

TITOLARE DEL DOCUMENTO:

## AREN Green S.r.l.

Società soggetta alla direzione e coordinamento di AREN Electric Power S.p.A.  
Sede legale e amministrativa: Via dell'Arrigoni n. 308 | 47522 Cesena (FC) | Ph. +39 0547 415245  
Iscritta nel Registro delle Imprese della Romagna – Forlì-Cesena e Rimini | REA 326908 | C.F./P.Iva 04032170401

COMUNE DI MANFREDONIA (FG)  
LOCALITA' "BORGO FONTE ROSA"

# PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI **IMPIANTO EOLICO** **"BORGO FONTE ROSA 2"**

REDAZIONE / PROGETTISTA:



**Ing. Maurizio Casarella**

Via S. Pertini n. 38 - 83059 Vallata (AV)  
Ph. +39 3477049759 - Fax +39 082791532  
mail: [info@casarella.it](mailto:info@casarella.it)

Iscritto all'Ordine degli Ingegneri di Avellino al n. 1586

TIMBRO E FIRMA PROGETTISTA:

Ing. Maurizio Casarella Ordine  
degli Ingegneri di Avellino - Matr.  
1586

TITOLO ELABORATO:

**RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA**

CODICE ELABORATO:

**BFRDC\_GENR00500\_00**

FORMATO:

**A4**

Nr. EL.:

**/**

FASE:

**PROGETTO  
DEFINITIVO**

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	Prima emissione	11/12/2023	M.Casarella	E.Teodorani	S.Ulivi
01					
02					
03					
04					

## SOMMARIO

1.	PREMESSA .....	2
2.	INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....	2
3.	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	3
4.	PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO .....	3
5.	INQUADRAMENTO NELLA CARTOGRAFIA PAI .....	4
6.	INDIVIDUAZIONE DEL RETICOLO IDROGRAFICO .....	5
7.	ALVEO FLUVIALE IN MODELLAMENTO ATTIVO ED AREE GOLENALI E FASCE DI PERTINENZA FLUVIALE .....	6
8.	INTERFERENZE DEL CAVIDOTTO E DELLE STRADE CON IL RETICOLO IDROGRAFICO .....	7
9.	ANALISI IDROLOGICA .....	8
10.	COEFFICIENTE DI CRESCITA .....	8
11.	CURVA DI POSSIBILITÀ CLIMATICA .....	9
12.	INDIVIDUAZIONE DELLE INTERFERENZE CON LE FASCE FLUVIALI .....	10
13.	VERIFICHE IDRAULICHE .....	13
14.	IL MODELLO DI CALCOLO .....	13
15.	DATI DI CALCOLO .....	15
16.	SISTEMA DI RACCOLTA E SMALTIMENTO DELLE ACQUE DELLA NUOVA VIABILITÀ A SERVIZIO DEL PARCO EOLICO .....	16
17.	VERIFICA DELLE OPERE DI RACCOLTA E SMALTIMENTO .....	19
18.	CONCLUSIONI .....	19

## 1. PREMESSA

La presente relazione idrologica e idraulica è parte integrante del progetto definitivo per la realizzazione del Parco Eolico denominato “Borgo Fonte Rosa 2” ubicato in località Borgo Fonte Rosa nel comune di Manfredonia in Provincia di Foggia.

Rimandando alla successiva fase progettuale la redazione di uno studio idraulico di maggior dettaglio anche in funzione della dislocazione e dell’assetto definitivo delle opere in progetto, nel presente studio saranno effettuate tutte le analisi idrologiche necessarie per la stima delle portate di piena per tempi di ritorno 30, 100, 200 e 500 anni.

Si procederà quindi alla modellazione idraulica in moto permanente monodimensionale di quei tratti di reticolo idraulico interferenti con gli aerogeneratori in progetto per determinare eventuali criticità idrauliche al passaggio dalla piena stimata.

Successivamente sarà effettuato il dimensionamento degli elementi costituenti il sistema di drenaggio delle viabilità a servizio del parco eolico.

## 2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L’impianto in progetto, come detto, è ubicato nel territorio del comune di Manfredonia a Sud-Ovest del centro abitato, in un zona pianeggiante con quote variabili tra i 10 e i 25 m s.l.m..

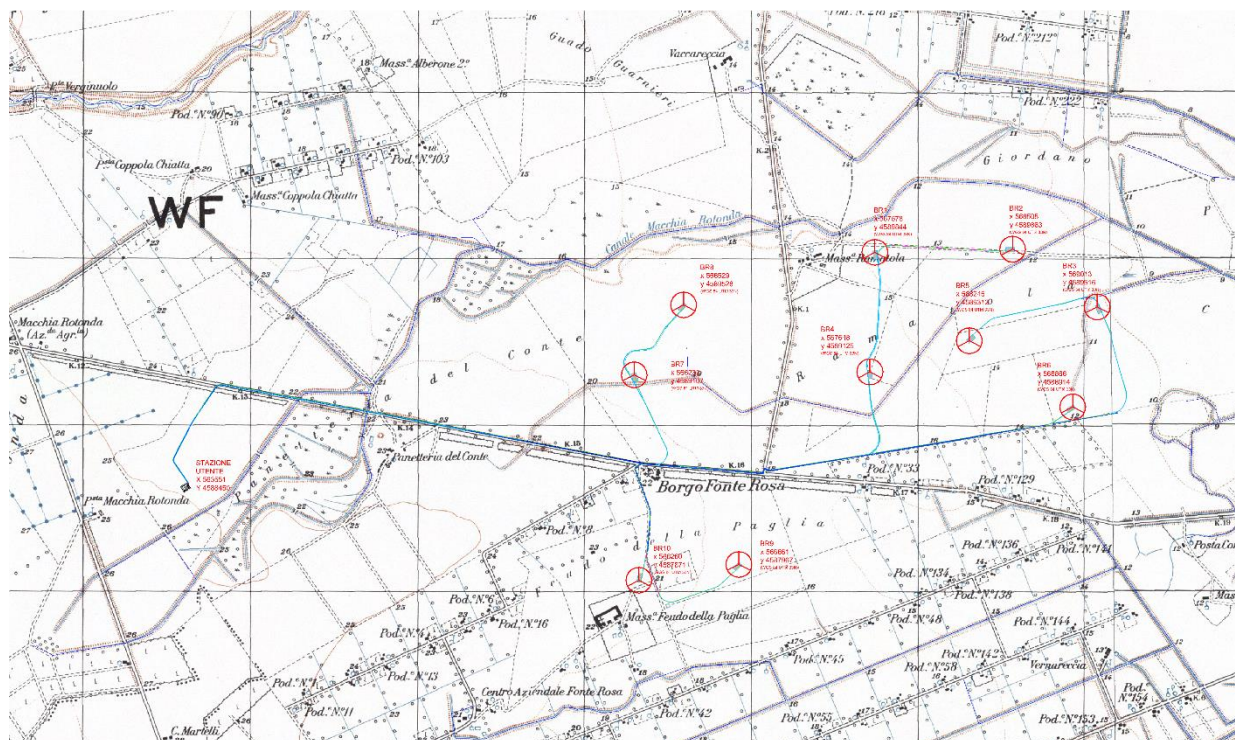


Fig. 1 - Inquadramento impianto su IGM

L’area dell’impianto è localizzata nella parte bassa del bacino idrografico del torrente Carapelle ed è interessata dal Canale Macchia Rotonda e da una serie di piccoli canali di scolo.

Ricade nel territorio di competenza dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale, in cui

a seguito della soppressione delle Autorità di Bacino Nazionali, Interregionali e Regionali ha confluito la ex Autorità di Bacino Interregionale della Puglia.

### **3. RIFERIMENTI NORMATIVI**

I principali strumenti normativi assunti a riferimento sono:

- 1) Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 Norme in materia ambientale;
- 2) Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) redatto dalla ex Autorità di Bacino Interregionale della Puglia (confluita nell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale) approvato con Delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Puglia n. 39 del 30/11/2005. Le relative Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del PAI, in relazione alle condizioni idrauliche, alla tutela dell'ambiente e alla prevenzione di presumibili effetti dannosi prodotti da interventi antropici, disciplinano le aree di cui agli artt. 6, 7, 8, 9 e 10. In particolare, le aree di cui sopra sono definite:
  - Art.6: Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali;
  - Art. 7: aree ad alta pericolosità idraulica (AP);
  - Art. 8: aree a media pericolosità idraulica (MP);
  - Art. 9: aree a bassa pericolosità idraulica (BP);
  - Art. 10: fasce di pertinenza fluviale.

### **4. PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO**

Il Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Puglia (PAI) costituisce Piano Stralcio del Piano di Bacino, ai sensi dall'articolo 17 comma 6 ter della Legge 18 maggio 1989, n. 183, ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo ricadente nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia.

Le Norme Tecniche di Attuazione (NTA) emanate con l'approvazione del Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Puglia (PAI), dettano le regole di uso del suolo nelle aree soggetto a pericolosità idraulica e geomorfologica individuate dal PAI. Le NTA, in relazione alle condizioni idrauliche, alla tutela dell'ambiente e alla prevenzione di presumibili effetti dannosi prodotti da interventi antropici, dettano norme per le aree di cui ai seguenti articoli:

- Art. 6: Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali;
- Art. 7: Aree ad alta pericolosità idraulica;
- Art. 8: Aree a media pericolosità idraulica;
- Art. 9: Aree a bassa pericolosità idraulica;
- Art. 10: Fasce di pertinenza fluviale;

All'art. 36 le NTA definiscono:

Alveo in modellamento attivo: porzioni dell'alveo interessato dal deflusso concentrato delle acque, ancorché non continuativo, legato a fenomeni di piena con frequenza stagionale;

Area ad alta pericolosità idraulica (A.P.): porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno inferiore o pari a 30 anni;

Area a media pericolosità idraulica (M.P.): porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno compreso tra 30 e 200 anni;

Area a bassa pericolosità idraulica (B.P.): porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno compreso tra 200 e 500 anni;

Area golenale: porzione di territorio contermini all'alveo in modellamento attivo, interessata dal deflusso concentrato delle acque, ancorché non continuativo, per fenomeni di piena di frequenza pluriennale. Il limite è di norma determinabile in quanto coincidente con il piede esterno dell'argine maestro o con il ciglio del versante;

Fascia di pertinenza fluviale: porzione di territorio contermini all'area golenale;

Nella cartografia allegata al PAI sono state individuate le aree a diversa pericolosità idraulica (A.P., M.P., B.P.), mentre le aree definite "Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali" e "Fasce di pertinenza fluviale" seguono i criteri riportati all'art. 6 e all'art. 10.

