



ANAS S.p.A.



Commissario Governativo Delegato  
OPCM n. 3869 del 23 aprile 2010  
OPCM n. 3895 del 20/8/2010



REGIONE SARDEGNA

**O.P.C.M. n. 3869 del 23/04/2010.** Disposizioni urgenti di protezione civile per fronteggiare l'emergenza determinatasi nel settore del traffico e della mobilità nelle province di Sassari ed Olbia- Tempio, in relazione alla strada statale Sassari - Olbia

**SOGGETTO ATTUATORE ANAS S.p.A.**

**ADEGUAMENTO AL TIPO B (4 CORSIE) DELL'ITINERARIO  
SASSARI-OLBIA  
LOTTO 2**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**IDROLOGIA ED IDRAULICA**

**INALVEAZIONI IDRAULICHE**

**SISTEMAZIONE IDRAULICA S21 e S22 - KM 16+244,50**

**RELAZIONE IDRAULICA**

**RIFERIMENTO ELABORATO**

CODICE PROGETTO		
1° livello	2°liv.	3° livello
D P C A 0 3	E	1 0 0 2

CODICE ELABORATO				
1° livello	2° livello	3° livello	4° livello	5°liv.
T 0 0	0 1 0 8	I D R	R E 0 1	E

REVISIONI	REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
	E	Marzo 2015	AGGIORNAMENTO PER ISTRUTTORIA GENIO CIVILE	G.A.IDDA	M.CHERCHI	R. SOLMONA
	D	Ottobre 2014	AGGIORNAMENTO PER ISTRUTTORIA GENIO ANAS	G.A.IDDA	M.CHERCHI	R.SOLMONA

SCALA:

DATA: Gen.2014

**Imprese - A.T.I.:**

MANDATARIA MANDANTE



MANDANTE



**Il Responsabile del  
Procedimento:**

Ing. Luigi Silletta

**Progettisti indicati - A.T.P.:**

MANDATARIA



MANDANTE



MANDANTE



**Il Progettista**

**Il Geologo**



Impresa – A.T.I.:

Mandataria



Mandante



Mandante



Progettisti indicati – A.T.P.:

Mandataria



Mandante



Mandante



# Relazione idraulica inalveazione S21 e S22

N° PROGETTO: **013.13**

**ELABORATO:** T00OI08IDRRE01\_E.docx

AGGIORNAMENTO PER ISTRUTTORIA GENIO CIVILE	C	Ott. 2014	G.A.Idda	M.Cherchi	R.Solmona
AGGIORNAMENTO PER ISTRUTTORIA GENIO CIVILE	D	Gen. 2015	G.A.Idda	M.Cherchi	R.Solmona
AGGIORNAMENTO PER ISTRUTTORIA GENIO CIVILE	E	Mar. 2015	G.A.Idda	M.Cherchi	R.Solmona
descrizione	revisione	data	redatto	controllato	approvato



## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>1</b>
1.1	LOCALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI.....	1
1.1.1	Interferenze delle opere con corsi d'acqua secondari.....	1
<b>2</b>	<b>ATTRAVERSAMENTI PRINCIPALI, SECONDARI E INALVEAZIONI – METODOLOGIA E CODICE DI CALCOLO.....</b>	<b>2</b>
2.1	CODICE DI CALCOLO – ELABORAZIONI HEC-RAS.....	2
<b>3</b>	<b>OPERE MINORI PER LA REGIMAZIONE DELLE ACQUE INTERFERENTI CON IL TRACCIATO STRADALE .....</b>	<b>3</b>
3.1	CRITERI DI PROGETTO .....	3
<b>4</b>	<b>SISTEMAZIONE INALVEAZIONI .....</b>	<b>4</b>
4.1	CRITERI DI INTERVENTO .....	4
4.2	INALVEAZIONE S21 .....	4
4.3	INALVEAZIONE S22.....	4
4.3.1	Verifiche al trascinamento .....	5
4.4	FRANCHI IDRAULICI.....	10
4.5	TABULATI DI CALCOLO HEC-RAS .....	10
4.5.1	Nota riguardante i diversi strumenti topografici utilizzati .....	10
4.5.2	Ante operam.....	11
4.5.3	Post operam.....	12

Impresa – A.T.I.:

Mandataria



Mandante



Mandante



Progettisti indicati – A.T.P.:

Mandataria



studio solmona & vitali

Mandante



favero&milan ingegneria

Mandante



TECNICAER  
engineering s.r.l.

1

## 1 PREMESSA

L'intervento in progetto, in generale, prevede una strada a carreggiate separate a due corsie per senso di marcia, per l'adeguamento del collegamento già esistente tra Sassari ed Olbia.

Gli attraversamenti idraulici sono stati dimensionati in base ai valori di portata individuati nella relazione idrologica e all'individuazione dello schema di drenaggio più atto ad un efficace allontanamento delle acque precipitate sulla piattaforma stradale, in conformità alle soluzioni progettuali individuate.

Lungo il suo sviluppo l'infrastruttura stradale va ad interferire con numerosi corsi d'acqua e fossi, caratterizzati da un regime spiccatamente torrentizio e bacini idrografici di estensione inferiore a 10 km<sup>2</sup>.

La relazione è stata strutturata in modo da fornire una descrizione specifica per ciascuna delle inalveazioni progettate, come di seguito sarà illustrato.

### 1.1 LOCALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI

Gli interventi previsti in progetto sono opere caratterizzate da diverse dimensioni a seconda dell'interferenza della struttura viaria in progetto con il corso dei compluvi interessati.

#### 1.1.1 Interferenze delle opere con corsi d'acqua secondari

La dimensione di tali opere idrauliche è stata commisurata alle dimensioni dell'area sottesa dal compluvio e consentono l'attraversamento idraulico sia della sede viaria stradale sia della viabilità secondaria migliorando sostanzialmente le condizioni di deflusso dei compluvi, favorendo la linearizzazione degli alvei e la loro riprofilatura con pendenze che garantiscano ove possibile una riduzione delle velocità ed in conseguenza dei fenomeni erosivi.

Le opere previste saranno realizzate con una tipologia di strutture di tipo scatolari di diverse dimensioni. A monte e a valle delle opere di attraversamento sono previste delle sistemazioni degli alvei, che verranno meglio descritte nei paragrafi successivi.

Impresa – A.T.I.:

Mandataria



Mandante



Mandante



Progettisti indicati – A.T.P.:

Mandataria



studio solmona & vitali

Mandante



favero&milan ingegneria

Mandante



TECNICAER  
engineering s.r.l.

2

## 2 ATTRAVERSAMENTI PRINCIPALI, SECONDARI E INALVEAZIONI – METODOLOGIA E CODICE DI CALCOLO

### 2.1 CODICE DI CALCOLO – ELABORAZIONI HEC-RAS

La determinazione delle caratteristiche del moto all'interno delle opere idrauliche è stata effettuata con l'uso del software HEC-RAS 4.1.0 della U.S. Army Corps of Engineering.

L'utilizzo di tale codice consente di studiare il comportamento delle correnti, siano esse in pressione o a pelo libero, sia in condizioni di moto uniforme, che in condizioni di moto permanente gradualmente variato.

Nel caso in esame si è analizzato il deflusso della corrente in moto permanente gradualmente variato.

Per l'illustrazione della metodologia di calcolo adoperata si rimanda all'elaborato T00ID00IDRRE02\_F.

Impresa – A.T.I.:

Mandataria



Mandante



Mandante



Progettisti indicati – A.T.P.:

Mandataria



studio solmona & vitali

Mandante



favero&milan ingegneria

Mandante



TECNICAER  
engineering s.r.l.

3

## 3 OPERE MINORI PER LA REGIMAZIONE DELLE ACQUE INTERFERENTI CON IL TRACCIATO STRADALE

### 3.1 CRITERI DI PROGETTO

La portata di progetto utilizzata nelle verifiche idrauliche è la duecentennale.

Le opere di attraversamento sono state predimensionate in regime di moto uniforme, assumendo un grado massimo di riempimento del 70% dell'altezza dell'opera nel caso dei tombini, e comunque ammettendo velocità di deflusso inferiori ai 5 m/s. Successivamente le stesse opere sono state verificate in regime di moto permanente a mezzo del codice di calcolo HEC-RAS.

Per i franchi idraulici di progetto si è fatto riferimento a quanto prescritto nell'art. 21 comma 1 e comma 2 lettera d delle Norme di Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Regione Autonoma della Sardegna.

In allegato alla presente relazione saranno raccolti i report di calcolo, comprensivi di planimetrie, profili e sezioni principali, per ogni singolo attraversamento e per le relative opere di inalveazioni. Tuttavia, la maggior parte delle inalveazioni drena lungo il suo sviluppo longitudinale. Quindi, assegnare l'intera portata alla sezione iniziale è comunque un'ipotesi esemplificativa e speditiva, e in generale conservativa. Talvolta è stata necessaria anche qualche ipotesi esemplificativa circa lo sbocco dalle opere di inalveazione, anche per le difficoltà legate alla scala del rilievo e alla sua estensione disponibile.

Nel caso dei tombini, in taluni casi, le dimensioni sono assolutamente sovrabbondanti rispetto alle portate di progetto calcolate, sono state determinate tenendo in conto la situazione attuale dell'attraversamento, ove esistente, e comunque assicurando in ogni caso la facilità di intervento in sicurezza per le future operazioni manutentive.



## 4 SISTEMAZIONE INALVEAZIONI

### 4.1 CRITERI DI INTERVENTO

Per interferenze col tracciato o con gli svincoli, nonché in alcuni casi per ben raccordare i nuovi tombini della strada oggetto della progettazione, è prevista una deviazione locale di alcuni fossi e/o corsi d'acqua. Si è provveduto al calcolo idraulico, in regime di moto permanente a mezzo del codice di calcolo HEC-RAS. E' stata assunta la portata di progetto duecentennale.

Per le inalveazioni dei ponti è stata eseguita una verifica con la portata avente  $T_r=500$  anni allo scopo di garantire che il livello massimo non vada a toccare l'intradosso della trave dell'opera.

Per la determinazione di dette portate si è proceduto con gli stessi criteri esposti nella relazione idrologica del presente progetto, a cui si rimanda per ulteriori dettagli.

In taluni casi si interverrà sul profilo del corso d'acqua introducendo opportunamente un certo numero di salti al fine di ridurre la naturale pendenza del canale risultata eccessiva, e di conseguenza abbattere le velocità dei deflussi in occorrenza di piene significative.

### 4.2 INALVEAZIONE S21

Le inalveazioni S21 e S22 saranno realizzate alla progressiva km 16+244.

L'inalveazione S21 sarà realizzata approssimativamente tra la progressiva km 16+080 e la Km 16+240, correndo parallelamente all'asse viario principale sul lato sinistro. Tale opera avrà la funzione di incanalare il deflusso delle acque in avvicinamento all'inalveazione S22 (recapito) realizzata in corrispondenza del ponte alla progressiva Km 16+244 e di preservare, nell'intero tratto di scorrimento, il piede del rilevato stradale in affiancamento.

Attualmente lo scorrimento delle acque non risulta canalizzato, ma l'intervento, sia per le condizioni sopra descritte che per la portata da smaltire calcolata sulla piena duecentennale (9,25 mc/sec), risulta indispensabile.

Come meglio specificato negli elaborati grafici di progetto, l'inalveazione è costituita da una canalizzazione trapezoidale realizzata in scogliera di pietrame cementata da 0.50 m di spessore, avente base inferiore pari a 4,00 m, base superiore 6,00 m e altezza 1,00 m.

La sezione tipo dell' inalveazione 4 ed è riportata nell'elaborato T00ID00IDRST01\_C.

### 4.3 INALVEAZIONE S22

La sistemazione idraulica, ha lo scopo di raccogliere le acque in arrivo dalla sistemazione S21 e preservare le spalle del ponte localizzare ai margini dell'alveo.





Si tratta di una importante sistemazione idraulica, che ha lo scopo di canalizzare un corso d'acqua che scorre da nord a sud, trasversalmente all'asse principale, con una portata calcolata a 200 anni pari a 84.139 mc/sec.

Come meglio specificato negli elaborati grafici di progetto, l'inalveazione è costituita da un fosso di guardia centrale della larghezza di 2,00 m, con sponde oblique a destra e a sinistra da 0.75 m, realizzato in massi di scogliera cementata dello spessore pari a 0.50 m. La restante parte del fondo dell'alveo rimarrà in terra rinverditata. Ai margini dell'inalveazione sono presenti due scarpate aventi pendenza 1/1, sempre in scogliera cementata, di altezza pari a 2,00 m nei tratti sotto le opere d'arte, mentre negli altri tratti la sezione avrà le stesse caratteristiche geometriche ad esclusione dell'altezza che varierà in funzione della profondità della sistemazione.

Le spalle dei ponti saranno di conseguenza protette dalla scogliera cementata da azioni di erosione o scalzamento. L'inalveazione proseguirà e rispetto al progetto preliminare è stata estesa per permettere un corretto raccordo con il corso d'acqua a valle.

La sezione utilizzata in corrispondenza delle opere d'arte è riportata nell'elaborato T00ID00IDRST02\_C.

I franchi idraulici previsti in normativa risultano verificati come riportato nella relazione idraulica.

Le sezioni trasversale hanno un andamento crescente da valle verso monte, in accordo a quanto previsto dal software Hec-Ras.

### 4.3.1 Verifiche al trascinamento

Nel calcolo di una protezione spondale (progettazione o verifica) si può fare riferimento a due metodi generali per stabilire l'ammissibilità di un materiale, basati su:

Velocità di trascinamento  $v < V_{inc}$

Tensione ammissibile  $\tau < \tau_{amm}$

Dal punto di vista ingegneristico, la situazione più critica alla quale occorre fare riferimento nelle verifiche di resistenza delle protezioni spondali è costituita dalle tensioni tangenziali.

La verifica delle opere di inalveazione è stata condotta basandosi sui risultati provenienti dal software HEC-RAS, che propone i valori di sforzo tangenziale relativi alle seguenti situazioni:

$\tau_b = \gamma_w \cdot R \cdot i_f$	Sforzo tangenziale di trascinamento al fondo
$\tau_b = \gamma_w \cdot (Y_{max} - z_i) \cdot i_f$	Sforzo tangenziale di trascinamento al fondo
$\tau_m = 0.75 \cdot \gamma_w \cdot (Y_{max} - z_i) \cdot i_f$	Sforzo tangenziale di trascinamento sulla sponda rettilinea



$$\tau_m = 0.75 \cdot K_c \cdot \gamma_w \cdot (Y_{\max} - z_i) \cdot i_f$$

Sforzo tangenziale di trascinamento sulla sponda in curva

Dove:

- $\tau_b$  forza di trascinamento espressa come tensione tangenziale al fondo
- $\tau_m$  forza di trascinamento espressa come tensione tangenziale al fondo sulla sponda
- $j_w$  peso specifico dell'acqua
- R raggio idraulico
- $i_f$  pendenza dell'alveo

Nelle tabelle seguenti si riportano i risultati delle verifiche al trascinamento per le sezioni dell'inalveazione.

Il calcolo è stato effettuato in riferimento alle caratteristiche della portata duecentennale.

Reach	River Sta	Profile	Shear Chan	Shear LOB	Shear ROB	Shear Total
(-)	(-)	(-)	(N/m2)	(N/m2)	(N/m2)	(N/m2)
S21	235.33	Q(T=200y)	31.6	15.76	15.27	18.48
S21	225	Q(T=200y)	30.71		20.36	25.29
S21	200	Q(T=200y)	31.68	13.93	9.12	15.87
S21	175	Q(T=200y)	95.73	64.45		69.57
S21	156	Q(T=200y)	0.86	0.06	0.24	0.45
S21	150	Q(T=200y)	1.9	0.65	0.3	0.72
S21	125	Q(T=200y)	13.07			13.07
S21	100	Q(T=200y)	14.72			14.72
S21	75	Q(T=200y)	16.05			16.05
S21	50	Q(T=200y)	18.66			18.66
S21	19.47	Q(T=200y)	33.19			33.19

Reach	River Sta	Profile	Shear Chan	Shear LOB	Shear ROB	Shear Total
(-)	(-)	(-)	(N/m <sup>2</sup> )	(N/m <sup>2</sup> )	(N/m <sup>2</sup> )	(N/m <sup>2</sup> )
S22monte	161.83	Q(T=200y)	12.92	8.13	6.18	8.62
S22monte	150	Q(T=200y)	13.49	9.25	4.85	9.39
S22monte	125	Q(T=200y)	24.73	16.67	9.01	16.7
S22monte	100	Q(T=200y)	43.16	23.75	15.46	25.94
S22monte	69.75	Q(T=200y)	36.59	18.07	26.03	21.64
S22monte	50	Q(T=200y)	76.72	26.81	33.54	33.93
S22monte	25	Q(T=200y)	141.47			141.47
S22monte	0	Q(T=200y)	44.18			44.18

Reach	River Sta	Profile	Shear Chan	Shear LOB	Shear ROB	Shear Total
(-)	(-)	(-)	(N/m <sup>2</sup> )	(N/m <sup>2</sup> )	(N/m <sup>2</sup> )	(N/m <sup>2</sup> )
S22valle	373.38	Q(T=200y)	18.87	2.15		17
S22valle	353.53	Q(T=200y)	23.97			23.97
S22valle	353.52		Bridge			
S22valle	328.13	Q(T=200y)	25.74			25.74
S22valle	321.72	Q(T=200y)	23.8			23.8
S22valle	309.3	Q(T=200y)	21.93	4.6	4.55	19.32
S22valle	300.61	Q(T=200y)	23.58			23.58
S22valle	300.6		Bridge			
S22valle	288.21	Q(T=200y)	23.81			23.81
S22valle	280.35	Q(T=200y)	23.48	2.98	7.83	22.49
S22valle	250	Q(T=200y)	23.93	6.76	4.84	20.4
S22valle	225	Q(T=200y)	23.44	6.69	5.07	17.49
S22valle	200	Q(T=200y)	19.92	5.69	6.29	13.45
S22valle	175	Q(T=200y)	8.37	2.42	3.56	4.4
S22valle	150	Q(T=200y)	33.57	5.83	6.19	22.96
S22valle	127	Q(T=200y)	44.18	16.82	7.46	21.44
S22valle	100	Q(T=200y)	8.14	3.96	4.57	4.67
S22valle	75	Q(T=200y)	112.35	54.98	29.62	58.47
S22valle	50	Q(T=200y)	21.67	11.8	20.93	17.47
S22valle	25	Q(T=200y)	38.78	19.29	29.25	24.97
S22valle	0	Q(T=200y)	95.73	30.53	40.84	38.76

Tabella 1: Tensioni agenti opera in progetto

In tabella 1 è stato sono state riportate le tensioni di trascinamento. Nel tratto in giallo sono evidenziate le tensioni in corrispondenza dell'opera in progetto.

Si considera accettabile un valore di resistenza al trascinamento inferiore a 500 N/m<sup>2</sup>, valore associato in bibliografia alla scogliera cementata, come quelle previste nell'opera in progetto.



Per giustificare la presenza della scogliera si considerino le sezioni a monte e a valle della sistemazione idraulica, dove le tensioni tangenziali superano i 15 N/m<sup>2</sup>. Tale valore è considerato (come riportato in tabella 3), valore limite per sabbia fine mista a ghiaietto (Dmax < 2 cm), che è il tipo di materiale prevalente presente nell'alveo .

Tale ragionamento può essere esteso anche alle sezioni di progetto nella condizione ante operam:

Reach	River Sta	Profile	Shear Chan	Shear LOB	Shear ROB	Shear Total
(-)	(-)	(-)	(N/m2)	(N/m2)	(N/m2)	(N/m2)
S21	235.33	Q(T=200y)	0.87	0.52	0.53	0.53
S21	225	Q(T=200y)	0.59	0.3	0.35	0.33
S21	200	Q(T=200y)	0.07	0.05	0.04	0.05
S21	175	Q(T=200y)	0.05	0.04	0.02	0.03
S21	156.59	Q(T=200y)	0.04	0.03	0.02	0.02
S21	156.58	Q(T=200y)	0.04	0.03	0.02	0.02
S21	150	Q(T=200y)	0.03	0.02	0.02	0.02
S21	100	Q(T=200y)	1.01	0.59	0.48	0.68
S21	75	Q(T=200y)	39.18	0.95	3.9	38.21
S21	50	Q(T=200y)	0.59	0.32	0.41	0.38
S21	19.47	Q(T=200y)	0.1	0.05	0.08	0.06

Reach	River Sta	Profile	Shear Chan	Shear LOB	Shear ROB	Shear Total
(-)	(-)	(-)	(N/m2)	(N/m2)	(N/m2)	(N/m2)
S22m	161.83	Q(T=200y)	7.30	4.92	3.33	4.96
S22m	150.00	Q(T=200y)	9.40	6.31	4.32	6.32
S22m	125.00	Q(T=200y)	18.28	12.61	6.98	12.55
S22m	100.00	Q(T=200y)	22.55	13.48	8.66	14.36
S22m	69.76	Q(T=200y)	13.23	7.70	9.66	8.73
S22m	50.00	Q(T=200y)	11.88	6.18	6.53	6.83
S22m	25.00	Q(T=200y)	12.01	7.26	4.20	6.61
S22m	0.00	Q(T=200y)	4.17	3.07	1.82	2.95
S22 valle	373.38	Q(T=200y)	5.89	4.23	2.52	4.12
S22 valle	353.53	Q(T=200y)	3.37	2.43	1.66	2.26
S22 valle	328.13	Q(T=200y)	0.98	0.81	0.44	0.68
S22 valle	314.90	Q(T=200y)	1.18	0.80	0.60	0.71
S22 valle	300.61	Q(T=200y)	2.75	1.15	1.11	1.14
S22 valle	300.60		Culvert			
S22 valle	288.21	Q(T=200y)	112.40	32.63	26.86	34.11
S22 valle	275.00	Q(T=200y)	522.72	163.86	169.78	172.99
S22 valle	250.00	Q(T=200y)	35.98	14.05	14.31	15.54
S22 valle	225.00	Q(T=200y)	32.06	13.43	13.88	14.27
S22 valle	200.00	Q(T=200y)	96.94	42.50	33.68	38.94
S22 valle	175.00	Q(T=200y)	19.64	12.47	9.73	11.66
S22 valle	150.00	Q(T=200y)	35.12	20.30	21.93	22.33
S22 valle	127.00	Q(T=200y)	63.94	22.69	24.26	24.56
S22 valle	100.00	Q(T=200y)	30.64	14.63	13.22	14.43
S22 valle	75.00	Q(T=200y)	45.51	22.59	20.88	22.73
S22 valle	50.00	Q(T=200y)	21.49	11.71	19.90	16.89
S22 valle	25.00	Q(T=200y)	36.65	18.44	27.71	23.72
S22 valle	0.00	Q(T=200y)	109.72	41.87	52.03	51.24

Tabella 2: Tensioni agenti ante operam

Materiali	Resistenza massima al trascinamento (N/m <sup>2</sup> )
Sabbia fine	2
Ghiaietto	15
Sabbia e ciottoli	30
Ciottoli e ghiaia	50
Cotici erbosi	10
Talee arbusti	10
Copertura diffusa	50

Tabella 3: valori limite di resistenza al trascinamento

## 4.4 FRANCHI IDRAULICI

Si riportano di seguito i franchi idraulici attesi e quelli minimi previsti da normativa.

Per il dettaglio delle modalità di calcolo dei franchi idraulici e per la normativa di riferimento si rimanda alla relazione idraulica.

Opera	Sistemazione	Q	Dimensioni		y	V	delta h1	delta h2	delta h3	delta h4	H-max f	verifica
(ID ponte)	(km)	(m <sup>3</sup> /s)	B	H	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(-)
Ponte rio Crastos Ap monte	S22	74.8862	Ponte	3.67	1.55	2.36	1.08314	0	0.19871	1	2.12	VERIFICATO
Ponte rio Crastos Ap valle	S22	74.8862	Ponte	3.11	1.52	2.44	1.07261	0	0.21241	1	1.59	VERIFICATO
Ponte rio Crastos SS597 monte	S22	74.8862	Ponte	3.84	1.51	2.34	1.06907	0	0.19536	1	2.33	VERIFICATO
Ponte rio Crastos SS597 valle	S22	24.1378	Ponte	3.58	1.51	2.34	1.06907	0	0.19536	1	2.07	VERIFICATO

## 4.5 TABULATI DI CALCOLO HEC-RAS

Si rimanda alla documentazione posta in calce alla presente.

Per maggior chiarezza si precisa che il file Hec ras è composto da un river denominato S21-S22 composto da più reach. Si è resa necessaria l'introduzione di una junction per permettere lo sversamento della S21 dentro l'inalveazione S22 che è stata divisa in S22monte e S22valle.

### 4.5.1 Nota riguardante i diversi strumenti topografici utilizzati

Nel presente progetto sono stati utilizzati diversi strumenti topografici in funzione del grado di dettaglio necessario e dell'estensione dell'area di studio.

In particolare per la redazione degli elaborati delle inalveazioni e delle relative simulazioni idrauliche:

- 1° consegna al genio civile: volo aerofotogrammetrico in scala 1:1.000;
- ultima consegna al genio civile: volo aerofotogrammetrico in scala 1:1.000 più integrazioni con rilievo celerimetrico di dettaglio negli alvei e nelle zone limitrofe ritenute opportune;

Impresa – A.T.I.:

Mandataria



Mandante



Mandante



Progettisti indicati – A.T.P.:

Mandataria



Mandante



Mandante



11

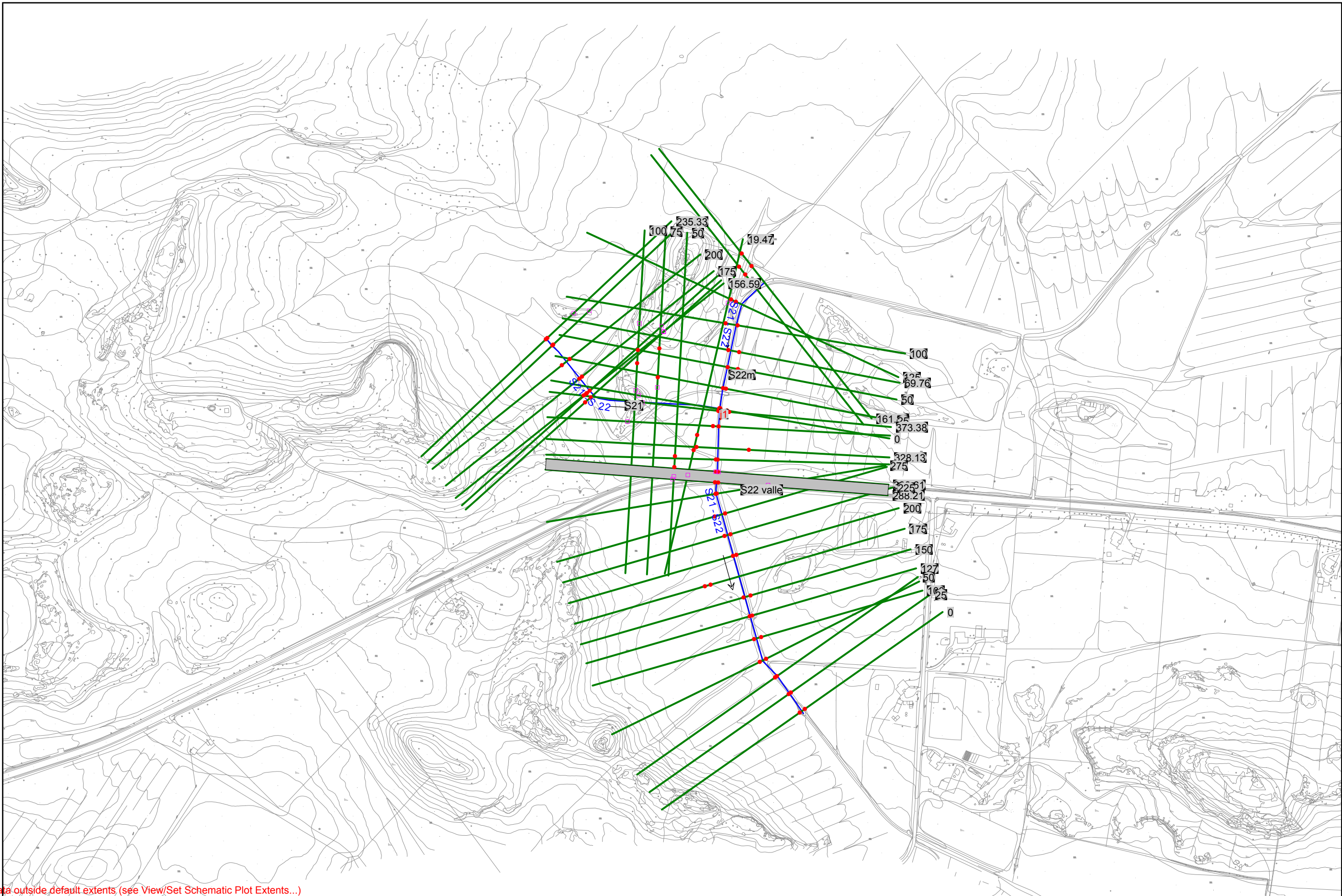
Le integrazioni con il rilievo celerimetrico di dettaglio si sono rese necessarie in quanto, dal volo aerofotogrammetrico, non era possibile individuare il fondo alveo e, conseguentemente, progettare le inalveazioni contenute entro il limite del terreno.

La differenza media tra le quote altimetriche presenti nei due strumenti topografici è stimata in circa 30 cm.

Di conseguenza, tutte le differenze di quota terreno riscontrate tra le precedenti consegne e l'ultima sono imputabili al maggior dettaglio del rilievo adoperato.

La simulazione ante operam del Rio Crastos (riportata negli allegati seguenti), non è stata aggiornata utilizzando gli ultimi approfondimenti topografici, in quanto le variazioni sulle aree di esondazione sono trascurabili e ininfluenti al fine di una corretta progettazione ed esecuzione dei lavori.

