



PROVINCIA
DI AREZZO

SETTORE VIABILITÀ E LAVORI PUBBLICI

Servizio Viabilità



**LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL PONTE SUL TORRENTE
LUNGO LA SP. 25 DELLA MISERICORDIA AL km 15+750 IN COMUNE DI MONTE
SAN SAVINO**

PERIZIA SUPPLETIVA E DI VARIANTE NUM. 1

Titolo Tav.

**VERIFICA IDRAULICA TR2000
PONTE ESISTENTE**

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

ing. Sandro D'Agostini - L&S ENGINEERING srl - Ordine degli Ingegneri di Belluno num. 547
ing. Lara Stefani - L&S ENGINEERING srl - Ordine degli Ingegneri di Belluno num. 683
ing. Elisa Fregona - L&S ENGINEERING srl - Ordine degli Ingegneri di Belluno sez. A num. 1369
arch. Paola Andreotti - L&S ENGINEERING srl - Ordine degli Architetti e PPC di Belluno num. 496
dott. geol. Cosimo Martinelli - L&S ENGINEERING srl - Ordine dei Geologi della Regione Toscana, num. 1866
ing. Antonio Tenani - Ordine degli Ingegneri di Belluno num. 519

DATA:
Giugno 2026

RUP:
ing. Luca Pigolotti

11.06

Il Coordinatore per la Sicurezza in fase di Progettazione:
ing. Sandro D'Agostini - L&S ENGINEERING srl - Ordine degli Ingegneri di Belluno num. 547

	Codice				Liv.	WBS			Disciplina			Ambito				Rev.
	2	5	0	5	V	G	0	0	I	D	R	R	E	0	2	A

Nome file: 11.06-2505VG00IDRRE02_A-VerIdrTR2000

A	EMISSIONE	GIU 26			SDA
Rev.	Descrizione	Data	Redatto	Verificato	Approvato

Capogruppo:



Mandanti:

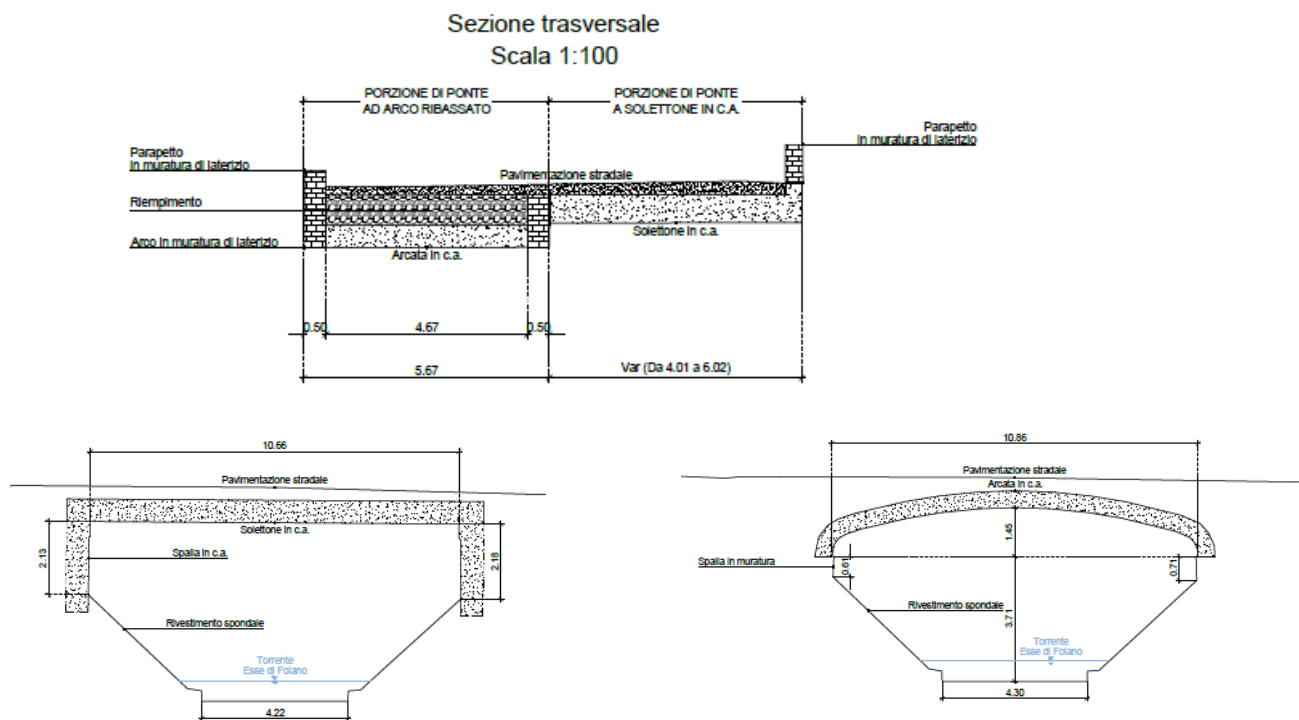
ing. Antonio Tenani
arch. Paola Andreotti

 PROVINCIA DI AREZZO		LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL PONTE SUL TORRENTE LUNGO LA SP. 25 DELLA MISERICORDIA AL km 15+750 IN COMUNE DI MONTE SAN SAVINO		PROG. 2505	PAG. 1/27
				REV. A	DATA Maggio 2026
				PERIZIA SUPPLETIVA E DI VARIANTE NUM. 1	

1. PREMESSE

La presente relazione idraulica riguarda la verifica di un attraversamento situato sul torrente Esse della S.P. 25 “della Misericordia” in Comune di Monte San Savino (AR).

Il manufatto, il cui impalcato è costituito dall'accostamento di due semistrutture una ad arco ed una a solettone piano come visibile nelle immagini seguenti



L'intervento di manutenzione straordinaria prevede in intradosso dell'impalcato l'esecuzione di opere di ripristino e ricostruzione degli spessori strutturali originari attualmente interessati da degrado corticale; ne consegue che gli ingombri a fine intervento saranno identici a quelli attuali.

Nella presente relazione si riportano le verifiche idrauliche a T_R 200 anni e si individua inoltre il tempo di ritorno per il quale il franco idraulico minimo risulta di 1,50 ml; si rimanda al capitolo 5 (Conclusioni) per ulteriori approfondimenti in merito.

Sull'area oggetto di studio è stato eseguito un apposito rilievo topografico di dettaglio esteso per circa 500 m, equamente diviso tra monte e valle rispetto al ponte, in modo da poter eseguire una modellazione idraulica precisa ed attendibile che rispecchi le attuali reali condizioni dell'alveo.

 PROVINCIA DI AREZZO		LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL PONTE SUL TORRENTE LUNGO LA SP. 25 DELLA MISERICORDIA AL km 15+750 IN COMUNE DI MONTE SAN SAVINO		PROG. 2505	PAG. 2/27
				REV.	DATA
				A	Maggio 2026
PERIZIA SUPPLETIVA E DI VARIANTE NUM. 1					

2. LO STATO DI FATTO

Nel tratto oggetto di studio il corso d'acqua è completamente arginato ma, come si deduce dal rilievo topografico di dettaglio che è stato appositamente eseguito, le quote delle sommità arginali presentano evidenti discontinuità, così come il profilo del fondo.

Le sezioni ortogonali all'asse dell'alveo sono nel complesso ben definite e sufficientemente stabili, la pendenza longitudinale media del fondo è però assai limitata, attestandosi solamente al 2‰ ca.

La caratterizzazione morfometrica ed idrografica del bacino idrografico interessato dalle opere è stata eseguita mediante l'analisi della cartografia disponibile (Tavolette I.G.M. alla scala 1/25.000 – C.T.R. 1 /10.000 e C.T.R. 1 /2.000 - Carta uso del suolo) e dei rilievi topografici di dettaglio che sono stati eseguiti sulla zona di interesse.

Sono state valutate in particolare le seguenti grandezze:

- superficie del bacino (S - km²);
- altitudine massima ($H_{\max}$ - m s.l.m.), altitudine media (H_{media} - m s.m.), altitudine minima (altitudini sezioni di chiusura - $H_{\min}$ - m s.l.m.);
- pendenza media del bacino (iv – m/m);
- lunghezza dell'asta ($L_{\max}$ - km).

Nel corso dell'ultimo ventennio nella zona limitrofa del ponte si è registrata l'esondazione del torrente Esse dovuta in sinistra alla rotta dell'argine ed in destra al sormonto arginale; in tale tratto è evidente, inoltre, l'effetto di restringimento indotto in particolare dal ponte della S.P. 25.

Dall'analisi della mappa della pericolosità idraulica resa disponibile dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, relativamente al Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) per il periodo 2021-2027, si ricava che la zona circostante l'attraversamento è perimetrata a rischio P1 e P2 e, un poco più a monte, dal grado massimo previsto P3.

 PROVINCIA DI AREZZO		LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL PONTE SUL TORRENTE LUNGO LA SP. 25 DELLA MISERICORDIA AL km 15+750 IN COMUNE DI MONTE SAN SAVINO		PROG. 2505	PAG. 3/27
		REV. A	DATA Maggio 2026		
PERIZIA SUPPLETIVA E DI VARIANTE NUM. 1					

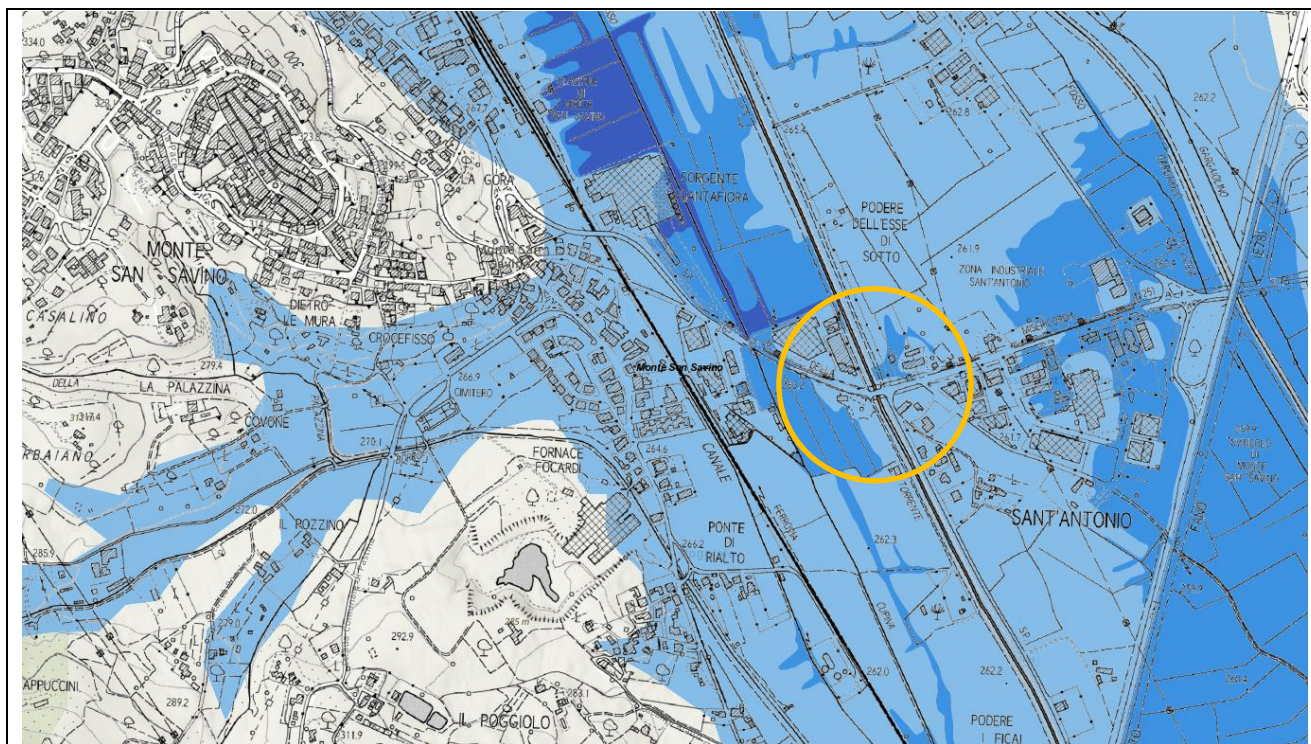


Fig.1 - P.G.R.A. Mappa della pericolosità idraulica.

