



COMUNE DI LENOLA

PROVINCIA DI LATINA

REGIMAZIONE TORRENTE PANTANO POZZAVEGLIE PER DIFESA DEL TERRITORIO DA DISSESTO IDROGEOLOGICO

DECRETO M.I.T. 23.02.2021

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

CUP: D34H20001220001

R.T.P. PROGETTAZIONE E DIREZIONE LAVORI

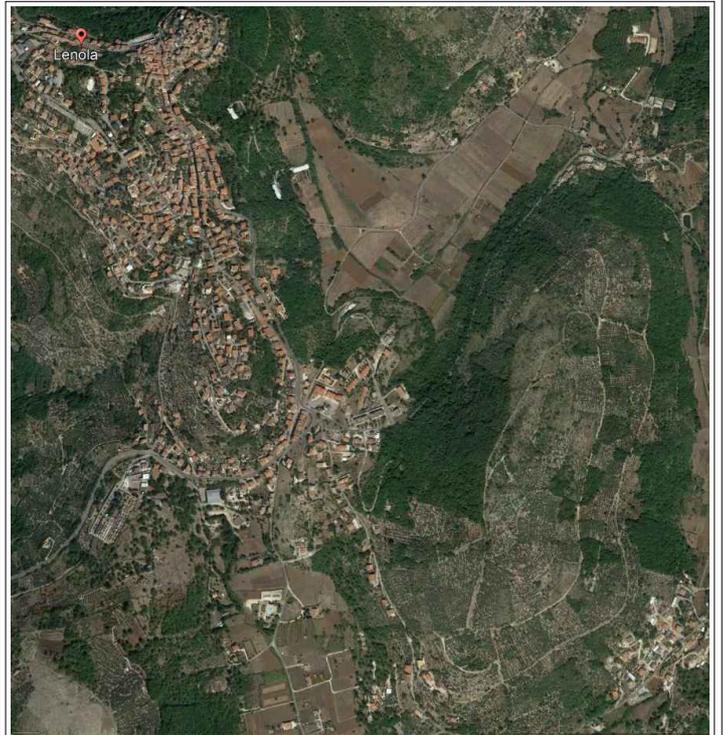
Ing. Simone Quinto

Geol. Mario Macaro



Agr. Mauro Francesconi

Geom. Carmine Terelle



IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA
IN FASE DI PROGETTAZIONE E DI ESECUZIONE
Arch. Piero Massimo Cerasoli

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Area Tecnico Urbanistica
Ing. Pietro D'Orazio

TITOLO TAVOLA

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA

NUM.

07

SCALA

DATA	REVISIONE
Ottobre 2021	Prima emissione

VISTI

INDICE

1	Introduzione.....	3
1.1	Norme di riferimento.....	5
2	Inquadramento territoriale.....	9
2.1	L'ambiente antropico.....	9
2.1.2	Usi del suolo.....	12
2.2	Inquadramento ambientale.....	14
2.2.1	Cenni Geologici.....	14
2.2.2	Cenni idrogeologici.....	16
3	Corpi idrici oggetto di verifica.....	17
3.1	Bacini idrografici.....	22
4	Analisi idrologica.....	25
4.1	Tempo di corrivazione.....	26
4.2	Intensità di pioggia.....	30
4.3	Coefficiente di deflusso superficiale.....	34
4.4	Coefficiente di ragguaglio.....	36
4.5	Portate di piena.....	38
5	Verifiche idrauliche.....	40
5.1	Dati geometrici delle sezioni fluviali.....	45
5.1.1	Coefficienti di contrazione ed espansione.....	47
5.1.2	Coefficienti di Manning.....	48
5.2	Condizioni al contorno.....	51
5.3	Esito delle verifiche.....	52
	Allegato 1: Tabelle Hec Ras.....	56

Glossario di idraulica fluviale.....	68
Conversione unità di misura.....	73

1. Introduzione

La presente relazione tecnica "idrologica ed idraulica", corredata di elaborati grafici ha lo scopo di analizzare l'idrologia dei bacini idrografici e le criticità idrauliche dei relativi corpi idrici superficiali. L'attenzione è stata posta su due distinti bacini afferenti ha due torrenti denominati, in ambito locale, "**Pozzaveglie**" e "**Pantano**". Questi torrenti, esterni al centro urbano di Lenola, hanno appunto un regime torrentizio che comporta portate in alveo soltanto a seguito di eventi meteorici. Si è assistito di recente a fenomeni esondativi che hanno comportato l'inondazione di alcune aree.

La peculiarità principale dei suddetti torrenti ovvero dei rispettivi bacini idrografici, è quella di essere "**ENDOREICI**"; non esiste quindi uno sbocco diretto verso il mare per le acque meteoriche scolanti su tali aree. Le principali criticità idrauliche possono senza dubbio essere ricondotte alla ridotta capacità di far defluire le acque, capacità assicurata da "**INGHIOTTITOI**" e "**CHIAVICHE**".

Inghiottitoi e chiaviche rappresentano un elemento idrogeologico che può ridurre i fenomeni esondativi favorendo l'allontanamento delle acque attraverso un deflusso sotterraneo. Al momento non si è a conoscenza della capacità di tali complessi idrogeologici di allontanare le acque fatte confluire dai torrenti.

Nel proseguo della presente, successivamente agli inquadramenti territoriali ed ambientali verrà proposta una trattazione idrologica sulla quale si fondano le verifiche idrauliche a seguito del quale verranno individuati gli elementi critici e i possibili interventi per la mitigazione dei fenomeni dissesto idrogeologico.

Lo studio è finalizzato alla verifica, mediante analisi idraulica approssimata, delle eventuali condizioni di pericolosità di esondazione che possono instaurarsi potenzialmente nelle aree contigue ai torrenti in questione.

Lo studio è stato articolato nelle seguenti fasi:

1. Raccolta e analisi della documentazione e degli elaborati grafici esistenti inerenti il territorio comunale di **Lenola** (LT), le Norme di Attuazione e gli elaborati grafici del P.A.I., Allegato 8, le tavole del P.T.P.R del Lazio, Carta dell'uso del suolo, Carta idrogeologica del Lazio, Carta Geologica d'Italia, prodotti lidar con risoluzione al suolo 1x1 m e 2x2 m.
2. Sopralluogo in sito per l'individuazione del tracciato del reticolo idrografico d'interesse e del relativo bacino idrografico. Rilievo delle sezioni del corpo idrico superficiale e dei manufatti idraulici e opere di attraversamento in alveo;

3. Studio idrologico per l'individuazione delle intensità di pioggia e delle rispettive portate di piena per assegnati tempi di ritorno (**10, 20, 30, 50, 100, 200, 500 anni moto permanente**);
4. Studio idraulico mediante simulazioni idrauliche monodimensionali del reticolo idrografico d'interesse.
5. Analisi dei risultati, redazione di elaborati e mappature.

1. Norme di riferimento

La legge n. 183/1989 (Riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo) ha identificato nel “bacino idrografico” l’ambito territoriale di riferimento della difesa del suolo e suddiviso il territorio italiano in bacini idrografici nazionali, interregionali e regionali.

La Regione, in attuazione della legge 18 maggio 1989, n. 183, ha istituito, con deliberazione della Giunta regionale n. 3734 del 18 maggio 1991, l’Autorità dei bacini regionali disciplinata con la L.R. n.39/1996.

Le funzioni di quest’ultima sono rivolte alle attività di pianificazione e programmazione, nell’ambito dei bacini di rilievo regionale, rivolte in particolare:

- alla conservazione ed alla difesa del suolo da tutti i fattori negativi naturali ed antropici;
- al mantenimento ed alla restituzione ai corpi idrici delle caratteristiche qualitative richieste per gli usi programmati;
- alla tutela delle risorse idriche ed alla loro razionale utilizzazione;
- alla tutela degli ecosistemi, con particolare riferimento alle zone di interesse naturalistico, ambientale e paesaggistico.

Al fine di governare in maniera uniforme i bacini idrografici di rilievo regionale, indirizza, coordina e controlla le attività conoscitive, di pianificazione, di programmazione e di attuazione degli interventi attraverso:

- la redazione del progetto del piano dei bacini regionali e dei progetti dei piani stralcio;
- la definizione e l'aggiornamento del bilancio idrico e l'adozione delle misure per la pianificazione dell'economia idrica, in attuazione dell'articolo 3 della legge 5 gennaio 1994, n. 36;
- la vigilanza ed il controllo sull'attuazione dei piani;
- l'effettuazione di studi, indagini e attività conoscitive;
- il coordinamento della programmazione degli interventi inerenti la difesa del suolo.

Fra le principali attività dell’Autorità dei bacini regionali si menzionano le seguenti:

- Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) - (DCR n.17 del 04/04/2012)
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (Direttiva 2007/60/CE – D.Lgs. n.49/2010) Legge n.183 del 18/05/1989

Norme di riferimento in ambito PAI e difesa del suolo

Legge n.36 del 05/01/1994

L.R. n.53 del 11/12/1998

L.R. n.39 del 07/10/1996

D.Lgs.n.152 del 03/04/2006

Legge regionale 12/08/1996, n. 34

Regolamento Regionale 30 Aprile 2014 n. 10

Regio decreto 25 luglio 1904, n. 523

R.D. 8 maggio 1904, n. 368

2 Inquadramento territoriale

I due torrenti, denominati "**Pozzaveglie**" e "**Pantano**" ovvero i relativi bacini idrografici, sono individuati sulla cartografia C.T.R. alla scala 1:10000 ai fogli 402140, 415020, 415030 che, sono visibili nell'immagine seguente.

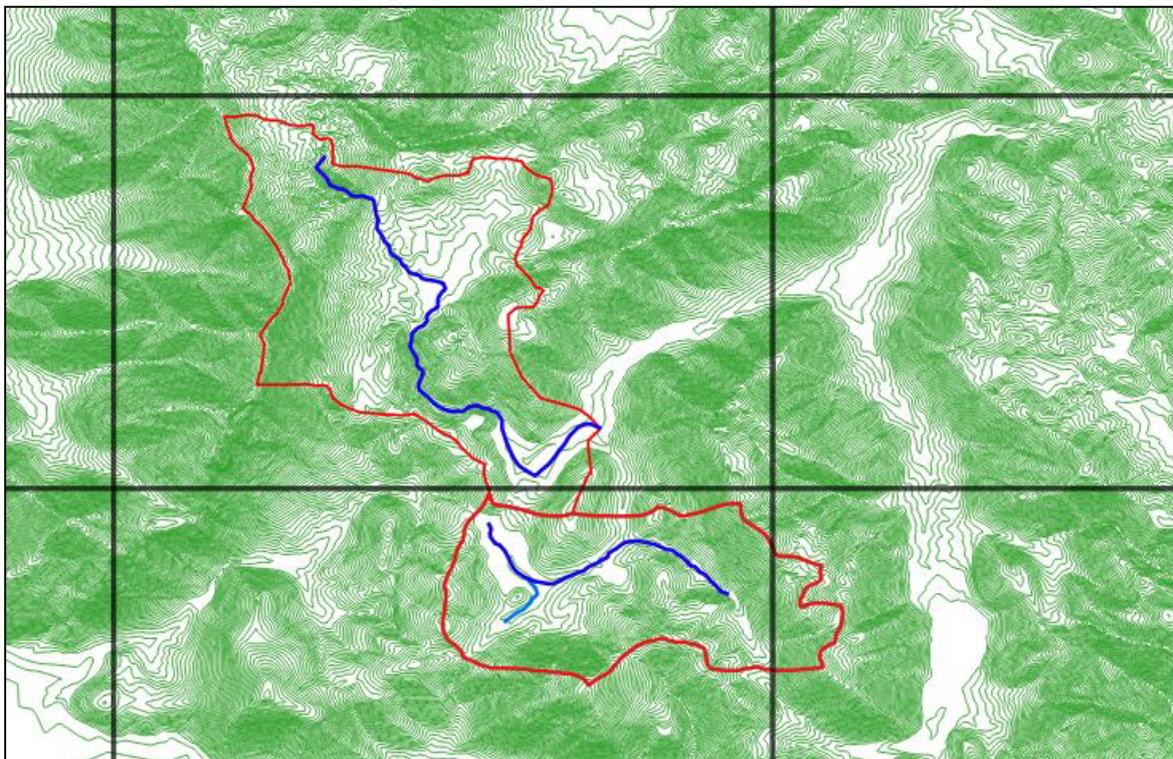


Fig. 1: rappresentazione dei corpi idrici superficiali oggetto di verifica idraulica, rappresentazione dei bacini idrografici oggetto di analisi idrologica, delimitazione dei fogli della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10000: 402140, 415020, 415030. Sono visibili anche le curve di livello la quale confermano la delimitazione dei bacini idrografici.

Verranno trattati in seguito ma, si anticipa che i bacini idrografici di riferimento verranno chiamati con il nome riportato sul Sistema Informativo Territoriale (SIT) della Provincia di Latina, pertanto, "**ARENDO 4**" è il codice identificativo del bacino idrografico relativo al torrente Pozzaveglie, "**ARENDO 1**" è il codice identificativo del bacino idrografico relativo al torrente Pantano. Si precisa che in realtà il torrente Pantano ha un bacino afferente che è una porzione dell'**ARENDO 1**. Dai bacini sopra definiti non esiste quindi un emissario che conduce le acque meteoriche scolanti su tali bacini, verso il mare o altro corpo idrico superficiale adesso afferente.

Secondo la nomenclatura proposta dal SIT, anche i torrenti in esame sono scomposti in tratti aventi come nome un codice identificativo, tuttavia i torrenti verranno sempre denominati con la denominazione locale ad esclusione dei relativi bacini idrografici.

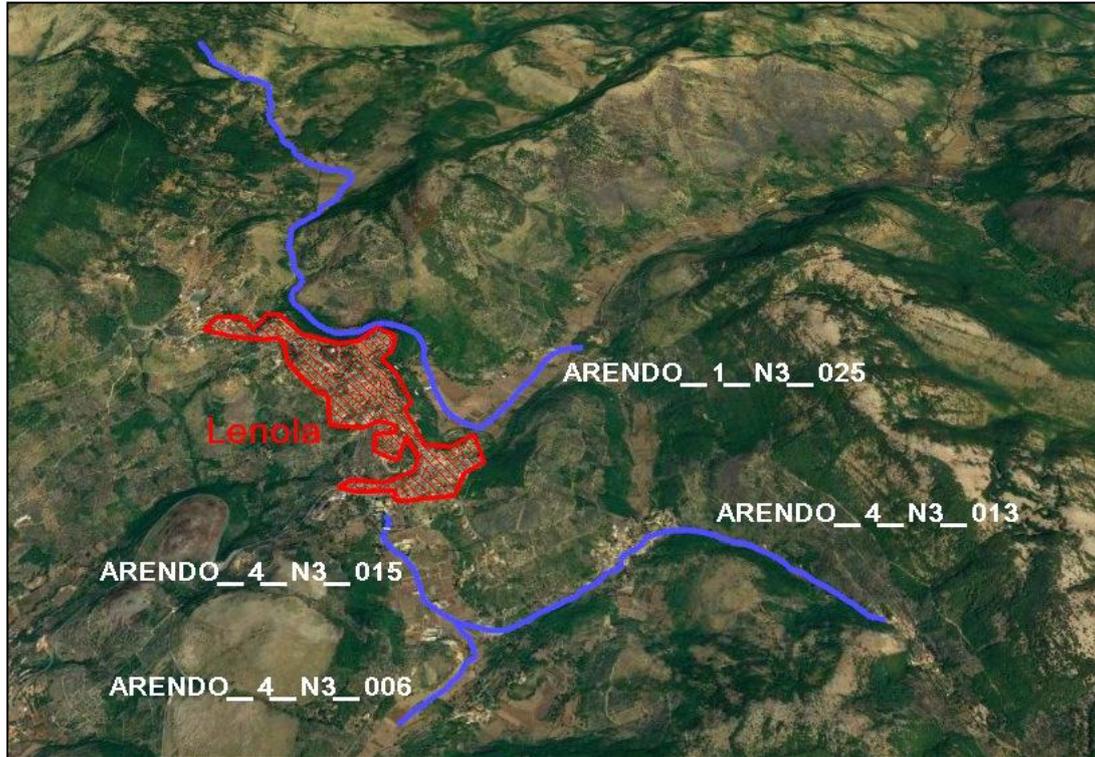


Fig. 2: schematizzazione, su ortofoto, dei torrenti oggetto di verifica idraulica e il centro urbano di Lenola.

2.1 L'ambiente antropico

I torrenti Pozzaveglie e Pantano sono esterni al centro urbano di Lenola. Il primo tuttavia ha inizio da una zona di espansione denominata Camposerianni e attraversa poi, un'altra area di espansione denominata Madonna del Latte.



Fig. 3: Ortofoto che inquadra la località Madonna del Latte. Il tratteggio di colore ciano individua il tracciato del torrente Pozzaveglie. L'area di espansione si sviluppa principalmente sulla destra idrografica del corpo idrico superficiale mentre sulla sinistra idrografica l'urbanizzazione è assai ridotta.

Il bacino idrografico ARENDO 4 è essenzialmente un bacino poco antropizzato. Si può parlare di urbanizzazioni rade circondate da un ambiente naturale costituito da aree boscate ed agricole.

Per quanto riguarda il bacino idrografico ARENDO 1, quello relativo al torrente Pantano, il discorso è quasi equivalente. Il centro urbano di Lenola, costituisce un'urbanizzazione densa che solo in parte può essere considerata afferente al suddetto torrente, in quanto, la linea spartiacque fa in modo che parte dell'abitato sia idraulicamente afferente ad altro bacino idrografico denominato PED-200 (Pedicata) con confluenza al reticolo idrografico presso la piana di Fondi.



Fig. 4: Ortofoto che inquadra la località Camposerianni. Il tratteggio di colore ciano individua il tracciato del torrente Pozzaveglie e anche altre aste minori ad esso collegate.



Fig. 5: Ortofoto del centro urbano di Lenola. Sulla destra, tratteggiato in colore ciano, è il tracciato del torrente Pantano. In nero il confine del sottobacino idrografico la quale rappresenta la linea spartiacque con il sottobacino PED-200. A sinistra, in colore ciano, parte del reticolo idrografico del sottobacino PED-200.

Con riferimento al Piano Regolatore Generale si può osservare che i tracciati dei torrenti in esame attraversano principalmente aree agricole o al più aree di espansione di ridotta superficie. E' altresì vero che le aree urbane recapitano le acque meteoriche nel reticolo idrografico.

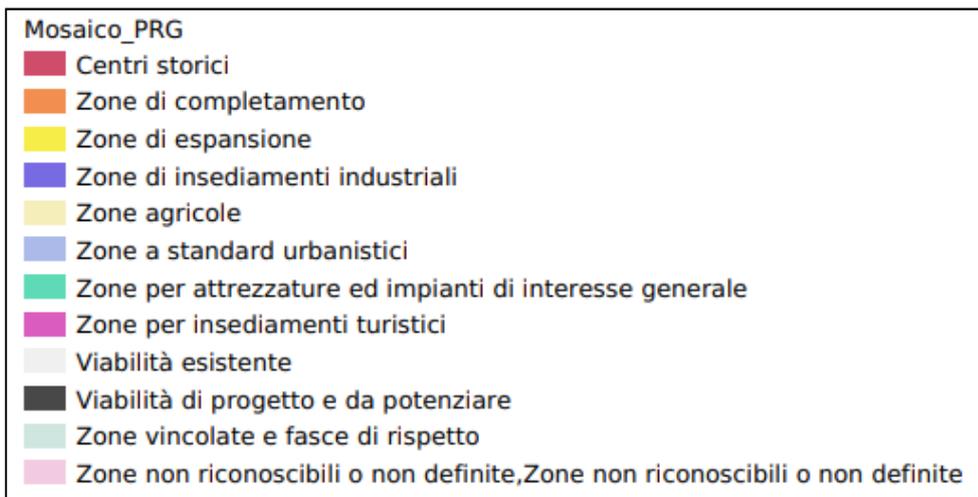
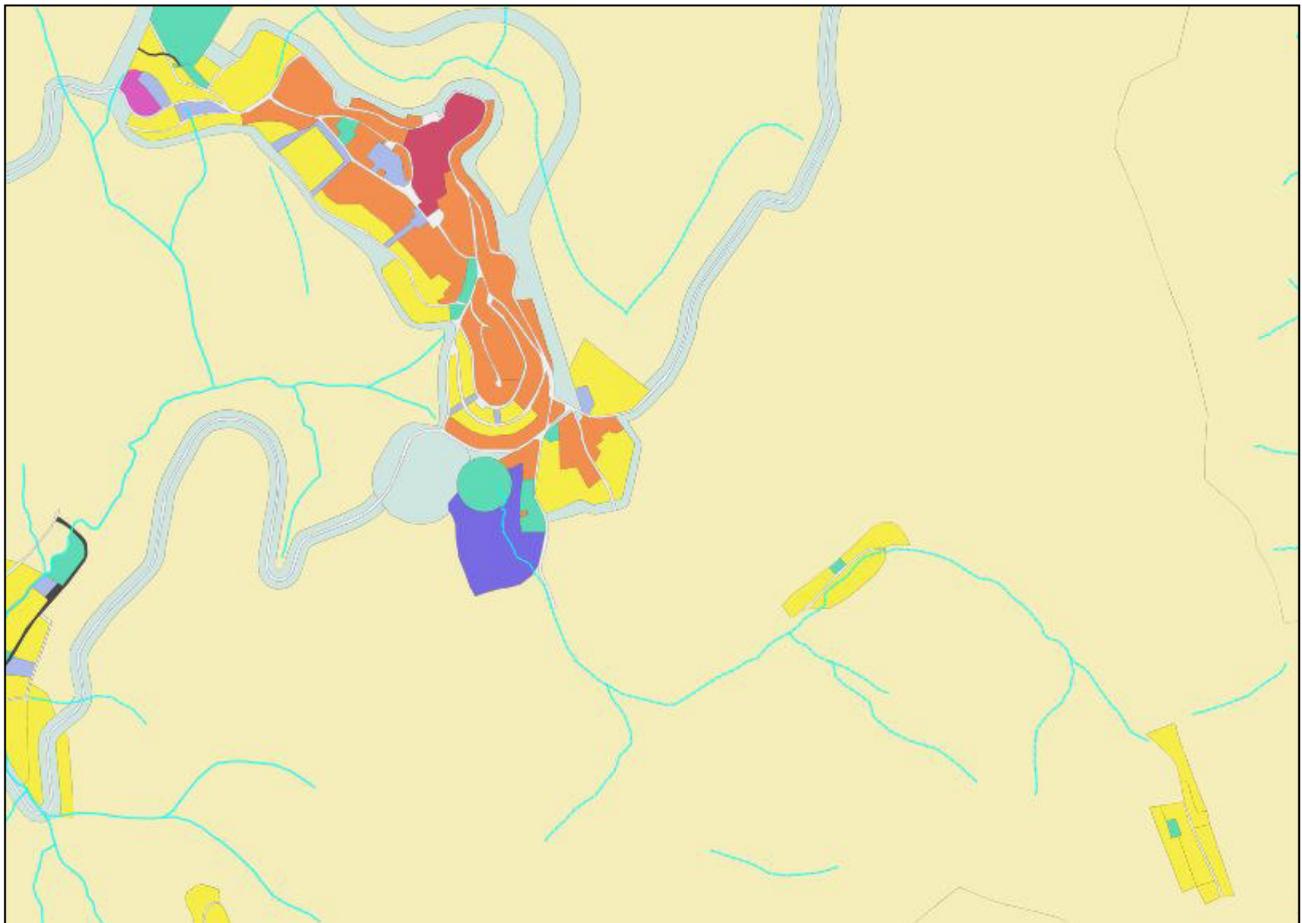


Fig. 6: stralcio mosaico PRG e legenda. [fonte SIT Provincia di Latina]

2.1.1 Uso del suolo

La Carta di Uso del Suolo (CUS) è una carta tematica di base che rappresenta lo stato attuale di utilizzo del territorio e si inquadra nell'ambito del Progetto CORINE Land Cover dell'Unione Europea.

