

PROVINCIA DI BENEVENTO

Settore Viabilità 1 e connesse infrastrutture

PROGRAMMA OPERATIVO COMPLEMENTARE CAMPANIA 2014/2020

LINEA D'AZIONE RIGENERAZIONE URBANA

AZIONE OPERATIVA FONDO DI ROTAZIONE PER LA PROGETTAZIONE DEGLI ENTI LOCALI

PROGETTO

Servizi di ingegneria di progettazione definitiva ed esecutiva, C.S.P.
indagini geognostiche e relazione geologica - lavori di completamento
e risanamento della S.P. n°44 di penetrazione e collegamento San
Giorgio La Molarà - SS. 90 bis - Il lotto

FASE PROGETTUALE

PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATO

RELAZIONE IDRAULICA

FASE	GRUPPO	TAVOLA	PROGRESSIVO
DBR	007	07	07

FILE NOME

DBR00707_RELAZIONE IDRAULICA

C.U.P.

I31B16000460002

C.I.G.

7085240D00

SCALA

-

PROGETTISTA

RTP:



GENERAL ENGINEERING SRL (Capogruppo mandatario)



Ing. Antonello SCOCCA

Arch. Tito VELLA (mandante)

Ing. Francesco Junior MARCHESE (mandante)

Geol. Dott. Daniele PIPICELLI (mandante)

Geom. Nicola LAUDATO (mandante)

RUP

Ing. Zosimo Giovanni MAIOLO

GRUPPO DI LAVORO

Ing. Carlo CAMILLERI

Ing. Nicola CAMILLERI

Arch. Francesco COVINO

REVISIONE	DATA	OGGETTO	APPROVATO
0	Giugno 2018	Emissione - verifica intermedia RUP	Ing. Antonello SCOCCA

Sommario

1. INTRODUZIONE	2
2. INTERVENTI DI PROGETTO	3
3. CALCOLO DELLE PORTATE DEI BACINI	5
3.1. INDIVIDUAZIONE DEL BACINI IDROGRAFICI	5
3.2. CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE DEI BACINI	7
3.3. CALCOLO DELLA PORTATA DI PIENA	8
4. CALCOLO DEI PROFILI IDRAULICI IN MOTO PERMANENTE.....	11
4.1. DESCRIZIONE DEL CODICE DI CALCOLO	11
4.2. EQUAZIONI PER IL CALCOLO DEL PROFILO IDRAULICO.....	11
4.2.1. CALCOLO DELLA PROFONDITÀ DI STATO CRITICO	14
4.2.2. CALCOLI IDRAULICI PER SEZIONI CON SINGOLARITÀ	14
4.2.3. MODALITA' DI DEFLUSSO DELLA PIENA.....	16
4.2.4. SCELTA DEI COEFFICIENTI DI SCABREZZA	18
5. METODOLOGIE DI CALCOLO PER L'ANALISI DELLO SCALZAMENTO.....	19
6. VERIFICHE IDRAULICHE.....	27
7. CONCLUSIONI	29

1. INTRODUZIONE

La presente relazione riguarda la verifica di quattro tombini lungo la strada SP40 di collegamento con San Giorgio la Molara e la verifica dello scalzamento delle pile da ponte del viadotto denominato 1.

Oggetto della presente relazione è la stima della profondità di escavazione al piede delle pile da ponte fondate in alveo, tramite l'utilizzo del software HEC-RAS, e l'esame della compatibilità idraulica degli attraversamenti, in seguito ad eventi piovosi particolarmente gravosi.

Le verifiche sono volta a controllare che con portate di piena aventi periodo di ritorno di 200 e 500 anni sia garantita la stabilità delle pile da ponte e le condizioni di sicurezza degli attraversamenti con un adeguato franco di sicurezza.

2. INTERVENTI DI PROGETTO

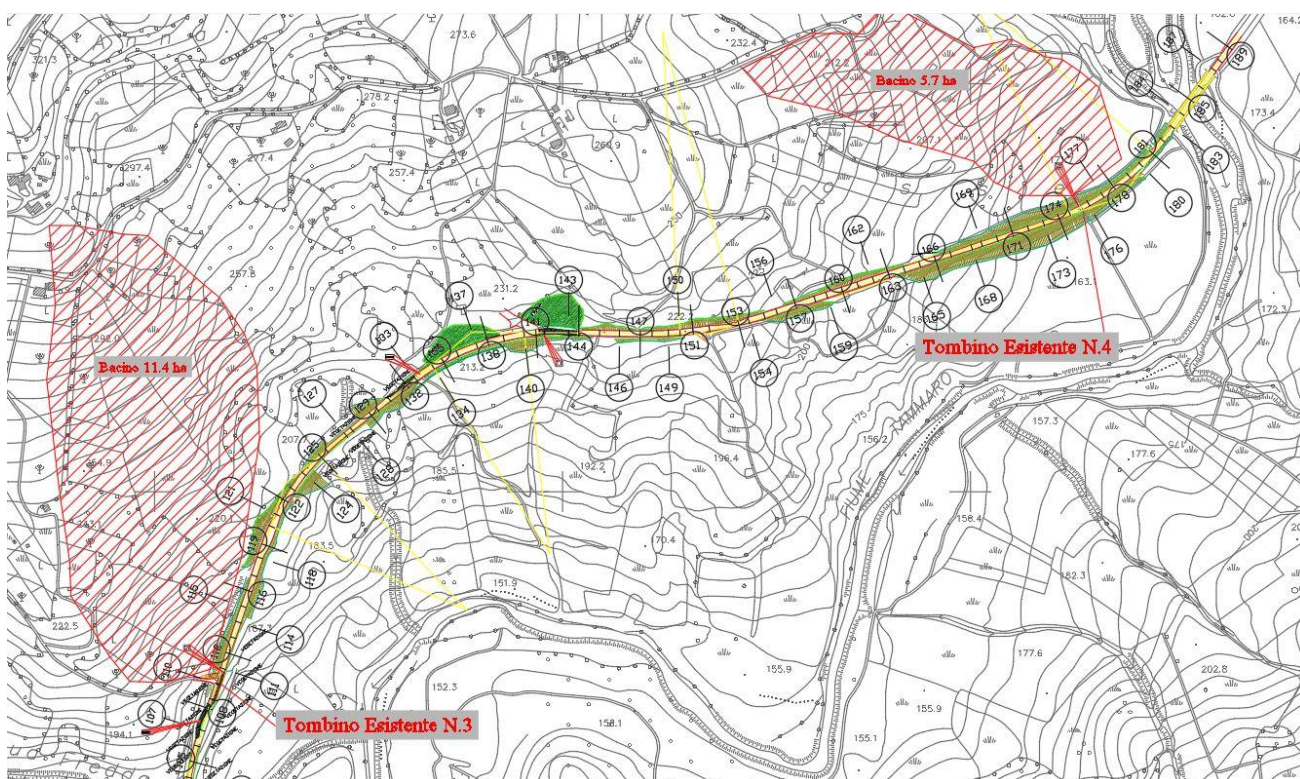
Dai diversi rilievi e sopralluoghi effettuati è emerso che alcuni tombini esistenti individuati di seguito, risultano inefficaci a causa dei movimenti franosi in atto che hanno cambiato la morfologia del territorio e quindi la morfologia dei bacini colanti relativi ai due tombini. Per tale motivo i due tombini individuati di seguito risultano inefficaci.

Gli interventi di progetto consistono nella realizzazione di quattro tombini di cui i primi due sostituiscono tombini esistenti. In pratica gli interventi di progetto mirano, dove possibile, a recuperare, con una sezione idraulica di dimensioni maggiori, i tombini esistenti e nella realizzazione, quando possibile, di nuovi tombini.

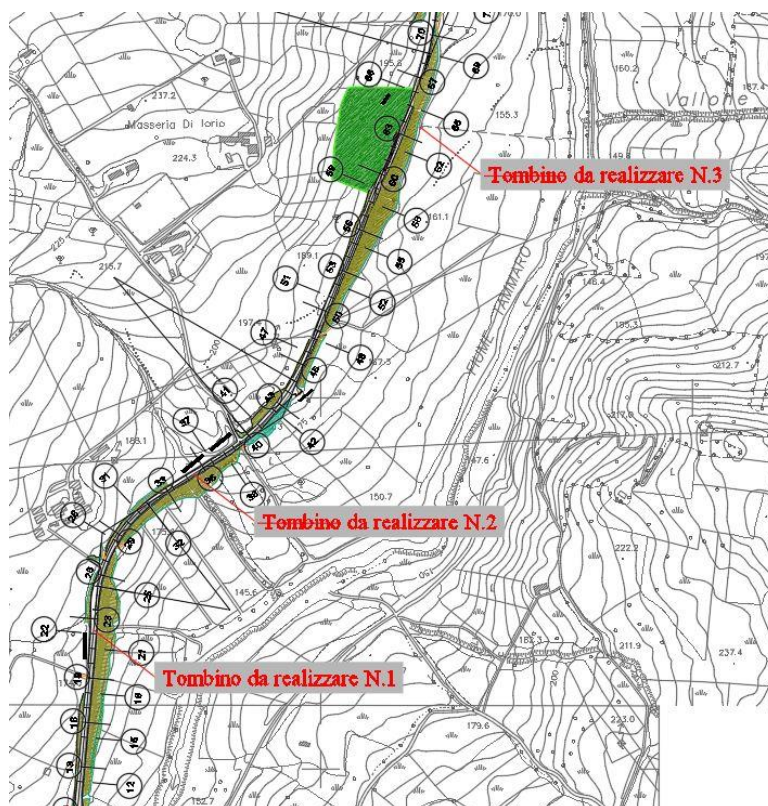


Tombini esistenti da dismettere N°3 a sx N°4 a dx.

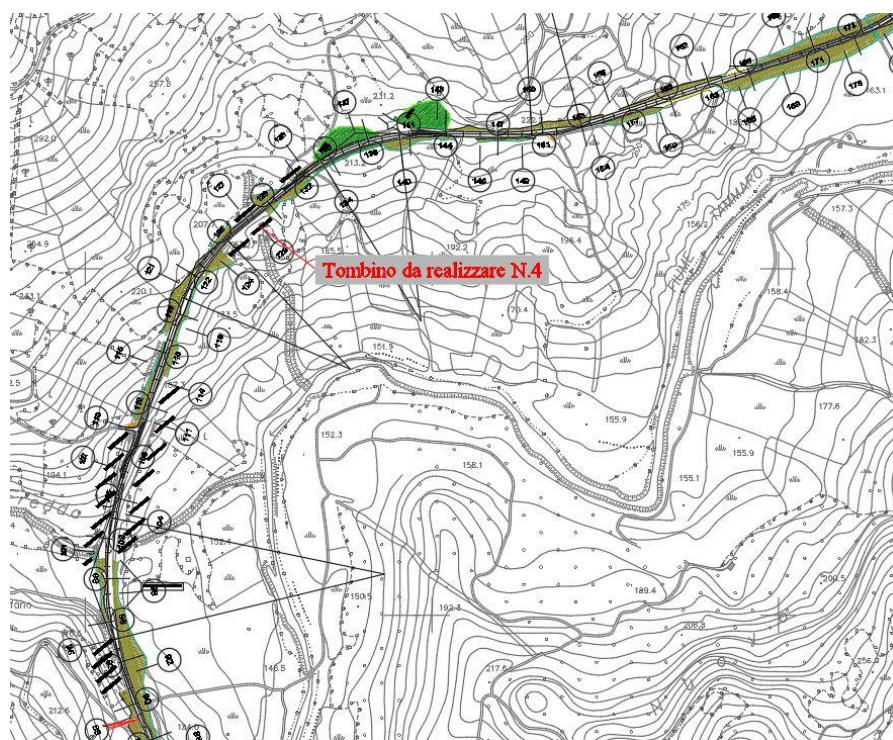
RELAZIONE IDRAULICA



Planimetria con individuazione dei tombini da dismettere.



Planimetria con individuazione dei tombini da realizzare.



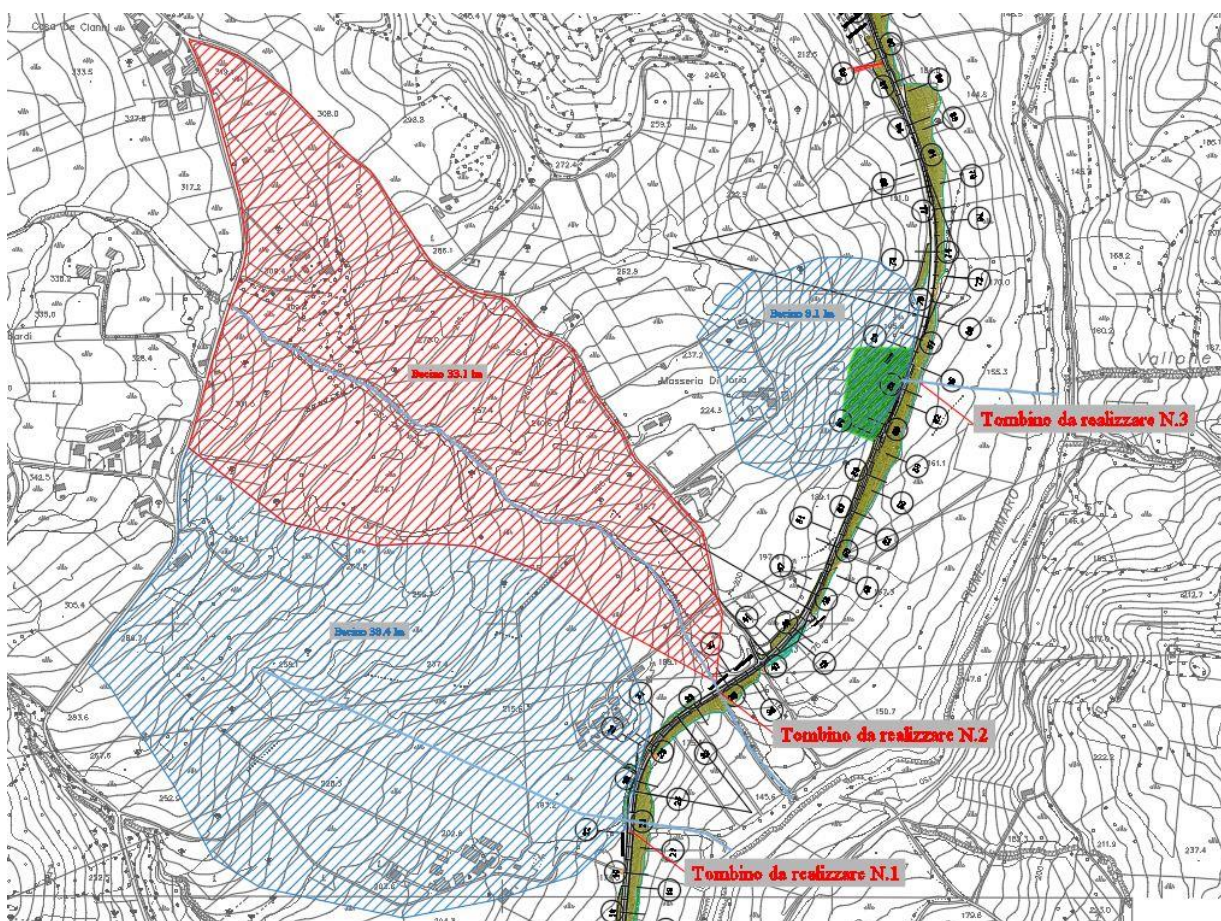
Planimetria con individuazione dei tombini da realizzare.

3. CALCOLO DELLE PORTATE DEI BACINI

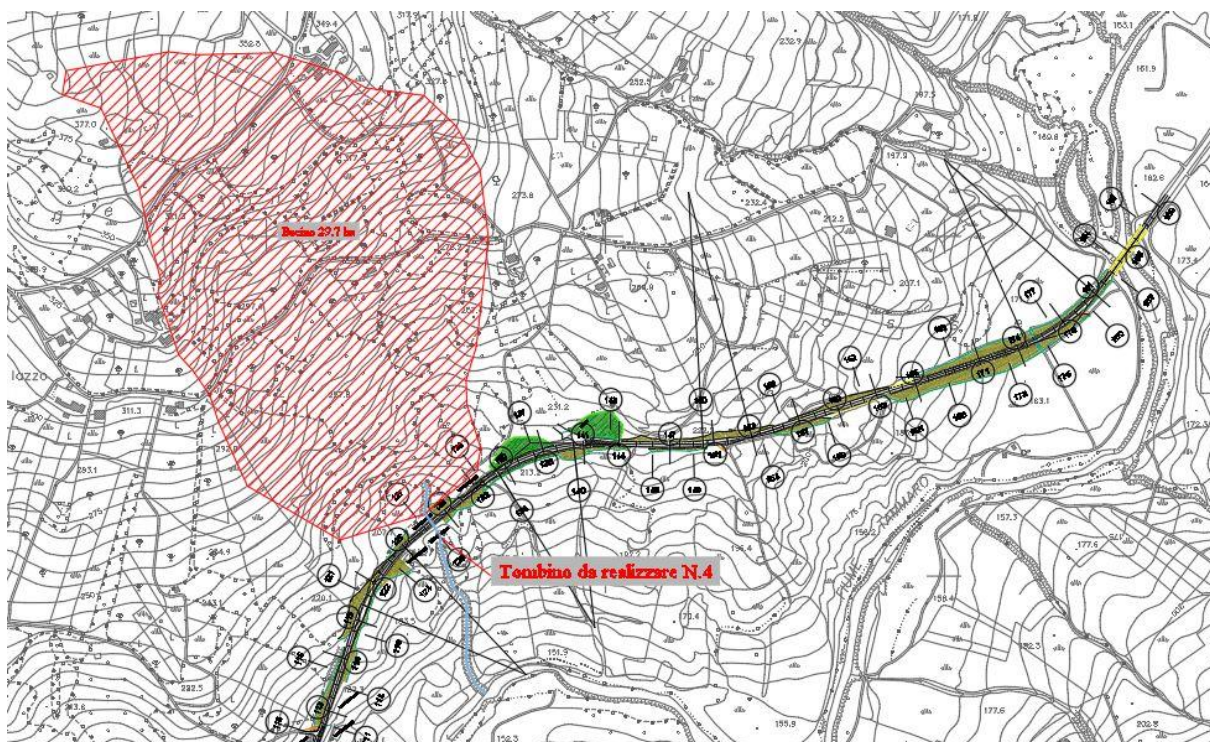
3.1. INDIVIDUAZIONE DEL BACINI IDROGRAFICI

Per il calcolo delle portate è stato necessario individuare il bacino idrografico, ossia quella porzione di territorio che contribuisce a convogliare le acque meteoriche nella sezione di chiusura posta in corrispondenza dell'imbocco del canale. Si è provveduto alla delimitazione del bacino idrografico mediante le curve di livello, seguendo i punti singolari di dislivello fino alla sezione di chiusura del bacino stesso.

RELAZIONE IDRAULICA



Planimetria con individuazione dei bacini dei tombini da realizzare.



Planimetria con individuazione dei bacini dei tombini da realizzare.

3.2. CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE DEI BACINI

Il tempo di corrivazione del bacino è il tempo impiegato da una goccia d'acqua che cade nel punto idraulicamente più lontano del bacino per raggiungere la sezione di chiusura.

Questo viene, in genere, stimato utilizzando formule empiriche derivate dall'analisi di una gran quantità di casi reali, che esprimono il legame esistente tra il tempo di corrivazione e alcune grandezze caratteristiche del bacino di facile determinazione.

A tal proposito viene utilizzata la relazione di Giandotti, in cui si ammette che il tempo di corrivazione (in ore) del bacino sia calcolato come:

$$t_c = \frac{1.5 \cdot L + 4 \cdot \sqrt{S}}{0.8 \cdot \sqrt{z_{med} - z_0}}$$

dove:

- L è la lunghezza dell'asta principale, in questo caso pari a 10 km;
- S è la superficie totale del bacino pari a circa 200 [km²];
- z_{med} è la quota media del bacino, pari a 705 [m s.l.m.];
- z_0 è la quota della sezione di chiusura pari a 110 [m s.l.m.].

In particolare, nel caso in esame si ha:

$$Tombino N^{\circ}1 \quad t_c = \frac{1.5 \cdot 0.8 + 4 \cdot \sqrt{0.384}}{0.8 \cdot \sqrt{233 - 175}} = 0.6 \text{ h}$$

$$Tombino N^{\circ}2 \quad t_c = \frac{1.5 \cdot 1.2 + 4 \cdot \sqrt{0.331}}{0.8 \cdot \sqrt{248 - 175}} = 0.6 \text{ h}$$

$$Tombino N^{\circ}3 \quad t_c = \frac{1.5 \cdot 0.35 + 4 \cdot \sqrt{0.08}}{0.8 \cdot \sqrt{216 - 195}} = 0.45 \text{ h}$$

$$Tombino N^{\circ}4 \quad t_c = \frac{1.5 \cdot 0.35 + 4 \cdot \sqrt{0.29}}{0.8 \cdot \sqrt{292 - 207}} = 0.36 \text{ h}$$

3.3. CALCOLO DELLA PORTATA DI PIENA

Il calcolo della portata di piena viene effettuato con il metodo della corrivazione utilizzando la seguente relazione:

$$Q_{\max} = \varphi \cdot i(t_p) \cdot S$$

dove:

- φ è il coefficiente di afflusso che rappresenta l'aliquota delle precipitazioni che giunge nella sezione di chiusura, e costituisce la portata effettiva. Nella progettazione il coefficiente di afflusso è stato posto costante per l'intero sistema ed a vantaggio di sicurezza è stato considerato pari a 0.6;
- i è l'intensità di pioggia che dipende dalla durata dell'evento osservato;
- S è la superficie totale del bacino.

Per calcolare l'intensità di pioggia $i(t)$, si fa riferimento alla variabile aleatoria altezza di pioggia max ($h_{t,T}$) per una durata (t) corrispondente ad un periodo di ritorno (T) fissato pari a *200 e 500 anni* che presenta la seguente espressione:

$$h_{t,T} = a \cdot t^n$$

I parametri a ed n sono stati ricavati precedentemente con l'analisi pluviometrica presente nella relazione idrologica.

Di seguito si riportano delle tabelle riepilogative dei calcoli svolti, considerando il tempo di corrivazione, ottenuto con la formula di Giandotti, e delle portate massime di piena con riferimento ad un periodo di ritorno di *200 e 500 anni*. Il calcolo delle portate è stato svolto con riferimento alla sezione di chiusura situata in corrispondenza dell'attraversamento.

RELAZIONE IDRAULICA

Dati pluviometrici	
T=200 anni	
a	n
59.503	0.3352

Tombino 1

Dati pluviometrici	
T=500 anni	
a	n
69.238	0.3376

Tempo di corrivazione Formula di Giandotti				
L	S	z _m	z _o	t _c
[km]	[km ²]	[ms.l.m.]	[ms.l.m.]	[h]
0.8	0.384	233	175	0.604

Tempo di corrivazione Formula di Giandotti				
L	S	z _m	z _o	t _c
[km]	[km ²]	[ms.l.m.]	[ms.l.m.]	[h]
0.8	0.384	233	175	0.604

Portata convogliata nella Sezione di chiusura				
A	t _c	i(t)	φ	Q
[ha]	[h]	[mm/h]		[m ³ /s]
38.4	0.604	83.2	0.6	5.33

Portata convogliata nella Sezione di chiusura				
A	t _c	i(t)	φ	Q
[ha]	[h]	[mm/h]		[m ³ /s]
38.4	0.604	96.7	0.6	6.19

Dati pluviometrici	
T=200 anni	
a	n
59.503	0.3352

Tombino2

Dati pluviometrici	
T=500 anni	
a	n
69.238	0.3376

Tempo di corrivazione Formula di Giandotti				
L	S	z _m	z _o	t _c
[km]	[km ²]	[ms.l.m.]	[ms.l.m.]	[h]
1.2	0.331	248	175	0.600

Tempo di corrivazione Formula di Giandotti				
L	S	z _m	z _o	t _c
[km]	[km ²]	[ms.l.m.]	[ms.l.m.]	[h]
1.2	0.331	248	175	0.600

Portata convogliata nella Sezione di chiusura				
A	t _c	i(t)	φ	Q
[ha]	[h]	[mm/h]		[m ³ /s]
33.1	0.600	83.6	0.6	4.61

Portata convogliata nella Sezione di chiusura				
A	t _c	i(t)	φ	Q
[ha]	[h]	[mm/h]		[m ³ /s]
33.1	0.600	97.1	0.6	5.36

RELAZIONE IDRAULICA

Dati pluviometrici		Tombino 3		Dati pluviometrici	
T=200 anni				T=500 anni	
a	n			a	n
59.503	0.3352			69.238	0.3376

Tempo di corrivazione Formula di Giandotti				
L	S	z _m	z _o	tc
[km]	[km ²]	[ms.l.m.]	[ms.l.m.]	[h]
0.35	0.08	216	195	0.452

Tempo di corrivazione Formula di Giandotti				
L	S	z _m	z _o	tc
[km]	[km ²]	[ms.l.m.]	[ms.l.m.]	[h]
0.35	0.08	216	195	0.452

Portata convogliata nella Sezione di chiusura				
A	tc	i(t)	φ	Q
[ha]	[h]	[mm/h]		[m ³ /s]
8.00	0.452	100.9	0.6	1.35

Portata convogliata nella Sezione di chiusura				
A	tc	i(t)	φ	Q
[ha]	[h]	[mm/h]		[m ³ /s]
8.00	0.452	117.2	0.6	1.56

Dati pluviometrici		Tombino 4		Dati pluviometrici	
T=200 anni				T=500 anni	
a	n			a	n
59.503	0.3352			69.238	0.3376

Tempo di corrivazione Formula di Giandotti				
L	S	z _m	z _o	tc
[km]	[km ²]	[ms.l.m.]	[ms.l.m.]	[h]
0.35	0.297	292	207	0.367

Tempo di corrivazione Formula di Giandotti				
L	S	z _m	z _o	tc
[km]	[km ²]	[ms.l.m.]	[ms.l.m.]	[h]
0.35	0.297	292	207	0.367

Portata convogliata nella Sezione di chiusura				
A	tc	i(t)	φ	Q
[ha]	[h]	[mm/h]		[m ³ /s]
29.7	0.367	115.9	0.6	5.74

Portata convogliata nella Sezione di chiusura				
A	tc	i(t)	φ	Q
[ha]	[h]	[mm/h]		[m ³ /s]
29.7	0.367	134.6	0.6	6.66

4. CALCOLO DEI PROFILI IDRAULICI IN MOTO PERMANENTE

4.1. DESCRIZIONE DEL CODICE DI CALCOLO

La valutazione della sufficienza idraulica è stata condotta mediante l'ausilio di un codice¹ per il calcolo dei profili idraulici in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali (o artificiali), che consente anche la valutazione degli effetti della corrente dovuti all'interazione con ponti, briglie, stramazzi ed aree golenali. In primo luogo occorre fornire le informazioni relative alla geometria del corso d'acqua in un'apposita sezione (denominata *geometric data*), all'interno della quale si devono definire il corso del fiume (denominato *reach*), la geometria delle sezioni (denominata *cross section geometry*), la distanza fra le sezioni (denominata *reach lengths*) e il coefficiente di scabrezza, rappresentativo delle perdite di carico, secondo la formulazione di Manning.

In questa sezione è possibile definire la quota delle sponde (denominate *left and right elevations*), degli argini (denominati *levees*), inserire nella sezione delle aree dove l'acqua arriva ma non contribuisce al deflusso (denominate *ineffective flow areas*) e delle coperture (denominate *lids*).

Il codice di calcolo permette anche di fornire la geometria dei ponti in una sezione (denominata *bridge and culvert data*) nella quale è possibile definire per ogni ponte l'impalcato (denominato *deck/roadway*), le pile (denominate *piers*), le spalle (denominate *sloping abutments*) e le condizioni di calcolo (denominate *bridge modelling approach*).

Successivamente occorre impostare la sezione relativa alle condizioni di moto (denominata *steady flow data*), definendo la portata di riferimento per le diverse sezioni fluviali e le condizioni al contorno (denominate *boundary conditions*). A questo punto il codice di calcolo è pronto per eseguire i calcoli idraulici nella sezione denominata *steady flow analysis*.

I risultati delle computazioni idrauliche sono proposti attraverso delle tabelle riepilogative (*cross-section table* e *profile table*), dei grafici delle sezioni geometriche (*plot cross-section*), dal profilo longitudinale (*plot profile*) ed infine tramite una visione prospettica tridimensionale del sistema fluviale (x, y, z *perspective plot*).

4.2. EQUAZIONI PER IL CALCOLO DEL PROFILO IDRAULICO

L'ipotesi alla base delle formulazioni per la determinazione del profilo idraulico è che il moto dell'acqua nel canale sia uniforme. Questo significa che tutte le grandezze caratterizzanti la corrente (altezza idrica, velocità media nella sezione, portata, ecc.) risultano costanti nel tempo e nello spazio.

Sotto questa ipotesi, la pendenza media disponibile i_m , definita come il rapporto fra la differenza di quota e la distanza fra la sezione di monte e quella di valle, è esattamente pari alla cadente

¹ HEC-RAS, River Analysis System (versione 4.1.0), sviluppato da U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, 609 Second Street, Davis, California, USA.

piezometrica J , che rappresenta le dissipazioni energetiche per unità di lunghezza. La relazione $i_m = J$ costituisce l'equazione fondamentale del moto uniforme.

La determinazione del profilo teorico in moto permanente è ottenuta tramite l'applicazione del cosiddetto *Standard Step Method*, basato appunto sull'equazione mono-dimensionale del contenuto energetico della corrente:

$$H_1 - H_2 = h_f + h_e$$

dove H_1 [m] ed H_2 [m] sono i carichi totali della corrente nelle sezioni di monte e di valle del tronco d'alveo considerato, h_f [m] sono le perdite di carico dovute all'attrito del fondo e delle sponde mentre h_e [m] è un termine che tiene conto degli effetti dovuti alla non cilindricità della corrente.

In particolare, h_f dipende principalmente dalla scabrezza del tratto di alveo considerato ed è esprimibile come:

$$h_f = j_f \cdot L$$

con j_f pendenza motrice nel tratto di lunghezza L [m].

Il calcolo di j_f è effettuabile con diverse formulazioni in funzione della pendenza motrice J in corrispondenza delle sezioni di inizio e fine di ciascun tratto.

Il calcolo del termine J nella singola sezione è effettuato mediante la:

$$J = \left[\frac{Q}{K} \right]^2$$

dove Q [m³/s] è la portata di calcolo e K (denominato *conveyance*) rappresenta un parametro di conducibilità, ricavabile attraverso la seguente espressione:

$$K = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}}$$

dove A [m²] è l'area della sezione liquida, R [m] il raggio idraulico e n [m^{-1/3} s] è il parametro rappresentativo della scabrezza, espresso in termini di coefficiente di Manning.

Il modello consente di suddividere la sezione in più zone in cui assegnare un valore diverso del parametro n di scabrezza; in particolare è possibile individuare tre zone principali: quella centrale dell'alveo inciso (denominata *main channel*) e due zone laterali golenali (denominate *right and left overbanks*).

Ai fini del calcolo, si possono assumere valori del coefficiente n riportati nella tabella seguente a seconda della tipologia d'alveo e di golenale; tali valori sono da intendersi di riferimento e quindi in ogni situazione reale vanno adeguatamente soppesati con le condizioni esistenti.

Descrizione del corso d'acqua: alveo e area golenale	n Manning (m ^{-1/3} ×s)	ks Strickler (m ^{1/3} ×s ⁻¹)	m Kutter (m ^{1/2})	γ Bazin (m ^{1/2})
Tratti montani dei corsi d'acqua naturali con salti, rocce o vegetazione arbustiva-arborea in alveo	0.040÷0.033	25÷30	3.50÷3.00	3.00÷2.30
Corsi d'acqua regolari con vegetazione e movimento di materiale sul fondo	0.033÷0.028	30÷35	3.00÷2.00	2.30÷1.75
Corsi d'acqua di pianura, con andamento regolare e scarsa presenza di vegetazione	0.028÷0.025	35÷40	2.00÷1.50	1.75÷1.30
Tratti urbanizzati dei corsi d'acqua, con fondo naturale e pareti in massi regolari cementati	0.028÷0.025	35÷40	2.00÷1.50	1.75÷1.30
Corsi d'acqua con fondo e pareti totalmente cementati, in buono stato e privi di manufatti in alveo	0.025÷0.022	40÷45	1.50÷1.35	1.30÷1.00
Tratti tombinati perfettamente lisciati e dotati di dispositivi di trattenuta di materiale flottante o di trasporto	0.020÷0.018	50÷55	1.00÷0.75	0.85÷0.60
Aree golenali verdi, caratterizzate da vegetazione regolare e alberi di medie dimensioni	0.050÷0.040	20÷25	≥3.50	≥3.00
Aree golenali a prato, con erba tagliata e assenza di alberi	0.033÷0.025	30÷40	3.00÷1.50	2.30÷1.30
Aree urbane adibite a parcheggio o con strade abbastanza ampie	0.020÷0.018	50÷55	1.00÷0.75	0.85÷0.60

Per il calcolo della scabrezza equivalente n_c il codice di calcolo utilizza la formula

$$n_c = \left[\frac{\sum_{i=1}^N \left(P_i \cdot n_i^{\frac{3}{2}} \right)}{P} \right]^{\frac{2}{3}}$$

dove $P[m]$ rappresenta il perimetro bagnato dell'intera sezione, P_i e n_i il perimetro bagnato e il coefficiente di Manning della sezione i -esima. Per rappresentare la macro-scabrezza, in particolare nei tratti urbani dove si possono trovare edifici in prossimità del corso d'acqua, il codice di calcolo permette di inserire dei blocchi (denominati *blocked obstruction*), che sono aree della sezione permanentemente bloccate, le quali diminuiscono l'area della sezione e aggiungono perimetro bagnato quando l'acqua giunge a contatto con esse.

Il termine h_e dipende, invece, dalla variazione del carico cinetico della corrente tra le sezioni i ed $i+1$ dovuta al cambio di geometria delle sezioni stesse ed è a sua volta esprimibile come:

$$h_e = \beta \cdot \left[\alpha_i \cdot \frac{V_i^2}{2g} - \alpha_{i+1} \cdot \frac{V_{i+1}^2}{2g} \right]$$

dove β è un coefficiente di contrazione o espansione dipendente dalle condizioni geometriche del tratto considerato, V_i e V_{i+1} [m/s] sono i valori delle velocità medie agli estremi del tronco e α_i e α_{i+1} sono i coefficienti correttivi dell'energia cinetica.

4.2.1. CALCOLO DELLA PROFONDITÀ DI STATO CRITICO

Al tirante idrico in condizioni di stato critico corrisponde la massima portata teoricamente smaltibile dalla sezione, indipendentemente dalla natura del fondo e delle pareti, nonché dall'inserimento della sezione stessa in un tronco fluviale. Esso è stato valutato imponendo che il numero di Froude, indicato con Fr , assuma valore unitario. In termini di portata e per le sezioni in esame, si scrive:

$$Fr = \frac{VA}{\sqrt{A^3 g h_m}}$$

dove g è l'accelerazione di gravità, h_m il tirante idrico, A l'area bagnata della sezione, e V la velocità media della sezione.

4.2.2. CALCOLI IDRAULICI PER SEZIONI CON SINGOLARITÀ

Il codice di calcolo consente la simulazione del deflusso attraverso ponti (*bridge*) e tombinature (*culvert*) mediante la loro schematizzazione geometrica (impalcato, pile, setti, ecc.).

La procedura di calcolo utilizzata consente di simulare il deflusso a pelo libero al di sotto dell'impalcato, il deflusso in pressione al di sotto dell'impalcato e la combinazione del deflusso in pressione e del deflusso con scavalcamento dell'impalcato stesso (funzionamento a stramazzo). Per il deflusso a pelo libero il modello utilizza il metodo della conservazione della quantità di moto (*Momentum Balance*) che consiste nell'eguagliare la quantità di moto fra la sezione di monte e di valle del manufatto attraverso tre passi successivi:

1) tra sezione esterna di valle (sezione 2) e sezione interna di valle (sezione D):

$$(my)_D + (mq)_D = (my)_2 - (my)_P + (mq)_2 + \frac{F_f - W_s}{\gamma}$$

2) tra sezione interna di valle (sezione D) e sezione interna di monte (sezione U):

$$(my)_U + (mq)_U = (my)_D + (mq)_D + \frac{F_f - W_s}{\gamma}$$

$$(my)_1 + (mq)_1 = (my)_U + (mq)_U + (my)_P + \frac{1}{2} \cdot C_D \cdot \left(\frac{A_P}{A_1} \right) \cdot (mq)_1 + \frac{F_f - W_s}{\gamma}$$

3) tra sezione interna di monte (sezione U) e sezione esterna di monte (sezione 1):

Avendo indicato con:

$my = A \cdot Y$ = prodotto dell'area per la distanza verticale tra il pelo libero e il centro di gravità delle sezioni di deflusso;

$$mq = \frac{Q^2}{g \cdot A}$$

C_D = coefficiente di "drag" variabile in funzione della forma delle pile;

F_f = forza dovuta all'attrito sul fondo e sulle pareti;

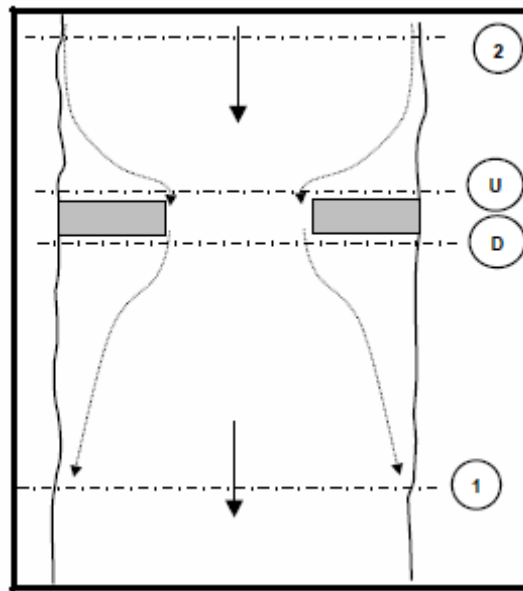
W_x = forza peso nella direzione del flusso;

γ = peso specifico dell'acqua;

p = pedice di riferimento della sola sezione bagnata delle pile.

In figura seguente si riporta lo schema della successione delle sezioni (ordinarie e fittizie) utilizzato per il calcolo del profilo in presenza delle pile di un ponte, dove la freccia indica la direzione del moto e i numeri si riferiscono alle sezioni utilizzate nelle formulazioni viste precedentemente.

Le sezioni che delimitano il tronco devono essere scelte in modo che la corrente che le attraversa sia gradualmente variata e, inoltre, tale che la loro distanza sia sufficientemente breve da poter lecitamente trascurare la risultante degli sforzi di attrito.



Il funzionamento in pressione è simulato mediante la formulazione propria dell'efflusso da luce:

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2gH}$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata defluita attraverso la luce di area $A[m^2]$, $H[m]$ è il dislivello tra il carico totale di monte ed il pelo libero a valle e C è il cosiddetto coefficiente di efflusso.

Il programma prevede la messa in pressione della struttura quando, secondo la scelta dell'utente, il carico totale o la quota del pelo libero risultano superiori alla quota dell'intradosso dell'impalcato.

$$Q = C \cdot L \cdot H^{\frac{3}{2}}$$

Il funzionamento a stramazzo è simulato attraverso la formulazione standard:

dove $Q[m^3/s]$ è la portata defluita sulla soglia di larghezza $L[m]$, $H[m]$ è il dislivello tra il carico totale di monte e la quota della soglia e C è il coefficiente di efflusso, variabile in funzione del tipo di stramazzo e del carico sopra la soglia.

Nel caso di funzionamento combinato di moto in pressione con scavalcamento del ponte (stramazzo) l'entità

delle portate stramazzanti e defluenti al di sotto dell'impalcato viene determinata attraverso una procedura iterativa combinando le equazioni che regolano i due fenomeni.

Nella verifica di sezioni particolari, quali ad esempio le zone di confluenza, dove non sono applicabili le relazioni precedenti, è stato applicato il teorema della quantità di moto. In particolare, è stato individuato un volume di controllo definito dalla superficie di contorno del tratto in esame in cui è applicabile la relazione:

$$F_s + G = I + M_u - M_e$$

dove F_s è la risultante delle forze di superficie (spinta idrostatica e attrito del fondo e delle pareti) agenti dall'esterno sul volume di controllo, G è la risultante delle forze di massa (in genere la forza peso), I la risultante delle inerzie locali, M_u e M_e le quantità di moto delle masse che nell'unità di tempo entrano ed escono dal volume di controllo.

4.2.3. MODALITA' DI DEFLUSSO DELLA PIENA

La verifica delle condizioni di deflusso della portata di piena è stata dunque svolta simulando il moto permanente gradualmente variato (portata costante e alveo variabile) in alveo schematizzato come monodimensionale.

Caratterizzazione geometrica

In considerazione del livello della presente progettazione, per la caratterizzazione geometrica dell'alveo è stato fatto riferimento a:

- sezioni idrauliche ottenute da rilievi e da campagna topografica;

Le sezioni battute o derivate sono state inserite nel codice di calcolo per verificare le effettive condizioni di funzionamento idraulico del vallone ed in modo da stabilire preliminarmente la quota di posizionamento dei tombini per poi poter effettuare le verifiche.

Per quanto riguarda i tombini ne è stata schematizzata la geometria tramite l'inserimento, nel settore denominato *bridge and culvert data*, delle sezioni, del rilevato stradale e delle condizioni di calcolo per il tracciamento del profilo di moto nei pressi del manufatto stesso.

Parametri idraulici

Dal punto di vista idraulico, il software Hec-Ras richiede in ingresso i dati di portata e dei valori di scabrezza. Nelle verifiche idrauliche è stata considerata la portata calcolata precedentemente con periodo di ritorno di 200 e 500 anni.

In particolare la portata è stata utilizzata come condizione in ingresso a monte del tratto in esame e considerata uniformemente distribuita lungo tutto lo sviluppo del corso d'acqua.

Condizioni al contorno

Il programma Hec-Ras dispone di quattro differenti opzioni per la definizione delle condizioni al contorno:

1. *Known Water Surface Elevations*: la condizione al contorno corrisponde ad un valore noto d'altezza d'acqua inserito per ciascuno dei profili da calcolare;
2. *Critical Depth*: la condizione al contorno viene posta uguale alla profondità critica che il programma calcola per ciascuno dei profili;
3. *Normal Depth*: la condizione al contorno è uguale alla profondità di moto uniforme che il programma calcola per ciascuno dei profili. In questo caso si deve inserire la pendenza della linea dei carichi totali, che può essere approssimata mediante la pendenza del tratto nel canale a monte;
4. *Rating Curve*: in questo caso occorre inserire una serie di valori noti di altezza d'acqua e delle relative portate.

La condizione al contorno per ciascun profilo viene ottenuta interpolando le altezze d'acqua della scala di deflusso per il corrispondente valore di portata.

Non conoscendo a priori la natura della corrente si è deciso di impostare la simulazione idraulica in condizioni di regime misto.

Le condizioni al contorno imposte sono state le seguenti: altezza di moto uniforme sia a monte che valle del tratto studiato, definendo la relativa pendenza dei tratti di monte e di valle.

4.2.4. SCELTA DEI COEFFICIENTI DI SCABREZZA

Le scabrezze idrauliche dovranno fare riferimento alla effettiva condizione del corso d'acqua in funzione della vegetazione presente in alveo, dell'entità del trasporto solido e alle particolari condizioni di deflusso. Si riporta di seguito una tabella con i valori di scabrezza (espressi in termini del coefficiente di Manning) di riferimento da assumersi nelle verifiche idrauliche.

Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
<i>A. Natural Streams</i>			
1. Main Channels			
a. Clean, straight, full, no rifts or deep pools	0.025	0.030	0.033
b. Same as above, but more stones and weeds	0.030	0.035	0.040
c. Clean, winding, some pools and shoals	0.033	0.040	0.045
d. Same as above, but some weeds and stones	0.035	0.045	0.050
e. Same as above, lower stages, more ineffective slopes and sections	0.040	0.048	0.055
f. Same as "d" but more stones	0.045	0.050	0.060
g. Sluggish reaches, weedy, deep pools	0.050	0.070	0.080
h. Very weedy reaches, deep pools, or floodways with heavy stands of timber and brush	0.070	0.100	0.150
2. Flood Plains			
a. Pasture no brush	0.025	0.030	0.035
1. Short grass	0.030	0.035	0.050
2. High grass			
b. Cultivated areas	0.020	0.030	0.040
1. No crop	0.025	0.035	0.045
2. Mature row crops	0.030	0.040	0.050
3. Mature field crops			
c. Brush	0.035	0.050	0.070
1. Scattered brush, heavy weeds	0.035	0.050	0.060
2. Light brush and trees, in winter	0.040	0.060	0.080
3. Light brush and trees, in summer	0.045	0.070	0.110
4. Medium to dense brush, in winter	0.070	0.100	0.160
5. Medium to dense brush, in summer			
d. Trees	0.030	0.040	0.050
1. Cleared land with tree stumps, no sprouts	0.050	0.060	0.080
2. Same as above, but heavy sprouts	0.080	0.100	0.120
3. Heavy stand of timber, few down trees, little undergrowth, flow below branches	0.100	0.120	0.160
4. Same as above, but with flow into branches			
5. Dense willows, summer, straight	0.110	0.150	0.200
3. Mountain Streams, no vegetation in channel, banks usually steep, with trees and brush on banks submerged			
a. Bottom: gravels, cobbles, and few boulders	0.030	0.040	0.050
b. Bottom: cobbles with large boulders	0.040	0.050	0.070

Valori del coefficiente di Manning.

5. METODOLOGIE DI CALCOLO PER L'ANALISI DELLO SCALZAMENTO

Lo scalzamento, causato dallo scavo e dall'erosione di materiale dal letto e dalle sponde dell'alveo, come conseguenza dell'azione erosiva della corrente, può mettere in crisi la stabilità di un ponte, fino ad esporne totalmente le fondazioni.