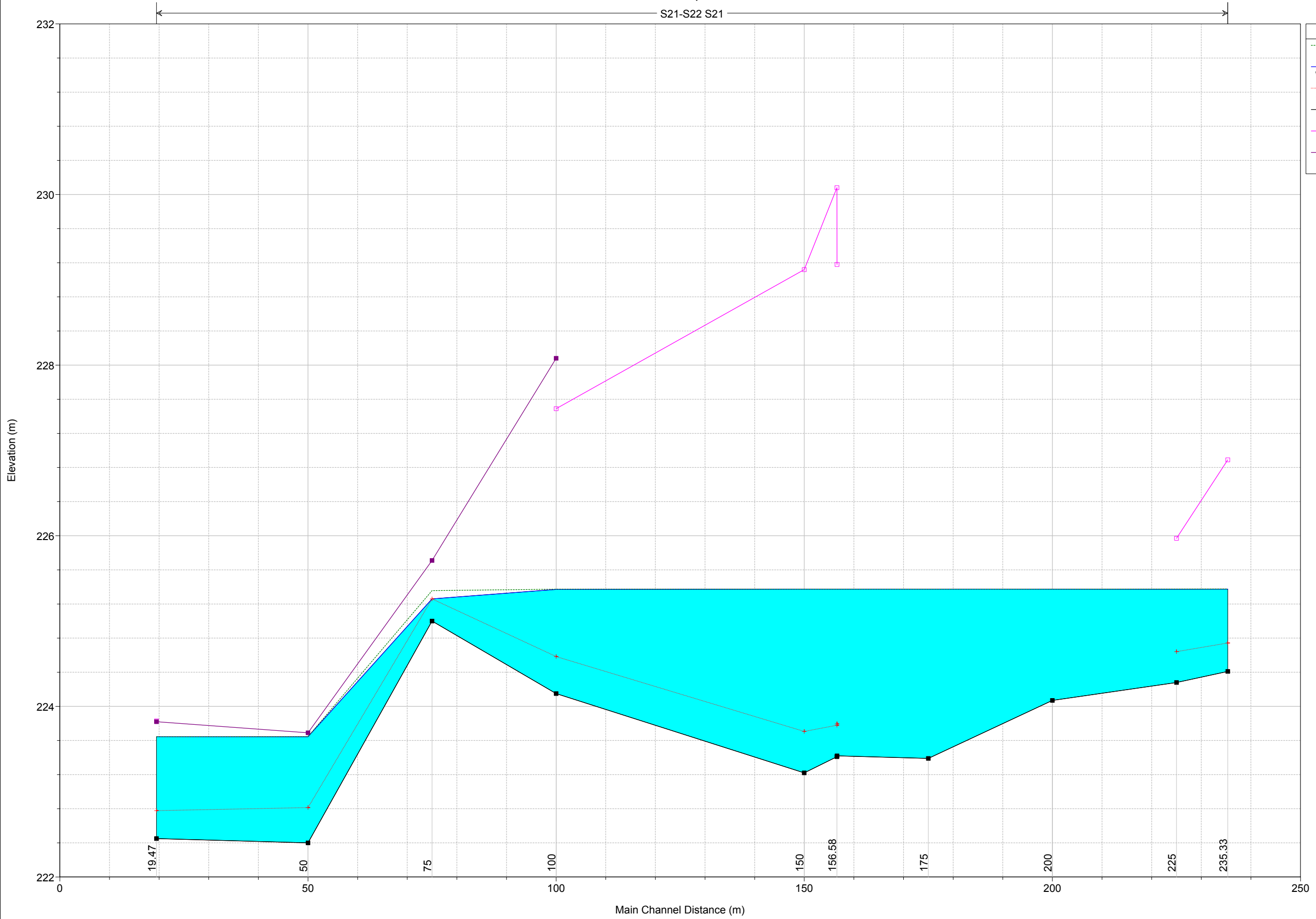
#### 4.5.2 Ante operam



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

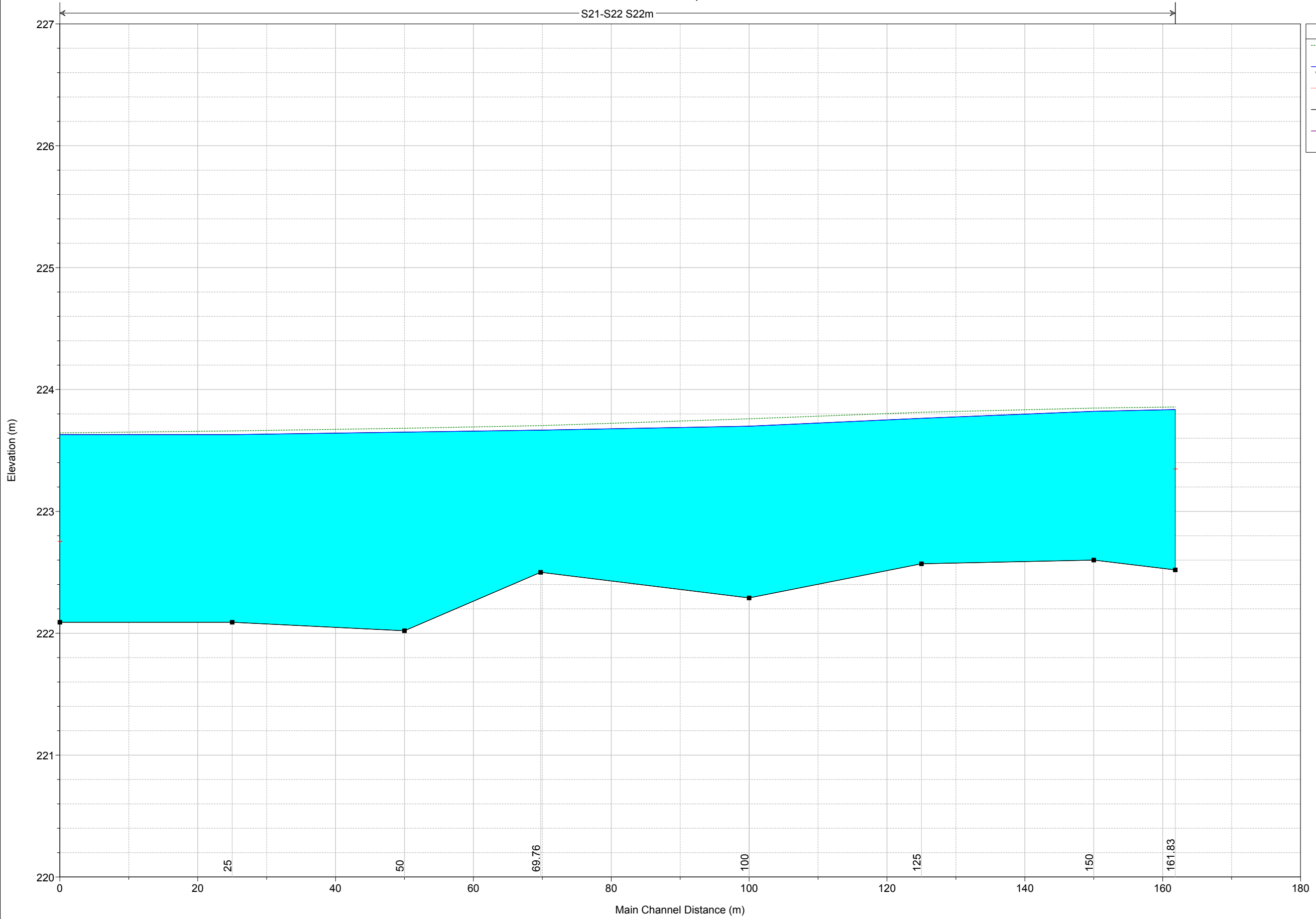


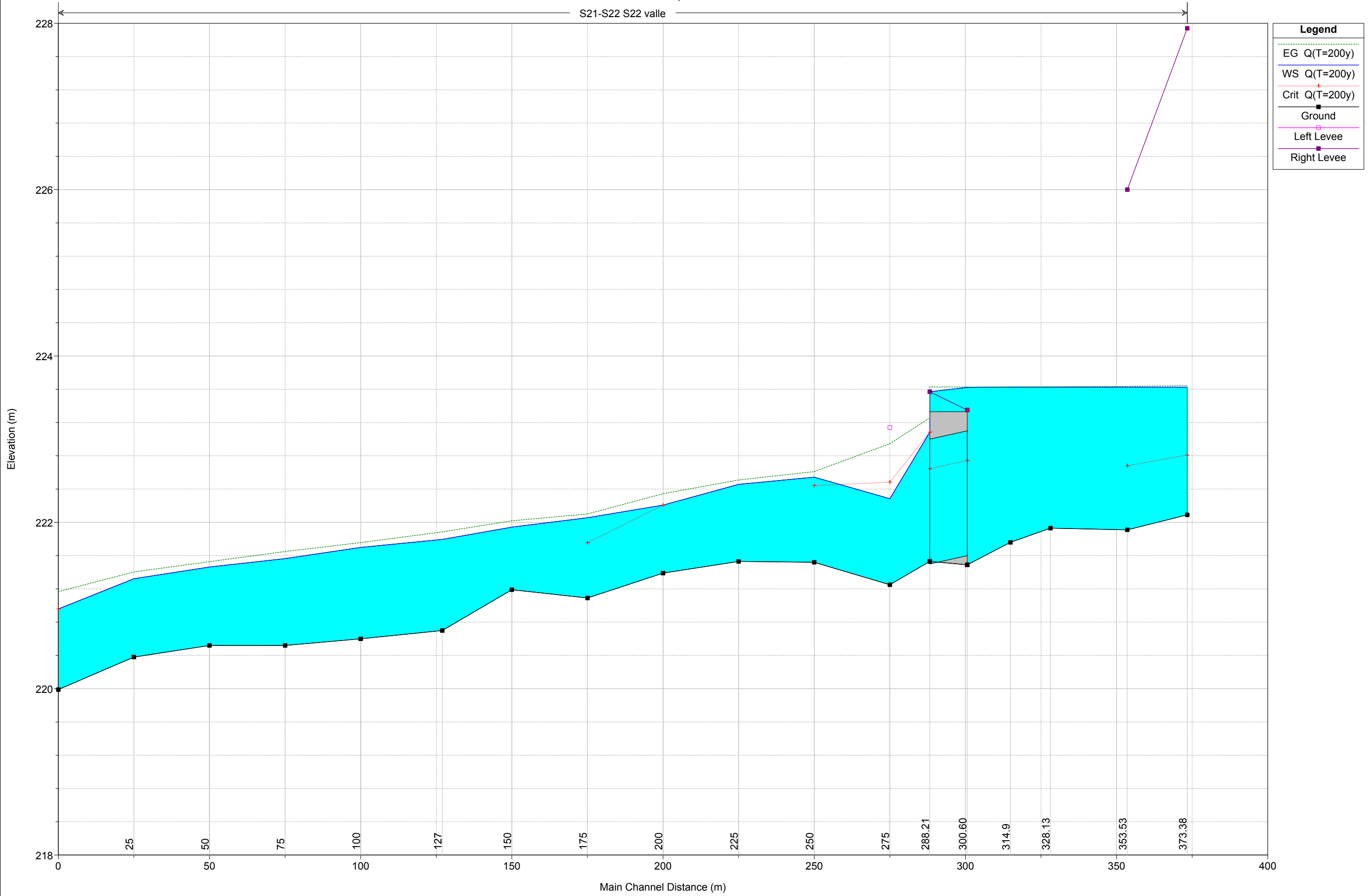
Legend	
EG Q(T=200y)	
WS Q(T=200y)	
Crit Q(T=200y)	
Ground	
Left Levee	
Right Levee	

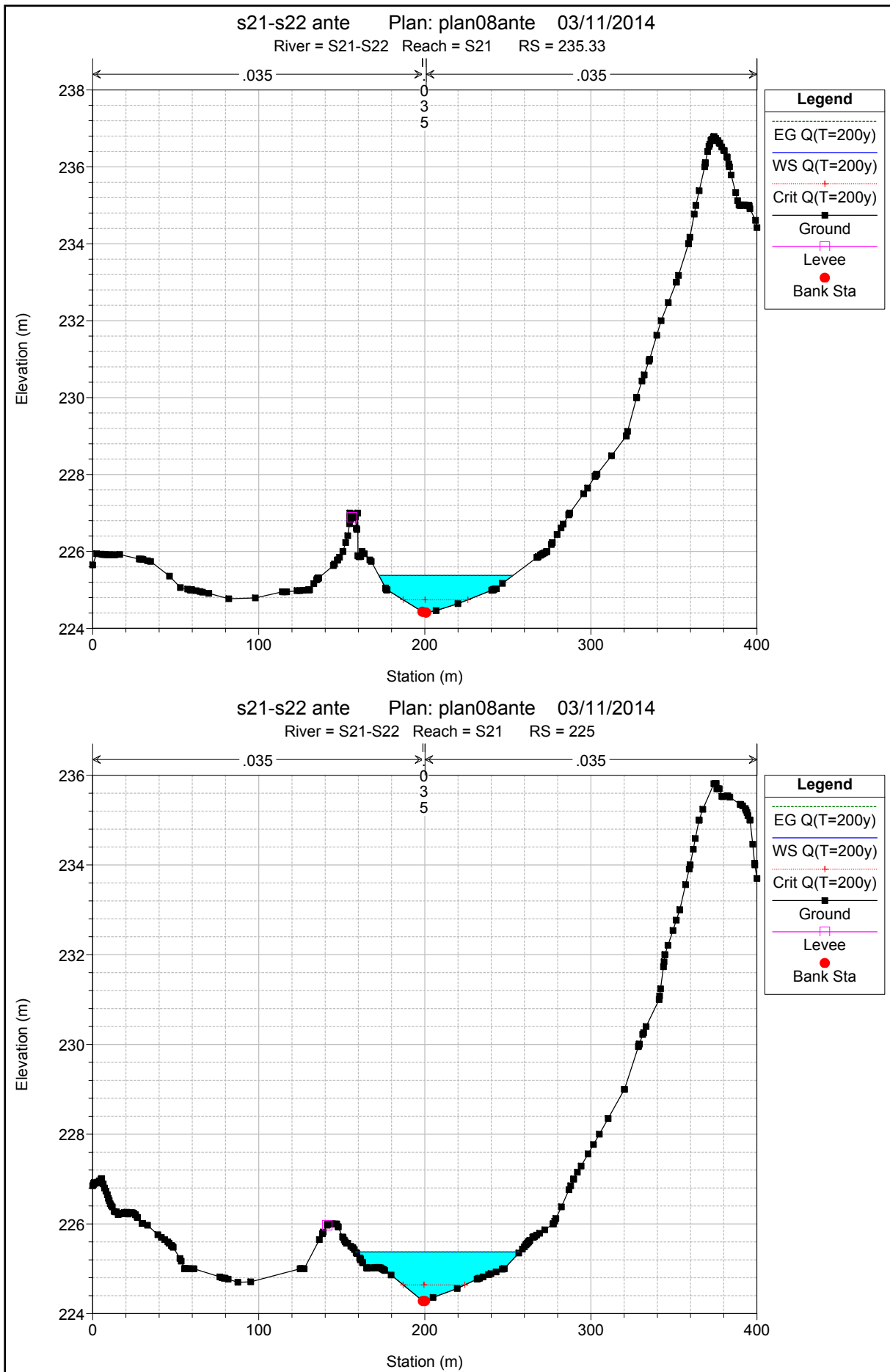


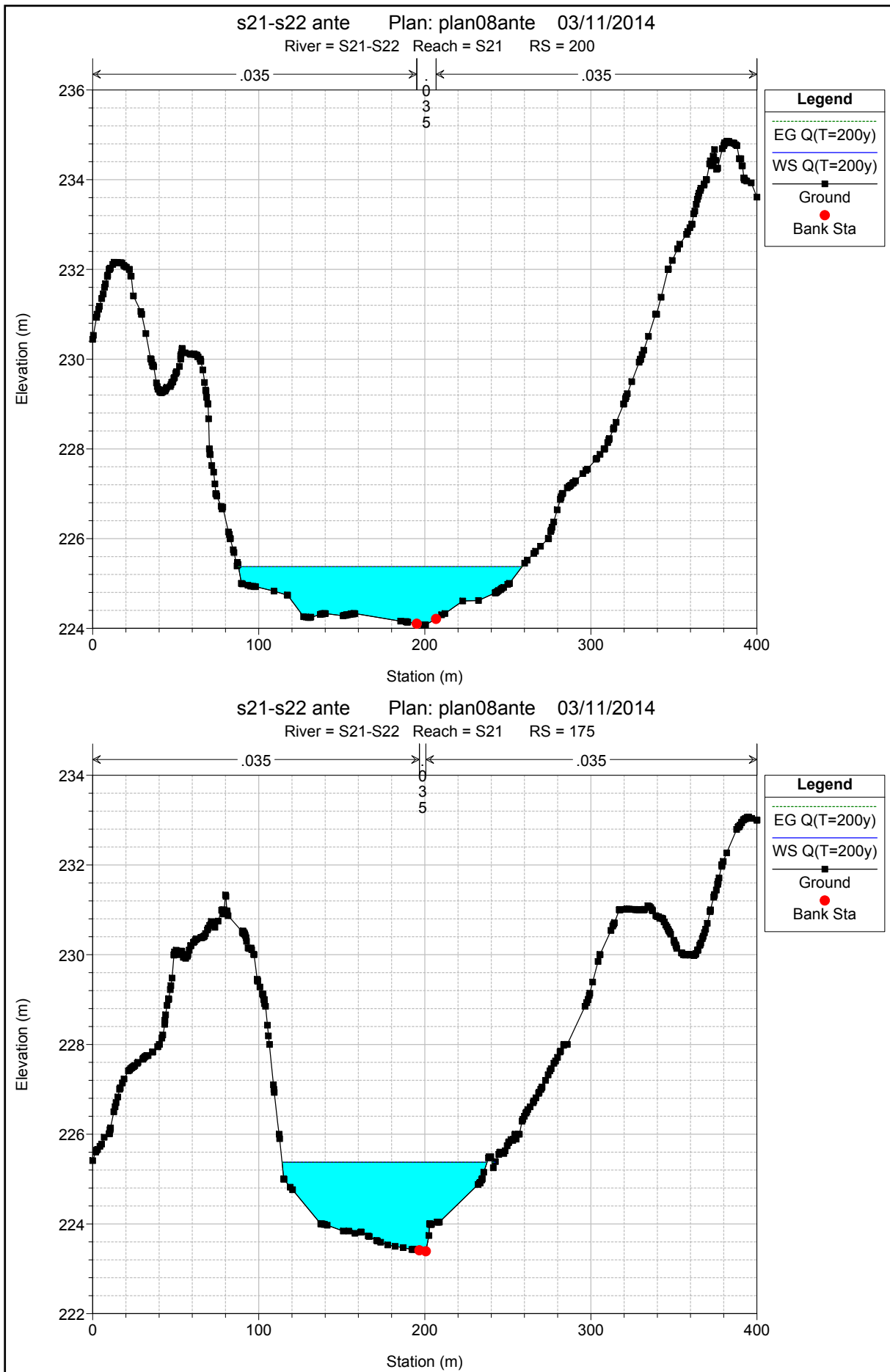
Legend

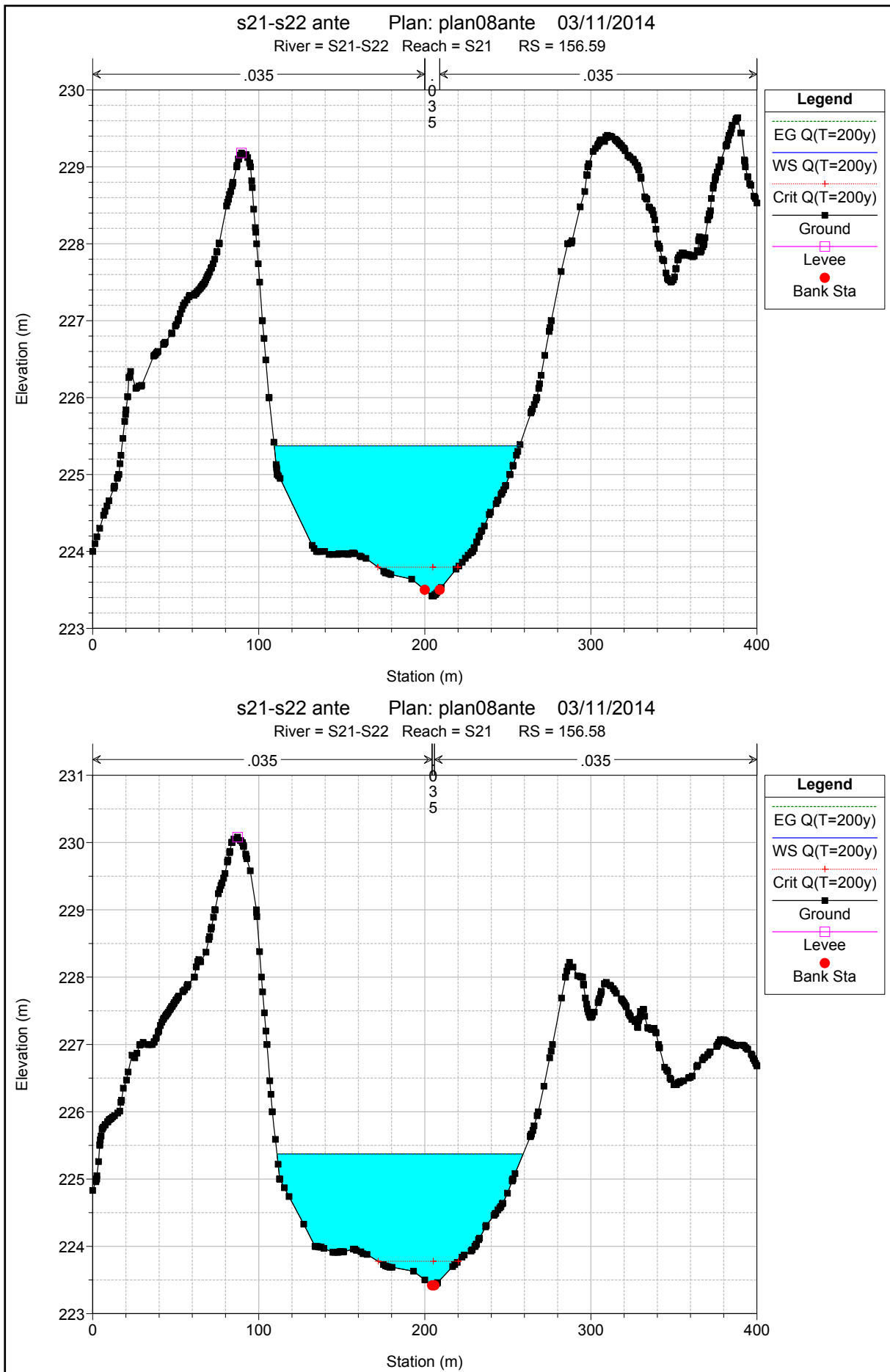
- EG Q(T=200y)
- WS Q(T=200y)
- Crit Q(T=200y)
- Ground
- Right Levee

