

A.I.P.O.
AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO
UFFICIO OPERATIVO DI CASALE M.TO

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
(Dott. Ing. Antonio Arena)



Agenzia Interregionale per il Fiume Po

Ufficio Operativo di Alessandria
piazza Turati n.4 - 15121 Alessandria

**INTERVENTO DI RICALIBRATURA ALVEO FIUME PO
NEL CONCENTRICO DI CASALE MONFERRATO (AL)**

ai sensi delle D.G.R. Regione Piemonte n.44-5084 del 14.01.2002 e n.20-6961 del 01.06.2018
(Classifica A.I.Po: E-SPEC-871)

PROGETTAZIONE :

Dott. Ing. Chiara MAFFEI
Via Spagna n.102 - 13100 VERCELLI
tel. 329 3542169
e_mail: maffei.chiara@gmail.com
pec: chiara.maffei@ingpec.eu



PROGETTO ESECUTIVO

OGGETTO:

RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

DATA

08.10.2019

SCALA

-

ELABORATO

	VERSIONE	DISEGN.	VISTO	APPROVATO	ELABORATO <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block;">2</div>
0	EMISSIONE	C.M.	C.M.	C.M.	

INDICE

1. **Analisi idrologica: valutazione della portata di piena ordinaria (Q91)..... 2**
2. **Analisi idraulica: modellazione matematica del tratto di fiume oggetto di intervento 4**
3. **Analisi del deflusso della portata con tempo di ritorno 100 anni nella situazione di stato di fatto..... 25**



AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO - PARMA
DIREZIONE TERRITORIALE IDROGRAFICA PIEMONTE ORIENTALE
UFFICIO OPERATIVO DI CASALE MONFERRATO (AL)

**INTERVENTO DI RICALIBRATURA ALVEO FIUME PO
NEL CONCENTRICO DI CASALE MONFERRATO (AL)**

ai sensi delle D.G.R. Regione Piemonte n.44-5084 del 14.01.2002

e n.20-6961 del 01.06.2018

(Classifica A.I.Po: E-SPEC-871)

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE IDROLOGICA - IDRAULICA

1. Analisi idrologica: valutazione della portata di piena ordinaria (Q91)

Il presente capitolo si prefigge di determinare la portata di progetto da utilizzare nelle successive verifiche idrauliche.

In considerazione della tipologia degli interventi previsti in progetto: rimodellazione del fondo alveo consistente nella parziale rimozione di materiale litoide e nella successiva riallocazione in alveo si è assunta di concerto con l'Ente appaltante come portata di progetto la portata di piena ordinaria intesa come *la portata media giornaliera corrispondente alla Q91 ossia a quel valore di portata che viene raggiunto o superato per novantuno giorni l'anno.*

La metodologia utilizzata per la caratterizzazione idrologica della sezione fluviale sul Po a Casale Monferrato interessata dal progetto si basa sia sugli elementi di analisi storici, sia su dati più recenti, disponibili dalle stazioni di misura della rete di monitoraggio idrometrico della Regione Piemonte.

In considerazione delle necessità dell'Amministrazione si è reso necessario instaurare un confronto con le portate riportate nella Relazione Idrologica allegato alla domanda di concessione della centrale idroelettrica Idropadana.

Le portate defluenti sono state ricostruite con un bilancio idrologico sul tratto di Po da Torino a Casale Monferrato, utilizzando i dati di portata misurati, su base giornaliera, nelle stazioni della rete di monitoraggio regionale e le stime dei prelievi, su base mensile, dei canali irrigui.

STAZIONE	Po a Torino	Dora Riparia a Torino	Stura di Lanzo a Torino	Po a Castiglione	Malone a Brandizzo	Orco a S. Benigno	Po a Chivasso	Po a San Sebastiano	Dora Baltea a Verolengo	Po a Casale M.	Po a Isola S. Antonio
Superficie bacino (km ²)	5362	1325	883	7539	321	846	8975	9022	3888	13460	25857
Afflussi annui (mm)											
2012	813	757	1003	825	1114	1059		851	861	850	875
2011	977	1006	1201	998	1296	1284		1009	1046	946	1040
2010	1072	882	1395	1077	1455	1415		1127	1003	1094	1165
2009	955	816	1182	956	1237	1185		988	843	940	1016
2008	1094	1139	1631	1164	1416	1504	1204	1203	1158	1184	1177
2007	679	618	875	691	852	901	716	715	804	734	715
2006	692	727	1021	736	1006	1018	766		778	771	781
2005	720	636	915	724	730	889	735		662	706	727
2004	691	646	984	717	961	1106	762		911	803	796
Media (2004-2012)	829	783	1105	852	1101	1121	807	982	875	892	897
Media (2004-2006)	676	652	941	701	909	965	730		758	760	746
Media (1960-1990)	1000	891	1201		1200	1151			949		1000

Tabella 1 - Afflussi meteorici annui per le stazioni idrometriche di interesse

Con riferimento all'analisi di bilancio condotta sui dati disponibili per l'intero periodo recente 2004-2012, si ottengono i valori di portata caratteristica riportati nella seguente tabella:

	Q10	Q30	Q60	Q90	Q135	Q182	Q274	Q355
	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
Po a Casale M.	618,1	308,0	187,5	136,4	102,0	80,0	39,7	0,0

La portata assunta per le successive verifiche idrauliche è pari a **136.4 m³/s**.

2. Analisi idraulica: modellazione matematica del tratto di fiume oggetto di intervento

Nel presente capitolo viene descritto il modello matematico utilizzato per simulare il deflusso della portata di progetto corrispondente alla Q91 del tratto di Po oggetto dell'intervento in progetto.

La simulazione consiste nel definire la geometria delle sezioni idrauliche interessate e rilevanti ai fini dei calcoli idraulici, precisare i parametri fisici caratterizzanti le equazioni del moto e che governano il deflusso delle portate al fine di poter disporre di una serie di dati prodotti dal modello, tali da consentire la progettazione razionale degli interventi in progetto.

I dati ricavati dalle elaborazioni riguardano ciascuna sezione idraulica di deflusso considerata e in base al valore numerico espresso dalla singola variabile consentono la regolazione opportuna dell'entità dei parametri di progetto nel rispetto delle condizioni di sicurezza dell'ambiente circostante nonché della fruibilità del medesimo garantendo il mantenimento dell'equilibrio territoriale in loco.

Il modello di calcolo è stato realizzato utilizzando il software Hec-Ras nella versione 5.0.7.

Il modello è strutturato per calcolare i profili di superficie libera in moto permanente gradualmente vario (in senso spaziale e non temporale) in alvei prismatici e non-prismatici.

Entrambi i tipi di corrente, lenta e veloce, possono essere calcolati così come le conseguenze di diverse tipologie di accidentalità e strutture di cui si conosca la relazione fra carico e portata defluente.

Il modello è comunque vincolato nel suo utilizzo da tre condizioni:

- poiché le equazioni non contengono termini dipendenti dal tempo, il moto deve essere permanente;
- il moto deve essere gradualmente vario in senso spaziale poiché le equazioni ipotizzano la distribuzione idrostatica delle pressioni in seno alla corrente;
- il moto è monodimensionale.

Per meglio comprendere il funzionamento del modello idraulico utilizzato è opportuno fornire una sintesi delle potenzialità e dei fondamenti teorici che stanno alla base del calcolo dei profili di moto permanente e che sono implementati nel modello stesso.

Al fine di calcolare la quota del pelo libero incognita in una determinata sezione tra-versale

del corso d'acqua è stata adottata la procedura di calcolo nota come Standard Step Method, consistente nell'integrazione dell'equazione di bilancio energetico.

Le due equazioni che proponiamo rappresentano il metodo di cui sopra:

$$WS_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = WS_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

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

dove:

WS1, WS2 = quota del pelo libero fra due sezioni di calcolo

V1, V2= velocità media

α_1, α_2 = coefficienti energetici moltiplicativi della velocità

g = accelerazione gravitazionale

he = perdita di carico

L = distanza fra le sezioni trasversali

Sf = pendenza media

C = coefficiente di perdita per contrazione o espansione

Ulteriore punto fondamentale nella comprensione del funzionamento del modello idraulico è la suddivisione della massa liquida defluente in unità elementari per le quali la velocità è distribuita uniformemente.

Individuata la sezione trasversale del corso d'acqua attraverso la griglia dei punti x (distanze progressive dall'ascissa $x = 0$) e y (quote m s.l.m. relative ai punti definiti alle varie progressive), nelle aree golenali le unità elementari di deflusso coincidono con la suddivisione creata dalle progressive all'interno della sezione trasversale.

Nel canale principale di deflusso (o alveo di magra ordinaria) la massa liquida defluente non viene suddivisa tranne nel caso in cui si conferiscano più valori di scabrezza differenti in alveo.

In funzione del numero di differenziazioni del valore della scabrezza saranno individuate corrispondenti unità di deflusso.

La capacità di deflusso per ciascuna suddivisione è pertanto calcolata con la seguente espressione:

$$K = \frac{1,486}{n} aR^{2/3}$$

dove:

K = capacità di deflusso per unità elementare

n = coefficiente di Manning per la scabrezza dell'unità elementare

a = area di deflusso dell'unità elementare

R = raggio idraulico per l'unità di deflusso elementare.

La capacità totale di deflusso per la sezione trasversale è ottenuta per sommatoria delle singole capacità relative alle unità in cui la sezione è stata scomposta.

Seguendo questi criteri logici, sono state collocate lungo il tratto di corso d'acqua in oggetto le sezioni trasversali utilizzate per la simulazione del comportamento del medesimo in relazione al deflusso della portata di progetto Q91.

Le sezioni considerate sono in numero di 10 per un tratto complessivo di corso d'acqua analizzato pari a 1000 metri circa, come riportato negli elaborati grafici allegati alla documentazione progettuale. La schematizzazione geometrica dell'alveo è stata costruita in modo da ottenere una buona rappresentazione del deflusso della portata di progetto, tenendo conto delle caratteristiche geometriche del corso d'acqua.

Le ipotesi di calcolo per il tracciamento del profilo di moto permanente consistono nella valutazione della quota di partenza del profilo assunta coincidente con la quota della portata in condizioni di moto uniforme per la sezione di valle. Le simulazioni idrodinamiche sono state condotte in moto permanente in modalità monodimensionale, date le caratteristiche di propagazione della corrente di piena nel tratto canalizzato in analisi.

La condizione al contorno nella sezione di valle in uscita dal modello è costituita dalla scala di deflusso determinata in condizioni di moto uniforme utilizzando il software HEC-RAS, opportunamente tarata sulla base dei risultati del progetto della centrale Idropadana. La quota di moto uniforme, calcolata utilizzando il programma HEC-RAS, risulta per la sezione di valle pari a 104.28 m s.l.m.m.

