

PROGRAMMA REGIONALE FESR 2021/2027

Priorità II *Tansizione ecologica e resilienza*

Obiettivo specifico "*Promuovere l'adattamento ai cambiamenti climatici, la prevenzione del rischio di catastrofe, la resilienza, tenendo conto degli approcci ecosistemici*"

Azione II.2iv.1 "*Recupero e difesa del territorio nel rispetto degli habitat e degli ecosistemi esistenti*"

Committente:



Ente di gestione delle aree protette dei Parchi Reali

LAVORI DI RIPRISTINO SITUAZIONI DI DISSESTO E MIGLIORAMENTO DELLA SENTIERISTICA NELL'AREA REGIONALE DEL PARCO NATURALE LA MANDRIA

C.U.P. I28E23000010009 - C.I.G.

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

SCALA:

DATA:

maggio 2024

Identificazione elaborato	Ambito		Tipologia		Commessa	n° elaborato	3
	I	D	E	S			
IDES1518-3					1518		

Dati Progettisti:

Studio ANSELMO Associati
Via Vittorio Emanuele n° 14
10023 CHIERI (TO)

Dott. Ing. Virgilio Anselmo
Dott. For. Fulvio Anselmo
Collaboratori:
Dott. For. Davide Spada
Dott. Ing. Donato Vittore
Dott. Ing. Lorenzo Petrolo

Rev.	Redatto	Controllato	Approvato	Data	Timbri e Firme
					Dott. Ing. Virgilio Anselmo (ordine ingegneri prov. di Torino n. 3365Y) Dott. For. Fulvio Anselmo (ordine dott. agronomi e forestali prov. di Torino n. 664)
0	Ing. D. Vittore	Dott. For. F. Anselmo	Dott. For. F. Anselmo	05/24	

Il Responsabile unico del progetto :

FIRMA

dott. Claudio Masciavè

File : 1518IDES-3.doc

Sommario

1	PREMESSA.....	1
2	OPERE IN PROGETTO	1
	2.1.1 Intervento 1 – Rio Valsoglia	2
	2.1.2 Intervento 2A – Strada Cuminetti	7
	2.1.3 Intervento 2B – Strada Cuminetti	10
	2.1.4 Intervento 3 – Rivo Bossa	13
	2.1.5 Intervento 4 – Viale Roveri.....	17
	2.1.6 Intervento 5 – Strada Galliassi	20
3	ANALISI IDROLOGICA	32
	3.1 Calcolo della portata di riferimento.....	32
	3.1.1 I metodi impiegati.....	34
	3.1.1.1 Il metodo razionale	34
	3.1.1.2 Il metodo afflussi-deflussi	35
	3.1.2 Pluviometria e precipitazioni di riferimento	35
	3.1.3 Definizione dei sottobacini idrografici e delle sezioni di chiusura	38
	3.1.4 Caratteristiche geopedologiche e vegetazionali del bacino	38
	3.1.5 Risultati: i valori di portata.....	43
	3.2 Riferimenti.....	43
4	ANALISI IDRAULICA.....	44
	4.1 Dati topografici.....	44
	4.2 La modellazione idraulica	44
	4.2.1 Geometria.....	45
	4.2.2 Portate di riferimento	46
	4.2.3 Condizioni al contorno	46
	4.2.4 Scabrezza	46
	4.3 Risultati.....	47
	4.3.1 Moto uniforme	47
	4.3.2 Moto permanente.....	48
5	DIMENSIONAMENTO GUADO INTERVENTO 5A.....	55
6	DIMENSIONAMENTO ATTRAVERSAMENTO SCOLMATORE INTERVENTO 5B	56
7	CONCLUSIONI.....	56
8	RIFERIMENTI	57
	APPENDICE - A Descrizione dello schema di calcolo adottato dal modello numerico Hec-1 attivato secondo i criteri del metodo SCS.....	58
	APPENDICE - B Descrizione dello schema di calcolo adottato dal modello numerico hec-ras attivato in moto permanente (verifiche idrauliche).....	64
	B.1 Informazioni generali	64
	B.2 Parzializzazione delle sezioni	66
	B.3 Determinazione della portata	66
	B.4 Manufatti di attraversamento	67
	B.5 Riferimenti.....	69
	APPENDICE - C – Planimetria sezioni modello idraulico	70
	APPENDICE - D – Modellazione idraulica moto permanente (Intervento 5B)	74

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

D.1 STATO ATTUALE	75
D.2 STATO DI PROGETTO	76
APPENDICE - E – Sezioni modello idraulico moto permanente (Intervento 5B)	78
E.1 STATO ATTUALE	78
E.2 STATO DI PROGETTO	89

1 PREMESSA

Il presente progetto esecutivo è conseguente all'ammissione al bando (come previsto dalla scheda di Misura approvata con Deliberazione della Giunta Regionale 29.03.2023, n. 3 – 677) per la promozione di interventi di sistemazione idrogeologica di situazioni di dissesto in ambito montano, collinare e ripariale finalizzati anche alla resilienza dei territori, posti in Arre Protette e Siti della Rete Natura 2000 (D.D. 27 aprile 2023, n. 300/A1601C/2023 (pubblicato su Bollettino Ufficiale Regione Piemonte BU17S3 del 27.04.2023): Programma Regionale FESR 2021/207. Priorità II Transizione ecologica e resilienza. Obiettivo specifico 2.4 – “Promuovere l'adattamento ai cambiamenti climatici, la prevenzione del rischio di catastrofe, la resilienza, tenendo conto degli approcci ecosistemici” – Azione II.2iv.1 “Recupero e difesa del territorio nel rispetto degli habitat e degli ecosistemi esistenti”).

La Misura in parola è cofinanziata dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR) nell'ambito dell'obiettivo di Policy 2 “Un'Europa resiliente, più verde e a basse emissioni di carbonio”.

Con riferimento alla Strategia di Sviluppo Sostenibile del Piemonte, approvata con D.G.R. n. 2-5313 del 08.07.2022, la Misura si inserisce nell'ambito della Macro Area Strategica MAS 3 – “Curare il patrimonio culturale e ambientale e la resilienza dei territori” – Priorità Strategica 3.A “Ridurre il dissesto idrogeologico e il degrado ambientale”.

La presente relazione idrologica ed idraulica è redatta in ottemperanza a quanto indicato nel bando.

L'Ente di Gestione delle Aree Protette dei Parchi Reali è intenzionato a sistemare alcune criticità idrauliche all'interno del Parco La Mandria.

Le finalità della presente indagine idrologico-idraulica risultano:

- individuazione delle portate idrologiche di piena di progetto di riferimento;
- verificare l'efficacia delle opere previste in progetto.

2 OPERE IN PROGETTO

Il presente progetto si articola in una serie di interventi, che si collocano spazialmente all'interno del parco La Mandria come in figura seguente.

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

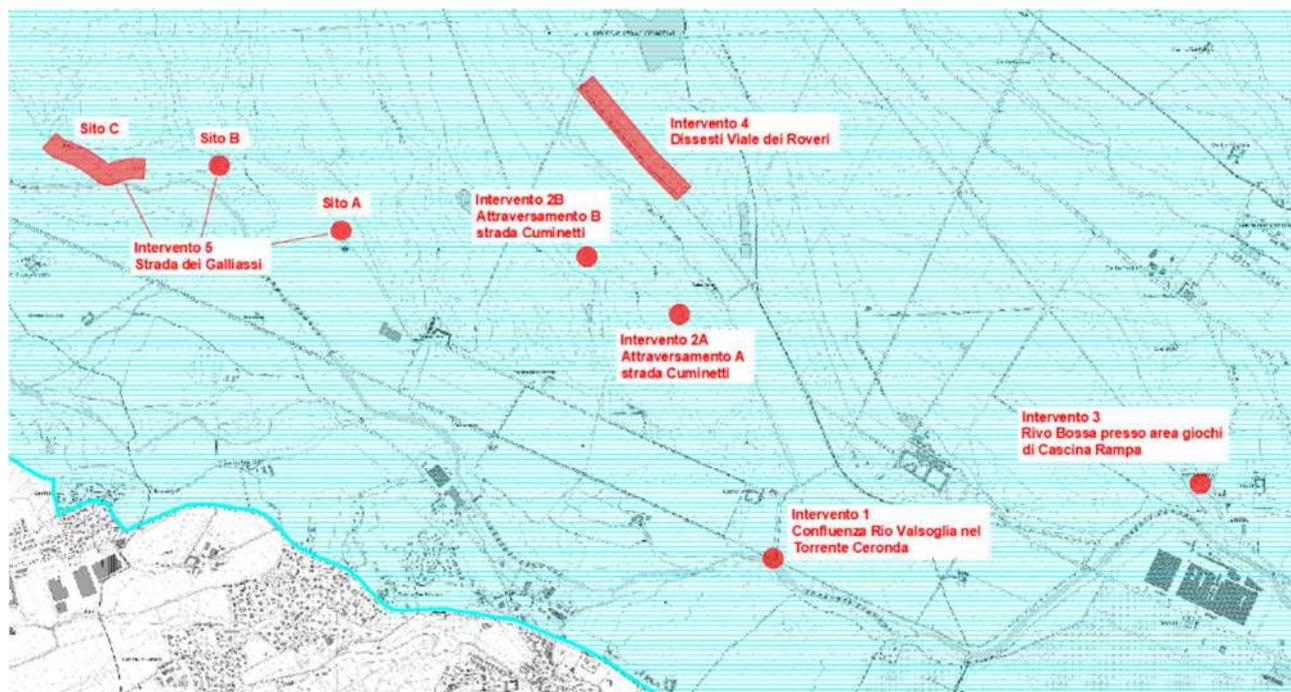


Figura 2-1 – Localizzazione dei siti all'interno del parco (campitura celeste).

2.1.1 INTERVENTO 1 – RIO VALSOGLIA

L'intervento si compone delle seguenti lavorazioni:

- a. Demolizione della staccionata in legname interferente con la discenderia in alveo.
- b. Decespugliamento e abbattimento della vegetazione e delle piante interferenti con i lavori.
- c. Formazione della discenderia in sponda destra mediante scavo nella sponda in modo da ricavare una pista avente pendenza del 20% e larghezza di 3 m.
- d. Formazione della pista di cantiere in alveo mediante spostamento del materiale litoide presente in alveo.
- e. Realizzazione della palificata a parete semplice in sponda sinistra per una lunghezza di 40 m ed altezza di 1.50 m. L'opera verrà rinforzata con l'infissione di pali pilota in legname contro la parete lato corso d'acqua (1 palo al metro, lunghezza 2 m) e con la messa in opera di pali prefabbricati a rapida infissione in acciaio sub-orizzontali (con trivellazione, tipo Palovit® della lunghezza di 2.20 m, 1 al metro) fissati con dadi e profilati o piastre metalliche ai correnti in legno orizzontali. Riempimento del volume a tergo dell'opera dapprima con ciottolame nella parte bassa della struttura a contatto con l'acqua e, superiormente, con terreno o materiale proveniente dagli scavi. Messa a dimora finale di talee e piantine.
- f. Realizzazione di una seconda palificata a parete semplice in sponda destra, della lunghezza di 7.50 m ed altezza di 1.50 m ed avente le stesse caratteristiche di quella

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

descritta precedentemente, a protezione dell'erosione dello spigolo esposto del piede della scarpata al fondo della discenderia.

- g. Formazione di gradonata viva con talee e piantine sopra alle palificate.
- h. Stendimento di reti in fibra naturale di cocco (grammatura 700 gr/m²) per il controllo dell'erosione superficiale.
- i. Formazione di palizzate in legname sulle scarpate nude della costruenda discenderia contro l'erosione superficiale. La fila di palizzate più in basso sarà rinverdita con talee e piantine, mentre quella più in alto sarà rinverdita solo con piantine.
- j. Sigillatura della varice formata sotto al paramento in pietrame e calcestruzzo della spalla di sponda sinistra dell'attraversamento mediante la costituzione di una muratura in pietrame e malta.
- k. Risagomatura dell'alveo eliminando i depositi in centro e spostando il materiale verso i piedi delle sponde.
- l. Riempimento del diedro svuotato a tergo della spalla destra dell'attraversamento con il terreno proveniente dagli scavi.
- m. Rippatura per scasso della pista di cantiere.
- n. Inerbimento con semina a spaglio della pista. Sulle scarpate si dovrà procedere ad una doppia passata di semina per garantire adeguata copertura erbosa.
- o. Ripristino della staccionata il legname.

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

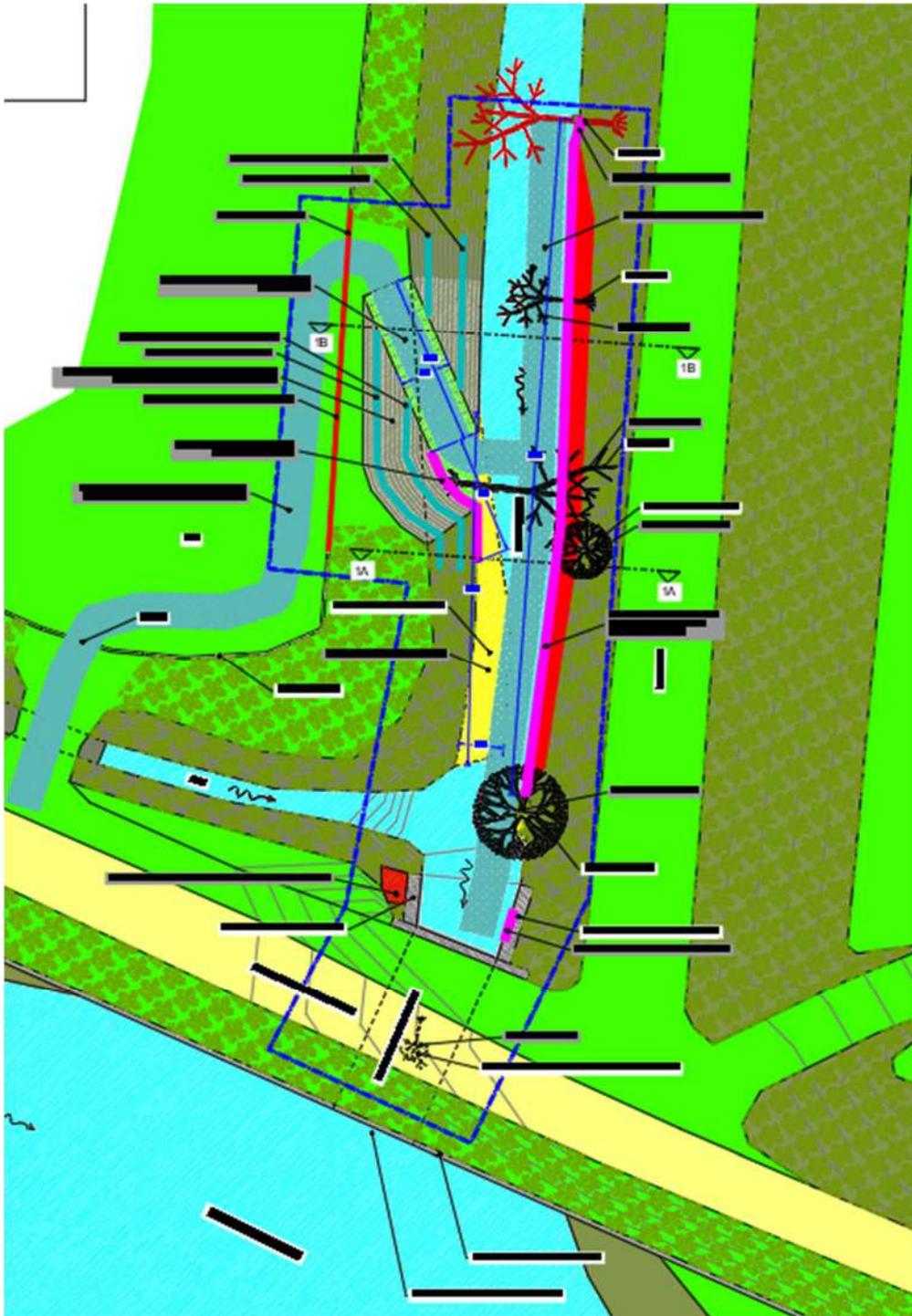


Figura 2-2 – Planimetria di progetto. (rappresentazione non in scala)

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

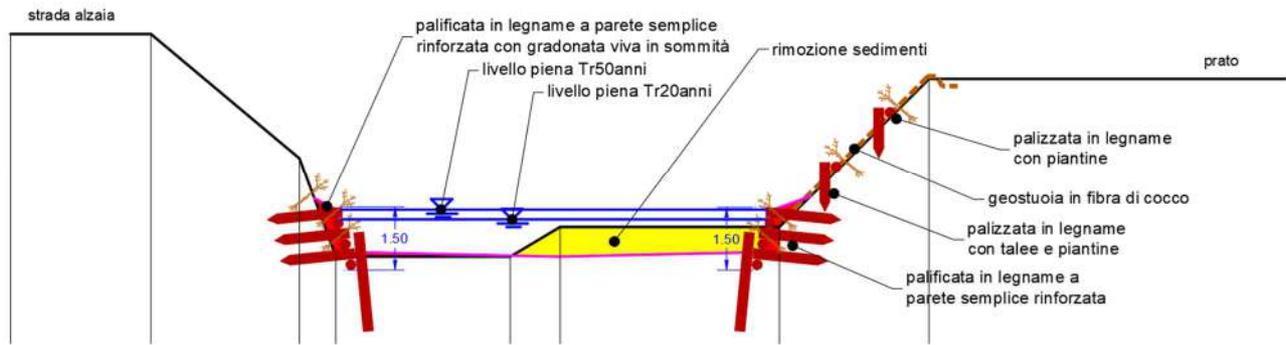


Figura 2-3 – Sezione tipo. (rappresentazione non in scala)



Figura 2-4 – Stato dell'alveo a monte dell'attraversamento. Si notano i detriti vegetali caduti sul fondo, il deposito dei sedimenti al piede della sponda destra (sinistra in foto) e la sponda sinistra (destra in foto) oggetto di erosione. (foto: 3638-20230320_155214)

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA



Figura 2-5 – Varice al piede della spalla sinistra di monte dell'attraversamento. (foto: 3638-20230320_152343)



Figura 2-6 – Varice dietro spalla sponda destra di monte del ponte dell'attraversamento. (foto: 3638-20230320_155703)

2.1.2 INTERVENTO 2A – STRADA CUMINETTI

L'intervento si compone delle seguenti lavorazioni:

- a. Potatura dei rami ricadenti sulla strada di accesso al cantiere per permettere il passaggio dei mezzi d'opera.
- b. Decespugliamento ed abbattimento della vegetazione e delle piante interferenti con i lavori.
- c. Formazione della pista di cantiere per la discesa al fondo del fossato.
- d. Scavo del rilevato stradale e rimozione dei resti del vecchio attraversamento, prestando attenzione a non danneggiare il cavidotto presente sotto alla strada.
- e. Formazione del piano di posa della condotta secondo le quote di progetto.
- f. Posa della condotta in acciaio ondulato del tipo T150 dello spessore di 4.5 mm ed avente sezione circolare del diametro di 1.83 m da montare secondo gli schemi forniti imbullonando le piastre le une alle altre. Completato il montaggio si provvede al riempimento sia dei fianchi che della sommità del condotto con il terreno dello scavo, costipandolo a strati successivi.
- g. Formazione di una mantellata e di basse scogliere in massi di cava all'imbocco e allo sbocco della tombinatura.
- h. Ricoprimento delle scarpate nude con la posa in opera di bioreti in fibra di cocco aventi grammatura di 700 gr/mq.
- i. Messa a dimora di piantine sulla scarpata, avendo cura di collocarne in parte lungo la discontinuità delle condotte e il terreno.
- j. Ripristino della massicciata stradale mediante la stesa di misto granulare stabilizzato opportunamente rullato.

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

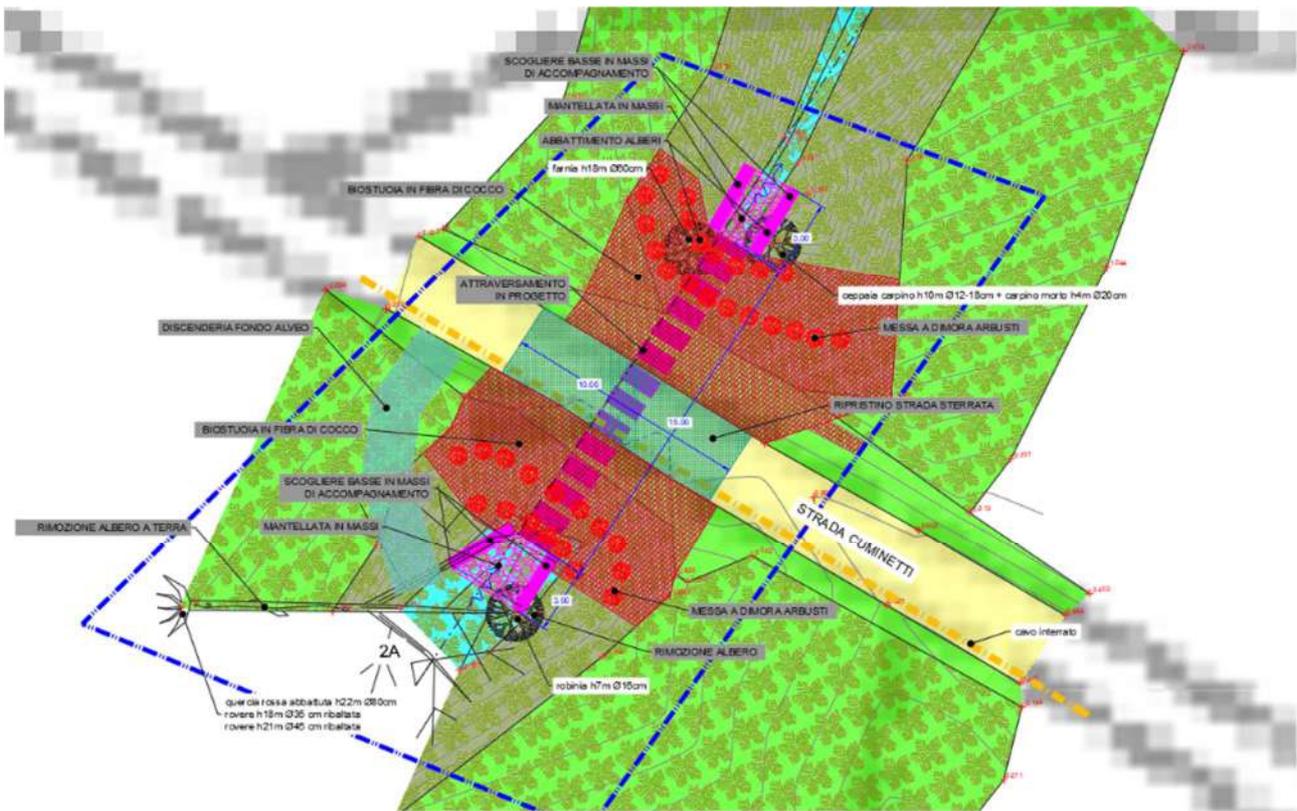


Figura 2-7 – Planimetria di progetto. (rappresentazione non in scala)

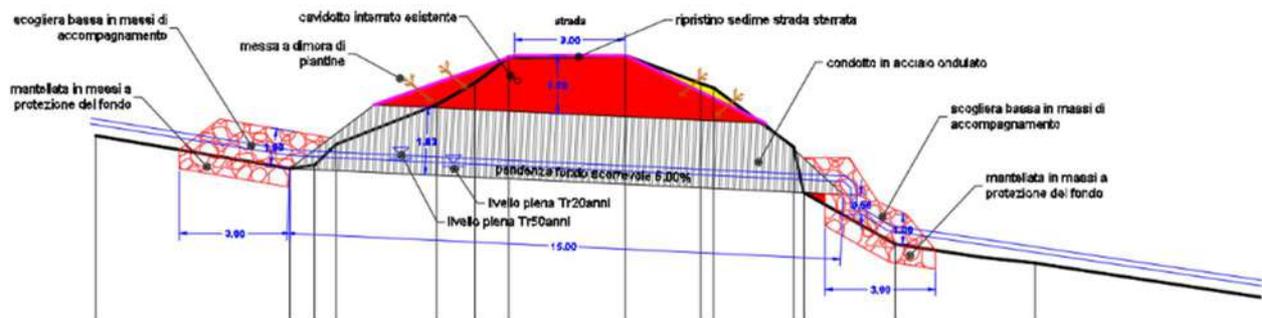


Figura 2-8 – Sezione tipo. (rappresentazione non in scala)

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA



Figura 2-9 – Strada dei Cuminetti oggetto dei dissesti per occlusione dell'attraversamento. (foto: 3634-IMG_8423)



Figura 2-10 – Dissesti del rilevato stradale a monte dell'attraversamento ormai occluso. (foto: 3634-IMG_8429)

2.1.3 INTERVENTO 2B – STRADA CUMINETTI

L'intervento si compone delle seguenti lavorazioni:

- a. Potatura dei rami ricadenti sulla strada di accesso al cantiere per permettere il passaggio dei mezzi d'opera.
- b. Decespugliamento ed abbattimento della vegetazione e delle piante interferenti con i lavori.
- c. Formazione della pista di cantiere per la discesa al fondo del fossato.
- d. Scavo del rilevato stradale e rimozione dei resti del vecchio attraversamento, prestando attenzione a non danneggiare il cavidotto presente sotto alla strada.
- e. Formazione del piano di posa della condotta secondo le quote di progetto.
- f. Posa della condotta in acciaio ondulato del tipo T150 dello spessore di 4.5 mm ed avente sezione circolare del diametro di 1.83 m da montare secondo gli schemi forniti imbullonando le piastre le une alle altre. Completato il montaggio si provvede al

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

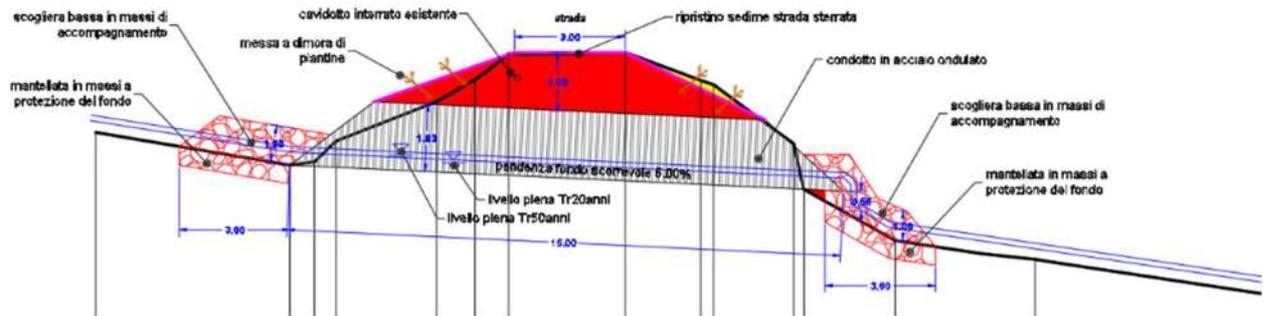


Figura 2-12 – Sezione tipo. (rappresentazione non in scala)

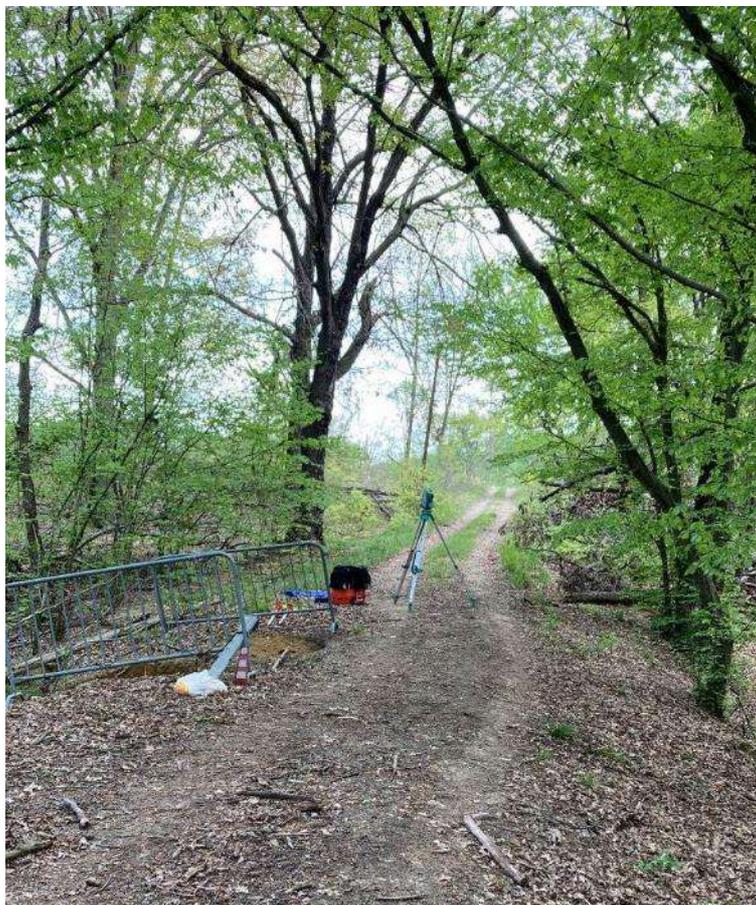


Figura 2-13 – Strada Cuminetti dissestata presso l'attraversamento. (foto: 3636-JQST4630)



Figura 2-14 – Dissesto nel rilevato di monte dell'attraversamento causato dall'occlusione del condotto. (foto: 3636-IMG_8410)

2.1.4 INTERVENTO 3 – RIVO BOSSA

L'intervento si compone delle seguenti lavorazioni:

- a. Demolizione della staccionata in legname interferente con la discenderia in alveo.
- b. Decespugliamento e abbattimento della vegetazione e delle piante interferenti con i lavori, nonché presenti in centro alveo.
- c. Formazione della pista di cantiere in alveo mediante spostamento del materiale litoide presente in alveo.
- d. Realizzazione della palificata a parete doppia in sponda sinistra per una lunghezza di 41.50 m, altezza di 2.00 m e larghezza di 1.50 m. L'intera struttura verrà riempita con: pietrame per la parte normalmente a contatto con l'acqua; fascinate di salici saranno poste nella parte superiore, l'inerte ricavato dallo scavo nella parte superiore; mentre altre specie legnose adatte alla riproduzione vegetativa nonché piante radicate di specie arbustive pioniere sopra al manufatto nel raccordo in terra con l'esistente.
- e. Intercettazione dello scarico fognario mediante la realizzazione di due ordini di canaletta in legname e pietrame disposti a livelli successivi. Si procede alla preparazione del fosso: la canaletta è di forma trapezia, alta 80 cm, con una base minore di 70 cm ed una base maggiore di 170 cm; realizzazione del fondo della

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

- canaletta con la posa di pietrame; costruzione delle pareti oblique con tondame di larice o castagno (diametro 10-20 cm) disposto in senso longitudinale.
- f. Fra un ordine e l'altro di canaletta si realizza una briglia in legname riempita con ciottoli e pietre, in modo da far compiere all'acqua un salto non maggiore di 75 cm.
 - g. Riempimento del volume a tergo delle canalette e della briglietta con il terreno proveniente dagli scavi fino a raccordarsi alle quote esistenti.
 - h. Risagomatura del fondo dell'alveo formando un invito in centro per la corrente di morbida e addossamento materiale contro i piedi delle sponde per rettificare il tracciato.
 - i. Ripristino della staccionata il legname.
 - j. Rippatura per scasso della superficie dal transito dei mezzi dell'area di cantiere.
 - k. Inerbimento con semina a spaglio dell'area di cantiere.

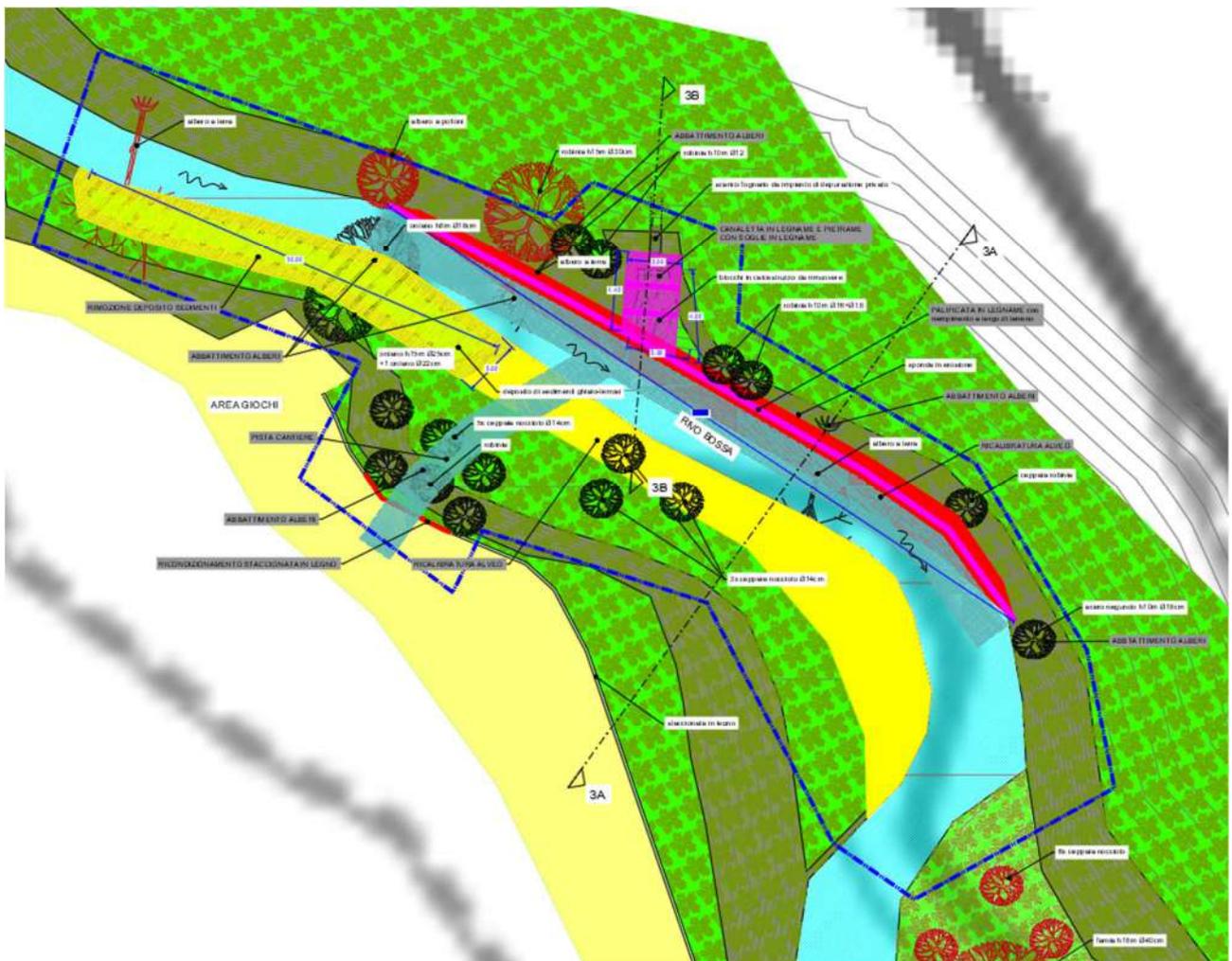


Figura 2-15 – Planimetria di progetto. (rappresentazione non in scala)

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

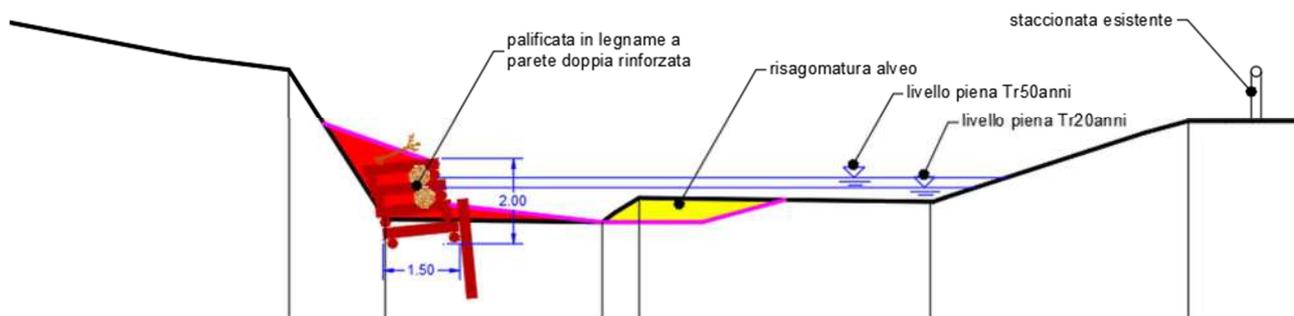


Figura 2-16 – Sezione tipo alveo. (rappresentazione non in scala)

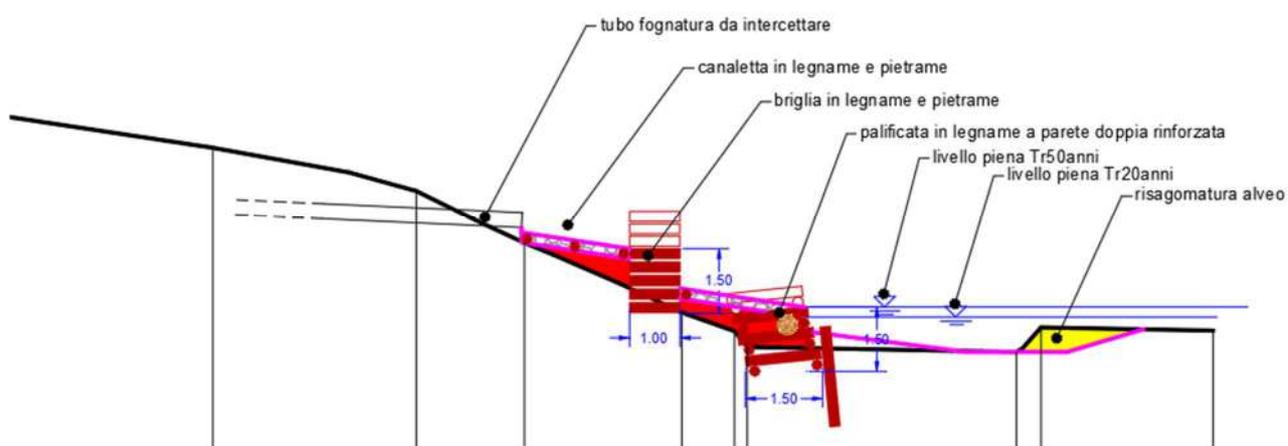


Figura 2-17 – Sezione tipo scarico fognatura. (rappresentazione non in scala)

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA



Figura 2-18 – Stato dell'alveo a monte dell'intervento: si vede la barra di materiali sedimentari sulla sinistra e la vegetazione caduta sulla destra. (foto: 3637-20230427_150939)



Figura 2-19 – Erosione di sponda sinistra del Rivo Bossa presso il parco giochi. (foto: 3650-20230510_161902)



Figura 2-20 – Incisione creatasi nella sponda sinistra in corrispondenza dello scarico della fognatura. (foto: 3637-20230427_151006)

2.1.5 INTERVENTO 4 – VIALE ROVERI

L'intervento si compone delle seguenti lavorazioni:

- a. Formazione di palizzate in legname sulle scarpate contro l'erosione superficiale. Metà delle palizzate sarà rivegetata con l'inserimento di piantine e la restante metà ne sarà priva, quindi sistemata solamente con terra. La lunghezza da coprire per l'intero intervento è di 645 m.
- b. Realizzazione della palificata a parete semplice in sponda sinistra per una lunghezza di 30 m ed altezza di 1.50 m.
- c. Realizzazione di una grata viva poggiate sulle palificate. Dimensioni: altezza 6 m (misurata sulla superficie inclinata del versante), lunghezza 30 m, maglie grata 1.50x1.50 m. Inserimento fra i montanti e correnti di una rete da gabbioni e di rete in fibra naturale, riempimento dei vuoti della grata con terreno, messa a dimora di talee o piantine.

