



Commessa:

**PR-E-1087 Lavori urgenti di messa in sicurezza  
della briglia selettiva a funzione del manufatto limitatore  
della cassa di espansione di monte del torrente Enza  
CUP B77H22000180001**



**PROGETTO ESECUTIVO - 1° STRALCIO  
PIANO DELLA SICUREZZA**

**RELAZIONE DI DIMENSIONAMENTO  
DELLE OPERE PROVVISORIALI  
IN ALVEO**

Scala: -

**2022-1087-PR-PSC8**

Tav.

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	14.11.2022	Emissione	GLB	RR	RR

I PROGETTISTI



*Monica Larocca* IL RUP  
Dott. Ing. Monica Larocca

## 1 PREMESSA

La presente relazione ha lo scopo di determinare i principali parametri idraulici di interesse del torrente Enza in corrispondenza dell'intervento di manutenzione straordinaria della briglia esistente a monte della cassa di espansione in località Montechiarugolo-Montecchio e di definire, attraverso criteri condivisi e comuni, le scelte progettuali in merito alle interazioni della infrastruttura con gli idrodinamismi del torrente anche in fase di cantiere.

Per la definizione delle portate di piena si è fatto riferimento all'allegato "Profili di Piena" del PGRA che contiene i valori di portata al colmo nelle sezioni più significative del torrente Enza per i tempi di ritorno rispettivamente di 20, 200 e 500 anni. Tutte le analisi sono state effettuate in accordo con le Direttive e le Norme Tecniche di Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'AdBPo, e del PGRA. La presente analisi si è articolata nelle seguenti fasi:

- 1) Definizione del quadro conoscitivo morfologico mediante rilievi topografici – AIPO: al fine di procedere all'implementazione di un'analisi idraulica di maggior dettaglio delle aree oggetto di studio, sono state utilizzate le sezioni provenienti da una campagna di rilievi topografici di AIPO (2011). Per quanto riguarda, invece, la determinazione della geometria d'alveo in prossimità della briglia si è proceduto nel 2022 al rilievo topografico della briglia stessa e di un piano quotato e sezioni nell'area oggetto di studio.
- 2) Definizione del quadro conoscitivo idrologico di riferimento: dell'elaborato "Profili di piena" del PGRA è stato possibile desumere il valore delle portate in corrispondenza dell'area di intervento per tempi di ritorno pari a 20, 200 e 500 anni. Attraverso il processo di interpolazione lineare della curva delle portate è stato possibile determinare il valore delle portate anche per tempi di ritorno pari a 50 a 100 anni e di progetto per le opere provvisorie.
- 3) Verifica delle condizioni idrauliche per tempi di ritorno di riferimento: a partire dalle caratteristiche morfologiche e idrologiche desunte dai quadri conoscitivi sopra introdotti, si è proceduto all'esecuzione di apposite analisi modellistiche monodimensionali di un tratto di circa 2,20 km del torrente Enza dalla sezione 78 alla sezione 75. Tali modellazioni hanno consentito di definire con maggior precisione le principali grandezze idrauliche, in particolare in termini di tiranti idrometrici e velocità, che s'instaurano per piene con tempo di ritorno di riferimento in prossimità del ponte Veggia. Il modello utilizzato è HEC-RAS River Analysis System, elaborato dal Hydrologic Engineering Center dell'US Army Corps of Engineers (Versione 6.2). Grazie alle risultanze della modellazione, sono state stimate e valutate le interazioni sul profilo di rigurgito e ricavati i principali parametri idraulici (altezza idrica e velocità della corrente). In questo caso i criteri e i franchi di rispetto imposti discendono dalla Direttiva dell'Autorità di Bacino del fiume Po contenente i "Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e d'interesse pubblico all'interno delle Fasce A e B" approvata con DPCM del 4 maggio 2001 e pubblicata nella Gazzetta Ufficiale n° 183 del 8/08/2001;
- 4) Definizione dei parametri idraulici per le opere provvisorie: si sono determinati, mediante simulazione numerica, i livelli idrometrici che si instaurano al deflusso della portata calcolata per i tempi di ritorno di progetto, anche in base alla vita utile dell'opera e alla durata dei lavori prevista. Dai risultati ottenuti, in questa fase progettuale, si sono determinati i livelli idrometrici di riferimento rispetto ai quali dimensionare le citate opere di cantierizzazione necessarie per la realizzazione degli interventi di ripristino corticale dei cementi in corrispondenza dell'alveo mantenendo un franco adeguato sia per la incolumità degli operai, sia per evitare influenze negative sui profili di rigurgito.



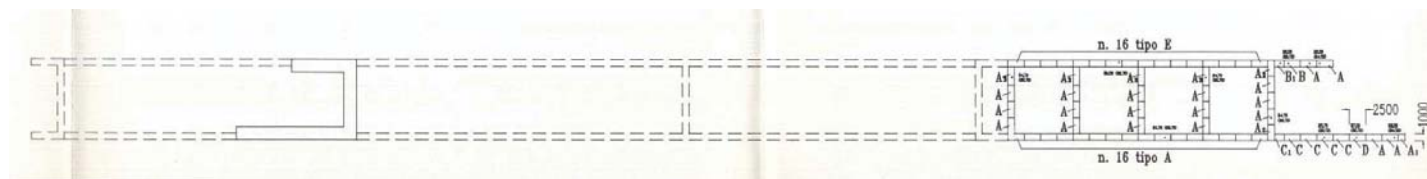
## 2 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA E DELL'INTERVENTO

La briglia in oggetto di intervento è posta sul torrente Enza tra i Comuni di Montechiarugolo e Montecchio. Di seguito si riporta un'immagine aerea per inquadrare l'opera.



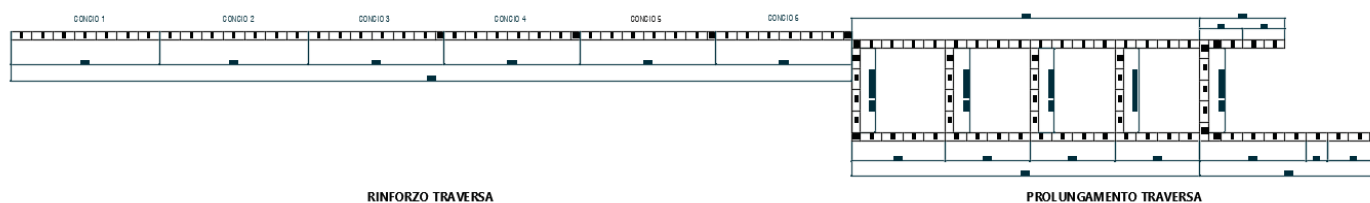
**Figura 1 - Inquadratura area di intervento**

Il manufatto di briglia attuale è l'esito di due interventi successivi che hanno generato due differenti tipologie di sezione trasversale, entrambi oggetto di verifica strutturale. Con i lavori del 1996, infatti una struttura esistente è stata prolungata, o meglio spostata, verso la sponda sinistra di 45 m.

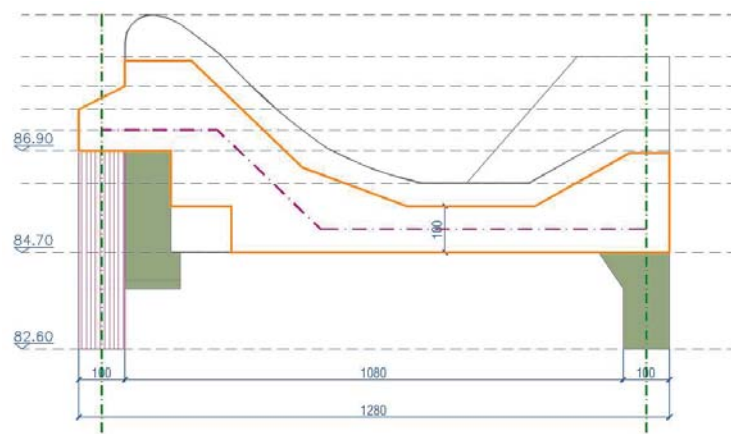


**Figura 2: Planimetria delle diaframature di fondazione da progetto 1996 – Tavola 46**

Durante i lavori venne quindi decisa la realizzazione di una diafammatura di ammortamento di monte lungo il tratto di 99 m occupato dalla traversa esistente, generando la sezione tipologica di figura seguente. Il tratto di prolungamento (spostamento) della traversa venne infine definito in 41 m. Di seguito si riporta la planimetria delle diaframature come realizzate in corso d'opera.



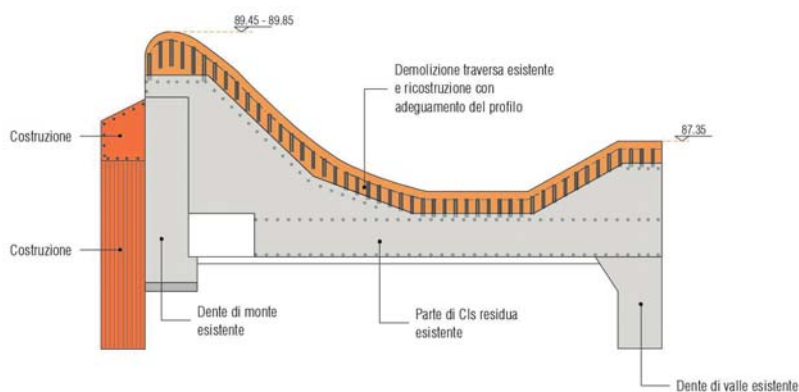
**Figura 3: Planimetria delle diaframature come realizzate**



**Figura 4: Sezione trasversale briglia "rinforzata"**

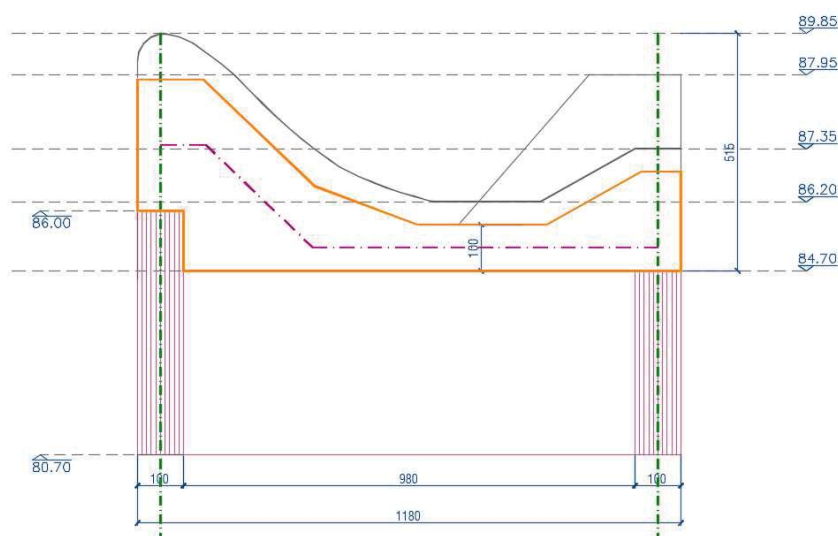
In dettaglio, l'intervento di rinforzo sulla sezione di briglia esistente è consistito nella realizzazione di una diaframmatrice di monte di spessore pari a 100 cm, altezza di 4.3 m con quota di sommità del pannello pari a 86.90 m s.l.m..

La struttura in c.a. della briglia venne quindi rinforzata ed adattata secondo i criteri schematizzati in figura seguente.



**Figura 5: Interventi di adeguamento e rinforzo della briglia esistente**

Il tratto di prolungamento presenta invece la sezione tipologica seguente:



**Figura 6: Sezione trasversale del tratto di briglia in prolungamento**

Con diaframmatrice di monte e di valle di spessore pari a 100 cm e quota di imposta pari a 80.70 m s.l.m..

Entrambe le sezioni presentano denti di valle di ampiezza pari a 160 cm posti ad interasse di 320 cm.

## 2.1 Interventi previsti

Come già esposto in relazione, la mappatura dello stato del degrado ha evidenziato condizioni di ammaloramento di differenti gravità, come graficamente illustrate in elaborati grafici 2022-1087-PR-SF07.1-2-3, tra cui:

- **Abrasione contenuta allo spessore del copriferro, ossia limitata ai primi 40 mm del manufatto;**
- **Erosione estesa ad uno spessore prossimo ai 70 mm e tale da esporre le armature di estradosso;**
- **Distacchi di parti in c.a., di spessori maggiori i 70 mm, con parzializzazione della sezione.**

Per i quali sono stati definiti specifici protocolli di intervento, come meglio specificati nella relazione tecnica illustrativa.

## 3 TORRENTE ENZA NEL TRATTO DI INTERESSE

Il torrente Enza, affluente di destra del fiume Po, nasce nella regione appenninica, dal passo del Giogo e Monte Palerà a quota 1.425 m s.l.m., in prossimità dello spartiacque ligure-emiliano e scorre, per quasi tutta la sua lunghezza tra le province di Parma e di Reggio Emilia.

La quota massima del bacino è rappresentata dai 2.016 m s.l.m. dell'Alpe di Succiso, la minima dai 24 m della foce in Po, mentre l'altitudine media del bacino, chiuso a foce Po, è di circa 600 m s.l.m..

Il bacino idrografico presenta una superficie complessiva di circa 890 km<sup>2</sup> di cui 650 km<sup>2</sup> di bacino montano e 240 km<sup>2</sup> di bacino di pianura. Il corso del torrente si sviluppa lungo un'asta di circa 98 km.