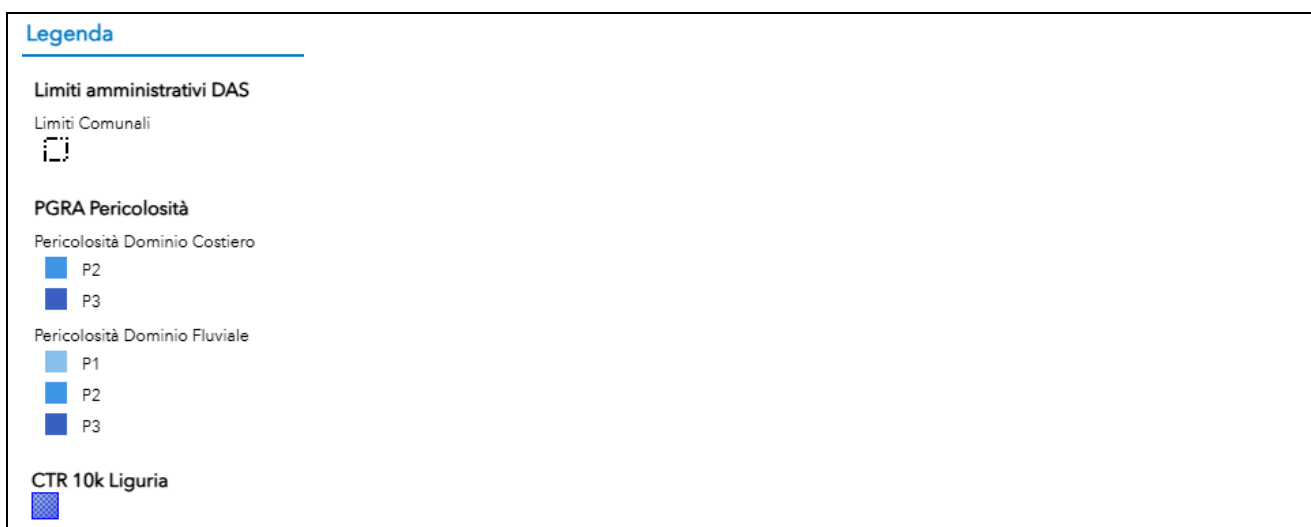


Fig.2 - P.G.R.A. Legenda della Mappa della pericolosità idraulica.

 PROVINCIA DI AREZZO		LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL PONTE SUL TORRENTE LUNGO LA SP. 25 DELLA MISERICORDIA AL km 15+750 IN COMUNE DI MONTE SAN SAVINO		PROG. 2505	PAG. 4/27
				REV.	DATA
				A	Maggio 2026
PERIZIA SUPPLETIVA E DI VARIANTE NUM. 1					

3. IDROGRAFIA E IDROLOGIA

Per la definizione dell'analisi idrologica del torrente Esse si è fatto riferimento alle serie di dati forniti dalla stazione di Monte San Savino, situata in posizione molto vicina all'area sulla quale insistono le aree di lavoro.

Le caratteristiche della stazione sono:

Cod.: TOS01000741

Com. Monte San Savino (AR)

Alt.: 275 m s.l.m.

Coord. WGS84 – Lat.: 43,339° Lon.: 11,742°

Sono stati utilizzati i dati resi disponibili relativi alla serie delle piogge orarie (1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore 24 ore) massime annuali nel periodo compreso tra il 1991 ed il 2025, per complessivi 34 dati.

Nella Tab. 1 che segue sono riportati i dati delle serie di piogge annue estreme di durata 1h, 3h, 6h e 12 h.

Nella Tab. 2 sono riportati invece, per le stesse serie, i parametri statistici caratteristici e in Fig.3 è rappresentato il grafico delle precipitazioni.

Ad esse è stata successivamente applicata la distribuzione statistica di Gumbel per mezzo della quale sono state determinate le curve di possibilità pluviometrica associate a vari tempi di ritorno T_R espresse nella forma a due parametri:

$$h = a \cdot t^n$$

Esse sono riportate a seguire per alcuni tempi di ritorno T_R .

 PROVINCIA DI AREZZO		LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL PONTE SUL TORRENTE LUNGO LA SP. 25 DELLA MISERICORDIA AL km 15+750 IN COMUNE DI MONTE SAN SAVINO	PROG. 2505	PAG. 5/27
			REV. A	DATA Maggio 2026
			PERIZIA SUPPLETIVA E DI VARIANTE NUM. 1	

n	Durate			
	3 ore	1 ora	6 ore	12 ore
1	10.0	4.6	15.0	16.8
2	67.4	37.4	68.0	70.6
3	36.0	30.8	36.4	36.6
4	49.2	26.2	56.8	70.6
5	25.8	22.0	33.8	47.4
6	42.2	42.0	48.4	49.6
7	41.2	36.8	57.6	88.6
8	60.6	41.6	63.8	64.0
9	53.4	43.6	54.0	57.4
10	48.2	39.6	48.2	48.4
11	19.4	15.6	28.4	42.2
12	25.4	23.0	25.4	36.0
13	17.0	17.0	29.4	37.4
14	80.4	30.6	112.4	123.0
15	26.6	20.0	32.8	53.2
16	55.6	27.6	64.2	69.0
17	27.8	24.4	28.2	28.2
18	27.2	18.0	34.2	48.2
19	33.2	20.4	38.0	38.6
20	21.8	30.0	37.4	48.6
21	40.2	21.4	30.8	35.0
22	53.0	29.6	43.4	59.4
23	32.4	35.0	61.0	112.2
24	52.4	28.6	32.4	33.0
25	45.6	38.4	74.2	80.0
26	27.4	34.4	46.8	65.4
27	20.2	19.6	31.2	33.2
28	66.6	19.8	31.6	39.4
29	34.6	63.6	68.6	73.8
30	22.6	24.0	52.4	58.6
31	56.0	22.0	23.8	40.0
32	53.6	34.8	87.8	136.2
33	30.0	32.4	67.0	70.8
34	20.4	29.0	33.2	33.8

Tab. 1 – Stazione di Monte San Savino (AR). Piogge orarie massime annuali.

 PROVINCIA DI AREZZO		LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL PONTE SUL TORRENTE LUNGO LA SP. 25 DELLA MISERICORDIA AL km 15+750 IN COMUNE DI MONTE SAN SAVINO	PROG. 2505	PAG. 6/27
			REV. A	DATA Maggio 2026
			PERIZIA SUPPLETIVA E DI VARIANTE NUM. 1	

	3 ore	1 ora	6 ore	12 ore
Dimensione campione	34	35	35	35
Somma dei dati	1323.4	997.8	1620.4	1976.4
Valore minimo	10.0	4.6	15.0	16.8
Valore massimo	80.4	63.6	112.4	136.2
Valore medio	38.92	28.51	46.30	56.47
Dev. standard	16.90	10.87	20.72	26.77
Coeff. variazione	0.434	0.381	0.448	0.474
Coeff. asimmetria	0.481	0.739	1.146	1.375

Tab. 2 – Parametri statistici delle serie pluviometriche orarie.

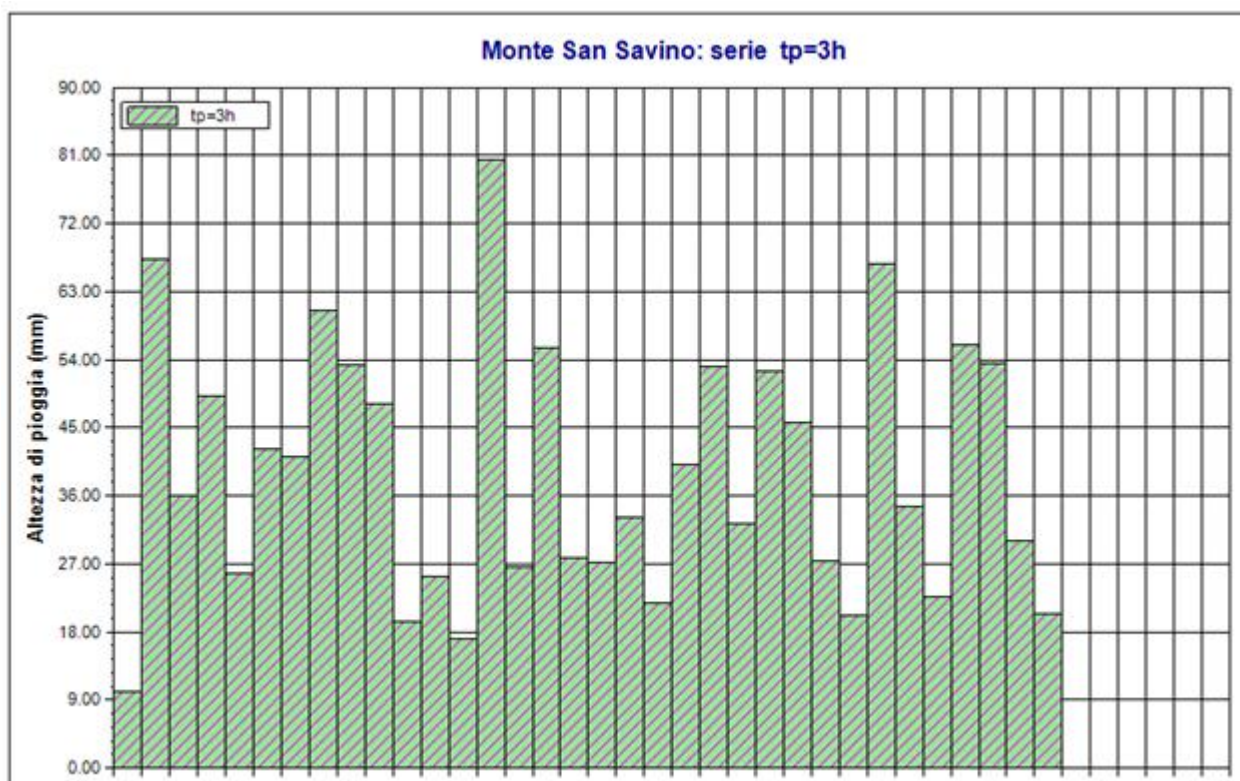


Fig. 3 – Stazione di Monte San Savino (AR) – Diagramma piogge massime annuali di durata 3h Periodo: 1991-2025.