L'erosione totale in corrispondenza di un ponte con pile in alveo è costituita dalla somma di tre componenti:

1. **PROGRESSIVO ABBASSAMENTO O INNALZAMENTO DIFFUSO:** deposito o erosione generalizzata con variazione a lungo termine della pendenza dell'alveo (quindi della quota del fondo), dovute all'evoluzione altimetrica dell'alveo a monte e a valle del ponte, sia in relazione alle variazioni cicliche e progressive, sia alle eventuali variazioni che si verificano nel corso di ogni singolo evento di piena.
2. **EROSIONE DOVUTA A CONTRAZIONE:** rimozione del materiale di fondo lungo tutta o gran parte della larghezza dell'alveo. Questa componente dell'erosione è il risultato della contrazione dei filetti dovuta al restringimento della sezione causato dalla presenza delle pile in alveo.
3. **EROSIONE TRANSITORIA LOCALIZZATA:** erosione transitoria rapida che si verifica durante gli eventi di morbida e piena in corrispondenza di ostacoli, come le pile dei ponti, che determinano una brusca variazione nella direzione dei filetti fluidi, con formazione di vortici e accelerazioni locali. La buca di erosione si approfondisce con l'aumentare della velocità della corrente contro le pile e viene ricolmata al diminuire della stessa. Tale erosione può portare nel corso di una piena alla riduzione della capacità portante delle pile del ponte, fino al crollo delle stesse.

Progressivo abbassamento o innalzamento diffuso

Il progressivo abbassamento o innalzamento generalizzato può essere dovuto a cause naturali cicliche del corso d'acqua o a conseguenze di interventi dell'uomo sull'alveo o sul bacino imbrifero, come ad esempio la sottrazione di materiale in alveo, costruzione di dighe o traverse, variazioni nell'utilizzo del suolo nel bacino (urbanizzazione, deforestazione, riduzione delle pratiche agricole, rivestimenti d'alveo, tagli di meandri, variazioni di pendenza mediante briglie, ecc.).

Erosione dovuta a contrazione

Questo tipo di erosione, riconducibile alla riduzione della sezione trasversale dell'alveo ad opera di un attraversamento, implica la rimozione di materiale dal letto e dalle sponde lungo tutta o gran parte della sezione dell'alveo, causata dall'aumento delle velocità e dell'azione di trascinamento in corrispondenza del restringimento. Tale erosione si esplica, sull'intera sezione di deflusso, su scale temporali dell'ordine di grandezza della durata degli eventi di piena.

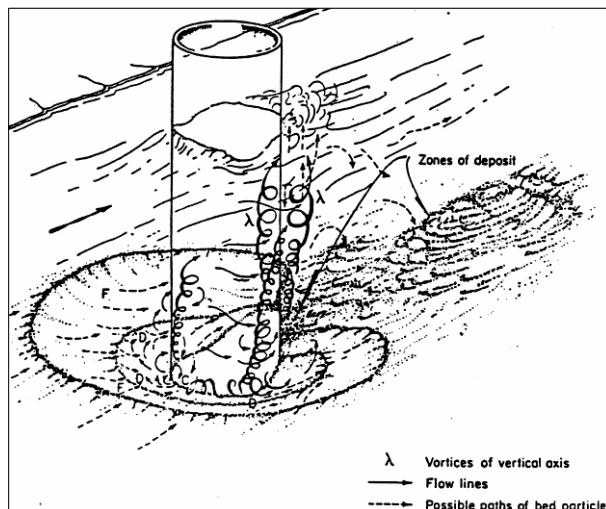
Il nuovo viadotto, tuttavia, avrà opere in alveo che ridurranno di pochi metri la sezione trasversale dell'alveo principale di deflusso della corrente di piena. Tale riduzione, comunque, non è tale da indurre un aumento

sensibile delle velocità idriche rispetto lo scenario “Attuale”.

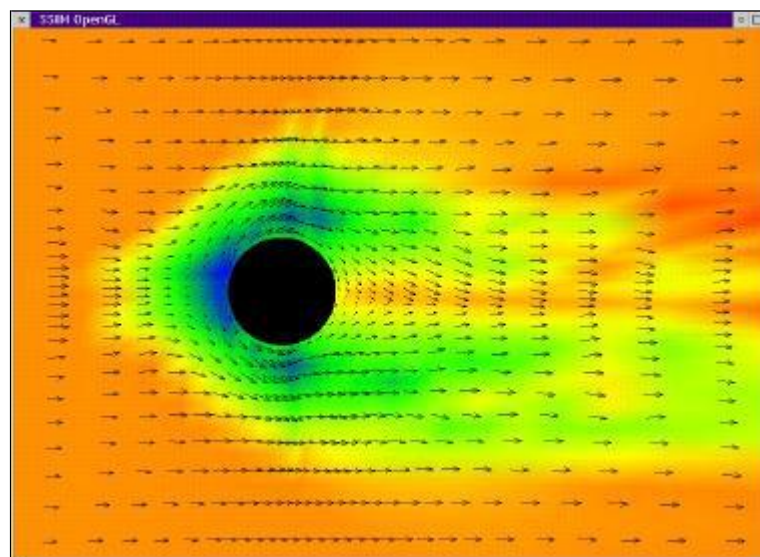
Erosione transitoria localizzata

L’erosione transitoria localizzata comporta la rimozione di materiale nell’intorno degli elementi collocati in alveo che ostruiscono il flusso, in particolare delle pile e delle spalle di ponti.

La presenza della pila in alveo causa un aumento della velocità, rilevata dall’addensamento delle linee di corrente. In corrispondenza della pila si viene a formare un grosso vortice a ferro di cavallo che interessa planimetricamente tutta l’area circostante la pila e che è il principale responsabile dell’erosione. Il fenomeno dell’erosione localizzata dipende da numerosi parametri legati sia alle caratteristiche della corrente e dell’alveo (portata, battente, velocità della corrente, capacità di trasporto, caratteristiche del materiale dell’alveo, ecc.), che a quelle dell’ostacolo (forma e dimensioni, inclinazione rispetto alla direzione di flusso).

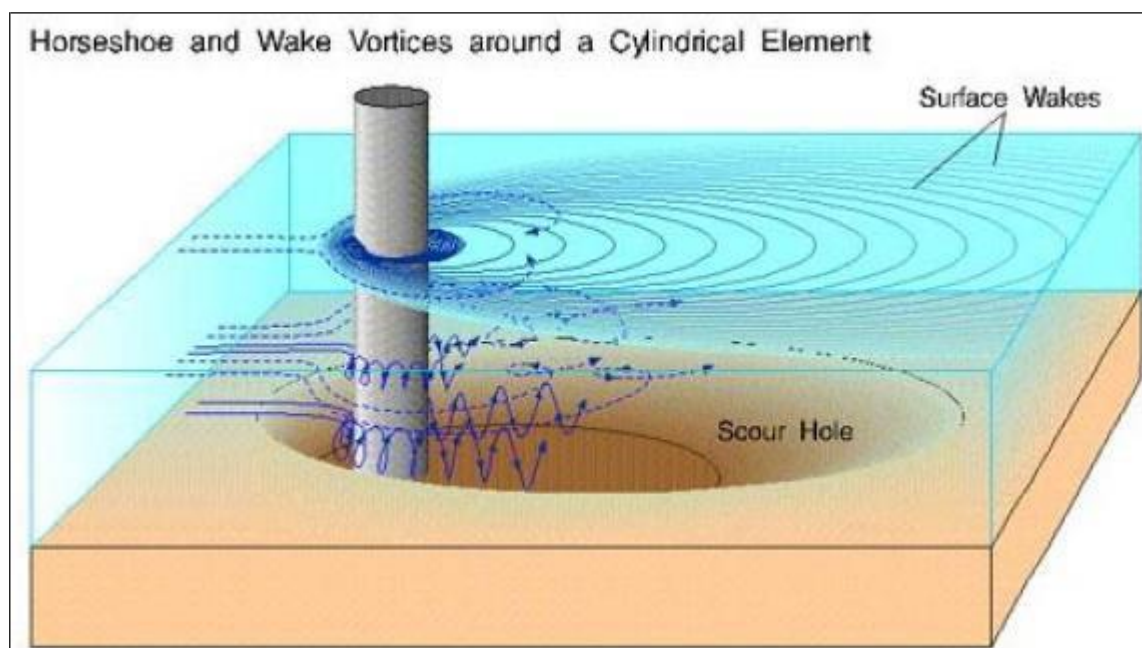


Esempio di erosione localizzata – pila circolare



Modellazione 3D (condotta tramite SSIIM by Department of Hydraulic and Environmental Engineering, NTNU, Norway) dello scavo nell'intorno di una pila circolare isolata

Poiché l'entità dello scalzamento dipende in modo importante dall'altezza del tirante idrico, essa, in generale, risulta maggiore nelle fasi di piena. Durante la fase crescente della piena aumentano la portata, l'altezza liquida e la velocità dell'acqua, fino ad un valore di soglia che inficia la stabilità del fondo alveo e determina lo scavo improvviso della fossa di erosione in corrispondenza delle pile. In alcuni casi le condizioni di magra risultano peggiori di quelle di piena in quanto, in generale, aumenta l'inclinazione della corrente principale rispetto alle pile stesse e la durata della portata è tale che possono venire raggiunti i valori massimi di erosione compatibili con le condizioni idrodinamiche



Schematizzazione delle turbolenze nell'intorno di una pila circolare isolata

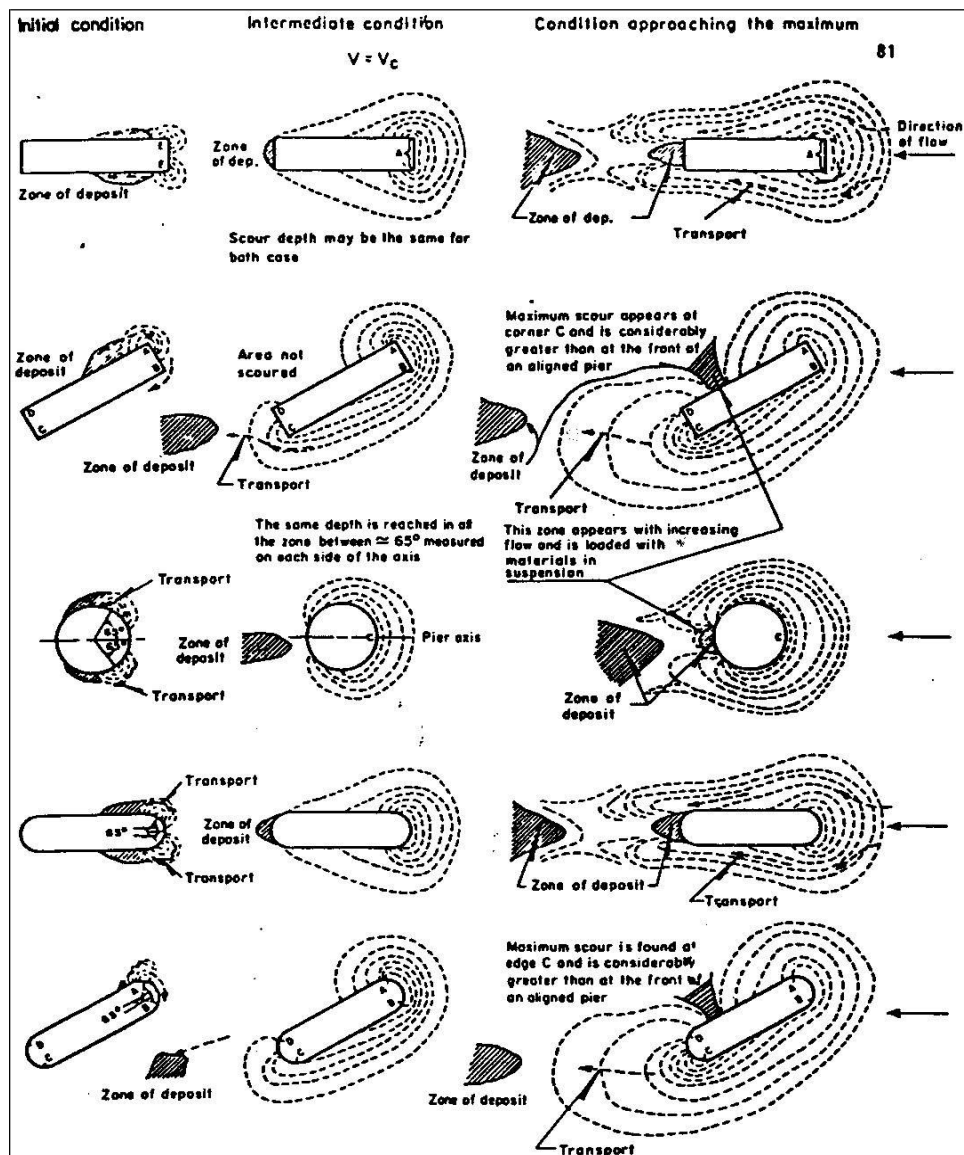
La fossa di erosione è situata in corrispondenza dell'attacco delle pile da parte della corrente liquida e, nella fase crescente della piena, è caratterizzata da una pendenza della scarpata, verso monte, maggiore dell'angolo di attrito del terreno, in quanto la scarpata stessa è sostenuta dai moti vorticosi che si generano all'interno della fossa. Verso valle, dopo la pila, la pendenza della scarpata è minore dell'angolo di attrito del terreno. Quando la piena è in fase decrescente si riducono le forze vorticosi che sostenevano la scarpata di monte, determinando il "franamento" della scarpata con parziale ricoprimento della fossa. Perciò le misure di profondità della fossa di erosione effettuate a conclusione dell'evento di piena sono poco significative e si rileva la necessità di misurare l'erosione durante la piena.

Nelle pile con dimensione longitudinale prevalente e inclinate rispetto alla corrente il fenomeno dell'erosione è simile, ma la fossa di massima erosione si riscontra nella parte di valle della pila ed è maggiore di quella che si genera a monte di una pila allineata con la corrente.

L'elevata frequenza storica dei dissesti alle opere di fondazione, sia in fase di esecuzione che di esercizio delle opere, ha portato ormai da decenni ad affrontare il problema della previsione dello scalzamento massimo atteso in corrispondenza dei manufatti in alveo. Le indagini compiute da numerosi ricercatori hanno portato ad una

sufficiente conoscenza del campo cinematico che si instaura nell'intorno dell'ostacolo e alla acquisizione di formule, in gran parte di tipo empirico, per la stima dei massimi prevedibili scalzamenti.

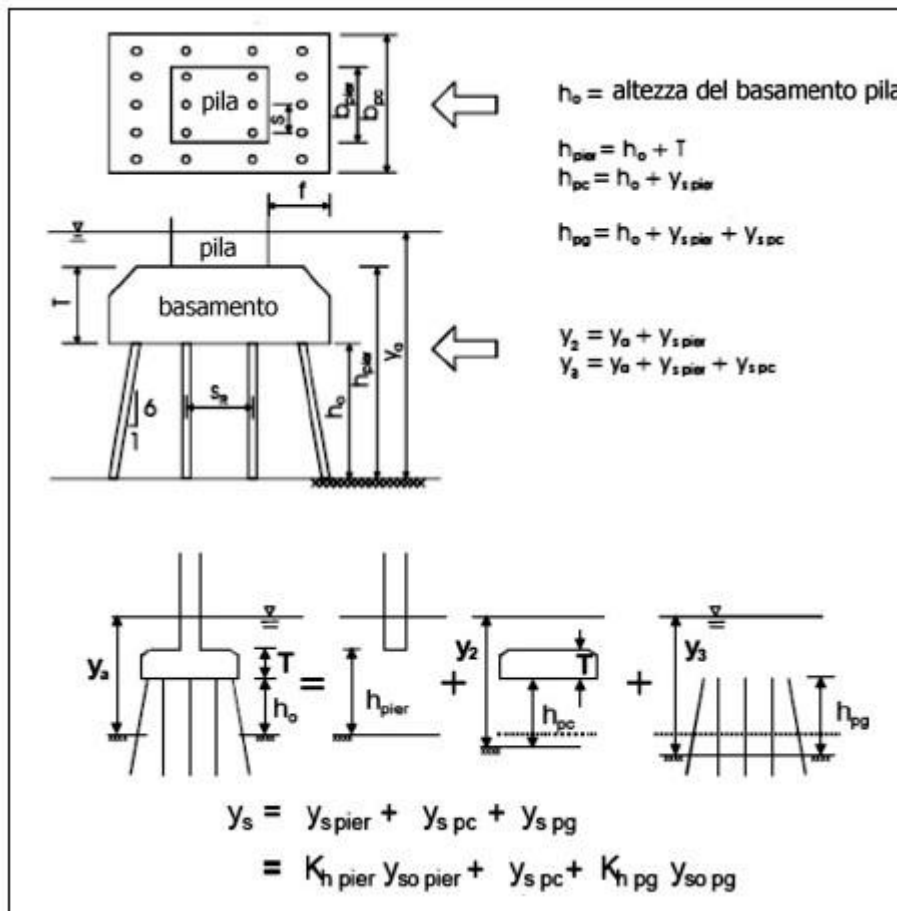
Le sperimentazioni effettuate comprendono verifiche sul campo in corrispondenza dei ponti e modellazioni fisiche semplificate in laboratorio. Occorre sottolineare che le situazioni indagate in laboratorio sono naturalmente generalizzate e semplificate rispetto alla casistica degli attraversamenti esistenti e alla sostanziale imprevedibilità di alcune delle grandezze che influenzano il fenomeno, mentre le situazioni verificate sperimentalmente in campo sono necessariamente particolari in quanto influenzate dalle caratteristiche del contesto e da grandezze difficilmente misurabili.



Differenti stadi del processo di erosione per pile con direzione longitudinale prevalente

Grazie a tutte le indagini effettuate, sono disponibili in letteratura numerose formule per la stima del valore massimo atteso dell'erosione in corrispondenza dei manufatti in alveo. Tali formule, compatibilmente al campo di validità ed alle ipotesi assunte come riferimento, sono applicate per calcolare la massima erosione attesa in

corrispondenza delle pile del ponte nella situazione di progetto, come dettagliatamente riportato nel successivo paragrafo.



Principio di sovrapposizione degli effetti per pile composite o fondazioni esposte alla corrente, tratto da “Scour Around Exposed Pile Foundations”, Salim, M. and J. Sterling Johnes ASCE Water Resources Engineering Conference, 1999.

Valutazione dell'erosione transitoria rapida

Sulla scorta delle risultanze idrauliche si provvede a definire e quantificare i processi di scalzamento delle strutture di fondazione previste in progetto per il viadotto stradale in occasione di eventi di piena, con particolare attenzione all'effetto di erosione transitoria rapida.

L'erosione localizzata in corrispondenza delle pile è ovviamente influenzata dalla forma delle stesse e dalla loro inclinazione rispetto alla direzione della corrente, oltre che dalle caratteristiche dell'alveo e del flusso in corrispondenza delle pile stesse. Molte delle equazioni esistenti in letteratura derivano da esperienze su modelli idraulici e sono espresse in forma adimensionale. Le equazioni sono sviluppate sotto differenti condizioni di flusso e trasporto di sedimenti, nonché con pile di forma e orientamento differente. Questo è un aspetto estremamente importante che deve essere tenuto in considerazione.

Occorre sottolineare che non si conoscono metodi per la determinazione dell'erosione locale in presenza di materiale coesivo. In generale la coesione agisce positivamente nel senso di una maggiore resistenza all'erosione, quindi i risultati ottenuti dalle formulazioni note sono certamente a favore di sicurezza, almeno in condizione di piena, quando le condizioni di erosione si presentano per tempi limitati.

Nella verifica dell'entità dello scalzamento sono state prese in considerazione le seguenti formulazioni disponibili in letteratura: Breusers aggiornata, CSU Equation e Froelich.

Tali formule tengono conto di tutti i parametri che possono influenzare lo scalzamento, quali forma delle pile, loro inclinazione rispetto alla direzione della corrente, caratteristiche dell'alveo e del flusso.

Di seguito vengono descritte le formulazioni utilizzate per il calcolo dell'erosione localizzata. In particolare, sono state considerate quelle che tengono conto di tutti i fattori che possono influenzare il fenomeno, come meglio di seguito descritto.

CSU Equation

(questa formula non tiene, però, conto della presenza di un sistema di pile perciò è valida, rigorosamente, per pile isolate, cioè quando $a/b > 7$)

$$\frac{Y_S}{Y_0} = 2 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot \left(\frac{b}{Y_0}\right)^{0,65} \cdot (Fr_0)^{0,43}$$

dove:

- K_1 coefficiente di forma, pari a
 - $K_1 = 1,00$ per pile o gruppi di pile circolari o con fronti arrotondate
 - $K_1 = 0,90$ per pile sagomate in modo da accompagnare la corrente
 - $K_1 = 1,10$ per pile rettangolari;
- K_2 fattore di correzione funzione dell'angolo di attacco del flusso, ricavabile dalla tabella seguente

angolo α	$L/b = 4$	$L/b = 8$	$L/b = 12$
0°	1,0	1,0	1,0
15°	1,5	2,0	2,5
30°	2,0	2,75	3,5
45°	2,3	3,3	4,3
90°	2,5	3,9	5,0

- K_3 fattore di correzione per le condizioni di fondo alveo, compreso tra i valori 1,1 e 1,3 in presenza di dune, al variare dell'altezza delle stesse;
- K_4 fattore di correzione di corazzamento del fondo, compreso nell'intervallo $0,7 \div 1,0$, per materiale avente $d_{50} = 0,06$ m;
- Fr numero di Froude della corrente in corrispondenza delle pile, pari a $Fr_0 = V_0 / (gY_0)^{1/2}$.

CSU Equation Formulazione di Froehlich

$$y_s = 0,32 \cdot k_p \cdot a^{0,62} \cdot h_m^{0,47} \cdot F_m^{0,22} \cdot d_{50}^{-0,09}$$

Dove:

K_p Fattore che tiene conto della forma delle pile, pari a

$K_p = 1,00$ per pile o gruppi di pile circolari o con fronti arrotondate

$K_p = 0,70$ per pile sagomate in modo da accompagnare la corrente

$K_p = 1,30$ per pile rettangolari;

a' la proiezione, nella direzione ortogonale a quella della corrente, della larghezza a della pila

h_m Altezza della corrente idrica a monte della pila;

F_m numero di Froude della corrente in corrispondenza delle pile, pari a $F_m = V_0 / (g h_m)^{1/2}$.

Per tutte le suddette formulazioni, qualora la pila non possa essere considerata di geometria uniforme, ovvero non sia caratterizzata da una sezione costante, è necessario fare riferimento ad una sezione equivalente: tale è il caso di pile da ponte dotate di fondazione oppure aventi sezione tronco – conica.

Sulla base delle precedenti considerazioni è possibile riscontrare quattro differenti scenari di erosione localizzata:

- CASO I: la fondazione della pila rimane al di sotto della buca erosiva;
- CASO II: la sommità della fondazione è esposta al flusso della corrente all'interno della buca erosiva;
- CASO III: la sommità della fondazione giace al di sopra del fondo alveo;
- CASO IV: la sommità della fondazione si trova al di sotto o in prossimità del pelo libero.

Nel CASO I l'erosione localizzata viene calcolata facendo riferimento alla larghezza della pila b in quanto la presenza della fondazione risulta essere influente nel processo erosivo.

Nei CASI II e III invece occorre fare riferimento alla procedura di calcolo proposta da *Melville e Raudkivi (1996)* che utilizza una larghezza della pila equivalente ben definita come:

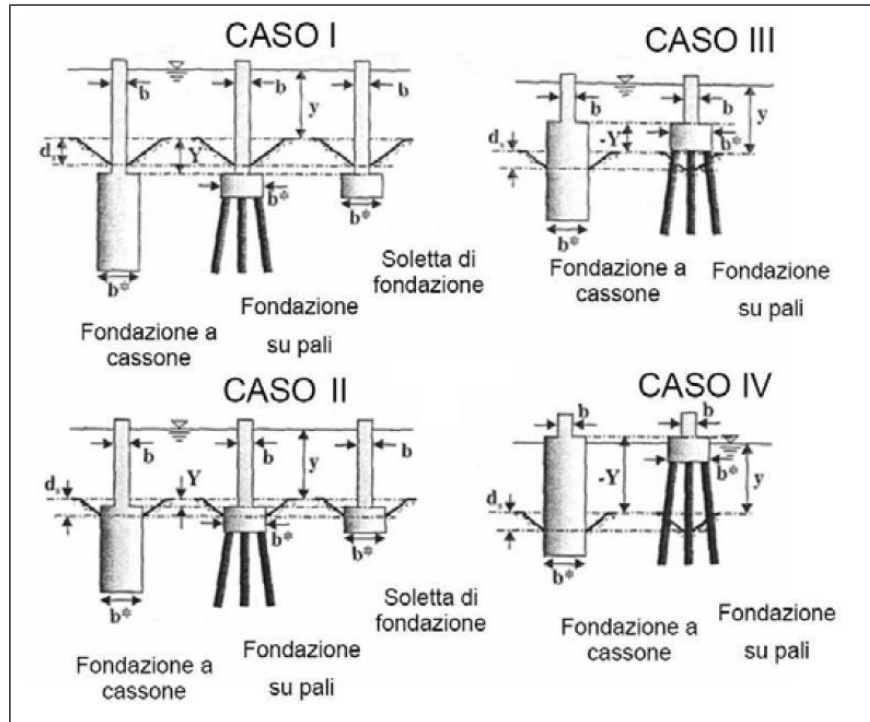
$$b_e = b \cdot \left(\frac{h_0 + Y}{h_0 + b^*} \right) + b^* \cdot \left(\frac{b^* - Y}{b^* + h_0} \right)$$

dove:

h_0 : profondità media della corrente rispetto al fondo alveo; Y : altezza massima della buca erosiva;

b^* : larghezza della fondazione.

Per quanto riguarda il CASO IV, infine, l'erosione localizzata può venire calcolata utilizzando come larghezza equivalente della pila la larghezza della fondazione b^* dal momento che il fenomeno interessa maggiormente la fondazione stessa.



Differenti tipologie di pile non uniformi dotate di fondazioni

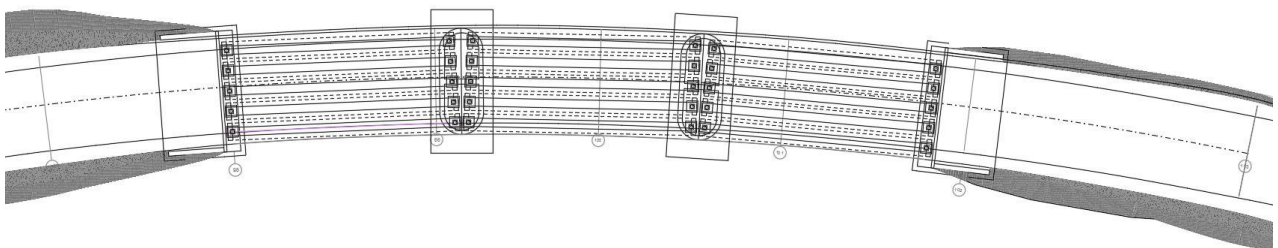
Occorre, comunque, sottolineare le difficoltà che si incontrano nell'applicare tali modelli, a base sperimentale, ai casi reali e nell'interpretare i risultati ottenuti. Infatti, le formulazioni sperimentali sono ricavate da prove su modelli in scala, funzionanti sotto condizioni idrauliche ben definite e che si mantengono inalterate nel tempo; eventuali riscontri con dati reali sono, al contrario, effettuate per situazioni particolari di morfologia, trasporto solido, condizioni idrodinamiche, ecc. In particolare, la durata delle sperimentazioni è prolungata fino a raggiungere un valore prossimo al valore massimo asintotico dell'erosione, mentre nella realtà le condizioni idrauliche, pur pericolose, hanno durata limitata nel tempo, così che l'evoluzione del fenomeno può interrompersi non raggiungendo il valore massimo che potrebbe compromettere la stabilità dell'attraversamento. Inoltre, inevitabilmente, nella modellazione sperimentale non vengono tenuti in conto gli eventuali effetti del corazzamento, della coesione del materiale di fondo e del suo grado di compattazione. Queste considerazioni non vogliono comunque negare il valore dei risultati ottenuti, che si ritengono attendibili almeno in termini di ordine di grandezza e in termini relativi per il confronto delle diverse situazioni geometriche delle pile.

6. VERIFICHE IDRAULICHE

La stima della profondità di erosione locale al piede delle pile da ponte, risulta uno degli aspetti fondamentali per una corretta valutazione della quota del piano di posa delle fondazioni e per valutare la stabilità e le condizioni di sicurezza di un ponte con portate particolarmente elevate aventi periodo di ritorno di 500 anni. Il viadotto n°1 di progetto, è costituito da tre campate e due pile di cui una ricade nelle aree golenali dell'alveo. Di seguito si riportano planimetria, pianta e prospetto del viadotto di progetto.

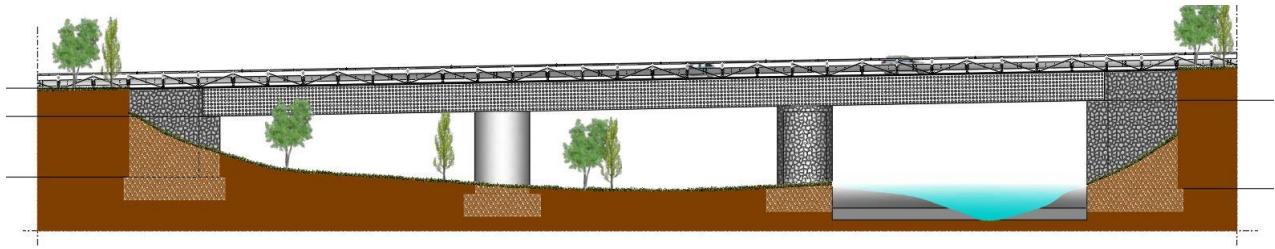


Planimetria di progetto Viadotto N.1.



Vista in pianta del Viadotto N°1.

RELAZIONE IDRAULICA



Prospetto del Viadotto N°1.

La differenza tra la quota d'intradosso minima e il livello idrico associato alla portata $T_r=500$ anni, pari a 50 mc/s, rappresenta il franco idraulico rispetto a cui occorre eseguire la verifica idraulica e comunque un franco superiore a 1 m sul livello idrico associato alla portata $T_r=500$ anni.

Le tabelle riportano i dati principali utilizzati per le verifiche idrauliche ed i risultati ottenuti da queste.

Profilo	Q [m ³ /s]	Tirante [m]	Intradosso viadotto	Franco di sicurezza
T=200 anni	43	2.84	8	5.16
T=500 anni	50	2.97	8	5.03

Nella tabella precedente sono riassunte le caratteristiche geometriche dell'opera ed i parametri idraulici utilizzati.

Le verifiche risultano soddisfatte.

La verifica allo scalzamento è stata eseguita considerando la portata con periodo di ritorno pari a 50, 100, 200, 500 anni ed il tirante idrico associato, calcolato a partire dalla quota di fondo alveo.

Di seguito si riporta il valore dello scalzamento ricavato con la formula proposta (FORMULA CSU e FROEHLICH).

Si ha il seguente valore dello scalzamento di progetto con portata con periodo di ritorno pari a 500 anni:

SCALZAMENTO DI PROGETTO (pile in alveo) = 7.79 m.

Tale valore viene assunto di progetto per le pile che presentano un plinto su pali di altezza di 2 metri e profondità dei pali di 18 metri.

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche idrauliche.

7. CONCLUSIONI

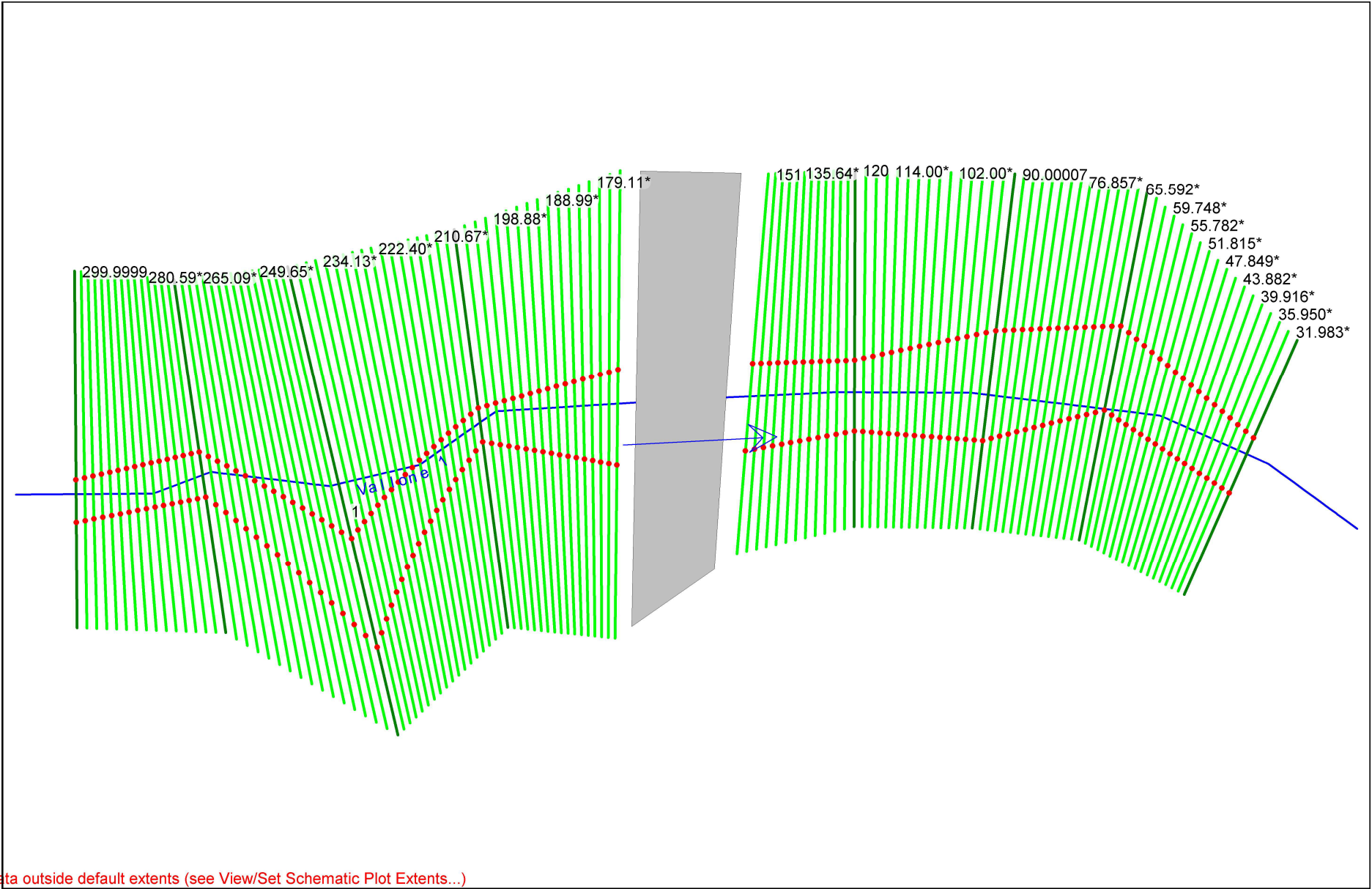
In seguito alle verifiche svolte è possibile stabile:

- I tombini nella condizione attuale presentano fenomeni di rigurgito con portate aventi periodo di ritorno rispettivamente di 200 e 500 anni.
- Le verifiche dei tombini esistenti risultano non soddisfatte alla luce delle norme PAI che impongono portate con periodo di ritorno pari a 200 e 500 anni.
- Le verifiche idrauliche dei tombini di progetto aventi sezione minima di 4 x 6.5m risultano soddisfatte con il franco di sicurezza minimo pari a 5.5 m
- L'altezza dei tombini da realizzare è legata soprattutto a considerazioni di carattere strutturale, ovvero quella di diminuire il peso del rilevato stradale.
- Per le verifiche di scalzamento delle pile da ponte, nonostante le stesse risultino soddisfatte, è auspicabile prevedere interventi di protezione del fondo dell'alveo quali ad esempio gabbionate, materassi tipo Reno con lo scopo di mantenere inalterato la quota del fondo dell'alveo. Inoltre dall'analisi dell'erosione svolta si consiglia la realizzazione di una soglia a valle delle pile al fine di ridurre la velocità della corrente e contenere ulteriormente l'erosione del fondo.

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche svolte:

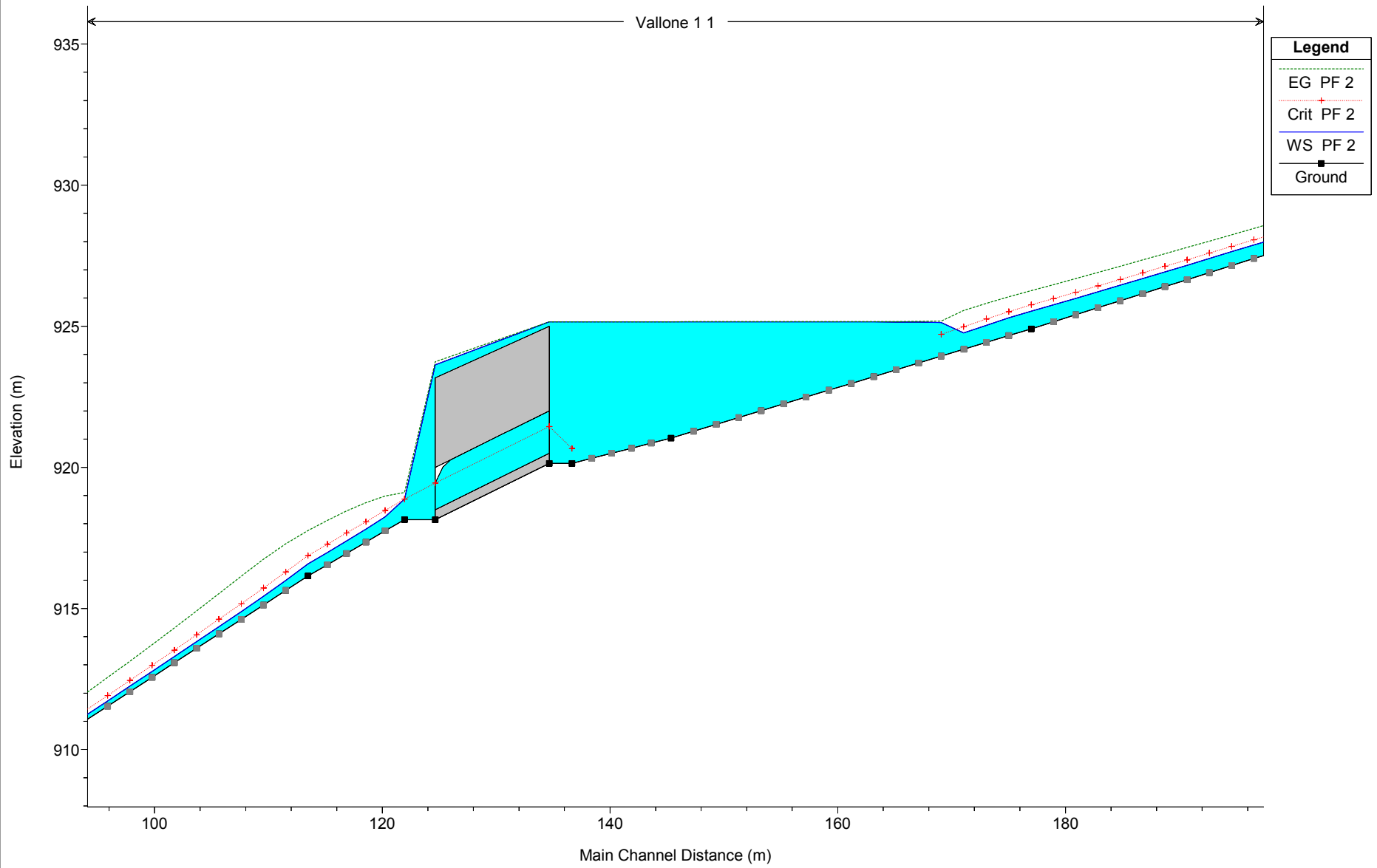
- Verifiche TombinoN°1 nella condizione attuale
- Verifiche TombinoN°1 nella condizione di progetto
- Verifiche TombinoN°2 nella condizione attuale
- Verifiche TombinoN°2 nella condizione di progetto
- Verifiche TombinoN°3 da realizzare
- Verifiche TombinoN°4 da realizzare
- Verifiche scalzamento pile da ponte

Verifica tombino N°1 Stato Attuale



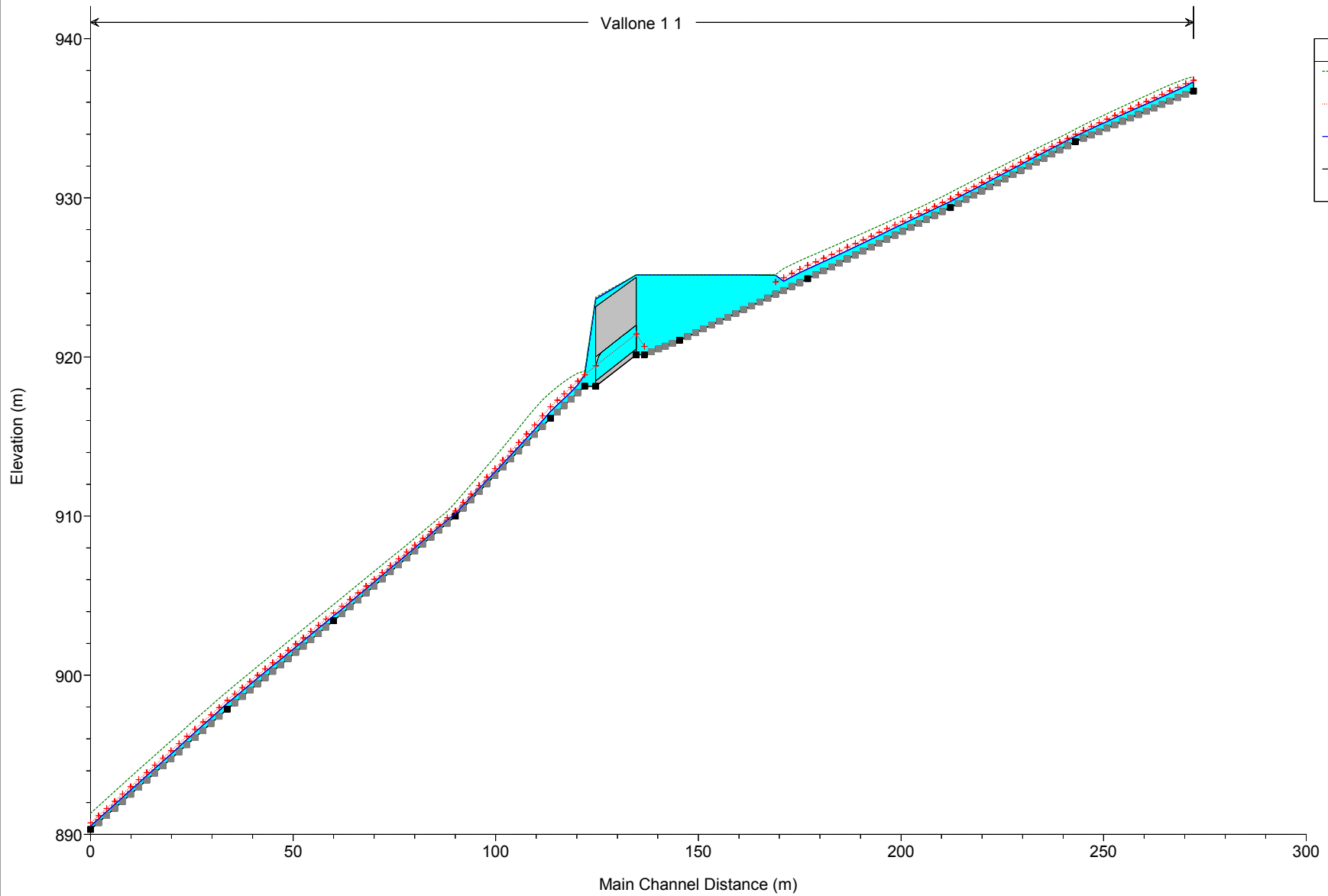
verifica tombino 1 Plan: Plan 02 27/07/2018

Vallone 1 1

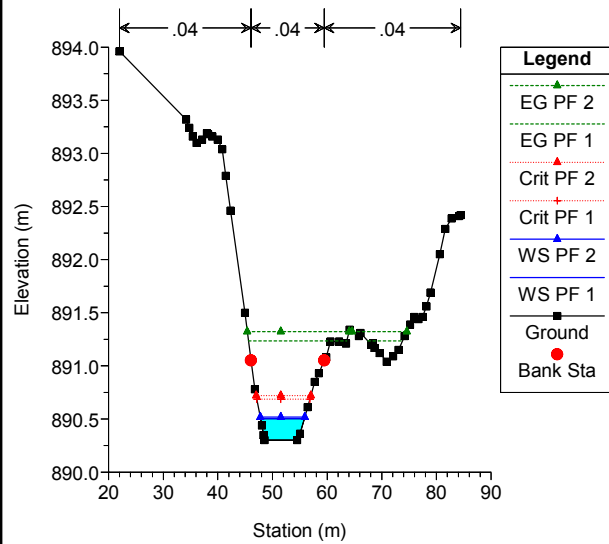


verifica tombino 1 Plan: Plan 02 27/07/2018

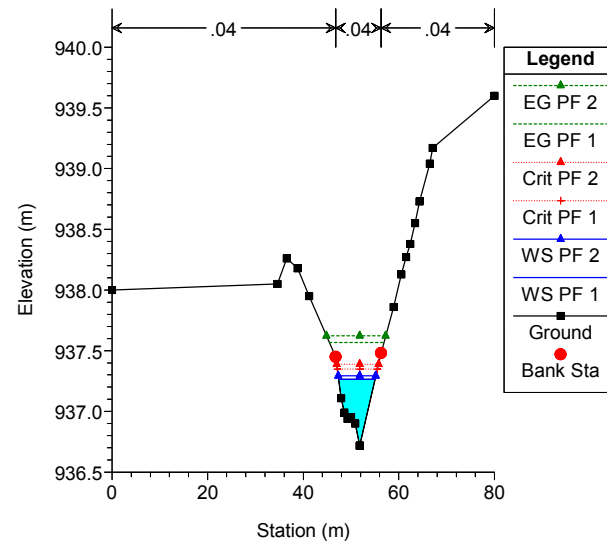
Vallone 1 1



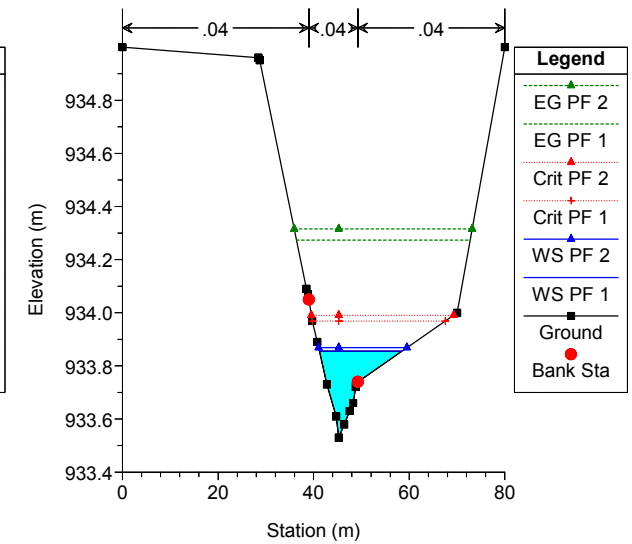
verifica tombino 1 Plan: Plan 02 27/07/2018