Dalla sorgente fino a Canossa, l'asta si sviluppa in direzione nord-est, quindi prosegue prevalentemente verso nord fino allo sbocco in pianura, dove forma un vasto conoide avente apice a San Polo d'Enza; successivamente il corso d'acqua prosegue fino alla confluenza nel fiume Po, a Brescello. L'asta dell'Enza può essere distinta in tre tratti sufficientemente definiti, differenziati da caratteristiche precise:

- Il tratto montano, esteso sino alla confluenza del rio di Cerezzola, in comune di Ciano;
- Il tratto pedemontano, privo di arginature, esteso fino al ponte che collega Montecchio con Montechiarugolo;
- Il tratto di pianura, delimitato da argini continui fino al fiume Po, a valle del comune di Brescello.

Il tratto di torrente considerato nelle analisi idrauliche in oggetto è limitato dalla sezione trasversale 80 del PAI, a monte dell'area in esame, e dalle sezione 75 del PAI a valle, per un'estensione totale di circa 3,55 km.

In corrispondenza della sezione di chiusura all'altezza dell'abitato di Montechiarugolo – Montecchio Emilia, il torrente Enza sottende una porzione di bacino idrografico pari a circa 630 km<sup>2</sup>.

Nel tratto oggetto della modellazione numerica di dettaglio sono state prese in considerazione 6 sezioni topografiche, di cui una interpolata (78.1) in corrispondenza dell'area in esame.

In questo tratto il torrente scorre tranquillo in un alveo ormai ampio con pendenze medie dello 0,5%.

### 3.1 Rilievi topografici dell'alveo

Il tratto di corso d'acqua di interesse è stato oggetto di una campagna di rilievi topografici, che sono stati utilizzati per la determinazione delle caratteristiche geometriche dell'alveo, sia per la parte incisa che per la porzione dell'alveo di piena, sulla base delle quali sono state fatte le valutazioni idrauliche sulle condizioni di deflusso.

Le sezioni utilizzate per le simulazioni idrauliche sono quelle del rilievo topografico eseguito nel 2011 da parte della Autorità di bacino del Po.

Ai fini delle verifiche idrauliche viene preso in considerazione un tronco di corso d'acqua sufficientemente esteso verso valle e monte del tratto di interesse, in modo tale da non essere influenzato dalle condizioni al contorno da assumere nelle simulazioni di calcolo; il limite di valle individuato è rappresentato dalla sezione 75, per una lunghezza complessiva d'asta pari a circa 2,20 km. Si precisa che non è stata inserita la cassa di espansione.





**Figura 7 – Planimetria con indicazione delle sezioni fluviali.**

Le sezioni sono state implementate mediante l'attribuzione di un numero d'ordine, crescente da valle verso monte, e di una distanza progressiva, assunta sulla base dell'ascissa curvilinea dell'asse fluviale. Alla prima sezione di calcolo utilizzata per le elaborazioni, la numero 78, posta circa 1.000 m a monte della briglia (sez. EN\_TR02), è stata assegnata la progressiva 0,000 km. L'ultima sezione, la numero 75, è posta 1.200 m a valle della briglia alla progressiva 2.200 m. Per quanto riguarda, invece, la determinazione della geometria d'alveo in prossimità della briglia si è proceduto nel 2022 al rilievo topografico della briglia stessa e di un piano quotato e sezioni nell'area oggetto di studio.

### 3.2 Portate di progetto

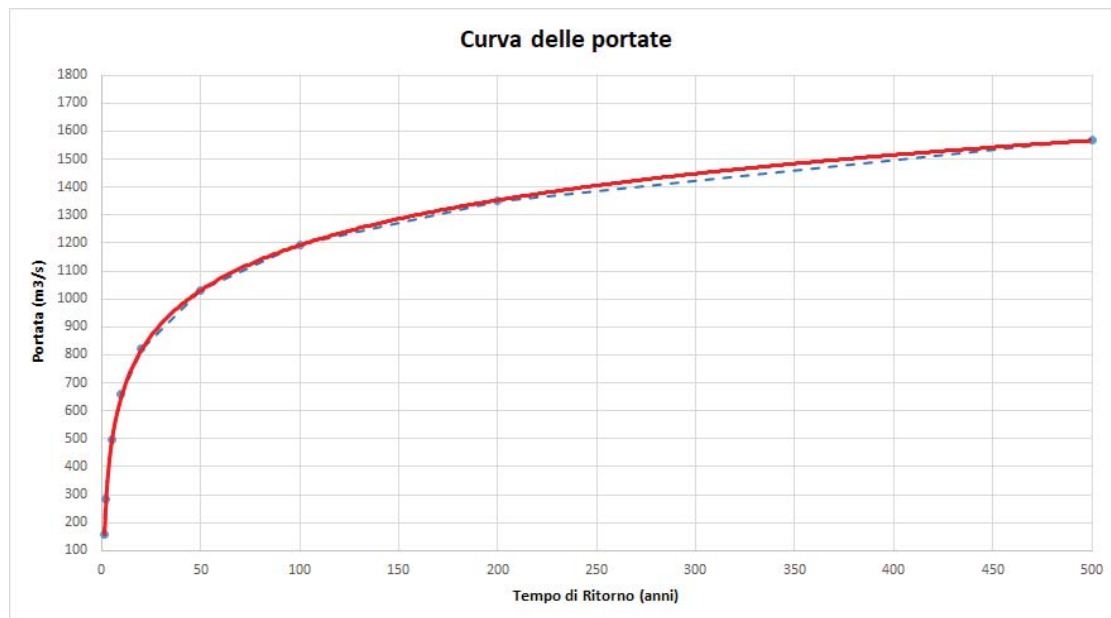
Dagli elaborati della pianificazione precedentemente citati e, in particolare dal PAI, è stato possibile desumere le caratteristiche idrologiche ed idrauliche del torrente Enza lungo il tratto in esame.

In particolare, sono disponibili, oltre alle caratteristiche del bacino idrografico chiuso alla sezione d'interesse, anche le rispettive portate di piena per tempi di ritorno di 20, 200 e 500 anni definite nell'elaborato Profili di piena del PGRA in corrispondenza della sezione 78 a monte del ponte tra Montechiarugolo e Montecchio e riportate nella tabella seguente.

Progr. [km]	Sezione	Denominazione	Superficie [km <sup>2</sup> ]	Q20 [m <sup>3</sup> /s]	Q200 [m <sup>3</sup> /s]	Q500 [m <sup>3</sup> /s]
55.282	78	Montecchio Emilia	630,00	820	1.350	1.570

**Tabella 1 - Valori di portata al colmo del torrente Enza per i tempi di ritorno di riferimento (cfr. PGRA tab. 4.34)**

Attraverso il processo di interpolazione lineare della curva delle portate è stato possibile determinare il valore delle portate anche per tempi di ritorno pari a 50 a 100 anni e, come meglio dettagliato nel capitolo successivo, la portata di progetto per le opere provvisionali.



**Figura 8 - Curva delle portate**

Nella tabella seguente vengono riportati i valori delle portate per i rispettivi tempi di ritorno:

Tempo di ritorno	Portata (m³/s)
1.16	160
20	820
50	1.030
100	1.190
200	1.350
500	1.570

**Tabella 2 - Valori delle portate con i rispettivi tempi di ritorno.**

## 4 ANALISI IDRAULICA OPERE PROVVISORIALI

Basandosi sugli elementi morfologici e idrologici sopra illustrati, si è proceduto all'implementazione di un modello numerico di propagazione degli eventi di piena in condizioni di moto permanente di tipo monodimensionale in grado di definire le sollecitazioni idrauliche lungo il tratto di torrente analizzato. L'obiettivo di tale analisi è di verificare le condizioni di deflusso ed in particolare di definire le grandezze idrauliche di riferimento allo stato di fatto e allo stato di progetto (opere provvisionali) funzionali alla definizione dei parametri idraulici secondo i quali, durante le fasi di cantiere in alveo, l'impresa dovrà realizzare le opere di cantierizzazione necessarie per svolgere i lavori in sicurezza sia per l'incolumità degli operai sia per definire eventuali piazzole di deposito materiali e mezzi evitando interazioni negative con il deflusso delle acque. In particolare, tramite le procedure di calcolo di seguito descritte si arriva ad individuare i livelli idrometrici di riferimento rispetto alle quali dimensionare le citate opere.

Si fa riferimento alla procedura impartita dell'ADBPO nella specifica "Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle Fasce A e B" approvata con deliberazione n°2 del Comitato Istituzionale del 11 Maggio 1999 e fatte propria dalle Norme di Attuazione e Direttive del Piano del PAI pubblicata nel settembre 2001 sulla Gazzetta Ufficiale e aggiornata con deliberazione n°10 del Comitato Istituzionale del 5 Aprile 2006.

Sulla base dei risultati ottenuti si è quindi proceduto all'implementazione di una simulazione numerica, secondo i criteri illustrati di seguito, in modo da determinare i livelli idrometrici che si instaurano al deflusso della portata calcolata per i tempi di ritorno di progetto.

Il primo passaggio consiste nel determinare il tempo di ritorno di progetto per tali opere in funzione della vita utile dell'opera (imposta pari a 100 anni) e della durata dei lavori. Quest'ultimo parametro, in particolare, è funzione delle risorse impegnate nella fase realizzativa, e diminuisce all'aumentare di mezzi e personale riservato alla contemporanea realizzazione delle strutture in prossimità del corso d'acqua.

Successivamente si è proceduto ad un'analisi differenziata delle opere di supporto necessarie agli interventi in alveo considerando la durata stimata dei lavori. In particolare, si sono considerati i tempi di lavorazione in alveo pari a circa 3 mesi, arrivando alla definizione di una curva che associa ad ogni durata la rispettiva quota minima di imposta delle opere di supporto.

### 4.1 Calcolo della portata di progetto

La procedura di calcolo fa riferimento a quanto previsto dalla Direttiva citata e consente di simulare, sullo scenario topografico noto, le condizioni secondo cui si propagano i fenomeni di piena nel tratto di alveo di interesse, tenendo conto della restrizione dell'alveo prevista durante le lavorazioni sulle rispettive parti dei manufatti in progetto. L'assunto della direttiva si può interpretare come la probabilità composta di non superamento che un determinato evento, caratterizzato da tempo di ritorno assegnato TR, si manifesti nel corso di un periodo temporale N prefissato di vita dell'opera.

Lo sviluppo della formulazione composta, porta alla seguente formulazione del rischio idraulico, come già utilizzato in altri casi analoghi:

$$R = 1 - (1 - 1/TR)^N$$

nella quale:

- R è il rischio idraulico, inteso come probabilità di non superamento;
- TR è il tempo di ritorno dell'evento di riferimento (anni);
- N è l'orizzonte temporale di riferimento (anni).

In conclusione, il rischio idraulico associato all'interferenza prodotta dalle opere provvisionali nel periodo di installazione del cantiere (periodo di costruzione dell'opera), deve essere uguale al rischio idraulico che l'evento di progetto si manifesti nel corso della vita dell'opera.

Ipotizzando le seguenti variabili:

- TR tempo di ritorno di riferimento = 200 anni;



- V durata dell'opera = 100 anni;
- c durata delle lavorazioni in alveo = 3 mesi;

L'assunto precedente si traduce nella seguente espressione:

$$T_{pr} = \frac{1}{1 - (1 - 1/TR)^{V/c}}$$

dove  $T_{pr}$  è il tempo di ritorno per la verifica delle opere provvisorie (anni).

**Si ricava che il tempo di ritorno di progetto è di circa 1.16 anni per una portata di progetto pari a 160 m³/s.**

Nel caso in cui l'Impresa esecutrice ritenesse che la durata delle lavorazioni fosse differente dai mesi ipotizzati, si dovrà procedere con gli stessi criteri e formule con valori modificati del parametro c.

Al fine di poter procedere alla modellazione dell'evento di riferimento, attraverso il processo di interpolazione lineare della curva delle portate è stato possibile determinare il valore delle portate di deflusso in corrispondenza dell'opera di attraversamento oggetto di verifica per il tempo di ritorno di progetto di riferimento individuato. Si procede quindi al calcolo delle condizioni di deflusso in termini di velocità e tiranti idrometrici tramite simulazioni numeriche del tratto del torrente Enza Secchia modellato considerando le modifiche in alveo necessarie alla conduzione dei lavori.

Tramite l'analisi modellistica, riportata nel paragrafo seguente, è possibile ricavare i valori delle quote di piena al colmo, corrispondenti al tempo di ritorno di progetto  $T_{pr}$ , consentendo di dimensionare adeguatamente le opere provvisorie.

## 4.2 Il modello matematico utilizzato

Il modello utilizzato, è *HEC-RAS River Analysis System*, elaborato da *Hydrologic Engineering Center dell' US Army Corps of Engineers* (versione 6.2, marzo 2022).

Si tratta di uno strumento d'applicabilità molto ampia, largamente utilizzato presso Enti Pubblici e Privati negli Stati Uniti e in oltre 40 nazioni, ed ormai adottato anche da molti Enti Pubblici Italiani.

Il modello è stato progettato per contenere vari moduli di analisi idraulica monodimensionale: analisi di moto permanente, analisi del moto vario, analisi del trasporto solido in letto mobile. Tra le diverse componenti quella utilizzata nel presente studio consiste nell'algoritmo di calcolo idraulico per la determinazione delle variazioni di portata, tiranti idrometrici, della velocità, della larghezza del pelo libero della corrente e di altre caratteristiche idrauliche del moto durante la propagazione verso valle della corrente idrica in condizioni di moto permanente, per effetto della morfologia dell'alveo, della sua resistenza d'attrito e della presenza di opere interagenti con la corrente (ponti e traverse).