L'art. 6 co. 1 stabilisce che *Al fine della salvaguardia dei corsi d'acqua, della limitazione del rischio idraulico e per consentire il libero deflusso delle acque, il PAI individua il reticolo idrografico in tutto il territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia, nonché l'insieme degli alvei fluviali in modellamento attivo e le aree golenali, ove vige il divieto assoluto di edificabilità.*

Lo stesso art. 6 al co. 8 prevede che *Quando il reticolo idrografico e l'alveo in modellamento attivo e le aree golenali non sono arealmente individuate nella cartografia in allegato e le condizioni morfologiche non ne consentano la loro individuazione, le norme si applicano alla porzione di terreno a distanza planimetrica, sia in destra che in sinistra, dall'asse del corso d'acqua, non inferiore a 75 m.*

All'art. 10, co. 3 le norme stabiliscono che *Quando la fascia di pertinenza fluviale non è arealmente individuata nelle cartografie in allegato, le norme si applicano alla porzione di terreno, sia in destra che in sinistra, contermini all'area golenale, come individuata all'art. 6 comma 8, di ampiezza comunque non inferiore a 75 m.*

## **5. INQUADRAMENTO NELLA CARTOGRAFIA PAI**

Dalla sovrapposizione con la cartografia del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) vigente risulta che gli aerogeneratori in progetto non interessano aree classificate a pericolosità o rischio idraulico, mentre la strada di accesso alla torre BR4 attraversa un impluvio classificato ad alta pericolosità idraulica (AP) e il cavidotto di collegamento alla cabina utente attraversa aree classificate ad alta, media e bassa pericolosità idraulica. La cabina utente ricade in un'area classificata ad alta e media pericolosità idraulica, tuttavia l'opera è già esistente non è oggetto del presente studio.

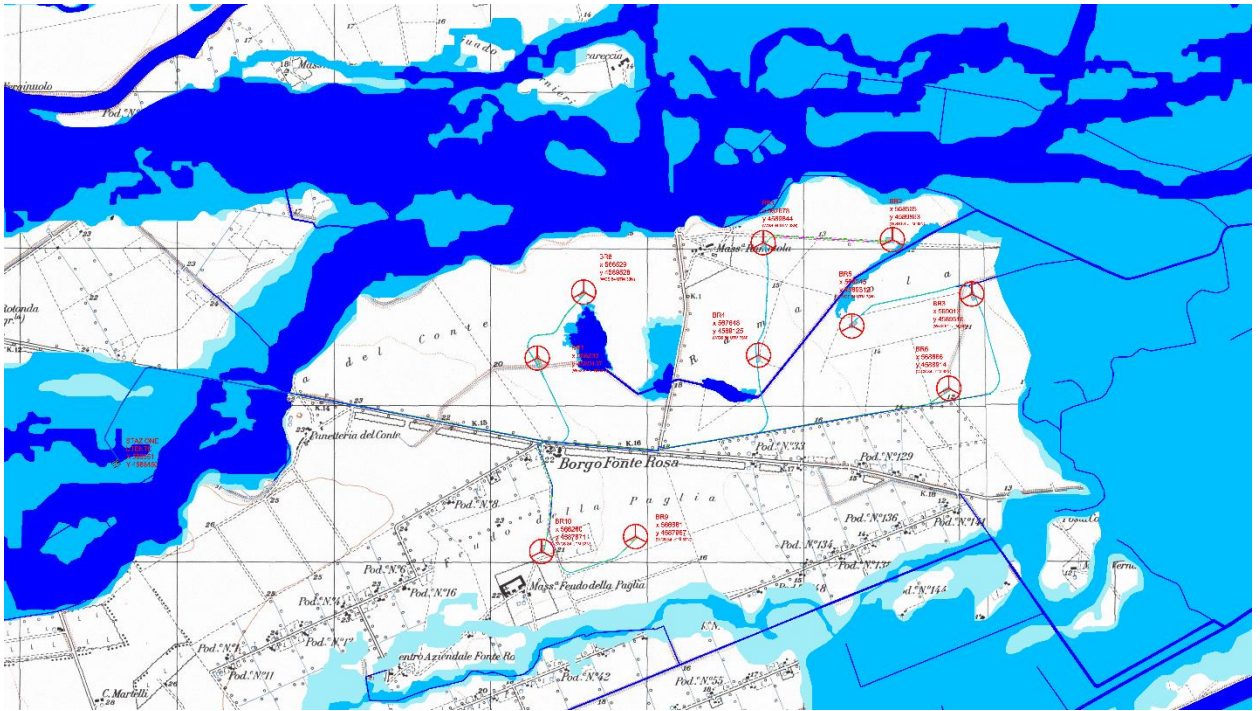


Fig. 2 - Inquadramento nella cartografia PAI

## 6. INDIVIDUAZIONE DEL RETICOLO IDROGRAFICO

Per la definizione del reticolo idrografico si è fatto riferimento al reticolo aggiornato dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale relativamente alla Unit of Management Regionale Puglia e interregionale Ofanto - euUoMCode ITR161I020 bacino idrografico Ofanto, già bacino interregionale; bacini idrografici della Puglia, già bacini regionali.

Nella figura successiva è riportata la sovrapposizione del suddetto reticolo idrografico scaricato dal sito internet dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale con la carta IGM 1:25000.

Le informazioni sul reticolo idrografico sono state, inoltre, integrate con la cartografia CTR, le ortofoto e le informazioni ottenute da sopralluoghi e rilievi in sito per individuare l'effettiva entità e ubicazione del reticolo idrografico interessato.



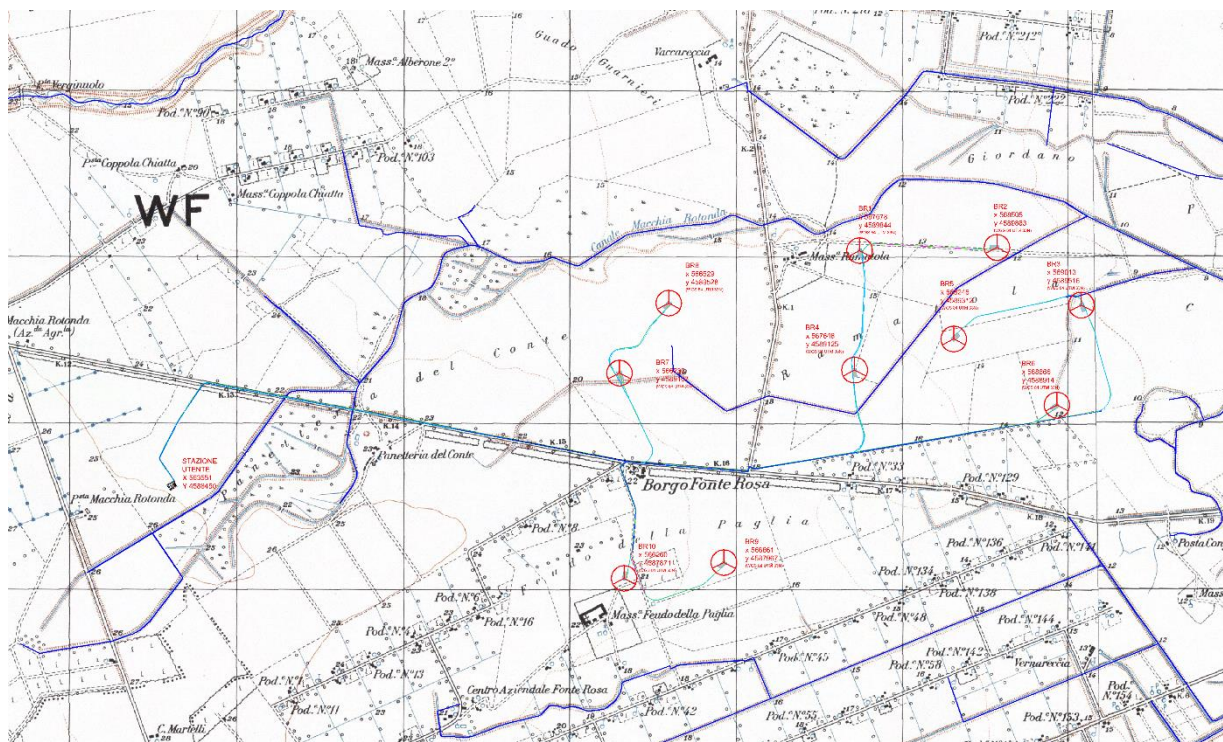


Fig. 3 – Reticolo idrografico su IGM

## 7. ALVEO FLUVIALE IN MODELLAMENTO ATTIVO ED AREE GOLENALI E FASCE DI PERTINENZA FLUVIALE

Sulla base del reticolo idrografico precedentemente definito, si è provveduto ad individuare l'“Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali” e le “Fasce di pertinenza fluviale” e riportate nell'allegato elaborato *BFRDC\_S00T01701\_00\_Interferenza fasce fluviali*.

L'Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali è stato individuato tenendo conto dei criteri dettati dall'art. 6 delle NTA del PAI, ovvero dove le condizioni morfologiche ne hanno consentito è stata riportata l'ampiezza dell'alveo, mentre dove non lo consentivano è stata riportata una fascia di 75 m di larghezza in destra e sinistra del corso d'acqua.

Le Fasce di pertinenza fluviale sono state individuate tenendo conto dei criteri dettati dall'art. 10 delle NTA del PAI, ovvero è stata riportata una fascia di 75 m di larghezza sia in destra che in sinistra alla precedente fascia.

Dalla sovrapposizione delle opere in progetto con le suddette aree si rileva che l'aerogeneratore BR3 con la relativa piazzola interessa l'“Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali” e la “Fascia di pertinenza fluviale”. Inoltre, interferisce con l'“Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali” e la “Fascia di pertinenza fluviale” la strada di nuova realizzazione di accesso allo stesso aerogeneratore BR3.

Per gli impluvi interferenti con le suddette opere si è provveduto, nei paragrafi successivi, ad effettuare le modellazioni idrauliche in moto permanente per le portate di piena stimate con tempo di ritorno 200 anni, al fine di valutare la compatibilità idraulica delle opere.

## 8. INTERFERENZE DEL CAVIDOTTO E DELLE STRADE CON IL RETICOLO IDROGRAFICO

Nell'elaborato allegato *BFRDC\_S00T01701\_00\_Interferenza fasce fluviali* sono riportate anche le interferenze del cavidotto e delle strade di nuova realizzazione o da adeguare, con il reticolo idrografico definito al paragrafo 6. Di seguito si descrivono le interferenze e se ne illustrano le modalità esecutive.

