

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 FORENZA (PZ)
LOCALITA' "TUFAROLI"

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI **IMPIANTO EOLICO** **"TUFAROLI"**

REDAZIONE / PROGETTISTA:



Ing. Maurizio Casarella

Via S. Pertini n. 38 - 83059 Vallata (AV)
Ph. +39 3477049759 - Fax +39 082791532
mail: 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:

TUFDC_GENR00500_00

FORMATO:

A4

Nr. EL.:

/

FASE:

**PROGETTO
DEFINITIVO**

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	Prima emissione	09/11/2023	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	5
6. INDIVIDUAZIONE DEL RETICOLO IDROGRAFICO.....	5
7. ALVEO FLUVIALE IN MODELLAMENTO ATTIVO ED AREE GOLENALI E FASCE DI PERTINENZA FLUVIALE	7
8. INTERFERENZE DEL CAVIDOTTO E DELLE STRADE CON IL RETICOLO IDROGRAFICO	7
9. ANALISI IDROLOGICA	9
10. COEFFICIENTE DI CRESCITA	9
11. CURVA DI POSSIBILITÀ CLIMATICA	10
12. INDIVIDUAZIONE DELLE INTERFERENZE CON LE FASCE FLUVIALI	11
13. VERIFICHE IDRAULICHE	14
14. IL MODELLO DI CALCOLO	14
15. DATI DI CALCOLO	16
16. SISTEMA DI RACCOLTA E SMALTIMENTO DELLE ACQUE DELLA NUOVA VIABILITA' A SEVIZIO DEL PARCO EOLICO	18
17. VERIFICA DELLE OPERE DI RACCOLTA E SMALTIMENTO	20
18. CONCLUSIONI	21

1. PREMESSA

La presente relazione idrologica e idraulica è parte integrante del progetto definitivo per la realizzazione del Parco Eolico denominato “Tufaroli” ubicato in località Tufaroli nel comune di Forenza in Provincia di Potenza.

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 Forenza a Nord del centro abitato, con quote variabili tra i 450 e i 750 m s.l.m..

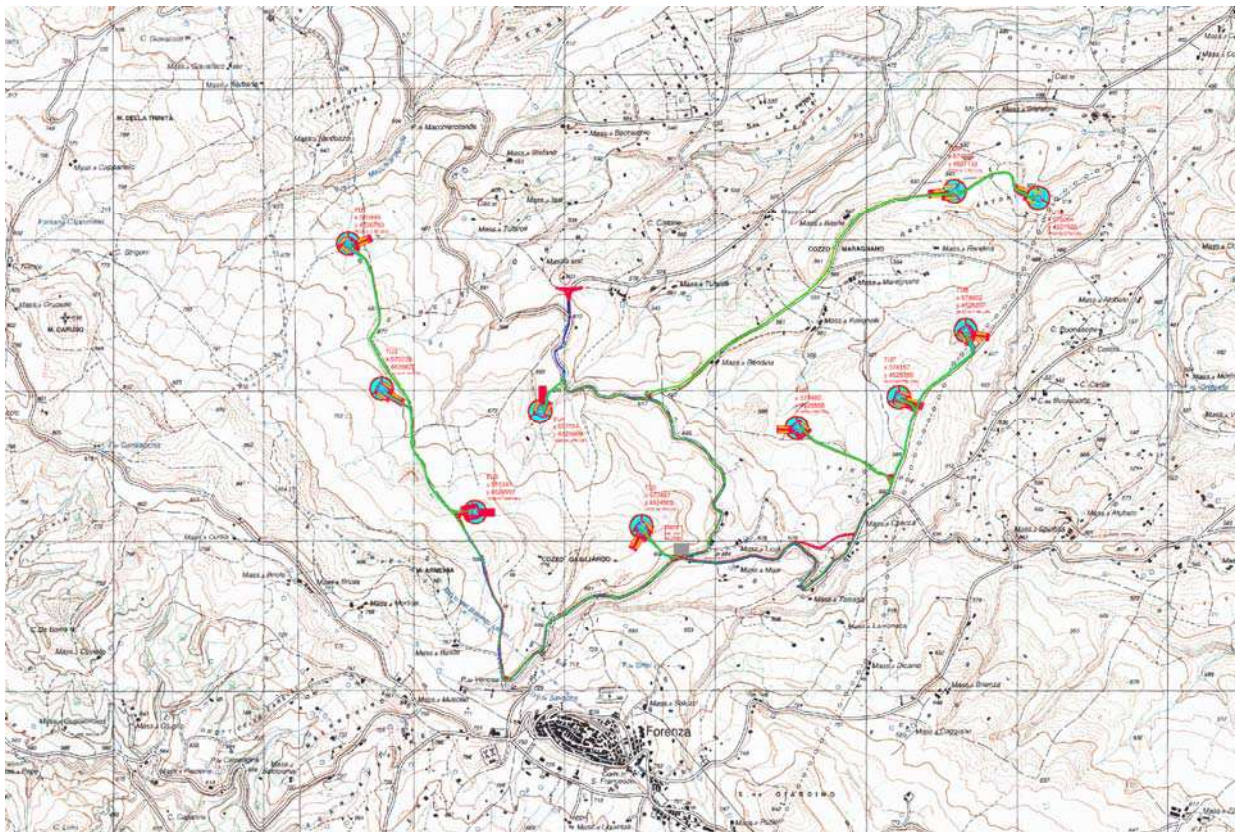


Fig. 1 - Inquadramento impianto su IGM

L'area dell'impianto è localizzata nella parte alta del bacino idrografico della Fiumara di Venosa affluente in destra idrografica del fiume Ofanto ed è interessata da una serie di piccoli corsi d'acqua secondari.

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 contermina 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 contermina 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, contermina 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 le opere in progetto non interessano aree classificate a pericolosità o rischio idraulico.

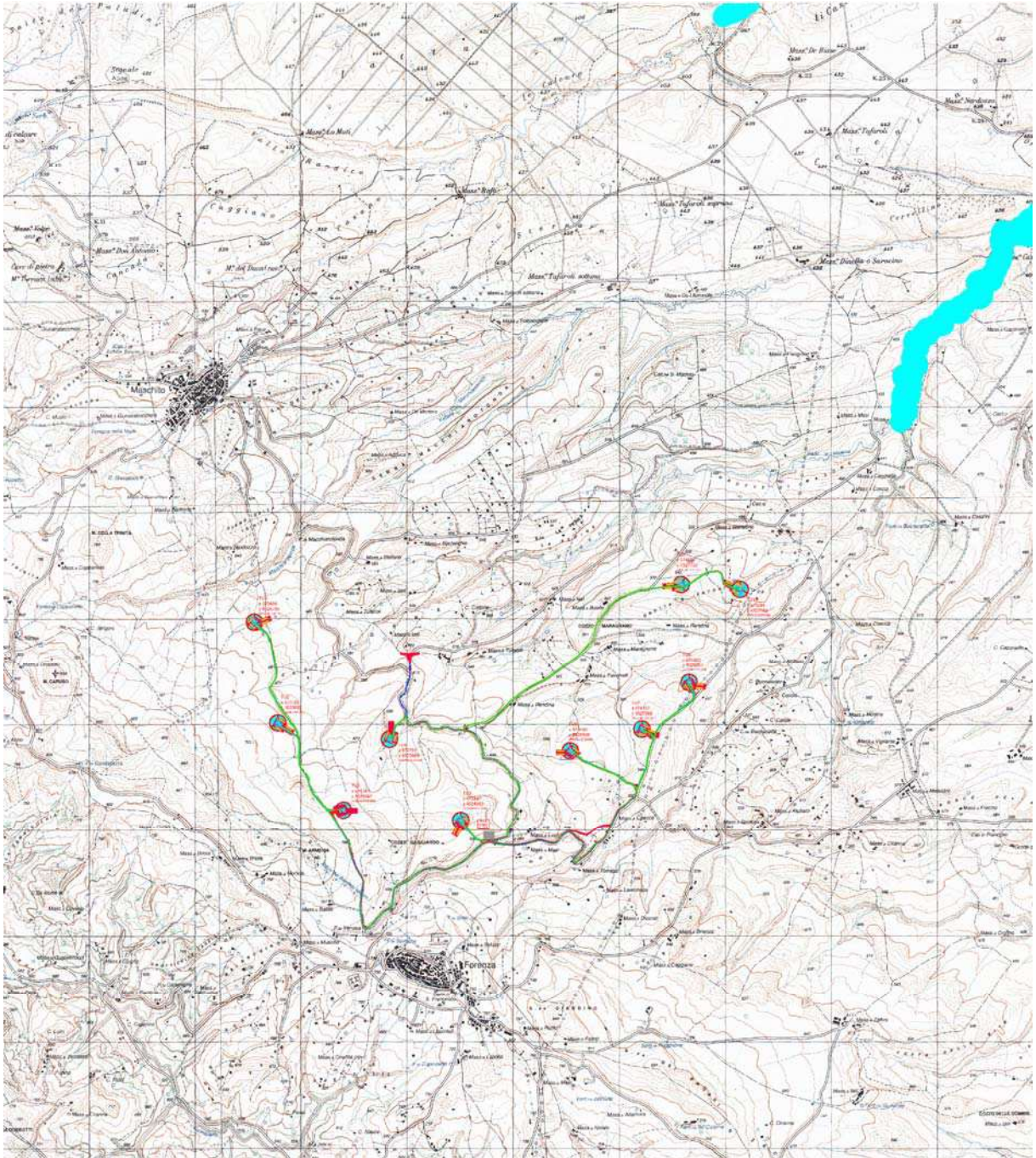


Fig. 2 - Inquadramento nella cartografia PAI

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.

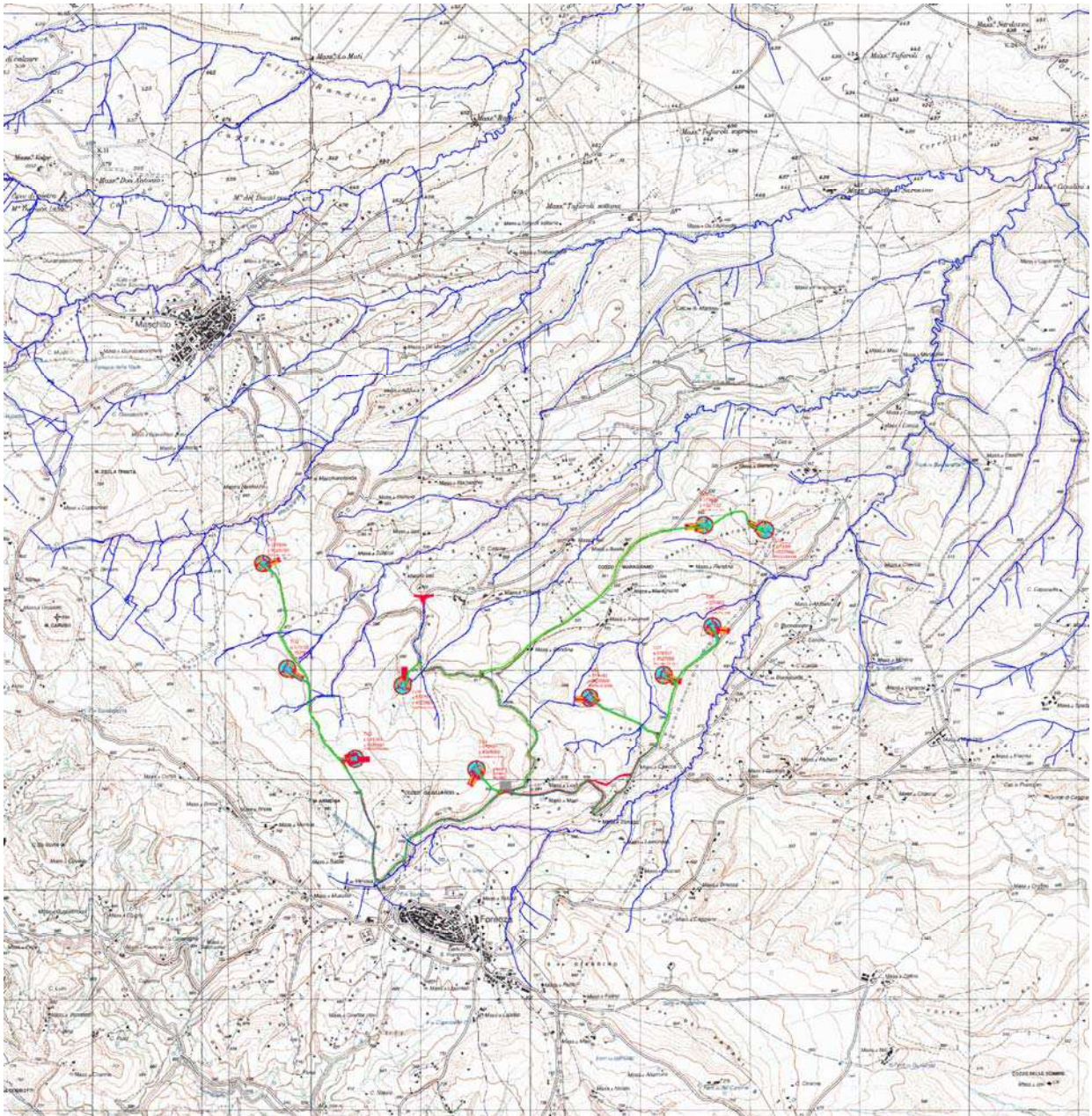


Fig. 3 - Reticolo idrografico su IGM

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 *TUFDC_S00R01701_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 gli aerogeneratori TU6, TU7, TU8 e TU9 con le relative piazzole interessano la Fascia di pertinenza fluviale. Inoltre, interferiscono con le Fasce di pertinenza fluviale alcune strade oggetto di sistemazione e nuova realizzazione.

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 *TUFDC_S00R01701_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 e la strada di accesso all'aerogeneratore TU1	Il cavidotto di collegamento all'aerogeneratore TU1 e la strada di accesso da adeguare, intersecano una linea di impluvio rilevata dalla carta base del PGRA	Il cavidotto sarà posato lungo la sede della strada da adeguare. 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 Φ 1500.
----	-------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

I2	Cavidotto e strada da adeguare tra gli aerogeneratori TU2 e TU3	Il cavidotto, nel tratto tra gli aerogeneratori TU2 e TU3 e la strada di accesso da adeguare, intersecano una linea di impluvio rilevata dalla carta base del PGRA	Il cavidotto sarà posato lungo la sede della strada da adeguare. 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 Φ 1500.
I3	Cavidotto tra gli aerogeneratori TU3 e TU5	Il cavidotto, nel tratto tra gli aerogeneratori TU3 e TU5, interseca una linea di impluvio rilevata dalla carta base del PGRA	Il cavidotto è posato lungo la sede una Strada della Strada Provinciale 8 del Vulture. L'attraversamento dell'impluvio avviene al di sotto del ponticello esistente e sarà effettuato mediante TOC (Trivellazione Orizzontale Controllata)
I4	Cavidotto di collegamento all'aerogeneratore TU4	Il cavidotto di collegamento all'aerogeneratore TU4 interseca una linea di impluvio rilevata dalla carta base del PGRA	Il cavidotto è posato lungo la sede una Strada della Strada Provinciale 10 Venosina. L'attraversamento dell'impluvio avviene al di sotto del ponticello esistente e sarà effettuato mediante TOC (Trivellazione Orizzontale Controllata)
I5	Cavidotto di collegamento e la strada di accesso all'aerogeneratore TU6	Il cavidotto di collegamento all'aerogeneratore TU6 e la strada di accesso da adeguare, intersecano una linea di impluvio rilevata dalla carta base del PGRA	Il cavidotto sarà posato lungo la sede della strada da adeguare. 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.