Il modello calcola i profili di moto per corsi d'acqua monodimensionali in regime di corrente lenta, veloce o mista, ed è in grado di calcolare e gestire i profili per una rete di canali naturali o artificiali in un sistema ad albero od a singolo ramo. Le relazioni fondamentali della formulazione matematica sono le equazioni dei moti permanenti nell'espressione classica dell'equazione monodimensionale dell'energia secondo Manning. Le perdite valutate sono quelle d'attrito (secondo Manning), calcolate per le diverse parti della sezione trasversale (canale centrale, sponde laterali, golene e parti di golene), e quelle causate dalla contrazione o espansione delle sezioni (tramite un coefficiente che moltiplica la variazione dell'altezza cinetica). L'equazione della quantità di moto è utilizzata nei punti dove il profilo del pelo libero subisce brusche variazioni ovvero in regime misto nel passaggio da corrente veloce a corrente lenta oppure, in corrispondenza di ponti, traverse e sottopassi o alla confluenza di più rami di una rete.

Il modello richiede, oltre alla geometria generale del corso d'acqua, profili e sezioni trasversali, i dati di portata in ingresso nella prima sezione di monte ed, eventualmente, in tutte le sezioni dove sono disponibili dati di portata, oltre alle condizioni al contorno dipendenti dal regime di moto della corrente. L'equazione generale dell'energia è la seguente:

$$Y_2 + Z_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + h_e$$

dove:

$Y_1, Y_2$	altezza idrometrica nella sezione 1 e 2,
$Z_1, Z_2$	quota del fondo alveo nelle sezioni 1 e 2,
$V_1, V_2$	velocità medie (portata totale/area bagnata) nelle sezioni 1 e 2,
$\alpha_1, \alpha_2$	coefficienti di velocità,
$h_e$	perdita di carico nel tratto 1-2.

La perdita di carico tra due sezioni trasversali è calcolata come somma delle perdite distribuite per attrito e di quelle concentrate per effetto di contrazioni o allargamenti bruschi di sezione secondo l'equazione:

$$h_e = LS_f + C \left( \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} - \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} \right)$$

dove:

L	distanza pesata, in funzione della portata, tra le due sezioni trasversali 1 e 2
$S_f$	pendenza motrice tra le sezioni 1 e 2
C	coefficiente di perdita di carico per contrazione o allargamento di sezione.

La pendenza d'attrito  $S_f$  è valutata secondo l'espressione di Manning:

$$S_f = n^2 Q |Q| / (A^2 R^{4/3})$$

dove n è il coefficiente di resistenza di Manning (che vale anche  $n=1/c$  con c di Gauckler-Strickler) ed R è il raggio idraulico.

L'equazione differenziale del moto è integrata per via numerica, attraverso un insieme di fasi iterative che sono ripetute più volte per affinarne la risoluzione; per la determinazione dei profili è quindi necessario fornire le condizioni iniziali di portata in ingresso e le condizioni al contorno in funzione del regime di moto.

#### **4.2.1. Geometria dell'alveo**

Le caratteristiche topografiche delle aree interessate sono state dedotte sulla base delle sezioni d'alveo e del piano quotato in prossimità dell'ambito oggetto di intervento e le ulteriori sezioni disponibili lungo l'intero tratto di interesse del torrente Enza rilevate nel 2011 in corrispondenza dell'intervento.

#### **4.2.2. Coefficiente di scabrezza**

I calcoli idraulici per la ricostruzione dei profili di piena sono stati effettuati utilizzando il coefficiente di scabrezza di Manning, assegnato in accordo con le indicazioni fornite dallo stesso modello USACE sopra citato, in accordo con USGS Water Supply Paper 1849, di H.H. Barnes, Jr..

Sono stati assegnati valori diversi rispettivamente per l'alveo inciso e per le aree golenali allagabili in piena.

La scelta dei valori del parametro è stata effettuata dopo un'accurata ricognizione dei luoghi, considerando le caratteristiche specifiche dei materiali che compongono l'alveo e la copertura vegetale, che ricopre le sponde e le aree adiacenti.

La scabrezza dell'alveo inciso non è stata considerata variabile con la quota della superficie libera; infatti le caratteristiche del materiale costituente l'alveo nell'area occupata dalle portate di magra e morbida sono poco variabili rispetto a quelle presenti nell'area occupata dalle piene. Sono stati adottati i valori numerici di seguito riportati:

- Alveo inciso (regolare)	$n = 0,050 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}^1$	equivalente a	$c = 20 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$
- Aree golenali (vegetate)	$n = 0,056 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}^1$	equivalente a	$c = 18 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$

### 4.2.3. Condizioni iniziali e al contorno

La condizione al contorno di monte è data da un idrogramma di piena costante pari alla portata massima al colmo per il tempo di ritorno di 1.16, 20, 50, 100 e 200 anni, risultante alla sezione di monte del dominio di calcolo desunte dalle analisi idrologiche illustrate nei capitoli precedenti.

Per quanto riguarda le condizioni al contorno di valle si ritiene congruo impostare una condizione di moto uniforme.

## 4.3 I risultati dell'analisi idraulica

La verifica idraulica con approccio monodimensionale in moto uniforme è stata eseguita secondo i medesimi criteri illustrati precedentemente per l'analisi di verifica della sezione in corrisponde del ponte Veggia.

Il tempo di ritorno di progetto è stato considerato pari a 1.16 anni con la fase di cantiere in alveo prevista cautelativamente di durata pari a 3 mesi. Oltre alla situazione morfologia inalterata, in corrispondenza della sezione di interesse, è stata modellata la fase di cantiere ritenuta idraulicamente più critica:

1. Realizzazione di una diga (tura) di protezione costruita con movimentazione terra (fase 4 del cantiere).

La simulazione delle portate individuate nel capitolo precedente attraverso il modello morfologico del torrente Enza nel tratto considerato ha permesso di determinare i livelli idrometrici che si stabiliscono in ciascuna sezione trasversale. Di seguito si espongono sinteticamente i risultati ottenuti per la configurazione simulata sia in forma tabellare che con le figure, riportando i profili di rigurgito in corrispondenza delle sezioni trasversali poste all'altezza delle aree in esame.

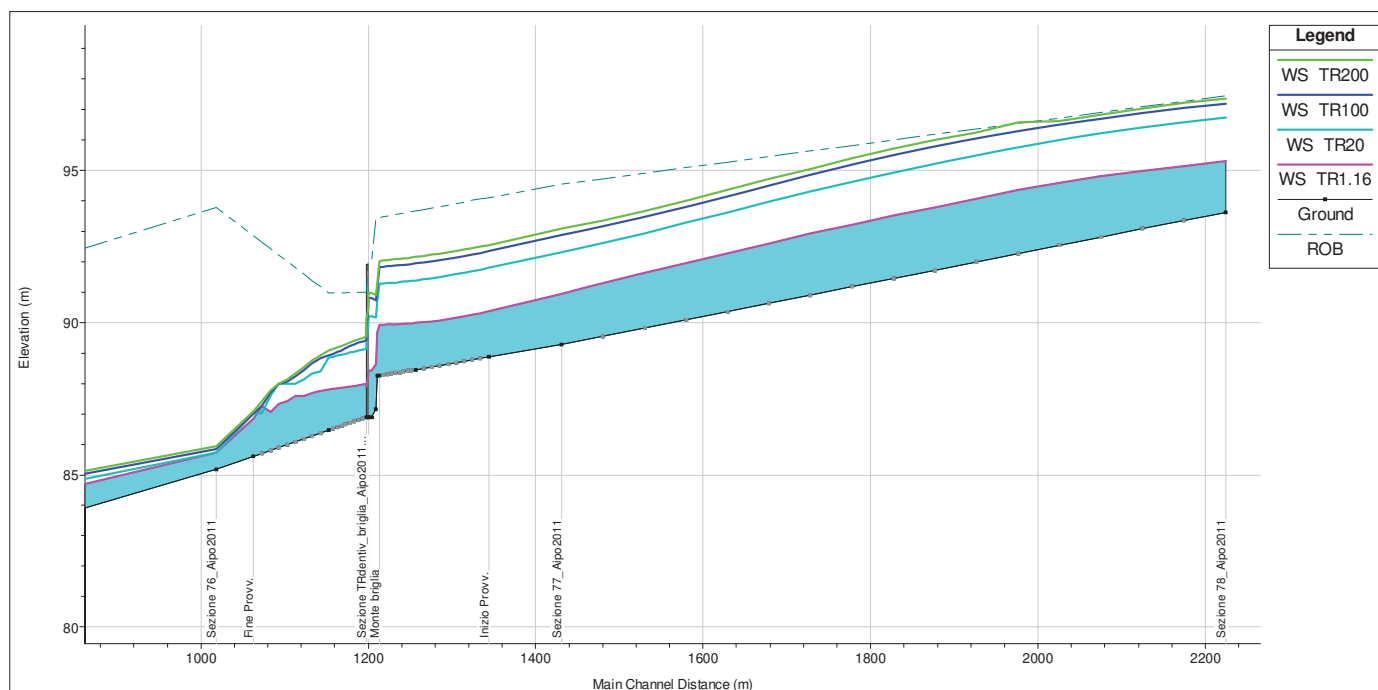
### 4.3.1. Stato morfologico inalterato: stato precedente ai lavori in alveo

Nel seguito si riportano i risultati in occasione del transito della portata di piena con TR di progetto pari a 1.16 anni fino ai 200 anni della simulazione idraulica effettuata. In corrispondenza della briglia si instaurano le grandezze idrauliche riassunte nella tabella seguente e sono riportate le figure con i profili di rigurgito e le sezioni coi i livelli idrometrici nel tratto di interesse.

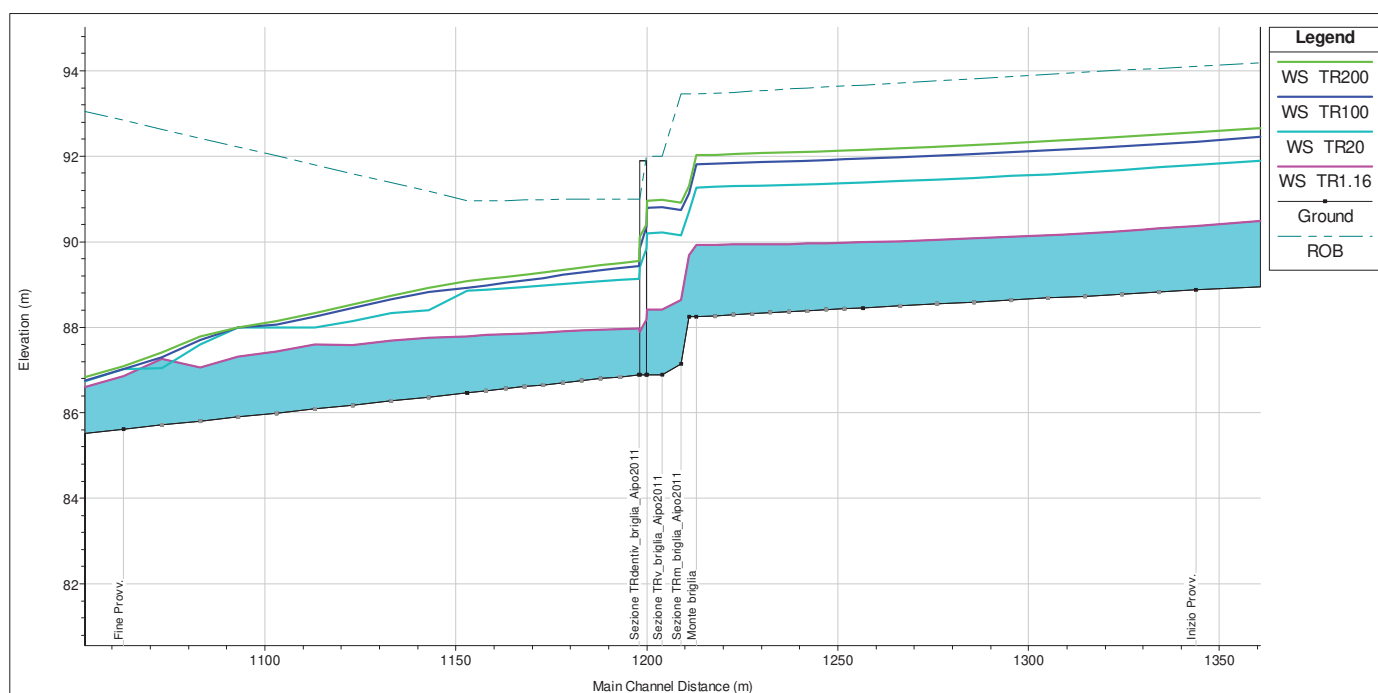
Sezione	TR	Portata	Quota fondo	Altezza idrometrica	Crit W.S.	E.G. Elev	Velocità
		(m³/s)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m/s)
11.800 Inizio argine provvisoriale (Sezione interpolata)	1.16	160	88.87	90.37	90.09	90.49	1.51
	20	820		91.79	91.18	92.18	2.76
	100	1190		92.35	91.62	92.85	3.16
	200	1350		92.56	91.80	93.11	3.29
11 Sezione TR02 monte	1.16	160	88.25	89.69	89.69	89.94	2.22
	20	820		90.70	90.70	91.46	3.86
	100	1190		91.13	91.13	92.11	4.37
	200	1350		91.30	91.30	92.36	4.56
9 Sezione TR02 Valle	1.16	160	86.89	88.41	87.58	88.45	0.84
	20	820		90.21	88.60	90.39	1.87
	100	1190		90.81	89.03	91.07	2.29
	200	1350		90.98	89.20	91.29	2.48
8 Sezione dissipatore	1.16	160	86.89	88.41	87.58	88.45	0.84
	20	820		90.20	88.60	90.38	1.88
	100	1190		90.80	89.03	91.06	2.29
	200	1350		90.97	89.20	91.28	2.48
6.2500 Fine argine provvisoriale (Sezione interpolata)	1.16	160	85.61	86.85	86.85	87.23	2.72
	20	820		87.02	87.02	87.27	1.25
	100	1190		87.02	87.02	87.54	1.82
	200	1350		87.10	87.10	87.68	1.93

