



ENGINEERING AND CONSTRUCTION

RELAZIONE TECNICA

Document / Documento n.

PBSMA20438

Sheet
Pagina
1 of
di **16**
PROJECT
Progetto

MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE

Security Index
Indice Sicurezza

Internal Use / P

TITLE
Titolo

LOTTO A – BORRO PERCUSSENTE RELAZIONE IDRAULICA

CLIENT
Cliente

ENEL GLOBAL GENERATION – GENERATION ITALY CCGT/OIL & GAS - PRESIDIO EX AREA MINERARIA - SANTA BARBARA



JOB no.

.....

Document no.

.....

CLIENT SUBMITTAL
Inoltro al ClienteFOR APPROVAL
Per ApprovazioneFOR INFORMATION ONLY
Per InformazioneNOT REQUESTED
Non RichiestoSYSTEM
Sistema

APPL. TO SECT.
Valido per le sez.

DOC. TYPE
Tipo Doc.

TL

DISCIPLINE
Disciplina

C

FILE
File

PBSMA2043801

REV

DESCRIPTION OF REVISIONS / Descrizione delle revisioni

00

Prima emissione

01

Emissione per costruttivo

PROGETTAZIONE GENERALE

Dott. Ing. Marco Bologna

Il presente documento è sottoscritto con
firma digitale ai sensi dell'art. 21 del
D.Lgs. 82/2005

PROGETTAZIONE SPECIALISTICA


Dott. Ing. Alessandro Cecchelli

Il presente documento è sottoscritto con
firma digitale ai sensi dell'art. 21 del
D.Lgs. 82/2005

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--------------|----------------|--------------------------|---------------------------------|--|--|--|--|--|--------------------------|---------------------|----|--|
| 01 | 03.11.17 | FC | CECHELLI | | | | | | | | | | |
| | | | POLITECNICA | CIV | | | | | | | DPL | PE | |
| REV | Date Data | Scope Scopo | Prepared by Preparato | Co-operations Collaborazioni | | | | | | Approved by Approvato | Issued by Emesso | | |


This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

| | | |
|--|---|--|
|  ENGINEERING AND CONSTRUCTION | MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE | Document <i>Documento n.</i> PBSMA20438 |
| | LOTTO A – BORRO PERCUSSENTE RELAZIONE IDRAULICA | REV. 01 03.11.17 Sheet 2 of 16 <i>Pagina di</i> |

INDICE

| | | |
|-------|--|----|
| 1. | PREMESSA | 3 |
| 2. | DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO..... | 4 |
| 3. | MODELLAZIONE IDRAULICA | 8 |
| 3.1 | METODOLOGIA DI CALCOLO..... | 8 |
| 3.2 | IMPOSTAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO..... | 10 |
| 3.2.1 | Geometria del corso d'acqua e delle opere di attraversamento | 10 |
| 3.2.2 | Portate di progetto e condizioni al contorno | 10 |
| 3.3 | RISULTATI DELLA SIMULAZIONE IDRAULICA | 11 |
| 4. | DIMENSIONAMENTI IDRAULICI OPERE | 12 |
| 4.1 | ALVEI RIVESTITI IN PIETRAMME | 12 |
| 4.2 | VASCA DI SMORZAMENTO..... | 15 |

| | | |
|--|---|--|
|  ENGINEERING AND CONSTRUCTION | MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE | Document <i>Documento n.</i> PBSMA20438 |
| | LOTTO A – BORRO PERCUSSENTE RELAZIONE IDRAULICA | REV. 01 03.11.17 Sheet 3 of 16 <i>Pagina di</i> |

1. PREMESSA


La presente "Relazione Idraulica" riguarda le scelte tipologiche e progettuali, il dimensionamento e la verifica delle opere di sistemazione idraulica relative al borro Pianale e previste nell'ambito del Progetto Esecutivo della sistemazione idrografica dell'area mineraria di Santa Barbara, nei territori comunali di Cavriglia (AR) e di Figline Valdarno, ora Figline e Incisa Valdarno (FI).

Al fine di consentire la coltivazione delle ex miniere a cielo aperto di Castelnuovo, Allori e S. Donato, erano stati deviate, nel tempo (1956-1984), i borri affluenti alle aree di scavo, onde derivare ed allontanare dai fronti di coltivazione le portate ordinarie, con opere di captazione e convogliamento.

Il presente progetto ha come scopo la rinaturalizzazione ed il ripristino della rete idrografica ad una configurazione precedente agli interventi idraulici propedeutici alla coltivazione mineraria.

L'impostazione e le scelte progettuali si basano sul Progetto di Massima sviluppato da Enel Produzione SpA nel 2004, con integrazioni nel periodo 2005-2007, approvato con Decreto della Regione Toscana, Direzione Generale per le Politiche Territoriali e Ambientali, Settore Miniere ed Energia, n. 416 del 09.02.2010, dopo aver ottenuto il pronunciamento di compatibilità ambientale dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, di concerto con il Ministro per i Beni e le Attività Culturali, con Decreto n. 938 del 29.07.2009.

In particolare la presente relazione rappresenta uno sviluppo esecutivo ed un aggiornamento del documento Relazione Idraulica, Allegato 1 alla Relazione di Progetto di massima, emessa in data Luglio 2003 con rev.04.

| | | |
|--|---|--|
|  ENGINEERING AND CONSTRUCTION | MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE | Document <i>Documento n.</i> PBSMA20438 |
| | LOTTO A – BORRO PERCUSSENTE RELAZIONE IDRAULICA | REV. 01 03.11.17 Sheet <i>Pagina</i> 4 of 16 <i>di</i> |

2. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Il reticolo idrografico del borro Percussente e del Bicchieraie allo stato attuale presenta una conformazione naturale nel tratto di monte. Alla confluenza dei due borri è presente ad oggi la galleria di derivazione denominata "Bicchieraie" all'interno della quale vengono convogliate le portate defluenti sui due borri. L'originario tracciato degli alvei è stato interrotto all'epoca della coltivazione mineraria mediante la realizzazione di un'arginatura in terra e lo sbarramento del canale in c.a. che veniva utilizzato per approvvigionamento idrico a supporto dell'attività estrattiva.

Il piano di ripristino idrografico dell'area prevede quindi la chiusura dell'imbocco della galleria delle Bicchieraie e la deviazione delle acque verso il Lago di Castelnuovo mediante la realizzazione di una nuova inalveazione di progetto.

Per il primo tratto di lunghezza di circa 98 m si prevede il transito delle acque all'interno dell'attuale canale trapezoidale in c.a., mentre nel tratto successivo, fino al lago, la realizzazione per circa 700m di un alveo di progetto a sezione trapezoidale rivestita in massi naturali con base di larghezza pari a 6,00m.

L'inalveazione di progetto avrà quindi una lunghezza complessiva di circa 800 m e lungo il suo sviluppo sono previsti un guado e due vasche di smorzamento.

Le sezioni della nuova inalveazione sono state progettate a forma trapezoidale con sponde a pendenza 1/1.

La pendenza della nuova inalveazione varia da un minimo di circa il 2%, nel tratto finale in avvicinamento al Lago di Castelnuovo, ad un massimo del 70% nel tratto dello scivolo in c.a. esistente.

I principali interventi di ripristino del reticolo idrografico risultano quindi:

- La pulizia e l'eventuale riprofilatura degli alvei naturali a monte della confluenza dei due borri.
- Il tamponamento in calcestruzzo dell'ingresso della galleria Bicchieraie ed il successivo ricoprimento con terreno vegetale per la rinaturalizzazione dell'area.

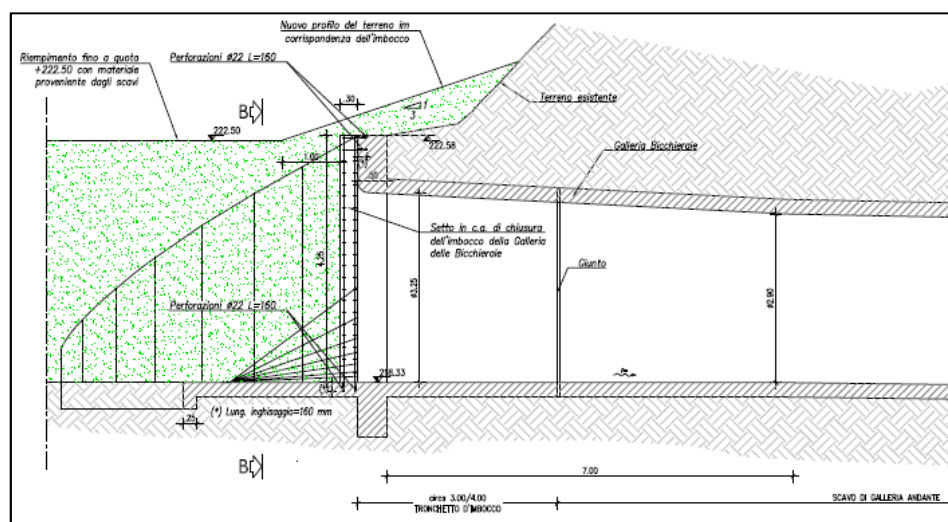



Figura 2-1: Sezione imbocco Galleria delle Bicchieraie

| | | |
|--|---|---|
|  ENGINEERING AND CONSTRUCTION | MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE | Document Documento n. |
| | LOTTO A – BORRO PERCUSSENTE RELAZIONE IDRAULICA | PBSMA20438 REV. 01 03.11.17 Sheet 5 of 16 Pagina 5 di 16 |

- La sistemazione dell'area depressa a monte del canale in c.a., interessata ad oggi da una condizione di disordine idrografico, che sarà oggetto di un rimodellamento morfologico per indirizzare i due borri verso il canale rivestito. In tale area è previsto il riporto di terreno proveniente dagli scavi e la riprofilatura e risagomatura dei due alvei con sezione trapezia rivestita in massi.

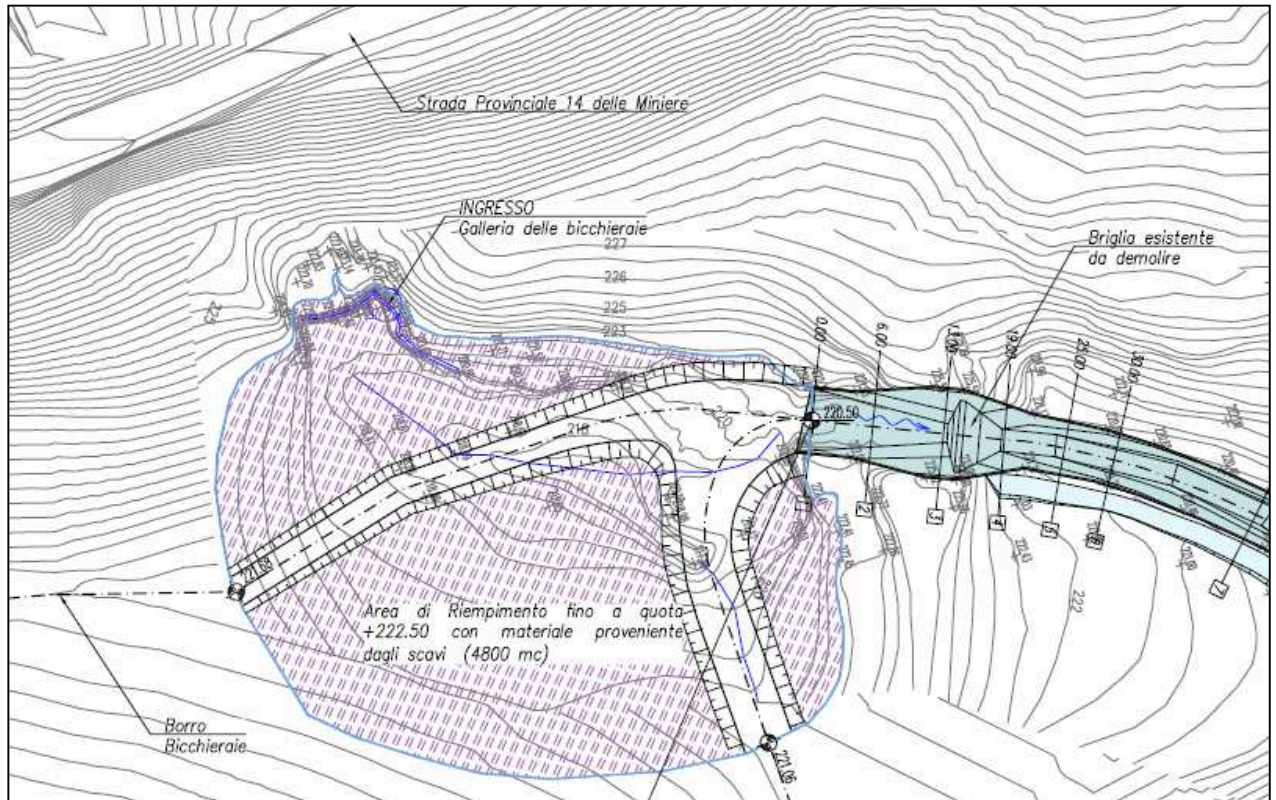


Figura 2-2: Area in corrispondenza della galleria e del canale

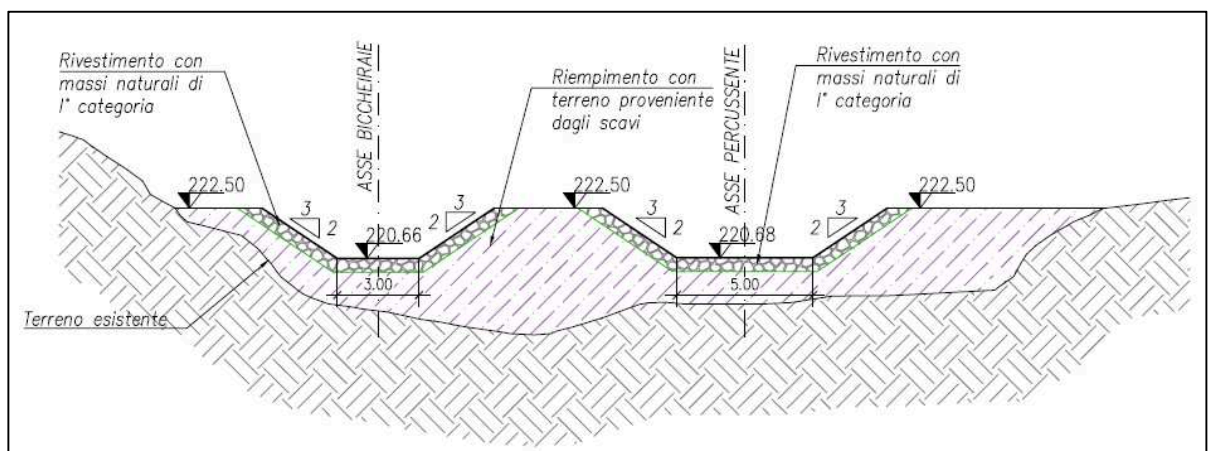



Figura 2-3: Sezioni tipo zona da risistemare a monte del canale

| | | |
|--|---|--|
|  ENGINEERING AND CONSTRUCTION | MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE | Document <i>Documento n.</i> PBSMA20438 |
| | LOTTO A – BORRO PERCUSSENTE RELAZIONE IDRAULICA | REV. 01 03.11.17 Sheet 6 of 16 <i>Pagina di</i> |

- La demolizione dell'attuale sbarramento in c.a. che ad oggi occlude l'imbocco del canale in c.a., in modo da ripristinare il transito delle portate verso l'inalveazione di progetto;

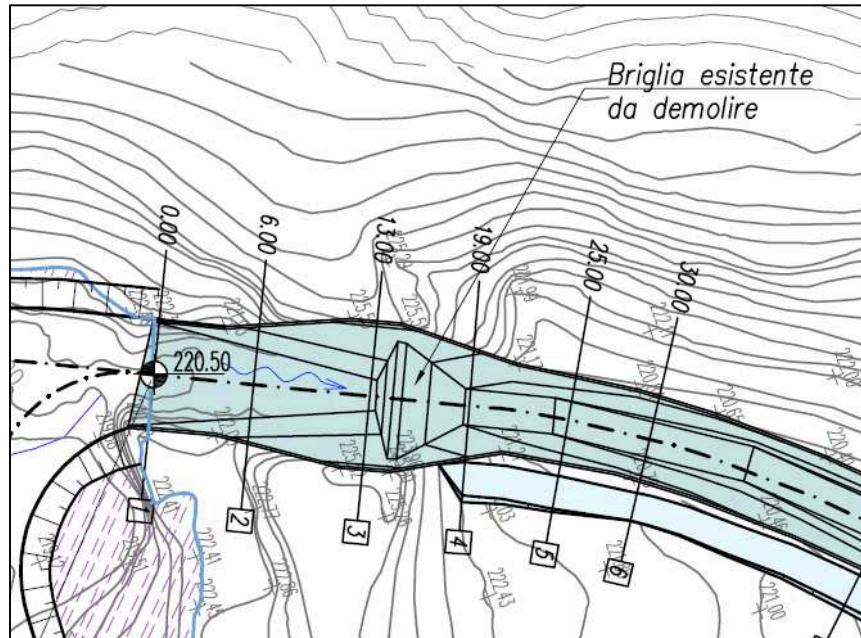


Figura 2-4: Sbarramento canale esistente in c.a.

- La pulizia del canale esistente in c.a. e l'innalzamento della testa della sponda mediante la realizzazione di un sovrizzo in massi naturali per il contenimento della piena con Tr 300 anni.

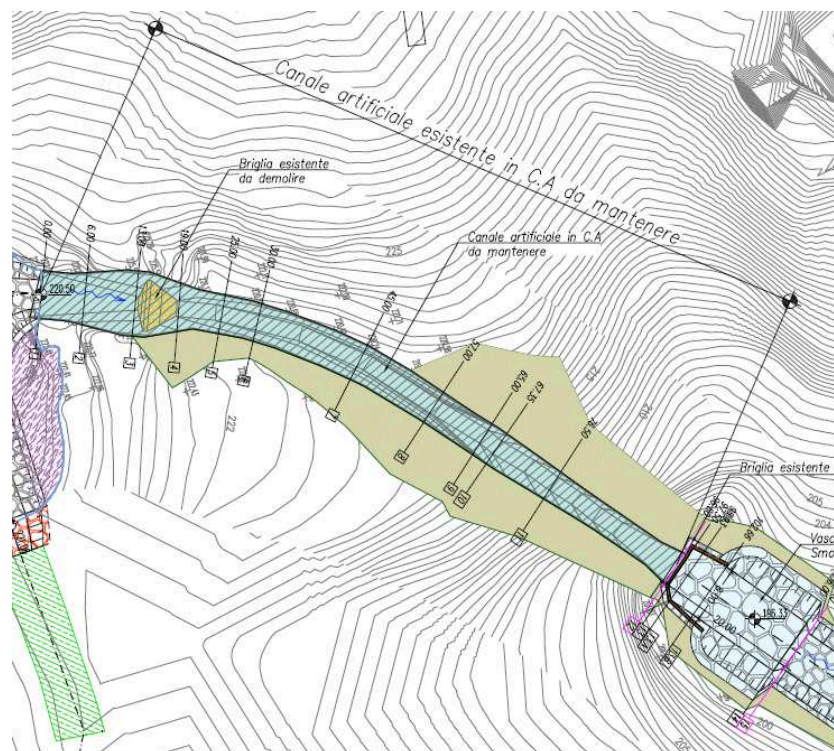




Figura 2-5: Tratto di canale in c.a. da preservare

| | | |
|--|---|---|
|  ENGINEERING AND CONSTRUCTION | MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE | Document <i>Documento n.</i> PBSMA20438 |
| | LOTTO A – BORRO PERCUSSENTE RELAZIONE IDRAULICA | REV. 01 03.11.17 Sheet 7 of <i>Pagina</i> di 16 |

- Lungo l'asta sono previste delle vasche di smorzamento nei tratti in cui è presente una brusca variazione di pendenza ed in particolare dove si raggiungono elevate velocità del flusso della corrente. Nel progetto sono presenti n°2 vasche: la prima è posta alla progressiva 97.50 a valle dello scivolo naturale esistente caratterizzato da una forte pendenza; la seconda è posta alla progressiva 520. Le vasche sono costituite da un salto di monte: il salto nella prima vasca è realizzato mediante il mantenimento in essere della briglia in c.a. a valle del canale; nella seconda vasca è invece realizzato ex novo prevedendo un muro in c.a. su micropali con la testa sagomata a sezione trapezia. L'energia del getto d'acqua viene dissipata nella vasca rivestita in massi naturali, le cui dimensioni sono state calcolate secondo i criteri riportati all'interno dello specifico paragrafo.
- La realizzazione, ad un determinato interasse, di soglie in c.a., in pietra e in legname, viste le elevate pendenze longitudinali della nuova inalveazione, per stabilizzare i massi di rivestimento del canale.
- La realizzazione di un guado di attraversamento in corrispondenza della nuova pista ciclabile alla progressiva 600. Il guado G01 è costituito da tre scatolari prefabbricati di base 2,50m per un'altezza di 1,25. Lo scatolare permette il passaggio delle portate ordinarie al disotto della struttura mentre nel caso di eventi con Tr200 e Tr300 si ha il sormonto della struttura. Il passaggio degli eventi di piena con sormonto della struttura avviene senza il superamento dei cigli di sponda e quindi non generando fenomeni di esondazione.
- Vista la presenza tra le progressive 320 e 460 di una zona in frana è stata prevista l'impermeabilizzazione del tratto di canale mediante una membrana impermeabile. Tale soluzione progettuale impedisce l'infiltrazione del acque del canale all'interno del corpo in frana, aumentando così la stabilità del tratto di pendio.

Nei paragrafi seguenti vengono presentate la modellazione dell'alveo allo stato di progetto e le verifiche delle opere idrauliche comprese tra l'imbocco nel canale in c.a. fino alla sezione di immissione nel lago Castelnuovo.

| | | |
|--|---|--|
|  ENGINEERING AND CONSTRUCTION | MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE | Document <i>Documento n.</i> PBSMA20438 |
| | LOTTO A – BORRO PERCUSSENTE RELAZIONE IDRAULICA | REV. 01 03.11.17 Sheet <i>Pagina</i> 8 of 16 <i>di</i> |

3. MODELLAZIONE IDRAULICA

Lo studio idraulico del corso d'acqua in progetto è stato sviluppato adottando diversi gradi di dettaglio, in relazione all'importanza delle opere in progetto e dell'asta fluviale in esame. L'asta fluviale è stata modellata con il codice di calcolo Hec-Ras per valutare l'efficienza delle sezioni idrauliche mentre le opere idrauliche quali soglia di sfioro, vasca di dissipazione e vasche di smorzamento sono state dimensionate attraverso formule presenti in letteratura.

3.1 METODOLOGIA DI CALCOLO

La modellazione idraulica dei corsi d'acqua principali è stata sviluppata applicando un modello monodimensionale che calcola i profili di corrente in moto permanente o gradualmente variato. Tale scelta deriva dalla tendenza, ampiamente diffusa, in campo scientifico e tecnico, nell'applicare modelli in moto permanente che, sebbene non tengano conto del reale passaggio dell'onda di piena, ne sovrastimano gli effetti, producendo risultati a favore di sicurezza. La simulazione in moto permanente restituisce i massimi livelli idrici e le velocità della corrente corrispondenti a portate di picco dell'onda di piena e di assegnato tempo di ritorno.

La modellazione è stata effettuata applicando il software HEC-RAS v.4.0, sviluppato e distribuito da USACE (U.S. Army Corps of Engineers), HEC (Hydrologic Engineering Center), la cui completa documentazione è reperibile su:

<http://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/hecras.html>.

Il modello di calcolo utilizzato si basa sulle condizioni di moto (i) stazionario, (ii) gradualmente variato, (iii) monodimensionale (portata costante e geometria dell'alveo variabile). Tale schema, che tiene conto della variazione delle dimensioni dell'alveo e delle singolarità localizzate (rappresentate da manufatti, bruschi restringimenti o allargamenti, variazioni di scabrezza, salti di fondo), è generalmente adatto ad affrontare tutte le situazioni in cui la valutazione degli effetti degli interventi in progetto sulle condizioni di deflusso è rappresentabile in termini di variazioni del profilo idraulico.

La procedura di calcolo consiste nella determinazione della quota del pelo libero in una sezione a partire dalla quota, nota, in una sezione adiacente, per mezzo di un procedimento iterativo. L'unità elementare del sistema fisico, composta da un volume idrico di controllo posto tra 2 generiche sezioni trasversali adiacenti del corso d'acqua è governata dal principio di conservazione dell'energia, mediante le seguenti equazioni:

$$WS_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = WS_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad [1.a]$$

$$h_e = L\bar{S}_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad [1.b]$$


dove i pedici 1 e 2 indicano rispettivamente la sezione di valle e la sezione di monte, WS_2 , WS_1 [m] i livelli del pelo libero alle estremità del tratto, V_2^2 , V_1^2 [m²/s²] le velocità quadratiche medie, α_1 , α_2 i coefficienti ponderali dei termini cinetici, g l'accelerazione di gravità [m/s²], h_e [m] le perdite di carico totali, L [m] la distanza media pesata sulle portate tra le due sezioni [m], \bar{S}_f è il gradiente medio delle perdite di carico per attrito [m/m], C è il coefficiente di dissipazione energetica per espansione o contrazione.

Applicando le Eq. [1], si assume:

- **Moto stazionario** in quanto nelle equazioni utilizzate non compaiono i termini dipendenti dal tempo;

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

| | | |
|--|---|---|
|  ENGINEERING AND CONSTRUCTION | MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE | Document <i>Documento n.</i> PBSMA20438 |
| | LOTTO A – BORRO PERCUSSENTE RELAZIONE IDRAULICA | REV. 01 03.11.17 Sheet of <i>Pagina</i> 9 di 16 |

- **Moto gradualmente variato** perché l'Eq. [1.a] è basata sull'ipotesi che in tutte le sezioni si assume una distribuzione idrostatica delle pressioni;
- **Moto unidimensionale** perché l'Eq. [1.a] è basata sull'ipotesi che la linea dei carichi totali sia la stessa in tutti i punti di una sezione;
- **Pendenze longitudinali** dell'alveo "piccole" perché si assume di avere distribuzione idrostatica delle pressioni lungo le verticali, che per valori contenuti della pendenza possono essere identificate con le normali al moto.

Le transizioni attraverso lo stato critico della corrente, in caso di risalti idraulici e di passaggio attraverso ponti e viadotti, vengono risolte applicando l'equazione semplificata della quantità di moto applicata al tratto elementare di canale. La sezione di deflusso è suddivisibile in 3 zone in cui si applica l'ipotesi di distribuzione uniforme delle velocità, i.e. l'alveo principale o di magra e 2 aree golenali (destra e sinistra). In pratica il flusso nelle golene viene suddiviso in base ai punti utilizzati per descrivere la geometria della sezione.

I **termini di perdita di carico media** per ciascun tratto elementare, sia concentrata (α) sia distribuita (S_f), vengono calcolati utilizzando la seguente definizione della **capacità di deflusso** indipendentemente per ciascun ambito della sezione (si omettono per brevità i pedici):

$$K = \frac{\Omega \cdot R^{\frac{2}{3}}}{n}; \quad Q = K S_f^{\frac{1}{2}}; \quad v = \frac{Q}{\Omega} \quad [2]$$

dove K è la capacità di deflusso [m^3/s], n è il coefficiente di scabrezza di Manning [$s/m^{1/3}$], R è il raggio idraulico [m], Ω è l'area della sezione bagnata [m^2], Q è la portata [m^3/s] e v [m/s] la velocità.

In funzione del regime della corrente, vengono utilizzate diverse stime del **gradiente di carico per attrito medio** S_f sul tratto (media aritmetica, geometrica, armonica).

La **distanza media pesata tra le due sezioni** L nelle 3 zone della sezione risulta dall'Eq. [2]:


$$L = \frac{L_{lob} \cdot \bar{Q}_{lo} + L_{mch} \cdot \bar{Q}_{mch} + L_{rob} \cdot \bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{mch} + \bar{Q}_{rob}} \quad [3]$$

dove L_{lob} , L_{mch} , L_{rob} [m] sono le lunghezze per il moto in golena sinistra, nell'alveo di magra e in golena destra, \bar{Q}_{lob} , \bar{Q}_{mch} , \bar{Q}_{rob} [m^3/s] sono le medie aritmetiche delle portate nelle due sezioni con riferimento a golena sinistra, alveo di magra e golena destra.

I **coefficienti** α_1 , α_2 dei termini di dissipazione cinetica sono calcolati con la seguente espressione:

$$\alpha = \frac{\Omega_t^2 \cdot \left[\frac{K_{lob}^3}{\Omega_{lob}^2} + \frac{K_{mch}^3}{\Omega_{mch}^2} + \frac{K_{rob}^3}{\Omega_{rob}^2} \right]}{K_t^3} \quad [4]$$

dove il pedice t indica la totalità della sezione.

| | | |
|--|---|---|
|  ENGINEERING AND CONSTRUCTION | MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE | Document <i>Documento n.</i> PBSMA20438 |
| | LOTTO A – BORRO PERCUSSENTE RELAZIONE IDRAULICA | REV. 01 03.11.17 Sheet 10 of 16 <i>Pagina di</i> |

3.2 IMPOSTAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO

Il codice di calcolo richiede l’inserimento dei seguenti dati:

- Geometria del corso d’acqua e delle opere di attraversamento;
- Portate di progetto e condizioni al contorno, i.e. caratteristiche idrauliche
- Simulazioni.

3.2.1 Geometria del corso d’acqua e delle opere di attraversamento

Il corso d’acqua è stato descritto da sezioni poste a distanza variabile, in numero sufficiente a riprodurre tutti i punti singolari dell’alveo. Le sezioni di progetto sono state costruite mediante un software specifico per la modellazione topografica tridimensionale del canale, utilizzando come base il modello del terreno estratto dai rilievi topografici di dettaglio.

L’esatta ubicazione delle sezioni di calcolo è riportata nelle planimetrie dello studio idraulico (PBSMA20447 - PBSMA20448) assieme ai relativi profili.

Per migliorare i risultati della simulazione del modello è stata effettuata un’interpolazione delle sezioni direttamente dal programma di calcolo, ciò ha permesso di ridurre al minimo gli effetti di instabilità dovuti all’elevata pendenza dell’asta fluviale

Per quanto riguarda i parametri idraulici da assegnare alle sezioni di calcolo ed in particolare il **coefficiente di Manning**, si sono utilizzati i valori stimati sulla base della regolarità o tortuosità dell’alveo e dell’esame visivo delle caratteristiche del fondo e delle sponde. Essi variano significativamente in dipendenza della presenza e del tipo di vegetazione spondale. Per il caso in esame è stato assunto un unico coefficiente di Manning per l’alveo e le aree inondabili, ma variabile in funzione della presenza o meno di rivestimenti massi e di guadi stradali, secondo valori standard reperibili in letteratura:

- Alveo naturale e area esterne all’alveo inciso: $n = 0.040 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ ($K_s = 25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$);
- Alveo risagomato in terra: $n = 0.033 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ ($K_s = 30 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$);
- Alveo rivestito in scogliera: $n = 0.030 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ ($K_s = 33 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$);
- Guadi e tratto di canale in c.a. : $n = 0.022 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ ($K_s = 45 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$).