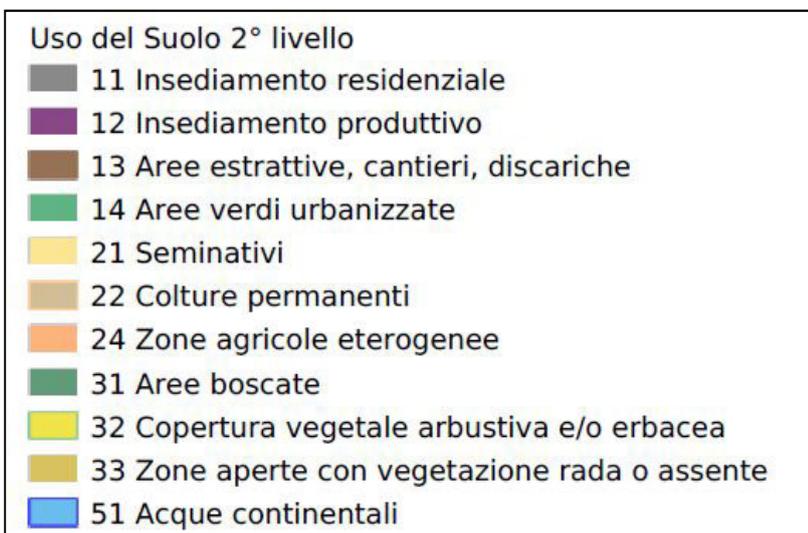
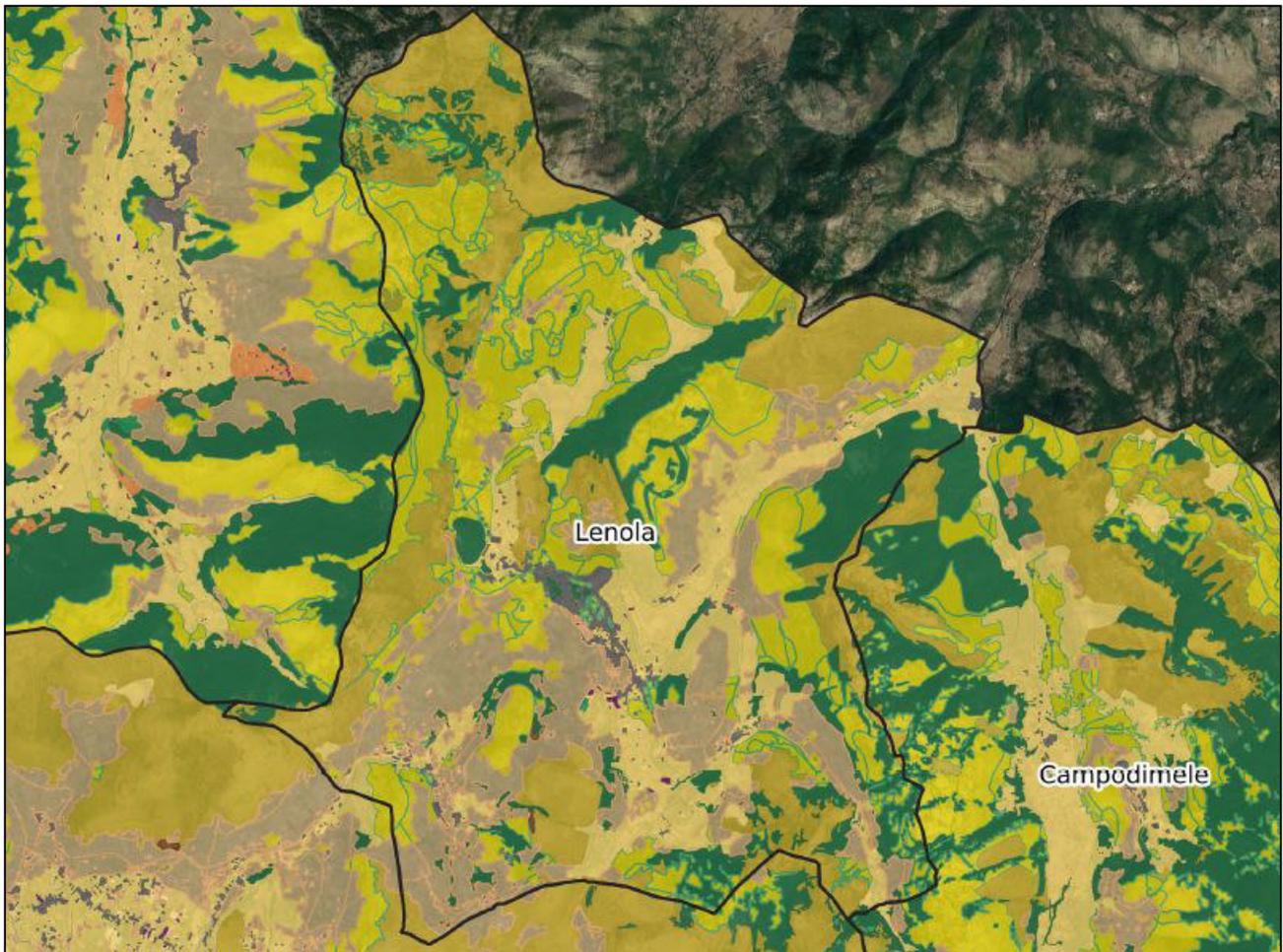


Fig. 6: Carta dell'uso del suolo di 2° livello e legenda. [Fonte SIT Provincia di Latina]

I dati sull'uso del suolo, sulla copertura vegetale e sulla transizione tra le diverse categorie d'uso figurano tra le informazioni più frequentemente richieste per la formulazione delle strategie di gestione sostenibile del patrimonio paesistico-ambientale e per controllare e verificare l'efficacia delle politiche ambientali e l'integrazione delle istanze ambientali nelle politiche settoriali (agricoltura, industria, turismo, ecc.).

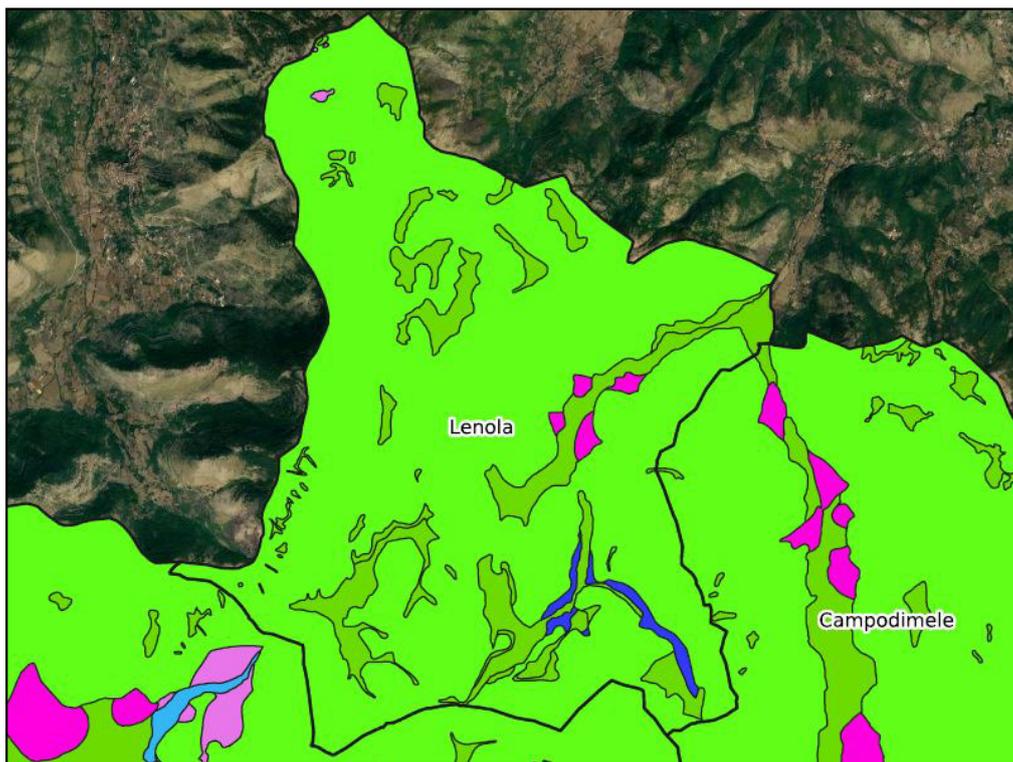
E' importante, ai fini dello studio idraulico, la conoscenza dello stato attuale del territorio allo scopo di definire il coefficiente di deflusso superficiale ϕ che, influisce sulle portate di piena del reticolo idrografico superficiale.

2.2 Inquadramento ambientale

L'inquadramento ambientale si limiterà a fornire elementi analitici utili all'analisi idrologica e alle successive verifiche idrauliche. Al fine di avere una solida base per la determinazione dei parametri idrologici, come ad esempio il coefficiente di deflusso superficiale ϕ , è necessario comprendere la natura litologica (almeno di superficie) dei sottobacini idrografici di interesse. Si riportano quindi gli stralci della carta geologia e idrogeologica.

2.2.1 Cenni geologici

I due bacini idrografici, dal punto di vista geologico possono essere caratterizzati attraverso la Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100000, Foglio 160 "Cassino". La carta mostra essenzialmente la natura calcarea della litologia di superficie come del resto, l'intera area dei Monti Ausoni.



	Alluvioni attuali e recenti
	Argille siltose grigie con lenti di gesso ed alternanze arenacee e argillose siltose talora con inclusi della serie carbonatica
	Brecce di pendio piu o meno cementate (Pleistocene inf.); puddinghe poligeniche a luoghi incoerenti a clasti calcarei ed arenacei
	Calcarei micritici e calcareniti di piattaforma, calcari dolomitici (Triassico-Miocene s.l.)
	Calcarei sub-affioranti come "c" con copertura discontinua di terre rosse di spessore significativo (Campi carsici)
	Conoidi di deiezione inattivi (Peistocene-Olocene)
	Depositi eluvio colluviali derivanti in prevalenza dall'alterazione del substrato
	Detrito di falda (Olocene)
	Detrito in abbondante matrice argilloso-sabbiosa (Olocene)
	Riperti antropici (Recente)
	Terre nere di ambiente lacuale e palustre (Olocene)

Fig. 7: Carta litologica e legenda. [Fonte SIT Provincia di Latina]

La zona Pantano è una zona di fondo valle i cui suoli sono costituiti da depositi derivanti dall'alterazione del substrato dei rilievi. La parte orientale della valle è infatti interessata da conoidi di deiezione.

Implicazione diretta della natura litologica dei suoli è sulla permeabilità degli stessi. La permeabilità del suolo è strettamente legata al coefficiente di deflusso superficiale.

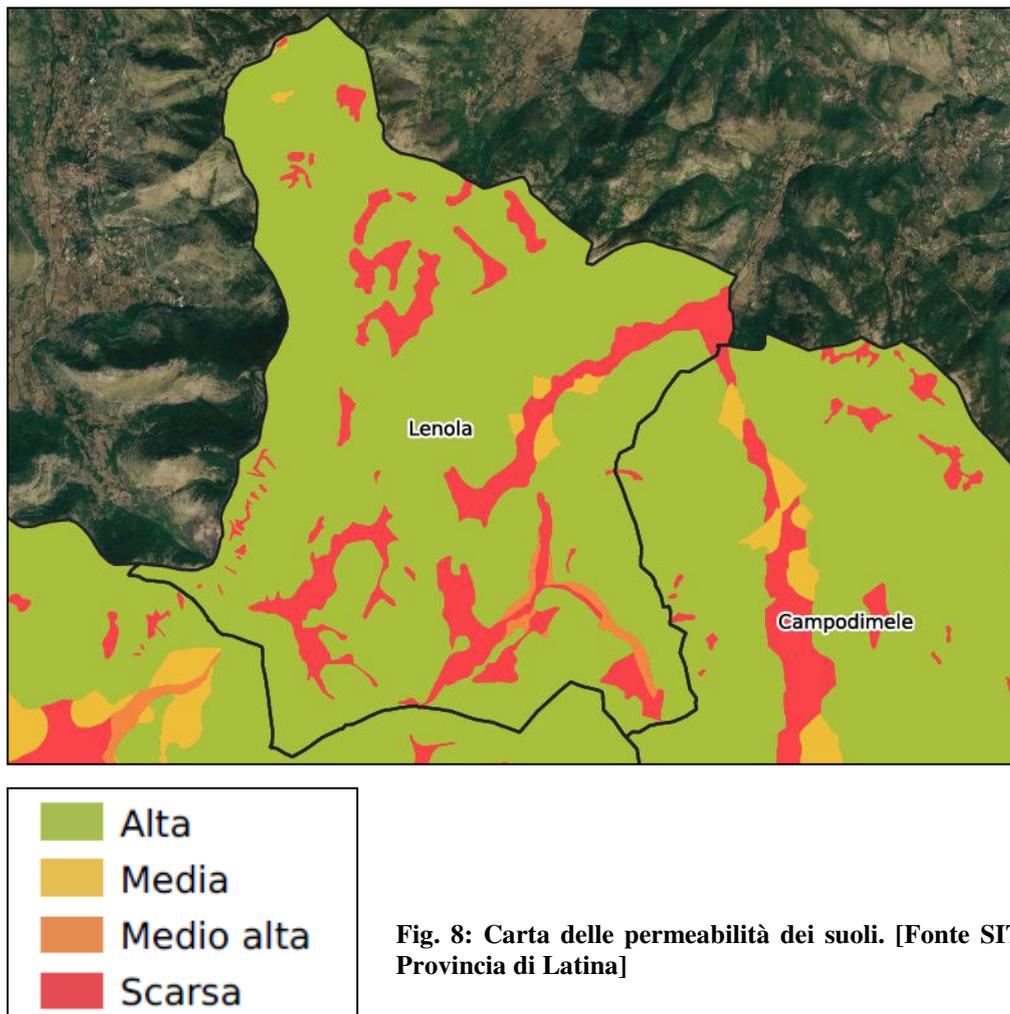


Fig. 8: Carta delle permeabilità dei suoli. [Fonte SIT Provincia di Latina]

Le rocce calcaree sono la tipologia litologica ampiamente ricorrente che, essendo caratterizzata da porosità primarie e secondarie, conferiscono una elevata permeabilità dei suoli. I depositi derivanti dall'alterazione del substrato, possiede, al contrario, una scarsa permeabilità.

3 Corpi idrici oggetto di verifica

Il torrente Pantano si sviluppa per 7090 metri, da una quota di circa 750 m s.l.m., fino alla località Pantano, passando per l'inghiottitoio Pantano e terminando presso la "Chiavica Liverani". La vicinanza tra la Chiavica Liverani ed il Pozzo Liverani (alcune decine di metri) non implica tuttavia una correlazione idraulica, almeno in superficie. Il pozzo Liverani allo stato attuale non riceve le acque dal Torrente Pantano ma dal reticolo idrografico della parte orientale della piana.

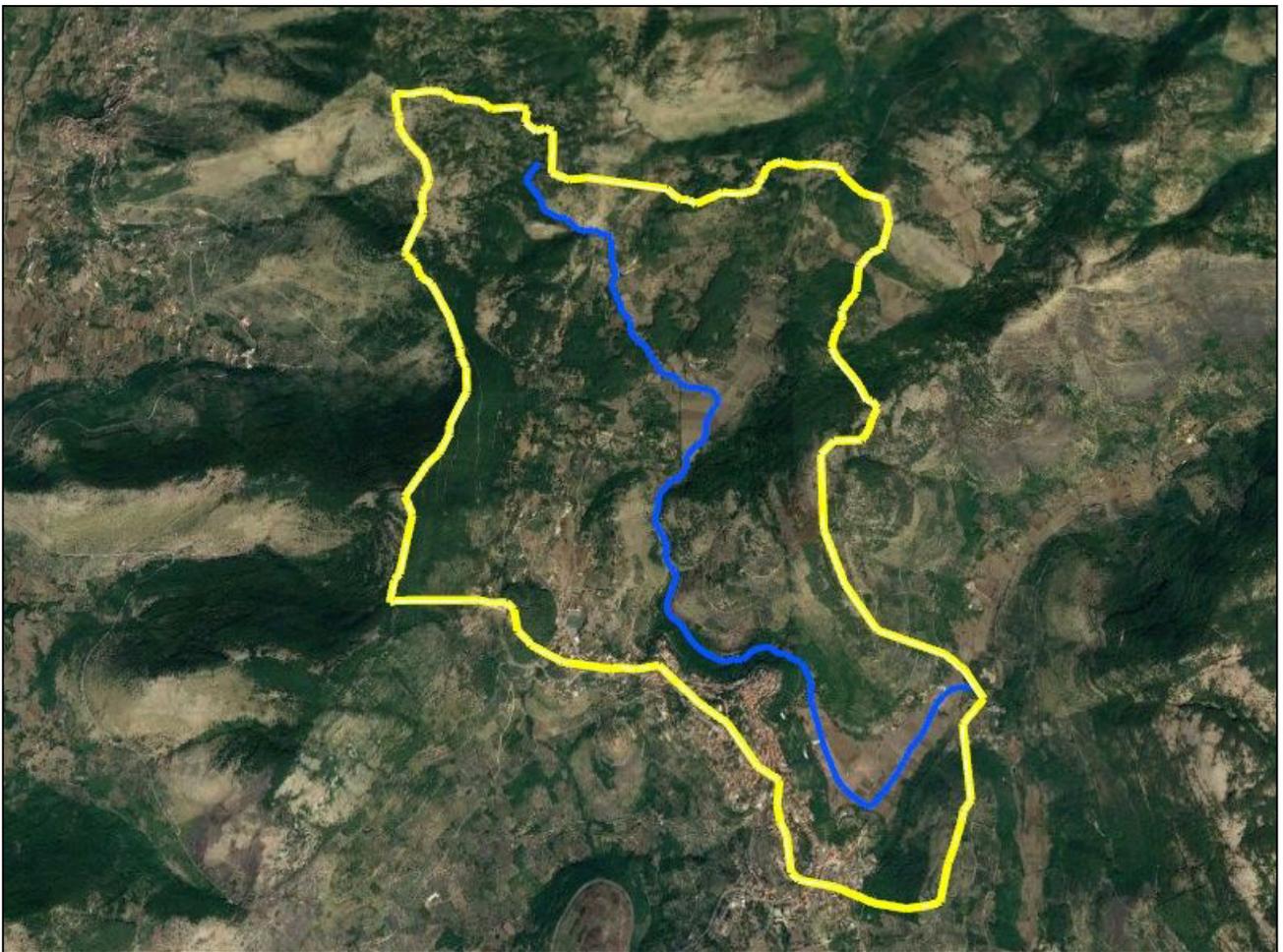


Fig. 10: In giallo la delimitazione del bacino imbrifero afferente al torrente Pantano, in blu il tracciato del torrente.

Le criticità idrauliche, sono rappresentate da fenomeni esondativi presso la valle Pantano che tendono ad inondare una vasta aree agricola.

Il torrente è in connessione idraulica con:

- Inghiottoio Pantano;
- Chiavica Liverani.

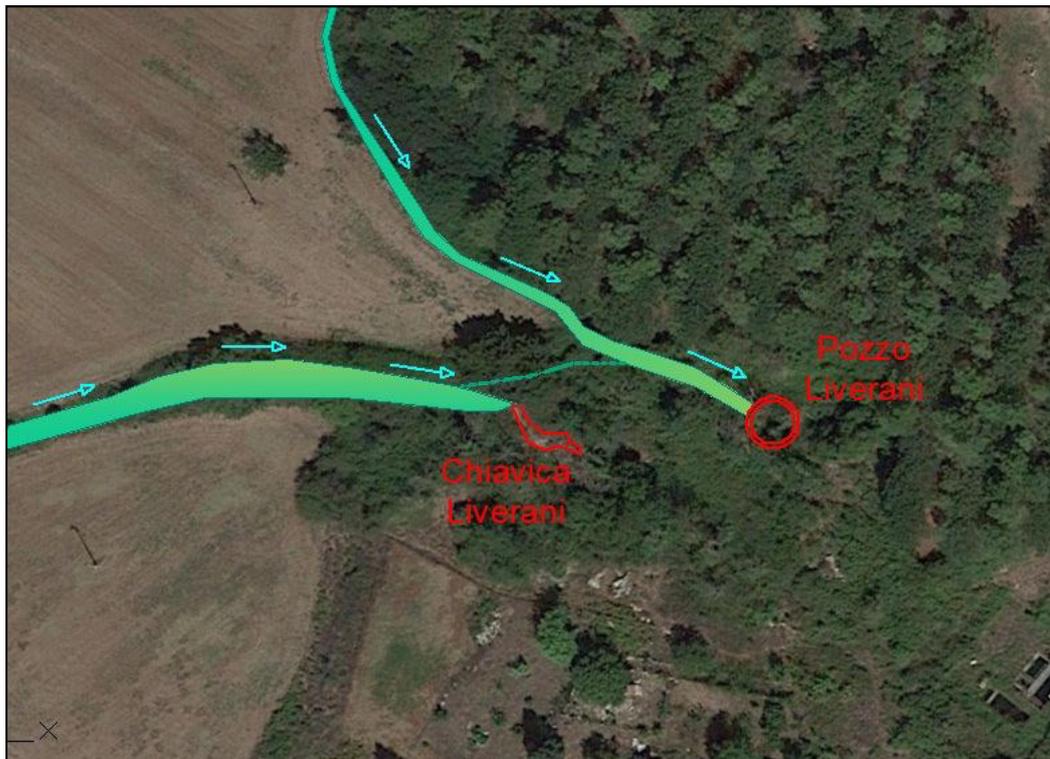


Fig. 11: Posizione della Chiavica Liverani al termine del torrente Pantano. Il Pozzo Liverani risulta idraulicamente disconnesso (almeno in superficie).



Fig. 12: la stretta fenditura tra le rocce è l'ingresso della Chiavica Liverani.



Fig. 13: esterno del Pozzo Liverani. La struttura poggia sulla roccia stabile sottostante. Le murature sono eseguite con pietre calcaree sbozzate e malta.



Fig. 14: interno del Pozzo Liverani.

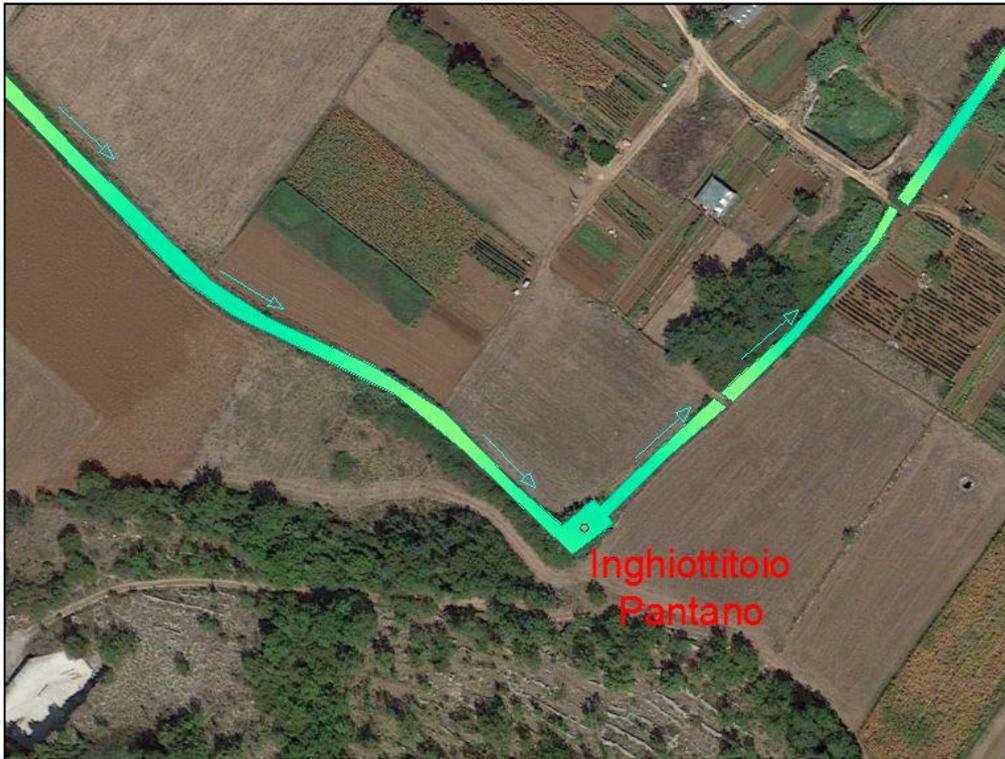


Fig. 15: Schematizzazione su ortofoto dell'inghiottitoio Pantano:



Fig. 16: Inghiottoio Pantano. La cavità naturale è preceduta da un ingresso in muratura di pietrame e malta.

Il torrente Pozzaveglie si sviluppa per 3642 metri dalla località Camposerianni fino all'inghiottitoio "Pozzavello" nei pressi del depuratore.

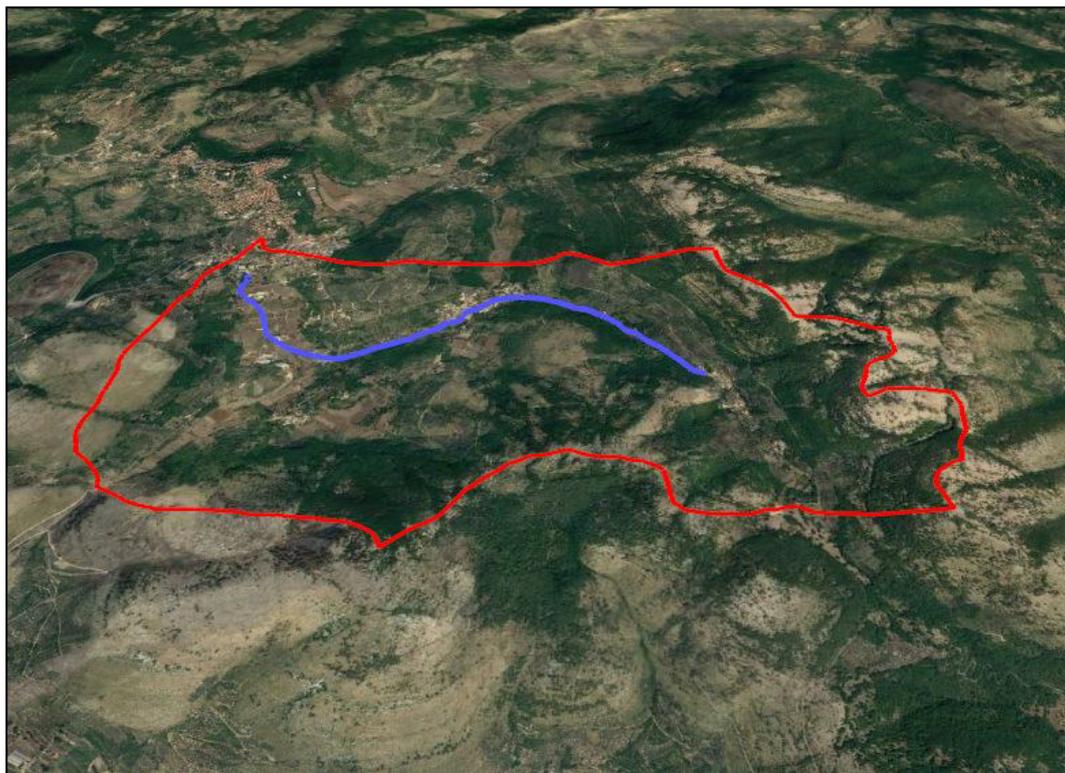


Fig. 17: Sottobacino idrografico ARENDO 4 e tracciato del torrente Pozzaveglie.