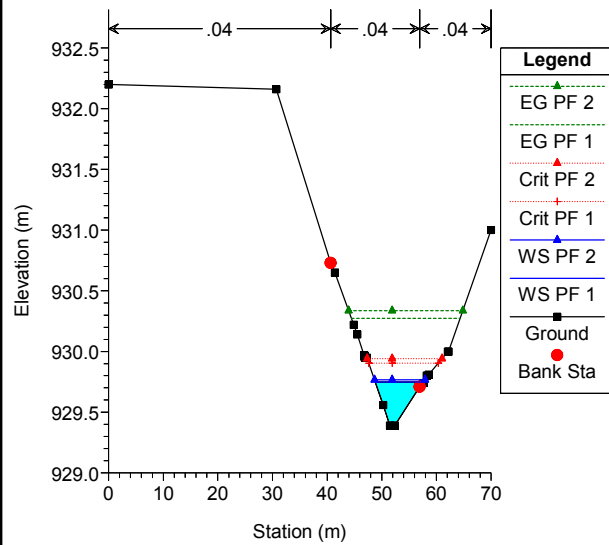
verifica tombino 1 Plan: Plan 02 27/07/2018



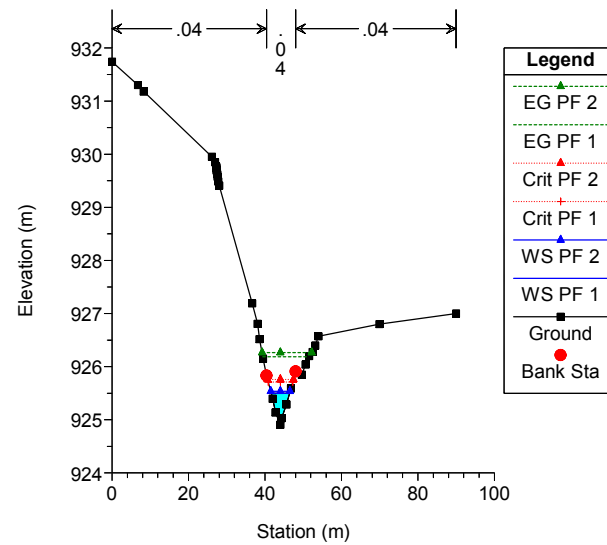
verifica tombino 1 Plan: Plan 02 27/07/2018



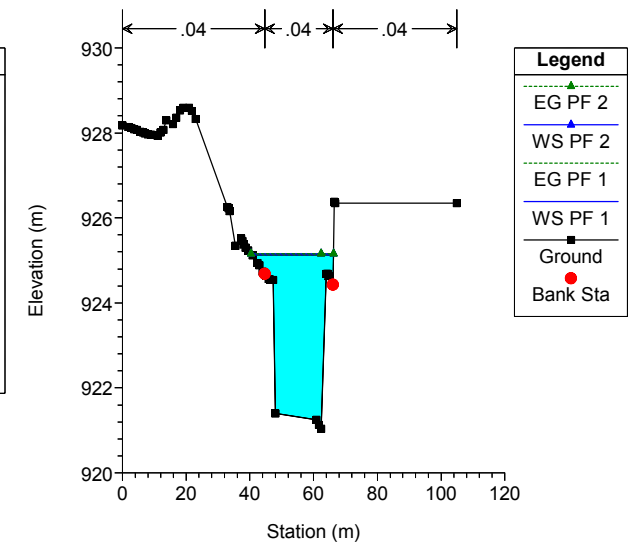
verifica tombino 1 Plan: Plan 02 27/07/2018



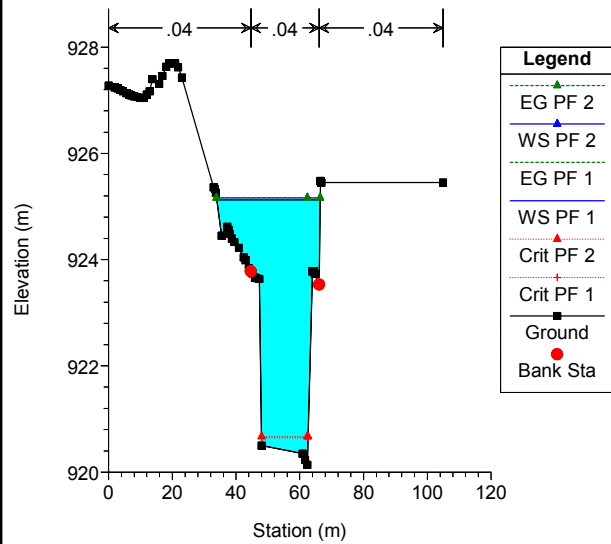
verifica tombino 1 Plan: Plan 02 27/07/2018



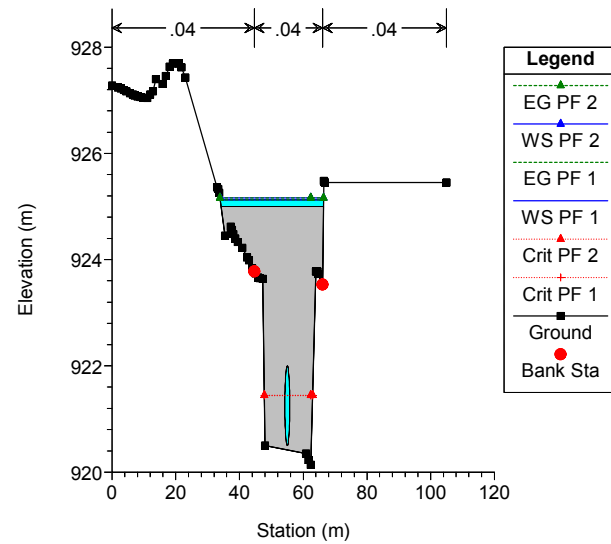
verifica tombino 1 Plan: Plan 02 27/07/2018



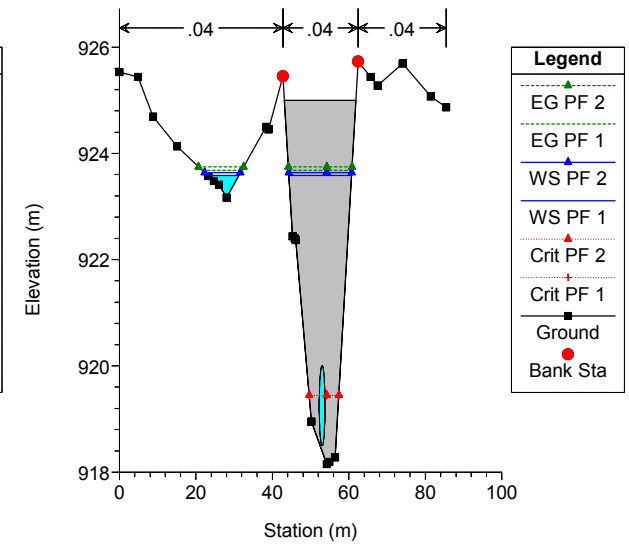
verifica tombino 1 Plan: Plan 02 27/07/2018



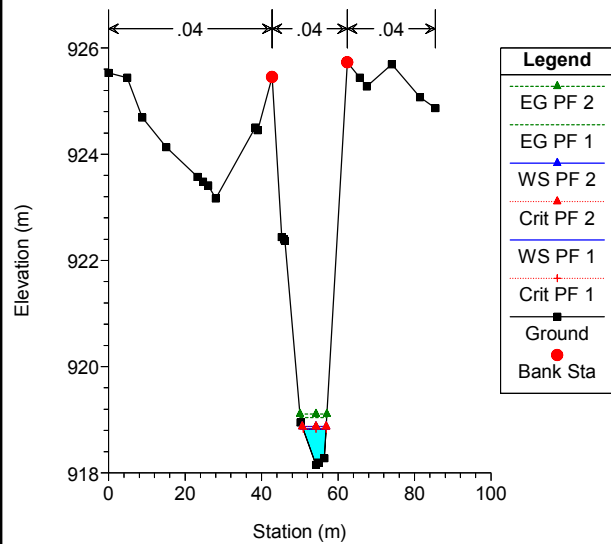
verifica tombino 1 Plan: Plan 02 27/07/2018



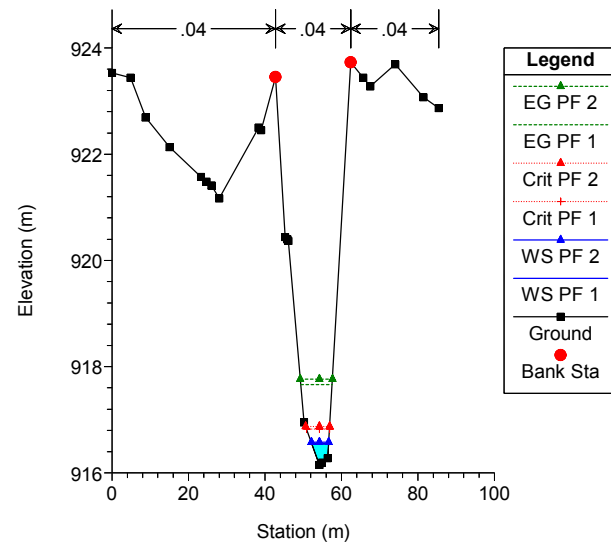
verifica tombino 1 Plan: Plan 02 27/07/2018



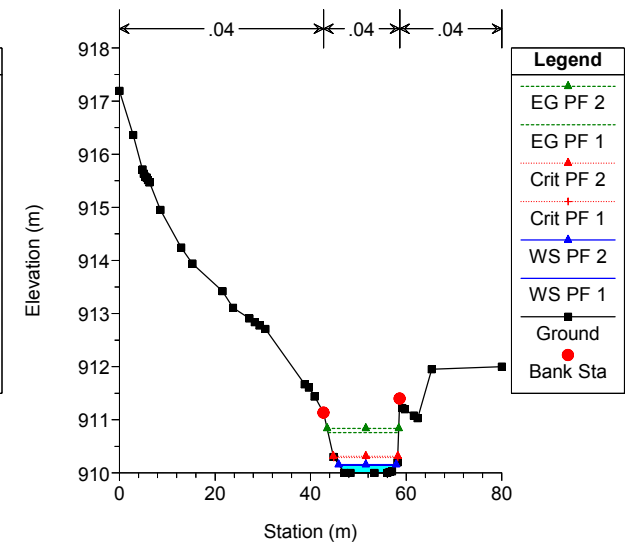
verifica tombino 1 Plan: Plan 02 27/07/2018



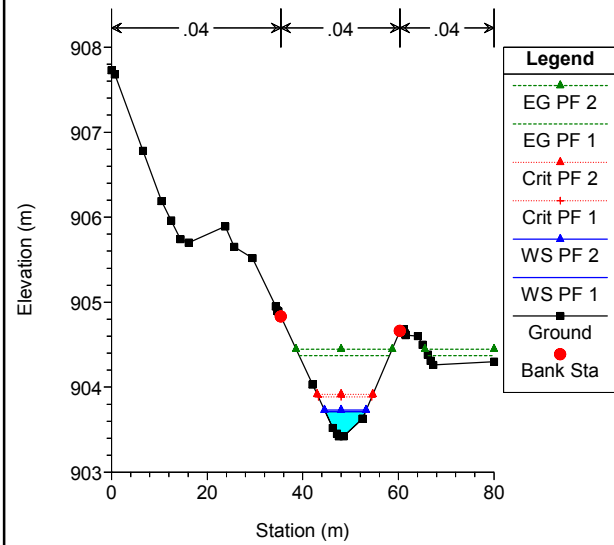
verifica tombino 1 Plan: Plan 02 27/07/2018



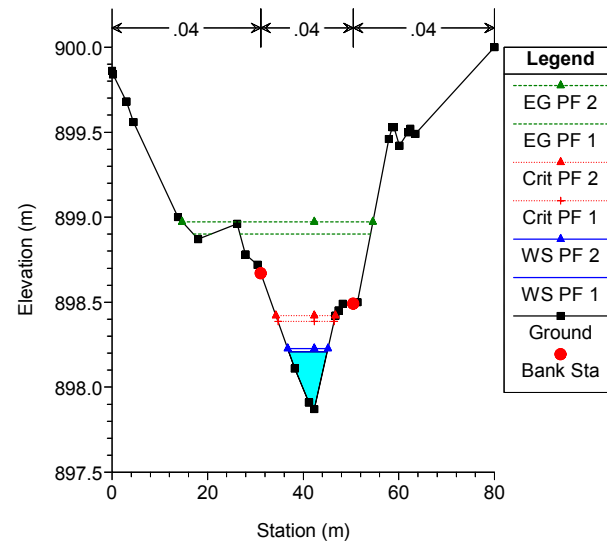
verifica tombino 1 Plan: Plan 02 27/07/2018



verifica tombino 1 Plan: Plan 02 27/07/2018



verifica tombino 1 Plan: Plan 02 27/07/2018



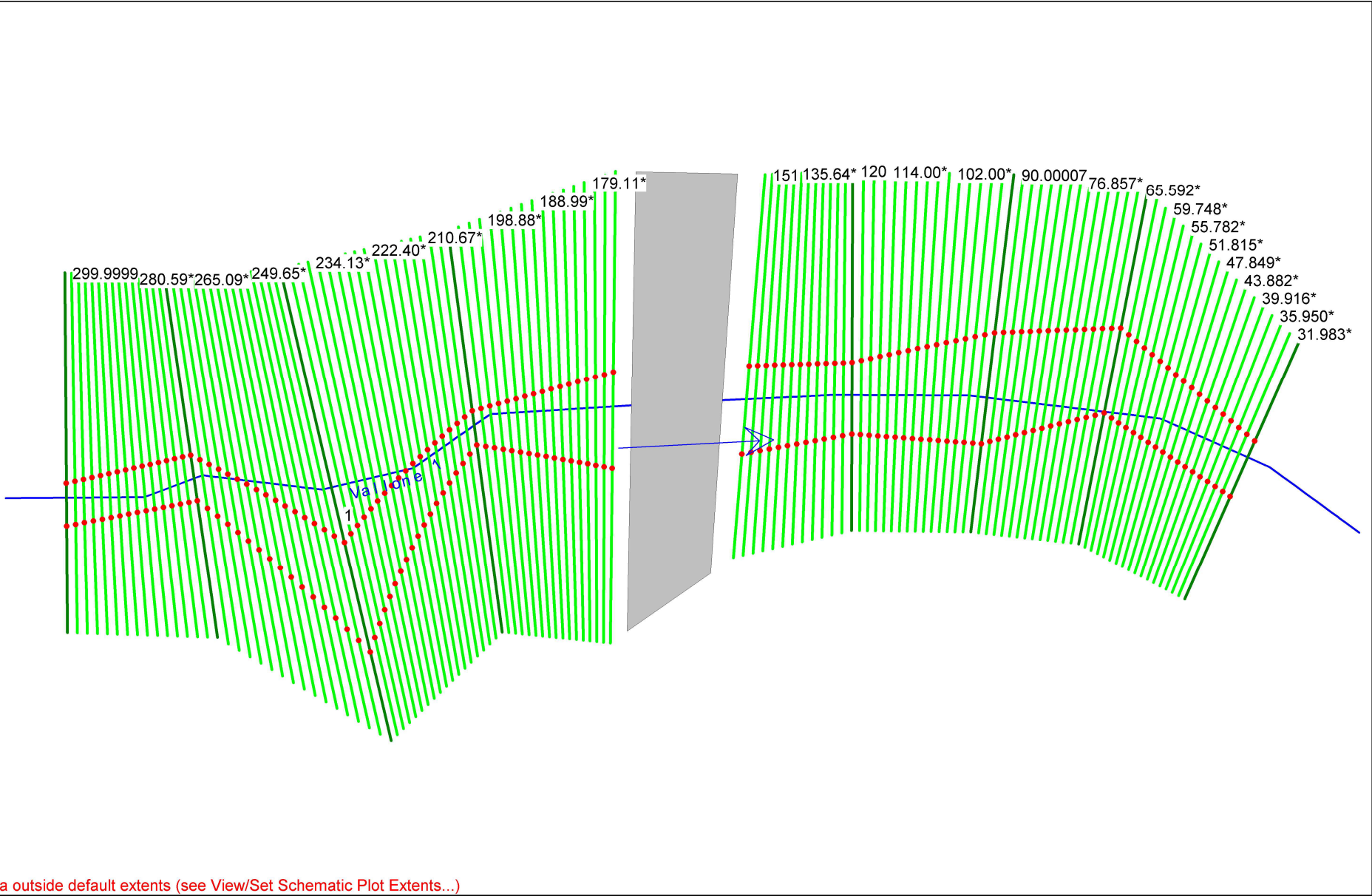
HEC-RAS Plan: Plan 02 River: Vallone 1 Reach: 1

[illegible]

HEC-RAS Plan: Plan 02 River: Vallone 1 Reach: 1 (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
1	30.00002	PF 1	5.40	890.30	890.50	890.69	891.23	0.231035	3.79	1.42	8.00	2.87
1	30.00002	PF 2	6.20	890.30	890.52	890.72	891.32	0.230936	3.97	1.56	8.16	2.90

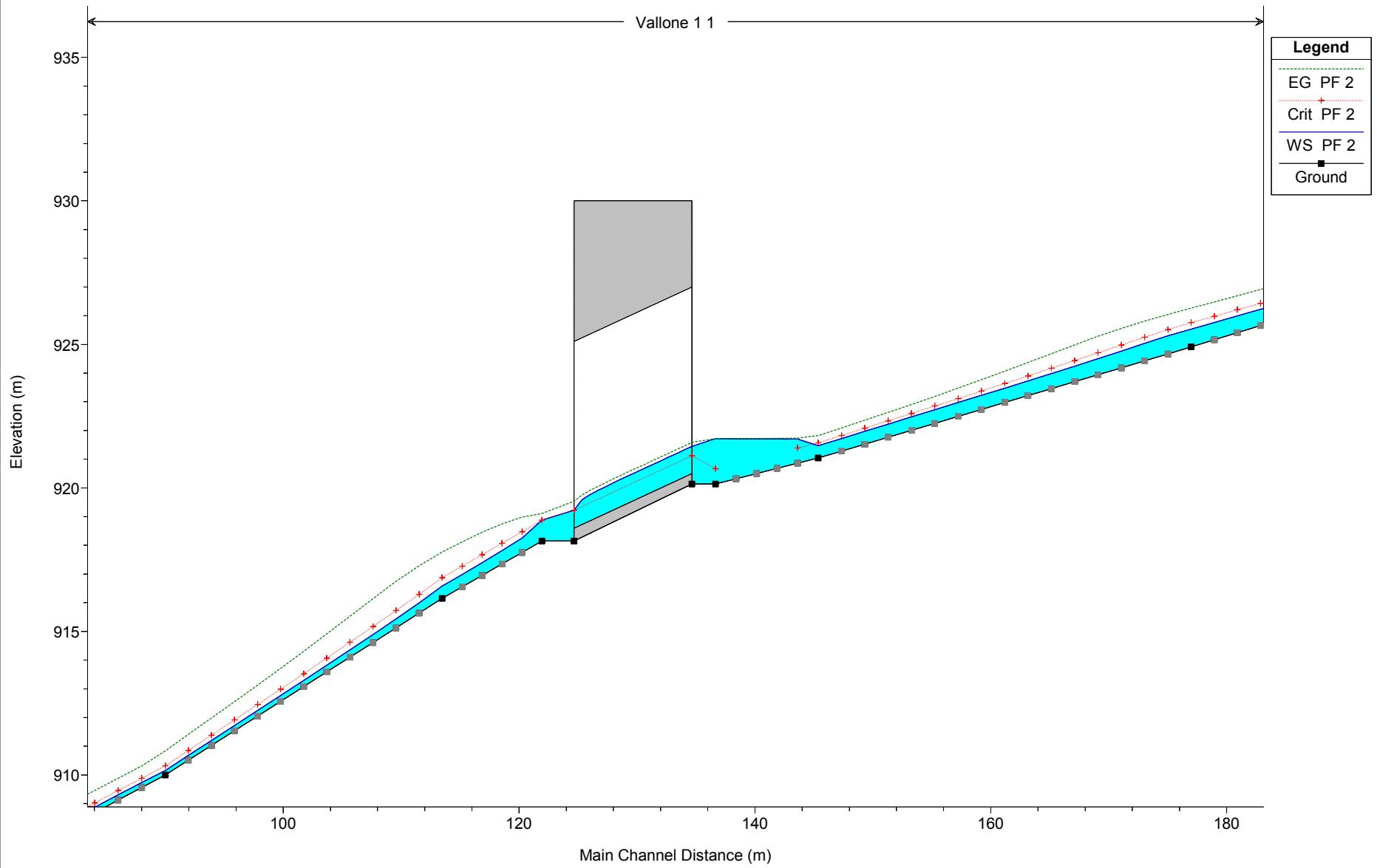
Verifica tombino N°1 Stato di Progetto



Some schematic data outside default extents (see View/Set Schematic Plot Extents...)

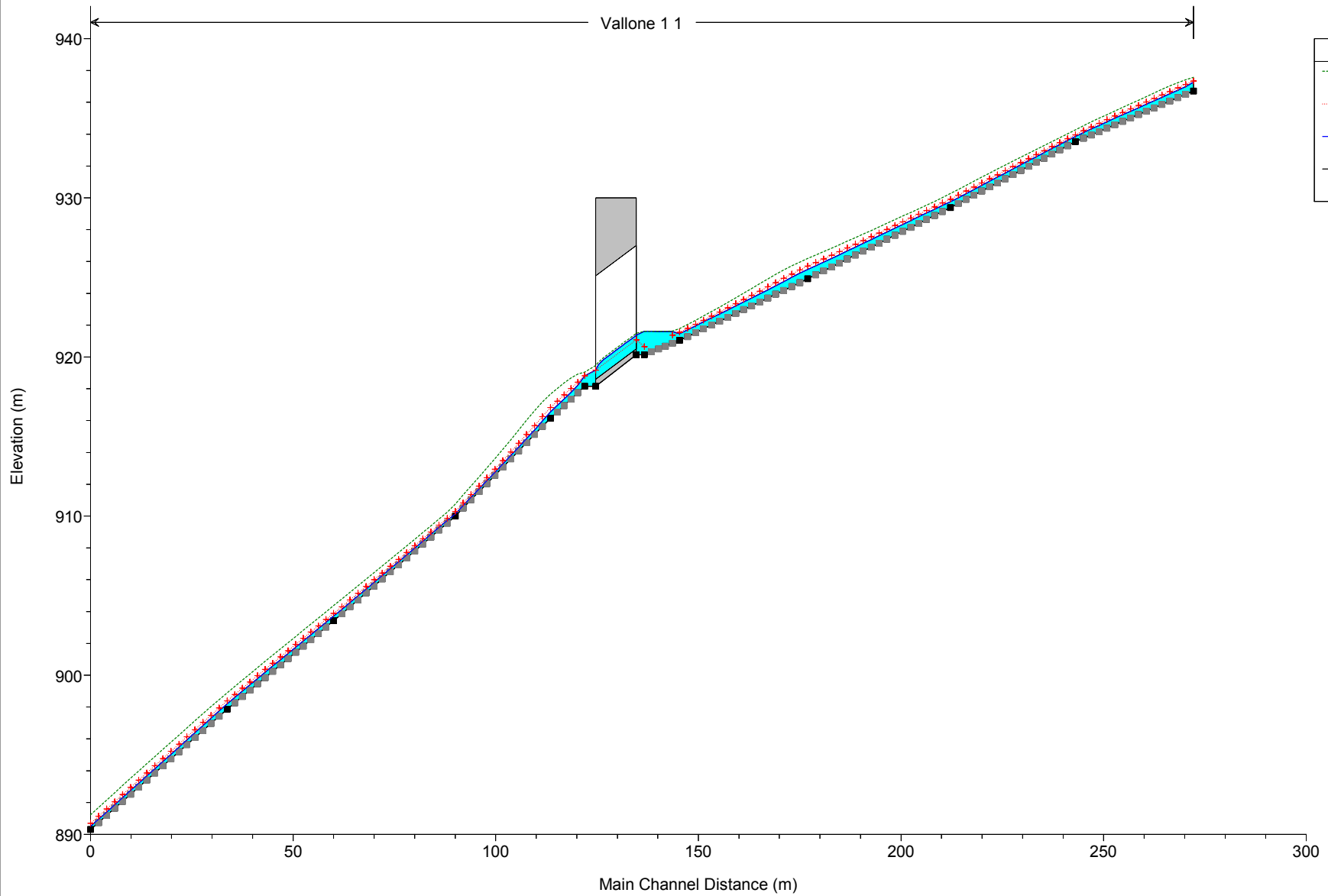
verifica tombino 1 Plan: Plan 02 27/07/2018

Vallone 1 1



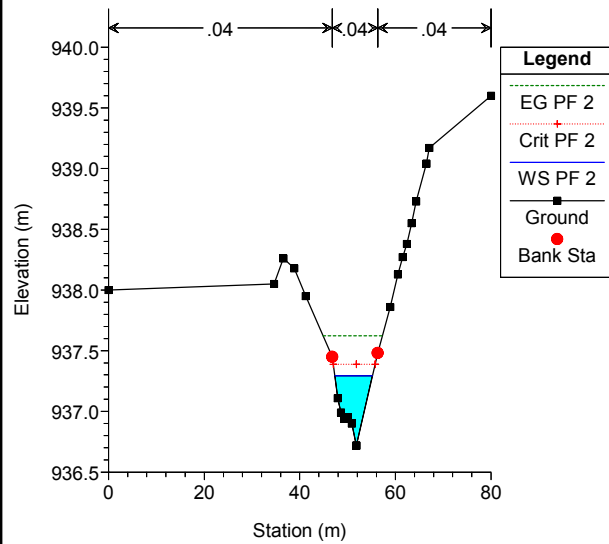
verifica tombino 1 Plan: Plan 02 27/07/2018

Vallone 1 1

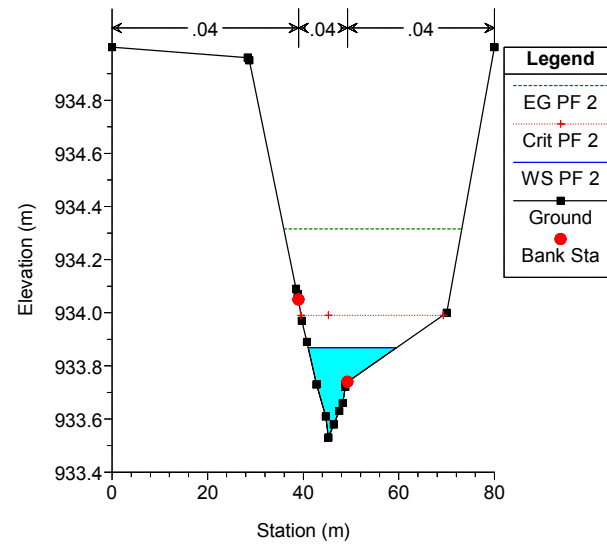


Legend	
EG PF 1	
Crit PF 1	+
WS PF 1	
Ground	■

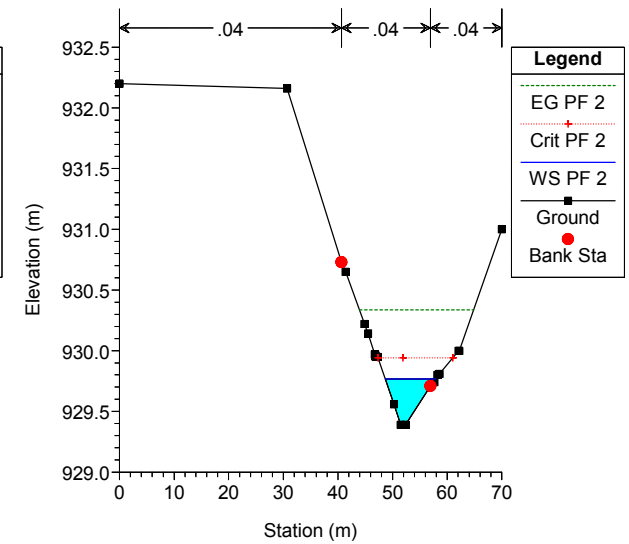
verifica tombino 1 Plan: Plan 02 27/07/2018



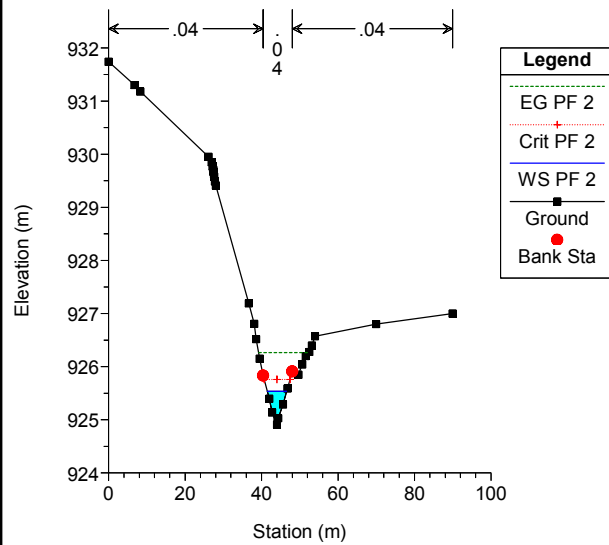
verifica tombino 1 Plan: Plan 02 27/07/2018



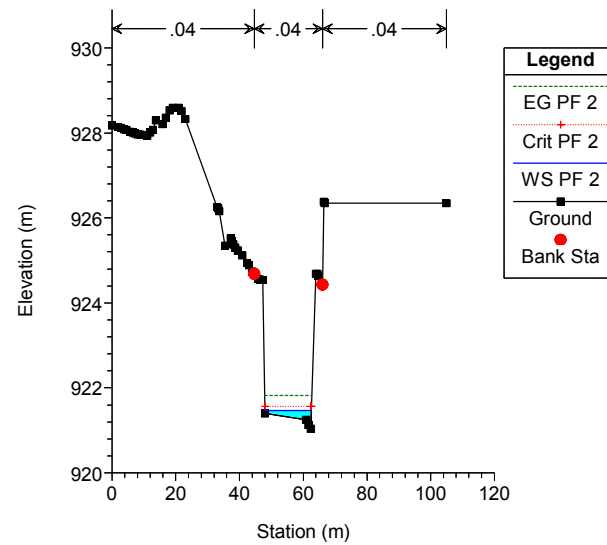
verifica tombino 1 Plan: Plan 02 27/07/2018



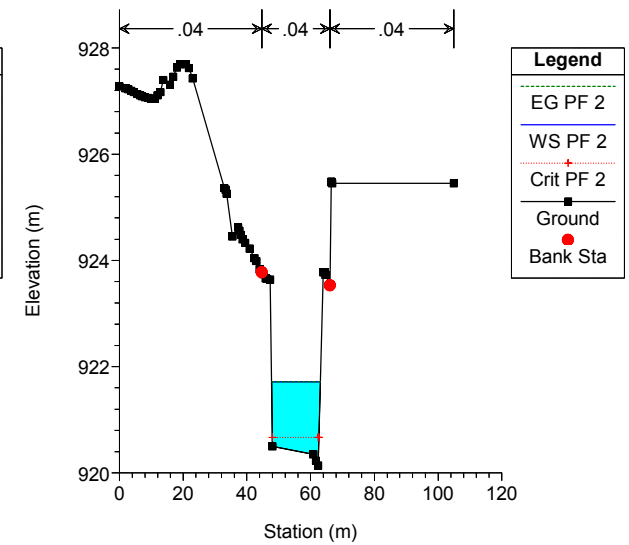
verifica tombino 1 Plan: Plan 02 27/07/2018



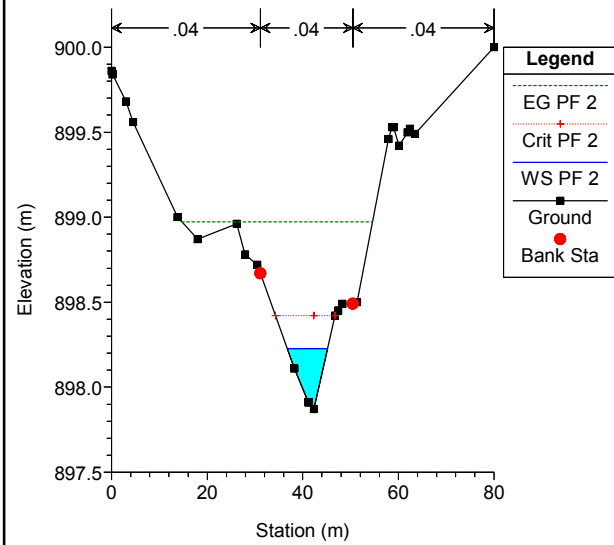
verifica tombino 1 Plan: Plan 02 27/07/2018



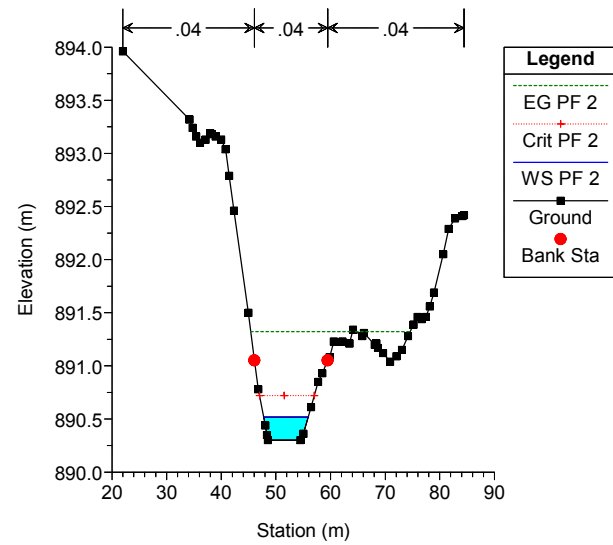
verifica tombino 1 Plan: Plan 02 27/07/2018



verifica tombino 1 Plan: Plan 02 27/07/2018



verifica tombino 1 Plan: Plan 02 27/07/2018



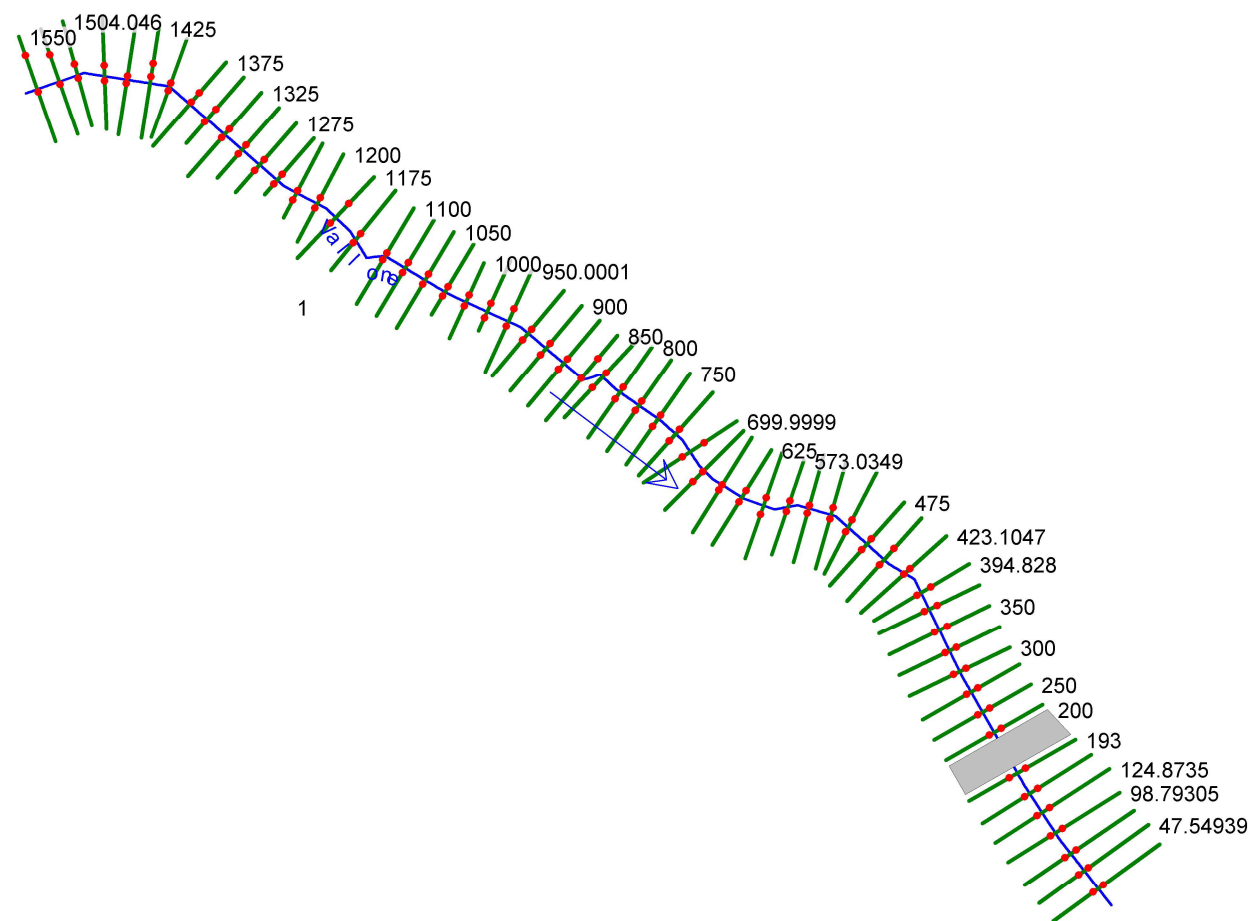
HEC-RAS Plan: Plan 02 River: Vallone 1 Reach: 1

[illegible]

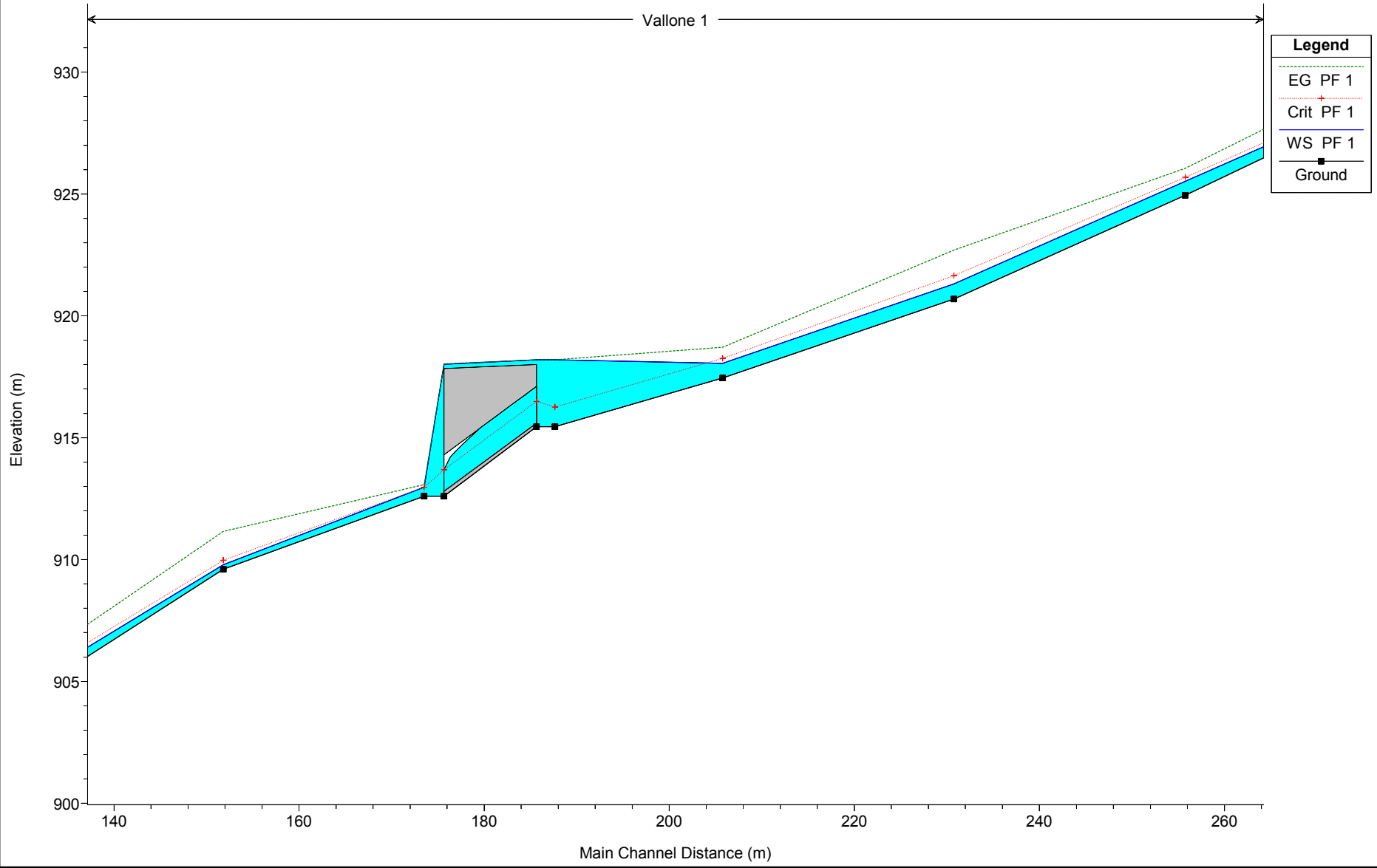
HEC-RAS Plan: Plan 02 River: Vallone 1 Reach: 1 (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
1	30.00002	PF 1	5.40	890.30	890.50	890.69	891.23	0.231035	3.79	1.42	8.00	2.87
1	30.00002	PF 2	6.20	890.30	890.52	890.72	891.32	0.230936	3.97	1.56	8.16	2.90