I coefficienti di contrazione ed espansione, a seguito di alcune prove di simulazione ed in accordo con quanto suggerito nell’Hydraulic Reference Manual di HEC-RAS, sono stati assegnati come segue:

- Contraction/expansion coefficients (senza variazioni di sezione): 0.0-0.0;
- Contraction/expansion coefficients (in presenza di variazione di sezione): 0.1-0.3.
- Contraction/expansion coefficients (in presenza di guadi): 0.1-0.3.

3.2.2 Portate di progetto e condizioni al contorno

Lo scopo della modellazione idraulica è stato quello di verificare se le sezioni idrauliche che lo definiscono nel suo percorso sono in grado di assicurare:

- Il passaggio dell’onda di piena corrispondente a $T=200$ anni senza che si verifichi esondazione e con un franco residuo rispetto alla sommità spondale;
- Il passaggio dell’onda di piena corrispondente a $T=300$ anni senza che si verifichi esondazione, ma con la possibilità di un impegno del franco precedente.

| | | |
|--|---|---|
|  ENGINEERING AND CONSTRUCTION | MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE | Document <i>Documento n.</i> PBSMA20438 |
| | LOTTO A – BORRO PERCUSSENTE RELAZIONE IDRAULICA | REV. 01 03.11.17 Sheet 11 of 16 <i>Pagina di</i> |

Quindi, come nei precedenti studi, si è valutata la capacità idraulica del borro costruendo i profili liquidi conseguenti ad episodi di piena con tempo di ritorno rispettivamente di 200 e 300 anni.

La suddivisione in sottobacini del bacino principale del Borro Percussente e la stima dei relativi idrogrammi di piena sono riportati nella Relazione Idrologica di dettaglio (PBSMA20433).

Nel presente paragrafo si riportano le portate di picco utilizzate come input nel modello idraulico.

Vista l'estensione dell'asta fluviale l'inizio del canale in c.a. esistente e la confluenza con il Lago di Castelnuovo è stato scelto di modellare l'alveo utilizzando due portate di progetto.

Il primo tratto, che va dall'inizio del canale in c.a. sino alla sezione a valle della vasca di dissipazione, è stato modellato utilizzando il valore di input corrispondente alla massima portata dell'idrogramma derivante dalla somma degli idrogrammi prodotti dai bacini A e B. Il restante tratto di valle sino allo sbocco nel Lago di Castelnuovo è stato verificato con la portata di picco dell'idrogramma di piena generato dall'intero bacino.

Nella Tabella 3-1 si riportano le portate inserite come input nel modello:

| Bacino | Sez. Hec | Portata [mc/s] | |
|----------------|----------|----------------|--------|
| | | TR 200 | TR 300 |
| Bacino A + B | 52 | 35.17 | 38.22 |
| Bacino globale | 37 | 37.18 | 40.38 |

Tabella 3-1: Portata per gli eventi con Tr 200 e 300 anni durata 1,5h

Le condizioni al contorno devono essere assegnate a monte nel caso di corrente veloce, a valle nel caso di corrente lenta ed entrambe nel caso di corrente mista. Per il tratto fluviale analizzato è stata svolta una simulazione in corrente mista, definendo quindi sia la condizione di monte che quella di valle.

- Come condizione al contorno di monte del modello è stata impostata una condizione di *Normal depth* (viene inserita in automatico dal programma nella prima sezioni un'altezza pari a quella di moto uniforme).
- Come condizione al contorno di valle del modello è stata assunta la quota del livello del Lago Castelnuovo nella condizione finale di progetto, ricavata dagli studi preliminari, pari a 146 m s.l.m..

3.3 RISULTATI DELLA SIMULAZIONE IDRAULICA


Le verifiche condotte sulla nuova inalveazione evidenziano come venga garantito:

- passaggio corrente idrica corrispondente a T=200 anni senza che si verifichi esondazione e con un franco minimo di almeno 50 cm;
- passaggio corrente idrica corrispondente a T=300 anni senza che si verifichi esondazione e con un franco minimo

Il passaggio dell'onda di piena è garantito anche in presenza delle opere d'arte e in particolare del guado.

La modellazione ha permesso di ricavare i parametri per effettuare le verifiche idrauliche delle opere di progetto quali vasche di dissipazione e rivestimenti dell'alveo.

Si riporta in allegato alla presente relazione le sezioni idrauliche, il profilo e la tabella con le caratteristiche principali della corrente.

| | | |
|--|---|---|
|  ENGINEERING AND CONSTRUCTION | MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE | Document <i>Documento n.</i> PBSMA20438 |
| | LOTTO A – BORRO PERCUSSENTE RELAZIONE IDRAULICA | REV. 01 03.11.17 Sheet 12 of 16 <i>Pagina di</i> |

4. DIMENSIONAMENTI IDRAULICI OPERE

4.1 ALVEI RIVESTITI IN PIETRAMME

I torrenti montani, dotati di pendenze elevate, sono tipicamente soggetti all'abbassamento del fondo a causa dell'erosione eccessiva con conseguente compromissione della stabilità delle sponde. Per scongiurare tali effetti prodotti dall'azione erosiva della corrente, è stato previsto allo stato di progetto il rivestimento del fondo e delle sponde (fino a 50cm sopra alla piena di progetto) per l'intera estensione dell'alveo.

Il problema progettuale cardine, nel caso delle difese con massi, consiste nella determinazione del diametro equivalente minimo dei massi costituenti l'opera di protezione che garantisca la stabilità della stessa. Per il dimensionamento del pietrame da utilizzare nel rivestimento delle nuove inalveazioni si è fatto riferimento ad una procedura progettuale consolidata, proposta da Armanini e Scotton (Armanini A. e Scotton P., 1995) relativa alla realizzazione di opere a scogliera.

I criteri che stanno alla base dell'impostazione seguita da Armanini e Scotton derivano dalla teoria del moto incipiente di Shields, portando in conto l'effetto delle forze di gravità nel caso di sponde inclinate o di pendenza del fondo non trascurabile.

La procedura risolve il problema della determinazione del diametro minimo da assegnare in fase di progetto ai massi quando nel corso d'acqua, del quale si conoscono le caratteristiche geometriche della sezione trasversale e la pendenza, fluisce una portata Q. Il metodo di calcolo è iterativo e consiste nei seguenti passi:

1. Si considera un valore di primo tentativo del diametro d dei massi;
2. Lo sforzo tangenziale massimo τ_0 è stato ricavato direttamente dalla modellazione Hec-Ras.
3. Si determina la velocità di

$$u^* = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}} = \sqrt{\xi \cdot g \cdot h \cdot i};$$

Ed il corrispettivo numero di Reynolds Re

$$Re^* = \frac{u^* \cdot d}{\nu}$$


4. Si calcola il parametro di mobilità di Shields θ_c utilizzando la formula proposta da Armanini e Scotton (1995) che tiene conto della bassa sommergezza.

$$\theta_c^* = 0.06 \cdot \left(1 + 0.67 \cdot \sqrt{\frac{D}{Y}} \right)$$

5. Il parametro di Shields è stato corretto al fine di tenere conto anche della pendenza del

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

| | | |
|--|---|--|
|  ENGINEERING AND CONSTRUCTION | MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE | Document Documento n. PBSMA20438 |
| | LOTTO A – BORRO PERCUSSENTE RELAZIONE IDRAULICA | REV. 01 03.11.17 Sheet 13 of 16 Pagina di |

fondo alveo mediante il parametro K_1 , posti Φ l'angolo d'attrito del materiale (nel caso specifico a favore di sicurezza si assume un valore di 45°) e α l'inclinazione del fondo alveo sull'orizzontale

$$K_1 = \cos \alpha - \frac{\sin \alpha}{\tan \phi}$$

6. A questo punto, noto θ_c , si può determinare il minimo diametro del masso che risulta stabile D' mediante la seguente formula

$$D' = \frac{(u^*)^2}{g \cdot \Delta \cdot \theta_c}$$

$$\Delta = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_w}$$

Con γ_s peso specifico del pietrame pari a 2200 Kg/m^3


7. Il processo viene quindi iterato fino alla convergenza dei diametri D e D' .

Nella seguente Tabella 4-1 è riportato il diametro equivalente minimo dei massi da predisporre a protezione dell'alveo, valore determinato con un tempo di ritorno di 200 anni mediante l'applicazione della metodologia sopra esposta a tratti omogenei dell'asta fluviale

| SEZ HEC | Y0 | i | τ | u^* | D' | V | Peso | CATEGORIA |
|------------|------|--------|---------------------|-------|------|--------|---------|------------------------|
| | [m] | [m/m] | [N/m ²] | [m/s] | [m] | [mc] | [kg] | |
| 37 | 1.53 | 0.0085 | 88.57 | 0.30 | 0.12 | 0.0009 | 2.00 | I^ cat. - 0,2-1,0 ton |
| 36 | 1.56 | 0.0084 | 84.30 | 0.29 | 0.11 | 0.0008 | 1.74 | I^ cat. - 0,2-1,0 ton |
| 35 | 1.71 | 0.0083 | 66.23 | 0.26 | 0.09 | 0.0004 | 0.88 | I^ cat. - 0,2-1,0 ton |
| 34 | 1.90 | 0.0086 | 49.21 | 0.22 | 0.07 | 0.0002 | 0.37 | I^ cat. - 0,2-1,0 ton |
| 33 | 1.32 | 0.0098 | 156.89 | 0.40 | 0.20 | 0.0044 | 9.68 | I^ cat. - 0,2-1,0 ton |
| 32 | 0.61 | 0.3088 | 935.89 | 0.97 | 0.97 | 0.4789 | 1053.49 | II^ cat. - 1,0-3,0 ton |
| 31 | 0.89 | 0.0100 | 363.08 | 0.60 | 0.40 | 0.0333 | 73.32 | I^ cat. - 0,2-1,0 ton |
| 30 | 1.10 | 0.0100 | 210.72 | 0.46 | 0.26 | 0.0092 | 20.25 | I^ cat. - 0,2-1,0 ton |
| 29 | 0.76 | 0.1155 | 539.98 | 0.73 | 0.58 | 0.1005 | 221.20 | I^ cat. - 0,2-1,0 ton |
| 28 | 0.67 | 0.1525 | 744.09 | 0.86 | 0.73 | 0.2017 | 443.78 | I^ cat. - 0,2-1,0 ton |
| 27 | 0.65 | 0.1520 | 796.79 | 0.89 | 0.76 | 0.2264 | 498.14 | I^ cat. - 0,2-1,0 ton |
| 26 | 0.65 | 0.1525 | 811.61 | 0.90 | 0.77 | 0.2356 | 518.23 | I^ cat. - 0,2-1,0 ton |
| 25 | 0.61 | 0.1935 | 936.70 | 0.97 | 0.86 | 0.3342 | 735.16 | I^ cat. - 0,2-1,0 ton |
| 24 | 0.60 | 0.1940 | 967.10 | 0.98 | 0.88 | 0.3511 | 772.32 | I^ cat. - 0,2-1,0 ton |
| 23 | 0.80 | 0.0225 | 474.80 | 0.69 | 0.49 | 0.0609 | 133.99 | I^ cat. - 0,2-1,0 ton |
| 22 | 0.63 | 0.1940 | 856.49 | 0.93 | 0.82 | 0.2876 | 632.63 | I^ cat. - 0,2-1,0 ton |
| 21 | 0.61 | 0.1940 | 948.61 | 0.97 | 0.87 | 0.3434 | 755.43 | I^ cat. - 0,2-1,0 ton |

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.


| | | |
|--|---|---|
|  ENGINEERING AND CONSTRUCTION | MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE | Document <i>Documento n.</i> PBSMA20438 |
| | LOTTO A – BORRO PERCUSSENTE RELAZIONE IDRAULICA | REV. 01 03.11.17 Sheet 14 of 16 <i>Pagina di</i> |

| SEZ HEC | Y0 | i | τ | u* | D' | V | Peso | CATEGORIA |
|------------|------|--------|---------------------|-------|------|--------|--------|-----------------------------------|
| | [m] | [m/m] | [N/m ²] | [m/s] | [m] | [mc] | [kg] | |
| 20 | 0.60 | 0.1945 | 971.55 | 0.99 | 0.88 | 0.3548 | 780.57 | I [^] cat. - 0,2-1,0 ton |
| 19 | 0.60 | 0.1940 | 975.59 | 0.99 | 0.88 | 0.3572 | 785.79 | I [^] cat. - 0,2-1,0 ton |
| 18 | 0.60 | 0.1945 | 977.97 | 0.99 | 0.88 | 0.3594 | 790.75 | I [^] cat. - 0,2-1,0 ton |
| 14 | 1.29 | 0.0153 | 139.64 | 0.37 | 0.18 | 0.0032 | 7.09 | I [^] cat. - 0,2-1,0 ton |
| 13 | 1.27 | 0.0152 | 144.85 | 0.38 | 0.19 | 0.0036 | 7.82 | I [^] cat. - 0,2-1,0 ton |
| 12 | 1.27 | 0.0155 | 145.20 | 0.38 | 0.19 | 0.0036 | 7.88 | I [^] cat. - 0,2-1,0 ton |
| 11 | 1.27 | 0.0155 | 144.91 | 0.38 | 0.19 | 0.0036 | 7.83 | I [^] cat. - 0,2-1,0 ton |
| 10 | 1.27 | 0.0155 | 145.43 | 0.38 | 0.19 | 0.0036 | 7.91 | I [^] cat. - 0,2-1,0 ton |
| 9 | 1.95 | 0.0150 | 45.85 | 0.21 | 0.06 | 0.0001 | 0.31 | I [^] cat. - 0,2-1,0 ton |
| 8 | 1.44 | 0.0158 | 103.35 | 0.32 | 0.14 | 0.0014 | 3.13 | I [^] cat. - 0,2-1,0 ton |
| 7 | 1.30 | 0.0152 | 135.40 | 0.37 | 0.18 | 0.0030 | 6.52 | I [^] cat. - 0,2-1,0 ton |
| 6 | 0.98 | 0.0460 | 279.96 | 0.53 | 0.34 | 0.0202 | 44.42 | I [^] cat. - 0,2-1,0 ton |
| 5 | 0.94 | 0.0455 | 313.33 | 0.56 | 0.37 | 0.0262 | 57.61 | I [^] cat. - 0,2-1,0 ton |
| 4 | 0.93 | 0.0455 | 324.65 | 0.57 | 0.38 | 0.0284 | 62.54 | I [^] cat. - 0,2-1,0 ton |
| 3 | 0.74 | 0.1210 | 585.53 | 0.77 | 0.61 | 0.1197 | 263.27 | I [^] cat. - 0,2-1,0 ton |
| 2 | 4.60 | 0.1210 | 1.03 | 0.03 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | I [^] cat. - 0,2-1,0 ton |
| 1 | 7.87 | 0.1211 | 0.21 | 0.01 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | I [^] cat. - 0,2-1,0 ton |

Tabella 4-1: Dimensioni dei massi di rivestimento

Per garantire un'ulteriore stabilità dei massi nei tratti con pendenza superiore al 2% sono state previste delle soglie trasversali all'alveo, a distanza variabile, poste generalmente in corrispondenza dei cambi di livelletta e in punti intermedi per i tratti più ripidi.

Queste barriere saranno realizzate mediante palificate di legno, nei tratti con pendenza fino a circa il 10% e dove le caratteristiche del terreno ne permettono l'infissione, o con cordoli in calcestruzzo, ancorati al sottosuolo mediante barriere di micropali, per i tratti con pendenza superiore al 10%.

| | | |
|--|---|---|
|  ENGINEERING AND CONSTRUCTION | MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE | Document <i>Documento n.</i> PBSMA20438 |
| | LOTTO A – BORRO PERCUSSENTE RELAZIONE IDRAULICA | REV. 01 03.11.17 Sheet <i>Pagina</i> 15 of 16 <i>di</i> |

4.2 VASCA DI SMORZAMENTO

Per dissipare l'energia cinetica, acquistata dall'acqua nei tratti a forte pendenza, sono state previste delle vasche di smorzamento lungo la nuova inalveazione.

La vasca di dissipazione e la controbriglia subito a valle hanno come scopo quello di contenere al loro interno tutti i fenomeni dissipativi e quello di rallentare la corrente subito a valle del salto iniziale.

Una volta stabilita l'altezza del salto di monte, le principali grandezze che devono essere determinate per il dimensionamento della vasca sono:

- Distanza della controbriglia (lunghezza della vasca)
- Altezza della controbriglia

La corrente in tali tratti si trova in un regime di corrente veloce e, in particolare, è caratterizzata da un elevato numero di Froude (comunque $F \geq 5$). Dunque sono stati utilizzati i risultati derivanti da una ricerca sperimentale [A.Paoletti 1979], che ha fornito le seguenti relazioni:

$$\frac{y_p}{\Delta z} = (1,236 - 0,136 \cdot F) \cdot \left(\frac{y_c}{\Delta z} \right)^{0,765 - 0,051 \cdot F}$$

$$\frac{y_1}{\Delta z} = (0,566 - 0,021 \cdot F) \cdot \left(\frac{y_c}{\Delta z} \right)^{1,314 - 0,015 \cdot F}$$

$$\frac{y_2}{\Delta z} = (1,61 + 0,04 \cdot F) \cdot \left(\frac{y_c}{\Delta z} \right)^{0,813 + 0,006 \cdot F}$$

$$\frac{L_1}{\Delta z} = (3,44 + 0,21 \cdot F) \cdot \left(\frac{y_c}{\Delta z} \right)^{0,753 - 0,048 \cdot F}$$

$$L_2 = 6 \cdot y_2$$

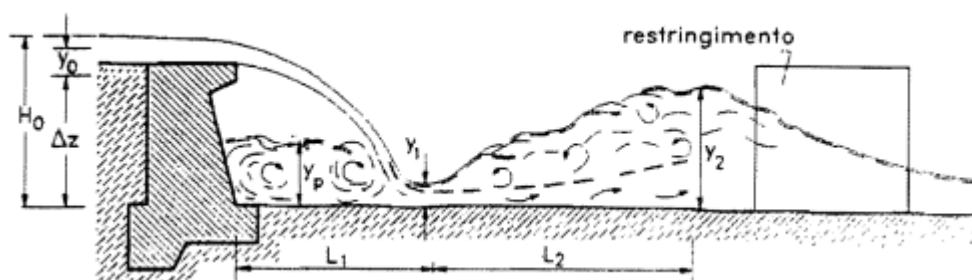



Figura 4-1: Grandezze significative del salto di fondo con getto libero e corrente veloce a monte

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. È severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

| | | |
|--|---|---|
|  ENGINEERING AND CONSTRUCTION | MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE | Document <i>Documento n.</i> PBSMA20438 |
| | LOTTO A – BORRO PERCUSSENTE RELAZIONE IDRAULICA | REV. 01 03.11.17 Sheet <i>Pagina</i> 16 of 16 <i>di</i> |

Per calcolare l'altezza della controbriglia si utilizza la seguente formulazione :

$$y_2 = Z_c + y_c$$

Gli input (numero di Froude, altezza critica e altezza briglia) in ingresso alle relazioni precedentemente indicate sono direttamente ricavati dalla simulazione del software Hec-Ras. Si riporta nella Tabella 4-2 la sintesi delle dimensioni caratteristiche delle vasche di smorzamento.

| VASCA | | | Δz | F | y_p | y_1 | y_2 | L1 | L2 | Zc |
|-------|---------|-------|------------|------|-------|-------|-------|------|-------|------|
| N° | SEZ.HEC | PROG. | [m] | [-] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] |
| 1 | 41 | 97.5 | 2.00 | 7.64 | 0.41 | 0.93 | 2.86 | 3.84 | 17.13 | 1.45 |
| 2 | 18 | 521 | 3.00 | 4.06 | 1.35 | 0.56 | 2.39 | 5.09 | 14.37 | 0.94 |

Tabella 4-2: Verifiche vasche di smorzamento

La dimensione delle vasche è stata impostata in modo tale da garantire che il getto di acqua stramazzante dal salto sia contenuto tra la briglia di monte e la controbriglia, nella Tabella 4-3 sono riportate le dimensioni degli elementi della vasca (La=larghezza, Lu=lunghezza, Zc=altezza controbriglia).

| VASCA | | | Δz | La | Lu | Zc |
|-------|---------|-------|------------|-------|-------|------|
| N° | SEZ.HEC | PROG. | [m] | [m] | [m] | [m] |
| 1 | 41 | 97.5 | 2.00 | 20.00 | 8.00 | 1.40 |
| 2 | 18 | 521 | 3.00 | 20.00 | 10.00 | 1.00 |