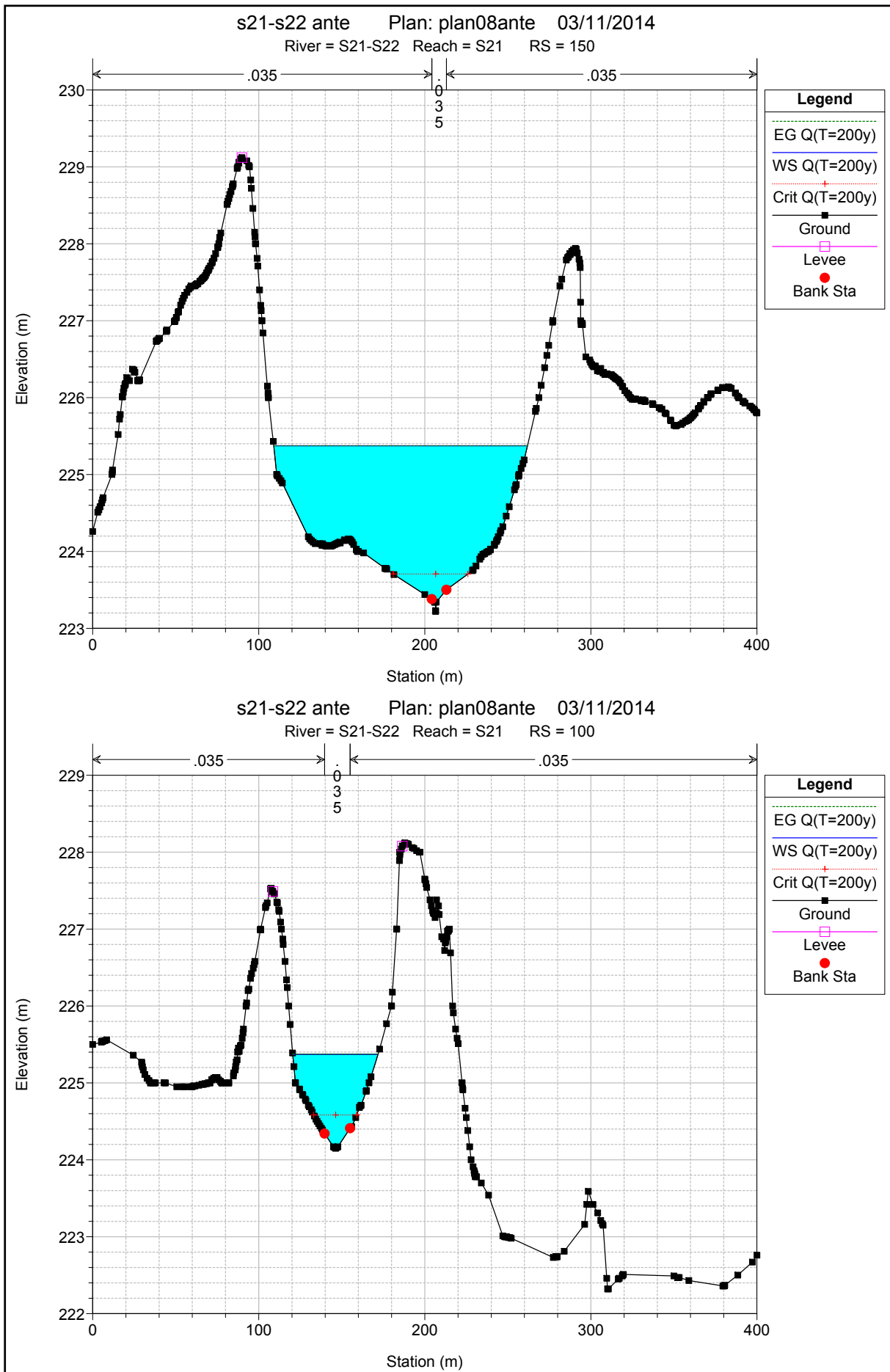


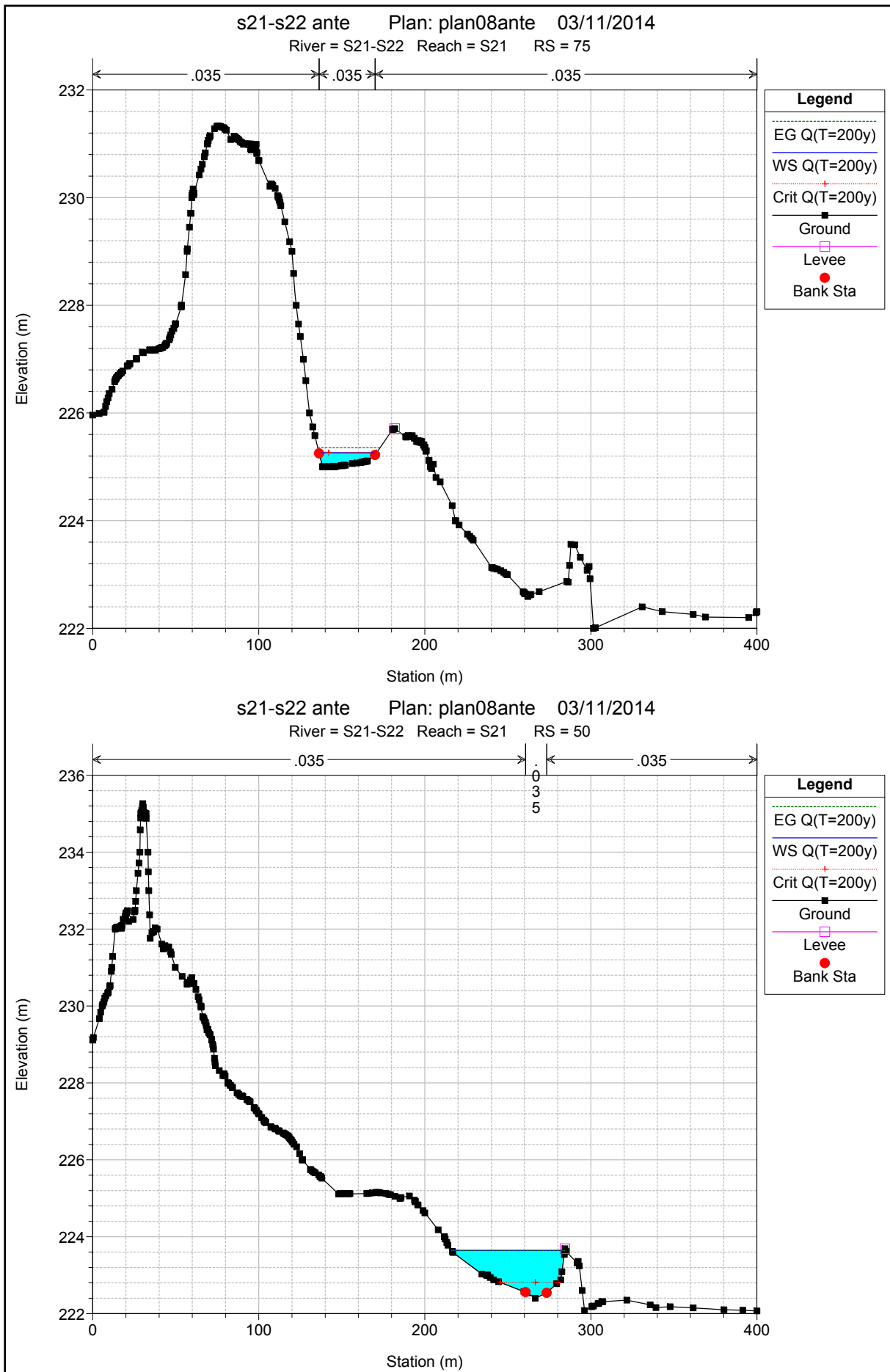








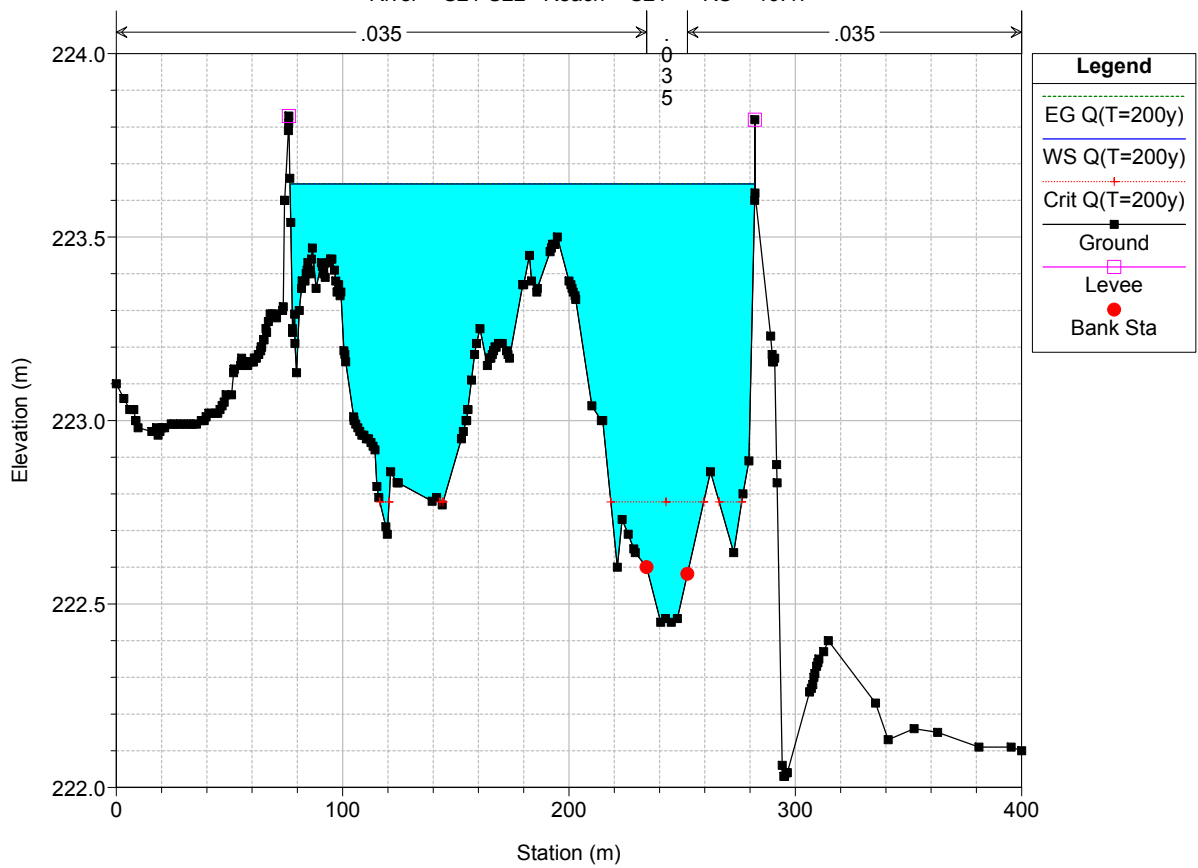


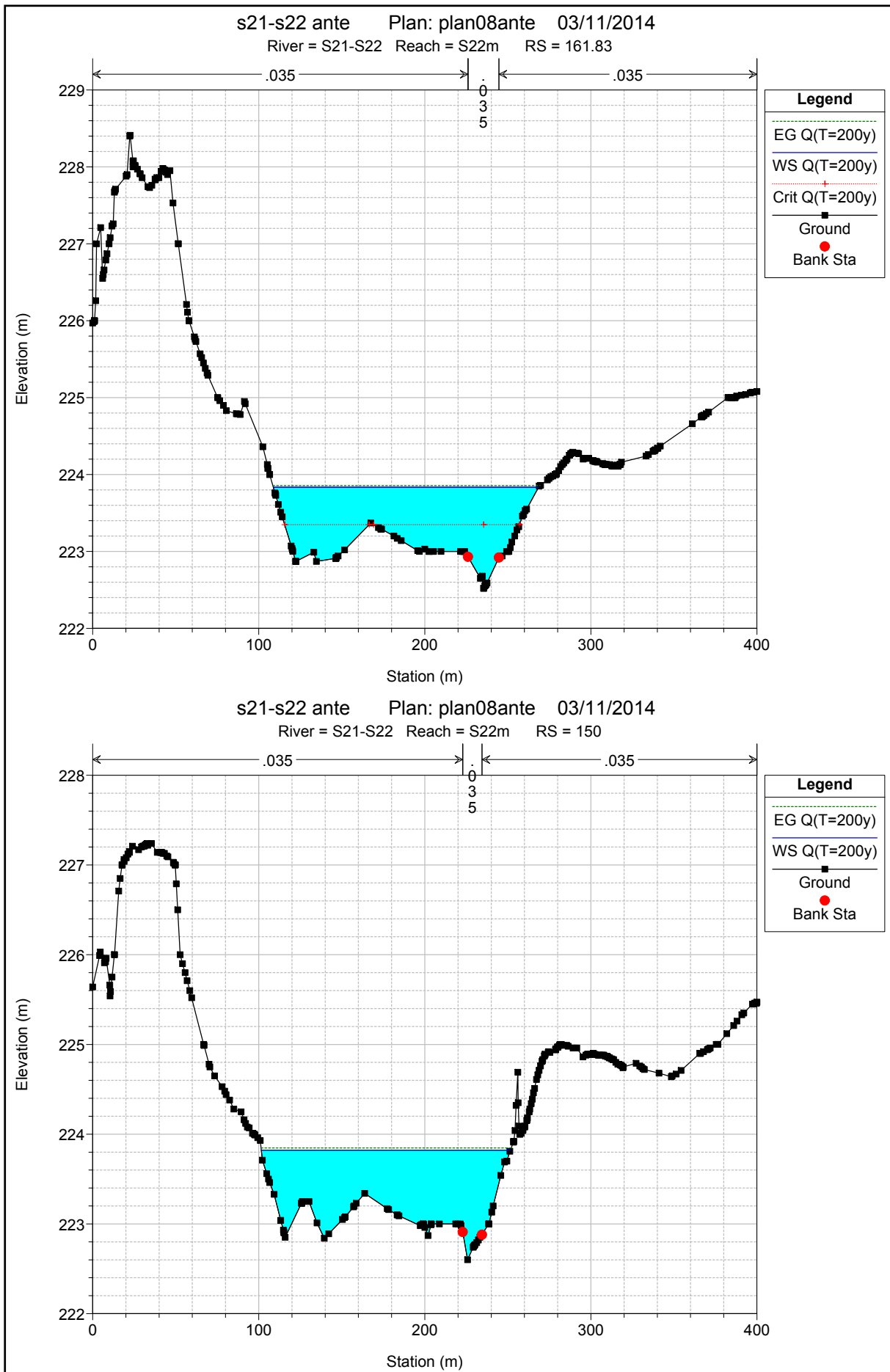


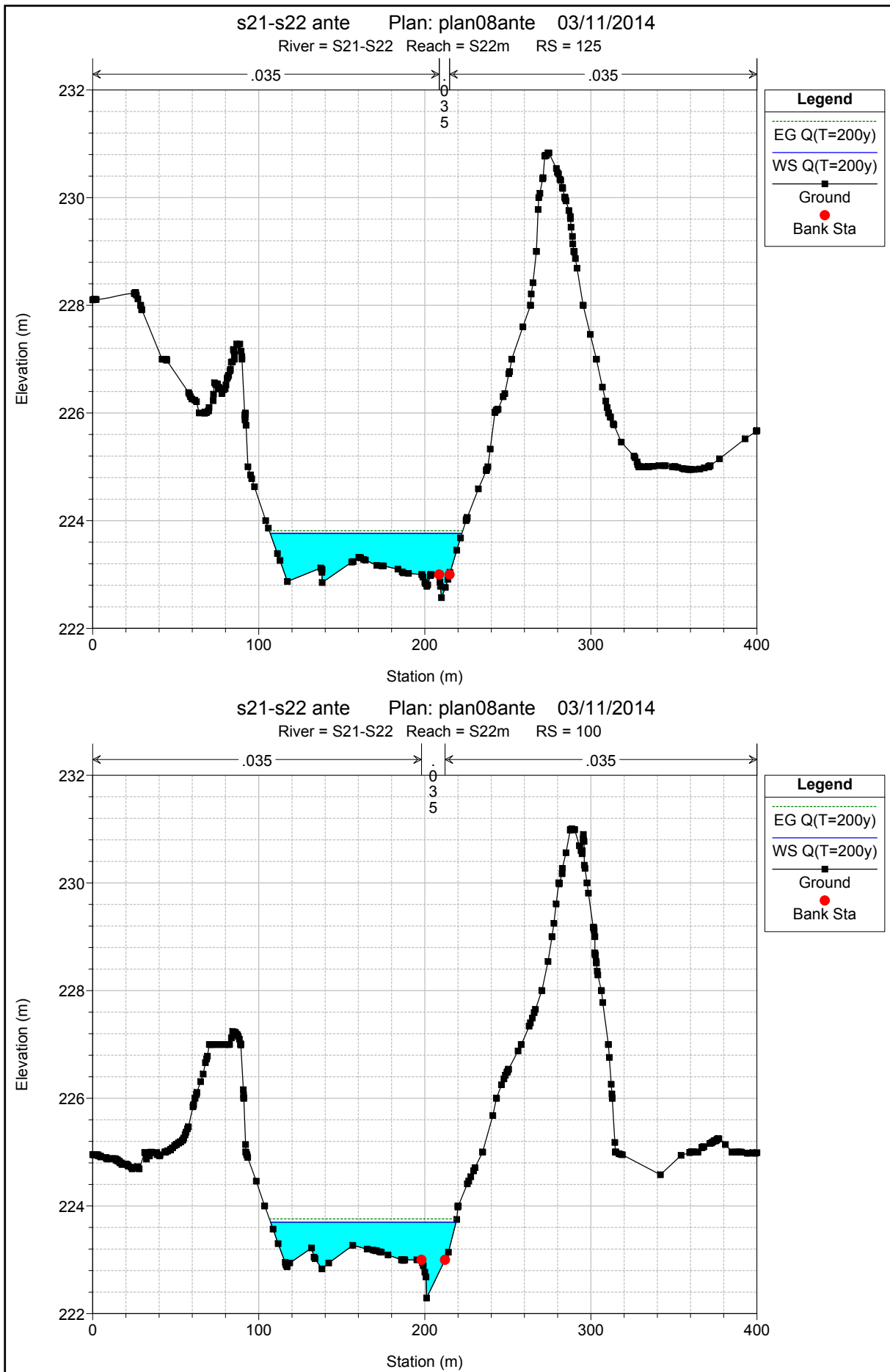


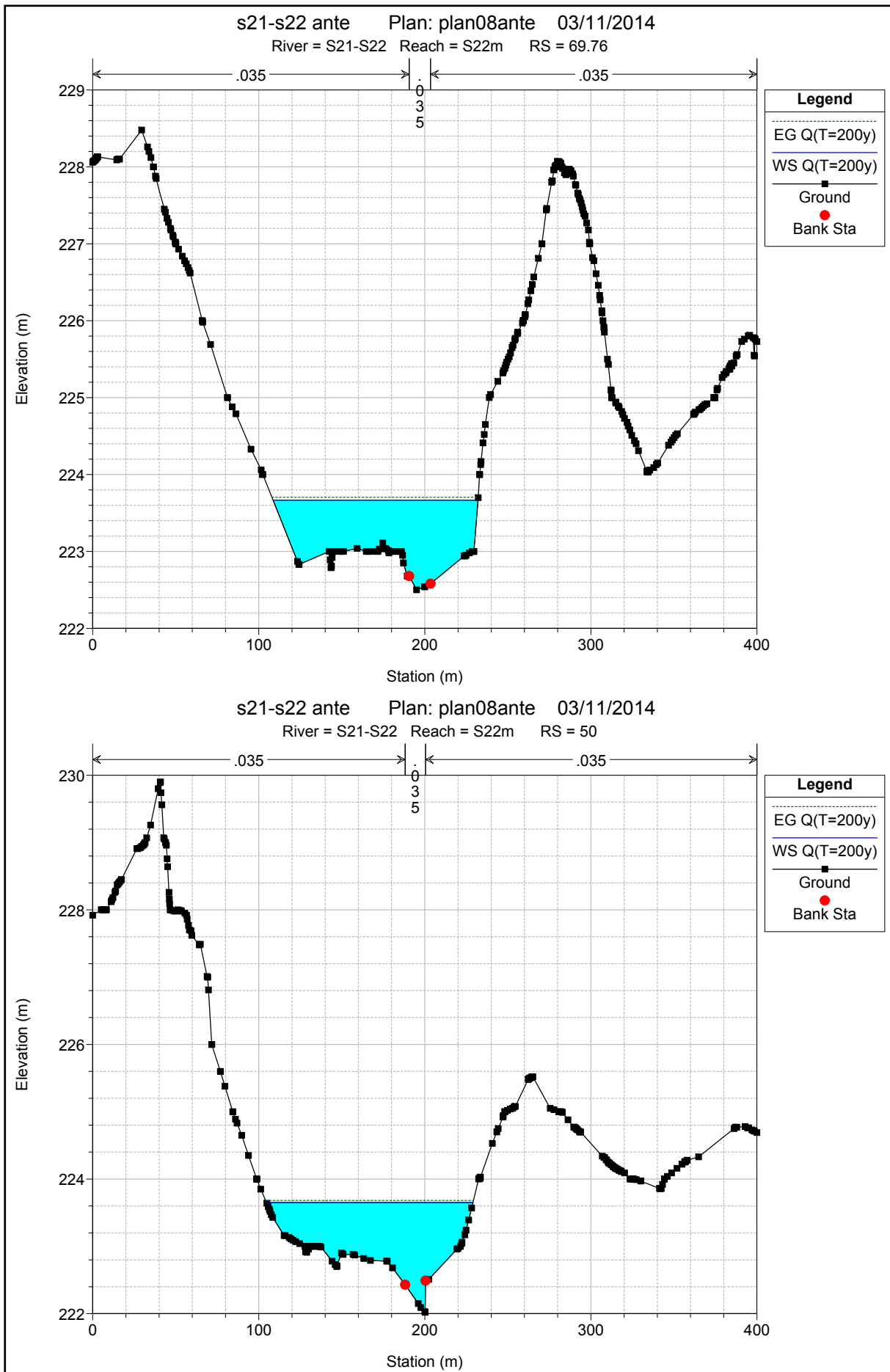
s21-s22 ante Plan: plan08ante 03/11/2014