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 nel comune di Forenza.

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:

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

$I(t_r)$, 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.

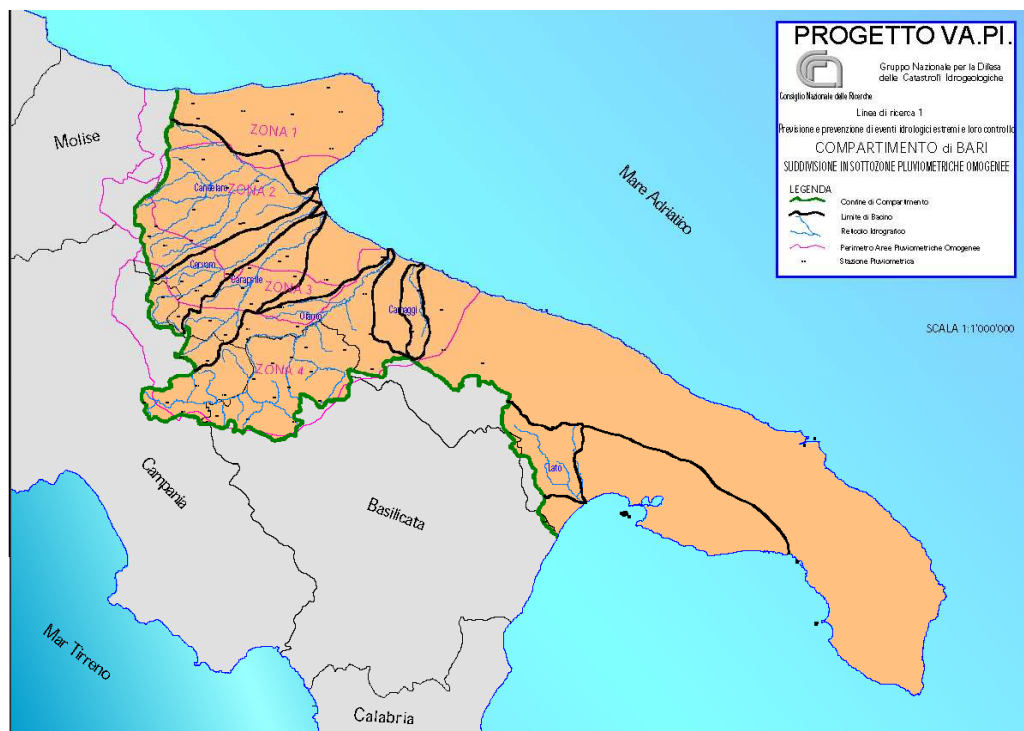


Fig. 4 – Zone pluviometriche omogenee tratte dal VAPI

L'area oggetto di studio, ricade nella zona pluviometrica omogenea n. 4, e la curva di possibilità climatica proposta è la seguente:

$$h_t = 24.70 \times t^{0.256} \quad (4)$$

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 TU6 con la relativa piazzola	L'aerogeneratore TU6 con la relativa piazzola ricade in parte nella "Fascia di pertinenza fluviale".
Aerogeneratore TU7 con la relativa piazzola	L'aerogeneratore TU7 con la relativa piazzola ricade in parte nella "Fascia di pertinenza fluviale".
Aerogeneratore TU8 con la relativa piazzola	L'aerogeneratore TU87 con la relativa piazzola ricade nella "Fascia di pertinenza fluviale".
Aerogeneratore TU9 con la relativa piazzola	L'aerogeneratore TU9 con la relativa piazzola ricade in parte nella "Fascia di pertinenza fluviale".

Tab. 3 – Interferenze con le fasce fluviali

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

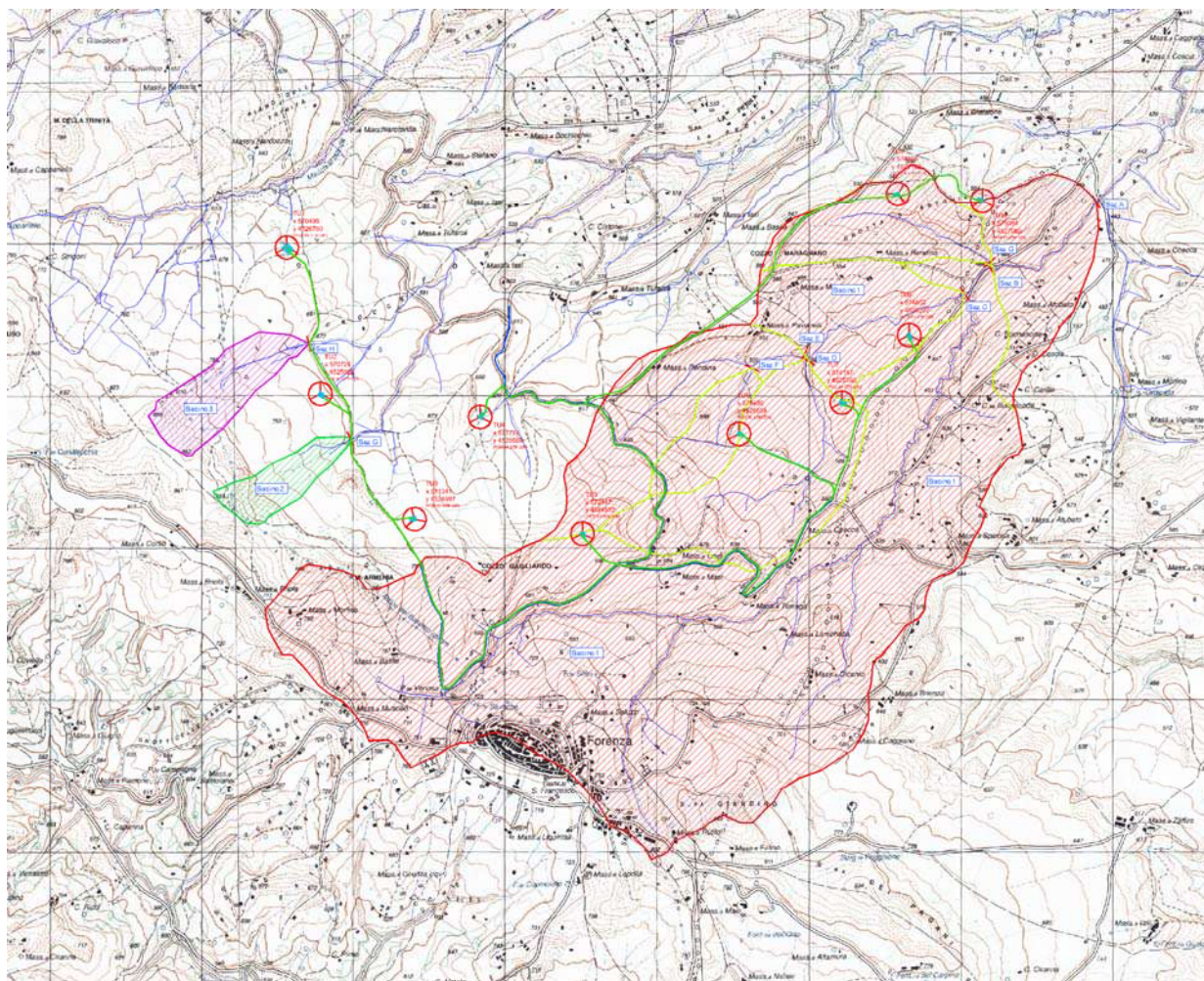


Fig. 5 – Bacini idrografici

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:

		A	tr	htr	Itr	pp	C*	Q	K(T=30)	Q(T=30)	K(T=50)	Q(T=50)	K(T=100)	Q(T=100)	K(T=200)	Q(T=200)
		Kmq	ore	mm	mm/h			mc/s		mc/s		mc/s		mc/s		mc/s
BACINO 1	SEZ A	15.56	1.36	26.71	19.68	0.70	0.23	19.65	1.98	38.9	2.19	43.0	2.48	48.7	2.77	54.4
	SEZ B	10.24	1.10	25.31	23.00	0.70	0.23	15.11	1.98	29.9	2.19	33.1	2.48	37.5	2.77	41.9
	SEZ C	3.07	0.60	21.70	36.00	0.70	0.23	7.09	1.98	14.0	2.19	15.5	2.48	17.6	2.77	19.6
	SEZ D	0.95	0.34	18.67	55.69	0.70	0.23	3.39	1.98	6.7	2.19	7.4	2.48	8.4	2.77	9.4
	SEZ E	1.13	0.37	19.09	52.21	0.70	0.23	3.79	1.98	7.5	2.19	8.3	2.48	9.4	2.77	10.5
	SEZ F	0.29	0.19	16.04	86.59	0.70	0.23	1.61	1.98	3.2	2.19	3.5	2.48	4.0	2.77	4.5
	SEZ G	0.61	0.27	17.64	65.67	0.70	0.23	2.57	1.98	5.1	2.19	5.6	2.48	6.4	2.77	7.1
BACINO 2	SEZ H	0.22	0.16	15.48	95.97	0.70	0.23	1.35	1.98	2.7	2.19	3.0	2.48	3.4	2.77	3.8
BACINO 3	SEZ I	0.35	0.20	16.43	80.74	0.70	0.23	1.81	1.98	3.6	2.19	4.0	2.48	4.5	2.77	5.0

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 i due tombini circolari Φ 1500 in polietilene, da posare in corrispondenza delle interferenze della strada oggetto di adeguamento per l'eccesso agli aerogeneratori TU1 e TU2 con il reticolo idrografico, indicati come F22 e F23, e per lo scatolare 2,80 X 1,50 m da realizzare in corrispondenza dell'interferenza della strada di accesso all'aerogeneratore TU6 con il corso d'acqua, indicato come F6.

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;

α 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;

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

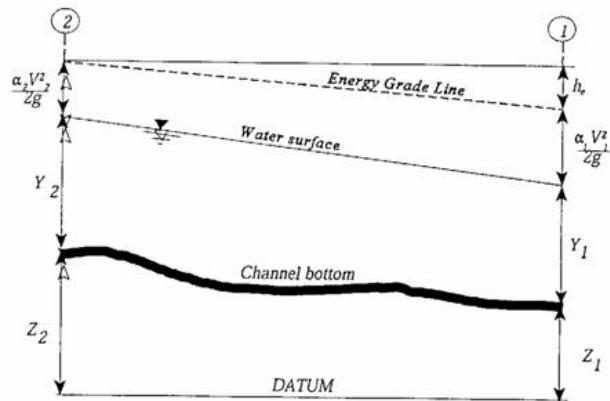


Fig. 6 - Rappresentazione dei termini presenti nell'equazione dell'energia

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

β = 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

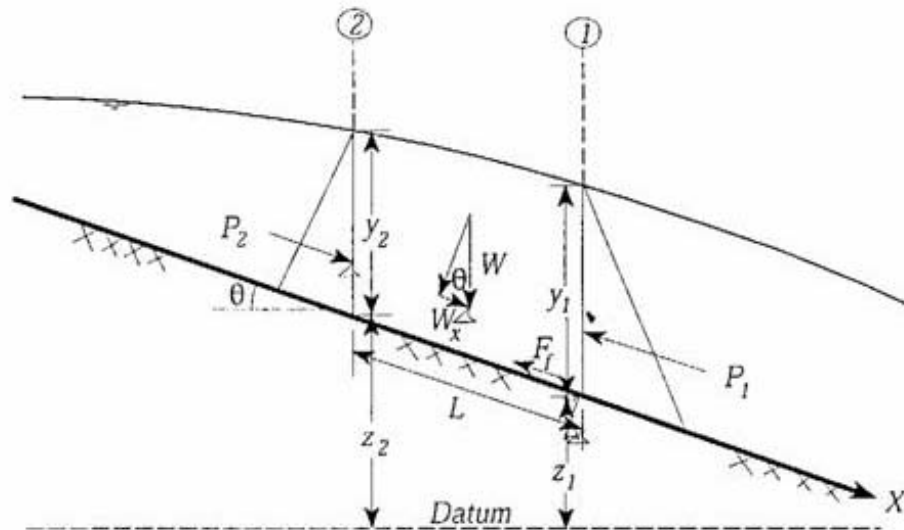


Fig. 7 - Applicazione dell'equazione dei momenti

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^{1/3}, relativi ad alvei naturali
(*Open-Channel Hydraulics*, CHOW V. T., 1959)

Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
A. Natural streams			
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 heavystands of timber and brush	0.070	0.100	0.150
2. Flood Plains			
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. Heavystand 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. Mountain streams, no vegetation in channel, banks usually steep, with trees and brush on banks submerged			
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 montagna con la presenza sulle sponde di alberi e cespugli e sul fondo ghiaia, ciottoli e massi radi, valori di n compresi tra 0.03 e 0.05. Si è ritenuto di poter assumere il valore 0.03 in quanto sul fondo è presente solo ghiaia e piccoli ciottoli.

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.