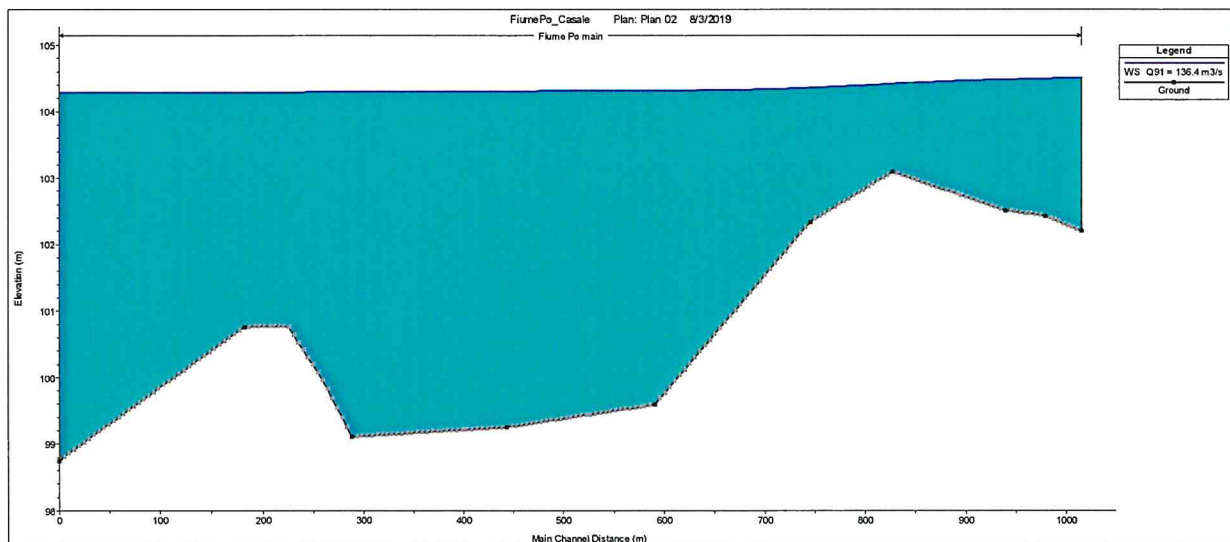
I valori di scabrezza inseriti nel modello corrispondono a coefficienti medi di scabrezza di Strickler rispettivamente pari a $26 \text{ m}^{1/3} / \text{s}$ per l'alveo inciso e pari a $20 \text{ m}^{1/3} / \text{s}$ per le aree golenali.

Di seguito si allegano le tabelle e le figure che illustrano la simulazione relativa allo stato attuale con un'individuazione del profilo di corrente che si instaura.

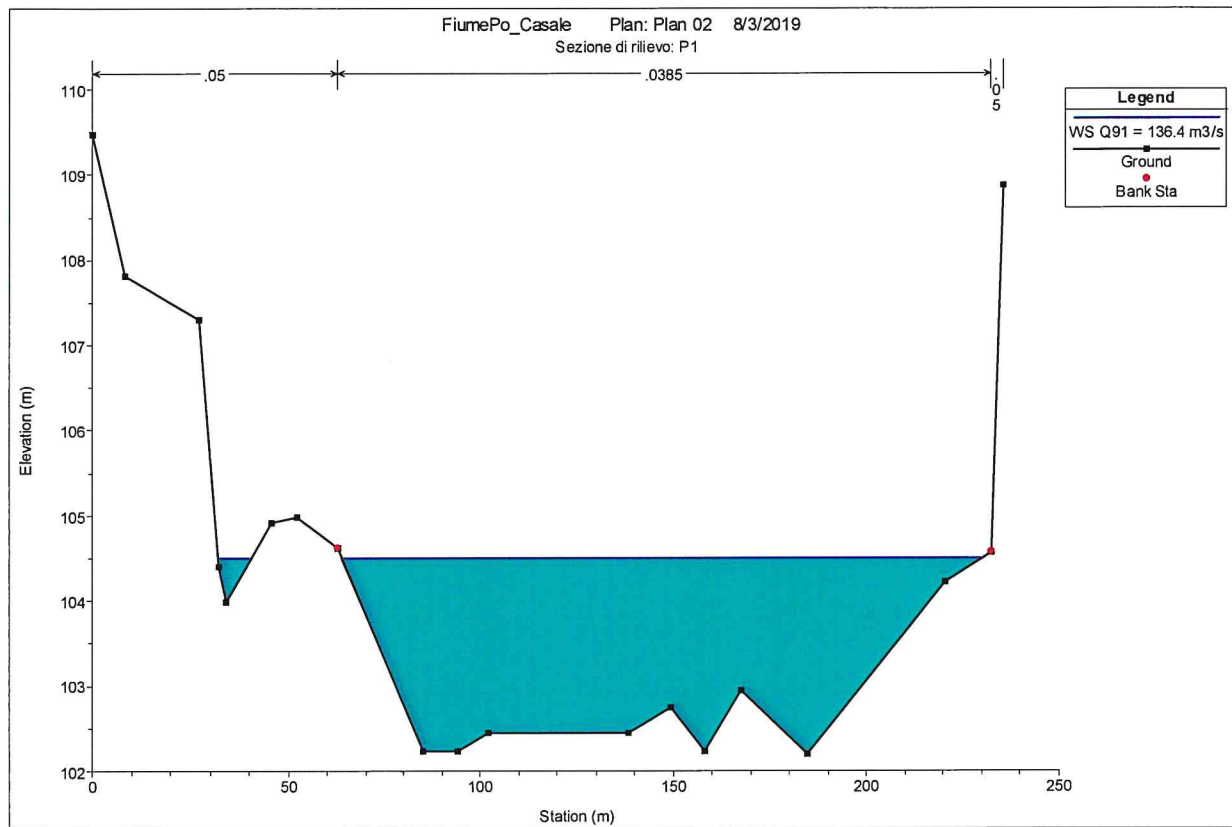
Sezioni rilievo	River Sta	MinCh El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	VelChnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
P1	9	102.2	104.51		104.52	0.000185	0.49	277.87	175.27	0.12
P2	8	102.43	104.49		104.51	0.000318	0.57	240.77	181.76	0.16
P3	7	102.51	104.48		104.5	0.000314	0.6	259.64	215.89	0.16
P4	6	103.09	104.42		104.44	0.000814	0.77	210.02	279.43	0.24
P5	5	102.34	104.35		104.38	0.000743	0.86	186.55	174.38	0.24
P6	4	99.59	104.31		104.33	0.000173	0.64	266.29	151.58	0.13
P7	3	99.25	104.3		104.31	0.000082	0.45	364.98	161.49	0.09
P8	2	99.11	104.29		104.3	0.000041	0.44	470.41	172.85	0.07
P9	1	100.76	104.29		104.29	0.000058	0.34	412.48	199.66	0.07
P10	0	98.75	104.28	100.43	104.28	0.000021	0.3	563.88	202.3	0.05

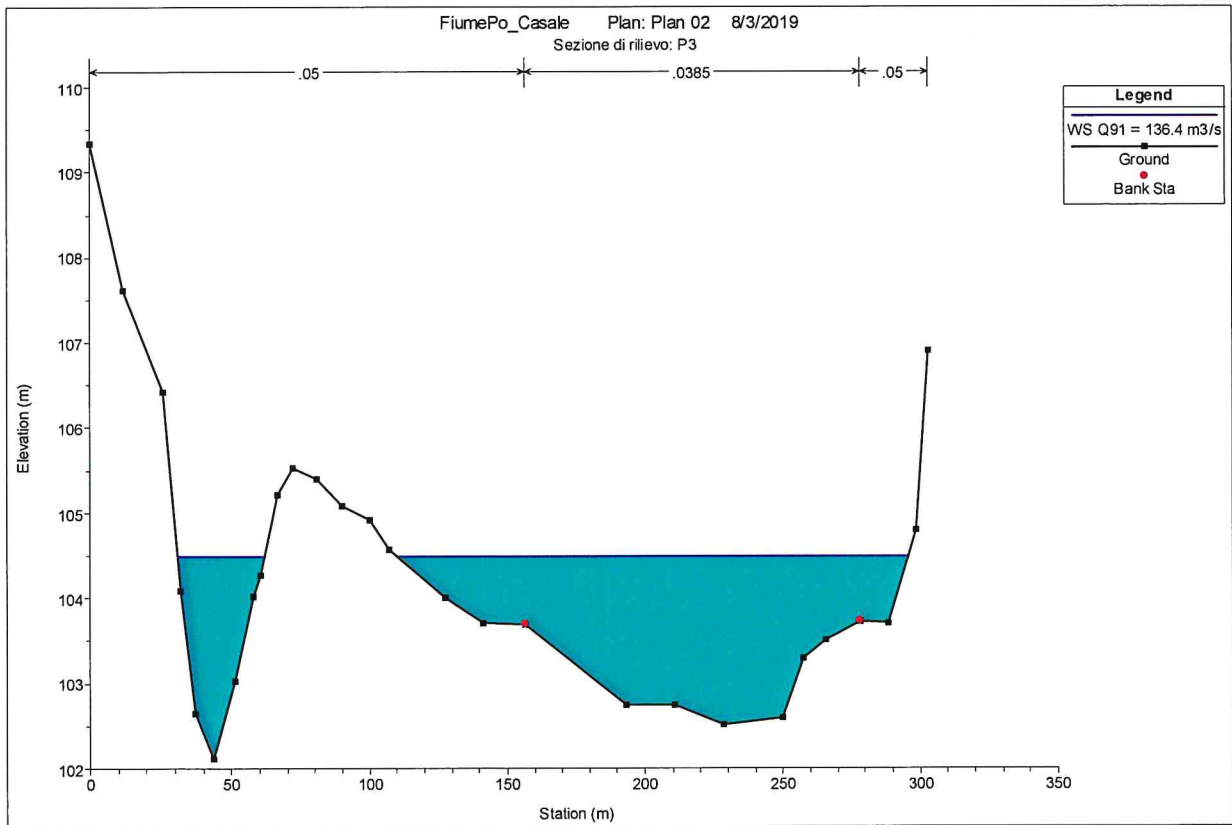
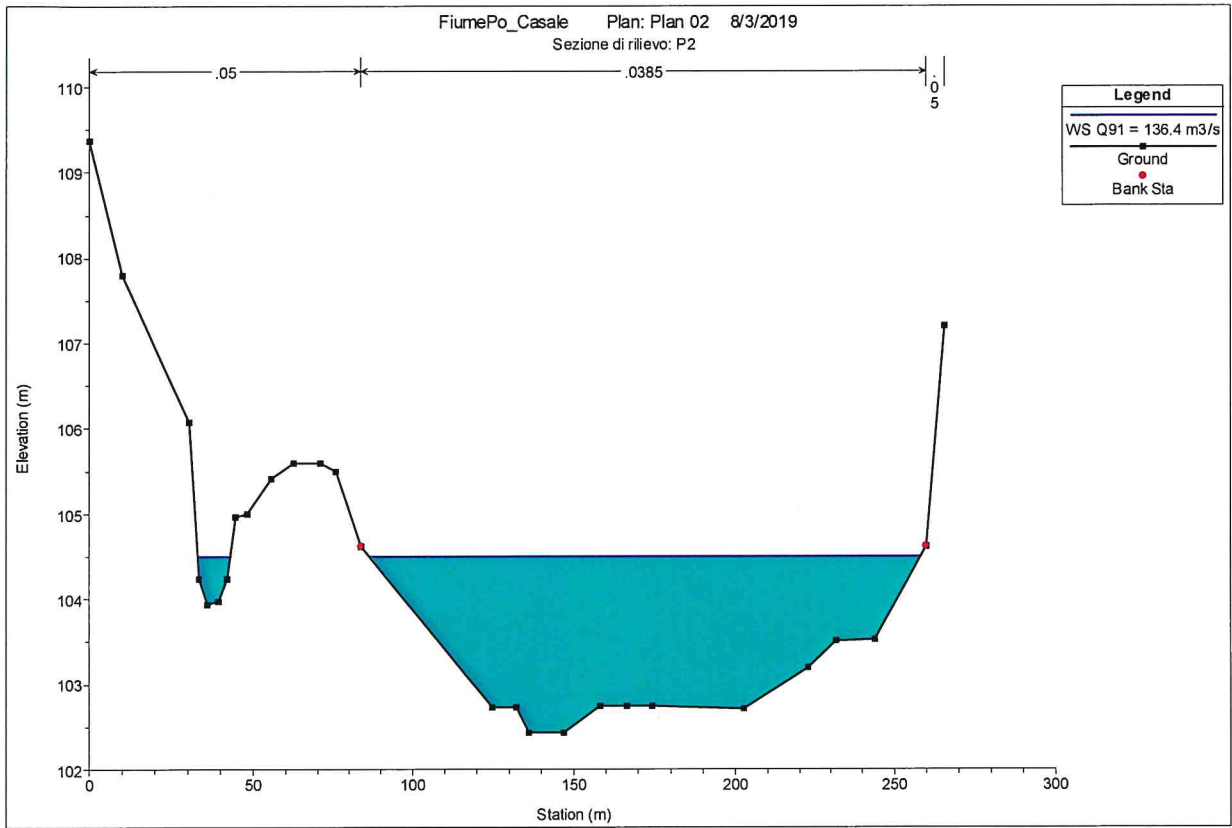
Tabella 2 - Simulazione di stato attuale per portata pari a 136.4 m³/s

