

**PNRR - M5C2 - INV. 2.2**

**Interventi di miglioramento della qualità ambientale del  
territorio – fascia Laguna Santa Gilla**

CUP I25D19000050001 - CIG 81015488E6

**SIMULAZIONE ANTE E POST  
OPERAM DELL'ATTRAVERSAMENTO  
PEDONALE SUL RIU GIACCU  
MELONI – RIU SA MURTA**

**Ing. Marco Muroi**

## SOMMARIO

<b>1.</b>	<b>PREMESSA E FINALITÀ DELLO STUDIO</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>APPROCCIO METODOLOGICO E MODELLO DI CALCOLO</b>	<b>3</b>
2.1.	PREMESSA .....	3
2.2.	INQUADRAMENTO PLANIMETRICO E SCHEMATIZZAZIONE GEOMETRICA .....	3
2.3.	PARAMETRI DI CONFIGURAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO E SIMULAZIONI EFFETTUATE .....	6
<b>3.</b>	<b>ESITI DEL MODELLO DI CALCOLO</b>	<b>8</b>
3.1.	DATI DI OUTPUT DEL MODELLO IDRAULICO ANTE OPERAM .....	8
3.1.	DATI DI OUTPUT DEL MODELLO IDRAULICO POST OPERAM .....	15
<b>4.</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>22</b>

## 1. PREMESSA E FINALITÀ DELLO STUDIO

La presente relazione è redatta come integrazione alla Studio di Compatibilità Studio di Compatibilità Idraulica concernente il Progetto Definitivo "GILIACQUAS FUTURA Azioni per lo sviluppo ambientale/ culturale/ turistico della laguna di Santa Gilla in territorio del Comune di Elmas" CUP I25D19000050001 - CIG 81015488E6 è redatto congiuntamente al progetto predisposto dai professionisti arch. Enrica Campus, arch. Claudia Meli, ing. Marco Muroni, geol. Cosima Atzori, dott. agr. Giulia R. Urracci, e dott. archeol. Antonella Unali (MusArte soc.coop.).

Lo scopo è quello di effettuare un ulteriore riscontro del rispetto dei principi generali e delle prescrizioni imposte per la progettazione dell'opera di attraversamento trasversale sui Riu Giacu Meloni e Riu Sa Murta dall'art. 21 comma 2 delle NTA del PAI attraverso la modellizzazione idraulica dell'opera in progetto Ante e Post operam.

Secondo quanto riportato nell'art. 21 comma 2 le disposizioni e norme tecniche tendono a stabilire principi generali e prescrizioni affinché le attività di progettazione, realizzazione e identificazione delle misure di manutenzione delle nuove infrastrutture a rete o puntuali:

- a. conservino le funzioni e il livello naturale dei corsi d'acqua;
- b. non creino in aree pianeggianti impedimenti al naturale deflusso delle acque;
- c. ...*omissis*...

d1. Garantiscano un franco sul livello della portata di progetto, per velocità medie della corrente inferiori a 8 m/s, pari a quanto indicato dall'analisi modellistica sul franco idraulico approvata dal Comitato istituzionale dell'Autorità di Bacino, corrispondente al massimo tra:

- 1)  $0,7v^2/2g$ , dove  $v$  indica la velocità media della corrente;
- 2) il valore minimo del franco idraulico come definito dalle Norme tecniche per le costruzioni (NTC) di cui all'art. 52 del D.P.R. n. 380/2001 e delle relative circolari applicative;
- 3)  $0,87\sqrt{y} + \alpha y'$ , dove  $y$  è la profondità media della sezione contribuente al deflusso,  $y'$  è l'altezza della corrente areata e  $\alpha$  un coefficiente che varia linearmente tra 0 e 1 quando la velocità varia tra 5 m/s e 15 m/s, con le limitazioni che il valore  $0,87\sqrt{y}$  sarà assunto al massimo pari a 1,5 ed  $y'$  viene assunto pari a 2 metri o alla profondità media  $y$ , se questa risulta minore di 2.

Il valore  $y$  della profondità media della sezione contribuente al deflusso è pari alla media pesata sulla base del contributo di ciascuna area di sezione liquida associata alla corrispondente larghezza della corrente sul pelo libero. Nelle sezioni idrauliche non confinate o nelle quali vi siano zone ove le velocità medie sono modeste, per la valutazione dell'area bagnata attiva si considerano le sole parti aventi velocità della corrente superiori a 0,1 m/s";

d2. Per velocità medie della corrente superiori a 8 m/s il franco sarà almeno pari all'intera altezza cinetica  $v^2/2g$ . In linea di principio, nei progetti di sistemazione idraulica non si dovrebbero verificare situazioni con velocità media della corrente superiori a 8 m/s: tali elevate velocità costituiscono un elemento critico sia dal punto di vista strutturale che idraulico e occorre assumere idonei accorgimenti progettuali per contenere tali elevati valori di velocità della corrente;

e. prevedano eventuali rampe di accesso alle infrastrutture di attraversamento in modo da non ostacolare il naturale deflusso delle acque. ...*omissis*...

f. adottino per i nuovi attraversamenti criteri che possibilmente evitino o comunque limitino il numero di pile in alveo;

g. configurino le spalle dei ponti in modo da non comportare restringimenti della sezione che pregiudichino la sicurezza del tronco d'alveo;

- h. prevedano le pile dei nuovi attraversamenti in modo da offrire la minore resistenza idrodinamica;
- i. garantiscano la protezione dall'erosione delle pile dei ponti preferibilmente evitando plateazioni della sezione di imposta;
- l. minimizzino il rischio di instabilità gravitativa e di alterazione del naturale reticolo drenante indotto dai tagli dei versanti lungo i tracciati;
- m. limitino le modificazioni della morfologia naturale dei pendii impegnati;
- n. prevedano appropriati sistemi di drenaggio, da sottoporre ad adeguata manutenzione;
- o. prevengano l'apporto di suolo nei corsi d'acqua in conseguenza dell'esposizione agli agenti meteorici della superficie interessata dall'opera.

Di seguito verranno esplicitate le metodologie e gli esiti delle simulazioni effettuate al fine di verificare le condizioni stabilite dall'art. 21 comma 2 delle NTA del PAI.

## **2. Approccio metodologico e Modello di Calcolo**

### **2.1. Premessa**

L'analisi idraulica è stata condotta (in analogia con gli studi di bacino PAI e PSFF) in moto permanente, utilizzando il modello numerico Hec-Ras, che consente il calcolo dell'andamento dei profili di corrente per le portate poste a base del calcolo di verifica, in alvei naturali o canali artificiali con l'inclusione delle valutazioni sulla corrente di deflusso indotte dalla presenza di opere, quali ponti, tombinature ecc.

La determinazione del profilo della corrente è ottenuta tramite un metodo basato sull'equazione del contenuto energetico della corrente:  $H_1 - H_2 = h_f + h_e$ , dove  $H_1$  e  $H_2$  rappresentano i carichi totali a monte e a valle del tratto di alveo considerato, mentre il termine  $h_f$  rappresenta le perdite di carico dovuto all'attrito del fondo e delle sponde al passaggio della corrente e  $h_e$  è invece un termine che tiene conto degli effetti dovuti alla non cilindrit  della corrente.

Il modello consente di suddividere la sezione trasversale in pi  zone alle quali assegnare un valore differente della scabrezza  $n$  (Manning) per l'alveo inciso (channel) e per le due aree golenali (overbanks) in funzione della natura delle superfici (quali rivestimenti in cls ecc.) e della presenza di vegetazione.

Il programma consente di determinare per l'intera sezione di deflusso il valore delle grandezze idrauliche associate al moto (livelli, area bagnata, velocit  e numero di Froude).

### **2.2. Inquadramento planimetrico e schematizzazione geometrica**

L'asta idrografica oggetto del presente Modello Idraulico   quella fociva – pre-fociva del Riu Giaccu Meloni – Rio Sa Murta schematizzata in un unico tronco critico coprendo un'estensione lineare di circa 897 m nella quale i valori di portata al colmo per i vari Tr sono considerati costanti.

Per quanto concerne la schematizzazione geometrica delle sezioni del Riu Giaccu Meloni – Rio Sa Murta, delle aree golenali e delle opere idrauliche del tratto simulato questa   stata resa possibile utilizzando il preciso modello digitale del terreno con passo 1m reso disponibile dalla Regione Sardegna integrato con rilievi planoaltimetrici per mettere in evidenza l'allargamento dell'alveo effettuato negli anni 2008-2010.



**Figura 1** Carta pianoaltimetrica dell'area simulata

La modellizzazione idraulica è stata realizzata tramite il software HEC-RAS 6.3.1 (River Analysis System), prodotto dal corpo degli Ingegneri dell'esercito degli USA utilizzando un regime di moto permanente e gli schemi geometrici analizzati di seguito e ponendo come valori di portata quelli individuati nello Studio di compatibilità idraulica e geologica-geotecnica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione (N.A.) del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) redato contestualmente al procedimento di adozione del nuovo Piano Urbanistico Comunale (P.U.C.) di Elmas approvato con Delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino n.9 del 08.09.2011. Nello studio del 2011 è stata operata cautelativamente la scelta di utilizzare le portate individuate nell'ambito del progetto del Consorzio di Bonifica degli inizi anni 2000 pertanto queste verranno utilizzate anche nelle presenti modellizzazioni idrauliche (tabella sotto).

Tr (anni)	Portate (mc/s)
Tr 50	97.0
Tr 100	118.0
Tr 200	139.0
Tr 500	160.0

**Tabella 1** Portate di piena utilizzate nel modello

La simulazione idraulica realizzata coll'applicazione Hec-Ras verrà effettuata con l'ausilio di 15 sezioni elaborate tramite l'utilizzo del DTM passo 1 cm implementato dai dati di rilievo, coprendo un'estensione lineare dell'alveo di circa 897 m e un piccolo dislivello complessivo tra monte e valle di circa 0.25 m.

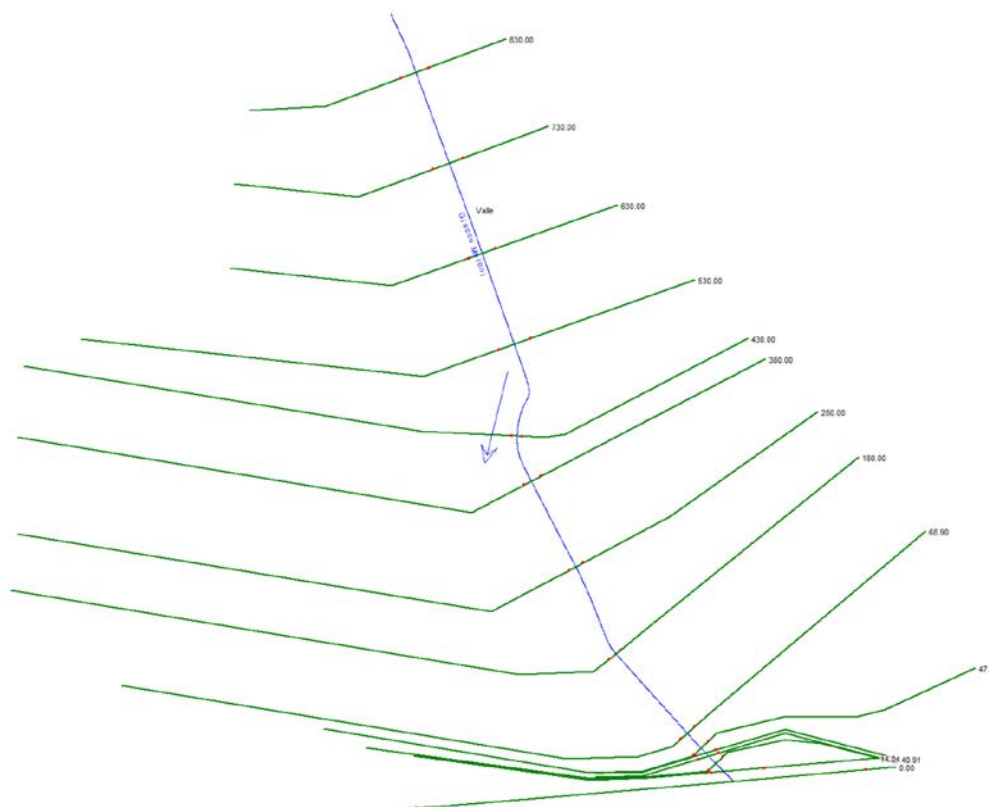


Vista la regolarità del canale le sezioni individuate hanno un'equidistanza intorno ai 100 m nelle aree di monte per poi infittirsi nell'area fociva. Tra le variabili di cui tener conto nell'implementazione del calcolo, i coefficienti di scabrezza dell'alveo si imporranno come segue:

- 0.020 relativo a canali in terra rettilinei non vegetati;
- 0.04 relativo alle aree esterne al canale: golene e piane inondabili con colture di cereali in pieno sviluppo, campi incolti, coltivazioni a filari.



Figura 2 Schematizzazione del modello idraulico su Ortofoto



**Figura 3 Schematizzazione del modello idraulico Hec-RAS**

### 2.3. Parametri di configurazione del modello idraulico e simulazioni effettuate

Nel modello idraulico i valori di scabrezza di Manning prescelti, già indicati nel precedente capitolo, sono riportati nei singoli tratti omogenei in cui è suddivisa la sezione e indicati nelle sezioni trasversali di simulazione.

Per quanto concerne le condizioni al contorno relative alla corrente fluida sono state assegnate per il Rio Giaccu Meloni le condizioni di profondità critica (Critical depth) per la condizione di monte, calcolata dal software per ogni profilo con Tr prescelto.

Per la condizione al contorno di valle invece si sono prese in considerazione le condizioni al contorno tipiche delle aree lagunari in coerenza con quelle utilizzate nei modelli idraulici realizzati negli studi del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF 2013) e negli studi PGRA - Scenari di intervento strategico e coordinato (PGRA 2018).

Tale condizioni di valle consistono nello stabilire i battenti idraulici della sezione di valle pari alla quota di 0.8 m s.l.m. per Tr 50, Tr 100, Tr 200 e Tr 500. Tale quota, come è noto, rappresenta la condizione al contorno di valle del Flumini Mannu (e anche per il Cixerri) stabilita, considerando i fenomeni di innalzamento del livello medio mare in condizioni meteomarine avverse, quindi pari complessivamente a 0.80 m s.l.m. ottenuto come somma dei termini definiti di seguito.

Sovralzo di marea (m)	Storm surge + wind setup (m)	Frangimento (m)	Totale (m)
0,45	0,35	-	0,80

**Tabella 2 Condizioni al contorno di valle adottate**

Per le caratteristiche della corrente si è utilizzata, per entrambi i corsi d'acqua una "corrente mista".

Le simulazioni effettuate, come già detto, sono quella relative alla situazione ante e post operam.

Il modello idraulico post-operam è stato realizzato inserendo gli attraversamenti pedonali sul Rio Sa Murta e su Riu Giaccu Meloni e la passerella in quota tra le sezioni idrauliche progressive 40.91 e 36.38. Pertanto dal

confronto dei battenti idraulici nelle due situazioni si potrà facilmente verificare se l'opera in progetto interferisce col naturale deflusso delle acque del Riu Giaccu Meloni.

