COMUNE DI GENOVA

Direzione opere idrauliche e sanitarie

MAURO GRASSO
12.03.2024
23:59:42
GMT+01:00

PROGETTO PER IL RIADEGUAMENTO DEL SISTEMA DI RACCOLTA DELLE ACQUE METEORICHE DEL RIO FULLE, NELLA ZONA DI VIA SAN QUIRICO

PROGETTO DEFINITIVO

Documento : RT-009

Oggetto		RELAZIONE IDRAULICA			
4					
3	13/02/24	Terza revisione	Ing. D. Canale	Dott. L. Perasso	Dott.ssa G. Andreola
2	30/06/23	Seconda revisione	Ing. D. Canale	Dott. L. Perasso	Dott.ssa G. Andreola
1	14/04/23	Prima revisione	Ing. D. Canale	Dott. L. Perasso	Dott.ssa G. Andreola
0	15/03/23	Prima emissione	Ing. D. Canale	Dott. L. Perasso	Dott.ssa G. Andreola
Rev	Data	Oggetto revisione	Redatto	Controllato	Approvato
Commessa		RIO FULLE	DATA		

PSM TECNICI ASSOCIATI

Uffici
Via dei Tassara 1/1 scala A - 16158 Genova
Partita I.V.A. e codice fiscale 01771210992

Firmato digitalmente da CANALE DANIELE C: IT

Recapiti
Telefono 010.8606478 - 010.8607210 - fax 010.4206600
www.psm-associati.it - info@psm-associati.com

TIMBRO E FIRMA

Dott. ing. DANIELE CANALE N° 7970

1. Indice della Relazione

1. Indice della Relazione 2

2. Oggetto della relazione ed inquadramento dell'area 3

3. Descrizione del corso d'acqua 5

4. Leggi e normative di riferimento 6

5. Calcolo della portata di progetto 6

6. Verifica idraulica 11

7. Conclusioni 22

E' vietata la riproduzione di questo documento senza autorizzazione scritta

2. Oggetto della relazione ed inquadramento dell'area

Il sottoscritto Ing. Daniele Canale, iscritto all'albo degli Ingegneri della Provincia di Genova con il numero 7970A, con studio professionale a Genova in Via Corsica 2/1 CAP 16128, è stato incaricato da A.S.TER Genova s.p.a., con sede in Via XX Settembre 15 nel Comune di Genova (GE), di eseguire la verifica delle opere previste per la sistemazione idraulica del Rio Fulle (affluente del Torrente Polcevera) nel tratto compreso tra l'intersezione del Rio Fulle con il suo affluente di sponda sinistra (Rio Suia) e l'imbocco del Rio Fulle nel Torrente Polcevera.

Vista l'elevata criticità della situazione attuale, la messa in sicurezza del corso d'acqua prevede una serie di interventi di sistemazione quali:

- riprofilatura del fondo alveo e delle sponde mediante demolizione e ricostruzione del canale tombinato di smaltimento delle acque disposto lungo via San Quirico, al di sotto della superficie stradale; il nuovo canale per il Rio Fulle sarà di tipo scatolare in CA, di dimensioni interne 2.50x2.75 m.

- realizzazione a monte del tratto tombinato di n. 2 briglie a pettine, poste rispettivamente in corrispondenza dell'imboccatura del tratto tombinato e nella zona di confluenza del Rio Fulle con il suo affluente (Rio Suia), dove è già presente una vasca di sedimentazione del trasporto solido.

- riprofilatura del fondo alveo e delle sponde nel tratto terminale, corrispondente al passaggio del Rio Fulle al di sotto del rilevato ferroviario, dove interferisce con la pila della passerella pedonale esistente; l'immissione nel Polcevera avverrà dalla sola parte destra rispetto alla pila mediante la realizzazione, in sponda sinistra, di un muro in aderenza a quello già esistente.

Le verifiche idrauliche riportate nel presente documento sono state condotte al fine di adeguare, secondo le indicazioni normative, il tratto del Rio Fulle in oggetto, facendo riferimento allo Stato di Progetto (del corso d'acqua e degli argini) desunto dal Progetto Definitivo (revisione del 15/02/2024 per modifica tracciato) redatto dal Dott. Ing. L. Siri, a cui è allegata la presente.

Per quanto concerne le verifiche idrauliche condotte con riferimento allo Stato Attuale si rimanda al capitolo 6 del documento "Progetto per il riadeguamento del sistema di raccolta delle acque meteoriche del Rio Fulle nella zona di Via San Quirico – Progetto di fattibilità tecnica ed economica - Relazione idrologica e idraulica" redatto dalla società I Quadro Ingegneria srl in data 21 Novembre 2017.

Si riporta in Figura 1 la planimetria dell'area in oggetto con l'ubicazione delle sezioni significative impiegate per la modellazione del tratto di corso d'acqua (*Figura 1*).

Per definire a quale livello di categoria appartiene il canale all'interno del reticolo idrografico regionale, il bacino imbrifero sotteso dal Rio Fulle è stato individuato su rilievo fotogrammetrico in scala 1:5000 (Figura 2). Con una superficie pari a 0.44 Km^2, il corso d'acqua in esame appartiene al reticolo idrografico della Regione Liguria di **secondo livello** (aste fluviali con bacino sotteso compreso tra 1 e 0,25 Km^2), affluente in sponda sinistra del Torrente Polcevera.

La sistemazione idraulica è stata definita nel pieno rispetto delle prescrizioni contenute nei Piani di Assetto Idrogeologico e nel Regolamento Regionale N.3 del 2011.

Con riferimento alle prescrizioni contenute nella Pianificazione Vigente sopra citata, nel seguito vengono illustrate le ipotesi generali di calcolo adottate sia nello studio idrologico che per le verifiche idrauliche degli interventi in progetto.

E' vietata la riproduzione di questo documento senza autorizzazione scritta

Per quanto riguarda la valutazione delle portate di piena si è fatto direttamente riferimento ai valori dei colmi di piena con tempo di ritorno di 50, 200 e 500 anni pubblicate sulle tabelle contenute nel Piano di Bacino sopracitato. In particolare, lo studio idraulico è stato svolto nei confronti della portata di piena con tempo di ritorno duecentennale.

Le analisi idrauliche dello stato di progetto sono state condotte, visto il comportamento torrentizio del corso d'acqua, applicando schemi di calcolo in moto permanente.

Le analisi idrauliche sono state condotte mediante la realizzazione di modelli idraulici monodimensionali basati sul codice di calcolo HEC RAS.



Figura 1: *Estratto dell'elaborato planimetrico di progetto.*

E' vietata la riproduzione di questo documento senza autorizzazione scritta

3. Descrizione del corso d'acqua

Il modello idraulico per la simulazione del corso d'acqua allo Stato di Progetto è stato schematizzato e realizzato mediante 34 sezioni trasversali che descrivono un tratto di corso d'acqua di circa 250 metri a partire dalla confluenza con il Torrente Polcevera.

Per l'esatta collocazione delle sezioni costituenti il modello idraulico si rimanda agli elaborati grafici del Progetto Definitivo (revisione del 15/02/2024 per modifica tracciato) redatto dal Dott. Ing. L. Siri, a cui è allegato il presente documento.

Nel seguito si descrive la situazione del rio a seguito della sistemazione di progetto:

- a partire dalla sezione 270.18 (sezione immediatamente a valle dell'immissione del Rio Suia), l'alveo del rio presenta, per un tratto di circa 16 m, una pendenza dello 0.5%. In questo tratto è presente la vasca di decantazione.

- a valle della vasca di decantazione è prevista la realizzazione di una briglia a pettine (di monte) con elementi in acciaio di altezza 80 cm e disposti ad interasse di circa 30 cm, posti sulla briglia di salto presente nella zona della vasca. Inoltre, nel tratto a monte, in sponda destra l'attuale ringhiera in ferro verrà sostituita con un parapetto in CA di altezza pari a 1.10 m.

- a valle della briglia selettiva, per un tratto di circa 65 m con pendenza pari al 2%, è previsto il rifacimento degli argini mediante la realizzazione di nuove murature in adiacenza a quelle esistenti, e il rifacimento del fondo mediante il getto di conglomerato cementizio. In questo tratto l'alveo riduce progressivamente la larghezza della sezione, passando da circa 7.50 m (a valle della briglia a pettine) a 2.40 m.

- tra la sezione 220.20 e 210.20 è presente una passerella pedonale che collega le due sponde del rio.

- tra la sezione n. 170.24 e 150.24, prima dell'imbocco del tratto tombinato, è prevista la realizzazione di una seconda briglia a pettine con elementi in acciaio di altezza 220 cm e disposti ad interasse di circa 25 cm. Inoltre, nel tratto a monte in sponda destra l'attuale ringhiera in ferro verrà sostituita con un parapetto in CA di altezza pari a 1.10 m.

- dalla sezione 140.25 ha inizio il tratto tombinato del Rio Fulle, il quale verrà realizzato mediante una sezione scatolare in CA di dimensioni interne pari a 2.50x2.75 m. Il tratto tombinato termina in corrispondenza della sezione 70.29 ed ha un'estensione pari a circa 112 m. Inoltre, dalla sezione 140.25 alla sezione 90.27, la pendenza del tracciato risulterà pari al 2.1%, mentre successivamente, fino alla sezione 70.29, la pendenza del tracciato risulterà pari al 4.3%.

- nel tratto terminale, corrispondente al passaggio al di sotto del rilevato ferroviario, dove lo sbocco della tombinatura del Rio Fulle interferisce con la pila della passerella pedonale esistente, l'immissione nel Polcevera avverrà dalla sola parte destra (rispetto alla pila) mediante la realizzazione, in sponda sinistra, di un muro di invito in aderenza a quello già esistente.

E' vietata la riproduzione di questo documento senza autorizzazione scritta

4. Leggi e normative di riferimento

- Regio decreto n°523/1904.
- Legge n°183/1989: “norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo”.
- Legge Regionale n°9/1993: “Organizzazione regionale della difesa del suolo in applicazione alla legge 18 maggio 1989 n°183”.
- Circolare Regionale n°3410/1993 Servizio difesa del suolo – Uff. Opere Idrauliche “art.26 L.R. 9/1993 – Regime Transitorio”.
- Circolare Comitato Tecnico Provinciale del 30/10/1998: “Indicazioni riguardanti la redazione di relazioni idrauliche finalizzate all’ottenimento di autorizzazioni o pareri ai sensi del R.D. 523/1904 e L.R. 9/1993”.
- Regolamento Regionale n.3 del 14 Luglio 2011: “Regolamento recante disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d’acqua”;
- Regolamento Regionale n.1 del 16 Marzo 2016: “Regolamento recante disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d’acqua”.