I1	Cavidotto di collegamento alla stazione utente	Il cavidotto di collegamento alla stazione utente interseca un ramo del Canale Macchia Rotonda	Il cavidotto è posato lungo la sede della Strada Provinciale 70 (Via del Mare). L'attraversamento dell'impluvio avviene al di sotto del ponticello esistente e sarà effettuato mediante TOC (Trivellazione Orizzontale Controllata)
I2	Cavidotto di collegamento alla stazione utente	Il cavidotto di collegamento alla stazione utente interseca un ramo del Canale Macchia Rotonda	Il cavidotto è posato lungo la sede della Strada Provinciale 70 (Via del Mare). L'attraversamento dell'impluvio avviene al di sotto del ponticello esistente e sarà effettuato mediante TOC (Trivellazione Orizzontale Controllata)
I3	Cavidotto e strada di nuova realizzazione per il collegamento all'aerogeneratore BR4	Il cavidotto e la strada di nuova realizzazione per il collegamento all'aerogeneratore BR4, intersecano un fosso di scolo affluente in destra del Canale Macchia Rotonda	Il cavidotto sarà posato lungo la sede della strada di nuova realizzazione. L'attraversamento dell'impluvio sarà effettuato con scavo a cielo aperto e successivo ripristino e posa di un nuovo tombino di attraversamento stradale realizzato con scatolare in c.a.v. di dimensioni 2,80 m x 1,50 m.
I4	Cavidotto e strada di nuova realizzazione per il collegamento all'aerogeneratore BR5	Il cavidotto e la strada di nuova realizzazione per il collegamento all'aerogeneratore BR5 interseca una linea di impluvio rilevata dalla carta base del PGRA	Il cavidotto sarà posato lungo la sede della strada di nuova realizzazione. L'attraversamento dell'impluvio sarà effettuato con scavo a cielo aperto e successivo ripristino e posa di un nuovo tombino di attraversamento stradale realizzato con tubo in polietilene $\Phi$ 1500.

*Tab. 1 – Interferenze cavidotto e delle strade di nuova realizzazione o da adeguare con il reticolo idrografico*



## 9. ANALISI IDROLOGICA

L'analisi idrologica è finalizzata a valutare, su base probabilistica, le portate al colmo di piena che possono defluire, con preassegnata probabilità di superamento, negli impluvi interferenti con le opere del parco eolico "Borgo Fonte Rosa 2" nel comune di Manfredonia (FG).

In particolare, sono stati determinati i valori  $Q_T$  delle portate al colmo di piena che possono essere superati, mediamente, una sola volta ogni  $T$  anni, essendo  $T$  il *periodo di ritorno* preso a riferimento.

La piena media annua, nelle sezioni di studio, è stata stimata attraverso l'utilizzo di un modello concettuale (formula razionale), sulla base della seguente equazione

$$Q = \frac{C_* \cdot K_A(t_r) \cdot I(t_r) \cdot A}{3.6} \quad (1)$$

in cui:

$Q$  è la piena media annua espressa in mc/s;

$C_*$  è il coefficiente di piena, così definito:

$$C_* = 0.09 + 0.47 (1 - pp)$$

con  $pp$  frazione ad elevata permeabilità del bacino (rapporto tra area ad elevata permeabilità e l'area complessiva del bacino);

$K_A$  Fattore di Riduzione Areale: tiene conto, nel caso di bacini di grande estensione, del fatto che la precipitazione è un valore puntuale e quindi va opportunamente ridotta di un valore che dipende dall'estensione dell'area studiata e dalla durata dell'evento. Nel caso di studio è stato posto pari ad 1 in quanto i bacini oggetto di studio sono di limitata estensione.

$t_r$ , in ore, è il tempo di ritardo del bacino, così definito:

$$t_r = 0.344 A^{0.5}, \text{ con } A \text{ superficie del bacino in km}^2;$$

$I(t_r)$ , espressa in mm/h, è la intensità di precipitazione ottenuta come  $h(t_r)/t_r$ .

Il valore così ottenuto va moltiplicato per il Coefficiente di Crescita  $K_T$  (funzione del tempo di ritorno dell'evento espresso in anni)

$$Q_T = Q \cdot K_T \quad (2)$$

## 10. COEFFICIENTE DI CRESCITA

I valori del coefficiente di crescita  $K_T$  sono stati desunti dal rapporto sulla Valutazione delle Piene in Puglia (VAPI) redatto dal CNR-GNDICI [Copertino e Fiorentino, 1994] per il territorio di competenza del compartimento di Bari del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale.

Nell'ambito del suddetto studio, l'analisi di primo e secondo livello, basata sul modello statistico T.C.E.V. (Two Components Extreme Value – Rossi & al., 1984), ha portato alla suddivisione del territorio di competenza

del compartimento di Bari del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, in due zone omogenee di primo e secondo livello.

La prima include tutti i bacini compresi tra il fiume Ofanto a sud e il torrente Candelaro a nord la seconda include la restante parte del comprensorio.

I bacini oggetto di studio ricadono nella prima zona omogenea, il cui il coefficiente di crescita può essere valutato con la seguente espressione:

$$K_T = -0.5648 + 0.415 \cdot \ln T \quad (3)$$

i valori del coefficiente di crescita per periodi di ritorno più significativi e calcolati con la suddetta formula sono riportati nella tabella seguente:

	Tempo di Ritorno T (anni)								
	2	5	10	20	30	50	100	200	500
$K_T$	0.91	1.26	1.53	1.81	1.98	2.19	2.48	2.77	3.15

Tab. 2 – Coefficiente di crescita  $K_T$

## 11. CURVA DI POSSIBILITÀ CLIMATICA

Nell'ambito del suddetto rapporto VAPI, l'analisi di terzo livello, basata sull'analisi di regressione delle precipitazioni di diversa durata con la quota, ha portato alla individuazione, per il territorio di competenza del compartimento di Bari, di 4 aree pluviometriche omogenee, per ognuna delle quali è stata proposta una curva di possibilità climatica.

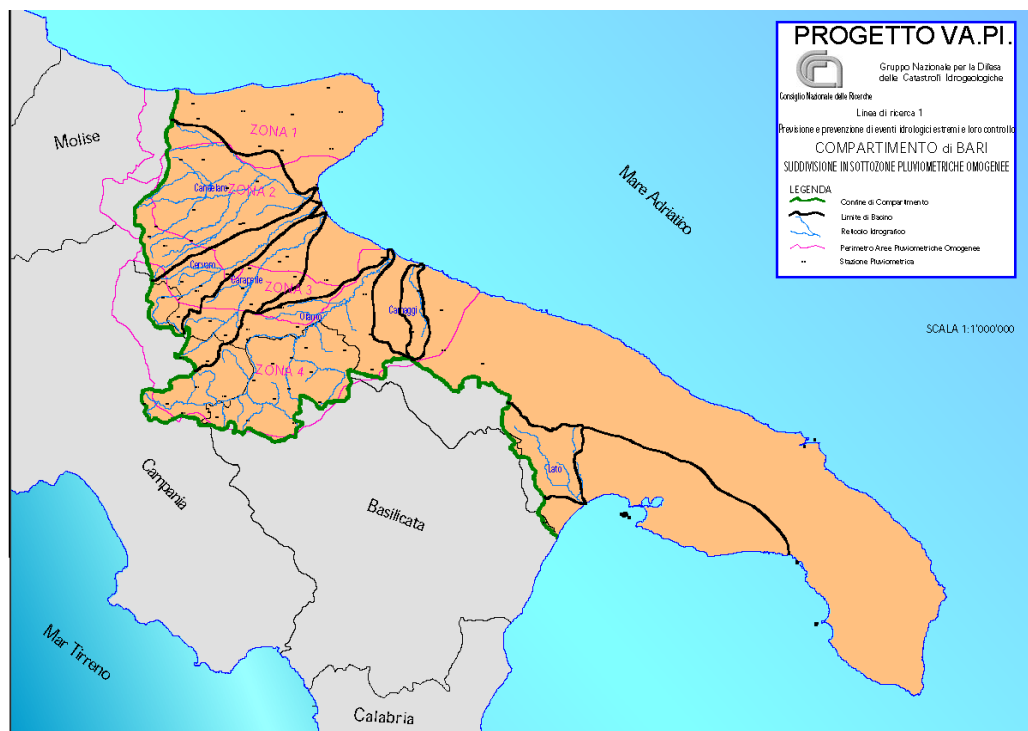


Fig. 4 – Zone pluviometriche omogenee tratte dal VAPI

L'area oggetto di studio, ricade nella zona pluviometrica omogenea n. 2, e la curva di possibilità climatica

proposta è la seguente:

$$h_t = 22.23 \times t^{0.247} \quad (4)$$

## 12. INDIVIDUAZIONE DELLE INTERFERENZE CON LE FASCE FLUVIALI

Dall'analisi delle interferenze degli aerogeneratori e strade in progetto con l'Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali e nella Fascia di pertinenza fluviale sono state individuate le sezioni di calcolo delle portate e i relativi bacini sottesi. In particolare, sono state riscontrate le interferenze riassunte nella seguente tabella:

Aerogeneratore BR3 con la relativa piazzola	L'aerogeneratore BR3 con la relativa piazzola ricade in parte nell'area individuata come "Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali" ed in parte nella "Fascia di pertinenza fluviale".
La strada di accesso all'aerogeneratore BR4	La strada di accesso all'aerogeneratore BR4 attraversa un impluvio classificato ad Alta pericolosità idraulica (AP) nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI).

Tab. 3 – Interferenze con le fasce fluviali

In funzione delle sopracitate interferenze sono stati delimitati i bacini idrografici riportati nella seguente figura.