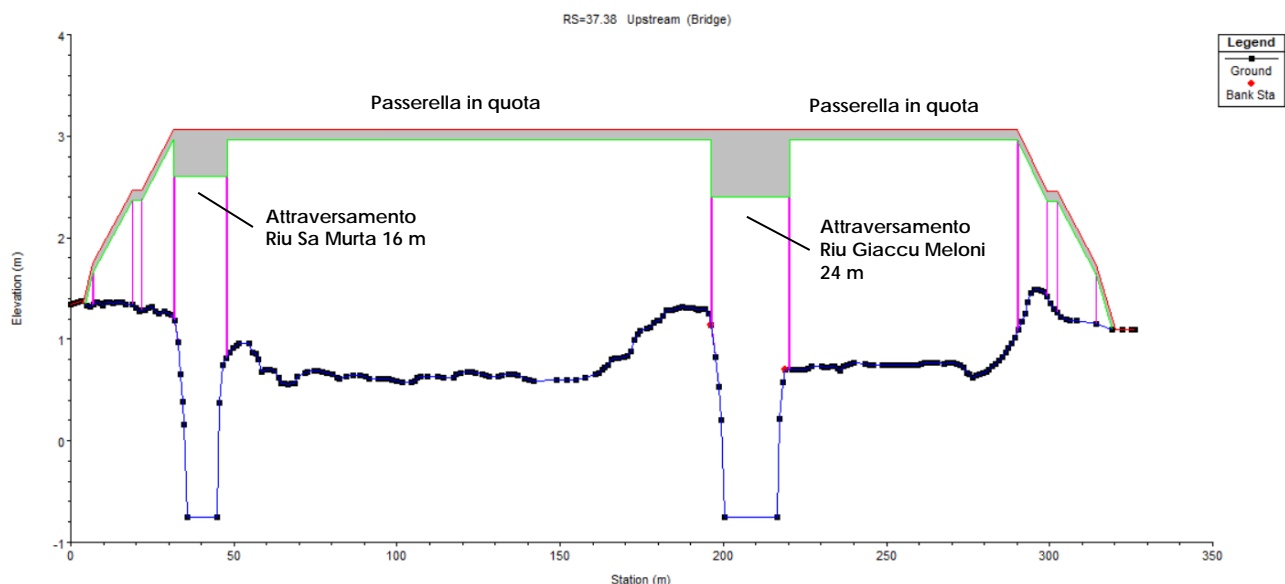
Gli attraversamenti ad unica campata inseriti hanno una larghezza di 2 metri come da progetto strutturale. L'attraversamento su Riu Giaccu Meloni ha una luce di 24 m mentre quella sul Riu Murta è di 16 m. Il restante tratto di attraversamento dell'area umida è realizzata mediante una passerella in quota il cui piano di calpestio è alla stessa quota degli attraversamenti.

L'intradosso degli attraversamenti in progetto, come calcolati nello Studio di Compatibilità Idraulica, saranno collocati ad una quota uguale o superiore a 1,5 m (franco di sicurezza calcolato) rispetto al livello idrico corrispondente alla portata di progetto Tr 200 (0.9 m s.l.m.) ovvero uguale o superiore a 2,40 m s.l.m. Come si mostra sotto, e come evidenziato nei particolari costruttivi allegati al progetto, gli intradossi degli attraversamenti sul Rio sa Murta e sul Riu Giaccu Meloni, visto il diverso dimensionamento della struttura reticolare in acciaio, saranno posti a diversa quota, per avere un'unica quota di calpestio nell'intero attraversamento.

Le pile degli attraversamenti saranno realizzati con tubi di acciaio S355 di diametro 219.1 mm e lunghezza di 10 m collocati agli estremi della struttura reticolare esternamente ai rispettivi alvei, pertanto già si può anticipare che non potranno creare impedimenti al naturale deflusso delle acque per le piene stimate e in ogni caso nel caso, l'ingombro dei pali sarà del tutto trascurabile rispetto alle sezioni idriche contribuenti al deflusso anche per eventi eccezionali non valutati.

I pali che sorreggeranno la passerella in quota saranno realizzati invece in legno. Nel modello verranno inseriti esclusivamente quelli agli estremi dei tratti di passerella per semplificare il modello in quanto le dimensioni trascurabili non potranno incidere sulla corrente idrica.