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

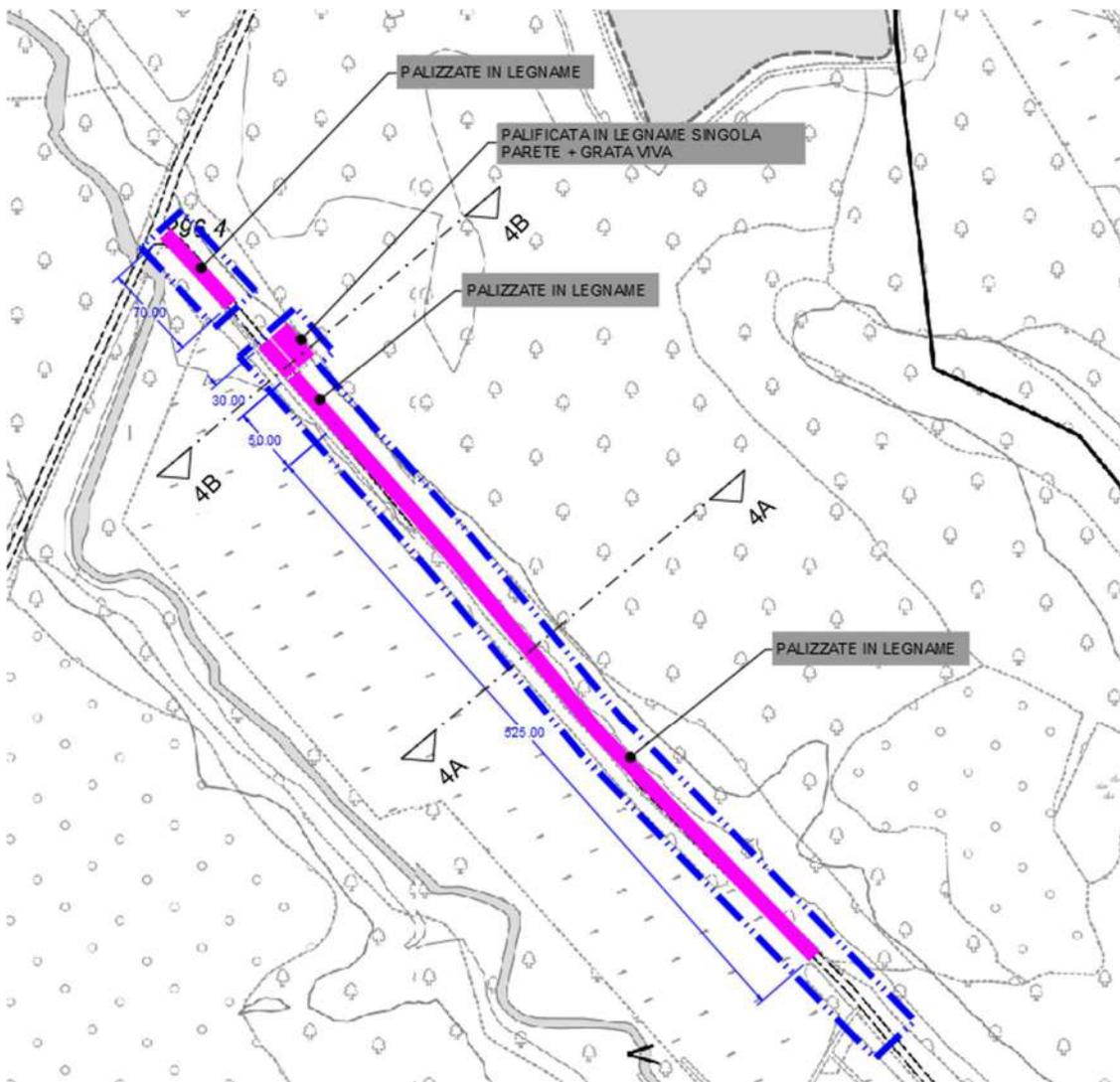


Figura 2-21 – Planimetria di progetto. (rappresentazione non in scala)

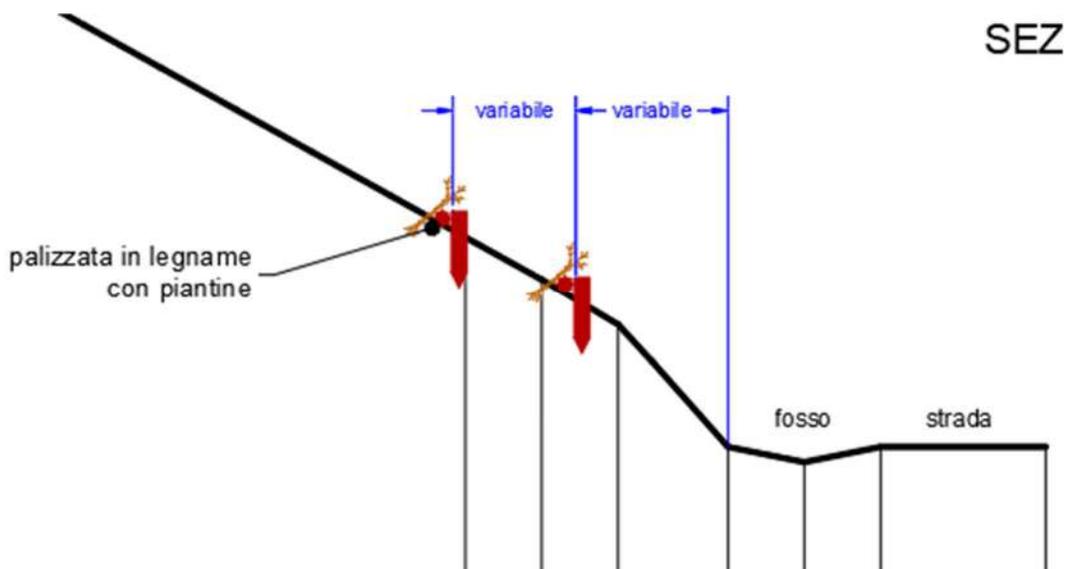


Figura 2-22 – Sezione tipo palizzate. (rappresentazione non in scala)

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

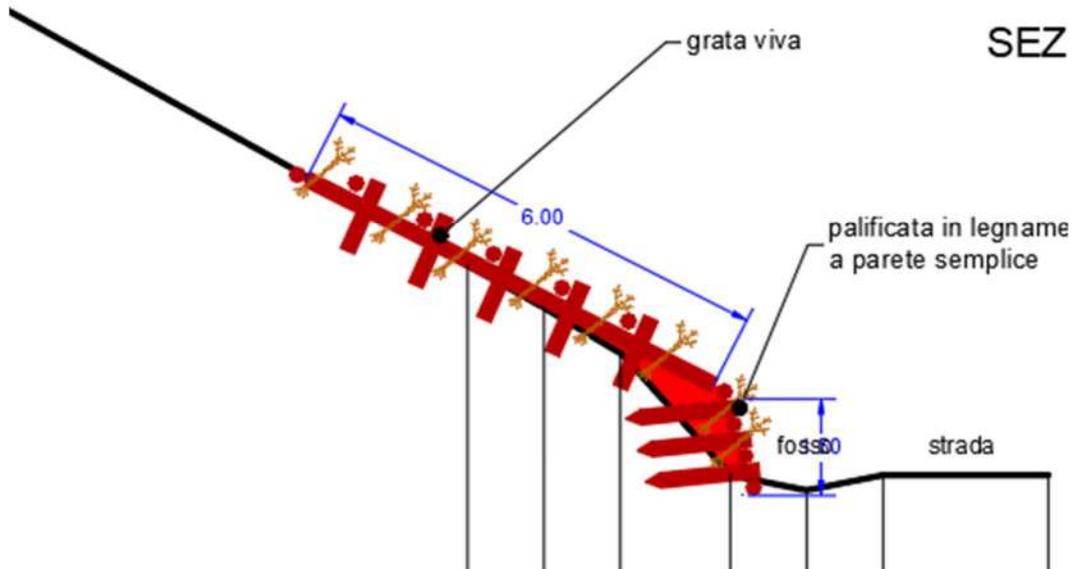


Figura 2-23 – Sezione tipo palificate + grata viva. (rappresentazione non in scala)



Figura 2-24 – Dissesto diffuso del versante prospiciente Viale dei Roveri. (foto: 3639-IMG_8469)

2.1.6 INTERVENTO 5 – STRADA GALLIASSI

SITO A

L'intervento si compone delle seguenti lavorazioni:

- a. In sponda destra, realizzazione della palificata a parete doppia per una lunghezza di 14.50+7.00 m, altezza di 1.50 m e larghezza di 1.50 m.
- b. In sponda sinistra, realizzazione di una palificata semplice dell'altezza di 1.00 m e della lunghezza di 8 m. Infissione dei pali montanti verticali distanziati di 1 m ciascuno della lunghezza di 2 m.
- c. In sponda sinistra, realizzazione di una palificata a parete doppia per una lunghezza di 20.30 m, altezza di 1.50 m e larghezza di 1.50 m.
- d. Risagomatura del fondo dell'alveo formando un invito in centro per la corrente di morbida e addossamento materiale contro i piedi delle sponde per rettificare il tracciato.
- e. Realizzazione di una briglia selettiva in legname e pietrame all'uscita dal bosco per l'indirizzamento della corrente sul guado, delle dimensioni di 8.50 m di lunghezza, 1.00 m di larghezza e 2.00 m di altezza, con quota della gaveta coincidente con il fondo alveo e larghezza alla base di 3.50 m, larghezza in sommità di 5.50 m e 1.00 m di altezza. La selettività è data dalla predisposizione di un pettine di pali in legname verticali infissi nella struttura ed estraibili per consentire le operazioni di svuotamento a tergo dell'opera.
- f. Formazione della piazza di deposito a monte della briglia mediante rimozione dei depositi litoidi ed impiegandoli come riempimento delle opere in legname previste.
- g. Formazione di guado in massi sulla strada sterrata. Si opera mediante: scavo del piano di fondazione della massicciata di massi fino alla profondità di 30 cm; formazione della mantellata in massi, impiegando blocchi squadrati e ben accostati gli uni agli altri, sagomando la superficie secondo la sagoma e le pendenze del guado come da progetto, con uno spessore di circa 30 cm; riempimento degli interstizi fra i massi con terreno; raccordo laterali ai piani esistenti.
- h. Al termine del guado si realizza una briglia in legname riempita con ciottoli e pietre. Costruzione del cassone di contenimento realizzato mediante incastellatura dei pali in legno avente lunghezza 10.00 m, larghezza 1.00 m e altezza media 1.00 m, con gaveta che segue il profilo del guado. Riempimento con materiale lapideo (diametro 20-30 cm). Formazione della gaveta sommitale predisponendo tronchi di piccolo diametro affiancati a ricoprire la parte superiore dell'opera.
- i. Intercettazione delle acque in uscita dal guado stradale mediante la realizzazione di una canaletta in legname e pietrame. Si procede alla preparazione del fosso: la canaletta è di forma trapezia, alta 80 cm, con una base minore di 370 cm e pareti

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

molto coricate per recapitare maggiore acqua possibile.

- j. Riempimento del volume a tergo della canaletta e della briglia con il terreno proveniente dagli scavi fino a raccordarsi alle quote esistenti.
- k. Posa di massi sul fondo del fosso a bordo strada per evitare l'erosione derivante dalla caduta dell'acqua dalla canaletta.

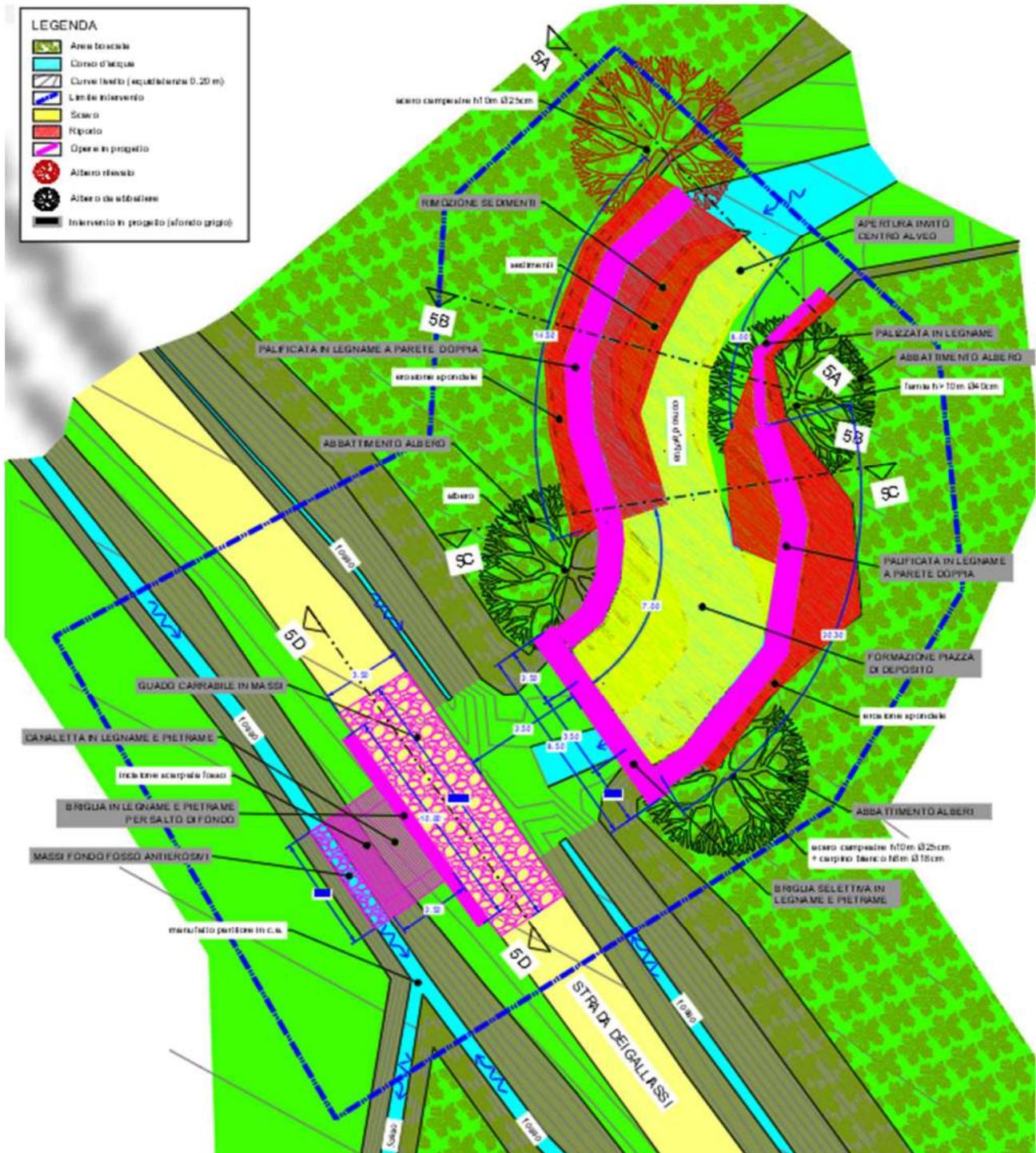


Figura 2-25 – Planimetria di progetto. (rappresentazione non in scala)

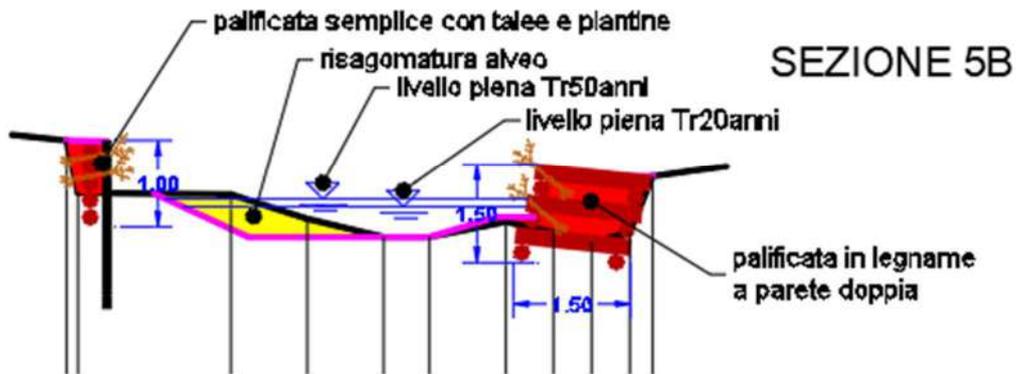


Figura 2-26 – Sezione tipo alveo. (rappresentazione non in scala)

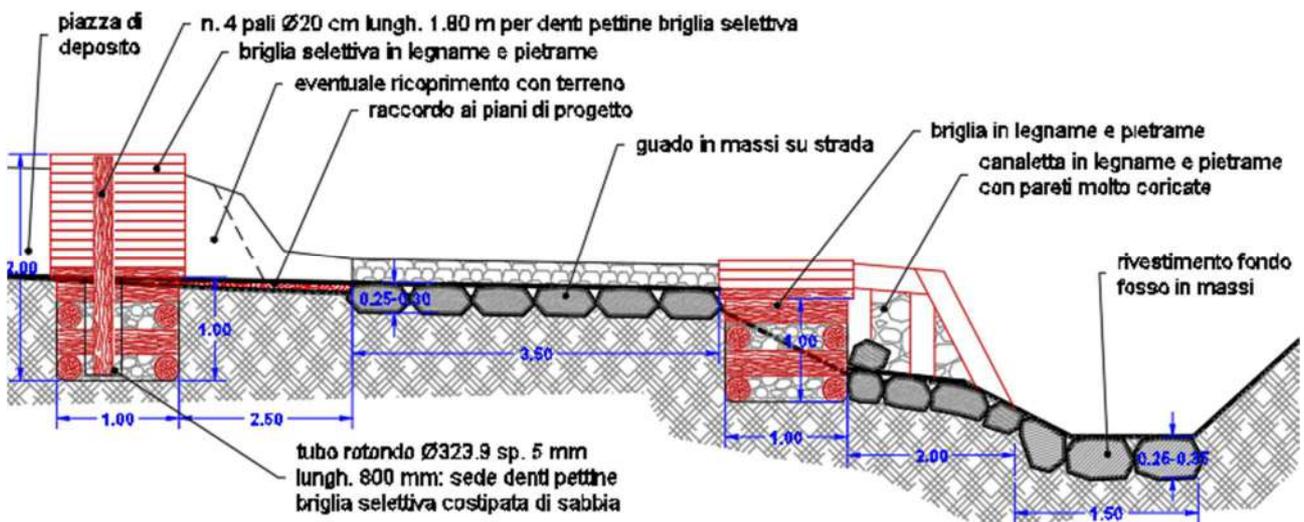


Figura 2-27 – Sezione tipo guado. (rappresentazione non in scala)

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA



Figura 2-28 – Stato dell'alveo del rio laterale che attraversa strada dei Galliassi: si osservano le erosioni sia in sponda destra e successivamente in sinistra, causate dall'azione dell'acqua durante le ondate di piena. (foto: 3650-IMG20230510121736)



Figura 2-29 – Punto in cui il rio esce dal bosco e guada la strada in maniera incontrollata. In questo punto si realizza una briglia in legname e pietrame per convogliare correttamente le acque nel successivo guado in massi in progetto. (foto: 3650-20230510_114527)



Figura 2-30 – Incisione nella banchina di strada dei Galliassi generata dal ruscellamento dell'acqua sulla carreggiata che si immette successivamente nel fosso adiacente. (foto: 3650-20230510_114518)

SITO B

L'intervento si compone delle seguenti lavorazioni:

Scolmatore

- Potatura e sramatura degli alberi aggettanti su Strada dei Galliassi agevolare il transito dei mezzi di cantiere voluminosi.
- Formazione di soglia in massi all'imbocco dello scolmatore mantenendo la quota in ingresso esistente.
- Spianamento e formazione dell'alveo dello scolmatore mediante scavo e riprofilatura delle sponde mediante la movimentazione di materiale.
- All'imbocco dell'attraversamento di Strada dei Galliassi formazione di due basse scogliere in massi per realizzazione dell'invito nel manufatto. Dimensioni opere: sponda sinistra lxbxh 10.0x0.8x1.0 m; sponda destra lxbxh 4.0x0.8x1.0 m. Rinforzo del fondo mediante realizzazione di una mantella in massi avente dimensioni di 5 m di larghezza, 1.50 m di lunghezza e 0.60 m di spessore.
- Scavo del piano di posa degli scatolari dell'attraversamento di Strada dei Galliassi.
- Posa in opera di scatolari prefabbricati (dimensioni interne 2000x800 mm) a formare

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

- due canne parallele della lunghezza di 4 m ciascuna, fondati su letto di magrone di cemento.
- g. Realizzazione di due cordoli di contenimento della sede stradale in c.a. agganciati agli scatolari sottostanti mediante ancoraggi con legante chimico.
 - h. Formazione del rilevato con materiale riciclato derivante dalle demolizioni di idonea pezzatura, posato a strati e ben compattati.
 - i. Allo sbocco dell'attraversamento formazione di due basse scogliere in massi per realizzazione dell'uscita dal manufatto. Dimensioni opere: sponda sinistra e destra lxbxh 3.0x0.8x1.0 m. Rinforzo del fondo mediante realizzazione di una mantella in massi avente dimensioni di 5 m di larghezza, 1.50 m di lunghezza e 0.60 m di spessore.
 - j. Proseguimento della riprofilatura dell'alveo dello scolmatore.
 - k. Formazione di soglia in massi allo sbocco dello scolmatore secondo le quote di progetto.



Figura 2-31 – Punto in cui la sponda sinistra del rio Collesia, abbassandosi, consente all'acqua in piena di straripare e generare problemi alla strada dei Galliassi. (foto: 3650-20230510_134414)



Figura 2-32 – Punto di strada dei Galliassi in cui l'acqua non può trattenuta dall'alveo attraversa la carreggiata stradale guadandola. (foto: 3650-20230510_134437)

Rio Collesia

- l. Demolizione della scogliera di sponda sinistra a monte dell'attraversamento.
- m. Scavo della sponda arretrandola alla distanza di progetto.
- n. Ripristino della scogliera arretrata (dimensioni lxbxh 4.0x1.0x1.5 m).
- o. Formazione della mantellata di rinforzo del fondo all'imbocco dello scatolare (cuneo a base triangolare dimensioni 2.0x2.0x0.6).
- p. Scavo della massiciata stradale sul retro della spalla sinistra dell'attraversamento esistente per far spazio agli scatolari.
- q. Posa in opera di scatolari prefabbricati (dimensioni interne 2000x800 mm) a formare una canna parallela della lunghezza di 4 m, fondati su letto di magrone di cemento.
- r. Realizzazione di due cordoli di contenimento della sede stradale in c.a. agganciati agli scatolari sottostanti mediante ancoraggi con legante chimico.
- s. Reinterro degli scatolari.
- t. Ricoprimento con misto granulare anidro per sottofondi stradali opportunamente compattato per la formazione del piano carrabile con larghezza di 3 m.
- u. Allo sbocco, rimozione della scogliera in sponda sinistra esistente.
- v. Allargamento dell'alveo in sinistra mediante scavo per una lunghezza di circa 30 m.
- w. Ripristino della scogliera arretrata (dimensioni lxbxh 11.0x1.0x1.5 m) ed inserimento

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

di talee.

- x. Occlusione del varco nella scogliera in destra del Rio Collesia a contatto del paramento di valle dell'attraversamento mediante la posa di massi di idonee dimensioni.



Figura 2-33 – Attraversamento esistente a valle della confluenza del Rio Collesia con un altro rio su Strada dei Galliassi. Le dimensioni dei fornici risultano inadeguati al convogliamento delle portate dei corsi d'acqua a piene rive. (foto: 3658-20230522_140948)

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA



Figura 2-34 – Stato dell'alveo a valle dell'attraversamento. Le piante cadute andranno rimosse per favorire il convogliamento delle portate. (foto: 3658-IMG20230522142224)

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

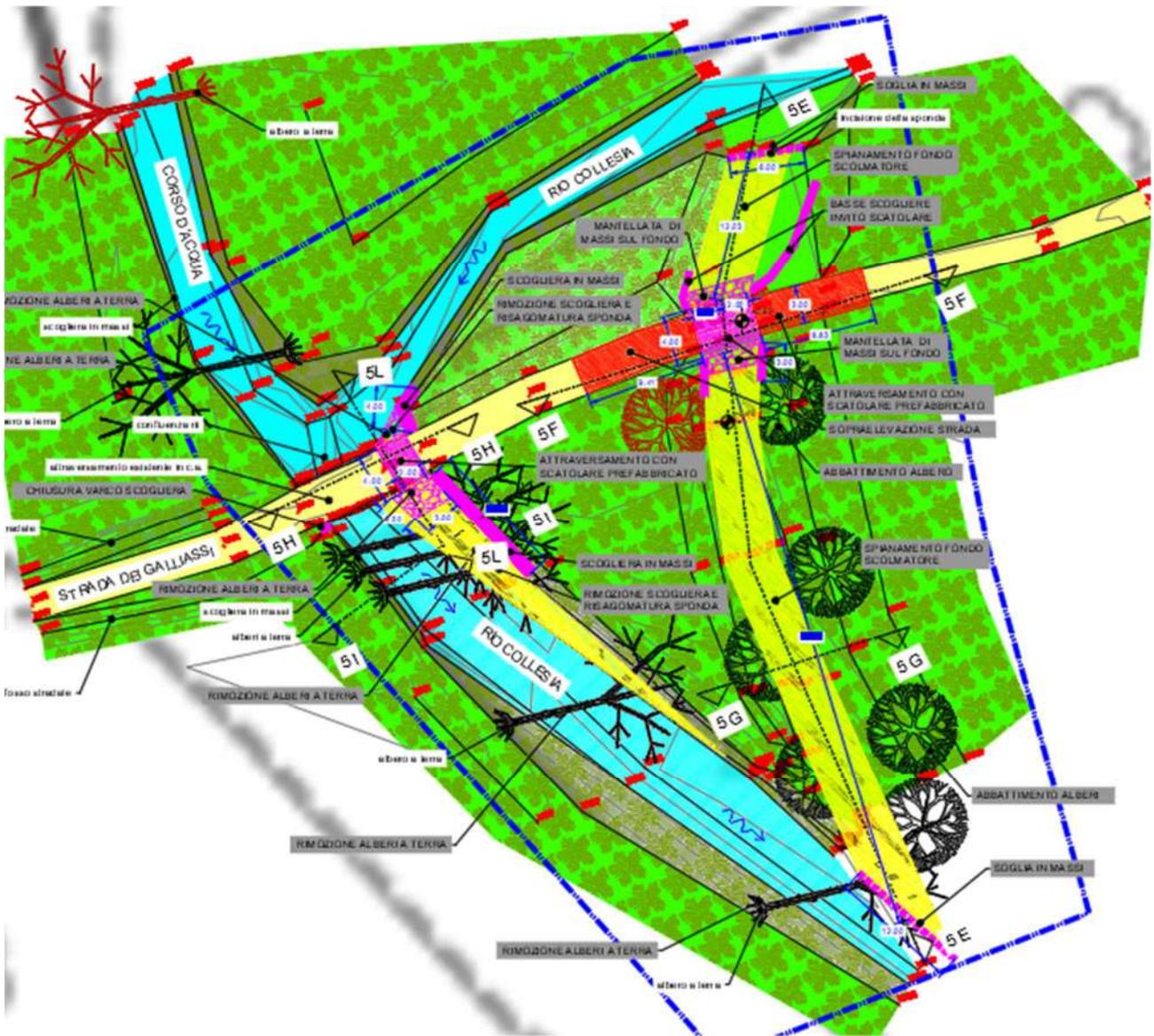


Figura 2-35 – Planimetria di progetto. (rappresentazione non in scala)

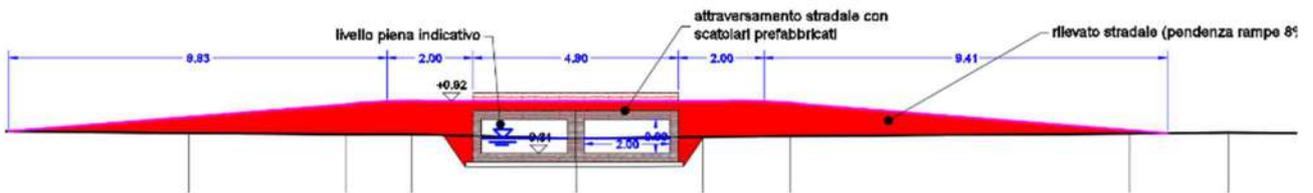


Figura 2-36 – Sezione tipo attraversamento scolmatore. (rappresentazione non in scala)

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

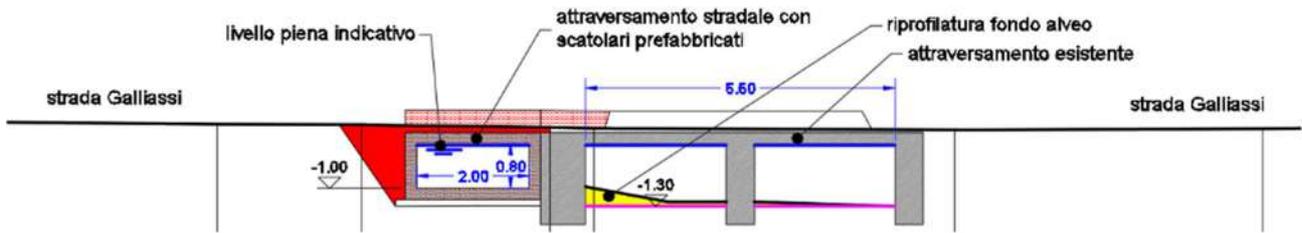


Figura 2-37 – Sezione tipo attraversamento Rio Collesia. (rappresentazione non in scala)

SITO C

L'intervento si compone delle seguenti lavorazioni:

- a. Potatura e sramatura degli alberi aggettanti su Strada dei Galliassi agevolare il transito dei mezzi di cantiere voluminosi.
- b. Ricarico della massiciata stradale nei tratti in cui si presenta ammalorata o asportata dallo scorrimento dell'acqua meteorica superficiale. Si procede alla stesa di misto granulare stabilizzato compattato con rullo. Ricarico anche delle banchine laterali con terreno e materiale inerte.
- c. Formazione di tagliacqua obliquo alla strada in terra mediante scavo del piano carrabile fino ad una profondità di circa 15 cm con il raccordo dolce e graduale all'esistente, in modo da agevolare il transito dei mezzi.

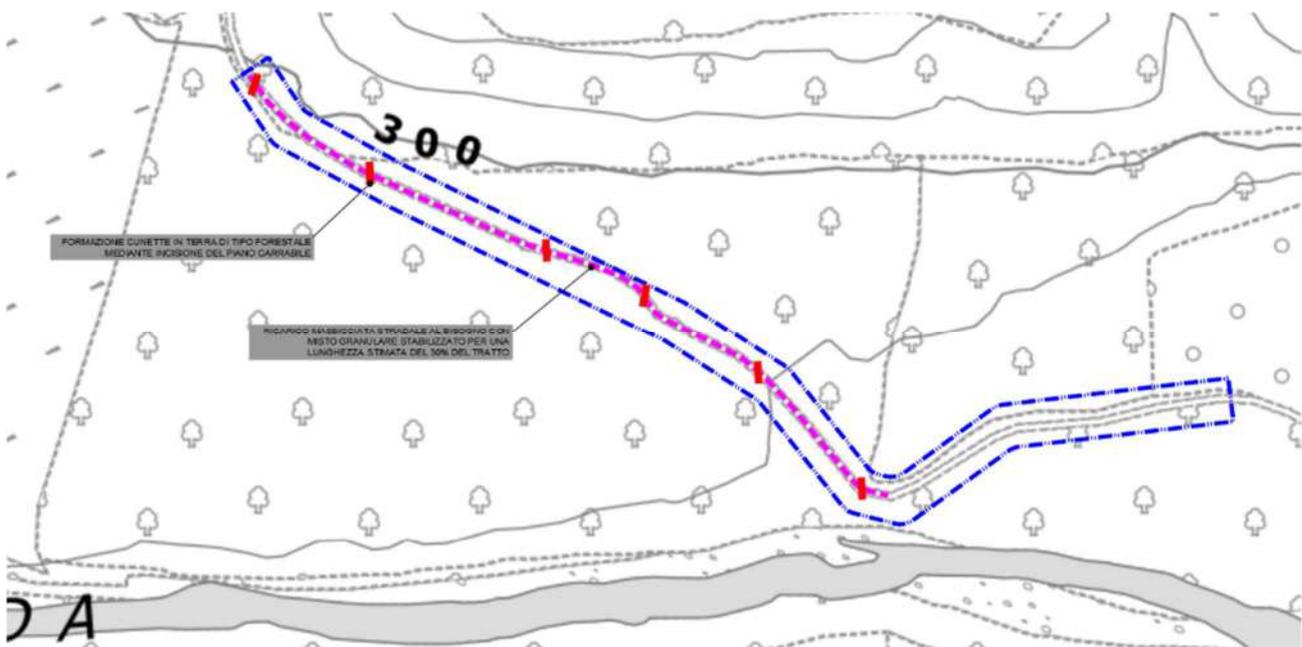


Figura 2-38 – Planimetria di progetto. (rappresentazione non in scala)

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

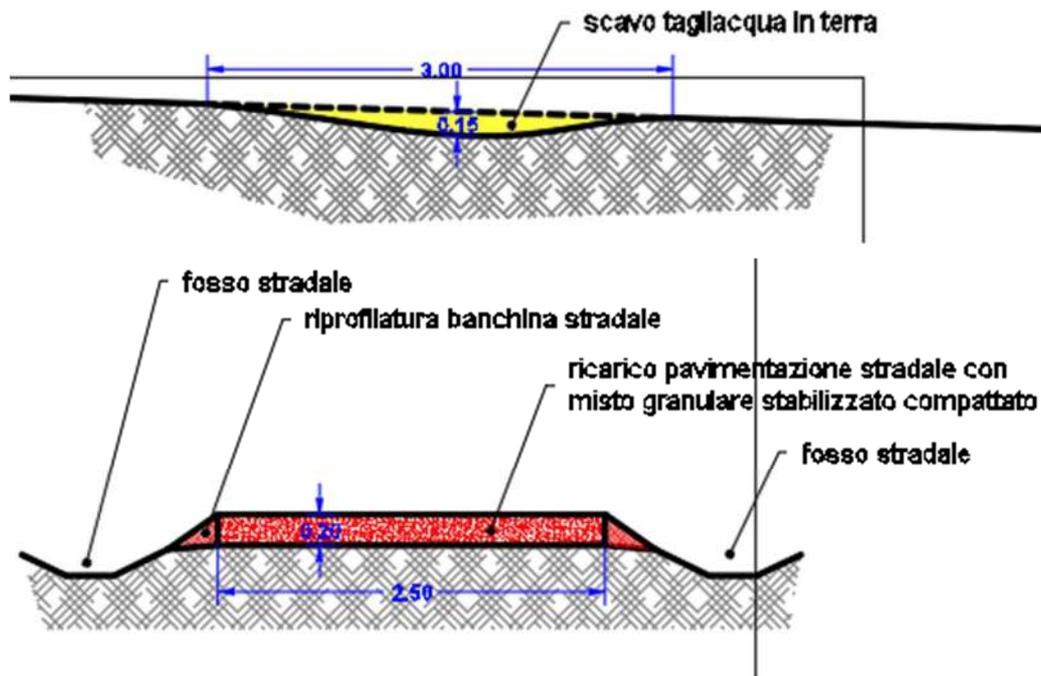


Figura 2-39 – Sezioni tipo. (rappresentazione non in scala)

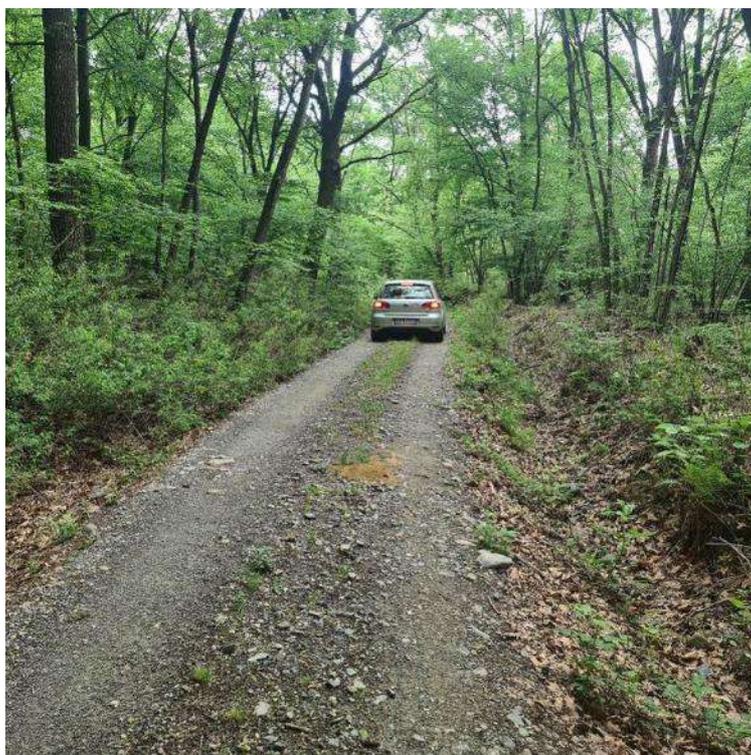


Figura 2-40 – Uno dei punti in cui si rileva l'attraversamento della carreggiata da parte delle acque meteoriche. Si provvederà alla realizzazione di tagliacqua in terra per regolarne il deflusso. (foto: 3650-20230510_144606)

3 ANALISI IDROLOGICA

3.1 Calcolo della portata di riferimento

La determinazione delle portate di riferimento viene condotta secondo le indicazioni delle Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI - Allegato 7) che, nella "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica" (ripresa dalla D.G.R del 15 luglio 2002 n° 45-6656 e s.m.i.), riferisce i criteri di calcolo e la procedura di riferimento.

Dal punto di vista operativo il calcolo delle portate di riferimento nelle posizioni di interesse (riferimenti in Figura 3-1) è stato realizzato considerando quanto segue:

- 1) le portate dei bacini idrografici con superficie inferiore a 0.5 kmq sono state calcolate impiegando il metodo razionale ⁽¹⁾;
- 2) le portate dei bacini idrografici con superficie superiore a 0.5 kmq sono state calcolate impiegando la modellazione afflussi-deflussi ⁽²⁾.

Le portate vengono calcolate con riferimento a precipitazioni con tr 20 e tr 50 anni

⁽¹⁾ La scelta di adottare il metodo razionale per bacini molto piccoli è motivata da precedenti esperienze maturate nel corso dell'approvazione del quadro del dissesto nell'ambito di PRG. Nell'ambito delle osservazioni comunicate dai Settori regionali competenti è stato fatto notare che, per bacini molto piccoli, i valori di portata ricavati con il metodo razionale risultano generalmente più cautelativi.

⁽²⁾ Il metodo afflussi - deflussi porta, in generale, a definire valori di portata vicini a quelli osservati o ricostruiti (quindi più realistici rispetto al metodo razionale).