Tabella 4-3: Dimensioni vasche di progetto

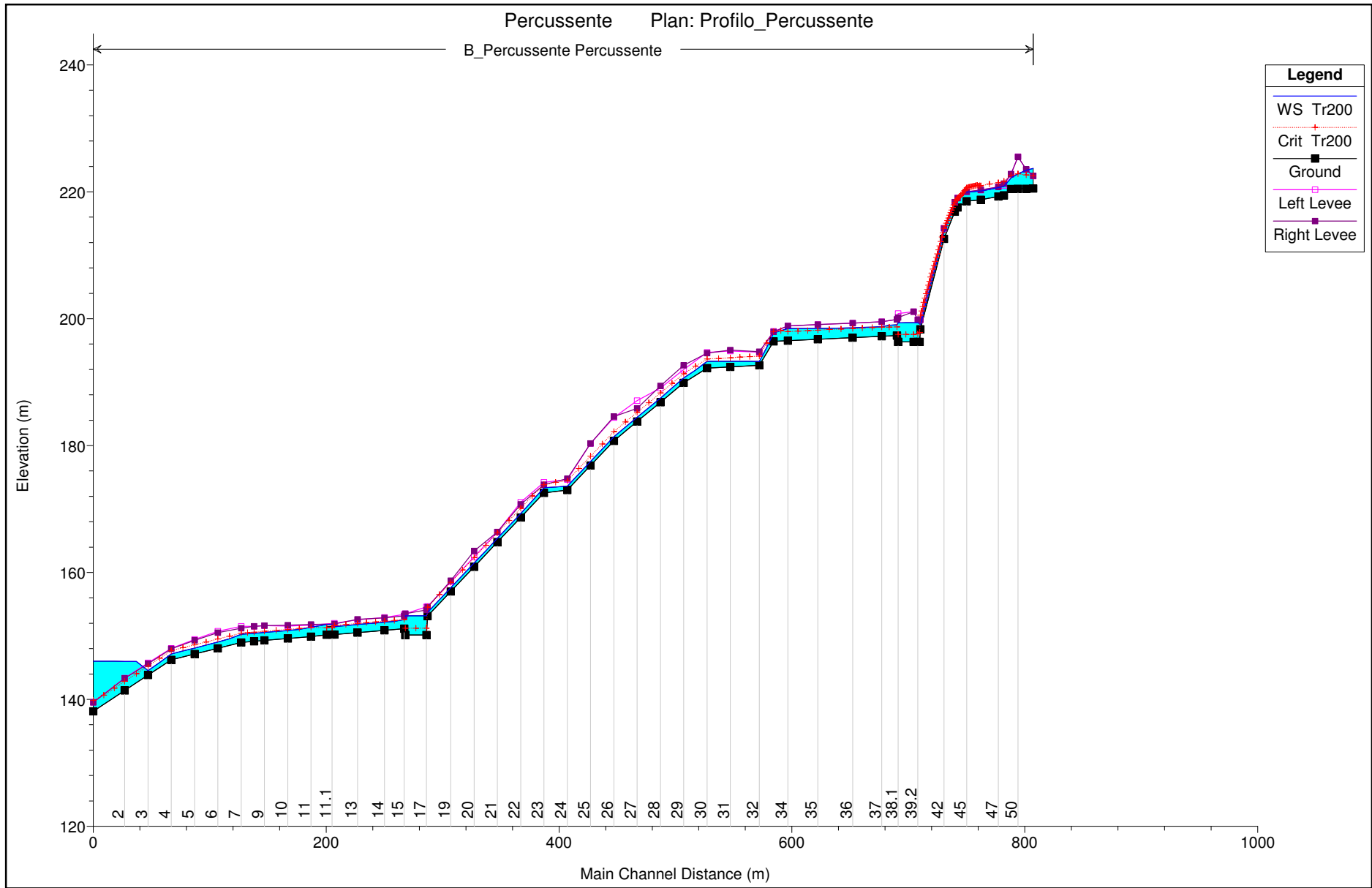
ALLEGATO A

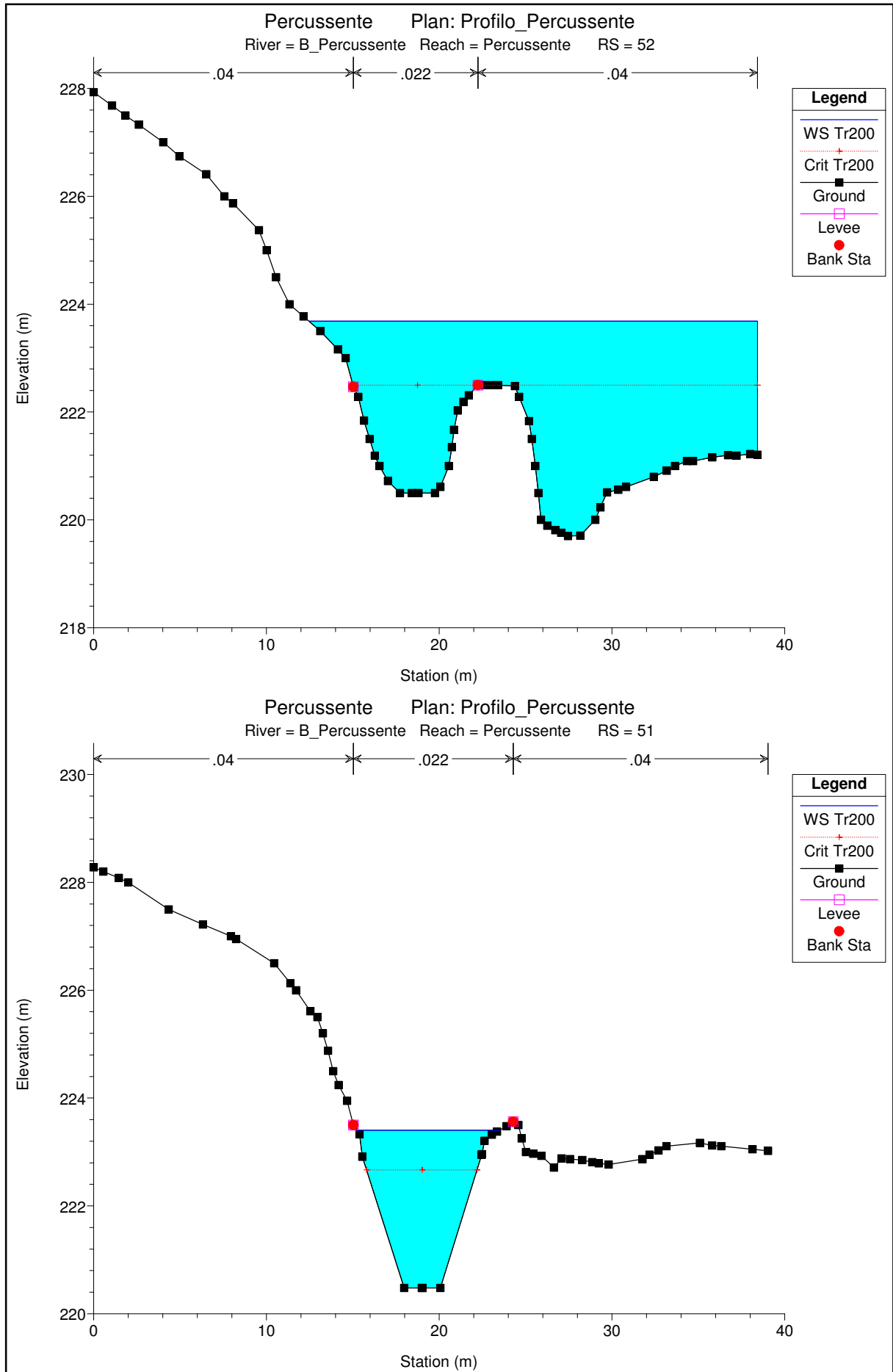
BORRO PERCUSSENTE

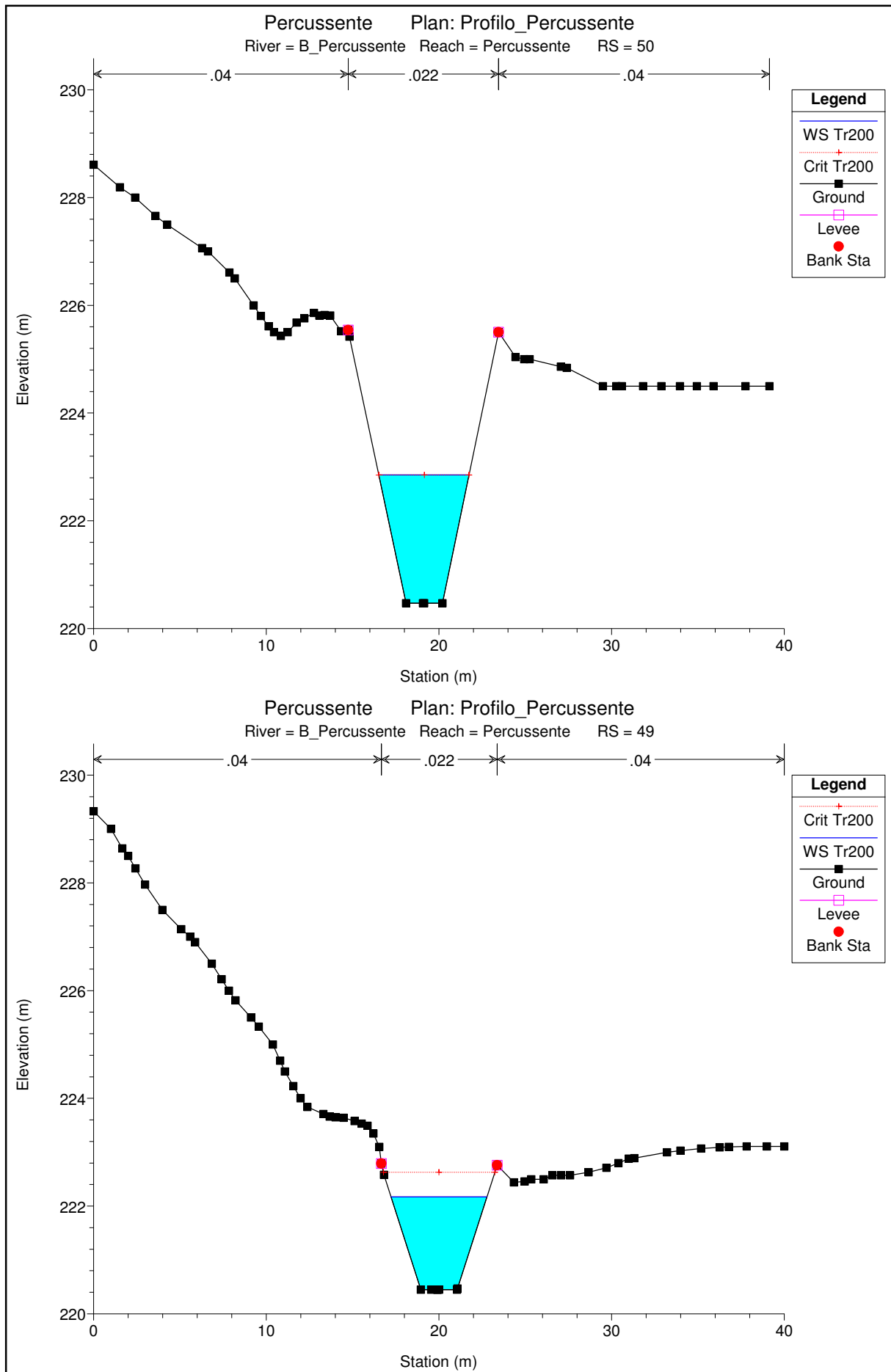
Tabella, Profilo e sezioni -TR200 anni

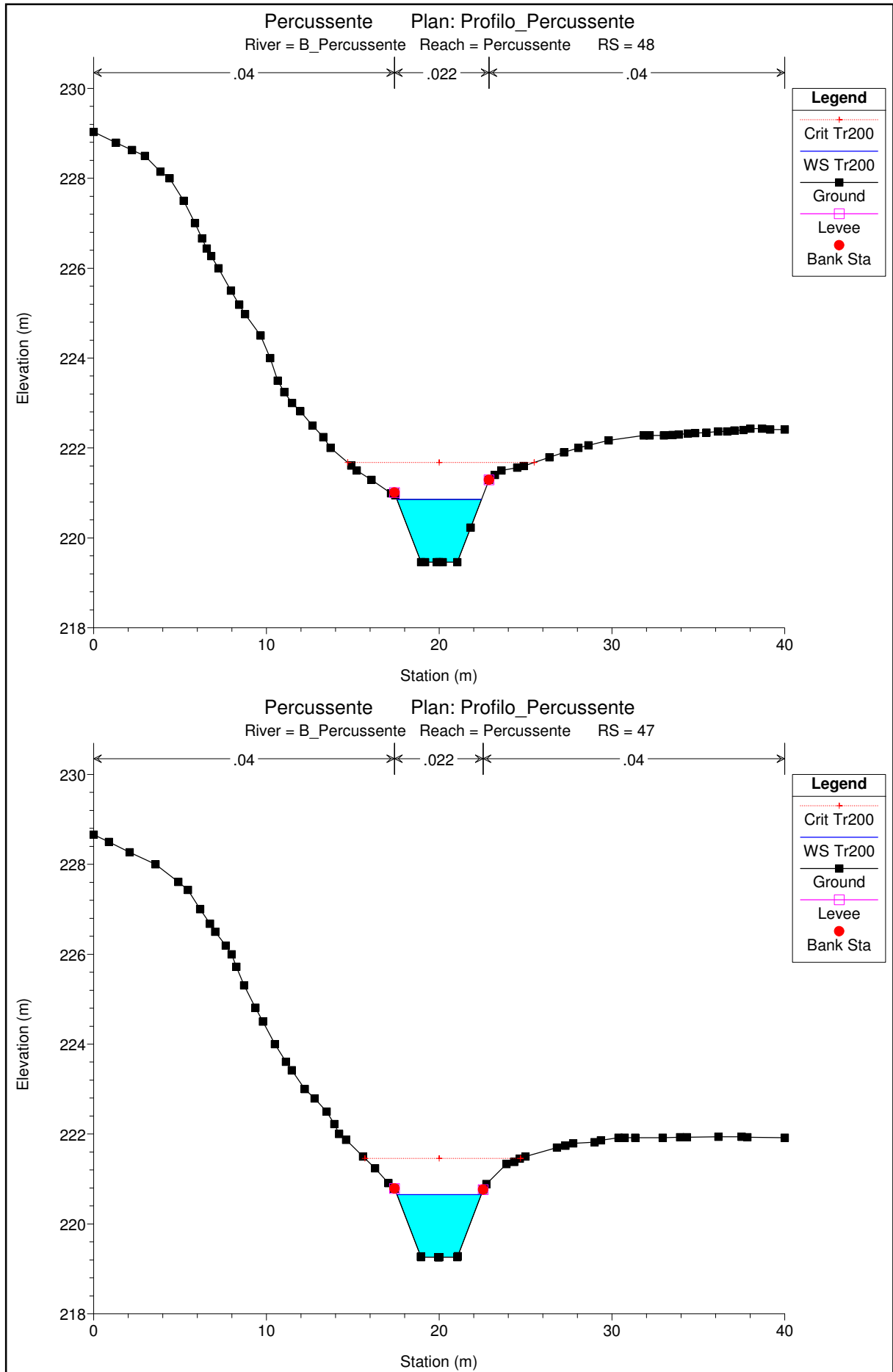
HEC-RAS Plan: SP_Perc River: B_Percussente Reach: Percussente Profile: Tr200

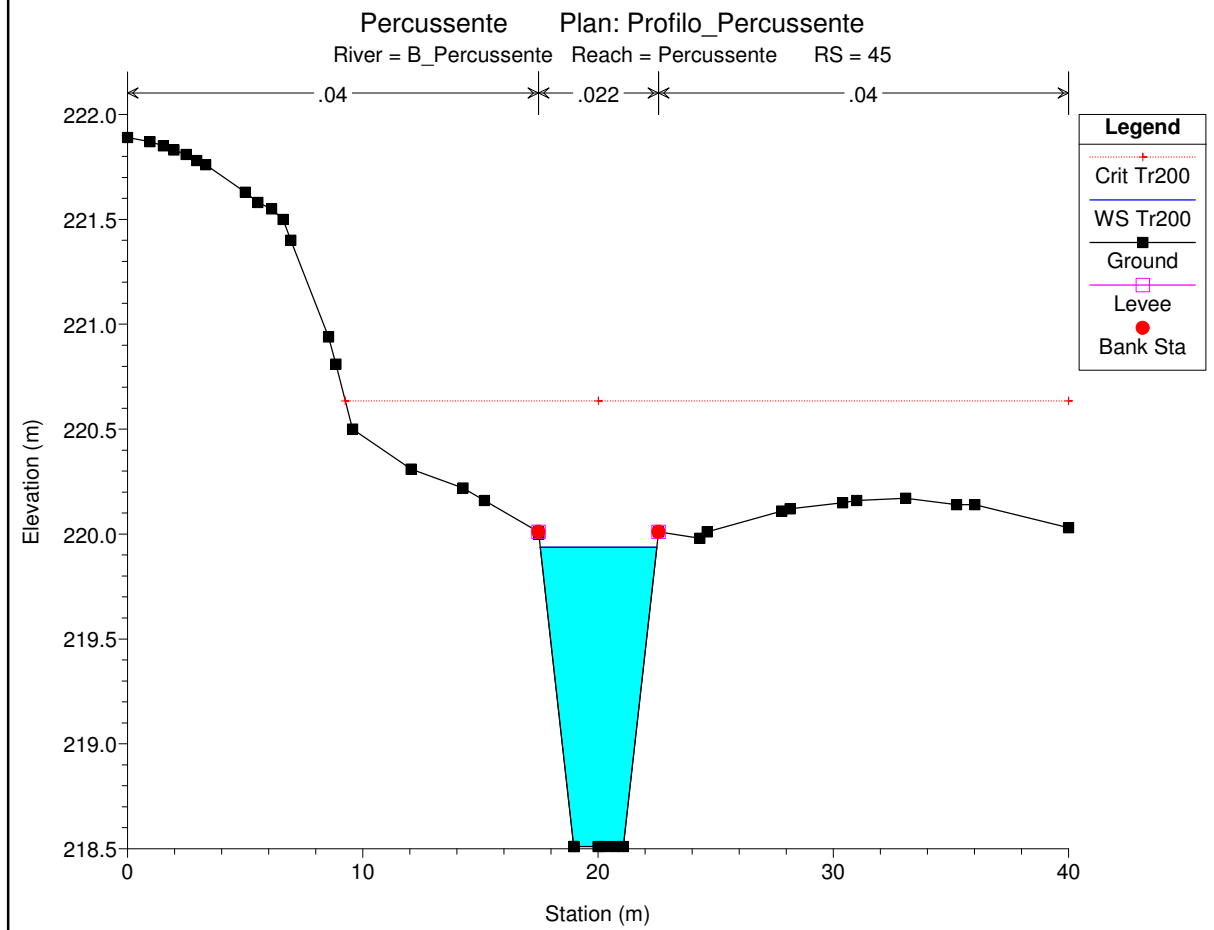
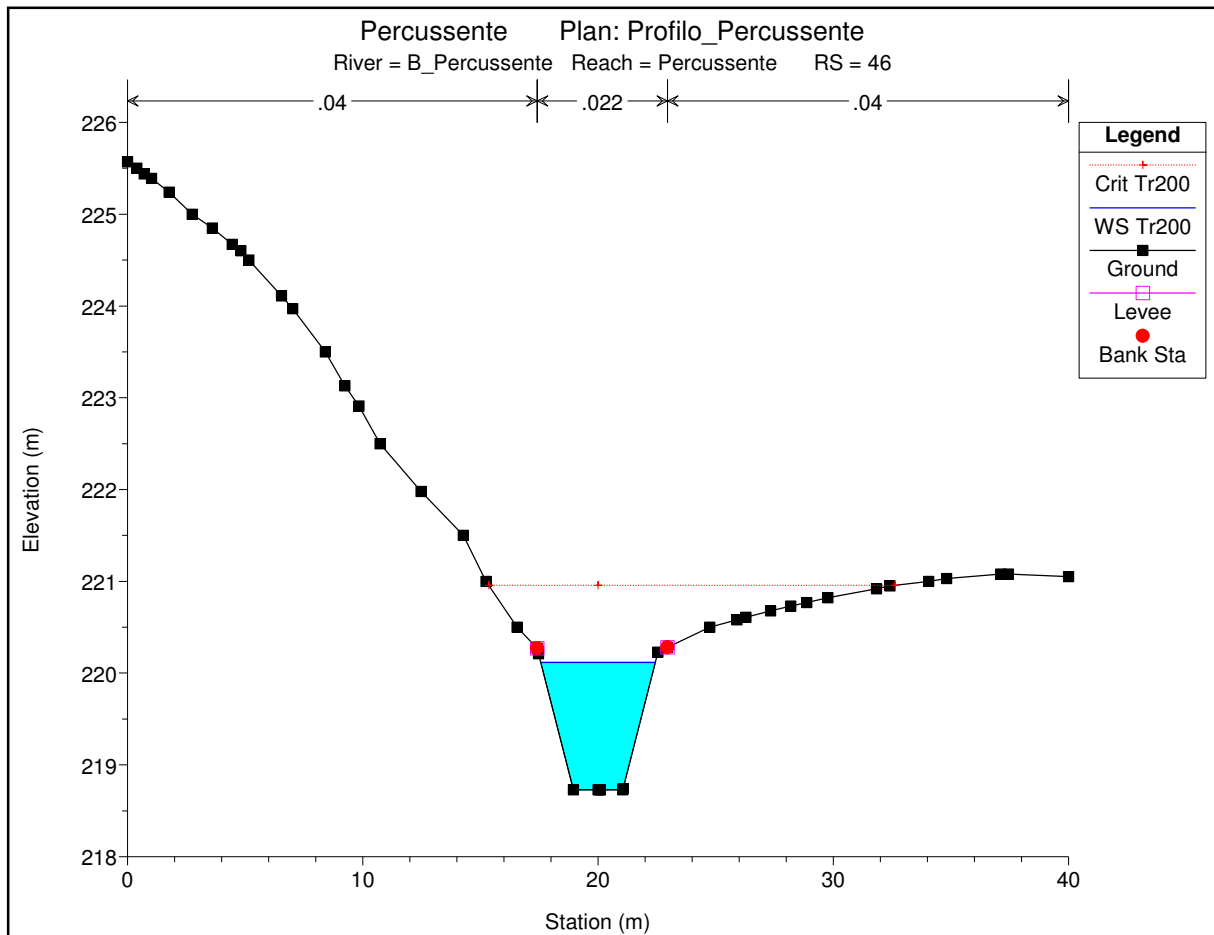
| Reach | River Sta | Q Total (m3/s) | Min Ch El (m) | W.S. Elev (m) | Crit W.S. (m) | E.G. Elev (m) | E.G. Slope (m/m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m2) | Top Width (m) | Froude # Chl |
|-------------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Percussente | 52 | 35.17 | 220.50 | 223.69 | 222.50 | 223.71 | 0.000123 | 0.81 | 63.16 | 25.97 | 0.16 |
| Percussente | 51 | 35.17 | 220.48 | 223.40 | 222.67 | 223.70 | 0.001919 | 2.43 | 14.50 | 8.26 | 0.58 |
| Percussente | 50 | 35.17 | 220.47 | 222.85 | 222.85 | 223.68 | 0.006794 | 4.04 | 8.71 | 5.22 | 1.00 |
| Percussente | 49 | 35.17 | 220.45 | 222.17 | 222.63 | 223.62 | 0.014872 | 5.34 | 6.59 | 5.55 | 1.56 |
| Percussente | 48 | 35.17 | 219.46 | 220.86 | 221.68 | 223.49 | 0.033350 | 7.20 | 4.89 | 4.90 | 2.30 |
| Percussente | 47 | 35.17 | 219.26 | 220.65 | 221.46 | 223.33 | 0.033984 | 7.25 | 4.85 | 4.88 | 2.32 |
| Percussente | 46 | 35.17 | 218.73 | 220.12 | 220.96 | 222.82 | 0.034384 | 7.28 | 4.83 | 4.87 | 2.33 |
| Percussente | 45 | 35.17 | 218.51 | 219.94 | 220.63 | 222.42 | 0.030709 | 6.98 | 5.04 | 4.96 | 2.21 |
| Percussente | 44 | 35.17 | 217.51 | 218.80 | 219.00 | 222.12 | 0.045597 | 8.08 | 4.36 | 4.67 | 2.67 |
| Percussente | 43 | 35.17 | 216.85 | 218.07 | 218.35 | 222.00 | 0.057521 | 8.79 | 4.00 | 4.52 | 2.98 |
| Percussente | 42 | 35.17 | 212.59 | 213.65 | 214.23 | 221.15 | 0.130947 | 12.14 | 2.90 | 3.37 | 4.18 |
| Percussente | 41 | 35.17 | 198.33 | 199.03 | 200.55 | 215.53 | 0.417217 | 17.99 | 1.95 | 3.50 | 7.68 |
| Percussente | 40 | 35.17 | 196.33 | 199.27 | 197.81 | 199.46 | 0.002330 | 1.93 | 18.27 | 6.21 | 0.36 |
| Percussente | 39.2 | 35.17 | 196.33 | 199.32 | 197.60 | 199.44 | 0.001228 | 1.51 | 23.32 | 7.80 | 0.28 |
| Percussente | 39.1 | 35.17 | 196.33 | 199.36 | 197.52 | 199.42 | 0.000474 | 1.05 | 33.41 | 14.06 | 0.22 |
| Percussente | 39 | 35.17 | 196.33 | 199.35 | 197.52 | 199.41 | 0.000478 | 1.06 | 33.31 | 14.04 | 0.22 |
| Percussente | 38.1 | Inl Struct | | | | | | | | | |
| Percussente | 38 | 35.17 | 197.33 | 199.02 | 198.71 | 199.36 | 0.004686 | 2.58 | 13.61 | 10.07 | 0.71 |
| Percussente | 37 | 37.18 | 197.22 | 198.75 | 198.67 | 199.28 | 0.008092 | 3.23 | 11.53 | 9.06 | 0.91 |
| Percussente | 36 | 37.18 | 197.01 | 198.57 | 198.46 | 199.08 | 0.007589 | 3.15 | 11.79 | 9.12 | 0.89 |
| Percussente | 35 | 37.18 | 196.76 | 198.47 | 198.21 | 198.87 | 0.005556 | 2.83 | 13.15 | 9.41 | 0.76 |
| Percussente | 34 | 37.18 | 196.54 | 198.44 | 197.99 | 198.75 | 0.003799 | 2.47 | 15.03 | 9.80 | 0.64 |
| Percussente | 33 | 37.18 | 196.42 | 197.74 | 197.93 | 198.64 | 0.016274 | 4.20 | 8.84 | 7.55 | 1.24 |
| Percussente | 32 | 37.18 | 192.65 | 193.26 | 194.10 | 197.61 | 0.182947 | 9.24 | 4.03 | 7.21 | 3.95 |
| Percussente | 31 | 37.18 | 192.40 | 193.29 | 193.85 | 195.17 | 0.051442 | 6.07 | 6.12 | 7.77 | 2.18 |
| Percussente | 30 | 37.18 | 192.20 | 193.30 | 193.65 | 194.45 | 0.025068 | 4.76 | 7.81 | 8.20 | 1.56 |
| Percussente | 29 | 37.18 | 189.89 | 190.65 | 191.34 | 193.32 | 0.087395 | 7.24 | 5.13 | 7.52 | 2.80 |
| Percussente | 28 | 37.18 | 186.84 | 187.51 | 188.29 | 191.06 | 0.134399 | 8.35 | 4.45 | 7.34 | 3.42 |
| Percussente | 27 | 37.18 | 183.80 | 184.45 | 185.25 | 188.22 | 0.147374 | 8.60 | 4.32 | 7.30 | 3.57 |
| Percussente | 26 | 37.18 | 180.75 | 181.40 | 182.20 | 185.23 | 0.151064 | 8.67 | 4.29 | 7.29 | 3.61 |
| Percussente | 25 | 37.18 | 176.88 | 177.49 | 178.33 | 181.84 | 0.183371 | 9.24 | 4.02 | 7.22 | 3.95 |
| Percussente | 24 | 37.18 | 173.00 | 173.60 | 174.45 | 178.08 | 0.191416 | 9.37 | 3.97 | 7.20 | 4.03 |
| Percussente | 23 | 37.18 | 172.55 | 173.35 | 173.83 | 175.73 | 0.073538 | 6.84 | 5.43 | 7.59 | 2.58 |
| Percussente | 22 | 37.18 | 168.67 | 169.30 | 170.12 | 173.32 | 0.162452 | 8.88 | 4.19 | 7.26 | 3.73 |
| Percussente | 21 | 37.18 | 164.79 | 165.40 | 166.24 | 169.79 | 0.186585 | 9.29 | 4.00 | 7.22 | 3.98 |
| Percussente | 20 | 37.18 | 160.90 | 161.50 | 162.35 | 165.99 | 0.192609 | 9.39 | 3.96 | 7.20 | 4.04 |
| Percussente | 19 | 37.18 | 157.02 | 157.62 | 158.46 | 162.13 | 0.193691 | 9.41 | 3.95 | 7.20 | 4.05 |
| Percussente | 18 | 37.18 | 153.13 | 153.73 | 154.54 | 158.25 | 0.194333 | 9.42 | 3.95 | 7.20 | 4.06 |
| Percussente | 17 | 37.18 | 150.13 | 153.16 | 151.21 | 153.21 | 0.000291 | 0.94 | 39.50 | 16.05 | 0.19 |
| Percussente | 16 | 37.18 | 150.13 | 153.16 | 151.21 | 153.20 | 0.000301 | 0.95 | 38.95 | 15.74 | 0.19 |
| Percussente | 15.1 | Inl Struct | | | | | | | | | |
| Percussente | 15 | 37.18 | 151.13 | 152.58 | 152.58 | 153.18 | 0.009842 | 3.45 | 10.77 | 8.89 | 1.00 |
| Percussente | 14 | 37.18 | 150.87 | 152.16 | 152.32 | 152.96 | 0.014596 | 3.96 | 9.39 | 8.54 | 1.21 |
| Percussente | 13 | 37.18 | 150.52 | 151.80 | 151.97 | 152.61 | 0.015121 | 4.01 | 9.28 | 8.55 | 1.23 |
| Percussente | 12 | 37.18 | 150.21 | 151.48 | 151.66 | 152.31 | 0.015464 | 4.04 | 9.21 | 8.53 | 1.24 |
| Percussente | 11.1 | Culvert | | | | | | | | | |
| Percussente | 11 | 37.18 | 149.90 | 151.35 | 151.35 | 151.95 | 0.009803 | 3.45 | 10.78 | 8.89 | 1.00 |
| Percussente | 10 | 37.18 | 149.59 | 150.87 | 151.04 | 151.68 | 0.015137 | 4.01 | 9.28 | 8.54 | 1.23 |
| Percussente | 9 | 37.18 | 149.29 | 150.57 | 150.74 | 151.38 | 0.015103 | 4.00 | 9.29 | 8.56 | 1.23 |
| Percussente | 8 | 37.18 | 149.15 | 150.42 | 150.59 | 151.25 | 0.015371 | 4.03 | 9.23 | 8.54 | 1.24 |
| Percussente | 7 | 37.18 | 148.98 | 150.25 | 150.43 | 151.08 | 0.015359 | 4.03 | 9.23 | 8.54 | 1.24 |
| Percussente | 6 | 37.18 | 148.06 | 149.04 | 149.51 | 150.54 | 0.036600 | 5.41 | 6.87 | 7.97 | 1.86 |
| Percussente | 5 | 37.18 | 147.15 | 148.09 | 148.60 | 149.74 | 0.042367 | 5.69 | 6.54 | 7.88 | 1.99 |
| Percussente | 4 | 37.18 | 146.24 | 147.17 | 147.69 | 148.87 | 0.044390 | 5.78 | 6.44 | 7.86 | 2.04 |
| Percussente | 3 | 37.18 | 143.82 | 144.56 | 145.27 | 147.43 | 0.097439 | 7.51 | 4.95 | 7.47 | 2.94 |
| Percussente | 2 | 37.18 | 141.40 | 146.00 | 142.84 | 146.00 | 0.000029 | 0.42 | 124.21 | 40.00 | 0.07 |
| Percussente | 1 | 37.18 | 138.13 | 146.00 | 139.85 | 146.00 | 0.000003 | 0.19 | 263.39 | 39.62 | 0.02 |

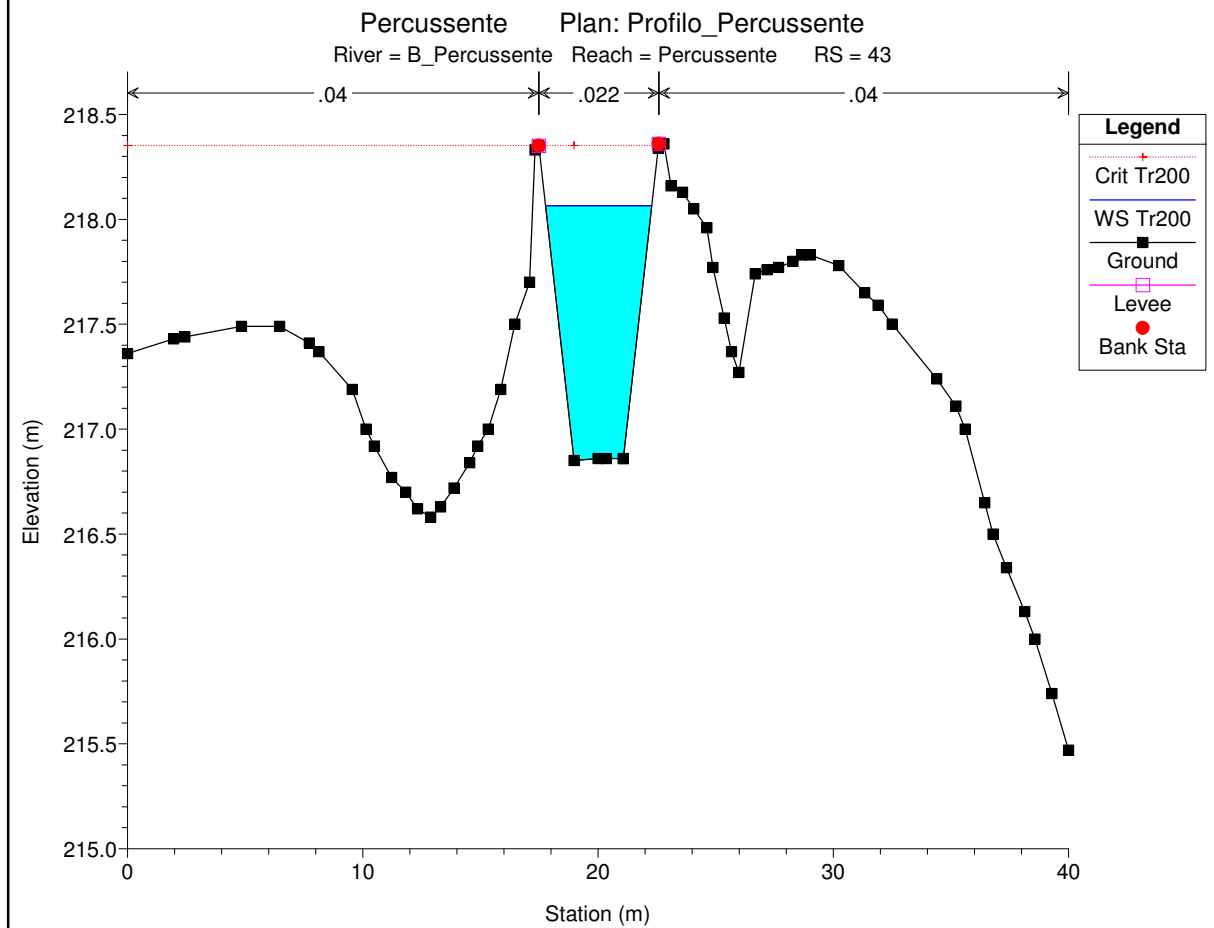
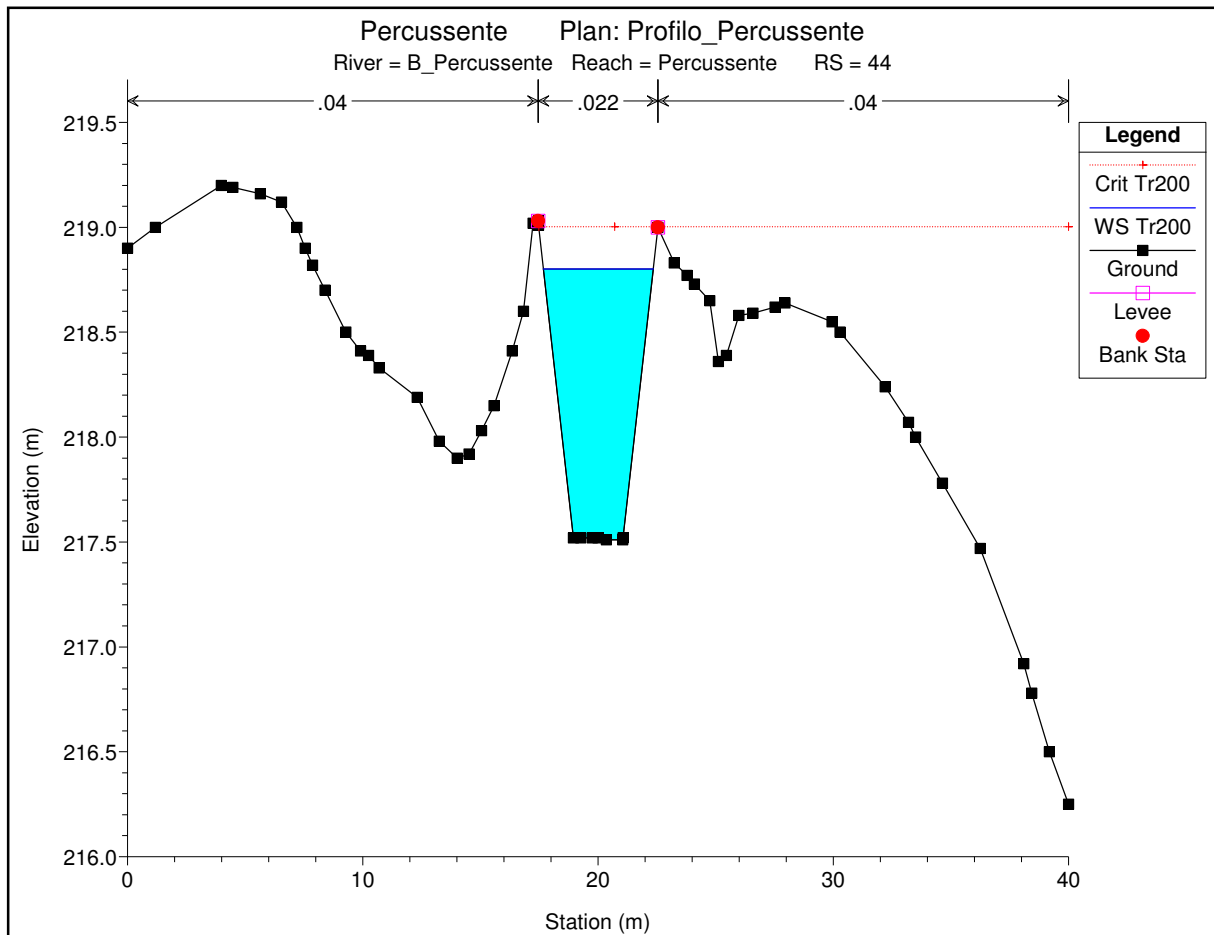