Il metodo di modellazione del ponte adottato sarà quello di deflusso libero (Low Flow) e nello specifico si utilizzerà il metodo del "Momentum" per poter simulare, ponendo il parametro Cd pari a 1.2, le pile e i pali con forma circolare.



**Figura 4 Schematizzazione degli attraversamenti**

Le simulazioni effettuate saranno relative ai tempi di ritorno di Tr 50, Tr 100, Tr 200 e Tr 500 anni con le portate associate viste precedentemente. I dati di output, le sezioni e i profili idraulici delle simulazioni sono mostrati di seguito, premettendo una legenda dei termini principali in essa contenuti:

- Reach: ramo corso d'acqua considerato
- Profile: profilo considerato
- MAX WS: altezza massima del pelo libero



- RS: Sezione trasversale
- Q tot: portata del corso d'acqua
- Min ch el: elevazione minima del fondo
- LOB elev: elevazione dell'argine o della sponda sinistra
- ROB elev: elevazione dell'argine o della sponda destra
- W.S. elev: elevazione del pelo libero della corrente
- Crit W.S.: elevazione dell'altezza critica
- E.G. Elev: altezza della linea dell'energia totale
- E.G. Slope: pendenza della linea dell'energia totale
- Vel Chnl: velocità dell'acqua nel canale
- Flow Area: sezione bagnata della corrente
- Top width: larghezza superiore della sezione bagnata
- L. Freeboard: franco in sponda canale sinistra
- R. Freeboard: franco in sponda canale destra
- L. Levee Frbrd: franco di sicurezza in sponda rilevato sinistra
- R. Levee Frbrd: franco di sicurezza in sponda rilevato destra

### 3. Esiti del Modello di Calcolo

#### 3.1. Dati di Output del Modello idraulico Ante Operam

Di seguito sono mostrati il profilo idraulico, le tabelle di output e le sezioni idrauliche della simulazione Ante Operam.

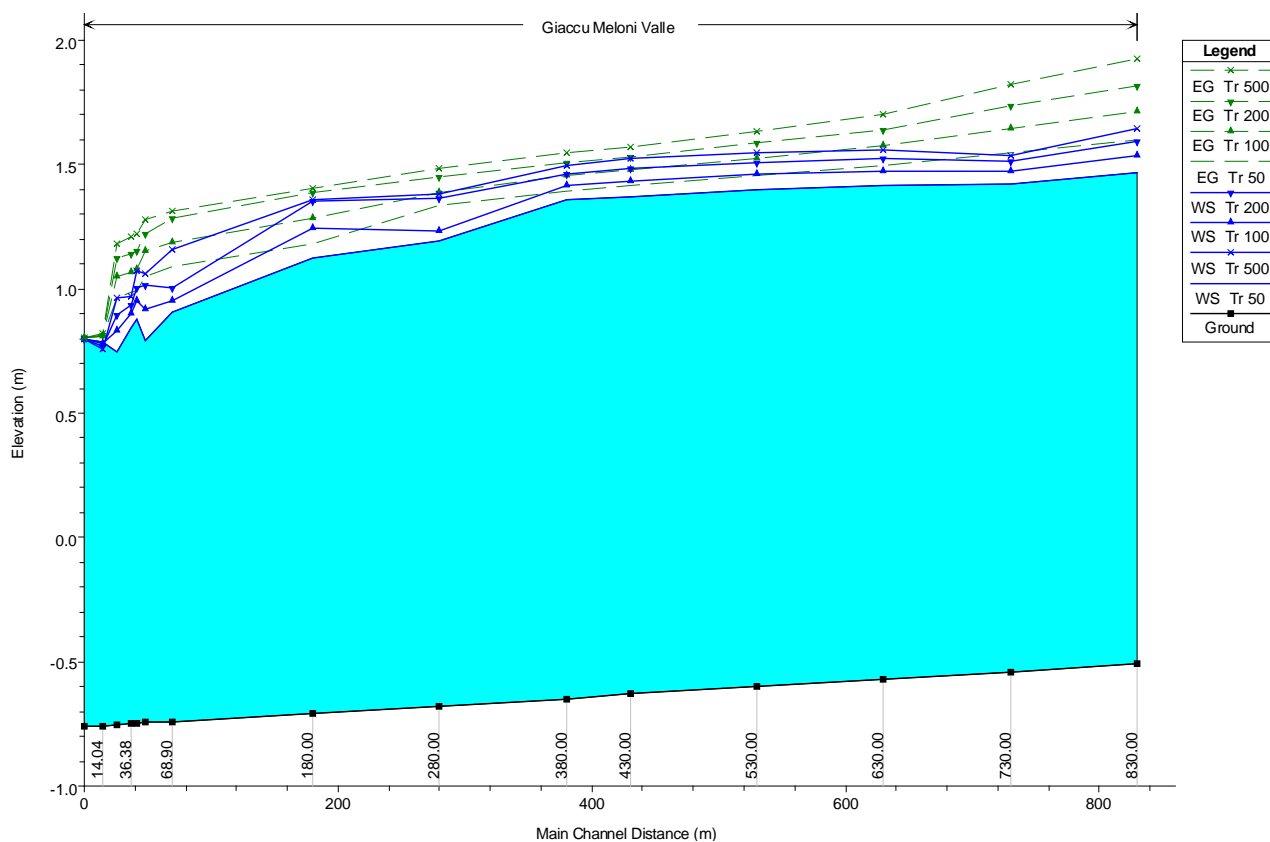
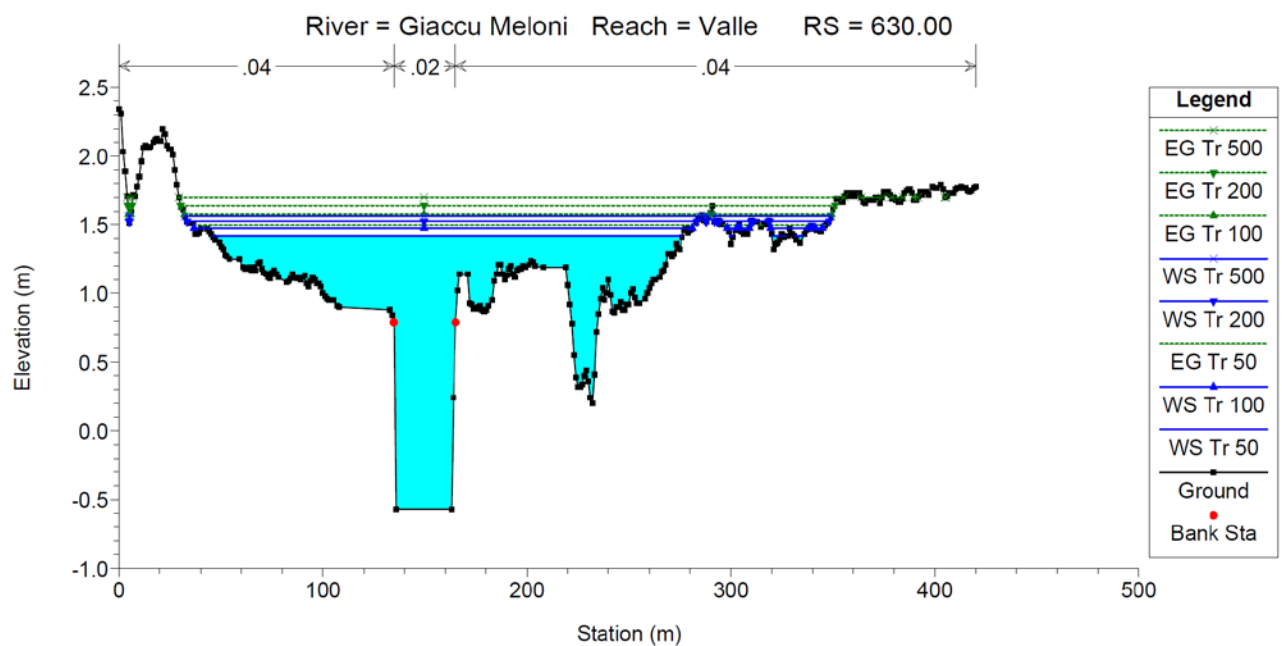
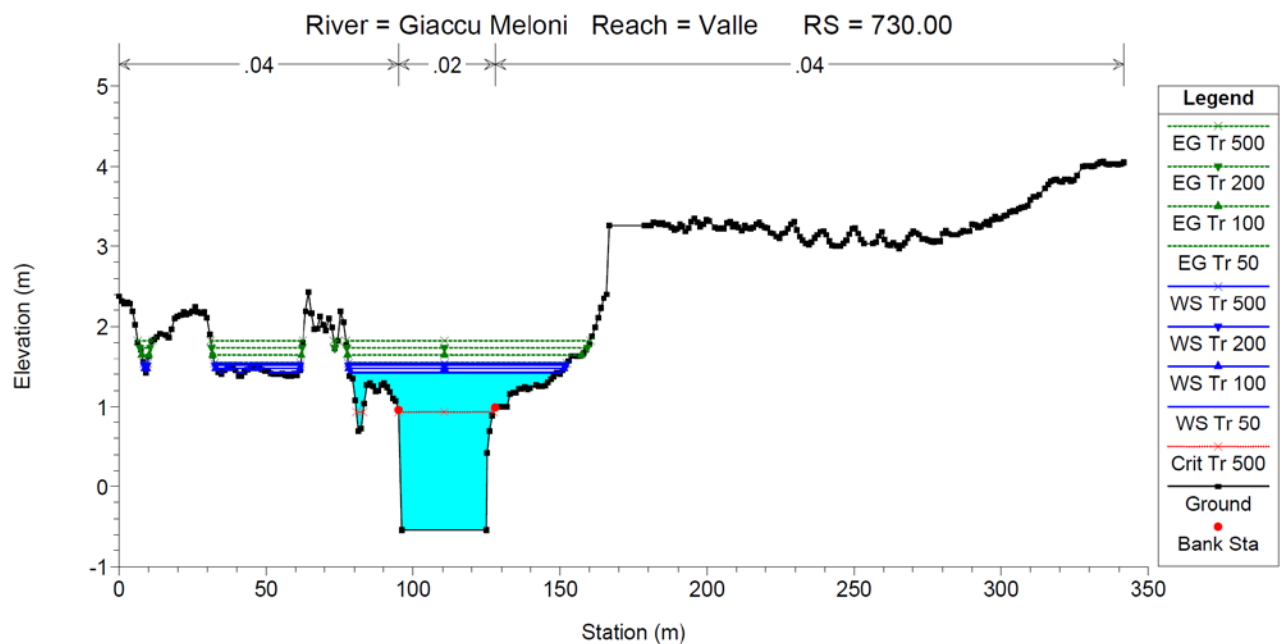
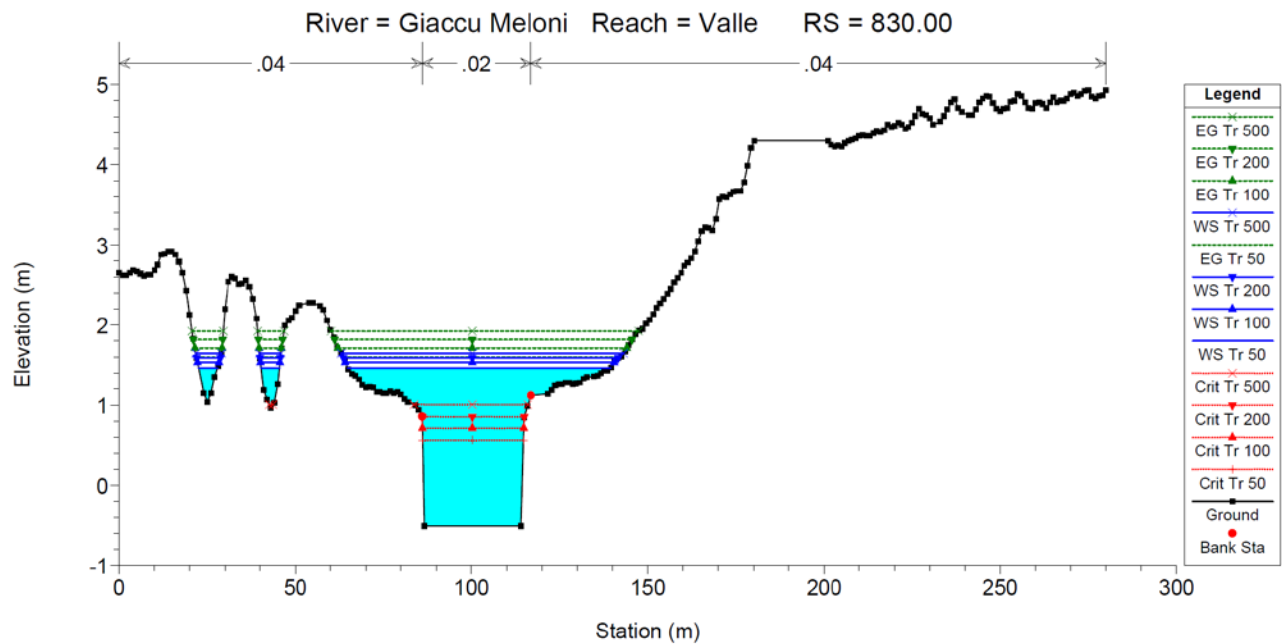
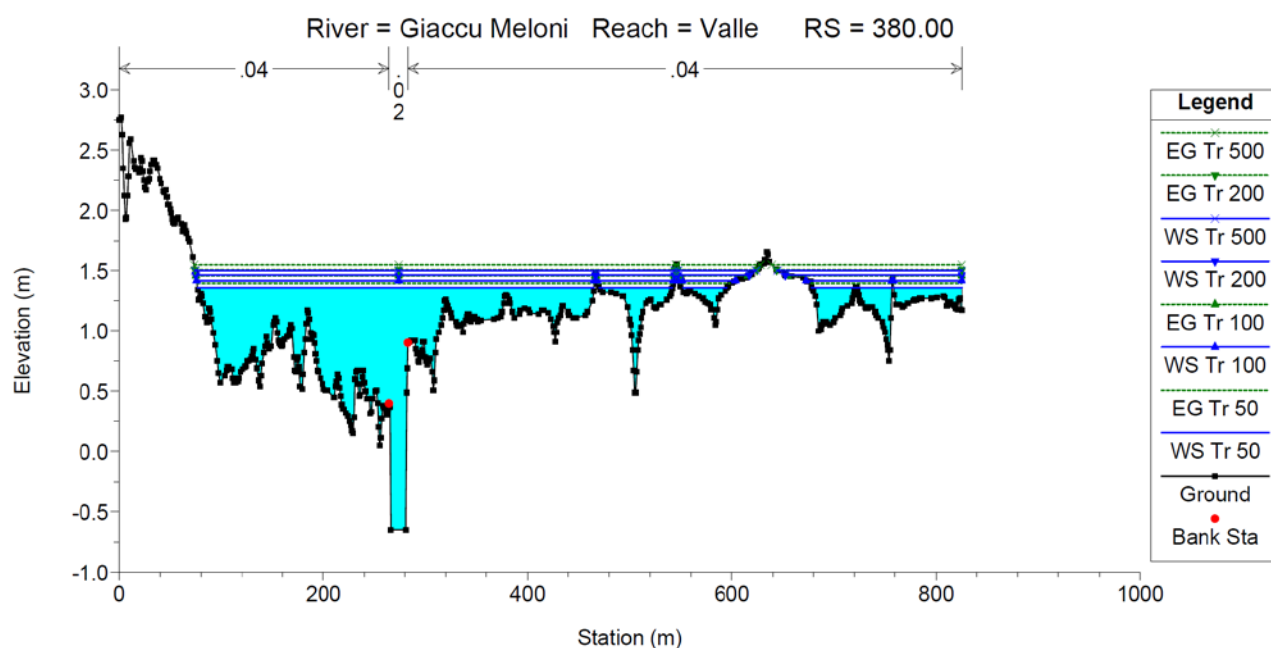
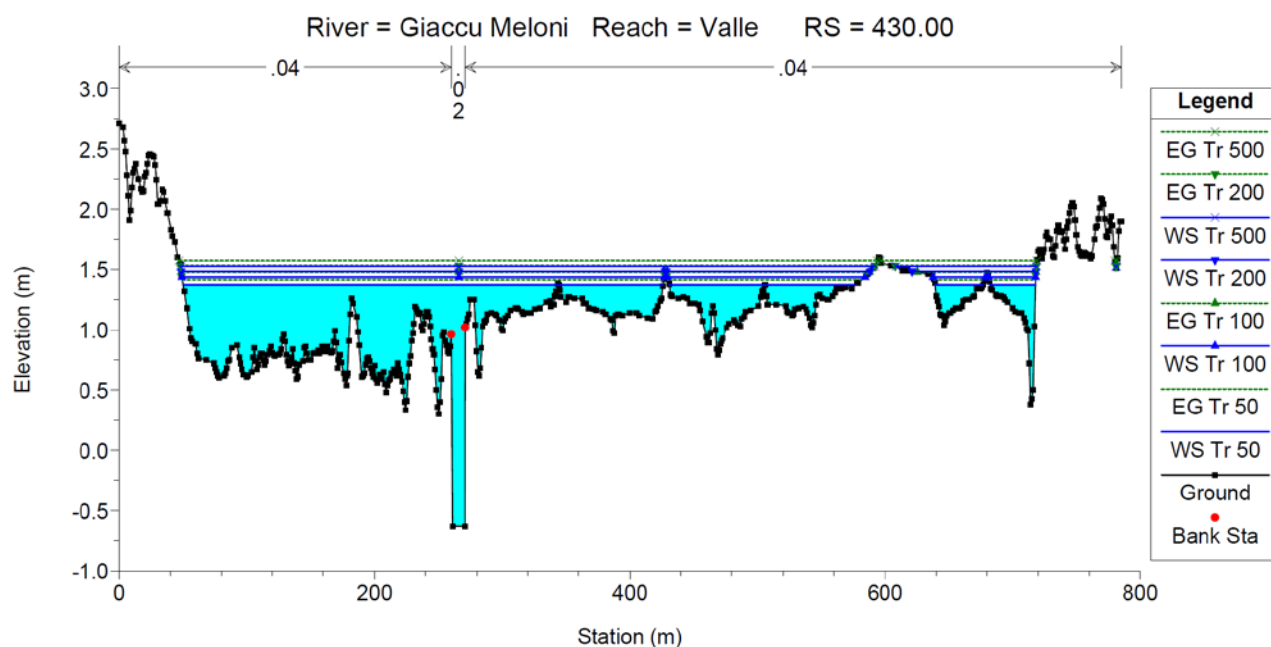
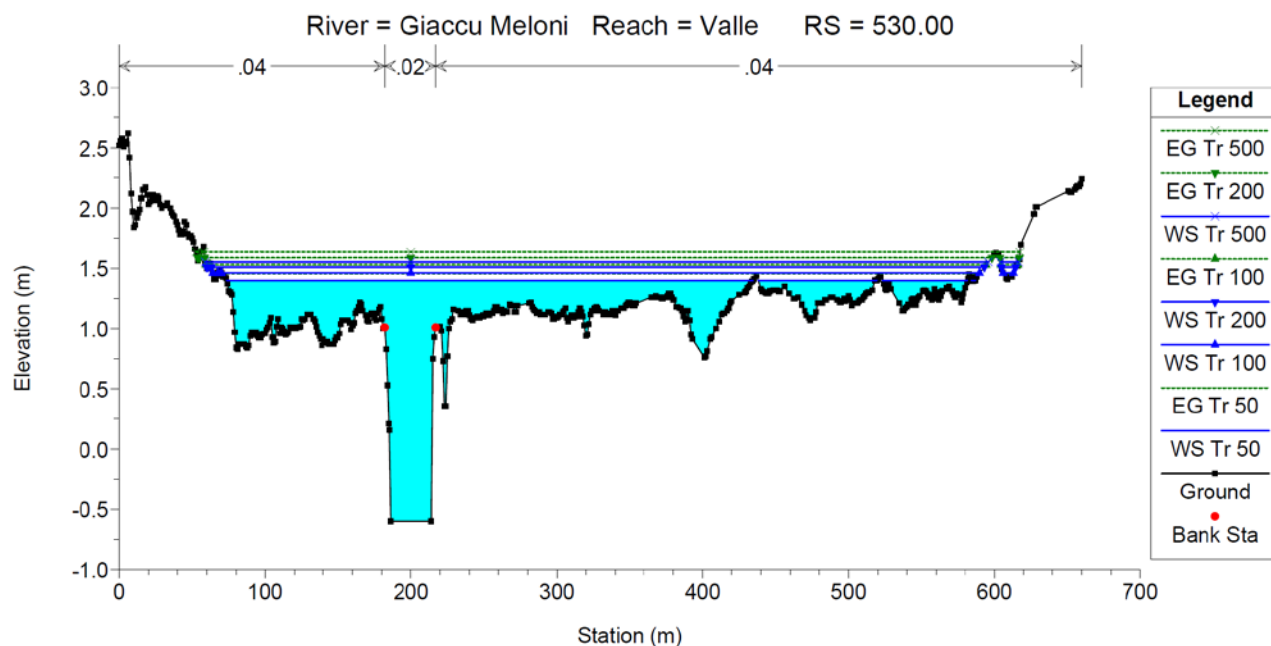