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

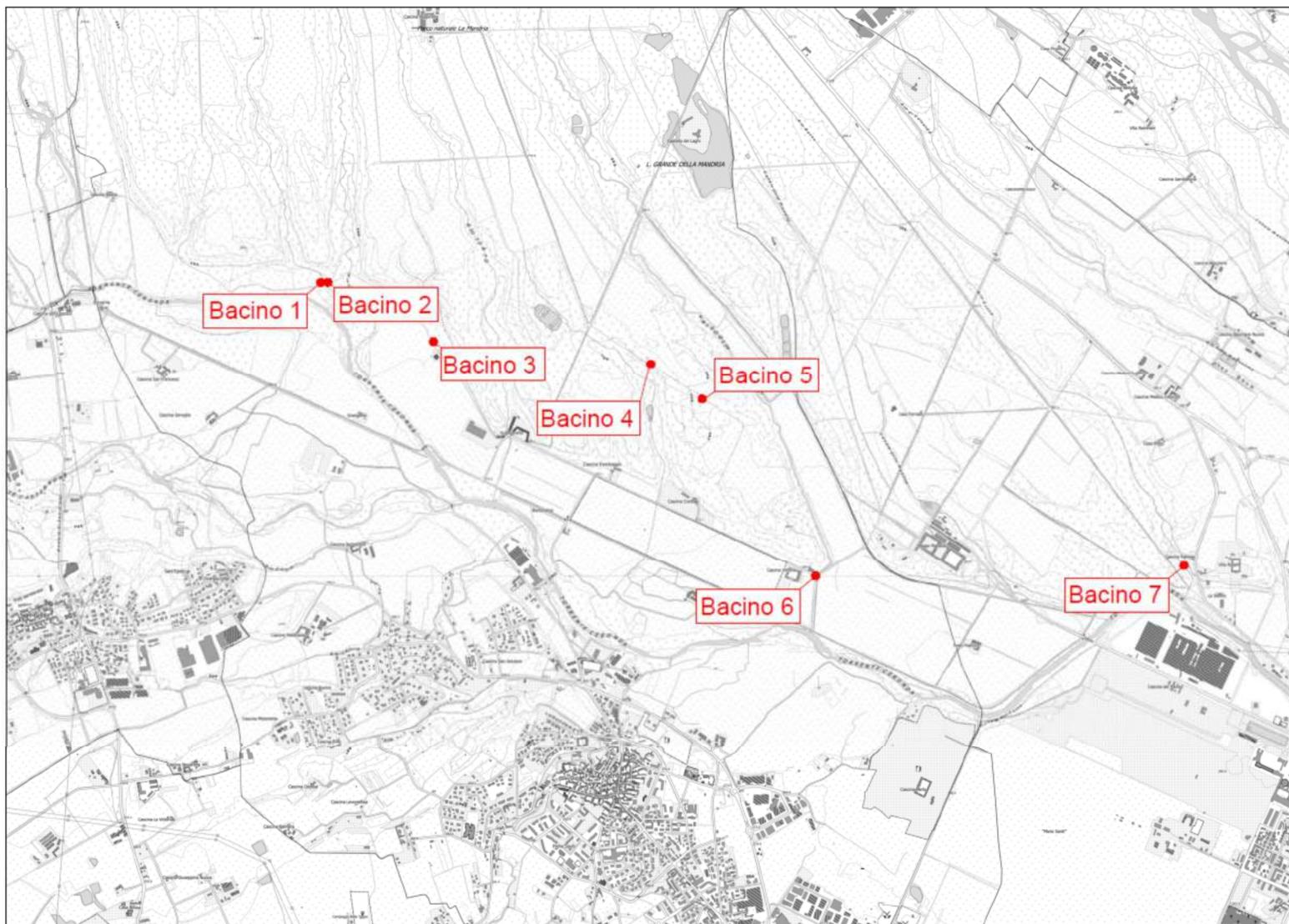


Figura 3-1. Posizione delle sezioni di chiusura considerate per il calcolo delle portate.

3.1.1 I METODI IMPIEGATI

Il calcolo delle portate fa riferimento ai metodi richiamati nei paragrafi successivi.

3.1.1.1 Il metodo razionale

Le portate dei bacini idrografici con superficie inferiore a 0.5 kmq sono state calcolate impiegando il metodo razionale.

Il metodo razionale considera il bacino idrografico come una singola unità e 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;
- l'intensità della precipitazione è considerata costante per tutto l'evento;
- trasformazione lineare dell'afflusso in deflusso, quindi assenza di fenomeni di immagazzinamento lungo la rete idrografica;
- lo ietogramma di progetto ha durata pari a quella del tempo di corrivazione (il tempo di corrivazione in termini pratici rappresenta l'intervallo di tempo dall'inizio della precipitazione oltre al quale tutto il bacino contribuisce al deflusso nella sezione terminale. Ai fini del calcolo risulta cautelativo adottare precipitazioni di durata pari al tempo di corrivazione in quanto l'intensità della precipitazione diminuisce con l'aumentare della durata di pioggia).

Il valore di portata al colmo deriva dalla formula:

$$Q = k \times C \times i \times A$$

in cui:

Q = portata al colmo (m³/s);

k = fattore di conversione delle unità di misura, pari a 0.278;

C = coefficiente di trasferimento afflussi-deflussi;

A = area del bacino (km²);

i = intensità di pioggia (mm/h) calcolata come $i \text{ (mm/h)} = \text{altezza di pioggia (mm)} / \text{tempo di pioggia (h)}$ dove: tempo di pioggia (tp) = tempo di corrivazione (tc).

Ai fini dell'indagine si precisa quanto segue:

- a) Il tempo di corrivazione (tc) (definito in via teorica come il tempo che impiega la precipitazione che cade nella parte più distante del bacino a raggiungere la parte terminale nell'ipotesi che, pervenendo alla sezione di chiusura il contributo dell'area idraulicamente più lontana, tutta la superficie del bacino contribuisca e che la portata non aumenti) è stato calcolato con la formula di Giandotti:

$$t_c = \frac{(4 \times \sqrt{A} + 1.5 \times L)}{(0.8 \times \sqrt{(H_m - H_0)})}$$

in cui:

t_c = tempo di corrivazione (pari al tempo di pioggia) (h);

L = lunghezza del percorso idraulicamente più lungo del bacino (km);

H_m = altitudine media del bacino (m s.l.m.);

H_0 = altitudine della sezione di chiusura (m s.l.m.);

A = superficie del bacino (km²);

- b) Il coefficiente di trasferimento afflussi-deflussi è stato assegnato è stato assegnato con valore pari a 0.73 (tale valore, è stato definito mediante l'incrocio fra l'informazione relativa alla carta dell'uso del suolo del suolo e quella relativa alla carta del drenaggio. L'operazione è stata realizzata in ambiente GIS).

I valori di portata calcolati sono riportati nel par. 3.1.5.

3.1.1.2 Il metodo afflussi-deflussi

Le portate dei bacini idrografici con superficie superiore a 0.5 kmq sono state calcolate impiegando la modellazione afflussi-deflussi.

Il calcolo è stato realizzato mediante la predisposizione di un modello numerico (codice di calcolo Hec-1) attivato secondo i criteri del metodo SCS.

Il modello è alimentato con uno ietogramma di durata crescente fino a trovare la condizione che produce il massimo valore della portata al colmo.

La descrizione dello schema della formazione del deflusso e del modello numerico sopra citato è riportata in APPENDICE - A.

3.1.2 PLUVIOMETRIA E PRECIPITAZIONI DI RIFERIMENTO

La previsione quantitativa delle piogge intense in un determinato punto viene effettuata tramite la relazione che lega l'altezza di precipitazione alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno.

La curva di probabilità pluviometrica è espressa dalla seguente:

$$h(t) = a(t)^n$$

in cui h è l'altezza di pioggia (in mm), t la durata della pioggia (in ore), i parametri a e n dipendono dallo specifico tempo di ritorno considerato.

Viene utilizzata l'analisi statistica delle osservazioni pluviometriche proposta nella Direttiva 2 del PAI (2001) che fornisce, sulla base delle elaborazioni puntuali, una interpretazione della

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

variabilità spaziale dei parametri pluviometrici con il metodo del kriging dei parametri a ed n delle linee segnalatrici, discretizzate in base ad un reticolo di 2 Km di lato.

Ai fini della determinazione dell'altezza di pioggia, data la ridotta dimensione dei singoli sottobacini sottesi alle sezioni di chiusura di interesse, si assume che i valori dei coefficienti pluviometrici siano espressi, per ciascun sottobacino, dalla cella pluviometrica posta in posizione grossomodo baricentrica per ciascuno dei sottobacini in parola. In Tabella 3-1 si riportano i coefficienti pluviometrici di interesse.

Tabella 3-1. Coefficienti pluviometrici di riferimento per i sottobacini in cui il calcolo della portata è stato realizzato con metodo afflussi-deflussi.

Bacino di riferimento	Cella pluviometrica	Coefficienti pluviometrici			
		Tr 20		Tr 50	
[ID]	[ID PAI]	a	n	a	n
Bacino 1	AQ99	49.25	0.380	57.85	0.378
Bacino 2	AQ98	49.87	0.388	58.59	0.385
Bacino 3	AR99	49.10	0.373	57.76	0.370
Bacino 4	AS100	48.53	0.358	57.18	0.355
Bacino 5	AS100	48.53	0.358	57.18	0.355
Bacino 6	AR97	50.25	0.384	59.05	0.381
Bacino 7	AS99	48.81	0.366	57.48	0.363

La variazione temporale delle precipitazioni nel corso dell'evento di progetto (tr 20 e 50 anni), è stata definita con criterio cautelativo, considerando l'effetto di uno scroscio in base al quale si assume che l'intensità di precipitazione aumenti nell'ultimo quarto dell'evento ⁽³⁾.

Tale procedura prevede una ripartizione percentuale della precipitazione totale in due distinti periodi costituiti da:

- 1) un primo periodo di durata pari ai tre quarti della durata totale dell'evento;
- 2) un secondo periodo di durata pari al restante quarto della durata totale.

La ripartizione del totale di pioggia nei due periodi varia con la durata della pioggia. Tale situazione, ricorrente in numerosi eventi gravi, a parità di altezza totale di pioggia, risulta peggiorativa e quindi cautelativa (dettagli in APPENDICE - A).

La durata di pioggia critica (che dipende dalla forma e dall'estensione di ciascun sottobacino) è stata, determinata alimentando il modello afflussi-deflussi con ietogrammi di durata crescente

⁽³⁾ Il criterio deriva da un'indagine effettuata su un campione di oltre 16 mila ietogrammi dei quali è stato studiato l'andamento temporale dell'intensità (FERRARI, 1994).

fino ad individuare il massimo valore di portata al colmo (riferimenti in Tabella 3-2). A titolo di esempio, in Figura 3-2, si riporta lo ietogramma di progetto riferito al bacino 2.

Tabella 3-2. Durata di pioggia critica per ciascun sottobacino.

Bacino di riferimento	Durata di pioggia critica
[ID]	[h]
Bacino 1	6
Bacino 2	6
Bacino 6	12
Bacino 7	6

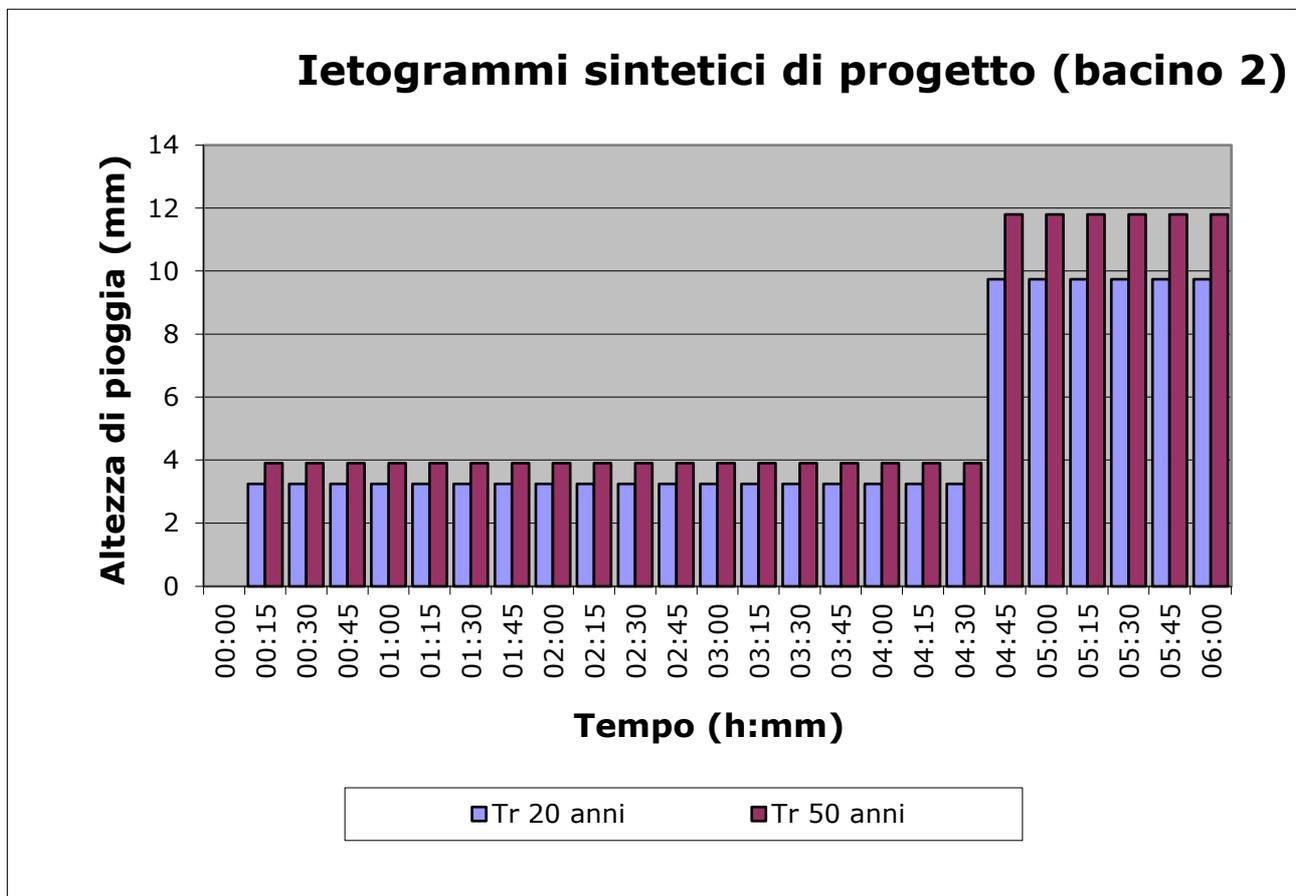


Figura 3-2. Bacino 2: ietogrammi sintetici di progetto impiegati per le verifiche idrauliche riferiti alla durata di pioggia critica pari a 6 h (tr 20 anni: altezza di pioggia totale pari a 116.8 mm con scroscio di maggior intensità pari a 58.4 mm in 2 ore, tr 200 anni: altezza di pioggia totale pari a 141.0 mm con scroscio di maggior intensità pari a 70.8 mm in 2 ore).

3.1.3 DEFINIZIONE DEI SOTTOBACINI IDROGRAFICI E DELLE SEZIONI DI CHIUSURA

Operativamente le sezioni di chiusura sono state poste in corrispondenza delle posizioni di interesse (riferimenti in Figura 3-1).

La delimitazione dei bacini idrografici è stata effettuata mediante i seguenti criteri:

- 1) Esame della morfologia con riferimento al prodotto cartografico BDTRE ed al modello digitale del terreno realizzato dalla Regione Piemonte (ripresa aerea ICE 2009-2011) mediante l'impiego di laser-scanner aviotrasportato (LiDAR) con restituzione a maglie quadrate 5x5 m.
- 2) Esame delle direzioni di flusso elaborate in ambiente WMS® mediante il codice Topaz in riferimento al LiDAR della Regione Piemonte.

I sottobacini idrografici di riferimento sono riportati in Figura 3-3.

I parametri morfometrici dei sottobacini idrografici esaminati sono riportati nella tabella seguente:

Parametro		Bacino di riferimento						
		Bacino1	Bacino2	Bacino3	Bacino4	Bacino5	Bacino6	Bacino7
Area sottesa	km ²	1.915	5.235	0.282	0.022	0.084	11.770	3.358
Lunghezza dell'asta principale	km	2.6	6.5	1.2	0.2	0.2	14.5	3.7
Altitudine minima	m slm	283	283	282	300	295	264	257
Altitudine media	m slm	342	372	317	304	300	391	294
Pendenza media dei versanti	m/m	0.066	0.068	0.064	0.045	0.031	0.093	0.047
Pendenza media dell'asta	m/m	0.037	0.022	0.029	0.020	0.025	0.063	0.020

3.1.4 CARATTERISTICHE GEOPEDOLOGICHE E VEGETAZIONALI DEL BACINO

Viene impiegato il metodo SCS (Soil Conservation Service) che sintetizza le caratteristiche idrologiche di un bacino attraverso un unico parametro CN (Curve Number). Il CN, che definisce la relazione precipitazione-volume di deflusso, rappresenta dunque l'attitudine di una porzione di territorio di produrre deflusso e può essere calcolato in modo indiretto sulla base delle caratteristiche geopedologiche e vegetazionali del bacino stesso.

Al fine della determinazione del CN è stata assunta la condizione di stato di imbibizione iniziale del terreno medio (AMCII).

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

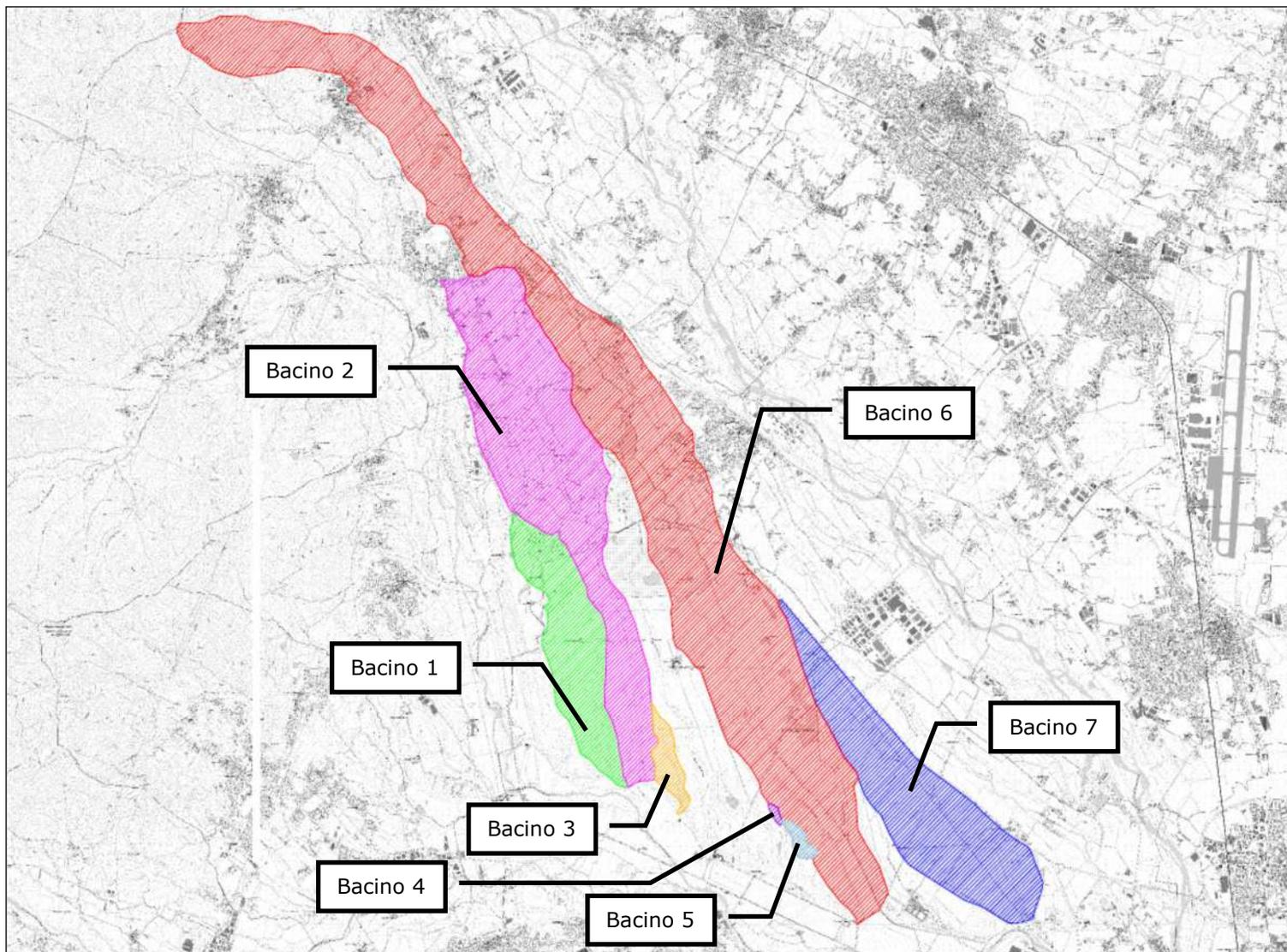


Figura 3-3. Rappresentazione dei sottobacini idrografici oggetto di interesse.

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

L'assegnazione del valore di CN è avvenuta mediante l'incrocio fra l'informazione relativa alla copertura ed uso del suolo e quella relativa al tipo idrologico di suolo. Tale operazione è effettuata in ambiente GIS una volta resi disponibili la delimitazione del bacino, la carta del tipo idrologico del suolo e la carta dell'uso del suolo. L'associazione del relativo valore di CN da attribuire a ciascun tipo di copertura avviene adottando i valori proposti in RANZI & Rosso (1995). Riferimenti in Tabella 3-3.

I dati richiesti sono stati ottenuti dalle seguenti fonti:

- 1) I dati riferiti alla copertura ed all'uso del suolo sono stati ricavati dalla cartografia tematica (Carta forestale e degli altri usi del territorio desunti dai PFT) distribuita dalla Regione Piemonte in ambiente ArcView (in formato shapefile) ⁽⁴⁾. Riferimenti in Figura 3-4.
- 2) Il comportamento idrologico del suolo (determinato dal tipo idrologico), in assenza di cartografia specifica, è stato dedotto dalle informazioni ricavabili dalla Carta del Drenaggio pubblicata da IPLA e disponibile in rete in formato .shp per l'intero ambito regionale alla scala 1:50000. La legenda della carta descrive sette classi di drenaggio decrescenti da "rapido" a "impedito". A ciascuna classe è stato attribuito un tipo idrologico di suolo secondo la classificazione SCS (da A fino a D, in senso decrescente di drenaggio, vedi Tabella 3-4).

A seguito delle elaborazioni effettuate, il valore medio di CN è riassunto nella tabella seguente:

ID Bacino	CN
[ID]	[-]
Bacino 1	73
Bacino 2	72
Bacino 3	73
Bacino 4	73
Bacino 5	73
Bacino 6	72
Bacino 7	71

⁽⁴⁾ La cartografia è stata redatta nell'ambito della redazione dei Piani Forestali Territoriali dall'IPLA nel corso di una campagna di acquisizione e restituzione dati (1996-2005). Il dato è stato acquisito e restituito alla scala 1:10 000 mediante scansione e vettorializzazione dei dati sulla base della CTR regionale e verifica sul campo.

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

Tabella 3-3. Valori di CN attribuiti alle varie categorie di copertura ed uso del suolo riportati nelle carte fornite dalla Regione Piemonte riferiti ai tipi di suolo A, B, C e D secondo quanto previsto nel metodo del S.C.S., riferiti in RANZI & Rosso (1995) per condizioni di imbibizione media (CN_{II}).

Copertura e uso del suolo	CN (con AMCII)			
	Suolo A	Suolo B	Suolo C	Suolo D
Acero-tiglio-frassineti	36	60	73	79
Acque	100	100	100	100
Alneti planiziali e montani	36	60	73	79
Aree urbanizzate	77	85	90	92
Aree verdi urbane	60	60	60	60
Boscaglie pioniere di invasione	36	60	73	79
Castagneti	36	60	73	79
Cespuglieti	35	56	70	77
Cespuglieti pascolabili	35	56	70	77
Formazioni legnose riparie	43	65	76	82
Frutteti e vigneti	70	79	84	88
Greti	68	79	86	89
Impianti per arboricoltura da legno	36	60	73	79
Praterie e prati permanenti	30	58	71	78
Querceti e carpineti	36	60	73	79
Rimboschimenti	43	65	76	82
Robineti	36	60	73	79
Rocce e macereti	68	79	86	89
Seminativi con prevalenza mais/grano	62	75	82	85

Tabella 3-4. Attribuzione del tipo idrologico di suolo (secondo SCS) alle classi di drenaggio.

Classe (IPLA)	Drenaggio	Tipo idrologico	Velocità di infiltrazione (mm/ora)
0	Suoli di fondovalle	A	7.5÷11.25
1	Rapido	A	
2	Moderatamente rapido	B	3.75÷7.5
3	Buono	B	
4	Mediocre	C	1.25÷3.75
5	Lento	C	
6	Molto lento	D	0.00÷1.25
7	Impedito	D	

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

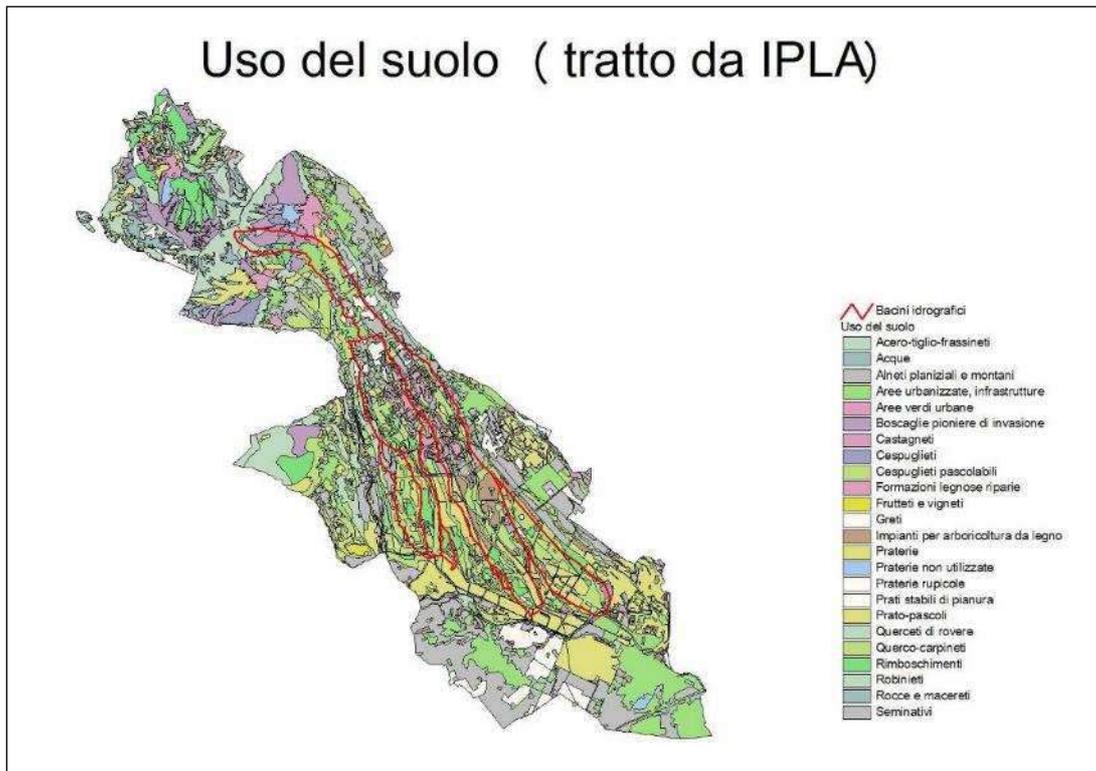


Figura 3-4. Estratto della carta dell'uso del suolo distribuita da IPLA - Regione Piemonte (scala di acquisizione 1: 10 000).

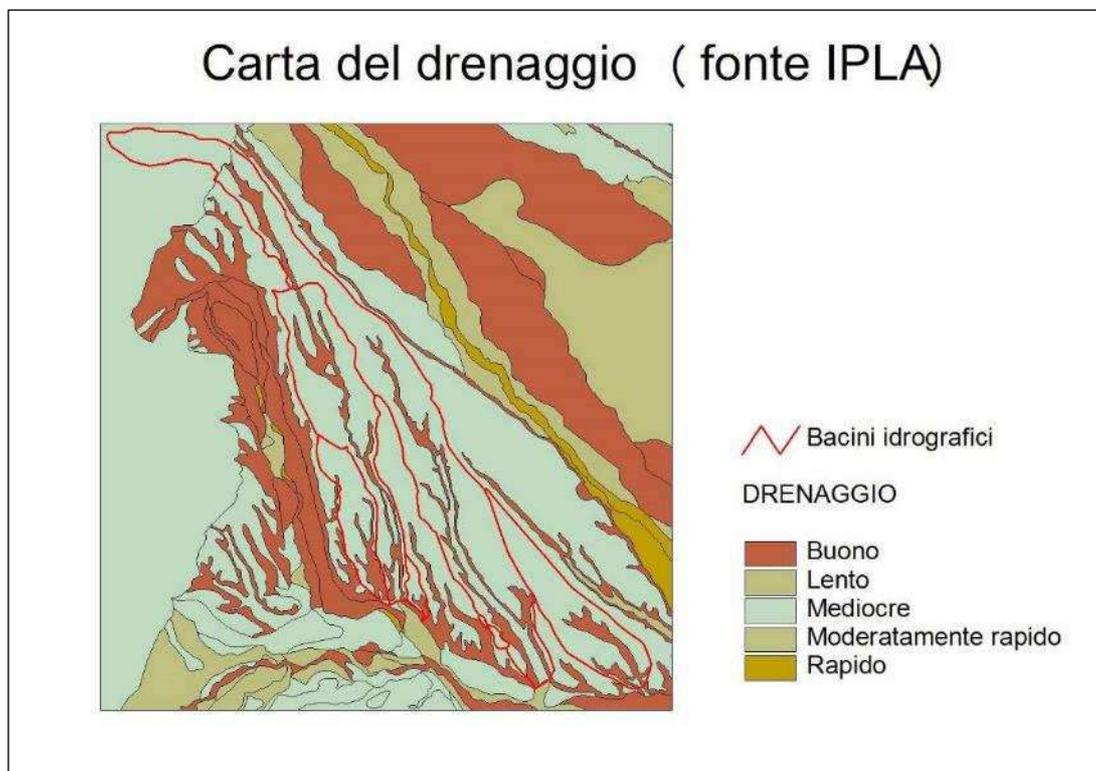


Figura 3-5. Estratto della Carta del Drenaggio pubblicata da IPLA impiegata per la determinazione del Tipo idrologico di suolo (riferimenti in Tabella 3-4)

3.1.5 RISULTATI: I VALORI DI PORTATA

I valori di portata al colmo con Tr 20 e Tr 50 anni sono riportati nella tabella seguente:

Tabella 3-5. Portata al colmo in riferimento al bacino e al tempo di ritorno.

Bacino [ID]	Localizzazione [ID]	Portata al colmo (m ³ /s)		Metodo di calcolo
		Tr 20 anni	Tr 50 anni	
Bacino 1	Intervento 5 - Sito B (ramo di dx)	6.6	8.7	Afflussi-deflussi
Bacino 2	Intervento 5 - Sito B (ramo di sx)	15.6	20.9	Afflussi-deflussi
Bacino 3	Intervento 5 - Sito A	3.2	3.7	Metodo razionale
Bacino 4	Intervento 2B (strada Cuminetti)	0.3	0.4	Metodo razionale
Bacino 5	Intervento 2A (strada Cuminetti)	0.9	1.1	Metodo razionale
Bacino 6	Intervento 1 (confluenza Valsoglia-Ceronda)	20.9	27.4	Afflussi-deflussi
Bacino 7	Intervento 3 (Rio Bossa - area giochi)	8.1	11.0	Afflussi-deflussi

3.2 Riferimenti

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (2001): *Piano per l'Assetto Idrogeologico - 7- Norme di attuazione - Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica*, Parma.

CHOW V.T., MAIDMENT D., MAYS L.W. (1988): *Applied hydrology*, McGraw-Hill, New York.

DODSON INC. (1995): *ProHEC1 Plus*, Program Documentation, 4-16.

FERRARI S. (1994): *Osservazioni empiriche per la costruzione di un nubifragio di progetto*, Idrotecnica, 2, 51-57.

HEC-RAS (2001): *Hydraulic reference manual*, Dodson & Associates.

RANZI R. & ROSSO R. (1994). *FLEA - Manuale d'uso*.

SINGH, VIJAY P. (1992). *Elementary Hydrology*, Prentice-Hall.

4 ANALISI IDRAULICA

L'analisi idraulica ha lo scopo di valutare l'efficacia delle soluzioni proposte.

4.1 Dati topografici

Le modellazioni idrauliche si fondano sui seguenti dati topografici:

- Intervento 1 - Rio Valsoglia: a terra con cordelle e triplometro
- Intervento 2A - Strada Cuminetti 1: a terra con stazione topografica totale
- Intervento 2B - Strada Cuminetti 2: a terra con stazione topografica totale
- Intervento 3 - Rivo Bossa: a terra con cordelle e triplometro
- Intervento 5A - Strada Galliassi A: a terra con cordelle e triplometro
- Intervento 5B - Strada Galliassi B: a terra con stazione topografica totale

Per gli interventi 1, 3 e 5A si è proceduto alla ricostruzione manuale dello stato dei luoghi e del relativo modello digitale del terreno tramite il software Civil 3D® dell'Autodesk® con estrazione delle curve di livello.

Per i restanti interventi 2A, 2B e 5B, la procedura è stata la seguente:

1. scarico dei dati dallo strumento topografico e prima elaborazione tramite il software Leonardo® della LEOSH®;
2. realizzazione del modello tridimensionale del terreno a triangoli TIN tramite il software Civil 3D® dell'Autodesk®;
3. estrazione delle curve di livello.

In aggiunta, per il solo intervento 5B, l'implementazione delle sezioni nel codice di calcolo idraulico prevede il seguente ulteriore passaggio:

4. estrazione delle sezioni (i cui punti costituiscono il luogo geometrico derivante dall'intersezione di un piano verticale con il modello digitale del terreno).

L'usuale convenzione fornisce la rappresentazione delle sezioni guardandole nella direzione dell'acqua (spalle a monte, sguardo verso valle), ovvero procedendo da sinistra verso destra.

In APPENDICE - C- Planimetria sezioni modello idraulico, si riporta l'ubicazione delle sezioni.

4.2 La modellazione idraulica

Sono state adottate due tipologie di modellazione idraulica:

- moto uniforme per gli interventi 1, 2A, 2B, 3, 5A;
- moto permanente per l'intervento 5B.

La differente modellazione applicata è dovuta al grado di complessità della situazione da analizzare.

Nel moto uniforme il livello del battente idrico viene determinato con la formula di Chézy delle correnti a pelo libero parametrizzata secondo Gauckler-Strickler⁵, partendo dai dati geometrici della sezione semplificata, imponendo scabrezza e pendenza motrice.

Nel moto permanente, invece, la modellazione idraulica viene svolta utilizzando il codice di calcolo Hec-Ras® della U.S. Army Corps of Engineers. Il codice permette di condurre verifiche in moto permanente monodimensionali di sistemi di corsi d'acqua.

Il calcolo è stato attivato imponendo la condizione di moto "misto", in quanto si presume che la corrente possa localmente transitare attraverso lo stato critico.

4.2.1 GEOMETRIA

Nel caso di moto uniforme le sezioni di verifica riguardano solo lo stato di progetto.

Solo nel caso di moto permanente (modello dell'Intervento 5B), sono state prodotte due geometrie che riproducono rispettivamente:

- lo stato attuale, ovvero così come i corsi d'acqua si presentano:
 - l'analisi del nodo idraulico è stata approntata considerando tre tronchi collegati da una "Junction" (giunzione). La denominazione dei tronchi è la seguente: Rio Collesia a monte dell'attraversamento = Collesia_monte, Rio Collesia a valle dell'attraversamento = Collesia_valle, altro corso d'acqua confluyente = affluente;
 - l'attraversamento esistente di Strada dei Galliassi è modellato come elemento "Bridge" (ponte), le cui dimensioni sono state ricavate dal rilievo topografico;
 - lo sfioro dello scolmatore naturale sul tratto di monte del Rio Collesia è stato modellato come elemento "Lateral structure" (struttura laterale), per simulare uno stramazzo laterale in grado di ridurre le portate circolanti in funzione del livello idrometrico raggiunto;
 - le eventuali difese spondali sono state inserite nella geometria.
- lo stato di progetto è stato allestito a partire dalla geometria attuale con le seguenti modifiche:
 - aggiunta di una canna (che affianca le due esistenti) da realizzarsi a tergo della spalla sinistra dell'attraversamento. La quota del fondo risulta circa 20-30 cm più alto rispetto al fondo dell'alveo, per evitare fenomeni di sedimentazione;
 - a valle dell'attraversamento si è operato all'arretramento della sponda sinistra, ovvero si è modificata la sponda sinistra per produrre l'allargamento dell'alveo.

⁵) Equazione della portata in moto uniforme, nota come formula di Chézy parametrizzata secondo Gauckler-Strickler:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6} A \cdot \sqrt{R \cdot j}$$

Si è proceduto, successivamente e per tutte le geometrie, all'infittimento delle sezioni, eseguita mediante una interpolazione lineare, settando la distanza massima fra le sezioni a 2 m, per migliorare l'accuratezza del calcolo.

La planimetria con l'indicazione della posizione delle sezioni del modello idraulico è mostrata nell'APPENDICE - C - Planimetria sezioni modello idraulico.

4.2.2 PORTATE DI RIFERIMENTO

In Tabella 3-5 sono riportate le portate idrologiche di piena di progetto calcolate con tempi di ritorno pari a 20 e 50 anni, che in letteratura sono i tempi di ritorno di riferimento per le opere idrauliche minori (L. DA DEPO - *Sistemazione dei corsi d'acqua*, pag. 137). Si precisa

In tutti i casi in cui si è affrontata la modellazione in condizioni di moto uniforme sono state impiegate le portate citate, mentre per la modellazione in modo permanente, poiché la morfologia dei corsi d'acqua non consente il convogliamento delle portate calcolate, si è andati alla ricerca della massima capacità di convogliamento a piene rive.

In quest'ultimo caso, procedendo per tentativi con portate crescenti, essendo il nodo idraulico formato da due corsi d'acqua distinti che poi si uniscono, per l'assegnazione delle portate di calcolo per ogni rio si è mantenuto lo stesso rapporto che si osserva fra i valori delle portate di piena di progetto con i tempi di ritorno calcolati di ogni rio. Nel caso specifico, il rapporto fra la portata in ingresso del Rio Collesia di monte e dell'affluente è di 2.4 a 1.

4.2.3 CONDIZIONI AL CONTORNO

Per le modellazioni in moto uniforme, la condizione al contorno di pendenza motrice del fondo assegnata risulta essere:

- Intervento 1: 1.00%
- Intervento 2A: 5.00%
- Intervento 2B: 5.00%
- Intervento 3: 1.00%
- Intervento 5A: 5.00%

Per la modellazione in moto permanente, le condizioni al contorno sono:

- a) Rio Collesia monte attraversamento, a monte la linea dell'energia abbia una pendenza del 1.6%;
- b) Affluente, a monte la linea dell'energia abbia una pendenza del 1.6%;
- c) a valle, la linea dell'energia abbia una pendenza del 0.3%.

4.2.4 SCABREZZA

La scabrezza è stata determinata seguendo le tabelle riportate nei manuali tecnici (per esempio, il classico CHOW, 1959).

Per la modellazione in moto uniforme, si assegnano rispettivamente i valori:

- a) alveo $n = 0.040 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$;

b) condotta acciaio $n = 0.030 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$.

Per la modellazione in moto permanente, si assegnano rispettivamente i valori:

a) alveo $n = 0.040 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$;

b) piano campagna $n = 0.060 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$.

4.3 Risultati

4.3.1 MOTO UNIFORME

Con riferimento alle portate idrologiche di piena di progetto calcolate, mediante l'applicazione della formula di Chézy delle correnti a pelo libero parametrizzata secondo Gaukler-Strickler, si sono determinate le seguenti altezze dei battenti idrico di piena.

Tabella 4-1. Altezze dei battenti idrico di piena di progetto.

Intervento	h pelo libero [m]	
	Tr 20 anni	Tr 50 anni
1	1.10	1.20
2A	0.35	0.45
2B	0.25	0.30
3	0.60	0.80
5A	0.30	0.35

Riportando i livelli nelle sezioni di progetto si evince che le portate di piena calcolate risultano essere contenute negli alvei incisi.

Inoltre, le altezze delle difese previste in progetto risultano essere superiori ai livelli di piena indicati. Pertanto, le opere risultano essere compatibili.