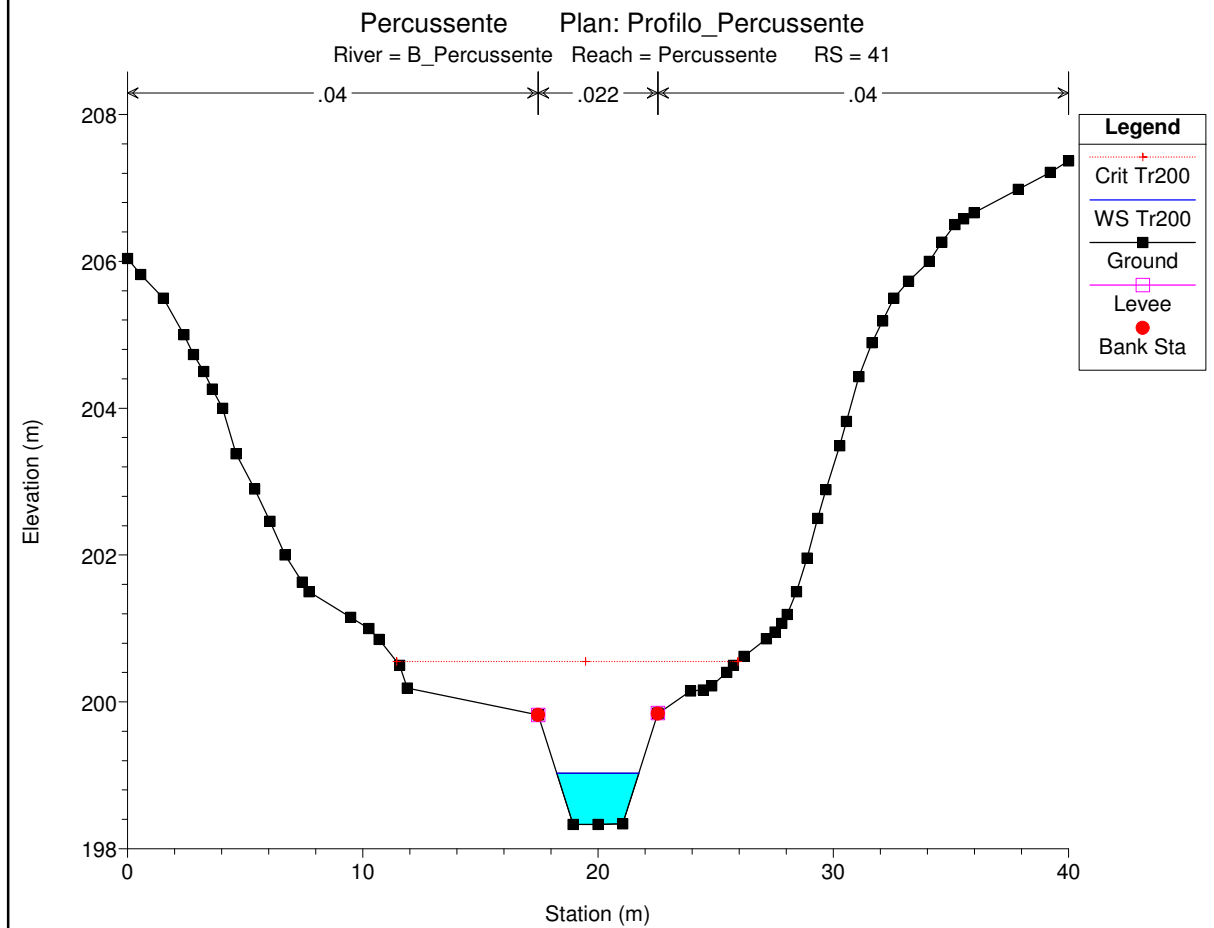
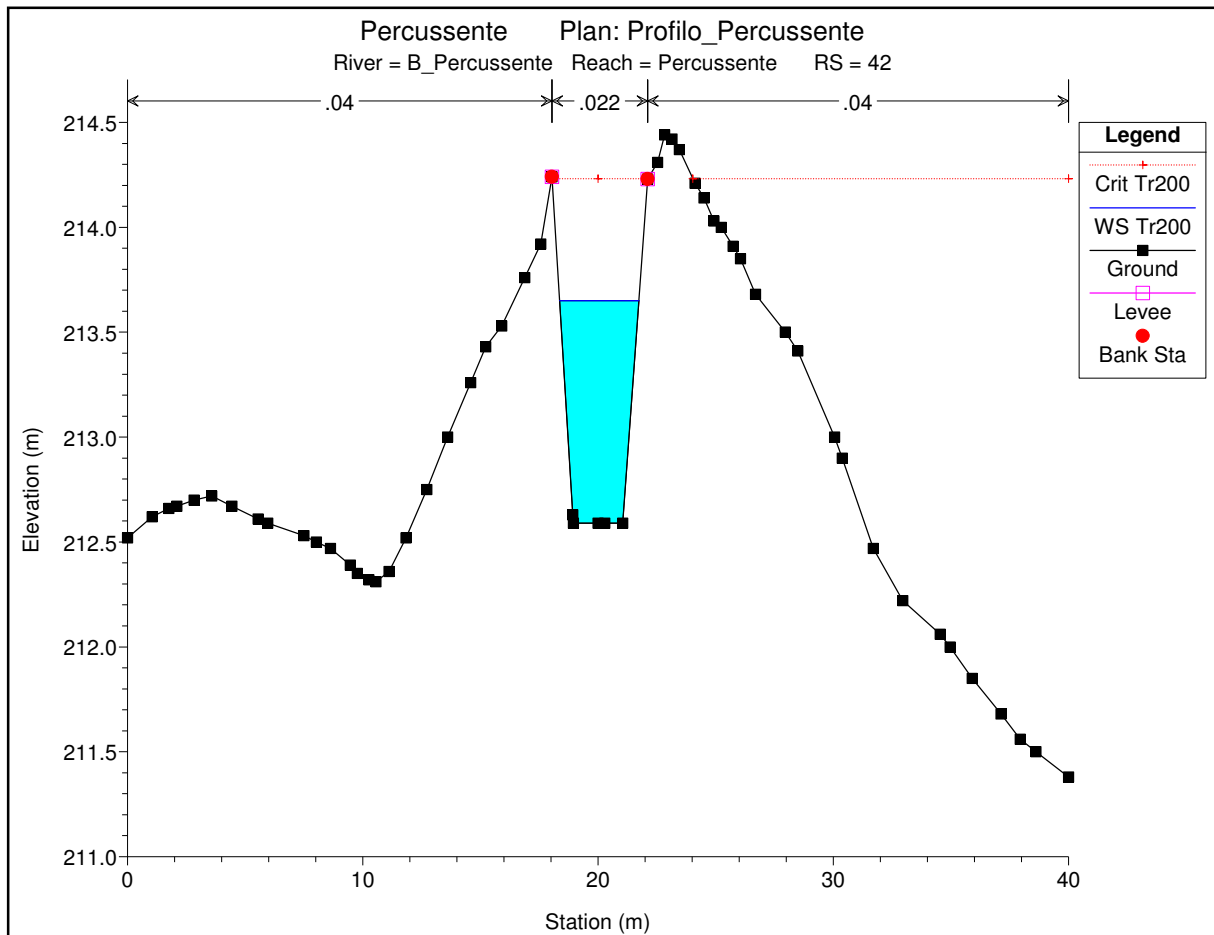


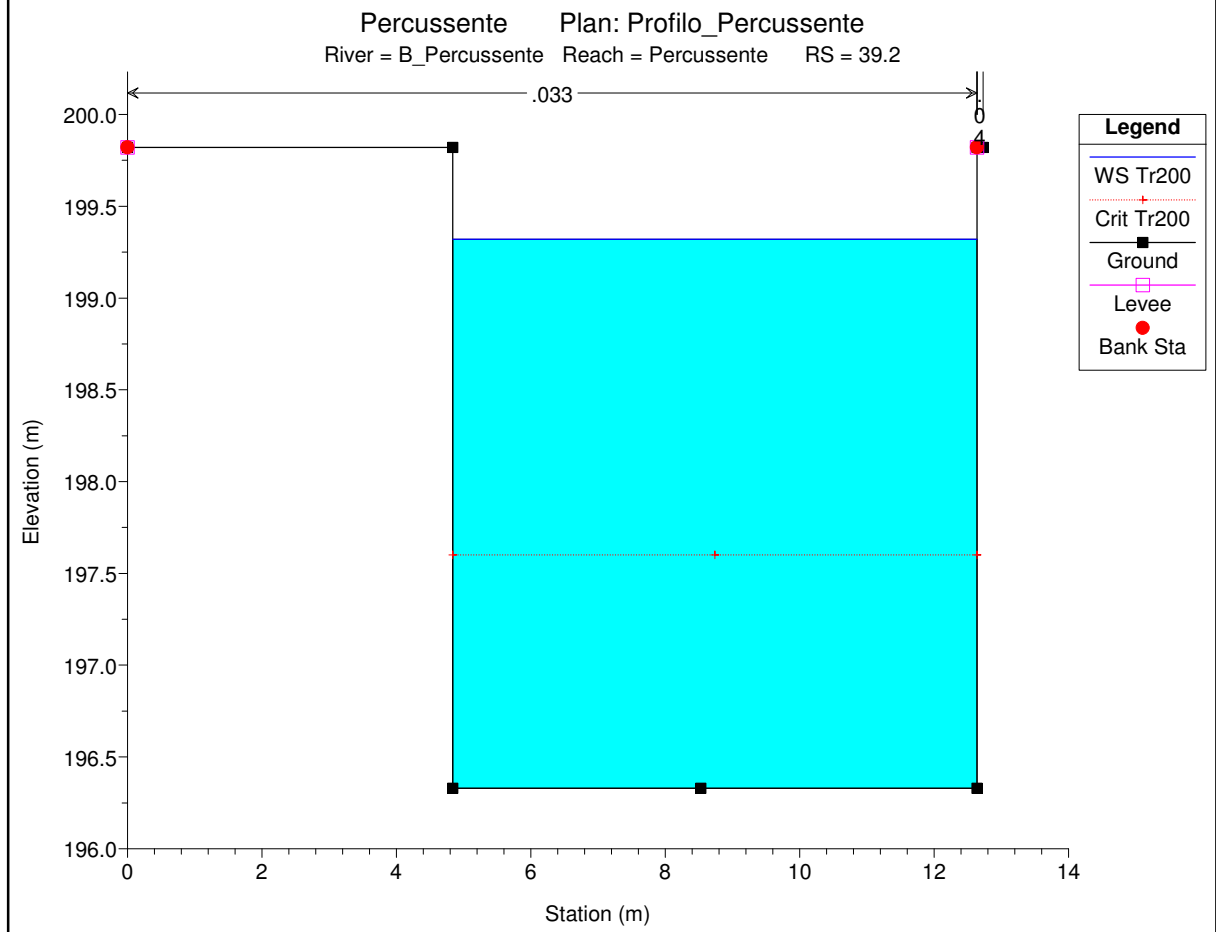
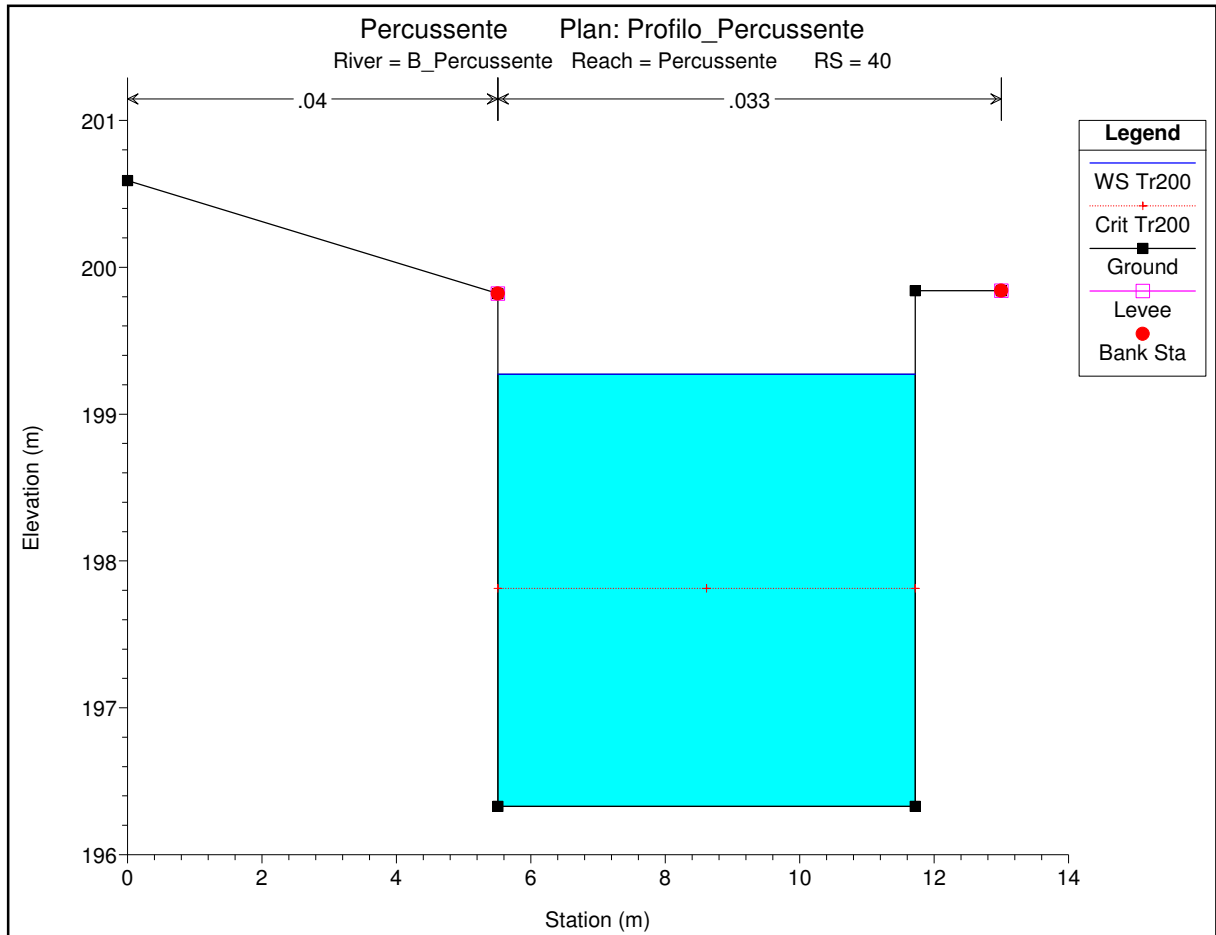


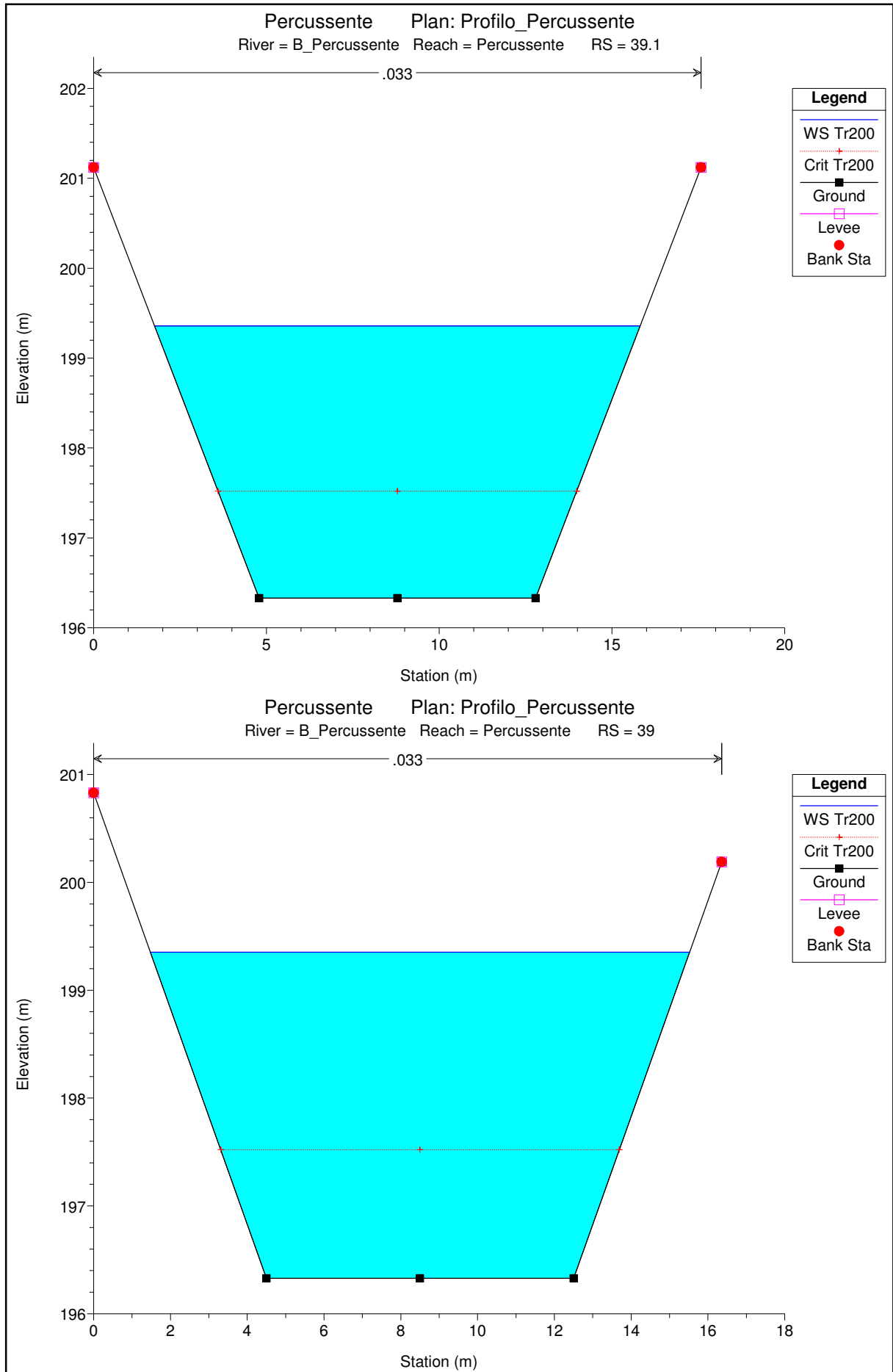


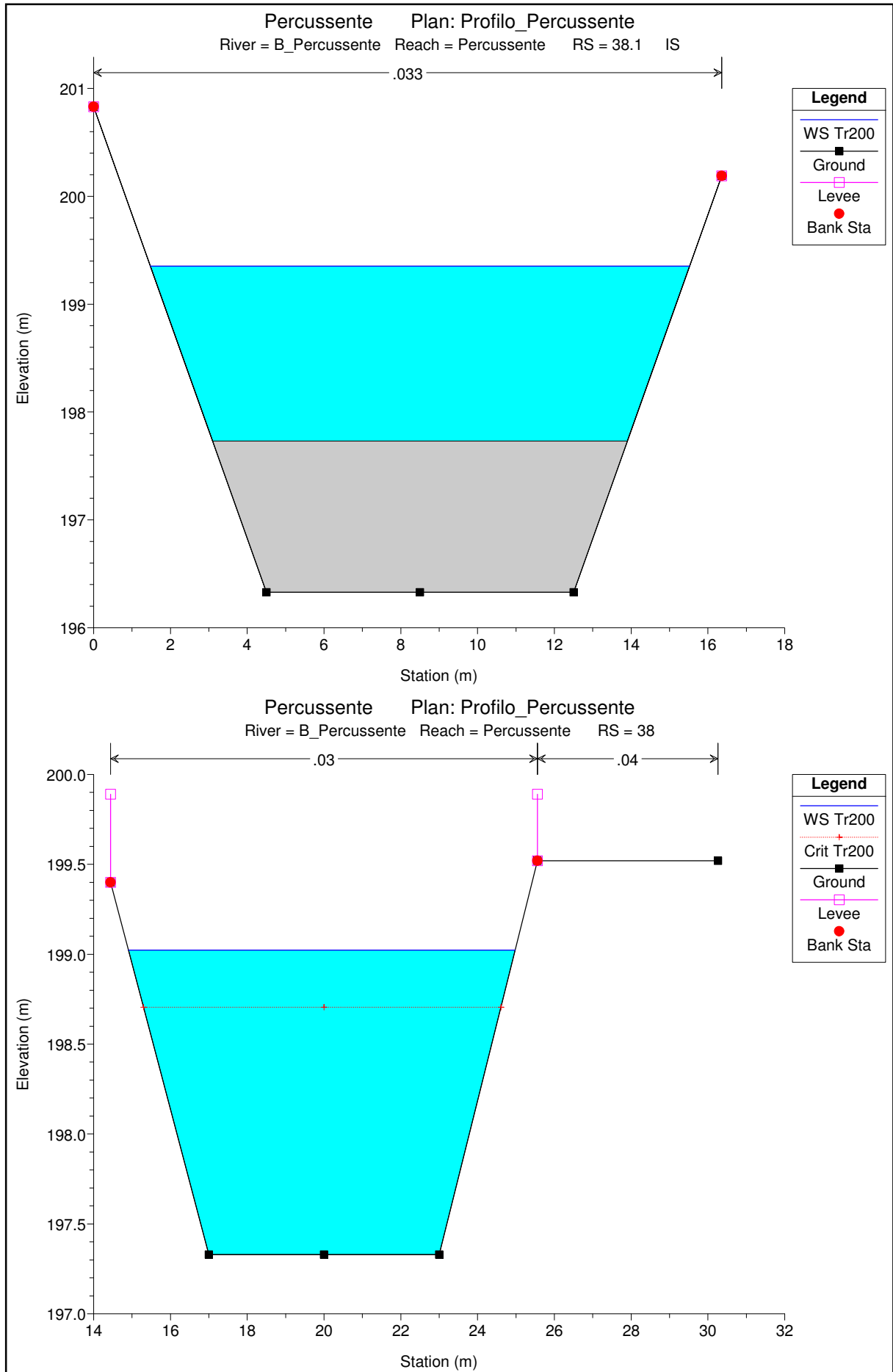


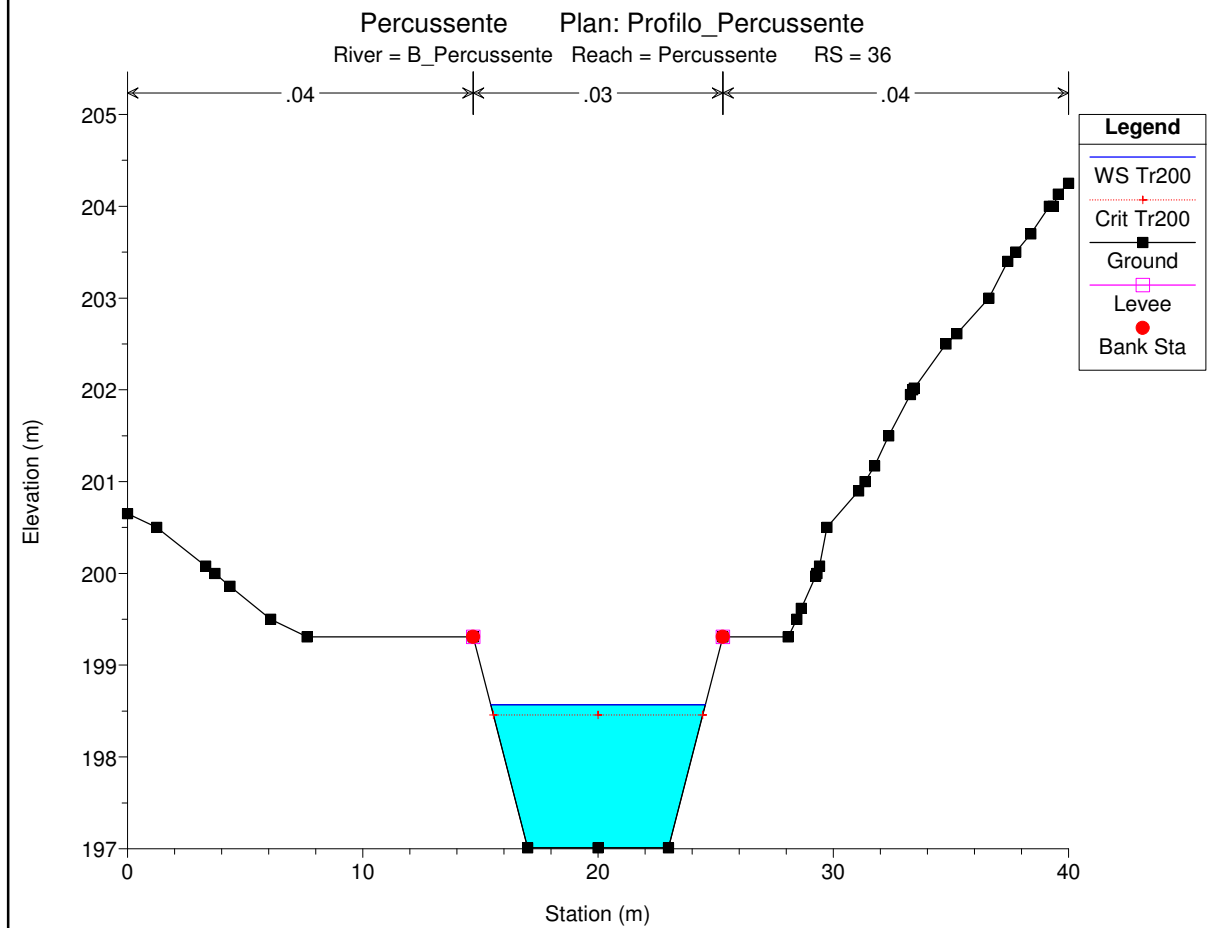
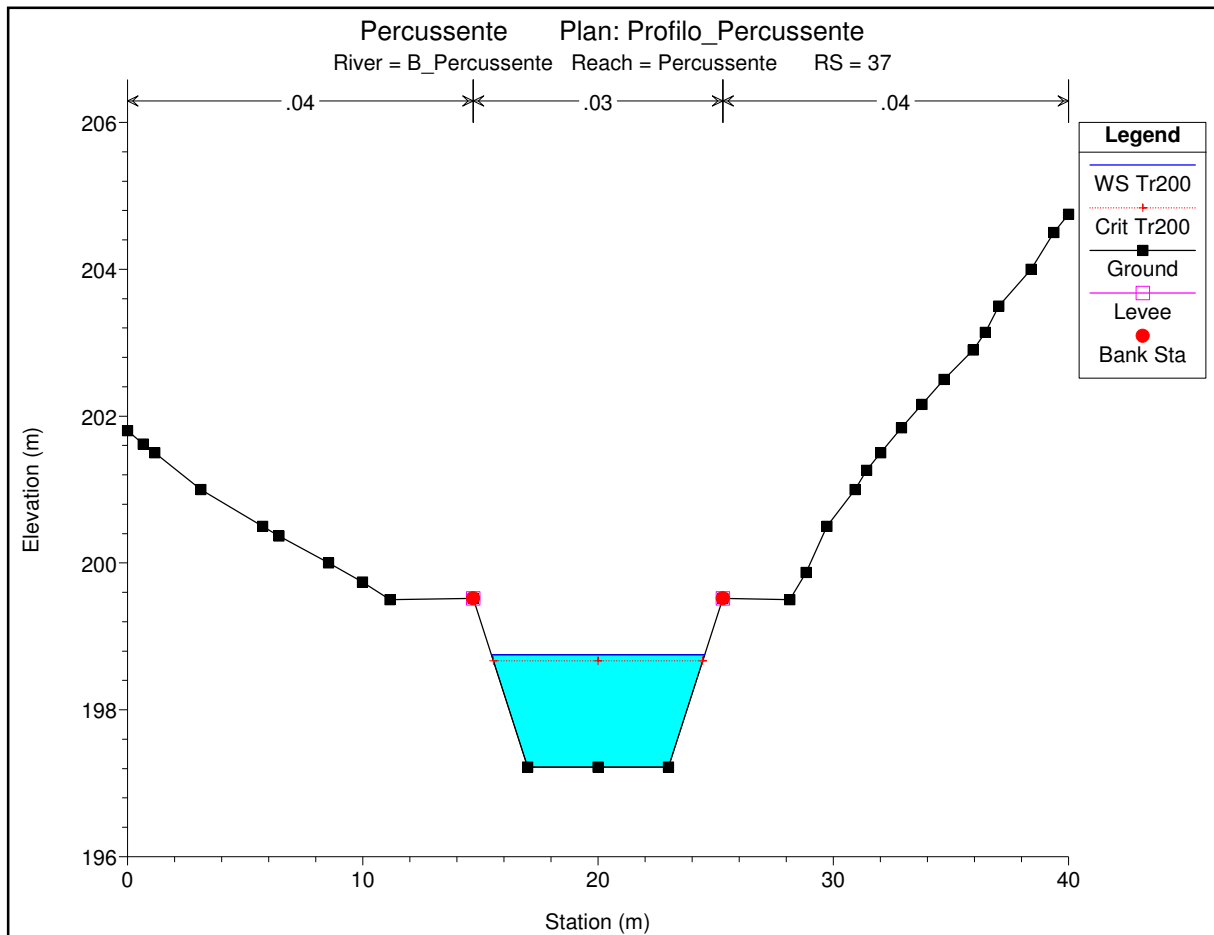