5. Calcolo della portata di progetto

Il Rio Fulle è un affluente di sinistra del Polcevera, dove sfocia in corrispondenza della sezione indicata nella cartografia allegata al Piano di Bacino come POL-101 (*Figura 3*). Il Rio Fulle ha un bacino imbrifero di superficie S = 0.44 Km^2 (*Figura 2*), pertanto appartiene al reticolo di secondo livello di gerarchizzazione del reticolo idrografico regionale. Le portate di riferimento sono state calcolate tramite il metodo suggerito dal CIMA per i bacini di piccole dimensioni (S<2 km^2).

$$Q_{TR=50anni} = 15.3\ m^3/s$$

$$Q_{TR=200anni} = 18.0\ m^3/s$$

$$Q_{TR=500anni} = 21.7\ m^3/s$$

E’ vietata la riproduzione di questo documento senza autorizzazione scritta

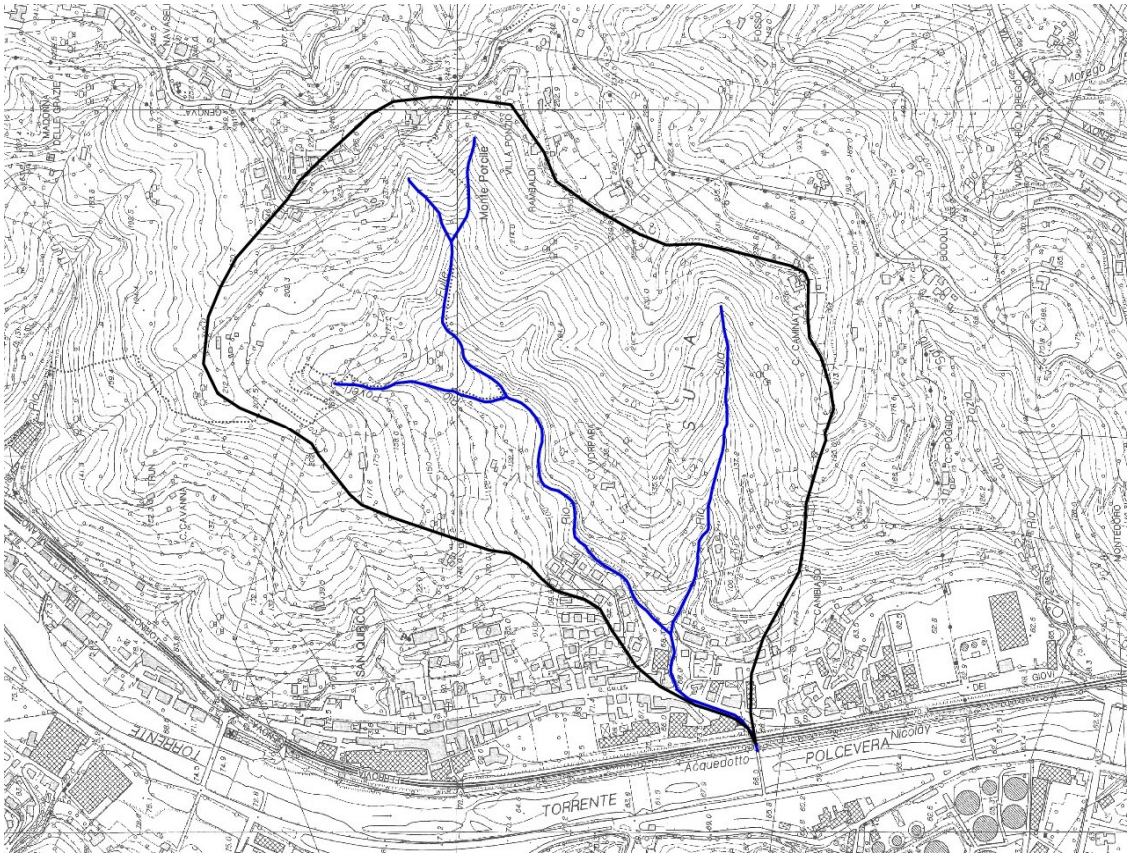


Figura 2: *Bacino imbrifero del Rio Fulle (perimetrazione fatta su base CTR).*

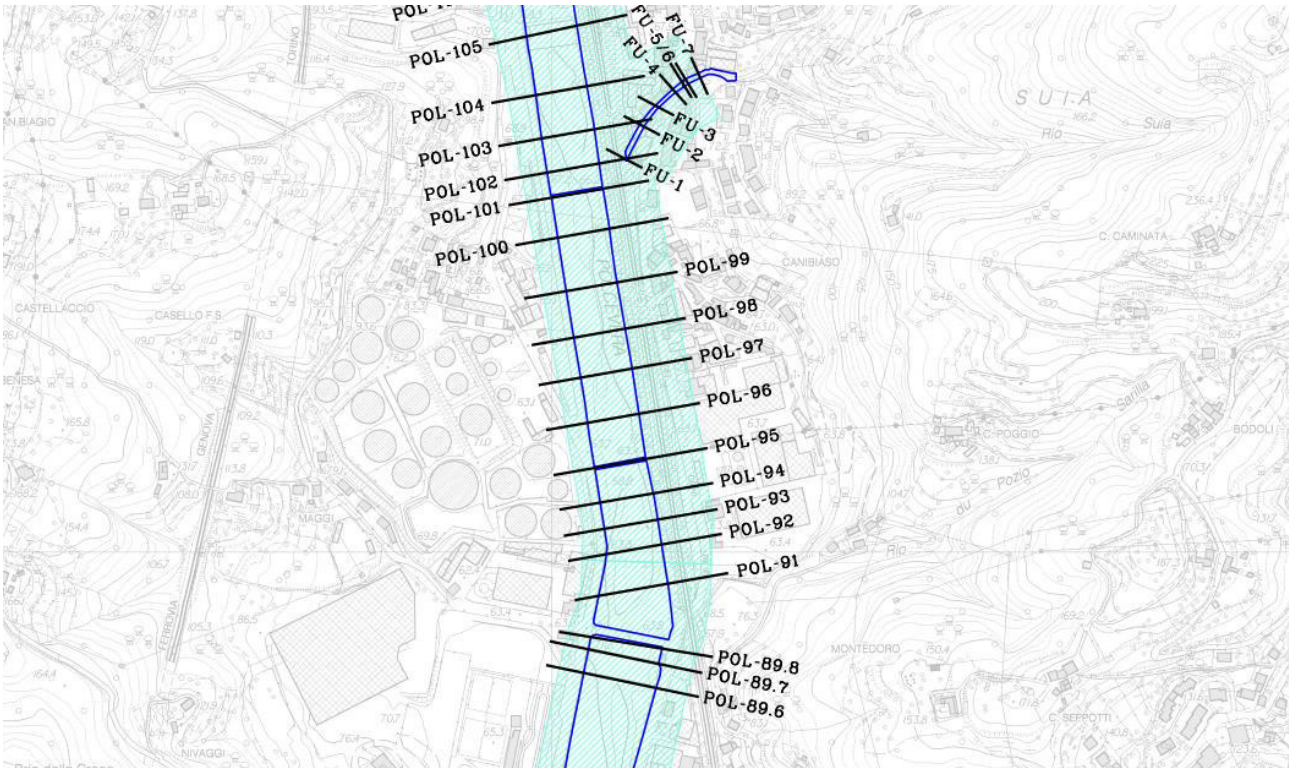


Figura 3: *Elaborati del PdB - Carta delle tracce delle sezioni idrauliche e dei tratti indagati – Tavola 8.*

E' vietata la riproduzione di questo documento senza autorizzazione scritta

CONDIZIONI AL CONTORNO

Le condizioni al contorno utilizzate nel modello sono le seguenti:

- dalla sezione n. 270.18 alla sezione n. 10.35 portata di piena per TR200 di valore al colmo costante pari a 18.00 m^3/s e altezza critica imposte in entrata nel modello (sez.18);

- altezza idrometrica nella sezione di sbocco nel Torrente Polcevera pari a 63.89 m s.m. imposta nella sezione di valle n. 10.35 (vedere *Figura 4*).

L'altezza idrometrica valutata nella sezione di confluenza con il Torrente Polcevera è stata ottenuta facendo riferimento alle verifiche idrauliche del Piano di Bacino sopra citato. Nello specifico si è fatto riferimento al valore riportato per la sezione POL-101 corrispondente ad una piena con tempo di ritorno cinquantennale.

La scelta di considerare un evento cinquantennale per la piena del Torrente Polcevera è giustificata dalla notevole differenza di estensione dei due bacini imbriferi, pertanto il verificarsi di una piena con tempo di ritorno duecentennale su entrambi i corsi d'acqua risulta altamente improbabile e corrispondente ad uno scenario con tempo di ritorno molto più elevato.

PARAMETRI DI SCABREZZA

Il valore del coefficiente di Strickler adottato per le verifiche idrauliche è stato definito in funzione delle caratteristiche di scabrezza della superficie di riferimento; in particolare, con riferimento ai valori riportati all'interno del R.R. n.3 del 14/07/2011, sono stati assunti i seguenti valori:

- dalla sezione n. 270.18 alla sezione n. 260.18: corsi d'acqua naturali con vegetazione e movimento di materiale sul fondo e tratti urbanizzati di corsi d'acqua naturali con argini cementati $Ks=35\ m^{1/3}s^{-1}$;

- dalla sezione n. 260.18 alla sezione n. 10.35 (di valle): corsi d'acqua con fondo ed argini totalmente cementati in ottimo stato ed assenza di manufatti (tubi, cavi, ecc.) o discontinuità interferenti con le acque $Ks=40\ m^{1/3}s^{-1}$;

FRANCHI DI SICUREZZA

Per la valutazione dell'adeguatezza idraulica delle opere in progetto si è fatto riferimento al Regolamento Regionale che stabilisce i seguenti franchi idraulici:

Reticolo idrografico di II livello ($1.0<S<0.25\ km^2$)

a) Sezione minima tombinatura $>3\ m^2$

b) Franco idraulico non inferiore al valore maggiore tra carico cinetico della corrente $V^2/2g$ e

I	argini e difese spondali	cm. 50/100
II	ponti e strutture di attraversamento fino a estensioni longitudinali di m. 12	cm. 100/150
II I	coperture o tombinature (ove ammesse), ponti e strutture di attraversamento oltre m. 12	cm. 150/200

ove i due valori estremi corrispondono rispettivamente a bacini poco dissestati con previsione di modesto trasporto solido ed a bacini molto dissestati con previsione di forte trasporto solido in caso di piena, e/o a bacini di maggiore o minore estensione.

E' vietata la riproduzione di questo documento senza autorizzazione scritta

In previsione di modesto trasporto solido e ad un bacino poco dissestato si assumono i limiti inferiori dei valori riportati nella tabella precedente.

Inoltre, si precisa che per le opere di cui al punto III della tabella sopra riportata, ovvero tombinature di estensione longitudinale superiore ai 12 m, è stato assunto un **franco idraulico di sicurezza pari a 100 cm**. Tale assunzione è stata fatta ai sensi del comma a dell'allegato 2 del R.R. del 14 Luglio 2011 n. 3, in quanto l'intervento in esame rispetta le prescrizioni fornite, ovvero nel caso di modesta rilevanza dell'opera stessa e di bacini ben sistemati.