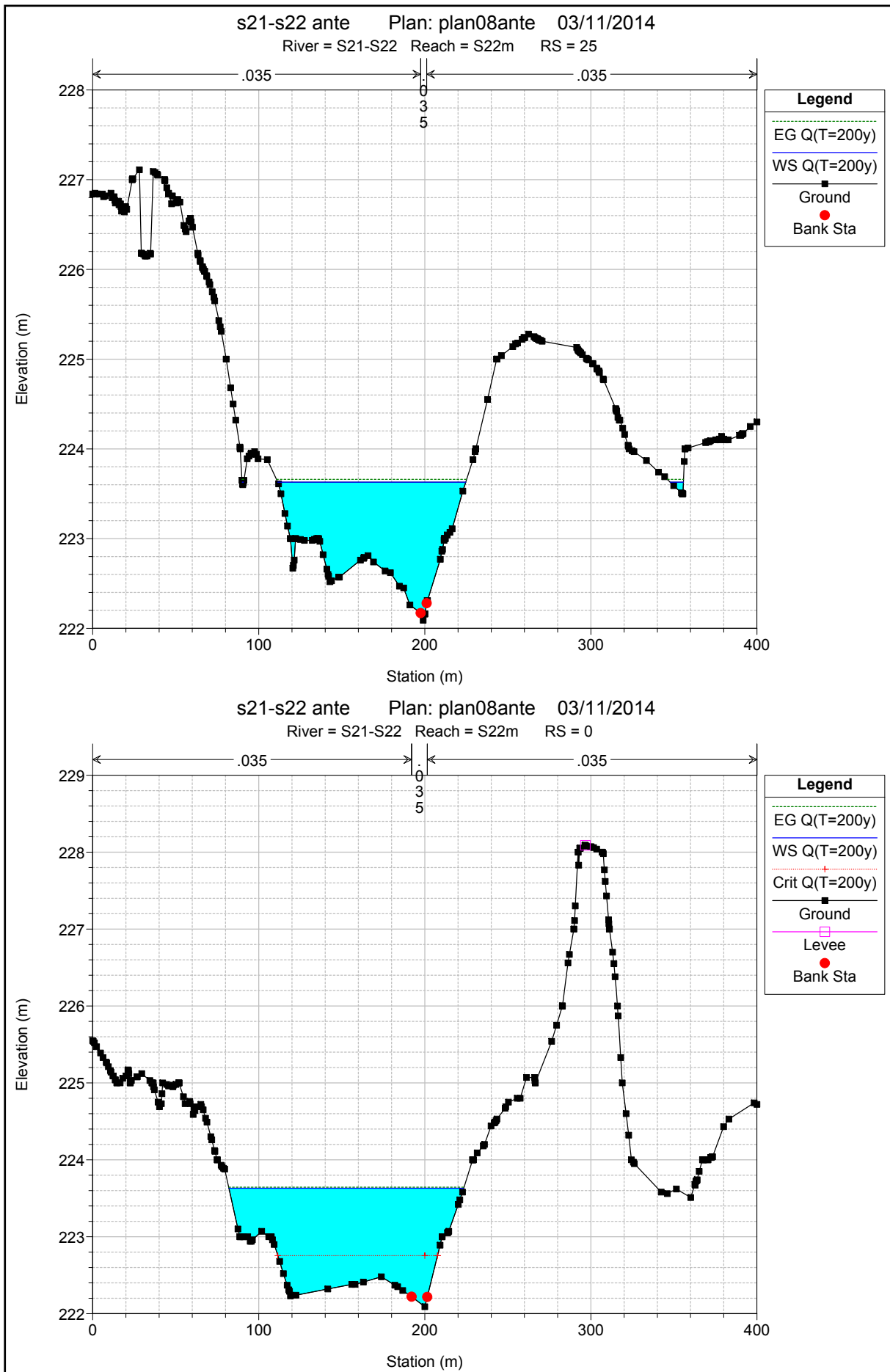
River = S21-S22 Reach = S21 RS = 19.47

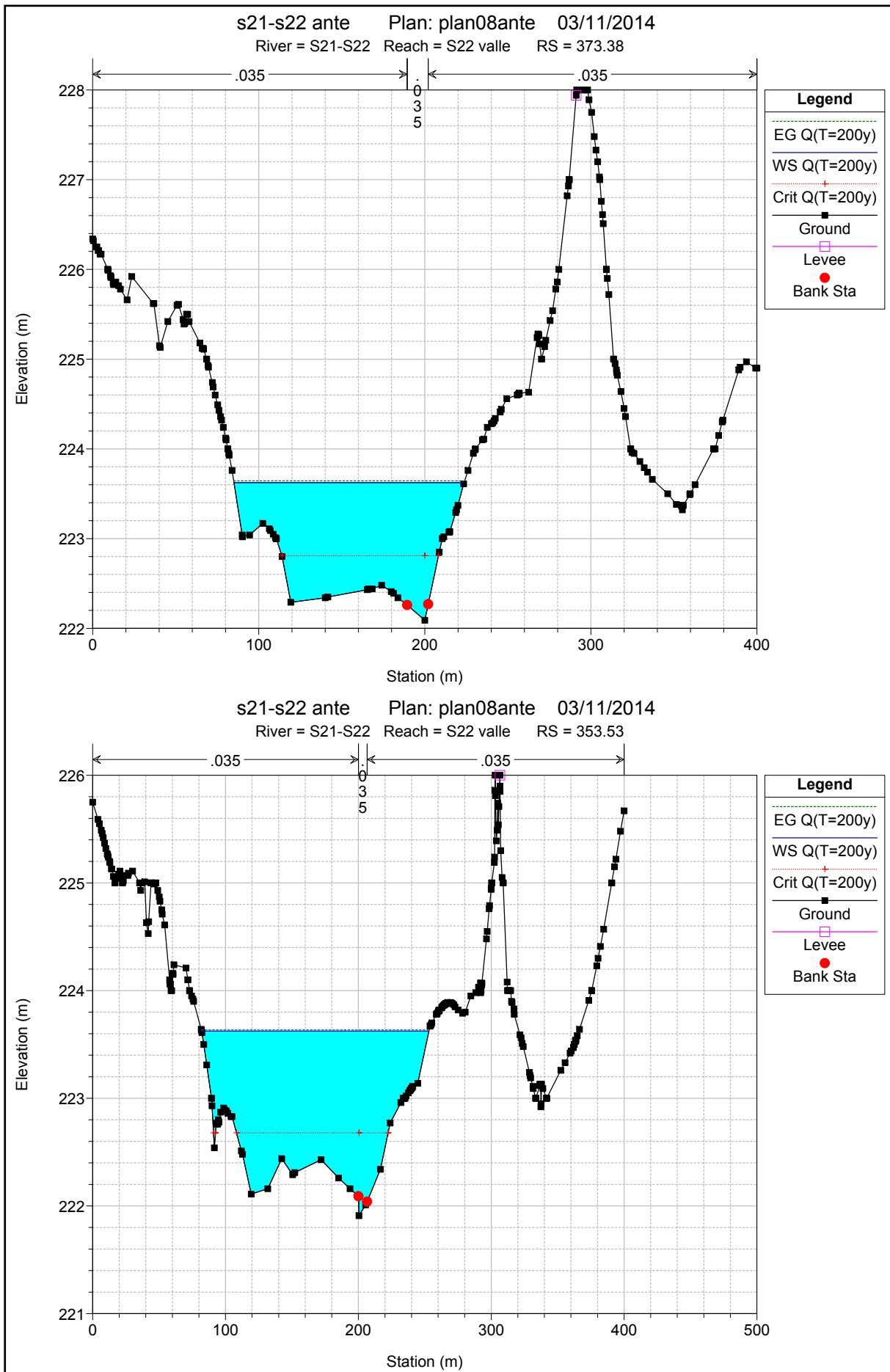


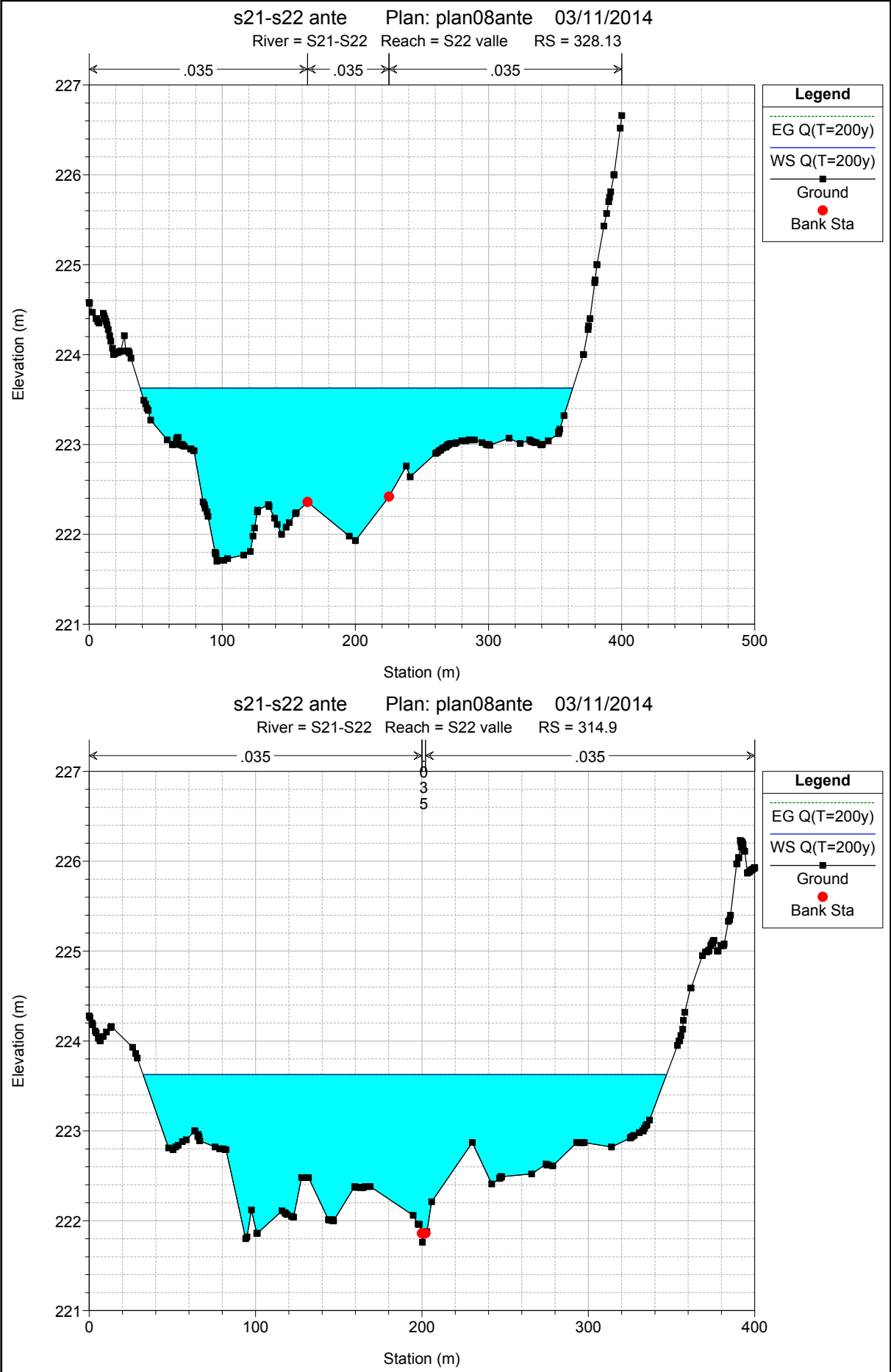


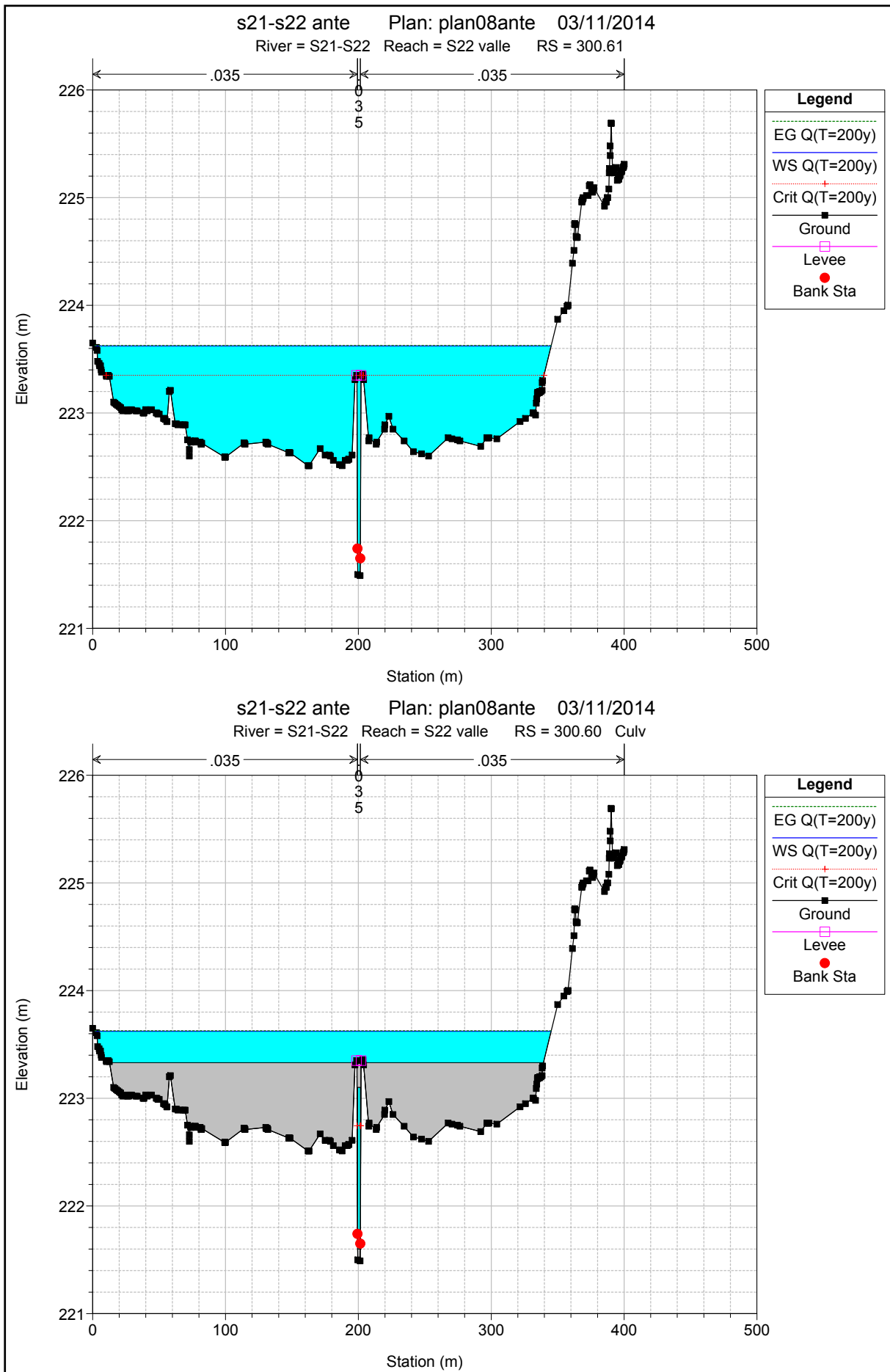




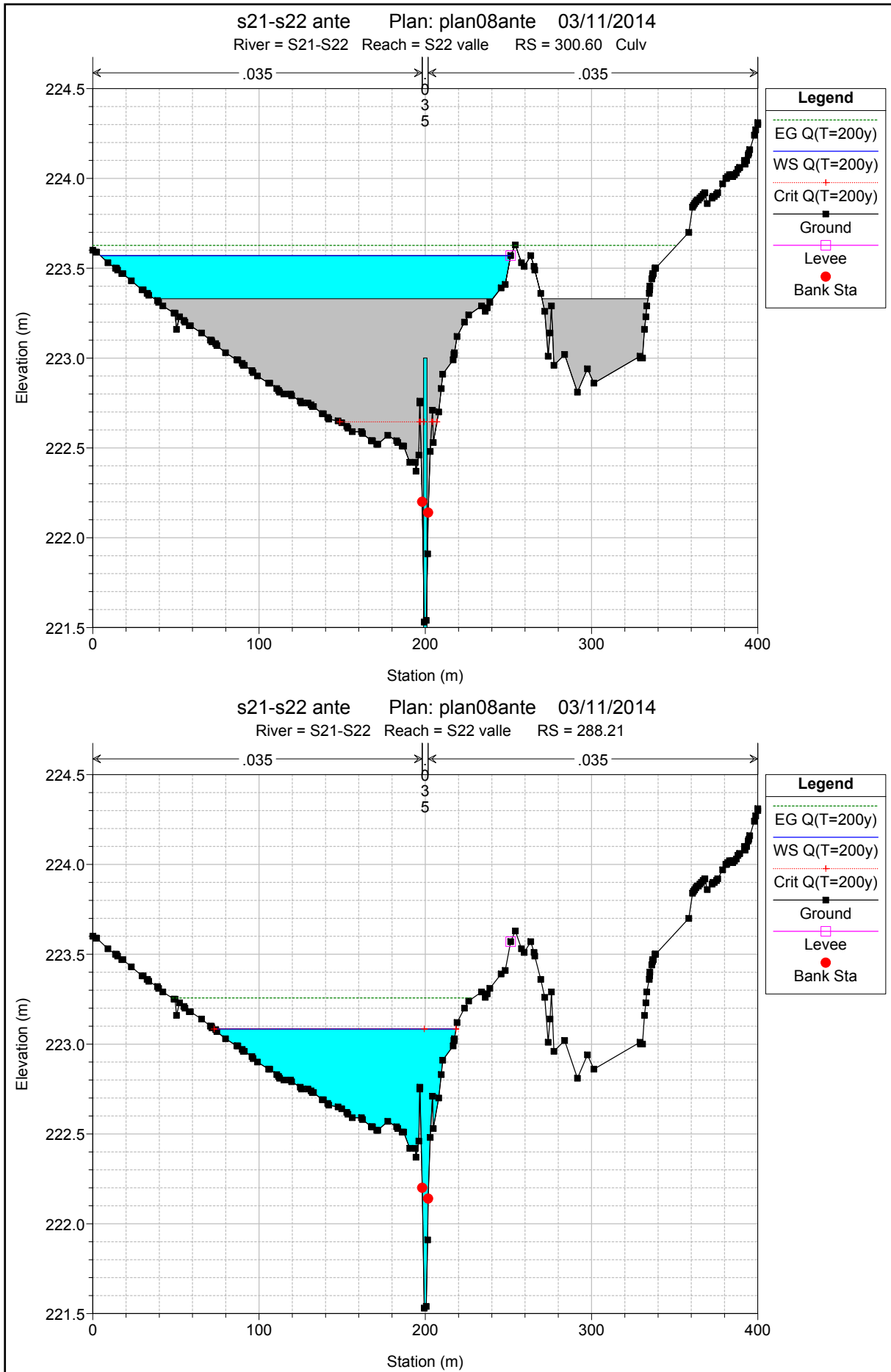


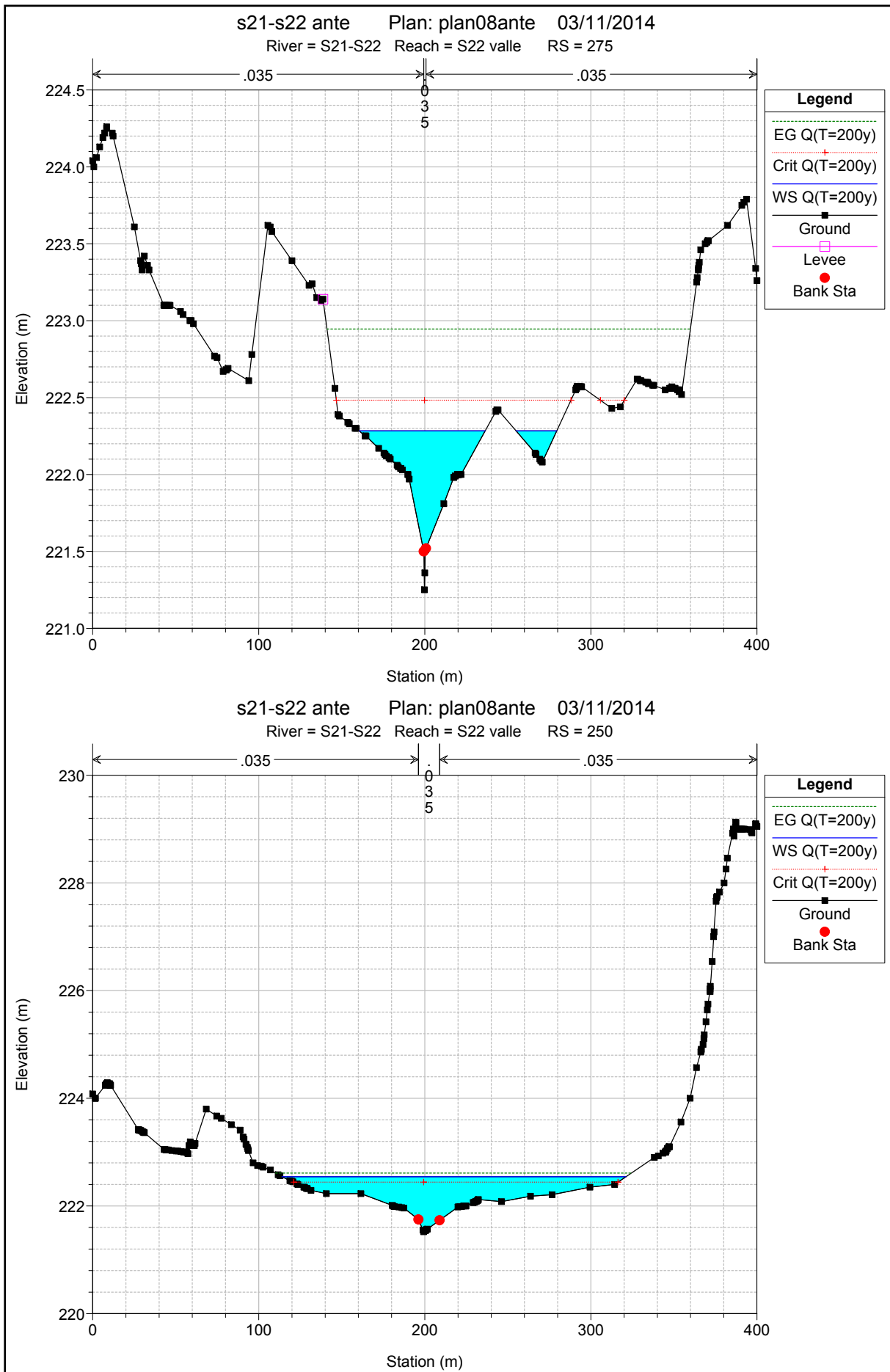


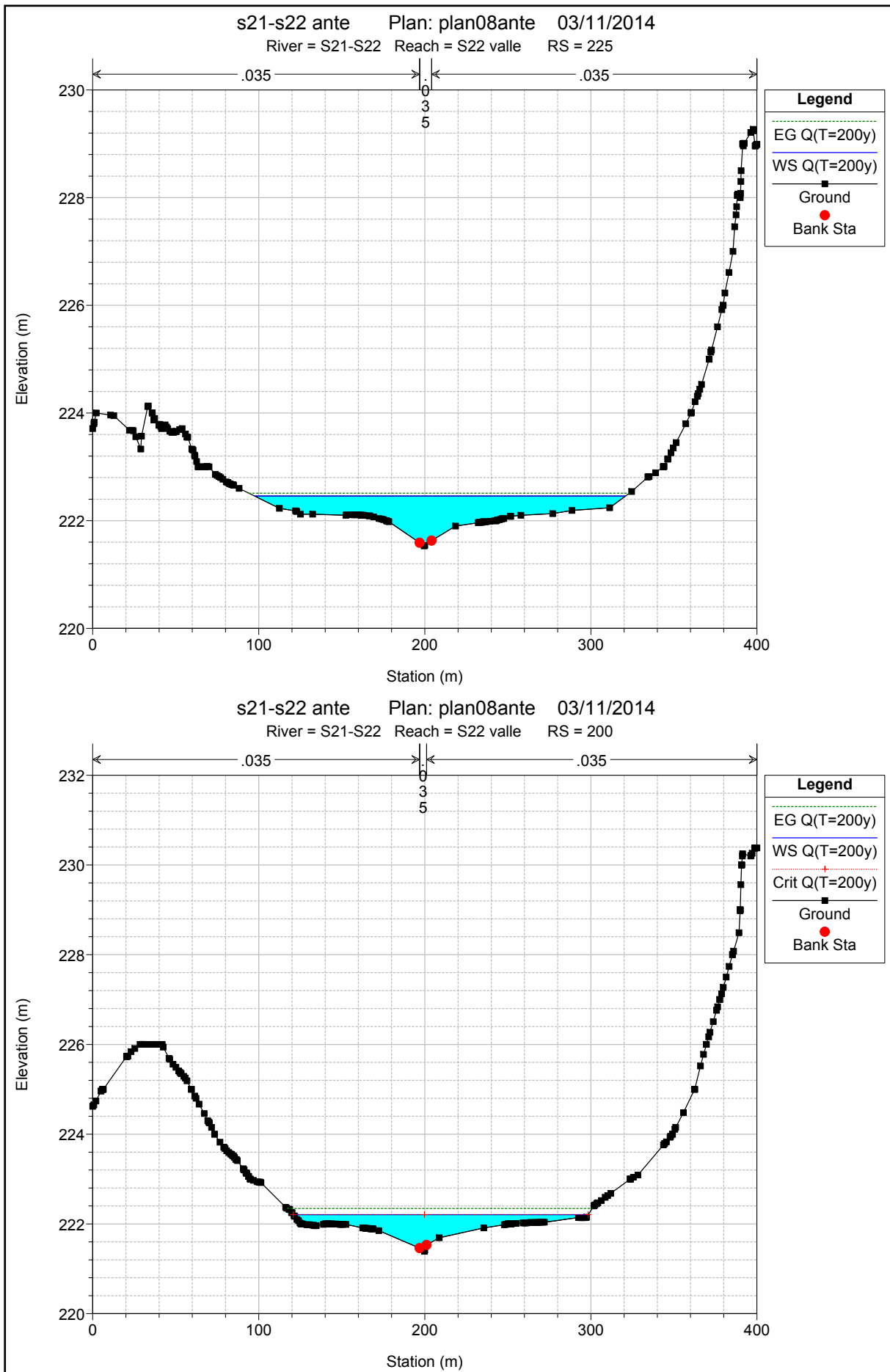


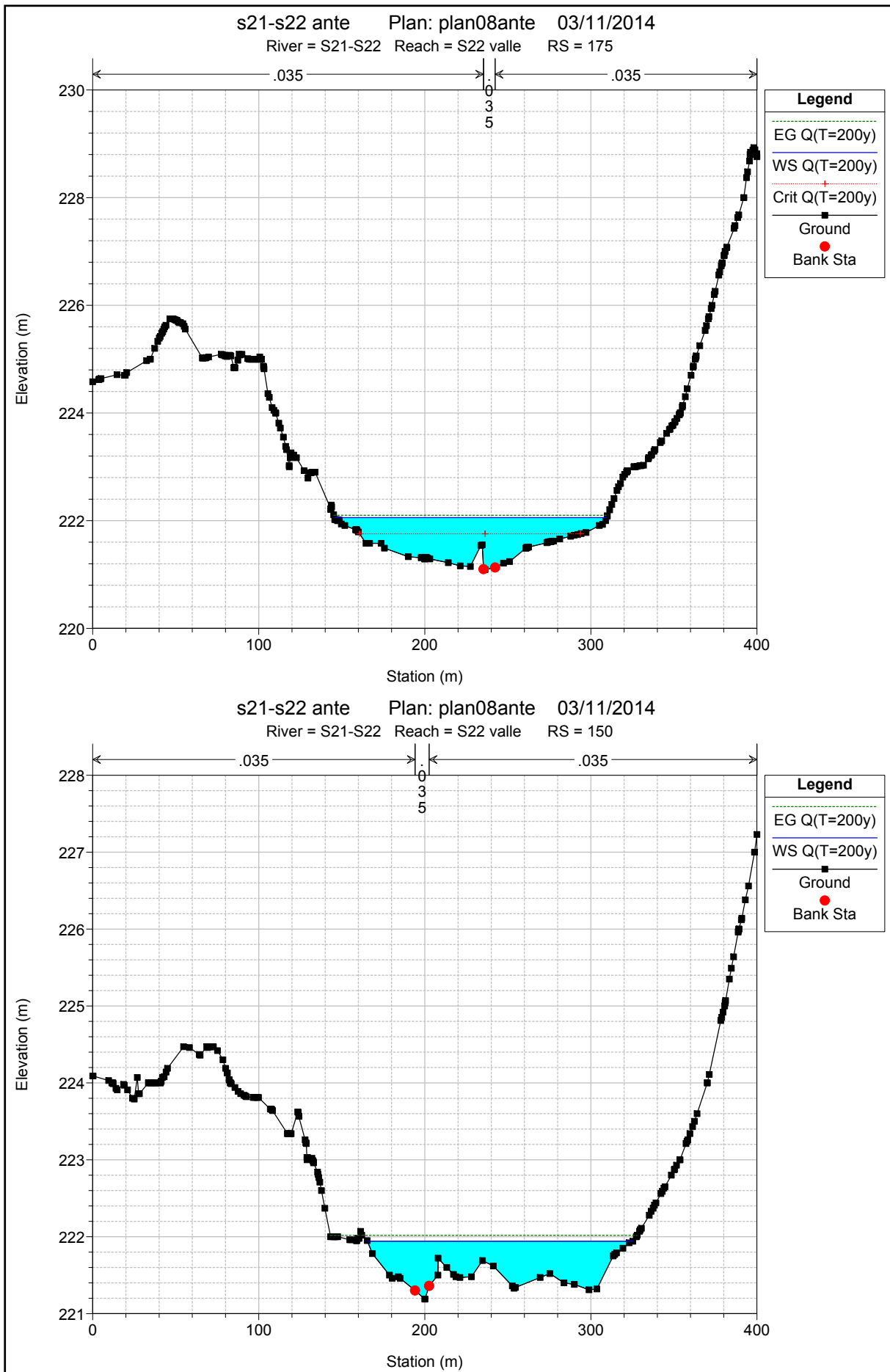


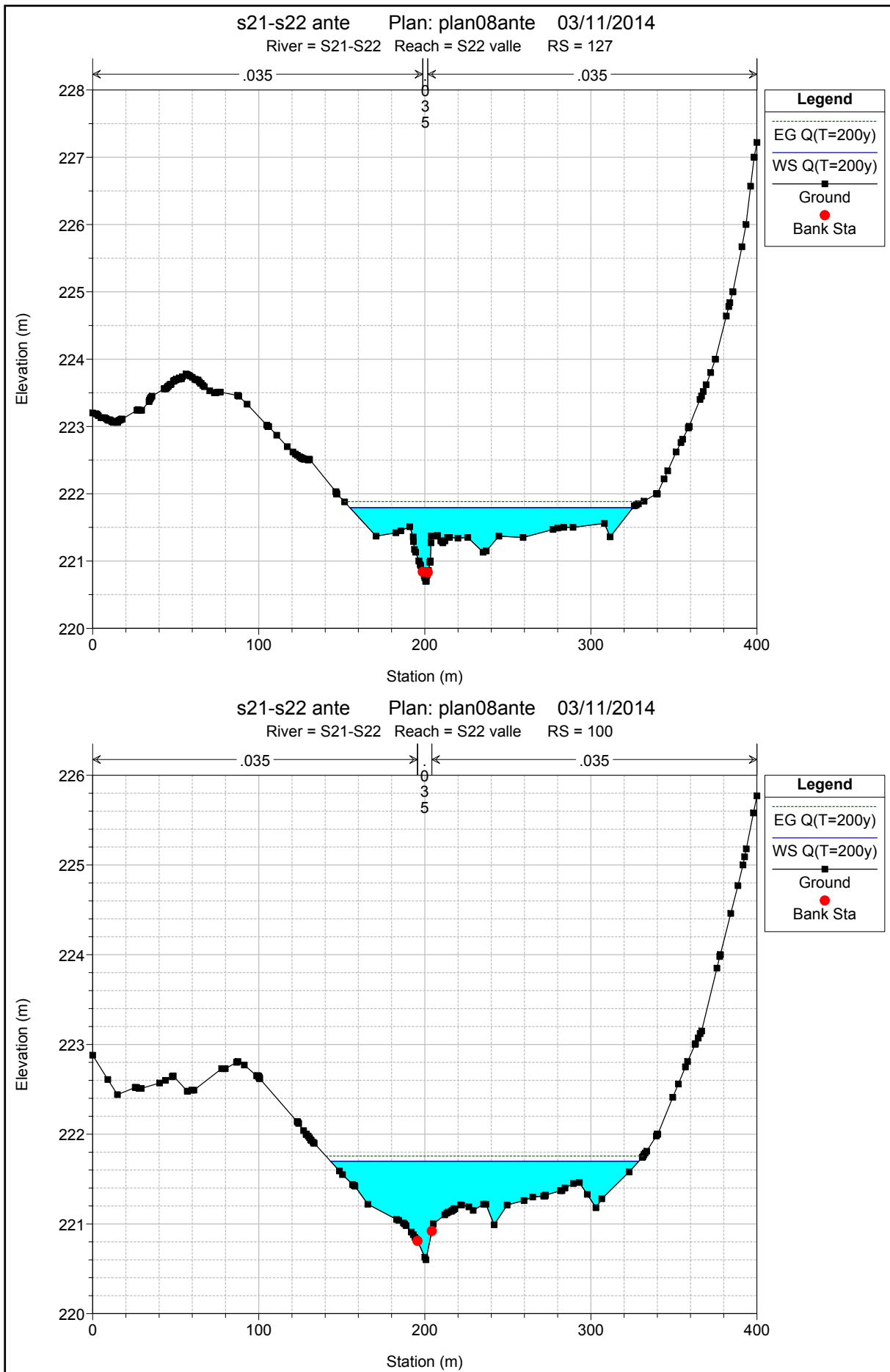


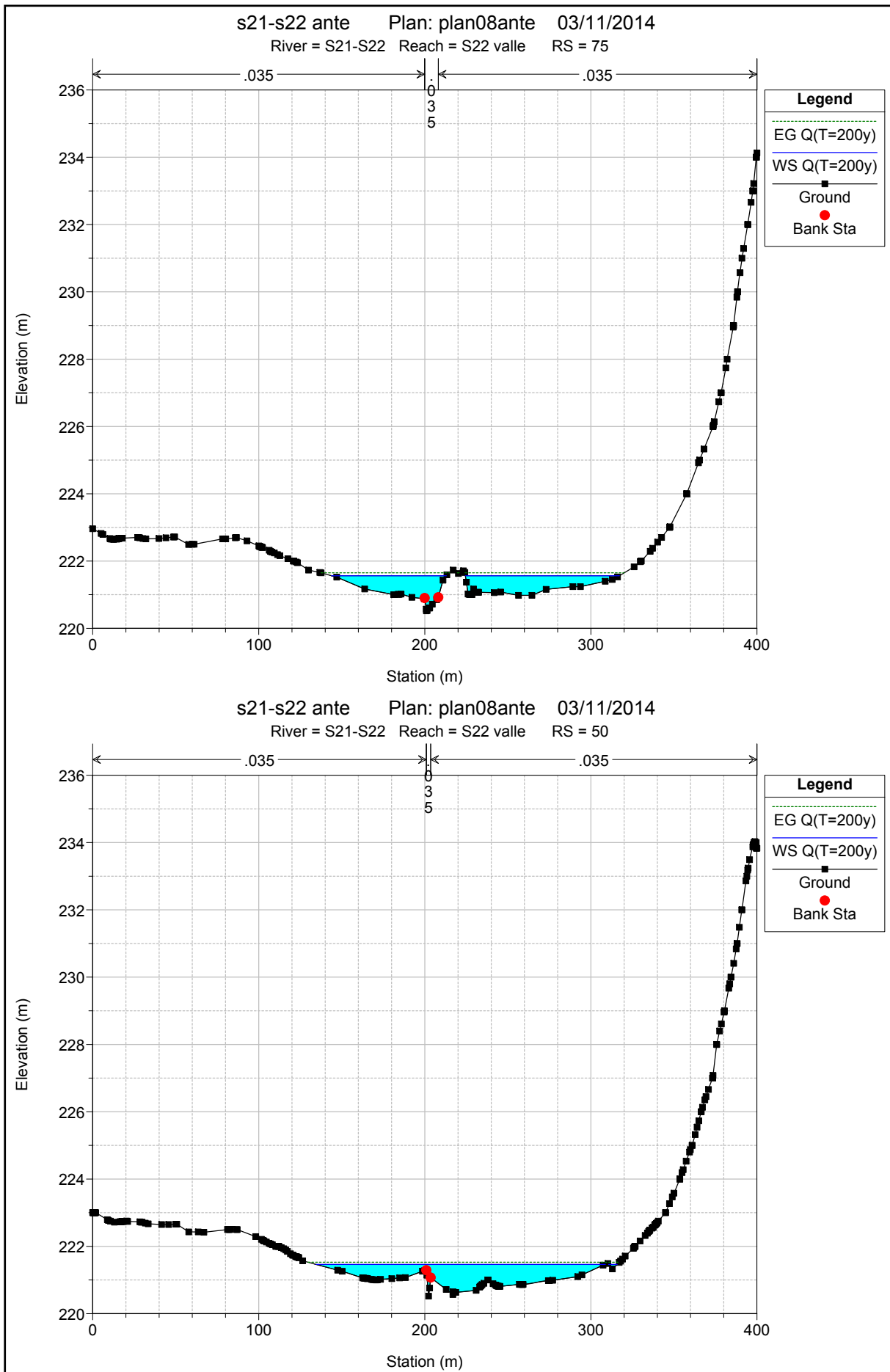


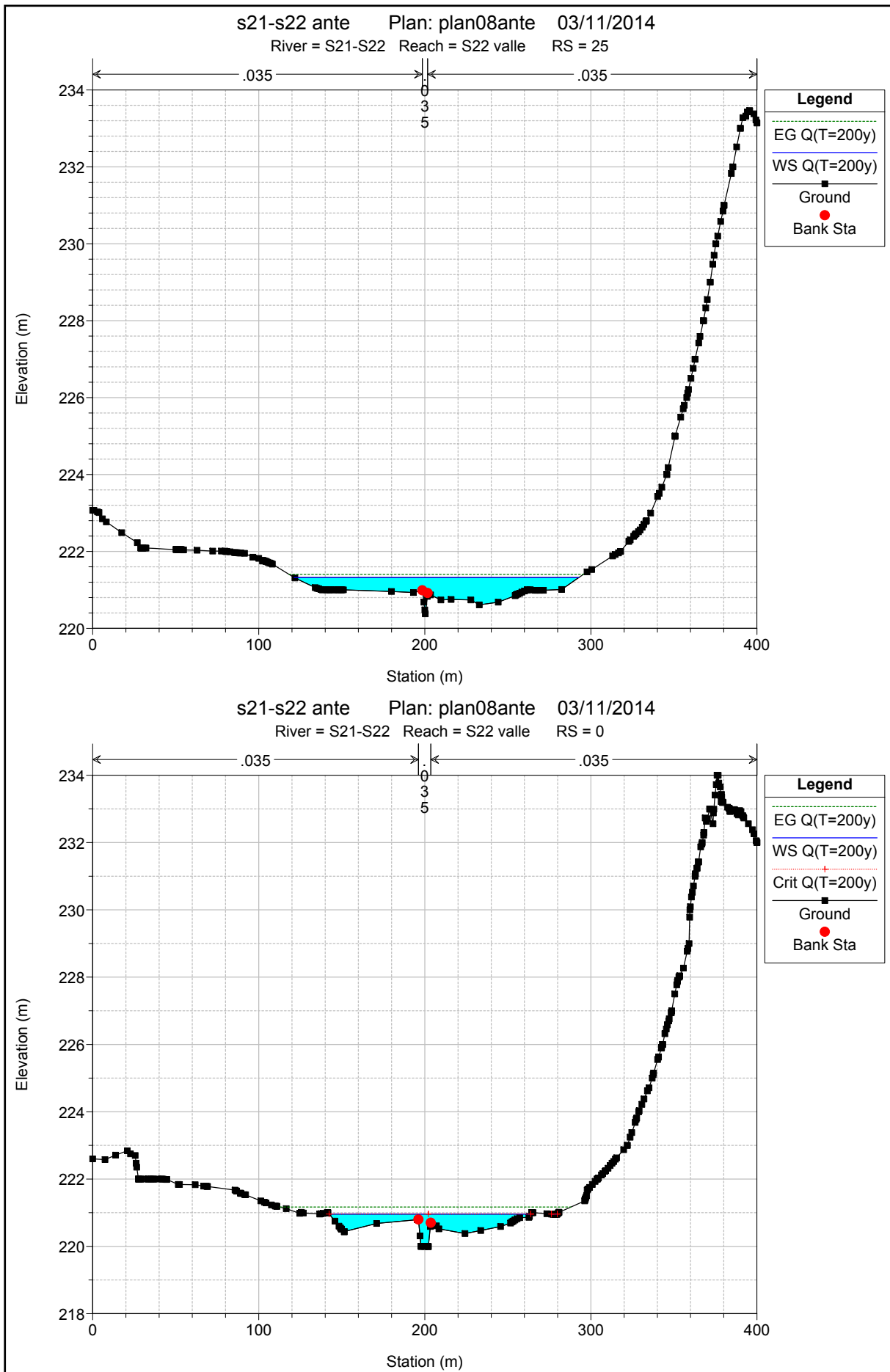












Plan: p08 S21-S22 S22 valle RS: 300.60 Culv Group: Culvert #1 Profile: Q(T=200y)

Q Culv Group (m3/s)	7.68	Culv Full Len (m)	12.38
# Barrels	1	Culv Vel US (m/s)	2.56
Q Barrel (m3/s)	7.68	Culv Vel DS (m/s)	2.56
E.G. US. (m)	223.63	Culv Inv El Up (m)	221.60
W.S. US. (m)	223.62	Culv Inv El Dn (m)	221.50
E.G. DS (m)	223.26	Culv Frctn Ls (m)	0.04
W.S. DS (m)	223.08	Culv Exit Loss (m)	0.16
Delta EG (m)	0.37	Culv Entr Loss (m)	0.17
Delta WS (m)	0.54	Q Weir (m3/s)	76.21
E.G. IC (m)	223.63	Weir Sta Lft (m)	1.62
E.G. OC (m)	223.63	Weir Sta Rgt (m)	345.14
Culvert Control	Outlet	Weir Submerg	0.00
Culv WS Inlet (m)	223.10	Weir Max Depth (m)	0.30
Culv WS Outlet (m)	223.00	Weir Avg Depth (m)	0.29
Culv Nml Depth (m)	0.91	Weir Flow Area (m2)	100.16
Culv Crt Depth (m)	1.15	Min El Weir Flow (m)	223.33



HEC-RAS Plan: p08 Profile: Q(T=200y)

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
S21	235.33	Q(T=200y)	9.26	224.41	225.37	224.74	225.38	0.000092	0.27	47.66	80.72	0.09
S21	225	Q(T=200y)	9.26	224.28	225.37	224.64	225.38	0.000055	0.22	60.29	98.77	0.07
S21	200	Q(T=200y)	9.26	224.07	225.37		225.37	0.000006	0.08	148.78	170.80	0.02
S21	175	Q(T=200y)	9.26	223.39	225.37		225.37	0.000003	0.07	162.44	125.27	0.02
S21	156.59	Q(T=200y)	9.26	223.42	225.37	223.80	225.37	0.000002	0.06	192.15	147.82	0.01
S21	156.58	Q(T=200y)	9.26	223.41	225.37	223.78	225.37	0.000002	0.06	195.96	148.26	0.01
S21	150	Q(T=200y)	9.26	223.22	225.37	223.71	225.37	0.000002	0.06	205.23	152.81	0.01
S21	100	Q(T=200y)	9.26	224.15	225.37	224.58	225.37	0.000093	0.30	38.58	51.31	0.09
S21	75	Q(T=200y)	9.26	225.00	225.26	225.26	225.36	0.020114	1.38	6.73	34.71	0.99
S21	50	Q(T=200y)	9.26	222.40	223.64	222.81	223.65	0.000051	0.23	52.14	68.10	0.07
S21	19.47	Q(T=200y)	9.26	222.45	223.64	222.78	223.65	0.000009	0.09	135.83	205.38	0.03
S22m	161.83	Q(T=200y)	74.88	222.52	223.84	223.35	223.86	0.000677	0.79	119.53	159.79	0.24
S22m	150	Q(T=200y)	74.88	222.60	223.82		223.85	0.000901	0.89	107.38	149.91	0.28
S22m	125	Q(T=200y)	74.88	222.57	223.76		223.81	0.001918	1.23	77.30	115.46	0.39
S22m	100	Q(T=200y)	74.88	222.29	223.70		223.76	0.002288	1.37	71.70	111.75	0.43
S22m	69.76	Q(T=200y)	74.88	222.50	223.67		223.70	0.001214	1.07	90.60	123.45	0.32
S22m	50	Q(T=200y)	74.88	222.02	223.65		223.68	0.000870	1.05	99.84	124.28	0.28
S22m	25	Q(T=200y)	74.88	222.09	223.63		223.66	0.000833	1.07	98.88	121.99	0.28
S22m	0	Q(T=200y)	74.88	222.09	223.63	222.75	223.64	0.000289	0.63	147.22	141.38	0.17
S22 valle	373.38	Q(T=200y)	84.14	222.09	223.62	222.81	223.64	0.000415	0.74	140.22	138.55	0.20
S22 valle	353.53	Q(T=200y)	84.14	221.91	223.62	222.68	223.63	0.000210	0.58	187.68	171.10	0.14
S22 valle	328.13	Q(T=200y)	84.14	221.93	223.63		223.63	0.000068	0.31	332.37	324.97	0.08
S22 valle	314.9	Q(T=200y)	84.14	221.76	223.63		223.63	0.000067	0.35	338.48	314.58	0.08
S22 valle	300.61	Q(T=200y)	84.14	221.49	223.62	223.35	223.63	0.000144	0.53	280.43	343.08	0.12
S22 valle	300.60		Culvert									
S22 valle	288.21	Q(T=200y)	84.14	221.53	223.08	223.08	223.26	0.009253	3.17	54.91	145.44	0.87
S22 valle	275	Q(T=200y)	84.14	221.25	222.28	222.48	222.95	0.070567	6.30	25.15	100.42	2.18
S22 valle	250	Q(T=200y)	84.14	221.52	222.54	222.44	222.61	0.004017	1.70	81.74	207.20	0.57
S22 valle	225	Q(T=200y)	84.14	221.53	222.46		222.51	0.003697	1.60	87.89	223.35	0.54
S22 valle	200	Q(T=200y)	84.14	221.39	222.21	222.21	222.34	0.012823	2.72	55.00	177.62	0.99
S22 valle	175	Q(T=200y)	84.14	221.09	222.06	221.76	222.10	0.002113	1.27	92.34	164.02	0.42
S22 valle	150	Q(T=200y)	84.14	221.19	221.94		222.02	0.005200	1.61	70.11	159.90	0.62
S22 valle	127	Q(T=200y)	84.14	220.70	221.79		221.89	0.006361	2.32	67.18	170.44	0.73
S22 valle	100	Q(T=200y)	84.14	220.60	221.70		221.76	0.003226	1.59	84.75	185.67	0.51
S22 valle	75	Q(T=200y)	84.14	220.52	221.56		221.65	0.005485	1.89	68.55	161.98	0.65

HEC-RAS Plan: p08 Profile: Q(T=200y) (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
S22 valle	50	Q(T=200y)	84.14	220.52	221.46		221.53	0.003986	1.21	77.70	179.39	0.49
S22 valle	25	Q(T=200y)	84.14	220.38	221.32		221.40	0.006088	1.61	68.20	171.42	0.64
S22 valle	0	Q(T=200y)	84.14	219.99	220.96	220.96	221.17	0.014497	2.89	45.21	125.02	1.03

Impresa – A.T.I.:

Mandataria



Mandante



Mandante



Progettisti indicati – A.T.P.:

Mandataria



studio solmona & vitali

Mandante



Mandante



12

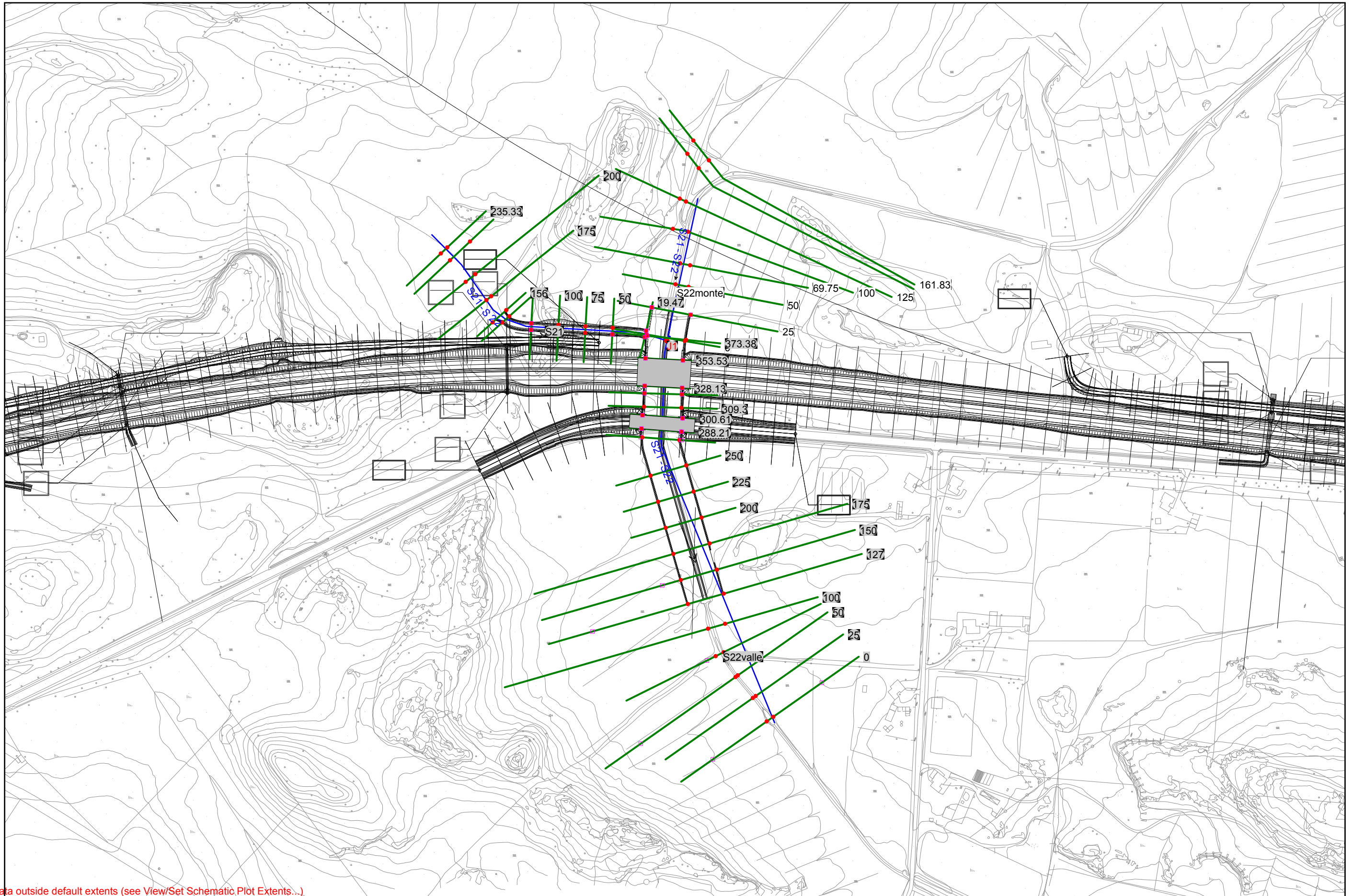
### 4.5.3 Post operam

**ANAS  
S.p.A.**

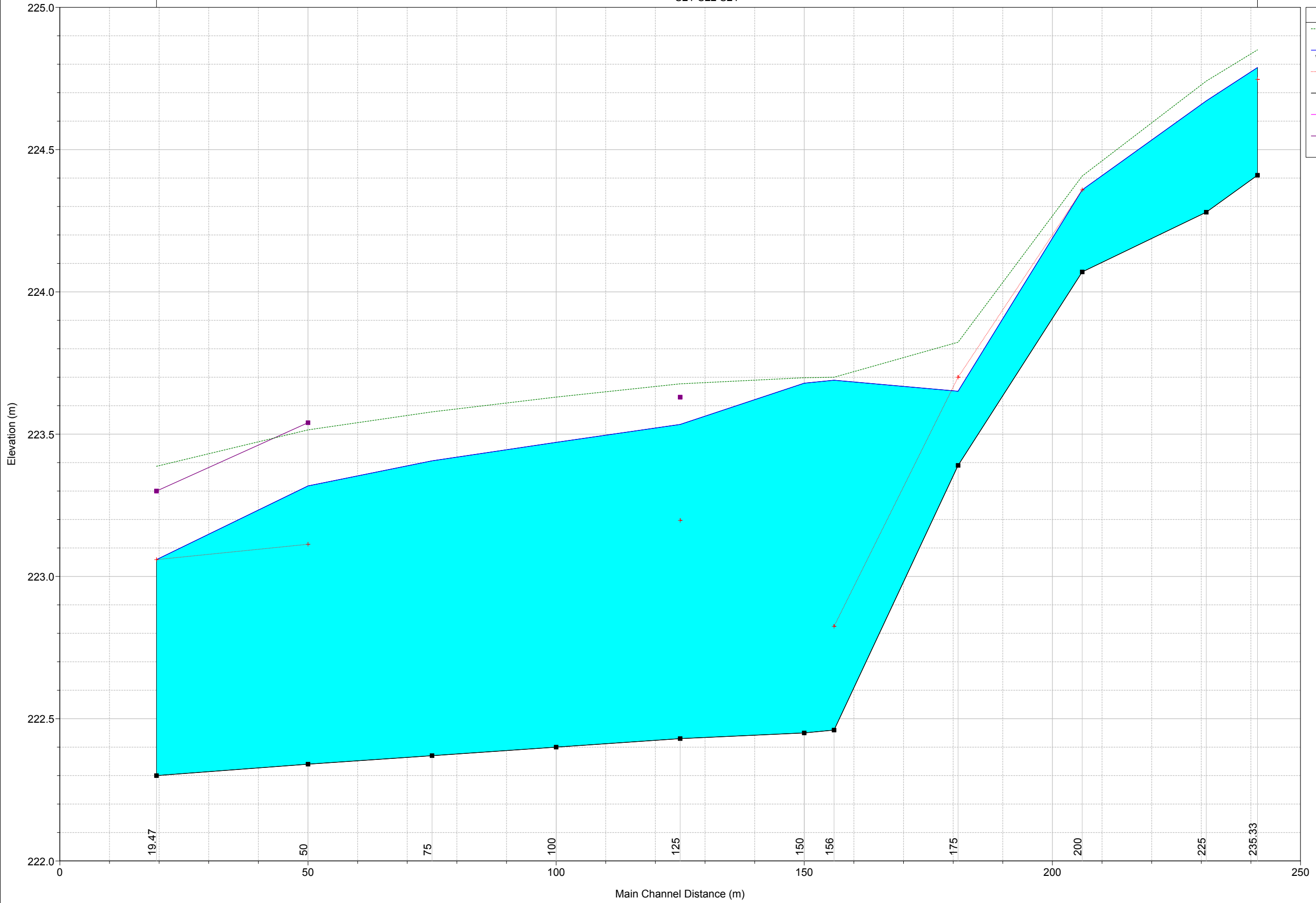
Adeguamento al tipo (4 corsie) dell'itinerario  
Sassari – Olbia  
LOTTO 2

Relazione idraulica  
in alveazione S21 e S22

03/2015 - Rev. E  
T00O108IDRRE01\_E.docx

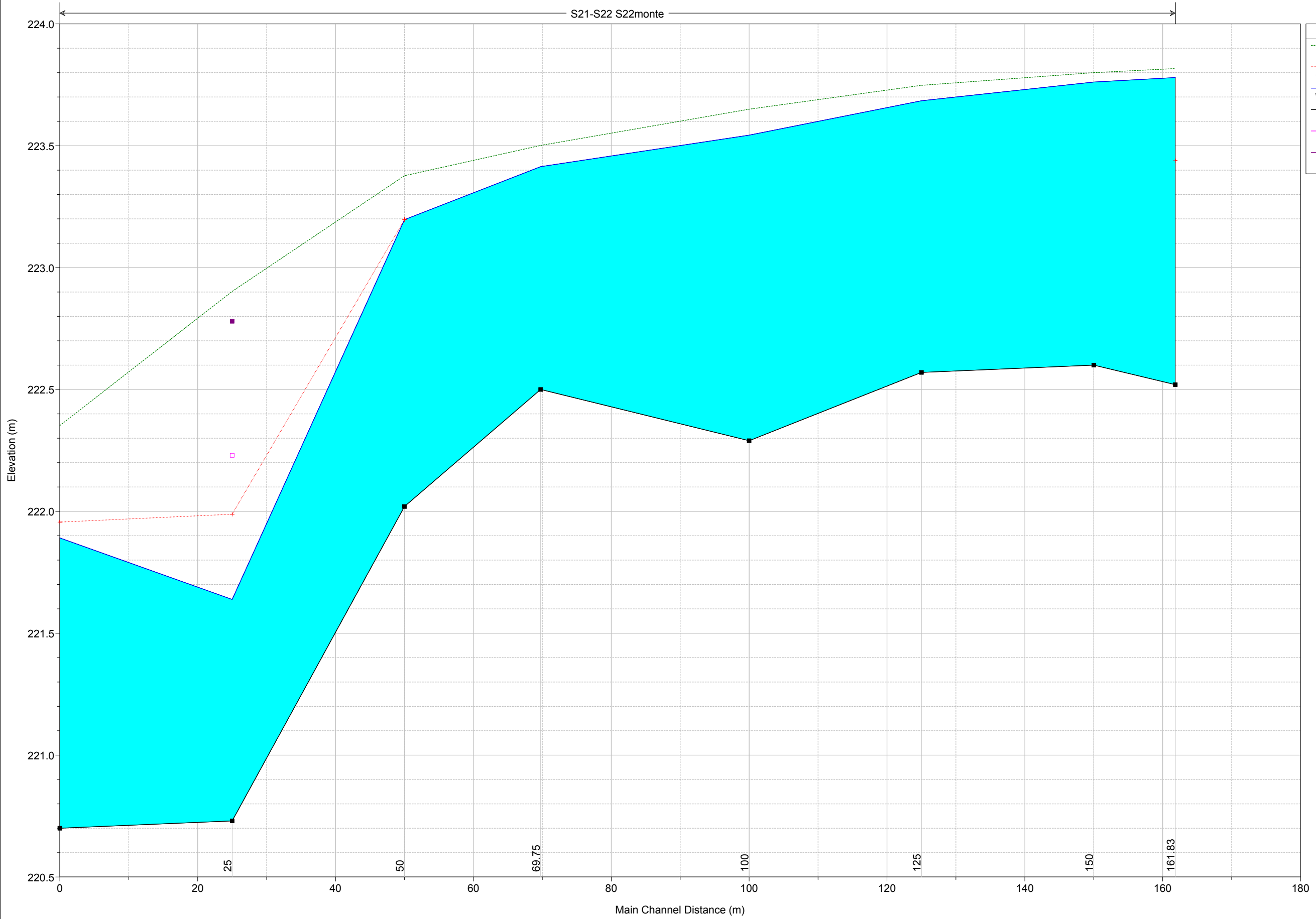


Some schematic data outside default extents (see View/Set Schematic Plot Extents...)