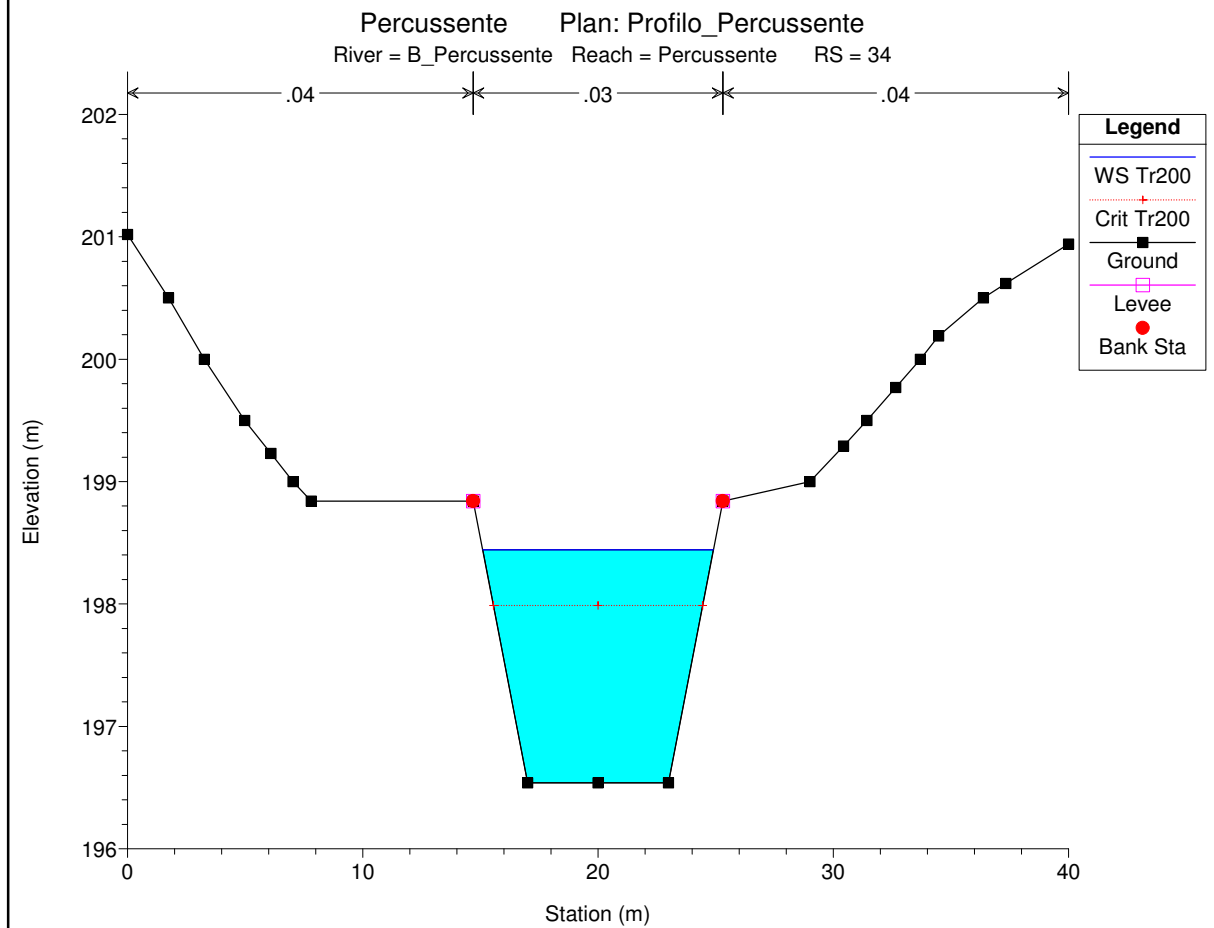
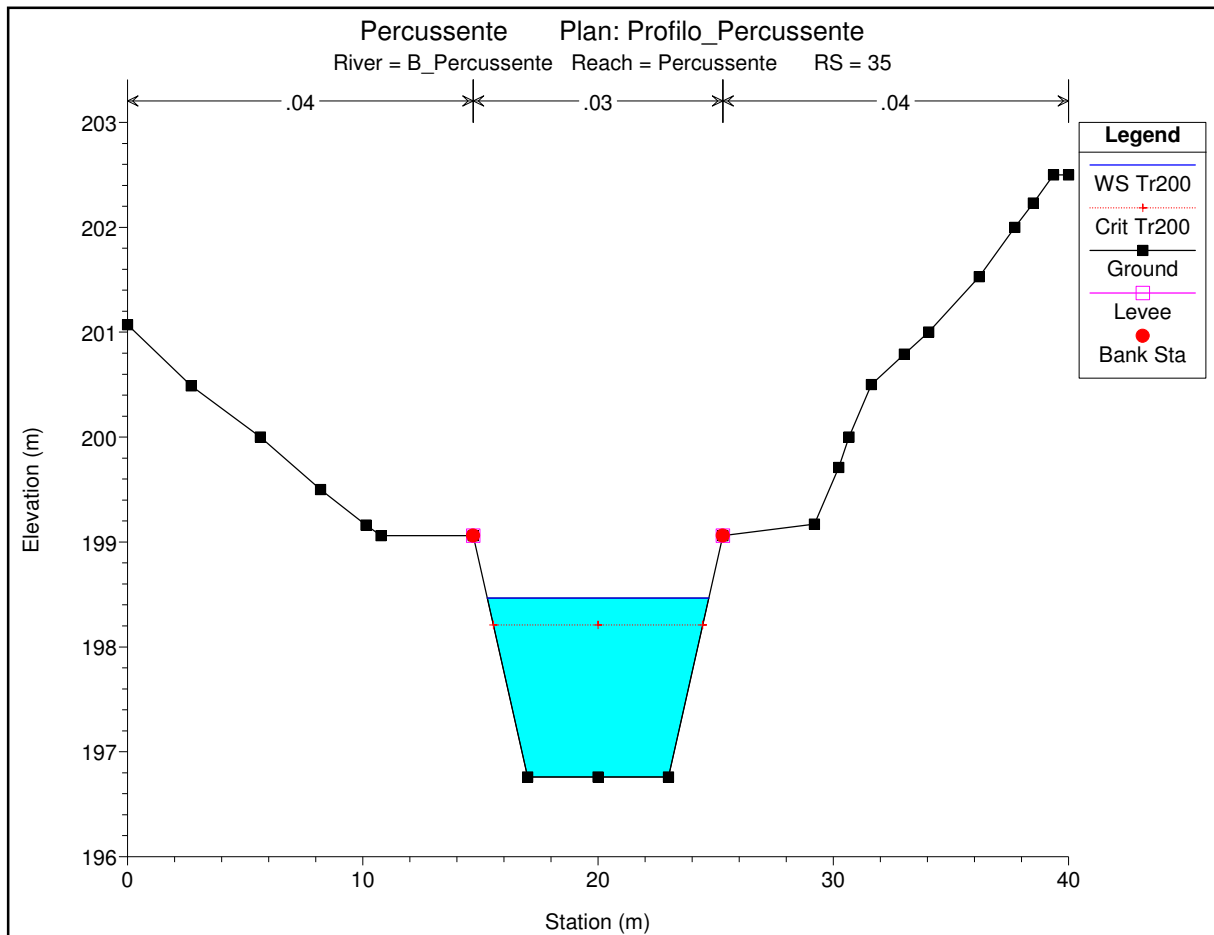


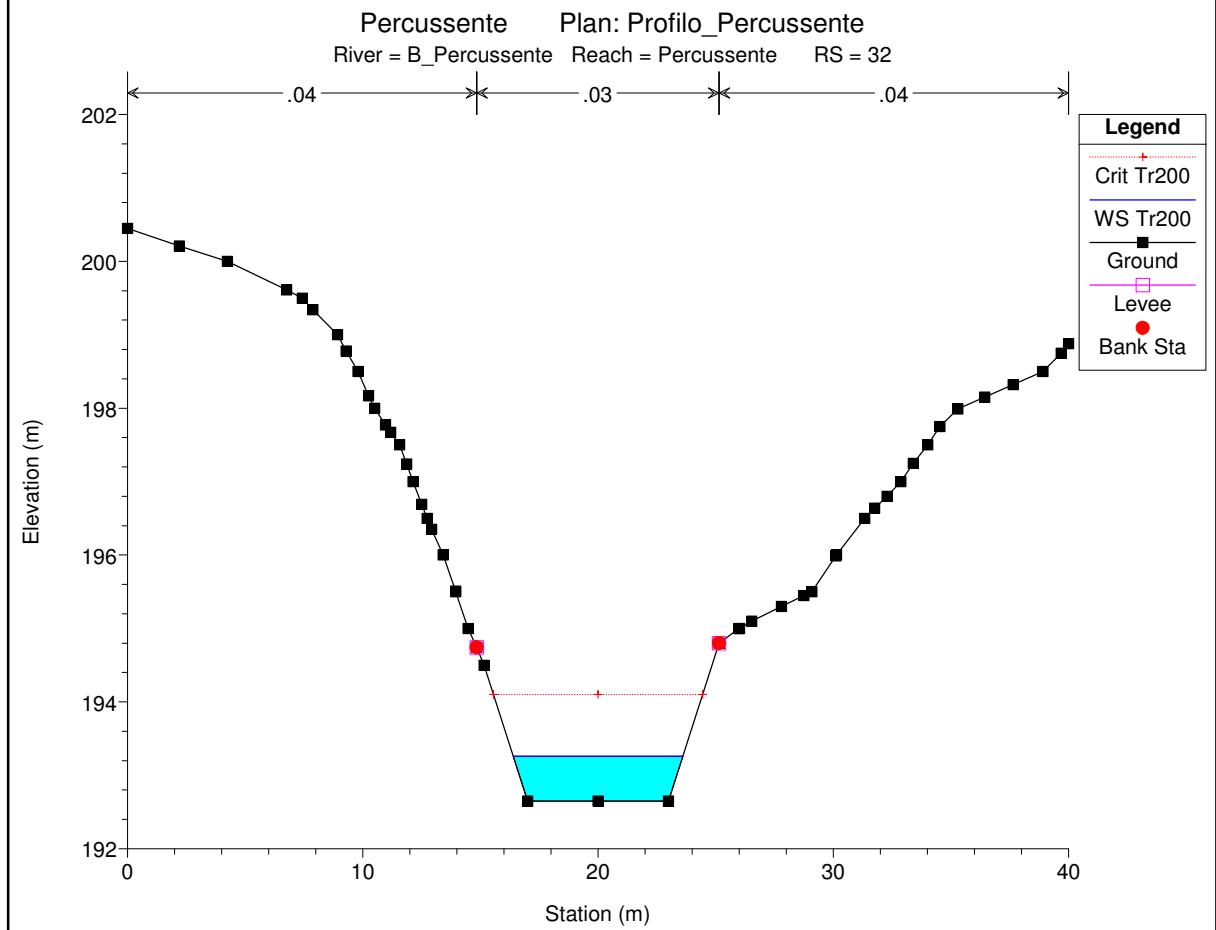
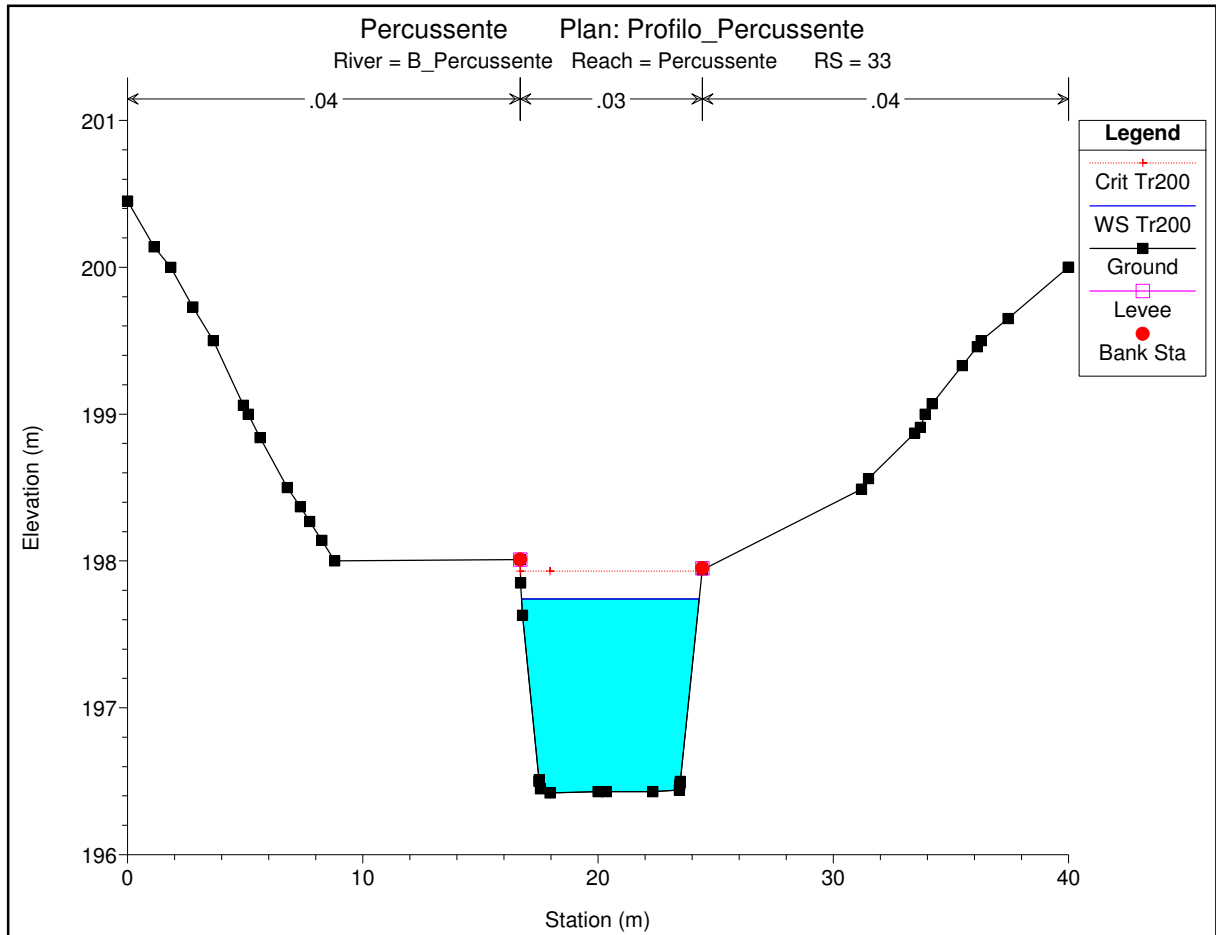


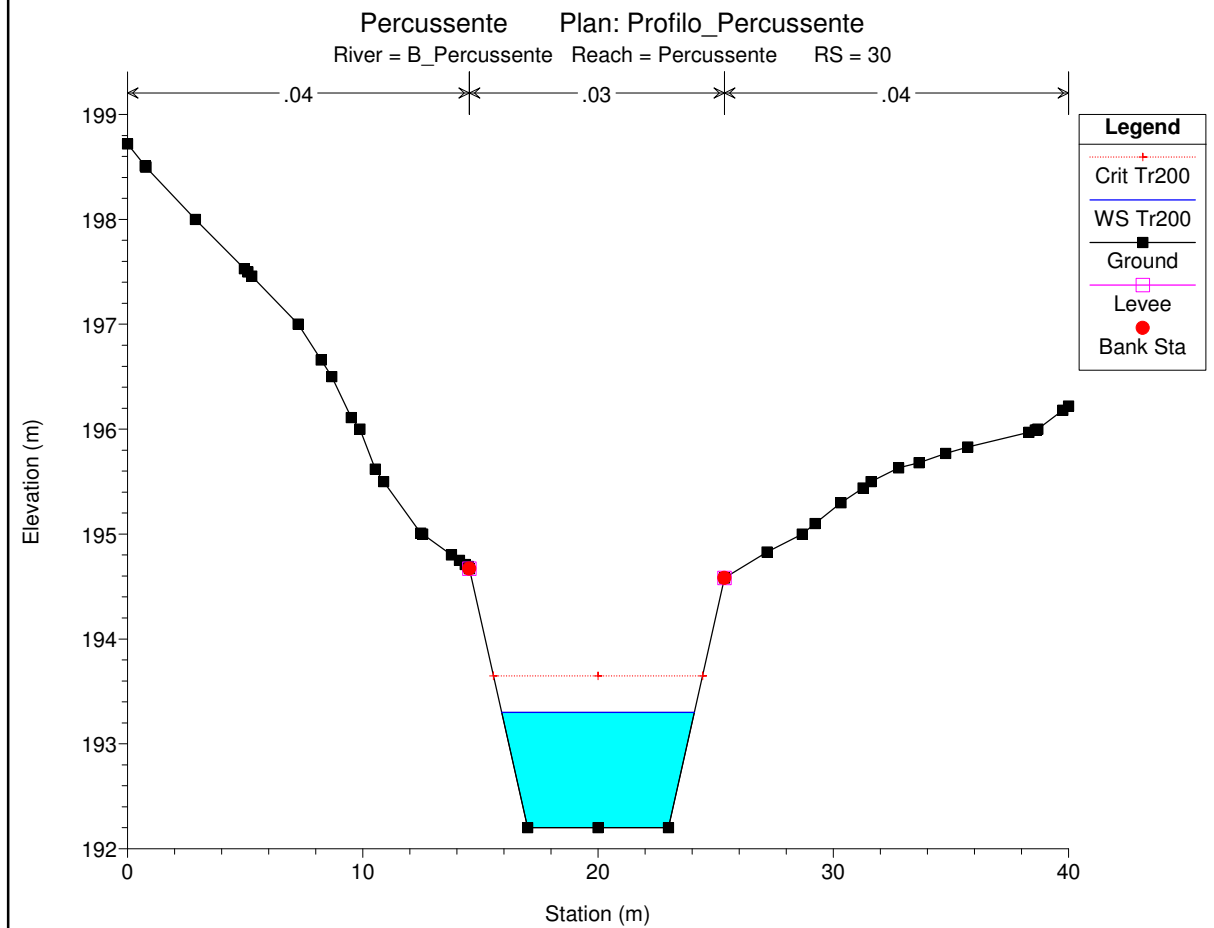
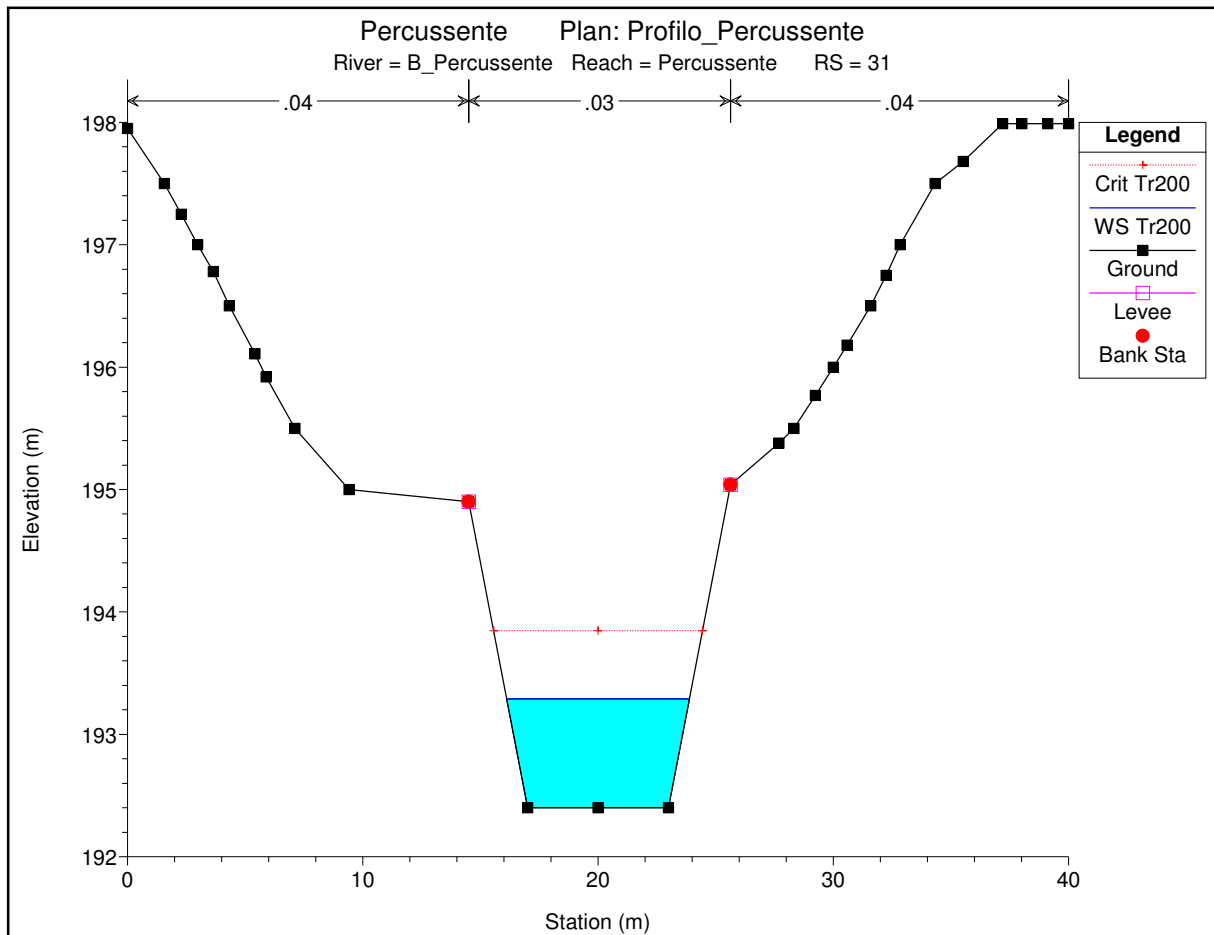


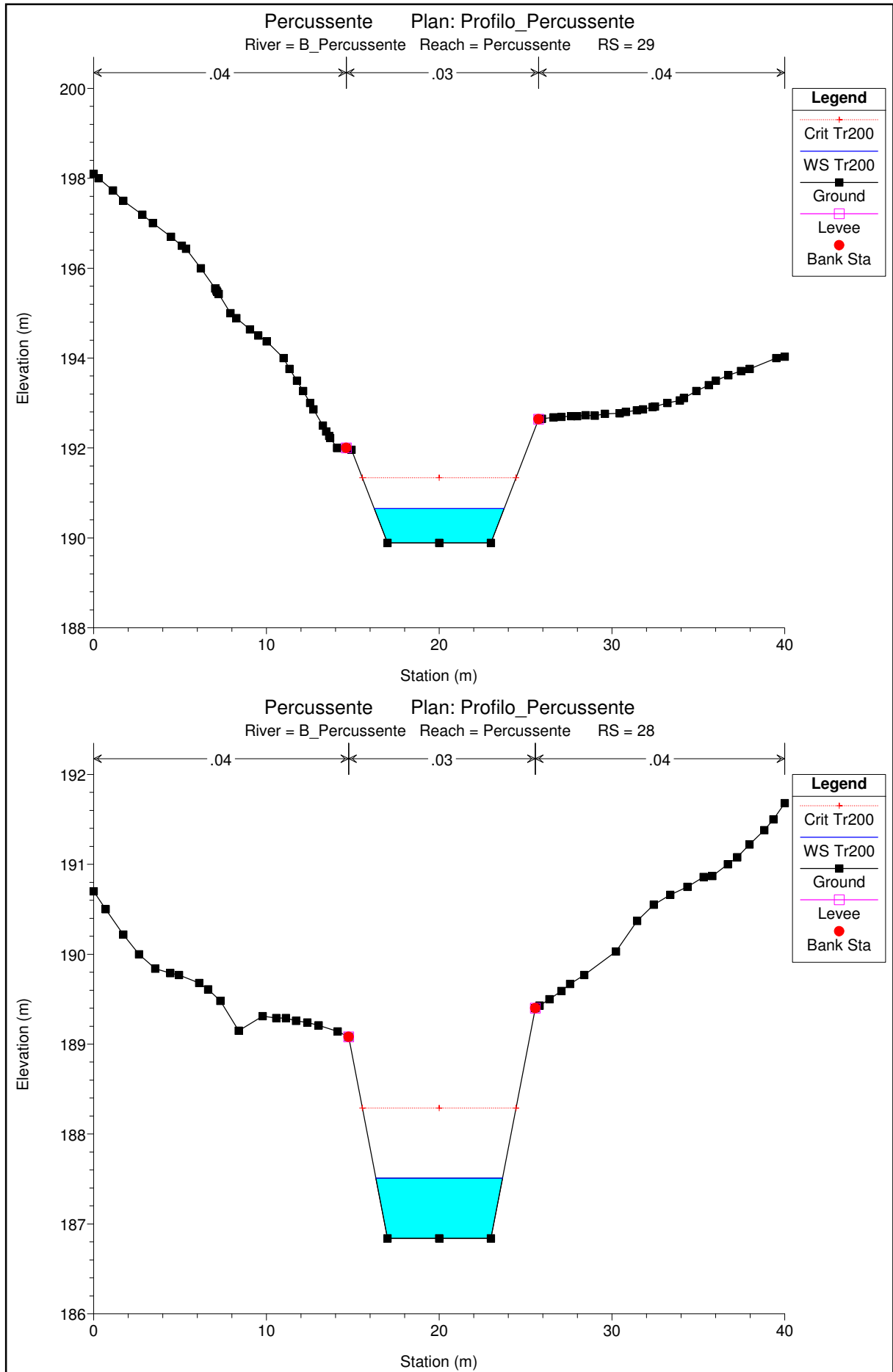


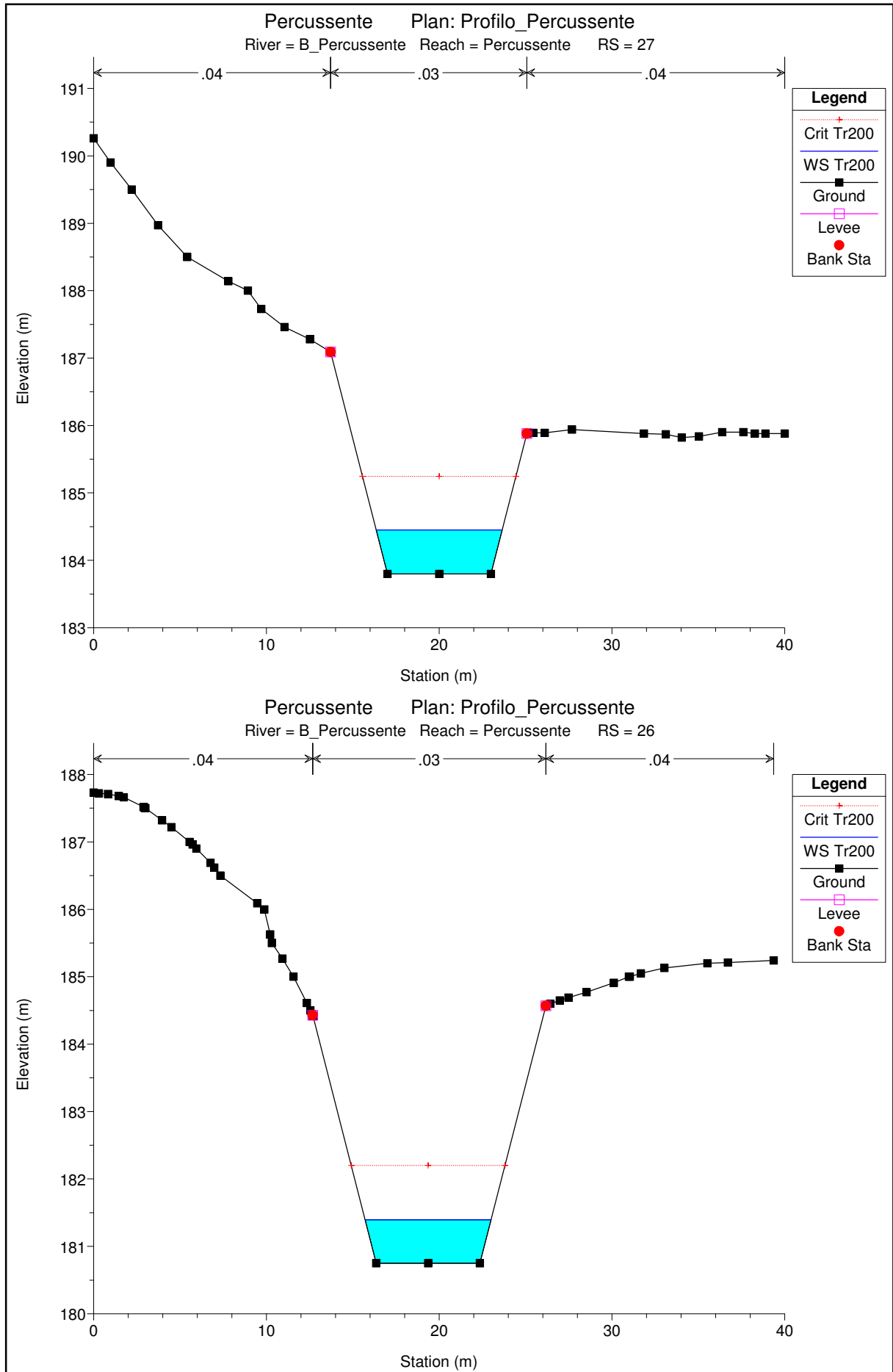


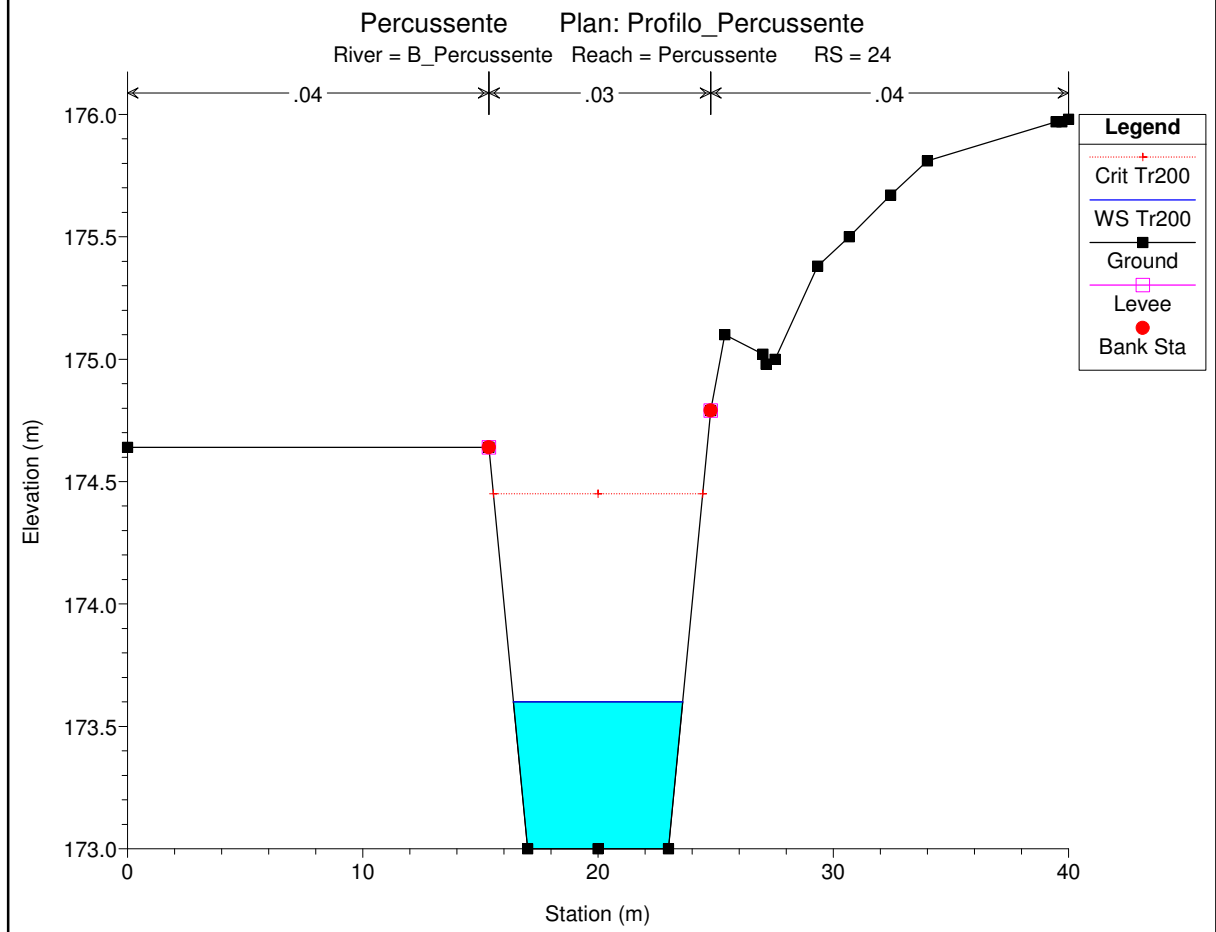
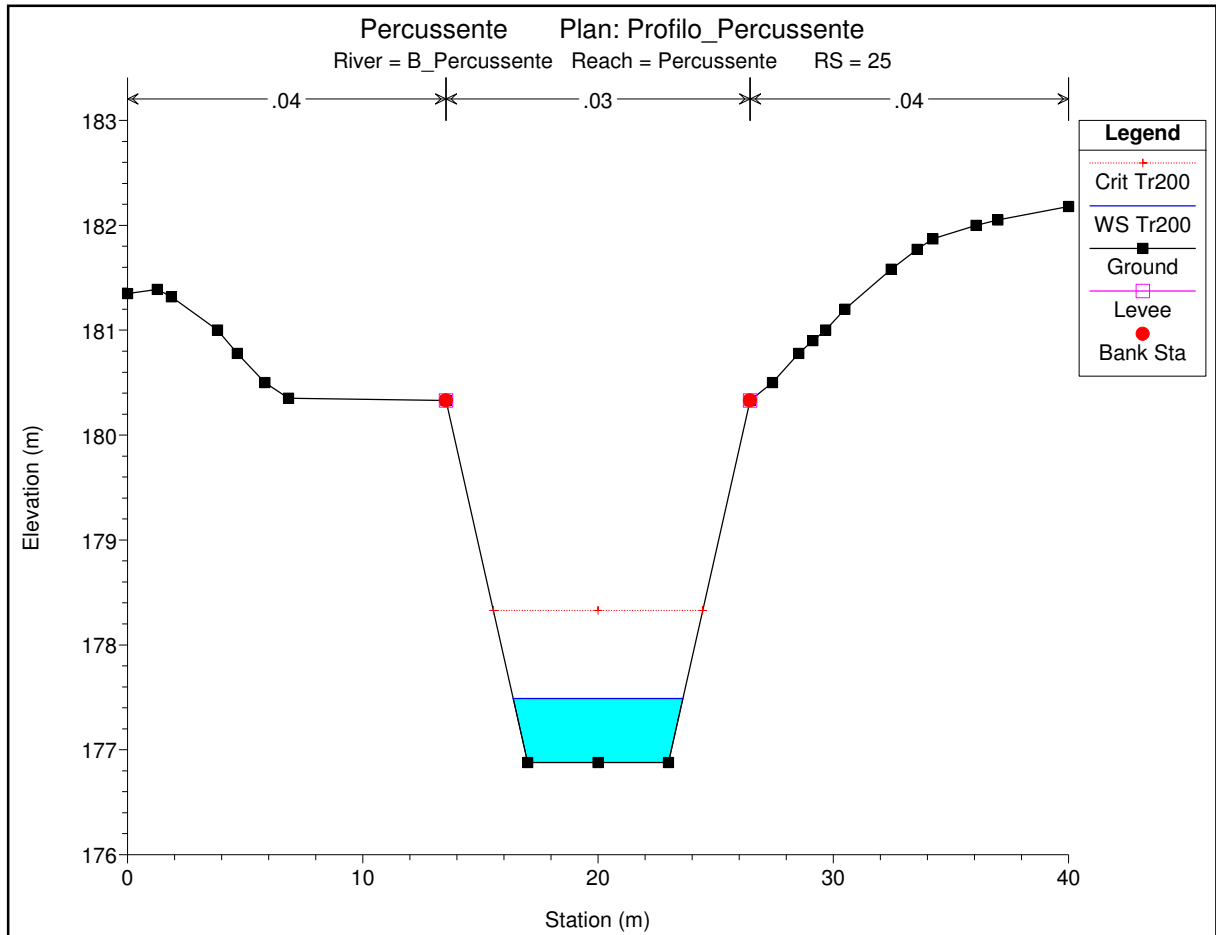