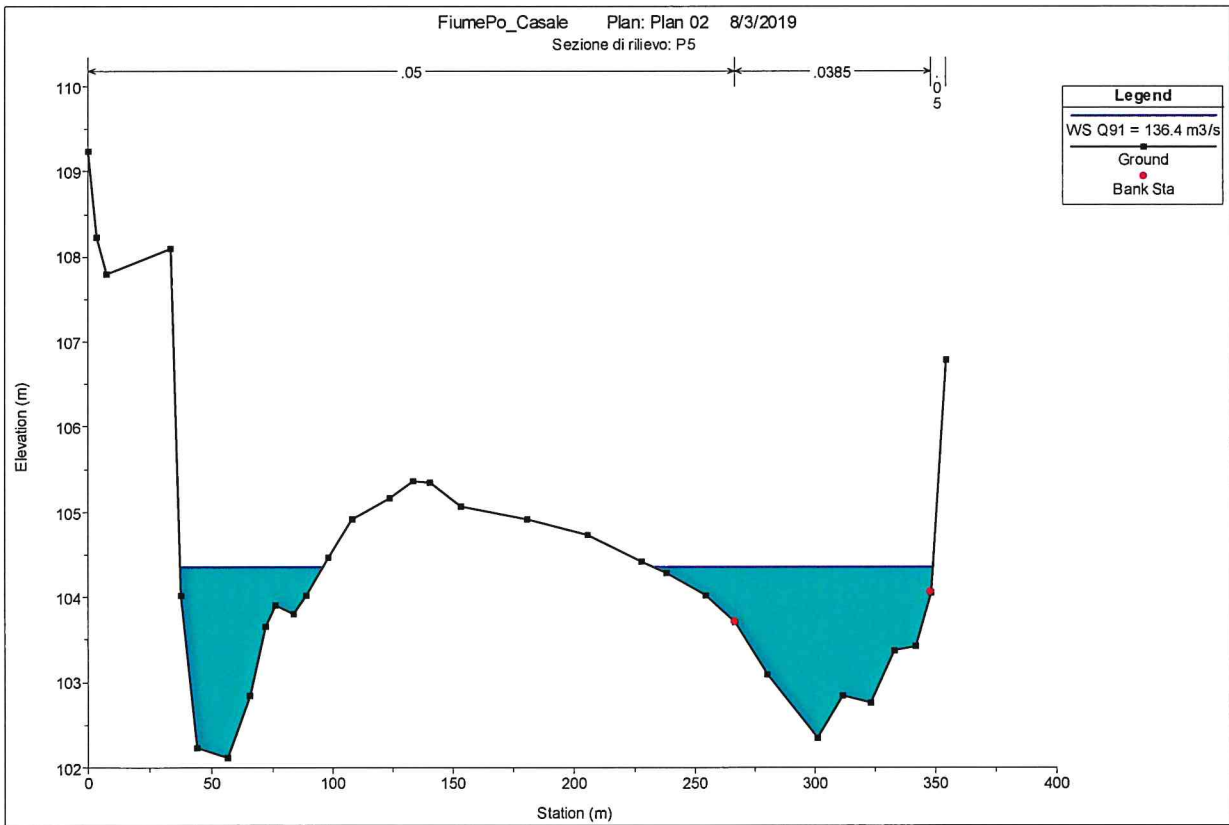
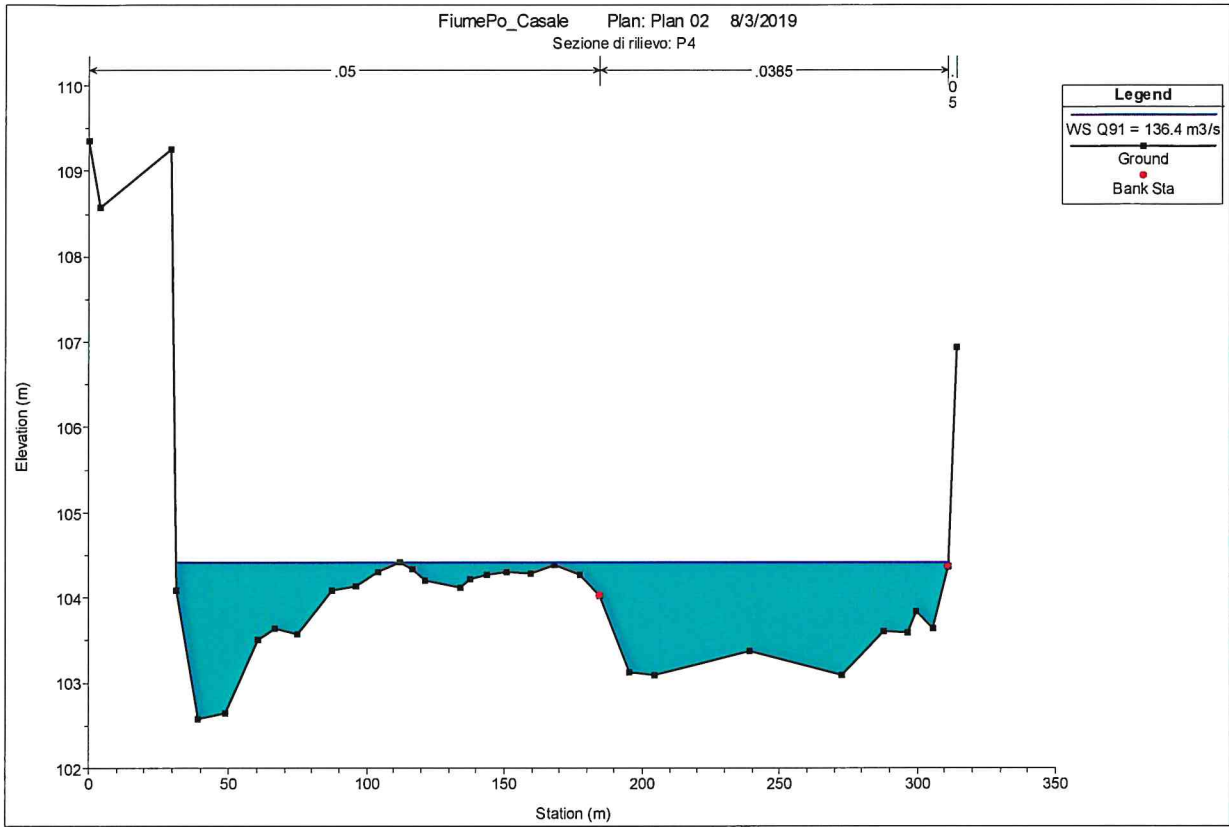
Profilo idrometrico di stato attuale per portata pari a 136,4 m³/s