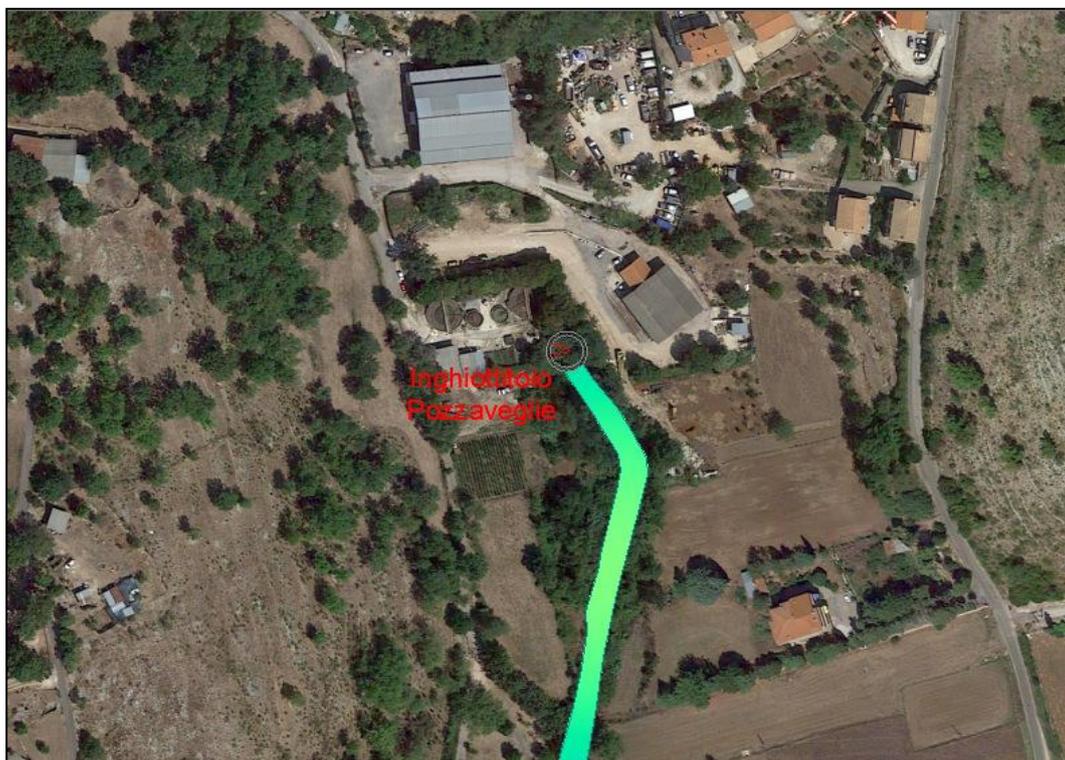


Fig. 18: localizzazione su ortofoto dell'inghiottitoio Pozzavello.



Fig. 19: torrente Pozzaveglie: briglia selettiva che introduce all'inghiottitoio.



Fig. 20: ingresso della cavità naturale dell'inghiottitoio. Alcune parti esterne risultano sistemate con pareti in cemento armato.

3.1 Sottobacini idrografici

Il torrente Pozzaveglie ha come bacino afferente, l'intero sottobacino denominato ARENDO 4 di cui si riassumono le principali caratteristiche morfometriche. Con riferimento alla superficie definita in Fig. 17 si definiscono le seguenti caratteristiche:

Bacino	Pendenza Media [%]	Quota minima [m s.l.m]	Quota Massima [m s.l.m]	Quota Media [m s.l.m]	Superficie [km ²]
ARENDO 4	17.96	337	840	588	8.0

Tab. 1: caratteristiche morfometriche sottobacino ARENDO 4.

Torrente	Lunghezza [m]	Pendenza Media [m/m]
Pozzaveglie	3640	0.035

Tab. 2: caratteristiche morfometriche del torrente Pantano

Il torrente Pantano ha come bacino afferente, una porzione del sottobacino idrografico denominato ARENDO 1. Con riferimento alla superficie definita nella Fig. 10, si definiscono le seguenti caratteristiche morfometriche:

Bacino	Pendenza Media [%]	Quota minima [m s.l.m]	Quota Massima [m s.l.m]	Quota Media [m s.l.m]	Superficie [km ²]
ARENDO 4	10.9	325	970	647	11.7

Tab. 3: caratteristiche morfometriche sottobacino ARENDO 1.

Torrente	Lunghezza [m]	Pendenza Media [m/m]
Pozzaveglie	7320	0.05

Tab. 4: caratteristiche morfometriche del torrente Pozzaveglie.

4 Analisi idrologica

L'analisi idrologica è finalizzata alla valutazione delle portate di piena di assegnata probabilità di accadimento (sintetizzata nel parametro tempo di ritorno T_r), indispensabili ai fini della modellazione idraulica per la valutazione degli effetti sul territorio di eventi di inondazione.

L'analisi procederà nella stima di tutti i parametri che consentiranno di determinare, per assegnati tempi di ritorno, le intensità di pioggia e le portate al colmo.

Le portate saranno quindi calcolate tramite il modello cinematico

$$Q(T) = 278 \cdot \phi(T) \cdot A_b \cdot i(t_c, T) \cdot r(A_b, t_c)$$

dove:

ϕ è il coefficiente di deflusso superficiale [adimensionale]

A_b è l'area del bacino [km^2];

$i(t_c, T)$ è l'intensità di pioggia [m/h];

$r(A_b, t_c)$ è il coefficiente di ragguaglio.

4.1 Tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione T_c di un bacino è il tempo impiegato da una singola particella d'acqua piovuta nel punto idraulicamente più lontano a raggiungere la sezione di chiusura. La definizione di tempo di corrivazione consente di spiegare perché la piena si verifica proprio se l'evento meteorico ha una durata almeno pari al tempo di corrivazione, dato che in questo caso tutta l'area scolante contribuisce ai fini del deflusso superficiale. Il concetto di tempo di corrivazione permette anche di giustificare perché nei piccoli bacini sono sufficienti piogge brevi per determinare eventi di piena. In letteratura esistono diverse formule per calcolare il tempo di corrivazione.

Vi sono vari metodi per la determinazione del tempo di corrivazione.

Il Modello di regionalizzazione delle piogge e delle portate dei corsi d'acqua d'interesse dei Bacini Regionali del Lazio, che suggerisce le seguenti espressioni:

- $t_c = T_{bg}$ per $A \geq 75$
- $t_c = T_{bg} \frac{(A-1)}{74} + T_{bk} \frac{(75-A)}{74}$ per $75 < A < 1$
- $t_c = T_{bk}$ per $A \leq 1$

con T_{bg} e T_{bk} determinati come segue:

$$T_{bk} = 0.93 \left(\frac{L_b}{\sqrt{\frac{y_{max}}{L_b}}} \right)^{0.77}$$

$$T_{bg} = \frac{5\sqrt{A} + 1.875 \cdot L_b}{\sqrt{y_m}}$$

dove:

y_m = altitudine media del bacino rispetto alla sezione di chiusura (m);

y_{max} = altezza del punto più elevato del bacino rispetto alla sezione di chiusura (m);

L = lunghezza dell'asta principale del bacino (km);

A = area del bacino complessivo (km²).

Però sulla base delle caratteristiche del bacino oggetto del presente studio sono stati calcolati i tempi di corrivazione (o tempi di ritardo), anche utilizzando altri numerosi metodi presenti in letteratura che presentano diversi livelli di adattabilità ai bacini di piccole dimensioni.

Una formula frequentemente utilizzata in Italia è quella proposta da **Giandotti**:

$$T_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A_b} + 1.5 \cdot L_b}{0.8 \cdot \sqrt{H_m}}$$

dove:

T_c espresso in ore;

A_b = area bacino (km²);

L_b = lunghezza asta principale (km);

H_m = quota media sulla sezione di chiusura (m).

- **Kirpich**

$$T_c = \frac{0.95 \cdot L^{1.155}}{(H_{MAX} - H_{MIN})^{0.385}}$$

Con:

T_c espresso in ore;

L = lunghezza asta principale (km);

$H_{MAX} - H_{MIN}$ = dislivello tra il punto di spartiacque e quello terminale del corso d'acqua espresso in metri.

Vista la tipologia di bacini, prevalentemente montuosi, le varie stime dei tempi di corrivazione, eseguite anche con altre relazioni (Aronica-Paltrinieri, Viparelli, Puglisi, Pezzoli, Tournon) hanno fornito valori tra loro anche assai discordanti e, il più delle volte, non idonei a descrivere bene i fenomeni su tali bacini.

La relazione di **Tournon** ha tuttavia fornito i valori più apprezzabili. La relazione di Tournon è la seguente:

$$t_c = \frac{0.396 L}{\sqrt{i}} \left(\frac{S}{L^2 \sqrt{i_v}} \right)^{0.72}$$

dove:

t_c = tempo di corrivazione (h)

L = lunghezza dell'asta principale (km)

i = pendenza media dell'asta principale (-)

S = area del bacino (km²)

i_v = pendenza media del versante (-)

I valori stimati di T_c sono riassunti nella seguente tabella:

Sottobacino	ARENDO 1	ARENDO 4
Tc [ore]	3.27	2.97
Metodo di calcolo	Tournon	Tournon

Tab. 5: tempi di corrivazione per i sottobacini considerati.

4.2 Intensità di pioggia

L'evento di piena che si prende in considerazione per la stima delle portate al colmo defluenti nei corsi d'acqua, necessita della definizione di un particolare evento di pioggia, riferito ad un determinato tempo di ritorno T_r . La metodologia impiegata per la determinazione di tale evento di pioggia, si basa sulla elaborazione dei dati storici di precipitazione che riguardano eventi meteoriche particolarmente intensi (piogge di massima intensità e breve durata) registrate dal pluviografo e sistematicamente raccolte e riportate sugli annali del servizio idrografico.

In questa parte dello studio si è proceduto alla determinazione della intensità dell'evento meteorico, che sarà ipotizzata all'origine del fenomeno di piena, in base al procedimento suggerito dal Modello di regionalizzazione piogge e portate corsi d'acqua Bacini Regionali del Lazio.

Quando i dati a disposizione sono limitati è possibile ricorrere "Procedura modificata con relazioni IDF a tre parametri".

Questa procedura è stata sviluppata presso l'Università di Roma [Calenda e Cosentino, 1996]. Tale modello ha individuato, per un'ampia fascia dell'Italia centrale che comprende anche le aree costiere ed interne del Lazio, zone con caratteristiche di piovosità omogenee per ciascuna delle quali sono stati valutati i parametri caratteristici delle curve di probabilità pluviometrica (curva IDF, Intensità-Durata-Frequenza).

Per ogni pluviografo, si adotta la legge intensità-durata-frequenze (IDF) a tre parametri:

$$i_t(T_r) = \frac{a(T_r)}{(b + t)^m}$$

dove:

- T è il tempo di ritorno,
- b è un parametro di deformazione della scala temporale, indipendente sia dalla durata t sia dal tempo di ritorno T ,
- m è un parametro adimensionale compreso tra 0 e 1, indipendente sia dalla durata sia dal tempo di ritorno,
- $a(T)$ è un parametro dipendente dal tempo di ritorno, ma indipendente dalla durata.

I precedenti parametri si determinano, mediante la regolarizzazione della serie dei casi critici utilizzando il metodo dei minimi quadrati, i parametri b , m ed a di ogni caso critico e , di conseguenza, mediante l'espressione sopra riportata, l'intensità di pioggia critica.

Per t tendenti a zero la relazione IDF diventa:

$$i_0(T_r) = \frac{a(T_r)}{(b)^m}$$

In cui la i_0 è l'intensità istantanea; la IDF può quindi essere espressa nella forma:

$$i_t(T_r) = i_0(T_r) \left(\frac{b}{b+t} \right)^m$$

Il risultato dello studio è stata la suddivisione del territorio in sottozone omogenee alle quali sono associati i parametri delle leggi di probabilità pluviometrica .

L'area oggetto di verifica idraulica è situata nel bacini idrografici ARENDO 1 e ARENDO 4 ricadono nelle sottozone VA.PI B30.

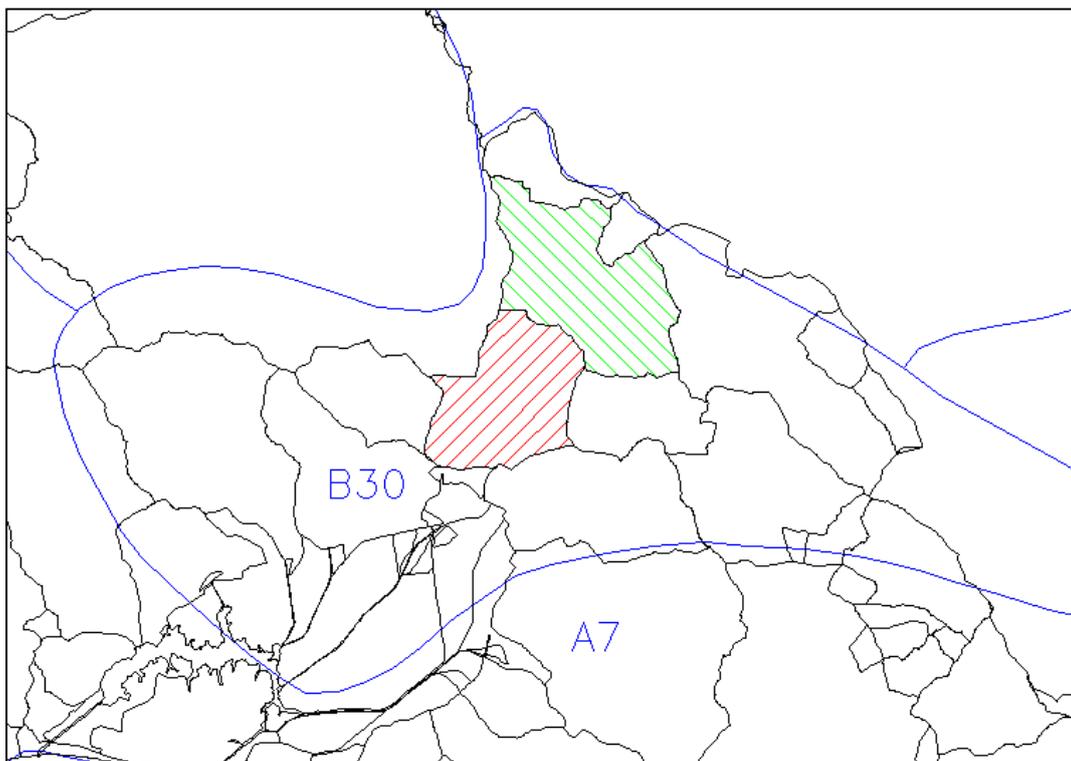


Fig. 21: Stralcio zonizzazione VA.PI. I bacini Arendo 1 e Arendo 4 facenti parte della VA.PI B30.

Per tale sottozona i valori dei parametri individuati in fase di regionalizzazione sono riportati di seguito nella tabella .

Parametri sottozona B23			
Tr (anni)	b (h)	m	a(T) (m/h)
10	0.1222	0.7097	0.065
20			0.076
30			0.079
50			0.085
100			0.094
200			0.102
500			0.114

Tab. 6: parametri della sottozona VA.PI B30.

Sottobacino ARENDO 1		
Tr (anni)	i(t) (mm/h)	i(t) (m/h)
10	27.61	0.027
20	31.23	0.031
30	33.33	0.033
50	35.97	0.035
100	39.55	0.039
200	43.14	0.043
500	47.92	0.047

Tab. 8: intensità di pioggia stimate per il sottobacino ARENDO 1.

Sottobacino ARENDO 4		
Tr (anni)	i(t) (mm/h)	i(t) (m/h)
10	29.49	0.029
20	33.52	0.033
30	35.59	0.035
50	38.41	0.038
100	42.23	0.042
200	46.07	0.046
500	51.17	0.051

Tab. 9: intensità di pioggia stimate per il sottobacino ARENDO 4.

4.3 Coefficiente di deflusso superficiale

Il coefficiente di deflusso tiene conto della quantità di acqua meteorica che viene trattenuta all'interno del bacino e restituita al corso d'acqua solo in tempi successivi.

I fattori che intervengono a determinare la relazione tra la portata al colmo e l'intensità media di pioggia, come la natura dei terreni e la loro copertura vegetale, la capacità di accumulo del bacino e l'effetto di laminazione del reticolo, la dimensione del bacino e l'acclività dei versanti, per citarne alcuni, sono rappresentati nel loro insieme dal coefficiente di deflusso "c" il cui valore è oltre tutto sensibile, in misura elevata, alle condizioni climatiche che precedono l'evento.

Al fine di rendere la derivazione del coefficiente di deflusso del bacino, oggetto di studio, maggiormente affine alla realtà delle condizioni di uso del suolo, la valutazione dello stesso è stato effettuato suddividendo il bacino stesso in più aree omogenee, ed attribuendo a ciascuna area un coefficiente di deflusso, stimato attraverso sopralluoghi effettuati sul sito e mediante la consultazione della Carta dell'Uso del Suolo sulla base dei dati reperibili in letteratura.

Tipologia urbana	Coefficiente di deflusso ϕ
<ul style="list-style-type: none">Commerciale	
Centro	0,70 ÷ 0,95
Periferia	0,50 ÷ 0,70
<ul style="list-style-type: none">Residenziale	
Unità monofamiliari	0,30 ÷ 0,50
Unità plurifamiliari isolate	0,40 ÷ 0,50
Unità plurifamiliari contigue	0,60 ÷ 0,75
Extra urbana	0,25 ÷ 0,40
<ul style="list-style-type: none">Industriale	
Industriale pesante	0,50 ÷ 0,80

Industriale leggera	0,60 ÷ 0,90
• Parchi, cimiteri	0,00 ÷ 0,35
• Parchi giochi	0,20 ÷ 0,35
• Aree ferroviarie	0,20 ÷ 0,35
• Non urbanizzata	0,00 ÷ 0,30

Tab. 10: coefficienti di deflusso in relazione delle diverse tipologie urbane.

$$\varphi = \frac{\sum_i S_i \cdot \varphi_i}{\sum_i S_i}$$

dove :

S_i è la superficie della i-esima zona urbanisticamente omogenea;

φ_i è il coefficiente di afflusso relativo alla i-esima zona urbanisticamente omogenea.

Per ciascun sottobacino idrografico è stato stimato il relativo coefficiente di deflusso superficiale. Si può affermare che tale coefficiente sia $\varphi = 0,15$.

4.4 Coefficiente di ragguglio

Il coefficiente di ragguglio tiene conto della disomogeneità nella distribuzione delle precipitazioni nell'ambito dell'area del bacino.

E' possibile osservare come alla base di ogni studio per la determinazione del coefficiente di ragguglio ci siano le seguenti ipotesi:

- Si assume che, durante il verificarsi degli eventi di massima intensità registrati in una stazione, la stazione stessa coincida con il centro di scroscio.
- Ci si aspetta che il coefficiente di ragguglio decresca al crescere dell' area del bacino.
- Ci si aspetta che r cresca al crescere della durata della precipitazione.

Le prime due ipotesi si possono giustificare sulla base di alcuni concetti intuitivi: quando un pluviometro ha rilevato il suo massimo valore annuale di precipitazione, è scontato che ciò sia accaduto per il nubifragio che in quel punto è stato il più intenso di tutti; inoltre se si suppone ragionevolmente che quel nubifragio sia stato più intenso lì che altrove, di conseguenza si può ritenere che il pluviometro si trovasse proprio nel centro di scroscio.

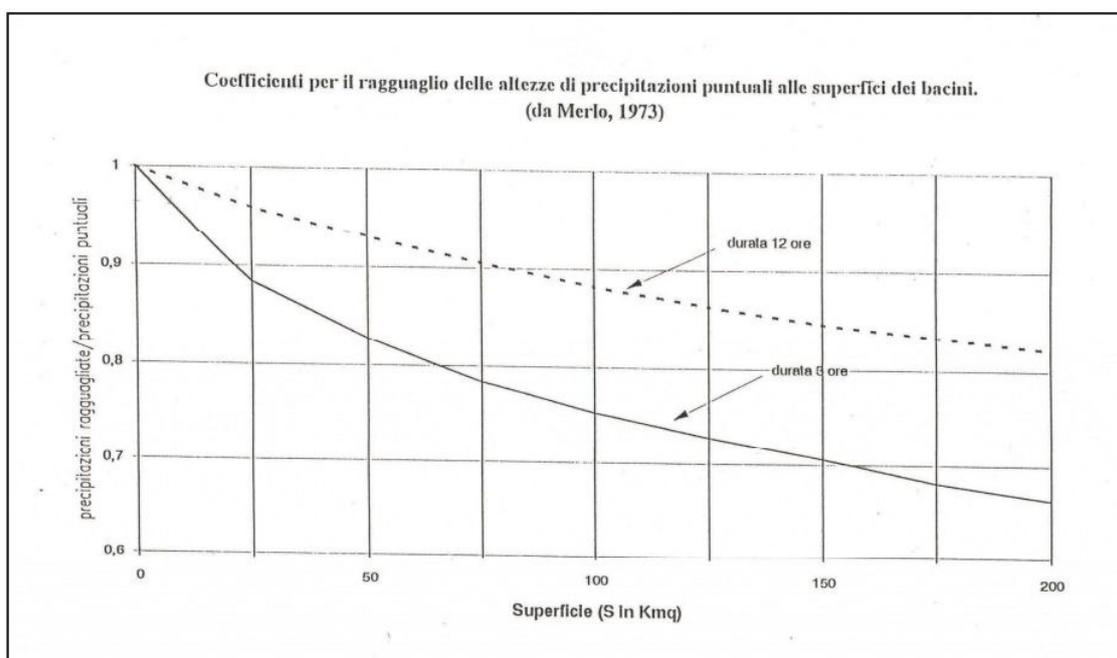


Fig. 22: Coefficienti per il ragguglio delle altezze di precipitazione puntuali alle superfici dei bacini.

Questo spiega perché l'altezza di pioggia raggugliata è sempre minore di quella puntuale e quindi r è sempre minore o uguale a 1; questo fattore è tanto più accentuato quanto maggiore è l' area di ragguglio. La terza ipotesi deriva dall' esperienza comune che piogge di durata più lunga tendono

ad avere una distribuzione spaziale più omogenea rispetto piogge di durata inferiore. Le caratteristiche del fenomeno appena descritte possono essere rappresentate dalla seguente formula:

$$r = 1 - e^{-1.1 \cdot t^{0.25}} + e^{-1.1 \cdot t^{0.25} - 0.00386 \cdot A}$$

in cui t è assunto pari a t_c , in ore.

È possibile una stima del coefficiente di ragguglio, per i singoli bacini, attraverso il diagramma proposto da Merlo (1973).

Valori di coefficiente di ragguglio	
SOTTOBACINO CONSIDERATO	0.99

Tab. 11: calcolo del coefficiente di ragguglio.

4.5 Portate di piena

Le procedure adottabili per la stima della portata di piena in un corso d'acqua si differenziano in relazione alla disponibilità di serie storiche di dati ideologici rappresentativi.

Il caso più favorevole si ha quando nella sezione di interesse sono disponibili valori di portata misurati per un periodo di osservazione sufficientemente lungo; in queste condizioni l'analisi statistica diretta di frequenza delle piene consente di determinare le stime richieste. Poiché tale situazione non si verifica nel caso in studio si è nelle condizioni di dover stimare i valori delle portate di piena con metodi analitici.

Il metodo impiegato per la determinazione dell'idrogramma di piena dei bacini è il cosiddetto Metodo Razionale, un metodo analitico, in quanto fornisce a differenza delle formule empiriche, sulla base di uno schematico bilancio ideologico in regime di piena, in cui figura la precipitazione di assegnato T_r che determina la portata di piena, la portata di frequenza probabile.

Il metodo razionale trova frequente applicazione per i piccoli bacini.

La formula Razionale consente la valutazione della portata di piena di assegnato tempo di ritorno mediante la seguente relazione:

$$Q_T = \frac{C \cdot i_t \cdot A}{360}$$

in cui:

A = superficie del bacino (Ha);

i_t = intensità critica della precipitazione di assegnato tempo di ritorno T_r (mm/h);

C = coefficiente di deflusso (φ).

Il coefficiente di deflusso tiene conto della riduzione dell'afflusso meteorico per effetto delle caratteristiche di permeabilità dei suoli ricadenti nel bacino e 360 è un fattore di conversione delle unità di misura che permette di ottenere la Q_T in m^3/s .

In sintesi, il metodo stima il valore al colmo della portata con le seguenti assunzioni:

- la precipitazione è uniformemente distribuita sul bacino;
- la portata stimata ha lo stesso tempo di ritorno T di quello dell'intensità di pioggia;
- il tempo di formazione del colmo di piena è pari a quello della fase di riduzione;
- l'intensità di pioggia ha una durata pari a quella del tempo di corrivazione.

Sottobacino ARENDO 1	
Tr (anni)	Q (m³/s)
10	13.34
20	15.09
30	16.10
50	17.37
100	19.10
200	20.84
500	23.14

Tab. 12: portate di piena stimate per il sottobacino ARENDO 1.

Sottobacino ARENDO 4	
Tr (anni)	Q (m³/s)
10	9.74
20	11.07
30	11.76
50	12.69
100	13.95
200	15.21
500	16.90

Tab. 13: portate di piena stimate per il sottobacino ARENDO 4.

5 Verifiche idrauliche

Per la verifica idraulica è stato impiegato il software **HEC-RAS 5.07**, che è il modello unidimensionale di analisi dei fiumi dell'Hydrologic Center (HEC), del Corpo degli Ingegneri dell'Esercito degli Stati Uniti d'America; il modello è in grado di effettuare simulazioni di tipo monodimensionale del fenomeno di propagazione dell'onda di piena su corsi d'acqua in condizioni di moto stazionario e non stazionario.

Questa scelta è stata fatta per ragioni di coerenza con il PAI che ha individuato e perimetrato le aree a rischio idraulico e utilizzando questo codice di calcolo.

E' stato costruito, quindi, un modello idraulico del reticolo idrografico tenendo conto delle sezioni dei corsi d'acqua, delle pendenze, della scabrezza dei vari tratti e si è proceduto alla simulazione dell'andamento delle acque all'interno della rete idrografica.

Per la schematizzazione del sistema in esame sono stati adoperati i seguenti dati:

- Geometria della sezioni rilevate;
- Distanza fra le sezioni adiacenti;
- Coefficienti di scabrezza (con la possibilità di fornire valori differenti di tali coefficienti per quanto riguarda le sponde e il fondo);
- Condizioni al contorno.

