

PROGETTO ESECUTIVO

LAVORI DI ADEGUAMENTO OPERE DI DIFESA IDRAULICA SUL FIUME TANARO NEL CONCENTRICO DI ASTI

OGGETTO: (AT-E-752) - Codice Opera N. 1315 - CUP: B31E16000310002 - CIG: 8985015CED

ELABORATO:

RELAZIONE IDROLOGICO - IDRAULICA

ELABORATO N.

02

REV.	DESCRIZIONE	DATA	SCALA	REDAZIONE	REVISIONE
00	Prima Emissione	Settembre 2025	-	Sordo	-

IL PROGETTISTA:

SR STUDIO
STUDIO ASSOCIATO

Ing. Sergio Sordo

Corso Langhe 10 - Alba (CN)

tel: 0173 364823

email: sordosergio@srstudio.info

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Ing. Gianluca Zanichelli

SOMMARIO

1	PREMESSA	3
2	INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA DI INTERVENTO	3
3	CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DEL BACINO DEL FIUME TANARO NELLA SEZIONE DI CHIUSURA.....	5
3.1	VALUTAZIONE DELLE PORTATE MASSIME ANNUE AL COLMO	5
3.2	EVENTO DI PIENA DEL 21-25 NOVEMBRE 2016 UTILIZZATO PER LA TARATURA DEL MODELLO	6
4	VALUTAZIONE DEI LIVELLI DI PIENA IN CONDIZIONI DI MOTO PERMANENTE ASSOCIATI AI VALORI DI Q_{cmax} CON I TEMPI DI RITORNO ASSEGNATI	9
4.1	MODELLO IDRAULICO MONODIMENSIONALE DI MOTO PERMANENTE	9
4.2	TARATURA DEL MODELLO IDRAULICO-NUMERICO PER LA DEFINIZIONE DEI COEFFICIENTI DI SCABREZZA.....	14
4.3	VALUTAZIONE DEI LIVELLI DI PIENA IN CONDIZIONI DI MOTO PERMANENTE ASSOCIATI AL VALORE DI PORTATA CON TEMPO DI RITORNO DUECENTENNALE PER LA VERIFICA DEL FRANCO ARGINALE	31
5	VERIFICA DEL FRANCO ARGINALE	53
6	VERIFICA CANALETTA DI SCOLO RIALZO PASSEGGIATA	54
6.1	VALUTAZIONE DELL'ALTEZZA DI PIOGGIA CON IL METODO TCEV DELLA REGIONE PIEMONTE	54
6.2	CALCOLO DELLE PORTATE D'ACQUA METEORICHE DA SMALTIRE	56
6.3	DIMENSIONAMENTO IDRAULICO DELLE TUBAZIONI DI SCOLO	59
7	INTERVENTO DI RICALIBRATURA BORBORE.....	61

1 PREMESSA

Il presente lavoro viene svolto su incarico della Agenzia Interregionale per il Fiume Po (AIPO) al fine di fornire tutti gli elementi idraulici e geotecnici necessari per definire i lavori di adeguamento di opere di difesa idrauliche esistenti sul fiume Tanaro nel concentrico di Asti. In particolare, i lavori prevedono l'innalzamento degli argini esistenti su entrambi i lati del fiume nel tratto immediatamente a valle del ponte di Corso Savona per uno sviluppo sull'asta fluviale di circa 500 m (intervento A) e nel tratto immediatamente a monte del ponte di Corso Savona per uno sviluppo sull'asta fluviale di circa 1.80 km (intervento B), al fine di adattarsi alla quota degli argini esistenti già rialzati in precedenti lavori di adeguamento idraulico. Sono previsti inoltre dei lavori di ricalibratura del torrente Borbore in prossimità della confluenza con il Tanaro, al fine di approvvigionare il materiale terroso necessario alla realizzazione dei rialzi arginali.

2 INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA DI INTERVENTO

L'area di intervento si colloca in zona urbana, nel tratto del Fiume Tanaro in prossimità di Corso Savona, arteria primaria di accesso a sud della città di Asti.

Nel tratto in esame il Tanaro denota le classiche caratteristiche dei corsi d'acqua a regime fluviale di pianura e morfologicamente l'area si presenta pianeggiante, in zona centrale rispetto all'ampia vallata.

Si riportano nel seguito la foto aerea e un estratto della Base Dati Territoriale di Riferimento degli Enti (BDTRE) 2025, con individuazione dei tratti interessati dall'intervento A, a valle del ponte, e dall'intervento B, a monte del ponte.

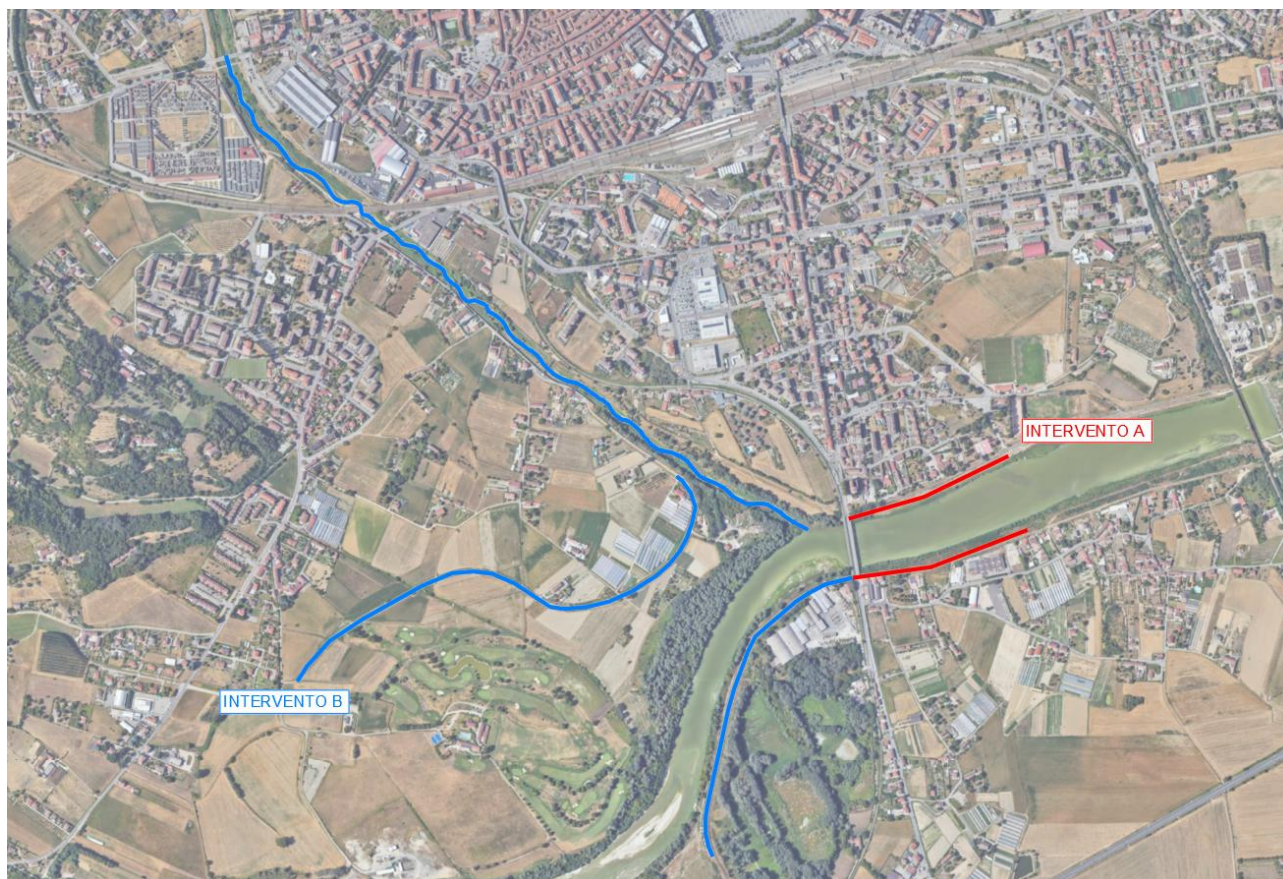
**LAVORI DI ADEGUAMENTO OPERE DI DIFESA IDRAULICA SUL FIUME TANARO NEL CONCENTRICO DI ASTI
PROGETTO ESECUTIVO**

Figura 2.1: Foto aerea della zona di interesse (Google Earth 2024)

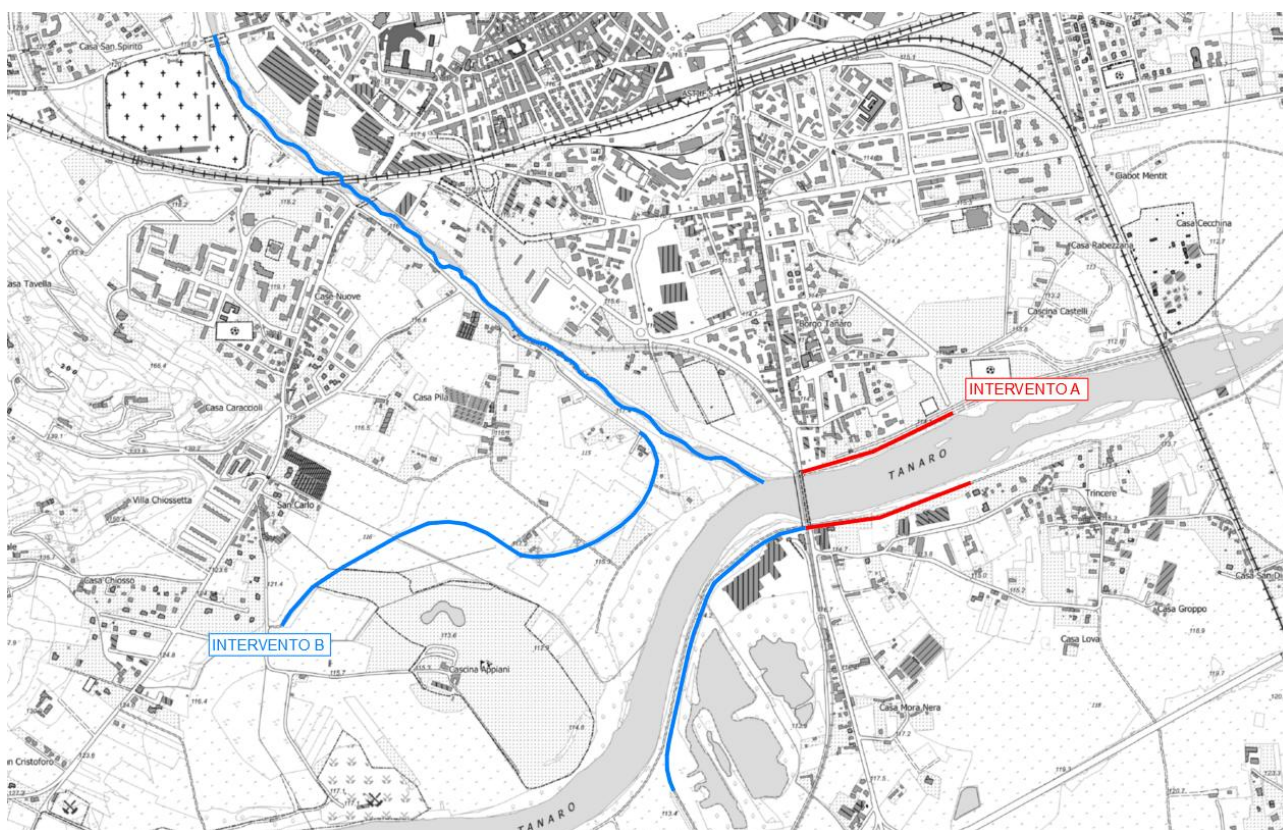


Figura 2.2: Inquadramento dell'area di interesse su BDTRE Regione Piemonte 2025

3 CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DEL BACINO DEL FIUME TANARO NELLA SEZIONE DI CHIUSURA

Essendo l'asta del Fiume Tanaro studiata in numerose sezioni all'interno della direttiva piena di progetto del PAI, si è fatto riferimento alle caratteristiche idrologiche contenute in tali pubblicazioni.

Di seguito, viene anche riportata la descrizione dell'evento di piena del Novembre 2016, utilizzata per la taratura dei coefficienti di scabrezza adottati per le verifiche del franco idraulico.

3.1 VALUTAZIONE DELLE PORTATE MASSIME ANNUE AL COLMO

Il Fiume Tanaro ricade all'interno dei corsi d'acqua di competenza dell'AlPo, soggetti al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI).

Gli studi idrologici del Fiume Tanaro sono contenuti nella *"Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica"*, recentemente aggiornata nel Luglio 2021 all'interno dello studio denominato *"Progetto di variante al PAI: Fiume Tanaro da Ceva alla confluenza nel Fiume Po"*.

Di seguito viene riportato uno stralcio del progetto di variante:

Tab. 4.26 - parte: portate di piena per il fiume Tanaro (aggiornata, condizioni di stato attuale)

Bacino	Corso d'acqua	Progr. (km)	Sezione		Superficie	Q20	Q200	Q500	Idrometro
			Cod	Denomin.	km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	
Tanaro	Tanaro	61.078	123	Ceva	470	670	1150	1340	
Tanaro	Tanaro	105.503	92	Farigliano	1522	1550	2300	2600	Tanaro a Farigliano
Tanaro	Tanaro	144.620	66	Alba	3374	2050	3050	3400	Tanaro ad Alba
Tanaro	Tanaro	177.563	45	Asti	4241	2650	3606	3900	Tanaro ad Asti
Tanaro	Tanaro	226.908	17	Alessandria (Cittadella)	5258	2850	3869	4200	Tanaro ad Alessandria
Tanaro	Tanaro	236.891	11	Montecastello	7985	3250	5400		

Figura 3.1: Stralcio al progetto di variante al PAI contenente i valori di portata di piena di progetto

Le caratteristiche idrologiche del bacino del Fiume Tanaro che vengono adottate nei calcoli idrologici delle portate massime al colmo $Q_{\text{cm}}^{\text{max}}$ con gli assegnati tempi di ritorno sono riferite alle sezioni di chiusura di Asti.

L'oggetto della relazione riguarda la verifica del franco idraulico delle quote del rialzo arginale in progetto da condurre rispetto alla portata duecentennale: pertanto, nel seguito verrà adottata per il Tanaro la sola portata con tempo di ritorno di 200 anni, pari a **3606 m³/s**.

Al fine di modellare correttamente gli argini in sinistra idraulica del Tanaro a monte del ponte di C.so Savona, è stata modellata l'interazione con il torrente Borbore.

Per un problema di probabilità composta, l'evento che racchiude la concomitanza di due eventi con tempo di ritorno pari a 200 anni che interessano contemporaneamente il Tanaro ed il Borbore risulta avere un tempo di ritorno composto superiore di molto al duecentennale. Trattandosi della verifica idraulica delle opere arginali del fiume Tanaro, è quindi plausibile assegnare al fiume Borbore una portata di piena concomitante avente un tempo di ritorno inferiore ai 200 anni.

Coerentemente con quanto riportato da studi idraulici condotti in passato, secondo quanto riportato all'interno dell'elaborato "*16.1.1: Relazione idraulica – Variante strutturale di adeguamento al piano stralcio per l'assetto idrogeologico (P.A.I.)*" contenuto all'interno del Piano Regolatore Generale del Comune di Asti, è possibile assegnare ad una portata con tempo di ritorno di 200 anni del fiume Tanaro una portata concomitante pari a **250 m³/s** del torrente Borbore.

Riassumendo, per la verifica del franco idraulico delle arginature del fiume Tanaro sono state adottate le seguenti portate:

Tanaro: $Q_{\text{TR}=200} = 3606 \text{ m}^3/\text{s};$

Borbore: $Q_{\text{TR}<200} = 250 \text{ m}^3/\text{s}.$

3.2 EVENTO DI PIENA DEL 21-25 NOVEMBRE 2016 UTILIZZATO PER LA TARATURA DEL MODELLO

L'evento di piena che si è verificato nel novembre 2016 è stato ricostruito dettagliatamente dalla Regione Piemonte ed è stato utilizzato come riferimento per la taratura del modello idraulico-numerico monodimensionale.

In dettaglio si riporta nel seguito quanto indicato nella pubblicazione *“Gli eventi alluvionali in Piemonte - evento del 21-25 novembre 2016”* dell’Arpa Piemonte relativamente alla piena del Fiume Tanaro nella zona di Asti, di cui il seguente estratto: *“ad Asti è stato rilevato un livello al colmo sul secondo picco, di 7,71 m, più di 2 metri oltre la soglia di pericolo e corrispondente ad una portata dell’ordine di 3450 mc/sec.”*

L'idrometro sul Fiume Tanaro da cui è stata effettuata la valutazione della portata si trova in prossimità del ponte di C.so Savona ad Asti.



Figura 3.2: Planimetria con indicata la posizione dell'idrometro sul Fiume Tanaro ad Asti

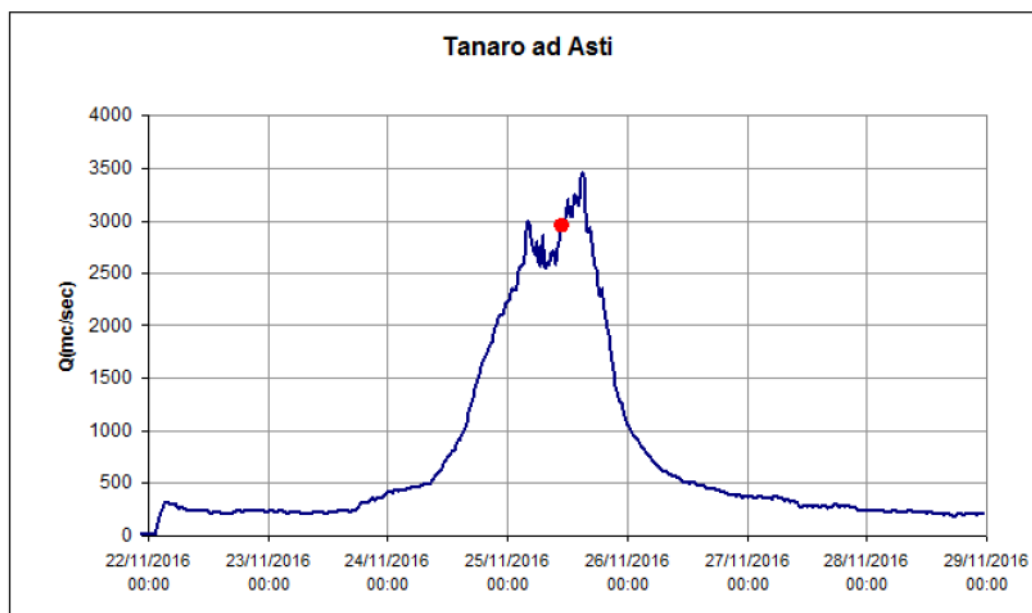


Figura 3.3: Idrogramma di piena misurato dall'idrometro sul Fiume Tanaro ad Asti

I dati relativi ai livelli di piena raggiunti durante l'evento sono stati dedotti dal Geoportale dell'Arpa Piemonte e sono riportati nel seguito con i relativi riferimenti descrittivi.



Figura 3.4: Planimetria dell'area allagata durante l'evento di piena del Novembre 2016, con indicati i livelli di piena del Fiume Tanaro rilevati nel tratto oggetto di studio (Fonte: Geoportale Arpa Piemonte – "Evento alluvionale del 21-25 Novembre 2016")

4 VALUTAZIONE DEI LIVELLI DI PIENA IN CONDIZIONI DI MOTO PERMANENTE ASSOCIATI AI VALORI DI Q_{cmax} CON I TEMPI DI RITORNO ASSEGNATI

La valutazione dei livelli di piena viene effettuata in moto permanente in quanto questa tipologia di moto rappresenta una buona approssimazione del moto che si manifesta negli alvei naturali dei corsi d'acqua.

4.1 MODELLO IDRAULICO MONODIMENSIONALE DI MOTO PERMANENTE

Con un modello monodimensionale di moto permanente è stato simulato il comportamento idraulico del tratto fluviale complessivo dal ponte di C.so Savona ad Asti verso valle.

Tale metodo permette pertanto una rappresentazione dei livelli di piena nelle sezioni del fiume più raffinata di quanto non lo permetta la schematizzazione del moto uniforme nelle singole sezioni dell'alveo, in quanto con esso è possibile calcolare i livelli tenendo conto anche delle altre sezioni di verifica e delle singolarità idrauliche che ci possono essere nel tratto considerato.

Il problema del tracciamento del profilo di superficie libera di un corso d'acqua naturale in moto permanente con una data portata Q si risolve con procedimenti di calcolo numerico.

L'operazione richiede preliminarmente un rilievo dettagliato dell'alveo per suddividere il corso d'acqua in tronchi di lunghezza Δs , tali da poter confondere i valori medi della sezione e della velocità in ciascun tronco con i valori ad un estremo.

Anche la natura dell'alveo deve conservarsi, entro certi limiti, in ciascun tronco.

Eseguita la suddivisione, è necessario il rilievo dettagliato delle caratteristiche geometriche di tutte le sezioni di separazione dei vari tratti.

Siano (i) e (i+1) due sezioni consecutive, distanti Δx in asse, nella prima delle quali siano note tutte le grandezze idrauliche.

La variazione di carico idraulico ΔH tra le due sezioni si può calcolare mediante la seguente relazione alle differenze finite:

$$\Delta H = -[j]_i \cdot \Delta x$$

Si può ottenere così il carico H_{i+1} della sezione $i+1$ e conseguentemente il carico piezometrico h_{i+1} , che rappresenta la quota del pelo libero rispetto ad un piano di riferimento orizzontale, risolvendo l'equazione:

$$H_{i+1} = h_{i+1} + \frac{Q^2}{2g \cdot \Omega_{i+1}^2}$$

È possibile in questo modo ricavare il carico piezometrico della corrente nelle sezioni di rilievo e da questo calcolare le caratteristiche idrauliche che il fiume ha nel tratto in esame. Questa trattazione teorica relativa ad alvei omogenei è stata generalizzata considerando anche il deflusso golenale che si manifesta per portate al colmo dell'entità di quelle in oggetto.

È stato utilizzato per il calcolo dei livelli e delle principali caratteristiche del moto il software HEC-RAS v.5.0.6 del U.S. Army Corps of Engineers.

Venendo nel dettaglio del modello idraulico-numerico si è compiuta la modellazione del moto permanente del Fiume Tanaro lungo un tratto di asta per una lunghezza di circa 20 km.

Il modello idraulico adottato risulta essere uno stralcio di un più vasto modello del Fiume Tanaro, che va da monte dell'abitato di Alba fino a valle dell'abitato di Asti.

Nel modello idraulico numerico sono inserite 25 sezioni trasversali del Fiume Tanaro e 5 sezioni trasversali del Bobore nei pressi della confluenza, come indicato nella planimetria riportata nel seguito.

L'elaborazione è stata compiuta partendo da valle e risalendo verso monte; infatti, il Fiume Tanaro, nel tratto esaminato, è un corso d'acqua a regime fluviale nelle condizioni di piena ipotizzate ed il moto dell'acqua avviene in corrente lenta con il profilo liquido che dipende dalle condizioni di valle.

Si è imposto al modello numerico che le aree golenali non contribuiscano al moto dell'acqua, fino a quando il deflusso può essere contenuto dalle sponde dell'alveo principale, ovvero anche da rialzi morfologici delle medesime. A proposito delle condizioni al contorno del modello, e cioè del livello dell'acqua nella sezione di partenza, si è imposto per le portate di riferimento che tale livello fosse pari a quello di moto uniforme.

Si precisa comunque che l'ipotesi sul livello di partenza, sebbene importante per le caratteristiche del moto nel tratto in studio, non influenza in modo significativo i livelli dell'acqua nel tratto di fiume di interesse.

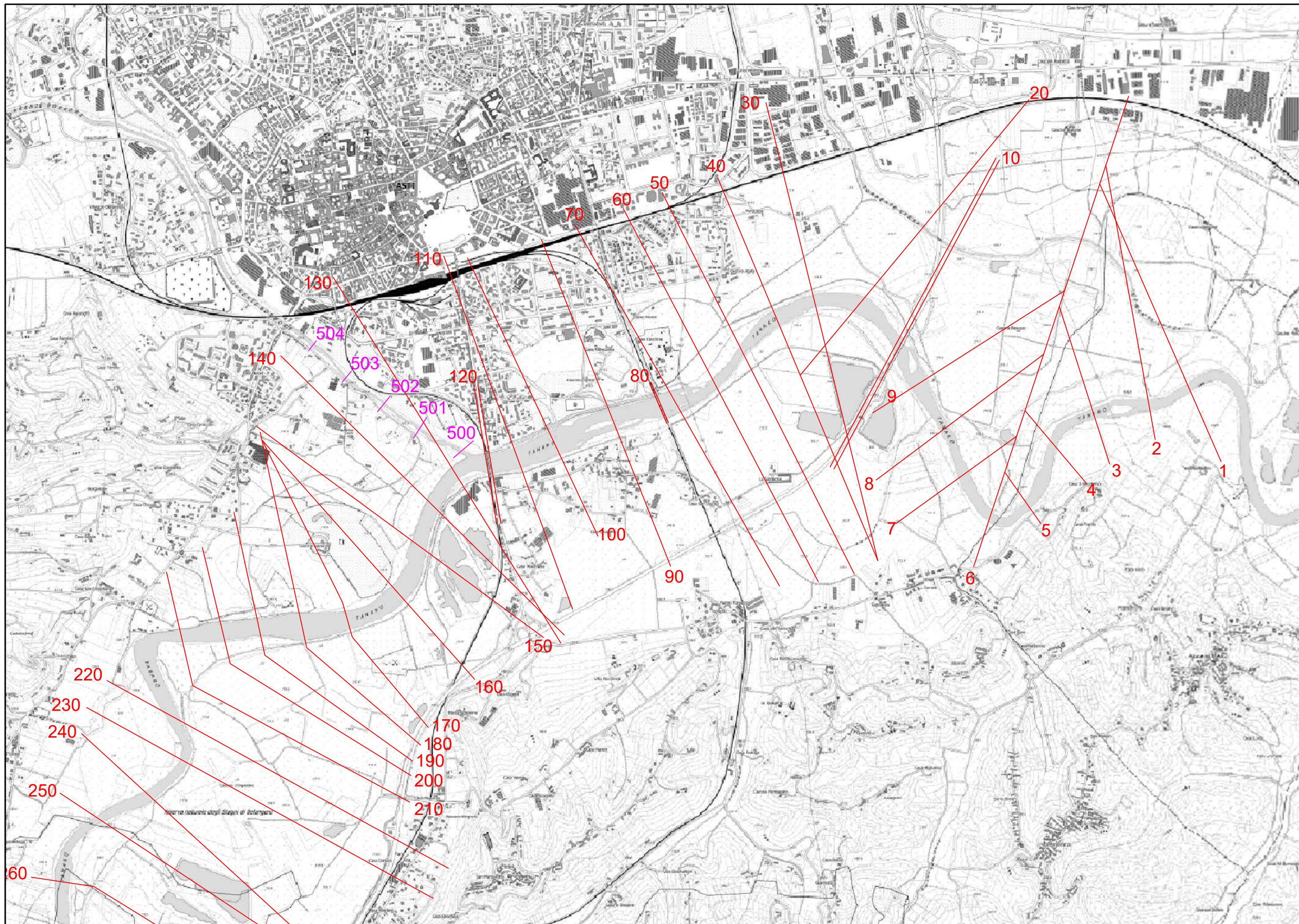
Questo perché la sezione di partenza della simulazione idraulica è relativamente lontana a valle, e sono numerose le sezioni d'alveo frapposte tra essa e quelle che sono significative per lo studio delle aree in oggetto; pertanto, in queste condizioni il livello dell'acqua in quella prima sezione ha poca influenza, come si può osservare facilmente facendolo variare all'interno di una tolleranza ragionevole, tale da non cambiare le caratteristiche idrauliche del moto.

Le scabrezze adottate sono state ricavate dal procedimento di taratura del modello numerico spiegato nel seguente paragrafo.

Di seguito viene riportata la legenda per la lettura delle tabelle di output di Hec-Ras e una planimetria su BDTRE Regione Piemonte con l'individuazione grafica delle sezioni adottate per la modellazione idraulica.

LEGENDA

River sta.	=	sezione di calcolo
Q total	=	portata in m ³ /s
Min Ch El	=	quota del fondo alveo in m
W.S. Elev.	=	livello del pelo libero dell'acqua in m
Crit W.S.	=	livello di moto critico dell'acqua in m
E.G. Elev	=	livello energetico globale in m
E.G. Slope	=	pendenza motrice
Vel Chnl	=	velocità nell'alveo in m/s
Flow Area	=	area liquida in m ²
Top Width	=	larghezza sezione liquida in sommità in m
Froude # Chl	=	numero di Froude della corrente in alveo



4.2 TARATURA DEL MODELLO IDRAULICO-NUMERICO PER LA DEFINIZIONE DEI COEFFICIENTI DI SCABREZZA

Per eseguire la taratura del modello idraulico-numerico si è fatto riferimento a quanto rilevato in seguito all'evento di piena del 2016 sul Fiume Tanaro.

In dettaglio i valori finali di scabrezza ottenuti derivano dalla correlazione tra i battenti idraulici relativi all'evento di piena del novembre 2016 ed il relativo valore di portata al colmo (pari a 3450 m³/s).

Per verificare questa correlazione si è fatto riferimento ad alcune aree dove sono stati rilevati i tiranti idraulici raggiunti (punti A e B).

Inizialmente sono stati introdotti dei valori dei coefficienti di scabrezza reperiti in letteratura in funzione delle tipologie di superficie che compongono l'area in studio.

È stato poi eseguito un procedimento iterativo di variazione dei valori per realizzare quanto più possibile la corrispondenza tra la portata di piena stimata ed i livelli raggiunti.

In considerazione delle caratteristiche dell'evento di piena considerato, il cui tempo di ritorno è di poco superiore ai 100 anni, e della sua schematizzazione si suppone che la portata al colmo stimata sia costante lungo l'asta del Fiume Tanaro nel tratto indagato che parte poco a monte del ponte di C.so Savona in Asti e procede per circa 20 km verso valle.

Per valutare le quote assolute dell'acqua durante l'evento di piena del 2016, da confrontare con i risultati delle simulazioni, è stato eseguito dai tecnici dell'Amministrazione della Provincia di Cuneo uno specifico rilievo del terreno nei punti dove sono state eseguite le misure dei battenti idraulici a cui sono state aggiunti i valori di tali misure.