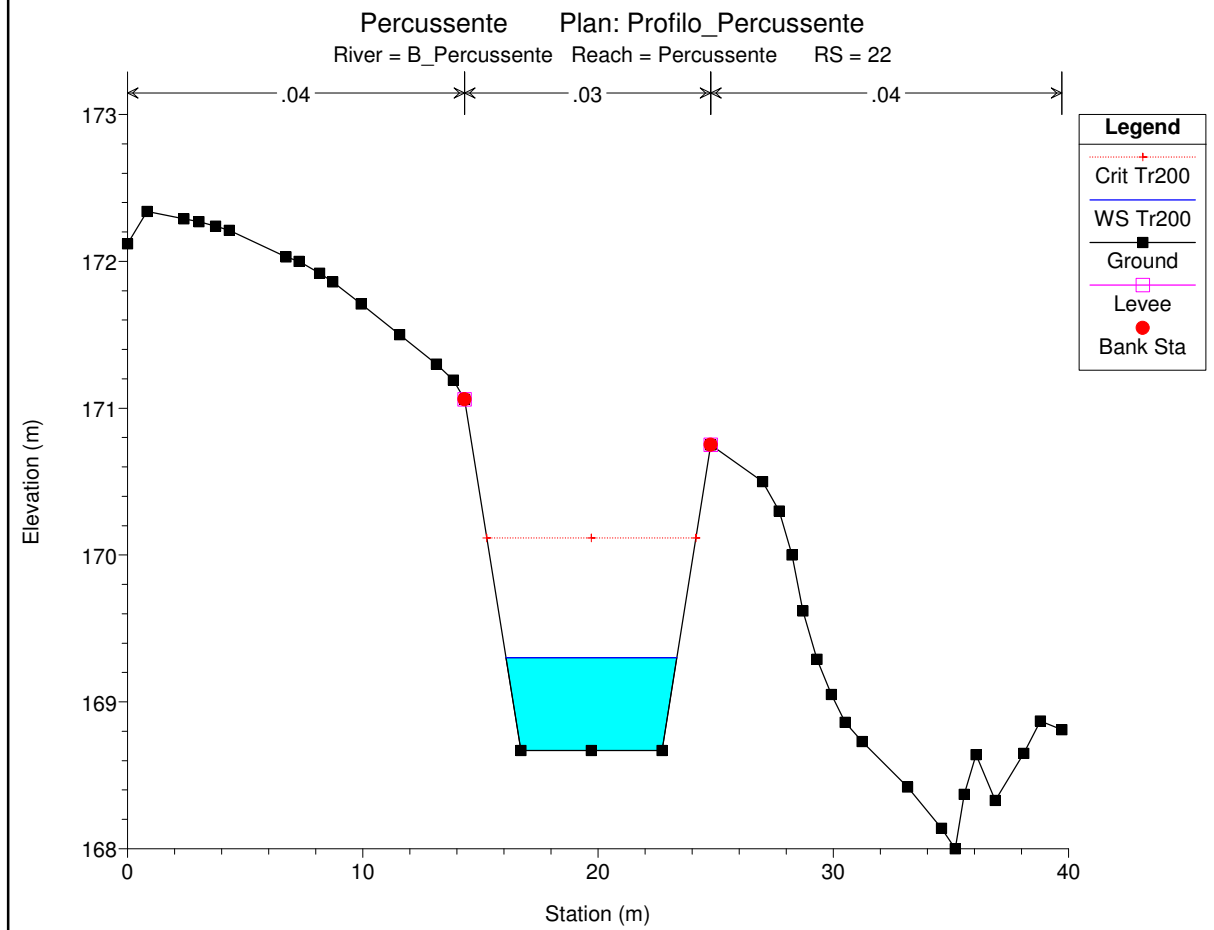
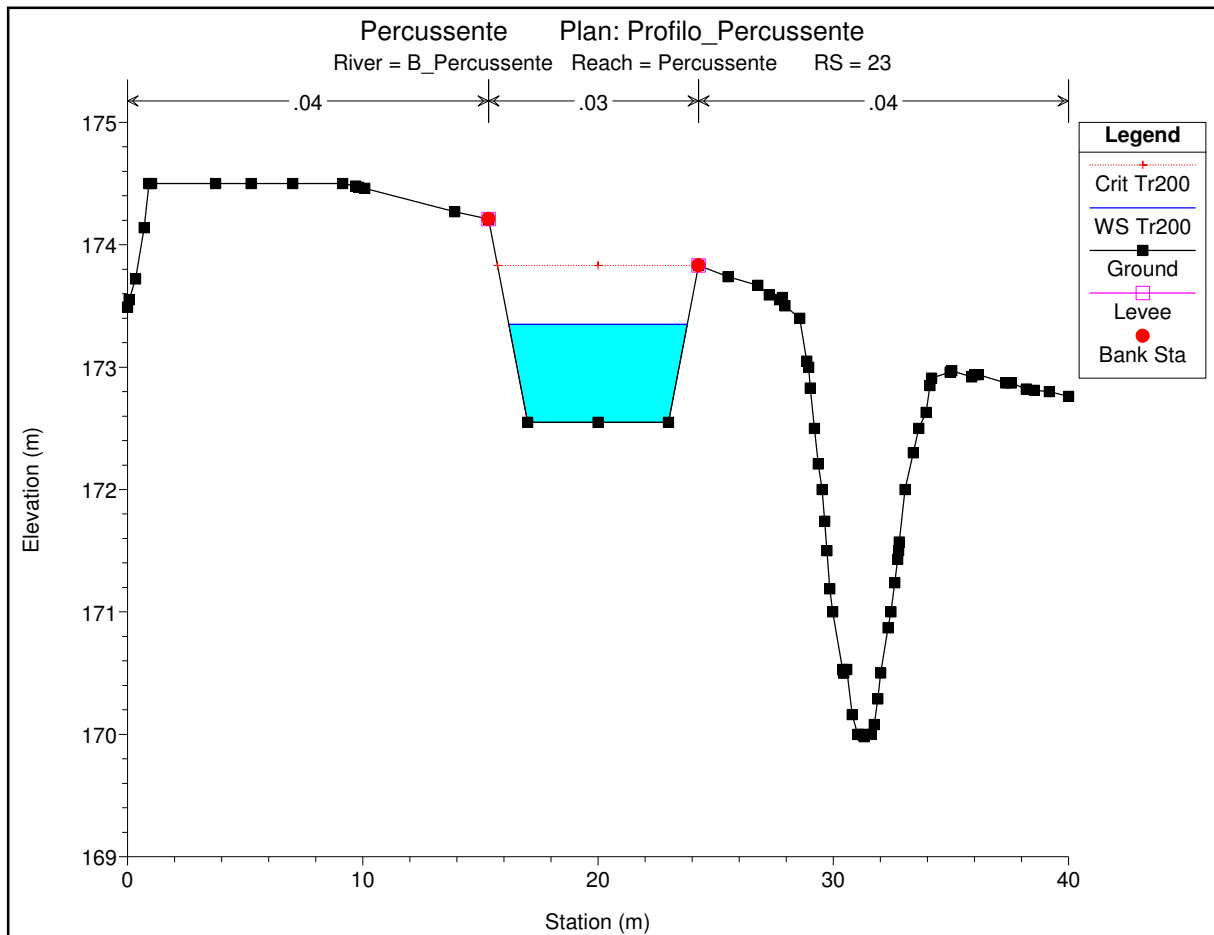


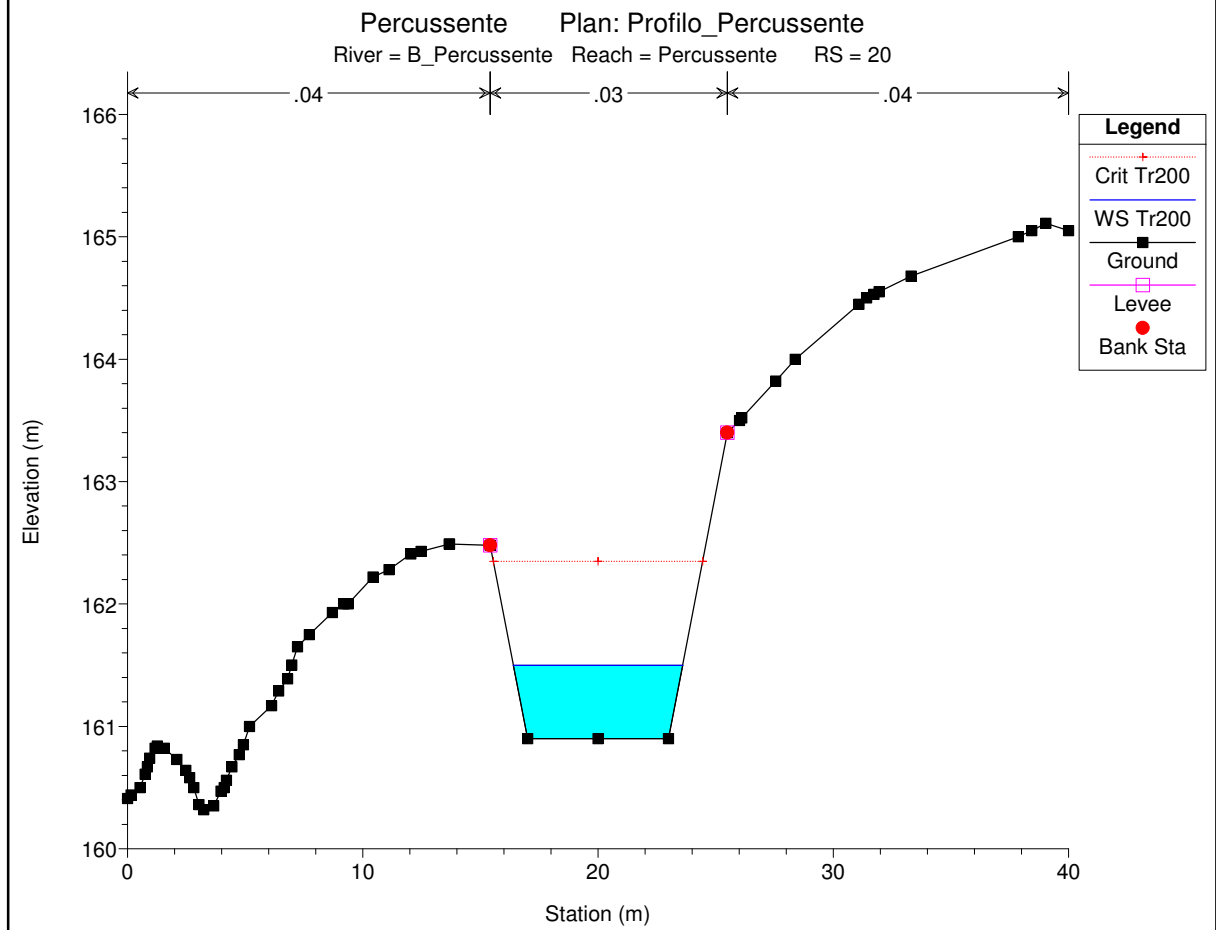
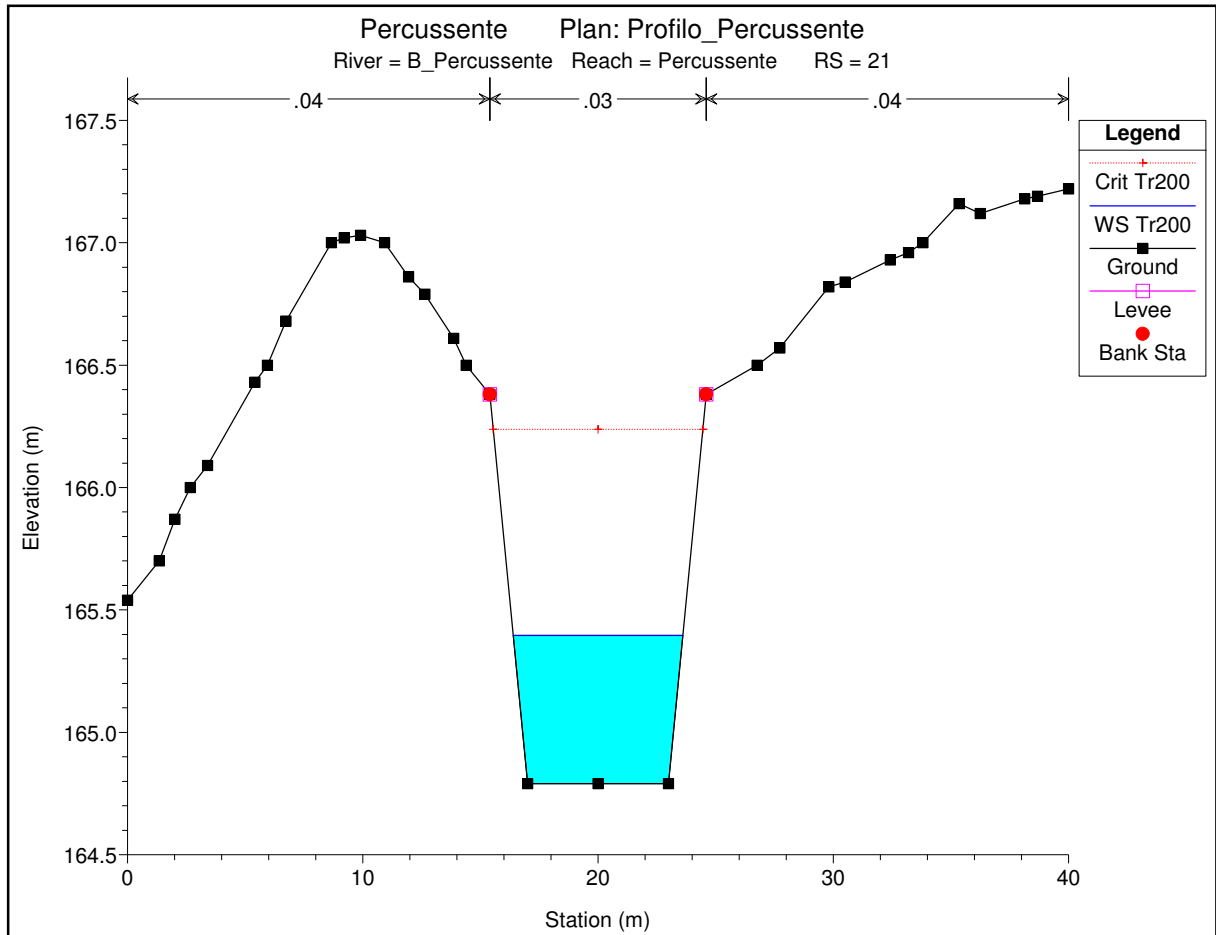


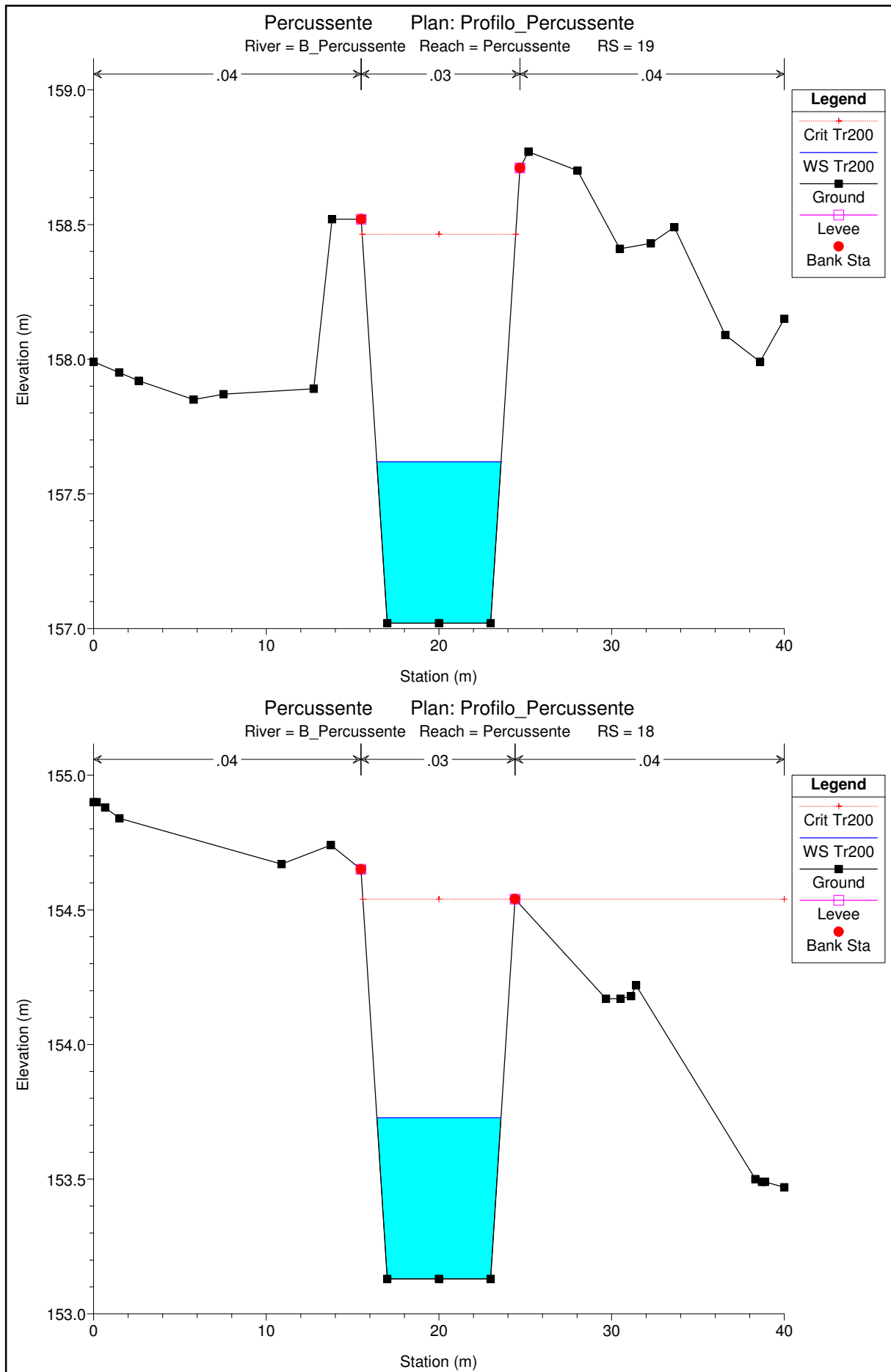


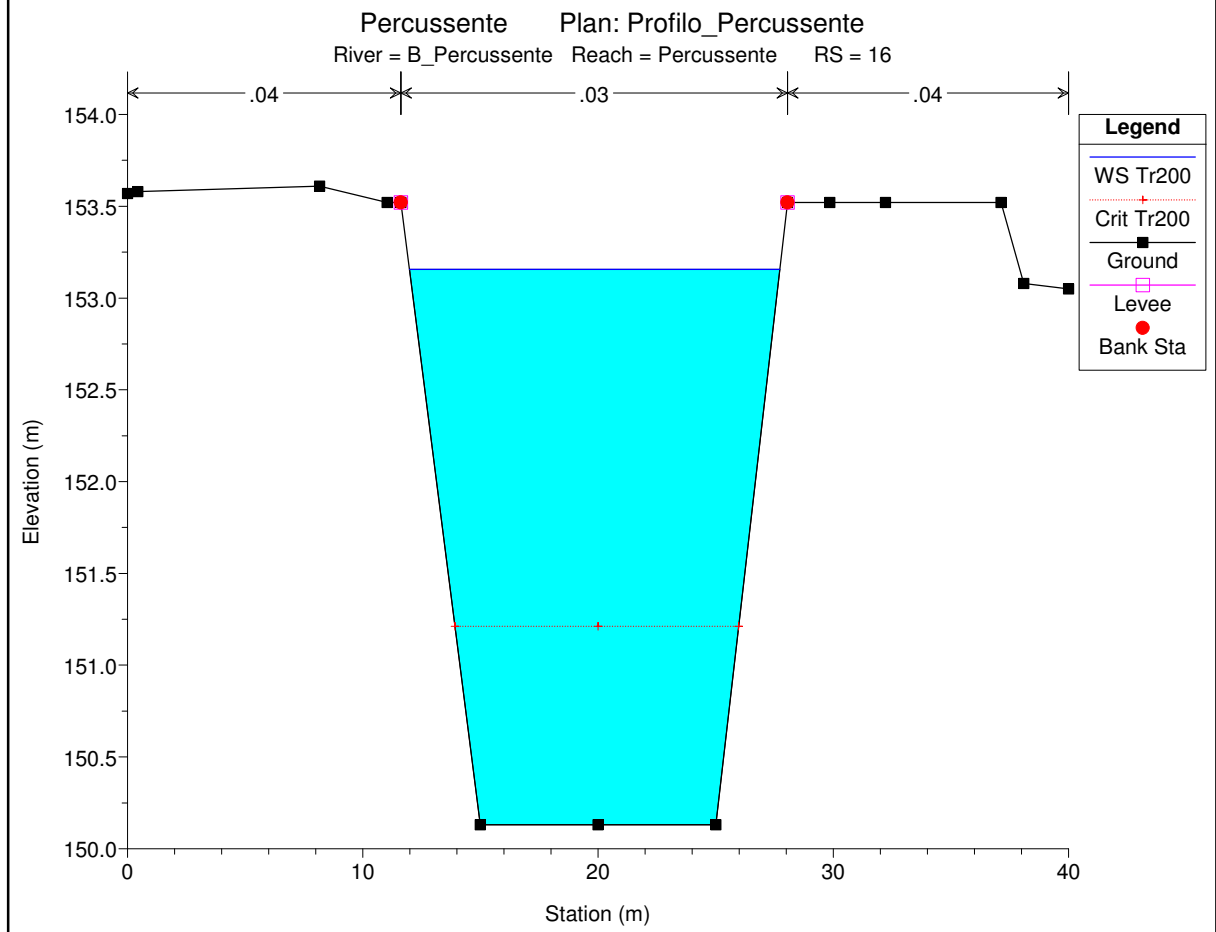
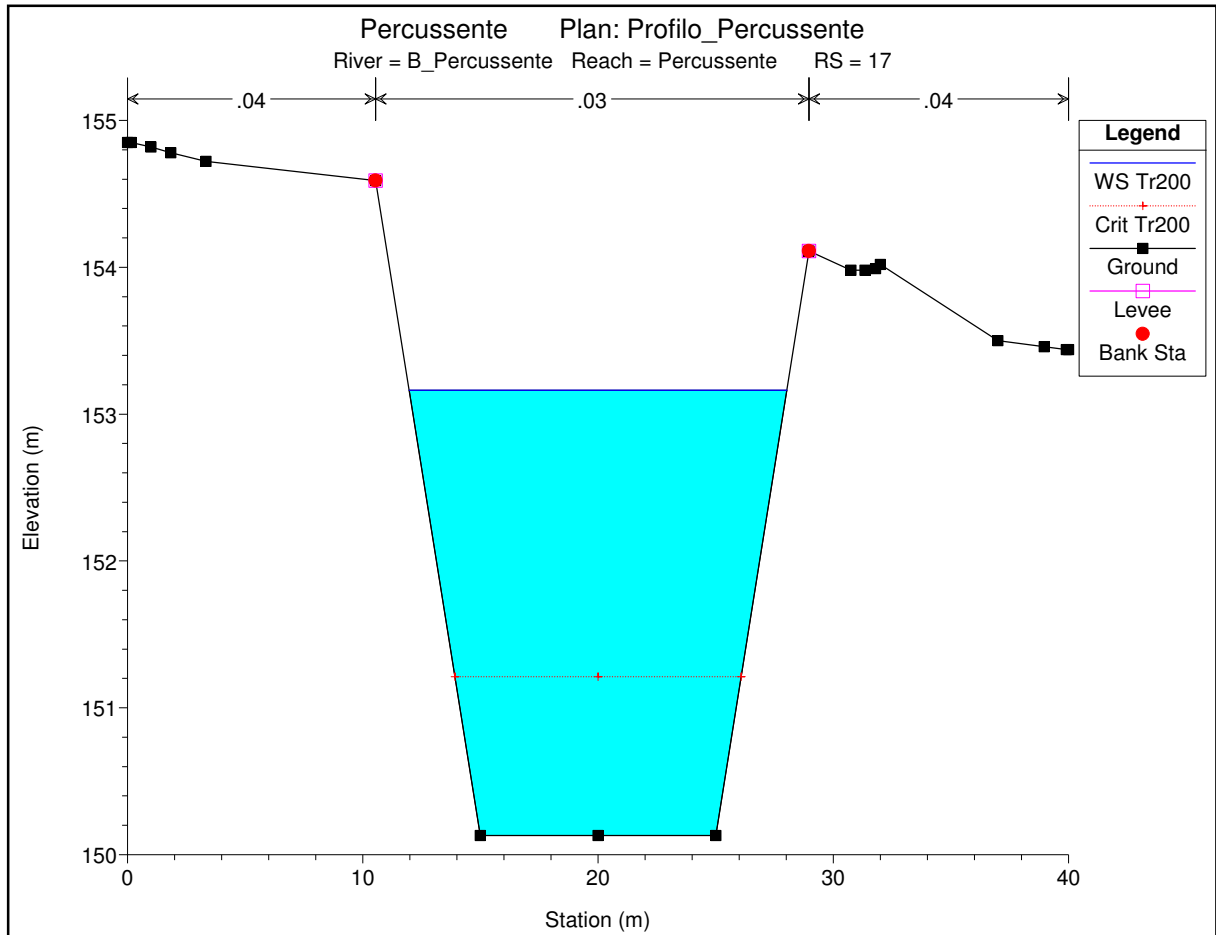


