

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



S.O. Progettazione Integrata SUD

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO

SOTTOPROGETTO 2: ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE PL E CONSOLIDAMENTO SEDE

SOPPRESSIONE P.L. pk 30+356 e pk 30+881 NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (NV05 e NV14)

ID - IDROLOGIA E IDRAULICA

SISTEMAZIONI IDRAULICHE

RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I A 9 D 0 0 D 7 8 R I I D 0 0 0 2 0 0 1 A

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	A. Polli	10/11/22	G. De Ciampi	10/11/22	A. Amato	10/11/22	F. Sacchi 10/11/22

ITALFERR S.p.A.
Gruppo Ferrovie dello Stato
DIREZIONE TECNICA
S.O. Progettazione Integrata e Field Engineering
Dott. Ing. Francesco Sacchi
Ordine degli Ingegneri Prov. di Roma n. 23172 Sez. A

File: IA9D00D78RIID0002001A.doc

n. Elab.:

INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	5
2.	NORMATIVE	6
3.	INQUADRAMENTO GENERALE.....	7
4.	IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO	9
	<i>Il modello di calcolo.....</i>	<i>9</i>
	<i>Equazioni base del modello - Moto Permanente</i>	<i>9</i>
	<i>Modellazione dei ponti.....</i>	<i>14</i>
	<i>Definizione del dominio calcolo.....</i>	<i>17</i>
	<i>Parametri di scabrezza</i>	<i>18</i>
	<i>Condizioni al Contorno.....</i>	<i>18</i>
5.	SCENARI SIMULATI E VERIFICHE IDRAULICHE	20
6.	CONCLUSIONI.....	26
7.	ALLEGATO DI CALCOLO.....	27

INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 1 STRALCIO DEL RILIEVO CELERIMETRICO REALIZZATO IN FASE DI PFTE.	8
FIGURA 2 SEZIONE DI PONTE - MODELLO HEC-RAS	14
FIGURA 3 RIPRODUZIONE DELLA SEZIONE HECRAS	17
FIGURA 4 TABELLA DEI VALORI DEL COEFFICIENTE DI SCABREZZA PER CANALI IN TERRA – A SINISTRA: VALORE MINIMO; AL CENTRO: VALORE MEDIO; A DESTRA: VALORE MASSIMO.	18

INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 1 PORTATA DI PROGETTO – TR=200	8
TABELLA 2 SIMULAZIONE IDRAULICA OPERA ESISTENTE – STATO DI FATTO	21
TABELLA 3 SIMULAZIONE IDRAULICA OPERA – STATO DI PROGETTO	21
TABELLA 4 SIMULAZIONE IDRAULICA OPERA ESISTENTE – STATO DI FATTO	22
TABELLA 5 SIMULAZIONE IDRAULICA OPERA – STATO DI PROGETTO	22
TABELLA 6 SIMULAZIONE IDRAULICA OPERA ESISTENTE – STATO DI FATTO	23
TABELLA 7 SIMULAZIONE IDRAULICA OPERA – STATO DI PROGETTO	23
TABELLA 8 SIMULAZIONE IDRAULICA OPERA ESISTENTE – STATO DI FATTO	24
TABELLA 9 SIMULAZIONE IDRAULICA OPERA – STATO DI PROGETTO	24

ELENCO DEGLI ELABORATI DI RIFERIMENTO

- IA9D00D78RIID0001001A – Relazione Idrologica
- IA9D00D78PZID0002001A – NI 01 02 03 – Planimetria, profilo e sezioni – Ante Operam TR200
- IA9D00D78PZID0002002A – NI 01 02 03 – Planimetria, profilo e sezioni – Post Operam TR200
- IA9D00D78PZID0002003A – NI 04 – Planimetria, profilo e sezioni – Ante Operam TR200
- IA9D00D78PZID0002004A – NI 04 – Planimetria, profilo e sezioni – Post Operam TR200.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>SOTTOPROGETTO 2: ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE. SOPPRESSIONE P.L. pk 30+356 e pk 30+881 NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (NV05 e NV14)</p>						
<p>Relazione idraulica e di compatibilità idraulica</p>	<p>PROGETTO IA9D</p>	<p>LOTTO 00 D 78</p>	<p>CODIFICA RI</p>	<p>OPERA/DISCIPLINA ID0002</p>	<p>PROGR. 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>Pag. 5 di 27</p>

1. INTRODUZIONE

La presente relazione illustra le metodologie e i risultati ottenuti per la progettazione delle opere di attraversamento relative alla viabilità NV14 e NV05 del Progetto: Ammodernamento Linea Potenza-Foggia, Soppressione P.L. pk 30+356 e pk 30+881: Opere sostitutive NV05 e NV14. Da PFTE, infatti, emergono interferenze del tracciato delle dette viabilità con gli elementi del reticolo idrografico superficiale. In fase Definitiva sono previste quattro opere di attraversamento idraulico volte a garantire la continuità idraulica del reticolo idrografico.

Come desumibile dal Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) della regione Puglia e dalle relative NTA, l'intervento in esame rientra nella tipologia di interventi riportata al comma 4 dell'articolo 6:

“Possono essere consentiti l'ampliamento e la ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico esistenti, comprensive dei relativi manufatti di servizio, riferite a servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico, comprensive dei relativi manufatti di servizio, parimenti essenziali e non diversamente localizzabili, purché risultino coerenti con gli obiettivi del presente Piano e con la pianificazione degli interventi di mitigazione”.

In aggiunta, gli interventi in esame ricadono ad una distanza inferiore di 75m dagli assi dei corsi d'acqua interferiti, dove tali corsi d'acqua non risultano individuati nella cartografia in allegato al PAI.

Alle condizioni indicate il PAI richiede la redazione di uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica che analizzi compiutamente gli effetti dell'intervento sul regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata.

Inoltre, in riferimento al Corpo Normativo di riferimento (Norme Tecniche delle Costruzioni 2018 e Circolare Applicativa n.7 21 gennaio 2019), tutte le verifiche sono state realizzate secondo i capisaldi che seguono:

1. Tipologia di simulazioni idrauliche – modellazioni monodimensionali regime di deflusso in moto permanente;
2. Periodicità statistica media degli eventi di progetto - 200 anni;
3. Opere minori – le dimensioni minime degli scatolari di progetto sono fissate a 2.00x2.00m; in caso di tombini circolari si adotta il valore di DN1500mm;
4. Compatibilità idraulica delle opere maggiori – il riempimento massimo dell'opera è fissato ai 2/3 dell'altezza della sezione (valore franco minimo: 50cm).

I capitoli che seguono riportano l'inquadramento dell'intervento oggetto di studio, la metodologia inerente alle simulazioni realizzate e le verifiche di compatibilità idraulica degli interventi.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>SOTTOPROGETTO 2: ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE. SOPPRESSIONE P.L. pk 30+356 e pk 30+881 NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (NV05 e NV14)</p>						
<p>Relazione idraulica e di compatibilità idraulica</p>	<p>PROGETTO IA9D</p>	<p>LOTTO 00 D 78</p>	<p>CODIFICA RI</p>	<p>OPERA/DISCIPLINA ID0002</p>	<p>PROGR. 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>Pag. 6 di 27</p>

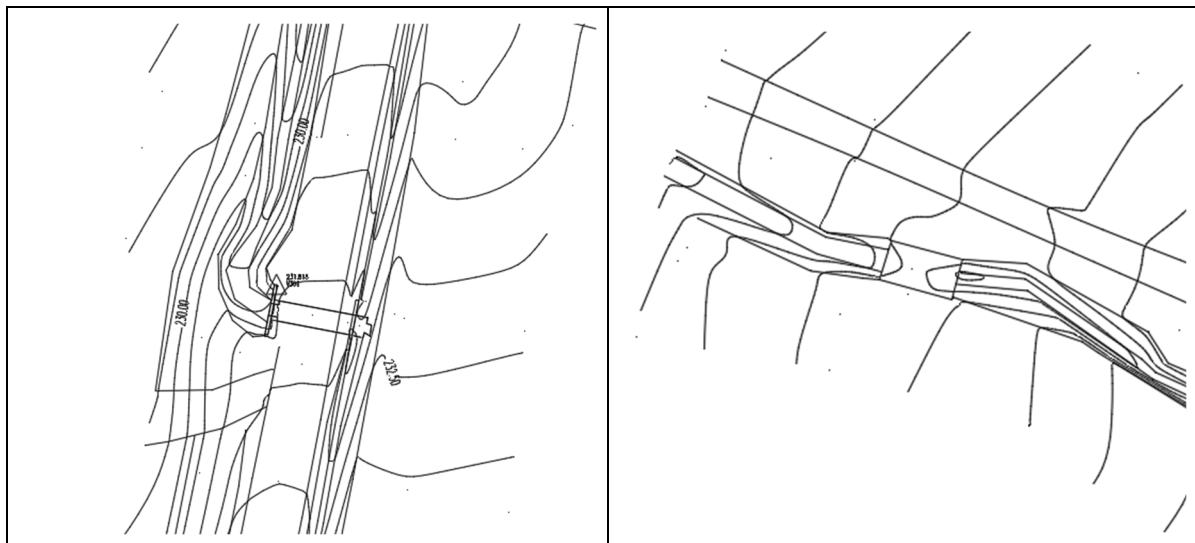
2. **NORMATIVE**

1. *Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Puglia (PAI, 2005) e relative Norme Tecniche di Attuazione (NTA);*
2. *Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto idrografico dell'Appennino Meridionale (PGRA, 2016) e relative Norme Tecniche di Attuazione (NTA);*
3. *Norme Tecniche per le Costruzioni – DM 17 gennaio 2018;*
4. *Norme Tecniche per le Costruzioni – Circolare n.7/2019;*
5. *Manuale di progettazione delle Opere Civili;*
6. *Regio Decreto del 08/05/1904, n. 368.*
7. *Regio Decreto del 25/07/1904, n. 523.*
8. *Legge n. 183/1989, "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo".*
9. *D. Lgs. n. 152/2006 "Norma in materiale ambientale".*
10. *D. Lgs. n. 49/2010 "Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi alluvioni".*

3. INQUADRAMENTO GENERALE

I corsi d'acqua analizzati nel presente documento risultano collocati nell'area comunale di Ascoli Satriano, e risultano delimitati a ovest dalla Strada Statale 655 Bradanica e a est dall'abitato. Come è possibile osservare dallo stralcio planimetrico del rilievo celerimetrico eseguito in fase di PTFE, le opere sono rappresentate da tre tombini circolari (due DN500mm, un DN850mm) ed un tombino scatolare (2.00m x 1.00m).

Nel dettaglio, le prime tre immagini mostrano le opere di attraversamento esistenti del reticolo superficiale interferente con la viabilità di progetto NV14. Da monte verso valle il corso d'acqua è canalizzato attraverso: tombino scatolare (Dim. 2.00m x 1.00m), tombino circolare (DN850mm) e tombino circolare (DN500mm). La quarta immagine (in basso a destra) rappresenta invece il tombino circolare relativo alla viabilità NV05, caratterizzato da un diametro di 500mm.



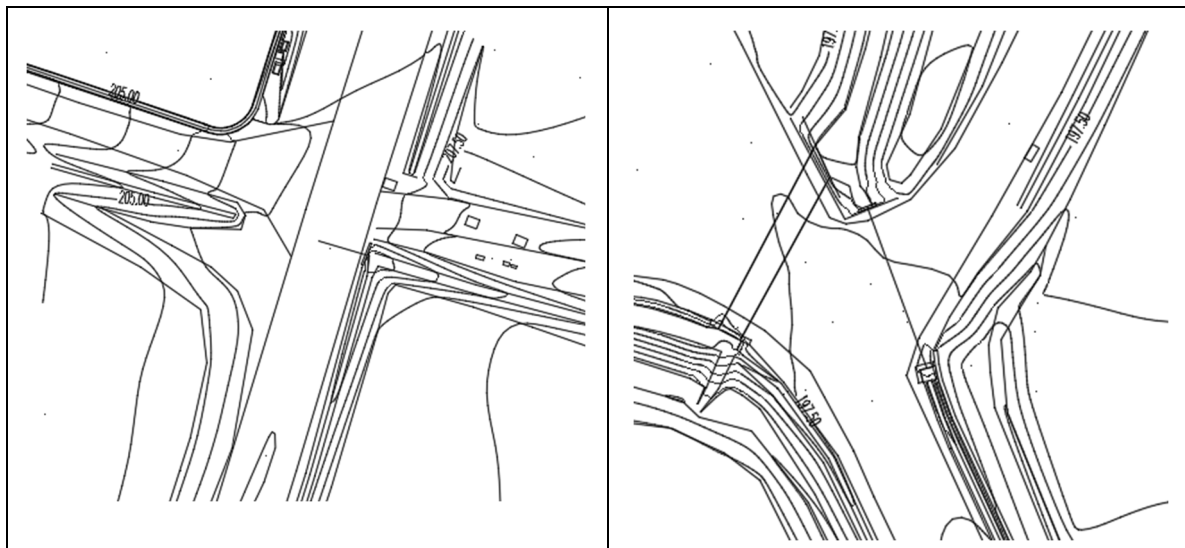


Figura 1 Stralcio del rilievo celerimetrico realizzato in fase di PFTE.

La tabella che segue riporta i valori della portata critica dell'incisione naturale intercettata secondo le indicazioni presenti all'interno della Relazione Idrologica (IA9D00D78RIID0001001A).

Tabella 1 Portata di progetto – TR=200

Viabilità	Tempo di ritorno (anni)	Q (m ³ /s)
NV05	200	6.00
		8.19
NV14	200	4.32

4. IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO

Il modello di calcolo

Il codice di calcolo HEC-RAS, sviluppato dal Corpo degli ingegneri dell'esercito U.S.A. presso l'Hydrologic Engineering Centre (HEC), è utilizzato per la modellazione mono e bidimensionale di alvei naturali.

Il software HEC RAS permette di:

- Effettuare simulazioni in condizioni stazionarie (steady flow) in corrente lenta, veloce o mista, calcolando i corrispettivi profili di corrente.
- Effettuare simulazioni in condizioni non stazionarie (unsteady flow).
- Effettuare simulazioni per la classificazione e quantificazione di processi di idrodinamica del trasporto solido relativi a fenomeni di erosione o deposizione generalizzata e/o localizzata.

In quanto segue, per brevità, si riferisce solo sulle procedure di calcolo principali adottate nel codice HEC-RAS in condizioni di moto stazionario, rinviando per maggiori ragguagli sulle basi teoriche e sulla costruzione dei processi di simulazione, ai relativi manuali.

Equazioni base del modello - Moto Permanente

La procedura di calcolo di HEC-RAS permette la risoluzione delle equazioni dell'energia secondo lo schema monodimensionale, andando ad analizzare solamente la componente della velocità diretta secondo la direzione prevalente del moto (longitudinale).

Il calcolo dei profili di corrente viene effettuato all'interno del software attraverso la risoluzione dell'equazione dell'energia tra due sezioni consecutive, mediante un processo iterativo (standard step method).

$$Y_2 + Z_2 + \frac{a_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{a_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

Dove:

- Y_1, Y_2 sono i tiranti idrici;
- Z_1, Z_2 sono le quote geodetiche;
- V_1, V_2 sono le velocità medie;

- a_1, a_2 sono i coefficienti di ragguglio delle altezze cinetiche;
- g è l'accelerazione di gravità;
- h_e è la perdita di carico totale nel tratto considerato;

Il valore di h_e è definito dalla somma delle perdite dovute all'attrito (perdite distribuite) e delle perdite di carico dovute alla contrazione o all'espansione della vena liquida (perdite localizzate).

$$h_e = L S_f + C \left| \frac{a_2 V_2^2}{2g} - \frac{a_1 V_1^2}{2g} \right|$$

con:

- L la lunghezza del tratto fluviale mediata sulle portate, calcolata come segue

$$L = \frac{L_{lob} Q_{lob} + L_{rob} Q_{rob} + L_{ch} Q_{ch}}{Q_{lob} + Q_{rob} + Q_{ch}}$$

Dove il pedice lob, rob e ch indica la golena sinistra, destra e il canale centrale, relativamente alle lunghezze e alle portate;

- S_f è la cadente della linea dei carichi totali;
- C è il coefficiente di espansione/contrazione compreso tra 0 e 1, che tiene conto delle perdite di carico dovute all'espansione e alla contrazione della vena fluida.

Tramite la formula di Chezy è possibile calcolare il valore delle conveyance considerando le singole porzioni di flusso (in golena destra e sinistra e nel canale centrale):

$$Q = K S_f^{1/2} \quad \text{e} \quad K = 1/n A R^{2/3}$$

con:

- K conveyance espressa in m^3/s ;
- n coefficiente di scabrezza di Manning espressa in $m^{1/3}/s$;
- A area relativa al deflusso espressa in m^2 ;
- R raggio idraulico espresso in m .

Il valore della conveyance viene calcolato per le singole sezioni di deflusso, ottenendo quindi un valore totale della stessa, come somma dei contributi di Krob, Klob e Kch.

Infine, il coefficiente di ragguglio α viene calcolato considerando che l'altezza cinetica deriva dal valore medio pesato sulla portata sulle singole sezioni (golenali e centrale)

$$\frac{\alpha \bar{V}^2}{2g} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \frac{V_i^2}{2g}}{Q_{tot}} \quad \text{con} \quad \alpha = \frac{\sum_{i=1}^n V_i^2 Q_i}{Q_{tot} \bar{V}^2}$$

Il valore relativo all'altezza della superficie libera incognita viene determinato in maniera iterativa a partire dai dati assegnati di portata e dalle caratteristiche geometriche delle singole sezioni.

La procedura di calcolo prevede la risoluzione dell'equazione dell'energia e delle perdite di carico in maniera iterativa, come di seguito descritto:

1. Scelta di un valore di primo tentativo per la quota della superficie libera WS_1 , in corrispondenza della sezione di monte per correnti lente, o di valle per correnti veloci.
2. Calcolo a partire dal valore definito al punto 1, dei corrispondenti valori di conveyance totale e di altezza cinetica;
3. Stima di S_f e soluzione dell'equazione delle perdite di carico per il calcolo delle perdite di carico totali h_e ;
4. Soluzione, a partire dai valori ottenuti al passo 2 e 3, dell'equazione dell'energia per il calcolo della superficie libera WS_2 ;
5. Confronto fra il valore di WS_2 calcolato ed il valore assunto al punto 1 e reiterazione dei passi da 1 a 5 fino al raggiungimento della convergenza, definita per default da una differenza fra i due valori inferiore a 0,003 m (o qualsiasi altra tolleranza definibile dall'utente).

La scelta del valore dell'altezza della superficie libera di partenza è effettuata con metodi che variano fra la prima e le successive iterazioni: per il primo tentativo si adotta un valore ottenuto dalla proiezione dell'altezza calcolata alla sezione precedente; alla seconda

iterazione il valore di primo tentativo è incrementato del 70% dell'errore ($WS_{calcolata} - WS_{assunta}$) relativo al primo step; infine il terzo tentativo e seguenti sono basati sul metodo "secante", che proietta il valore della differenza fra quota calcolata e quota assunta ai due tentativi precedenti, secondo la relazione:

$$WS_i = WS_{i-2} - Err_{i-2} \cdot \frac{Err_{ass}}{Err_{diff}}$$

dove:

- WS_i = valore di WS assunto al passo i-esimo
- WS_{i-1} = valore di WS assunto nella (i-1)-esima iterazione ;
- WS_{i-2} = valore di WS assunto nella (i-2)-esima iterazione ;
- Err_{i-2} = errore relativo alle due iterazioni precedenti ($WS_{calcolato, i-2} - WS_{i-2}$) ;
- $Err_{ass} = WS_{i-2} - WS_{i-1}$;
- $Err_{diff} = WS_{i-1} - WS_{calcolato, i-1} + Err_{i-2}$

La massima variazione di WS tra un'iterazione e l'altra è del 50% e il numero massimo delle iterazioni che il programma effettua è 20. Nei casi in cui non si arriva ad un bilanciamento prima di tale numero di iterazioni, il programma calcola l'altezza critica e verifica se l'errore connesso alla superficie libera di minimo errore è inferiore ad una prefissata tolleranza. Se ciò accade viene verificato inoltre se tale superficie risulti essere ben posta rispetto all'altezza critica calcolata, ovvero maggiore dell'altezza critica in caso di corrente lenta e minore dell'altezza critica in caso di corrente veloce. Superato quest'ulteriore test il programma assume proprio tale valore come output del processo iterativo.

Solitamente tale problema (non bilanciamento dell'equazione dell'energia) è da imputare ad un insufficiente numero di sezioni. Quando invece la superficie libera risulta essere mal posta rispetto all'altezza critica, il programma determina l'altezza critica mediante un processo iterativo dove viene assunto un valore di WS pari al minimo del carico totale.

Nei casi in cui vi sia passaggio per l'altezza critica, quindi in presenza di fenomeni che producono transizione corrente lenta-veloce o viceversa il software HEC-RAS utilizza l'equazione dei momenti, in quanto l'equazione dell'energia, basandosi sull'ipotesi di flusso gradualmente variato, risulta essere non applicabile.

Di seguito viene riportata l'equazione dei momenti applicata nel programma tra due sezioni consecutive 1 e 2.

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q \cdot \rho \cdot \Delta V_x$$

Dove i termini:

- P_1 e P_2 rappresentano il contributo dovuto alla pressione idrostatica;

- W_x è il contributo relativo alla forza d'inerzia nella direzione del moto;
- F_f rappresenta la forza d'attrito
- $Q \cdot \rho \cdot \Delta V_x$ è la variazione di quantità di moto, con ΔV_x variazione del campo di velocità tra la sezione 1 e la 2 e ρ densità dell'acqua.

Esplicitando i termini sopra riportati si arriva all'equazione dei momenti utilizzata dal software:

$$\frac{\beta_2 \cdot Q_2^2}{g \cdot A_2} + A_2 \cdot Y_2 + \left(\frac{A_1 + A_2}{2}\right) \cdot L \cdot S_0 - \left(\frac{A_1 + A_2}{2}\right) \cdot L \cdot S_f = \frac{\beta_1 \cdot Q_1^2}{g \cdot A_1} + A_1 \cdot Y_1$$

Nell'equazione sopra riportata il termine S_f indica la cadente della linea dei carichi totali. In corrispondenza di una sezione la cadente media \bar{S}_f viene calcolata con l'equazione di Manning per moto uniforme

$$S_f = \left(\frac{Q}{K}\right)^2$$

Il valore della cadente media \bar{S}_f viene calcolato mediante quattro modalità diverse proposte all'interno del software:

1. Media delle conveyance tra le sezioni 1 e 2 assumendo $S_f = \bar{S}_f$ (opzione di default)

$$\bar{S}_f = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2}\right)^2$$

2. Media aritmetica della cadente S_f tra le sezioni 1 e 2

$$\bar{S}_f = \left(\frac{S_{f,1} + S_{f,2}}{2}\right)$$

3. Media geometrica della cadente S_f tra le sezioni 1 e 2

$$\bar{S}_f = \sqrt{S_{f,1} \cdot S_{f,2}}$$

4. Media armonica della cadente S_f tra le sezioni 1 e 2

$$\bar{S}_f = \left(\frac{S_{f,1} \cdot S_{f,2}}{S_{f,1} + S_{f,2}} \right)$$

Modellazione dei ponti

I ponti sono elementi di singolarità rispetto alla normale geometria fluviale causa di contrazioni ed espansioni della vena fluida e conseguente perdite di carico.

Per tale motivo all'interno del software HEC-RAS la presenza di tali infrastrutture viene modellata mediante l'inserimento di quattro sezioni:

- La sezione 1, ubicata a valle del ponte, a una distanza pari ad almeno quattro volte il semi-restringimento causato dal ponte nella sezione 2 con le spalle e le eventuali pile;
- Le sezioni 2 e 3 ubicate rispettivamente subito a valle e subito a monte del ponte;
- La sezione 4, ubicata a monte del ponte, a una distanza pari almeno al semi restringimento causato dal ponte nella sezione 3.

Questo tipo di modellazione permette infatti di tenere conto del fenomeno di contrazione ed espansione della vena liquida a monte e a valle del restringimento della sezione generato dalla presenza dell'infrastruttura.

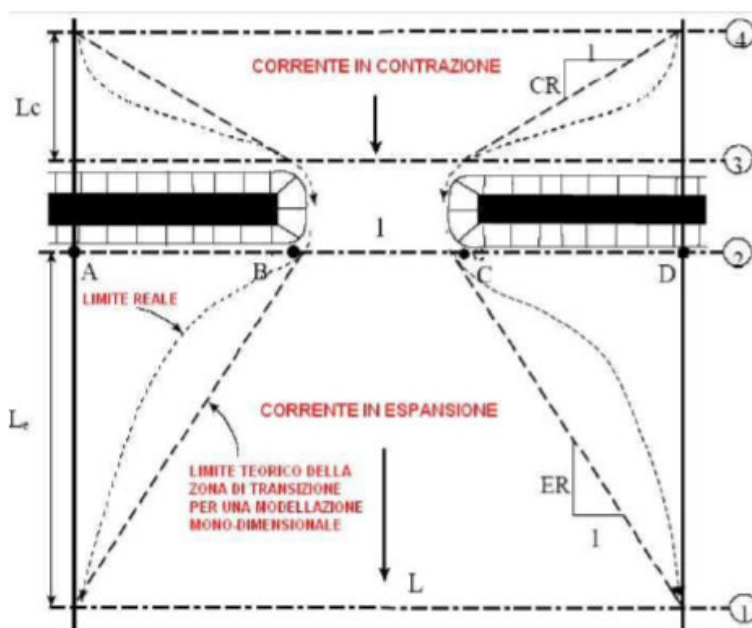


Figura 2 Sezione di ponte - Modello HEC-RAS

	SOTTOPROGETTO 2: ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE. SOPPRESSIONE P.L. pk 30+356 e pk 30+881 NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (NV05 e NV14)						
	Relazione idraulica e di compatibilità idraulica	PROGETTO IA9D	LOTTO 00 D 78	CODIFICA RI	OPERA/DISCIPLINA ID0002	PROGR. 001	REV. A

All'interno della sezione dedicata alla modellazione dei ponti vi è una finestra per l'inserimento della geometria nella quale si richiede:

- La descrizione dell'impalcato: per ogni valore di y inserito si devono fornire le quote corrispondenti dei punti sull'intradosso (low cord) e sull'estradosso (high cord);
- La descrizione delle pile (pier): se sono presenti pile in alveo, va specificato il loro numero, l'ordinata corrispondente all'asse e gli spessori alle varie quote sotto l'impalcato.

Per quanto riguarda le modalità di approccio alla simulazione il software HEC-RAS permette di effettuare una modellazione idraulica nelle seguenti situazioni di flusso:

- Low flow: si verifica quando il flusso che attraversa il ponte avviene come in un canale aperto, con la superficie libera al di sotto del punto più alto dell'intradosso del ponte. I metodi di calcolo utilizzabili sono: equazione dell'energia, equazione dei momenti, metodo di Yarnell e metodo WSPRO.
- Weir flow: s'innescava quando la superficie libera raggiunge la quota di estradosso del ponte. Vengono applicate nel calcolo le classiche equazioni delle luci a stramazzo;
- Pressure flow: avviene quando la superficie libera supera la quota di intradosso del ponte. HEC-RAS assume nel calcolo l'equazione più appropriata tra quelle disponibili per descrivere il flusso attraverso la luce del ponte.
- High flow: si verifica quando il ponte risulta fortemente sommerso; il programma in questo caso applica automaticamente l'equazione dell'energia.

Nel caso di low flow il programma differenzia tre casi, a seconda che la corrente sia sempre lenta (subcritica), mista o sempre veloce (super critica).

Nel primo caso il programma dà la possibilità di scegliere 4 metodi di soluzione differenti:

1. Equazione dell'energia (metodo standard);
2. Bilancio della quantità di moto: il bilancio avviene tra le sezioni 2 e 3 in tre step successivi. In un primo momento fra la sezione 2 e la sezione di valle interna al ponte,

quindi fra valle-ponte e monte-ponte, infine tra la sezione a monte interna al ponte e la sezione 3.

3. Equazione di Yarnel:

$$\frac{\Delta Y}{Y_0} = k_2(k_2 - 0.6 + 5 Fr^2) \left[1 - \frac{b}{b_0} + 15 \left(1 - \frac{b}{b_0} \right)^4 \right] Fr^2$$

dove:

- ΔY è il rigurgito provocato dalla presenza delle pile del ponte tra le sezioni 2 e 3;
 - b_0 , Y_0 sono rispettivamente la larghezza e l'altezza del corso d'acqua in condizioni indisturbate (canale a sezione rettangolare);
 - b è la larghezza della sezione ristretta;
 - Fr è il numero di Froude;
 - k_2 è un coefficiente tabellato che tiene conto della geometria delle pile del ponte e del suo effetto sulle modifiche al deflusso;
4. Metodo FHWA WSPRO: consiste nella soluzione iterativa dell'equazione dell'energia fra le sezioni di entrata (1) e di uscita (4) del ponte (sezioni in cui le linee di flusso sono approssimativamente parallele). L'equazione è risolta in più passi fra le sezioni 1-2, 2-3, 3-4. Di seguito viene riportata l'equazione del metodo WSPRO:

$$h_4 + \frac{a_4 V_4^2}{2g} = h_1 + \frac{a_1 V_1^2}{2g} + h_{L4-1}$$

con:

- h_1 , h_4 sono le quote della superficie libera;
- h_{L4-1} rappresenta la perdita di carico che viene calcolata di volta in volta tra le sezioni. Le perdite vengono valutate tramite il coefficiente di scabrezza n e i coefficienti di contrazione/espansione.

Nel caso di weir flow il programma utilizzerà le equazioni delle luci a stramazzo. Se il pelo libero raggiunge altezze molto elevate il programma riduce automaticamente la quantità di flusso, riducendo il coefficiente di sbarramento (weir coefficient) in base all'ammontare della sommersenza raggiunta. Quando il ponte diventa altamente sommerso, il programma passa automaticamente al calcolo delle perdite di carico utilizzando l'equazione dell'energia.

Il momento in cui il programma passa all'utilizzo di tale equazione può essere modificato dall'utente. Il caso di pressure flow avviene quando la superficie libera supera la quota di intradosso del ponte. Una volta che il flusso entra in contatto con il lato a monte del ponte, nella zona si verifica un ristagno. In questo caso il programma gestisce due casi: il primo è quando solo il lato a monte del ponte è a contatto con l'acqua e il secondo è quando il ponte viene completamente sommerso. Nel primo caso il programma utilizza il metodo FHWA, nel secondo utilizza le equazioni delle luci a stramazzo. Il programma inizia il controllo del pressure flow quando la linea dell'energia supera la massima elevazione del low chord. La risposta del pressure flow viene comparata a quella del low flow e la maggiore delle due viene considerata. L'utente ha la possibilità di indicare al programma di utilizzare la superficie libera, invece di quella dell'energia, per attivare il calcolo del flusso di pressione.

Definizione del dominio calcolo

Il dominio di calcolo, rappresentato dalle sezioni trasversali delle incisioni da simulare, è strutturato piramidalmente rispetto ai file Raster che seguono:

1. Rilievo topografico celerimetrico in fase di PFTE;
2. Rilievo Lidar – risoluzione 1x1m – Ministero della Transizione Ecologica.

La definizione degli attraversamenti esistenti è stata realizzata in riferimento Rilievo topografico celerimetrico realizzato in fase di PFTE;

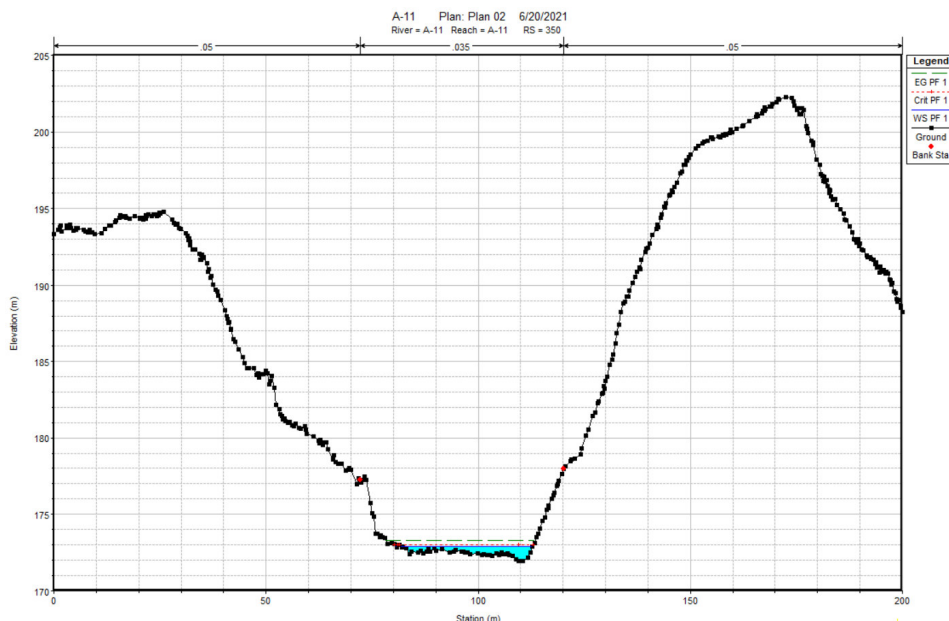


Figura 3 Riproduzione della sezione HecRas

Parametri di scabrezza

Il coefficiente di scabrezza n di Manning rappresenta un parametro di taratura dei modelli e andrebbe definito, nel rispetto degli intervalli presenti in letteratura, attraverso analisi granulometriche e morfologiche dei corsi d'acqua. Per la presente progettazione, in assenza di informazioni di studi e rilievi di dettaglio, si è ritenuto opportuno procedere in solo riferimento a valori bibliografici.

La tabella che segue riporta i valori di scabrezza desunti dal Manuale di Hec Ras per canali in terra con "fondo in roccia e banche inerbite".

2. Earth, winding and sluggish			
a. No vegetation	0.023	0.025	0.030
b. Grass, some weeds	0.025	0.030	0.033
c. Dense weeds or aquatic plants in deep channels	0.030	0.035	0.040
d. Earth bottom and rubble side	0.028	0.030	0.035
e. Stony bottom and weedy banks	0.025	0.035	0.040
f. Cobble bottom and clean sides	0.030	0.040	0.050

Figura 4 Tabella dei valori del coefficiente di scabrezza per canali in terra – a sinistra: valore minimo; al centro: valore medio; a destra: valore massimo.

Nel caso in esame, si è dunque cautelativamente deciso di operare considerando un valore di scabrezza pari a:

1. $n = 0.035s/m^{1/3}$ – alveo inciso in terra;
2. $n=0.020 s/m^{1/3}$ – canale in calcestruzzo;
3. $n = 0.035-0.050s/m^{1/3}$ – alveo golenale:

I valori appaiono compatibili con lo stato dell'arte riscontrabile per i siti, per lo più caratterizzati da incisioni/canalizzazioni di modeste dimensioni e scarso stato manutentivo.

Si evidenzia inoltre che, per garantire maggiori condizioni di stabilità numerica, per la sistemazione idraulica relativa all'opera NI04 (modello Post Operam) si sono adottati valori del coefficiente di Manning dell'ordine dello $0.025 s/m^{1/3}$ (alveo inciso - terra e calcestruzzo) contenendo in tal modo l'incremento della velocità entro limiti fisicamente accettabili.

Condizioni al Contorno

La definizione delle condizioni al contorno attribuisce ai modelli di simulazione le informazioni in merito al regime di deflusso (livelli, gradienti energetici e idrogrammi) caratterizzanti il

	SOTTOPROGETTO 2: ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE. SOPPRESSIONE P.L. pk 30+356 e pk 30+881 NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (NV05 e NV14)						
Relazione idraulica e di compatibilità idraulica	PROGETTO IA9D	LOTTO 00 D 78	CODIFICA RI	OPERA/DISCIPLINA ID0002	PROGR. 001	REV. A	Pag. 19 di 27

dominio agli estremi del campo analizzato. Nel caso in esame (simulazioni in regime di moto permanente monodimensionale) le condizioni al contorno possono sintetizzarsi come segue:

1. Condizione di monte (flusso) – portata duecentennale (Norme Tecniche delle Costruzioni 2018);
2. Condizione di monte (livello) – in assenza di informazioni specifiche sui livelli caratterizzanti una specifica sezione collocata a monte dell'intervento, si ipotizza cautelativamente che il deflusso attraverso la sezione più estrema del campo possa essere caratterizzato da condizioni idrauliche “critiche”. In tale modalità, difatti, ove il regime di corrente fosse subcritico la condizione a monte non influenzerebbe l'evoluzione del deflusso a valle. In caso opposto, il livello a monte risulterebbe maggiore dei valori attribuibili al regime di moto uniforme;
3. Condizione di valle (livello/gradiente) – valore di gradiente della cadente piezometrica.

	SOTTOPROGETTO 2: ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE. SOPPRESSIONE P.L. pk 30+356 e pk 30+881 NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (NV05 e NV14)						
Relazione idraulica e di compatibilità idraulica	PROGETTO IA9D	LOTTO 00 D 78	CODIFICA RI	OPERA/DISCIPLINA ID0002	PROGR. 001	REV. A	Pag. 20 di 27

5. SCENARI SIMULATI E VERIFICHE IDRAULICHE

Le incisioni individuate sono state simulate rispetto alle condizioni Ante Operam e Post Operam.

In ottemperanza alle indicazioni presenti all'interno delle Norme Tecniche delle Costruzioni e relative Circolari, le verifiche di compatibilità dell'intervento sono state realizzate secondo le indicazioni a seguire:

1. Tombini: grado di riempimento misurato alla sezione più critica dell'intervento (monte, valle e interno opera), è fissato in misura non superiore ai 2/3 dell'altezza utile, verificando anche che il franco minimo sia almeno di 0,5 metri (Norme Tecniche per le Costruzioni - Circolare n.7/2019).

Le tabelle che seguono forniscono una sintesi dei risultati ottenuti in relazione ai quattro attraversamenti idraulici di progetto previsti per le viabilità in esame. La quota di scorrimento, il livello idraulico e il relativo franco idraulico/riempimento sono calcolati nella sezione immediatamente a monte dell'opera di attraversamento.

Sistemazioni idrauliche e inalveazioni di progetto sono state inserite a protezione di ciascun'opera di attraversamento. Tali sistemazioni, di sezione rettangolare o trapezoidale (pendenza delle sponde 1:1), garantiscono un franco idraulico minimo di 0.5m.

NI 01 – Risultati simulazione idraulica
Tabella 2 Simulazione Idraulica Opera Esistente – stato di fatto

Viabilità	Portata di progetto TR=200	Tipologia di opera	Quota intradosso	Quota di scorrimento	Livello idraulico TR=200	Franco idraulico TR=200	Riempimento TR=200
	m ³ /s	-	m slm	m slm	m slm	m	%
NV14	4.32	TOMBINO SCATOLARE DIM: 2.0m x 1.0m	231.74	230.48	232.00	OPERA SORMONTATA	OPERA SORMONTATA

Tabella 3 Simulazione Idraulica Opera – stato di Progetto

Viabilità	Portata di progetto TR=200	Tipologia di opera	Quota intradosso	Quota di scorrimento	Livello idraulico TR=200	Franco idraulico TR=200	Riempimento TR=200
	m ³ /s	-	m slm	m slm	m slm	m	%
NV14	4.32	TOMBINO CIRCOLARE DN 1500mm	227.20	225.70	226.12	1.08	28.00

NI 02 – Risultati simulazione idraulica
Tabella 4 Simulazione Idraulica Opera Esistente – stato di fatto

Viabilità	Portata di progetto TR=200	Tipologia di opera	Quota intradosso	Quota di scorrimento	Livello idraulico TR=200	Franco idraulico TR=200	Riempimento TR=200
	m ³ /s	-	m slm	m slm	m slm	m	%
NV14	4.32	TOMBINO CIRCOLARE DN 500mm	219.20	218.70	219.48	OPERA SORMONTATA	OPERA SORMONTATA

Tabella 5 Simulazione Idraulica Opera– stato di Progetto

Viabilità	Portata di progetto TR=200	Tipologia di opera	Quota intradosso	Quota di scorrimento	Livello idraulico TR=200	Franco idraulico TR=200	Riempimento TR=200
	m ³ /s	-	m slm	m slm	m slm	m	%
NV14	4.32	TOMBINO SCATOLARE DIM: 2.0m x 2.0m	206.37	204.37	204.66	1.71	14.50

NI 03 – Risultati simulazione idraulica
Tabella 6 Simulazione Idraulica Opera Esistente – stato di fatto

Viabilità	Portata di progetto TR=200	Tipologia di opera	Quota intradosso	Quota di scorrimento	Livello idraulico TR=200	Franco idraulico TR=200	Riempimento TR=200
	m ³ /s	-	m slm	m slm	m slm	m	%
NV14	4.32	TOMBINO CIRCOLARE DN 850mm	206.02	205.62	207.12	OPERA SORMONTATA	OPERA SORMONTATA

Tabella 7 Simulazione Idraulica Opera – stato di Progetto

Viabilità	Portata di progetto TR=200	Tipologia di opera	Quota intradosso	Quota di scorrimento	Livello idraulico TR=200	Franco idraulico TR=200	Riempimento TR=200
	m ³ /s	-	m slm	m slm	m slm	m	%
NV14	4.32	TOMBINO SCATOLARE DIM: 2.0m x 2.0m	205.46	203.46	203.98	1.48	26.00

NI 04 – Risultati simulazione idraulica
Tabella 8 Simulazione Idraulica Opera Esistente – stato di fatto

Viabilità	Portata di progetto TR=200	Tipologia di opera	Quota intradosso	Quota di scorrimento	Livello idraulico TR=200	Franco idraulico TR=200	Riempimento TR=200
	m ³ /s	-	m slm	m slm	m slm	m	%
NV05	6.00 8.19	TOMBINO CIRCOLARE DN 500mm	197.33	196.83	199.06	OPERA SORMONTATA	OPERA SORMONTATA

Tabella 9 Simulazione Idraulica Opera – stato di Progetto

Viabilità	Portata di progetto TR=200	Tipologia di opera	Quota intradosso	Quota di scorrimento	Livello idraulico TR=200	Franco idraulico TR=200	Riempimento TR=200
	m ³ /s	-	m slm	m slm	m slm	m	%
NV14	6.00 8.19	TOMBINO SCATOLARE DIM: 2.0m x 2.5m	198.82	196.93	198.29	1.14	57.20

Come è possibile osservare:

1. Allo stato di fatto, le opere di attraversamento risultano completamente insufficienti rispetto ad un evento con tempo di ritorno duecentennale. Infatti, ciascuna delle opere risulta abbondantemente sormontata;
2. Allo stato di progetto, ciascuna opera presenta una capacità idraulica superiore al picco di piena di progetto. Nel dettaglio:
 - a. L'opera NI01 presenta franco idraulico di 108cm e riempimento di 28% della luce disponibile (Tr = 200 anni), in completo accordo con le norme tecniche e relative circolari;
 - b. L'opera NI02 presenta franco idraulico di 171cm e riempimento di 14% della luce disponibile (Tr = 200 anni), in completo accordo con le norme tecniche e relative circolari;
 - c. L'opera NI03 presenta franco idraulico di 148cm e riempimento di 26% della luce disponibile (Tr = 200 anni), in completo accordo con le norme tecniche e relative circolari;
 - d. L'opera NI04 presenta franco idraulico di 107cm e riempimento di 57% della luce disponibile (Tr = 200 anni), in completo accordo con le norme tecniche e relative circolari.

Come è possibile osservare dalle planimetrie relative alle fasce d'esondazione, in condizioni Post Operam non sono presenti intersezioni tra il deflusso e le nuove infrastrutture. Alle condizioni indicate, dunque, gli interventi non sottraggono volume di espansione alla piena e possono pertanto ritenersi idraulicamente compatibili rispetto alle incisioni individuate.

Inoltre, in riferimento ai risultati delle analisi sovra esposte, le opere in progetto appaiono compatibili con le prescrizioni presenti all'interno delle Norme Tecniche per le Costruzioni e i relativi aggiornamenti.

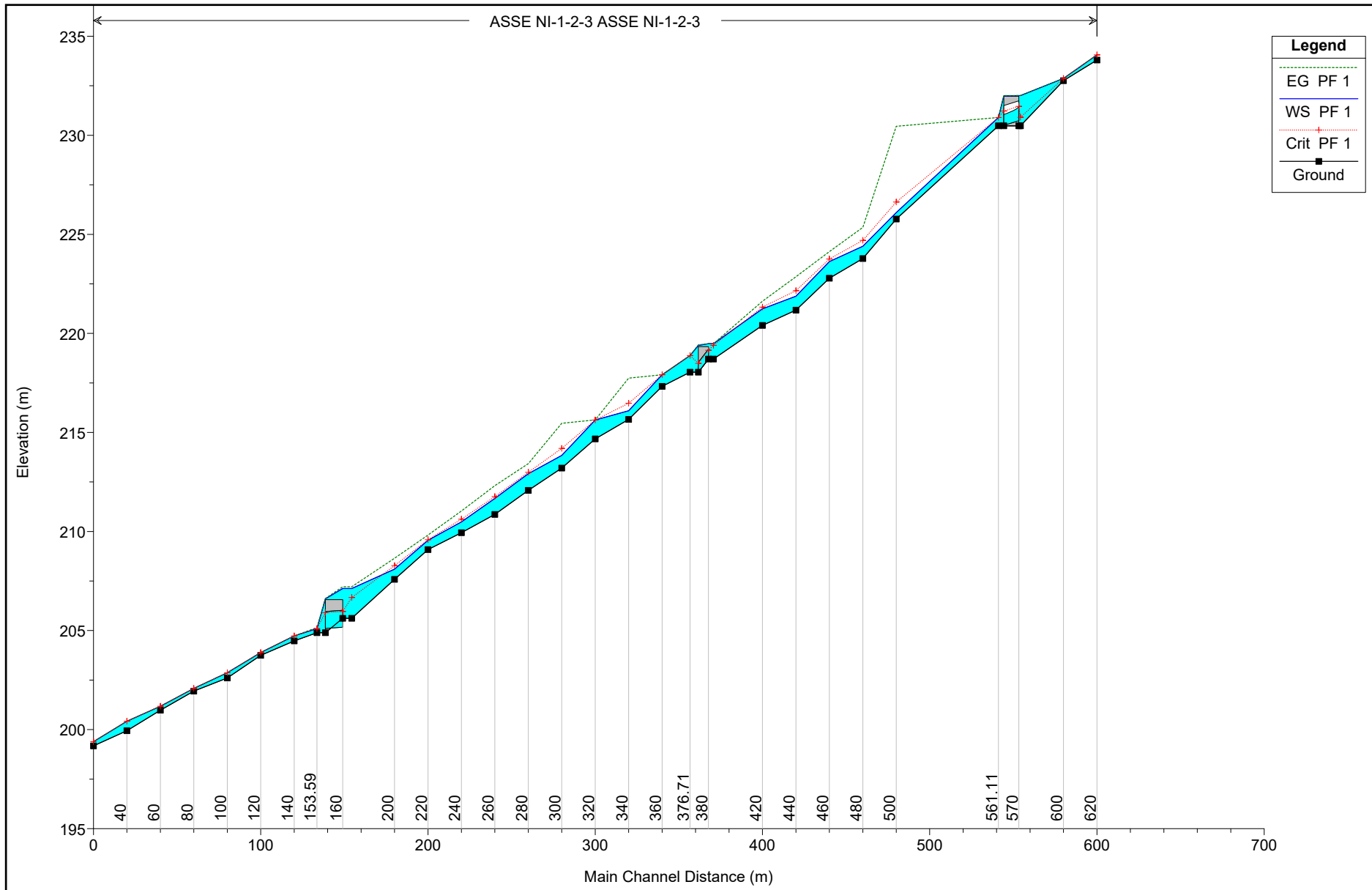
6. CONCLUSIONI

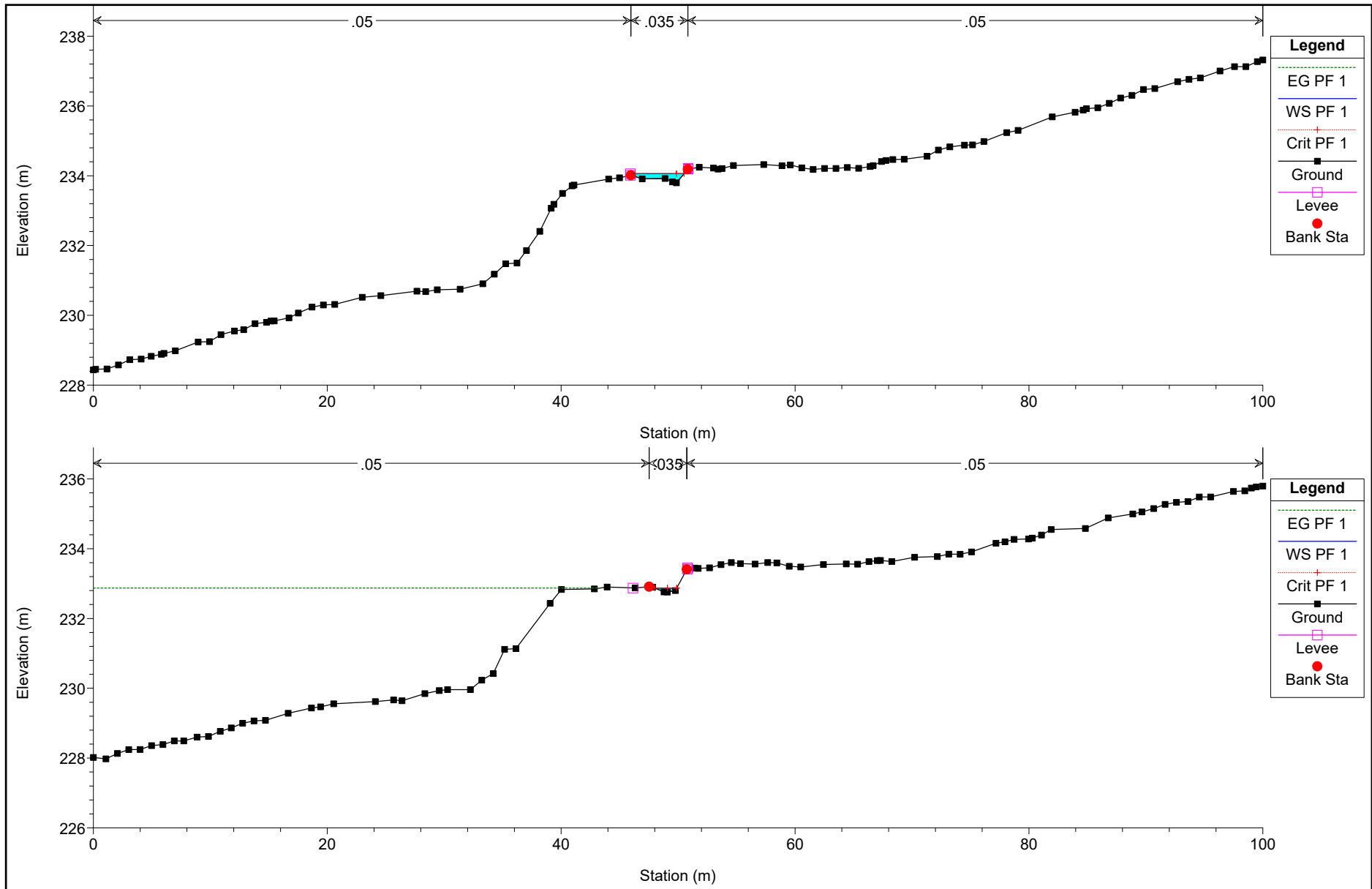
La presente relazione ha illustrato le metodologie e i risultati ottenuti per la verifica idraulica delle opere esistenti e la progettazione delle opere di attraversamento relative alla viabilità NV14 e NV05 del Progetto: Ammodernamento Linea Potenza-Foggia, Soppressione P.L. pk 30+356 e pk 30+881: Opere sostitutive NV05 e NV14.