I valori definitivi dei coefficienti di scabrezza del corso d'acqua, derivanti da tale operazione di taratura i cui risultati sono di seguito esposti, sono i seguenti:

- Alveo principale: $n = 0.042 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ ($c = 23.8 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$);
- Zone golenali: $n = 0.067 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ ($c = 15.0 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$);

posizione	Quota acqua rilevata [m s.l.m.]	Quota acqua calcolata [m s.l.m.]	Δh [m]
A	116.30	116.04	-0.26
B	116.50	116.65	+0.15

Nell'osservare che la ricostruzione di un evento di piena con un modello matematico è un'operazione complessa, che presenta comunque margini di approssimazione connessi anche con la rilevazione degli effetti, dalla precedente tabella si ricava che le differenze tra i valori misurati e quelli calcolati non sono particolarmente significativi e sono sia positivi che negativi.

Questo induce ad affermare ragionevolmente che il profilo di piena calcolato rappresenta con sufficiente precisione l'evento.

Pertanto, in relazione alle differenze rilevate, si ritiene che il modello implementato rappresenti bene i deflussi del Fiume Tanaro nel tratto in esame per la portata di piena relativa all'evento alluvionale del 2016 ed i coefficienti di scabrezza ottenuti siano attendibili a rappresentare i deflussi del Fiume Tanaro nel tratto in esame.

Di seguito vengono riportati i risultati del modello idraulico di taratura.

MODELLO MONODIMENSIONALE DI TARATURA IN MOTO PERMANENTE

EVENTO ALLUVIONALE 2016

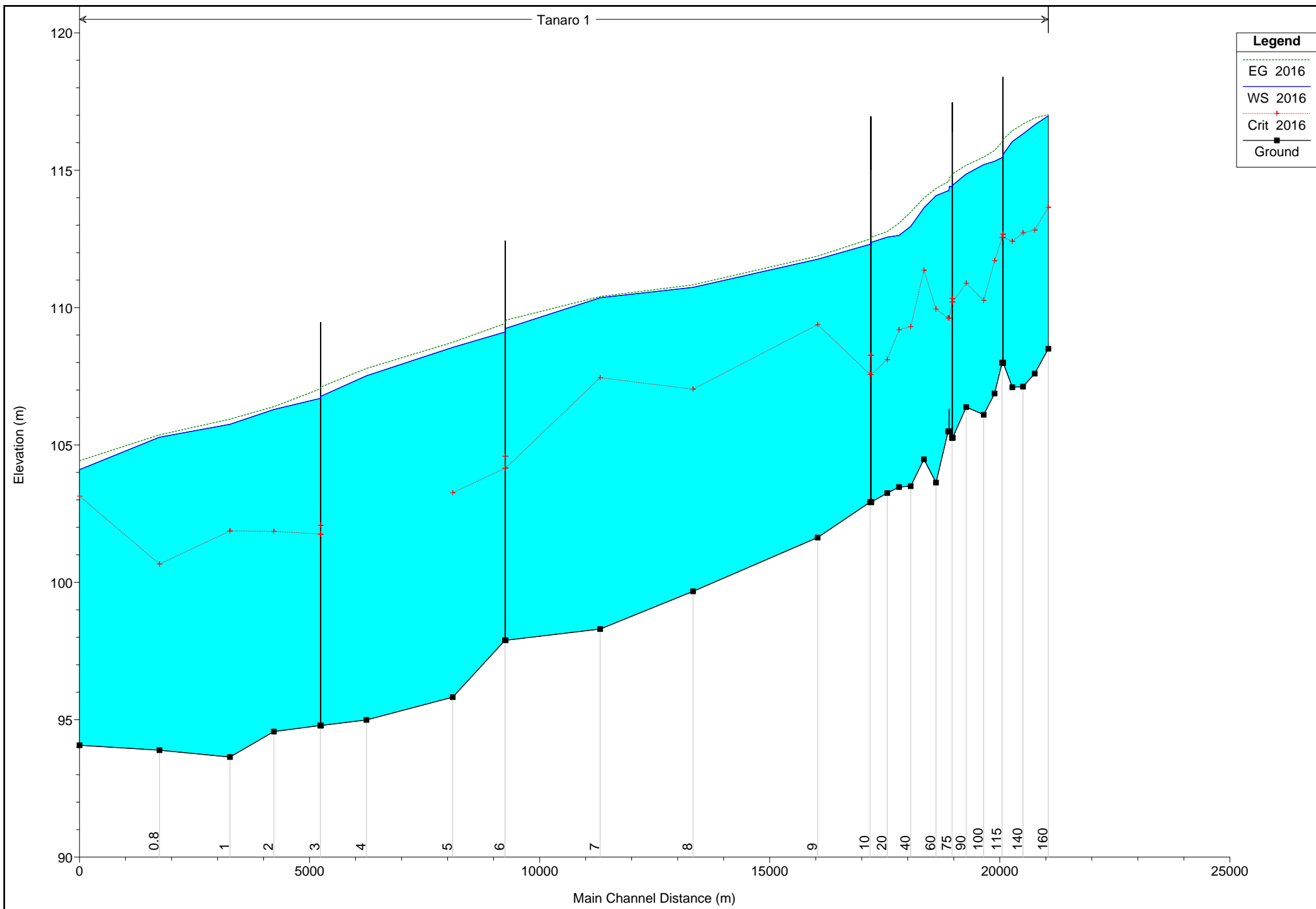
Corso d'acqua	Portata al colmo [m³/s]	Tempo di ritorno [anni]
Fiume Tanaro	3450	>100

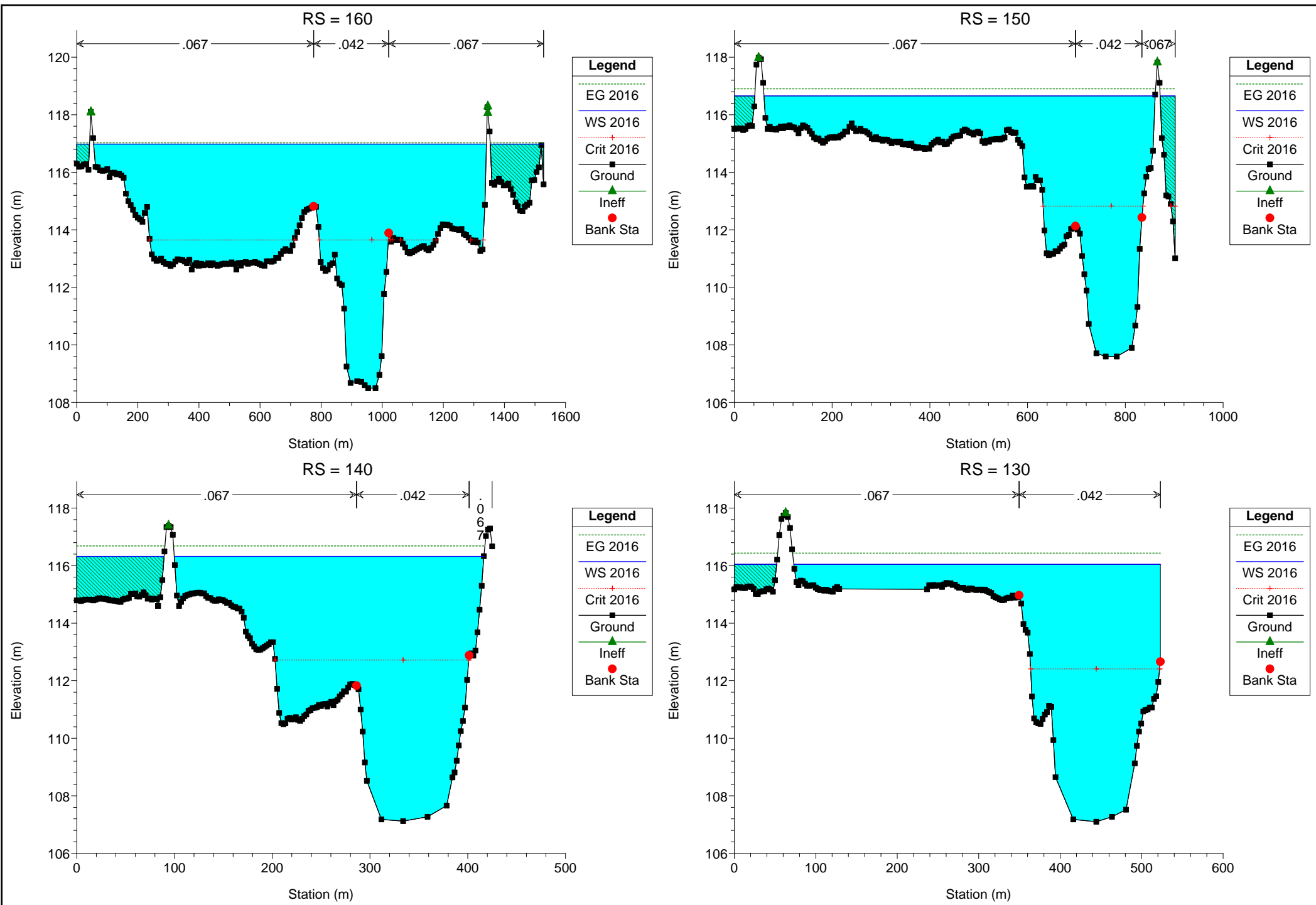
HEC-RAS Plan: 12 casse Alb River: Tanaro Reach: 1 Profile: 2016

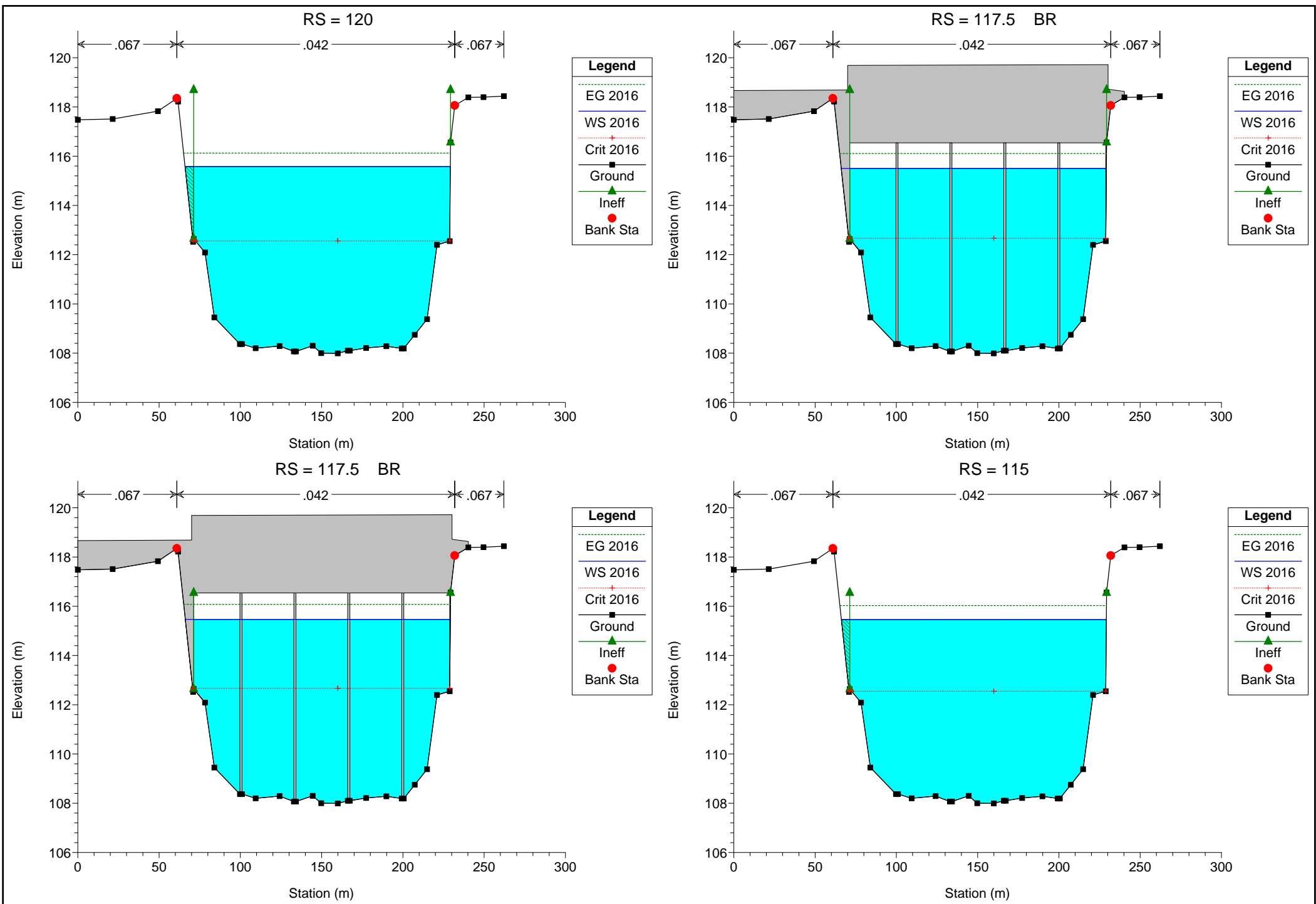
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
1	160	2016	3450.00	108.50	116.98	113.65	117.02	0.000215	1.17	4952.12	1502.22	0.15
1	150	2016	3450.00	107.60	116.65	112.83	116.90	0.000688	2.48	2356.81	872.92	0.28
1	140	2016	3450.00	107.12	116.32	112.72	116.68	0.000932	2.93	1616.02	405.96	0.33
1	130	2016	3450.00	107.10	116.04	112.41	116.44	0.001123	2.82	1424.19	502.03	0.34
1	120	2016	3450.00	107.99	115.58	112.56	116.13	0.001567	3.28	1051.80	163.22	0.41
1	117.5		Bridge									
1	115	2016	3450.00	107.99	115.46	112.55	116.03	0.001664	3.34	1032.75	163.01	0.42
1	110	2016	3450.00	106.87	115.33	111.70	115.72	0.001154	2.78	1247.47	548.29	0.35
1	100	2016	3450.00	106.10	115.20	110.26	115.48	0.000676	2.32	1492.05	273.10	0.27
1	90	2016	3450.00	106.38	114.86	110.89	115.18	0.000897	2.50	1377.66	285.31	0.31
1	80	2016	3450.00	105.26	114.46	110.20	114.87	0.000994	2.84	1212.83	166.39	0.33
1	77.5		Bridge									
1	75	2016	3450.00	105.26	114.41	110.21	114.82	0.001017	2.86	1204.38	166.26	0.33
1	70.5	2016	3450.00	105.49	114.41	109.62	114.72	0.000746	2.51	1466.84	1029.59	0.29
1	70.1		Inl Struct									
1	70	2016	3450.00	105.49	114.25	109.62	114.58	0.000799	2.57	1432.43	1024.76	0.30
1	60	2016	3450.00	103.63	114.07	109.95	114.34	0.000935	2.28	1513.79	1587.59	0.31
1	50	2016	3450.00	104.48	113.63	111.36	113.99	0.001831	2.67	1291.75	1739.77	0.41
1	40	2016	3450.00	103.50	112.96	109.30	113.48	0.001650	3.29	1227.83	1770.92	0.42
1	30	2016	3450.00	103.47	112.63	109.19	113.07	0.001420	3.07	1392.52	1831.21	0.39
1	20	2016	3450.00	103.25	112.56	108.11	112.76	0.000667	2.04	1947.91	1433.35	0.26
1	10.4	2016	3450.00	102.92	112.37	107.56	112.56	0.000504	1.95	1933.69	1505.05	0.23
1	10.2		Bridge									
1	10	2016	3450.00	102.92	112.30	107.56	112.49	0.000523	1.97	1908.02	1500.43	0.24
1	9	2016	3450.00	101.63	111.76	109.38	111.87	0.000538	2.01	3372.89	2553.21	0.24
1	8	2016	3450.00	99.67	110.74	107.03	110.83	0.000400	1.79	4409.39	1786.48	0.21
1	7	2016	3450.00	98.30	110.36	107.45	110.40	0.000263	1.53	5721.82	1883.40	0.17
1	6.5	2016	3450.00	97.89	109.24	104.16	109.54	0.000682	2.42	1427.56	777.92	0.28
1	6.2		Bridge									
1	6	2016	3450.00	97.89	109.11	104.16	109.42	0.000720	2.46	1403.01	776.97	0.28
1	5	2016	3450.00	95.82	108.55	103.26	108.74	0.000447	2.23	2742.58	917.12	0.23
1	4	2016	3450.00	94.99	107.52		107.78	0.000610	2.56	2326.79	736.12	0.26
1	3.5	2016	3450.00	94.79	106.77	101.75	107.11	0.000742	2.58	1337.16	270.27	0.29
1	3.2		Bridge									
1	3	2016	3450.00	94.79	106.70	101.76	107.04	0.000766	2.60	1324.68	270.01	0.29

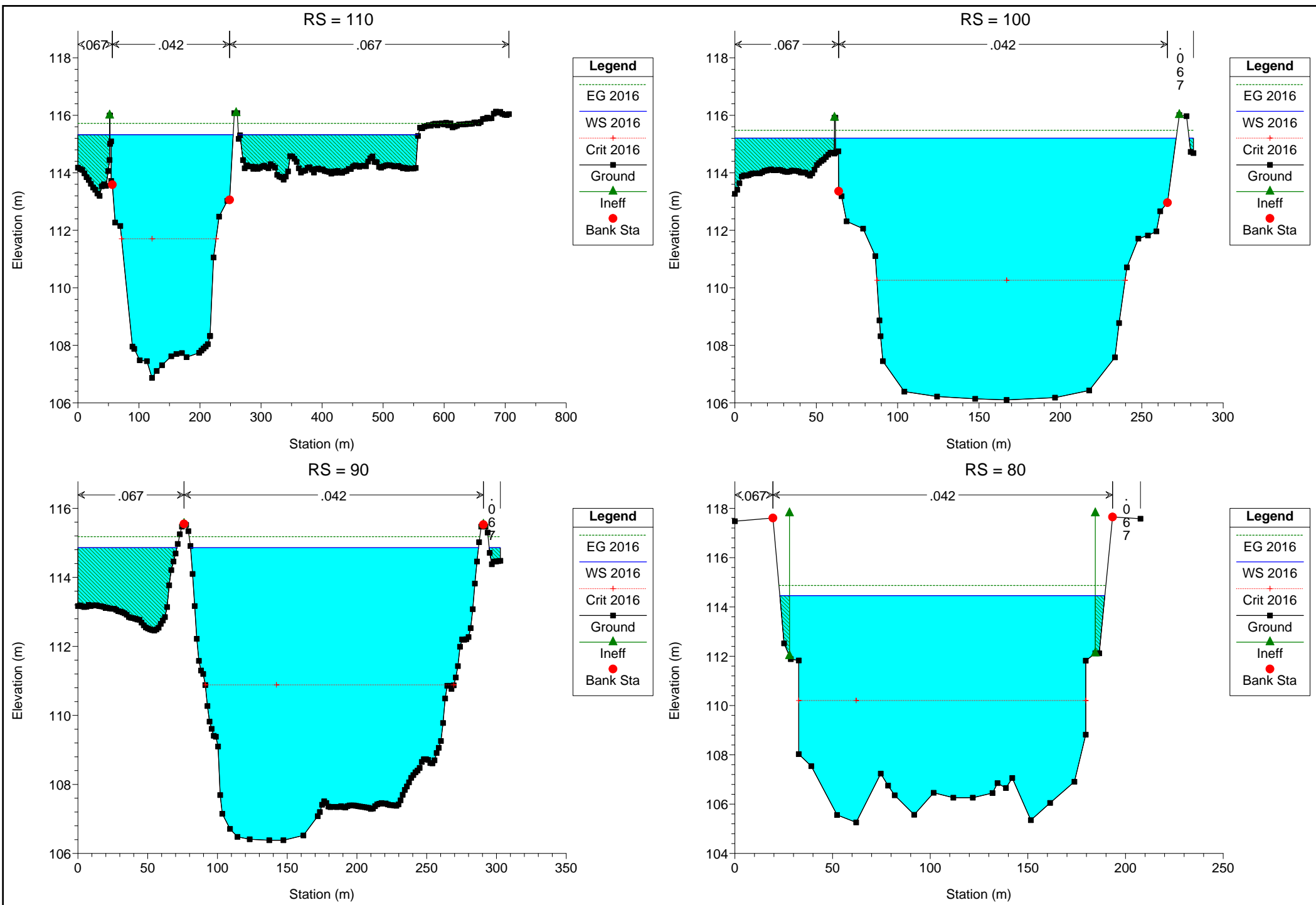
HEC-RAS Plan: 12 casse Alb River: Tanaro Reach: 1 Profile: 2016 (Continued)

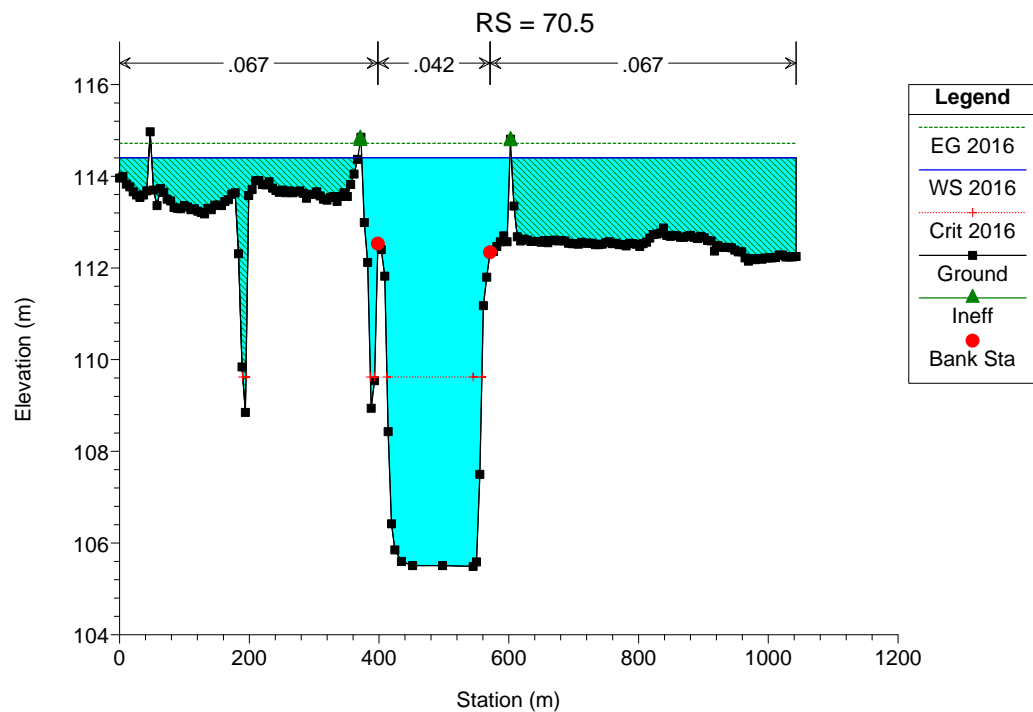
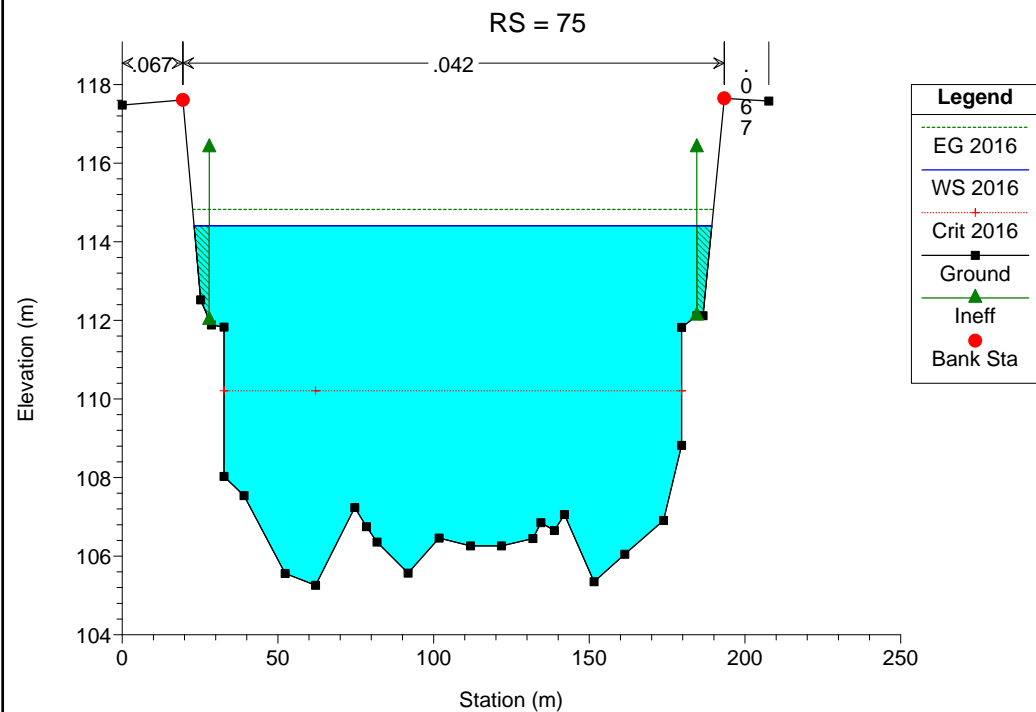
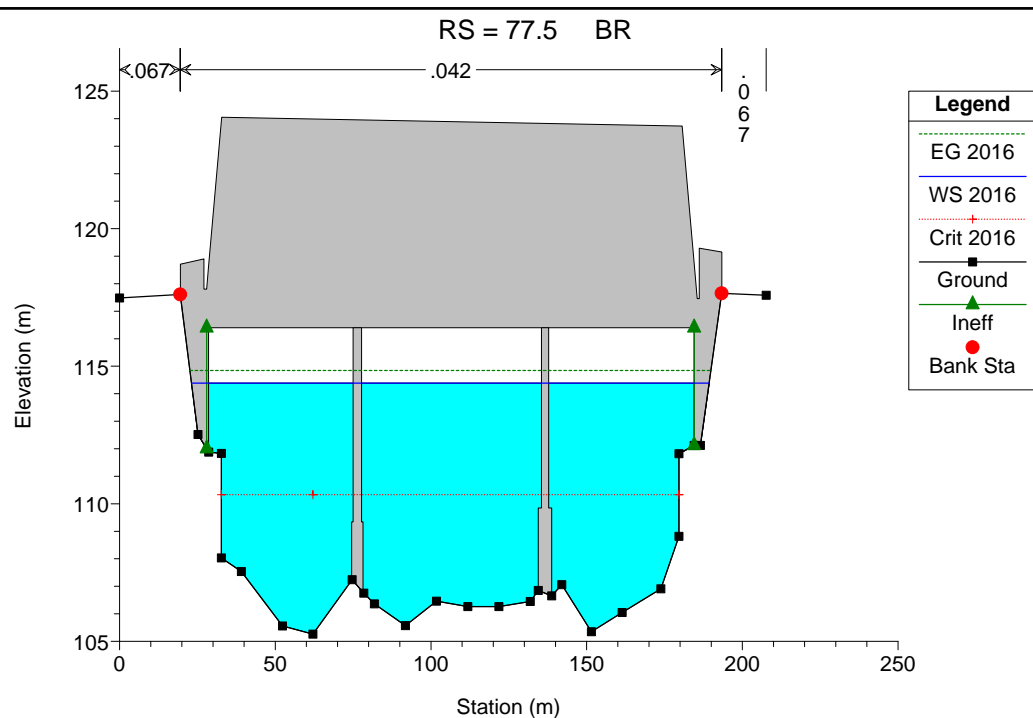
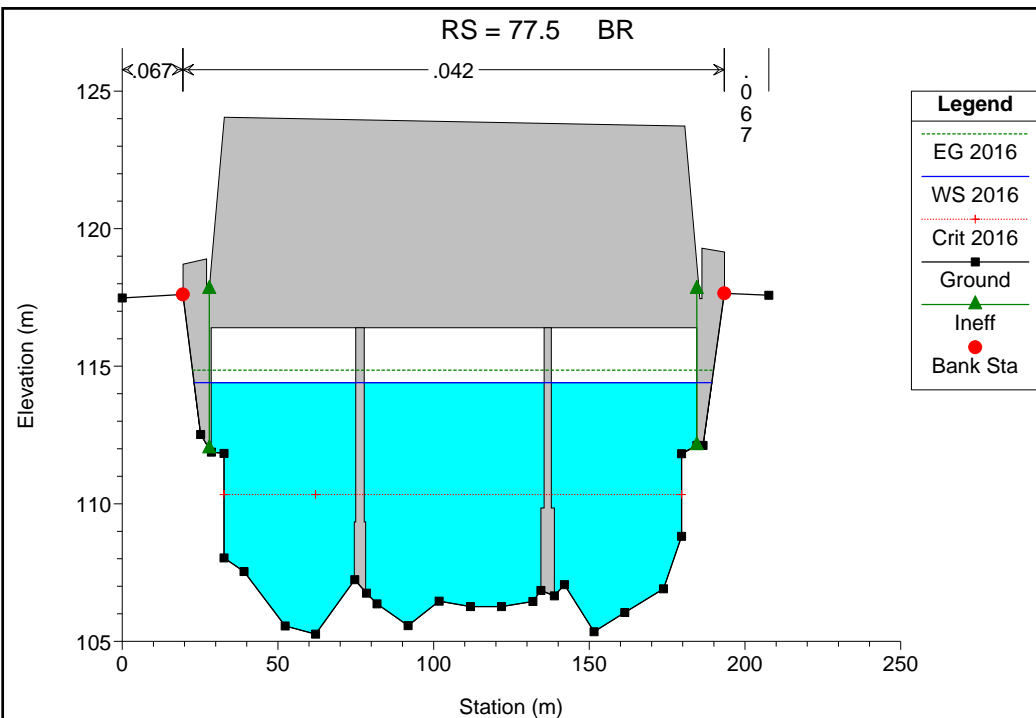
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
1	2	2016	3450.00	94.57	106.29	101.86	106.39	0.000417	1.85	4076.65	1596.83	0.21
1	1	2016	3450.00	93.64	105.75	101.87	105.94	0.000626	2.54	3383.20	1657.73	0.26
1	0.8	2016	3450.00	93.89	105.28	100.66	105.37	0.000310	1.61	3827.71	1086.41	0.19
1	0.6	2016	3450.00	94.07	104.10	103.14	104.43	0.001501	3.04	2086.24	862.09	0.39

