

PROGETTO DI DERIVAZIONE IDROELETTRICA PER LA
VALORIZZAZIONE ENERGETICA DEL SALTO IDRAULICO
DELLA TRAVERSA ESISTENTE SUL FIUME TANARO
A VALLE DEL PONTE DELLA SP39

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Capellino
studio di ingegneria

STUDIO DI INGEGNERIA
Dott. Ing. ANTONIO CAPELLINO

Via Rosa Bianca, 18
12084 Mondovì - (CN)

☎ 0174/551247

✉ info@studiocapellino.it

✉ antonio.capellino@ingpec.eu

Dott. Arch. DANIELE BORGNA

Via G. Pascoli, 39/6 - 12084 Mondovì (CN)

☎ 339-3131477

✉ daniele.borgna@studiocapellino.it

Dott. Ing. ALBERTO BONELLO

Strada di Pascomonti - 12084 Mondovì (CN)

☎ 328-4541205

✉ alberto.bonello@studiocapellino.it

Geom. ALBERTO BALSAMO

S.S. 28 Nord, 81 - 12084 Mondovì (CN)

☎ 347-4097196

✉ alberto.balsamo@studiocapellino.it

Dott. Arch. IVANO GARELLI

Via Sacheri 191 - 12080 Pianfei (CN)

☎ 331-8459912

✉ ivano.garelli@studiocapellino.it

RELAZIONE DI
COMPATIBILITA' IDRAULICA



IDENTIFICATORE:

RICHIEDENTE

B. Energie S.r.l.

Via Venezia 2, Mondovì (CN)

DATA PROGETTO

Dicembre 2020

LAVORO

CDA 001/01

DATA

SCALA

DATA

Elaborato

4

Sommario

PREMESSA.....	2
INQUADRAMENTO SULLA CARTOGRAFIA DELLE ESONDAZIONI.....	3
LA NON ALTRIMENTI LOCALIZZABILITÀ	6
1. ASSETTO GEOMETRICO DELL'ALVEO.....	7
2. CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DELL'ALVEO	8
3. CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE DEL MATERIALE D'ALVEO	9
4. CARATTERISTICHE AMBIENTALI E PAESAGGISTICHE DELLA REGIONE FLUVIALE 10	
5. PORTATE DI PIENA.....	11
6. OPERE DI DIFESA IDRAULICA	13
6.1. Opere di difesa idraulica esistenti	13
6.2. Opere di difesa idraulica in progetto	13
7. MANUFATTI INTERFERENTI.....	14
8. MODALITÀ DI DEFLUSSO DI PIENA.....	15
9. EFFETTI DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO	16
9.1. Modifiche indotte sul profilo di piena.....	16
9.2. Riduzione della capacità d'invaso dell'alveo.....	16
9.3. Interazioni con le opere di difesa idrauliche esistenti	16
9.4. Opere idrauliche in progetto.....	17
9.5. Modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico e altimetrico	17
9.6. Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche	17
9.7. Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena	18
10. VERIFICHE IDRAULICHE DEL FIUME TANARO	19
10.1. Portate di calcolo.....	19
10.2. Modello idraulico	20
10.3. Metodo di calcolo utilizzato	21
10.4. Verifica idraulica.....	22
10.4.1. Portata di magra	23
10.4.2. Portata media annua	25
10.4.3. Portata di piena ventennale	27
10.4.4. Portata di piena centennale	29
10.4.5. Portata di piena duecentennale	31
10.5. Analisi dei risultati	33
10.5.1. Portata di magra	33
10.5.2. Portata media annua	33
10.5.3. Portata di massima piena ventennale	34
10.5.4. Portata di massima piena centennale	34
10.5.5. Portata di massima piena duecentennale	35
11. PLANIMETRIE DELLE AREE ESONDABILI	36
12. PROFILI E SEZIONI DEL FIUME TANARO	40

PREMESSA

Questo documento rappresenta lo studio di compatibilità idraulica del progetto di **derivazione idroelettrica per la valorizzazione energetica del salto idraulico della traversa esistente sul fiume Tanaro a valle del ponte della S.P. 39** in Comune di Castello di Annone (CN).

L'impianto idroelettrico in progetto utilizza il salto idraulico esistente sul fiume Tanaro in corrispondenza della traversa della centrale di Castello di Annone. La derivazione idroelettrica esistente è localizzata sulla sponda destra del fiume Tanaro, mentre il prelievo energetico in progetto è previsto in sinistra orografica.

Il progetto prevede l'installazione di un gruppo di produzione con turbina tipo VLH, collocato nel corpo traversa fluviale per la valorizzazione energetica del deflusso minimo vitale.

L'impianto in progetto non sottende tratti naturali dell'alveo del fiume Tanaro, ai sensi delle regole della Direttiva Derivazioni dell'Autorità di Bacino del fiume Po.

Lo studio di compatibilità idraulica è redatto in conformità alla normativa dell'Autorità di Bacino del fiume Po:

- Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Direttiva 4 contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce "A" e "B";
- Deliberazione 8 del 21 dicembre 2010 - Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce fluviali: Criteri integrativi per la valutazione della compatibilità di opere trasversali e degli impianti per l'uso della risorsa idrica.

INQUADRAMENTO SULLA CARTOGRAFIA DELLE ESONDAZIONI

Le aree di intervento sono inquadrare sulla cartografia dell'Autorità di Bacino del fiume Po; nel particolare:

- fasce fluviali del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.);
- aree allagabili del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (P.G.R.A.).

La cartografia con la sovrapposizione delle aree di intervento è riportata a pagina 5.

Fasce fluviali del P.A.I.

La perimetrazione delle fasce fluviali del P.A.I. è ricavata dagli Shape file della Regione Piemonte ed è riportata nell'inquadramento di pagina 5.

Per la fascia fluviale B del fiume Tanaro è individuato un limite di progetto in sinistra orografica, compreso tra l'argine e la ferrovia, e un limite fisico rappresentato dalla strada interpodere di Cascina Rapetti. La fascia fluviale A è più limitata in destra orografica, mentre in sinistra si espande fino al limite di progetto della fascia B. Il limite destra della fascia fluviale C coincide con quello della fascia B, mentre in sinistra si espande parzialmente nell'abitato di Castello di Annone, infatti, non si può escludere che gli edifici possano essere raggiunti dal flusso di rientro esondato a monte attraverso le aperture di attraversamento del rilevato arginale e della ferrovia.

L'impianto idroelettrico in progetto ed il passaggio artificiale per l'ittiofauna sono ubicati nella fascia fluviale A del fiume Tanaro. L'impianto idroelettrico in progetto è dotato di una turbina installata nel corpo della traversa fluviale, adibita al rilascio del deflusso minimo vitale, pertanto è palese che sia collocato all'interno della fascia di deflusso principale della piena del fiume.

La cabina ENEL è ubicata in fascia fluviale A del fiume Tanaro, a tergo dall'argine esistente. Tale condizione risulta del tutto infondata, poiché l'argine attuale è stato realizzato a seguito della perimetrazione delle fasce fluviali, che pertanto non tengono conto del nuovo limite fisico. Sulla base delle verifiche idrauliche svolte, l'argine, già realizzato da anni, non risulta valicabile dalle portate di piena, anche con tempo di ritorno di 200 anni. Tuttavia, non si può escludere che l'area retrostante possa essere raggiunta dal flusso di rientro esondato a monte attraverso le aperture di attraversamento del rilevato arginale e della ferrovia.

Mappe del P.G.R.A.

La perimetrazione delle aree allagate nei vari scenari del P.G.R.A. è ricavata dagli Shape file dell'Autorità di Bacino del fiume Po ed è riportata nell'inquadramento di pagina 5.

Nella cartografia del P.G.R.A. sono perimetrate le aree di esondazione riferite al Reticolo Principale (R.P.) del fiume Tanaro così individuate:

- scenario RP_H (tempo di ritorno di 20÷50 anni);
- scenario RP_M (tempo di ritorno di 100÷200 anni);
- scenario RP_L (tempo di ritorno di 500 anni).

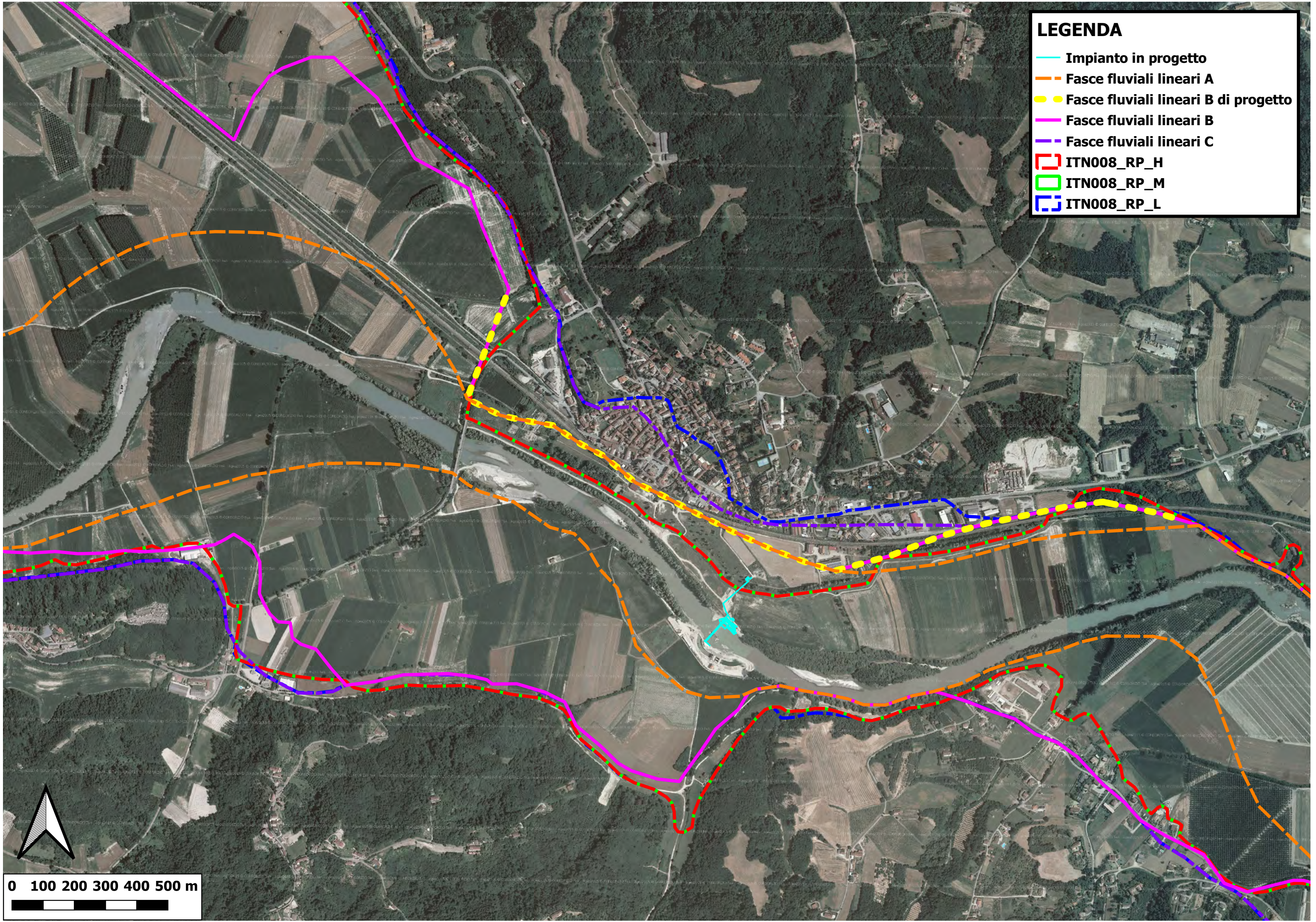
Il Titolo V delle Norme di Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dell'Autorità di Bacino del fiume Po impone i vincoli di utilizzo sulle varie aree di esondazione, comparandole alle fasce fluviali:

- | | | |
|--------------|-------------------|----------------------------------|
| - scenario H | Fascia Fluviale A | art. 29 delle N.d.A. del P.A.I.; |
| - scenario M | Fascia Fluviale B | art. 30 delle N.d.A. del P.A.I.; |
| - scenario L | Fascia Fluviale C | art. 31 delle N.d.A. del P.A.I.; |

Rispetto alla perimetrazione delle fasce fluviali, gli scenari di esondazione del P.G.R.A. risultano meno estesi e più aderenti ai limiti fisici presenti ed alle verifiche idrauliche svolte. Infatti, a partire dal ponte della Strada Provinciale 39, gli scenari di esondazione H e M sono delimitati in sinistra orografica dall'argine esistente, che risulta invalicabile da parte delle portate di piena del fiume Tanaro, anche con tempo di ritorno di 200 anni. Lo scenario di esondazione L, invece, si espande parzialmente anche nell'abitato di Castello di Annone, infatti, non si può escludere che gli edifici possano essere raggiunti dal flusso di rientro esondato a monte attraverso le aperture di attraversamento del rilevato arginale e della ferrovia. In destra orografica, per tutti gli scenari, il limite dell'esondazione è rappresentato dalla strada interpodere di Cascina Rapetti.

L'impianto idroelettrico in progetto con turbina installata nel corpo della traversa fluviale ed il passaggio artificiale per l'ittiofauna risultano, per propria natura, ricomprese all'interno dello scenario di esondazione H. Il locale quadri è costituito da una cabina con struttura in cemento armato e tetto a capanna, che presenta le porte stagne al fine di non essere allagata in caso di piena del fiume Tanaro. Le dimensioni e la posizione della cabina escludono che il piccolo edificio possa influenzare in qualche modo il deflusso di piena del fiume, sia come traiettoria sia come capacità d'invaso.

La cabina ENEL è ubicata in fascia di esondazione dello scenario L del fiume Tanaro, a tergo dell'argine. Pertanto, la cabina ENEL non risulta direttamente coinvolta dalla piena del fiume Tanaro, ma potrebbe eventualmente essere raggiunta dal flusso di rientro della portata esondata a monte.



LA NON ALTRIMENTI LOCALIZZABILITÀ

In questo capitolo si dimostra che l'impianto idroelettrico in progetto non è altrimenti localizzabile nei confronti delle aree di esondazione del fiume Tanaro.

Anche se è ovvio che un impianto idroelettrico non possa prescindere dall'essere localizzato presso l'alveo.

L'analisi è svolta a livello sia macroscopico sia puntuale al fine di fugare ogni possibile dubbio.

Per quanto riguarda in generale il basso corso del fiume Tanaro, esso presenta una ridotta pendenza dovuta al lungo e sinuoso sviluppo ed alla presenza sporadica di traverse che ne concentrano le perdite di quota in pochi punti particolari. Alla luce di ciò è evidente che la posizione maggiormente indicata al fine della valorizzazione idroelettrica sia in prossimità di uno sbarramento esistente, dove attualmente l'energia della portata del fiume Tanaro è dissipata in attrito e calore.

A livello puntuale, l'impianto idroelettrico in progetto è ricavato in sinistra orografica, poiché la sponda opposta è già occupata da un impianto idroelettrico, il quale non valorizza appieno la risorsa idrica disponibile.

Inoltre, la derivazione in sinistra orografica, congiuntamente alla realizzazione di un secondo passaggio artificiale per l'ittiofauna, riequilibra la distribuzione del deflusso del fiume Tanaro sull'intera sezione idraulica.

Alla luce di ciò si ritiene che le opere idrauliche dell'impianto idroelettrico in progetto non possano essere localizzate altrove od altrimenti.

1. ASSETTO GEOMETRICO DELL'ALVEO

Gli elaborati progettuali grafici 9 “Planimetria esistente”, 10 “Planimetria in progetto”, 12 “Sezioni trasversali del Fiume Tanaro” e 13 “Profilo longitudinale del Fiume Tanaro” descrivono la geometria planimetrica ed altimetrica dell'alveo del fiume Tanaro presso l'impianto idroelettrico in progetto. Le quote altimetriche presenti negli elaborati progettuali, sia grafici, sia scritti, sono espresse in valore assoluto. Gli elaborati progettuali indicati rappresentano sia la situazione attuale sia lo stato di progetto.

2. CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DELL'ALVEO

L'evoluzione morfologica dell'alveo, nonché le forme fluviali con eventuali criticità, è stata esaminata con riferimento a quanto bibliograficamente disponibile presso gli archivi degli Enti pubblici territoriali e da quanto osservabile sul terreno e mediante l'esame di fotografie aeree.

La morfologia dell'alveo è strettamente condizionata dal bordo collinare, sia in destra che in sinistra idrografica, e ne deriva un corso irregolare, con meandri ampi a monte del sito di intervento dove il fondovalle è più largo, e un tratto subrettilineo nell'area di interesse dove questo si restringe.

Non si segnalano processi significativi di erosione di fondo e delle sponde dell'alveo inciso e dunque nella sua configurazione attuale l'alveo nel tratto di interesse risulta stabile, con assenza di indizi di tendenza significativa all'approfondimento o al sovrizzo della quota di fondo, anche per la presenza dell'esistente traversa.

3. CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE DEL MATERIALE D'ALVEO

Per quanto concerne la granulometria dei depositi in alveo, da quanto emerso dalle osservazioni effettuate in loco si è potuto evincere come nell'areale indagato siano presenti principalmente sedimenti con granulometria grossolana (ghiaia e ciottoli con subordinata sabbia).

4. CARATTERISTICHE AMBIENTALI E PAESAGGISTICHE DELLA REGIONE FLUVIALE

Le caratteristiche ambientali e paesaggistiche della regione fluviale sono descritte nell'elaborato S1 "Studio d'impatto ambientale - Relazione", a cui si rimanda per una trattazione più completa.

5. PORTATE DI PIENA

La Direttiva “Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B” del Piano Stralcio delle Fasce fluviali, al paragrafo 2.5.

“Portate di piena”, specifica:

“La portata di piena di riferimento da assumere per le valutazioni idrauliche è quella per cui è stata condotta la delimitazione della fascia B.

I valori di riferimento delle portate di piena nelle diverse sezioni dei corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali sono definiti dall'Autorità di bacino nell'ambito di apposita direttiva. ...”

L'Autorità di Bacino del Fiume Po attraverso la “Direttiva sulla piena da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica” contenuta nel “Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico” (P.A.I.) ha definito le portate di massima piena per la definizione delle fasce fluviali.

Nella Tabella 20 del sopracitato documento sono riassunte le portate di massima piena utilizzate per delimitare le fasce A e B sul fiume Tanaro ed i relativi affluenti. La derivazione idroelettrica in progetto è situata in prossimità della sezione 37, mentre nel P.A.I. sono definite le portate nelle sezioni:

- Sezione 44 Asti
 - $S = 4'241 \text{ km}^2$
 - $Q_{20} = 2'650 \text{ m}^3/\text{s}$
 - $Q_{100} = 3'300 \text{ m}^3/\text{s}$
 - $Q_{200} = 3'550 \text{ m}^3/\text{s}$
 - $Q_{500} = 3'900 \text{ m}^3/\text{s}$
- Sezione 19 Alessandria
 - $S = 5'258 \text{ km}^2$
 - $Q_{20} = 2'850 \text{ m}^3/\text{s}$
 - $Q_{100} = 3'550 \text{ m}^3/\text{s}$
 - $Q_{200} = 3'800 \text{ m}^3/\text{s}$
 - $Q_{500} = 4'200 \text{ m}^3/\text{s}$

Il deflusso di massima piena con tempo di ritorno di 200 anni nella sezione di presa in progetto è definito attraverso l'interpolazione lineare in funzione della superficie del bacino idrografico, ottenendo i risultati riportati nella successiva Tabella 1.

Tabella 1: Portate di piena del fiume Tanaro (fonte P.A.I.)

Sezione	S (km ²)	Q ₂₀ (m ³ /s)	Q ₁₀₀ (m ³ /s)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Q ₅₀₀ (m ³ /s)
Asti	4'241	2'650	3'300	3'550	3'900
Alessandria	5'258	2'850	3'550	3'800	4'200
Presa	4'475.4	2'700	3'350	3'600	3'950

Nel Piano per la valutazione e la Gestione del Rischio di Alluvioni (P.G.R.A.) sono indicati i profili di piena dei corsi d'acqua del reticolo principale e le relative portate. Nelle sezioni di riferimento sono indicati i seguenti deflussi:

- Sezione 45 Asti
 - $S = 4'241 \text{ km}^2$
 - $Q_{20} = 2'650 \text{ m}^3/\text{s}$
 - $Q_{200} = 3'550 \text{ m}^3/\text{s}$
 - $Q_{500} = 3'900 \text{ m}^3/\text{s}$

- Sezione 18 Alessandria
 - $S = 5'258 \text{ km}^2$
 - $Q_{20} = 2'850 \text{ m}^3/\text{s}$
 - $Q_{200} = 3'400 \text{ m}^3/\text{s}$
 - $Q_{500} = 4'200 \text{ m}^3/\text{s}$

Le portate di piena del P.G.R.A. coincidono con quelle del P.A.I. con l'unica eccezione della piena duecentennale nella sezione di Alessandria. Infatti, tale valore è indicato pari a $3'400 \text{ m}^3/\text{s}$ nel P.G.R.A. ed a $3'800 \text{ m}^3/\text{s}$ nel P.A.I.. Siccome è l'unico valore della sezione di Alessandria ad essere minore di quello corrispondente ad Asti, si ritiene che la discrepanza possa essere attribuita ad un errore, poiché per gli altri tempi di ritorno non è prevista la laminazione della piena tra le sezioni di Asti e Alessandria.

Alla luce di quanto indicato, si confermano le portate indicate nel Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico e, per la sezione della presa idroelettrica in progetto, si adottano i seguenti deflussi di piena:

- $Q_{20} = 2'700 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{100} = 3'350 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{200} = 3'600 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{500} = 3'950 \text{ m}^3/\text{s}$

6. OPERE DI DIFESA IDRAULICA

6.1. Opere di difesa idraulica esistenti

Nell'intorno dell'impianto idroelettrico in progetto non sono presenti opere longitudinali di difesa spondale, tuttavia, in sinistra orografica è presente un argine realizzato dall'Agenzia Interregionale per il fiume Po. Inoltre è presente la traversa fluviale esistente presso la quale è previsto l'impianto in progetto, già a servizio di una centrale idroelettrica.

Nel merito dell'argine in sinistra orografica, a monte del ponte della Strada Provinciale 39, esso è accostato alla ferrovia Torino Genova, mentre a valle dell'opera d'arte risulta prossimo alla sponda nel primo tratto rettilineo, dopodiché prosegue allontanandosi dall'alveo inciso ed in corrispondenza della traversa fluviale devia verso Est allontanandosi ulteriormente dal fiume.

Nella porzione a monte del ponte della S.P. 39, l'argine presenta alcuni passaggi per l'attraversamento con mezzi agricoli, che permettono anche il passaggio della portata di piena. Di conseguenza, l'argine a monte della Strada Provinciale non è efficace nei confronti della piena e pertanto, anche a valle della S.P. 39 l'area a tergo del rilevato arginale, comprendente parte dell'abitato di Castello di Annone, è interessata dal flusso di rientro dell'esondazione presente a monte.

Lo sbarramento esistente, di recente costruzione, e posto a servizio di una derivazione idroelettrica è ubicato nel comune di Castello d'Annone ed è posto 1 km a valle del ponte della Strada Provinciale 39. La traversa presenta una platea fissa in cemento armato ed uno sbarramento mobile gonfiabile, dotato di scudi metallici con altezza massima di 3,00 m, che ne elevano il coronamento alla quota massima di 101,15 m s.l.m..

Lo sbarramento è ammortato in sponda sinistra tramite un muro in cemento armato, posto ortogonalmente alla traversa. In destra orografica, invece è presente la presa dell'impianto idroelettrico esistente e sono anche ubicati i sistemi di regolazione della traversa mobile ed il passaggio artificiale per l'ittiofauna, attualmente danneggiato e non pienamente funzionante.

6.2. Opere di difesa idraulica in progetto

Il progetto prevede l'installazione di una turbina nel corpo della traversa fluviale esistente, all'interno della spalla sinistra. La turbina da installare è del tipo VLH, che prevede la realizzazione di un semplice canale scatolare in cemento armato ospitante la macchina idraulica. La parete destra dell'impianto in progetto coincide con il muro terminale della traversa mobile.

Nella parete sinistra dell'impianto è realizzato il passaggio artificiale per l'ittiofauna e costituisce la nuova difesa spondale del fiume Tanaro. Verso valle, il nuovo muro spondale presenta il coronamento degradante, che segue l'andamento altimetrico del passaggio per l'ittiofauna, pertanto, in sommità è realizzata una scogliera di raccordo con la quota apicale della sponda dell'alveo inciso. Inoltre, tale scogliera raccorda anche il termine del dispositivo di risalita per i pesci con la sponda naturale del corso d'acqua.

Sia a monte dell'imbocco di presa sia in corrispondenza della restituzione, sono realizzate due platee antierosive per mantenere stabile il fondo dell'alveo del fiume Tanaro.

7. MANUFATTI INTERFERENTI

Nell'intorno dell'impianto idroelettrico in progetto, sia in sinistra orografica sia in destra sono presenti strade sterrate interpoderali.

Inoltre, tra il ponte della Strada Provinciale 39 e la traversa fluviale è presente l'attraversamento in subalveo del gasdotto SNAM.

Le opere in progetto non interferiscono direttamente con le piste agricole presenti sulle sponde.

Rispetto al gasdotto, i manufatti dell'impianto in progetto sono realizzati a distanza superiore a quella minima di rispetto.

Le opere in progetto non producono effetti sensibili sul deflusso di piena del fiume Tanaro, così l'azione della piena sulle infrastrutture esistenti non è modificata dalla derivazione idroelettrica proposta.

8. MODALITÀ DI DEFLUSSO DI PIENA

La soluzione del problema idraulico è stata ricercata con metodo numerico, utilizzando il programma HEC-RAS sviluppato da US Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center, che consente di calcolare profili di corrente in moto permanente monodimensionale per alvei con geometria qualsiasi ed in presenza di ponti, traverse, espansioni e contrazioni. Le caratteristiche del modello idraulico utilizzato, i risultati e la loro analisi sono contenuti nel capitolo 10. “Verifiche idrauliche del fiume Tanaro”.

Il progetto non influisce sulla portata al colmo a valle dell’impianto, pertanto non la si quantifica.

9. EFFETTI DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

Le successive valutazioni sono svolte considerando la portata di piena calcolata con tempo di ritorno duecentennale.

9.1. Modifiche indotte sul profilo di piena

L'analisi delle modifiche indotte sul profilo di piena è contenuta nel capitolo 10. "Verifiche idrauliche del fiume Tanaro", in cui sono riportati i risultati delle verifiche idrauliche del fiume Tanaro e l'analisi degli stessi. Le verifiche riguardano sia la situazione di rilievo sia quella di progetto e sono condotte negli stati di magra, delle acque ordinarie e di massima piena. In ottemperanza alla "Direttiva traverse" approvata con Deliberazione 8/2010 dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, le verifiche sono sviluppate con le portate di massima piena riferite ai tempi di ritorno di 20, 100 e 200 anni.

9.2. Riduzione della capacità d'invaso dell'alveo

Le variazioni del profilo idraulico di piena nella situazione di progetto rispetto a quella esistente sono del tutto trascurabili. Quindi la capacità d'invaso del fiume Tanaro e soprattutto la portata di piena al colmo a valle non risentono in modo apprezzabile della presenza delle opere in progetto. Pertanto non si quantifica la differenza di capacità d'invaso del fiume Tanaro presso la centrale idroelettrica in progetto.

9.3. Interazioni con le opere di difesa idrauliche esistenti

Le opere in progetto interferiscono con la traversa esistente e con l'argine in sinistra orografica. In particolare, la traversa è interessata dall'installazione della turbina e dalla realizzazione del passaggio artificiale per l'ittiofauna. L'argine, invece, è attraversato dal cavidotto di connessione alla rete elettrica nazionale.

La centrale idroelettrica è realizzata in cemento armato, con struttura collegata e resa solidale a quella dello sbarramento. La stabilità della struttura esistente durante gli scavi è assicurata attraverso la realizzazione di due cortine di micropali con tiranti, per i movimenti terra al di sotto del piano di fondazione dello sbarramento.

Al fine di scongiurare la possibilità di eventuali erosioni localizzate, sia sul fondo sia sulle sponde, è prevista la realizzazione di un breve tratto di scogliera e di platea antierosive. Verso valle, il nuovo muro spondale presenta il coronamento degradante, che segue l'andamento altimetrico del passaggio per l'ittiofauna, pertanto, in sommità è realizzata una scogliera di raccordo con la quota apicale della sponda dell'alveo inciso. Inoltre, tale scogliera raccorda anche il termine del dispositivo di risalita per i pesci con la sponda naturale del corso d'acqua.

Sia a monte dell'imbocco di presa sia in corrispondenza della restituzione, sono realizzate due platee antierosive per mantenere stabile il fondo dell'alveo del fiume Tanaro.

L'attraversamento dell'argine è realizzato con il sistema della trivellazione orizzontale controllata. Pertanto l'elettrodotto è realizzato all'interno di un tubo in acciaio installato al di sotto dell'argine attraverso una trivellazione orizzontale. Agli estremi del tratto di cavidotto realizzato con tale tecnica sono realizzati due pozzetti, a distanza superiore a 10 m dal piede dell'argine. Al termine dell'installazione del cavo, il tubo camicia è sigillato per impedire il passaggio di acqua attraverso l'argine. Tale accorgimento è adottato durante tutto il periodo dei lavori, infatti, anche in attesa dell'installazione del cavo elettrico, il tubo è sigillato attraverso sistemi provvisori.

9.4. Opere idrauliche in progetto

Le opere idrauliche in progetto sono individuate e descritte nel paragrafo 6.2. "Opere di difesa idraulica in progetto" del precedente capitolo 6. "Opere di difesa idraulica", al quale si rimanda per la trattazione completa.

9.5. Modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico e altimetrico

La derivazione idroelettrica in progetto valorizza il salto idraulico sul fiume Tanaro offerto dalla traversa fluviale della derivazione idroelettrica esistente nel Comune di Castello di Annone. Le uniche modifiche progettuali previste per lo sbarramento mobile esistente riguardano l'installazione della turbina all'interno della spalla sinistra della traversa e la realizzazione di un passaggio per i pesci, anch'esso in sponda sinistra orografica del fiume Tanaro.

L'impianto è di tipo puntuale, particolarmente compatto, senza canali di adduzione e di scarico.

L'impianto idroelettrico in progetto è realizzato in un unico corpo in cemento armato con fondazioni profonde.

Verso monte, il muro in cemento armato è raccordato direttamente alla sponda, mentre a valle è realizzato un breve tratto di scogliera in massi ciclopici. Il piano di fondazione della difesa spondale è almeno 1 m più profondo del punto più depresso dell'alveo nella medesima sezione trasversale.

Per quanto riguarda le superfici meno acclivi, è previsto l'inerbimento alla chiusura del cantiere. Oltre ad evitare il dilavamento della superficie, l'apparato radicale genera uno strato unito resistente alle eventuali esondazioni del fiume Tanaro.

Per quanto indicato, le opere in progetto non modificano l'assetto morfologico del fiume Tanaro e non possono innescare nuove vie di deflusso o riattivare vecchi alvei abbandonati dal corso d'acqua.

9.6. Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche

Le componenti naturalistiche, ambientali e paesistiche più sensibili nei confronti degli effetti indotti dalla realizzazione dell'opera sono l'ambiente idrico, il suolo e il sottosuolo, la vegetazione, la fauna, gli ecosistemi e il paesaggio.

Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato S1 "Studio d'impatto ambientale - Relazione", in cui sono descritte le caratteristiche delle componenti precedentemente citate, gli impatti conseguenti alla realizzazione dell'opera e gli interventi di mitigazione previsti.

9.7. Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena

Le principali opere dell'impianto idroelettrico in progetto sono realizzate in cemento armato e la turbina è del tipo VLH, completamente sommergibile. Il gruppo di produzione idroelettrica in progetto non emerge rispetto all'attuale piano campagna, così la maggior parte delle opere sono esenti dall'azione diretta della piena. Inoltre, l'intero impianto è un unico corpo in cemento armato con fondazioni profonde, pertanto la stabilità è assicurata. L'unica opera soggetta all'azione diretta della corrente di piena è rappresentata dalla cabina elettrica ospitante i quadri di gestione, l'inverter ed i trasformatori. Tale edificio è realizzato in cemento armato con fondazioni profonde, presenta porte stagne e le griglie di aerazione sono installate a quota superiore rispetto al livello idrometrico della piena con tempo di ritorno di duecento anni.

Le scarpate delle sponde dell'alveo del fiume Tanaro interessate dai lavori di costruzione dell'impianto idroelettrico sono protette con un muro di sponda verso monte e rivestite con scogliere in massi ciclopici a valle, per evitare l'effetto erosivo e di dilavamento. Il piano di fondazione di tali strutture è almeno 1 m più profondo del punto più depresso dell'alveo nella medesima sezione trasversale. Per quanto riguarda le superfici meno acclivi, è previsto l'inerbimento alla chiusura del cantiere. Oltre ad evitare il dilavamento della superficie, l'apparato radicale genera uno strato unito resistente alle eventuali esondazioni del fiume Tanaro.

L'esercizio della centrale idroelettrica in progetto prevede la presenza saltuaria di un operatore, che può gestire l'impianto in telegestione. Quindi non si creano situazioni di pericolo per il personale dell'impianto, anche in caso di piena eccezionale.

Inoltre, l'esercizio dell'impianto idroelettrico è disattivato già in condizioni di piena ordinaria poiché si rende necessario l'abbattimento dello sbarramento mobile ed il salto idraulico quasi si annulla. In condizioni di piena straordinaria la centrale non necessita di interventi da parte del personale.

10. VERIFICHE IDRAULICHE DEL FIUME TANARO

Di seguito si riportano le verifiche idrauliche del fiume Tanaro presso l'impianto idroelettrico in progetto.

Le verifiche sono condotte sia in condizioni di piena, per valutare il rischio idraulico dell'impianto in progetto, sia in condizioni di portate media e di magra, per esaminare i cambiamenti del regime idraulico ordinario indotti dalle opere in progetto.

Le verifiche sono condotte con metodo numerico, al fine di considerare l'influenza reciproca del moto nelle singole sezioni analizzate.

Nel capitolo 11. "Planimetrie delle aree esondabili" è indicata l'ubicazione planimetrica delle sezioni del modello idraulico utilizzato per le verifiche e sono indicati i limiti di esondazione diretta definiti col codice di calcolo numerico adottato.

Le sezioni ed i profili del fiume Tanaro con l'indicazione dei livelli piezometrici nelle varie condizioni di deflusso sono riportati nel capitolo 12. "Profili e sezioni del Fiume Tanaro".

10.1. Portate di calcolo

Le verifiche idrauliche che seguono sono riferite alle portate media annua e del regime idrologico di magra ed ai deflussi di massima piena definiti con tempo di ritorno duecentennale, centennale e ventennale.

Le portate media annua e di magra sono definite nell'elaborato progettuale 3 "Relazione idrologica" e sono le seguenti:

- $Q_{med} = 82,160 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{magra} = 6,413 \text{ m}^3/\text{s}$

Con la portata media annua, sulla traversa è rilasciato il deflusso di $1,740 \text{ m}^3/\text{s}$ e nel tratto sotteso dall'impianto idroelettrico esistente defluisce la portata di $27,160 \text{ m}^3/\text{s}$.

Con la portata del regime di magra, sulla traversa è rilasciato il deflusso di $5,441 \text{ m}^3/\text{s}$.

Le portate di piena riferite ai vari tempi di ritorno sono definite sulla base dei deflussi indicati dal Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del fiume Po nelle sezioni di Asti e di Alessandria:

- $Q_{20} = 2'700 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{100} = 3'350 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{200} = 3'600 \text{ m}^3/\text{s}$

10.2. Modello idraulico

Il modello idraulico utilizzato per la verifica del fiume Tanaro è formato da 14 sezioni trasversali principali.

Il modello copre una lunghezza del fiume di circa 2,06 km e si estende da circa 450 m a monte del ponte della Strada Provinciale 39 a circa 600 m a valle della traversa dell'impianto idroelettrico esistente nel Comune di Castello di Annone.

Le sezioni di verifica sono estese per tutta la fascia fluviale B.

Le verifiche sono sviluppate con i seguenti modelli idraulici di base:

- situazione di rilievo
è la condizione attuale del fiume e delle opere di sbarramento e prelievo
- situazione di progetto
comprende le opere dell'impianto idroelettrico in progetto

Ciascun modello idraulico di base è declinato in due configurazioni funzionali che rispondono alla regola operativa della traversa fluviale mobile gonfiabile:

- sbarramento sollevato
è la configurazione utilizzata per le portate media annua e di magra, con le quali è previsto che lo sbarramento sia completamente sollevato
- sbarramento abbattuto
è la configurazione utilizzata per le portate di massima piena, con le quali è previsto che lo sbarramento sia completamente abbattuto

Le condizioni al contorno imposte sono basate sulla definizione di moto uniforme nella prima e nell'ultima sezione del modello idraulico.

Le condizioni al contorno sono le medesime per le portate di magra ed ordinaria e per la situazione di piena. Sia a monte sia a valle è imposto il moto idraulico uniforme con il gradiente idraulico ricavato dai livelli idrometrici definiti dall'Autorità di Bacino del fiume Po nel Piano di Gestione del Rischio da Alluvioni:

- $i_{monte} = 0,59\text{‰}$.
- $i_{valle} = 0,48\text{‰}$

Il livello idrometrico di riferimento per la sezione di valle è quello definito nel Piano di Gestione del Rischio da Alluvioni nella sezione 20 del Piano Stralcio per le Fasce Fluviali, ricompreso nel Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del fiume Po. Le quote di riferimento assoluto dei livelli idrometrici definiti dall'Autorità di Bacino del fiume Po non coincide con quello adottato per il progetto idroelettrico, bensì è presente una discrepanza di circa 0,6 m. Così il livello idrometrico di riferimento relativo alla portata di massima piena con tempo di ritorno di 200 anni, ricondotto alle quote del rilievo topografico del progetto idroelettrico è pari a circa 107,38 m s.l.m..

Sulla base delle condizioni al contorno imposte e dei livelli idrometrici riscontrati dal P.G.R.A. e misurati in condizioni di deflusso ordinario, sono stabiliti i coefficienti di scabrezza dell'alveo e delle golene:

- condizioni ordinaria e del regime di magra
 - golena sinistra 0,030
 - alveo inciso 0,025
 - golena destra 0,030
- condizioni di piena
 - golena sinistra 0,040
 - alveo inciso 0,035
 - golena destra 0,040

10.3. Metodo di calcolo utilizzato

La soluzione del problema idraulico è stata ricercata con metodo numerico, utilizzando il programma HEC-RAS sviluppato da US Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center, che consente di calcolare profili di corrente in moto permanente monodimensionale per alvei con geometria qualsiasi ed in presenza di ponti, traverse, espansioni e contrazioni.

Il codice HEC-RAS prevede la costruzione di un modello numerico che comprende:

- a) schema del corso d'acqua e dei tronchi che lo compongono mediante le coordinate planimetriche dell'asse;
- b) sezioni trasversali che possono avere forma qualsiasi; i coefficienti di scabrezza di Manning sono variabili lungo la sezione a seconda del materiale presente;
- c) definizione dei metodi di calcolo dei profili a seconda dei tipi di corrente: lenta, veloce, mista;
- d) definizione del metodo di calcolo del flusso in corrispondenza dei ponti, il programma permette di calcolare le perdite di energia attraverso i ponti con i seguenti metodi:
 - equazione dell'energia (metodo normale),
 - bilanciamento della q.m.,
 - equazione di Yarnell,
 - metodo FHWA-WSPRO;
- e) sezioni trasversali dei ponti mediante l'introduzione della geometria di: intradosso ed estradosso, pile e spalle;
- f) introduzione delle portate di calcolo e delle condizioni al contorno (boundary conditions) a monte ed a valle del tronco di calcolo.

10.4. Verifica idraulica

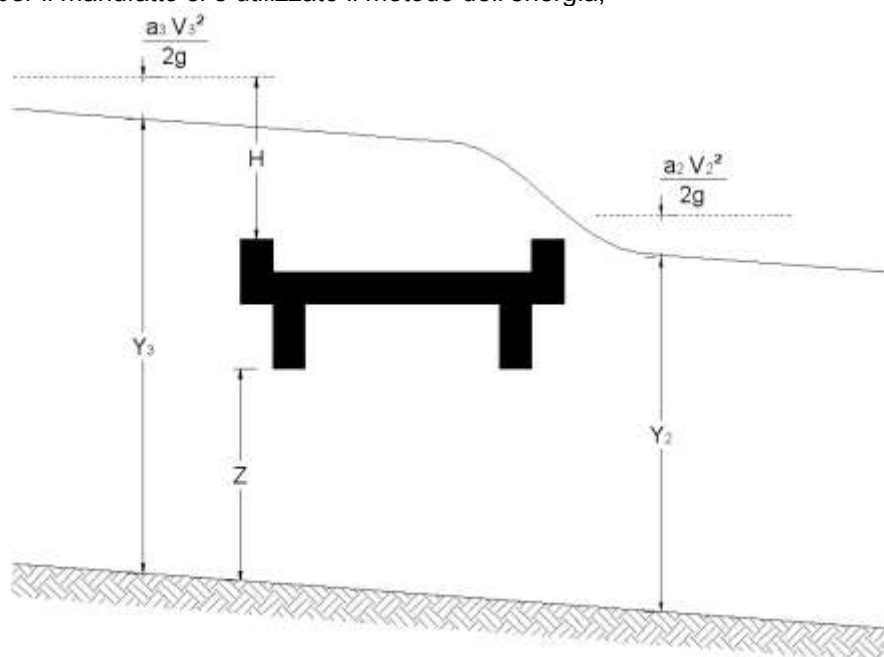
Nel caso in esame:

- a) schema del corso d'acqua
si è definito l'asse del tronco con coordinate tratte dalle planimetrie allegate al progetto;
- b) sezioni trasversali e scabrezza
sono state introdotte 14 sezioni "principali", esse sono tratte direttamente dai rilievi topografici e posizionate in corrispondenza delle zone caratteristiche, dove previsto, il modello considera anche le opere a progetto;

la scabrezza è definita con i coefficienti $n = \frac{1}{k}$ di Manning; nelle sezioni si sono assunti i seguenti valori

- condizioni ordinaria e del regime di magra
 - golena sinistra 0,030
 - alveo inciso 0,025
 - golena destra 0,030
- condizioni di piena
 - golena sinistra 0,040
 - alveo inciso 0,035
 - golena destra 0,040

- c) definizione dei metodi di calcolo dei profili
si è prescelto il profilo della corrente di tipo misto, "mixed";
- d) definizione del metodo di calcolo del flusso in corrispondenza dei ponti
per il manufatto si è utilizzato il metodo dell'energia;



- e) sezioni trasversali dei ponti
- f) la sezione trasversale del ponte della pista ciclabile è stata rilevata in sito;
- g) introduzione delle portate di calcolo e delle condizioni al contorno
le portate di calcolo sono quelle definite nel paragrafo 10.1. "Portate di calcolo";
nelle sezioni al contorno si sono definite le condizioni indicate nel paragrafo 10.2. "Modello idraulico".

10.4.1. Portata di magra

Situazione di rilievo

Tabella standard 1

River Sta	Profile	Q Total (m³/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 (m²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Sezione 1	Qmagra	6,41	97,55	101,26	97,88	101,26	0,000000	0,03	202,48	63,47	0,01
Sezione 2	Qmagra	6,41	99,28	101,26	99,61	101,26	0,000001	0,05	118,23	80,21	0,01
Ponte	Bridge										
Sezione 3	Qmagra	6,41	99,07	101,26		101,26	0,000000	0,04	179,47	92,04	0,01
Sezione 4	Qmagra	6,41	97,01	101,26		101,26	0,000000	0,02	409,59	124,58	0,00
Sezione 5	Qmagra	6,41	96,89	101,26		101,26	0,000000	0,02	301,27	82,26	0,00
Sezione 6	Qmagra	6,41	96,74	101,26		101,26	0,000000	0,02	323,61	92,43	0,00
Sezione 7	Qmagra	6,41	96,49	101,26		101,26	0,000000	0,03	193,55	67,59	0,01
Sezione 8	Qmagra	6,41	96,40	101,26		101,26	0,000000	0,03	250,43	75,78	0,00
Sezione 9	Qmagra	5,95	96,55	101,26	96,66	101,26	0,000000	0,02	383,96	100,74	0,00
Traversa	Inl Struct										
Sezione 10	Qmagra	5,95	97,30	97,43	97,43	97,49	0,012613	1,09	5,47	45,95	1,01
Sezione 11	Qmagra	5,95	96,05	96,89	96,31	96,89	0,000040	0,19	31,46	47,00	0,07
Sezione 12	Qmagra	6,41	96,00	96,88		96,88	0,000079	0,27	23,69	35,52	0,11
Sezione 13	Qmagra	6,41	96,05	96,85		96,86	0,000346	0,45	14,40	31,03	0,21
Sezione 14	Qmagra	6,41	96,04	96,76	96,39	96,78	0,000480	0,58	10,98	20,05	0,25

Tabella standard 2

River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m³/s)	Q Channel (m³/s)	Q Right (m³/s)	Top Width (m)	Hydr Radius (m)
Sezione 1	Qmagra	101,26	101,26	0,00	0,00	0,00		6,41		63,47	3,08
Sezione 2	Qmagra	101,26	101,26	0,00	0,00	0,00		6,41		80,21	1,46
Ponte	Bridge										
Sezione 3	Qmagra	101,26	101,26	0,00	0,00	0,00		6,41		92,04	1,93
Sezione 4	Qmagra	101,26	101,26	0,00	0,00	0,00		6,41		124,58	3,24
Sezione 5	Qmagra	101,26	101,26	0,00	0,00	0,00		6,41		82,26	3,54
Sezione 6	Qmagra	101,26	101,26	0,00	0,00	0,00		6,41		92,43	3,42
Sezione 7	Qmagra	101,26	101,26	0,00	0,00	0,00		6,41		67,59	2,83
Sezione 8	Qmagra	101,26	101,26	0,00	0,00	0,00		6,41		75,78	3,23
Sezione 9	Qmagra	101,26	101,26	0,00				5,95		100,74	4,19
Traversa	Inl Struct										
Sezione 10	Qmagra	97,49	97,43	0,06	0,01	0,02		5,95		45,95	0,12
Sezione 11	Qmagra	96,89	96,89	0,00	0,01	0,00		5,95		47,00	0,65
Sezione 12	Qmagra	96,88	96,88	0,00	0,02	0,00		6,41		35,52	0,66
Sezione 13	Qmagra	96,86	96,85	0,01	0,08	0,00		6,41		31,03	0,46
Sezione 14	Qmagra	96,78	96,76	0,02				6,41		20,05	0,54

Situazione di progetto

Tabella standard 1

River Sta	Profile	Q Total (m³/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 (m²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Sezione 1	Qmagra	6,41	97,55	101,26	97,88	101,26	0,000000	0,03	202,31	63,47	0,01
Sezione 2	Qmagra	6,41	99,28	101,26	99,61	101,26	0,000001	0,05	118,01	80,20	0,01
Ponte	Bridge										
Sezione 3	Qmagra	6,41	99,07	101,26		101,26	0,000000	0,04	179,22	92,04	0,01
Sezione 4	Qmagra	6,41	97,01	101,26		101,26	0,000000	0,02	409,25	124,57	0,00
Sezione 5	Qmagra	6,41	96,89	101,26		101,26	0,000000	0,02	301,05	82,25	0,00
Sezione 6	Qmagra	6,41	96,74	101,26		101,26	0,000000	0,02	323,36	92,42	0,00
Sezione 7	Qmagra	6,41	96,49	101,26		101,26	0,000000	0,03	193,36	67,58	0,01
Sezione 8	Qmagra	6,41	96,40	101,26		101,26	0,000000	0,03	250,23	75,77	0,00
Sezione 9	Qmagra	5,44	96,15	101,26	96,65	101,26	0,000000	0,01	383,73	110,14	0,00
Traversa	Inl Struct										
Sezione 10	Qmagra	5,44	95,40	96,86		96,93		1,15	0,00	7,00	0,00
Sezione 11	Qmagra	6,41	96,05	96,89	96,31	96,89	0,000046	0,20	31,47	47,01	0,08
Sezione 12	Qmagra	6,41	96,00	96,88		96,88	0,000079	0,27	23,69	35,52	0,11
Sezione 13	Qmagra	6,41	96,05	96,85		96,86	0,000346	0,45	14,40	31,03	0,21
Sezione 14	Qmagra	6,41	96,04	96,76	96,39	96,78	0,000480	0,58	10,98	20,05	0,25

Tabella standard 2

River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m³/s)	Q Channel (m³/s)	Q Right (m³/s)	Top Width (m)	Hydr Radius (m)
Sezione 1	Qmagra	101,26	101,26	0,00	0,00	0,00		6,41		63,47	3,08
Sezione 2	Qmagra	101,26	101,26	0,00	0,00	0,00		6,41		80,20	1,46
Ponte	Bridge										
Sezione 3	Qmagra	101,26	101,26	0,00	0,00	0,00		6,41		92,04	1,93
Sezione 4	Qmagra	101,26	101,26	0,00	0,00	0,00		6,41		124,57	3,24
Sezione 5	Qmagra	101,26	101,26	0,00	0,00	0,00		6,41		82,25	3,54
Sezione 6	Qmagra	101,26	101,26	0,00	0,00	0,00		6,41		92,42	3,42
Sezione 7	Qmagra	101,26	101,26	0,00	0,00	0,00		6,41		67,58	2,82
Sezione 8	Qmagra	101,26	101,26	0,00	0,00	0,00		6,41		75,77	3,23
Sezione 9	Qmagra	101,26	101,26	0,00				5,44		110,14	4,19
Traversa	Inl Struct										
Sezione 10	Qmagra	96,93	96,86	0,07	0,02	0,02		6,41		7,00	0,65
Sezione 11	Qmagra	96,89	96,89	0,00	0,01	0,00		6,41		47,01	0,65
Sezione 12	Qmagra	96,88	96,88	0,00	0,02	0,00		6,41		35,52	0,66
Sezione 13	Qmagra	96,86	96,85	0,01	0,08	0,00		6,41		31,03	0,46
Sezione 14	Qmagra	96,78	96,76	0,02				6,41		20,05	0,54

10.4.2. Portata media annua

Situazione di rilievo

Tabella standard 1

River Sta	Profile	Q Total (m³/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 (m²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Sezione 1	Qmed	82,16	97,55	101,49	98,46	101,50	0,000018	0,38	217,27	64,22	0,07
Sezione 2	Qmed	82,16	99,28	101,46	100,17	101,48	0,000120	0,61	134,65	81,41	0,15
Ponte	Bridge										
Sezione 3	Qmed	82,16	99,07	101,46		101,47	0,000040	0,41	198,13	92,88	0,09
Sezione 4	Qmed	82,16	97,01	101,47		101,47	0,000004	0,19	435,20	125,42	0,03
Sezione 5	Qmed	82,16	96,89	101,46		101,47	0,000007	0,26	317,92	82,75	0,04
Sezione 6	Qmed	82,16	96,74	101,46		101,46	0,000007	0,24	342,25	93,19	0,04
Sezione 7	Qmed	82,16	96,49	101,45		101,46	0,000023	0,40	206,65	68,19	0,07
Sezione 8	Qmed	82,16	96,40	101,45		101,46	0,000012	0,31	265,19	76,62	0,05
Sezione 9	Qmed	26,70	96,55	101,46	96,85	101,46	0,000000	0,07	400,67	100,74	0,01
Traversa	Inl Struct										
Sezione 10	Qmed	26,70	97,30	98,54		98,55	0,000074	0,34	78,42	95,23	0,11
Sezione 11	Qmed	26,70	96,05	98,54	96,52	98,54	0,000015	0,21	127,91	78,30	0,05
Sezione 12	Qmed	82,16	96,00	98,51		98,53	0,000134	0,67	122,01	68,52	0,16
Sezione 13	Qmed	82,16	96,05	98,45		98,50	0,000298	0,97	84,56	49,94	0,24
Sezione 14	Qmed	82,16	96,04	98,38	97,44	98,43	0,000481	0,96	85,28	73,57	0,29

Tabella standard 2

River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m³/s)	Q Channel (m³/s)	Q Right (m³/s)	Top Width (m)	Hydr Radius (m)
Sezione 1	Qmed	101,50	101,49	0,01	0,02	0,00		82,16		64,22	3,26
Sezione 2	Qmed	101,48	101,46	0,02	0,00	0,00		82,16		81,41	1,64
Ponte	Bridge										
Sezione 3	Qmed	101,47	101,46	0,01	0,00	0,00		82,16		92,88	2,11
Sezione 4	Qmed	101,47	101,47	0,00	0,00	0,00		82,16		125,42	3,42
Sezione 5	Qmed	101,47	101,46	0,00	0,00	0,00		82,16		82,75	3,71
Sezione 6	Qmed	101,46	101,46	0,00	0,00	0,00		82,16		93,19	3,59
Sezione 7	Qmed	101,46	101,45	0,01	0,00	0,00		82,16		68,19	2,98
Sezione 8	Qmed	101,46	101,45	0,00	0,00	0,00		82,16		76,62	3,38
Sezione 9	Qmed	101,46	101,46	0,00				26,70		100,74	4,36
Traversa	Inl Struct										
Sezione 10	Qmed	98,55	98,54	0,01	0,00	0,00		26,70		95,23	0,98
Sezione 11	Qmed	98,54	98,54	0,00	0,01	0,00		26,70		78,30	1,53
Sezione 12	Qmed	98,53	98,51	0,02	0,03	0,00		82,16		68,52	1,76
Sezione 13	Qmed	98,50	98,45	0,05	0,07	0,00		82,16		49,94	1,67
Sezione 14	Qmed	98,43	98,38	0,05				82,16		73,57	1,15

Situazione di progetto

Tabella standard 1

River Sta	Profile	Q Total (m³/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 (m²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Sezione 1	Qmed	82,16	97,55	101,25	98,46	101,26	0,000023	0,41	201,70	63,44	0,07
Sezione 2	Qmed	82,16	99,28	101,21	100,17	101,23	0,000203	0,72	113,95	79,68	0,19
Ponte		Bridge									
Sezione 3	Qmed	82,16	99,07	101,21		101,22	0,000060	0,47	174,36	91,90	0,11
Sezione 4	Qmed	82,16	97,01	101,21		101,21	0,000006	0,20	403,13	124,28	0,04
Sezione 5	Qmed	82,16	96,89	101,21		101,21	0,000009	0,28	296,72	82,20	0,05
Sezione 6	Qmed	82,16	96,74	101,20		101,21	0,000008	0,26	318,38	92,22	0,04
Sezione 7	Qmed	82,16	96,49	101,19		101,20	0,000030	0,43	189,07	67,42	0,08
Sezione 8	Qmed	82,16	96,40	101,20		101,20	0,000015	0,33	245,47	75,45	0,06
Sezione 9	Qmed	1,74	96,15	101,20	96,60	101,20	0,000000	0,00	378,70	110,14	0,00
Traversa		Inl Struct									
Sezione 10	Qmed	1,74	95,40	98,55		98,55	0,000000	0,02	79,06	103,43	0,01
Sezione 11	Qmed	27,16	96,05	98,54	96,53	98,54	0,000016	0,21	127,91	78,30	0,05
Sezione 12	Qmed	82,16	96,00	98,51		98,53	0,000134	0,67	122,01	68,52	0,16
Sezione 13	Qmed	82,16	96,05	98,45		98,50	0,000298	0,97	84,56	49,94	0,24
Sezione 14	Qmed	82,16	96,04	98,38	97,44	98,43	0,000481	0,96	85,28	73,57	0,29

Tabella standard 2

River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m³/s)	Q Channel (m³/s)	Q Right (m³/s)	Top Width (m)	Hydr Radius (m)
Sezione 1	Qmed	101,26	101,25	0,01	0,02	0,00		82,16		63,44	3,07
Sezione 2	Qmed	101,23	101,21	0,03	0,00	0,00		82,16		79,68	1,42
Ponte		Bridge									
Sezione 3	Qmed	101,22	101,21	0,01	0,00	0,00		82,16		91,90	1,88
Sezione 4	Qmed	101,21	101,21	0,00	0,00	0,00		82,16		124,28	3,20
Sezione 5	Qmed	101,21	101,21	0,00	0,00	0,00		82,16		82,20	3,49
Sezione 6	Qmed	101,21	101,20	0,00	0,00	0,00		82,16		92,22	3,38
Sezione 7	Qmed	101,20	101,19	0,01	0,00	0,00		82,16		67,42	2,77
Sezione 8	Qmed	101,20	101,20	0,01	0,00	0,00		82,16		75,45	3,18
Sezione 9	Qmed	101,20	101,20	0,00				1,74		110,14	4,14
Traversa		Inl Struct									
Sezione 10	Qmed	98,55	98,55	0,00	0,00	0,00		1,74		103,43	0,98
Sezione 11	Qmed	98,54	98,54	0,00	0,01	0,00		27,16		78,30	1,53
Sezione 12	Qmed	98,53	98,51	0,02	0,03	0,00		82,16		68,52	1,76
Sezione 13	Qmed	98,50	98,45	0,05	0,07	0,00		82,16		49,94	1,67
Sezione 14	Qmed	98,43	98,38	0,05				82,16		73,57	1,15

10.4.3. Portata di piena ventennale

Situazione di rilievo

Tabella standard 1

River Sta	Profile	Q Total (m³/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 (m²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Sezione 1	Q20	2700,00	97,55	107,95	103,84	108,13	0,000443	2,26	2013,02	811,31	0,26
Sezione 2	Q20	2700,00	99,28	107,73	104,74	107,93	0,000534	2,13	1768,90	1024,15	0,28
Ponte	Bridge										
Sezione 3	Q20	2700,00	99,07	107,53		107,76	0,000583	2,22	1522,00	819,17	0,29
Sezione 4	Q20	2700,00	97,01	107,50		107,67	0,000261	1,91	1961,58	841,61	0,21
Sezione 5	Q20	2700,00	96,89	107,27		107,58	0,000550	2,62	1517,01	746,72	0,29
Sezione 6	Q20	2700,00	96,74	107,19		107,46	0,000492	2,44	1539,12	664,95	0,28
Sezione 7	Q20	2700,00	96,49	106,87		107,30	0,001076	3,18	1257,66	645,92	0,40
Sezione 8	Q20	2700,00	96,40	106,80		107,20	0,000898	2,98	1256,44	614,75	0,37
Sezione 9	Q20	2700,00	96,55	106,87	101,41	107,08	0,000472	2,18	1687,63	697,07	0,26
Traversa	Inl Struct										
Sezione 10	Q20	2700,00	97,30	106,81		107,05	0,000582	2,33	1595,92	701,19	0,28
Sezione 11	Q20	2700,00	96,05	106,80	101,85	106,99	0,000401	2,12	1769,61	712,21	0,24
Sezione 12	Q20	2700,00	96,00	106,68		106,92	0,000513	2,35	1475,85	391,18	0,28
Sezione 13	Q20	2700,00	96,05	106,62		106,84	0,000518	2,22	1490,15	392,07	0,28
Sezione 14	Q20	2700,00	96,04	106,54	102,30	106,74	0,000480	2,08	1586,47	498,95	0,27

Tabella standard 2

River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m³/s)	Q Channel (m³/s)	Q Right (m³/s)	Top Width (m)	Hydr Radius (m)
Sezione 1	Q20	108,13	107,95	0,18	0,20	0,00	458,90	1745,97	495,13	811,31	2,46
Sezione 2	Q20	107,93	107,73	0,19	0,02	0,03	382,36	2164,69	152,95	1024,15	1,72
Ponte	Bridge										
Sezione 3	Q20	107,76	107,53	0,24	0,08	0,02	17,99	2530,81	151,21	819,17	1,85
Sezione 4	Q20	107,67	107,50	0,17	0,08	0,01	7,61	2418,19	274,20	841,61	2,32
Sezione 5	Q20	107,58	107,27	0,30	0,10	0,01	13,57	2338,21	348,22	746,72	2,02
Sezione 6	Q20	107,46	107,19	0,27	0,15	0,02	5,47	2374,99	319,54	664,95	2,30
Sezione 7	Q20	107,30	106,87	0,43	0,10	0,01	12,90	2195,83	491,27	645,92	1,94
Sezione 8	Q20	107,20	106,80	0,40	0,06	0,06	13,70	2362,12	324,19	614,75	2,03
Sezione 9	Q20	107,08	106,87	0,21			114,26	2328,12	257,62	697,07	2,36
Traversa	Inl Struct										
Sezione 10	Q20	107,05	106,81	0,24	0,04	0,01	128,59	2304,00	267,41	701,19	2,23
Sezione 11	Q20	106,99	106,80	0,20	0,07	0,00	216,08	2272,17	211,75	712,21	2,44
Sezione 12	Q20	106,92	106,68	0,24	0,07	0,01	293,69	2213,75	192,56	391,18	3,70
Sezione 13	Q20	106,84	106,62	0,22	0,09	0,01	368,58	2295,14	36,28	392,07	3,72
Sezione 14	Q20	106,74	106,54	0,20			285,81	2407,97	6,22	498,95	3,16

Situazione di progetto

Tabella standard 1

River Sta	Profile	Q Total (m³/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 (m²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Sezione 1	Q20	2700,00	97,55	107,95	103,84	108,13	0,000443	2,26	2013,21	811,31	0,26
Sezione 2	Q20	2700,00	99,28	107,73	104,74	107,93	0,000534	2,13	1769,19	1024,27	0,28
Ponte	Bridge										
Sezione 3	Q20	2700,00	99,07	107,53		107,77	0,000583	2,22	1522,24	819,29	0,29
Sezione 4	Q20	2700,00	97,01	107,50		107,67	0,000261	1,91	1961,85	841,61	0,21
Sezione 5	Q20	2700,00	96,89	107,27		107,58	0,000549	2,62	1517,31	746,72	0,29
Sezione 6	Q20	2700,00	96,74	107,19		107,46	0,000492	2,44	1539,40	664,95	0,28
Sezione 7	Q20	2700,00	96,49	106,87		107,30	0,001076	3,18	1258,11	646,05	0,40
Sezione 8	Q20	2700,00	96,40	106,80		107,20	0,000898	2,97	1256,87	614,90	0,37
Sezione 9	Q20	2700,00	96,15	106,87	101,42	107,08	0,000508	2,13	1709,46	697,10	0,25
Traversa	Inl Struct										
Sezione 10	Q20	2700,00	95,40	106,82		107,05	0,000621	2,25	1627,72	701,27	0,27
Sezione 11	Q20	2700,00	96,05	106,80	101,85	106,99	0,000401	2,12	1769,61	712,21	0,24
Sezione 12	Q20	2700,00	96,00	106,68		106,92	0,000513	2,35	1475,85	391,18	0,28
Sezione 13	Q20	2700,00	96,05	106,62		106,84	0,000518	2,22	1490,15	392,07	0,28
Sezione 14	Q20	2700,00	96,04	106,54	102,32	106,74	0,000480	2,08	1586,46	498,95	0,27

Tabella standard 2

River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m³/s)	Q Channel (m³/s)	Q Right (m³/s)	Top Width (m)	Hydr Radius (m)
Sezione 1	Q20	108,13	107,95	0,18	0,20	0,00	458,93	1745,87	495,20	811,31	2,46
Sezione 2	Q20	107,93	107,73	0,19	0,02	0,03	382,40	2164,58	153,03	1024,27	1,72
Ponte	Bridge										
Sezione 3	Q20	107,77	107,53	0,24	0,08	0,02	17,99	2530,71	151,30	819,29	1,85
Sezione 4	Q20	107,67	107,50	0,17	0,08	0,01	7,61	2418,08	274,31	841,61	2,32
Sezione 5	Q20	107,58	107,27	0,30	0,10	0,01	13,57	2338,03	348,40	746,72	2,02
Sezione 6	Q20	107,46	107,19	0,27	0,15	0,02	5,48	2374,83	319,69	664,95	2,30
Sezione 7	Q20	107,30	106,87	0,43	0,10	0,01	12,92	2195,50	491,59	646,05	1,94
Sezione 8	Q20	107,20	106,80	0,40	0,06	0,06	13,73	2361,88	324,40	614,90	2,03
Sezione 9	Q20	107,08	106,87	0,20			119,22	2311,05	269,73	697,10	2,33
Traversa	Inl Struct										
Sezione 10	Q20	107,05	106,82	0,22	0,04	0,01	134,58	2283,11	282,30	701,27	2,21
Sezione 11	Q20	106,99	106,80	0,20	0,07	0,00	216,08	2272,17	211,75	712,21	2,44
Sezione 12	Q20	106,92	106,68	0,24	0,07	0,01	293,69	2213,75	192,56	391,18	3,70
Sezione 13	Q20	106,84	106,62	0,22	0,09	0,01	368,58	2295,14	36,28	392,07	3,72
Sezione 14	Q20	106,74	106,54	0,20			285,80	2407,97	6,22	498,95	3,16

10.4.4. Portata di piena centennale

Situazione di rilievo

Tabella standard 1

River Sta	Profile	Q Total (m³/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 (m²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Sezione 1	Q100	3350,00	97,55	108,57	105,12	108,73	0,000404	2,28	2666,02	1065,08	0,25
Sezione 2	Q100	3350,00	99,28	108,39	105,26	108,55	0,000443	2,08	2478,19	1117,79	0,26
Ponte	Bridge										
Sezione 3	Q100	3350,00	99,07	108,09		108,33	0,000554	2,30	2030,63	952,35	0,29
Sezione 4	Q100	3350,00	97,01	108,06		108,23	0,000274	2,04	2431,48	843,78	0,21
Sezione 5	Q100	3350,00	96,89	107,85		108,14	0,000531	2,70	1951,19	748,90	0,29
Sezione 6	Q100	3350,00	96,74	107,76		108,04	0,000496	2,57	1918,50	668,14	0,28
Sezione 7	Q100	3350,00	96,49	107,54		107,89	0,000889	3,09	1692,94	660,63	0,37
Sezione 8	Q100	3350,00	96,40	107,45		107,81	0,000799	2,99	1684,82	671,47	0,35
Sezione 9	Q100	3350,00	96,55	107,50	102,15	107,71	0,000447	2,25	2129,97	699,98	0,25
Traversa	Inl Struct										
Sezione 10	Q100	3350,00	97,30	107,46		107,68	0,000527	2,35	2049,01	705,02	0,27
Sezione 11	Q100	3350,00	96,05	107,44	102,49	107,63	0,000385	2,19	2225,78	719,74	0,24
Sezione 12	Q100	3350,00	96,00	107,29		107,55	0,000538	2,54	1712,29	394,53	0,29
Sezione 13	Q100	3350,00	96,05	107,22		107,47	0,000539	2,40	1725,40	393,48	0,29
Sezione 14	Q100	3350,00	96,04	107,15	103,27	107,37	0,000480	2,22	1889,34	500,70	0,27

Tabella standard 2

River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m³/s)	Q Channel (m³/s)	Q Right (m³/s)	Top Width (m)	Hydr Radius (m)
Sezione 1	Q100	108,73	108,57	0,16	0,18	0,00	674,46	1899,30	776,24	1065,08	2,48
Sezione 2	Q100	108,55	108,39	0,17	0,01	0,05	539,17	2354,09	456,75	1117,79	2,21
Ponte	Bridge										
Sezione 3	Q100	108,33	108,09	0,23	0,08	0,02	29,05	2879,65	441,30	952,35	2,13
Sezione 4	Q100	108,23	108,06	0,18	0,08	0,01	12,92	2747,92	589,15	843,78	2,86
Sezione 5	Q100	108,14	107,85	0,29	0,10	0,01	21,41	2581,20	747,39	748,90	2,59
Sezione 6	Q100	108,04	107,76	0,28	0,13	0,01	11,08	2680,07	658,85	668,14	2,85
Sezione 7	Q100	107,89	107,54	0,36	0,08	0,00	51,52	2350,60	947,88	660,63	2,55
Sezione 8	Q100	107,81	107,45	0,36	0,06	0,05	53,96	2602,66	693,38	671,47	2,50
Sezione 9	Q100	107,71	107,50	0,21			192,21	2597,89	559,90	699,98	2,96
Traversa	Inl Struct										
Sezione 10	Q100	107,68	107,46	0,22	0,04	0,01	216,07	2545,92	588,01	705,02	2,84
Sezione 11	Q100	107,63	107,44	0,19	0,07	0,01	328,40	2542,05	479,55	719,74	3,04
Sezione 12	Q100	107,55	107,29	0,27	0,08	0,01	474,38	2594,64	280,99	394,53	4,25
Sezione 13	Q100	107,47	107,22	0,25	0,10	0,01	579,97	2710,06	59,97	393,48	4,29
Sezione 14	Q100	107,37	107,15	0,22			518,82	2816,78	14,40	500,70	3,75

Situazione di progetto

Tabella standard 1

River Sta	Profile	Q Total (m³/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 (m²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Sezione 1	Q100	3350,00	97,55	108,57	105,12	108,73	0,000404	2,28	2667,05	1065,13	0,25
Sezione 2	Q100	3350,00	99,28	108,39	105,26	108,56	0,000443	2,08	2479,50	1117,92	0,26
Ponte		Bridge									
Sezione 3	Q100	3350,00	99,07	108,10		108,33	0,000554	2,30	2031,88	952,56	0,29
Sezione 4	Q100	3350,00	97,01	108,06		108,23	0,000274	2,04	2432,60	843,79	0,21
Sezione 5	Q100	3350,00	96,89	107,85		108,15	0,000530	2,69	1952,44	748,90	0,29
Sezione 6	Q100	3350,00	96,74	107,76		108,04	0,000495	2,57	1919,68	668,15	0,28
Sezione 7	Q100	3350,00	96,49	107,54		107,90	0,000887	3,09	1694,56	660,65	0,37
Sezione 8	Q100	3350,00	96,40	107,45		107,81	0,000797	2,98	1687,04	671,49	0,35
Sezione 9	Q100	3350,00	96,15	107,51	102,78	107,71	0,000478	2,18	2154,51	700,03	0,24
Traversa		Inl Struct									
Sezione 10	Q100	3350,00	95,40	107,47		107,67	0,000560	2,27	2080,94	705,08	0,26
Sezione 11	Q100	3350,00	96,05	107,44	102,49	107,63	0,000385	2,19	2225,78	719,74	0,24
Sezione 12	Q100	3350,00	96,00	107,29		107,55	0,000538	2,54	1712,29	394,53	0,29
Sezione 13	Q100	3350,00	96,05	107,22		107,47	0,000539	2,40	1725,40	393,48	0,29
Sezione 14	Q100	3350,00	96,04	107,15	103,27	107,37	0,000480	2,22	1889,34	500,70	0,27

Tabella standard 2

River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m³/s)	Q Channel (m³/s)	Q Right (m³/s)	Top Width (m)	Hydr Radius (m)
Sezione 1	Q100	108,73	108,57	0,16	0,18	0,00	674,56	1898,81	776,63	1065,13	2,48
Sezione 2	Q100	108,56	108,39	0,17	0,01	0,05	539,24	2353,50	457,26	1117,92	2,21
Ponte		Bridge									
Sezione 3	Q100	108,33	108,10	0,23	0,08	0,02	29,06	2879,01	441,93	952,56	2,13
Sezione 4	Q100	108,23	108,06	0,18	0,08	0,01	12,93	2747,34	589,72	843,79	2,87
Sezione 5	Q100	108,15	107,85	0,29	0,10	0,01	21,42	2580,34	748,24	748,90	2,59
Sezione 6	Q100	108,04	107,76	0,27	0,13	0,01	11,09	2679,28	659,62	668,15	2,85
Sezione 7	Q100	107,90	107,54	0,36	0,08	0,00	51,68	2349,35	948,97	660,65	2,55
Sezione 8	Q100	107,81	107,45	0,36	0,06	0,05	54,15	2600,95	694,89	671,49	2,50
Sezione 9	Q100	107,71	107,51	0,19			200,07	2565,65	584,28	700,03	2,92
Traversa		Inl Struct									
Sezione 10	Q100	107,67	107,47	0,21	0,04	0,00	224,97	2510,43	614,60	705,08	2,81
Sezione 11	Q100	107,63	107,44	0,19	0,07	0,01	328,40	2542,05	479,55	719,74	3,04
Sezione 12	Q100	107,55	107,29	0,27	0,08	0,01	474,38	2594,64	280,99	394,53	4,25
Sezione 13	Q100	107,47	107,22	0,25	0,10	0,01	579,96	2710,06	59,97	393,48	4,29
Sezione 14	Q100	107,37	107,15	0,22			518,82	2816,78	14,40	500,70	3,75

10.4.5. Portata di piena duecentennale

Situazione di rilievo

Tabella standard 1

River Sta	Profile	Q Total (m³/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 (m²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Sezione 1	Q200	3600,00	97,55	108,79	106,53	108,95	0,000379	2,25	2909,15	1078,32	0,25
Sezione 2	Q200	3600,00	99,28	108,63	105,47	108,78	0,000409	2,05	2748,92	1132,31	0,25
Ponte	Bridge										
Sezione 3	Q200	3600,00	99,07	108,30		108,53	0,000537	2,31	2230,38	985,36	0,29
Sezione 4	Q200	3600,00	97,01	108,26		108,44	0,000276	2,08	2602,51	844,57	0,22
Sezione 5	Q200	3600,00	96,89	108,06		108,35	0,000520	2,71	2109,88	749,69	0,29
Sezione 6	Q200	3600,00	96,74	107,97		108,25	0,000493	2,60	2058,26	669,05	0,28
Sezione 7	Q200	3600,00	96,49	107,77		108,11	0,000835	3,06	1847,54	662,18	0,36
Sezione 8	Q200	3600,00	96,40	107,69		108,03	0,000756	2,97	1843,77	672,75	0,35
Sezione 9	Q200	3600,00	96,55	107,73	102,92	107,93	0,000437	2,26	2289,90	701,03	0,25
Traversa	Inl Struct										
Sezione 10	Q200	3600,00	97,30	107,68		107,90	0,000509	2,36	2210,08	705,98	0,27
Sezione 11	Q200	3600,00	96,05	107,66	102,79	107,86	0,000379	2,21	2389,25	721,65	0,24
Sezione 12	Q200	3600,00	96,00	107,50		107,78	0,000546	2,60	1796,58	395,72	0,30
Sezione 13	Q200	3600,00	96,05	107,43		107,69	0,000546	2,47	1809,00	393,97	0,29
Sezione 14	Q200	3600,00	96,04	107,36	103,56	107,59	0,000480	2,26	1997,24	501,33	0,27

Tabella standard 2

River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m³/s)	Q Channel (m³/s)	Q Right (m³/s)	Top Width (m)	Hydr Radius (m)
Sezione 1	Q200	108,95	108,79	0,15	0,17	0,00	748,52	1925,06	926,42	1078,32	2,68
Sezione 2	Q200	108,78	108,63	0,15	0,01	0,06	593,41	2400,81	605,78	1132,31	2,42
Ponte	Bridge										
Sezione 3	Q200	108,53	108,30	0,23	0,08	0,02	33,34	2987,74	578,92	985,36	2,26
Sezione 4	Q200	108,44	108,26	0,18	0,08	0,01	15,16	2859,55	725,28	844,57	3,06
Sezione 5	Q200	108,35	108,06	0,29	0,10	0,00	24,57	2659,94	915,49	749,69	2,79
Sezione 6	Q200	108,25	107,97	0,27	0,13	0,01	13,51	2782,70	803,79	669,05	3,06
Sezione 7	Q200	108,11	107,77	0,34	0,08	0,00	71,40	2404,01	1124,59	662,18	2,78
Sezione 8	Q200	108,03	107,69	0,35	0,05	0,04	72,15	2670,44	857,41	672,75	2,73
Sezione 9	Q200	107,93	107,73	0,20			223,09	2690,46	686,44	701,03	3,18
Traversa	Inl Struct										
Sezione 10	Q200	107,90	107,68	0,22	0,04	0,01	249,96	2630,65	719,40	705,98	3,06
Sezione 11	Q200	107,86	107,66	0,19	0,07	0,01	371,56	2635,51	592,93	721,65	3,26
Sezione 12	Q200	107,78	107,50	0,28	0,08	0,01	547,63	2736,32	316,05	395,72	4,45
Sezione 13	Q200	107,69	107,43	0,26	0,10	0,01	665,09	2865,41	69,50	393,97	4,49
Sezione 14	Q200	107,59	107,36	0,22			614,44	2967,66	17,90	501,33	3,95

Situazione di progetto

Tabella standard 1

River Sta	Profile	Q Total (m³/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 (m²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Sezione 1	Q200	3600,00	97,55	108,80	106,53	108,95	0,000379	2,25	2910,53	1078,40	0,25
Sezione 2	Q200	3600,00	99,28	108,63	105,47	108,78	0,000408	2,05	2750,67	1132,34	0,25
Ponte	Bridge										
Sezione 3	Q200	3600,00	99,07	108,30		108,53	0,000536	2,31	2232,12	985,65	0,29
Sezione 4	Q200	3600,00	97,01	108,26		108,44	0,000276	2,08	2604,03	844,58	0,22
Sezione 5	Q200	3600,00	96,89	108,07		108,35	0,000519	2,71	2111,53	749,70	0,29
Sezione 6	Q200	3600,00	96,74	107,97		108,25	0,000492	2,60	2059,82	669,06	0,28
Sezione 7	Q200	3600,00	96,49	107,77		108,11	0,000832	3,05	1849,57	662,20	0,36
Sezione 8	Q200	3600,00	96,40	107,69		108,03	0,000754	2,96	1846,00	672,77	0,34
Sezione 9	Q200	3600,00	96,15	107,74	102,97	107,93	0,000467	2,20	2314,30	701,08	0,24
Traversa	Inl Struct										
Sezione 10	Q200	3600,00	95,40	107,70		107,90	0,000541	2,27	2241,88	706,03	0,26
Sezione 11	Q200	3600,00	96,05	107,66	102,79	107,86	0,000379	2,21	2389,25	721,65	0,24
Sezione 12	Q200	3600,00	96,00	107,50		107,78	0,000546	2,60	1796,58	395,72	0,30
Sezione 13	Q200	3600,00	96,05	107,43		107,69	0,000546	2,47	1809,00	393,97	0,29
Sezione 14	Q200	3600,00	96,04	107,36	103,56	107,59	0,000480	2,26	1997,24	501,33	0,27

Tabella standard 2

River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m³/s)	Q Channel (m³/s)	Q Right (m³/s)	Top Width (m)	Hydr Radius (m)
Sezione 1	Q200	108,95	108,80	0,15	0,17	0,00	748,65	1924,44	926,91	1078,40	2,68
Sezione 2	Q200	108,78	108,63	0,15	0,01	0,06	593,48	2400,00	606,52	1132,34	2,42
Ponte	Bridge										
Sezione 3	Q200	108,53	108,30	0,23	0,08	0,02	33,36	2986,83	579,81	985,65	2,26
Sezione 4	Q200	108,44	108,26	0,18	0,08	0,01	15,17	2858,74	726,08	844,58	3,06
Sezione 5	Q200	108,35	108,07	0,29	0,10	0,00	24,58	2658,80	916,62	749,70	2,80
Sezione 6	Q200	108,25	107,97	0,27	0,13	0,01	13,53	2781,65	804,83	669,06	3,06
Sezione 7	Q200	108,11	107,77	0,34	0,08	0,00	71,60	2402,49	1125,91	662,20	2,78
Sezione 8	Q200	108,03	107,69	0,34	0,06	0,05	72,35	2668,74	858,92	672,77	2,73
Sezione 9	Q200	107,93	107,74	0,19			231,88	2653,22	714,90	701,08	3,13
Traversa	Inl Struct										
Sezione 10	Q200	107,90	107,70	0,20	0,04	0,00	259,87	2589,89	750,23	706,03	3,02
Sezione 11	Q200	107,86	107,66	0,19	0,07	0,01	371,56	2635,51	592,93	721,65	3,26
Sezione 12	Q200	107,78	107,50	0,28	0,08	0,01	547,63	2736,32	316,05	395,72	4,45
Sezione 13	Q200	107,69	107,43	0,26	0,10	0,01	665,09	2865,41	69,50	393,97	4,49
Sezione 14	Q200	107,59	107,36	0,22			614,44	2967,66	17,90	501,33	3,95

10.5. Analisi dei risultati

L'analisi del comportamento idraulico del fiume Tanaro nei pressi dell'impianto idroelettrico in progetto inizia dallo stato di rilievo e prosegue successivamente con la descrizione della situazione di progetto esaminandone le differenze.