**Tabella 3 – Livelli idrometrici alle varie sezioni in corrispondenza delle aree in esame per i TR di riferimento.**

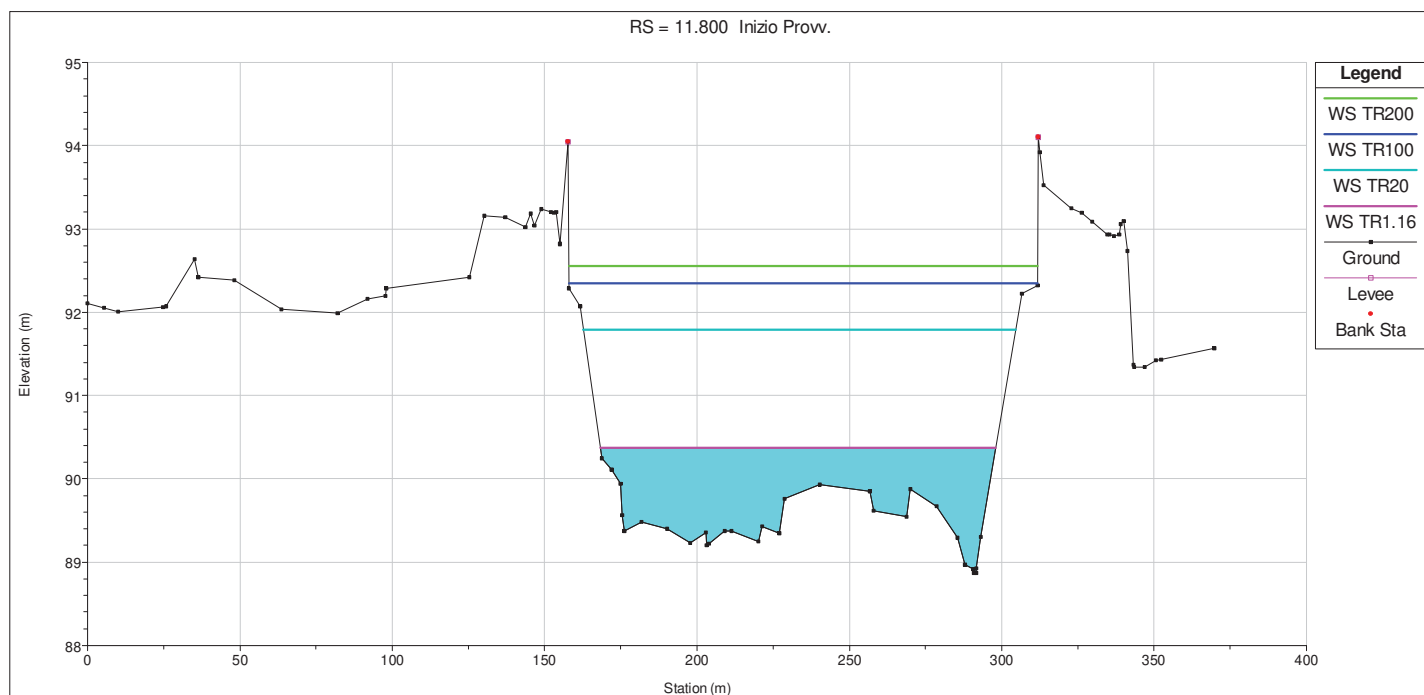




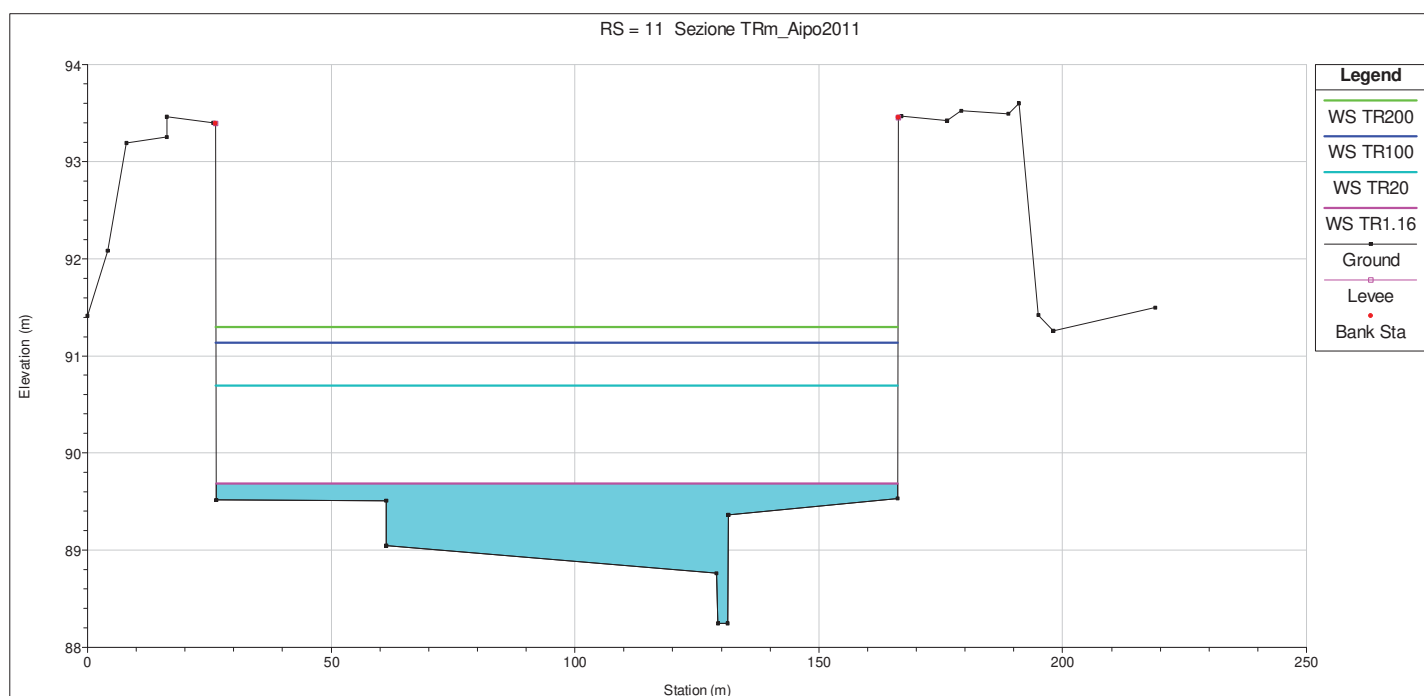
**Figura 9 - Profili di rigurgito dalla sezione 78 alla sezione 76 per i TR di progetto**



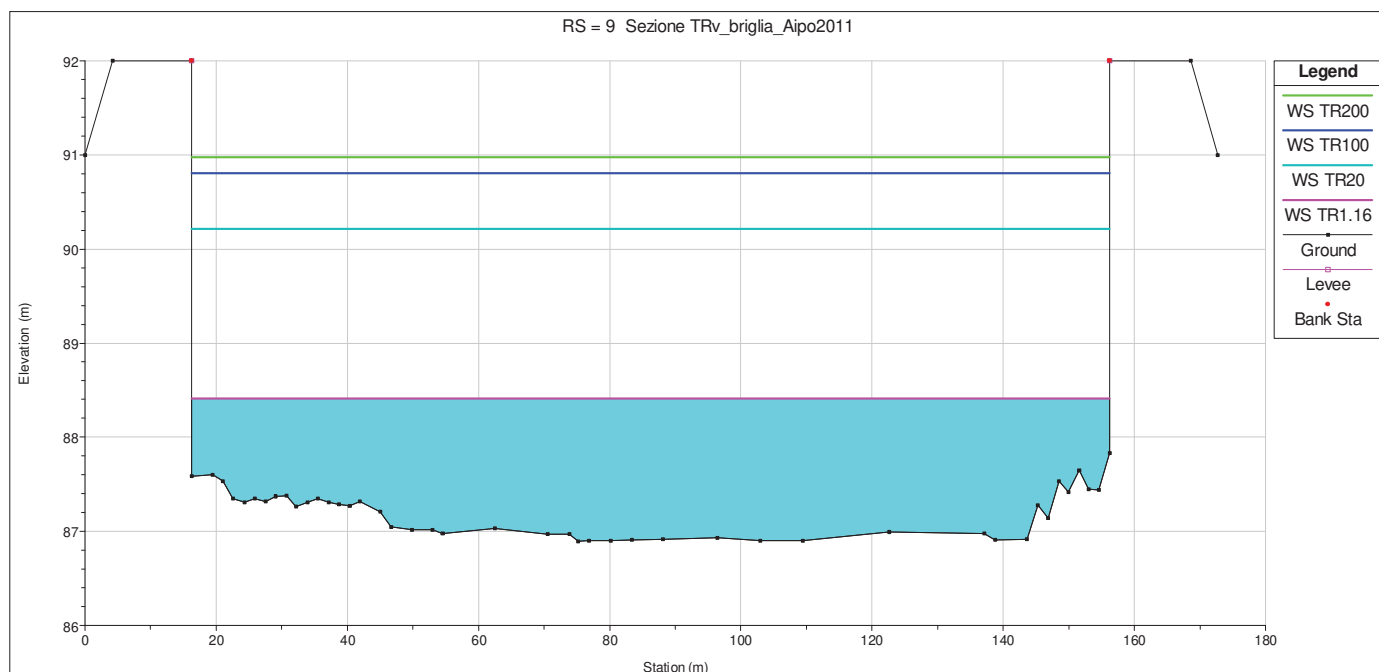
**Figura 10 - Profili di rigurgito di dettaglio in corrispondenza dell'area di intervento per i TR di progetto**



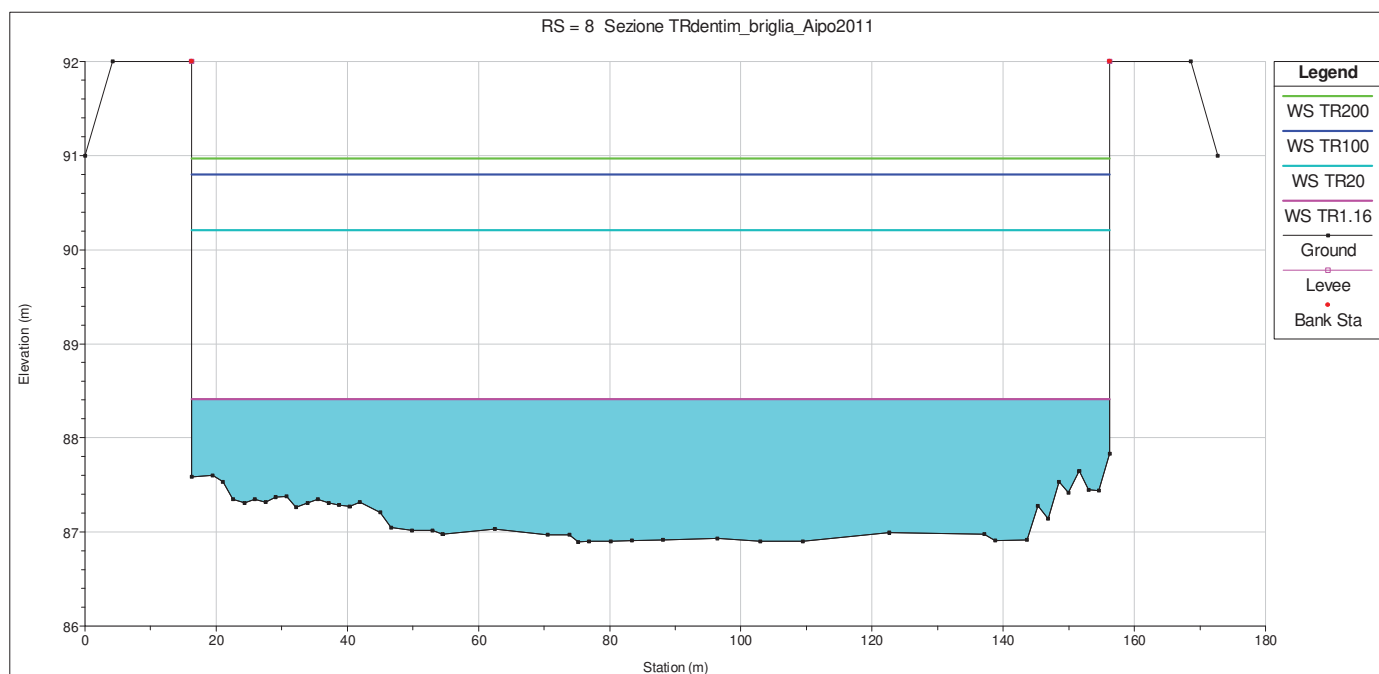
**Figura 11 - Livelli idrometrici per il TR di progetto alla sezione 11.800**