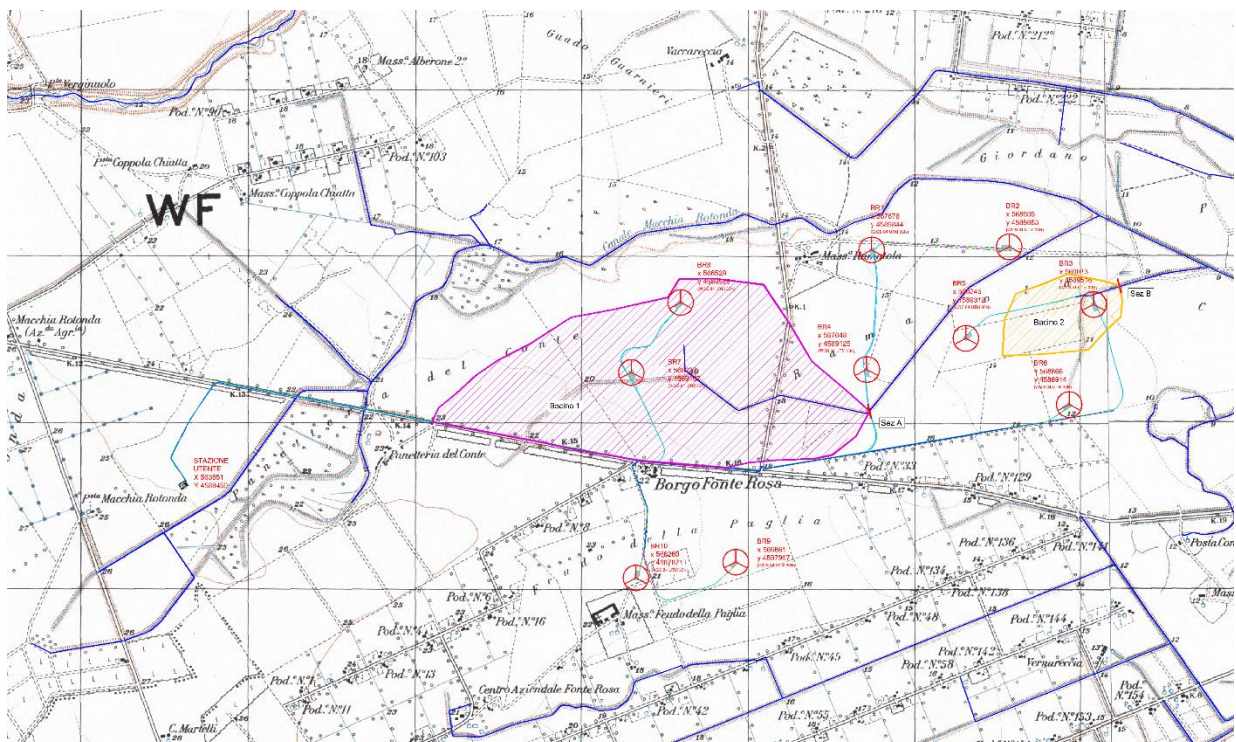


Fig. 5 – Bacini idrografici

Per i suddetti bacini sono state stimate le portate di piena per periodi di ritorno 30, 50, 100 e 200 anni indicate nella tabella seguente:

		<b>A</b>	<b>tr</b>	<b>htr</b>	<b>Itr</b>	<b>pp</b>	<b>C*</b>	<b>Q</b>	<b>K(T=30)</b>	<b>Q(T=30)</b>	<b>K(T=50)</b>	<b>Q(T=50)</b>	<b>K(T=100)</b>	<b>Q(T=100)</b>	<b>K(T=200)</b>	<b>Q(T=200)</b>
		<i>Kmq</i>	<i>ore</i>	<i>mm</i>	<i>mm/b</i>			<i>mc/s</i>		<i>mc/s</i>		<i>mc/s</i>		<i>mc/s</i>		<i>mc/s</i>
BACINO 1	SEZ A	1.88	0.47	18.46	39.15	0.70	0.23	4.72	1.98	9.4	2.19	10.3	2.48	11.7	2.77	13.1
BACINO 2	SEZ B	0.21	0.16	14.09	89.35	0.70	0.23	1.20	1.98	2.4	2.19	2.6	2.48	3.0	2.77	3.3

*Tab. 4 - Stima delle max portata al colmo di piena per assegnati periodi di ritorno.*



### 13. VERIFICHE IDRAULICHE

Nei successivi paragrafi sono riportati i risultati delle modellazioni idrauliche in moto permanente monodimensionale effettuate per i fossi del reticolo idrografico minore, per le portate di piena precedentemente stimate con tempo di ritorno 200 anni.

Per il tombino circolare  $\Phi$  1500 in polietilene, da posare in corrispondenza dell'interferenza della strada di nuova realizzazione per l'eccesso all'aerogeneratore BR5 con il reticolo idrografico, indicato come F10, e per lo scatolare 2,80 X 1,50 m da realizzare in corrispondenza dell'interferenza della strada di accesso all'aerogeneratore BR4 con il corso d'acqua, indicato come F5, sono state effettuate le verifiche in moto uniforme, per le portate di piena precedentemente stimate con tempo di ritorno 200 anni.

È stato poi effettuato il dimensionamento del sistema di raccolta e smaltimento delle acque di deflusso superficiale della nuova viabilità di progetto.

Per le strade e piazzole provvisorie, non si è proceduto ad effettuare verifiche, in quanto si tratta di opere temporanee di durata molto breve necessarie solo alla realizzazione delle opere definitive ed eseguite per lo più in periodi asciutti. Ad ogni modo per scongiurare ogni pericolo verranno comunque eseguiti a protezione piccoli fossi di guardia.

### 14. IL MODELLO DI CALCOLO

Le modellazioni idrauliche sono state effettuate utilizzando il codice di calcolo HEC - RAS (River Analysis System) implementato presso l'Hydrologic Engineering Center (HEC) dell'U.S. Army Corps of Engineers, che permette il tracciamento dei profili di corrente in moto permanente gradualmente variato in canali aperti con contorni fissi.

Il calcolo del profilo di corrente in condizioni di moto permanente fra due sezioni successive è effettuato mediante la soluzione dell'equazione dell'energia:

$$Z_1 + Y_1 + \frac{\alpha \cdot V_1^2}{2 \cdot g} = Z_2 + Y_2 + \frac{\alpha \cdot V_2^2}{2 \cdot g} + h_e \quad (5)$$

dove

Z è la quota del fondo del canale;

Y il tirante idrico in corrispondenza delle sezioni di studio;

$\alpha$  è un coefficiente che tiene conto della distribuzione non uniforme della velocità dell'acqua;

V è la velocità media della corrente;

g l'accelerazione di gravità;

$h_e$  è la perdita di carico tra le sezioni i e i+1.

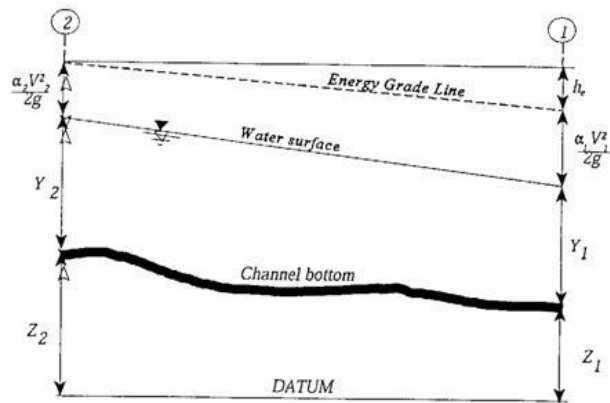


Fig. 6 - Rappresentazione dei termini presenti nell'equazione dell'energia

Tutti i fenomeni che producono una transizione corrente lenta - corrente veloce e viceversa, quali variazioni di pendenza, costrizioni associate alla presenza di un ponte, confluenze, ecc., vengono invece simulati applicando l'equazione dei momenti:

$$\frac{\beta_2 \cdot Q_2^2}{g \cdot A_2} + A_2 \cdot \bar{Y}_2 + \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot L \cdot S_0 - \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot L \cdot \bar{S}_f = \frac{\beta_1 \cdot Q_1^2}{g \cdot A_1} + A_1 \cdot \bar{Y}_1 \quad (6)$$

dove:

Q = portata

A = area bagnata

L = distanza fra le sezioni 1 e 2 misurata lungo la direzione X

$\beta$  = coefficiente di ragguglio che tiene conto delle variazioni nella distribuzione della velocità in canali irregolari (permette di modellare il problema in termini di soli valori medi di V)

$S_0$  = pendenza del canale

$\bar{S}_f$  = cadente piezometrica

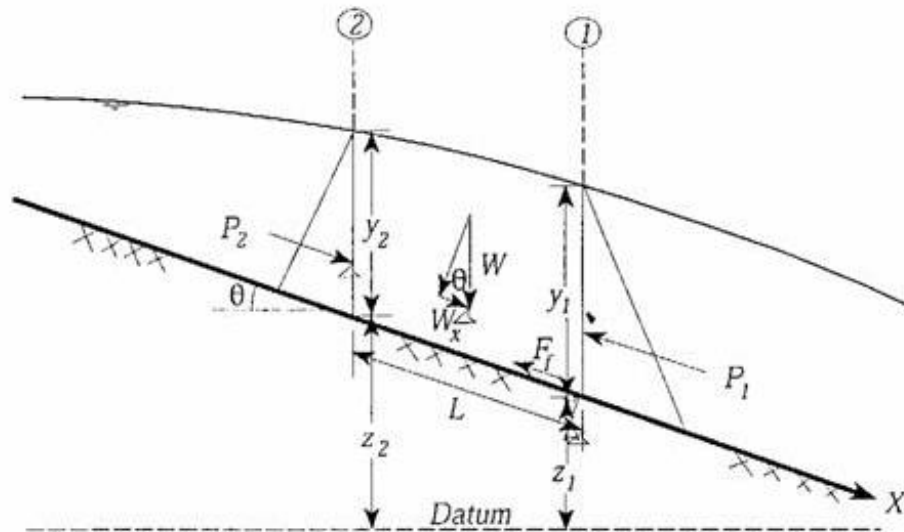


Fig. 7 - Applicazione dell'equazione dei momenti

Il metodo di risoluzione, adottato dal modello HEC-RAS, per l'equazione di continuità dell'energia applicata al moto permanente gradualmente variato, richiede l'assunzione che la perdita di carico in una sezione sia la stessa che si avrebbe in moto uniforme a parità di sezione e velocità dell'acqua.

Nel modello HEC-RAS tali perdite di carico vengono valutate attraverso l'applicazione della formula del moto uniforme di Manning:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S_f^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

dove

V è la velocità media della corrente nella sezione in (m/s)

n è il coefficiente di scabrezza

R il raggio idraulico della sezione bagnata in (m)

Sf la pendenza della linea piezometrica dovuta alle perdite di carico distribuite lungo l'alveo.

L'equazione (7) combinata con la (5) consente la determinazione del profilo idrico della corrente una volta note la geometria e la scabrezza dell'alveo e le condizioni al contorno.

## 15. DATI DI CALCOLO

Le elaborazioni, come detto, sono state effettuate in corrispondenza della portata stimata con tempo di ritorno T = 200 anni.