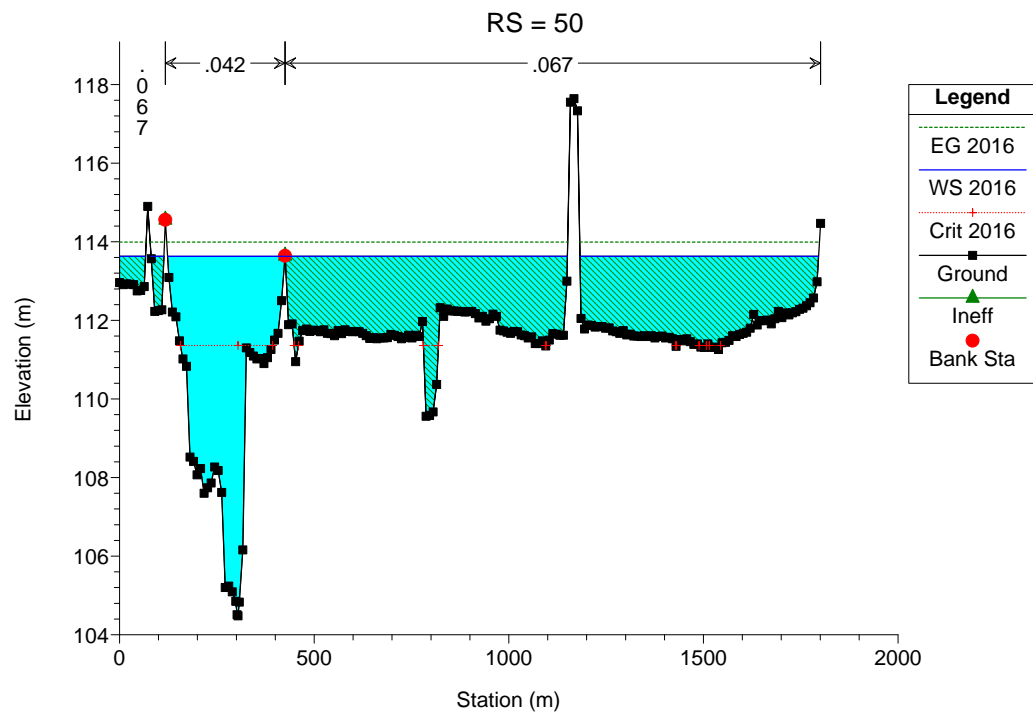
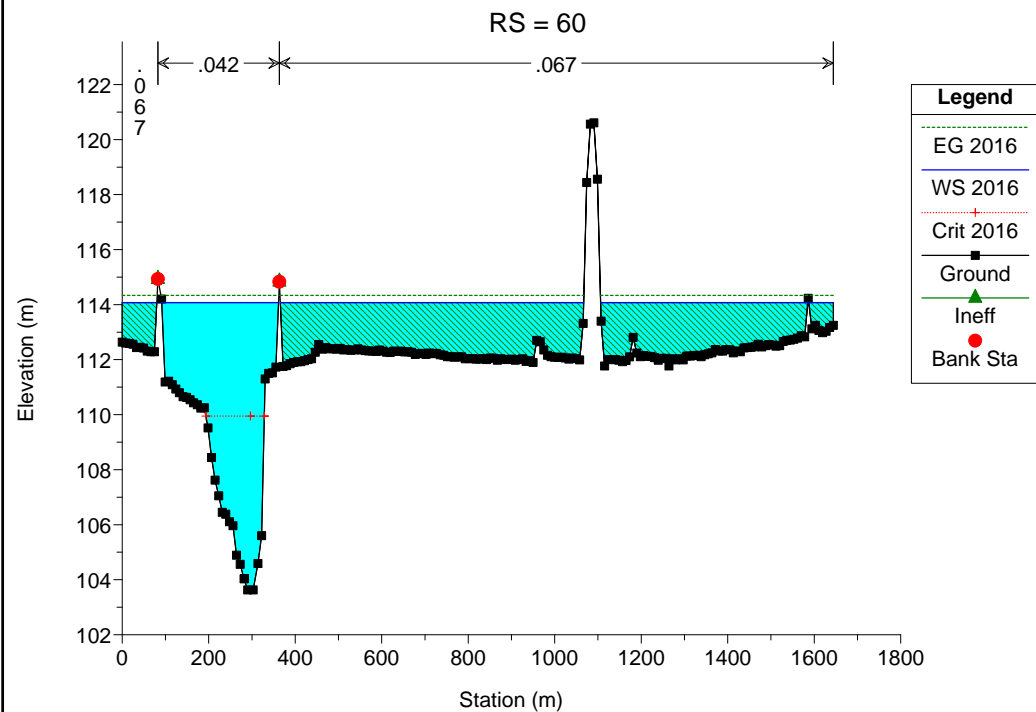
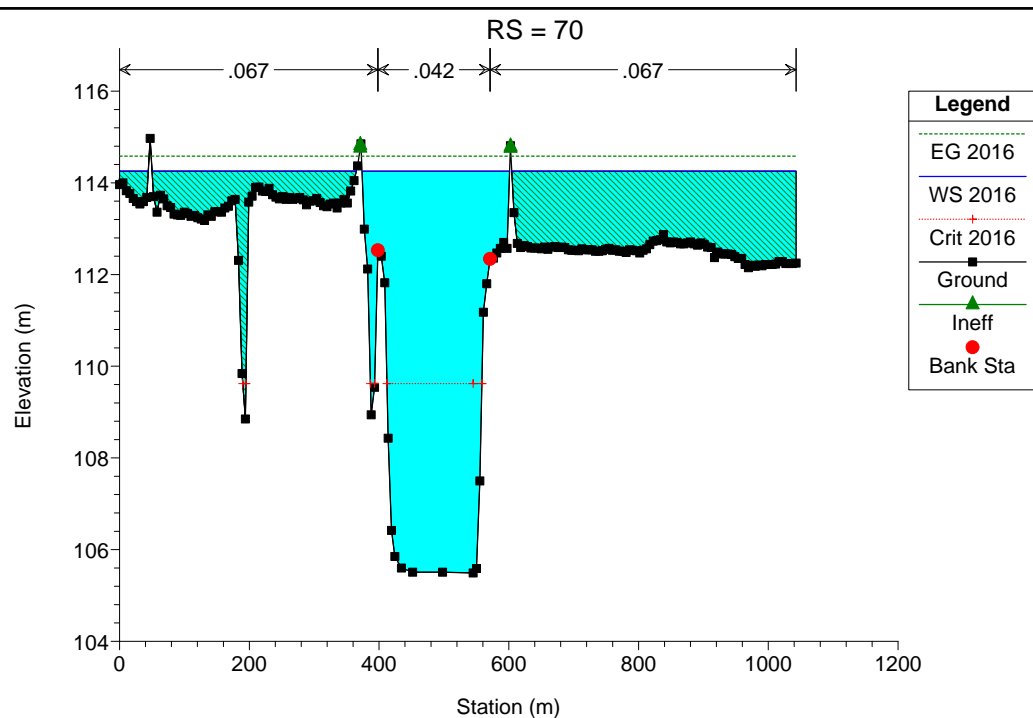
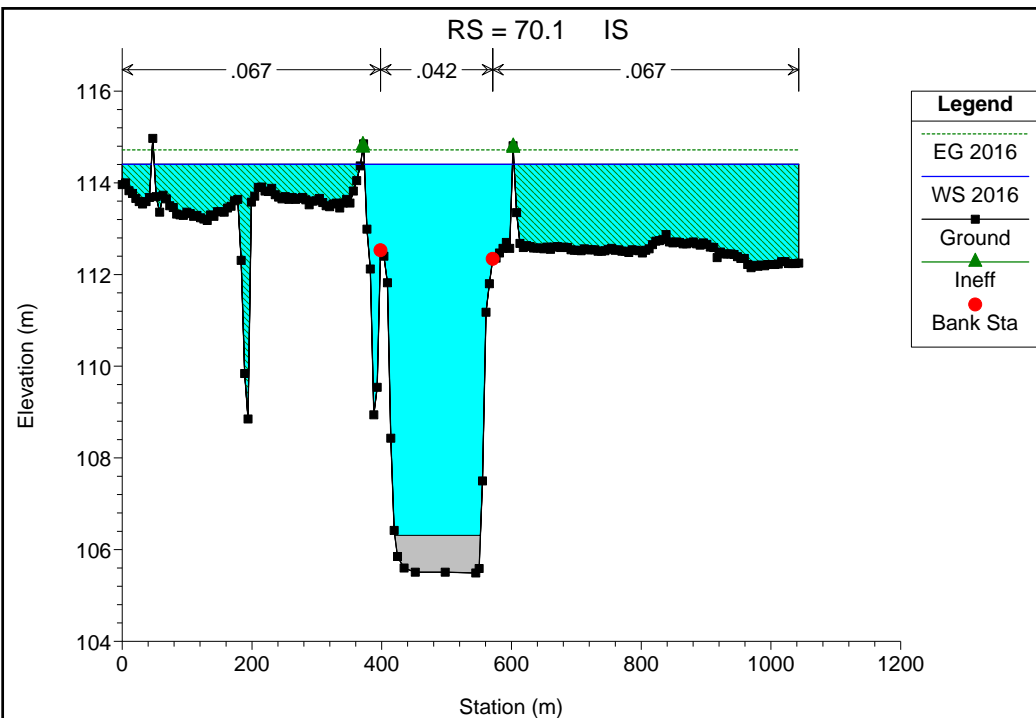


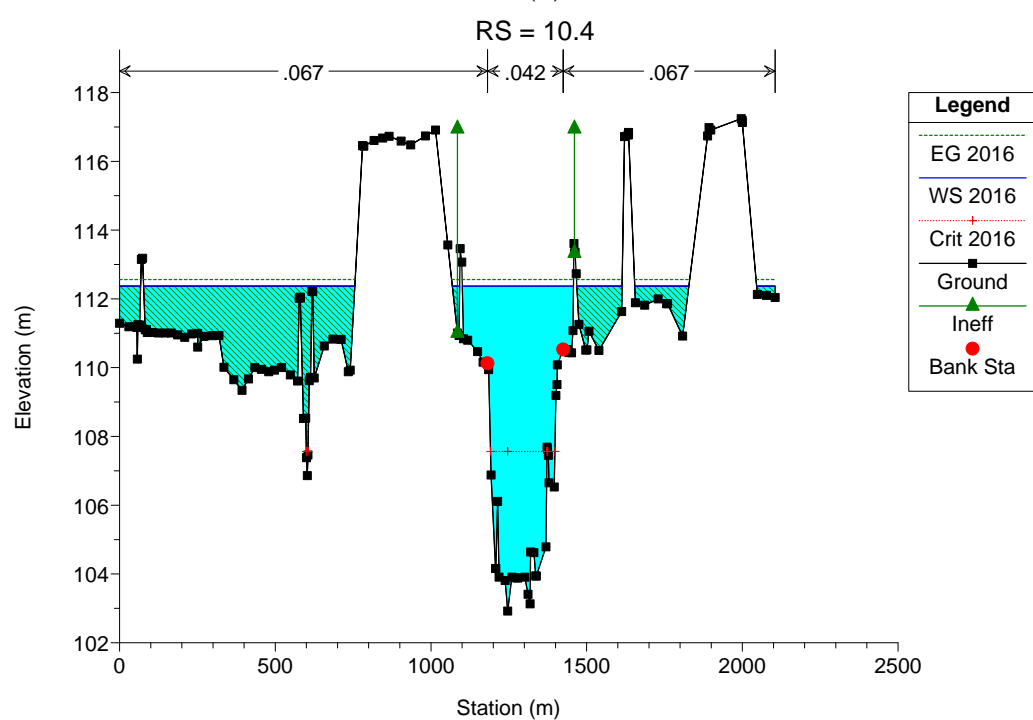
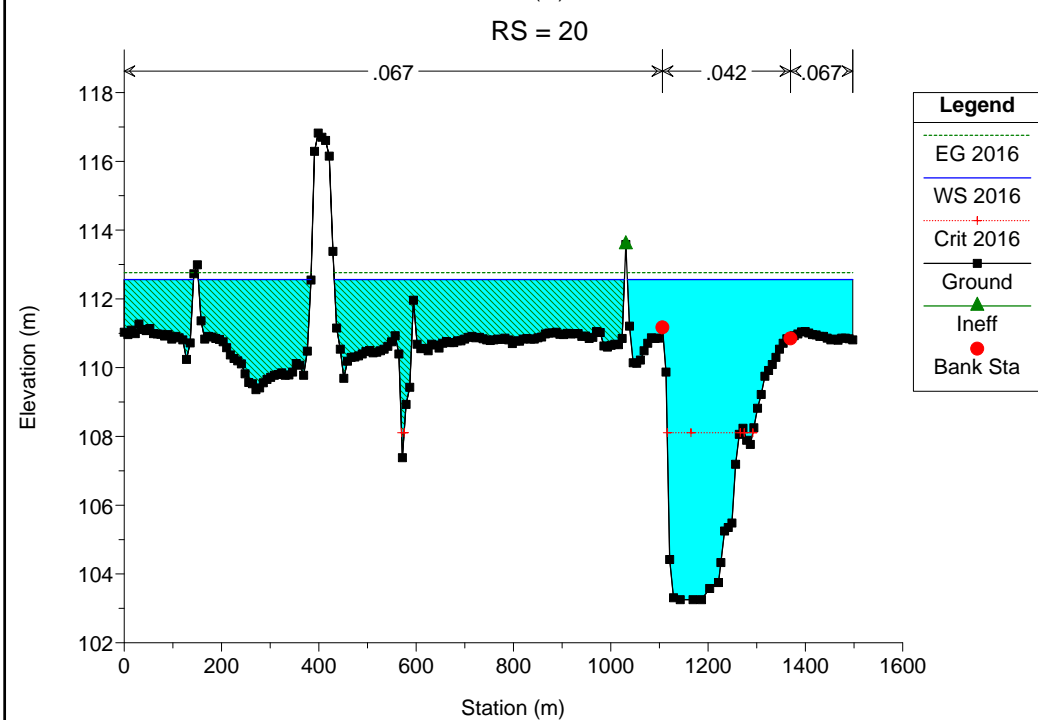
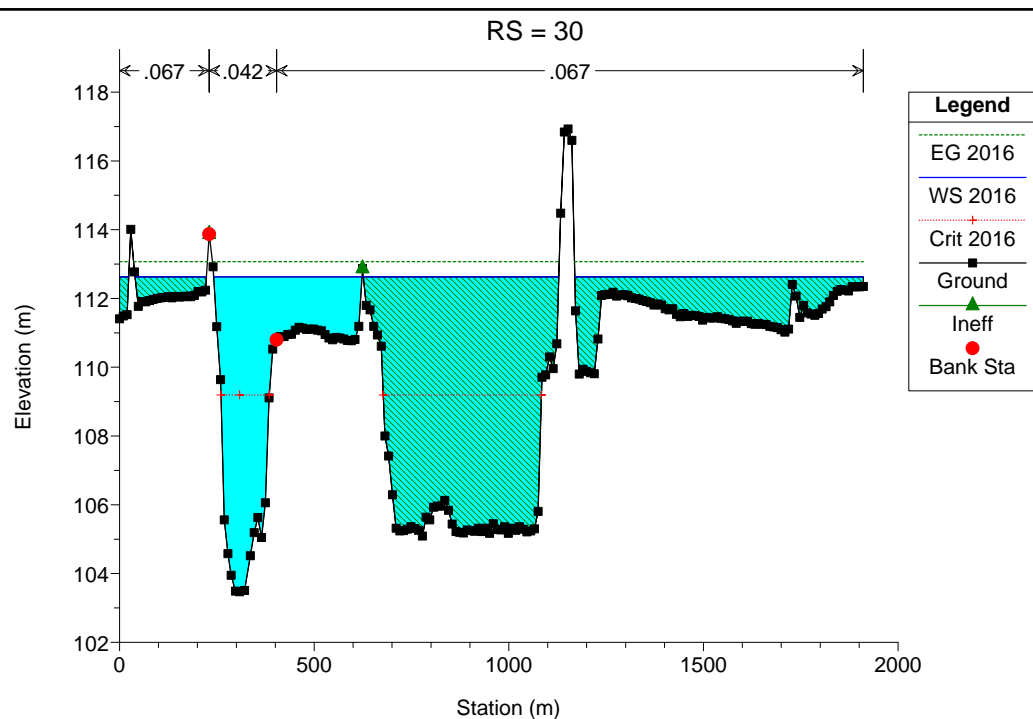
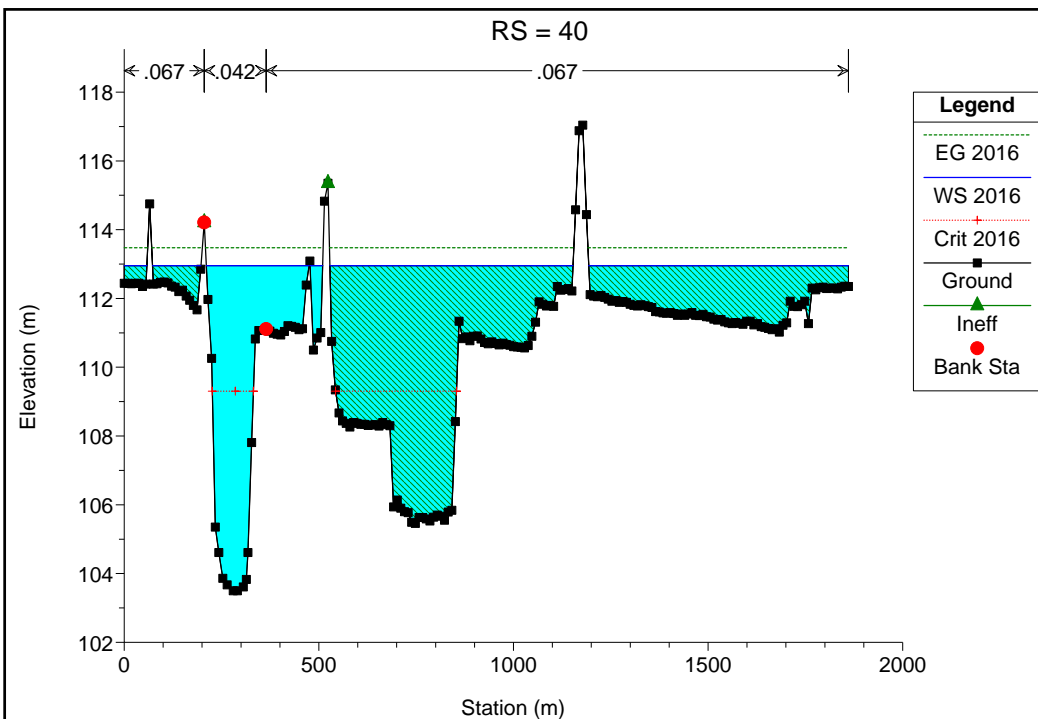


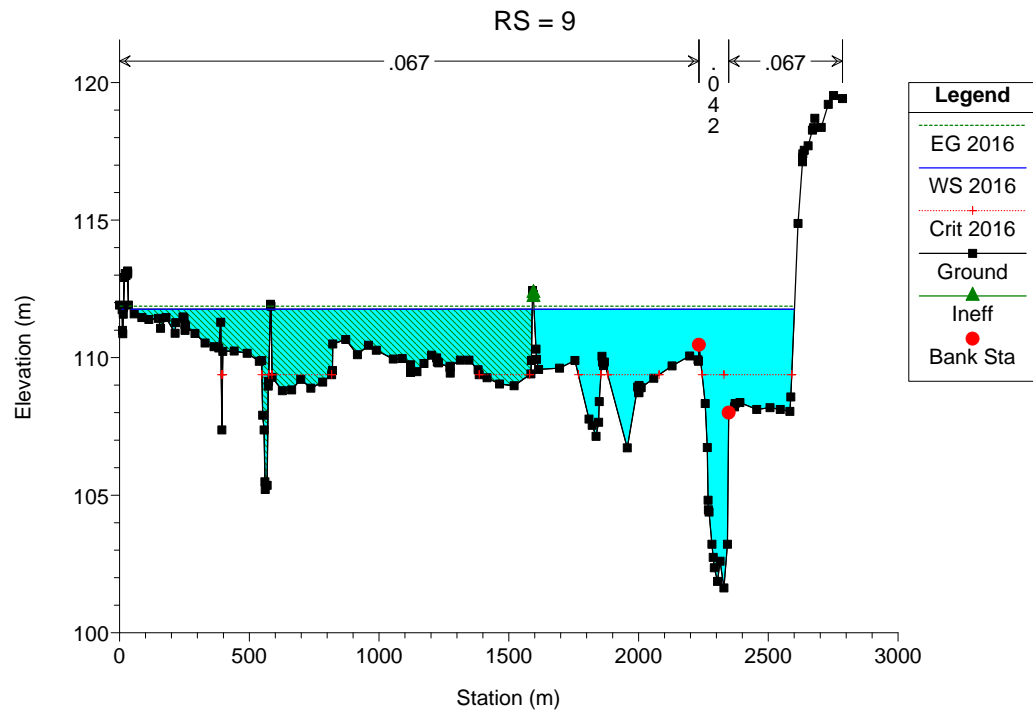
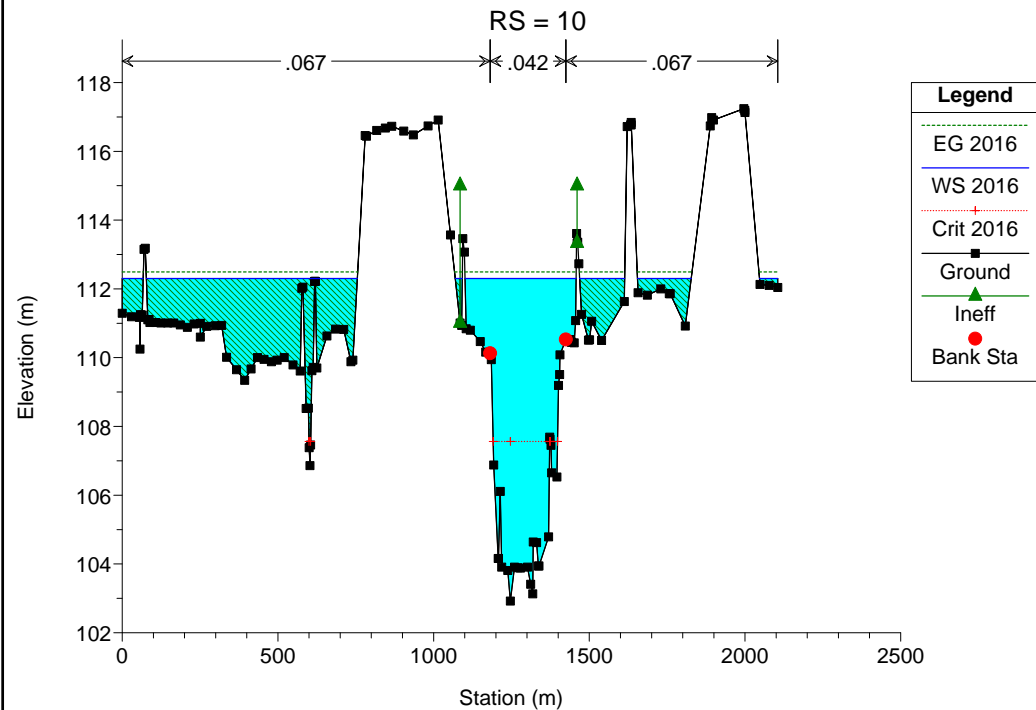
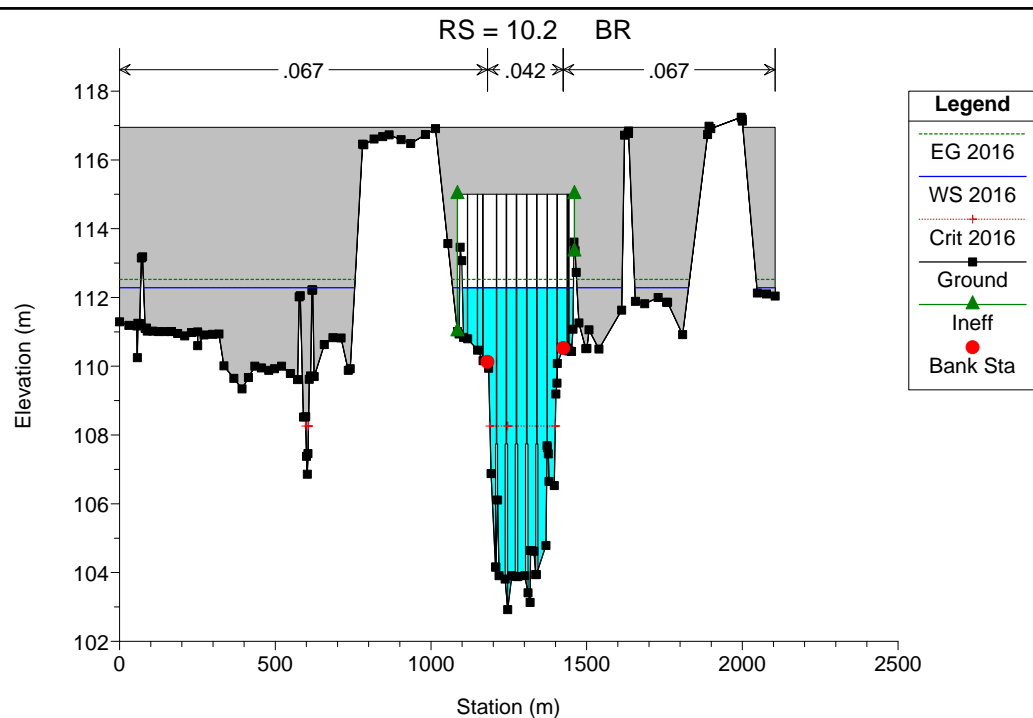
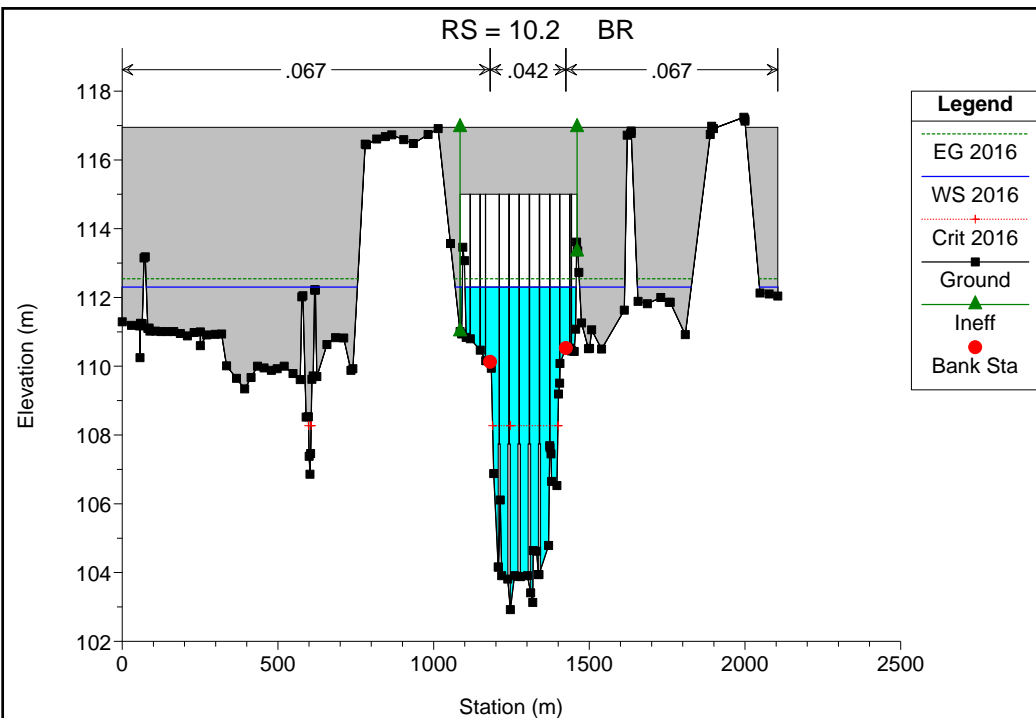