**Figura 12 - Livelli idrometrici per il TR di progetto alla sezione 11**

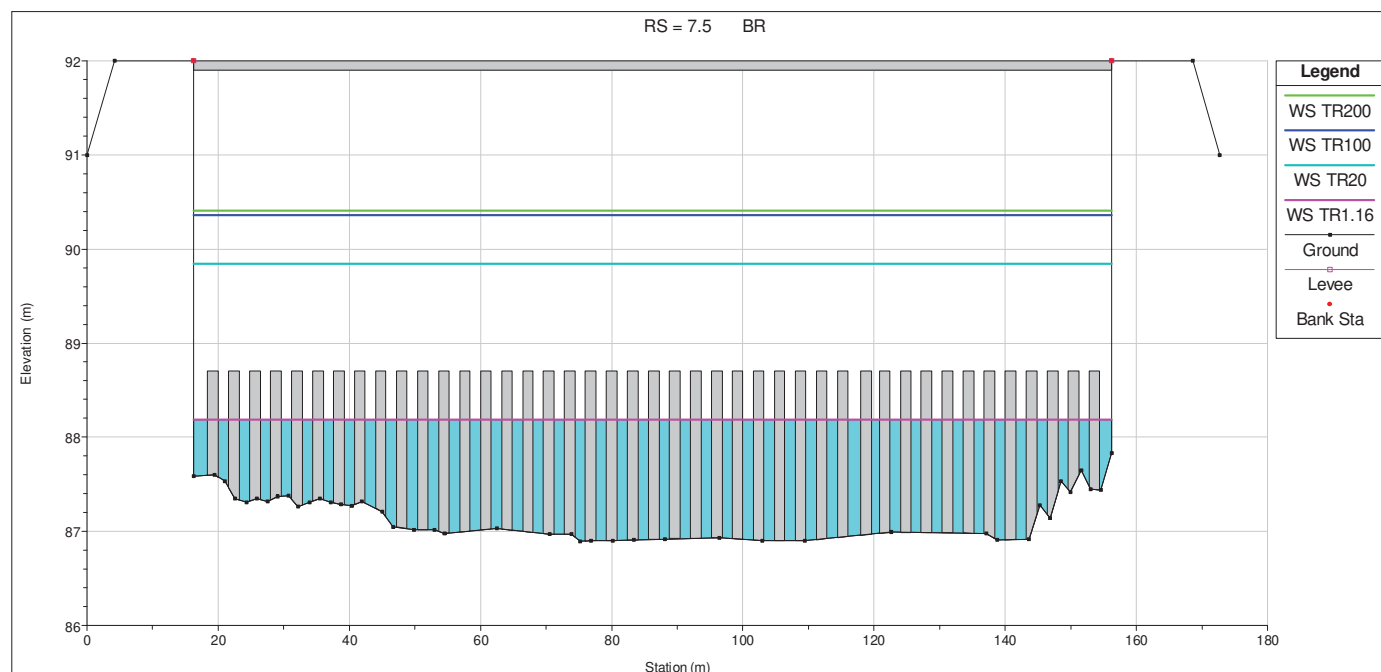


**Figura 13 - Livelli idrometrici per il TR di progetto alla sezione 9**

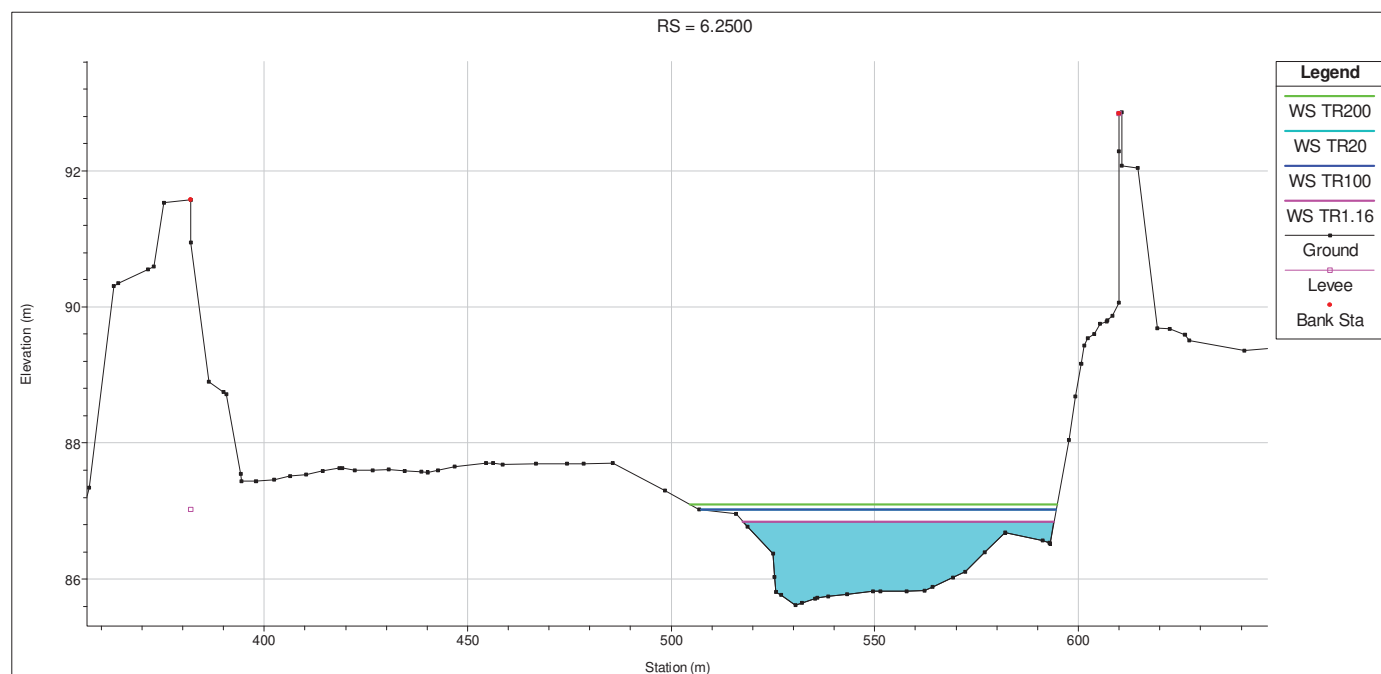


**Figura 14 - Livelli idrometrici per il TR di progetto alla sezione 8**





**Figura 15 - Livelli idrometrici per il TR di progetto alla sezione 7.5**



**Figura 16 - Livelli idrometrici per il TR di progetto alla sezione 6.2500**

### 4.3.2. Stato morfologico di progetto: argine provvisorio

Il presente paragrafo illustra l'interferenza sul deflusso degli eventi di piena col cantiere e in particolare con le opere provvisorie in alveo (argine) necessarie per la realizzazione dell'intervento in progetto. **In particolare si è fatto riferimento alla sequenza costruttiva prevista nella fase 4** in quanto più critica per le interferenze con l'idrodinamismo del torrente.

A seguire una breve sintesi delle fasi costruttive e delle lavorazioni ed apprestamenti in esse previsti.

- **Fase 1 - Pulizia del manufatto di briglia:** si prevede la pulizia del manufatto di briglia con rimozione di parti legnose e di materiale inerte. Nessuna particolare interferenza con l'alveo.

**Fase 2 - Ripristino officiosità idraulica sponda sinistra della briglia:** prevede il ripristino dell'officiosità idraulica della briglia lungo il tratto di sponda sinistra con particolare riferimento al tratto interrato a valle del manufatto stesso. Le attività di rimozione della porzione accumulata saranno, quindi, seguiti da lavorazioni di ripristino della mantellata in massi di valle. Nessuna particolare interferenza con l'alveo.

- **Fase 3 - Deviazione alveo di magra in sponda sinistra:** è necessaria per la preparazione del cantiere per i lavori di sponda sinistra per il ripristino del manufatto in c.a. della briglia nel primo tratto di 70 m. La definizione di un'area di lavoro "in asciutta" comporta la deviazione del canale di magra in sponda sinistra sfruttando la sistemazione del manufatto conseguita nelle prime due fasi operative. La deviazione del flusso di magra sarà necessaria per un tratto di circa 360 m, supportato da una tura provvisoria di monte di sviluppo pari a circa 110 m. L'elaborato grafico 2022-1087-IDR.01.1 illustra la sequenza costruttiva da cui è possibile evidenziare come i tracciati previsti per la formazione del canale di magra riprenda, di fatto l'andamento naturale del torrente, riattivando canali preesistenti.
- **Fase 4 - Formazione della tura di delimitazione area cantiere in sponda destra:** si prevede la formazione della tura provvisoria di delimitazione dell'area di cantiere con sviluppo pari a circa **405 m** con quota di testa pari a **91.50 m s.l.m.** fino al manufatto per poi scendere progressivamente fino a quota **88.00 m s.l.m.**. La completa compartimentazione dell'area di intervento sarà preceduta dalla attività di recupero della fauna ittica.
- **Fase 5 - Rimozione della tura di delimitazione area cantiere sponde destra:** ultimati gli interventi di ripristino della sezione in c.a. del tratto di 70 m in destra della briglia con relativa sistemazione della mantellata in massi di valle, si procederà con la eliminazione della tura provvisoria di compartimentazione dell'area di intervento. Il materiale di rilevato verrà riallocato in sito, salvo diverse indicazioni da parte della Stazione Appaltante.
- **Fase 6 - Formazione di canale di magra in centro alveo:** prima di procedere con la eliminazione della tura di monte si provvederà alla realizzazione di una canale centrale funzionale sia della briglia che della scala di risalita della fauna ittica. Il materiale di scavo e di rimozione del rilevato provvisoria di monte verranno riallocati in sito, salvo diverse indicazioni da parte della Stazione Appaltante.



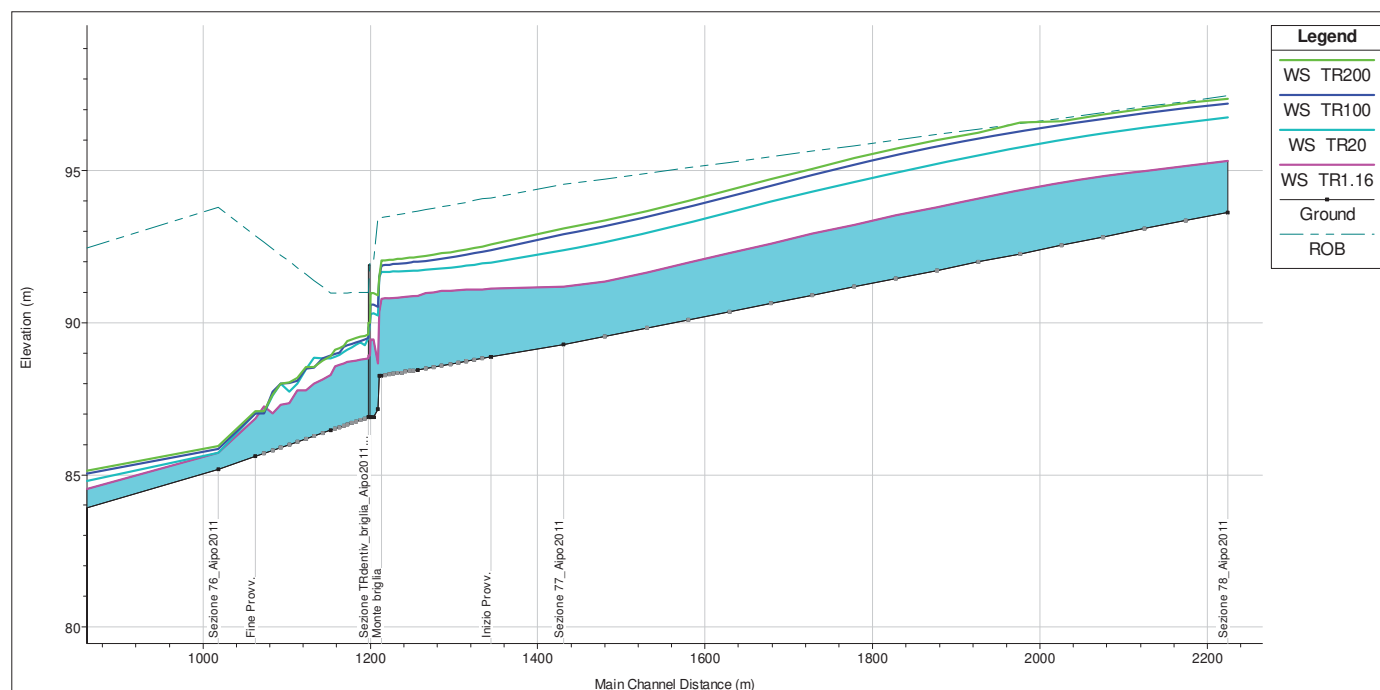
**Figura 17 – Planimetria con realizzazione di argine provvisorio in destra idraulica per delimitazione area di cantiere**

Nel seguito si riportano i risultati in occasione del transito della portata di piena con TR di progetto pari a 1.16 anni fino ai 200 anni della simulazione idraulica effettuata.