Verifica tombino N°2 Stato Attuale

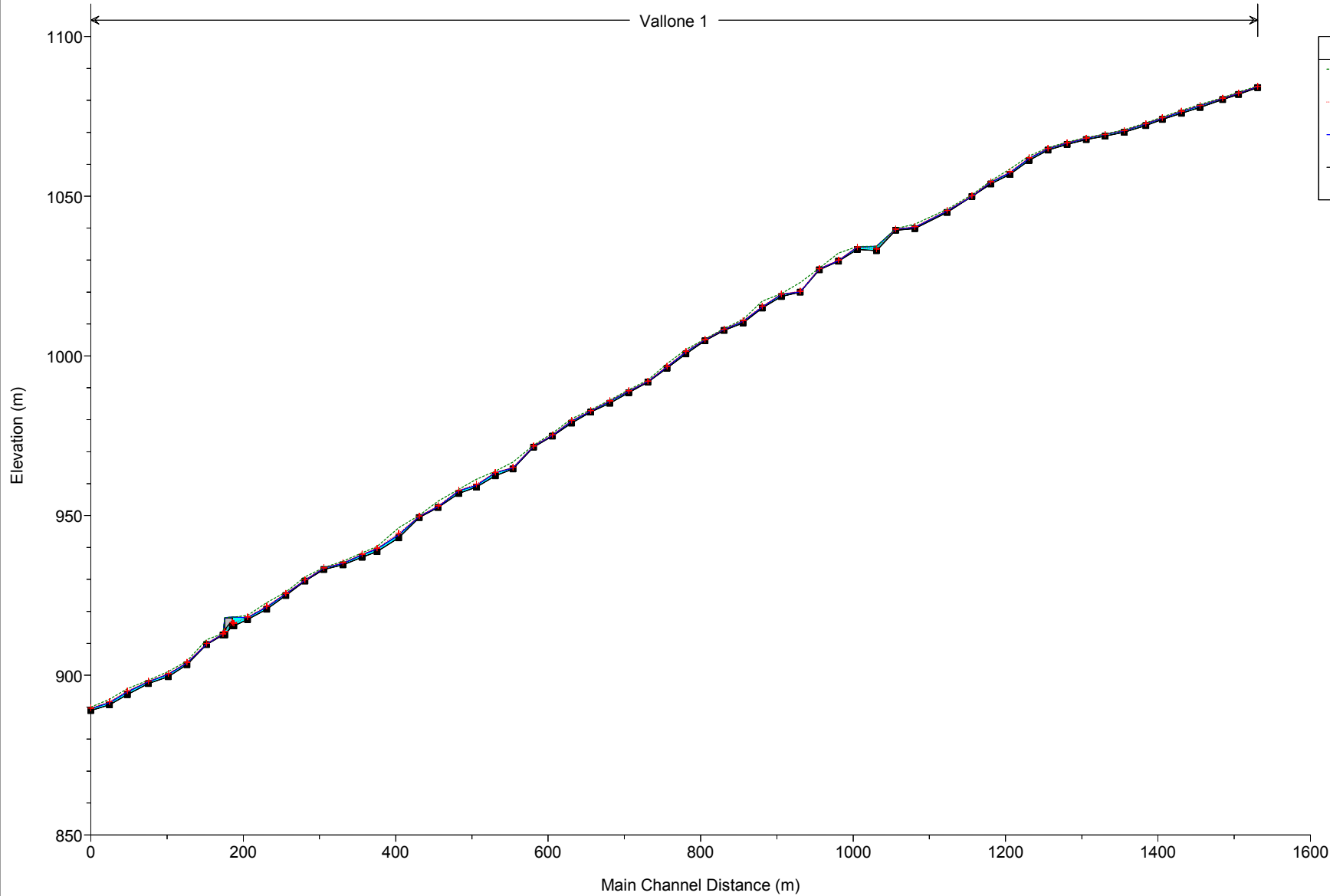


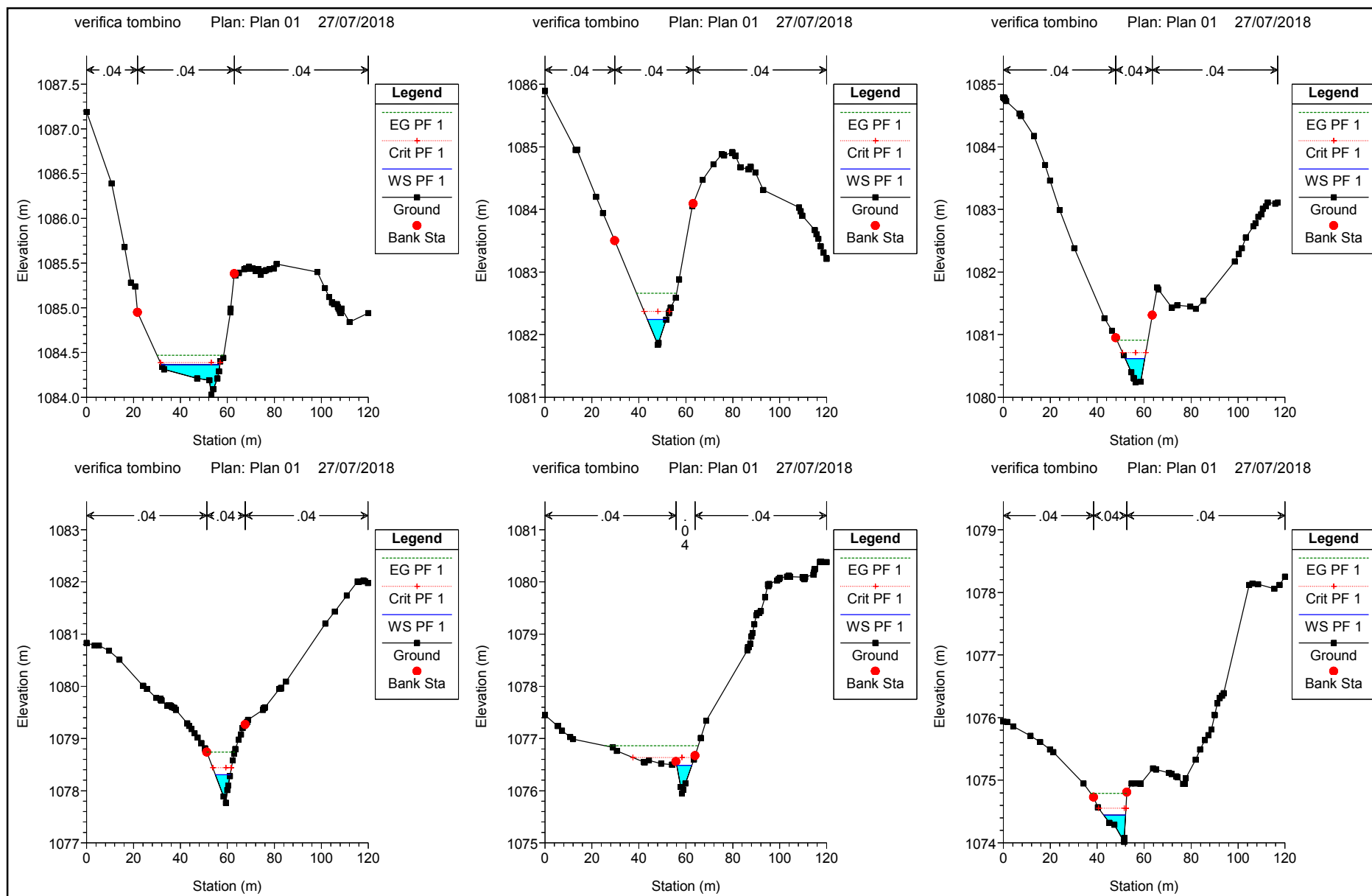
Vallone 1

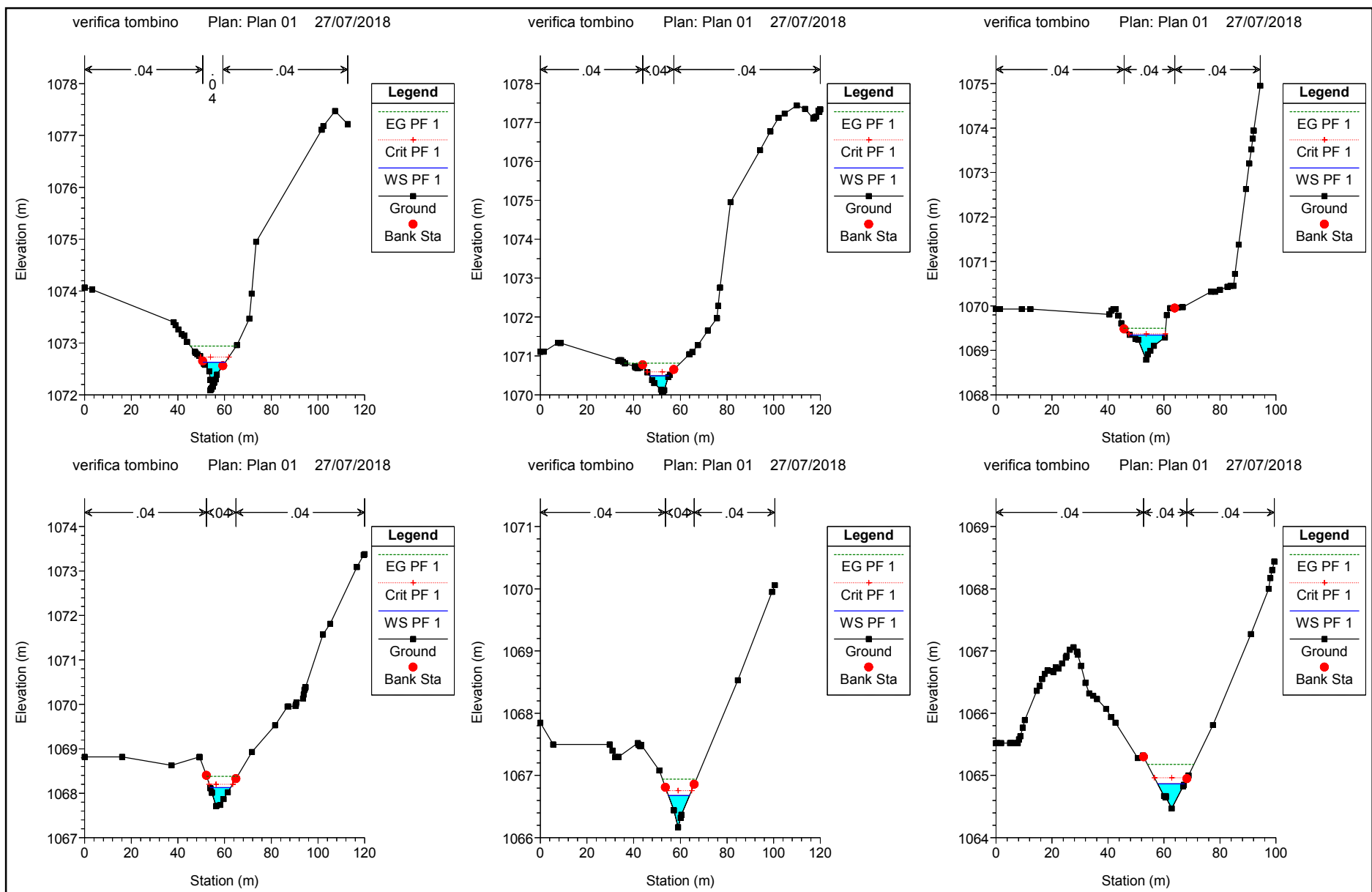


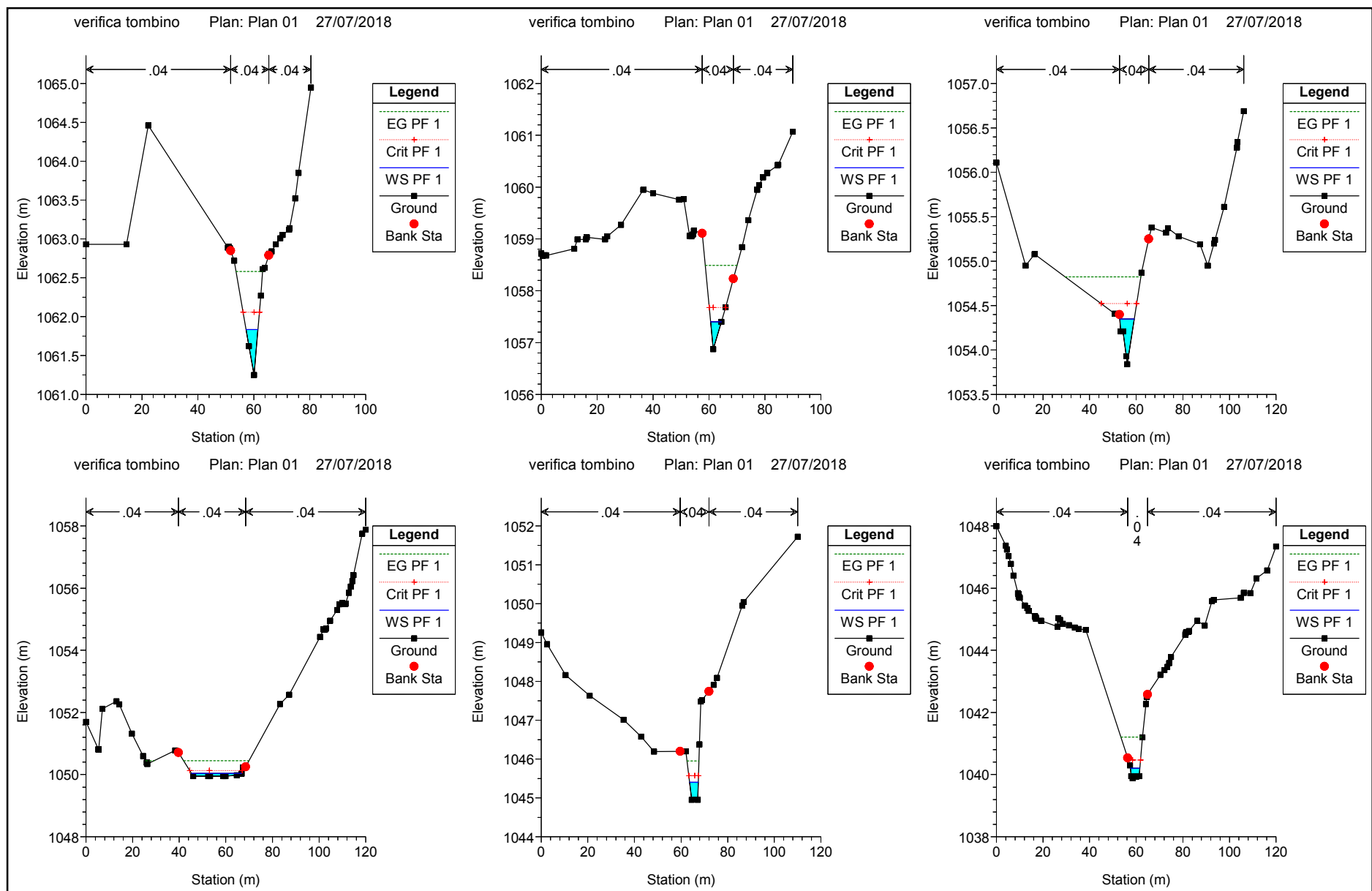
verifica tombino Plan: Plan 01 27/07/2018

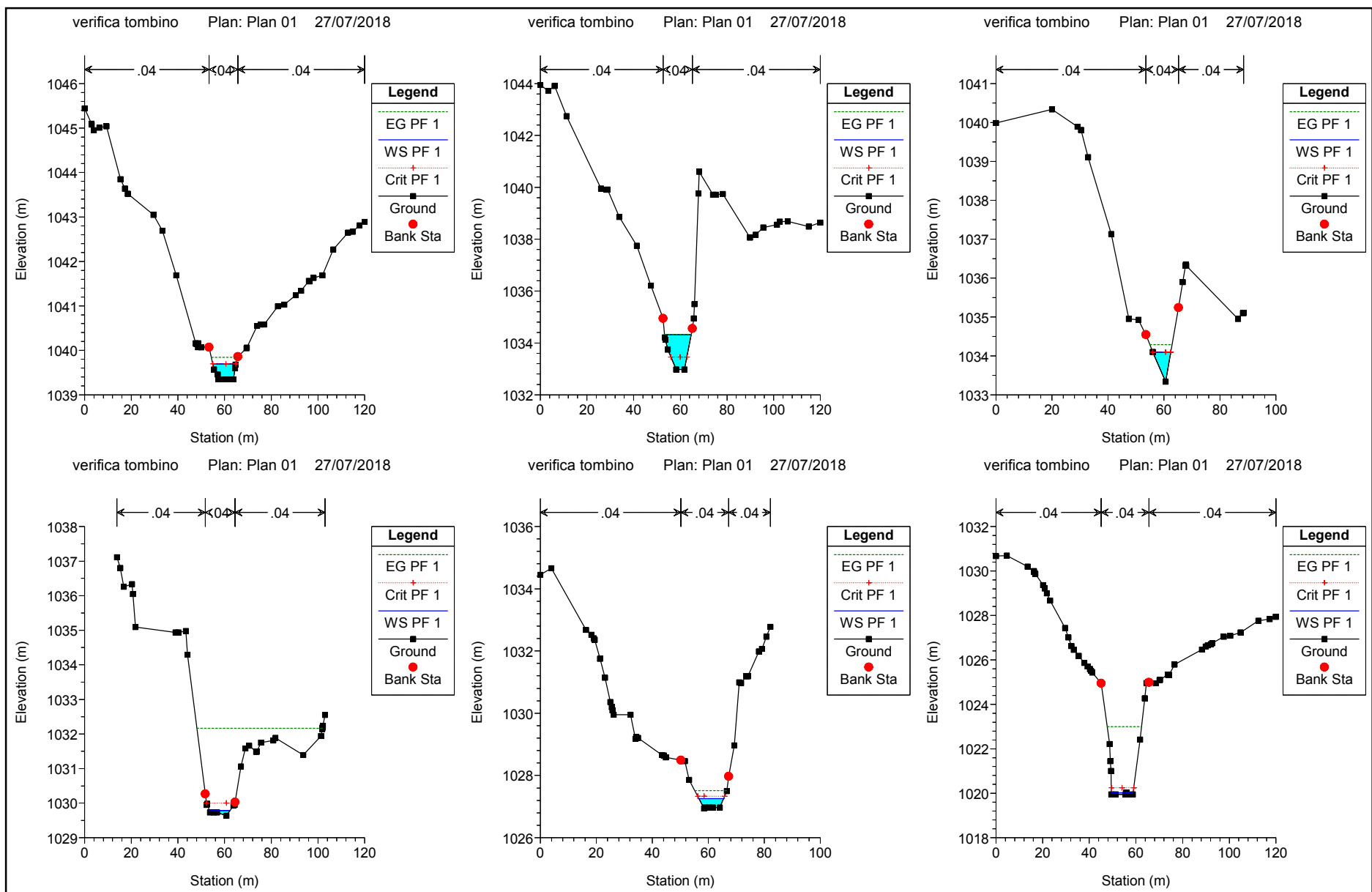
Vallone 1

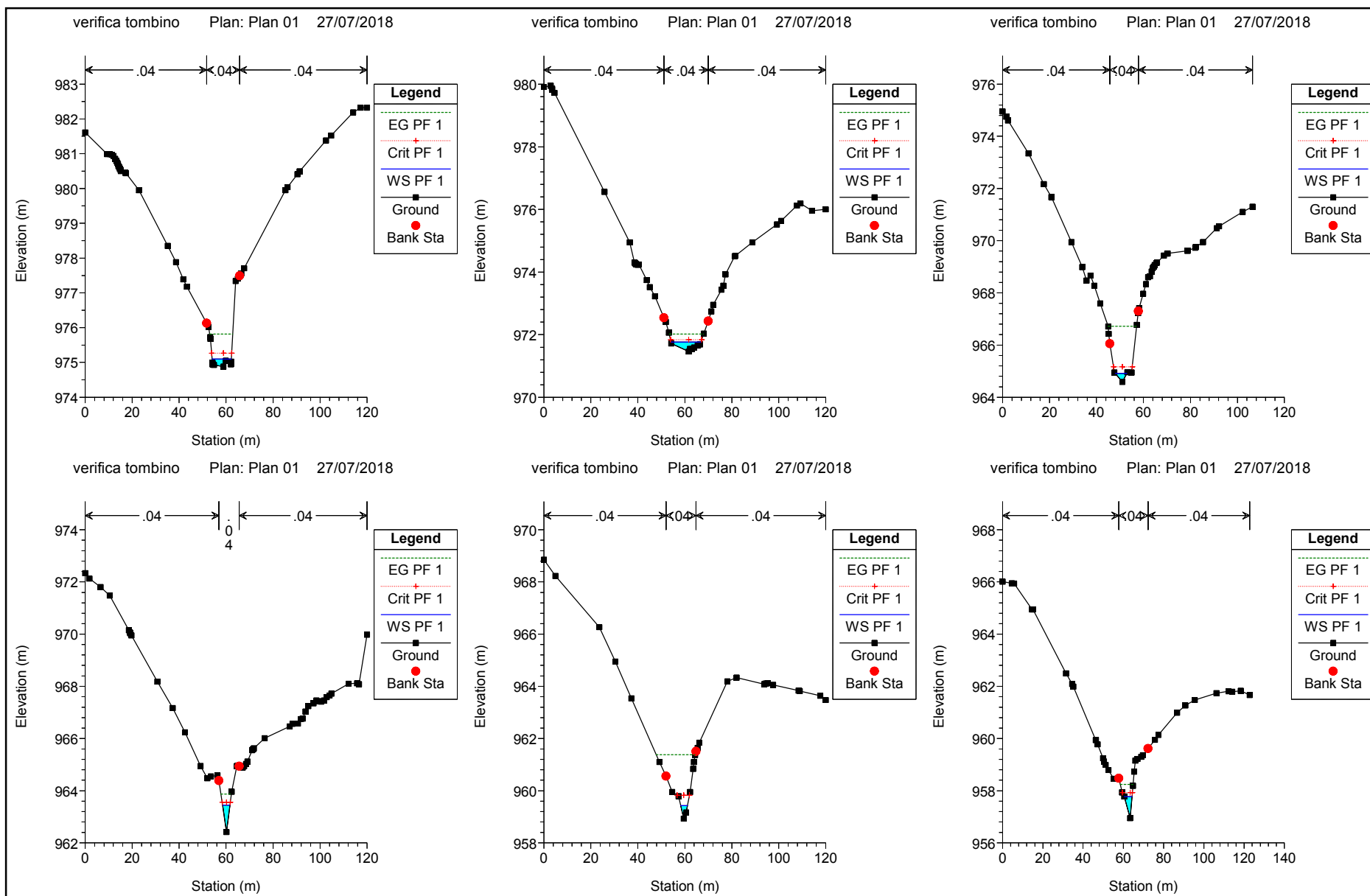


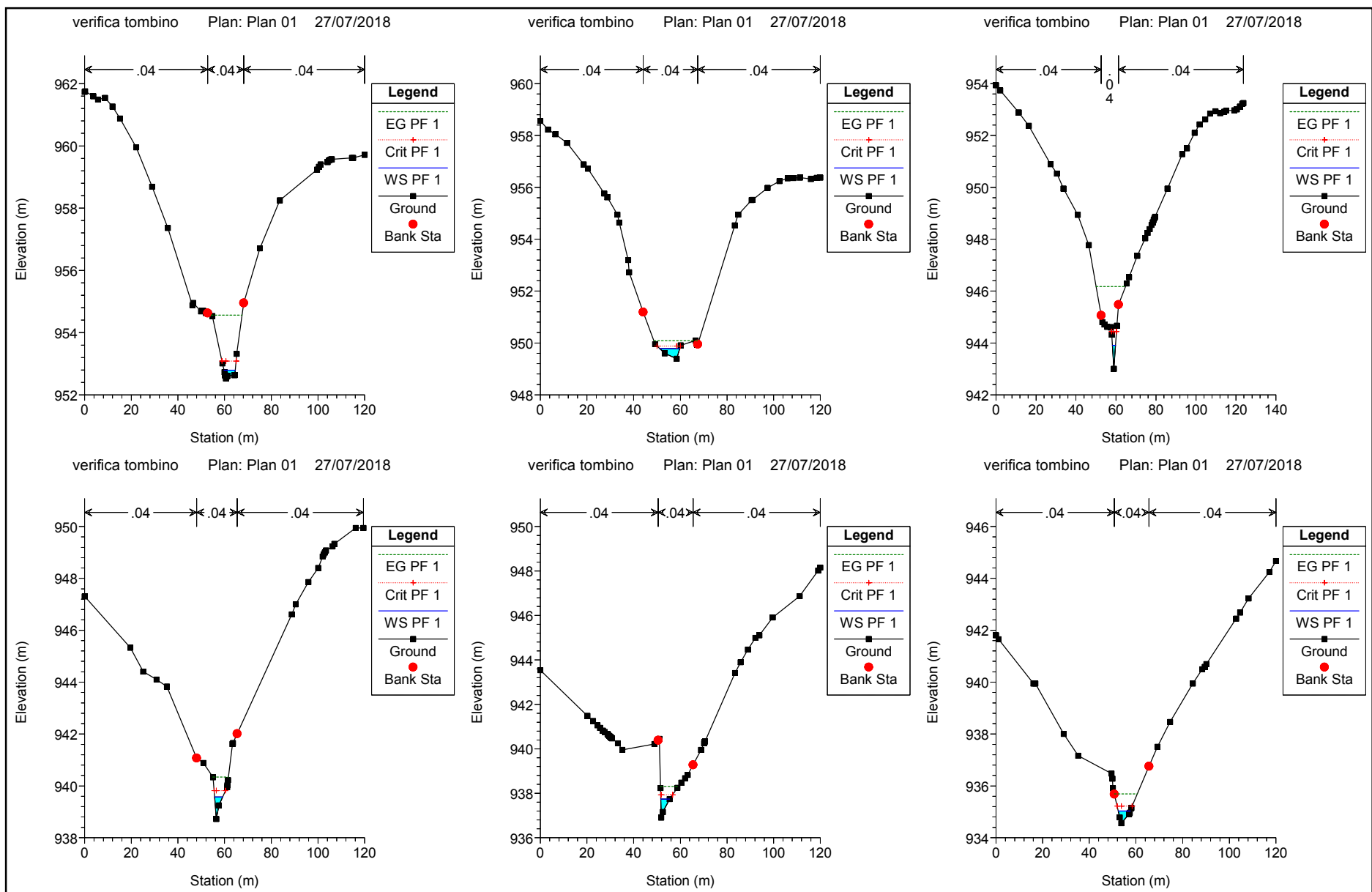


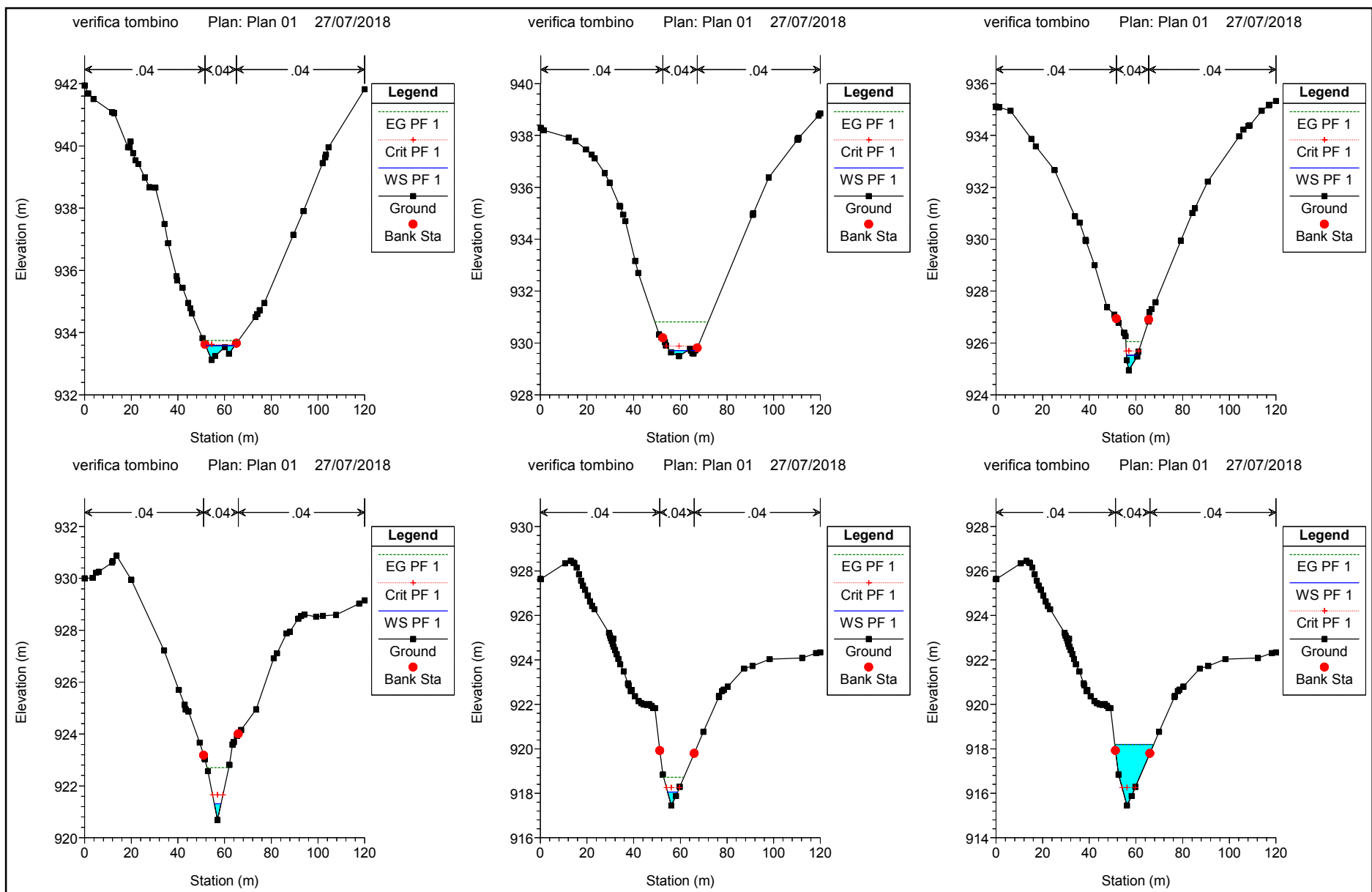




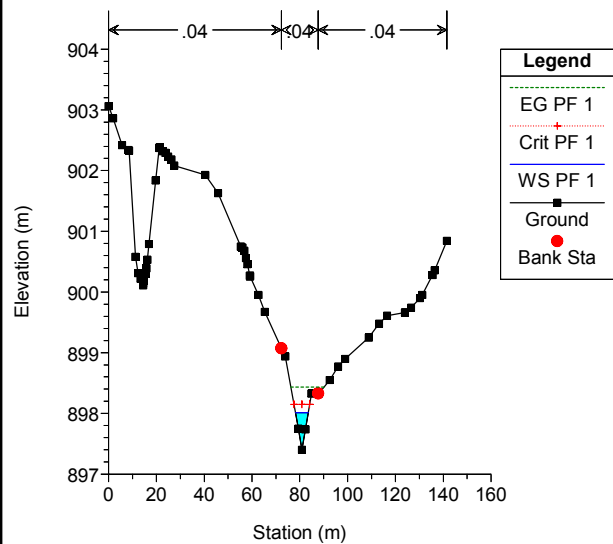




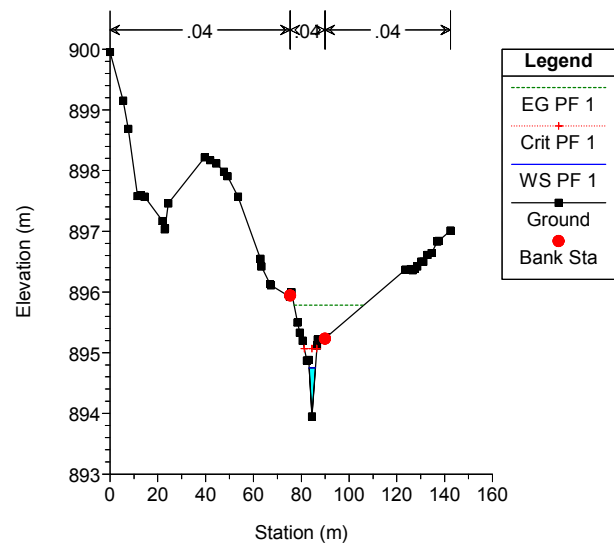




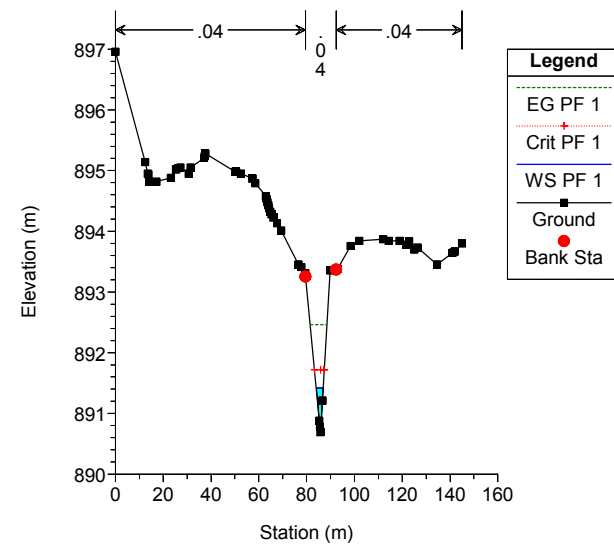
verifica tombino Plan: Plan 01 27/07/2018



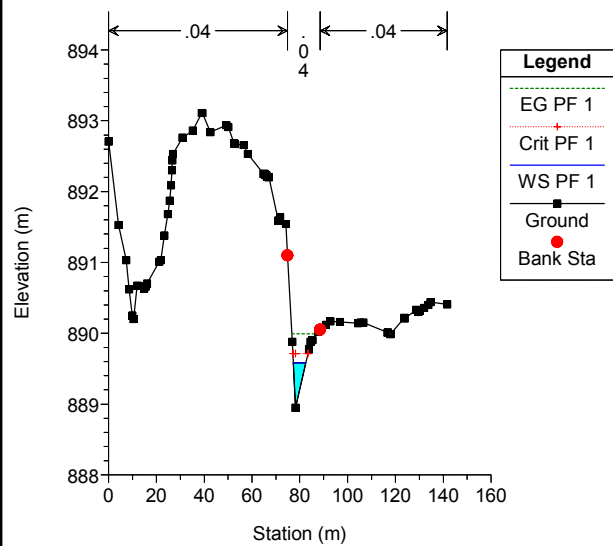
verifica tombino Plan: Plan 01 27/07/2018



verifica tombino Plan: Plan 01 27/07/2018



verifica tombino Plan: Plan 01 27/07/2018



HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Vallone Reach: 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
1	1550	PF 1	4.70	1084.03	1084.36	1084.39	1084.47	0.050015	1.44	3.26	24.92	1.27
1	1550	PF 2	5.40	1084.03	1084.38	1084.40	1084.49	0.050089	1.52	3.56	25.18	1.29
1	1525	PF 1	4.70	1081.84	1082.24	1082.37	1082.66	0.109014	2.86	1.65	8.05	2.02
1	1525	PF 2	5.40	1081.84	1082.27	1082.40	1082.70	0.105899	2.91	1.85	8.62	2.00
1	1504.046	PF 1	4.70	1080.24	1080.62	1080.71	1080.91	0.063509	2.40	1.96	8.30	1.57
1	1504.046	PF 2	5.40	1080.24	1080.64	1080.74	1080.96	0.064621	2.50	2.16	8.68	1.60
1	1474.419	PF 1	4.70	1077.77	1078.31	1078.44	1078.74	0.084589	2.91	1.61	6.25	1.83
1	1474.419	PF 2	5.40	1077.77	1078.34	1078.48	1078.79	0.082651	2.99	1.81	6.63	1.83
1	1450	PF 1	4.70	1075.95	1076.49	1076.64	1076.86	0.068974	2.71	1.73	6.44	1.67
1	1450	PF 2	5.40	1075.95	1076.51	1076.65	1076.92	0.070238	2.82	1.93	10.16	1.70
1	1425	PF 1	4.70	1074.02	1074.45	1074.55	1074.79	0.100040	2.61	1.80	9.37	1.90
1	1425	PF 2	5.40	1074.02	1074.47	1074.58	1074.84	0.099089	2.70	2.00	9.81	1.91
1	1403.403	PF 1	4.70	1072.09	1072.63	1072.73	1072.94	0.073850	2.48	1.92	9.38	1.67
1	1403.403	PF 2	5.40	1072.09	1072.65	1072.76	1072.99	0.074320	2.60	2.12	9.92	1.69
1	1375	PF 1	4.70	1070.07	1070.49	1070.59	1070.81	0.076142	2.53	1.85	8.27	1.71
1	1375	PF 2	5.40	1070.07	1070.51	1070.63	1070.86	0.076333	2.61	2.07	8.85	1.72
1	1350	PF 1	4.70	1068.79	1069.35	1069.37	1069.50	0.036019	1.71	2.75	12.58	1.17
1	1350	PF 2	5.40	1068.79	1069.37	1069.40	1069.53	0.036329	1.79	3.01	12.97	1.19
1	1325	PF 1	4.70	1067.71	1068.13	1068.20	1068.38	0.055088	2.25	2.09	8.79	1.47
1	1325	PF 2	5.40	1067.71	1068.15	1068.23	1068.43	0.053785	2.31	2.34	9.26	1.47
1	1300	PF 1	4.70	1066.17	1066.68	1066.76	1066.94	0.060215	2.28	2.06	9.00	1.53
1	1300	PF 2	5.40	1066.17	1066.70	1066.79	1066.99	0.061329	2.38	2.27	9.49	1.55
1	1275	PF 1	4.70	1064.47	1064.87	1064.97	1065.18	0.083607	2.46	1.91	9.55	1.76
1	1275	PF 2	5.40	1064.47	1064.89	1064.99	1065.22	0.082247	2.54	2.13	10.07	1.76

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Vallone Reach: 1 (Continued)

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
1	1250	PF 1	4.70	1061.25	1061.83	1062.06	1062.58	0.127532	3.83	1.23	4.20	2.26
1	1250	PF 2	5.40	1061.25	1061.87	1062.10	1062.66	0.125720	3.94	1.37	4.44	2.26
1	1225	PF 1	4.70	1056.87	1057.40	1057.68	1058.49	0.213659	4.62	1.02	3.84	2.86
1	1225	PF 2	5.40	1056.87	1057.43	1057.72	1058.59	0.213655	4.78	1.13	4.04	2.89
1	1200	PF 1	4.70	1053.84	1054.35	1054.52	1054.82	0.097707	3.05	1.54	6.23	1.96
1	1200	PF 2	5.40	1053.84	1054.37	1054.55	1054.89	0.099047	3.19	1.69	6.43	1.99
1	1175	PF 1	4.70	1049.95	1050.04	1050.13	1050.45	0.394796	2.84	1.65	21.50	3.27
1	1175	PF 2	5.40	1049.95	1050.04	1050.15	1050.50	0.389375	2.99	1.81	21.58	3.29
1	1142.542	PF 1	4.70	1044.95	1045.41	1045.57	1045.95	0.069664	3.27	1.44	3.74	1.69
1	1142.542	PF 2	5.40	1044.95	1045.44	1045.63	1046.04	0.069285	3.41	1.58	3.84	1.69
1	1100	PF 1	4.70	1039.88	1040.21	1040.47	1041.21	0.200674	4.43	1.06	4.07	2.77
1	1100	PF 2	5.40	1039.88	1040.23	1040.52	1041.33	0.198358	4.63	1.17	4.14	2.79
1	1075	PF 1	4.70	1039.35	1039.70	1039.70	1039.84	0.024337	1.68	2.80	9.83	1.00
1	1075	PF 2	5.40	1039.35	1039.73	1039.73	1039.88	0.023976	1.75	3.09	10.11	1.01
1	1050	PF 1	4.70	1032.98	1034.33	1033.45	1034.34	0.000357	0.44	10.71	11.46	0.14
1	1050	PF 2	5.40	1032.98	1034.38	1033.50	1034.39	0.000397	0.48	11.36	11.63	0.15
1	1025	PF 1	4.70	1033.34	1034.10	1034.10	1034.29	0.023049	1.94	2.42	6.40	1.01
1	1025	PF 2	5.40	1033.34	1034.14	1034.14	1034.34	0.022711	2.00	2.70	6.73	1.01
1	1000	PF 1	4.70	1029.64	1029.79	1030.00	1032.17	2.229761	6.83	0.69	8.77	7.79
1	1000	PF 2	5.40	1029.64	1029.80	1030.03	1032.25	1.998238	6.94	0.78	8.92	7.51
1	975	PF 1	4.70	1026.94	1027.26	1027.33	1027.51	0.053606	2.22	2.12	8.84	1.45
1	975	PF 2	5.40	1026.94	1027.28	1027.36	1027.56	0.054881	2.34	2.31	9.07	1.48
1	950.0001	PF 1	4.70	1019.95	1020.02	1020.25	1023.00	3.438680	7.64	0.61	9.08	9.38

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Vallone Reach: 1 (Continued)

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
1	950.0001	PF 2	5.40	1019.95	1020.03	1020.28	1023.03	3.010765	7.67	0.70	9.35	8.92
1	925	PF 1	4.70	1018.59	1019.28	1019.32	1019.53	0.031875	2.21	2.13	5.93	1.18
1	925	PF 2	5.40	1018.59	1019.32	1019.37	1019.58	0.031952	2.29	2.36	6.25	1.19
1	900	PF 1	4.70	1014.95	1015.32	1015.58	1017.14	0.836011	5.97	0.79	5.79	5.17
1	900	PF 2	5.40	1014.95	1015.34	1015.62	1017.22	0.760075	6.08	0.89	5.92	5.01
1	875	PF 1	4.70	1010.30	1010.84	1011.03	1011.44	0.095569	3.43	1.37	4.50	1.98
1	875	PF 2	5.40	1010.30	1010.87	1011.07	1011.53	0.098589	3.60	1.50	4.70	2.03
1	850	PF 1	4.70	1008.00	1008.32	1008.39	1008.57	0.129584	2.18	2.16	18.04	2.01
1	850	PF 2	5.40	1008.00	1008.34	1008.41	1008.60	0.129392	2.27	2.38	18.71	2.03
1	824.9999	PF 1	4.70	1004.79	1005.03	1005.11	1005.30	0.131765	2.27	2.07	16.48	2.04
1	824.9999	PF 2	5.40	1004.79	1005.05	1005.13	1005.33	0.131621	2.38	2.27	16.80	2.07
1	800	PF 1	4.70	1000.65	1001.22	1001.44	1001.96	0.131171	3.80	1.24	4.34	2.28
1	800	PF 2	5.40	1000.65	1001.26	1001.49	1002.04	0.128507	3.91	1.38	4.60	2.28
1	775	PF 1	4.70	996.16	996.53	996.77	997.53	0.249581	4.41	1.06	5.01	3.06
1	775	PF 2	5.40	996.16	996.56	996.81	997.63	0.251372	4.60	1.17	5.21	3.10
1	750	PF 1	4.70	991.75	991.99	992.12	992.47	0.158303	3.08	1.53	8.80	2.36
1	750	PF 2	5.40	991.75	992.00	992.15	992.54	0.158969	3.24	1.66	8.91	2.40
1	725	PF 1	4.70	988.46	988.96	989.09	989.38	0.098144	2.88	1.63	7.25	1.94
1	725	PF 2	5.40	988.46	988.98	989.12	989.43	0.098275	2.97	1.82	7.69	1.95
1	699.9999	PF 1	4.70	985.17	985.82	985.93	986.20	0.169877	2.71	1.74	12.62	2.33
1	699.9999	PF 2	5.40	985.17	985.84	985.95	986.24	0.170954	2.80	1.93	13.46	2.36
1	674.9999	PF 1	4.70	982.39	982.76	982.86	983.10	0.093861	2.60	1.81	9.09	1.86
1	674.9999	PF 2	5.40	982.39	982.78	982.89	983.15	0.092900	2.71	1.99	9.35	1.87

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Vallone Reach: 1 (Continued)

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
1	650.0001	PF 1	4.70	978.97	979.61	979.83	980.35	0.126145	3.82	1.23	4.13	2.24
1	650.0001	PF 2	5.40	978.97	979.64	979.88	980.43	0.124626	3.94	1.37	4.37	2.25
1	625	PF 1	4.70	974.88	975.10	975.27	975.82	0.282115	3.75	1.25	8.16	3.06
1	625	PF 2	5.40	974.88	975.11	975.30	975.92	0.285085	3.97	1.36	8.18	3.11
1	600	PF 1	4.70	971.46	971.76	971.84	972.02	0.089440	2.25	2.09	12.69	1.77
1	600	PF 2	5.40	971.46	971.78	971.86	972.06	0.090323	2.37	2.28	12.80	1.80
1	573.0349	PF 1	4.70	964.59	964.91	965.16	966.72	0.656523	5.95	0.79	4.91	4.74
1	573.0349	PF 2	5.40	964.59	964.93	965.19	966.80	0.623636	6.05	0.89	5.22	4.67
1	550	PF 1	4.70	962.42	963.45	963.55	963.87	0.041235	2.89	1.62	3.16	1.29
1	550	PF 2	5.40	962.42	963.50	963.62	963.96	0.041437	3.00	1.80	3.33	1.30
1	525	PF 1	4.70	958.93	959.43	959.82	961.38	0.384359	6.20	0.76	2.82	3.82
1	525	PF 2	5.40	958.93	959.46	959.90	961.49	0.364976	6.31	0.86	2.98	3.76
1	501.8627	PF 1	4.70	956.95	957.77	957.92	958.24	0.055480	3.03	1.55	3.79	1.51
1	501.8627	PF 2	5.40	956.95	957.81	957.98	958.31	0.057084	3.13	1.72	4.10	1.54
1	475	PF 1	4.70	952.53	952.79	953.08	954.56	0.631303	5.89	0.80	4.83	4.63
1	475	PF 2	5.40	952.53	952.81	953.12	954.64	0.569817	5.99	0.90	4.92	4.47
1	450	PF 1	4.70	949.39	949.78	949.88	950.09	0.072262	2.46	1.91	8.52	1.66
1	450	PF 2	5.40	949.39	949.80	949.91	950.15	0.075379	2.60	2.07	8.81	1.71
1	423.1047	PF 1	4.70	943.00	943.91	944.44	946.18	0.362850	6.67	0.70	1.55	3.16
1	423.1047	PF 2	5.40	943.00	943.98	944.52	946.24	0.330197	6.66	0.81	1.66	3.05
1	394.828	PF 1	4.70	938.72	939.57	939.81	940.34	0.117294	3.88	1.21	3.44	2.09
1	394.828	PF 2	5.40	938.72	939.60	939.86	940.45	0.123064	4.08	1.33	3.63	2.15
1	375	PF 1	4.70	936.91	937.74	937.93	938.31	0.085174	3.32	1.42	3.82	1.74
1	375	PF 2	5.40	936.91	937.79	937.98	938.38	0.083914	3.40	1.59	4.12	1.75

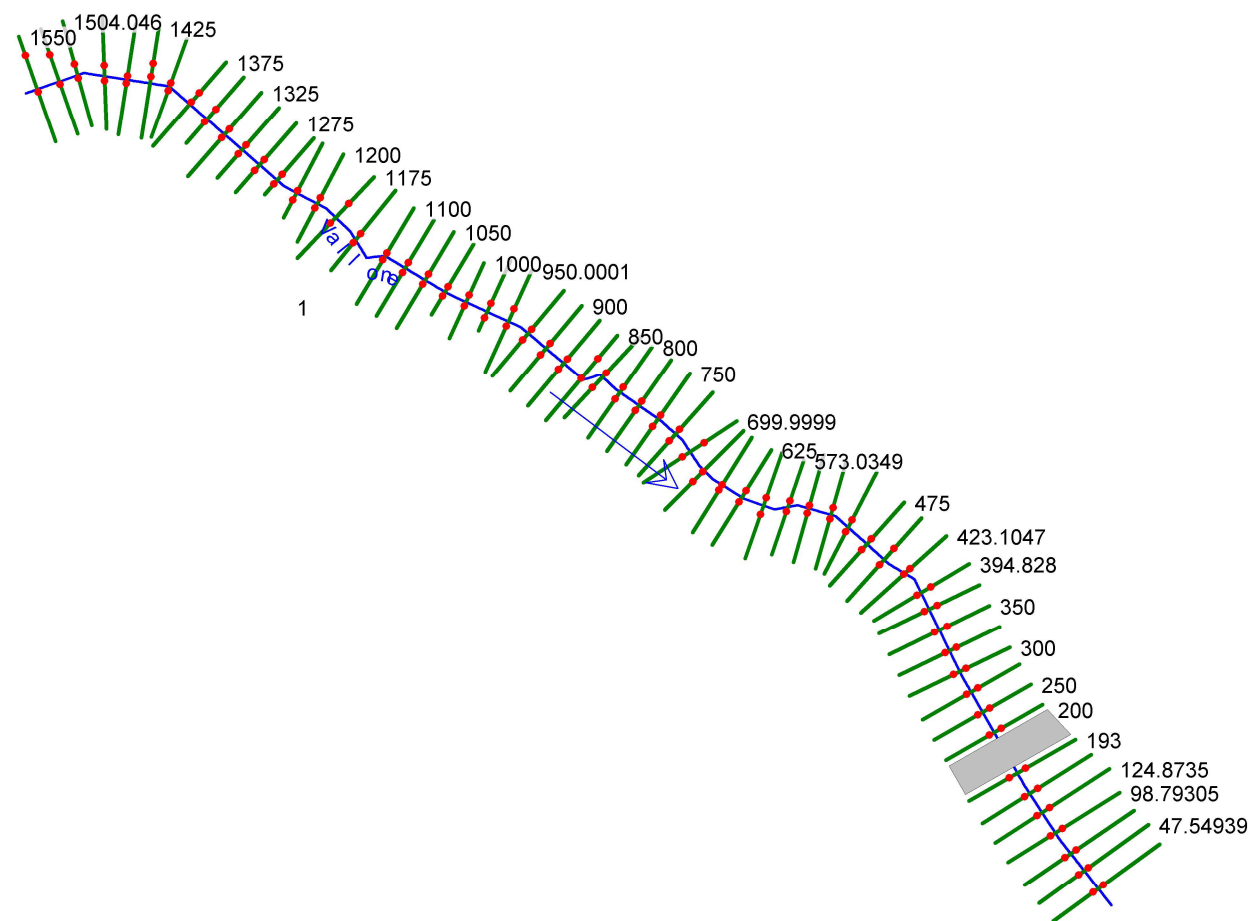
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Vallone Reach: 1 (Continued)