 PROVINCIA DI AREZZO		LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL PONTE SUL TORRENTE LUNGO LA SP. 25 DELLA MISERICORDIA AL km 15+750 IN COMUNE DI MONTE SAN SAVINO		PROG. 2505	PAG. 7/27
				REV. A	DATA Maggio 2026
				PERIZIA SUPPLETIVA E DI VARIANTE NUM. 1	

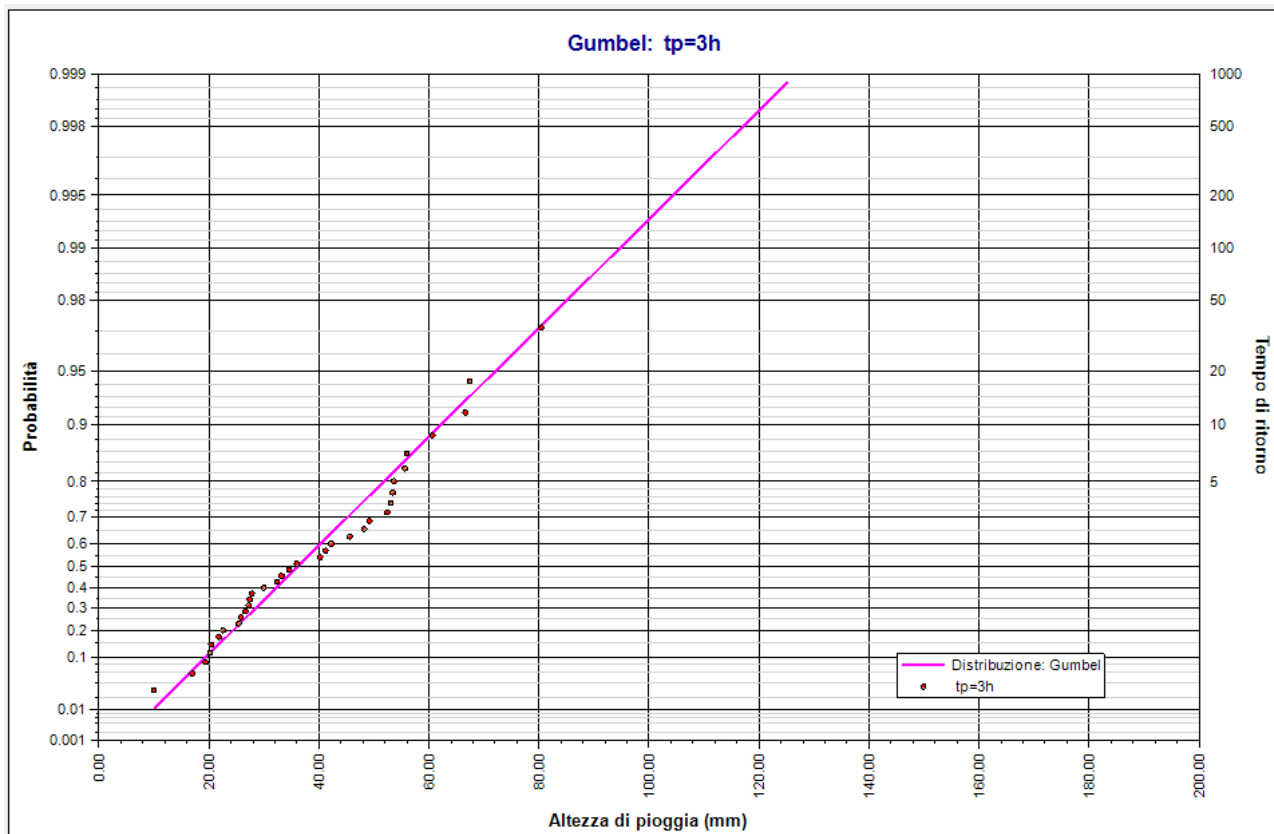


Fig. 4 – Elaborazione statistica di Gumbel per piogge massime annuali di durata $t_p=3h$.

L'elaborazione statistica dei dati mediante l'elaborazione di Gumbel ha consentito di ricavare le curve di possibilità pluviometrica espresse nella forma a due parametri $h = a \cdot t^n$ per alcuni tempi di ritorno T_R .

$T_R = 2$ anni	$h = a \cdot t^n = 26,98 \cdot t^{0,261}$
$T_R = 5$ anni	$h = a \cdot t^n = 38,21 \cdot t^{0,259}$
$T_R = 10$ anni	$h = a \cdot t^n = 45,65 \cdot t^{0,259}$
$T_R = 20$ anni	$h = a \cdot t^n = 52,78 \cdot t^{0,258}$
$T_R = 50$ anni	$h = a \cdot t^n = 62,00 \cdot t^{0,257}$
$T_R = 100$ anni	$h = a \cdot t^n = 68,92 \cdot t^{0,257}$
$T_R = 200$ anni	$h = a \cdot t^n = 75,81 \cdot t^{0,257}$

 PROVINCIA DI AREZZO		LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL PONTE SUL TORRENTE LUNGO LA SP. 25 DELLA MISERICORDIA AL km 15+750 IN COMUNE DI MONTE SAN SAVINO		PROG. 2505	PAG. 8/27
				REV. A	DATA Maggio 2026
				PERIZIA SUPPLETIVA E DI VARIANTE NUM. 1	

Per la durata critica di pioggia $t_p=4$ ore, corrispondente al tempo di corrivazione del bacino imbrifero sotteso in corrispondenza del ponte sulla S.P.25, e con tempo di ritorno $T_R=2$ anni si ricava pertanto la pioggia totale:

$h = 38,74$ mm corrispondente ad un'intensità media $j= 9,69$ mm/h

mentre per il tempo di ritorno $T_R = 5$ anni si ricava la pioggia totale:

$h = 54,72$ mm corrispondente ad un'intensità media $j= 13,68$ mm/h

e per il tempo di ritorno $T_R = 200$ anni si ricava la pioggia totale:

$h = 108,26$ mm corrispondente ad un'intensità media $j= 27,07$ mm/h.

Per la trasformazione afflussi-deflussi e la determinazione della portata fluente sul torrente Esse è stato utilizzato il Metodo SCS - CN Curve Number.

Il metodo del Soil Conservation Service SCS basa il calcolo della portata sulla frazione di pioggia efficace, rispetto al valore complessivo caduto, tenendo conto della variazione del grado di saturazione del terreno durante l'evento meteorico e considerando le caratteristiche di permeabilità del suolo e del sottosuolo.

Per determinare il suo valore si adotta la relazione:

$$h_e = (P - I_a)^2 / (P - I_a + S)$$

in cui per i tre tempi di ritorno considerati ($T_R=2$ anni, $T_R= 5$ anni e $T_R=200$ anni) si ricava rispettivamente:

h_e = pioggia netta nell'intervallo di tempo t considerato (9,38 mm – 18,54 mm – 58,33 mm)

P = pioggia totale nell'intervallo di tempo t considerato (38,74 mm – 54,72 mm– 108,26 mm)

I_a = frazione di pioggia perduta inizialmente (7,36 mm)

S = capacità idrica massima del suolo (73,62 mm)

Il parametro S si determina con la seguente relazione:

$$S = (25400/CN) - 254$$

in cui CN è il cosiddetto numero di curva, riportato su apposite tabelle in base ai tipi di suolo e di uso che ne viene fatto, ricavabile anche con l'uso della cartografia messa a disposizione dagli strumenti urbanistici. Si ricava il valore medio $CN=60$.

Considerando inoltre che allo stato iniziale della precipitazione corrisponda una condizione AMCIII (suoli pressoché saturi a causa di eventi meteorici precedenti) il fattore viene corretto secondo la seguente legge:

$$CN(III) = (23 * CN(II)) / (10 + 0,13 * CN(II)) = 77,53$$

 PROVINCIA DI AREZZO		LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL PONTE SUL TORRENTE LUNGO LA SP. 25 DELLA MISERICORDIA AL km 15+750 IN COMUNE DI MONTE SAN SAVINO		PROG. 2505	PAG. 9/27
		REV. A	DATA Maggio 2026		
		PERIZIA SUPPLETIVA E DI VARIANTE NUM. 1			

Il fattore la si valuta invece mediante la relazione consigliata:

$$la = 0,1 \cdot S$$

Si ricava pertanto la portata al colmo con la seguente relazione, essendo $A = 57,9 \text{ km}^2$:

$$Q_{CTR2} = (he \cdot A) / \tau_c = 37,5 \text{ m}^3/\text{s} \quad T_R = 2 \text{ anni}$$

cui corrisponde un valore di contributo specifico di piena $q = 0,65 \text{ m}^3/\text{s km}^2$

mentre, con analogo procedimento, per il tempo di ritorno $T_R=5$ anni si ottiene:

$$Q_{CTR5} = 54,7 \text{ m}^3/\text{s} \quad T_R = 5 \text{ anni}$$

cui corrisponde un valore di contributo specifico di piena $q=0,94 \text{ m}^3/\text{s km}^2$

e per il tempo di ritorno $T_R=200$ anni si ottiene:

$$Q_{CTR200} = 235 \text{ m}^3/\text{s} \quad T_R = 200 \text{ anni}$$

cui corrisponde un valore di contributo specifico di piena $q=4,05 \text{ m}^3/\text{s km}^2$.

Le verifiche idrauliche del ponte sulla S.S. 25 sono state condotte con riferimento alle portate $Q_{CTR200} = 235 \text{ m}^3/\text{s}$ avente tempo di ritorno $T_R = 200$ anni, $Q_{CTR5} = 54,7 \text{ m}^3/\text{s}$ avente tempo di ritorno $T_R = 5$ anni e $Q_c = 30 \text{ m}^3/\text{s}$ avente tempo di ritorno T_R compreso tra 1 e 2 anni.

Il valore corrispondente a $T_R=200$ anni, determinato considerando i dati delle precipitazioni intense forniti dalla Regione Toscana fino all'anno 2025, è stato preferito rispetto al valore di portata di $176 \text{ m}^3/\text{s}$ riportato nel Progetto Esecutivo "Sistemazione idraulica del Torrente Esse a Monte San Savino (Ar)" sia perché più cautelativo sia perché ricavato utilizzando dati più aggiornati.

Si evidenzia che, considerato che la durata dei lavori previsti in progetto viene stimata in 4 mesi continuativi, la probabilità che si presenti una portata avente T_R compreso tra 1 e 2 anni è del 20% ca.

A titolo di confronto si consideri che nelle verifiche ordinarie previste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni - NTC2018 relativamente alla verifica idraulica dei ponti, considerando il tempo di ritorno prescritto dalle norme $T_R = 200$ anni e per un manufatto avente vita tecnica pari a 50 anni, la probabilità che si presenti in quell'intervallo di tempo la portata di progetto è del 22% ca., del tutto analoga al caso in esame.

 PROVINCIA DI AREZZO		LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL PONTE SUL TORRENTE LUNGO LA SP. 25 DELLA MISERICORDIA AL km 15+750 IN COMUNE DI MONTE SAN SAVINO		PROG. 2505	PAG. 10/27
				REV. A	DATA Maggio 2026
		PERIZIA SUPPLETIVA E DI VARIANTE NUM. 1			

4. VERIFICA IDRAULICA.

Il corso del torrente Esse nel tratto considerato ha andamento pressoché rettilineo, sezioni ben definite con forma sufficientemente regolare discretamente stabili e pendenza media longitudinale dell'alveo di circa lo 0,2%, con alcune discontinuità.

Vista la tipologia di problema e le caratteristiche geometriche e topografiche dell'area, sono state condotte le verifiche sul deflusso della portata di piena del corso d'acqua con un modello monodimensionale in condizioni di regime permanente.

Per il calcolo è stato utilizzato il programma HEC-RAS versione 6.6 dell'U.S. Corps of Engineers in cui l'algoritmo fondante è l'integrazione dell'equazione differenziale dell'energia lungo il profilo di moto: $dE/dx = -J$ che per moto permanente diventa:

$$\frac{dh}{dx} = \frac{i - J}{1 - (Q^2 * b) / (g * A^3)}$$

dove: i è la pendenza del canale; h è l'altezza del pelo d'acqua, A è l'area liquida; b è la larghezza del pelo liquido; J è la cadente idraulica.

Per le perdite di carico continue si sono considerate le seguenti scabrezze dell'alveo (coefficiente di scabrezza di Gaucker-Strickler): $K_s = 33 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ nel tratto centrale del torrente in cui normalmente scorre l'acqua e $K_s = 25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ nei tratti golenali non solitamente bagnati dall'acqua ove è presente vegetazione arborea, arbustiva e, a tratti, anche d'alto fusto.