In corrispondenza della briglia si instaurano le grandezze idrauliche riassunte nella tabella seguente e sono riportate le figure con i profili di rigurgito e le sezioni coi i livelli idrometrici nel tratto di interesse.

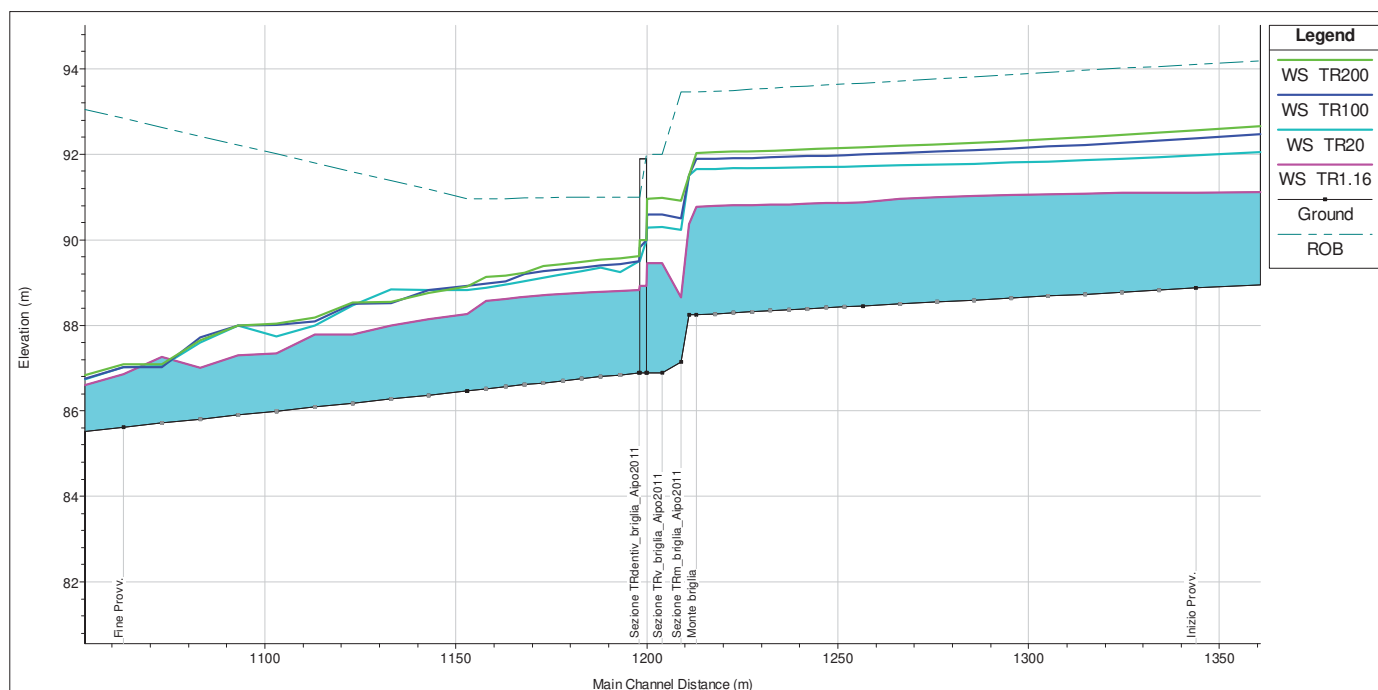
Sezione	TR	Portata (m³/s)	Quota fondo (m s.l.m.)	Altezza idrometrica (m s.l.m.)	Crit W.S. (m s.l.m.)	E.G. Elev (m s.l.m.)	Velocità (m/s)
11.800 Inizio argine provvisoriale (Sezione interpolata)	1.16	160	88.87	91.10	90.09	91.13	0.78
	20	820		91.98	91.18	92.30	2.54
	100	1190		92.38	91.62	92.87	3.12
	200	1350		92.56	91.80	93.11	3.29
11 Sezione TR02 monte	1.16	160	88.25	90.36	90.36	90.86	3.14
	20	820		91.50	91.50	91.83	2.53
	100	1190		91.50	91.50	92.19	3.68
	200	1350		91.50	91.50	92.38	4.16
9 Sezione TR02 Valle	1.16	160	86.89	89.46	88.22	89.56	1.40
	20	820		90.29	90.00	90.46	1.82
	100	1190		90.60	90.00	90.90	2.43
	200	1350		90.98	90.00	91.29	2.47
8 Sezione dissipatore	1.16	160	86.89	89.45	88.22	89.55	1.40
	20	820		90.29	90.00	90.46	1.83
	100	1190		90.58	90.00	90.89	2.43
	200	1350		90.97	90.00	91.28	2.48
6.2500 Fine argine provvisoriale (Sezione interpolata)	1.16	160	85.61	86.85	86.85	87.23	2.72
	20	820		87.02	87.02	87.27	1.25
	100	1190		87.02	87.02	87.54	1.82
	200	1350		87.10	87.10	87.68	1.93

**Tabella 4 – Livelli idrometrici alle varie sezioni in corrispondenza delle aree in esame per i TR di riferimento.**

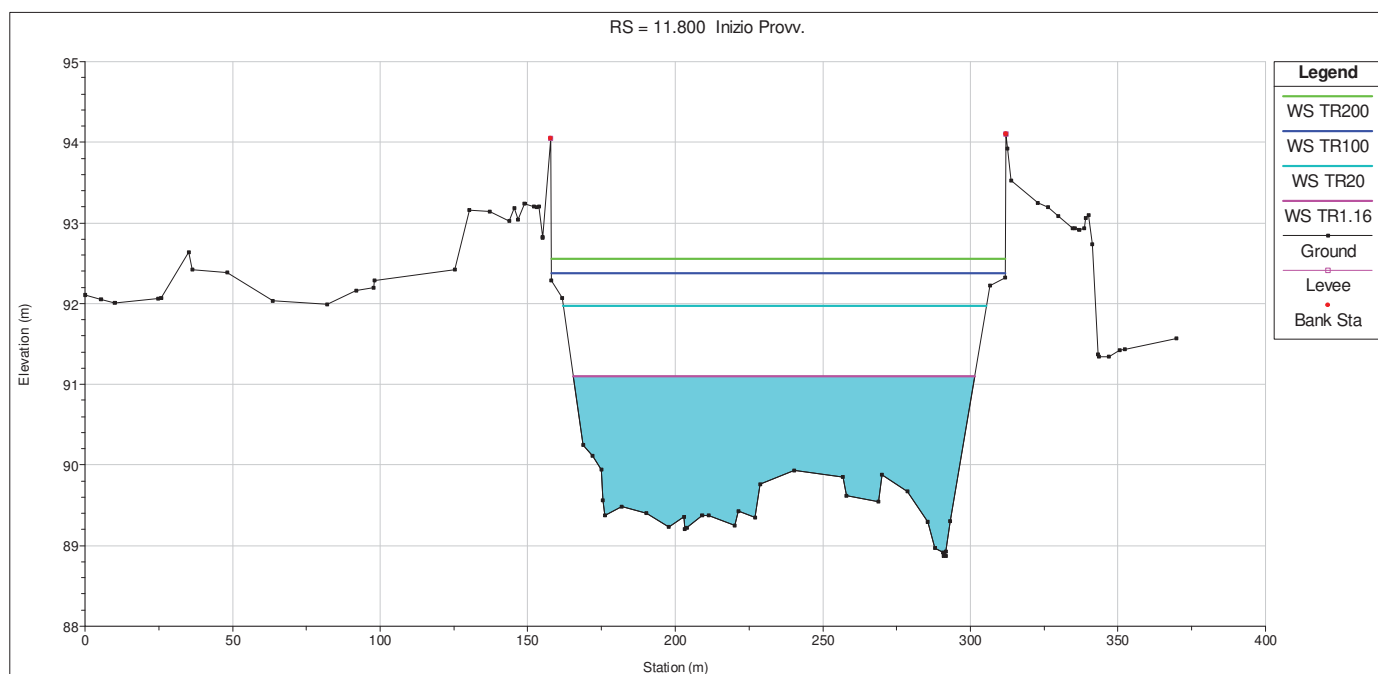


**Figura 18 - Profili di rigurgito dalla sezione 78 alla sezione 76 per i TR di progetto**

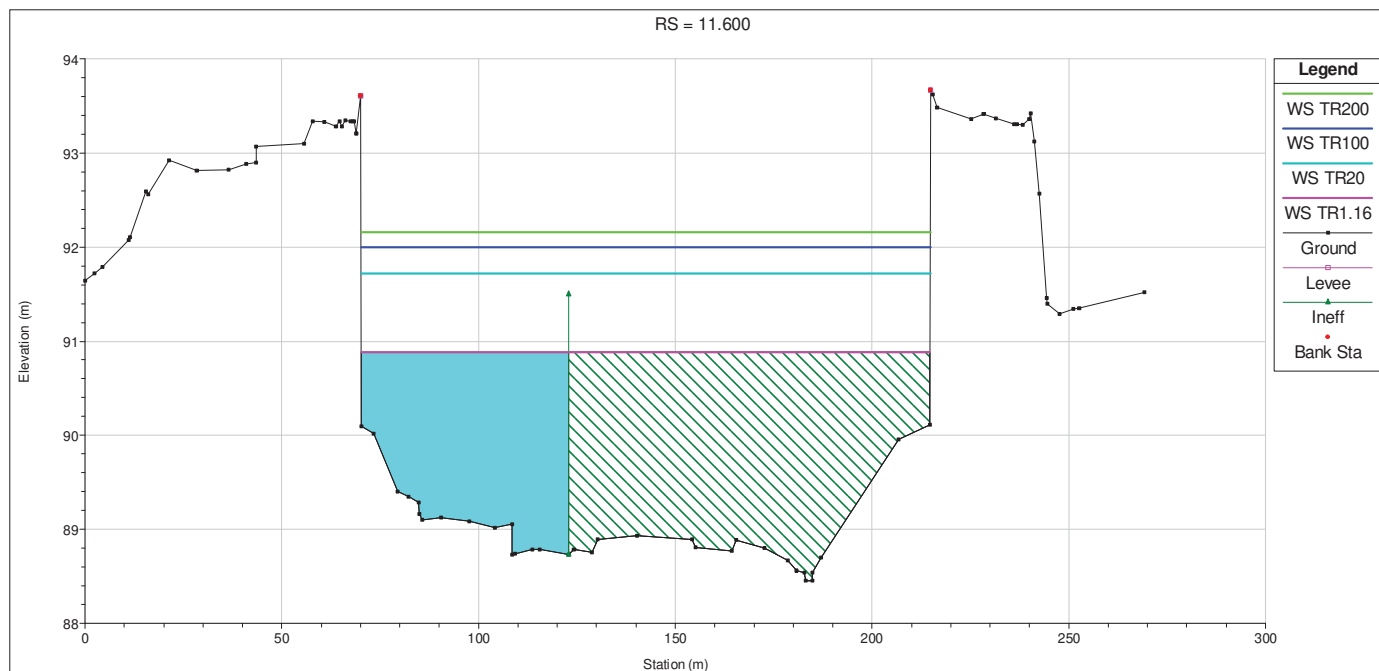




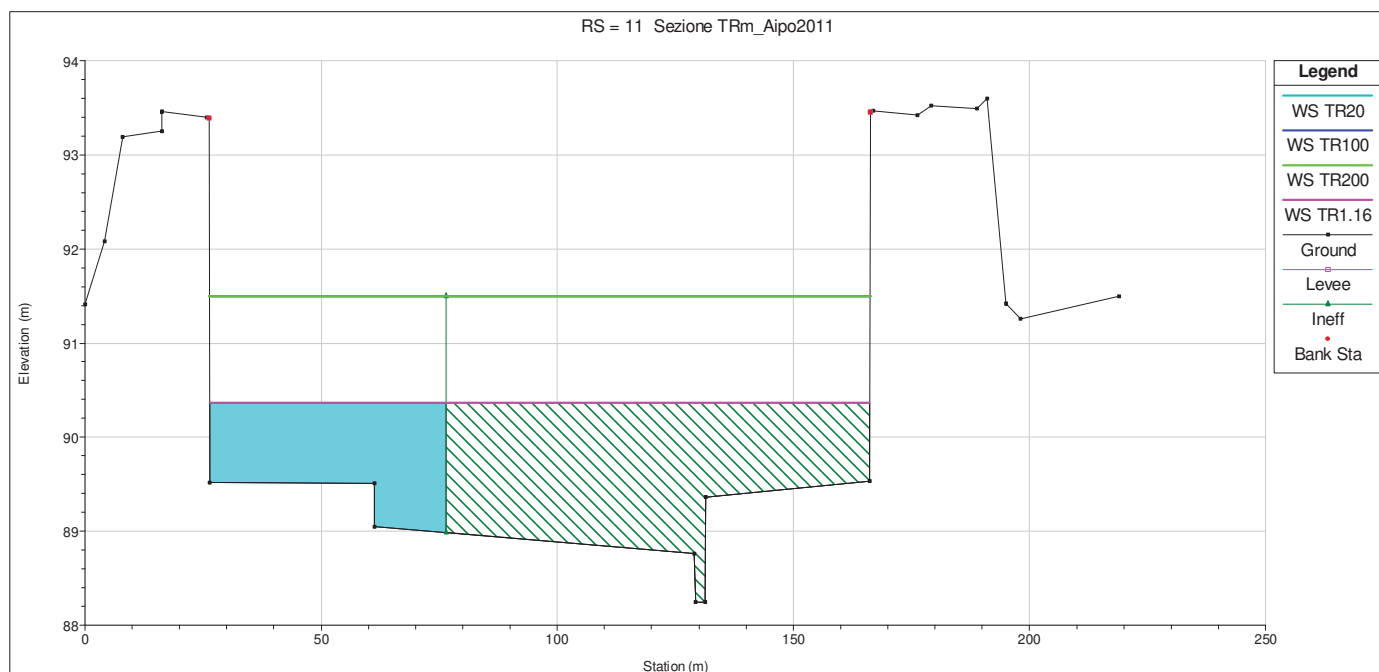
**Figura 19 - Profili di rigurgito di dettaglio in corrispondenza dell'area di intervento per i TR di progetto**