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
1	350	PF 1	4.70	934.56	935.03	935.22	935.69	0.130937	3.60	1.31	5.09	2.27
1	350	PF 2	5.40	934.56	935.05	935.26	935.77	0.131275	3.76	1.44	5.26	2.29
1	325	PF 1	4.70	933.12	933.58	933.62	933.75	0.045113	1.84	2.56	12.47	1.30
1	325	PF 2	5.40	933.12	933.60	933.64	933.79	0.046451	1.94	2.78	12.73	1.33
1	300	PF 1	4.70	929.49	929.71	929.88	930.81	0.674586	4.65	1.01	9.35	4.51
1	300	PF 2	5.40	929.49	929.72	929.91	930.83	0.624455	4.66	1.16	10.07	4.39
1	275	PF 1	4.70	924.95	925.52	925.69	926.05	0.083943	3.21	1.46	4.72	1.84
1	275	PF 2	5.40	924.95	925.55	925.73	926.13	0.085059	3.38	1.60	4.81	1.87
1	250	PF 1	4.70	920.69	921.31	921.65	922.70	0.230257	5.21	0.90	2.89	2.98
1	250	PF 2	5.40	920.69	921.35	921.71	922.80	0.222464	5.33	1.01	3.06	2.96
1	225	PF 1	4.70	917.45	918.05	918.26	918.72	0.106212	3.61	1.30	4.24	2.08
1	225	PF 2	5.40	917.45	918.08	918.30	918.81	0.109192	3.78	1.43	4.44	2.12
1	207	PF 1	4.70	915.45	918.19	916.26	918.20	0.000034	0.19	24.44	16.66	0.05
1	207	PF 2	5.40	915.45	918.22	916.30	918.22	0.000043	0.22	24.80	16.77	0.05
1	200		Culvert									
1	193	PF 1	4.70	912.60	912.97	912.97	913.07	0.028358	1.43	3.30	16.48	1.02
1	193	PF 2	5.40	912.60	912.99	912.99	913.10	0.027796	1.50	3.61	16.54	1.02
1	174.8738	PF 1	4.70	909.60	909.79	909.97	911.15	0.945224	5.17	0.91	9.15	5.24
1	174.8738	PF 2	5.40	909.60	909.80	909.99	911.24	0.925062	5.32	1.02	9.66	5.24
1	149.1786	PF 1	4.70	903.34	903.86	904.05	904.48	0.113792	3.47	1.36	5.04	2.13
1	149.1786	PF 2	5.40	903.34	903.89	904.09	904.55	0.114783	3.60	1.50	5.29	2.16
1	124.8735	PF 1	4.70	899.52	900.28	900.54	901.17	0.161995	4.19	1.12	3.67	2.42
1	124.8735	PF 2	5.40	899.52	900.31	900.59	901.26	0.159076	4.32	1.25	3.88	2.43

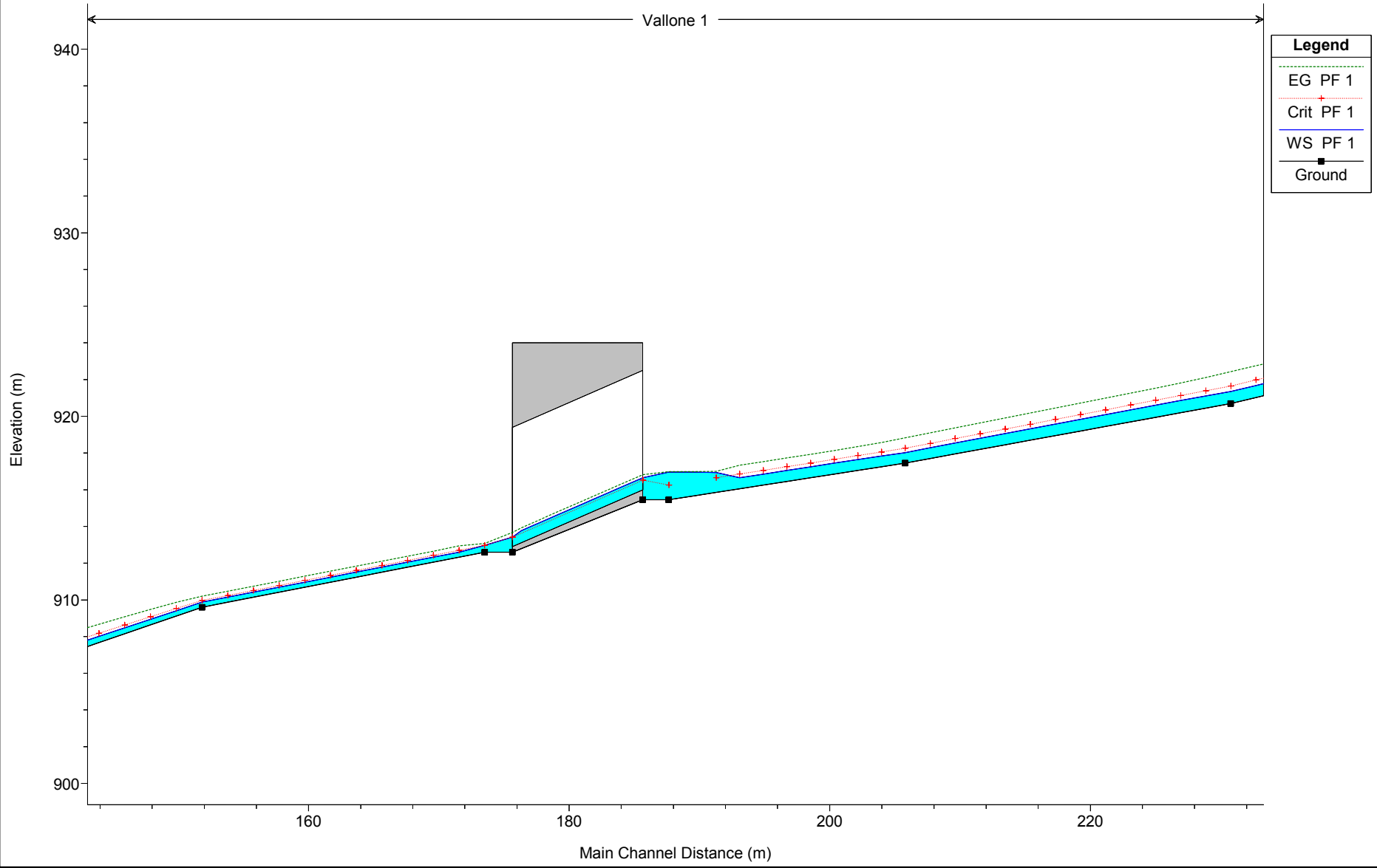
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Vallone Reach: 1 (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
1	98.79305	PF 1	4.70	897.40	898.01	898.15	898.44	0.067265	2.88	1.63	5.37	1.67
1	98.79305	PF 2	5.40	897.40	898.04	898.19	898.50	0.068792	3.01	1.80	5.64	1.70
1	70.88829	PF 1	4.70	893.95	894.75	895.07	895.78	0.136390	4.50	1.04	2.61	2.27
1	70.88829	PF 2	5.40	893.95	894.80	895.12	895.87	0.130155	4.58	1.18	2.78	2.24
1	47.54939	PF 1	4.70	890.69	891.42	891.72	892.46	0.148414	4.52	1.04	2.86	2.40
1	47.54939	PF 2	5.40	890.69	891.45	891.78	892.59	0.151463	4.72	1.14	3.00	2.44
1	23.06139	PF 1	4.70	888.95	889.58	889.71	889.99	0.063710	2.84	1.66	5.25	1.61
1	23.06139	PF 2	5.40	888.95	889.61	889.75	890.06	0.064902	2.96	1.82	5.51	1.64

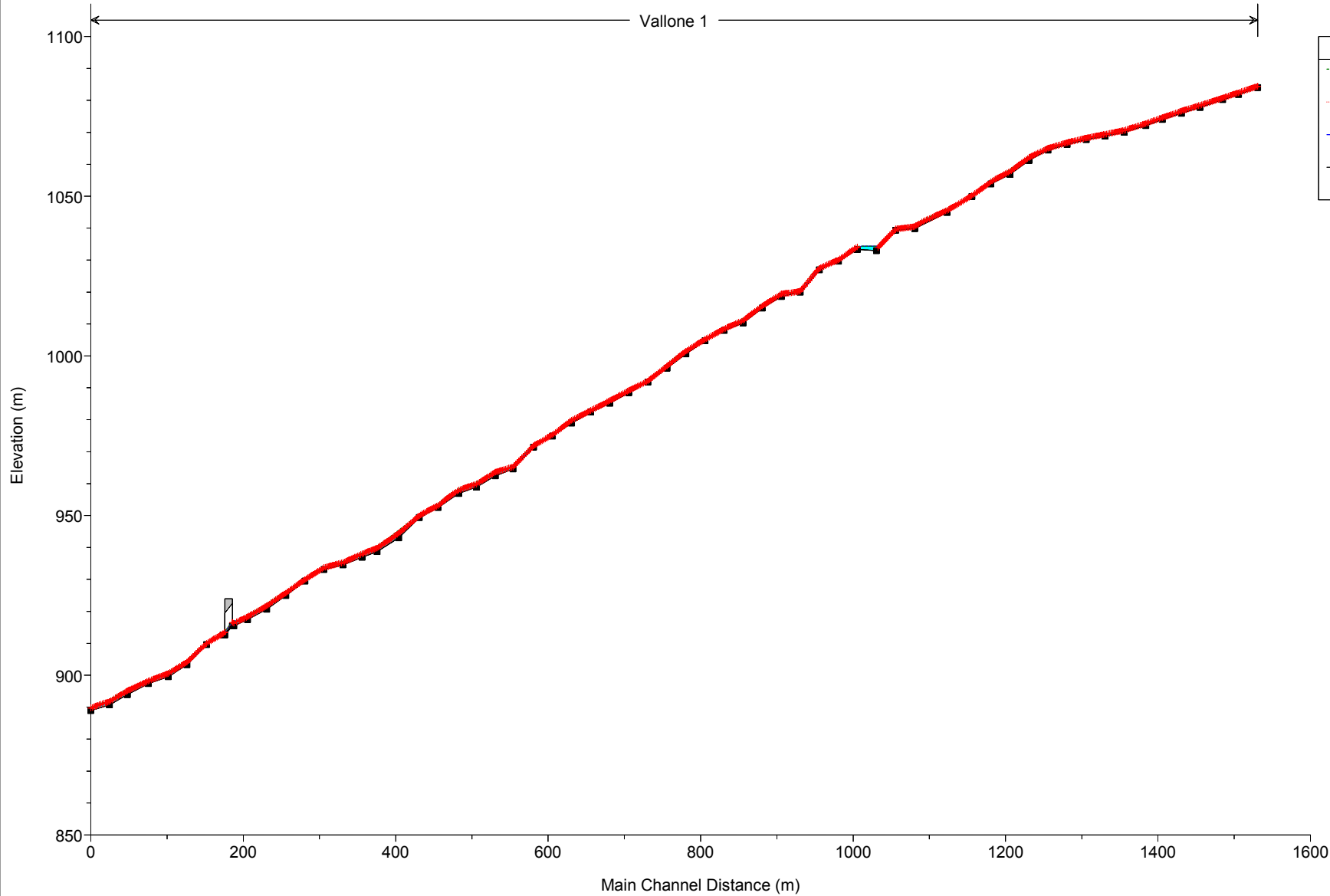
Verifica tombino N°2 Stato di progetto



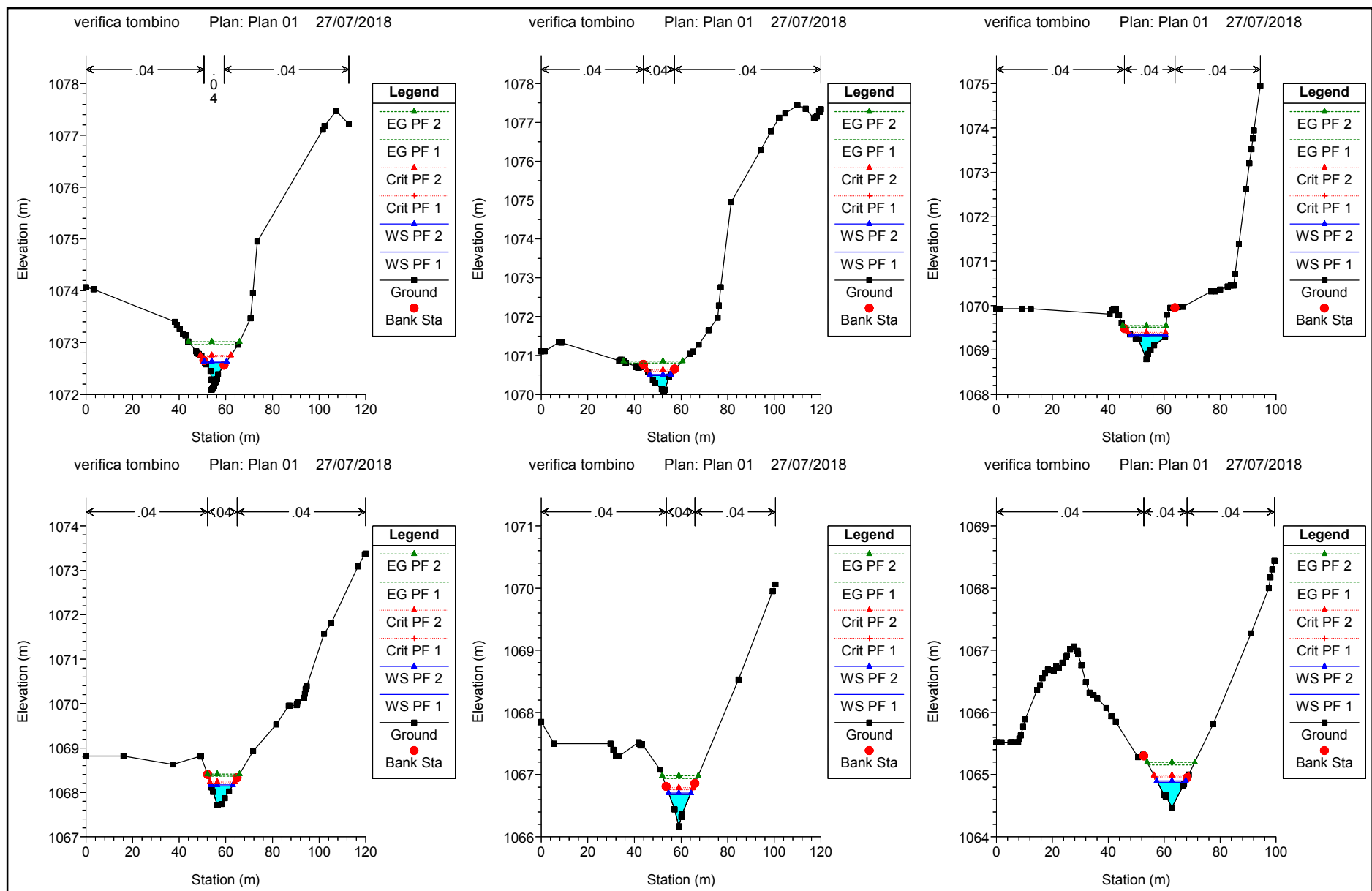
Vallone 1

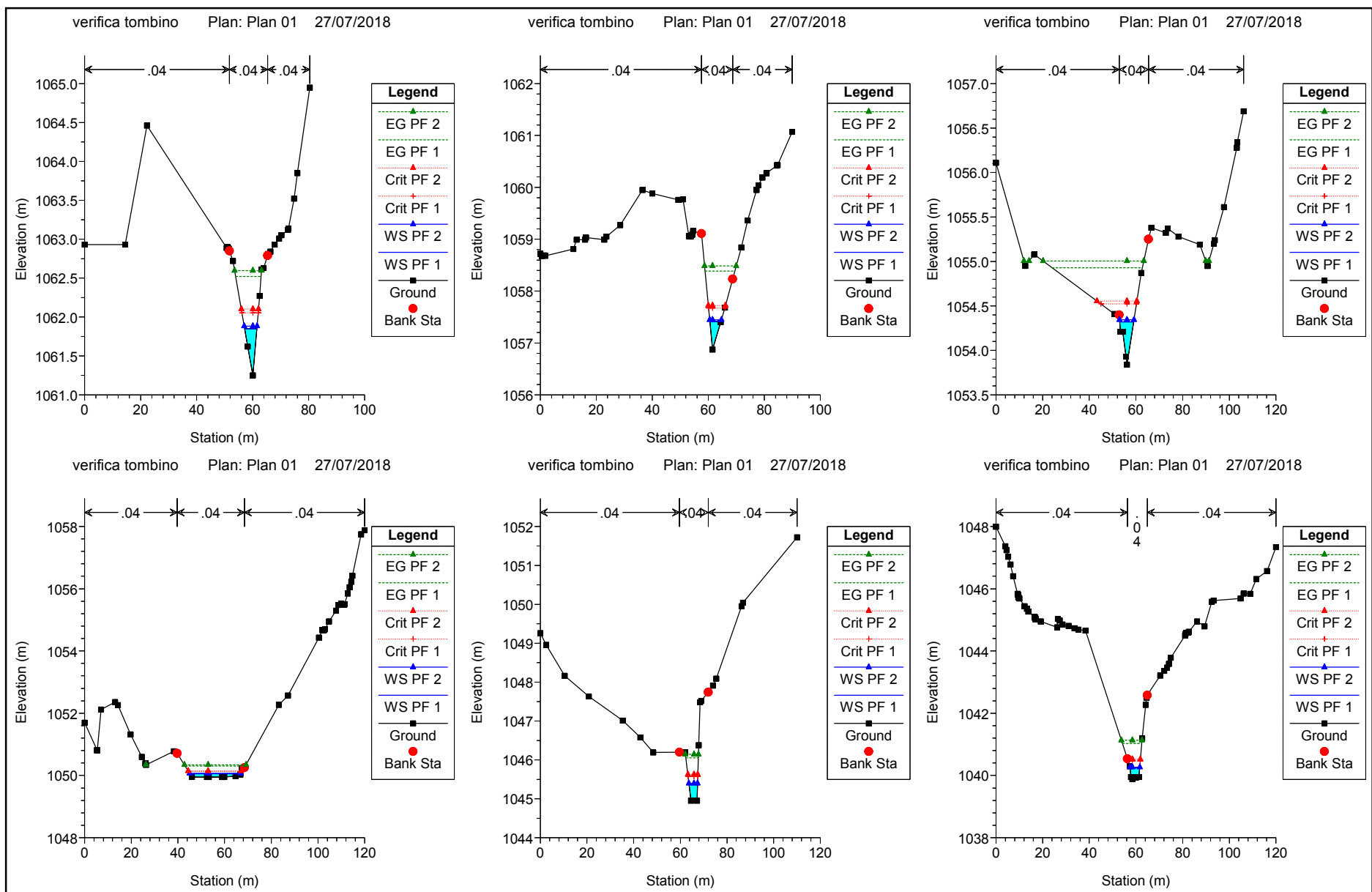


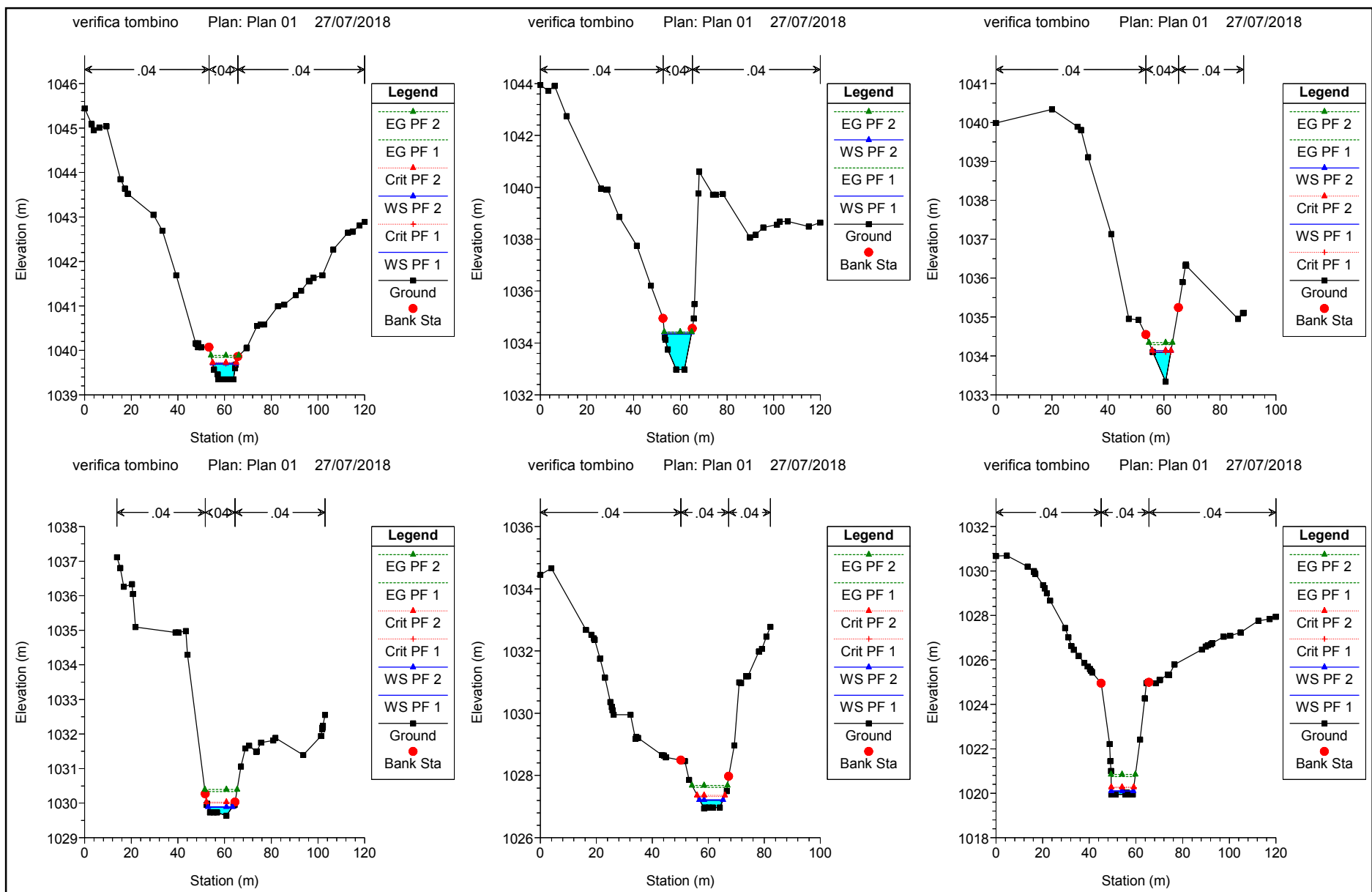
Vallone 1

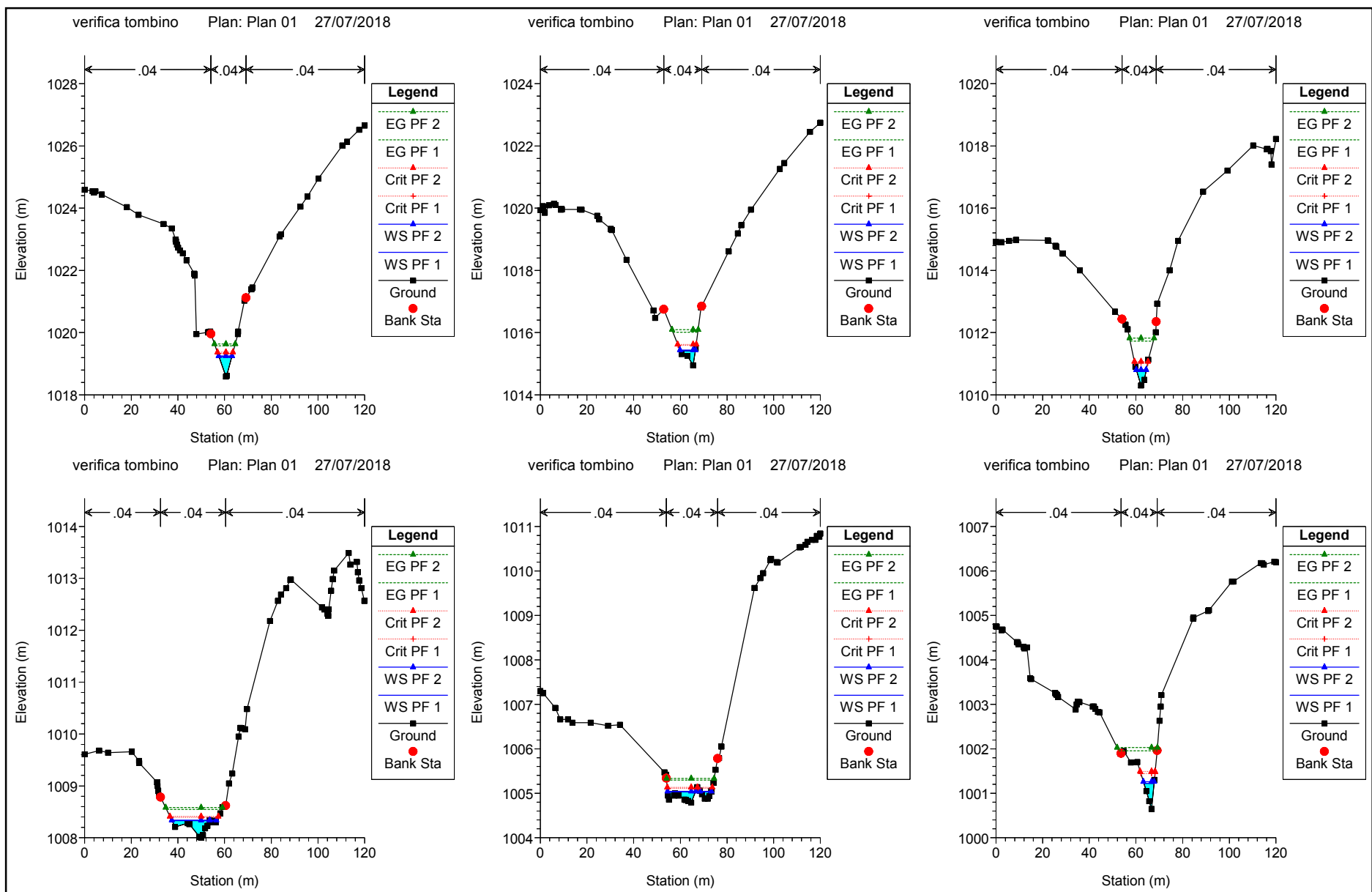


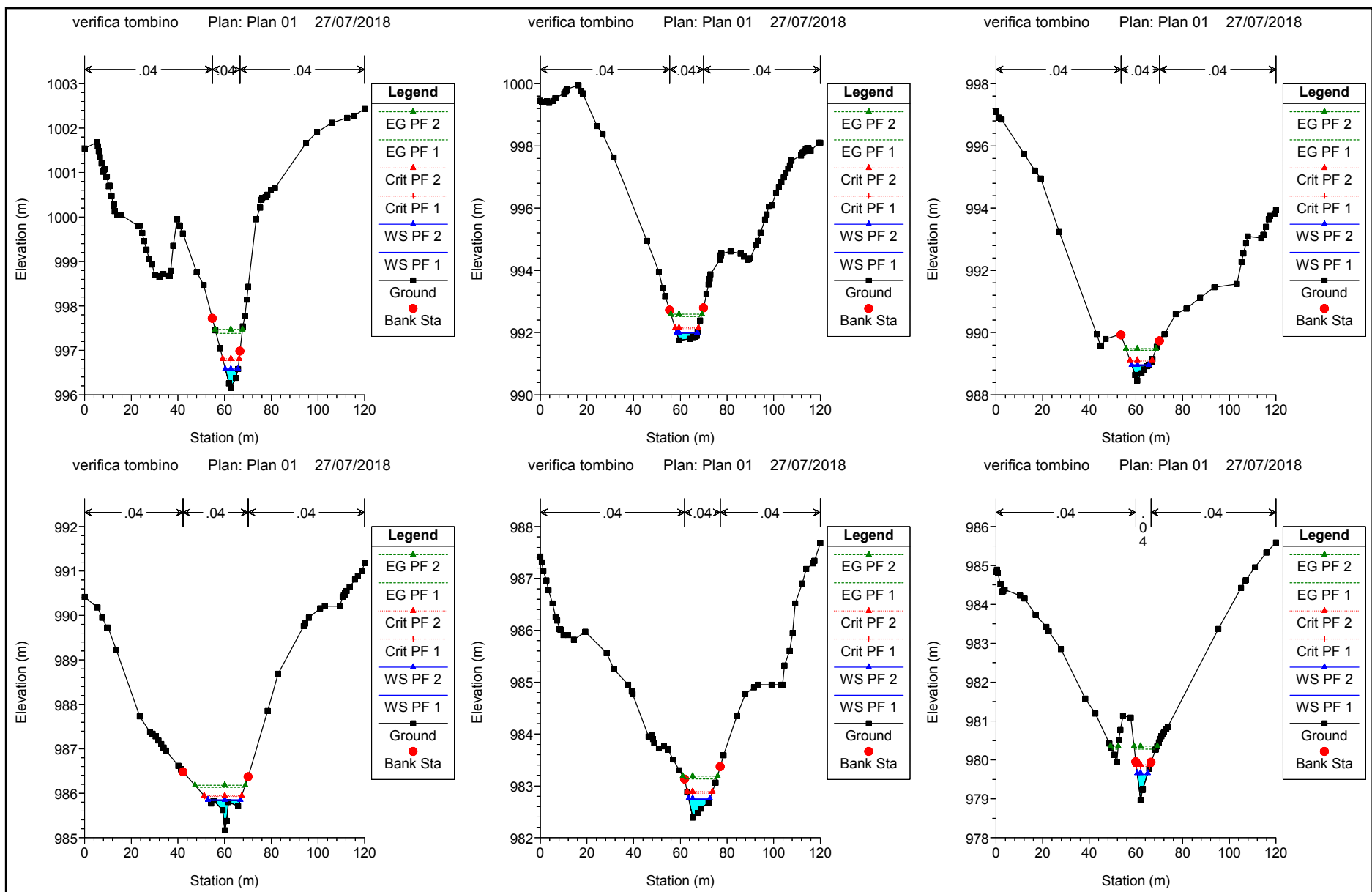
Legend	
EG PF 1	
Crit PF 1	
WS PF 1	
Ground	

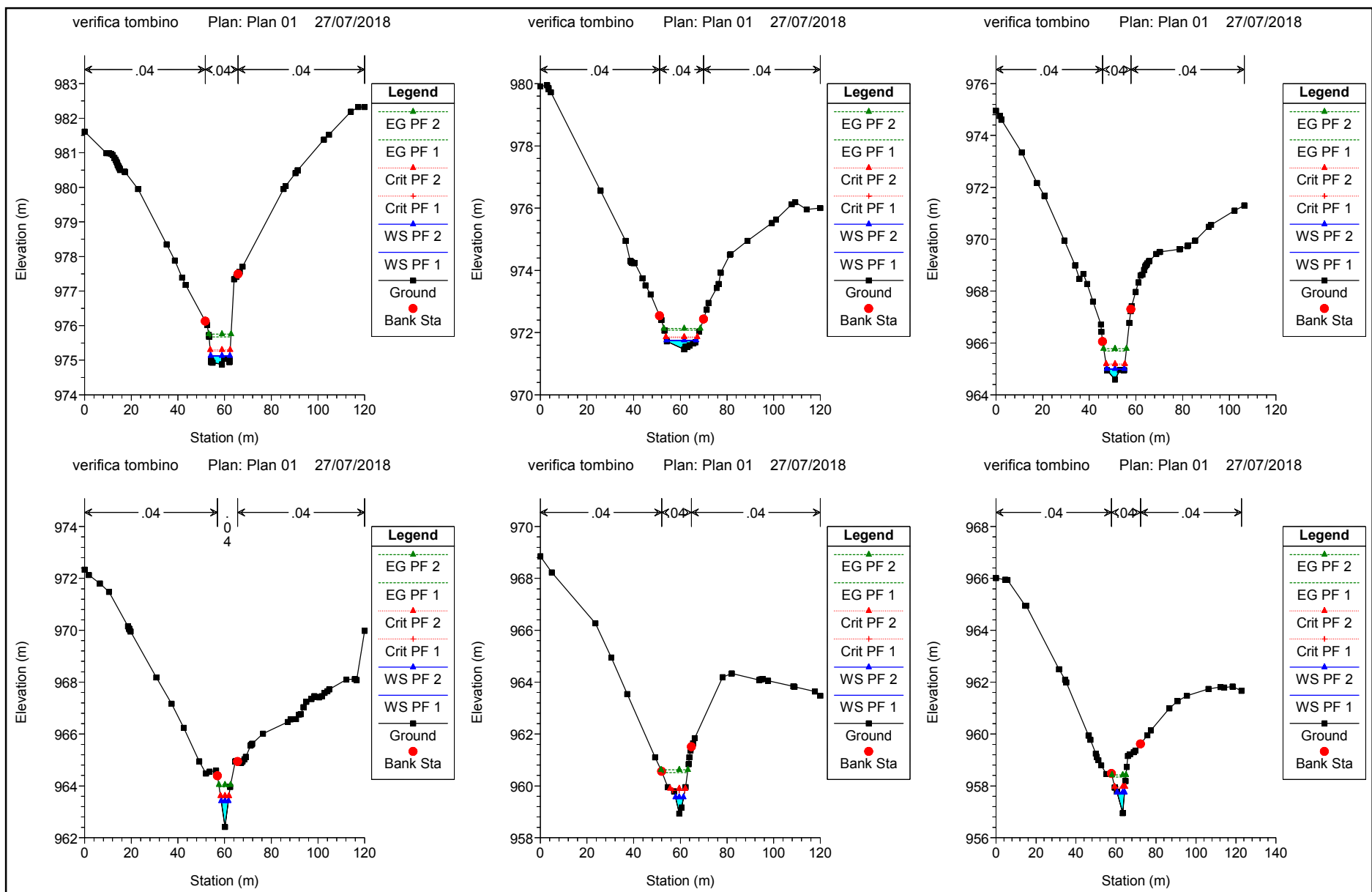


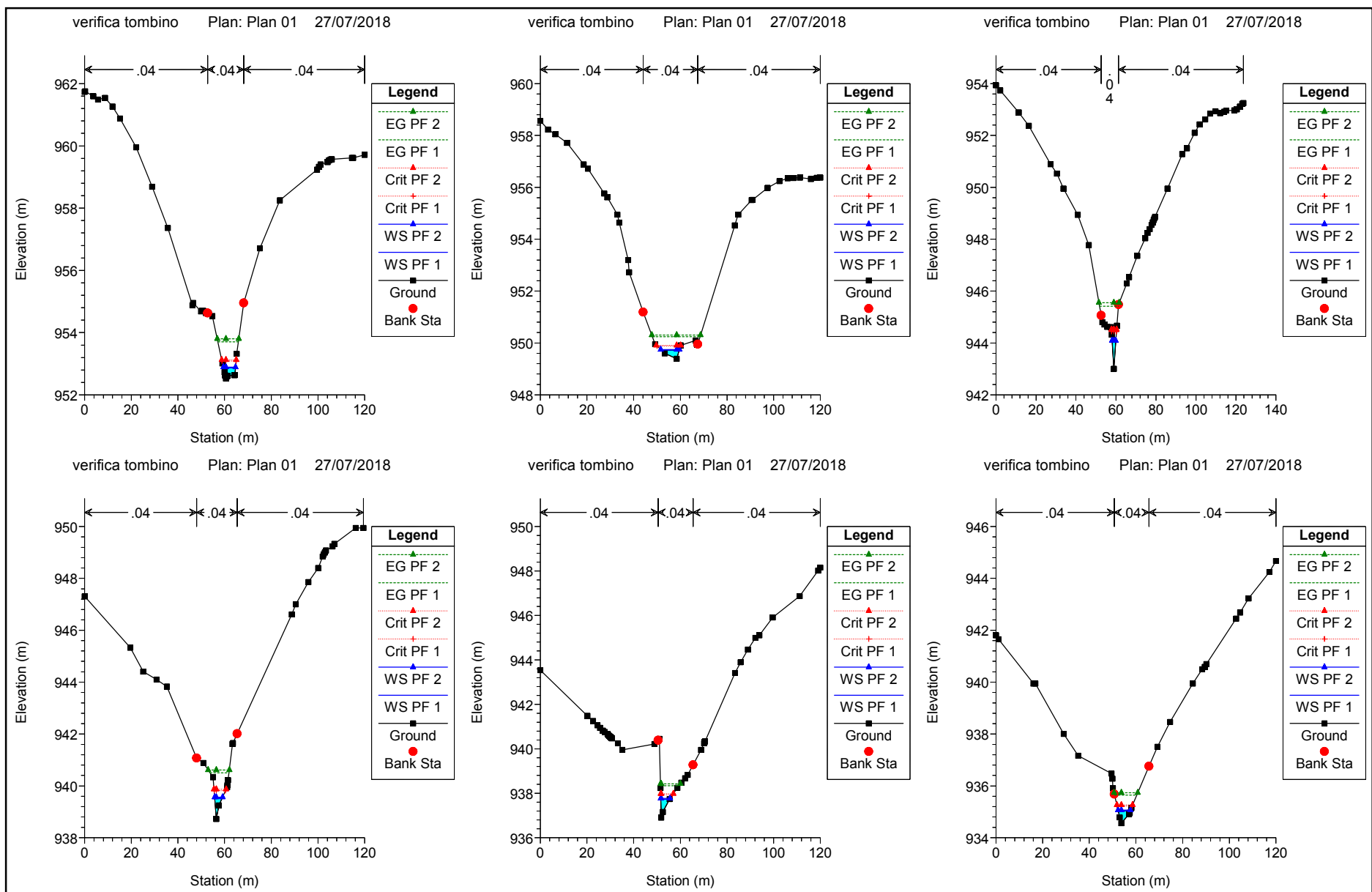


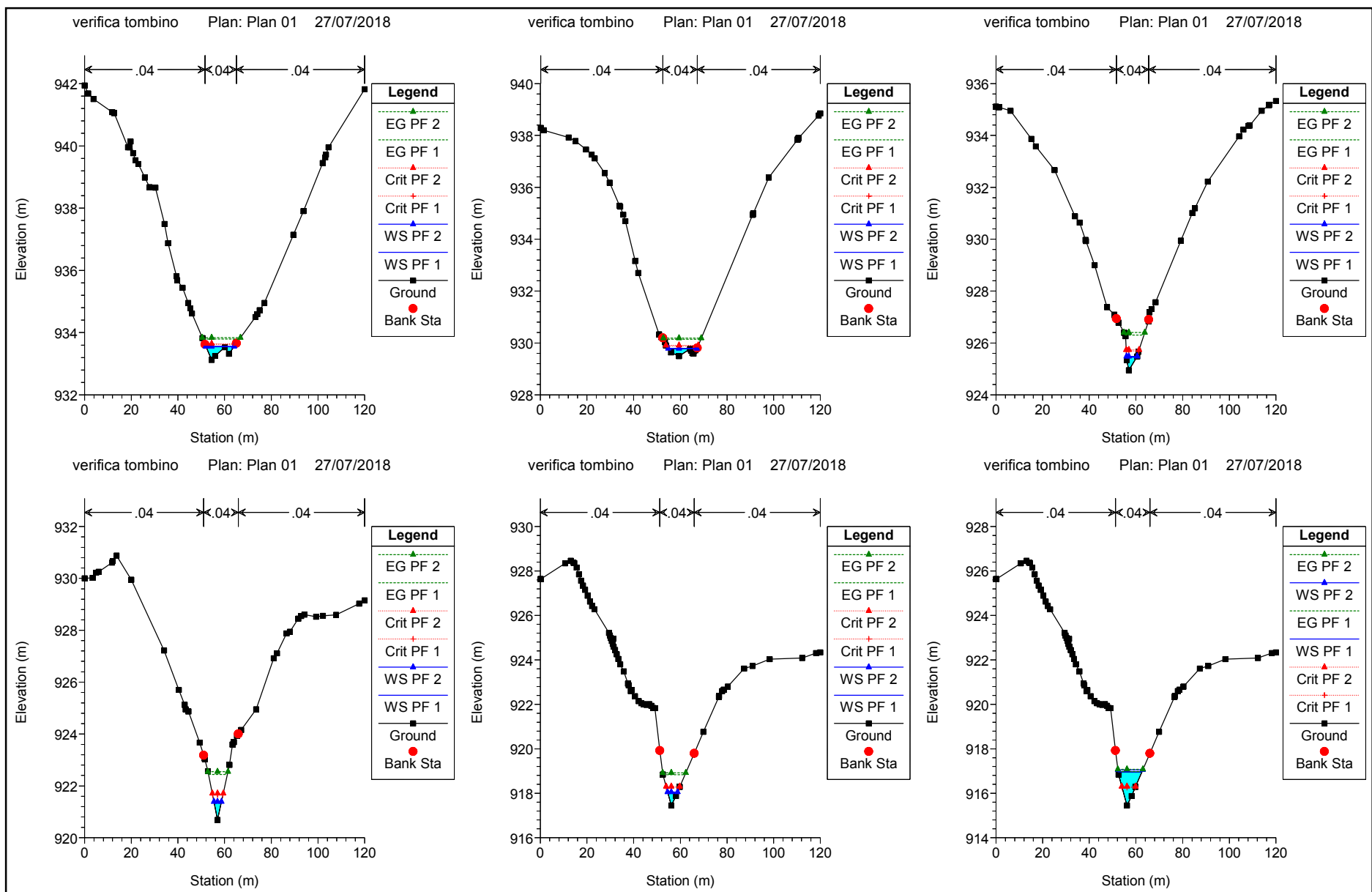




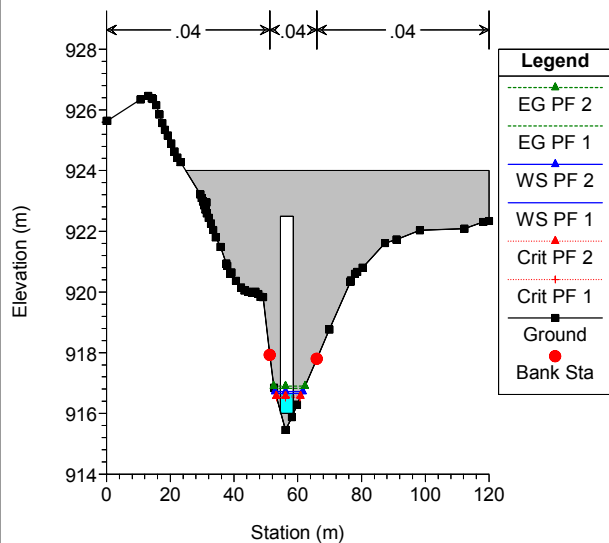




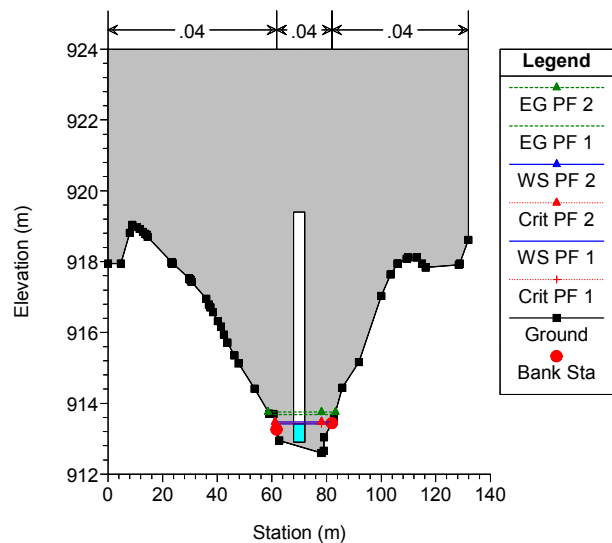




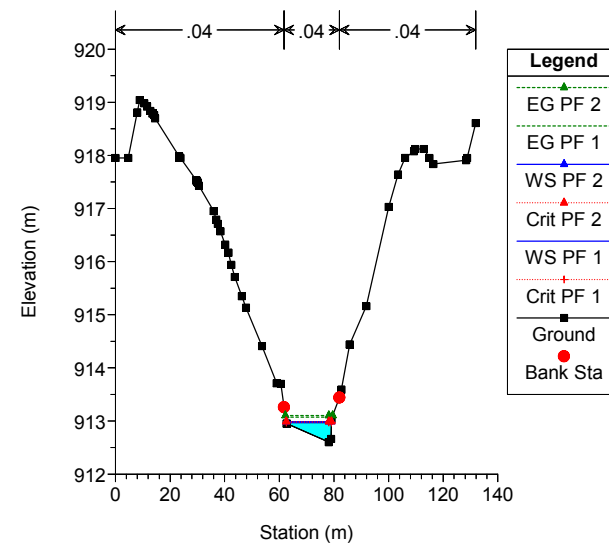
verifica tombino Plan: Plan 01 27/07/2018