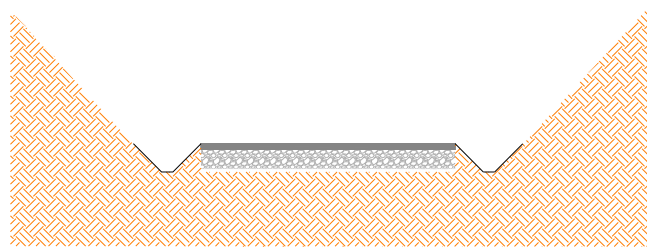


Fig. 8 - Sezione tipo tratto in trinca

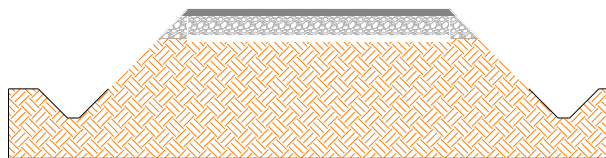


Fig. 9 - Sezione tipo tratto in rilevato



Fig. 10 - Sezione tipo tratto a mezza costa

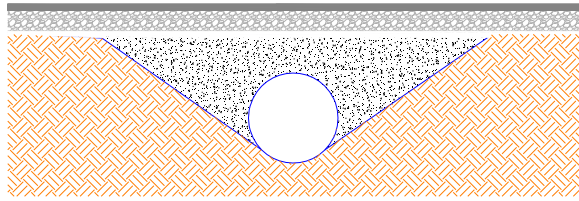


Fig. 11 - Sezione tipo tombino circolare

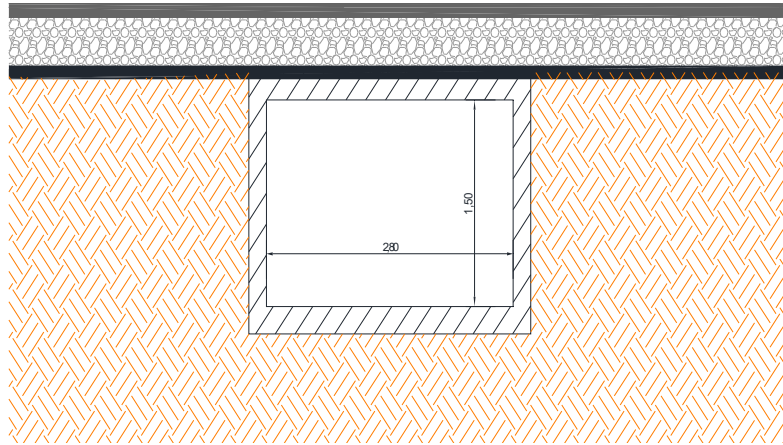


Fig. 12 - Sezione tipo tombino rettangolare

Per le opere idrauliche sono state adottate le seguenti sezioni:

SEZIONE FOSSO
TIPO 1

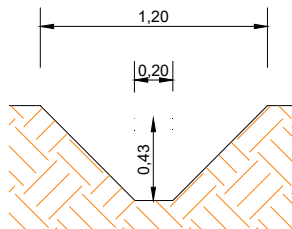
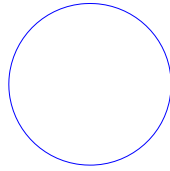


Fig. 13 - Sezione fossi

SEZIONE TOMBINO
D 1000 mm



SEZIONE TOMBINO
D 1500 mm

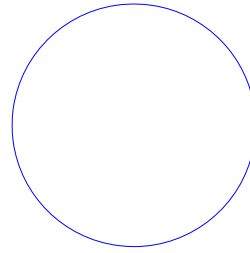


Fig. 14 - Sezione tombini

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:

σ = 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 $45 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per le sezioni in terra e $65 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ 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, tranne alcune piccole esondazioni che, tuttavia non vanno ad interferire con gli aerogeneratori in progetto.

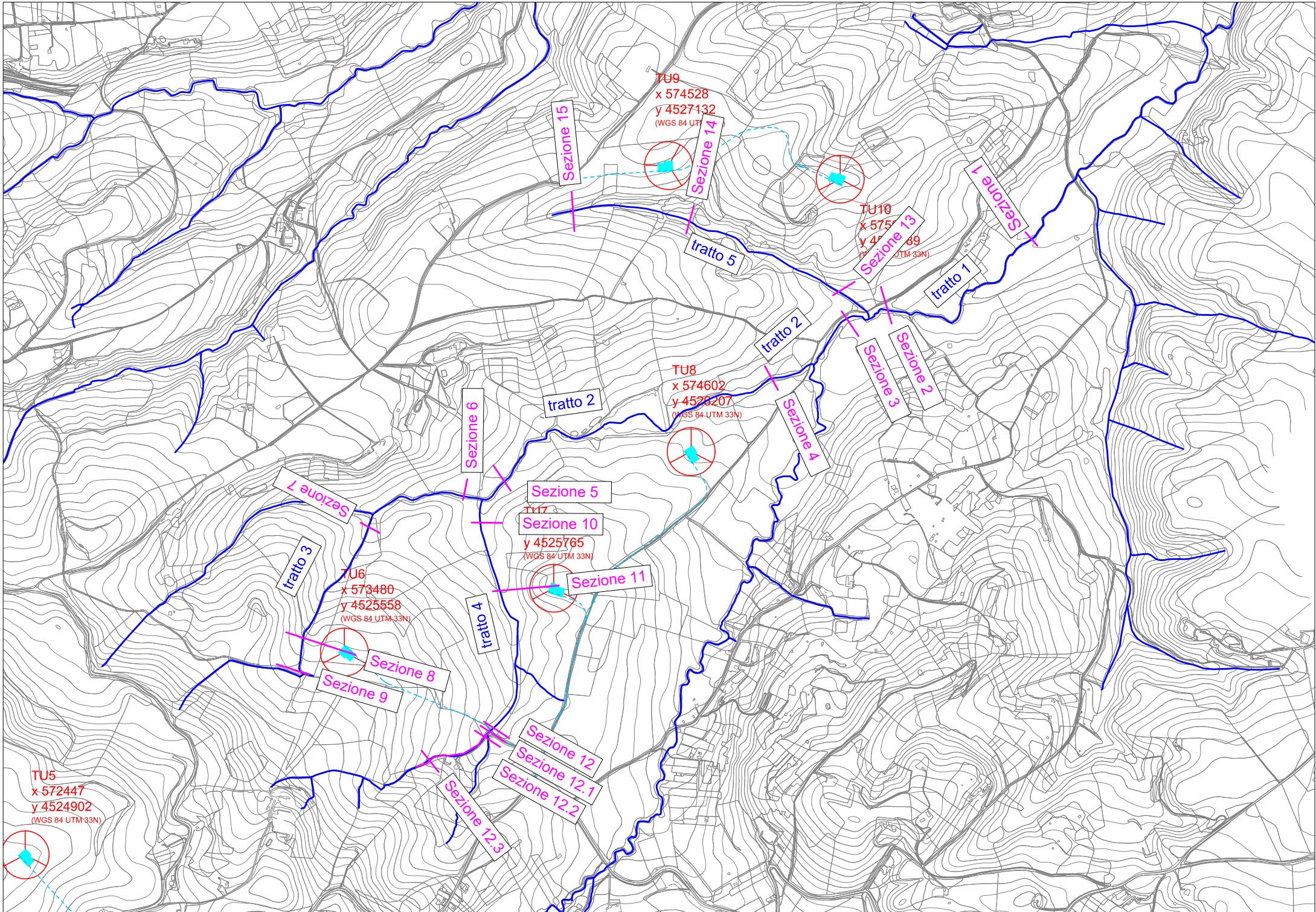
Relativamente alle strade di accesso agli aerogeneratori TU1, TU2 e TU6 in progetto, nel punto in cui intersecano il reticolo idrografico sono stati previsti degli attraversamenti con tombino $\Phi 1500$ per le strade di accesso alle torri TU1 e TU2 e scatolare di dimensioni 2,80 X 1,50 m per la strada di accesso alla torre TU6, 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

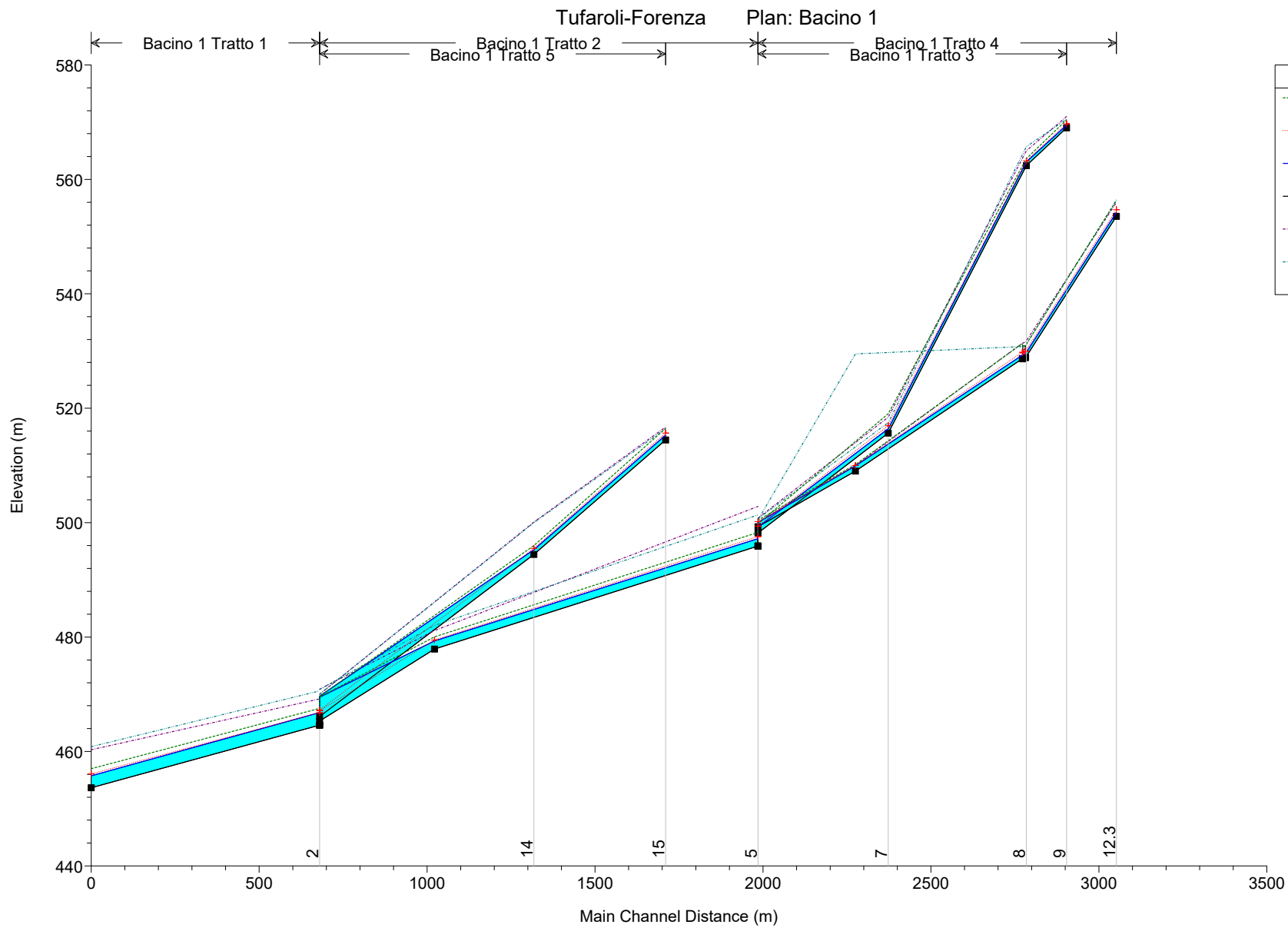
RISULTATI DELLE VERIFICHE IDRAULICHE

RISULTATI DELLE MODELLAZIONI IDRAULICHE



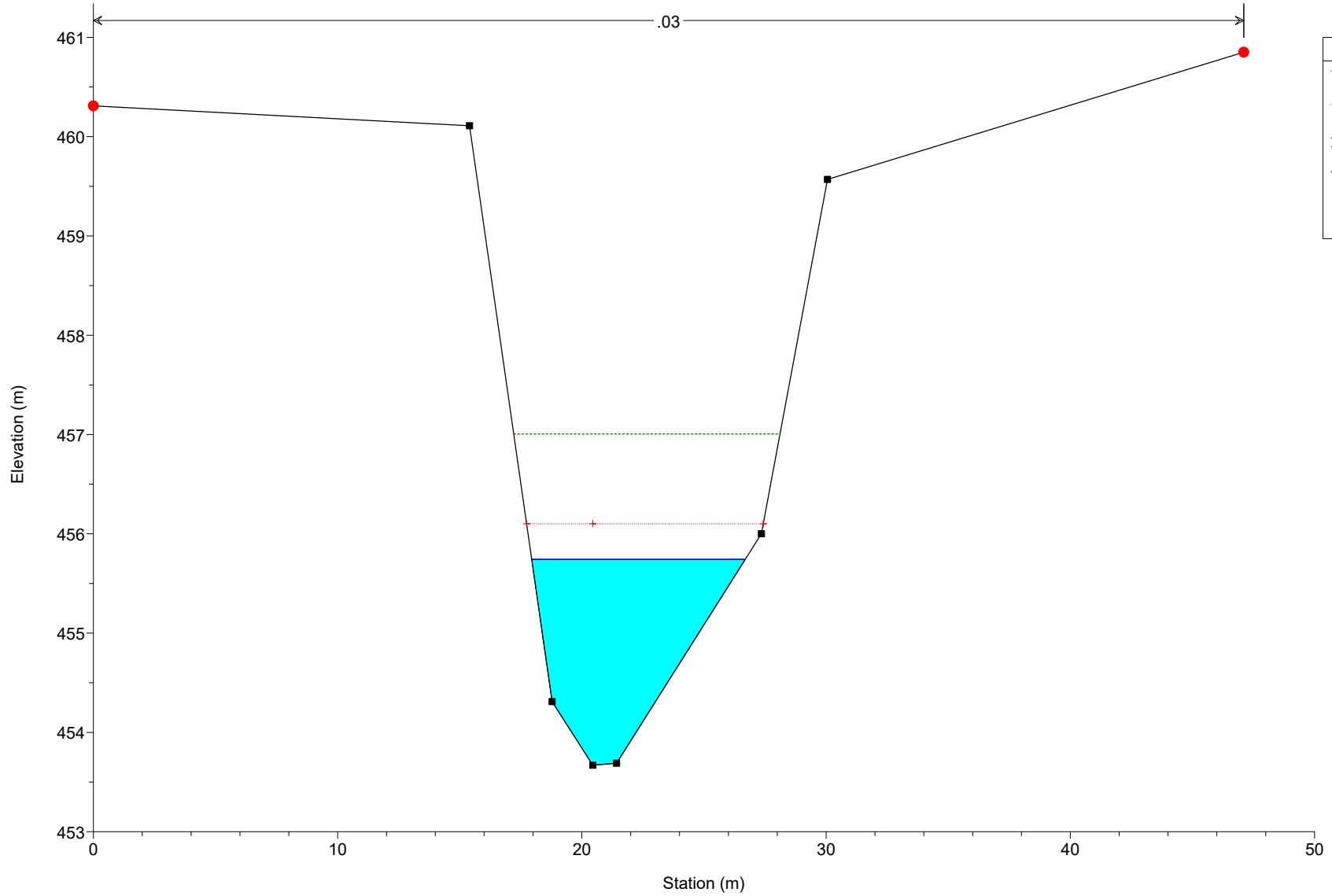
HEC-RAS Plan: Bacino 1 Profile: T= 200 anni