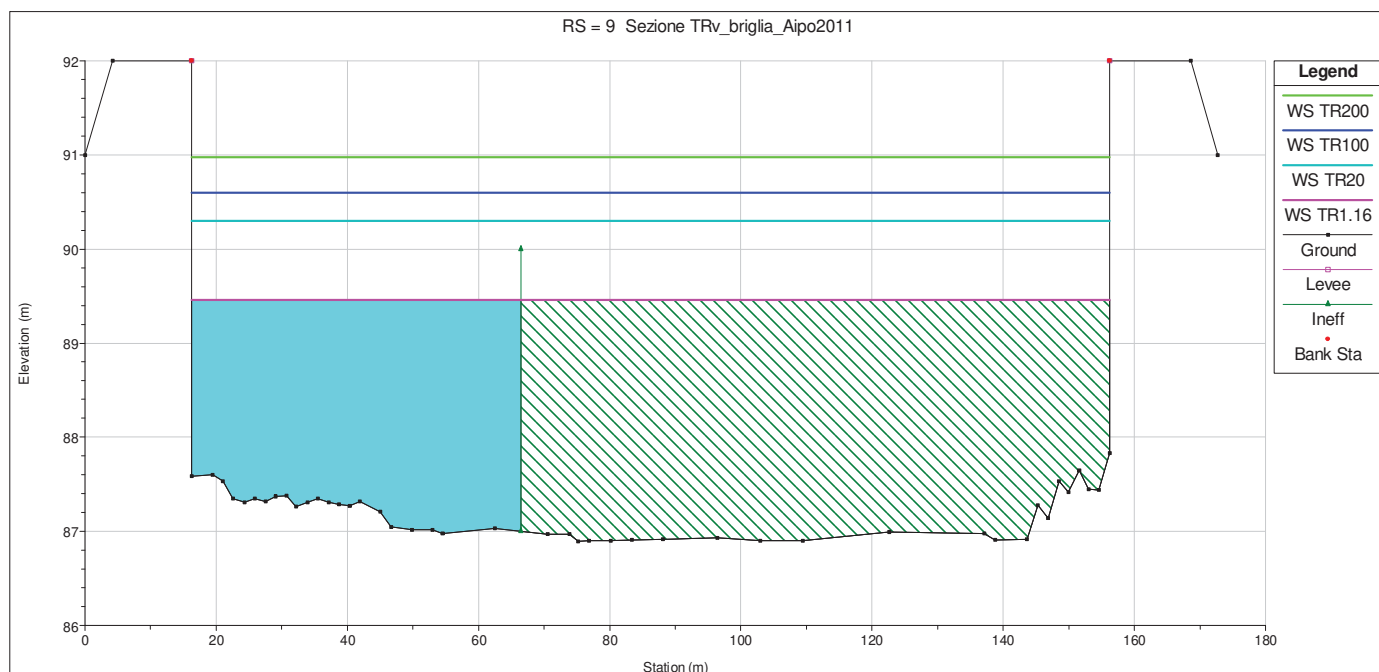
**Figura 20 - Livelli idrometrici per il TR di progetto alla sezione 11.800**



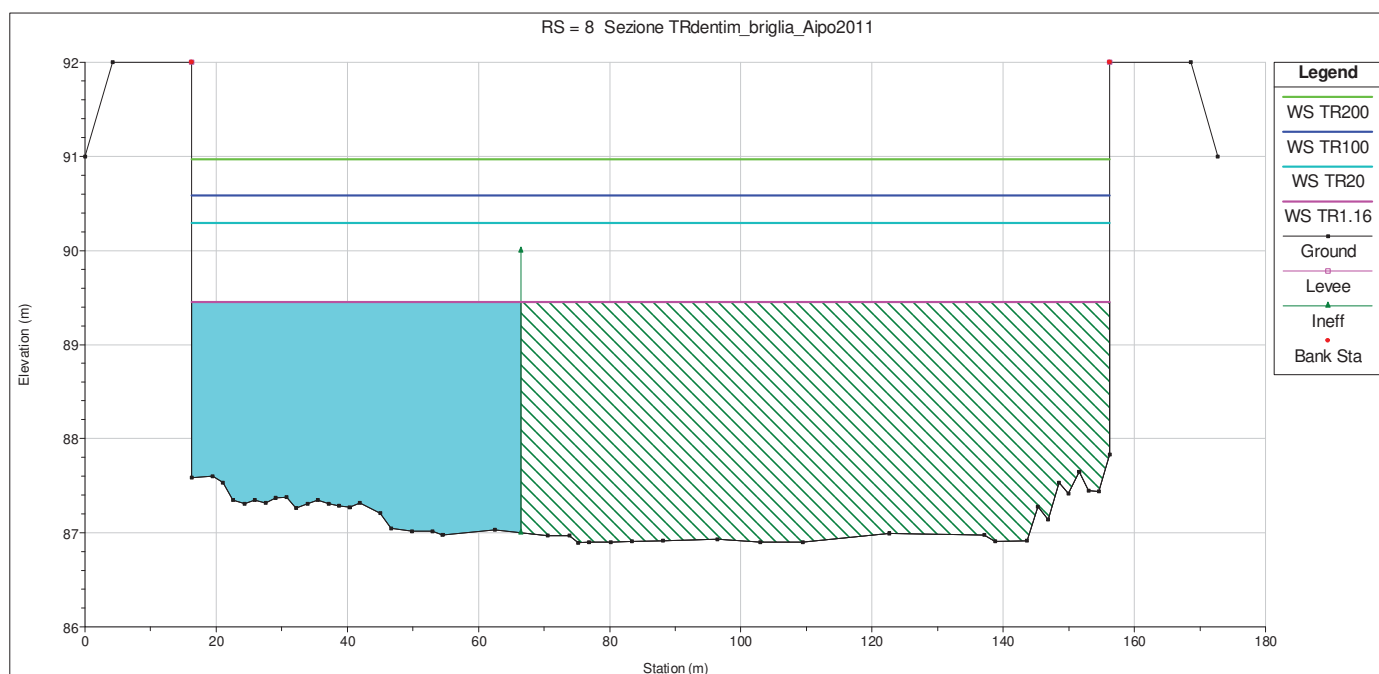
**Figura 21 - Livelli idrometrici per il TR di progetto alla sezione 11.600**