Nelle sezioni di calcolo indicate nelle successive figure è indicato il rispettivo reciproco (coefficiente di scabrezza di Manning $0,03 \text{ s/m}^{1/3} - 0,040 \text{ s/m}^{1/3}$).

Le perdite di carico concentrate dovute a bruschi restringimenti o ad allargamenti di vena sono state determinate come parziale dissipazione del carico cinetico (coefficienti 0,1 per restringimento e 0,3 per l'allargamento di vena).

I calcoli idraulici sono stati condotti per le condizioni previste in progetto in cui le condizioni al contorno assunte nel tratto di alveo in esame sono:

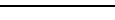
- portata del "torrente Esse" costante pari a $235 \text{ m}^3/\text{s}$ ($T_R=200$ anni), $54,7 \text{ m}^3/\text{s}$ ($T_R=5$ anni) e $30,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ($T_R=1\div 2$ anni);
- sezioni di controllo con condizioni di moto uniforme in corrispondenza di monte e valle.

I risultati di dettaglio delle elaborazioni sono riportati rispettivamente nelle tabelle 3, 4 e 5 e rappresentati nelle figure che seguono.

 PROVINCIA DI AREZZO		LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL PONTE SUL TORRENTE LUNGO LA SP. 25 DELLA MISERICORDIA AL km 15+750 IN COMUNE DI MONTE SAN SAVINO		PROG. 2505	PAG. 11/27
				REV. A	DATA Maggio 2026
				PERIZIA SUPPLETIVA E DI VARIANTE NUM. 1	



Fig.5 – Planimetria con ortofoto e indicazione delle sezioni del rilievo topografico nei pressi dell'attraversamento della S.P. 25.

 PROVINCIA DI AREZZO		LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL PONTE SUL TORRENTE LUNGO LA SP. 25 DELLA MISERICORDIA AL km 15+750 IN COMUNE DI MONTE SAN SAVINO		PROG. 2505	PAG. 12/27
				REV. A	DATA Maggio 2026
				PERIZIA SUPPLETIVA E DI VARIANTE NUM. 1	

sezione	portata	quota fondo	quota pelo acqua	quota altezza critica	quota L.E.	pendenza L.E.	U tratto centrale	Area bagnata	larghezza p. acqua	Froude
	(m³/s)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m/m)	(m/s)	(m²)	(m)	(-)
sez. 310	235.00	259.79	265.77	264.14	265.96	0.000722	2.10	142.01	54.20	0.34
sez. 300	235.00	259.72	265.78		265.94	0.000582	1.94	152.87	56.43	0.31
sez. 290	235.00	259.83	265.77		265.93	0.000569	1.89	156.50	57.31	0.30
sez. 280	235.00	259.46	265.74		265.92	0.000593	1.99	146.48	54.79	0.31
sez. 270	235.00	259.30	265.75		265.90	0.000530	1.87	158.79	59.00	0.29
sez. 260	235.00	259.72	265.69		265.89	0.000659	2.06	139.19	53.82	0.32
sez. 250	235.00	259.54	265.67		265.88	0.000712	2.09	133.56	50.70	0.34
sez. 240	235.00	258.51	265.67		265.87	0.000661	2.06	135.39	51.05	0.32
sez. 230	235.00	259.48	265.66		265.86	0.000656	2.06	136.71	49.84	0.32
sez. 220	235.00	259.51	265.62		265.84	0.000705	2.15	127.94	45.68	0.33
sez. 210	235.00	259.41	265.63		265.82	0.000639	2.04	138.74	52.89	0.32
sez. 200	235.00	259.42	265.60		265.81	0.000717	2.13	131.66	51.91	0.34
sez. 190	235.00	259.32	265.60		265.80	0.000654	2.05	134.51	47.97	0.32
sez. 180	235.00	259.25	265.57		265.79	0.000703	2.15	130.85	48.63	0.33
sez. 170	235.00	259.19	265.45	263.44	265.76	0.001077	2.61	109.51	45.51	0.40

 PROVINCIA DI AREZZO		LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL PONTE SUL TORRENTE LUNGO LA SP. 25 DELLA MISERICORDIA AL km 15+750 IN COMUNE DI MONTE SAN SAVINO	PROG. 2505	PAG. 13/27
			REV. A	DATA Maggio 2026
			PERIZIA SUPPLETIVA E DI VARIANTE NUM. 1	

sez. 165	Bridge									
sez. 160	235.00	258.90	264.13	263.78	265.53	0.003961	5.24	44.88	12.43	0.88
sez. 150	235.00	258.85	264.67		265.21	0.002618	3.31	79.15	46.36	0.60
sez. 130	235.00	259.21	264.63		265.17	0.002723	3.35	81.98	45.39	0.60
sez. 120	235.00	259.13	264.68		265.10	0.001979	3.02	92.93	45.92	0.53
sez. 110	235.00	259.34	264.65		265.07	0.002046	3.03	96.24	48.46	0.54
sez. 100	235.00	259.09	264.65		265.03	0.001849	2.92	99.88	49.52	0.51
sez. 90	235.00	259.29	264.68		264.98	0.001468	2.60	113.20	53.32	0.46
sez. 80	235.00	259.28	264.67		264.96	0.001281	2.54	114.75	52.19	0.43
sez. 70	235.00	259.14	264.55		264.93	0.001469	2.82	99.96	48.98	0.47
sez. 60	235.00	259.11	264.53		264.90	0.001520	2.82	101.80	53.29	0.47
sez. 50	235.00	258.95	264.41		264.87	0.002090	3.11	90.32	47.50	0.55
sez. 40	235.00	258.92	264.40		264.83	0.001912	3.00	93.06	47.47	0.52
sez. 30	235.00	258.86	264.38	263.34	264.80	0.001923	3.00	93.03	47.02	0.53
sez. 20	235.00	259.04	263.58	263.56	264.68	0.006759	4.66	51.88	27.64	0.94
sez. 10	235.00	258.84	263.74	263.50	264.50	0.004174	3.94	67.66	43.73	0.75

Tab. 3 – Verifica idraulica “*torrente Esse*” - $Q = 235 \text{ m}^3/\text{s}$ $T_R = 200$ anni.

 PROVINCIA DI AREZZO		LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL PONTE SUL TORRENTE LUNGO LA SP. 25 DELLA MISERICORDIA AL km 15+750 IN COMUNE DI MONTE SAN SAVINO		PROG. 2505	PAG. 14/27
				REV. A	DATA Maggio 2026
		PERIZIA SUPPLETIVA E DI VARIANTE NUM. 1			

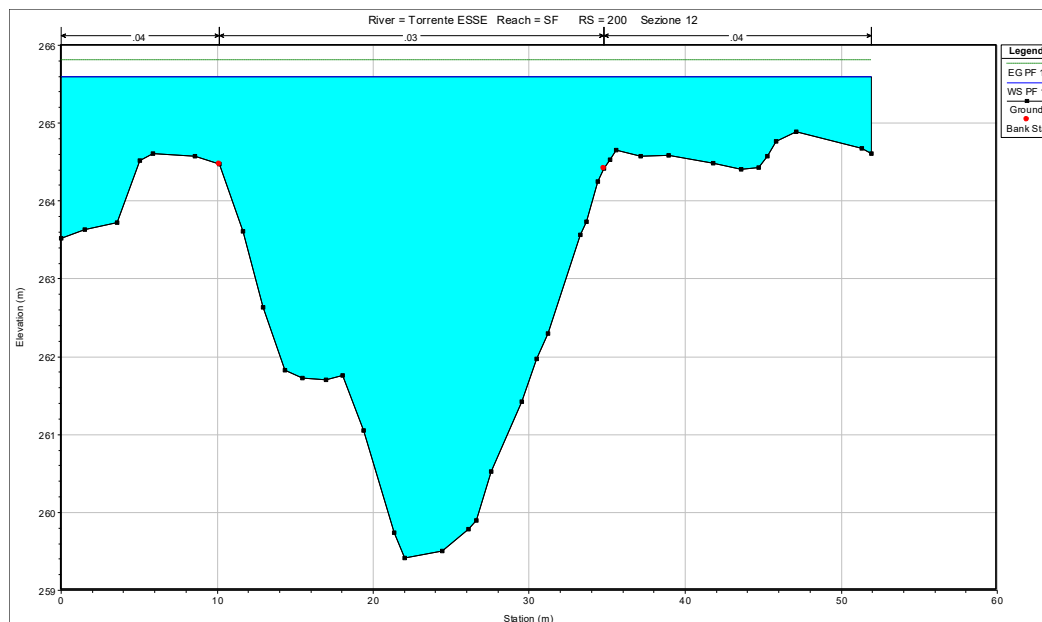


Fig. 6 – Sezione 12 RS=200.

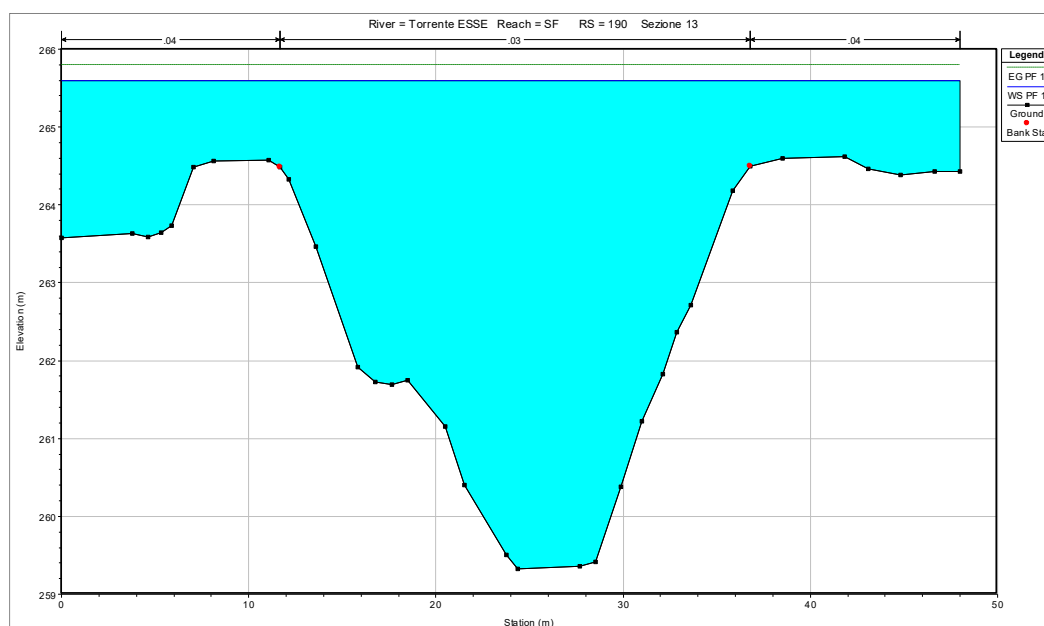


Fig. 7 – Sezione 13 RS=190.