**Legend**

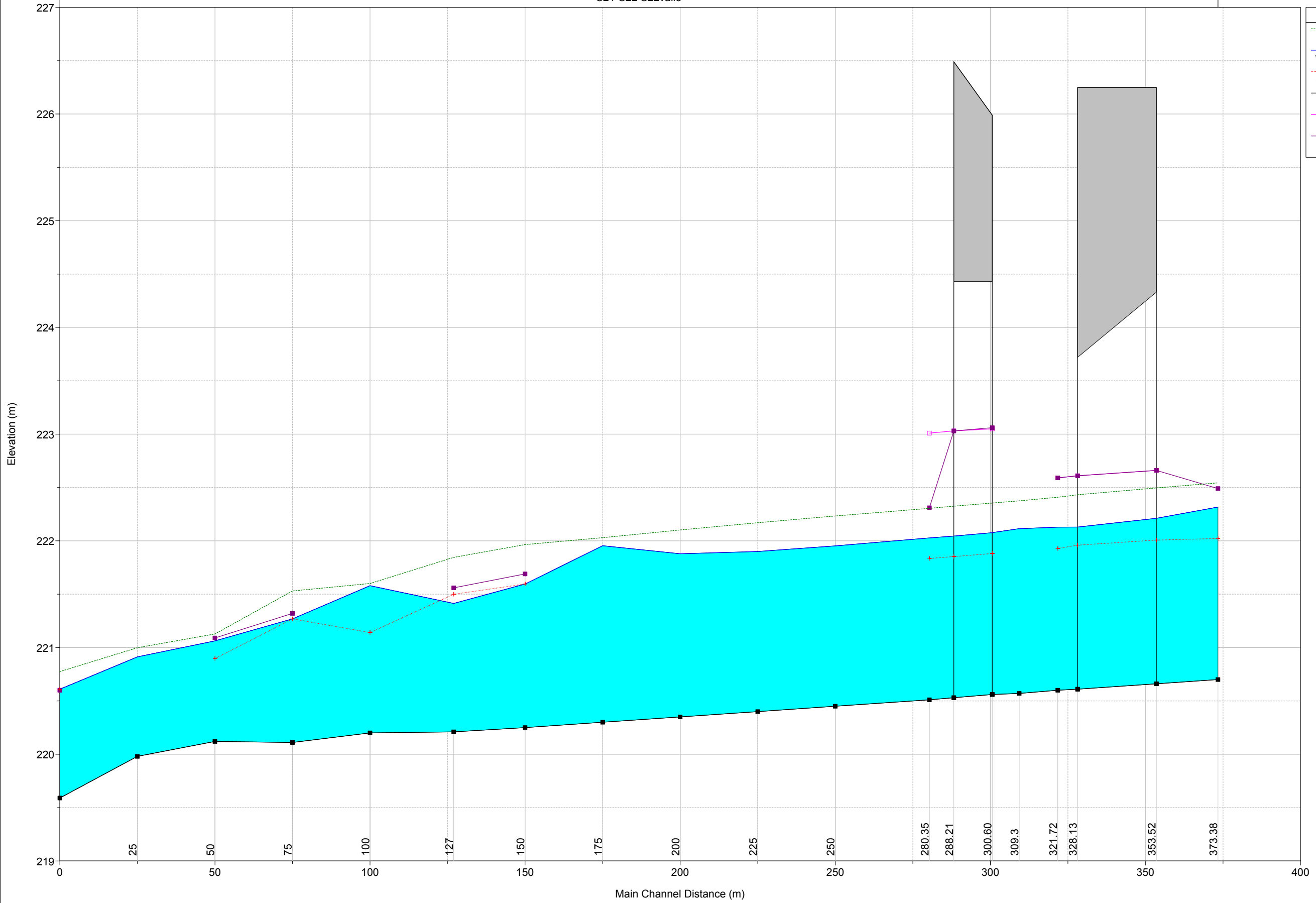
- EG Q(T=200y)
- WS Q(T=200y)
- Crit Q(T=200y)
- Ground
- Left Levee
- Right Levee



**Legend**

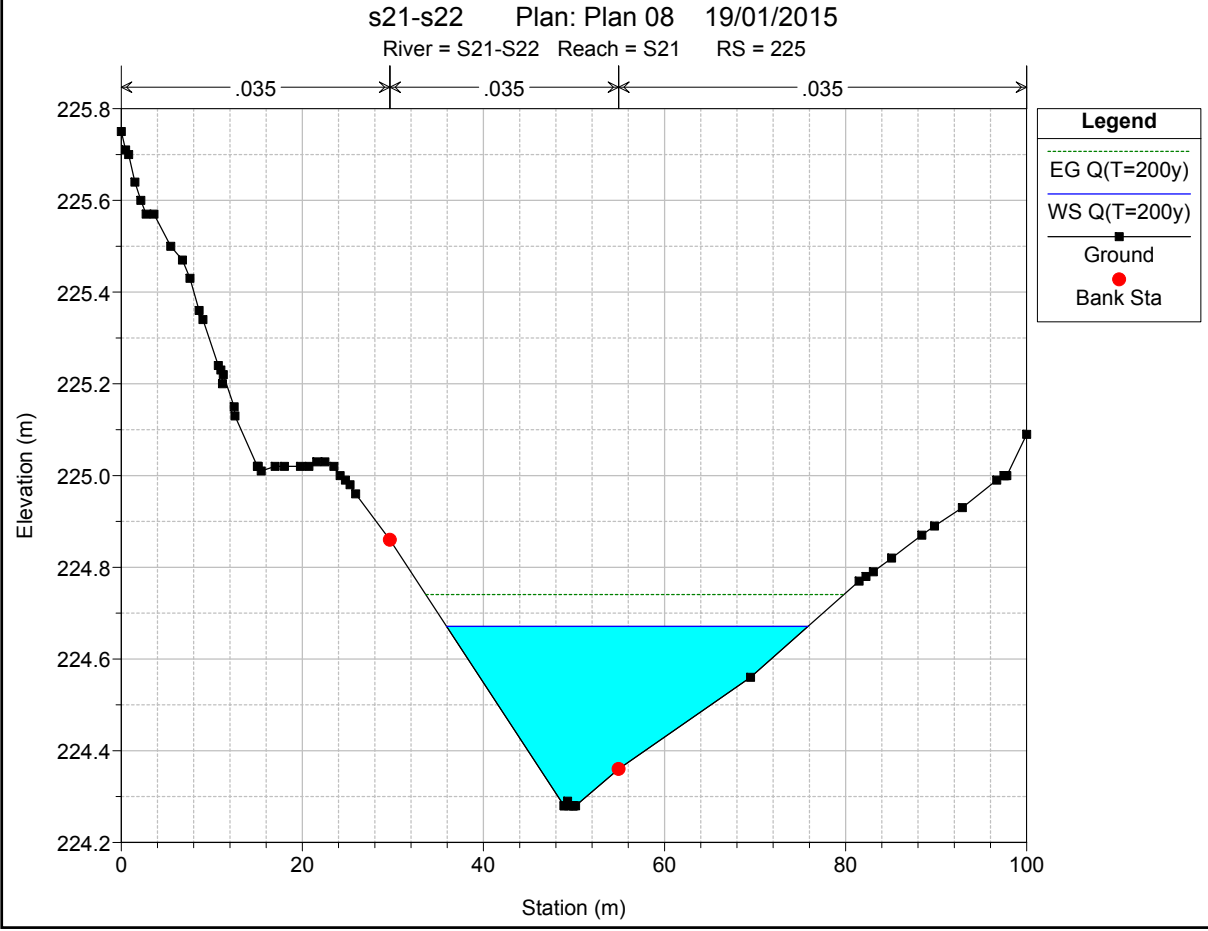
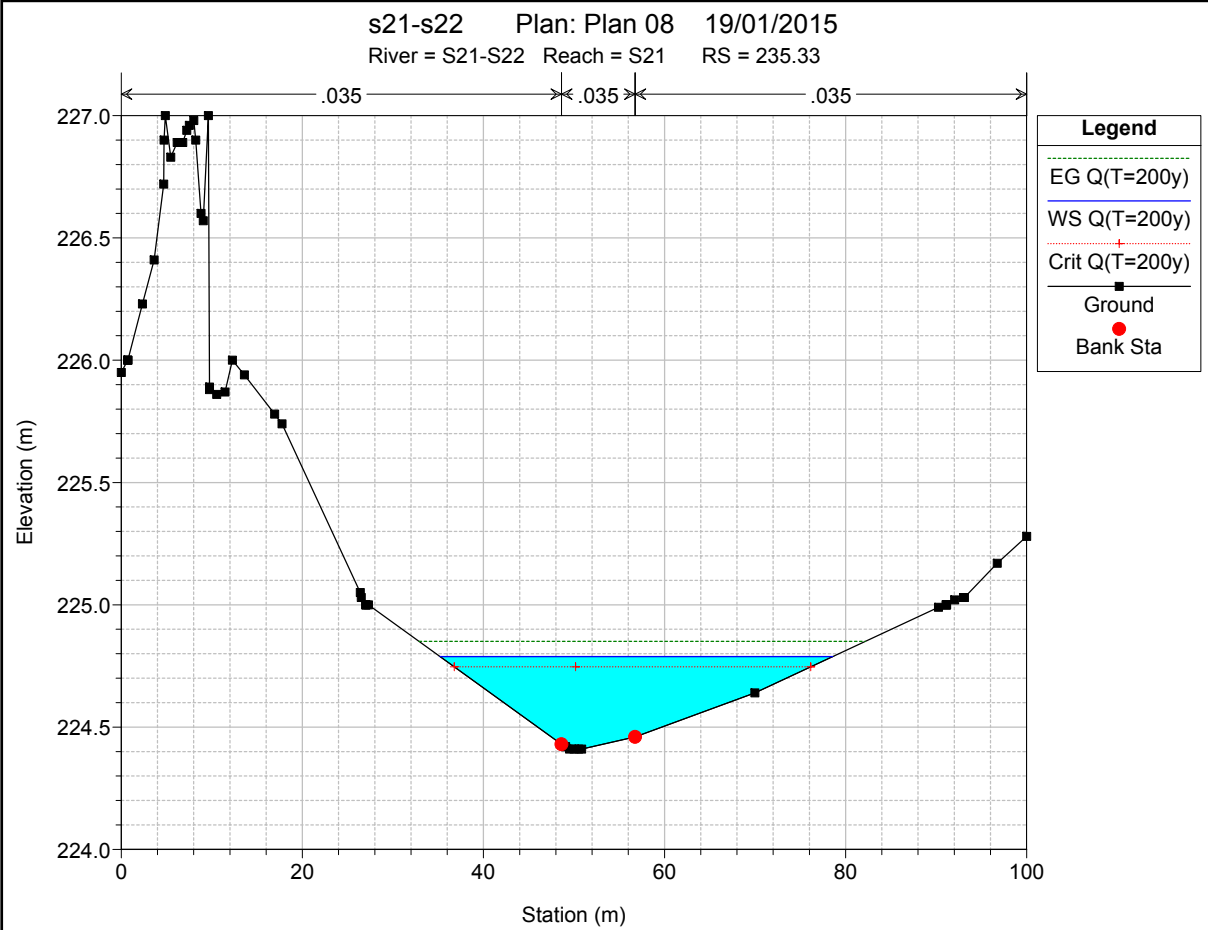
- EG Q(T=200y)
- Crit Q(T=200y)
- WS Q(T=200y)
- Ground
- Left Levee
- Right Levee

S21-S22 S22valle



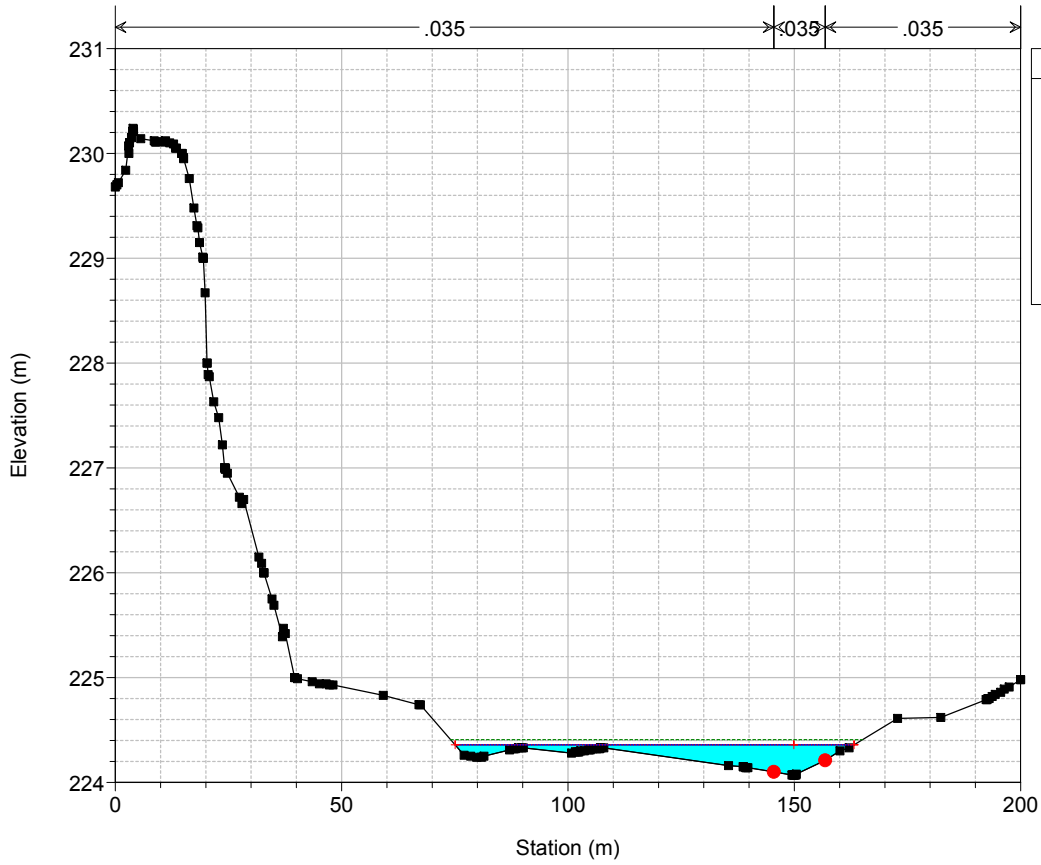
**Legend**

- EG Q(T=200y)
- WS Q(T=200y)
- Crit Q(T=200y)
- Ground
- Left Levee
- Right Levee

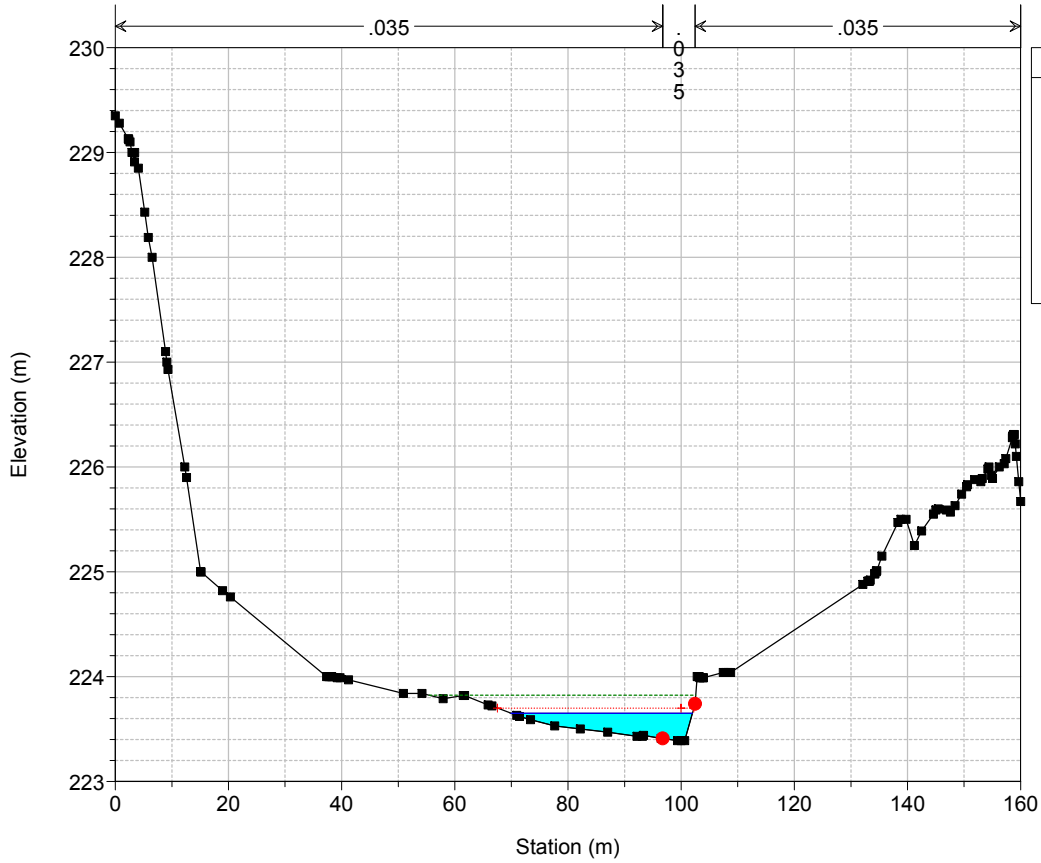


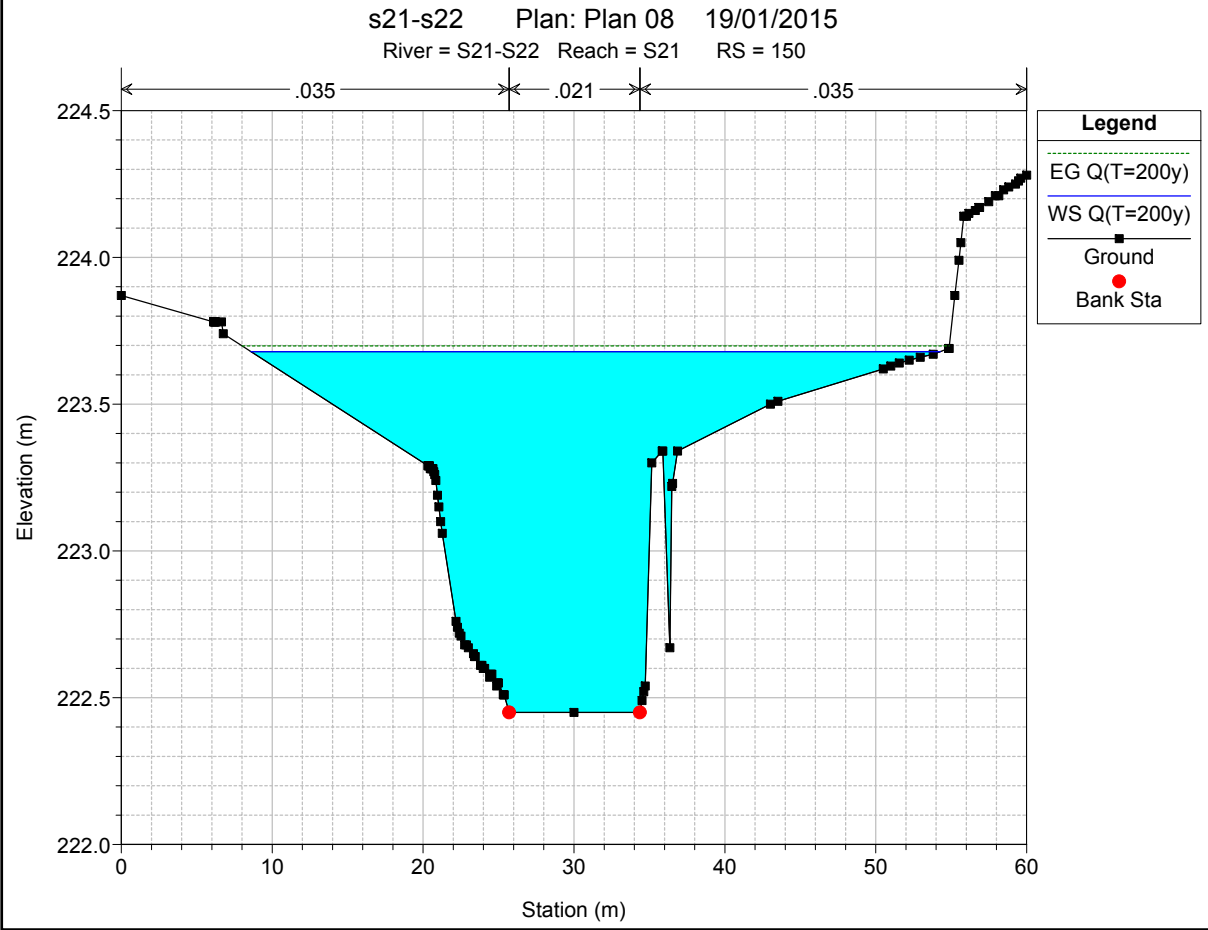
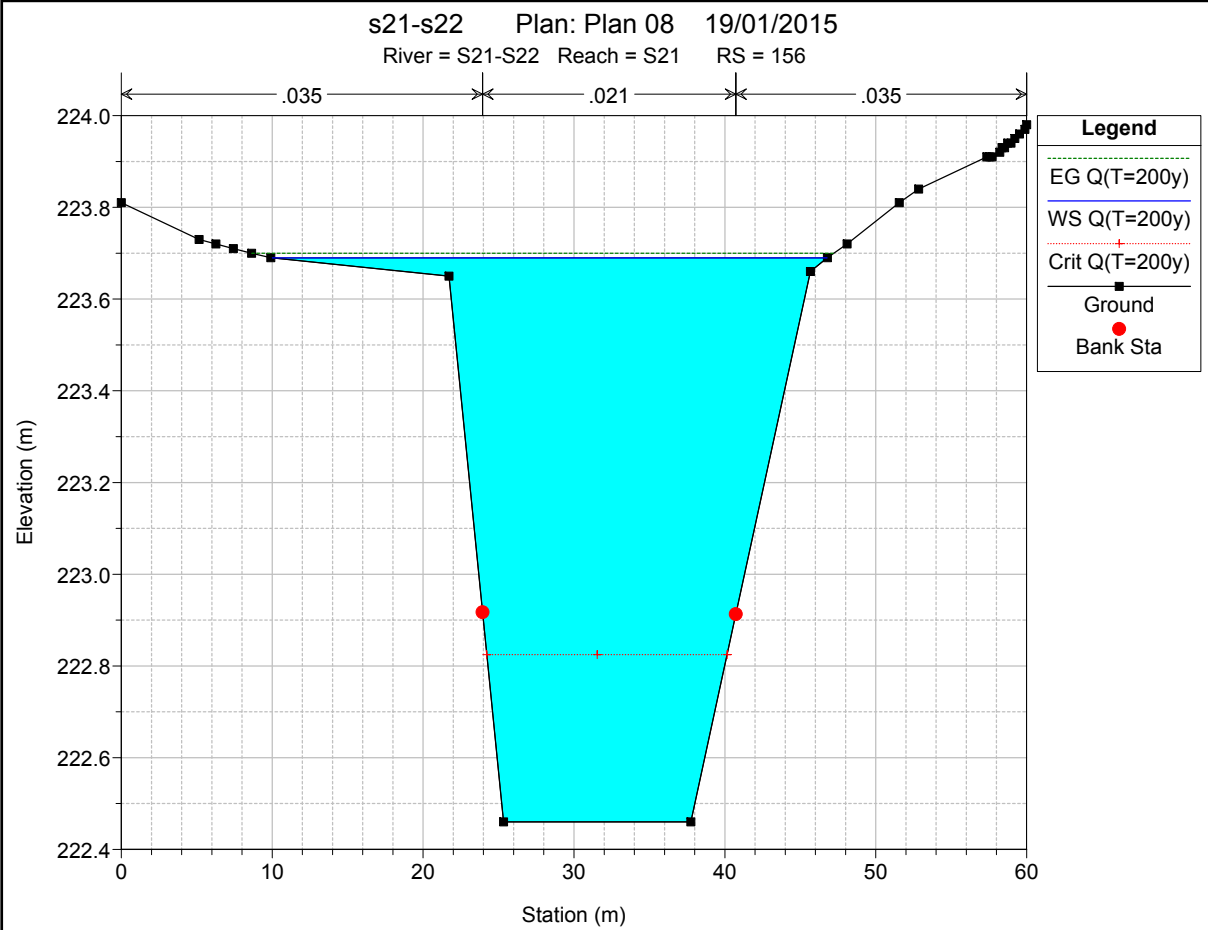


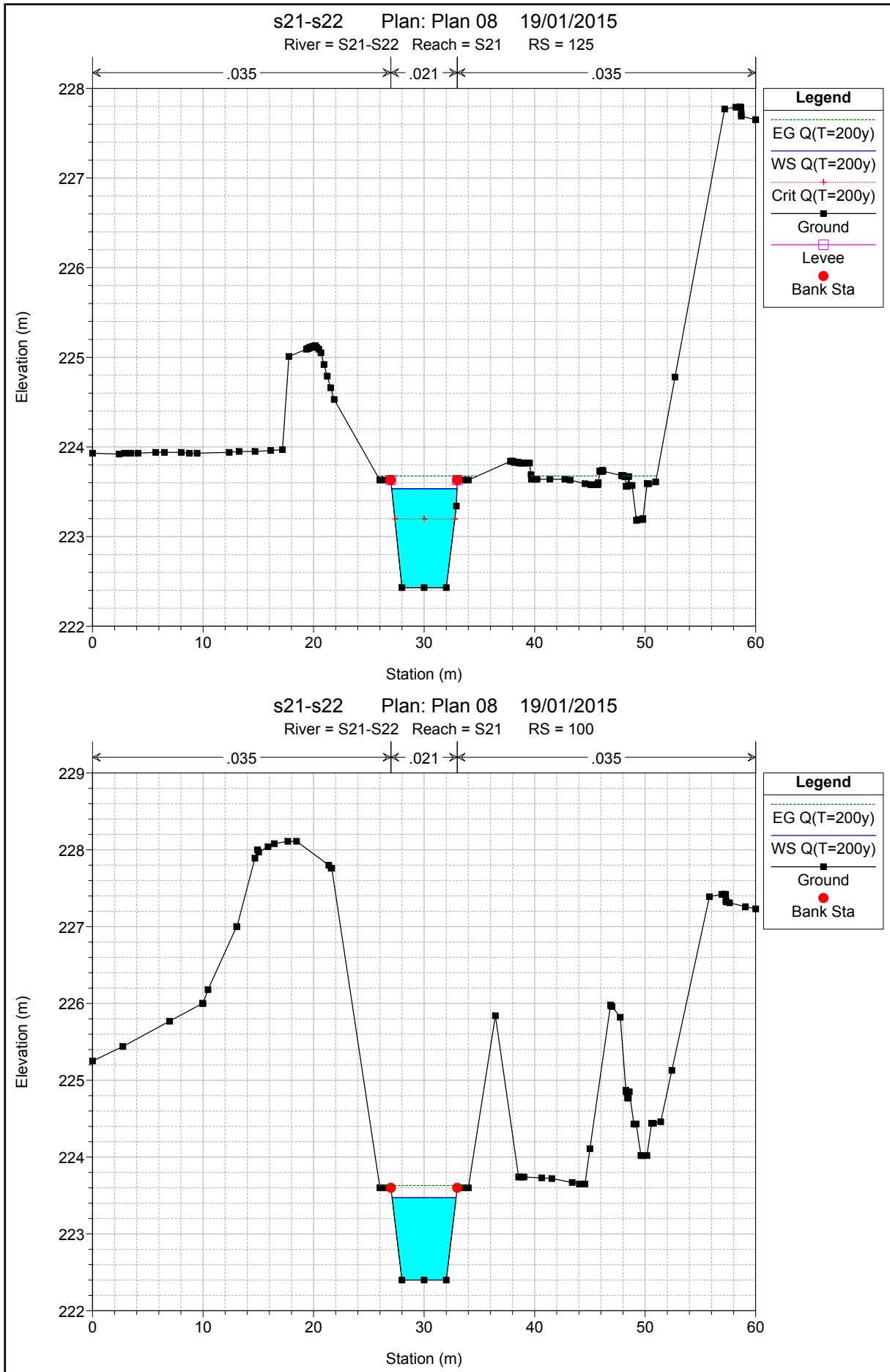
s21-s22 Plan: Plan 08 19/01/2015  
 River = S21-S22 Reach = S21 RS = 200