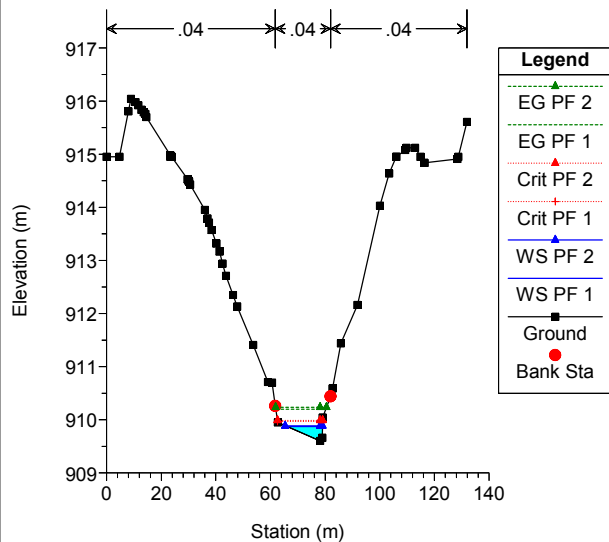
verifica tombino Plan: Plan 01 27/07/2018



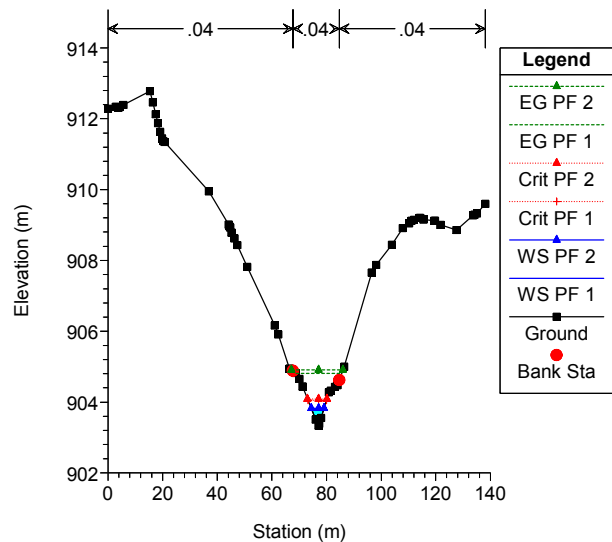
verifica tombino Plan: Plan 01 27/07/2018



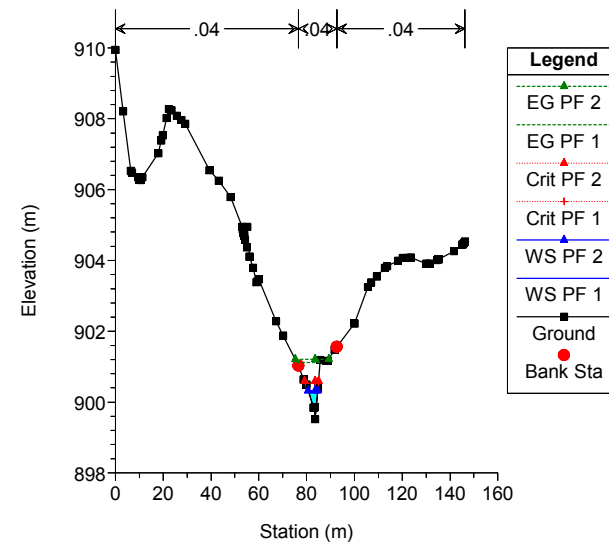
verifica tombino Plan: Plan 01 27/07/2018



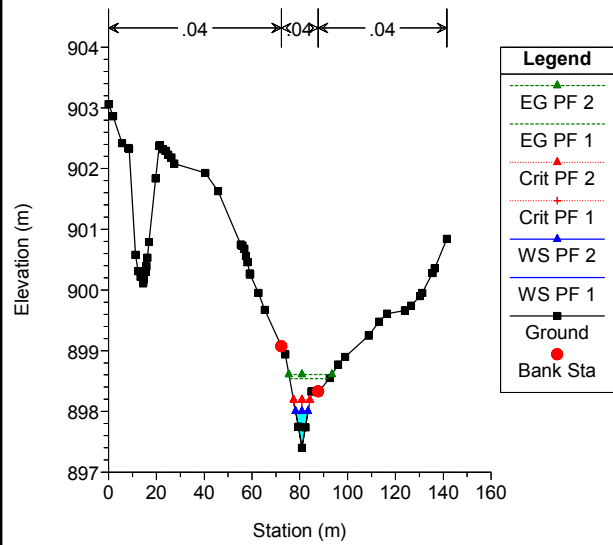
verifica tombino Plan: Plan 01 27/07/2018



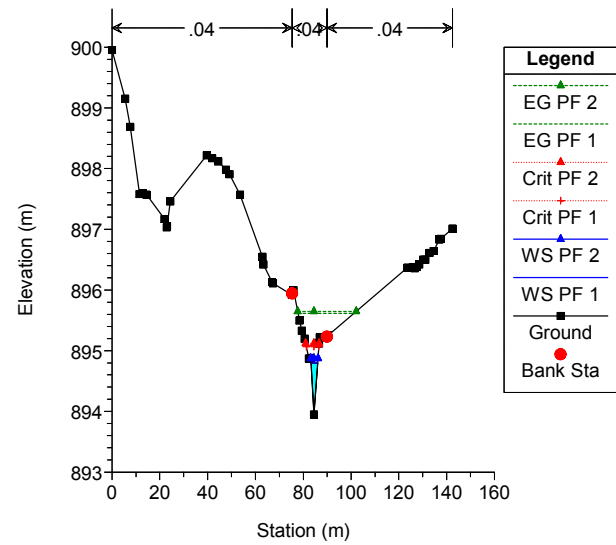
verifica tombino Plan: Plan 01 27/07/2018



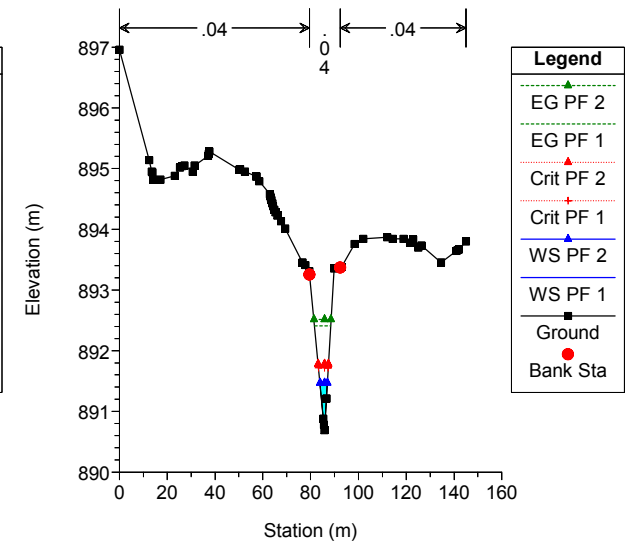
verifica tombino Plan: Plan 01 27/07/2018



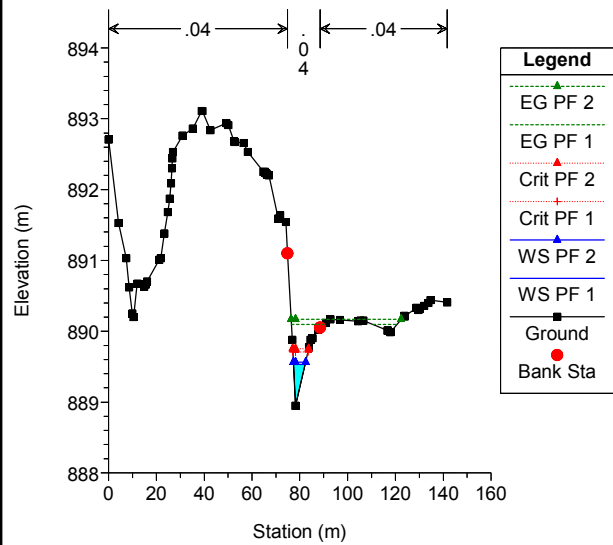
verifica tombino Plan: Plan 01 27/07/2018



verifica tombino Plan: Plan 01 27/07/2018



verifica tombino Plan: Plan 01 27/07/2018



HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Vallone Reach: 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
1	1550	PF 1	4.70	1084.03	1084.36	1084.39	1084.47	0.050015	1.44	3.26	24.92	1.27
1	1550	PF 2	5.40	1084.03	1084.38	1084.40	1084.49	0.050089	1.52	3.56	25.18	1.29
1	1525	PF 1	4.70	1081.84	1082.27	1082.37	1082.59	0.077008	2.49	1.88	8.70	1.71
1	1525	PF 2	5.40	1081.84	1082.30	1082.40	1082.63	0.075660	2.56	2.11	9.27	1.71
1	1504.046	PF 1	4.70	1080.24	1080.60	1080.71	1080.94	0.075299	2.55	1.84	8.06	1.71
1	1504.046	PF 2	5.40	1080.24	1080.63	1080.74	1080.98	0.074247	2.63	2.05	8.48	1.71
1	1474.419	PF 1	4.70	1077.77	1078.32	1078.44	1078.71	0.075752	2.79	1.68	6.39	1.74
1	1474.419	PF 2	5.40	1077.77	1078.35	1078.48	1078.77	0.075403	2.89	1.87	6.75	1.75
1	1450	PF 1	4.70	1075.95	1076.48	1076.64	1076.88	0.077655	2.83	1.66	6.30	1.76
1	1450	PF 2	5.40	1075.95	1076.50	1076.65	1076.94	0.077881	2.94	1.84	7.27	1.78
1	1425	PF 1	4.70	1074.02	1074.46	1074.56	1074.76	0.081635	2.42	1.94	9.68	1.73
1	1425	PF 2	5.40	1074.02	1074.48	1074.58	1074.80	0.082139	2.52	2.14	10.11	1.75
1	1403.403	PF 1	4.70	1072.09	1072.62	1072.73	1072.96	0.086750	2.62	1.81	9.08	1.80
1	1403.403	PF 2	5.40	1072.09	1072.64	1072.76	1073.02	0.086581	2.74	2.00	9.62	1.82
1	1375	PF 1	4.70	1070.07	1070.49	1070.59	1070.81	0.074704	2.52	1.87	8.31	1.69
1	1375	PF 2	5.40	1070.07	1070.51	1070.63	1070.85	0.074639	2.59	2.09	8.90	1.71
1	1350	PF 1	4.70	1068.79	1069.32	1069.37	1069.51	0.049955	1.93	2.44	11.97	1.36
1	1350	PF 2	5.40	1068.79	1069.34	1069.40	1069.55	0.050474	2.01	2.69	12.47	1.38
1	1325	PF 1	4.70	1067.71	1068.14	1068.20	1068.37	0.046026	2.10	2.24	9.07	1.35
1	1325	PF 2	5.40	1067.71	1068.17	1068.24	1068.41	0.046007	2.18	2.48	9.52	1.36
1	1300	PF 1	4.70	1066.17	1066.68	1066.76	1066.94	0.057370	2.24	2.10	9.09	1.49
1	1300	PF 2	5.40	1066.17	1066.70	1066.79	1066.98	0.058982	2.34	2.31	9.56	1.52
1	1275	PF 1	4.70	1064.47	1064.88	1064.97	1065.16	0.072023	2.33	2.02	9.81	1.64
1	1275	PF 2	5.40	1064.47	1064.90	1064.99	1065.20	0.072095	2.41	2.24	10.32	1.66

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Vallone Reach: 1 (Continued)

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
1	1250	PF 1	4.70	1061.25	1061.85	1062.06	1062.52	0.110791	3.63	1.30	4.31	2.12
1	1250	PF 2	5.40	1061.25	1061.88	1062.10	1062.60	0.109617	3.74	1.44	4.55	2.12
1	1225	PF 1	4.70	1056.87	1057.42	1057.67	1058.39	0.183734	4.36	1.08	3.95	2.67
1	1225	PF 2	5.40	1056.87	1057.44	1057.72	1058.49	0.183860	4.52	1.19	4.16	2.69
1	1200	PF 1	4.70	1053.84	1054.32	1054.52	1054.93	0.140194	3.45	1.36	5.97	2.31
1	1200	PF 2	5.40	1053.84	1054.34	1054.55	1055.00	0.139999	3.60	1.50	6.17	2.33
1	1175	PF 1	4.70	1049.95	1050.06	1050.13	1050.31	0.171628	2.20	2.13	21.74	2.25
1	1175	PF 2	5.40	1049.95	1050.07	1050.15	1050.34	0.171577	2.32	2.32	21.84	2.28
1	1142.542	PF 1	4.70	1044.95	1045.36	1045.57	1046.05	0.098939	3.69	1.27	3.62	1.99
1	1142.542	PF 2	5.40	1044.95	1045.40	1045.63	1046.15	0.097282	3.83	1.41	3.72	1.99
1	1100	PF 1	4.70	1039.88	1040.24	1040.47	1041.03	0.138640	3.93	1.20	4.15	2.34
1	1100	PF 2	5.40	1039.88	1040.27	1040.52	1041.13	0.138126	4.11	1.31	4.22	2.36
1	1075	PF 1	4.70	1039.35	1039.69	1039.70	1039.84	0.025819	1.71	2.75	9.78	1.03
1	1075	PF 2	5.40	1039.35	1039.71	1039.73	1039.88	0.028154	1.84	2.93	9.95	1.08
1	1050	PF 1	4.70	1032.98	1034.35		1034.36	0.000328	0.43	11.03	11.55	0.14
1	1050	PF 2	5.40	1032.98	1034.41		1034.42	0.000367	0.46	11.67	11.72	0.15
1	1025	PF 1	4.70	1033.34	1034.10	1034.10	1034.29	0.023292	1.95	2.41	6.38	1.01
1	1025	PF 2	5.40	1033.34	1034.14	1034.14	1034.34	0.022791	2.01	2.69	6.73	1.01
1	1000	PF 1	4.70	1029.64	1029.88	1030.01	1030.33	0.171520	2.98	1.58	10.18	2.42
1	1000	PF 2	5.40	1029.64	1029.89	1030.03	1030.39	0.173008	3.13	1.72	10.40	2.46
1	975	PF 1	4.70	1026.94	1027.20	1027.33	1027.62	0.113407	2.86	1.64	8.25	2.05
1	975	PF 2	5.40	1026.94	1027.22	1027.36	1027.68	0.113328	2.99	1.80	8.46	2.07
1	950.0001	PF 1	4.70	1019.95	1020.09	1020.25	1020.75	0.297488	3.60	1.31	9.43	3.09

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Vallone Reach: 1 (Continued)

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
1	950.0001	PF 2	5.40	1019.95	1020.11	1020.28	1020.85	0.299537	3.81	1.42	9.45	3.14
1	925	PF 1	4.70	1018.59	1019.22	1019.33	1019.57	0.050084	2.62	1.79	5.45	1.46
1	925	PF 2	5.40	1018.59	1019.25	1019.37	1019.63	0.051265	2.74	1.97	5.72	1.49
1	900	PF 1	4.70	1014.95	1015.42	1015.59	1016.01	0.152173	3.42	1.38	6.50	2.37
1	900	PF 2	5.40	1014.95	1015.44	1015.62	1016.09	0.152603	3.58	1.51	6.65	2.40
1	875	PF 1	4.70	1010.30	1010.78	1011.03	1011.72	0.178446	4.31	1.09	4.06	2.66
1	875	PF 2	5.40	1010.30	1010.80	1011.07	1011.82	0.177184	4.46	1.21	4.26	2.67
1	850	PF 1	4.70	1008.00	1008.33	1008.39	1008.55	0.111766	2.07	2.27	18.36	1.88
1	850	PF 2	5.40	1008.00	1008.34	1008.41	1008.58	0.116898	2.19	2.47	18.99	1.94
1	824.9999	PF 1	4.70	1004.79	1005.03	1005.11	1005.30	0.130825	2.26	2.08	16.49	2.04
1	824.9999	PF 2	5.40	1004.79	1005.05	1005.13	1005.33	0.129850	2.37	2.28	16.81	2.06
1	800	PF 1	4.70	1000.65	1001.23	1001.45	1001.96	0.129278	3.78	1.24	4.35	2.26
1	800	PF 2	5.40	1000.65	1001.26	1001.49	1002.03	0.126999	3.89	1.39	4.61	2.26
1	775	PF 1	4.70	996.16	996.55	996.77	997.38	0.193060	4.02	1.17	5.20	2.71
1	775	PF 2	5.40	996.16	996.58	996.81	997.47	0.193565	4.19	1.29	5.43	2.74
1	750	PF 1	4.70	991.75	991.98	992.12	992.52	0.187894	3.25	1.44	8.74	2.56
1	750	PF 2	5.40	991.75	991.99	992.15	992.59	0.188401	3.43	1.58	8.84	2.59
1	725	PF 1	4.70	988.46	988.94	989.09	989.43	0.118087	3.10	1.52	6.94	2.11
1	725	PF 2	5.40	988.46	988.96	989.12	989.48	0.118701	3.20	1.69	7.40	2.14
1	699.9999	PF 1	4.70	985.17	985.84	985.93	986.13	0.125625	2.41	1.95	13.55	2.02
1	699.9999	PF 2	5.40	985.17	985.85	985.95	986.18	0.127915	2.53	2.13	13.89	2.06
1	674.9999	PF 1	4.70	982.39	982.74	982.86	983.14	0.114260	2.78	1.69	8.93	2.04
1	674.9999	PF 2	5.40	982.39	982.76	982.89	983.19	0.113632	2.90	1.86	9.17	2.06

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Vallone Reach: 1 (Continued)

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
1	650.0001	PF 1	4.70	978.97	979.63	979.83	980.28	0.104969	3.57	1.32	4.28	2.05
1	650.0001	PF 2	5.40	978.97	979.66	979.88	980.35	0.104156	3.68	1.47	4.52	2.06
1	625	PF 1	4.70	974.88	975.12	975.27	975.67	0.184638	3.29	1.43	8.20	2.52
1	625	PF 2	5.40	974.88	975.13	975.30	975.75	0.185609	3.48	1.55	8.23	2.56
1	600	PF 1	4.70	971.46	971.74	971.84	972.08	0.140494	2.58	1.82	12.53	2.17
1	600	PF 2	5.40	971.46	971.75	971.86	972.13	0.142550	2.74	1.97	12.62	2.21
1	573.0349	PF 1	4.70	964.59	964.99	965.16	965.69	0.236344	3.70	1.27	7.47	2.87
1	573.0349	PF 2	5.40	964.59	965.00	965.19	965.78	0.234802	3.90	1.39	7.51	2.90
1	550	PF 1	4.70	962.42	963.36	963.56	963.96	0.064391	3.42	1.37	2.91	1.59
1	550	PF 2	5.40	962.42	963.42	963.62	964.05	0.062627	3.50	1.54	3.08	1.58
1	525	PF 1	4.70	958.93	959.53	959.82	960.51	0.151486	4.39	1.07	3.31	2.47
1	525	PF 2	5.40	958.93	959.56	959.90	960.62	0.151805	4.56	1.18	3.47	2.49
1	501.8627	PF 1	4.70	956.95	957.71	957.92	958.34	0.083205	3.53	1.33	3.51	1.83
1	501.8627	PF 2	5.40	956.95	957.75	957.97	958.43	0.082083	3.63	1.49	3.71	1.83
1	475	PF 1	4.70	952.53	952.86	953.08	953.70	0.198098	4.05	1.16	5.14	2.72
1	475	PF 2	5.40	952.53	952.89	953.12	953.80	0.196183	4.24	1.27	5.23	2.74
1	450	PF 1	4.70	949.39	949.73	949.88	950.24	0.148554	3.18	1.48	7.74	2.32
1	450	PF 2	5.40	949.39	949.75	949.91	950.30	0.147241	3.30	1.64	8.03	2.34
1	423.1047	PF 1	4.70	943.00	944.03	944.44	945.42	0.189001	5.22	0.90	1.75	2.32
1	423.1047	PF 2	5.40	943.00	944.09	944.52	945.55	0.184777	5.36	1.01	1.85	2.32
1	394.828	PF 1	4.70	938.72	939.53	939.81	940.51	0.160318	4.38	1.07	3.20	2.41
1	394.828	PF 2	5.40	938.72	939.56	939.87	940.61	0.161739	4.53	1.19	3.41	2.45
1	375	PF 1	4.70	936.91	937.73	937.93	938.34	0.095445	3.47	1.36	3.73	1.84
1	375	PF 2	5.40	936.91	937.77	937.99	938.42	0.095298	3.57	1.51	3.99	1.85

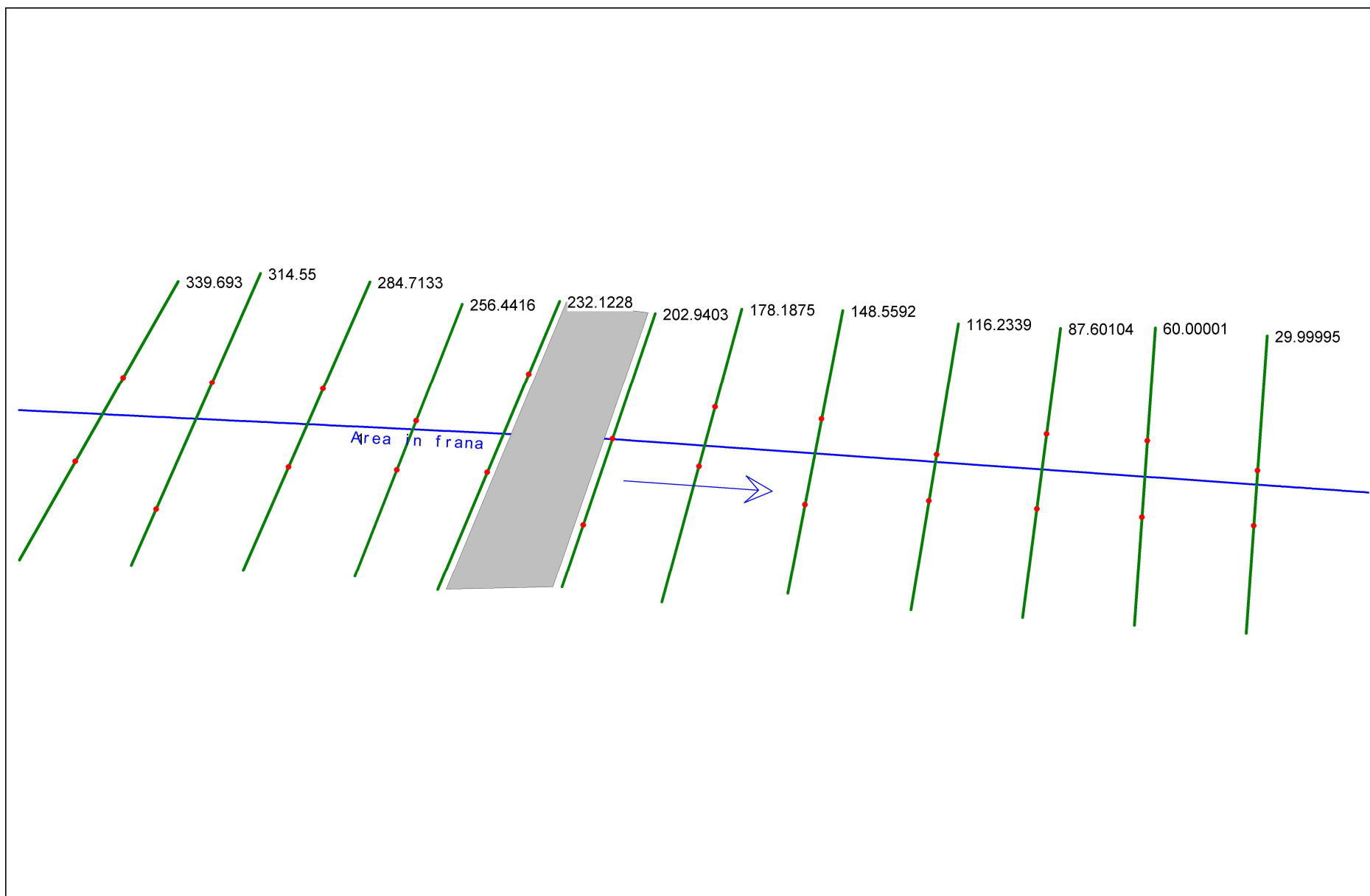
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Vallone Reach: 1 (Continued)

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
1	350	PF 1	4.70	934.56	935.04	935.22	935.65	0.116782	3.46	1.36	5.16	2.15
1	350	PF 2	5.40	934.56	935.06	935.26	935.73	0.118315	3.62	1.49	5.33	2.19
1	325	PF 1	4.70	933.12	933.54	933.62	933.79	0.077946	2.20	2.13	11.94	1.67
1	325	PF 2	5.40	933.12	933.56	933.64	933.83	0.079188	2.32	2.33	12.18	1.70
1	300	PF 1	4.70	929.49	929.78	929.88	930.14	0.148073	2.66	1.77	12.07	2.22
1	300	PF 2	5.40	929.49	929.79	929.91	930.19	0.148223	2.79	1.93	12.31	2.25
1	275	PF 1	4.70	924.95	925.46	925.69	926.31	0.168848	4.08	1.15	4.41	2.55
1	275	PF 2	5.40	924.95	925.48	925.73	926.40	0.170074	4.25	1.27	4.59	2.58
1	250	PF 1	4.70	920.69	921.35	921.65	922.44	0.166024	4.61	1.02	3.07	2.56
1	250	PF 2	5.40	920.69	921.39	921.71	922.55	0.165374	4.77	1.13	3.23	2.57
1	225	PF 1	4.70	917.45	918.02	918.26	918.83	0.139036	3.99	1.18	4.05	2.36
1	225	PF 2	5.40	917.45	918.05	918.30	918.93	0.139474	4.14	1.31	4.25	2.38
1	207	PF 1	4.70	915.45	916.97	916.26	916.98	0.000830	0.59	7.94	10.19	0.21
1	207	PF 2	5.40	915.45	917.06	916.30	917.08	0.000793	0.60	8.93	10.69	0.21
1	200		Culvert									
1	193	PF 1	4.70	912.60	912.97	912.97	913.07	0.028016	1.42	3.31	16.48	1.01
1	193	PF 2	5.40	912.60	912.99	912.99	913.10	0.027611	1.49	3.62	16.54	1.02
1	174.8738	PF 1	4.70	909.60	909.87	909.97	910.20	0.138764	2.53	1.86	12.98	2.13
1	174.8738	PF 2	5.40	909.60	909.89	909.99	910.24	0.138611	2.62	2.06	13.66	2.15
1	149.1786	PF 1	4.70	903.34	903.80	904.05	904.81	0.222498	4.45	1.06	4.46	2.92
1	149.1786	PF 2	5.40	903.34	903.83	904.09	904.91	0.221916	4.61	1.17	4.69	2.94
1	124.8735	PF 1	4.70	899.52	900.29	900.53	901.12	0.145196	4.03	1.17	3.75	2.30
1	124.8735	PF 2	5.40	899.52	900.32	900.59	901.21	0.145177	4.17	1.29	3.95	2.33

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Vallone Reach: 1 (Continued)

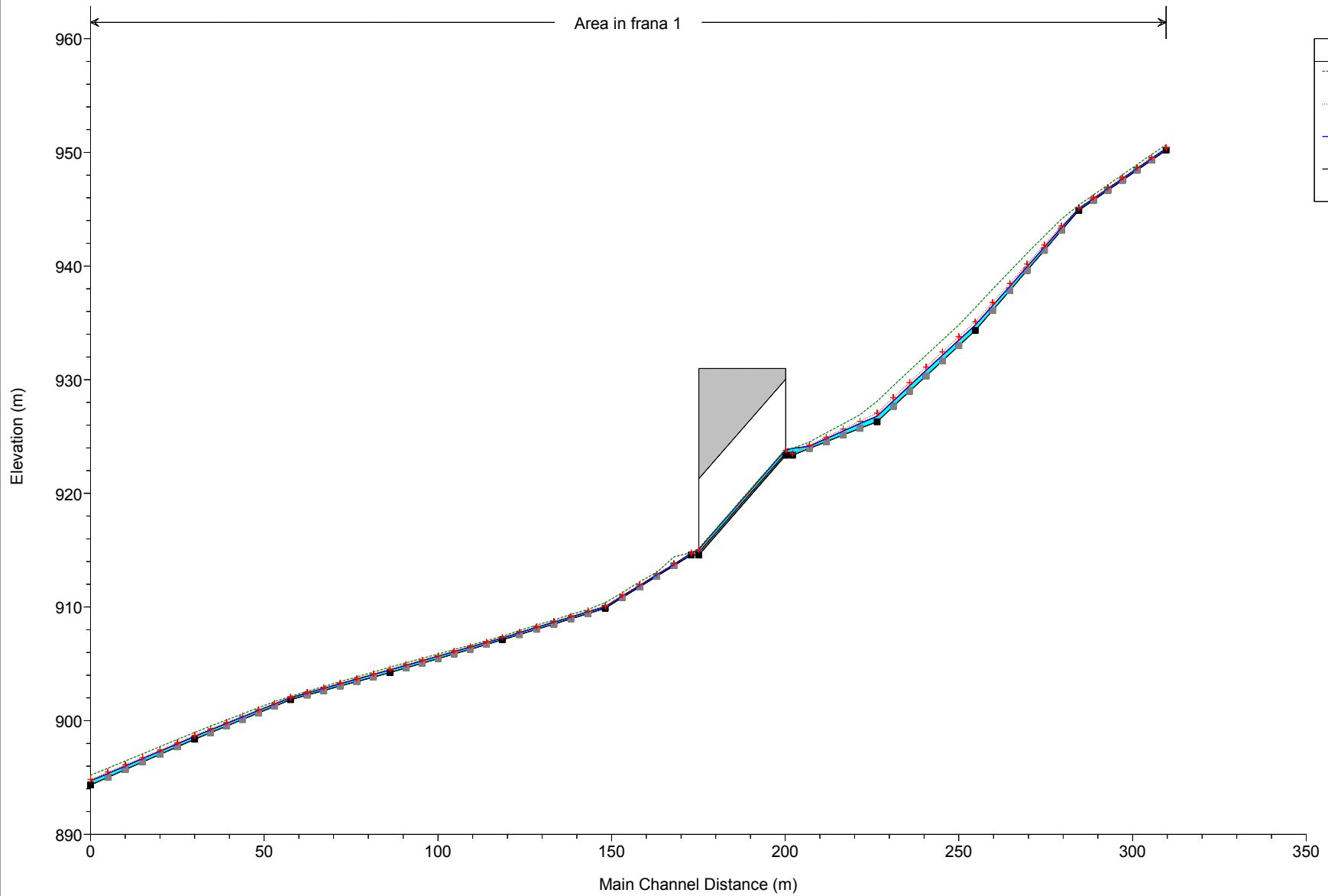
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
1	98.79305	PF 1	4.70	897.40	897.97	898.15	898.54	0.099885	3.34	1.41	4.98	2.01
1	98.79305	PF 2	5.40	897.40	898.00	898.19	898.61	0.099842	3.46	1.56	5.25	2.03
1	70.88829	PF 1	4.70	893.95	894.80	895.07	895.62	0.099991	4.01	1.17	2.77	1.96
1	70.88829	PF 2	5.40	893.95	894.87	895.12	895.65	0.085392	3.91	1.38	3.00	1.84
1	47.54939	PF 1	4.70	890.69	891.43	891.72	892.41	0.136808	4.39	1.07	2.91	2.31
1	47.54939	PF 2	5.40	890.69	891.47	891.78	892.51	0.135219	4.52	1.19	3.07	2.32
1	23.06139	PF 1	4.70	888.95	889.53	889.71	890.09	0.096381	3.32	1.42	4.86	1.96
1	23.06139	PF 2	5.40	888.95	889.56	889.75	890.17	0.097771	3.45	1.56	5.10	1.99

Tombino N°3 da realizzare

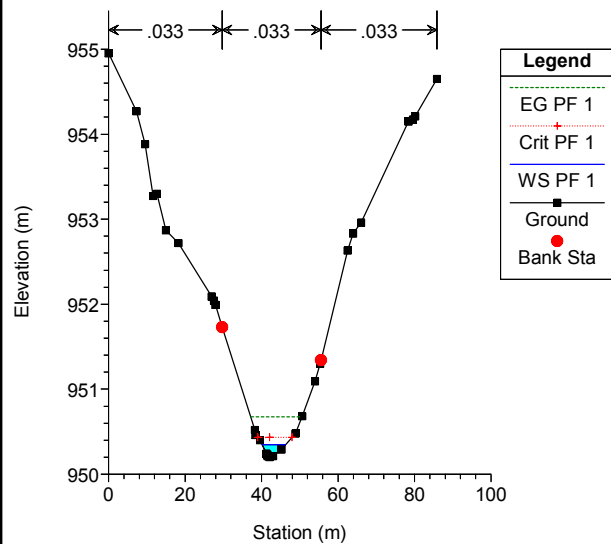


Verifica tombino Plan: Plan 01 27/07/2018

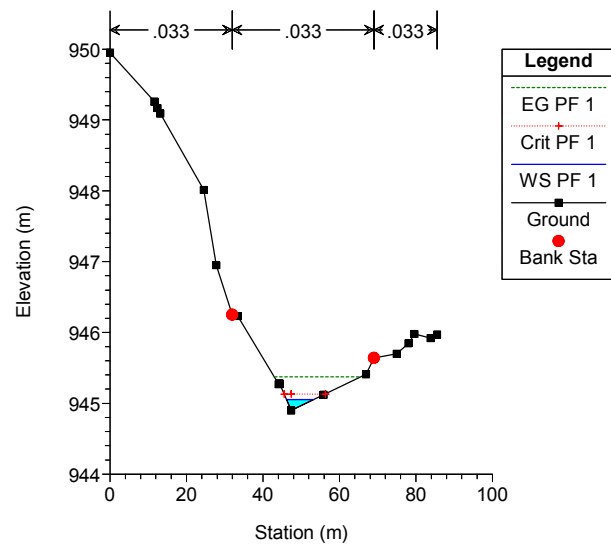
Area in frana 1



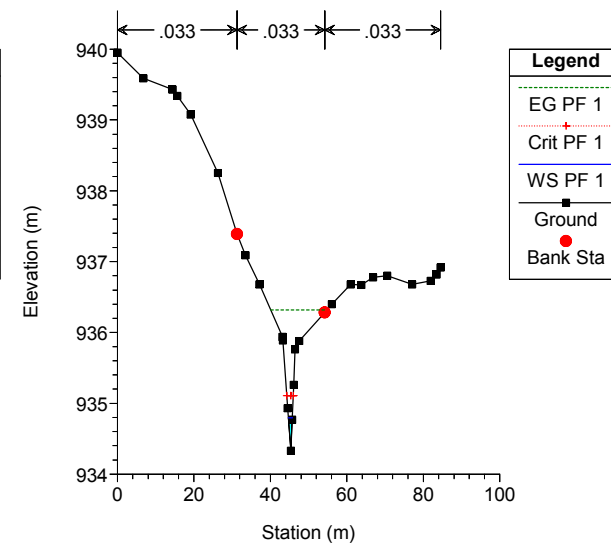
Verifica tombino Plan: Plan 01 27/07/2018



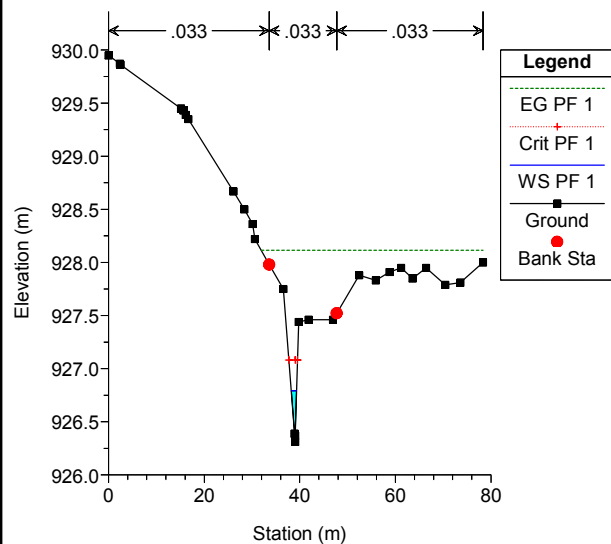
Verifica tombino Plan: Plan 01 27/07/2018



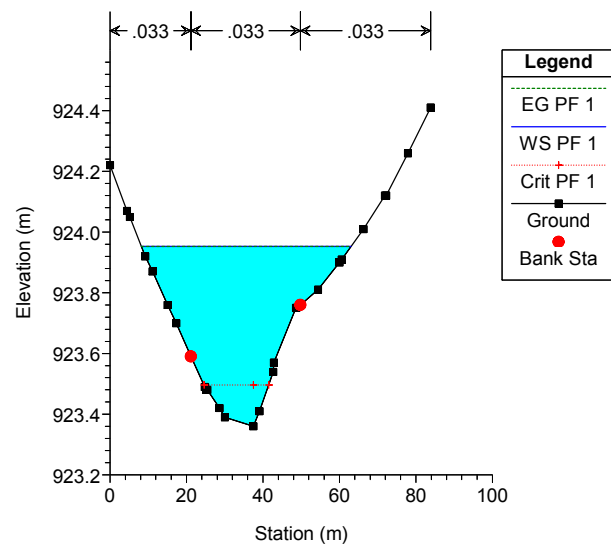
Verifica tombino Plan: Plan 01 27/07/2018



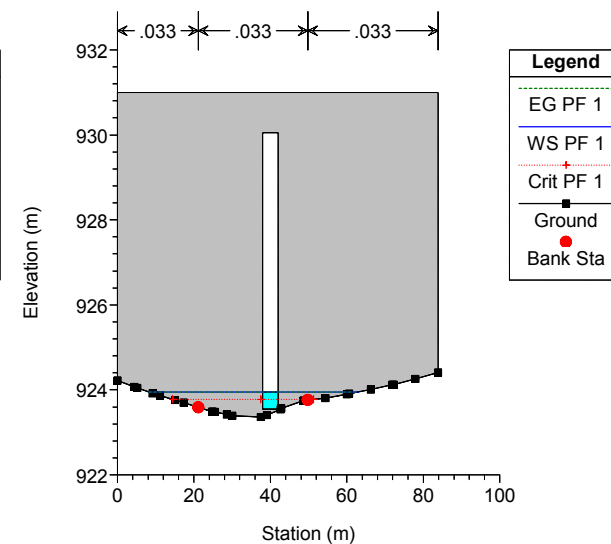
Verifica tombino Plan: Plan 01 27/07/2018



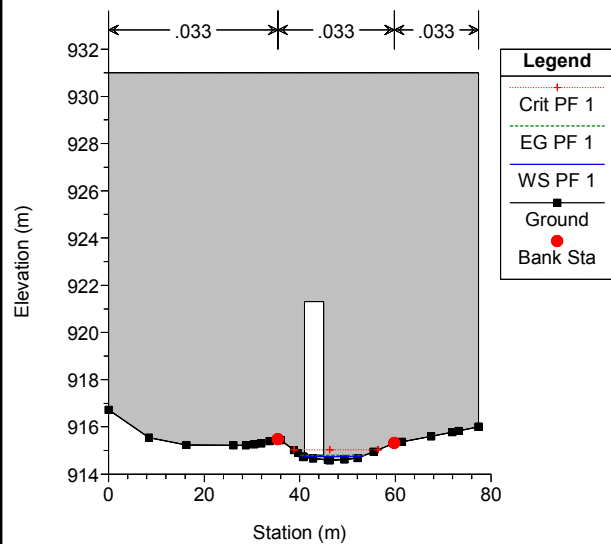
Verifica tombino Plan: Plan 01 27/07/2018



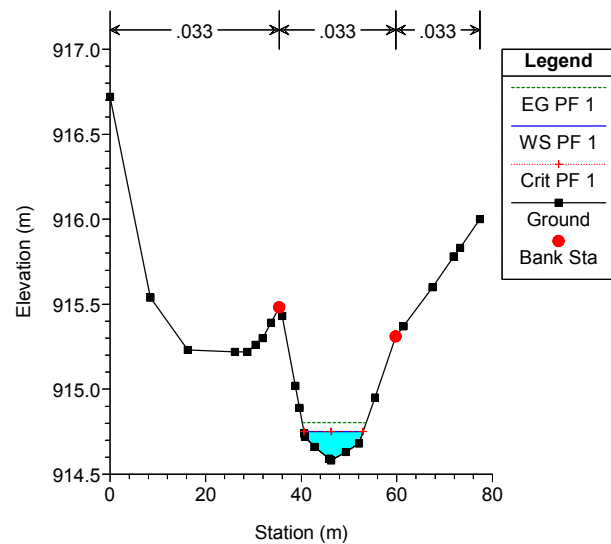
Verifica tombino Plan: Plan 01 27/07/2018



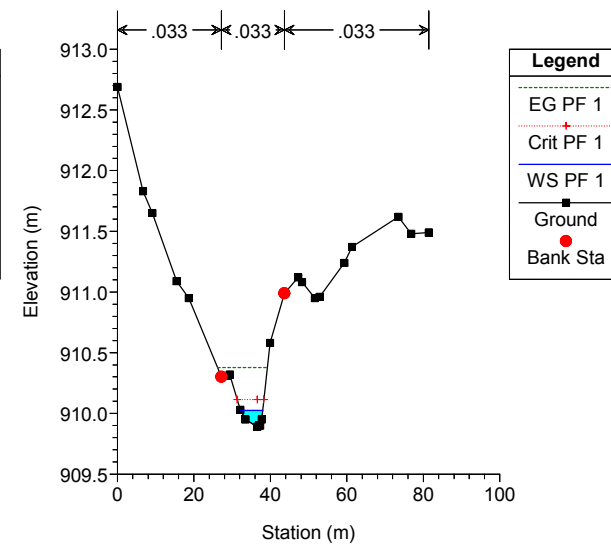
Verifica tombino Plan: Plan 01 27/07/2018



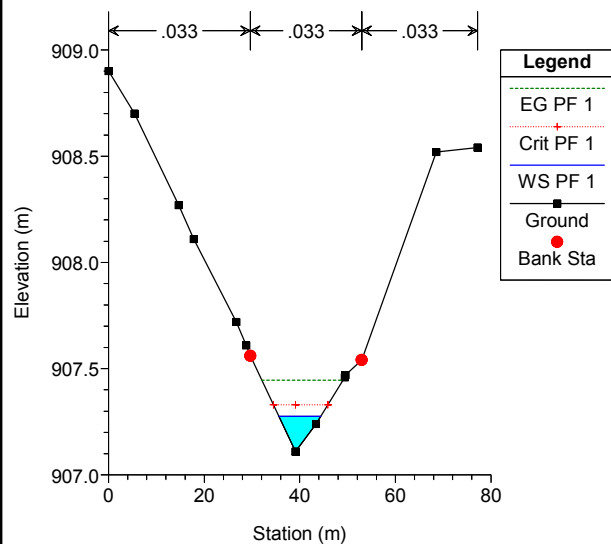
Verifica tombino Plan: Plan 01 27/07/2018



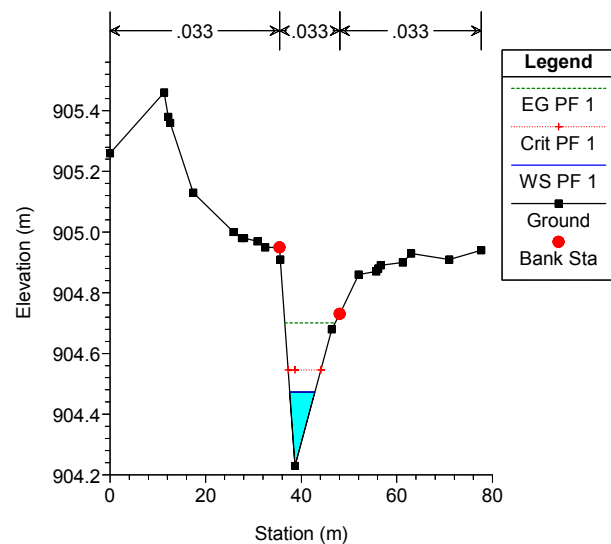
Verifica tombino Plan: Plan 01 27/07/2018



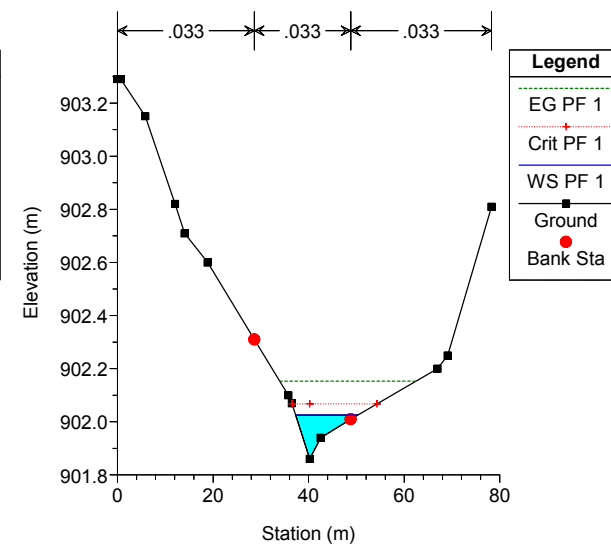
Verifica tombino Plan: Plan 01 27/07/2018



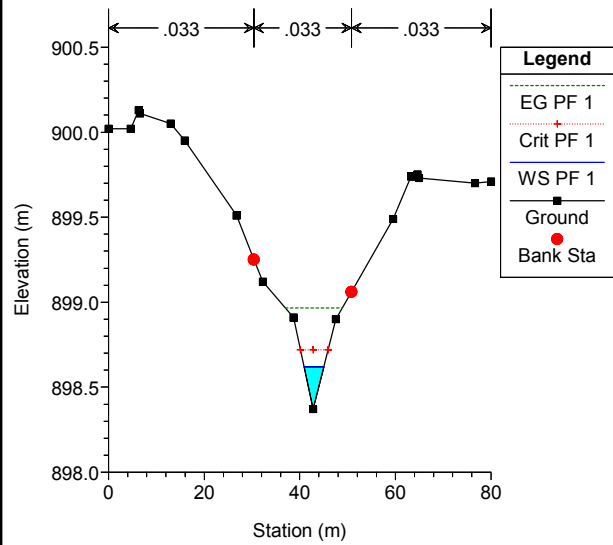
Verifica tombino Plan: Plan 01 27/07/2018