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	54.40		453.67	460.31	460.85	455.74	2.07	456.10	457.00	0.019964	4.98	1.42	212.54
Tratto 1	2	T= 200 anni	54.40	680.00	464.60	469.19	470.59	466.81	2.21	466.81	467.53	0.009218	3.75	1.00	114.58
Tratto 5	13	T= 200 anni	7.10	0.00	466.12	470.00	470.00	469.66	3.54	467.24	469.67	0.000045	0.28	0.07	0.63
Tratto 5	14	T= 200 anni	7.10	638.02	494.45	500.10	500.00	495.27	0.82	495.51	496.00	0.040456	3.80	1.78	169.07
Tratto 5	15	T= 200 anni	7.10	392.00	514.45	516.71	516.41	515.29	0.84	515.65	516.48	0.070015	4.82	2.27	277.65
Tratto 2	3	T= 200 anni	41.90	0.00	465.31	470.89	470.84	469.50	4.19	467.10	469.54	0.000350	0.95	0.21	6.42
Tratto 2	4	T= 200 anni	41.90	341.99	477.91	481.13	482.03	479.32	1.41	479.49	480.03	0.015114	3.73	1.26	128.49
Tratto 2	5	T= 200 anni	19.60	963.01	495.91	502.83	501.36	497.21	1.30	497.56	498.30	0.034352	4.63	1.74	218.32
Tratto 3	6	T= 200 anni	10.50	0.00	498.20	500.79	500.66	499.23	1.03	499.40	499.81	0.023226	3.39	1.41	124.25
Tratto 3	7	T= 200 anni	10.50	388.01	515.65	518.44	517.48	516.40	0.75	516.94	519.03	0.169948	7.17	3.56	628.38
Tratto 3	8	T= 200 anni	4.50	411.01	562.41	565.00	565.71	563.08	0.67	563.25	563.62	0.036268	3.27	1.64	131.25
Tratto 3	9	T= 200 anni	4.50	120.00	569.01	570.98	570.51	569.45	0.44	569.71	570.41	0.100193	4.33	2.63	258.04
Tratto 4	10	T= 200 anni	9.40	0.00	499.28	500.08	500.49	500.04	0.76	500.16	500.42	0.049757	2.70	1.83	107.00
Tratto 4	11	T= 200 anni	9.40	290.00	509.00	509.98	529.50	509.92	0.92	509.98	510.15	0.022388	2.12	1.27	60.83
Tratto 4	12	T= 200 anni	9.40	497.00	528.66	531.37	530.78	529.28	0.62	529.80	531.29	0.109975	6.28	2.77	461.50
Tratto 4	12.1		Culvert												
Tratto 4	12.2	T= 200 anni	9.40	10.00	528.86	531.57	530.98	529.58	0.72	530.00	530.99	0.067174	5.27	2.18	314.22
Tratto 4	12.3	T= 200 anni	9.40	270.00	553.55	555.97	556.40	554.22	0.67	554.70	556.32	0.140075	6.42	3.24	507.55



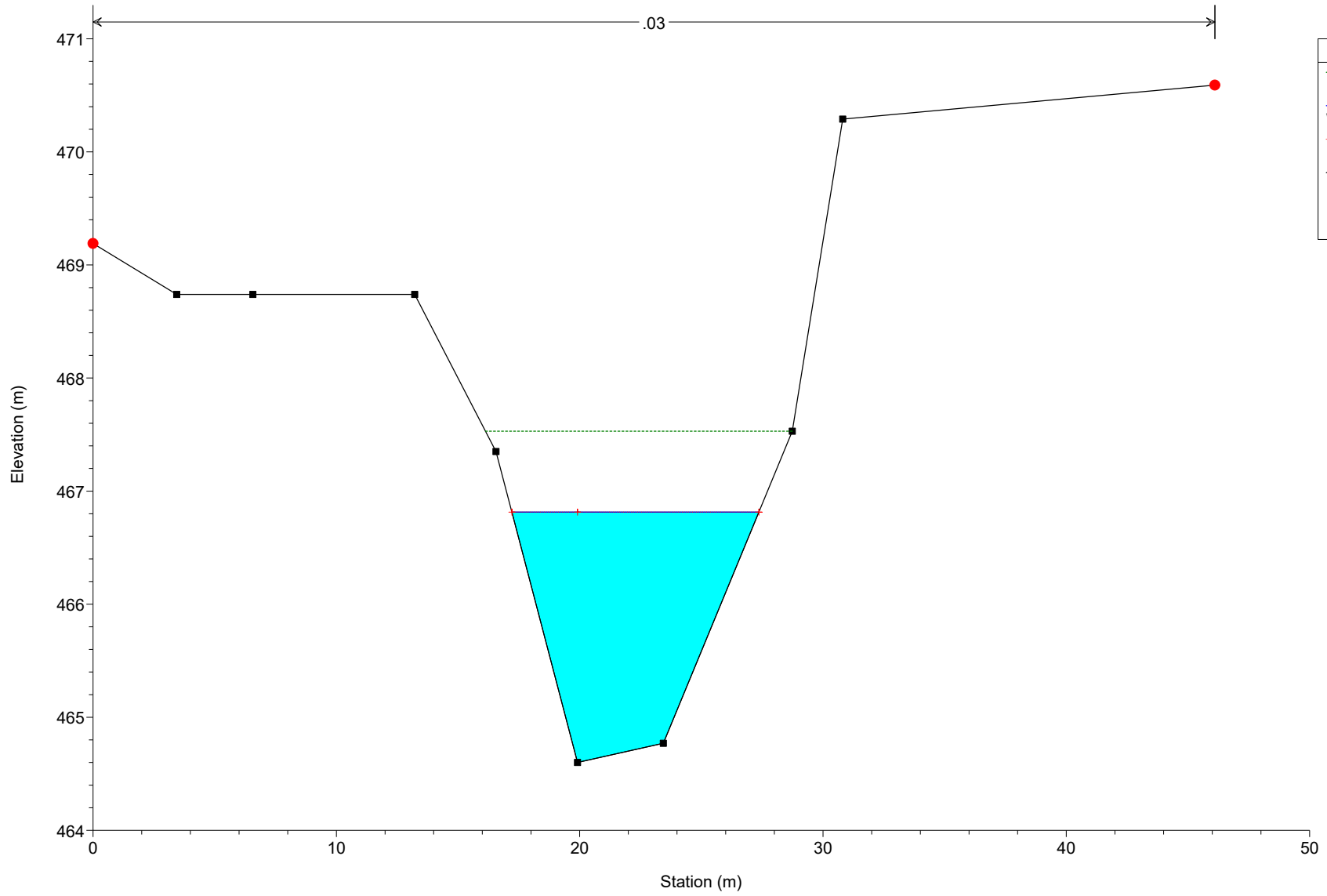
Legend	
EG T= 200 anni	(Dotted green line)
Crit T= 200 anni	(Dotted red line)
WS T= 200 anni	(Solid blue line)
Ground	(Solid black line)
LOB	(Dotted purple line)
ROB	(Dotted cyan line)

Tufaroli-Forenza Plan: Bacino 1
River = Bacino 1 Reach = Tratto 1 RS = 1



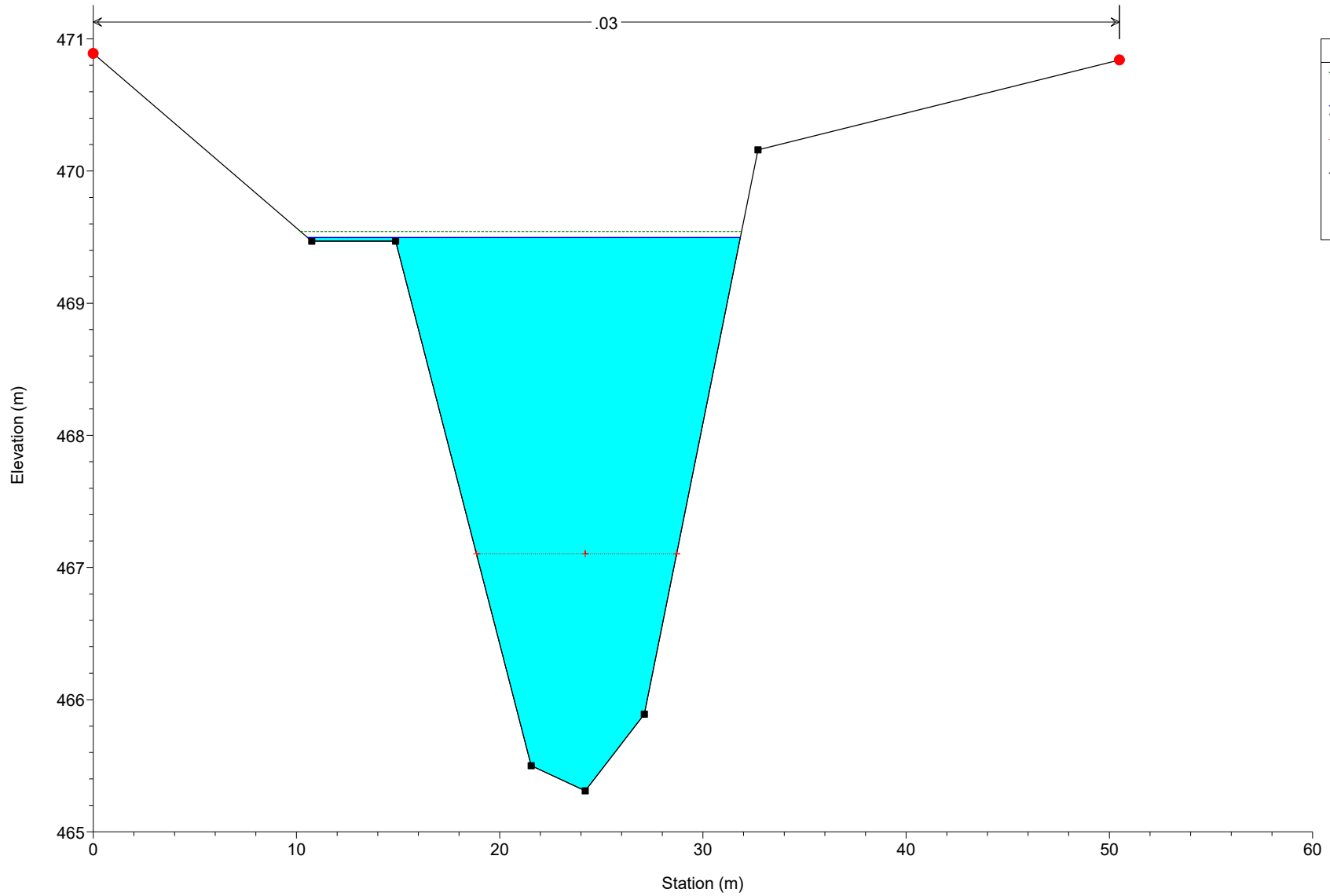
Legend	
EG T= 200 anni	
Crit T= 200 anni	
WS T= 200 anni	
Ground	
Bank Sta	

Tufaroli-Forenza Plan: Bacino 1
River = Bacino 1 Reach = Tratto 1 RS = 2



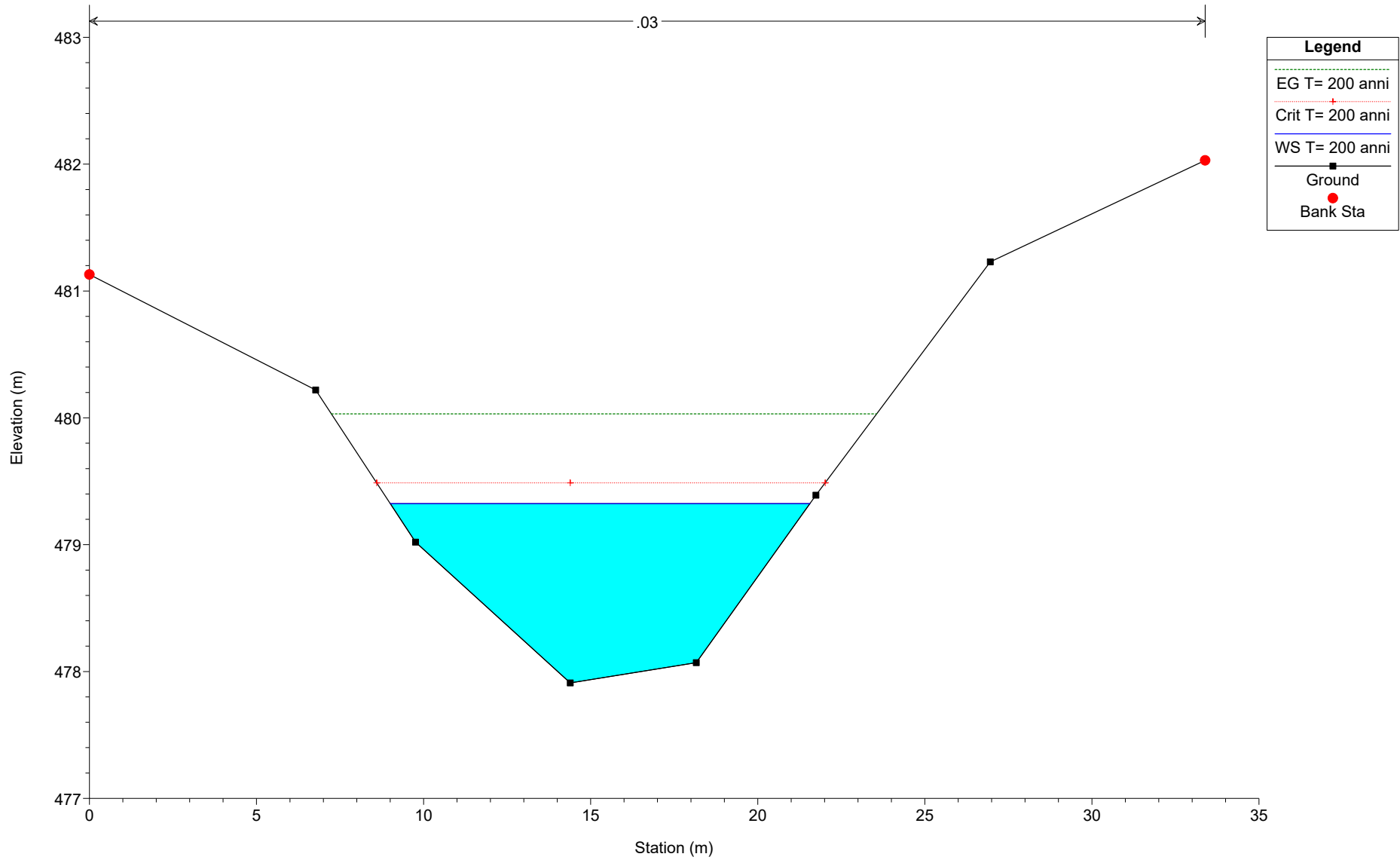
Legend	
EG T= 200 anni	(Dashed green line)
WS T= 200 anni	(Blue line)
Crit T= 200 anni	(Red line with cross markers)
Ground	(Black line with square markers)
Bank Sta	(Red dot)