10.5.1. Portata di magra

In condizioni di magra il fiume Tanaro presenta generalmente regime idraulico subcritico, sia a monte sia a valle dello sbarramento.

A monte del ponte della Strada Provinciale 39 la portata procede con velocità modeste, $0,03 \div 0,05$ m/s ed il numero di Froude è pari a 0,01.

Tra il ponte e la traversa fluviale la corrente procede con velocità minime comprese tra 0,02 m/s e 0,04 m/s ed il parametro di Froude ha valore non superiore a 0,01. Il livello idrometrico a monte dello sbarramento mobile gonfiabile scudato si attesta a 101,26 m s.l.m..

Sulla platea dissipativa e antiersiva a valle della traversa mobile il deflusso procede in moto idraulico critico alla velocità di 1,09 m/s.

A valle delle opere dello sbarramento, la portata accelera progressivamente da 0,19 m/s a 0,58 m/s ed il valore adimensionale di Froude aumenta da 0,07 a 0,25.

Nella condizione di progetto non si riscontrano differenze apprezzabili rispetto alla situazione esistente.

10.5.2. Portata media annua

In condizioni ordinarie il fiume Tanaro presenta regime idraulico subcritico in tutto il tratto analizzato, sia a monte sia a valle dello sbarramento.

A monte del ponte della Strada Provinciale 39 la portata procede con velocità crescente tra 0,38 m/s e 0,61 m/s ed il numero di Froude è aumentata da 0,07 a 0,15.

Tra il ponte e la traversa fluviale la corrente procede con velocità comprese tra 0,19 m/s e 0,41 m/s ed il parametro di Froude ha valore non superiore a 0,09. Il livello idrometrico a monte dello sbarramento mobile gonfiabile scudato si attesta a circa 101,46 m s.l.m..

A valle della traversa fluviale, nel tratto sotteso dall'impianto idroelettrico esistente, la portata rallenta da 0,34 m/s a 0,21 m/s ed il valore adimensionale di Froude diminuisce da 0,11 a 0,05.

A valle della restituzione esistente, a partire dalla sezione 12, la portata procede con velocità variabile tra 0,67 m/s e 0,97 m/s ed il numero di Froude aumenta da 0,16 a 0,29.

Nella condizione di progetto, il livello idrometrico a monte della traversa risulta circa 0,25 m più basso rispetto alla situazione esistente. Questa condizione determina un lieve aumento della velocità a monte dello sbarramento, anche se la differenza non supera il valore di 0,11 m/s.

A valle della traversa, non si riscontrano differenze apprezzabili tra la condizione di progetto e quella esistente.

10.5.3. *Portata di massima piena ventennale*

In condizioni di piena ventennale il fiume Tanaro presenta regime idraulico subcritico in tutto il tratto analizzato, sia a monte sia a valle dello sbarramento.

A monte del ponte della Strada Provinciale 39 la portata procede con velocità decrescente da 2,26 m/s a 2,13 m/s ed il numero di Froude aumenta da 0,26 a 0,28. La portata di piena si espande in sinistra orografica fino all'argine lungo la ferrovia; invece, in destra raggiunge la sponda elevata del rio Valmelia, senza interessarlo. L'argine in sinistra lungo la ferrovia non risulta efficace nei confronti della limitazione dell'espansione della portata di piena, infatti sono presenti dei sottopassi che permettono l'attraversamento della barriera da parte del deflusso di piena.

Tra il ponte e la traversa fluviale la corrente procede con velocità comprese tra 1,91 m/s e 3,18 m/s ed il parametro di Froude ha valore variabile tra 0,21 e 0,40. In questo tratto, il limite sinistro di esondazione è rappresentato dall'argine fluviale prossimo al corso d'acqua, mentre in destra la corrente si espande nei terreni limitrofi fino alla strada interpoderale di Cascina Rapetti.

A valle della traversa fluviale, la portata procede con velocità variabile tra 2,08 m/s e 2,35 m/s ed il valore adimensionale di Froude risulta compreso tra 0,24 e 0,28. I limiti di esondazione della portata di piena seguono l'argine in sinistra orografica e la strada interpoderale che si avvicina alla sponda destra del fiume Tanaro.

Nella condizione di progetto non si riscontrano differenze apprezzabili rispetto alla situazione esistente.

10.5.4. *Portata di massima piena centennale*

In condizioni di piena ventennale il fiume Tanaro presenta regime idraulico subcritico in tutto il tratto analizzato, sia a monte sia a valle dello sbarramento.

A monte del ponte della Strada Provinciale 39 la portata procede con velocità decrescente da 2,28 m/s a 2,08 m/s, mentre il numero di Froude aumenta da 0,25 a 0,26. La portata di piena si espande in sinistra orografica fino all'argine lungo la ferrovia e in destra raggiunge la base dei rilevati stradali della S.P. 102 e della S.P. 39. L'argine in sinistra lungo la ferrovia non risulta efficace nei confronti della limitazione dell'espansione della portata di piena, infatti sono presenti dei sottopassi che permettono l'attraversamento della barriera da parte del deflusso di piena.

Tra il ponte e la traversa fluviale la corrente procede con velocità comprese tra 2,04 m/s e 3,09 m/s ed il parametro di Froude ha valore variabile tra 0,21 e 0,37. In questo tratto, il limite sinistro di esondazione è rappresentato dall'argine fluviale prossimo al corso d'acqua, mentre in destra la corrente si espande nei terreni limitrofi fino alla strada interpoderale di Cascina Rapetti.

A valle della traversa fluviale, la portata procede con velocità variabile tra 2,19 m/s e 2,54 m/s ed il valore adimensionale di Froude risulta compreso tra 0,24 e 0,29. I limiti di esondazione della portata di piena seguono l'argine in sinistra orografica e la strada interpoderale che si avvicina alla sponda destra del fiume Tanaro.

Nella condizione di progetto non si riscontrano differenze apprezzabili rispetto alla situazione esistente.

10.5.5. *Portata di massima piena duecentennale*

In condizioni di piena ventennale il fiume Tanaro presenta regime idraulico subcritico in tutto il tratto analizzato, sia a monte sia a valle dello sbarramento.

A monte del ponte della Strada Provinciale 39 la portata procede con velocità decrescente da 2,25 m/s a 2,05 m/s, mentre il numero di Froude risulta costante e pari a 0,25. La portata di piena si espande in sinistra orografica fino all'argine lungo la ferrovia e in destra raggiunge la base dei rilevati stradali della S.P. 102 e della S.P. 39. L'argine in sinistra lungo la ferrovia non risulta efficace nei confronti della limitazione dell'espansione della portata di piena, infatti sono presenti dei sottopassi che permettono l'attraversamento della barriera da parte del deflusso di piena.

Tra il ponte e la traversa fluviale la corrente procede con velocità comprese tra 2,08 m/s e 3,06 m/s ed il parametro di Froude ha valore variabile tra 0,22 e 0,36. In questo tratto, il limite sinistro di esondazione è rappresentato dall'argine fluviale prossimo al corso d'acqua, mentre in destra la corrente si espande nei terreni limitrofi fino alla strada interpoderale di Cascina Rapetti.

A valle della traversa fluviale, la portata procede con velocità variabile tra 2,21 m/s e 2,60 m/s ed il valore adimensionale di Froude risulta compreso tra 0,24 e 0,30. I limiti di esondazione della portata di piena seguono l'argine in sinistra orografica e la strada interpoderale che si avvicina alla sponda destra del fiume Tanaro.

Nella condizione di progetto non si riscontrano differenze apprezzabili rispetto alla situazione esistente.

11. PLANIMETRIE DELLE AREE ESONDABILI

Nelle pagine che seguono sono riportate le planimetrie delle aree di esondazione diretta definite sulla base dei risultati delle verifiche idrauliche condotte nel capitolo 10. “Verifiche idrauliche del fiume Tanaro”.

Le planimetrie riportano i limiti di esondazione riferiti a tutte le condizioni verificate rispettivamente con le portate:

- | | | |
|---|---------------|-------------------|
| - | Planimetria 1 | portata Q_{20} |
| - | Planimetria 2 | portata Q_{100} |
| - | Planimetria 3 | portata Q_{200} |



Fiume Tanaro ~~~>

CASTELLO DI ANNONE

Fiume Tanaro ~~~>

Fiume Tanaro ~~~>

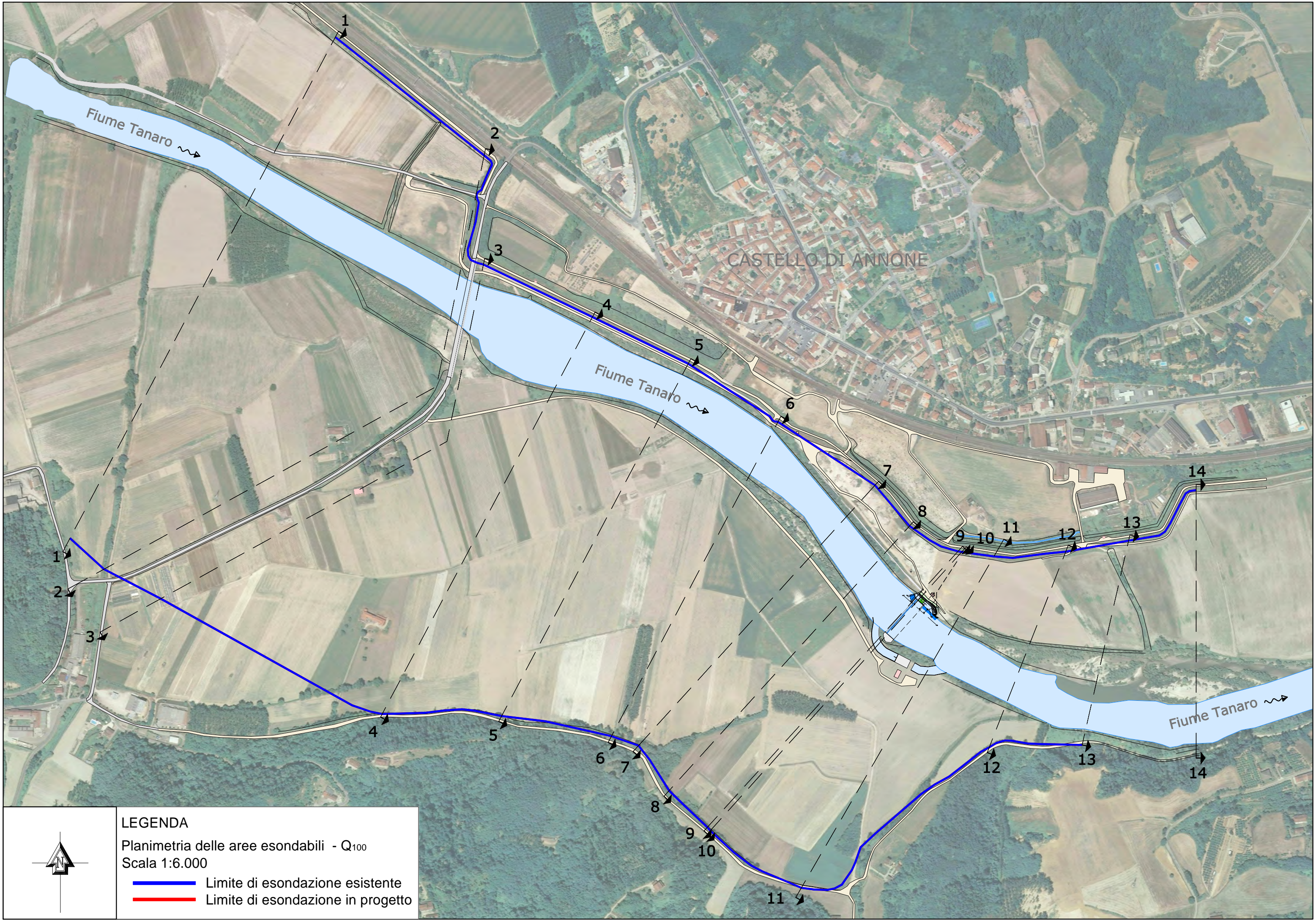


LEGENDA

Planimetria delle aree esondabili - Q₂₀

Scala 1:6.000

- Limite di esondazione esistente
- Limite di esondazione in progetto



CASTELLO DI ANNONE

Fiume Tanaro

Fiume Tanaro



Fiume Tanaro



LEGENDA

Planimetria delle aree esondabili - Q_{100}

Scala 1:6.000

-  Limite di esondazione esistente
-  Limite di esondazione in progetto

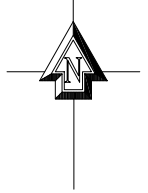


Fiume Tanaro ~~~>

CASTELLO DI ANNONE

Fiume Tanaro ~~~>

Fiume Tanaro ~~~>



LEGENDA

Planimetria delle aree esondabili - Q₂₀₀

Scala 1:6.000



Limite di esondazione esistente



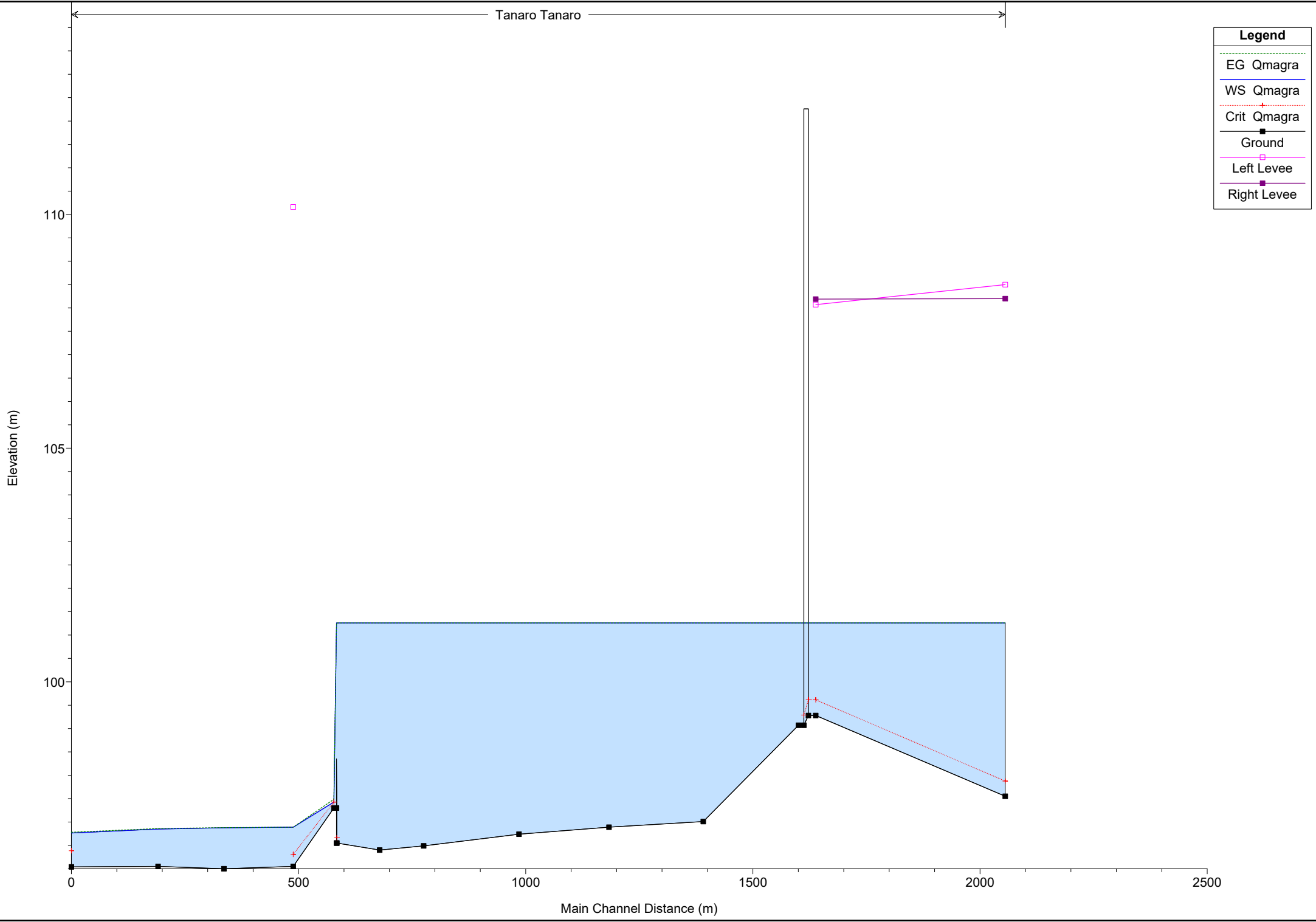
Limite di esondazione in progetto

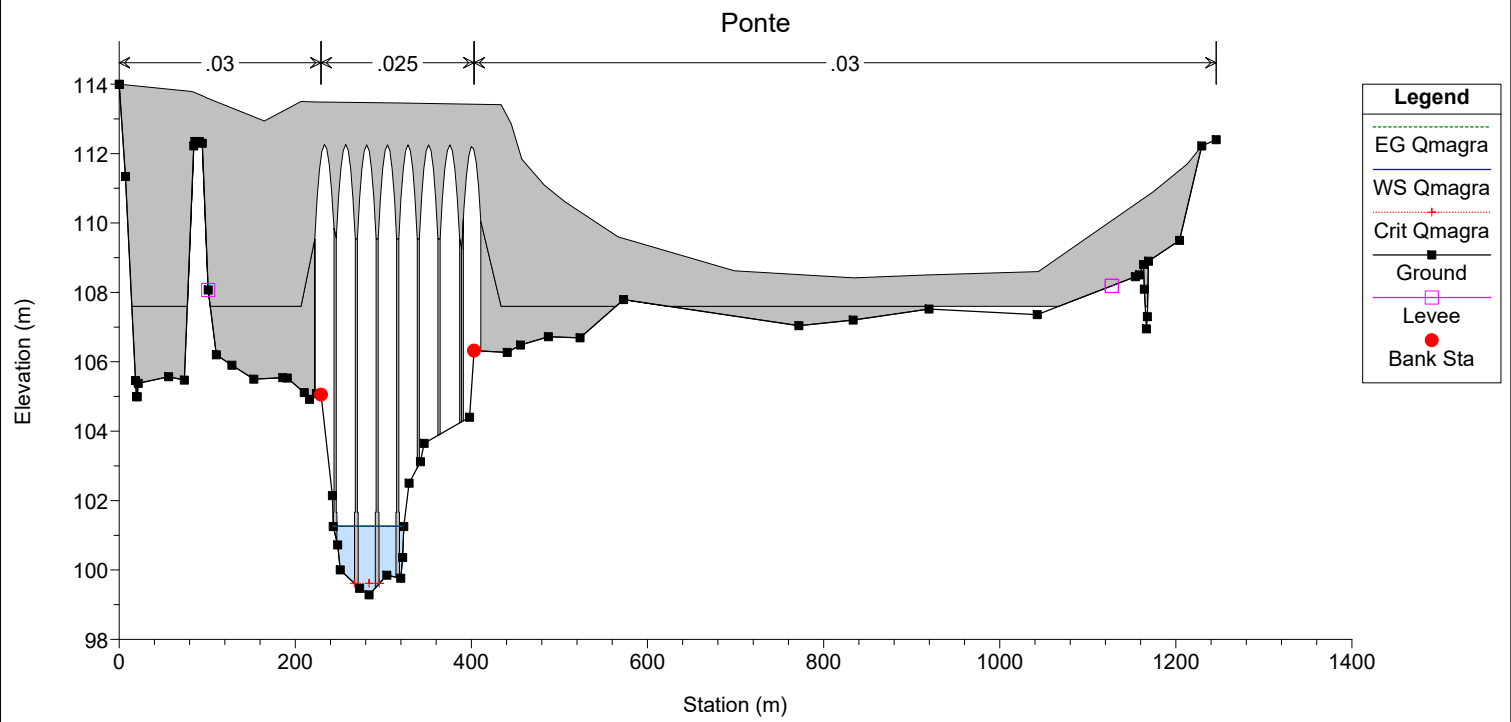
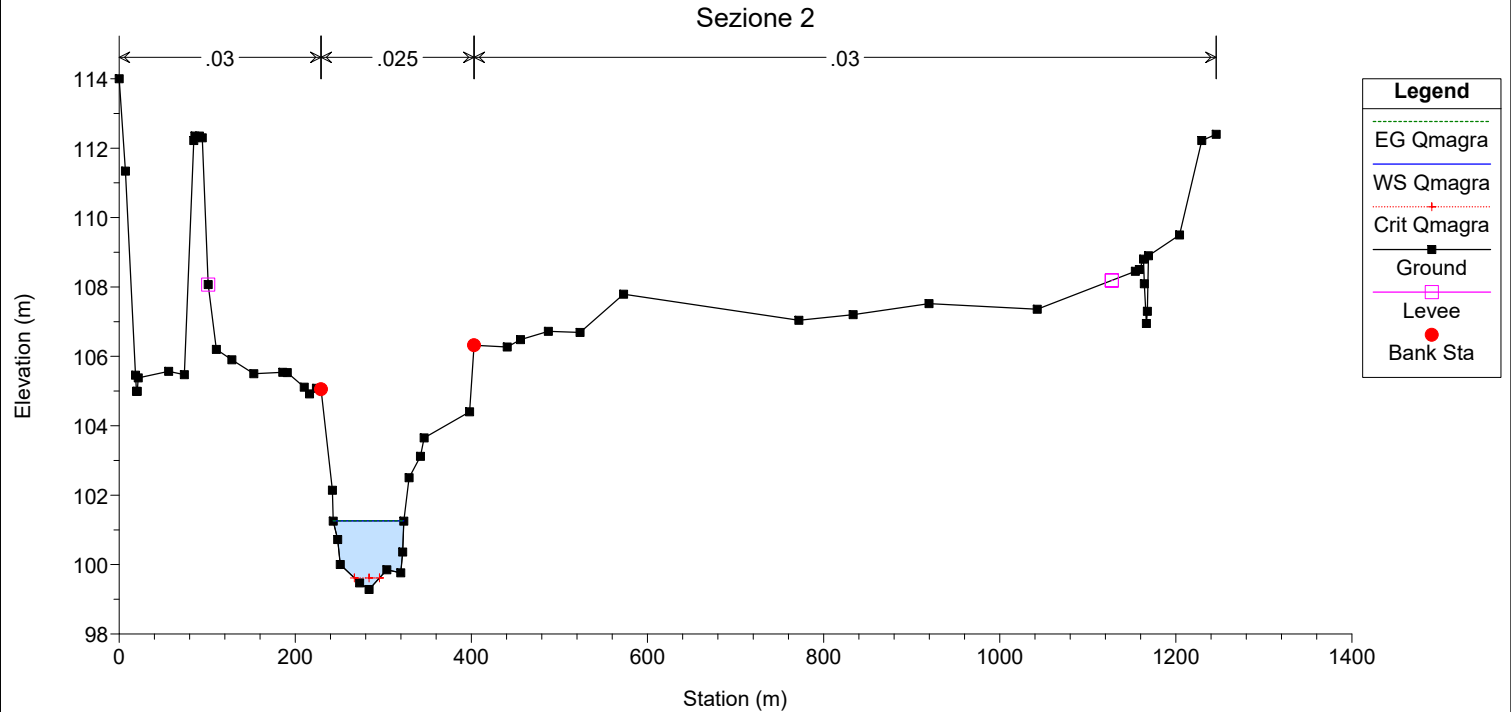
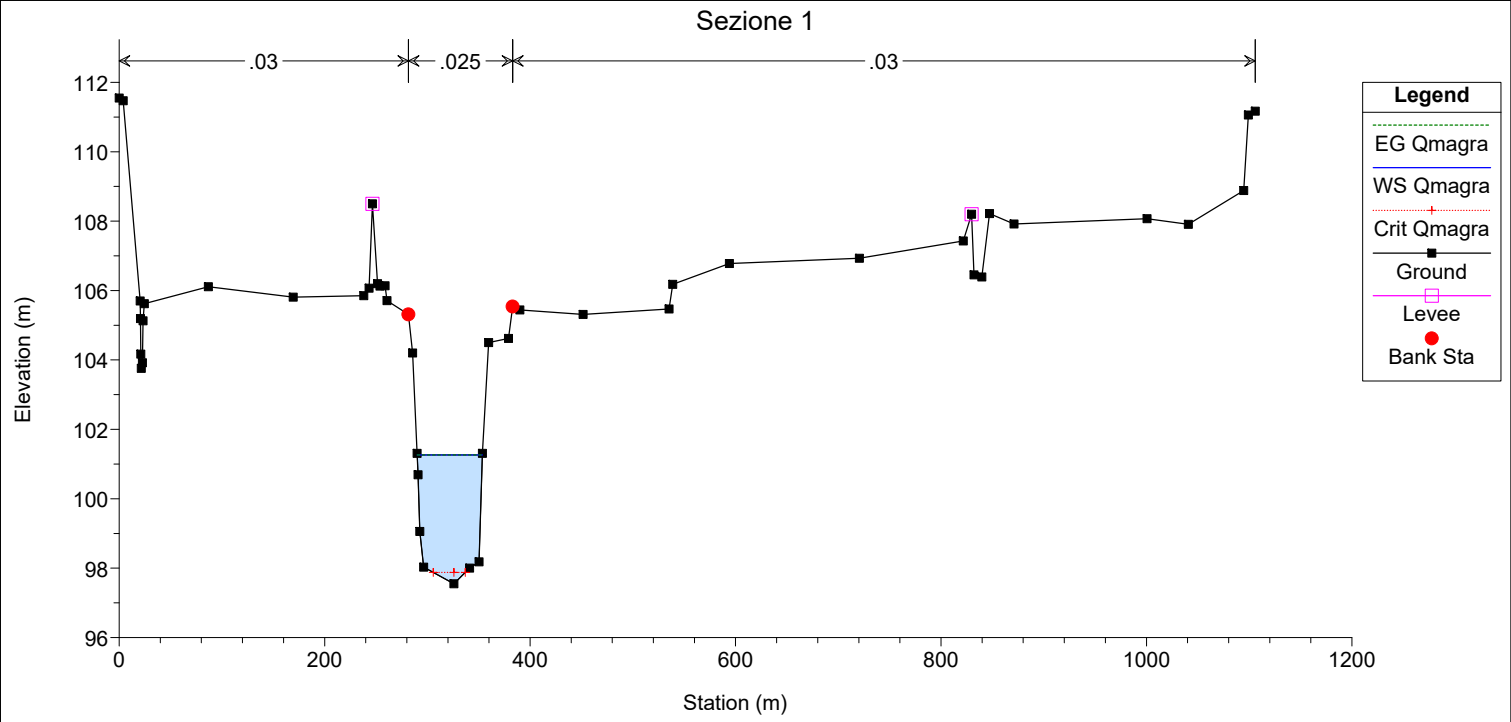
12. PROFILI E SEZIONI DEL FIUME TANARO

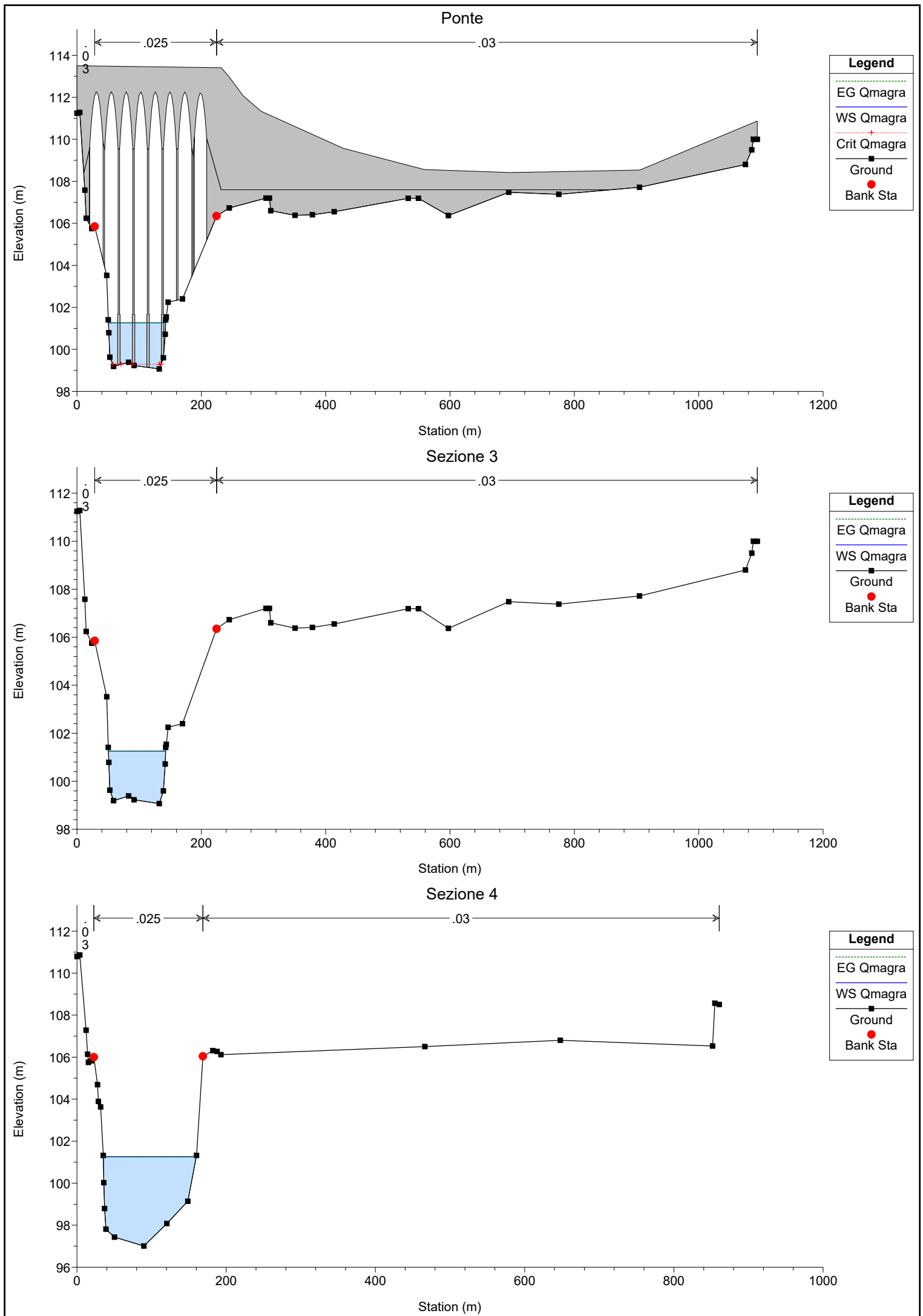
Nelle pagine che seguono sono riportati i profili longitudinali e le sezioni trasversali del fiume Tanaro con l'indicazione dei livelli idrometrici definiti sulla base delle verifiche idrauliche condotte nel capitolo 10. "Verifiche idrauliche del fiume Tanaro".

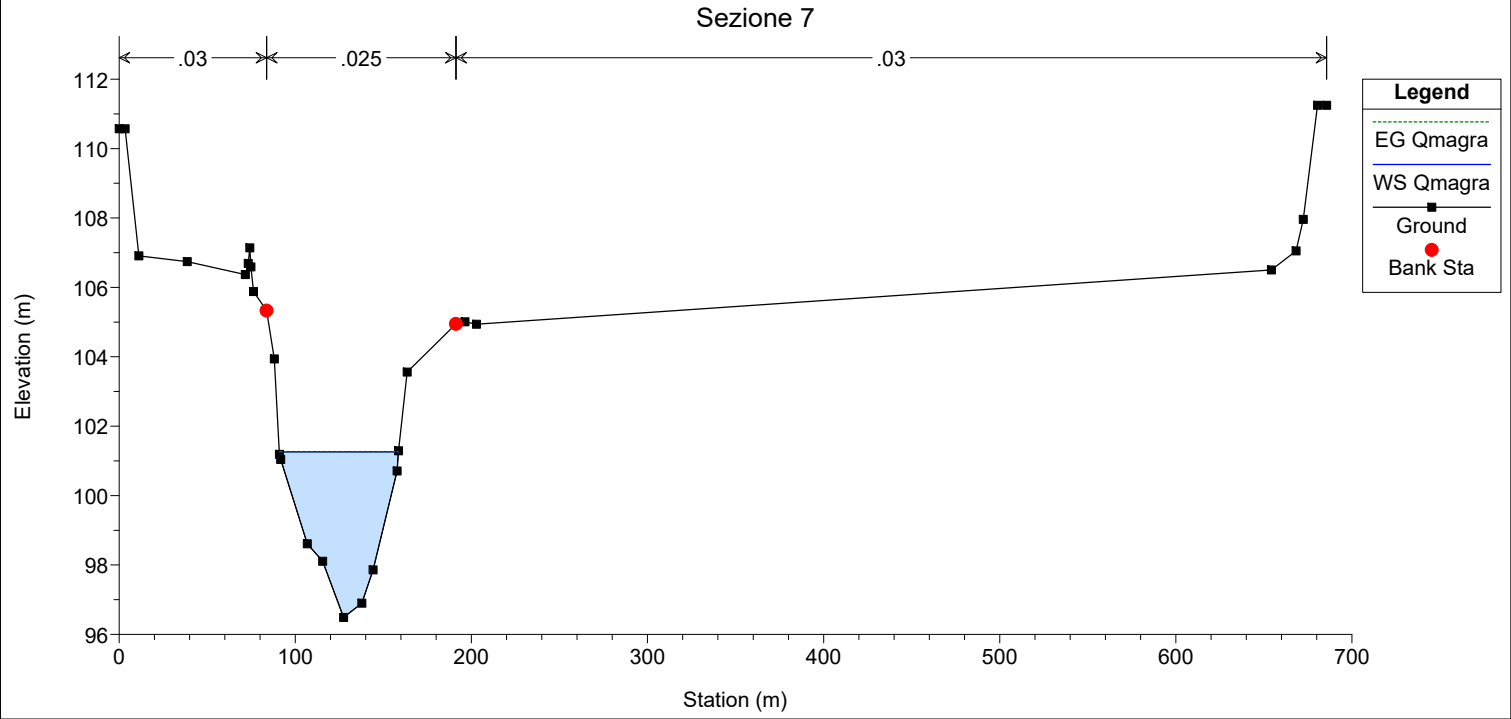
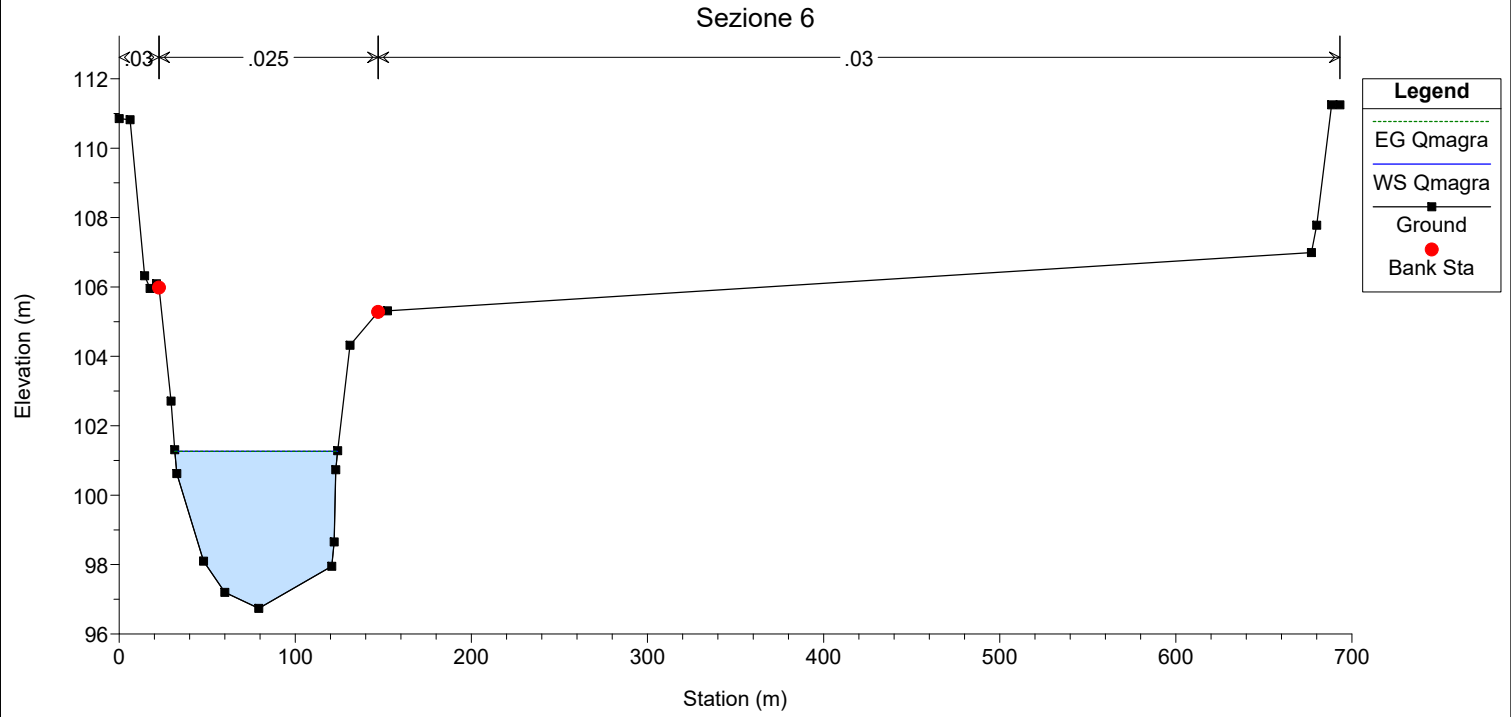
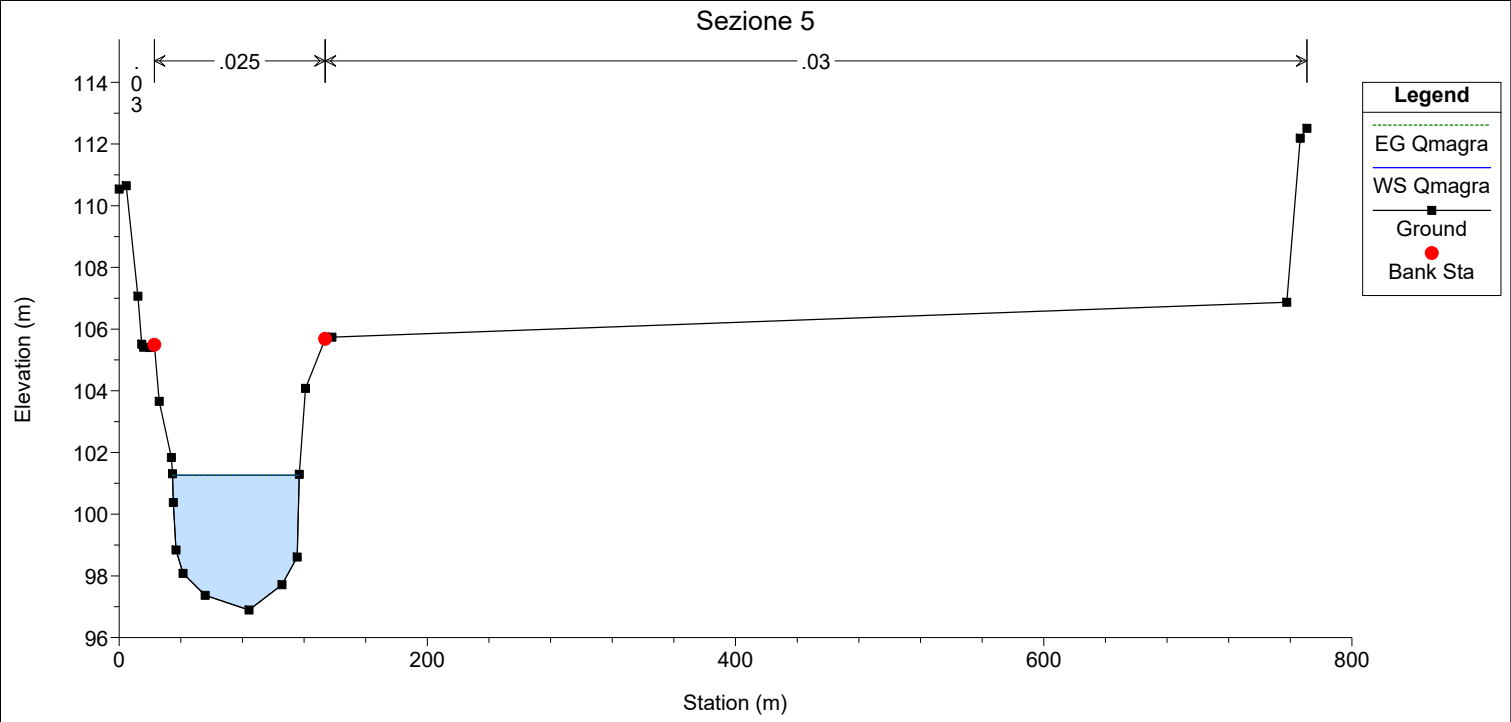
Situazione esistente

Portata di magra

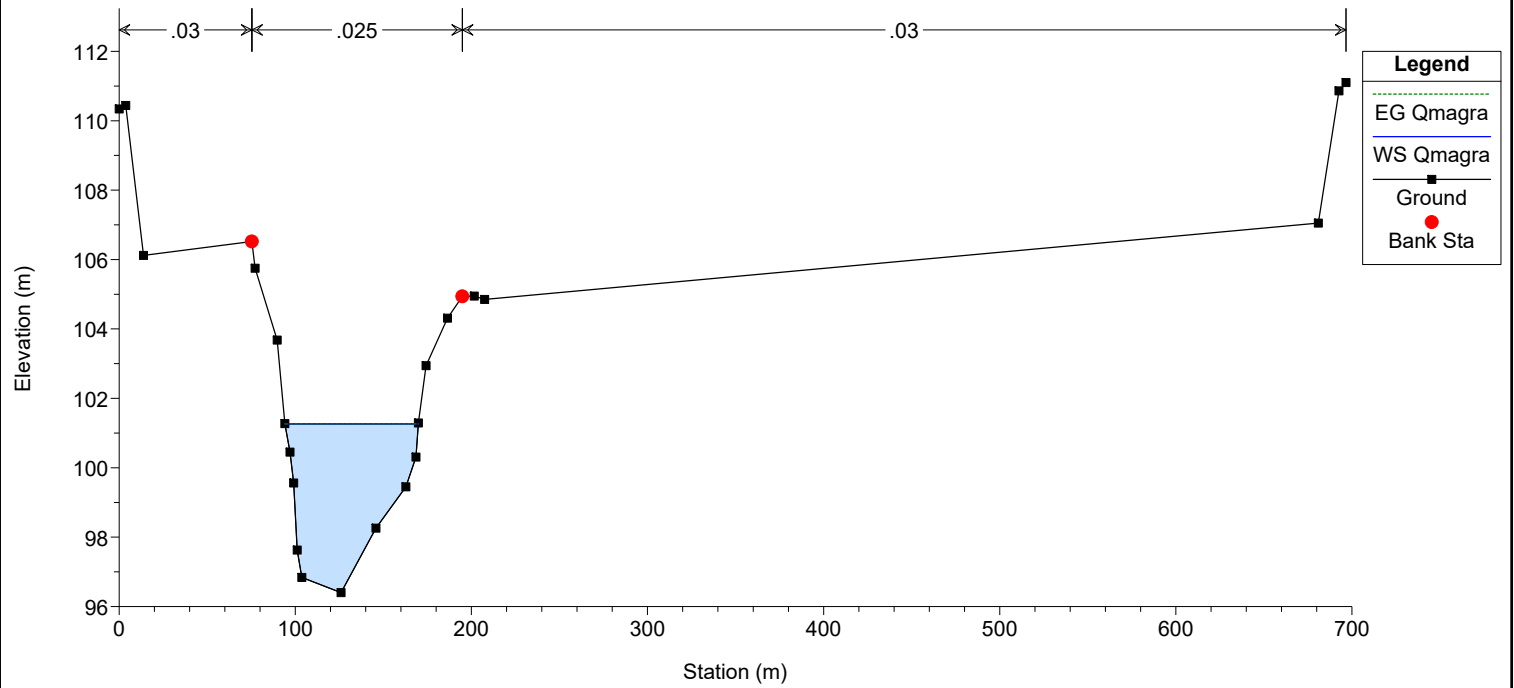




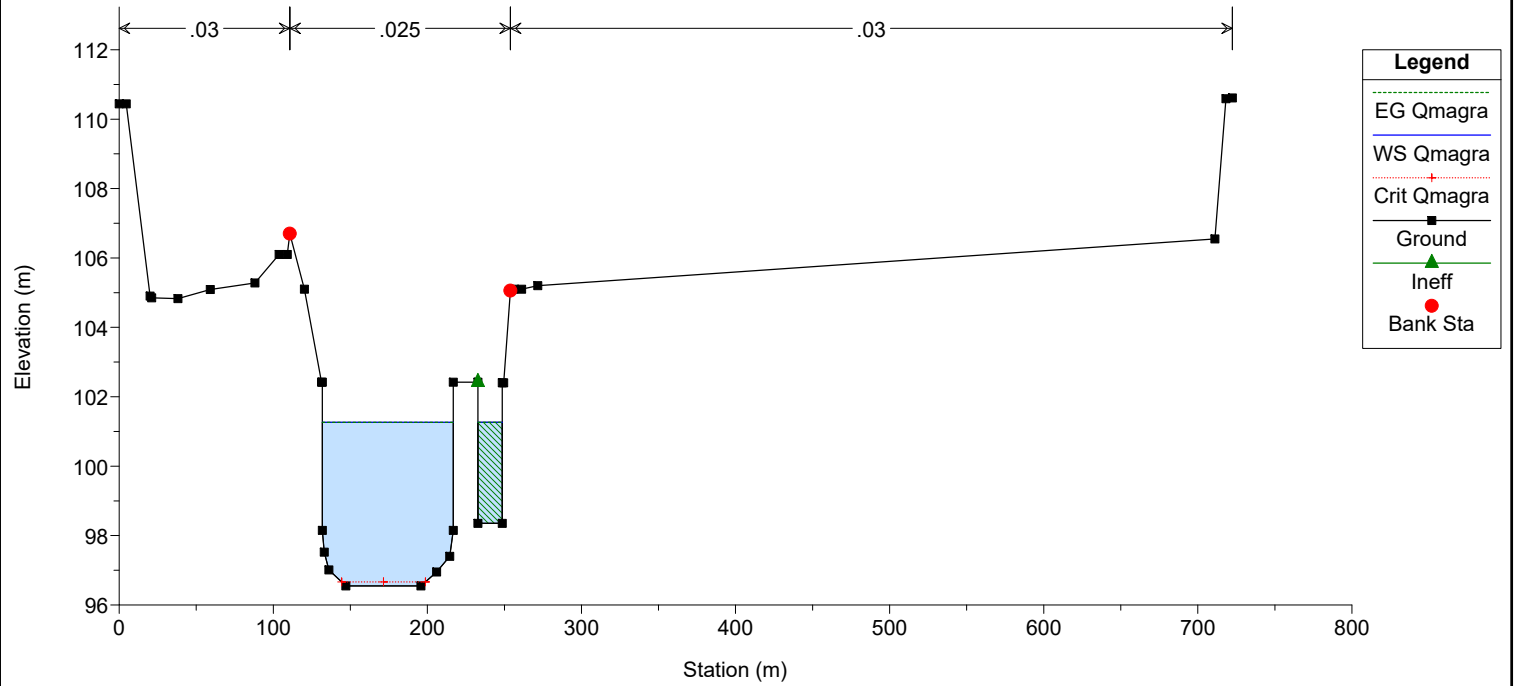




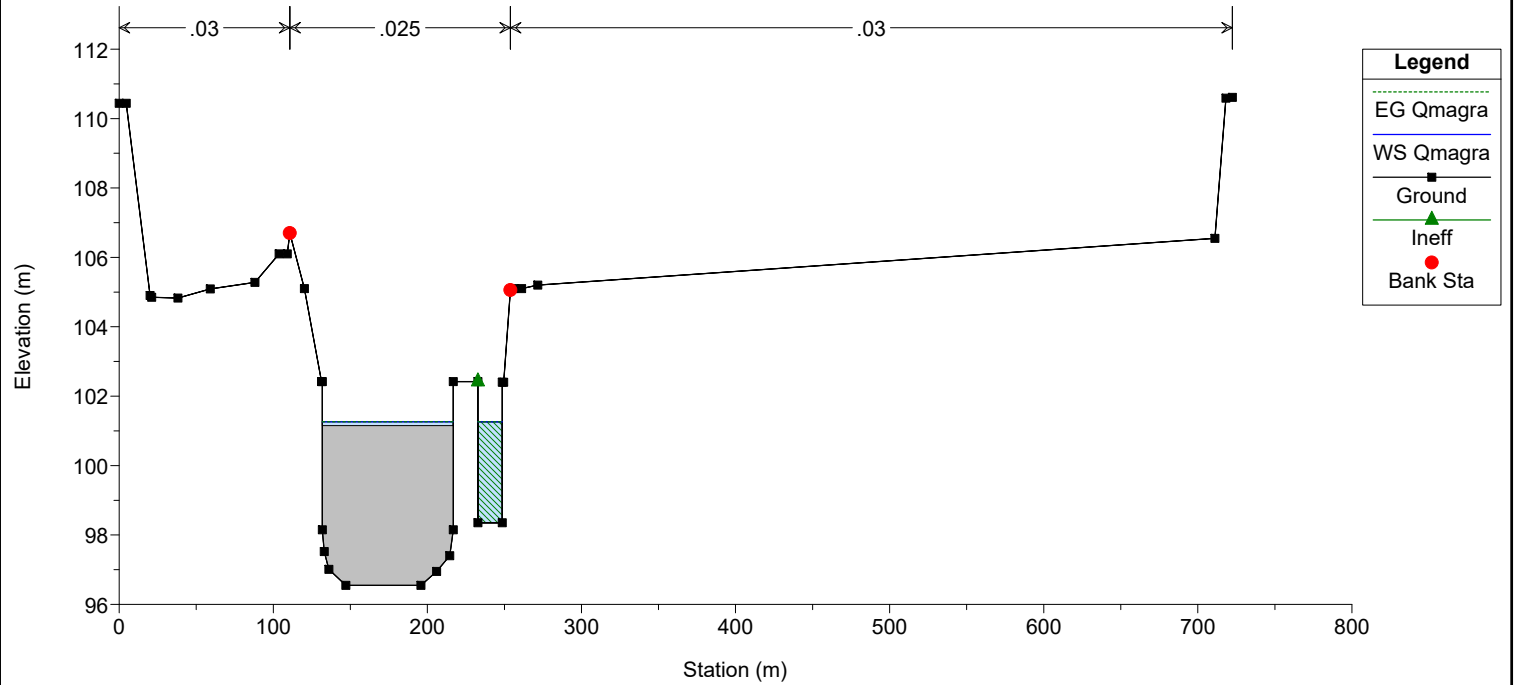
Sezione 8

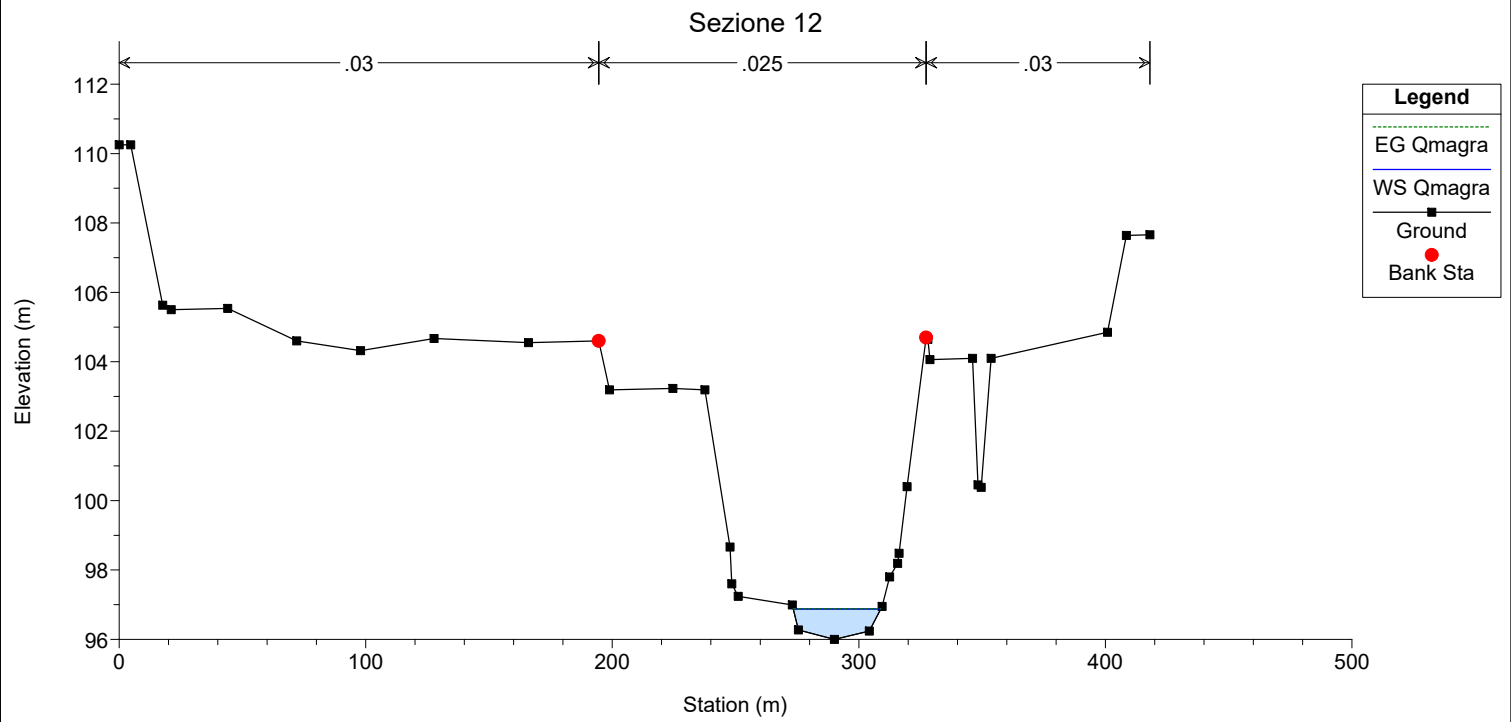
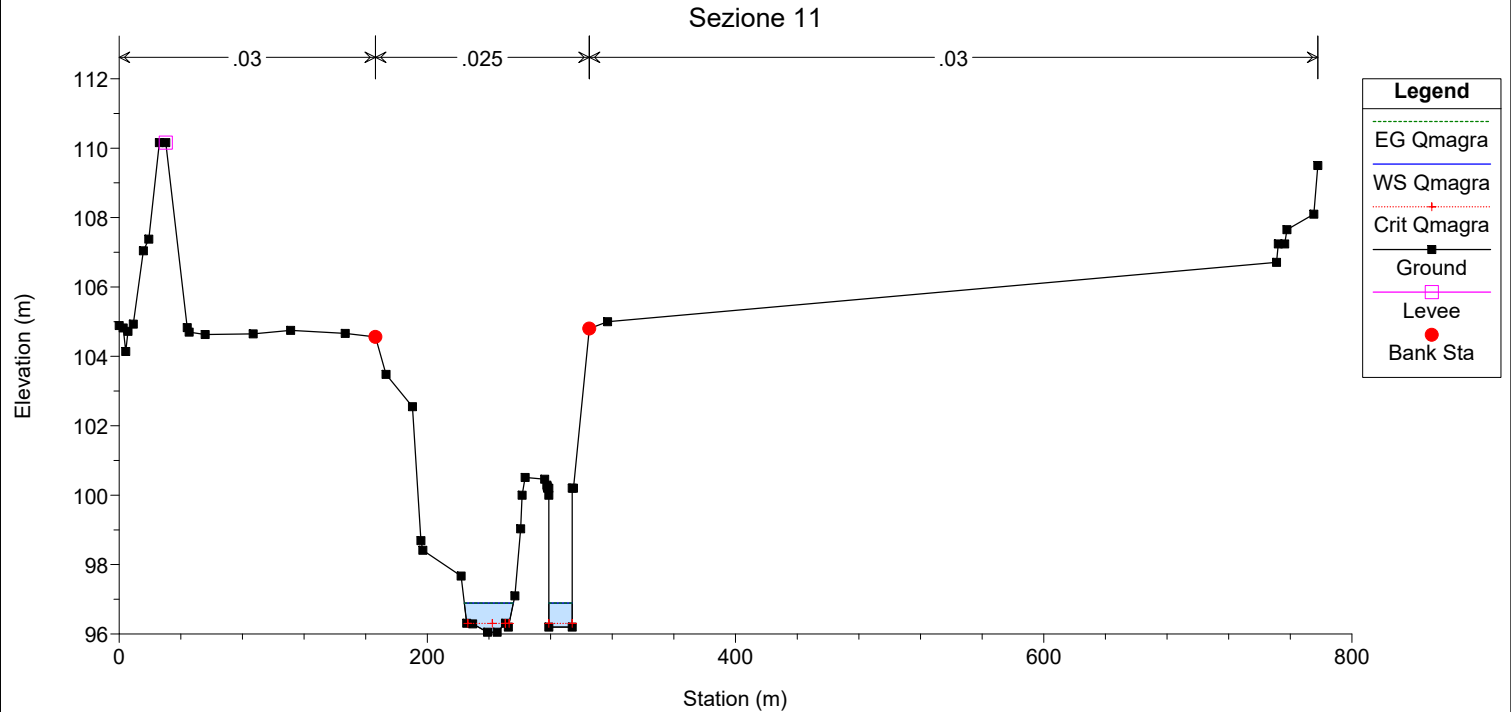
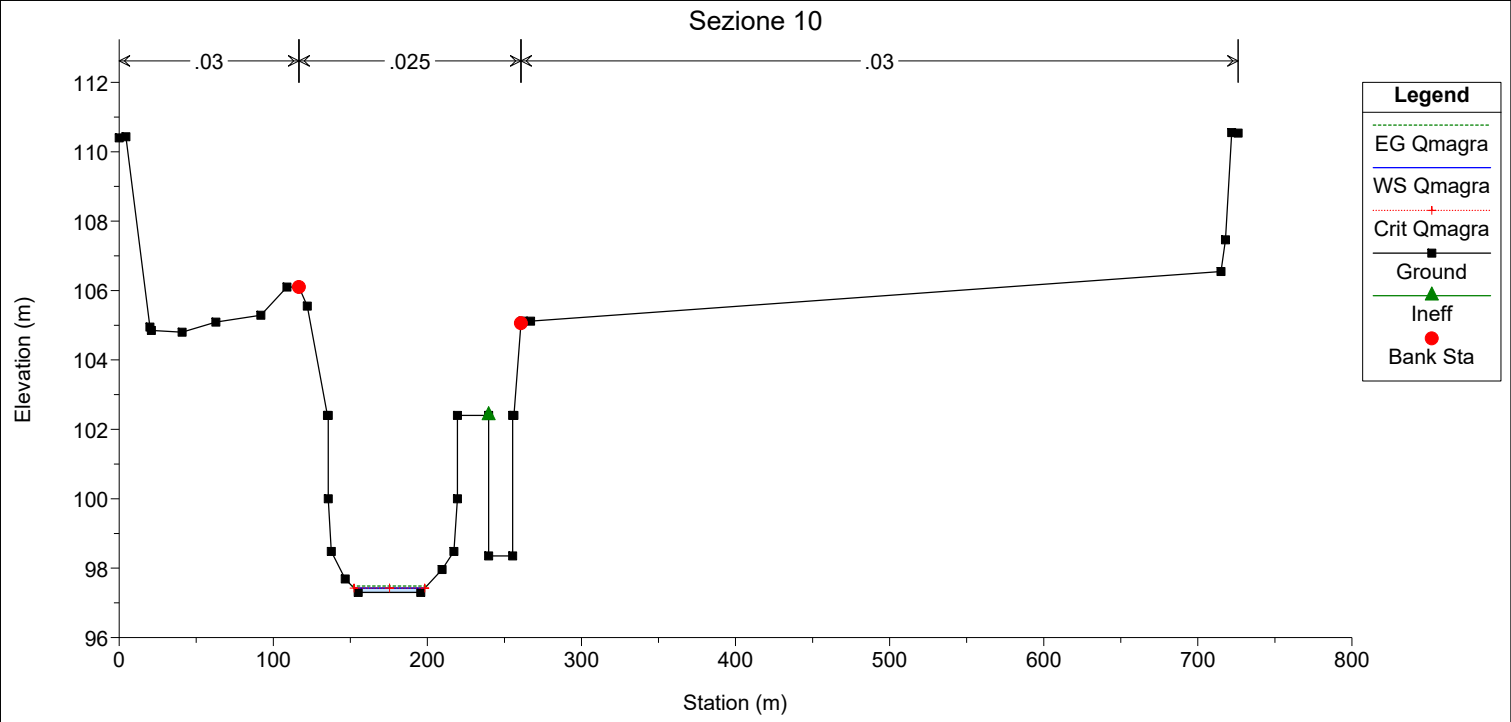