Riassumendo pertanto i franchi idraulici assunti per le varie tipologie di opere sono i seguenti:

I)	Argini e difese spondali	50 cm
II)	Ponti e strutture di attraversamento (estensione fino a 12 m)	100 cm
III)	Coperture o tombinature (estensione oltre 12 m)	100 cm

E' vietata la riproduzione di questo documento senza autorizzazione scritta

HEC-RAS Plan: 01_Apr09 River: polcevera Reach: monte secca (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	LOB Elev
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)
monte secca	106 POL-106	Q50	680.00	63.40	66.59	70.50
monte secca	106 POL-106	Q200	860.00	63.40	67.06	70.50
monte secca	106 POL-106	Q500	960.00	63.40	67.31	70.50
monte secca	105 POL-105	Q50	680.00	63.40	65.75	70.20
monte secca	105 POL-105	Q200	860.00	63.40	66.15	70.20
monte secca	105 POL-105	Q500	960.00	63.40	66.36	70.20
monte secca	104.9 POL-105	Q50	680.00	62.00	63.41	70.20
monte secca	104.9 POL-105	Q200	860.00	62.00	63.71	70.20
monte secca	104.9 POL-105	Q500	960.00	62.00	63.87	70.20
monte secca	104 POL-104	Q50	680.00	61.70	64.44	69.20
monte secca	104 POL-104	Q200	860.00	61.70	64.89	69.20
monte secca	104 POL-104	Q500	960.00	61.70	65.13	69.20
monte secca	103 POL-103	Q50	680.00	61.40	64.17	68.90
monte secca	103 POL-103	Q200	860.00	61.40	64.64	68.90
monte secca	103 POL-103	Q500	960.00	61.40	64.86	68.90
monte secca	102 POL-102	Q50	680.00	61.20	63.96	68.40
monte secca	102 POL-102	Q200	860.00	61.20	64.44	68.40
monte secca	102 POL-102	Q500	960.00	61.20	64.69	68.40
monte secca	101.2 POL-101	Q50	680.00	61.00	63.89	68.20
monte secca	101.2 POL-101	Q200	860.00	61.00	64.38	68.20
monte secca	101.2 POL-101	Q500	960.00	61.00	64.63	68.20
monte secca	101.1		Bridge			

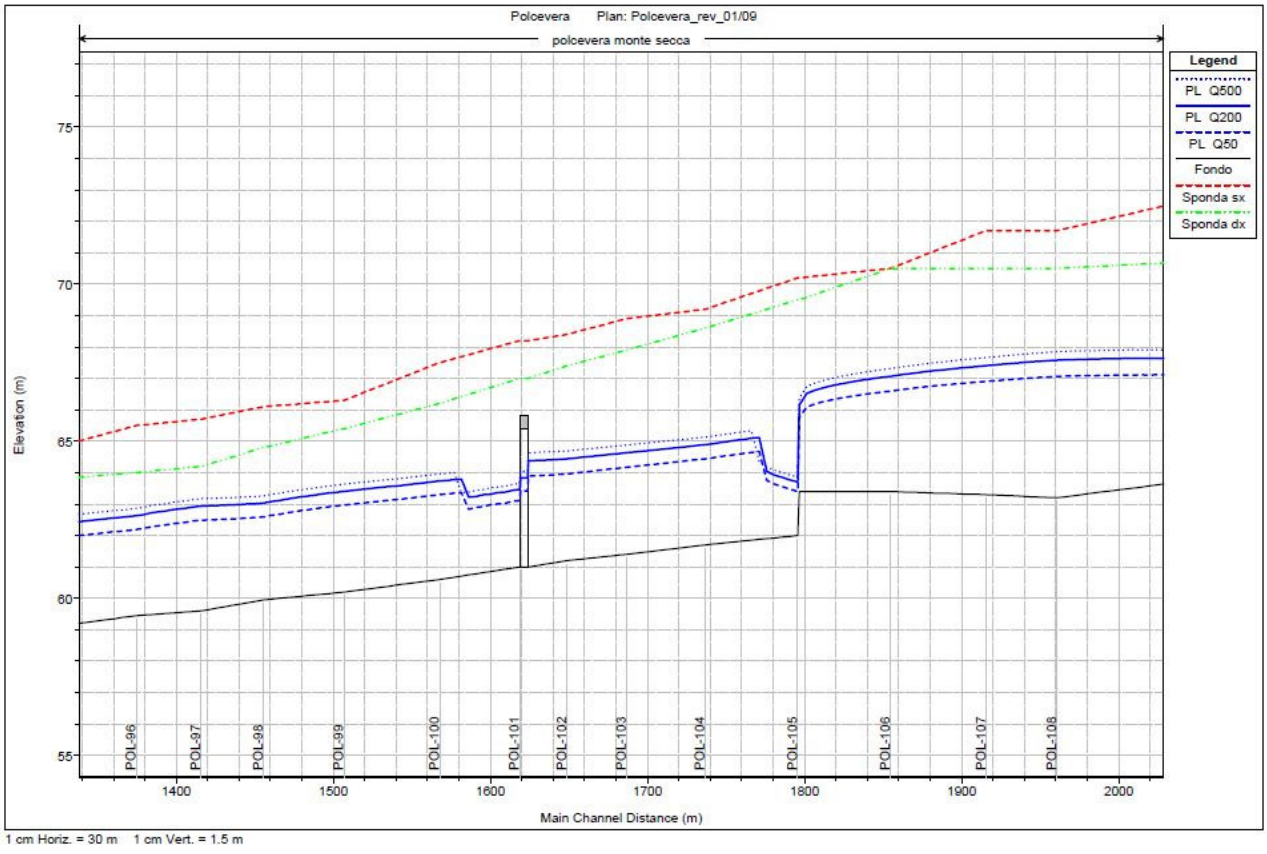


Figura 4: *Portate di piena (in alto) e profilo longitudinale del Torrente Polcevera (in basso) – sbocco Rio Fulle in corrispondenza della sezione POL-101 del torrente Polcevera.*

E' vietata la riproduzione di questo documento senza autorizzazione scritta

6. Verifica idraulica

Di seguito si riportano i risultati della simulazione del rio Fulle con portata duecentennale, rispettivamente in forma grafica e tabulare, rappresentando il profilo idrometrico del corso d'acqua.