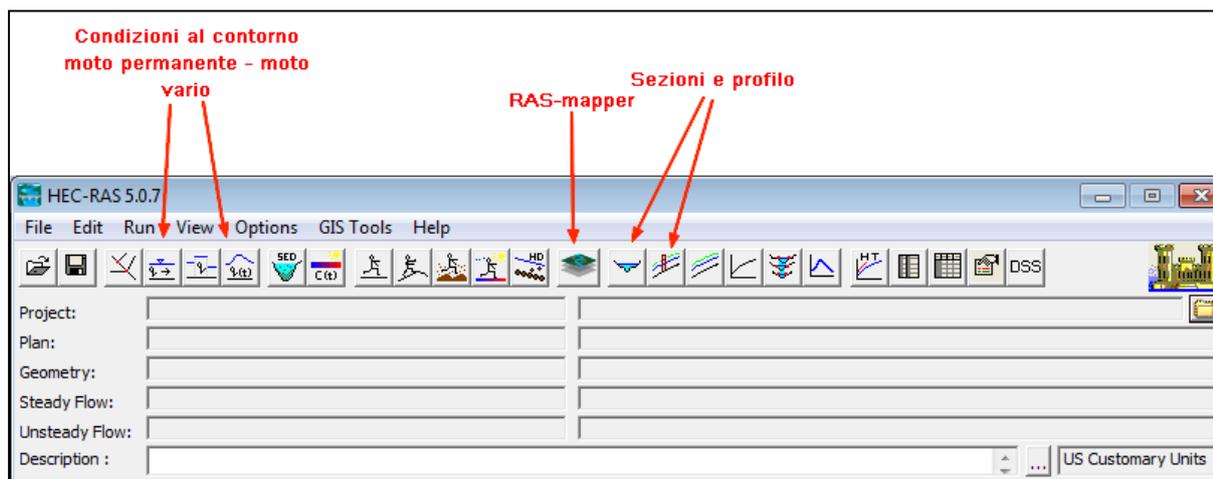


Fig. 22: Sono evidenziate le icone HEC-RAS per la modellazione in moto permanente.

Per quanto riguarda le operazioni di determinazione del modello, il *software* permette di eseguire i calcoli sia in regime di moto permanente che in regime di moto vario.

Dopo aver quindi acquisito tutti gli elementi analitici (idraulici, geomorfologici) e note le portate in gioco, si è passati alla determinazione della metodologia di calcolo da utilizzare per impostare la verifica idraulica.

Il software **HEC-RAS 5.07**, permette di impostare un modello in base al tipo di moto; la modellazione del presente studio è stata eseguita sia in regime di **moto permanente**, sia in **moto vario** per tener conto della variabilità delle portate dovute al funzionamento delle idrovore.

- **Analisi in moto permanente**

La componente di moto permanente è in grado di modellare correnti lente, veloci e miste.

La procedura di calcolo si basa sulla soluzione delle equazioni dell'energia secondo lo schema monodimensionale. Le perdite di energia considerate sono quelle dovute alla scabrezza (eq. di Manning) ed alla contrazione e/o espansione della vena fluida, attraverso il coefficiente moltiplicatore della variazione dell'energia cinetica. L'equazione dei momenti è utilizzata nelle situazioni in cui il pelo libero dell'acqua subisce variazioni repentine. Questa situazione comprende la valutazione in correnti miste (es. risalto idraulico), dell'idraulica dei ponti, e dei profili in corrispondenza della confluenza tra diversi corsi d'acqua.

Il sistema di calcolo in moto permanente è stato utilizzato soprattutto perché concepito per applicazioni nella sistemazioni di corsi d'acqua e delle pianure alluvionali e per gli studi finalizzati alla determinazione delle aree allagabili con diversi tempi di ritorno in caso di esondazioni di corsi d'acqua. E' possibile valutare inoltre il cambiamento nelle caratteristiche di moto dovuto alla rettifica della sezione e/o alla realizzazione di argini.

In definitiva una corrente a pelo libero è in **moto permanente** gradualmente variato quando sono presenti variazioni graduali di sezione e di direzione, ma in ogni caso la distribuzione della pressione può ritenersi distribuita idrostaticamente e **la portata non varia nel tempo**.

Per l'analisi in moto permanente HEC-RAS determina il profilo del pelo libero tra una sezione e la successiva mediante la procedura iterativa denominata standard step, risolvendo l'equazione del bilancio energetico.

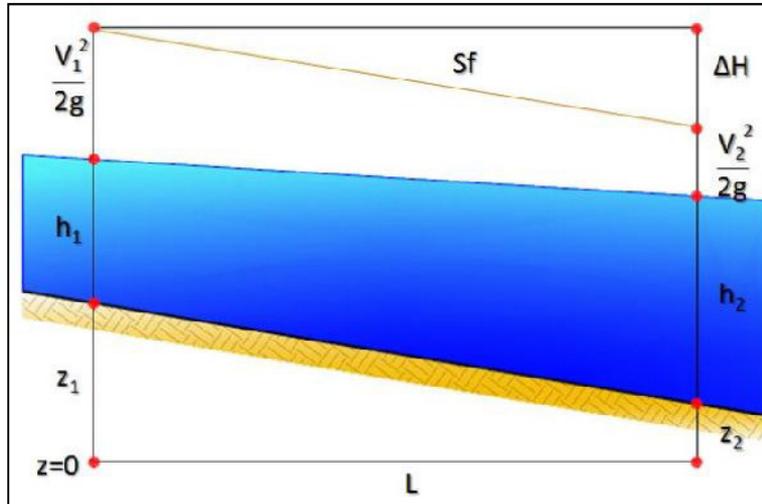


Fig. 23: Equazione del bilancio energetico.

HEC-RAS analizza le reti di canali naturali ed artificiali, calcolando i profili del pelo libero basandosi su di un'analisi a moto permanente e/o moto vario monodimensionale.

L'andamento del profilo del pelo libero si ricava attraverso l'applicazione dell'equazione energetica che impone la conservazione della suddetta grandezza attraverso due sezioni generiche considerate:

$$z_1 + h_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = z_2 + h_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + \Delta H \quad (1)$$

in cui:

- i pedici 1 e 2 sono le grandezze che si riferiscono alle due sezioni che individuano il volume di controllo
- ΔH = è la perdita di carico tra le due sezioni
- h_1, h_2 = sono le altezze idriche
- Z_1, Z_2 = sono le quote del fondo alveo rispetto ad un riferimento prefissato

- α_1, α_2 = coefficienti di ragguglio delle velocità
- v_1, v_2 = velocità medie nelle sezioni considerate
- g = accelerazione di gravità

L'equazione (1) esprime il ben noto principio per cui la variazione tra due sezioni dell'energia specifica della corrente è pari alle perdite distribuite, derivanti dagli attriti interni dovuti all'esistenza di strati a diversa velocità nell'interno della massa liquida, ed alle perdite localizzate, in genere dovute alla presenza di strutture in alveo che inizialmente producono un restringimento della corrente e un successivo allargamento con formazione di vortici.

La perdita di carico tra le due sezioni viene, infatti, valutata come la somma di due termini: una componente di attrito h_f , dovuta alla scabrezza di fondo, calcolata per mezzo dell'equazione di Manning, e una componente h_0 che rappresenta le perdite dovute a contrazioni ed espansioni della vena fluida, calcolata come frazione del carico cinetico:

Si può valutare mediante la seguente relazione:

$$\Delta H = h_f + h_0 = L \cdot \overline{S_f} + C \cdot \left| \frac{\alpha_2 \cdot V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 \cdot V_1^2}{2g} \right|$$

con:

S_f : cadente della linea dei carichi totali;

C : coefficiente di contrazione/espansione.

HEC-RAS possiede quattro diverse modalità per la valutazione della cadente media S_f

1. Trasporto medio valutato tra le sezioni 1,2:
2. Media aritmetica della pendenza d'attrito valutata tra le sezioni 1,2:
3. Media geometrica della pendenza d'attrito valutata tra le sezioni 1,2:
4. Media armonica della pendenza d'attrito valutata tra le sezioni 1,2

Il programma utilizza per default la prima delle quattro opzioni, a meno di indicazioni diverse da parte dell'utente. Il programma offre una quinta opzione che consente la selezione automatica della formula più idonea tra quelle illustrate in funzione del regime della corrente. Il codice HEC-RAS suddivide l'area interessata dal moto in tre zone principali: zona golenale sinistra (LOB, left overbank), alveo ordinario (CH, channel), zona golenale destra (ROB, right overbank). Per tener conto dell'andamento curvilineo dell'asse, la distanza di calcolo tra due sezioni viene ponderata rispetto alla frazione di portata che fluisce rispettivamente nelle tre zone.

La lunghezza mediata del tratto viene quindi calcolata come:

$$L = \frac{L_{LOB} \cdot \bar{Q}_{LOB} + L_{CH} \cdot \bar{Q}_{CH} + L_{ROB} \cdot \bar{Q}_{ROB}}{\bar{Q}_{LOB} + \bar{Q}_{CH} + \bar{Q}_{ROB}}$$

- L_{LOB}, L_{CH}, L_{ROB} : lunghezze del tratto relative rispettivamente all'area golenale sinistra, alveo ordinario e area golenale destra;
- $\bar{Q}_{LOB}, \bar{Q}_{CH}, \bar{Q}_{ROB}$: portate medie attraverso la sezione rispettivamente in golena sinistra, alveo ordinario e golena destra

In corrispondenza di particolari situazioni localizzate, per le quali il moto non può, a rigore, essere considerato gradualmente variato, come avviene in corrispondenza di ponti, tombini, stramazzi, risalti idraulici ecc. (passaggio attraverso lo stato critico), per il calcolo dei profili idrici viene utilizzata l'equazione di bilancio della quantità di moto:

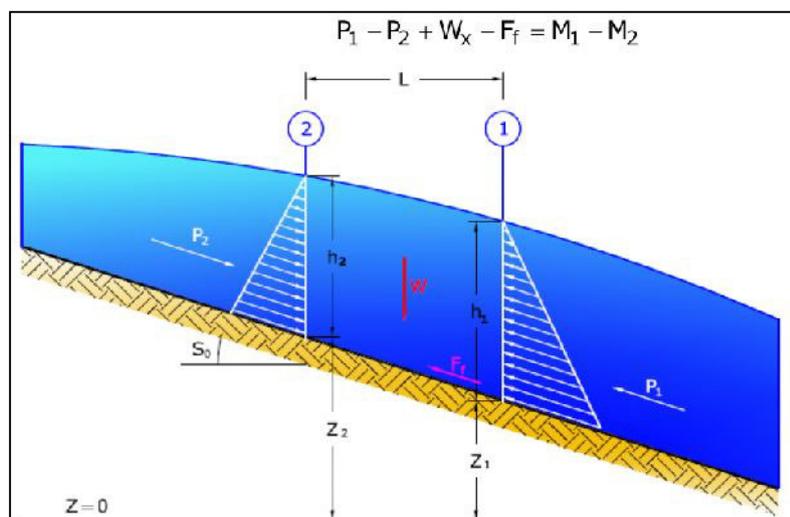


Fig. 24: Conservazione della quantità di moto: schema di calcolo.

dove:

P_1 e P_2 sono le spinte agenti in corrispondenza delle sezioni 1 e 2;

W_x è la componente della forza peso del volume di controllo nella direzione del moto;

F_f è la forza resistente dovuta all'attrito;

M_2 e M_1 sono i flussi della quantità di moto entranti ed uscenti dalla sezioni 2 e 1;

Esplicitando i vari termini si ottiene la formula funzionale dell'equazione di conservazione della quantità di moto utilizzata da HEC-RAS:

$$\frac{\beta_2 \cdot Q_2^2}{g \cdot \Sigma_2} + \Sigma_2 \cdot h_2 + \left(\frac{\Sigma_1 + \Sigma_2}{2} \right) \cdot L \cdot S_0 - \left(\frac{\Sigma_1 + \Sigma_2}{2} \right) \cdot L \cdot \overline{S_f} = \frac{\beta_1 \cdot Q_1^2}{g \cdot \Sigma_1} + \Sigma_1 \cdot h_1$$

5.1 Dati Geometrici delle sezioni fluviali

I dati geometrici descrittivi della morfologia generale dell'alveo, costituiscono il dato di input della simulazione idraulica. In particolare, le sezioni frutto della rilevazione topografica e delle successive ed eventuali elaborazioni con modelli tridimensionali del terreno, sono state descritte per punti definiti attraverso una progressiva station, misurata a partire dall'estremità di sinistra della sezione e procedendo verso destra (sinistra e destra sono fissate in senso idraulico, ovvero con il fronte rivolto alla direzione di valle), ed una quota (elevation).

Per una più completa caratterizzazione geometrica del tratto di studio si sono poi ulteriormente definiti alcuni parametri aggiuntivi, quali:

- distanza della sezione dalla sezione immediatamente più a valle, misurata sia in alveo che nelle zone golenali. Tali distanze, sono state rilevate direttamente in sito;
- posizione lungo la progressiva degli "occhi" del canale, limite di separazione fra alveo e zone golenali, ricavabile da una semplice osservazione della forma generale della sezione;
- valori del coefficiente di scabrezza di Manning, n. La selezione di un valore appropriato per il coefficiente di scabrezza è di fondamentale

importanza nell'ambito di qualsiasi studio di carattere idraulico per la corretta valutazione delle perdite di carico, ma di altrettanto difficile determinazione. Si tratta infatti di un parametro estremamente variabile e dipendente da un gran numero di fattori, quali scabrezza delle superfici, forma e ampiezza del canale (rapporto tra profondità e larghezza della corrente), portate, livello del tirante idrico, vegetazione (con conseguenti possibili variazioni stagionali), fenomeni di erosione e sedimentazione in alveo. La disponibilità di carte di uso del suolo sufficientemente dettagliate, integrate con osservazioni dirette e, con l'analisi di aerofotogrammetrie dell'area, ha consentito di tenere conto di eventuali variazioni trasversali del valore di n .

Quindi in particolare sono state verificate le sezioni di tutte le tombinature presenti e dei manufatti d'attraversamento; le dimensioni e le caratteristiche geometriche di ciascun manufatto sono state rilevate nel corso dei sopralluoghi effettuati durante la redazione dei rilievi topografici.

Le verifiche idrauliche sono state condotte in corrispondenza di ogni sezione rilevata sull'asta del corso d'acqua; il criterio per la scelta delle sezioni da rilevare è stato determinato sia dalla distanza reciproca tra le varie sezioni, necessaria a consentire un buon funzionamento del programma utilizzato per le verifiche, sia in base alla determinazione di zone soggette a maggior rischio idraulico, caratterizzate cioè da:

- forme e andamenti plano-altimetrici particolari dell'alveo (curve e/o bruschi cambi di direzione, salti do fondo, strettoie ecc.);
- presenza di manufatti in grado di opporre resistenza al moto della corrente, causando rigurgiti e alterazioni significative del deflusso (ponti, tombinature ecc.).

Il rilievo dei punti delle sezioni è stato realizzato secondo l'allineamento perpendicolare all'asse del corso d'acqua congiungente gli estremi di sezione. Per alvei arginati si è proceduto al rilievo dell'alveo e del contenimento arginale; per alvei privi d'arginatura si è estesa la sezione fino ad un congruo intorno, possibilmente fino ad incontrare la prima barriera morfologica (antropica e non).

Il programma è in grado di effettuare l'analisi dei profili idraulici, prevedendo anche la possibilità di inserire punti singolari (ponti, sottopassi, ecc.) e portate con vari tempi di ritorno.

Dopo aver disegnato, in modo approssimato, l'asta fluviale "river" e gli eventuali affluenti "reach" è stato attribuita, a questi ultimi, la relativa geometria delle sezioni.

Il modello di simulazione richiede che vengano definite un certo numero di sezioni di calcolo su cui si andranno a calcolare i livelli idrici nelle diverse condizioni di portata assegnata. A tale scopo si è ricostruito lo sviluppo di alcune sezioni trasversali dei corsi d'acqua utilizzando le informazioni cartografiche disponibili e quelle rilevate in fase di sopralluogo.

Per ciascuna sezione si è avuto cura di definire gli elementi significativi seguenti dimensione e forma delle sezioni trasversali (quota del fondo dell' alveo, scarpate, aree golenali, ecc.).

La sezione idraulica del corso d'acqua viene rappresentata geometricamente per punti. All'interno di essa si distinguono in generale tre zone (immagine seguente) che, adottando la terminologia inglese, indichiamo con:

- main channel = M.CHA. (canale principale)
- left overbank = LOB (golena sinistra)
- right overbank = ROB (golena destra)

Per ciascuna sottosezione si determina la capacità di deflusso (portata per unità di pendenza 1/2) in moto uniforme:

$$K = \frac{ar^3}{n}$$

dove:

K [m³/s] = capacità di deflusso nell'ambito;

n [s/m^{1/3}] = scabrezza di Manning;

r [m] = raggio idraulico dell'ambito;

a [m²] = area della sezione bagnata dell'ambito.

5.1.1 Coefficienti di contrazione ed espansione

Per quanto riguarda i coefficienti di contrazioni ed espansione è importante sottolineare che si riferiscono alla contrazione o espansione del deflusso a causa dei cambiamenti nelle sezioni, e quindi motivo di perdite di energia all'interno del tronco fluviale (tra due sezioni). Quando ciò accade la conseguente perdita di energia viene calcolata dai coefficienti di contrazione, nella

presente verifica considerato che il cambiamento della sezione fluviale è minimo e la corrente lenta i coefficienti di contrazione ed espansione utilizzati sono stati rispettivamente di **0.1** e **0.3**

5.1.2 La scabrezza e i coefficienti di Manning

Nella sezione "*Manning's n Values*" devono essere forniti, i valori dei coefficienti di scabrezza di Manning per la sponda sinistra (*LOB*), per quella destra (*ROB*) e per il fondo dell'alveo (*Channel*).

Il valore di scabrezza rappresenta una delle variabili da cui maggiormente dipende la risposta idraulica del corso d'acqua e, per questo, è estremamente importante per la buona riuscita della simulazione numerica.

Il valore di scabrezza presenta anche delle variazioni stagionali seguendo l'evoluzione vegetazionale; in tal caso si può considerare lo stato vegetazione corrispondente al periodo in cui si ritiene probabile l'evento di piena oppure, considerare lo stato vegetazionale più sfavorevole.

I fattori principali che possono influenzare i coefficienti di scabrezza sono:

- granulometria e tipo di sedimenti costituenti l'alveo;
- vegetazione presente in alveo e nelle golene;
- irregolarità superficiali del corso d'acqua;
- forme assunte da fondo;
- presenza di zone di erosione e zone di deposito;
- l'andamento meandriforme del corso d'acqua;
- ostacoli al deflusso delle acque (tronchi, frane, detriti, rifiuti);

Generalmente la stima del coefficiente di scabrezza può essere effettuata tramite tabelle di riferimento o tramite formule empiriche. Una formula impiegata a tale scopo è l'equazione di Cowan, derivante dall'osservazione di un elevato numero di corsi d'acqua. Essa è la seguente:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m_5$$

dove:

n₀ è la quota parte di scabrezza corrispondente ad un alveo rettilineo con andamento uniforme e regolare;

n₁ è il valore aggiuntivo che tiene conto delle irregolarità della superficie dell'alveo;

n₂ è il contributo alla scabrezza dovuto alle variazioni di forma e dimensioni delle sezioni trasversali lungo il tratto considerato;

n₃ è il valore che tiene conto di ostruzioni quali detriti, alberi, ecc.;

n₄ è il contributo dovuto alla presenza di vegetazione;

m₅ è un fattore di correzione per alvei meandriformi.

Condizioni dell'alveo		Valori	
Materiale costituente l'alveo	Terra	n_1	0.020
	Roccia		0.025
	Ghiaia fine		0.024
	Ghiaia grossolana		0.028
Irregolarità della superficie della sezione	Trascurabile	n_2	0.000
	Bassa		0.005
	Moderata		0.010
	Elevata		0.020
Variazione della forma e della dimensione della sezione trasversale	Graduale	n_3	0.000
	Variazione occasionalmente		0.005
	Variazione frequente		0.010-0.015
Effetto relativo di ostruzioni	Trascurabile	n_4	0.000
	Modesto		0.010-0.015
	Apprezzabile		0.020-0.030
	Elevato		0.040-0.060
Effetto della vegetazione	Basso	n_5	0.005-0.010
	Medio		0.010-0.025
	Alto		0.025-0.050
	Molto alto		0.050-0.100
Grado di sinuosità dell'alveo	Modesto	n_6	1.000
	Apprezzabile		1.150
	Elevato		1.300

Tab. 14: coefficienti di Manning per varie tipologie di suolo.

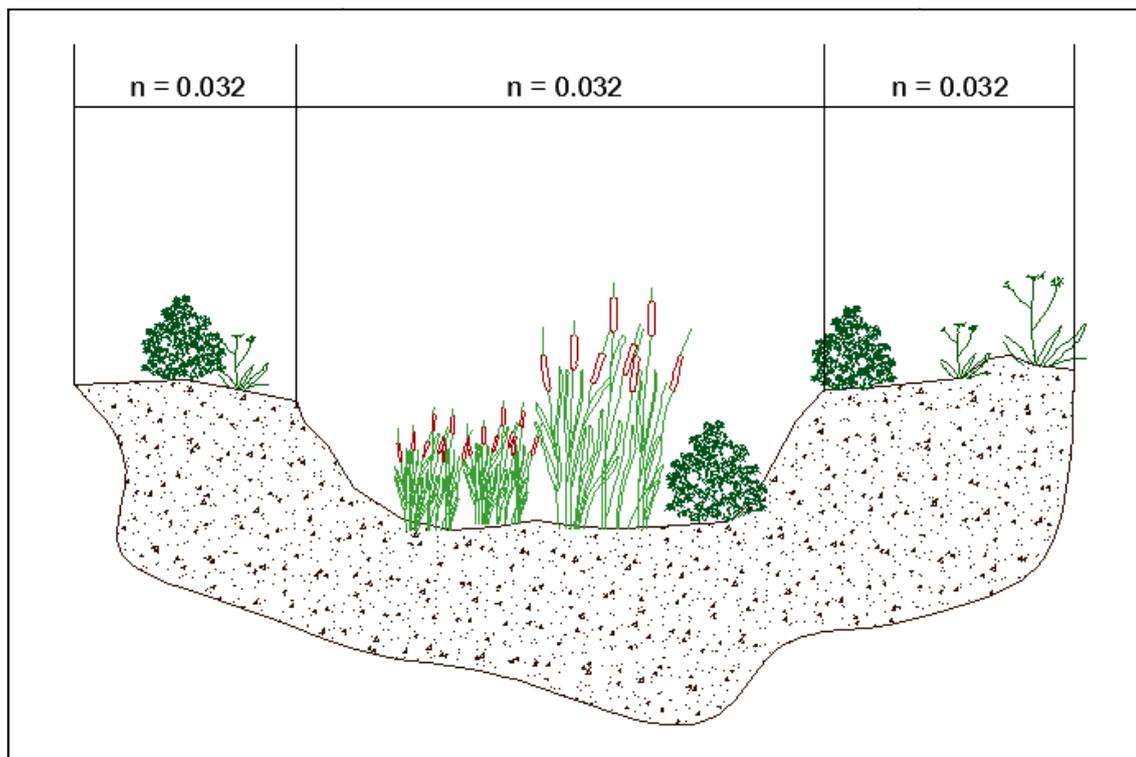


Fig. 25: schematizzazione della scabrezza di Manning nello scenario Ante Operam.

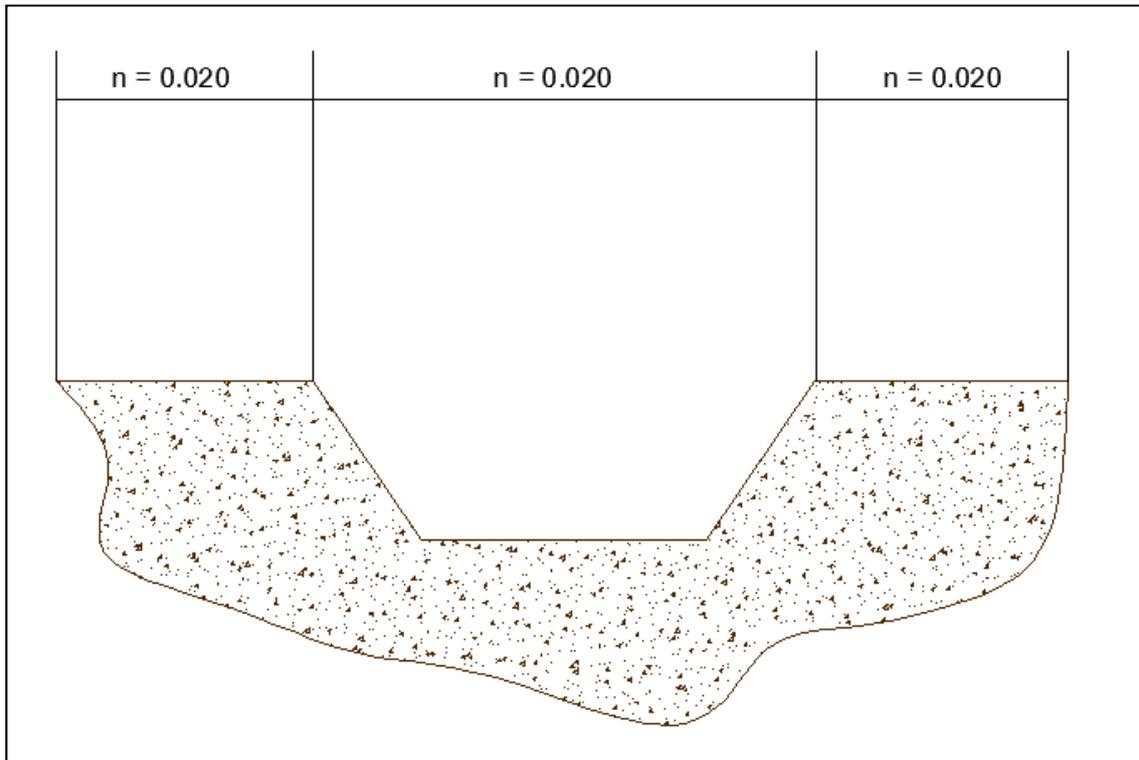


Fig. 26: schematizzazione della scabrezza di Manning nello scenario Post Operam.