Sezione 9

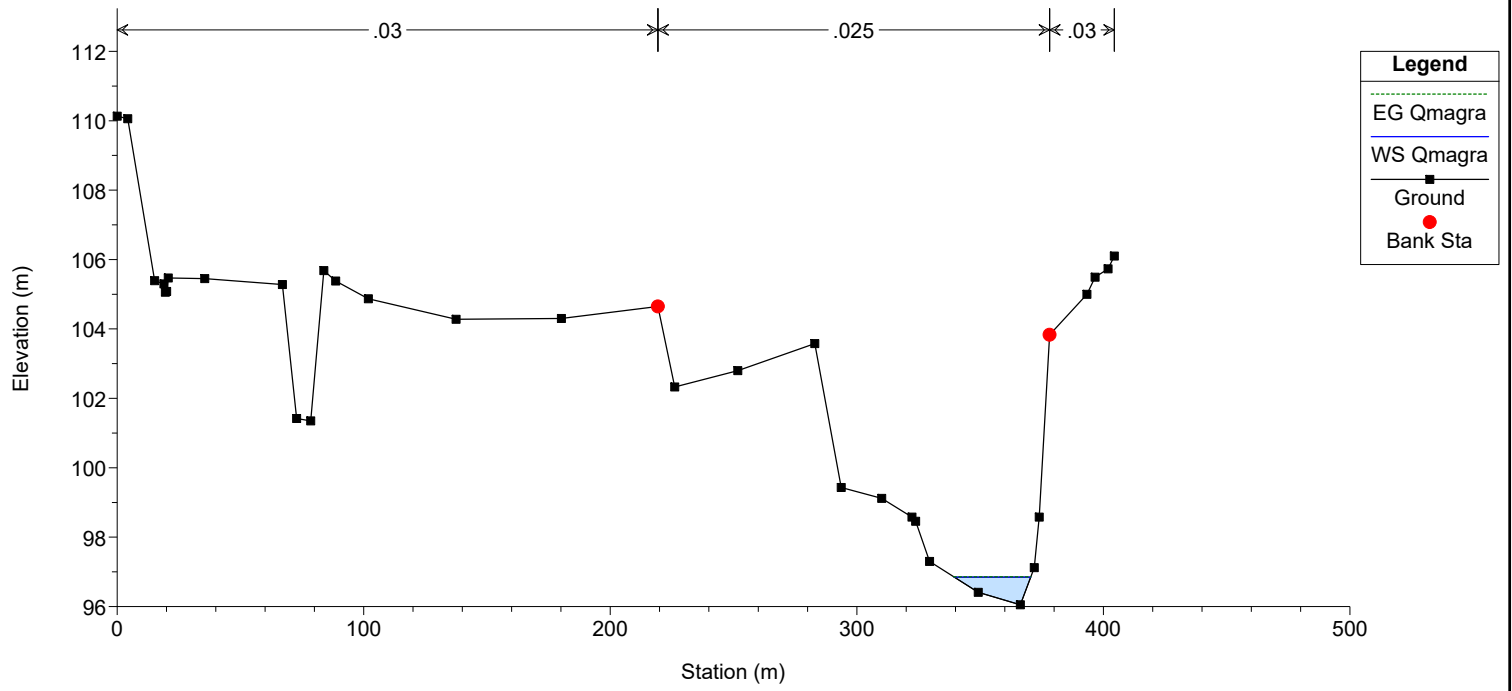


Traversa

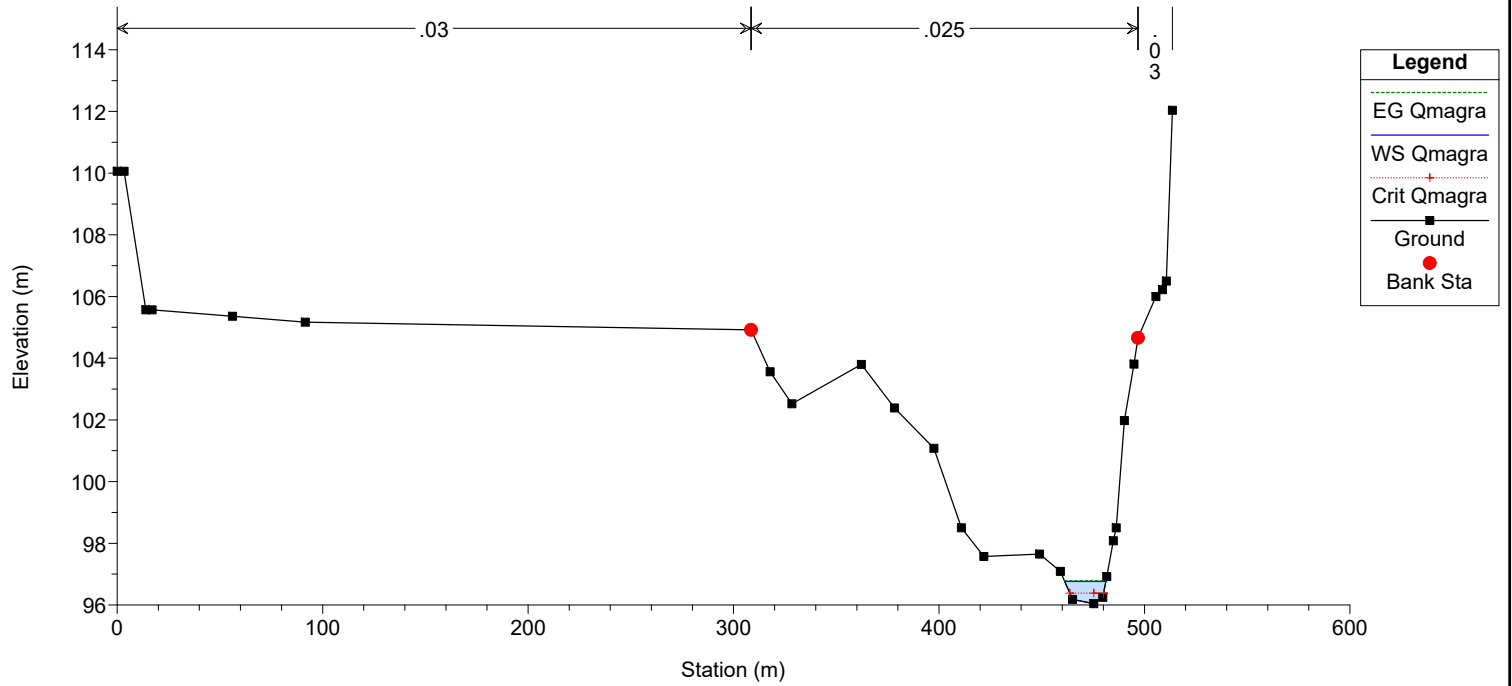




Sezione 13

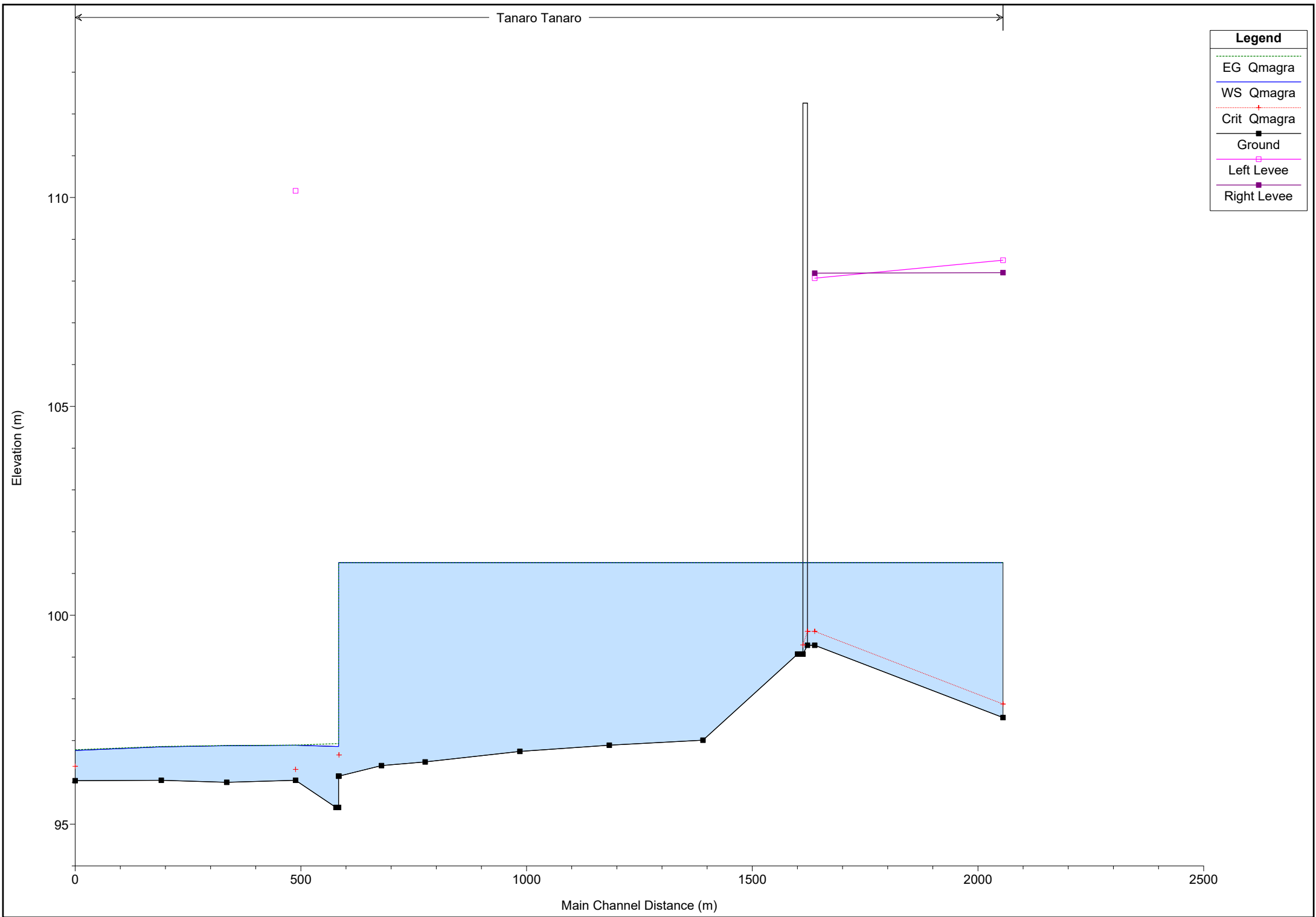


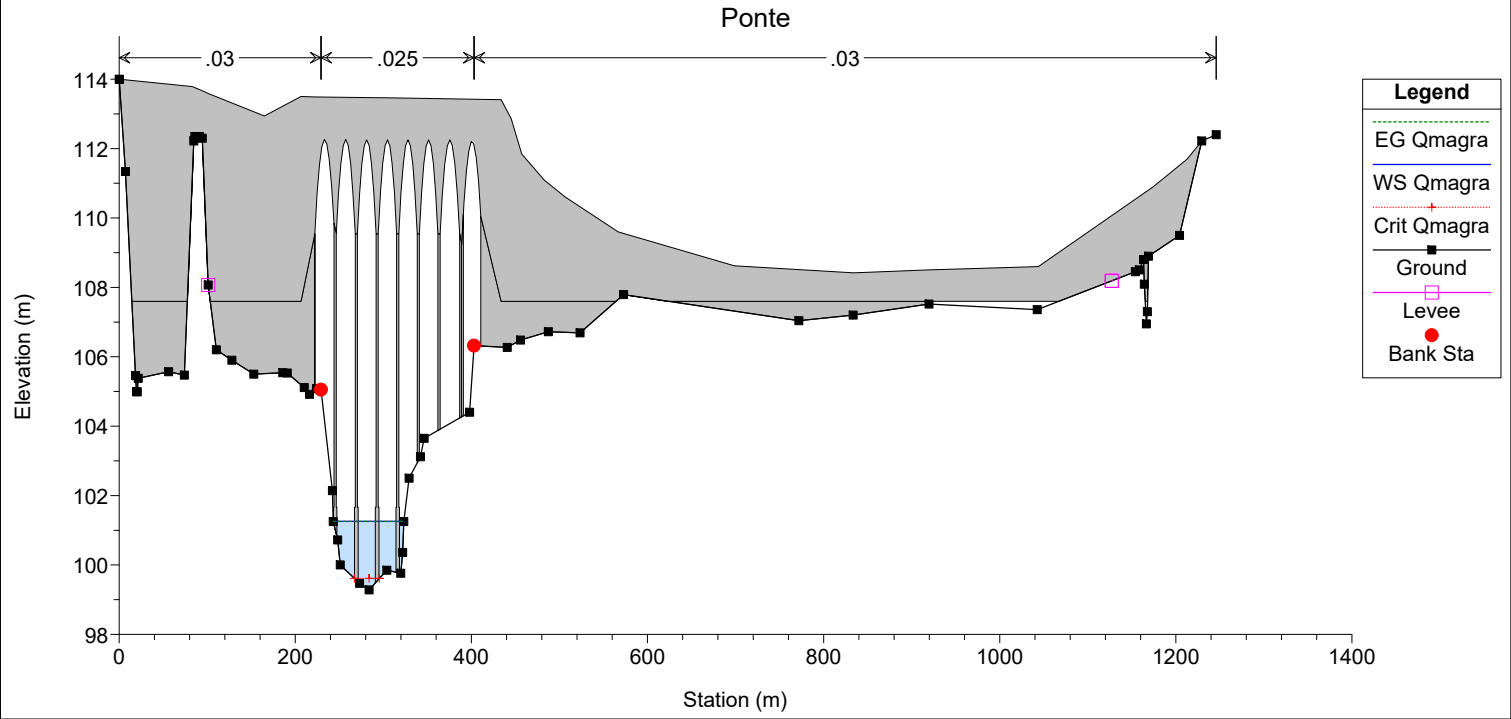
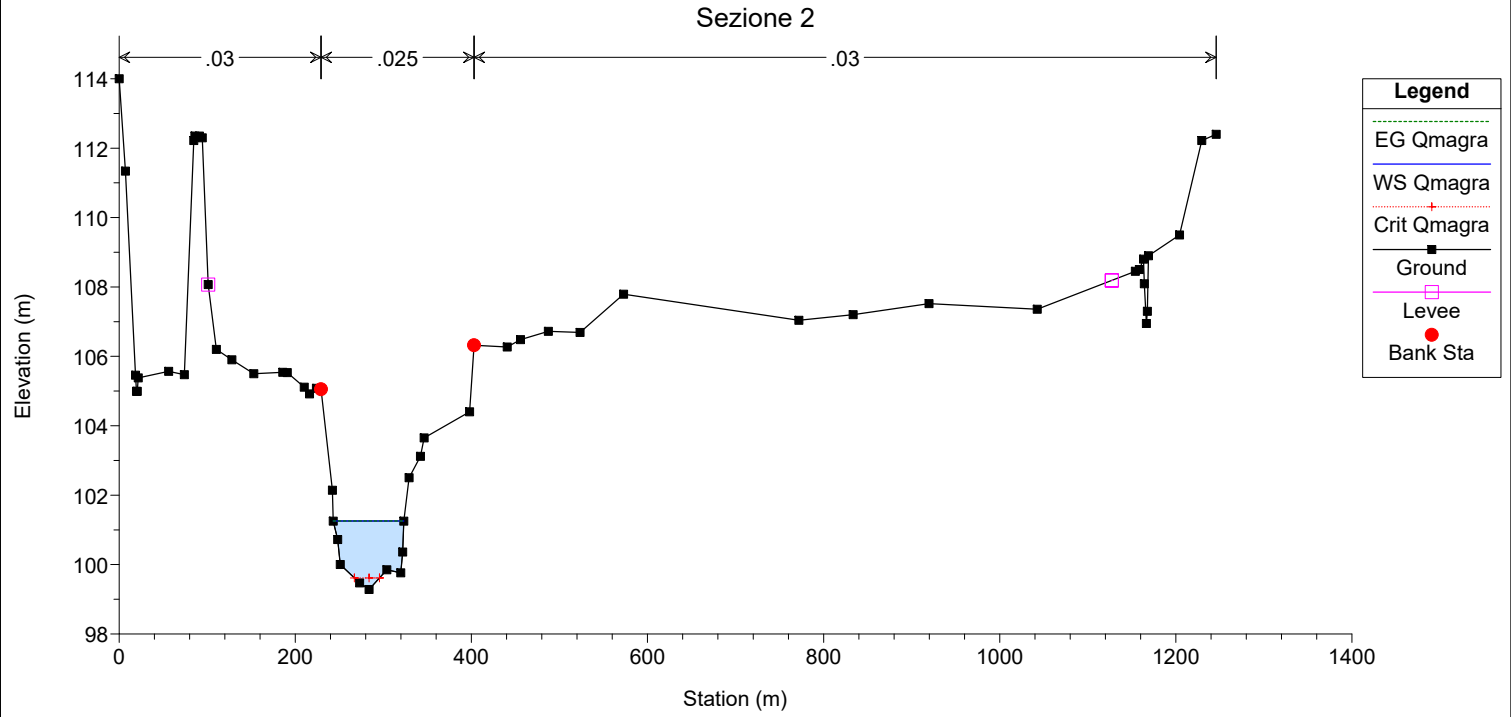
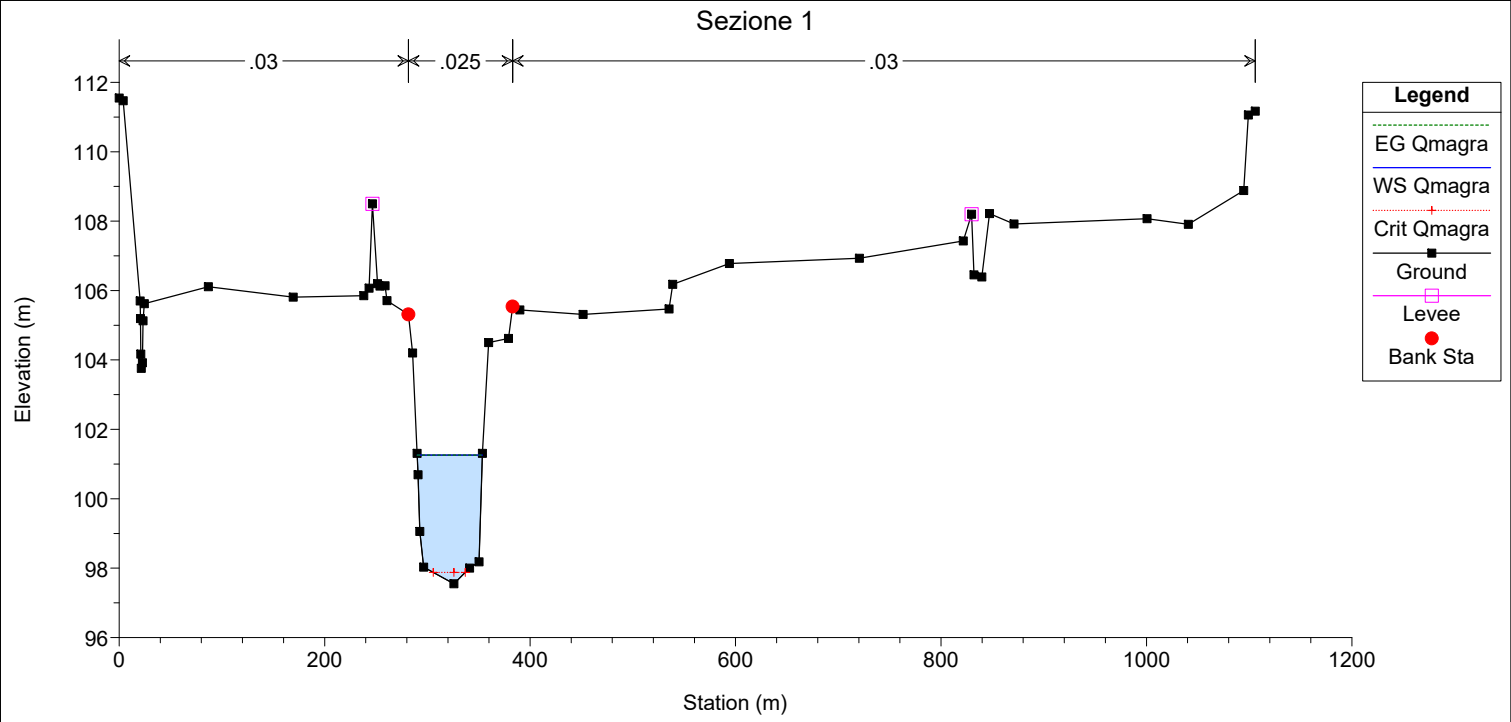
Sezione 14

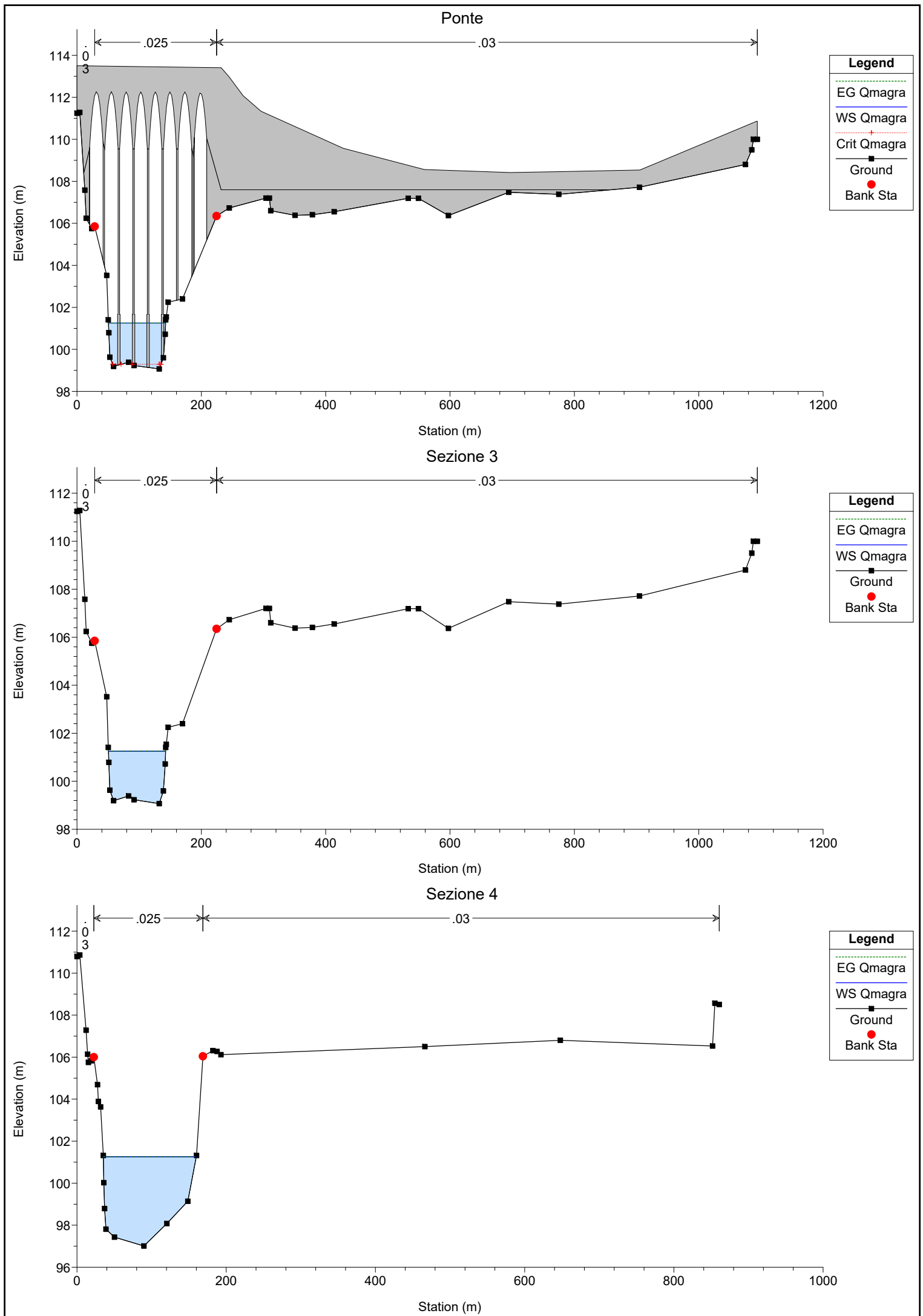


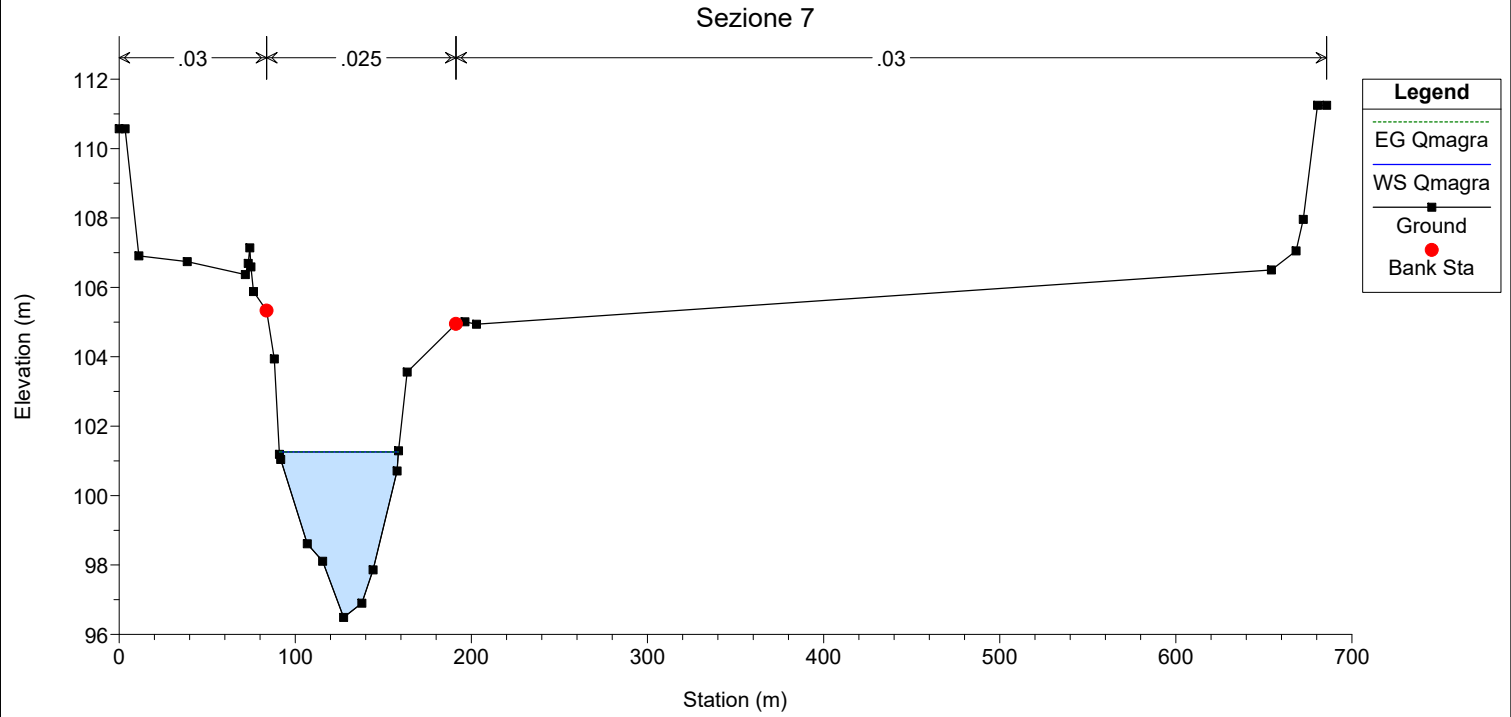
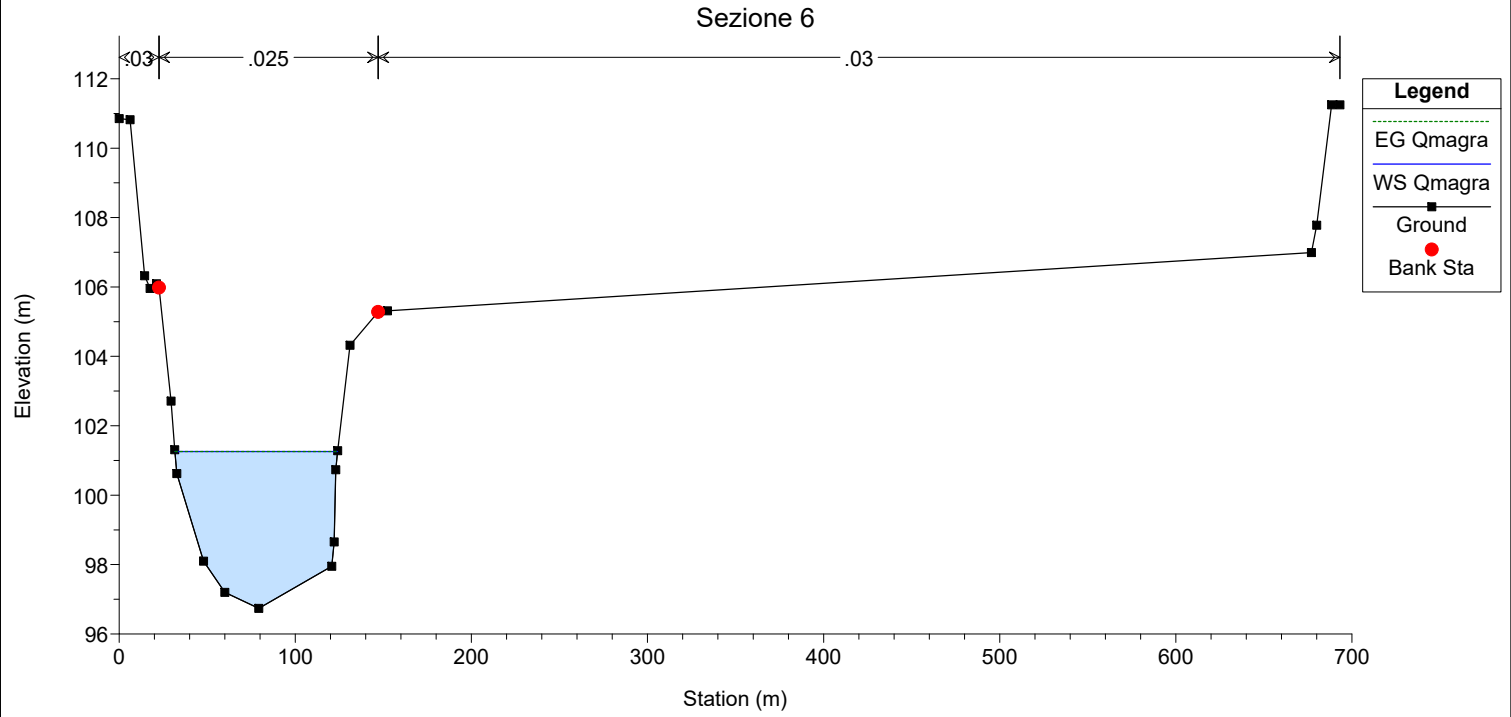
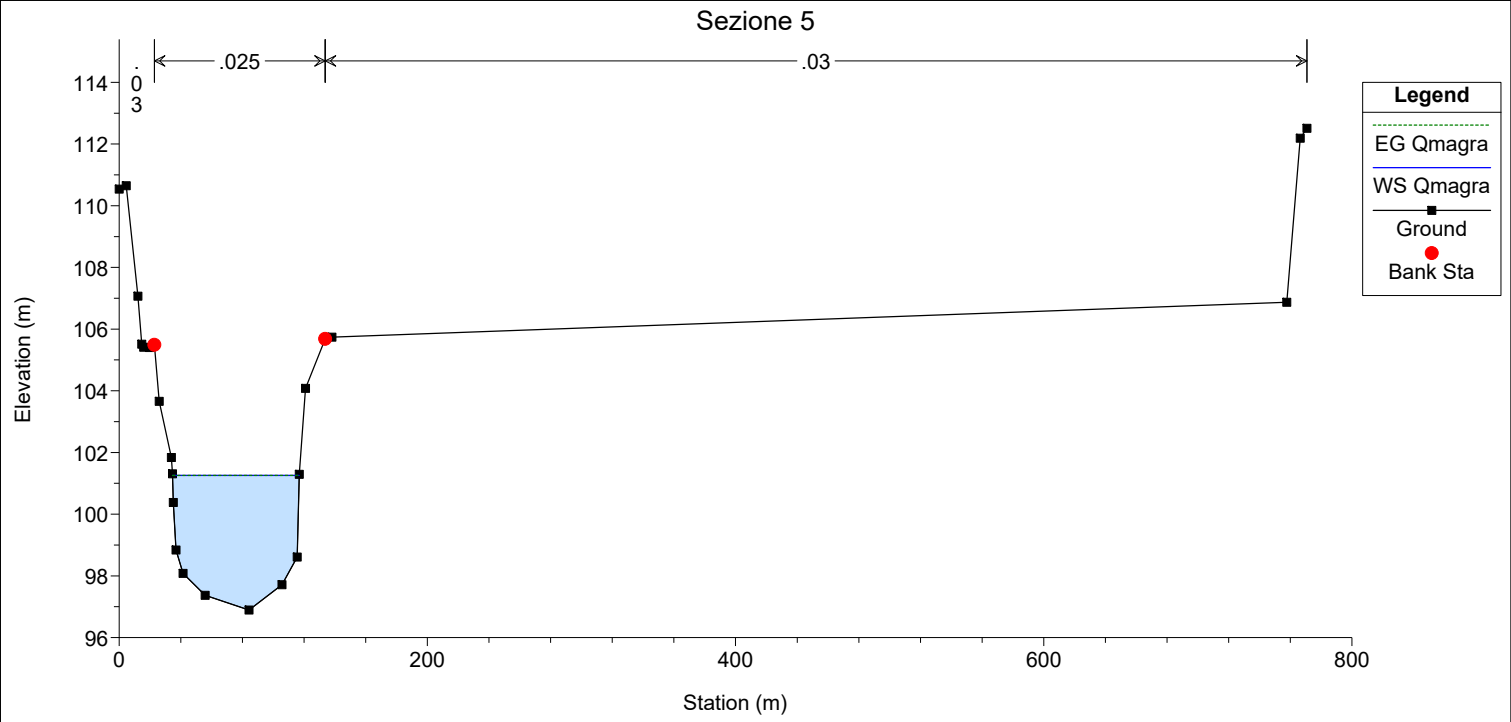
Situazione di progetto

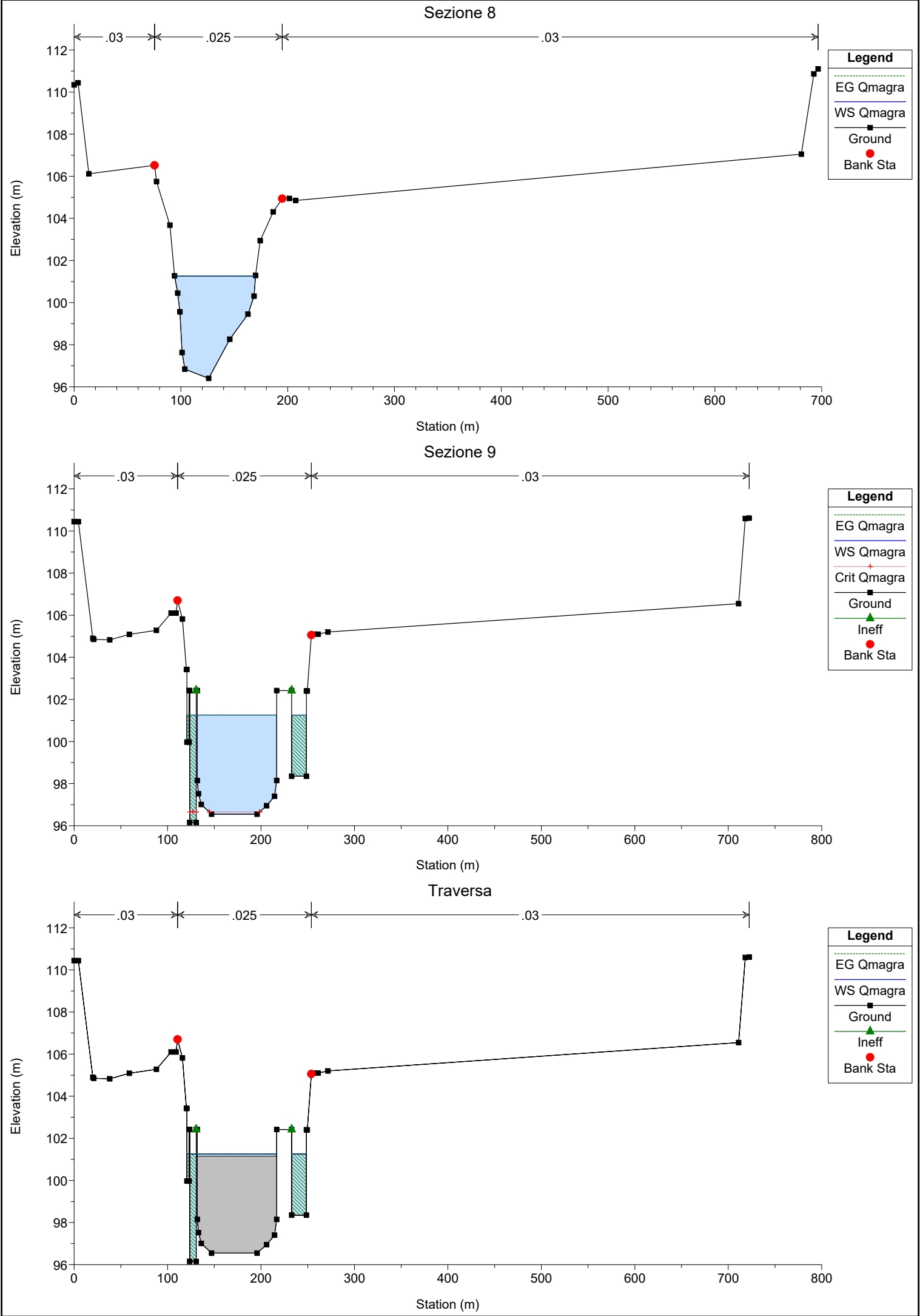
Portata di magra

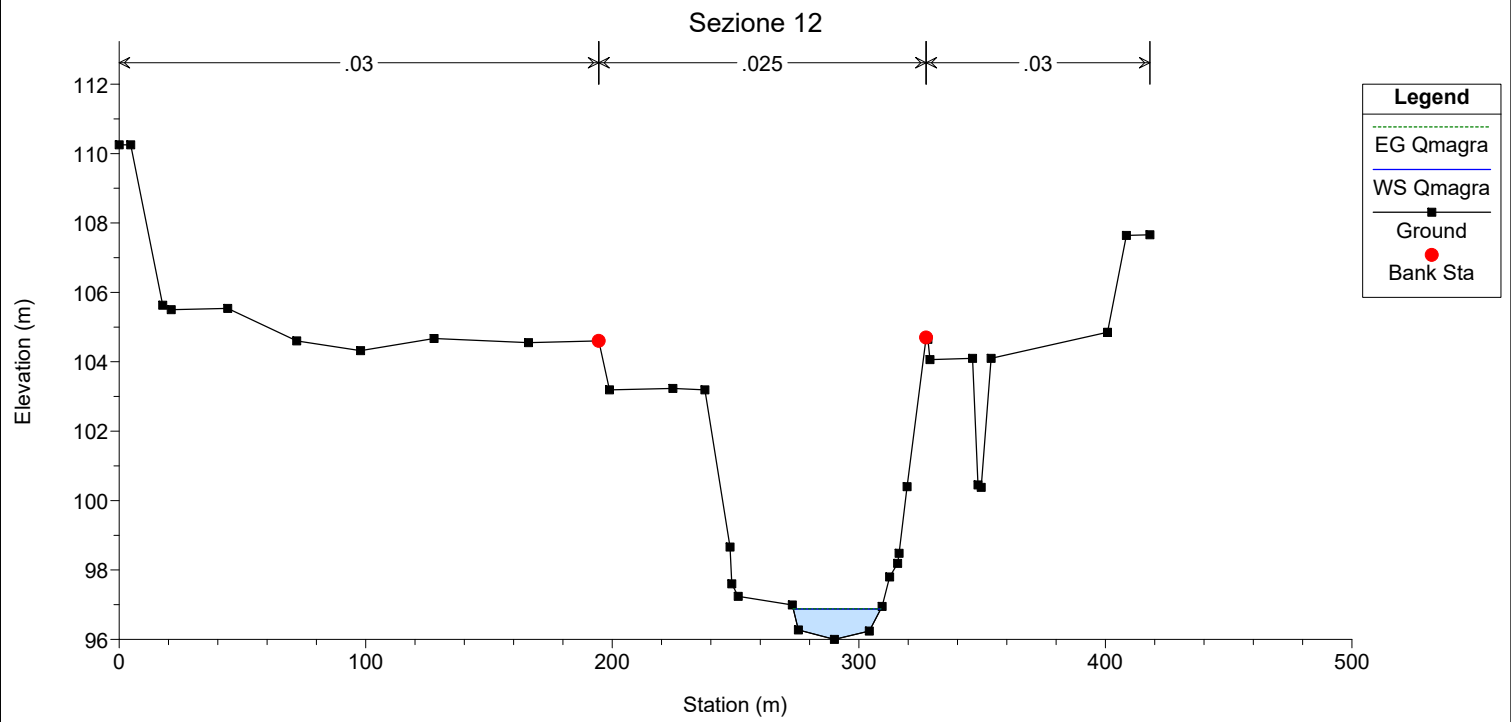
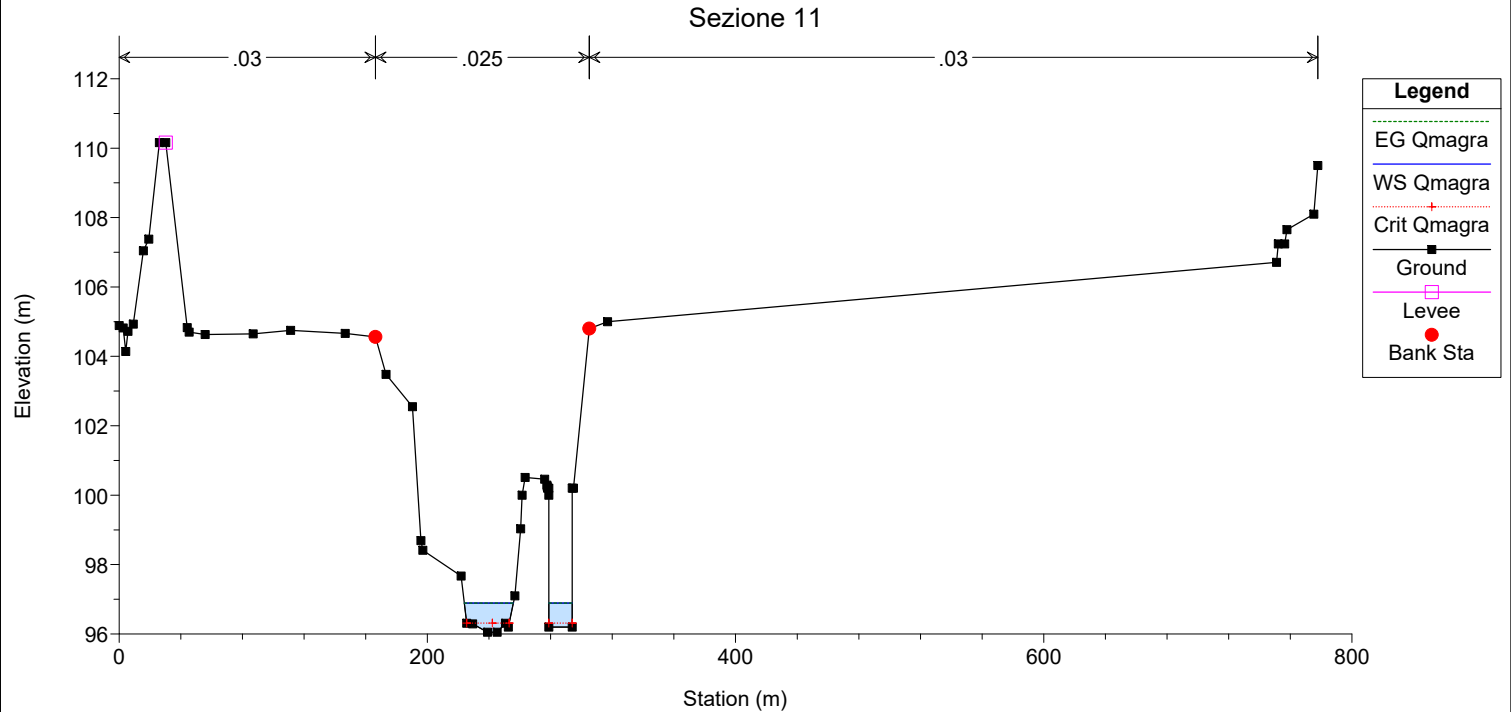
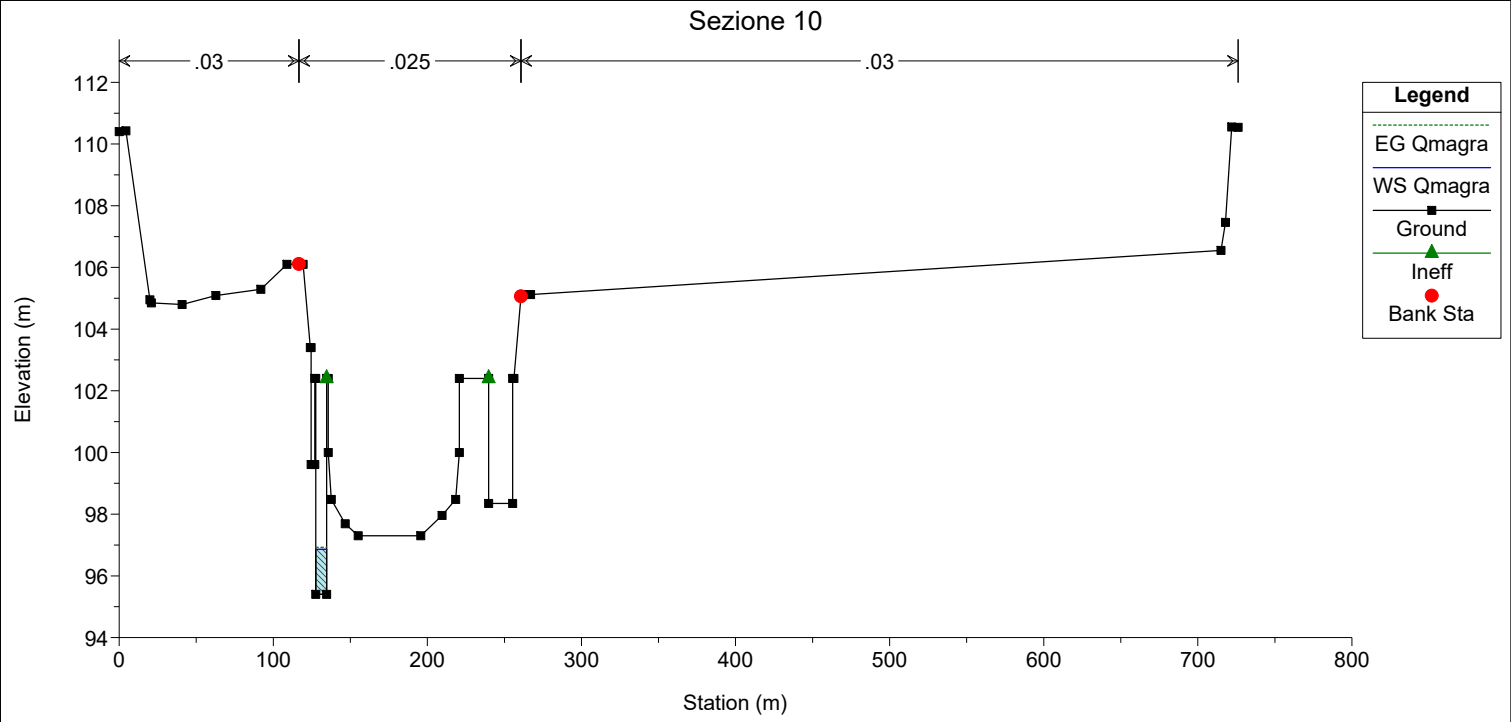




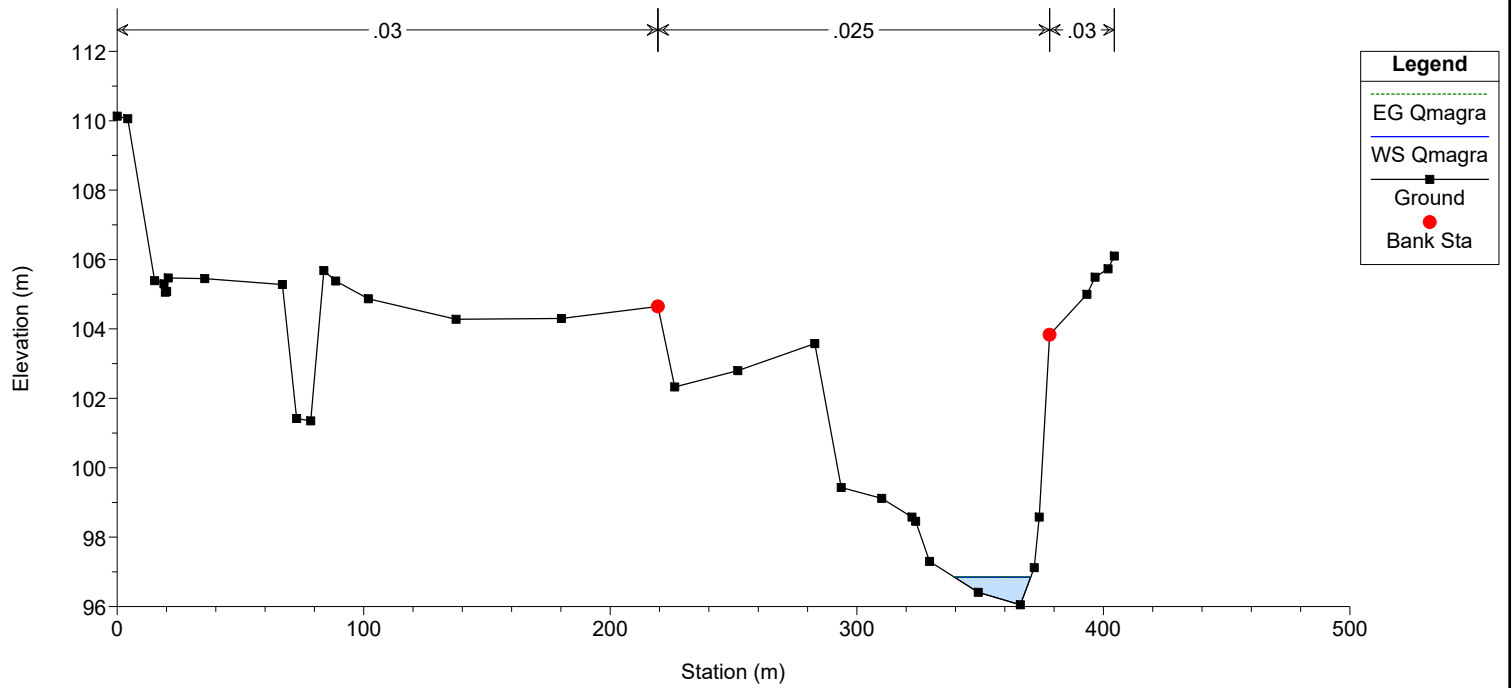




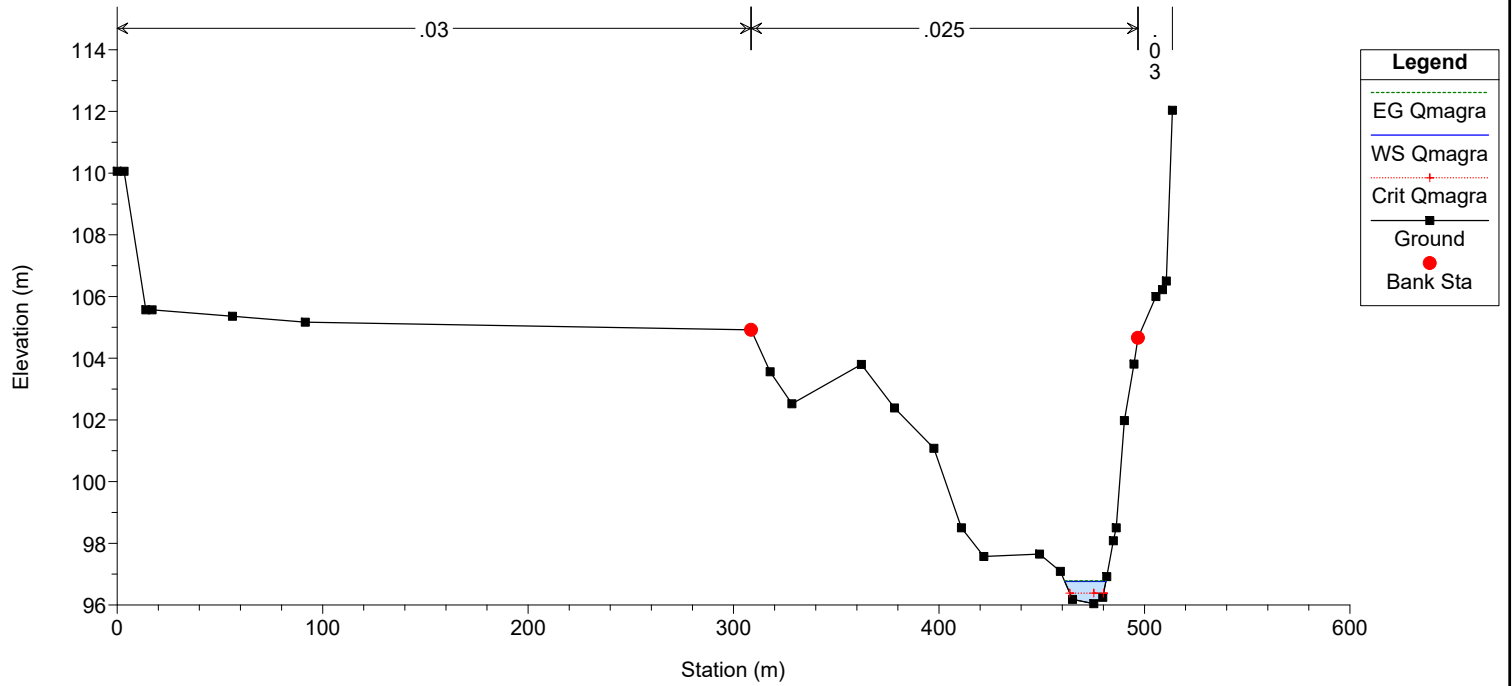




Sezione 13

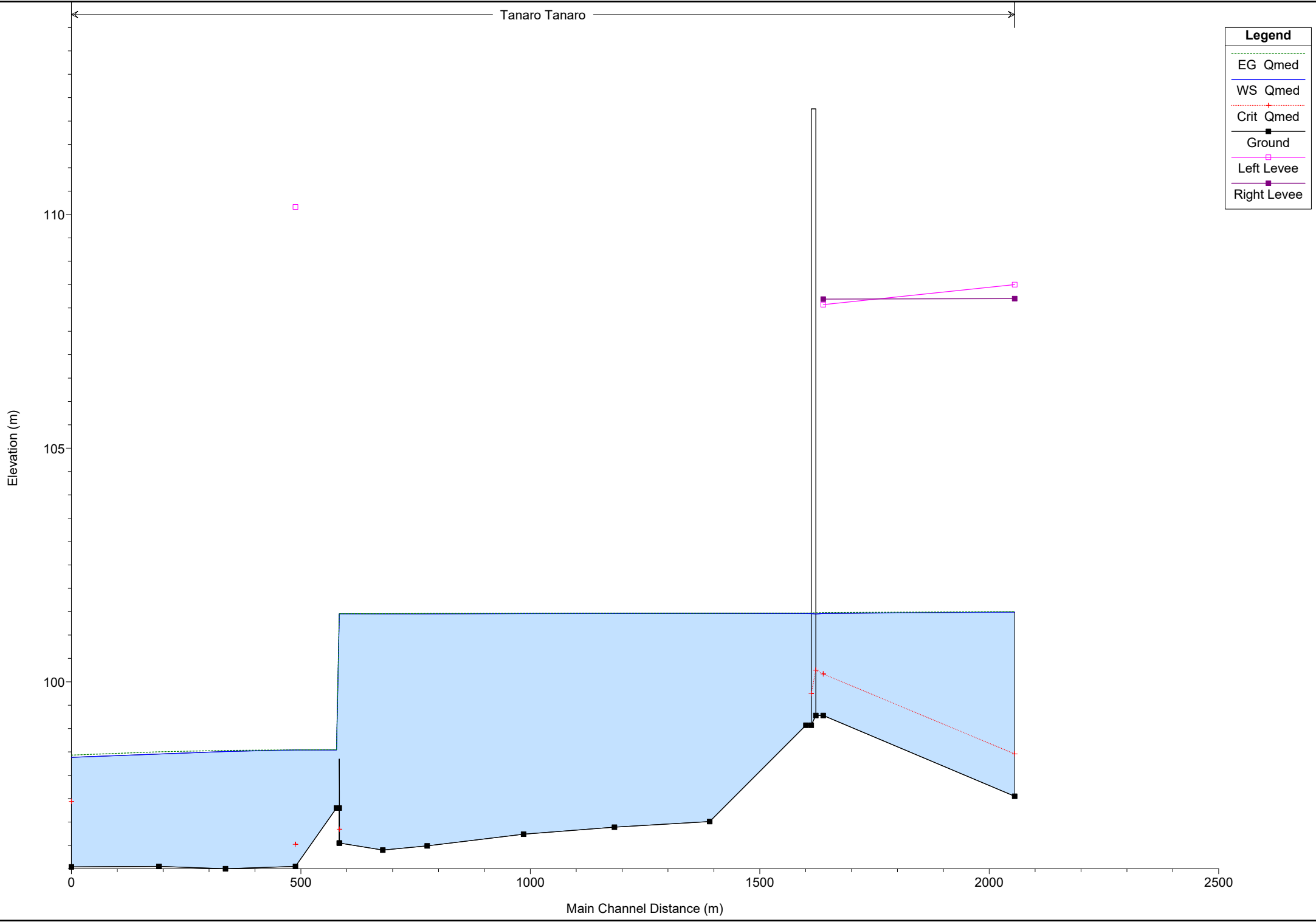


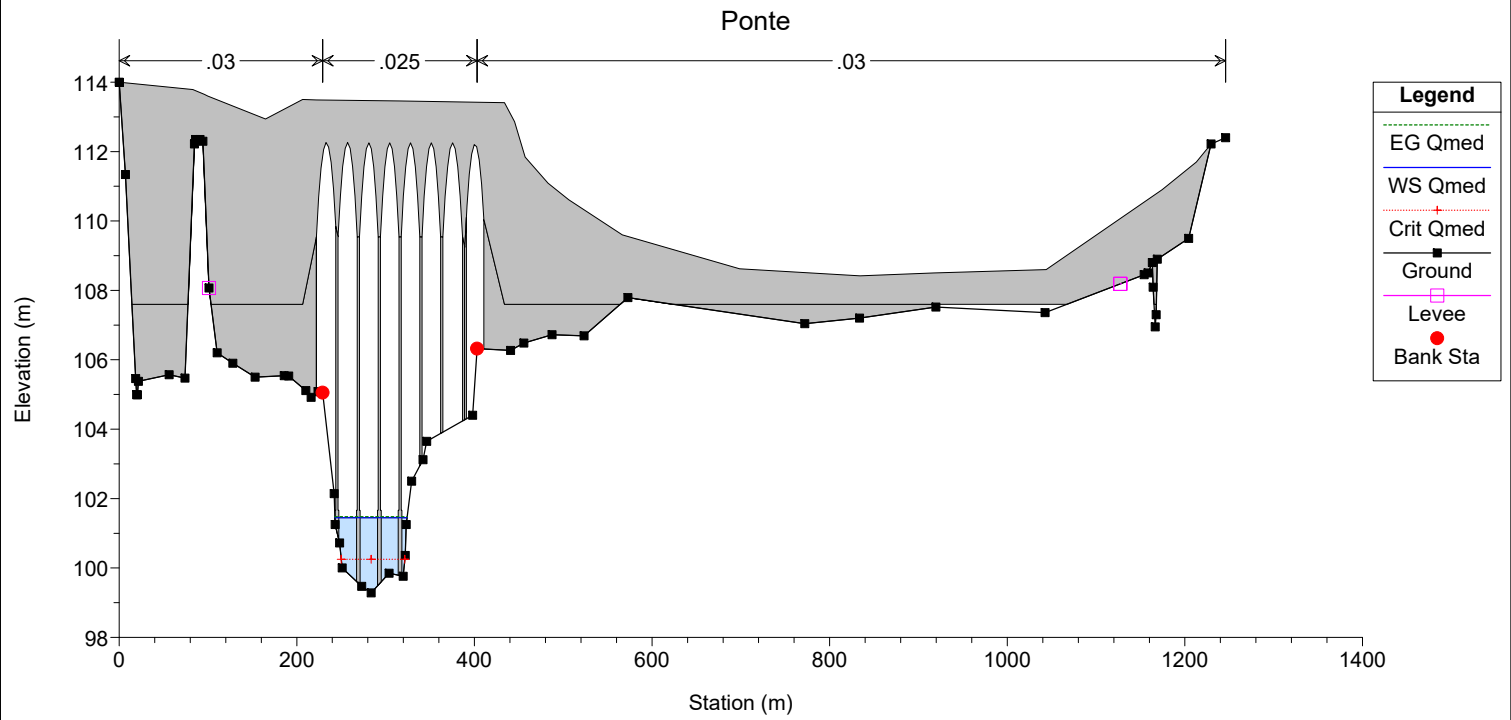
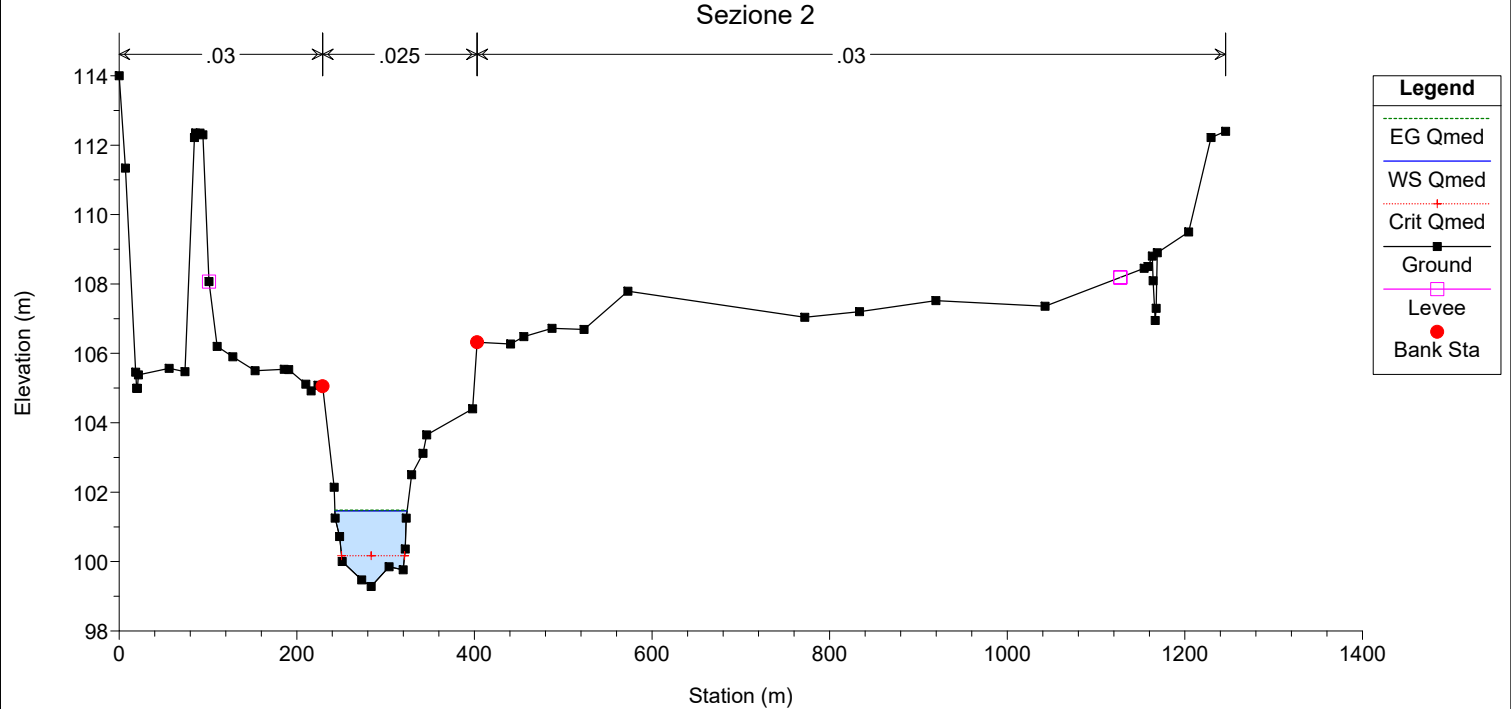
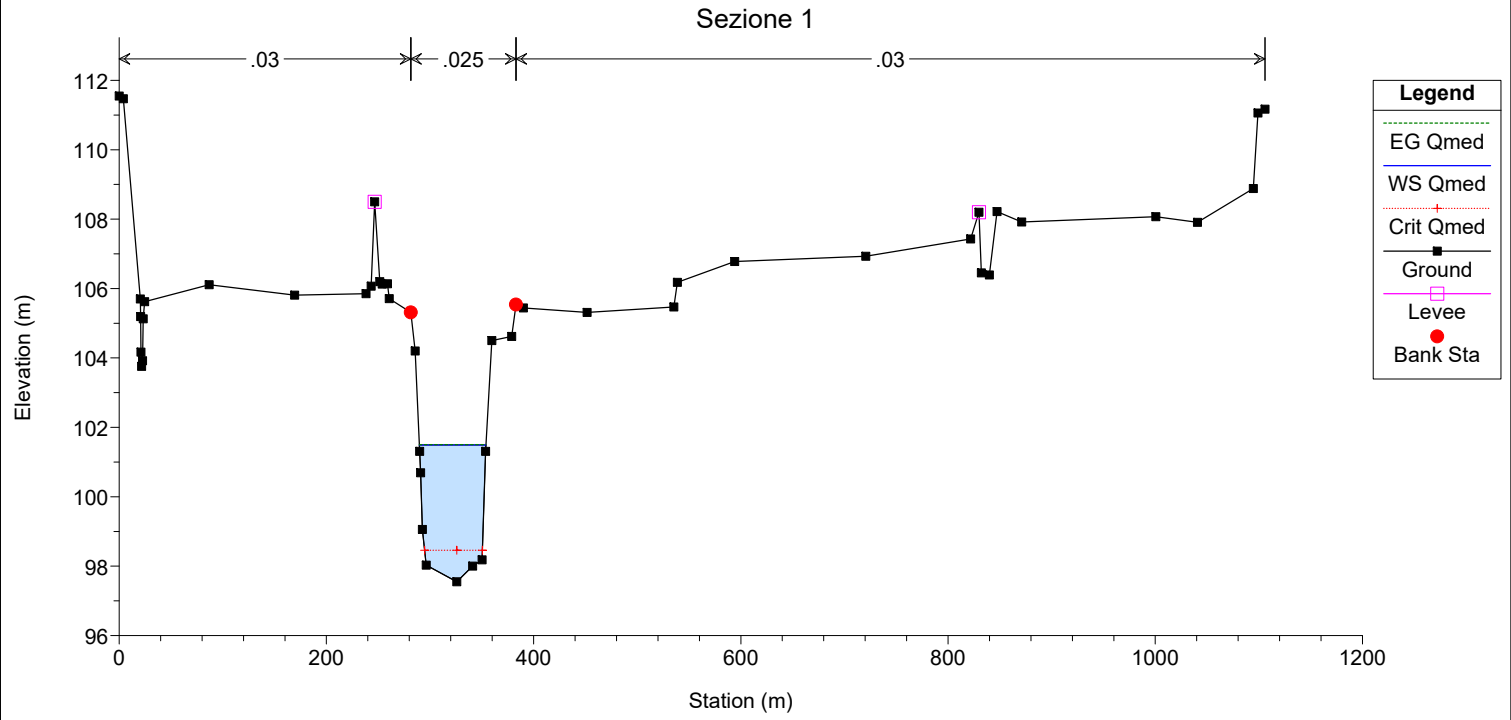
Sezione 14

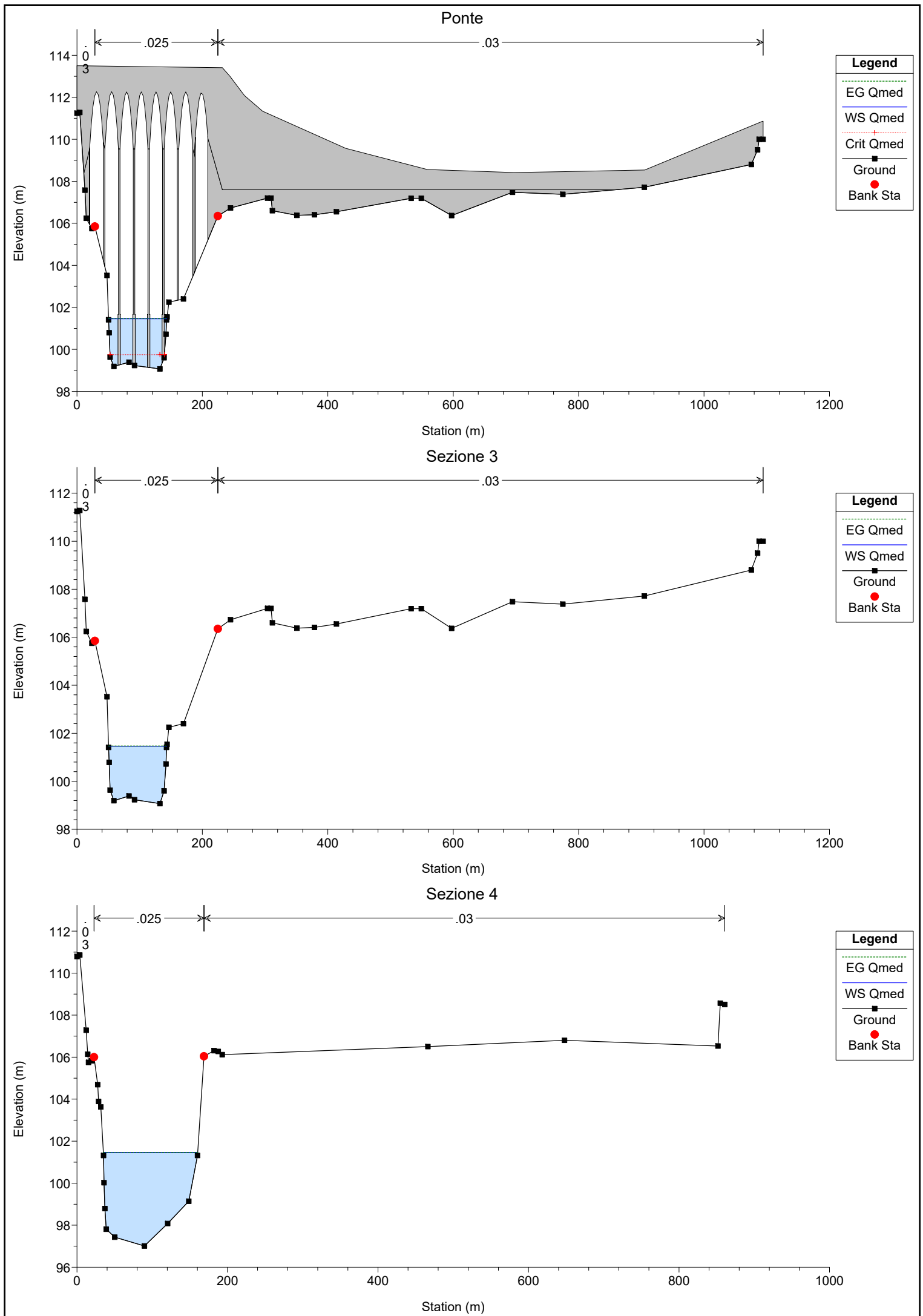


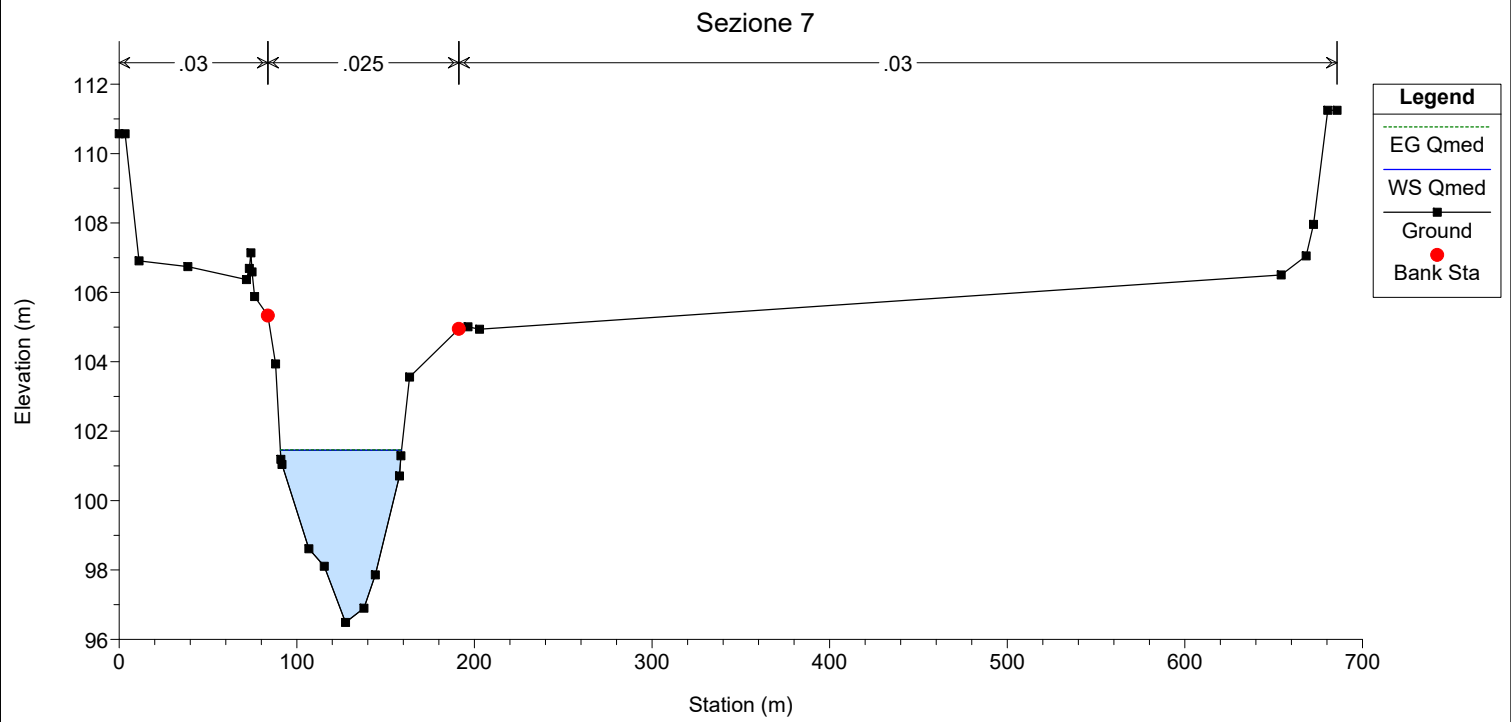
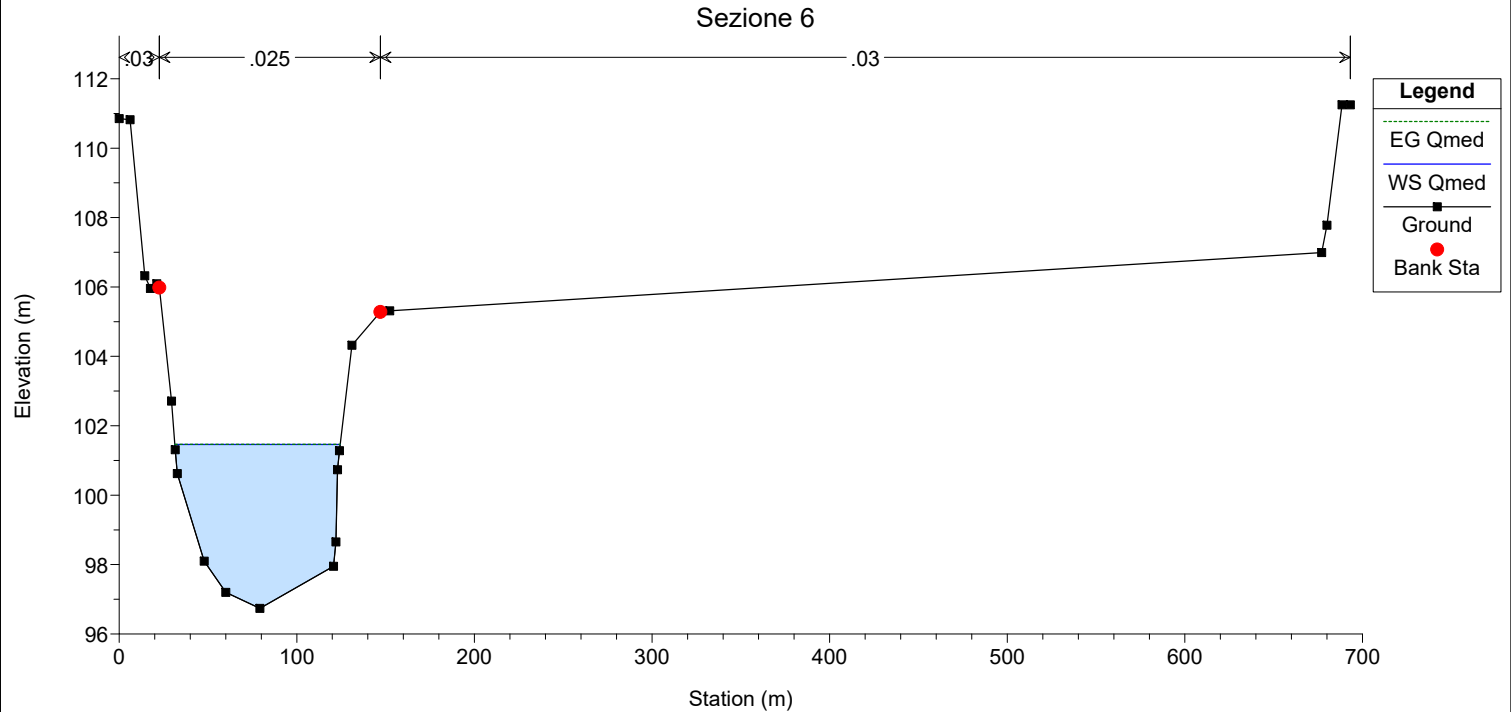
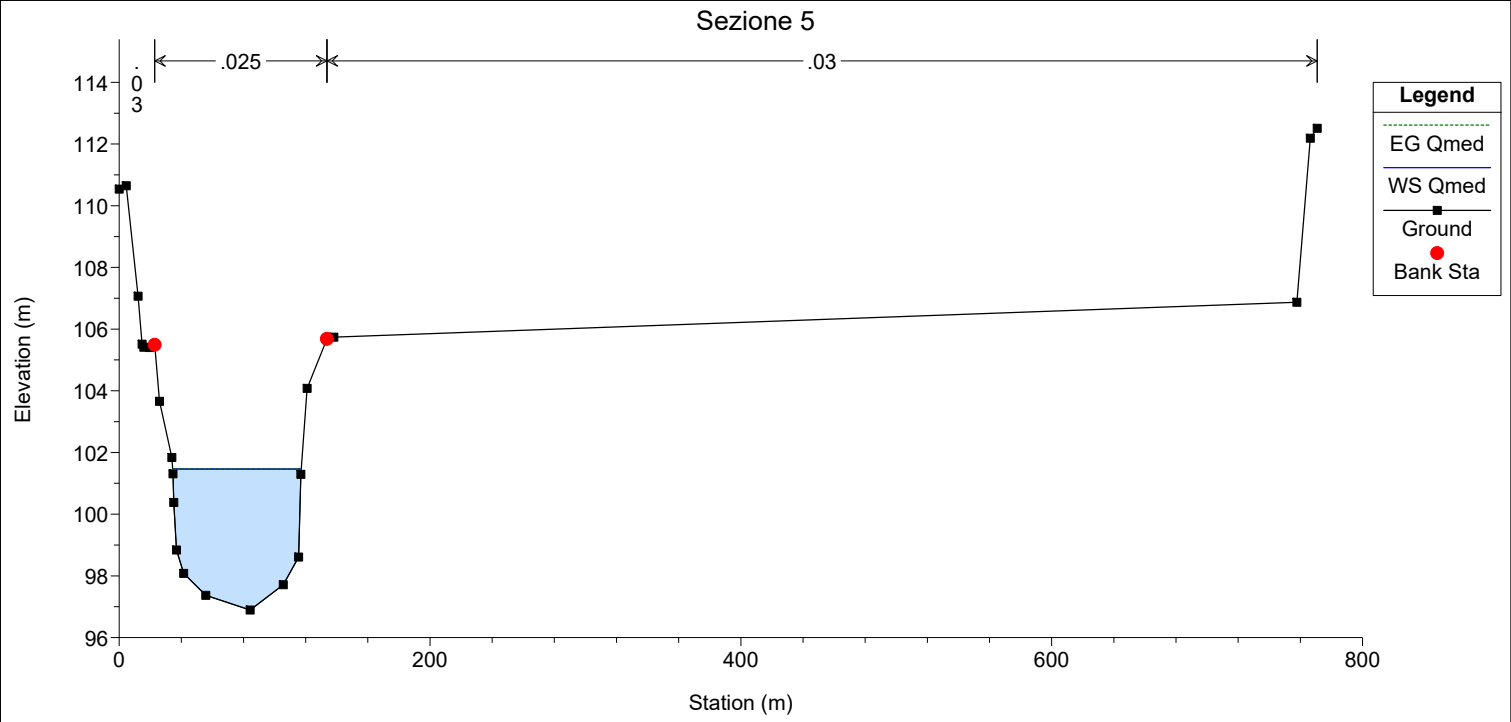
Situazione esistente