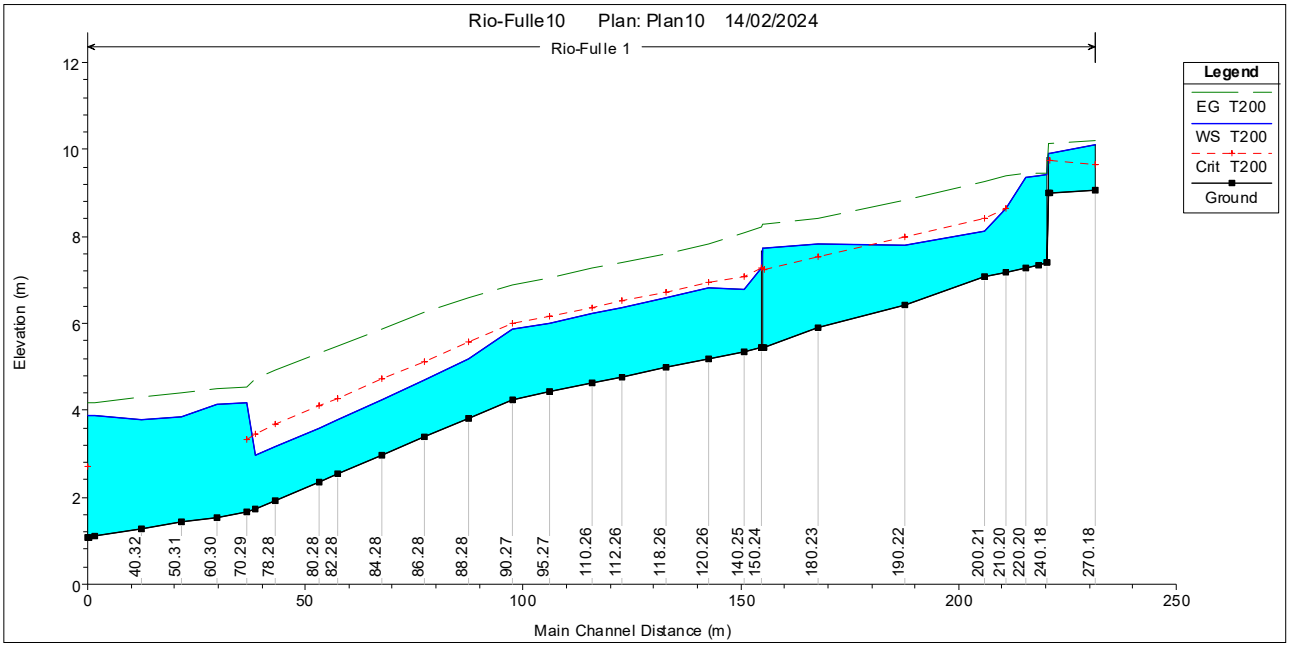


Figura 5: *Profilo longitudinale Rio Fulle.*

E' vietata la riproduzione di questo documento senza autorizzazione scritta

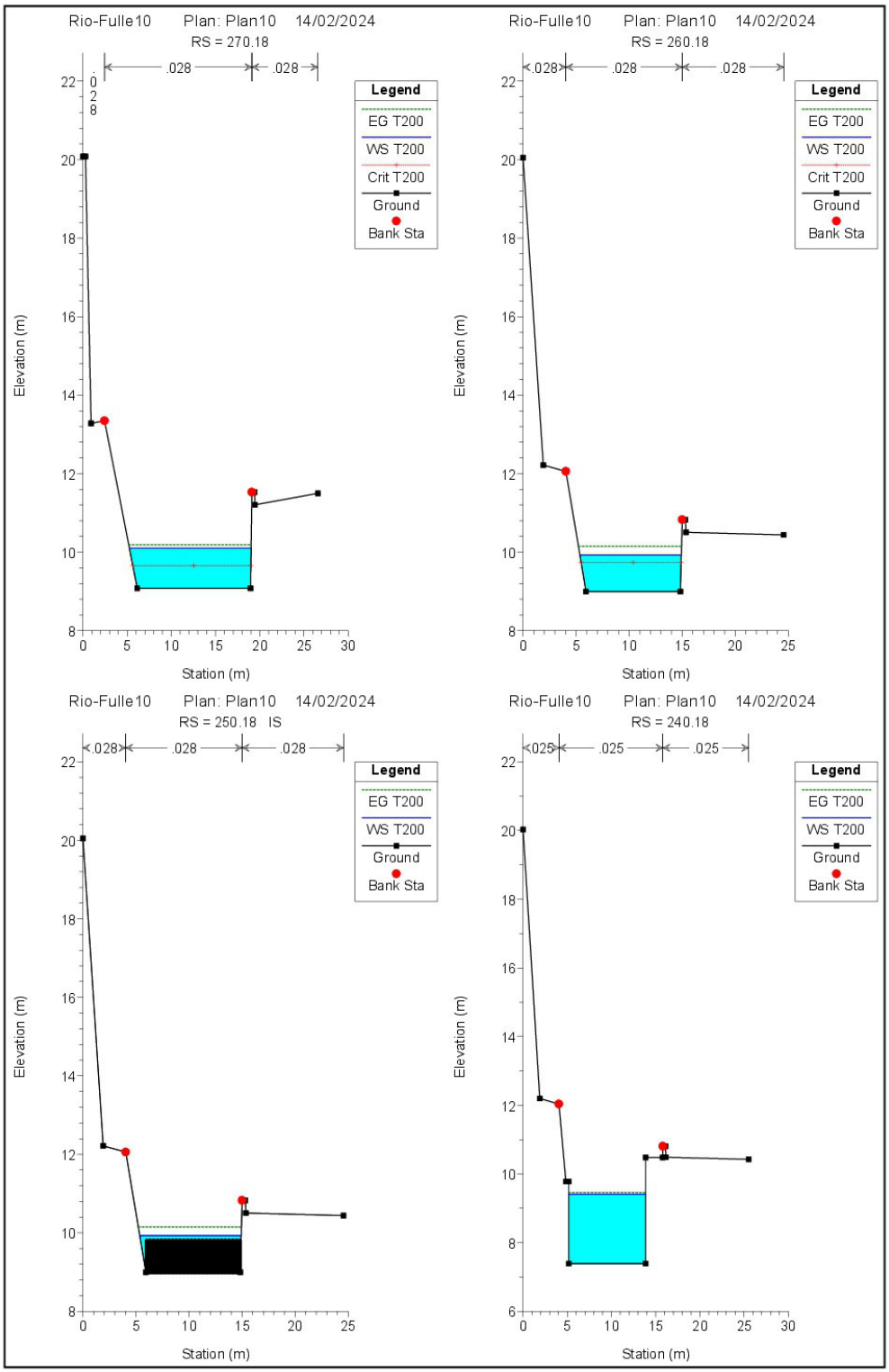


Figura 6: *Sezioni idrauliche da n. 270.18 a 240.18.*

E' vietata la riproduzione di questo documento senza autorizzazione scritta

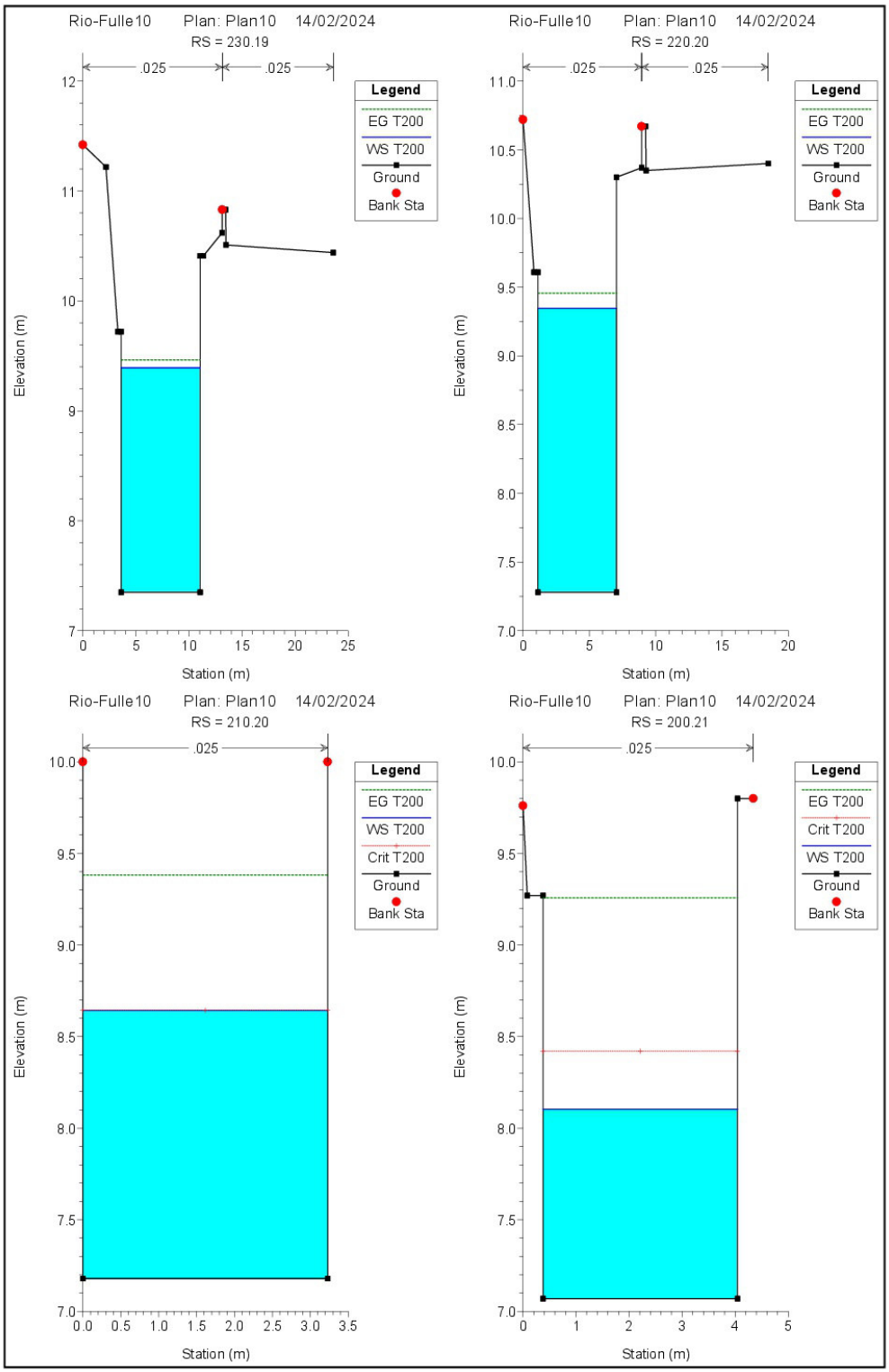


Figura 7: *Sezioni idrauliche da n. 230.19 a 200.21.*

E' vietata la riproduzione di questo documento senza autorizzazione scritta

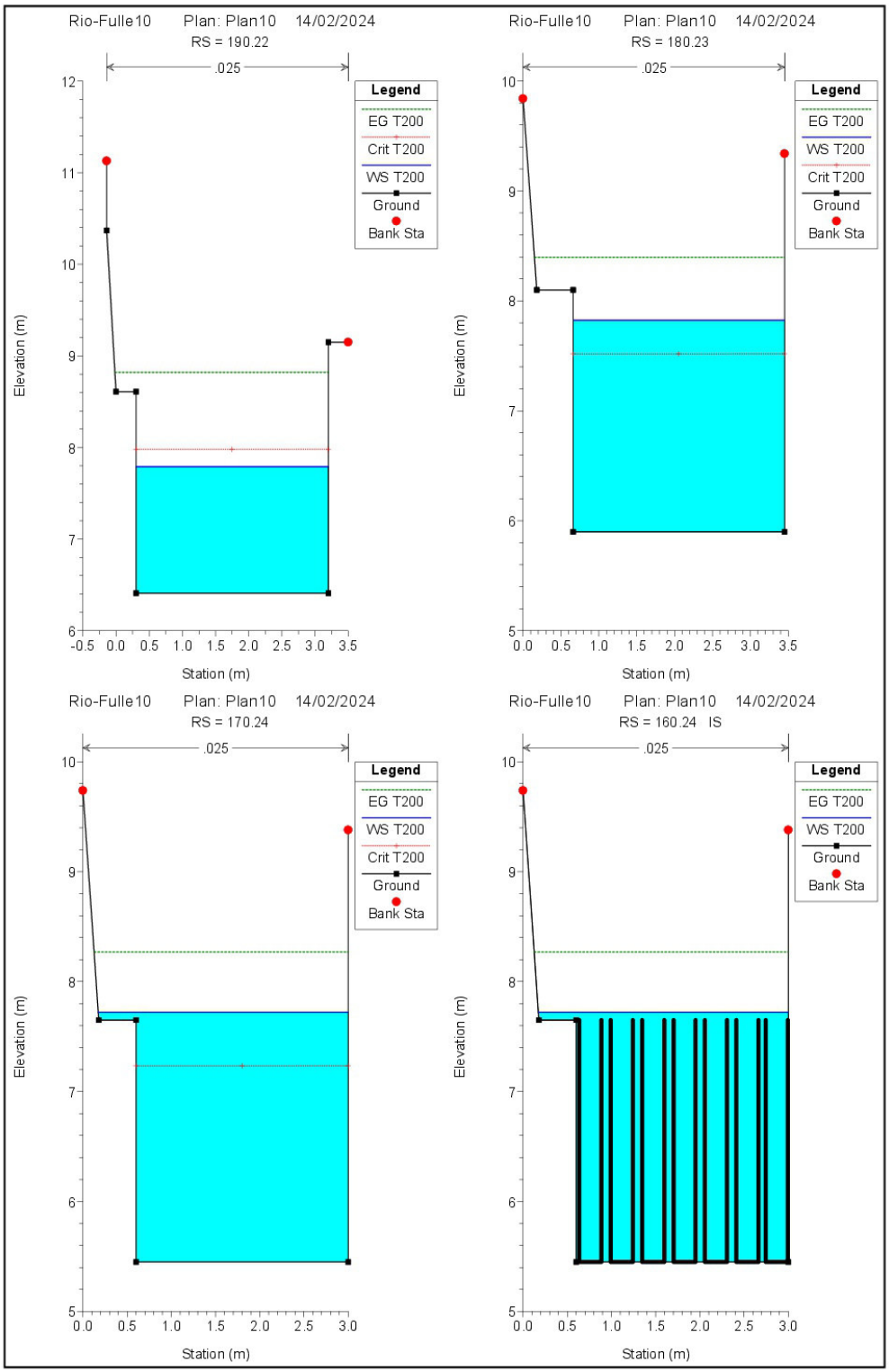


Figura 8: *Sezioni idrauliche da n. 190.22 a 160.24 IS.*

E' vietata la riproduzione di questo documento senza autorizzazione scritta

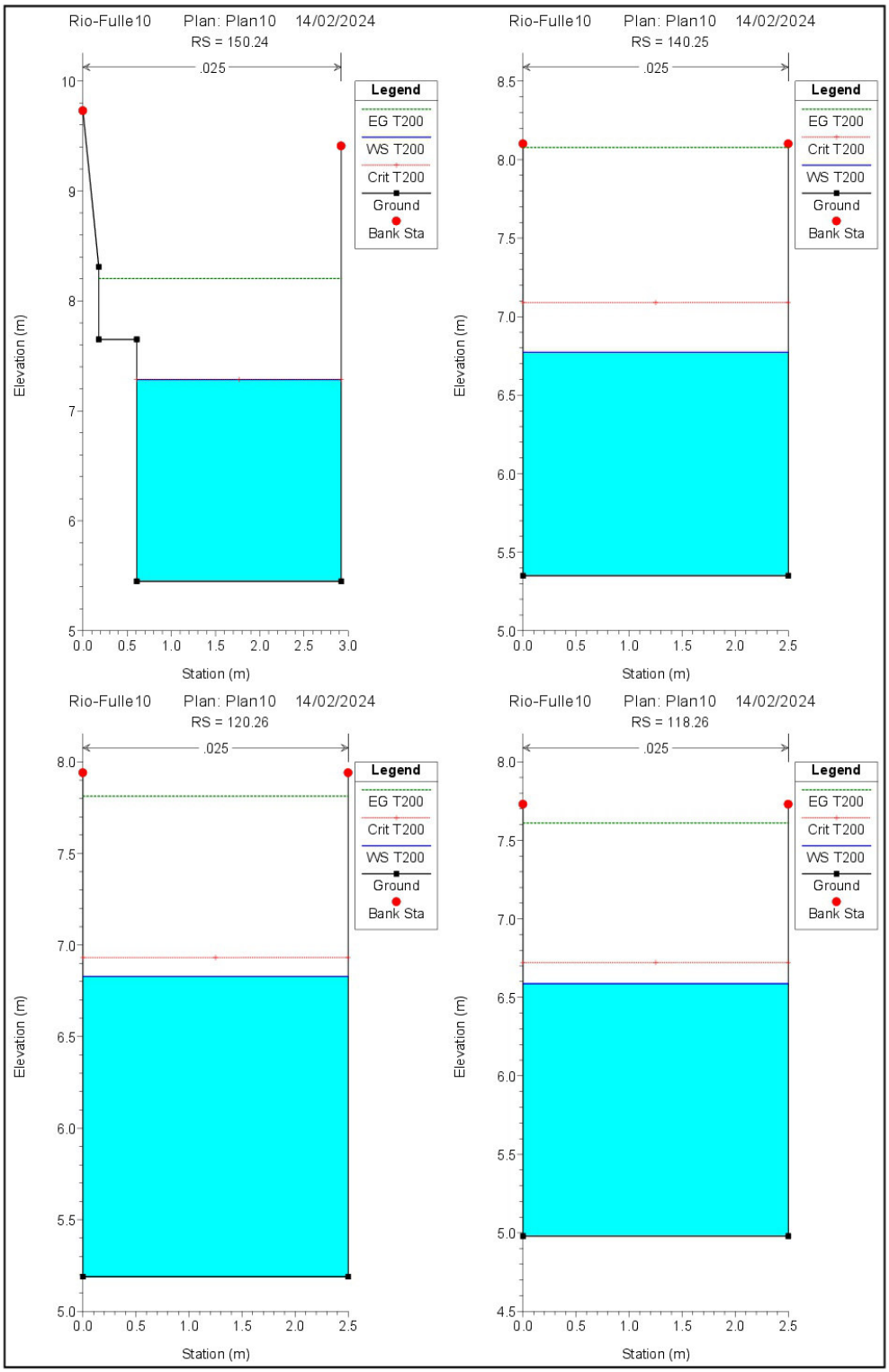


Figura 9: *Sezioni idrauliche da n. 150.24 a 118.26.*

E' vietata la riproduzione di questo documento senza autorizzazione scritta

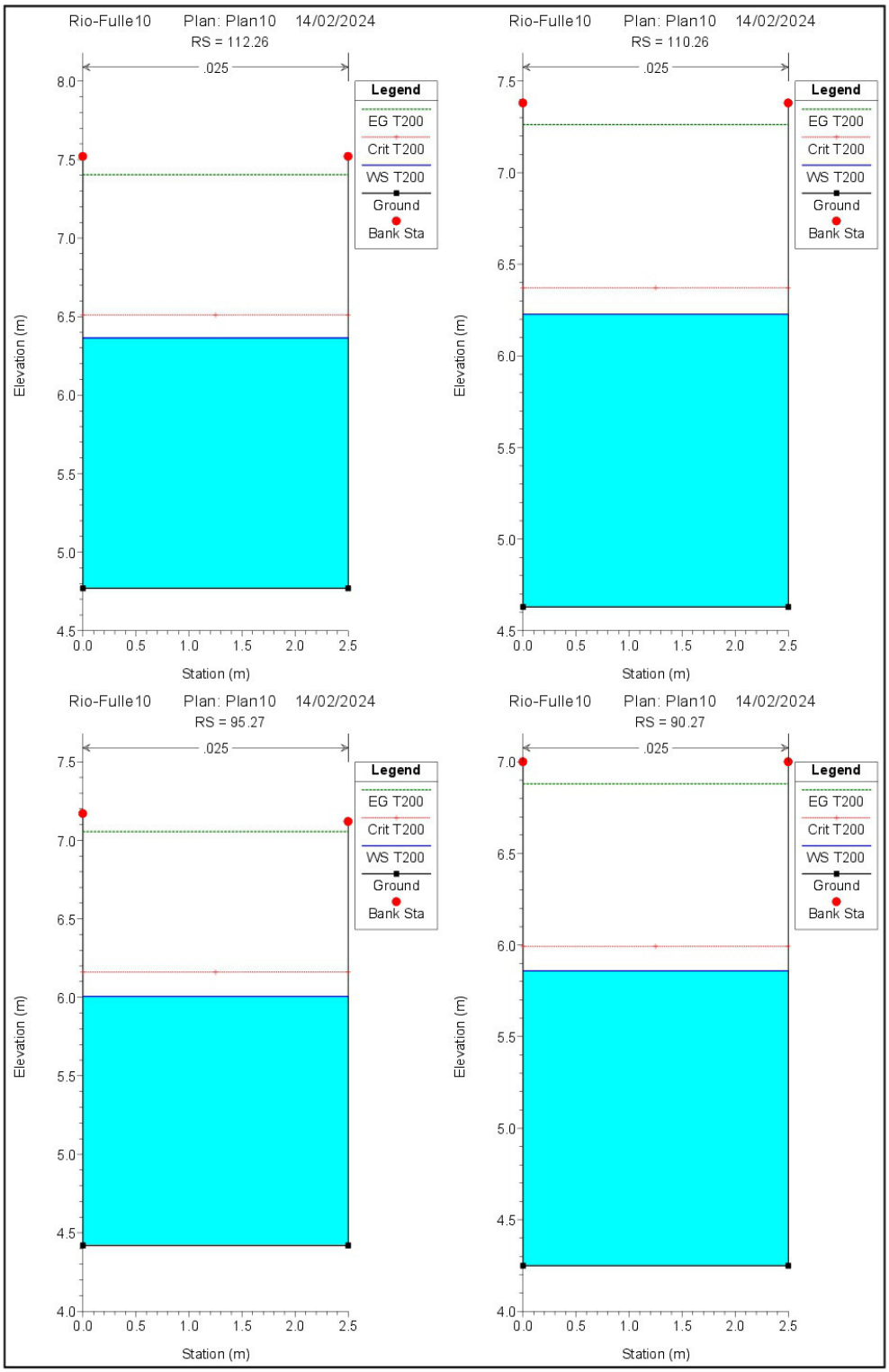


Figura 10: *Sezioni idrauliche da n. 112.26 a 90.27.*

E' vietata la riproduzione di questo documento senza autorizzazione scritta

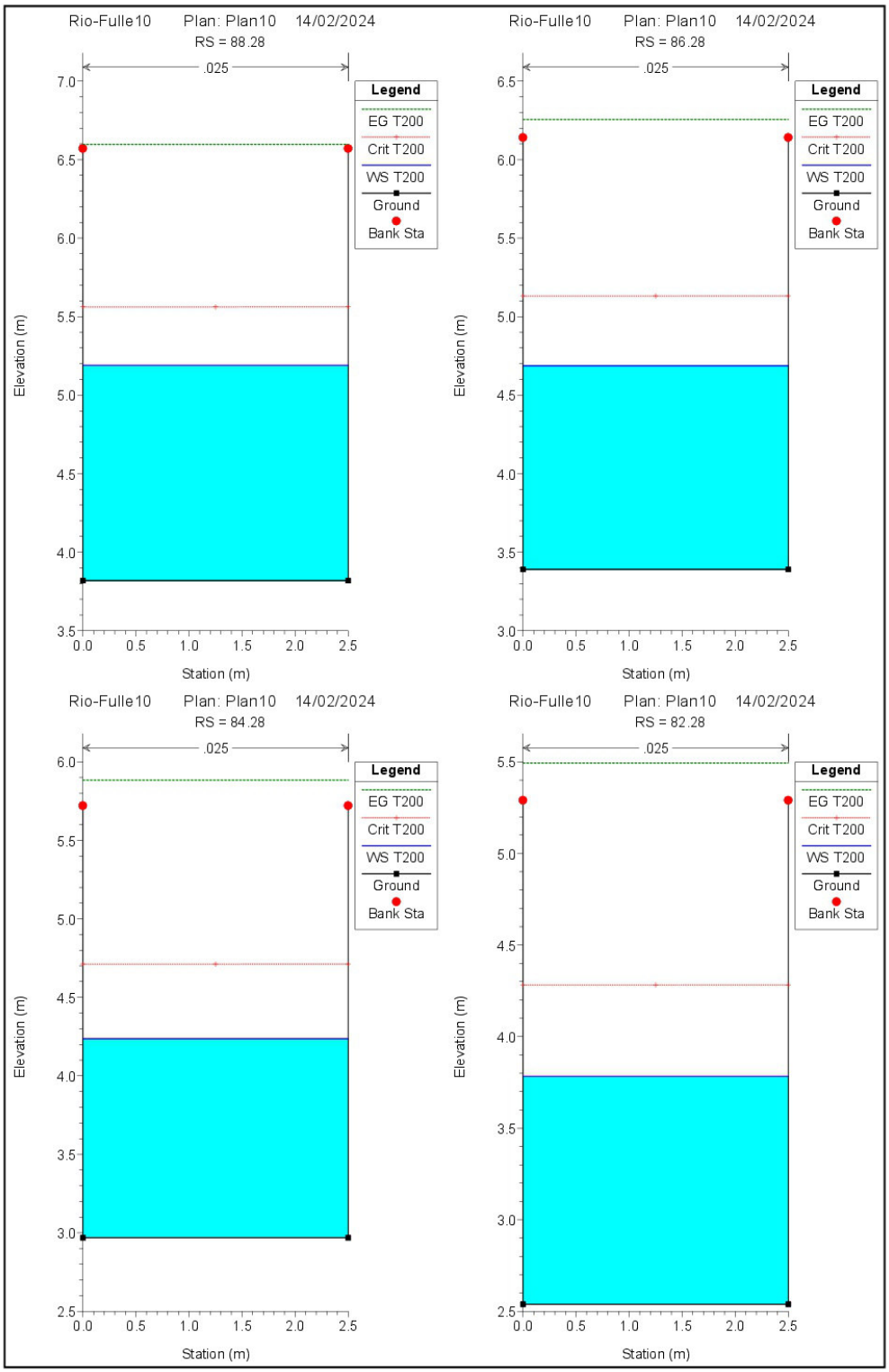


Figura 11: *Sezioni idrauliche da n. 88.28 a 82.28.*

E' vietata la riproduzione di questo documento senza autorizzazione scritta

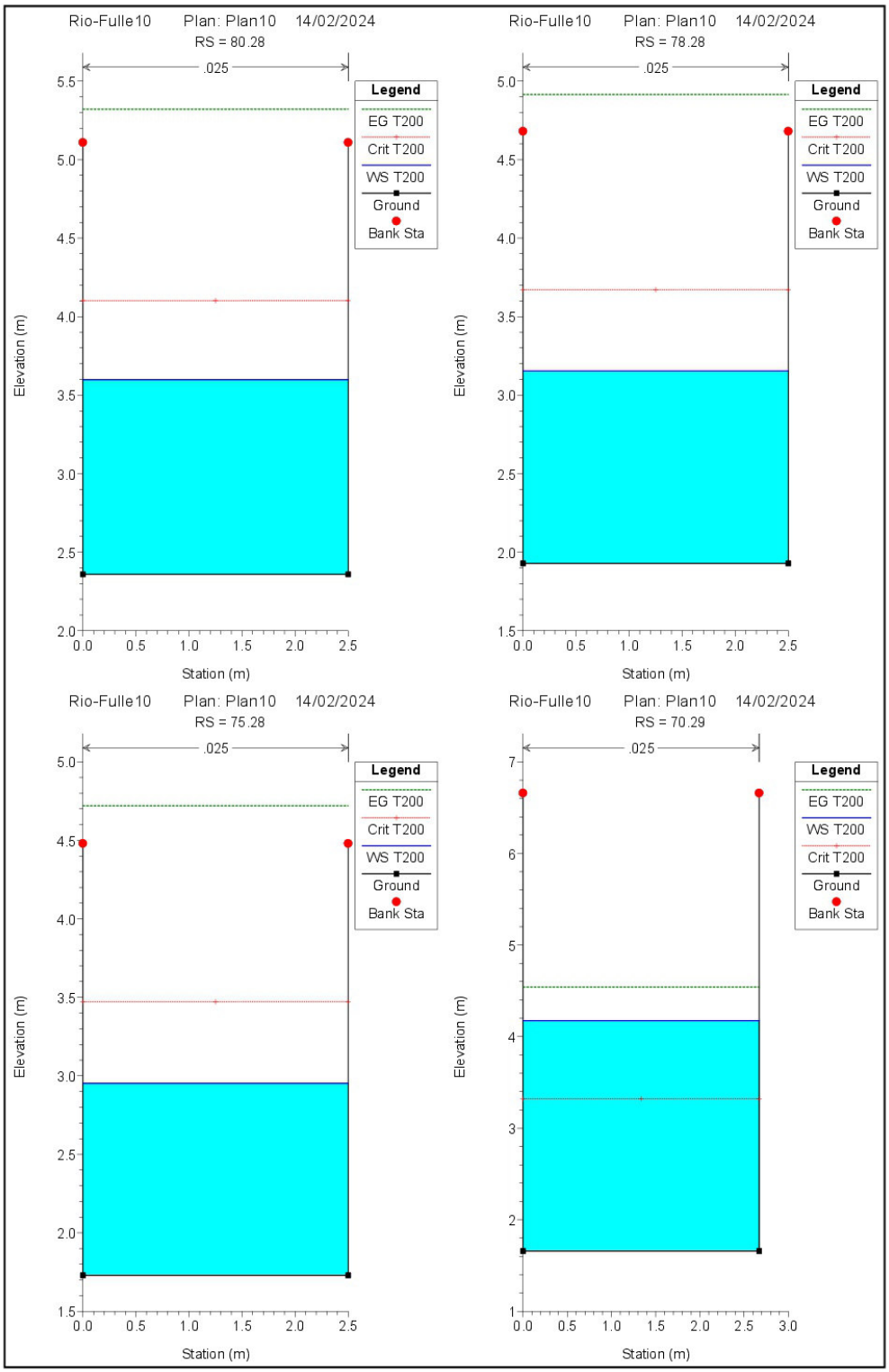


Figura 12: *Sezioni idrauliche da n. 80.28 a 70.29.*

E' vietata la riproduzione di questo documento senza autorizzazione scritta

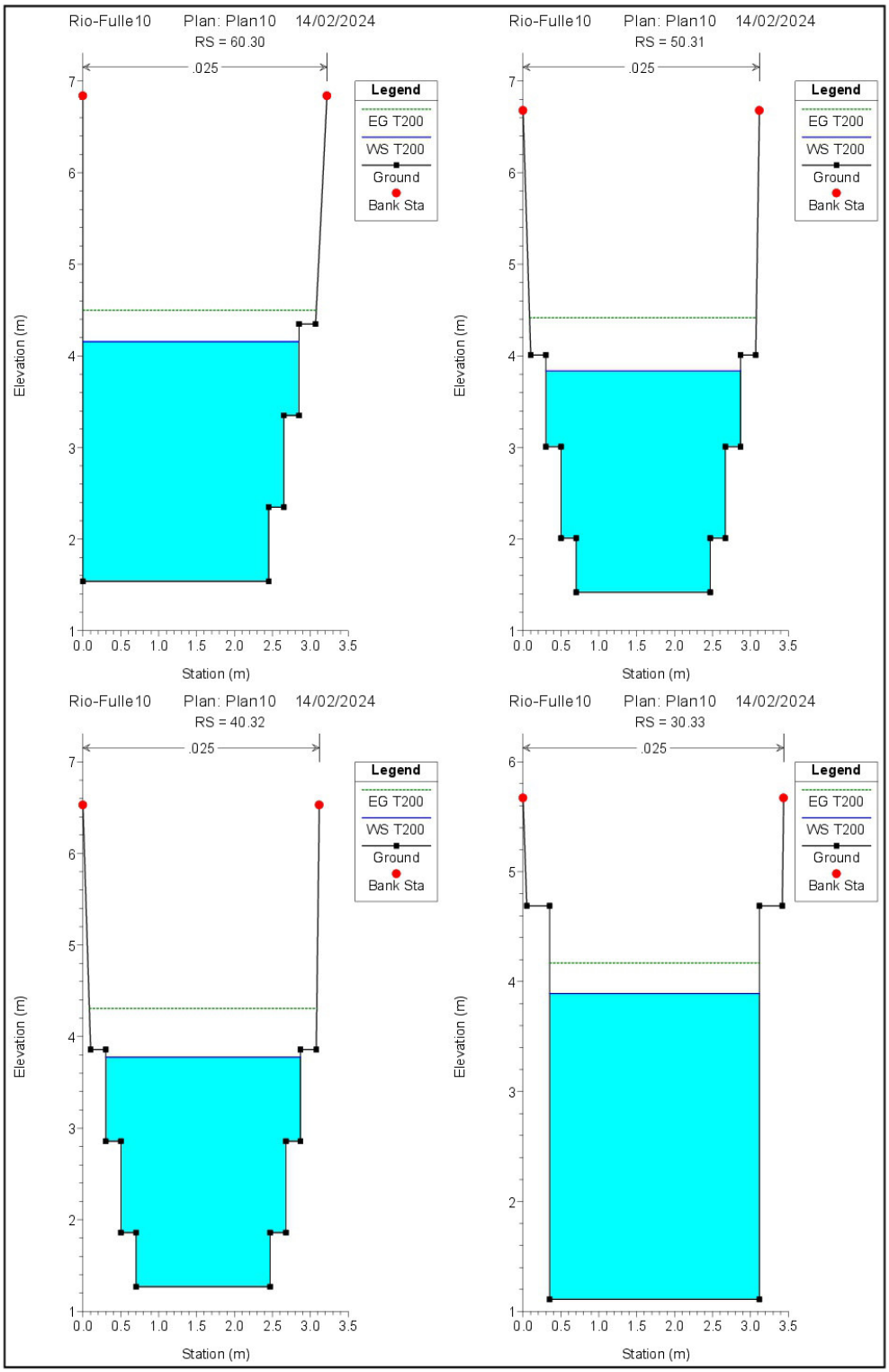


Figura 13: *Sezioni idrauliche da n. 60.30 a 30.33.*

E' vietata la riproduzione di questo documento senza autorizzazione scritta

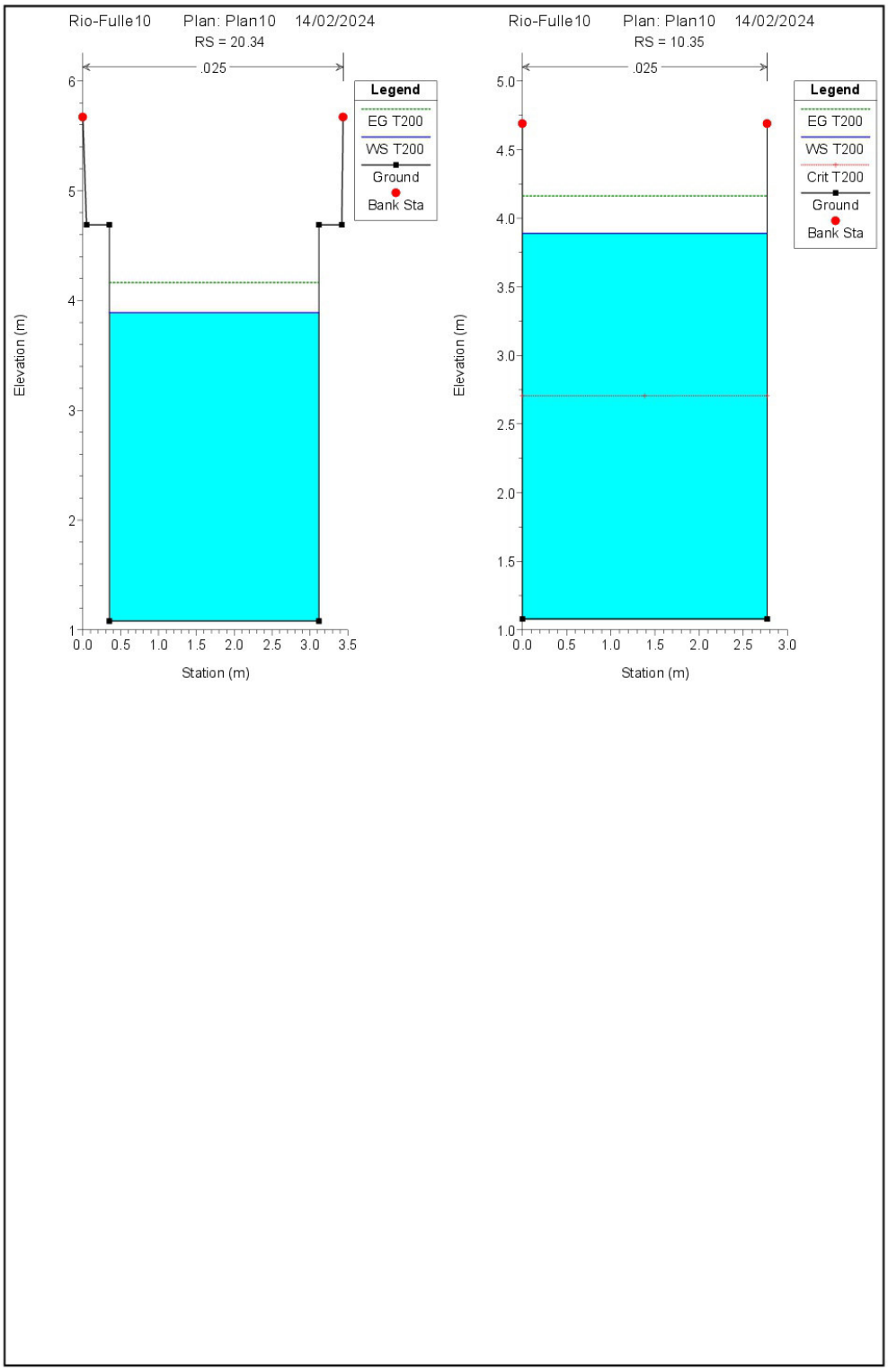


Figura 14: *Sezioni idrauliche da n. 20.34 a 10.35.*

E' vietata la riproduzione di questo documento senza autorizzazione scritta

sez	note	WS [m]	Min.El. [m]	LOB.El. [m]	ROB.El. [m]	Intrad.El. [m]	WS-Min.El. [m]	Min.El. [m]	Fr. Argine [m]	Fr. Min [m]
270.18	argine	10.11	9.08	13.35	11.53	-	1.03	2.45	1.42	0.5
260.18	briglia	9.93	9.00	12.06	10.83	-	0.93	1.83	0.90	0.5
250.18	briglia			-	-	-	-	-	-	-
240.18	briglia	9.41	7.39	12.04	10.81	-	2.02	3.42	1.40	0.5
230.19	argine	9.39	7.35	11.42	10.83	-	2.04	3.48	1.44	0.5
220.20	argine	9.35	7.28	10.72	10.67	-	2.07	3.39	1.32	0.5
210.20	passerella	8.64	7.18	-	-	10.00	1.46	-	-	-