Relativamente al coefficiente di scabrezza, n di Manning, si è fatto ricorso a tabelle disponibili in

letteratura tecnica che riportano il valore di  $n$  associato a varie categorie di alveo, in particolare si è fatto riferimento ai dati proposti da CHOW V. T., 1959,

Valori dei coefficienti di scabrezza di Manning,  $n$  s/m<sup>1/3</sup>, relativi ad alvei naturali  
(*Open-Channel Hydraulics*, CHOW V. T., 1959)

Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
<b>A. Natural streams</b>			
1. Main Channels			
a. Clean, straight, full, no rifts, or deep pools	0.025	0.030	0.033
b. Same as above, but more stones and weeds	0.030	0.035	0.040
c. Clean, winding, some pools and shoals	0.033	0.040	0.045
d. Same as above, but some weeds and stones	0.035	0.045	0.050
e. Same as above, lower stages, more ineffective slopes and sections	0.040	0.048	0.055
f. Same as "d" but more stones	0.045	0.050	0.060
g. Sluggish reaches, weedy, deep pools	0.050	0.070	0.080
h. Veryweedy reaches, deep pools, or floodways with heavy stands of timber and brush	0.070	0.100	0.150
2. Flood Flains			
a. Pasture no brush			
1. Short grass	0.025	0.030	0.035
2. High grass	0.030	0.035	0.050
b. Cultivated areas			
1. No crop	0.020	0.030	0.040
2. Mature row crops	0.025	0.035	0.045
3. Mature field crops	0.030	0.040	0.050
c. Brush			
1. Scattered brush, heavy weeds	0.035	0.050	0.070
2. Light brush and trees, in winter	0.035	0.050	0.060
3. Light brush and trees, in summer	0.040	0.060	0.080
4. Medium to dense brush, in winter	0.045	0.070	0.110
5. Medium to dense brush, in summer	0.070	0.100	0.160
d. Trees			
1. Cleared land with tree stumps, no sprouts	0.030	0.040	0.050
2. Same as above, but heavy sprouts	0.050	0.060	0.080
3. Heavy stand of timber, few down trees, little undergrowth, flow below branches	0.080	0.100	0.120
4. Same as above, but with flow into branches	0.100	0.120	0.160
5. Dense willows, summer, straight	0.110	0.150	0.110
3. <b>Mountain streams, no vegetation in channel, banks usually steep, with trees and brush on banks submerged</b>			
a. Bottom: gravels, cobbles, and few boulders	0.030	0.040	0.050
b. Bottom: cobbles with large boulders	0.040	0.050	0.070

L'autore propone per alvei di pianura con la presenza di erba, valori di  $n$  compresi tra 0.025 e 0.035. Si è ritenuto di poter assumere il valore 0.03.

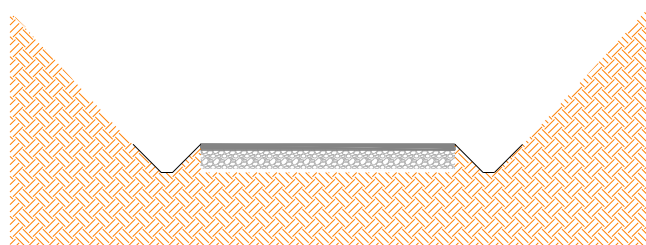
Per le condizioni al contorno si è imposta altezza di moto uniforme nella sezione di monte e di valle.

## 16. SISTEMA DI RACCOLTA E SMALTIMENTO DELLE ACQUE DELLA NUOVA VIABILITA' A SEVIZIO DEL PARCO EOLICO

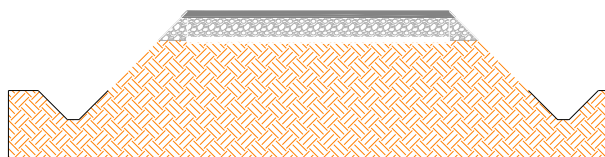
Le nuove strade interne al parco eolico non saranno asfaltate pertanto non influenzano in modo apprezzabile la permeabilità dell'area e di conseguenza non si hanno aumenti di apporti idrici nei corsi d'acqua esistenti. Ad ogni modo viene proposto comunque un sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche che possono interferire con la piattaforma stradale. Il sistema di raccolta delle acque

meteoriche delle viabilità è costituito da fossi di guardia, cunette in terra e tombini circolari in polietilene.

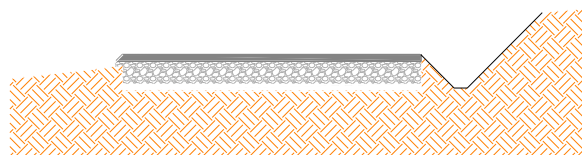
Si riportano le sezioni tipo delle strade con indicate le opere idrauliche.



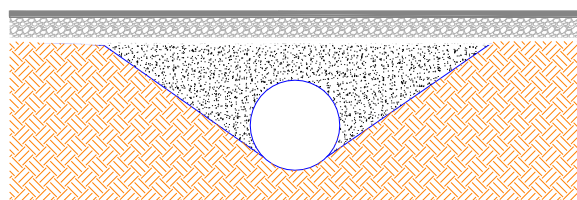
*Fig. 8 - Sezione tipo tratto in trincea*



*Fig. 9 - Sezione tipo tratto in rilevato*



*Fig. 10 - Sezione tipo tratto a mezza costa*



*Fig. 11 - Sezione tipo tombino circolare*



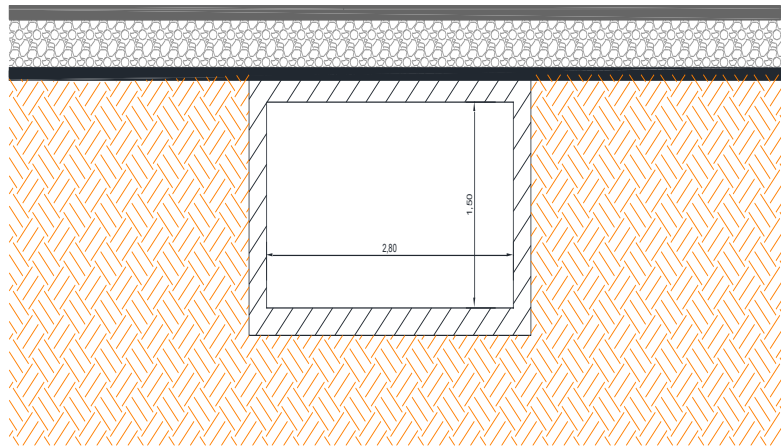
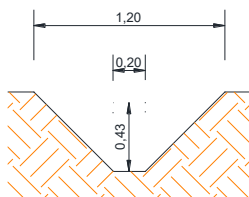


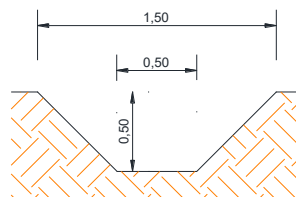
Fig. 12 - Sezione tipo tombino rettangolare

Per le opere idrauliche sono state adottate le seguenti sezioni:

SEZIONE FOSSO  
TIPO 1



SEZIONE FOSSO  
TIPO 2



SEZIONE FOSSO  
TIPO 3

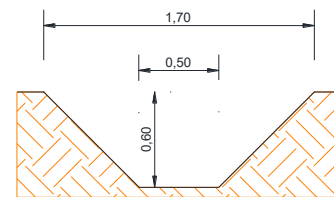
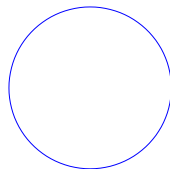


Fig. 13 - Sezione fossi

SEZIONE TOMBINO  
D 1000 mm



SEZIONE TOMBINO  
D 1500 mm

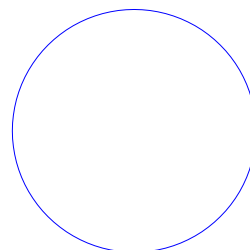


Fig. 14 - Sezione tombini

## 17. VERIFICA DELLE OPERE DI RACCOLTA E SMALTIMENTO

Le verifiche idrauliche dei fossi e dei tombini sono state effettuate in relazione ai valori di portata al colmo di piena ricavati con le metodologie esposte in precedenza in corrispondenza di un tempo di ritorno di 30 anni.

Si è provveduto alla verifica idraulica della sezione trapezia dei fossi e della sezione circolare dei tombini secondo la schematizzazione idrodinamica di moto uniforme utilizzando la formulazione di Gauckler-Strickler:

$$Q = K_s \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}} \cdot \sigma \quad (8)$$

con:

$\sigma$  = area della sezione;

$K_s$  = coefficiente di scabrezza;

$R$  = raggio idraulico;

$i$  = pendenza longitudinale del canale.

La formula precedente, nota la geometria della sezione, ci permette di valutare il tirante idrico in condizioni di moto uniforme in corrispondenza di un preassegnato valore della portata.

Il valore del coefficiente di scabrezza utilizzato è pari a 50 m<sup>1/3</sup>/s per le sezioni in terra e 65 m<sup>1/3</sup>/s per le sezioni dei tombini.

## 18. CONCLUSIONI

I risultati ottenuti sono riportati nelle tabelle e grafici allegati. Dalla modellazione idraulica in moto permanente si evince che le portate di piena per T=200 anni sono praticamente sempre contenute nell'alveo ordinario, pertanto, non vanno ad interferire con gli aerogeneratori in progetto.

Relativamente alle strade di accesso agli aerogeneratori BR4 e BR5 in progetto, nel punto in cui intersecano il reticolo idrografico sono stati previsti degli attraversamenti con tombino  $\Phi$  1500 per la strada di accesso alla torre BR5 e scatolare di dimensioni 2,80 X 1,50 m per la strada di accesso alla torre Br4, che risultano sufficienti a contenere le portate di piena con periodo di ritorno 200 anni con adeguato franco di sicurezza.

Dalle verifiche in moto uniforme risulta che le cunette e i tombini sono sufficienti a smaltire le portate raccolte con periodo di ritorno 30 anni.