Figura 5 Profilo Idraulico Longitudinale ANTE – OPERAM

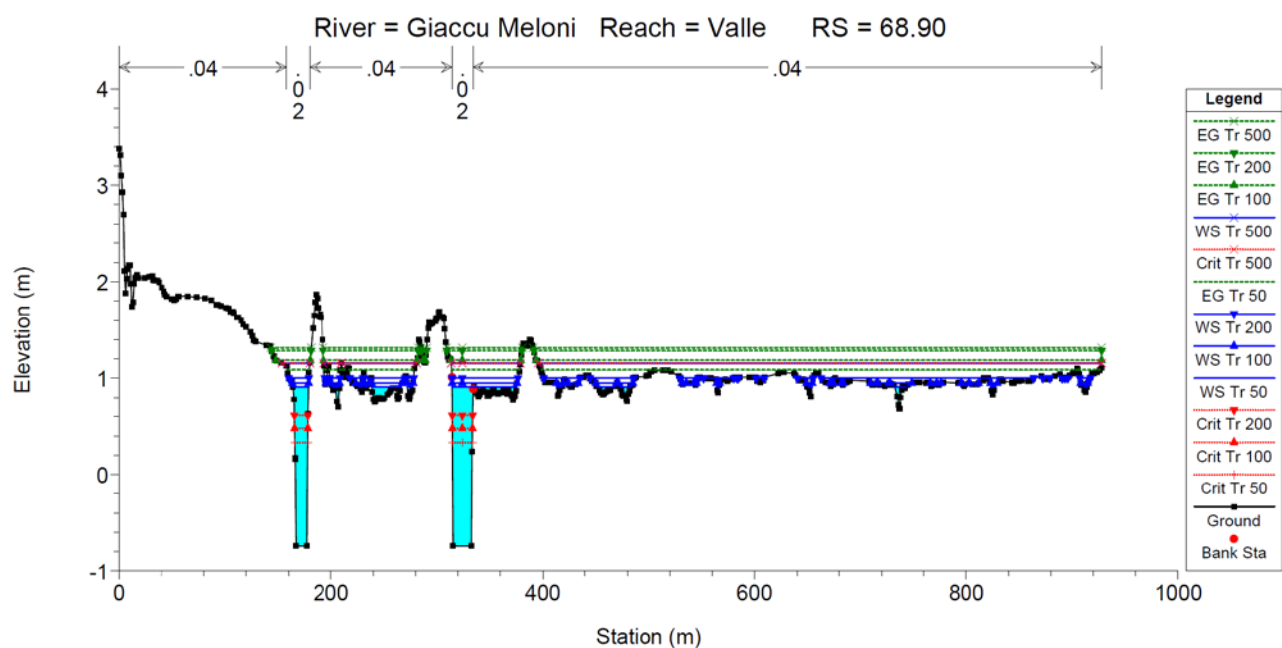
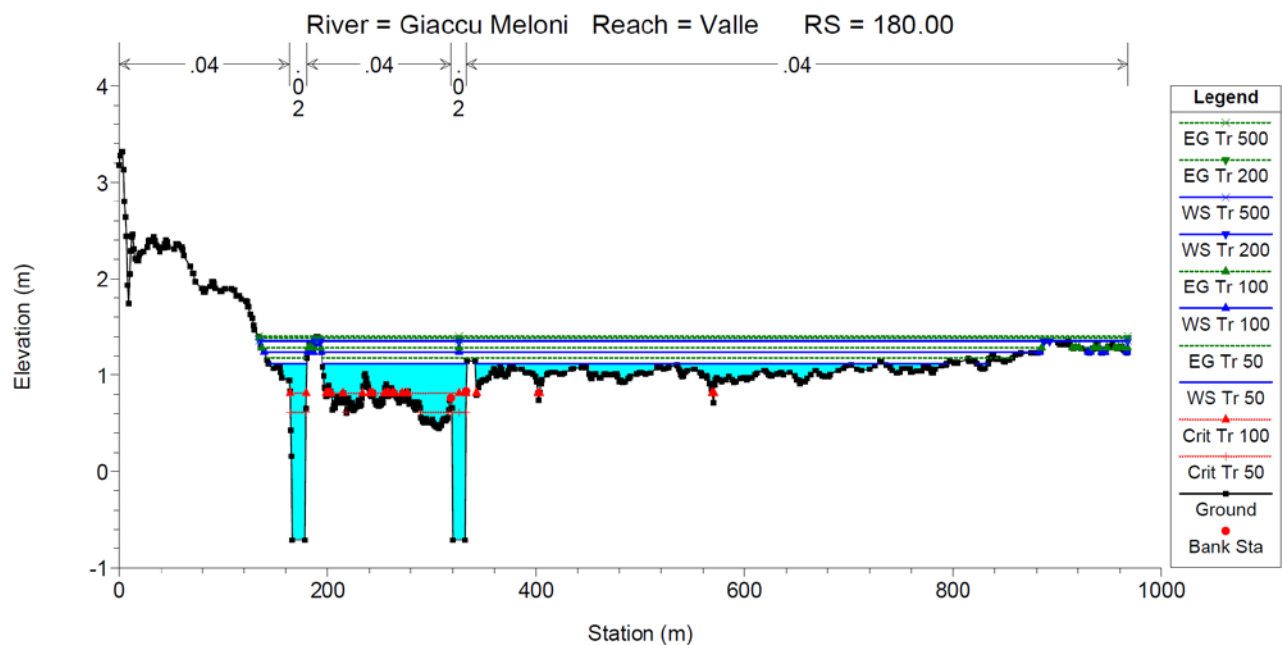
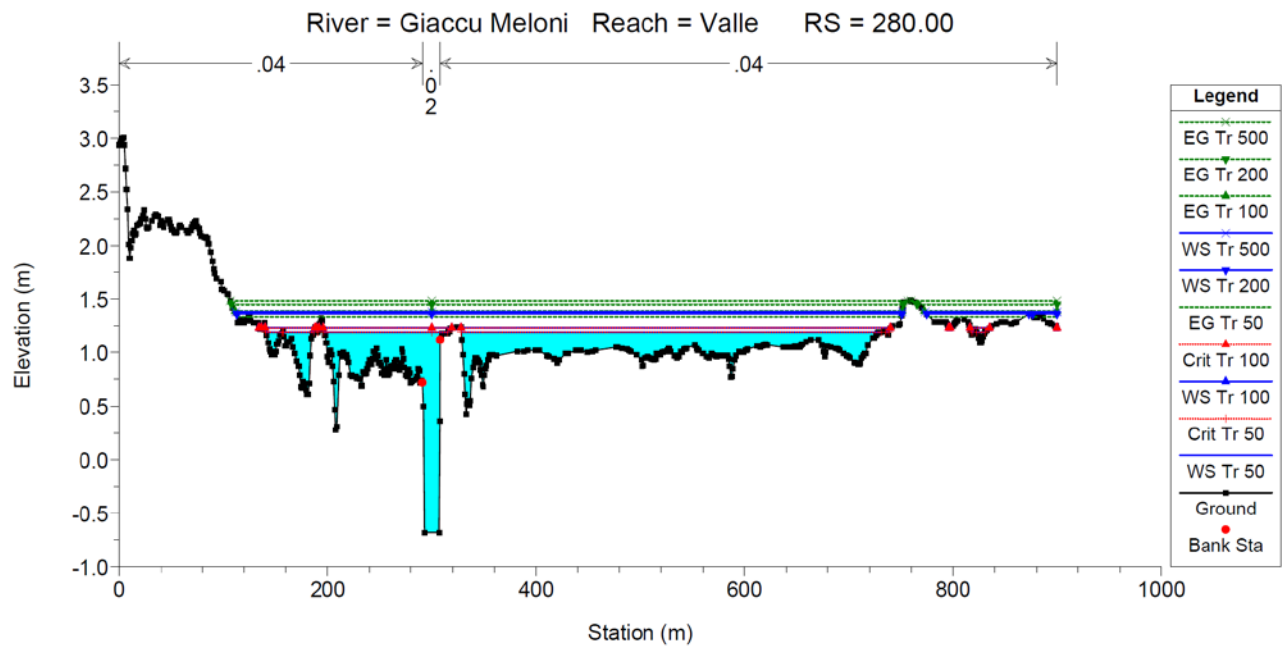
River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl	LOB Elev	ROB Elev
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)		(m)	(m)
830.00	Tr 50	97.00	-0.51	1.47	0.57	1.60	0.000515	1.65	70.54	85.08	0.39	0.86	1.12
830.00	Tr 100	118.00	-0.51	1.53	0.72	1.71	0.000658	1.91	76.51	87.91	0.44	0.86	1.12
830.00	Tr 200	139.00	-0.51	1.59	0.86	1.82	0.000812	2.16	81.61	90.54	0.49	0.86	1.12
830.00	Tr 500	160.00	-0.51	1.65	1.01	1.92	0.000962	2.40	86.70	93.40	0.54	0.86	1.12
730.00	Tr 50	97.00	-0.54	1.42		1.55	0.000479	1.58	69.76	85.63	0.37	0.96	0.99
730.00	Tr 100	118.00	-0.54	1.47		1.65	0.000636	1.86	74.53	99.19	0.43	0.96	0.99
730.00	Tr 200	139.00	-0.54	1.51		1.74	0.000818	2.14	78.30	104.09	0.49	0.96	0.99
730.00	Tr 500	160.00	-0.54	1.54	0.93	1.82	0.001032	2.42	80.77	105.02	0.55	0.96	0.99
630.00	Tr 50	97.00	-0.57	1.42		1.49	0.000330	1.37	134.76	242.09	0.32	0.79	0.79
630.00	Tr 100	118.00	-0.57	1.48		1.57	0.000416	1.56	149.78	276.55	0.36	0.79	0.79
630.00	Tr 200	139.00	-0.57	1.52		1.64	0.000503	1.75	163.36	304.13	0.39	0.79	0.79
630.00	Tr 500	160.00	-0.57	1.56		1.70	0.000594	1.92	175.22	313.75	0.43	0.79	0.79
530.00	Tr 50	97.00	-0.60	1.40		1.46	0.000281	1.21	183.17	502.94	0.29	1.01	1.01
530.00	Tr 100	118.00	-0.60	1.46		1.53	0.000332	1.34	214.10	530.60	0.32	1.01	1.01
530.00	Tr 200	139.00	-0.60	1.51		1.59	0.000379	1.46	240.62	541.28	0.34	1.01	1.01
530.00	Tr 500	160.00	-0.60	1.55		1.63	0.000428	1.57	262.92	549.35	0.36	1.01	1.01
430.00	Tr 50	97.00	-0.63	1.37		1.42	0.000515	1.53	222.60	593.65	0.35	0.96	1.02
430.00	Tr 100	118.00	-0.63	1.43		1.48	0.000536	1.60	260.24	610.10	0.36	0.96	1.02
430.00	Tr 200	139.00	-0.63	1.48		1.53	0.000577	1.68	290.84	635.61	0.38	0.96	1.02
430.00	Tr 500	160.00	-0.63	1.52		1.57	0.000624	1.77	316.85	653.50	0.39	0.96	1.02
380.00	Tr 50	97.00	-0.65	1.36		1.39	0.000288	1.22	250.18	646.95	0.29	0.40	0.90
380.00	Tr 100	118.00	-0.65	1.42		1.46	0.000320	1.32	288.65	670.16	0.31	0.40	0.90
380.00	Tr 200	139.00	-0.65	1.46		1.51	0.000362	1.42	320.00	710.91	0.33	0.40	0.90
380.00	Tr 500	160.00	-0.65	1.50		1.55	0.000408	1.53	346.09	727.06	0.35	0.40	0.90
280.00	Tr 50	97.00	-0.68	1.19	1.19	1.34	0.000968	2.10	150.46	579.17	0.51	0.72	1.12
280.00	Tr 100	118.00	-0.68	1.23	1.23	1.39	0.001118	2.29	174.31	608.13	0.55	0.72	1.12
280.00	Tr 200	139.00	-0.68	1.36		1.45	0.000725	1.93	265.11	760.44	0.45	0.72	1.12
280.00	Tr 500	160.00	-0.68	1.38		1.48	0.000863	2.12	278.71	766.54	0.49	0.72	1.12
180.00	Tr 50	97.00	-0.71	1.12	0.61	1.18	0.000545	1.52	150.36	634.01	0.38	0.76	0.83
180.00	Tr 100	118.00	-0.71	1.24	0.81	1.29	0.000445	1.44	232.03	735.61	0.35	0.76	0.83
180.00	Tr 200	139.00	-0.71	1.35		1.38	0.000346	1.32	319.13	823.16	0.31	0.76	0.83
180.00	Tr 500	160.00	-0.71	1.36		1.40	0.000454	1.52	326.02	830.20	0.35	0.76	0.83
68.90	Tr 50	97.00	-0.74	0.91	0.33	1.09	0.001041	2.03	57.47	167.49	0.52	1.01	0.89
68.90	Tr 100	118.00	-0.74	0.95	0.48	1.18	0.001402	2.39	66.19	277.36	0.61	1.01	0.89
68.90	Tr 200	139.00	-0.74	1.00	0.61	1.29	0.001771	2.74	87.82	517.66	0.69	1.01	0.89
68.90	Tr 500	160.00	-0.74	1.16	1.16	1.32	0.001140	2.33	189.22	711.50	0.56	1.01	0.89
47.67	Tr 50	97.00	-0.74	0.79	0.44	1.05	0.002024	2.53	49.72	176.90	0.71	1.13	0.76
47.67	Tr 100	118.00	-0.74	0.92	0.92	1.15	0.001920	2.59	77.29	275.84	0.70	1.13	0.76
47.67	Tr 200	139.00	-0.74	1.02	1.02	1.22	0.001748	2.57	111.91	433.01	0.67	1.13	0.76
47.67	Tr 500	160.00	-0.74	1.06	1.10	1.28	0.001887	2.71	133.08	482.86	0.70	1.13	0.76
40.91	Tr 50	97.00	-0.75	0.88		0.99	0.001019	1.86	83.70	221.05	0.51	1.14	0.70
40.91	Tr 100	118.00	-0.75	0.95	0.74	1.08	0.001178	2.02	99.83	226.94	0.54	1.14	0.70
40.91	Tr 200	139.00	-0.75	1.01	0.86	1.15	0.001352	2.18	112.83	232.68	0.58	1.14	0.70
40.91	Tr 500	160.00	-0.75	1.07	0.92	1.22	0.001426	2.26	128.29	235.59	0.59	1.14	0.70
36.38	Tr 50	97.00	-0.75	0.84	0.42	0.99	0.001209	2.05	79.26	221.24	0.57	1.09	0.70
36.38	Tr 100	118.00	-0.75	0.90	0.80	1.07	0.001437	2.29	91.73	223.81	0.62	1.09	0.70
36.38	Tr 200	139.00	-0.75	0.93	0.88	1.14	0.001753	2.56	99.17	225.43	0.69	1.09	0.70
36.38	Tr 500	160.00	-0.75	0.97	0.95	1.21	0.001991	2.77	108.08	226.64	0.73	1.09	0.70
25.79	Tr 50	97.00	-0.75	0.75	0.75	0.97	0.002242	2.44	56.61	197.76	0.75	1.13	0.77
25.79	Tr 100	118.00	-0.75	0.83	0.83	1.05	0.002346	2.59	75.65	245.63	0.77	1.13	0.77
25.79	Tr 200	139.00	-0.75	0.89	0.89	1.12	0.002463	2.73	92.65	294.53	0.79	1.13	0.77
25.79	Tr 500	160.00	-0.75	0.96	0.96	1.18	0.002414	2.79	114.55	344.97	0.79	1.13	0.77
14.04	Tr 50	97.00	-0.76	0.79	-0.27	0.81	0.000114	0.65	157.55	201.44	0.18	0.85	0.70
14.04	Tr 100	118.00	-0.76	0.78	-0.20	0.81	0.000172	0.80	156.15	198.24	0.22	0.85	0.70
14.04	Tr 200	139.00	-0.76	0.77	-0.14	0.82	0.000244	0.94	154.45	194.88	0.26	0.85	0.70
14.04	Tr 500	160.00	-0.76	0.76	-0.08	0.82	0.000332	1.09	152.43	191.93	0.30	0.85	0.70
0.00	Tr 50	97.00	-0.76	0.80	-0.58	0.80	0.000006	0.15	642.42	481.02	0.04	0.88	0.81
0.00	Tr 100	118.00	-0.76	0.80	-0.55	0.80	0.000009	0.19	642.42	481.02	0.05	0.88	0.81
0.00	Tr 200	139.00	-0.76	0.80	-0.53	0.80	0.000013	0.22	642.42	481.02	0.06	0.88	0.81
0.00	Tr 500	160.00	-0.76	0.80	-0.50	0.80	0.000017	0.25	642.42	481.02	0.07	0.88	0.81

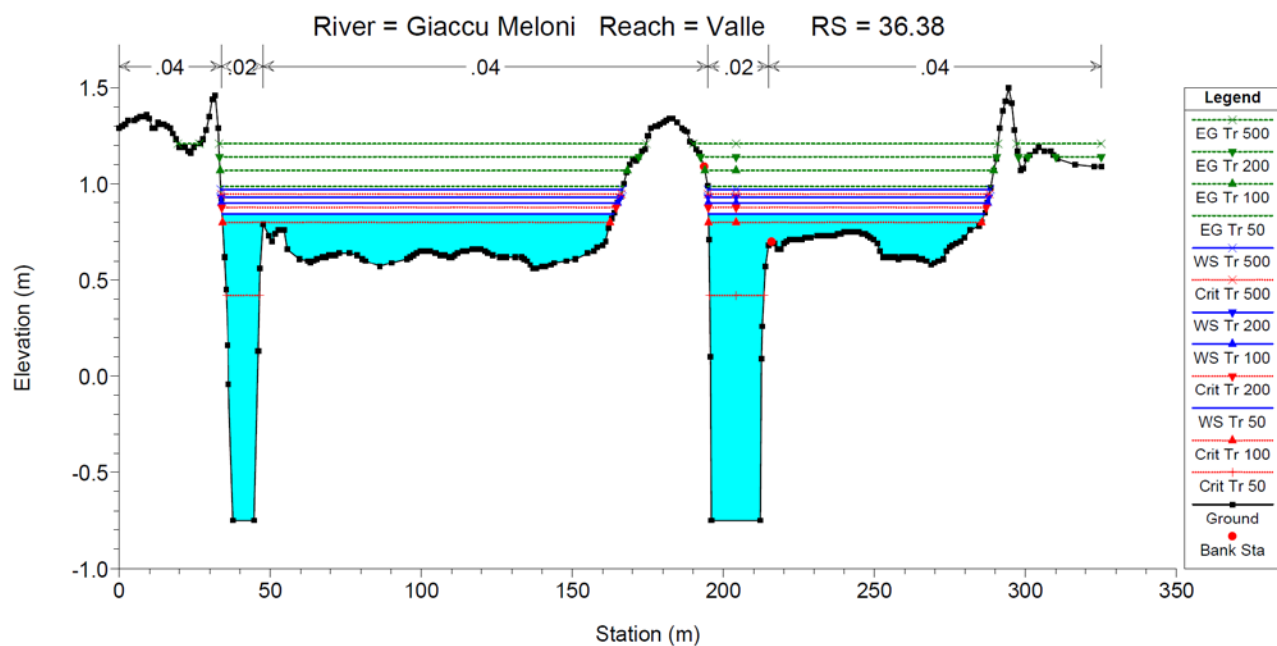
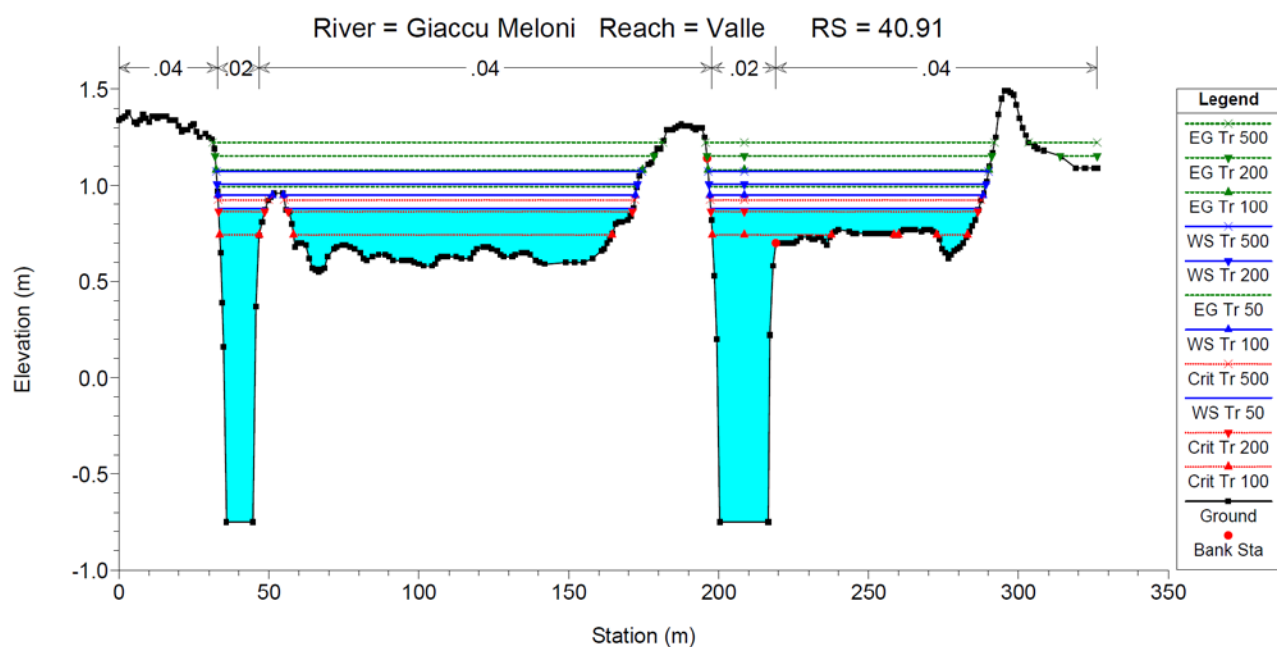
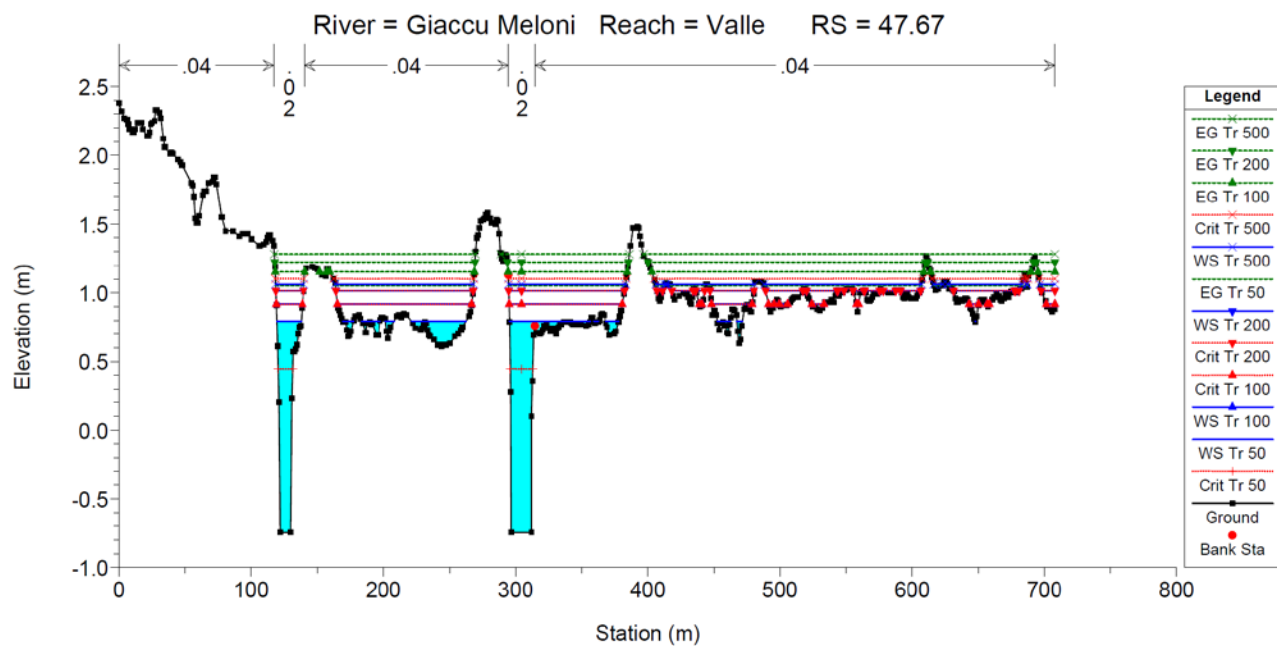
Tabella 3 Dati di Output Sezioni Idrauliche Ante – Operam











