la seguente.

*"... nel caso di significativa impermeabilizzazione, si consiglia di dimensionare le luci di scarico e i tiranti idrici ammessi nell'invaso in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'area in trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione, almeno per una durata di pioggia di 2 ore e un tempo di ritorno di 30 anni ...".*

Tale verifica, condotta con il supporto di un foglio di calcolo dedicato, fornito dal competente Consorzio di Bonifica della Romagna (vedasi la tabella di calcolo seguente), con il metodo cinematico (onda di piena triangolare, con fase di crescita di durata pari a 2 ore ed equivalente fase di decrescita) conduce ad una stima inferiore dei volumi, pari a circa 635 mc:

**VERIFICA DELLA VOLUMETRIA PER PIOGGE CON TR 30 ANNI E DURATA d 2h***Da effettuarsi per casi di Superficie fondiaria > 1 ha**Inserire dati esclusivamente nei campi cerchiati*

|                             |                    |  |
|-----------------------------|--------------------|--|
| <b>Superficie fondiaria</b> | 1.38 ha            | superficie totale dell'intervento                |
| <b>TR</b>                   | 30 anni            | tempo di ritorno di riferimento                  |
| <b>a</b>                    | 48                 | inserire parametro di zona (vedi tabella)        |
| <b>n</b>                    | 0.30               | inserire parametro di zona (vedi tabella)        |
| <b>tp</b>                   | 2.00 ore           | durata di pioggia                                |
| <b><math>\phi</math></b>    | 0.90               | coeff. di deflusso dopo la trasformazione        |
| <b>h</b>                    | 59.09 mm           | altezza pioggia in tp                            |
| <b>Vp</b>                   | 816.69 mc          | Volume piovuto in tp                             |
| <b>Ve</b>                   | 735.02 mc          | Volume effluente in vasca in tp                  |
| <b>Qu</b>                   | 13.82 l/sec        | Portata scaricabile dalla strozzatura adottata   |
| <b>Vu</b>                   | 99.54 mc           | Volume scaricato dalla vasca nel ricettore in tp |
| <b>Ve-Vu</b>                | <b>635.49 mc</b>   | Volume da laminare per evento TR 30 d 2 ore      |
| <b>W</b>                    | <b>1'225.67 mc</b> | Volume di laminazione (formula del w)            |

**VERIFICATO****W FINALE da adottare= 1'225.67 mc**

| Per Tp>1h e TR 30 anni | RIMINI | CESENA | FORLÌ | RAVENNA |
|------------------------|--------|--------|-------|---------|
| <b>a</b>               | 51     | 51     | 48    | 51      |
| <b>n</b>               | 0.27   | 0.29   | 0.30  | 0.28    |

*Figura 22: Stima con la formula del metodo cinematico (Tr = 30 anni e Tp = 2 ore) dei volumi da reperire*

Si assume dunque, come previsto dalla normativa, il valore maggiore dei due sopra stimati, pari a:  $V_{INV} = 1226$  mc.

A questo punto, individuati tipologicamente i dispositivi di accumulo (fossi laterali di guardia), vanno definiti i volumi progettualmente reperiti nel dettaglio, cioè sia “geograficamente” oltre che sotto l’aspetto puramente quantitativo, in risposta alla predetta esigenza di almeno 1226 mc.

Si specifica da subito che per tutti i fossi di guardia è stata fissata progettualmente la sagoma tipo trapezoidale, con le seguenti dimensioni medie (vedasi figura seguente):

- larghezza di fondo pari a 50 cm;
- larghezza in sommità pari a 210 cm;
- altezza utile pari a 70 cm
- pendenza scarpate pari a circa 1/1,15.

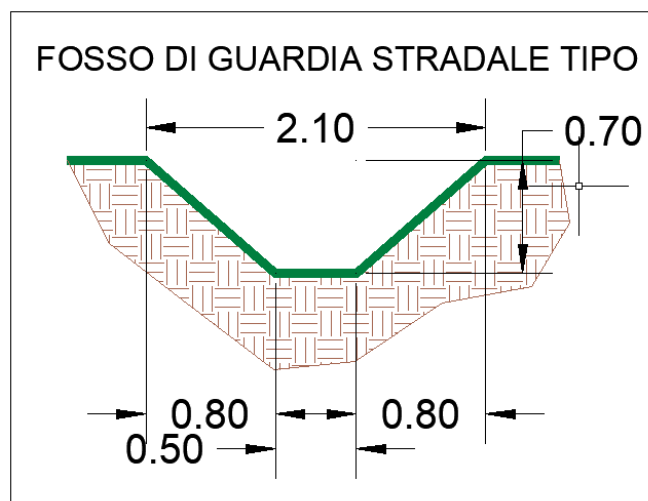


Figura 23: Sagoma tipo dei fossi di guardia stradali

Rispetto a tale scelta generalizzata, occorre fare un unico distinguo per la porzione attuale, da progetto solamente "slittata" verso est di pochi metri – in ragione delle rettifiche e dell'allargamento del sedime viabile –, di fosso stradale lato est ricompreso tra le sezioni A3 e A17 di progetto; esso è catastalmente individuato come un frustolo di "demanio acqua" e presenta attualmente una larghezza media in sommità che va da circa 2,10 metri (a sud) a massimi 3,15 metri (a nord).