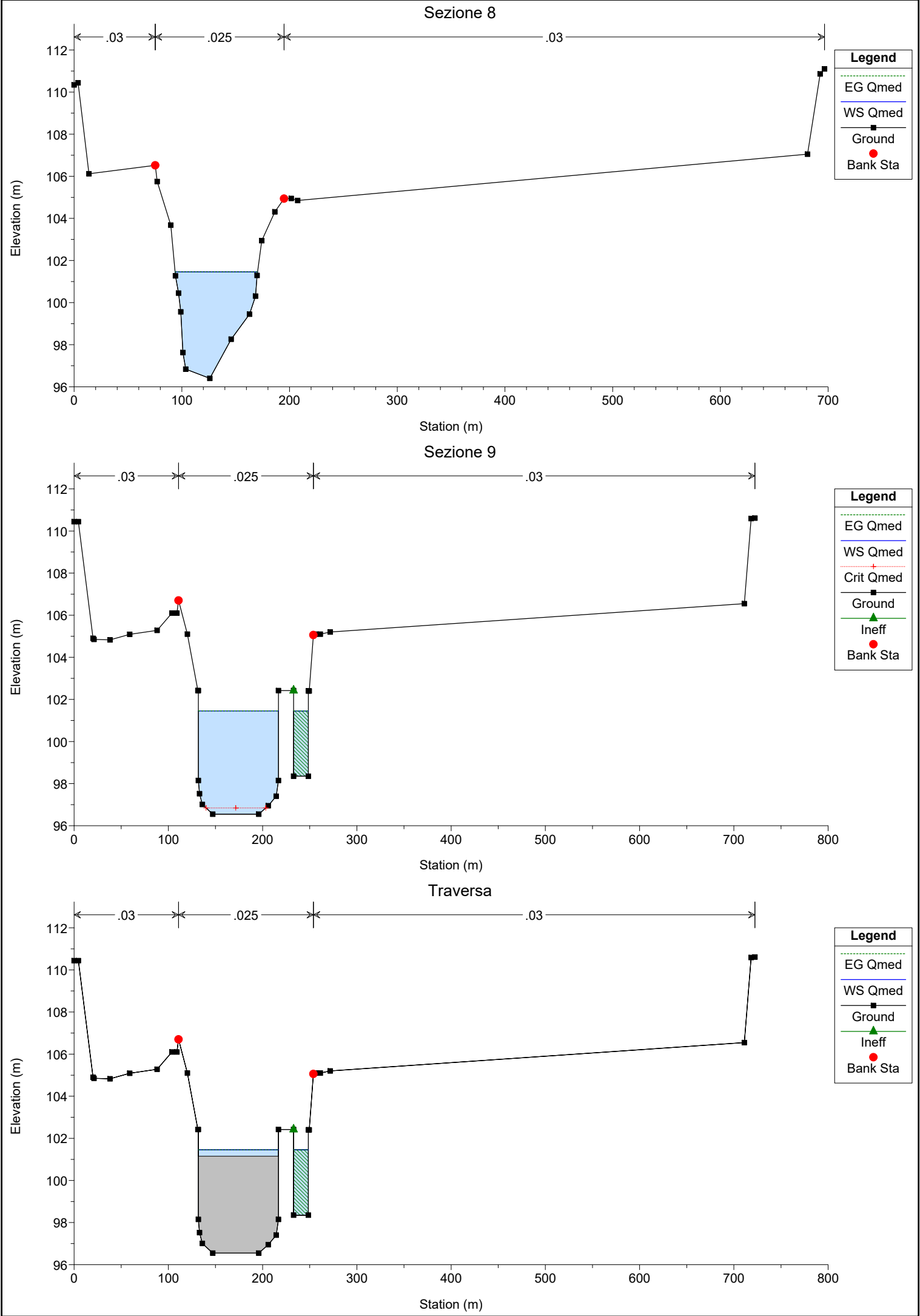
Portata media annua



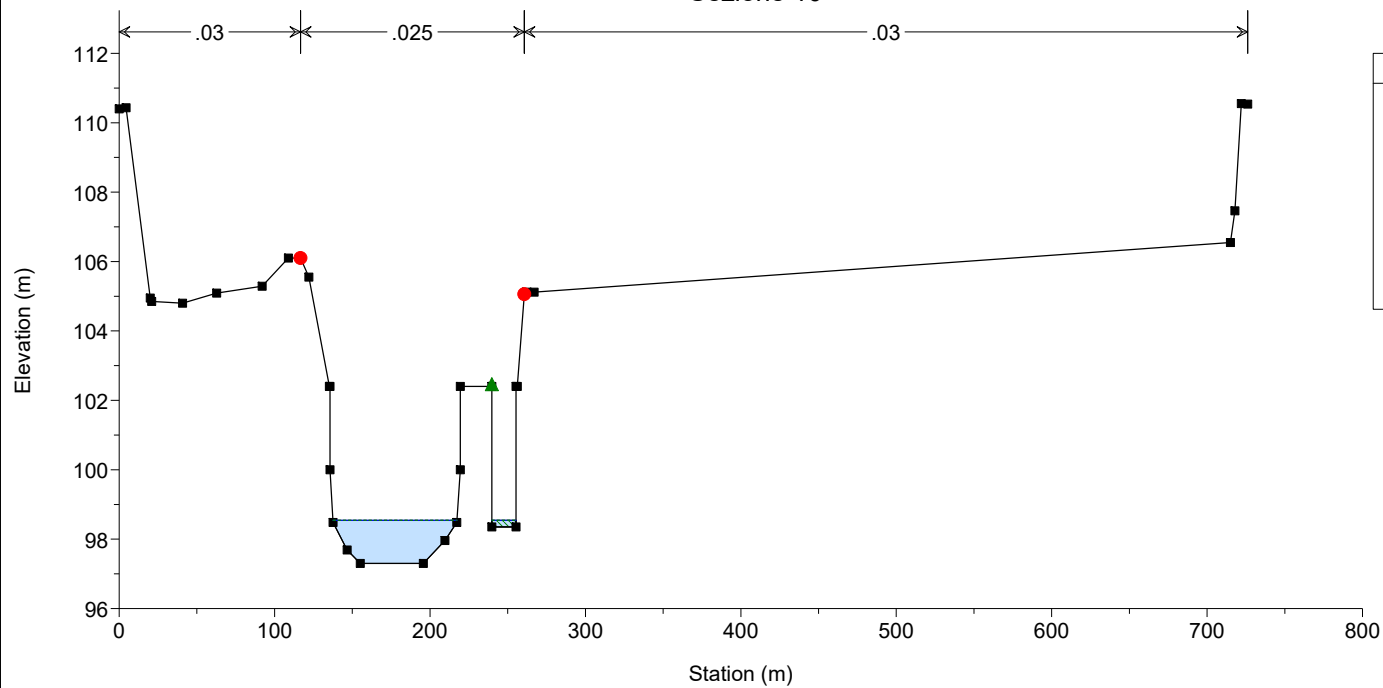




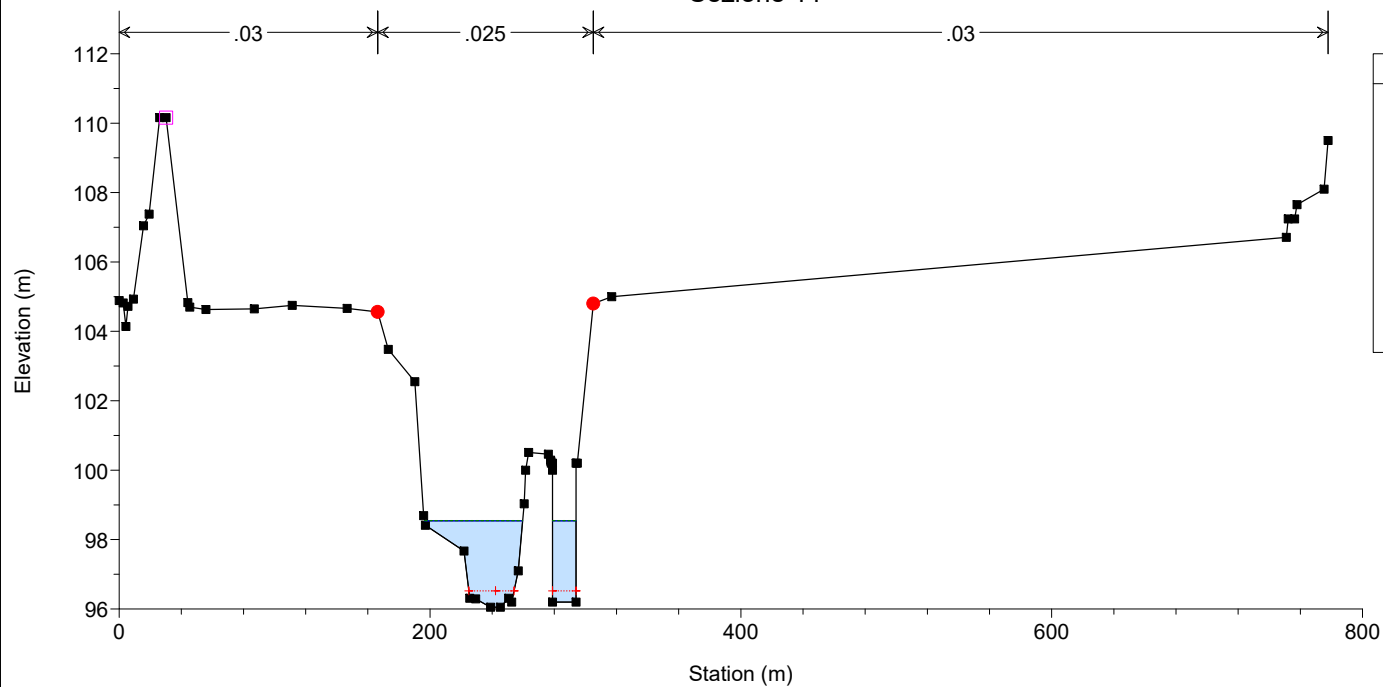




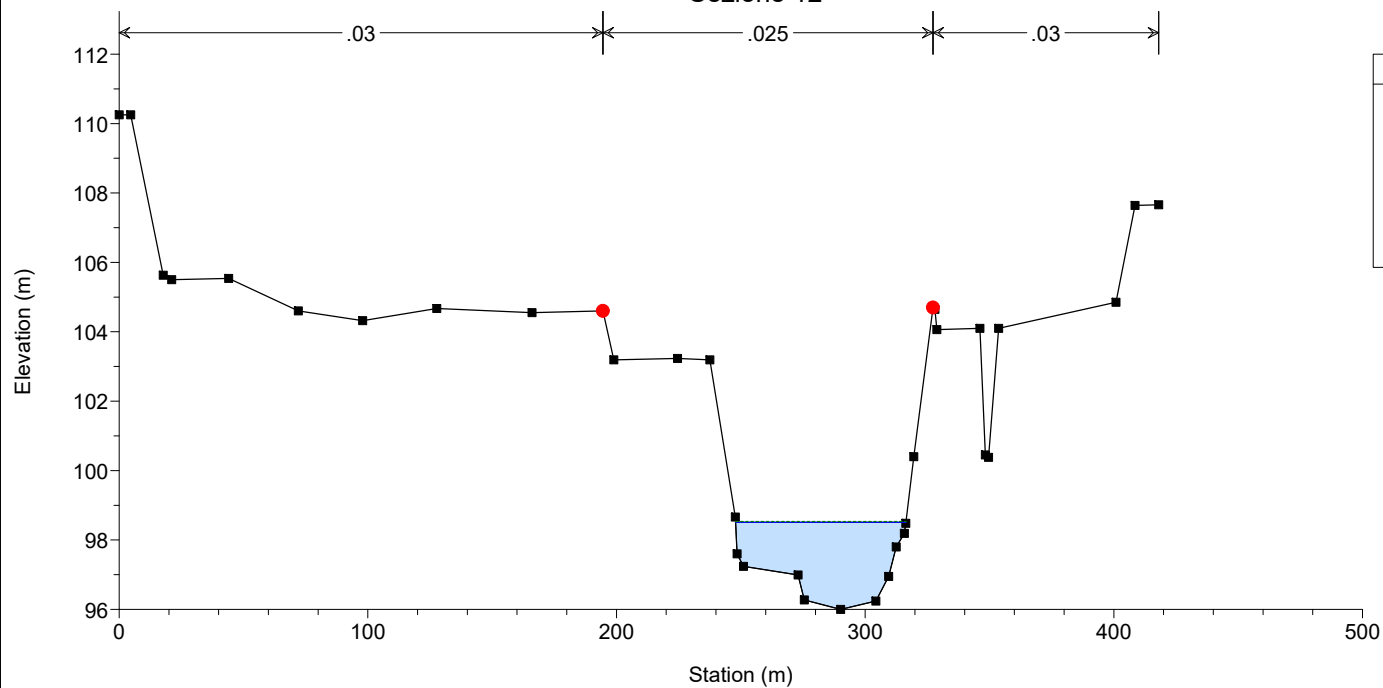
Sezione 10



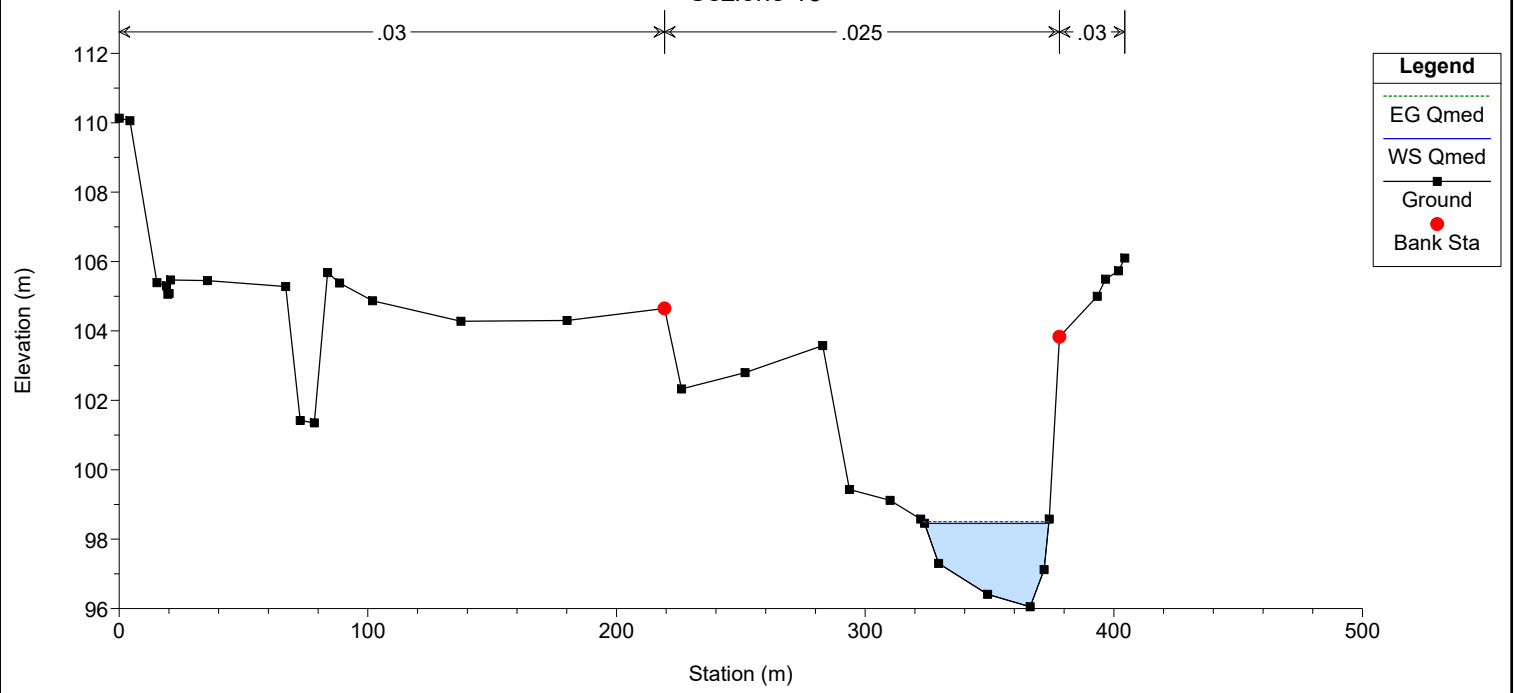
Sezione 11



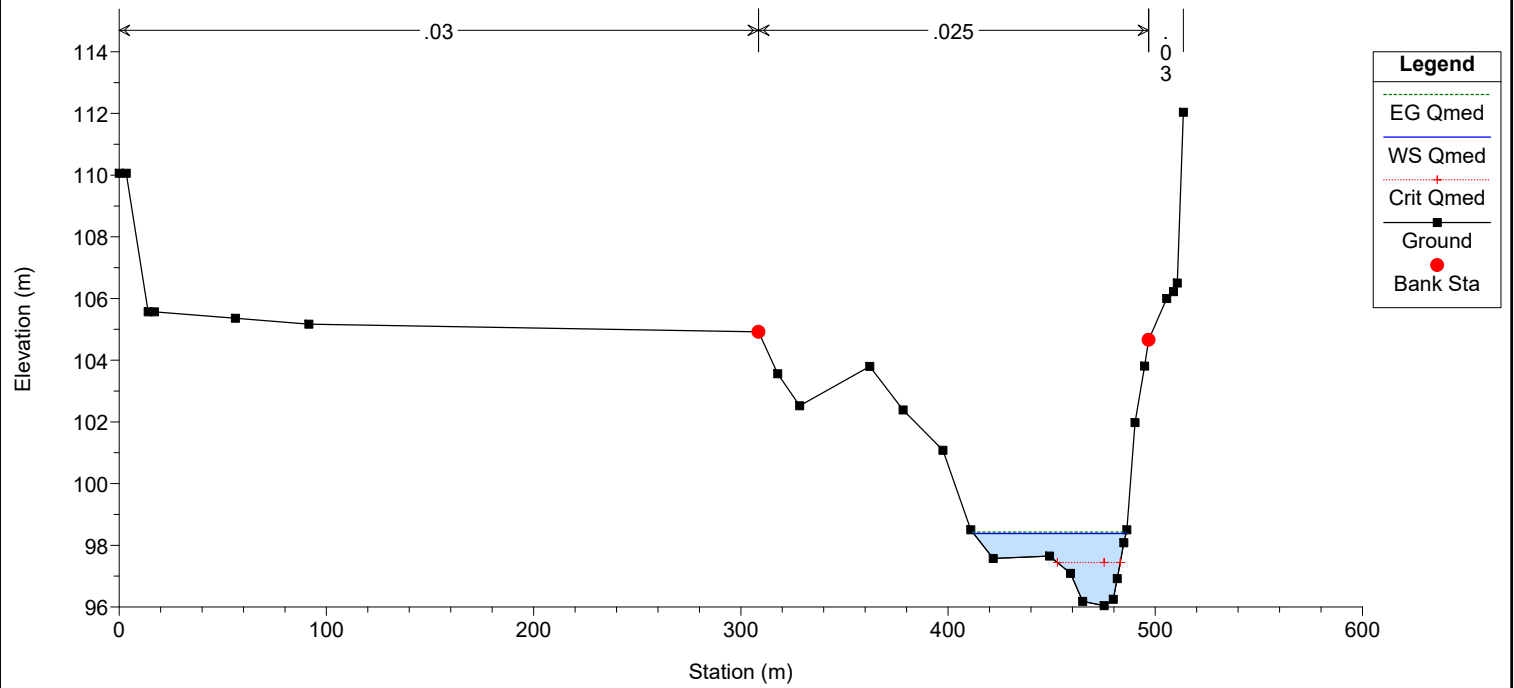
Sezione 12



Sezione 13

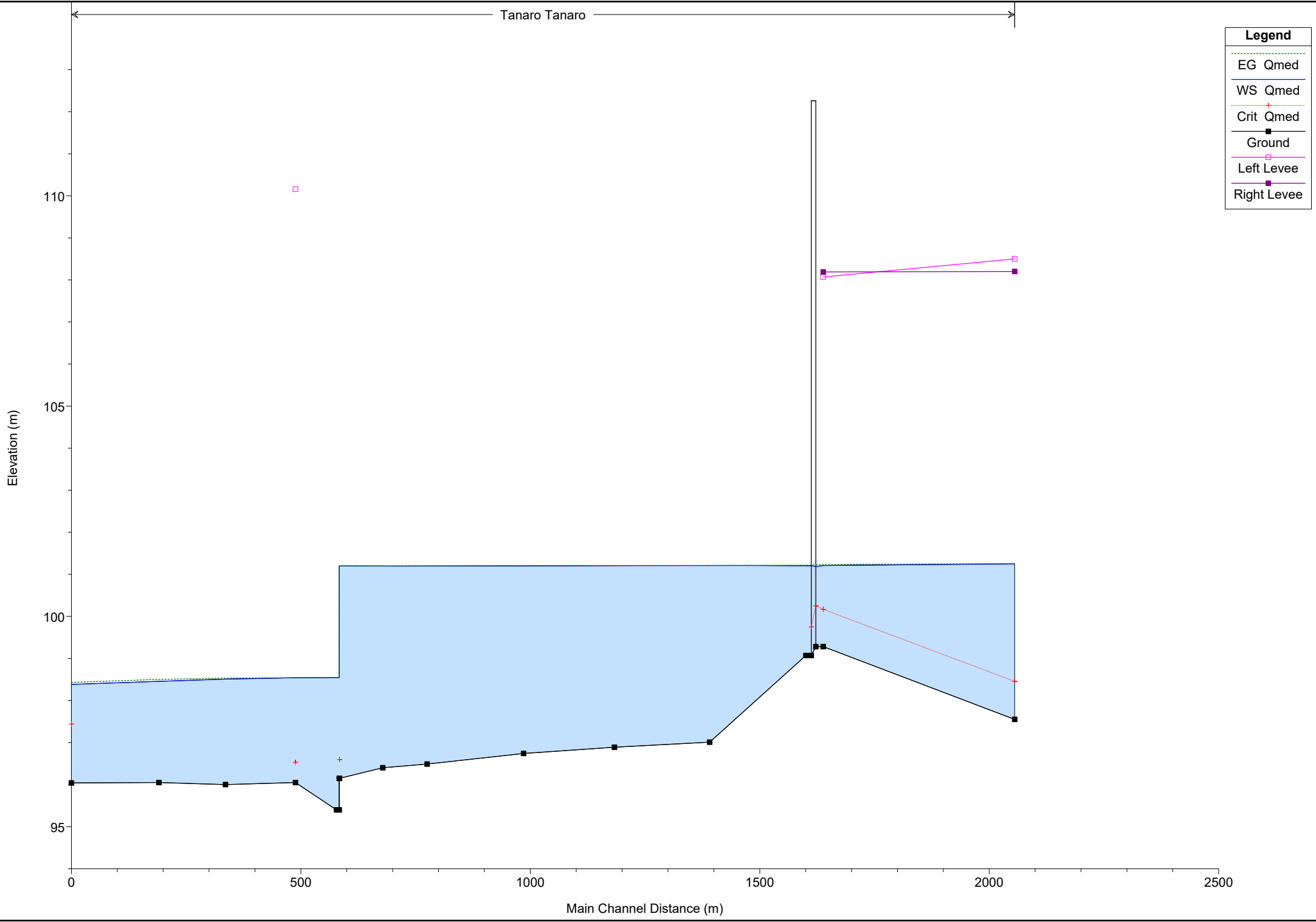


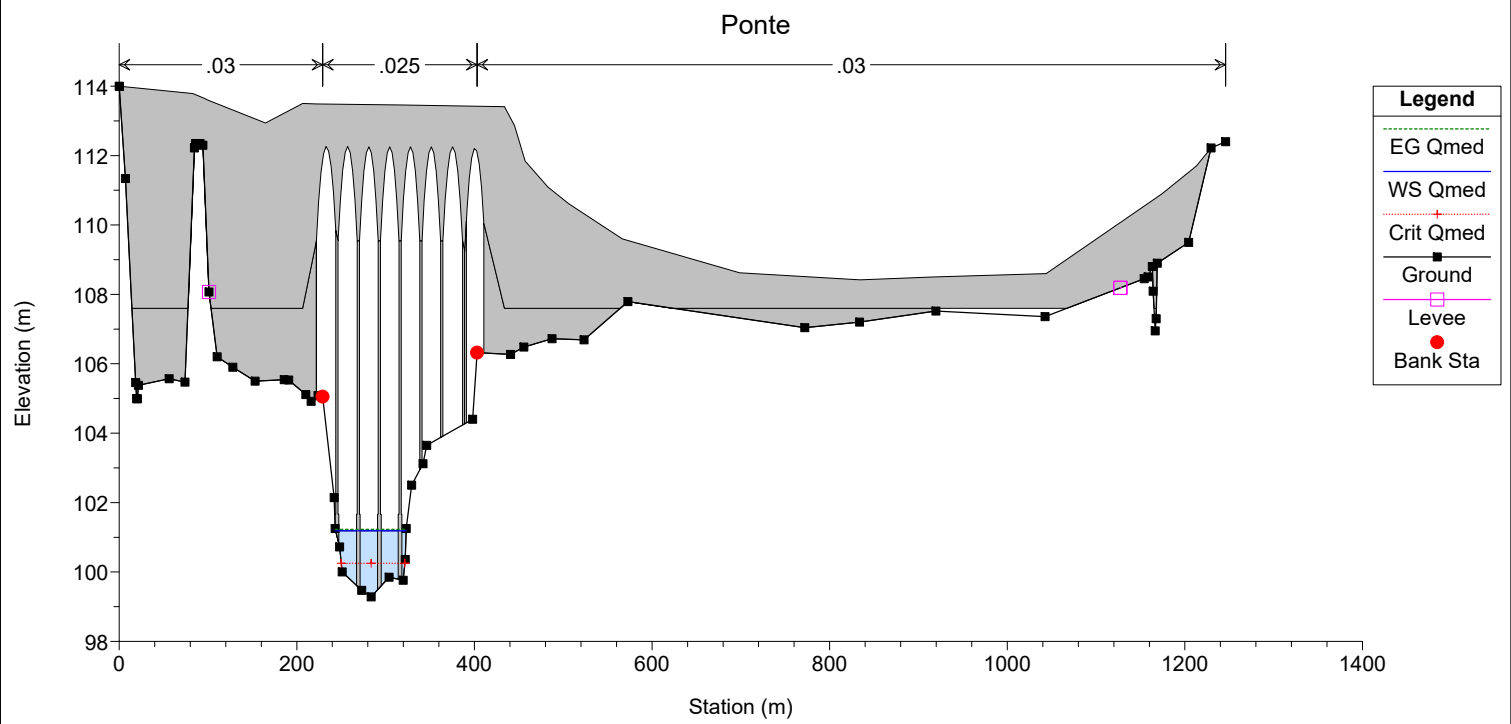
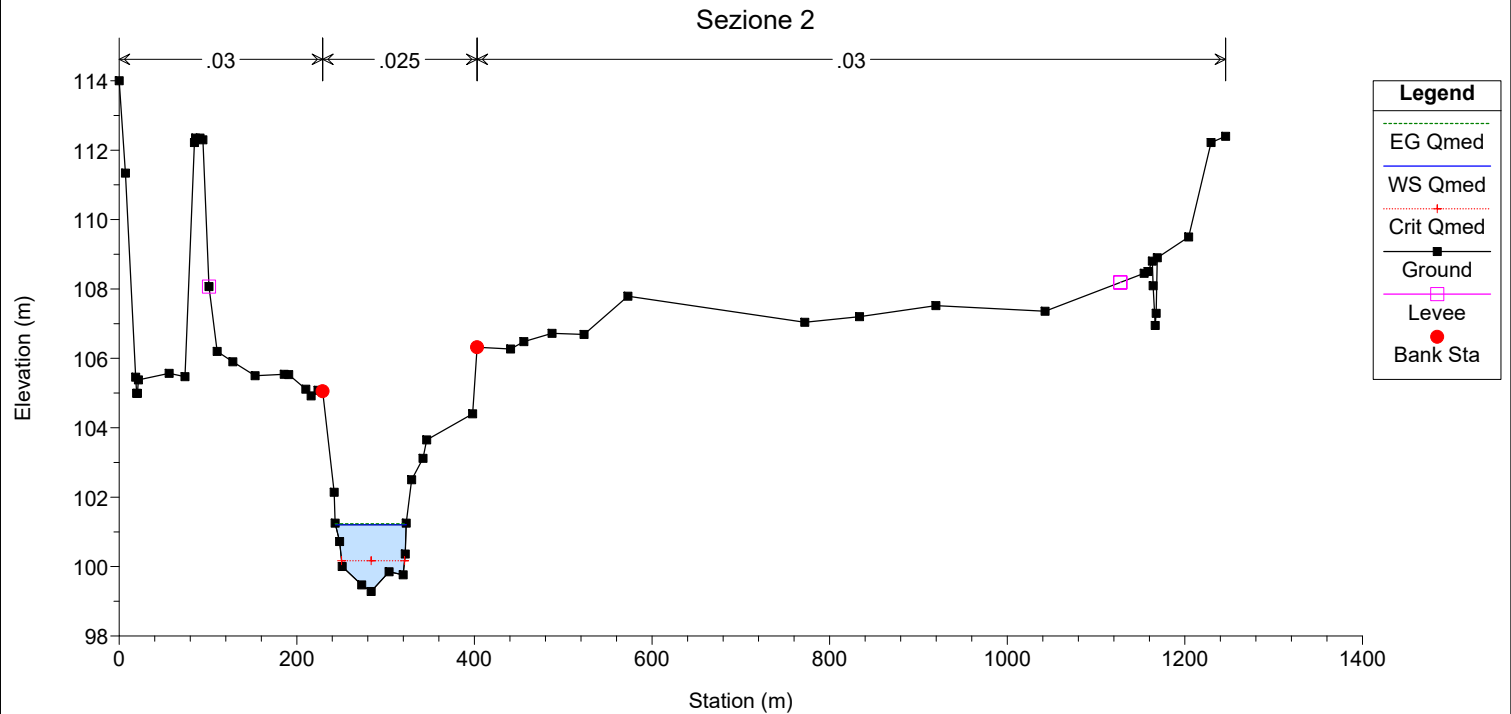
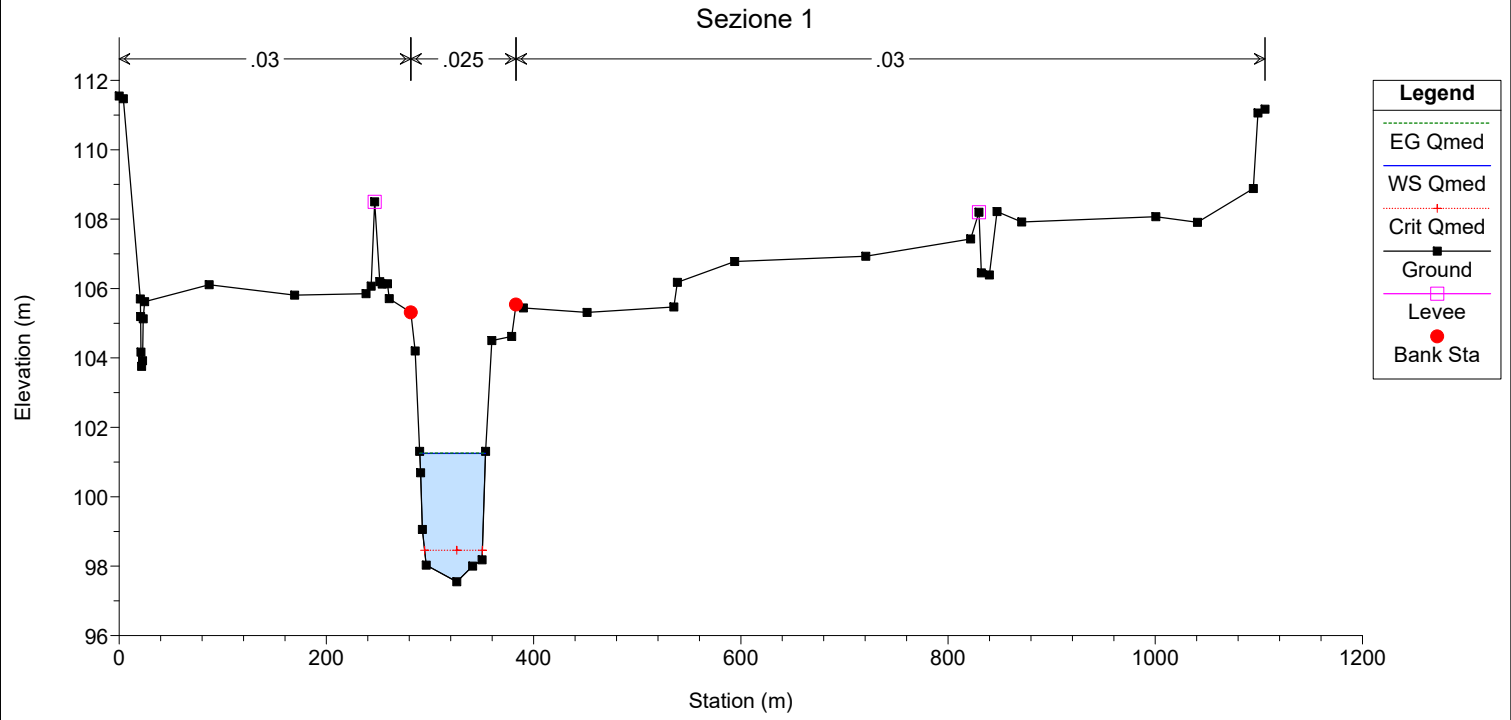
Sezione 14

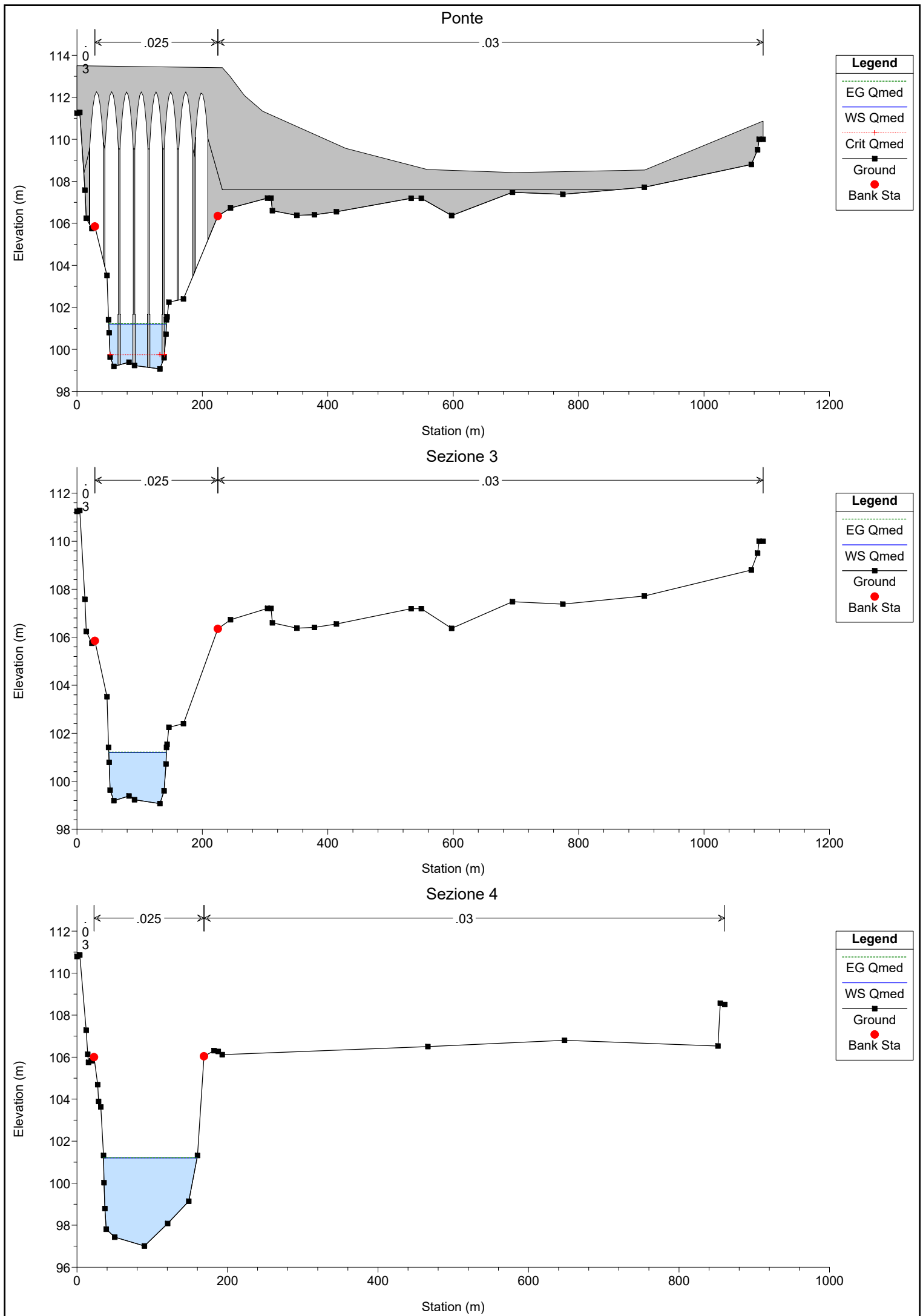


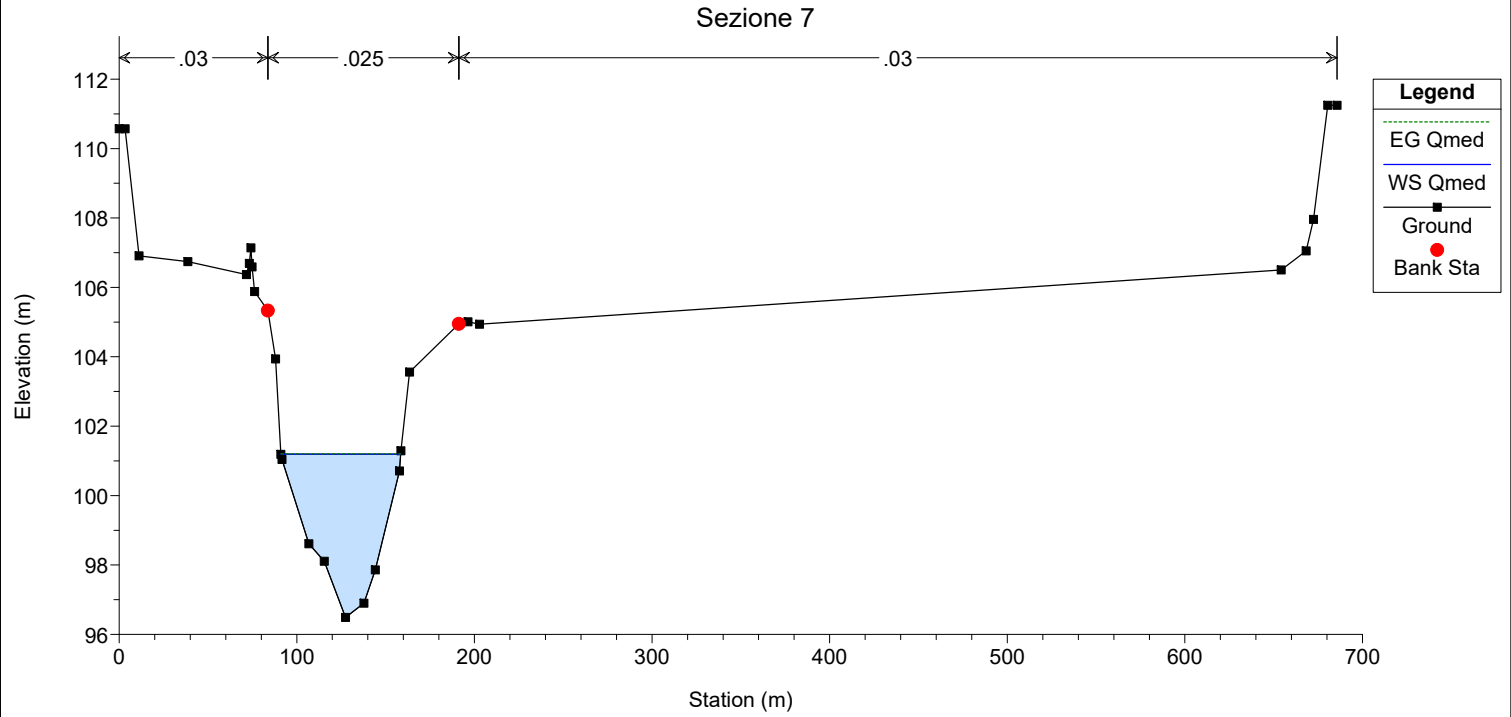
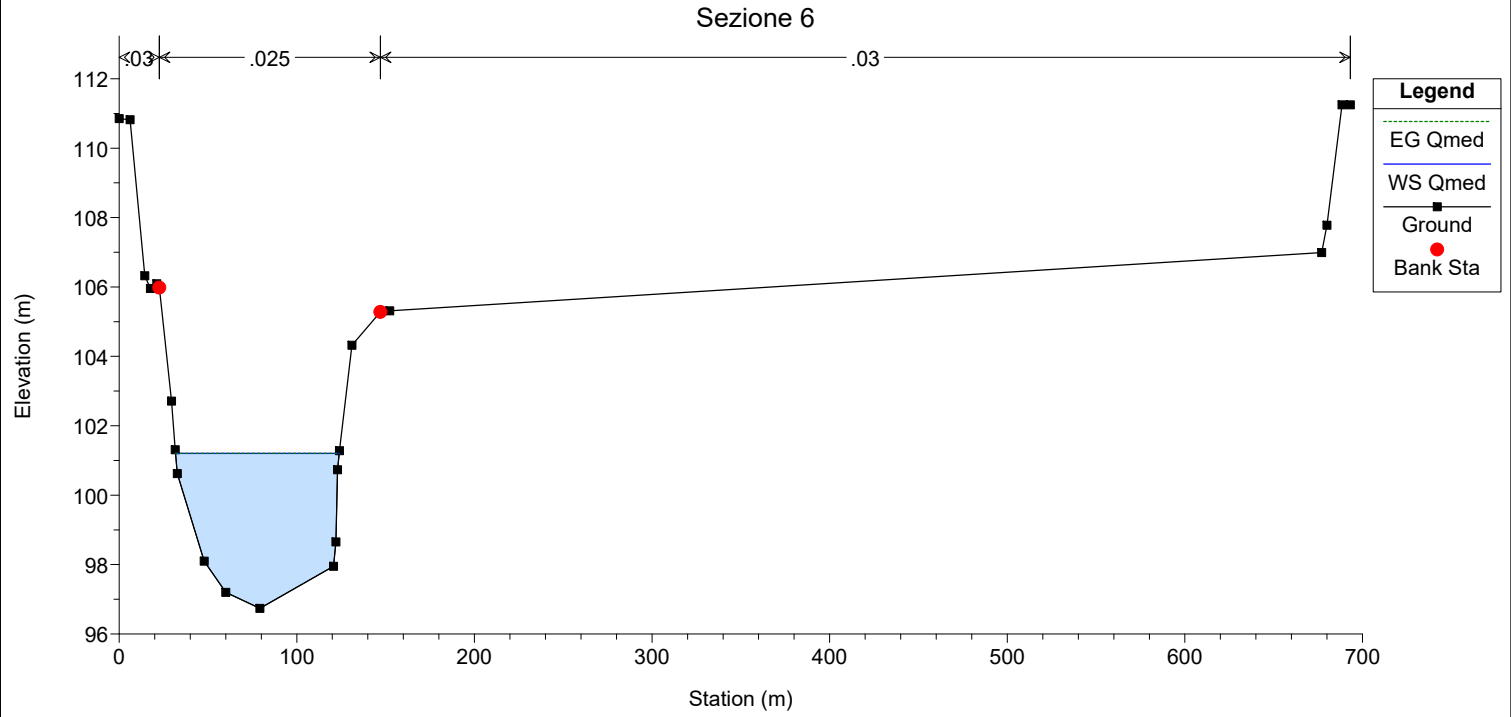
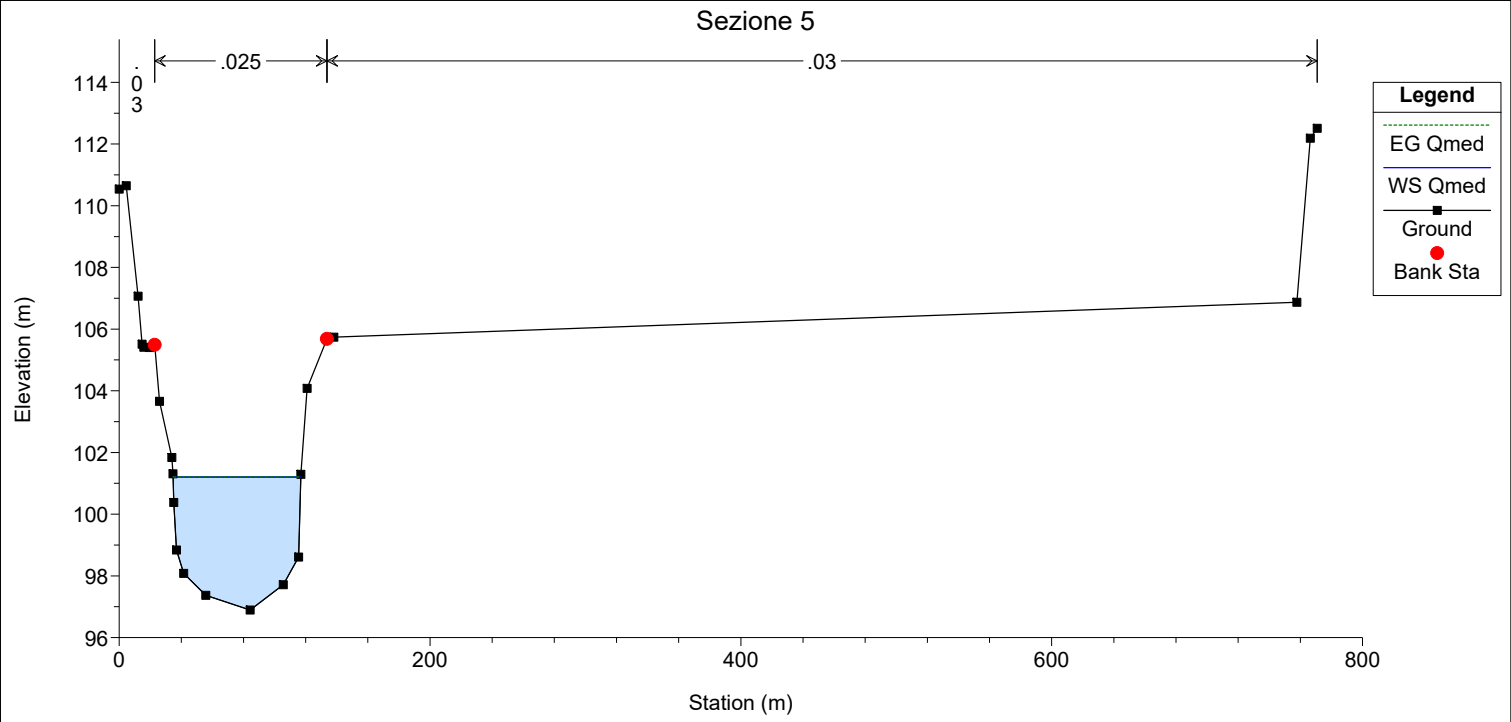
Situazione di progetto

Portata media annua

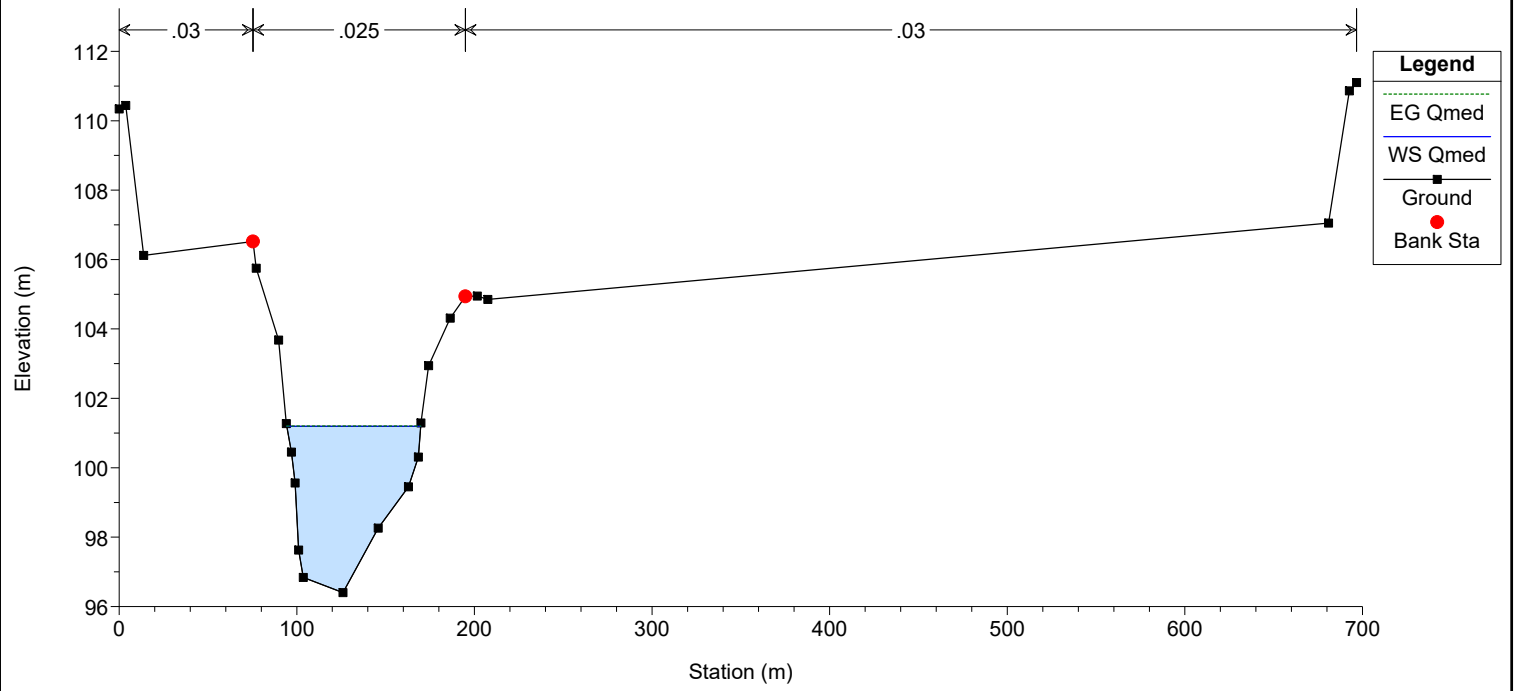




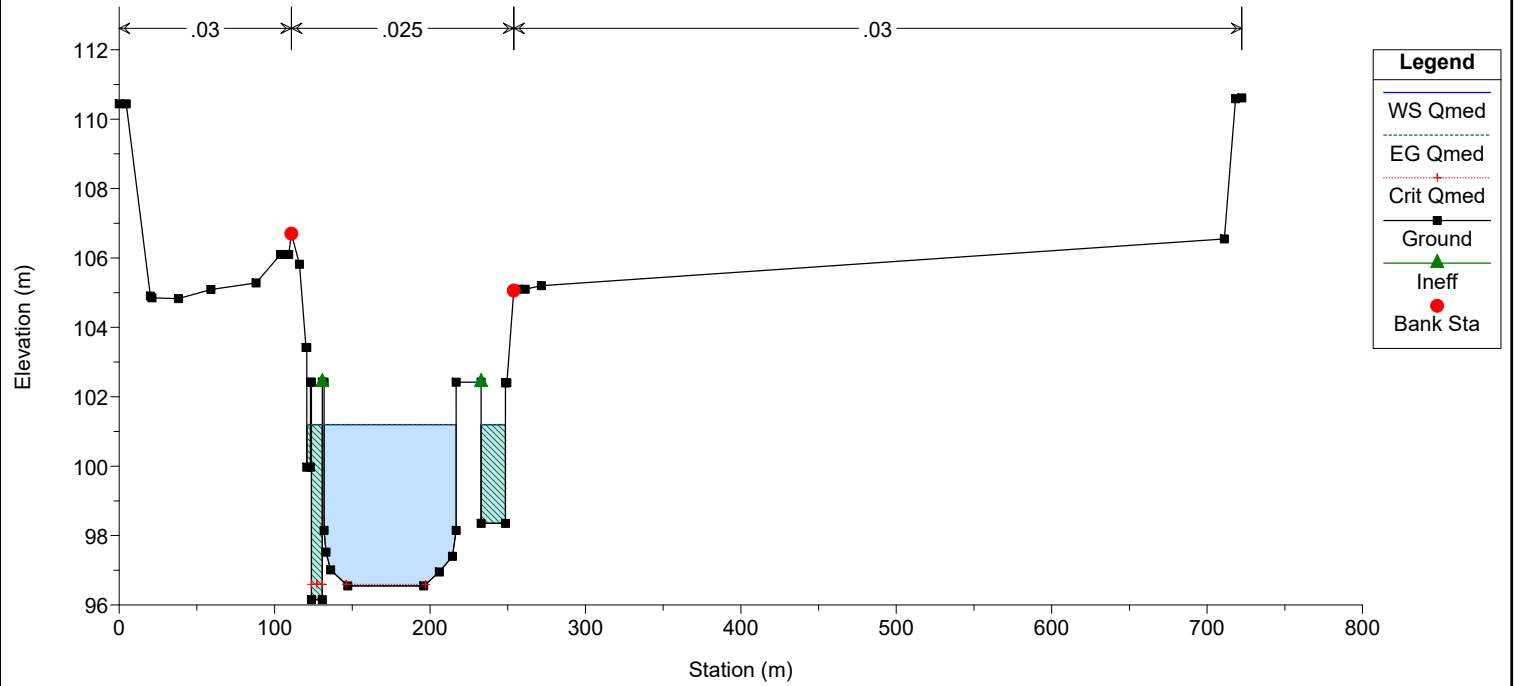




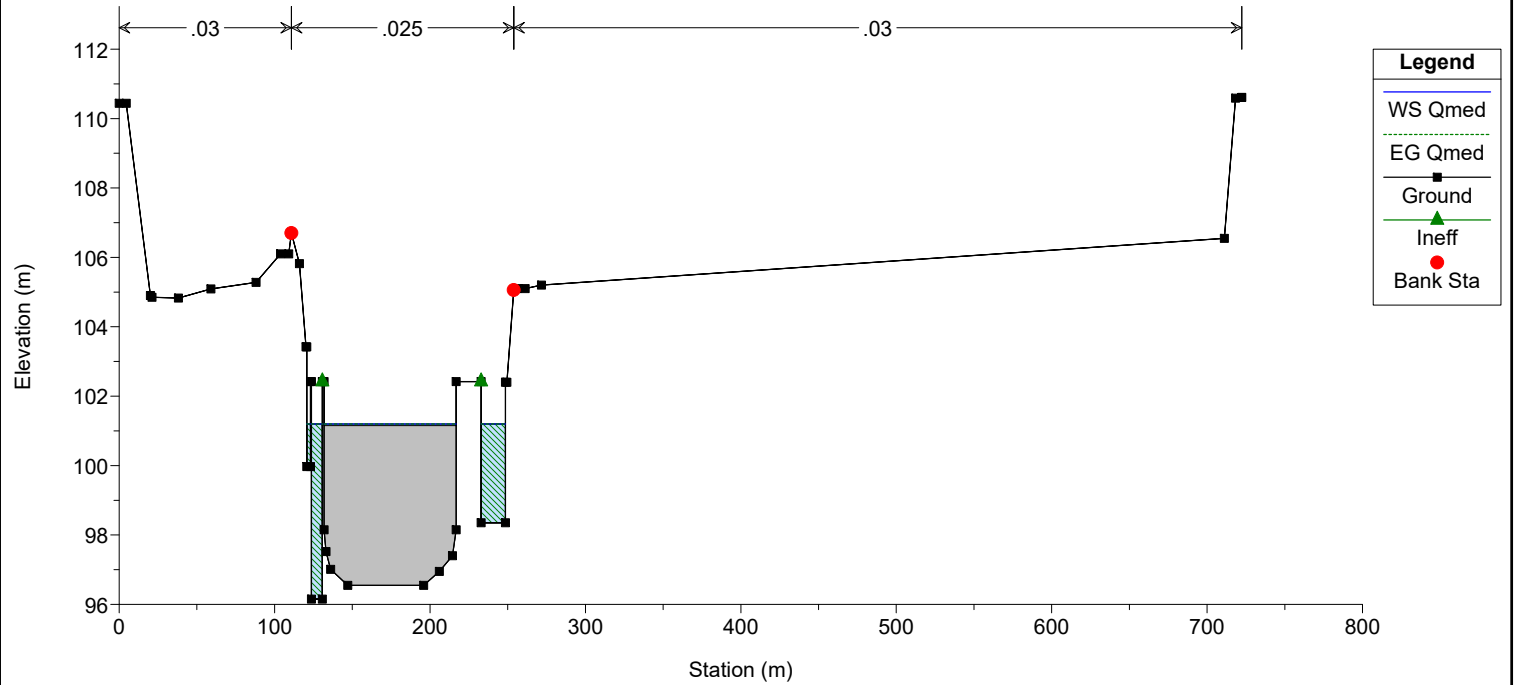
Sezione 8



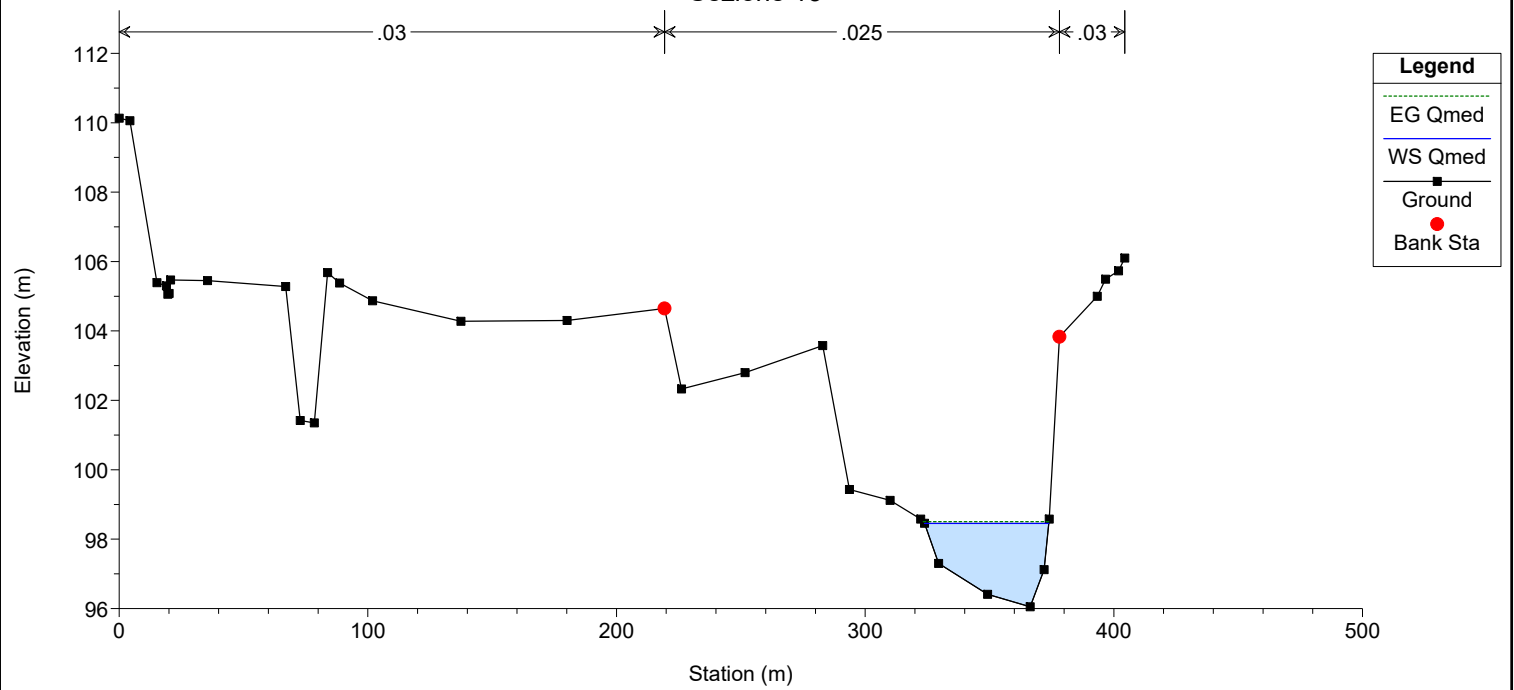
Sezione 9



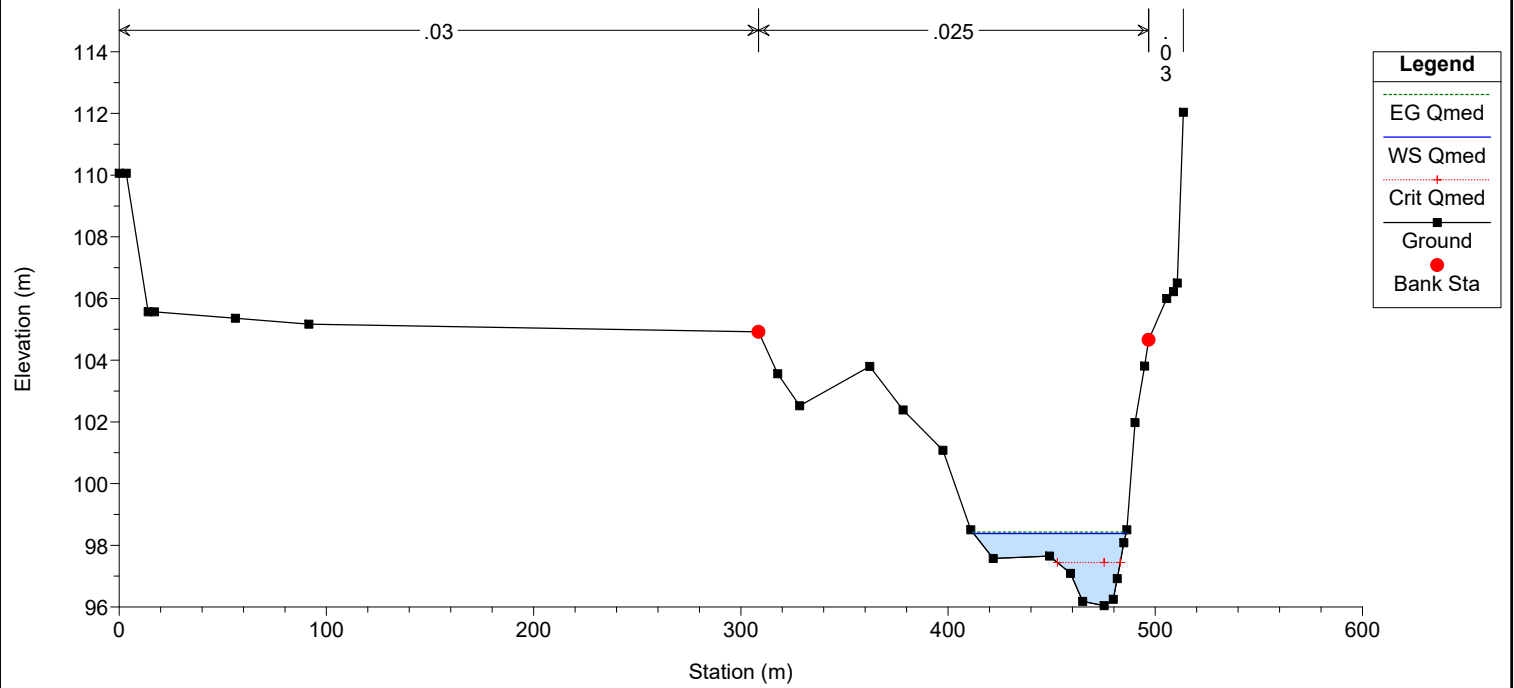
Traversa



Sezione 13

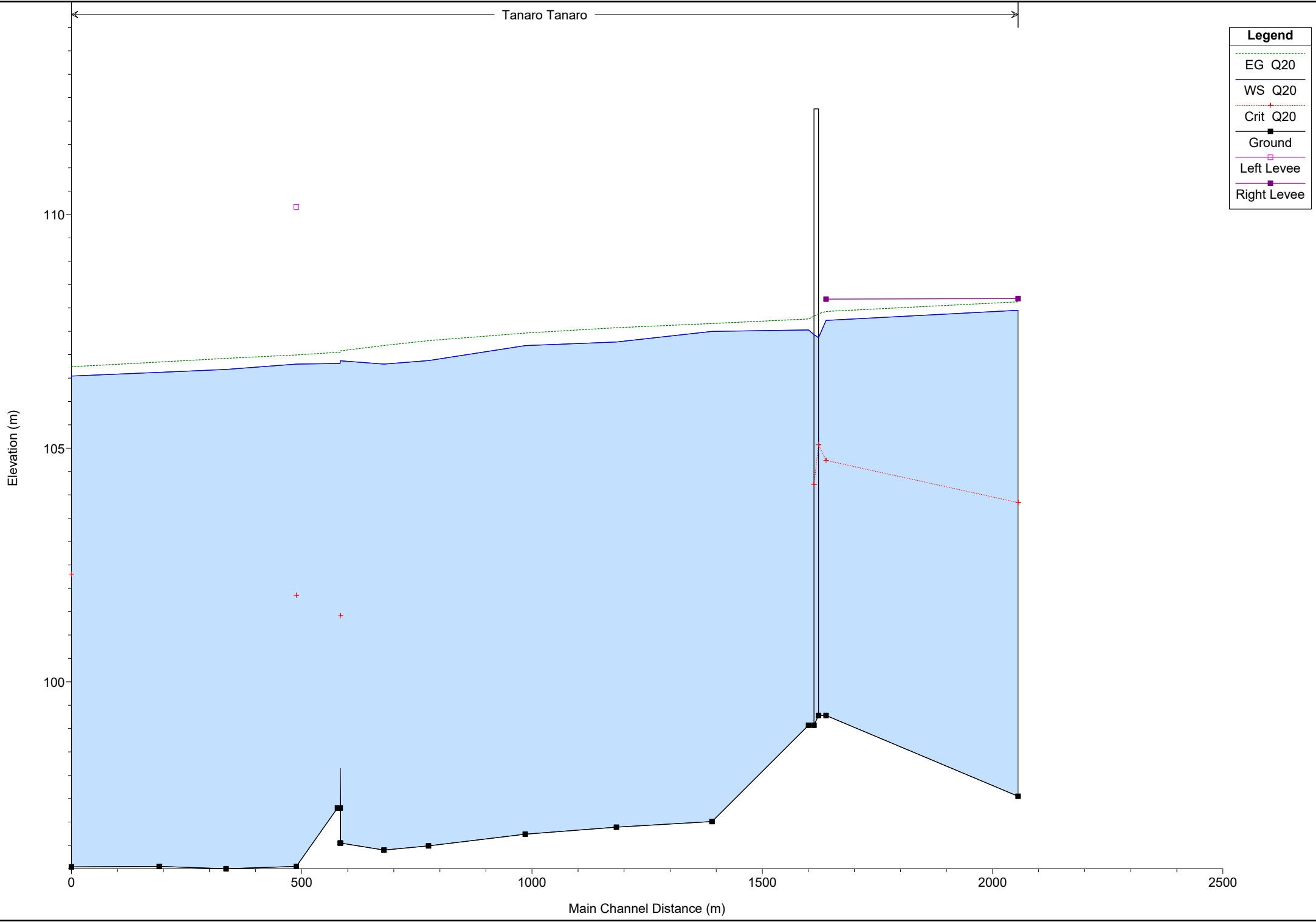


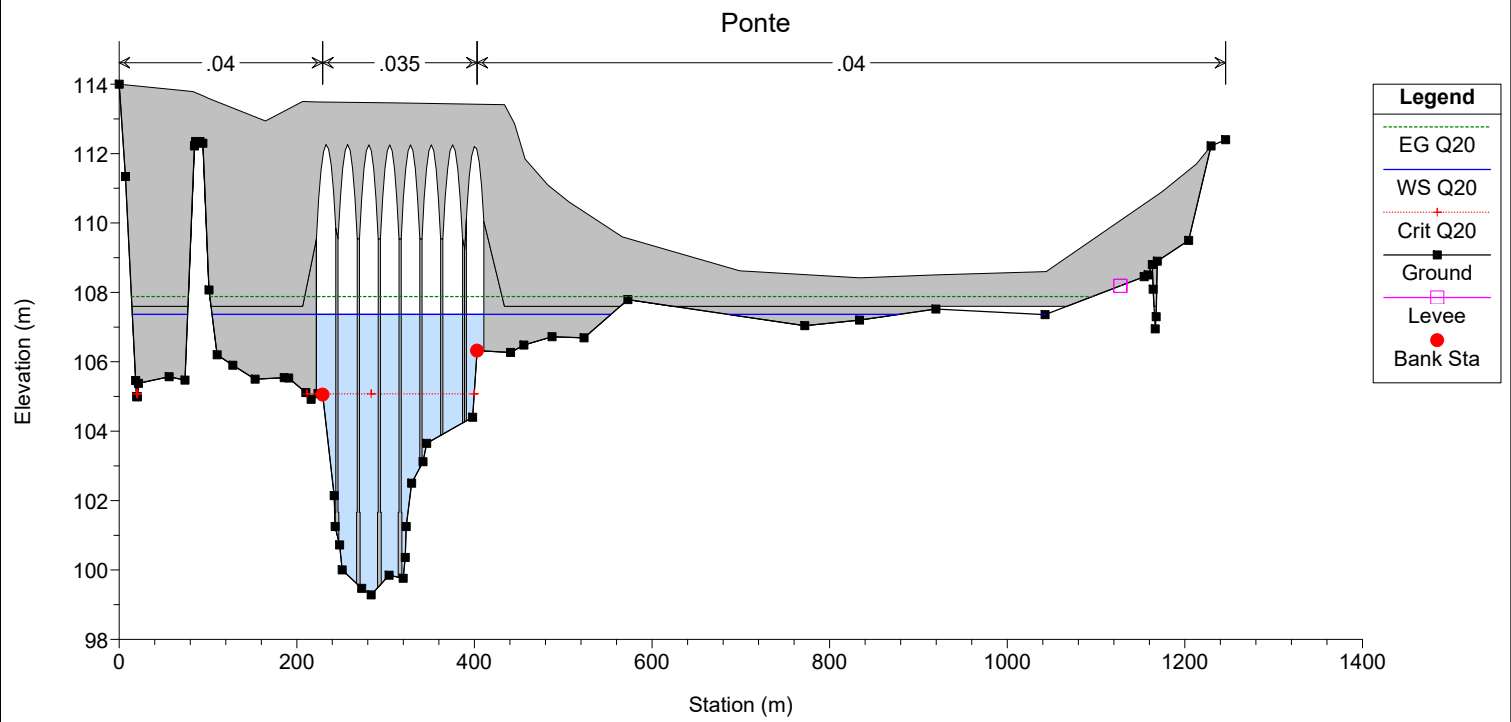
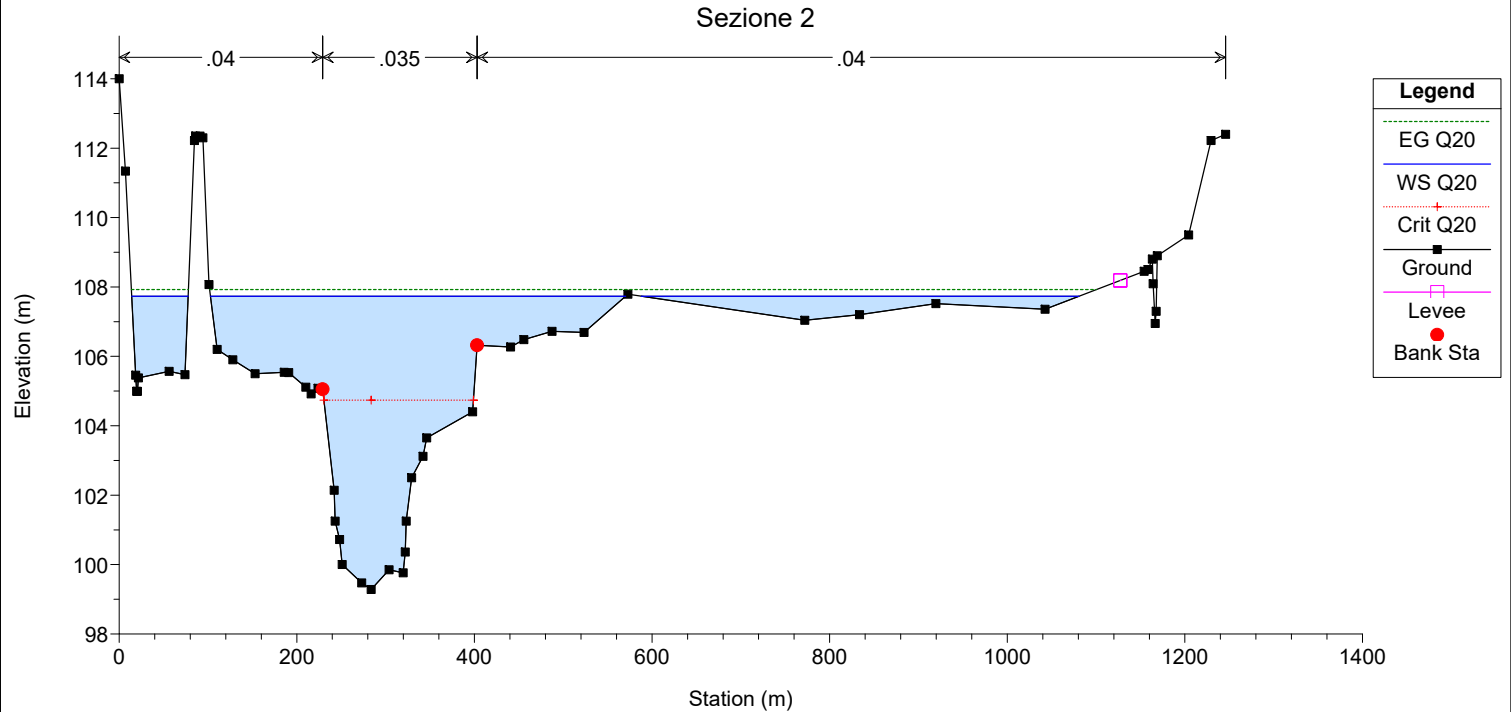
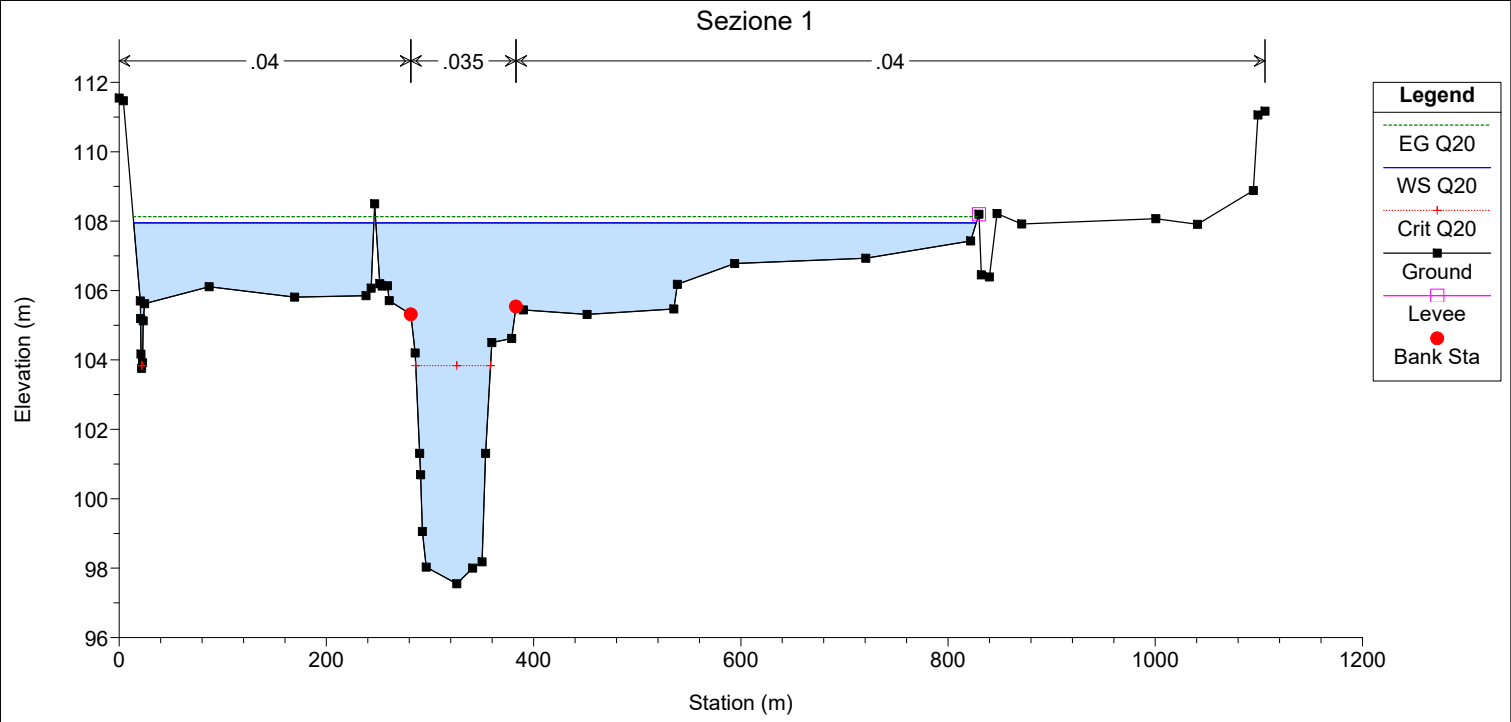
Sezione 14