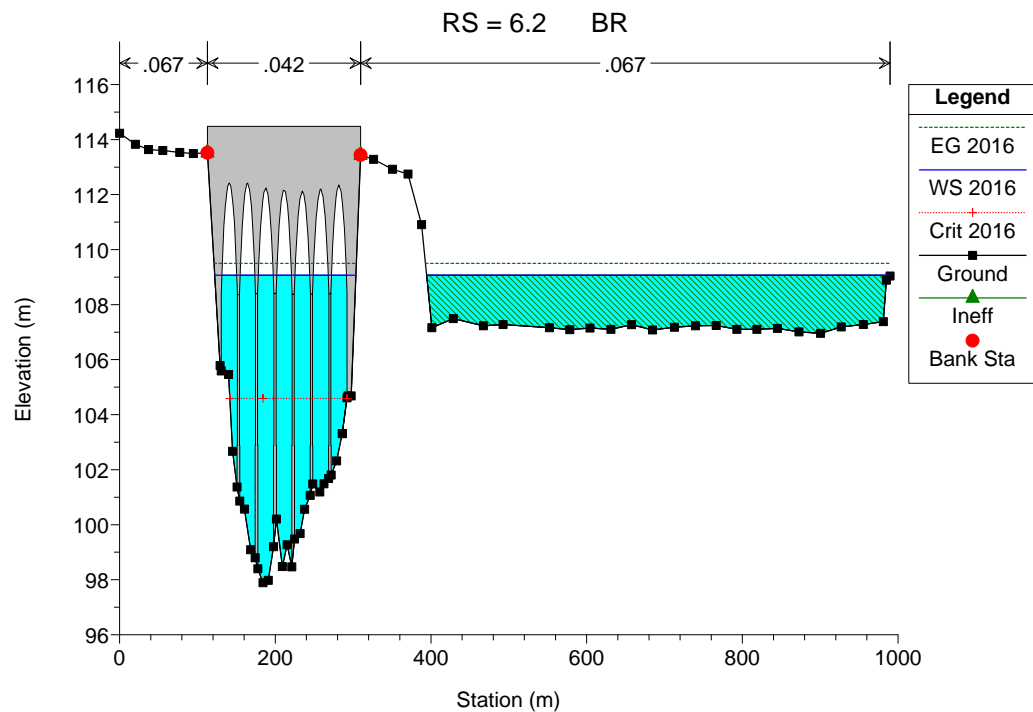
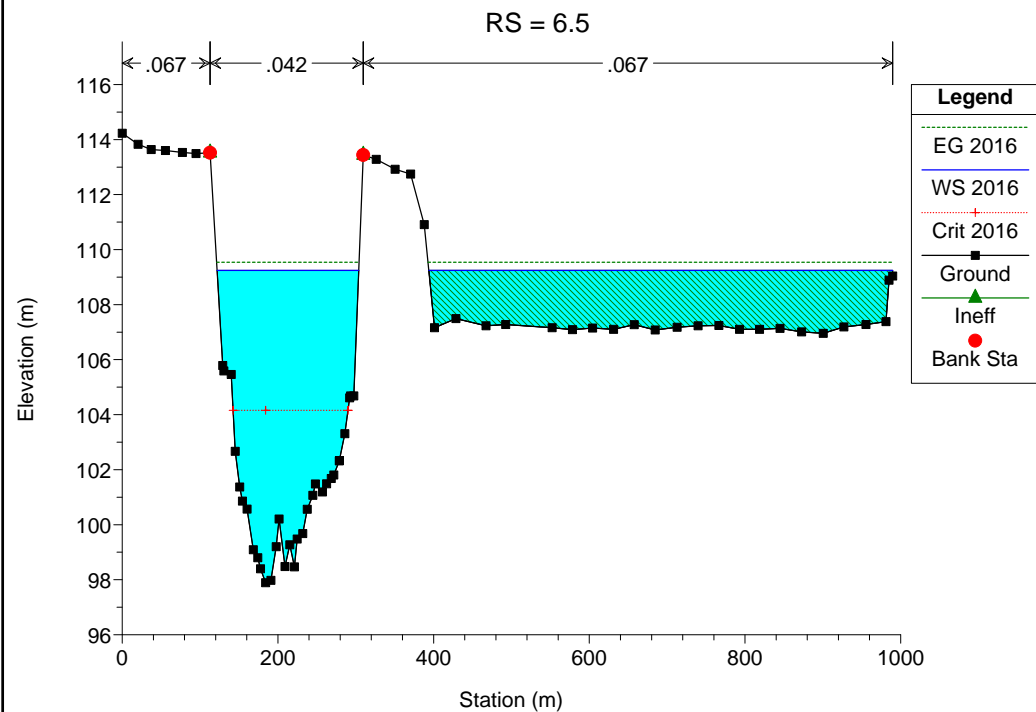
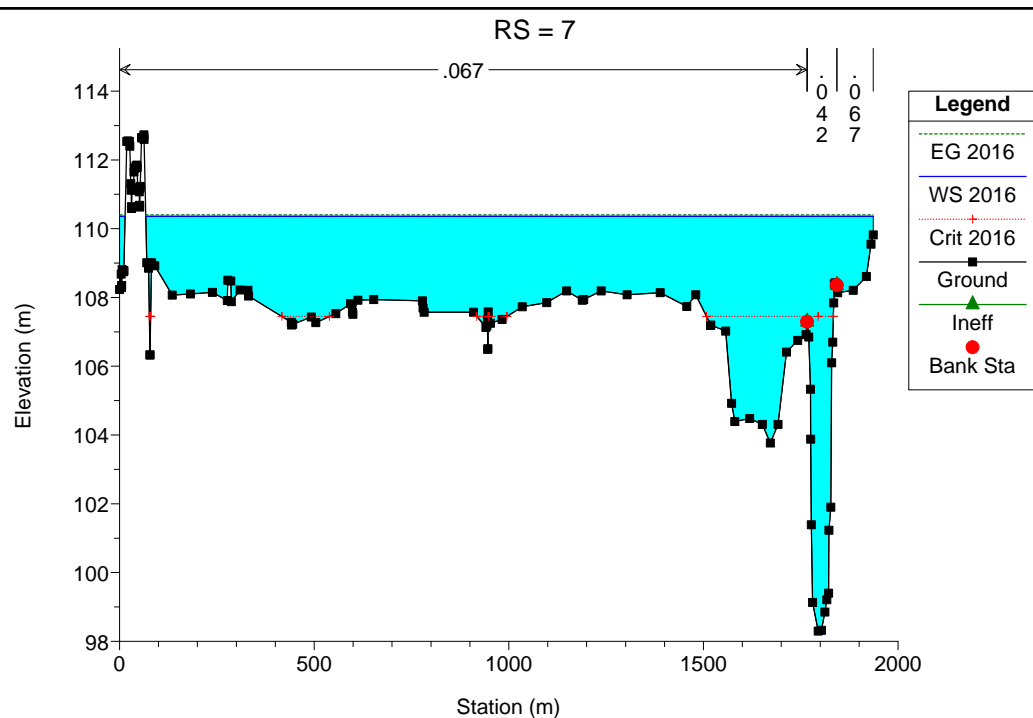
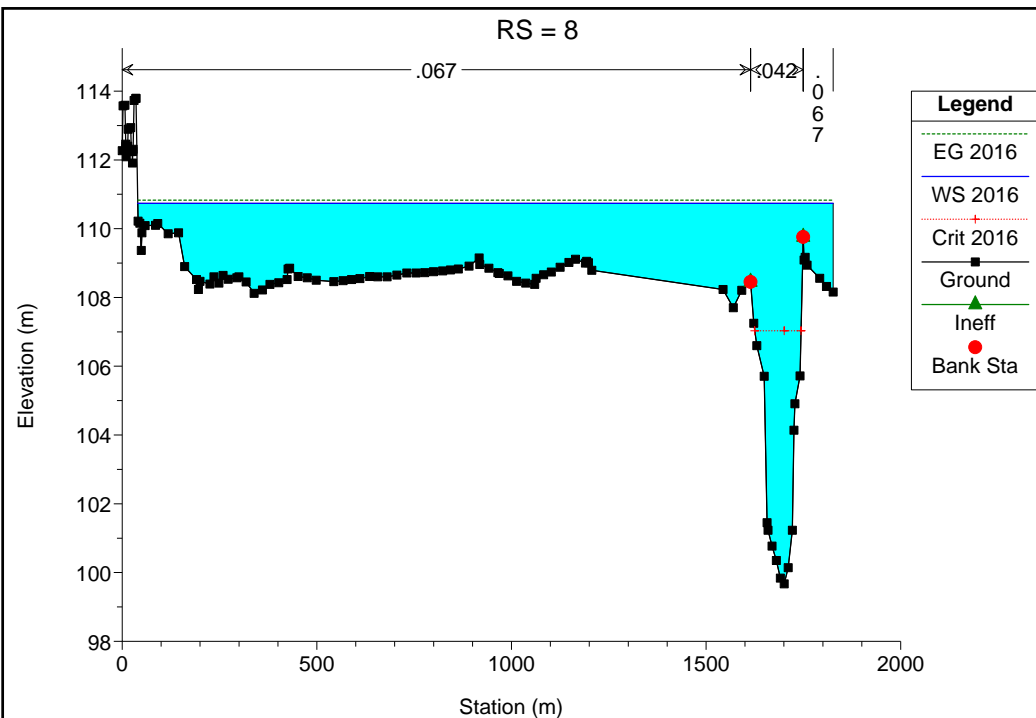


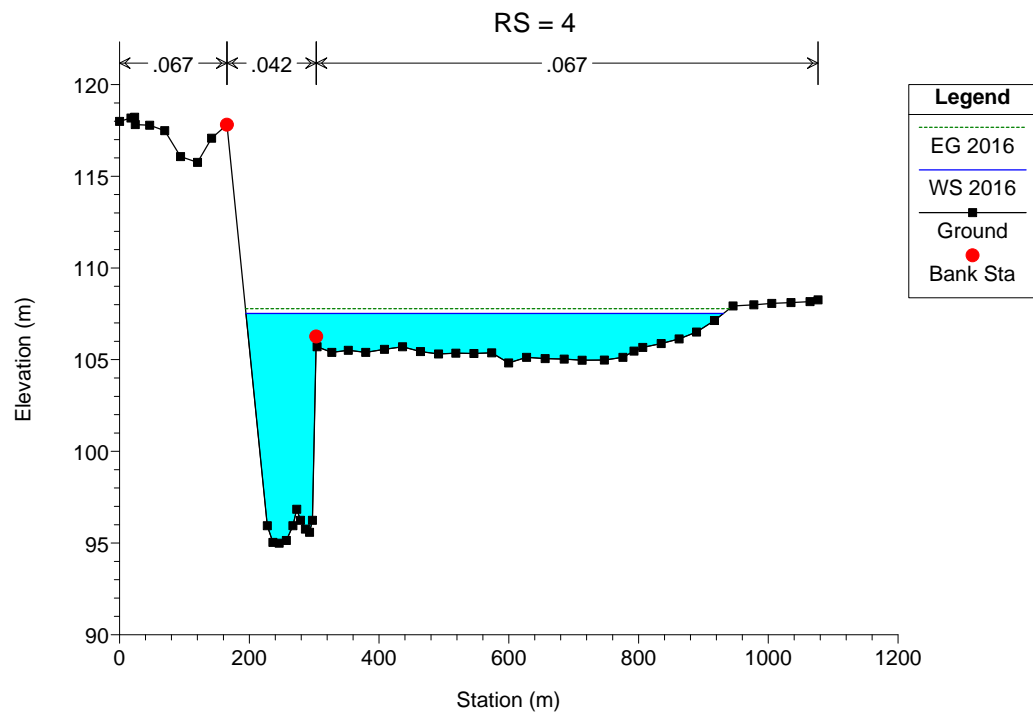
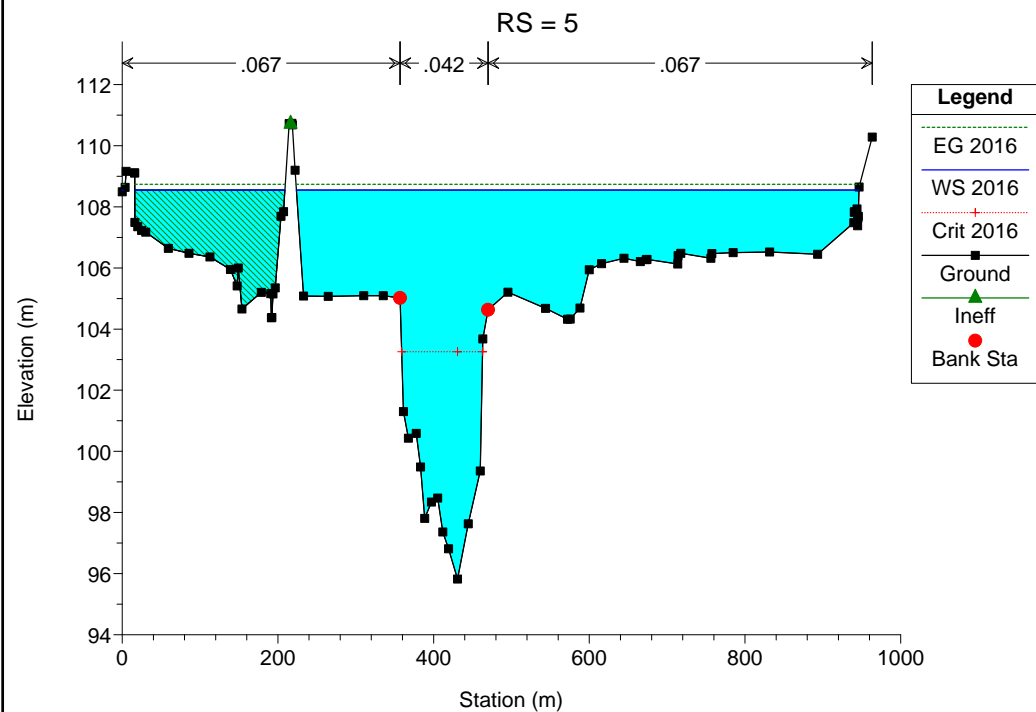
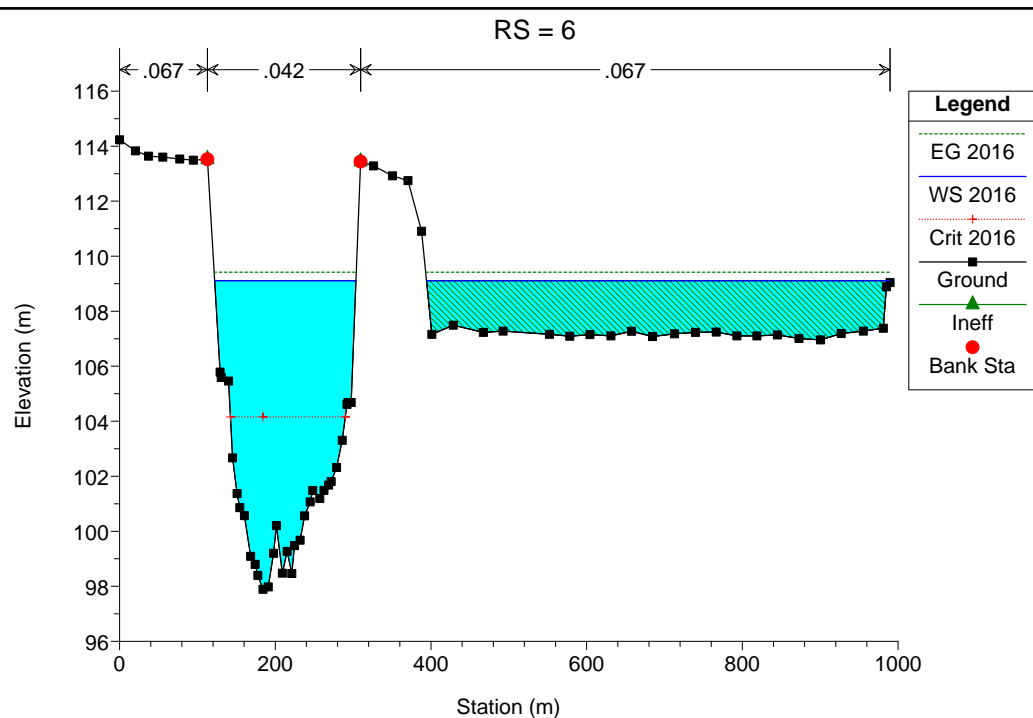
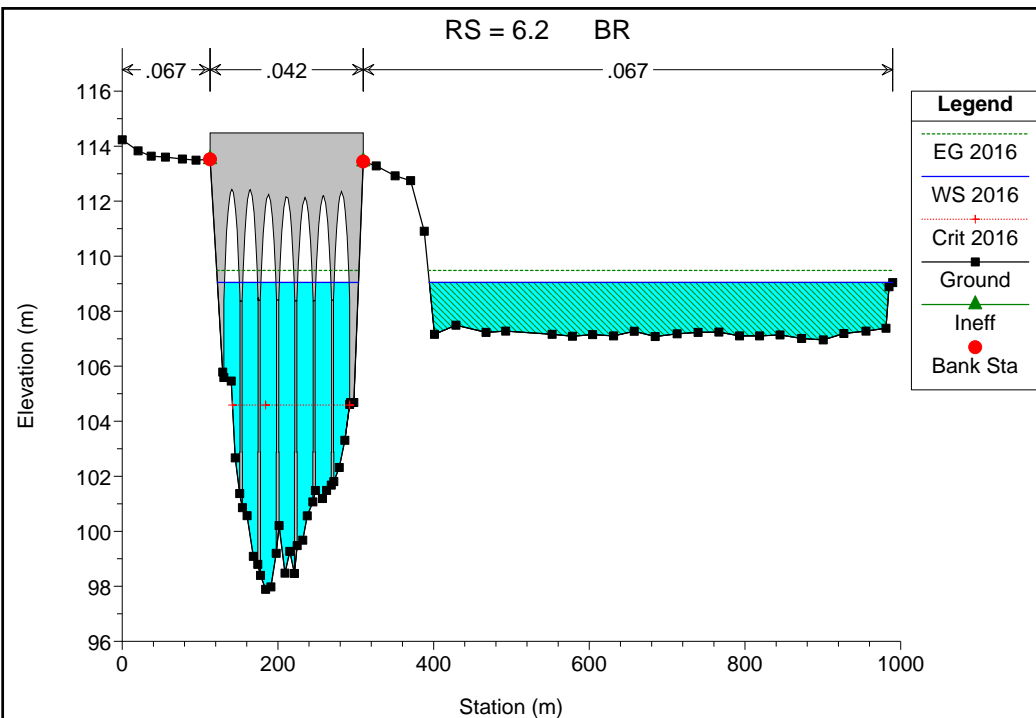


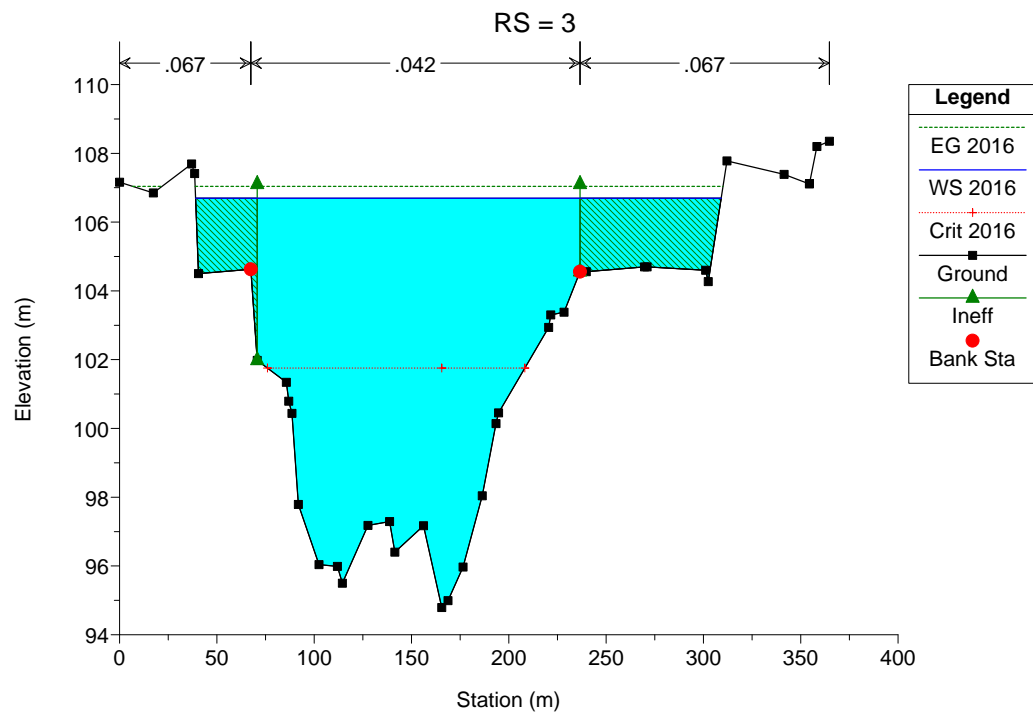
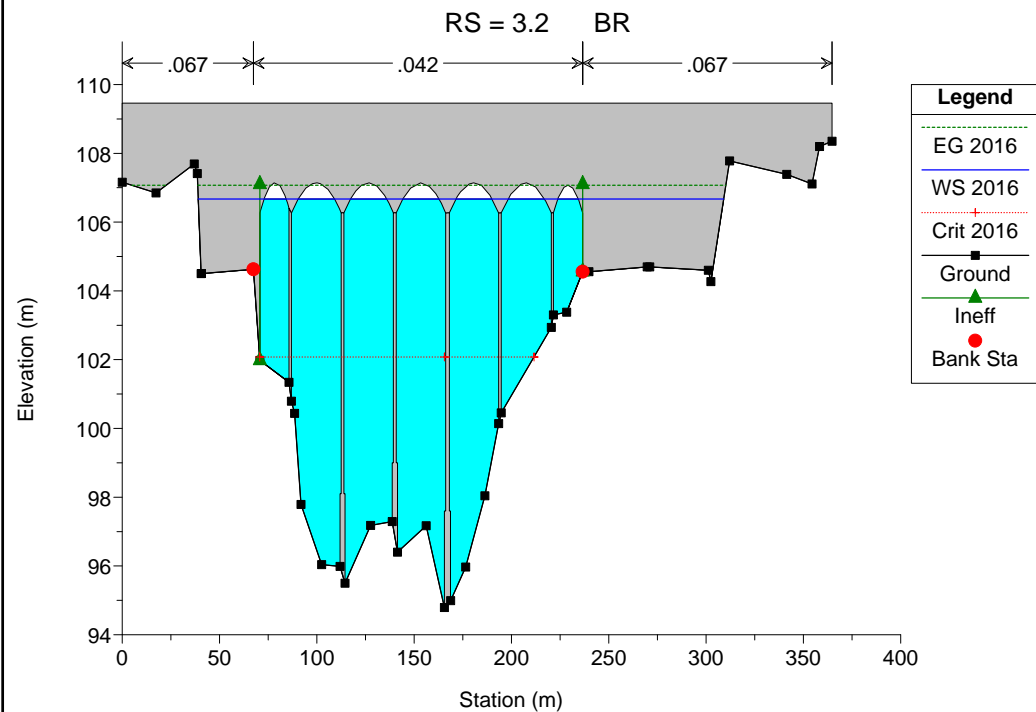
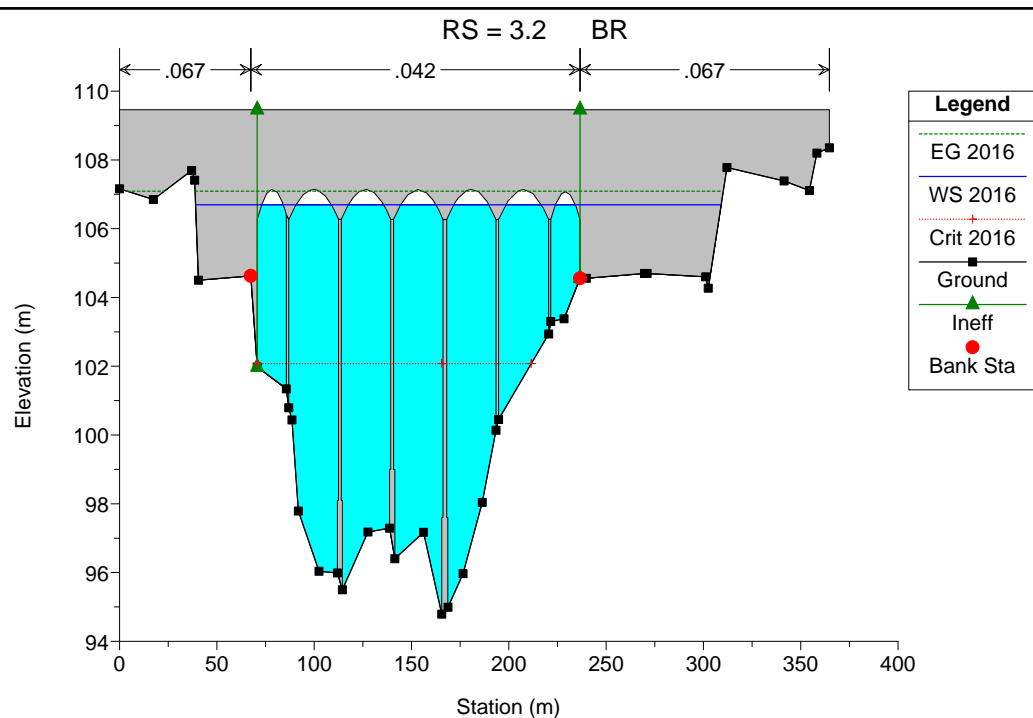
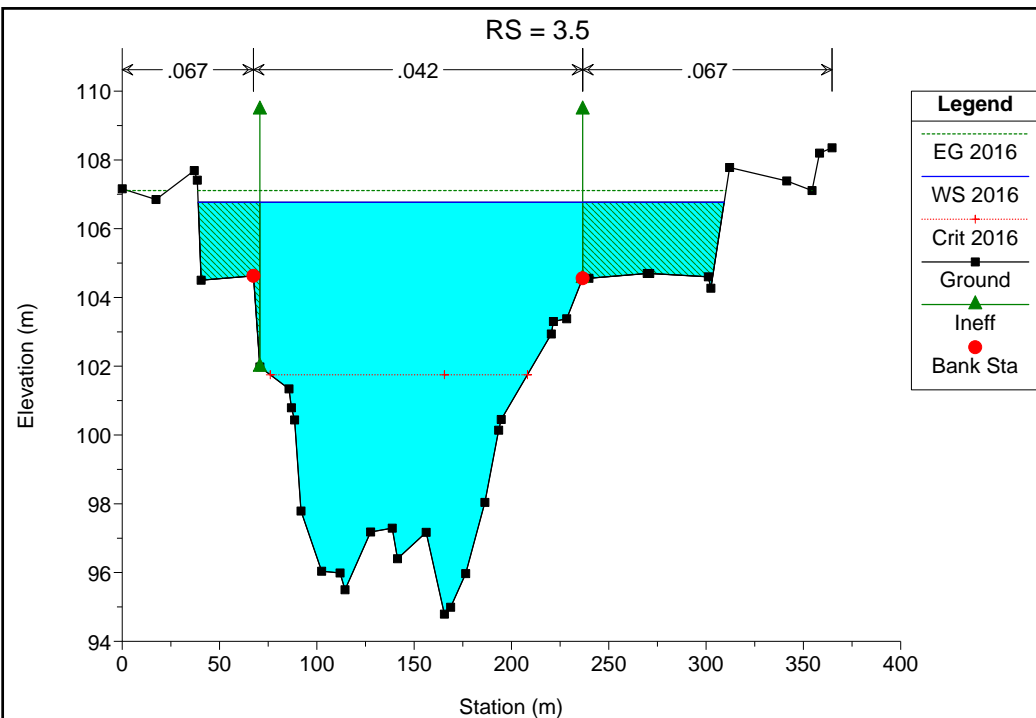


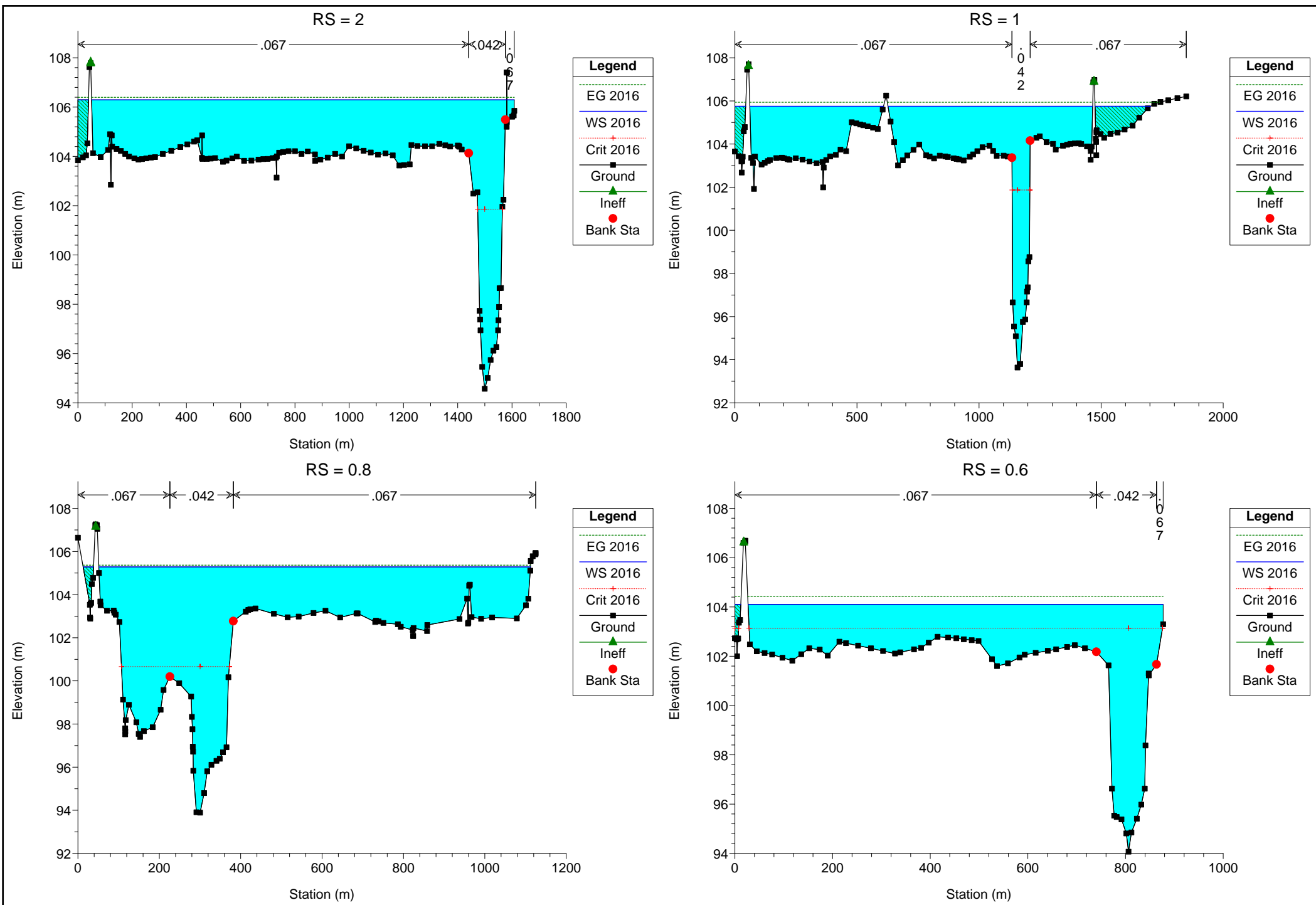












4.3 VALUTAZIONE DEI LIVELLI DI PIENA IN CONDIZIONI DI MOTO PERMANENTE ASSOCIATI AL VALORE DI PORTATA CON TEMPO DI RITORNO DUECENTENNALE PER LA VERIFICA DEL FRANCO ARGINALE

In base alle Norme di attuazione del PAI denominate “*Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche all'interno delle fasce A e B*”, le quote sommitali dei rilevati arginali devono avere un franco di sicurezza rispetto al profilo di piena con tempo di ritorno di 200 anni pari ad un minimo di 1.00 m.

Di seguito viene quindi riportata l'analisi numerica con tempo di ritorno duecentennale adottando i seguenti valori di scabrezza derivanti dalla taratura effettuata al paragrafo precedente:

per l'alveo principale:

$n = 0.042 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$	secondo Manning
$C = 1/n = 23.8 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$	secondo Gauckler Strickler

per le aree golenali:

$n = 0.067 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$	secondo Manning
$C = 1/n \cong 15.0 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$	secondo Gauckler Strickler

I livelli del pelo libero per le portate considerate sono riportati nelle sezioni schematiche e nel profilo longitudinale allegati nelle pagine seguenti.