**Figura 22 - Livelli idrometrici per il TR di progetto alla sezione 11**

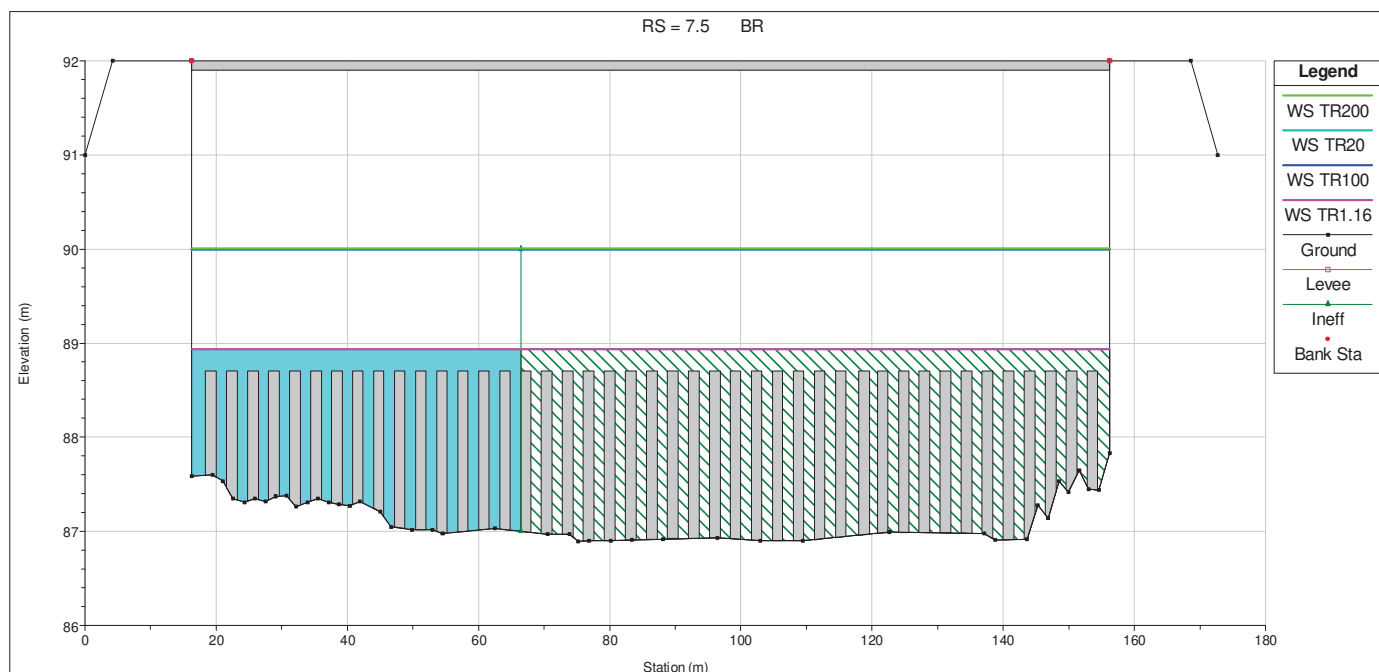


**Figura 23 - Livelli idrometrici per il TR di progetto alla sezione 9**

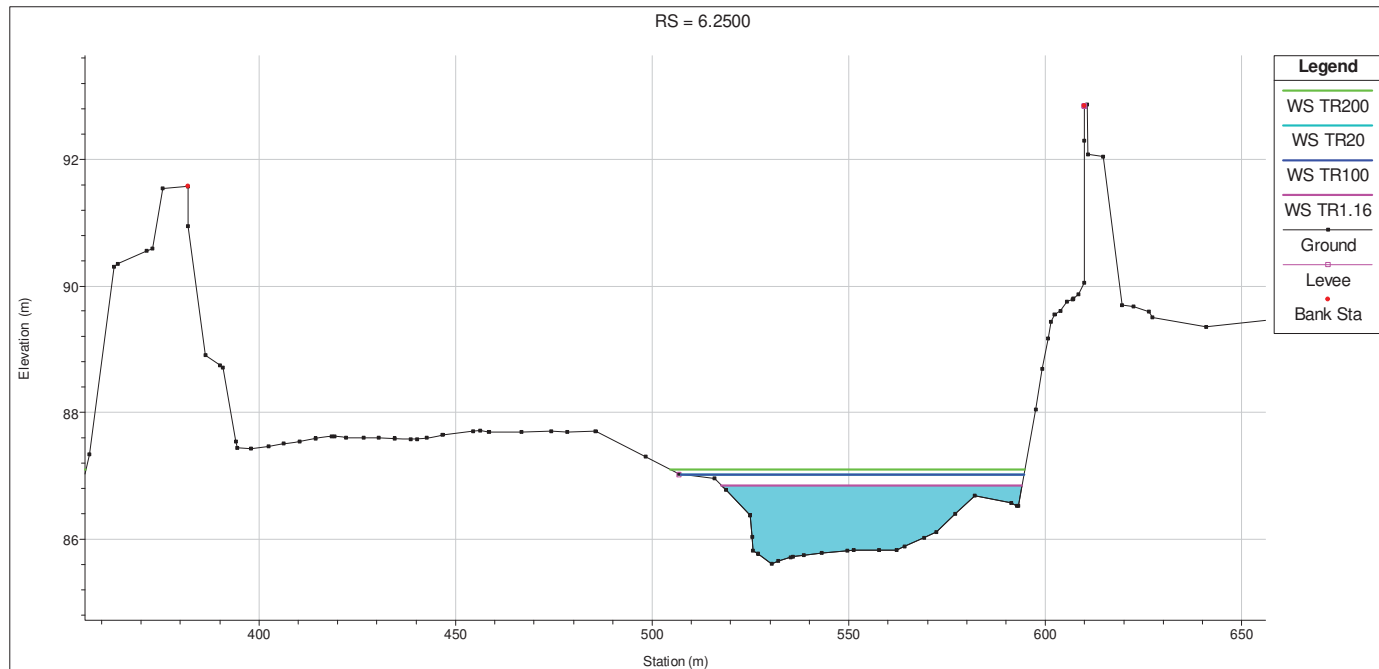


**Figura 24 - Livelli idrometrici per il TR di progetto alla sezione 8**



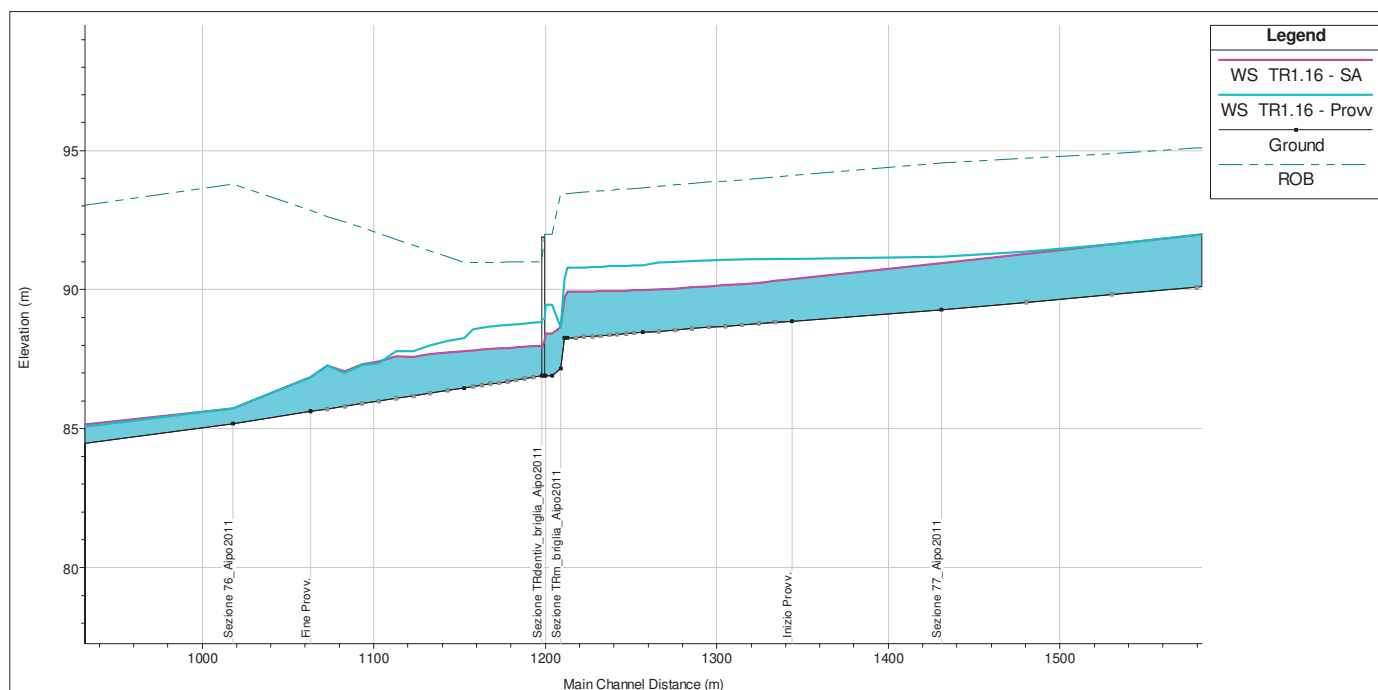


**Figura 25 - Livelli idrometrici per il TR di progetto alla sezione 7.5**

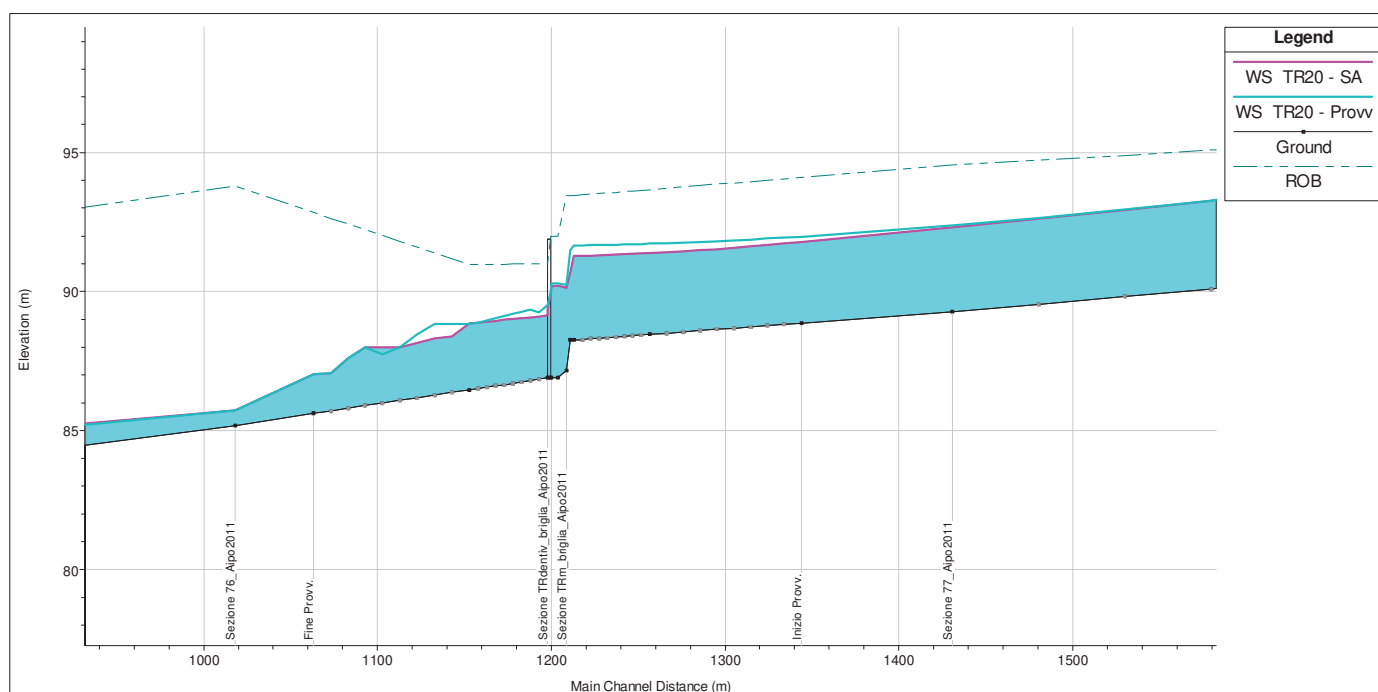


**Figura 26 - Livelli idrometrici per il TR di progetto alla sezione 6.2500**

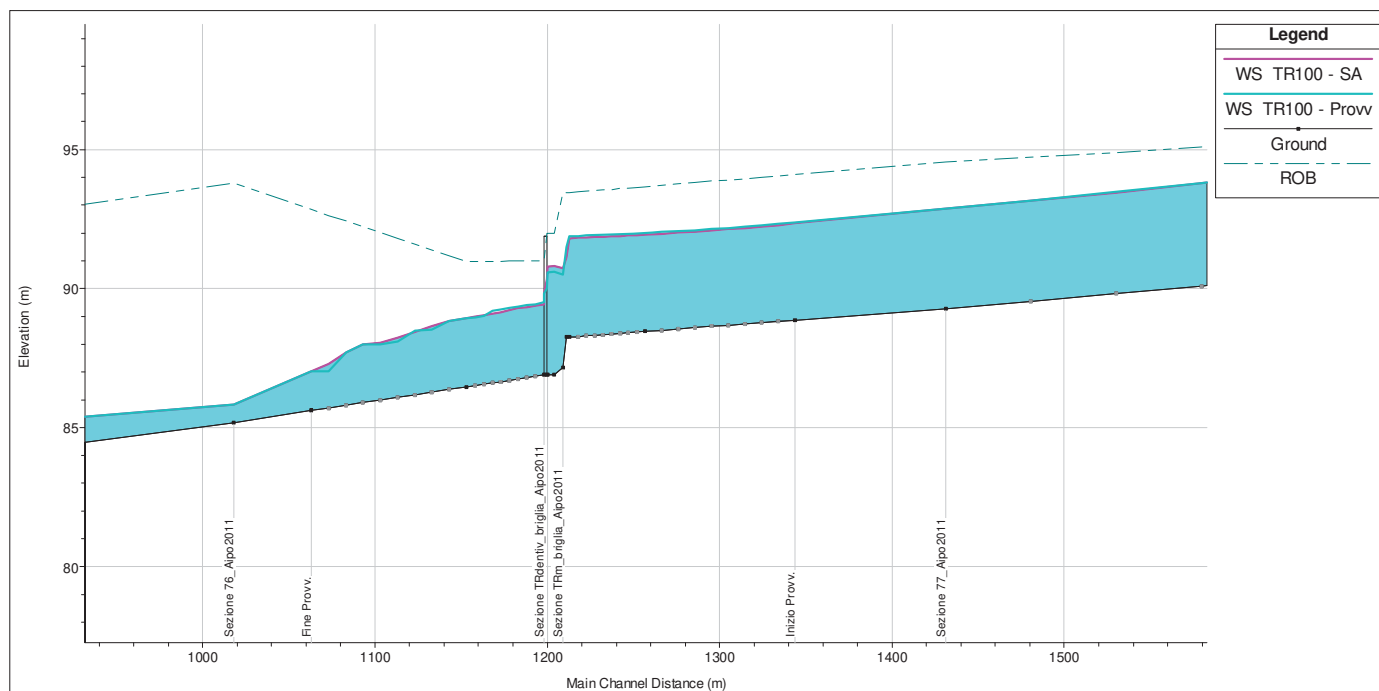
Nel seguito si riportano i profili idrometrici a confronto tra la simulazione dello stato attuale e quella con l'opera provvisoria in occasione del transito della portata di piena con TR di progetto pari a 1.16 anni fino ai 200 anni. Come si può notare l'incremento medio di livello è di circa 70 cm per il TR 1.16 anni per diminuire a circa 20 cm per TR20 anni e non risentire dell'opera per i tempi di ritorno di piena superiori.



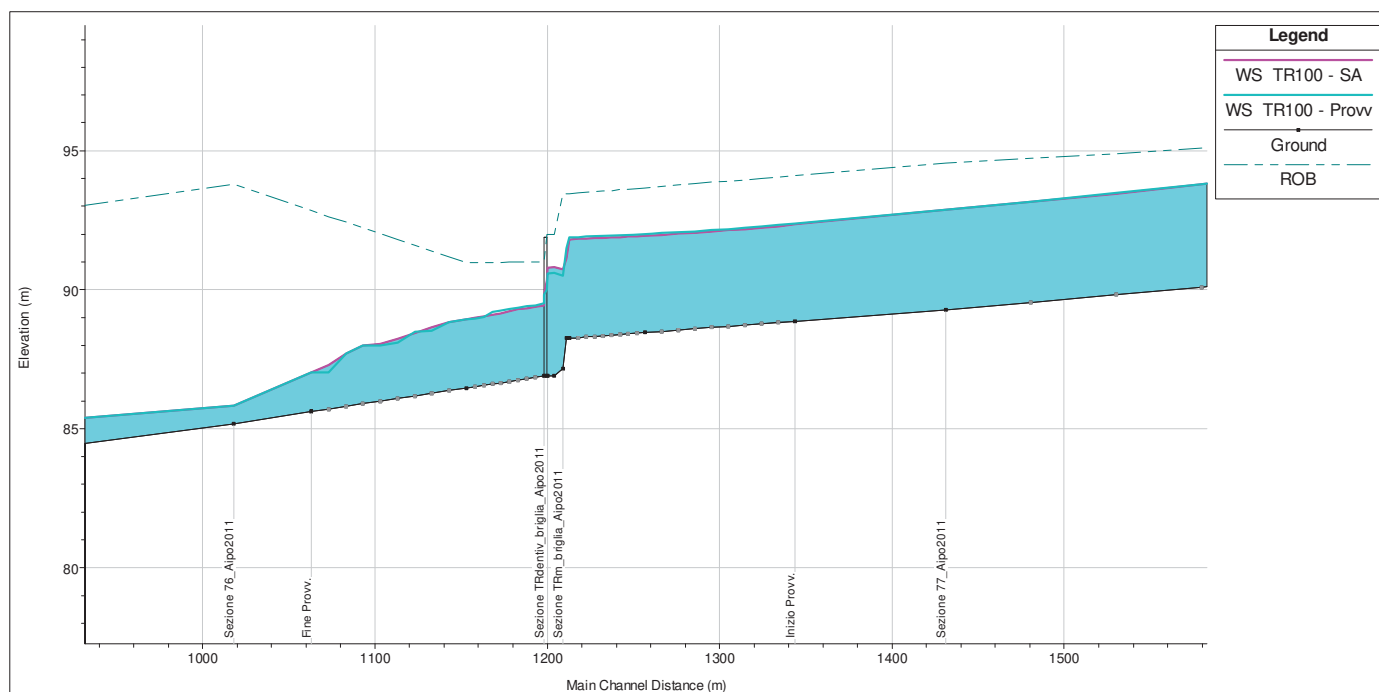
**Figura 27 - Profilo di rigurgito del tratto analizzato del t. Enza per TR 1.16 anni – Comparazione con opere provvisionali**



**Figura 28 - Profilo di rigurgito del tratto analizzato del t. Enza per TR 20 anni – Comparazione con opere provvisionali**



**Figura 29 - Profilo di rigurgito del tratto analizzato del t. Enza per TR 100 anni – Comparazione con opere provvisionali**



**Figura 30 - Profilo di rigurgito del tratto analizzato del t. Enza per TR 200 anni – Comparazione con opere provvisionali**

Dai risultati sopra esposti si dimostra che l'opera provvisoria risulta compatibile con la geometria del sistema, si evidenzia infatti come le altezze idriche del tratto a monte e valle delle sezioni in esame rimangono pressoché invariate.