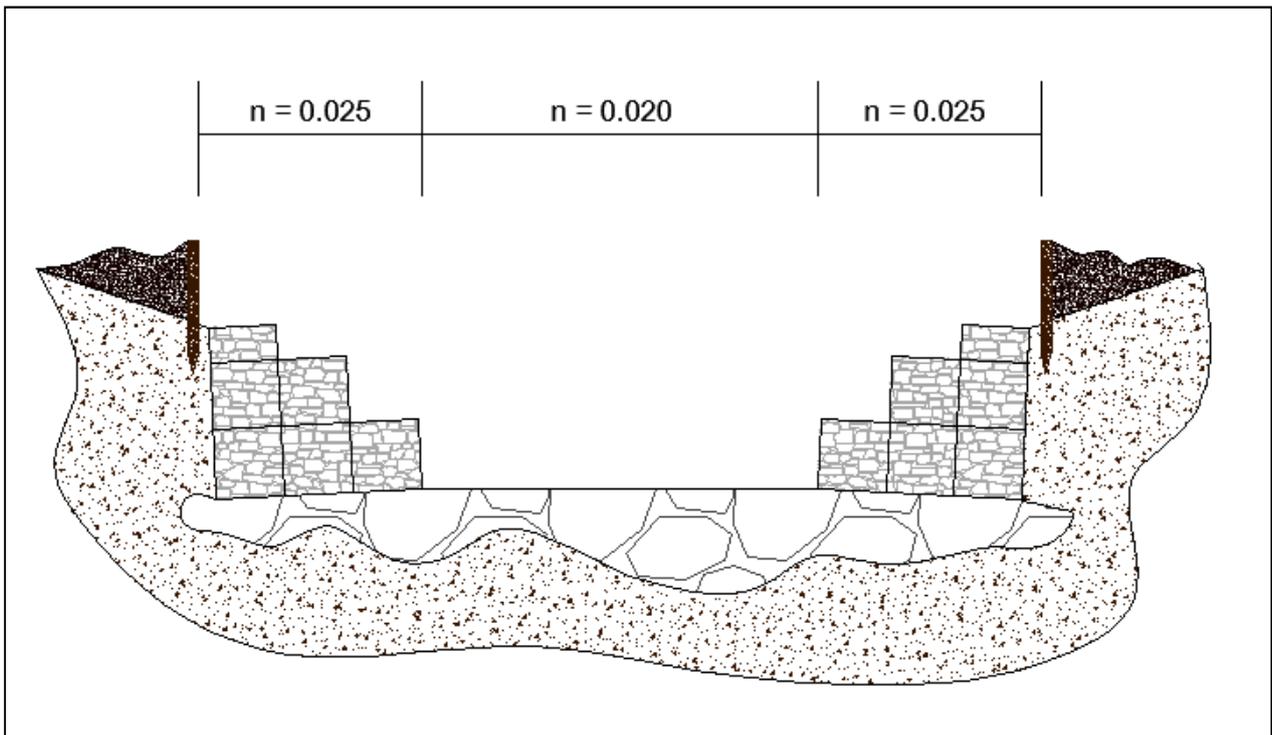


Fig. 27: schematizzazione della scabrezza di Manning nello scenario Post Operam nel tratto sistemato con gabbionate.

5.2 Condizioni al contorno

Ai fini di una corretta analisi delle condizioni di deflusso sono state impostate delle condizioni al contorno necessarie al software *HEC-RAS*. Il software propone diversi tipi di condizioni al contorno tra cui (per il moto permanente):

- **Known W.S.:** si fornisce il valore noto di altezza del pelo libero, indicato rispetto alla quota del piano di riferimento assunto per le quote relative alle sezioni trasversali;
- **Critical depth:** si assume come altezza del pelo libero l'altezza critica, automaticamente calcolata per ogni profilo;
- **Normal depth:** si assume come altezza del pelo libero l'altezza relativa al moto uniforme che il programma calcola per ogni profilo; bisogna fornire in questo caso la pendenza della linea dei carichi totali, che si può approssimare con la pendenza del tratto di canale a monte;
- **Rating curve:** si fornisce e la scala di deflusso relativa alla sezione considerata (curva altezza - portata), attraverso la quale il programma procede mediante interpolazione per la determinazione dell'altezza correlata.

Le verifiche idrauliche sono state eseguite tenendo conto delle portate di piena per assegnati **tempi di ritorno pari a 10, 20, 30, 100, 200, 500 anni.**

.

Gli esiti della modellazione idraulica, sviluppata sull'area di interesse, con HEC RAS, sono riportati nell'elaborato grafico allegato alla presente.

5.3 Esito delle verifiche idrauliche

Le simulazioni idrauliche eseguite a seguito di rigorosa analisi idrologica sono state effettuate sui torrenti:

- Pantano;
- Pozzaveglie.

I due torrenti, a seguito di eventi meteorici intensi, hanno dato luogo, in passato, ad esondazioni con conseguenti inondazioni dei territori contigui.



Fig. 28: foto dell'inondazione generata dal torrente Pantano in data 22-12-2019



Fig. 29: ricostruzione in GIS dell'inondazione del 22-12-2019. Si è stimata un altezza idrica massima di circa 100-110 cm.

Per quanto riguarda il torrente Pozzaveglie, a seguito di recenti eventi meteorici, i livelli idrici in alveo hanno raggiunto la sommità dell'argine nei pressi della confluenza di Via Ripa alla SP 99 mentre, l'esondazione ha cominciato a verificarsi a partire da circa 400 m a monte dell'inghiottitoio Pozzavello (subito a valle di un attraversamento carrabile).

Le sezioni dei torrenti sono state sollecitate con portate di piena per gli assegnati tempi di ritorno $Tr = 10, 20, 30, 50, 100, 200, 500$ anni.

Per ciascun torrente sono state eseguite due simulazioni:

- **Condizioni Ante Operam**
- **Condizioni Post Operam**

Tali condizioni si riferiscono alle condizioni delle sponde, del fondo dell'alveo a seguito di lavori di sistemazione idraulica. Fondamentalmente l'alveo dei due torrenti, dallo scenario ante operam al post operam cambia la geometria (in quanto le operazioni di pulizia approfondiscono e allargano l'alveo) e la scabrezza che, secondo i parametri di **Manning dovrebbe passare da 0.032 a 0.020**, o al più a **0.025** nei tratti sistemati con gabbioni.

I risultati delle simulazioni idrauliche ante e post operam mostrano la differenza dei livelli idrici a seguito dei lavori di sistemazione del fondo e delle sponde dei torrenti oggetto di progettazione.

Per il torrente Pozzaveglie si può affermare che le simulazioni idrauliche (post operam) mostrano un generale abbassamento dei livelli idrici e un aumento della velocità della corrente. L'abbassamento è tanto più marcato al diminuire del tempo di ritorno Tr . L'esondazione rimane tuttavia possibile nei pressi dell'inghiottitoio per portate duecentennali e cinquecentennali.

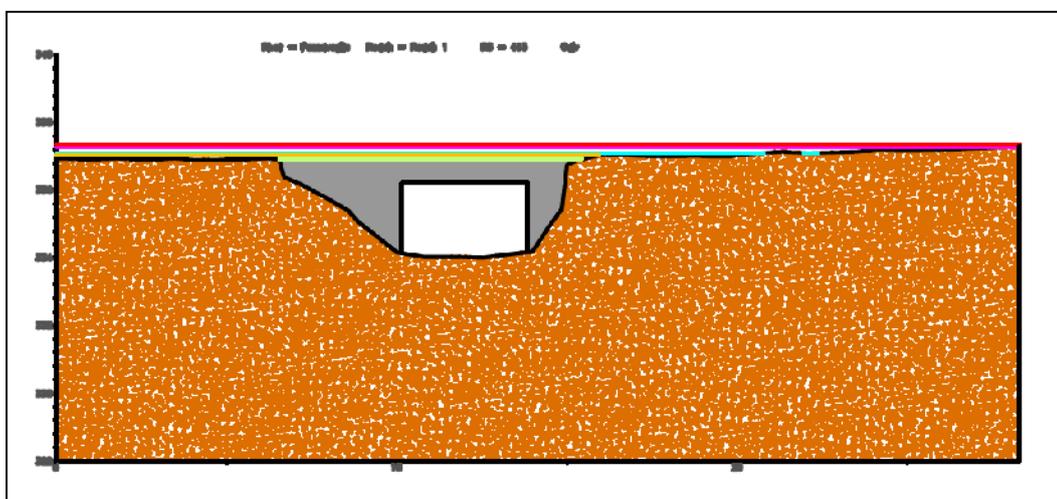


Fig. 30: Sezione 419 ante operam.

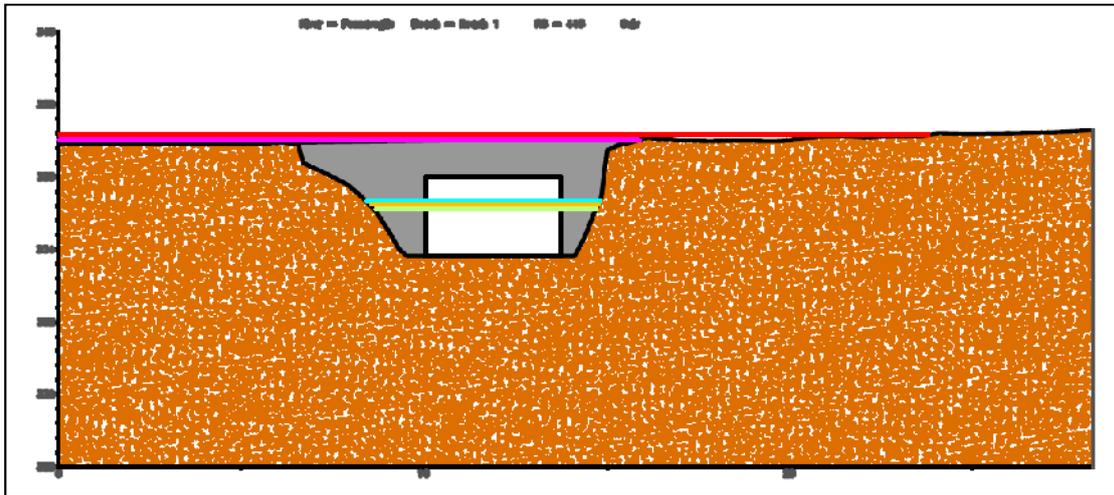


Fig. 31: Sezione 419 post operam.

Come mostrano le due immagini, relative alla sezione 419 ante e post operam, a seguito delle sistemazioni idrauliche vengono evitati livelli idrici elevati ed esondazioni anche per tempi di ritorno pari a 10, 20, 30 anni. Potenzialmente permangono le esondazioni per Tr 200 e Tr 500 ma, con tirante inferiore.

Per il torrente Pantano, nella condizione post operam che tiene cioè conto dei lavori di manutenzione e sistemazione dell'alveo, si registra un abbassamento generale dei livelli idrici per assegnati tempi di ritorno 10, 20, 30, 50, 100, 200, 500 anni. Risulta tuttavia possibile per suddetti tempi l'esondazione in prossimità del ponte sul torrente Pantano presso Via Colle Pantano.

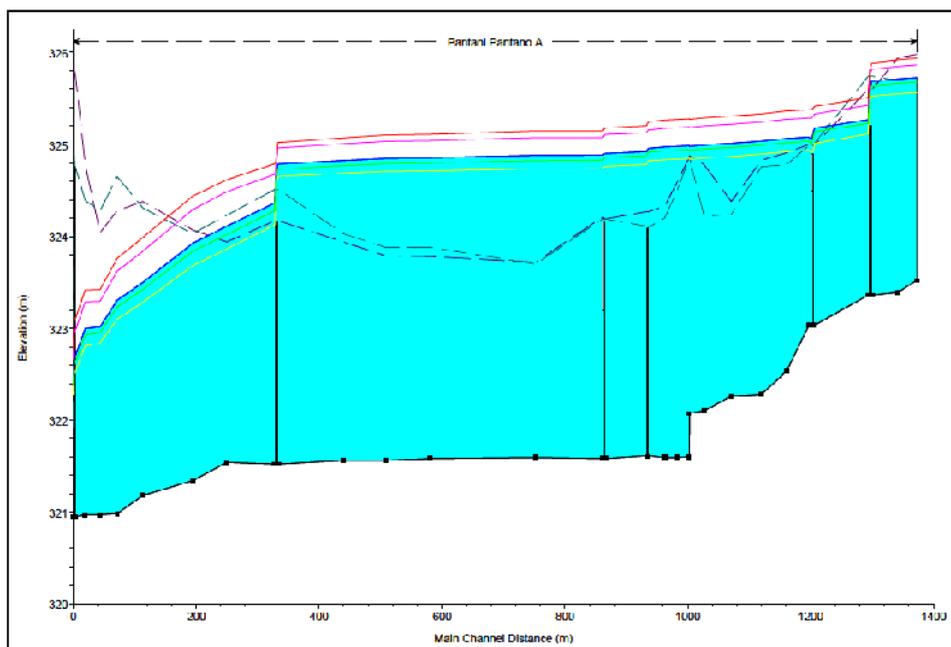


Fig. 32: profili di moto uniforme Ante Operam.

Risulta inoltre migliorata la capacità di allontanamento delle acque meteoriche operata dagli inghiottitoi.

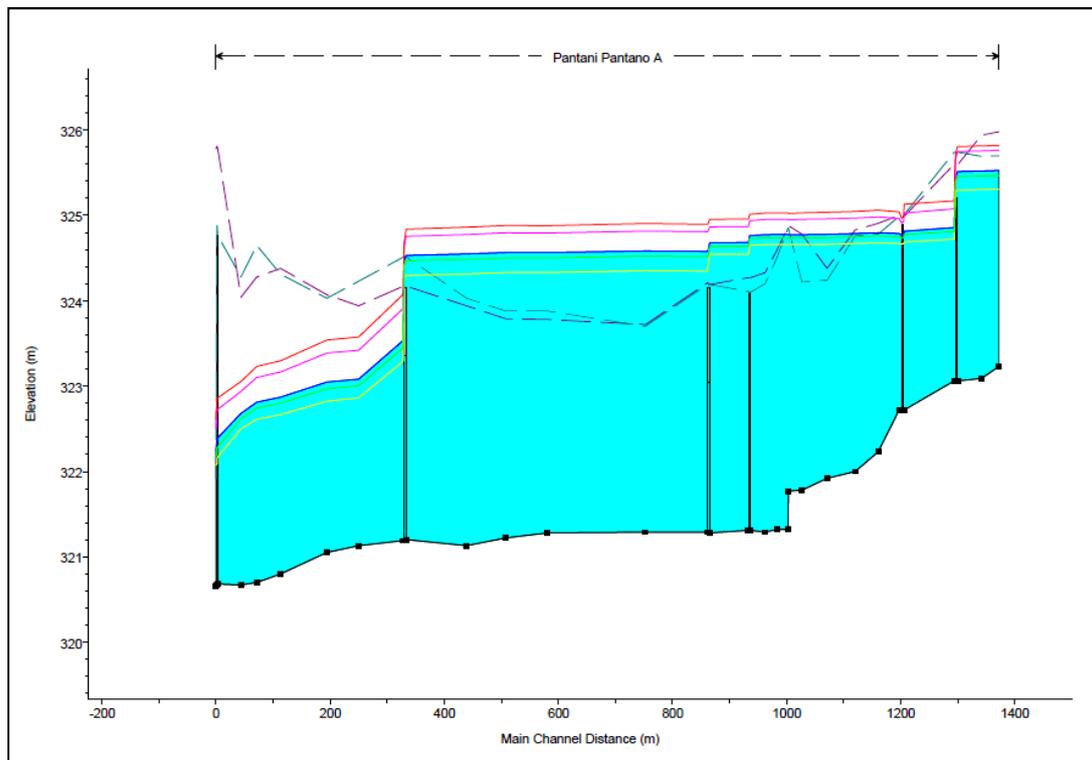


Fig. 33: profili di moto uniforme Post Operam.

Concludendo, si può affermare per entrambi i torrenti Pantano e Pozzaveglie che, gli interventi di manutenzione e sistemazione idraulica abbassano in generale tutti i livelli idrici per assegnati tempi di ritorno 10, 20, 30, 50, 100, 200, 500 anni ma, consentono potenziale esondazione delle portate duecentennali e cinquecentennali (portate di eventi che si verificano ogni 200 anni e 500 anni).

Risulta scontato che l'assenza di ordinarie manutenzioni dell'alveo (rimozione di sedimenti, ostruzioni di ogni genere come tronchi di alberi, residui vegetali) può indurre, in futuro, il ripristino delle condizioni di criticità idrauliche. A tal proposito è auspicabile la periodica manutenzione ordinaria soprattutto nei tratti di valle dei due torrenti ed in particolare delle opere di drenaggio ossia gli inghiottitoi, chiaviche e pozzi. E' altresì auspicabile il monitoraggio del comportamento idraulico dei torrenti a seguito delle manutenzioni per l'osservazione del comportamento della corrente indotto dalle variazioni di geometria dell'alveo e della sistemazione delle sponde.

ALLEGATO 1: Tabelle HEC-RAS

Torrente POZZAVEGLIE ANTE OPERAM

HEC-RAS Plan: Plan 02 River: Pozzaveglie Reach: Reach 1

Reach	River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach 1	741	11.76	337.02	338.70		338.79	0.001581	1.30	9.08	7.35	0.37
Reach 1	741	15.21	337.02	338.99		339.08	0.001523	1.35	11.26	8.32	0.37
Reach 1	741	16.90	337.02	339.13		339.22	0.001482	1.35	12.49	9.71	0.37
Reach 1	741	9.74	337.02	338.51		338.60	0.001716	1.26	7.71	7.00	0.38
Reach 1	741	11.07	337.02	338.64		338.72	0.001623	1.29	8.61	7.24	0.38
Reach 1	729	11.76	336.90	338.73	337.61	338.76	0.000560	0.85	13.76	8.98	0.22
Reach 1	729	15.21	336.90	339.01	337.72	339.05	0.000590	0.92	16.85	18.89	0.23
Reach 1	729	16.90	336.90	339.15	337.78	339.19	0.000551	0.92	20.13	26.47	0.22
Reach 1	729	9.74	336.90	338.54	337.53	338.57	0.000540	0.80	12.11	8.42	0.21
Reach 1	729	11.07	336.90	338.66	337.58	338.70	0.000551	0.84	13.19	8.73	0.22
Reach 1	725	Culvert									
Reach 1	723	11.76	336.90	338.40		338.46	0.001040	1.07	11.00	8.25	0.30
Reach 1	723	15.21	336.90	338.61		338.68	0.001143	1.19	12.75	8.59	0.31
Reach 1	723	16.90	336.90	338.81		338.88	0.001017	1.17	14.48	9.29	0.30
Reach 1	723	9.74	336.90	338.27		338.32	0.000969	0.98	9.90	8.11	0.28
Reach 1	723	11.07	336.90	338.36		338.41	0.001017	1.04	10.63	8.20	0.29
Reach 1	703	11.76	336.98	338.25		338.41	0.004033	1.81	6.49	6.45	0.58
Reach 1	703	15.21	336.98	338.44		338.63	0.004158	1.96	7.76	6.95	0.59
Reach 1	703	16.90	336.98	338.67		338.83	0.003094	1.78	9.52	7.98	0.52
Reach 1	703	9.74	336.98	338.13		338.27	0.003938	1.70	5.73	6.23	0.57
Reach 1	703	11.07	336.98	338.21		338.37	0.004003	1.78	6.24	6.37	0.57
Reach 1	661	11.76	336.91	338.03	337.74	338.22	0.005170	1.95	6.05	6.33	0.64
Reach 1	661	15.21	336.91	338.20	337.89	338.43	0.005531	2.11	7.21	7.09	0.67
Reach 1	661	16.90	336.91	338.55	337.96	338.69	0.003239	1.67	10.09	9.68	0.52
Reach 1	661	9.74	336.91	337.92	337.65	338.09	0.004932	1.81	5.39	6.12	0.62
Reach 1	661	11.07	336.91	337.99	337.71	338.17	0.005089	1.90	5.82	6.25	0.63
Reach 1	657	Bridge									
Reach 1	654	11.76	336.91	337.94		338.17	0.006715	2.13	5.52	6.16	0.72
Reach 1	654	15.21	336.91	338.10		338.38	0.007060	2.33	6.54	6.63	0.75
Reach 1	654	16.90	336.91	338.40		338.59	0.004285	1.93	8.78	8.29	0.60
Reach 1	654	9.74	336.91	337.84		338.04	0.006390	1.98	4.92	5.98	0.70
Reach 1	654	11.07	336.91	337.91		338.13	0.006614	2.08	5.32	6.10	0.71
Reach 1	636	11.76	336.87	337.87	337.63	338.05	0.005287	1.91	6.15	7.01	0.65
Reach 1	636	15.21	336.87	338.03	337.76	338.25	0.005272	2.07	7.34	7.30	0.66
Reach 1	636	16.90	336.87	338.37	337.83	338.51	0.003191	1.66	10.18	12.03	0.52
Reach 1	636	9.74	336.87	337.77	337.55	337.93	0.005199	1.79	5.45	6.88	0.64
Reach 1	636	11.07	336.87	337.83	337.61	338.01	0.005261	1.87	5.91	6.97	0.65
Reach 1	630	Bridge									
Reach 1	628	11.76	336.87	337.75		338.00	0.008047	2.20	5.34	6.86	0.80
Reach 1	628	15.21	336.87	337.93		338.20	0.007255	2.32	6.57	7.09	0.77
Reach 1	628	16.90	336.87	338.19		338.39	0.004459	1.97	8.56	8.12	0.61
Reach 1	628	9.74	336.87	337.65		337.87	0.008292	2.09	4.67	6.74	0.80
Reach 1	628	11.07	336.87	337.72		337.96	0.008130	2.16	5.12	6.82	0.80
Reach 1	594	11.76	336.56	337.50	337.34	337.74	0.007130	2.15	5.46	6.44	0.75
Reach 1	594	15.21	336.56	337.71	337.48	337.96	0.006472	2.22	6.84	7.04	0.72
Reach 1	594	16.90	336.56	338.20	337.54	338.27	0.001667	1.21	16.69	29.50	0.38
Reach 1	594	9.74	336.56	337.41	337.26	337.61	0.007041	2.01	4.84	6.33	0.74
Reach 1	594	11.07	336.56	337.47	337.31	337.70	0.007130	2.11	5.25	6.40	0.74
Reach 1	591	Bridge									
Reach 1	590	11.76	336.56	337.34	337.34	337.70	0.013341	2.65	4.44	6.27	1.01
Reach 1	590	15.21	336.56	337.48	337.48	337.90	0.013029	2.87	5.31	6.41	1.01
Reach 1	590	16.90	336.56	337.54	337.54	337.99	0.012879	2.96	5.72	6.48	1.01
Reach 1	590	9.74	336.56	337.26	337.26	337.57	0.013608	2.50	3.90	6.20	1.01
Reach 1	590	11.07	336.56	337.31	337.31	337.66	0.013372	2.60	4.26	6.25	1.00
Reach 1	544	11.76	335.75	337.17		337.29	0.002631	1.57	7.50	6.32	0.46
Reach 1	544	15.21	335.75	337.36		337.51	0.003193	1.73	8.80	7.57	0.51
Reach 1	544	16.90	335.75	337.44		337.60	0.003421	1.79	9.44	8.17	0.53
Reach 1	544	9.74	335.75	336.97		337.09	0.002982	1.55	6.28	6.04	0.49
Reach 1	544	11.07	335.75	337.11		337.23	0.002655	1.55	7.15	6.21	0.46
Reach 1	487	11.76	334.84	337.10		337.17	0.001332	1.16	10.30	11.75	0.33
Reach 1	487	15.21	334.84	337.28		337.36	0.001569	1.27	12.98	17.94	0.36
Reach 1	487	16.90	334.84	337.36		337.44	0.001680	1.28	14.47	19.59	0.37
Reach 1	487	9.74	334.84	336.91		336.98	0.001113	1.11	8.80	6.09	0.29
Reach 1	487	11.07	334.84	337.05		337.11	0.001322	1.15	9.68	9.73	0.32

HEC-RAS Plan: Plan 02 River: Pozzaveglie Reach: Reach 1 (Continued)