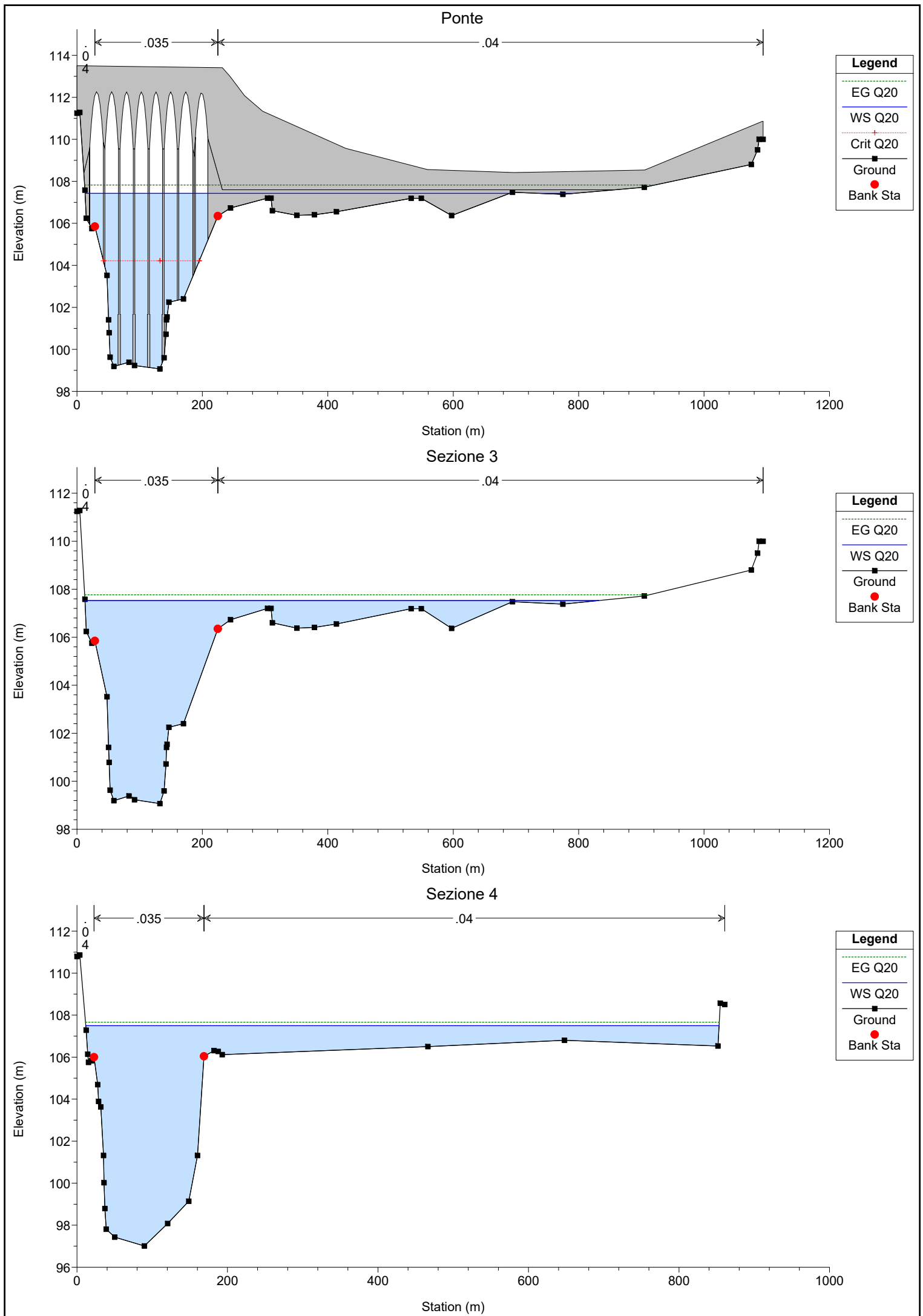


Situazione esistente

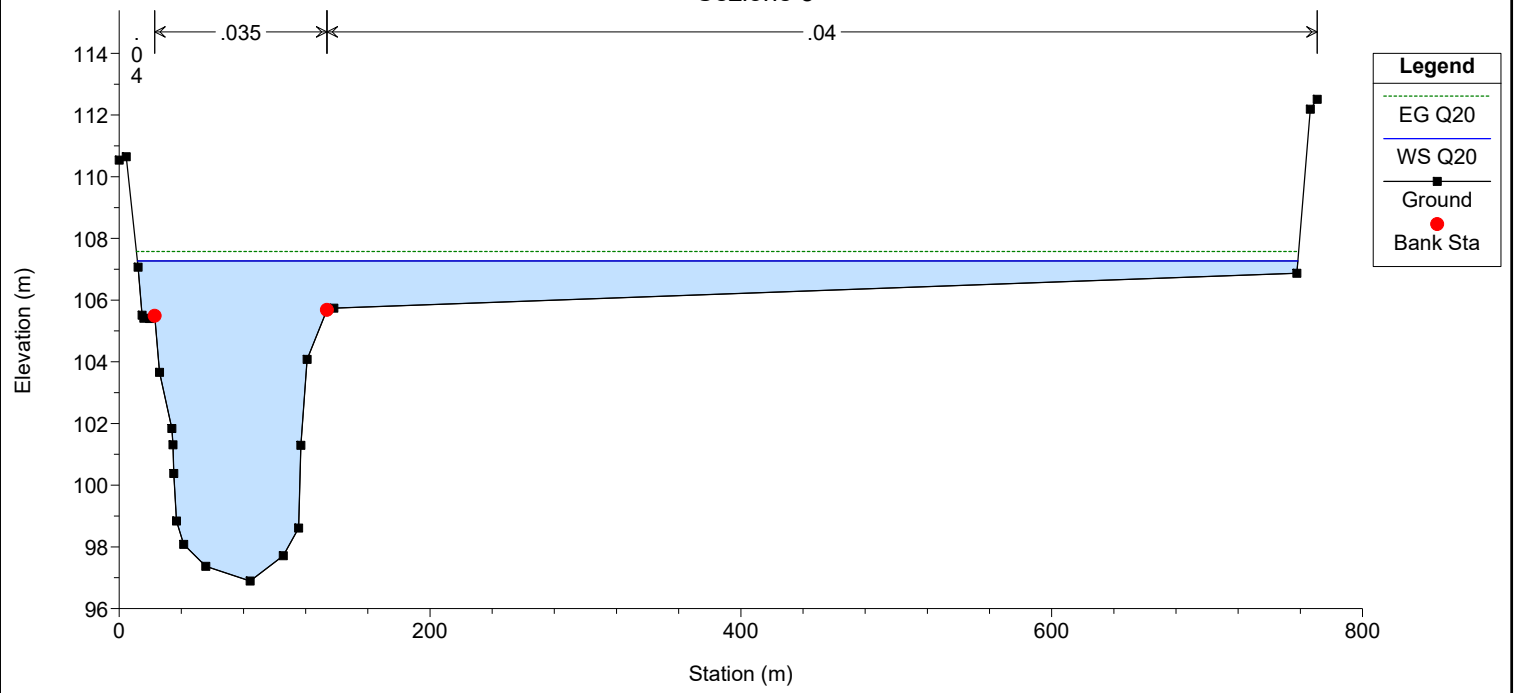
Portata di piena ventennale



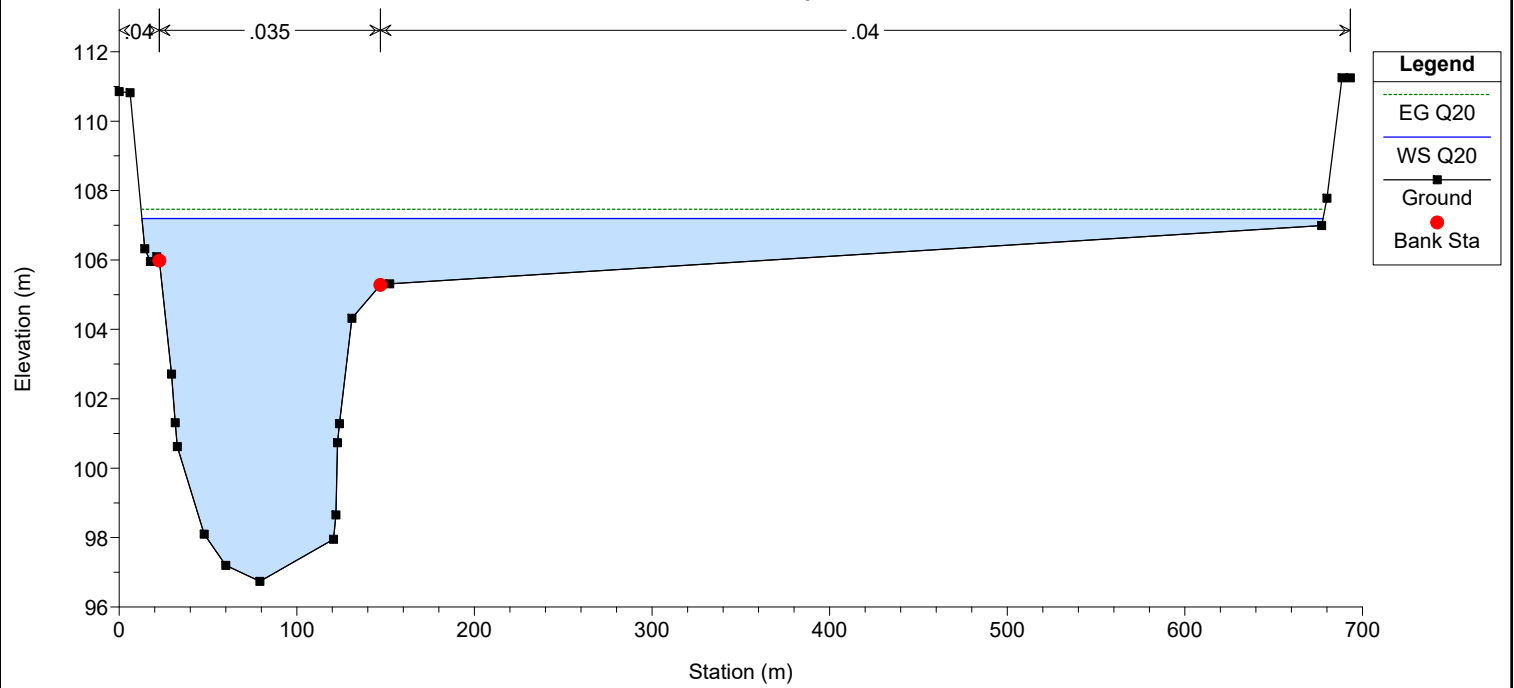




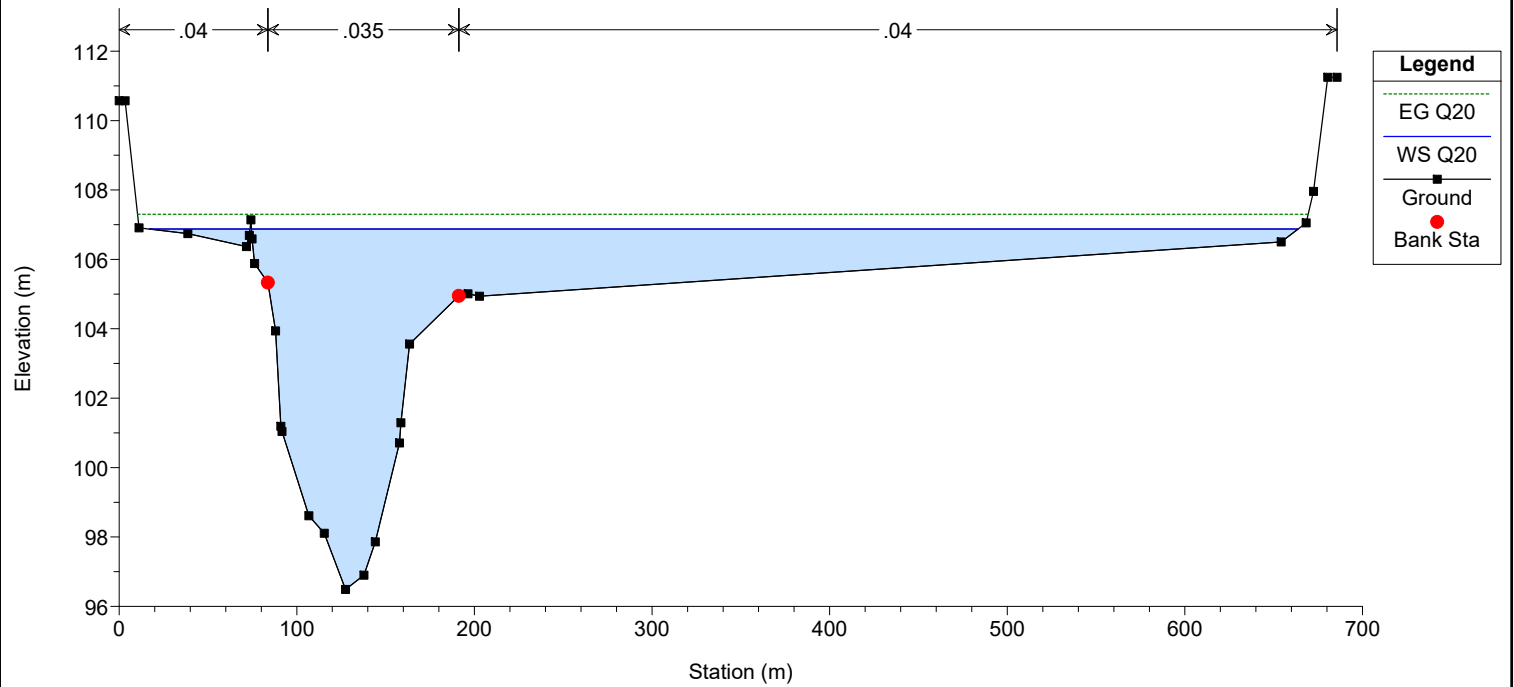
Sezione 5



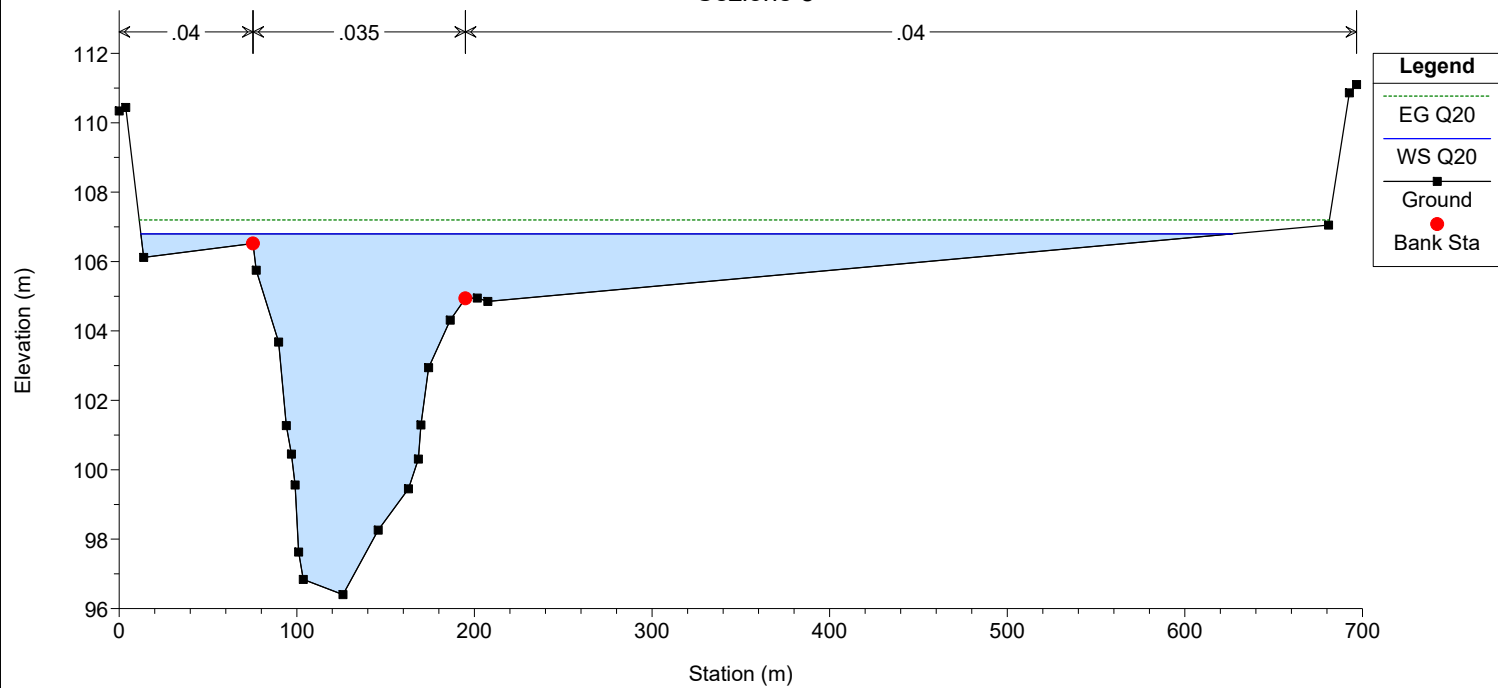
Sezione 6



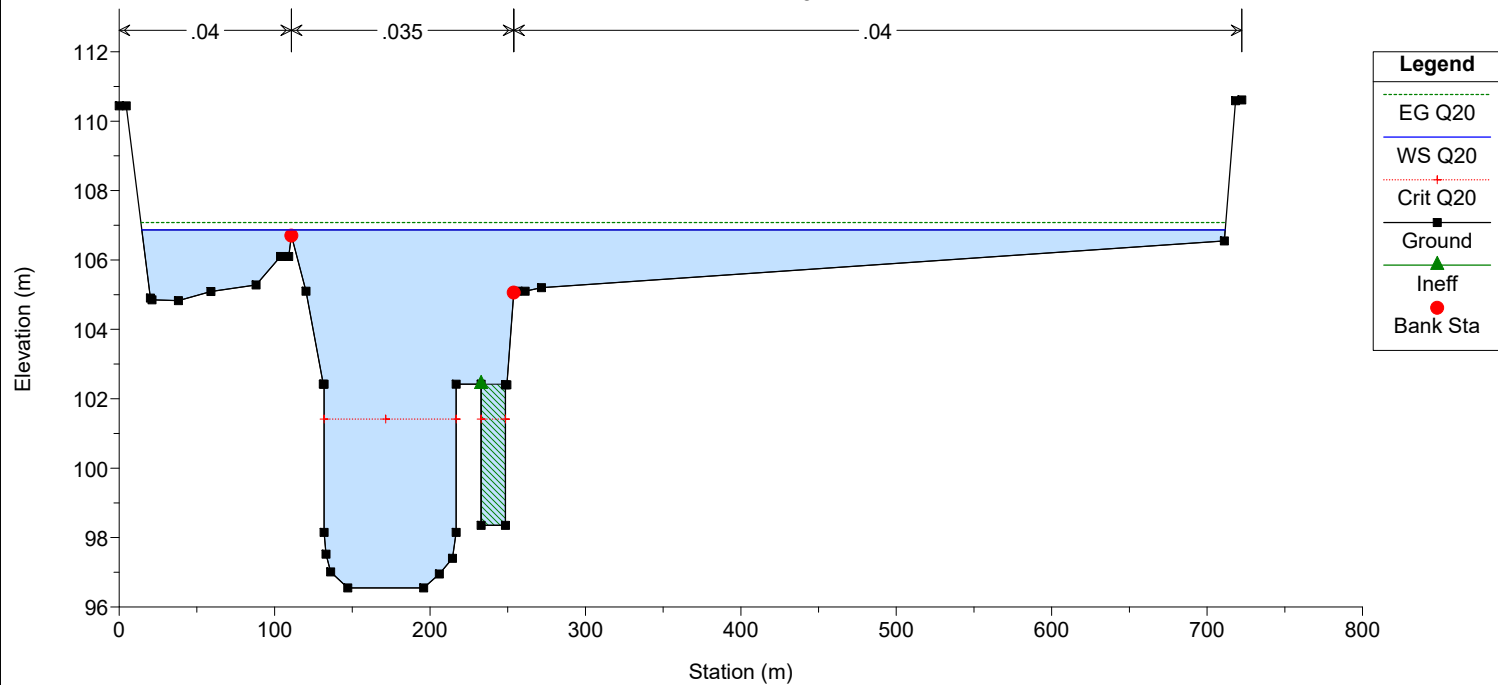
Sezione 7



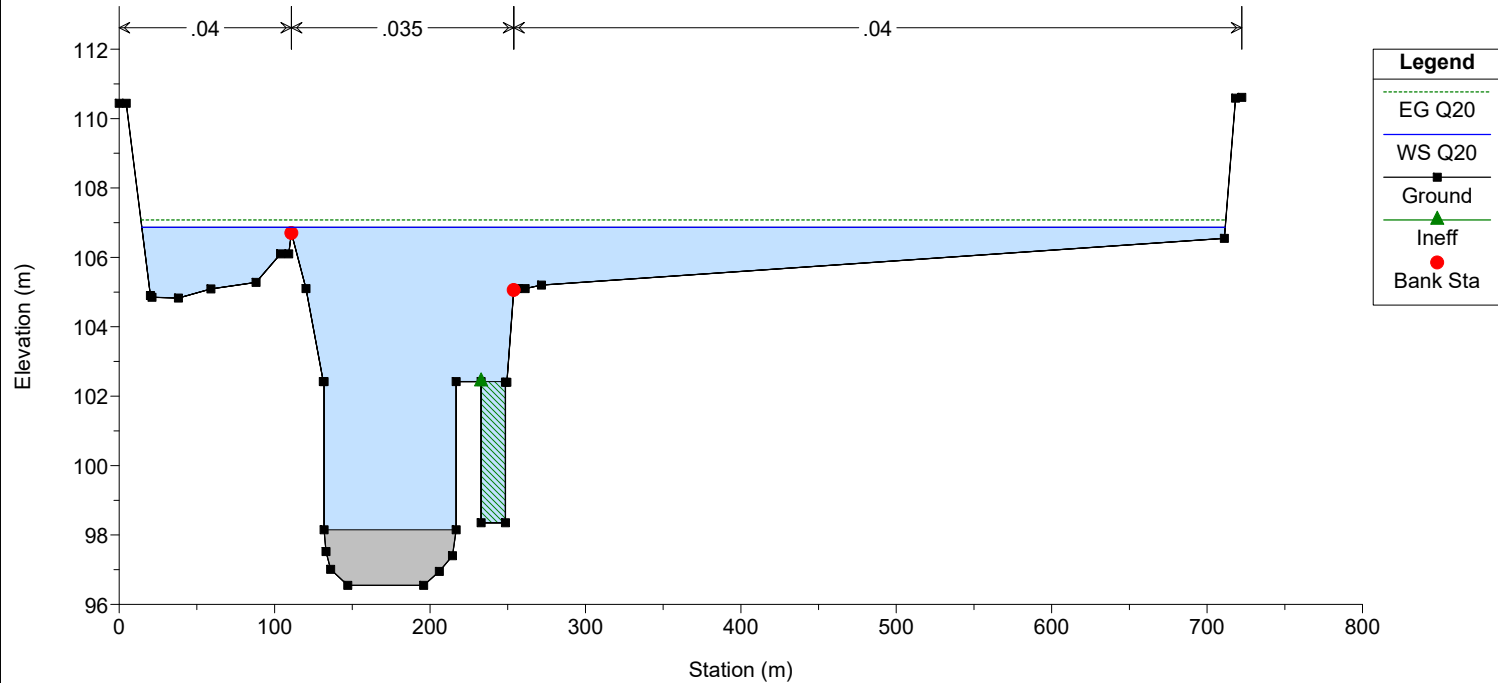
Sezione 8



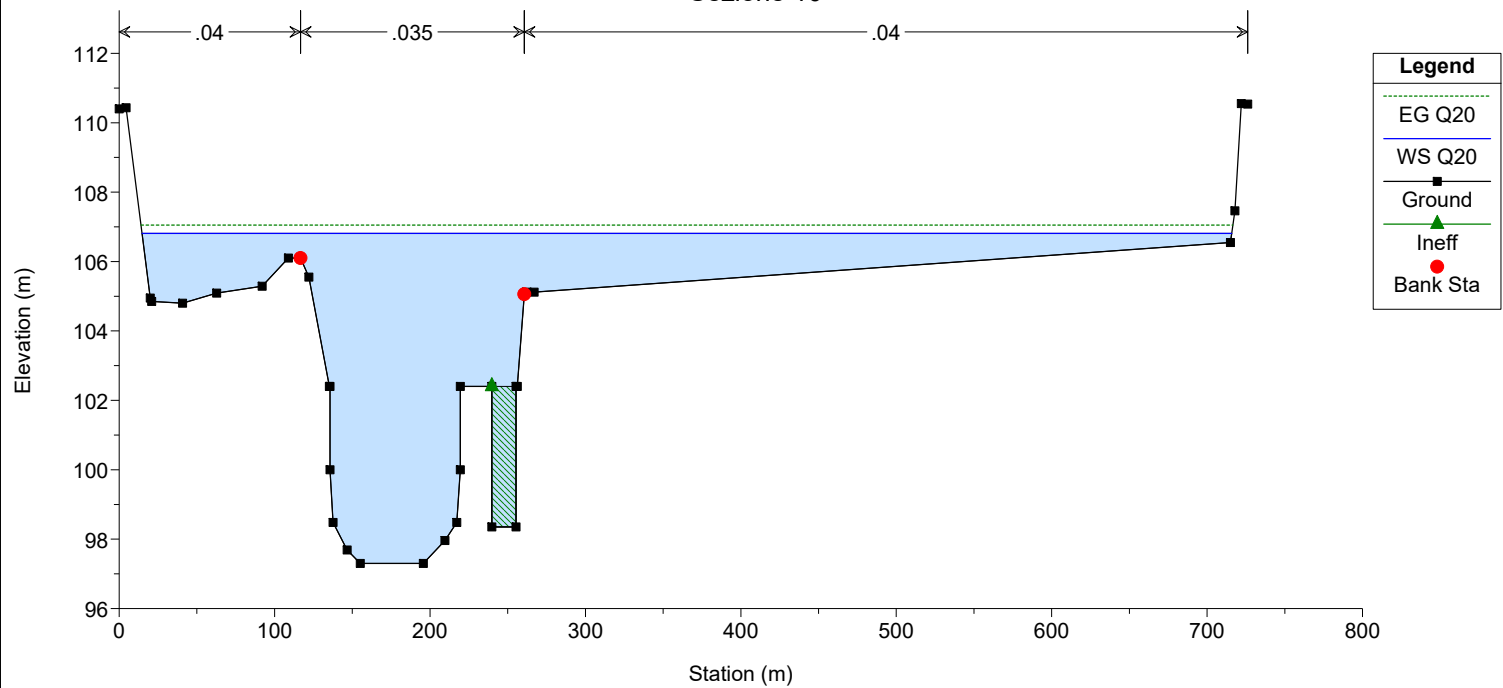
Sezione 9



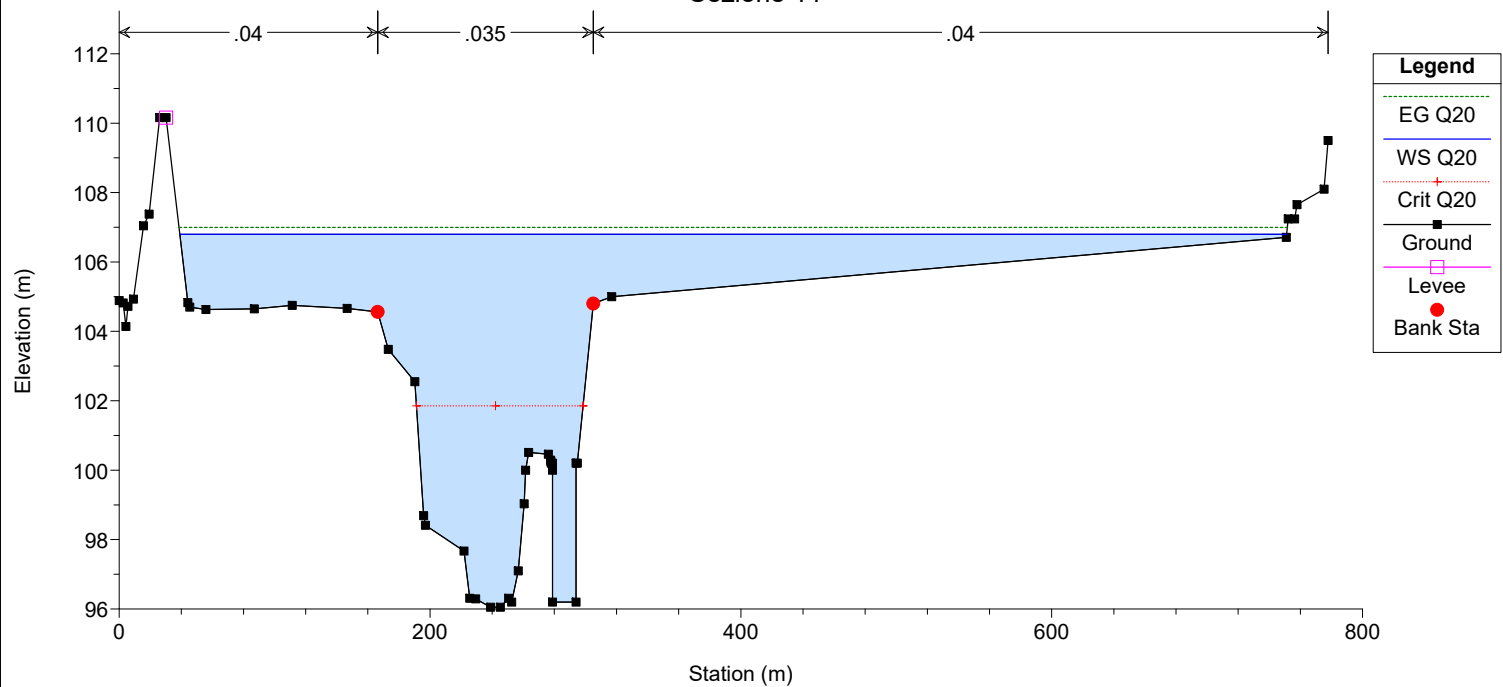
Traversa



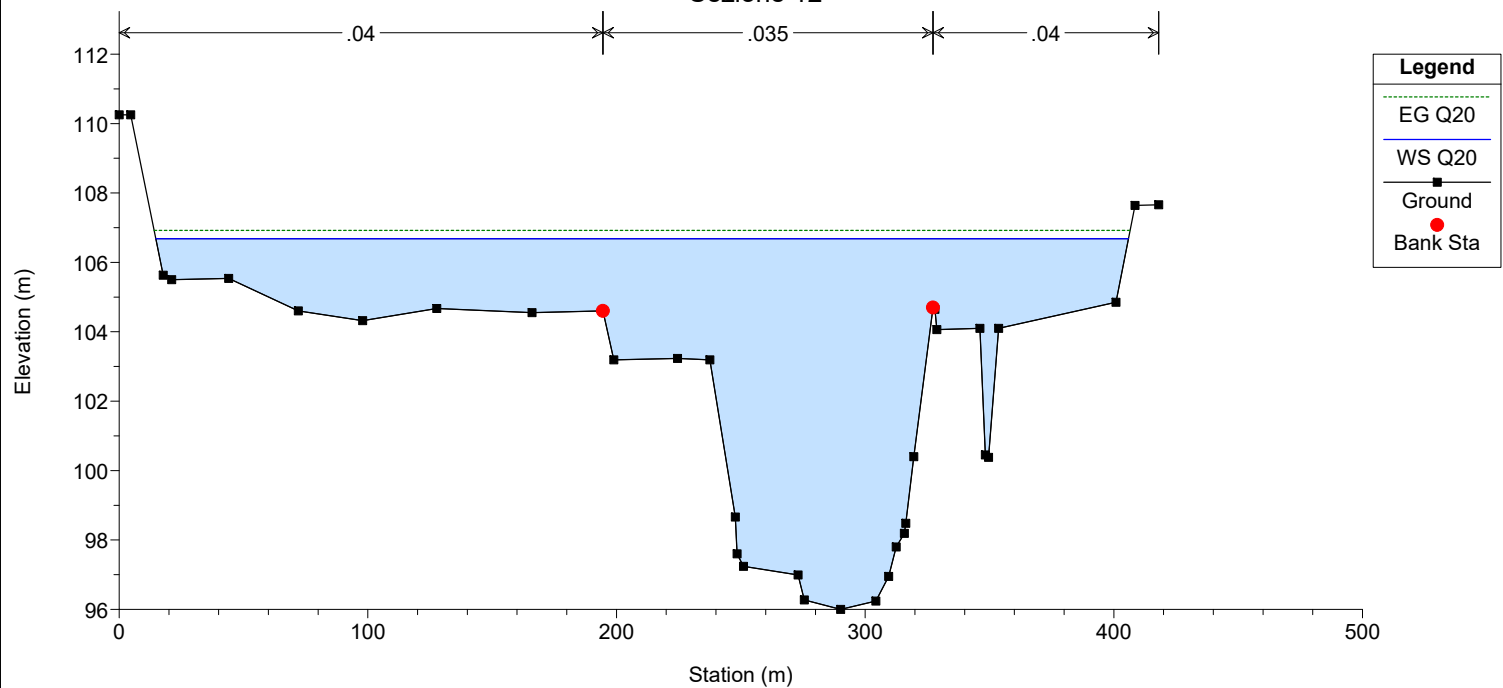
Sezione 10



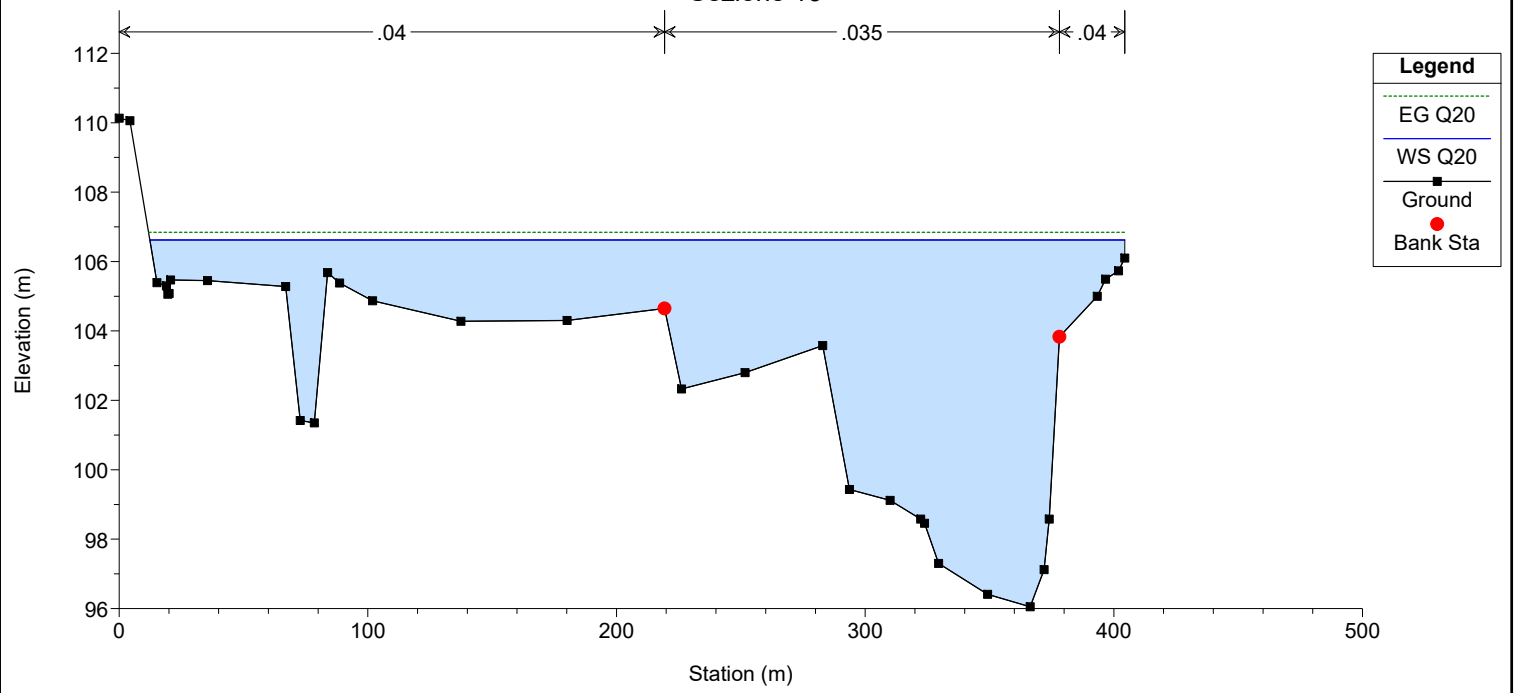
Sezione 11



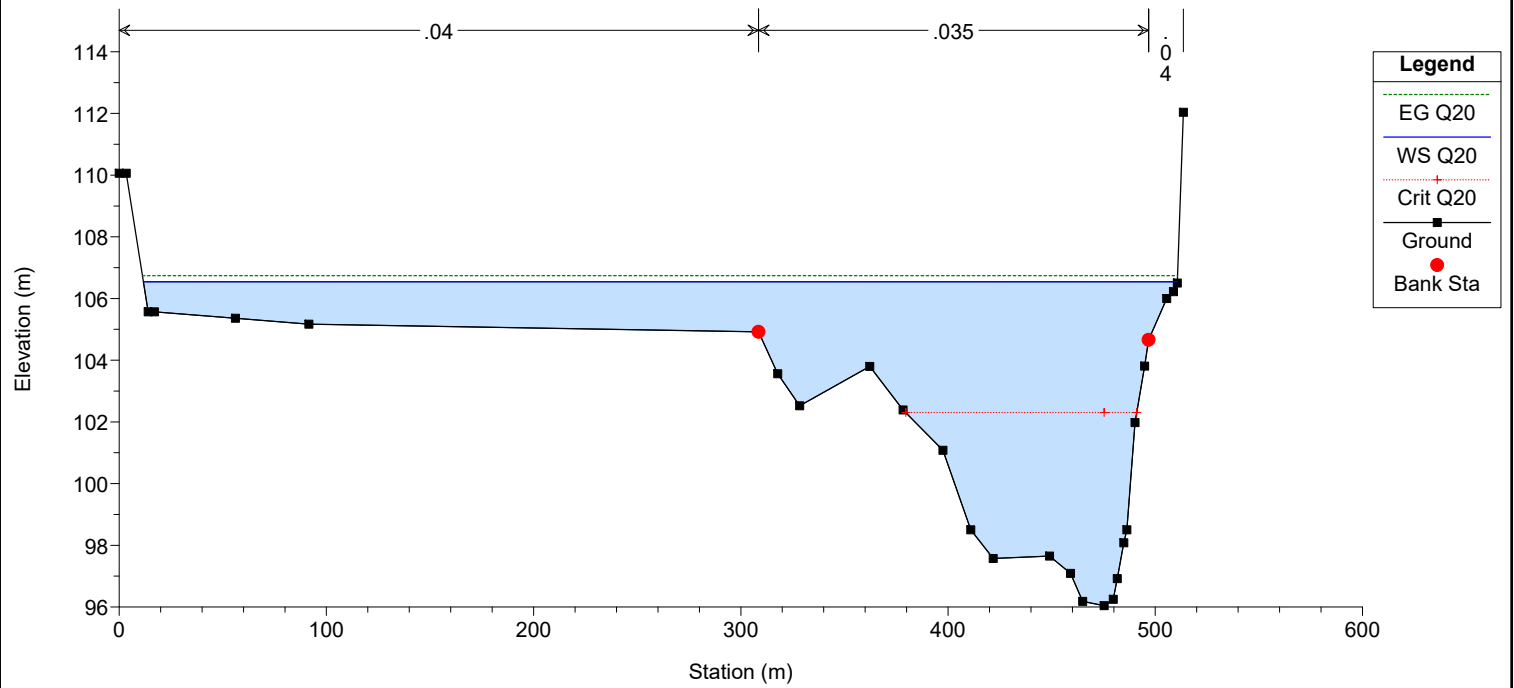
Sezione 12



Sezione 13

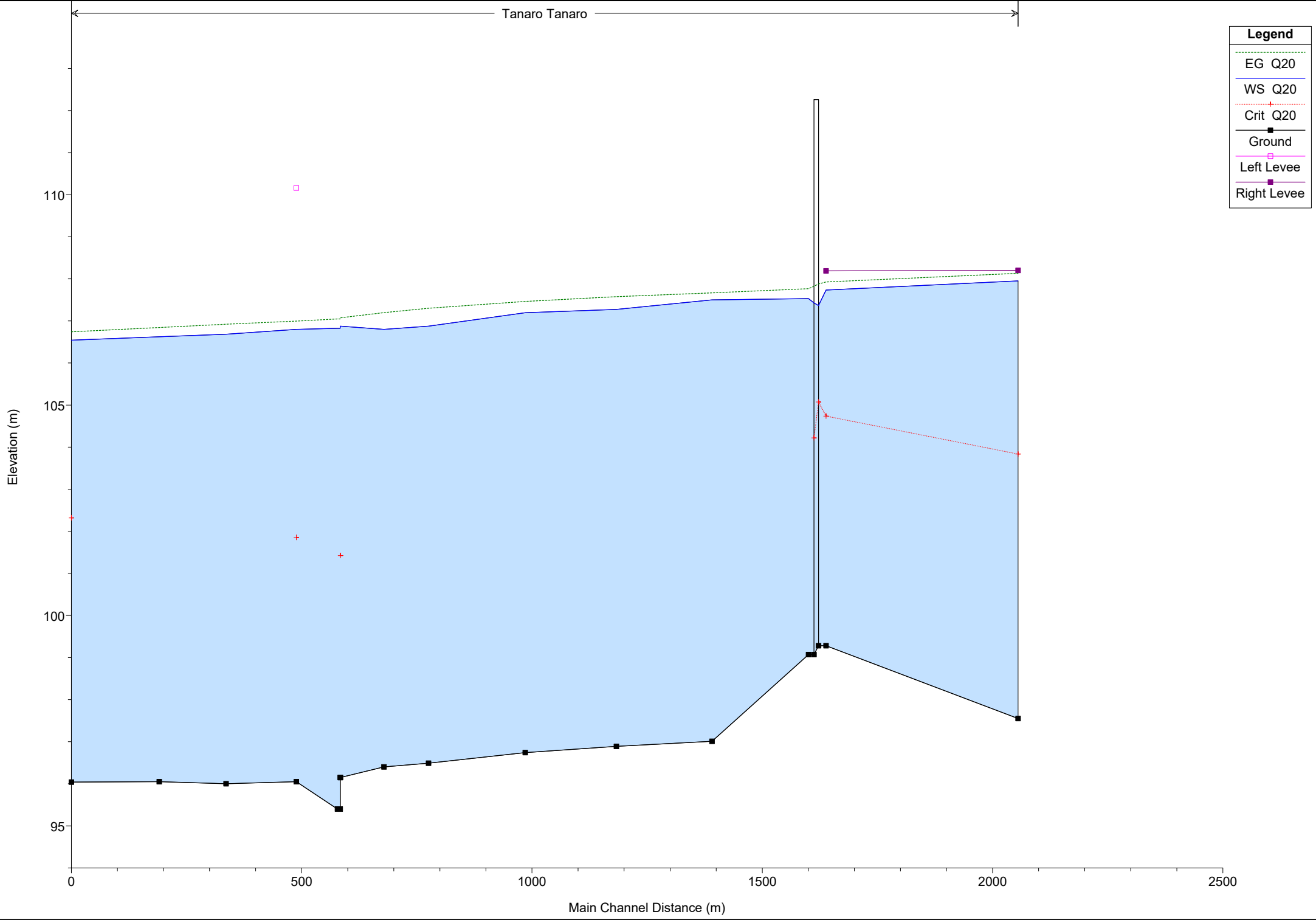


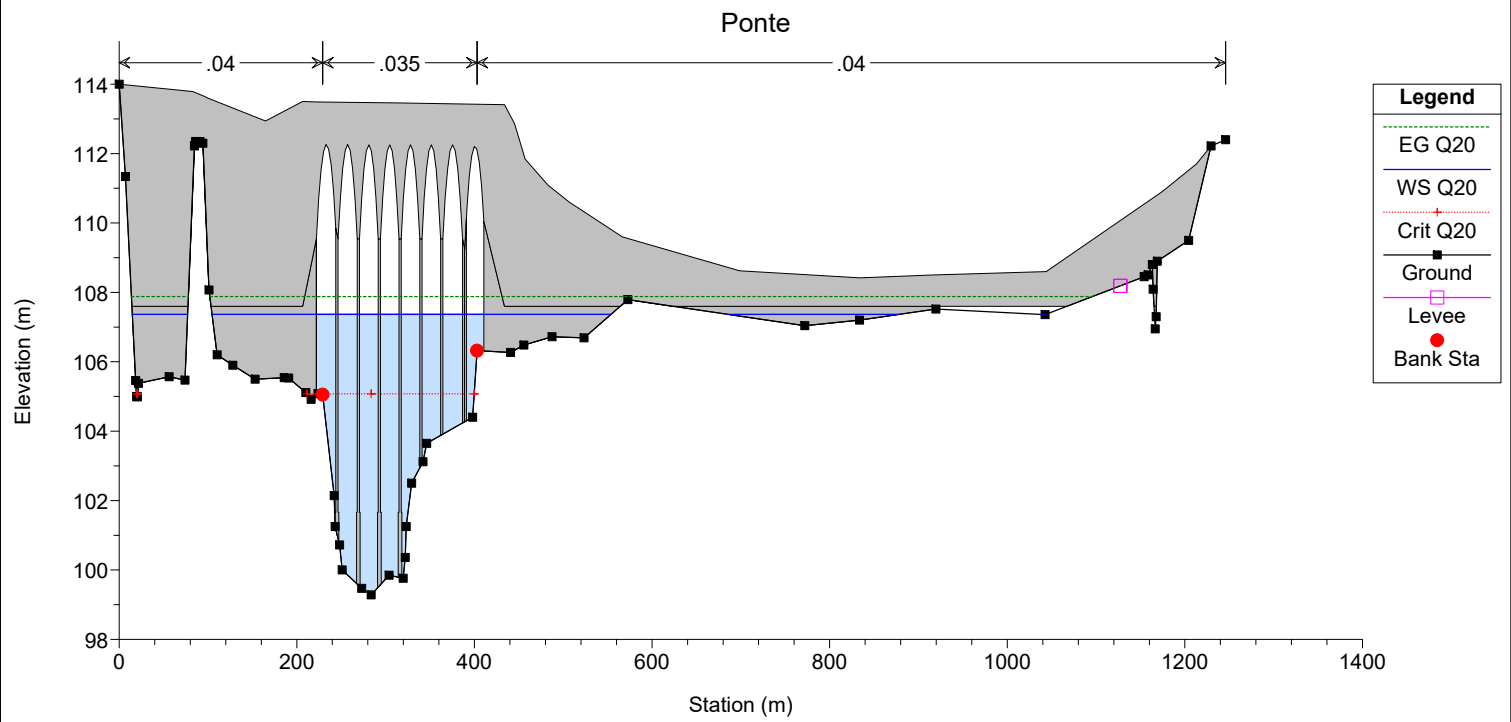
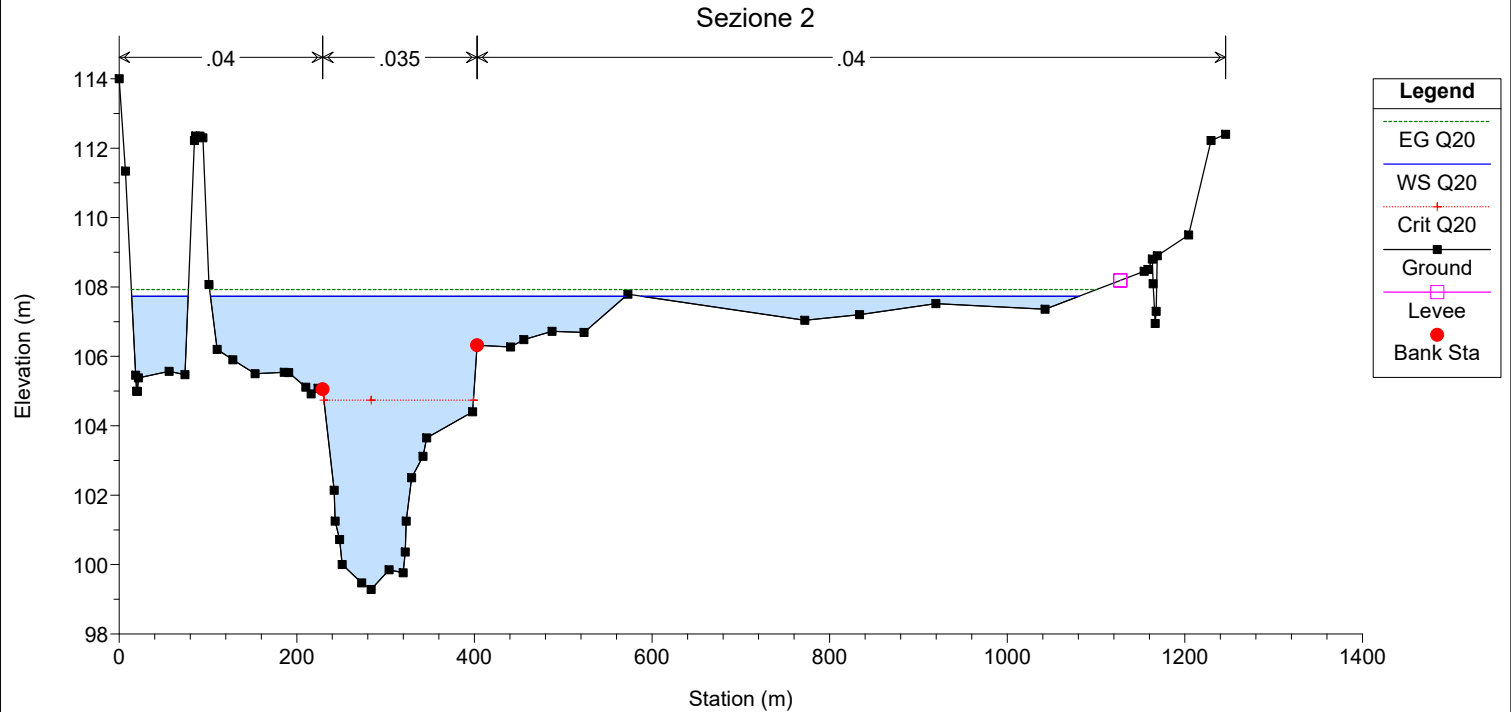
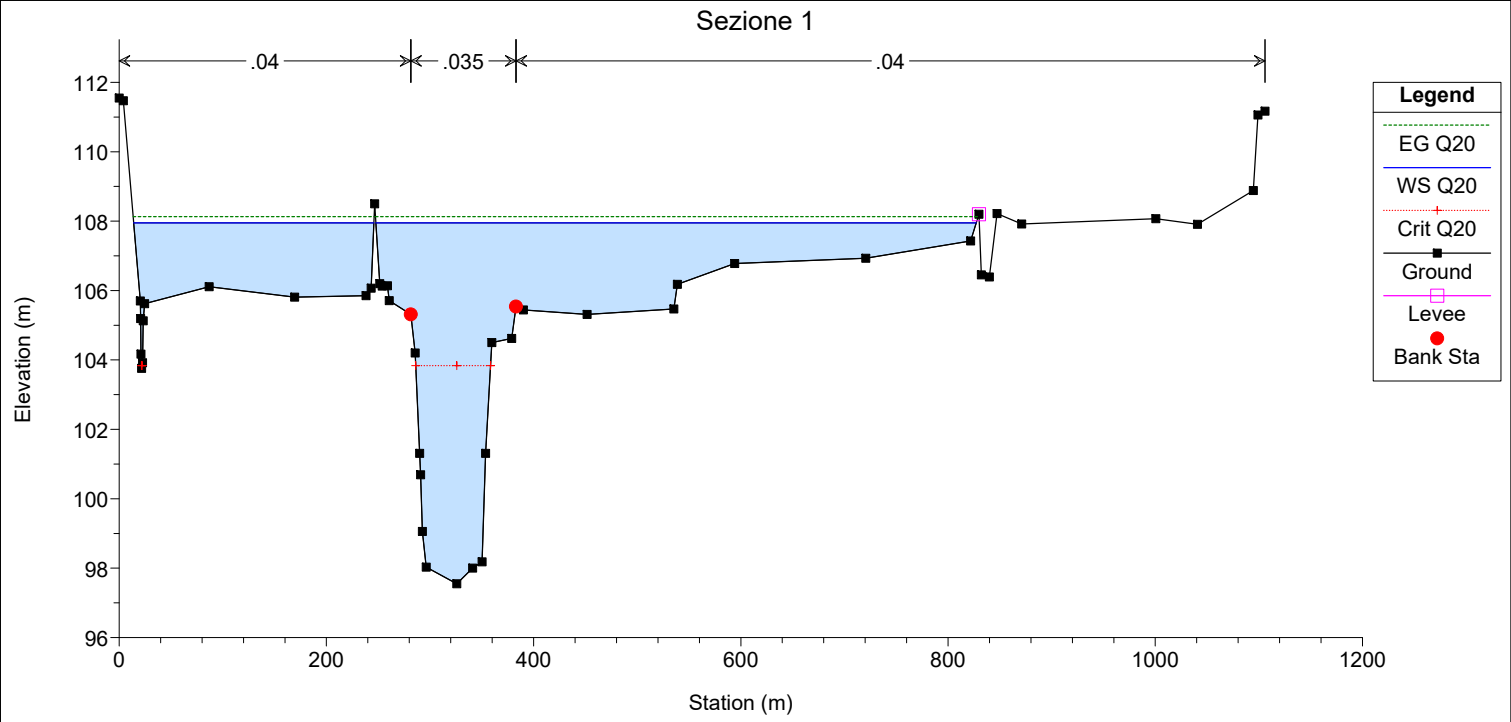
Sezione 14