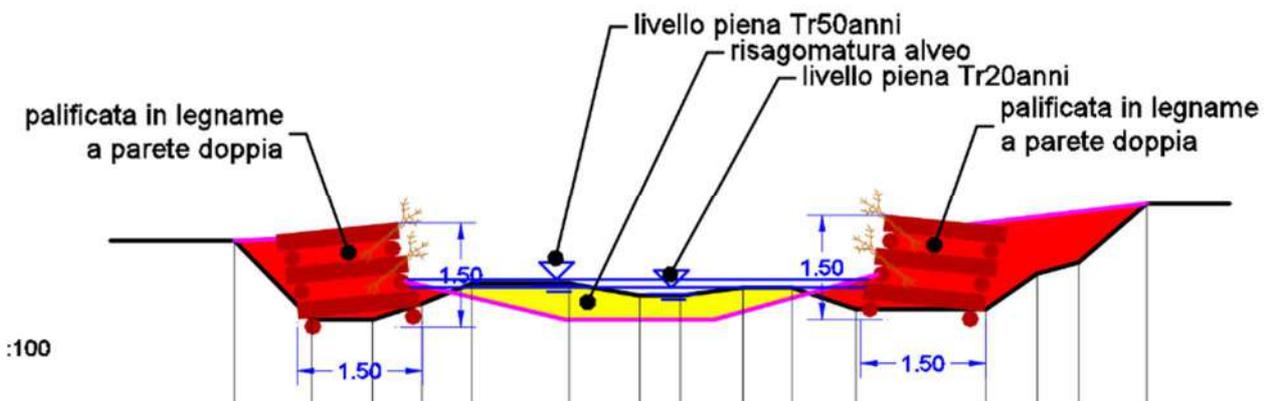


Figura 4-1 – Esempio di come le opere siano in grado di contenere i livelli di piena di progetto di riferimento.

4.3.2 MOTO PERMANENTE

Come detto nel par. §4.2.2, per l'intervento B si è andato alla ricerca delle massime portate defluenti a piene rive compatibili con gli alvei e gli attraversamenti, poiché quelle di piena di calcolo non sono convogliabili già nell'alveo a monte e pertanto vi sarebbe una situazione di esondazione del corso d'acqua.

Nell'APPENDICE - D - Modellazione idraulica si mostrano i risultati numerici delle modellazioni idrauliche.

Nell'0

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

– Sezioni modello idraulico si riportano le sezioni dei modelli idraulici nella condizione attuale (portata massima ammissibile e transitante sotto al ponte 7.70 m³/s) e di progetto (portata massima ammissibile e transitante sotto al ponte 10.60 m³/s).

STATO ATTUALE

La Figura 4-4 mostra il profilo con riferimento alla massima portata convogliabile dal ponte senza interessare il piano stradale: 7.70 m³/sec.

La portata convogliabile così individuata (7.70 m³/sec) risulta anche contenuta negli alvei incisi (4.88 m³/sec per il Collesia a monte, 2.80 m³/sec per l'affluente).

Ovviamente la presenza del ponte genera ostacolo al convogliamento delle piene, in quanto si osservano degli incrementi dei battenti idriche a monte dello stesso che si sviluppano per circa 30-40 m.

In tale condizione si verifica l'attivazione dello scolmatore naturale (che poi attraversa Strada dei Galliassi) con portate dell'ordine di circa 1.8 m³/s.

Le figure seguenti mostrano una sezione e il ponte che dimostrano che le portate determinate risultano essere convogliate a piene rive.

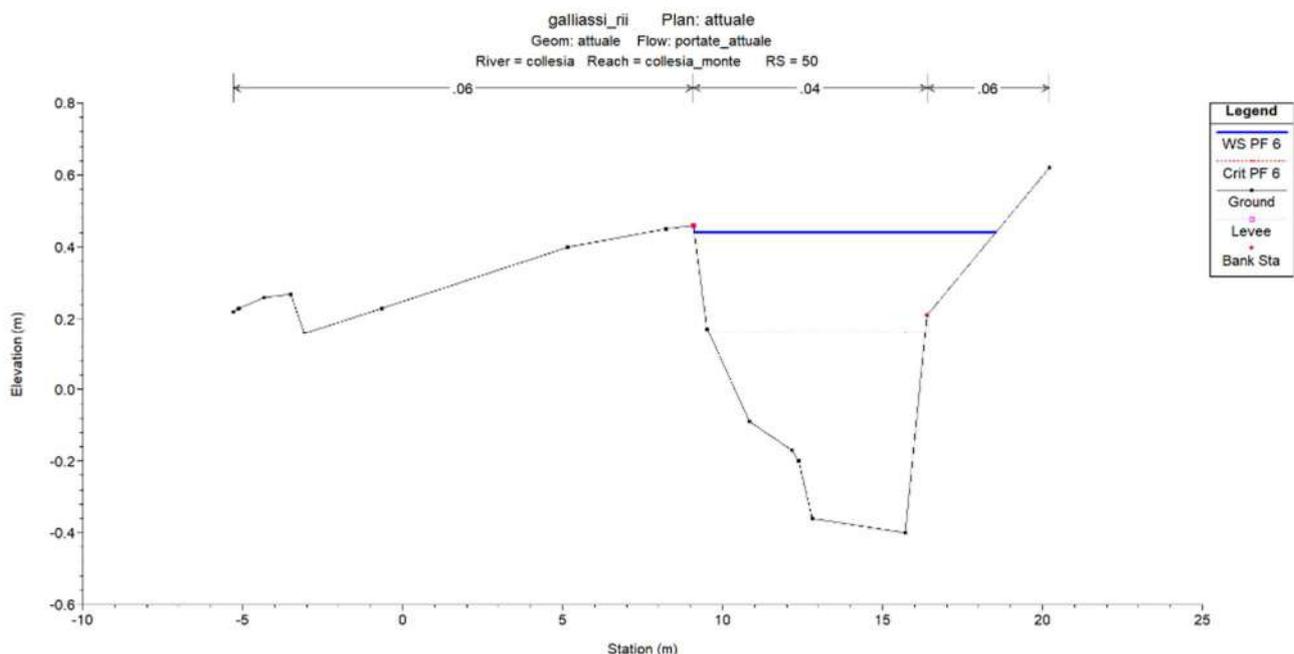


Figura 4-2 – Sezione 50 del tratto Collesia monte. Il livello risulta essere contenuto nell'alveo.

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

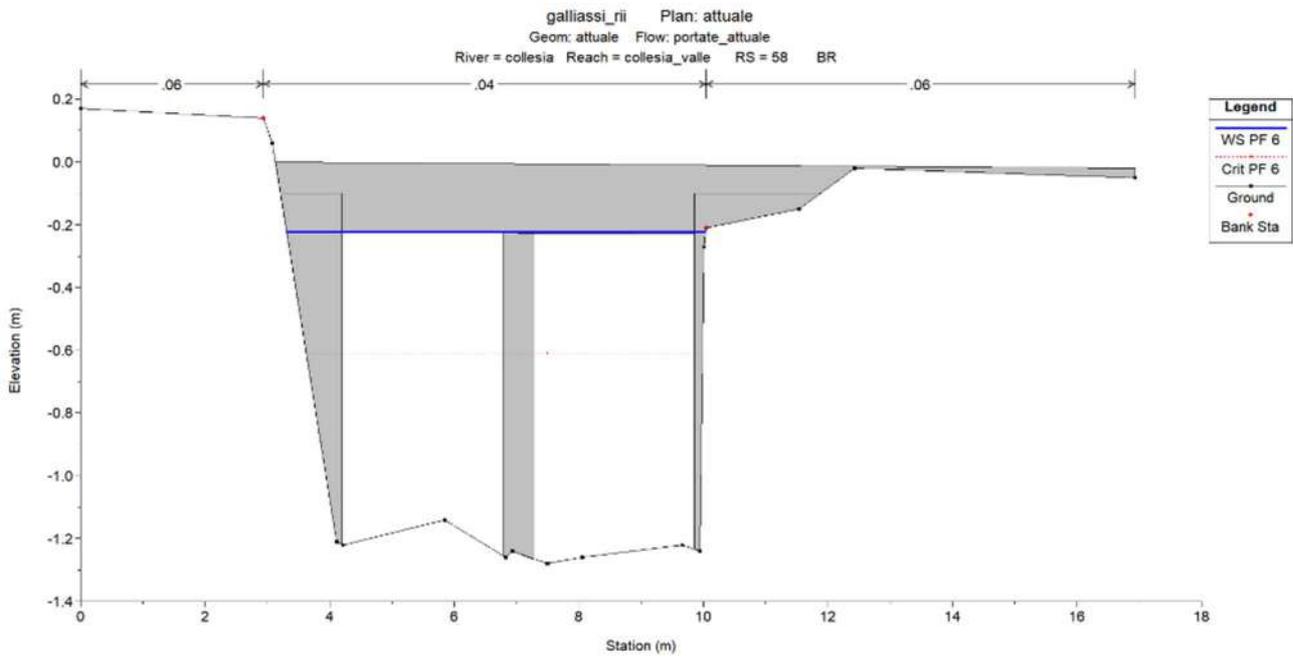


Figura 4-3 – Sezione 58 presso il ponte di Strada dei Galliassi. Le canne risultano completamente interessate dal convogliamento senza alcun franco idraulico.

Discorso a parte merita approfondire per il tratto a valle dell'attraversamento: dati la bassa pendenza del fondo (dell'ordine dello 0.3%) e la mancanza di un alveo inciso ben definito, si osservano tracimazioni. Tali fenomeni non generano grossi pericoli in quanto ci si trova in piena area boscata priva di qualsiasi manufatto di origine antropica.

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

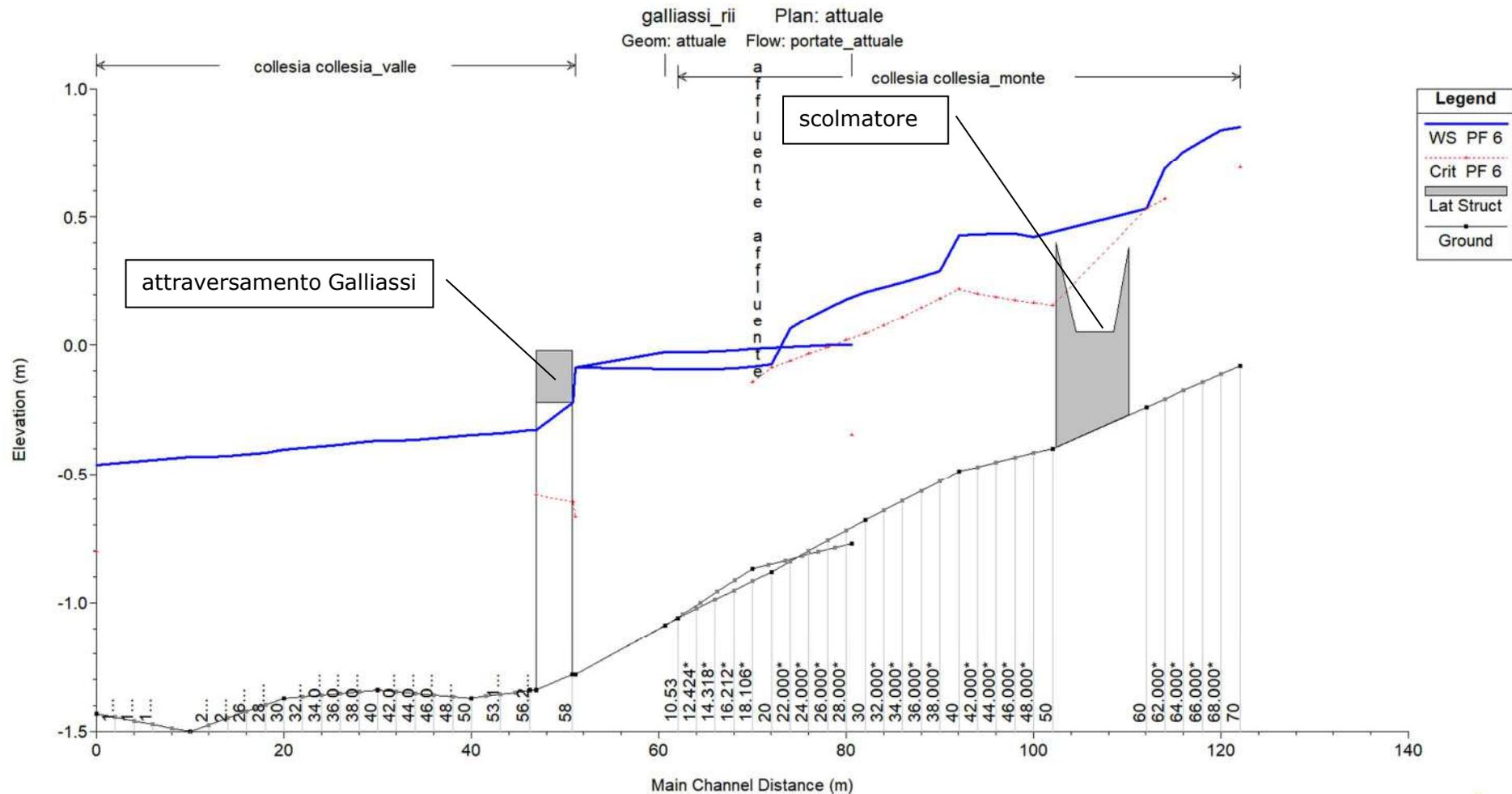


Figura 4-4 – Profilo del nodo idraulico in riferimento allo stato attuale.

STATO DI PROGETTO

La Figura 4-7 mostra il profilo con riferimento alla massima portata convogliabile dal ponte senza interessare il piano stradale: 10.60 m³/sec.

La portata convogliabile così individuata (10.60 m³/sec) risulta anche contenuta negli alvei incisi (6.60 m³/sec per il Collesia a monte, 4.00 m³/sec per l'affluente).

Anche con l'aggiunta della terza canna, la presenza del ponte genera ostacolo al convogliamento delle piene, in quanto si osservano degli incrementi dei battenti idriche a monte dello stesso che si sviluppano per circa 30-40 m.

In tale condizione si verifica l'attivazione dello scolmatore naturale (che poi attraversa Strada dei Galliassi) con portate dell'ordine di circa 3.0 m³/s.

Le figure seguenti mostrano una sezione e il ponte che dimostrano che le portate determinate risultano essere convogliate a piene rive.

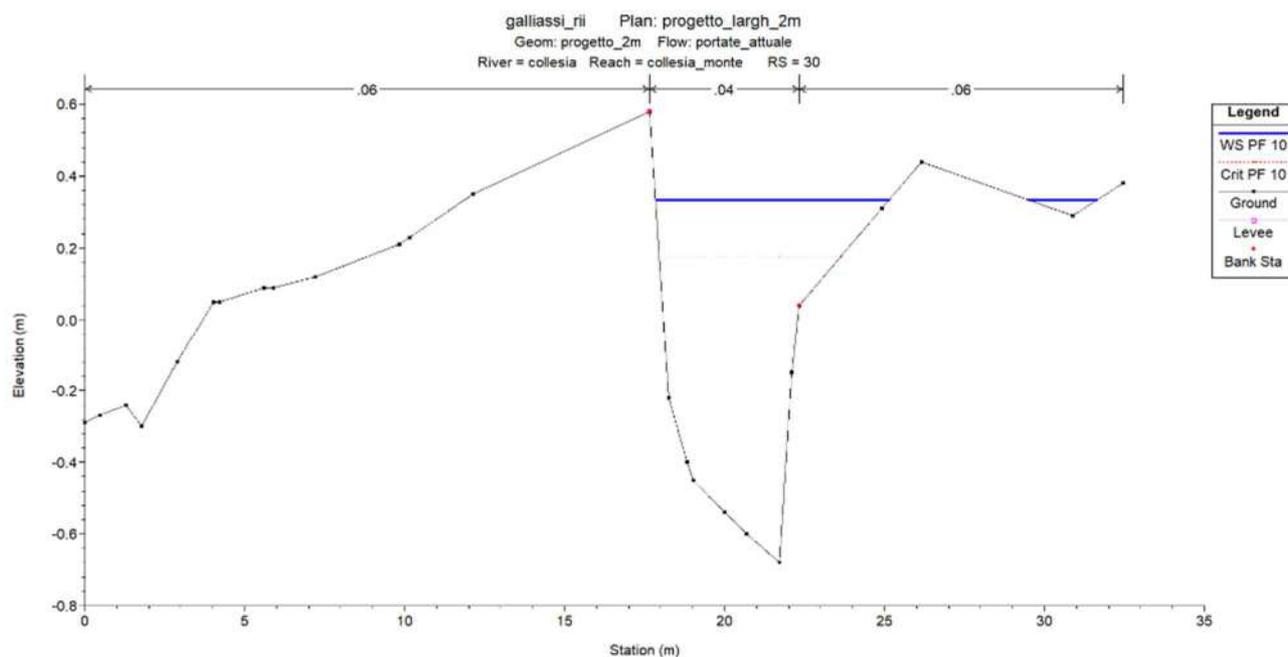


Figura 4-5 – Sezione 30 del tratto Collesia monte. Il livello risulta essere contenuto nell'alveo.

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

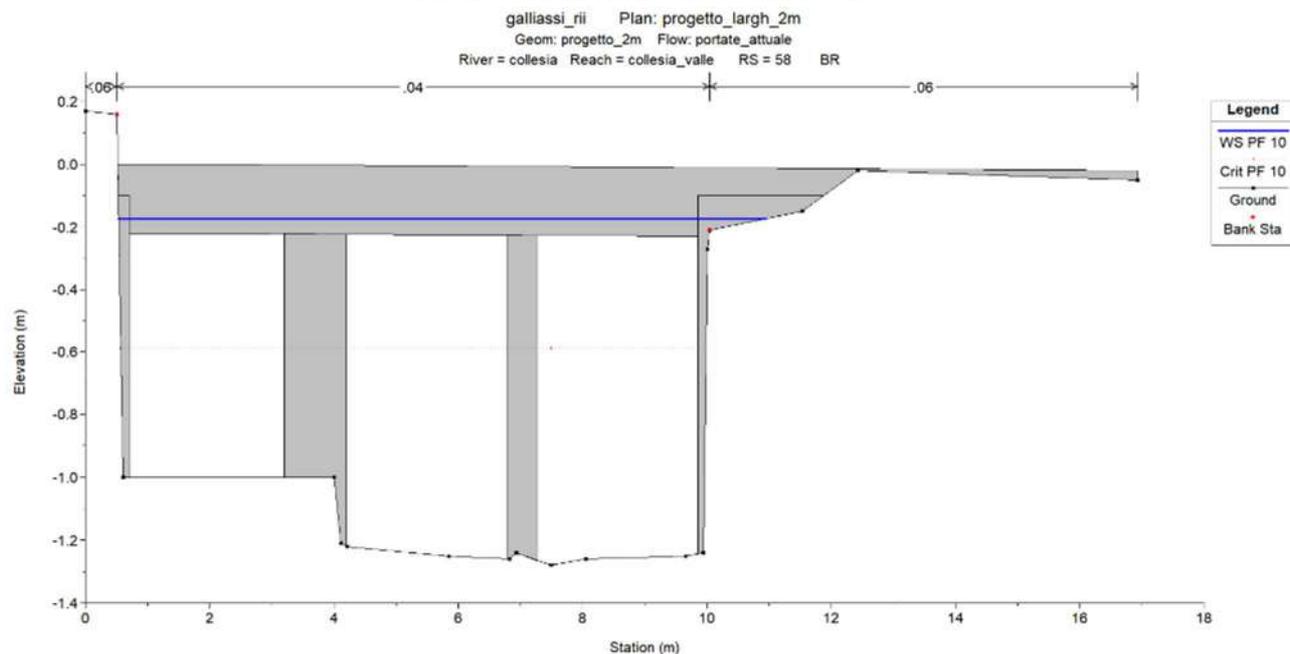


Figura 4-6 – Sezione 58 presso il ponte di Strada dei Galliassi. Le canne risultano completamente interessate dal convogliamento senza alcun franco idraulico. Si noti la canna aggiuntiva sulla sinistra dello stato di progetto.

Anche in questo caso nel tratto a valle dell'attraversamento si osservano tracimazioni oltre le sponde.

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

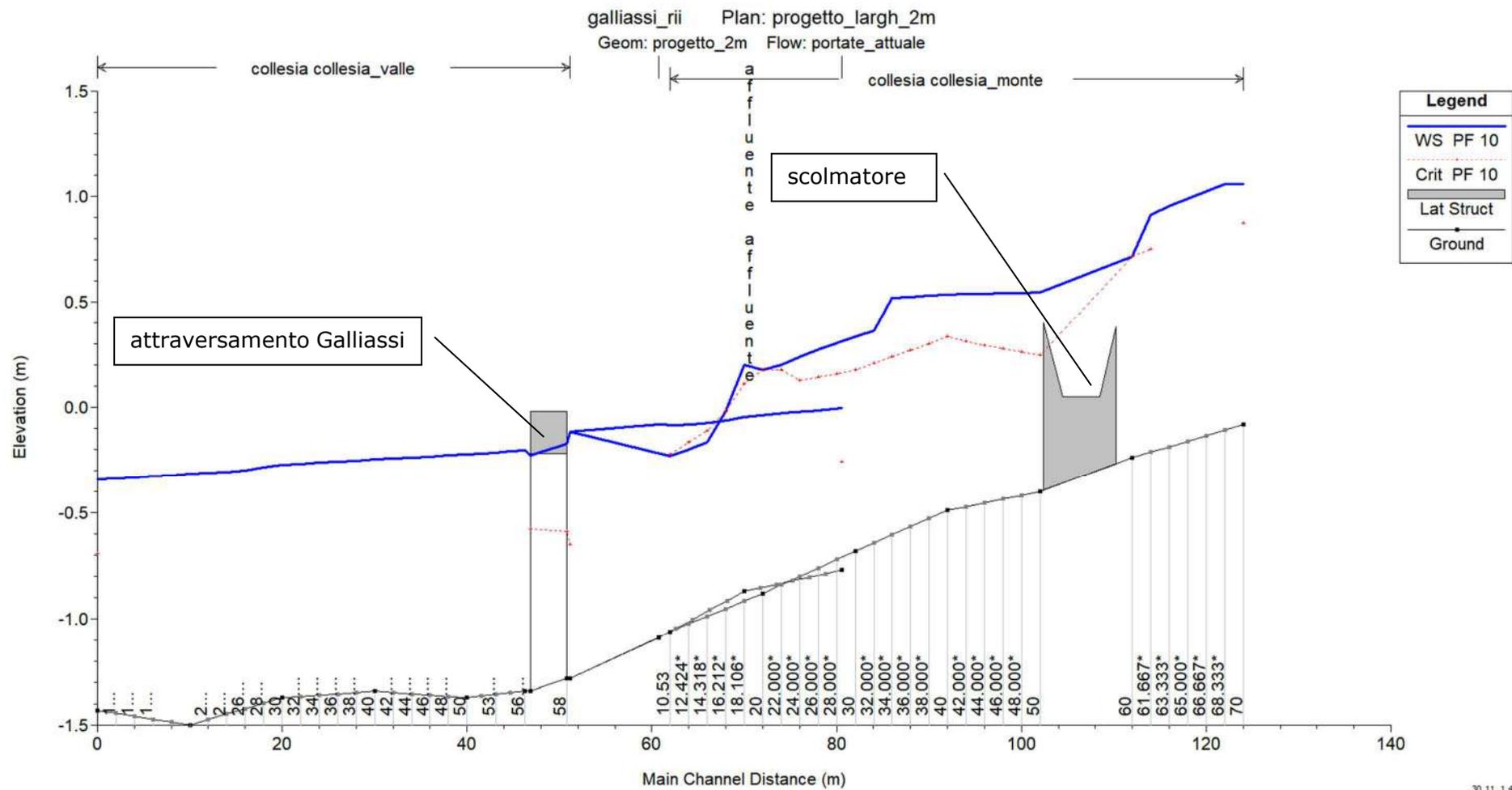


Figura 4-7 – Profilo del nodo idraulico in riferimento allo stato di progetto.

5 DIMENSIONAMENTO GUADO INTERVENTO 5A

Si procede al dimensionamento del guado, determinandone larghezza, approfondimento e forma, in modo tale da convogliare interamente la portata con tempo di ritorno 50 anni (3.7 m³/sec).

La semicatenaria avrebbe l'aspetto indicato nella figura seguente, da cui si deduce il valore dell'estremo $Y = 0.51$ m.

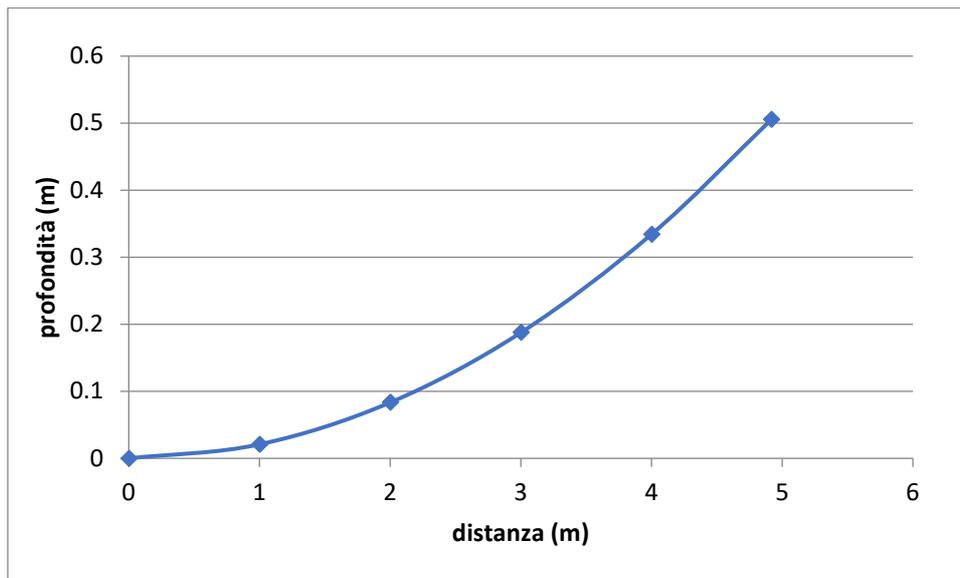


Figura 5-1 – Semisezione della catenaria che materializza il profilo del guado con profondità 0.51 m.

La determinazione delle ordinate avviene secondo lo schema seguente a partire dal parametro a dell'equazione:

a	24					
x (m)	0	1	2	3	4	4.918227
y (m)	0	0.02	0.08	0.19	0.33	0.51
area		0.495	0.454	0.370	0.245	0.079
Y (m)	0.51	0.48	0.42	0.32	0.17	0.00

L'area bagnata risulta dal conteggio condotto per strisce verticali di ampiezza 1 m ed è pari a 0.245 m².

L'area indicata si riferisce alla figura, quindi a metà della sezione.

La profondità critica pertanto, data la portata e l'area bagnata risulta:

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \cdot A^2}} = \left(\frac{3.70}{9.81 \cdot (2 \cdot 0.245)^2} \right) = 0.51m$$

Il guado, profondo 0.52 m risulta pertanto in grado di contenere la corrente che si sviluppa con profondità 0.51 m.

In definitiva, il guado è realizzato in massi non cementati, presenta lunghezza di 10 m e profondità di 0.52 m, nonché presenta due raccordi sempre in massi verso monte e valle della lunghezza di 1 m ciascuno, portando a 12 m la lunghezza complessiva dell'opera.

6 DIMENSIONAMENTO ATTRAVERSAMENTO SCOLMATORE INTERVENTO 5B

Per il dimensionamento dell'attraversamento dello scolmatore si è fatto nuovamente uso della formulazione del moto uniforme, descritta nel par. §4.2.

Nota la pendenza del fondo $j = 1.5\%$, la larghezza complessiva dei fornicci $L = 4$ m (due scatolari da 2 m ciascuno), la portata di calcolo di $3 \text{ m}^3/\text{sec}$ corrispondente alla condizione dello stato di progetto del par. §4.3.2, si avrebbe che il battente idrico nelle canne presenti un'altezza di 35 cm, pertanto compatibile con l'altezza degli scatolari di 80 cm.

Il calcolo rigoroso della massima capacità di convogliamento dell'attraversamento, corrispondente all'altezza completa dello scatolare di 80 cm, porterebbe a valori di portata di circa $17 \text{ m}^3/\text{sec}$. Tale situazione difficilmente potrebbe verificarsi per alcune ragioni:

- l'alveo del corso d'acqua principale a monte, da cui parte lo scolmatore, non è in grado di convogliare tale portata;
- l'approfondimento del fondo degli scatolari, e quindi dello scorrevole, come da progetto è pari a circa la metà dell'altezza dello stesso (40 cm). Pertanto, una volta superata tale quota l'acqua in piena, oltre a passare sotto all'attraversamento, raggiungerebbe i rilevati stradali ai lati del manufatto, andando di fatto ad interessare il piano campagna circostante.

In definitiva, lo scolmatore sarebbe in grado di ridurre le portate defluenti nel Rio Collesia (che poi andranno a transitare sotto al ponte di Strada dei Galliassi) dell'ordine di $3-4 \text{ m}^3/\text{sec}$.

7 CONCLUSIONI

Le opere in progetto risultano essere compatibili con i livelli di piena individuati (Tr 20 e 50 anni). Il loro scopo è quello di proteggere dall'erosione le varie criticità idrauliche individuate nel progetto.

Nella specificità dell'intervento 5B di Strada dei Galliassi si conclude quanto segue:

- gli alvei del rio Collesia e dell'affluente non sono in grado di convogliare le portate di piena di progetto calcolate per tempi di ritorno di 20 e 50 anni;
- l'attraversamento attuale è in grado di convogliare la portata massima di $7.70 \text{ m}^3/\text{sec}$ senza interessare il piano stradale;
- nella situazione attuale, ogni qual volta si attiva lo scolmatore naturale, il sedime stradale è interessata dal transito di acqua, rendendone difficoltosa la percorrenza;
- l'attraversamento in progetto (aggiunta della terza canna) è in grado di convogliare la portata massima di $10.60 \text{ m}^3/\text{sec}$ senza interessare il piano stradale;

- compatibilmente con la massima portata convogliata dal ponte nello stato di progetto, quelle risultanti risultano anch'esse convogliate a piene rive nei rispettivi alvei (6.60 m³/sec per il Collesia a monte, 4.00 m³/sec per l'affluente);
- l'attraversamento in progetto consente di convogliare circa 3 m³/sec in più rispetto a quello attuale, che coincide ad un incremento dell'ordine di grandezza del 35%;
- il fondo della canna aggiunta dovrà essere ubicato circa 20-30 cm più in alto rispetto al fondo dell'alveo attuale per evitare fenomeni di deposito di sedimenti fini;
- la creazione dello scolmatore permanente evita che la portata transitante non si disperda nel bosco in maniera incontrollata;
- il nuovo attraversamento stradale dello scolmatore evita che, ogni qual volta si attivi il canale, il sedime di Strada dei Galliassi venga attraversato dall'acqua, aumentando di conseguenza la sicurezza nei confronti della percorrenza della viabilità;
- vista la fisionomia dell'attraversamento dello scolmatore in progetto, si ritiene che lo scolmatore stesso possa portare alla riduzione della portata defluente nel Rio Collesia dell'ordine dei 3-4 m³/sec, andando, di fatto, a ridurre l'intensità delle portate dell'attraversamento di Strada dei Galliassi;
- l'allargamento della sezione dell'alveo del Collesia a valle dell'attraversamento, realizzato mediante l'arretramento della scogliera, migliora considerevolmente l'efflusso dal manufatto, compensando la forte riduzione della pendenza del fondo del tratto.

In conclusione, le opere in progetto andranno a prevenire il rischio legato al cambiamento climatico, incrementando la resilienza del territorio ai mutamenti climatici, nonché si andranno a compiere delle azioni in grado di garantire una adeguata resa a prova di clima.

8 RIFERIMENTI

CHOW V.T (1959): *Open-channel Hydraulics*, Mc Graw Hill, New York

APPENDICE - A DESCRIZIONE DELLO SCHEMA DI CALCOLO ADOTTATO DAL MODELLO NUMERICO HEC-1 ATTIVATO SECONDO I CRITERI DEL METODO SCS.

Lo sviluppo dei calcoli del codice Hec-1 è avvenuto utilizzando il codice ingegnerizzato dalla Dodson & associati di Houston, che, sotto il nome di ProHec-1, mette a disposizione un pacchetto contenente una gestione avanzata dei dati e delle uscite.

In bacini privi di misure derivate da osservazioni dirette, la *Direttiva sulla piena di progetto da assumere per la progettazione e le verifiche di compatibilità idraulica* prevede il ricorso ad alcune metodologie di calcolo, tra le quali compare il metodo SCS (Soil Conservation Service) largamente usato anche negli Stati Uniti ed utilizzato dalle routines di calcolo del modello citato. Tale metodo sintetizza le caratteristiche idrologiche di un bacino attraverso un unico parametro CN (Curve Number) che definisce la relazione precipitazione-volume di deflusso. Il CN rappresenta dunque l'attitudine di una porzione di terreno a produrre deflusso e può essere calcolato in modo indiretto sulla base delle caratteristiche geopedologiche e vegetazionali del bacino stesso.

SCHEMA DI FORMAZIONE DEL DEFLUSSO

Il metodo ⁽⁶⁾ assume che, nel corso di un evento di piena, il deflusso superficiale, V , sia proporzionale a quello precipitato I , depurato dell'assorbimento iniziale I_a in ragione del rapporto fra volume infiltrato F e un volume S che caratterizza la *massima ritenzione potenziale*.

$$\frac{F}{S} = \frac{V}{I - I_a}$$

nella quale le grandezze, espresse in mm, rappresentano:

V	volume di deflusso superficiale
S	contenuto idrico massimo del suolo
F	volume infiltrato
I	precipitazione
I_a	assorbimento iniziale

Da una semplice equazione di bilancio, il volume infiltrato risulta pari alla precipitazione lorda ridotta dell'assorbimento iniziale e del volume ruscellato

$$F = I - I_a - V$$

e si determina la relazione

$$V = \frac{(I - I_a)^2}{I - I_a + S}$$

che rappresenta la stima del volume di ruscellamento in funzione del volume della precipitazione e di due parametri caratteristici del bacino; la capacità di assorbimento iniziale I_a e la massima ritenzione potenziale S .

La massima ritenzione potenziale dipende, per un certo stato iniziale di imbibizione del bacino, dalla combinazione di due fattori: la natura del terreno e l'uso del suolo. L'effetto

⁽⁶⁾ Si segue la descrizione fornita da RANZI & ROSSO (1995).

combinato di questi due fattori è rappresentato dal parametro CN il quale è legato ad S dalla relazione

$$S = S_0 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

dove $0 < CN < 100$ ed S_0 è una costante di scala dipendente dalla unità di misura (254 se le grandezze sono misurate in mm).

Come già accennato in precedenza, il parametro CN rappresenta l'attitudine di un bacino a produrre deflusso e può essere ricavato a partire dalle caratteristiche pedologiche dei suoli. Si assume anche che il valore di CN possa variare in relazione alle condizioni iniziali di imbibizione al momento dell'evento pluviometrico, noto come AMC.

L'imbibizione viene espressa, in modo qualitativo, in funzione delle precipitazioni dei 5 giorni antecedenti (API_5). A seconda del valore di API_5 si individuano le tre classi AMC I, II e III (AMC Antecedent Moisture Condition) le quali rappresentano rispettivamente:

- AMC I : terreno inizialmente asciutto
- AMC II : terreno mediamente imbibito
- AMC III: terreno fortemente imbibito

Nella seguente si riportano gli stati di imbibizione del suolo considerati:

Classe	Pioggia totale nei 5 giorni antecedenti l'evento	
	Riposo vegetativo	Stagione di crescita
I	< 13 mm	< 36 mm
II	13 ÷ 28 mm	36 ÷ 53 mm
III	> 28 mm	> 53 mm

Noto il valore di CN per la classe AMC II (ossia CN_{II}) si possono valutare rispettivamente:

$$CN_I = \frac{CN_{II}}{2.3 - 0.013CN_{II}}$$

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.43 + 0.0057CN_{II}}$$

Per una data condizione AMC, il valore di CN dipende dalle caratteristiche idrologiche del suolo, in relazione alla maggiore o minore permeabilità. Inoltre, per un dato tipo idrologico di suolo, il valore di CN varia notevolmente a seconda dell'uso del suolo. I valori numerici sono indicati nelle tabelle che seguono con riferimento alla condizione AMC II.

Per identificare il tipo idrologico di suolo bisogna analizzare le caratteristiche geopedologiche ed a questo punto si incontrano decise difficoltà a causa della mancanza di indicazioni in merito ai suoli. Recenti contributi in merito suggeriscono l'uso di tabelle per assegnare valori numerici alla tessitura e struttura del suolo (Π_1) ed alla permeabilità del suolo (Π_2) ricavando così il punteggio $\Pi = \Pi_1 + \Pi_2$ in base al quale attribuire il suolo ad uno dei quattro tipi. Il valore CN si ottiene per incrocio delle caratteristiche idrologiche del suolo (quattro tipi idrologici A, B, C, D) a permeabilità decrescente e delle caratteristiche di uso prevalente.

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

Seguendo la procedura con cui HEC-1 schematizza il processo di formazione del deflusso, ogni bacino viene suddiviso in sottobacini per ognuno dei quali vengono forniti i parametri morfometrici di interesse (area, pendenza media dei versanti, lunghezza dell'asta, etc.). Il contributo di ogni sottobacino viene sommato in corrispondenza delle confluenze per calcolare, alla fine del tratto considerato, l'idrogramma in uscita. Il programma richiede la precipitazione ragguagliata dell'evento in esame o l'assegnazione di un idrogramma di progetto. Le portate dipendono fortemente dalla distribuzione temporale delle precipitazioni e dalla capacità di assorbimento del terreno. Per ogni sottobacino deve essere calcolato il "tempo di ritardo" (TL), corrispondente all'intervallo tra il baricentro del pluviogramma ed il picco dell'idrogramma. In base alla formula di Mockus:

$$TL = 0.342 \cdot Y^{-0.5} \cdot L^{0.8} \cdot (1000/CN - 9)^{0.7}$$

dove:

CN coefficiente che definisce la relazione tra precipitazione e volume di deflusso del bacino;

Y pendenza media del bacino espressa in %

L lunghezza del collettore principale prolungato fino allo spartiacque, espressa in km.

Si osservi che la formula di Mockus rende il tempo di ritardo indirettamente proporzionale al valore del CN, ossia bacini impermeabili presentano tempi di concentrazione più brevi di corrispondenti bacini permeabili.

Il modello prevede pertanto l'impiego di tre componenti:

- il sottobacino, caratterizzato da una sezione di chiusura e descritto dai parametri morfometrici e dal CN;
- il tronco d'alveo, che collega due sezioni di chiusura di sottobacini successivi, caratterizzato da lunghezza, pendenza media, forma della sezione e scabrezza. Lungo un tronco d'alveo sono possibili fenomeni di invaso e quindi di laminazione, pertanto il tronco viene trattato con le relazioni tipiche della propagazione (per esempio, metodo Muskingam-Cunge);
- l'inter-bacino, ossia il versante che contribuisce ad un tronco d'alveo. Nello schema si immagina che l'interbacino contribuisca per intero confluendo alla sezione di chiusura del sottobacino immediatamente a valle ove si sommano così tre idrogrammi: l'idrogramma, opportunamente laminato lungo il tronco d'alveo, proveniente da monte, l'idrogramma dell'interbacino, l'idrogramma del sottobacino confluyente nel tronco.

ELABORAZIONE DELLO IETOGRAMMA DI PROGETTO

Per quanto riguarda la distribuzione spaziale delle precipitazioni, è stato assegnato un *coefficiente di riduzione o di abbattimento* della precipitazione in funzione dell'area del bacino.

Coefficienti validi per estensioni fino a 150 Km², sono stati riscontrati nell'analisi di numerosi eventi pluviometrici registrati nella pianura veneta fra Adige e Po dal radar di Teolo (BIXIO e MONAI, 1997).

La relazione proposta ha la forma:

$$C = S^{-k}$$

essendo:

ANSELMO associati

Via Vittorio Emanuele, 14 - 10023 Chieri (TO)

Tel./fax 011-9415835 - e-mail. info@anselmoassociati.it - www.anselmoassociati.it

S l'area interessata (km²);

k espresso in funzione di una relazione logaritmica della durata della pioggia data da:

$$k = a \ln t + a'$$

ove

t durata in ore;

$$a = 0.0716 F - 0.0775;$$

$$a' = -1.0072 F^3 + 2.2314 F^2 - 1.9141 F + 0.7529;$$

con F probabilità cumulata dell'evento collegabile al tempo medio di ritorno in base alla relazione $Tr=1/(1-F)$.