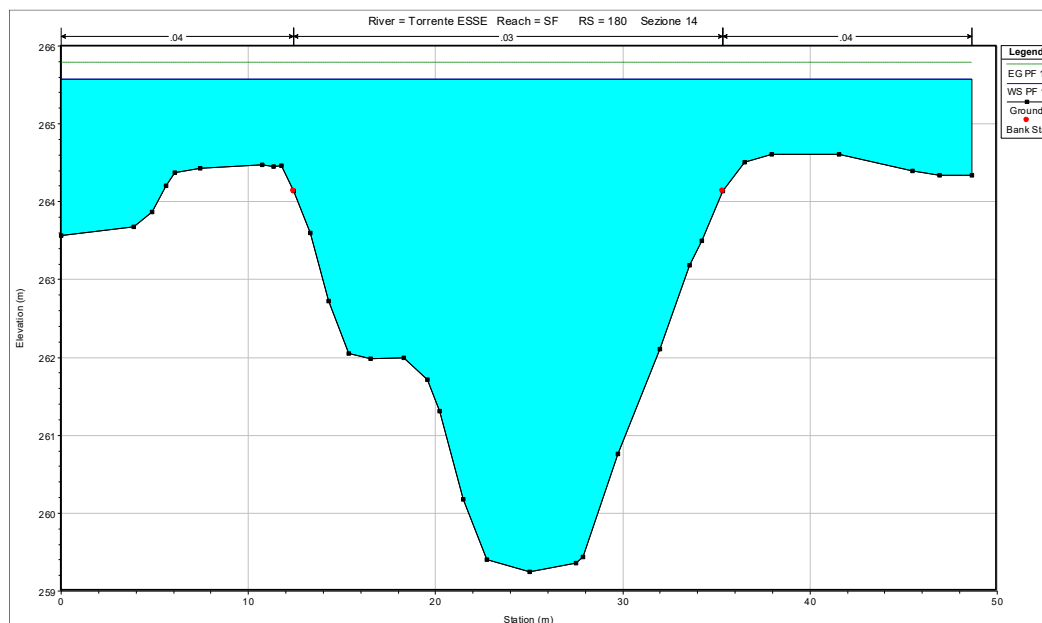


Fig. 8 – Sezione 14 RS=180.

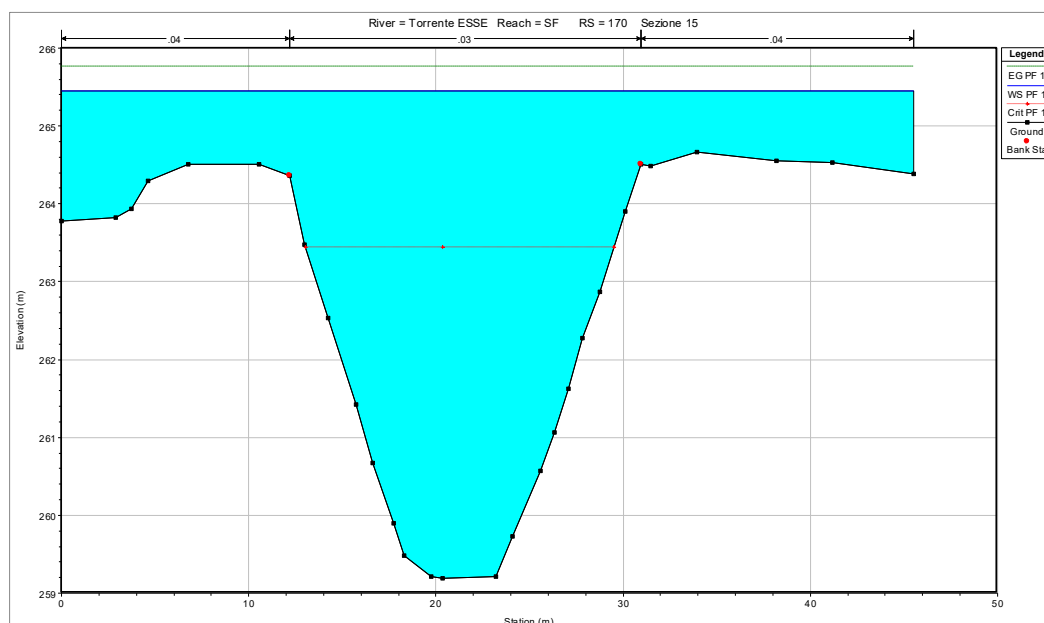


Fig. 9 – Sezione 15 RS=170.

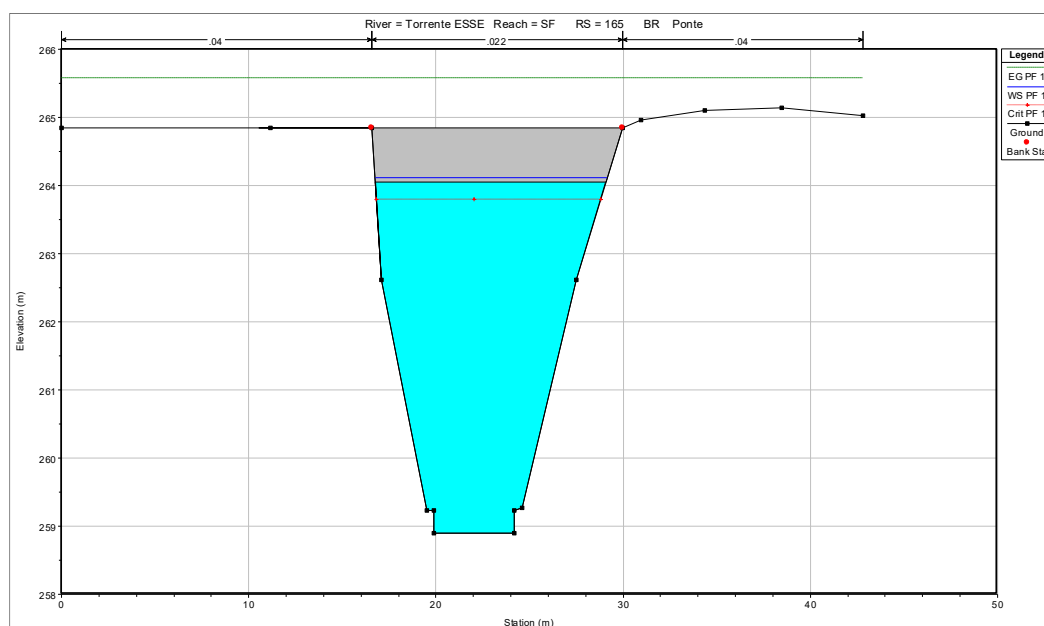


Fig. 10 – Sezione in corrispondenza al ponte sulla S.P.25

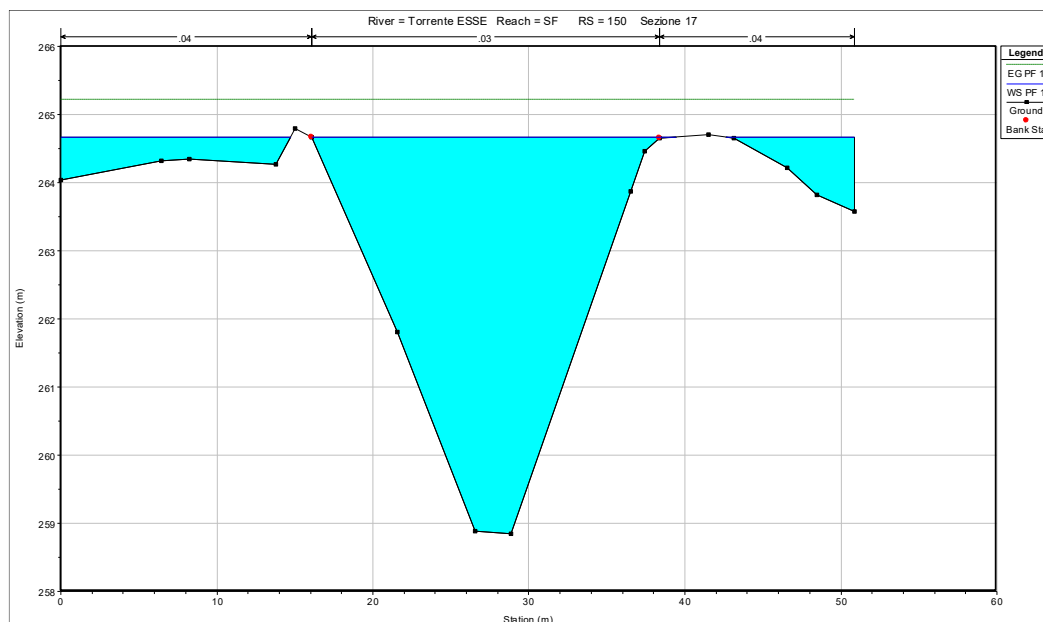
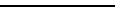


Fig. 11 – Sezione 17 RS=150.

 PROVINCIA DI AREZZO		LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL PONTE SUL TORRENTE LUNGO LA SP. 25 DELLA MISERICORDIA AL km 15+750 IN COMUNE DI MONTE SAN SAVINO		PROG. 2505	PAG. 17/27
				REV. A	DATA Maggio 2026
				PERIZIA SUPPLETIVA E DI VARIANTE NUM. 1	

sezione	portata	quota fondo	quota pelo acqua	quota altezza critica	quota L.E.	pendenza L.E.	U tratto centrale	Area bagnata	larghezza p. acqua	Froude
	(m³/s)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m/m)	(m/s)	(m²)	(m)	(-)
sez. 310	54.70	259.79	262.82	261.98	263.01	0.002104	1.98	27.67	17.34	0.50
sez. 300	54.70	259.72	262.83		262.97	0.001353	1.68	32.54	18.81	0.41
sez. 290	54.70	259.83	262.81		262.95	0.001348	1.68	32.59	18.84	0.41
sez. 280	54.70	259.46	262.81		262.93	0.001073	1.56	35.11	18.97	0.37
sez. 270	54.70	259.30	262.80		262.91	0.000926	1.48	36.91	19.10	0.34
sez. 260	54.70	259.72	262.76		262.89	0.001205	1.62	33.74	18.82	0.39
sez. 250	54.70	259.54	262.73		262.87	0.001276	1.66	32.97	18.39	0.40
sez. 240	54.70	258.51	262.74		262.85	0.000934	1.47	37.25	18.96	0.33
sez. 230	54.70	259.48	262.70		262.83	0.001131	1.60	34.20	18.43	0.37
sez. 220	54.70	259.51	262.69		262.81	0.001113	1.58	34.57	18.64	0.37
sez. 210	54.70	259.41	262.68		262.79	0.000979	1.52	36.02	18.63	0.35
sez. 200	54.70	259.42	262.63		262.77	0.001319	1.66	32.88	18.81	0.40
sez. 190	54.70	259.32	262.63		262.75	0.000966	1.52	36.10	18.64	0.35
sez. 180	54.70	259.25	262.60		262.73	0.001175	1.62	33.87	18.23	0.38
sez. 170	54.70	259.19	262.56	261.17	262.71	0.001083	1.72	31.76	14.08	0.37
sez. 165	Bridge									

 PROVINCIA DI AREZZO		LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL PONTE SUL TORRENTE LUNGO LA SP. 25 DELLA MISERICORDIA AL km 15+750 IN COMUNE DI MONTE SAN SAVINO		PROG. 2505	PAG. 18/27
				REV. A	DATA Maggio 2026
		PERIZIA SUPPLETIVA E DI VARIANTE NUM. 1			

sez. 160	54.70	258.90	262.47		262.69	0.000929	2.10	26.03	10.18	0.42
sez. 150	54.70	258.85	262.48		262.66	0.001388	1.85	29.51	14.15	0.41
sez. 130	54.70	259.21	262.39		262.62	0.002271	2.13	25.69	14.13	0.50
sez. 120	54.70	259.13	262.39		262.58	0.001698	1.94	28.26	14.93	0.45
sez. 110	54.70	259.34	262.21		262.53	0.003736	2.51	21.78	14.53	0.65
sez. 100	54.70	259.09	262.21		262.47	0.002560	2.22	24.61	14.57	0.55
sez. 90	54.70	259.29	262.22		262.42	0.001733	1.98	27.67	14.54	0.46
sez. 80	54.70	259.28	262.23		262.38	0.001180	1.71	32.02	15.70	0.38
sez. 70	54.70	259.14	262.21		262.36	0.001269	1.74	31.48	16.28	0.40
sez. 60	54.70	259.11	262.19		262.34	0.001150	1.72	31.87	15.30	0.38
sez. 50	54.70	258.95	262.10		262.32	0.002041	2.08	26.35	14.50	0.49
sez. 40	54.70	258.92	262.08		262.28	0.001876	1.99	27.42	15.10	0.47
sez. 30	54.70	258.86	262.04		262.25	0.002043	2.04	26.82	15.22	0.49
sez. 20	54.70	259.04	261.50	261.50	262.15	0.009645	3.57	15.33	11.94	1.01
sez. 10	54.70	258.84	260.75	261.06	261.91	0.016355	4.77	11.46	8.39	1.30

Tab. 4 – Verifica idraulica “*torrente Esse*” - $Q = 54,7 \text{ m}^3/\text{s}$ $T_R = 5$ anni.