Reach	River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach 1	444	11.76	334.28	337.09		337.12	0.000679	0.77	16.55	20.02	0.23
Reach 1	444	15.21	334.28	337.28		337.31	0.000640	0.81	20.32	21.45	0.23
Reach 1	444	16.90	334.28	337.35		337.39	0.000634	0.83	22.07	23.81	0.23
Reach 1	444	9.74	334.28	336.89		336.92	0.000968	0.83	12.55	19.56	0.27
Reach 1	444	11.07	334.28	337.03		337.06	0.000739	0.79	15.35	19.86	0.24
Reach 1	419	11.76	334.01	337.09	334.97	337.11	0.000191	0.58	21.47	21.14	0.13
Reach 1	419	15.21	334.01	337.27	335.13	337.29	0.000222	0.66	26.05	28.10	0.14
Reach 1	419	16.90	334.01	337.35	335.20	337.37	0.000233	0.69	28.23	28.26	0.15
Reach 1	419	9.74	334.01	336.89	334.87	336.91	0.000166	0.54	18.15	8.83	0.12
Reach 1	419	11.07	334.01	337.03	334.94	337.05	0.000187	0.57	20.28	19.21	0.13
Reach 1	415	Culvert									
Reach 1	412	11.76	334.01	336.97		336.99	0.000229	0.62	19.24	15.67	0.14
Reach 1	412	15.21	334.01	337.18		337.21	0.000268	0.70	23.57	24.17	0.15
Reach 1	412	16.90	334.01	337.28		337.31	0.000271	0.73	26.24	28.26	0.16
Reach 1	412	9.74	334.01	336.79		336.81	0.000188	0.56	17.26	8.52	0.13
Reach 1	412	11.07	334.01	336.91		336.93	0.000211	0.60	18.32	10.61	0.13
Reach 1	373	11.76	333.80	336.97		336.98	0.000235	0.56	21.77	16.08	0.15
Reach 1	373	15.21	333.80	337.17		337.19	0.000260	0.63	25.17	16.70	0.16
Reach 1	373	16.90	333.80	337.27		337.29	0.000268	0.66	26.96	20.37	0.16
Reach 1	373	9.74	333.80	336.78		336.80	0.000242	0.54	18.86	15.53	0.15
Reach 1	373	11.07	333.80	336.91		336.92	0.000238	0.56	20.78	15.89	0.15
Reach 1	354	11.76	333.71	336.97		336.98	0.000136	0.40	30.70	26.55	0.11
Reach 1	354	15.21	333.71	337.18		337.19	0.000138	0.44	36.90	30.75	0.11
Reach 1	354	16.90	333.71	337.28		337.29	0.000134	0.45	39.96	30.75	0.11
Reach 1	354	9.74	333.71	336.78		336.79	0.000146	0.40	25.93	25.20	0.11
Reach 1	354	11.07	333.71	336.91		336.91	0.000139	0.40	29.06	26.00	0.11
Reach 1	332	11.76	333.36	336.96		336.97	0.000158	0.44	28.28	24.18	0.12
Reach 1	332	15.21	333.36	337.17		337.18	0.000163	0.48	33.53	28.58	0.12
Reach 1	332	16.90	333.36	337.27		337.28	0.000159	0.49	36.41	29.00	0.12
Reach 1	332	9.74	333.36	336.78		336.79	0.000172	0.43	23.88	23.32	0.12
Reach 1	332	11.07	333.36	336.90		336.91	0.000163	0.43	26.78	23.89	0.12
Reach 1	302	11.76	332.55	336.97		336.97	0.000029	0.27	50.80	32.95	0.06
Reach 1	302	15.21	332.55	337.18		337.18	0.000033	0.31	57.67	32.95	0.06
Reach 1	302	16.90	332.55	337.28		337.28	0.000035	0.32	60.95	32.95	0.06
Reach 1	302	9.74	332.55	336.78		336.78	0.000028	0.25	44.69	32.95	0.05
Reach 1	302	11.07	332.55	336.90		336.91	0.000029	0.27	48.74	32.95	0.06
Reach 1	258	11.76	332.08	336.96		336.97	0.000033	0.28	41.67	25.96	0.06
Reach 1	258	15.21	332.08	337.17		337.18	0.000042	0.34	47.60	29.52	0.07
Reach 1	258	16.90	332.08	337.27		337.28	0.000046	0.36	50.53	29.65	0.07
Reach 1	258	9.74	332.08	336.78		336.78	0.000025	0.25	38.45	14.45	0.05
Reach 1	258	11.07	332.08	336.90		336.91	0.000030	0.27	40.31	18.30	0.05
Reach 1	231	11.76	331.84	336.96		336.97	0.000057	0.32	42.51	40.40	0.07
Reach 1	231	15.21	331.84	337.17		337.18	0.000060	0.35	50.93	40.40	0.07
Reach 1	231	16.90	331.84	337.27		337.28	0.000061	0.36	54.94	40.40	0.07
Reach 1	231	9.74	331.84	336.78		336.78	0.000060	0.31	35.21	37.42	0.07
Reach 1	231	11.07	331.84	336.90		336.91	0.000058	0.32	39.99	40.40	0.07
Reach 1	199	11.76	331.56	336.96		336.97	0.000025	0.26	50.12	31.50	0.05
Reach 1	199	15.21	331.56	337.17		337.18	0.000031	0.30	56.66	31.50	0.06
Reach 1	199	16.90	331.56	337.27		337.27	0.000033	0.32	59.79	31.50	0.06
Reach 1	199	9.74	331.56	336.78		336.78	0.000023	0.24	44.30	31.50	0.05
Reach 1	199	11.07	331.56	336.90		336.90	0.000025	0.25	48.15	31.50	0.05
Reach 1	178	11.76	331.53	336.96		336.97	0.000030	0.26	49.24	29.94	0.05
Reach 1	178	15.21	331.53	337.17		337.17	0.000035	0.30	56.35	35.70	0.06
Reach 1	178	16.90	331.53	337.27		337.27	0.000037	0.31	59.89	35.70	0.06
Reach 1	178	9.74	331.53	336.78		336.78	0.000027	0.23	43.92	26.75	0.05
Reach 1	178	11.07	331.53	336.90		336.90	0.000029	0.25	47.40	29.23	0.05
Reach 1	113	11.76	331.30	336.96		336.96	0.000003	0.10	129.30	64.10	0.02
Reach 1	113	15.21	331.30	337.17		337.17	0.000004	0.12	142.66	64.10	0.02
Reach 1	113	16.90	331.30	337.27		337.27	0.000004	0.12	149.02	64.10	0.02
Reach 1	113	9.74	331.30	336.78		336.78	0.000003	0.09	117.45	64.10	0.02
Reach 1	113	11.07	331.30	336.90		336.90	0.000003	0.09	125.30	64.10	0.02
Reach 1	81	11.76	330.66	336.96		336.96	0.000001	0.06	211.97	72.40	0.01
Reach 1	81	15.21	330.66	337.17		337.17	0.000001	0.07	227.05	72.40	0.01
Reach 1	81	16.90	330.66	337.27		337.27	0.000001	0.08	234.24	72.40	0.01
Reach 1	81	9.74	330.66	336.78		336.78	0.000000	0.05	198.57	72.40	0.01
Reach 1	81	11.07	330.66	336.90		336.90	0.000001	0.06	207.45	72.40	0.01

HEC-RAS Plan: Plan 02 River: Pozzaveglie Reach: Reach 1 (Continued)

Reach	River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach 1	60	11.76	330.60	336.96		336.96	0.000001	0.05	232.87	77.60	0.01
Reach 1	60	15.21	330.60	337.17		337.17	0.000001	0.06	249.04	77.60	0.01
Reach 1	60	16.90	330.60	337.27		337.27	0.000001	0.07	256.75	77.60	0.01
Reach 1	60	9.74	330.60	336.78		336.78	0.000000	0.05	218.52	77.60	0.01
Reach 1	60	11.07	330.60	336.90		336.90	0.000000	0.05	228.03	77.60	0.01
Reach 1	42	11.76	330.25	336.96		336.96	0.000001	0.07	188.81	75.60	0.01
Reach 1	42	15.21	330.25	337.17		337.17	0.000001	0.08	204.56	75.60	0.01
Reach 1	42	16.90	330.25	337.27		337.27	0.000001	0.09	212.06	75.60	0.01
Reach 1	42	9.74	330.25	336.78		336.78	0.000001	0.06	174.82	75.60	0.01
Reach 1	42	11.07	330.25	336.90		336.90	0.000001	0.07	184.08	75.60	0.01
Reach 1	26	11.76	329.97	336.96		336.96	0.000001	0.08	158.70	45.33	0.01
Reach 1	26	15.21	329.97	337.17		337.17	0.000001	0.09	168.43	49.24	0.01
Reach 1	26	16.90	329.97	337.27		337.27	0.000002	0.10	173.39	50.32	0.02
Reach 1	26	9.74	329.97	336.78		336.78	0.000001	0.07	150.52	43.23	0.01
Reach 1	26	11.07	329.97	336.90		336.90	0.000001	0.07	155.89	44.60	0.01
Reach 1	8	11.76	329.92	336.96	330.59	336.96	0.000004	0.13	94.74	31.56	0.02
Reach 1	8	15.21	329.92	337.17	330.69	337.17	0.000006	0.15	101.35	31.95	0.03
Reach 1	8	16.90	329.92	337.27	330.74	337.27	0.000006	0.17	104.52	32.13	0.03
Reach 1	8	9.74	329.92	336.78	330.52	336.78	0.000003	0.11	88.95	31.08	0.02
Reach 1	8	11.07	329.92	336.90	330.56	336.90	0.000004	0.12	92.77	31.42	0.02
Reach 1	7	Culvert									
Reach 1	5	11.76	329.92	330.71	330.59	330.90	0.007488	1.96	6.01	8.76	0.76
Reach 1	5	15.21	329.92	330.82	330.69	331.06	0.007648	2.16	7.03	8.85	0.77
Reach 1	5	16.90	329.92	330.88	330.74	331.14	0.007611	2.24	7.54	8.89	0.78
Reach 1	5	9.74	329.92	330.63	330.52	330.80	0.007541	1.83	5.31	8.70	0.75
Reach 1	5	11.07	329.92	330.68	330.56	330.87	0.007460	1.91	5.79	8.74	0.75
Reach 1	3	11.76	329.92	330.59	330.59	330.87	0.013816	2.38	4.94	8.67	1.01
Reach 1	3	15.21	329.92	330.69	330.69	331.03	0.013383	2.59	5.88	8.75	1.01
Reach 1	3	16.90	329.92	330.74	330.74	331.11	0.013170	2.67	6.32	8.79	1.01
Reach 1	3	9.74	329.92	330.52	330.52	330.77	0.014238	2.24	4.35	8.62	1.01
Reach 1	3	11.07	329.92	330.56	330.56	330.84	0.013962	2.33	4.74	8.65	1.01

Torrente Pozzaveglie Post Operam

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Pozzaveglie Reach: Reach 1

Reach	River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach 1	741	11.76	336.75	338.52		338.60	0.000574	1.27	9.28	7.07	0.35
Reach 1	741	15.21	336.75	338.84		338.92	0.000523	1.31	11.60	7.72	0.34
Reach 1	741	16.90	336.75	338.96		339.05	0.000531	1.34	12.59	8.21	0.35
Reach 1	741	9.74	336.75	338.32		338.40	0.000615	1.23	7.92	6.72	0.36
Reach 1	741	11.07	336.75	338.45		338.53	0.000587	1.26	8.82	6.95	0.36
Reach 1	729	11.76	336.83	338.54	337.50	338.59	0.000256	0.91	12.92	8.44	0.23
Reach 1	729	15.21	336.83	338.86	337.62	338.91	0.000257	0.97	15.74	9.50	0.24
Reach 1	729	16.90	336.83	338.98	337.68	339.04	0.000262	1.00	17.16	17.16	0.24
Reach 1	729	9.74	336.83	338.35	337.43	338.38	0.000260	0.86	11.28	8.19	0.24
Reach 1	729	11.07	336.83	338.48	337.48	338.52	0.000257	0.90	12.37	8.33	0.23
Reach 1	725	Culvert									
Reach 1	723	11.76	336.83	338.04		338.13	0.000775	1.33	8.83	7.86	0.40
Reach 1	723	15.21	336.83	338.24		338.35	0.000795	1.46	10.43	8.08	0.41
Reach 1	723	16.90	336.83	338.33		338.45	0.000805	1.51	11.16	8.17	0.41
Reach 1	723	9.74	336.83	337.91		337.99	0.000768	1.25	7.81	7.76	0.40
Reach 1	723	11.07	336.83	338.00		338.08	0.000772	1.30	8.49	7.83	0.40
Reach 1	703	11.76	336.73	337.77		338.08	0.003656	2.46	4.79	5.58	0.85
Reach 1	703	15.21	336.73	337.93	337.83	338.29	0.003731	2.67	5.70	5.87	0.87
Reach 1	703	16.90	336.73	338.00	337.90	338.39	0.003746	2.76	6.13	6.00	0.87
Reach 1	703	9.74	336.73	337.67		337.94	0.003557	2.30	4.24	5.40	0.83
Reach 1	703	11.07	336.73	337.74		338.03	0.003623	2.40	4.61	5.52	0.84
Reach 1	661	11.76	336.66	337.63	337.52	337.92	0.003436	2.39	4.93	5.69	0.82
Reach 1	661	15.21	336.66	337.78	337.67	338.13	0.003601	2.63	5.79	5.87	0.85
Reach 1	661	16.90	336.66	337.85	337.73	338.23	0.003665	2.73	6.20	5.99	0.86
Reach 1	661	9.74	336.66	337.54	337.42	337.79	0.003263	2.21	4.41	5.57	0.79
Reach 1	661	11.07	336.66	337.60	337.48	337.88	0.003374	2.33	4.76	5.65	0.81
Reach 1	657	Bridge									
Reach 1	654	11.76	336.65	337.60		337.89	0.003556	2.40	4.90	5.68	0.82
Reach 1	654	15.21	336.65	337.74	337.64	338.10	0.003818	2.67	5.70	5.82	0.86
Reach 1	654	16.90	336.65	337.80	337.71	338.20	0.003952	2.79	6.06	5.90	0.88
Reach 1	654	9.74	336.65	337.51		337.76	0.003325	2.21	4.41	5.59	0.79
Reach 1	654	11.07	336.65	337.57		337.85	0.003457	2.33	4.75	5.65	0.81
Reach 1	636	11.76	336.62	337.62	337.39	337.82	0.002207	1.97	5.96	6.69	0.67
Reach 1	636	15.21	336.62	337.77	337.53	338.01	0.002275	2.17	7.02	6.89	0.69
Reach 1	636	16.90	336.62	337.84	337.59	338.10	0.002310	2.25	7.51	6.98	0.69
Reach 1	636	9.74	336.62	337.52	337.30	337.69	0.002120	1.83	5.32	6.57	0.65
Reach 1	636	11.07	336.62	337.59	337.36	337.78	0.002165	1.92	5.76	6.65	0.66
Reach 1	630	Bridge									
Reach 1	628	11.76	336.63	337.43	337.43	337.78	0.005128	2.62	4.48	6.45	1.01
Reach 1	628	15.21	336.63	337.56	337.56	337.97	0.004979	2.83	5.37	6.62	1.00
Reach 1	628	16.90	336.63	337.63	337.63	338.06	0.004921	2.92	5.79	6.70	1.00
Reach 1	628	9.74	336.63	337.34	337.34	337.66	0.005238	2.48	3.93	6.31	1.00
Reach 1	628	11.07	336.63	337.40	337.40	337.74	0.005174	2.58	4.29	6.41	1.01
Reach 1	594	11.76	336.31	337.20	337.11	337.49	0.003720	2.37	4.95	6.15	0.84
Reach 1	594	15.21	336.31	337.34	337.25	337.69	0.003858	2.62	5.81	6.27	0.87
Reach 1	594	16.90	336.31	337.41	337.31	337.78	0.003866	2.71	6.24	6.33	0.87
Reach 1	594	9.74	336.31	337.11	337.02	337.36	0.003685	2.22	4.38	6.05	0.83
Reach 1	594	11.07	336.31	337.17	337.08	337.45	0.003728	2.33	4.75	6.12	0.84
Reach 1	591	Bridge									
Reach 1	590	11.76	336.31	337.11	337.11	337.47	0.005255	2.67	4.41	6.14	1.01
Reach 1	590	15.21	336.31	337.25	337.25	337.67	0.005149	2.89	5.26	6.25	1.01
Reach 1	590	16.90	336.31	337.31	337.31	337.76	0.005106	2.99	5.66	6.30	1.01
Reach 1	590	9.74	336.31	337.02	337.02	337.34	0.005356	2.52	3.87	6.04	1.00
Reach 1	590	11.07	336.31	337.08	337.08	337.43	0.005287	2.62	4.23	6.10	1.01
Reach 1	544	11.76	335.50	336.33	336.33	336.71	0.005267	2.72	4.32	5.76	1.00
Reach 1	544	15.21	335.50	337.00		337.17	0.001295	1.83	8.29	6.14	0.50
Reach 1	544	16.90	335.50	337.13		337.31	0.001218	1.85	9.13	6.26	0.49
Reach 1	544	9.74	335.50	336.24	336.24	336.57	0.005337	2.56	3.80	5.71	1.00
Reach 1	544	11.07	335.50	336.30	336.30	336.66	0.005291	2.67	4.14	5.74	1.00
Reach 1	487	11.76	334.59	335.71	335.71	336.18	0.005708	3.03	3.88	4.16	1.00
Reach 1	487	15.21	334.59	336.99		337.10	0.000672	1.45	10.53	6.37	0.36
Reach 1	487	16.90	334.59	337.12		337.23	0.000758	1.46	11.81	12.38	0.39
Reach 1	487	9.74	334.59	335.59	335.59	336.01	0.005801	2.88	3.38	4.05	1.01
Reach 1	487	11.07	334.59	335.67	335.67	336.13	0.005778	2.99	3.70	4.12	1.01

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Pozzaveglie Reach: Reach 1 (Continued)

Reach	River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach 1	444	11.76	334.03	335.30	335.28	335.81	0.006164	3.16	3.73	3.48	0.97
Reach 1	444	15.21	334.03	337.01		337.06	0.000419	1.00	16.53	19.81	0.29
Reach 1	444	16.90	334.03	337.15		337.19	0.000340	0.95	19.35	20.18	0.27
Reach 1	444	9.74	334.03	335.14	335.14	335.62	0.006590	3.08	3.17	3.33	1.01
Reach 1	444	11.07	334.03	335.23	335.23	335.75	0.006578	3.18	3.48	3.40	1.01
Reach 1	419	11.76	333.80	335.58	334.63	335.65	0.000458	1.17	10.06	6.73	0.31
Reach 1	419	15.21	333.80	337.02	334.78	337.04	0.000107	0.71	22.17	18.91	0.15
Reach 1	419	16.90	333.80	337.16	334.85	337.18	0.000106	0.72	25.10	23.77	0.15
Reach 1	419	9.74	333.80	335.35	334.54	335.42	0.000494	1.14	8.54	6.41	0.32
Reach 1	419	11.07	333.80	335.49	334.60	335.56	0.000478	1.17	9.48	6.62	0.31
Reach 1	415	Culvert									
Reach 1	412	11.76	333.80	335.29		335.39	0.000825	1.44	8.14	6.33	0.41
Reach 1	412	15.21	333.80	336.78		336.81	0.000134	0.79	19.29	8.49	0.17
Reach 1	412	16.90	333.80	336.93		336.97	0.000145	0.82	20.75	15.27	0.18
Reach 1	412	9.74	333.80	335.08		335.18	0.000919	1.42	6.86	6.04	0.43
Reach 1	412	11.07	333.80	335.20		335.31	0.000887	1.46	7.60	6.21	0.42
Reach 1	373	11.76	333.37	334.96		335.31	0.003645	2.62	4.49	3.77	0.77
Reach 1	373	15.21	333.37	336.77		336.80	0.000176	0.77	20.61	15.50	0.20
Reach 1	373	16.90	333.37	336.93		336.96	0.000158	0.76	23.09	15.97	0.19
Reach 1	373	9.74	333.37	334.59	334.59	335.07	0.006369	3.07	3.17	3.34	1.01
Reach 1	373	11.07	333.37	334.68	334.68	335.20	0.006348	3.17	3.49	3.44	1.01
Reach 1	354	11.76	333.29	335.04		335.22	0.001520	1.87	6.30	4.15	0.48
Reach 1	354	15.21	333.29	336.78		336.80	0.000122	0.59	27.25	25.17	0.16
Reach 1	354	16.90	333.29	336.94		336.95	0.000103	0.57	31.32	26.23	0.15
Reach 1	354	9.74	333.29	334.47		334.77	0.003594	2.42	4.02	3.83	0.75
Reach 1	354	11.07	333.29	334.57		334.89	0.003593	2.51	4.41	3.88	0.75
Reach 1	332	11.76	333.09	334.99		335.18	0.001700	1.91	6.16	4.13	0.50
Reach 1	332	15.21	333.09	336.77		336.79	0.000153	0.65	24.56	23.28	0.18
Reach 1	332	16.90	333.09	336.93		336.95	0.000128	0.62	28.33	24.03	0.17
Reach 1	332	9.74	333.09	334.15	334.15	334.64	0.006897	3.09	3.15	3.28	1.01
Reach 1	332	11.07	333.09	334.32	334.24	334.77	0.005674	2.99	3.71	3.34	0.90
Reach 1	302	11.76	332.25	335.09		335.12	0.000167	0.80	14.62	8.01	0.19
Reach 1	302	15.21	332.25	336.78		336.79	0.000023	0.37	47.34	32.95	0.08
Reach 1	302	16.90	332.25	336.94		336.95	0.000021	0.37	52.56	32.95	0.08
Reach 1	302	9.74	332.25	333.62		333.80	0.001815	1.88	5.19	4.95	0.58
Reach 1	302	11.07	332.25	334.58		334.63	0.000326	1.02	10.82	6.84	0.26
Reach 1	258	11.76	331.84	335.10		335.11	0.000060	0.56	20.96	8.37	0.11
Reach 1	258	15.21	331.84	336.78		336.79	0.000022	0.38	39.88	14.45	0.07
Reach 1	258	16.90	331.84	336.94		336.94	0.000025	0.40	42.43	22.73	0.08
Reach 1	258	9.74	331.84	333.69		333.73	0.000284	0.94	10.36	6.82	0.24
Reach 1	258	11.07	331.84	334.59		334.61	0.000094	0.65	16.91	7.70	0.14
Reach 1	231	11.76	331.54	335.08		335.11	0.000118	0.71	16.51	5.99	0.14
Reach 1	231	15.21	331.54	336.77		336.78	0.000048	0.46	37.17	37.37	0.10
Reach 1	231	16.90	331.54	336.93		336.94	0.000042	0.45	43.41	40.40	0.10
Reach 1	231	9.74	331.54	333.66		333.72	0.000434	1.11	8.74	4.93	0.27
Reach 1	231	11.07	331.54	334.57		334.61	0.000175	0.82	13.55	5.61	0.17
Reach 1	199	11.76	331.21	335.09		335.10	0.000069	0.57	20.60	8.00	0.11
Reach 1	199	15.21	331.21	336.78		336.78	0.000020	0.35	46.24	31.50	0.07
Reach 1	199	16.90	331.21	336.94		336.94	0.000019	0.36	51.24	31.50	0.07
Reach 1	199	9.74	331.21	333.67		333.70	0.000205	0.85	11.42	5.75	0.19
Reach 1	199	11.07	331.21	334.58		334.60	0.000092	0.65	16.99	6.45	0.13
Reach 1	178	11.76	331.21	335.09		335.10	0.000067	0.57	20.53	7.20	0.11
Reach 1	178	15.21	331.21	336.78		336.78	0.000022	0.34	46.52	26.65	0.07
Reach 1	178	16.90	331.21	336.93		336.94	0.000022	0.35	51.07	29.62	0.07
Reach 1	178	9.74	331.21	333.66		333.70	0.000204	0.84	11.56	5.67	0.19
Reach 1	178	11.07	331.21	334.58		334.60	0.000094	0.65	17.05	6.37	0.13
Reach 1	113	11.76	330.91	335.09		335.10	0.000010	0.22	53.22	28.46	0.05
Reach 1	113	15.21	330.91	336.78		336.78	0.000002	0.13	124.89	64.10	0.03
Reach 1	113	16.90	330.91	336.94		336.94	0.000002	0.13	135.07	64.10	0.03
Reach 1	113	9.74	330.91	333.68		333.69	0.000024	0.36	26.77	12.60	0.08
Reach 1	113	11.07	330.91	334.59		334.59	0.000012	0.27	40.78	18.39	0.06
Reach 1	81	11.76	330.36	335.10		335.10	0.000001	0.10	115.24	38.41	0.02
Reach 1	81	15.21	330.36	336.78		336.78	0.000000	0.08	203.28	72.40	0.01
Reach 1	81	16.90	330.36	336.94		336.94	0.000000	0.08	214.78	72.40	0.01
Reach 1	81	9.74	330.36	333.69		333.69	0.000003	0.15	66.99	29.21	0.03
Reach 1	81	11.07	330.36	334.59		334.59	0.000001	0.11	96.53	35.50	0.02

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Pozzaveglie Reach: Reach 1 (Continued)

Reach	River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach 1	60	11.76	330.17	335.10		335.10	0.000001	0.10	118.65	45.70	0.02
Reach 1	60	15.21	330.17	336.78		336.78	0.000000	0.07	223.59	77.60	0.01
Reach 1	60	16.90	330.17	336.94		336.94	0.000000	0.08	235.91	77.60	0.01
Reach 1	60	9.74	330.17	333.68		333.69	0.000005	0.16	61.04	34.56	0.04
Reach 1	60	11.07	330.17	334.59		334.59	0.000002	0.12	96.21	43.05	0.02
Reach 1	42	11.76	329.81	335.09		335.10	0.000002	0.13	90.50	38.57	0.03
Reach 1	42	15.21	329.81	336.78		336.78	0.000001	0.09	183.76	75.60	0.02
Reach 1	42	16.90	329.81	336.94		336.94	0.000001	0.09	195.77	75.60	0.02
Reach 1	42	9.74	329.81	333.68		333.69	0.000005	0.19	50.24	18.88	0.04
Reach 1	42	11.07	329.81	334.59		334.59	0.000004	0.15	72.13	32.56	0.03
Reach 1	26	11.76	329.55	335.09		335.10	0.000001	0.12	101.36	26.73	0.02
Reach 1	26	15.21	329.55	336.78		336.78	0.000001	0.10	157.18	43.23	0.02
Reach 1	26	16.90	329.55	336.94		336.94	0.000001	0.11	164.18	45.03	0.02
Reach 1	26	9.74	329.55	333.68		333.69	0.000002	0.15	66.97	21.79	0.03
Reach 1	26	11.07	329.55	334.59		334.59	0.000001	0.13	88.29	25.02	0.02
Reach 1	8	11.76	329.57	335.09	330.19	335.10	0.000004	0.20	60.16	15.28	0.03
Reach 1	8	15.21	329.57	336.78	330.30	336.78	0.000003	0.16	94.59	31.08	0.03
Reach 1	8	16.90	329.57	336.94	330.35	336.94	0.000003	0.17	99.55	31.51	0.03
Reach 1	8	9.74	329.57	333.68	330.13	333.69	0.000007	0.24	41.27	12.06	0.04
Reach 1	8	11.07	329.57	334.59	330.17	334.59	0.000005	0.21	52.76	13.78	0.03
Reach 1	7	Culvert									
Reach 1	5	11.76	329.57	330.20	330.20	330.49	0.005356	2.39	4.92	8.54	1.01
Reach 1	5	15.21	329.57	330.30	330.30	330.65	0.005178	2.60	5.86	8.62	1.01
Reach 1	5	16.90	329.57	330.36	330.36	330.72	0.005082	2.68	6.30	8.66	1.00
Reach 1	5	9.74	329.57	330.13	330.13	330.38	0.005510	2.25	4.33	8.49	1.01
Reach 1	5	11.07	329.57	330.17	330.17	330.45	0.005378	2.34	4.73	8.52	1.00
Reach 1	3	11.76	329.53	330.17	330.17	330.45	0.005317	2.36	4.98	8.85	1.01
Reach 1	3	15.21	329.53	330.27	330.27	330.61	0.005130	2.57	5.92	8.93	1.01
Reach 1	3	16.90	329.53	330.32	330.32	330.68	0.005067	2.66	6.36	8.97	1.01
Reach 1	3	9.74	329.53	330.10	330.10	330.35	0.005462	2.22	4.38	8.80	1.01
Reach 1	3	11.07	329.53	330.14	330.14	330.42	0.005349	2.32	4.78	8.83	1.01