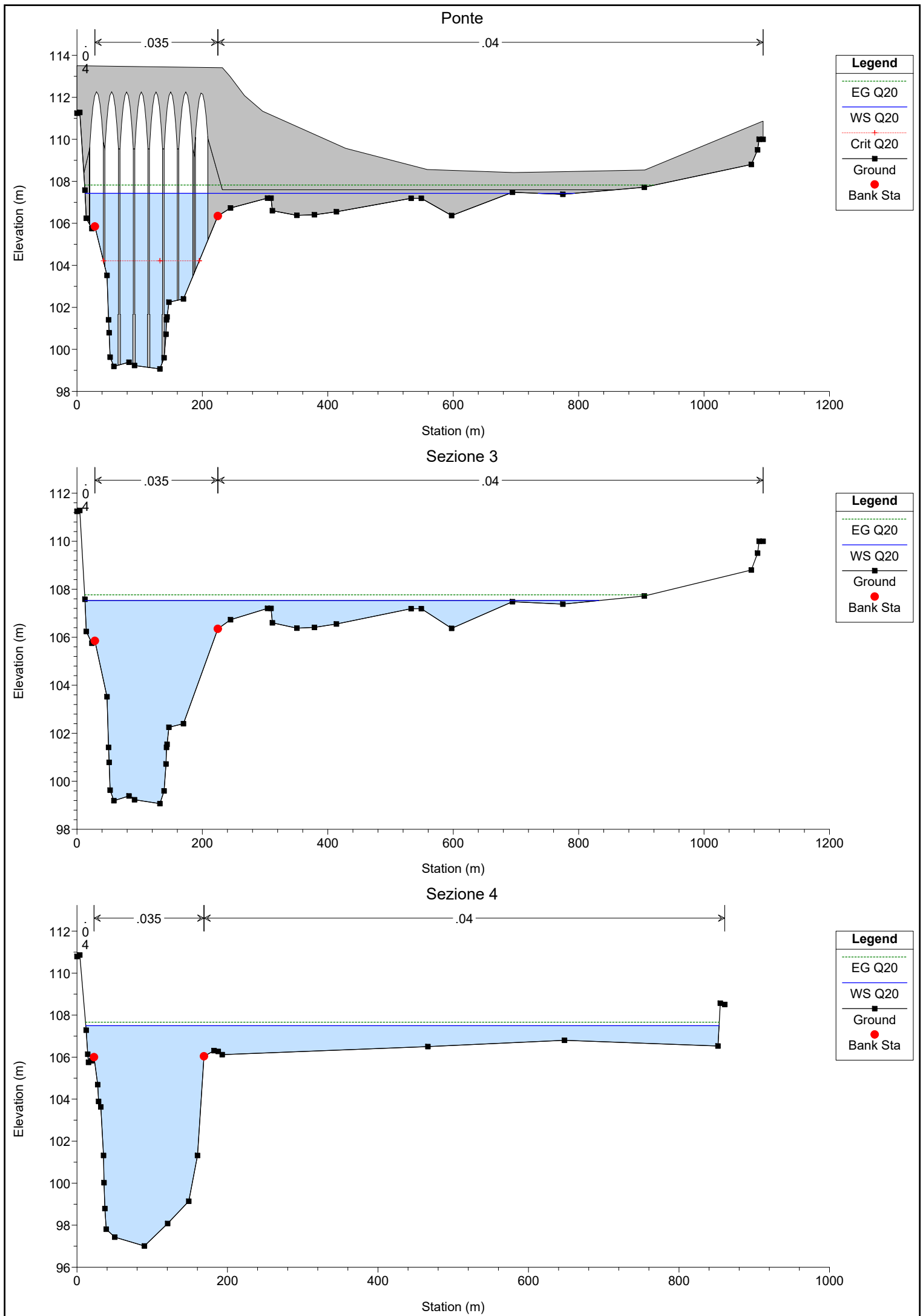


Situazione di progetto

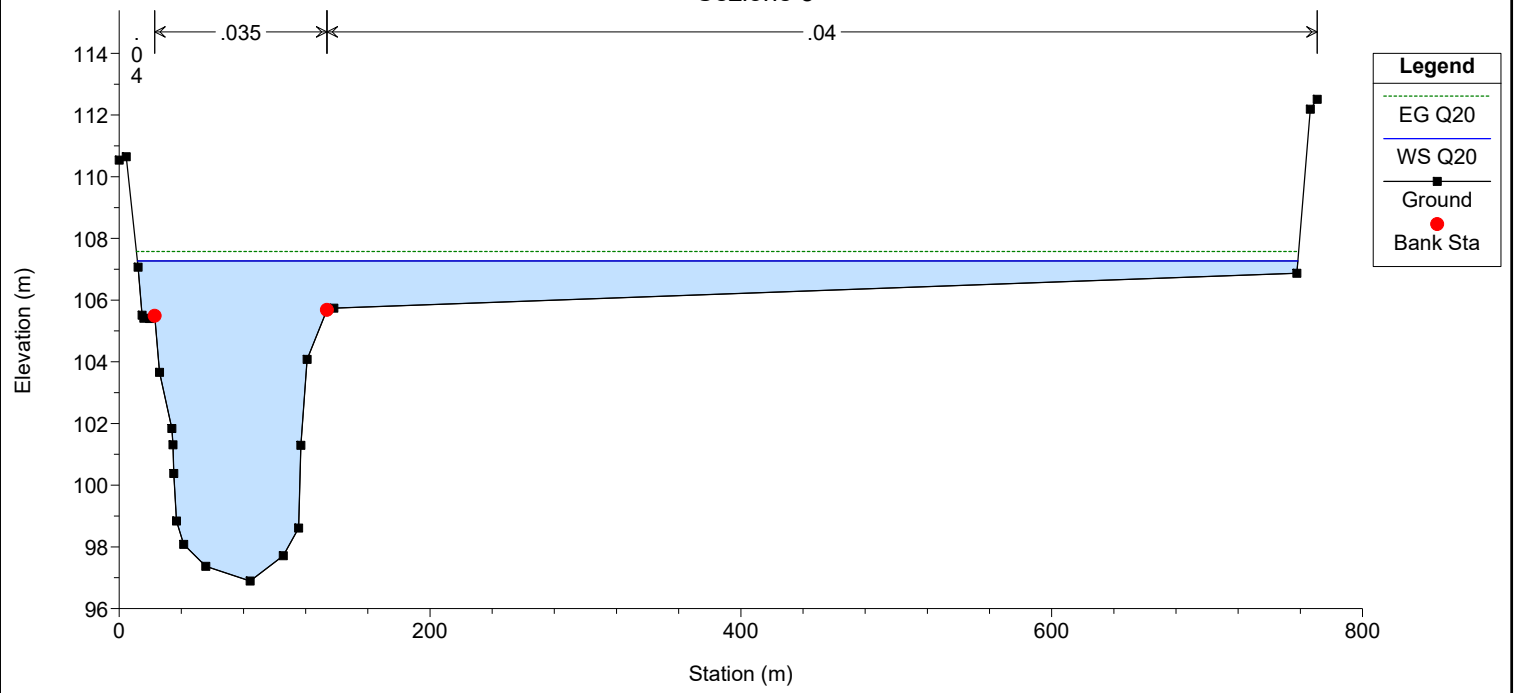
Portata di piena ventennale



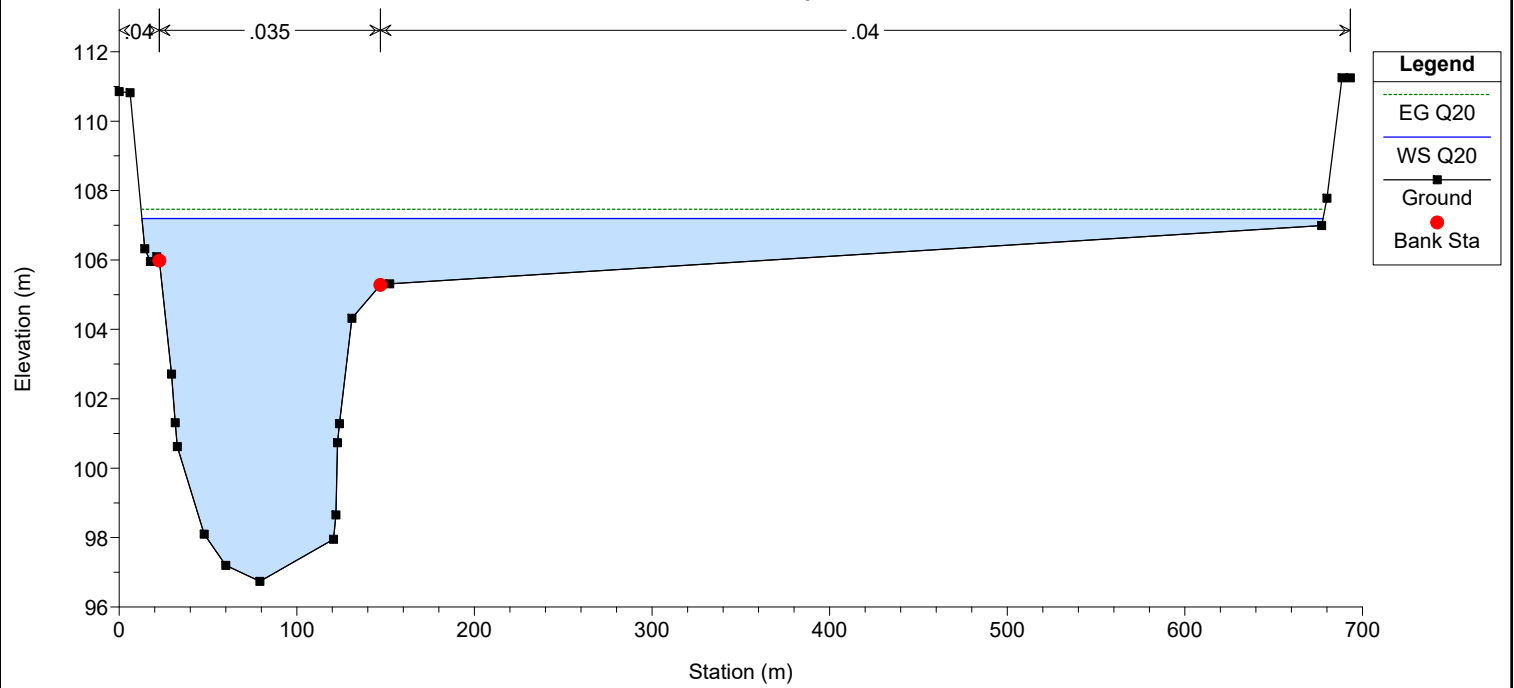




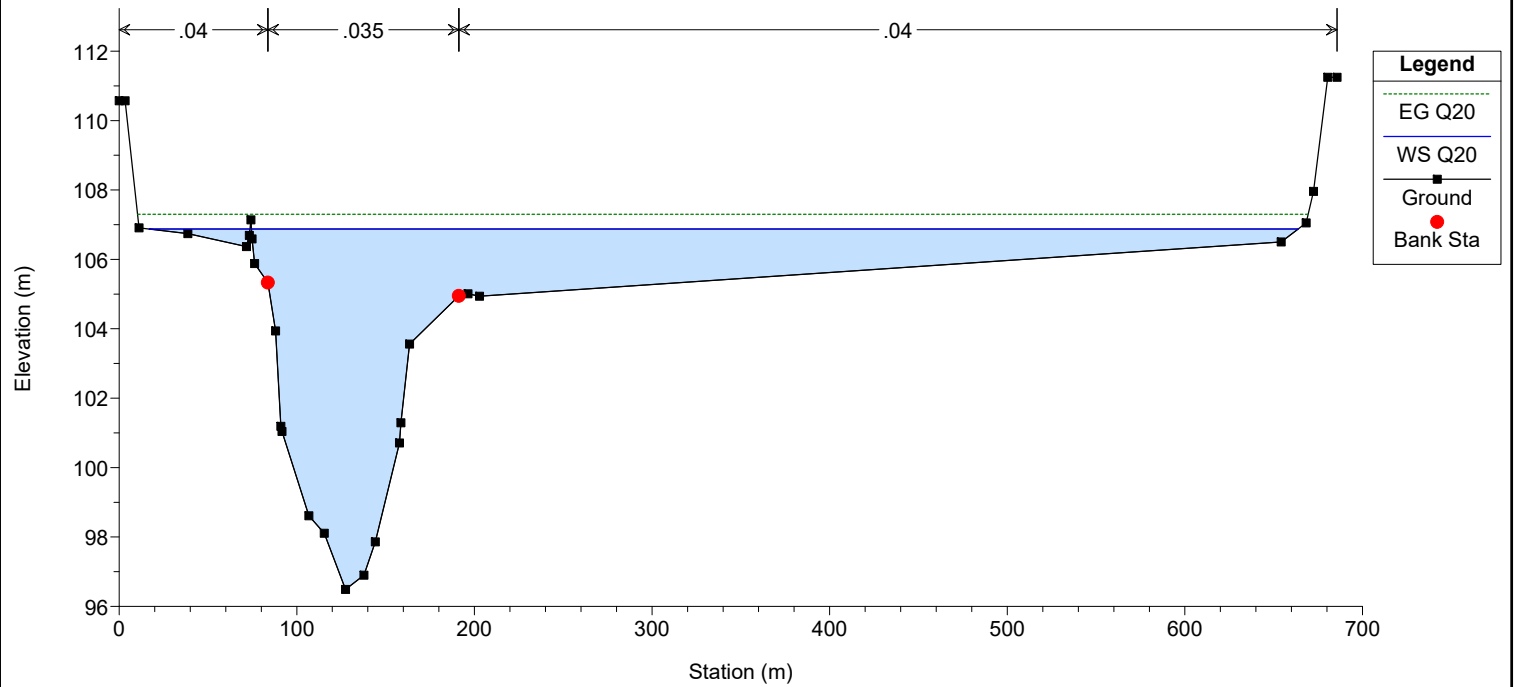
Sezione 5



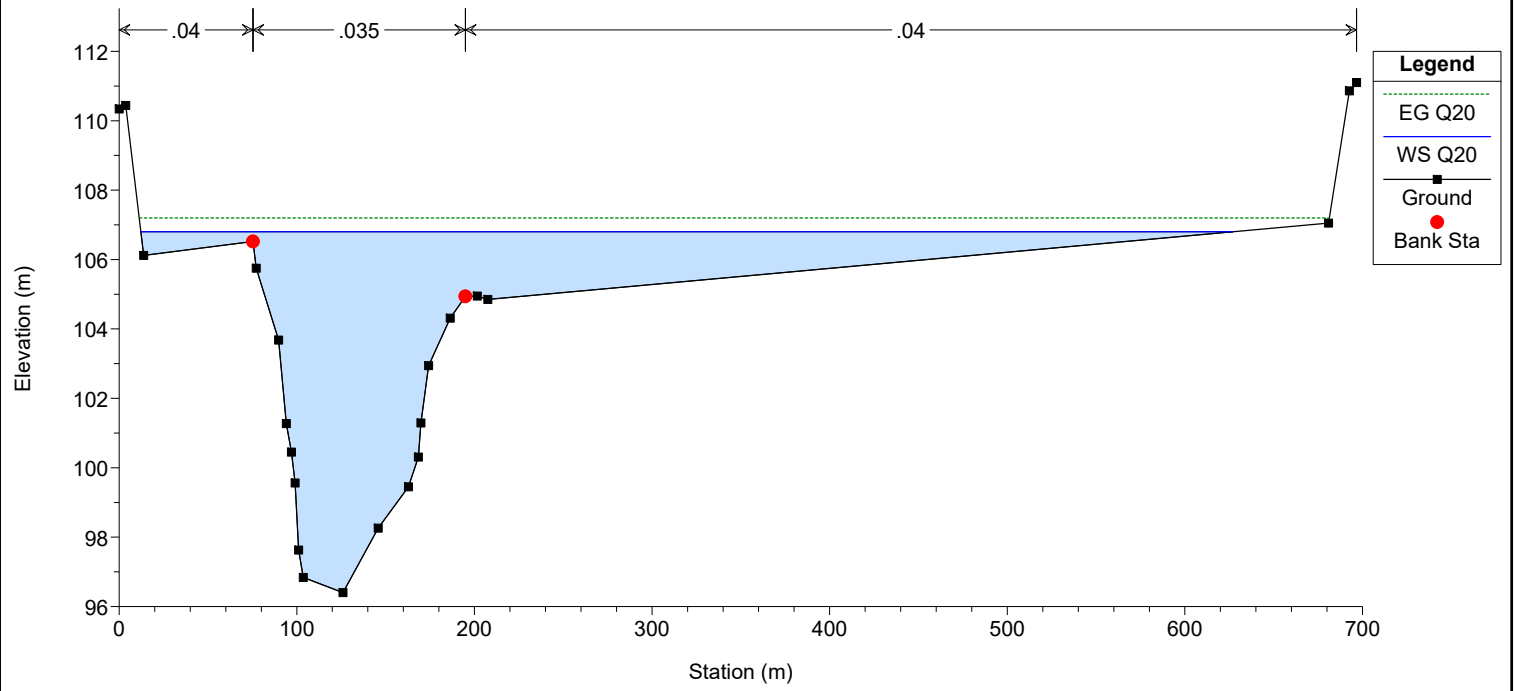
Sezione 6



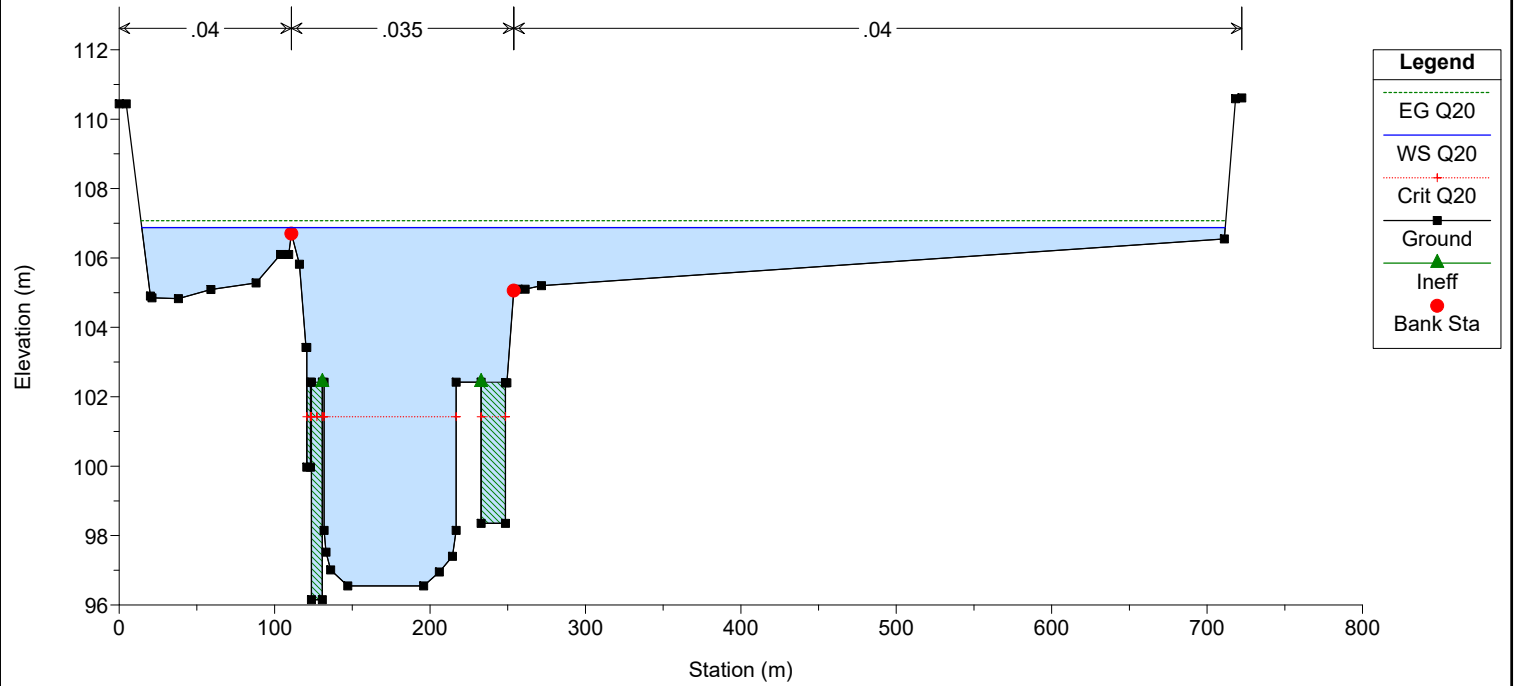
Sezione 7



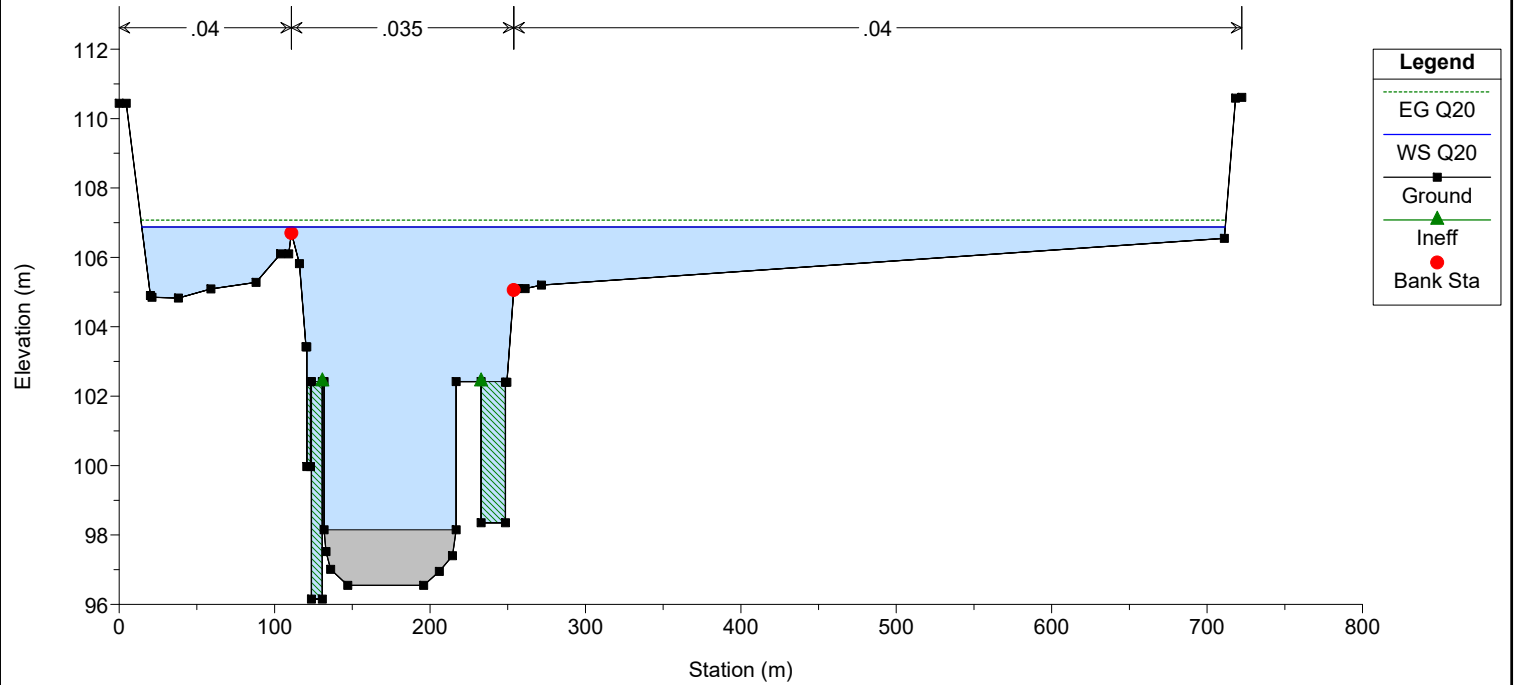
Sezione 8



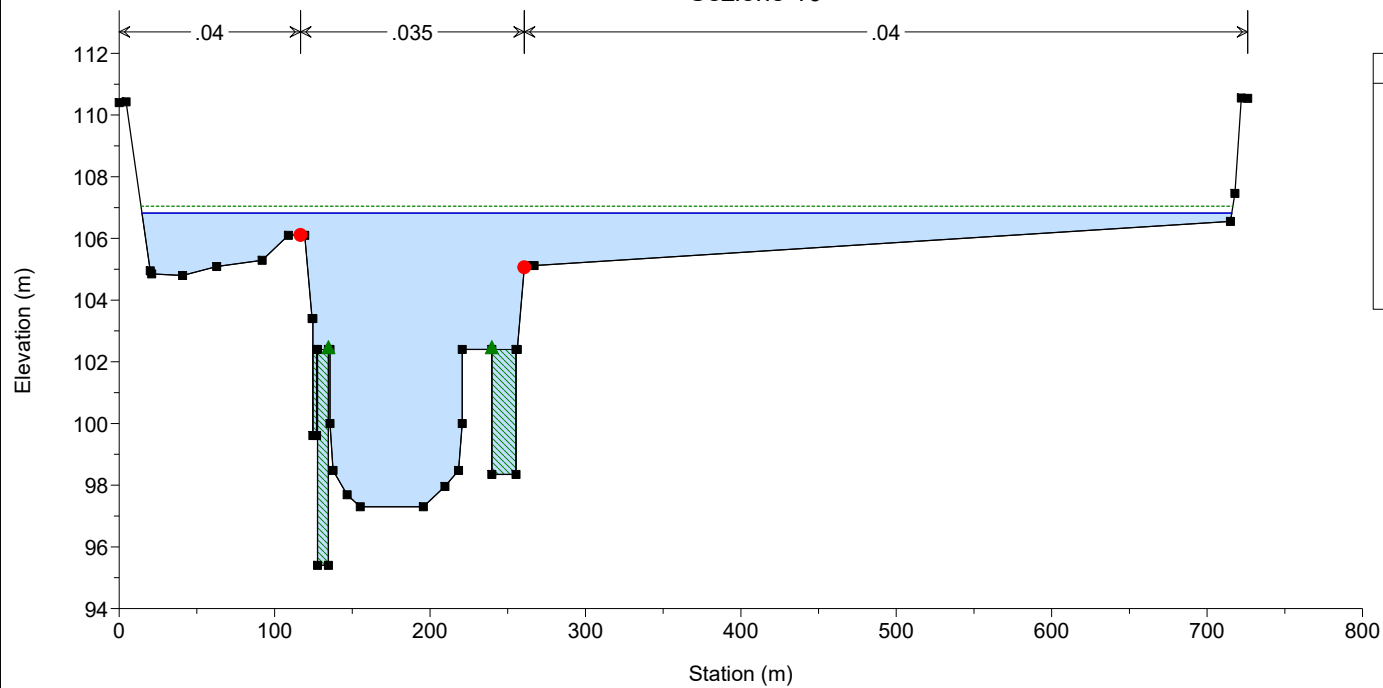
Sezione 9



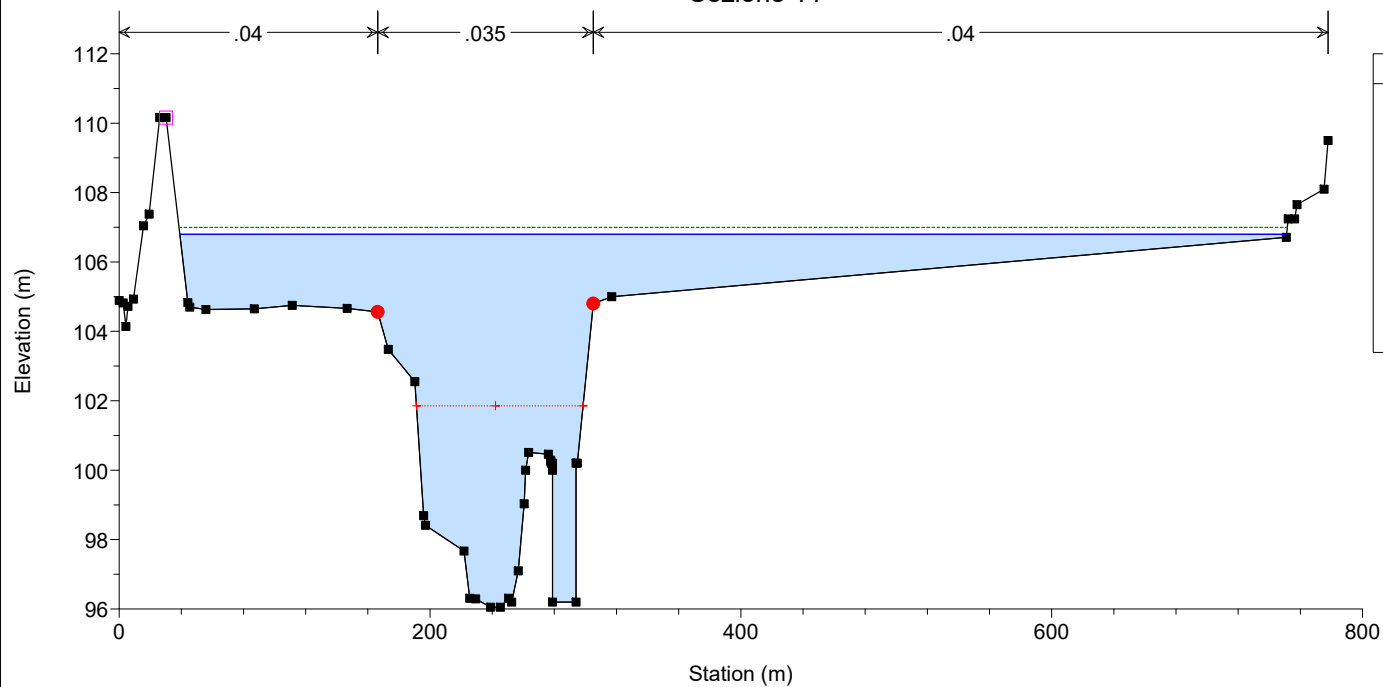
Traversa



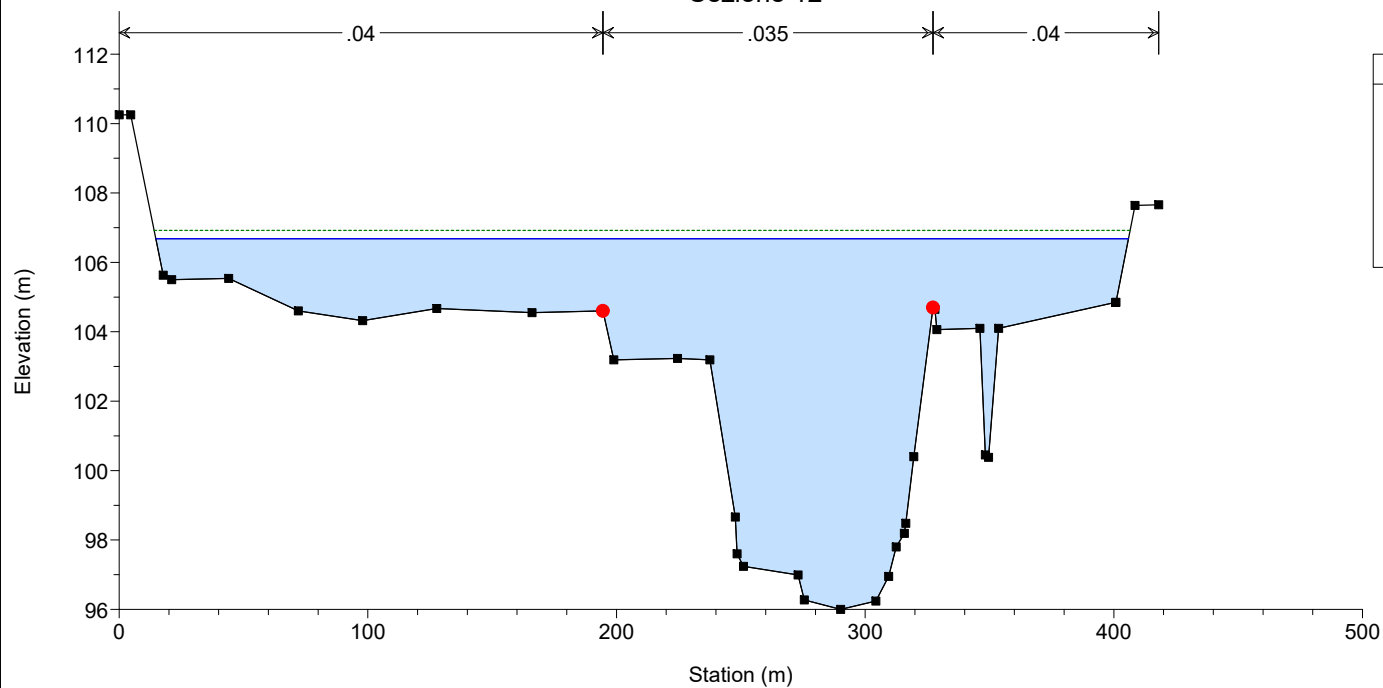
Sezione 10



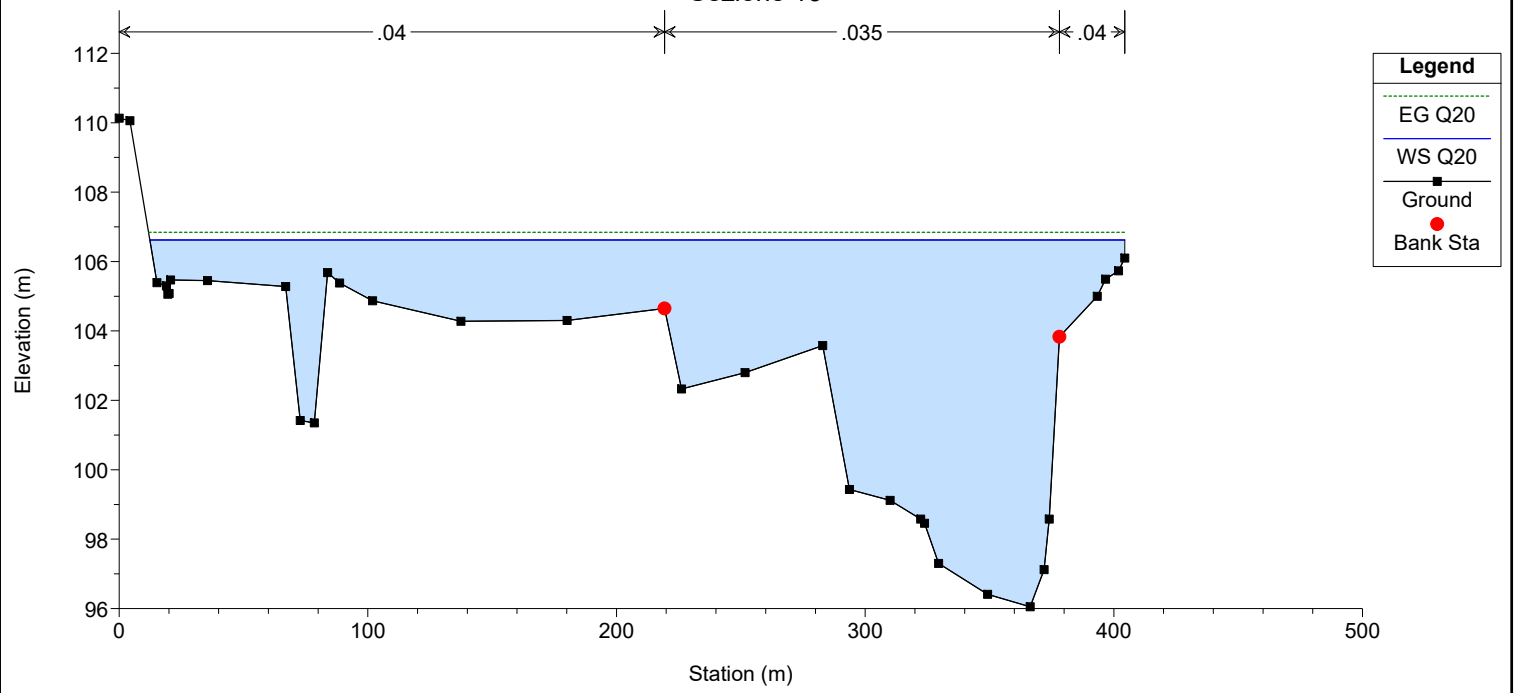
Sezione 11



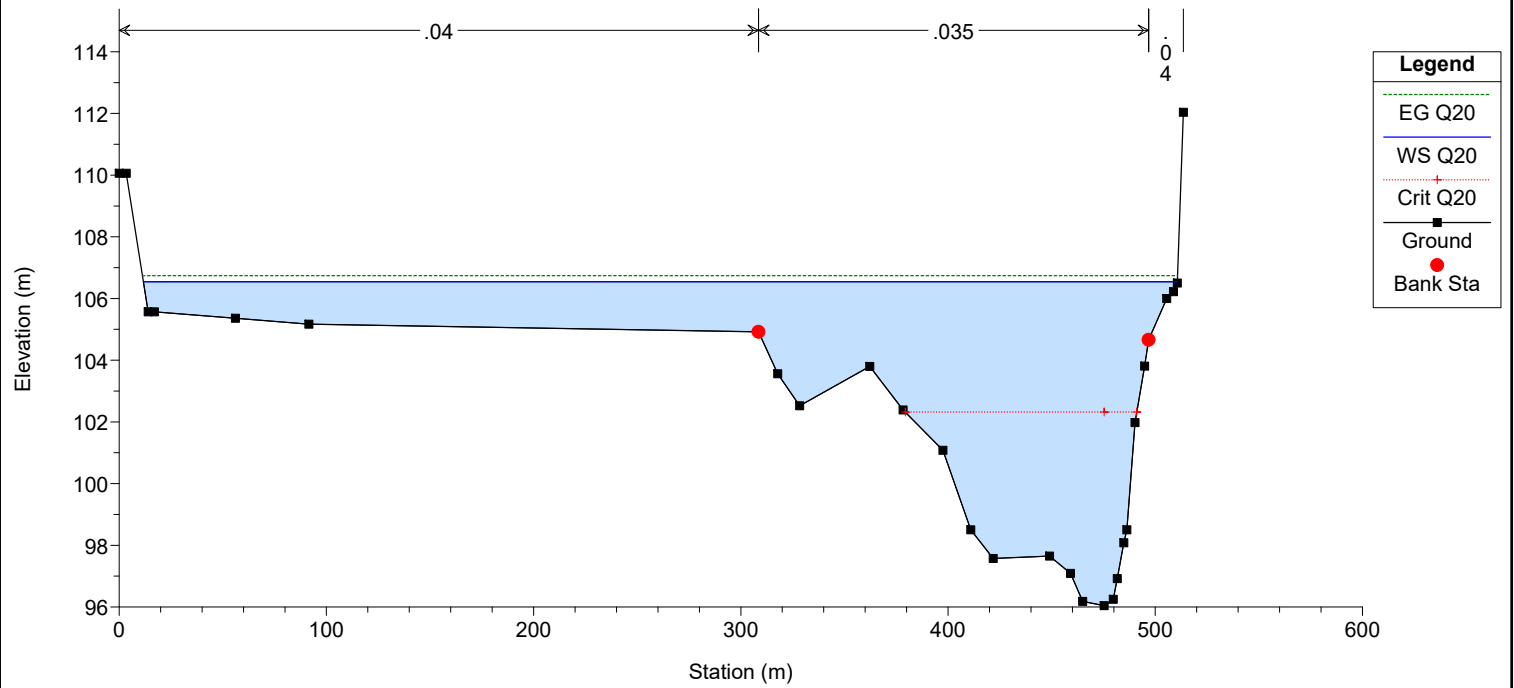
Sezione 12



Sezione 13

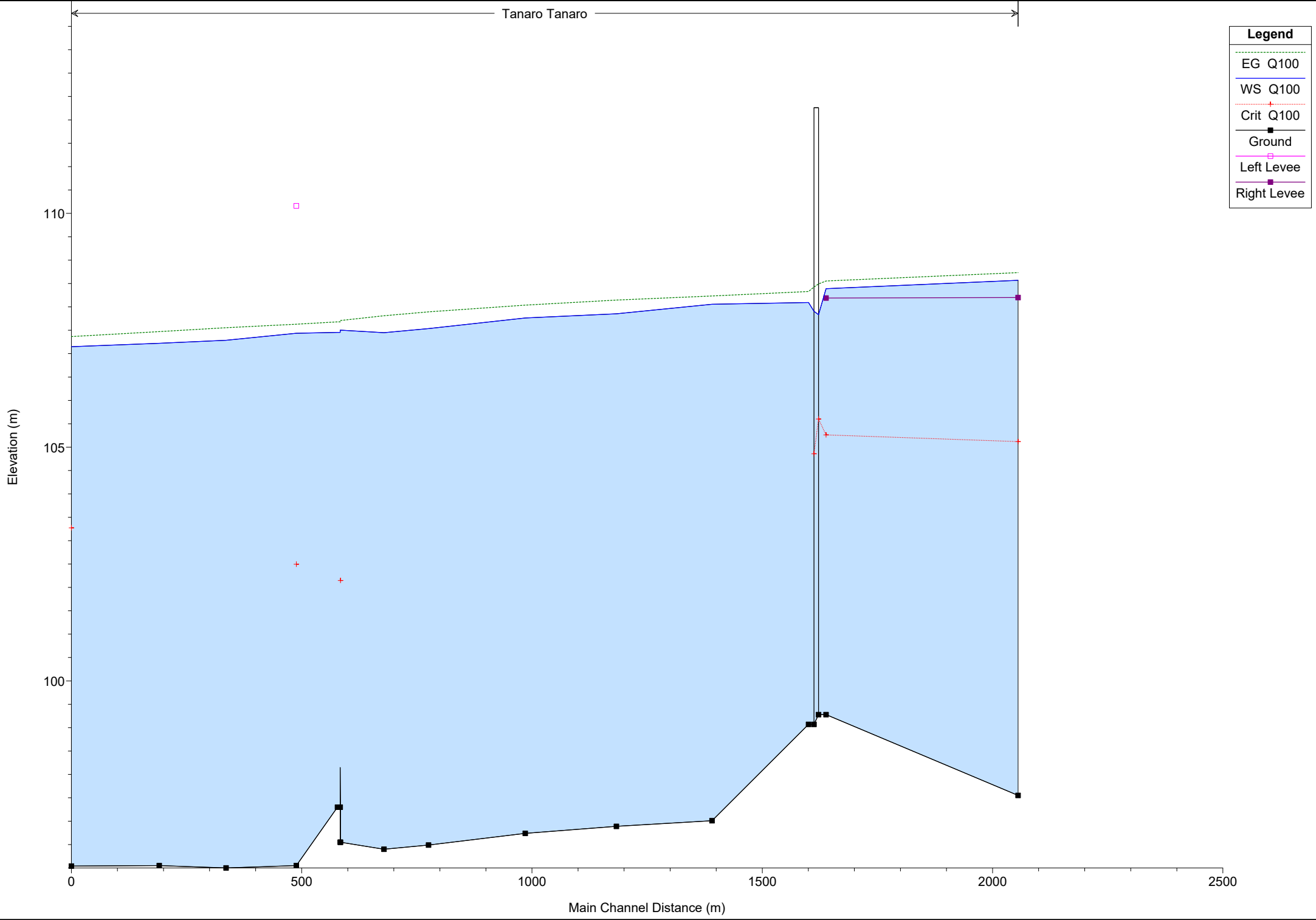


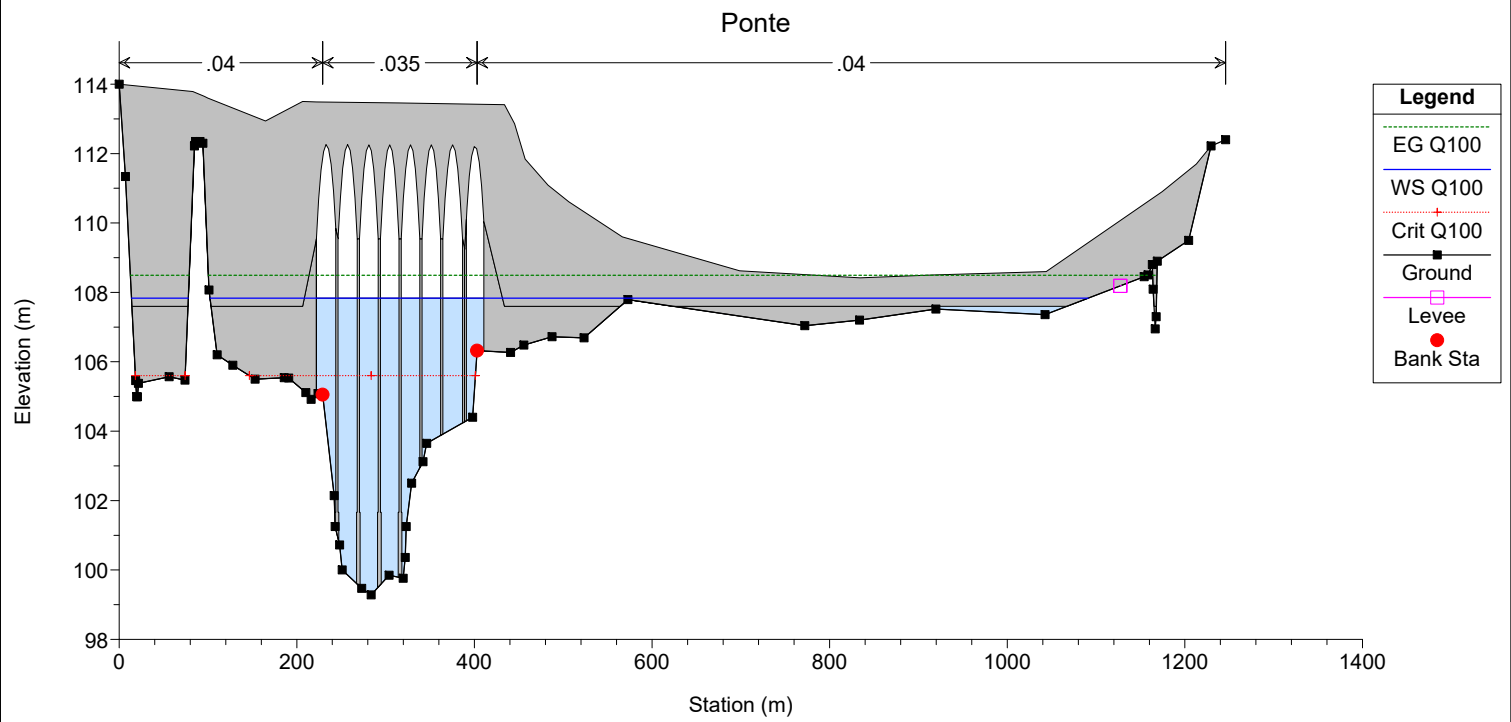
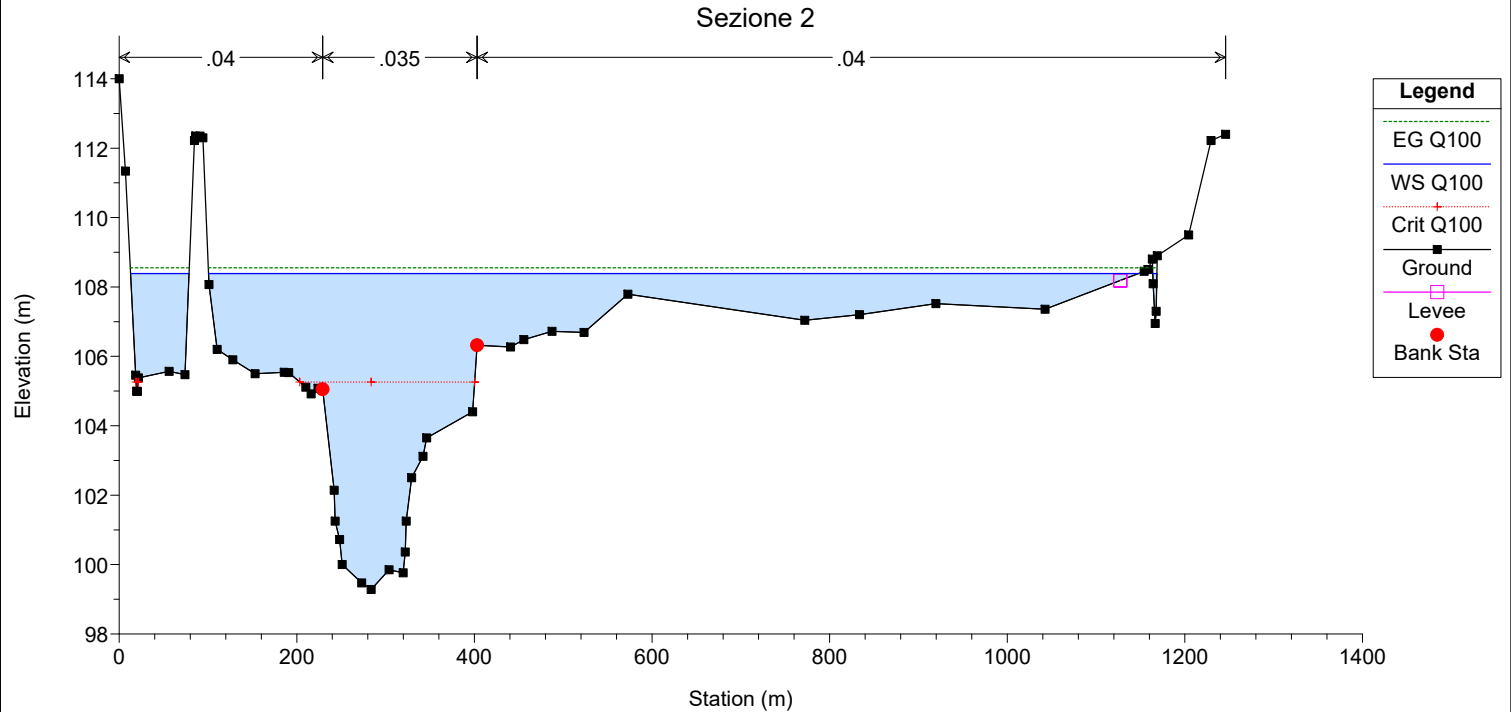
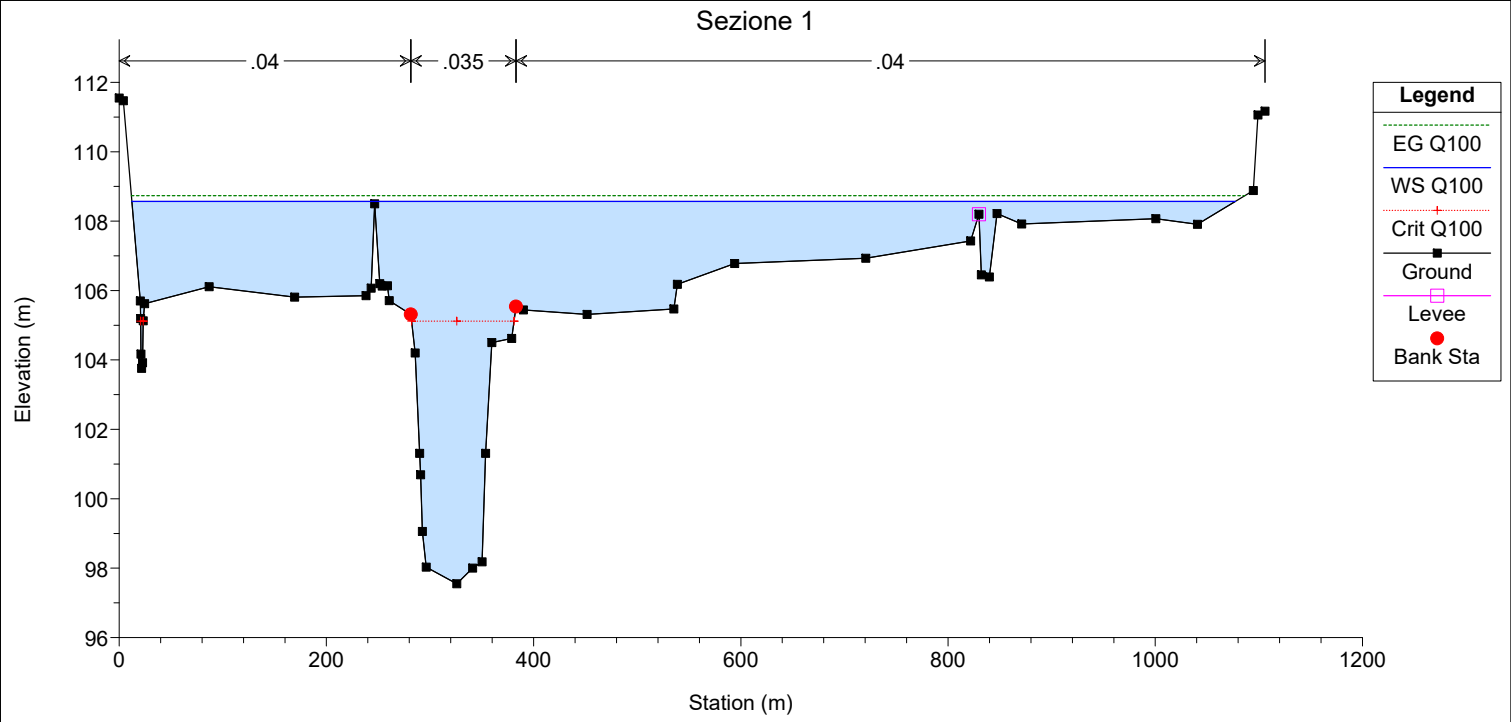
Sezione 14

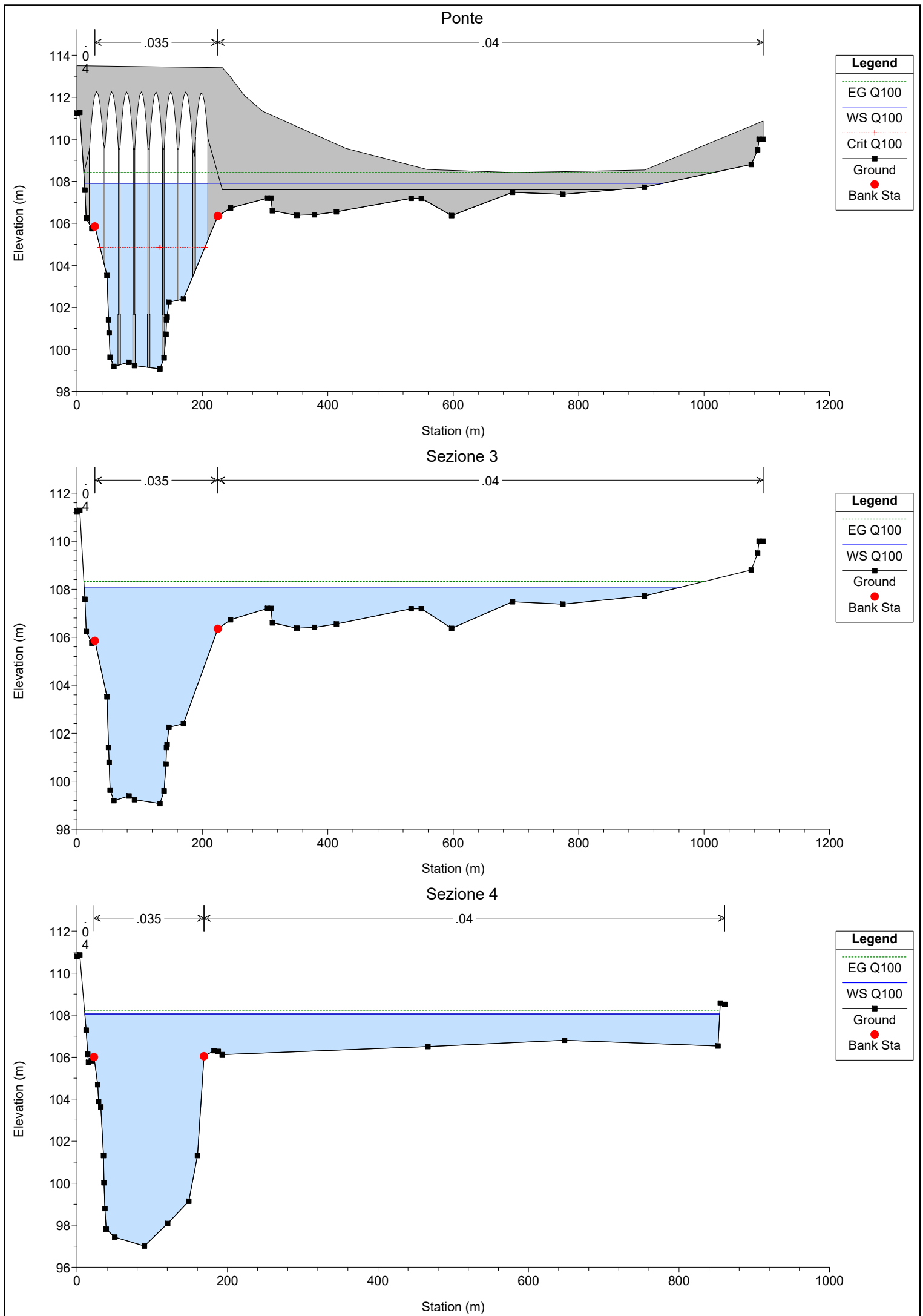


Situazione esistente

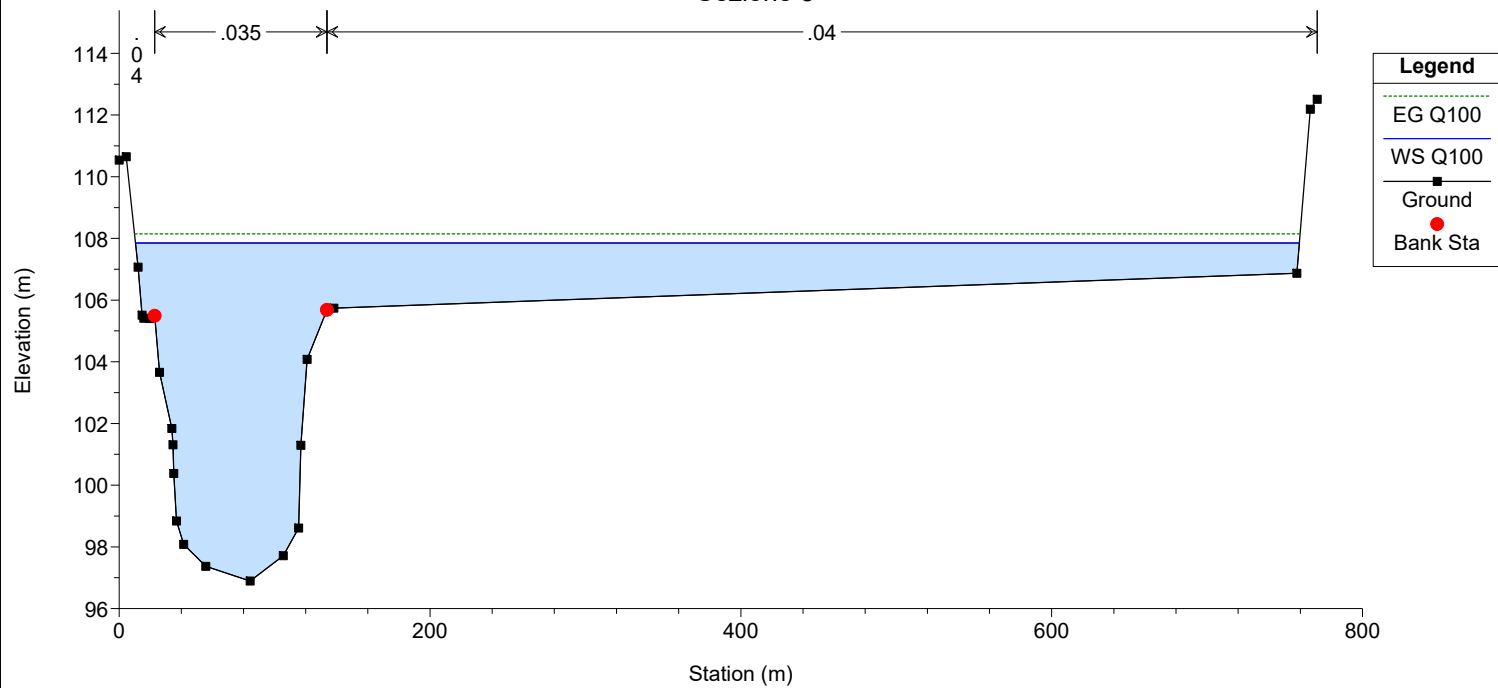
Portata di piena centennale



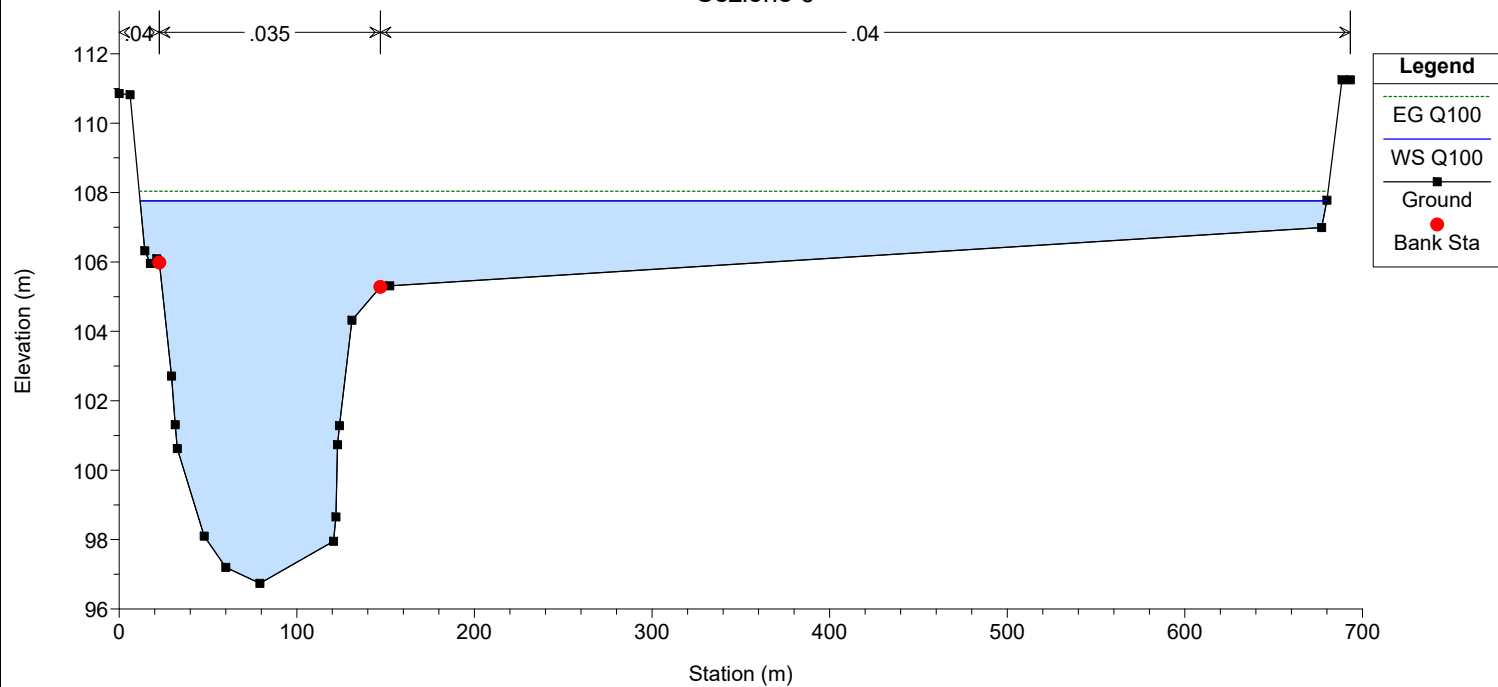




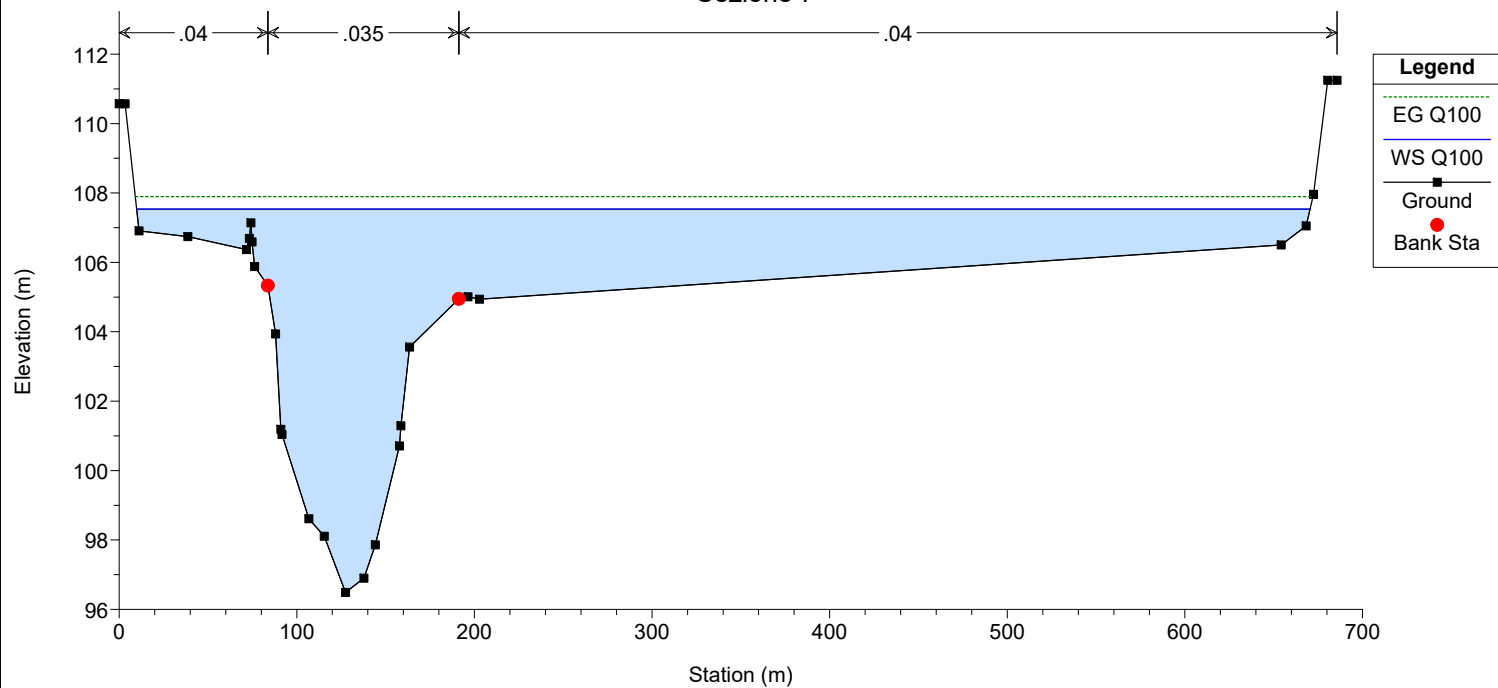
Sezione 5



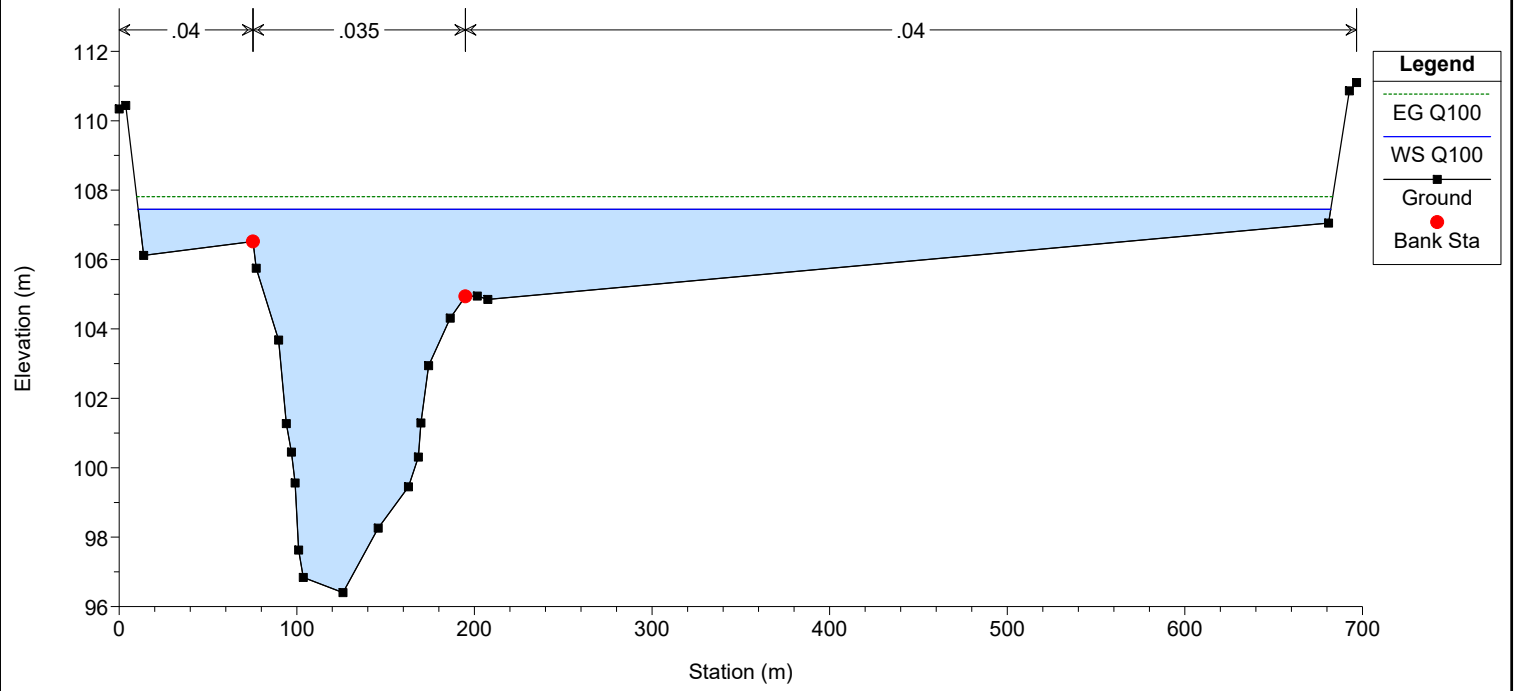
Sezione 6



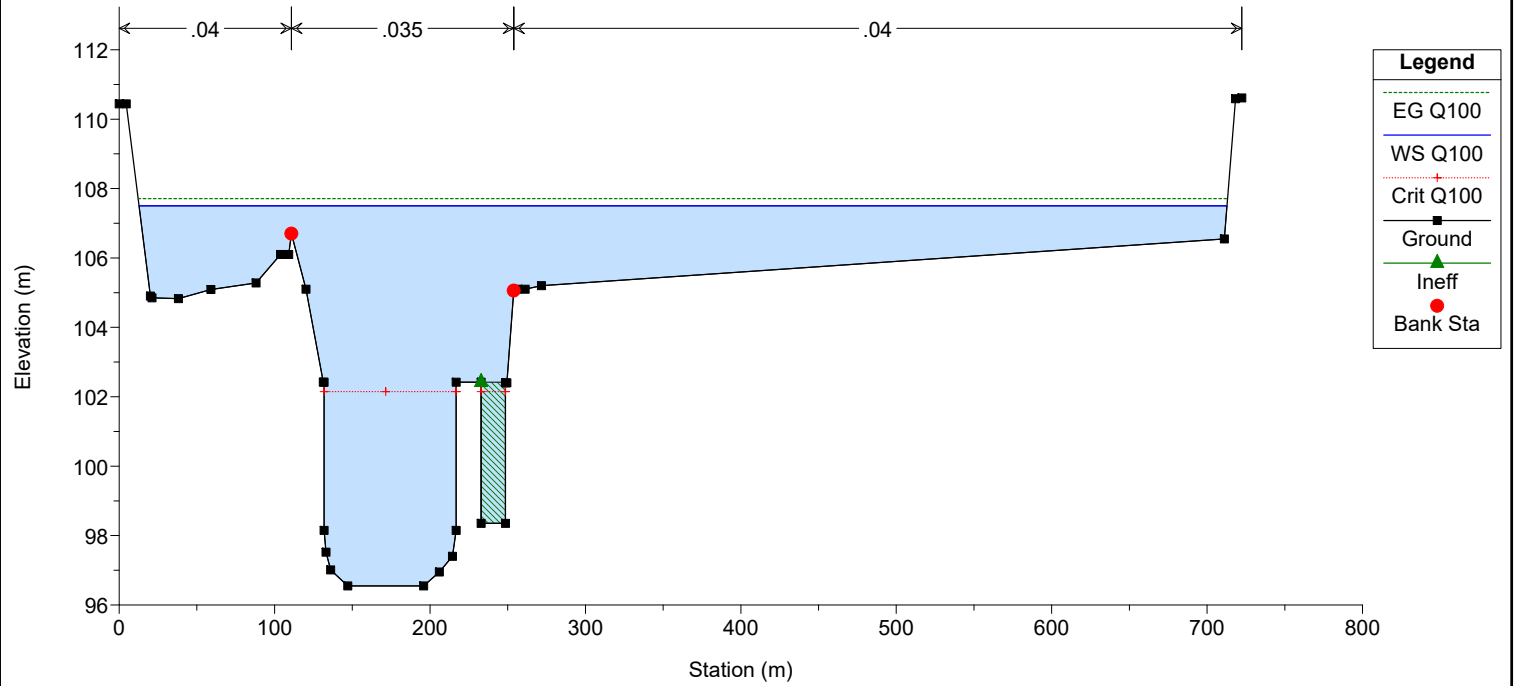
Sezione 7



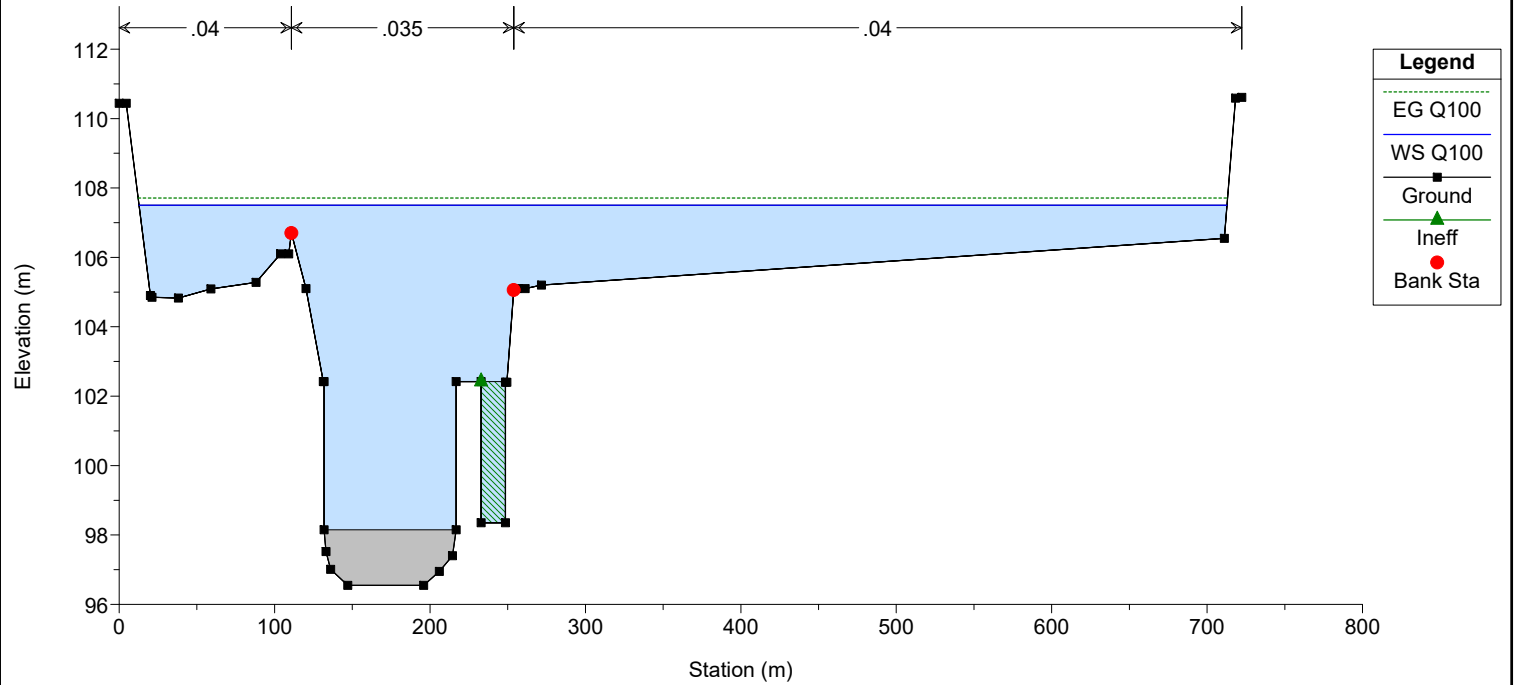
Sezione 8



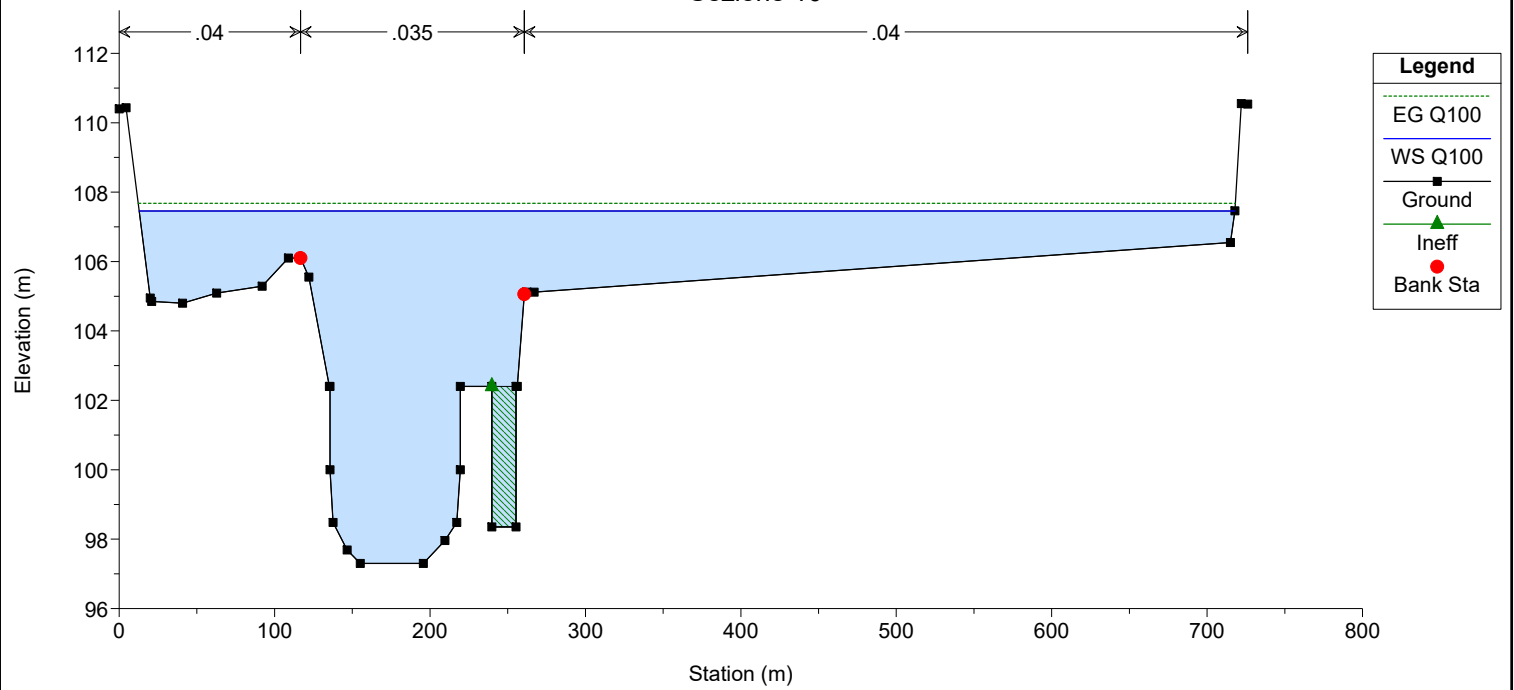
Sezione 9



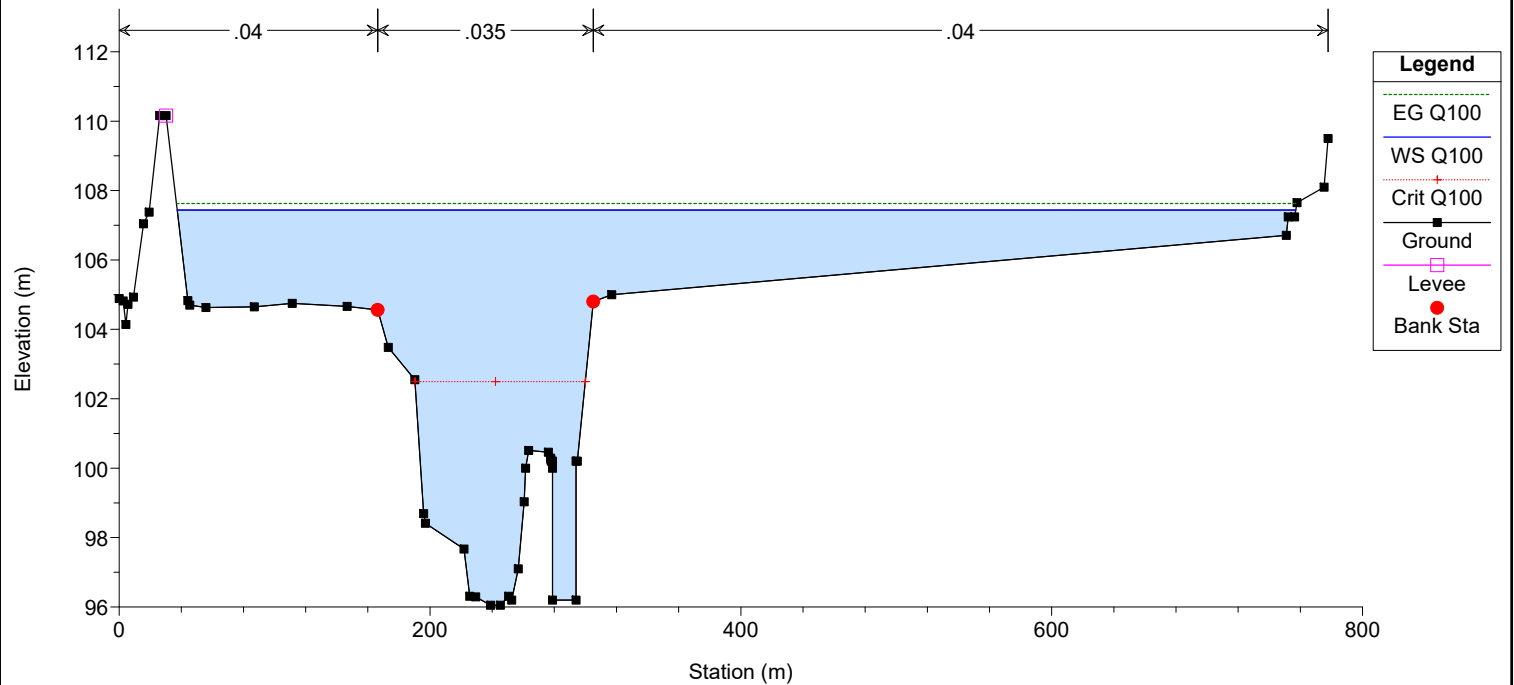
Traversa



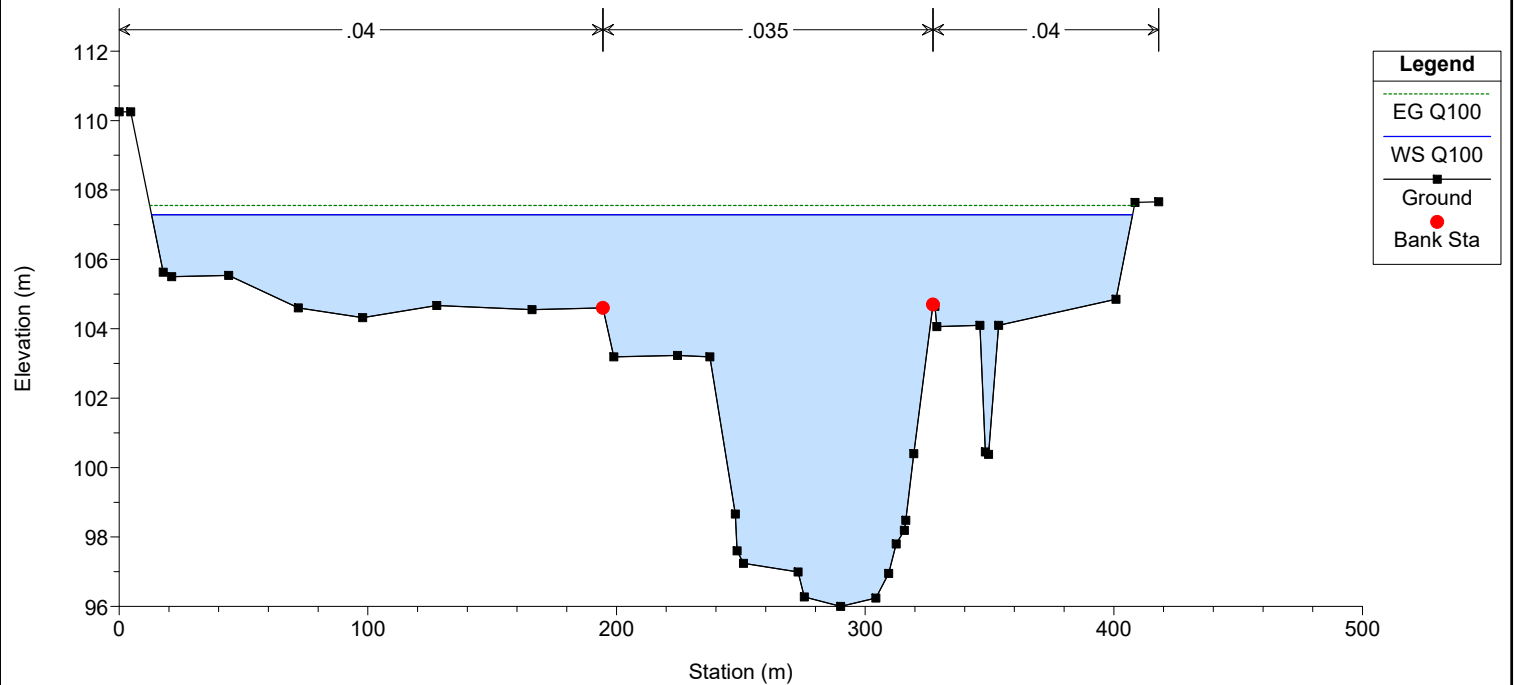
Sezione 10



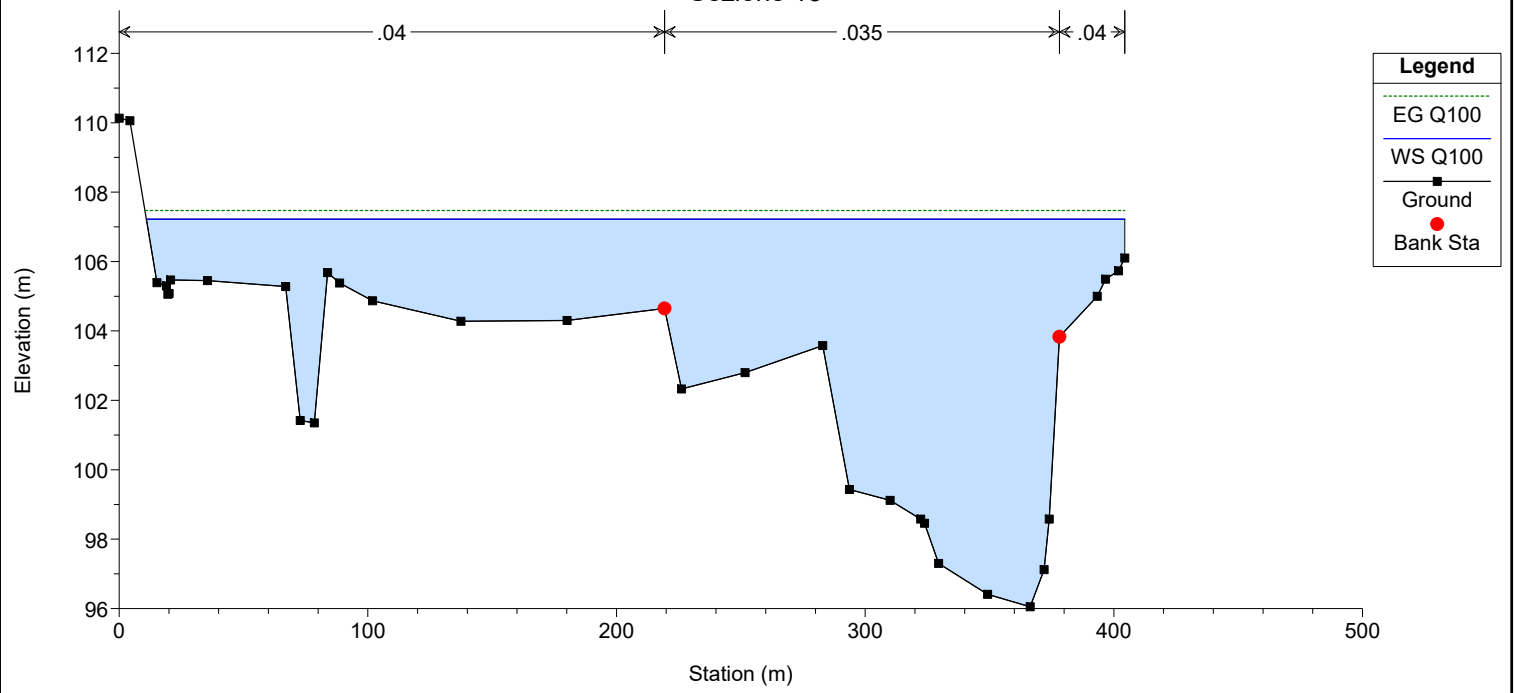
Sezione 11



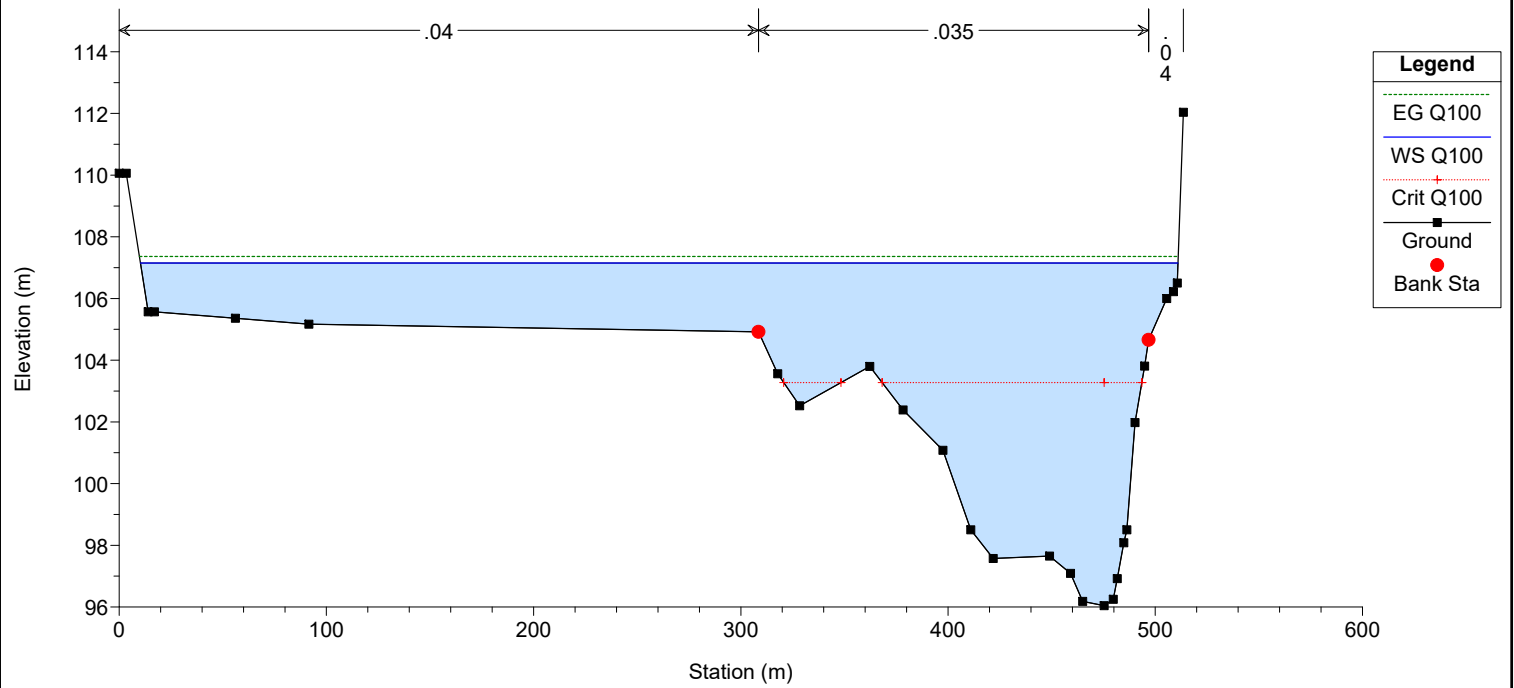
Sezione 12



Sezione 13

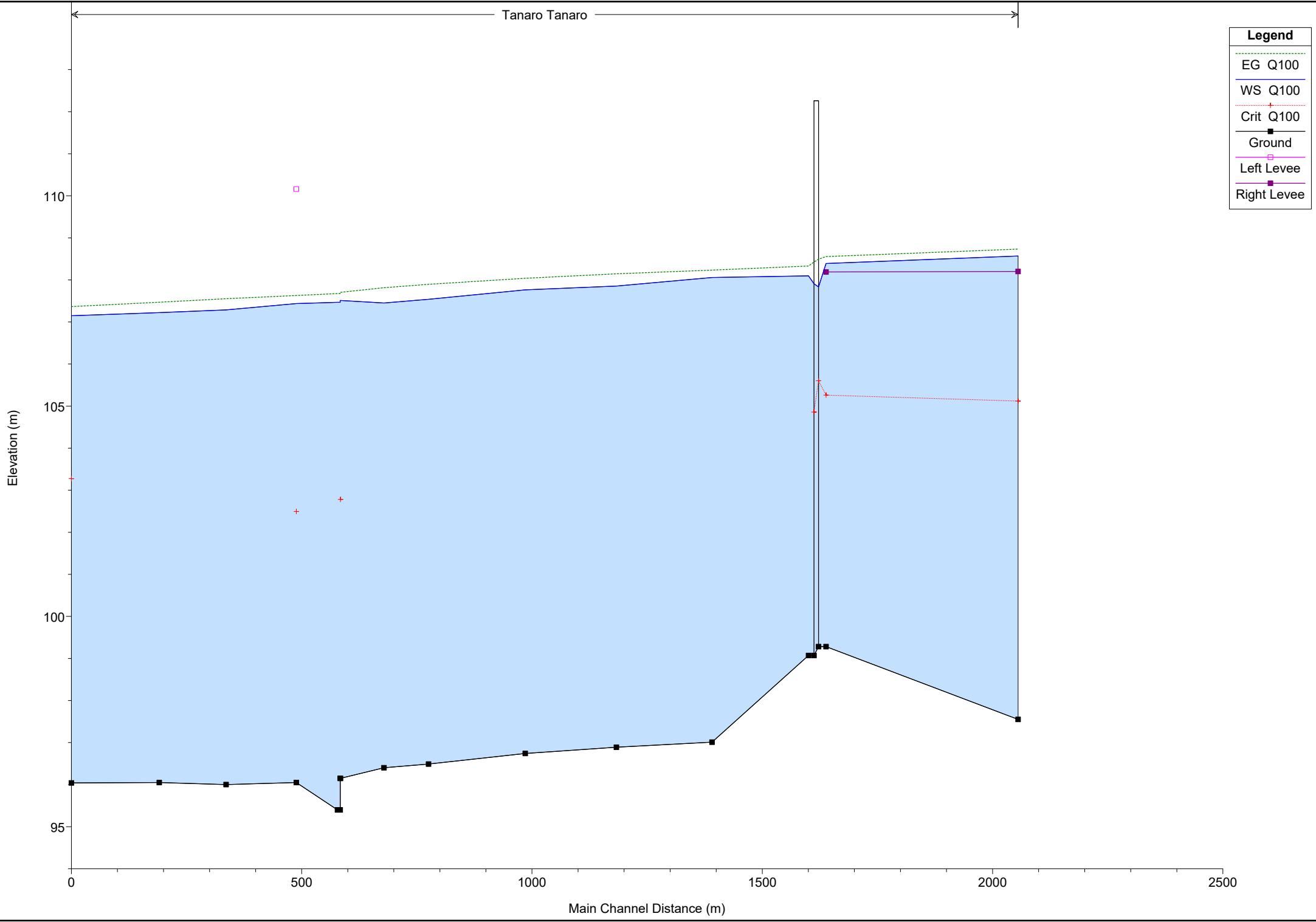


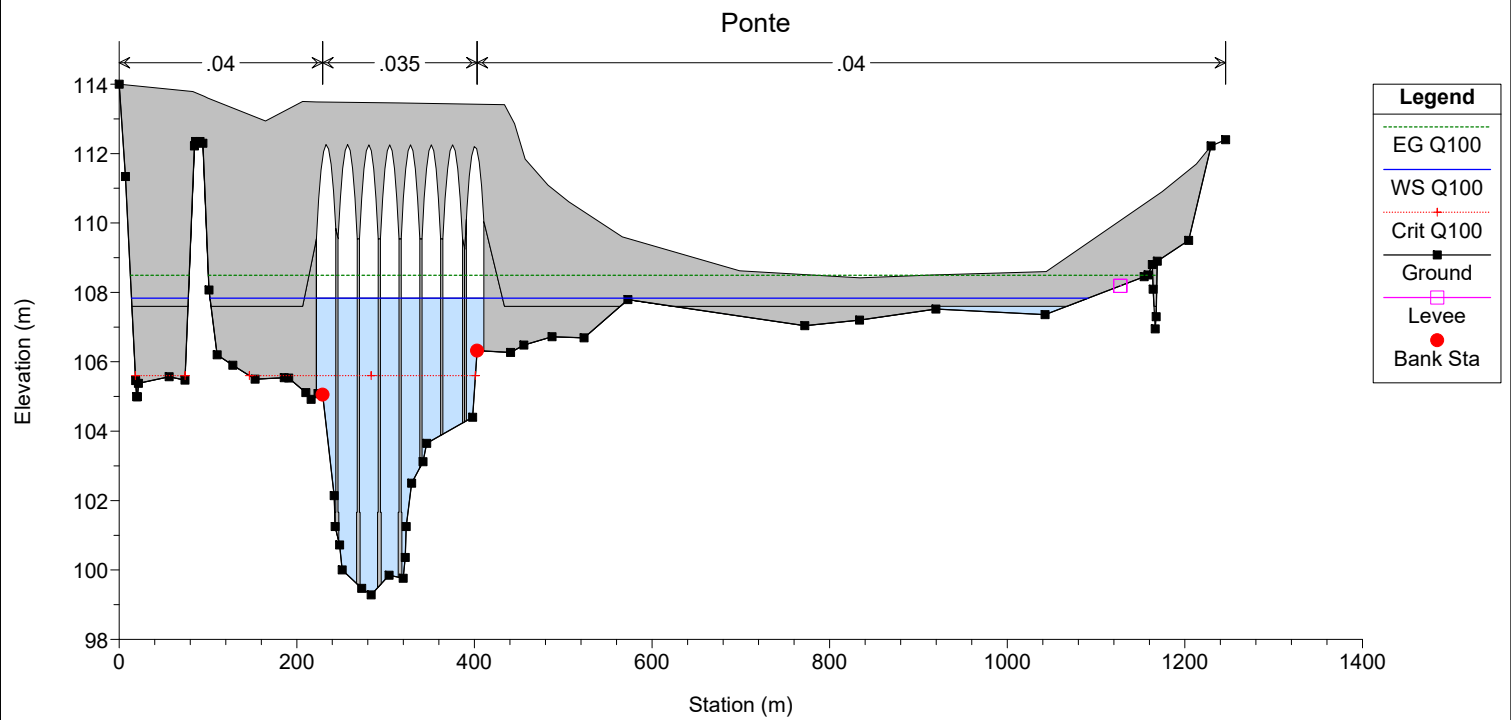
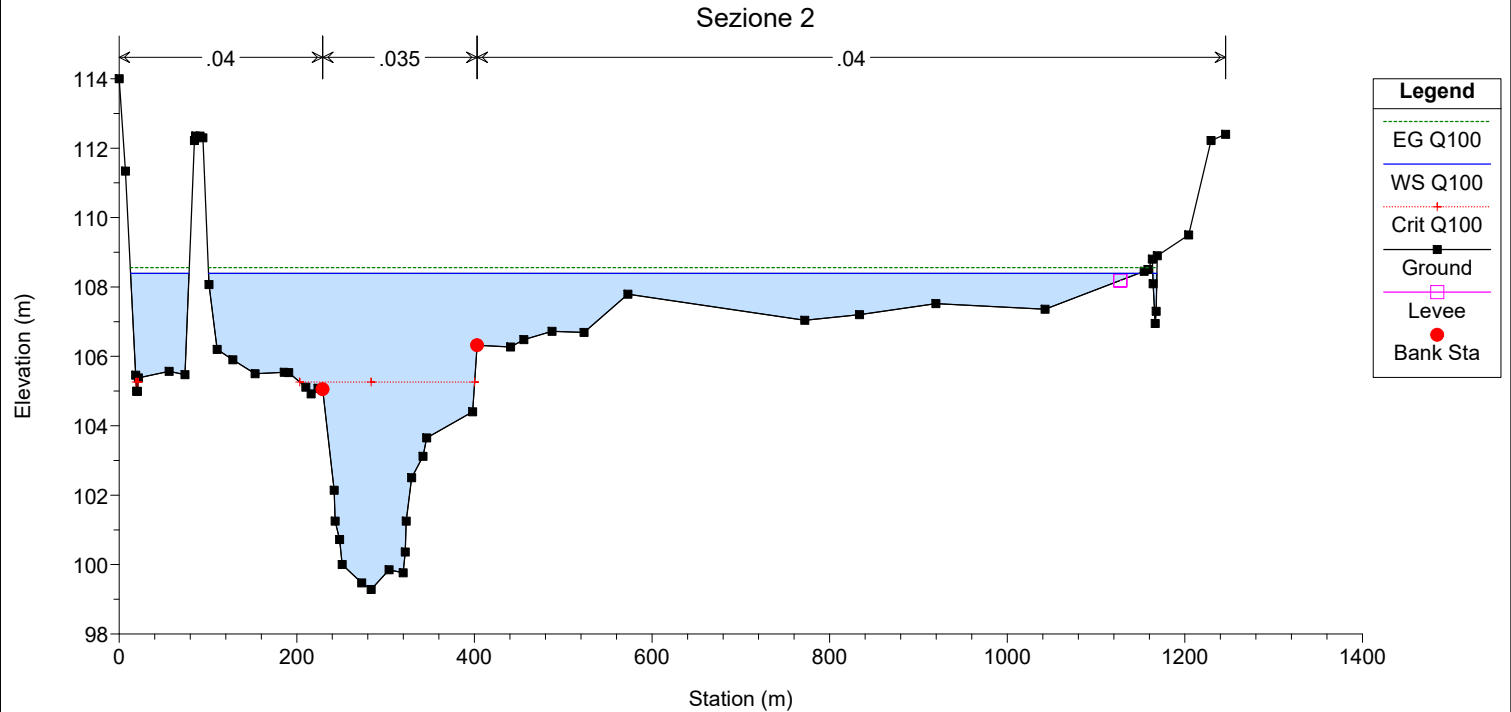
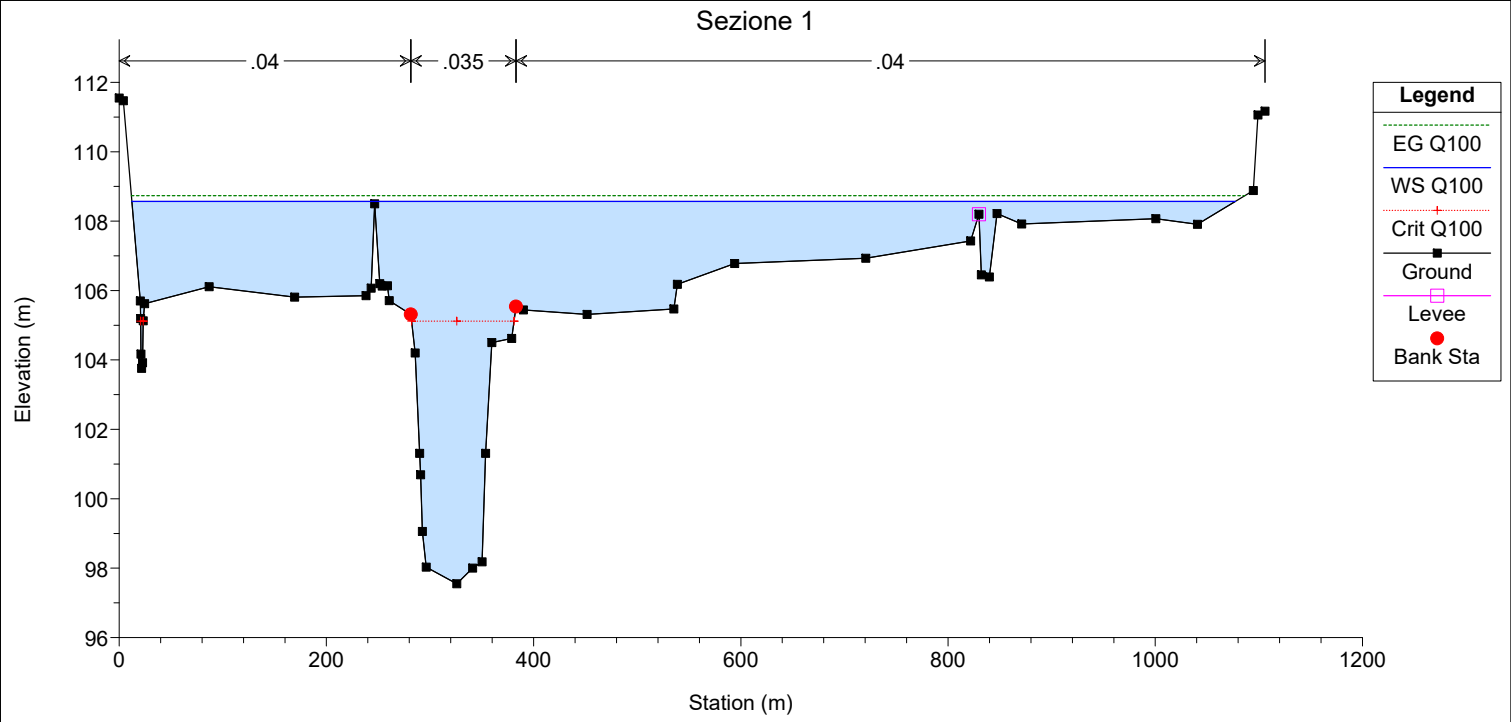
Sezione 14