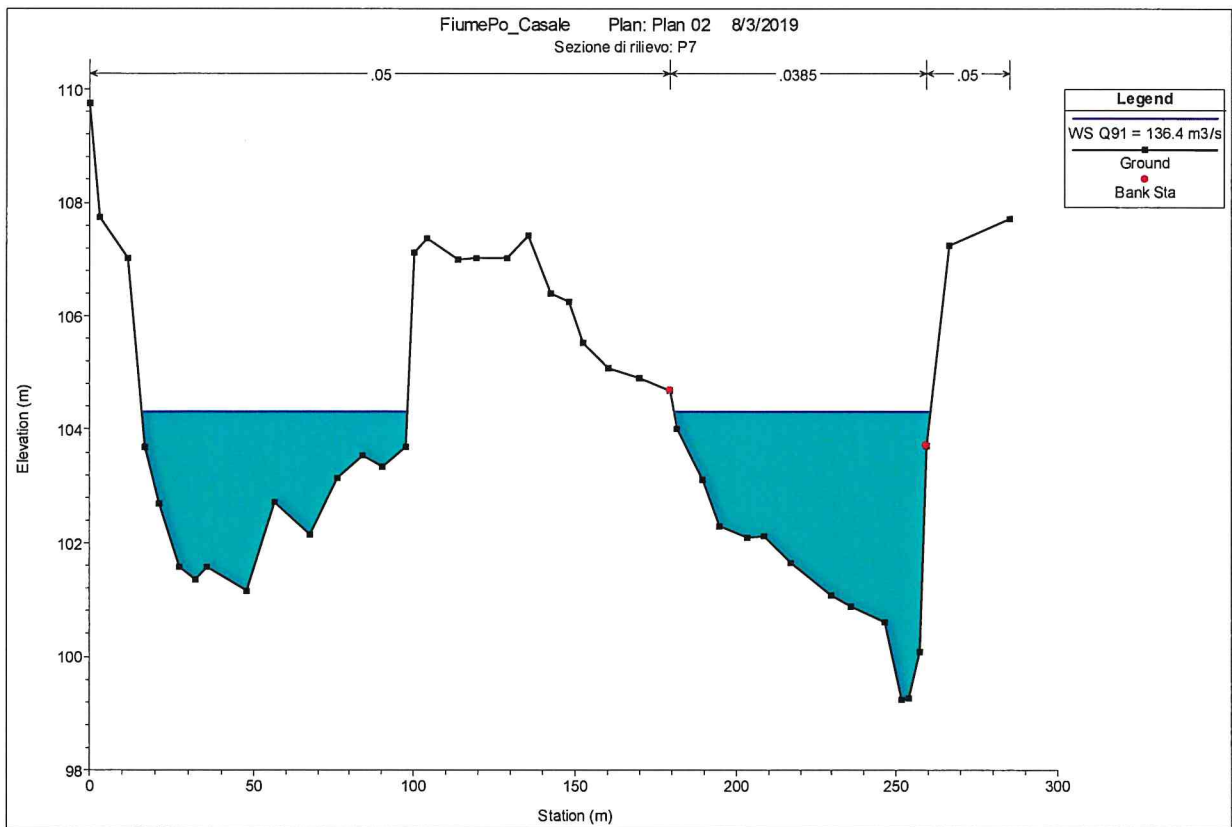
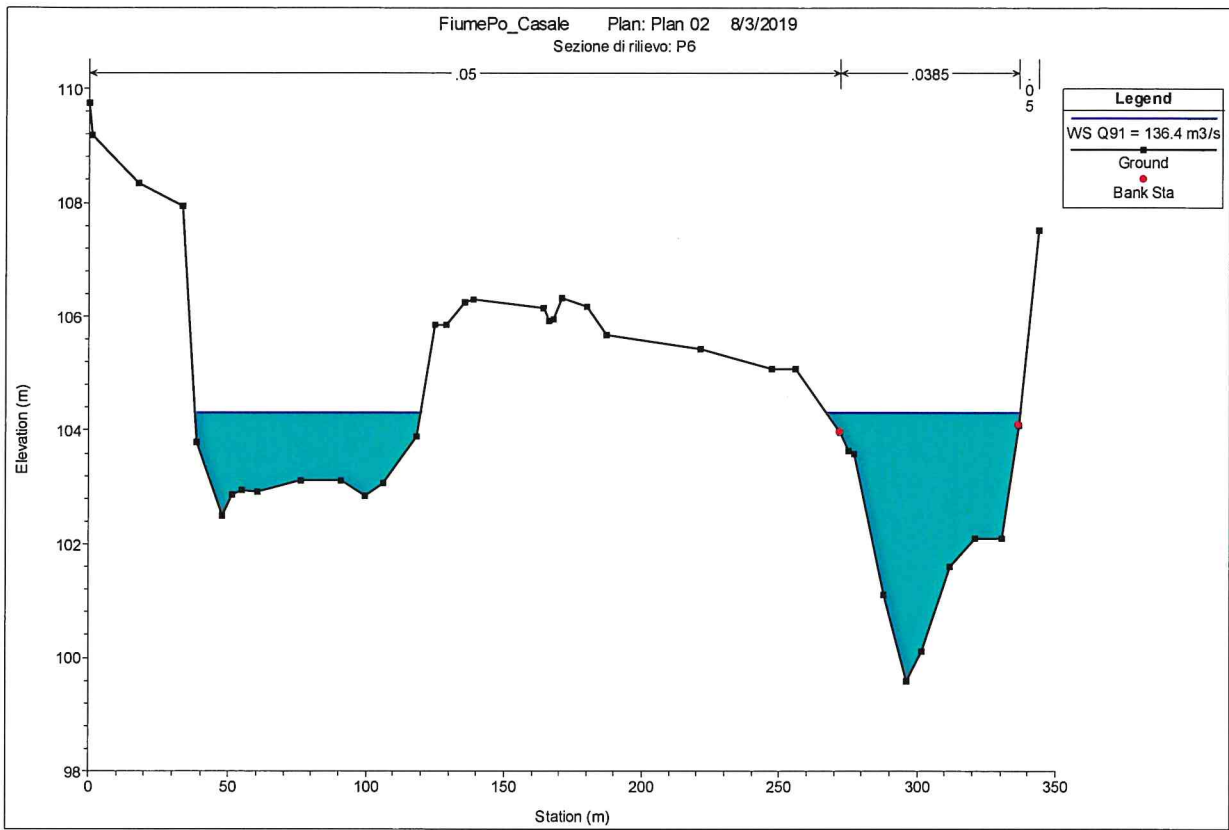


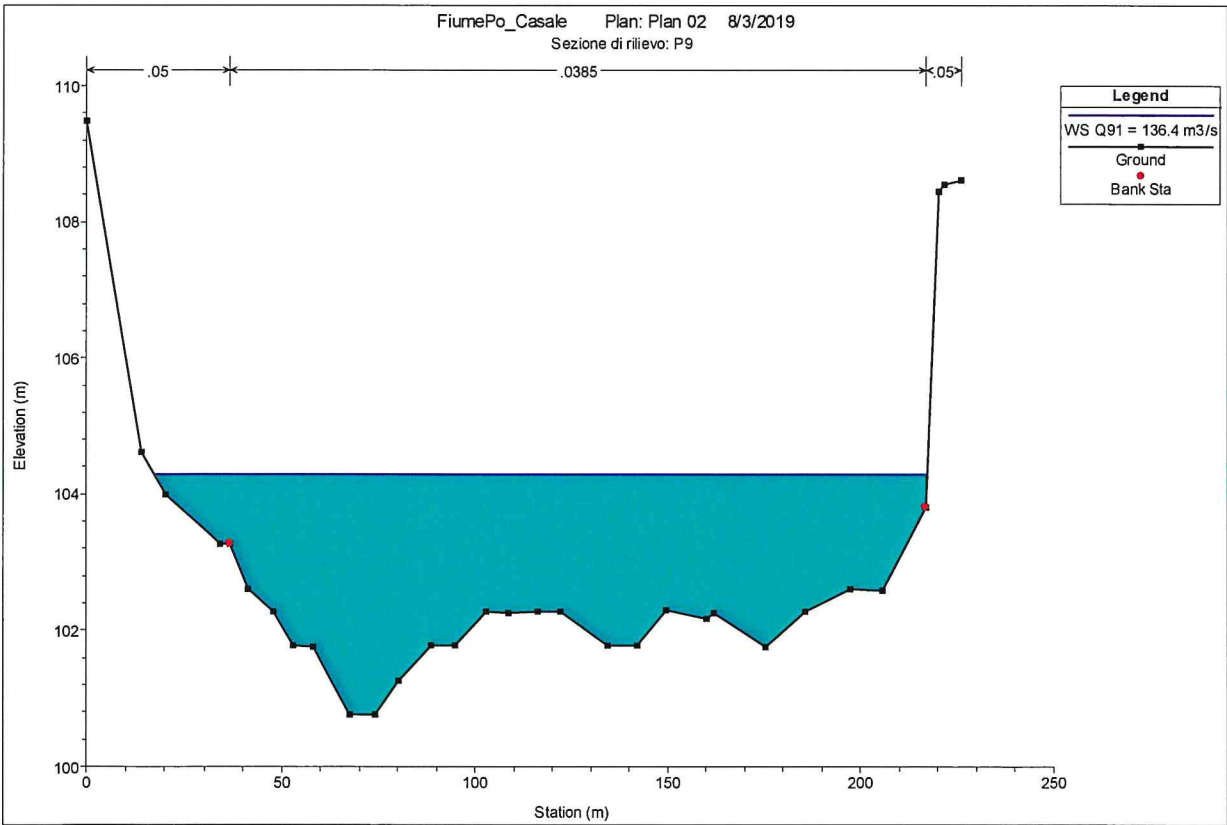
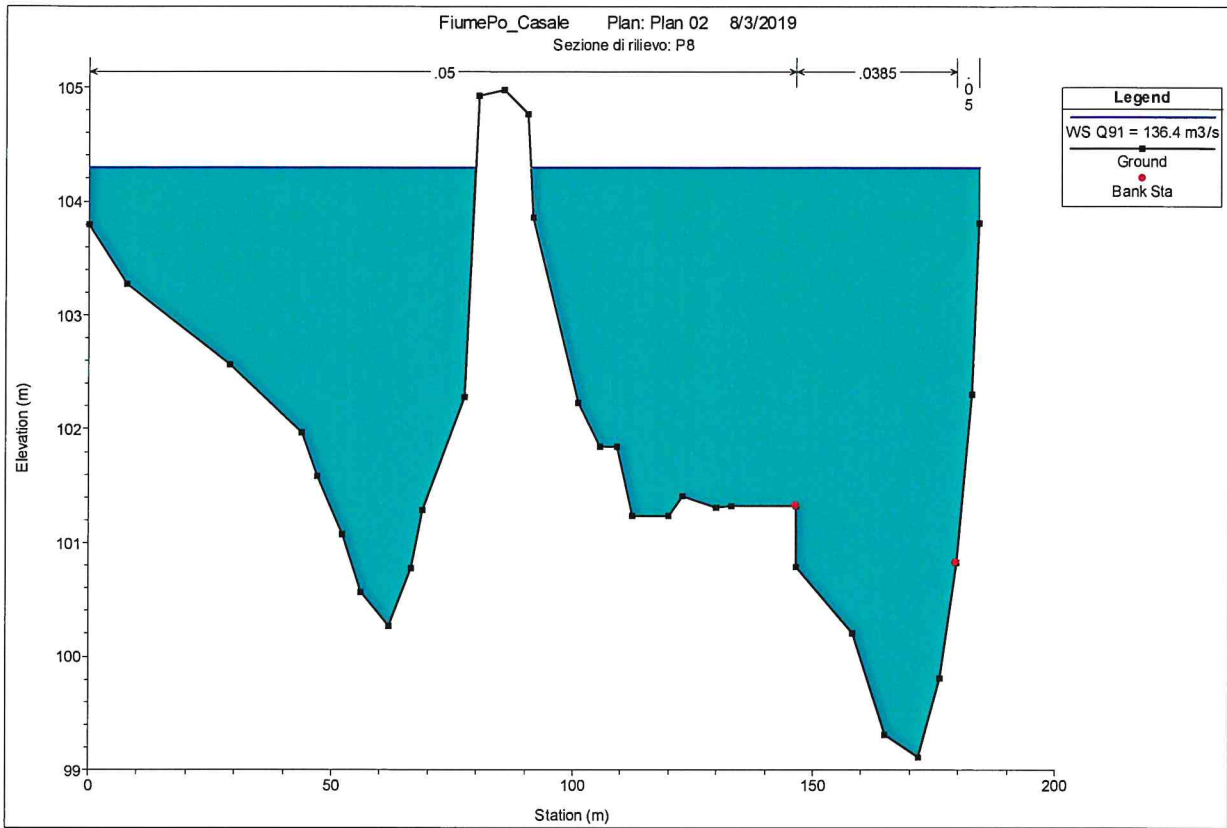
Sezioni trasversali e livelli di piena
relativi alla simulazione di stato attuale per portata pari a 136,4 m³ /s