Torrente Pantano Ante Operam

HEC-RAS Plan: Plan 02 River: Pantani Reach: Pantano A

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Pantano A	4509	PF 1	12.07	323.52	325.71		325.73	0.000564	0.74	18.29	23.56	0.21
Pantano A	4509	PF 2	15.63	323.52	325.87		325.90	0.000569	0.80	23.35	33.07	0.21
Pantano A	4509	PF 3	17.36	323.52	325.93		325.96	0.000597	0.83	25.26	33.75	0.22
Pantano A	4509	PF 4	10.00	323.52	325.54		325.56	0.000571	0.74	14.84	18.86	0.21
Pantano A	4509	PF 5	11.31	323.52	325.65		325.68	0.000562	0.74	17.12	20.74	0.21
Pantano A	4408	PF 1	12.07	323.39	325.69		325.72	0.000494	0.74	19.23	27.72	0.19
Pantano A	4408	PF 2	15.63	323.39	325.86		325.88	0.000529	0.79	24.07	30.04	0.20
Pantano A	4408	PF 3	17.36	323.39	325.91		325.94	0.000569	0.83	25.77	30.97	0.21
Pantano A	4408	PF 4	10.00	323.39	325.52		325.55	0.000453	0.72	15.35	15.68	0.18
Pantano A	4408	PF 5	11.31	323.39	325.64		325.66	0.000466	0.73	17.80	25.60	0.19
Pantano A	4273	PF 1	12.07	323.36	325.67	324.20	325.69	0.000605	0.76	18.05	23.11	0.21
Pantano A	4273	PF 2	15.63	323.36	325.83	324.35	325.86	0.000633	0.82	21.99	24.75	0.22
Pantano A	4273	PF 3	17.36	323.36	325.88	324.42	325.92	0.000668	0.86	23.30	24.75	0.22
Pantano A	4273	PF 4	10.00	323.36	325.50	324.11	325.53	0.000576	0.75	14.50	18.78	0.20
Pantano A	4273	PF 5	11.31	323.36	325.61	324.17	325.64	0.000614	0.75	16.86	22.51	0.21
Pantano A	4260		Culvert									
Pantano A	4250	PF 1	12.07	323.36	325.21		325.28	0.001284	1.13	10.67	7.09	0.29
Pantano A	4250	PF 2	15.63	323.36	325.40		325.49	0.001587	1.27	12.93	14.65	0.33
Pantano A	4250	PF 3	17.36	323.36	325.49		325.58	0.001751	1.31	14.33	18.52	0.35
Pantano A	4250	PF 4	10.00	323.36	325.07		325.12	0.001119	1.03	9.69	6.57	0.27
Pantano A	4250	PF 5	11.31	323.36	325.17		325.23	0.001207	1.09	10.37	6.84	0.28
Pantano A	3963	PF 1	12.07	323.03	325.09		325.16	0.001479	1.12	12.11	21.50	0.32
Pantano A	3963	PF 2	15.63	323.03	325.30		325.36	0.001226	1.12	16.51	21.50	0.30
Pantano A	3963	PF 3	17.36	323.03	325.39		325.44	0.001138	1.13	18.43	21.50	0.29
Pantano A	3963	PF 4	10.00	323.03	324.95		325.01	0.001395	1.08	9.40	12.72	0.30
Pantano A	3963	PF 5	11.31	323.03	325.05		325.11	0.001512	1.10	11.19	21.50	0.32
Pantano A	3934	PF 1	12.07	323.03	325.08		325.14	0.001664	1.13	11.79	21.50	0.34
Pantano A	3934	PF 2	15.63	323.03	325.29		325.35	0.001320	1.12	16.26	21.50	0.31
Pantano A	3934	PF 3	17.36	323.03	325.38		325.43	0.001210	1.12	18.21	21.50	0.30
Pantano A	3934	PF 4	10.00	323.03	324.94		325.00	0.001401	1.09	9.23	11.44	0.30
Pantano A	3934	PF 5	11.31	323.03	325.04		325.10	0.001717	1.12	10.85	21.50	0.34
Pantano A	3814	PF 1	12.07	322.53	325.06		325.09	0.000750	0.79	16.64	21.97	0.23
Pantano A	3814	PF 2	15.63	322.53	325.27		325.30	0.000647	0.82	21.27	21.97	0.22
Pantano A	3814	PF 3	17.36	322.53	325.36		325.40	0.000617	0.84	23.27	21.97	0.22
Pantano A	3814	PF 4	10.00	322.53	324.92		324.95	0.000845	0.77	13.55	21.97	0.24
Pantano A	3814	PF 5	11.31	322.53	325.02		325.05	0.000767	0.78	15.67	21.97	0.23
Pantano A	3681	PF 1	12.07	322.28	325.04		325.07	0.000571	0.80	16.35	16.90	0.21
Pantano A	3681	PF 2	15.63	322.28	325.24		325.28	0.000571	0.87	19.86	16.90	0.21
Pantano A	3681	PF 3	17.36	322.28	325.33		325.37	0.000574	0.91	21.38	16.90	0.21
Pantano A	3681	PF 4	10.00	322.28	324.90		324.92	0.000573	0.75	13.98	16.90	0.21
Pantano A	3681	PF 5	11.31	322.28	324.99		325.02	0.000563	0.78	15.61	16.90	0.21
Pantano A	3519	PF 1	12.07	322.26	325.01		325.04	0.000523	0.77	17.60	15.90	0.20
Pantano A	3519	PF 2	15.63	322.26	325.22		325.25	0.000528	0.84	20.91	15.90	0.20
Pantano A	3519	PF 3	17.36	322.26	325.31		325.34	0.000534	0.88	22.33	15.90	0.21
Pantano A	3519	PF 4	10.00	322.26	324.87		324.90	0.000531	0.73	15.36	15.90	0.20
Pantano A	3519	PF 5	11.31	322.26	324.97		324.99	0.000516	0.75	16.91	15.90	0.20
Pantano A	3374	PF 1	12.07	322.10	324.99		325.02	0.000402	0.72	18.92	17.80	0.18
Pantano A	3374	PF 2	15.63	322.10	325.20		325.23	0.000414	0.79	22.63	17.80	0.18
Pantano A	3374	PF 3	17.36	322.10	325.29		325.32	0.000422	0.82	24.22	17.80	0.19
Pantano A	3374	PF 4	10.00	322.10	324.85		324.87	0.000396	0.67	16.42	17.80	0.17
Pantano A	3374	PF 5	11.31	322.10	324.95		324.97	0.000392	0.70	18.16	17.80	0.17
Pantano A	3296	PF 1	12.07	322.07	324.98		325.01	0.000428	0.74	17.05	17.57	0.18
Pantano A	3296	PF 2	15.63	322.07	325.18		325.22	0.000464	0.83	20.66	17.57	0.19
Pantano A	3296	PF 3	17.36	322.07	325.27		325.31	0.000478	0.87	22.22	17.57	0.19
Pantano A	3296	PF 4	10.00	322.07	324.84		324.87	0.000359	0.67	14.94	9.78	0.16
Pantano A	3296	PF 5	11.31	322.07	324.94		324.96	0.000410	0.72	16.31	17.57	0.17
Pantano A	3294	PF 1	12.07	321.60	324.99		325.00	0.000225	0.61	20.75	17.57	0.13
Pantano A	3294	PF 2	15.63	321.60	325.19		325.22	0.000267	0.70	24.36	17.57	0.14
Pantano A	3294	PF 3	17.36	321.60	325.28		325.31	0.000285	0.74	25.92	17.57	0.15
Pantano A	3294	PF 4	10.00	321.60	324.85		324.86	0.000190	0.54	18.58	9.94	0.12
Pantano A	3294	PF 5	11.31	321.60	324.94		324.96	0.000212	0.58	20.01	17.57	0.12
Pantano A	3229	PF 1	12.07	321.59	324.98		325.00	0.000275	0.66	20.40	15.10	0.14
Pantano A	3229	PF 2	15.63	321.59	325.18		325.21	0.000318	0.75	23.49	15.10	0.15
Pantano A	3229	PF 3	17.36	321.59	325.27		325.30	0.000337	0.79	24.82	15.10	0.16
Pantano A	3229	PF 4	10.00	321.59	324.84		324.86	0.000247	0.60	18.32	15.10	0.13
Pantano A	3229	PF 5	11.31	321.59	324.94		324.96	0.000261	0.63	19.77	15.10	0.14
Pantano A	3162	PF 1	12.07	321.59	324.97		324.99	0.000301	0.68	20.72	16.00	0.15
Pantano A	3162	PF 2	15.63	321.59	325.18		325.20	0.000336	0.76	23.99	16.00	0.16
Pantano A	3162	PF 3	17.36	321.59	325.27		325.29	0.000353	0.80	25.40	16.00	0.16
Pantano A	3162	PF 4	10.00	321.59	324.83		324.85	0.000278	0.63	18.51	16.00	0.14
Pantano A	3162	PF 5	11.31	321.59	324.93		324.95	0.000288	0.66	20.05	16.00	0.14
Pantano A	3077	PF 1	12.07	321.61	324.96	323.01	324.98	0.000416	0.77	17.92	12.53	0.16
Pantano A	3077	PF 2	15.63	321.61	325.16	323.24	325.19	0.000481	0.88	20.43	12.53	0.18

HEC-RAS Plan: Plan 02 River: Pantani Reach: Pantano A (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Pantano A	3077	PF 3	17.36	321.61	325.24	323.34	325.28	0.000512	0.92	21.51	12.53	0.19
Pantano A	3077	PF 4	10.00	321.61	324.82	322.87	324.84	0.000375	0.70	16.22	12.53	0.15
Pantano A	3077	PF 5	11.31	321.61	324.92	322.96	324.94	0.000395	0.74	17.41	12.53	0.16
Pantano A	3070		Culvert									
Pantano A	3065	PF 1	12.07	321.61	324.92		324.95	0.000493	0.73	17.47	12.53	0.18
Pantano A	3065	PF 2	15.63	321.61	325.13		325.16	0.000553	0.83	20.07	12.53	0.19
Pantano A	3065	PF 3	17.36	321.61	325.20		325.24	0.000596	0.88	21.01	12.53	0.20
Pantano A	3065	PF 4	10.00	321.61	324.78		324.80	0.000459	0.67	15.71	12.53	0.17
Pantano A	3065	PF 5	11.31	321.61	324.88		324.90	0.000472	0.71	16.95	12.53	0.17
Pantano A	2846	PF 1	12.07	321.58	324.90	322.95	324.92	0.000275	0.64	20.99	14.58	0.14
Pantano A	2846	PF 2	15.63	321.58	325.11	323.18	325.13	0.000313	0.73	23.99	14.58	0.16
Pantano A	2846	PF 3	17.36	321.58	325.18	323.28	325.21	0.000340	0.78	25.05	14.58	0.16
Pantano A	2846	PF 4	10.00	321.58	324.76	322.80	324.78	0.000252	0.59	18.96	14.58	0.14
Pantano A	2846	PF 5	11.31	321.58	324.86	322.89	324.88	0.000262	0.62	20.40	14.58	0.14
Pantano A	2840		Culvert									
Pantano A	2831	PF 1	12.07	321.58	324.88		324.90	0.000292	0.64	20.73	14.58	0.15
Pantano A	2831	PF 2	15.63	321.58	325.08		325.10	0.000337	0.73	23.52	14.58	0.16
Pantano A	2831	PF 3	17.36	321.58	325.15		325.17	0.000366	0.78	24.56	14.58	0.17
Pantano A	2831	PF 4	10.00	321.58	324.74		324.76	0.000274	0.59	18.63	14.58	0.14
Pantano A	2831	PF 5	11.31	321.58	324.83		324.84	0.000290	0.62	19.89	14.58	0.15
Pantano A	2474	PF 1	12.07	321.59	324.88		324.89	0.000057	0.33	43.45	28.10	0.07
Pantano A	2474	PF 2	15.63	321.59	325.08		325.08	0.000067	0.37	48.86	28.10	0.08
Pantano A	2474	PF 3	17.36	321.59	325.15		325.15	0.000073	0.40	50.87	28.10	0.08
Pantano A	2474	PF 4	10.00	321.59	324.74		324.74	0.000053	0.30	39.38	28.10	0.07
Pantano A	2474	PF 5	11.31	321.59	324.82		324.83	0.000056	0.32	41.81	28.10	0.07
Pantano A	1912	PF 1	14.09	321.58	324.86		324.87	0.000180	0.59	29.50	20.00	0.12
Pantano A	1912	PF 2	18.23	321.58	325.04		325.06	0.000213	0.67	33.23	20.00	0.13
Pantano A	1912	PF 3	20.25	321.58	325.11		325.13	0.000233	0.71	34.59	20.00	0.14
Pantano A	1912	PF 4	11.60	321.58	324.71		324.73	0.000163	0.54	26.66	20.00	0.11
Pantano A	1912	PF 5	13.12	321.58	324.80		324.81	0.000175	0.57	28.35	20.00	0.12
Pantano A	1672	PF 1	14.09	321.56	324.85		324.86	0.000119	0.46	37.21	26.10	0.10
Pantano A	1672	PF 2	18.23	321.56	325.03		325.05	0.000138	0.52	42.07	26.10	0.11
Pantano A	1672	PF 3	20.25	321.56	325.10		325.11	0.000150	0.55	43.82	26.10	0.11
Pantano A	1672	PF 4	11.60	321.56	324.71		324.71	0.000110	0.42	33.51	26.10	0.09
Pantano A	1672	PF 5	13.12	321.56	324.79		324.80	0.000116	0.44	35.72	26.10	0.10
Pantano A	1446	PF 1	14.09	321.56	324.83		324.84	0.000274	0.64	25.39	18.40	0.15
Pantano A	1446	PF 2	18.23	321.56	325.01		325.03	0.000318	0.73	28.73	18.40	0.16
Pantano A	1446	PF 3	20.25	321.56	325.07		325.10	0.000348	0.78	29.91	18.40	0.17
Pantano A	1446	PF 4	11.60	321.56	324.69		324.70	0.000253	0.59	22.84	18.40	0.14
Pantano A	1446	PF 5	13.12	321.56	324.77		324.79	0.000268	0.62	24.36	18.40	0.14
Pantano A	1101	PF 1	14.09	321.52	324.79	322.82	324.81	0.000332	0.70	22.23	18.40	0.16
Pantano A	1101	PF 2	18.23	321.52	324.96	323.02	324.99	0.000388	0.81	25.44	18.40	0.18
Pantano A	1101	PF 3	20.25	321.52	325.02	323.11	325.06	0.000427	0.86	26.54	18.40	0.19
Pantano A	1101	PF 4	11.60	321.52	324.65	322.69	324.67	0.000304	0.64	19.74	18.40	0.15
Pantano A	1101	PF 5	13.12	321.52	324.73	322.77	324.76	0.000325	0.68	21.22	18.40	0.16
Pantano A	1090		Culvert									
Pantano A	1081	PF 1	16.10	321.52	324.37		324.43	0.001072	1.10	15.02	12.77	0.28
Pantano A	1081	PF 2	20.84	321.52	324.68		324.74	0.000931	1.13	20.16	18.40	0.27
Pantano A	1081	PF 3	23.14	321.52	324.79		324.85	0.000890	1.15	22.29	18.40	0.26
Pantano A	1081	PF 4	13.34	321.52	324.12		324.18	0.001141	1.08	12.35	8.33	0.28
Pantano A	1081	PF 5	15.09	321.52	324.28		324.34	0.001120	1.10	13.94	12.35	0.28
Pantano A	825	PF 1	16.10	321.54	324.11		324.28	0.003656	1.81	9.21	9.51	0.47
Pantano A	825	PF 2	20.84	321.54	324.49		324.62	0.002580	1.67	13.98	13.80	0.41
Pantano A	825	PF 3	23.14	321.54	324.62		324.74	0.002309	1.66	15.77	13.80	0.39
Pantano A	825	PF 4	13.34	321.54	323.86		324.02	0.003827	1.78	7.49	5.13	0.47
Pantano A	825	PF 5	15.09	321.54	324.02		324.19	0.003657	1.81	8.42	7.52	0.46
Pantano A	643	PF 1	16.10	321.34	323.92		324.08	0.003211	1.77	9.09	5.09	0.42
Pantano A	643	PF 2	20.84	321.34	324.29		324.46	0.002974	1.84	12.03	12.76	0.42
Pantano A	643	PF 3	23.14	321.34	324.44		324.60	0.002671	1.83	14.02	13.60	0.41
Pantano A	643	PF 4	13.34	321.34	323.68		323.83	0.003179	1.69	7.89	4.77	0.42
Pantano A	643	PF 5	15.09	321.34	323.84		323.99	0.003190	1.74	8.65	4.95	0.42
Pantano A	377	PF 1	16.10	321.18	323.50		323.74	0.005638	2.16	7.45	4.14	0.51
Pantano A	377	PF 2	20.84	321.18	323.84		324.11	0.006169	2.32	8.98	5.06	0.56
Pantano A	377	PF 3	23.14	321.18	323.99		324.27	0.006260	2.37	9.77	5.53	0.57
Pantano A	377	PF 4	13.34	321.18	323.28		323.49	0.005291	2.03	6.58	3.86	0.50
Pantano A	377	PF 5	15.09	321.18	323.42		323.65	0.005528	2.12	7.13	4.04	0.51
Pantano A	241	PF 1	16.10	320.98	323.30		323.52	0.004650	2.04	7.89	4.45	0.49
Pantano A	241	PF 2	20.84	320.98	323.62		323.88	0.004987	2.23	9.35	4.75	0.51
Pantano A	241	PF 3	23.14	320.98	323.76		324.03	0.005139	2.31	10.02	4.88	0.51
Pantano A	241	PF 4	13.34	320.98	323.10		323.28	0.004388	1.91	6.99	4.27	0.48
Pantano A	241	PF 5	15.09	320.98	323.23		323.43	0.004563	2.00	7.56	4.39	0.49

HEC-RAS Plan: Plan 02 River: Pantani Reach: Pantano A (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Pantano A	149	PF 1	16.10	320.97	323.02		323.34	0.008084	2.51	6.42	4.02	0.63
Pantano A	149	PF 2	20.84	320.97	323.29		323.68	0.009027	2.75	7.58	4.51	0.68
Pantano A	149	PF 3	23.14	320.97	323.42		323.83	0.009420	2.83	8.18	4.95	0.70
Pantano A	149	PF 4	13.34	320.97	322.84		323.12	0.007523	2.33	5.72	3.87	0.61
Pantano A	149	PF 5	15.09	320.97	322.95		323.26	0.007906	2.45	6.16	3.97	0.63
Pantano A	70	PF 1	16.10	320.97	323.00		323.17	0.003590	1.83	8.78	5.63	0.47
Pantano A	70	PF 2	20.84	320.97	323.29		323.49	0.003732	1.99	10.47	5.94	0.48
Pantano A	70	PF 3	23.14	320.97	323.42		323.63	0.003787	2.06	11.25	6.07	0.48
Pantano A	70	PF 4	13.34	320.97	322.81		322.96	0.003460	1.72	7.75	5.41	0.46
Pantano A	70	PF 5	15.09	320.97	322.93		323.09	0.003556	1.80	8.40	5.55	0.47
Pantano A	18	PF 1	16.10	320.95	322.70	322.45	323.06	0.009960	2.66	6.06	4.73	0.75
Pantano A	18	PF 2	20.84	320.95	322.97	322.67	323.38	0.009852	2.82	7.40	5.11	0.75
Pantano A	18	PF 3	23.14	320.95	323.10	322.76	323.52	0.009741	2.87	8.06	5.31	0.74
Pantano A	18	PF 4	13.34	320.95	322.52	322.29	322.85	0.010304	2.55	5.24	4.61	0.76
Pantano A	18	PF 5	15.09	320.95	322.63	322.39	322.98	0.010149	2.62	5.75	4.68	0.76
Pantano A	16		Bridge									
Pantano A	15	PF 1	16.10	320.95	322.66	322.45	323.04	0.010764	2.73	5.90	4.70	0.78
Pantano A	15	PF 2	20.84	320.95	322.94	322.66	323.36	0.010477	2.88	7.23	5.05	0.77
Pantano A	15	PF 3	23.14	320.95	323.07	322.76	323.51	0.010259	2.93	7.89	5.23	0.76
Pantano A	15	PF 4	13.34	320.95	322.49	322.29	322.84	0.011242	2.63	5.07	4.54	0.80
Pantano A	15	PF 5	15.09	320.95	322.60	322.39	322.97	0.011041	2.70	5.58	4.66	0.79
Pantano A	10	PF 1	16.10	320.95	322.43	322.43	323.01	0.016386	3.38	4.82	4.44	0.99
Pantano A	10	PF 2	20.84	320.95	322.67	322.67	323.33	0.015572	3.61	5.91	4.71	0.97
Pantano A	10	PF 3	23.14	320.95	322.76	322.76	323.47	0.015803	3.75	6.35	4.77	0.98
Pantano A	10	PF 4	13.34	320.95	322.28	322.28	322.81	0.017041	3.21	4.17	4.14	1.00
Pantano A	10	PF 5	15.09	320.95	322.38	322.38	322.94	0.016584	3.32	4.58	4.33	0.99