# ALLEGATI

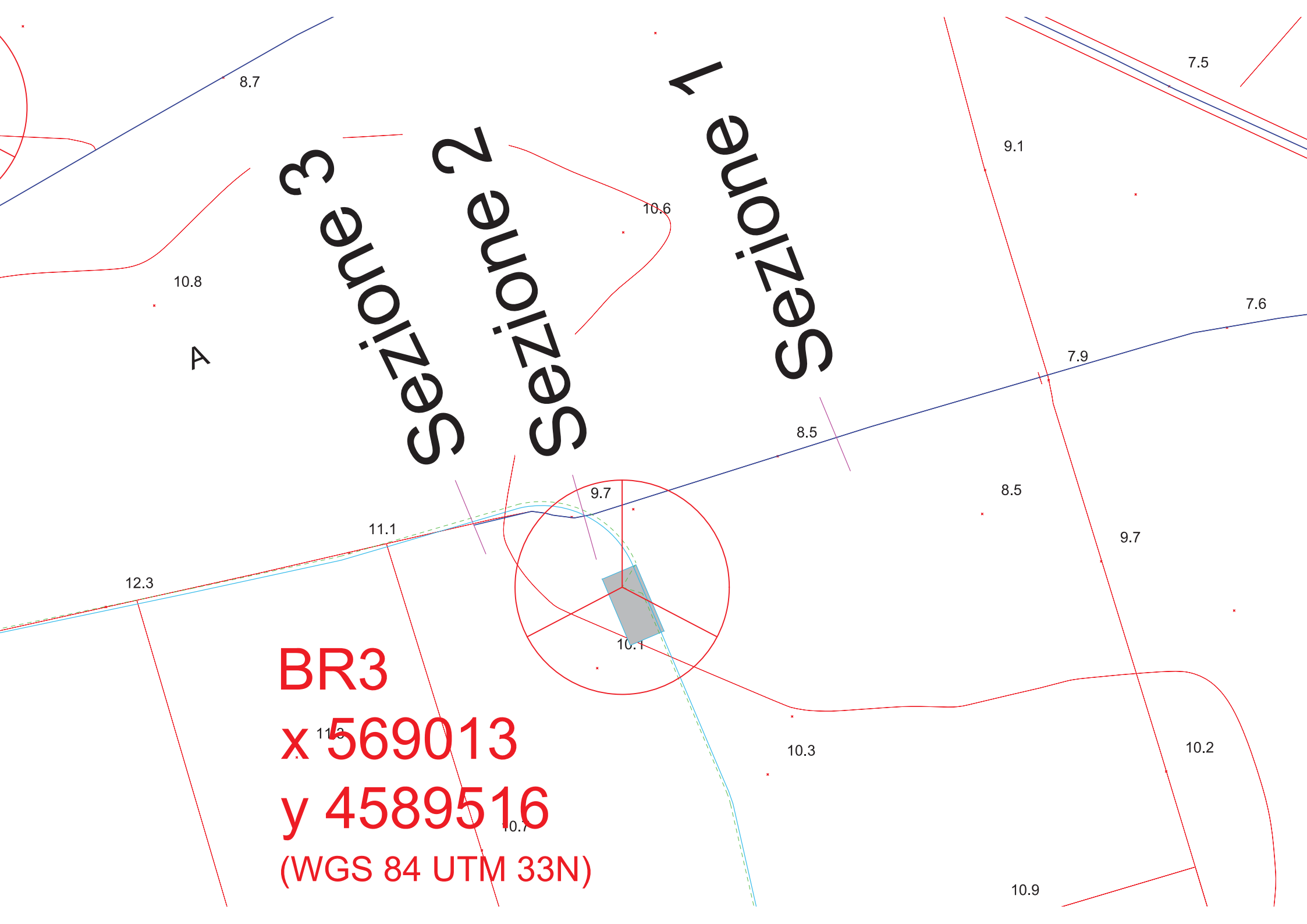
RISULTATI DELLE VERIFICHE IDRAULICHE

## RISULTATI DELLE MODELLAZIONI IDRAULICHE

**BR3**  
**x 569013**  
**y 4589516**  
**(WGS 84 UTM 33N)**

**Sezione 3**  
**Sezione 2**  
**Sezione 1**

A



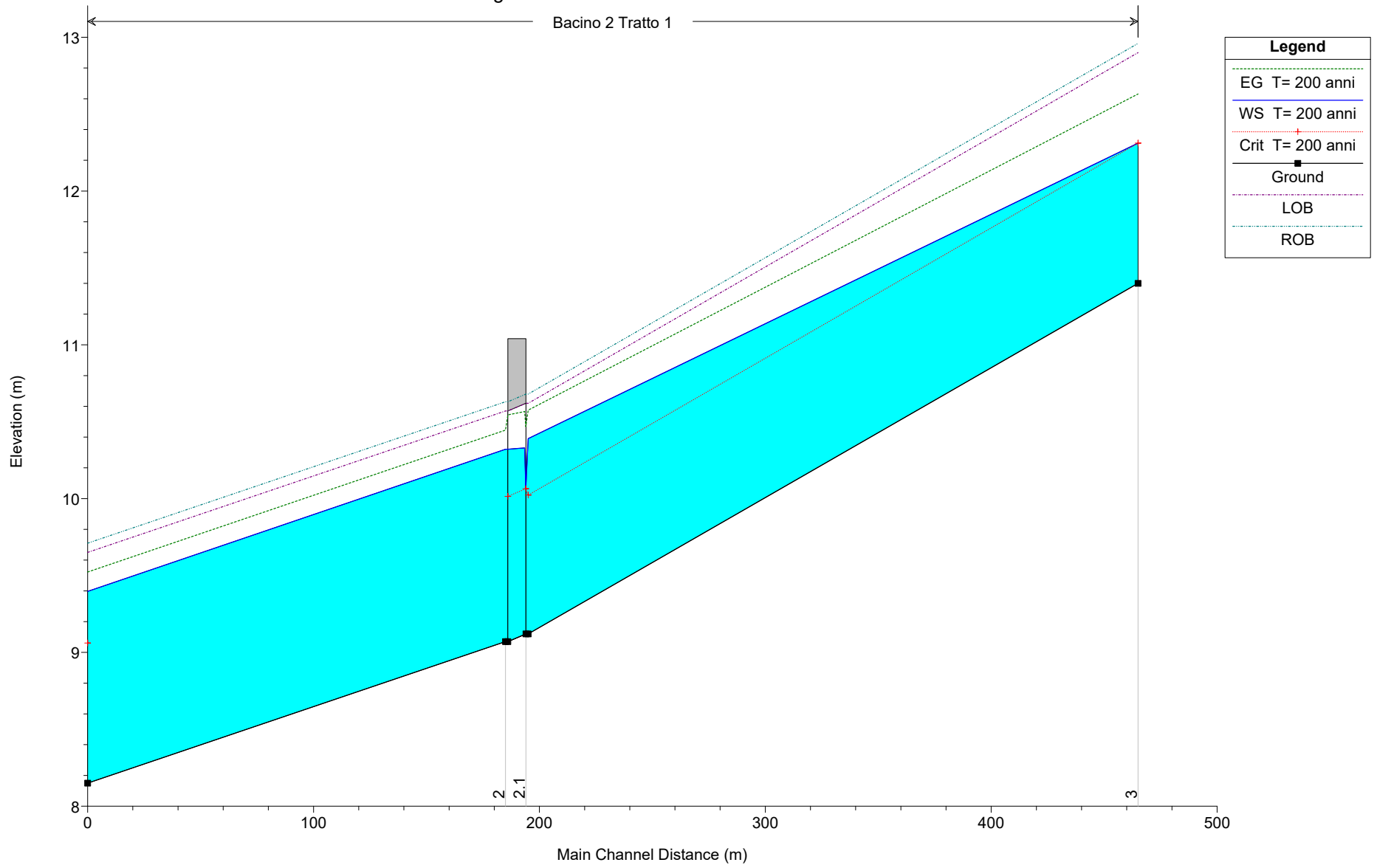


HEC-RAS Plan: Bacino 2 River: Bacino 2 Reach: Tratto 1 Profile: T= 200 anni

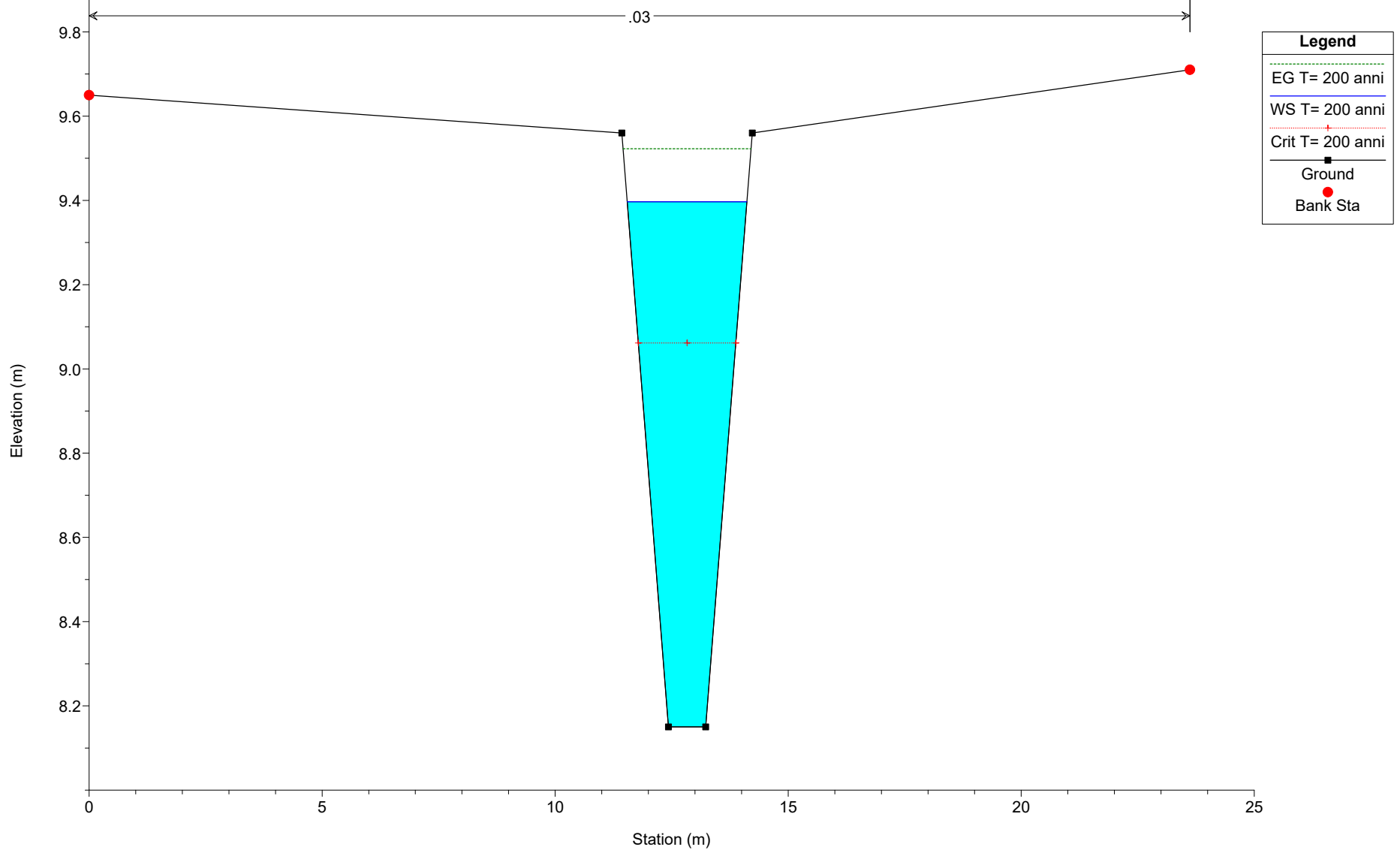
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Length Chnl (m)	Min Ch El (m)	LOB Elev (m)	ROB Elev (m)	W.S. Elev (m)	Max Chl Dpth (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Froude # Chl	Shear Chan (N/m2)
Tratto 1	1	T= 200 anni	3.30		8.15	9.65	9.71	9.40	1.25	9.06	9.52	0.005001	1.57	0.56	26.70
Tratto 1	2	T= 200 anni	3.30	185.00	9.07	10.57	10.63	10.32	1.25		10.45	0.004932	1.56	0.55	26.40
Tratto 1	2.1		Culvert												
Tratto 1	2.2	T= 200 anni	3.30	10.00	9.12	10.62	10.68	10.39	1.27	10.02	10.57	0.003982	1.91	0.57	33.66
Tratto 1	3	T= 200 anni	3.30	270.00	11.40	12.90	12.96	12.31	0.91	12.31	12.63	0.017145	2.50	1.01	73.04