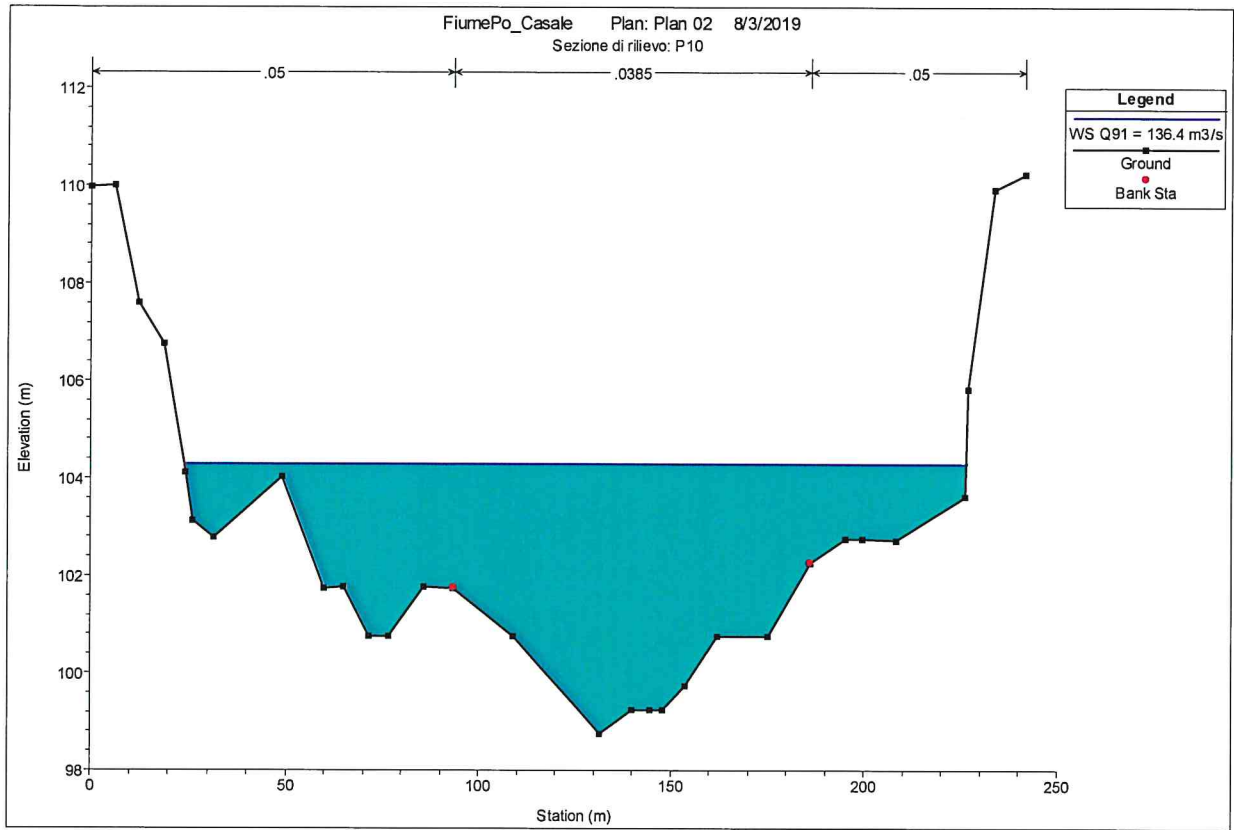








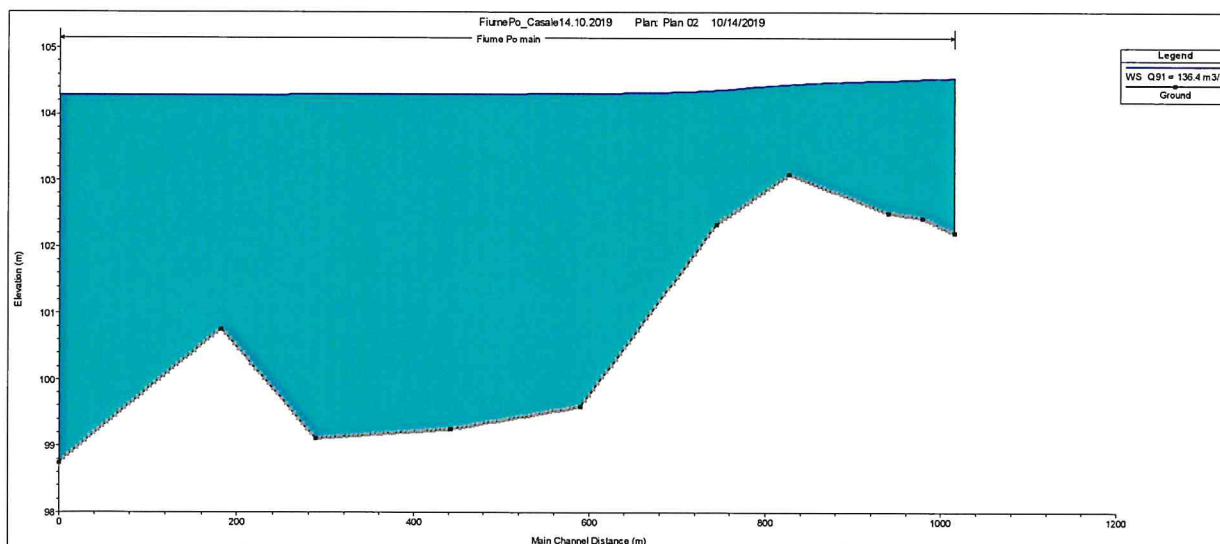




Di seguito si allegano le tabelle e le figure che illustrano la simulazione relativa alla condizione di progetto con un'individuazione del profilo di corrente che si instaura.

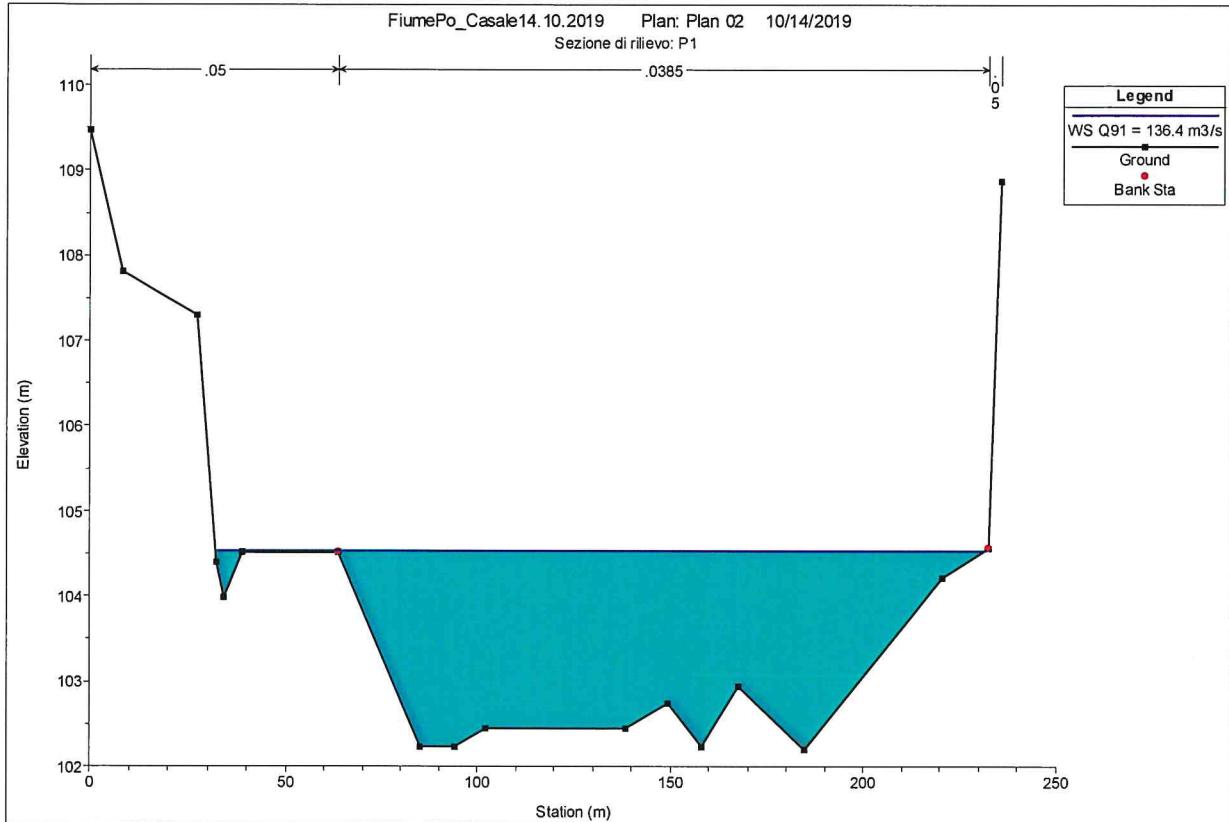
Sezioni rilievo	River Sta	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
P1	9	102.20	104.54		104.55	0.000176	0.49	283.71	199.33	0.12
P2	8	102.43	104.53		104.54	0.000297	0.56	247.83	225.32	0.15
P3	7	102.51	104.51		104.53	0.000331	0.63	266.86	264.98	0.16
P4	6	103.09	104.44		104.47	0.000809	0.78	217.62	279.96	0.24
P5	5	102.34	104.35		104.40	0.001069	1.03	187.02	311.40	0.28
P6	4	99.59	104.31		104.32	0.000181	0.65	263.80	151.42	0.13
P7	3	99.25	104.30		104.30	0.000082	0.45	364.58	161.46	0.09
P8	2	99.11	104.29		104.29	0.000035	0.35	473.81	174.01	0.06
P9	1	100.76	104.28		104.29	0.000058	0.34	412.31	199.65	0.07
P10	0	98.75	104.28	100.43	104.28	0.000021	0.30	563.88	202.30	0.05