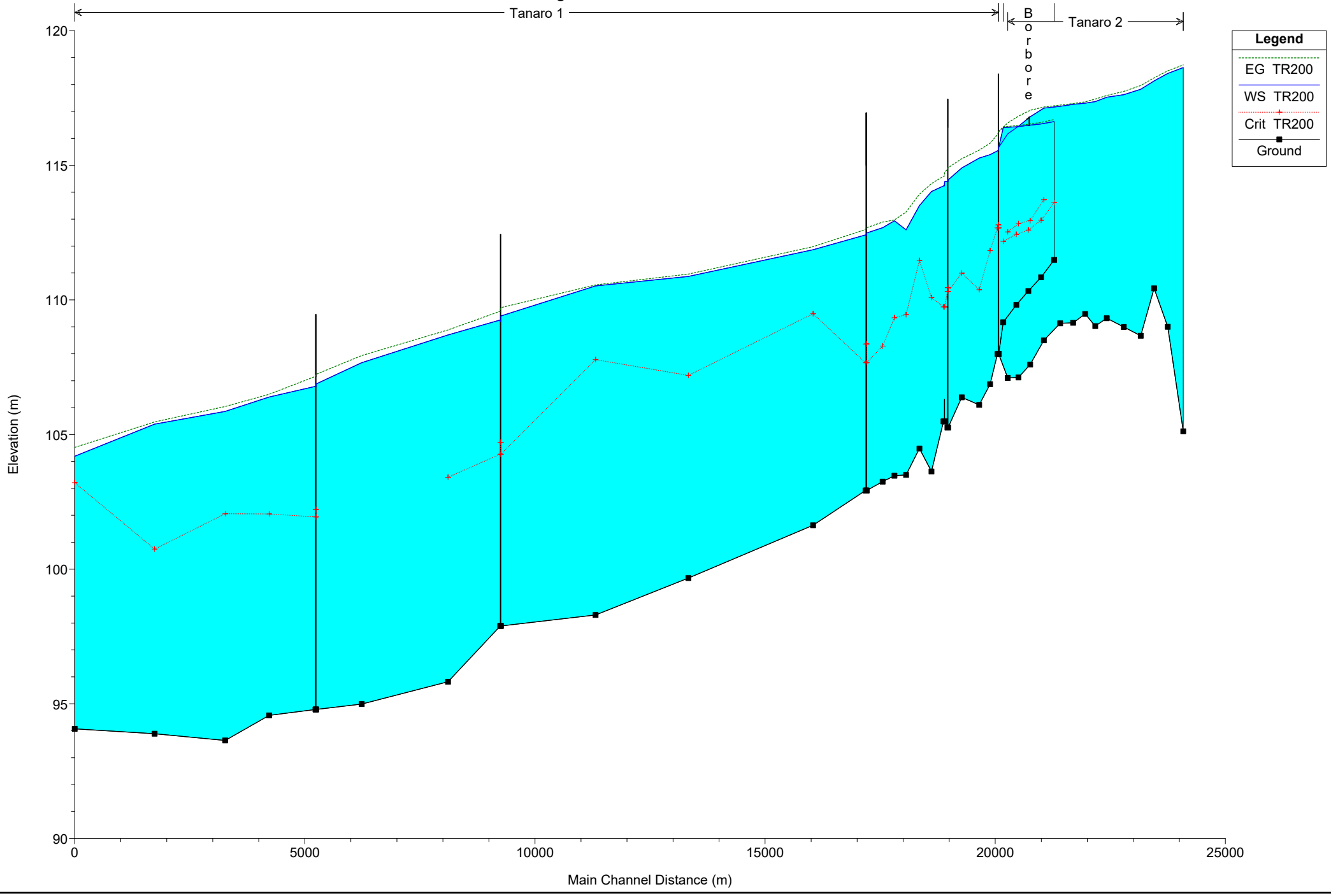
MODELLO MONODIMENSIONALE DI MOTO PERMANENTE**SIMULAZIONE**

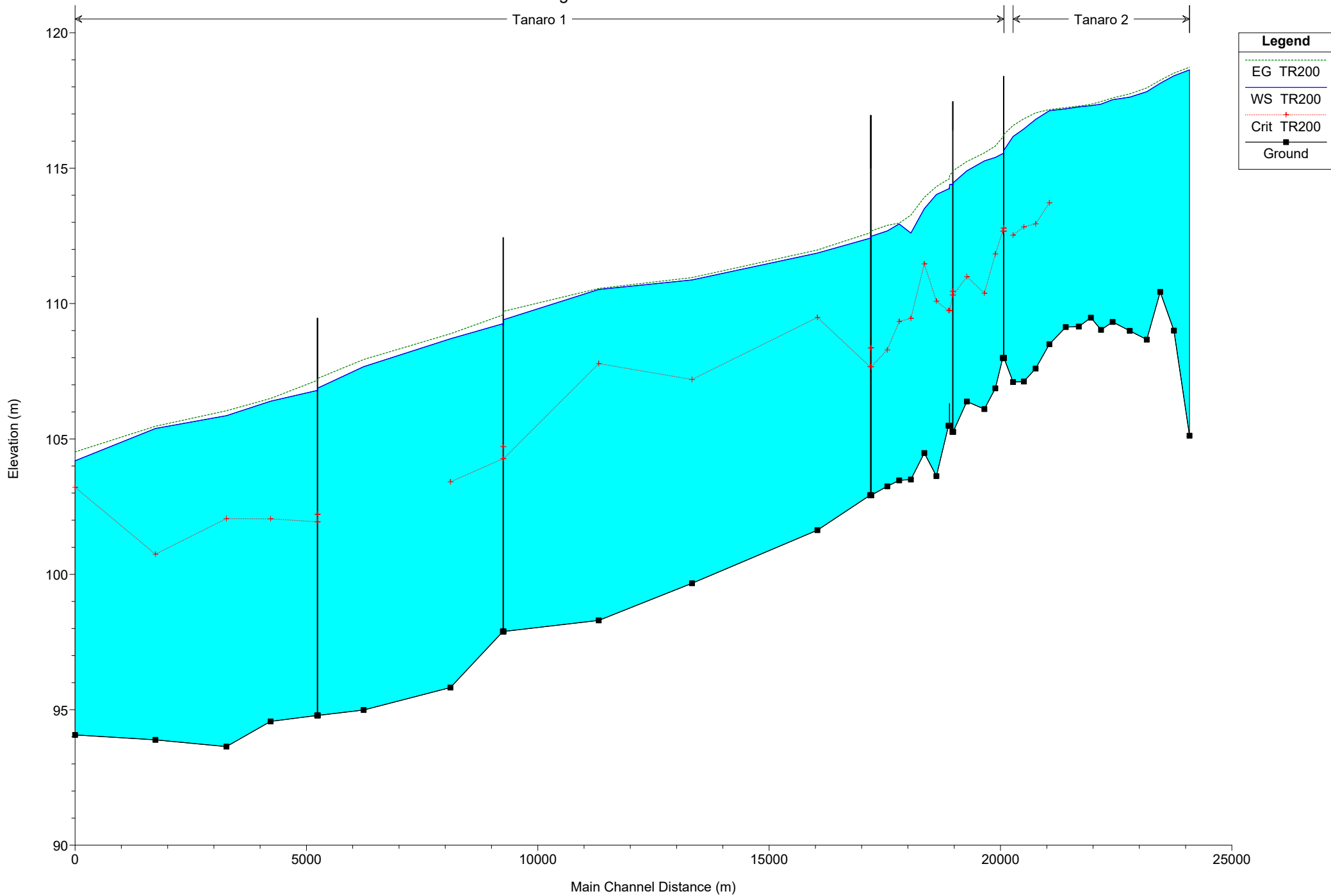
Corso d'acqua	Portata al colmo [m³/s]	Tempo di ritorno [anni]
Fiume Tanaro ad Asti	3606	200
Torrente Bobore alla confluenza	250	<200

River	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
Tanaro	2	250	TR200	3606.00	105.12	118.63		118.73	0.000654	1.96	4029.22	1652.72	0.26
Tanaro	2	240	TR200	3606.00	109.00	118.41		118.51	0.000754	1.90	3882.06	1933.88	0.27
Tanaro	2	230	TR200	3606.00	110.43	118.13		118.25	0.000986	2.29	3277.20	1539.72	0.31
Tanaro	2	220	TR200	3606.00	108.67	117.82		117.96	0.000918	2.42	3684.22	1771.04	0.31
Tanaro	2	215	TR200	3606.00	109.00	117.62		117.74	0.000795	2.28	3775.55	1794.19	0.29
Tanaro	2	210	TR200	3606.00	109.32	117.53		117.59	0.000465	1.77	4562.10	1763.62	0.22
Tanaro	2	200	TR200	3606.00	109.03	117.36		117.46	0.000567	1.67	3937.24	1885.34	0.24
Tanaro	2	190	TR200	3606.00	109.48	117.31		117.36	0.000294	1.36	4952.25	1779.48	0.18
Tanaro	2	180	TR200	3606.00	109.15	117.26		117.29	0.000178	1.14	6238.60	1980.30	0.14
Tanaro	2	170	TR200	3606.00	109.13	117.19		117.24	0.000240	1.34	5644.07	1860.37	0.16
Tanaro	2	160	TR200	3606.00	108.50	117.12	113.72	117.16	0.000211	1.18	5133.73	1504.77	0.15
Tanaro	2	150	TR200	3606.00	107.60	116.80	112.94	117.05	0.000679	2.49	2473.12	874.77	0.28
Tanaro	2	140	TR200	3606.00	107.12	116.45	112.83	116.82	0.000954	3.00	1656.14	406.86	0.33
Tanaro	2	130	TR200	3606.00	107.10	116.17	112.53	116.57	0.001142	2.87	1479.26	502.95	0.35
Tanaro	1	120	TR200	3606.00	107.99	115.67	112.68	116.25	0.001641	3.38	1065.44	163.37	0.42
Tanaro	1	117.5		Bridge									
Tanaro	1	115	TR200	3606.00	107.99	115.54	112.68	116.14	0.001749	3.45	1044.98	163.14	0.43
Tanaro	1	110	TR200	3606.00	106.87	115.40	111.83	115.82	0.001214	2.88	1261.92	549.55	0.36
Tanaro	1	100	TR200	3606.00	106.10	115.27	110.38	115.56	0.000717	2.41	1505.56	273.39	0.28
Tanaro	1	90	TR200	3606.00	106.38	114.90	110.99	115.25	0.000962	2.60	1385.74	285.80	0.32
Tanaro	1	80	TR200	3606.00	105.26	114.46	110.32	114.91	0.001086	2.97	1212.75	166.39	0.34
Tanaro	1	77.5		Bridge									
Tanaro	1	75	TR200	3606.00	105.26	114.40	110.32	114.86	0.001115	3.00	1203.33	166.25	0.35
Tanaro	1	70.5	TR200	3606.00	105.49	114.40	109.74	114.74	0.000817	2.63	1465.28	1029.40	0.30
Tanaro	1	70.1		Inl Struct									
Tanaro	1	70	TR200	3606.00	105.49	114.23	109.74	114.59	0.000881	2.69	1427.54	1024.04	0.31
Tanaro	1	60	TR200	3606.00	103.63	114.03	110.09	114.32	0.001048	2.40	1501.82	1586.36	0.33
Tanaro	1	50	TR200	3606.00	104.48	113.50	111.47	113.92	0.002193	2.88	1253.55	1734.16	0.45
Tanaro	1	40	TR200	3606.00	103.50	112.60	109.45	113.27	0.002210	3.69	1124.41	1753.50	0.48
Tanaro	1	30	TR200	3606.00	103.47	112.94	109.34	112.97	0.000182	1.12	5737.30	1843.69	0.14
Tanaro	1	20	TR200	3606.00	103.25	112.68	108.29	112.89	0.000677	2.08	2002.66	1435.67	0.27
Tanaro	1	10.4	TR200	3606.00	102.92	112.48	107.67	112.68	0.000520	2.00	1974.49	1512.37	0.24
Tanaro	1	10.2		Bridge									
Tanaro	1	10	TR200	3606.00	102.92	112.41	107.67	112.61	0.000540	2.02	1947.68	1507.56	0.24
Tanaro	1	9	TR200	3606.00	101.63	111.86	109.49	111.98	0.000541	2.04	3475.89	2568.11	0.24
Tanaro	1	8	TR200	3606.00	99.67	110.87	107.19	110.96	0.000383	1.77	4647.41	1786.68	0.21
Tanaro	1	7	TR200	3606.00	98.30	110.52	107.78	110.56	0.000248	1.50	6020.43	1884.01	0.16
Tanaro	1	6.5	TR200	3606.00	97.89	109.40	104.27	109.71	0.000701	2.48	1456.25	779.03	0.28
Tanaro	1	6.2		Bridge									
Tanaro	1	6	TR200	3606.00	97.89	109.26	104.27	109.58	0.000742	2.52	1429.80	778.01	0.29
Tanaro	1	5	TR200	3606.00	95.82	108.70	103.42	108.88	0.000448	2.25	2848.91	920.90	0.23
Tanaro	1	4	TR200	3606.00	94.99	107.67		107.93	0.000611	2.58	2436.67	741.88	0.26

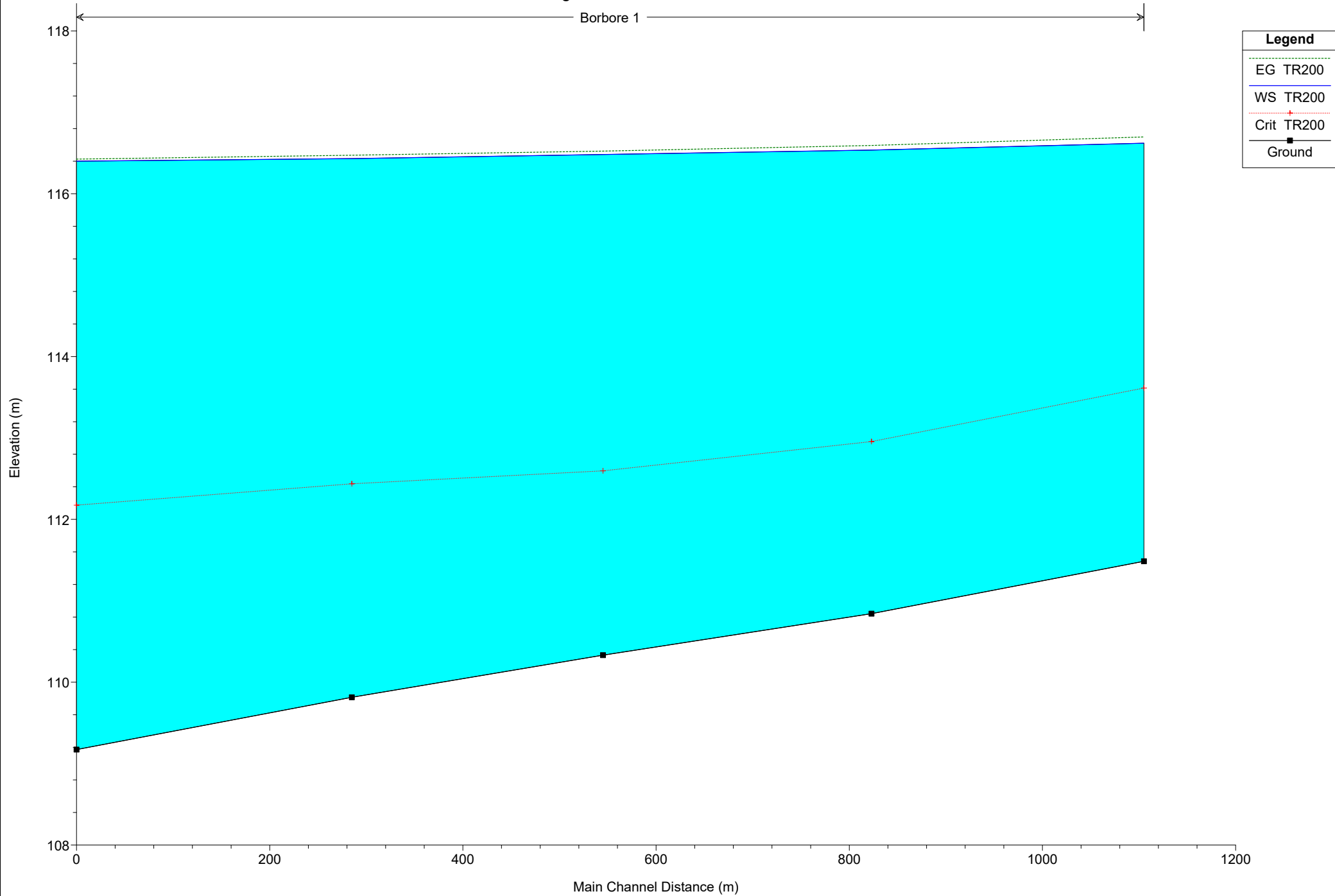
HEC-RAS Plan: Plan 01 Profile: TR200 (Continued)

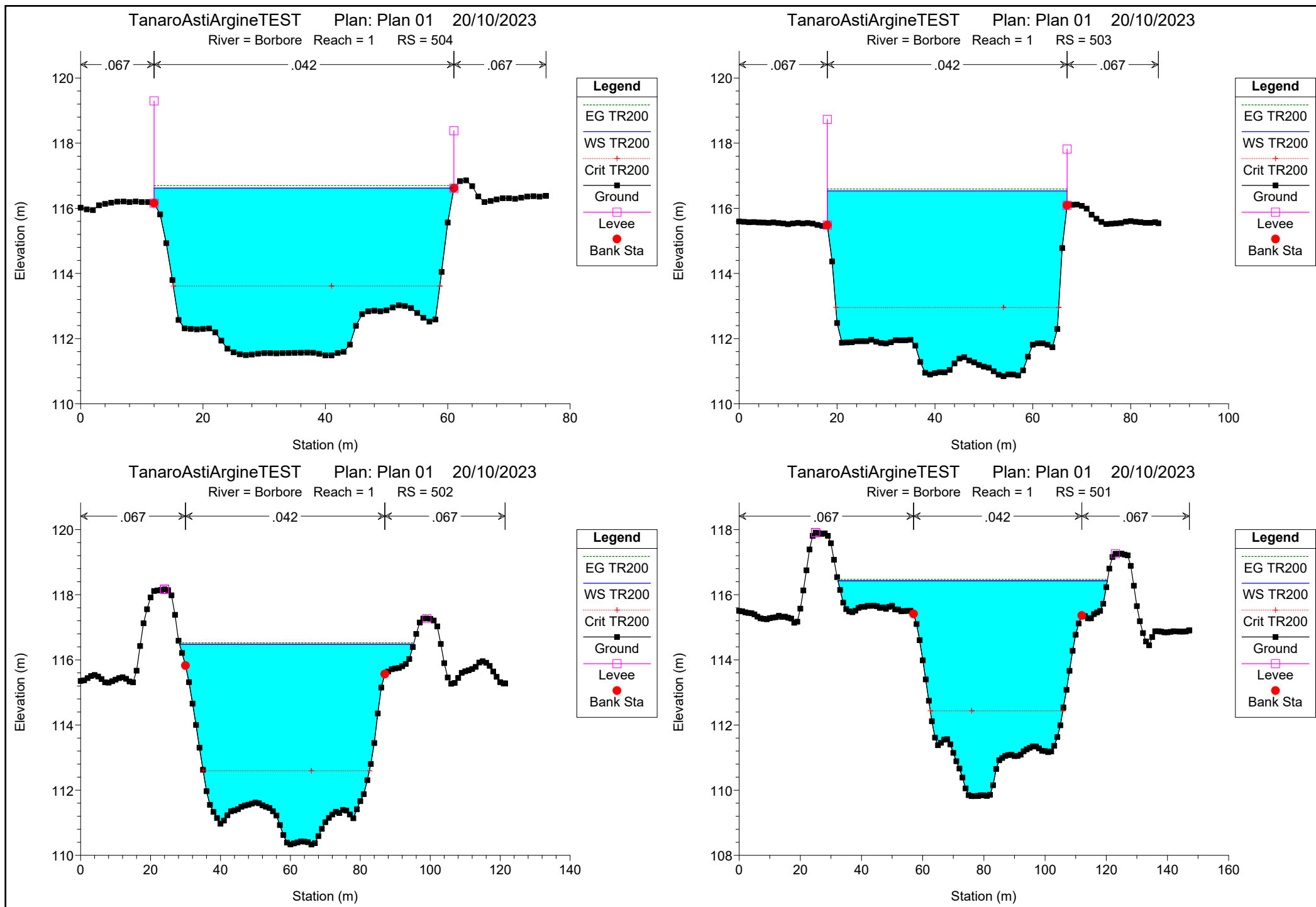
River	Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Tanaro	1	3.5	TR200	3606.00	94.79	106.88	101.94	107.24	0.000776	2.66	1354.84	272.81	0.30
Tanaro	1	3.2	Bridge										
Tanaro	1	3	TR200	3606.00	94.79	106.79	101.94	107.16	0.000804	2.69	1340.71	270.34	0.30
Tanaro	1	2	TR200	3606.00	94.57	106.39	102.05	106.49	0.000415	1.86	4231.75	1597.32	0.21
Tanaro	1	1	TR200	3606.00	93.64	105.86	102.06	106.04	0.000621	2.55	3531.06	1676.26	0.26
Tanaro	1	0.8	TR200	3606.00	93.89	105.39	100.74	105.47	0.000316	1.64	3934.84	1088.03	0.19
Tanaro	1	0.6	TR200	3606.00	94.07	104.19	103.21	104.52	0.001501	3.07	2164.92	862.49	0.39
Borbore	1	504	TR200	250.00	111.48	116.62	113.61	116.70	0.000444	1.23	203.87	49.00	0.19
Borbore	1	503	TR200	250.00	110.84	116.54	112.96	116.59	0.000285	1.06	236.01	49.00	0.15
Borbore	1	502	TR200	250.00	110.33	116.48	112.60	116.52	0.000193	0.91	279.28	66.93	0.13
Borbore	1	501	TR200	250.00	109.81	116.43	112.44	116.47	0.000194	0.92	293.48	88.07	0.13
Borbore	1	500	TR200	250.00	109.17	116.40	112.18	116.43	0.000121	0.84	465.89	125.72	0.11