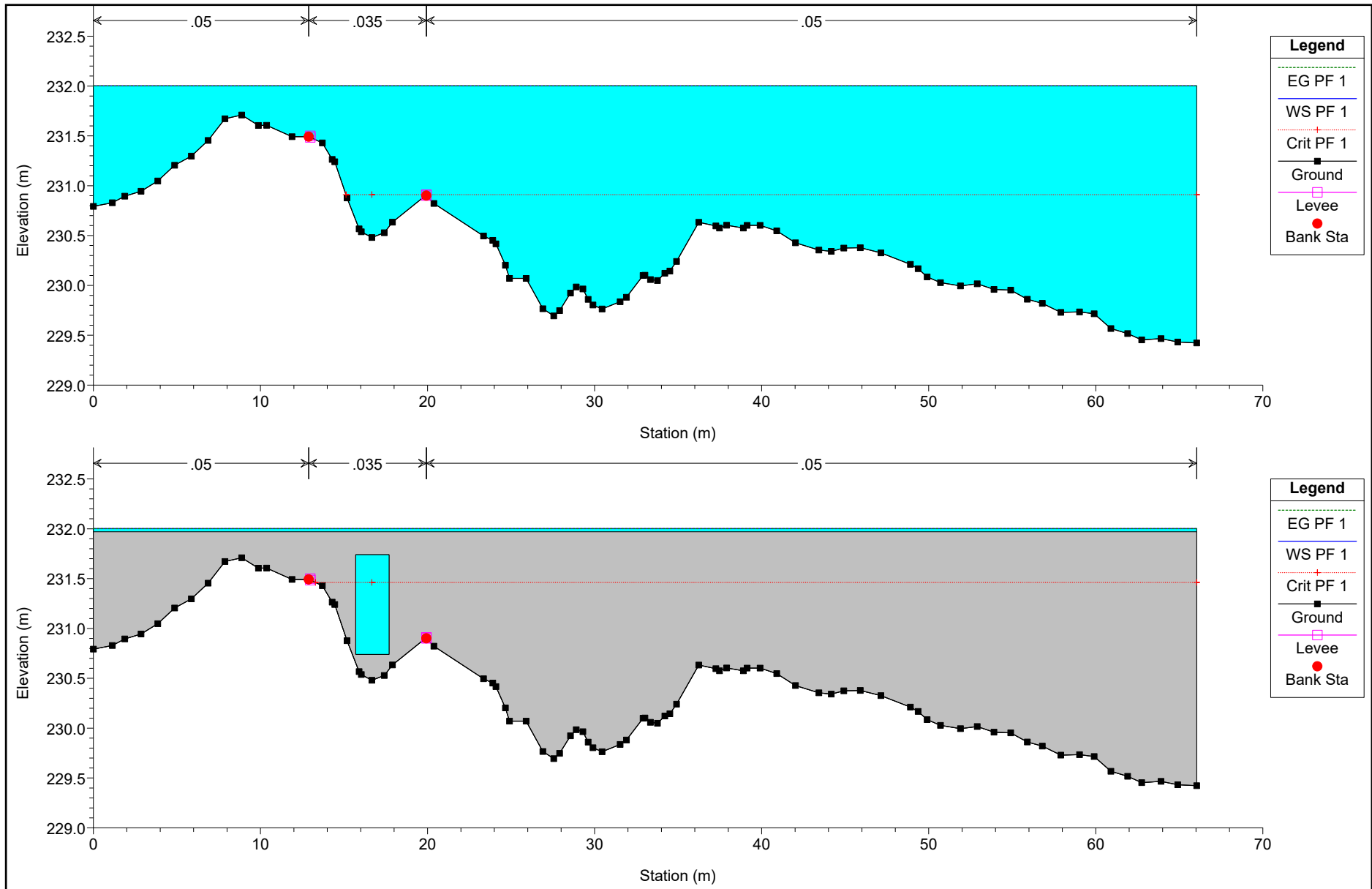
Come meglio evidenziato dai capitoli precedenti (modellazione idraulica), i tombini esistenti risultano caratterizzati da capacità inferiori alle portate idrauliche di progetto, giungendo al completo sormonto per un evento meteorico con ricorrenza duecentennale. Le opere di progetto, adeguatamente dimensionate secondo le indicazioni riportate nel manuale di progettazione Italferr, rispettano interamente i vincoli riportati all'interno delle Norme Tecniche per le Costruzioni e relativi aggiornamenti. Inoltre, in condizioni Post Operam non sono presenti intersezioni tra il deflusso e le nuove infrastrutture. Alle condizioni indicate, dunque, gli interventi non sottraggono volume di espansione alla piena e possono pertanto ritenersi idraulicamente compatibili rispetto alle incisioni individuate