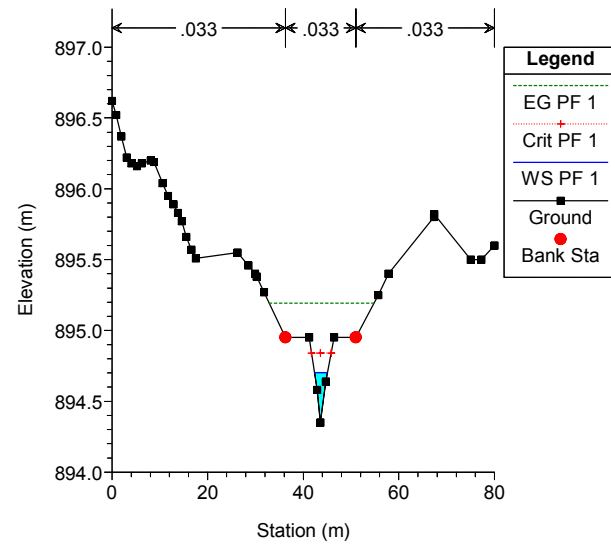
Verifica tombino Plan: Plan 01 27/07/2018



Verifica tombino Plan: Plan 01 27/07/2018



Verifica tombino Plan: Plan 01 27/07/2018



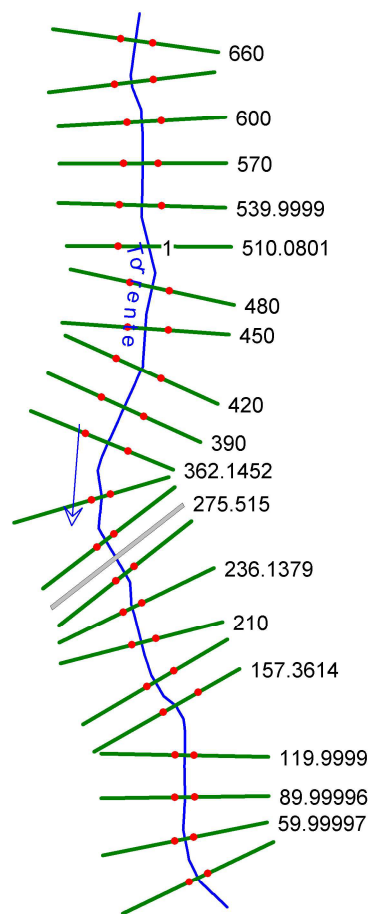
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Area in frana Reach: 1

[illegible]

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Area in frana Reach: 1 (Continued)

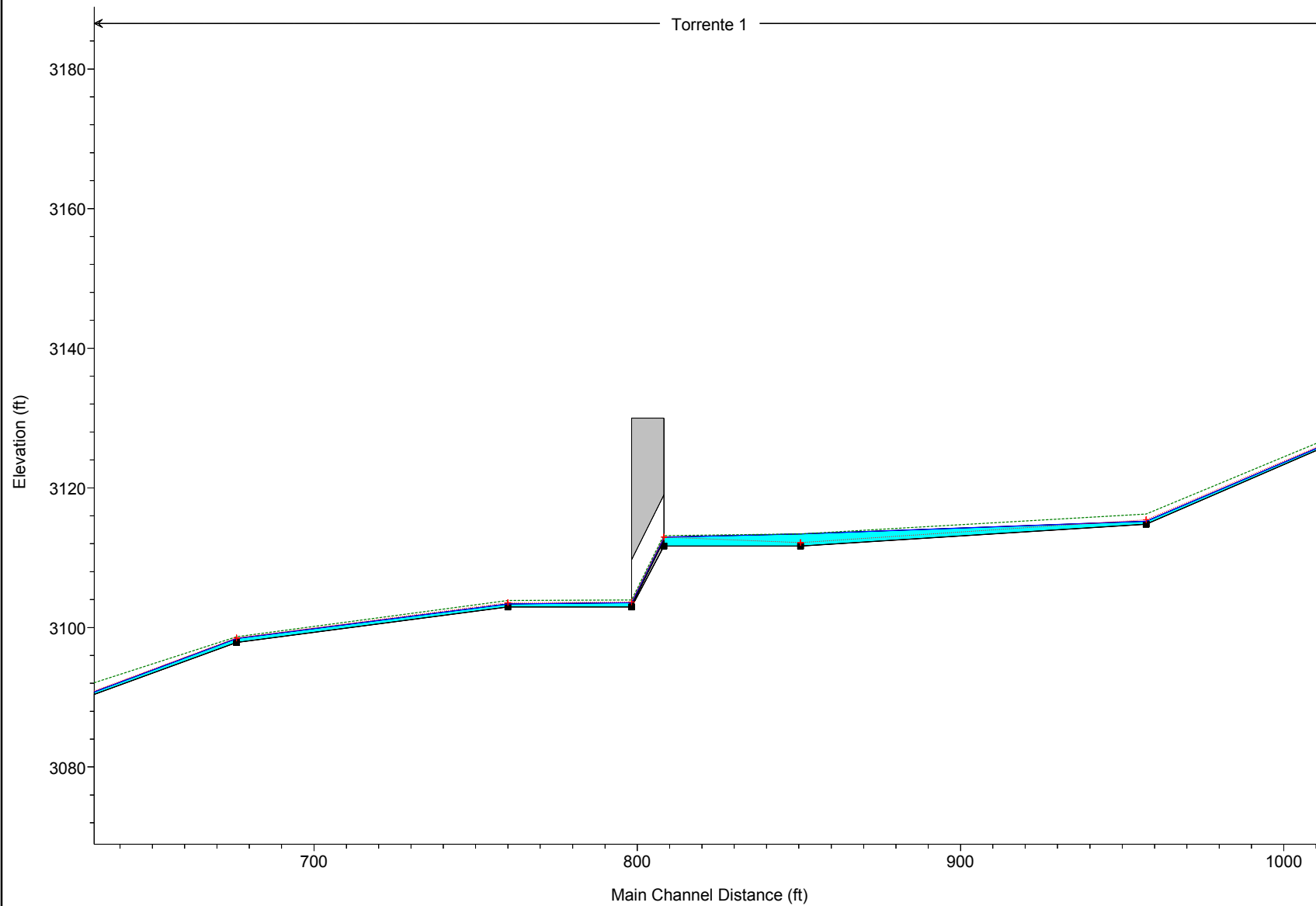
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
1	29.99995	PF 1	1.35	894.35	894.70	894.84	895.19	0.124899	3.10	0.44	2.70	2.47
1	29.99995	PF 2	1.56	894.35	894.72	894.87	895.24	0.124457	3.19	0.49	2.89	2.48

Tombino N°4 da realizzazre



verificatombino Plan: Plan 01 27/07/2018

Torrente 1



Legend

EG PF 2

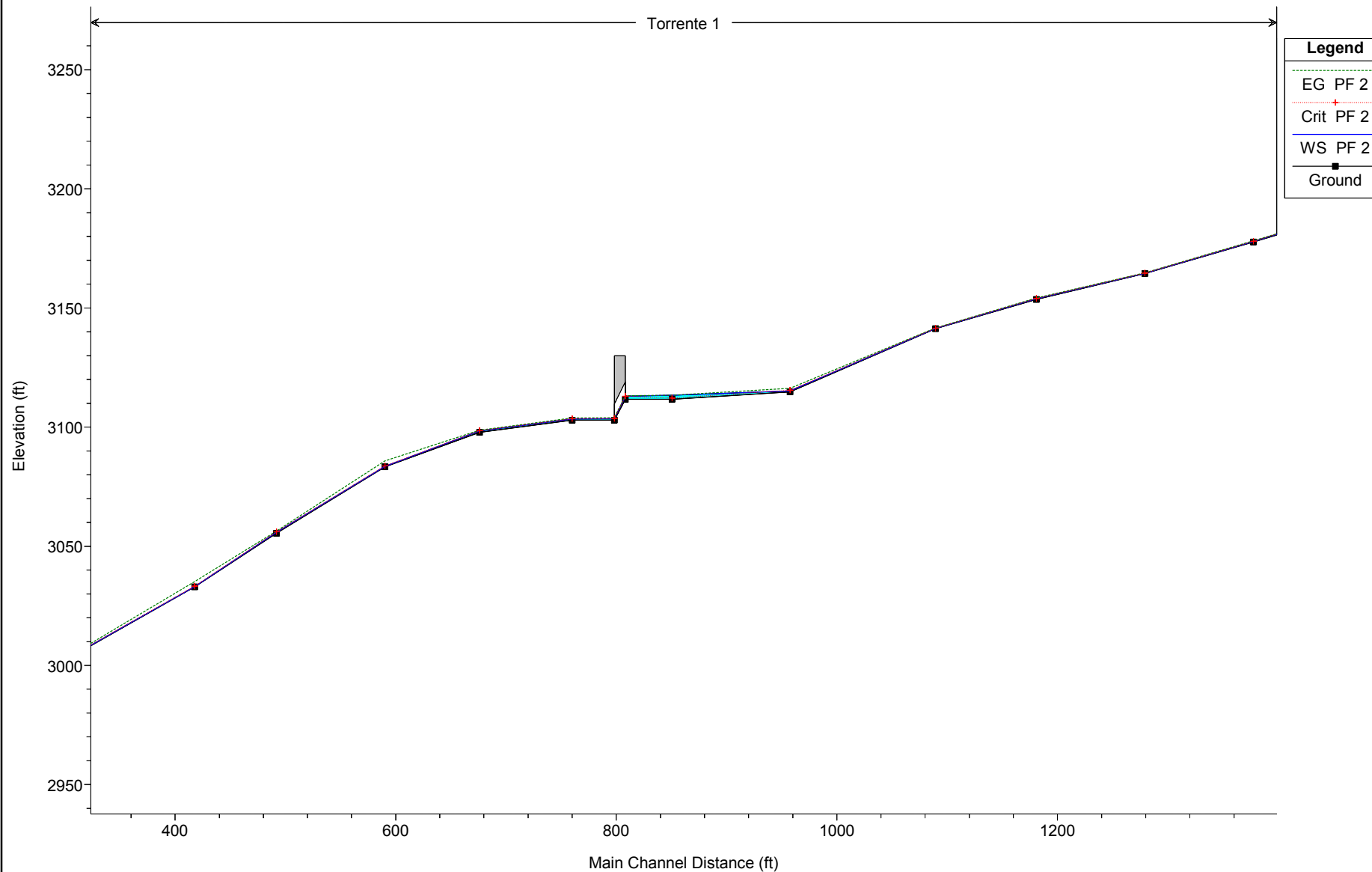
Crit PF 2

WS PF 2

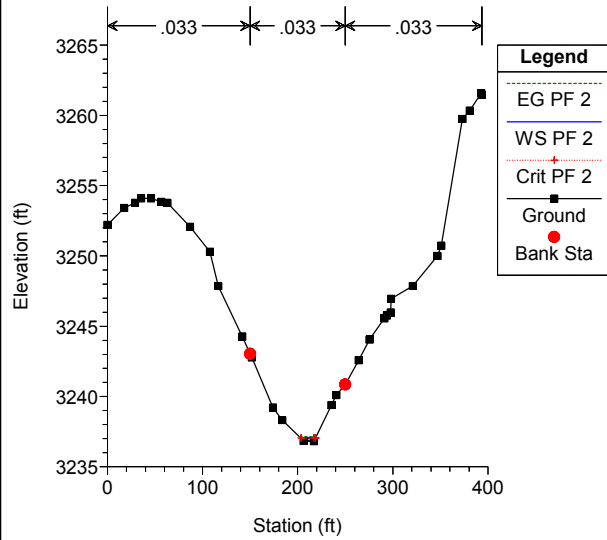
Ground

verificatombino Plan: Plan 01 27/07/2018

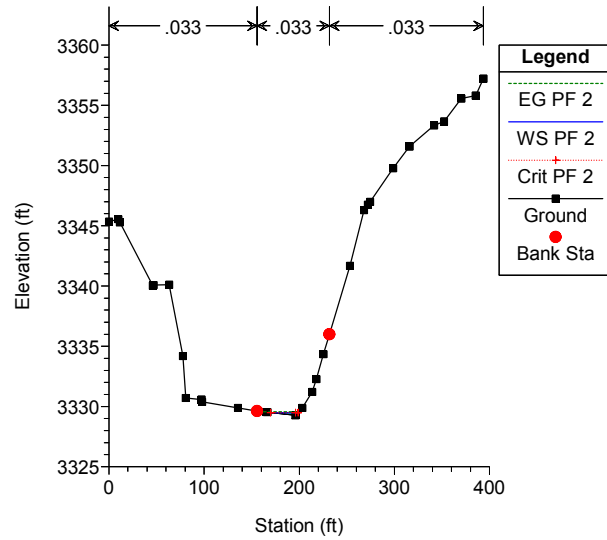
Torrente 1



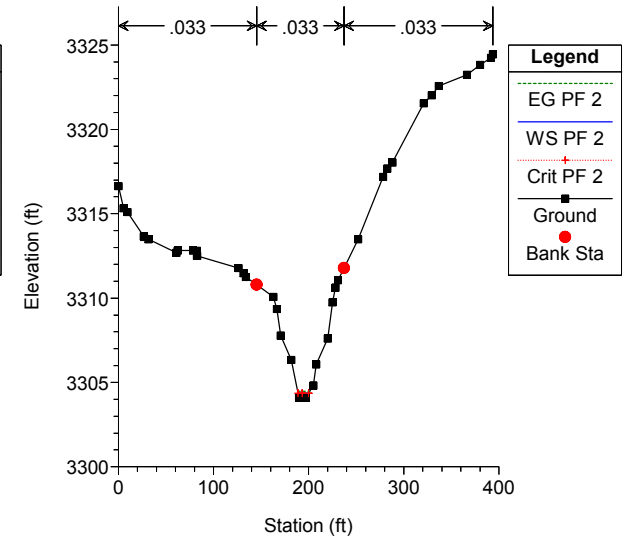
verificatombino Plan: Plan 01 27/07/2018



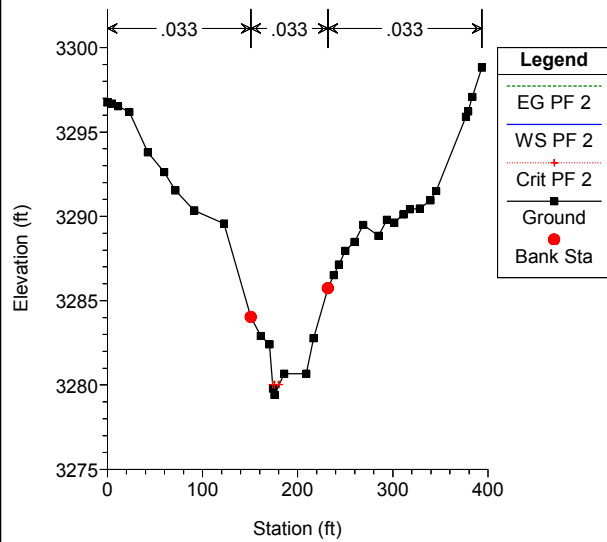
verificatombino Plan: Plan 01 27/07/2018



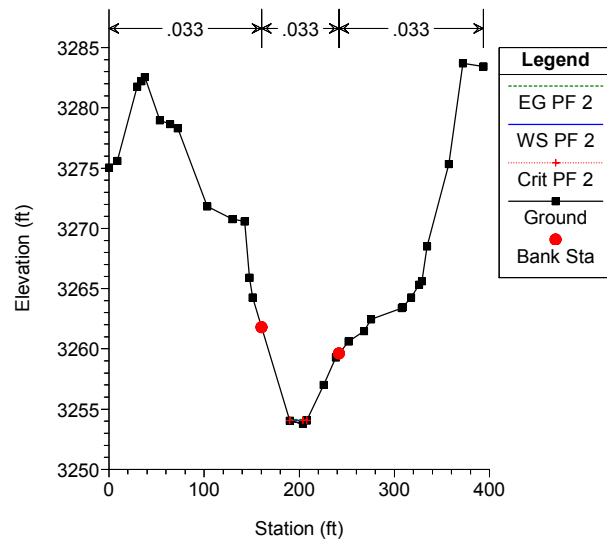
verificatombino Plan: Plan 01 27/07/2018



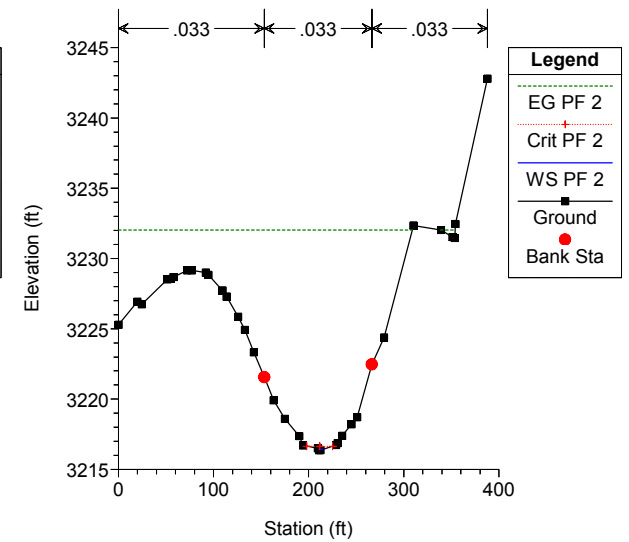
verificatombino Plan: Plan 01 27/07/2018



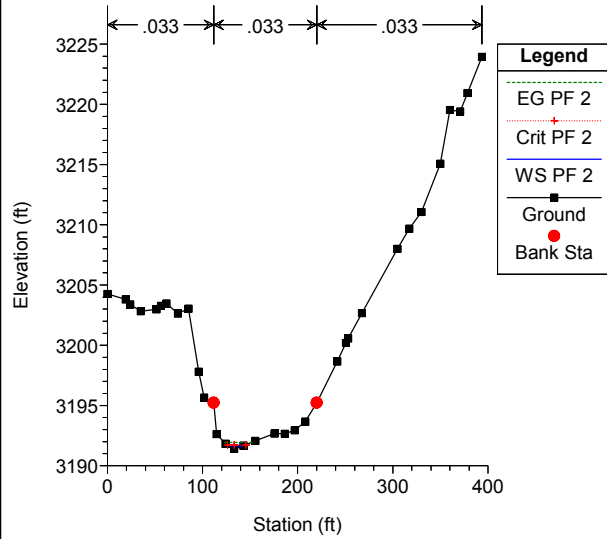
verificatombino Plan: Plan 01 27/07/2018



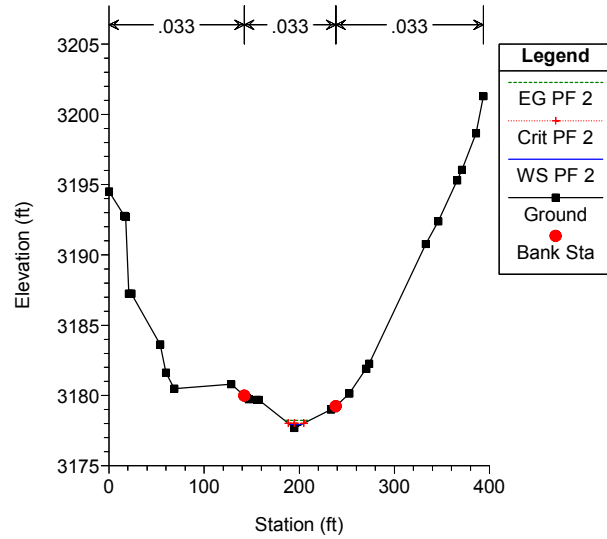
verificatombino Plan: Plan 01 27/07/2018



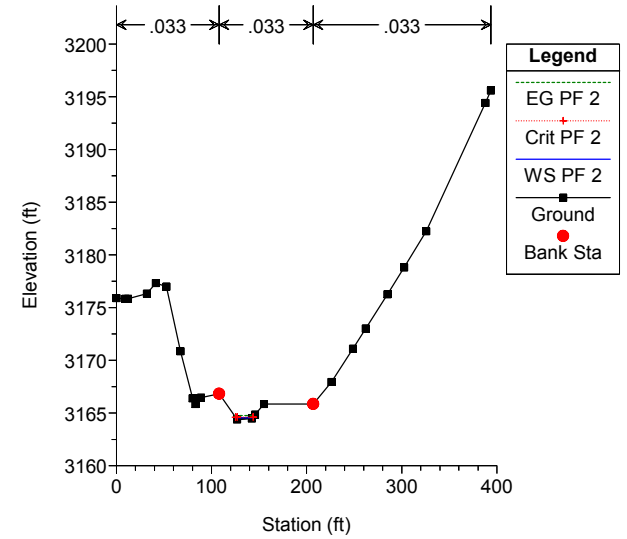
verificatombino Plan: Plan 01 27/07/2018



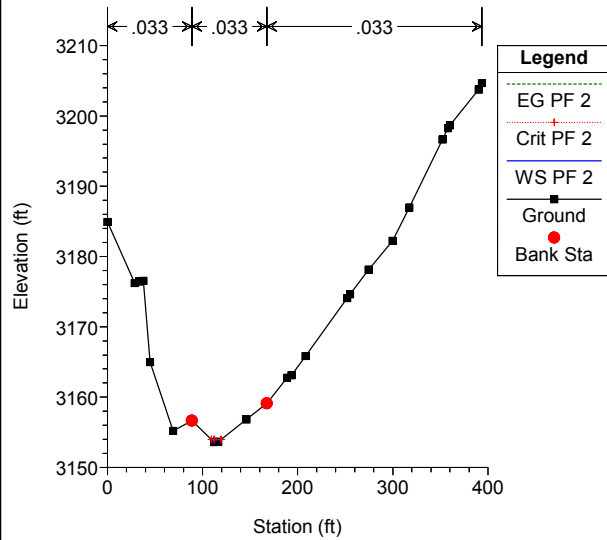
verificatombino Plan: Plan 01 27/07/2018



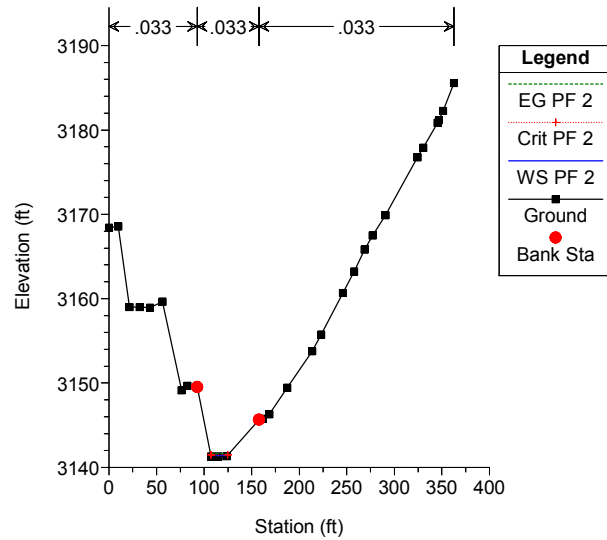
verificatombino Plan: Plan 01 27/07/2018



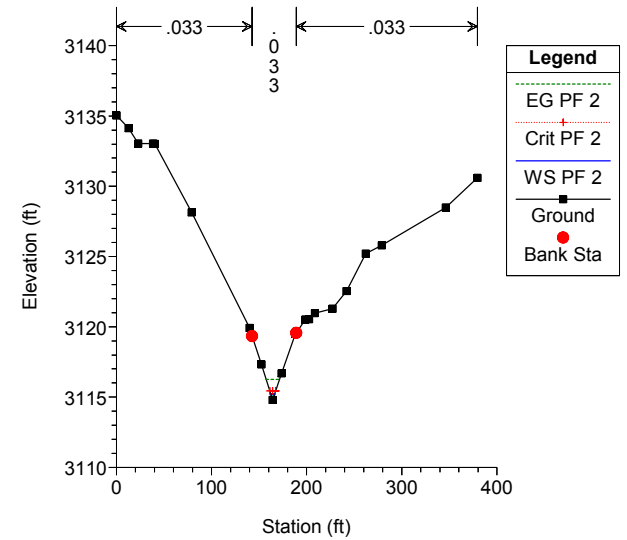
verificatombino Plan: Plan 01 27/07/2018

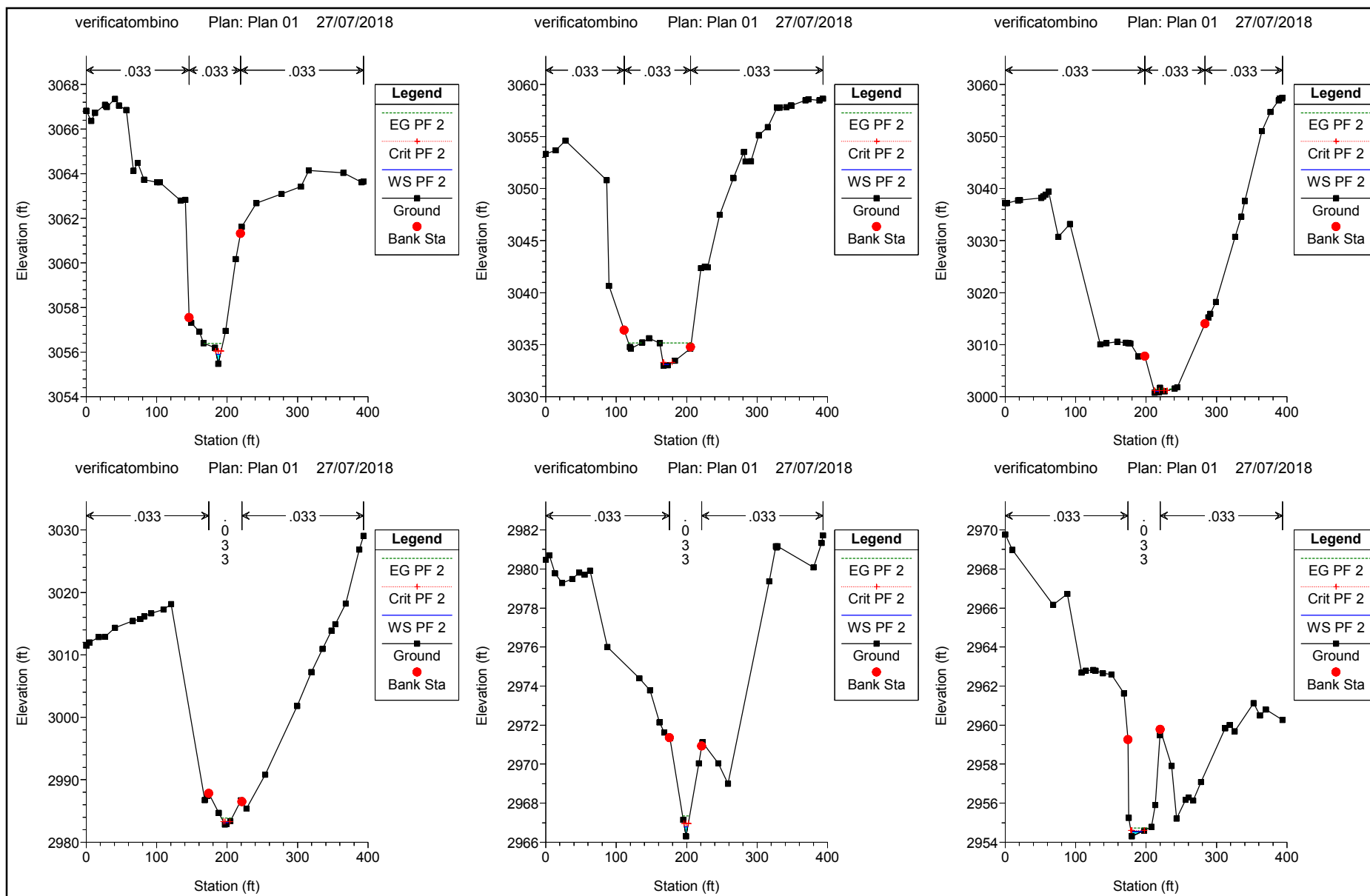


verificatombino Plan: Plan 01 27/07/2018



verificatombino Plan: Plan 01 27/07/2018





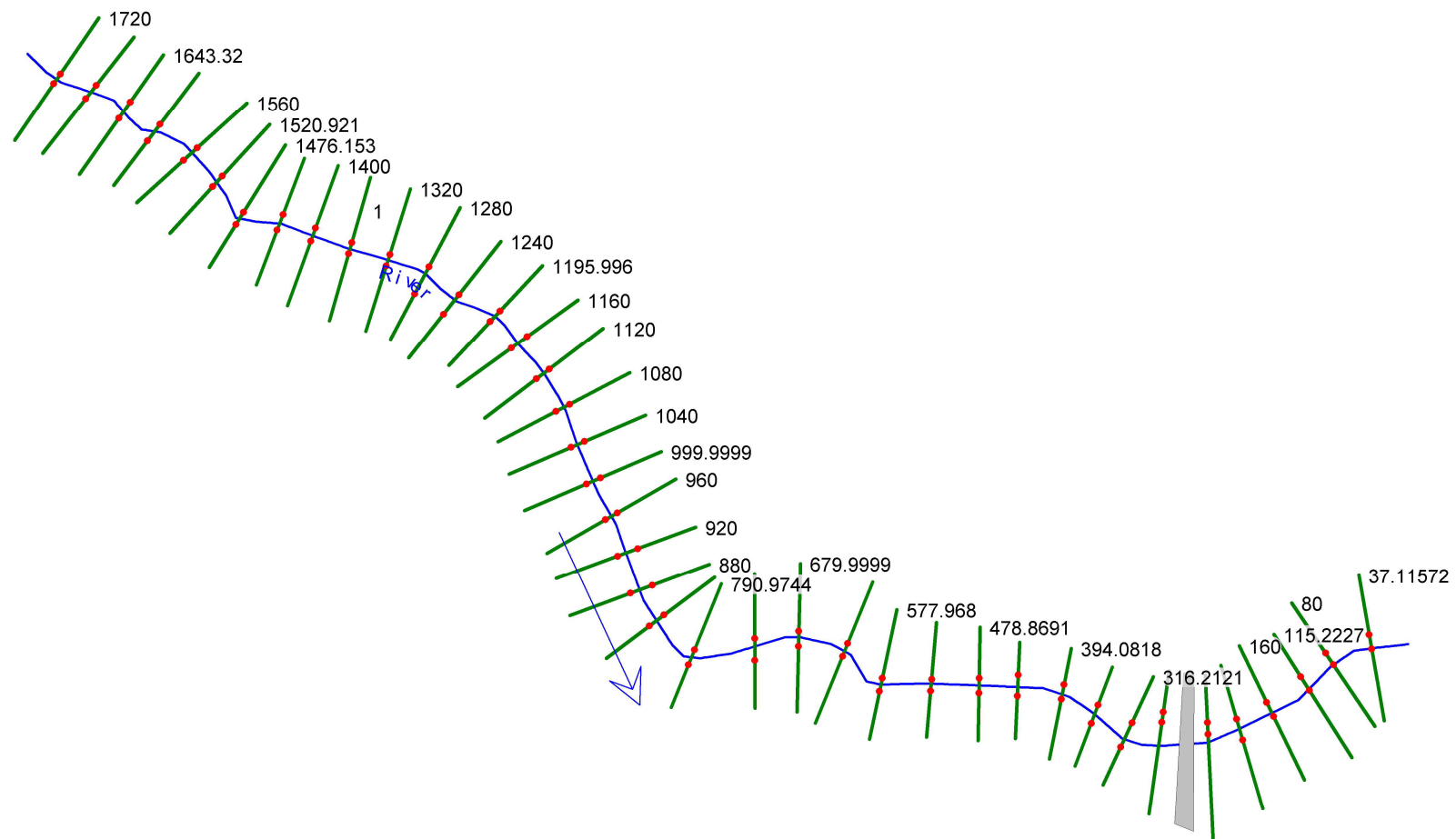
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Torrente Reach: 1

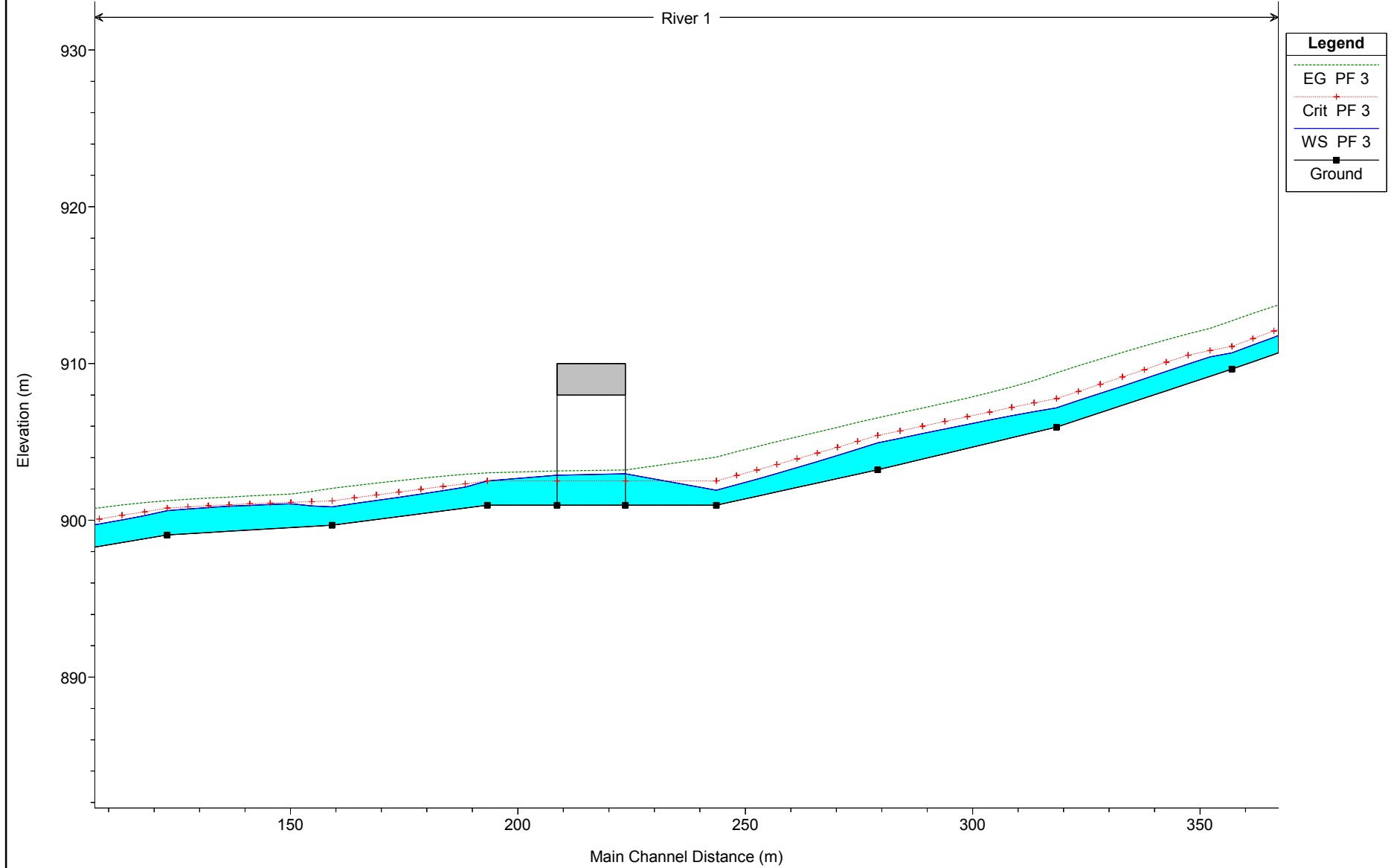
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(cfs)	(ft)	(ft)	(ft)	(ft)	(ft/ft)	(ft/s)	(sq ft)	(ft)	
1	660	PF 1	5.74	3329.27	3329.49	3329.49	3329.54	0.031042	1.84	3.12	27.84	0.97
1	660	PF 2	6.66	3329.27	3329.50	3329.50	3329.56	0.032912	1.95	3.41	29.11	1.01
1	630	PF 1	5.74	3304.10	3304.35	3304.35	3304.45	0.027803	2.60	2.21	10.76	1.01
1	630	PF 2	6.66	3304.10	3304.37	3304.37	3304.48	0.026534	2.69	2.48	11.12	1.00
1	600	PF 1	5.74	3279.43	3279.62	3279.98	3289.09	6.901503	24.68	0.23	2.41	13.99
1	600	PF 2	6.66	3279.43	3280.02	3280.02	3280.18	0.024447	3.19	2.09	6.71	1.01
1	570	PF 1	5.74	3253.77	3254.00	3254.05	3254.18	0.102766	3.37	1.70	15.05	1.77
1	570	PF 2	6.66	3253.77	3254.07	3254.07	3254.15	0.029962	2.30	2.90	18.05	1.01
1	539.9999	PF 1	5.74	3236.81	3236.92	3237.02	3237.34	0.338508	5.16	1.11	12.70	3.08
1	539.9999	PF 2	6.66	3236.81	3237.04	3237.04	3237.13	0.029690	2.45	2.72	15.27	1.02
1	510.0801	PF 1	5.74	3216.37	3216.60	3216.64	3216.72	0.084185	2.80	2.05	20.56	1.57
1	510.0801	PF 2	6.66	3216.37	3216.44	3216.65	3232.03	34.047710	31.67	0.21	5.02	27.28
1	480	PF 1	5.74	3191.44	3191.58	3191.72	3192.58	1.024738	7.99	0.72	9.80	5.20
1	480	PF 2	6.66	3191.44	3191.65	3191.74	3191.95	0.186076	4.37	1.52	14.26	2.36
1	450	PF 1	5.74	3177.69	3177.98	3178.01	3178.11	0.054709	2.89	1.99	13.82	1.34
1	450	PF 2	6.66	3177.69	3177.95	3178.03	3178.22	0.134650	4.20	1.58	12.34	2.07
1	420	PF 1	5.74	3164.40	3164.51	3164.61	3165.02	0.676294	5.70	1.01	16.64	4.09
1	420	PF 2	6.66	3164.40	3164.57	3164.62	3164.75	0.111816	3.45	1.93	17.54	1.84
1	390	PF 1	5.74	3153.61	3153.88	3153.93	3154.06	0.051913	3.41	1.68	8.73	1.37
1	390	PF 2	6.66	3153.61	3153.85	3153.96	3154.21	0.122818	4.83	1.38	8.12	2.07
1	362.1452	PF 1	5.74	3141.27	3141.35	3141.46	3142.58	3.012841	8.92	0.64	16.68	8.00
1	362.1452	PF 2	6.66	3141.27	3141.41	3141.48	3141.64	0.154121	3.82	1.74	17.30	2.12
1	321.906	PF 1	5.74	3114.80	3115.32	3115.41	3115.61	0.055271	4.28	1.34	5.10	1.47
1	321.906	PF 2	6.66	3114.80	3115.21	3115.45	3116.25	0.282962	8.20	0.81	3.97	3.20

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Torrente Reach: 1 (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(cfs)	(ft)	(ft)	(ft)	(ft)	(ft/ft)	(ft/s)	(sq ft)	(ft)	
1	289.3093	PF 1	5.74	3111.65	3113.30	3112.11	3113.30	0.000028	0.24	23.76	22.51	0.04
1	289.3093	PF 2	6.66	3111.65	3113.38	3112.14	3113.38	0.000030	0.26	25.66	22.81	0.04
1	275.515		Culvert									
1	261.7328	PF 1	5.74	3102.95	3103.36	3103.49	3103.78	0.085899	5.24	1.10	4.24	1.82
1	261.7328	PF 2	6.66	3102.95	3103.38	3103.53	3103.86	0.089588	5.57	1.19	4.35	1.87
1	236.1379	PF 1	5.74	3097.83	3098.38	3098.45	3098.63	0.046695	4.02	1.43	5.26	1.36
1	236.1379	PF 2	6.66	3097.83	3098.41	3098.48	3098.67	0.044184	4.09	1.63	5.61	1.34
1	210	PF 1	5.74	3083.37	3083.52	3083.72	3086.05	2.440404	12.76	0.45	5.80	8.08
1	210	PF 2	6.66	3083.37	3083.54	3083.75	3085.85	1.953696	12.19	0.55	6.39	7.35
1	180	PF 1	5.74	3055.48	3055.86	3056.02	3056.40	0.155553	5.88	0.98	5.07	2.36
1	180	PF 2	6.66	3055.48	3055.90	3056.05	3056.39	0.123173	5.59	1.19	5.61	2.14
1	157.3614	PF 1	5.74	3032.97	3033.11	3033.27	3034.18	0.890629	8.29	0.69	8.00	4.97
1	157.3614	PF 2	6.66	3032.97	3033.09	3033.29	3035.16	2.049309	11.53	0.58	7.61	7.38
1	119.9999	PF 1	5.74	3000.79	3001.03	3001.15	3001.37	0.106592	4.69	1.22	6.70	1.93
1	119.9999	PF 2	6.66	3000.79	3001.03	3001.18	3001.48	0.138141	5.38	1.24	6.70	2.21
1	89.99996	PF 1	5.74	2982.84	2983.10	2983.28	2983.93	0.348709	7.27	0.79	5.48	3.38
1	89.99996	PF 2	6.66	2982.84	2983.14	2983.31	2983.85	0.261399	6.80	0.98	6.06	2.98
1	59.99997	PF 1	5.74	2966.31	2966.78	2966.92	2967.21	0.093206	5.22	1.10	4.60	1.88
1	59.99997	PF 2	6.66	2966.31	2966.79	2966.96	2967.34	0.120800	5.97	1.12	4.63	2.15
1	29.99993	PF 1	5.74	2954.30	2954.51	2954.59	2954.78	0.179272	4.19	1.37	13.23	2.30
1	29.99993	PF 2	6.66	2954.30	2954.54	2954.60	2954.73	0.102241	3.53	1.89	15.55	1.78