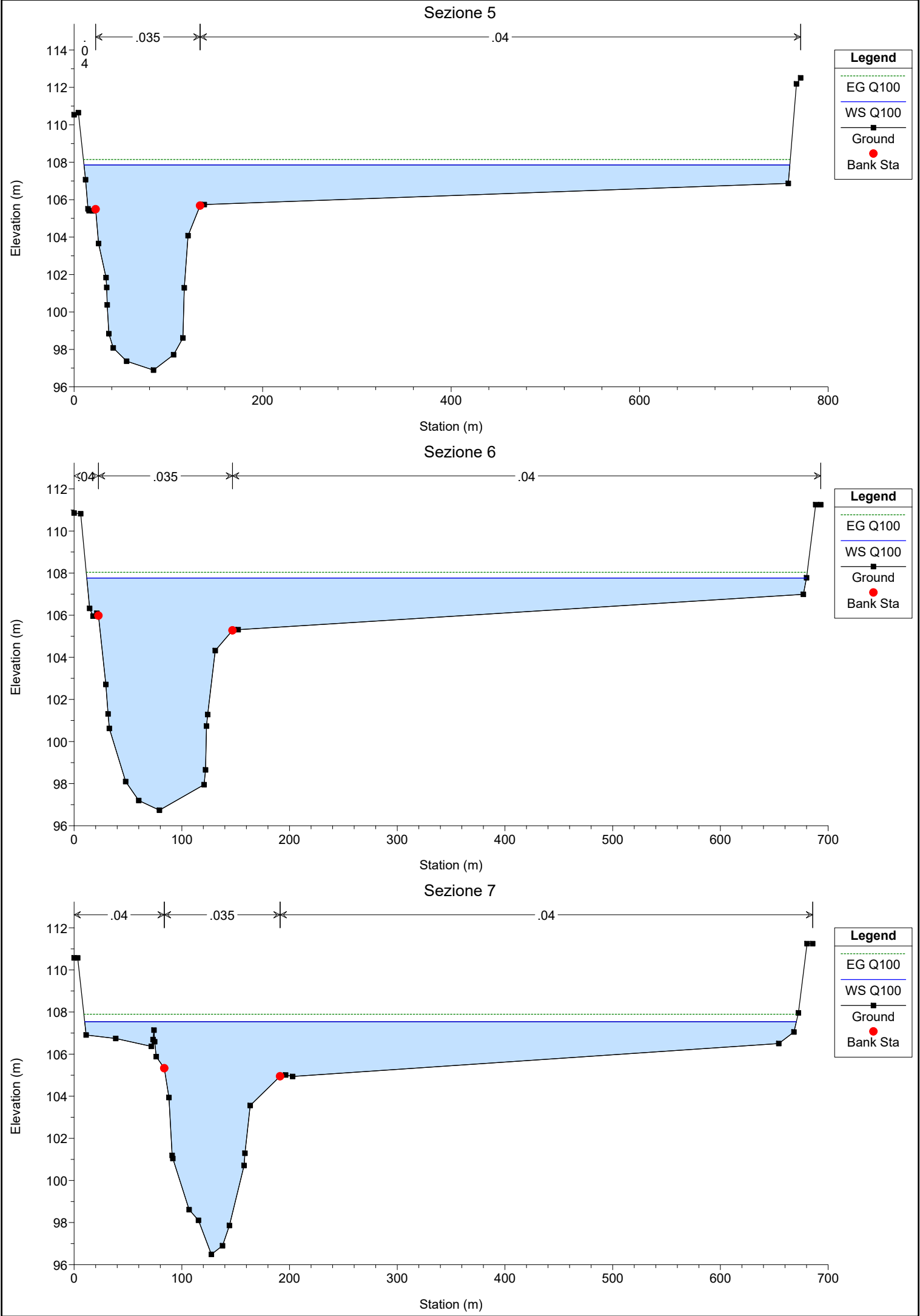


Situazione di progetto

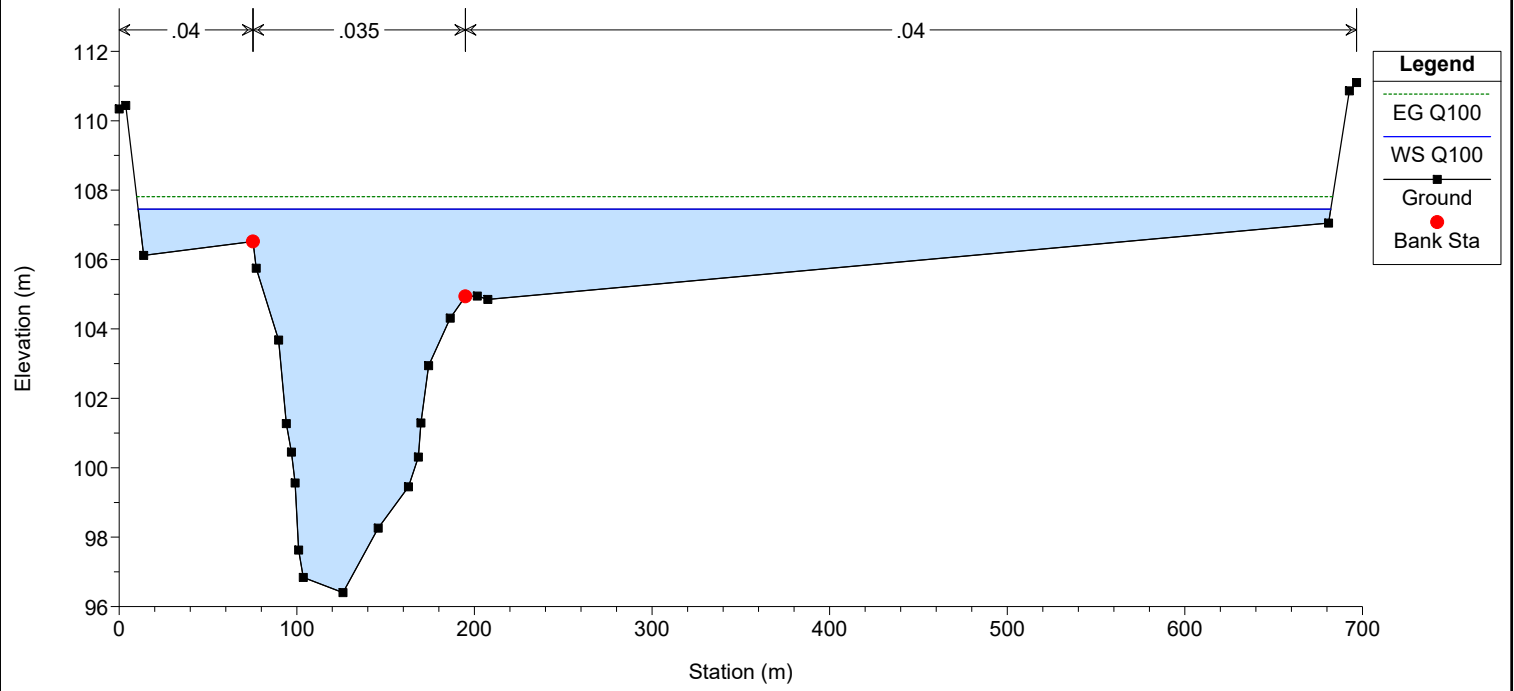
Portata di piena centennale



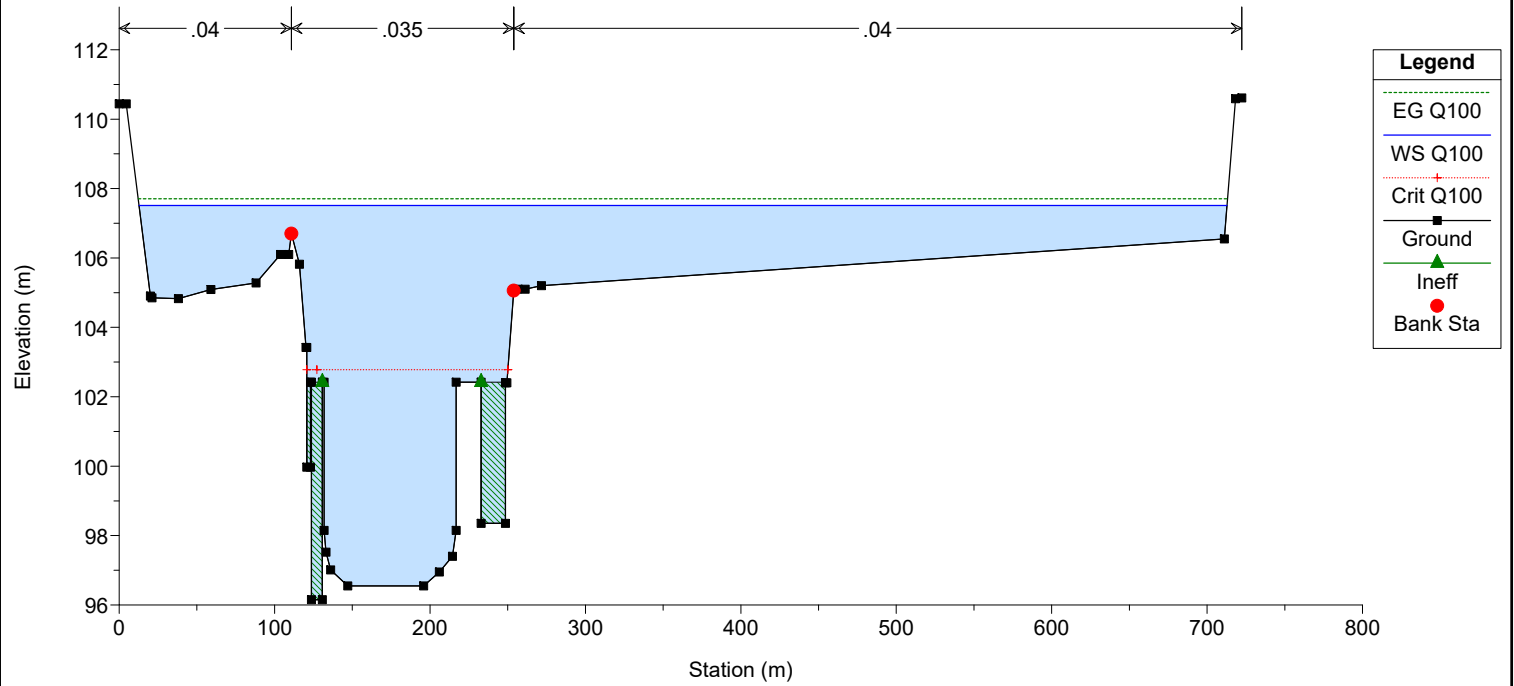




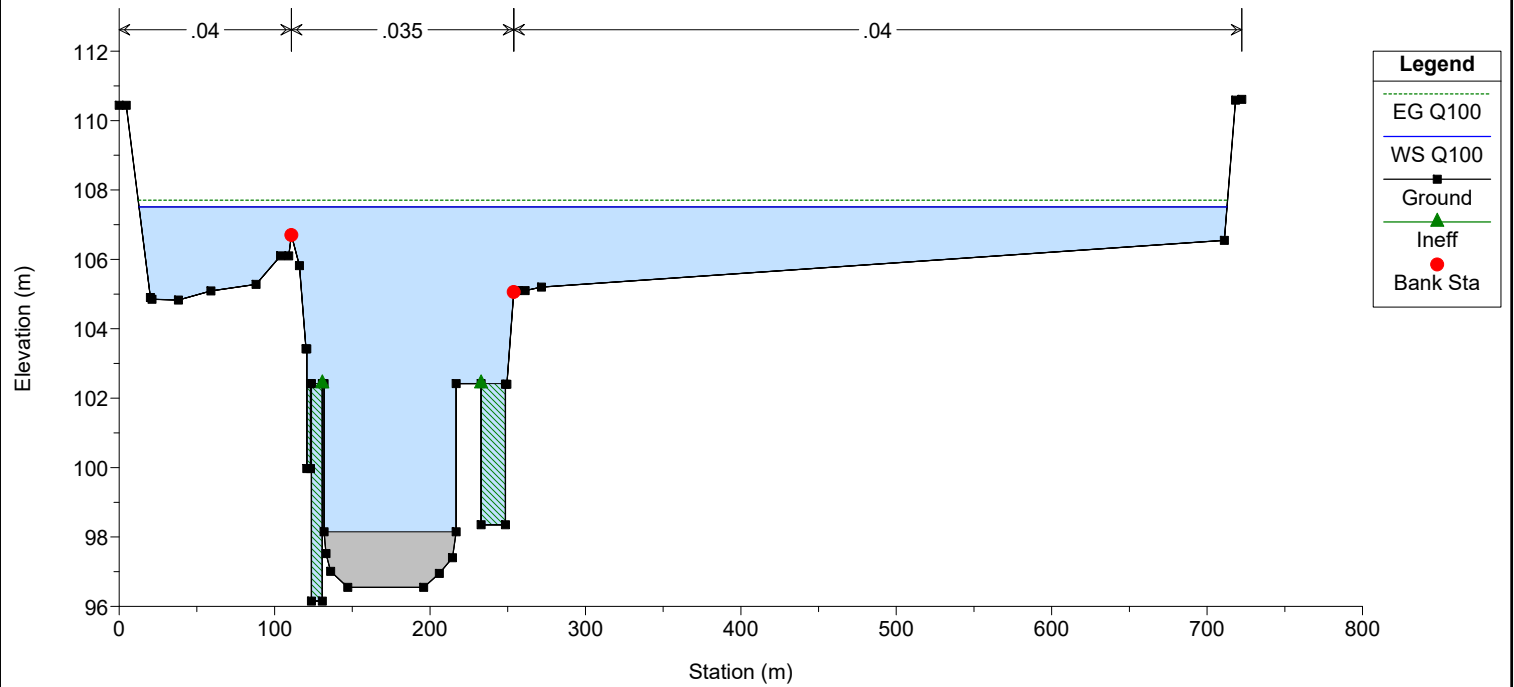
Sezione 8



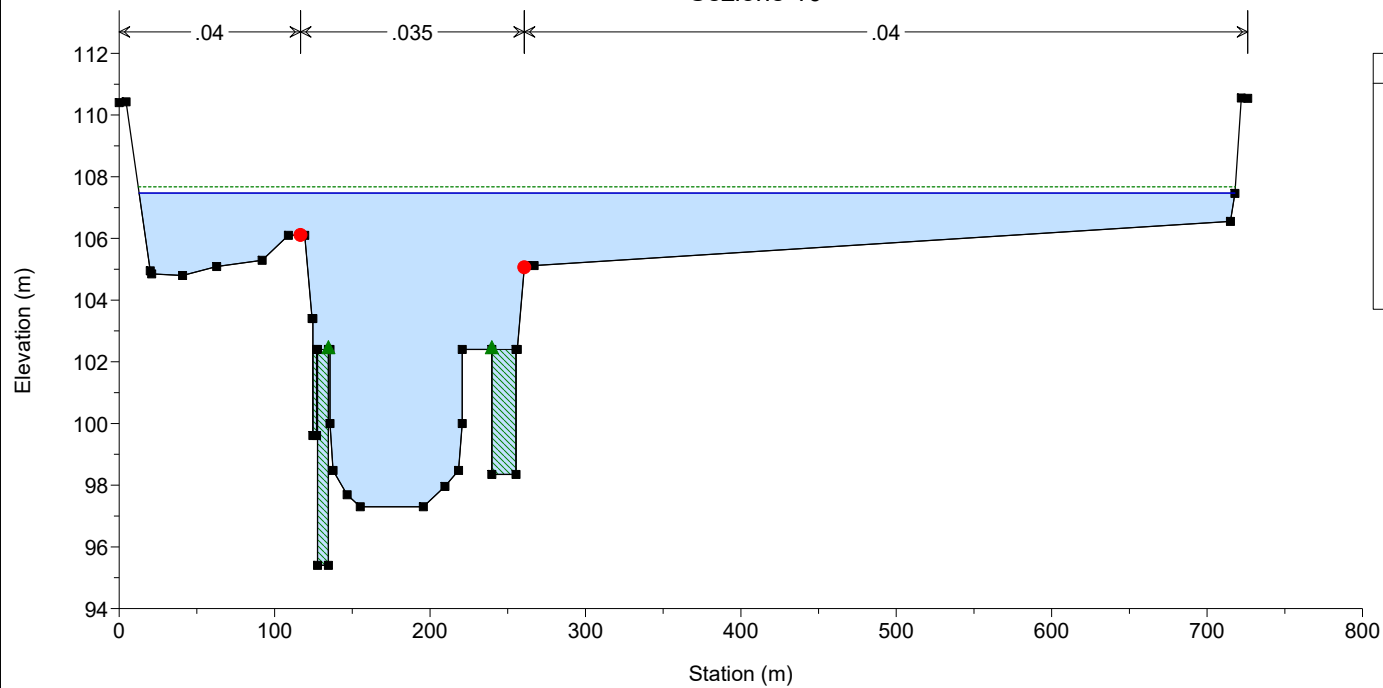
Sezione 9



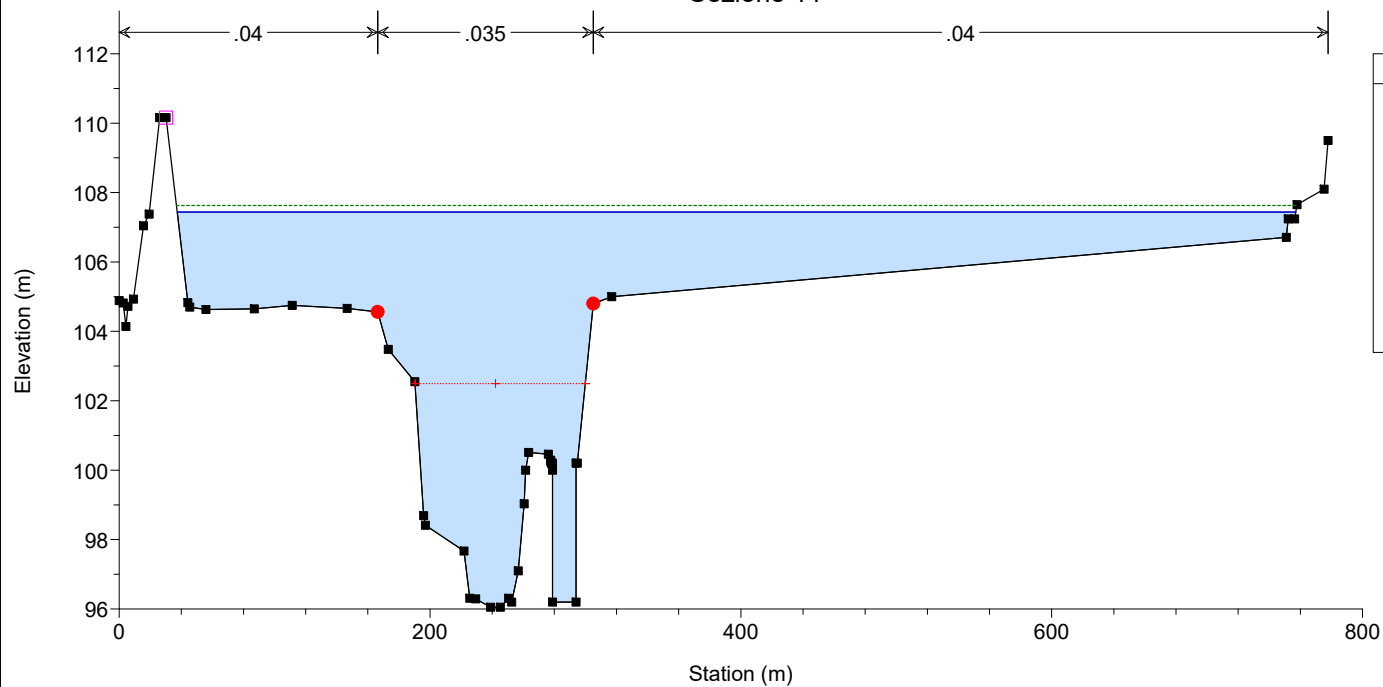
Traversa



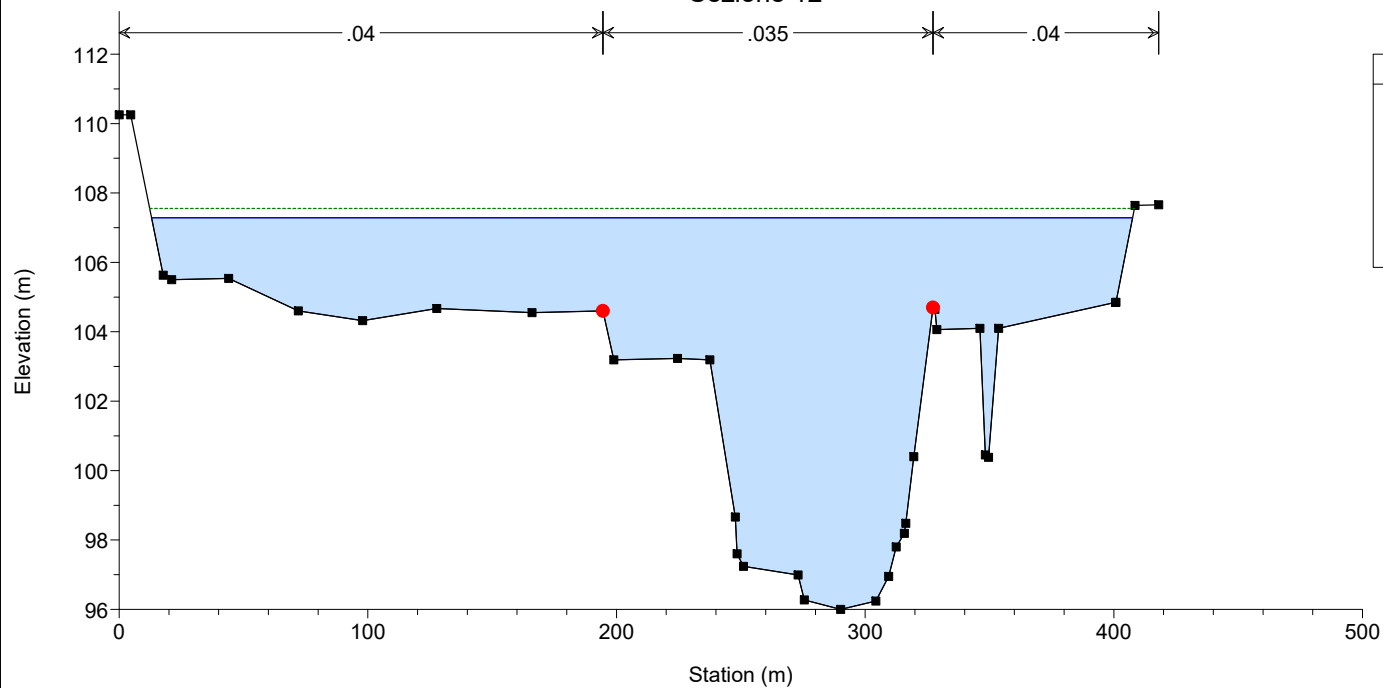
Sezione 10



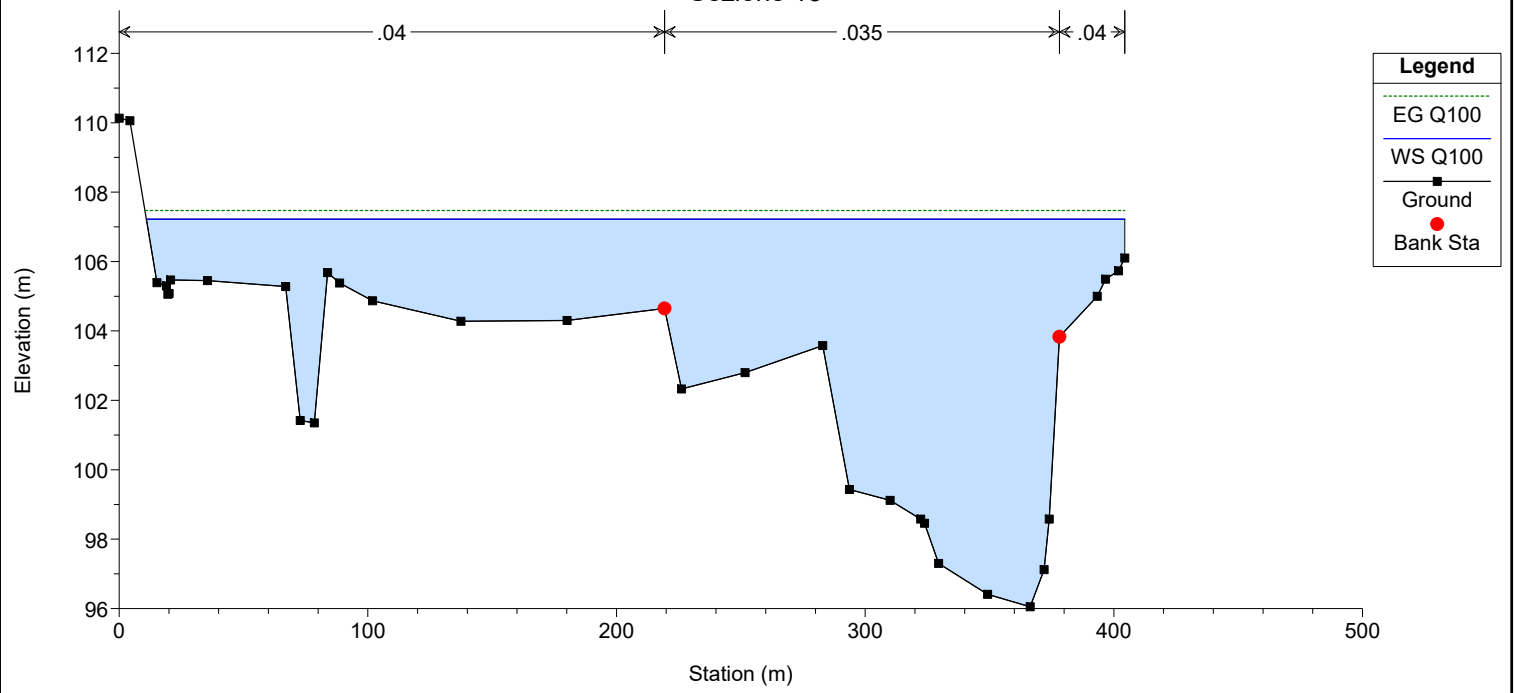
Sezione 11



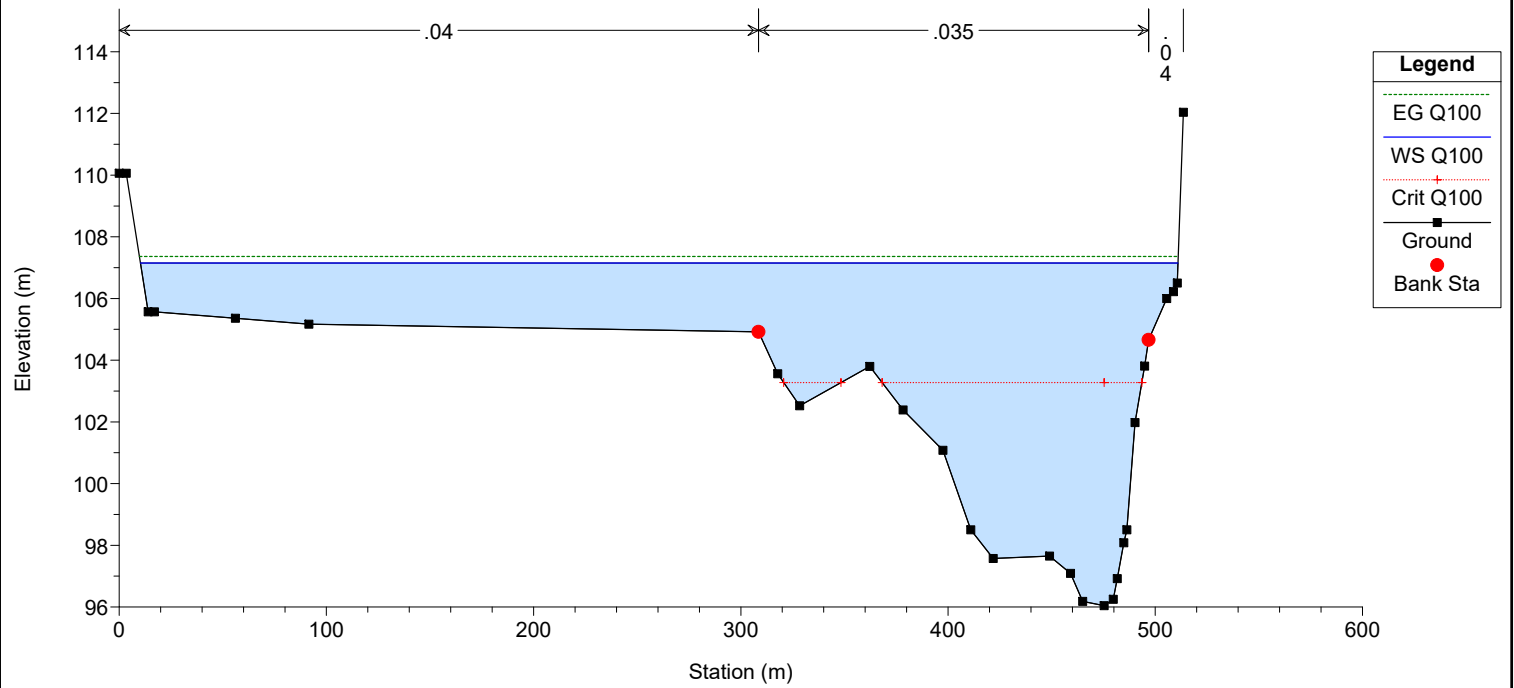
Sezione 12



Sezione 13

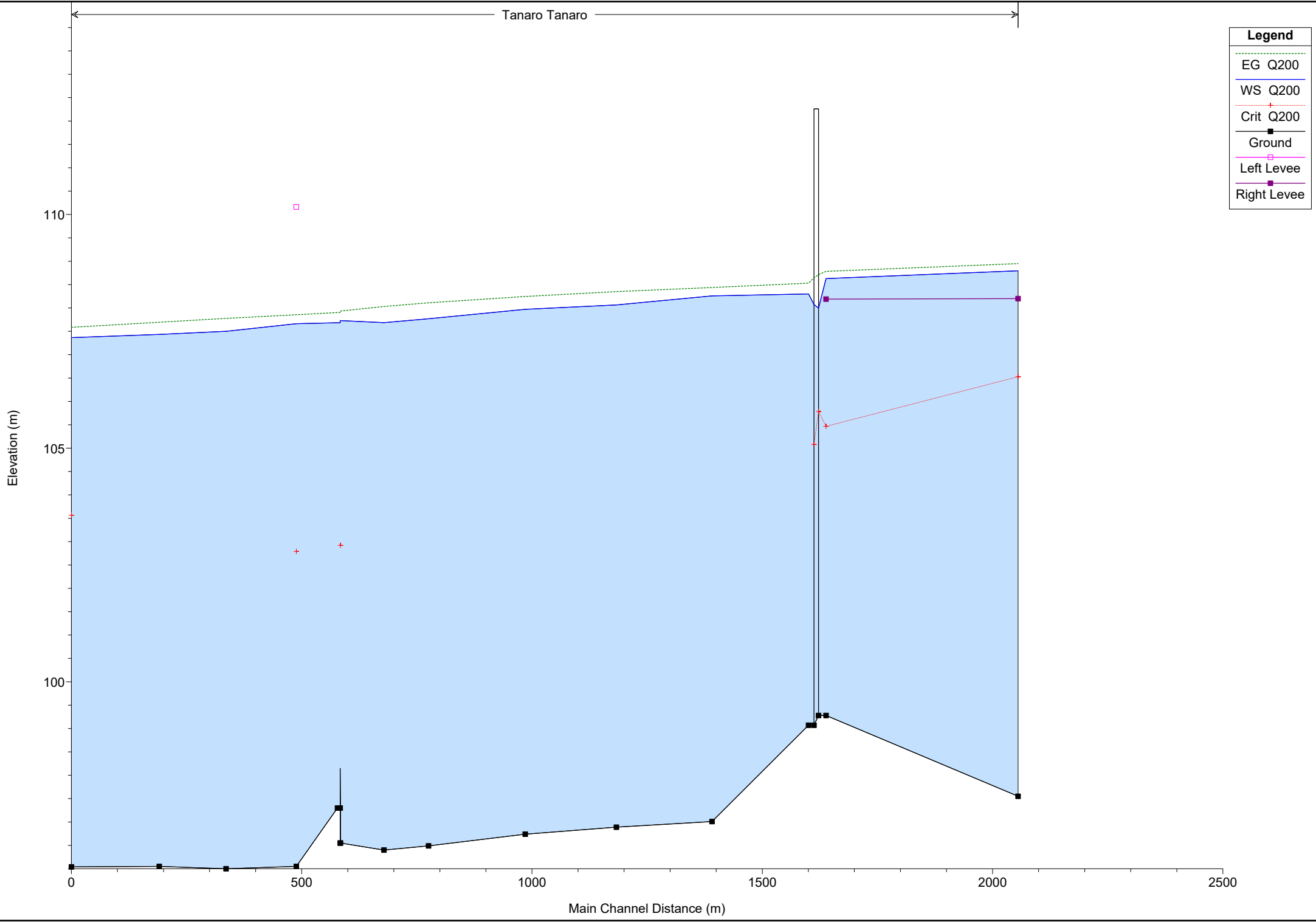


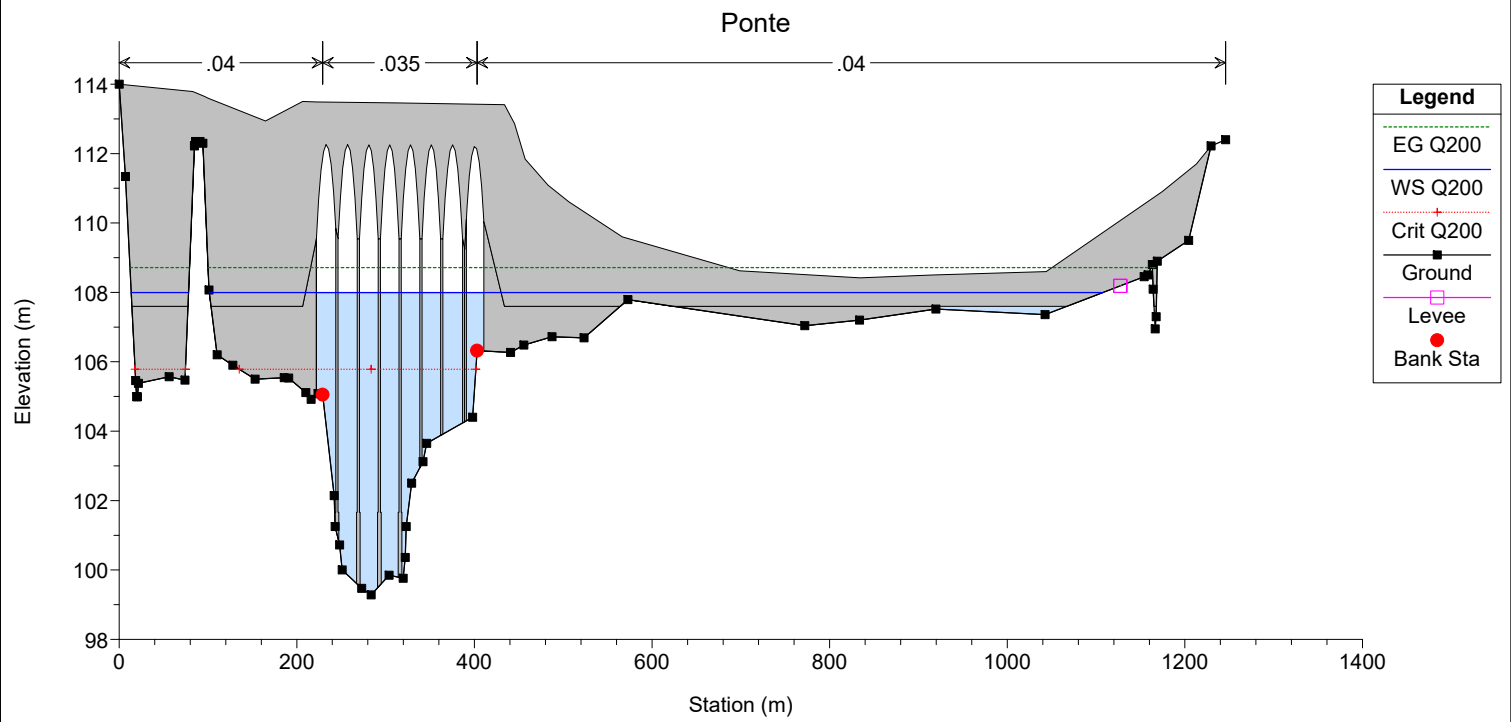
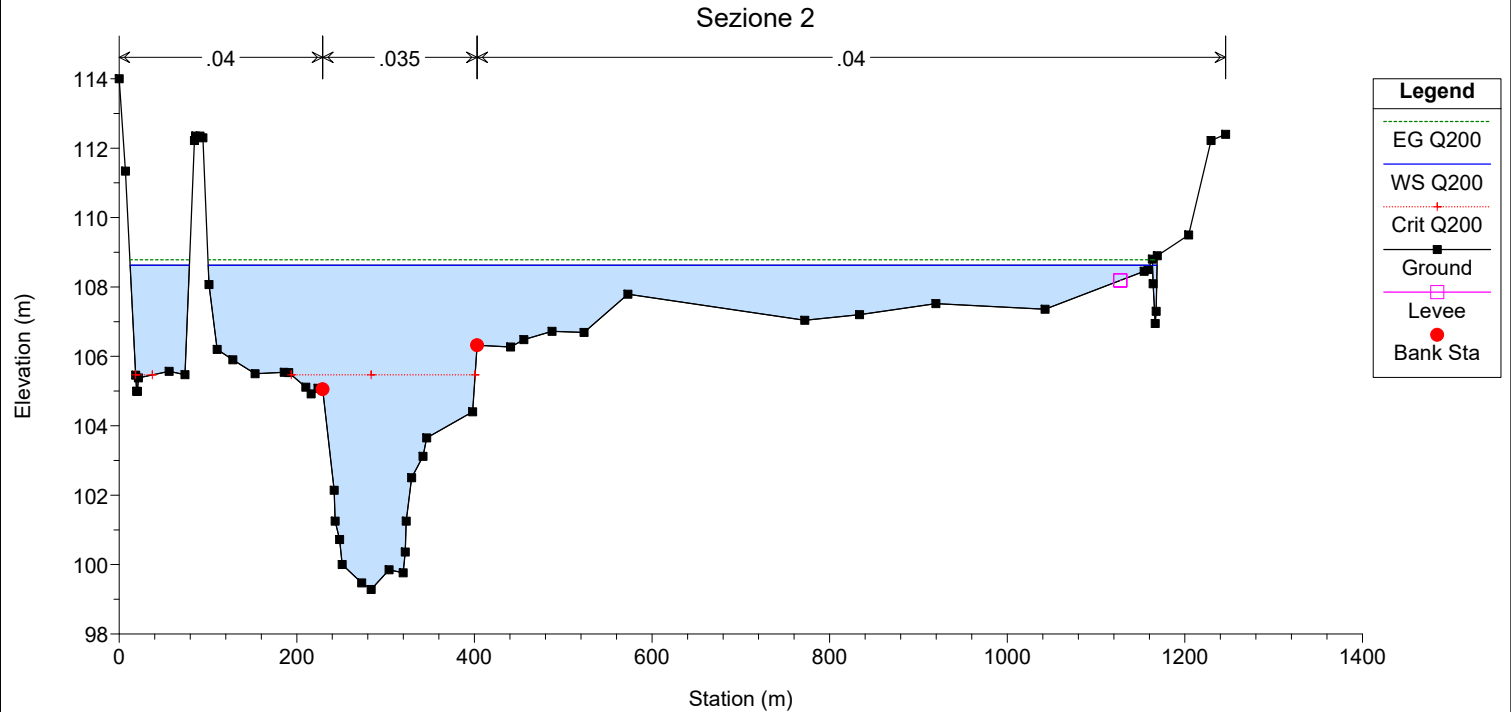
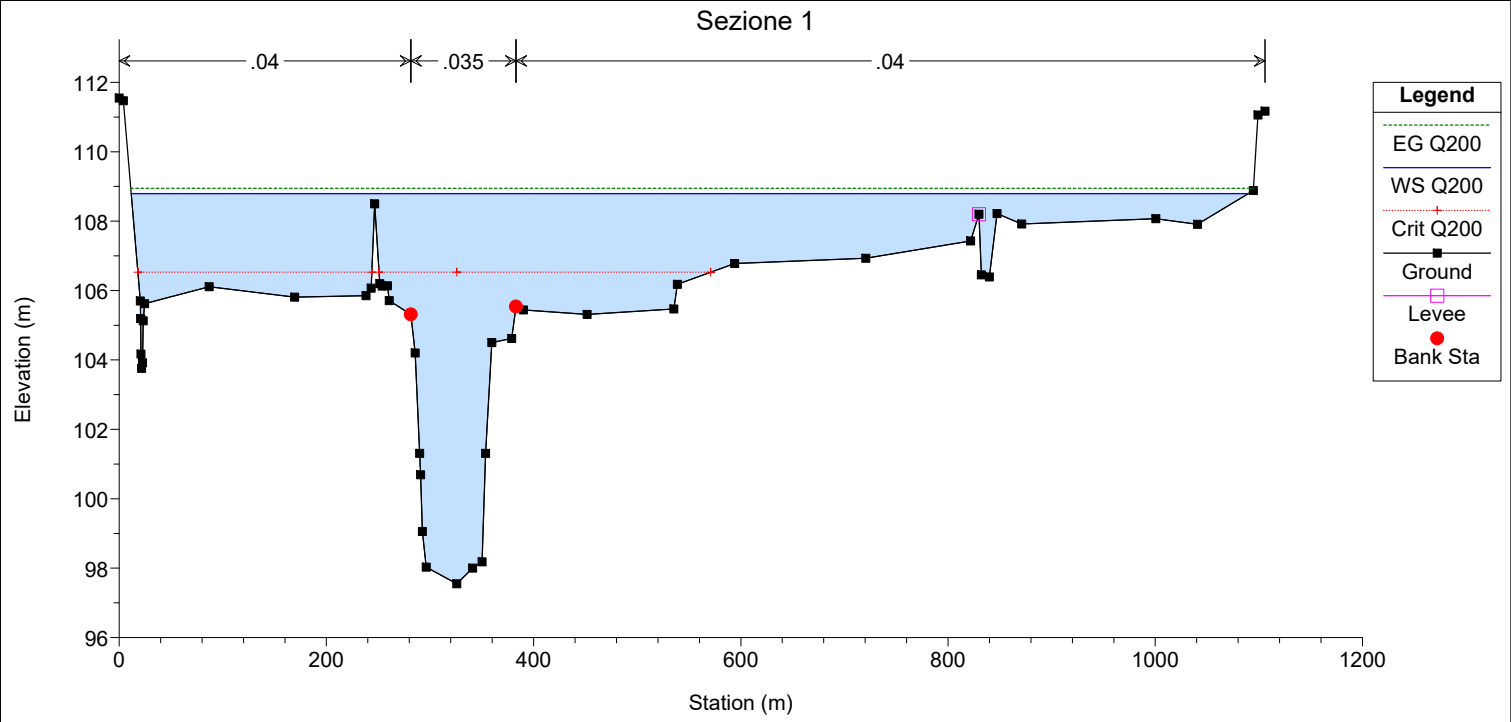
Sezione 14

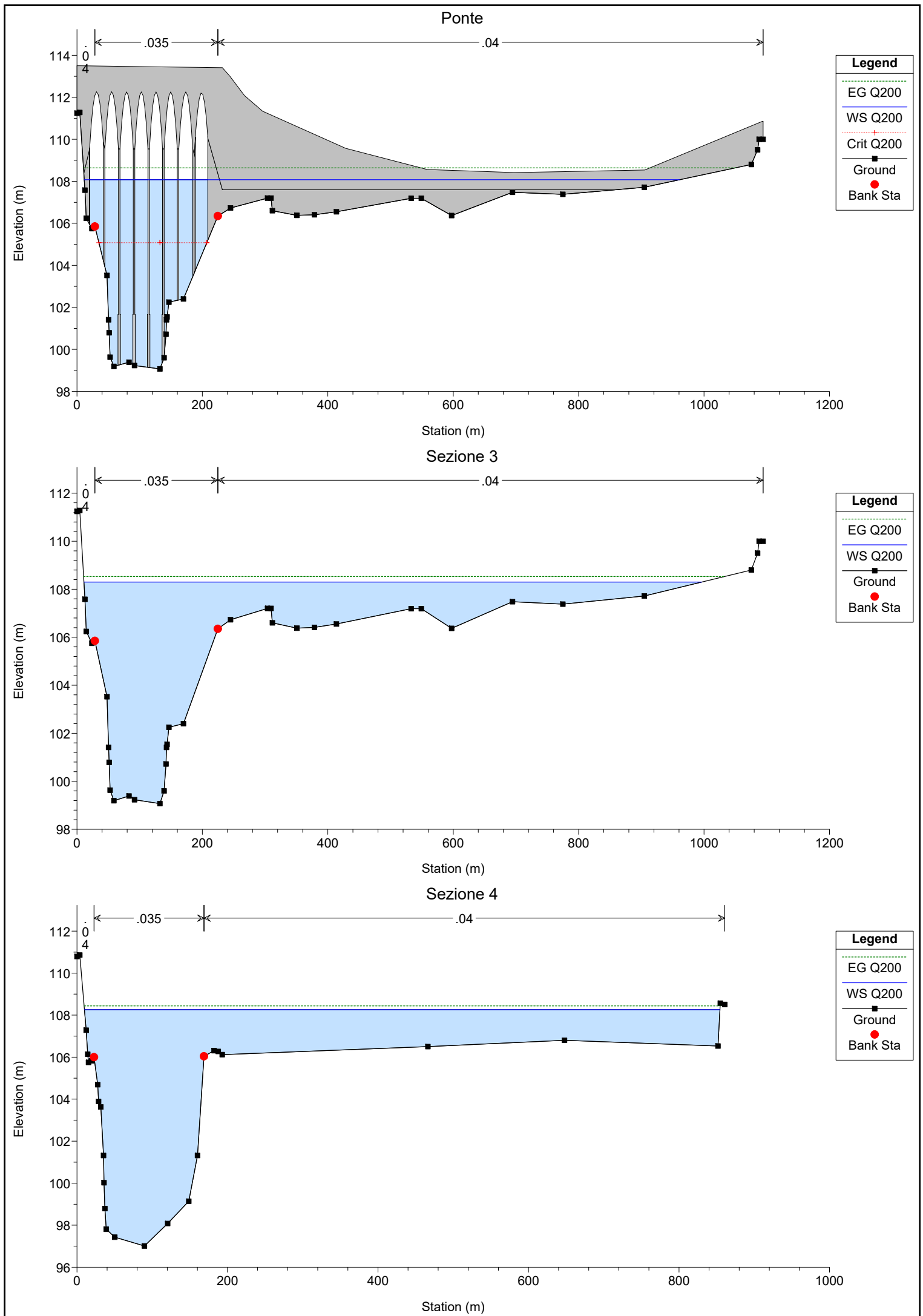


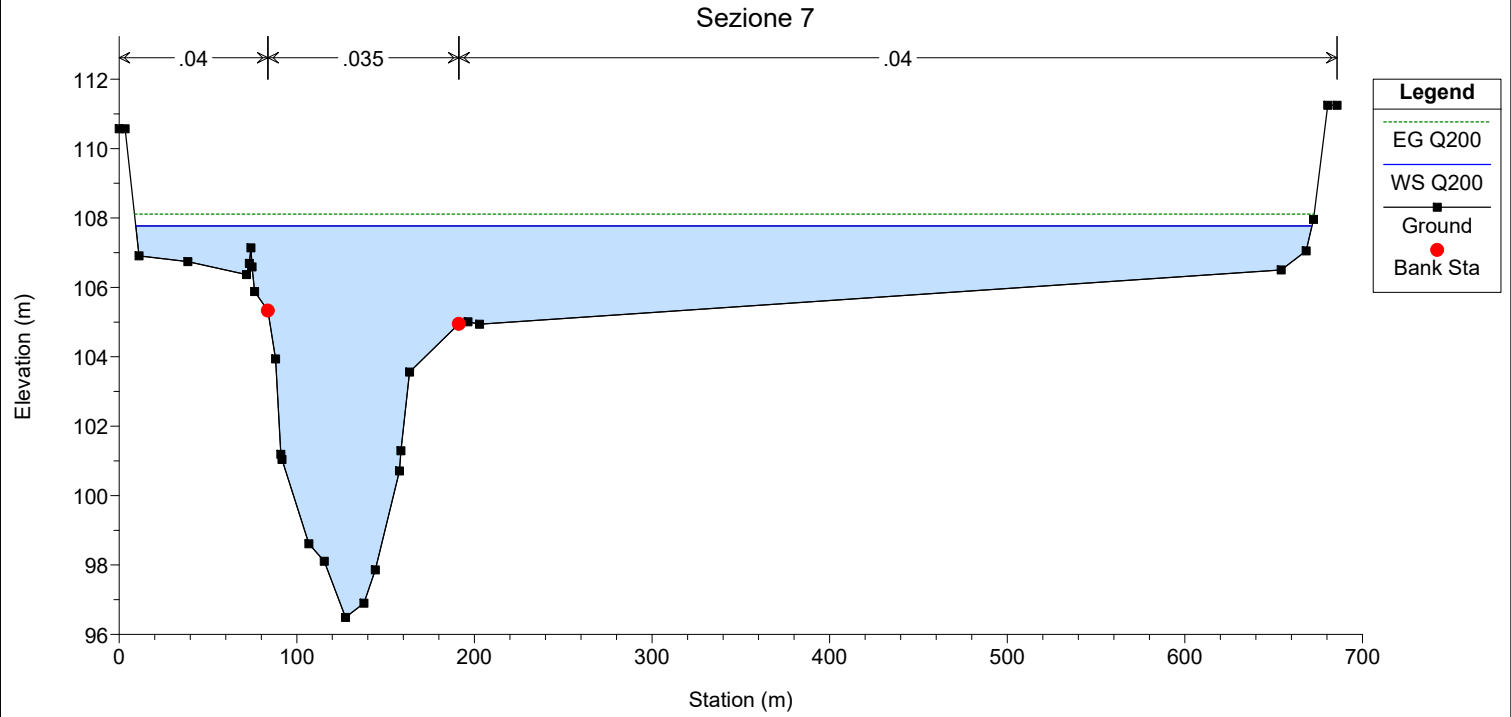
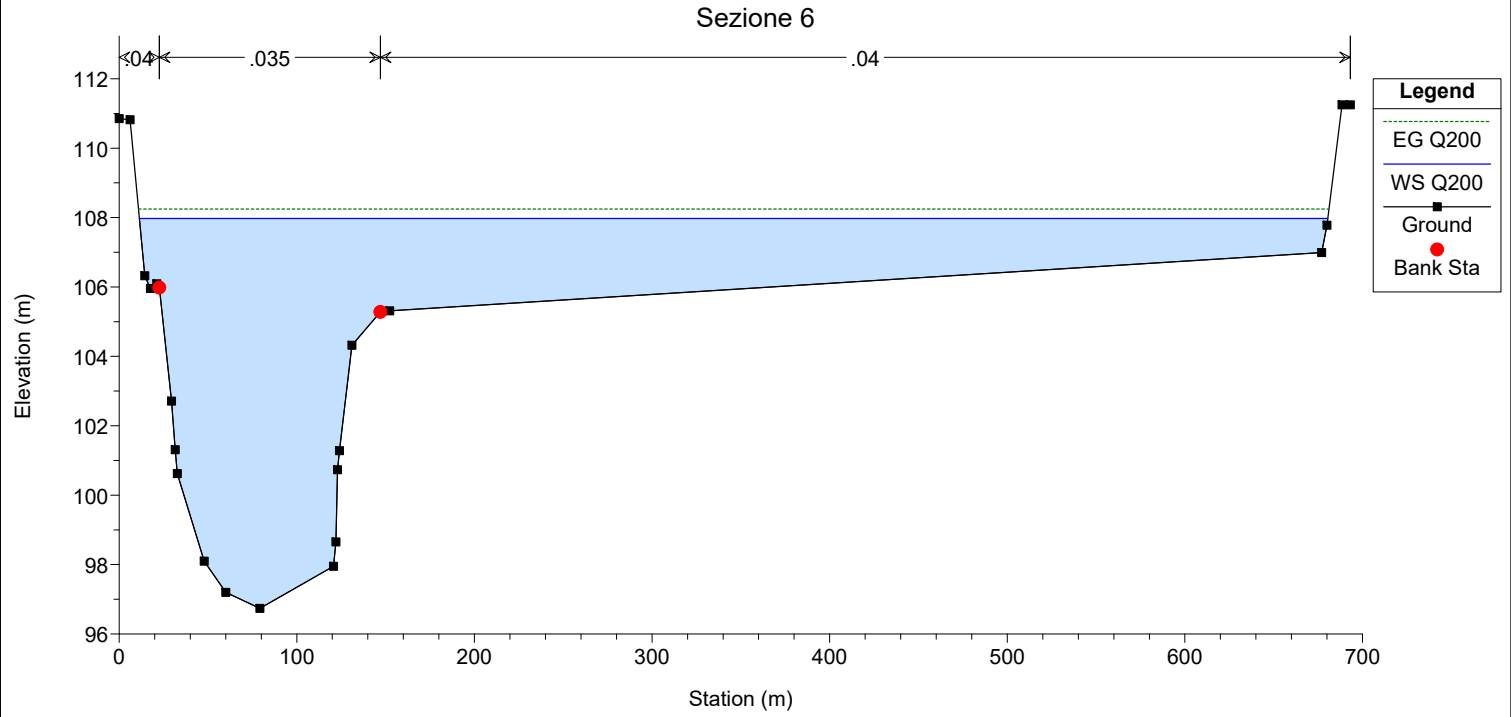
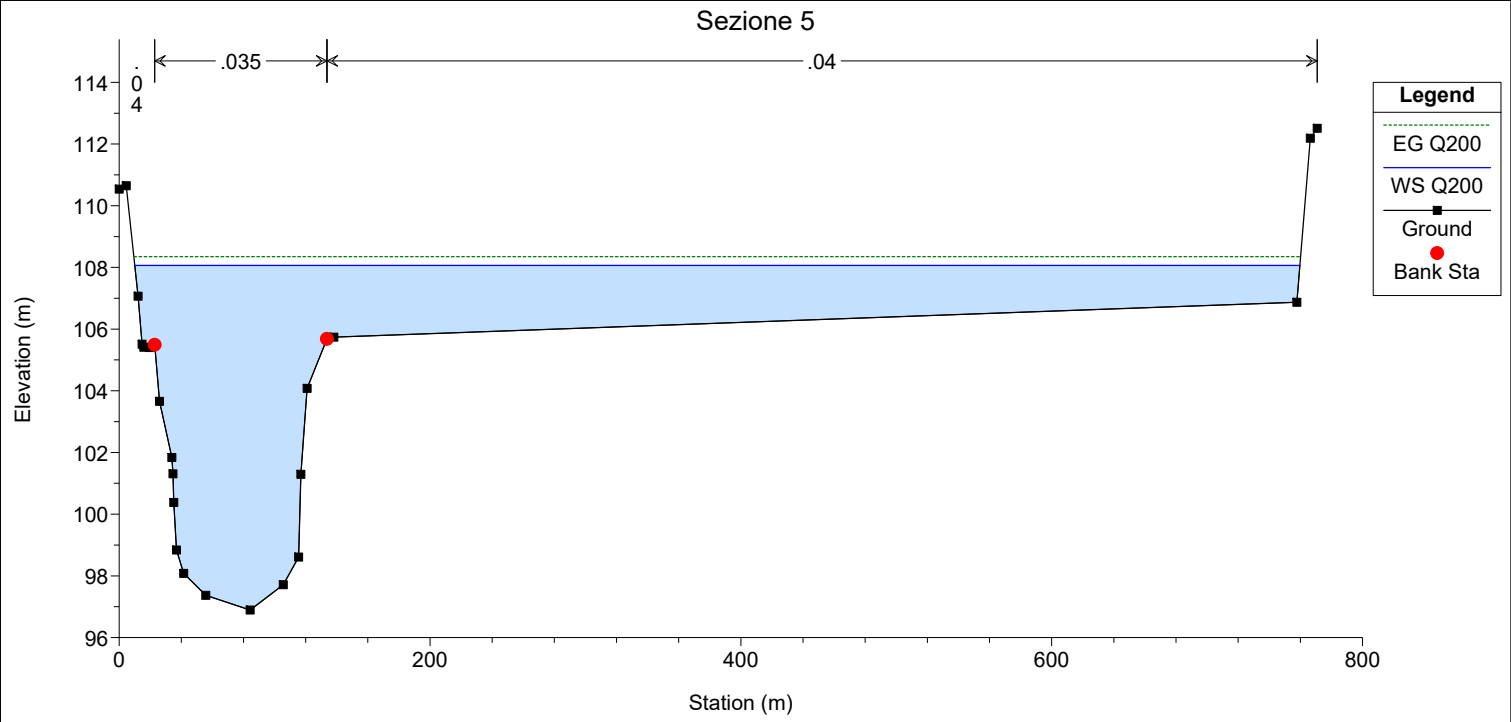
Situazione esistente