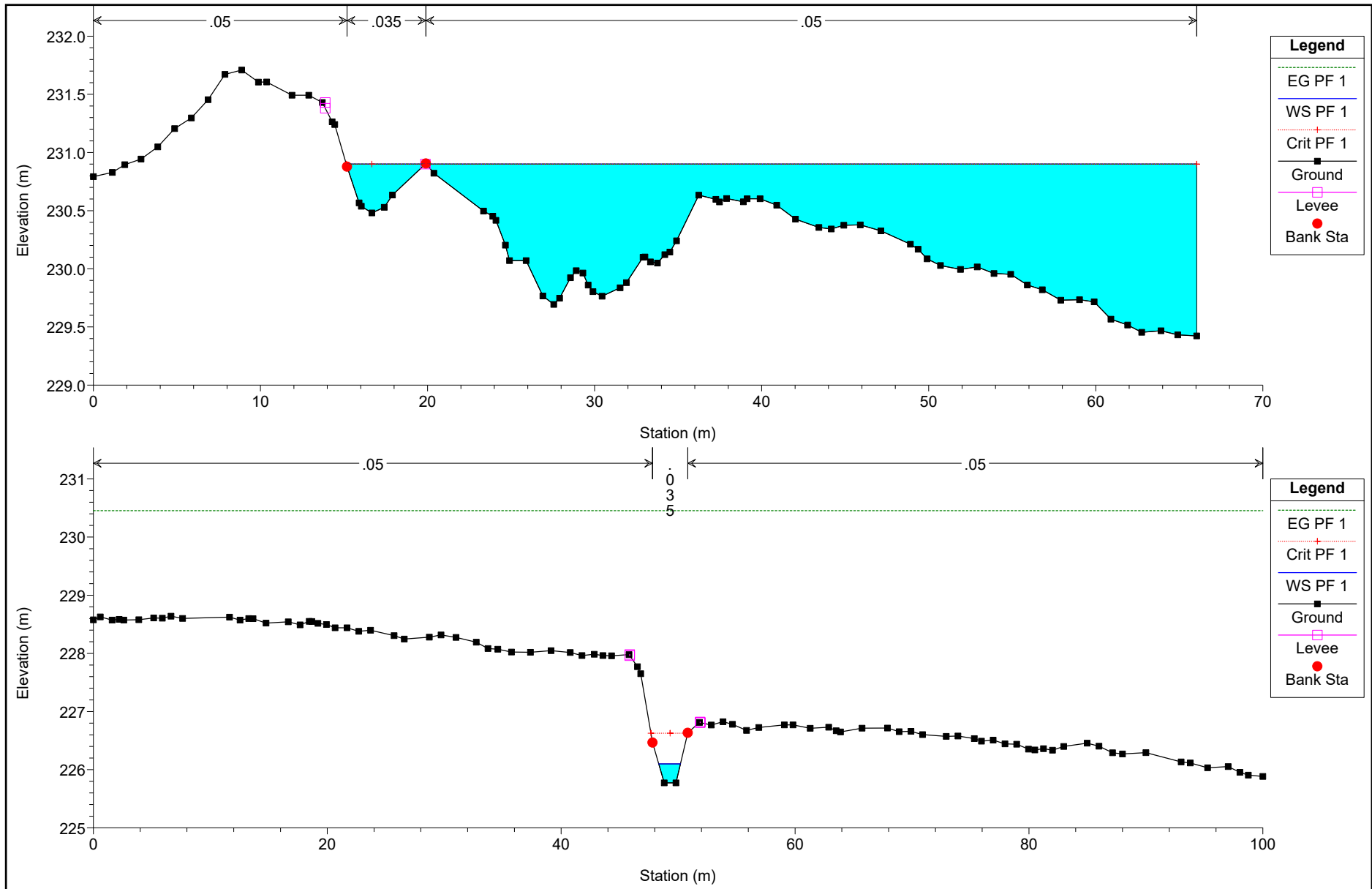
7. ALLEGATO DI CALCOLO

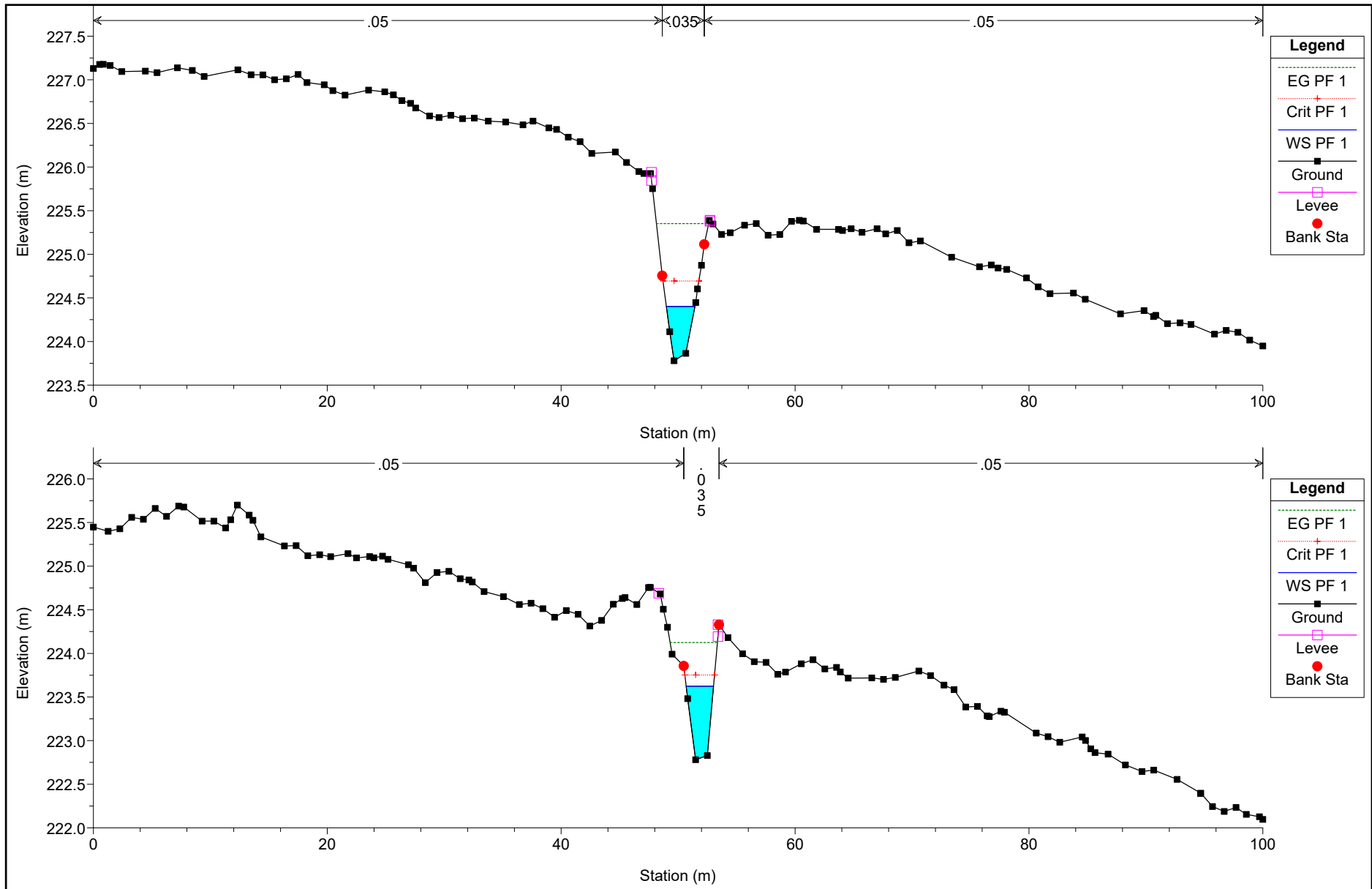
NI 01-02-03 - ANTE OPERAM

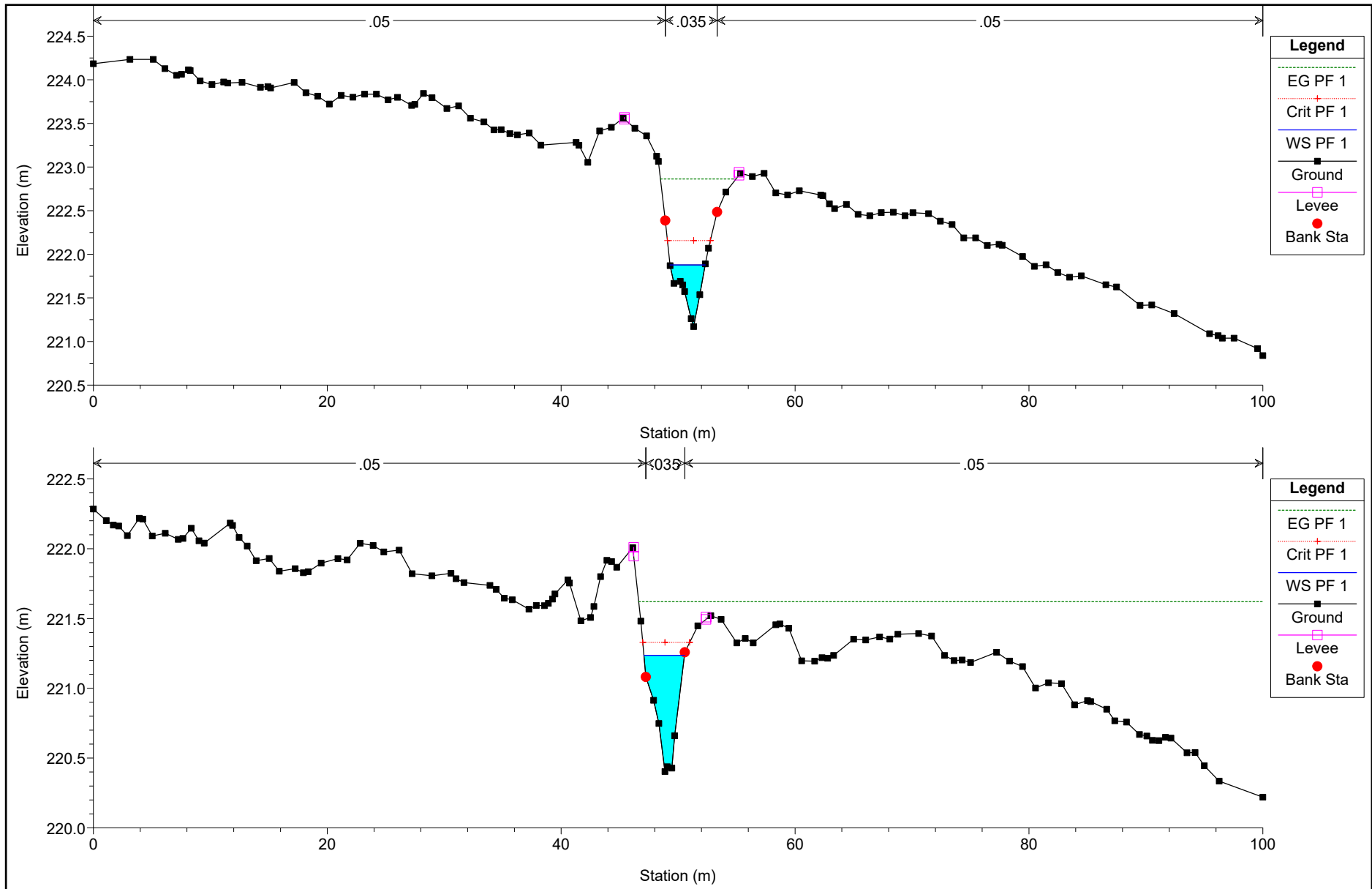


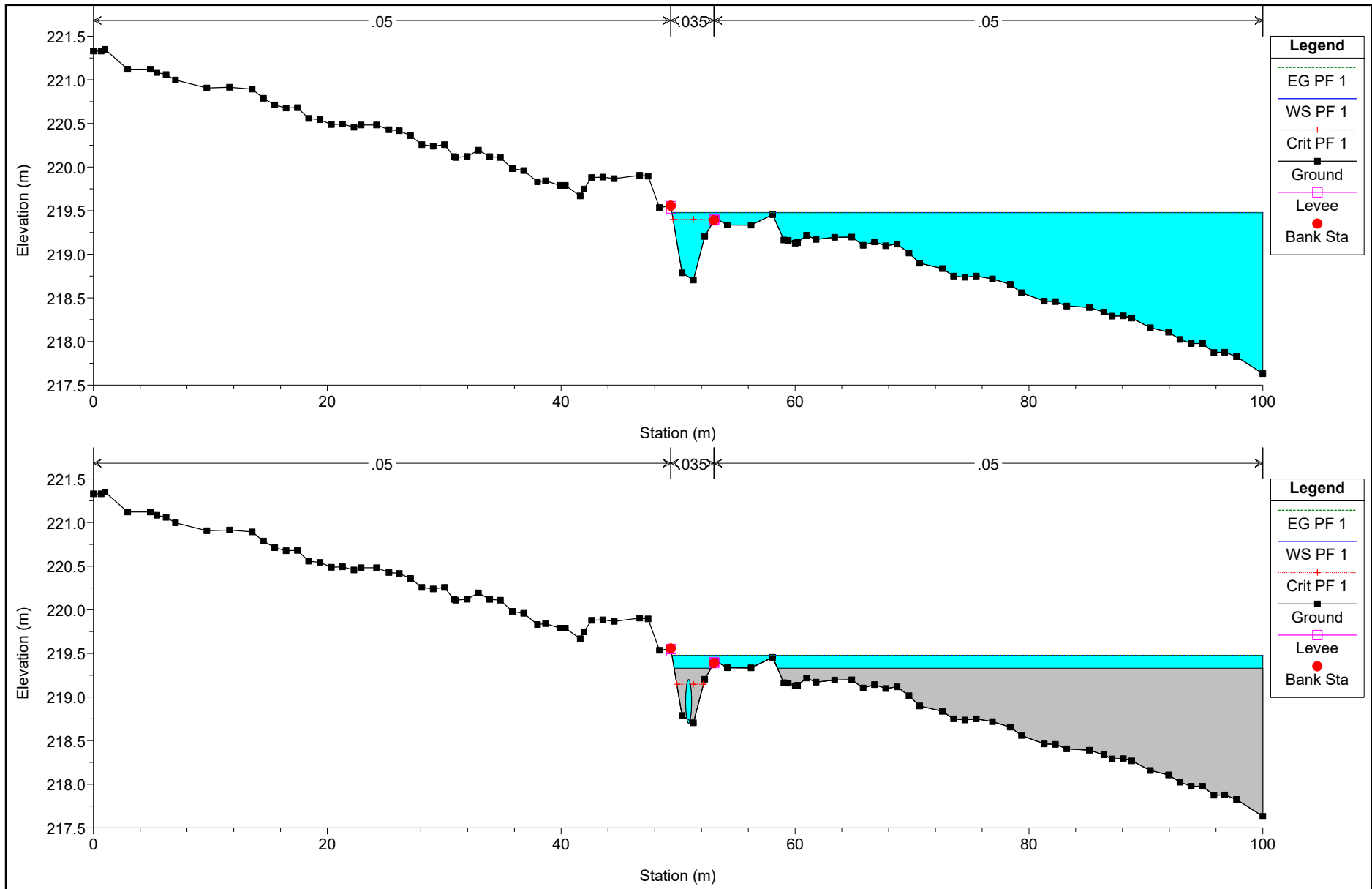


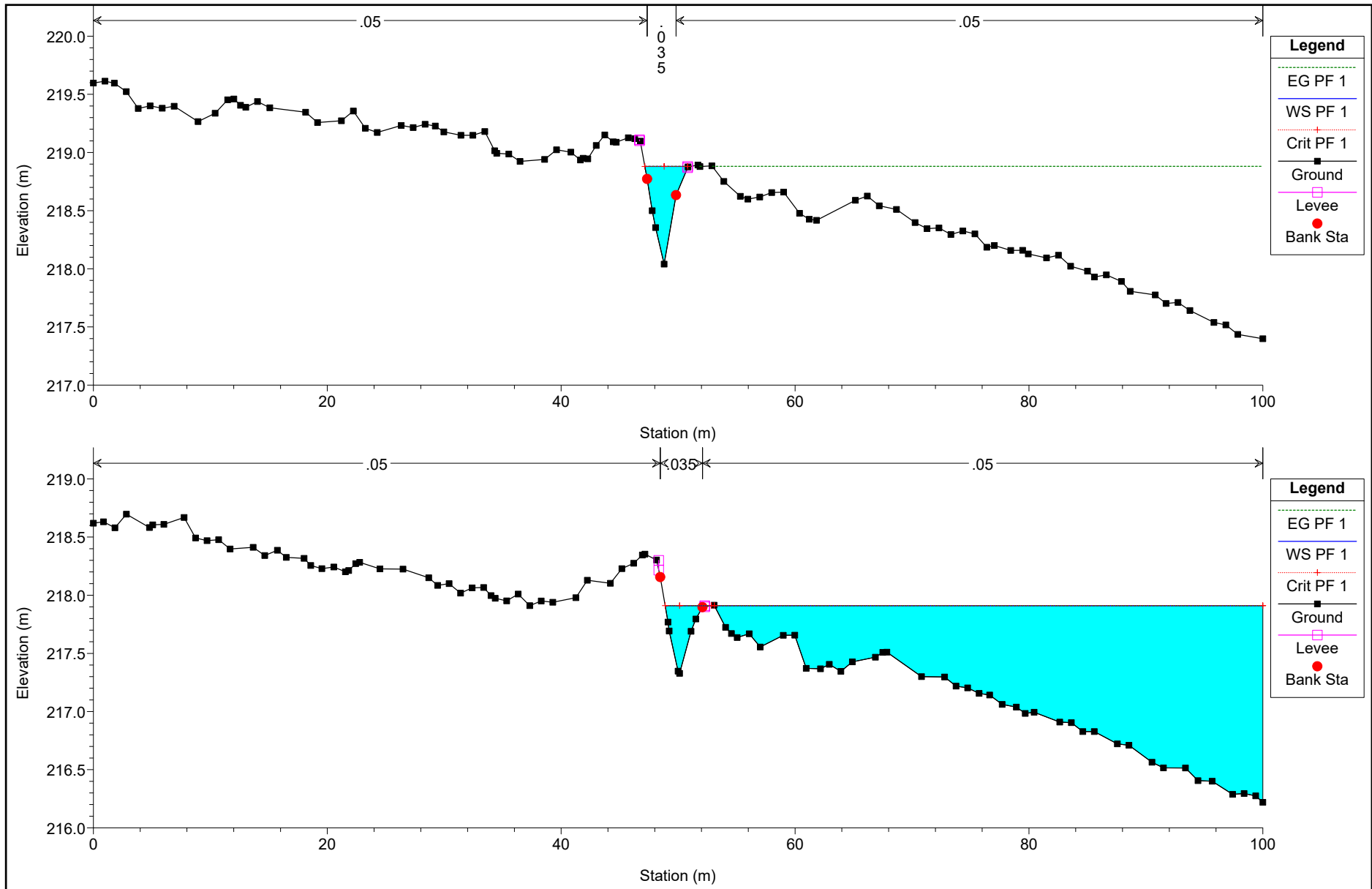


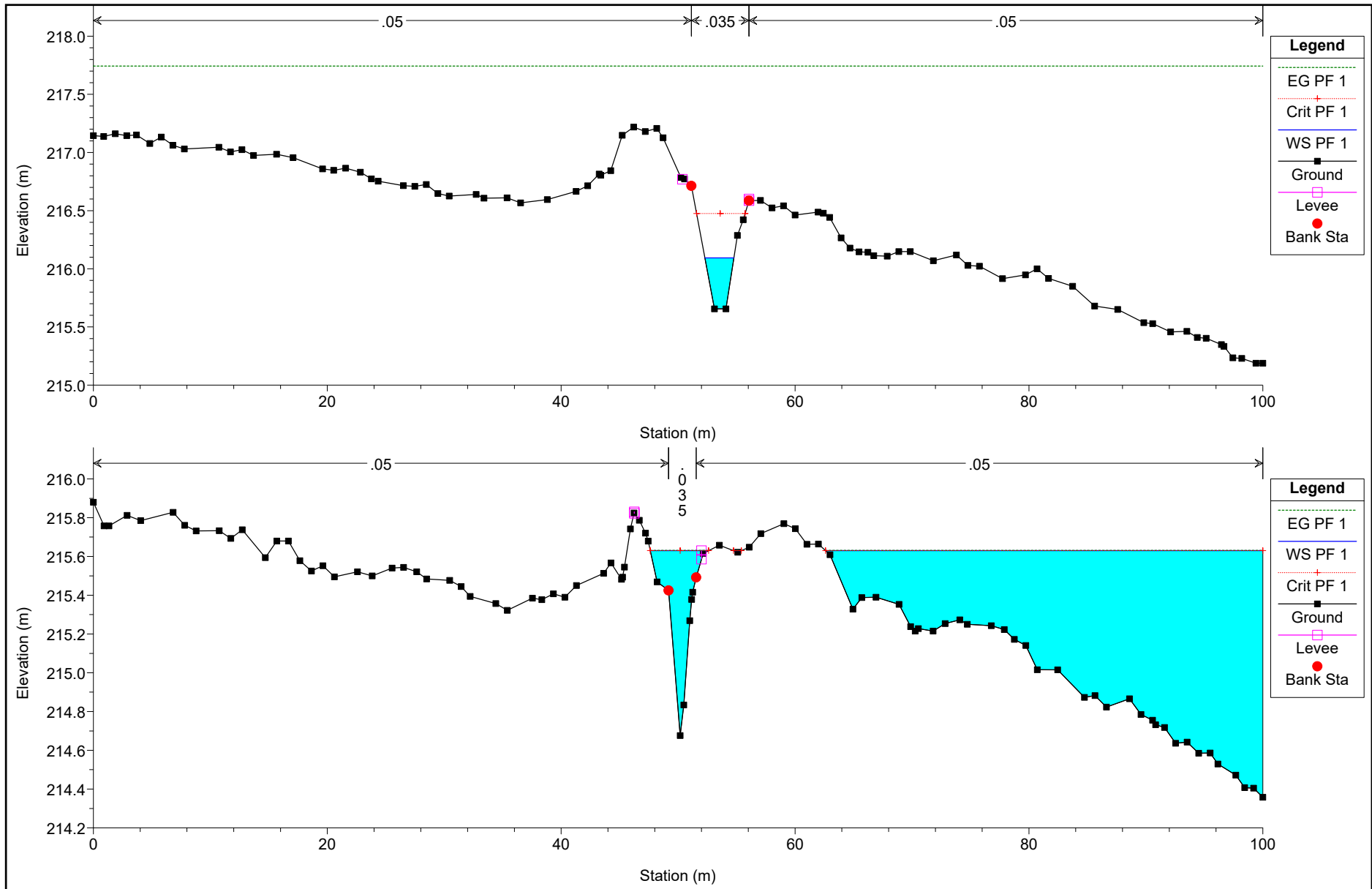


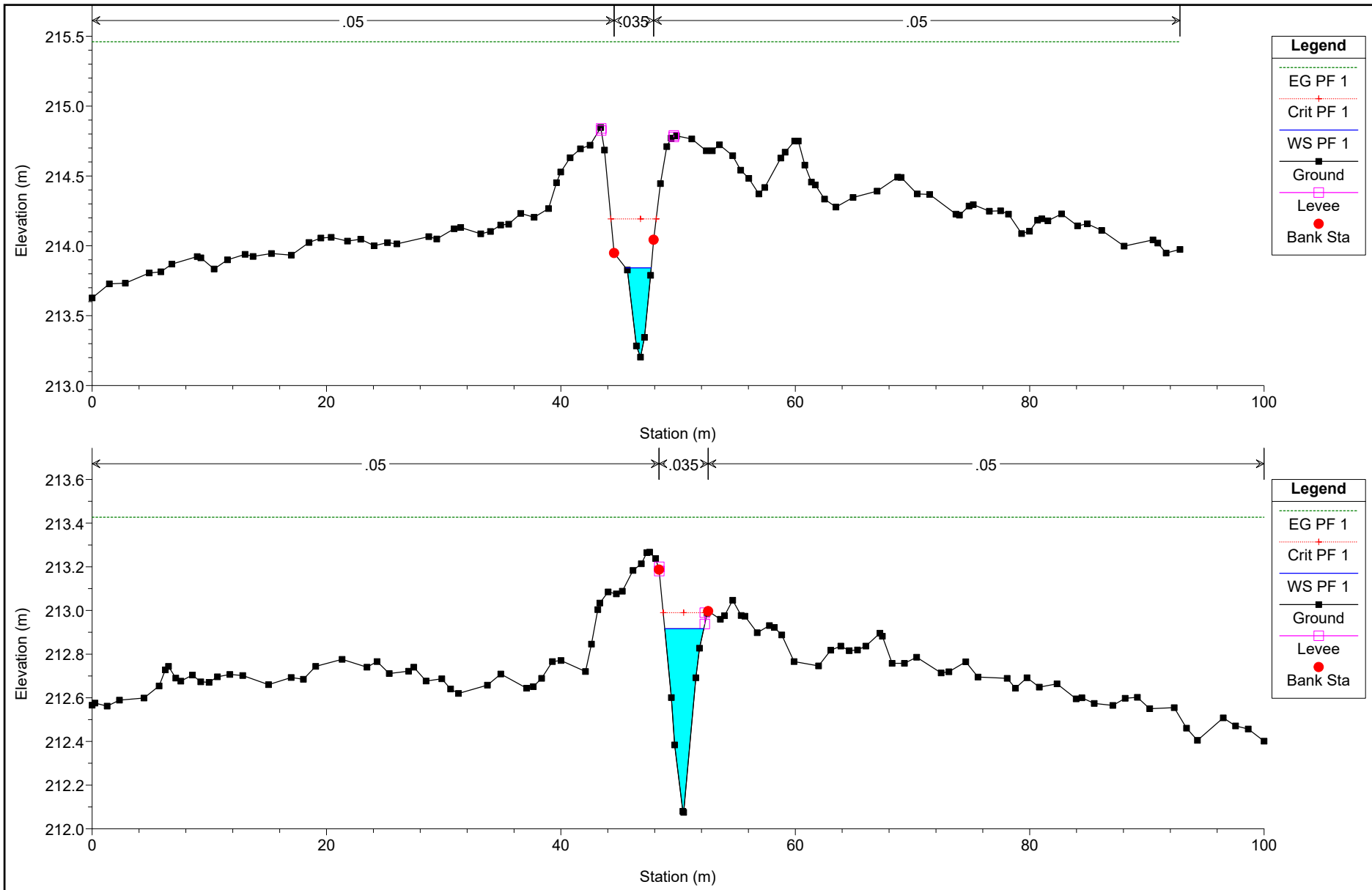


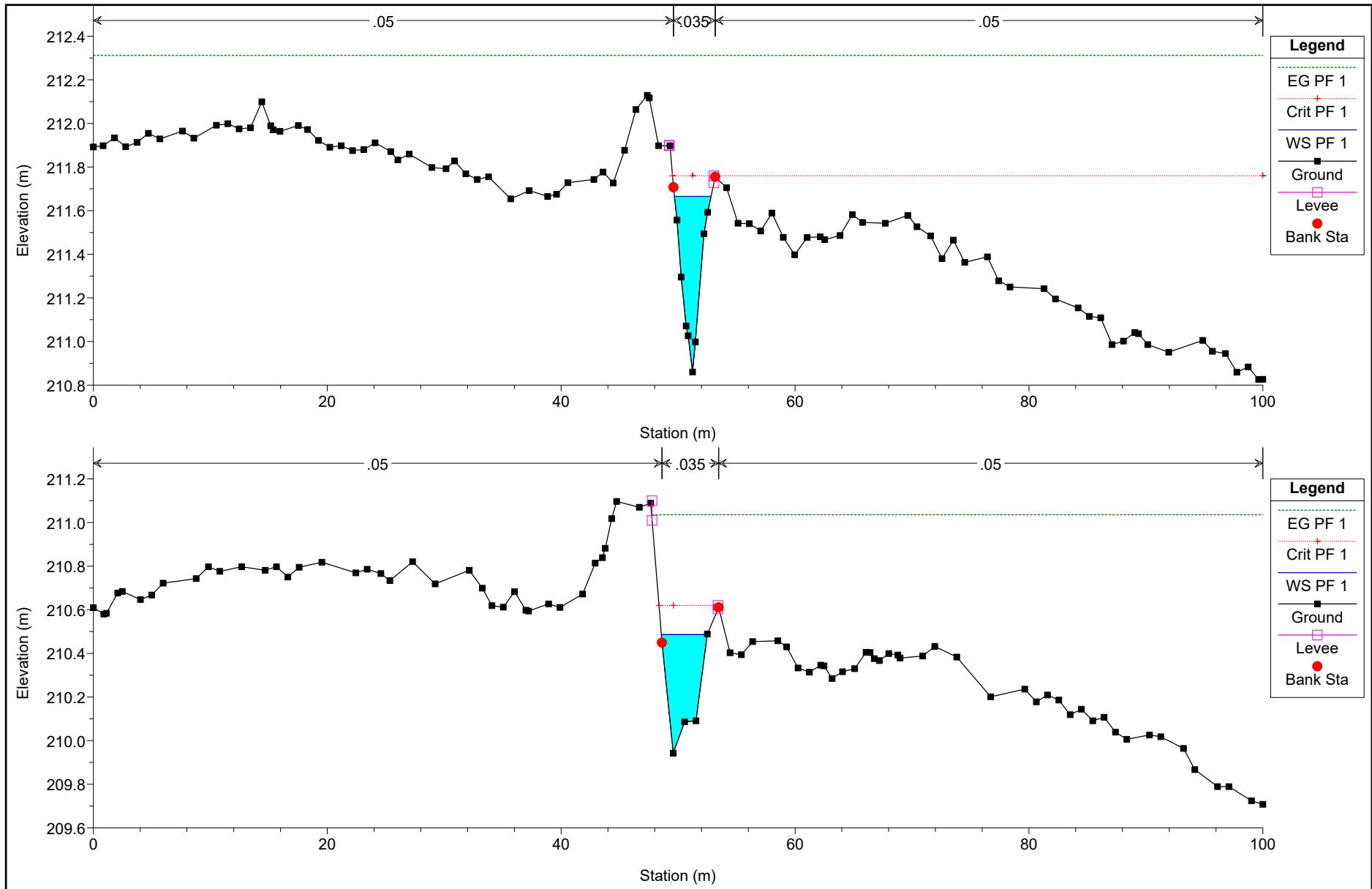


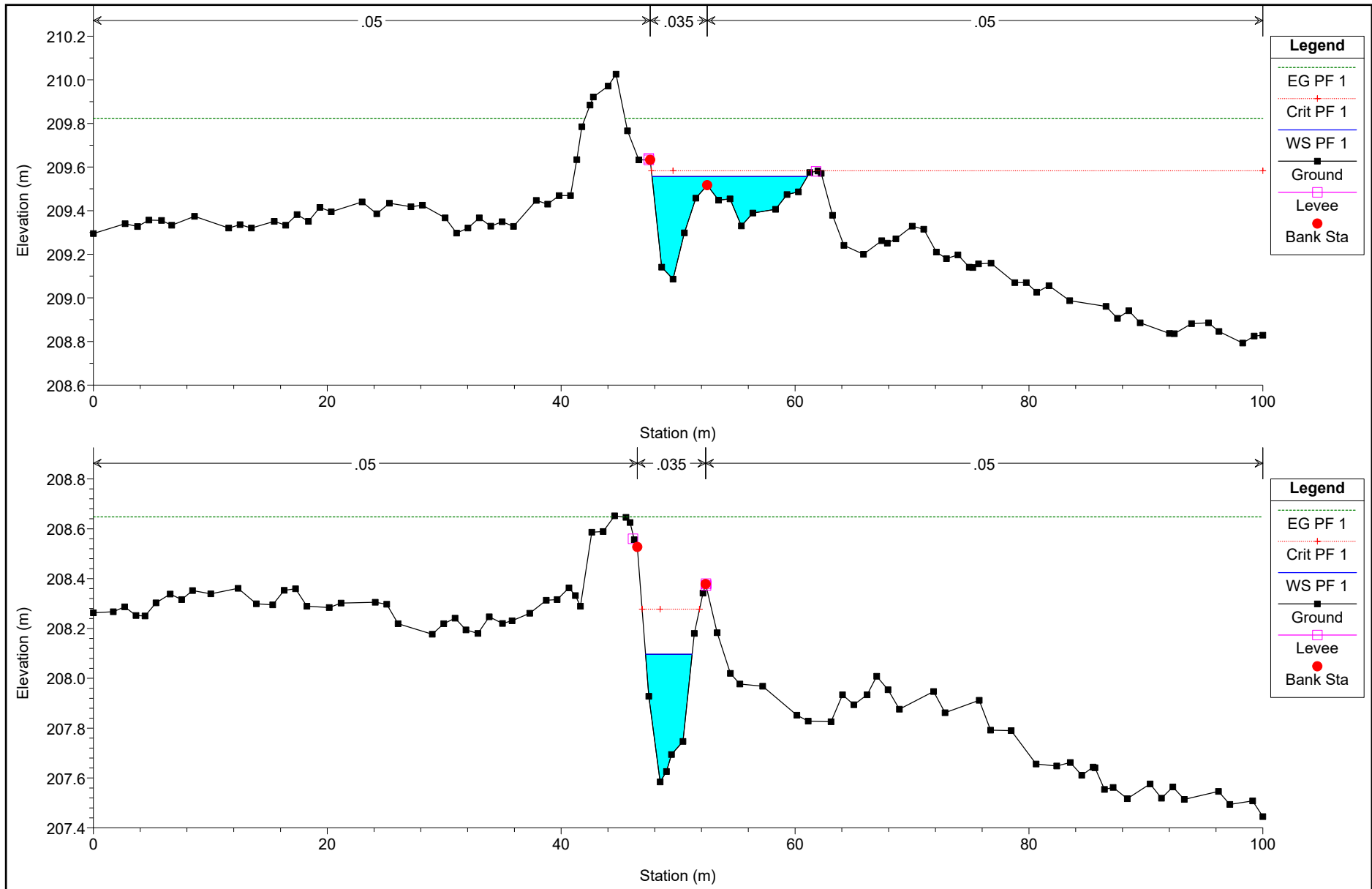


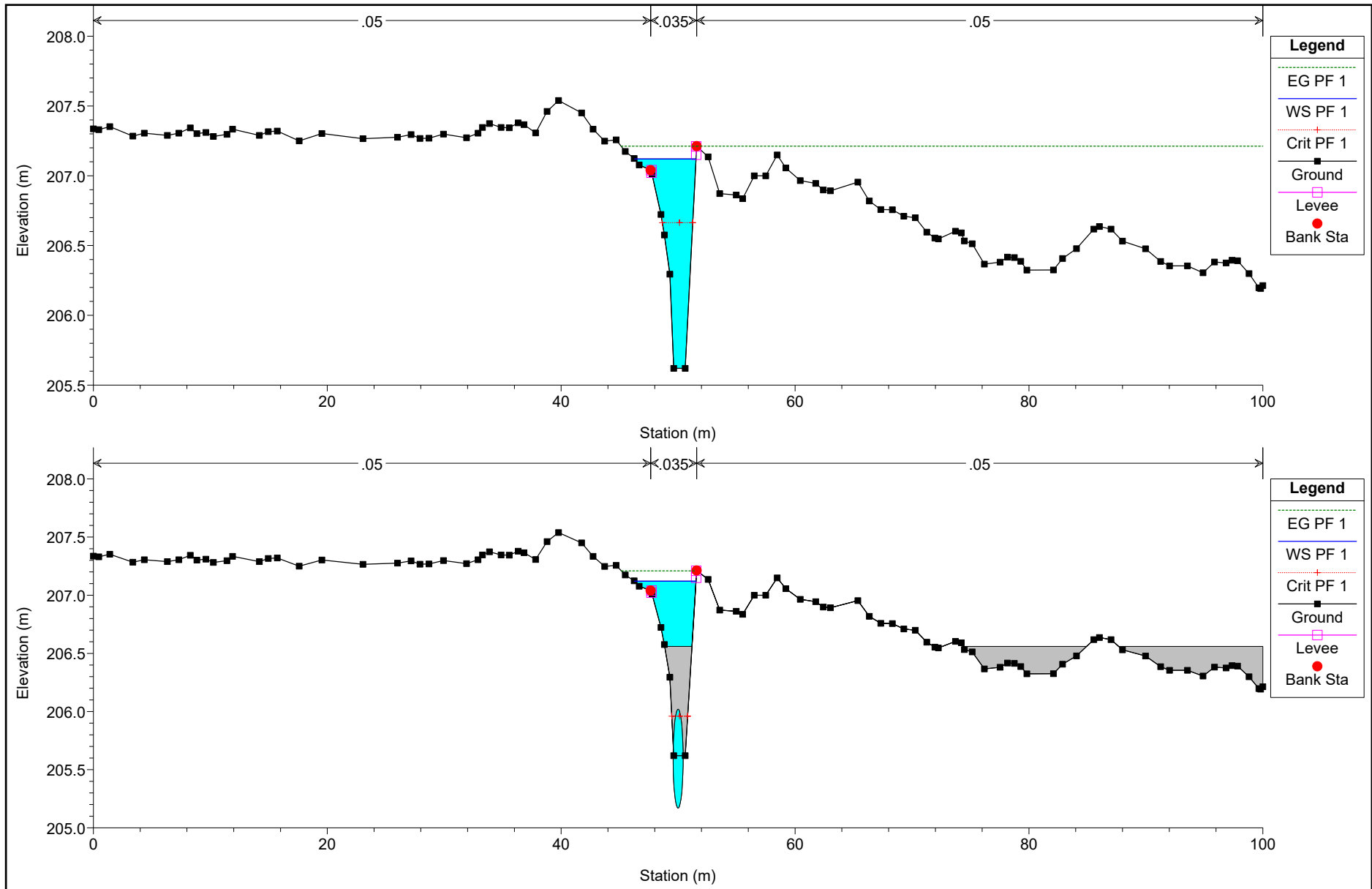


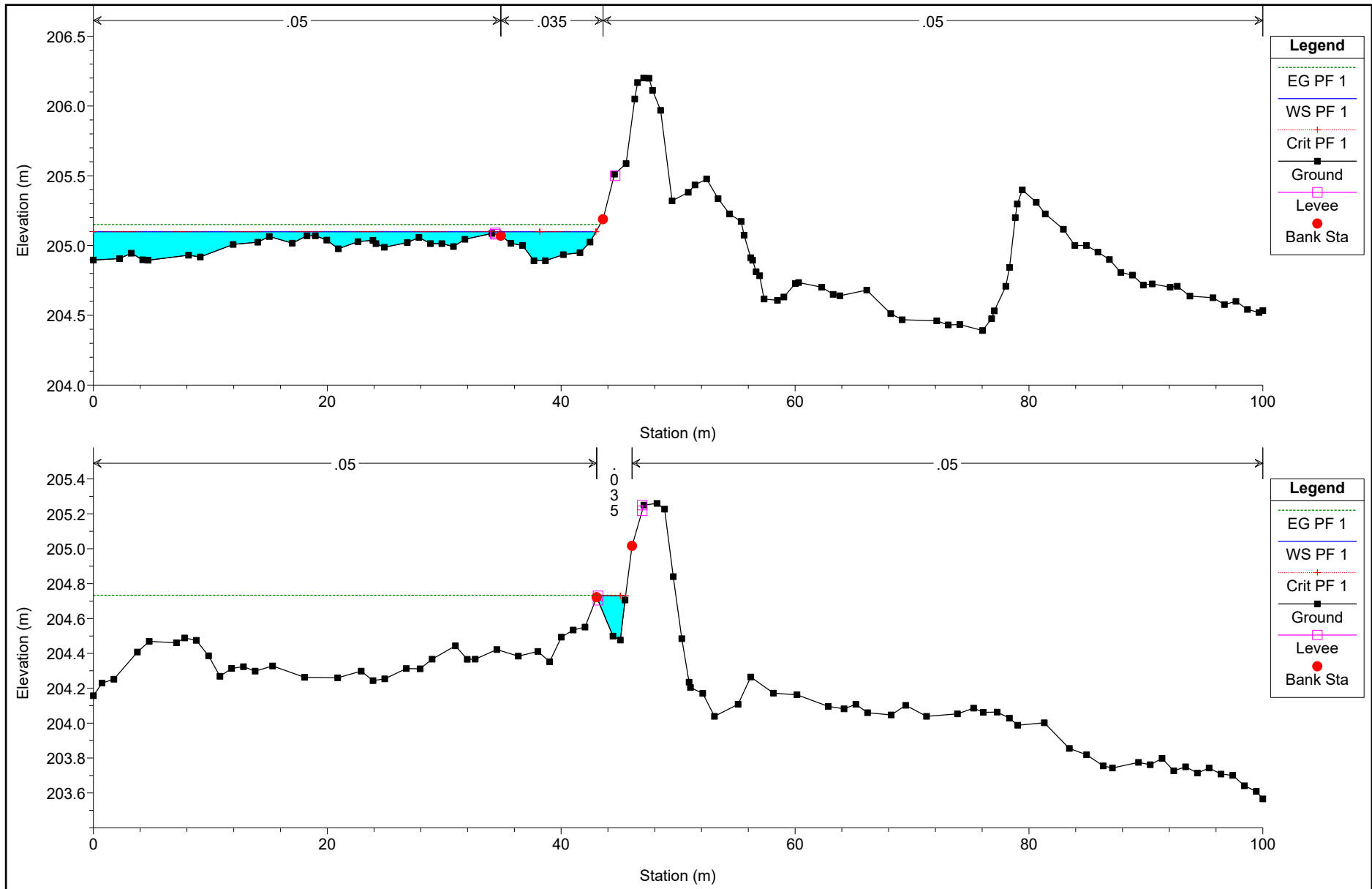


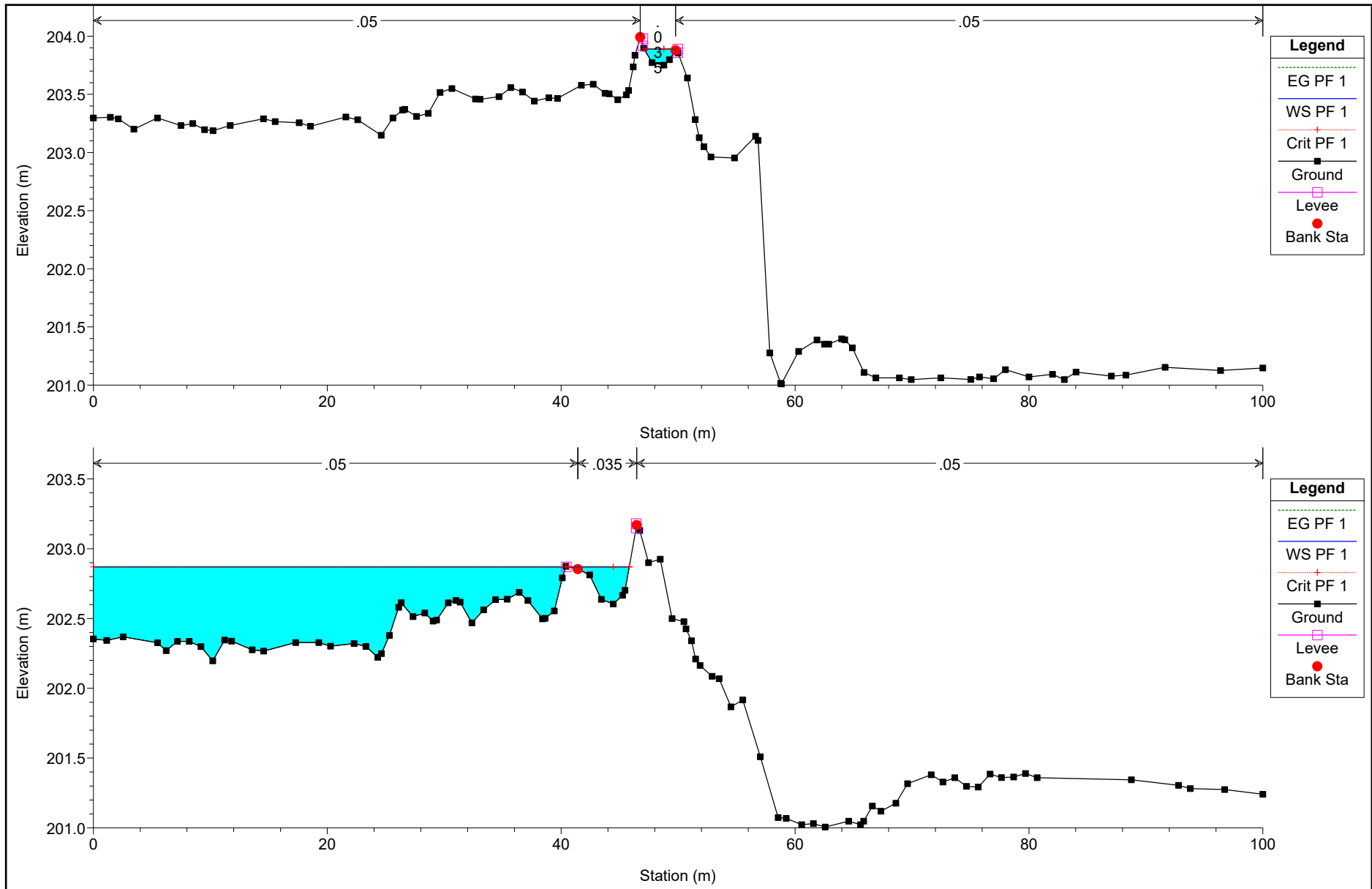


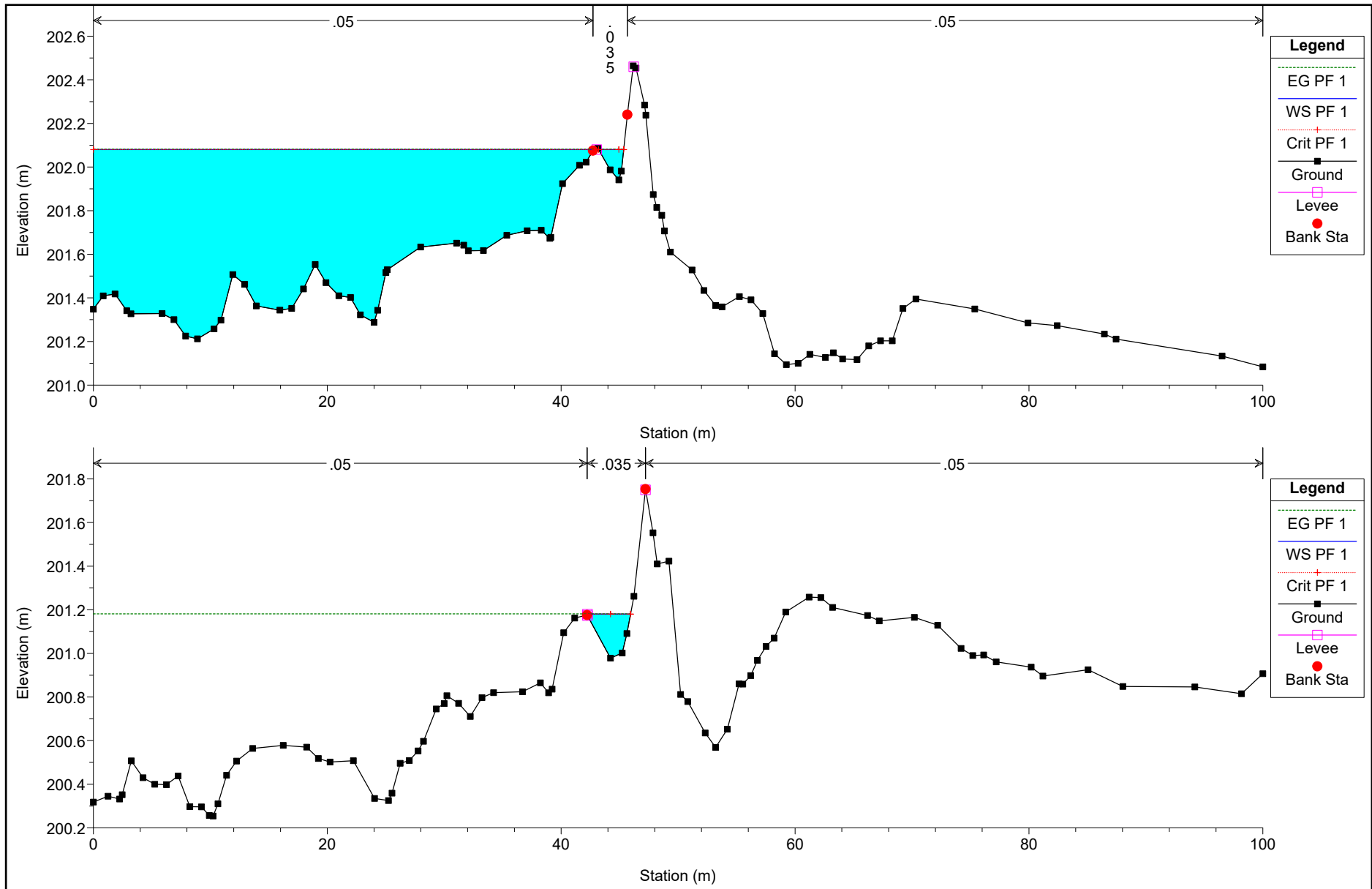


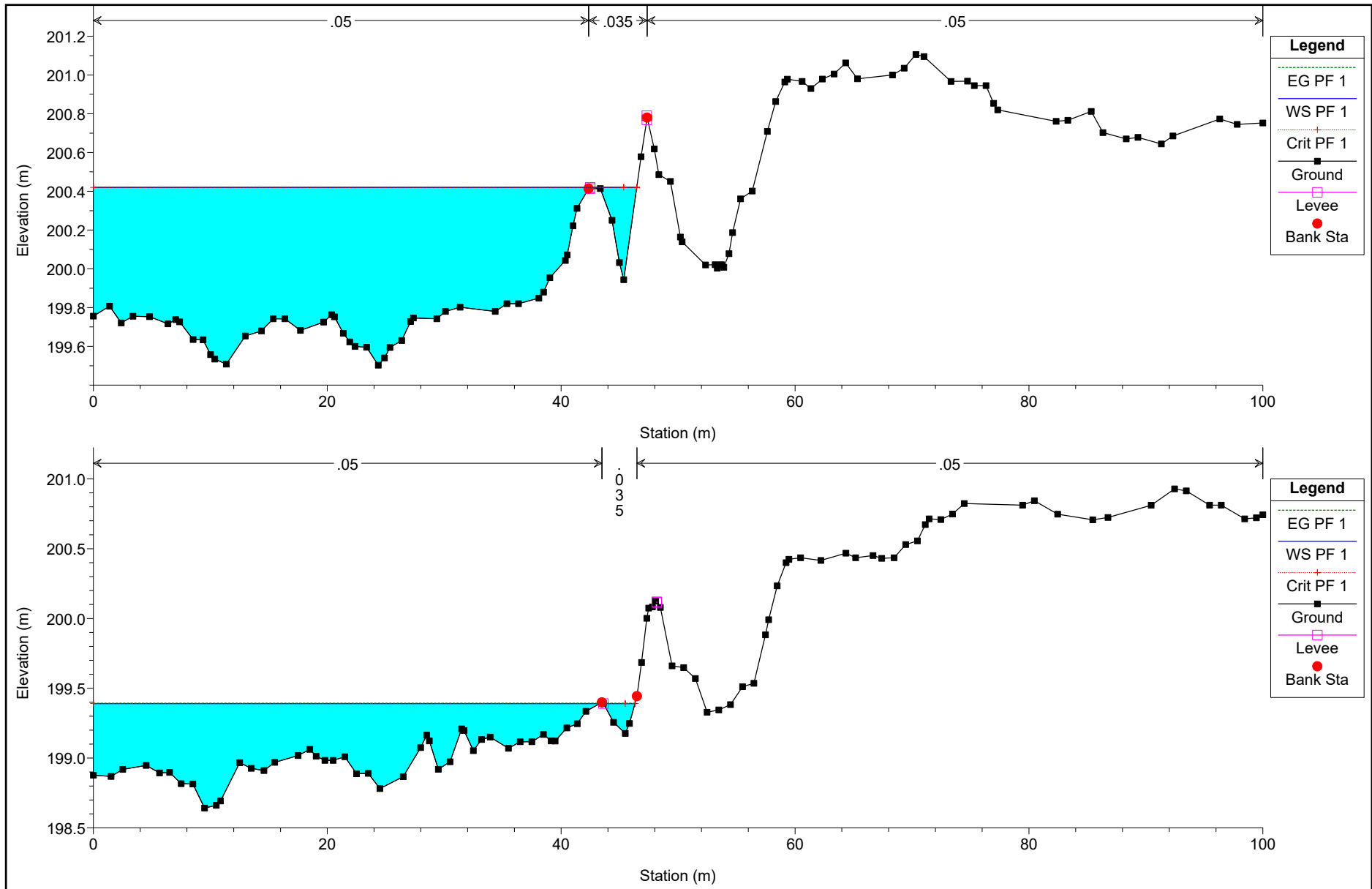








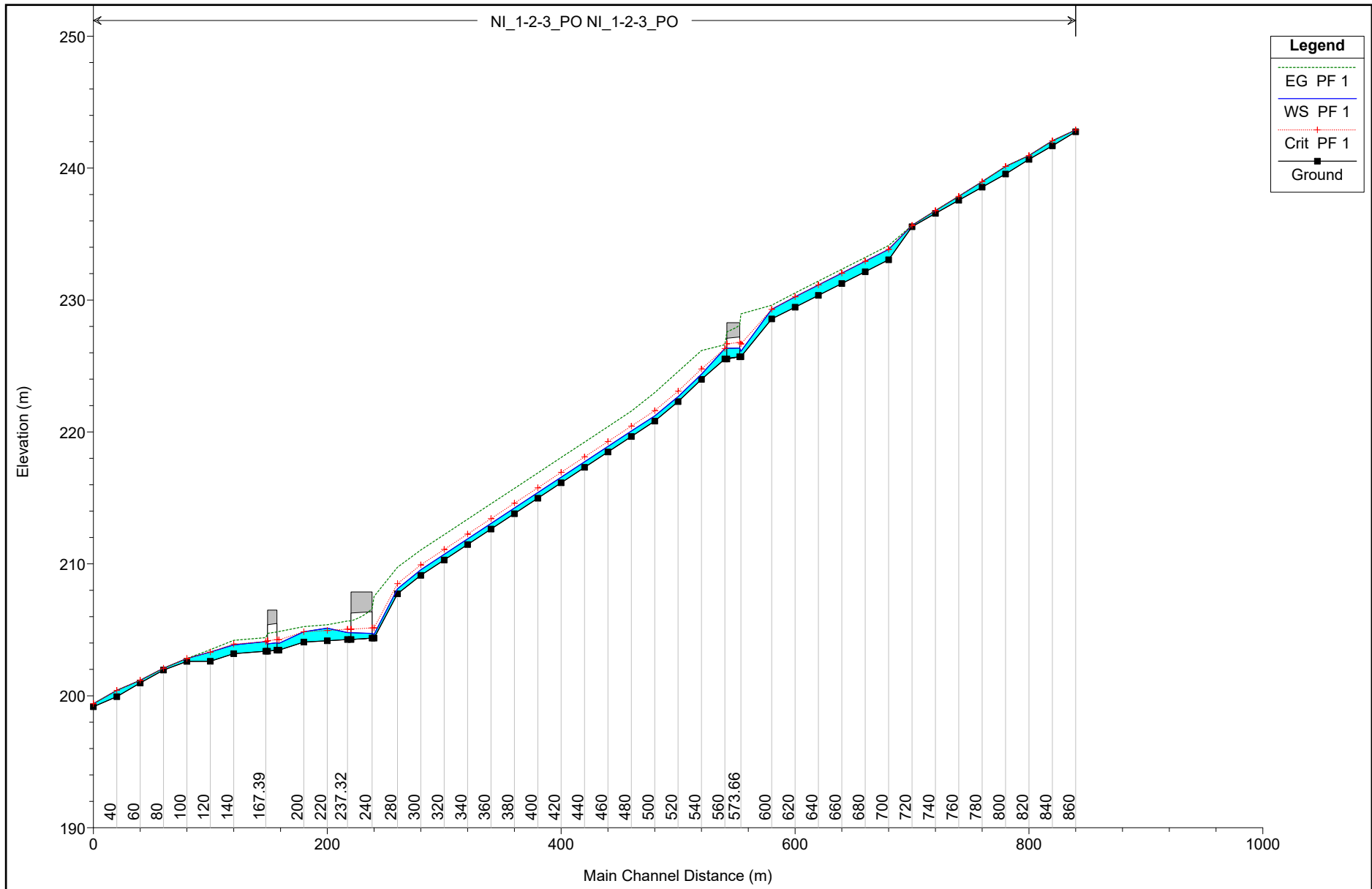


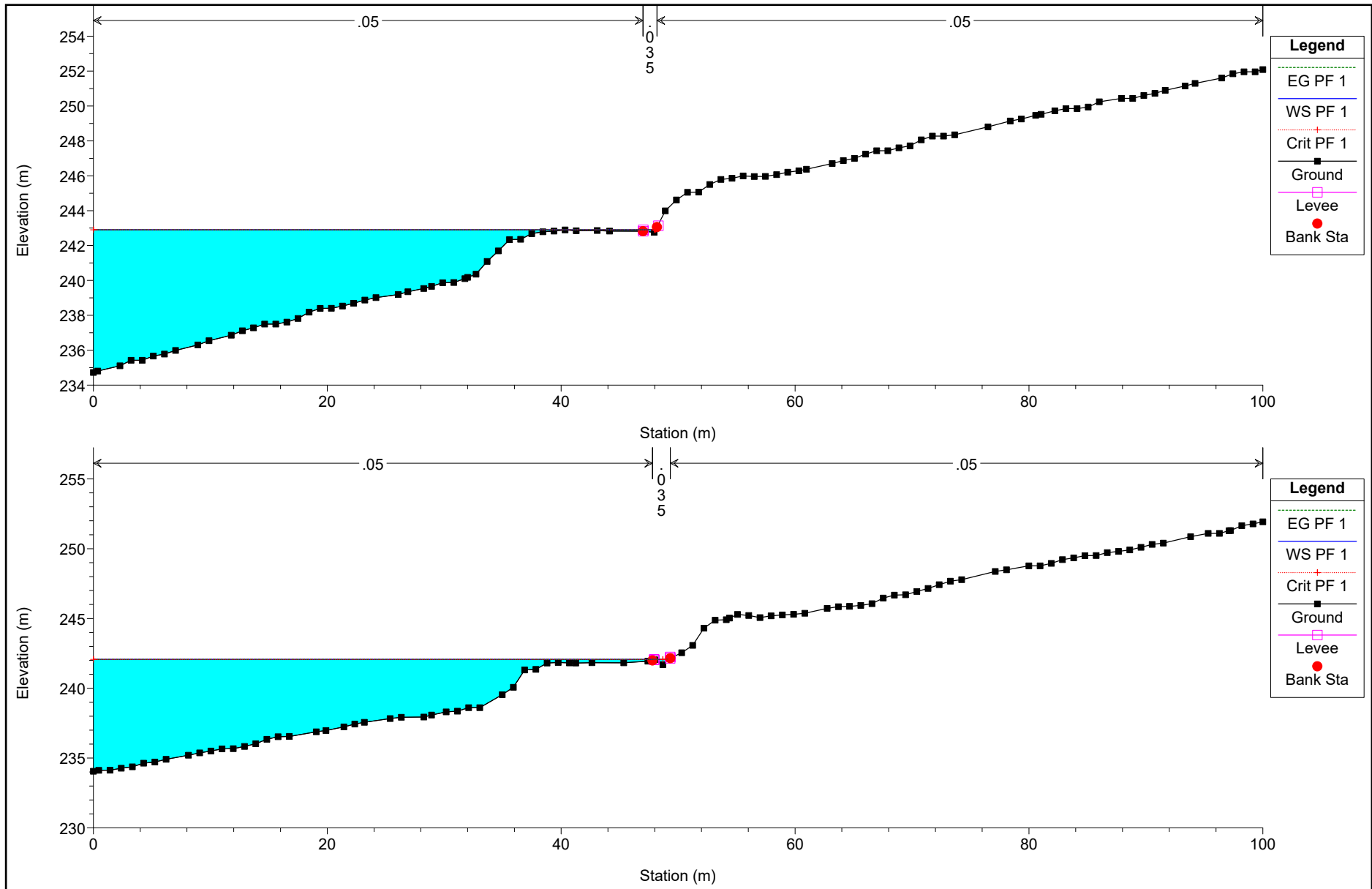


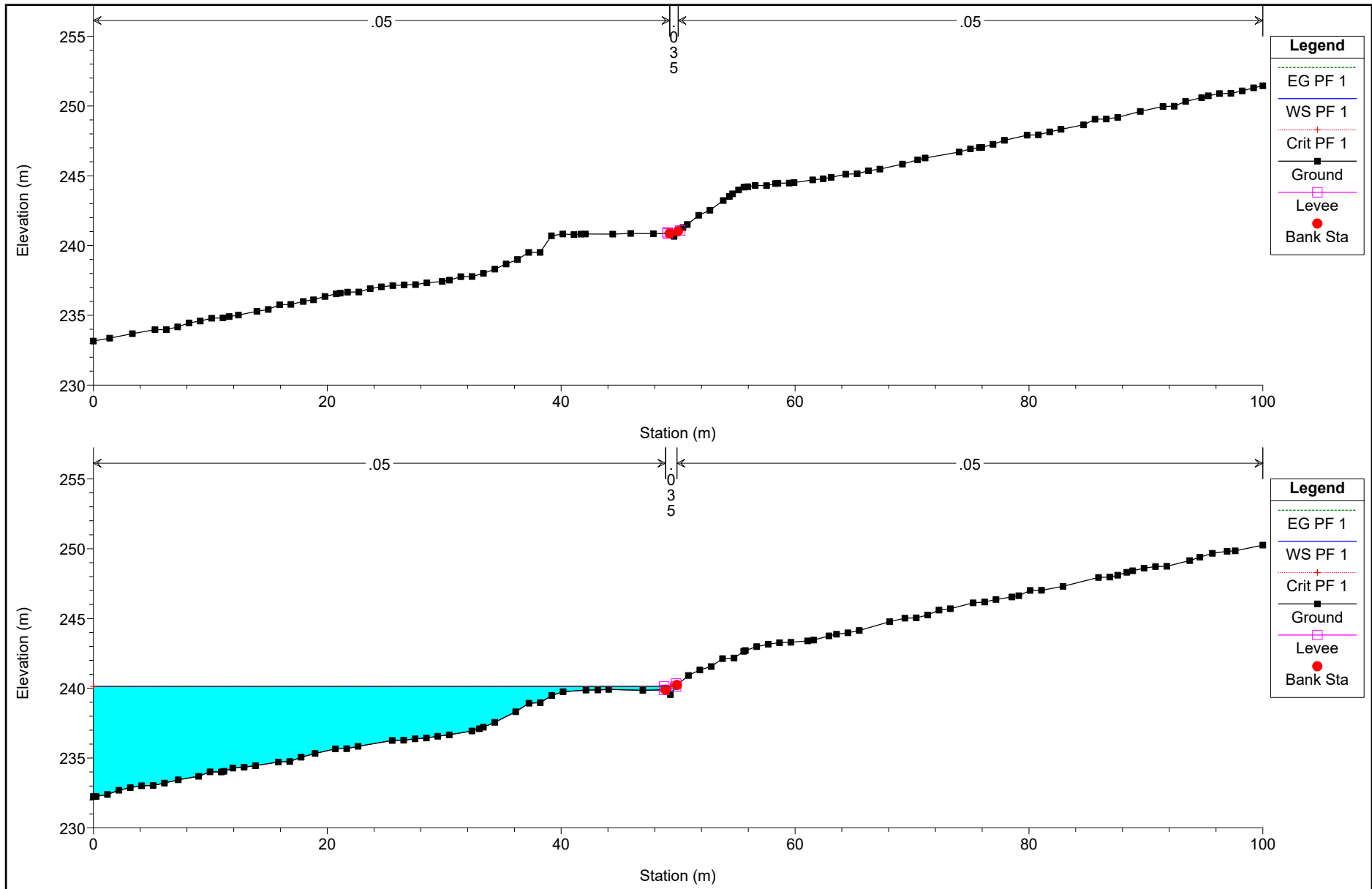
HEC-RAS Plan: ANTE OPERAM River: ASSE NI-1-2-3 Reach: ASSE NI-1-2-3 Profile: PF 1

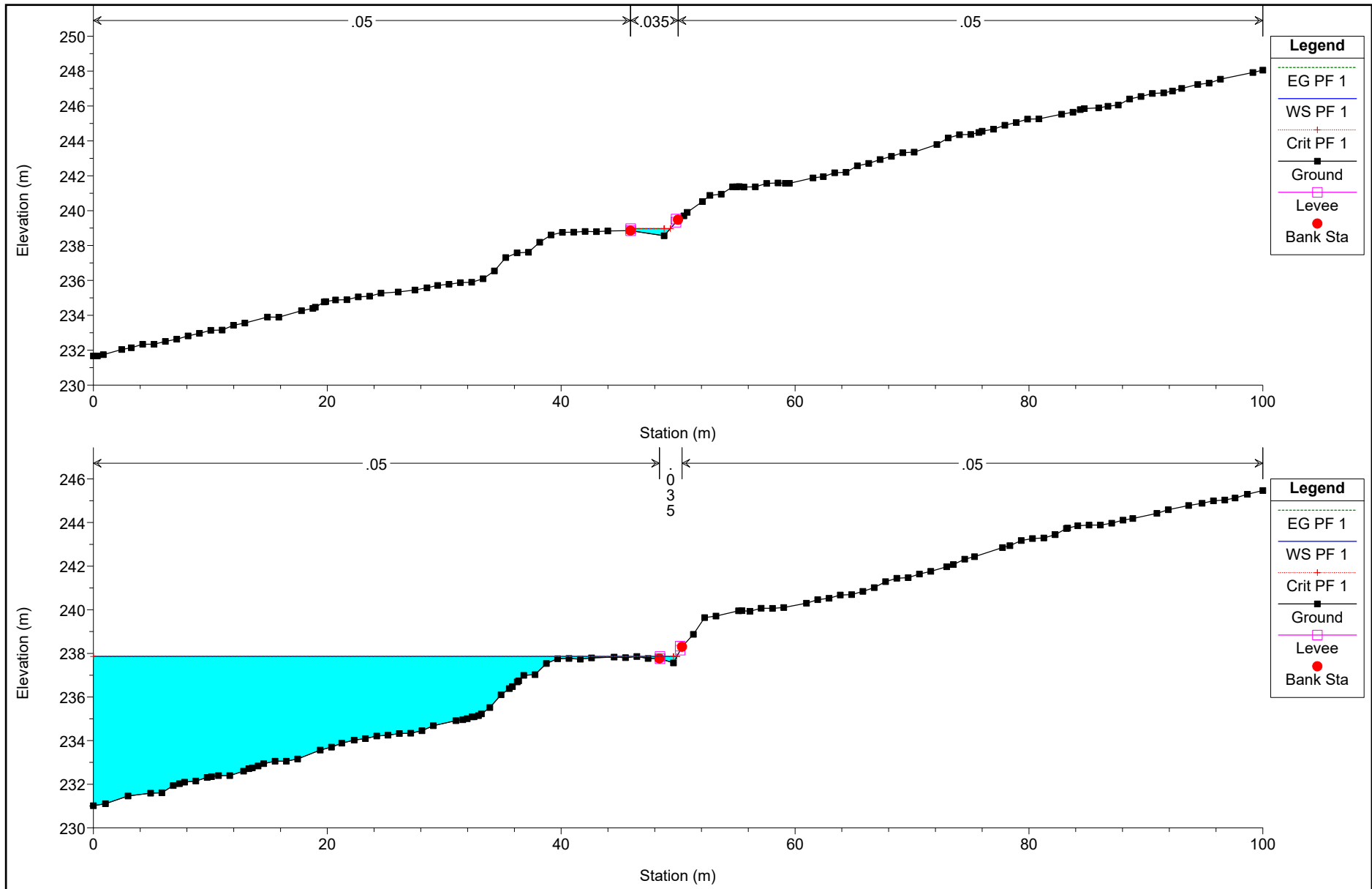
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
ASSE NI-1-2-3	620	PF 1	4.32	233.80	234.06	234.06	234.06	0.000000	0.01	156.64	50.51	0.00
ASSE NI-1-2-3	600	PF 1	4.32	232.76	232.87	232.87	232.87	0.000001	0.00	133.77	45.14	0.00
ASSE NI-1-2-3	574.3	PF 1	4.32	230.48	232.00	230.91	232.00	0.000002	0.04	104.79	66.04	0.01
ASSE NI-1-2-3	570	Culvert										
ASSE NI-1-2-3	561.11	PF 1	4.32	230.48	230.90	230.90	230.90	0.000046	0.07	38.09	50.84	0.05
ASSE NI-1-2-3	500	PF 1	4.32	225.77	226.10	226.63	230.45	0.766210	9.24	0.47	1.86	5.88
ASSE NI-1-2-3	480	PF 1	4.32	223.78	224.40	224.69	225.35	0.092677	4.32	1.00	2.44	2.15
ASSE NI-1-2-3	460	PF 1	4.32	222.78	223.62	223.75	224.12	0.035895	3.13	1.38	2.34	1.30
ASSE NI-1-2-3	440	PF 1	4.32	221.17	221.88	222.16	222.86	0.124372	4.40	0.98	3.00	2.45
ASSE NI-1-2-3	420	PF 1	4.32	220.40	221.24	221.33	221.62	0.029274	2.75	1.58	3.47	1.27
ASSE NI-1-2-3	390.67	PF 1	4.32	218.70	219.48	219.40	219.48	0.000041	0.10	39.79	50.53	0.05
ASSE NI-1-2-3	380	Culvert										
ASSE NI-1-2-3	376.71	PF 1	4.32	218.04	218.88	218.88	218.88	0.000064	0.14	34.77	51.14	0.06
ASSE NI-1-2-3	360	PF 1	4.32	217.33	217.91	217.91	217.91	0.000038	0.07	40.57	50.86	0.04
ASSE NI-1-2-3	340	PF 1	4.32	215.66	216.09	216.48	217.74	0.217366	5.69	0.76	2.49	3.28
ASSE NI-1-2-3	320	PF 1	4.32	214.68	215.63	215.63	215.63	0.000144	0.20	25.07	43.06	0.09
ASSE NI-1-2-3	300	PF 1	4.32	213.20	213.84	214.19	215.46	0.195496	5.63	0.77	2.18	3.03
ASSE NI-1-2-3	280	PF 1	4.32	212.08	212.92	212.99	213.43	0.047375	3.17	1.36	3.33	1.58
ASSE NI-1-2-3	260	PF 1	4.32	210.86	211.67	211.76	212.31	0.065068	3.56	1.21	3.13	1.83
ASSE NI-1-2-3	240	PF 1	4.32	209.94	210.49	210.62	211.04	0.059768	3.28	1.32	3.93	1.80
ASSE NI-1-2-3	220	PF 1	4.32	209.09	209.56	209.58	209.82	0.053318	2.60	2.25	13.29	1.64
ASSE NI-1-2-3	200	PF 1	4.32	207.58	208.10	208.28	208.65	0.061859	3.29	1.31	3.98	1.83
ASSE NI-1-2-3	174.45	PF 1	4.32	205.62	207.12	206.66	207.21	0.004323	1.34	3.29	5.26	0.47
ASSE NI-1-2-3	160	Culvert										
ASSE NI-1-2-3	153.59	PF 1	4.32	204.89	205.10	205.10	205.15	0.030863	1.33	4.76	42.98	1.15
ASSE NI-1-2-3	140	PF 1	4.32	204.48	204.73	204.73	204.73	0.000688	0.21	16.26	45.51	0.17
ASSE NI-1-2-3	120	PF 1	4.32	203.75	203.89	203.89	203.89	0.000001	0.01	123.40	52.91	0.01
ASSE NI-1-2-3	100	PF 1	4.32	202.60	202.87	202.87	202.87	0.000372	0.16	19.24	45.61	0.13
ASSE NI-1-2-3	80	PF 1	4.32	201.94	202.08	202.08	202.08	0.000165	0.06	24.74	45.05	0.07
ASSE NI-1-2-3	60	PF 1	4.32	200.98	201.18	201.18	201.18	0.000147	0.09	25.70	45.93	0.08
ASSE NI-1-2-3	40	PF 1	4.32	199.94	200.42	200.42	200.42	0.000097	0.08	29.20	46.46	0.07
ASSE NI-1-2-3	20	PF 1	4.32	199.18	199.39	199.39	199.39	0.000499	0.16	17.93	45.99	0.14