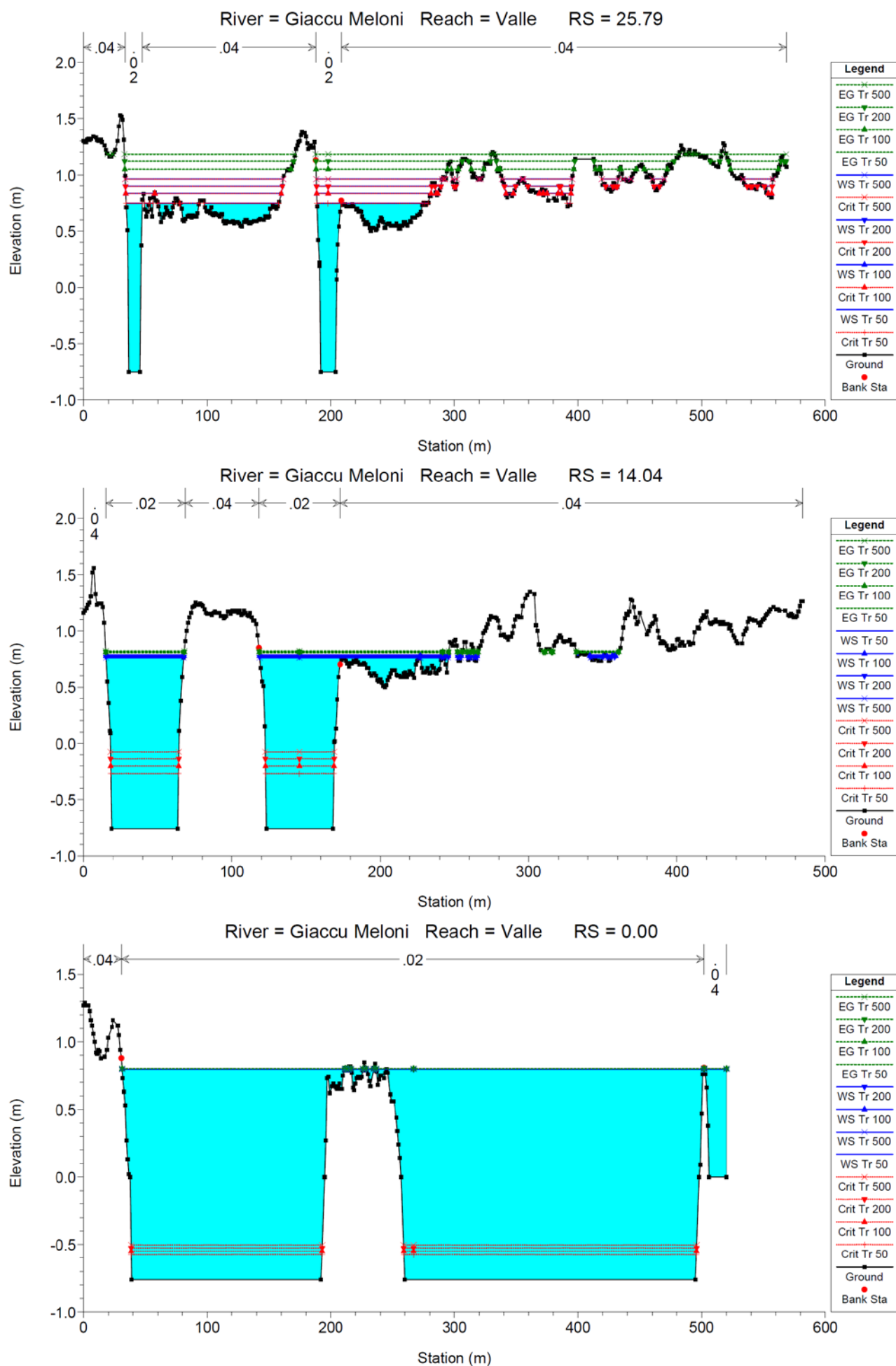


Figura 6 Sezioni Idrauliche Ante – Operam

## 3.1. Dati di Output del Modello idraulico Post Operam

Di seguito sono mostrati il profilo idraulico, le tabelle di output e le sezioni idrauliche della simulazione Post Operam.

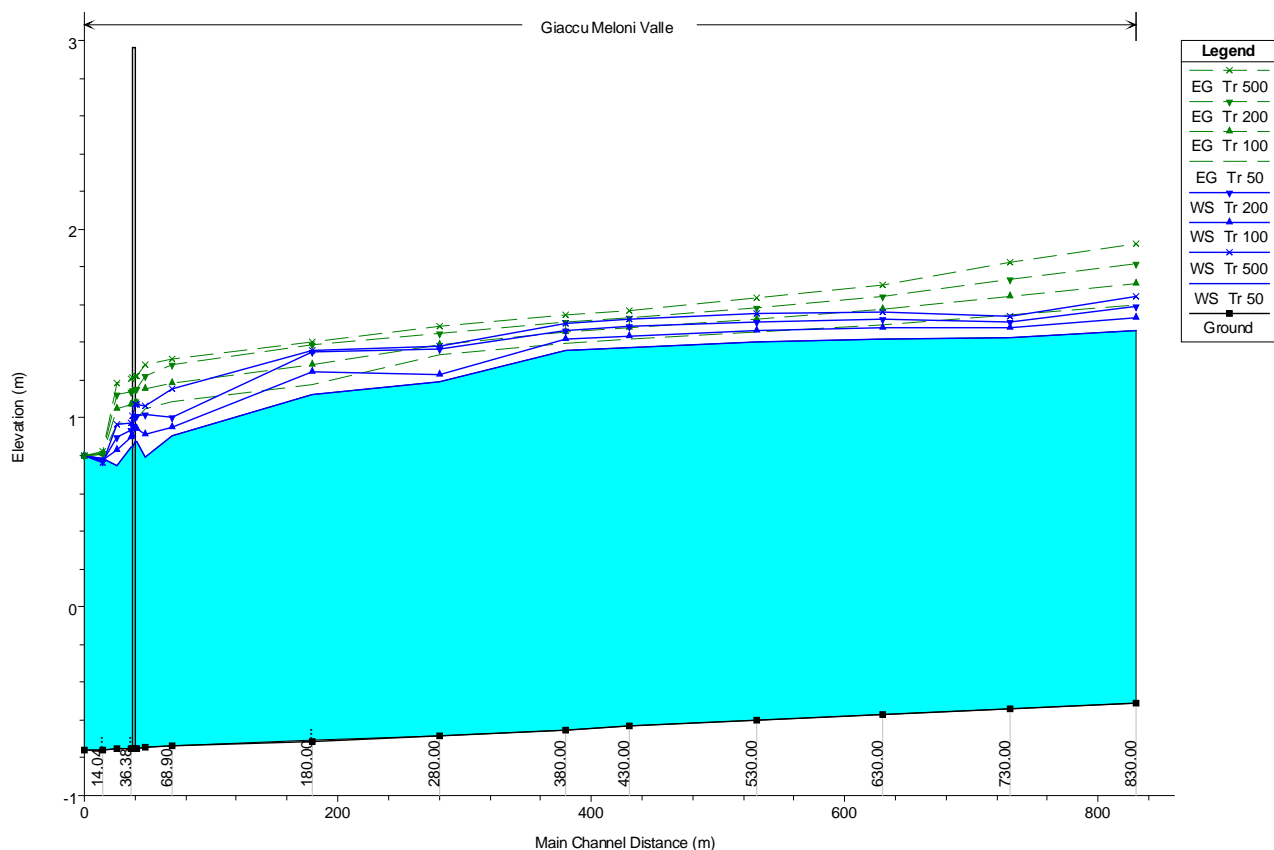


Figura 7 Profilo Idraulico Longitudinale ANTE - OPERAM

River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch EI (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 <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl	LOB Elev (m)	ROB Elev (m)
830.00	Tr 50	97.00	-0.51	1.47	0.57	1.60	0.000515	1.65	70.54	85.08	0.39	0.86	1.12
830.00	Tr 100	118.00	-0.51	1.53	0.72	1.71	0.000658	1.91	76.51	87.91	0.44	0.86	1.12
830.00	Tr 200	139.00	-0.51	1.59	0.86	1.82	0.000812	2.16	81.61	90.54	0.49	0.86	1.12
830.00	Tr 500	160.00	-0.51	1.65	1.01	1.92	0.000962	2.40	86.70	93.40	0.54	0.86	1.12
730.00	Tr 50	97.00	-0.54	1.42		1.55	0.000479	1.58	69.76	85.63	0.37	0.96	0.99
730.00	Tr 100	118.00	-0.54	1.47		1.65	0.000636	1.86	74.53	99.19	0.43	0.96	0.99
730.00	Tr 200	139.00	-0.54	1.51		1.74	0.000818	2.14	78.30	104.09	0.49	0.96	0.99
730.00	Tr 500	160.00	-0.54	1.54	0.93	1.82	0.001032	2.42	80.77	105.02	0.55	0.96	0.99
630.00	Tr 50	97.00	-0.57	1.42		1.49	0.000330	1.37	134.76	242.09	0.32	0.79	0.79
630.00	Tr 100	118.00	-0.57	1.48		1.57	0.000416	1.56	149.78	276.55	0.36	0.79	0.79
630.00	Tr 200	139.00	-0.57	1.52		1.64	0.000503	1.75	163.36	304.13	0.39	0.79	0.79
630.00	Tr 500	160.00	-0.57	1.56		1.70	0.000594	1.92	175.22	313.75	0.43	0.79	0.79
530.00	Tr 50	97.00	-0.60	1.40		1.46	0.000281	1.21	183.17	502.94	0.29	1.01	1.01
530.00	Tr 100	118.00	-0.60	1.46		1.53	0.000332	1.34	214.10	530.60	0.32	1.01	1.01
530.00	Tr 200	139.00	-0.60	1.51		1.59	0.000379	1.46	240.62	541.28	0.34	1.01	1.01
530.00	Tr 500	160.00	-0.60	1.55		1.63	0.000428	1.57	262.92	549.35	0.36	1.01	1.01
430.00	Tr 50	97.00	-0.63	1.37		1.42	0.000515	1.53	222.60	593.65	0.35	0.96	1.02
430.00	Tr 100	118.00	-0.63	1.43		1.48	0.000536	1.60	260.24	610.10	0.36	0.96	1.02
430.00	Tr 200	139.00	-0.63	1.48		1.53	0.000577	1.68	290.84	635.61	0.38	0.96	1.02
430.00	Tr 500	160.00	-0.63	1.52		1.57	0.000624	1.77	316.85	653.50	0.39	0.96	1.02
380.00	Tr 50	97.00	-0.65	1.36		1.39	0.000288	1.22	250.18	646.95	0.29	0.40	0.90
380.00	Tr 100	118.00	-0.65	1.42		1.46	0.000320	1.32	288.65	670.16	0.31	0.40	0.90
380.00	Tr 200	139.00	-0.65	1.46		1.51	0.000362	1.42	320.01	710.91	0.33	0.40	0.90
380.00	Tr 500	160.00	-0.65	1.50		1.55	0.000408	1.53	346.09	727.06	0.35	0.40	0.90
280.00	Tr 50	97.00	-0.68	1.19	1.19	1.34	0.000968	2.10	150.46	579.17	0.51	0.72	1.12
280.00	Tr 100	118.00	-0.68	1.23	1.23	1.39	0.001118	2.29	174.31	608.13	0.55	0.72	1.12
280.00	Tr 200	139.00	-0.68	1.36		1.45	0.000725	1.93	265.11	760.45	0.45	0.72	1.12
280.00	Tr 500	160.00	-0.68	1.38		1.48	0.000863	2.12	278.71	766.54	0.49	0.72	1.12