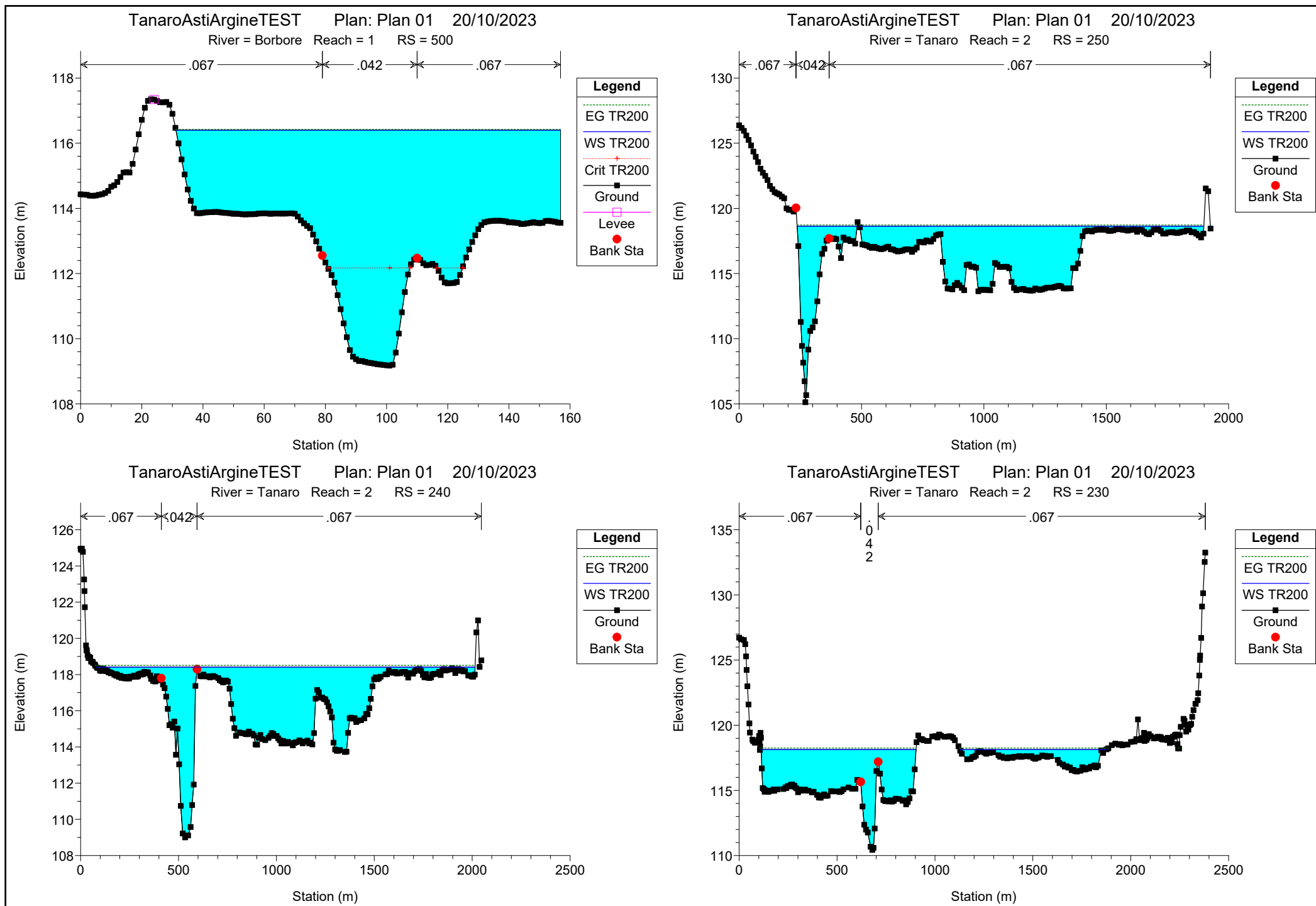


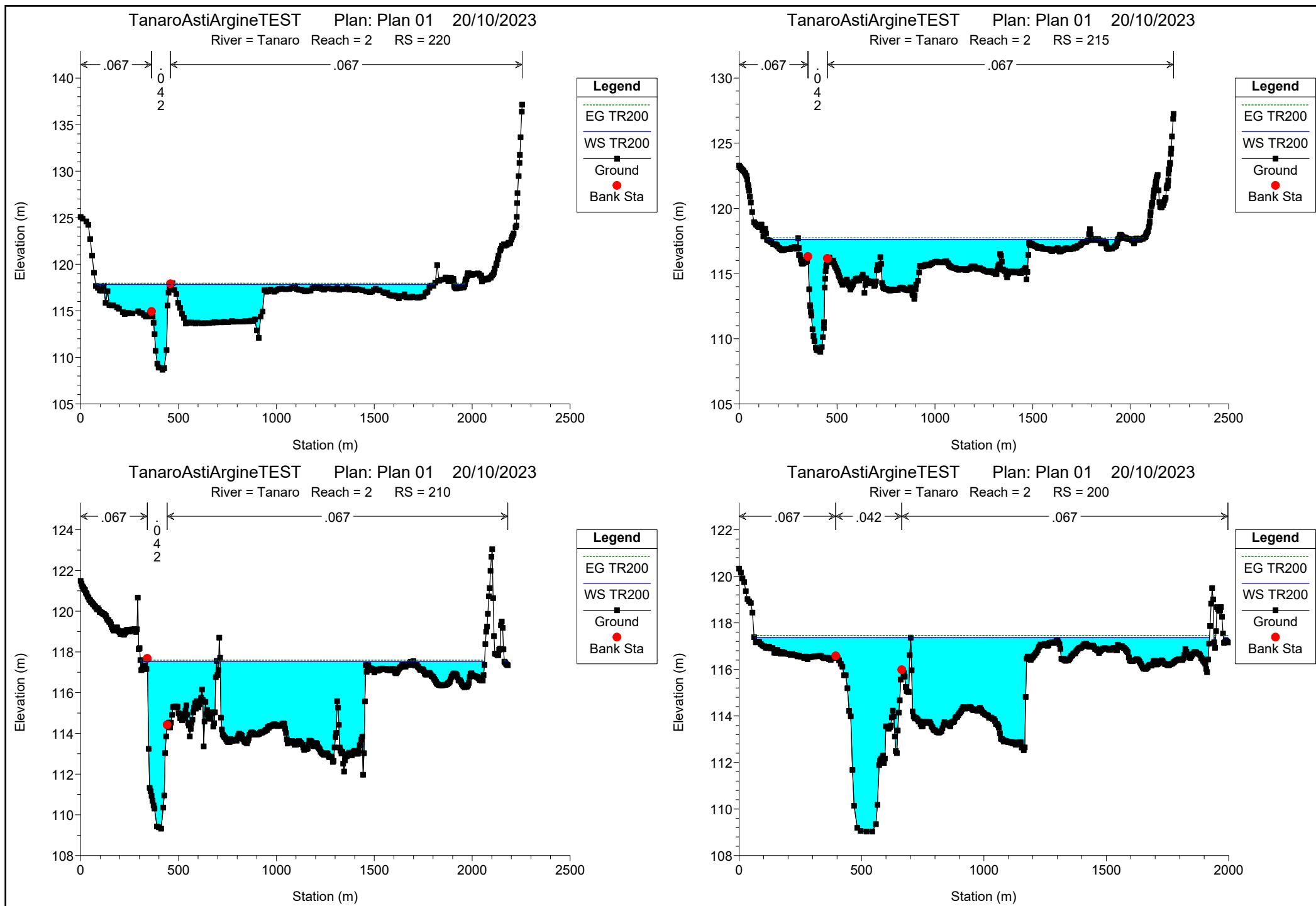


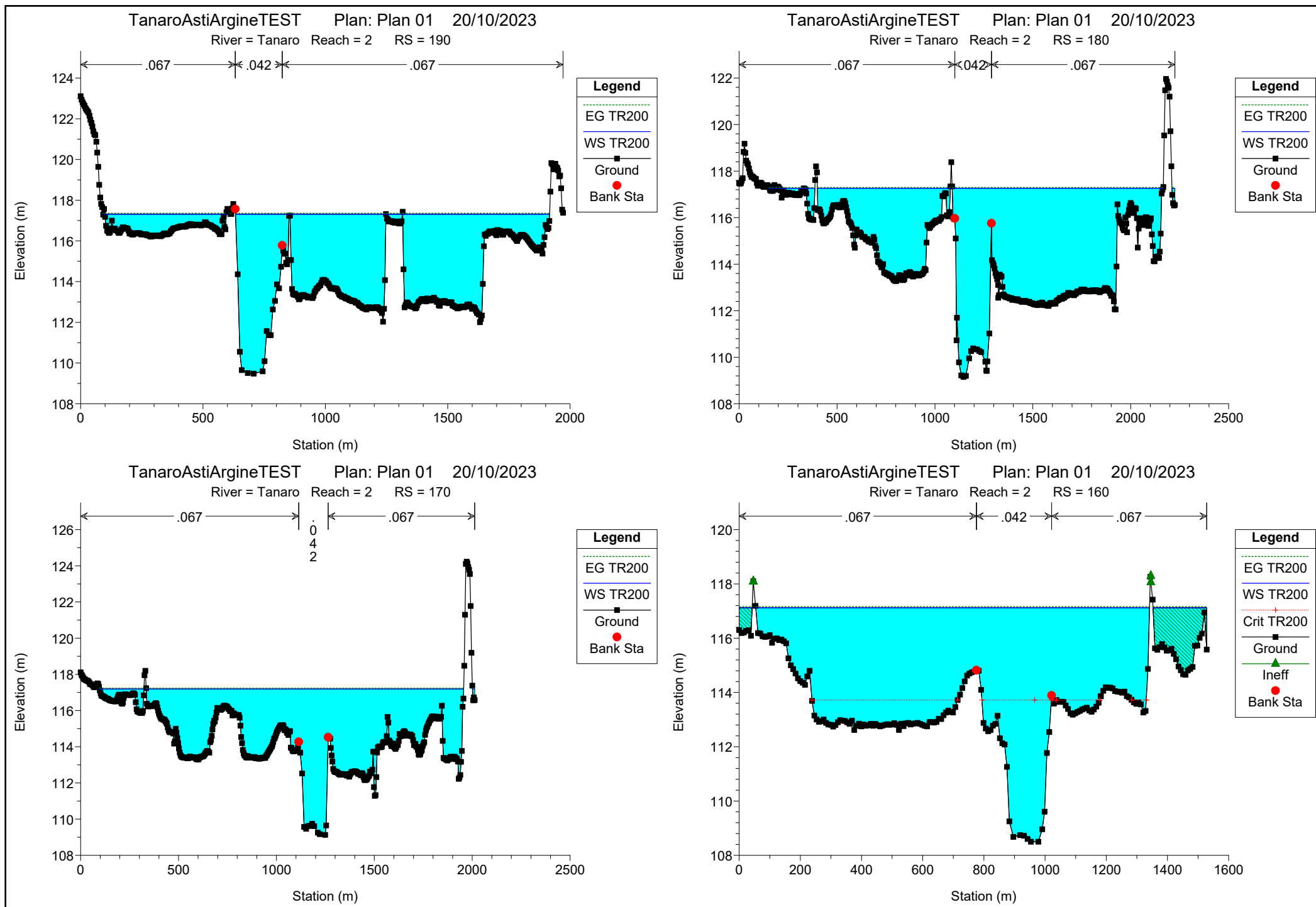
Borbore 1

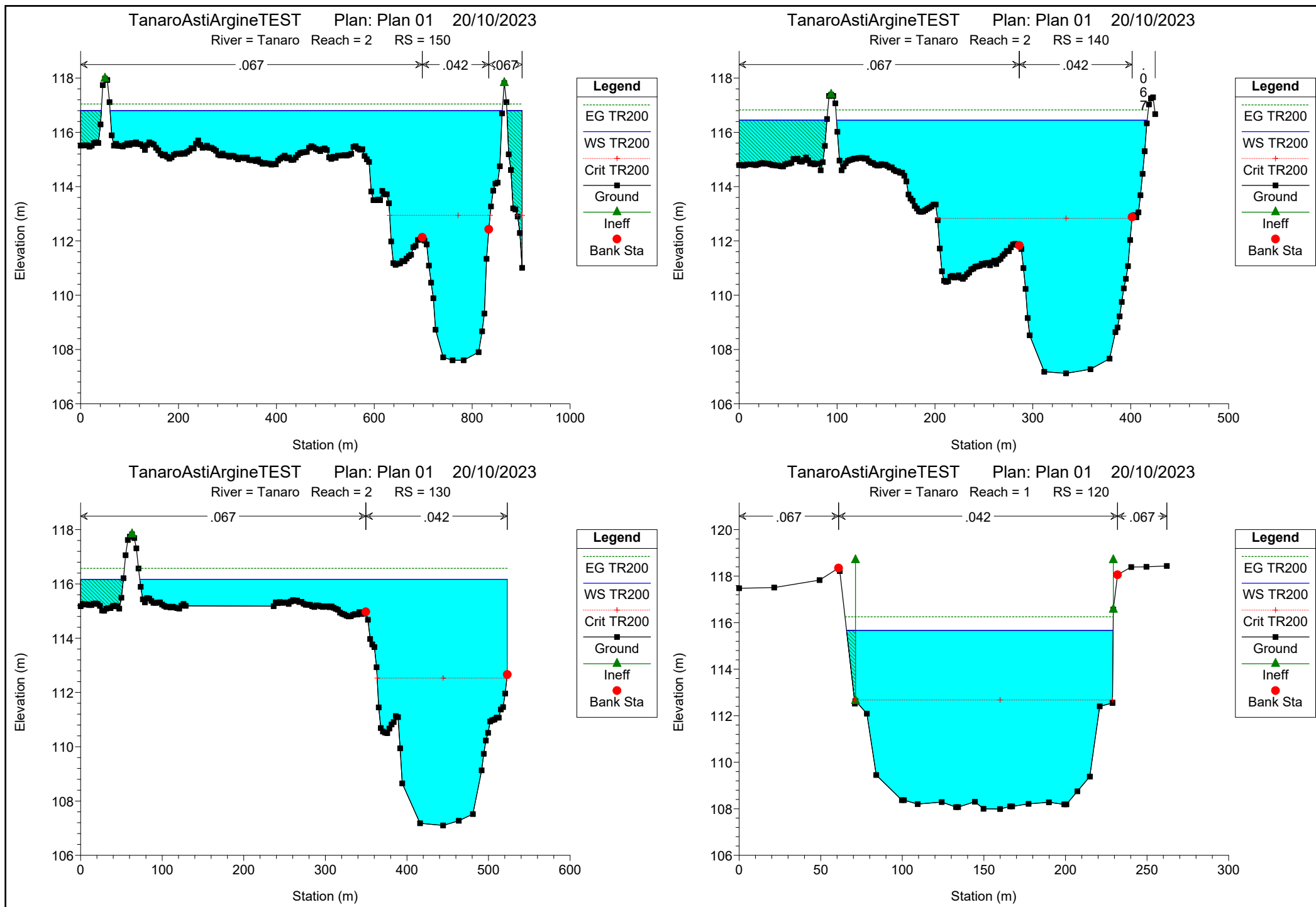


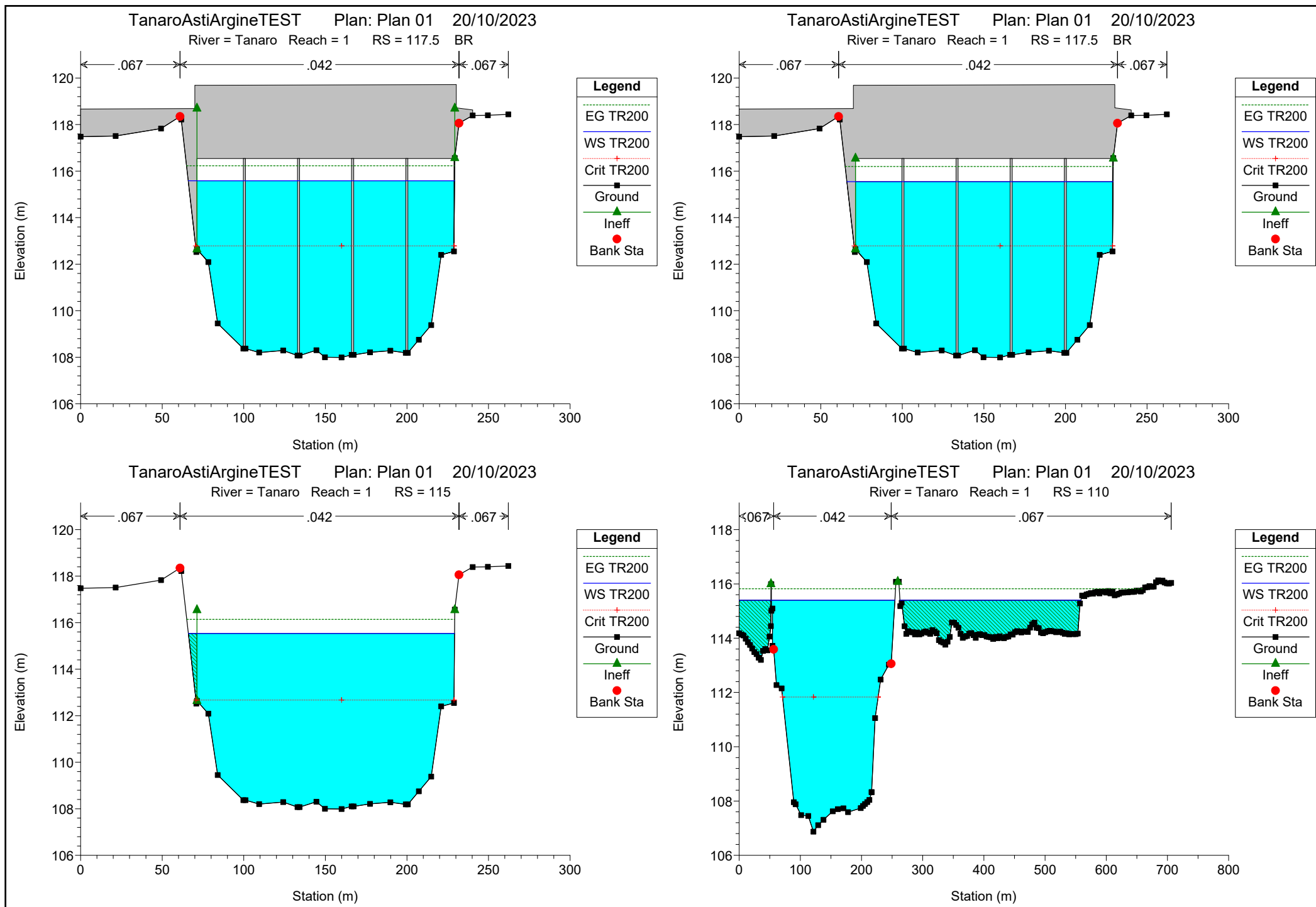


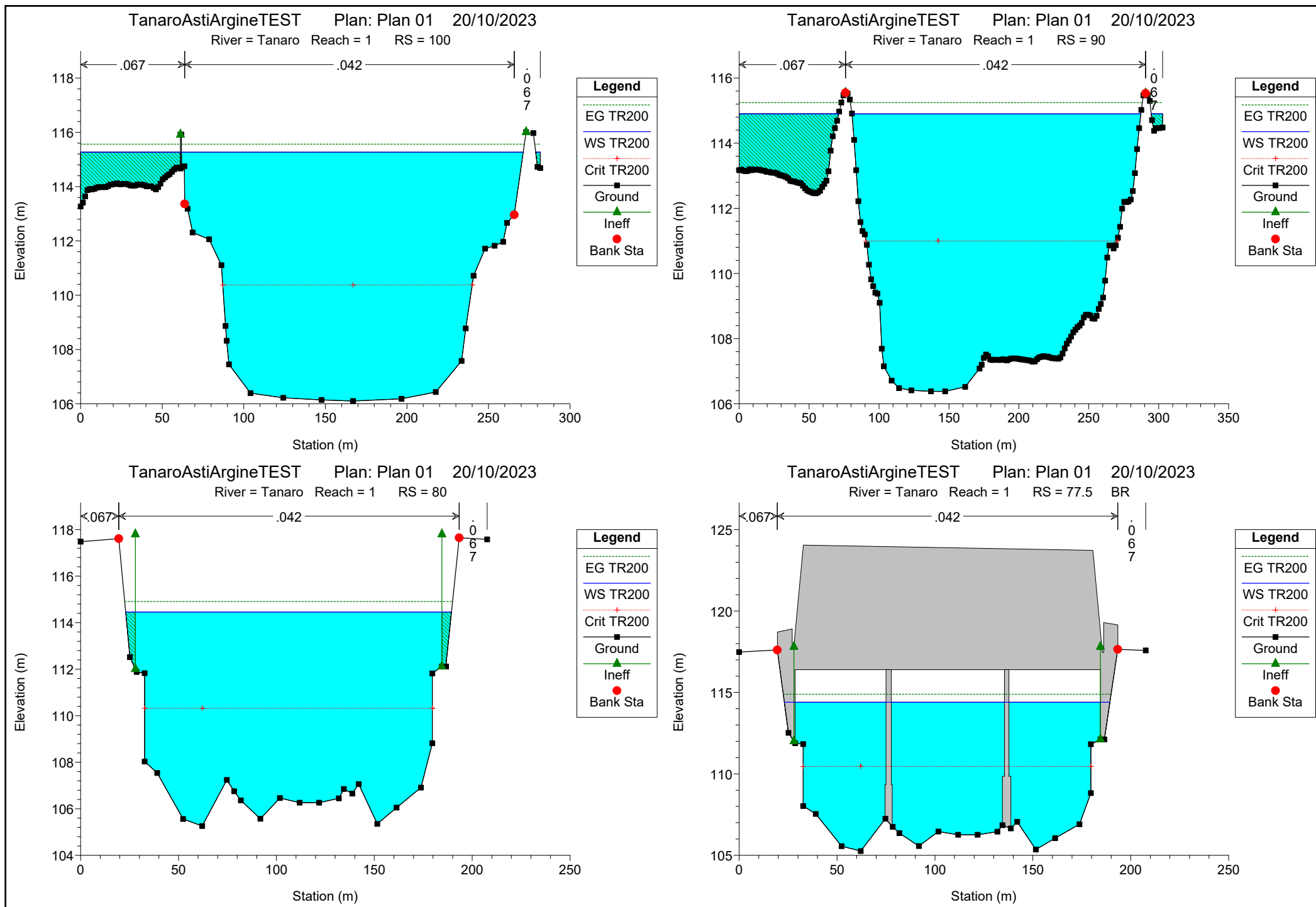


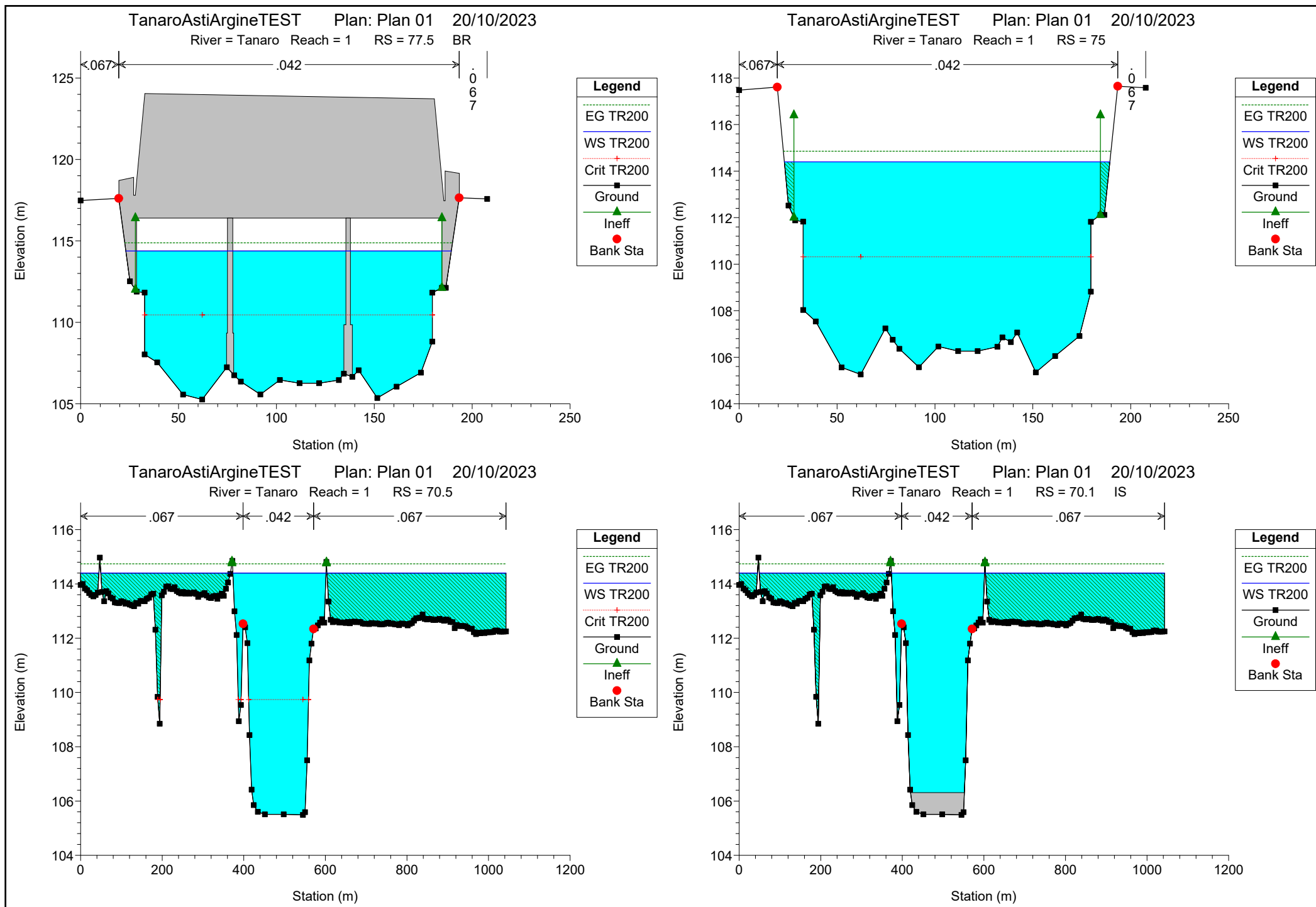


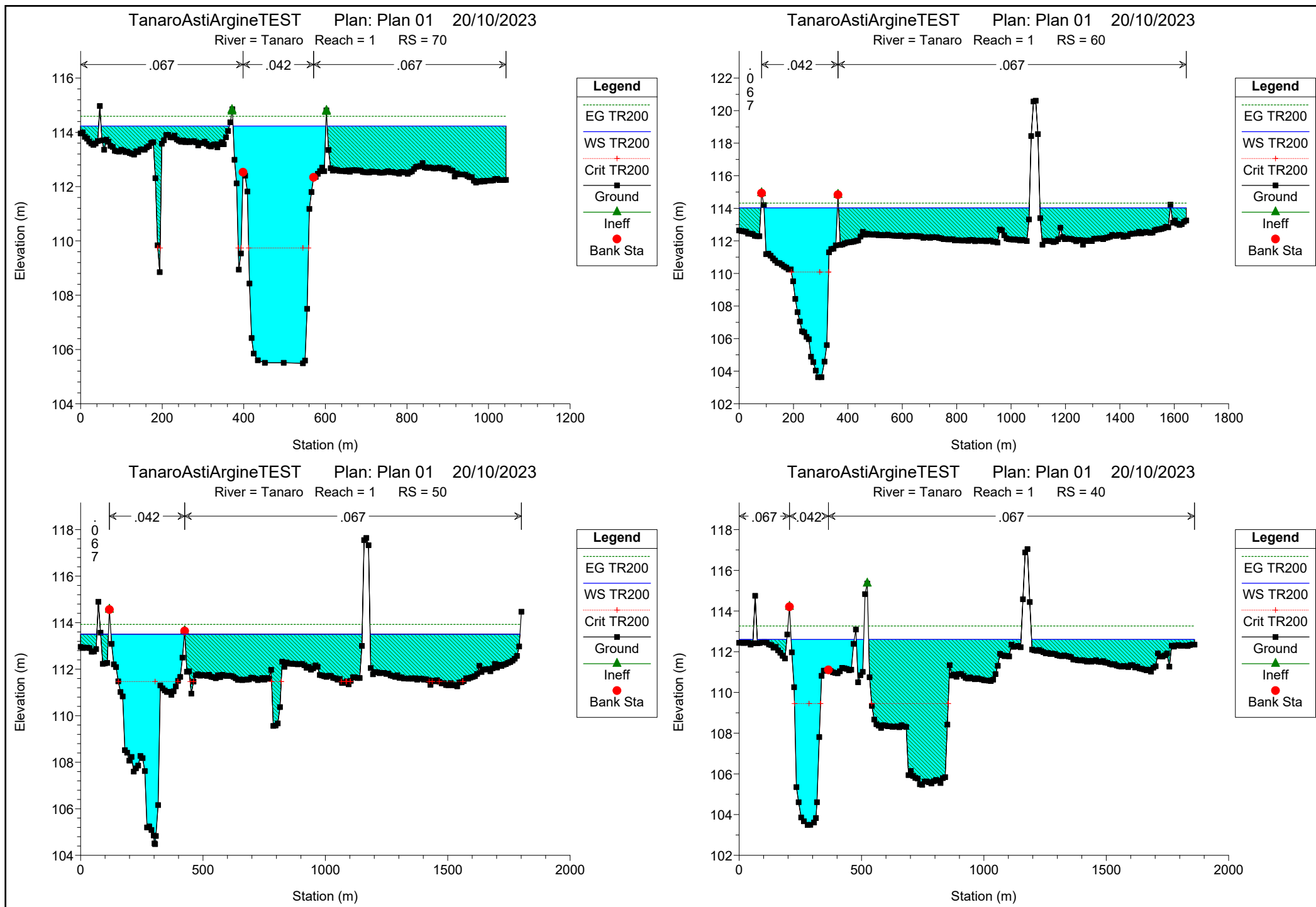


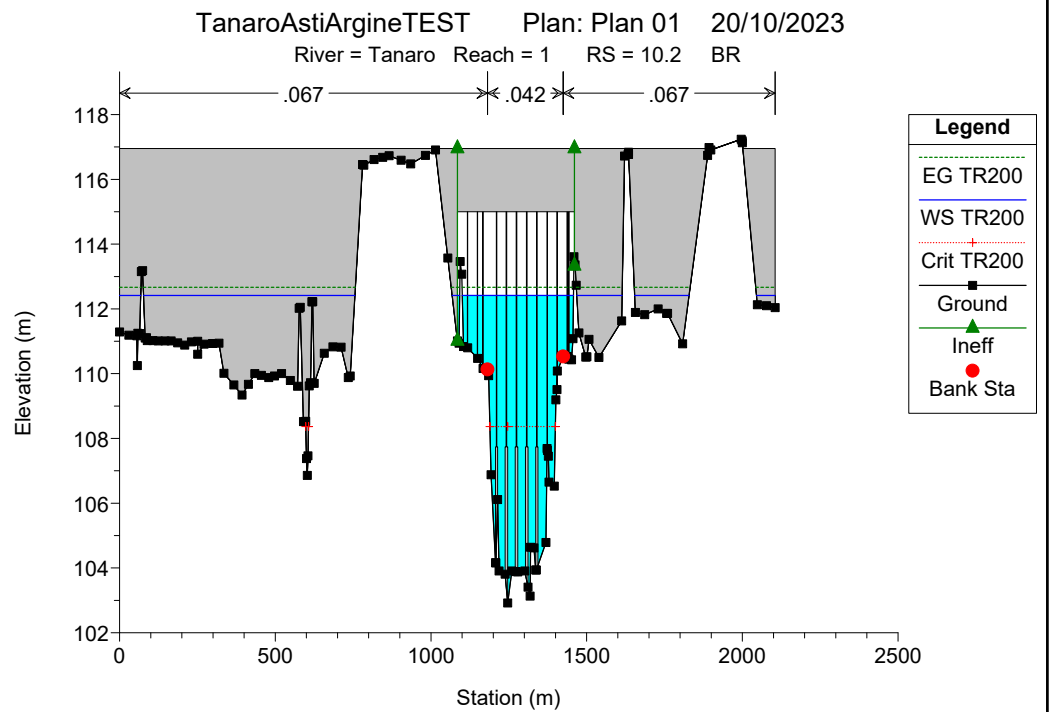
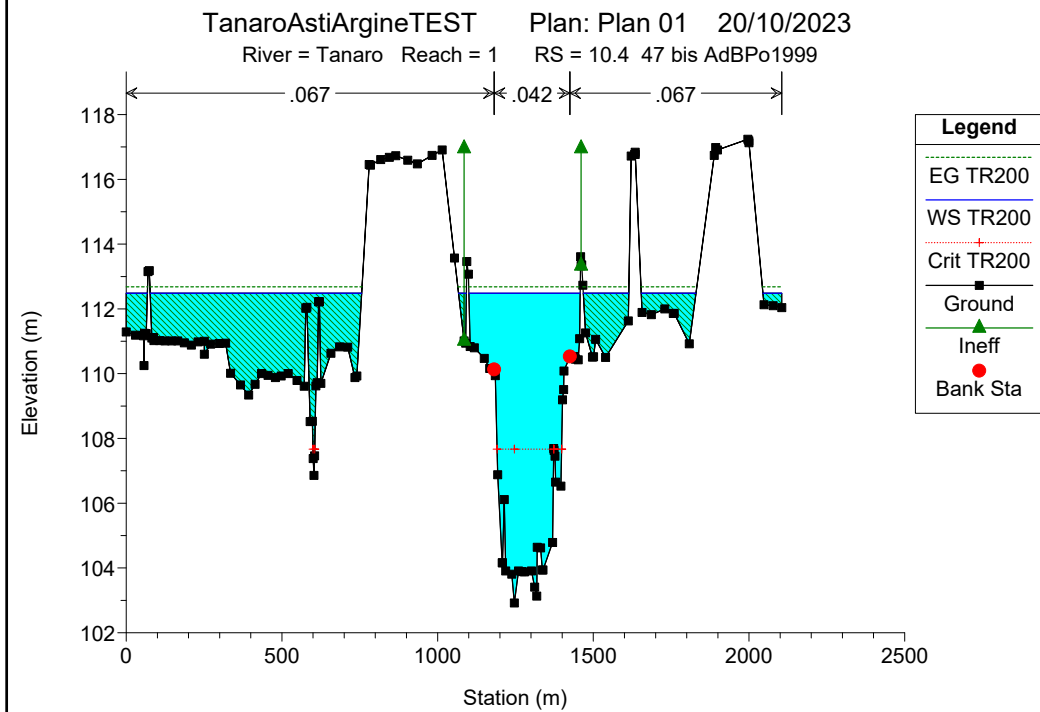
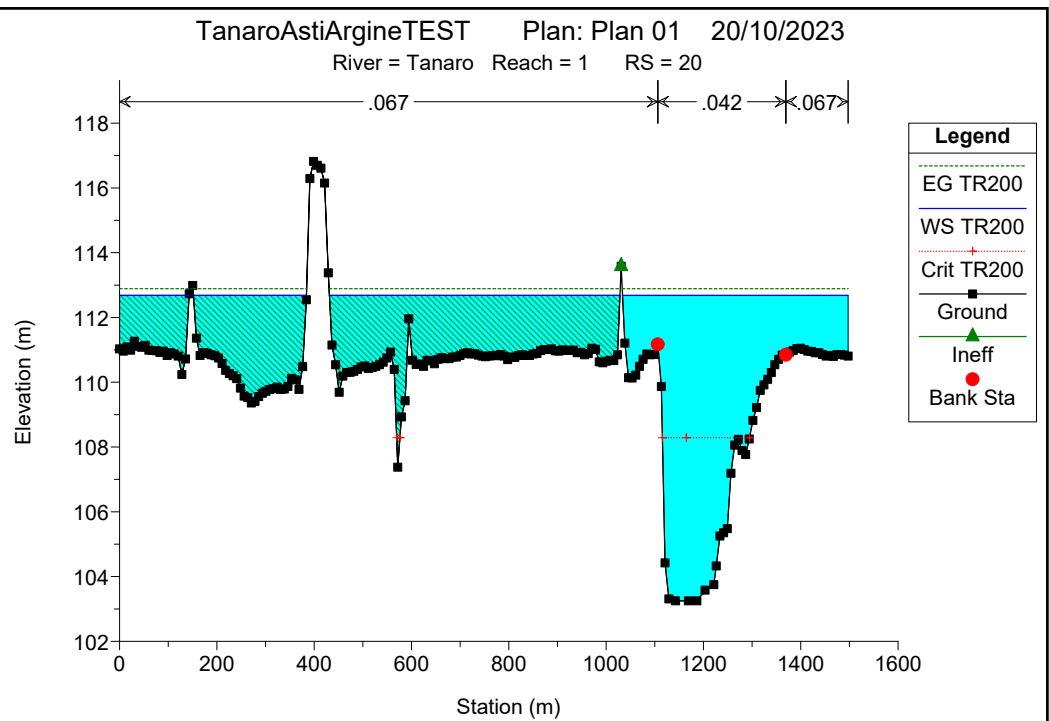
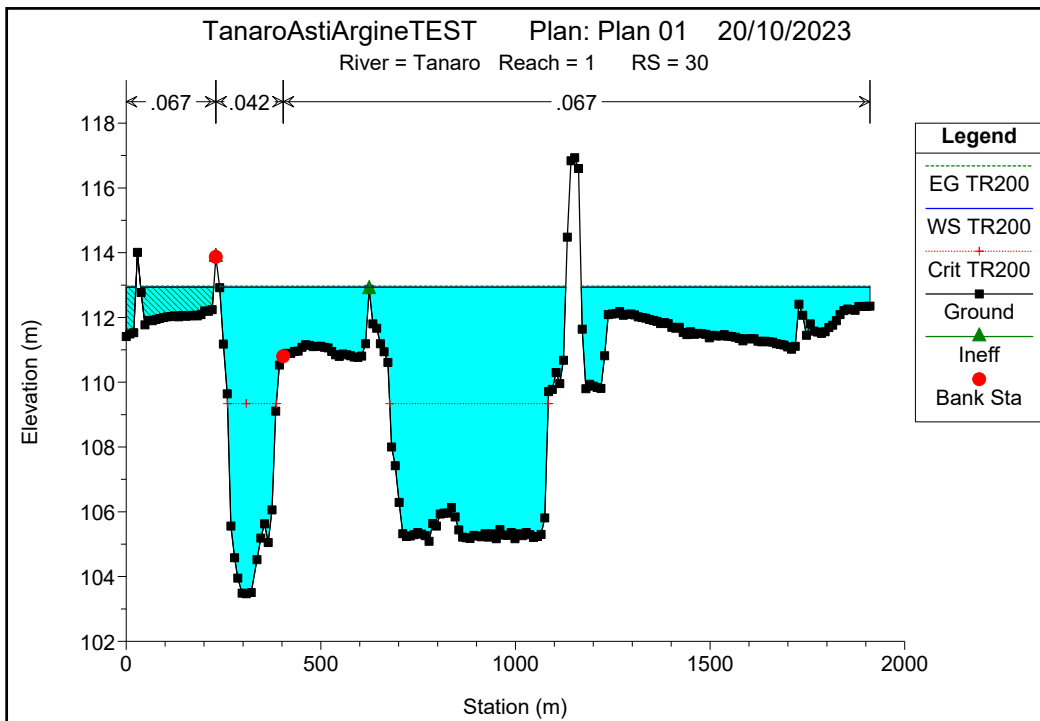