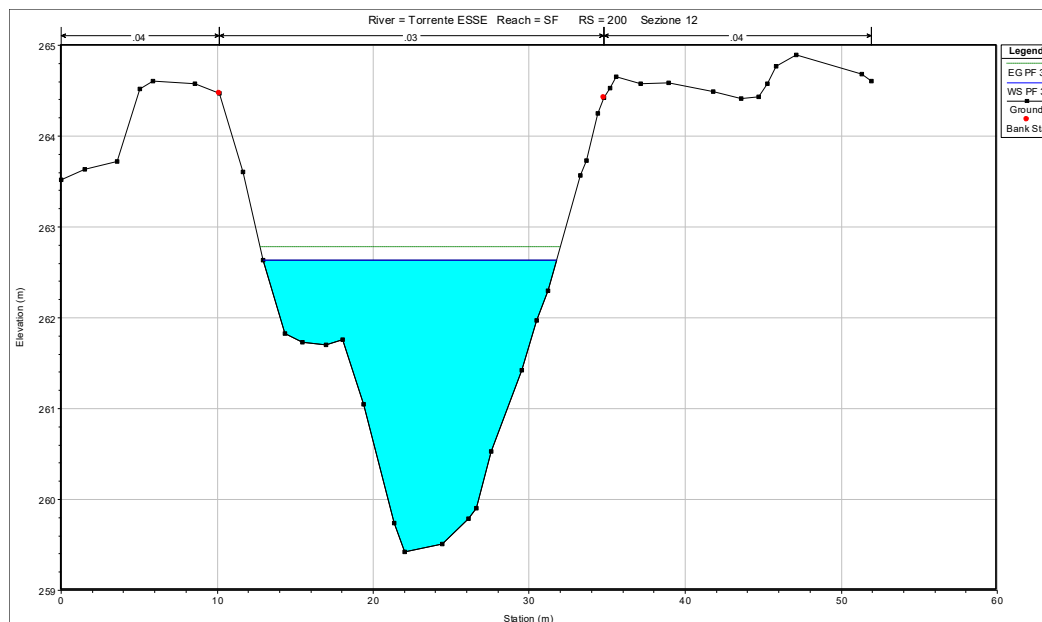


Fig. 12 – Sezione 12 RS=200.

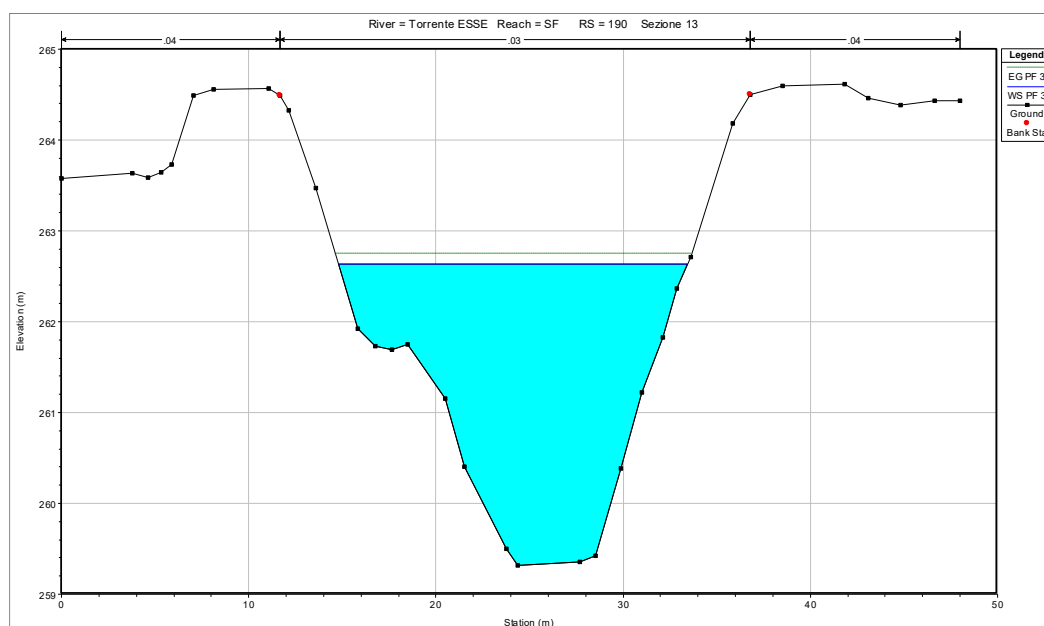


Fig. 13 – Sezione 13 RS=190.

 PROVINCIA DI AREZZO		LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL PONTE SUL TORRENTE LUNGO LA SP. 25 DELLA MISERICORDIA AL km 15+750 IN COMUNE DI MONTE SAN SAVINO		PROG. 2505	PAG. 20/27
				REV. A	DATA Maggio 2026
		PERIZIA SUPPLETIVA E DI VARIANTE NUM. 1			

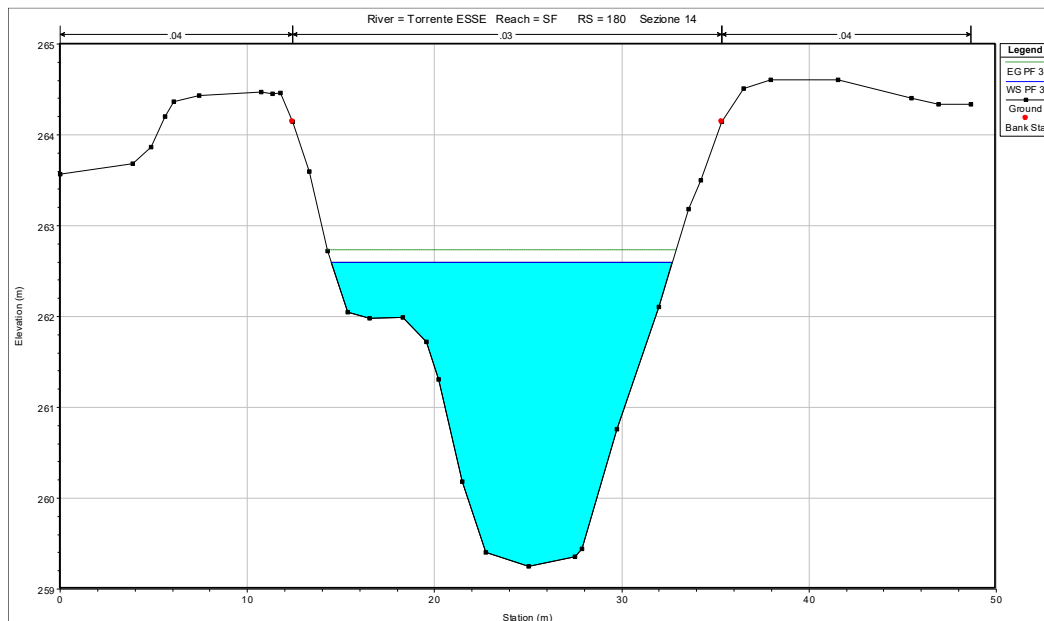


Fig. 14 – Sezione 14 RS=180.

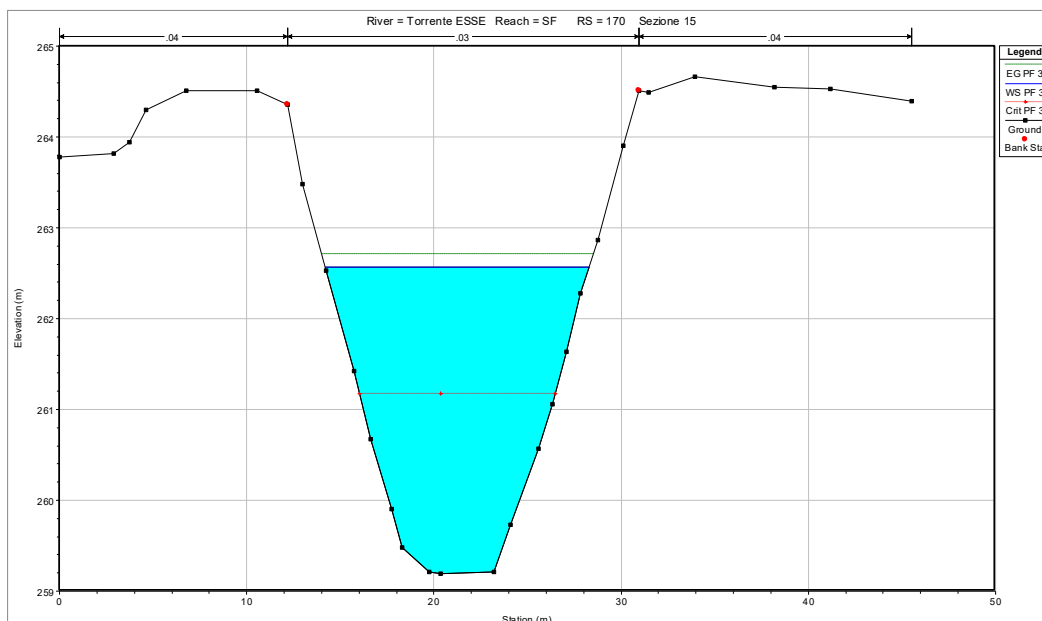
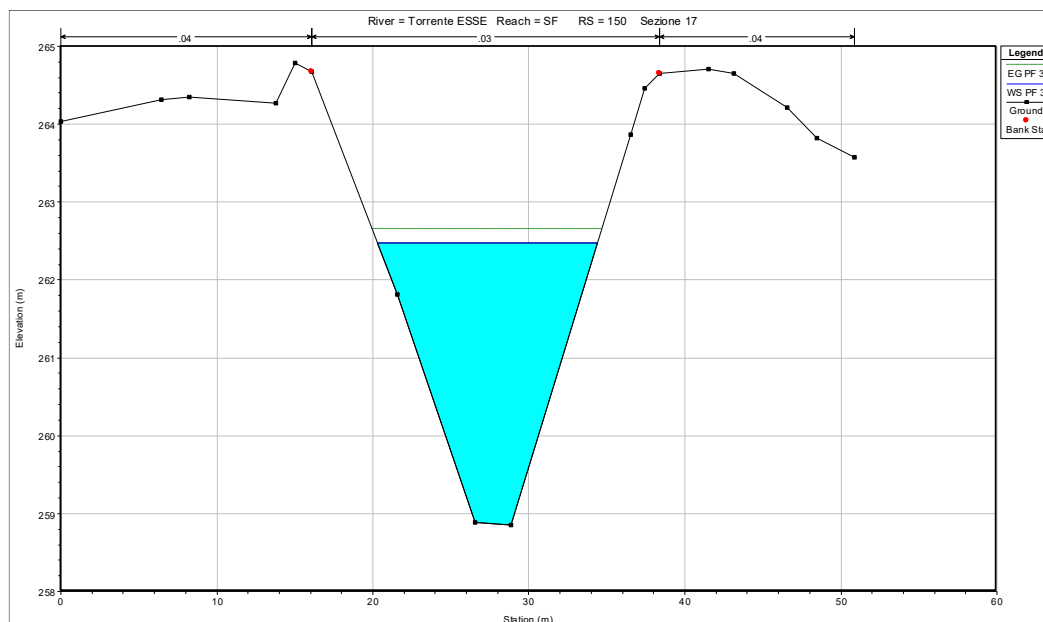
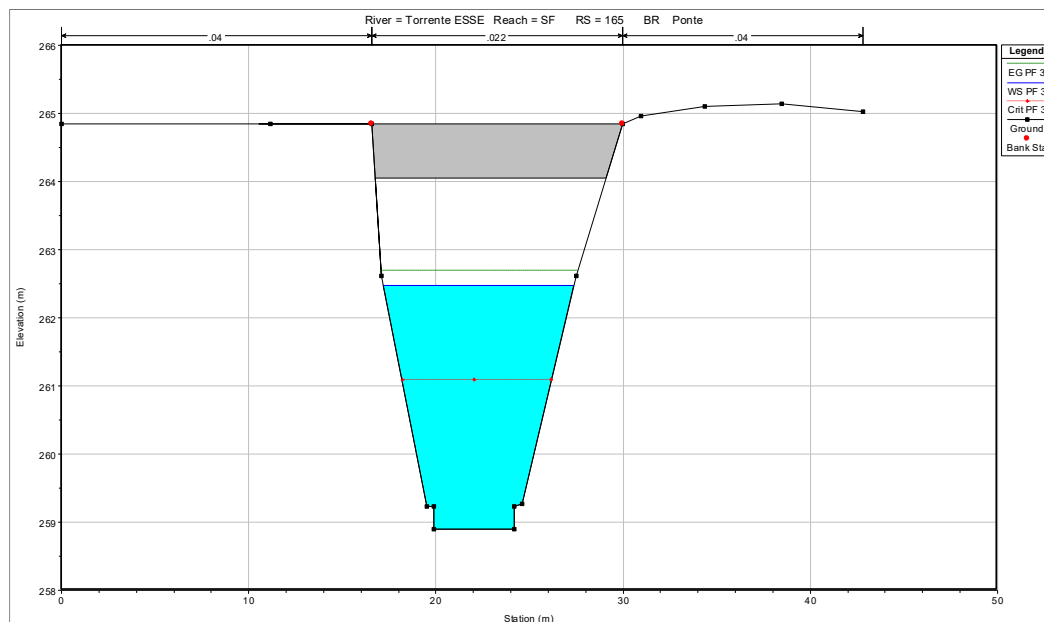
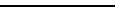