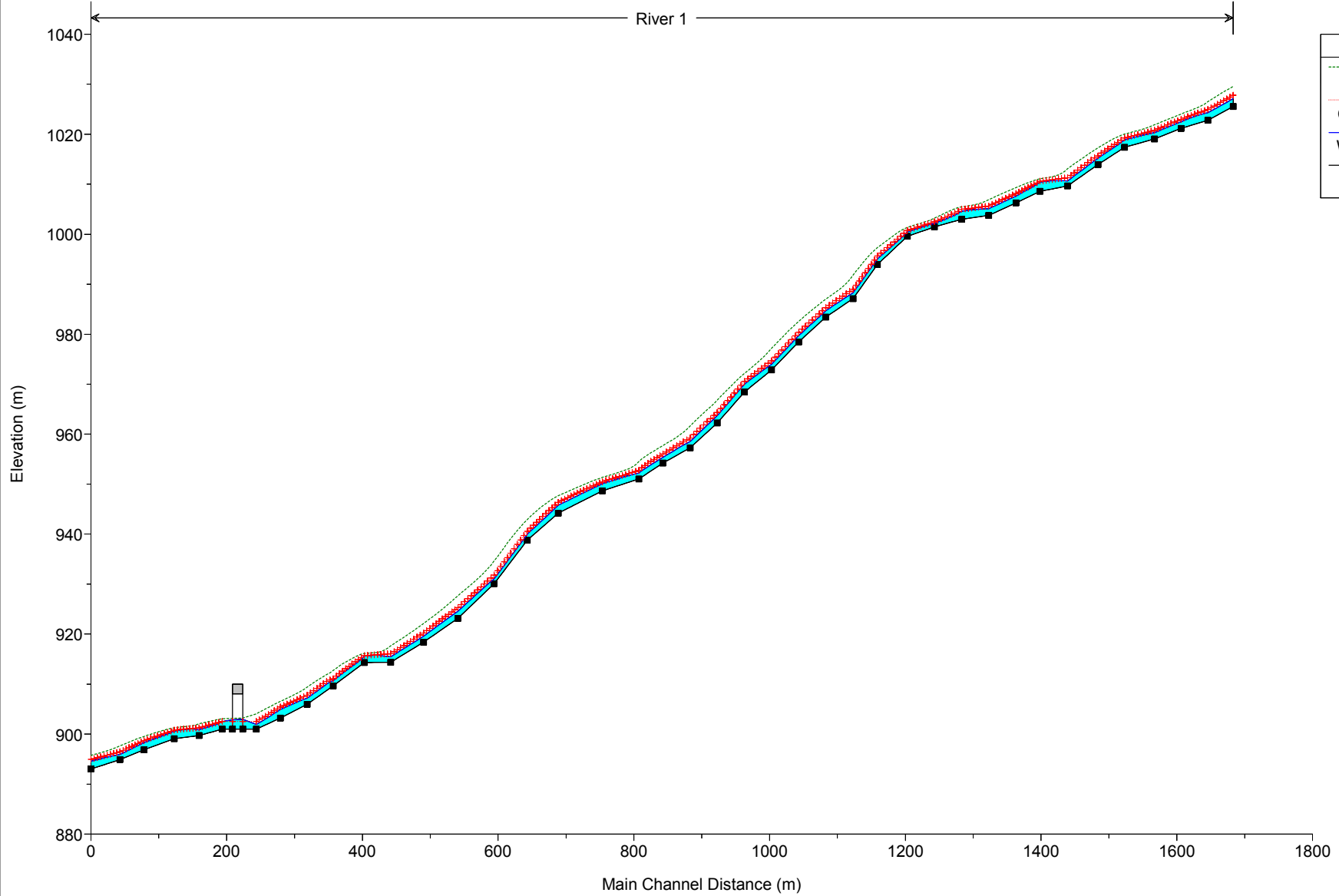
Verifica scalzamento pila da ponte

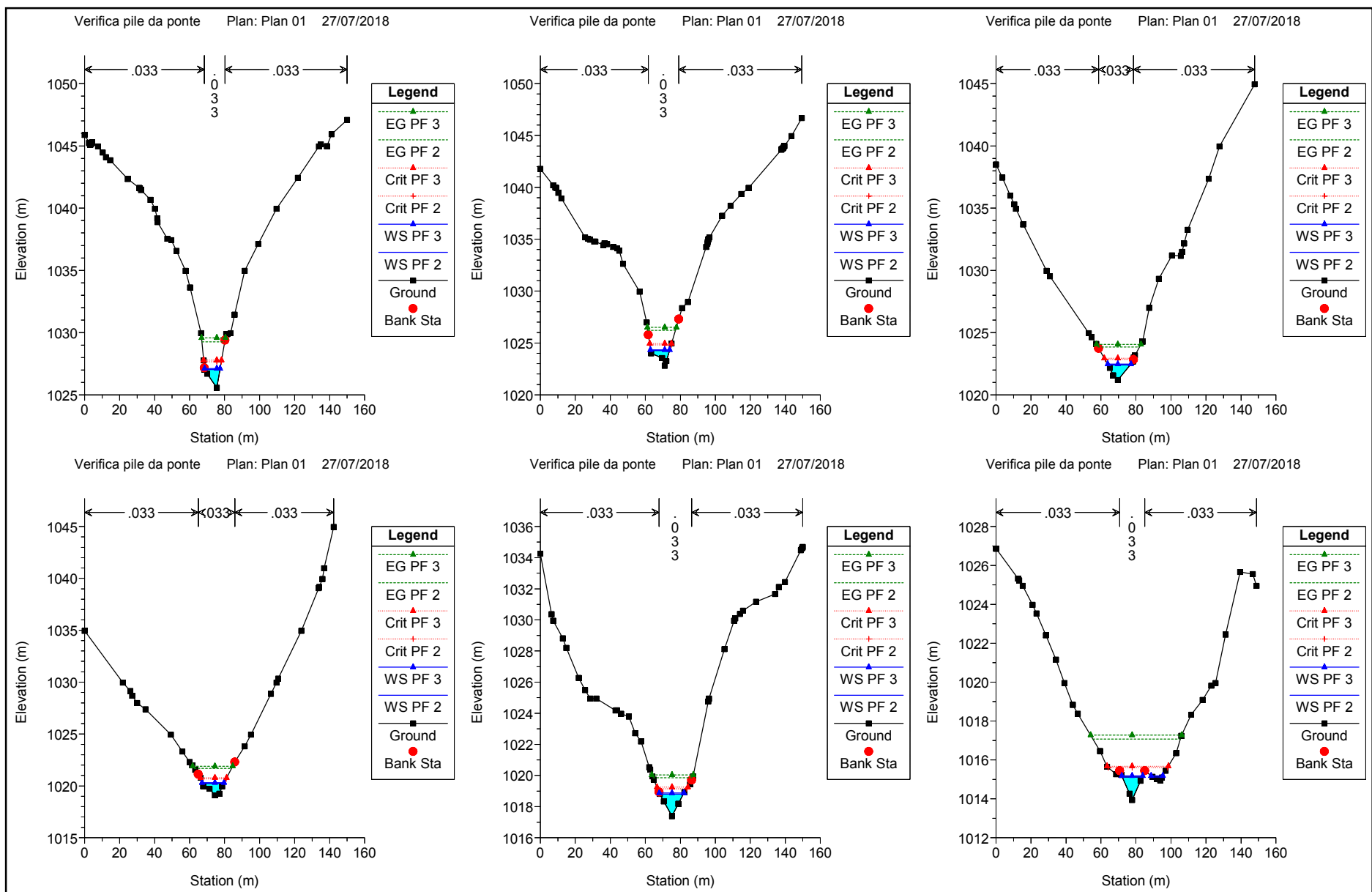


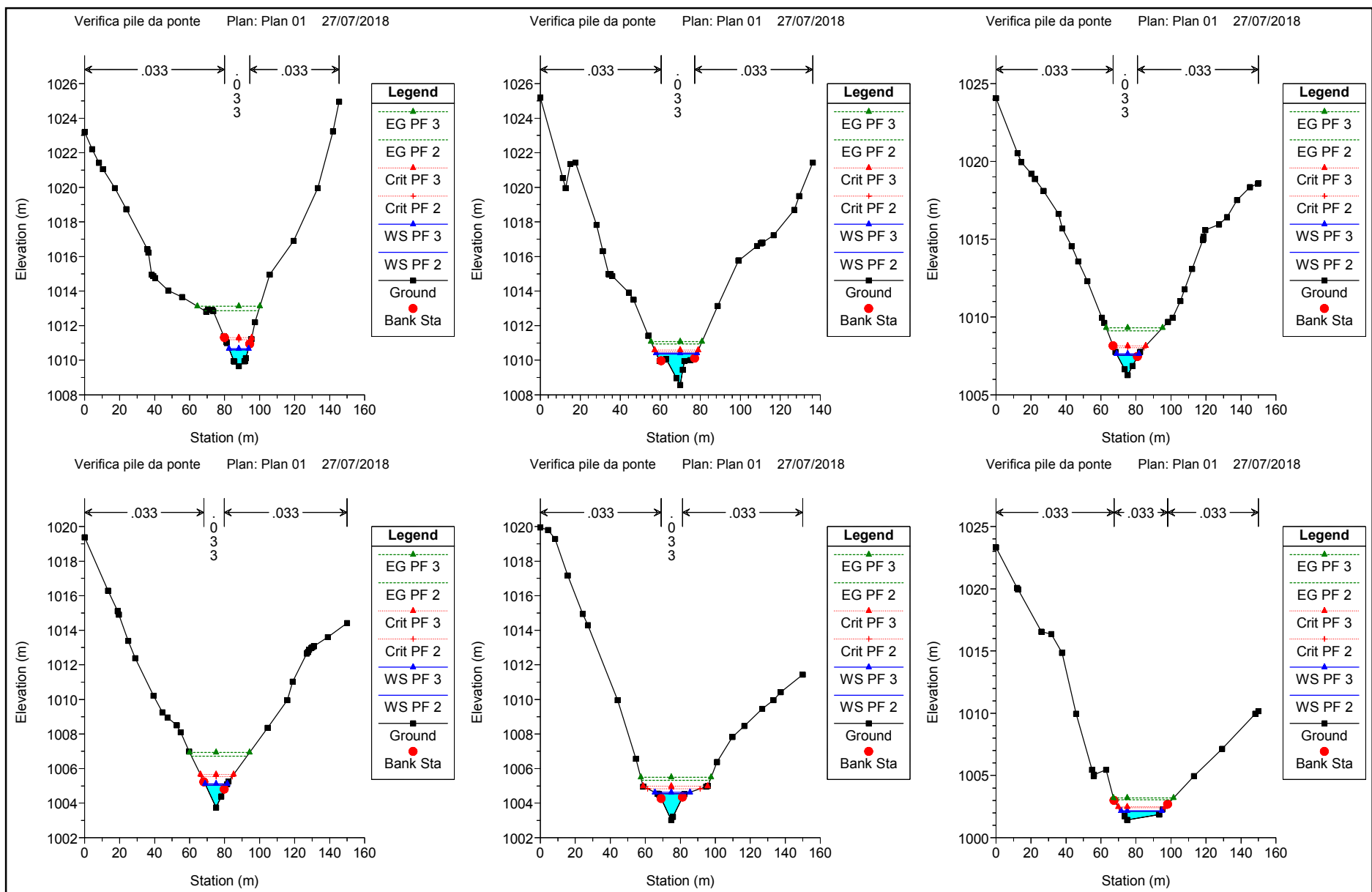


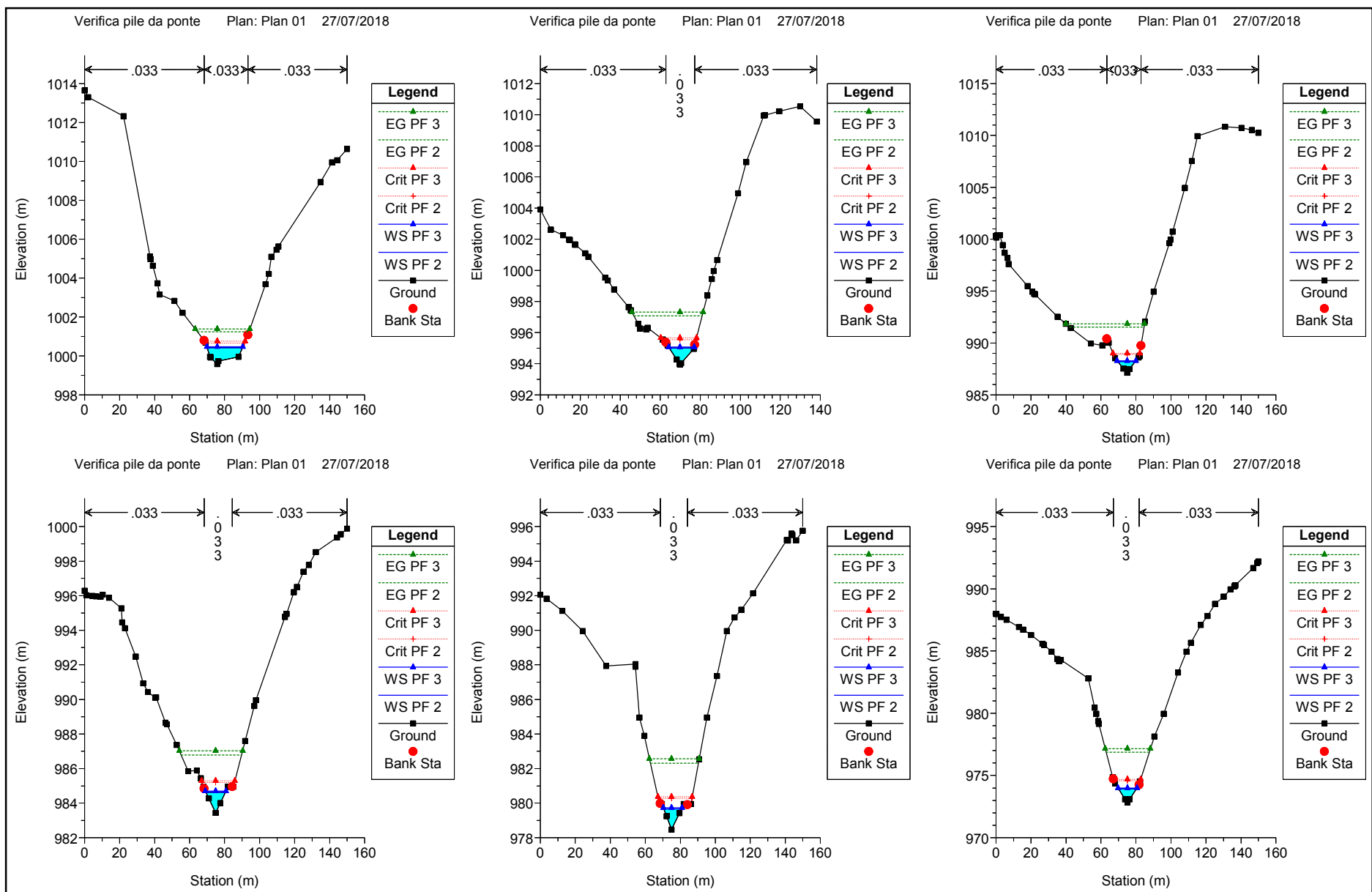
Verifica pile da ponte Plan: Plan 01 27/07/2018

River 1

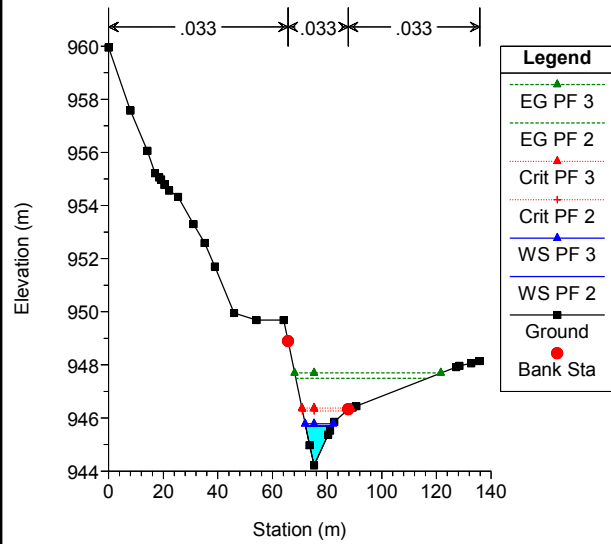




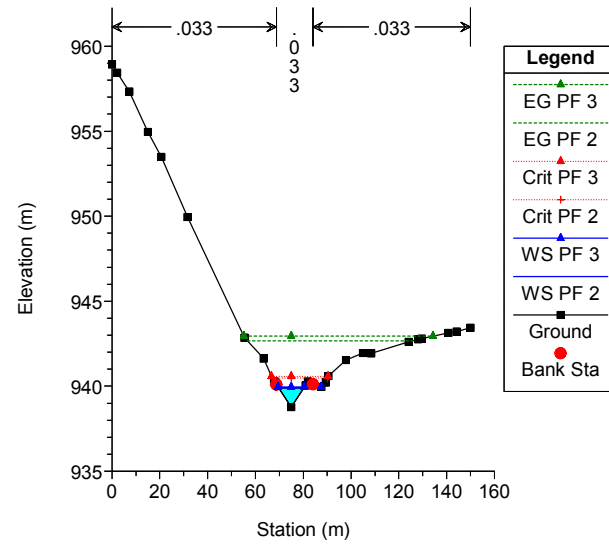




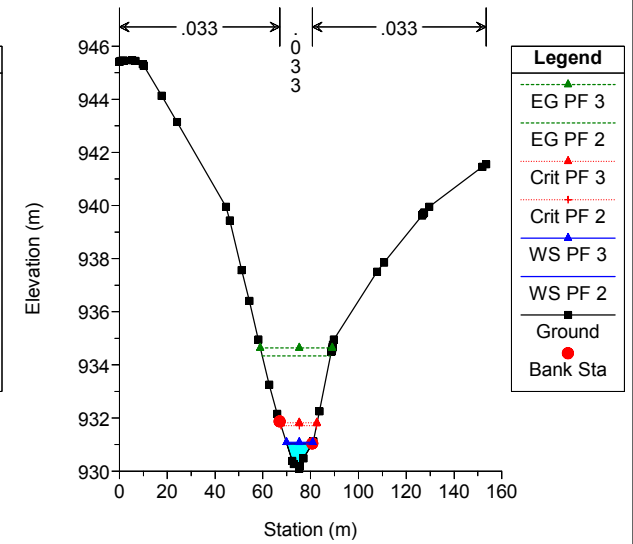
Verifica pile da ponte Plan: Plan 01 27/07/2018



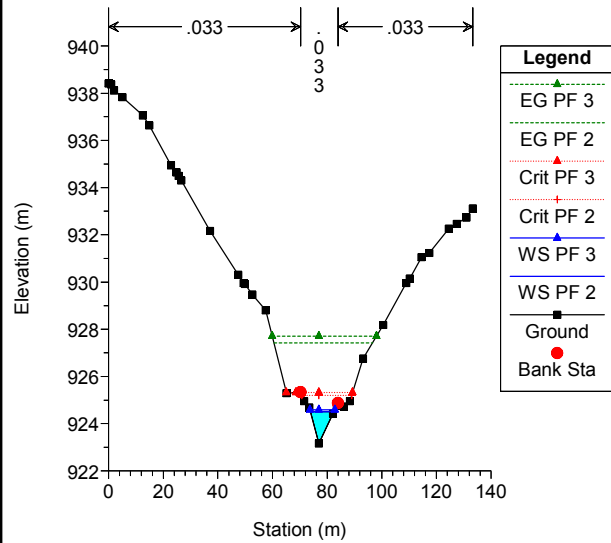
Verifica pile da ponte Plan: Plan 01 27/07/2018



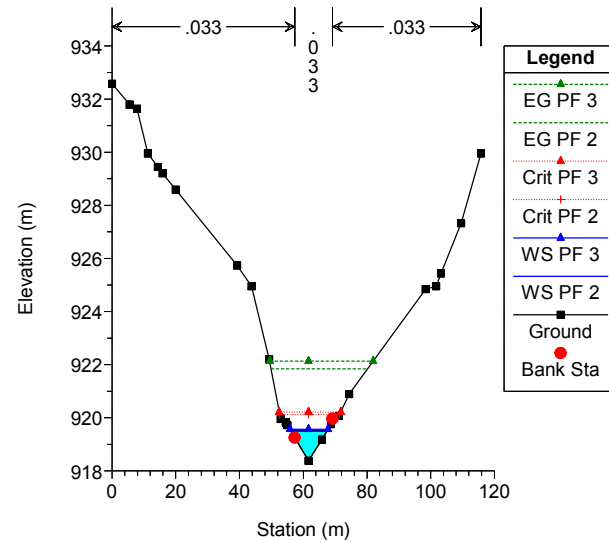
Verifica pile da ponte Plan: Plan 01 27/07/2018



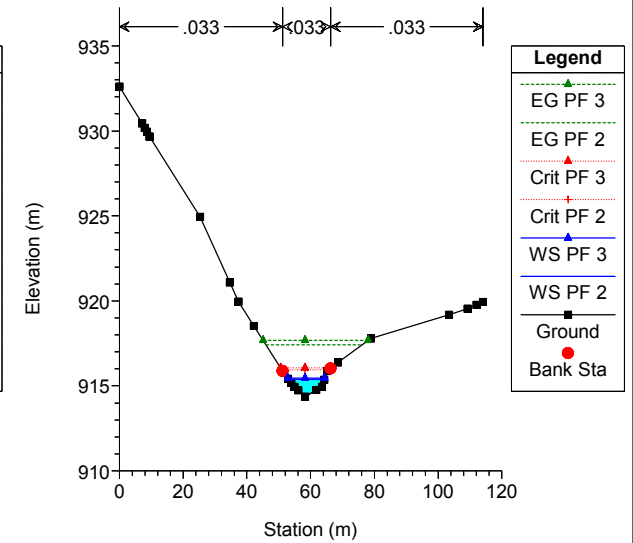
Verifica pile da ponte Plan: Plan 01 27/07/2018



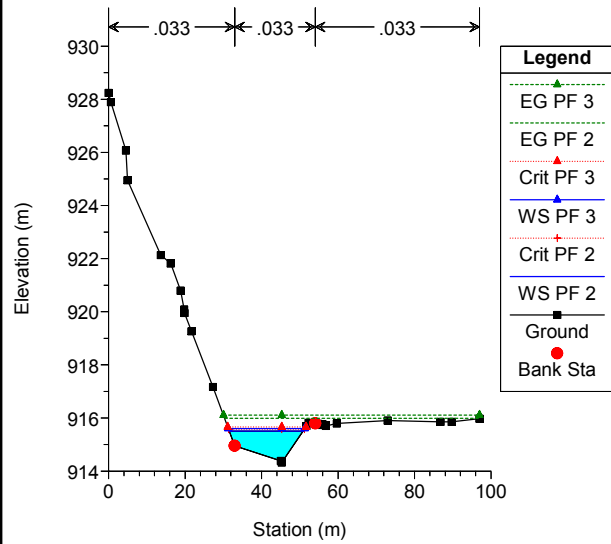
Verifica pile da ponte Plan: Plan 01 27/07/2018



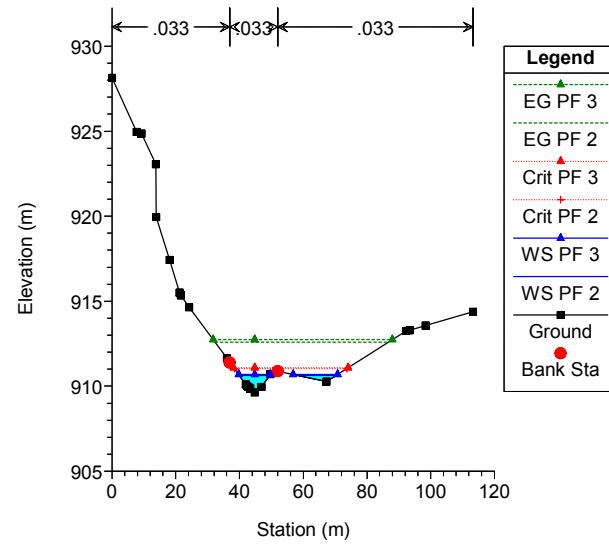
Verifica pile da ponte Plan: Plan 01 27/07/2018



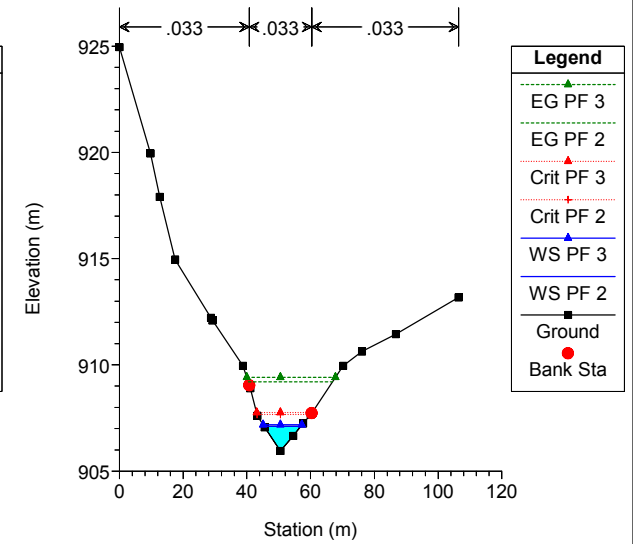
Verifica pile da ponte Plan: Plan 01 27/07/2018



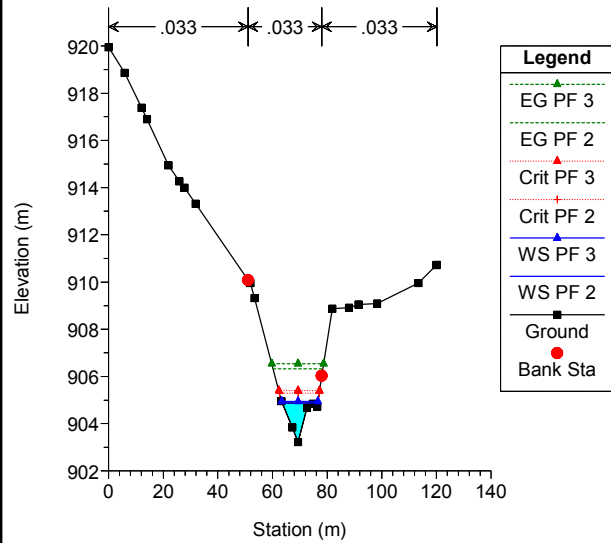
Verifica pile da ponte Plan: Plan 01 27/07/2018



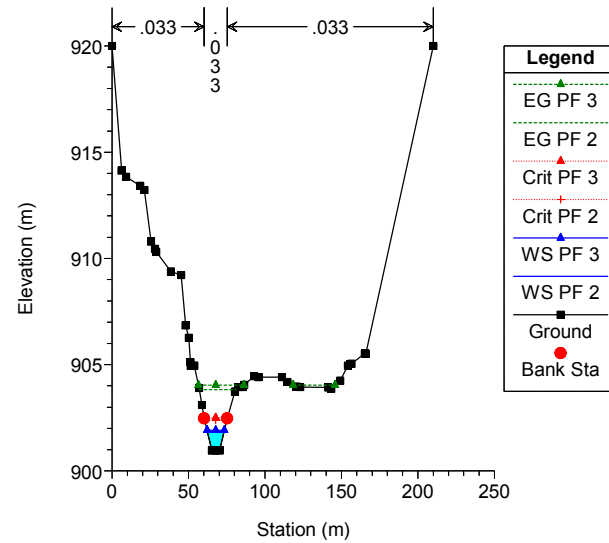
Verifica pile da ponte Plan: Plan 01 27/07/2018



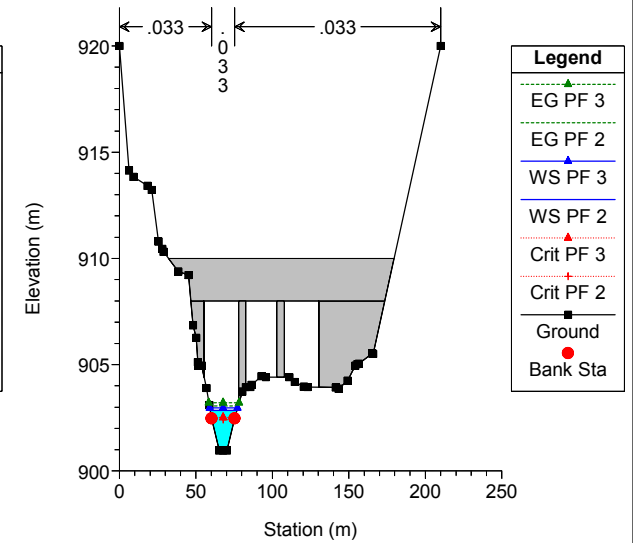
Verifica pile da ponte Plan: Plan 01 27/07/2018

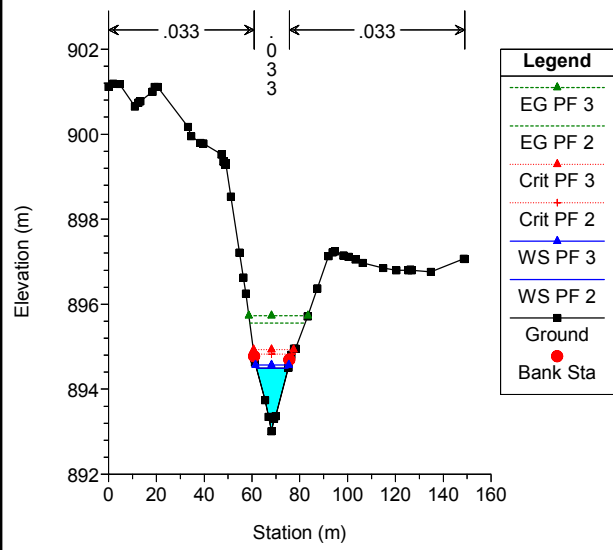


Verifica pile da ponte Plan: Plan 01 27/07/2018



Verifica pile da ponte Plan: Plan 01 27/07/2018





HEC-RAS Plan: Plan 01 River: River Reach: 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
1	1720	PF 2	43.00	1025.56	1027.04	1027.65	1029.26	0.078022	6.60	6.51	8.77	2.45
1	1720	PF 3	50.00	1025.56	1027.11	1027.79	1029.57	0.078058	6.95	7.20	8.92	2.47
1	1682.99	PF 2	43.00	1022.79	1024.27	1024.81	1026.22	0.081154	6.17	6.96	10.81	2.46
1	1682.99	PF 3	50.00	1022.79	1024.34	1024.94	1026.52	0.082162	6.54	7.65	10.97	2.50
1	1643.32	PF 2	43.00	1021.19	1022.40	1022.83	1023.84	0.056867	5.32	8.09	12.56	2.12
1	1643.32	PF 3	50.00	1021.19	1022.47	1022.94	1024.05	0.057843	5.55	9.00	13.27	2.15
1	1604.317	PF 2	43.00	1019.08	1020.24	1020.68	1021.69	0.055778	5.33	8.07	12.23	2.09
1	1604.317	PF 3	50.00	1019.08	1020.32	1020.79	1021.90	0.055051	5.57	8.98	12.59	2.10
1	1560	PF 2	43.00	1017.38	1018.80	1019.14	1019.86	0.036743	4.55	9.45	13.33	1.73
1	1560	PF 3	50.00	1017.38	1018.88	1019.25	1020.03	0.036958	4.75	10.53	14.00	1.75
1	1520.921	PF 2	43.00	1013.94	1015.13	1015.60	1017.08	0.087555	6.25	7.23	16.78	2.59
1	1520.921	PF 3	50.00	1013.94	1015.18	1015.67	1017.27	0.089568	6.51	8.21	18.50	2.64
1	1476.153	PF 2	43.00	1009.66	1010.60	1011.19	1012.86	0.097787	6.66	6.45	10.73	2.74
1	1476.153	PF 3	50.00	1009.66	1010.67	1011.31	1013.12	0.096672	6.93	7.21	11.19	2.76
1	1435.532	PF 2	43.00	1008.57	1010.35	1010.50	1010.94	0.020581	3.43	12.91	20.03	1.29
1	1435.532	PF 3	50.00	1008.57	1010.41	1010.58	1011.08	0.021108	3.66	14.12	20.48	1.32
1	1400	PF 2	43.00	1006.26	1007.55	1008.03	1009.12	0.059324	5.54	7.77	12.07	2.17
1	1400	PF 3	50.00	1006.26	1007.63	1008.15	1009.31	0.056956	5.74	8.76	12.82	2.16
1	1360	PF 2	43.00	1003.75	1005.04	1005.54	1006.71	0.059927	5.74	7.57	11.85	2.20
1	1360	PF 3	50.00	1003.75	1005.11	1005.65	1006.94	0.059638	6.00	8.48	12.65	2.22
1	1320	PF 2	43.00	1003.01	1004.56	1004.83	1005.32	0.019553	3.89	11.32	16.35	1.31
1	1320	PF 3	50.00	1003.01	1004.63	1004.98	1005.49	0.019793	4.14	12.72	20.14	1.34
1	1280	PF 2	43.00	1001.44	1002.13	1002.41	1003.05	0.058889	4.25	10.12	22.94	2.04
1	1280	PF 3	50.00	1001.44	1002.17	1002.49	1003.21	0.060093	4.51	11.09	23.33	2.09

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: River Reach: 1 (Continued)

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
1	1240	PF 2	43.00	999.58	1000.42	1000.67	1001.24	0.041566	4.03	10.68	20.15	1.77
1	1240	PF 3	50.00	999.58	1000.47	1000.75	1001.38	0.041207	4.23	11.83	20.61	1.78
1	1195.996	PF 2	43.00	993.95	995.01	995.55	997.08	0.100942	6.37	6.75	12.35	2.75
1	1195.996	PF 3	50.00	993.95	995.08	995.66	997.32	0.098702	6.63	7.54	12.77	2.75
1	1160	PF 2	43.00	987.12	988.22	988.88	991.54	0.173098	8.07	5.33	10.16	3.56
1	1160	PF 3	50.00	987.12	988.28	988.99	991.84	0.171613	8.35	5.99	10.78	3.58
1	1120	PF 2	43.00	983.44	984.63	985.20	986.79	0.095069	6.51	6.61	11.12	2.70
1	1120	PF 3	50.00	983.44	984.70	985.30	987.03	0.095561	6.77	7.39	11.76	2.73
1	1080	PF 2	43.00	978.47	979.66	980.28	982.31	0.118018	7.20	5.97	10.08	2.99
1	1080	PF 3	50.00	978.47	979.73	980.37	982.57	0.117460	7.47	6.70	10.69	3.01
1	1040	PF 2	43.00	972.83	973.93	974.57	976.87	0.143338	7.60	5.66	10.26	3.27
1	1040	PF 3	50.00	972.83	973.99	974.69	977.16	0.142758	7.88	6.35	10.87	3.29
1	999.9999	PF 2	43.00	968.44	969.98	970.46	971.89	0.107169	6.13	7.02	14.22	2.75
1	999.9999	PF 3	50.00	968.44	970.03	970.57	972.16	0.106467	6.47	7.75	14.48	2.78
1	960	PF 2	43.00	962.25	963.62	964.27	966.54	0.140608	7.56	5.68	10.04	3.21
1	960	PF 3	50.00	962.25	963.69	964.37	966.82	0.140411	7.83	6.39	10.73	3.24
1	920	PF 2	43.00	957.28	958.47	959.14	961.37	0.129179	7.55	5.70	9.58	3.12
1	920	PF 3	50.00	957.28	958.54	959.25	961.67	0.129019	7.83	6.38	10.14	3.15
1	880	PF 2	43.00	954.21	955.30	955.89	957.44	0.081226	6.48	6.64	9.82	2.52
1	880	PF 3	50.00	954.21	955.37	956.02	957.73	0.080870	6.81	7.35	10.01	2.54
1	844.4252	PF 2	43.00	951.05	952.16	952.67	954.25	0.123717	6.39	6.73	14.22	2.97
1	844.4252	PF 3	50.00	951.05	952.21	952.77	954.52	0.122871	6.72	7.44	14.47	3.00
1	790.9744	PF 2	43.00	948.67	950.04	950.38	951.18	0.042005	4.75	9.34	20.51	1.84

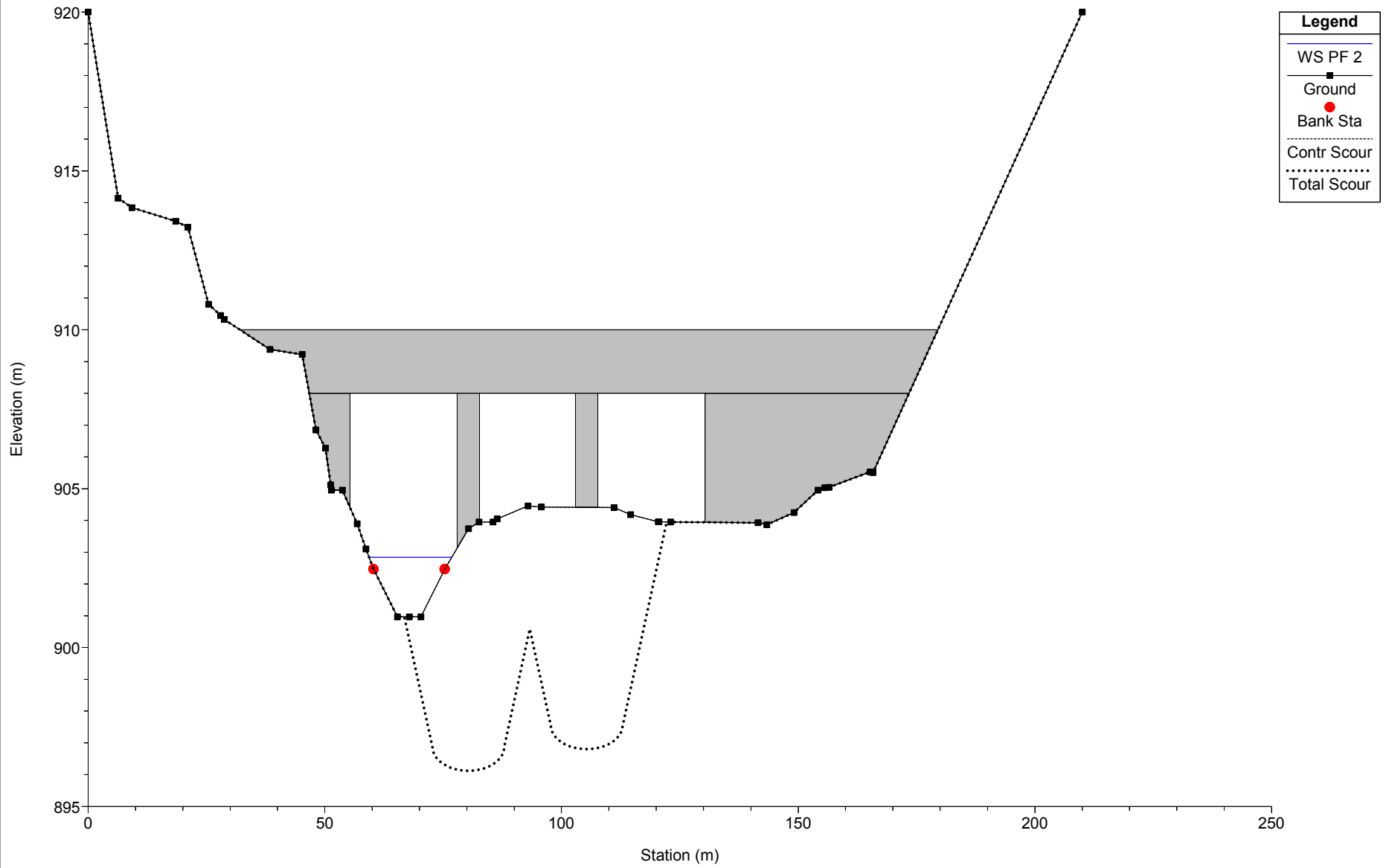
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: River Reach: 1 (Continued)

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
1	790.9744	PF 3	50.00	948.67	950.09	950.44	951.35	0.044483	5.02	10.64	25.52	1.90
1	725.6716	PF 2	43.00	944.22	945.69	946.27	947.50	0.061295	5.95	7.23	9.75	2.21
1	725.6716	PF 3	50.00	944.22	945.79	946.38	947.69	0.059702	6.11	8.18	10.38	2.20
1	679.9999	PF 2	43.00	938.77	939.89	940.49	942.67	0.133414	7.39	5.82	10.43	3.16
1	679.9999	PF 3	50.00	938.77	939.95	940.57	942.94	0.132633	7.66	6.53	11.11	3.18
1	631.1931	PF 2	43.00	930.10	931.02	931.71	934.34	0.181656	8.07	5.33	10.61	3.64
1	631.1931	PF 3	50.00	930.10	931.08	931.82	934.64	0.173327	8.36	5.99	11.08	3.60
1	577.968	PF 2	43.00	923.17	924.50	925.20	927.42	0.114398	7.56	5.69	8.55	2.96
1	577.968	PF 3	50.00	923.17	924.58	925.32	927.70	0.113584	7.82	6.40	9.09	2.98
1	527.1528	PF 2	43.00	918.38	919.50	920.12	921.85	0.097421	6.80	6.42	11.33	2.75
1	527.1528	PF 3	50.00	918.38	919.57	920.22	922.13	0.097469	7.13	7.17	11.96	2.79
1	478.8691	PF 2	43.00	914.37	915.39	915.94	917.41	0.086275	6.30	6.83	11.21	2.58
1	478.8691	PF 3	50.00	914.37	915.45	916.06	917.67	0.086438	6.60	7.58	11.60	2.61
1	440	PF 2	43.00	914.32	915.51	915.58	915.99	0.014610	3.07	14.22	19.30	1.11
1	440	PF 3	50.00	914.32	915.60	915.67	916.11	0.014114	3.19	15.93	19.94	1.11
1	394.0818	PF 2	43.00	909.64	910.63	911.03	912.58	0.105310	6.62	7.67	21.96	2.81
1	394.0818	PF 3	50.00	909.64	910.68	911.08	912.73	0.107199	6.87	8.70	23.81	2.86
1	355.5284	PF 2	43.00	905.95	907.11	907.67	909.20	0.094038	6.40	6.71	11.50	2.68
1	355.5284	PF 3	50.00	905.95	907.18	907.76	909.41	0.092413	6.61	7.56	12.17	2.68
1	316.2121	PF 2	43.00	903.22	904.87	905.30	906.32	0.062024	5.33	8.07	12.97	2.16
1	316.2121	PF 3	50.00	903.22	904.94	905.41	906.54	0.062244	5.61	8.91	13.29	2.19
1	280.7454	PF 2	43.00	900.97	901.84	902.40	903.83	0.079630	6.24	6.89	10.81	2.49
1	280.7454	PF 3	50.00	900.97	901.92	902.51	904.04	0.077346	6.44	7.76	11.34	2.49

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: River Reach: 1 (Continued)

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
1	255		Bridge									
1	230.4026	PF 2	43.00	900.97	902.40	902.40	902.88	0.011353	3.08	13.95	14.52	1.00
1	230.4026	PF 3	50.00	900.97	902.51	902.51	903.03	0.011186	3.22	15.54	15.23	1.01
1	196.2832	PF 2	43.00	899.69	900.77	901.12	901.87	0.034492	4.66	9.24	11.83	1.68
1	196.2832	PF 3	50.00	899.69	900.86	901.24	902.05	0.033709	4.83	10.36	12.33	1.68
1	160	PF 2	43.00	899.07	900.54	900.68	901.12	0.018349	3.43	13.08	19.42	1.24
1	160	PF 3	50.00	899.07	900.61	900.77	901.26	0.018628	3.63	14.43	20.15	1.27
1	115.2227	PF 2	43.00	896.87	898.22	898.59	899.38	0.043330	4.77	9.01	13.41	1.86
1	115.2227	PF 3	50.00	896.87	898.30	898.70	899.54	0.043143	4.93	10.14	14.34	1.87
1	80	PF 2	43.00	894.87	895.84	896.33	897.46	0.057710	5.64	7.62	10.87	2.15
1	80	PF 3	50.00	894.87	895.92	896.45	897.66	0.056244	5.84	8.57	11.36	2.15
1	37.11572	PF 2	43.00	893.01	894.49	894.82	895.55	0.036951	4.56	9.42	13.26	1.73
1	37.11572	PF 3	50.00	893.01	894.57	894.93	895.73	0.037083	4.76	10.50	13.88	1.75

Bridge Scour RS = 255



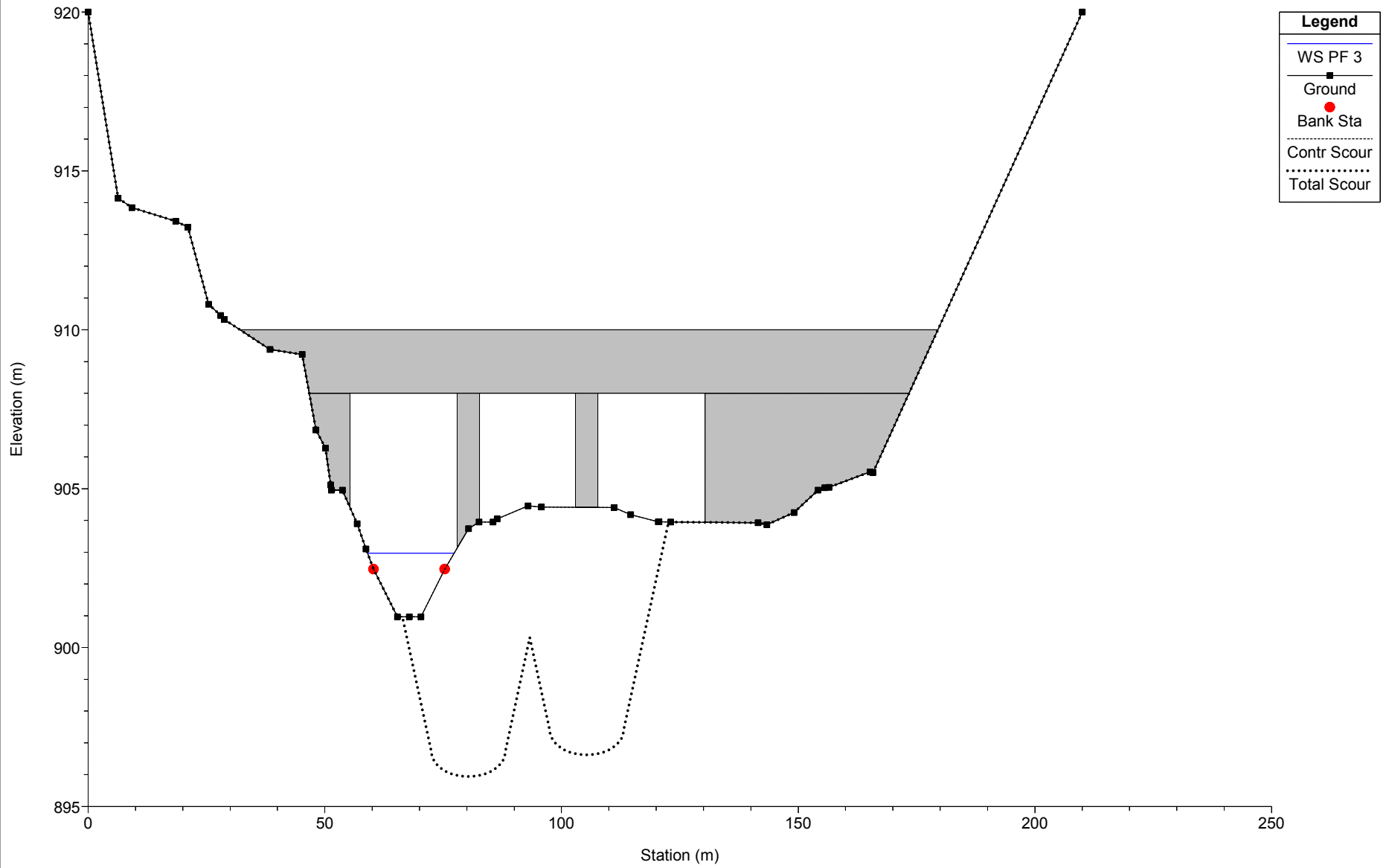
Contraction Scour

	Left	Channel	Right
Input Data			
Average Depth (m):		0.62	
Approach Velocity (m/s):		5.33	
Br Average Depth (m):	0.19	1.37	0.19
BR Opening Flow (m3/s):	0.10	42.75	0.15
BR Top WD (m):	0.96	15.00	1.48
Grain Size D50 (mm):	10	10	10
Approach Flow (m3/s):		43.00	
Approach Top WD (m):		12.97	
K1 Coefficient:		0.640	
Results			
Scour Depth Ys (m):		0.00	
Critical Velocity (m/s):		1.23	
Equation:		Live	

Pier Scour

	All piers have the same scour depth		
Input Data			
Pier Shape:	Round nose		
Pier Width (m):	4.70		
Grain Size D50 (mm):	10.00000		
Depth Upstream (m):	0.64		
Velocity Upstream (m/s):	6.24		
K1 Nose Shape:	1.00		
Pier Angle:	0.00		
Pier Length (m):	15.00		
K2 Angle Coef:	1.00		
K3 Bed Cond Coef:	1.10		
Grain Size D90 (mm):	20.00000		
K4 Armouring Coef:	1.00		
Results			
Scour Depth Ys (m):	7.61		
Froude #:	2.49		
Equation:	CSU equation		

Bridge Scour RS = 255



Contraction Scour

	Left	Channel	Right
Input Data			
Average Depth (m):		0.67	
Approach Velocity (m/s):		5.61	
Br Average Depth (m):	0.25	1.50	0.25
BR Opening Flow (m3/s):	0.21	49.47	0.32
BR Top WD (m):	1.28	15.00	1.97
Grain Size D50 (mm):	10.00	10.00	10.00
Approach Flow (m3/s):		50.00	
Approach Top WD (m):		13.29	
K1 Coefficient:		0.640	
Results			
Scour Depth Ys (m):		0.00	
Critical Velocity (m/s):		1.24	
Equation:		Live	

Pier Scour

	All piers have the same scour depth		
Input Data			
Pier Shape:	Round nose		
Pier Width (m):	4.70		
Grain Size D50 (mm):	10.00000		
Depth Upstream (m):	0.68		
Velocity Upstream (m/s):	6.44		
K1 Nose Shape:	1.00		
Pier Angle:	0.00		
Pier Length (m):	15.00		
K2 Angle Coef:	1.00		
K3 Bed Cond Coef:	1.10		
Grain Size D90 (mm):	20.00000		
K4 Armouring Coef:	1.00		
Results			
Scour Depth Ys (m):	7.79		
Froude #:	2.48		
Equation:	CSU equation		