Il progetto ne prevede il mantenimento, sia in termini catastali (con creazione di una nuova striscia ceduto al demanio) sia in termini dimensionali, fissando una sagoma trasversale tipo addirittura più performante, con le seguenti dimensioni medie (vedasi figura seguente):

- larghezza di fondo pari a 50 cm;
- larghezza in sommità pari a 320 cm;
- altezza utile pari a 115 cm
- pendenza scarpate pari a circa 1/1,18.

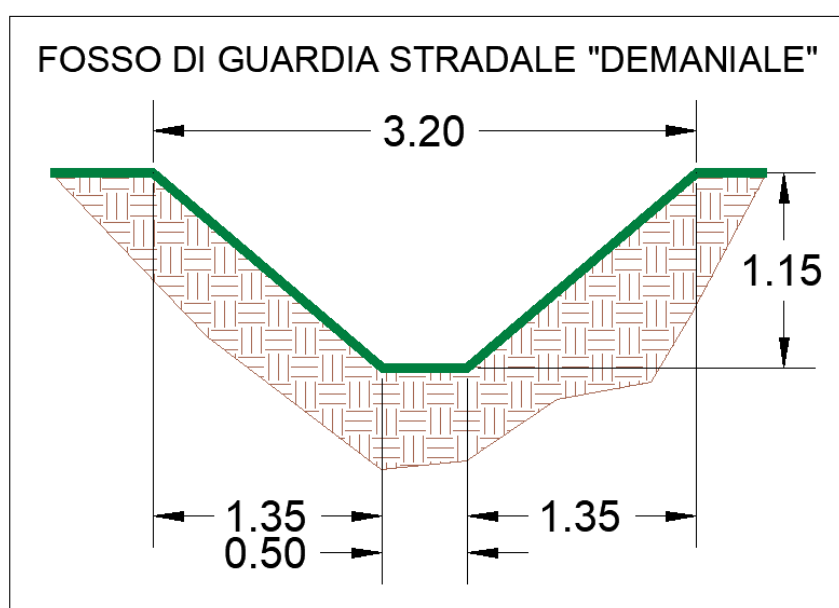


Figura 24: Sagoma tipo del fosso di guardia "demaniale" – Tratto est tra le sezioni stradali A3 e A17

Si rammenta anche che, come visto al paragrafo 2, la Direttiva Tecnica di PAI prevede che il volume interno geometrico dei fossi possa essere conteggiato all'80% per l'invarianza idraulica, così come è previsto anche per i tratti tombinati e/o fognari.

Premesso tutto ciò, grazie a queste scelte dimensionali sulla geometria dei nuovi fossi stradali, si ha che il loro contributo unitario, cioè per metro lineare, è pari a:

- Area sezione fosso di guardia tipo:  $A_1 = 0,910 \text{ m}^2 \rightarrow A_{1-INV} = 0,728 \text{ m}^2$
- Area sezione fosso di guardia "demaniale":  $A_2 = 2,128 \text{ m}^2 \rightarrow A_{2-INV} = 1,702 \text{ m}^2$

Conteggiando tutti i tratti di fosso stradale progettualmente previsti e procedendo da sud (sez. A1) verso nord (nuova rotatoria sulla via Lughese), si ottiene così il seguente quadro sinottico dei volumi reperiti, utili a garantire l'invarianza idraulica dell'intero intervento.

Con la sezione utile  $A_{2-INV} = 1,702 \text{ m}^2$  si ha:

- Fosso in destra, da sez. A3 a sez. A17 → sviluppo di 207 metri → volume utile  $\cong 352 \text{ mc}$

Con la sezione utile  $A_{1-INV} = 0,728 \text{ m}^2$  si ha, per i singoli tratti:

- Fosso in destra, da sez. C5 a sez. A17 → sviluppo di 52 metri,
- Fosso in sinistra, da sez. A17 a sez. A20 → sviluppo di 42 metri,
- Fosso in destra, da sez. C4 a sez. A28 → sviluppo di 142 metri,
- Fosso in sinistra, da sez. A20 a sez. A30 → sviluppo di 152 metri,
- Fosso in sinistra, da sez. A31 a sez. A40 → sviluppo di 127 metri,
- Fosso in destra, da sez. A29 a sez. A40 → sviluppo di 156 metri,
- Fosso in sinistra, da sez. A50 a sez. A41 → sviluppo di 123 metri,
- Fosso in destra, da sez. A52 a sez. A46 → sviluppo di 92 metri,
- Fosso in sinistra, da sez. A70 a sez. D4 → sviluppo di 174 metri,
- Fosso in destra, da sez. A71 a sez. A72 → sviluppo di 17 metri,
- Fosso in destra, da sez. A77 a sez. E7 → sviluppo di 126 metri.

Pertanto, con la sezione utile  $A_{1-INV} = 0,728 \text{ m}^2$  si ha, complessivamente:

- Intero intervento → sviluppo di 1203 metri → volume utile  $\cong 876 \text{ mc}$

In totale, il volume reperito in tutti i fossi di guardia stradali è pari a:

$$V_{REP} = 352 + 876 = 1228 > 1226 = V_{INV}$$

In conclusione, il principio dell'invarianza idraulica della trasformazione dei suoli attuata con il presente progetto è garantito, ai sensi dell'Art. 9 del vigente PAI, con l'adeguato dimensionamento dei fossi stradali di guardia.