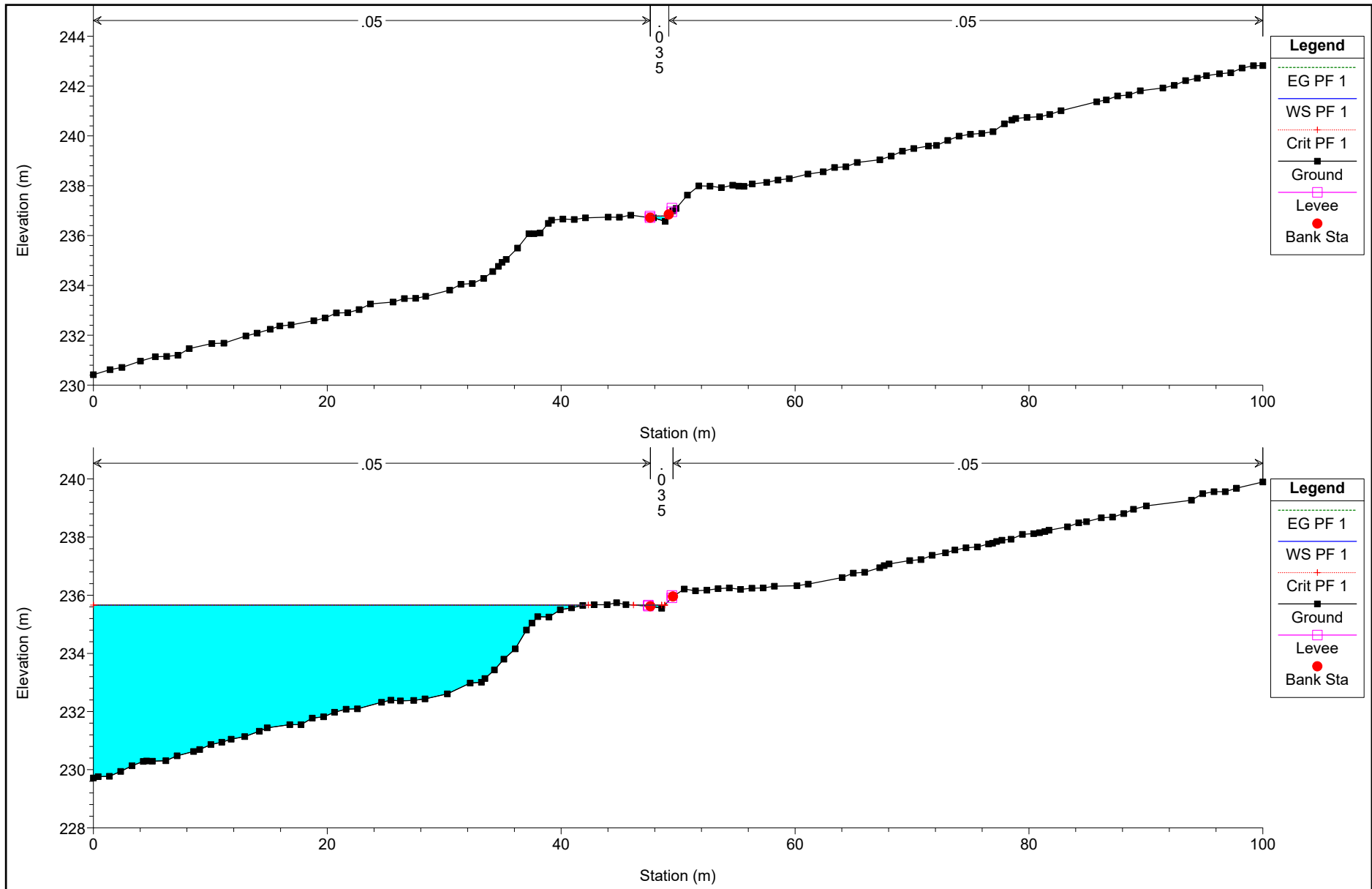
NI 01-02-03 - POST OPERAM

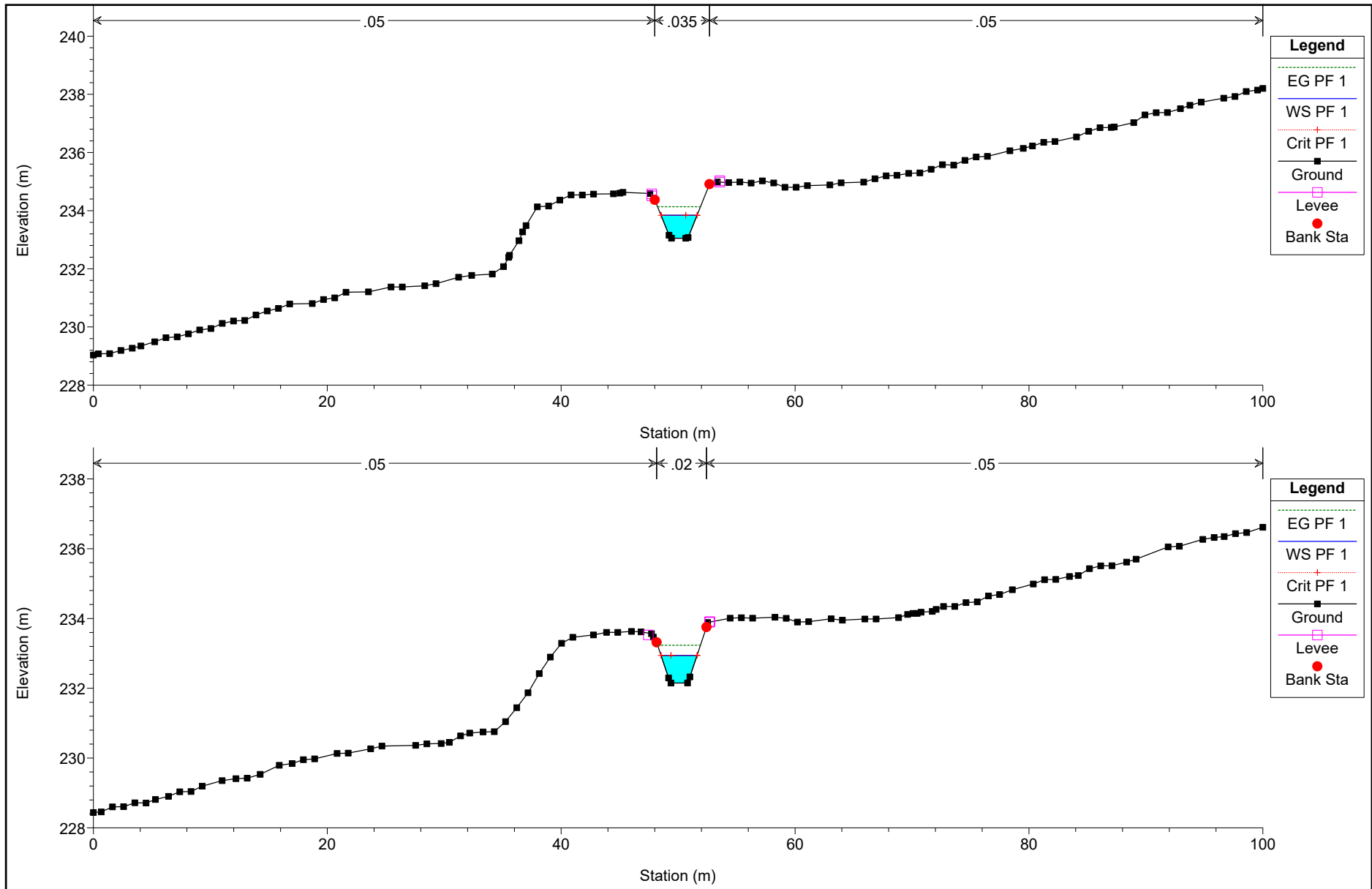


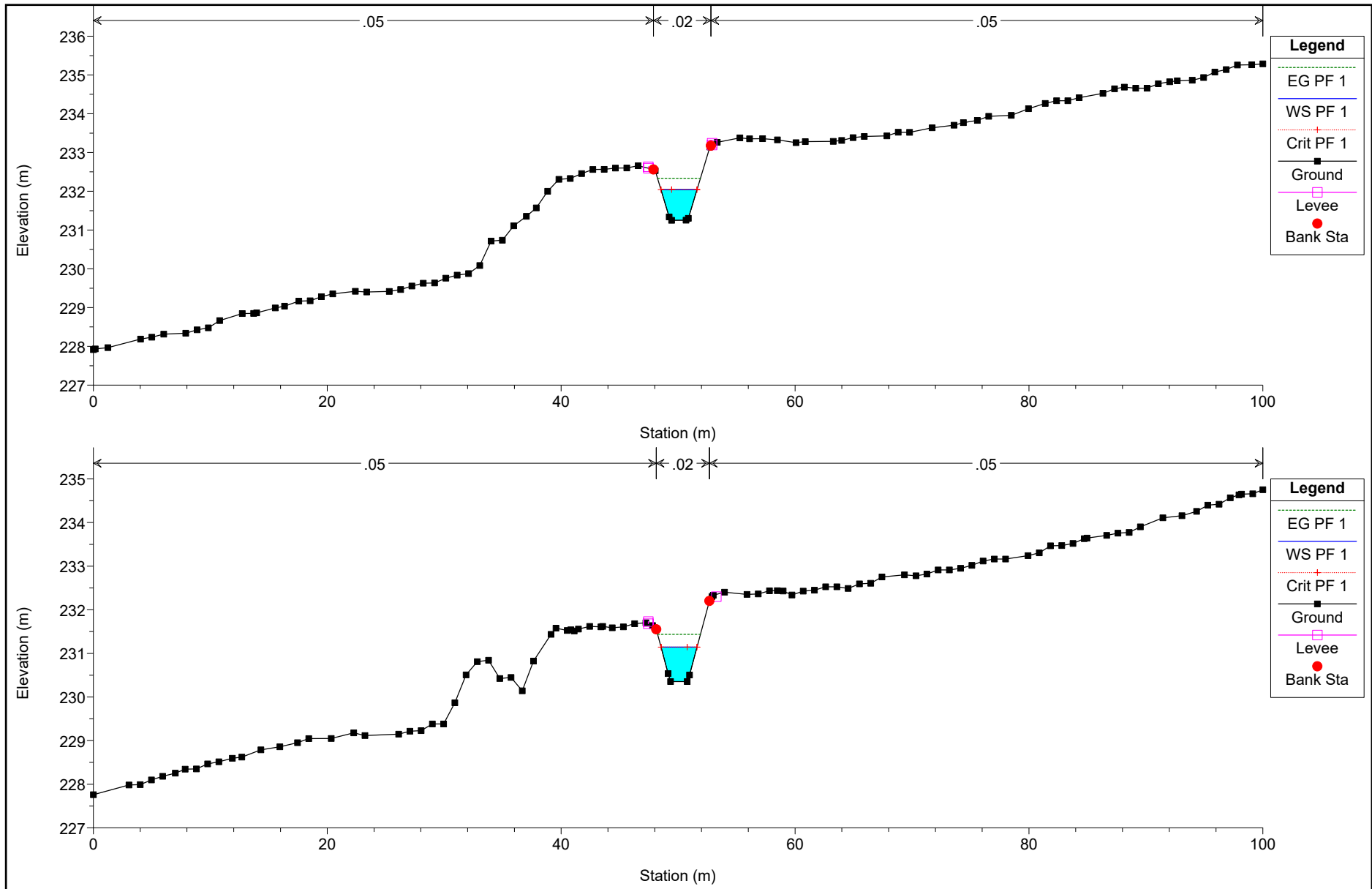


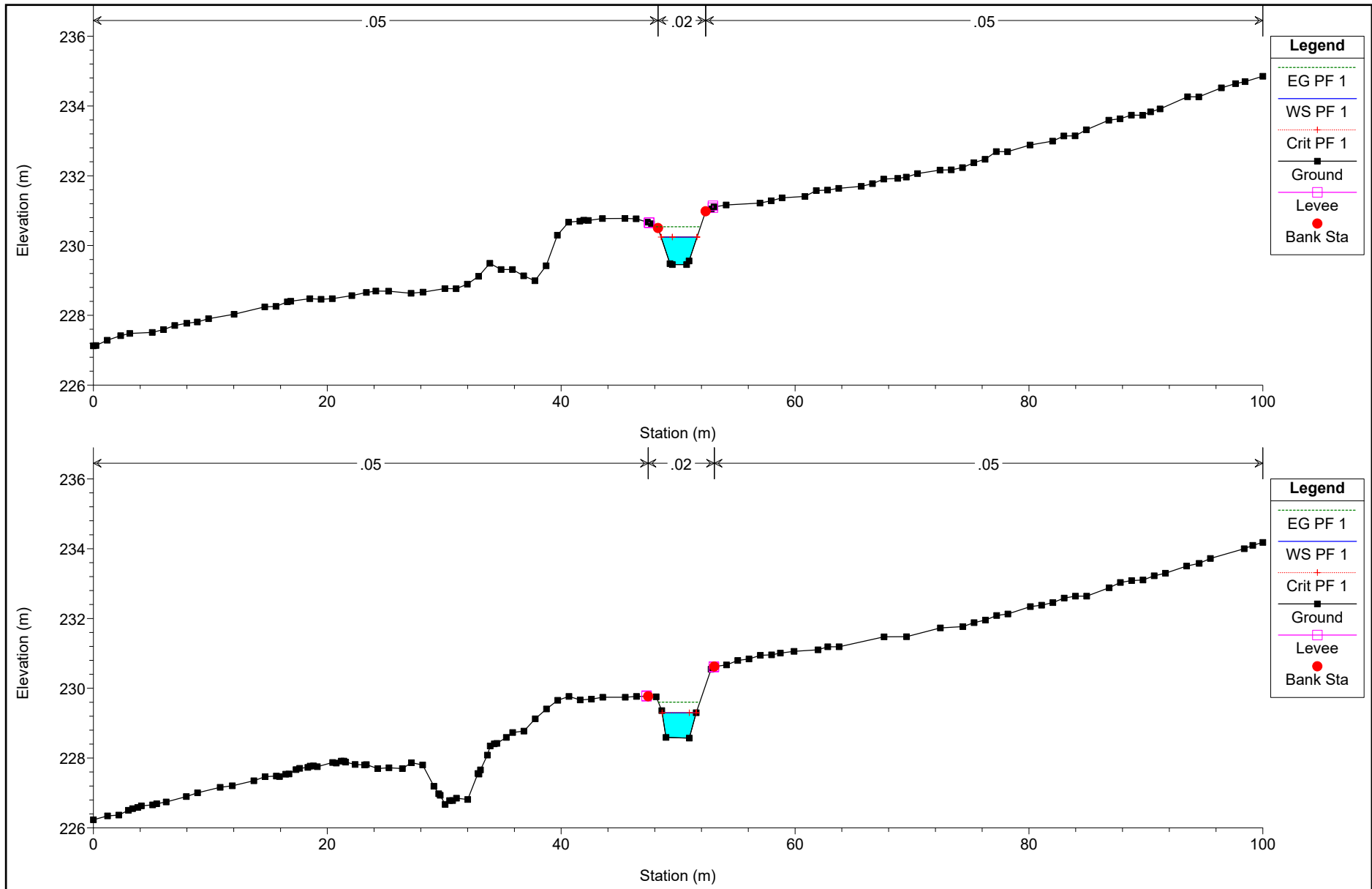


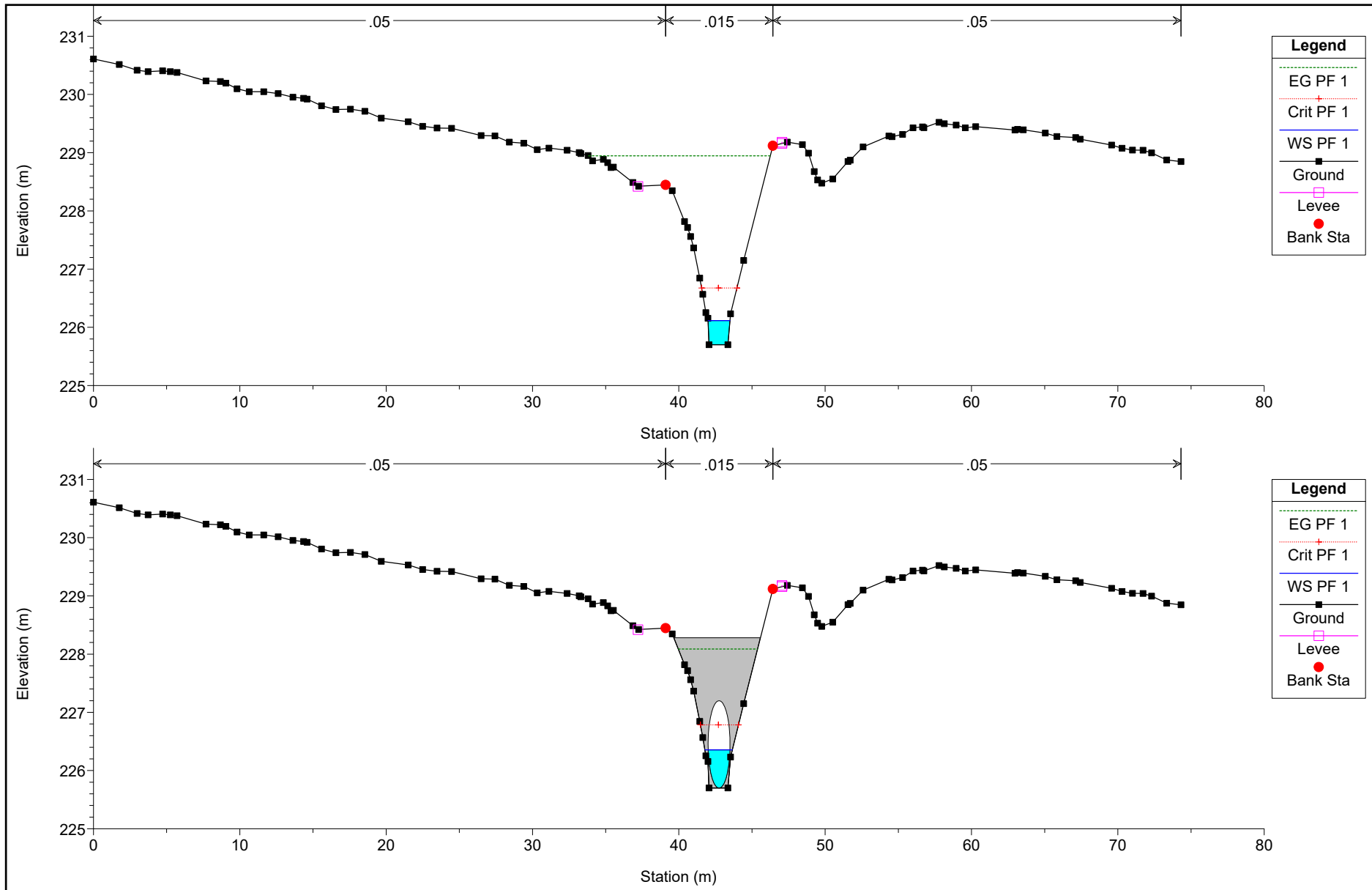


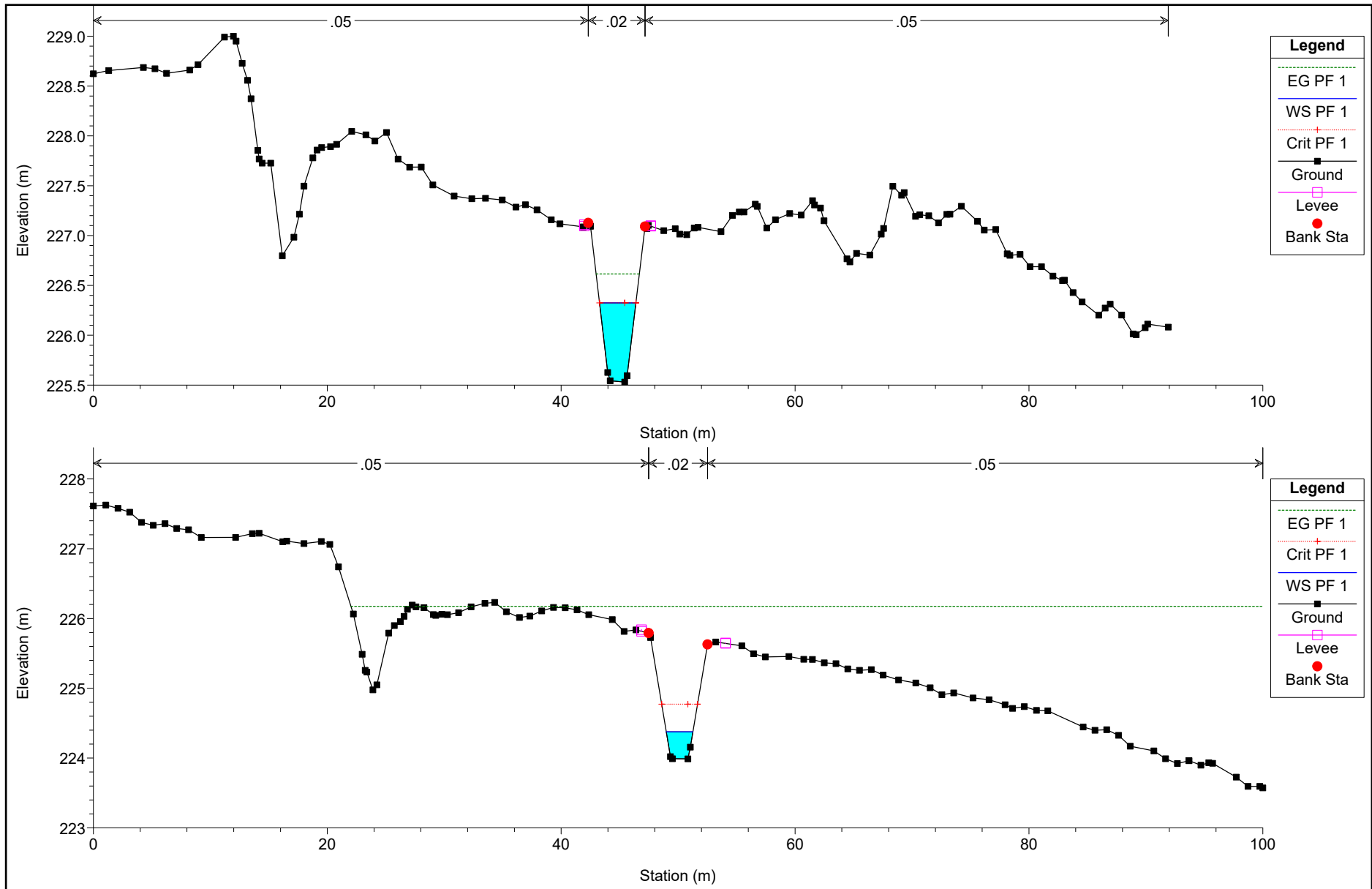


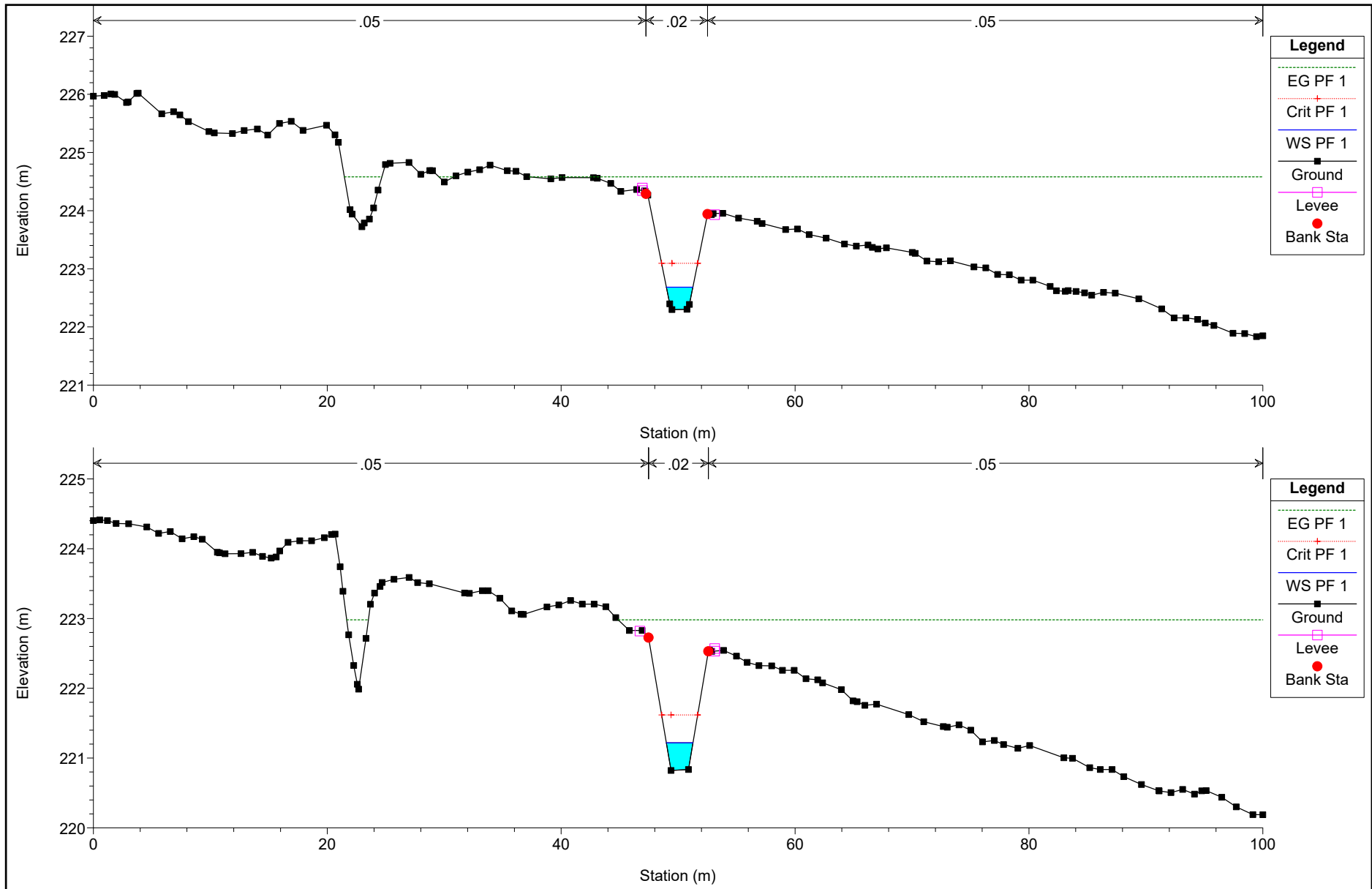


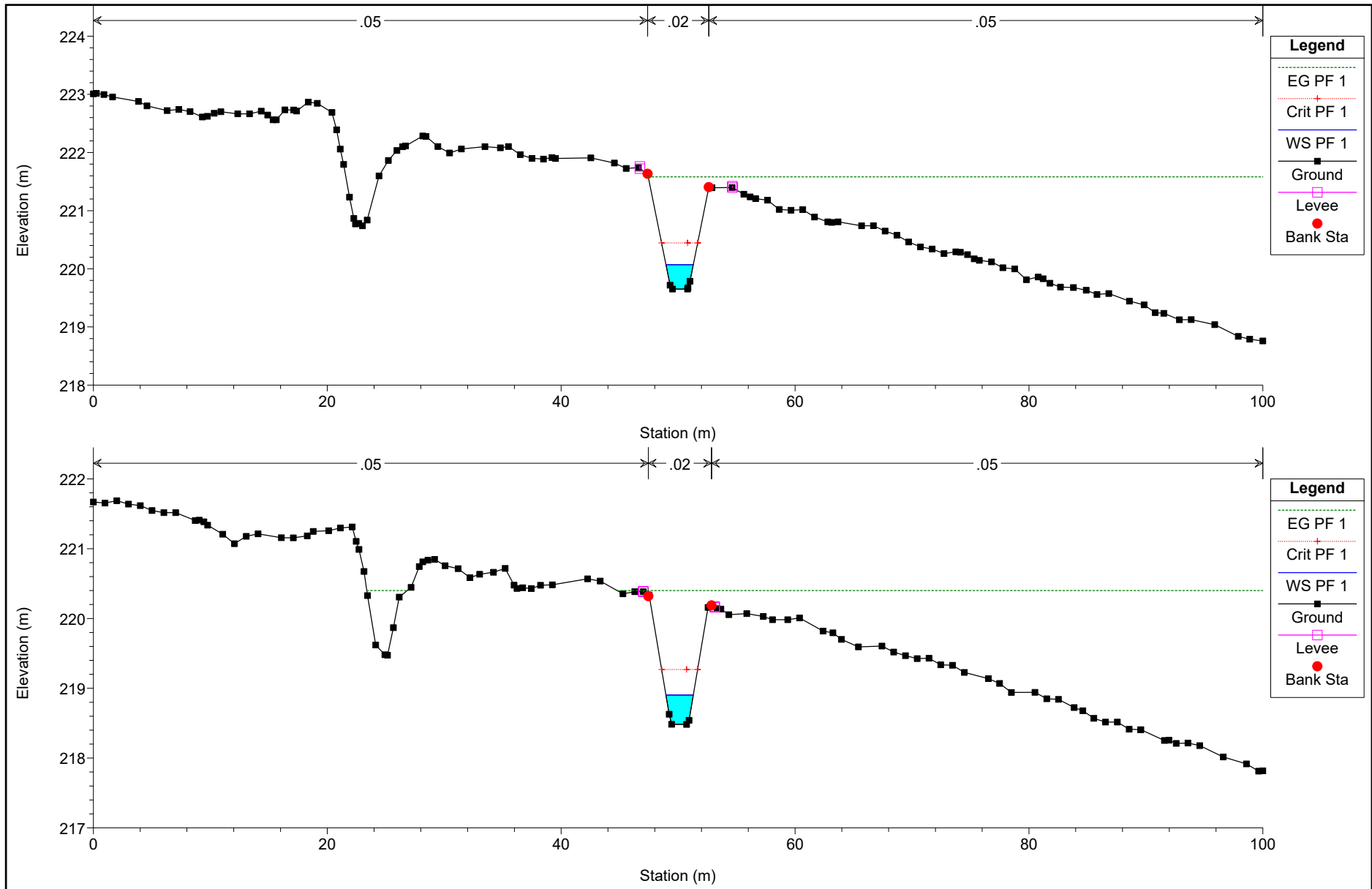


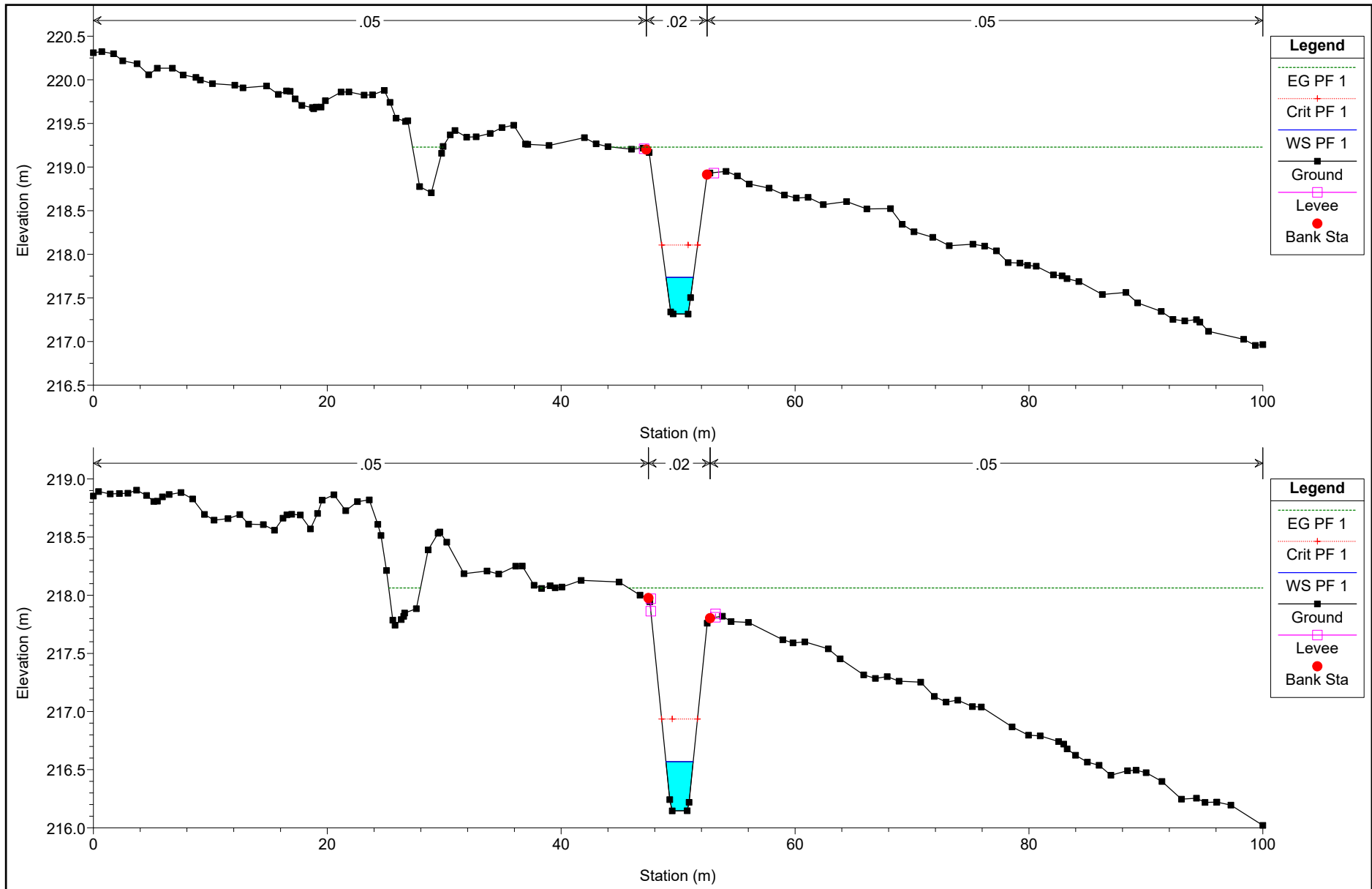


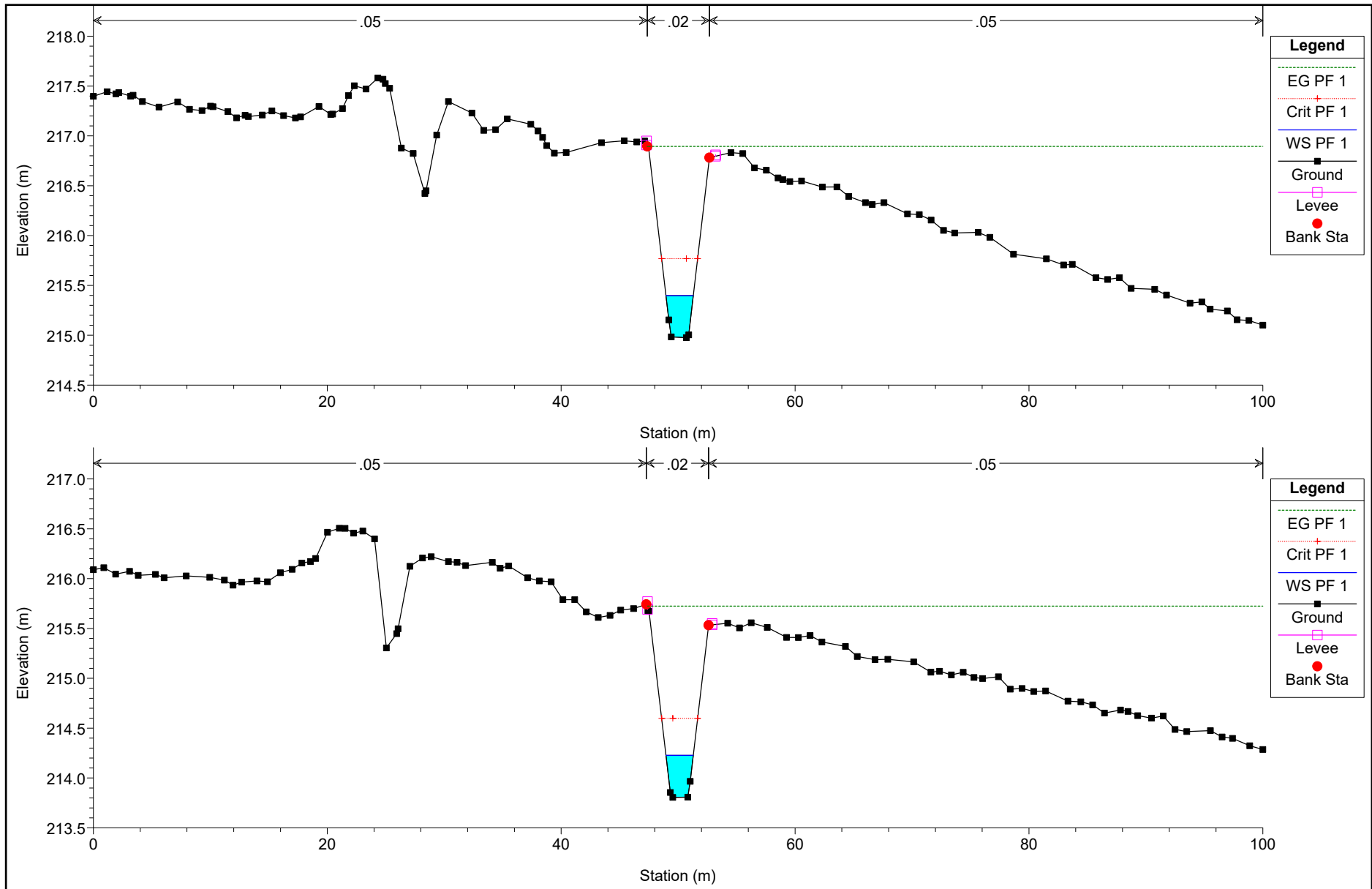


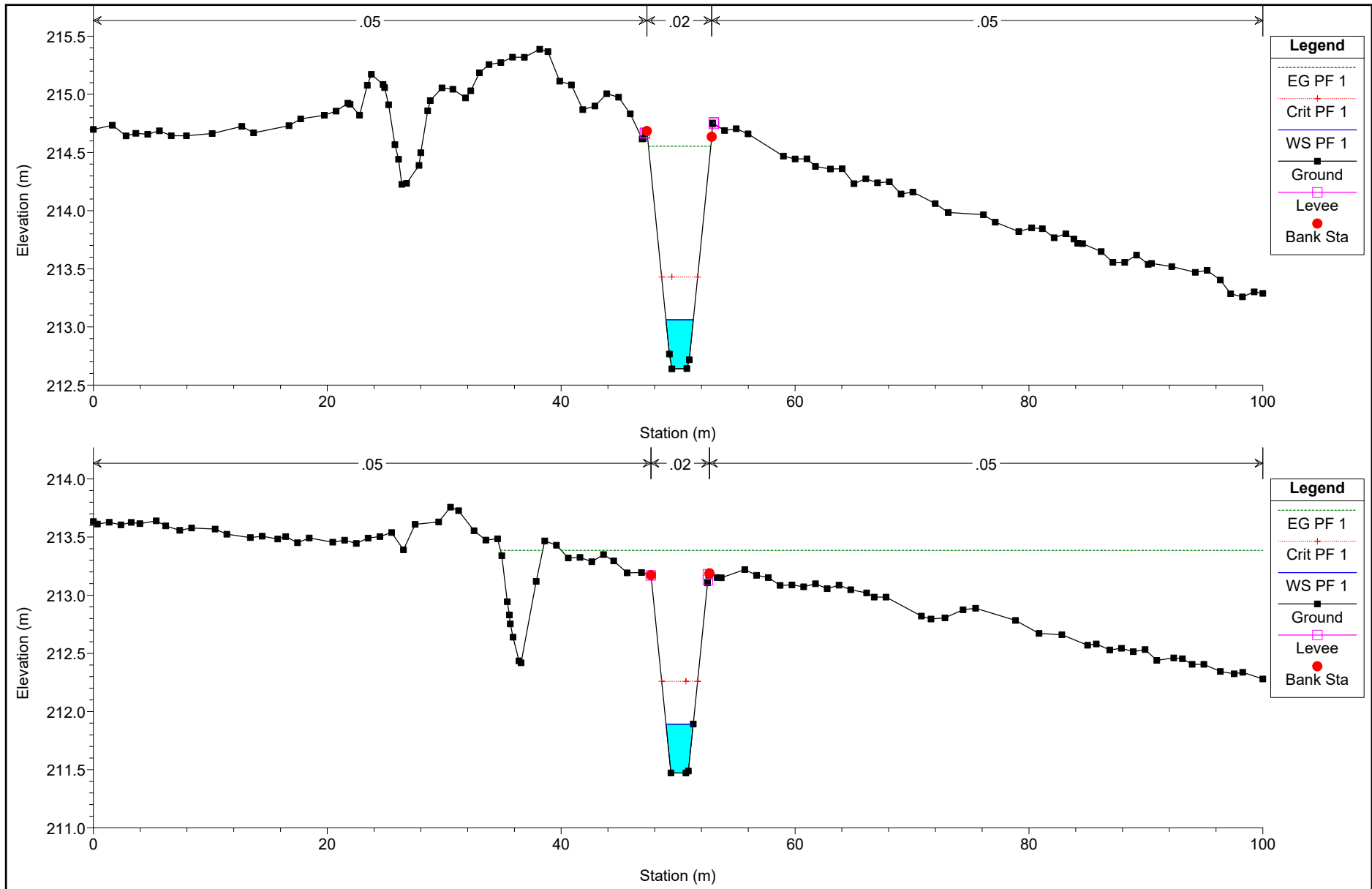


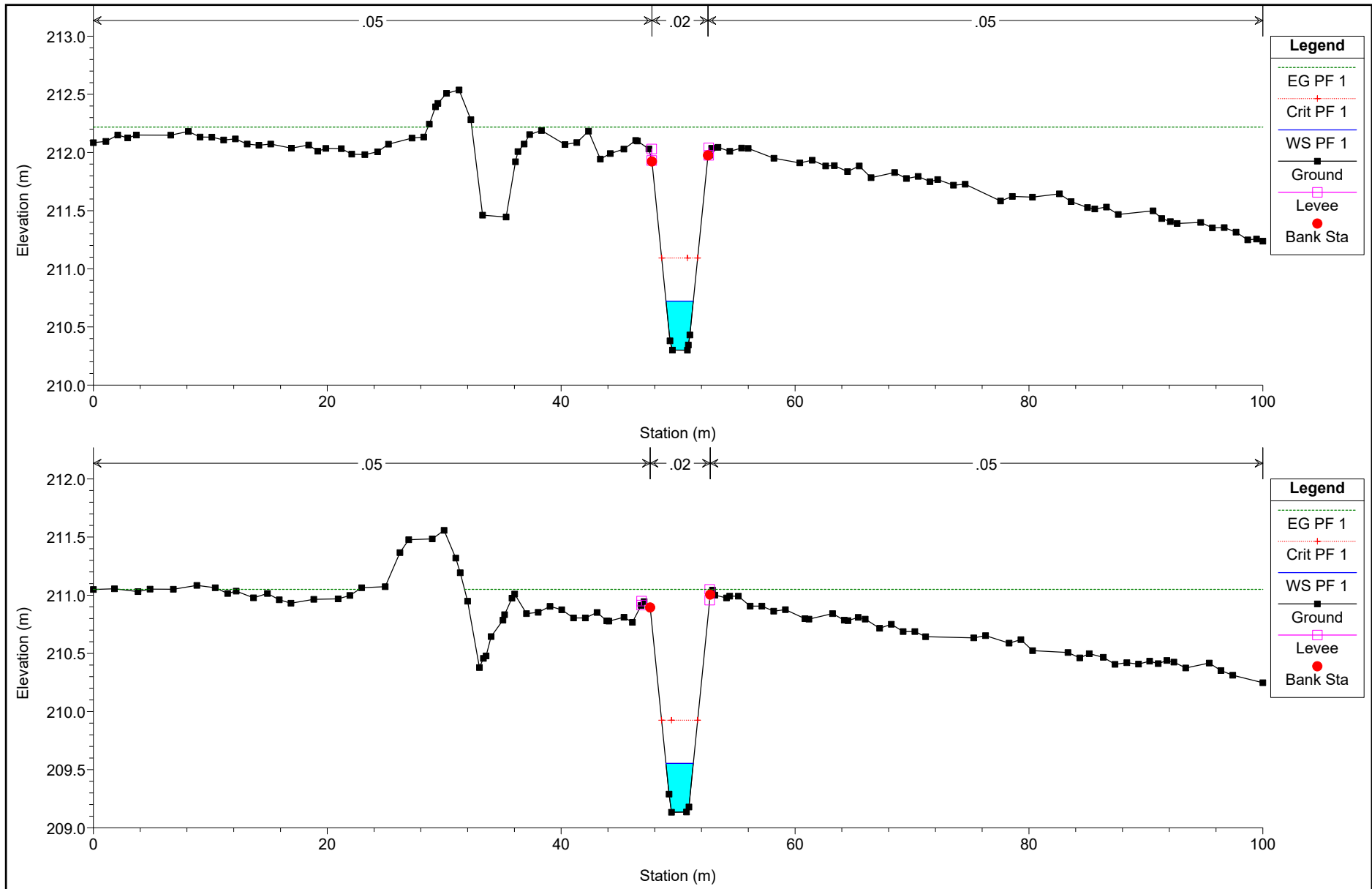


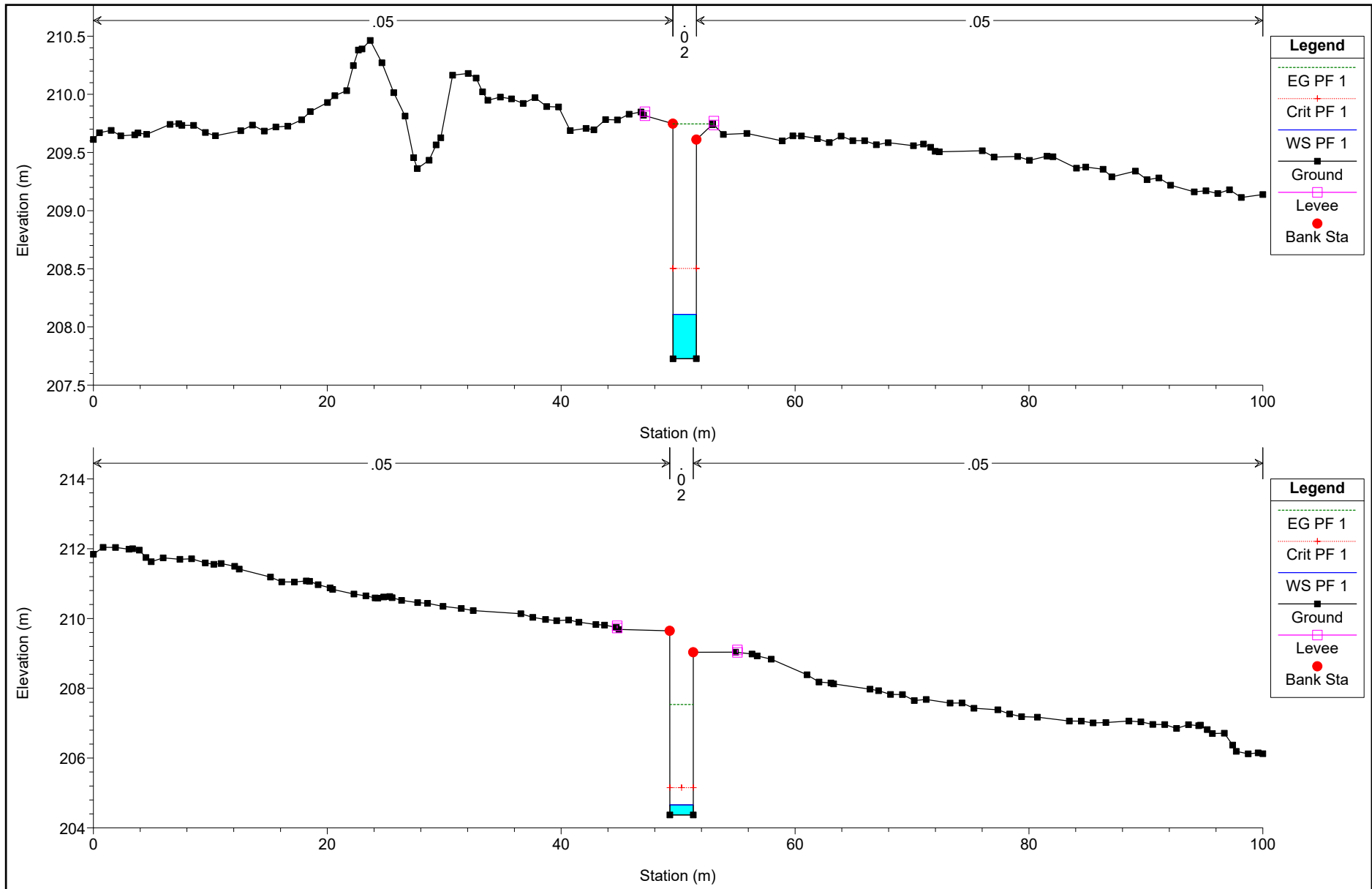


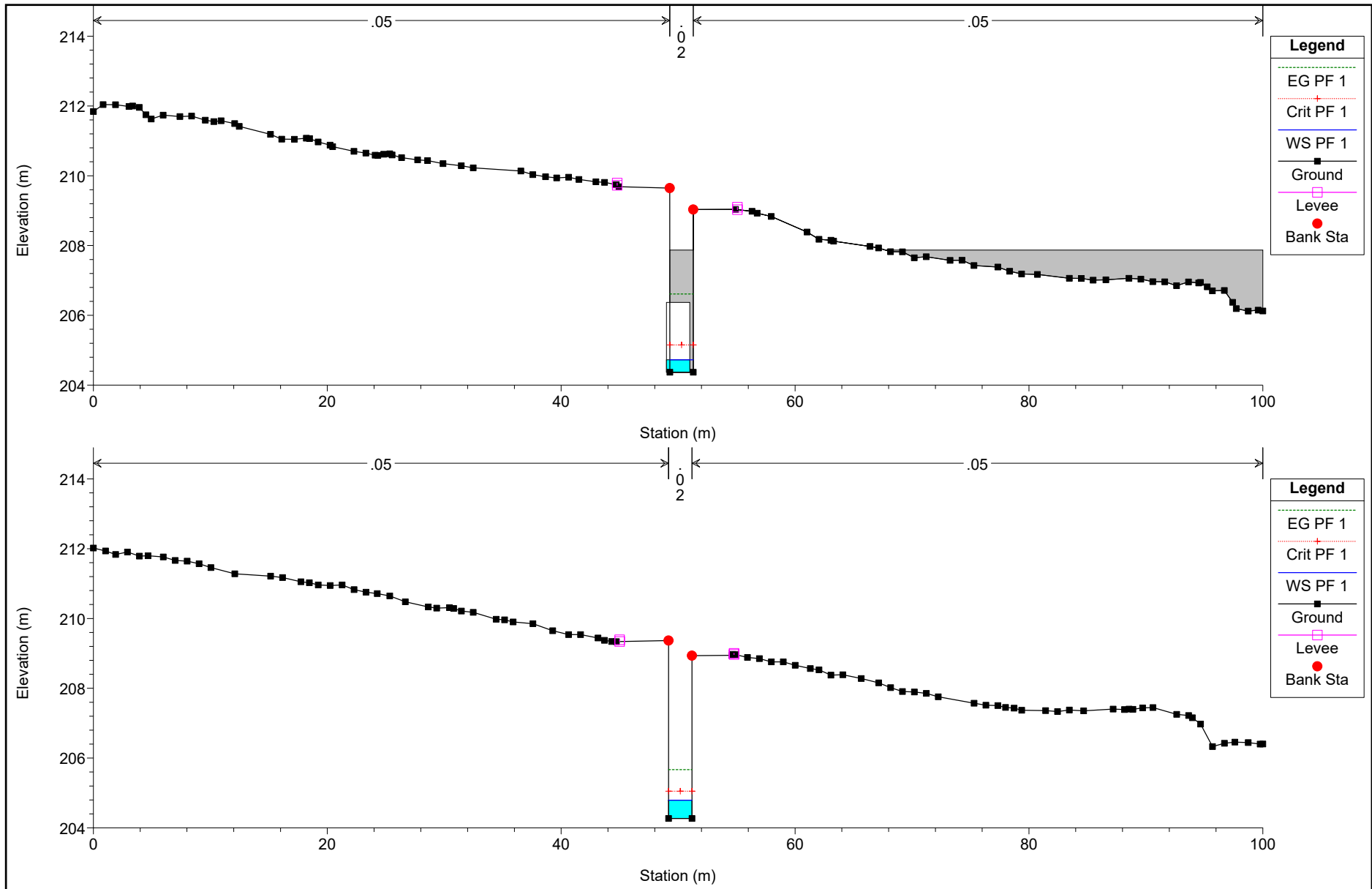


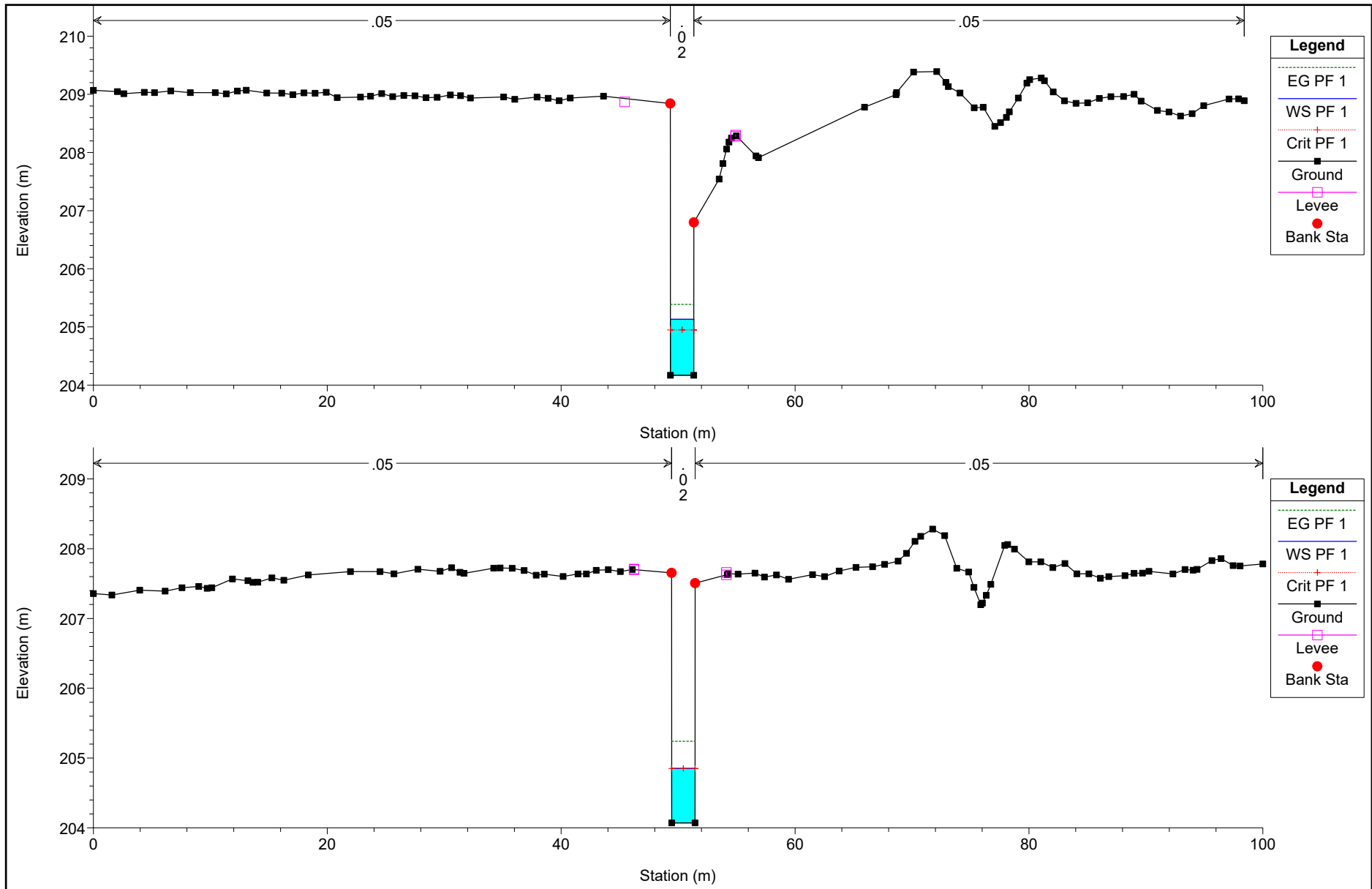


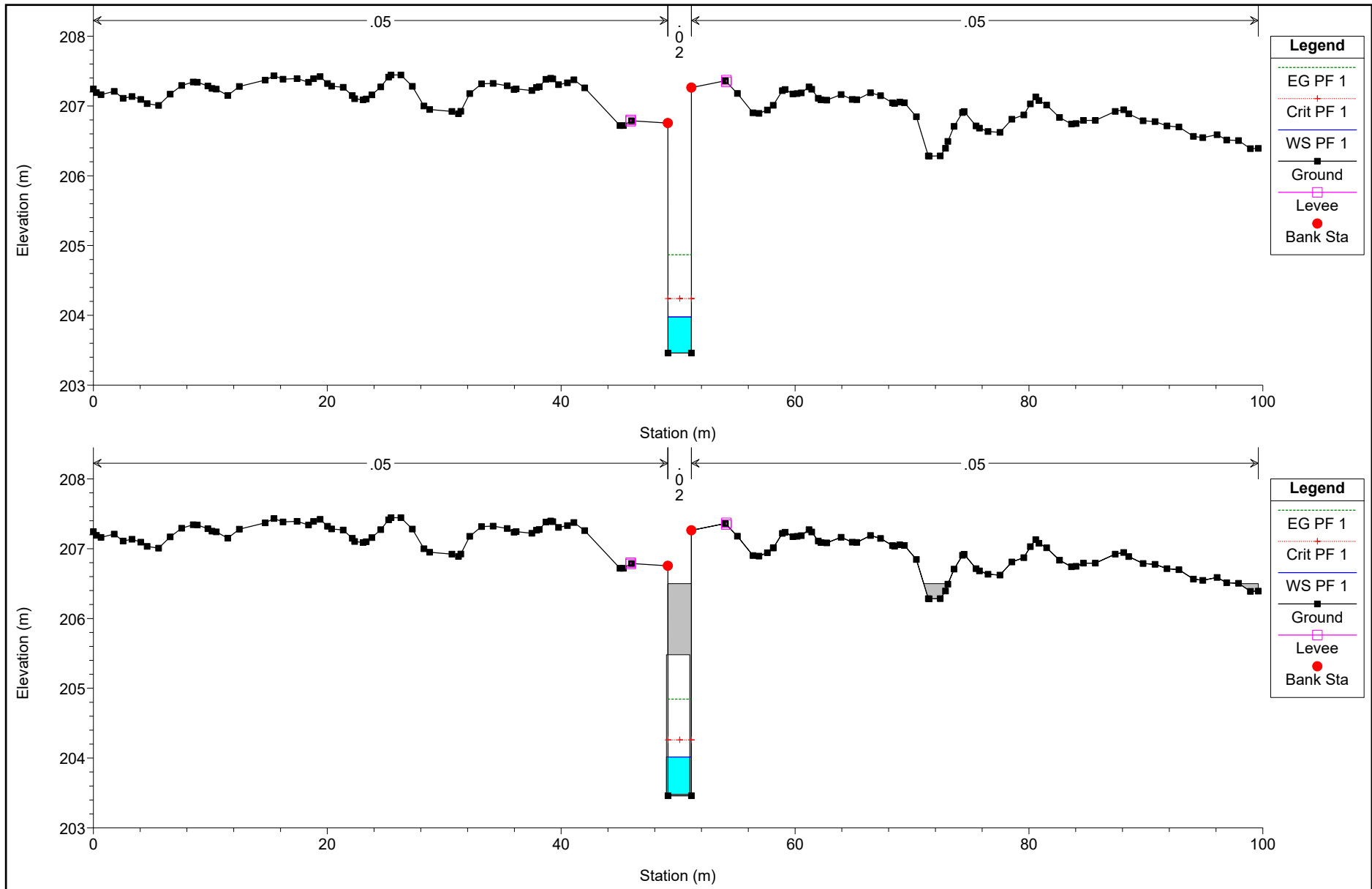


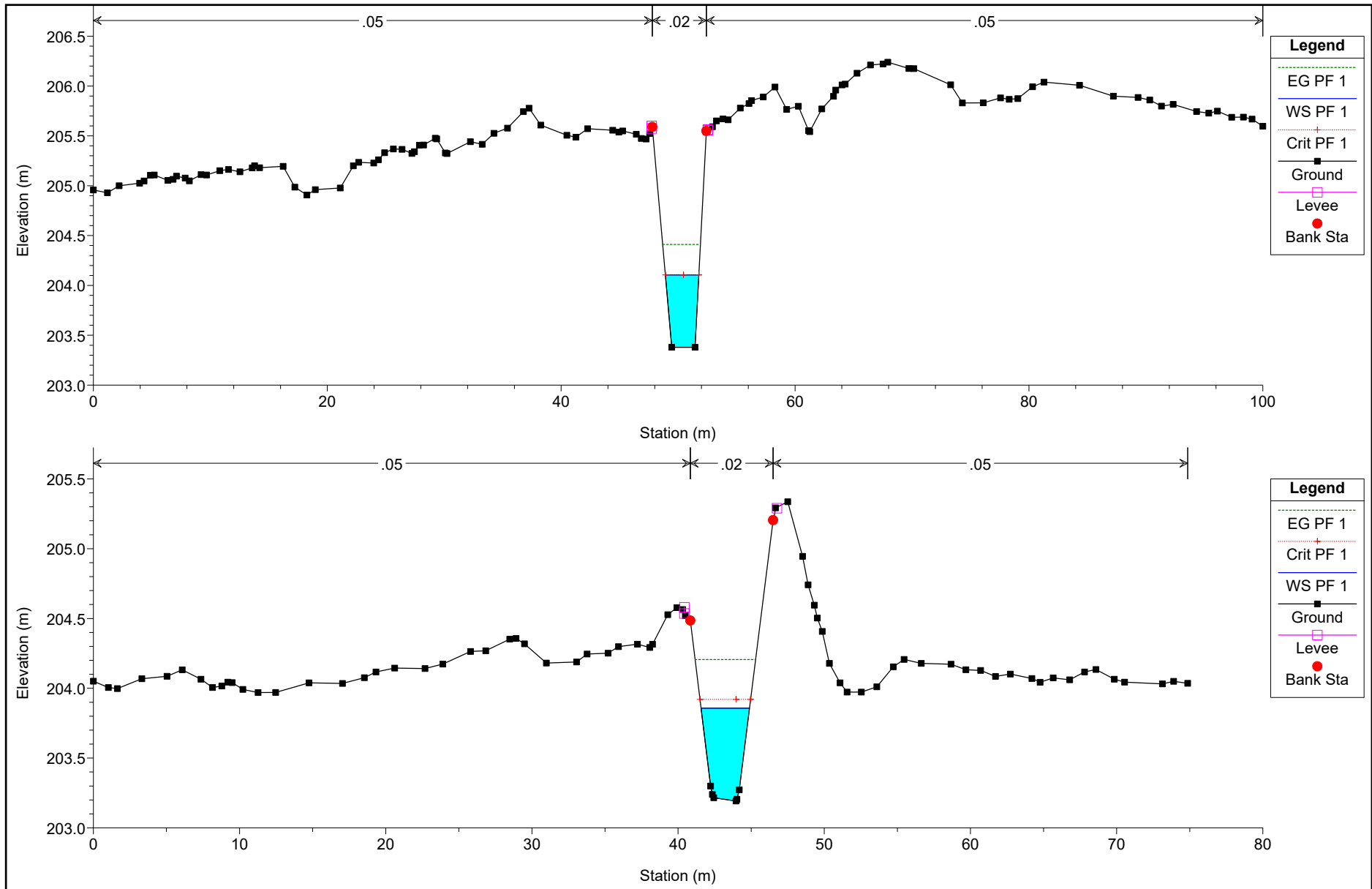


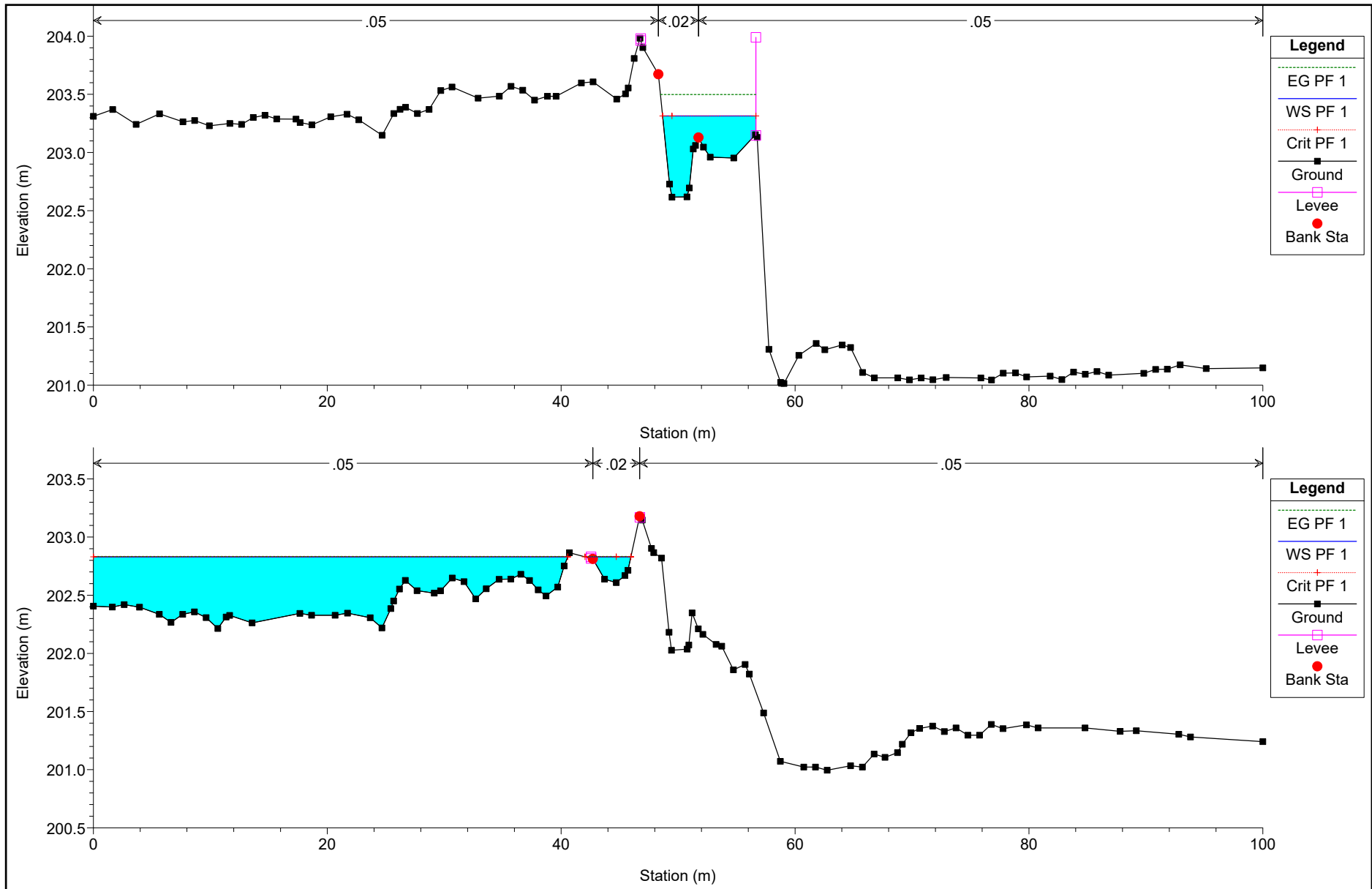


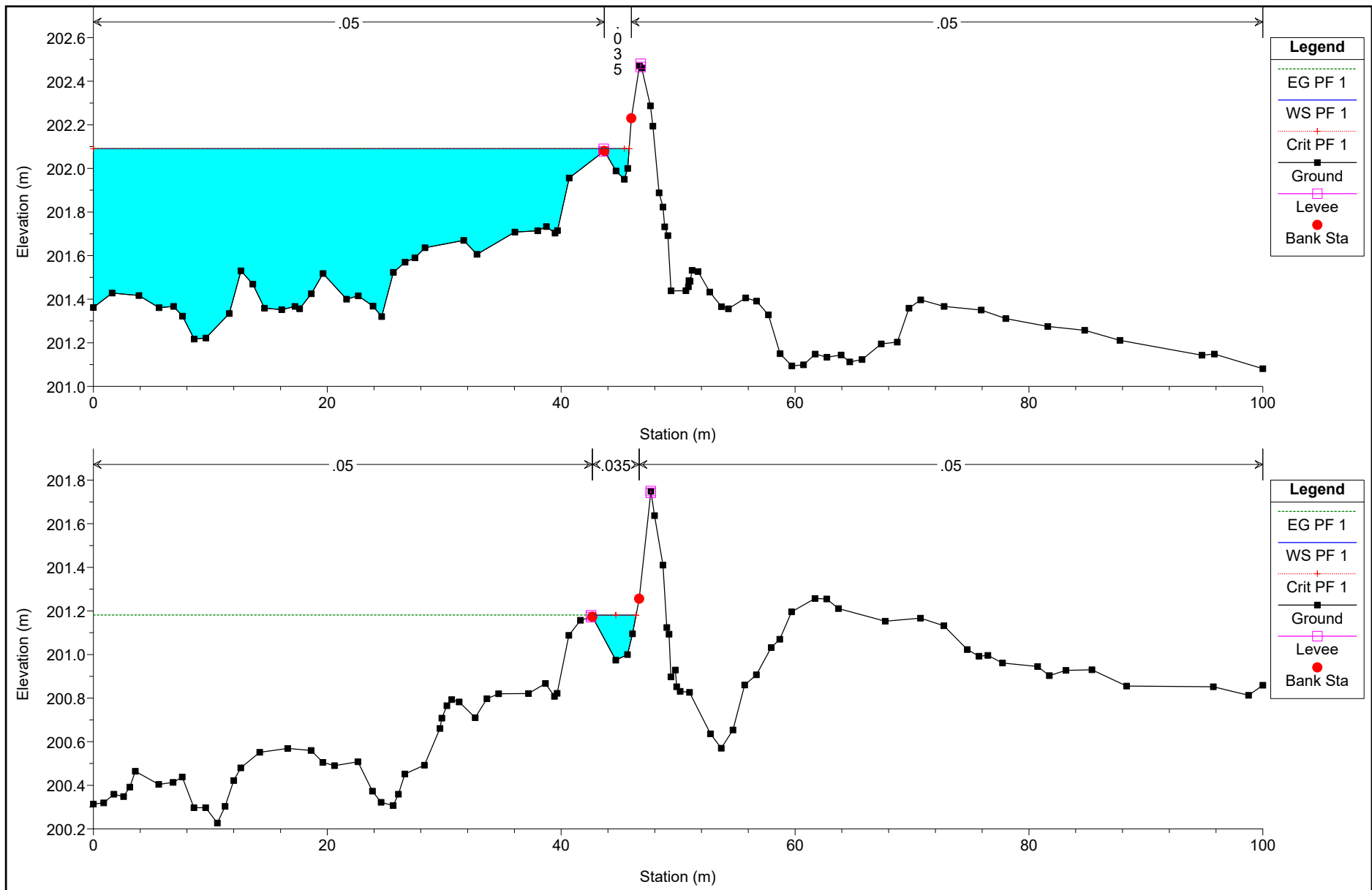


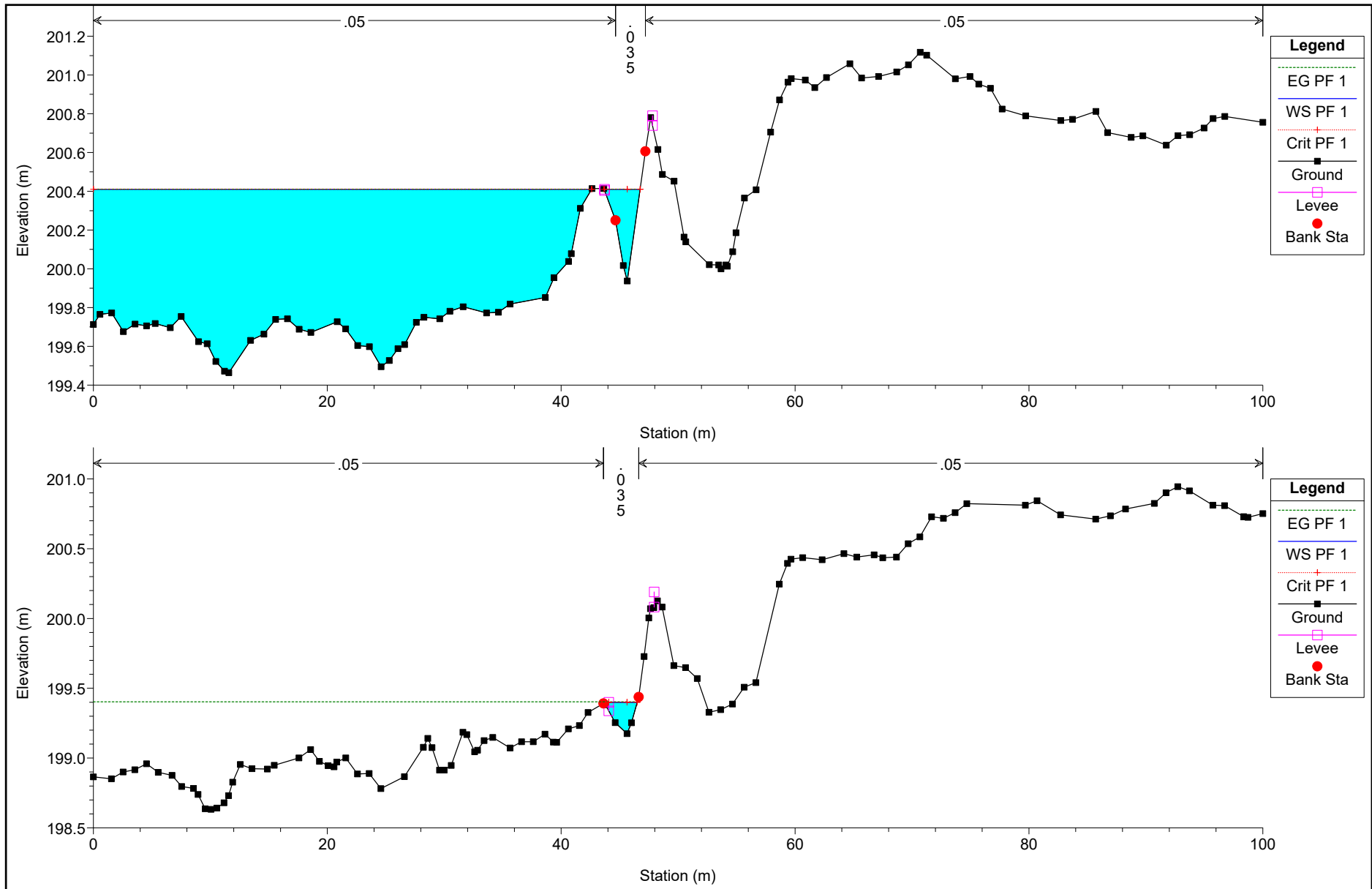








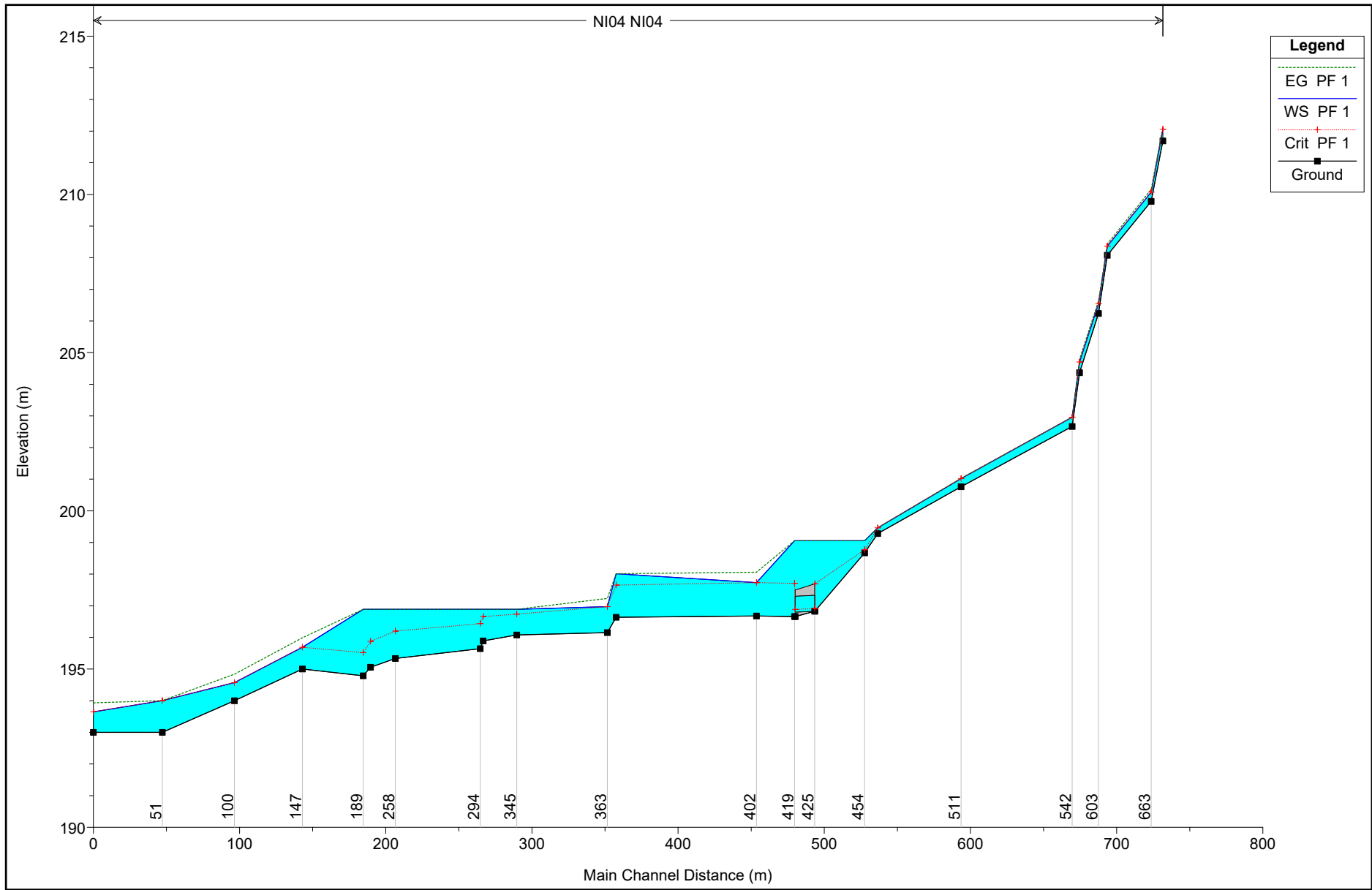


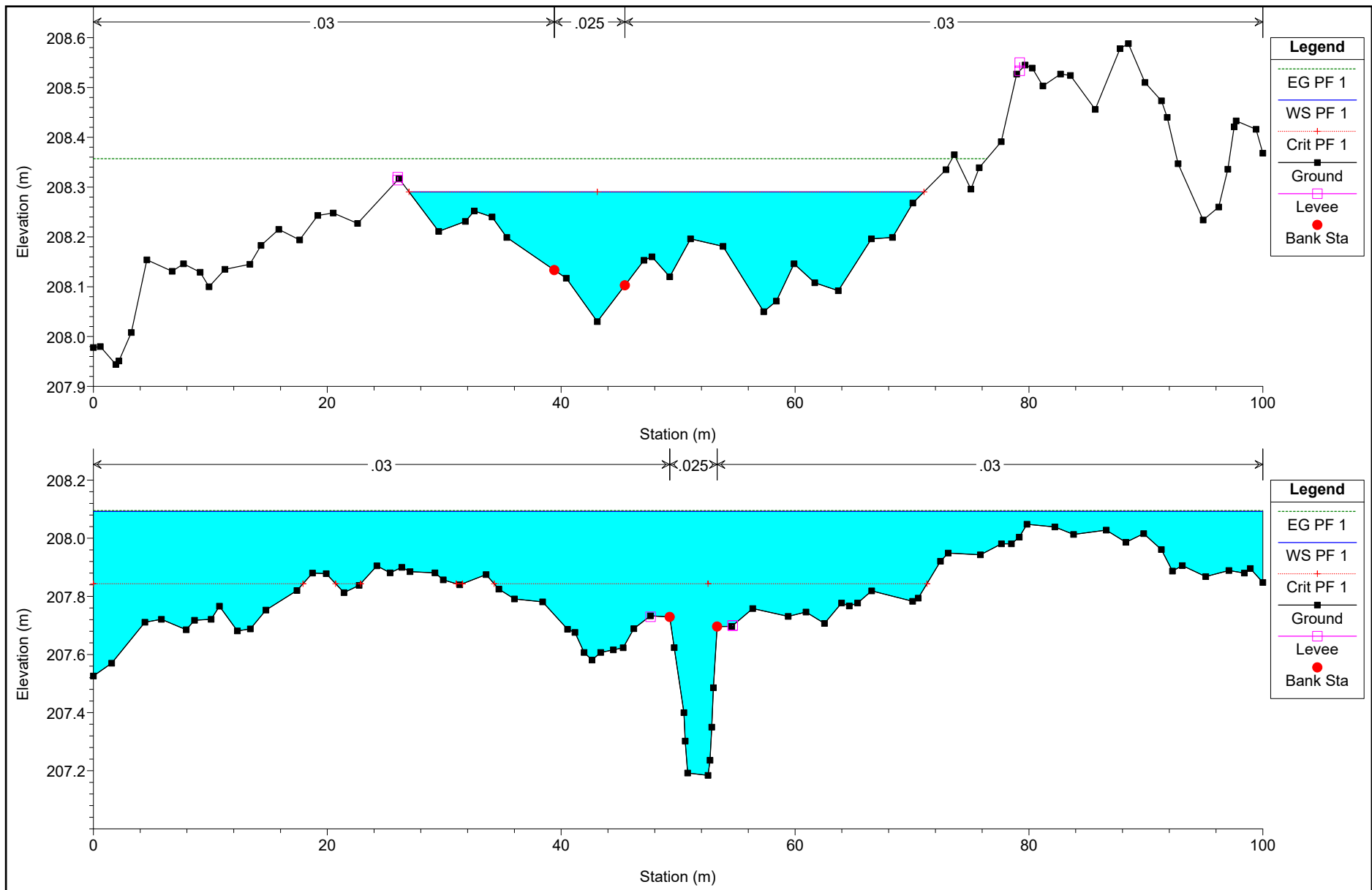


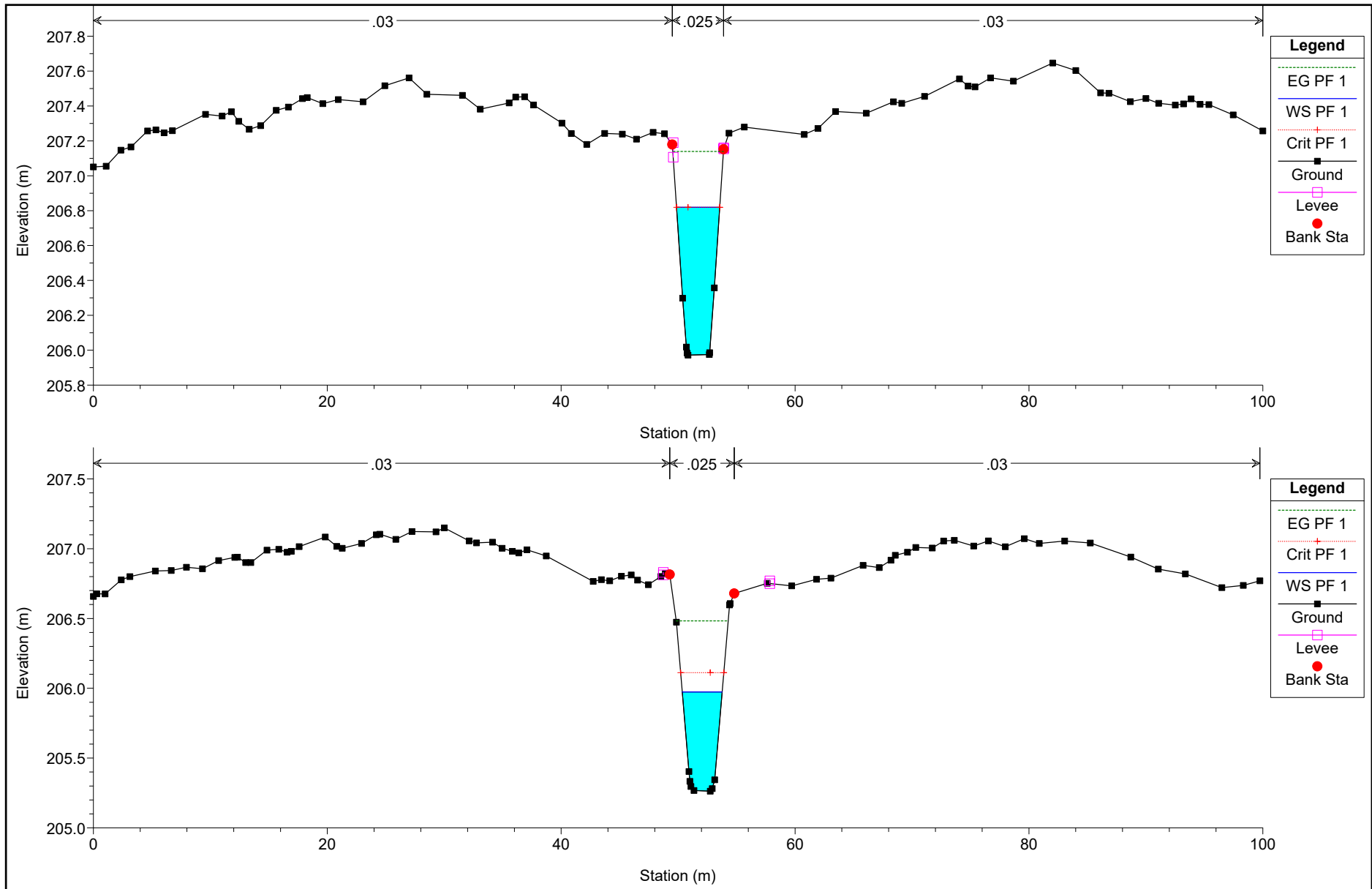
HEC-RAS Plan: POST OPERAM_FINALE XII River: NI_1-2-3_PO Reach: NI_1-2-3_PO Profile: PF 1

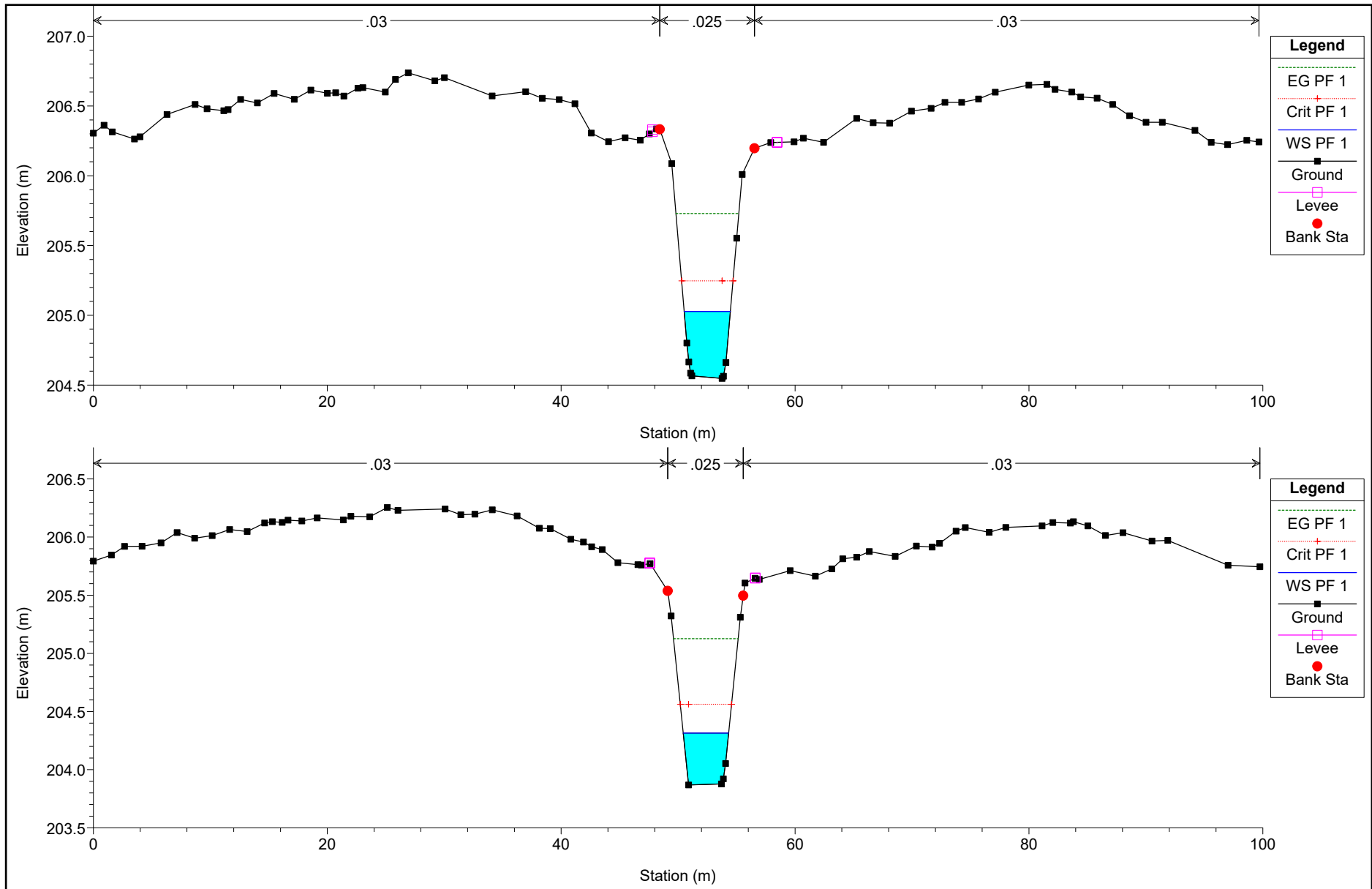
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
NI_1-2-3_PO	860	PF 1	4.32	242.76	242.90	242.90	242.90	0.000000	0.00	178.88	48.07	0.00
NI_1-2-3_PO	840	PF 1	4.32	241.69	242.07	242.07	242.07	0.000000	0.00	199.04	49.21	0.00
NI_1-2-3_PO	820	PF 1	4.32	240.66	240.95	240.95	240.95	0.000000	0.00	187.61	49.93	0.00
NI_1-2-3_PO	800	PF 1	4.32	239.55	240.13	240.13	240.13	0.000000	0.01	189.85	49.82	0.00
NI_1-2-3_PO	780	PF 1	4.32	238.56	238.97	238.97	238.97	0.000000	0.01	175.51	49.34	0.00
NI_1-2-3_PO	760	PF 1	4.32	237.56	237.86	237.86	237.86	0.000000	0.01	165.72	49.90	0.00
NI_1-2-3_PO	740	PF 1	4.32	236.57	236.78	236.78	236.78	0.000000	0.00	155.96	48.04	0.00
NI_1-2-3_PO	720	PF 1	4.32	235.55	235.66	235.66	235.66	0.000000	0.00	148.46	44.99	0.00
NI_1-2-3_PO	700	PF 1	4.32	233.05	233.84	233.84	234.13	0.018348	2.39	1.80	3.08	1.00
NI_1-2-3_PO	680	PF 1	4.32	232.15	232.94	232.94	233.23	0.005973	2.39	1.81	3.08	1.00
NI_1-2-3_PO	660	PF 1	4.32	231.25	232.04	232.04	232.34	0.006016	2.40	1.80	3.08	1.00
NI_1-2-3_PO	640	PF 1	4.32	230.35	231.15	231.15	231.44	0.005995	2.39	1.81	3.08	1.00
NI_1-2-3_PO	620	PF 1	4.32	229.45	230.24	230.24	230.54	0.006027	2.40	1.80	3.08	1.00
NI_1-2-3_PO	600	PF 1	4.32	228.57	229.30	229.30	229.60	0.006463	2.45	1.77	2.92	1.00
NI_1-2-3_PO	573.66	PF 1	4.32	225.70	226.12	226.68	228.95	0.071784	7.45	0.58	1.50	3.83