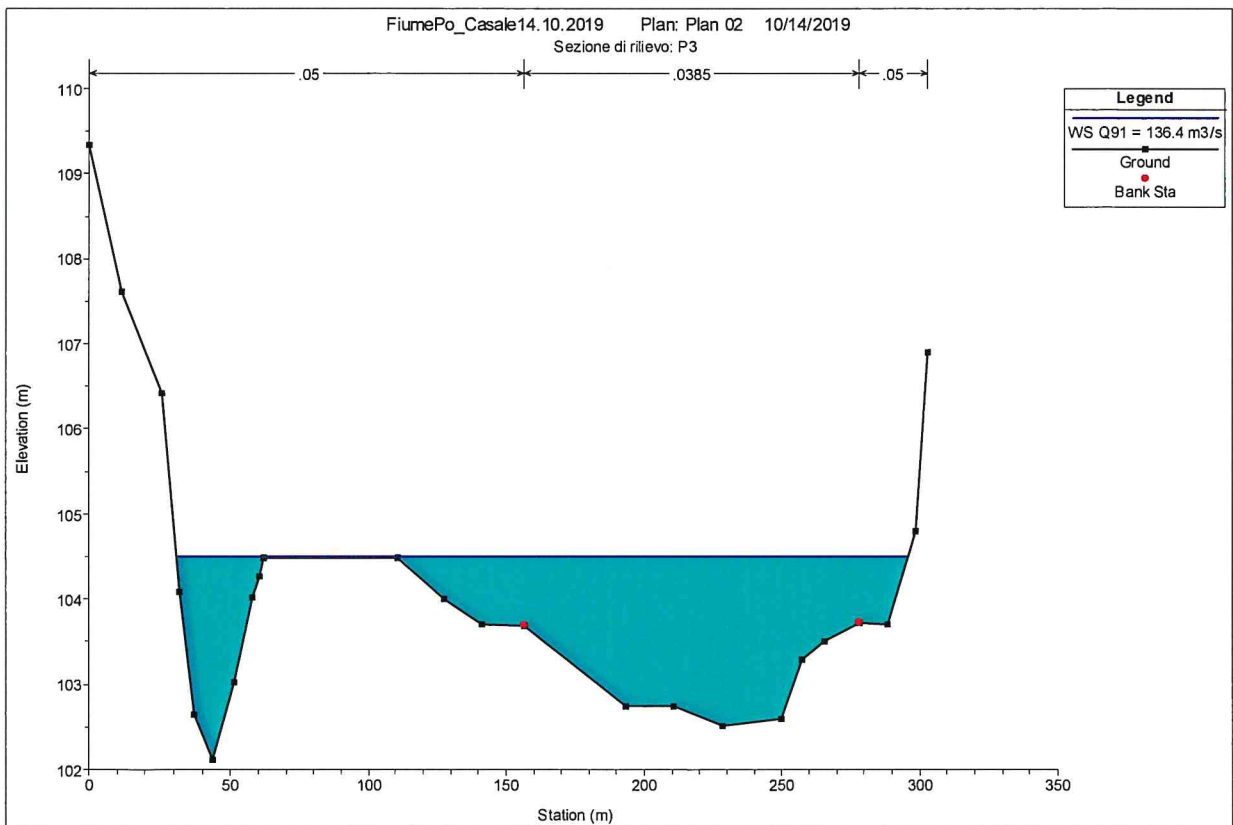
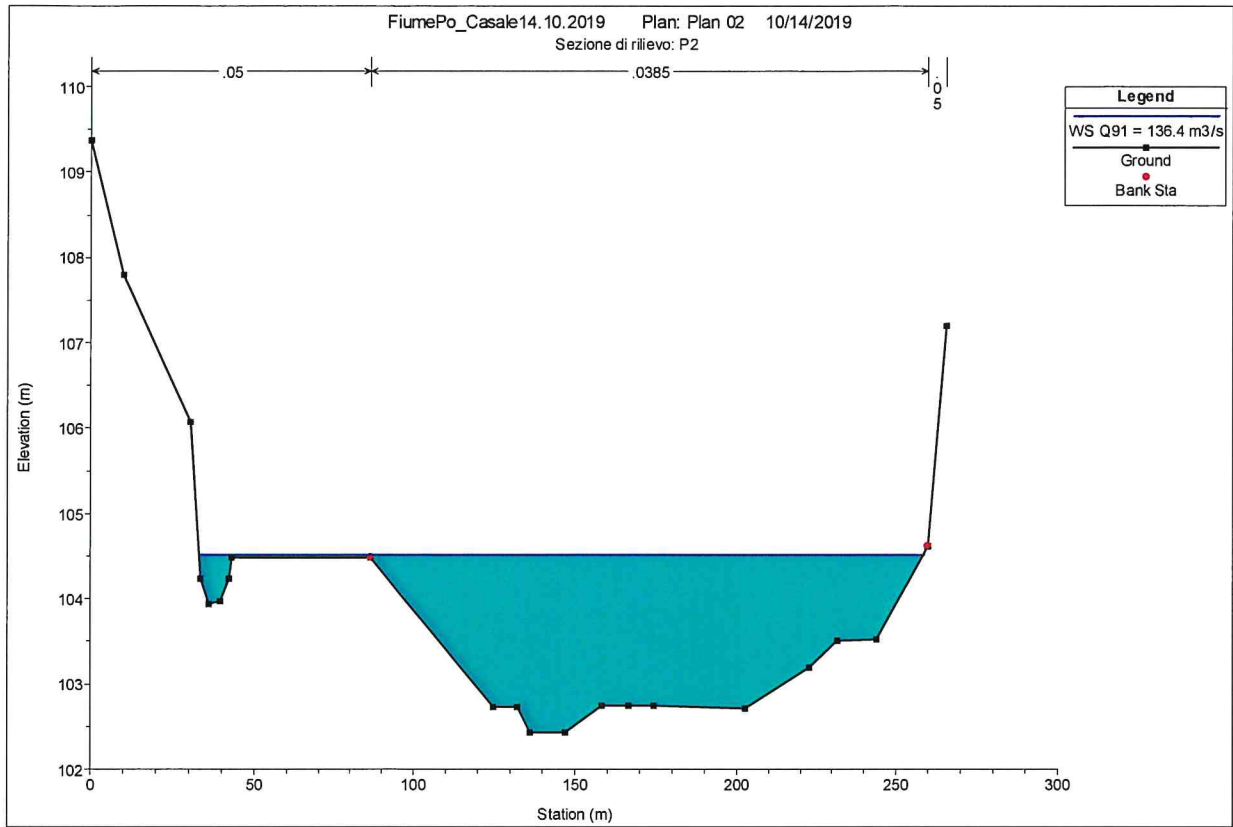
Profilo idrometrico della condizione di progetto per portata pari a 136,4 m³ /s

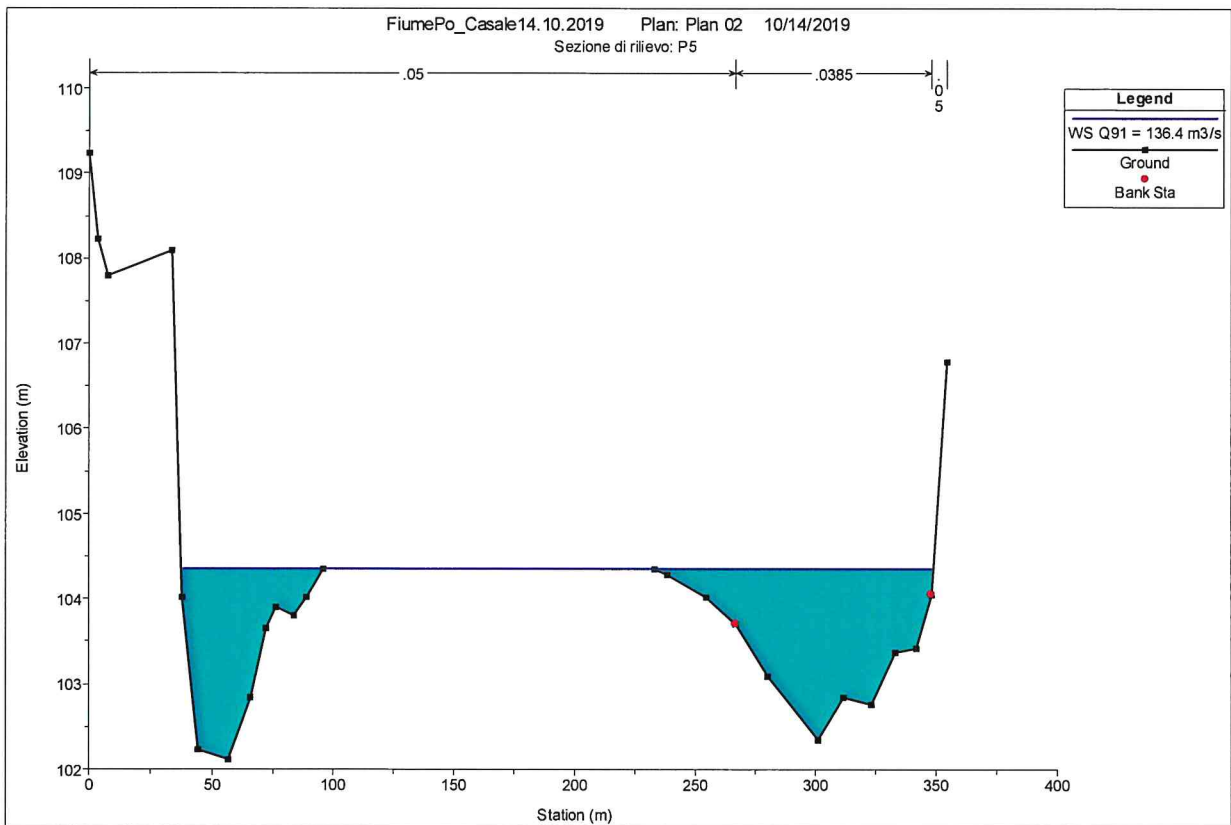
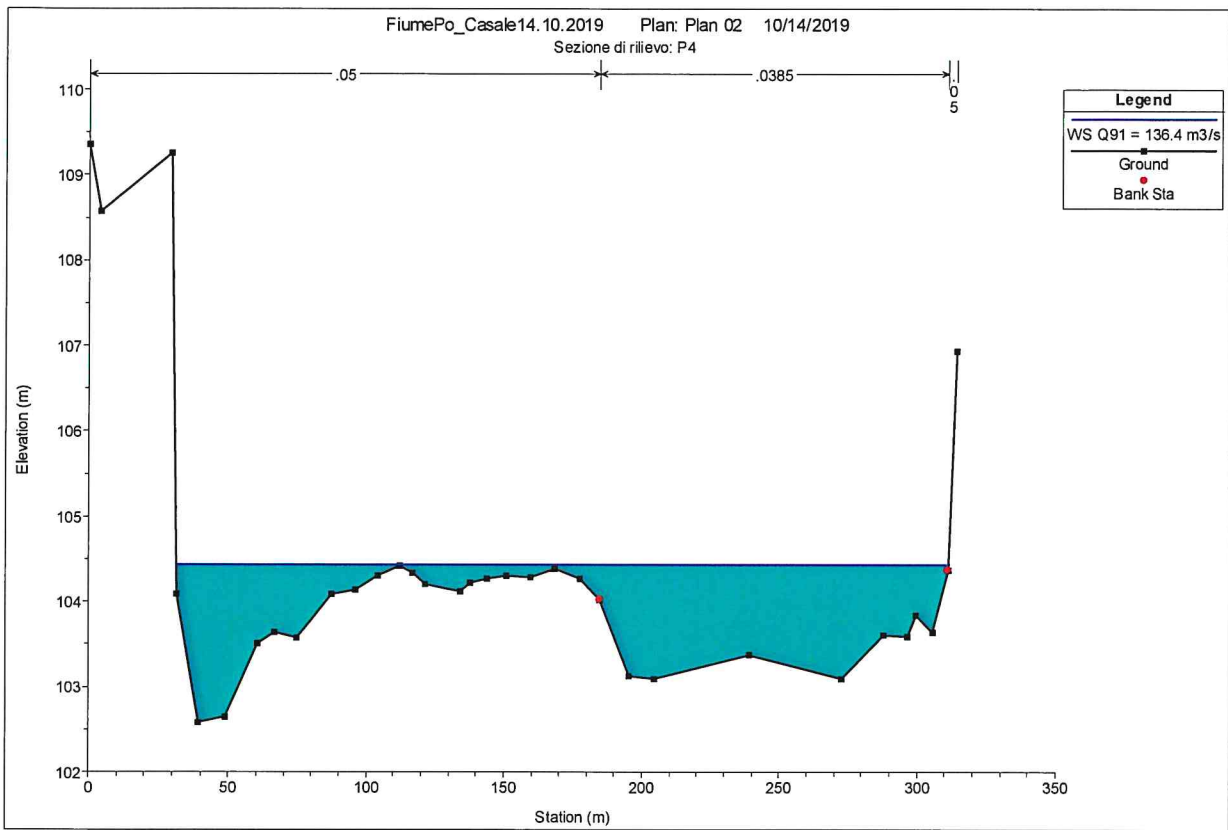