Borgo Fonte Rosa - Manfredonia Plan: Bacino 2

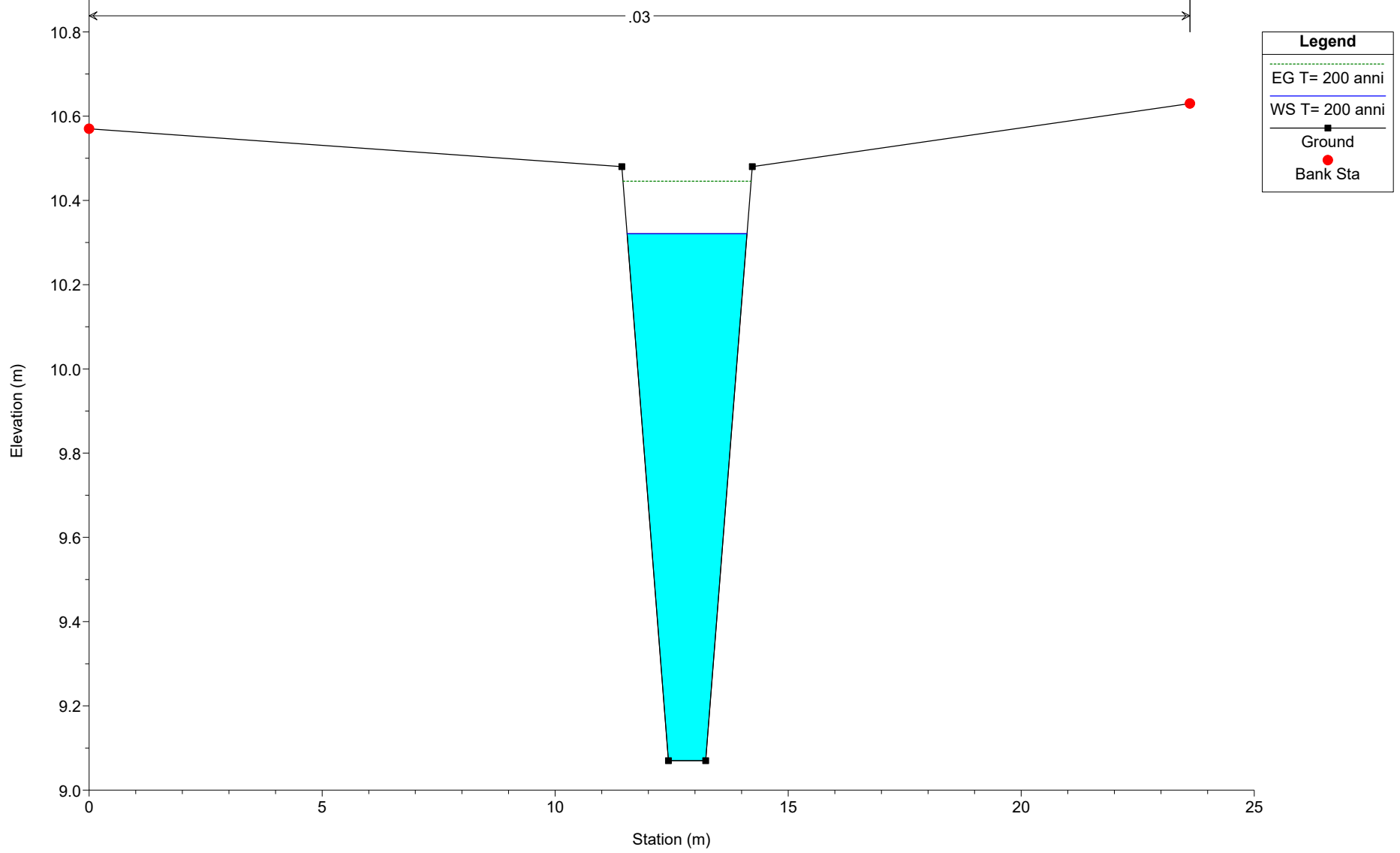
Bacino 2 Tratto 1



Borgo Fonte Rosa - Manfredonia Plan: Bacino 2  
River = Bacino 2 Reach = Tratto 1 RS = 1

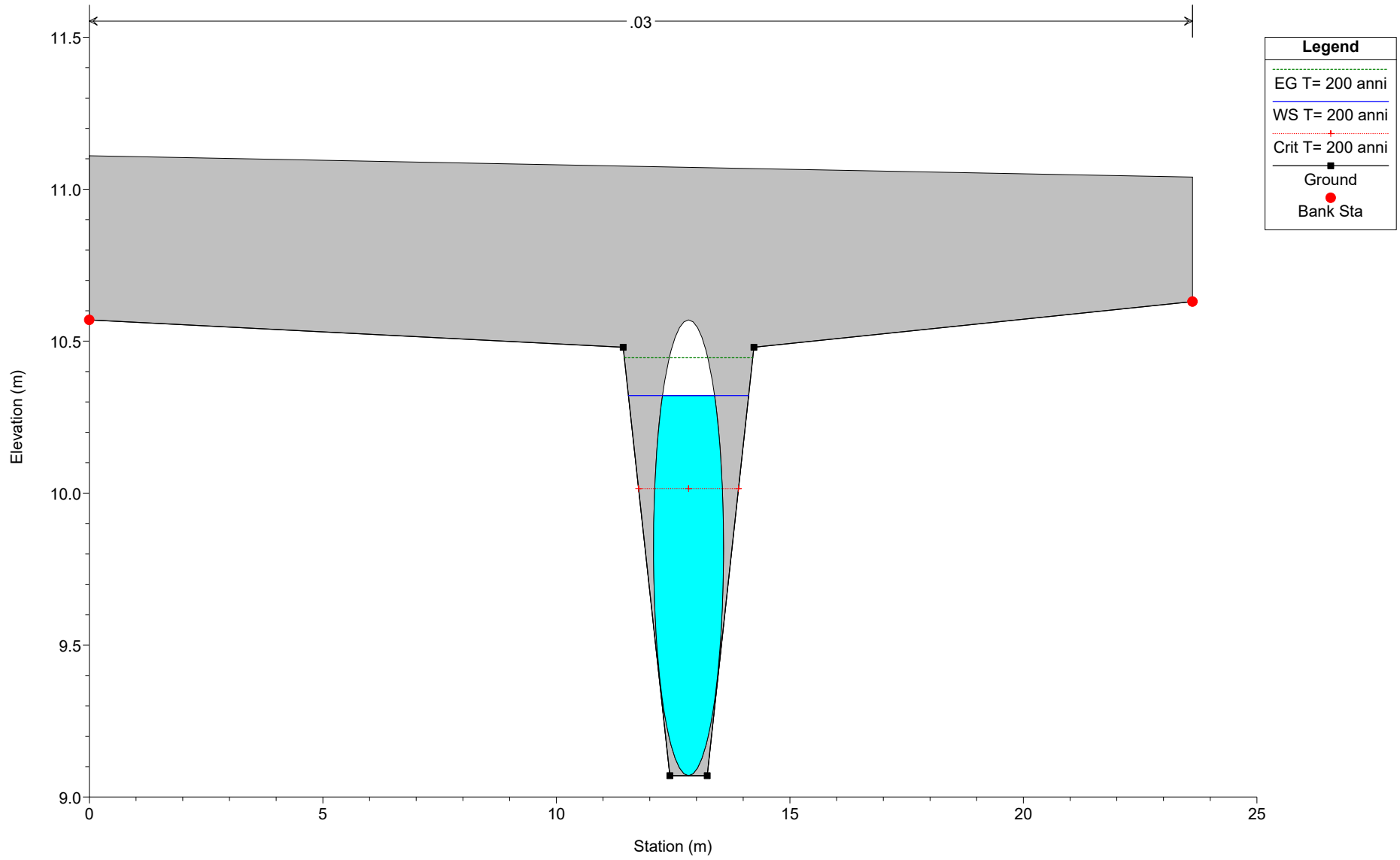


Borgo Fonte Rosa - Manfredonia Plan: Bacino 2  
River = Bacino 2 Reach = Tratto 1 RS = 2