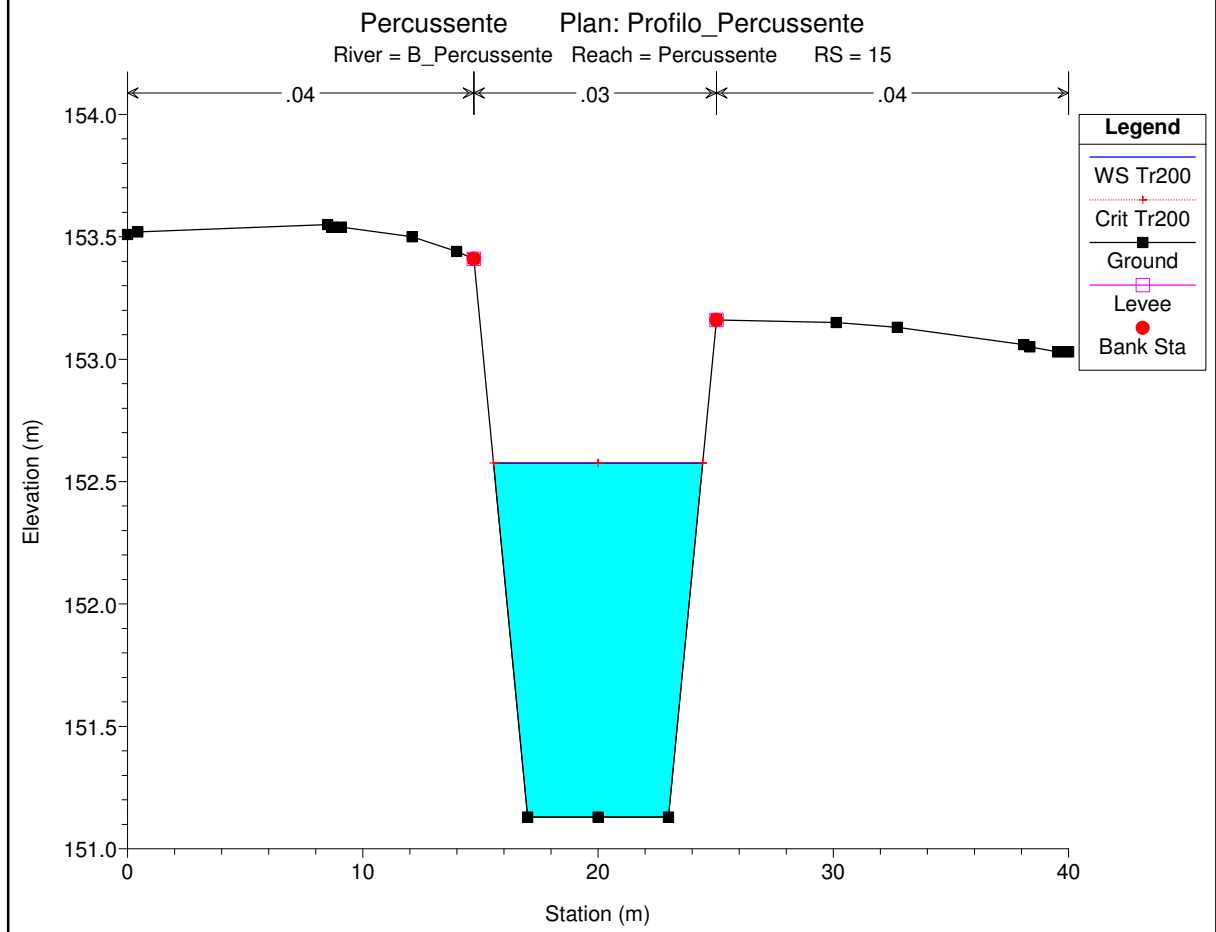
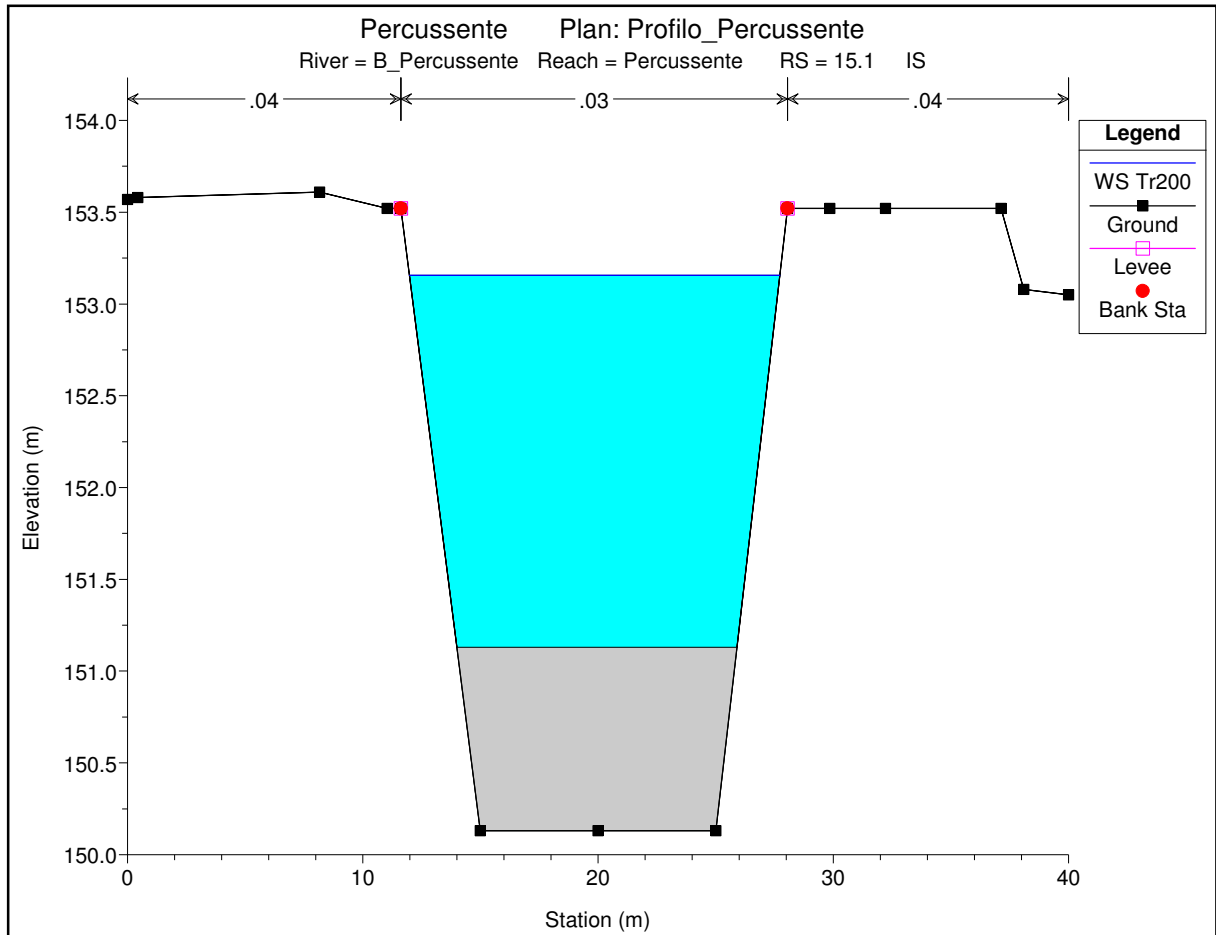


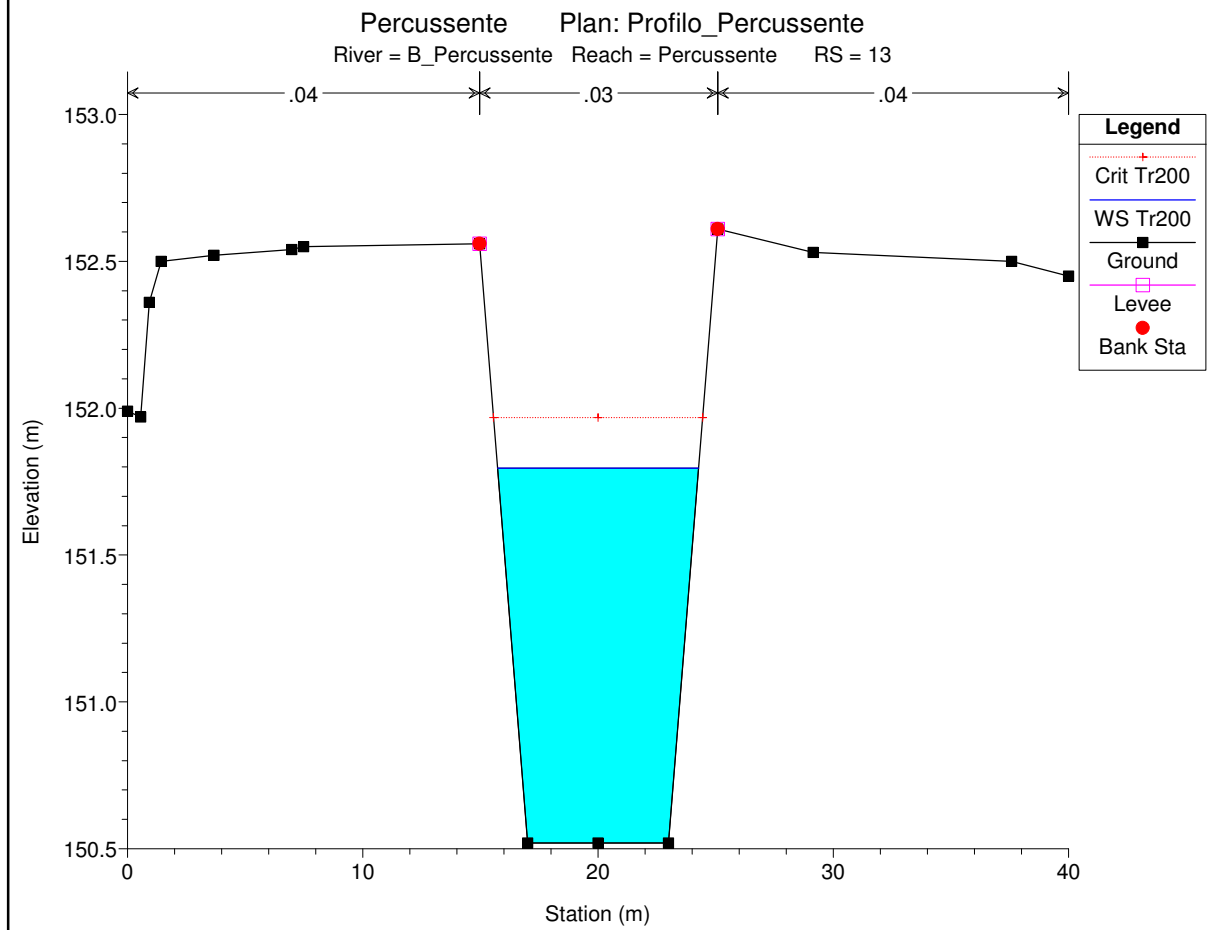
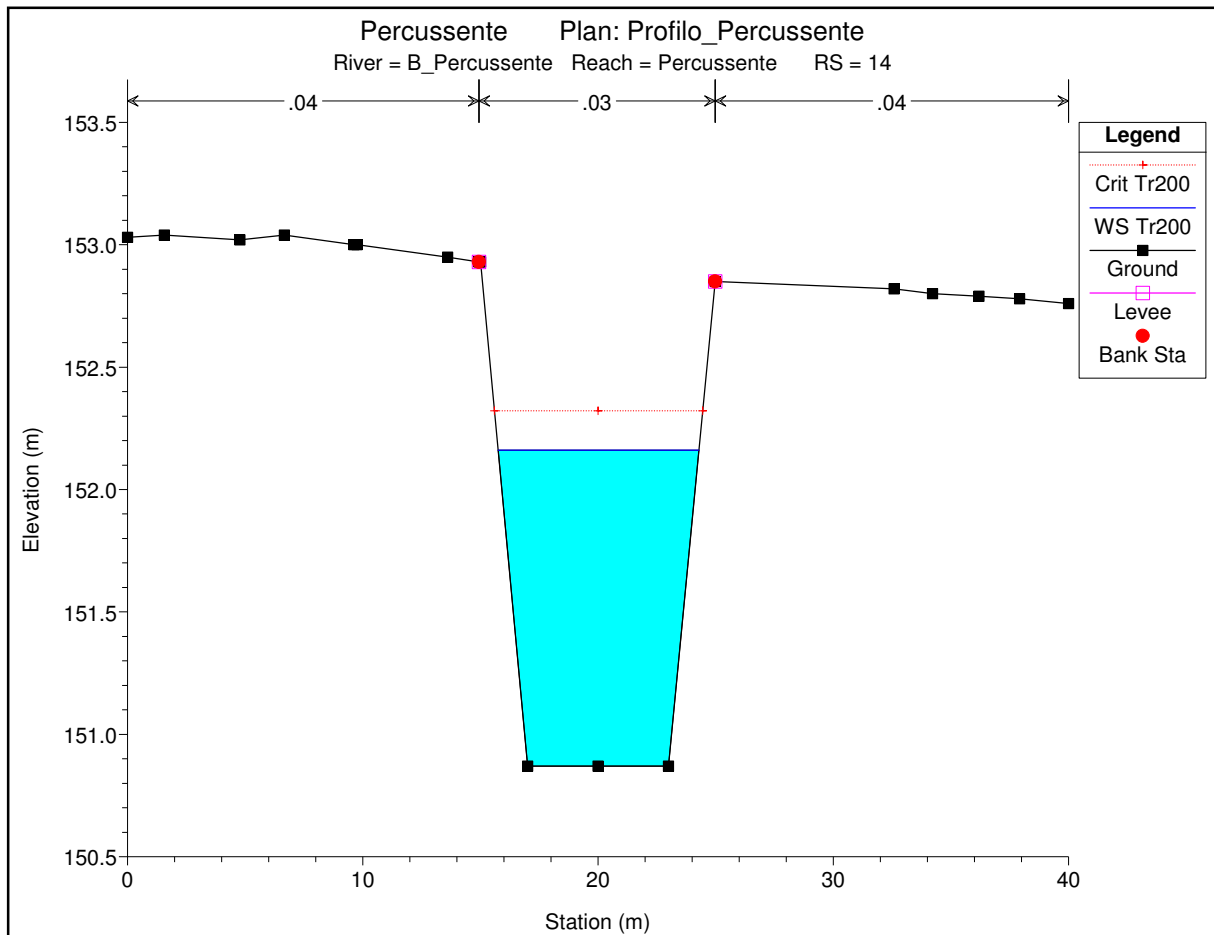


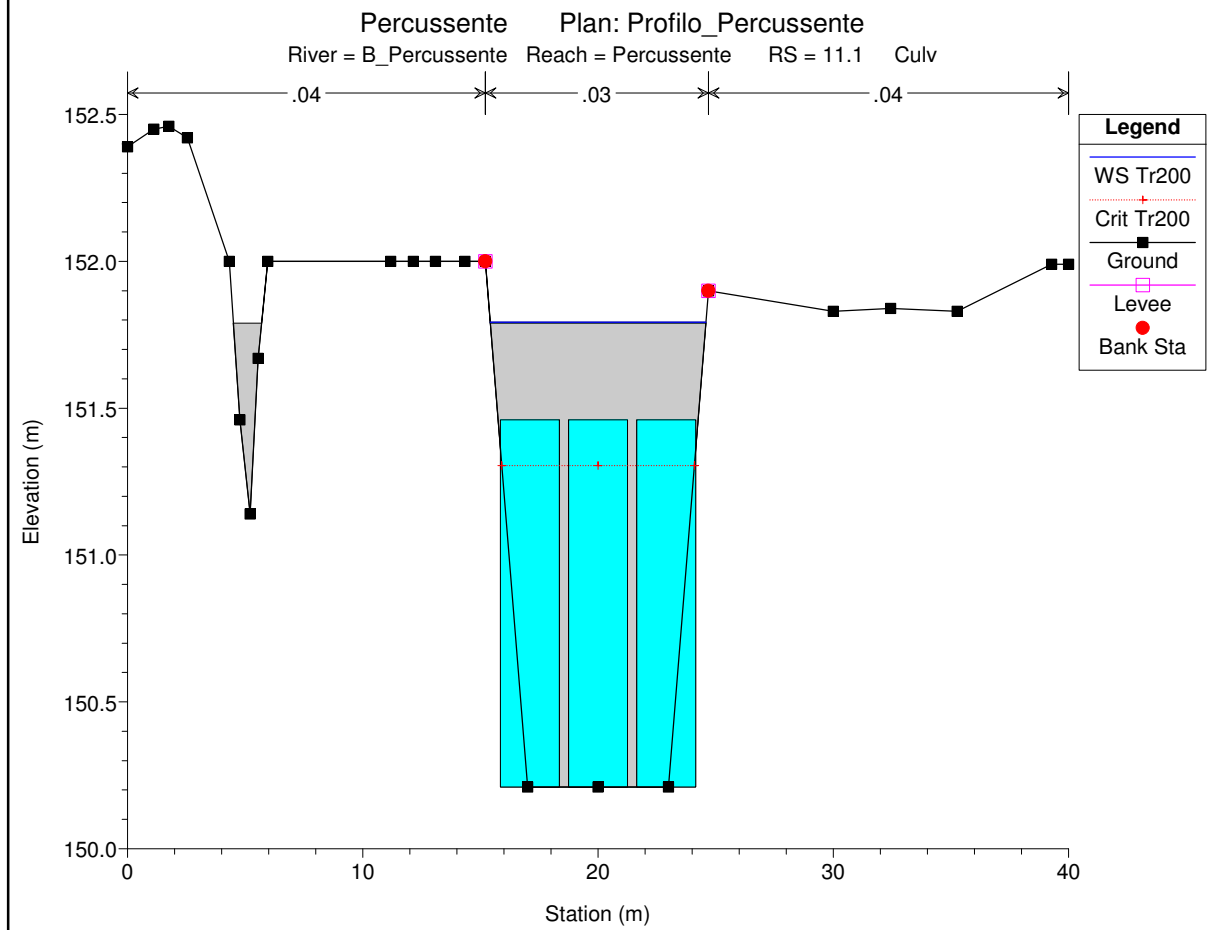
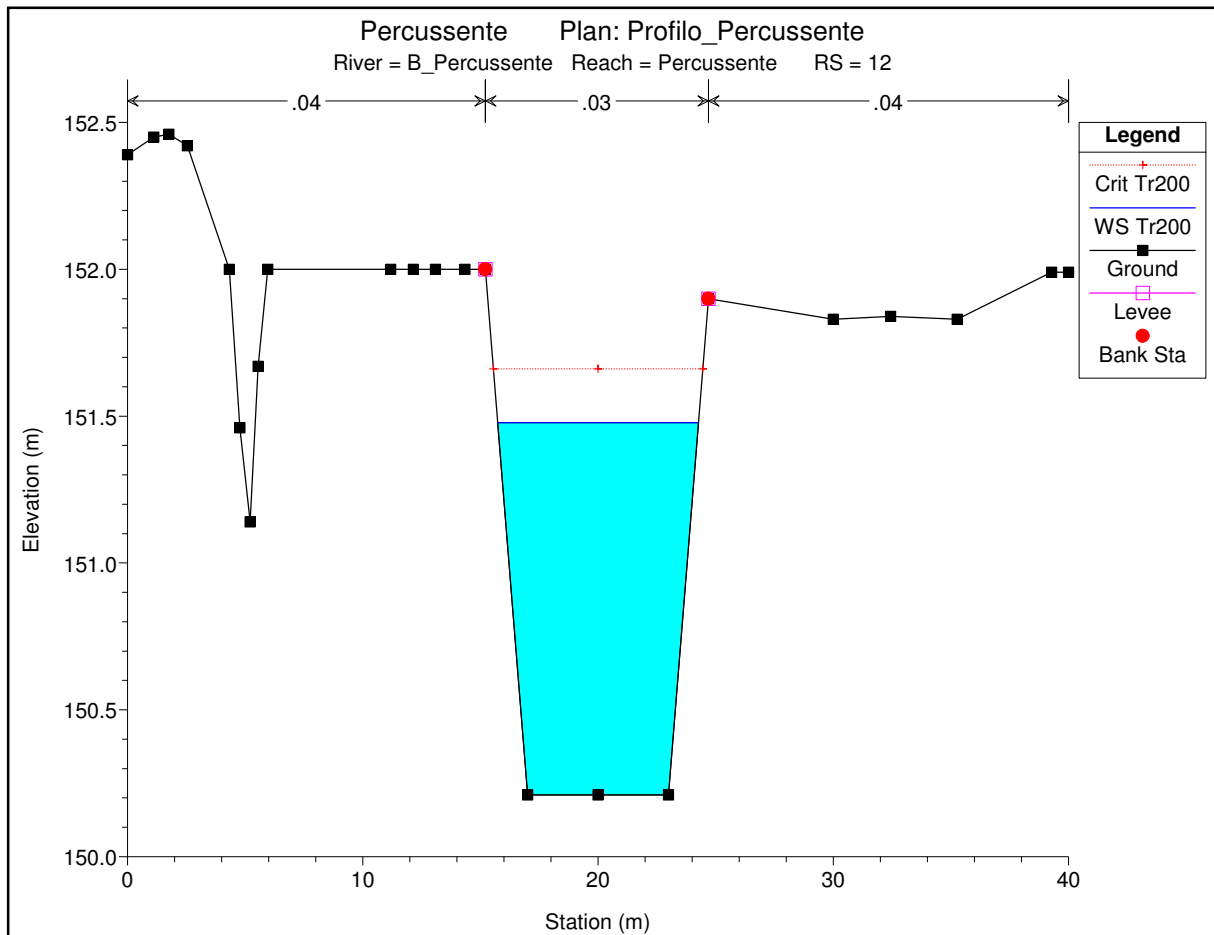


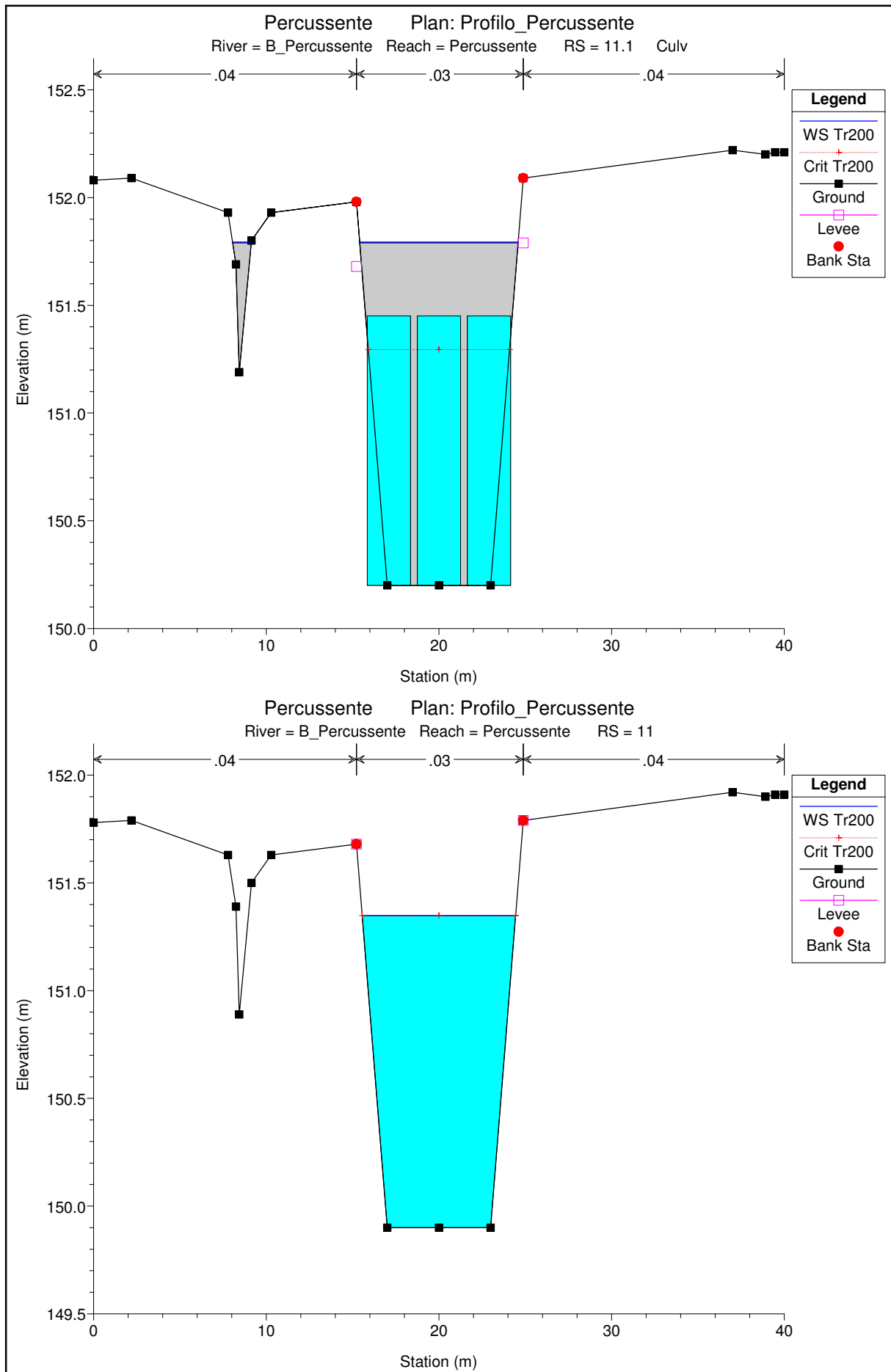


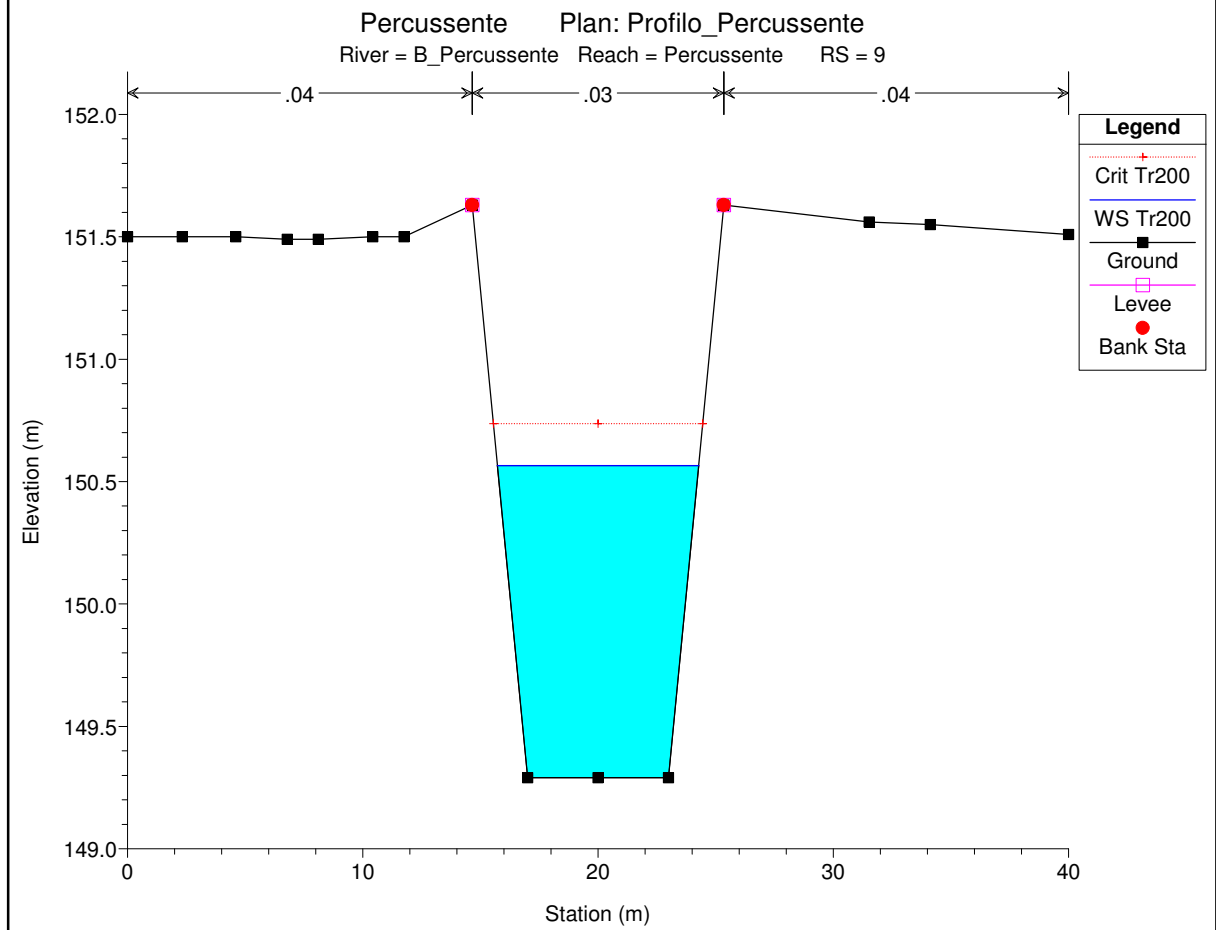
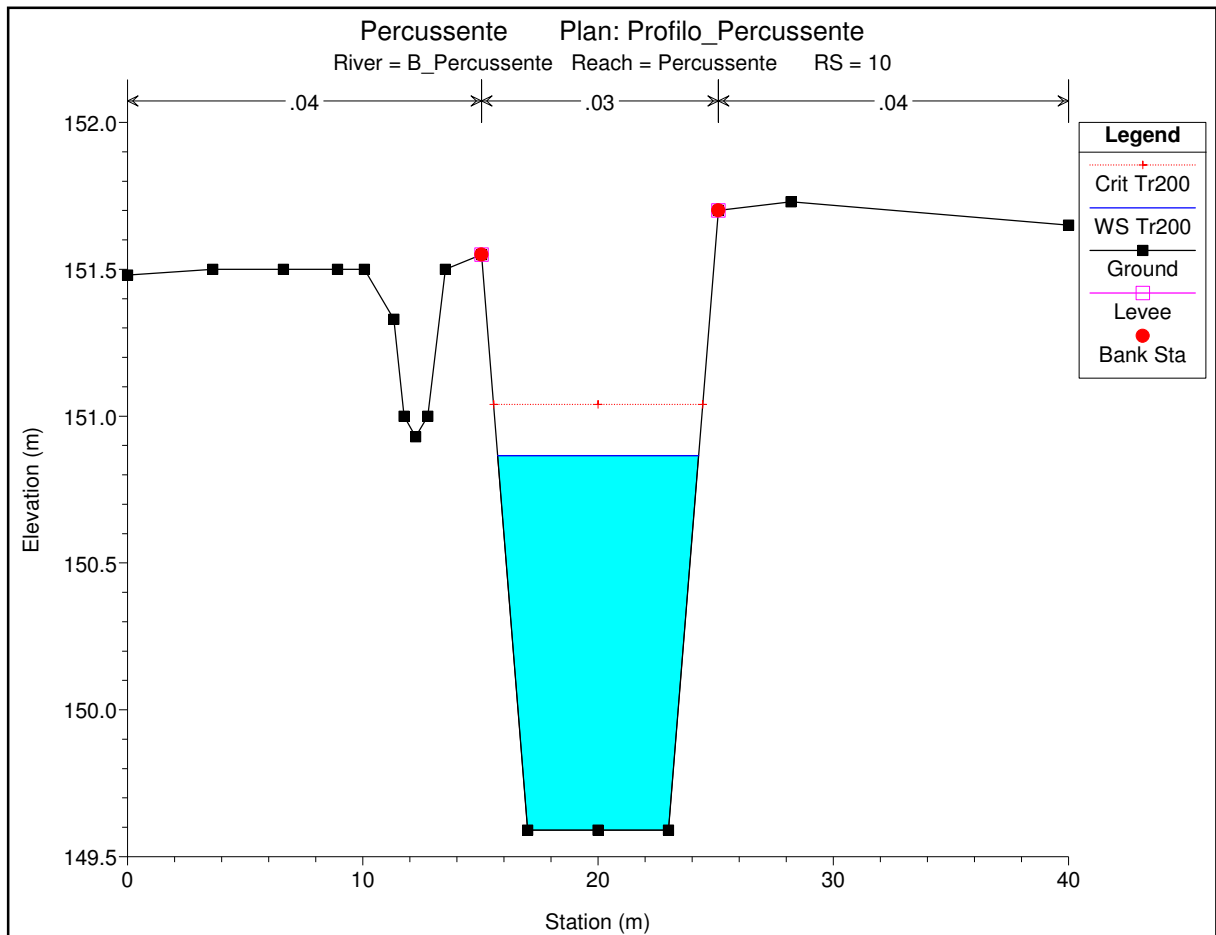