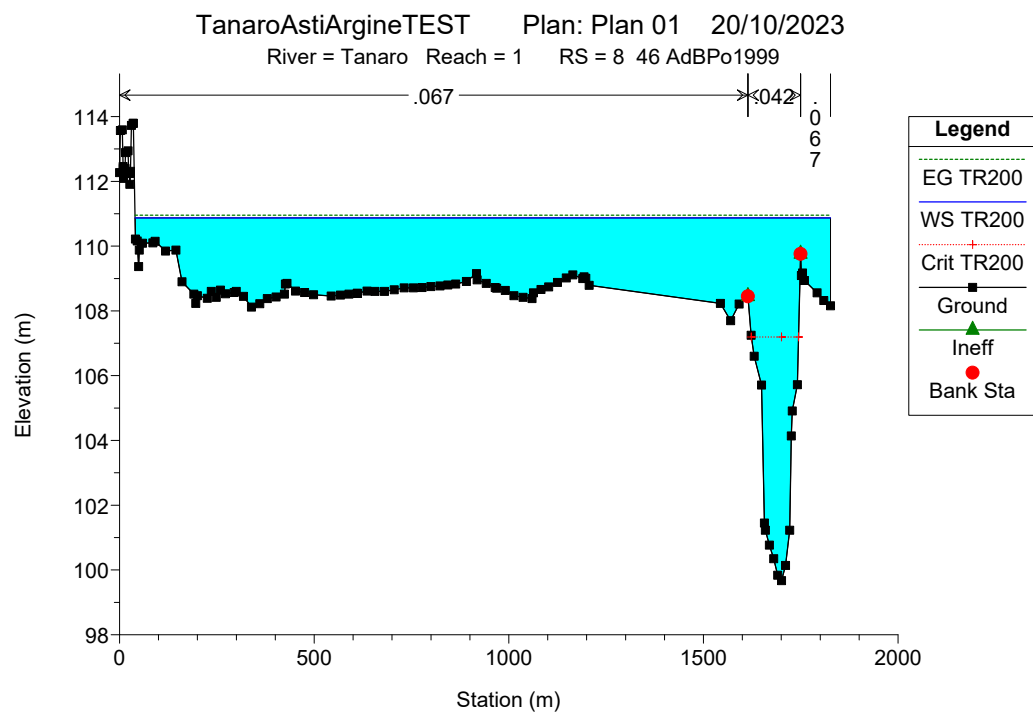
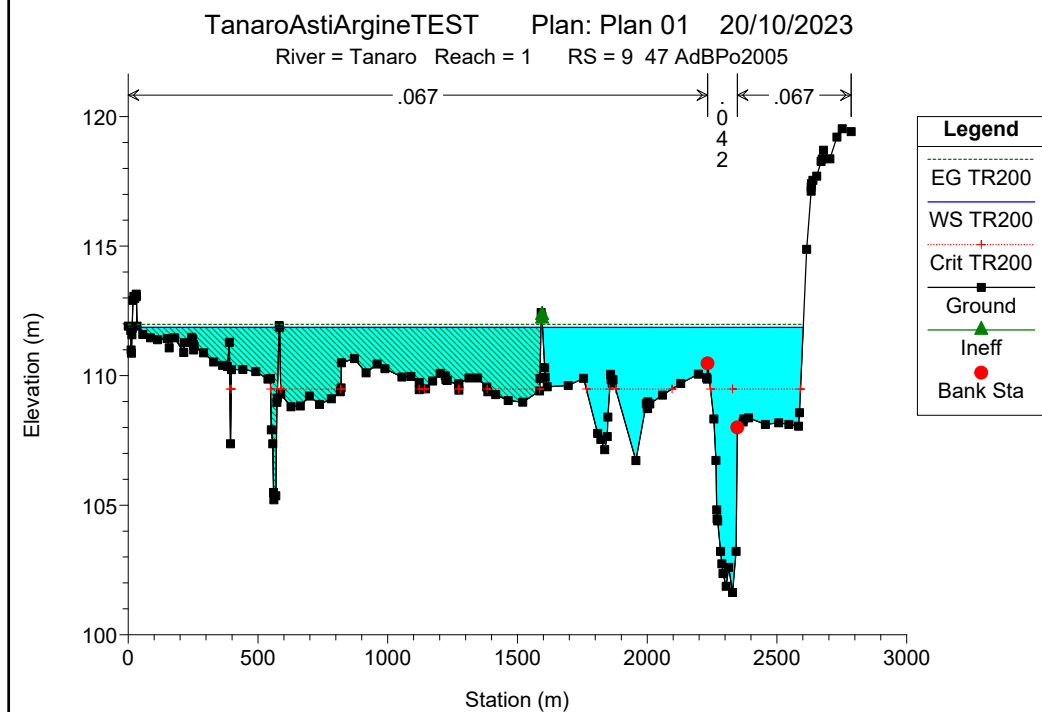
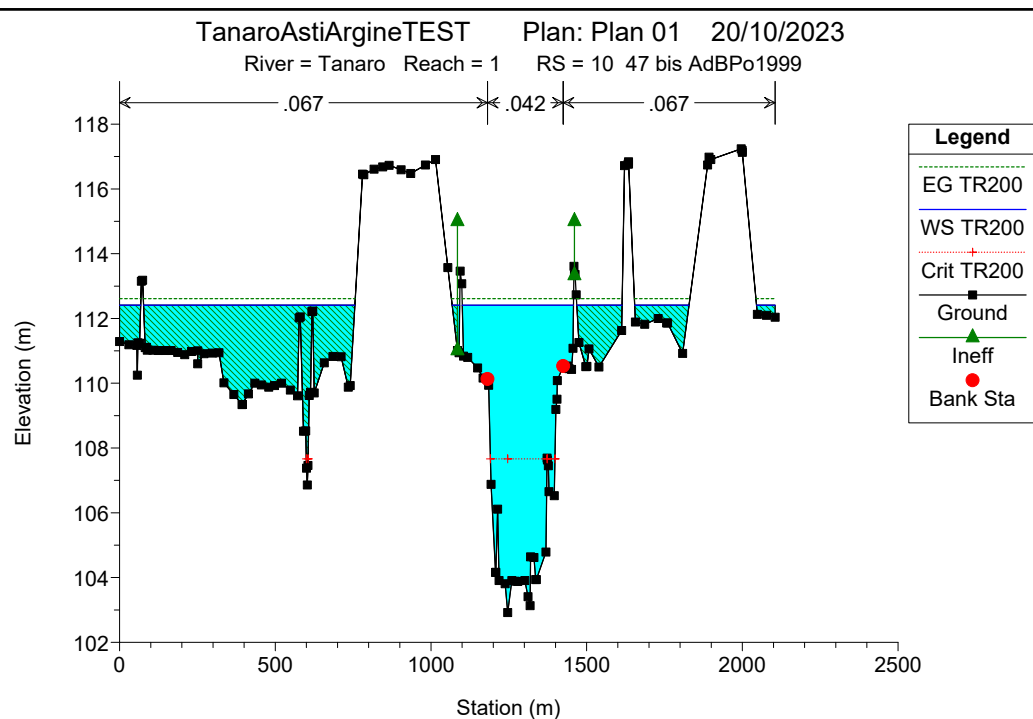
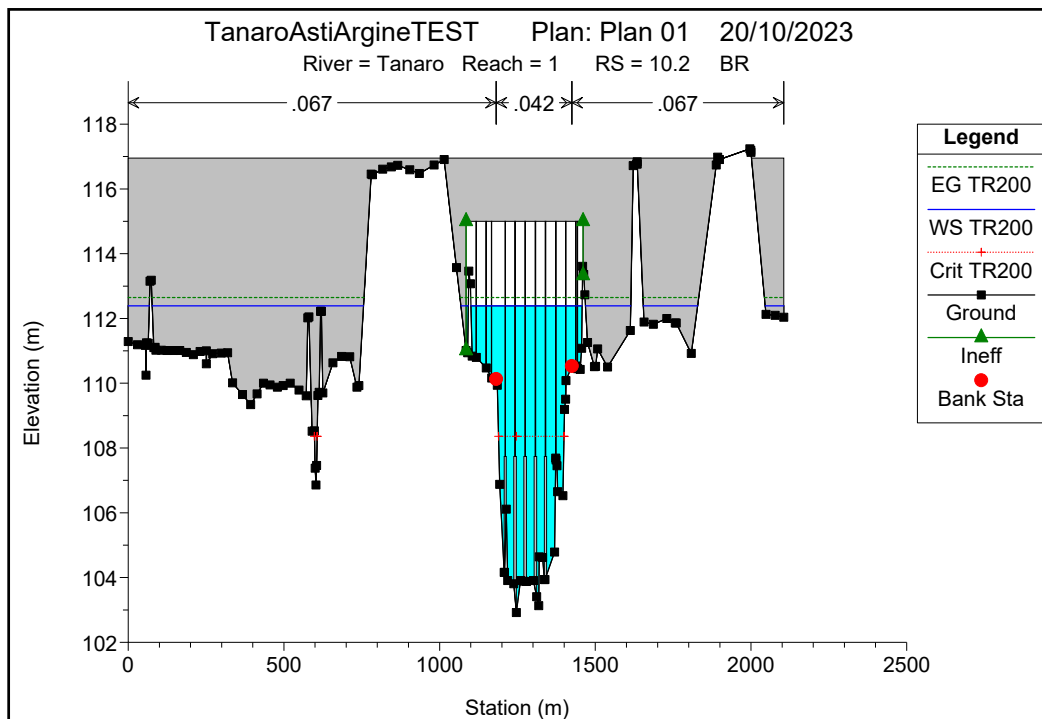


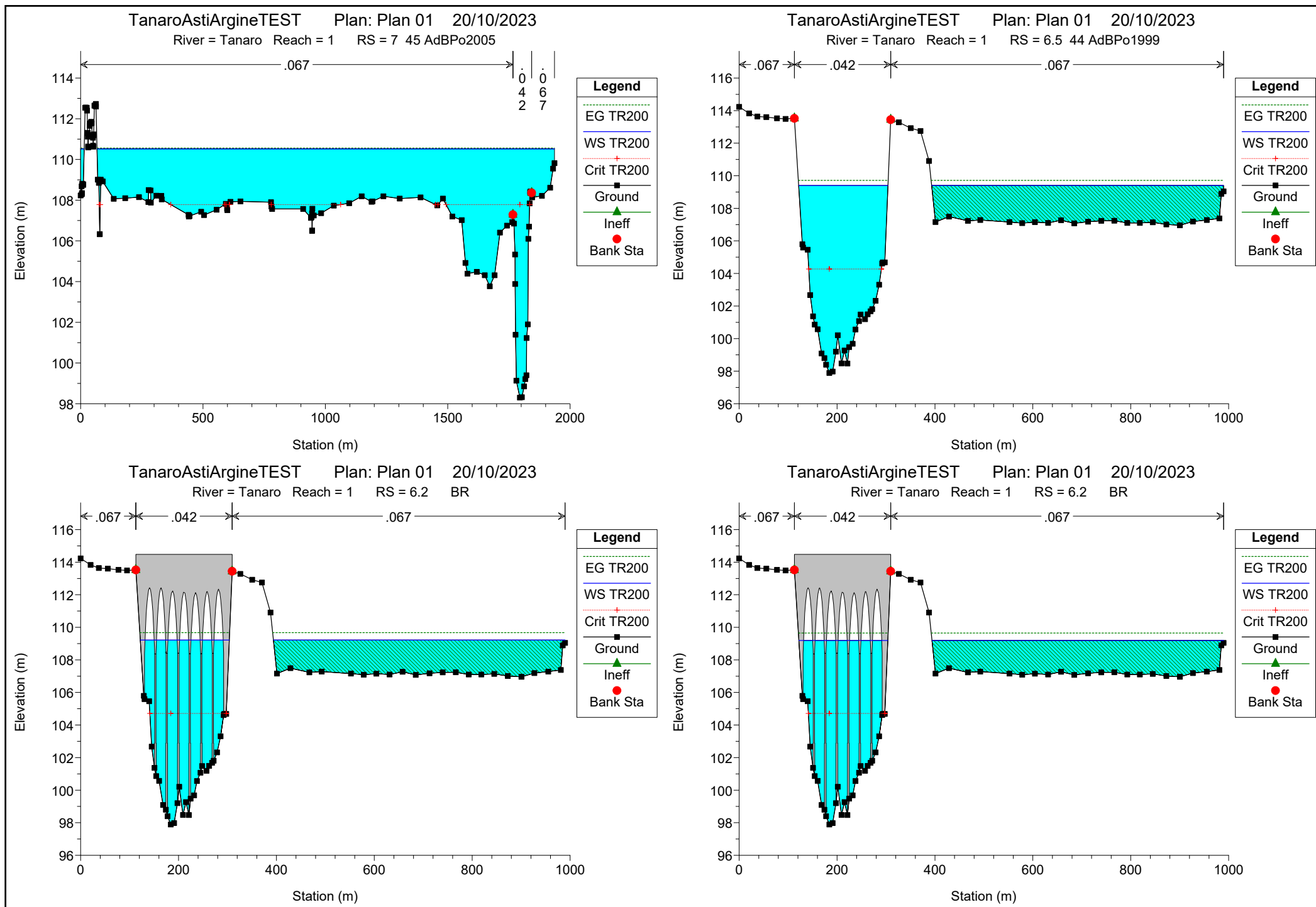












TanaroAstiArgineTEST

Plan: Plan 01

20/10/2023

River = Tanaro

Reach = 1

RS = 6.2 BR

0.067

0.042

0.067

Elevation (m)

116

114

112

110

108

106

104

102

100

98

96

Station (m)

0

200

400

600

800

1000

Legend

EG TR200

WS TR200

Crit TR200

Ground

Ineff

Bank Sta

TanaroAstiArgineTEST

Plan: Plan 01

20/10/2023

River = Tanaro

Reach = 1

RS = 6.2 BR

0.067

0.042

0.067

Elevation (m)

116

114

112

110

108

106

104

102

100

98

96

Station (m)

0

200

400

600

800

1000

Legend

EG TR200

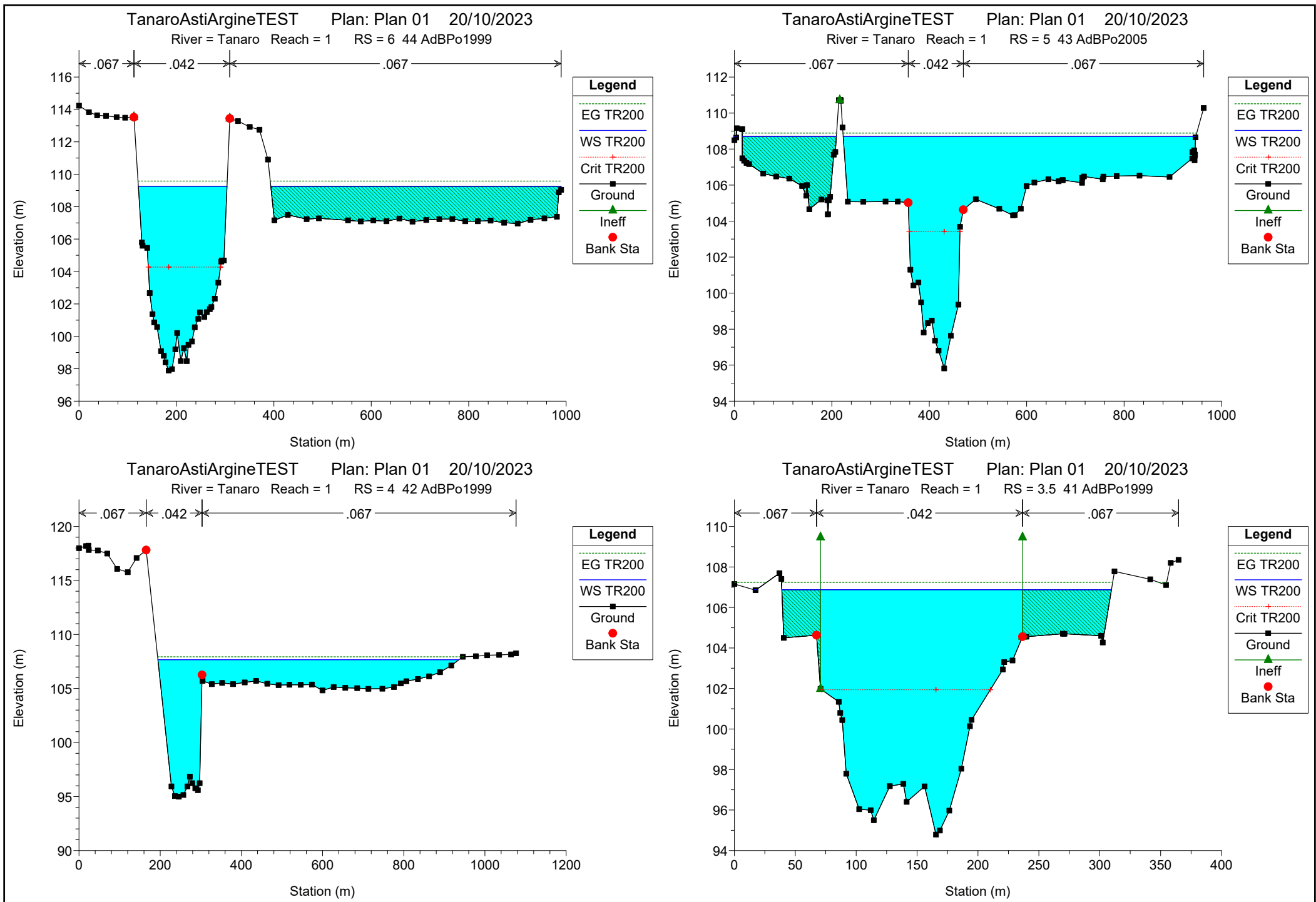
WS TR200

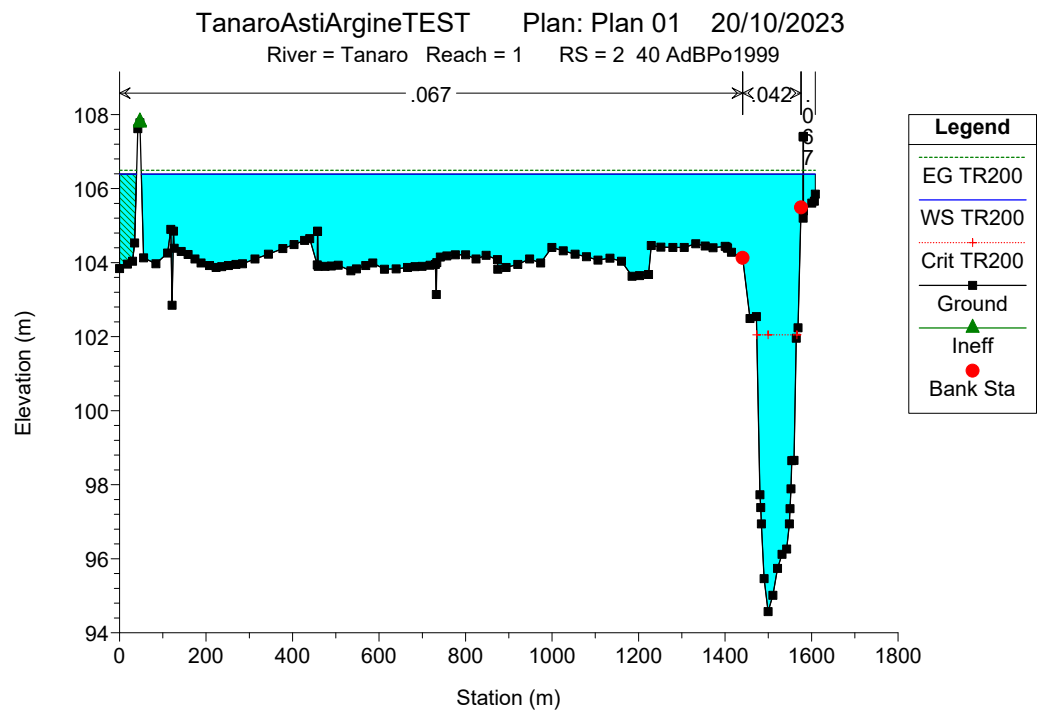
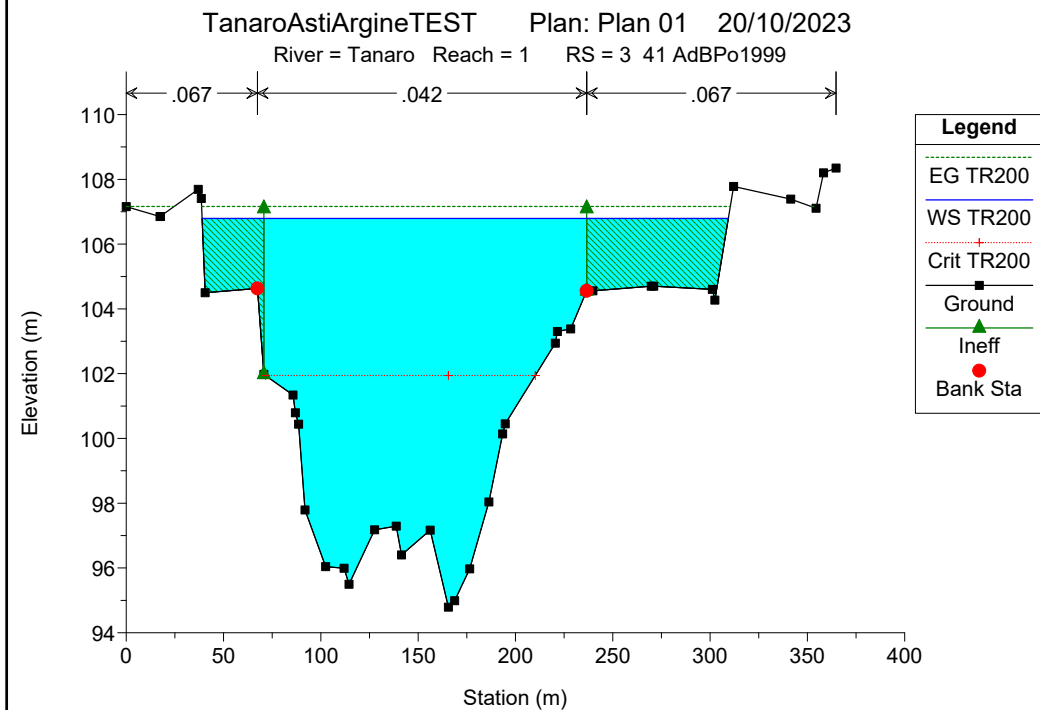
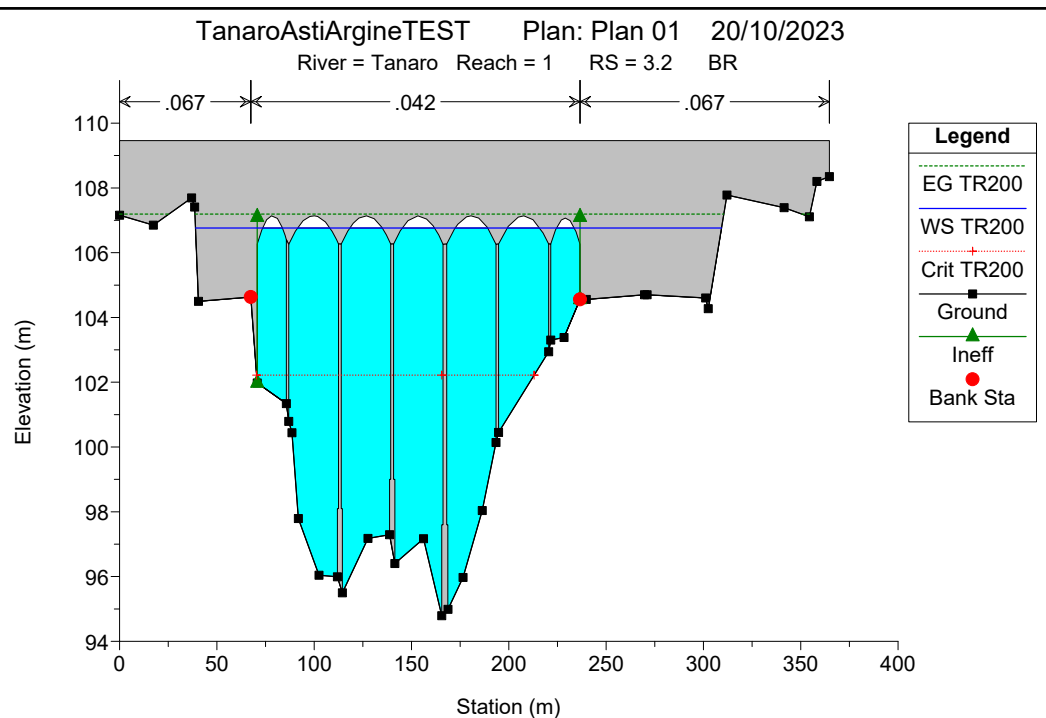
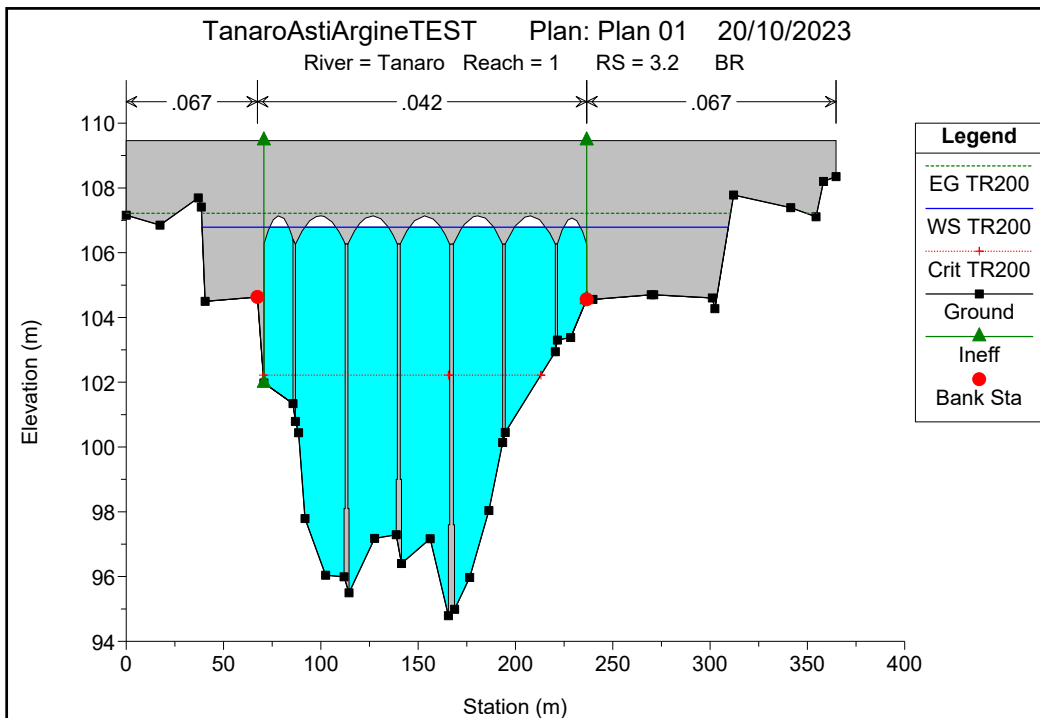
Crit TR200

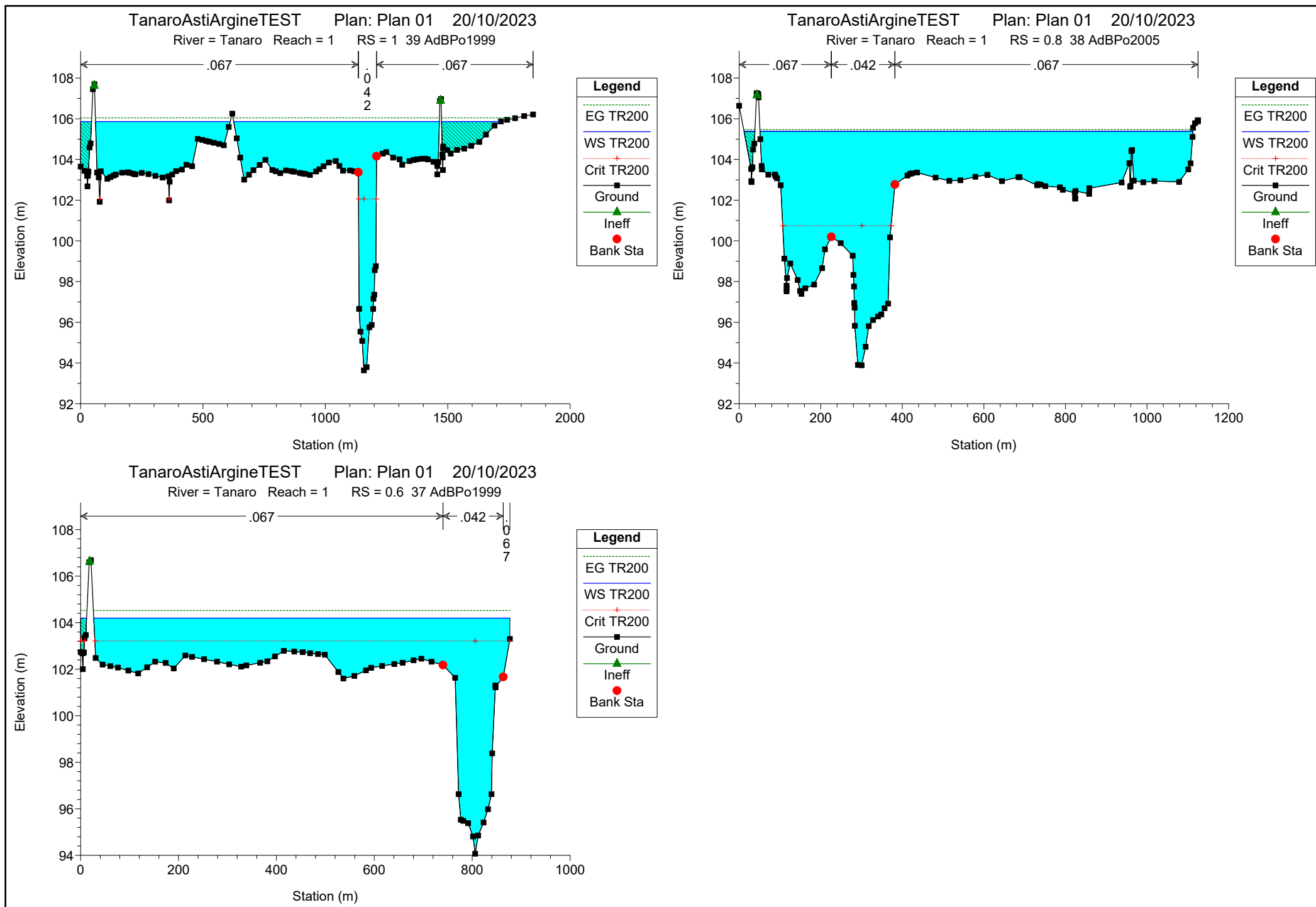
Ground

Ineff

Bank Sta







5 VERIFICA DEL FRANCO ARGINALE

Il profilo di piena duecentennale riportato nelle tavole grafiche è stato ricavato mediante interpolazione lineare dei valori di quota idrometrica puntuali delle sezioni del modello numerico.