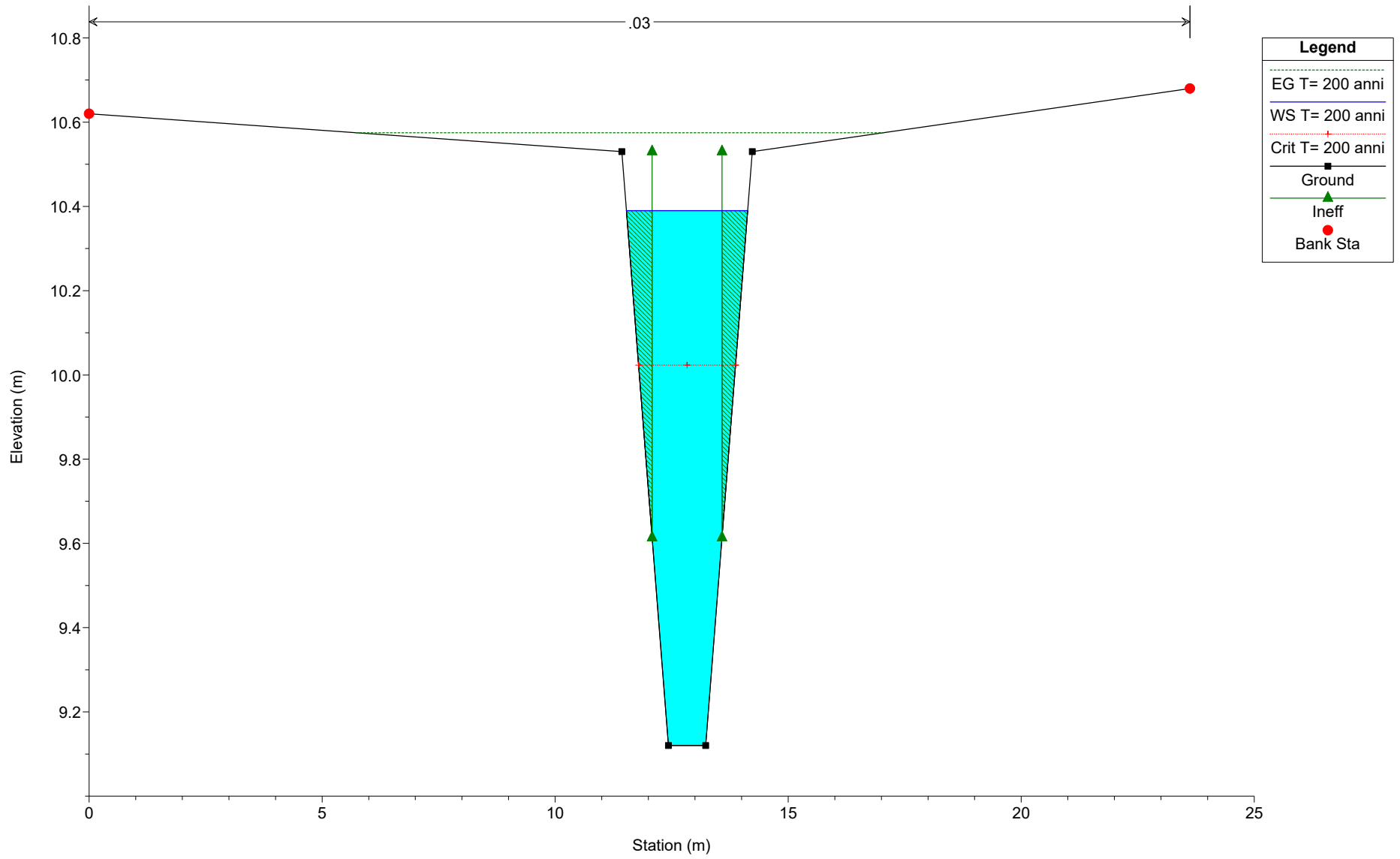


Borgo Fonte Rosa - Manfredonia Plan: Bacino 2

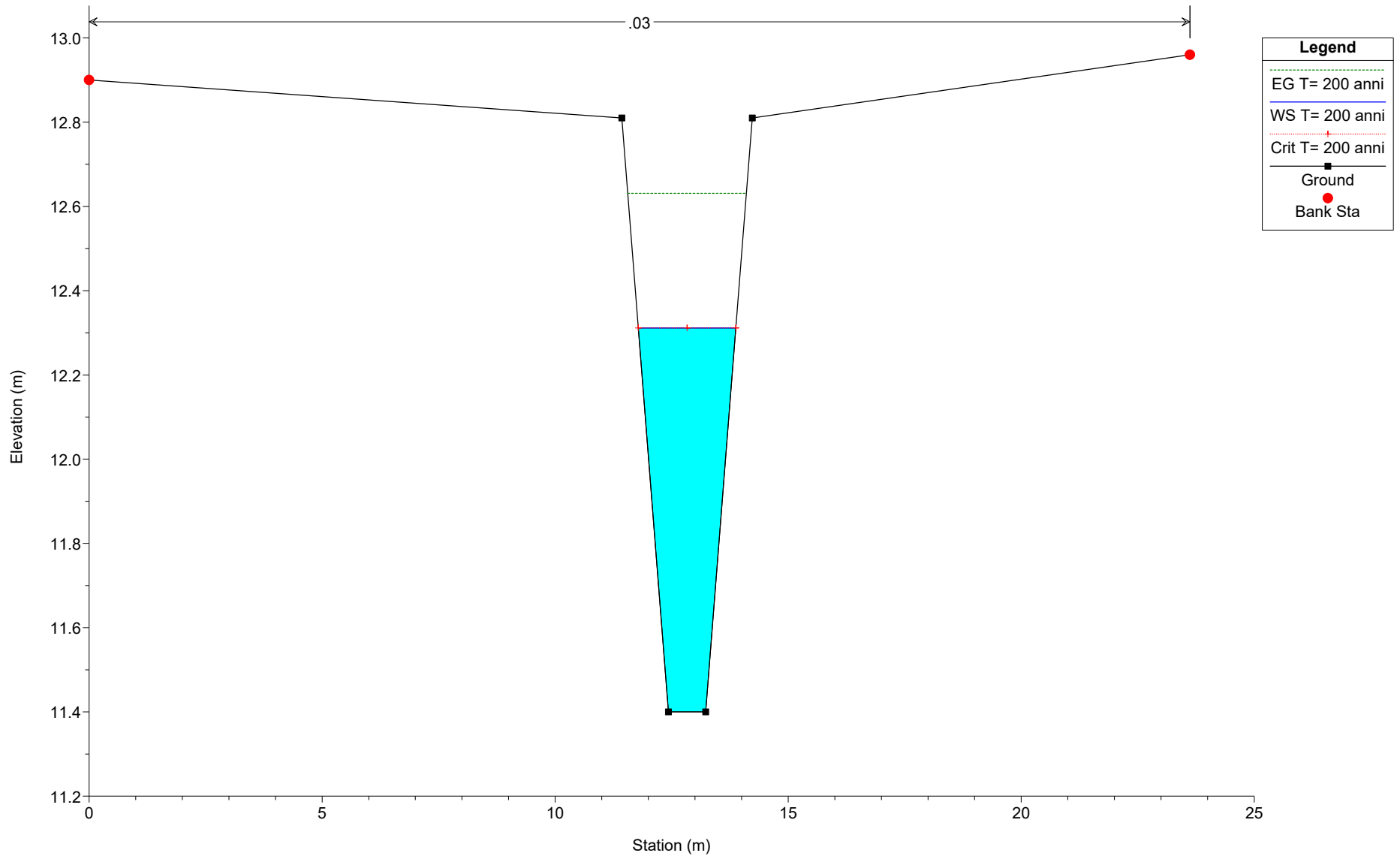
River = Bacino 2 Reach = Tratto 1 RS = 2.1 Culv



Borgo Fonte Rosa - Manfredonia Plan: Bacino 2  
River = Bacino 2 Reach = Tratto 1 RS = 2.2



Borgo Fonte Rosa - Manfredonia Plan: Bacino 2  
River = Bacino 2 Reach = Tratto 1 RS = 3



**Legend**

- EG T= 200 anni
- WS T= 200 anni
- Crit T= 200 anni
- Ground
- Bank Sta

RISULTATI DELLE VERIFICHE DEGLI ATTRAVERSAMENTI F11 e F5

		<b>A</b>	<b>tr</b>	<b>htr</b>	<b>Itr</b>	<b>pp</b>	<b>C*</b>	<b>Q</b>	<b>K(T=200)</b>	<b>Q(T=200)</b>	<b>B</b>	<b>h</b>	<b>D</b>	<b>i</b>	<b>K</b>	<b>Hdefl</b>	<b>V</b>
		<i>Kmq</i>	<i>ore</i>	<i>mm</i>	<i>mm/h</i>			<i>mc/s</i>		<i>mc/s</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>%</i>	<i>m<sup>1/3</sup>/sec</i>	<i>m</i>	<i>m/sec</i>
STRADA DI ACCESSO ALLA TORRE BR5	Tombino F11	0.21	0.16	14.09	89.35	0.70	0.23	1.20	2.77	3.3			1.50	0.60	65.00	1.00	2.78
STRADA DI ACCESSO ALLA TORRE BR4	Scatolare F5	1.88	0.47	18.46	39.15	0.70	0.23	4.72	2.77	13.1	2.80	1.50		1.50	65.00	1.23	3.70



RISULTATI DELLE VERIFICHE DEI FOSSI E DEI TOMBINI.

		<b>A</b>	<b>tr</b>	<b>htr</b>	<b>Itr</b>	<b>pp</b>	<b>C*</b>	<b>Q</b>	<b>K(T=30)</b>	<b>Q(T=30)</b>	<b>b</b>	<b>B</b>	<b>h</b>	<b>D</b>	<b>i</b>	<b>K</b>	<b>Hdefl</b>	<b>V</b>
		<i>Kmq</i>	<i>ore</i>	<i>mm</i>	<i>mm/b</i>			<i>mc/s</i>		<i>mc/s</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>%</i>	<i>m1/3/sec</i>	<i>m</i>	<i>m/sec</i>
STRADA DI ACCESSO ALLE TORRI BR7 E BR8	Tratto F1-F2	0.032	0.06	11.16	181.44	0.70	0.23	0.37	1.98	0.74	5.00	1.50	0.50		0.60	50.00	0.48	1.50
	Tombino F2	0.032	0.06	11.16	181.44	0.70	0.23	0.37	1.98	0.74				1.00	0.60	65.00	0.48	1.97
	Tratto F2-F3	0.032	0.06	11.16	181.44	0.70	0.23	0.37	1.98	0.74	5.00	1.50	0.50		0.60	50.00	0.48	1.55
STRADA DI ACCESSO ALLE TORRI BR4 - BR1	Tombino F4	0.059	0.08	12.04	144.11	0.70	0.23	0.55	1.98	1.08				1.00	0.60	65.00	0.40	1.42
	Tratto F4-F5	0.018	0.05	10.40	225.32	0.70	0.23	0.26	1.98	0.52	5.00	1.50	0.50		0.60	50.00	0.31	2.87
	Tratto F6-F5	0.015	0.04	10.17	241.33	0.70	0.23	0.23	1.98	0.46	0.20	1.20	0.50		0.60	50.00	0.49	1.37
	Tratto F6-F7	0.057	0.08	11.99	145.99	0.70	0.23	0.53	1.98	1.06	0.50	1.70	0.60		0.60	50.00	0.58	1.70
	Tombino F7	0.057	0.08	11.99	145.99	0.70	0.23	0.53	1.98	1.06				1.00	0.60	65.00	0.64	2.10
STRADA DI ACCESSO ALLA TORRE BR6	Tombino F8	0.126	0.12	13.22	108.30	0.70	0.23	0.88	1.98	1.73				1.00	0.70	65.00	0.95	2.30
STRADA DI ACCESSO ALLA TORRE BR3	Tombino F9	0.136	0.13	13.35	105.23	0.70	0.23	0.92	1.98	1.82				1.00	0.70	65.00	0.98	2.26
	Tratto F9-F10	0.013	0.04	9.99	254.69	0.70	0.23	0.21	1.98	0.42	0.50	1.50	0.50		0.60	50.00	0.38	1.24
	Tratto F10-F11	0.018	0.05	10.40	225.32	0.70	0.23	0.26	1.98	0.52	0.50	1.50	0.50		0.60	50.00	0.43	1.31