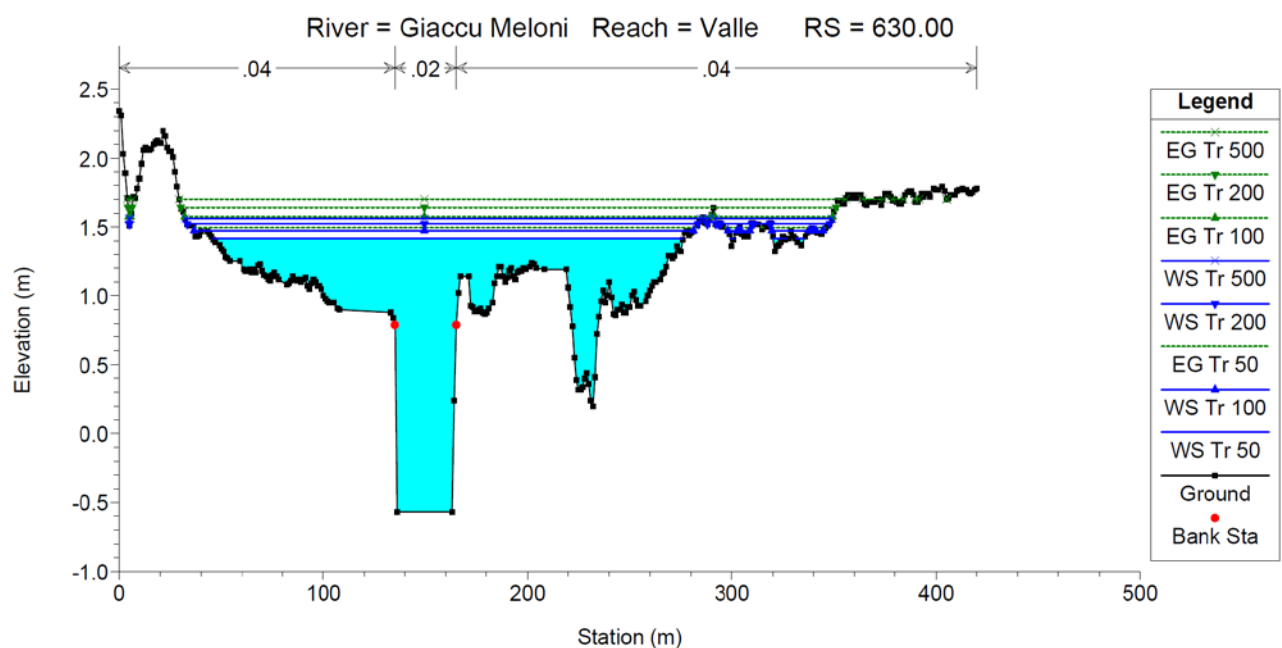
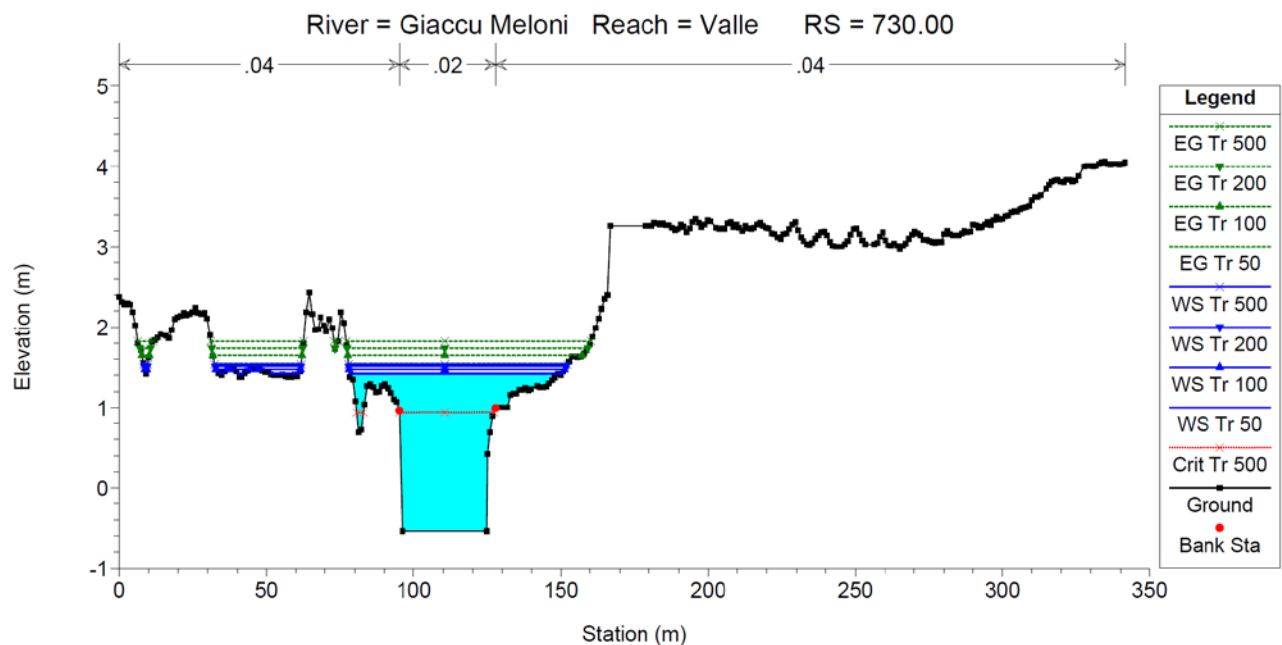
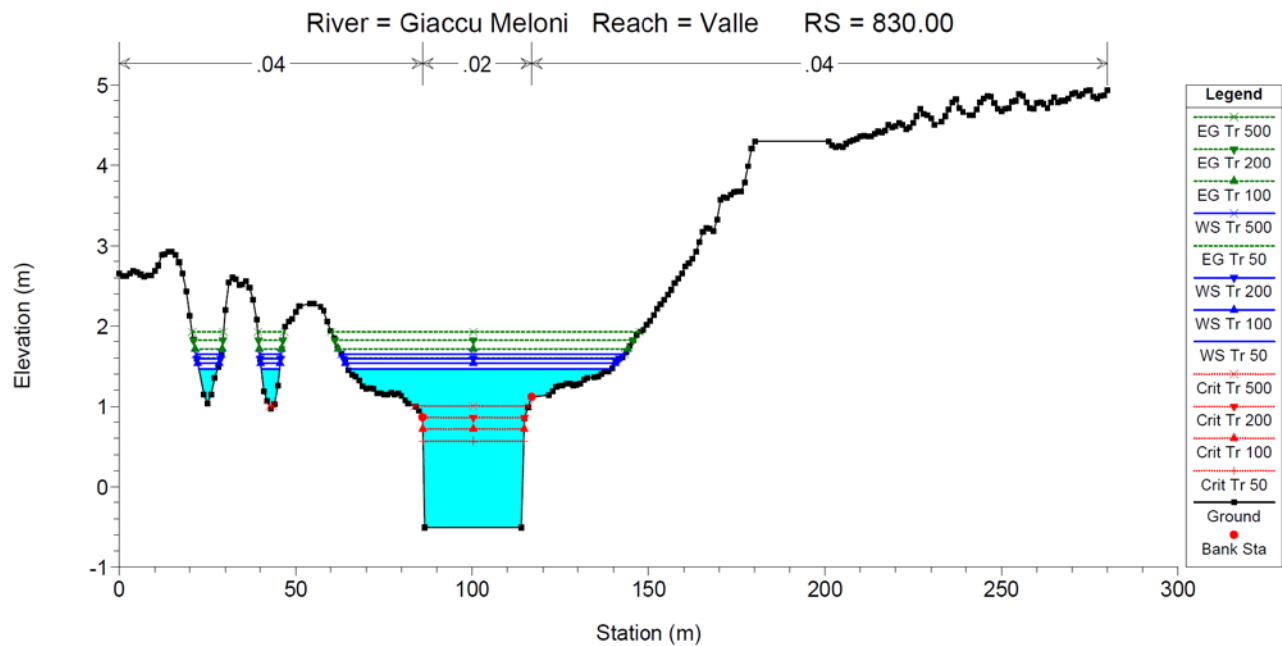


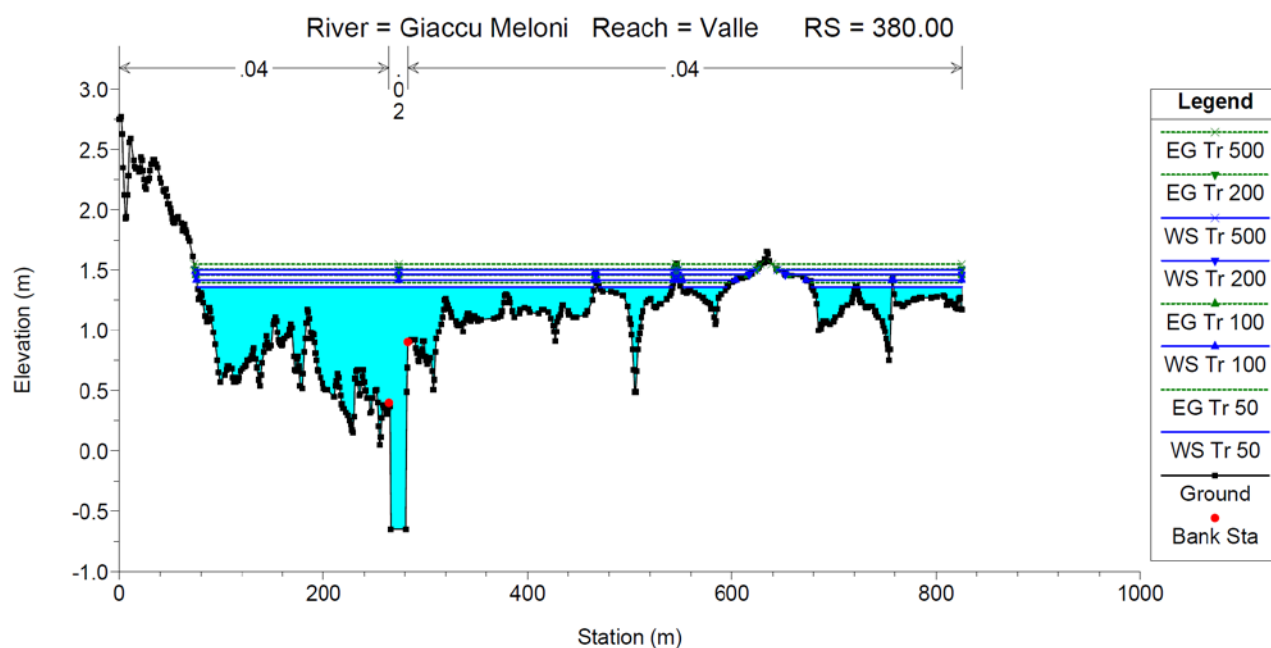
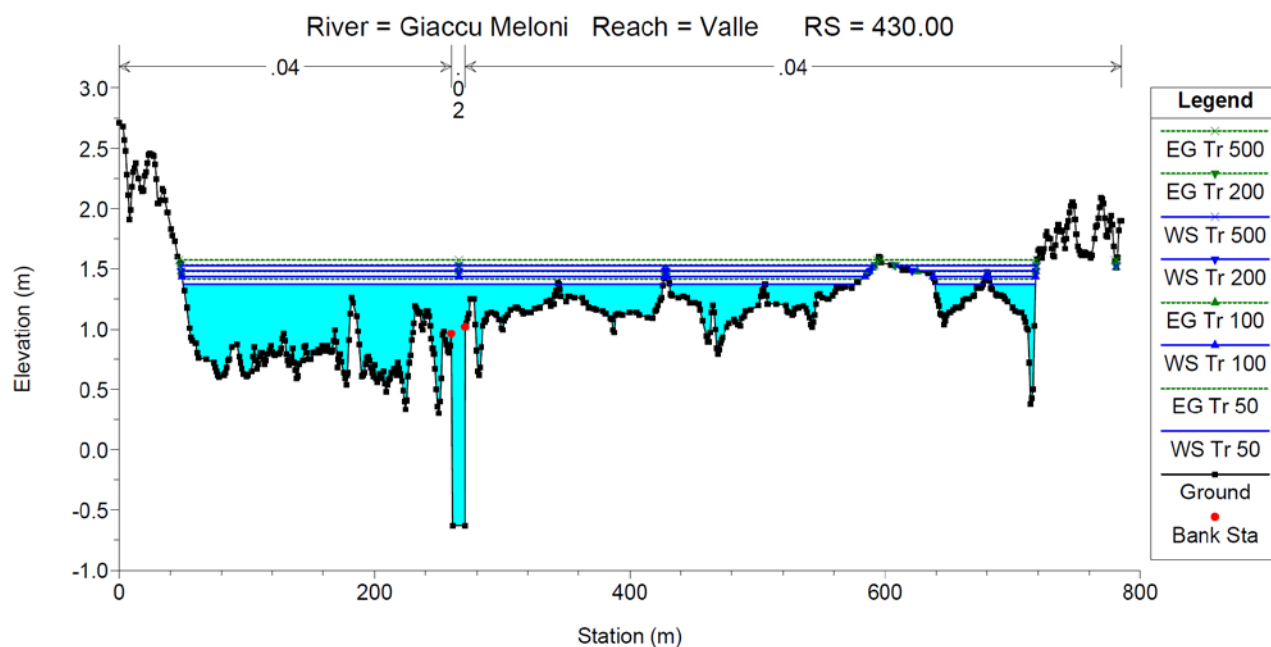
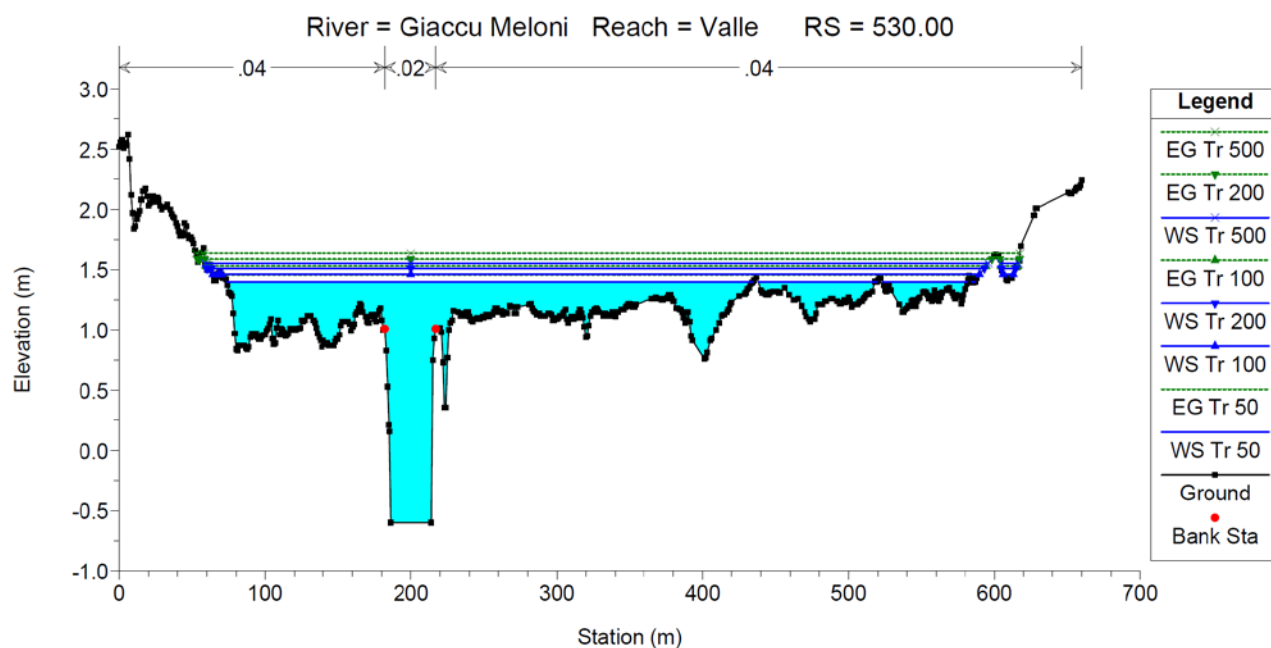
180.00	Tr 50	97.00	-0.71	1.12	0.61	1.18	0.000545	1.52	150.39	634.04	0.38	0.76	0.83
180.00	Tr 100	118.00	-0.71	1.24	0.81	1.29	0.000445	1.44	232.04	735.61	0.35	0.76	0.83
180.00	Tr 200	139.00	-0.71	1.35		1.38	0.000346	1.32	319.13	823.17	0.31	0.76	0.83
180.00	Tr 500	160.00	-0.71	1.36		1.40	0.000454	1.52	326.02	830.20	0.35	0.76	0.83
68.90	Tr 50	97.00	-0.74	0.91	0.33	1.09	0.001041	2.03	57.49	167.65	0.52	1.01	0.89
68.90	Tr 100	118.00	-0.74	0.95	0.48	1.18	0.001402	2.39	66.22	277.66	0.61	1.01	0.89
68.90	Tr 200	139.00	-0.74	1.00	0.61	1.29	0.001771	2.74	87.80	517.59	0.69	1.01	0.89
68.90	Tr 500	160.00	-0.74	1.16	1.16	1.32	0.001140	2.33	189.22	711.50	0.56	1.01	0.89
47.67	Tr 50	97.00	-0.74	0.79	0.44	1.05	0.002041	2.54	49.28	175.08	0.71	1.13	0.76
47.67	Tr 100	118.00	-0.74	0.92	0.92	1.15	0.001920	2.59	77.29	275.84	0.70	1.13	0.76
47.67	Tr 200	139.00	-0.74	1.02	1.02	1.22	0.001748	2.57	111.91	433.01	0.67	1.13	0.76
47.67	Tr 500	160.00	-0.74	1.06	1.10	1.28	0.001887	2.71	133.08	482.86	0.70	1.13	0.76
40.91	Tr 50	97.00	-0.75	0.88	0.37	0.99	0.001024	1.87	83.39	220.93	0.51	1.14	0.70
40.91	Tr 100	118.00	-0.75	0.95	0.74	1.08	0.001190	2.03	99.17	226.64	0.55	1.14	0.70
40.91	Tr 200	139.00	-0.75	1.01	0.86	1.15	0.001343	2.18	113.28	232.76	0.58	1.14	0.70
40.91	Tr 500	160.00	-0.75	1.07	0.92	1.22	0.001412	2.25	129.00	235.75	0.59	1.14	0.70
37.38	Bridge												
36.38	Tr 50	97.00	-0.75	0.84	0.42	0.99	0.001209	2.05	79.26	221.24	0.57	1.09	0.70
36.38	Tr 100	118.00	-0.75	0.90	0.80	1.07	0.001437	2.29	91.73	223.81	0.62	1.09	0.70
36.38	Tr 200	139.00	-0.75	0.93	0.88	1.14	0.001753	2.56	99.17	225.43	0.69	1.09	0.70
36.38	Tr 500	160.00	-0.75	0.97	0.95	1.21	0.001991	2.77	108.08	226.64	0.73	1.09	0.70
25.79	Tr 50	97.00	-0.75	0.75	0.75	0.97	0.002242	2.44	56.61	197.76	0.75	1.13	0.77
25.79	Tr 100	118.00	-0.75	0.83	0.83	1.05	0.002346	2.59	75.65	245.63	0.77	1.13	0.77
25.79	Tr 200	139.00	-0.75	0.89	0.89	1.12	0.002463	2.73	92.65	294.53	0.79	1.13	0.77
25.79	Tr 500	160.00	-0.75	0.96	0.96	1.18	0.002414	2.79	114.55	344.97	0.79	1.13	0.77
14.04	Tr 50	97.00	-0.76	0.79	-0.27	0.81	0.000114	0.65	157.55	201.44	0.18	0.85	0.70
14.04	Tr 100	118.00	-0.76	0.78	-0.20	0.81	0.000172	0.80	156.15	198.24	0.22	0.85	0.70
14.04	Tr 200	139.00	-0.76	0.77	-0.14	0.82	0.000244	0.94	154.45	194.88	0.26	0.85	0.70
14.04	Tr 500	160.00	-0.76	0.76	-0.08	0.82	0.000332	1.09	152.43	191.93	0.30	0.85	0.70
0.00	Tr 50	97.00	-0.76	0.80	-0.58	0.80	0.000006	0.15	642.42	481.02	0.04	0.88	0.81
0.00	Tr 100	118.00	-0.76	0.80	-0.55	0.80	0.000009	0.19	642.42	481.02	0.05	0.88	0.81
0.00	Tr 200	139.00	-0.76	0.80	-0.53	0.80	0.000013	0.22	642.42	481.02	0.06	0.88	0.81
0.00	Tr 500	160.00	-0.76	0.80	-0.50	0.80	0.000017	0.25	642.42	481.02	0.07	0.88	0.81