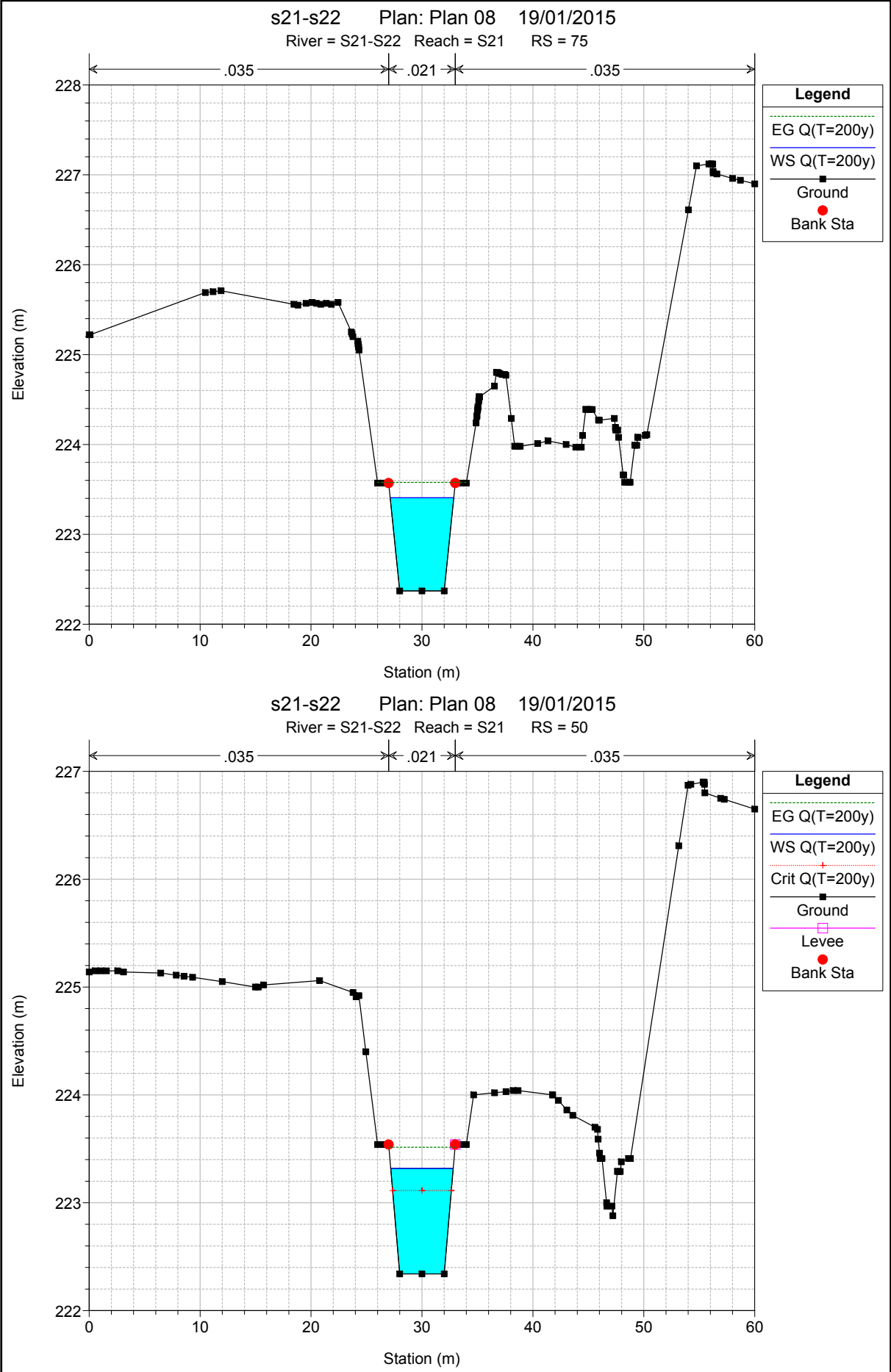


s21-s22 Plan: Plan 08 19/01/2015  
 River = S21-S22 Reach = S21 RS = 175

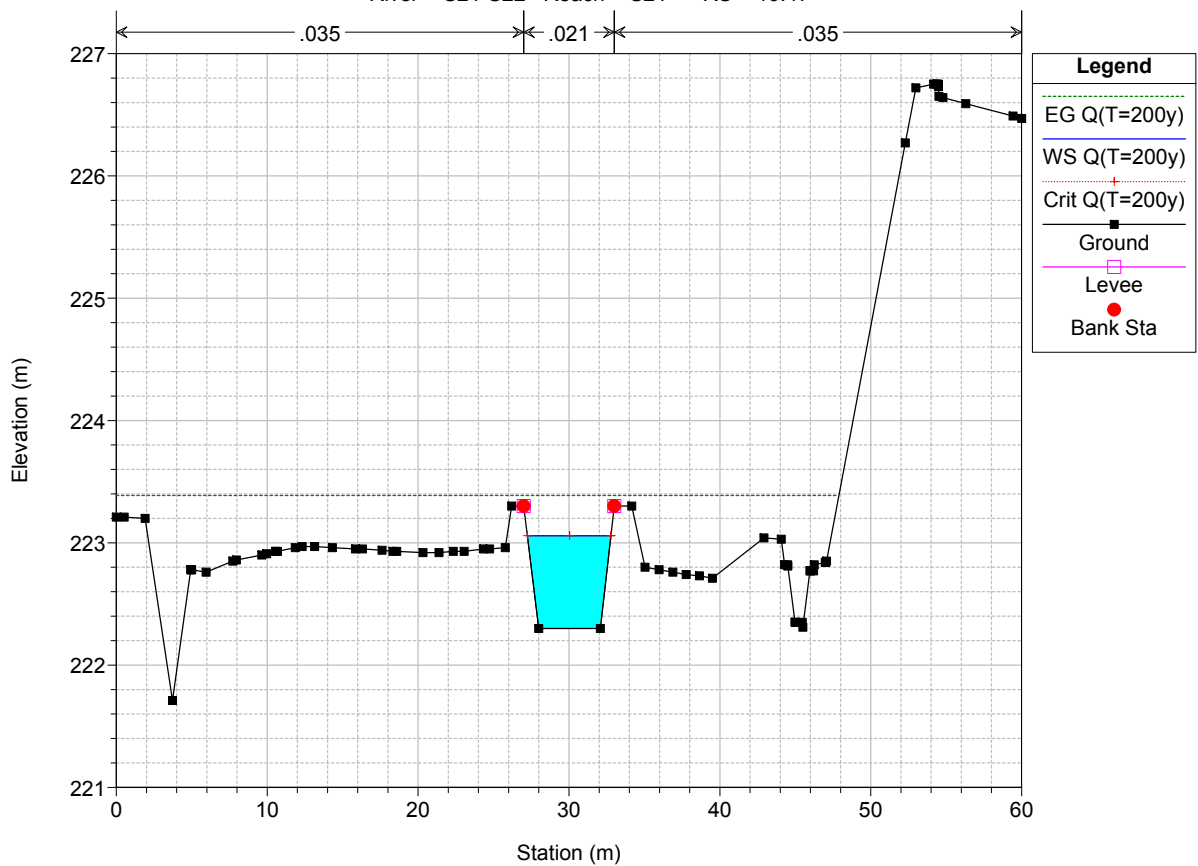


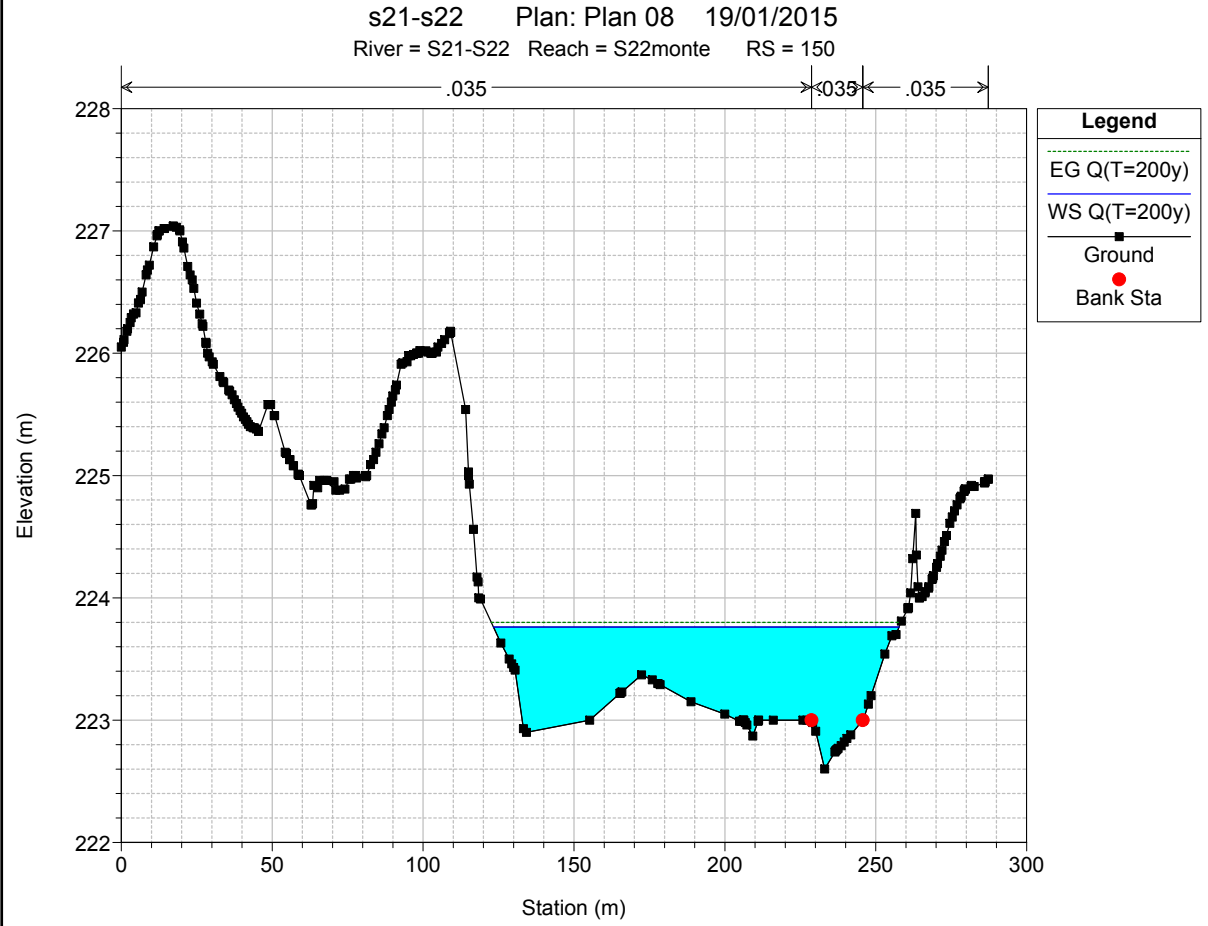
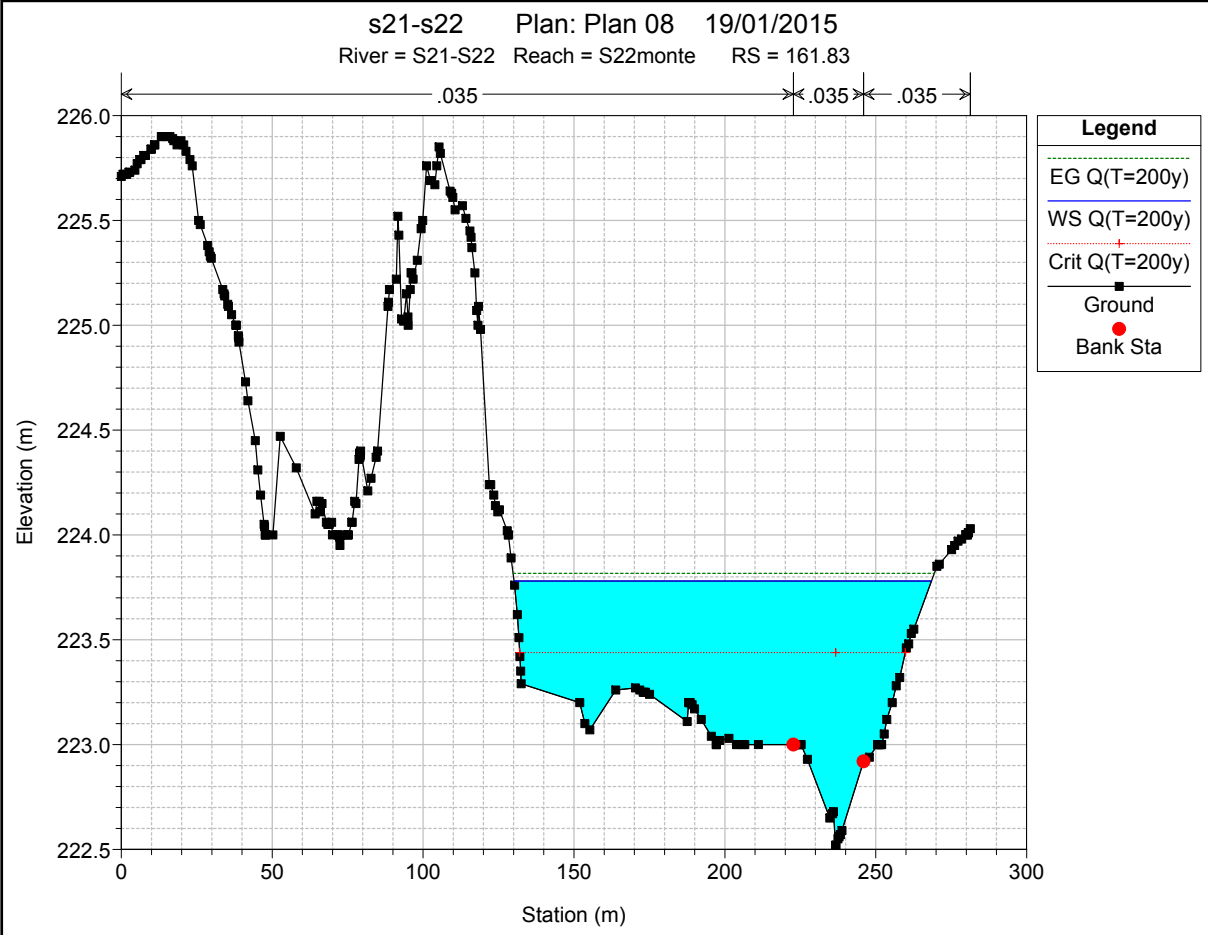


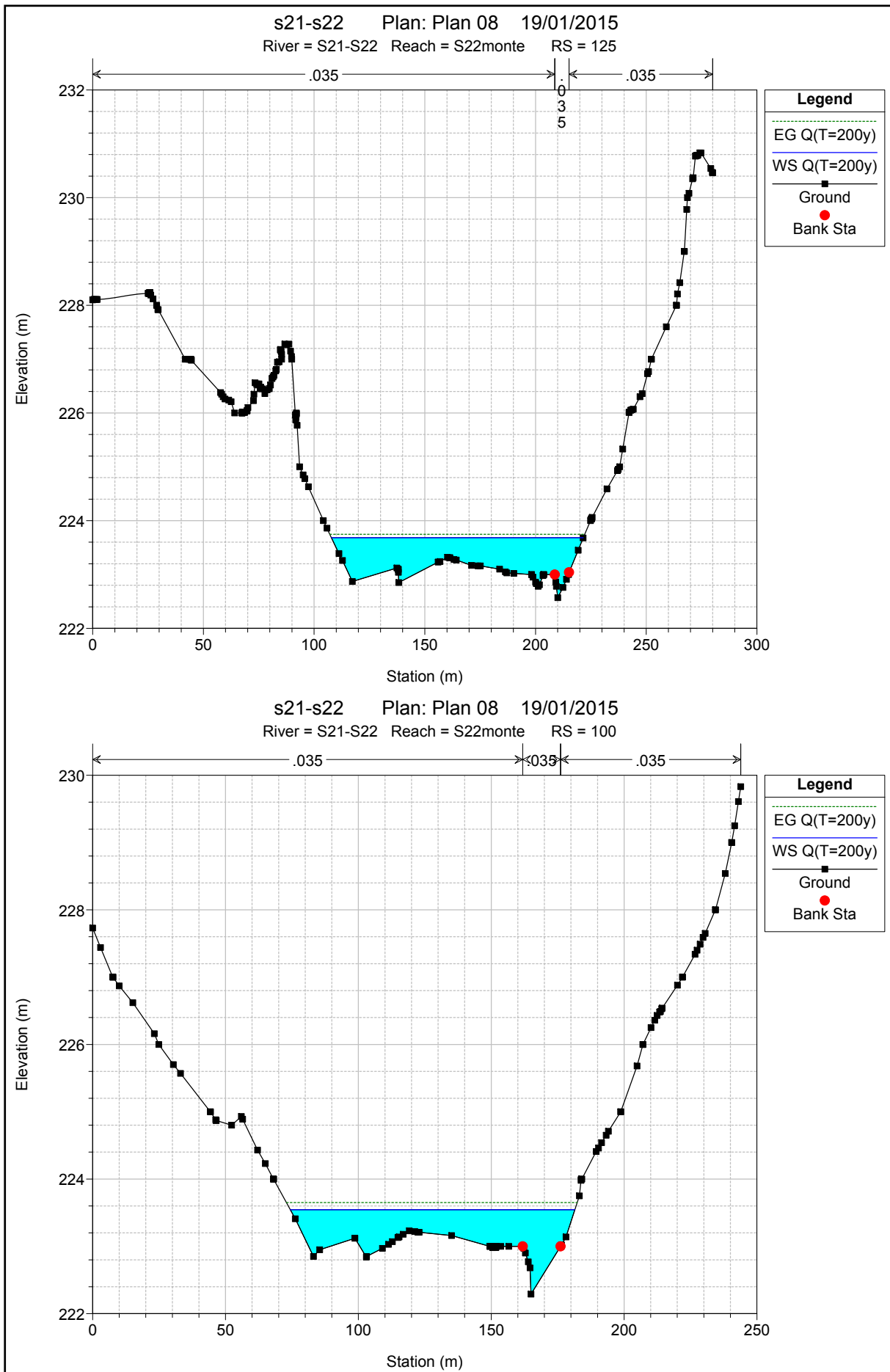


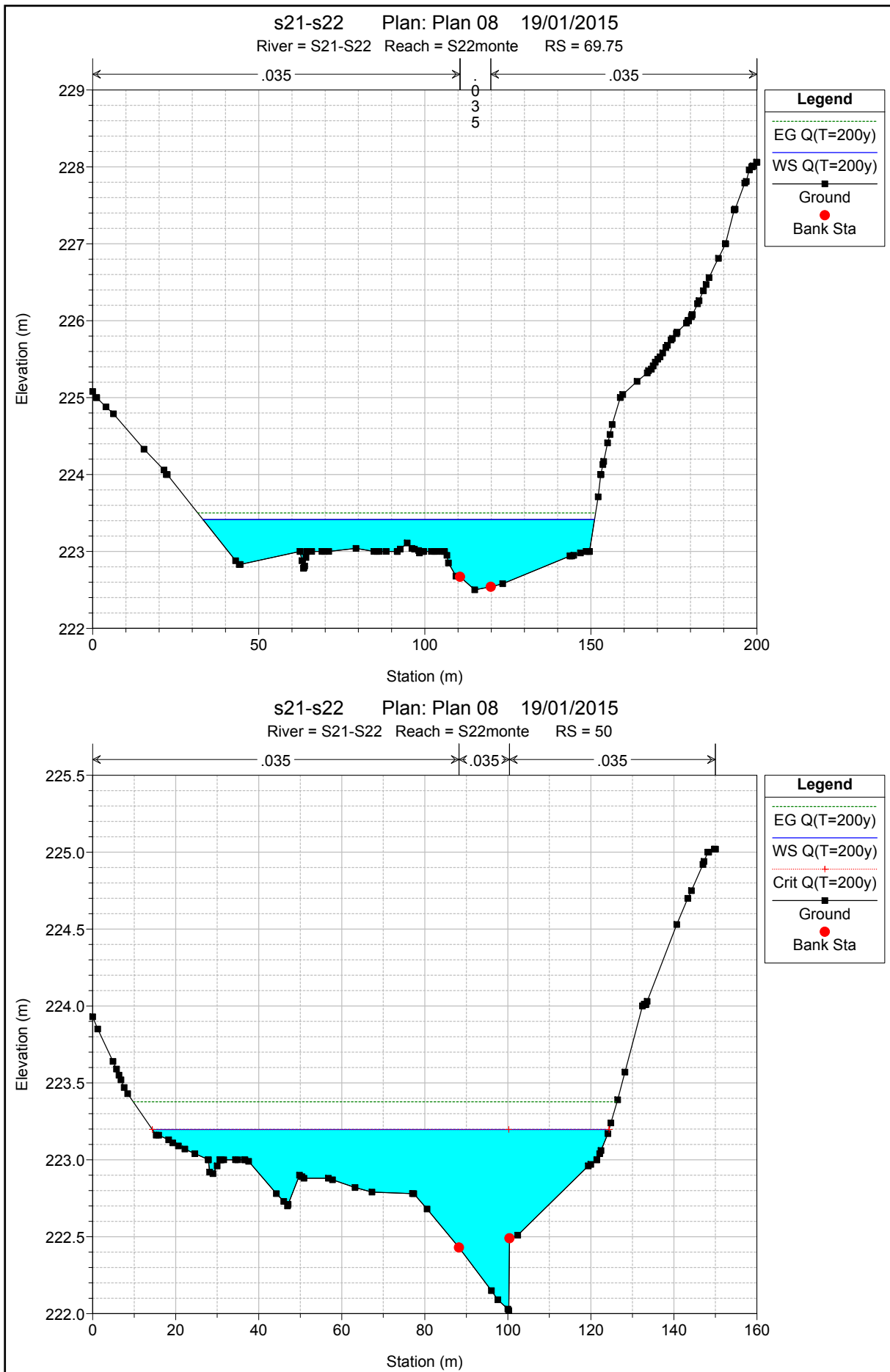


s21-s22 Plan: Plan 08 19/01/2015  
River = S21-S22 Reach = S21 RS = 19.47

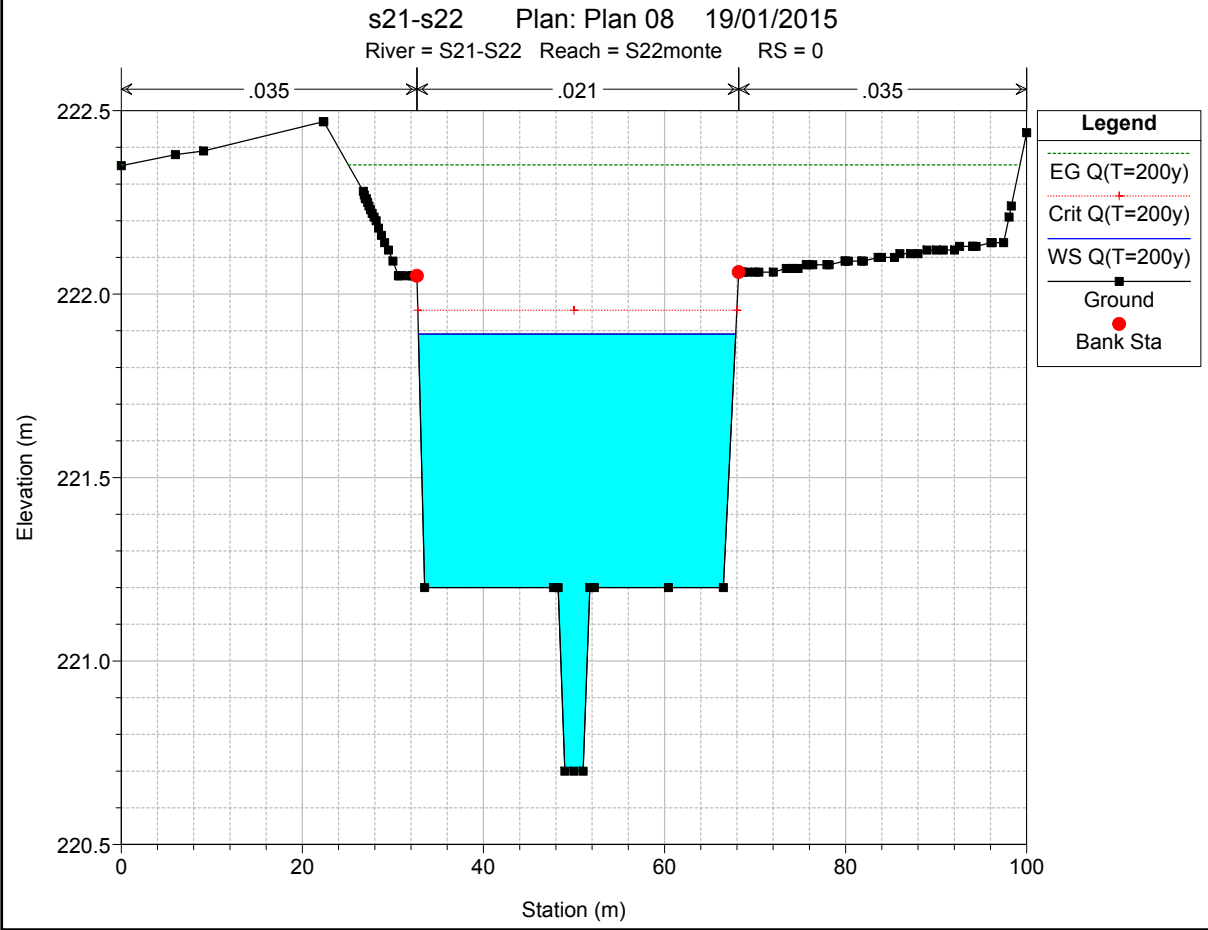
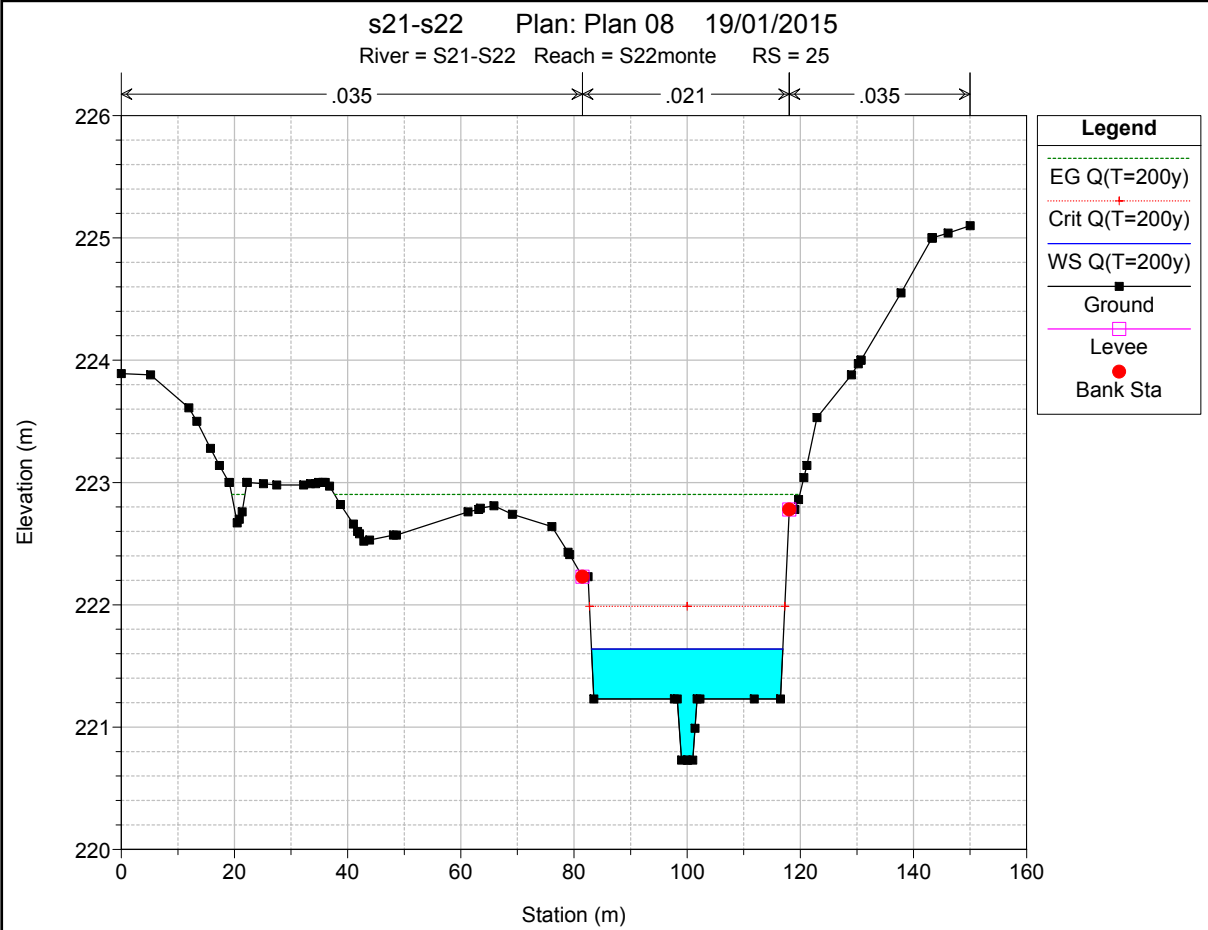


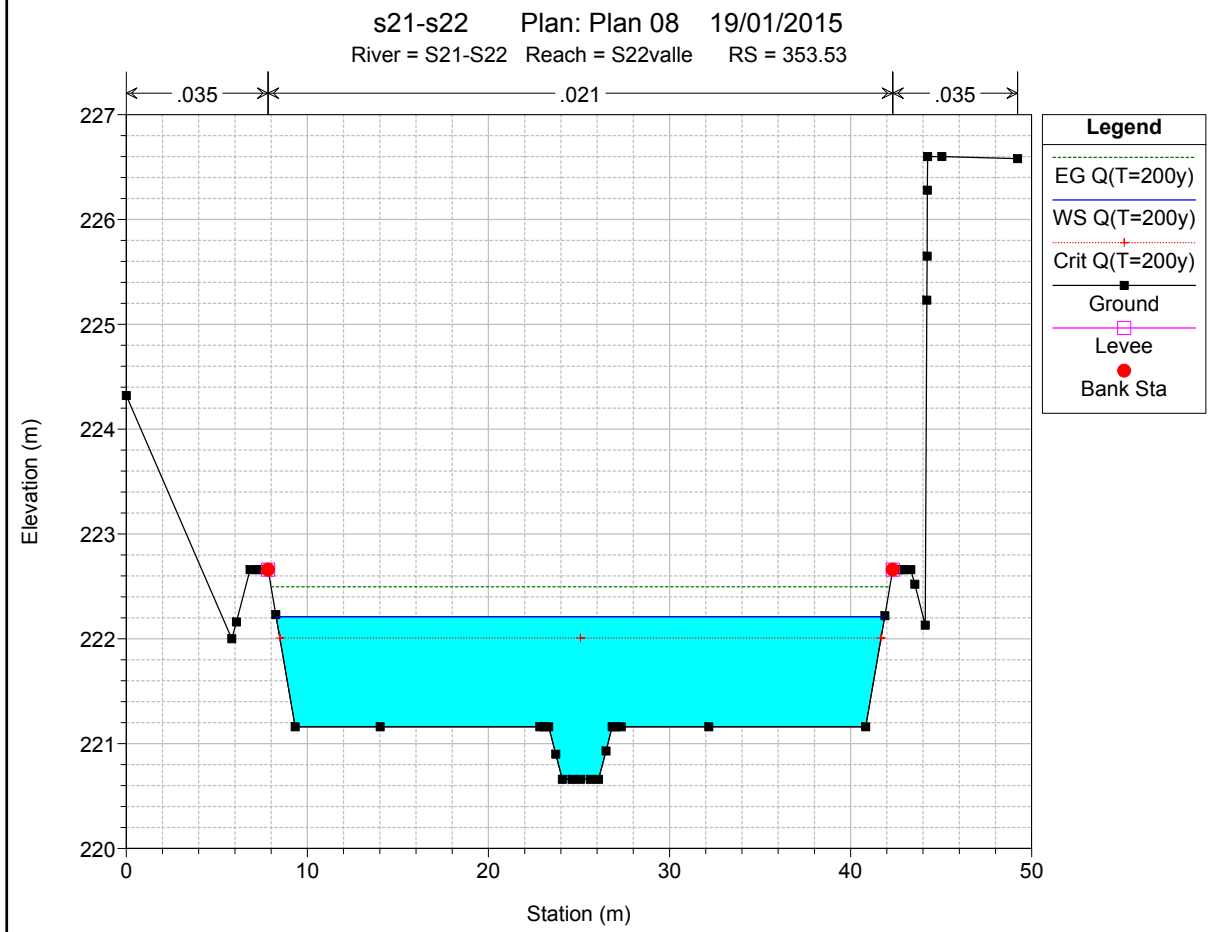
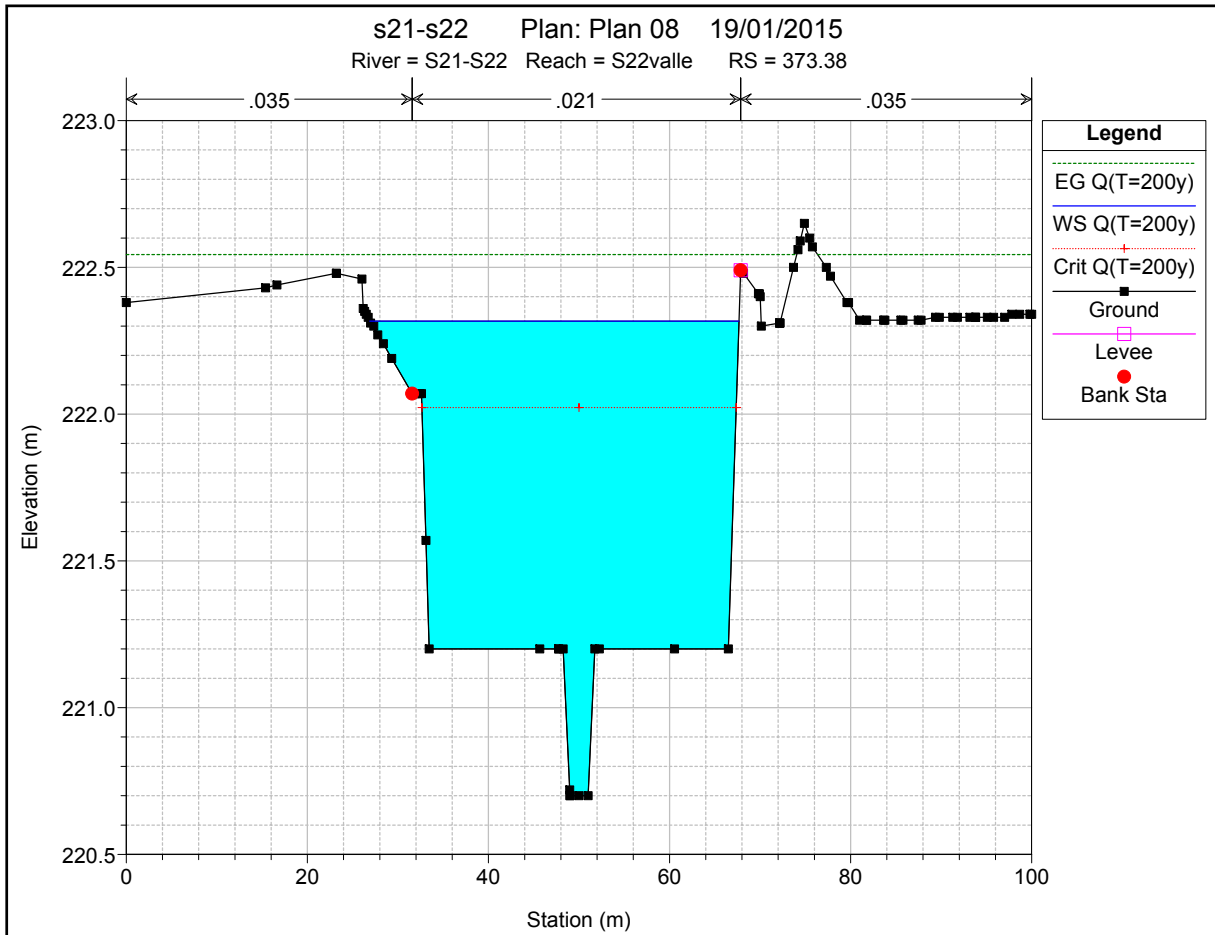