Fig. 15 – Sezione 15 RS=170.



 PROVINCIA DI AREZZO		LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL PONTE SUL TORRENTE LUNGO LA SP. 25 DELLA MISERICORDIA AL km 15+750 IN COMUNE DI MONTE SAN SAVINO		PROG. 2505	PAG. 22/27
				REV. A	DATA Maggio 2026
				PERIZIA SUPPLETIVA E DI VARIANTE NUM. 1	

sezione	portata	quota fondo	quota pelo acqua	quota altezza critica	quota L.E.	pendenza L.E.	U tratto centrale	Area bagnata	larghezza p. acqua	Froude
	(m³/s)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m/m)	(m/s)	(m²)	(m)	(-)
sez. 310	30.00	259.79	262.07		262.25	0.002381	1.88	15.98	11.77	0.51
sez. 300	30.00	259.72	262.08		262.20	0.001603	1.53	19.58	14.81	0.43
sez. 290	30.00	259.83	262.06		262.18	0.001742	1.54	19.44	15.55	0.44
sez. 280	30.00	259.46	262.05		262.15	0.001243	1.37	21.82	16.01	0.38
sez. 270	30.00	259.30	262.04		262.13	0.001058	1.29	23.33	16.71	0.35
sez. 260	30.00	259.72	261.99		262.10	0.001621	1.48	20.25	16.38	0.43
sez. 250	30.00	259.54	261.96		262.08	0.001785	1.53	19.61	16.14	0.44
sez. 240	30.00	258.51	261.97		262.05	0.001015	1.27	23.70	16.04	0.33
sez. 230	30.00	259.48	261.92		262.03	0.001325	1.43	20.95	15.10	0.39
sez. 220	30.00	259.51	261.90		262.01	0.001418	1.43	21.01	16.03	0.40
sez. 210	30.00	259.41	261.89		261.98	0.001214	1.35	22.25	16.44	0.37
sez. 200	30.00	259.42	261.83		261.96	0.001972	1.59	18.90	15.85	0.46
sez. 190	30.00	259.32	261.83		261.92	0.001163	1.35	22.21	15.85	0.36
sez. 180	30.00	259.25	261.80		261.91	0.001066	1.43	20.91	12.29	0.35
sez. 170	30.00	259.19	261.79	260.62	261.89	0.000920	1.38	21.72	12.04	0.33
sez. 165	Bridge									

 PROVINCIA DI AREZZO		LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL PONTE SUL TORRENTE LUNGO LA SP. 25 DELLA MISERICORDIA AL km 15+750 IN COMUNE DI MONTE SAN SAVINO	PROG. 2505	PAG. 23/27
			REV. A	DATA Maggio 2026
PERIZIA SUPPLETIVA E DI VARIANTE NUM. 1				

sez. 160	30.00	258.90	261.75		261.88	0.000646	1.57	19.13	9.04	0.34
sez. 150	30.00	258.85	261.74		261.86	0.001171	1.50	19.99	11.62	0.37
sez. 130	30.00	259.21	261.66		261.83	0.001954	1.80	16.65	10.22	0.45
sez. 120	30.00	259.13	261.66		261.79	0.001450	1.62	18.51	11.20	0.40
sez. 110	30.00	259.34	261.45		261.74	0.004297	2.41	12.45	9.62	0.68
sez. 100	30.00	259.09	261.47		261.67	0.002347	1.97	15.25	9.92	0.51
sez. 90	30.00	259.29	261.48		261.62	0.001617	1.66	18.07	11.77	0.43
sez. 80	30.00	259.28	261.49		261.59	0.001053	1.41	21.30	12.90	0.35
sez. 70	30.00	259.14	261.46		261.57	0.001243	1.47	20.35	13.38	0.38
sez. 60	30.00	259.11	261.45		261.55	0.001055	1.41	21.30	13.09	0.35
sez. 50	30.00	258.95	261.37		261.53	0.001825	1.75	17.10	11.04	0.45
sez. 40	30.00	258.92	261.35		261.50	0.001582	1.68	17.90	11.06	0.42
sez. 30	30.00	258.86	261.32		261.47	0.001797	1.74	17.26	11.10	0.45
sez. 20	30.00	259.04	260.75	260.75	261.37	0.010299	3.49	8.60	6.98	1.00
sez. 10	30.00	258.84	260.42	260.42	261.01	0.010087	3.40	8.82	7.57	1.01

Tab. 5 – Verifica idraulica “*torrente Esse*” - $Q = 30 \text{ m}^3/\text{s}$ $T_R = 1+2$ anni.

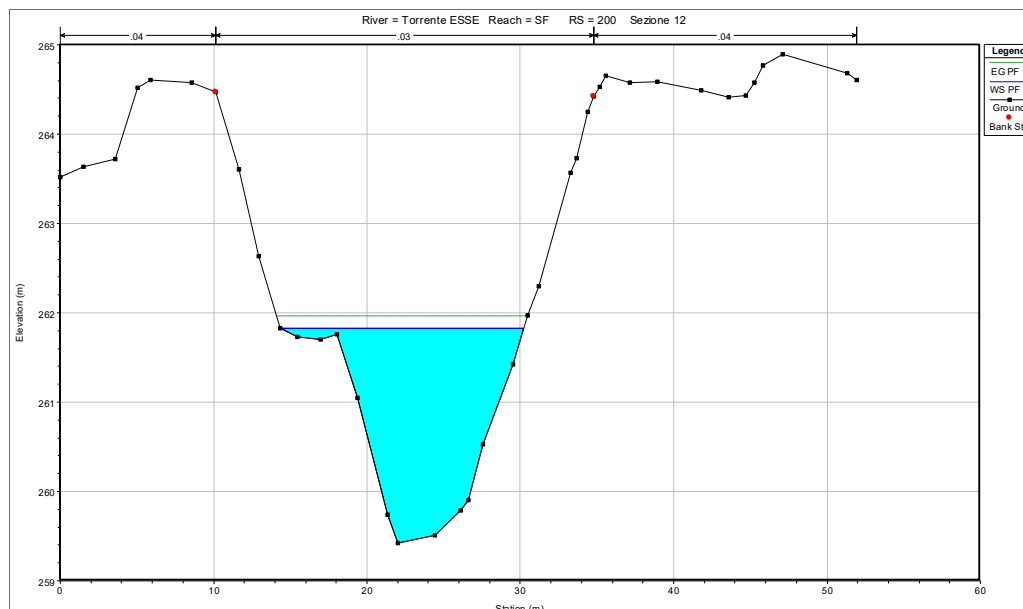


Fig. 18 – Sezione 12 RS=200.

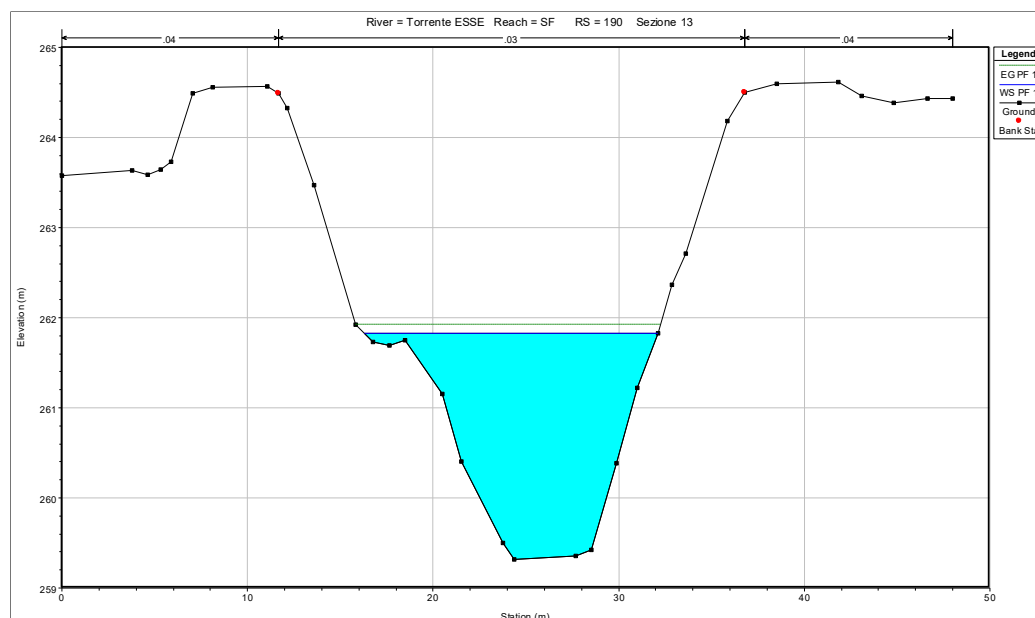


Fig. 19 – Sezione 13 RS=190.