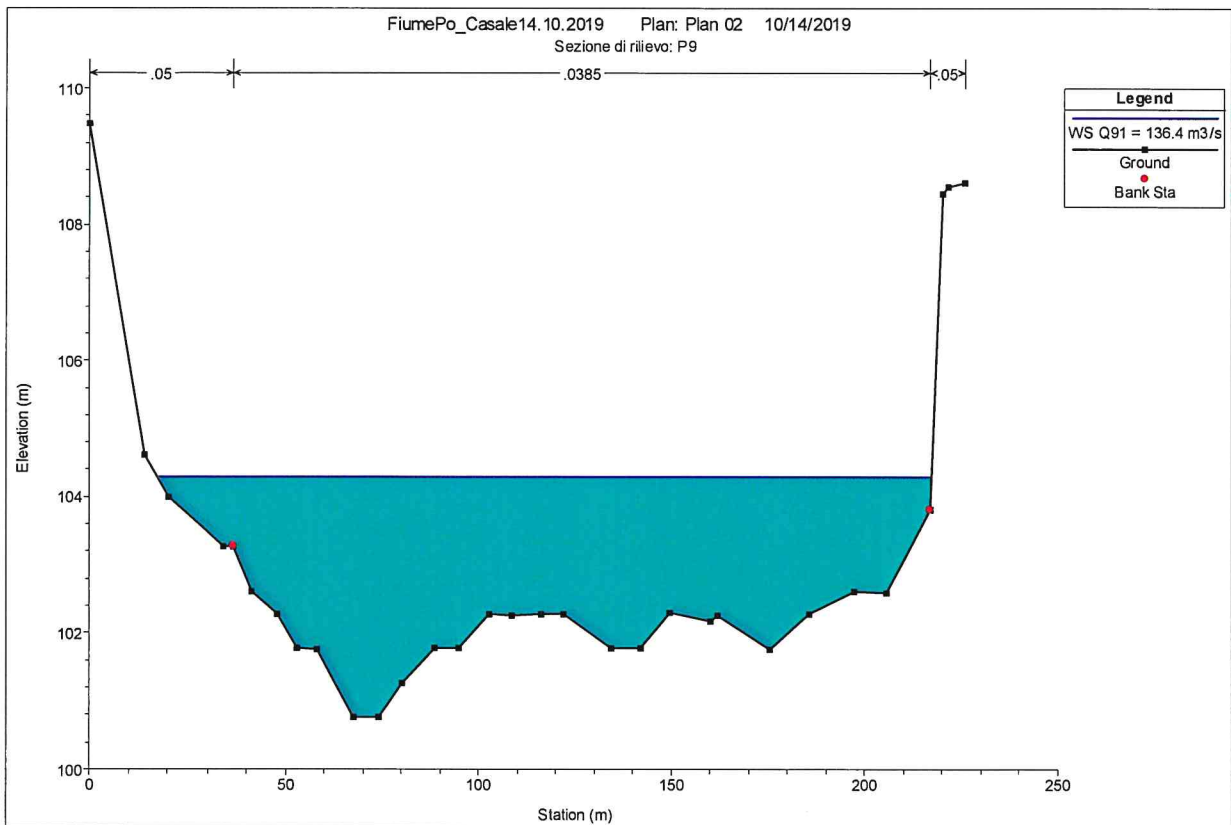
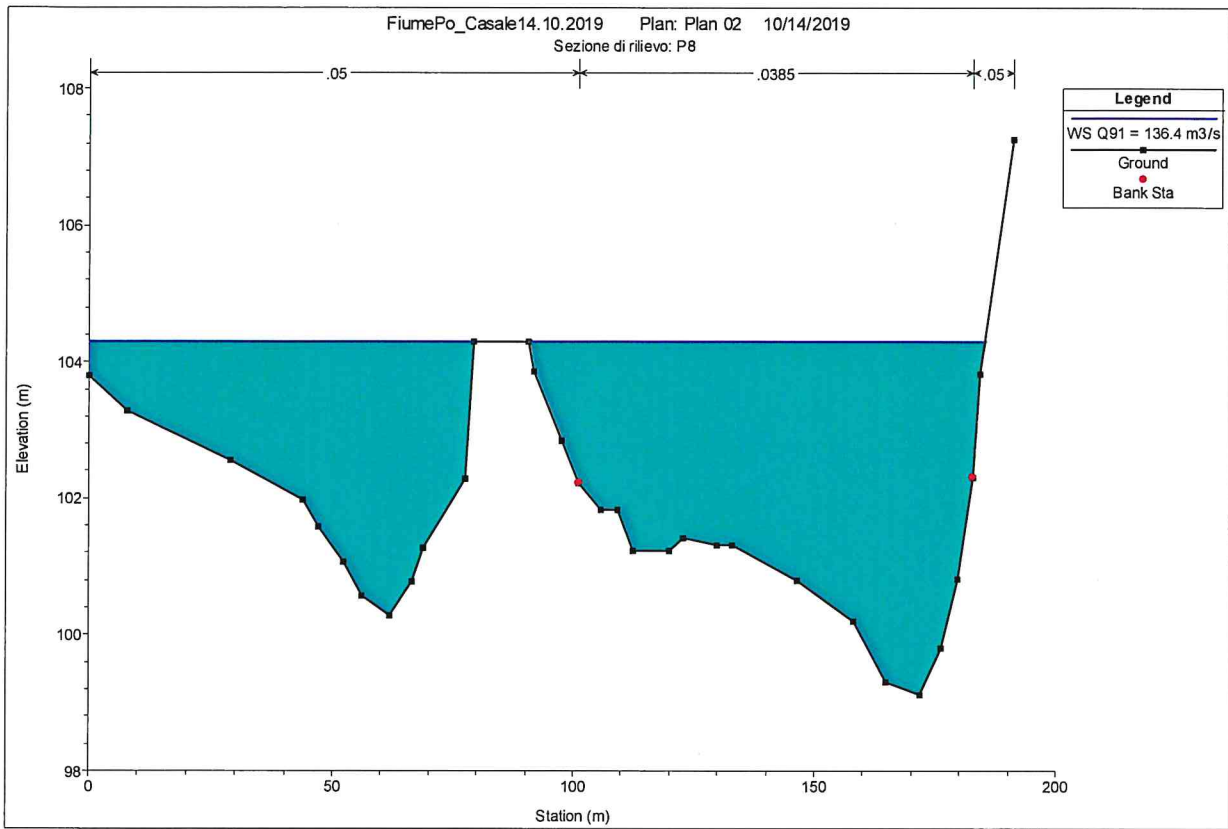
Sezioni trasversali e livelli di piena

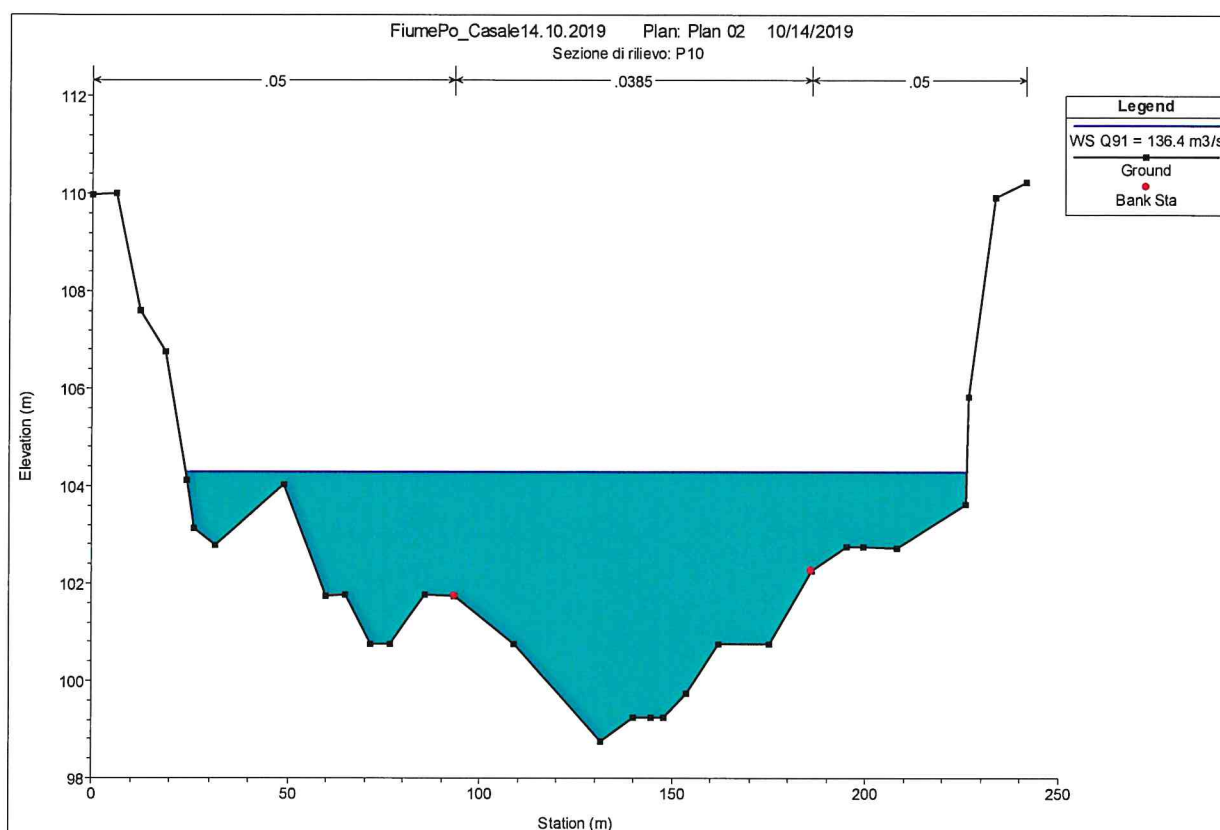
relativi alla simulazione della condizione di progetto per portata pari a $136,4 \text{ m}^3/\text{s}$











La tabella a seguire confronta i livelli ottenuti dal modello numerico delle due condizioni di stato di fatto e di progetto.

Sezioni di rilievo	Sezioni di calcolo	Livelli idrici condizione di:		Diff. rel. prg-sf [%]
		stato di fatto [m s.l.m.m.]	progetto [m s.l.m.m.]	
P1	9	104.51	104.54	1.30
P2	8	104.49	104.53	1.94
P3	7	104.48	104.51	1.52
P4	6	104.42	104.44	1.50
P5	5	104.35	104.35	0.00
P6	4	104.31	104.31	0.00
P7	3	104.30	104.30	0.00
P8	2	104.29	104.29	0.00
P9	1	104.29	104.28	-0.28
P10	0	104.28	104.28	0.00

Dal confronto dei valori di tirante idrico relativi ai profili di moto permanente nelle due condizioni esaminate, si osserva che l'intervento in progetto produce una minima differenza relativa dei livelli idrici, comportando comunque un miglioramento delle condizioni idrauliche di deflusso, seppur questo non fosse obiettivo di progetto.

La corrente esercita sul materiale solido un'azione dinamica che tende a rimuovere il materiale e a trasportarlo verso valle, la soglia di innesco del moto per i sedimenti di data granulometria dipende oltre che dalla natura del materiale stesso dalle caratteristiche idrodinamiche della corrente. La forza di trascinamento della corrente è valutabile rispetto a dei valori soglia che possono essere definiti in relazione allo sforzo tangenziale o alla velocità limite di inizio del moto.

La Relazione Tecnica del Programma Generale di Gestione dei Sedimenti alluvionali dell'alveo del Fiume Po – Stralcio: confluenza Stura di Lanzo – Confluenza Tanaro redatta dall'Autorità di Bacino del Fiume Po fornisce elementi per l'analisi delle dinamiche morfologiche dell'alveo e di trasporto solido conseguente quantificandolo sia in termini planimetrici che volumetrici.