NI_1-2-3_PO	570			Culvert								
NI_1-2-3_PO	560	PF 1	4.32	225.53	226.32	226.32	226.61	0.005937	2.38	1.81	3.11	1.00
NI_1-2-3_PO	540	PF 1	4.32	223.99	224.38	224.77	226.17	0.076160	5.94	0.73	2.28	3.35
NI_1-2-3_PO	520	PF 1	4.32	222.30	222.68	223.10	224.58	0.081919	6.10	0.71	2.26	3.48
NI_1-2-3_PO	500	PF 1	4.32	220.82	221.22	221.62	222.98	0.074419	5.88	0.73	2.28	3.30
NI_1-2-3_PO	480	PF 1	4.32	219.65	220.07	220.44	221.58	0.059244	5.45	0.79	2.34	2.98
NI_1-2-3_PO	460	PF 1	4.32	218.48	218.90	219.27	220.40	0.058559	5.42	0.80	2.34	2.97
NI_1-2-3_PO	440	PF 1	4.32	217.32	217.74	218.11	219.23	0.058504	5.41	0.80	2.33	2.95
NI_1-2-3_PO	420	PF 1	4.32	216.15	216.57	216.94	218.06	0.058021	5.41	0.80	2.33	2.96
NI_1-2-3_PO	400	PF 1	4.32	214.98	215.40	215.77	216.89	0.058734	5.42	0.80	2.34	2.96
NI_1-2-3_PO	380	PF 1	4.32	213.81	214.23	214.60	215.72	0.058425	5.42	0.80	2.34	2.96
NI_1-2-3_PO	360	PF 1	4.32	212.64	213.06	213.43	214.55	0.058098	5.41	0.80	2.34	2.96
NI_1-2-3_PO	340	PF 1	4.32	211.47	211.89	212.26	213.39	0.058738	5.41	0.80	2.34	2.96
NI_1-2-3_PO	320	PF 1	4.32	210.30	210.72	211.09	212.22	0.058213	5.42	0.80	2.34	2.96
NI_1-2-3_PO	300	PF 1	4.32	209.13	209.55	209.93	211.05	0.058590	5.42	0.80	2.34	2.97
NI_1-2-3_PO	280	PF 1	4.32	207.73	208.11	208.50	209.75	0.071474	5.67	0.76	2.00	2.93
NI_1-2-3_PO	260	PF 1	4.32	204.37	204.66	205.15	207.54	0.166668	7.51	0.57	2.00	4.48
NI_1-2-3_PO	240			Culvert								
NI_1-2-3_PO	237.32	PF 1	4.32	204.27	204.79	205.05	205.67	0.028696	4.15	1.04	2.00	1.84
NI_1-2-3_PO	220	PF 1	4.32	204.17	205.13	204.95	205.39	0.005187	2.24	1.93	2.01	0.73
NI_1-2-3_PO	200	PF 1	4.32	204.07	204.85	204.85	205.24	0.009146	2.76	1.56	2.00	1.00
NI_1-2-3_PO	178.66	PF 1	4.32	203.46	203.98	204.24	204.87	0.029401	4.18	1.03	2.00	1.86
NI_1-2-3_PO	170			Culvert								
NI_1-2-3_PO	167.39	PF 1	4.32	203.38	204.11	204.11	204.41	0.006437	2.45	1.76	2.86	1.00
NI_1-2-3_PO	140	PF 1	4.32	203.19	203.86	203.92	204.21	0.008188	2.61	1.65	3.31	1.18
NI_1-2-3_PO	120	PF 1	4.32	202.62	203.31	203.31	203.50	0.005145	2.12	3.08	7.97	0.94
NI_1-2-3_PO	100	PF 1	4.32	202.61	202.83	202.83	202.83	0.000530	0.33	17.06	44.49	0.27
NI_1-2-3_PO	80	PF 1	4.32	201.95	202.09	202.09	202.09	0.000166	0.07	24.91	45.81	0.08
NI_1-2-3_PO	60	PF 1	4.32	200.97	201.18	201.18	201.18	0.000134	0.08	26.57	46.40	0.07
NI_1-2-3_PO	40	PF 1	4.32	199.94	200.41	200.41	200.41	0.000094	0.11	29.48	45.68	0.07
NI_1-2-3_PO	20	PF 1	4.32	199.17	199.40	199.40	199.40	0.000421	0.14	18.94	46.50	0.13