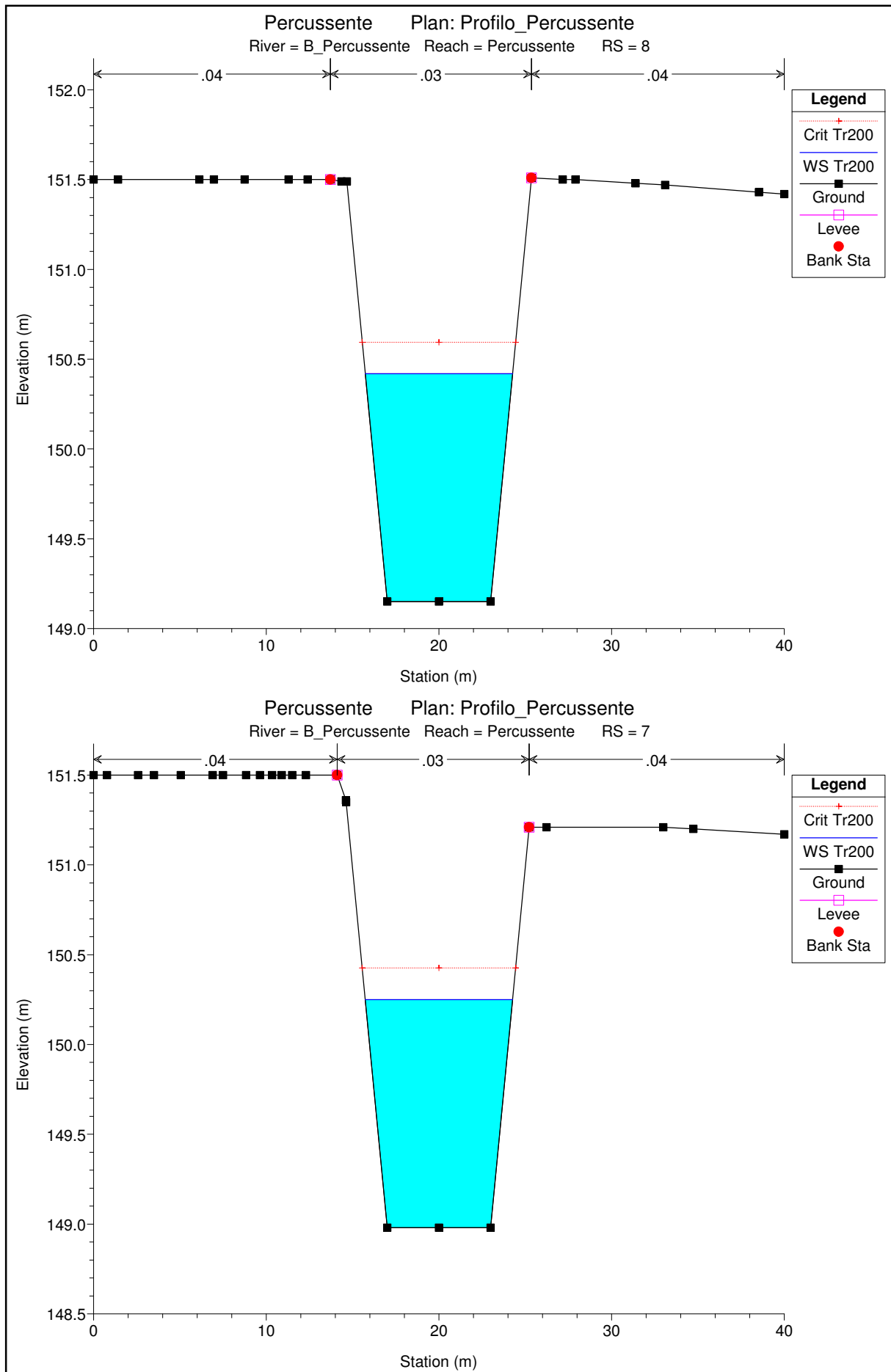


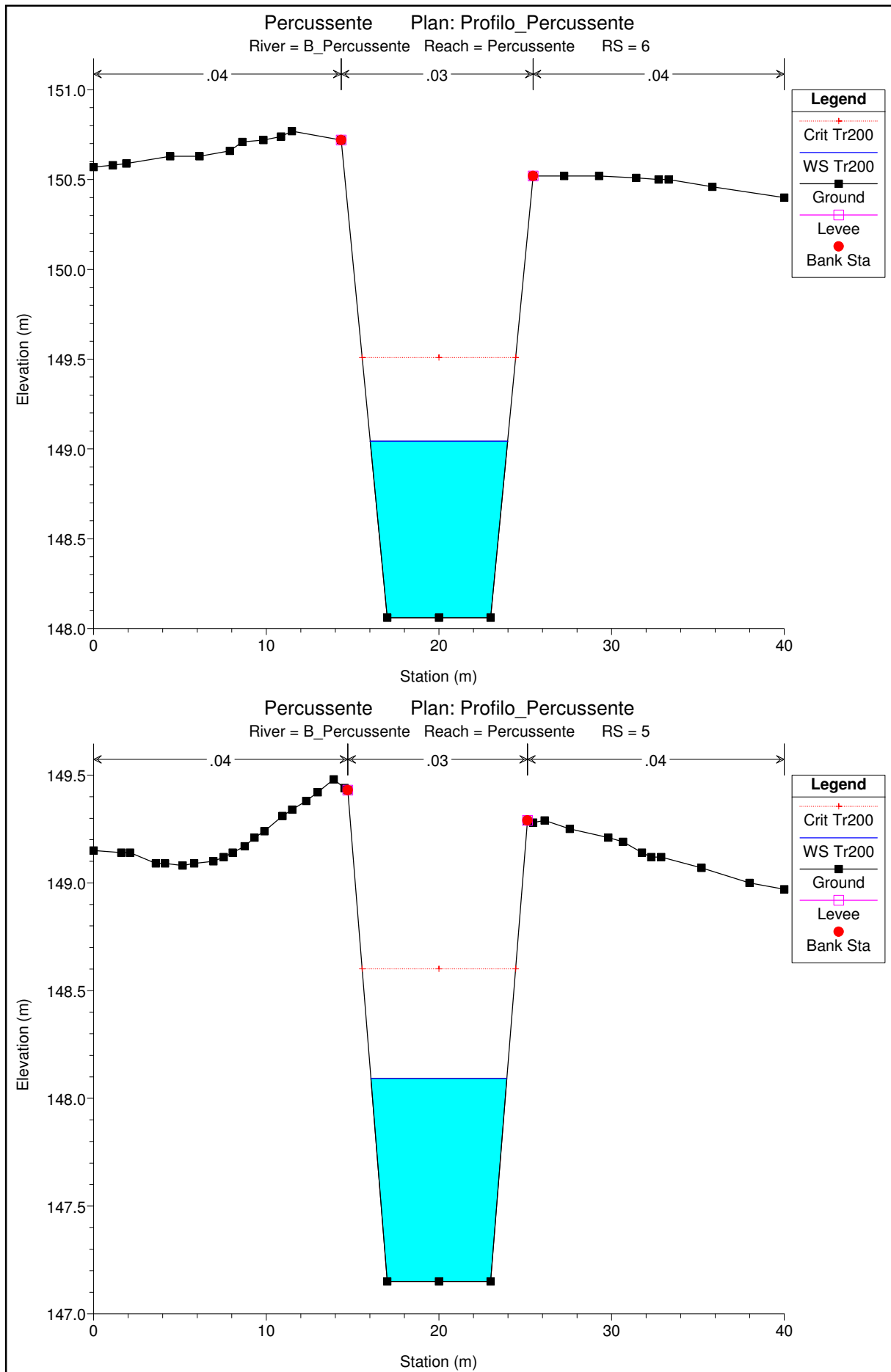


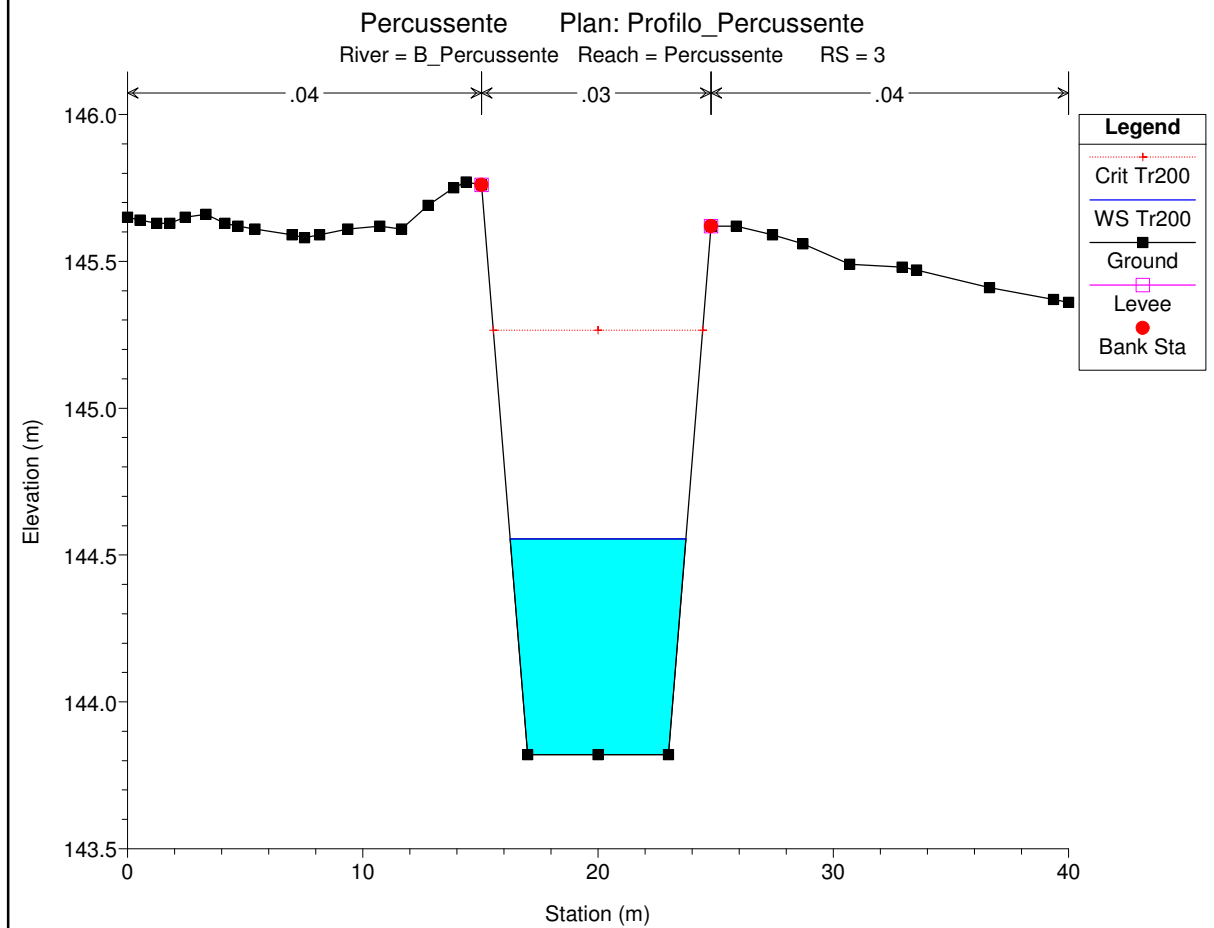
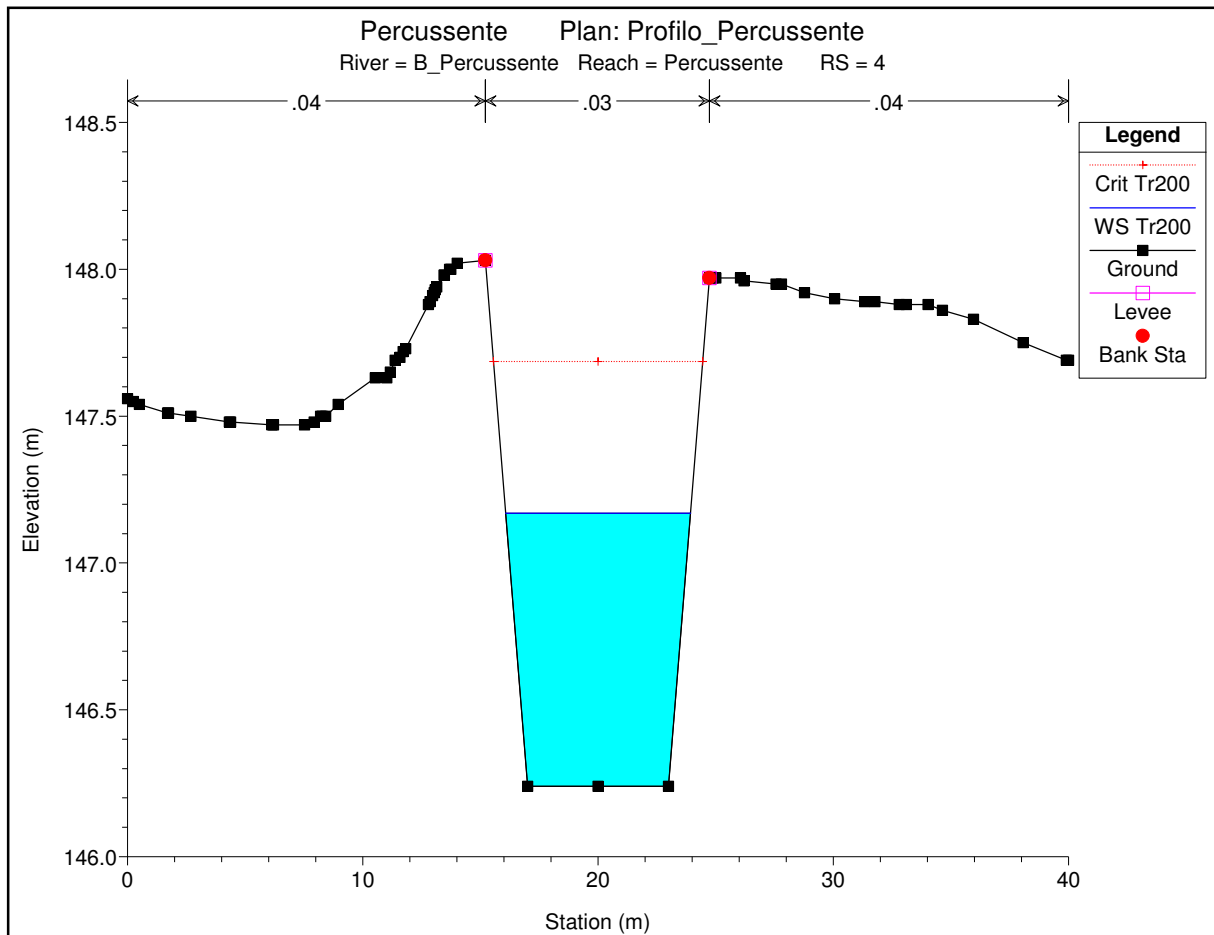


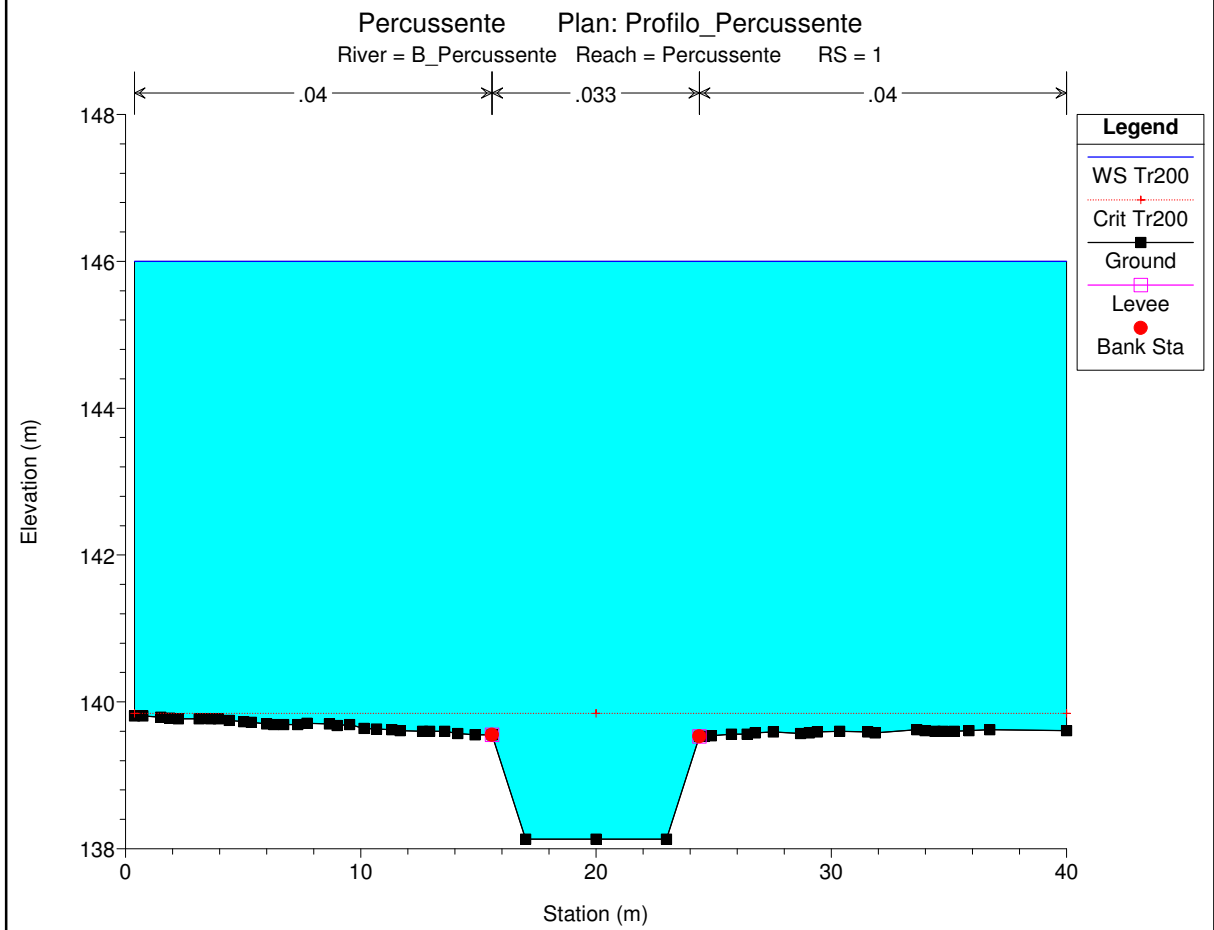
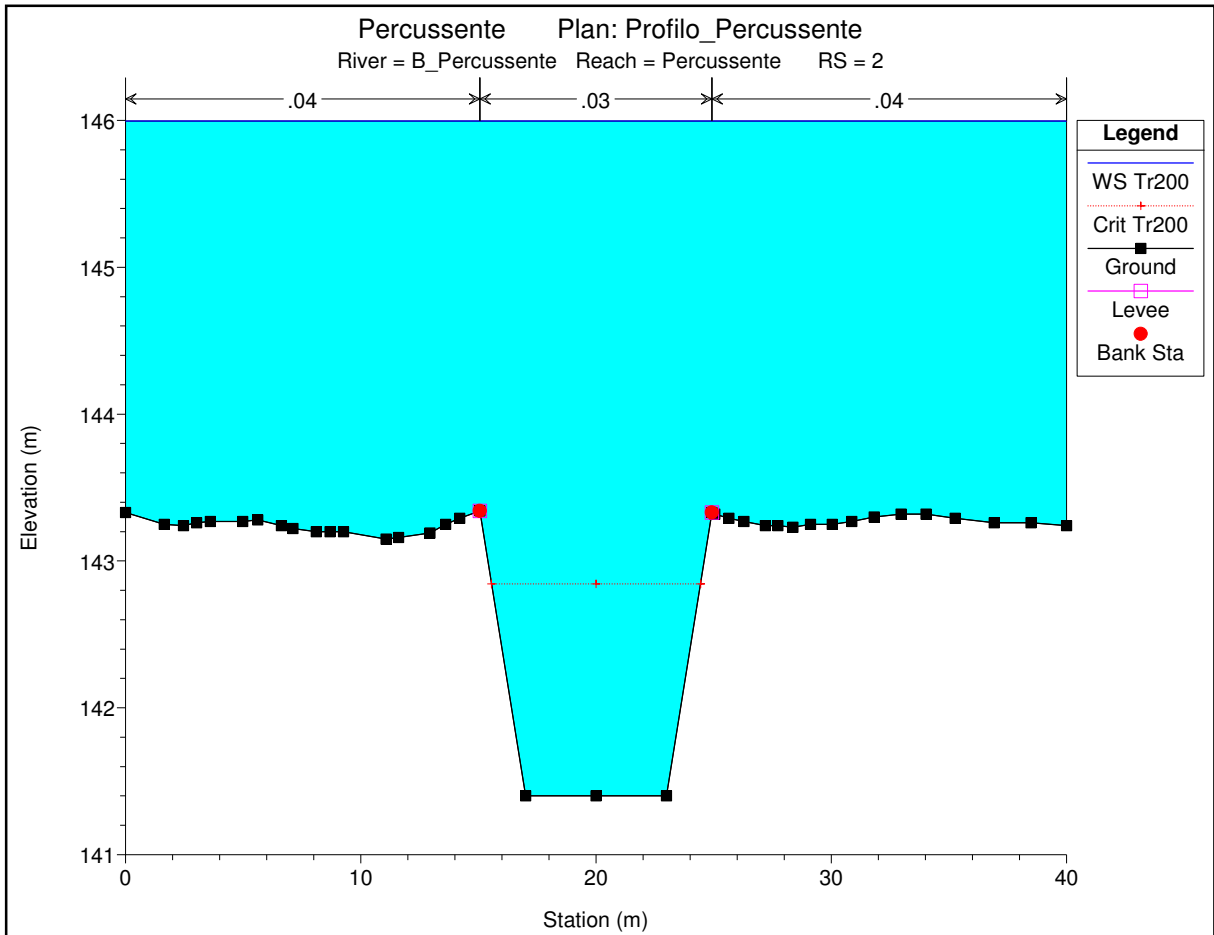












ALLEGATO B

BORRO PERCUSSENTE

Tabella, Profilo e sezioni -TR300 anni

| Reach | River Sta | Q Total (m3/s) | Min Ch El (m) | W.S. Elev (m) | Crit W.S. (m) | E.G. Elev (m) | E.G. Slope (m/m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m2) | Top Width (m) | Froude # Chl |
|-------------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Percussente | 52 | 38.22 | 220.50 | 223.82 | 222.50 | 223.84 | 0.000123 | 0.84 | 66.62 | 26.44 | 0.17 |
| Percussente | 51 | 38.22 | 220.48 | 223.69 | 222.77 | 223.84 | 0.001046 | 1.88 | 27.35 | 24.15 | 0.44 |
| Percussente | 50 | 38.22 | 220.47 | 222.96 | 222.96 | 223.82 | 0.006775 | 4.11 | 9.29 | 5.36 | 1.00 |
| Percussente | 49 | 38.22 | 220.45 | 222.24 | 222.84 | 223.76 | 0.014951 | 5.46 | 7.00 | 5.70 | 1.57 |
| Percussente | 48 | 38.22 | 219.46 | 220.93 | 221.78 | 223.64 | 0.032557 | 7.29 | 5.24 | 5.04 | 2.28 |
| Percussente | 47 | 38.22 | 219.26 | 220.72 | 221.56 | 223.47 | 0.033234 | 7.35 | 5.20 | 5.02 | 2.30 |
| Percussente | 46 | 38.22 | 218.73 | 220.19 | 221.06 | 222.96 | 0.033717 | 7.39 | 5.17 | 5.01 | 2.32 |
| Percussente | 45 | 38.22 | 218.51 | 220.01 | 220.67 | 222.58 | 0.030308 | 7.10 | 5.38 | 5.09 | 2.20 |
| Percussente | 44 | 38.22 | 217.51 | 218.87 | 219.00 | 222.28 | 0.044615 | 8.19 | 4.67 | 4.80 | 2.65 |
| Percussente | 43 | 38.22 | 216.85 | 218.13 | 218.35 | 222.16 | 0.055960 | 8.90 | 4.29 | 4.65 | 2.96 |
| Percussente | 42 | 38.22 | 212.59 | 213.72 | 214.23 | 221.34 | 0.125864 | 12.23 | 3.12 | 3.45 | 4.10 |
| Percussente | 41 | 38.22 | 198.33 | 199.07 | 200.62 | 215.93 | 0.402052 | 18.19 | 2.10 | 3.58 | 7.58 |
| Percussente | 40 | 38.22 | 196.33 | 199.36 | 197.90 | 199.57 | 0.002548 | 2.03 | 18.80 | 6.21 | 0.37 |
| Percussente | 39.2 | 38.22 | 196.33 | 199.41 | 197.68 | 199.54 | 0.001335 | 1.59 | 24.03 | 7.80 | 0.29 |
| Percussente | 39.1 | 38.22 | 196.33 | 199.46 | 197.58 | 199.52 | 0.000500 | 1.10 | 34.77 | 14.25 | 0.22 |
| Percussente | 39 | 38.22 | 196.33 | 199.45 | 197.59 | 199.51 | 0.000504 | 1.10 | 34.67 | 14.24 | 0.23 |
| Percussente | 38.1 | Inl Struct | | | | | | | | | |
| Percussente | 38 | 38.22 | 197.33 | 199.11 | 198.78 | 199.47 | 0.004622 | 2.63 | 14.51 | 10.29 | 0.71 |
| Percussente | 37 | 40.38 | 197.22 | 198.83 | 198.74 | 199.38 | 0.008098 | 3.31 | 12.21 | 9.21 | 0.92 |
| Percussente | 36 | 40.38 | 197.01 | 198.65 | 198.53 | 199.18 | 0.007536 | 3.23 | 12.52 | 9.28 | 0.89 |
| Percussente | 35 | 40.38 | 196.76 | 198.55 | 198.28 | 198.98 | 0.005544 | 2.90 | 13.94 | 9.58 | 0.77 |
| Percussente | 34 | 40.38 | 196.54 | 198.53 | 198.06 | 198.86 | 0.003841 | 2.54 | 15.88 | 9.98 | 0.64 |
| Percussente | 33 | 40.38 | 196.42 | 197.83 | 198.19 | 198.75 | 0.015539 | 4.25 | 9.50 | 7.63 | 1.22 |
| Percussente | 32 | 40.38 | 192.65 | 193.30 | 194.17 | 197.76 | 0.174481 | 9.36 | 4.32 | 7.29 | 3.88 |
| Percussente | 31 | 40.38 | 192.40 | 193.33 | 193.92 | 195.35 | 0.052902 | 6.30 | 6.41 | 7.85 | 2.22 |
| Percussente | 30 | 40.38 | 192.20 | 193.33 | 193.72 | 194.60 | 0.026587 | 4.99 | 8.10 | 8.27 | 1.61 |
| Percussente | 29 | 40.38 | 189.89 | 190.69 | 191.41 | 193.48 | 0.085422 | 7.39 | 5.46 | 7.61 | 2.78 |
| Percussente | 28 | 40.38 | 186.84 | 187.55 | 188.36 | 191.26 | 0.132126 | 8.54 | 4.73 | 7.41 | 3.41 |
| Percussente | 27 | 40.38 | 183.80 | 184.48 | 185.32 | 188.45 | 0.146211 | 8.83 | 4.57 | 7.37 | 3.58 |
| Percussente | 26 | 40.38 | 180.75 | 181.43 | 182.27 | 185.48 | 0.150670 | 8.92 | 4.53 | 7.35 | 3.63 |
| Percussente | 25 | 40.38 | 176.88 | 177.52 | 178.40 | 182.11 | 0.182282 | 9.49 | 4.26 | 7.28 | 3.96 |
| Percussente | 24 | 40.38 | 173.00 | 173.63 | 174.52 | 178.36 | 0.190858 | 9.64 | 4.19 | 7.26 | 4.05 |
| Percussente | 23 | 40.38 | 172.55 | 173.38 | 173.83 | 175.97 | 0.076754 | 7.13 | 5.66 | 7.65 | 2.65 |
| Percussente | 22 | 40.38 | 168.67 | 169.34 | 170.19 | 173.55 | 0.160220 | 9.10 | 4.44 | 7.33 | 3.73 |
| Percussente | 21 | 40.38 | 164.79 | 165.43 | 166.32 | 170.06 | 0.185235 | 9.54 | 4.23 | 7.28 | 3.99 |
| Percussente | 20 | 40.38 | 160.90 | 161.53 | 162.42 | 166.28 | 0.191990 | 9.65 | 4.18 | 7.26 | 4.06 |
| Percussente | 19 | 40.38 | 157.02 | 157.65 | 158.52 | 162.42 | 0.193399 | 9.68 | 4.17 | 7.26 | 4.07 |
| Percussente | 18 | 40.38 | 153.13 | 153.76 | 154.54 | 158.54 | 0.194239 | 9.69 | 4.17 | 7.26 | 4.08 |
| Percussente | 17 | 40.38 | 150.13 | 153.27 | 151.27 | 153.31 | 0.000306 | 0.98 | 41.16 | 16.26 | 0.20 |
| Percussente | 16 | 40.38 | 150.13 | 153.26 | 151.27 | 153.31 | 0.000316 | 1.00 | 40.57 | 15.93 | 0.20 |
| Percussente | 15.1 | Inl Struct | | | | | | | | | |
| Percussente | 15 | 40.38 | 151.13 | 152.65 | 152.65 | 153.29 | 0.009674 | 3.52 | 11.47 | 9.05 | 1.00 |
| Percussente | 14 | 40.38 | 150.87 | 152.23 | 152.40 | 153.06 | 0.014447 | 4.05 | 9.97 | 8.67 | 1.21 |
| Percussente | 13 | 40.38 | 150.52 | 151.85 | 152.04 | 152.72 | 0.015287 | 4.13 | 9.79 | 8.67 | 1.24 |
| Percussente | 12 | 40.38 | 150.21 | 151.54 | 151.73 | 152.41 | 0.015359 | 4.13 | 9.77 | 8.67 | 1.24 |
| Percussente | 11.1 | Culvert | | | | | | | | | |
| Percussente | 11 | 40.38 | 149.90 | 151.42 | 151.42 | 152.06 | 0.009684 | 3.52 | 11.47 | 9.04 | 1.00 |
| Percussente | 10 | 40.38 | 149.59 | 150.93 | 151.11 | 151.79 | 0.015044 | 4.10 | 9.84 | 8.68 | 1.23 |
| Percussente | 9 | 40.38 | 149.29 | 150.63 | 150.81 | 151.49 | 0.014963 | 4.09 | 9.86 | 8.70 | 1.23 |
| Percussente | 8 | 40.38 | 149.15 | 150.48 | 150.67 | 151.35 | 0.015363 | 4.13 | 9.77 | 8.67 | 1.24 |
| Percussente | 7 | 40.38 | 148.98 | 150.31 | 150.50 | 151.18 | 0.015334 | 4.13 | 9.78 | 8.67 | 1.24 |
| Percussente | 6 | 40.38 | 148.06 | 149.10 | 149.58 | 150.65 | 0.035836 | 5.52 | 7.31 | 8.08 | 1.85 |
| Percussente | 5 | 40.38 | 147.15 | 148.14 | 148.67 | 149.87 | 0.041876 | 5.82 | 6.94 | 7.98 | 1.99 |
| Percussente | 4 | 40.38 | 146.24 | 147.22 | 147.76 | 149.00 | 0.044114 | 5.92 | 6.82 | 7.95 | 2.04 |
| Percussente | 3 | 40.38 | 143.82 | 144.60 | 145.34 | 147.59 | 0.095228 | 7.66 | 5.27 | 7.56 | 2.93 |
| Percussente | 2 | 40.38 | 141.40 | 145.99 | 142.92 | 146.00 | 0.000034 | 0.46 | 124.18 | 40.00 | 0.07 |
| Percussente | 1 | 40.38 | 138.13 | 146.00 | 139.89 | 146.00 | 0.000004 | 0.21 | 263.39 | 39.62 | 0.02 |