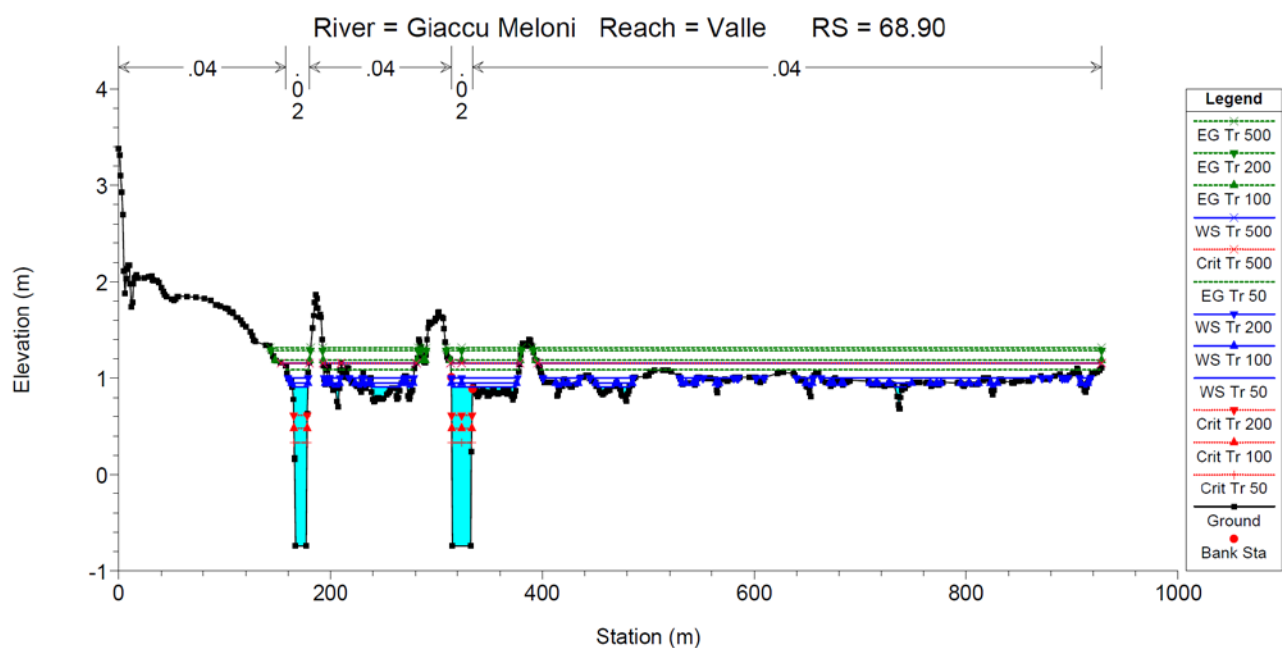
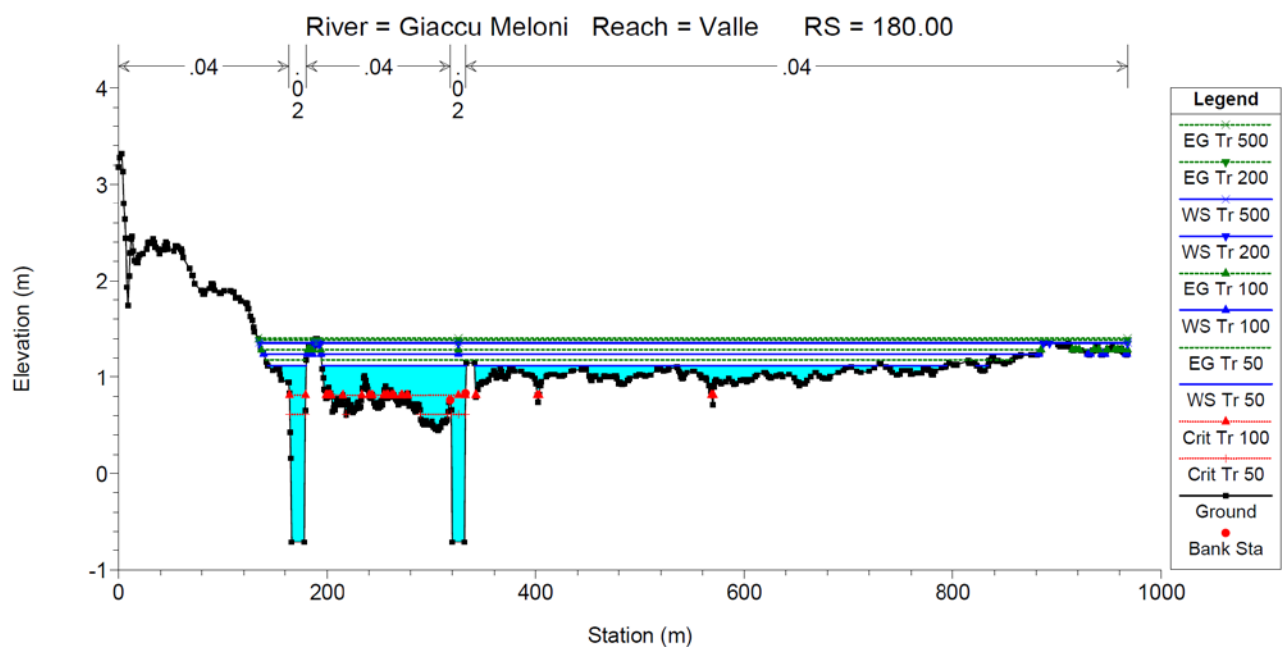
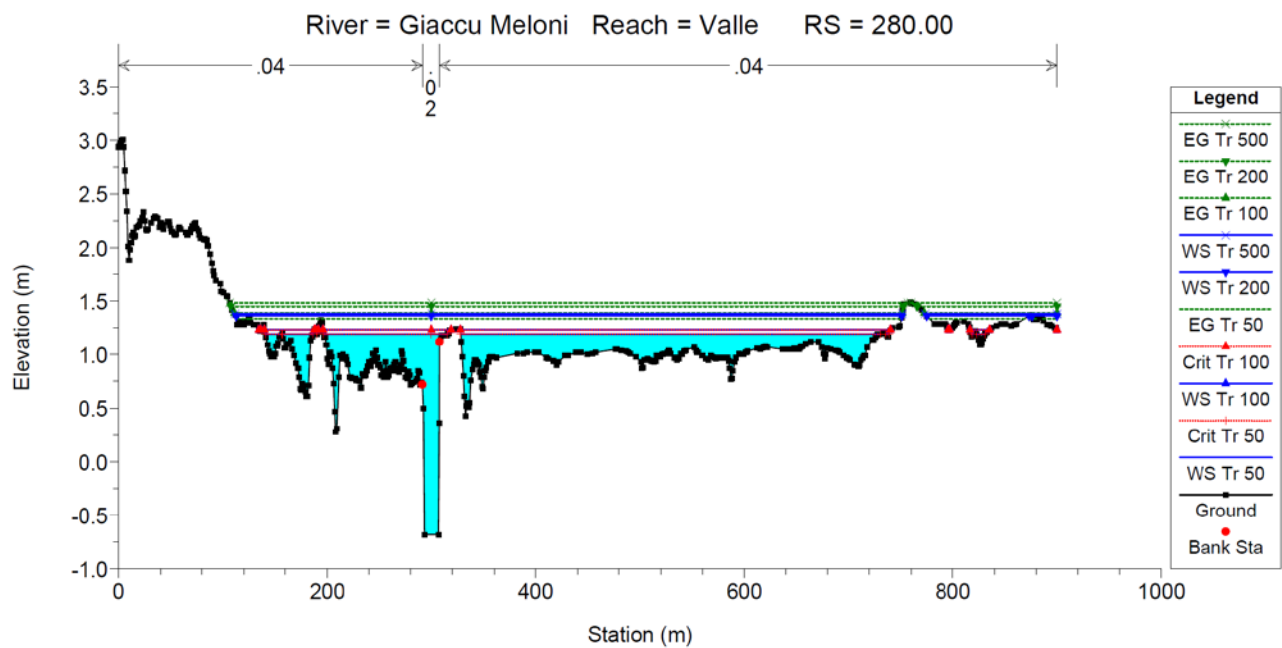
Tabella 4 Dati di Output Sezioni Idrauliche Post – Operam (in celeste le sezioni di monte e di valle degli attraversamenti)

River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Top Width (m)	Q Left (m3/s)	Q Channel (m3/s)	Q Right (m3/s)	Vel Chnl (m/s)
47.67	Tr 50	1.05	0.79	0.44	0.01	0.04	175.08	31.86	64.71	0.43	2.54
47.67	Tr 100	1.15	0.92	0.92	0.01	0.03	275.84	41.57	72.35	4.08	2.59
47.67	Tr 200	1.22	1.02	1.02	0.01	0.02	433.01	51.08	76.72	11.20	2.57
47.67	Tr 500	1.28	1.06	1.10	0.01	0.01	482.86	59.42	83.52	17.06	2.71
40.91	Tr 50	0.99	0.88	0.37	0.00	0.00	220.93	39.84	55.12	2.04	1.87
40.91	Tr 100	1.08	0.95	0.74	0.00	0.00	226.64	50.57	63.13	4.30	2.03
40.91	Tr 200	1.15	1.01	0.86	0.00	0.00	232.76	61.47	70.55	6.98	2.18
40.91	Tr 500	1.22	1.07	0.92	0.00	0.00	235.75	73.27	76.35	10.38	2.25
37.38 BR U	Tr 50	0.99	0.87	0.37	0.00	0.00	220.35	39.80	55.21	1.99	1.87
37.38 BR U	Tr 100	1.08	0.94	0.75	0.00	0.00	225.99	50.53	63.26	4.21	2.04
37.38 BR U	Tr 200	1.15	1.01	0.86	0.00	0.00	232.21	61.39	70.77	6.84	2.19
37.38 BR U	Tr 500	1.22	1.07	0.93	0.00	0.01	235.16	73.19	76.62	10.19	2.26
37.38 BR D	Tr 50	0.99	0.85	0.42	0.00	0.00	220.98	36.92	57.29	2.79	2.04
37.38 BR D	Tr 100	1.07	0.90	0.80	0.00	0.00	223.57	46.49	66.49	5.02	2.28
37.38 BR D	Tr 200	1.15	0.96	0.88	0.00	0.00	225.85	56.63	74.53	7.85	2.45
37.38 BR D	Tr 500	1.22	1.01	0.95	0.00	0.00	227.74	67.03	81.96	11.01	2.60
36.38	Tr 50	0.99	0.84	0.42	0.01	0.01	221.24	36.83	57.44	2.73	2.05
36.38	Tr 100	1.07	0.90	0.80	0.02	0.00	223.81	46.37	66.68	4.95	2.29
36.38	Tr 200	1.14	0.93	0.88	0.02	0.00	225.43	55.68	76.35	6.97	2.56
36.38	Tr 500	1.21	0.97	0.95	0.02	0.00	226.64	65.58	84.88	9.54	2.77
25.79	Tr 50	0.97	0.75	0.75	0.01	0.06	197.76	41.91	52.23	2.86	2.44
25.79	Tr 100	1.05	0.83	0.83	0.01	0.06	245.63	51.52	59.84	6.64	2.59
25.79	Tr 200	1.12	0.89	0.89	0.02	0.05	294.53	61.18	66.69	11.13	2.73
25.79	Tr 500	1.18	0.96	0.96	0.02	0.05	344.97	70.88	71.98	17.15	2.79