200.21	argine	8.10	7.07	9.76	9.80	-	1.03	2.69	1.66	0.5
190.22	argine	7.79	6.41	11.13	9.15	-	1.38	2.74	1.36	0.5
180.23	argine	7.83	5.90	9.84	9.34	-	1.93	3.44	1.51	0.5
170.24	briglia	7.72	5.45	9.74	9.38	-	2.27	3.93	1.66	0.5
160.24	briglia			-	-	-	-	-	-	-
150.24	briglia	7.29	5.45	9.73	9.41	-	1.84	3.96	2.12	0.5
140.25	tombinatura	6.77	5.35	-	-	8.10	1.42	-	-	-
120.26	tombinatura	6.83	5.19	-	-	7.94	1.64	-	-	-
118.26	tombinatura	6.59	4.98	-	-	7.73	1.61	-	-	-
112.26	tombinatura	6.36	4.77	-	-	7.52	1.59	-	-	-
110.26	tombinatura	6.23	4.63	-	-	7.38	1.60	-	-	-
95.27	tombinatura	6.01	4.42	-	-	7.17	1.59	-	-	-
90.27	tombinatura	5.86	4.25	-	-	7.00	1.61	-	-	-
88.28	tombinatura	5.19	3.82	-	-	6.57	1.37	-	-	-
86.28	tombinatura	4.69	3.39	-	-	6.14	1.30	-	-	-
84.28	tombinatura	4.24	2.97	-	-	5.72	1.27	-	-	-
82.28	tombinatura	3.78	2.54	-	-	5.29	1.24	-	-	-
80.28	tombinatura	3.60	2.36	-	-	5.11	1.24	-	-	-
78.28	tombinatura	3.16	1.93	-	-	4.68	1.23	-	-	-
75.28	tombinatura	2.95	1.73	-	-	4.48	1.22	-	-	-
70.29	passerella	4.18	1.66	-	-	6.66	2.52	-	-	-
60.30	passerella	4.15	1.54	-	-	6.84	2.61	-	-	-
50.31	passerella	3.84	1.42	-	-	6.68	2.42	-	-	-
40.32	passerella	3.78	1.27	-	-	6.53	2.51	-	-	-
30.33	passerella	3.89	1.11	-	-	5.67	2.78	-	-	-
20.34	passerella	3.89	1.08	-	-	5.67	2.81	-	-	-
10.35	passerella	3.89	1.08	-	-	5.67	2.81	-	-	-

Figura 15a: *Verifica dei franchi idraulici (parte sinistra della tabella).*

Check 1	Fr. Intrad [m]	Fr. Min [m]	Check 2	Froude	Vel [m/s]	Vel.Head [m]	E.G.elev [m]	Check 3	note	sez
OK	-	-	-	0.42	1.32	0.09	10.20	OK	argine	270.18
OK	-	-	-	0.71	2.10	0.22	10.15	OK	briglia	260.18
-	-	-	-			-	-	-	briglia	250.18
OK	-	-		0.23	1.02	0.05	9.46	OK	briglia	240.18
OK	-	-	-	0.26	1.18	0.07	9.46	OK	argine	230.19
OK	-	-	-	0.33	1.47	0.11	9.46	OK	argine	220.20
-	1.36	1.0	OK	1.00	3.81	0.74	9.38	OK	passerella	210.20
OK	-	-	-	1.49	4.76	1.15	9.25	OK	argine	200.21
OK	-	-	-	1.22	4.50	1.03	8.82	OK	argine	190.22
OK	-	-	-	0.77	3.35	0.57	8.40	OK	argine	180.23
OK	-	-	-	0.75	3.28	0.55	8.27	OK	briglia	170.24
-	-	-	-			-	-	-	briglia	160.24
OK	-	-	-	1.00	4.24	0.92	8.21	OK	briglia	150.24
-	1.33	1.0	OK	1.35	5.06	1.30	8.07	OK	tombinatura	140.25
-	1.11	1.0	OK	1.10	4.39	0.98	7.81	OK	tombinatura	120.26
-	1.14	1.0	OK	1.13	4.48	1.02	7.61	OK	tombinatura	118.26