 PROVINCIA DI AREZZO		LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL PONTE SUL TORRENTE LUNGO LA SP. 25 DELLA MISERICORDIA AL km 15+750 IN COMUNE DI MONTE SAN SAVINO	PROG. 2505	PAG. 25/27
			REV. A	DATA Maggio 2026

RELAZIONE IDRAULICA PER OPERE PROVVISORIALI

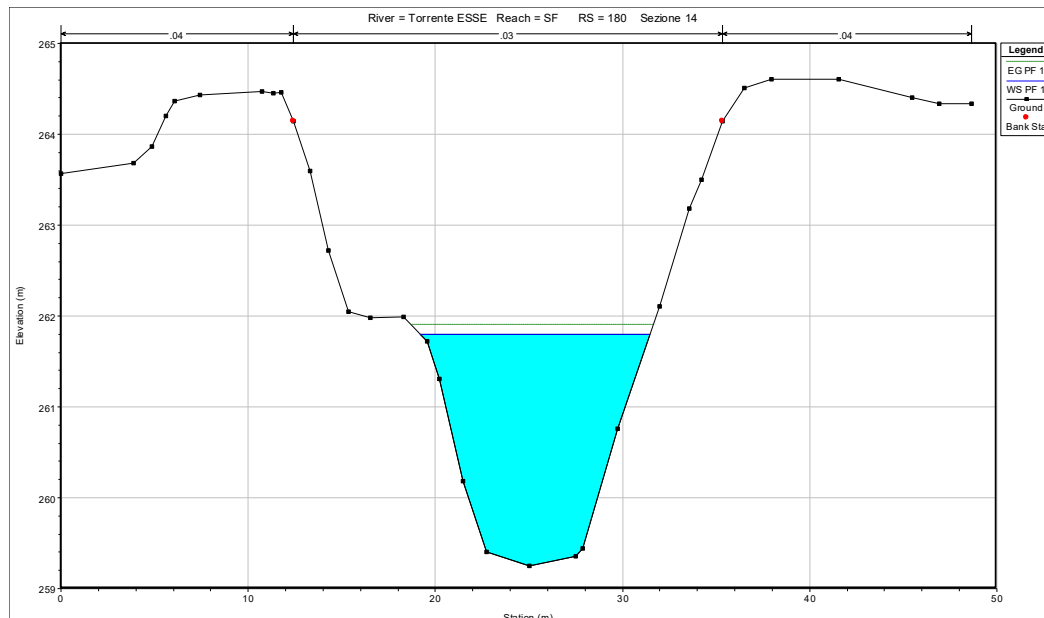


Fig. 20 – Sezione 14 RS=180.

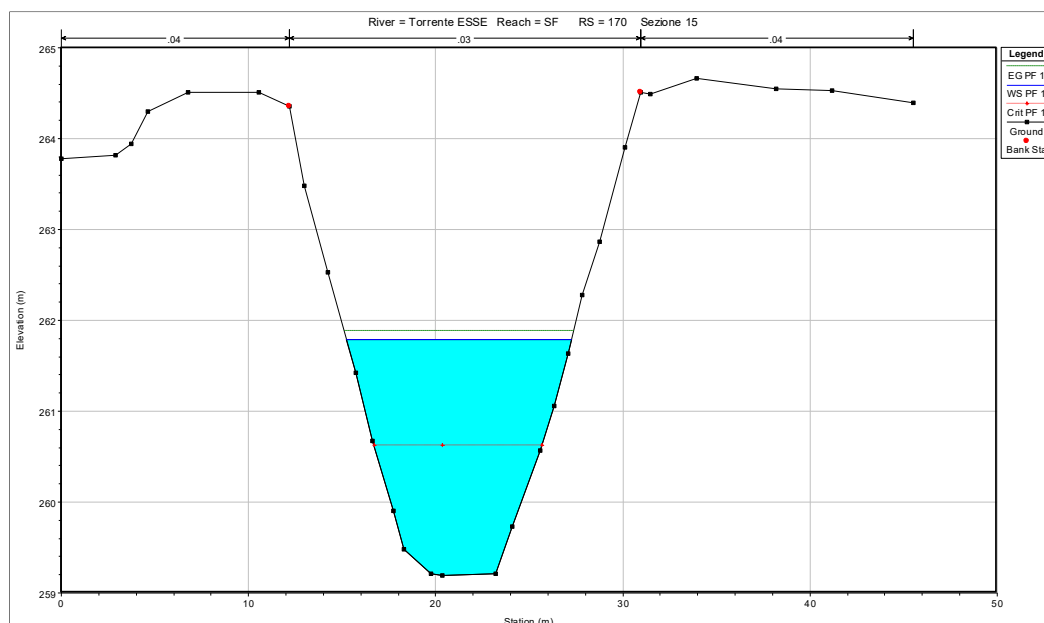
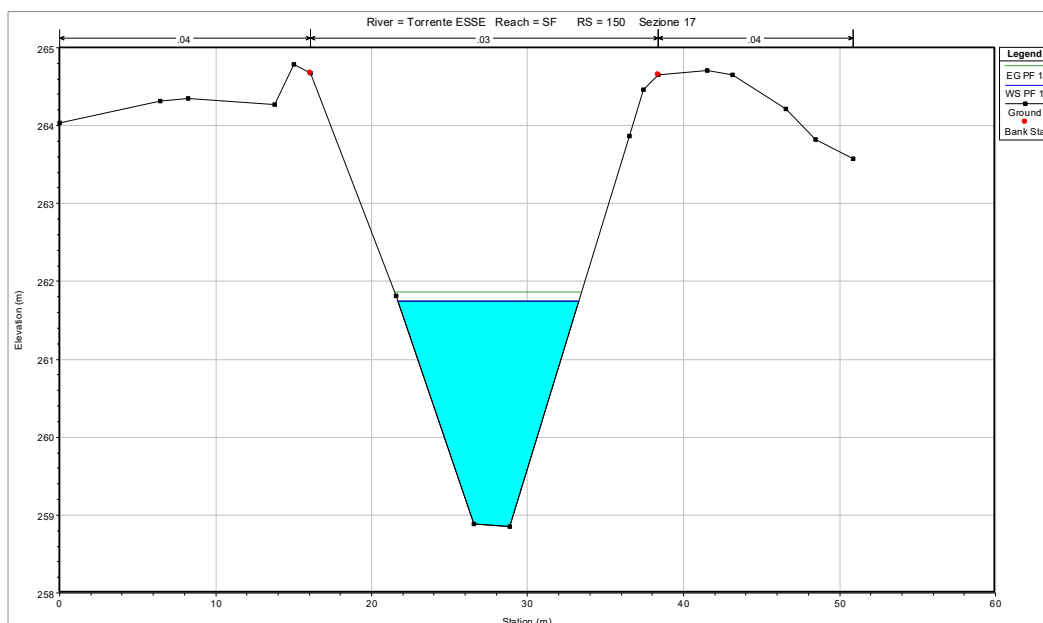
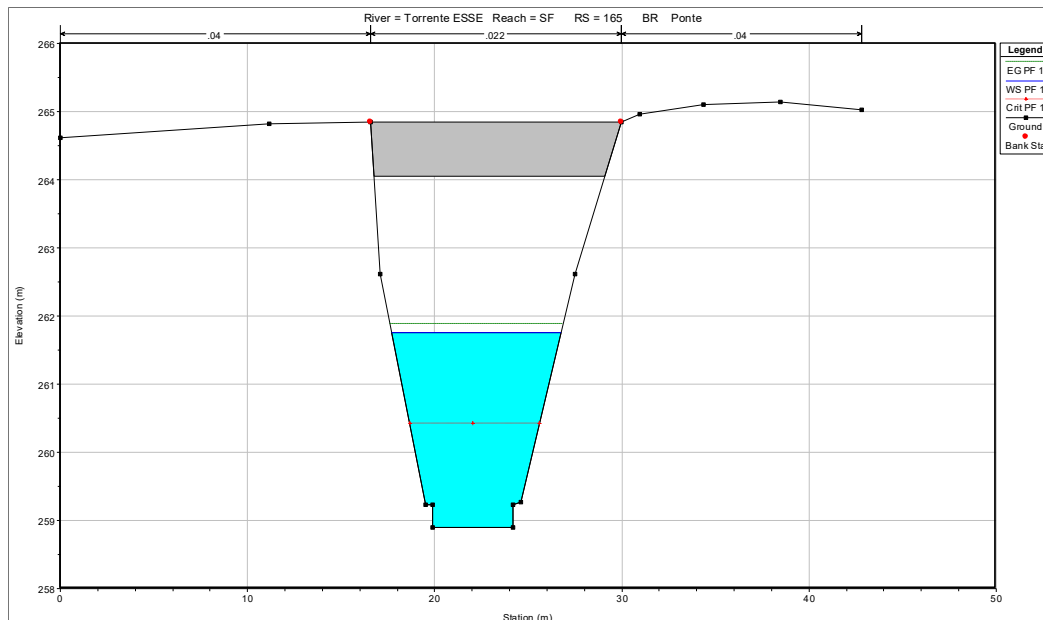


Fig. 21 – Sezione 15 RS=170.

 PROVINCIA DI AREZZO		LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL PONTE SUL TORRENTE LUNGO LA SP. 25 DELLA MISERICORDIA AL km 15+750 IN COMUNE DI MONTE SAN SAVINO	PROG. 2505	PAG. 26/27
			REV. A	DATA Maggio 2026

RELAZIONE IDRAULICA PER OPERE PROVVISORIALI



 PROVINCIA DI AREZZO		LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL PONTE SUL TORRENTE LUNGO LA SP. 25 DELLA MISERICORDIA AL km 15+750 IN COMUNE DI MONTE SAN SAVINO		PROG. 2505	PAG. 27/27
				REV. A	DATA Maggio 2026
				RELAZIONE IDRAULICA PER OPERE PROVVISORIALI	

5. CONCLUSIONI.

Dall'analisi dei risultati conseguiti con la modellazione idrodinamica monodimensionale del torrente Esse per la portata $Q=235 \text{ m}^3/\text{s}$ calcolata per tempo di ritorno $T_R=200$ anni su un tratto d'alveo della lunghezza di 500 m ca., esteso sia a monte che a valle dell'attraversamento sulla S.P. 25 "della Misericordia" oggetto di studio, si deduce che la corrente si mantiene sempre in condizioni subcritiche ($Froude < 1$), si denotano la formazione di un significativo rigurgito verso monte dovuto alla strozzatura del ponte ed il sormonto degli argini sia in destra che in sinistra idrografica. In corrispondenza al ponte tutta la sezione idraulica dell'attraversamento viene occupata dalla corrente liquida, con conseguente annullamento del franco (vedi Fig. 10) e sormonto del ponte stesso.

I risultati conseguiti con la modellazione idrodinamica per la portata $Q=54,7 \text{ m}^3/\text{s}$ avente tempo di ritorno $T_R=5$ anni evidenziano che la corrente si mantiene sempre in condizioni subcritiche ($Froude < 1$) ed i tiranti d'acqua sono contenuti all'interno delle sponde. La velocità della corrente raggiunge mediamente valori massimi di 2 m/s ca.; in corrispondenza dell'attraversamento (vedi anche Fig. 16 – RS 165) la superficie liquida dell'acqua raggiunge una quota pari a 262,55 m s.l.m.. Poiché la quota del fondo è pari a 258,85 m s.l.m. si sviluppa, pertanto, un tirante d'acqua di 3,70 ml e considerato che la luce tra sottotrave del ponte esistente (nel punto in chiave, a quota più elevata dell'arco) e il fondo alveo è pari a circa 5,20 ml, si deduce che **in queste condizioni rimane un franco libero pari a 1,50 ml.**

La verifica idraulica del ponte rimane invariata anche nel post-intervento, in quanto l'intervento di manutenzione straordinaria non va ad alterare la sezione idraulica in corrispondenza del ponte e non si alterano le condizioni morfologiche nelle sezioni di monte/valle.

Per mitigare al minimo gli effetti negativi qualora venisse segnalata una situazione di potenziale pericolo derivante dall'innalzamento del livello del corso d'acqua, si rimanda all'applicazione della Procedura Operativa G13 "Gestione Interruzioni della Viabilità", inserita nel contesto del Piano Provinciale di Protezione Civile approvato con Delibera del Consiglio Provinciale num. 5 del 19/02/2025, entrambi allegati alla presente.