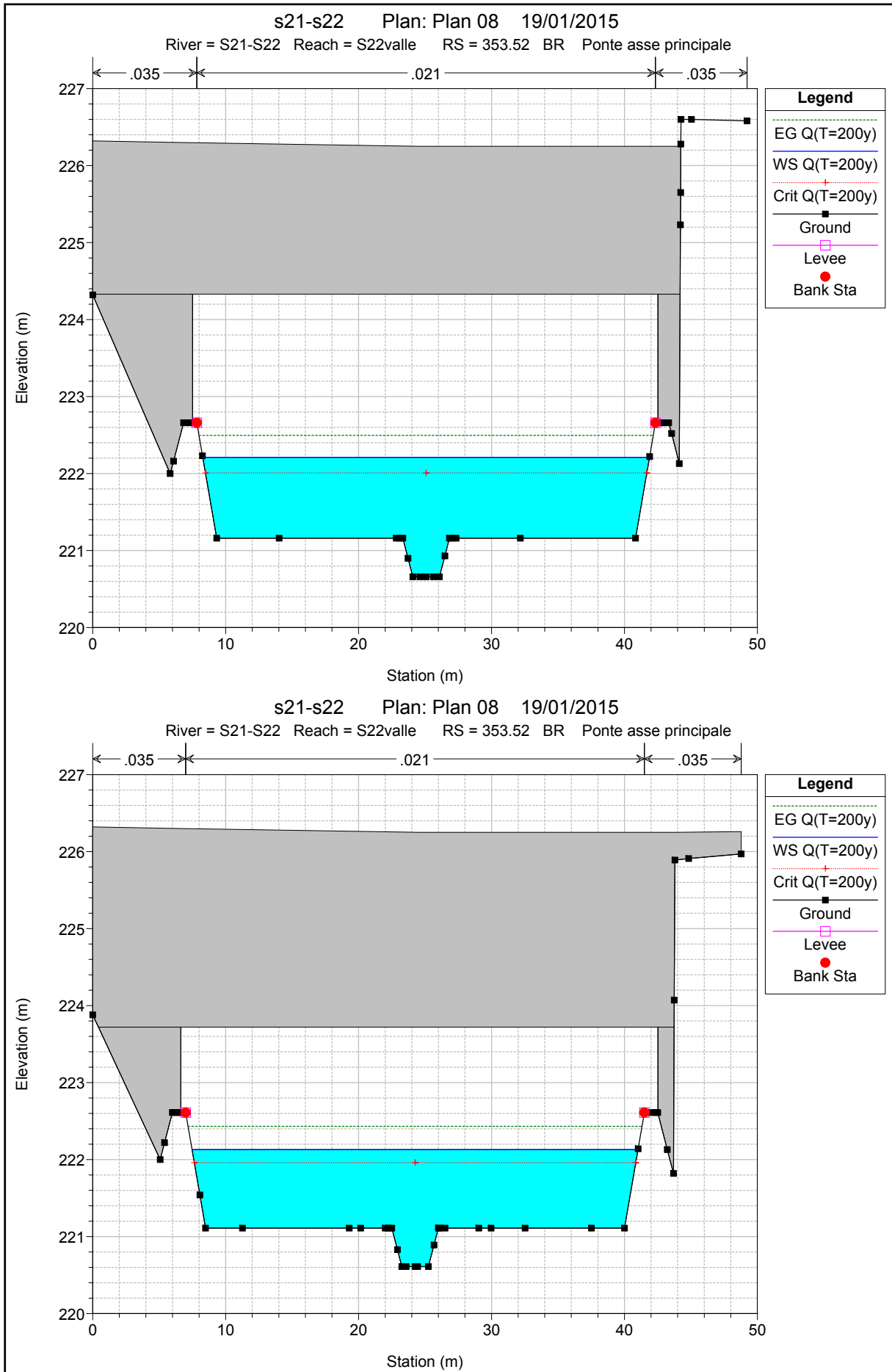




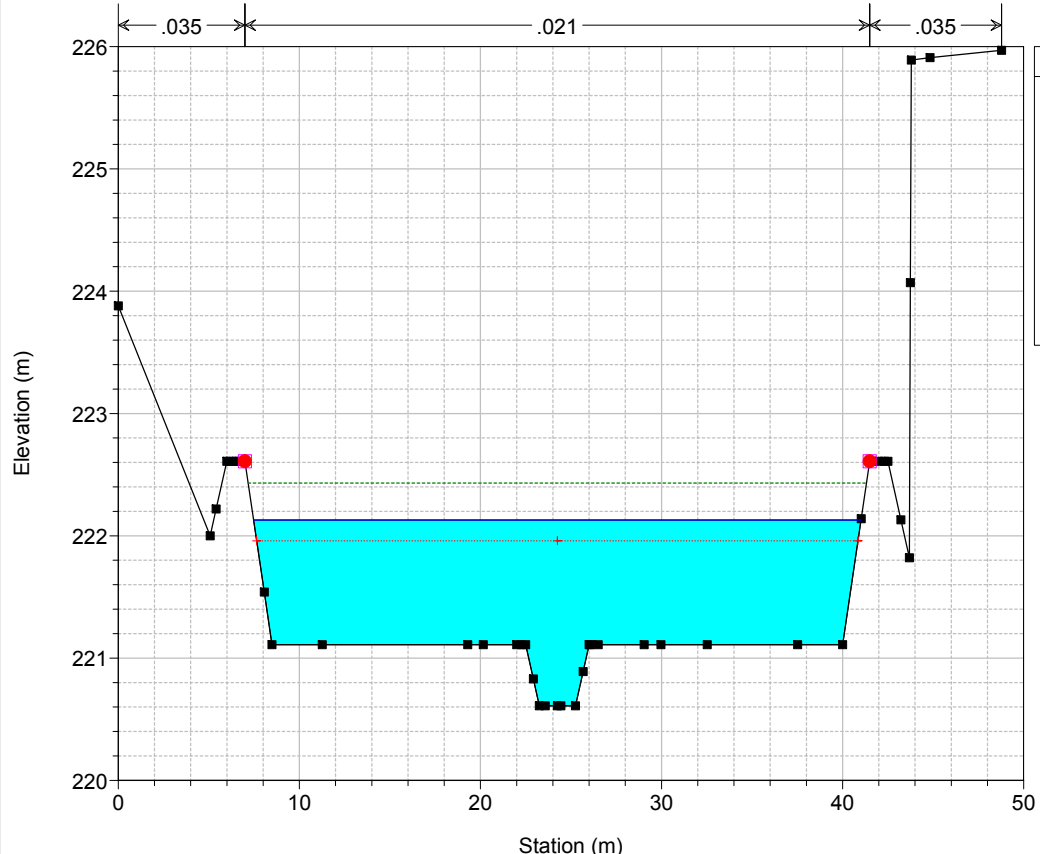




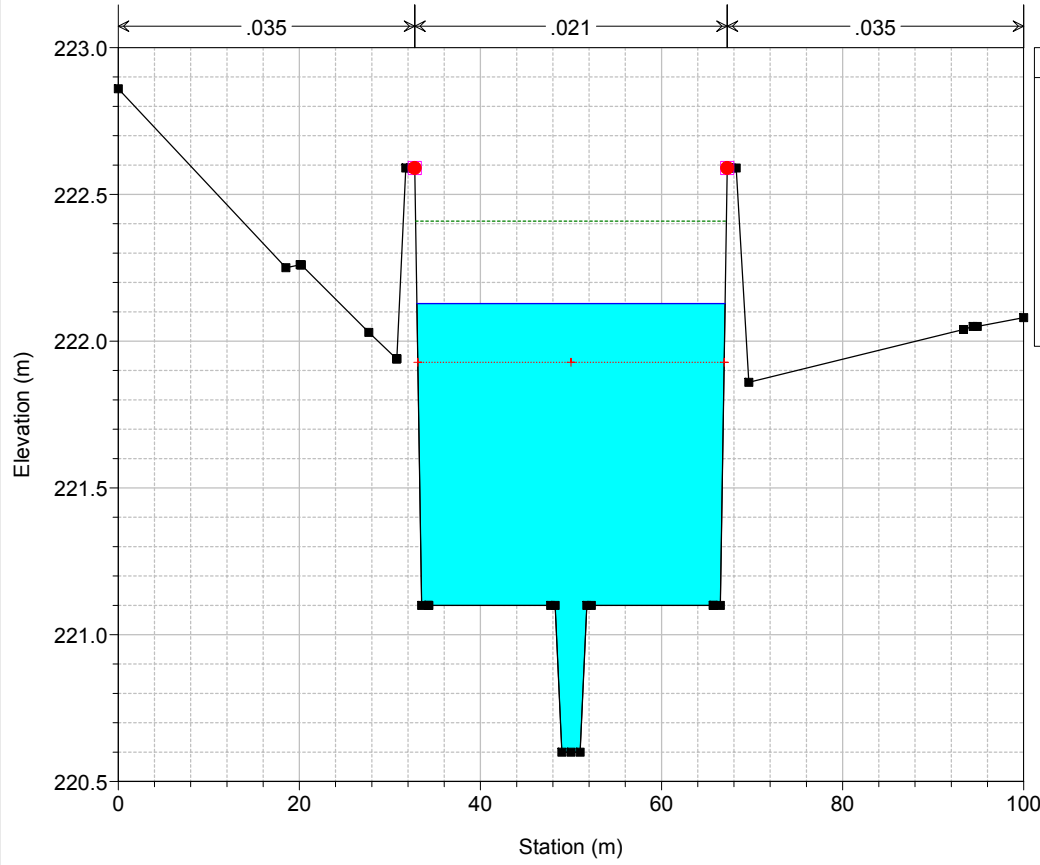


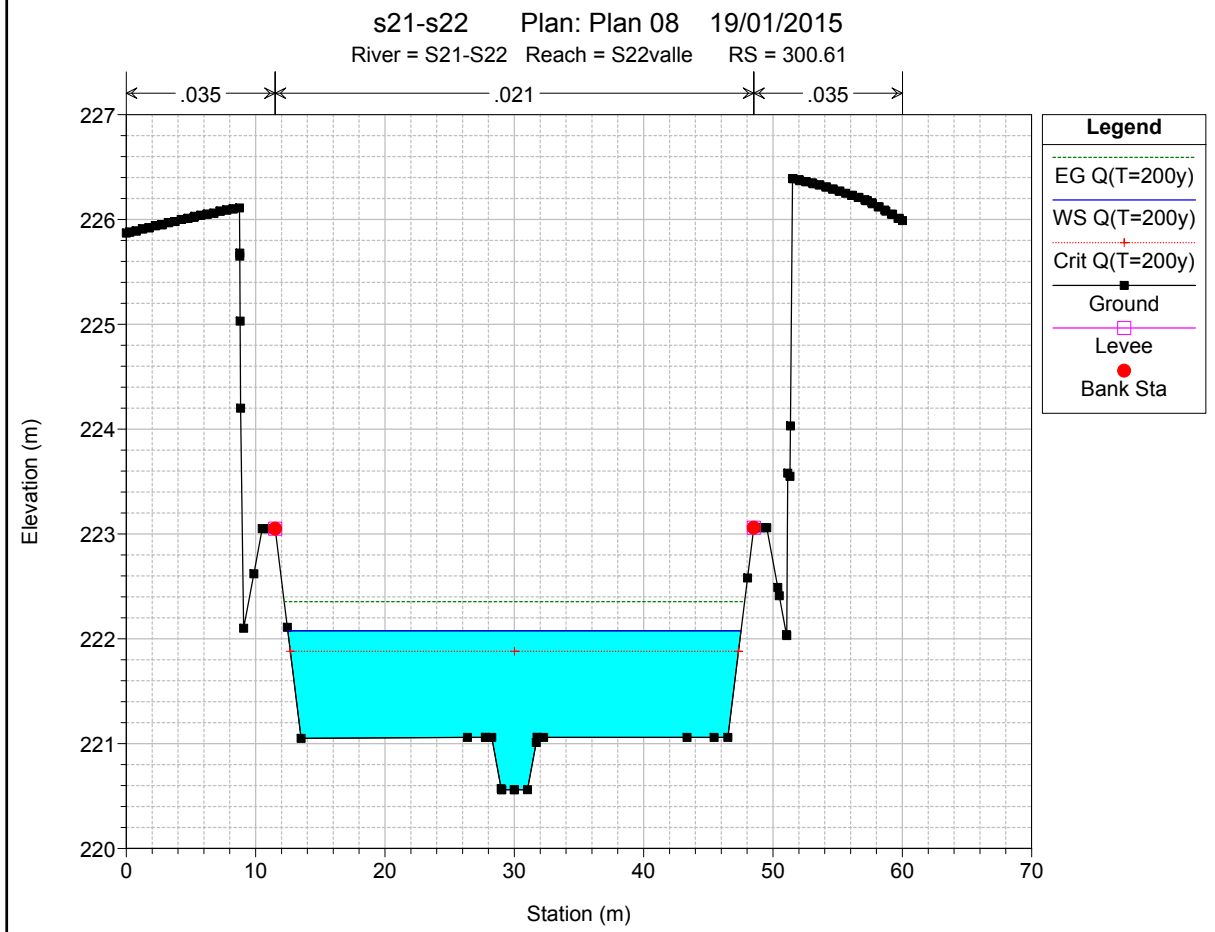
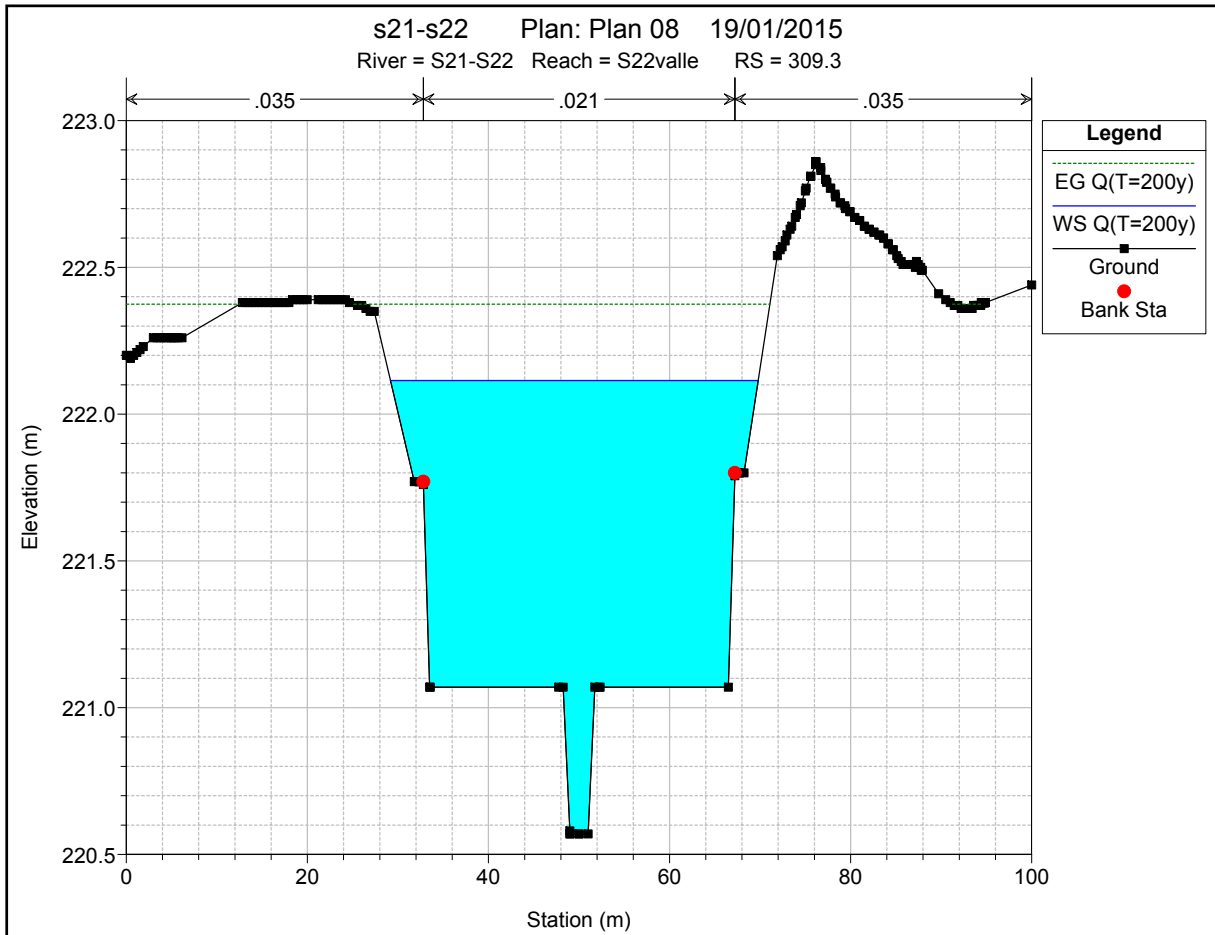


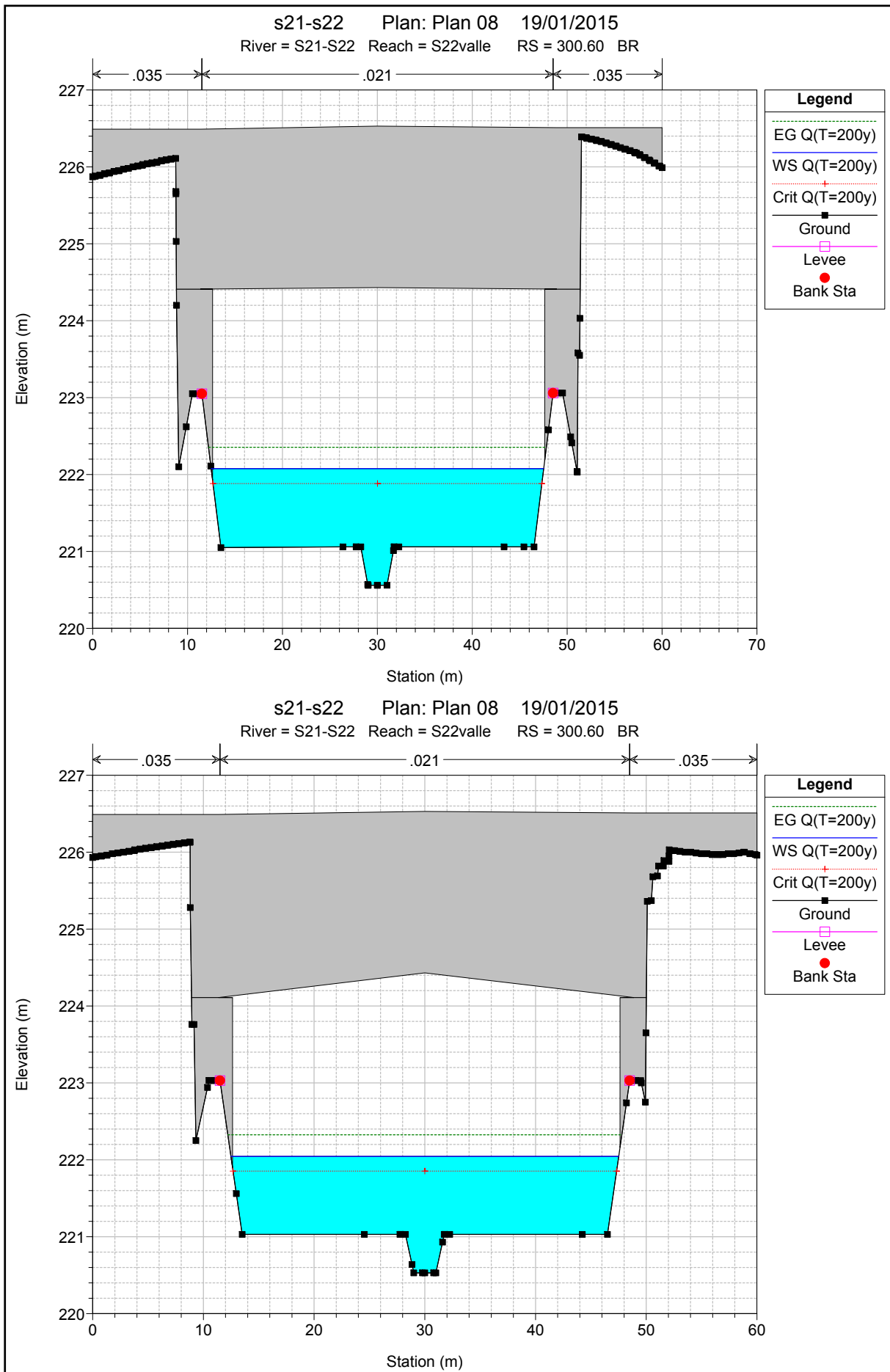
s21-s22 Plan: Plan 08 19/01/2015  
 River = S21-S22 Reach = S22valle RS = 328.13

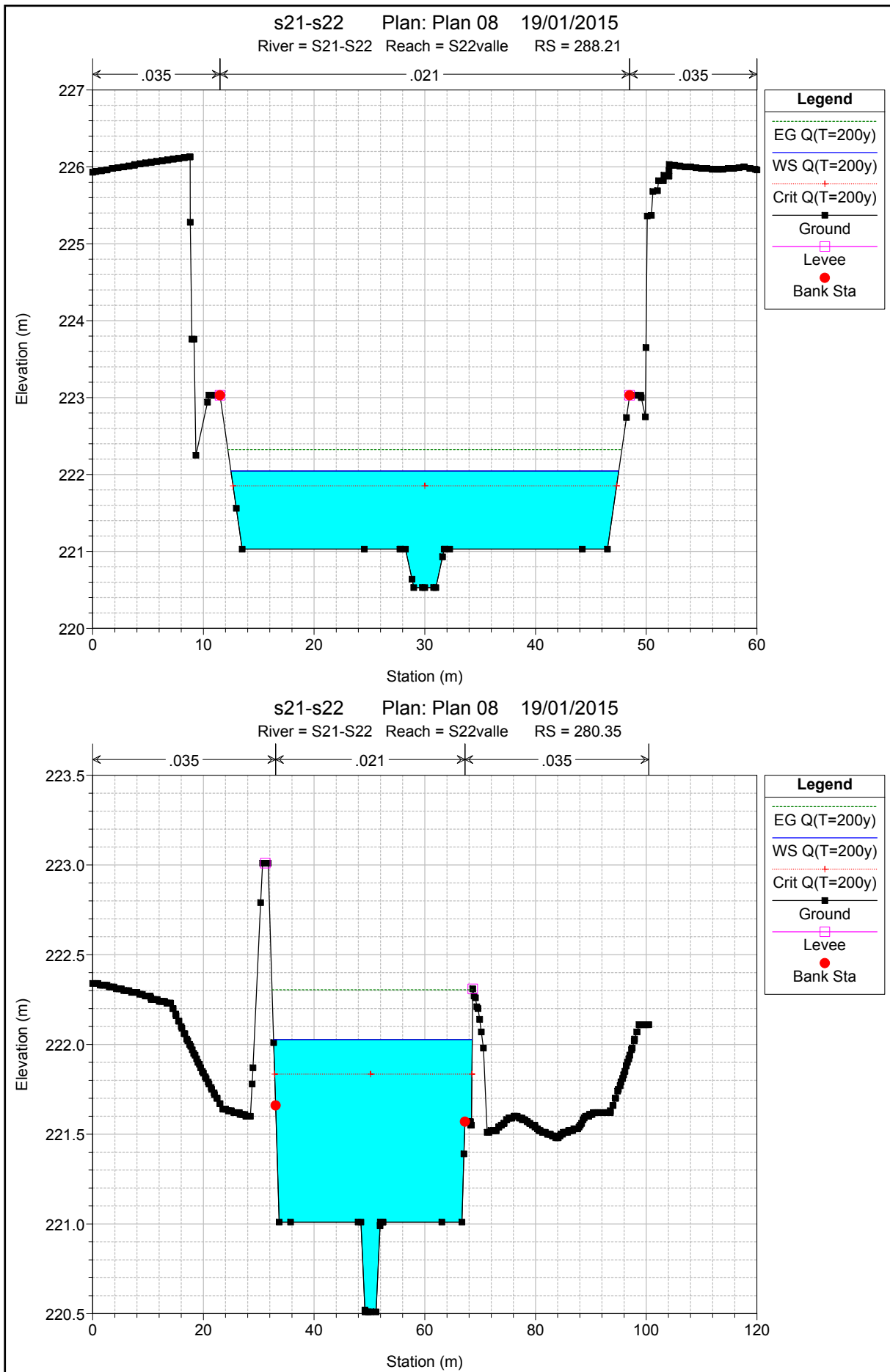


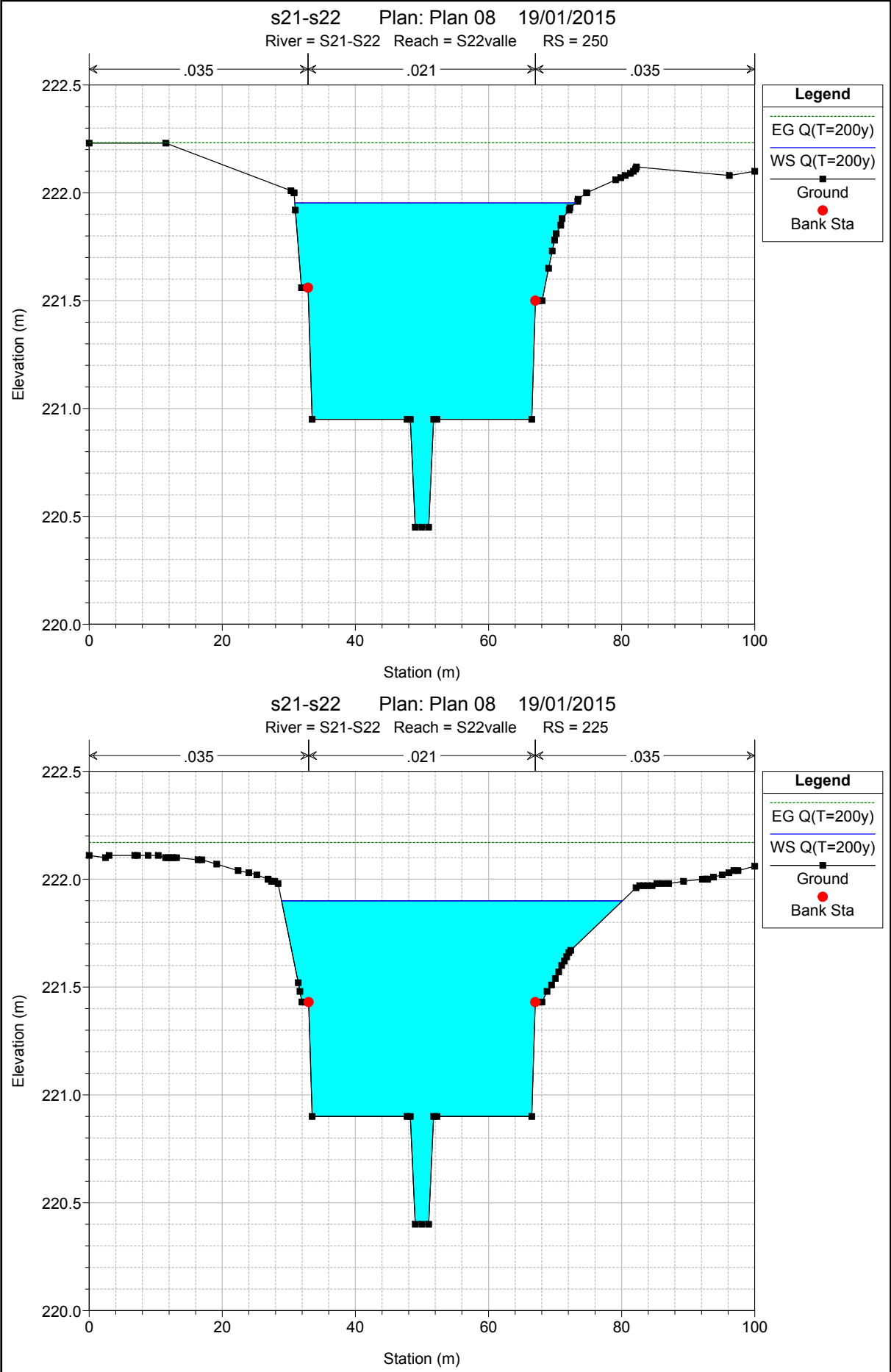
s21-s22 Plan: Plan 08 19/01/2015  
 River = S21-S22 Reach = S22valle RS = 321.72



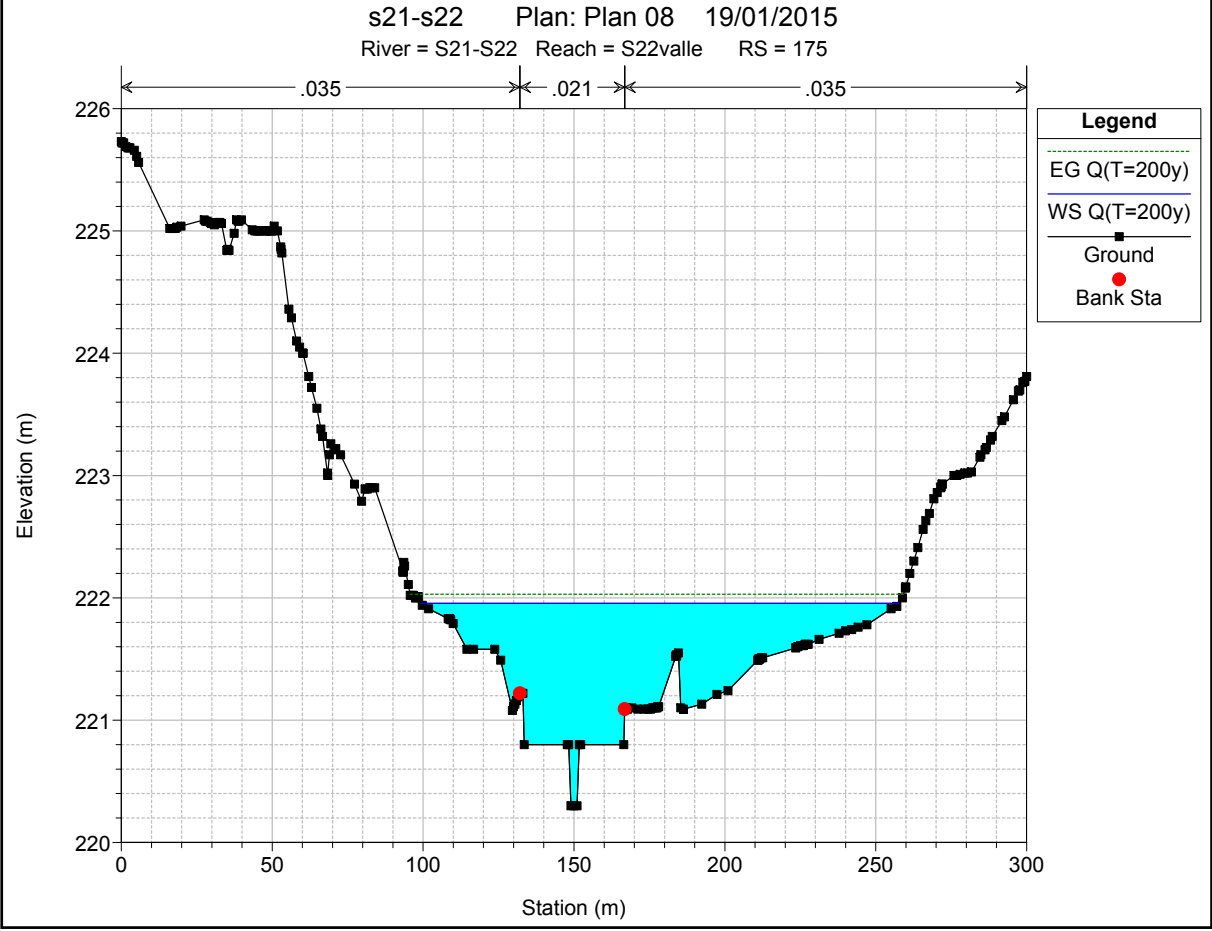
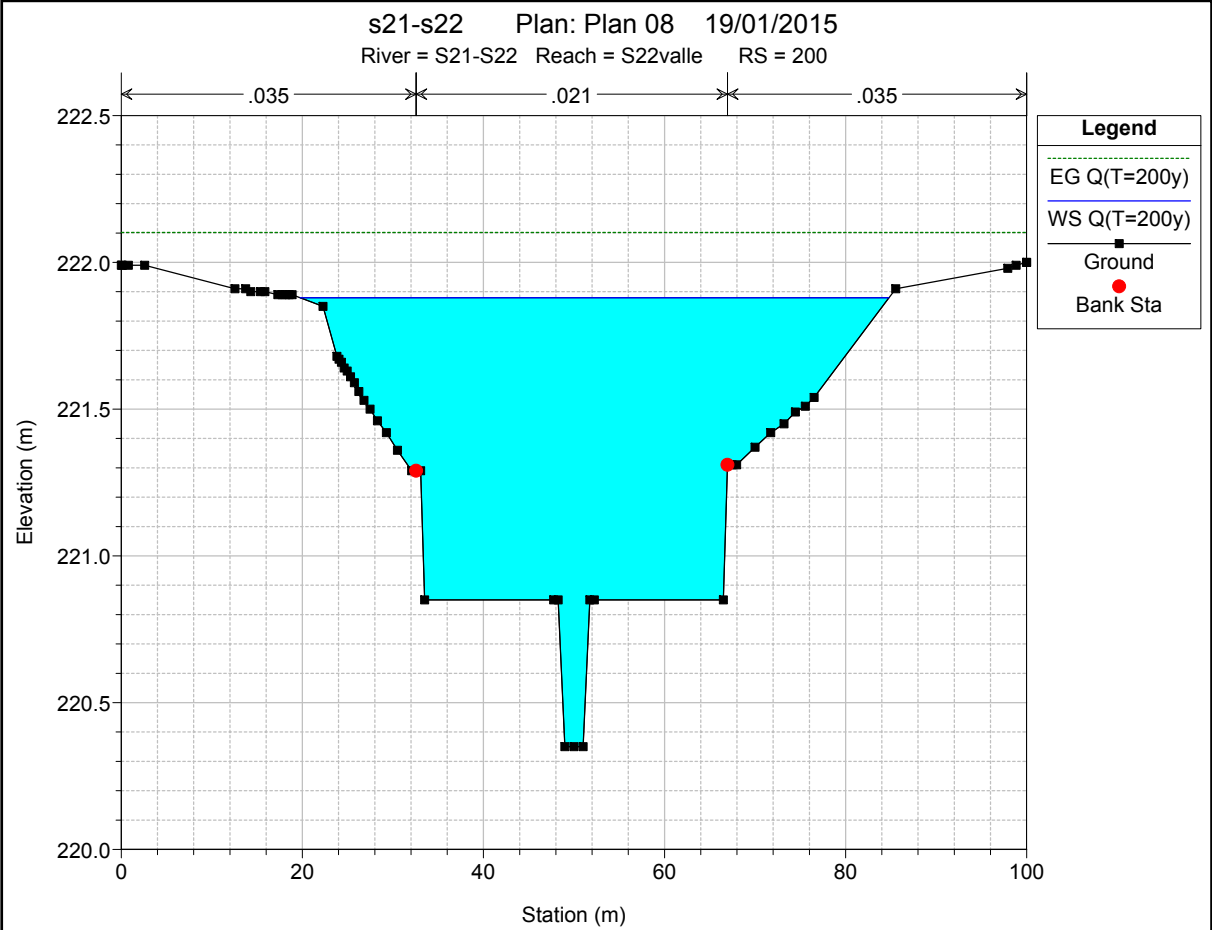