Tufaroli-Forenza Plan: Bacino 1
River = Bacino 1 Reach = Tratto 2 RS = 3

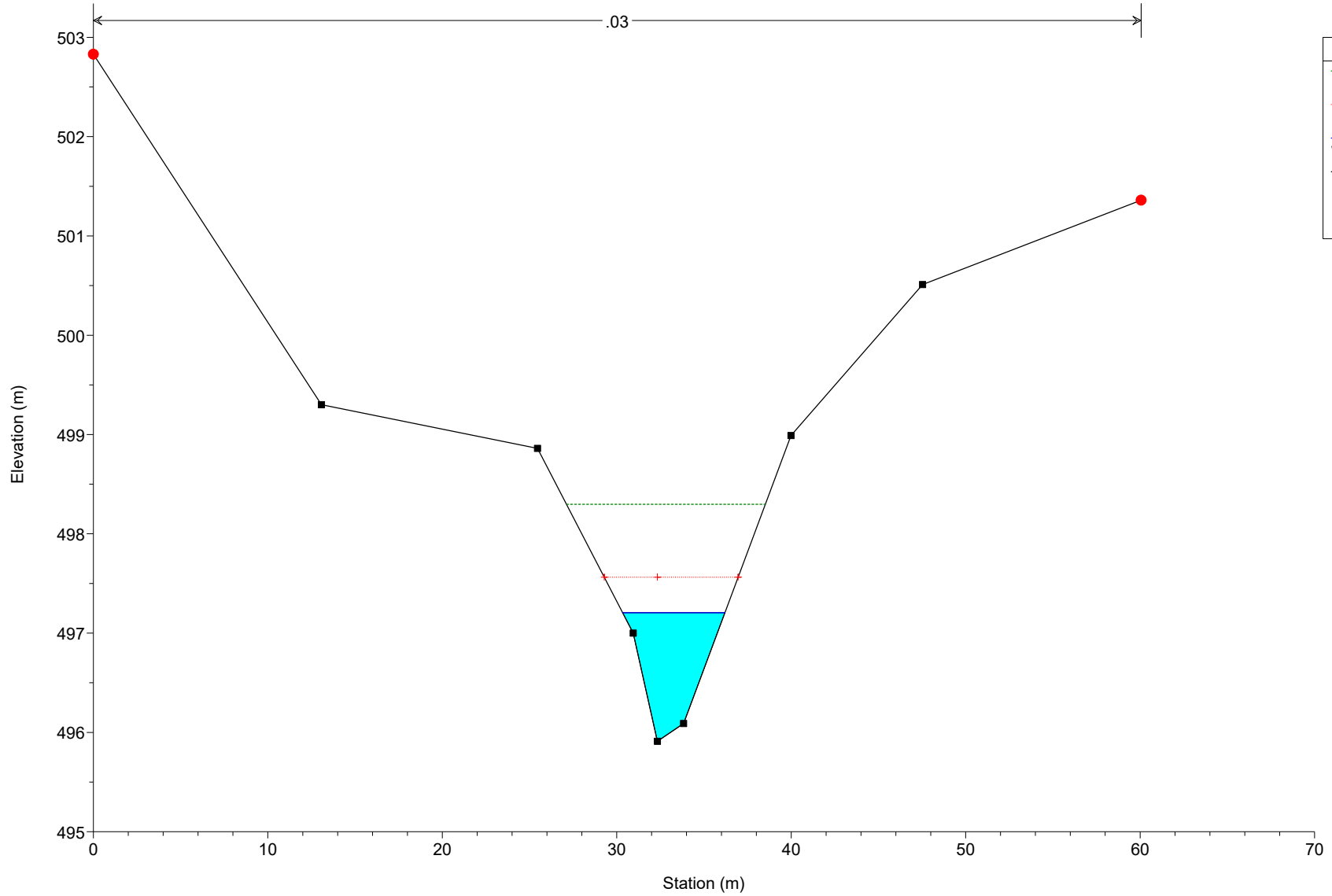


Legend	
EG T= 200 anni	— (dotted green line)
WS T= 200 anni	— (solid blue line)
Crit T= 200 anni	— (dotted red line)
Ground	— (solid black line)
Bank Sta	● (red dot)