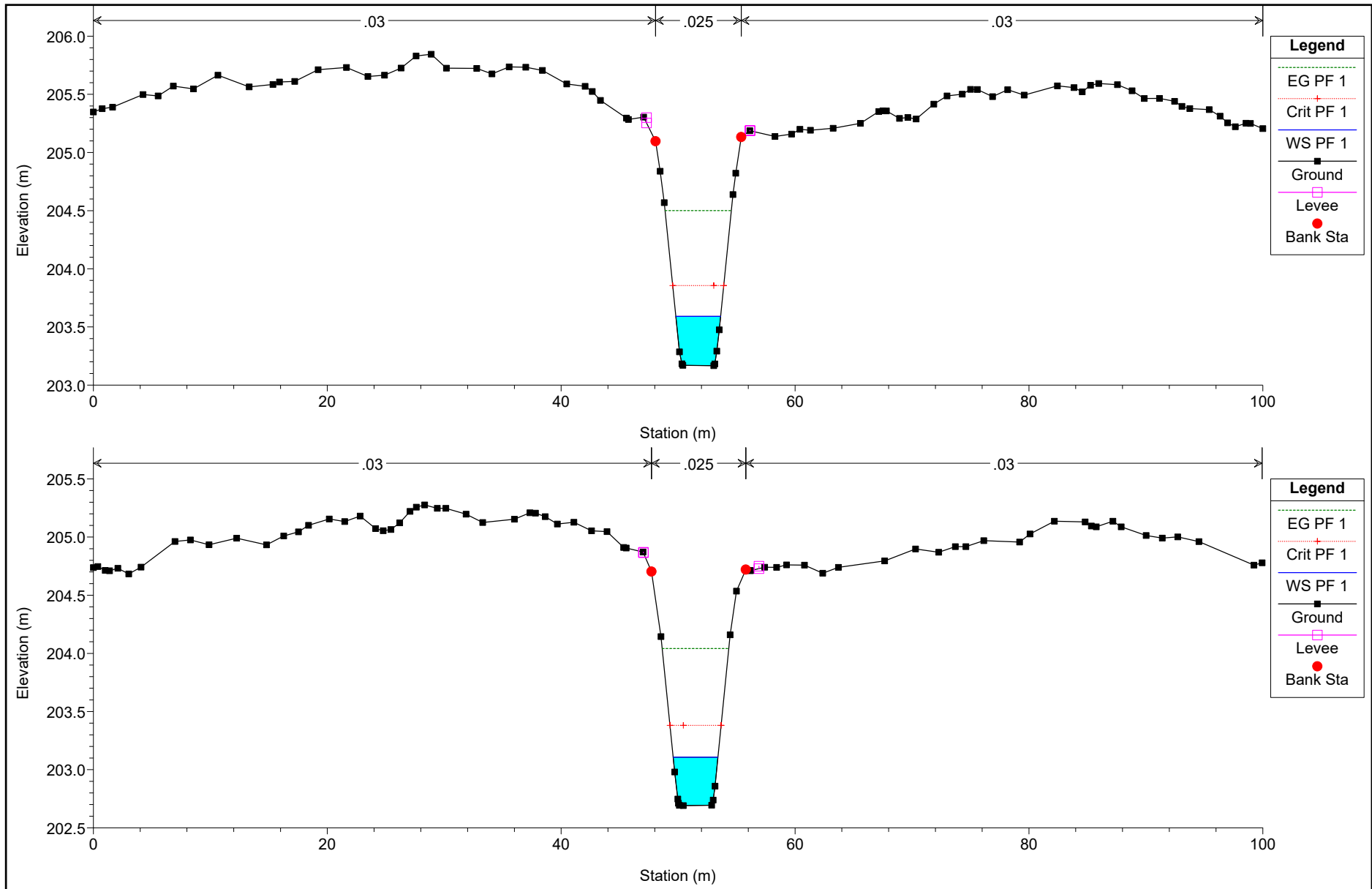
NI 04- ANTE OPERAM

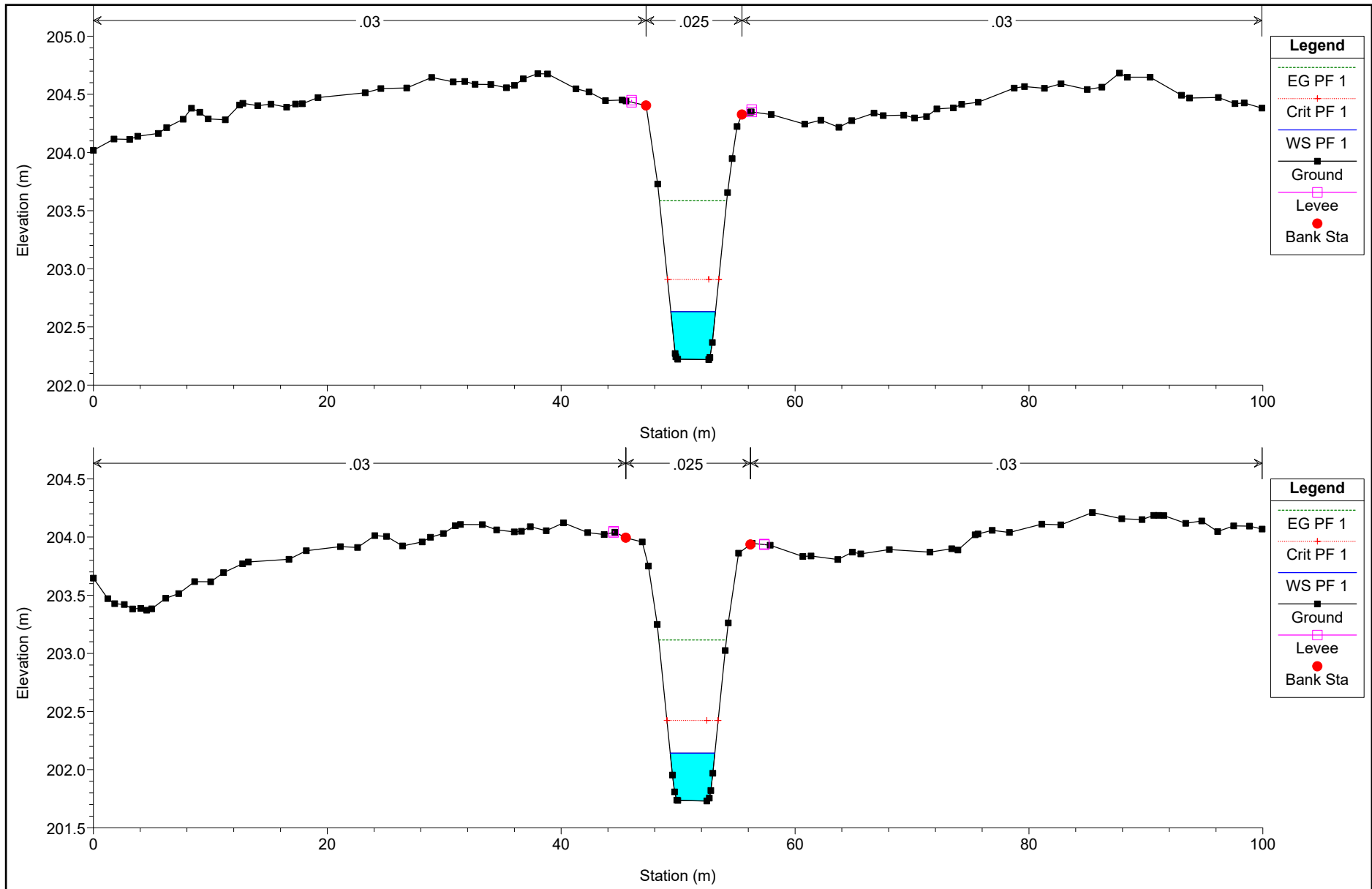


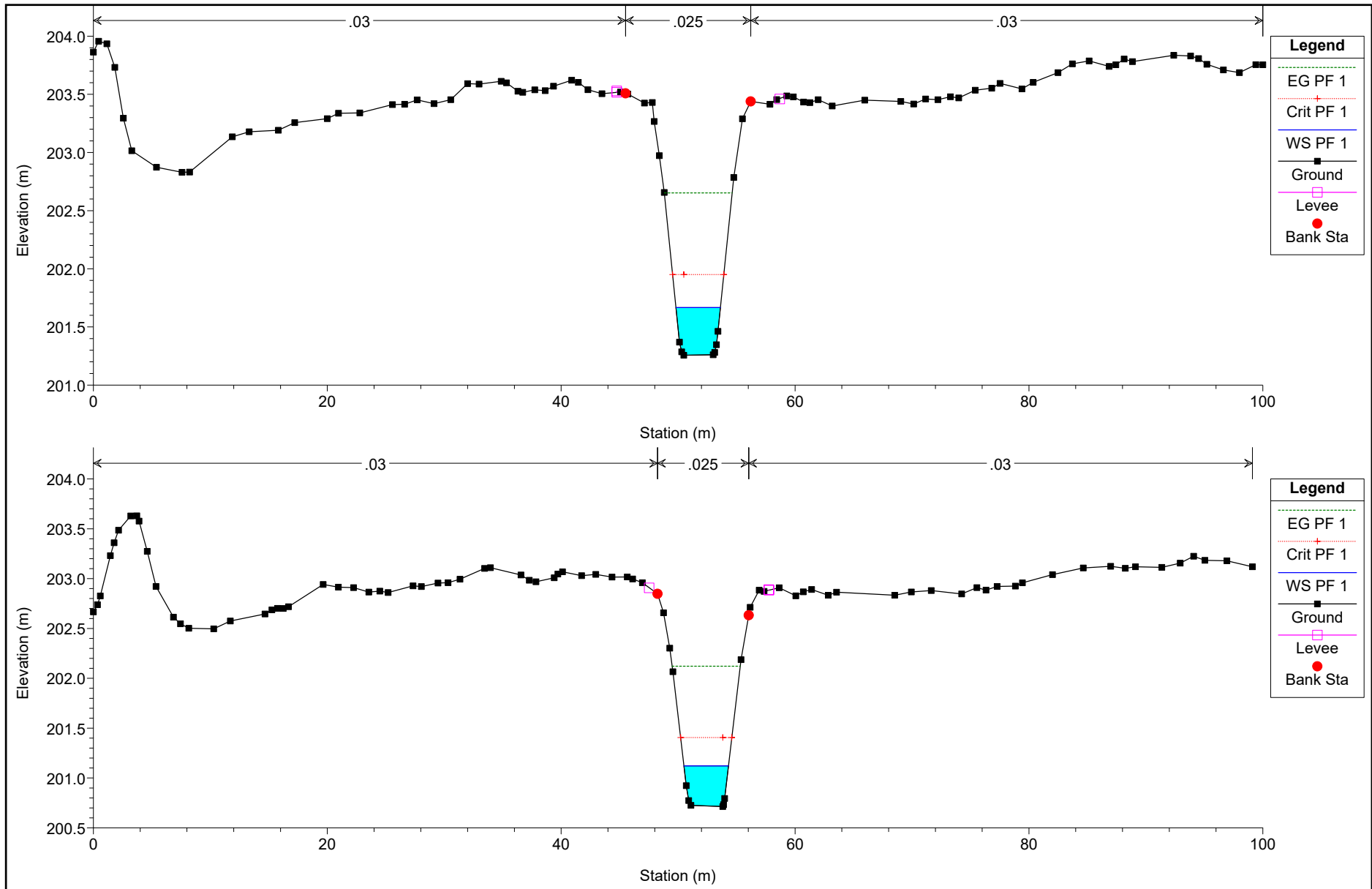


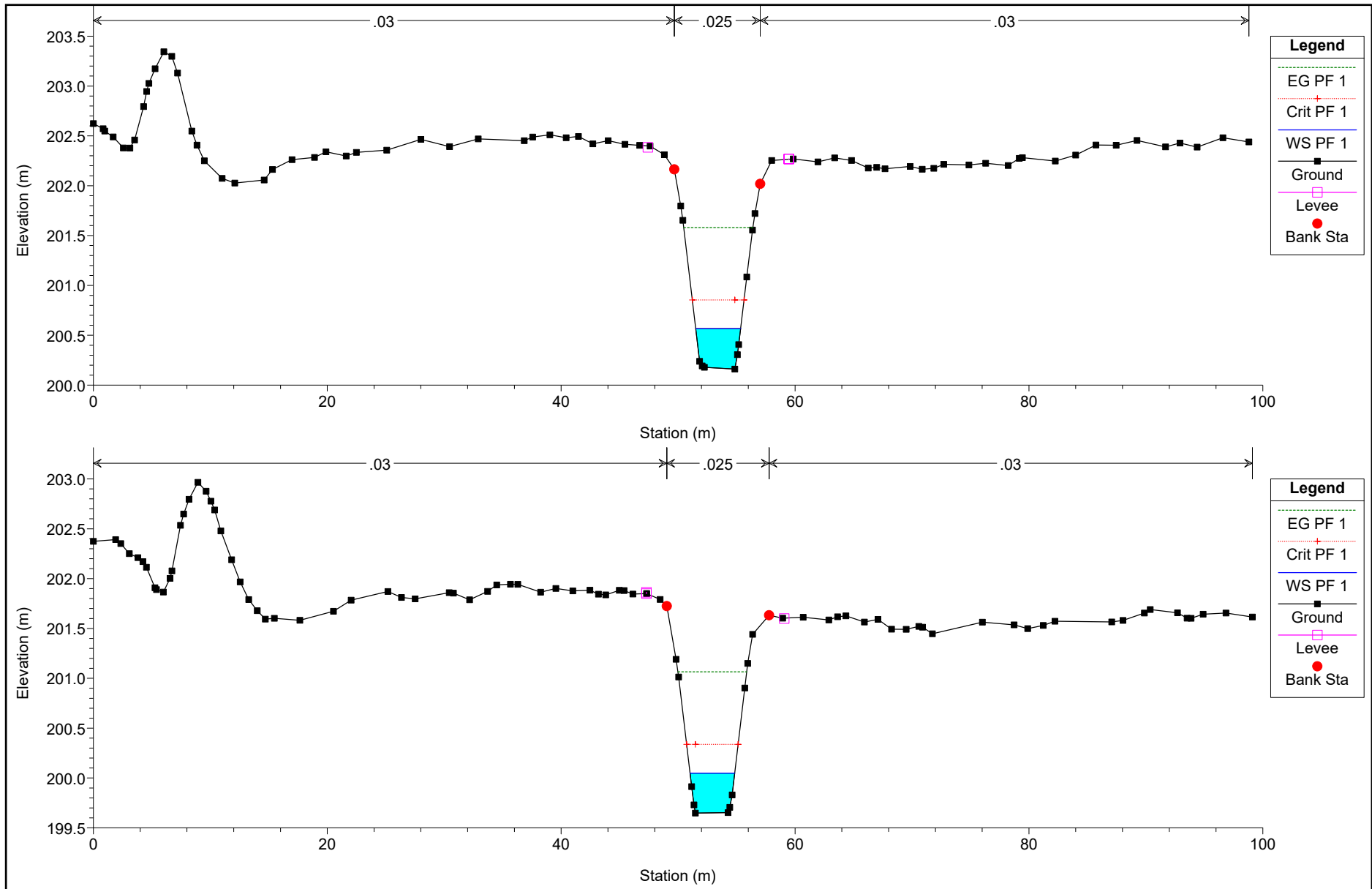


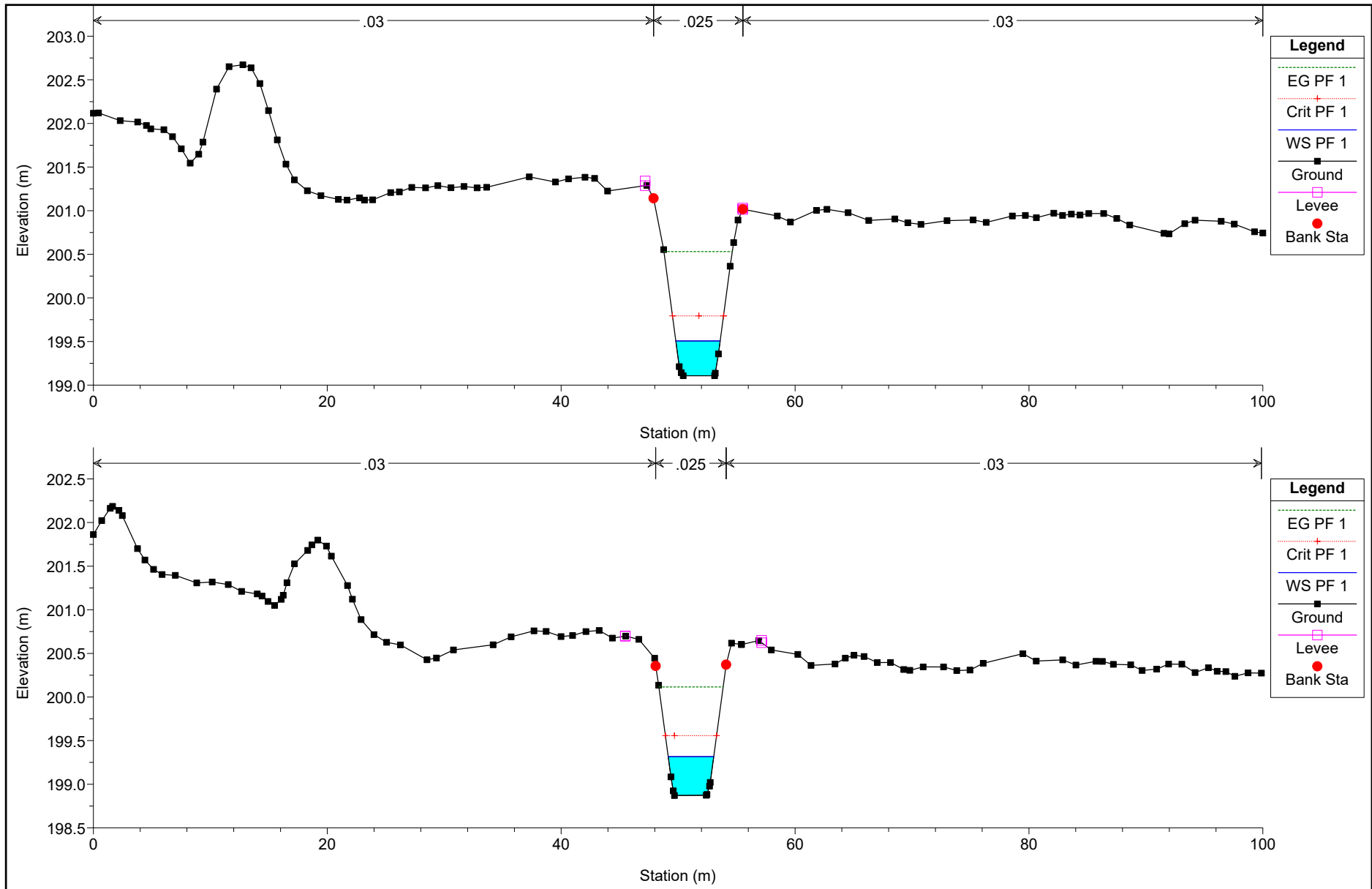


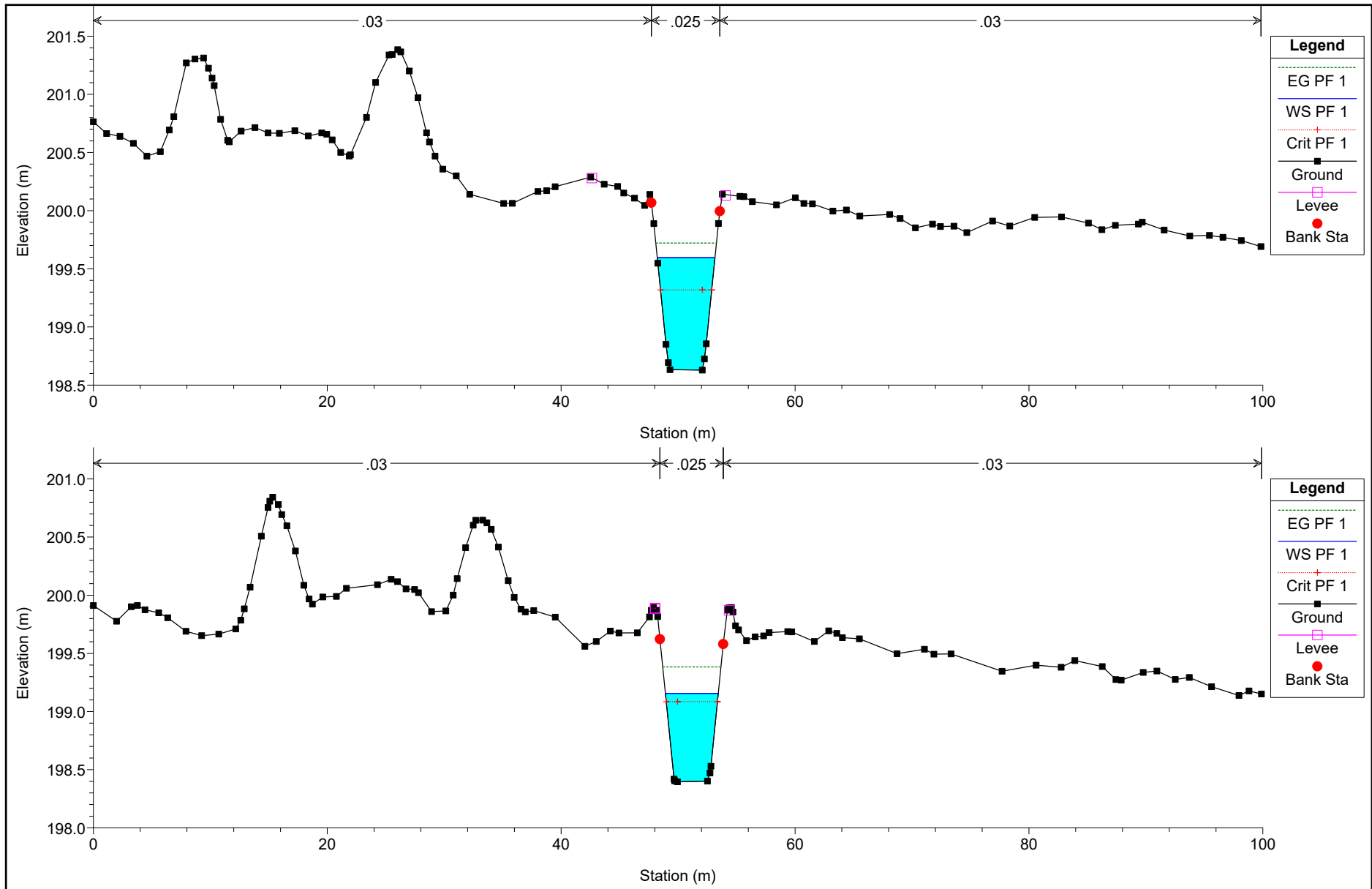


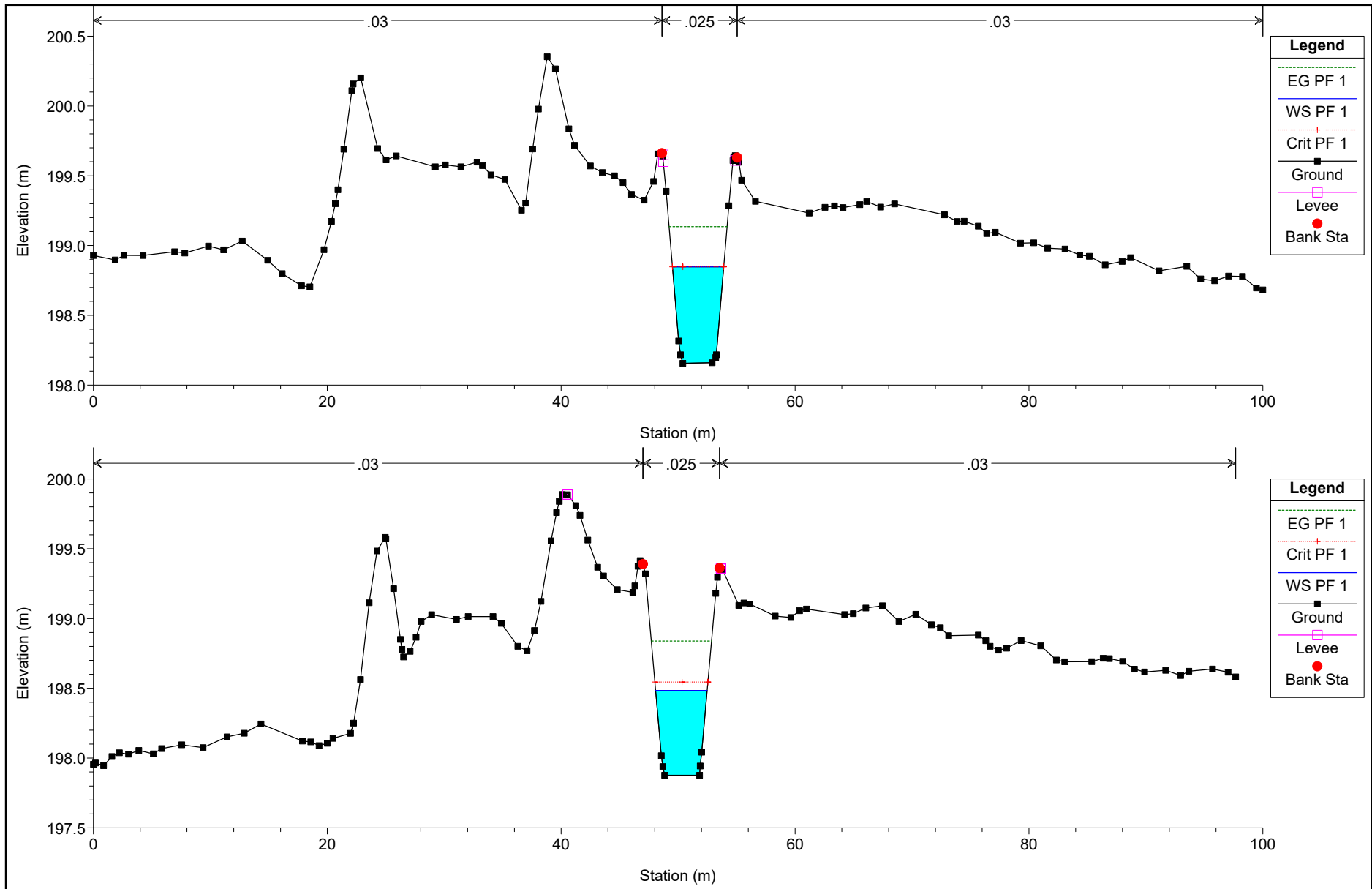


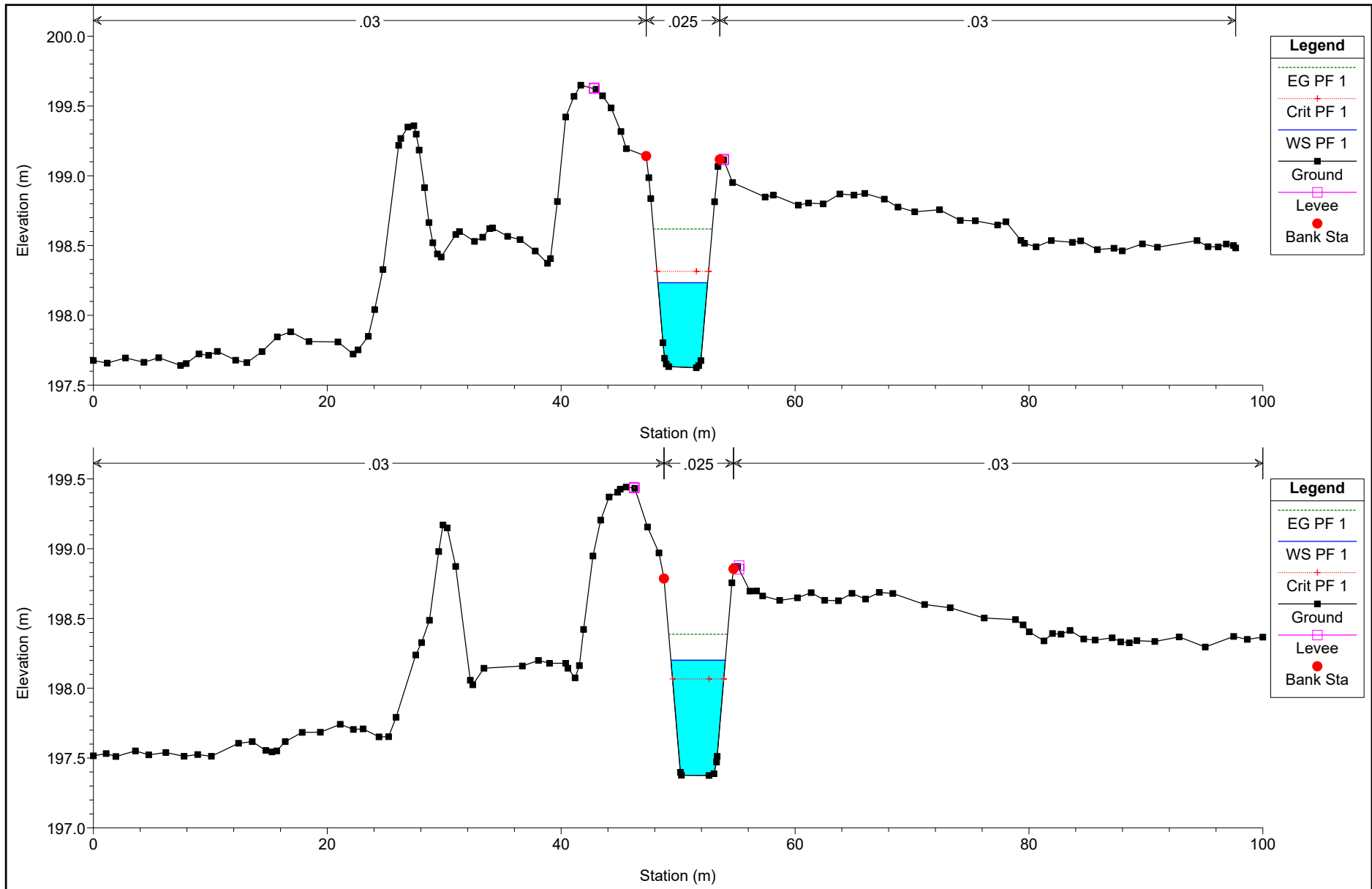


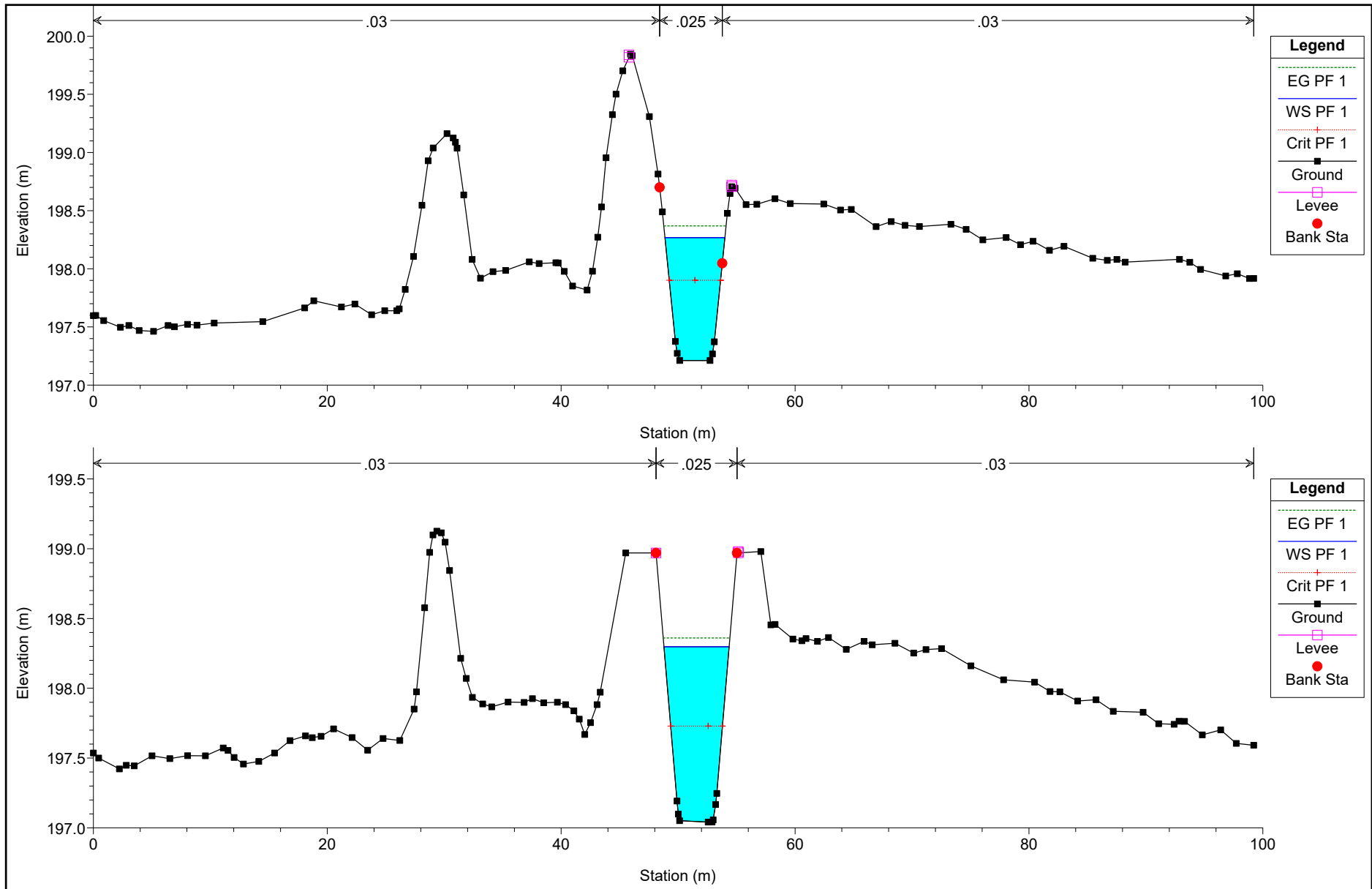


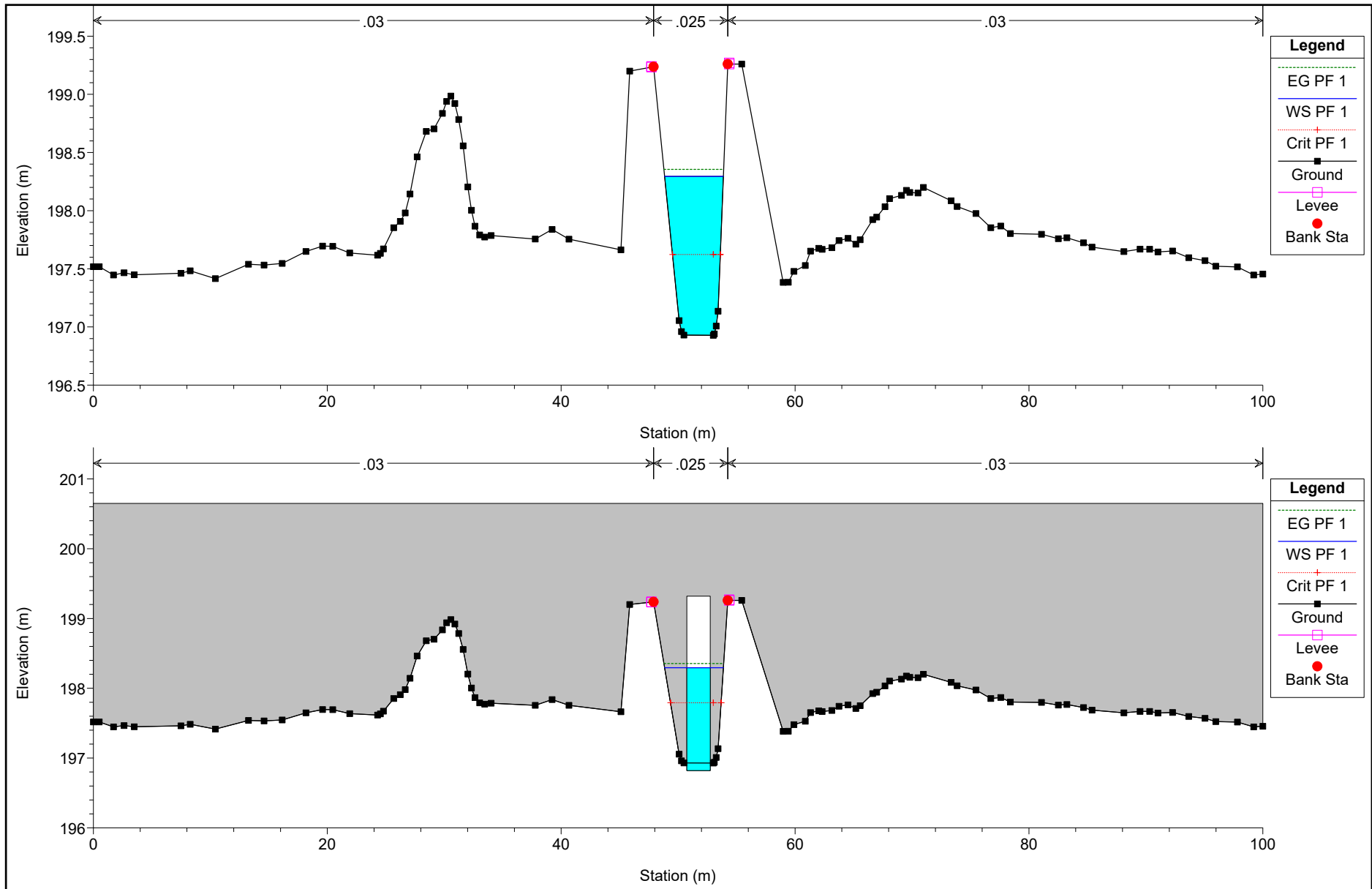


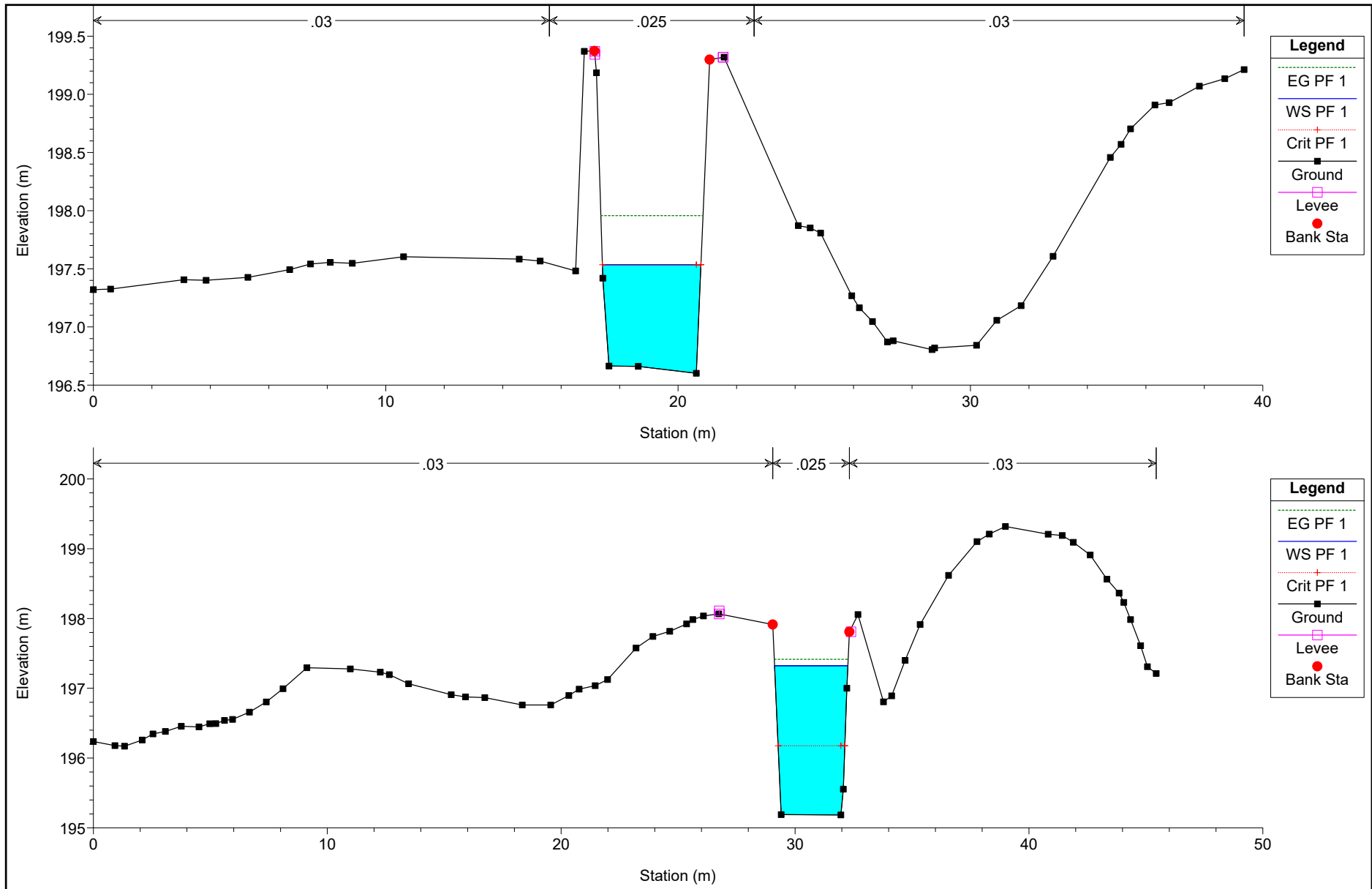


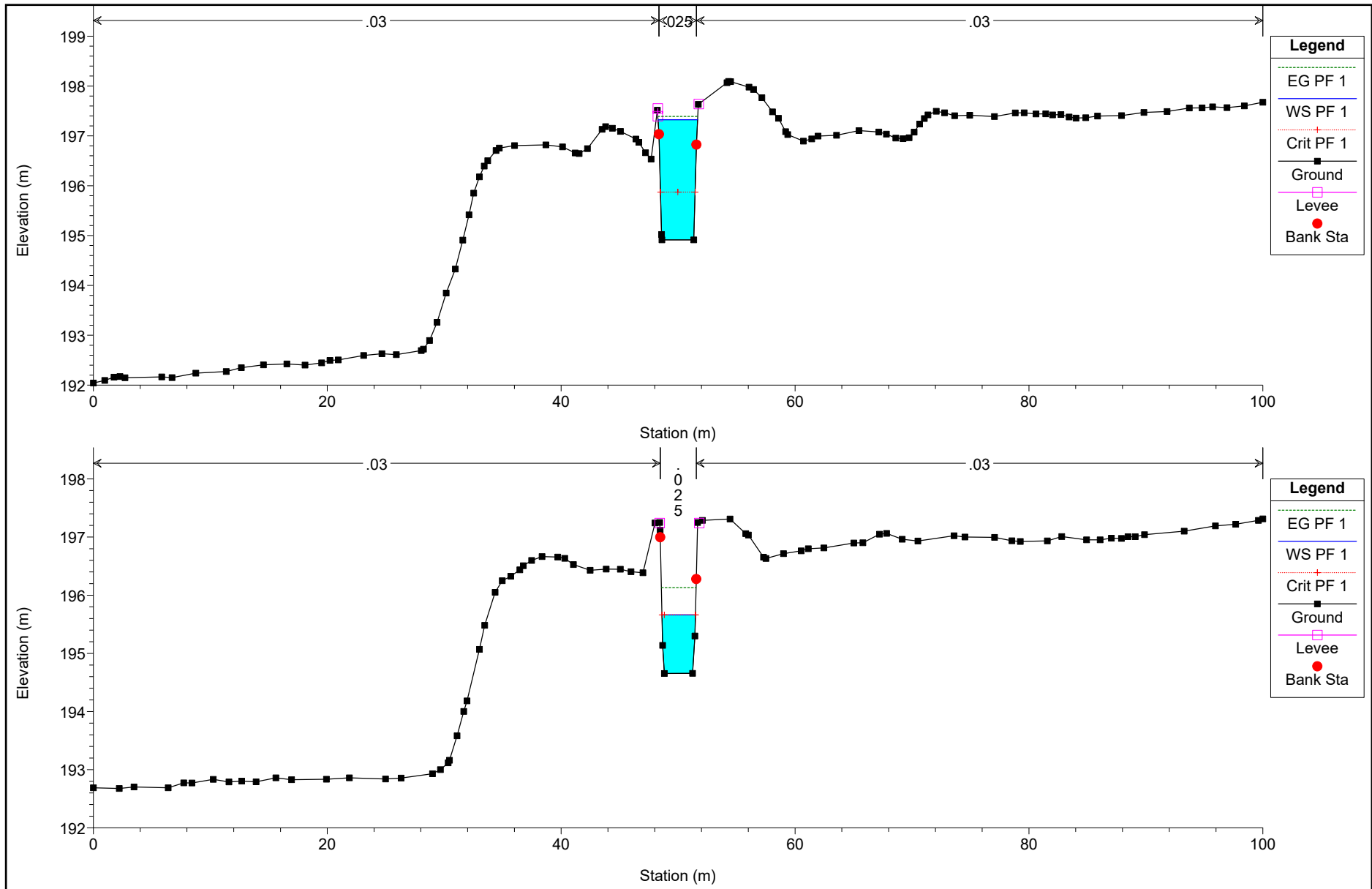


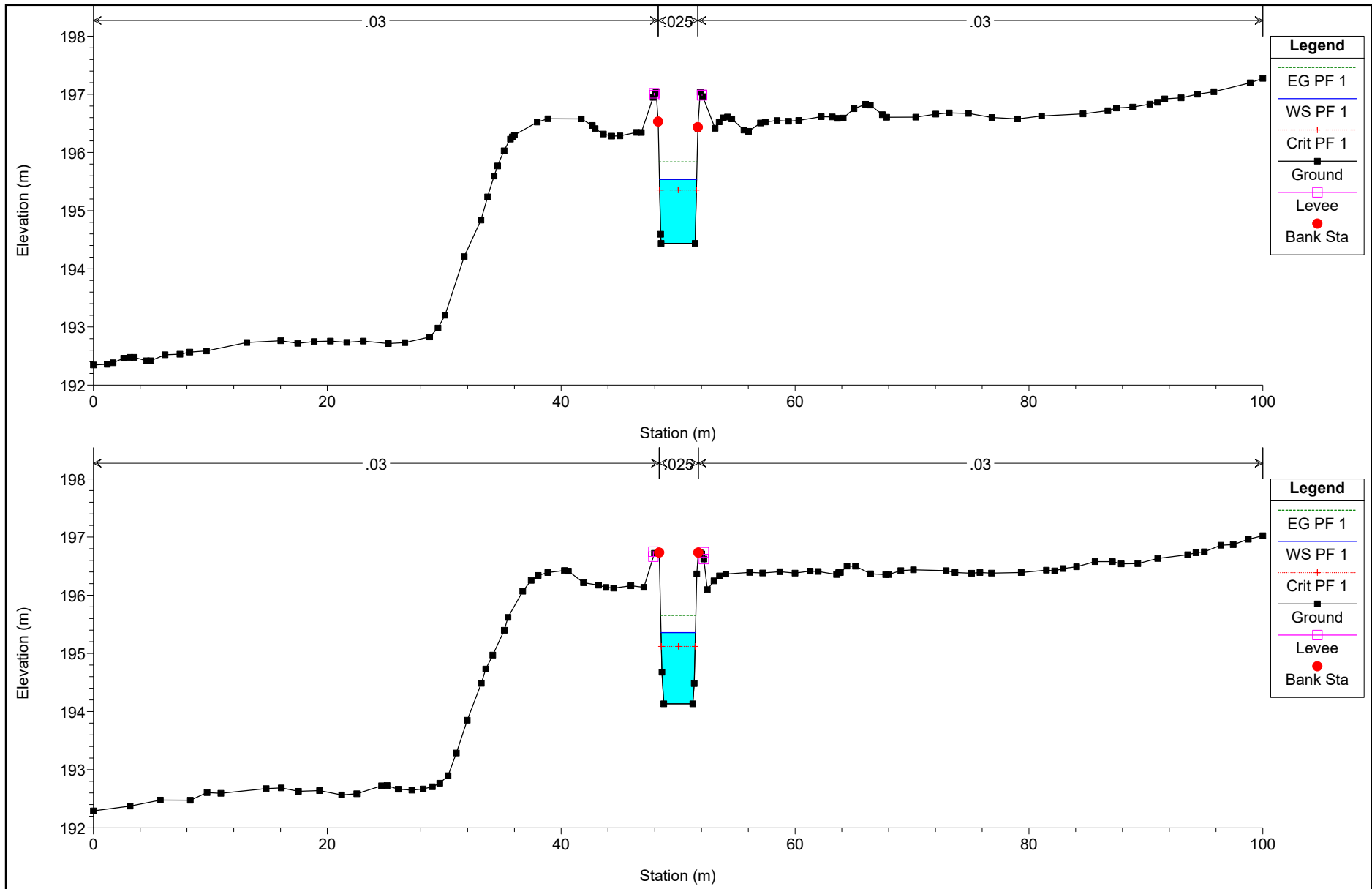


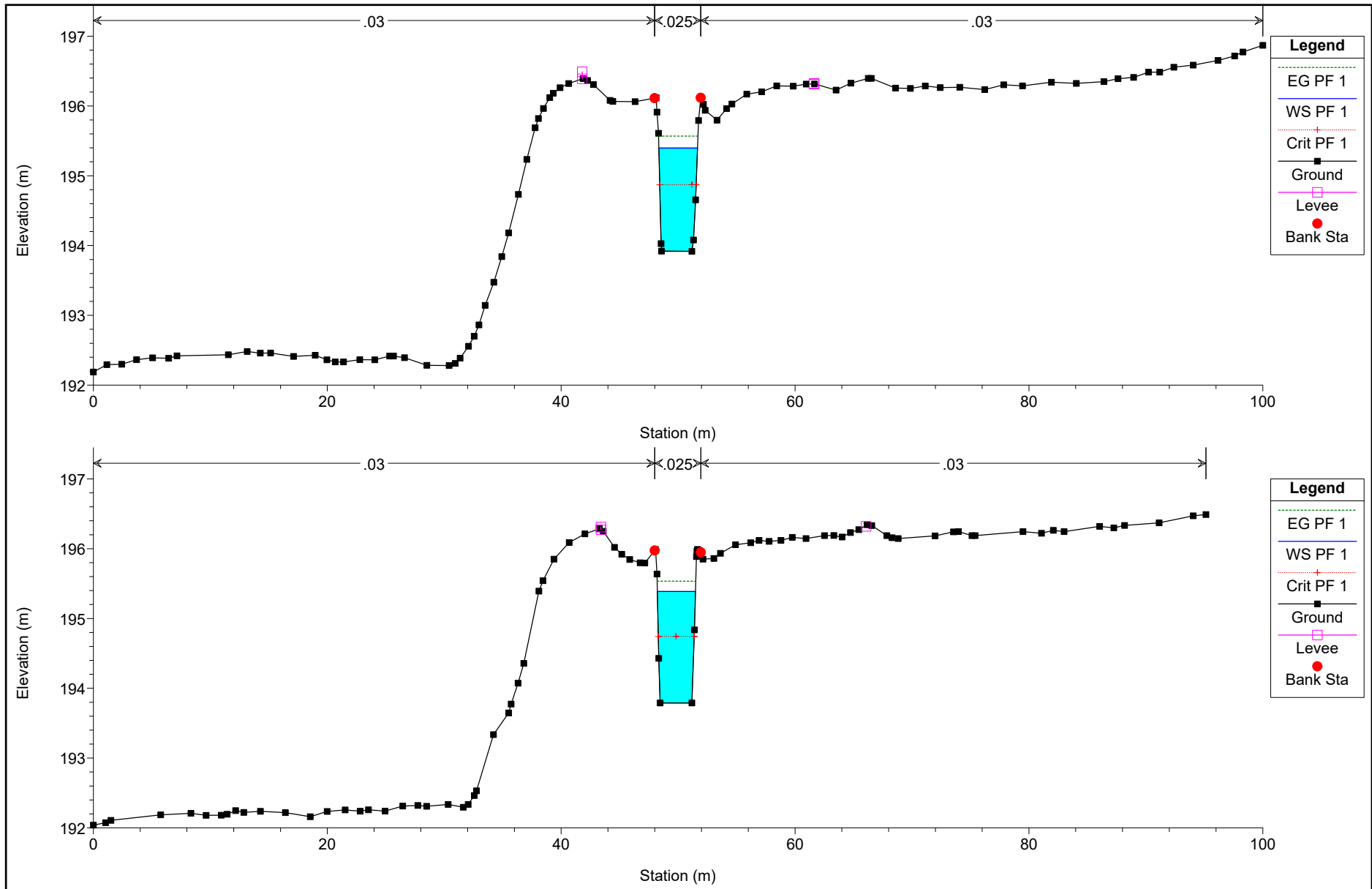


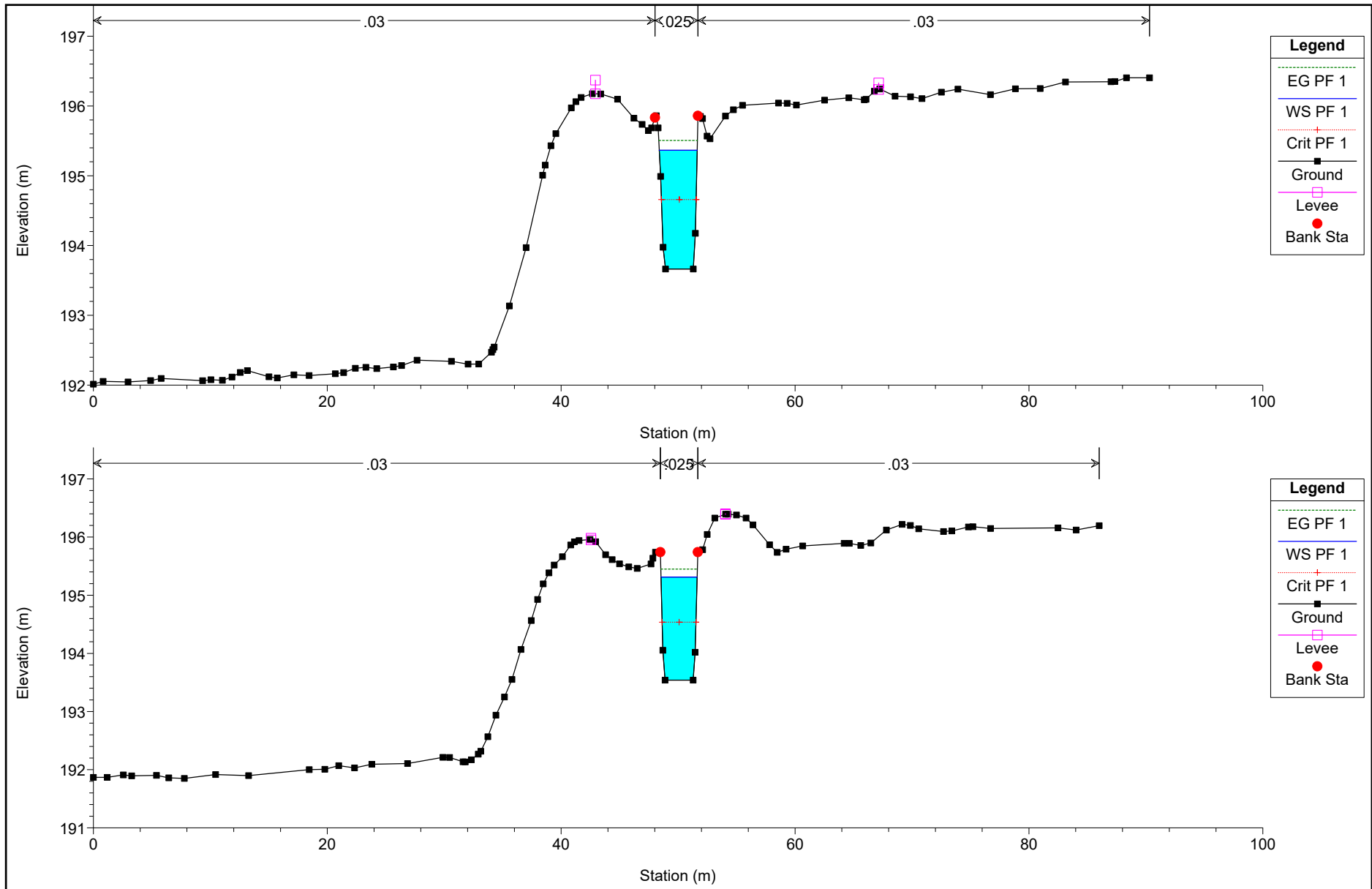


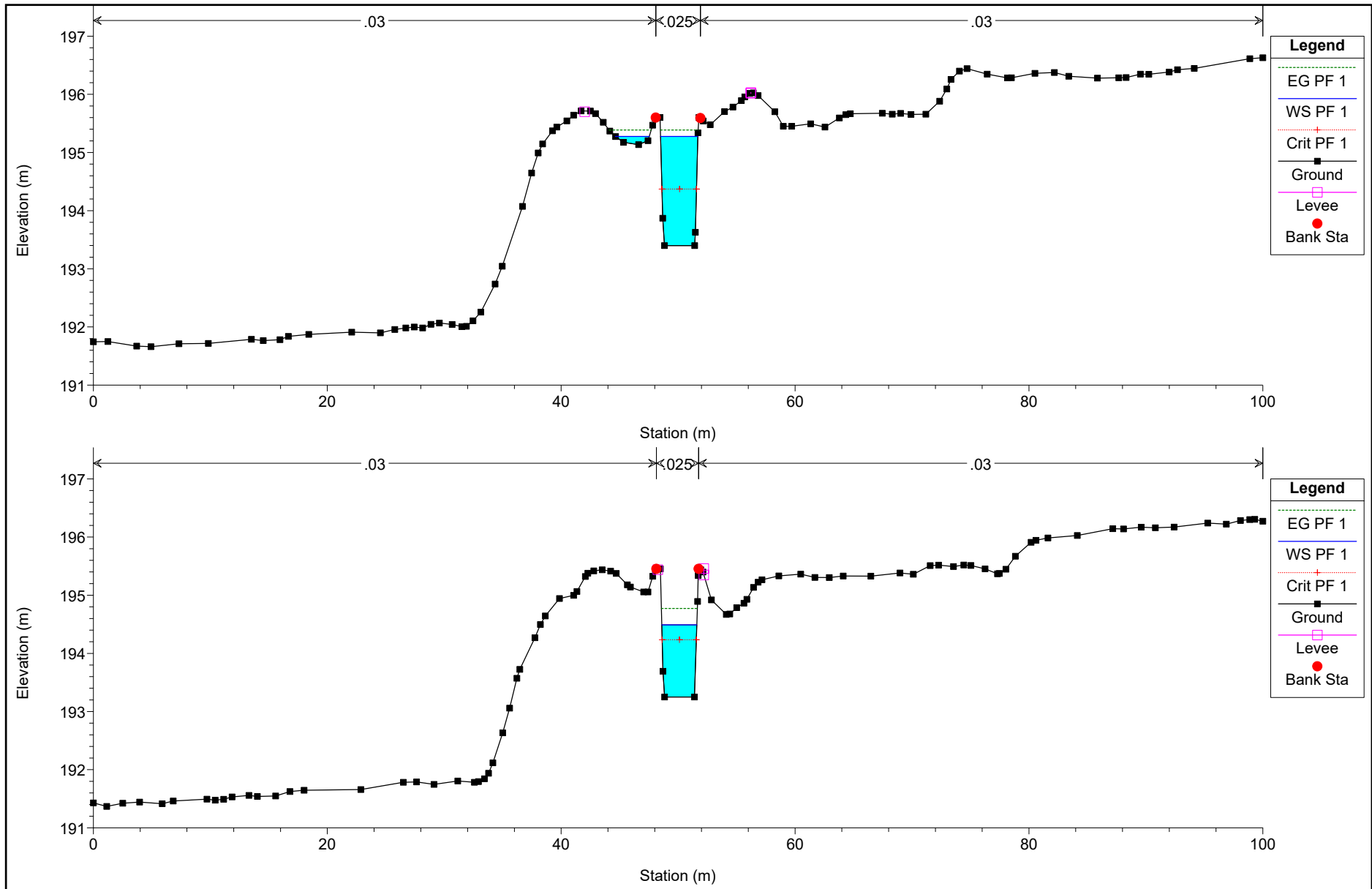


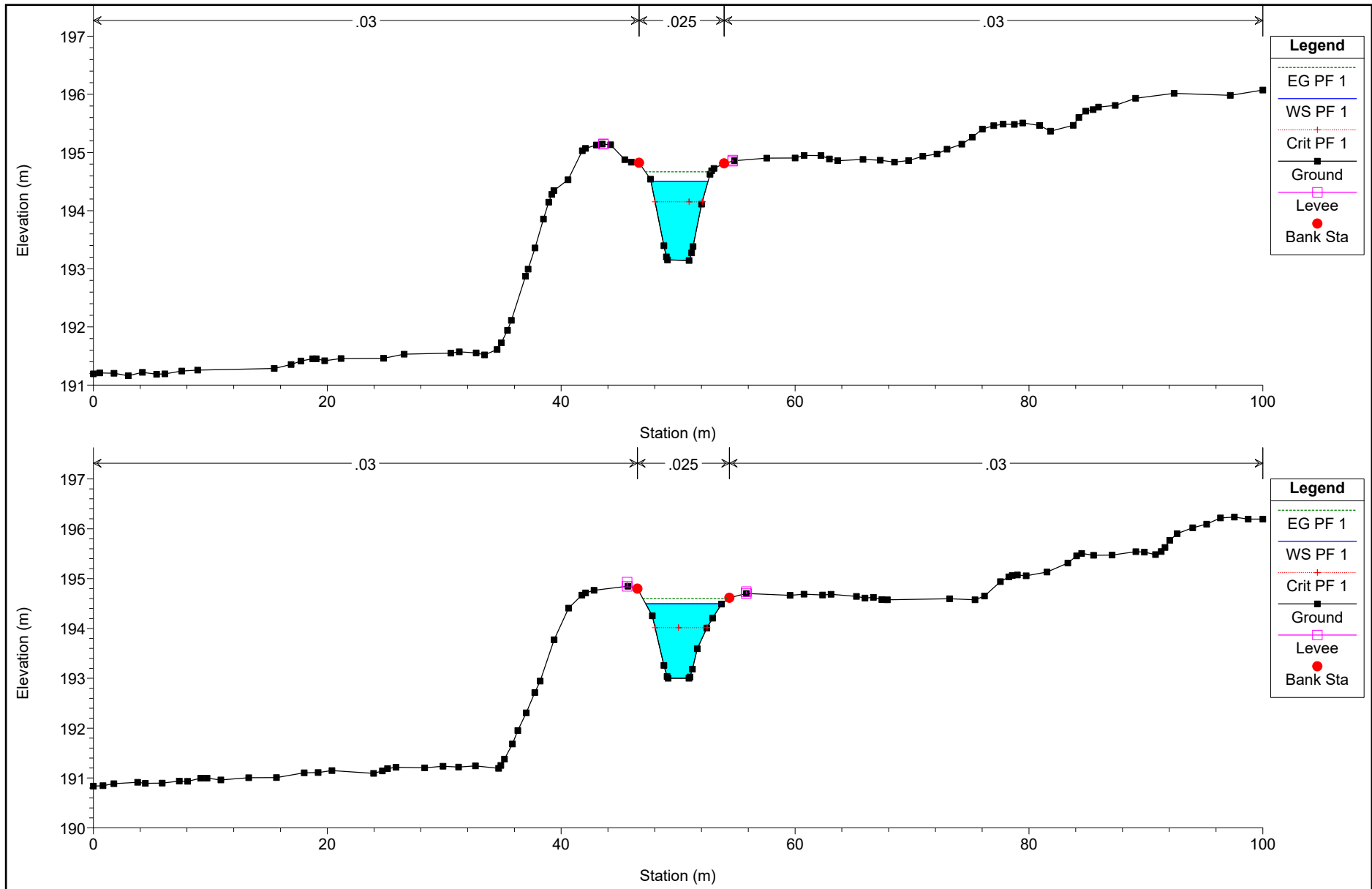


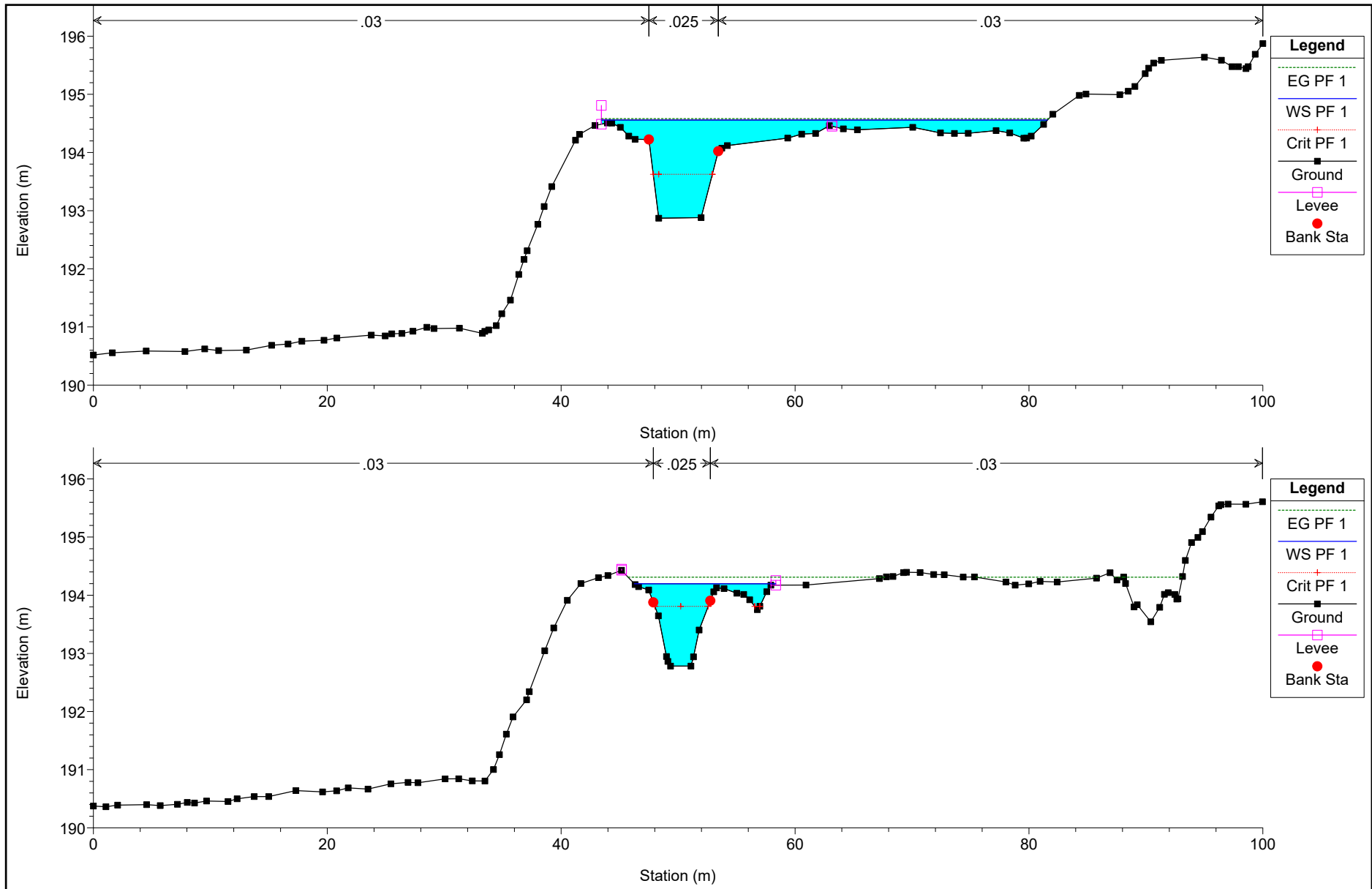


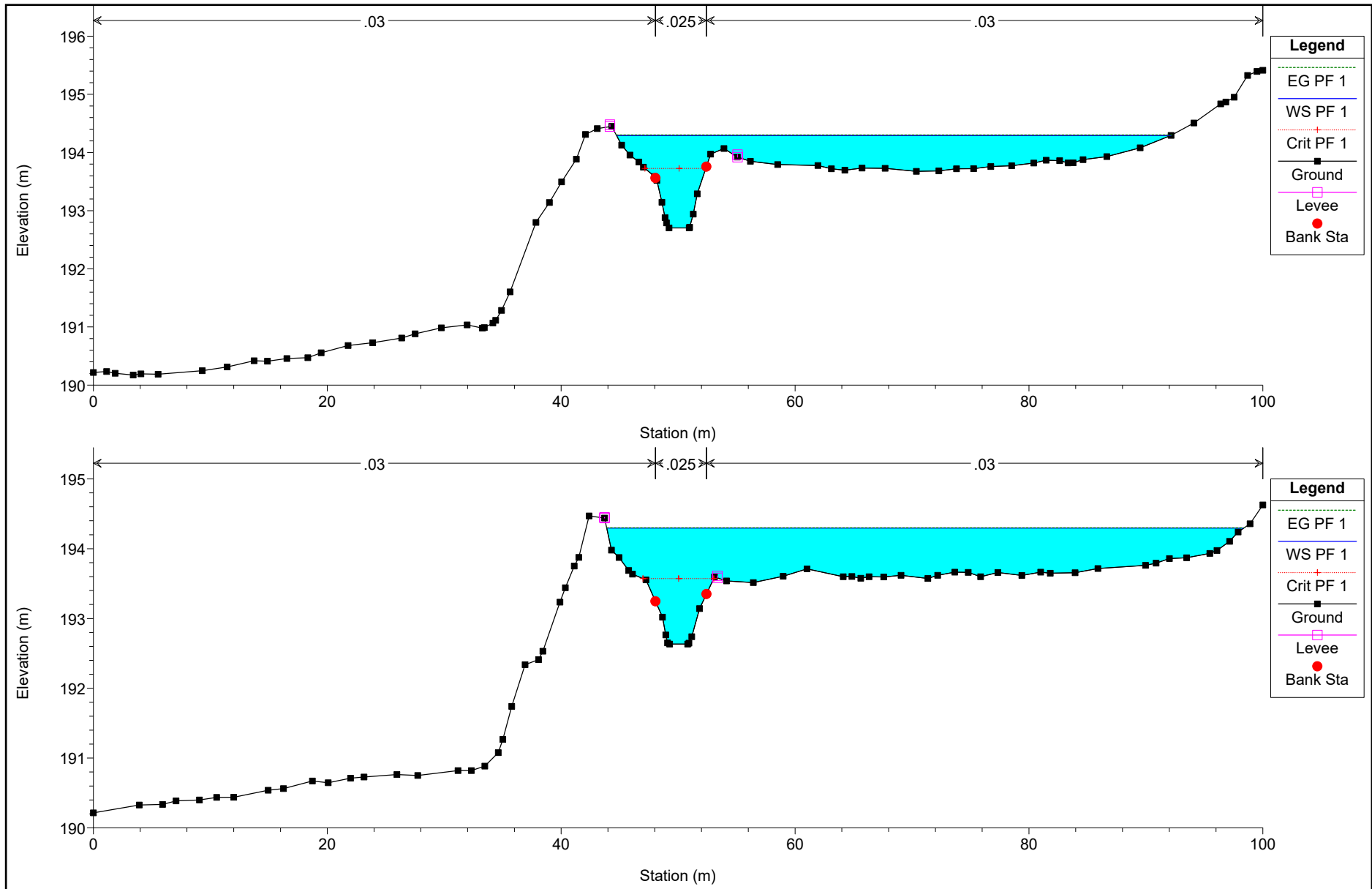


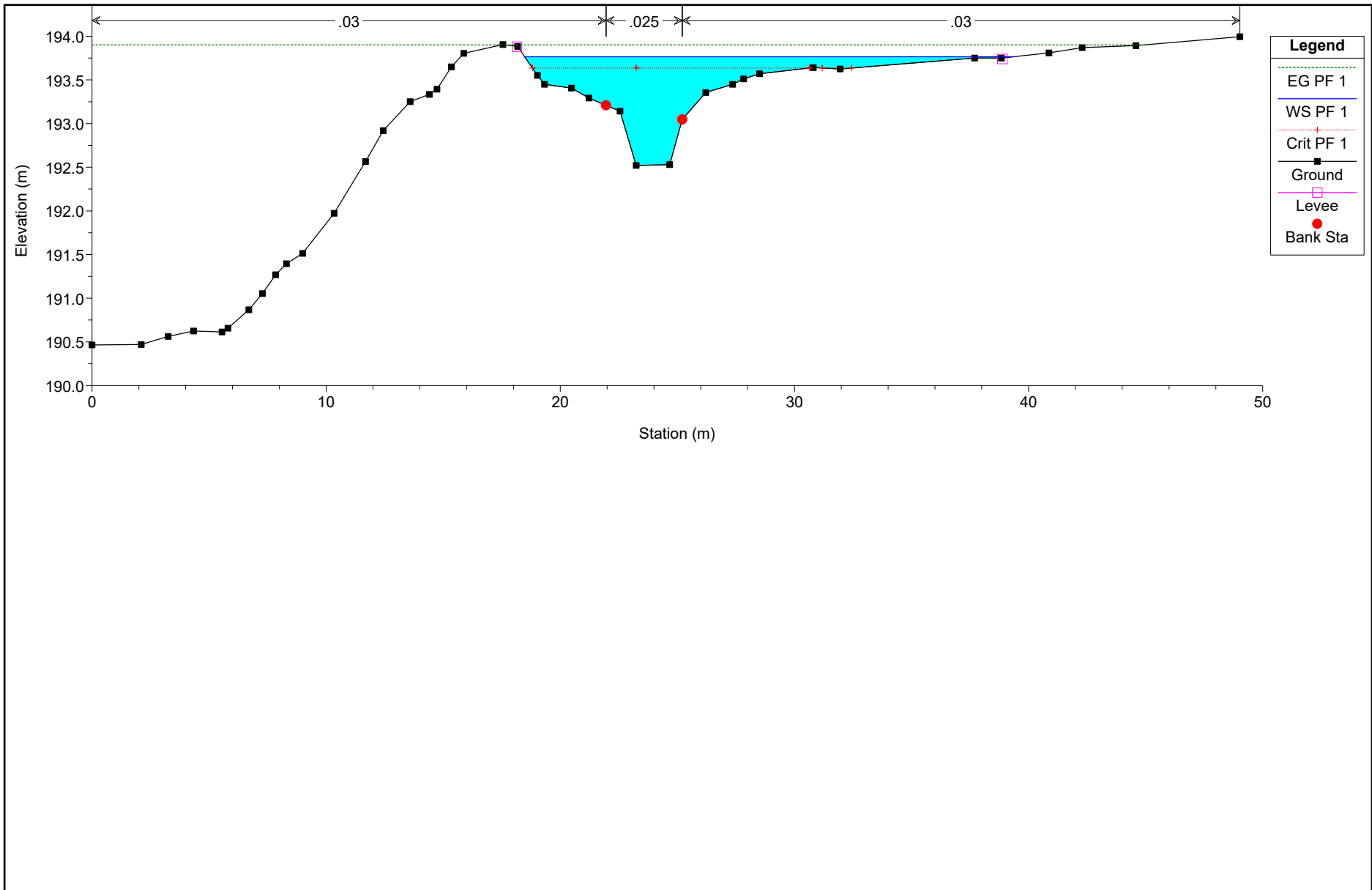








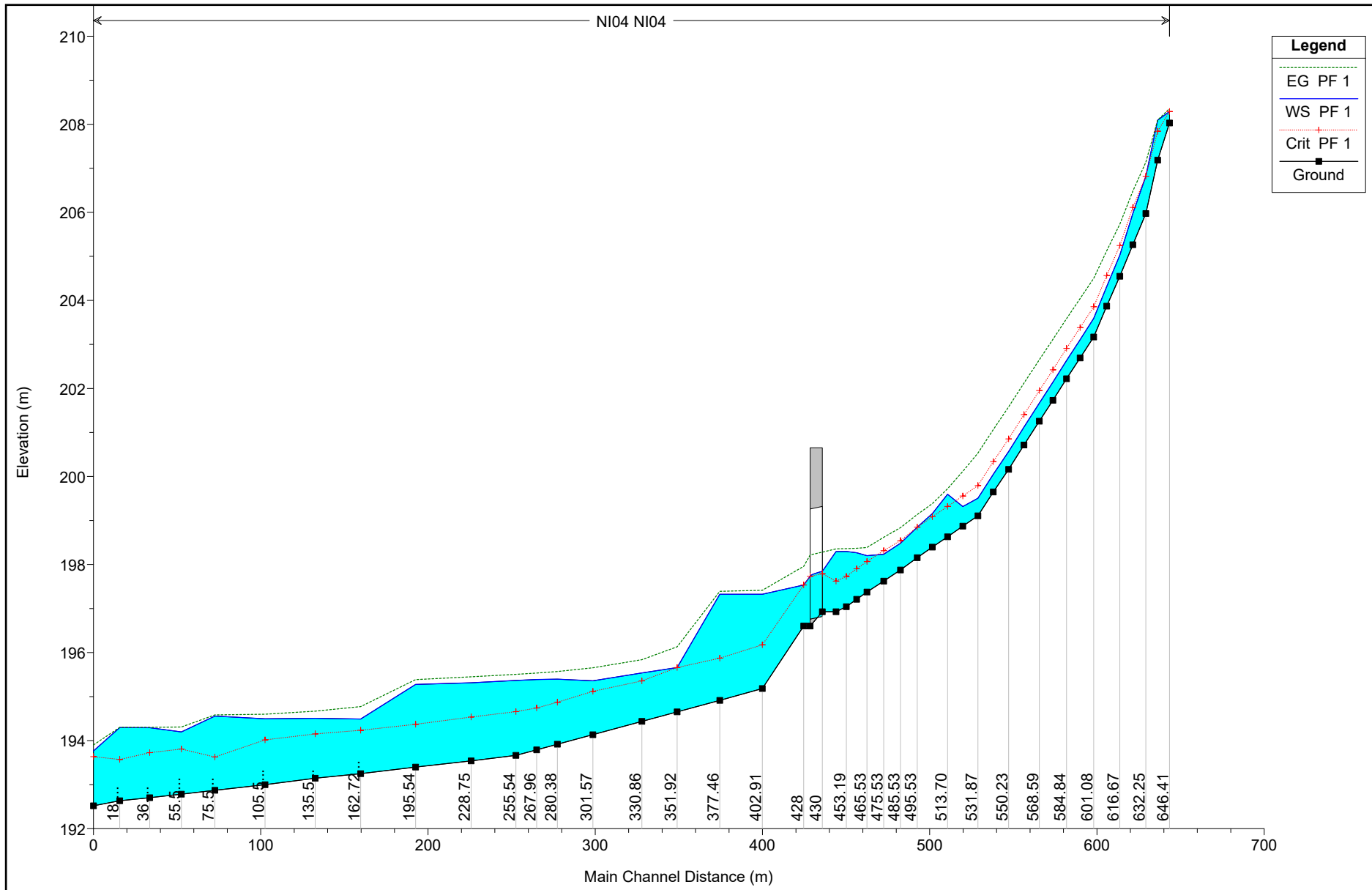


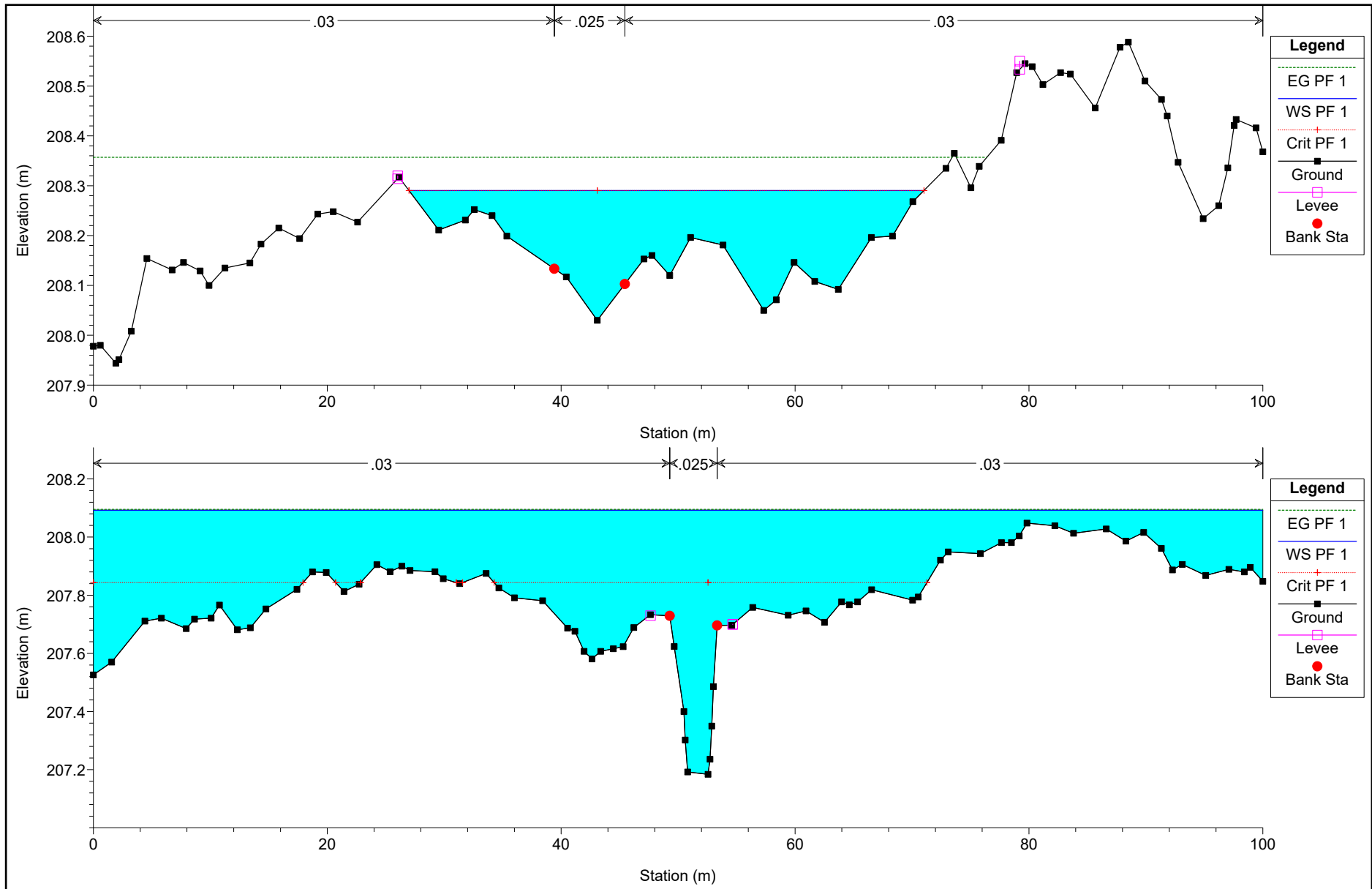


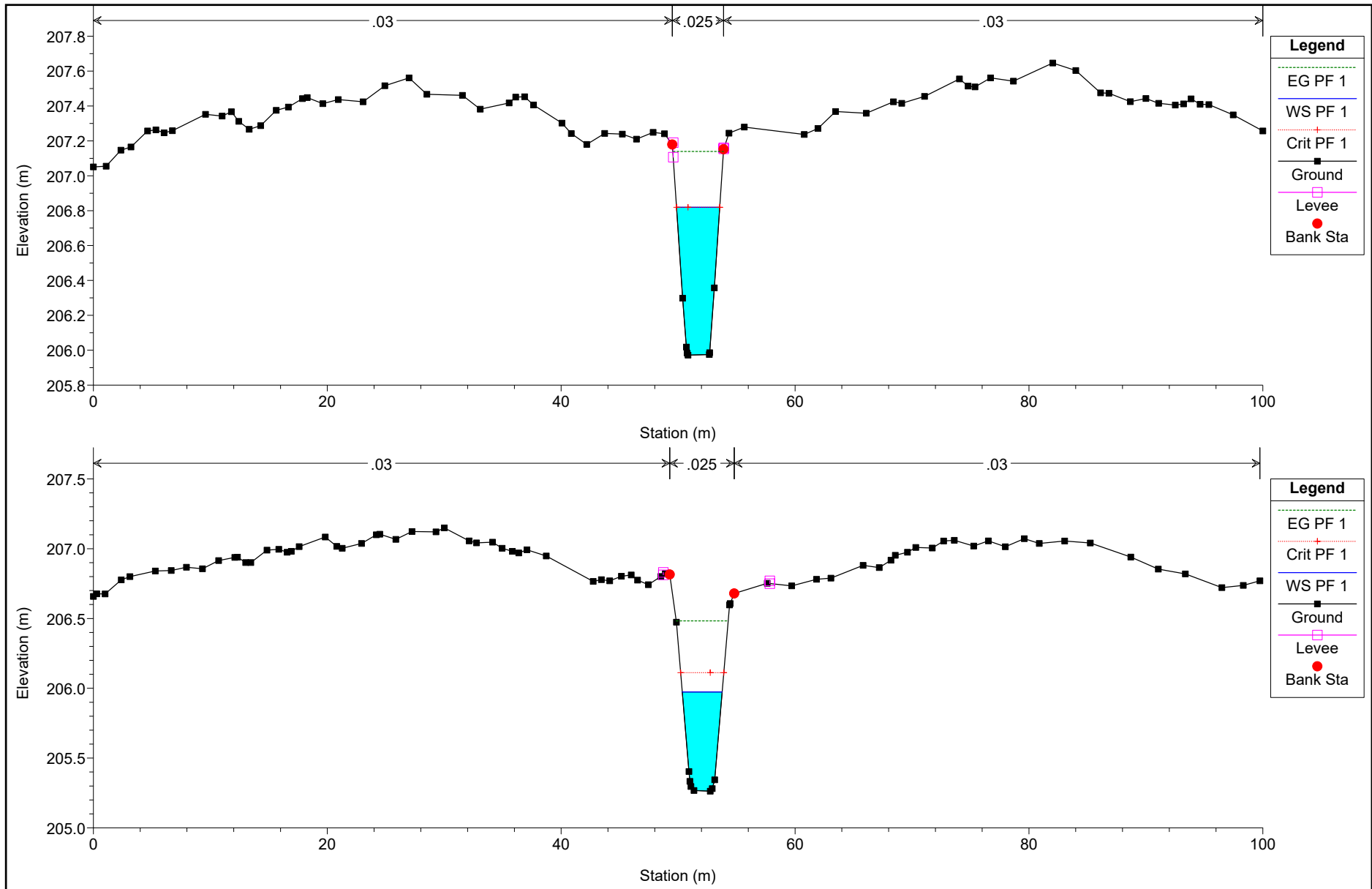
HEC-RAS Plan: AO_NI04_RE2 River: NI04 Reach: NI04 Profile: PF 1

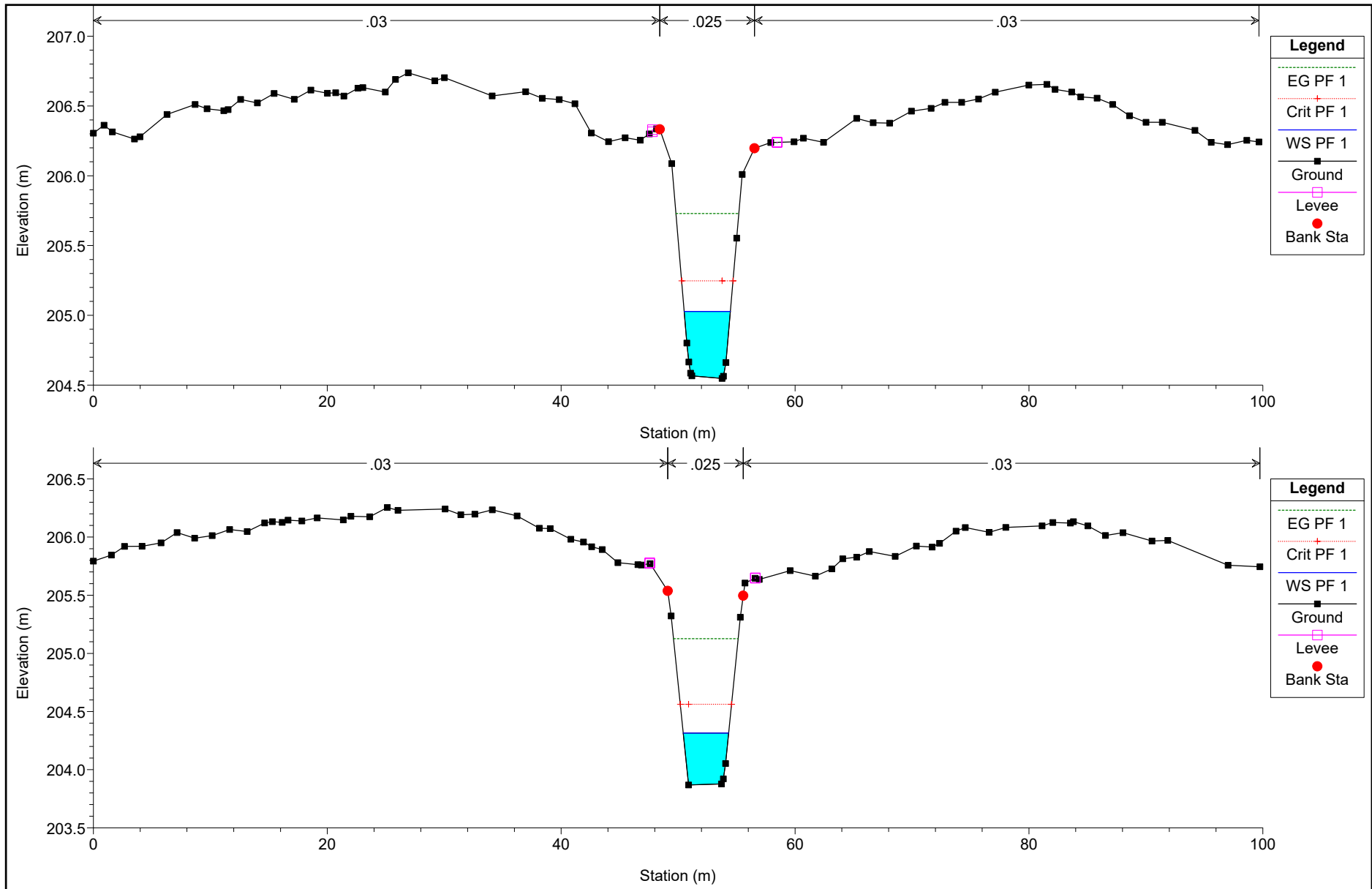
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
NI04	693	PF 1	6.00	211.69	212.06	212.06	212.13	0.014875	1.48	6.63	43.67	0.90
NI04	663	PF 1	6.00	209.78	210.07	210.07	210.16	0.027988	1.86	5.15	30.22	1.20
NI04	632	PF 1	6.00	208.08	208.36	208.36	208.43	0.030205	1.78	6.00	47.29	1.23
NI04	603	PF 1	6.00	206.24	206.54	206.54	206.64	0.023569	1.82	5.26	29.20	1.12
NI04	573	PF 1	6.00	204.36	204.71	204.71	204.79	0.018785	1.67	5.65	31.32	1.01