Nell'ambito dei dati disponibili, gli autori segnalano che la massima correlazione si è osservata per valori di F compresi fra 0.95 e 0.30 ossia per eventi con probabilità molto alta (tempo medio di ritorno compreso fra 20 e 3 anni). Nel caso in esame, si è deciso di estrapolare anche a valori di F superiori (F=0.995 per tempo di ritorno di 200 anni).

Per quanto riguarda la distribuzione spaziale della pioggia media, il modello Hec-1 opera come descritto in seguito. Si suppone che la portata sia determinata, in ogni sezione, in base alla somma degli idrogrammi confluenti e il valore del colmo è scalato per tener conto della riduzione della pioggia media con l'area. In altre parole, è noto che (CLABORN, DODSON & BARRETT, 1995) l'altezza media della precipitazione su un bacino diminuisce all'aumentare dell'area. Pertanto è necessario ricalcolare la portata di ciascun bacino a mano a mano che l'area scolante aumenta. Hec-1 opera determinando un certo numero di idrogrammi calcolati a partire da un numero di altezze di pioggia espresse in funzione dell'area, per esempio in base ad un'assegnata legge di abbattimento della pioggia puntuale. Tali idrogrammi sono denominati idrogrammi-indice. In ciascuna confluenza, l'idrogramma appropriato deve corrispondere all'estensione dell'area scolante sottesa dalla confluenza ed è derivato per interpolazione fra gli idrogrammi-indice relativi a valori di area scolante che stanno a cavallo dell'area del bacino in oggetto. In pratica si assegnano, per noto tempo medio di ritorno e durata, le altezze di pioggia H associate ad aree crescenti H₅, H₁₀, H₂₀, H₅₀ etc. essendo il pedice il valore dell'area. Considerando la confluenza fra due sottobacini A e B (per esempio di 8 e 15 km², quindi con somma X = 23 km²) l'idrogramma alla confluenza A + B non può derivare dalla pura somma dei due idrogrammi A e B in quanto non sarebbe rappresentativo dell'area totale. Si determina allora l'idrogramma interpolato fra la somma degli idrogrammi A_{102.6}+B_{102.6} e A_{101.5}+B_{101.5} calcolati separatamente come conseguenza delle precipitazioni rispettivamente pari, per esempio, a 102.6 e 101.5 mm sui due bacini A e B. La formula di interpolazione segue i due principi che:

- la trasformazione afflussi-deflussi sia lineare;
- l'altezza di pioggia vari approssimativamente in ragione del logaritmo dell'area indice;

Si ottiene che:

$$Q_x = Q_1 \cdot \left(\frac{\log \frac{A_x}{A_2}}{\log \frac{A_2}{A_1}} \right) + Q_2 \cdot \left(\frac{\log \frac{A_x}{A_1}}{\log \frac{A_2}{A_1}} \right)$$

essendo

A_x l'area alla confluenza

A₁ l'area indice inferiore

A₂ l'area indice superiore

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

Q le portate corrispondenti all'indice

Tale concetto è semplificato nella Figura A - 1.

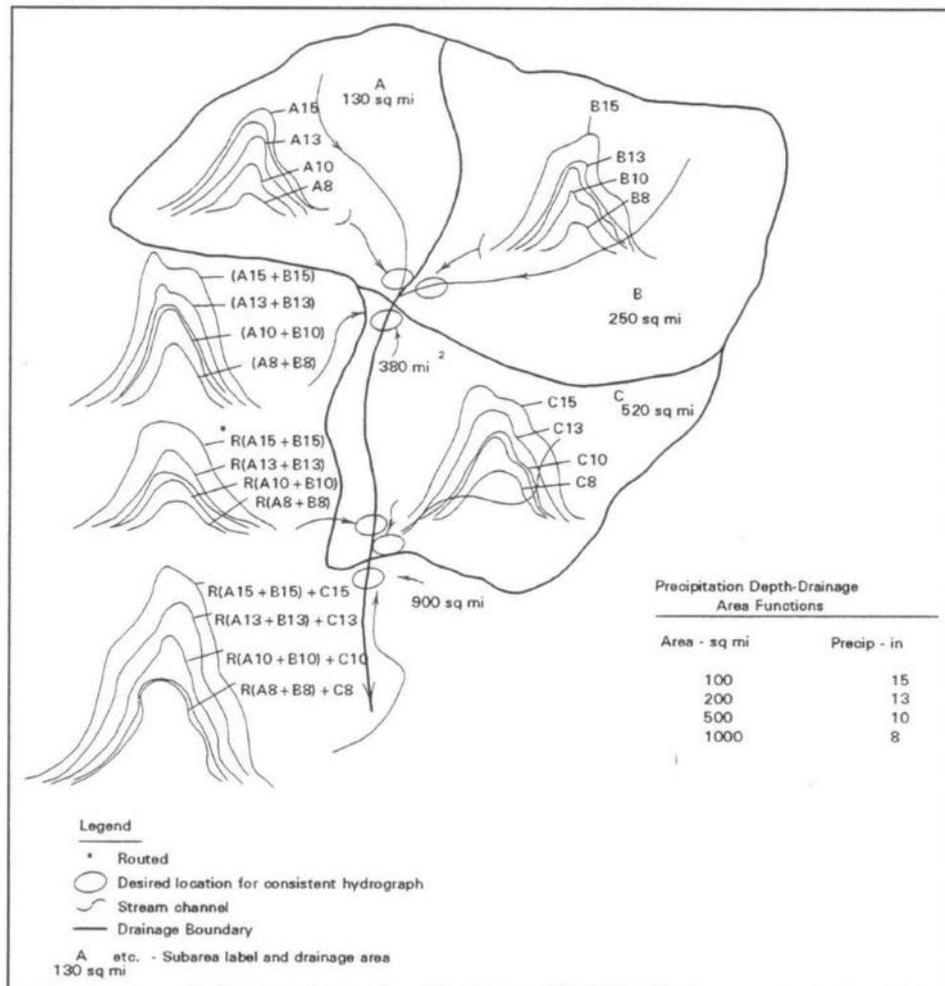


Figura A - 1. Schematizzazione dello schema di interpolazione utilizzato dal codice di calcolo HEC-1 (tratto da ProHEC1 Plus, Program Documentation, pag 4-16).

La distribuzione temporale è stata ipotizzata considerando precipitazioni di diversa durata, al fine di determinare la durata di pioggia critica. Nella determinazione dell'altezza della precipitazione totale si è utilizzata la relazione esposta in precedenza mentre, per quanto riguarda la distribuzione temporale, si è pensato di distribuire la precipitazione considerando l'effetto di uno scroscio, in base al quale si assume che l'intensità di precipitazione aumenti nell'ultimo quarto dell'evento. Il criterio deriva da un'indagine effettuata su un campione di oltre 16 mila ietogrammi dei quali è stato studiato l'andamento temporale dell'intensità (FERRARI, 1994). Tale procedura prevede una ripartizione percentuale della precipitazione totale in due distinti periodi costituiti da: un primo periodo di durata pari ai tre quarti della durata totale dell'evento e da un secondo periodo di durata pari al restante quarto della durata totale. La ripartizione del totale di pioggia nei due periodi varia con la durata della pioggia. In tale modo, soprattutto nel caso di precipitazioni prolungate, si ottiene un periodo di maggior precipitazione dopo diverse ore dall'inizio dell'evento.

Tale situazione risulta peggiorativa, a parità di altezza totale di pioggia, e ricorrente in numerosi eventi gravi che hanno interessato le regioni alpine.

Lo ietogramma utilizzato pertanto segue le seguenti regole:

ANSELMO associati

Via Vittorio Emanuele, 14 - 10023 Chieri (TO)

Tel./fax 011-9415835 - e-mail. info@anselmoassociati.it - www.anselmoassociati.it

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

- suddivisione della durata della pioggia in due periodi pari rispettivamente a tre quarti ed un quarto della durata totale;
- ripartizione della altezza di pioggia in ciascun periodo in funzione della durata dell'evento;
- intervallo di riferimento per l'implementazione del modello numerico pari a 15 minuti;

Pertanto, posta pari all'unità l'altezza totale della pioggia, la distribuzione rispetto all'altezza totale in ciascun intervallo di 15 minuti presenta i valori riportati nella Tabella A 1.

Tabella A 1. Ripartizione temporale della precipitazione nel corso di un evento in funzione della durata della pioggia.

Durata di pioggia [h]	Valore rispetto al totale attribuito a ciascun intervallo di 15 minuti in cui è suddiviso il periodo di pioggia							
	1	2	3	6	12	24	36	48
Numero intervalli totale	4	8	12	24	48	96	120	144
% di quanto piovuto in 15 minuti rispetto alla precipitazione totale (primo periodo)	13.3	8.3	5.6	3.1	1.5	0.8	0.6	0.4
% di quanto piovuto in 15 minuti rispetto alla precipitazione totale (secondo periodo)	60	25	16.7	7.5	3.8	1.7	1.1	0.8
N.B. La ripartizione assume che, nel primo periodo, cada la % indicata								
40% del totale per durate < 1 ora								
45% del totale per durate > 1 ora e < 3 ore comprese								
50% del totale per durate > 3 ore e < 6 ore comprese								
60% del totale per durate > 6 ore e < 12 ore comprese								
65% del totale per durate > 12 ore								

APPENDICE - B DESCRIZIONE DELLO SCHEMA DI CALCOLO ADOTTATO DAL MODELLO NUMERICO HEC-RAS ATTIVATO IN MOTO PERMANENTE (VERIFICHE IDRAULICHE)

La determinazione del profilo del pelo libero è stata effettuata mediante modellazione in moto permanente della portata di riferimento tramite il codice numerico HEC-RAS è stato messo a punto dalla Hydrologic Engineering Center (HEC) di Davies, California alla fine degli anni '60 con il nome HEC-2. Adattato all'ambiente Windows® nel 1996 con la nuova denominazione di HEC-RAS (River Analysis System) e dotato d'interfaccia GUI, il codice è attualmente disponibile nella release 3.1 (novembre 2002). Si tratta di un codice di calcolo diffuso a livello internazionale e ampiamente collaudato. Negli USA, in particolare, costituisce l'algoritmo di riferimento per la determinazione dei livelli idrici richiesto dalla FEMA nelle procedure connesse alla copertura assicurativa dei danni alluvionali.

Il codice di calcolo esegue la determinazione del profilo del pelo libero nelle condizioni di moto permanente monodimensionale. La versione 3.0 ha incluso l'analisi in moto vario e si prevede l'estensione all'analisi del trasporto solido su contorno mobile.

Il profilo del pelo libero è calcolato per ogni sezione trasversale risolvendo l'equazione dell'energia con una procedura iterativa denominata standard step method ampiamente descritta nei testi classici dell'idraulica delle correnti a pelo libero.

B.1 Informazioni generali

L'equazione dell'energia fra due sezioni trasversali (1) e (2), con la sezione 1 ubicata a valle della sezione 2, viene scritta nella forma classica, riferita all'unità di peso del liquido:

$$y_2 + z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = y_1 + z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

dove:

y profondità della corrente nella sezione (m)

z quota del fondo (m)

V velocità media della corrente nella sezione (portata totale/area totale)

α coefficiente di Coriolis che tiene conto della forma della sezione

g accelerazione di gravità (9.81 m/s²)

he perdita di energia (m)

Il significato geometrico dei simboli è illustrato nella Figura A 1.

La sezione trasversale del corso d'acqua viene rappresentata mediante ascissa e ordinata dei punti rilevati e schematizzata in tre settori rilevanti ai fini del convogliamento della portata: golena sinistra (indicata con pedice lob), canale principale (pedice ch), golena destra (pedice rob), ritenendo che in ciascuno dei tre settori la distribuzione di velocità sia uniforme (in caso contrario si procederà ad ulteriori suddivisioni, come riferito in seguito).

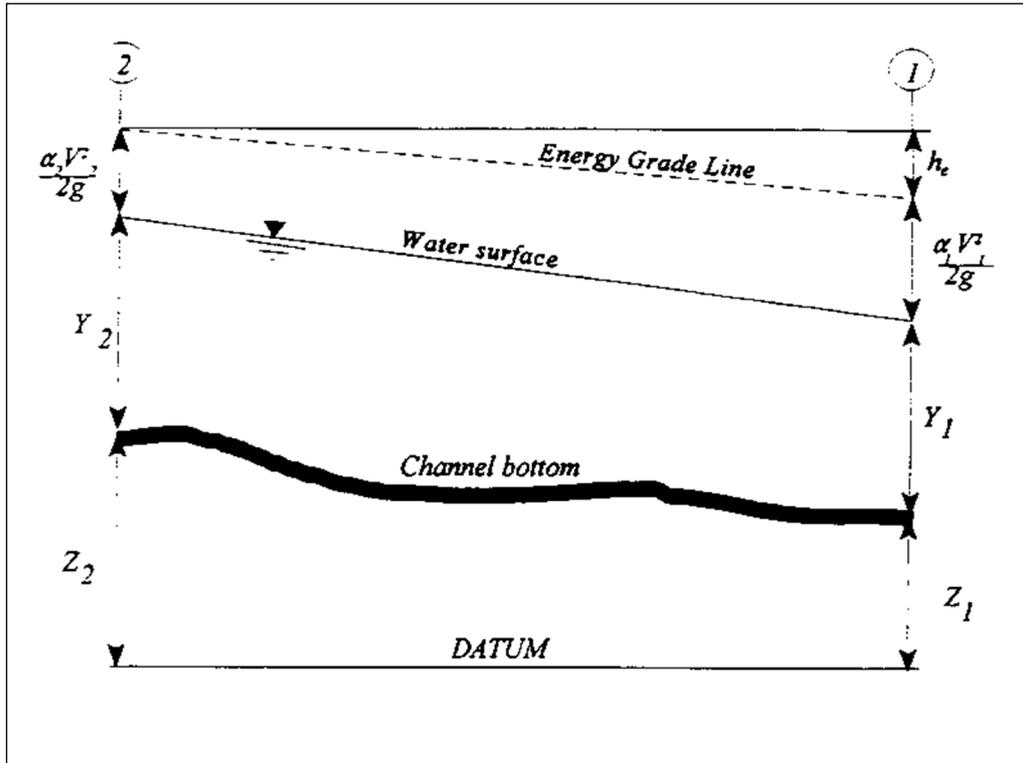


Figura A 1 - Rappresentazione dei termini dell'equazione dell'energia (da HEC, 1997)

La perdita di energia tra due sezioni, espressa dal termine h_e , comprende le perdite dovute alla resistenza distribuita (in funzione della scabrezza) e le perdite localizzate per espansione o restringimento delle sezioni, secondo la relazione

$$h_e = L \cdot S_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

essendo:

L lunghezza del tronco (in metri), ponderata in funzione della media delle portate defluenti nelle tre porzioni in cui può essere suddivisa ciascuna sezione, secondo quanto detto sopra. La relazione per la ponderazione citata è

$$L = \frac{L_{lob} \bar{Q}_{lob} + L_{ch} \bar{Q}_{ch} + L_{rob} \bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}}$$

dove i simboli L , con il proprio pedice, indicano le distanze dei rispettivi settori in cui è stata divisa ciascuna sezione e i simboli Q le portate defluenti in ciascuna porzione delle due sezioni (in m³/s);

S_f pendenza media della linea dell'energia tra le due sezioni;

C coefficiente di contrazione o di espansione. Si osservi che per espansione o contrazione non si intende aumento o diminuzione dell'area bagnata tra la sezione di monte e quella di valle, ma diminuzione o aumento del termine cinetico tra monte e valle.

Tipici valori dei coefficienti di contrazione ed espansione sono desumibili dalla seguente Figura A 2 (i valori standard sono evidenziati in corsivo)

B.2 Parzializzazione delle sezioni

La determinazione della capacità di convogliamento totale della sezione richiede che la sezione trasversale sia suddivisa in settori ove la corrente defluisca con velocità uniformemente distribuita. I settori sono individuati mediante linee di separazione verticali, come illustrato nella Figura A 2, in corrispondenza dei punti della sezione dove si pone la variazione di scabrezza in funzione delle caratteristiche della superficie.

Tabella B-1. Coefficienti di contrazione ed espansione tra sezioni.

	Contrazione	Espansione
Nessuna variazione	0.0	0.0
Variazione graduale	0.1	0.3
Tipica situazione in corrispondenza di un ponte	0.3	0.5
Brusca variazione	0.6	0.8

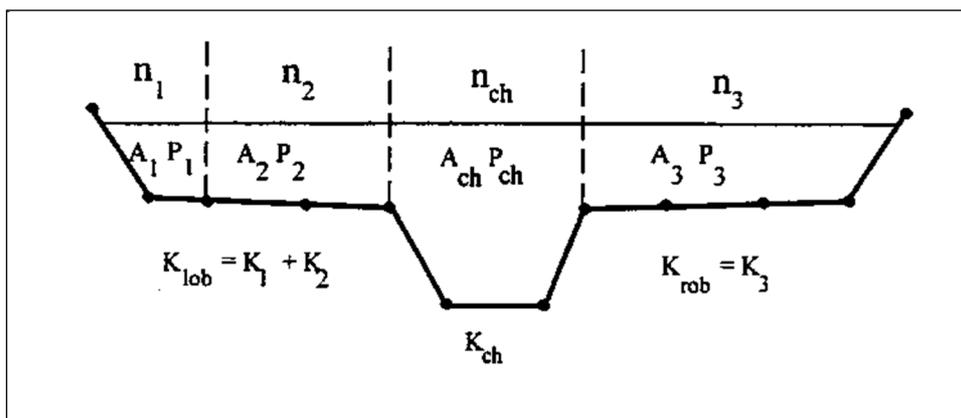


Figura A 2 - Suddivisione di una sezione trasversale in settori con scabrezza uniforme (da HEC, 1997)

B.3 Determinazione della portata

La portata in ciascun settore è calcolata dalla formula

$$Q = K S_f^{0.5} \text{ m}^3/\text{s}$$

secondo la scrittura tradizionale nella letteratura idraulica anglosassone per cui:

K capacità di convogliamento di ciascun settore (m³/s)

n coefficiente di scabrezza (m^{-1/3} s) secondo Manning

A area bagnata del settore di area (m²)

R raggio idraulico del settore (m)

Il programma provvede a sommare le portate parziali per ciascun settore e determina la portata dell'area golenale sinistra e destra di ciascuna sezione. La portata totale della sezione è data dalla somma di queste due portate e della portata relativa al canale principale, di norma considerato come unico settore. Qualora si desideri prendere in esame eventuali differenze di scabrezza nel canale principale, il programma ne deriva la scabrezza equivalente quale unico valore, se la pendenza delle scarpate è maggiore di 1 (verticale) su 5 (orizzontale) con la formula

$$n_c = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (P_i n_i^{1/5})}{P} \right]^{2/3}$$

con:

n_c coefficiente di scabrezza equivalente

P contorno bagnato dell'intero canale principale

P_i contorno bagnato della i -esima suddivisione

n_i scabrezza della i -esima suddivisione

In caso contrario, ossia pendenza delle scarpate minore di 1 (verticale) su 5 (orizzontale), l'alveo principale viene trattato come un'area suddivisa in diversi settori analogamente a quanto avviene per le golene.

Con tali premesse, in caso di variazione della scabrezza nella sezione, viene calcolato il coefficiente di Coriolis secondo la formula generale:

$$\alpha = \frac{Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2 + \dots + Q_N V_N^2}{Q \bar{V}^2}$$

che può essere espressa in termini delle capacità di convogliamento di ciascuno dei tre settori della sezione. la relazione allora diventa

$$\alpha = \frac{(A_{tot})^2 \left[\frac{(K_{lob})^3}{(A_{lob})^2} + \frac{(K_{ch})^3}{(A_{ch})^2} + \frac{(K_{rob})^3}{(A_{rob})^2} \right]}{(K_{tot})^3}$$

con il significato dei simboli precisato sopra.

Infine, la pendenza della linea dell'energia media fra due sezioni viene determinata nel codice di calcolo, salvo diversa richiesta, con la relazione

$$\bar{S}_f = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2$$

essendo le due sezioni indicate con il relativo pedice numerico.

B.4 Manufatti di attraversamento

In presenza di opere di attraversamento, la modellazione prende in esame le caratteristiche geometriche del ponte e fissa alcune condizioni relative al funzionamento dell'opera in funzione della portata. Di particolare importanza è il rapporto di restringimento b/B in cui :

b: luce totale delle aperture del ponte;

ANSELMO associati

Via Vittorio Emanuele, 14 - 10023 Chieri (TO)

Tel./fax 011-9415835 - e-mail. info@anselmoassociati.it - www.anselmoassociati.it

B: larghezza totale dell'alveo

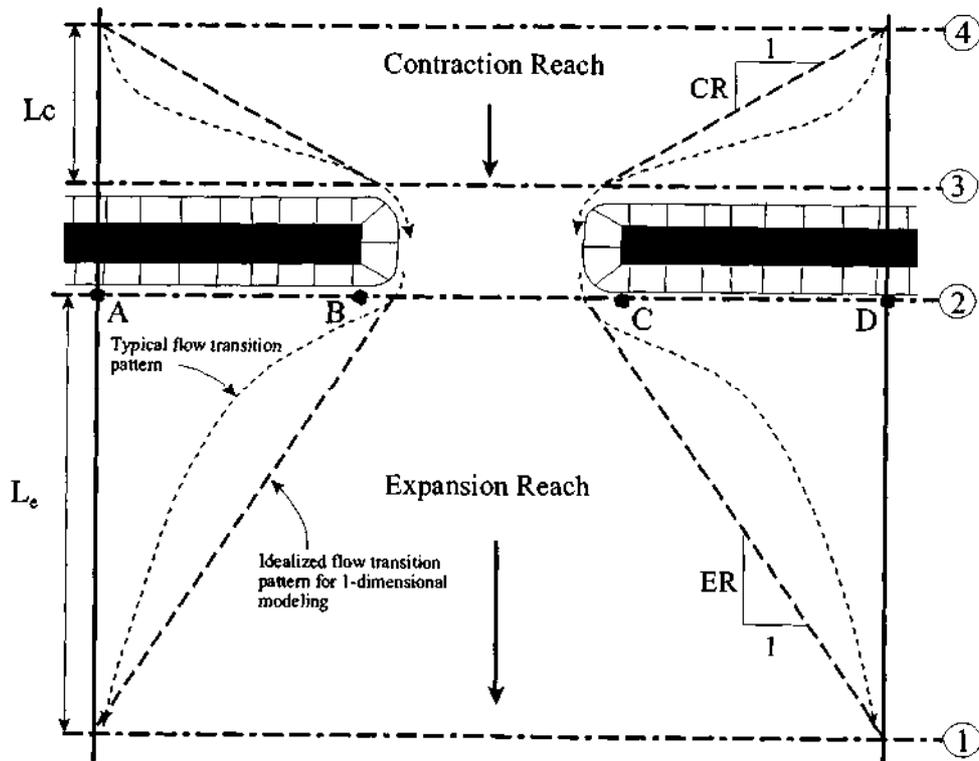


Figura A 3 - Schema per l'assegnazione delle sezioni trasversali descrittive di un'opera di attraversamento (da HEC, 1995).

La modellazione richiede la presenza di quattro sezioni collocate secondo quanto indicato nella figura collocate rispettivamente:

- due sezioni (2 e 3) a ridosso dei paramenti dell'opera o al piede del rilevato di accesso;
- due sezioni (1 e 4) ad una distanza determinabile in funzione delle caratteristiche dell'opera.

In generale e in maniera indicativa, la sezione di monte, che definisce il tronco in cui avviene la contrazione dei filetti fluidi, è collocata ad una distanza L_c pari a una volta la luce libera b , mentre la sezione di valle, delimitante il tronco in cui avviene l'espansione, si trova ad una distanza L_e pari a 4 volte la luce. Nel caso di rapporti di restringimento b/B significativi, è necessario collocare le sezioni in modo attento, seguendo le indicazioni fornite, a seguito di indagini sperimentali, dal rapporto HEC (1995).

In codice Hec-Ras distingue due situazioni:

- la portata transita tutta entro la luce libera, senza interessare l'impalcato (low flow);
- la portata è tale per cui la corrente supera l'impalcato e vi scorre sopra (high flow).

La scelta delle condizioni di calcolo è critica e può influenzare il risultato. Sembra opportuno operare preventivamente senza ponte allo scopo di osservare le condizioni di moto e il livello raggiunto dal profilo in presenza della sola riduzione di sezione.

B.4.1 Condizioni di convogliamento identificate come *low flow*

Si identificano in base all'analisi della quantità di moto tre condizioni:

ANSELMO associati

Via Vittorio Emanuele, 14 - 10023 Chieri (TO)

Tel./fax 011-9415835 - e-mail. info@anselmoassociati.it - www.anselmoassociati.it

Classe A – la corrente attraversa l'opera in condizioni di corrente lenta. Quattro metodi di calcolo sono accessibili in Hec-Ras in funzione della tipologia dell'opera (equazione dell'energia; quantità di moto; equazione di Yarnell (in presenza di pile); metodo WSPRO;

Classe B – la corrente, attraversando l'opera, passa allo stato di corrente veloce. Se il movimento in alveo avviene in condizioni di corrente lenta, si utilizza l'equazione della quantità di moto per determinare il passaggio dalla corrente lenta (nella sezione 3) alla corrente veloce (nella sezione 2); se il moto avviene in condizioni di corrente veloce, il ponte è una sezione di controllo che determina, nella sezione di monte, l'innalzamento della corrente sopra la profondità critica. Il calcolo deve essere eseguito in condizioni di calcolo "misto" (mixed);

Classe C – la corrente, all'attraversamento dell'opera, si mantiene allo stato di corrente veloce e l'equazione dell'energia o della quantità di moto sono usate per il calcolo.

B.4.2 Condizioni di convogliamento identificate come *high flow*

Quando la corrente viene a contatto con il punto più alto dell'intradosso del ponte, si possono utilizzare sia l'equazione della conservazione dell'energia, sia due distinte equazioni per la porzione di portata che defluisce nella luce a battente e per la porzione che attraversa l'impalcato considerato come stramazzo a larga soglia.

Per la bocca a battente, il coefficiente di deflusso, in base a ricerche sperimentali, viene fissato pari a 0.5 se la corrente interessa solo il paramento di monte dell'impalcato, mentre risulta pari a 0.8 quando anche il paramento di valle è interessato dalla corrente

B.5 Riferimenti

HEC (2001) – *Hec-Ras Hydraulic Reference Manual*, US Army Corps of Engineers, Davis

HEC (1995) – *Flow Transition in Bridge Backwater Analysis- RD-42*, US Army Corps of Engineers, Davis

HOGGAN D.H (1997): *Computer Assisted Floodplain Hydrology and Hydraulics*, McGraw Hill, New York

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

APPENDICE - C – PLANIMETRIA SEZIONI MODELLO IDRAULICO

Planimetria indicante la posizione delle sezioni del modello idraulico.

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA



ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

APPENDICE - D– MODELLAZIONE IDRAULICA MOTO PERMANENTE (INTERVENTO 5B)

Si riportano i risultati in *output* del software di calcolo del modello idraulico, con riferimento alla modellazione nello stato attuale e nello stato di progetto.

Le colonne delle tabelle assumono il seguente significato:

River	: corso d'acqua
Reach	: tratto del corso d'acqua
River Station	: numero sezione (crescente da valle verso monte)
Profile	: profilo di riferimento
Q total	: portata di riferimento
Min Ch El	: quota minima del fondo
W.S. Elev.	: quota del pelo libero
Crit - W.S.	: quota del pelo libero allo stato critico
E.G. Elev.	: quota della linea dell'energia
E.G. Slope	: pendenza "motrice"
Vel Chnl	: velocità media nell'alveo principale
Flow Area	: area bagnata
Top Width	: larghezza del pelo libero
Froude # Chl	: numero di Froude per l'alveo principale (la corrente è "veloce" per numero di Froude > 1)

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

D.1 STATO ATTUALE

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /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 (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
collesia	collesia_monte	70	PF 6	6.72	-0.08	0.85	0.69	1.02	0.009062	1.85	3.99	7.48	0.67
collesia	collesia_monte	60	PF 6	6.72	-0.24	0.53	0.53	0.82	0.019455	2.4	2.9	5.87	0.96
collesia	collesia_monte	55		Lat Struct									
collesia	collesia_monte	50	PF 6	4.88	-0.4	0.44	0.16	0.5	0.003639	1.06	4.78	9.43	0.43
collesia	collesia_monte	40	PF 6	4.88	-0.49	0.43	0.22	0.45	0.002302	0.84	9.13	25.69	0.34
collesia	collesia_monte	30	PF 6	4.88	-0.68	0.21	0.05	0.35	0.009329	1.68	3.02	6.01	0.66
collesia	collesia_monte	20	PF 6	4.88	-0.88	-0.08	-0.09	0.21	0.022905	2.38	2.05	3.32	0.97
collesia	collesia_monte	10.53	PF 6	4.88	-1.06	-0.09		0.03	0.007258	1.54	3.17	4.32	0.57
collesia	collesia_valle	61.11	PF 6	7.68	-1.28	-0.09	-0.67	-0.03	0.002217	1.07	7.34	8.78	0.33
collesia	collesia_valle	58		Bridge									
collesia	collesia_valle	56.22	PF 6	7.68	-1.34	-0.33		-0.2	0.00626	1.55	5.02	6.16	0.54
collesia	collesia_valle	50	PF 6	7.68	-1.37	-0.35		-0.25	0.0047	1.39	5.51	6.23	0.47
collesia	collesia_valle	40	PF 6	7.68	-1.34	-0.37		-0.3	0.003508	1.18	6.52	8.14	0.42
collesia	collesia_valle	30	PF 6	7.68	-1.37	-0.41		-0.34	0.003721	1.15	6.75	11.53	0.44
collesia	collesia_valle	20	PF 6	7.68	-1.5	-0.43		-0.38	0.002593	1.02	8.11	17.13	0.37
collesia	collesia_valle	10	PF 6	7.68	-1.43	-0.46	-0.8	-0.41	0.003002	1.07	8.16	22.69	0.41
affluente	affluente	90.59	PF 6	2.8	-0.77	0	-0.35	0.04	0.002489	0.84	3.35	5.69	0.34
affluente	affluente	80	PF 6	2.8	-0.87	-0.01		0.02	0.001766	0.77	3.65	4.88	0.28
affluente	affluente	70.73	PF 6	2.8	-1.09	-0.03		-0.01	0.001341	0.64	4.4	6.84	0.25

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

D.2 STATO DI PROGETTO

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /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 (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
collesia	collesia_monte	70	PF 10	9.6	-0.08	1.06	0.87	1.24	0.008057	1.99	5.64	8.3	0.64
collesia	collesia_monte	60	PF 10	9.6	-0.24	0.71	0.71	1.04	0.016823	2.57	4.15	7.69	0.91
collesia	collesia_monte	55		Lat Struct									
collesia	collesia_monte	50	PF 10	6.6	-0.4	0.55	0.25	0.59	0.00272	1.02	9.15	24.83	0.38
collesia	collesia_monte	40	PF 10	6.6	-0.49	0.54	0.33	0.56	0.002028	0.88	11.94	28.05	0.33
collesia	collesia_monte	30	PF 10	6.6	-0.68	0.33	0.18	0.51	0.009464	1.86	3.91	9.48	0.68
collesia	collesia_monte	20	PF 10	6.6	-0.88	0.18	0.18	0.38	0.012107	2.08	4.19	15.12	0.73
collesia	collesia_monte	10.53	PF 10	6.6	-1.06	-0.23	-0.22	0.1	0.023511	2.54	2.59	4.09	1.02
collesia	collesia_valle	61.11	PF 10	10.6	-1.28	-0.12	-0.65	-0.06	0.002286	1.08	9.9	11.24	0.34
collesia	collesia_valle	58		Bridge									
collesia	collesia_valle	56.22	PF 10	10.6	-1.34	-0.2		-0.12	0.003406	1.24	8.7	9.5	0.41
collesia	collesia_valle	50	PF 10	10.6	-1.37	-0.22		-0.15	0.003062	1.22	8.73	9.31	0.4
collesia	collesia_valle	40	PF 10	10.6	-1.34	-0.25		-0.18	0.002735	1.14	9.27	10.31	0.39
collesia	collesia_valle	30	PF 10	10.6	-1.37	-0.27		-0.21	0.002914	1.12	10.06	18.74	0.4
collesia	collesia_valle	20	PF 10	10.6	-1.5	-0.32		-0.25	0.002926	1.19	10.34	23.37	0.41
collesia	collesia_valle	10	PF 10	10.6	-1.43	-0.34	-0.69	-0.28	0.003002	1.19	11.19	26.05	0.42
affluente	affluente	90.59	PF 10	4	-0.77	0	-0.26	0.07	0.005242	1.21	3.31	5.38	0.49
affluente	affluente	80	PF 10	4	-0.87	-0.05		0.02	0.004073	1.14	3.49	4.83	0.43
affluente	affluente	70.73	PF 10	4	-1.09	-0.08		-0.03	0.003507	0.99	4.03	6.52	0.4

ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

APPENDICE - E – SEZIONI MODELLO IDRAULICO MOTO PERMANENTE (INTERVENTO 5B)

Si riportano le sezioni prima dello stato attuale e poi di quello di progetto con indicazione del pelo libero della massima portata convogliabile in condizioni di sicurezza compatibilmente con l'attraversamento e gli alvei.

E.1 STATO ATTUALE

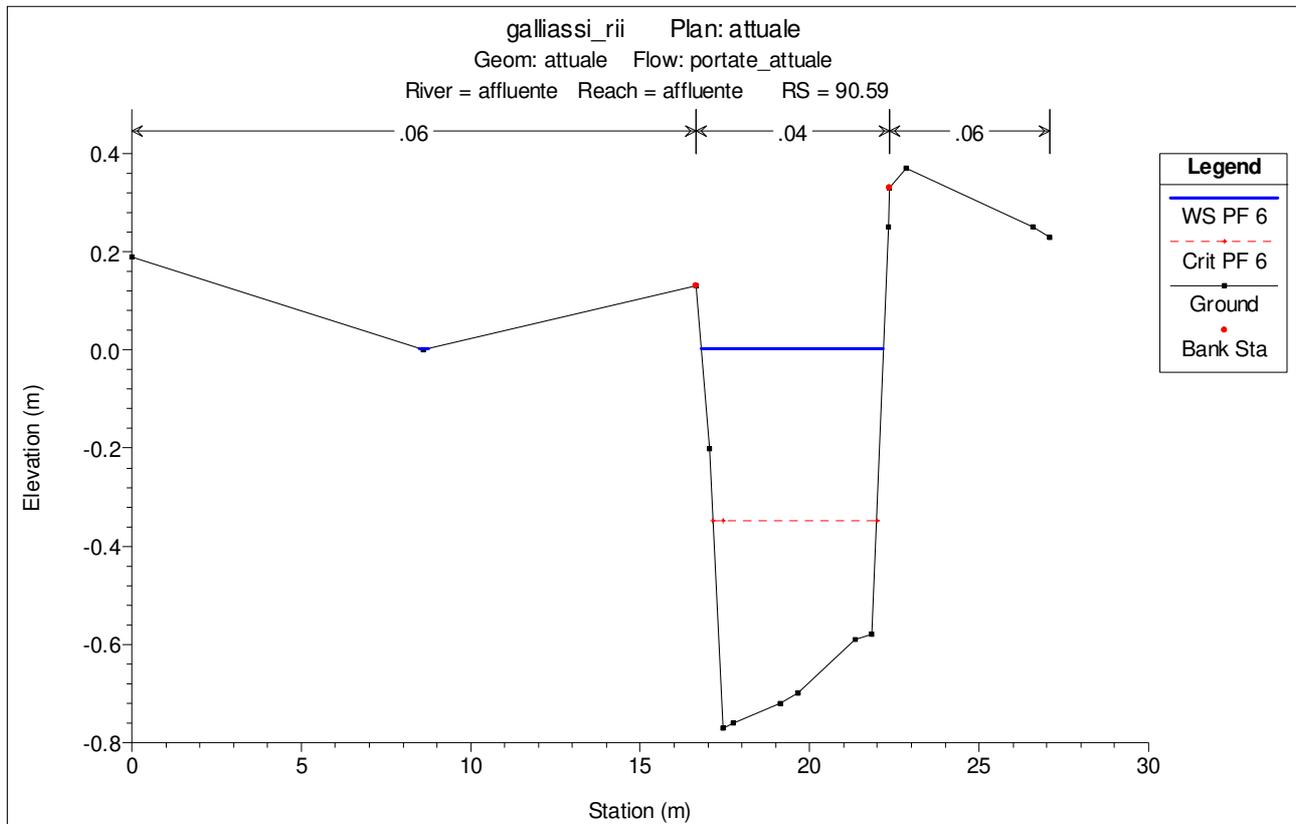
Rio Collesia monte 6.72 m³/sec

Rio Collesia dopo scolmatore naturale 4.88 m³/sec

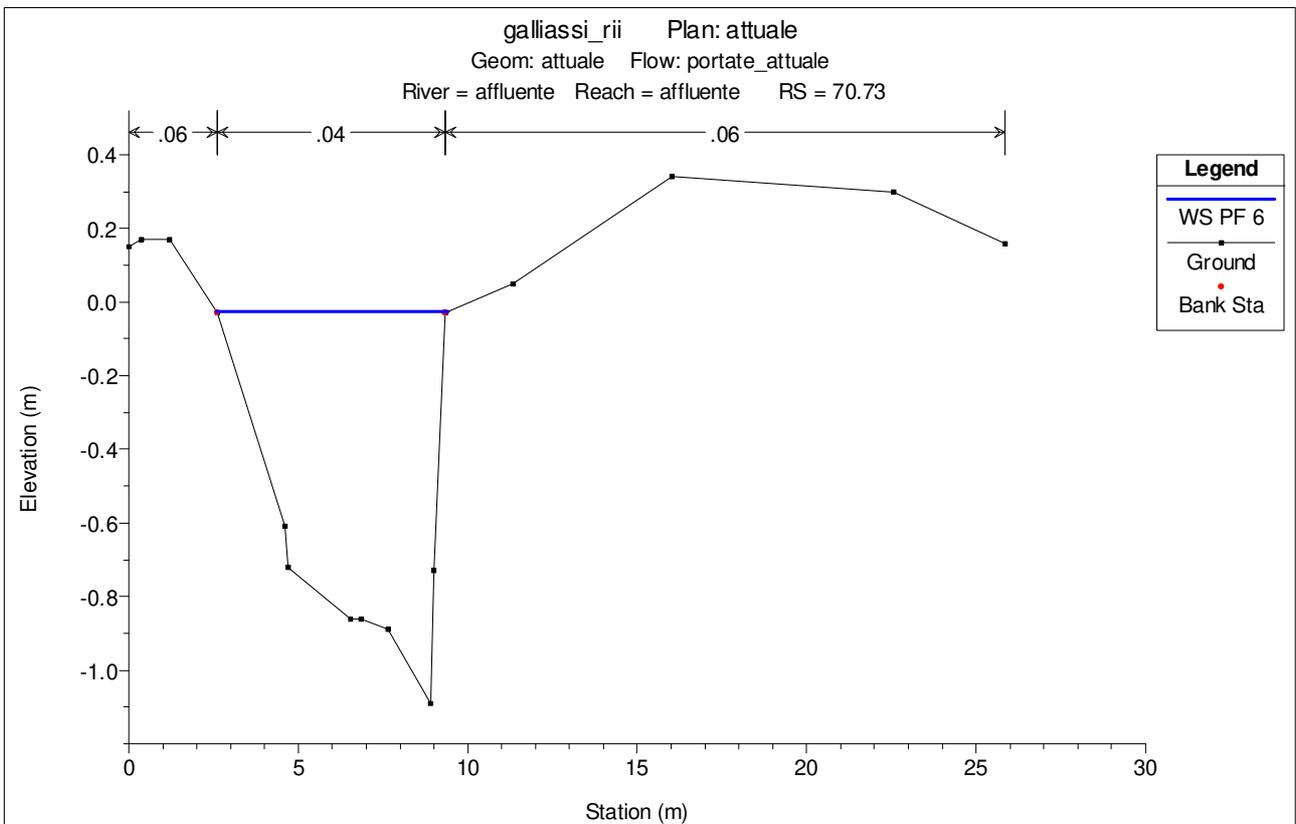
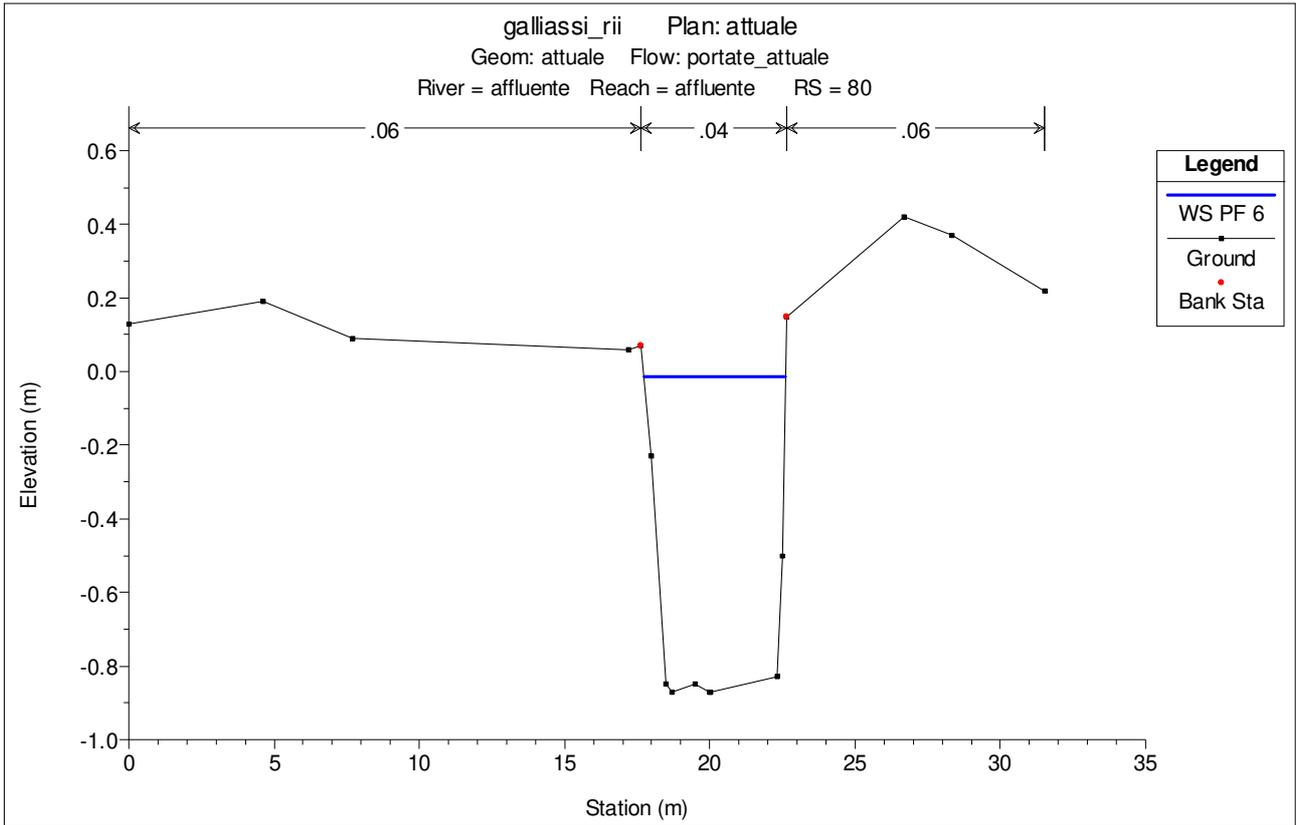
affluente 2.80 m³/sec