-	1.16	1.0	OK	1.14	4.52	1.04	7.40	OK	tombinatura	112.26
-	1.15	1.0	OK	1.14	4.51	1.04	7.27	OK	tombinatura	110.26
-	1.16	1.0	OK	1.15	4.54	1.05	7.06	OK	tombinatura	95.27
-	1.14	1.0	OK	1.13	4.47	1.02	6.88	OK	tombinatura	90.27
-	1.38	1.0	OK	1.43	5.25	1.40	6.59	no	tombinatura	88.28
-	1.45	1.0	OK	1.55	5.55	1.57	6.26	no	tombinatura	86.28
-	1.48	1.0	OK	1.61	5.69	1.65	5.89	no	tombinatura	84.28
-	1.51	1.0	OK	1.66	5.79	1.71	5.49	no	tombinatura	82.28
-	1.51	1.0	OK	1.67	5.81	1.72	5.32	no	tombinatura	80.28
-	1.52	1.0	OK	1.69	5.87	1.76	4.92	no	tombinatura	78.28
-	1.53	1.0	OK	1.70	5.89	1.77	4.72	no	tombinatura	75.28
-	2.48	1.0	OK	0.54	2.68	0.37	4.55	OK	passerella	70.29
-	2.69	1.0	OK	0.53	2.60	0.34	4.49	OK	passerella	60.30
-	2.84	1.0	OK	0.75	3.37	0.58	4.42	OK	passerella	50.31
-	2.75	1.0	OK	0.70	3.23	0.53	4.31	OK	passerella	40.32
-	1.78	1.0	OK	0.45	2.34	0.28	4.17	OK	passerella	30.33
-	1.78	1.0	OK	0.44	2.31	0.27	4.16	OK	passerella	20.34
-	1.78	1.0	OK	0.44	2.31	0.27	4.16	OK	passerella	10.35

Figura 15b: *Verifica dei franchi idraulici (parte destra della tabella).*

E' vietata la riproduzione di questo documento senza autorizzazione scritta

7. Conclusioni

Dalla simulazione eseguita si può evincere che la piena è sempre abbondantemente contenuta nelle tipologie di sistemazione previste, salvo che dalla sezione 88.28 alla sezione 75.28; inoltre, i franchi di sicurezza e le sezioni rispettano le dimensioni minime prescritte dal Regolamento sopraccitato.

Il franco di sicurezza nei tratti a cielo aperto è sempre superiore sia al valore minimo tabulare fissato in 0.5 m che a quello costituito dall'altezza cinetica.

Il franco di sicurezza nei tratti di tombinatura di lunghezza fino a 12 m è sempre superiore sia al valore minimo tabulare fissato in 1.0 m che a quello costituito dall'altezza cinetica.

Il franco di sicurezza nei tratti di tombinatura di lunghezza superiore a 12 m è sempre superiore sia al valore minimo tabulare fissato in 1.00 m che a quello costituito dall'altezza cinetica, salvo che nelle sezioni dalla n. 88.28 alla n. 75.28, ovvero nel tratto di tombinatura finale a maggior pendenza (4.3%), per un'estensione totale pari a circa 59 m, dove i franchi di sicurezza rispetto all'intradosso della tombinatura risultano essere superiori al valore richiesto dalla norma vigente, pari a 1.0 m, ma inferiori ai rispettivi valori del carico cinetico (determinati come $v^2/2g$).