Tufaroli-Forenza Plan: Bacino 1
River = Bacino 1 Reach = Tratto 2 RS = 4

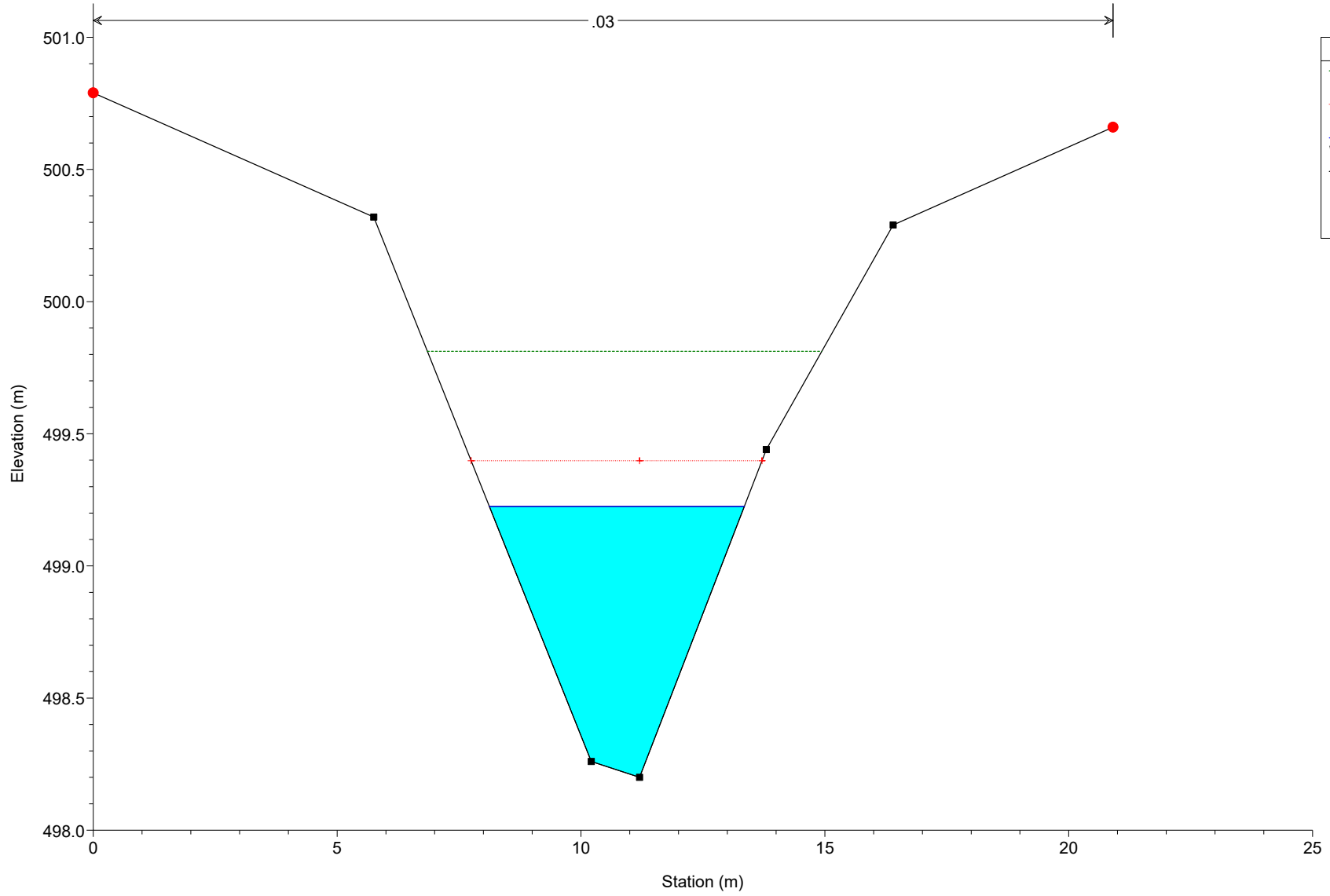


Tufaroli-Forenza Plan: Bacino 1
River = Bacino 1 Reach = Tratto 2 RS = 5

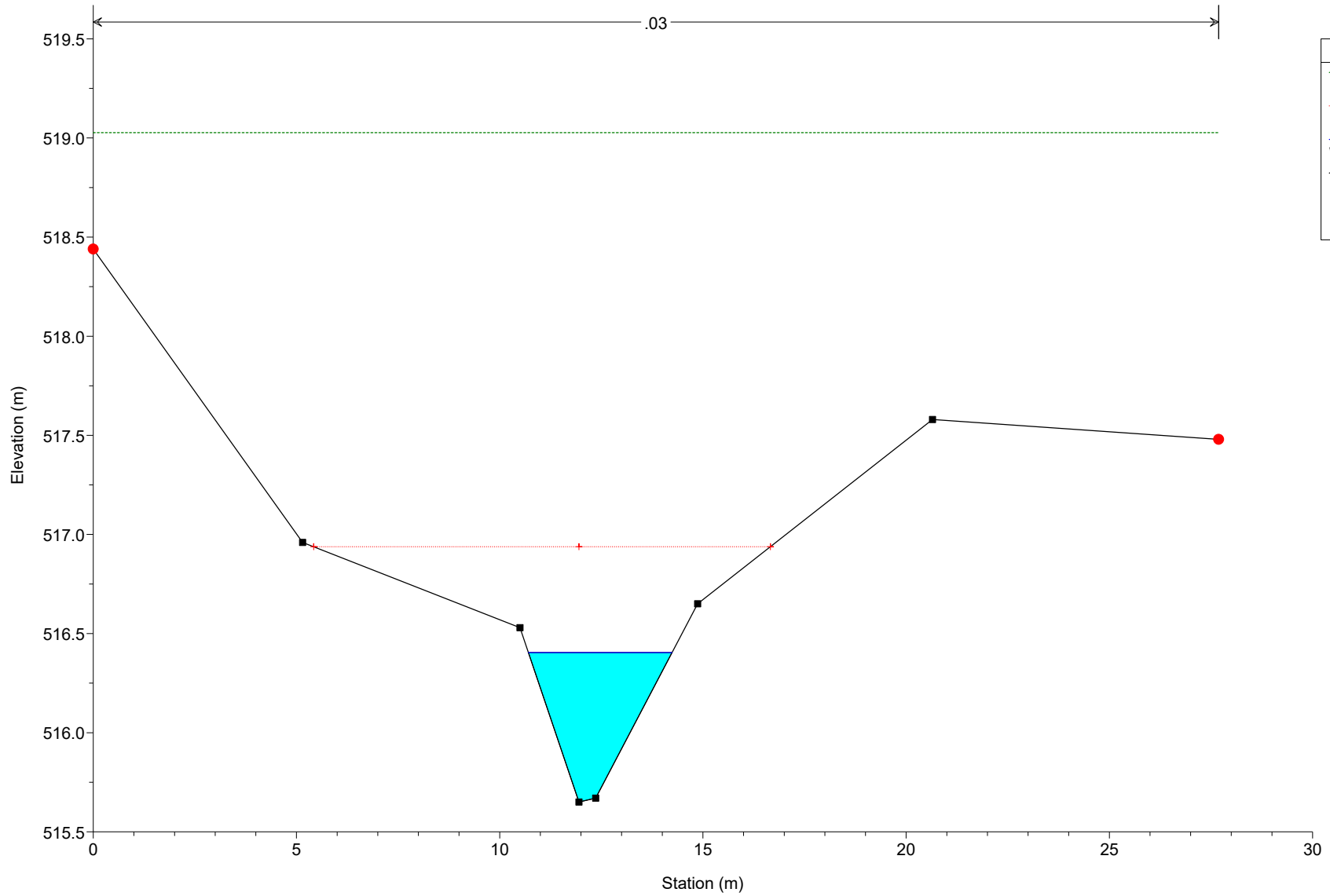


Legend	
EG T= 200 anni	
Crit T= 200 anni	
WS T= 200 anni	
Ground	
Bank Sta	

Tufaroli-Forenza Plan: Bacino 1
River = Bacino 1 Reach = Tratto 3 RS = 6

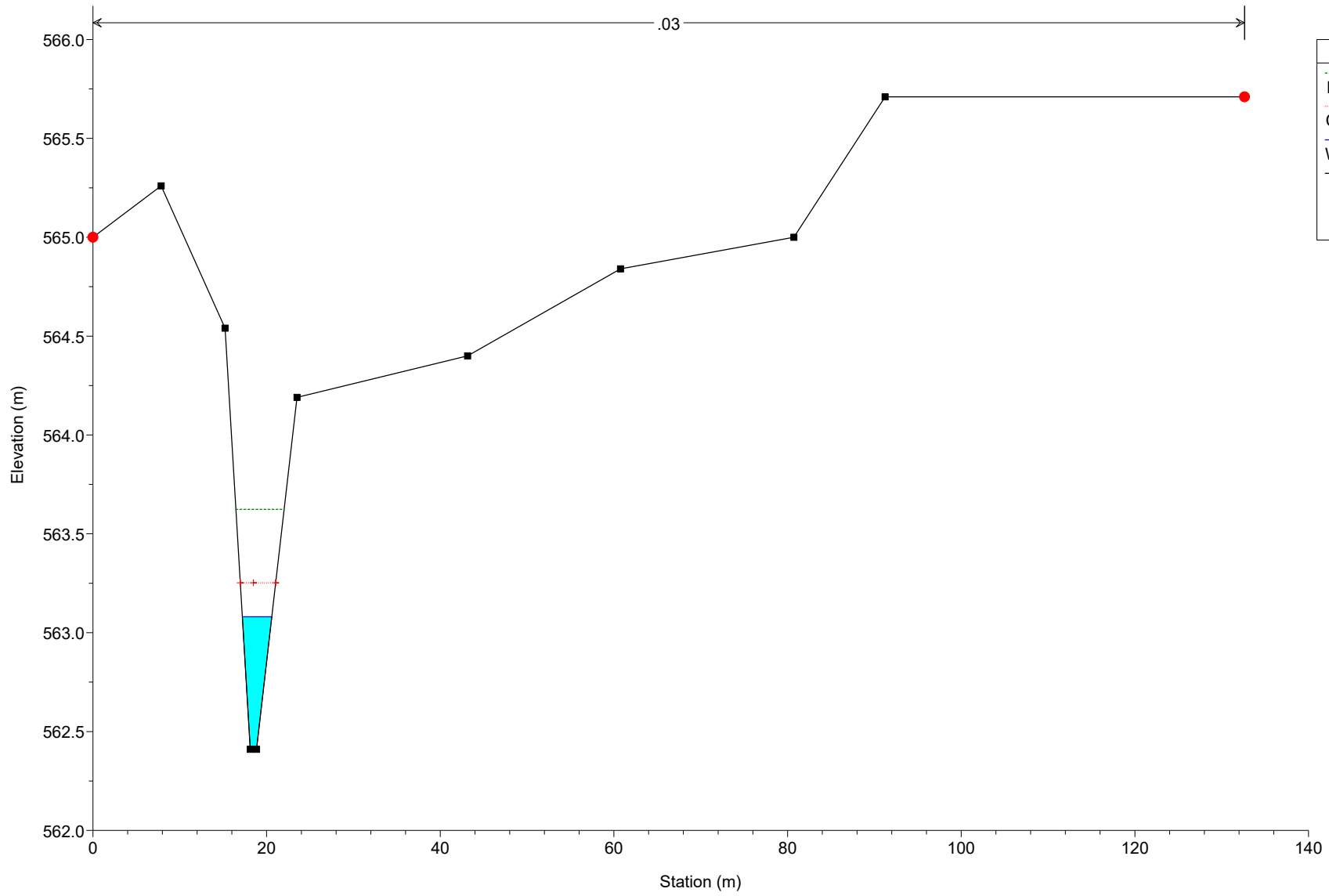


Tufaroli-Forenza Plan: Bacino 1
River = Bacino 1 Reach = Tratto 3 RS = 7



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

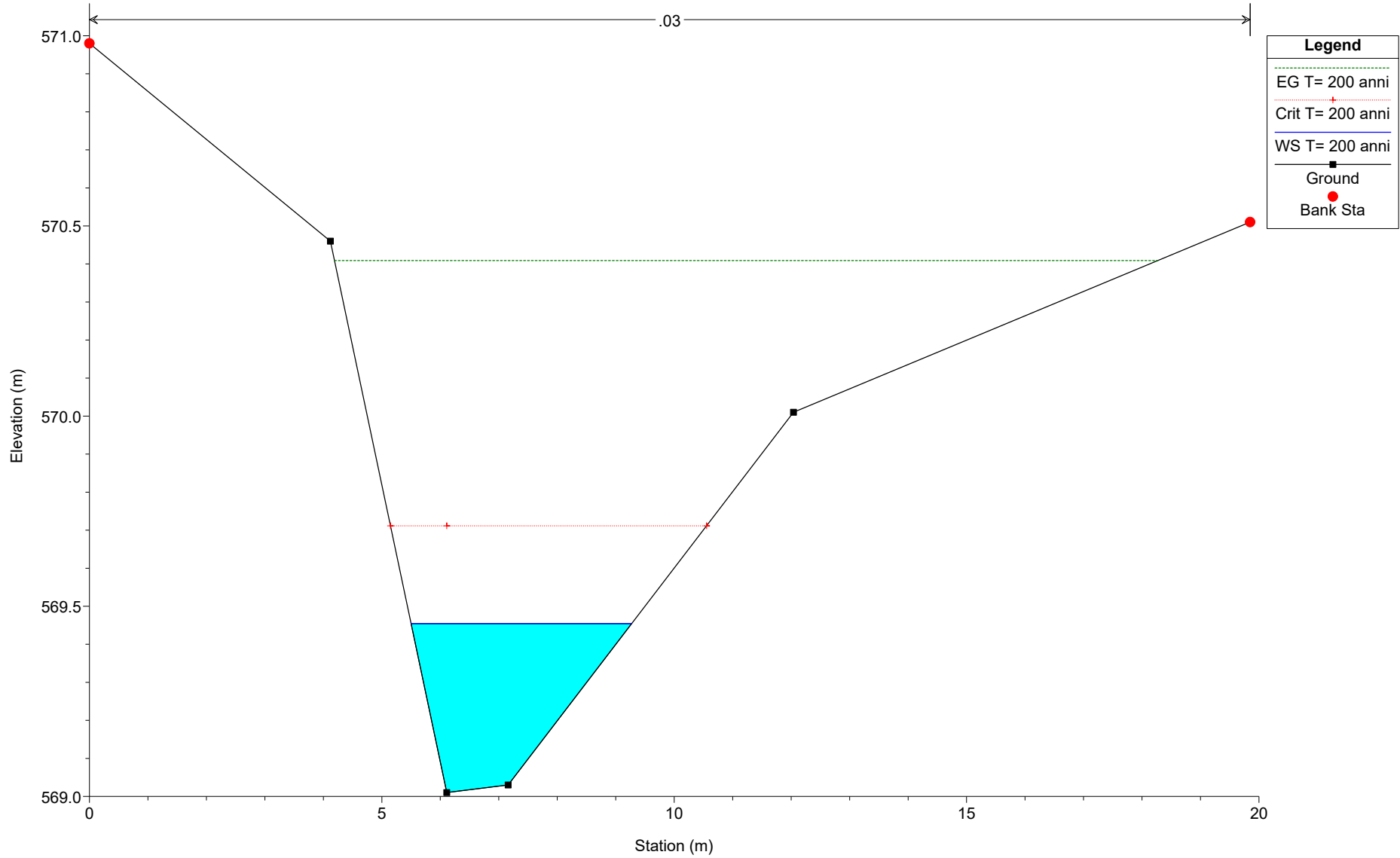
Tufaroli-Forenza Plan: Bacino 1
River = Bacino 1 Reach = Tratto 3 RS = 8