NI04	542	PF 1	6.00	202.67	202.96	202.96	202.96	0.000194	0.15	38.40	108.65	0.10
NI04	511	PF 1	6.00	200.76	201.02	201.02	201.03	0.002815	0.54	16.34	85.07	0.36
NI04	481	PF 1	6.00	199.28	199.46	199.46	199.47	0.001304	0.22	21.99	98.30	0.22
NI04	454	PF 1	6.00	198.67	199.06	198.77	199.06	0.000133	0.16	41.74	88.67	0.09
NI04	436	PF 1	6.00	196.83	199.06	197.69	199.06	0.000018	0.14	73.38	85.17	0.03
NI04	425		Culvert									
NI04	419	PF 1	6.00	196.66	199.06	197.71	199.06	0.000000	0.02	423.58	202.74	0.00
NI04	402	PF 1	8.19	196.68	197.73	197.73	198.06	0.016348	2.55	3.21	4.81	1.00
NI04	384	PF 1	8.19	196.64	198.01	197.65	198.01	0.000001	0.03	198.92	79.72	0.01
NI04	363	PF 1	8.19	196.15	196.97	196.97	197.23	0.015945	2.26	3.63	6.98	1.00
NI04	345	PF 1	8.19	196.08	196.89	196.74	196.89	0.000001	0.02	215.53	69.49	0.01
NI04	322	PF 1	8.19	195.89	196.89	196.66	196.89	0.000000	0.01	359.99	132.09	0.00
NI04	294	PF 1	8.19	195.65	196.89	196.44	196.89	0.000000	0.01	373.22	136.14	0.00
NI04	258	PF 1	8.19	195.33	196.89	196.20	196.89	0.000000	0.01	410.89	141.32	0.00
NI04	218	PF 1	8.19	195.06	196.89	195.88	196.89	0.000000	0.01	446.97	150.09	0.00
NI04	189	PF 1	8.19	194.79	196.89	195.52	196.89	0.000000	0.02	462.36	154.09	0.00
NI04	147	PF 1	8.19	195.00	195.69	195.69	195.99	0.016369	2.42	3.38	5.76	1.01
NI04	100	PF 1	8.19	194.00	194.57	194.57	194.84	0.016487	2.29	3.58	6.84	1.01
NI04	51	PF 1	8.19	193.00	194.00	194.00	194.00	0.000001	0.01	179.80	66.73	0.01
NI04	4	PF 1	8.19	193.00	193.65	193.65	193.93	0.015975	2.36	3.47	6.07	1.00