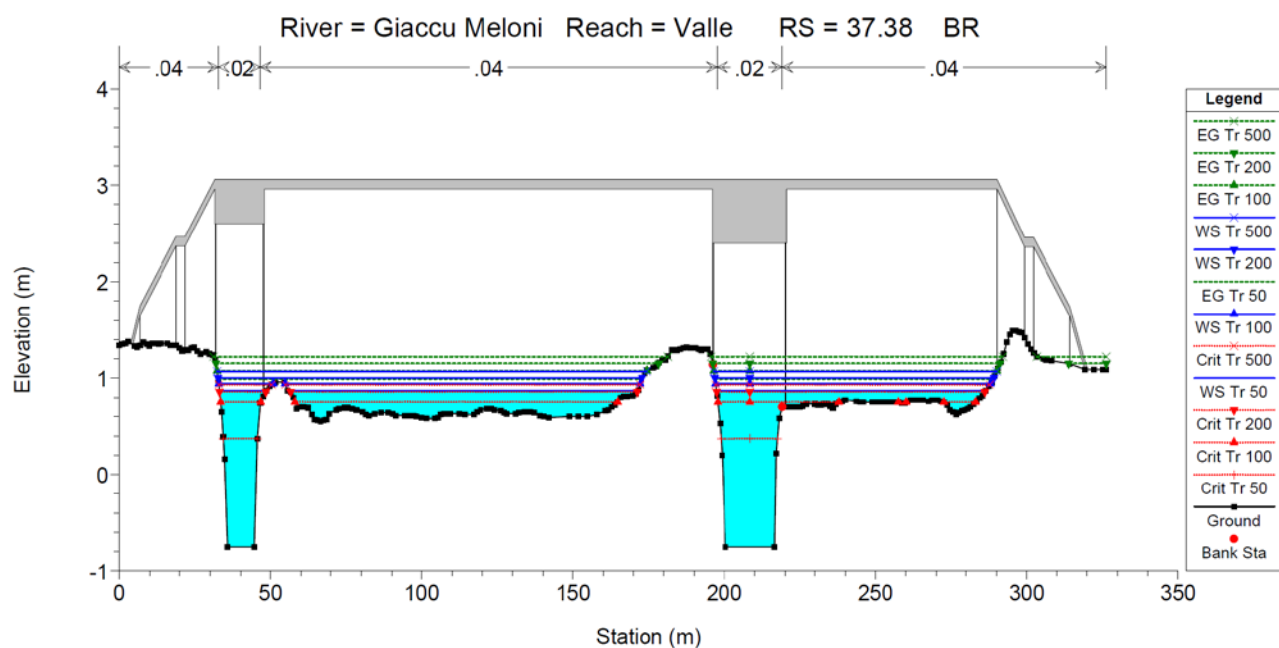
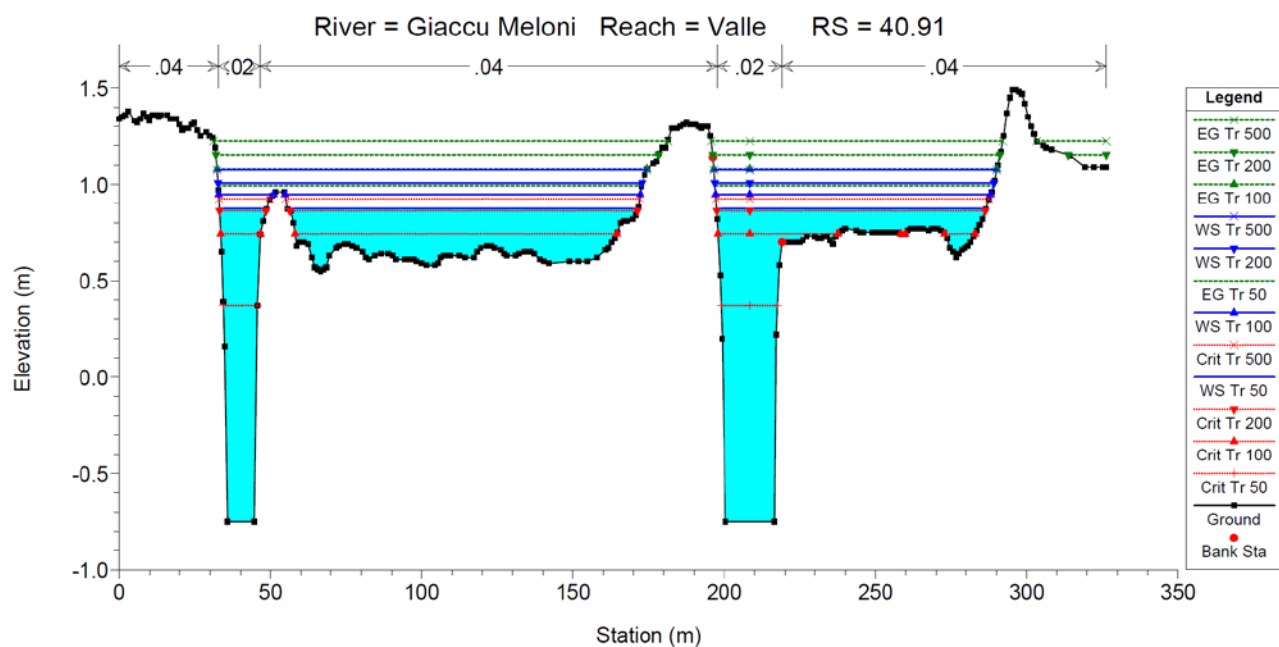
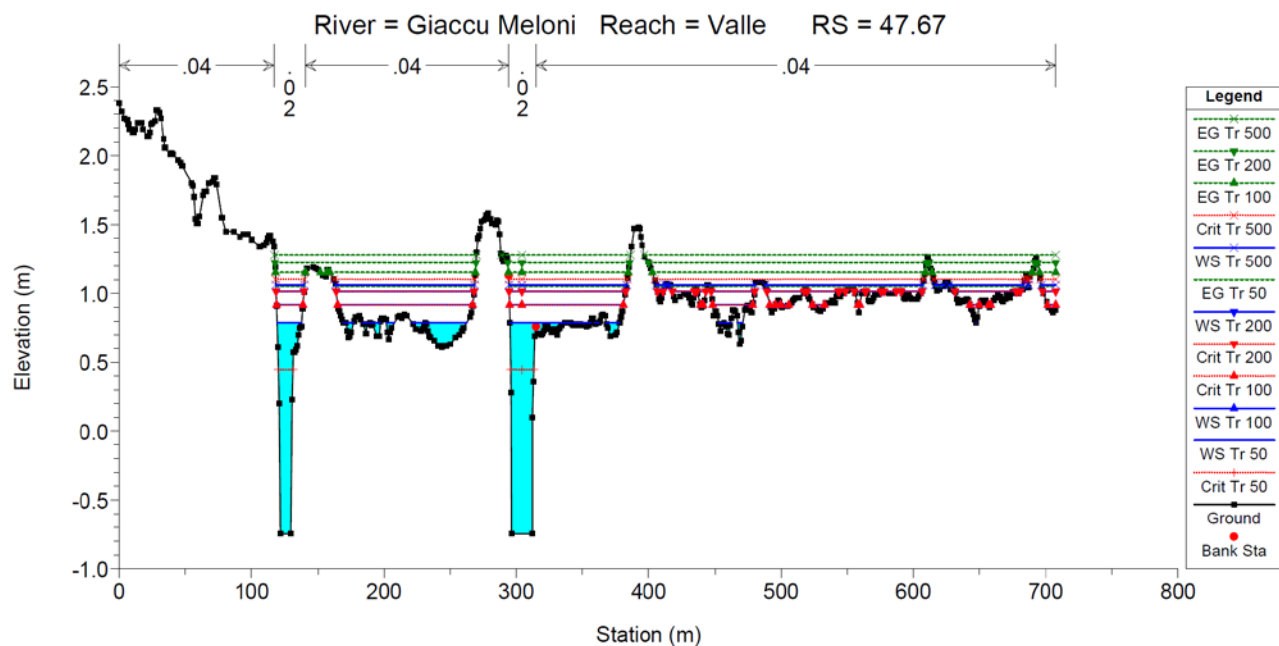
Tabella 5 Dati di Output Six XS Bridge Post – Operam (in celeste le sezioni di monte e di valle degli attraversamenti)











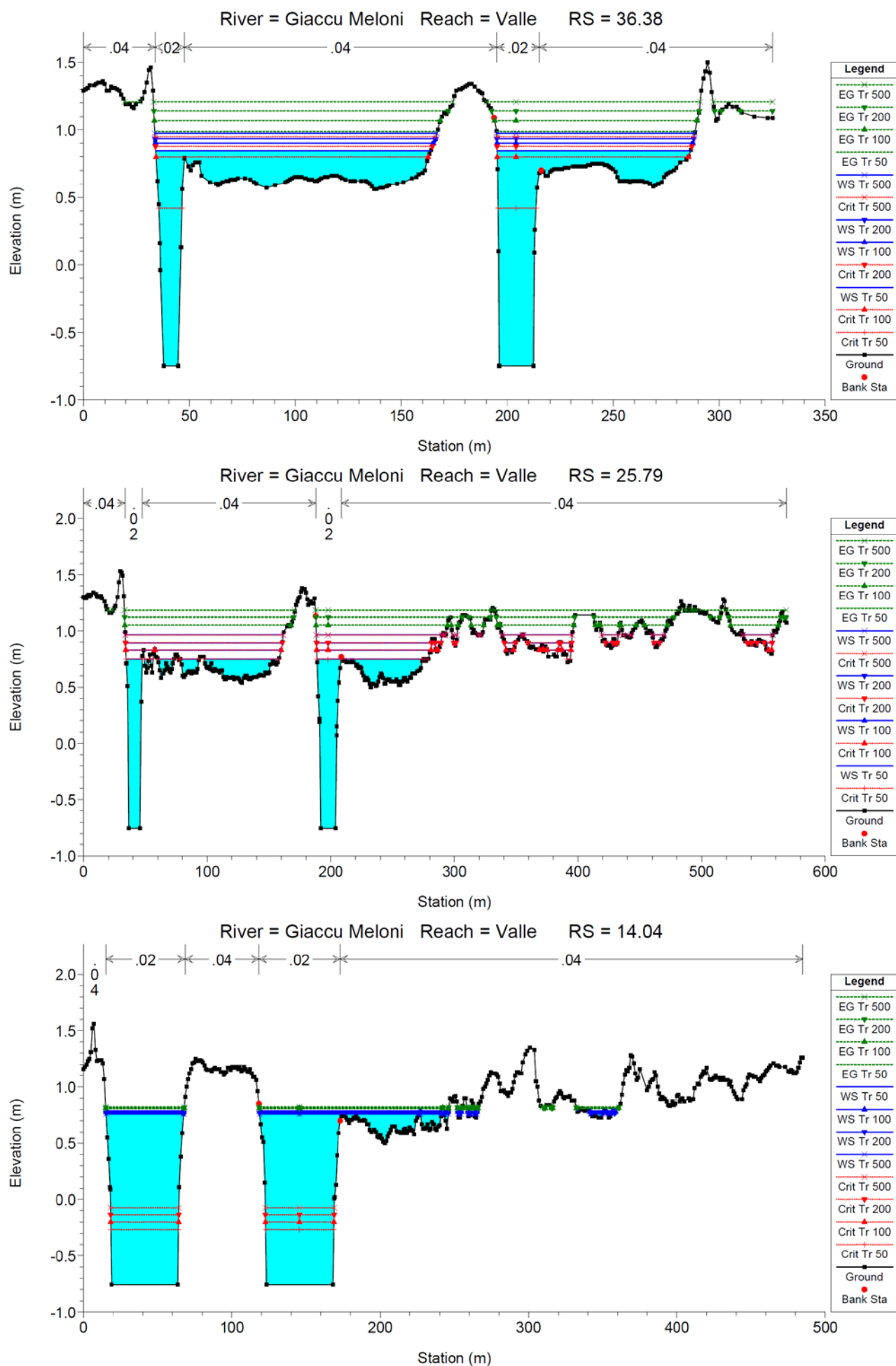


Figura 8 Sezioni Idrauliche Post – Operam

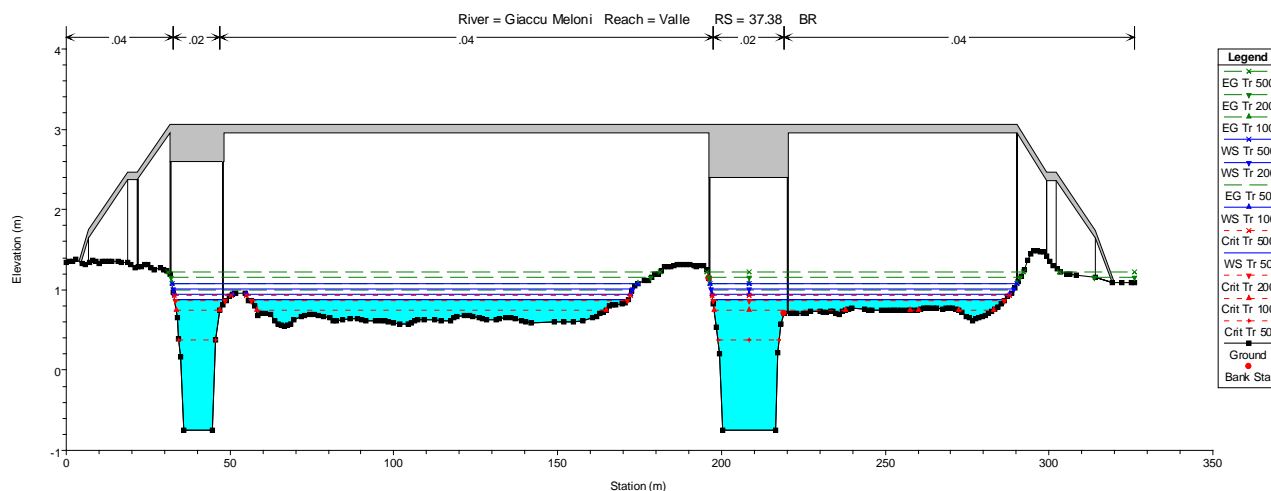


Figura 9 Sezione Idraulica di monte Post – Operam degli attraversamenti

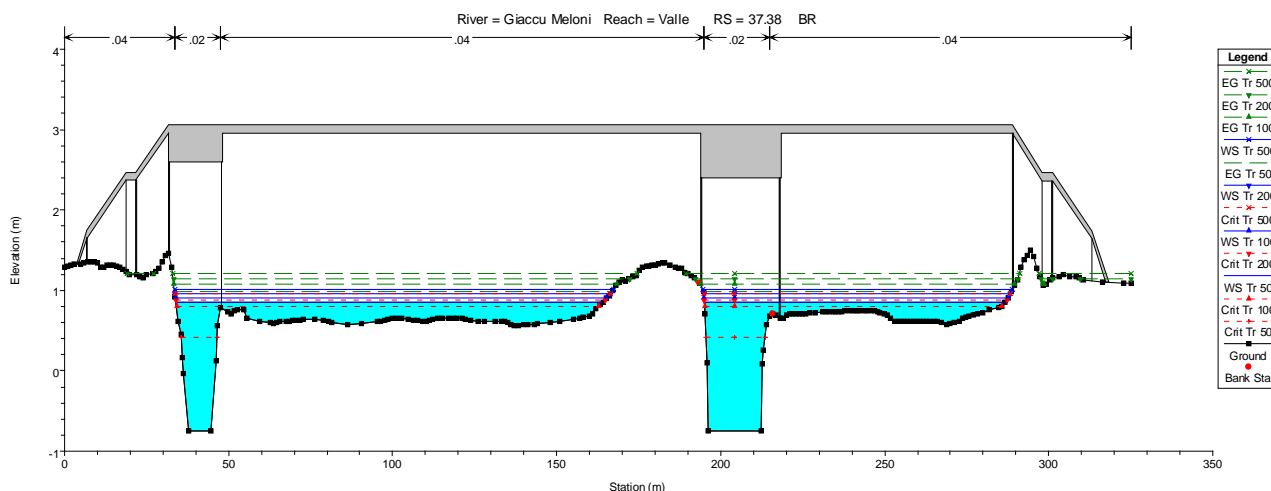


Figura 10 Sezioni Idrauliche di valle Post – Operam degli attraversamenti

#### 4. Conclusioni

Alla luce delle verifiche idrauliche effettuate mediante il modelli idraulici ante e post - operam, si può concludere che l'inserimento degli attraversamenti sul Rio Giaccu Meloni e Rio Sa Murta per nessuna piena stimata nello Studio di compatibilità idraulica e geologica-geotecnica art. 8 comma 2 NTA del PAI di Elmas (Del. del C. I. dell'Autorità di Bacino n.9 del 08.09.2011) si creeranno impedimenti apprezzabili al naturale deflusso delle acque in quanto l'ingombro delle pile e dei pali sarà del tutto trascurabile rispetto alle sezioni idriche contribuenti al deflusso anche per eventi eccezionali non valutati.

Si mettono in evidenza nella tabella seguente, i valori estratti dalla tabella 3 e 4 (Dati di Output Ante e Post Operam relativi alla sezione a monte degli attraversamenti (progressiva 40.91) e a quella subito a valle (progressiva 36.38), che permettono di constatare che non vi potrà essere alcuna variazione apprezzabile dei battenti idrici nella simulazione post-intervento rispetto allo stato attuale.

River Sta	Profile	Q Total	W.S. Elev ANTE OPERAM	W.S. Elev POST OPERAM
		(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)
40.91	Tr 50	97.00	0.88	0.88
40.91	Tr 100	118.00	0.95	0.95
40.91	Tr 200	139.00	1.01	1.01
40.91	Tr 500	160.00	1.07	1.07
37.38	Bridge			
36.38	Tr 50	97.00	0.84	0.84
36.38	Tr 100	118.00	0.90	0.90
36.38	Tr 200	139.00	0.93	0.93
36.38	Tr 500	160.00	0.97	0.97

Tabella 6 Confronto W.S.Elev Ante e Post – Operam Sez. 40.91 e 36.38

Le simulazioni effettuate permettono pertanto di verificare le condizioni stabilite dall'art. 21 comma 2 delle NTA del PAI in particolare la realizzazione degli attraversamenti in progetto sarà tale da:

- a. conservare le funzioni e il livello naturale dei corsi d'acqua;
- b. non creare in aree pianeggianti impedimenti al naturale deflusso delle acque;
- c. ...*omissis*...
- d1. Garantiscano un franco sul livello della portata di progetto, ...*omissis*...
- e. prevedere eventuali rampe di accesso alle infrastrutture di attraversamento in modo da non ostacolare il naturale deflusso delle acque. ...*omissis*...
- f. evitare o comunque limitare il numero di pile in alveo;
- g. non comportare restringimenti della sezione che pregiudichino la sicurezza del tronco d'alveo da parte delle spalle dei ponti;
- h. offrire la minore resistenza idrodinamica mediante l'uso di pile per i ponti;
- i. garantire la protezione dall'erosione delle pile dei ponti evitando plateazioni della sezione di imposta;
- l. minimizzare il rischio di instabilità gravitativa e di alterazione del naturale reticolo drenante indotto dai tagli dei versanti lungo i tracciati;
- m. limitare le modificazioni della morfologia naturale dei pendii impegnati;

In ultimo, si è potuto accertare che il valore di output post - operam relativo alla quota Tr200 sul paramento di monte degli attraversamenti (progressiva 37.38 BR U) pari a 1.01 m s.l.m. risulta tuttavia superiore al valore individuato nello Studio di compatibilità l'art. 8 c. 2 NTA del PAI di Elmas (2011) pari a 0.90 m s.l.m. preso come riferimento per il calcolo del franco Idraulico di sicurezza. Pertanto considerato il maggior dettaglio col quale si è ricavato tale valore, si conviene nell'aumentare il valore del franco idraulico dal valore di 2.40 m s.l.m. (0.9 m s.l.m. + 1.5) identificato nello studio di compatibilità ad un valore non inferiore a 2.51 m s.l.m. (1.01 m s.l.m + 1.5).