Dalle verifiche continue sui profili arginali e puntuali sulle sezioni di rilievo, si rileva che il franco idraulico minimo non è attualmente verificato sia in sponda destra che in sponda sinistra.

I valori puntuali di rialzo sono riportati nelle tavole grafiche allegate al progetto, da cui è possibile constatare che il franco idraulico nella situazione di progetto risulta essere mediamente pari a circa 1.40 m, valore cautelativamente superiore al limite minimo fissato dalla *“Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche all'interno delle fasce A e B”* pari ad 1.00 m e comunque coerente con le quote dei rialzi arginali già realizzati a valle degli interventi.

Nelle seguenti tabelle vengono riportate le verifiche puntuali per la sponda destra e sinistra in corrispondenza delle sezioni di calcolo del modello, dove il franco idraulico risulta essere ampiamente verificato.

ARGINE DESTRO			
Sez. (-)	Quota idrometrica TR = 200 anni (m s.l.m.)	Quota di progetto argine destro (m s.l.m.)	Franco idraulico (m)
150	116.80	118.20	1.40
140	116.45	117.85	1.40
130	116.17	117.57	1.40
120	115.67	117.07	1.40
110	115.40	116.80	1.40
100	115.27	116.68	1.41

ARGINE SINISTRO			
Sez. (-)	Quota idrometrica TR = 200 anni (m s.l.m.)	Quota di progetto argine sinistro (m s.l.m.)	Franco idraulico (m)
180	117.26	118.66	1.40
170	117.19	118.59	1.40
160	117.12	118.52	1.40
150	116.80	118.20	1.40
140	116.45	117.85	1.40
501	116.43	117.88	1.45
110	115.40	116.75	1.35
100	115.27	116.63	1.36

È importante sottolineare che il progetto di rialzo dell'argine in sponda sinistra del Tanaro previsto all'intervento B, si estende da monte fino alla confluenza con il Borbore dove il coronamento dell'argine passa da una strada bianca ad una asfaltata.

Risalendo lungo il Borbore e oltrepassando l'area di intervento che interessa la strada bianca, l'argine esistente trattiene la piena di progetto del presente studio con un franco pari a circa 0.80 m, inferiore al minimo previsto dalla normativa pari a 1.00 m.

6 VERIFICA CANALETTA DI SCOLO RIALZO PASSEGGIATA

Si prevede la realizzazione di una canaletta di scolo che raccoglie l'acqua proveniente dalla nuova passeggiata rialzata nel tratto che costeggia il ristorante-pizzeria One More di sviluppo totale pari a circa 240 m.

Nei paragrafi successivi viene esposta la verifica delle tubazioni.

6.1 VALUTAZIONE DELL'ALTEZZA DI PIOGGIA CON IL METODO TCEV DELLA REGIONE PIEMONTE

La legge di distribuzione di probabilità del valore atteso a doppia componente, nota come TCEV (Two Component Extreme Value), rappresenta la distribuzione del massimo valore in un dato intervallo di tempo di una variabile casuale distribuita secondo una miscela di due esponenziali, quando il numero di occorrenze di una stessa variabile, in detto intervallo, segue la legge di Poisson.

La stima dei parametri della distribuzione TCEV può essere effettuata utilizzando sia una serie di valori che eccedono un prefissato livello di soglia, sia una serie di valori massimi in un prefissato intervallo di tempo generalmente assunto, in Idrologia, pari ad un anno.

Detta stima può anche essere effettuata utilizzando tecniche di regionalizzazione dei parametri.

Tali tecniche sono tra l'altro necessarie quando si vuole interpretare il comportamento statistico di una variabile idrologica, della quale non si dispone di osservazioni nella località di interesse.

Per il caso in oggetto si fa riferimento allo studio relativo alla "Regionalizzazione delle piogge" redatto con modello TCEV a cura dell'Assessorato Regionale Tutela del Suolo – Settore OO.PP. Difesa Assetto Idrogeologico della Regione Piemonte.

Tale modello studia in modo statistico le massime altezze di precipitazione con assegnato tempo di ritorno e durata pari a 1-24 ore e 1-5 giorni sul territorio piemontese.

La procedura permette di determinare il tempo di ritorno associato ad una data altezza di pioggia che si è verificata su un'area caratterizzata dalla propria altitudine media e dal fatto di essere contenuta in una particolare zona pluviometricamente omogenea.

La medesima procedura può essere anche applicata nell'ordine inverso per determinare un'altezza di precipitazione di assegnato tempo di ritorno.

La valutazione avviene attraverso due passaggi matematici.

Il primo consiste nel definire il parametro E, corrispondente alla media delle altezze massime di precipitazione registrate in un dato intervallo di tempo.

La funzione che definisce tale parametro varia da zona a zona, per cui sono state definite per la regione Piemonte 6 aree pluviometricamente omogenee, a cui corrispondono le seguenti funzioni caratteristiche:

- ZONA OMOGENEA 1: $E1 = 30,86 \cdot t^{(0,412+0,00024 \cdot Z)/1,38}$
- ZONA OMOGENEA 2: $E2 = 25,37 \cdot t^{(0,469+0,00023 \cdot Z)/1,38}$
- ZONA OMOGENEA 3: $E3 = 22,62 \cdot t^{(0,3377+0,000178 \cdot Z)/1,38}$
- ZONA OMOGENEA 4: $E4 = 36,58 \cdot t^{(0,504+0,000186 \cdot Z)/1,38}$
- ZONA OMOGENEA 5: $E5 = 18,37 \cdot t^{(0,827-0,000075 \cdot Z)/1,38}$
- ZONA OMOGENEA 6: $E6 = 16,07 \cdot t^{(0,69-0,00007 \cdot Z)/1,38}$

dove t corrisponde alla durata della pioggia considerata (ore) e Z all'altitudine (m s.l.m.).

Dal rapporto tra l'altezza di pioggia misurata X_T e il valore E si ricava $X_1 = X_T/E$.

Introducendo quest'ultimo parametro nelle seguenti funzioni, che descrivono le 3 curve di crescita caratteristiche di altrettante aree in cui è stata suddivisa la regione Piemonte, si ottiene la probabilità di non superamento SZ :

· ZONA PLUVIOMETRICA 1: $SZ1 = e^{(-15,81 \cdot 19,452 \cdot X_1^{1,885} - 7,179 \cdot X_1)}$

· ZONA PLUVIOMETRICA 2: $SZ2 = e^{(-20,38 \cdot 25,078 \cdot X_1^{2,231} - 8,498 \cdot X_1)}$

· ZONA PLUVIOMETRICA 3: $SZ3 = e^{(-43,35 \cdot 53,35 \cdot X_1^{3,684} - 14,21 \cdot X_1)}$

Dal parametro SZ si ricava infine il tempo di ritorno di un determinato evento TR dalla seguente relazione:

$$TR = \frac{1}{1 - SZ}$$

Applicando a ritroso le stesse funzioni si può ricavare l'altezza di precipitazione di assegnato tempo di ritorno da utilizzare poi nel calcolo delle portate tramite il metodo razionale.

Introducendo nel modello di regionalizzazione TCEV il valore del tempo di pioggia e quello del relativo tempo di ritorno, si ottiene l'altezza di pioggia cercata.

La zona omogenea dell'area oggetto di indagine risulta essere la n. 3.

6.2 CALCOLO DELLE PORTATE D'ACQUA METEORICHE DA SMALTIRE

Per il dimensionamento delle opere di intercettazione e smaltimento delle acque meteoriche dell'area in oggetto e per la successiva valutazione dell'incremento della criticità idraulica delle condizioni a valle nel corpo idrico recettore, occorre valutare le portate conseguenti all'altezza d'acqua meteorica di progetto.

È importante sottolineare che il corpo idrico recettore finale è costituito dal Fiume Tanaro, che possiede una portata di piena di diversi ordini di grandezza superiore rispetto a quella della canaletta: si può quindi affermare che la canaletta in progetto non influenza in alcun modo il Tanaro durante gli eventi di piena di progetto.

Le portate da smaltire che si esaminano sono quelle conseguenti all'altezza di pioggia con tempo di ritorno pari a 10 anni.

La valutazione delle portate dai dati pluviometrici prende origine dalla stima dell'altezza di precipitazione che può verificarsi sulla superficie scolante per una definita durata.

La durata da considerare è pari al tempo necessario affinché tutta la superficie sottesa dalla prefissata sezione contribuisca al deflusso, avendo però definito il carattere dell'evento da considerare: cioè il numero d'anni nel quale mediamente l'evento può essere uguagliato o superato.

La durata della precipitazione che si assume per tetti, piazzali e giardini al fine di valutare l'intensità di pioggia è normalmente circa 12 minuti (0.20 ore).

Nota l'intensità di precipitazione, per una assegnata superficie scolante S caratterizzata da un coefficiente di deflusso ϕ , la portata defluente è data dall'espressione:

$$Q = \phi \cdot S \cdot j$$

con:

Q = portata meteorica defluente

ϕ = coefficiente di deflusso

S = superficie esposta alla pioggia

j = intensità pluviometrica

I coefficienti di deflusso da adottare per i tipi di superficie in oggetto sono:

Superficie impermeabile in conglomerato bituminoso:

$$\phi = 0.90$$

In relazione allo schema della rete di smaltimento in progetto si possono definire le superfici scolanti che contribuiscono ad alimentare il deflusso superficiale nelle sezioni significative di verifica della rete di smaltimento.

Vista la semplicità dello schema, si è scelto di adottare una unica sezione di verifica pari a quella di chiusura dell'area contribuyente:

Sezione di verifica	superficie [m ²]
Unica	1180

Le acque meteoriche relative alle aree scolanti verranno intercettate come da progetto da un sistema di cunette e tubazioni e convogliate nel Fiume Tanaro.

Applicando il modello TCEV citato in precedenza si calcola dapprima l'altezza di pioggia corrispondente al caso in esame:

Tempo di ritorno [anni]	Quota [m.s.l.m]	Tempo di pioggia [min]	h pioggia [mm]
10	123	12	26.96

Si determina, quindi, l'intensità di pioggia j pari a 134.79 mm/h da utilizzare per definire la portata meteorica defluente nella cunetta e nei condotti, ovvero la portata specifica in l/s/m², considerando il tempo di pioggia preso in esame e supponendo ragionevolmente che l'intensità sia costante durante tale breve periodo.

Si ha pertanto, nella nuova situazione di progetto:

Sez.	Q meteorica $T_R = 10$ anni [l/s]
Unica	39.8

6.3 DIMENSIONAMENTO IDRAULICO DELLE TUBAZIONI DI SCOLO

Il calcolo della portata nei condotti è stato condotto mediante la formula di Chezy in moto uniforme, di seguito riportata:

$$Q = \chi \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

dove:

- Q : Portata defluente (m^3/s);
- χ : Coefficiente di Chezy ($\text{m}^{1/2}\text{s}^{-1}$);
- A : Area Bagnata (m^2);
- R : Raggio idraulico (m);
- i : Pendenza motrice (m/m).

La dorsale verrà realizzata con tubazioni in PVC SN8, mezzi tubi in CLS e pozzetti in CLS tradizionali: per i calcoli si assume una pendenza minima non inferiore allo 0.5 %.

In tal caso, il coefficiente di Chezy viene determinato mediante la formula di Gauckler – Stricker di seguito riportata:

$$\chi = k_s \cdot R^{1/6}$$

dove:

- k_s : Coefficiente di Gauckler – Stricker ($\text{m}^{1/3}\text{s}^{-1}$);
- R : Raggio idraulico (m).

Il coefficiente di Gauckler – Stricker è da assumersi:

- per le tubazioni in PVC pari a $100 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$;
- per le tubazioni in CLS pari a $70 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$;

Utilizzando tale formula è possibile calcolare la portata smaltibile da ogni tratto di tubazione presente nella rete, in condizioni di riempimento completo.

Il valore a sezione completamente riempita non rappresenta quello massimo smaltibile dalla condotta in quanto la massima portata si ha con un'altezza d'acqua nella tubazione pari al 93% del diametro.

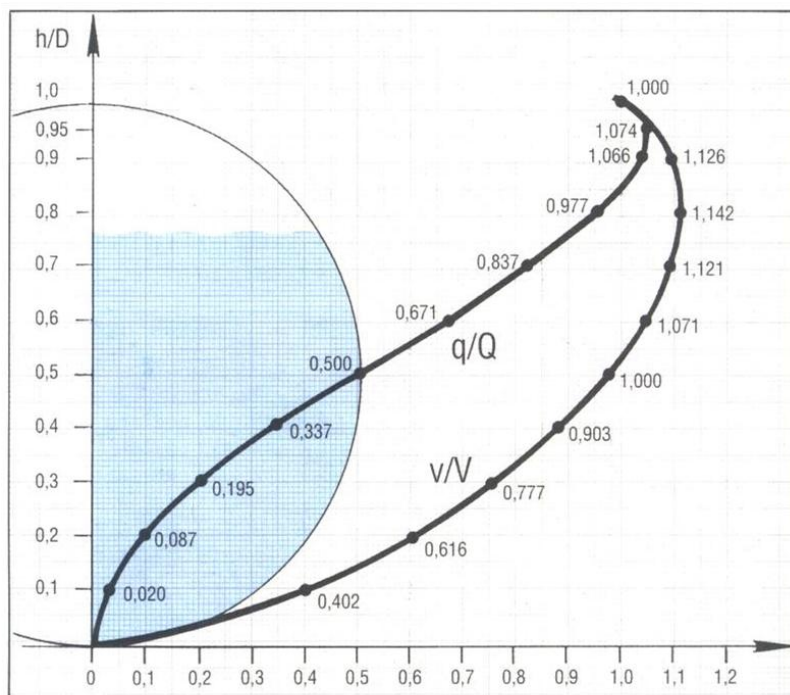


Fig. 1 Scala dei deflussi

Figura 6.1: Scala di deflusso collettore circolare

Di seguito la verifica delle due tubazioni previste:

Sez.	Portata di Progetto	Diametro interno/ esterno	Pendenza	Tipologia Tubazione	Portata massima collettore (93%)	V	h/D
(-)	(l/s)	(mm)	(%)	(-)	(l/s)	(m/s)	(-)
Unica	39.8	400/540	0.5	CLS	144.1	0.9	0.37
Unica	39.8	235/250	0.5	PVC	49.8	1.2	0.71

La verifica della portata risulta essere soddisfatta: in particolare, è bene notare che per la canaletta in cls, essendo un mezzo tubo, la verifica risulta soddisfatta in quanto il fattore di riempimento h/D per la portata di progetto è inferiore a 0.50.

7 INTERVENTO DI RICALIBRATURA BORBORE

Al fine di approvvigionare il materiale necessario al rialzo degli argini in progetto, è prevista la ricalibratura del torrente Bobore al fine di ricavare i circa 11'500 m³ necessari.

Di seguito si riporta la determinazione dei volumi di scavo mediante metodo delle sezioni compensate, le cui dimensioni sono state ricavate dagli elaborati progettuali:

Sez.	Distanza dalla precedente (m)	Area (m ²)	Volume (m ³)
valle		0.00	
500	62.3	6.01	187.21
501	291.6	2.52	1243.67
502	262.4	3.37	772.77
503	279.1	4.58	1109.42
504	292.4	2.19	989.77
505	161.5	2.02	339.96
506	222.4	11.72	1527.89
507	213.5	12.35	2569.47
508	201.4	12.80	2532.61
monte	36.5	0.00	233.60
		TOT=	11506.37

A livello idraulico, tale quantitativo di terreno asportato distribuito sui circa 2 km di ricalibratura, rappresenta un valore modesto che non determina variazioni idrauliche significative, come risulta dalla seguente tabella, che mette in relazione la simulazione attuale, senza ricalibratura, e di progetto, con ricalibratura:

HEC-RAS River: Bobore Reach: 1 Profile: TR200

Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total (m ³ /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 (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	504	TR200	Attuale	250.00	111.48	116.62	113.61	116.70	0.000444	1.23	203.87	49.00	0.19
1	504	TR200	Progetto-RicalibraturaBobore	250.00	111.14	116.62	113.55	116.69	0.000429	1.21	206.79	49.00	0.19
1	503	TR200	Attuale	250.00	110.84	116.54	112.96	116.59	0.000285	1.06	236.01	49.00	0.15
1	503	TR200	Progetto-RicalibraturaBobore	250.00	110.56	116.53	112.93	116.59	0.000282	1.05	237.01	49.00	0.15
1	502	TR200	Attuale	250.00	110.33	116.48	112.60	116.52	0.000193	0.91	279.28	66.93	0.13
1	502	TR200	Progetto-RicalibraturaBobore	250.00	110.01	116.48	112.56	116.52	0.000190	0.91	280.85	66.92	0.13
1	501	TR200	Attuale	250.00	109.81	116.43	112.44	116.47	0.000194	0.92	293.48	88.07	0.13
1	501	TR200	Progetto-RicalibraturaBobore	250.00	109.50	116.43	112.40	116.47	0.000192	0.92	294.79	88.06	0.13
1	500	TR200	Attuale	250.00	109.17	116.40	112.18	116.43	0.000121	0.84	465.89	125.72	0.11
1	500	TR200	Progetto-RicalibraturaBobore	250.00	108.93	116.40	112.12	116.42	0.000119	0.84	466.92	125.72	0.11

Tale intervento, oltre a garantire la fornitura del materiale per i rialzi, risulta essere migliorativo dal punto di vista ambientale e della dinamica fluviale; infatti, è previsto un alveo di magra che ristabilisce la sinuosità del tracciato, attualmente poco pronunciata, al fine di non banalizzare l'ambiente acquatico e allo stesso tempo regolarizzare i deflussi di piena riducendo la possibilità che si instaurino delle dinamiche fluviali anomale che possono rappresentare un problema per il territorio.

La modellazione idraulica del torrente Bobore è stata fatta tenendo in considerazione le opere di difesa.

Nelle seguenti pagine i risultati delle simulazioni idrauliche condotte.

MODELLO MONODIMENSIONALE DI MOTO PERMANENTE**SIMULAZIONE DI PROGETTO RICALIBRATURA BORBORE**

Corso d'acqua	Portata al colmo [m³/s]	Tempo di ritorno [anni]
Fiume Tanaro ad Asti	3606	200
Torrente Bobore alla confluenza	250	<200

River	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)	
Tanaro	2	250	TR200	3606.00	105.12	118.63		118.73	0.000654	1.96	4029.22	1652.72	0.26
Tanaro	2	240	TR200	3606.00	109.00	118.41		118.51	0.000754	1.90	3882.06	1933.88	0.27
Tanaro	2	230	TR200	3606.00	110.43	118.13		118.25	0.000986	2.29	3277.20	1539.72	0.31
Tanaro	2	220	TR200	3606.00	108.67	117.82		117.96	0.000918	2.42	3684.22	1771.04	0.31
Tanaro	2	215	TR200	3606.00	109.00	117.62		117.74	0.000795	2.28	3775.55	1794.19	0.29
Tanaro	2	210	TR200	3606.00	109.32	117.53		117.59	0.000465	1.77	4562.10	1763.62	0.22
Tanaro	2	200	TR200	3606.00	109.03	117.36		117.46	0.000567	1.67	3937.24	1885.34	0.24
Tanaro	2	190	TR200	3606.00	109.48	117.31		117.36	0.000294	1.36	4952.25	1779.48	0.18
Tanaro	2	180	TR200	3606.00	109.15	117.26		117.29	0.000178	1.14	6238.60	1980.30	0.14
Tanaro	2	170	TR200	3606.00	109.13	117.19		117.24	0.000240	1.34	5644.07	1860.37	0.16
Tanaro	2	160	TR200	3606.00	108.50	117.12	113.72	117.16	0.000211	1.18	5133.73	1504.77	0.15
Tanaro	2	150	TR200	3606.00	107.60	116.80	112.94	117.05	0.000679	2.49	2473.12	874.77	0.28
Tanaro	2	140	TR200	3606.00	107.12	116.45	112.83	116.82	0.000954	3.00	1656.14	406.86	0.33
Tanaro	2	130	TR200	3606.00	107.10	116.17	112.53	116.57	0.001142	2.87	1479.26	502.95	0.35
Tanaro	1	120	TR200	3606.00	107.99	115.67	112.68	116.25	0.001641	3.38	1065.44	163.37	0.42
Tanaro	1	117.5		Bridge									
Tanaro	1	115	TR200	3606.00	107.99	115.54	112.68	116.14	0.001749	3.45	1044.98	163.14	0.43
Tanaro	1	110	TR200	3606.00	106.87	115.40	111.83	115.82	0.001214	2.88	1261.92	549.55	0.36
Tanaro	1	100	TR200	3606.00	106.10	115.27	110.38	115.56	0.000717	2.41	1505.56	273.39	0.28
Tanaro	1	90	TR200	3606.00	106.38	114.90	110.99	115.25	0.000962	2.60	1385.74	285.80	0.32
Tanaro	1	80	TR200	3606.00	105.26	114.46	110.32	114.91	0.001086	2.97	1212.75	166.39	0.34
Tanaro	1	77.5		Bridge									
Tanaro	1	75	TR200	3606.00	105.26	114.40	110.32	114.86	0.001115	3.00	1203.33	166.25	0.35
Tanaro	1	70.5	TR200	3606.00	105.49	114.40	109.74	114.74	0.000817	2.63	1465.28	1029.40	0.30
Tanaro	1	70.1		Inl Struct									
Tanaro	1	70	TR200	3606.00	105.49	114.23	109.74	114.59	0.000881	2.69	1427.54	1024.04	0.31
Tanaro	1	60	TR200	3606.00	103.63	114.03	110.09	114.32	0.001048	2.40	1501.82	1586.36	0.33
Tanaro	1	50	TR200	3606.00	104.48	113.50	111.47	113.92	0.002193	2.88	1253.55	1734.16	0.45
Tanaro	1	40	TR200	3606.00	103.50	112.60	109.45	113.27	0.002210	3.69	1124.41	1753.50	0.48
Tanaro	1	30	TR200	3606.00	103.47	112.94	109.34	112.97	0.000182	1.12	5737.30	1843.69	0.14
Tanaro	1	20	TR200	3606.00	103.25	112.68	108.29	112.89	0.000677	2.08	2002.66	1435.67	0.27
Tanaro	1	10.4	TR200	3606.00	102.92	112.48	107.67	112.68	0.000520	2.00	1974.49	1512.37	0.24
Tanaro	1	10.2		Bridge									
Tanaro	1	10	TR200	3606.00	102.92	112.41	107.67	112.61	0.000540	2.02	1947.68	1507.56	0.24
Tanaro	1	9	TR200	3606.00	101.63	111.86	109.49	111.98	0.000541	2.04	3475.89	2568.11	0.24
Tanaro	1	8	TR200	3606.00	99.67	110.87	107.19	110.96	0.000383	1.77	4647.41	1786.68	0.21
Tanaro	1	7	TR200	3606.00	98.30	110.52	107.78	110.56	0.000248	1.50	6020.43	1884.01	0.16
Tanaro	1	6.5	TR200	3606.00	97.89	109.40	104.27	109.71	0.000701	2.48	1456.25	779.03	0.28

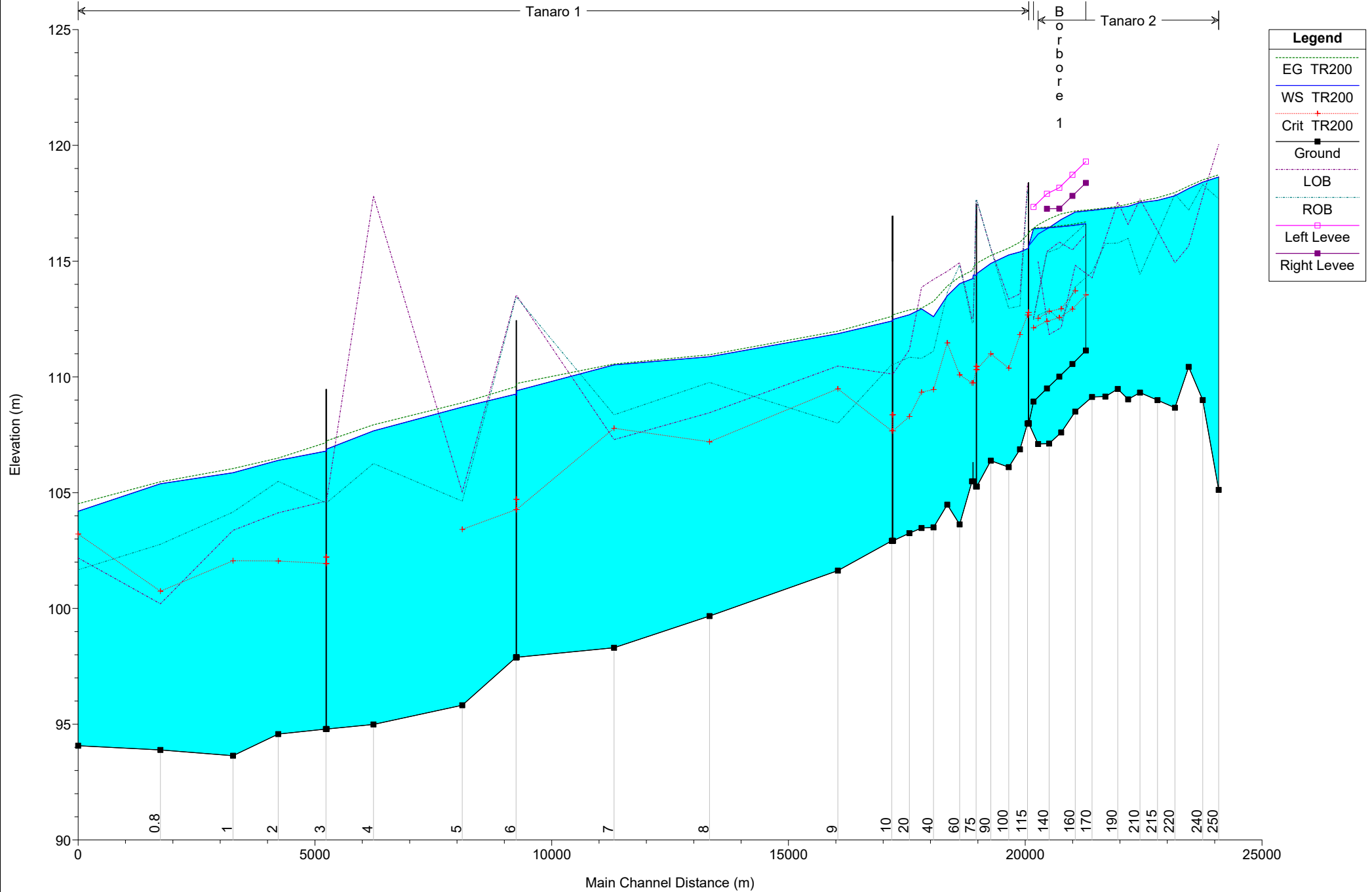
HEC-RAS Plan: Progetto-RicalibraturaBorbore Profile: TR200 (Continued)

River	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)	
Tanaro	1	6.2		Bridge									
Tanaro	1	6	TR200	3606.00	97.89	109.26	104.27	109.58	0.000742	2.52	1429.80	778.01	0.29
Tanaro	1	5	TR200	3606.00	95.82	108.70	103.42	108.88	0.000448	2.25	2848.91	920.90	0.23
Tanaro	1	4	TR200	3606.00	94.99	107.67		107.93	0.000611	2.58	2436.67	741.88	0.26
Tanaro	1	3.5	TR200	3606.00	94.79	106.88	101.94	107.24	0.000776	2.66	1354.84	272.81	0.30
Tanaro	1	3.2		Bridge									
Tanaro	1	3	TR200	3606.00	94.79	106.79	101.94	107.16	0.000804	2.69	1340.71	270.34	0.30
Tanaro	1	2	TR200	3606.00	94.57	106.39	102.05	106.49	0.000415	1.86	4231.75	1597.32	0.21
Tanaro	1	1	TR200	3606.00	93.64	105.86	102.06	106.04	0.000621	2.55	3531.06	1676.26	0.26
Tanaro	1	0.8	TR200	3606.00	93.89	105.39	100.74	105.47	0.000316	1.64	3934.84	1088.03	0.19
Tanaro	1	0.6	TR200	3606.00	94.07	104.19	103.21	104.52	0.001501	3.07	2164.92	862.49	0.39
Borbore	1	504	TR200	250.00	111.14	116.62	113.55	116.69	0.000429	1.21	206.79	49.00	0.19
Borbore	1	503	TR200	250.00	110.56	116.53	112.93	116.59	0.000282	1.05	237.01	49.00	0.15
Borbore	1	502	TR200	250.00	110.01	116.48	112.56	116.52	0.000190	0.91	280.85	66.92	0.13
Borbore	1	501	TR200	250.00	109.50	116.43	112.40	116.47	0.000192	0.92	294.79	88.06	0.13
Borbore	1	500	TR200	250.00	108.93	116.40	112.12	116.42	0.000119	0.84	466.92	125.72	0.11

- Tanaro 1 -

1
B
o
r
b
o
r
e

- Tanaro 2 -



Progetto-RicalibraturaBorbore

Geom: Progetto-RicalibraturaBorbore