Portata di piena duecentennale

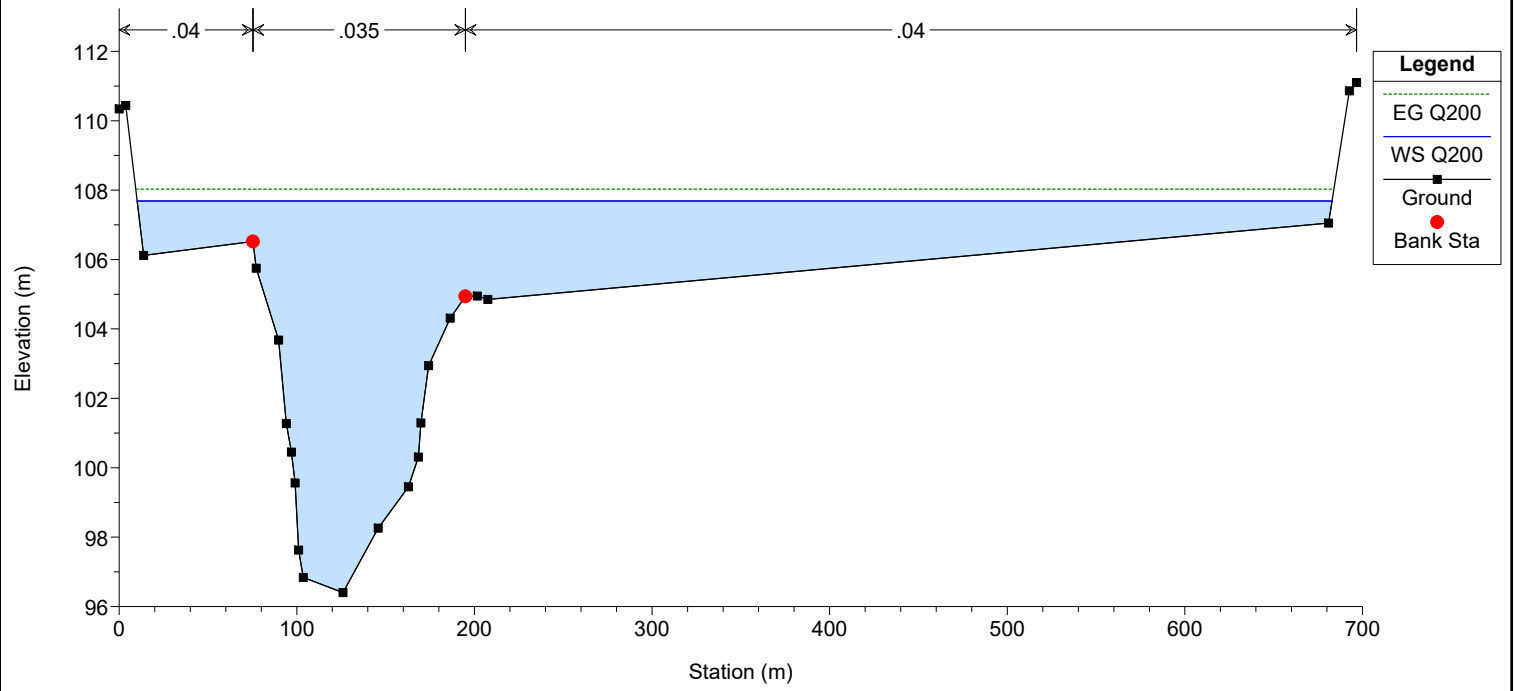




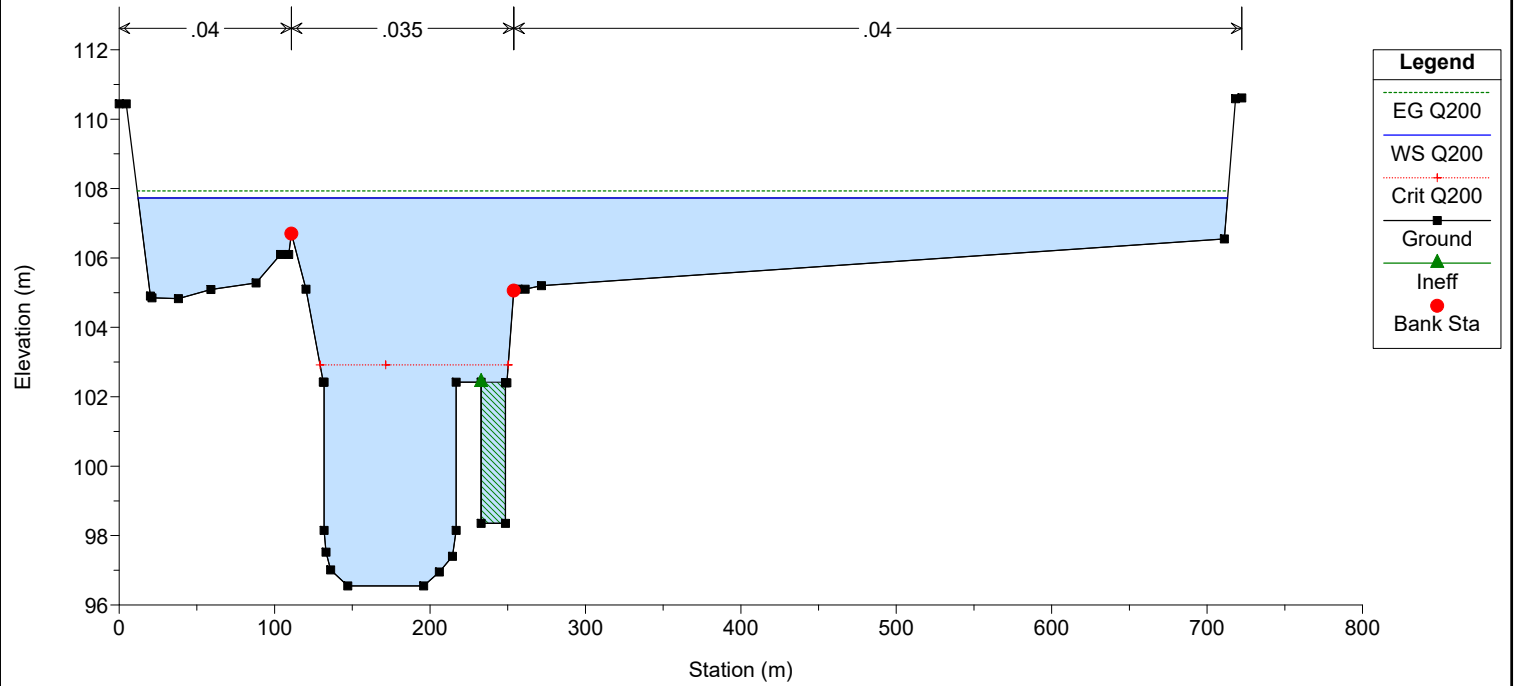




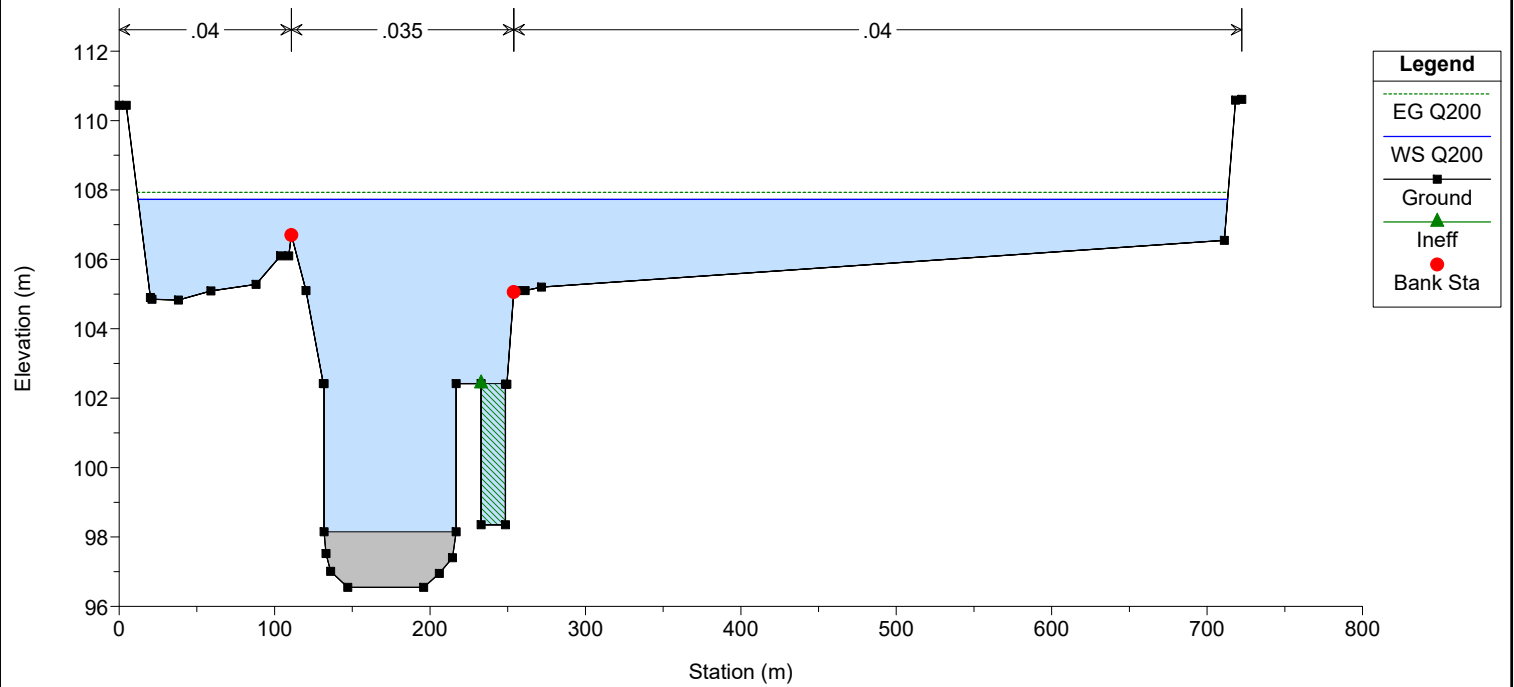
Sezione 8



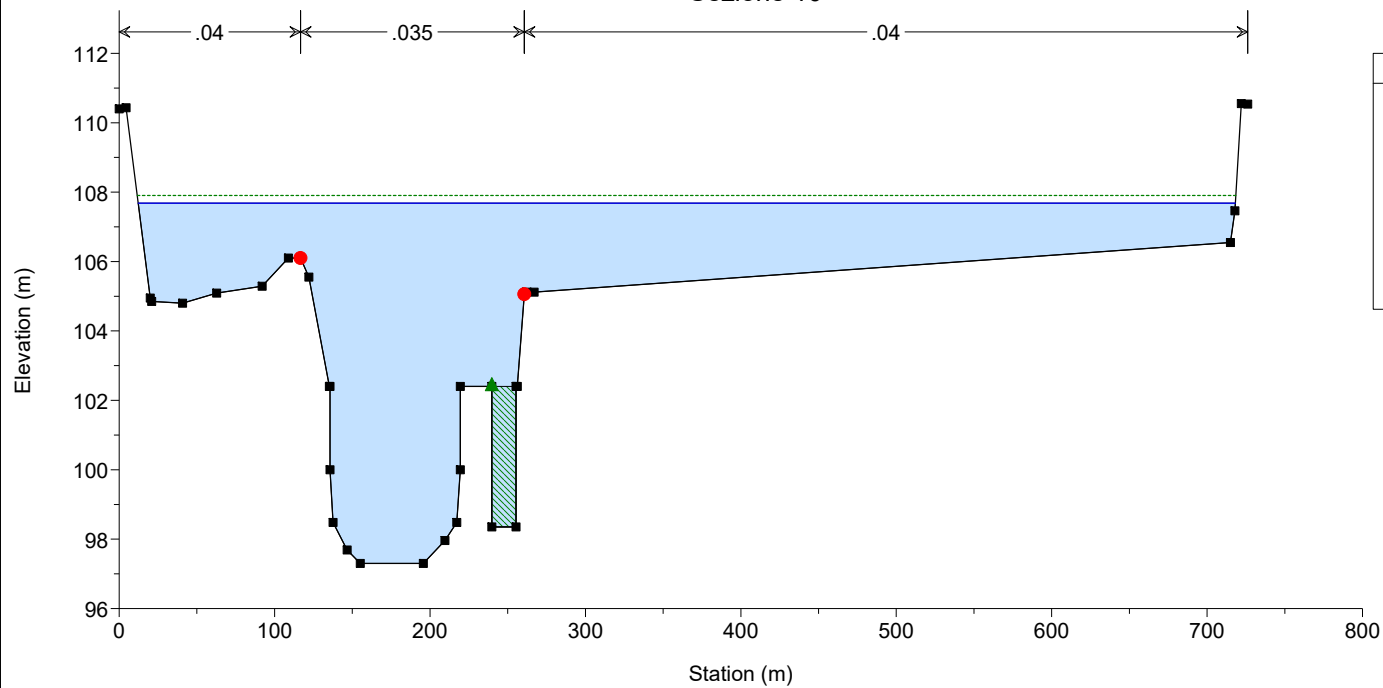
Sezione 9



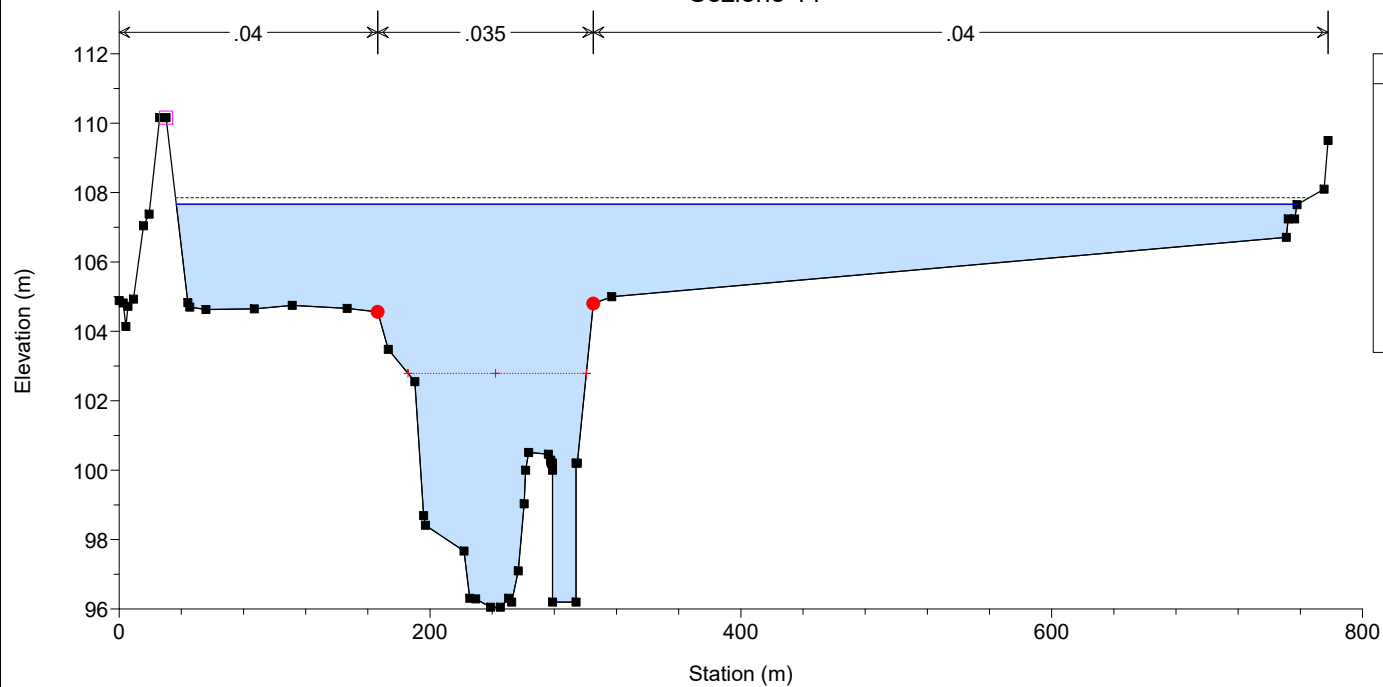
Traversa



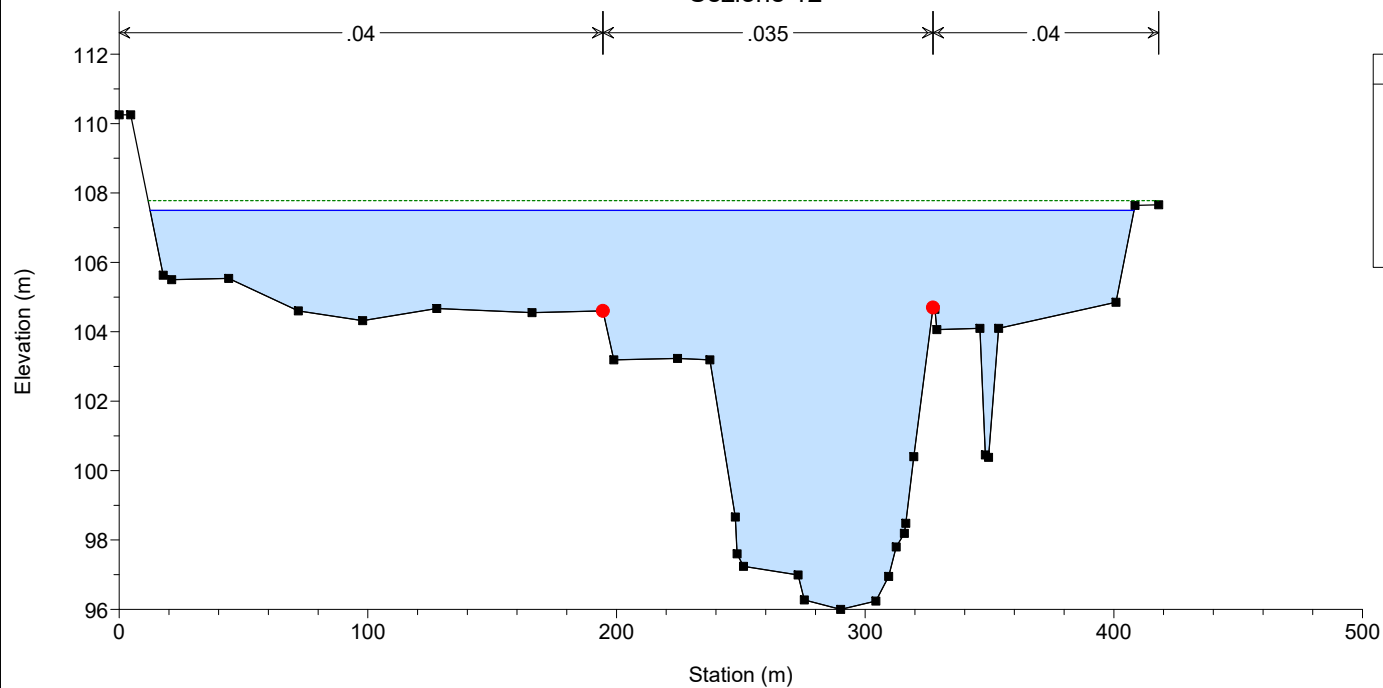
Sezione 10



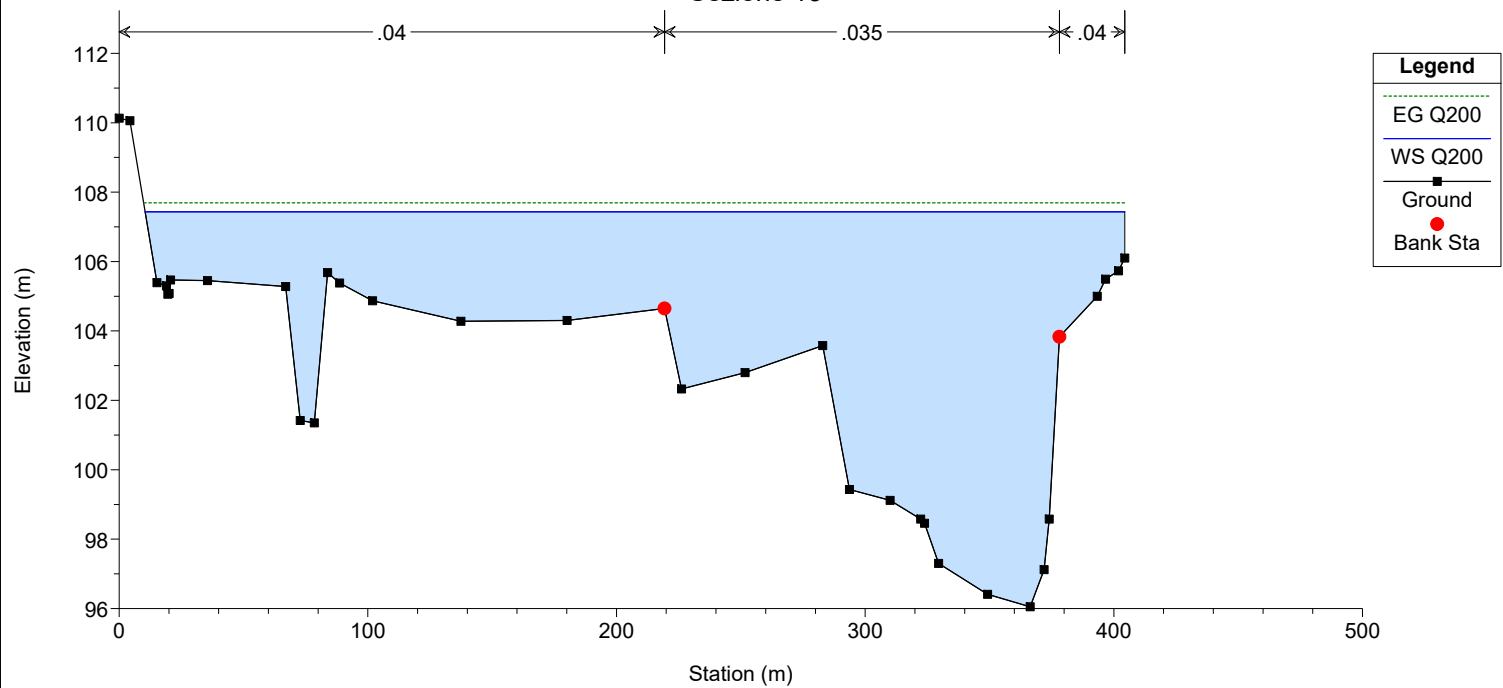
Sezione 11



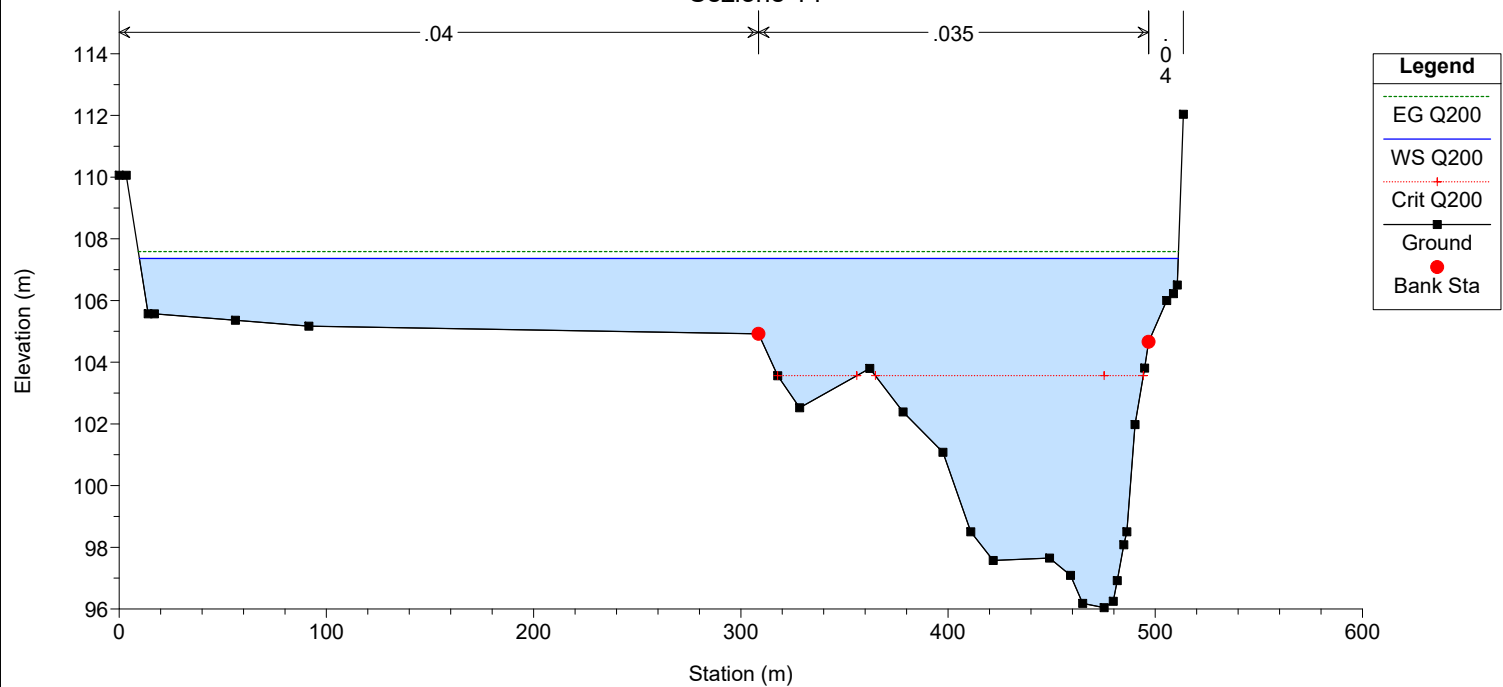
Sezione 12



Sezione 13

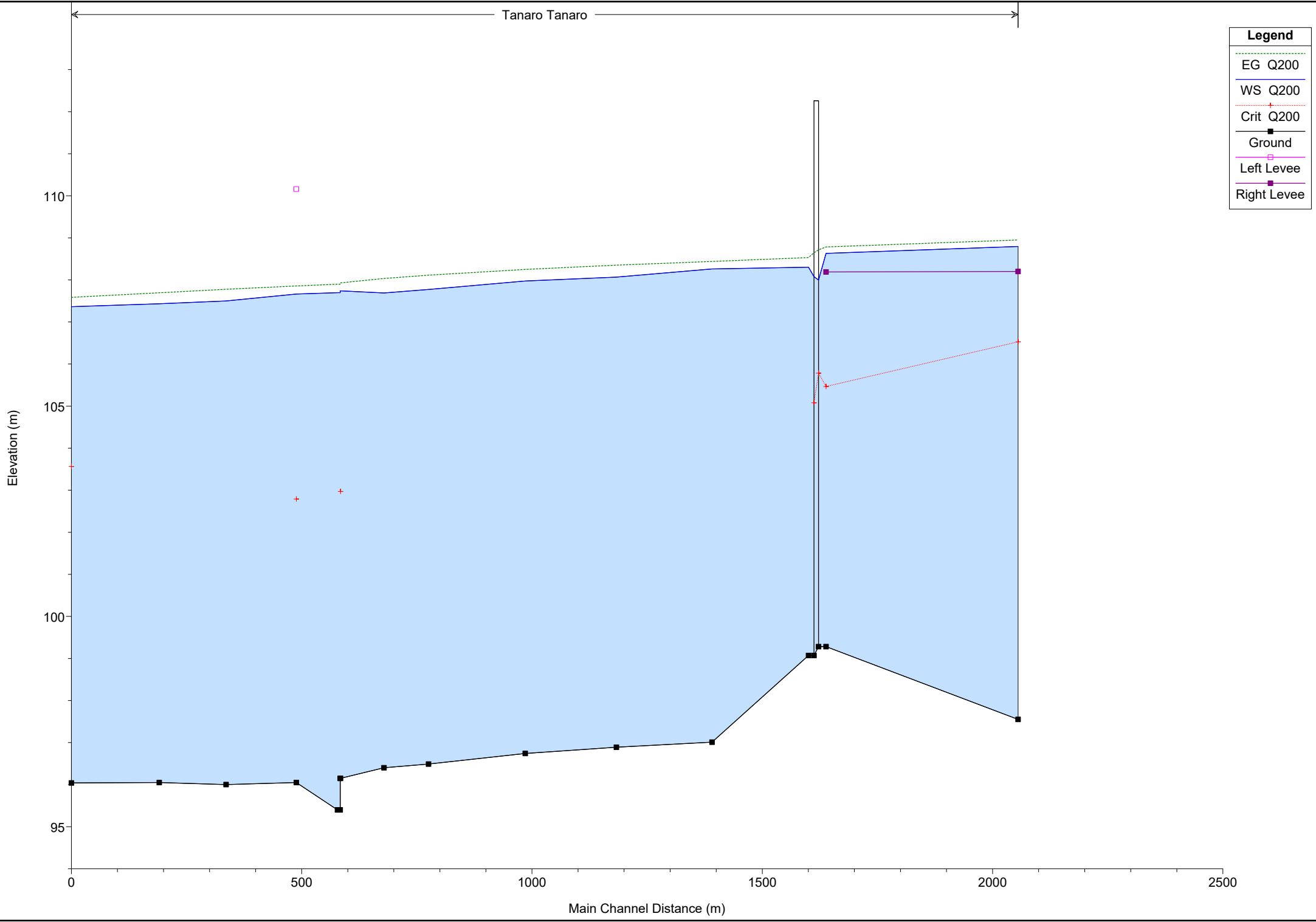


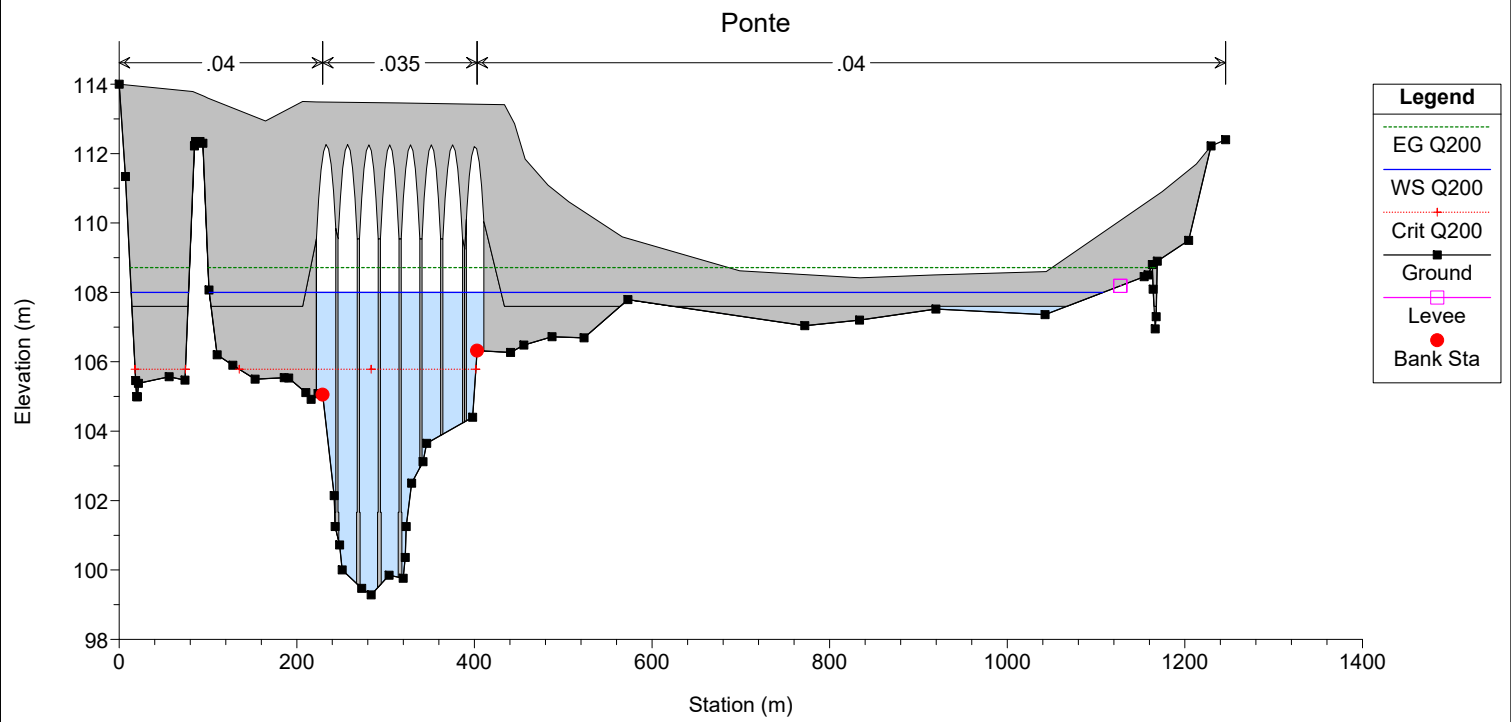
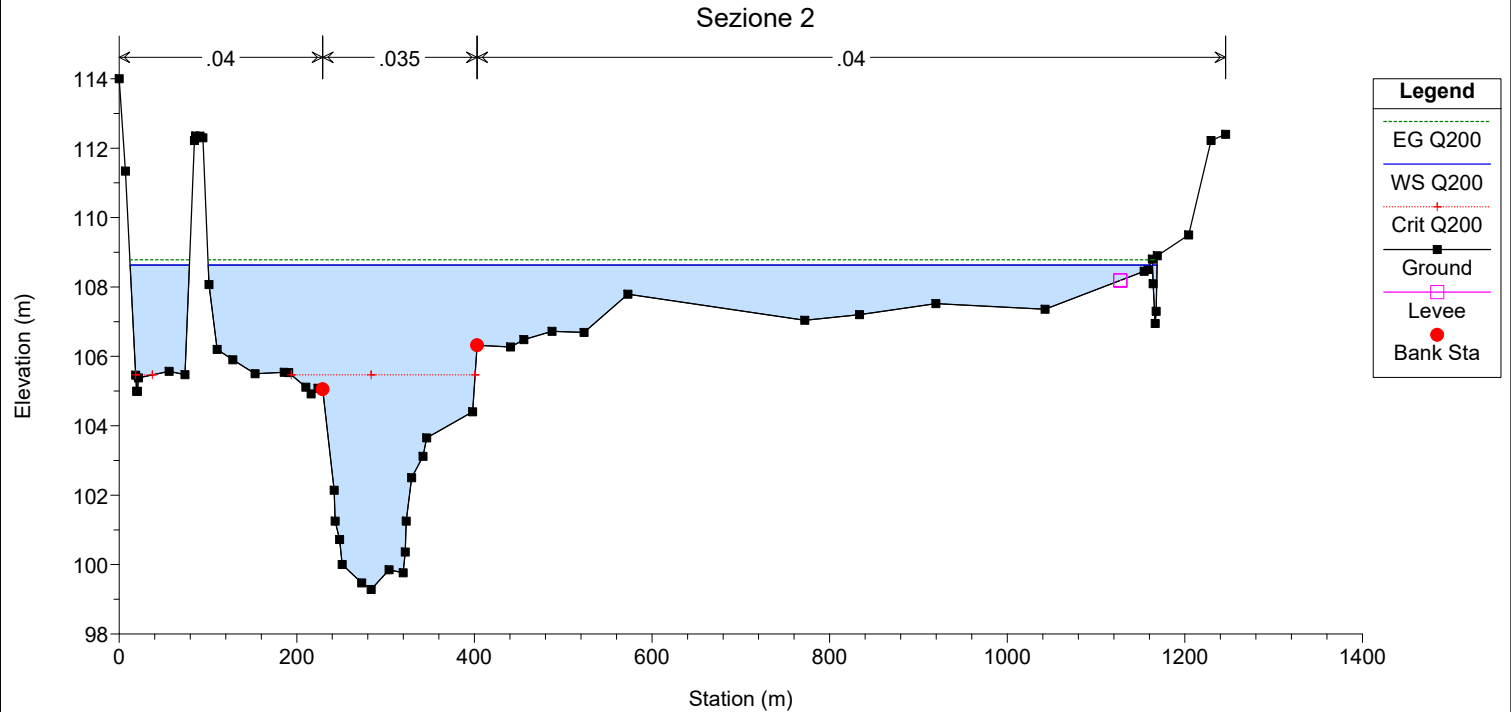
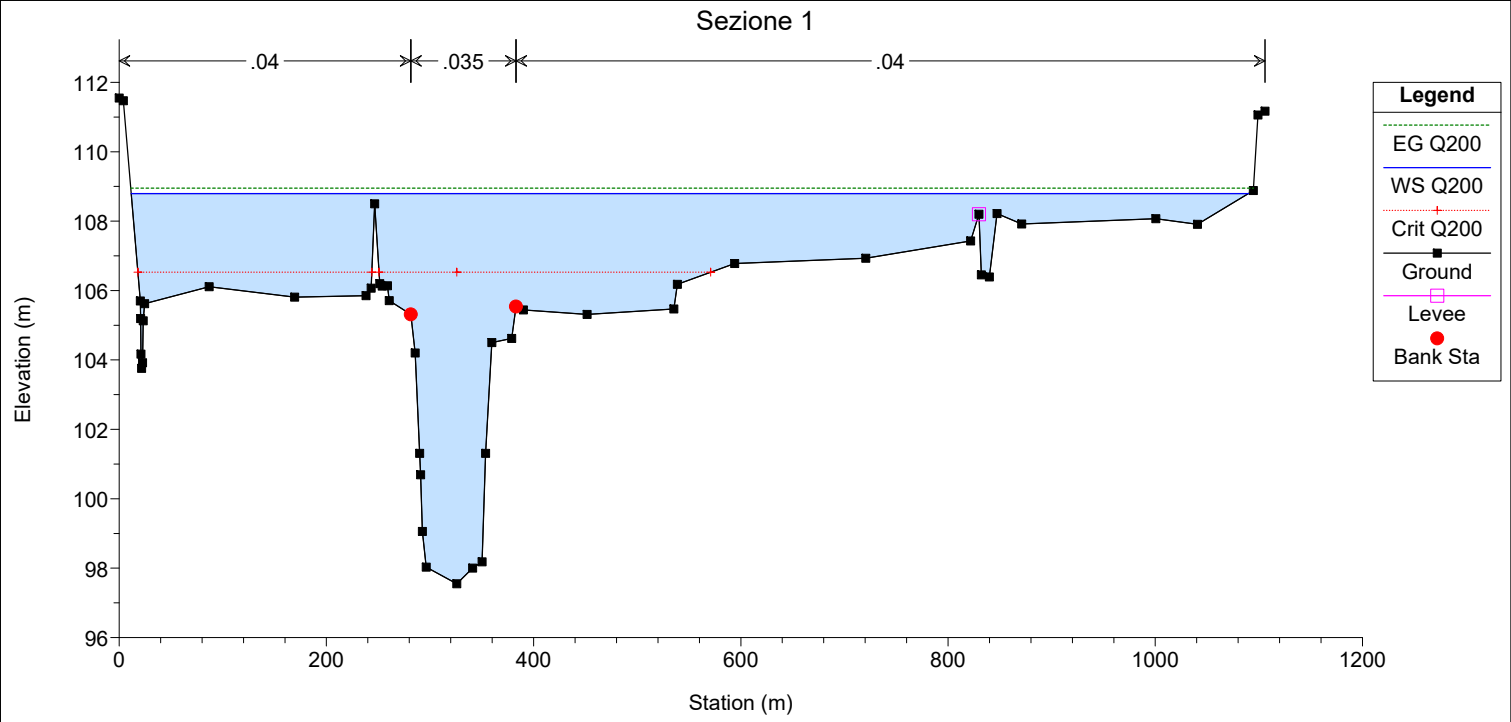
Sezione 14

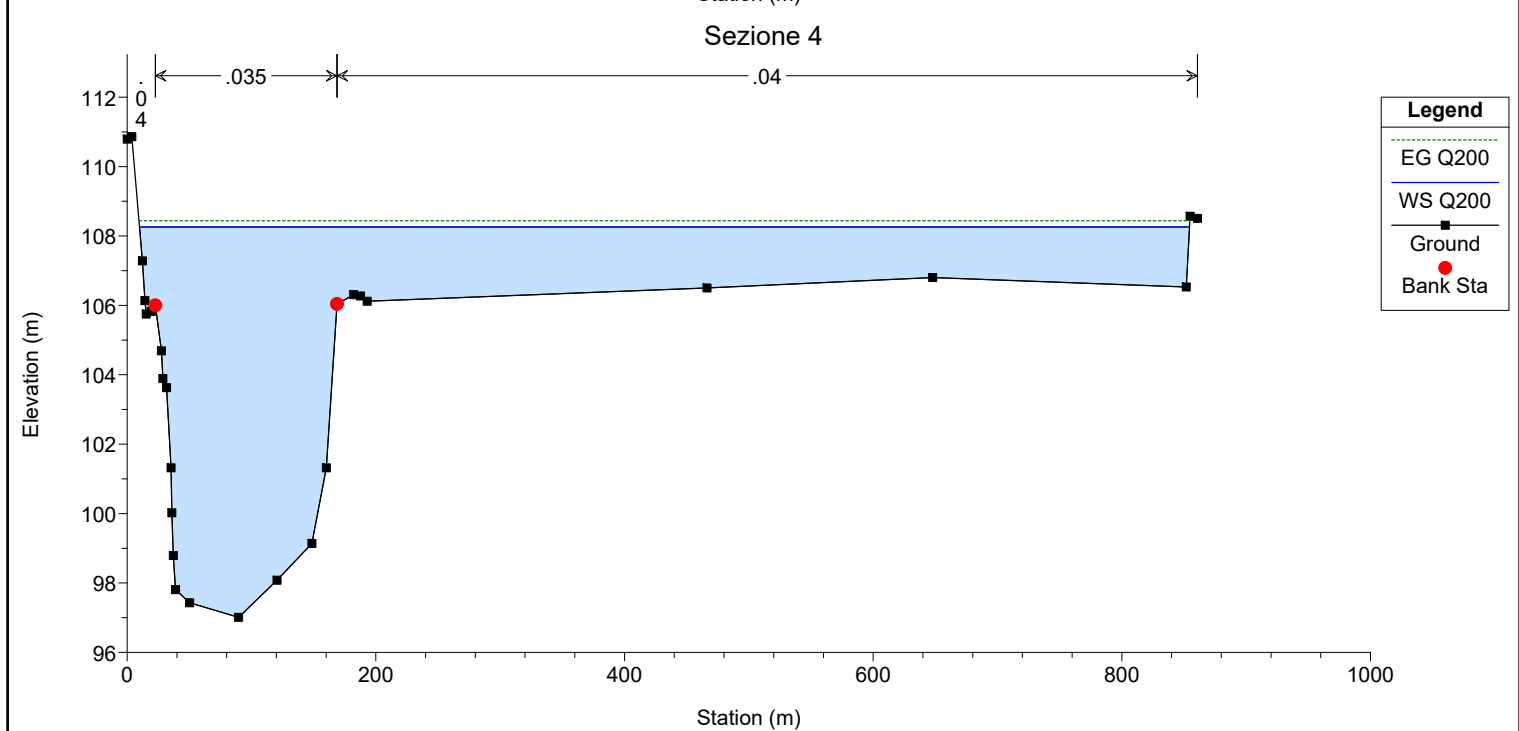
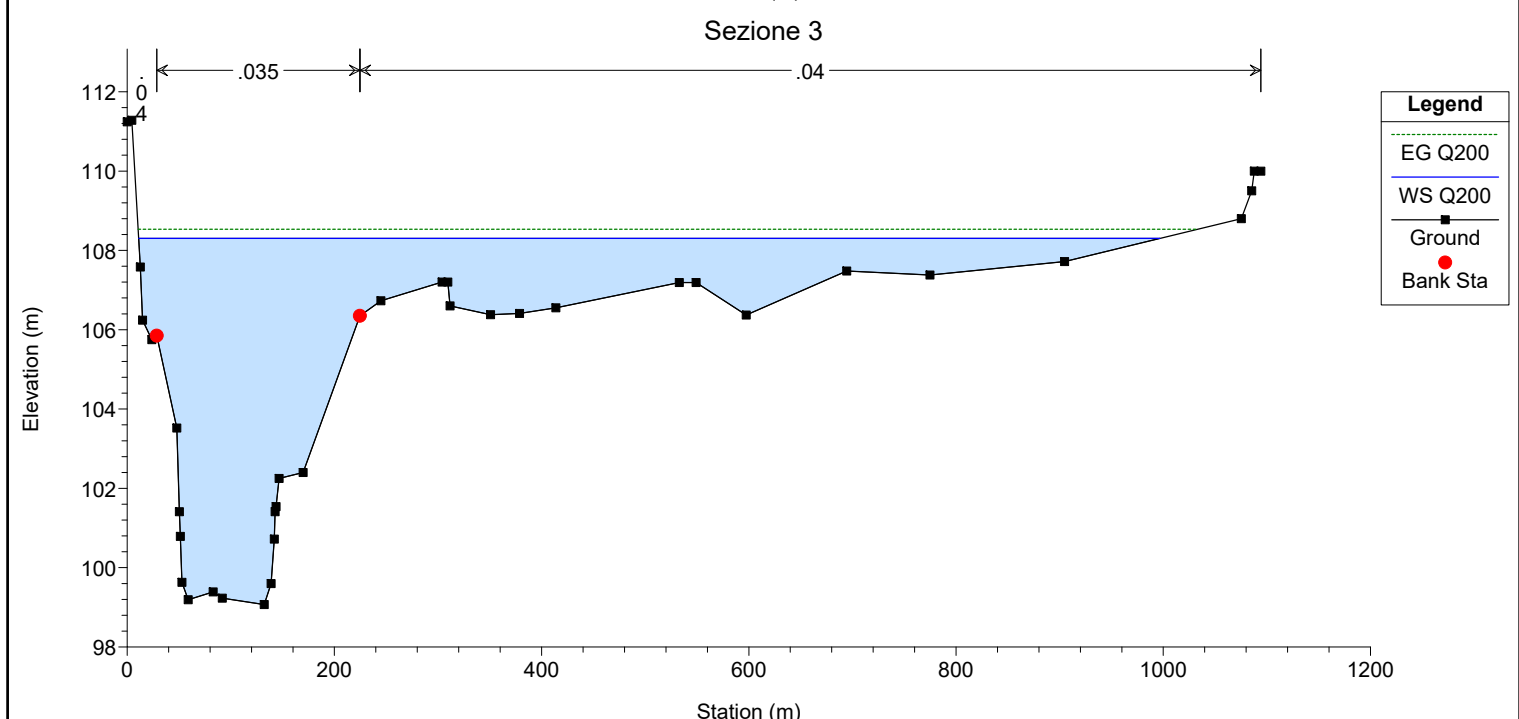
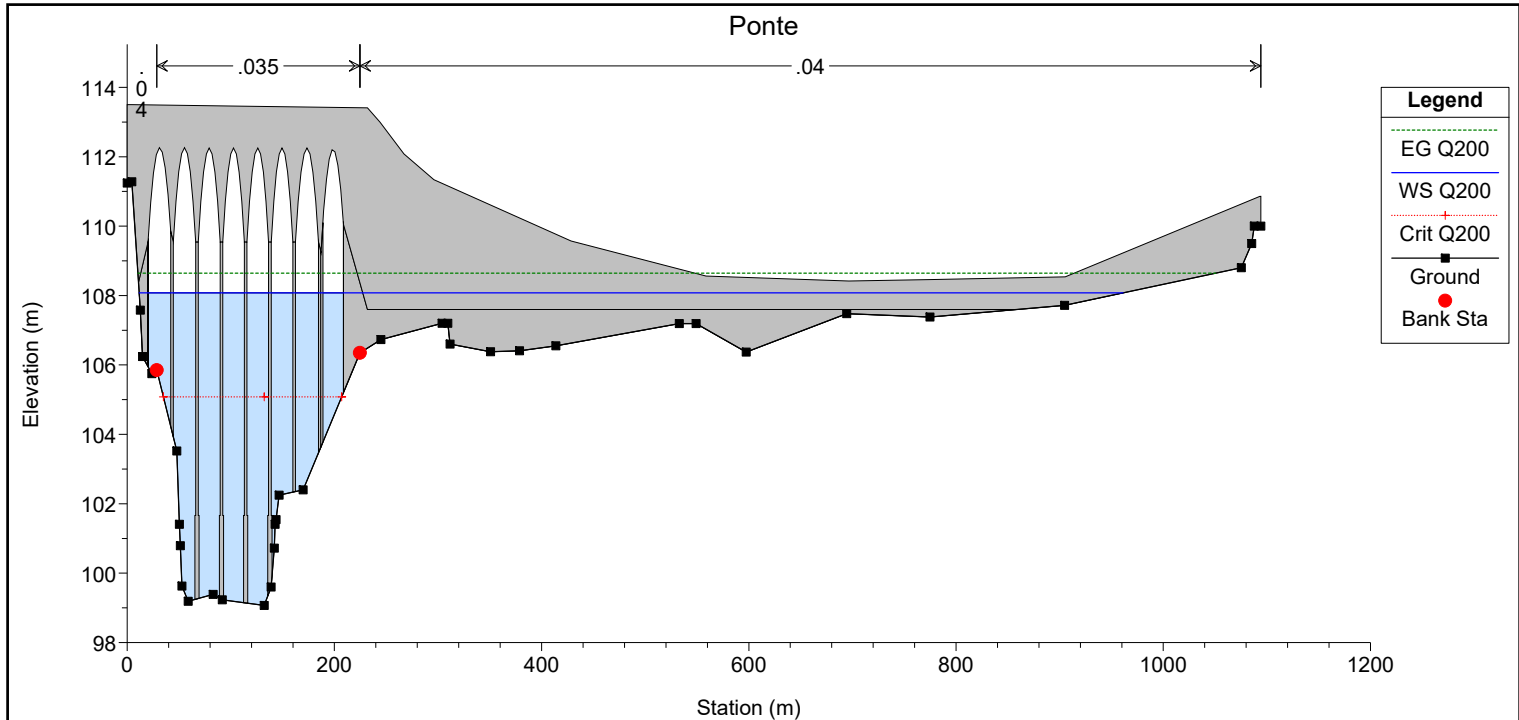


Situazione di progetto

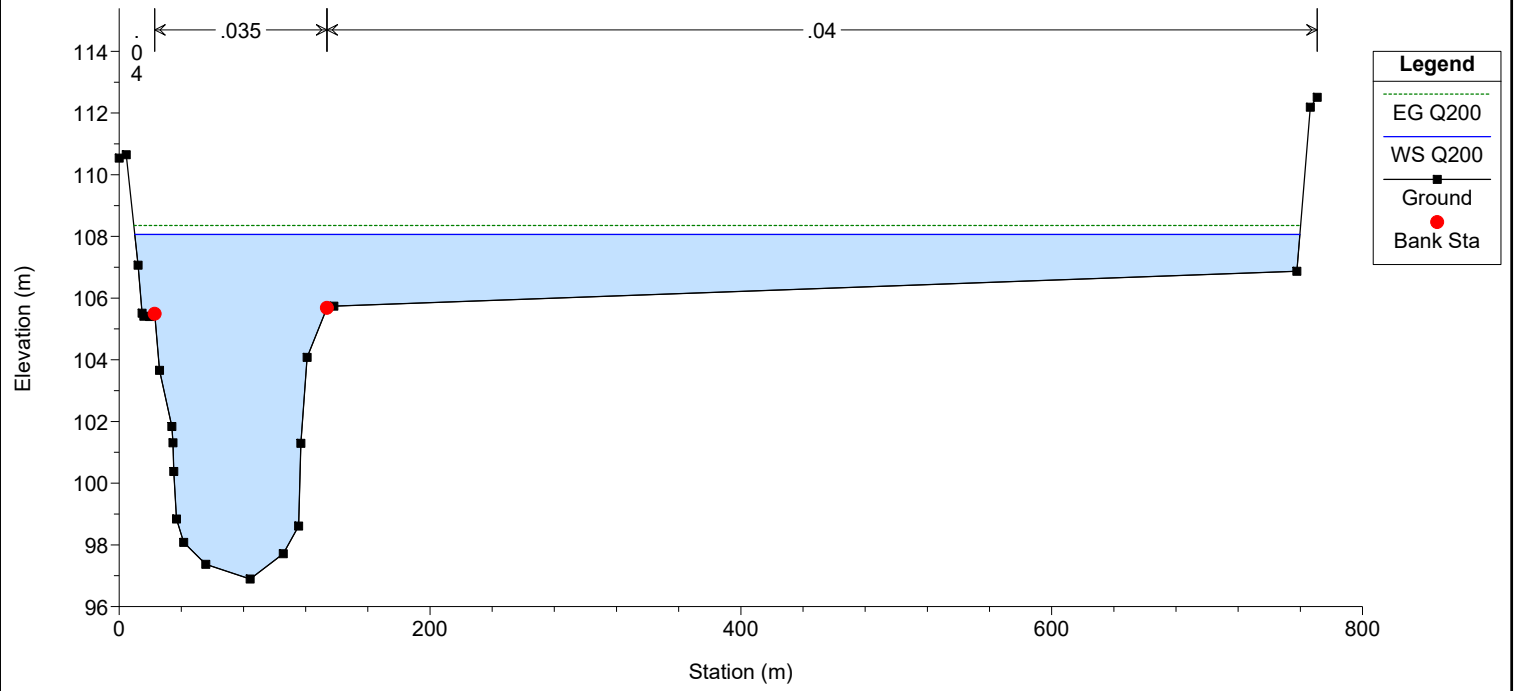
Portata di piena duecentennale



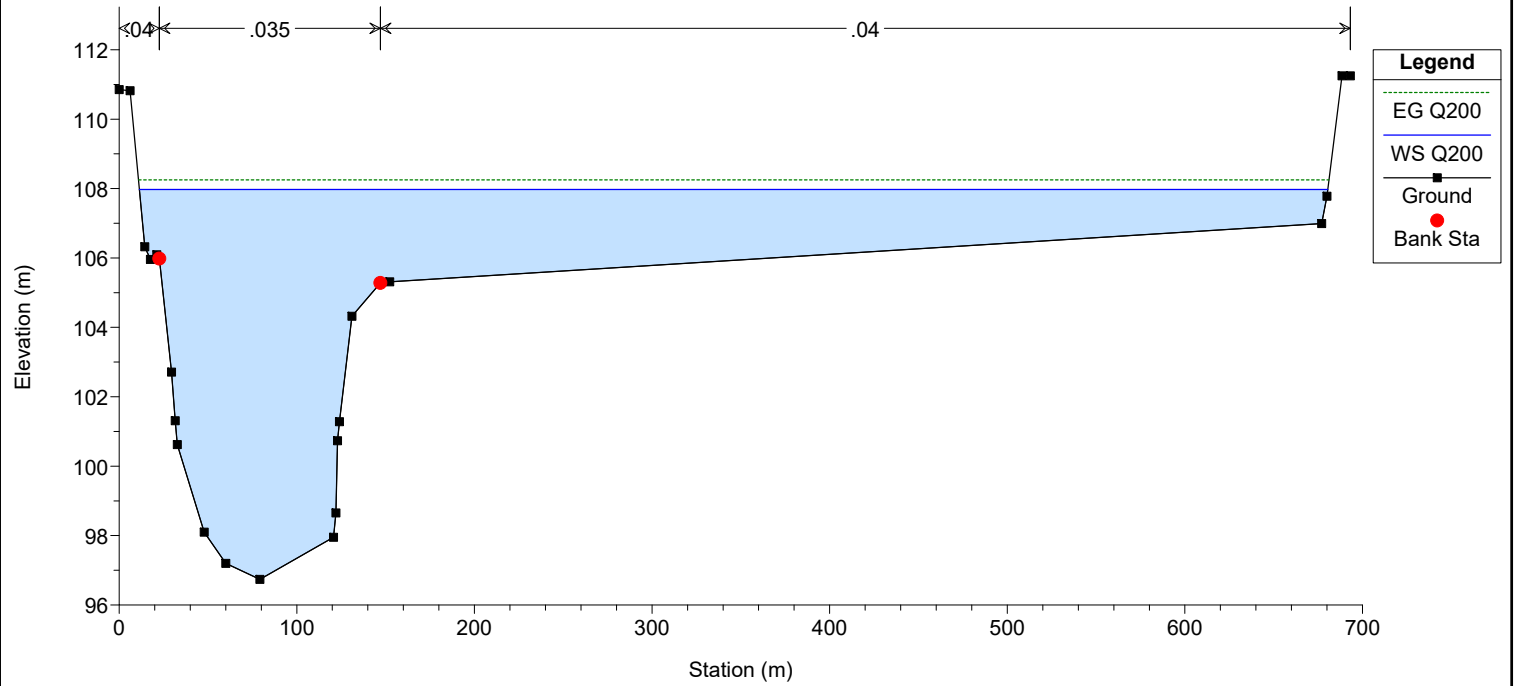




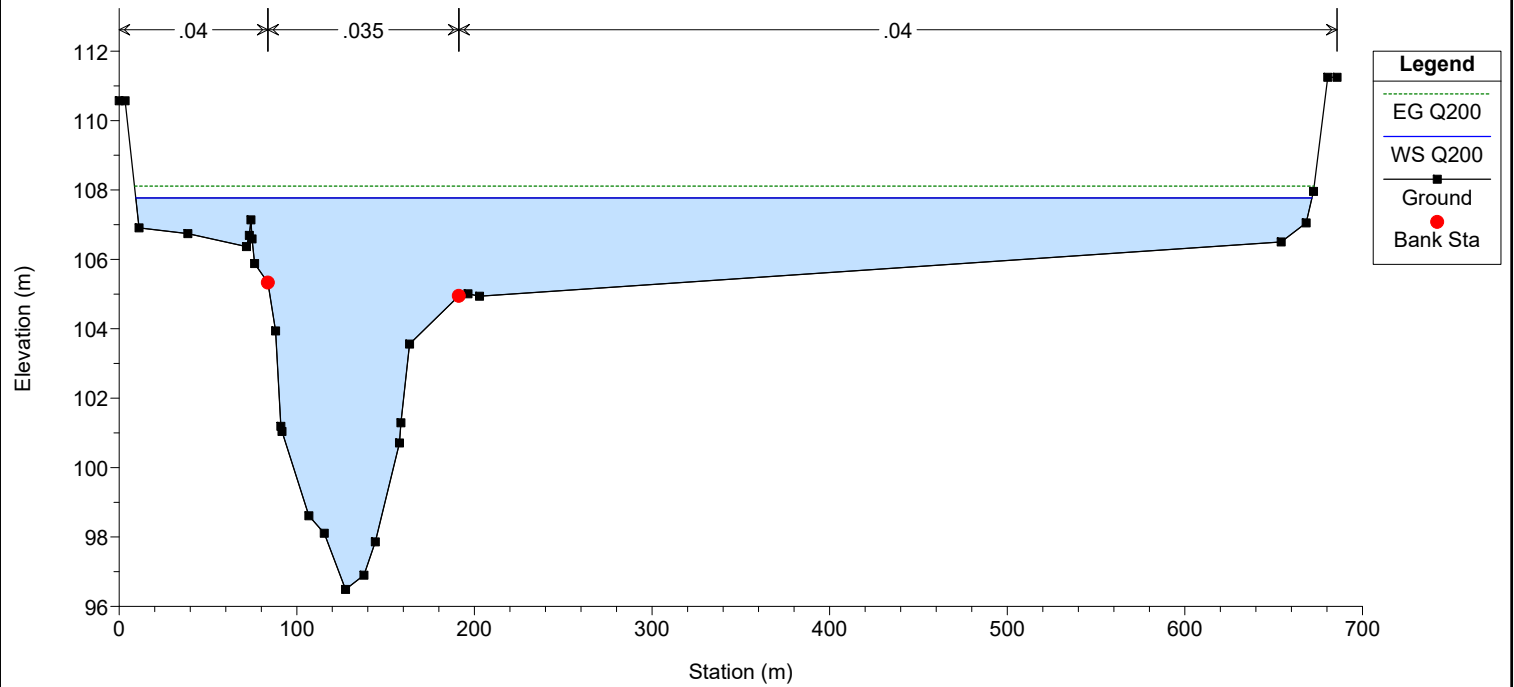
Sezione 5



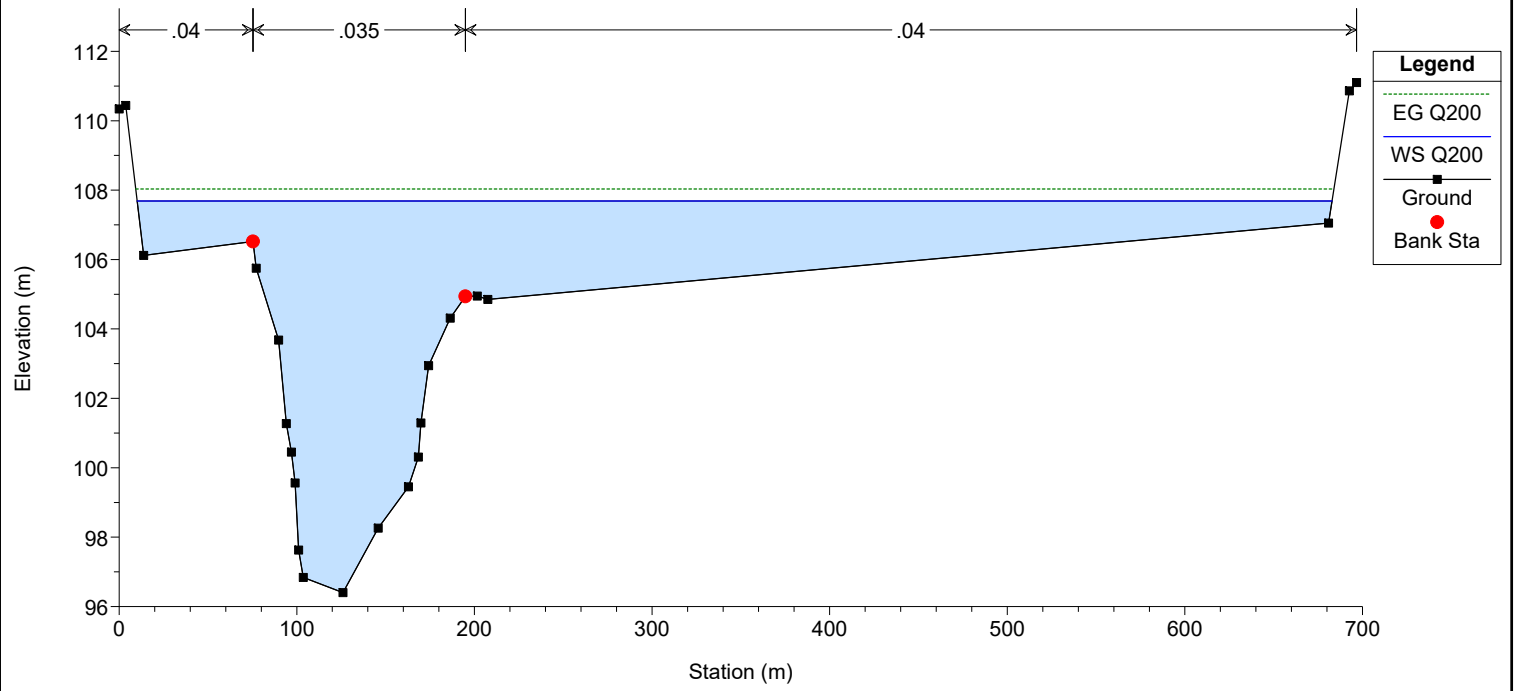
Sezione 6



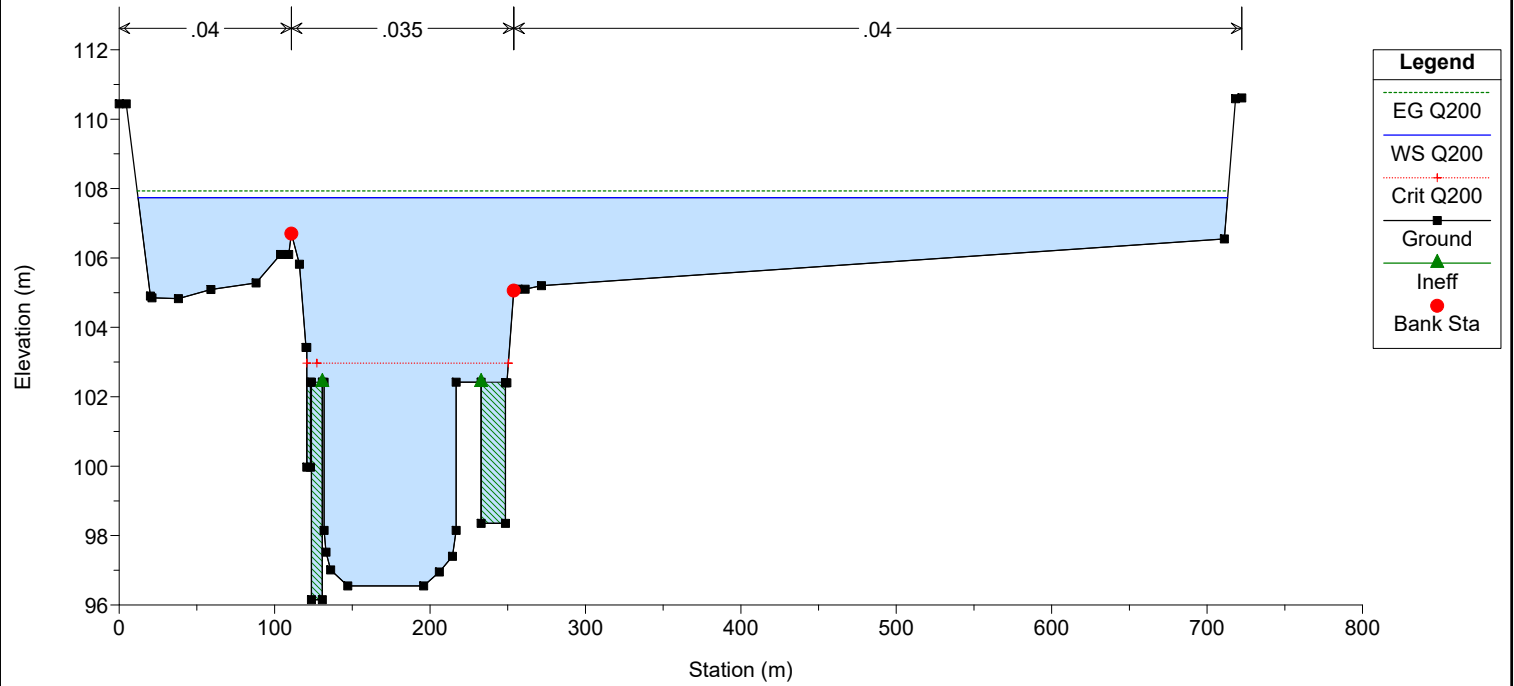
Sezione 7



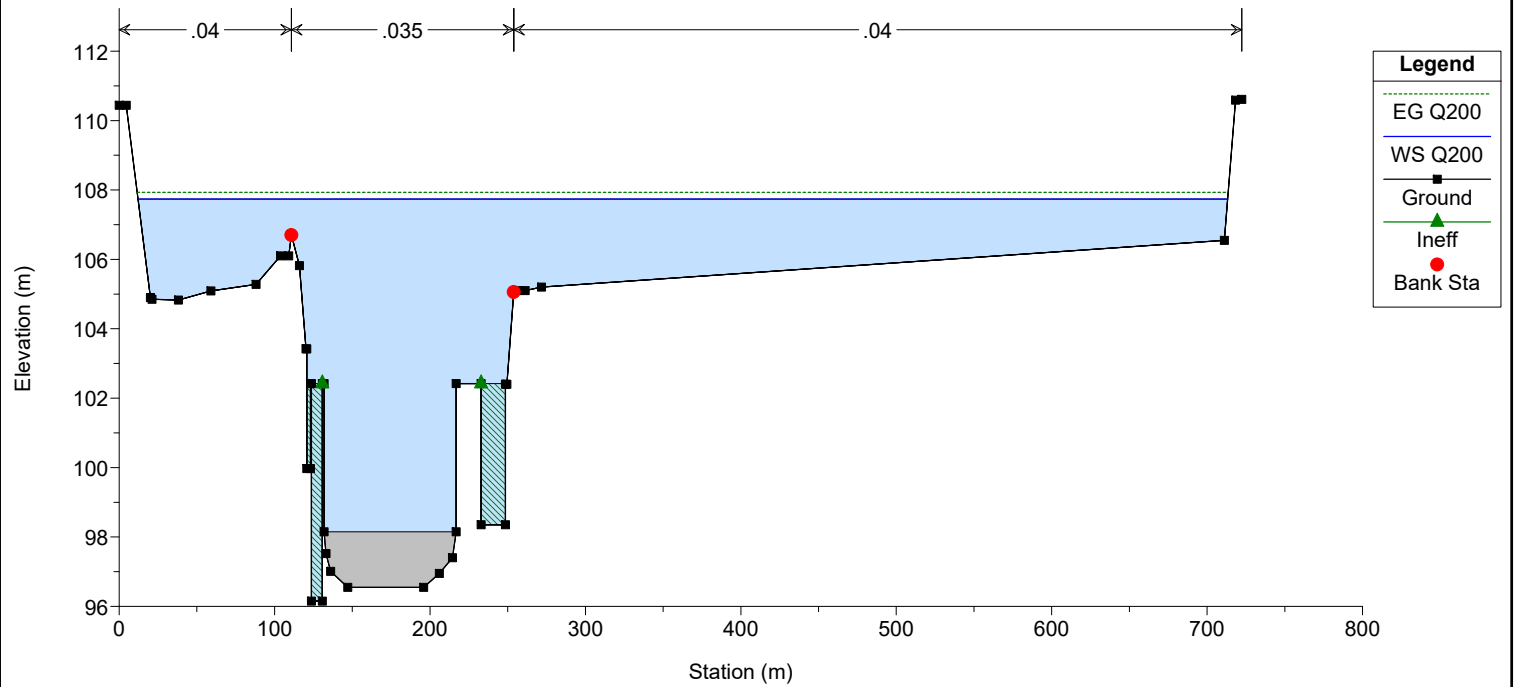
Sezione 8



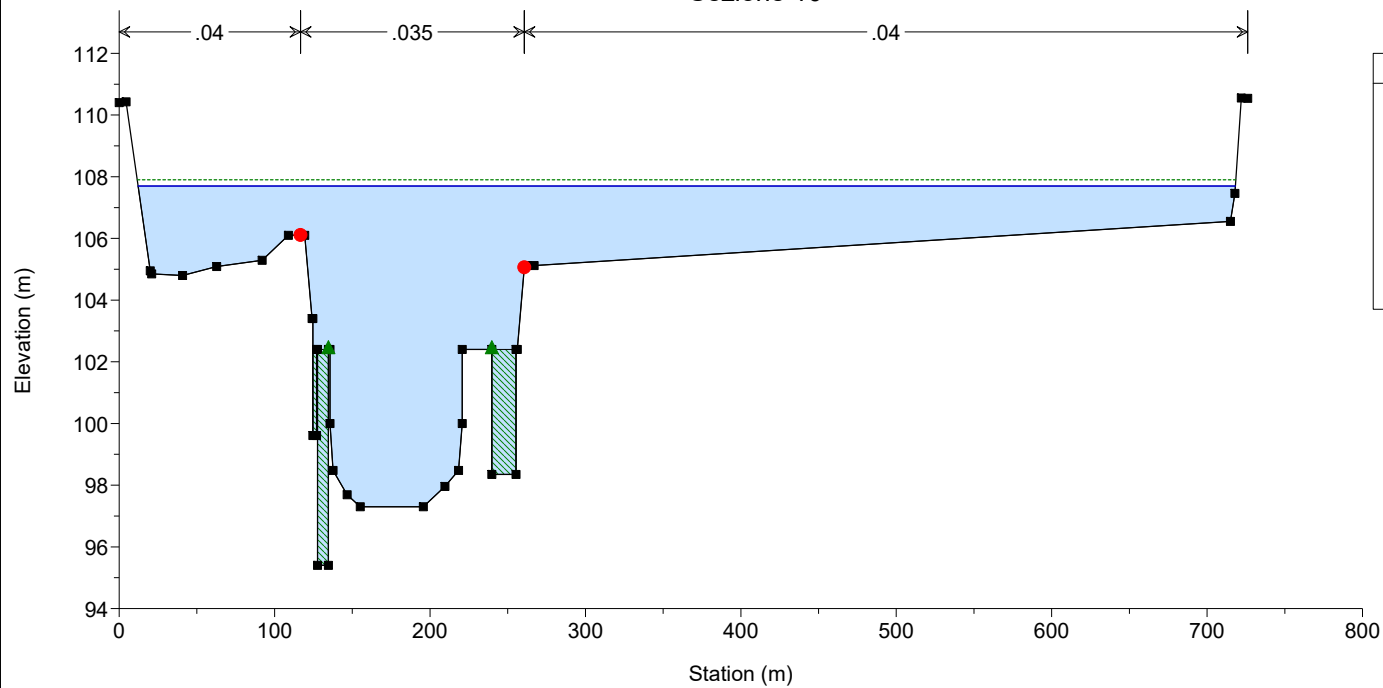
Sezione 9



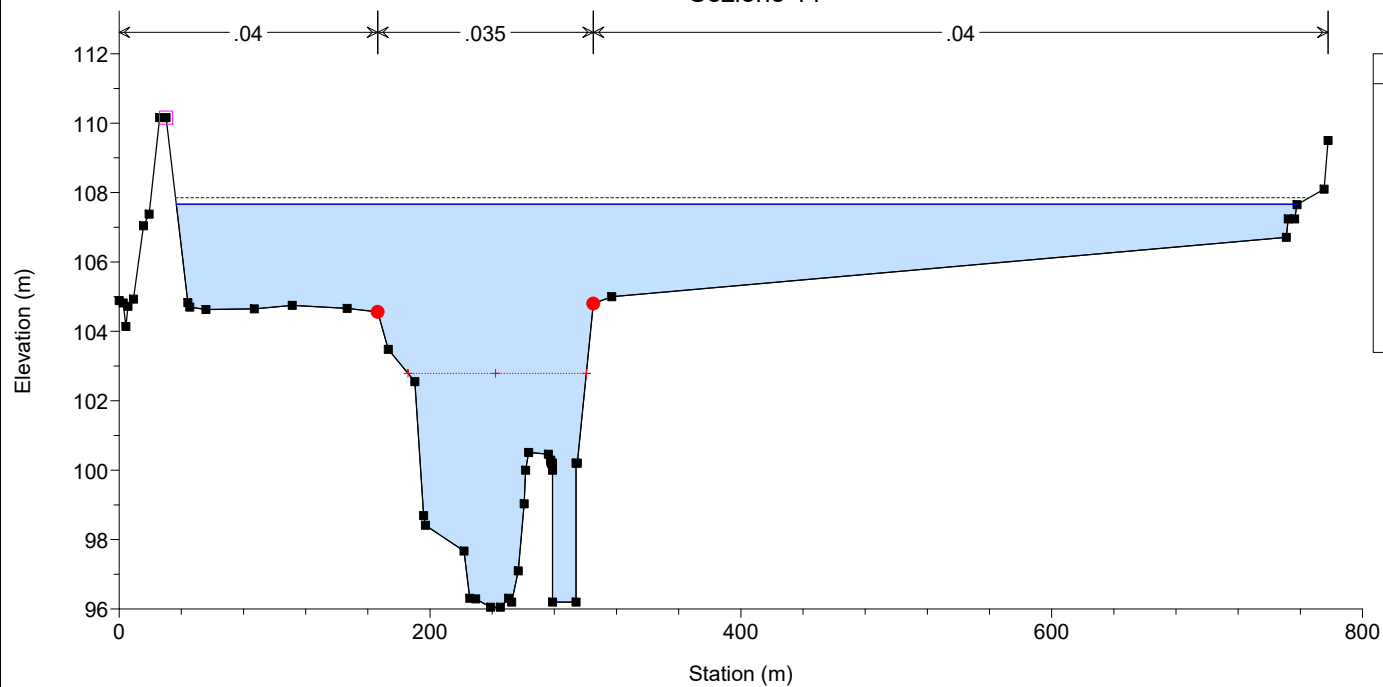
Traversa



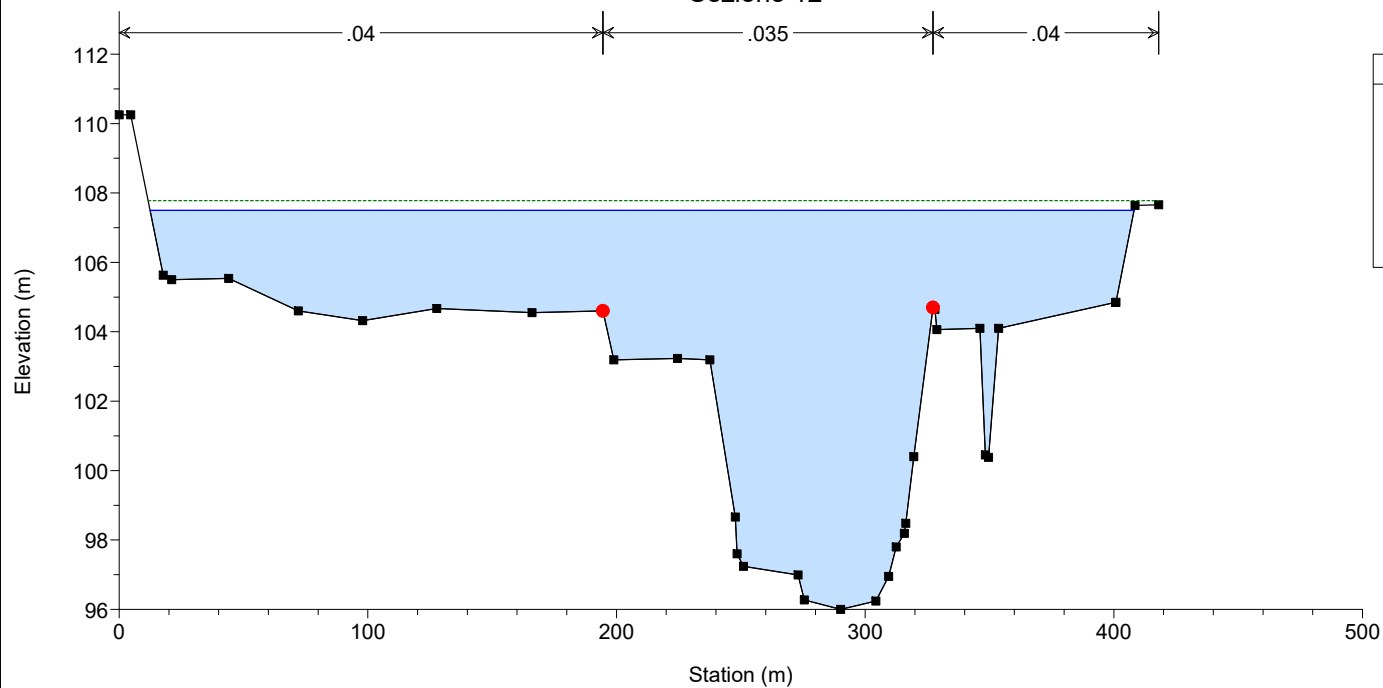
Sezione 10



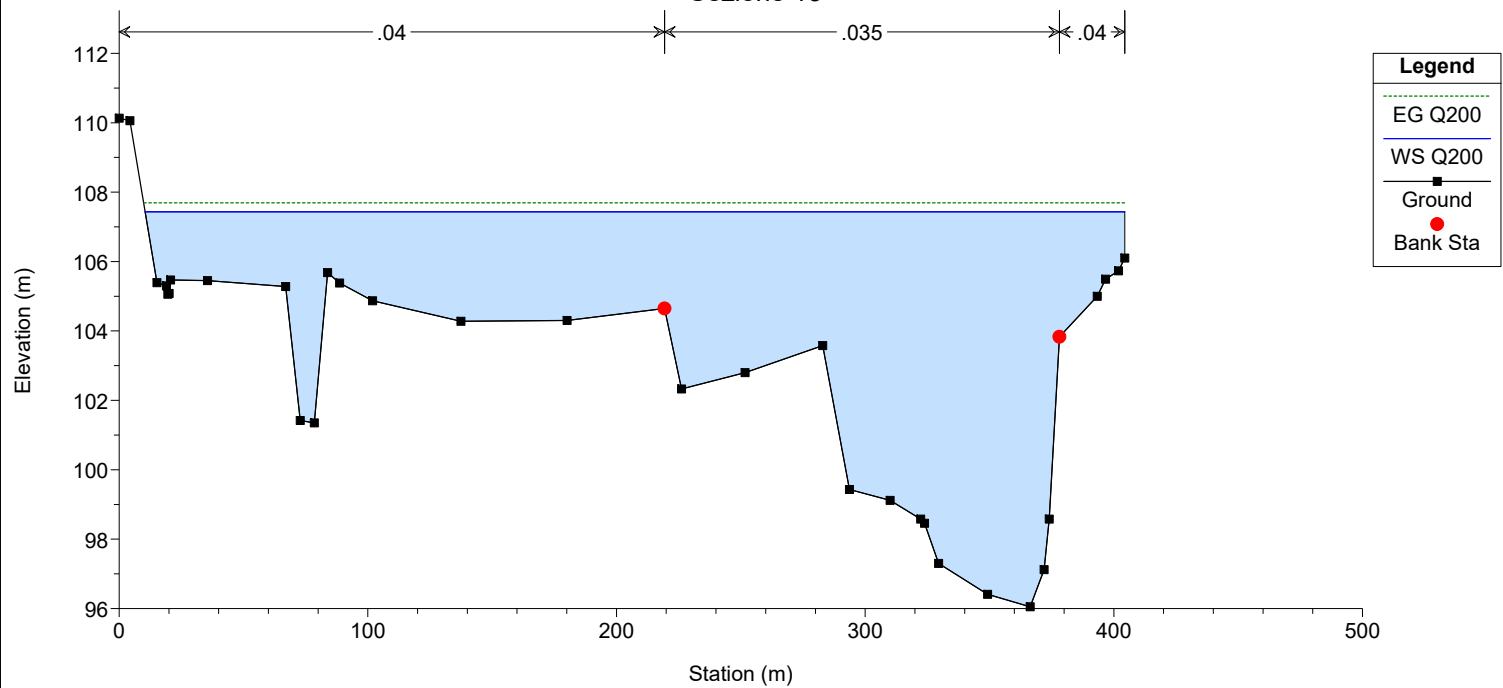
Sezione 11



Sezione 12



Sezione 13



Sezione 14