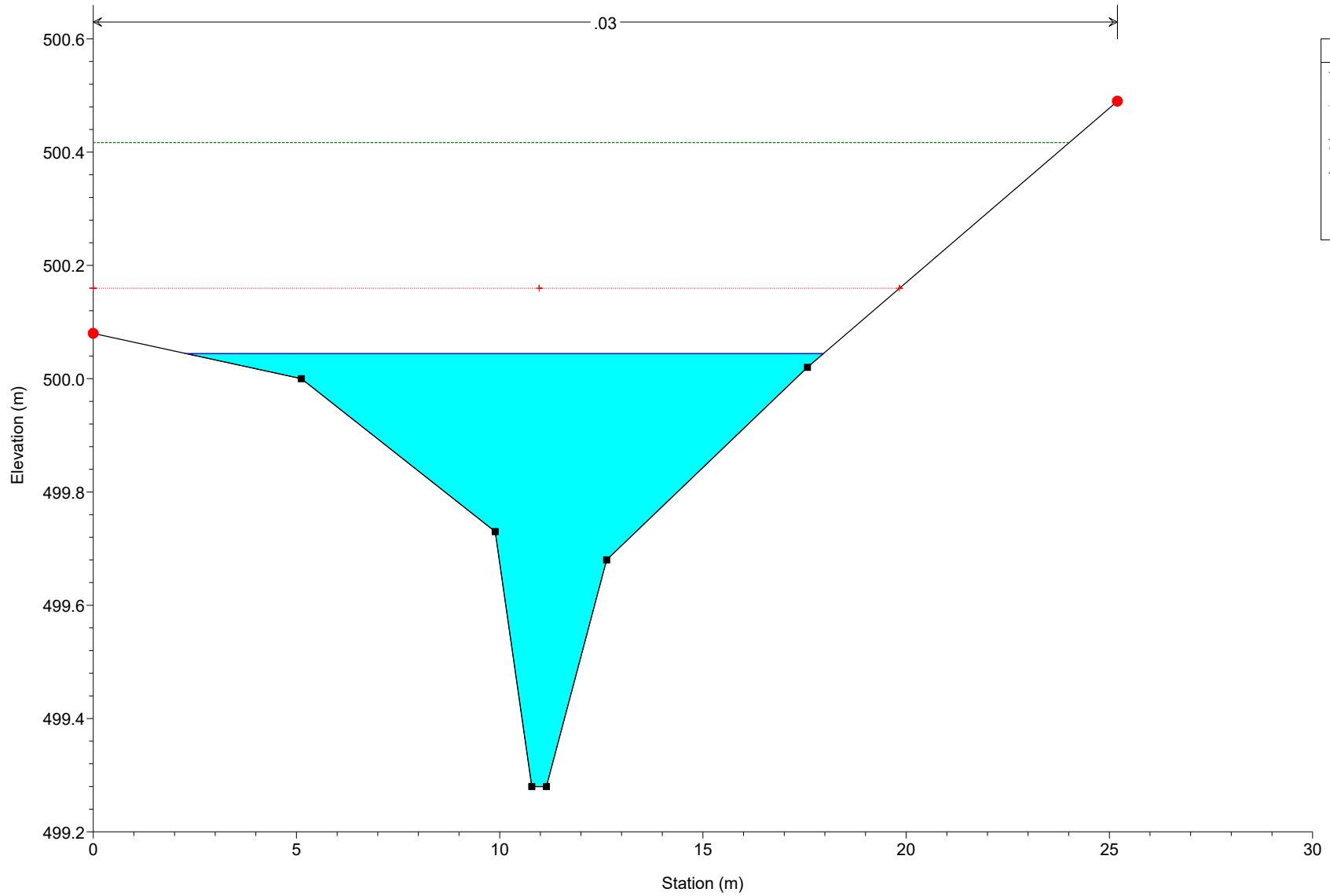
Legend

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

Tufaroli-Forenza Plan: Bacino 1
River = Bacino 1 Reach = Tratto 3 RS = 9

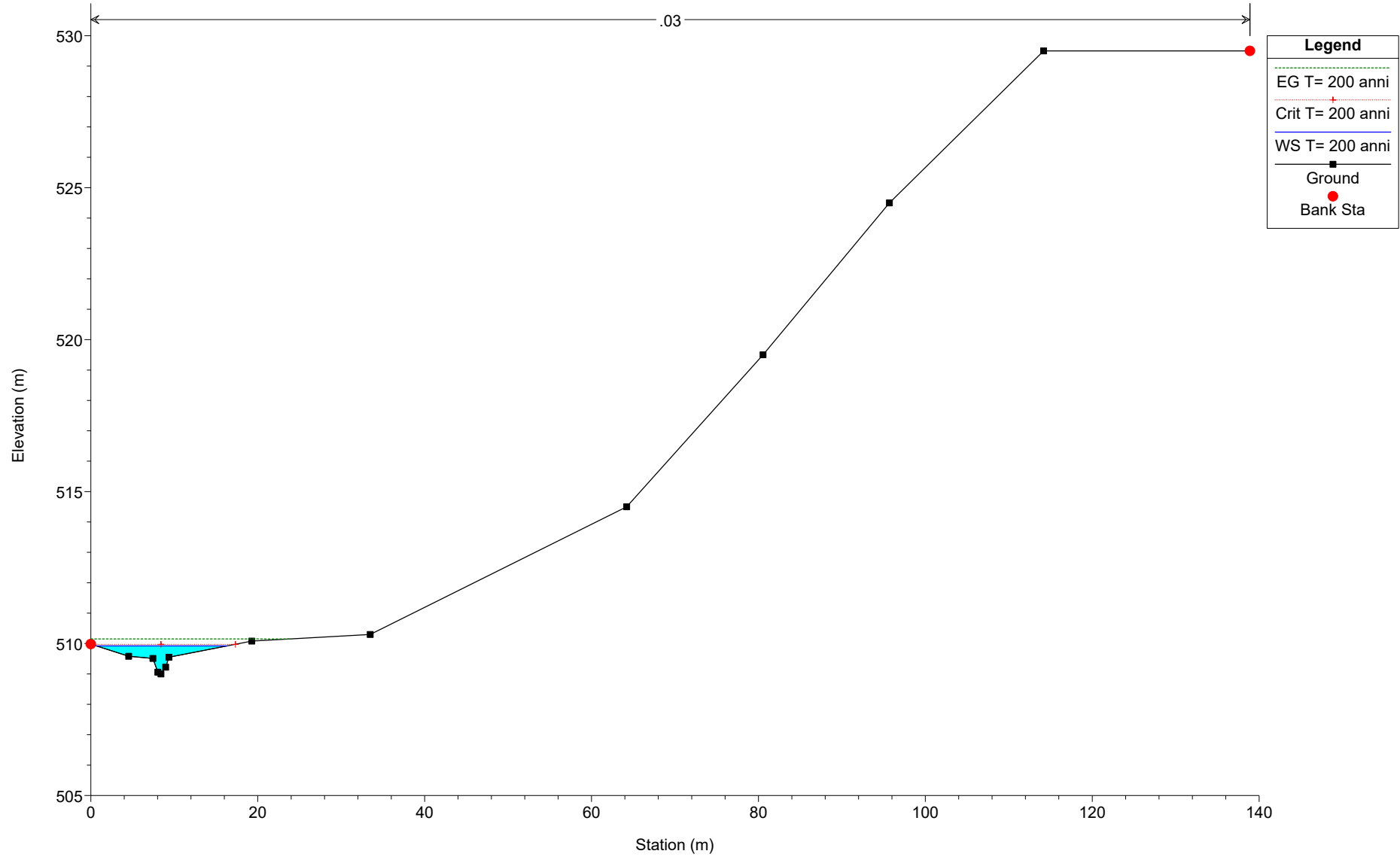


Tufaroli-Forenza Plan: Bacino 1
River = Bacino 1 Reach = Tratto 4 RS = 10

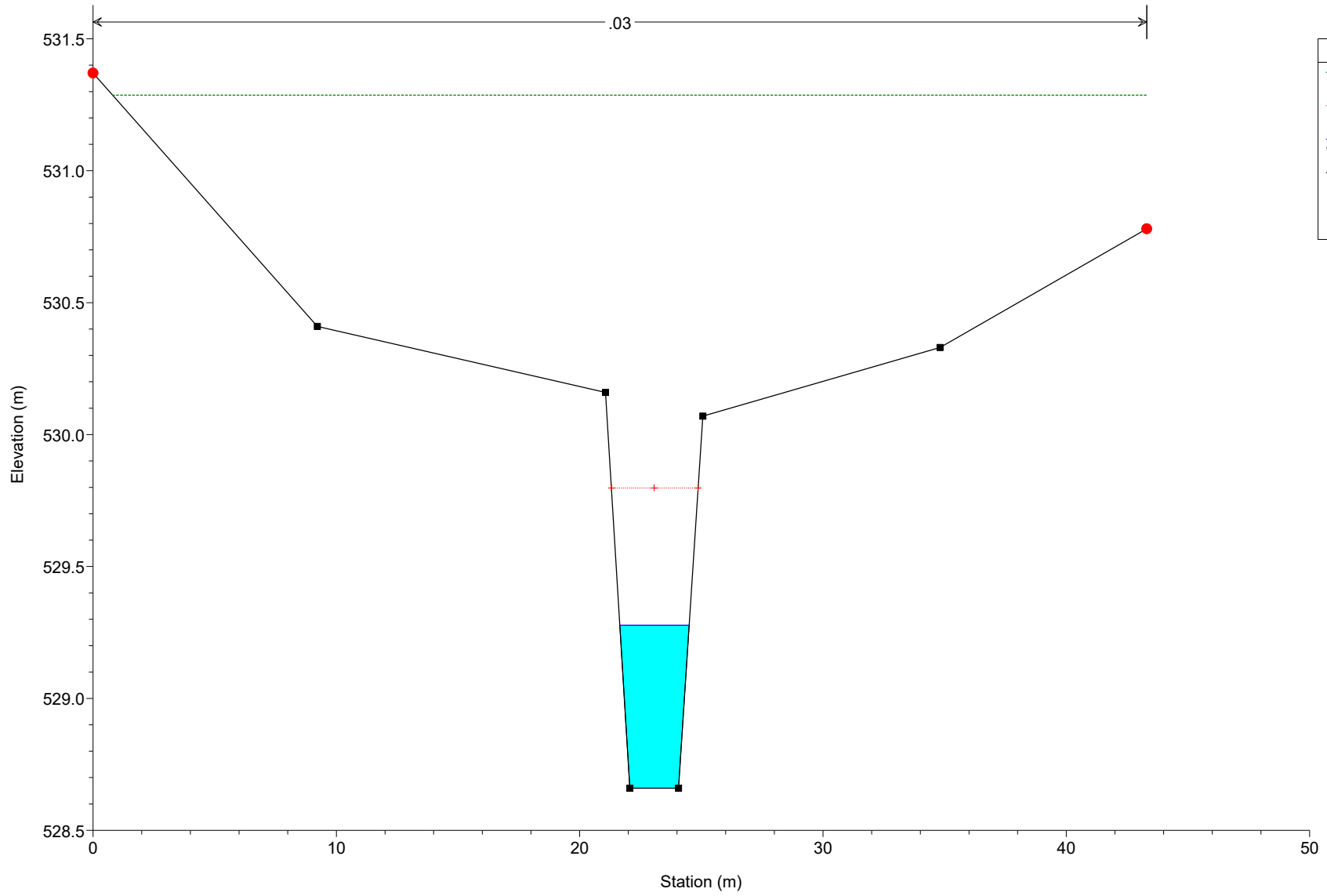


Legend	
EG T= 200 anni	
Crit T= 200 anni	
WS T= 200 anni	
Ground	
Bank Sta	

Tufaroli-Forenza Plan: Bacino 1
River = Bacino 1 Reach = Tratto 4 RS = 11

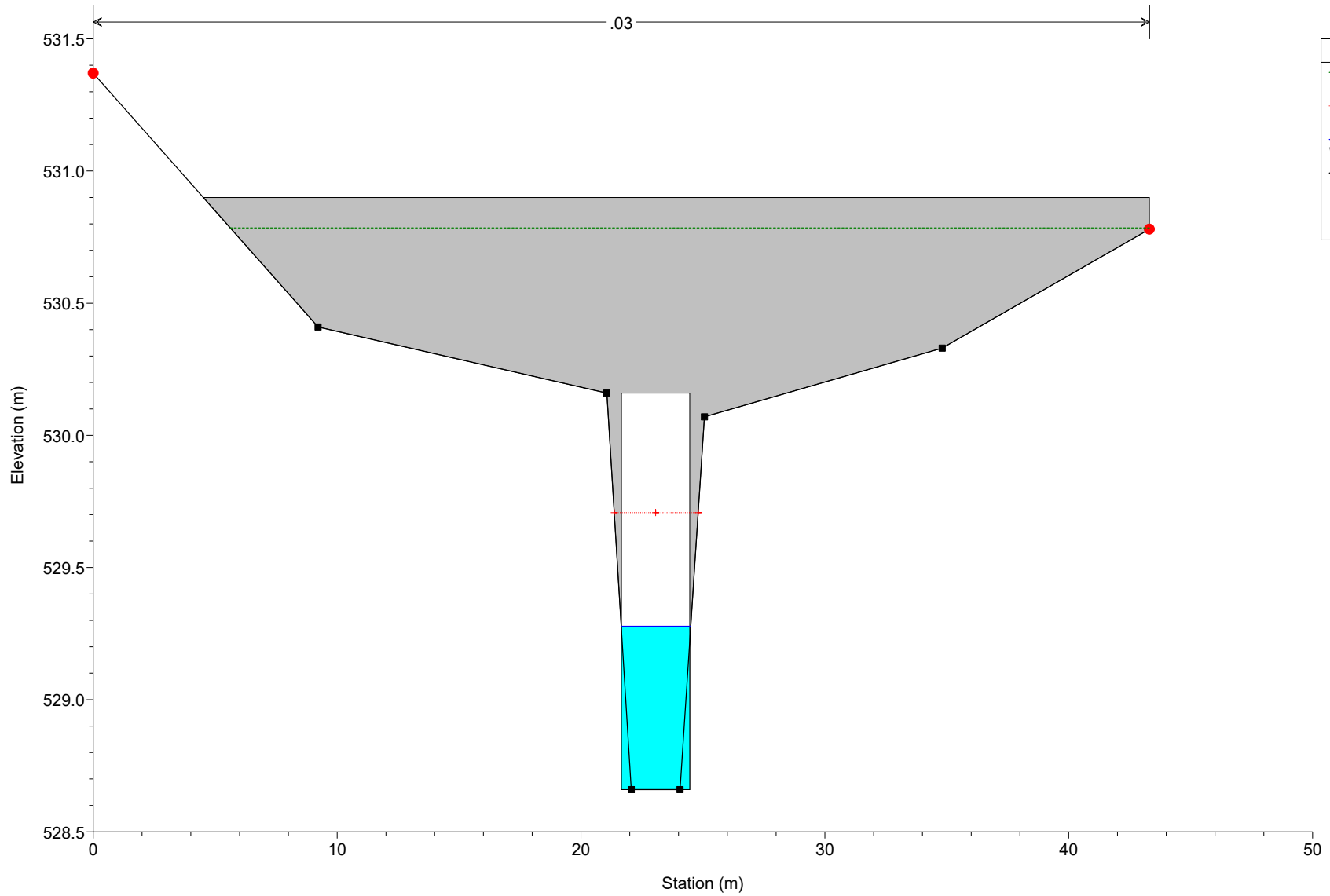


Tufaroli-Forenza Plan: Bacino 1
River = Bacino 1 Reach = Tratto 4 RS = 12



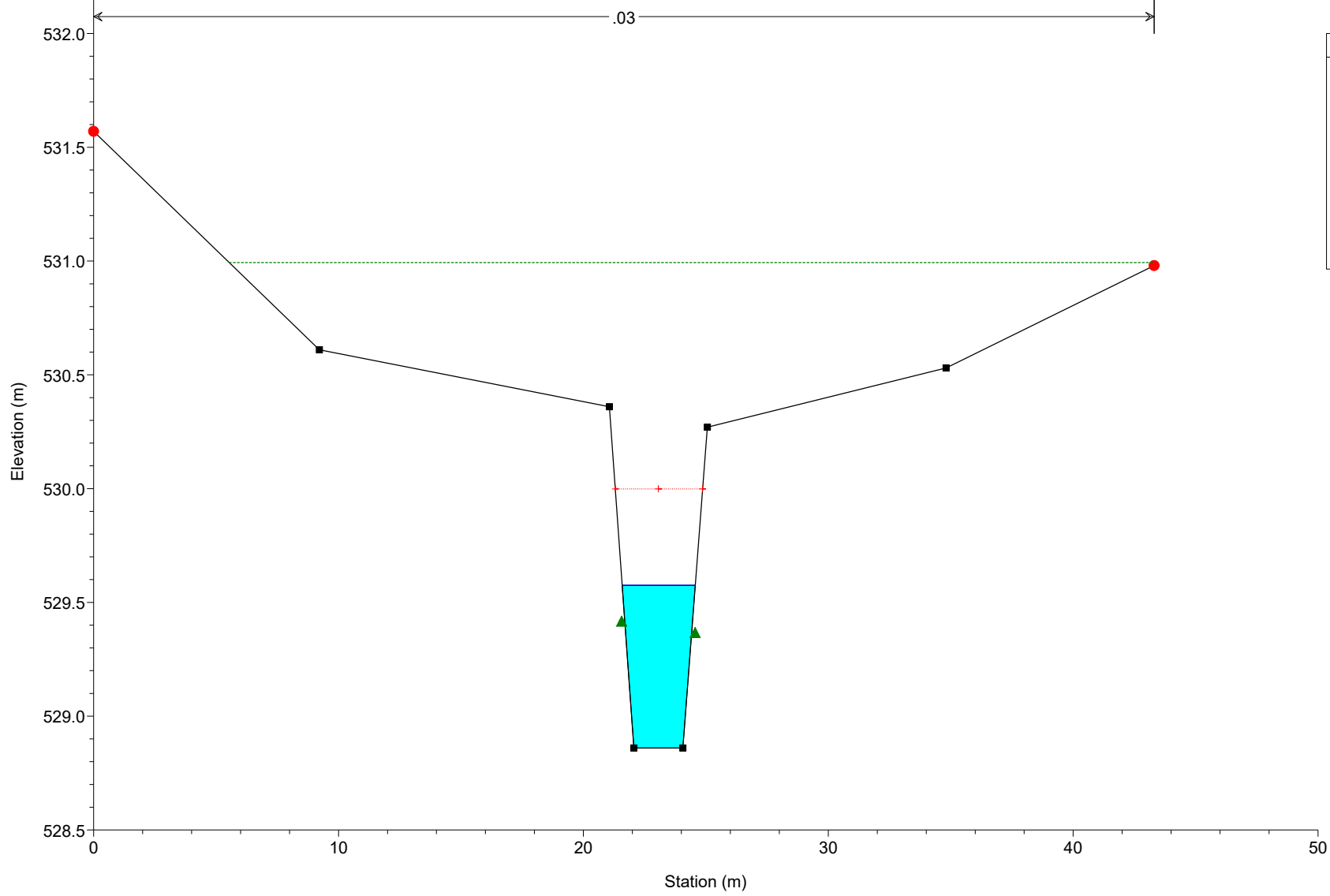
Legend	
EG T= 200 anni	— (dotted green line)
Crit T= 200 anni	— (dotted red line)
WS T= 200 anni	— (solid blue line)
Ground	— (solid black line)
Bank Sta	• (red dot)

Tufaroli-Forenza Plan: Bacino 1
River = Bacino 1 Reach = Tratto 4 RS = 12.1 Culv



Legend	
EG T= 200 anni	—+—
Crit T= 200 anni	—+—
WS T= 200 anni	—+—
Ground	—■—
Bank Sta	—●—

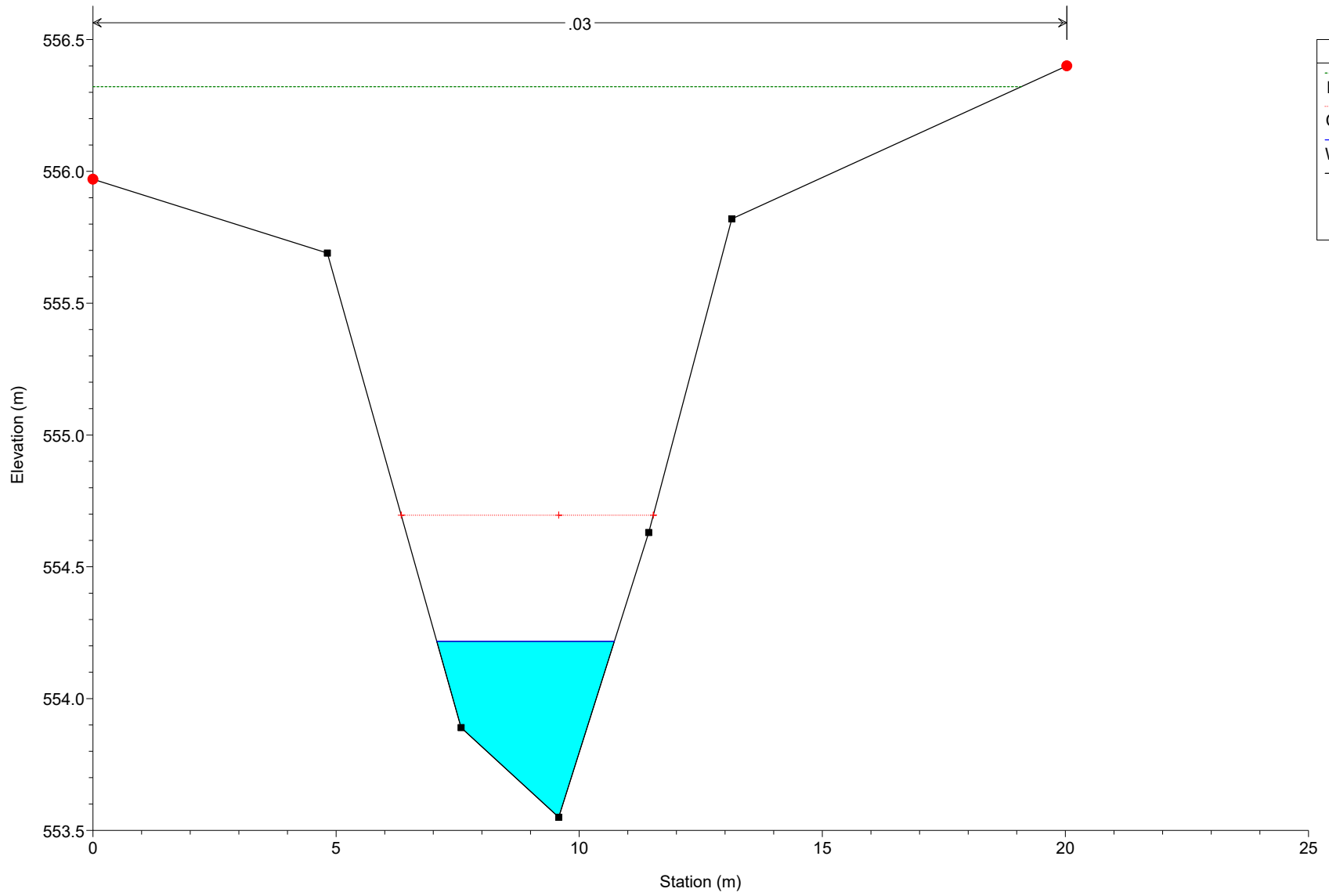
Tufaroli-Forenza Plan: Bacino 1
River = Bacino 1 Reach = Tratto 4 RS = 12.2