Torrente Pantano Post Operam

HEC-RAS Plan: Plan 03 River: Pantani Reach: Pantano A

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Pantano A	4509	PF 1	12.07	323.23	325.51		325.54	0.000188	0.79	16.43	18.56	0.21
Pantano A	4509	PF 2	15.63	323.23	325.74		325.77	0.000199	0.83	21.12	27.98	0.22
Pantano A	4509	PF 3	17.36	323.23	325.82		325.85	0.000197	0.85	23.65	32.59	0.22
Pantano A	4509	PF 4	10.14	323.23	325.30		325.33	0.000192	0.80	12.86	13.44	0.21
Pantano A	4509	PF 5	11.42	323.23	325.46		325.49	0.000186	0.79	15.42	17.51	0.21
Pantano A	4408	PF 1	12.07	323.09	325.51		325.54	0.000167	0.80	16.60	15.51	0.19
Pantano A	4408	PF 2	15.63	323.09	325.73		325.76	0.000193	0.84	21.87	29.14	0.21
Pantano A	4408	PF 3	17.36	323.09	325.81		325.85	0.000194	0.86	24.26	29.73	0.21
Pantano A	4408	PF 4	10.14	323.09	325.29		325.32	0.000173	0.79	13.48	13.49	0.19
Pantano A	4408	PF 5	11.42	323.09	325.45		325.48	0.000164	0.79	15.76	14.94	0.19
Pantano A	4273	PF 1	12.07	323.06	325.50	323.91	325.53	0.000182	0.79	16.47	18.83	0.20
Pantano A	4273	PF 2	15.63	323.06	325.72	324.06	325.76	0.000205	0.83	21.33	24.12	0.21
Pantano A	4273	PF 3	17.36	323.06	325.80	324.13	325.84	0.000204	0.85	23.31	24.75	0.21
Pantano A	4273	PF 4	10.14	323.06	325.29	323.83	325.32	0.000165	0.77	13.29	11.78	0.19
Pantano A	4273	PF 5	11.42	323.06	325.45	323.88	325.48	0.000171	0.78	15.51	15.30	0.19
Pantano A	4260		Culvert									
Pantano A	4250	PF 1	12.07	323.06	324.84		324.91	0.000501	1.22	9.91	6.33	0.31
Pantano A	4250	PF 2	15.63	323.06	325.03		325.13	0.000605	1.40	11.15	6.50	0.34
Pantano A	4250	PF 3	17.36	323.06	325.11		325.22	0.000666	1.49	11.66	6.68	0.36
Pantano A	4250	PF 4	10.14	323.06	324.71		324.77	0.000446	1.11	9.13	6.21	0.29
Pantano A	4250	PF 5	11.42	323.06	324.80		324.87	0.000482	1.18	9.66	6.29	0.30
Pantano A	3963	PF 1	12.07	322.72	324.79		324.87	0.000486	1.21	9.96	6.10	0.30
Pantano A	3963	PF 2	15.63	322.72	324.97		325.07	0.000692	1.40	11.41	13.94	0.37
Pantano A	3963	PF 3	17.36	322.72	325.05		325.16	0.000754	1.45	12.94	21.50	0.39
Pantano A	3963	PF 4	10.14	322.72	324.68		324.74	0.000404	1.09	9.26	5.69	0.27
Pantano A	3963	PF 5	11.42	322.72	324.76		324.83	0.000459	1.17	9.73	5.96	0.29
Pantano A	3934	PF 1	12.07	322.72	324.79		324.86	0.000497	1.23	9.85	6.07	0.31
Pantano A	3934	PF 2	15.63	322.72	324.96		325.07	0.000702	1.42	11.22	13.39	0.37
Pantano A	3934	PF 3	17.36	322.72	325.04		325.15	0.000839	1.47	12.67	21.50	0.41
Pantano A	3934	PF 4	10.14	322.72	324.67		324.73	0.000413	1.11	9.16	5.68	0.28
Pantano A	3934	PF 5	11.42	322.72	324.75		324.82	0.000469	1.19	9.62	5.94	0.30
Pantano A	3814	PF 1	12.07	322.23	324.80		324.84	0.000330	0.91	13.49	13.93	0.26
Pantano A	3814	PF 2	15.63	322.23	324.98		325.03	0.000375	0.99	16.79	21.97	0.28
Pantano A	3814	PF 3	17.36	322.23	325.06		325.11	0.000364	1.02	18.52	21.97	0.28
Pantano A	3814	PF 4	10.14	322.23	324.68		324.71	0.000227	0.84	12.18	9.00	0.21
Pantano A	3814	PF 5	11.42	322.23	324.76		324.80	0.000286	0.89	12.99	11.68	0.24
Pantano A	3681	PF 1	12.07	322.00	324.79		324.83	0.000263	0.89	13.65	12.76	0.24
Pantano A	3681	PF 2	15.63	322.00	324.97		325.02	0.000291	1.00	16.66	16.90	0.25
Pantano A	3681	PF 3	17.36	322.00	325.04		325.10	0.000298	1.05	17.95	16.90	0.26
Pantano A	3681	PF 4	10.14	322.00	324.67		324.70	0.000223	0.81	12.46	8.54	0.22
Pantano A	3681	PF 5	11.42	322.00	324.75		324.79	0.000250	0.87	13.21	11.50	0.23
Pantano A	3519	PF 1	12.07	321.92	324.78		324.81	0.000247	0.87	15.38	15.90	0.23
Pantano A	3519	PF 2	15.63	321.92	324.96		325.00	0.000256	0.96	18.29	15.90	0.24
Pantano A	3519	PF 3	17.36	321.92	325.04		325.08	0.000263	1.00	19.51	15.90	0.24
Pantano A	3519	PF 4	10.14	321.92	324.66		324.69	0.000245	0.82	13.52	15.90	0.22
Pantano A	3519	PF 5	11.42	321.92	324.74		324.78	0.000246	0.85	14.79	15.90	0.23
Pantano A	3374	PF 1	12.07	321.78	324.77		324.80	0.000171	0.78	16.62	16.77	0.19
Pantano A	3374	PF 2	15.63	321.78	324.95		324.99	0.000188	0.88	19.85	17.80	0.21
Pantano A	3374	PF 3	17.36	321.78	325.03		325.07	0.000195	0.92	21.21	17.80	0.21
Pantano A	3374	PF 4	10.14	321.78	324.66		324.68	0.000144	0.72	14.98	12.49	0.18
Pantano A	3374	PF 5	11.42	321.78	324.74		324.76	0.000162	0.76	16.02	15.56	0.19
Pantano A	3296	PF 1	12.07	321.77	324.77		324.80	0.000121	0.73	16.51	7.79	0.16
Pantano A	3296	PF 2	15.63	321.77	324.95		324.99	0.000173	0.86	18.69	17.57	0.19
Pantano A	3296	PF 3	17.36	321.77	325.02		325.07	0.000185	0.92	20.01	17.57	0.20
Pantano A	3296	PF 4	10.14	321.77	324.66		324.68	0.000098	0.65	15.64	7.53	0.14
Pantano A	3296	PF 5	11.42	321.77	324.74		324.76	0.000112	0.70	16.23	7.65	0.15
Pantano A	3294	PF 1	12.07	321.32	324.78		324.80	0.000081	0.63	19.10	7.82	0.13
Pantano A	3294	PF 2	15.63	321.32	324.95		324.98	0.000113	0.76	21.36	17.57	0.15
Pantano A	3294	PF 3	17.36	321.32	325.03		325.06	0.000124	0.81	22.68	17.57	0.16
Pantano A	3294	PF 4	10.14	321.32	324.66		324.68	0.000064	0.56	18.23	7.58	0.11
Pantano A	3294	PF 5	11.42	321.32	324.74		324.76	0.000075	0.61	18.82	7.67	0.12
Pantano A	3229	PF 1	10.50	321.32	324.78		324.79	0.000087	0.61	18.49	15.10	0.13
Pantano A	3229	PF 2	14.13	321.32	324.95		324.98	0.000113	0.73	21.20	15.10	0.15
Pantano A	3229	PF 3	15.86	321.32	325.03		325.06	0.000124	0.79	22.33	15.10	0.16
Pantano A	3229	PF 4	8.64	321.32	324.66		324.68	0.000073	0.54	16.76	15.10	0.12
Pantano A	3229	PF 5	9.92	321.32	324.74		324.76	0.000083	0.59	17.94	15.10	0.13
Pantano A	3162	PF 1	10.50	321.29	324.77		324.79	0.000096	0.64	18.86	16.00	0.14
Pantano A	3162	PF 2	14.13	321.29	324.95		324.98	0.000120	0.75	21.73	16.00	0.16
Pantano A	3162	PF 3	15.86	321.29	325.03		325.06	0.000131	0.80	22.93	16.00	0.16
Pantano A	3162	PF 4	8.64	321.29	324.66		324.67	0.000083	0.57	17.02	16.00	0.13
Pantano A	3162	PF 5	9.92	321.29	324.74		324.75	0.000092	0.62	18.27	16.00	0.13
Pantano A	3077	PF 1	10.50	321.31	324.76	322.61	324.79	0.000132	0.72	16.43	12.53	0.16
Pantano A	3077	PF 2	14.13	321.31	324.94	322.86	324.97	0.000170	0.86	18.63	12.53	0.18

HEC-RAS Plan: Plan 03 River: Pantani Reach: Pantano A (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Pantano A	3077	PF 3	15.86	321.31	325.01	322.96	325.05	0.000188	0.92	19.55	12.53	0.19
Pantano A	3077	PF 4	8.64	321.31	324.65	322.47	324.67	0.000113	0.64	15.01	12.53	0.14
Pantano A	3077	PF 5	9.92	321.31	324.73	322.57	324.75	0.000127	0.70	15.98	12.53	0.15
Pantano A	3070		Culvert									
Pantano A	3065	PF 1	10.50	321.31	324.68		324.71	0.000185	0.73	15.21	12.53	0.18
Pantano A	3065	PF 2	14.13	321.31	324.87		324.90	0.000223	0.85	17.55	12.53	0.20
Pantano A	3065	PF 3	15.86	321.31	324.96		325.00	0.000236	0.90	18.65	12.53	0.21
Pantano A	3065	PF 4	8.64	321.31	324.55		324.57	0.000173	0.67	13.50	12.53	0.18
Pantano A	3065	PF 5	9.92	321.31	324.64		324.67	0.000182	0.71	14.68	12.53	0.18
Pantano A	2846	PF 1	10.50	321.28	324.68	322.53	324.70	0.000088	0.61	19.05	14.58	0.14
Pantano A	2846	PF 2	14.13	321.28	324.87	322.77	324.89	0.000110	0.72	21.77	14.58	0.16
Pantano A	2846	PF 3	15.86	321.28	324.95	322.87	324.98	0.000118	0.77	23.05	14.58	0.16
Pantano A	2846	PF 4	8.64	321.28	324.54	322.40	324.56	0.000080	0.55	17.06	14.58	0.13
Pantano A	2846	PF 5	9.92	321.28	324.64	322.49	324.65	0.000086	0.59	18.44	14.58	0.14
Pantano A	2840		Culvert									
Pantano A	2831	PF 1	10.50	321.29	324.58		324.60	0.000106	0.63	18.00	14.58	0.15
Pantano A	2831	PF 2	14.13	321.29	324.81		324.83	0.000118	0.72	21.36	14.58	0.16
Pantano A	2831	PF 3	15.86	321.29	324.90		324.92	0.000126	0.77	22.64	14.58	0.17
Pantano A	2831	PF 4	8.64	321.29	324.35		324.37	0.000124	0.62	14.63	14.58	0.16
Pantano A	2831	PF 5	9.92	321.29	324.52		324.53	0.000109	0.62	17.09	14.58	0.15
Pantano A	2474	PF 1	10.50	321.29	324.58		324.59	0.000024	0.34	36.64	28.10	0.08
Pantano A	2474	PF 2	14.13	321.29	324.82		324.82	0.000026	0.38	43.19	28.10	0.08
Pantano A	2474	PF 3	15.86	321.29	324.91		324.91	0.000028	0.40	45.69	28.10	0.08
Pantano A	2474	PF 4	8.64	321.29	324.35		324.36	0.000029	0.34	30.11	28.10	0.08
Pantano A	2474	PF 5	9.92	321.29	324.52		324.53	0.000025	0.34	34.88	28.10	0.08
Pantano A	1912	PF 1	12.59	321.28	324.56		324.58	0.000075	0.62	24.92	20.00	0.13
Pantano A	1912	PF 2	16.73	321.28	324.79		324.81	0.000083	0.69	29.52	20.00	0.14
Pantano A	1912	PF 3	18.75	321.28	324.88		324.90	0.000088	0.73	31.26	20.00	0.14
Pantano A	1912	PF 4	10.18	321.28	324.33		324.35	0.000084	0.61	20.24	20.00	0.13
Pantano A	1912	PF 5	11.68	321.28	324.50		324.52	0.000074	0.61	23.67	20.00	0.13
Pantano A	1672	PF 1	12.59	321.22	324.56		324.57	0.000045	0.47	32.37	26.10	0.10
Pantano A	1672	PF 2	16.73	321.22	324.80		324.81	0.000049	0.53	38.40	26.10	0.11
Pantano A	1672	PF 3	18.75	321.22	324.88		324.90	0.000052	0.56	40.68	26.10	0.11
Pantano A	1672	PF 4	10.18	321.22	324.33		324.34	0.000051	0.47	26.26	26.10	0.11
Pantano A	1672	PF 5	11.68	321.22	324.50		324.51	0.000044	0.46	30.75	26.10	0.10
Pantano A	1446	PF 1	12.59	321.13	324.55		324.57	0.000113	0.67	21.59	18.40	0.16
Pantano A	1446	PF 2	16.73	321.13	324.78		324.80	0.000120	0.75	25.78	18.40	0.17
Pantano A	1446	PF 3	18.75	321.13	324.86		324.89	0.000127	0.79	27.35	18.40	0.17
Pantano A	1446	PF 4	10.18	321.13	324.31		324.33	0.000134	0.67	17.26	18.40	0.17
Pantano A	1446	PF 5	11.68	321.13	324.49		324.51	0.000113	0.65	20.45	18.40	0.16
Pantano A	1101	PF 1	12.59	321.20	324.53	322.45	324.56	0.000128	0.71	18.73	18.40	0.17
Pantano A	1101	PF 2	16.73	321.20	324.75	322.67	324.79	0.000141	0.81	22.87	18.40	0.18
Pantano A	1101	PF 3	18.75	321.20	324.84	322.77	324.87	0.000150	0.85	24.41	18.40	0.19
Pantano A	1101	PF 4	10.18	321.20	324.30	322.30	324.32	0.000128	0.67	15.40	12.58	0.17
Pantano A	1101	PF 5	11.68	321.20	324.47	322.39	324.49	0.000124	0.69	17.71	15.62	0.17
Pantano A	1090		Culvert									
Pantano A	1081	PF 1	14.60	321.19	323.54		323.65	0.000737	1.51	9.66	5.89	0.38
Pantano A	1081	PF 2	19.34	321.19	323.91		324.04	0.000771	1.60	12.09	7.18	0.39
Pantano A	1081	PF 3	21.64	321.19	324.07		324.21	0.000777	1.62	13.32	7.90	0.40
Pantano A	1081	PF 4	11.84	321.19	323.29		323.40	0.000723	1.43	8.29	5.46	0.37
Pantano A	1081	PF 5	13.59	321.19	323.45		323.56	0.000731	1.48	9.17	5.71	0.37
Pantano A	825	PF 1	14.60	321.13	323.08		323.51	0.004076	2.89	5.05	3.69	0.79
Pantano A	825	PF 2	19.34	321.13	323.42		323.89	0.003949	3.04	6.36	4.12	0.78
Pantano A	825	PF 3	21.64	321.13	323.57		324.06	0.003892	3.08	7.03	4.50	0.79
Pantano A	825	PF 4	11.84	321.13	322.86		323.25	0.004217	2.78	4.26	3.49	0.80
Pantano A	825	PF 5	13.59	321.13	323.00		323.42	0.004121	2.85	4.77	3.62	0.79
Pantano A	643	PF 1	14.60	321.05	323.05		323.30	0.002016	2.23	6.56	4.23	0.57
Pantano A	643	PF 2	19.34	321.05	323.39		323.68	0.002061	2.40	8.05	4.53	0.58
Pantano A	643	PF 3	21.64	321.05	323.54		323.85	0.002073	2.47	8.75	4.68	0.58
Pantano A	643	PF 4	11.84	321.05	322.82		323.05	0.001987	2.10	5.63	4.02	0.57
Pantano A	643	PF 5	13.59	321.05	322.97		323.21	0.002005	2.18	6.23	4.16	0.57
Pantano A	377	PF 1	14.60	320.80	322.87		323.13	0.002182	2.26	6.46	3.78	0.55
Pantano A	377	PF 2	19.34	320.80	323.17		323.50	0.002495	2.54	7.61	3.96	0.59
Pantano A	377	PF 3	21.64	320.80	323.30		323.66	0.002632	2.66	8.13	4.05	0.60
Pantano A	377	PF 4	11.84	320.80	322.67		322.89	0.001990	2.07	5.71	3.65	0.53
Pantano A	377	PF 5	13.59	320.80	322.80		323.04	0.002109	2.19	6.20	3.74	0.54
Pantano A	241	PF 1	14.60	320.70	322.81		323.04	0.001783	2.11	6.93	4.11	0.52
Pantano A	241	PF 2	19.34	320.70	323.10		323.39	0.002034	2.37	8.16	4.34	0.55
Pantano A	241	PF 3	21.64	320.70	323.23		323.54	0.002139	2.48	8.73	4.44	0.56
Pantano A	241	PF 4	11.84	320.70	322.61		322.80	0.001626	1.93	6.13	3.96	0.50
Pantano A	241	PF 5	13.59	320.70	322.74		322.96	0.001723	2.04	6.65	4.06	0.51

HEC-RAS Plan: Plan 03 River: Pantani Reach: Pantano A (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Pantano A	149	PF 1	14.60	320.67	322.68		322.97	0.002533	2.40	6.10	3.91	0.61
Pantano A	149	PF 2	19.34	320.67	322.94		323.31	0.002946	2.71	7.15	4.22	0.66
Pantano A	149	PF 3	21.64	320.67	323.05		323.46	0.003103	2.83	7.64	4.36	0.68
Pantano A	149	PF 4	11.84	320.67	322.50		322.75	0.002281	2.19	5.41	3.76	0.58
Pantano A	149	PF 5	13.59	320.67	322.62		322.89	0.002439	2.32	5.86	3.86	0.60
Pantano A	18	PF 1	14.60	320.68	322.40	322.26	322.83	0.004361	2.91	5.02	4.37	0.87
Pantano A	18	PF 2	19.34	320.68	322.73	322.51	323.17	0.003720	2.95	6.56	4.75	0.80
Pantano A	18	PF 3	21.64	320.68	322.86	322.62	323.32	0.003642	3.00	7.20	4.91	0.79
Pantano A	18	PF 4	11.84	320.68	322.17	322.08	322.60	0.004798	2.88	4.10	3.92	0.90
Pantano A	18	PF 5	13.59	320.68	322.29	322.19	322.74	0.004808	2.97	4.57	4.16	0.91
Pantano A	16		Bridge									
Pantano A	15	PF 1	14.60	320.67	322.38	322.26	322.82	0.004513	2.95	4.95	4.33	0.88
Pantano A	15	PF 2	19.34	320.67	322.71	322.52	323.17	0.003817	2.97	6.50	4.74	0.81
Pantano A	15	PF 3	21.64	320.67	322.85	322.61	323.32	0.003719	3.03	7.14	4.89	0.80
Pantano A	15	PF 4	11.84	320.67	322.09	322.08	322.59	0.005890	3.12	3.79	3.78	0.99
Pantano A	15	PF 5	13.59	320.67	322.20	322.19	322.73	0.005844	3.21	4.23	3.96	0.99
Pantano A	10	PF 1	14.60	320.66	322.24	322.24	322.81	0.005625	3.32	4.41	4.05	1.00
Pantano A	10	PF 2	19.34	320.66	322.50	322.50	323.14	0.005223	3.56	5.51	4.57	0.98
Pantano A	10	PF 3	21.64	320.66	322.61	322.61	323.29	0.005159	3.68	6.01	4.67	0.97
Pantano A	10	PF 4	11.84	320.66	322.07	322.07	322.58	0.005848	3.16	3.75	3.75	1.00
Pantano A	10	PF 5	13.59	320.66	322.18	322.18	322.73	0.005692	3.27	4.17	3.93	1.00

Glossario di idraulica fluviale

<p>ALLUVIONE: indica tanto i depositi di materiali solidi formatisi nei fiumi e nei torrenti, quanto le piene rapide e di carattere eccezionale, specie se hanno prodotto danni.</p>
<p>ALTEZZA IDROMETRICA: altezza del pelo liquido in un corso d'acqua.</p>
<p>ALVEO: di un corso d'acqua è lo spazio concavo compreso fra le sponde del medesimo e che, nei corsi d'acqua naturali, viene occupato dalle acque durante le piene ordinarie. Il limite dell'alveo di pertinenza del demanio pubblico (art.822 Codice Civile) è definito in base al livello corrispondente alla portata di piena ordinaria.</p>
<p>ARGINE: si indicano con tale termine i rilevati di diverse tipologie costruttive, generalmente in terra, che servono a contenere le acque onde impedire che dilagino nei terreni circostanti più bassi. Si dice argine "in frodo" quando il corso d'acqua da esso contenuto scorre a suo diretto contatto. Talora le golene, ai fini delle utilizzazioni agricole, sono difese da argini detti "golenali" più bassi di quelli principali del corso d'acqua, i quali in tal caso caso, vengono detti "argini maestri". Gli argini "in coronella" o "in ritiro" sono quelli costruiti in posizioni arretrata. In sostituzione di un preesistente argine asportato o fortemente corrosivo.</p>
<p>ARGINE CIRCONDARIO: è quello che recinge un comprensorio di terreni onde impedire che possano penetrarvi acque esterne.</p>
<p>ARGINI TRASVERSALI (o semplicemente "TRAVERSAGNI"): sono quelli costruiti in territori difesi da arginature, onde limitare la espansione delle acque in caso di rotta delle arginature stesse.</p>
<p>BACINO IDROGRAFICO O IMBRIFERO: superficie di terreno le cui acque superficiali si riversano in un unico corso d'acqua.</p>
<p>BRIGLIA: opera idraulica trasversale al corso di un torrente atta ad eliminarne o ridurne la corrosione del fondo contenendo la velocità di deflusso.</p>
<p>BUDRIO : erosione a forma di buca che produce l'acqua uscente con grande violenza da una rotta.</p>
<p>CAMPATA: distanza tra i sostegni di una struttura.</p>
<p>CAVEDONE : è un rilevato a forma di argine.</p>
<p>CHIAVICA: opera idraulica atta a disciplinare le acque, collocata sulla sponda, sull'argine o allo</p>

sbocco di un corso d'acqua.

CORSO D'ACQUA, FIUME, TORRENTE : corso d'acqua è termine generico, che comprende sia i fiumi, sia i canali, sia i canali artificiali. La distinzione fra fiume e torrente non è netta poiché in natura si passa senza discontinuità dall'uno all' altro. Generalmente è definito torrente un corso d'acqua più o meno rapido e che durante la maggior parte dell'anno ha deflusso scarso o nullo, nel mentre ha piene rapide e brevi (l'erosione prevale sulla sedimentazione). Spetta invece il nome di fiume ai corsi d'acqua perenni e di portata considerevole (la sedimentazione prevale sull'erosione). Un medesimo corso d'acqua può avere i caratteri di torrente nella parte superiore e di fiume nel tronco inferiore.

DIFESA SPONDALE: opera idraulica realizzata in senso parallelo all'alveo, atta alla protezione delle sponde di un corso d'acqua dall'azione erosiva delle acque dovuta alla corrente.

DRENAGGIO: insieme di opere realizzate al fine di asciugare i terreni.

EROSIONE: fenomeno di asportazione di materiali dal suolo per effetto degli agenti atmosferici;

FRANCO ARGINALE: è l'altezza di cui il ciglio verso l'acqua supera il livello della massima piena conosciuta.

GOLENA: è la zona di terreno fra l'argine e la sponda che delimita l'alveo di magra di un corso d'acqua e che viene invasa dalle acque solo in occasione degli eventi di piena.

IDROVORA: macchinario atto al sollevamento delle acque.

INCREMENTO, o MODULO, ORARIO di una piena in un dato momento: l'aumento del livello dell'acqua di un'ora in corrispondenza a quel momento.

LETTO: è il fondo dell'alveo di un corso d'acqua che è "incassato" quando è soggiacente al terreno circostante e "pensile" quando si trova ad un livello superiore al piano di campagna.

MASSIMA PIENA CONOSCIUTA: è la più alta tra quelle "registrate".

PARATOIA: sistema di chiusura di canali che defluiscono in un corso d'acqua, costituito da elementi saliscendi azionati da volanti o motori;

PELO: superficie libera di un corpo fluente.

PERIODI DI UNA PIENA: ascendente, di stanca cioè di permanenza al livello massimo o colmo,

discendente.
PIEDRITTO: elemento di sostegno verticale.
PIENA ORDINARIA: quando la sua altezza non supera il livello più elevato che il corso d'acqua raggiunge annualmente con la frequenza del 75% (settantacinque anni su cento o proporzionalmente per un periodo minore). E' invece straordinaria negli altri casi ed eccezionale quando supera di molto il livello delle piene ordinarie.
PILA: Sostegno intermedio di un ponte.
PORTATA: volume di fluido che attraversa la sezione dell'alveo nell'unità di tempo [m ² /s].
PRESSIONE IDROSTATICA: è la pressione esercitata da un liquido in stato di quiete.
QUOTA DI UN FIUME: livello di altezza ordinario del pelo libero del corso d'acqua.
RINFORZI DEI RILEVATI ARGINALI: quelli da parte di campagna sono chiamati secondo l'ordine cui si seguono dall'alto in basso: banca, sottobanca, piazza bassa o piè di banca. Quelli dalla parte di fiume si chiamano nello stesso ordine: petto, antipetto, parapetto.
<p>ROTTA ARGINALE (o, semplicemente, rotta): è lo squarcio che si produce in un'arginatura, quando questa per qualsiasi causa cede all'azione delle acque. Si può produrre:</p> <ul style="list-style-type: none"> • per sormonto, quando la piena superato il livello della sommità arginale e riversatasi sulla scarpata a campagna erode il rilevato formando un varco attraverso al quale le acque si scaricano nella campagna; • per corrosione, quando la base dell'argine viene erosa dalla violenza della corrente, tanto che si produce l'asportazione di gran parte dell'argine e l'acqua, apertosi un varco, vi si incanala travolgendo completamente l'arginatura in quel punto; • per sfiancamento, quando l'argine perché difettoso o inzuppato dalle acque in seguito alla lunga durata della piena frana aprendo un varco alle acque; • per fontanazza o sifone, quando in conseguenza di infiltrazione d'acqua attraverso o sotto il corso arginale viene asportata materia in misura tale da provocare il crollo del rilevato ed il suo squarcio.
SARACINESCA: opera mobile per intercettare o regolare il deflusso delle acque.

SCARPA: è il rapporto fra la base e l'altezza di una sponda. Generalmente gli argini hanno scarpa del 3: 2 verso l'interno e del 2:1 verso l'esterno.

SCARPATA: declivio dalla golenata o dal piano di campagna, verso il fondo dell'alveo o dal ciglio arginale verso la quota di campagna.

SEGNO DI GUARDIA (ad un idrometro): è il livello in corrispondenza del quale si ritiene, eccezionalmente, che il corso d'acqua entri in piena. In qualche corso d'acqua esiste anche il segno di guardia "di sospetto", generalmente inferiore di un metro dal precedente, dal quale hanno inizio le osservazioni idrometriche di piena.

SOPRASSOGLI: sono quegli arginelli costruiti sulle sommità arginali quando il franco si riduce troppo o si annulla al sopravvenire di una piena superiore alle precedenti.

SPALLE (di ponti): sostegni laterali di arcate o travature.

SPONDA IDROGRAFICA (destra o sinistra): è quella corrispondente del corso d'acqua osservata con le spalle alla sorgente, guardando la foce.

Conversione unità di misura

Concentrazione di soluzioni acquose

- 1 mole/L = 1000 mmoli/L
- 1 kg/m³ = 1 g/L
- 1 mg/L = 1 ppm

Peso

- 1 t = 10 q = 1000 kg
- 1 kg = 1000 g = 1.000.000 mg

Precipitazioni

- 1 mm = 1 L/m² = 10 m³/ha
- 1 pollice (inch) = 25 mm

Pressione

- 1 bar = 100.000 Pa (Pascal)
- 1 millibar = 100 Pa
- 1 atmosfera = 101,325 Pa
- 1 mm Hg = 133,3224 Pa
- 1 kPa = 1000 Pa

Radiazione

- $1 \text{ W/m}^2 = 1 \text{ J/m}^2 \cdot \text{s}$
- $1 \text{ W/m}^2 = 1,43 \cdot 10^{-3} \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{min}$
- $1 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{s} = 41,880 \text{ W/m}^2$
- $1 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{min} = 698 \text{ W/m}^2$
- $1 \text{ cal/m}^2 = 4,185 \cdot 10^3 \text{ J/m}^2$
- $1 \text{ mm H}_2\text{O/cm}^2 = 245 \text{ J/cm}^2$

Superficie

- $1 \text{ ha} = 10.000 \text{ m}^2$
- $1 \text{ m}^2 = 10.000 \text{ cm}^2$

Volume

- $1 \text{ L} = 1000 \text{ mL} = 1000 \text{ cm}^3$
- $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$
- $1 \text{ gallone USA} = 3,785 \text{ L}$
- $1 \text{ gallone UK} = 4,546 \text{ L}$