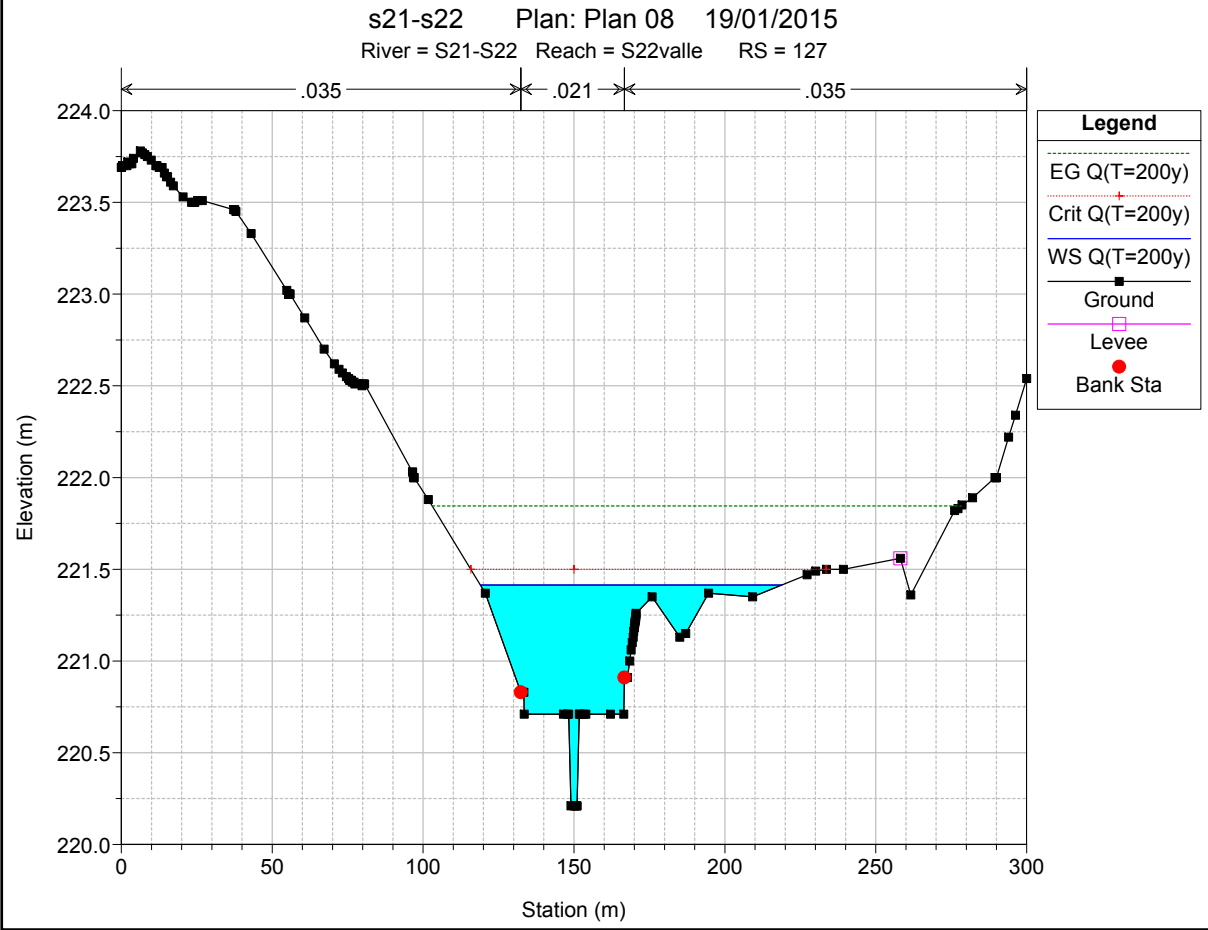
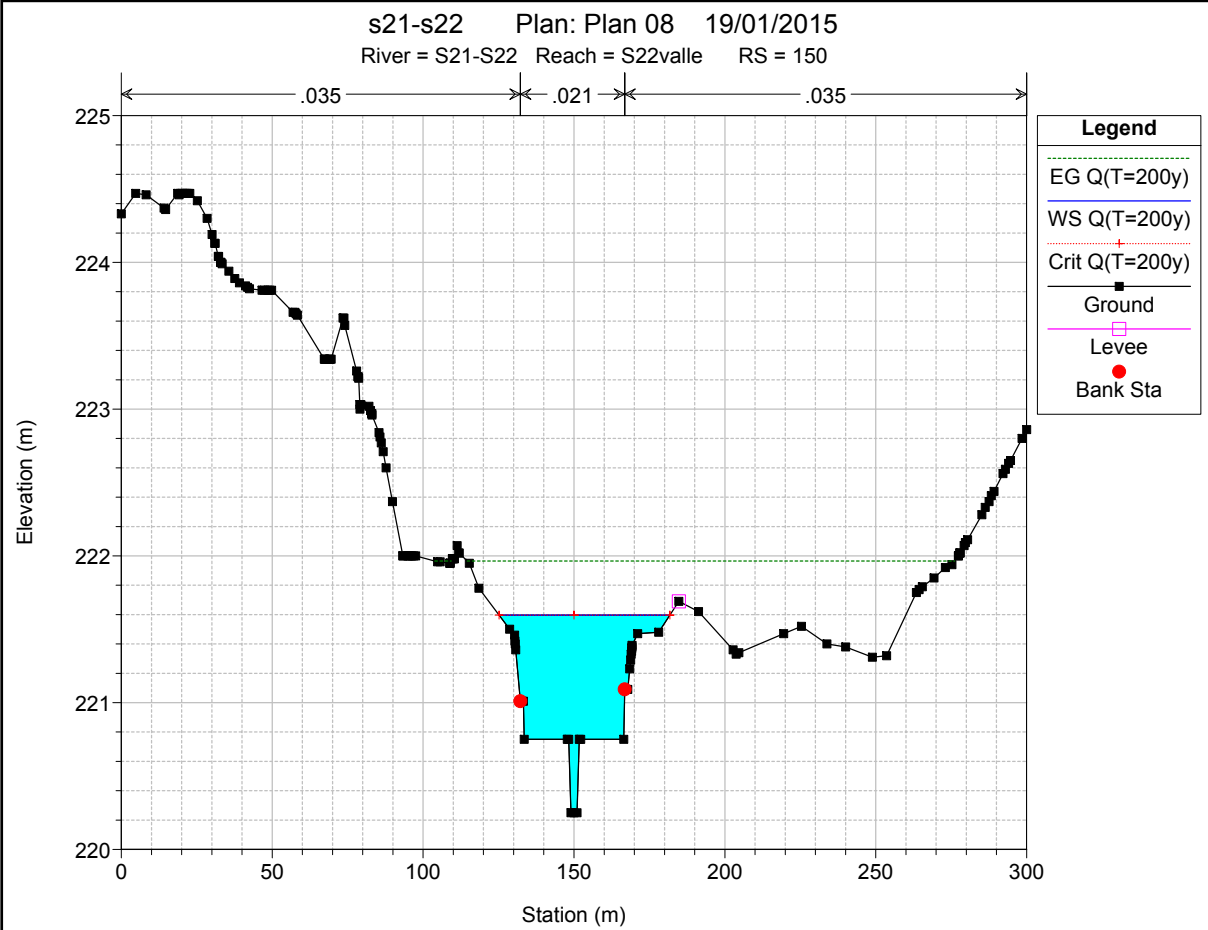


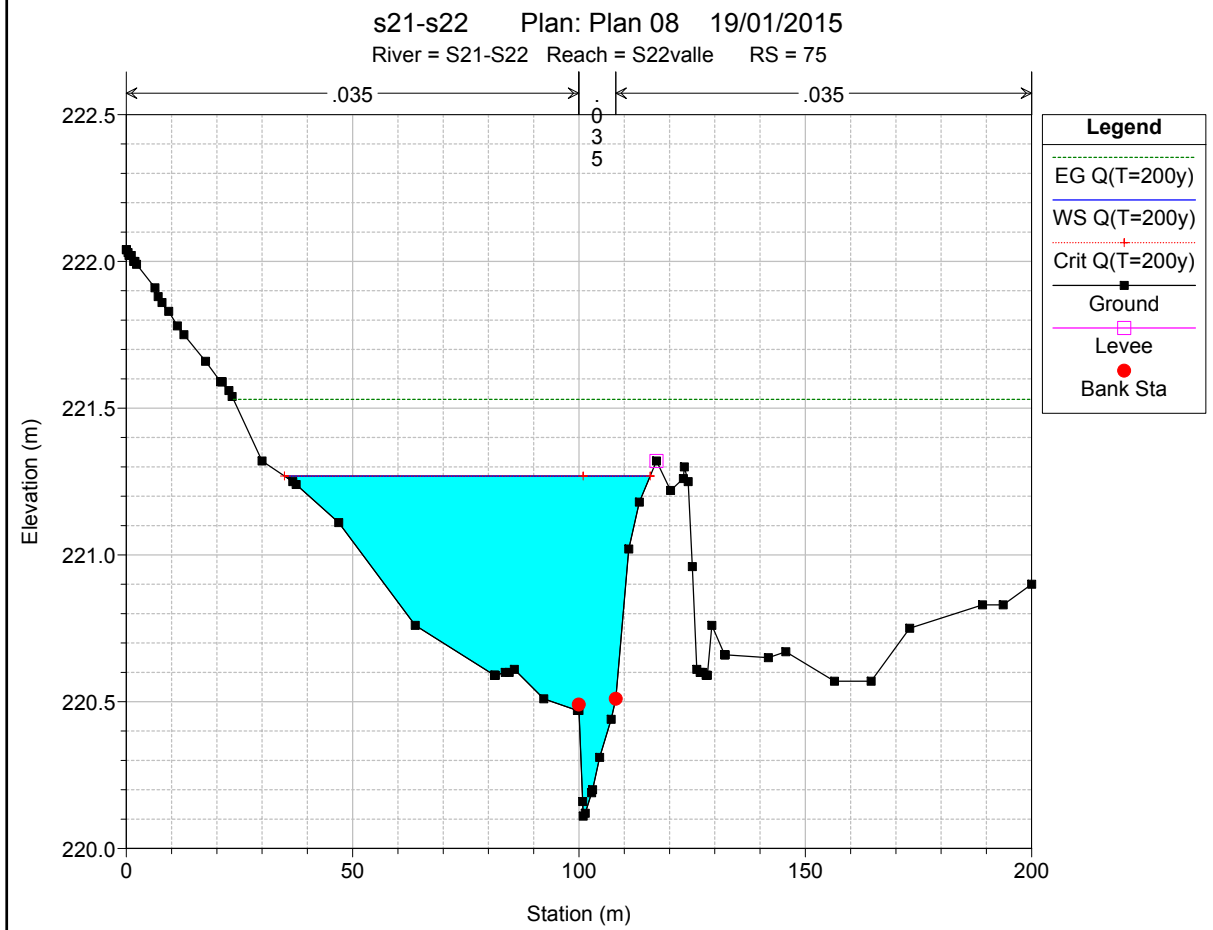
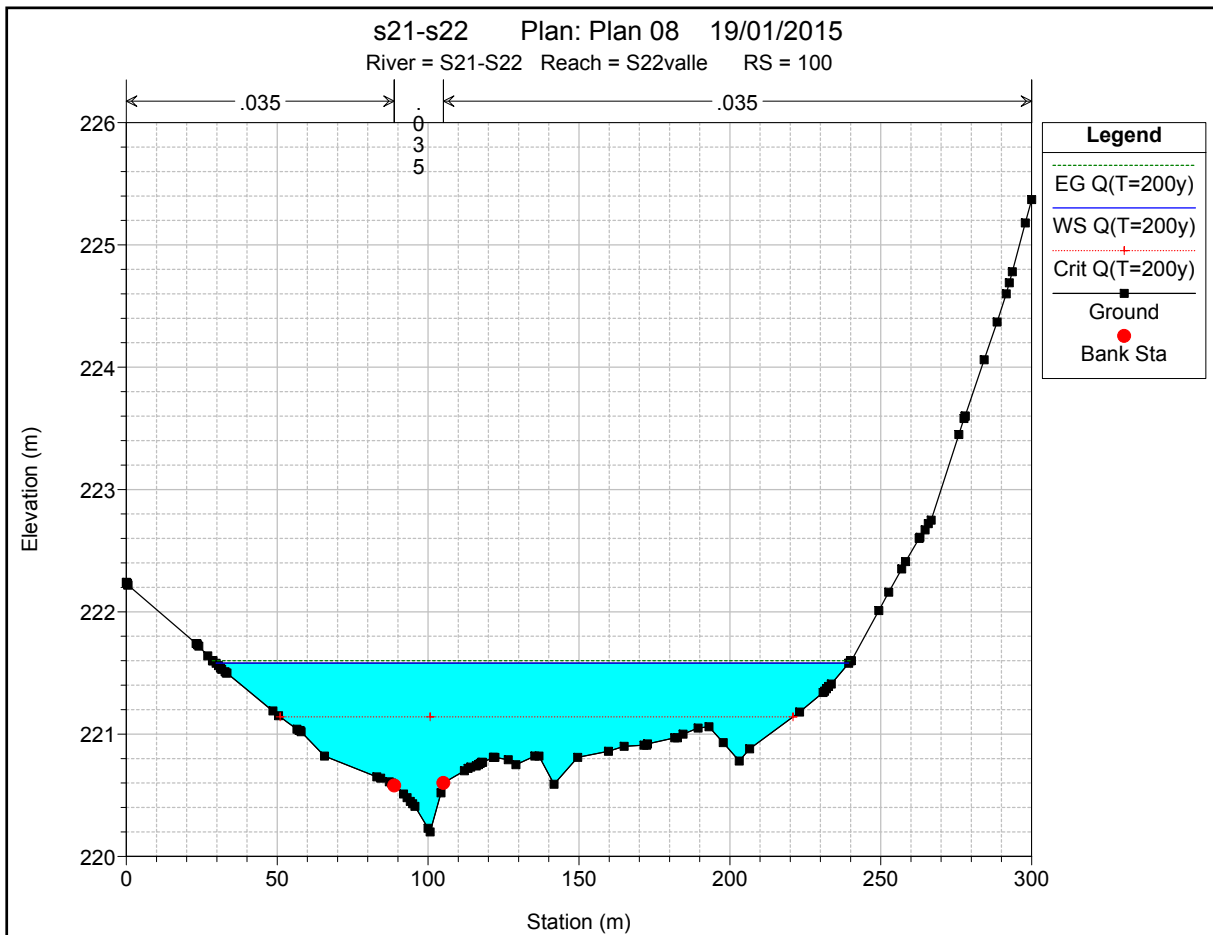


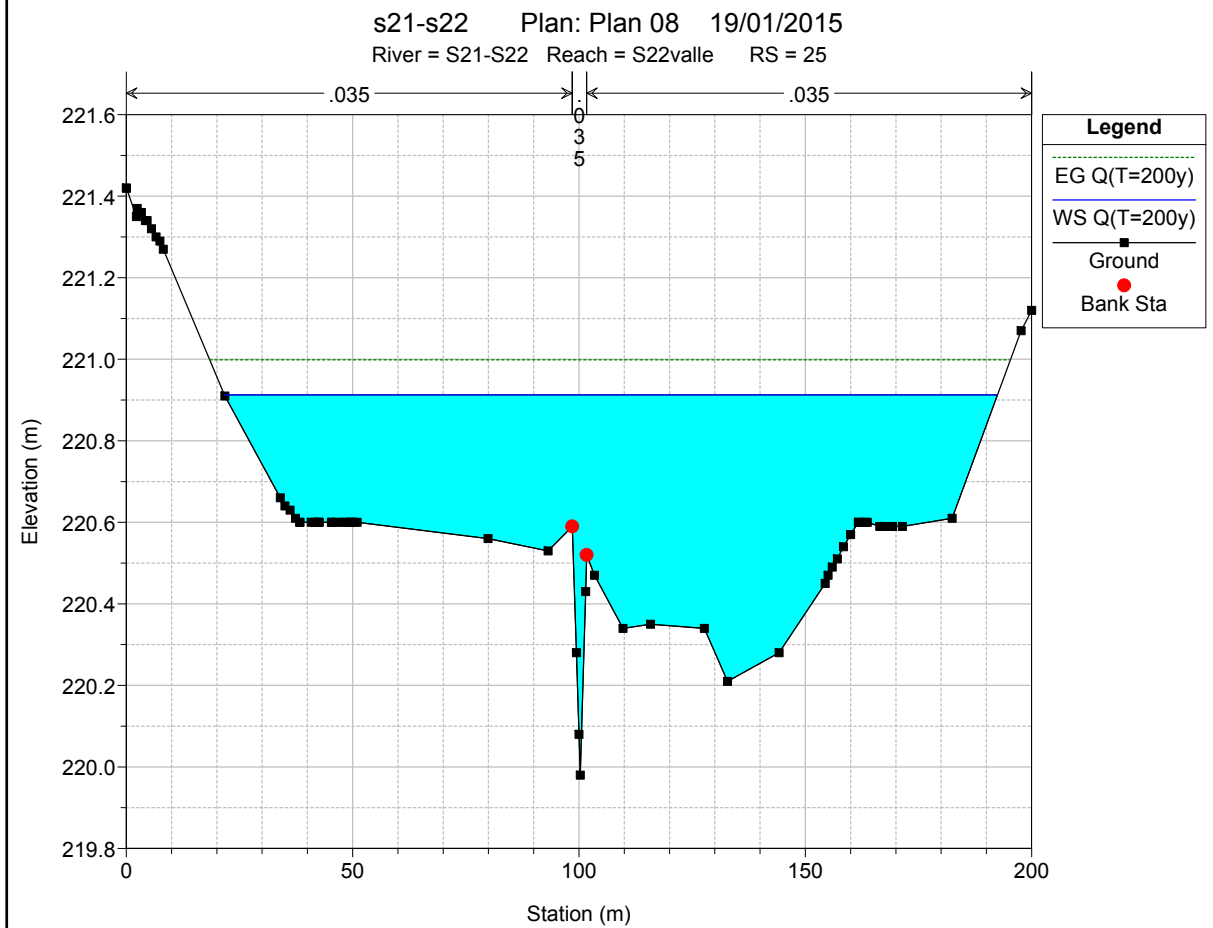
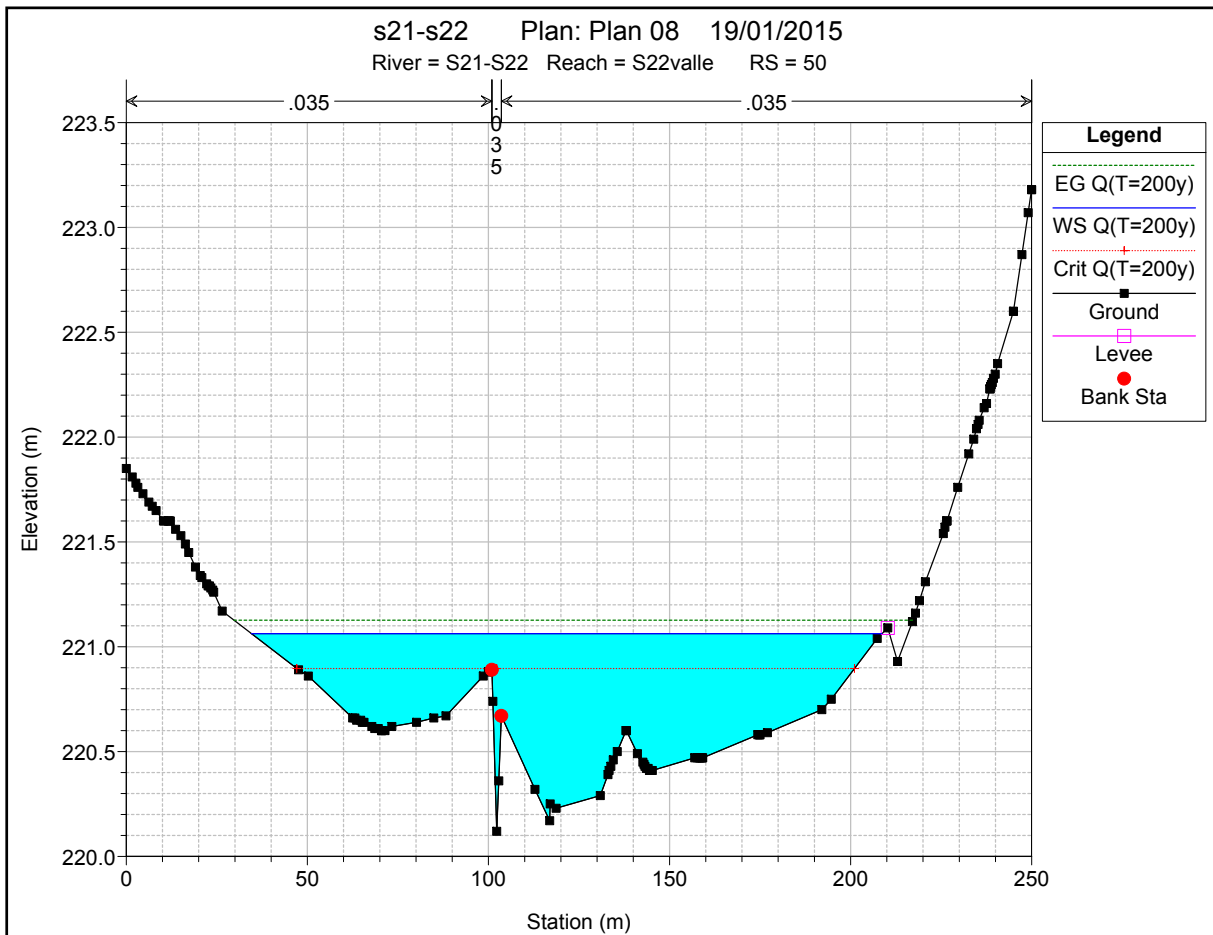






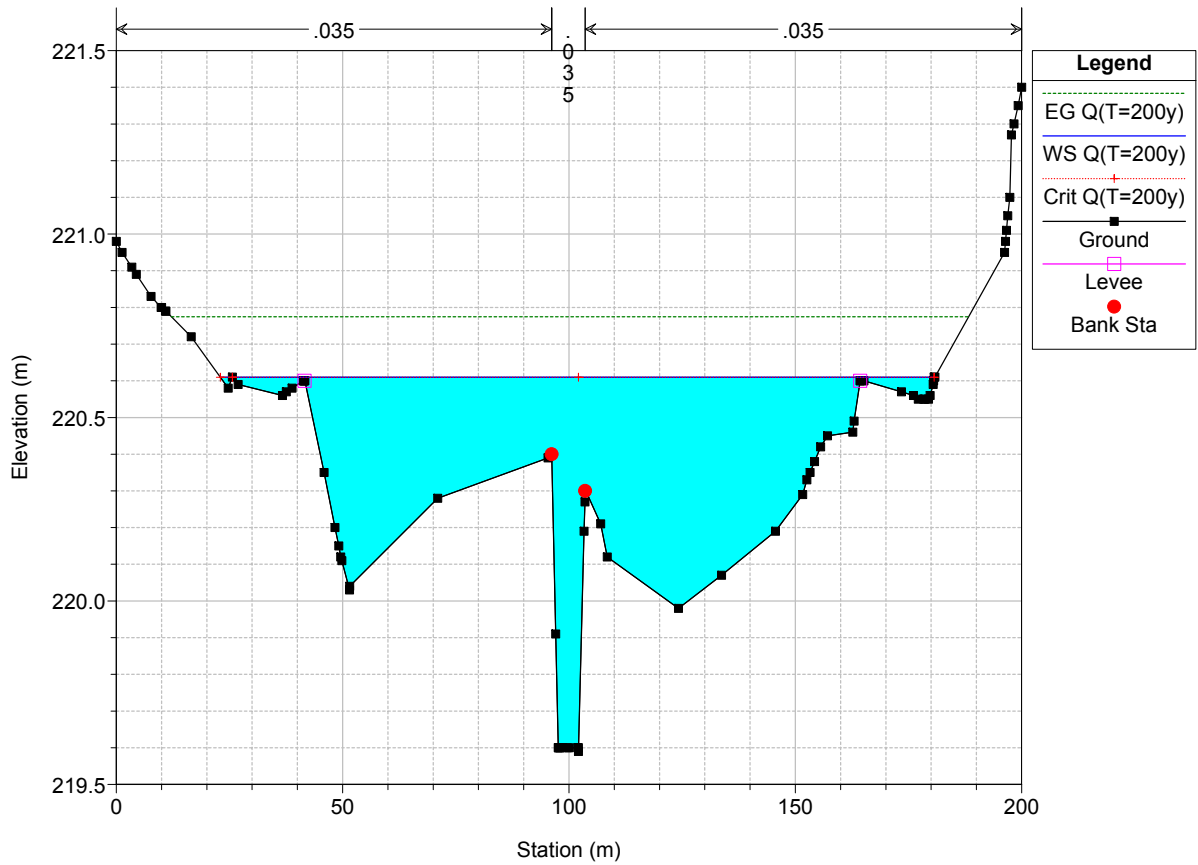






s21-s22 Plan: Plan 08 19/01/2015

River = S21-S22 Reach = S22valle RS = 0



Plan: Plan 08 S21-S22 S22valle RS: 353.52 Profile: Q(T=200y)

E.G. US. (m)	222.50	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	222.21	E.G. Elev (m)	222.50	222.43
Q Total (m3/s)	84.14	W.S. Elev (m)	222.21	222.13
Q Bridge (m3/s)	84.14	Crit W.S. (m)	222.01	221.96
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	1.55	1.52
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	2.36	2.44
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	35.60	34.52
Weir Submerg		Froude # Chl	0.73	0.77
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	39.82	39.32
Min El Weir Flow (m)	226.25	Hydr Depth (m)	1.06	1.03
Min El Prs (m)	224.33	W.P. Total (m)	34.78	34.70
Delta EG (m)	0.06	Conv. Total (m3/s)	1721.6	1638.4
Delta WS (m)	0.08	Top Width (m)	33.60	33.55
BR Open Area (m2)	90.73	Frctn Loss (m)	0.06	0.00
BR Open Vel (m/s)	2.44	C & E Loss (m)	0.00	0.00
Coef of Q		Shear Total (N/m2)	23.98	25.73
Br Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	0.00	0.00

Plan: Plan 08 S21-S22 S22valle RS: 300.60 Profile: Q(T=200y)

E.G. US. (m)	222.35	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	222.08	E.G. Elev (m)	222.35	222.33
Q Total (m3/s)	84.14	W.S. Elev (m)	222.08	222.04
Q Bridge (m3/s)	84.14	Crit W.S. (m)	221.88	221.85
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	1.52	1.51
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	2.34	2.34
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	36.03	35.89
Weir Submerg		Froude # Chl	0.73	0.74
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	39.22	39.15
Min El Weir Flow (m)	226.49	Hydr Depth (m)	1.03	1.03
Min El Prs (m)	224.43	W.P. Total (m)	36.13	36.11
Delta EG (m)	0.03	Conv. Total (m3/s)	1712.5	1701.7
Delta WS (m)	0.03	Top Width (m)	34.90	34.88
BR Open Area (m2)	114.16	Frctn Loss (m)	0.03	0.00
BR Open Vel (m/s)	2.34	C & E Loss (m)	0.00	0.00
Coef of Q		Shear Total (N/m2)	23.61	23.82
Br Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	0.00	0.00

HEC-RAS Plan: Plan 08 River: S21-S22 Reach: S21 Profile: Q(T=200y)

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
S21	235.33	Q(T=200y)	9.26	224.41	224.79	224.75	224.85	0.008966	1.37	9.12	43.37	0.73
S21	225	Q(T=200y)	9.26	224.28	224.67		224.74	0.012660	1.27	8.13	39.91	0.81
S21	200	Q(T=200y)	9.26	224.07	224.36	224.36	224.41	0.013423	1.28	10.62	88.11	0.83
S21	175	Q(T=200y)	9.26	223.39	223.65	223.70	223.82	0.044250	2.19	5.14	32.06	1.49
S21	156	Q(T=200y)	9.26	222.46	223.69	222.82	223.70	0.000075	0.46	22.79	36.77	0.13
S21	150	Q(T=200y)	9.26	222.45	223.68		223.70	0.000158	0.69	21.99	45.68	0.20
S21	125	Q(T=200y)	9.26	222.43	223.53	223.20	223.68	0.001671	1.67	5.53	5.90	0.55
S21	100	Q(T=200y)	9.26	222.40	223.47		223.63	0.001945	1.77	5.24	5.79	0.59
S21	75	Q(T=200y)	9.26	222.37	223.41		223.58	0.002174	1.84	5.04	5.73	0.63
S21	50	Q(T=200y)	9.26	222.34	223.32	223.11	223.52	0.002644	1.97	4.71	5.63	0.69
S21	19.47	Q(T=200y)	9.26	222.30	223.06	223.06	223.39	0.005736	2.54	3.65	5.54	1.00

HEC-RAS Plan: Plan 08 Profile: Q(T=200y)

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
S22monte	161.83	Q(T=200y)	74.88	222.52	223.78	223.44	223.82	0.001324	1.04	91.84	138.31	0.33
S22monte	150	Q(T=200y)	74.88	222.60	223.76		223.80	0.001455	1.05	88.55	134.40	0.34
S22monte	125	Q(T=200y)	74.88	222.57	223.68		223.75	0.002846	1.41	68.23	113.72	0.47
S22monte	100	Q(T=200y)	74.88	222.29	223.54		223.65	0.005176	1.84	54.85	107.06	0.63
S22monte	69.75	Q(T=200y)	74.88	222.50	223.41		223.50	0.004322	1.70	60.26	117.90	0.58
S22monte	50	Q(T=200y)	74.88	222.02	223.20	223.20	223.38	0.008217	2.51	46.50	110.01	0.81
S22monte	25	Q(T=200y)	74.88	220.73	221.64	221.99	222.90	0.033070	4.98	15.03	33.82	2.38
S22monte	0	Q(T=200y)	74.88	220.70	221.89	221.96	222.35	0.006482	3.01	24.89	35.06	1.14
S22valle	373.38	Q(T=200y)	84.14	220.70	222.32	222.02	222.54	0.001801	2.11	40.33	40.78	0.64
S22valle	353.53	Q(T=200y)	84.14	220.66	222.21	222.01	222.50	0.002388	2.36	35.60	33.60	0.73
S22valle	353.52		Bridge									
S22valle	328.13	Q(T=200y)	84.14	220.61	222.13	221.96	222.43	0.002638	2.44	34.52	33.55	0.77
S22valle	321.72	Q(T=200y)	84.14	220.60	222.13	221.93	222.41	0.002411	2.35	35.83	34.03	0.73
S22valle	309.3	Q(T=200y)	84.14	220.57	222.11		222.37	0.002146	2.27	38.18	40.61	0.70
S22valle	300.61	Q(T=200y)	84.14	220.56	222.08	221.88	222.35	0.002414	2.33	36.06	35.04	0.73
S22valle	300.60		Bridge									
S22valle	288.21	Q(T=200y)	84.14	220.53	222.05	221.85	222.32	0.002447	2.34	35.90	35.03	0.74
S22valle	280.35	Q(T=200y)	84.14	220.51	222.03	221.83	222.30	0.002342	2.34	36.44	35.89	0.73
S22valle	250	Q(T=200y)	84.14	220.45	221.95		222.23	0.002415	2.36	37.14	42.24	0.74
S22valle	225	Q(T=200y)	84.14	220.40	221.90		222.17	0.002367	2.33	39.20	51.22	0.73
S22valle	200	Q(T=200y)	84.14	220.35	221.88		222.10	0.001960	2.16	45.98	65.00	0.67
S22valle	175	Q(T=200y)	84.14	220.30	221.95		222.03	0.000737	1.43	96.74	158.17	0.42
S22valle	150	Q(T=200y)	84.14	220.25	221.60	221.60	221.96	0.003972	2.72	33.74	56.58	0.93
S22valle	127	Q(T=200y)	84.14	220.21	221.41	221.50	221.85	0.006167	3.03	35.54	99.78	1.13
S22valle	100	Q(T=200y)	84.14	220.20	221.58	221.14	221.60	0.000711	0.84	140.52	209.64	0.25
S22valle	75	Q(T=200y)	84.14	220.11	221.27	221.27	221.53	0.011938	3.04	40.41	80.77	0.98
S22valle	50	Q(T=200y)	84.14	220.12	221.06	220.90	221.13	0.004030	1.22	77.12	174.06	0.49
S22valle	25	Q(T=200y)	84.14	219.98	220.91		221.00	0.006534	1.65	66.63	170.78	0.66
S22valle	0	Q(T=200y)	84.14	219.59	220.61	220.61	220.77	0.011899	2.73	52.52	157.68	0.94