Rio Collesia valle attraversamento 7.68 m³/sec

Affluente

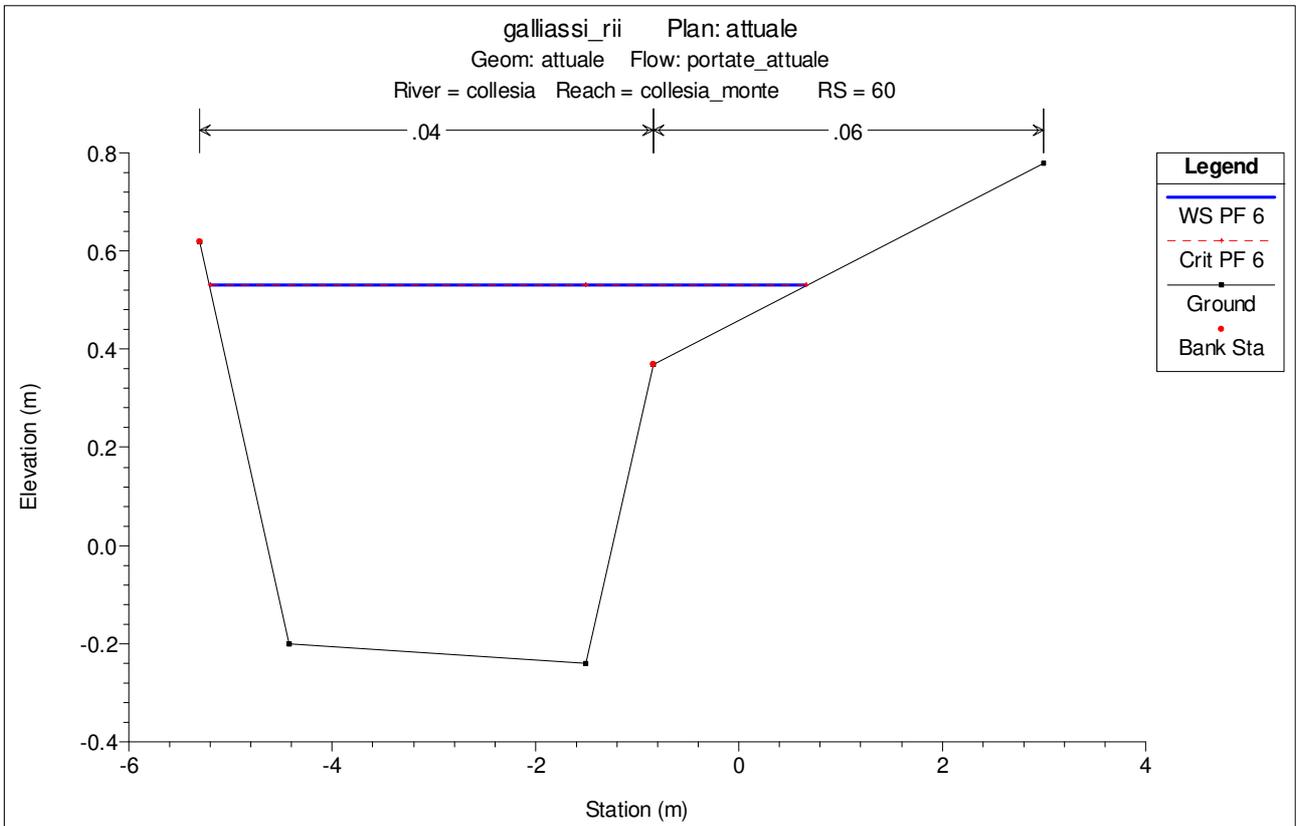
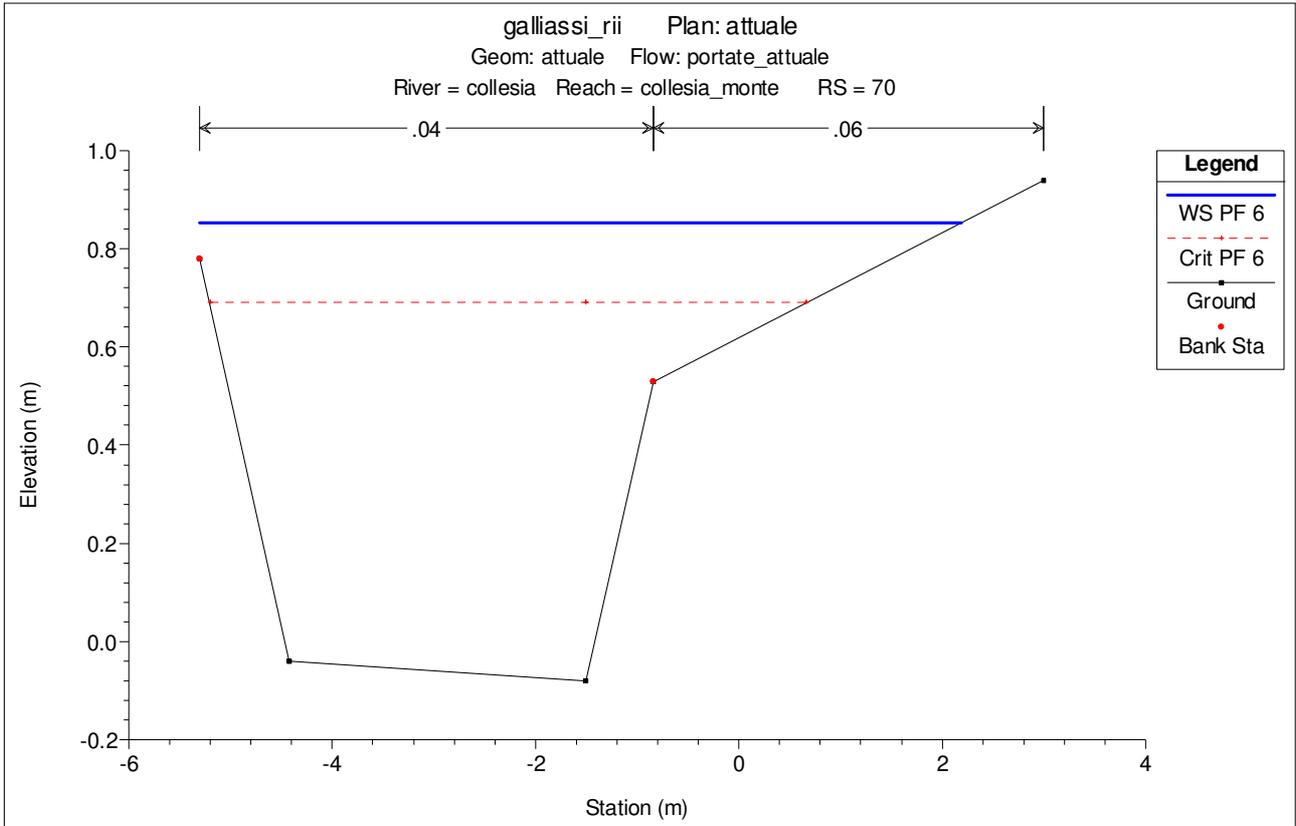


ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

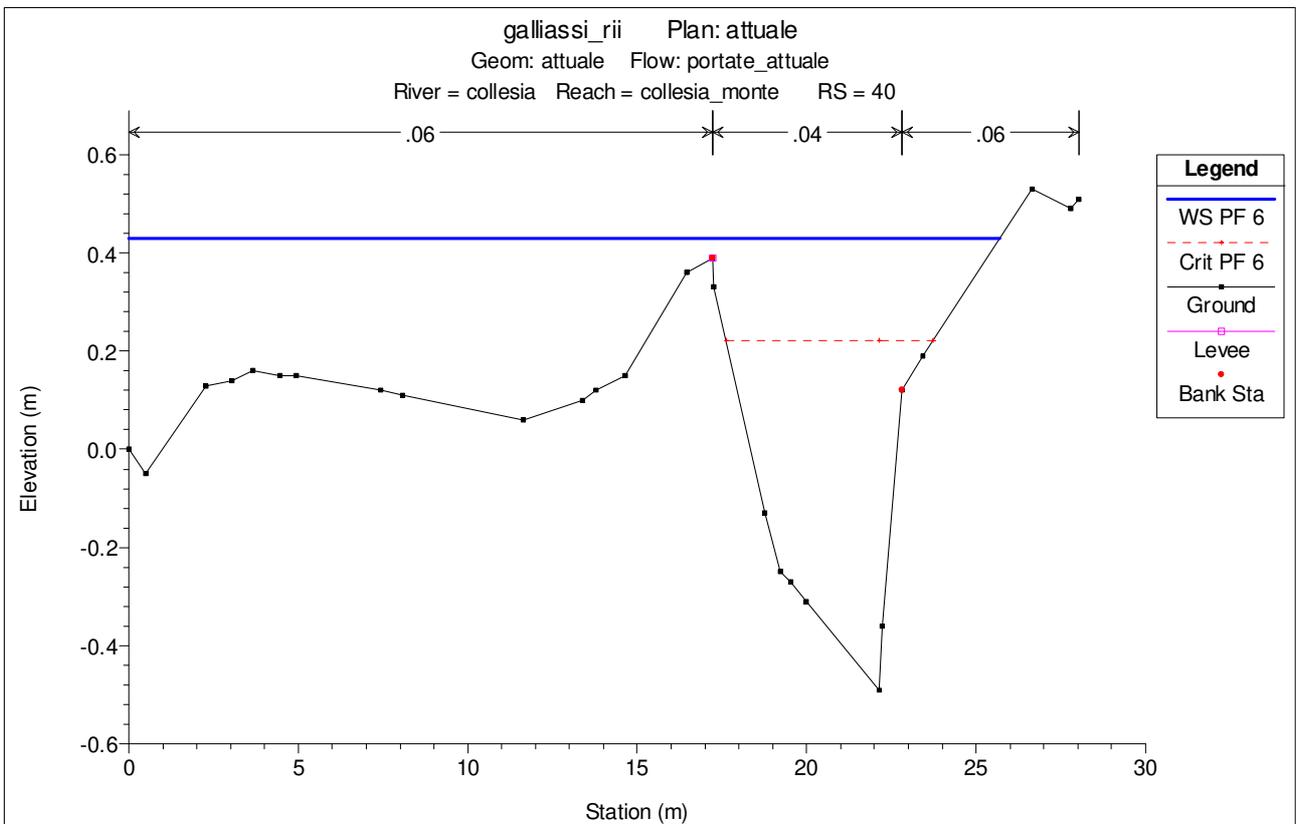
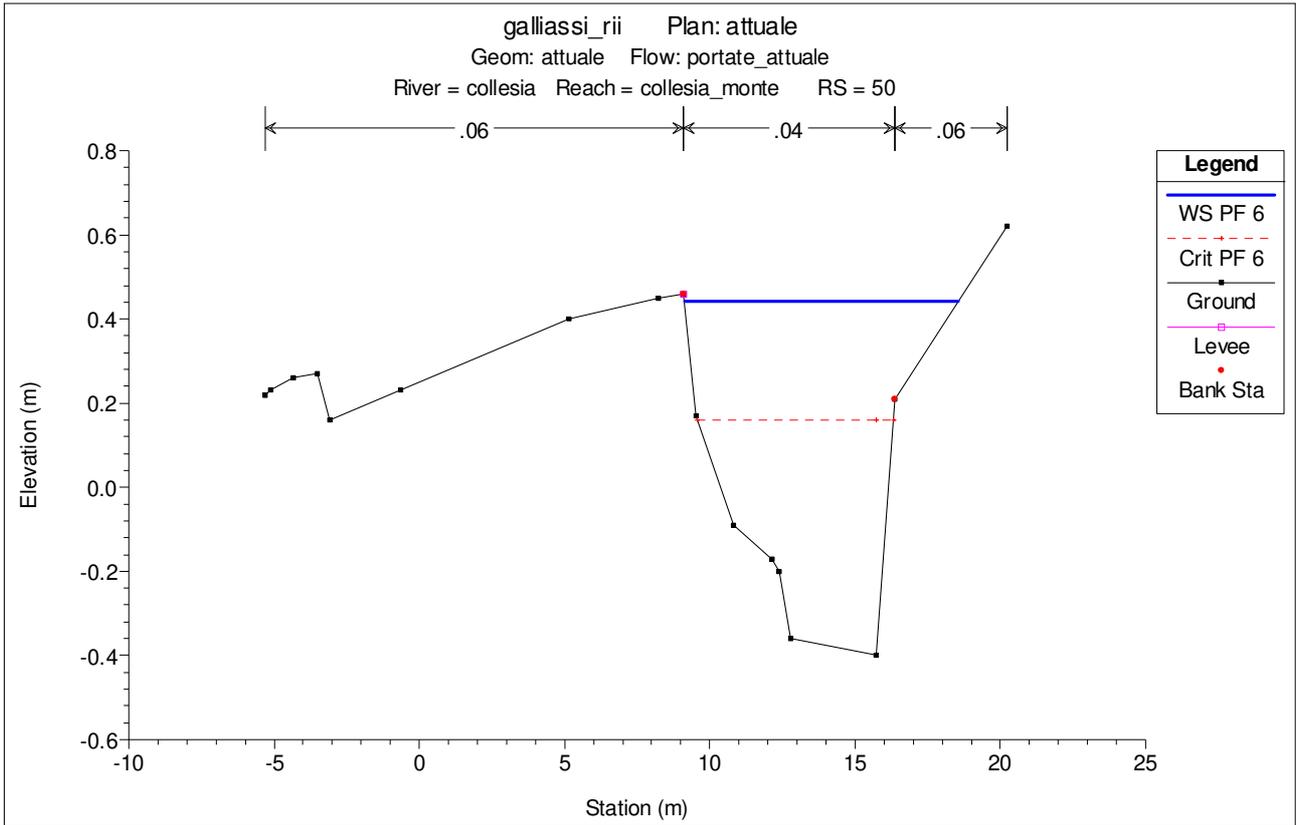


ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

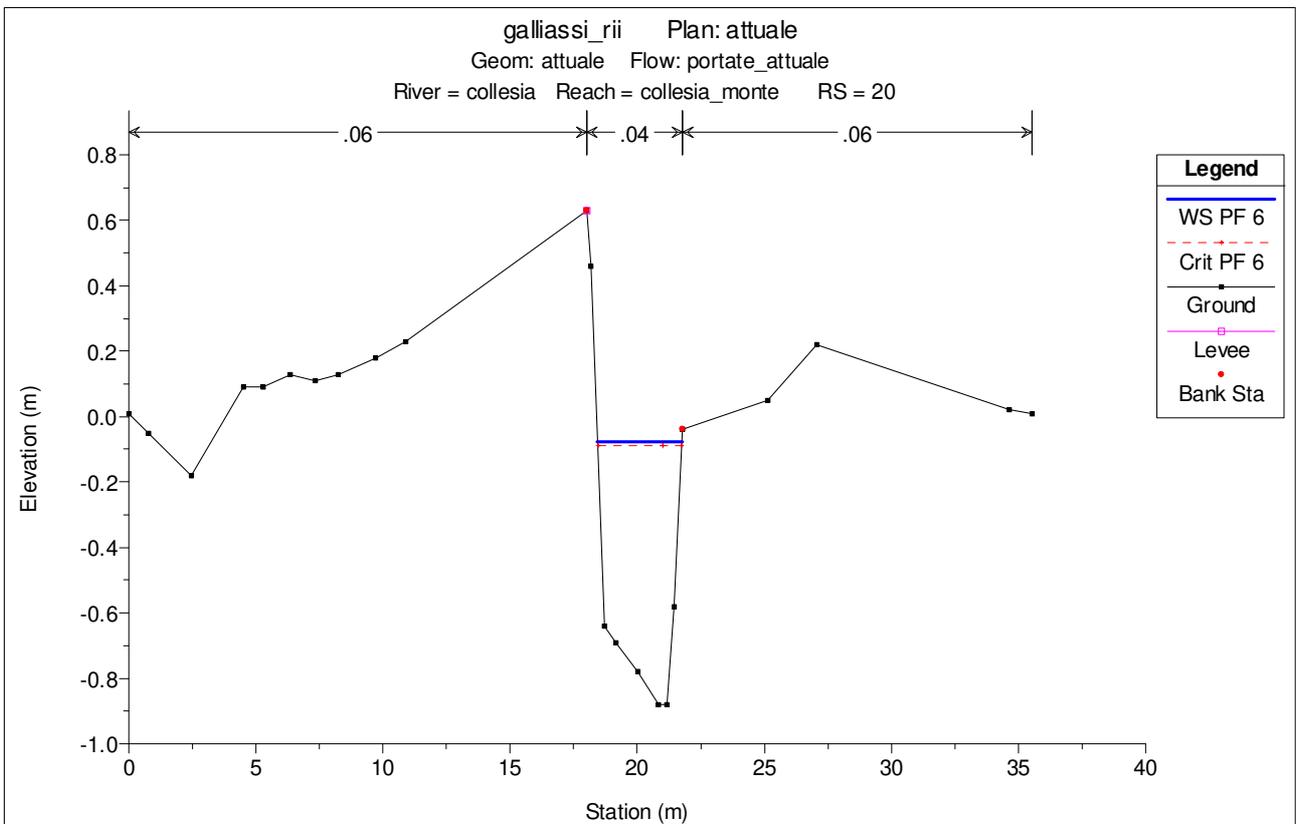
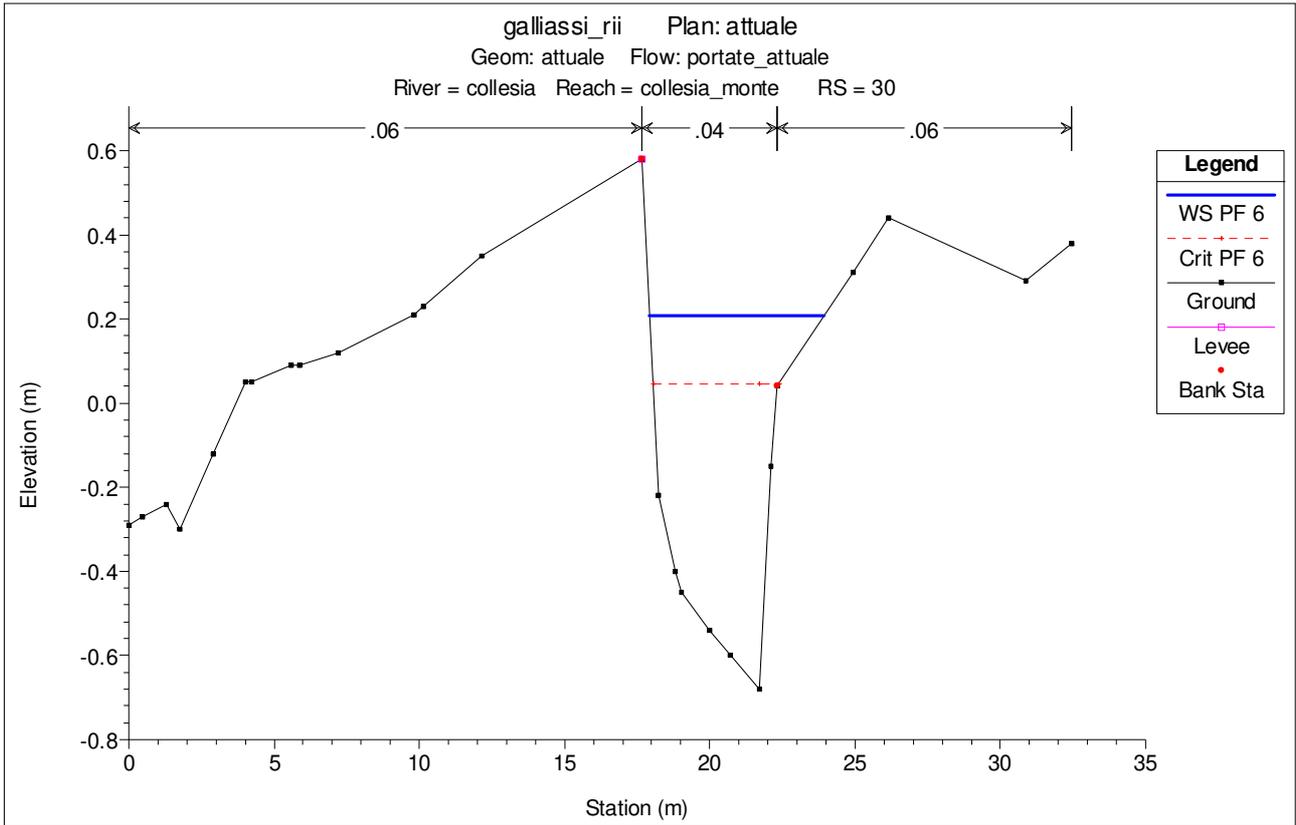
Rio Collesia monte attraversamento



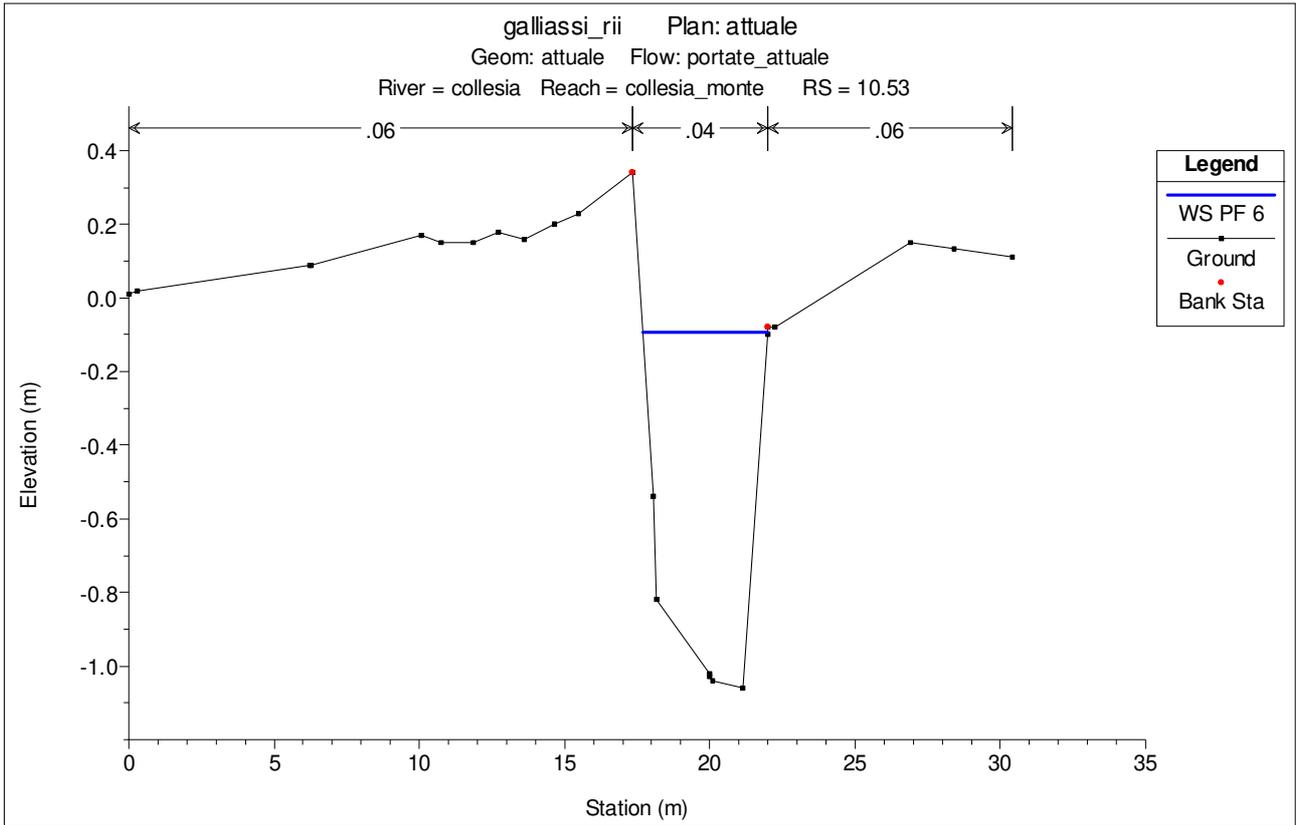
ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA



ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

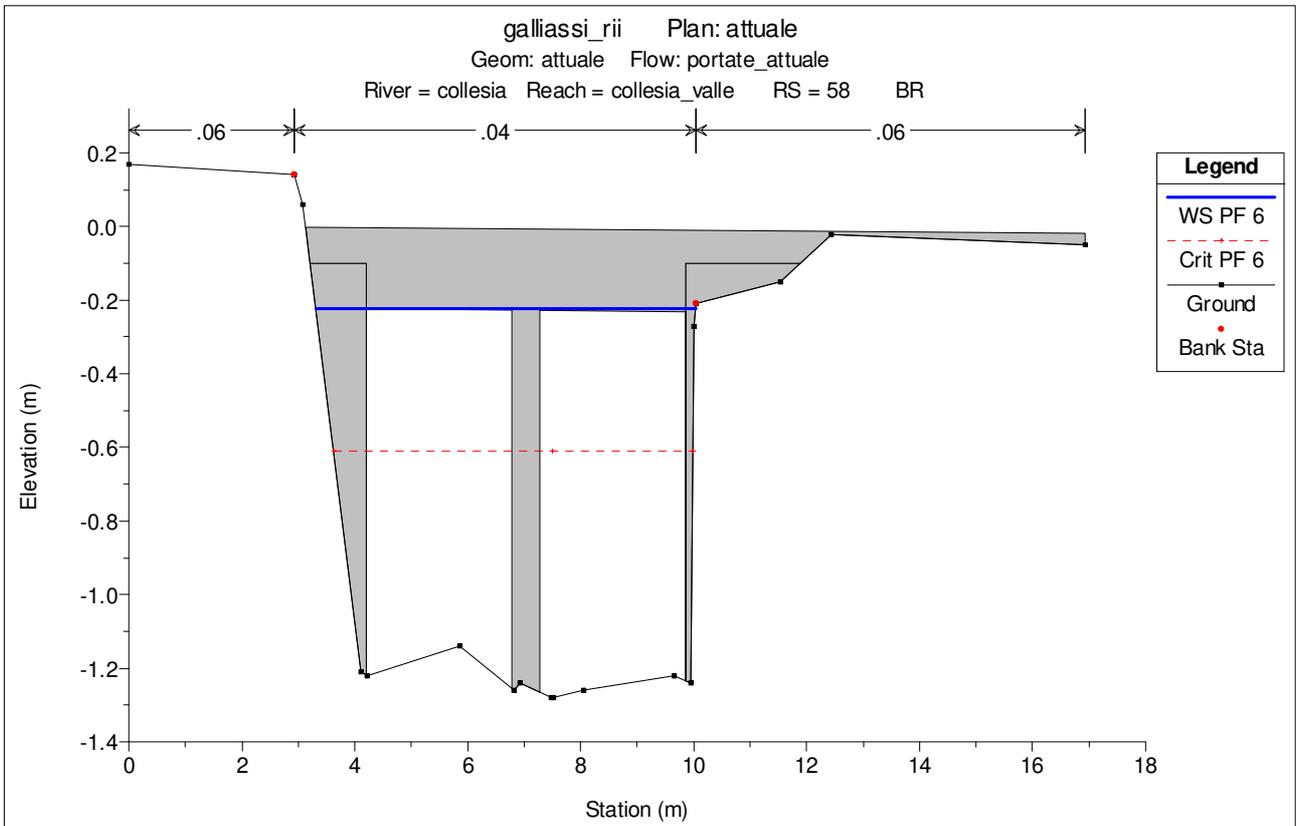
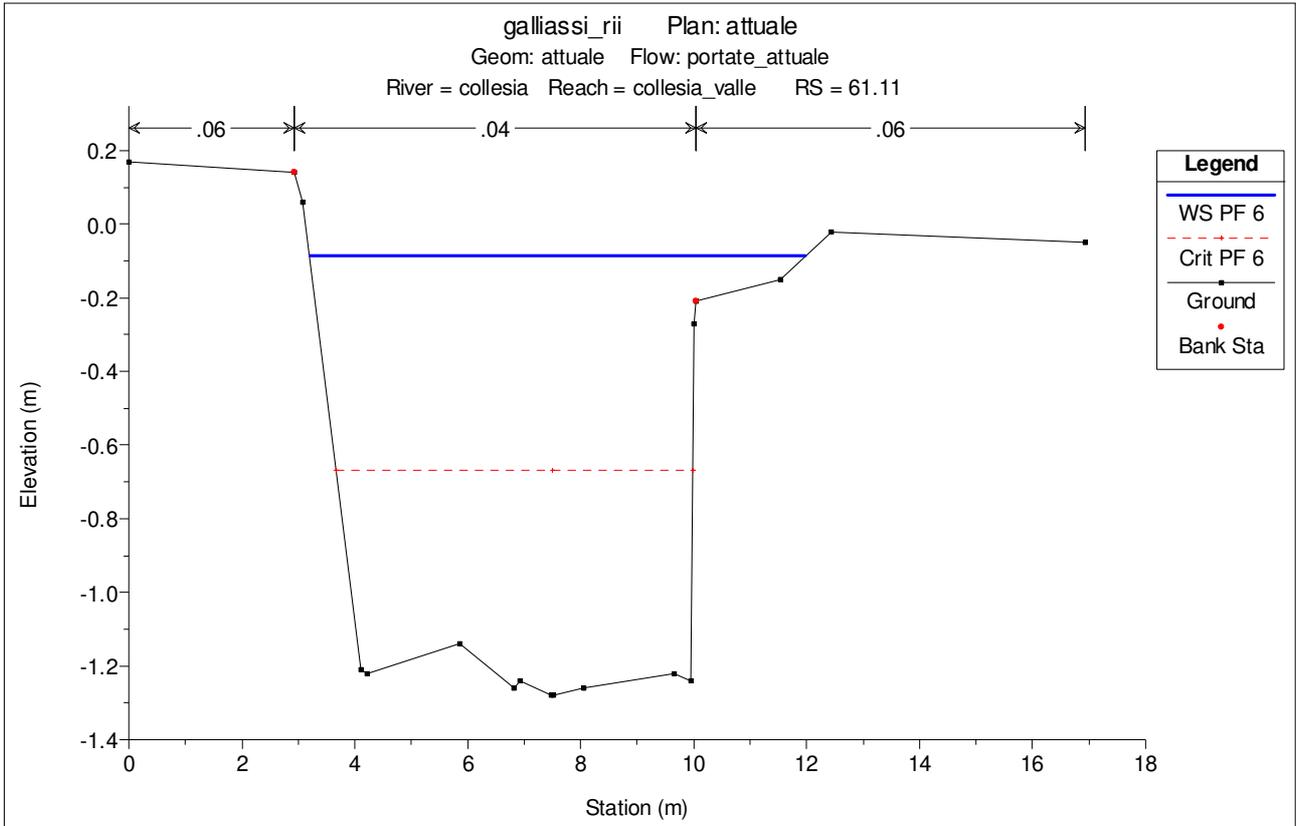


ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

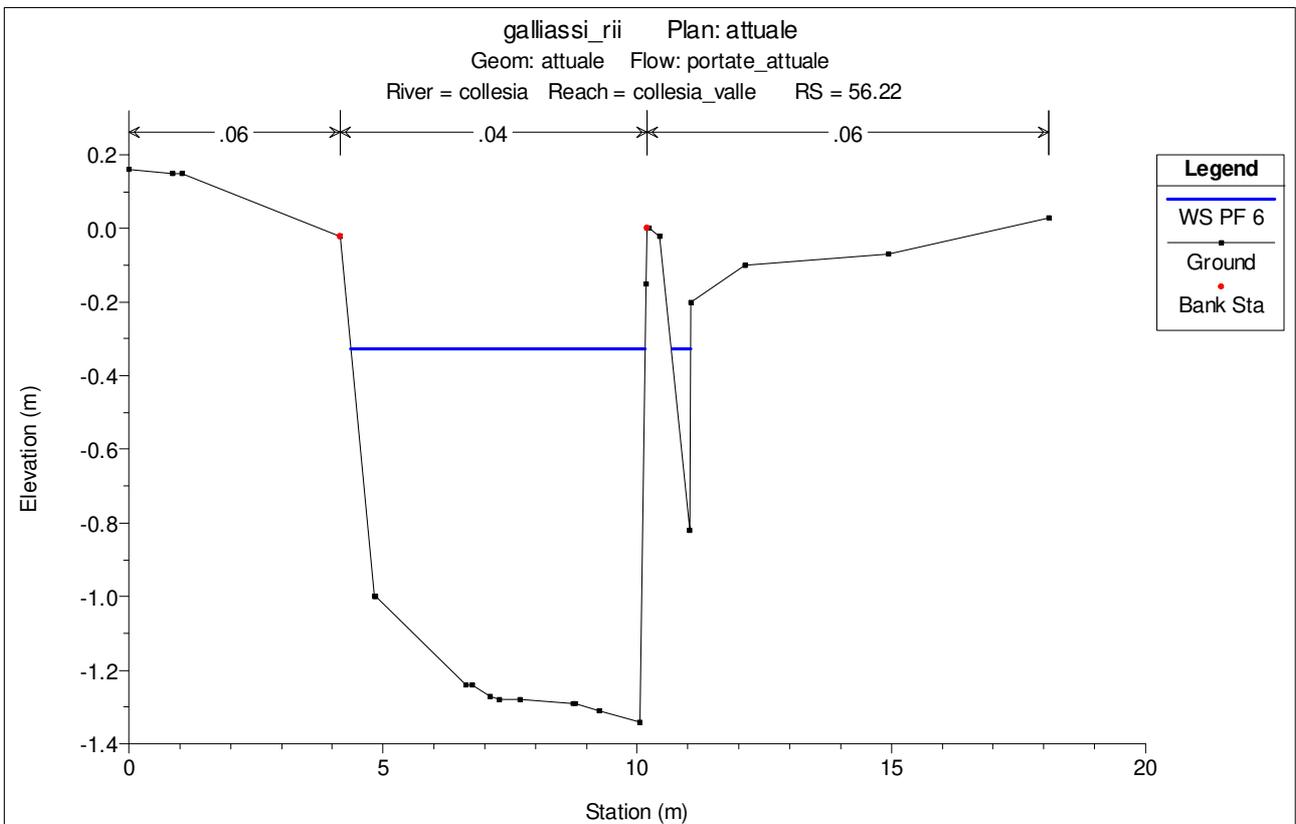
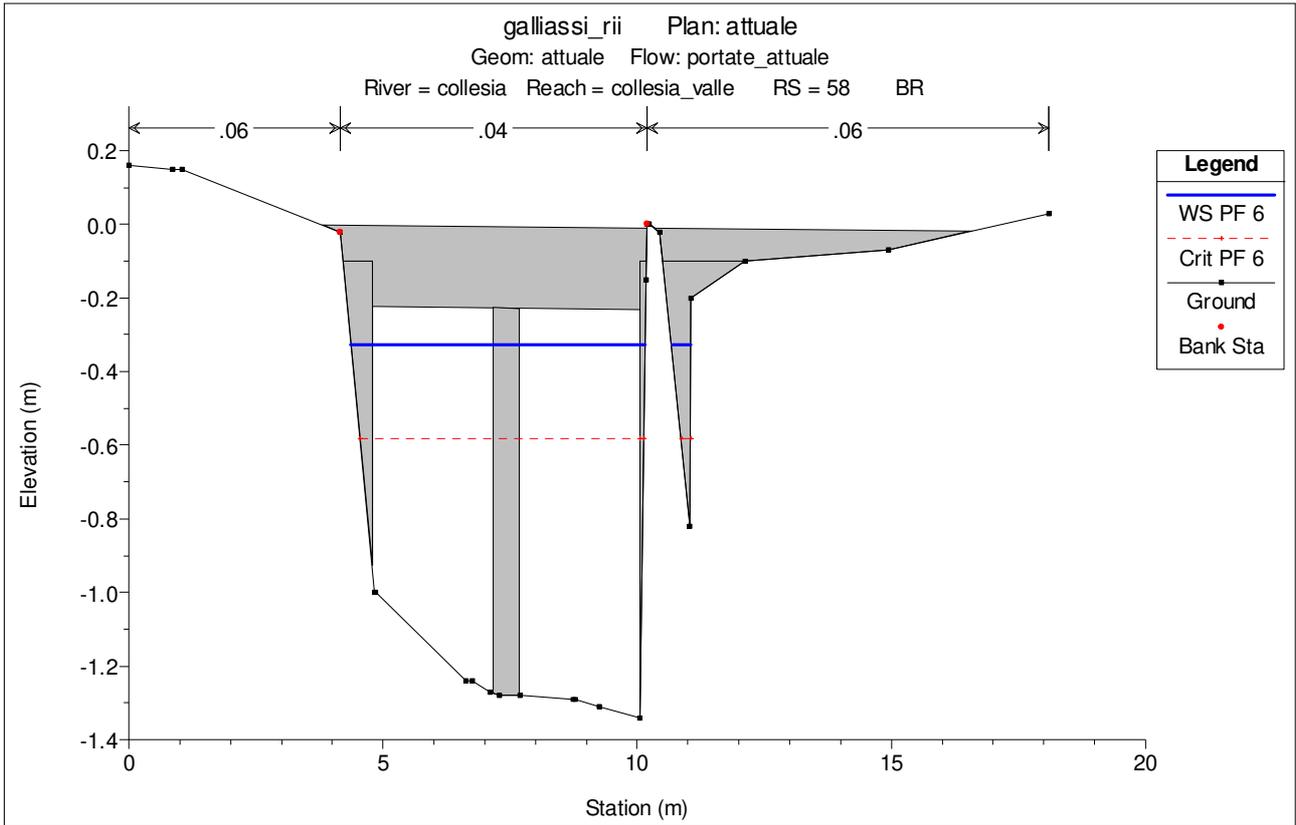


ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

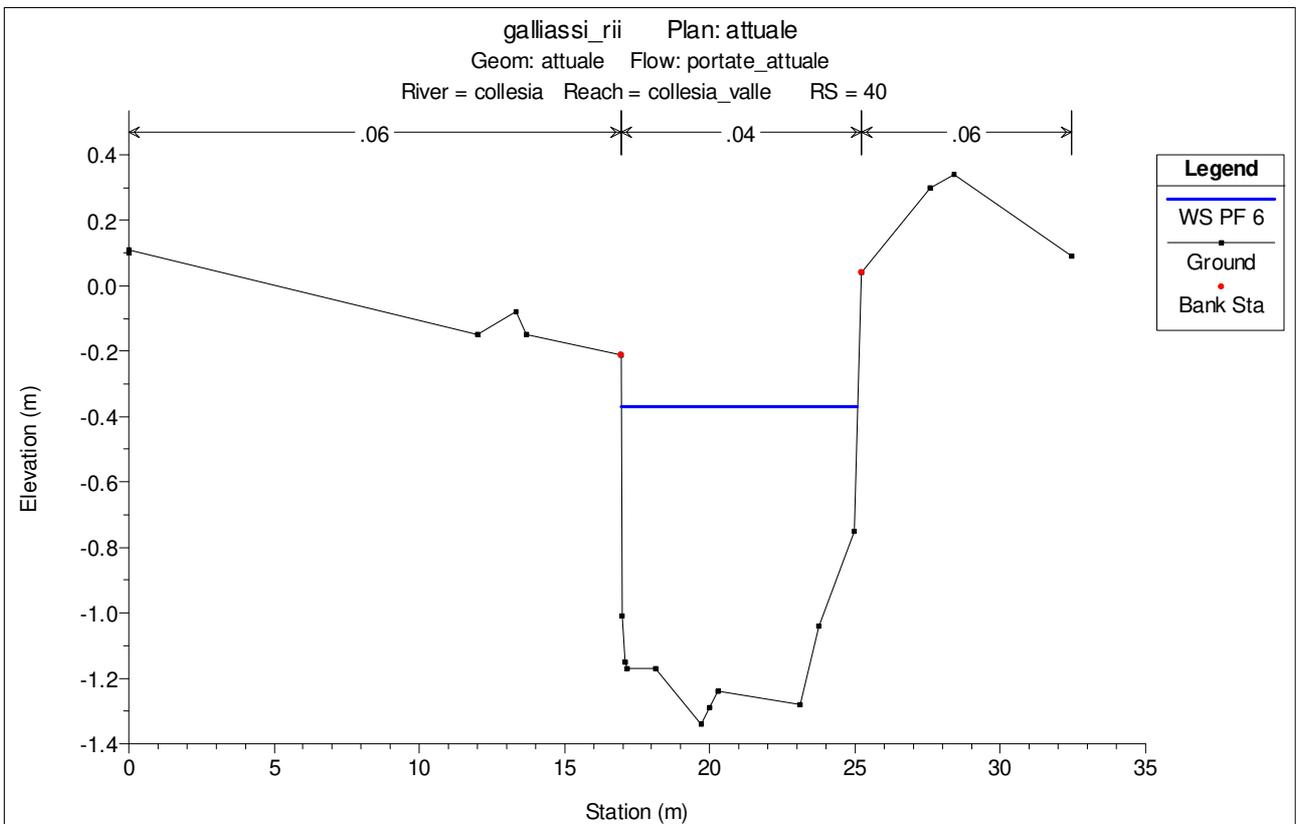
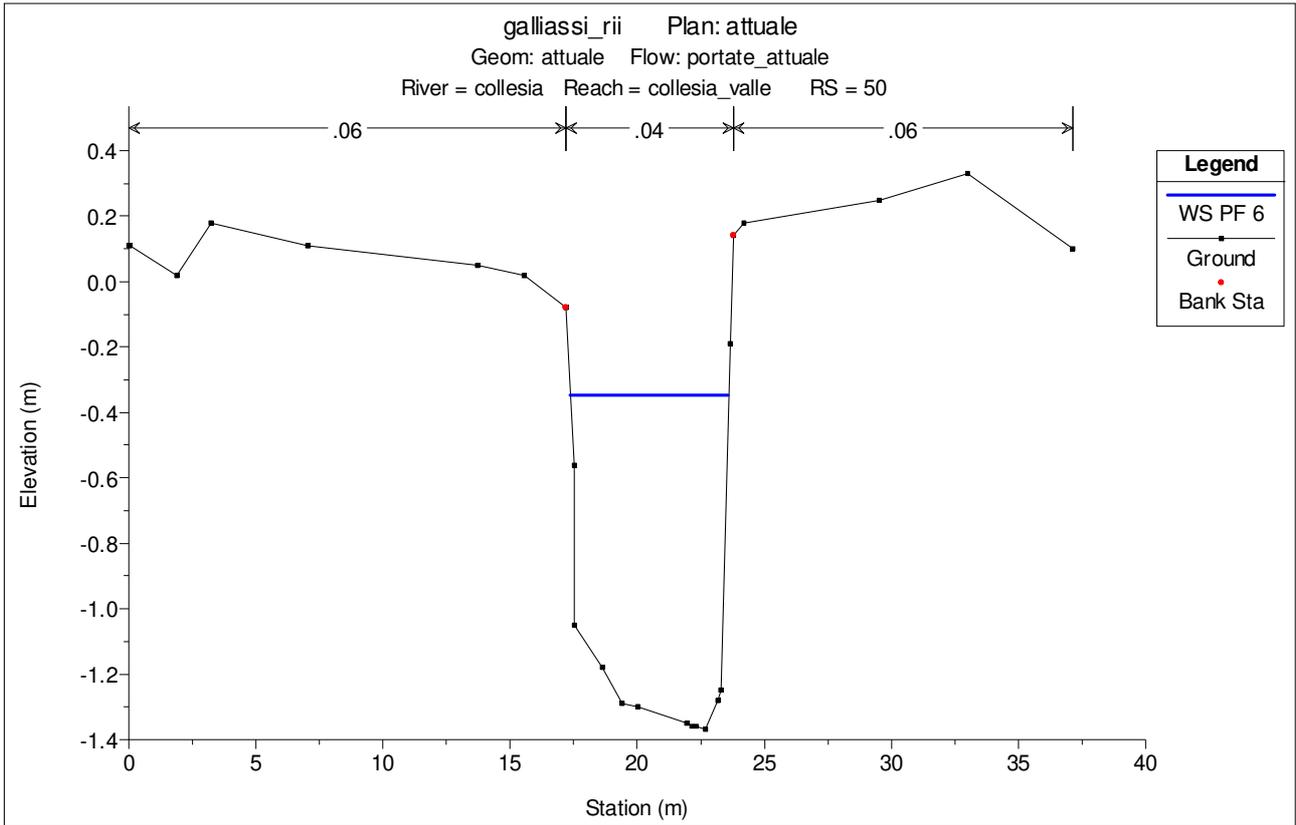
Rio Collesia valle attraversamento



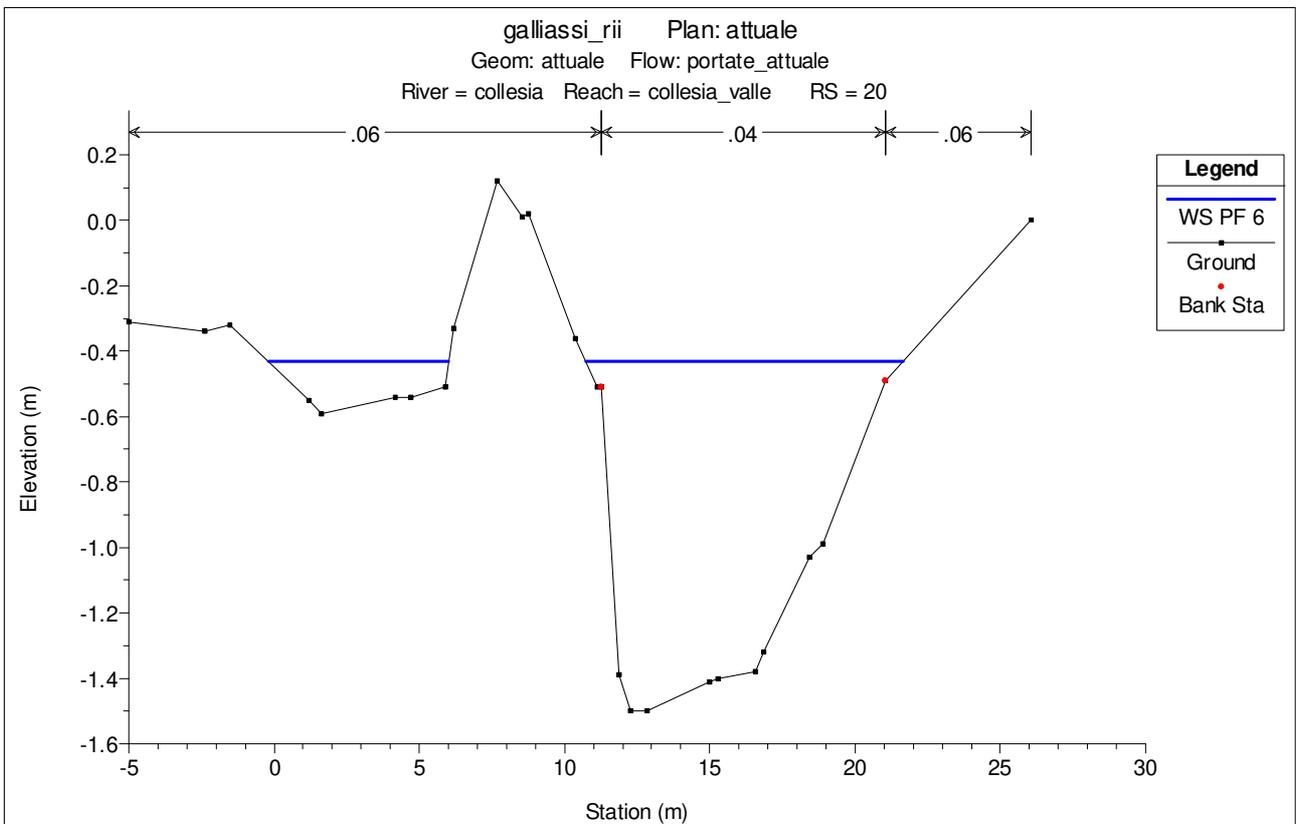
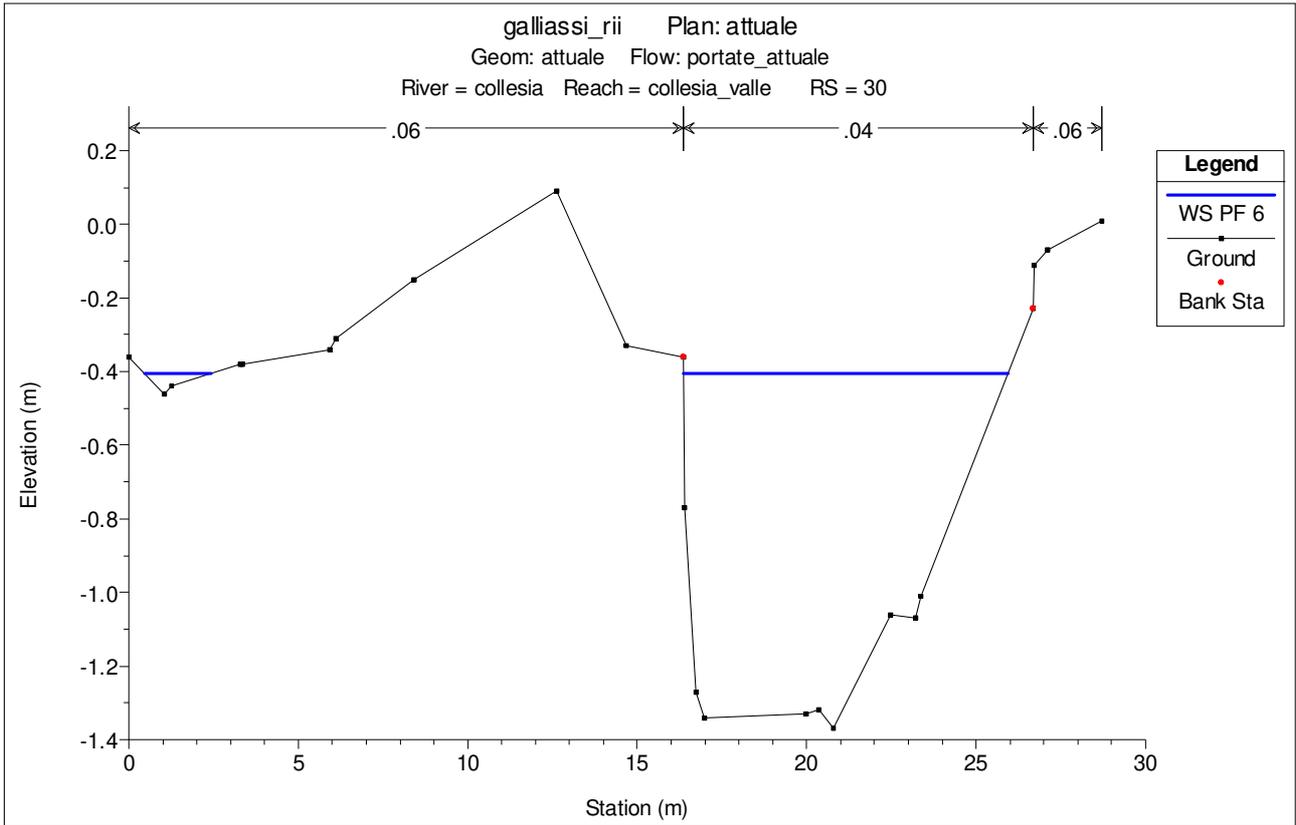
ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA



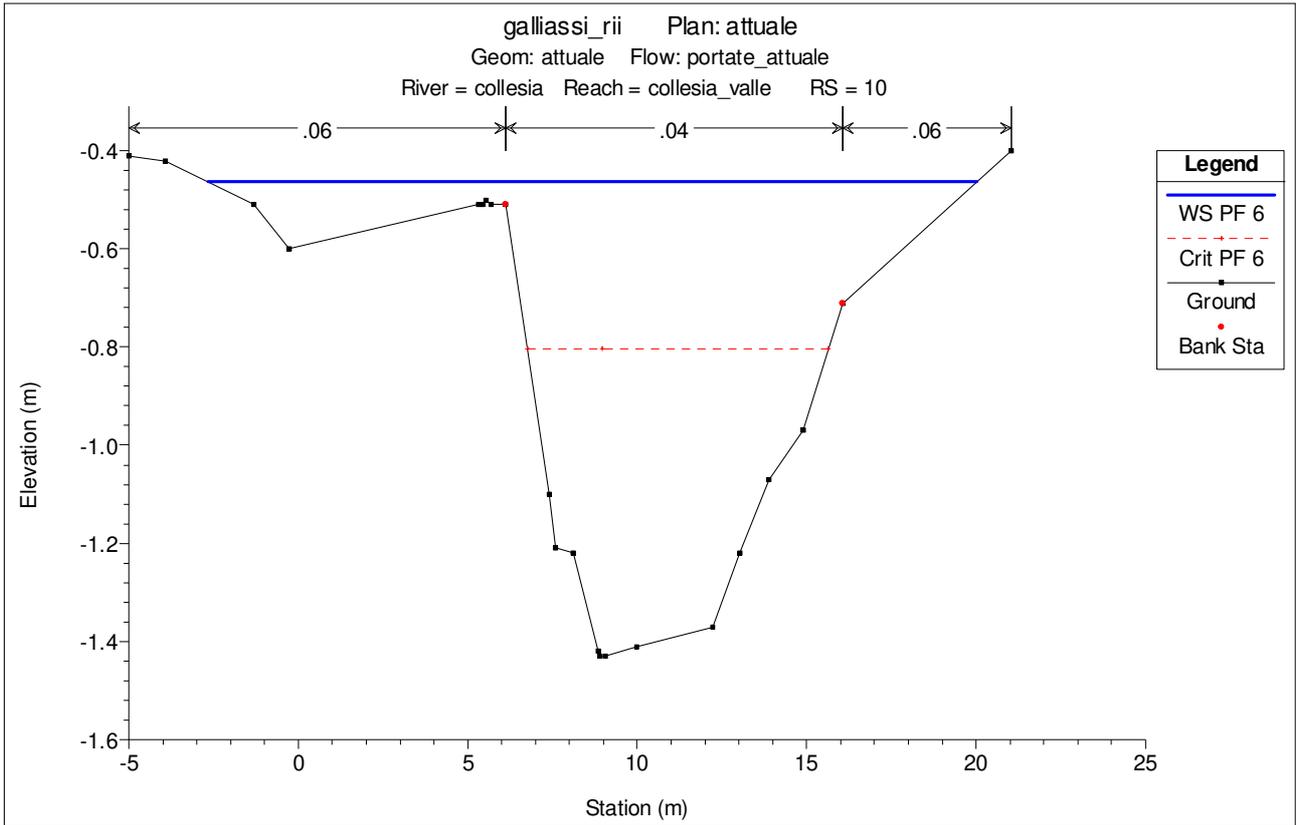
ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA



ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA



ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA



E.2 STATO DI PROGETTO

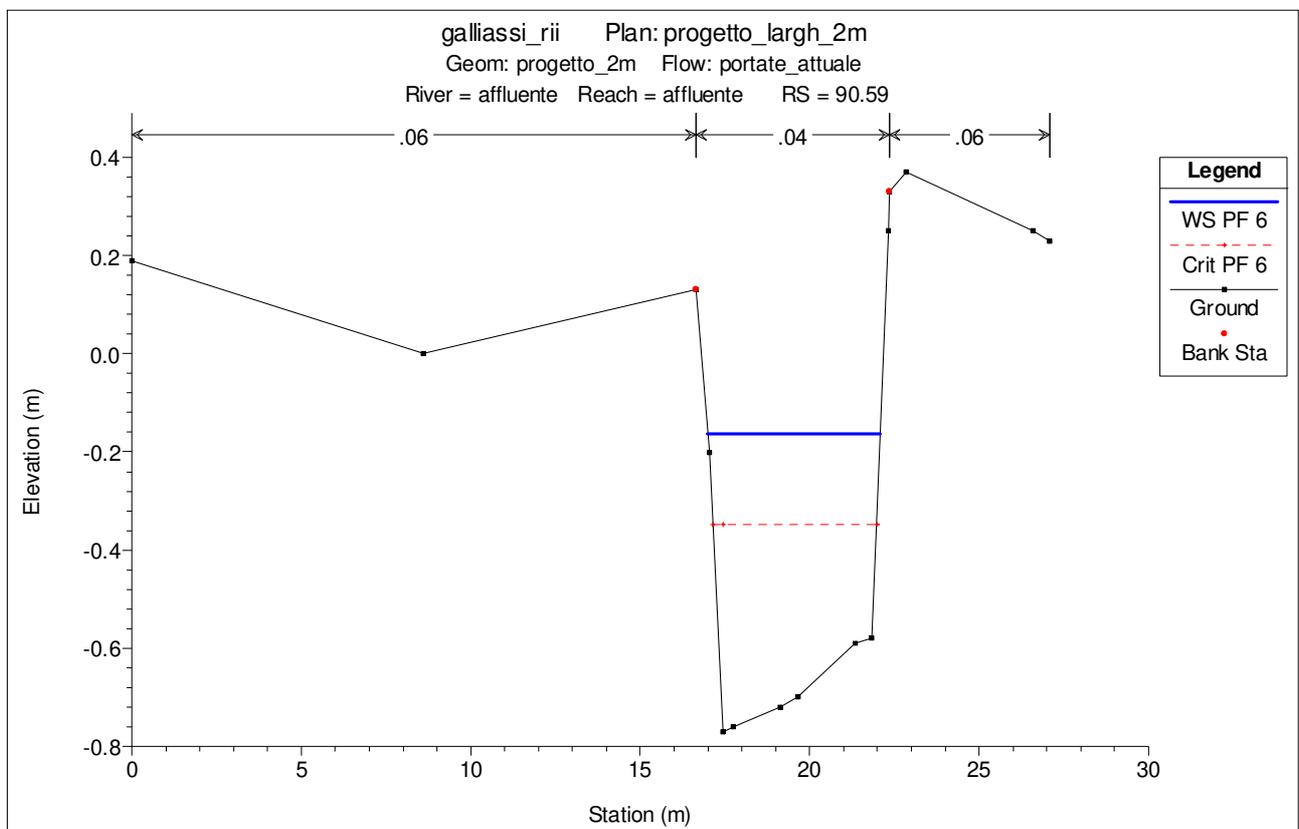
Rio Collesia monte 9.60 m³/sec

Rio Collesia dopo scolmatore 6.60 m³/sec

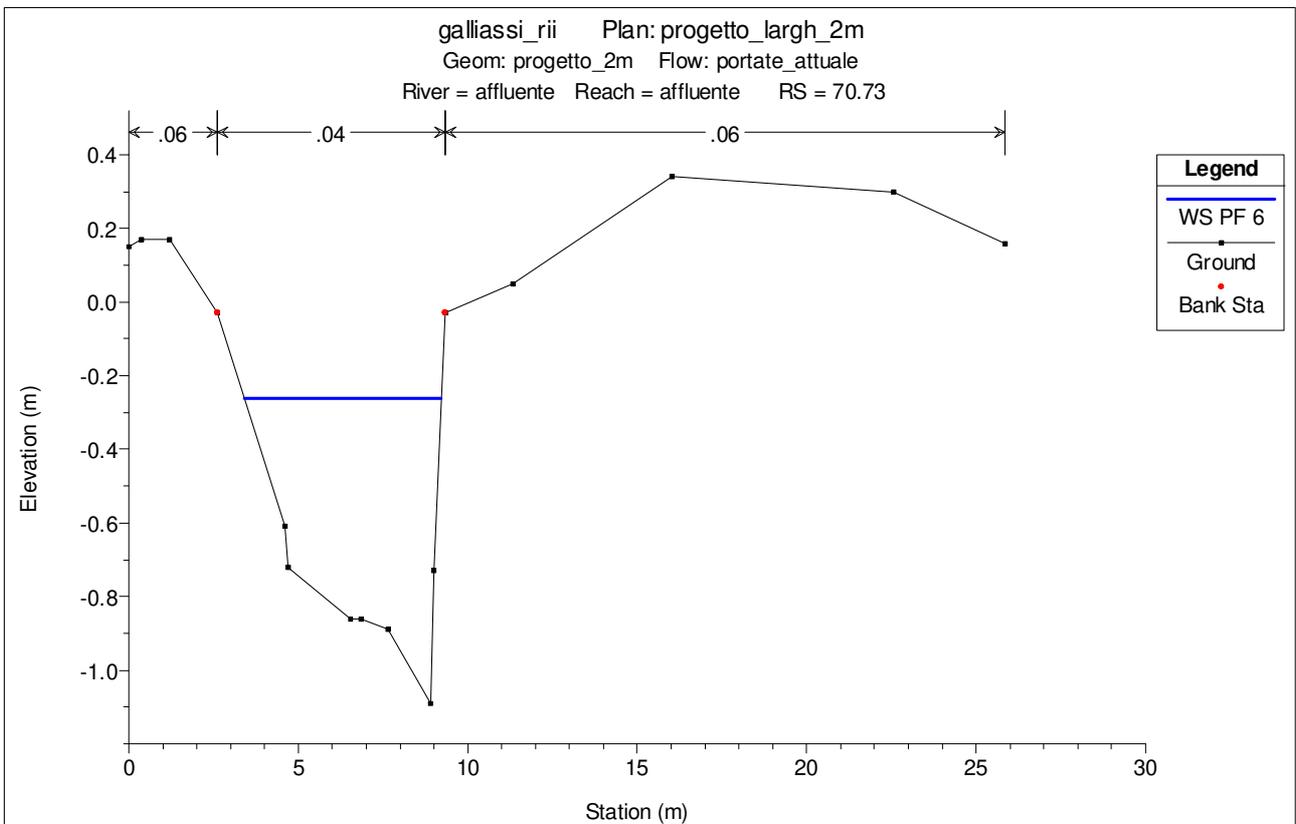
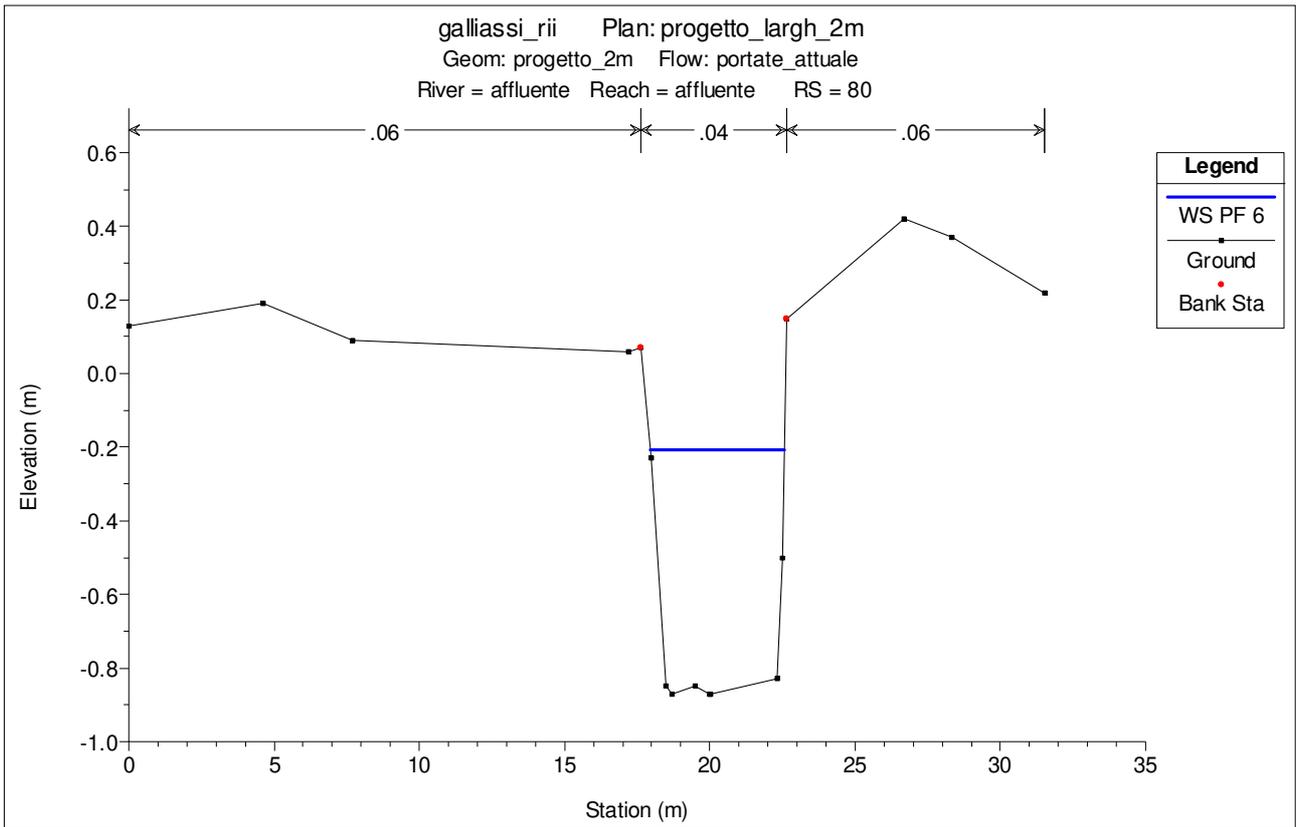
affluente 4.00 m³/sec

Rio Collesia valle attraversamento 10.60 m³/sec

Affluente

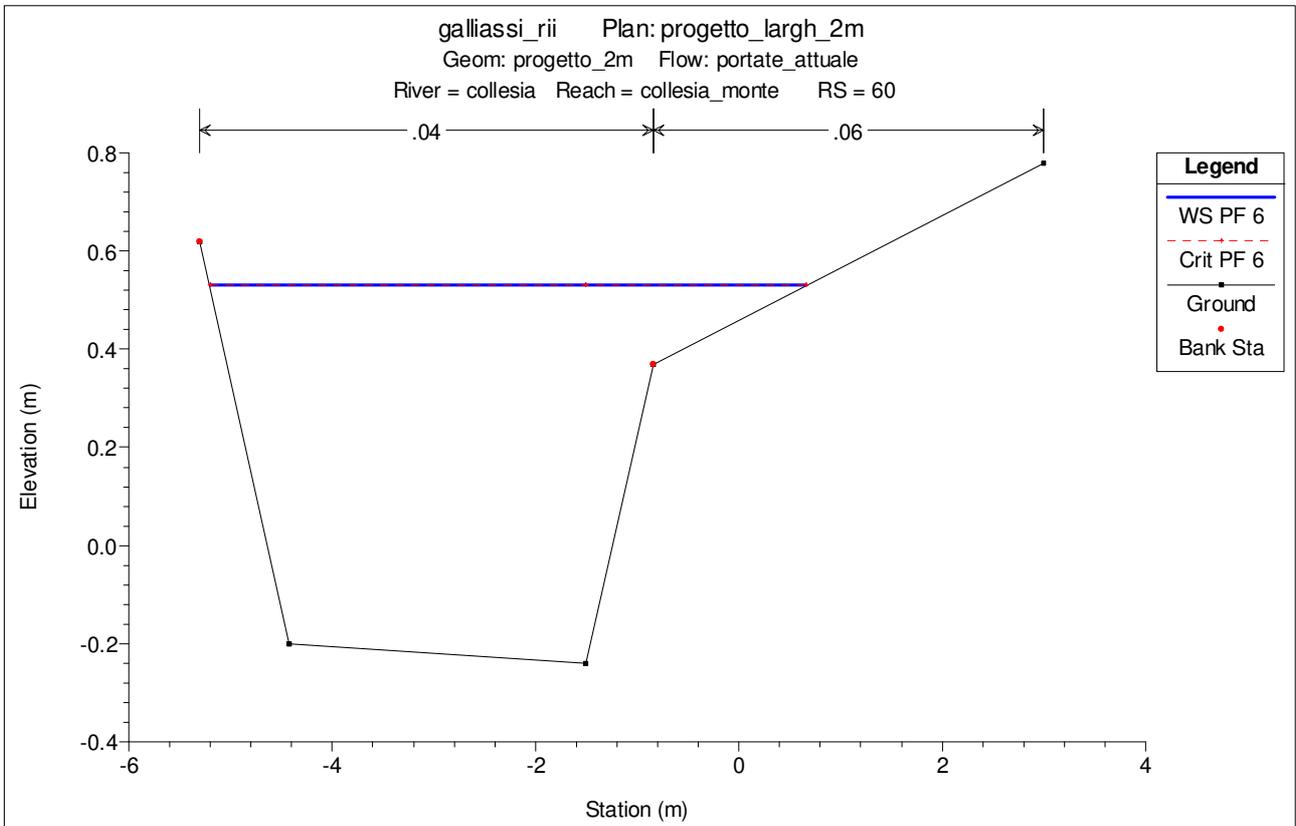
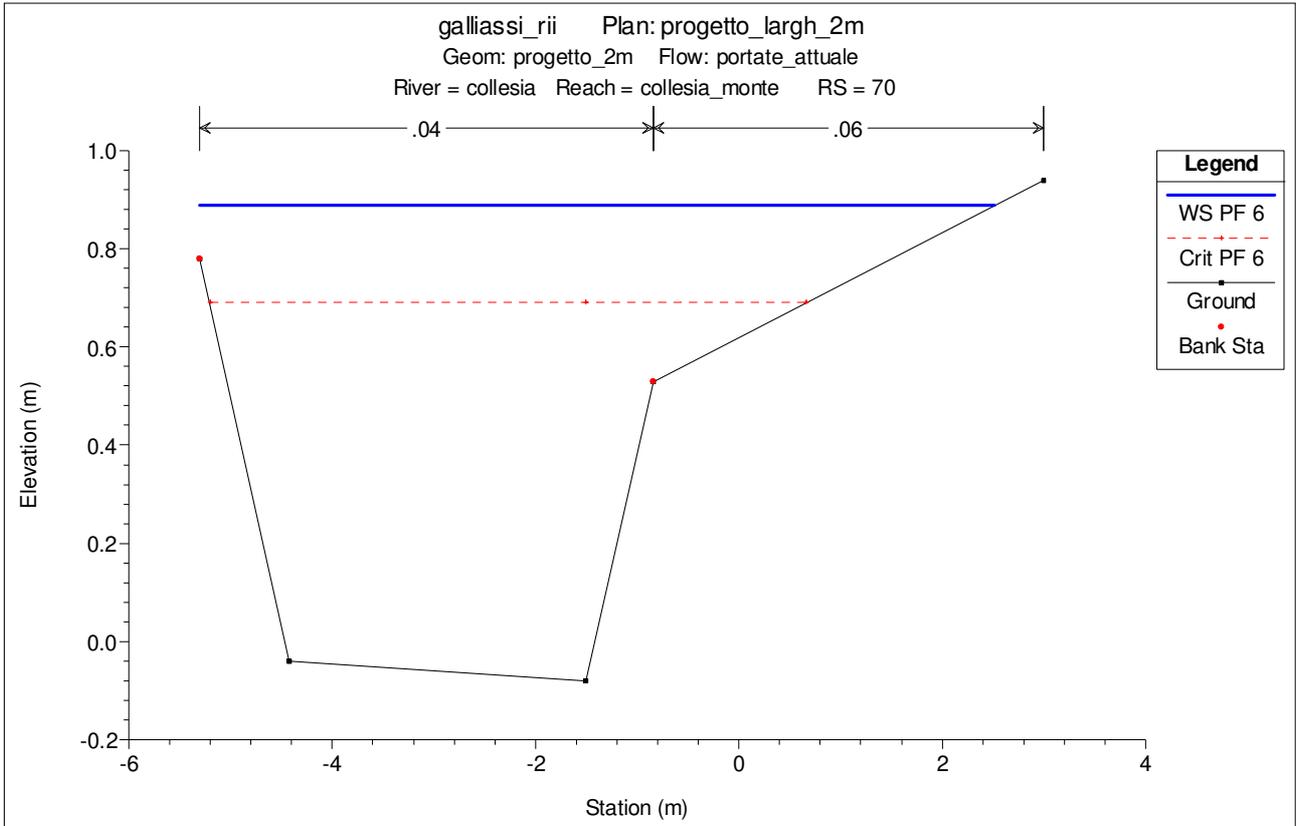


ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

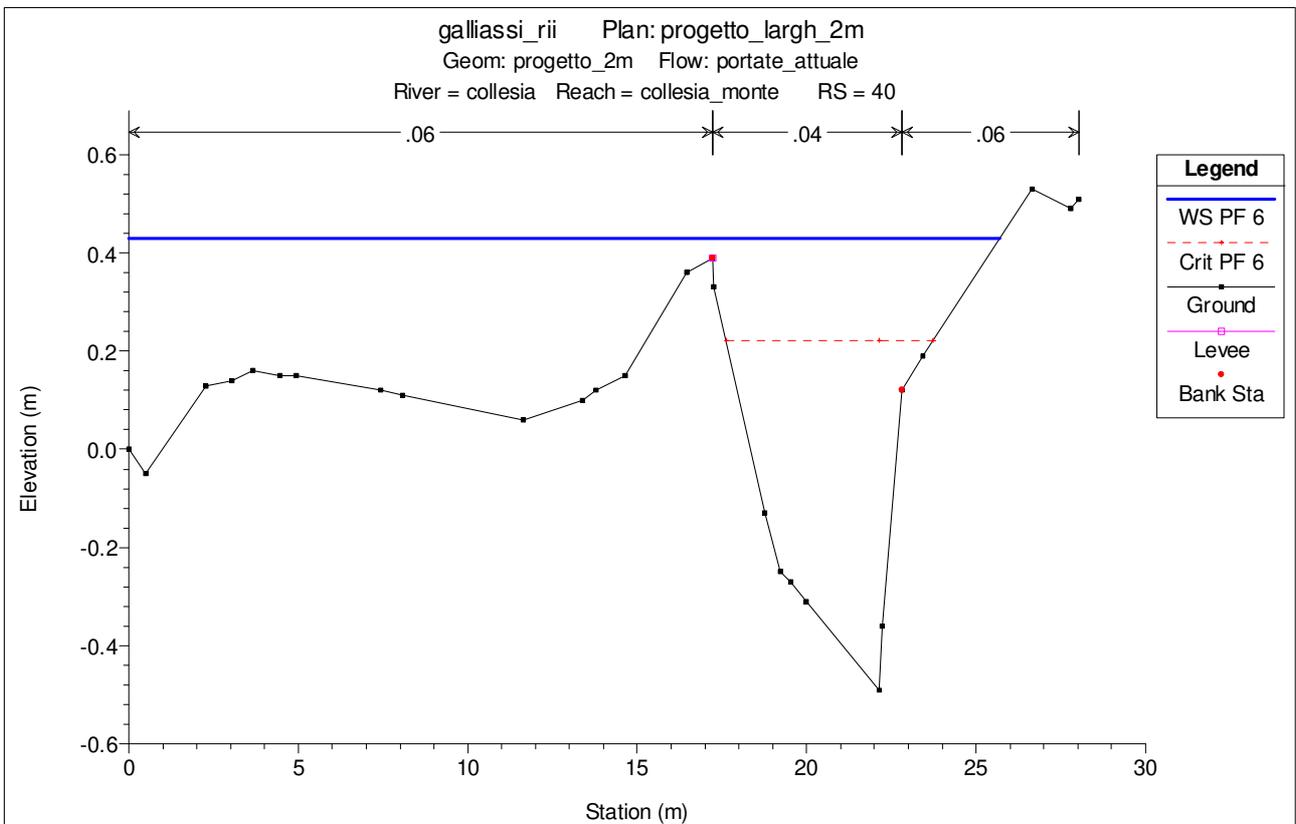
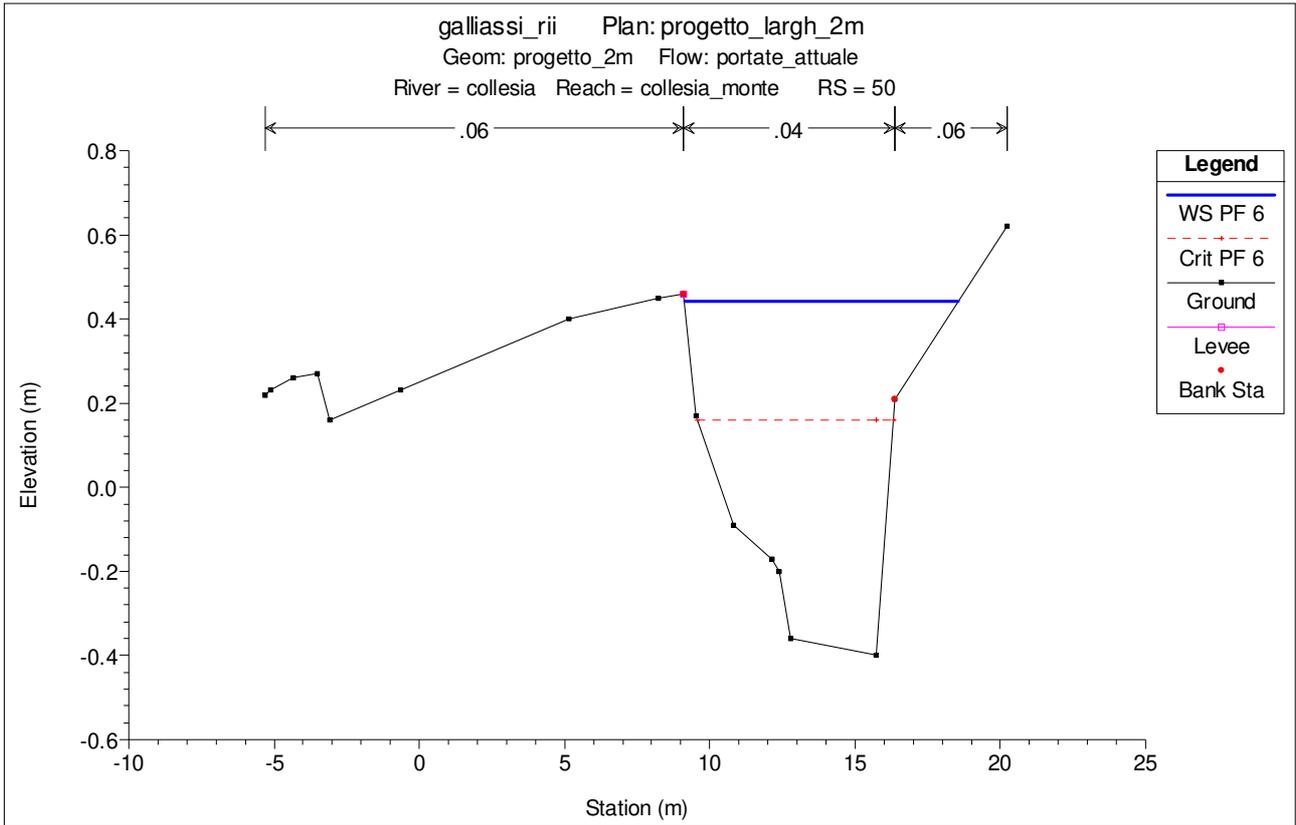


ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

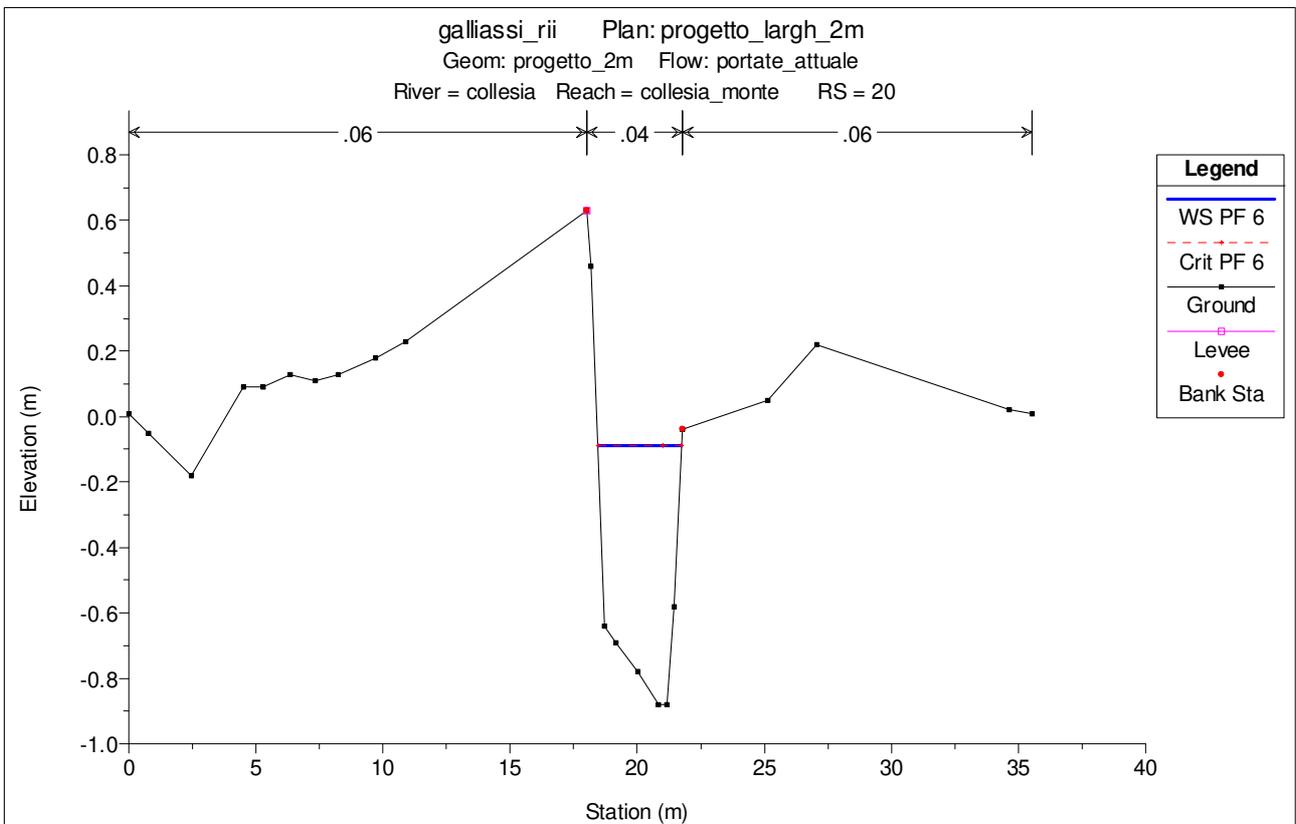
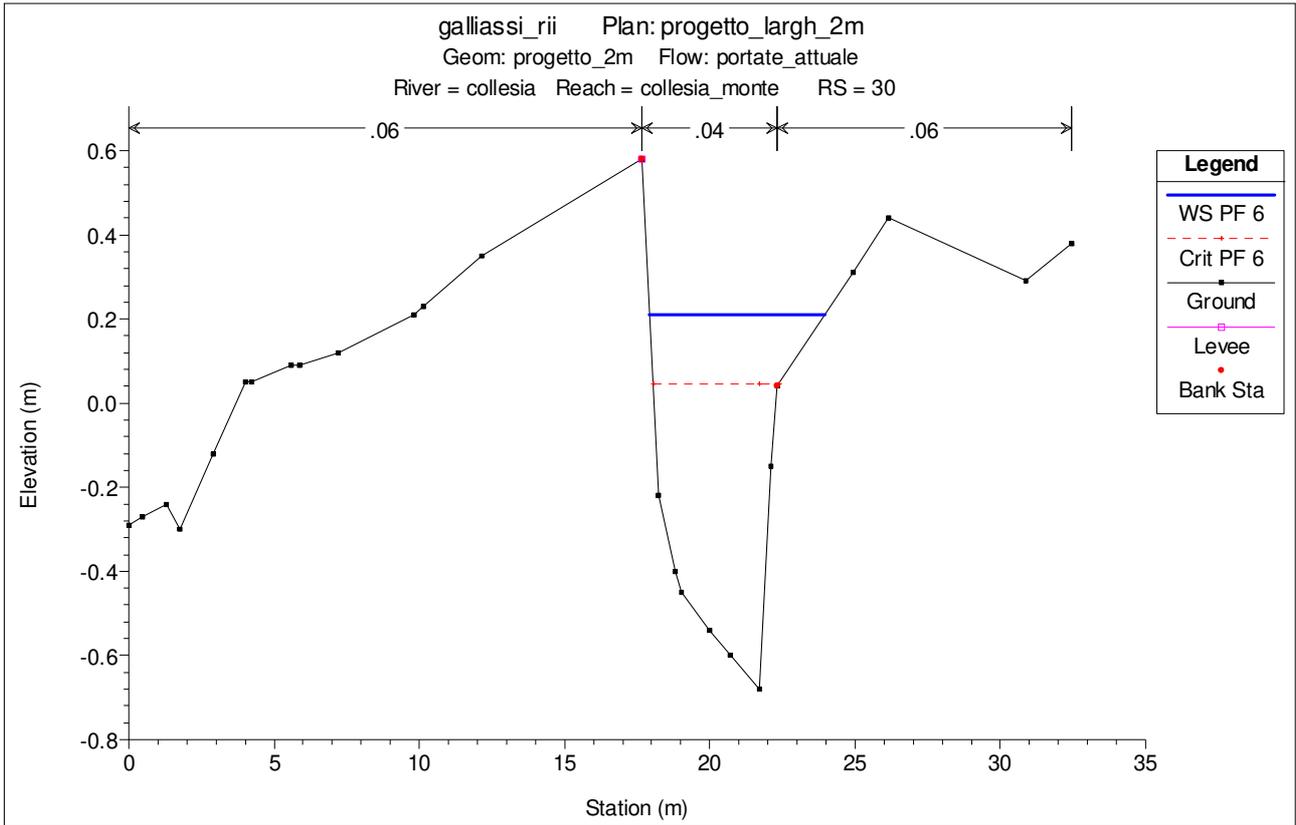
Rio Collesia monte attraversamento



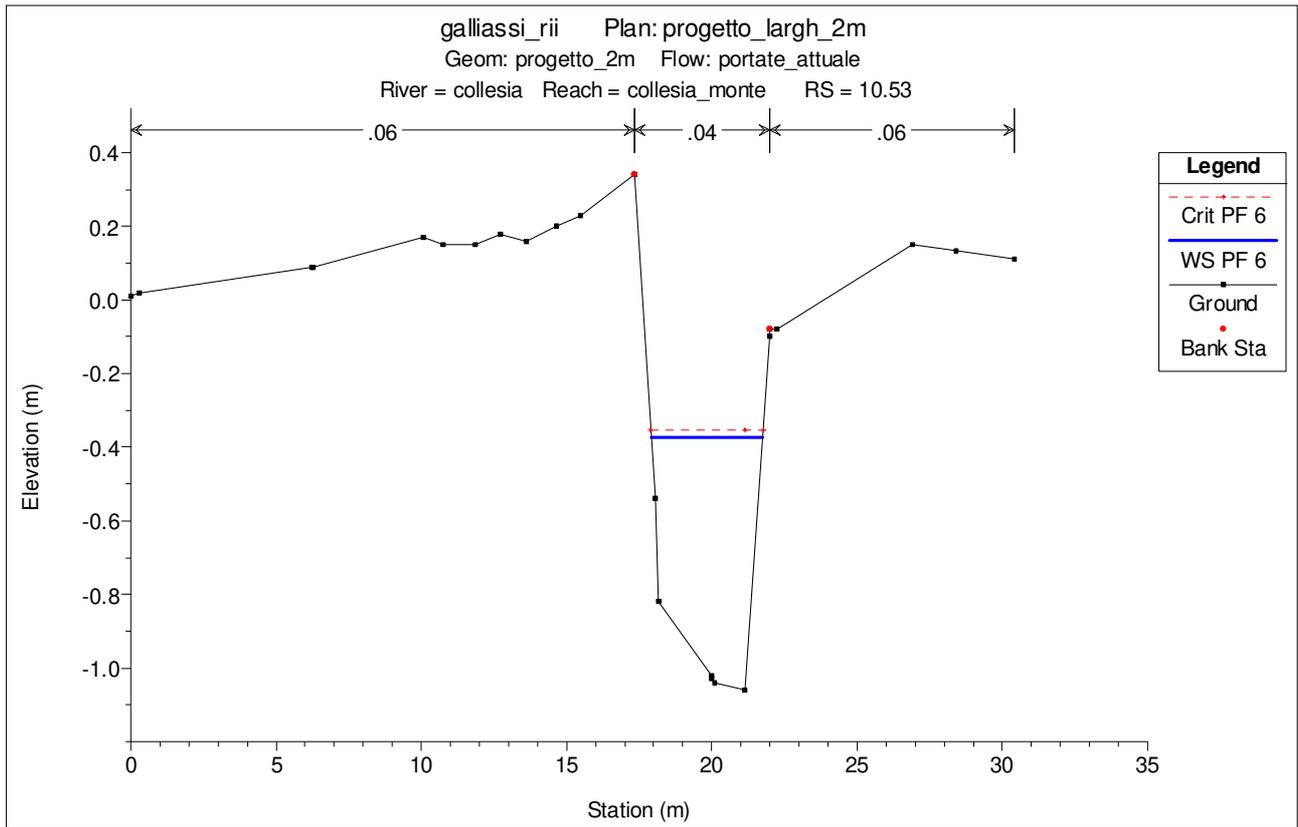
ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA



ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

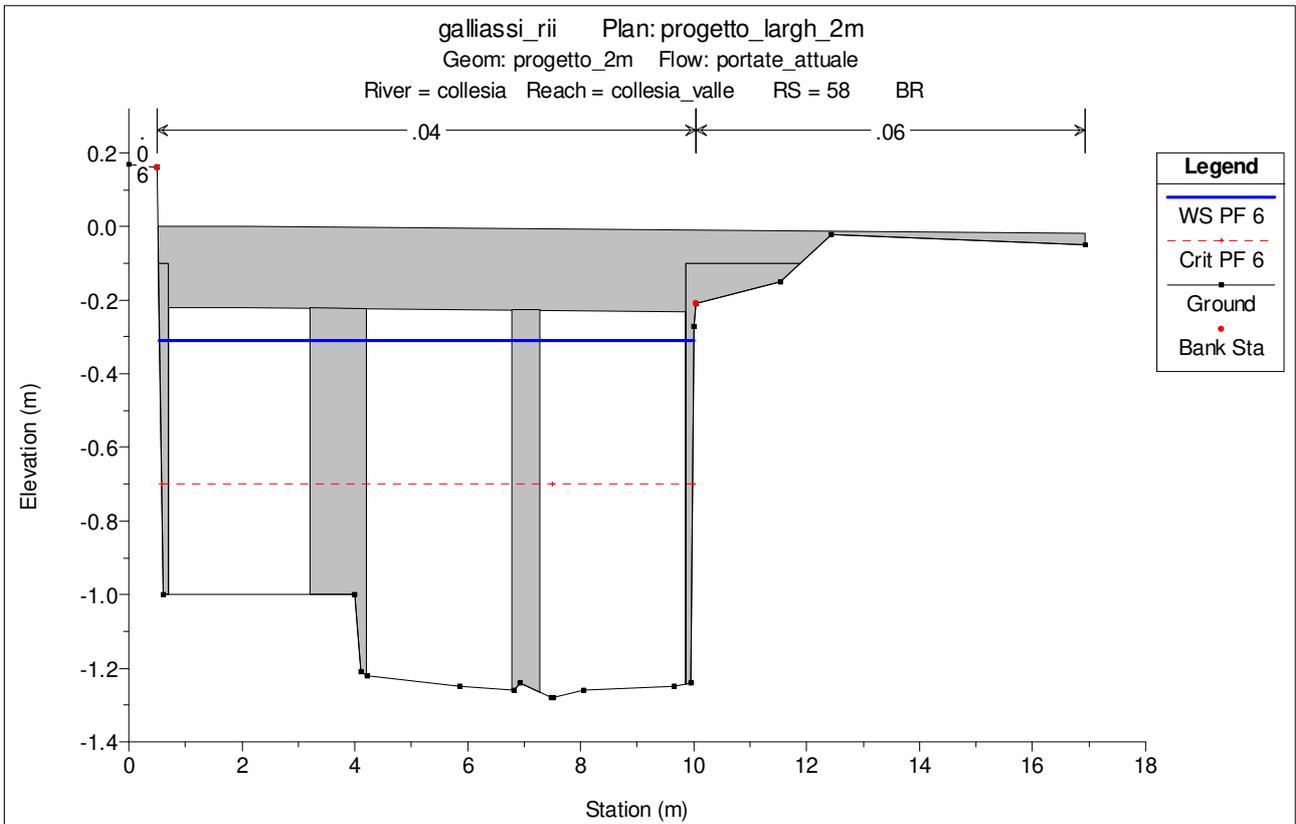
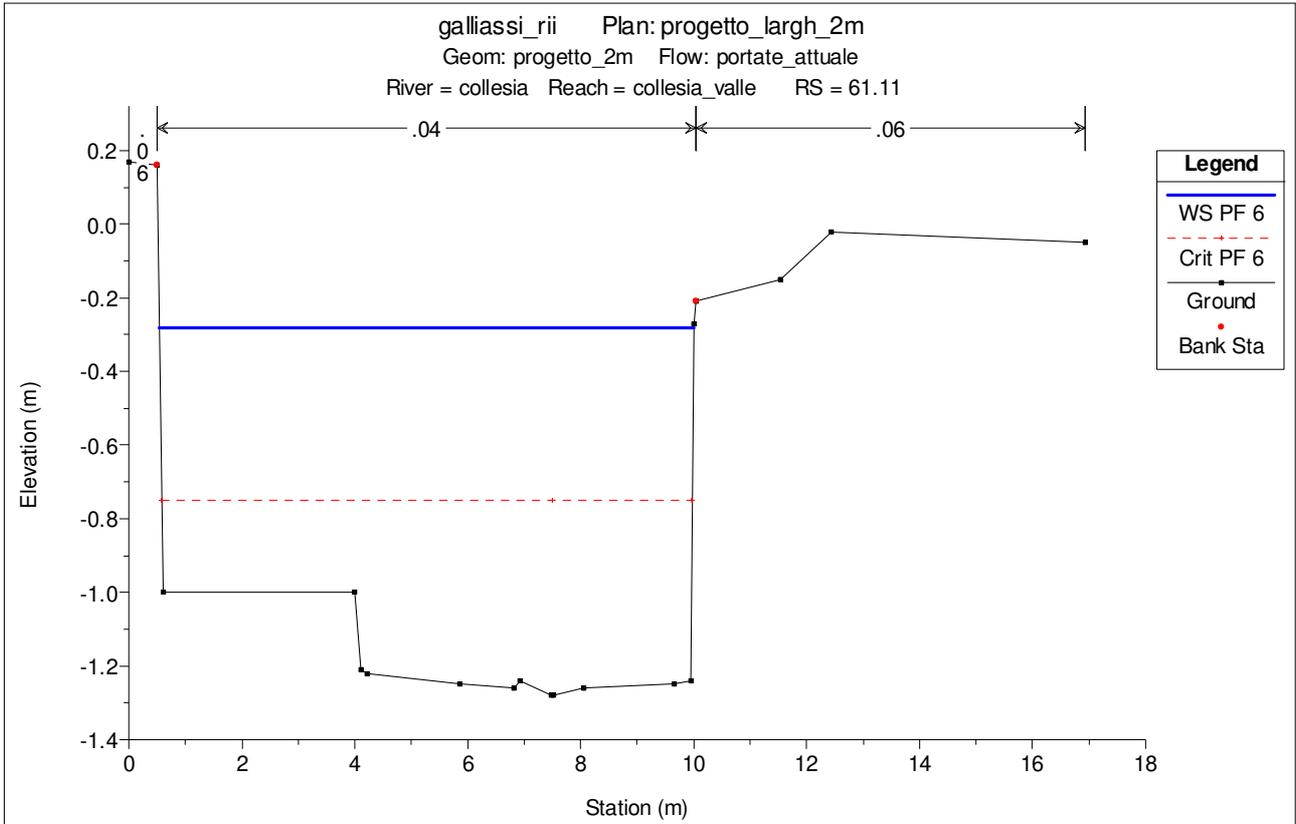


ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

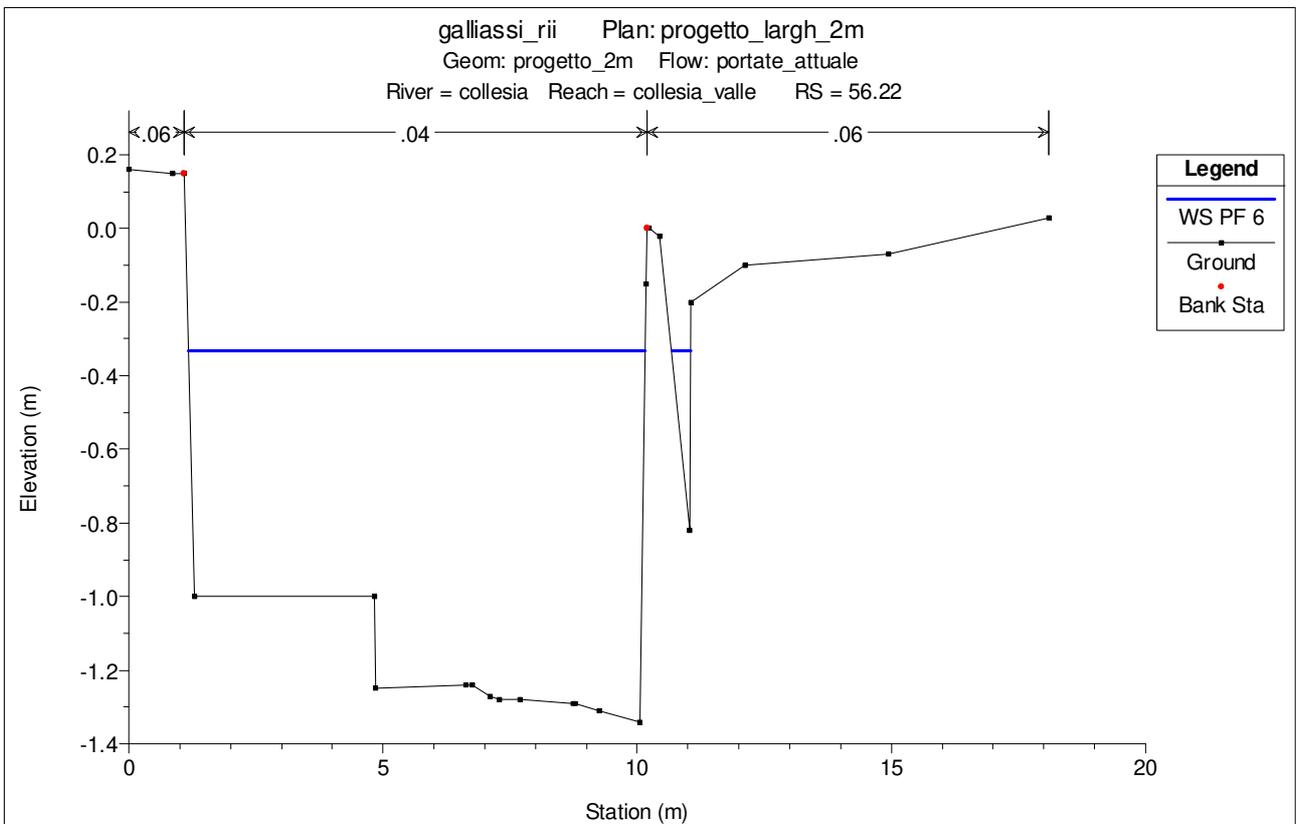
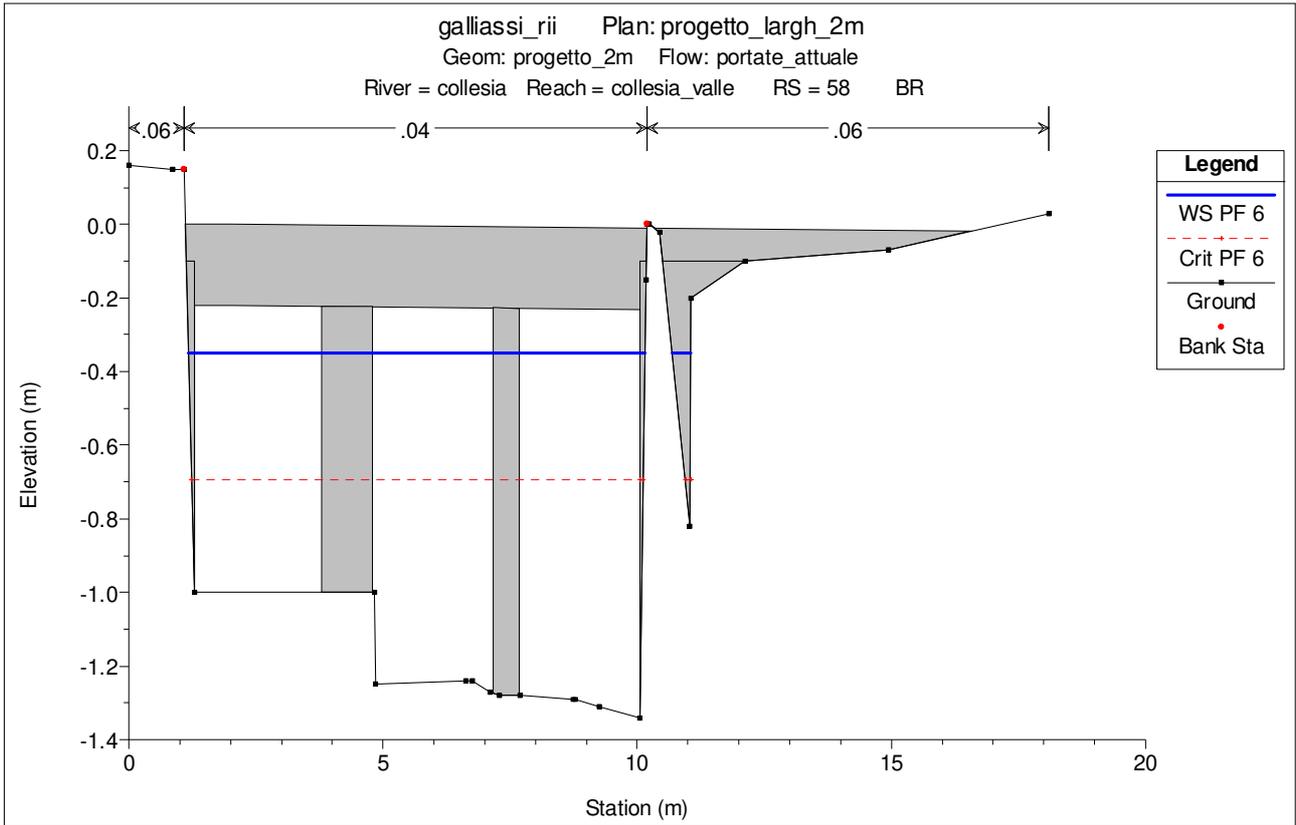


ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

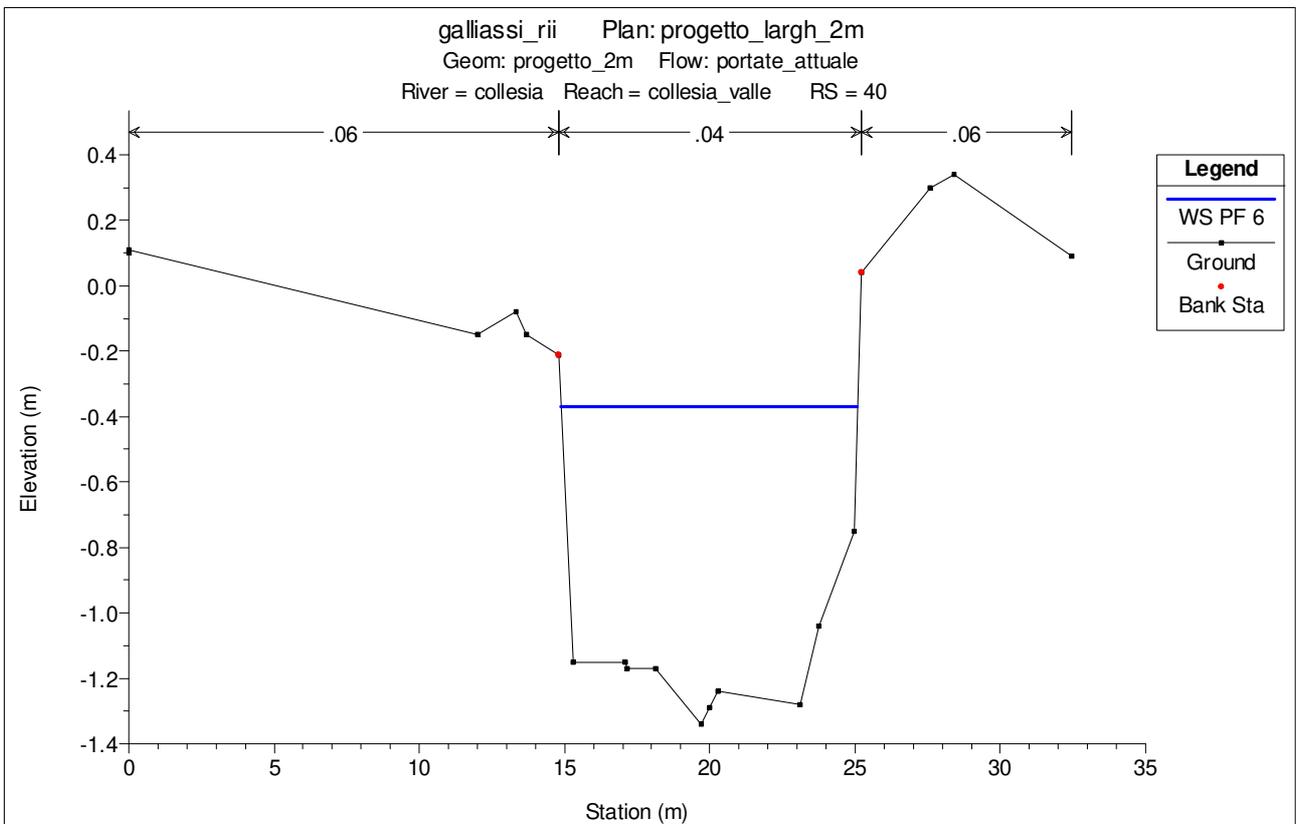
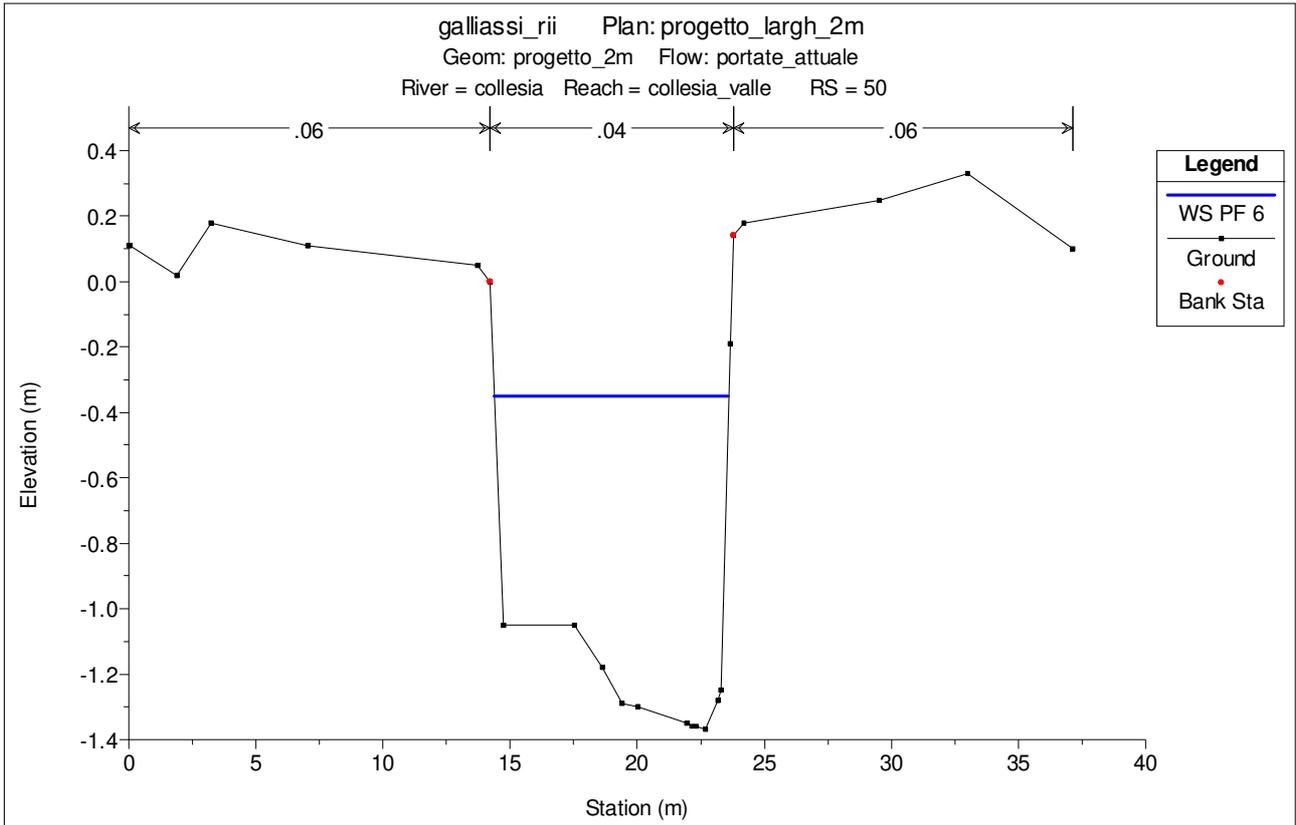
Rio Collesia valle attraversamento



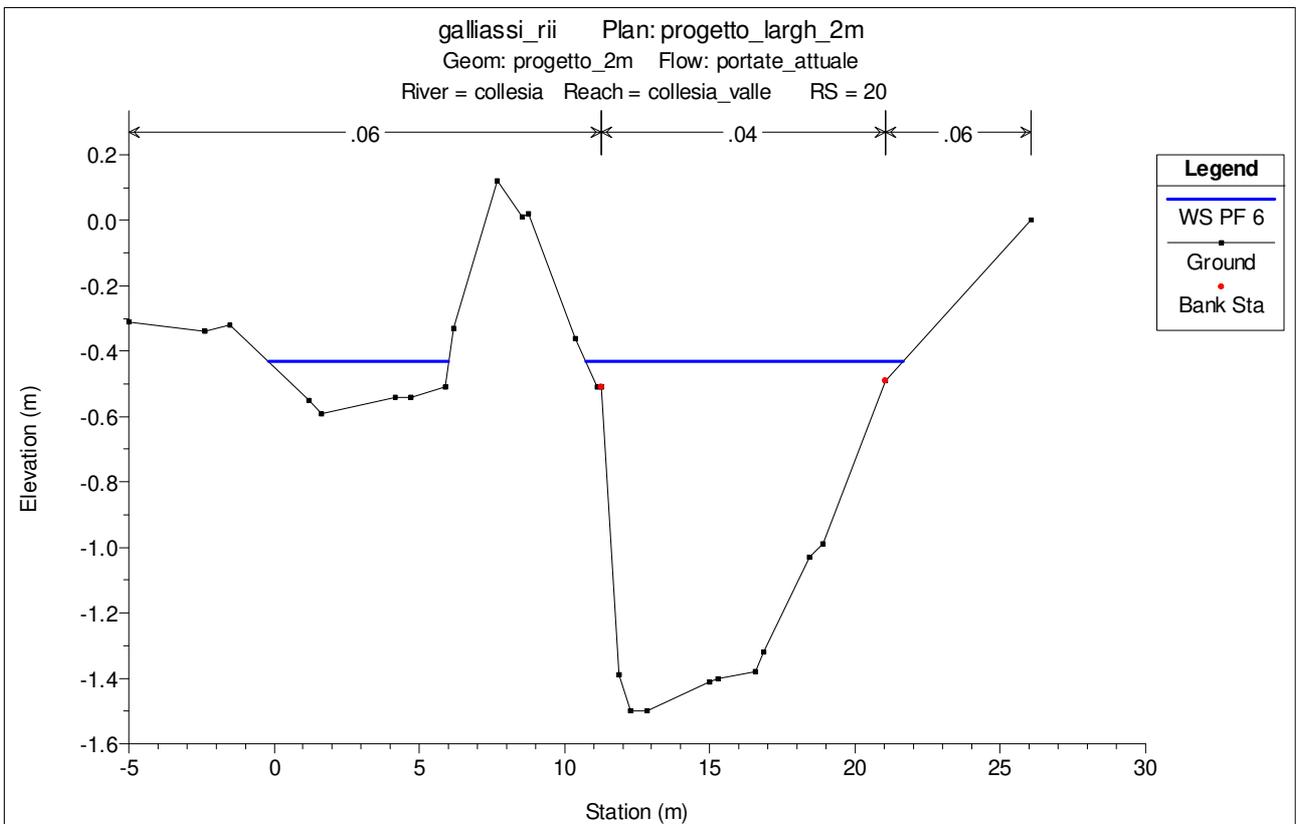
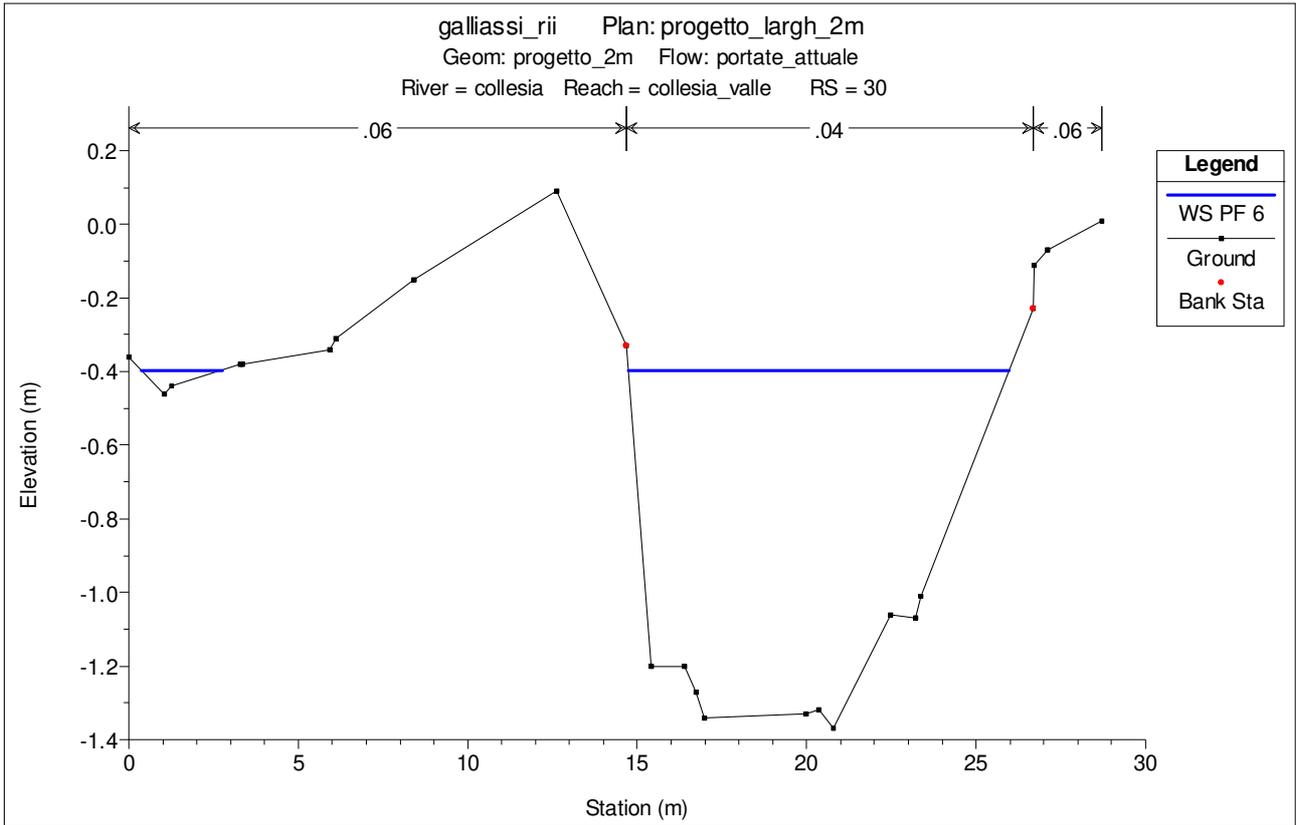
ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA



ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA



ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA



ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEI PARCHI REALI
Lavori di ripristino situazioni di dissesto e miglioramento della sentieristica nell'area regionale
del Parco Naturale la Mandria
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