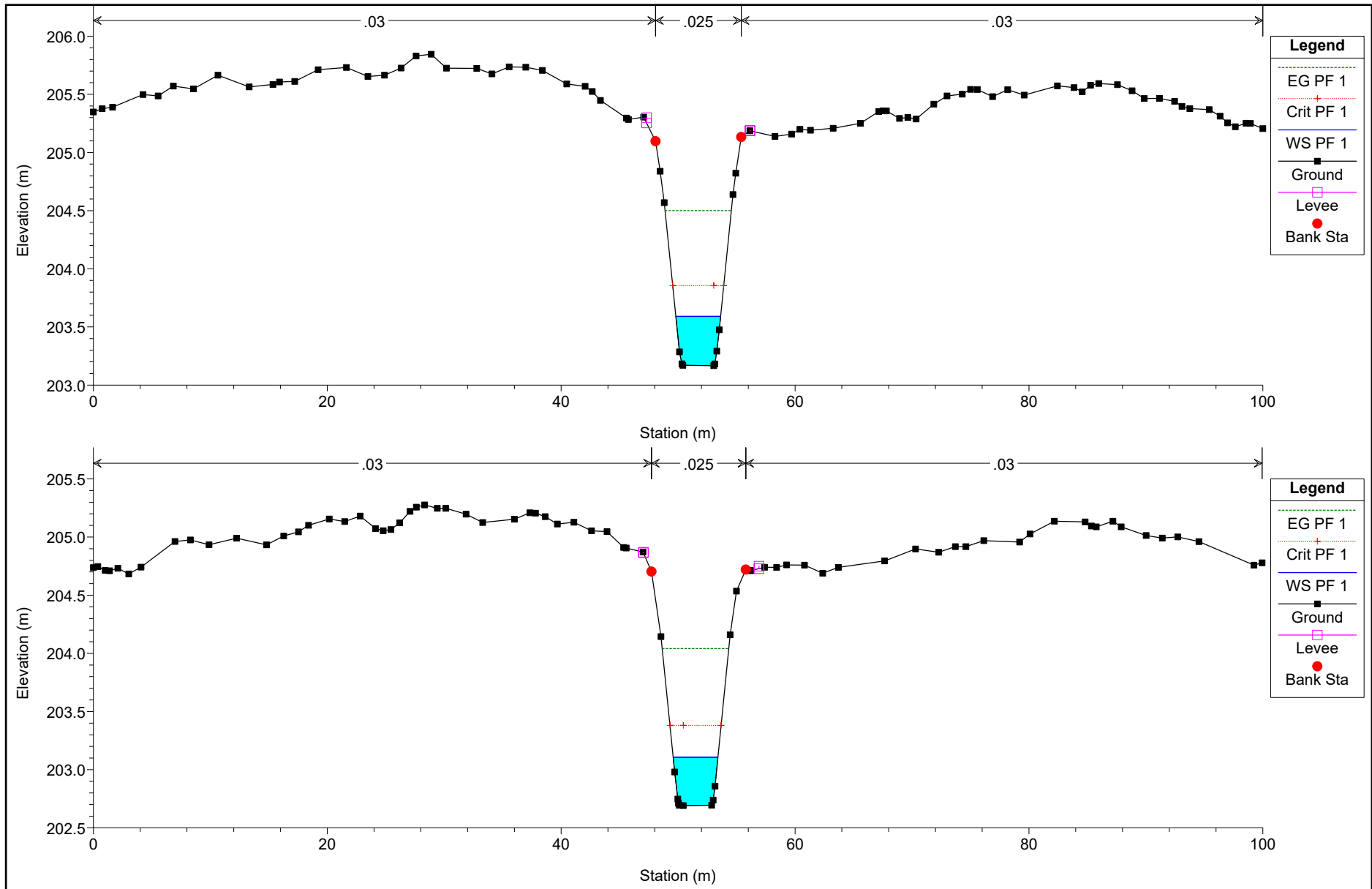
NI 04 - POST OPERAM

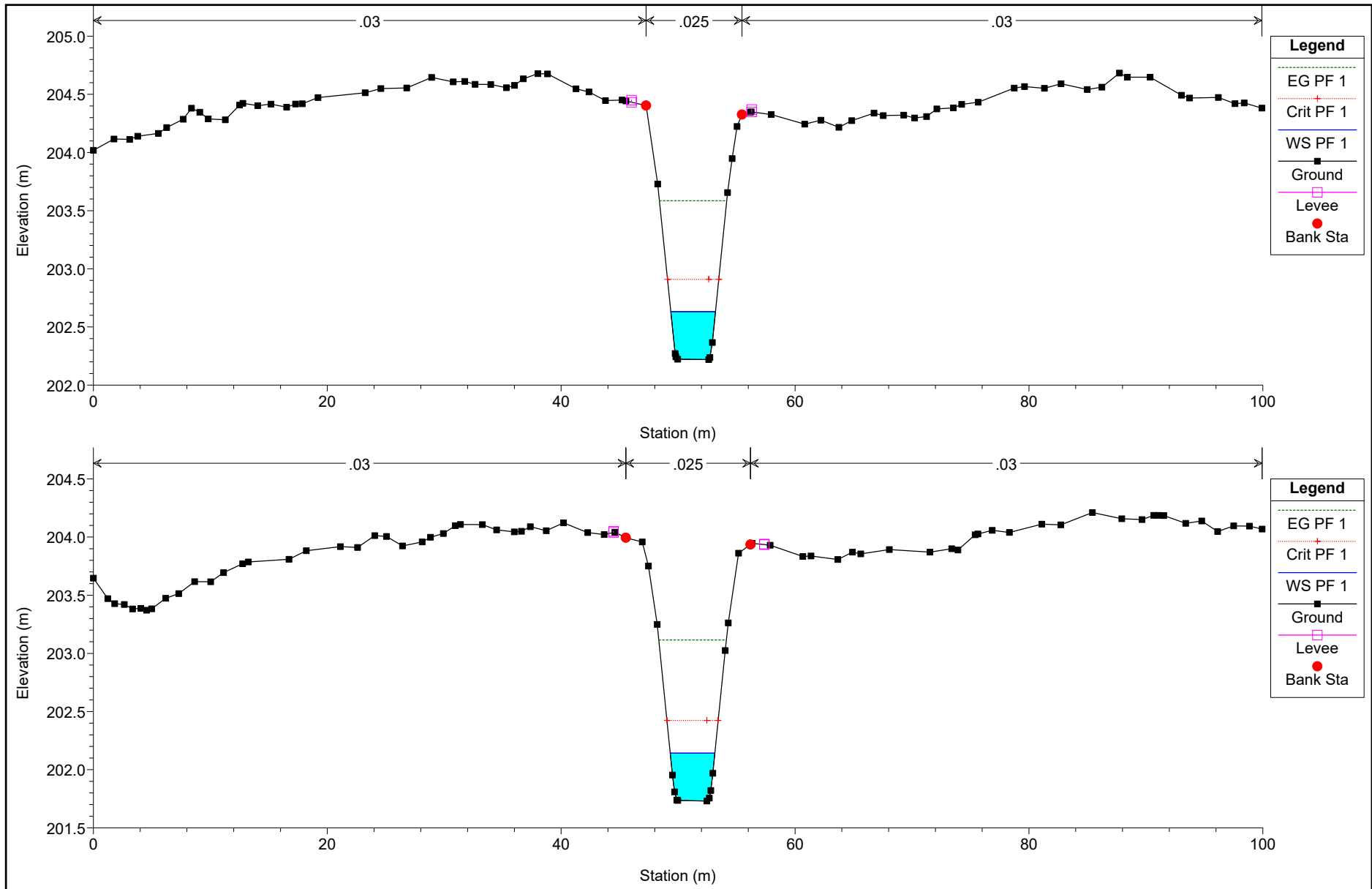


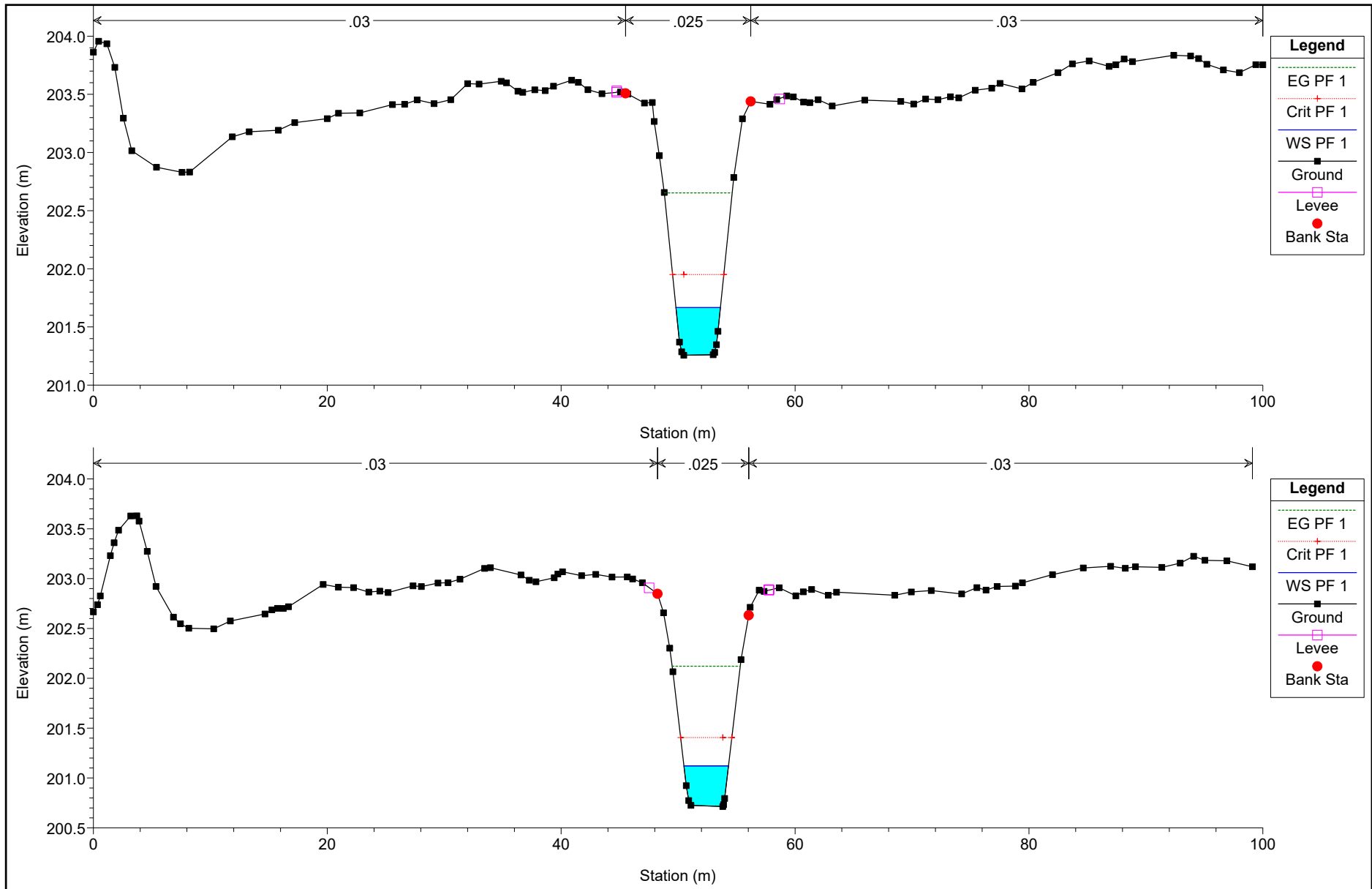


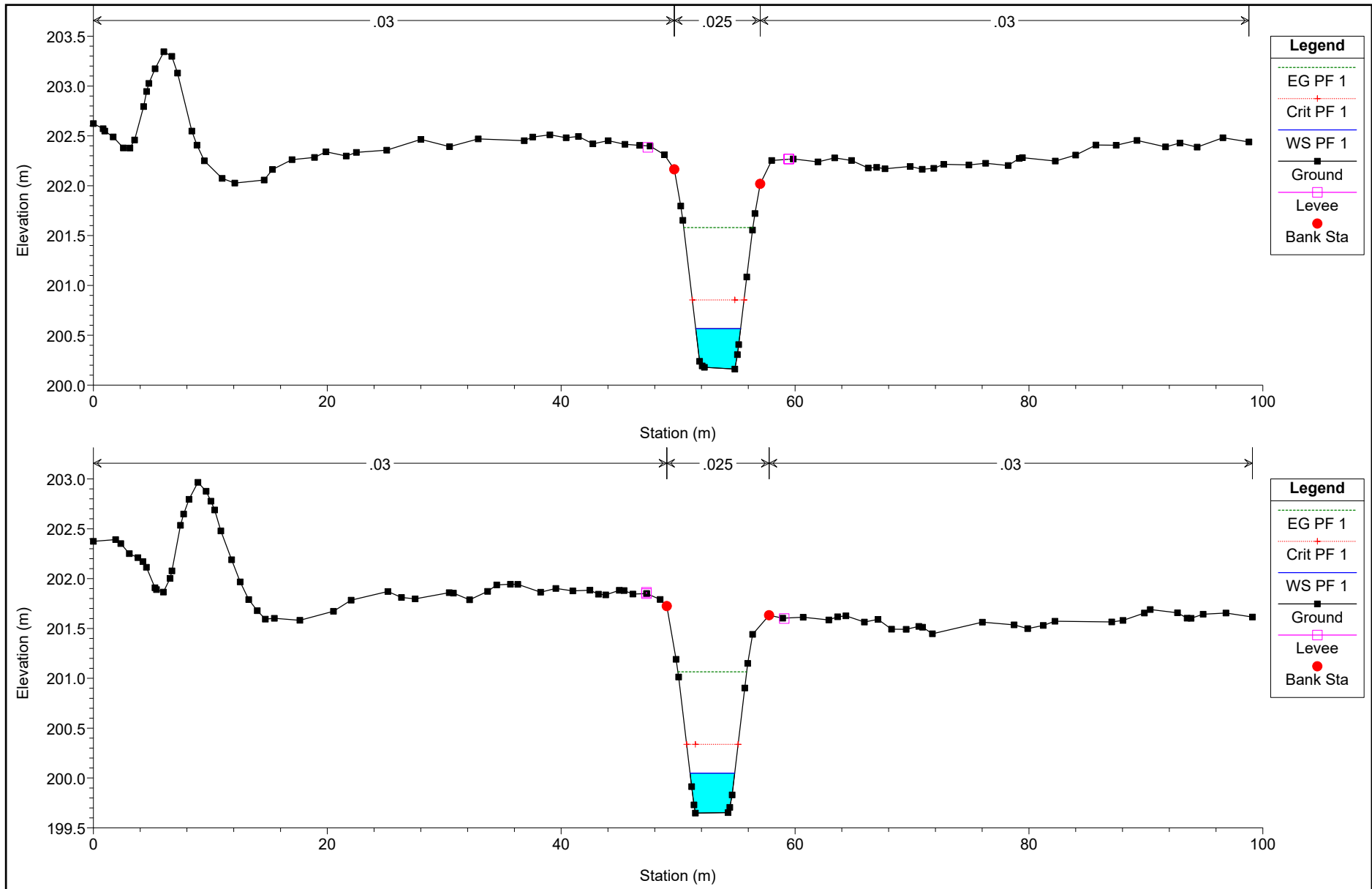


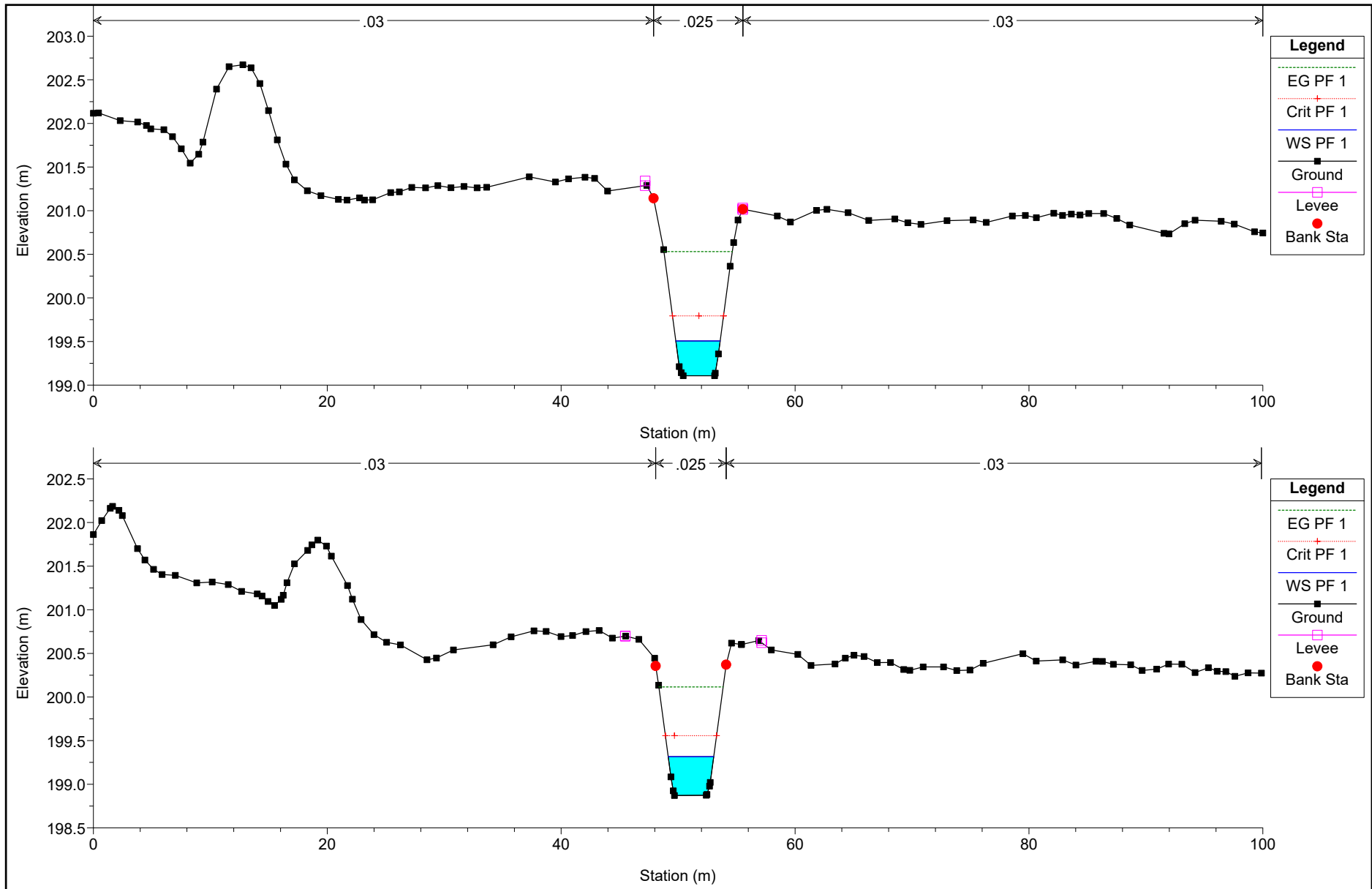


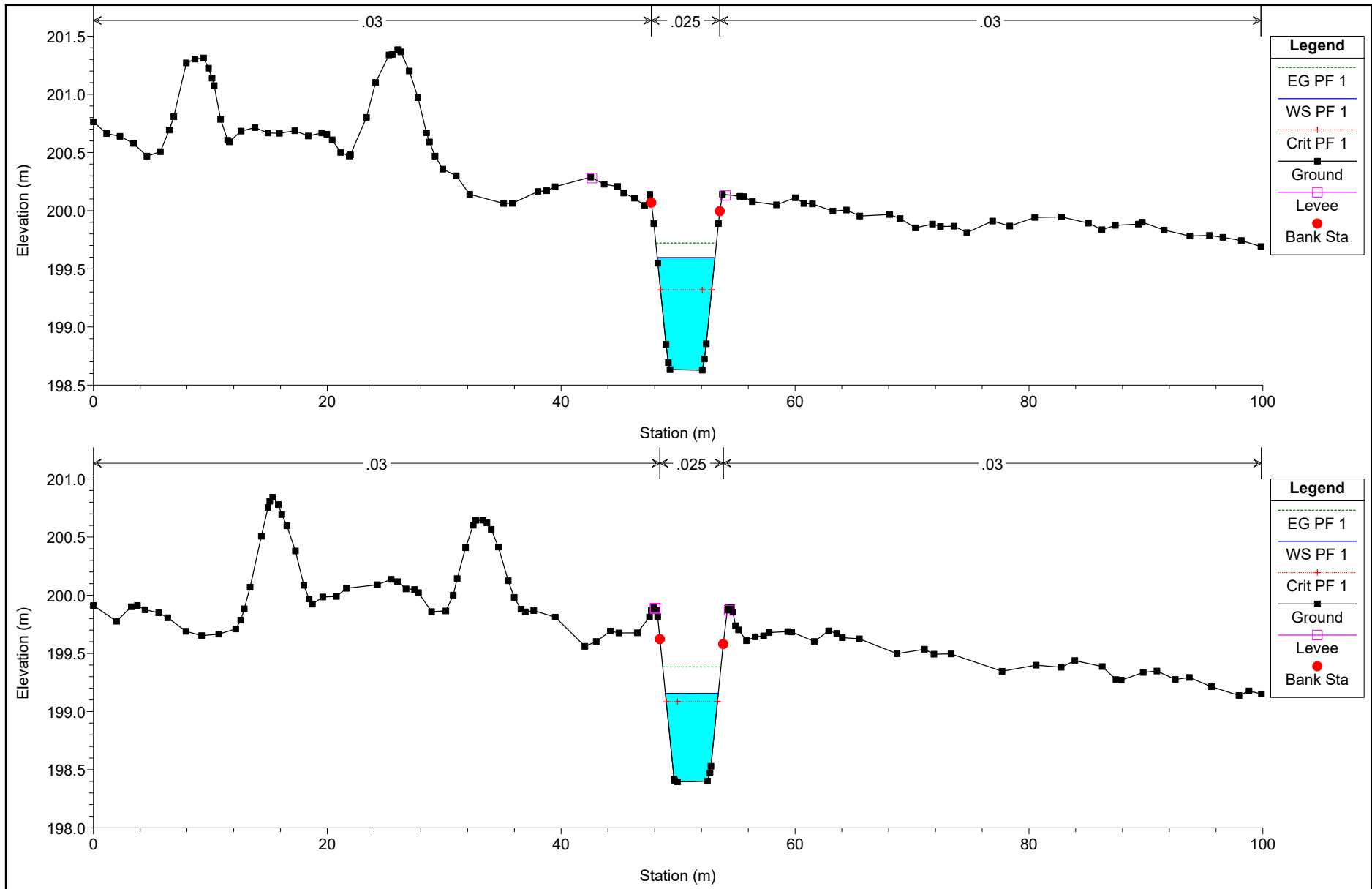


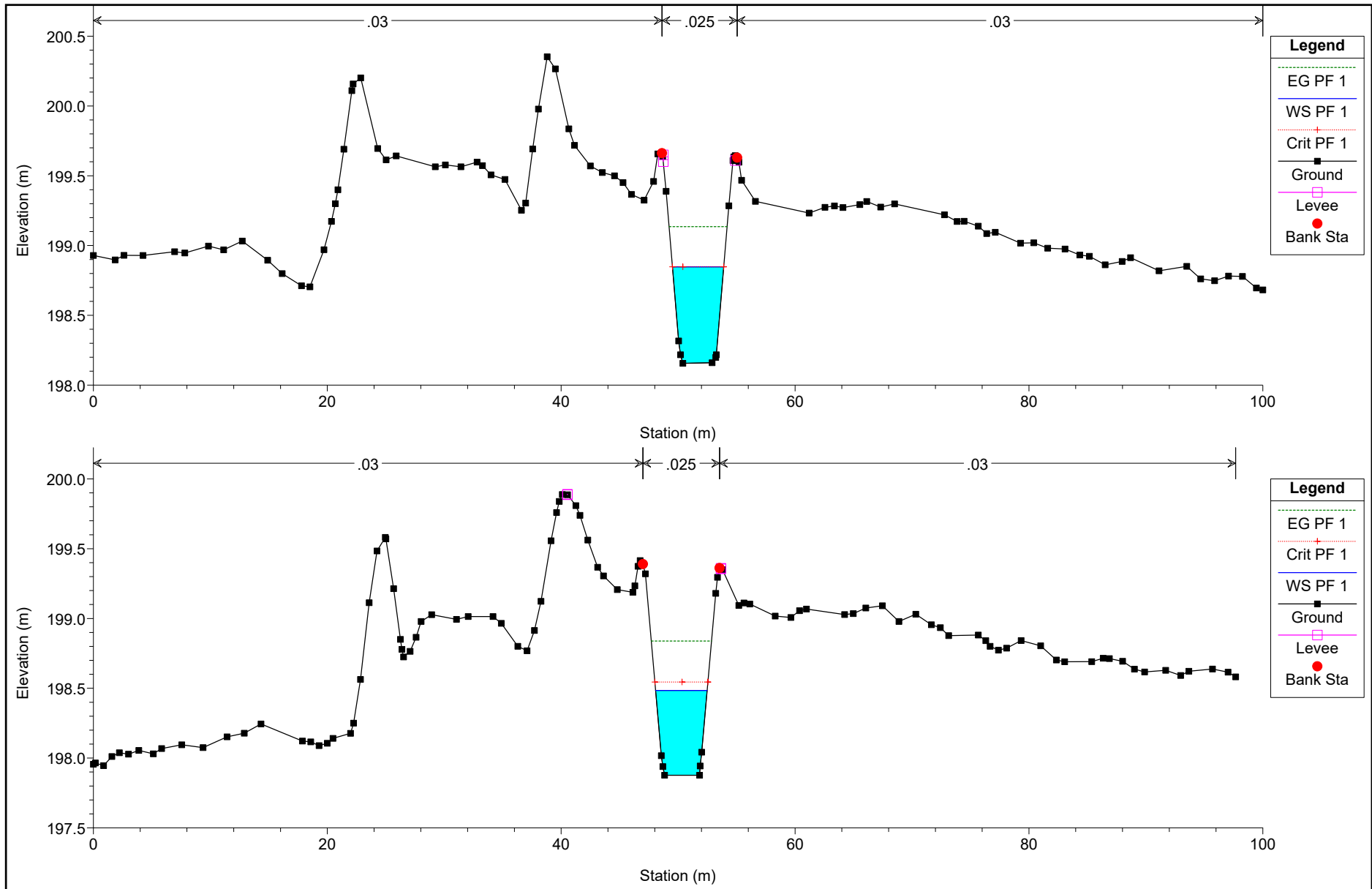


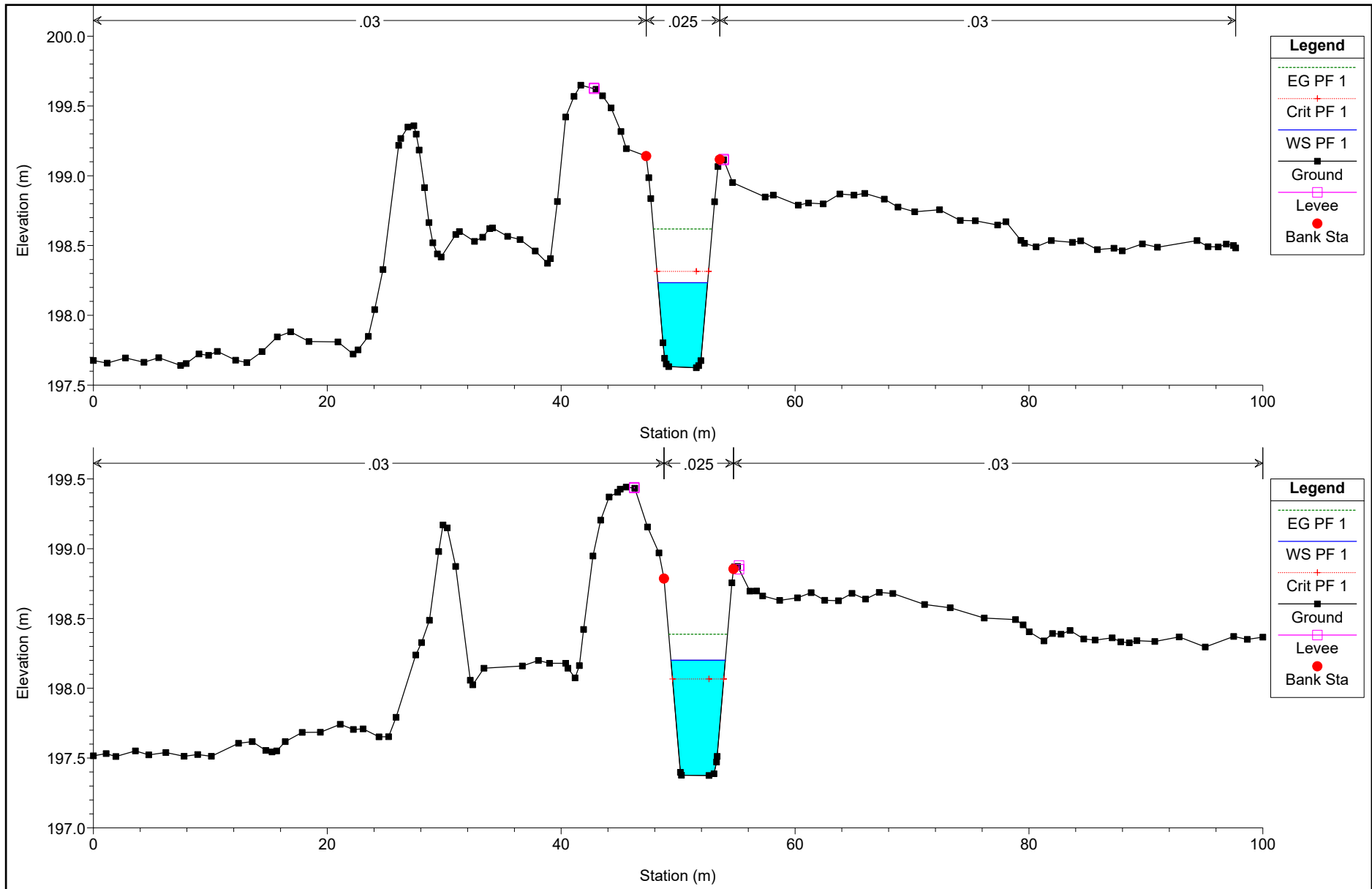


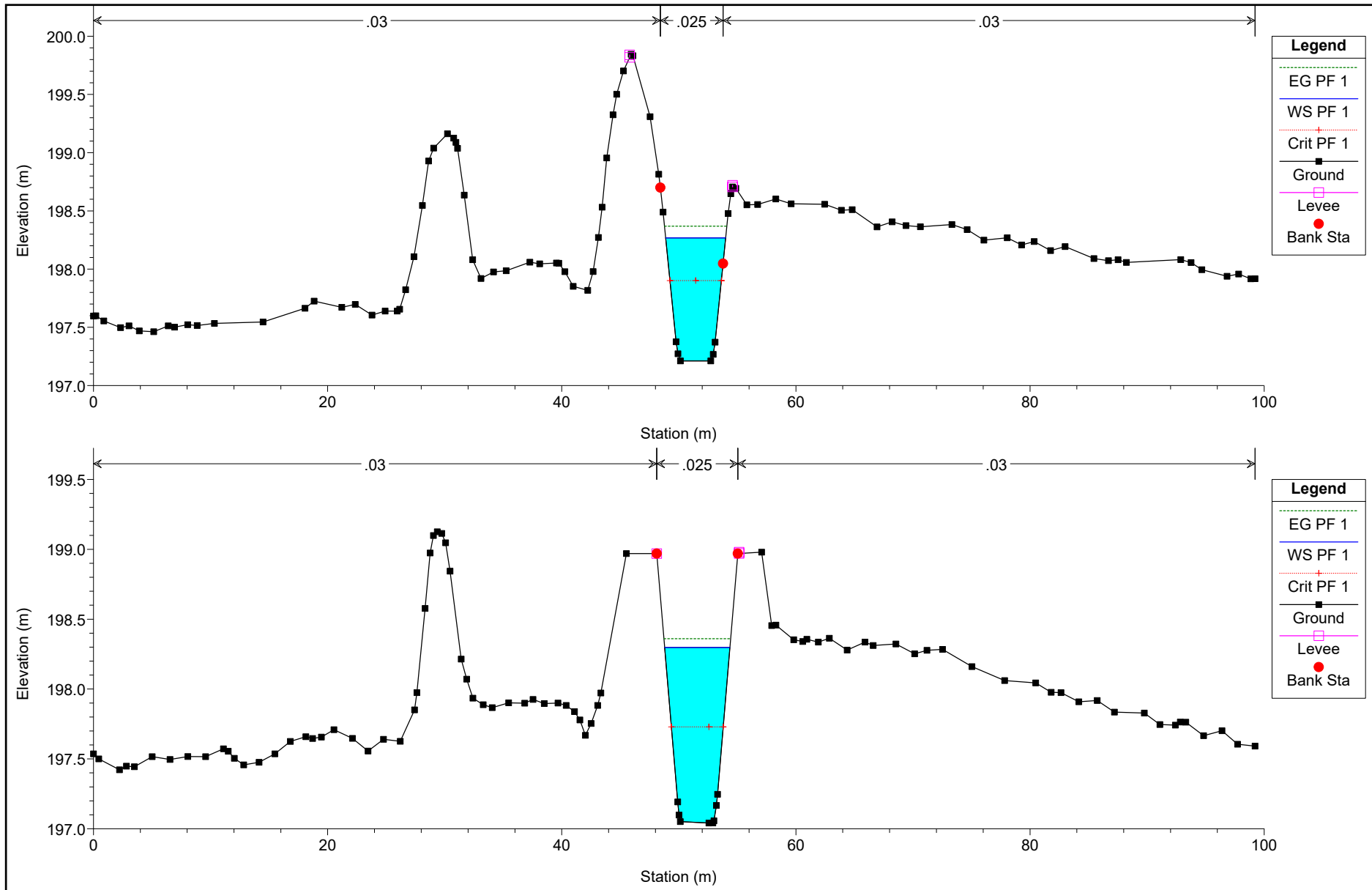


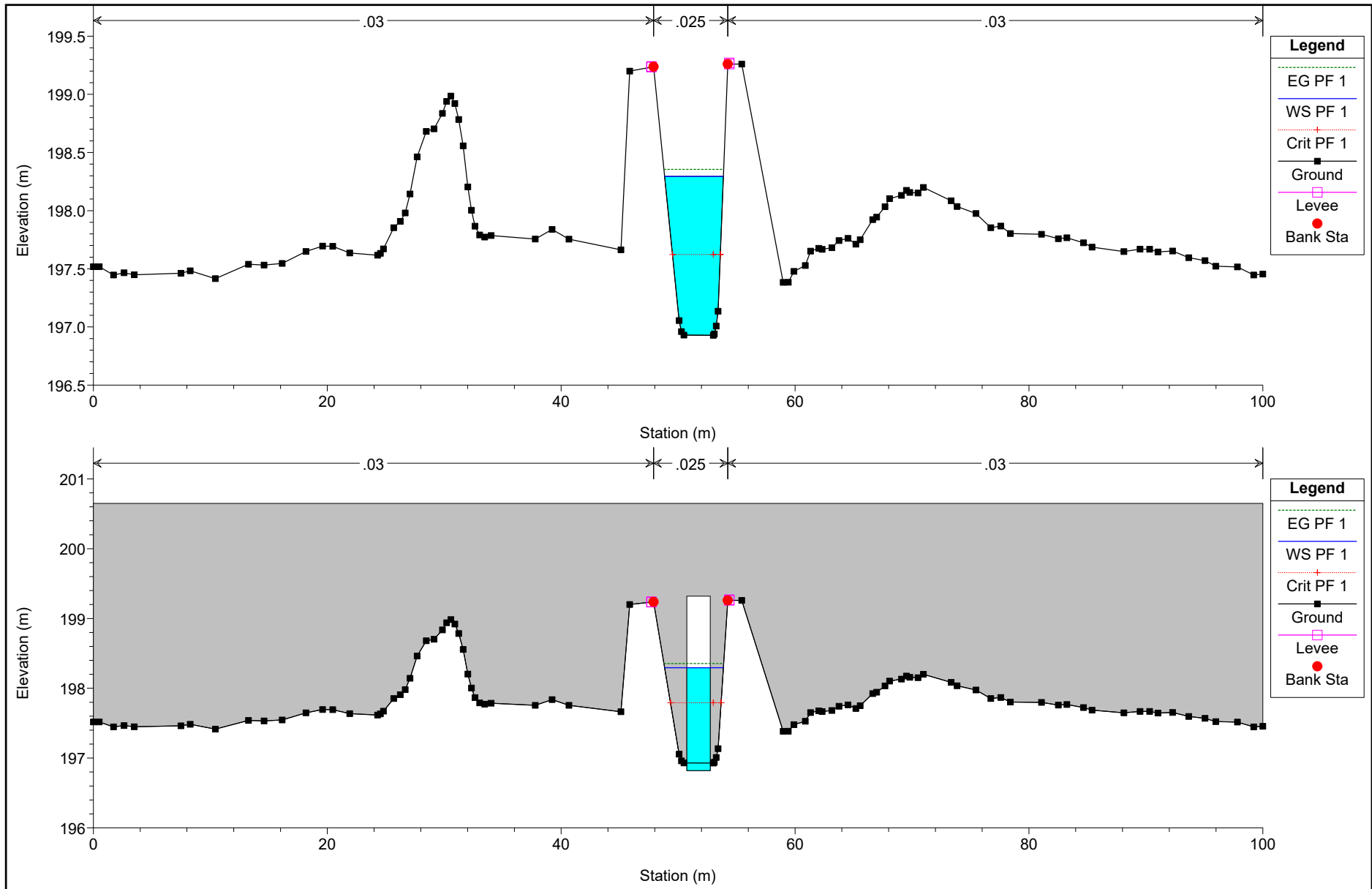


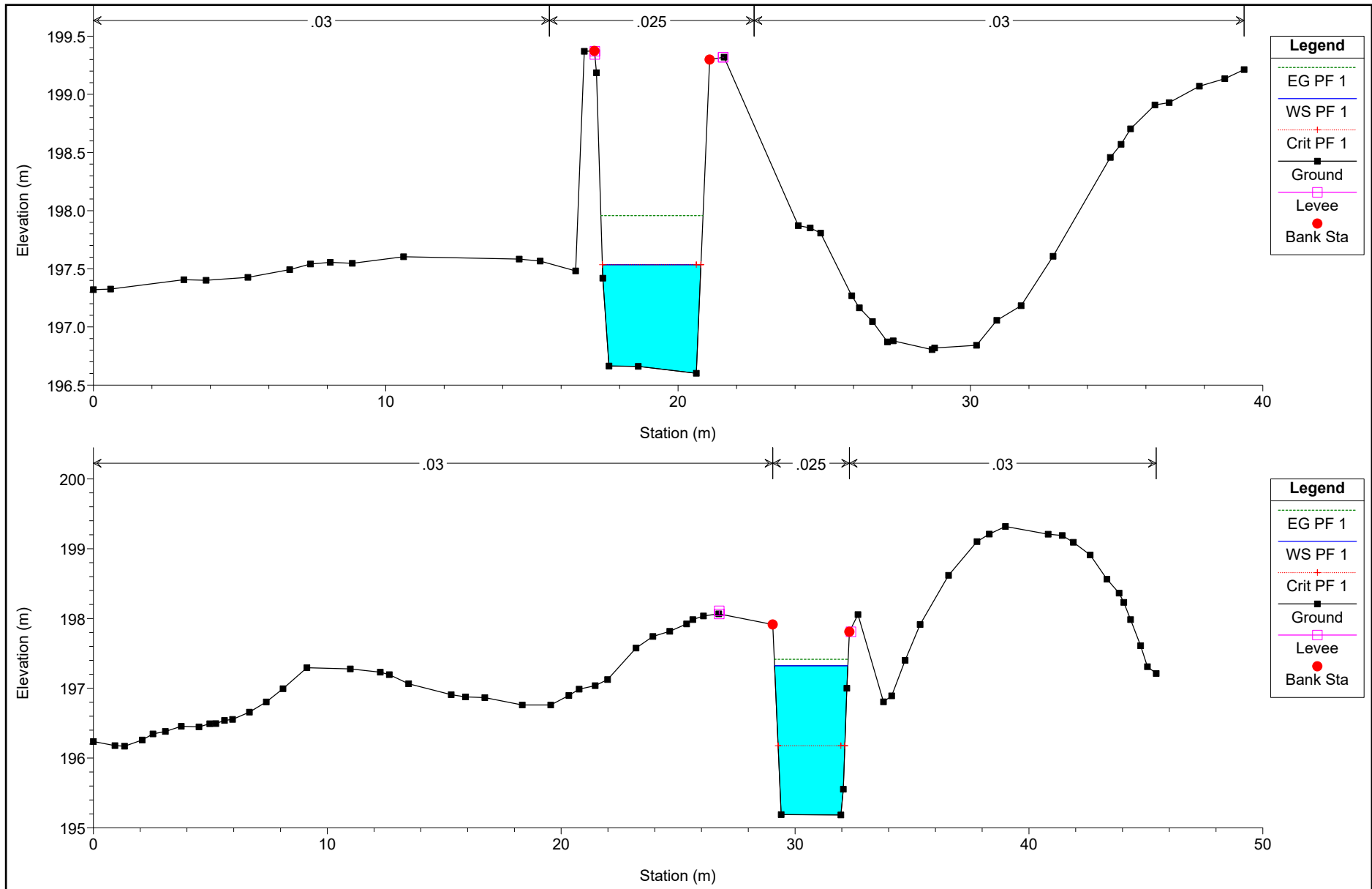


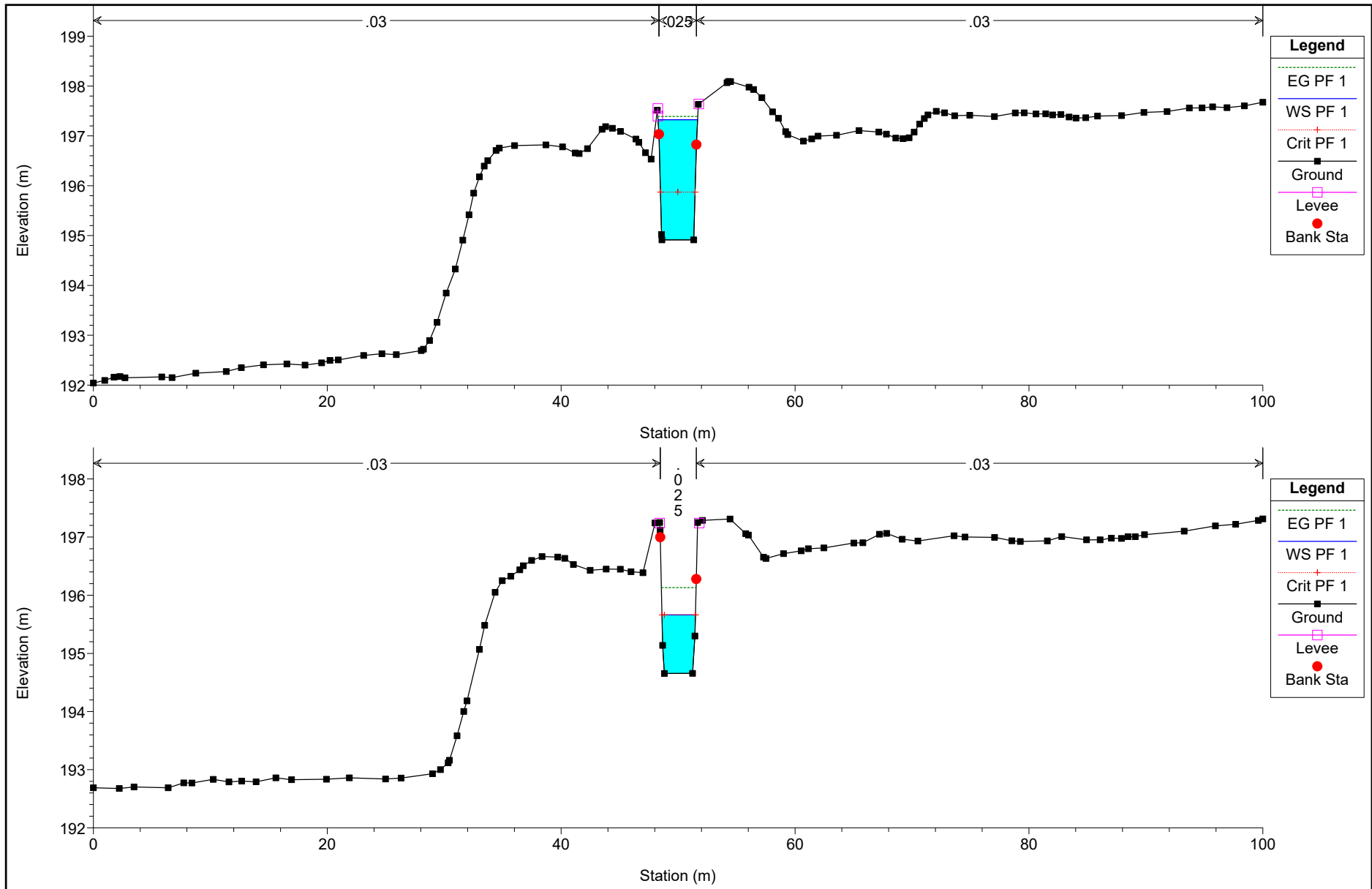


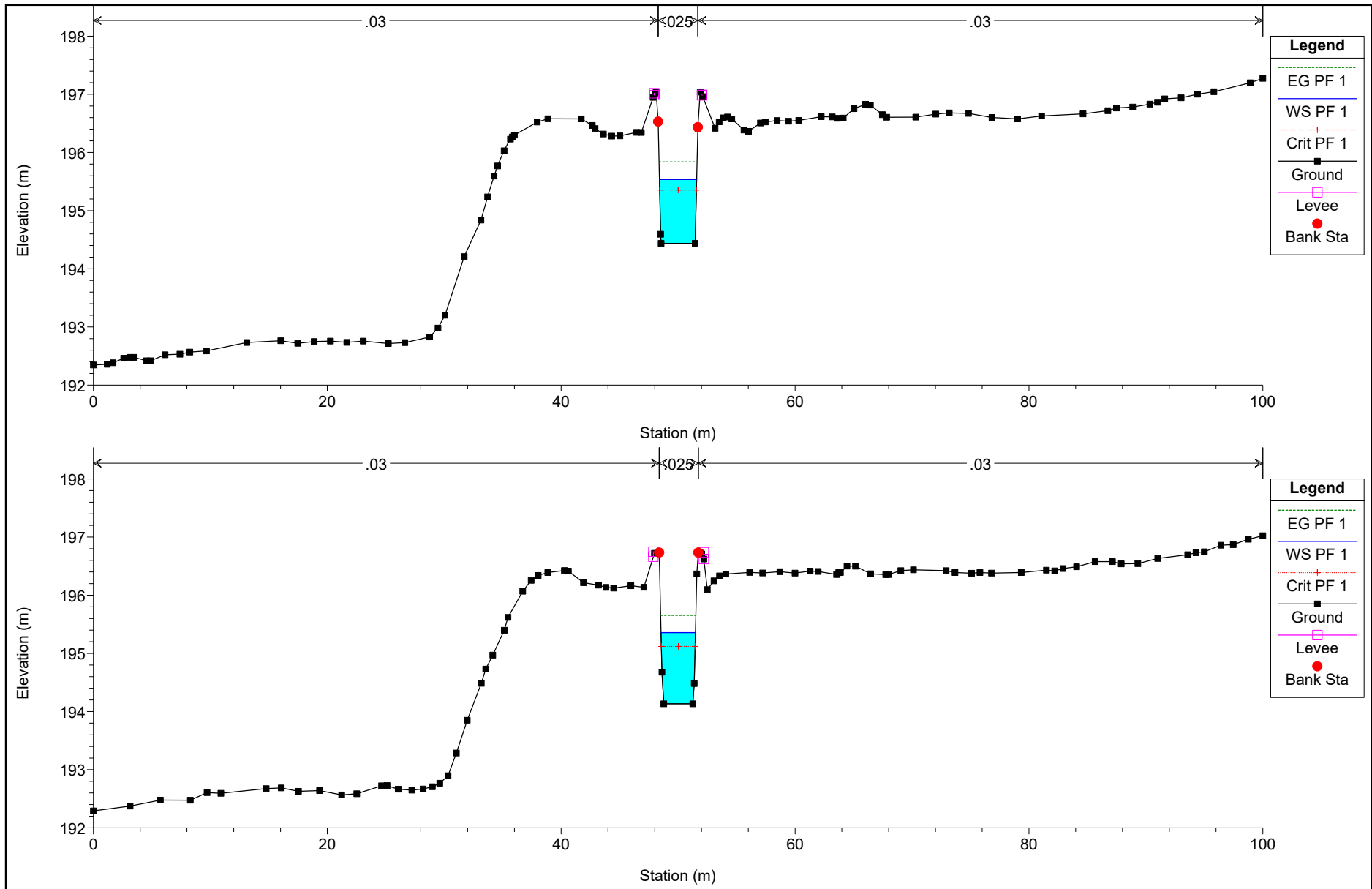


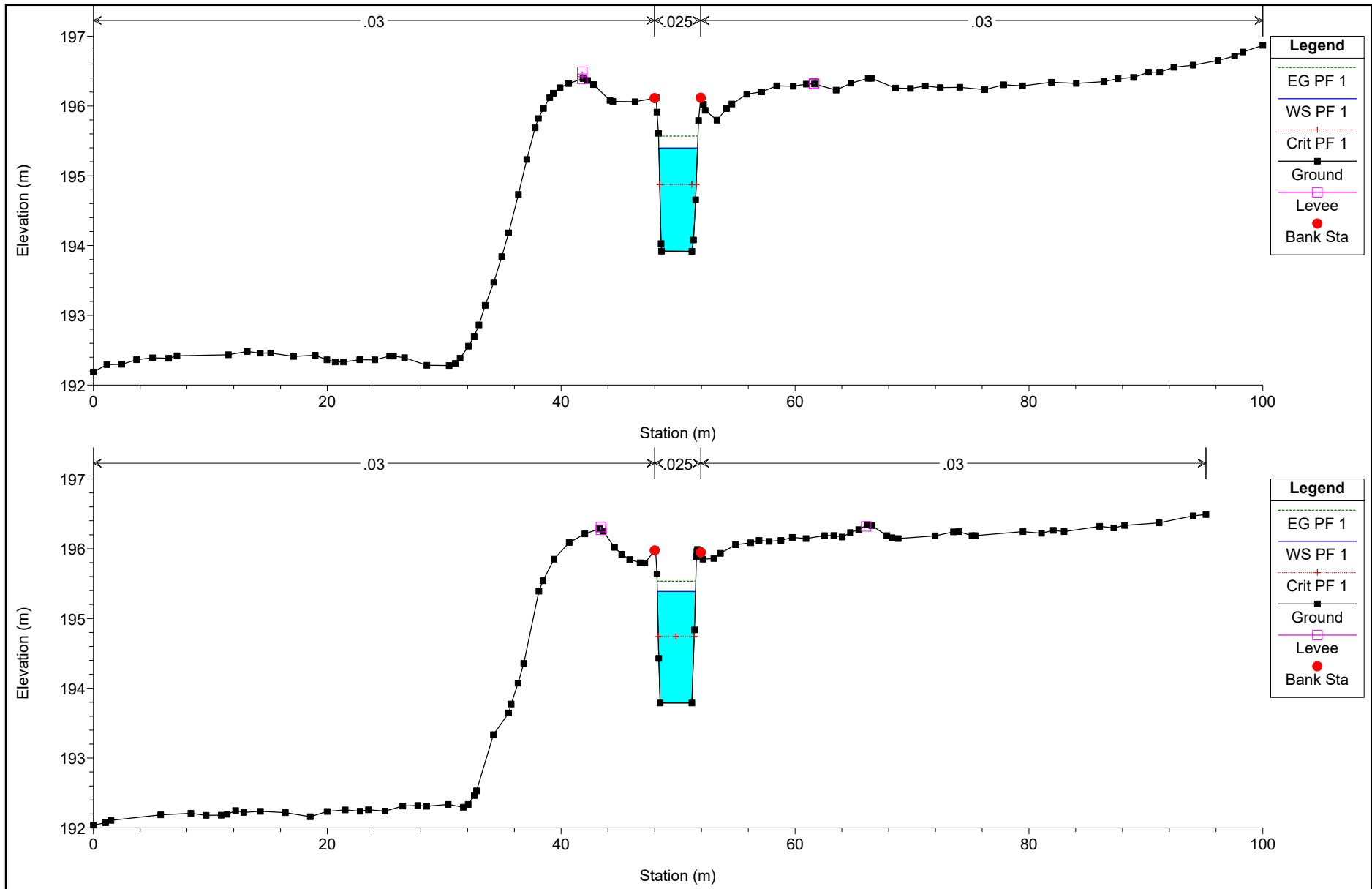


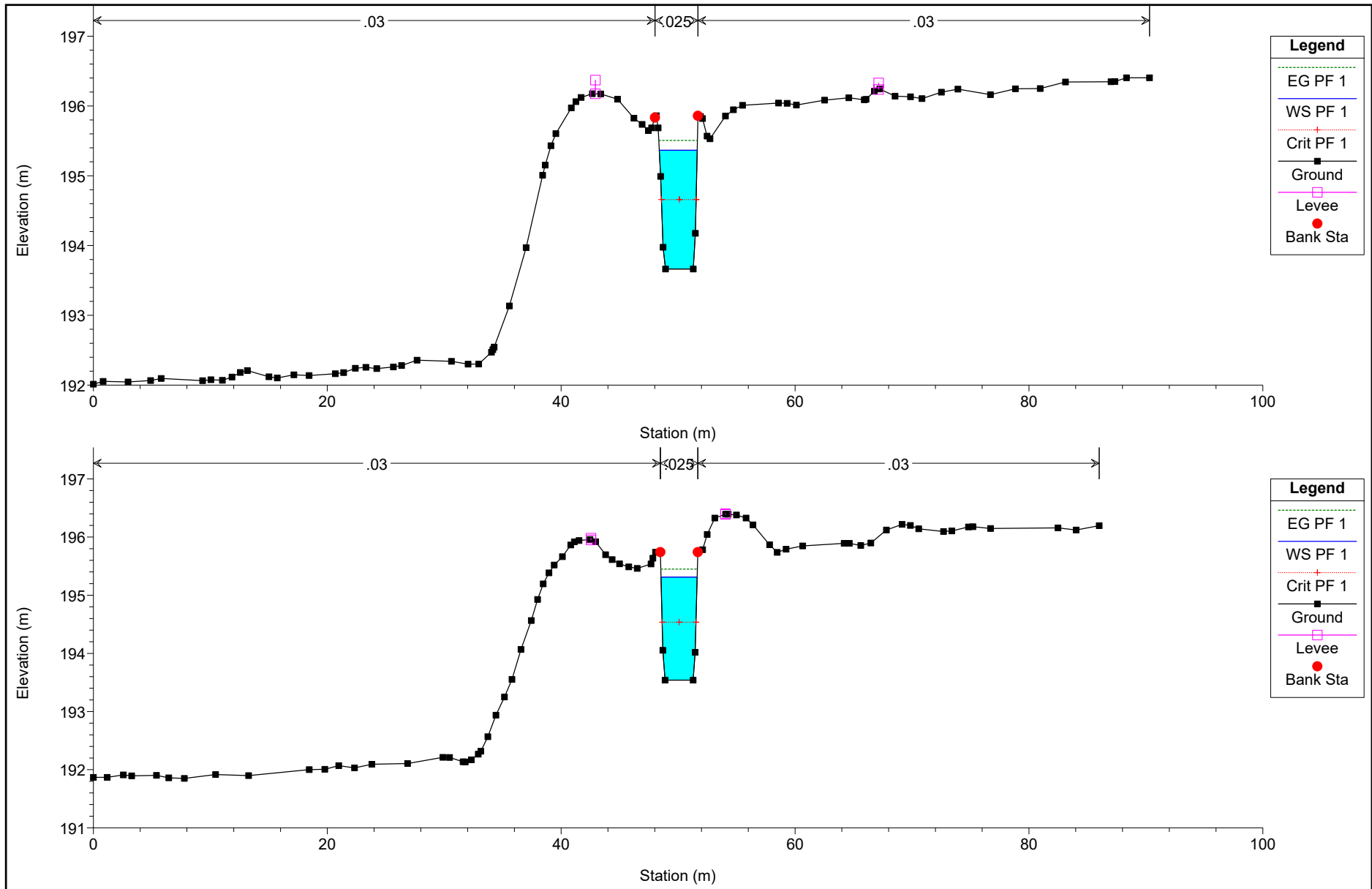


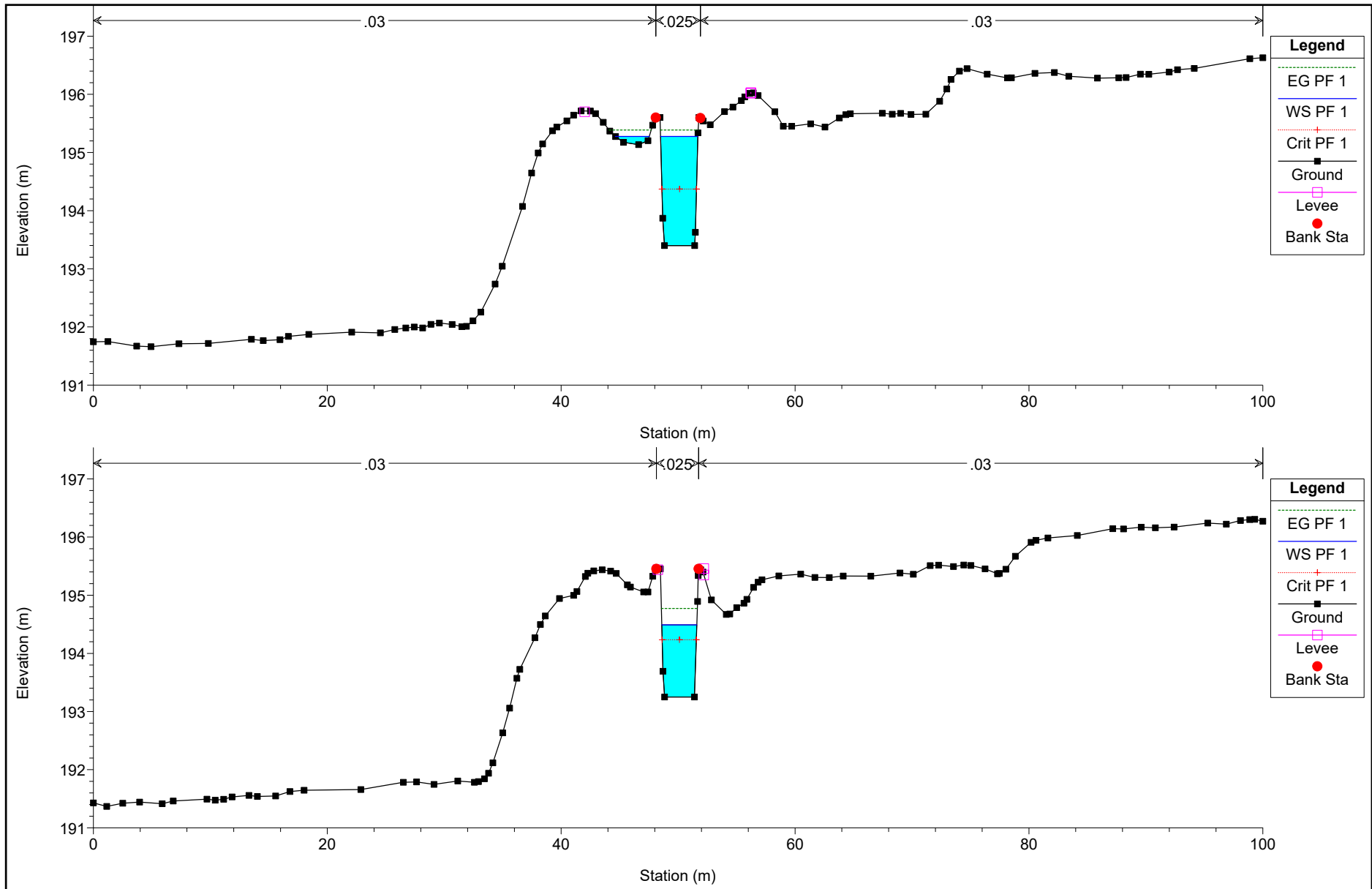


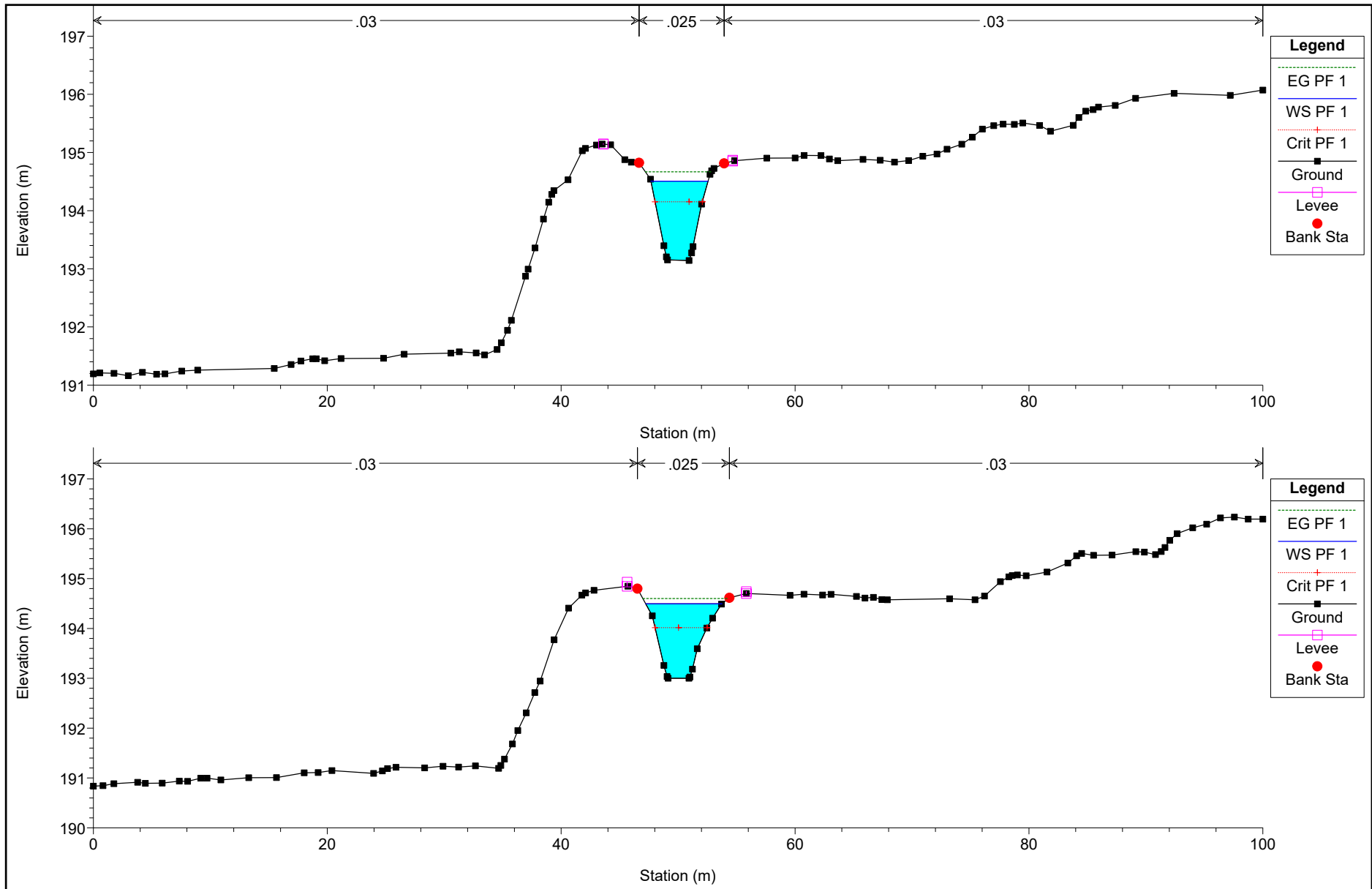


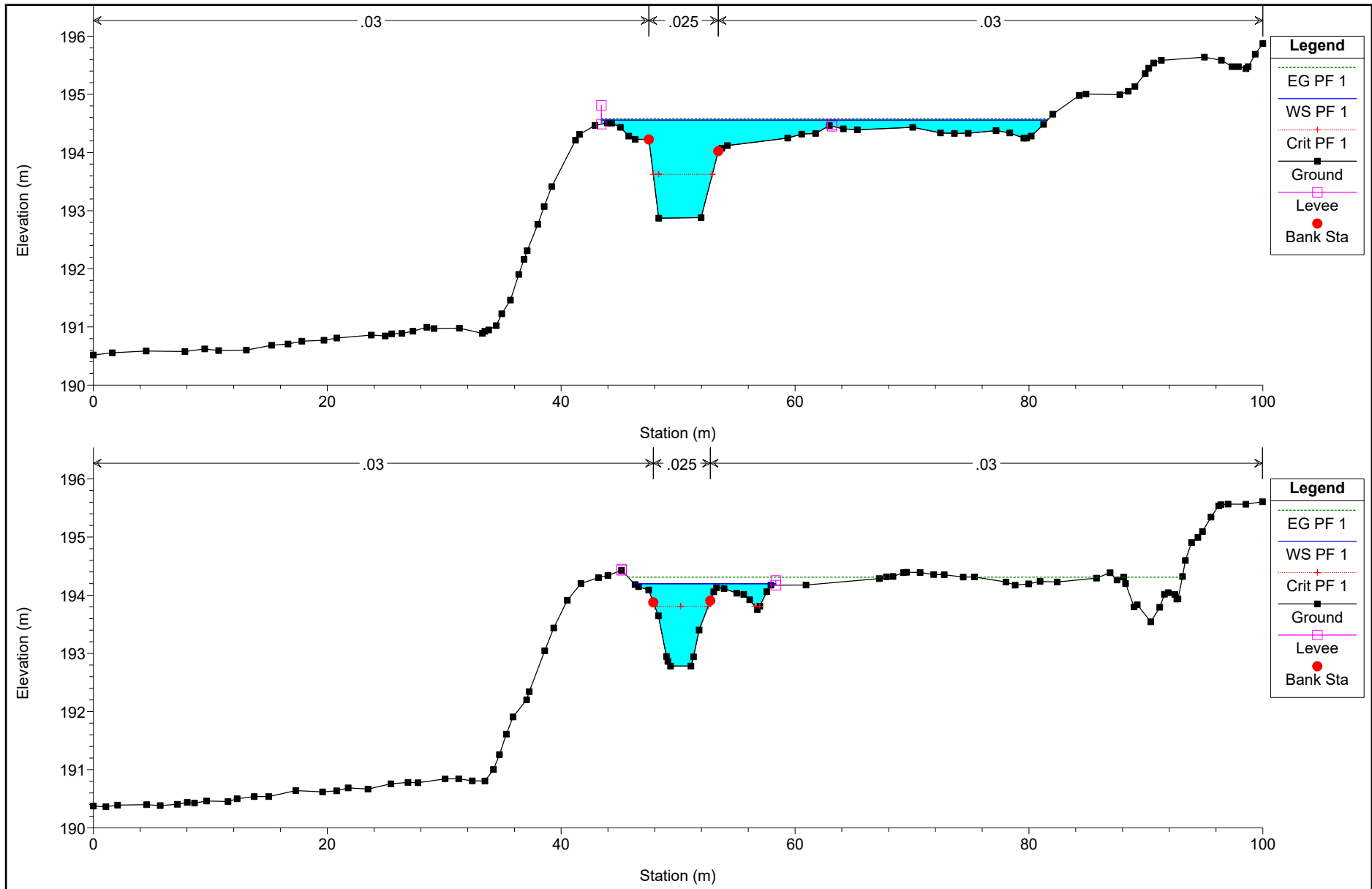


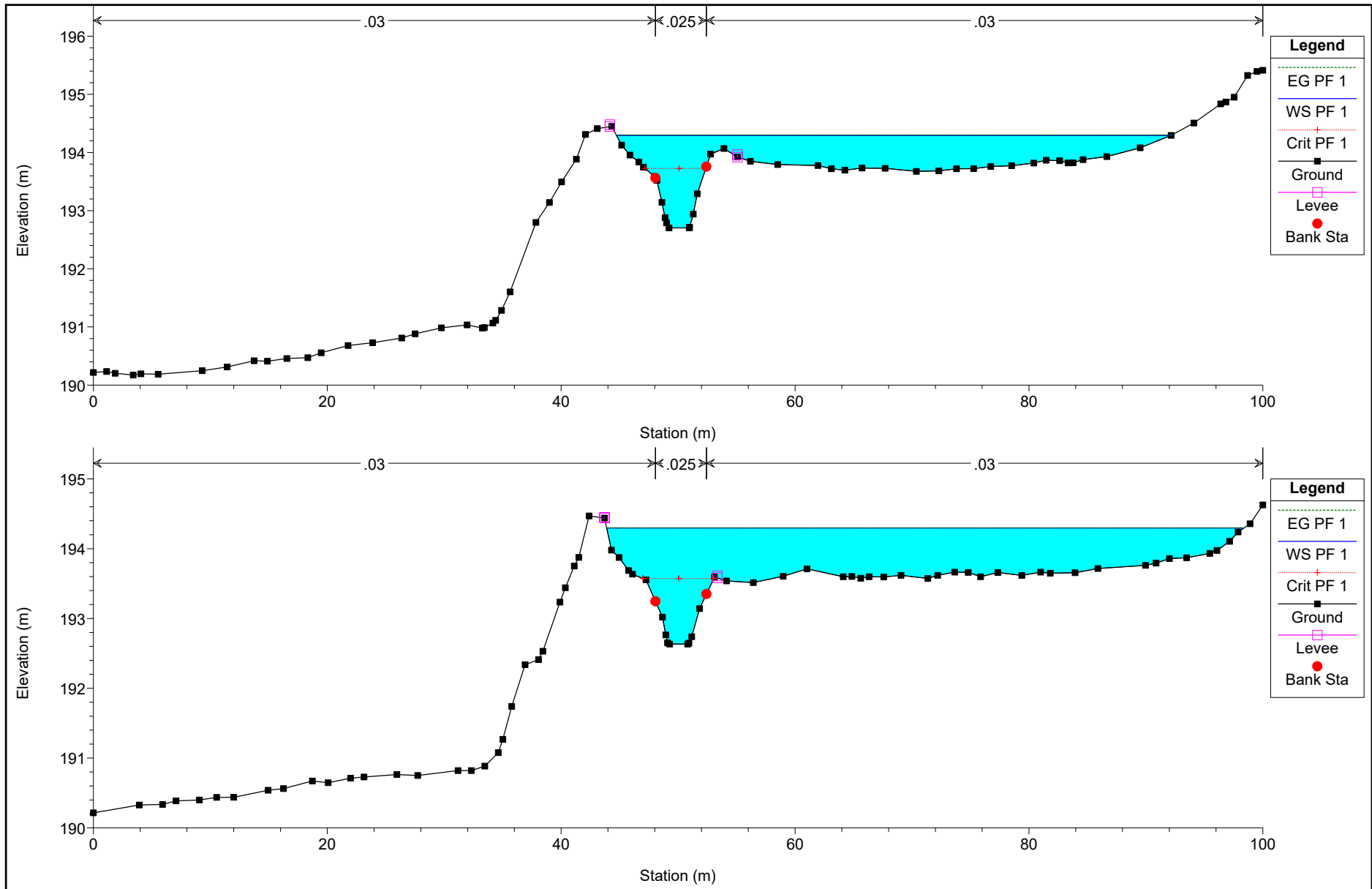


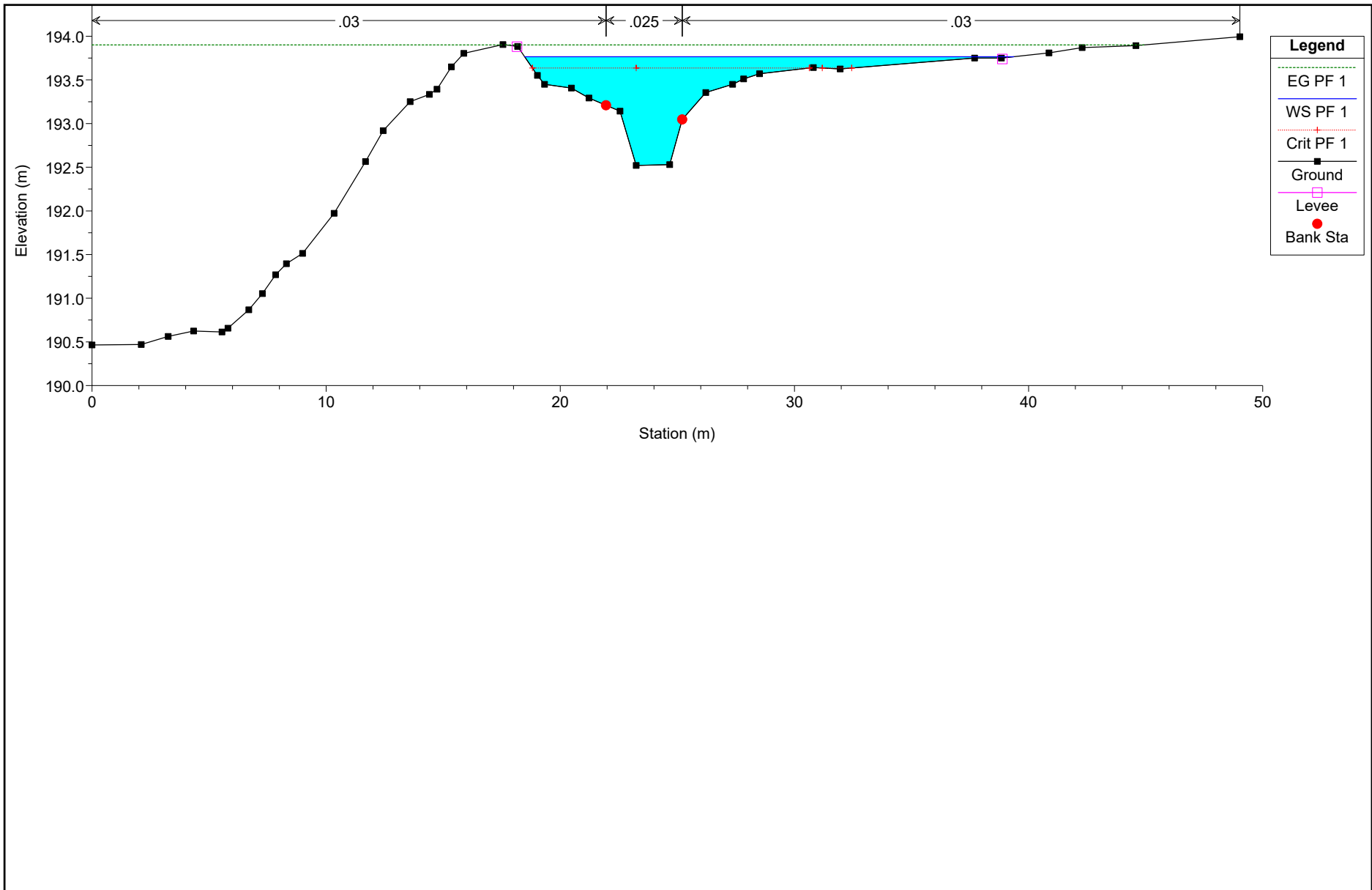












HEC-RAS Plan: NI04_POST OPERAM River: NI04 Reach: NI04 Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	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
NI04	646.41	PF 1	6.00	208.03	208.29	208.29	208.36	0.011384	1.51	5.83	44.03	1.05
NI04	639.33	PF 1	6.00	207.18	208.09	207.84	208.10	0.000162	0.40	29.28	100.00	0.15
NI04	632.25	PF 1	6.00	205.97	206.82	206.82	207.14	0.008742	2.51	2.39	3.69	0.99
NI04	624.46	PF 1	6.00	205.26	205.97	206.11	206.48	0.016597	3.16	1.90	3.42	1.35
NI04	616.67	PF 1	6.00	204.55	205.03	205.25	205.73	0.031531	3.71	1.62	3.95	1.85
NI04	608.87	PF 1	6.00	203.87	204.31	204.56	205.13	0.039322	3.99	1.50	3.88	2.05
NI04	601.08	PF 1	6.00	203.17	203.59	203.86	204.50	0.046331	4.22	1.42	3.83	2.22
NI04	592.96	PF 1	6.00	202.69	203.11	203.38	204.04	0.048367	4.28	1.40	3.82	2.26
NI04	584.84	PF 1	6.00	202.22	202.63	202.91	203.58	0.049905	4.32	1.39	3.82	2.29
NI04	576.71	PF 1	6.00	201.73	202.14	202.42	203.12	0.051250	4.37	1.37	3.82	2.32
NI04	568.59	PF 1	6.00	201.26	201.67	201.95	202.65	0.052252	4.40	1.36	3.81	2.35
NI04	559.41	PF 1	6.00	200.71	201.12	201.41	202.12	0.053693	4.43	1.35	3.81	2.37
NI04	550.23	PF 1	6.00	200.16	200.57	200.85	201.58	0.055365	4.46	1.35	3.84	2.41
NI04	541.05	PF 1	6.00	199.65	200.05	200.34	201.06	0.055236	4.46	1.34	3.82	2.40
NI04	531.87	PF 1	6.00	199.11	199.51	199.79	200.53	0.055526	4.48	1.34	3.79	2.41
NI04	522.79	PF 1	6.00	198.87	199.32	199.56	200.12	0.038340	3.96	1.52	3.89	2.03
NI04	513.70	PF 1	6.00	198.63	199.60	199.32	199.72	0.002638	1.57	3.81	4.93	0.57
NI04	504.62	PF 1	6.00	198.40	199.16	199.09	199.38	0.006096	2.11	2.84	4.53	0.85
NI04	495.53	PF 1	6.00	198.16	198.85	198.85	199.14	0.008545	2.38	2.53	4.38	1.00
NI04	485.53	PF 1	6.00	197.88	198.48	198.54	198.84	0.011958	2.63	2.28	4.40	1.17
NI04	475.53	PF 1	6.00	197.62	198.23	198.31	198.62	0.013132	2.75	2.18	4.25	1.22
NI04	465.53	PF 1	6.00	197.38	198.20	198.07	198.39	0.004591	1.91	3.14	4.65	0.74
NI04	459.36	PF 1	6.00	197.21	198.27	197.90	198.37	0.001806	1.41	4.28	5.13	0.48
NI04	453.19	PF 1	6.00	197.04	198.30	197.73	198.36	0.001009	1.11	5.39	5.57	0.36
NI04	447.02	PF 1	6.00	196.93	198.29	197.62	198.35	0.000896	1.08	5.53	5.03	0.33
NI04	430		Culvert									
NI04	428	PF 1	8.19	196.60	197.54	197.54	197.96	0.010486	2.88	2.85	3.37	1.00
NI04	402.91	PF 1	8.19	195.18	197.32	196.18	197.41	0.001303	1.34	6.12	3.13	0.31
NI04	377.46	PF 1	8.19	194.91	197.33	195.87	197.39	0.000729	1.13	7.29	3.38	0.24
NI04	351.92	PF 1	8.19	194.65	195.66	195.66	196.13	0.011307	3.03	2.70	2.86	1.00
NI04	330.86	PF 1	8.19	194.44	195.54	195.36	195.84	0.006521	2.44	3.36	3.19	0.76
NI04	301.57	PF 1	8.19	194.13	195.36	195.12	195.65	0.006064	2.41	3.40	2.94	0.72
NI04	280.38	PF 1	8.19	193.92	195.40	194.87	195.57	0.002893	1.84	4.46	3.30	0.50
NI04	267.96	PF 1	8.19	193.79	195.39	194.74	195.54	0.002428	1.71	4.80	3.26	0.45
NI04	255.54	PF 1	8.19	193.66	195.37	194.66	195.51	0.002209	1.66	4.92	3.25	0.43
NI04	228.75	PF 1	8.19	193.54	195.31	194.54	195.45	0.002125	1.63	5.02	3.09	0.41
NI04	195.54	PF 1	8.19	193.40	195.28	194.37	195.39	0.001652	1.47	5.79	6.09	0.36
NI04	162.72	PF 1	8.19	193.25	194.49	194.24	194.77	0.005753	2.36	3.47	3.00	0.70
NI04	135.54	PF 1	8.19	193.14	194.51	194.15	194.67	0.002792	1.78	4.59	4.88	0.59
NI04	105.54	PF 1	8.19	193.00	194.50	194.02	194.60	0.001845	1.43	5.71	6.53	0.49
NI04	75.54	PF 1	8.19	192.87	194.56	193.63	194.58	0.000291	0.78	15.88	38.15	0.21
NI04	55.540	PF 1	8.19	192.78	194.20	193.81	194.31	0.001679	1.53	6.22	12.09	0.48
NI04	36.570	PF 1	8.19	192.70	194.29	193.73	194.30	0.000168	0.56	25.35	47.42	0.16
NI04	18.63	PF 1	8.19	192.63	194.30	193.57	194.30	0.000063	0.38	36.82	54.49	0.10
NI04	2.97	PF 1	8.19	192.52	193.77	193.64	193.90	0.002500	1.85	6.77	20.89	0.59