Legend

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

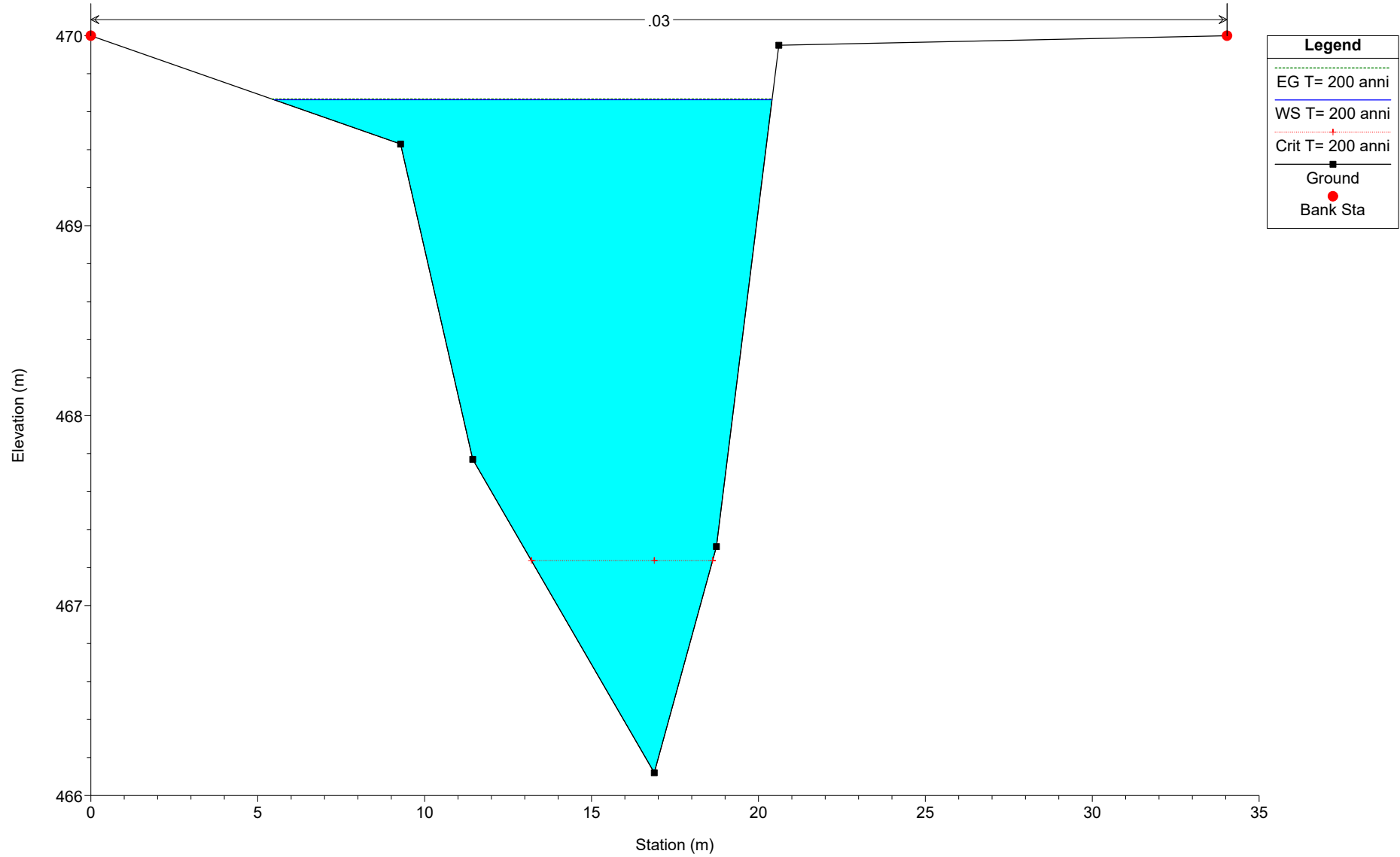
Tufaroli-Forenza Plan: Bacino 1
River = Bacino 1 Reach = Tratto 4 RS = 12.3



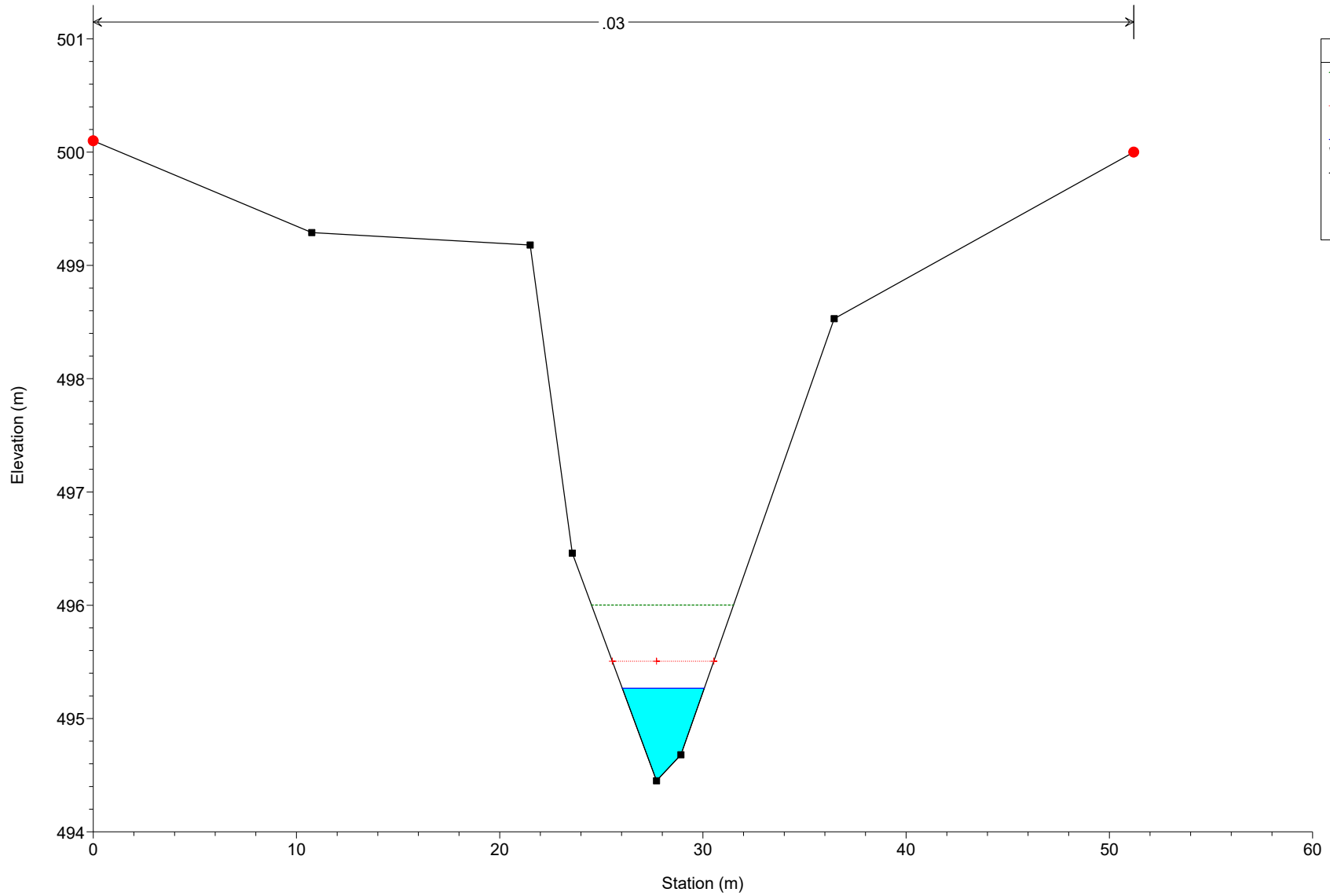
Legend

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

Tufaroli-Forenza Plan: Bacino 1
River = Bacino 1 Reach = Tratto 5 RS = 13

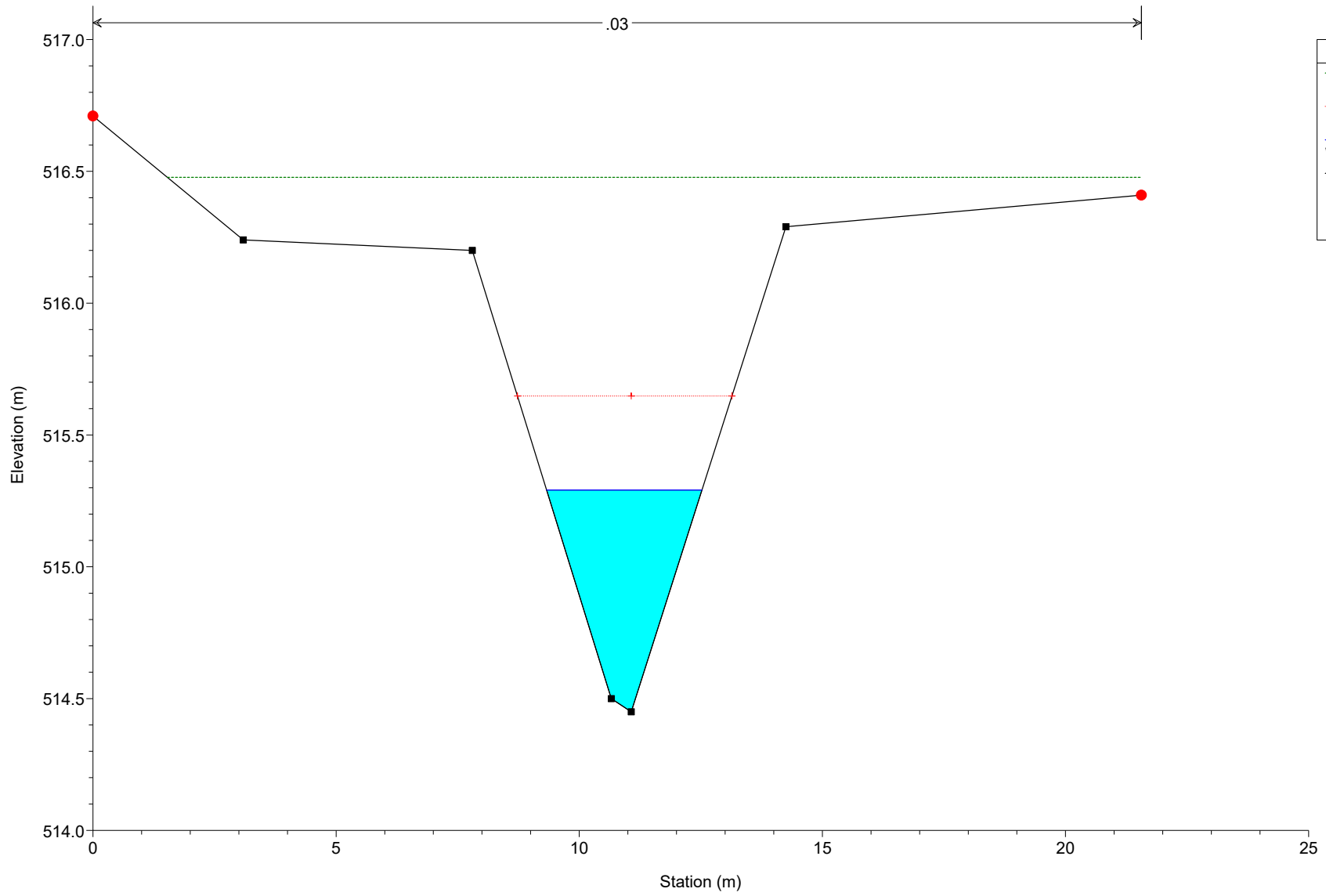


Tufaroli-Forenza Plan: Bacino 1
River = Bacino 1 Reach = Tratto 5 RS = 14



Legend	
EG T= 200 anni	(Green dashed line)
Crit T= 200 anni	(Red dotted line with cross)
WS T= 200 anni	(Blue solid line)
Ground	(Black solid line with square)
Bank Sta	(Red solid line with circle)

Tufaroli-Forenza Plan: Bacino 1
River = Bacino 1 Reach = Tratto 5 RS = 15



Legend

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

RISULTATI DELLE VERIFICHE DEGLI ATTRAVERSAMENTI F22 – F23 – F6

		A	tr	htr	Itr	pp	C*	Q	K(T=200)	Q(T=200)	B	h	D	i	K	Hdefl	V
		<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>m1/3/sec</i>	<i>m</i>	<i>m/sec</i>
STRADA DI ACCESSO ALLA TORRE TU1	Ponticello F22	0.35	0.20	16.43	80.74	0.70	0.23	1.81	2.77	5.0			1.50	1.80	65.00	0.89	4.72
STRADA DI ACCESSO ALLA TORRE TU2	Ponticello F23	0.22	0.16	15.48	95.97	0.70	0.23	1.35	2.77	3.8			1.50	1.50	65.00	0.77	4.17
STRADA DI ACCESSO ALLA TORRE TU6	Scatolare F6	0.95	0.34	18.67	55.69	0.70	0.23	3.39	2.77	9.4	2.80	1.50		1.50	65.00	0.72	4.68

RISULTATI DELLE VERIFICHE DEI FOSSI E DEI TOMBINI.

		A	tr	htr	Itr	pp	C*	Q	K(T=30)	Q(T=30)	b	B	h	D	i	K	Hdefl	V
		<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 ALLA TORRE TU3	Tratto F1-F2	0.023	0.05	11.60	222.30	0.70	0.23	0.33	1.98	0.65	0.20	1.20	0.50		5.80	45.00	0.35	3.25
STRADA DI ACCESSO ALLA TORRE TU4	Tratto F3-F4	0.024	0.05	11.66	218.81	0.70	0.23	0.34	1.98	0.67	0.20	1.20	0.50		7.70	45.00	0.34	3.65
STRADA DI ACCESSO ALLA TORRE TU6	Tratto F5-F6	0.016	0.04	11.07	254.43	0.70	0.23	0.26	1.98	0.52	0.20	1.20	0.50		7.60	45.00	0.30	3.80
	Tratto F7-F8	0.044	0.07	12.60	174.64	0.70	0.23	0.49	1.98	0.98	0.20	1.20	0.50		4.80	45.00	0.44	3.35
STRADA DI ACCESSO ALLE TORRI TU7 - TU8	Tratto F9-F10	0.018	0.05	11.24	243.52	0.70	0.23	0.28	1.98	0.56	0.20	1.20	0.50		5.40	45.00	0.33	4.40
	Tombino F10	0.048	0.08	12.74	169.07	0.70	0.23	0.52	1.98	1.03				1.00	1.50	65.00	0.43	3.04
	Tratto F11-F10	0.03	0.06	12.00	201.38	0.70	0.23	0.39	1.98	0.77	0.20	1.20	0.50		2.40	45.00	0.47	2.40
	Tratto F12-F13	0.02	0.05	11.39	234.16	0.70	0.23	0.30	1.98	0.60	0.20	1.20	0.50		5.10	45.00	0.35	3.50
STRADA DI ACCESSO ALLE TORRI TU9 - TU10	Tratto F14-F15	0.006	0.03	9.76	366.46	0.70	0.23	0.14	1.98	0.28	0.20	1.20	0.50		3.80	45.00	0.26	2.25
	Tombino F15	0.019	0.05	11.32	238.67	0.70	0.23	0.29	1.98	0.58				1.00	1.50	65.00	0.27	2.68
	Tratto F16-F15	0.013	0.04	10.78	274.86	0.70	0.23	0.23	1.98	0.45	0.20	1.20	0.50		4.87	45.00	0.31	2.87

	Tratto F17-F18	0.012	0.04	10.67	283.17	0.70	0.23	0.22	1.98	0.43	0.20	1.20	0.50		6.03	45.00	0.29	2.98
	Tombino F18	0.012	0.04	10.67	283.17	0.70	0.23	0.22	1.98	0.43				1.00	1.50	65.00	0.22	2.50
	Tratto F20-F19	0.009	0.03	10.28	315.15	0.70	0.23	0.18	1.98	0.36	0.20	1.20	0.50		3.30	45.00	0.31	2.27
	Tombino F19	0.009	0.03	10.28	315.15	0.70	0.23	0.18	1.98	0.36				1.00	1.50	65.00	0.20	2.40
	Tratto F20-F21	0.012	0.04	10.67	283.17	0.70	0.23	0.22	1.98	0.43	0.20	1.20	0.50		5.70	45.00	0.29	2.91