Al fine di richiedere all'amm.ne regionale **deroga al franco idraulico registrato in corrispondenza delle sezioni dalla n. 88.28 alla n. 75.28**, è stata eseguita una ulteriore simulazione, considerando le suddette sezioni ridotte del 20% della loro altezza (sezione risultante pari a 2.50x2.20 m invece che 2.50x2.75 m, rappresentativa di una sezione ostruita per un'altezza di 55 cm) e verificando che in caso di piena duecentennale la tombinatura non vada in pressione.

La simulazione eseguita ha fornito, in corrispondenza del tratto tombinato, un franco residuo minimo pari a 0.32 m nella sez. 90.27 (in realtà in tutte le restanti sezioni il valore è sempre stato superiore o uguale a circa 50 cm), maggiori del valore nullo. Si allega nella pagina seguente il profilo e il tabulato di verifica relativo al modello con ostruzione in corrispondenza delle sezioni dalla n. 88.28 alla n. 75.28 (Figura 16 e 17).

Infine, è stata eseguita una ulteriore simulazione, considerando le sezioni ove è previsto l'inserimento delle briglie a pettine, completamente ostruite [sez. 250.18 e 160.24] e verificando che in caso di piena duecentennale, la quota del pelo libero non esondi gli argini.

La simulazione eseguita ha fornito nelle sezioni a monte delle due briglie a pettine un franco residuo maggiore del valore nullo (ovvero rispettoso del franco minimo di norma, in virtù dell'elevato franco di sicurezza ottenuto a seguito degli interventi previsti dalla progettazione svolta). Invece, le sezioni a valle delle briglie a pettine non risentono degli effetti dell'ostruzione e pertanto anche per le sezioni a valle le verifiche continuano a rimanere soddisfatte. Si allega nella pagina seguente il tabulato di Hec-Ras relativo al modello con ostruzione completa delle sezioni 250.18 e 160.24 (Figura 18 e 19).

In fede



Ing. Daniele Canale

E' vietata la riproduzione di questo documento senza autorizzazione scritta

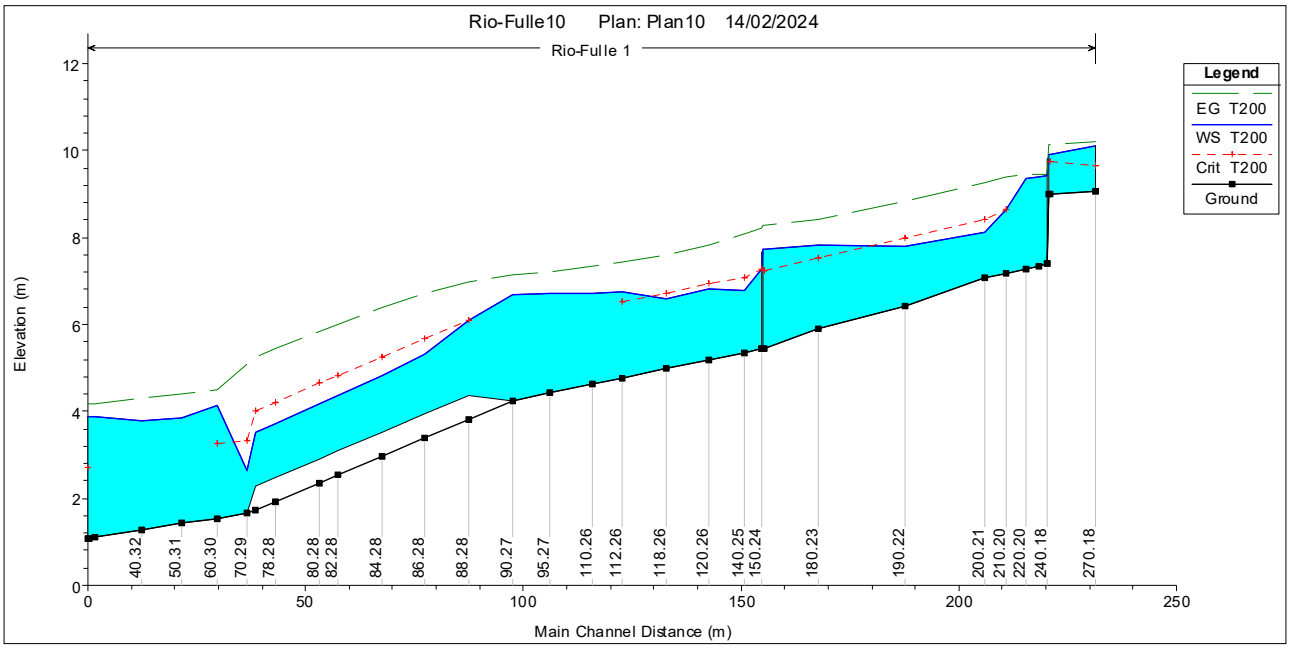


Figura 16: *Profilo longitudinale Rio Fulle che simula l'ostruzione parziale delle sezioni dalla 88.28 alla 75.28*