Sulla scorta delle analisi proposte dalla citata Relazione Tecnica, utilizzando i risultati della modellazione idraulica effettuata nel tratto oggetto di intervento, è stato possibile stimare l'entità della portata solida nel tratto in parola. Le velocità locali nel tratto esaminato sono molto basse (variabili da 0.3 a 0.9 m/s) con una velocità media nel tratto di circa 0.6 m/s.

La stima della portata solida è stata effettuata ricorrendo alle più ricorrenti formulazioni utilizzate nella pratica professionale stante l'esito incerto della determinazione della stessa.

La portata solida è stata stimata riferendosi a condizioni di deflusso medie estrapolate dalla modellazione di progetto. In particolare, la pendenza del fondo alveo è stata assunta al valor medio di 0.0023, la velocità in alveo pari al valor medio di 0.6 m/s, il raggio idraulico al valore medio di 1.3 m, peso specifico del materiale litoide 26000 N/m³.

Il diametro caratteristico di riferimento assunto nei calcoli è pari al d50 desunto dalle curve granulometriche riportate in figura; il valore assunto è pari a 18 mm.

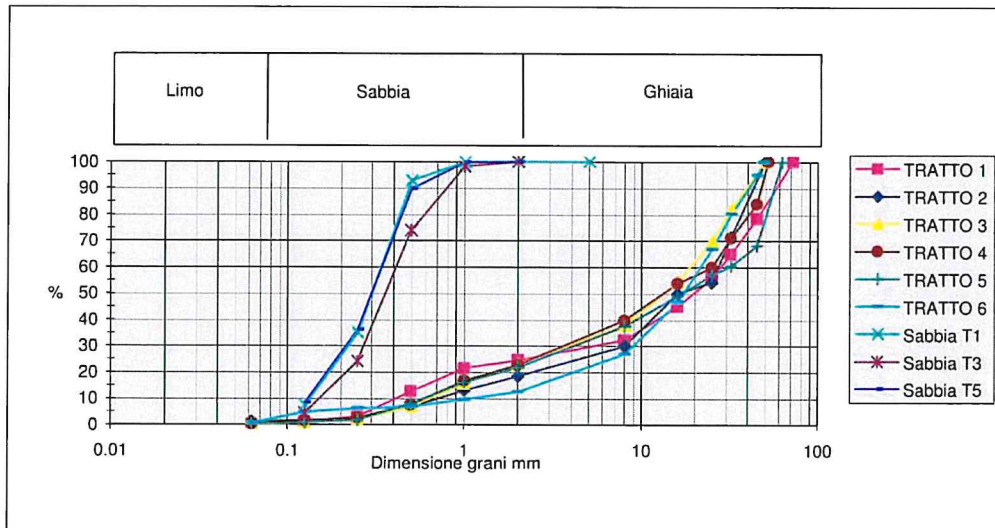


Figura 2.10 - Diametri caratteristici dei sedimenti dell'alveo e relative curve di regressione. Le etichette di valori esterni all'area del grafico corrispondono alla frazione ghiaiosa presente nei tratti 1 e 2.

Figura 1 - Estratto da: Programma Generale di Gestione dei Sedimenti alluvionali dell'alveo del Fiume Po – Stralcio: confluenza Stura di Lanzo – Confluenza Tanaro, Relazione Tecnica, Autorità di Bacino del Fiume Po

La tensione tangenziale τ è:

$$\tau = \gamma_w R_H i = 29.33 \frac{N}{m^2}$$

mentre il valore della tensione tangenziale critica τ_{cr} è stato calcolato riferendosi alla formula di Shields:

$$\tau_{cr} = 0.06(\gamma_s - \gamma_w)d = 17.49 \frac{N}{m^2}$$

La portata liquida in massa è:

$$q = \rho_w K_S h^{2/3} i^{1/2} h = 1857 \text{ kg}/(s, m)$$

avendo assunto $K_S=25 \text{ m}^{1/3}/s$.

La portata solida per unità di larghezza della forma è stata calcolata ricorrendo a diverse formulazioni stante l'incertezza dei metodi di determinazione della stessa. Per scrupolo si ricorda come il trasporto solido reali riguardi, oltre i granuli di diametro d , anche quelli di diametro minore.

- Formula di Meyer-Peter

$$q_s = (2.5q^{2/3}i - 42.5d)^{3/2} = 0.033 \text{ kg}/(s, m)$$

- Formula di Du Boys

$$q_s = C_S \tau (\tau - \tau_{cr})$$

L'espressione del parametro C_s che esprime l'attitudine del materiale ad essere trasportato è stata fatta ricorrendo alle due formule di Straub:

1.

$$C_s = \left(\frac{6.9012}{d^{0.75}} \right) \cdot 10^{-6} = 7.897 \cdot 10^{-7} \text{ kg/(s, m)}$$

2.

$$C_s = \frac{5.4 \cdot 10^{-2}}{\gamma_s - \gamma_w} = 3.335 \cdot 10^{-6} \text{ kg/(s, m)}$$

Le portate corrispondenti ai rispettivi parametri C_s sono quindi: 0.73 e 3.07 kg/(s, m)

Un'ulteriore impostazione è dovuta a Shields:

$$\frac{q_s}{q} = 10 \frac{\tau - \tau_{cr}}{\tau_{cr}} \Phi(Re^*) i \frac{\gamma_w}{\gamma - \gamma_w} = 5.7 \cdot 10^{-4} \text{ kg/(s, m)}$$

al rapporto testé calcolato corrisponde quindi ad una portata solida di 1.05 kg/(s, m).

Dei quattro valori di portata solida calcolati solo gli ultimi tre risultano comparabili come ordine di grandezza, si è pertanto stimato il valore di portata solida come media di detti valori. La portata solida risulta essere pari a 1.6 kg/(s, m).

La citata Relazione Tecnica riporta una suddivisione dell'asta del Fiume Po per tratti omogenei. L'area ove sono previsti gli interventi in progetto ricade nel tratto 4.

<<Il "tratto omogeneo 4" corrisponde all'incirca al "tronco geomorfologico B", compreso tra la località "S. Maria" (progressiva 157 circa) e Casale Monferrato, zona monte (progressiva 181 circa). Questo tratto è caratterizzato da alveo di magra monocursale a meandri, ad ampio raggio di curvatura, impostato al margine collinare, terziario, del Monferrato. L'alveo di magra presenta estesi affioramenti del substrato pre-quadernario (terziario) sul suo fondo. Le forme di fondo e le relative sponde appaiono impostate omogeneamente in depositi ghiaioso-sabbiosi. Localmente, anche per tratti relativamente estesi, la sponda destra risulta impostata direttamente nel substrato terziario, affiorante al piede del margine collinare e spesso interessato da fenomeni di erosione (pseudo-calanchivi) e gravitativi relativamente intensi. Le caratteristiche sostanziali di questo tratto sono di seguito sintetizzate:

SINTESI TRATTO 4° - Intervallo temporale di osservazione = 1982 - 2002	
	TOTALE EROSIONE (mc) = 5.351.371
	TOTALE DEPOSITO (mc) = 2.133.447
	BILANCIO (EROSIONE-DEPOSITO) (mc) = 3.217.924
TOTALE SPONDE STABILI O CON TENDENZA ALLA STABILIZZAZIONE (mc) =	0
TOTALE BARRE STABILI O CON TENDENZA ALLA STABILIZZAZIONE (mc) =	832.673
TOT. DEPOSITI DI CANALE STAB. O CON TENDENZA ALLA STABILIZZ. (mc) =	0
TENDENZA (volume movimentabile per sottrazione dalle barre mobili) (mc) =	856.786
TENDENZA (volume in ingresso per erosione di sponda in cond. ordinarie) (mc) =	381.994
Vol. annuo movimentabile (trasporto) per sottrazione dalle barre mobili (mc/anno) =	42.839
Volume annuo in ingresso per erosione di sponda in cond. ordinarie (mc/anno) =	19.100
Volume annuo sottratto al sistema per deposito di barra o canale stabile (mc/anno) =	-41.634
Volume annuo sottratto al sistema per accrezione di sponda (mc/anno) =	0

Tabella 2.4 - Volumi dinamiche evolutive tratto 4 – intervallo 1982 – 2002

Figura 2 - Estratto da: Programma Generale di Gestione dei Sedimenti alluvionali dell'alveo del Fiume Po – Stralcio: confluenza Stura di Lanzo – Confluenza Tanaro, Relazione Tecnica, Autorità di Bacino del Fiume Po

- *il volume di materiale complessivamente eroso dalle sponde e attraverso la rimobilizzazione delle barre, nel periodo complessivamente esaminato, risulta pari a circa 5.350.000 metri cubi, di cui 2.500.000 circa (47%) derivano dalla rimobilizzazione di forme di fondo (barre) e ben 2.900.000 mc circa dalla erosione di sponde (53%). Questo dato evidenzia, rispetto ai tratti precedenti, una maggiore “mobilità laterale” del corso d’acqua, documentata da un deciso incremento degli apporti solidi derivanti da fenomeni di erosione spondale. Il comportamento di questo tratto è giustificato dalla presenza del substrato lapideo pre-quaternario, affiorante sul fondo alveo, che ne vincola la relativa quota di fondo. Infatti, la “mobilità verticale” dell’alveo, in un determinato intervallo di tempo e in una data sezione, appare confinata intorno ad una quota di equilibrio tra processi di deposito (che incrementano la quota di fondo) e processi di erosione (che asportano il sedimento precedentemente depositato);*
- *il volume complessivamente depositato ammonta a 2.100.000 metri cubi circa, da cui risulta un bilancio “erosione – deposito” fortemente positivo (forme di fondo e sponde in condizioni di sostanziale erosione);*
- *il 67% circa del materiale complessivamente eroso dalle sponde e dalle barre risulta essere stato mobilizzato in condizioni di regime straordinario;*
- *il volume complessivo dei depositi stabilizzati o in via di stabilizzazione nell’intero*

periodo di osservazione è pari a circa il 39% del totale. Tale dato evidenzia che, nonostante i fenomeni di erosione si manifestino prevalentemente in condizioni straordinarie, la dinamica evolutiva del tratto comporta una discreta mobilità dei sedimenti.>>

3. Analisi del deflusso della portata con tempo di ritorno 100 anni nella situazione di stato di fatto

L'analisi nella condizione di stato di fatto del tratto di asta oggetto di interventi è stata effettuata anche nel caso di deflusso di portata di piena con tempo di ritorno pari a 100 anni.

La portata di calcolo è stata desunta dai documenti allegati al Piano per l'Assetto Idrogeologico del quale si riporta in figura uno stralcio.

	Progr. Km	Sezione n.°	Superficie (km ²)	Q TR20 (m ³ /s)	Q TR100 (m ³ /s)	Q TR200 (m ³ /s)	Q TR500 (m ³ /s)
Po a Casale Monferrato	181,127	163	13.940	4.200	5.600	6.100	6.900

AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME PO- PARMA

Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) - Interventi sulla rete idrografica e sui versanti

Legge 18 Maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6ter - Adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 18 in data 26 aprile 2001.

Norme di attuazione - "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica"

I risultati della modellazione mostrano che per portate di tali valori le zone di deposito vengono sommerse da tiranti idrici medi di circa 6 m.