sez	note	WS [m]	Min.El. [m]	LOB.El. [m]	ROB.El. [m]	Intrad.El. [m]	WS-Min.El. [m]	Min.El. [m]	Fr. Argine [m]	Fr. Min [m]	Check 1	Fr. Intrad [m]
270.18	argine	10.11	9.08	13.35	11.53	-	1.03	2.45	1.42	0.5	OK	-
260.18	briglia	9.93	9.00	12.06	10.83	-	0.93	1.83	0.90	0.5	OK	-
250.18	briglia			-	-	-	-	-	-	-	-	-
240.18	briglia	9.41	7.39	12.04	10.81	-	2.02	3.42	1.40	0.5	OK	-
230.19	argine	9.39	7.35	11.42	10.83	-	2.04	3.48	1.44	0.5	OK	-
220.20	argine	9.35	7.28	10.72	10.67	-	2.07	3.39	1.32	0.5	OK	-
210.20	passerella	8.64	7.18	-	-	10.00	1.46	-	-	-	-	1.36
200.21	argine	8.10	7.07	9.76	9.80	-	1.03	2.69	1.66	0.5	OK	-
190.22	argine	7.79	6.41	11.13	9.15	-	1.38	2.74	1.36	0.5	OK	-
180.23	argine	7.83	5.90	9.84	9.34	-	1.93	3.44	1.51	0.5	OK	-
170.24	briglia	7.72	5.45	9.74	9.38	-	2.27	3.93	1.66	0.5	OK	-
160.24	briglia			-	-	-	-	-	-	-	-	-
150.24	briglia	7.29	5.45	9.73	9.41	-	1.84	3.96	2.12	0.5	OK	-
140.25	tombinatura	6.77	5.35	-	-	8.10	1.42	-	-	-	-	1.33
120.26	tombinatura	6.83	5.19	-	-	7.94	1.64	-	-	-	-	1.11
118.26	tombinatura	6.59	4.98	-	-	7.73	1.61	-	-	-	-	1.14
112.26	tombinatura	6.75	4.77	-	-	7.52	1.98	-	-	-	-	0.77
110.26	tombinatura	6.73	4.63	-	-	7.38	2.10	-	-	-	-	0.65
95.27	tombinatura	6.70	4.42	-	-	7.17	2.28	-	-	-	-	0.47
90.27	tombinatura	6.68	4.25	-	-	7.00	2.43	-	-	-	-	0.32
88.28	tombinatura	6.11	4.37	-	-	6.57	1.74	-	-	-	-	0.46
86.28	tombinatura	5.32	3.94	-	-	6.14	1.38	-	-	-	-	0.82
84.28	tombinatura	4.83	3.52	-	-	5.72	1.31	-	-	-	-	0.89
82.28	tombinatura	4.35	3.09	-	-	5.29	1.26	-	-	-	-	0.94
80.28	tombinatura	4.17	2.91	-	-	5.11	1.26	-	-	-	-	0.94
78.28	tombinatura	3.72	2.48	-	-	4.68	1.24	-	-	-	-	0.96
75.28	tombinatura	3.51	2.28	-	-	4.48	1.23	-	-	-	-	0.97
70.29	passerella	2.63	1.66	-	-	6.66	0.97	-	-	-	-	4.03
60.30	passerella	4.15	1.54	-	-	6.84	2.61	-	-	-	-	2.69
50.31	passerella	3.84	1.42	-	-	6.68	2.42	-	-	-	-	2.84
40.32	passerella	3.78	1.27	-	-	6.53	2.51	-	-	-	-	2.75
30.33	passerella	3.89	1.11	-	-	5.67	2.78	-	-	-	-	1.78
20.34	passerella	3.89	1.08	-	-	5.67	2.81	-	-	-	-	1.78
10.35	passerella	3.89	1.08	-	-	5.67	2.81	-	-	-	-	1.78

Figura 17: *Tabulato di verifica del modello Hec-Ras "13" che simula l'ostruzione parziale delle sezioni 88.28 e 75.28, con controllo di mantenimento dell'acqua tra gli argini con franco di sicurezza > 0.*

E' vietata la riproduzione di questo documento senza autorizzazione scritta

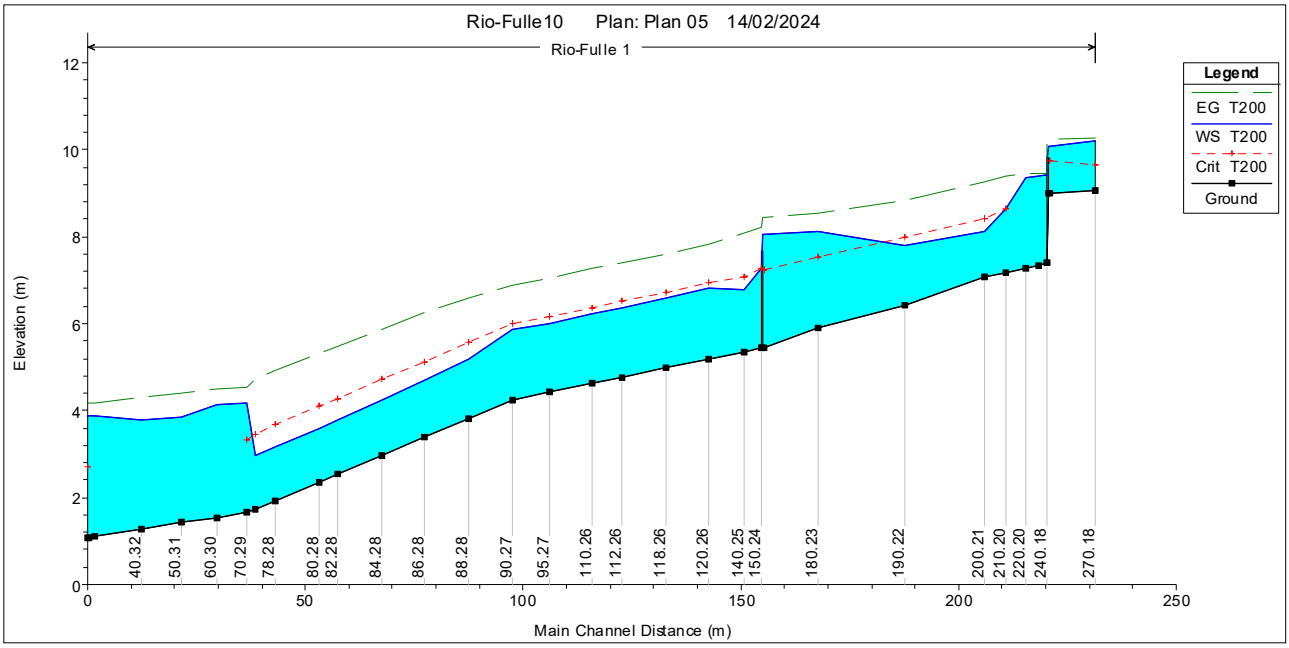


Figura 18: *Profilo longitudinale Rio Fulle che simula l'ostruzione parziale delle briglie a pettine (sezioni 250.18 e 160.24).*

sez	note	WS [m]	Min.El. [m]	LOB.El. [m]	ROB.El. [m]	Intrad.El. [m]	WS-Min.El. [m]	Min.El. [m]	Fr. Argine [m]	Fr. Min [m]	Check 1	Fr. Intrad [m]
270.18	argine	10.20	9.08	13.35	11.53	-	1.12	2.45	1.33	0.5	OK	-
260.18	briglia	10.09	9.00	12.06	10.83	-	1.09	1.83	0.74	0.5	OK	-
250.18	briglia			-	-	-	-	-	-	-	-	-
240.18	briglia	9.41	7.39	12.04	10.81	-	2.02	3.42	1.40	0.5	OK	-
230.19	argine	9.39	7.35	11.42	10.83	-	2.04	3.48	1.44	0.5	OK	-
220.20	argine	9.35	7.28	10.72	10.67	-	2.07	3.39	1.32	0.5	OK	-
210.20	passerella	8.64	7.18	-	-	10.00	1.46	-	-	-	-	1.36
200.21	argine	8.10	7.07	9.76	9.80	-	1.03	2.69	1.66	0.5	OK	-
190.22	argine	7.79	6.41	11.13	9.15	-	1.38	2.74	1.36	0.5	OK	-
180.23	argine	8.12	5.90	9.84	9.34	-	2.22	3.44	1.22	0.5	OK	-
170.24	briglia	8.06	5.45	9.74	9.38	-	2.61	3.93	1.32	0.5	OK	-
160.24	briglia			-	-	-	-	-	-	-	-	-
150.24	briglia	7.29	5.45	9.73	9.41	-	1.84	3.96	2.12	0.5	OK	-
140.25	tombinatura	6.77	5.35	-	-	8.10	1.42	-	-	-	-	1.33
120.26	tombinatura	6.83	5.19	-	-	7.94	1.64	-	-	-	-	1.11
118.26	tombinatura	6.59	4.98	-	-	7.73	1.61	-	-	-	-	1.14
112.26	tombinatura	6.36	4.77	-	-	7.52	1.59	-	-	-	-	1.16
110.26	tombinatura	6.23	4.63	-	-	7.38	1.60	-	-	-	-	1.15
95.27	tombinatura	6.01	4.42	-	-	7.17	1.59	-	-	-	-	1.16
90.27	tombinatura	5.86	4.25	-	-	7.00	1.61	-	-	-	-	1.14
88.28	tombinatura	5.19	3.82	-	-	6.57	1.37	-	-	-	-	1.38
86.28	tombinatura	4.69	3.39	-	-	6.14	1.30	-	-	-	-	1.45
84.28	tombinatura	4.24	2.97	-	-	5.72	1.27	-	-	-	-	1.48
82.28	tombinatura	3.78	2.54	-	-	5.29	1.24	-	-	-	-	1.51
80.28	tombinatura	3.60	2.36	-	-	5.11	1.24	-	-	-	-	1.51
78.28	tombinatura	3.16	1.93	-	-	4.68	1.23	-	-	-	-	1.52
75.28	tombinatura	2.95	1.73	-	-	4.48	1.22	-	-	-	-	1.53
70.29	passerella	4.18	1.66	-	-	6.66	2.52	-	-	-	-	2.48
60.30	passerella	4.15	1.54	-	-	6.84	2.61	-	-	-	-	2.69
50.31	passerella	3.84	1.42	-	-	6.68	2.42	-	-	-	-	2.84
40.32	passerella	3.78	1.27	-	-	6.53	2.51	-	-	-	-	2.75
30.33	passerella	3.89	1.11	-	-	5.67	2.78	-	-	-	-	1.78
20.34	passerella	3.89	1.08	-	-	5.67	2.81	-	-	-	-	1.78
10.35	passerella	3.89	1.08	-	-	5.67	2.81	-	-	-	-	1.78

Figura 19: *Tabulato di verifica del modello Hec-Ras "13" che simula l'ostruzione completa dei due pettini con controllo di mantenimento dell'acqua tra gli argini con franco nullo.*

E' vietata la riproduzione di questo documento senza autorizzazione scritta