

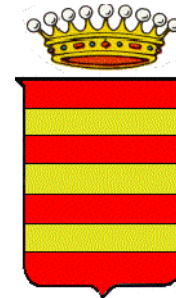
REGIONE SICILIA



CASTRONOVO DI SICILIA



LERCARA FRIDDI



ND-THREE s.r.l. sede legale Piazza Europa 14  
87100 cosenza

Titolo del Progetto:

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE E L'ESERCIZIO  
DI UN PARCO AGRIVOLTAICO E DELLE OPERE  
CONNESSE DENOMINATO "PERCIAPERTOSA"**

Documento:

**PROGETTO DEFINITIVO**

N° Documento:

**REL0003**

DISCIPLINA:

**PD**

TIPOLOGIA:

**REL**

FORMATO:

**A4**

Elaborato:

**Relazione idrologica e idraulica**

FOGLIO:

**1 di 1**

SCALA:

--

Nome file:

-

Progettazione:



**NEW DEVELOPMENTS S.r.l.**  
piazza Europa, 14 - 87100 Cosenza (CS)

Progettisti:



dott. ing. Emanuele Barbieri    dott. ing. Giovanni Guzzo Foliaro    dott. ing. Amedeo Costabile    dott. ing. Francesco Meringolo

Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	19/04/2022	PRIMA EMISSIONE	New Dev.	New Dev.	ND-THREE

## INDICE

1.	PREMESSA .....	2
2.	AREA DI INTERVENTO .....	2
3.	STATO DI FATTO .....	3
3.1.	SOVRAPPOSIZIONE CON CARTOGRAFIA PAI.....	6
4.	STATO DI PROGETTO .....	7
5.	OBIETTIVI DELLO STUDIO IDROLOGICO ED IDRAULICO.....	10
6.	ANALISI IDROLOGICA.....	14
6.1.	ANALISI PROBABILISTICA DELLE PIOGGE .....	14
6.1.1.	IL SECONDO LIVELLO TCEV .....	15
6.1.2.	MODELLO TCEV DI PRIMO LIVELLO .....	20
6.1.1.	CPP DI RIFERIMENTO .....	21
6.1.2.	CURVE DI PIOGGIA INFERIORI ALL'ORA .....	22
6.2.	BACINI IDROGRAFICI DI RIFERIMENTO .....	23
6.2.1.	CALCOLO DELLE QUOTE CARATTERISTICHE E DELLA PENDENZA DEI VERSANTI .....	24
6.2.2.	PENDENZA LONGITUDINALE DEI CORSI D'ACQUA .....	24
6.2.3.	CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE .....	25
6.2.4.	STIMA DELLE PORTATE: LA FORMULA RAZIONALE .....	26
6.3.	SOTTOBACINI MINORI .....	27
7.	VERIFICHE IDRAULICHE.....	28
7.1.	SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO .....	28
7.2.	IL MODELLO HEC RAS .....	28
7.2.1.	LA MODELLAZIONE DI PROGETTO .....	29
7.2.2.	RISULTATI DELLE MODELLAZIONI .....	31
7.3.	INTERVENTI IN PROGETTO .....	32
7.3.1.	ASTA ASSE 4.....	33
7.3.2.	RIPROFILATURA DEI FOSSI ESISTENTI ALL'INTERNO DEL CAMPO B .....	35
8.	RISULTATI E CONCLUSIONI .....	38
9.	ALLEGATI.....	38

## 1. PREMESSA

Il seguente studio idrologico e idraulico è parte integrante del Progetto Definitivo inerente alla realizzazione di un impianto fotovoltaico dotato di accumulo e combinato con sistemi agricoli, avente potenza nominale complessiva pari a **22,5722 MWp**, denominato "Perciapertosa" e che la società **ND-THREE s.r.l** intende realizzare nel territorio dei comuni di **Castronovo di Sicilia** e **Lercara Friddi (PA)**. In particolare, nel territorio del comune di Castronovo di Sicilia (PA) è ubicato l'impianto fotovoltaico dislocato in due macroaree denominate "Campo A", "Campo B". Dette macroaree sono a loro volta ulteriormente suddivise in sottocampi per un totale di 5 zone separatamente recintate. Nel territorio di Castronovo di Sicilia (PA) e Lercara Friddi (PA) sono previsti parte dell'elettrodotto interrato AT di vettoriamento alla RTN, mentre nel territorio di Castronovo di Sicilia (PA) è prevista la realizzazione dell'impianto di accumulo dell'energia, nelle immediate vicinanze della futura stazione TERNA (SE) 380/150 kV della RTN. Nei paragrafi a seguire si riportano i risultati ottenuti dallo studio idrologico e idraulico, mirati a mostrare il comportamento dei corsi d'acqua che defluiscono in prossimità dell'impianto. Saranno quindi mostrate, previo inquadramento dell'area oggetto di intervento, le analisi idrologiche e le verifiche idrauliche che, a partire da uno studio probabilistico delle precipitazioni, hanno consentito di stimare le portate di progetto ad assegnato tempo di ritorno e successivamente di rappresentare il regime idraulico dei corpi idrici esistenti, mediante la modellazione idraulica in moto permanente monodimensionale.

## 2. AREA DI INTERVENTO

L'intervento ricade a Est del comune di Lercara Friddi, all'interno della perimetrazione del bacino idrografico del Fiume Torto, uno dei principali fiumi del versante settentrionale, con superficie di 423.41 km<sup>2</sup>.

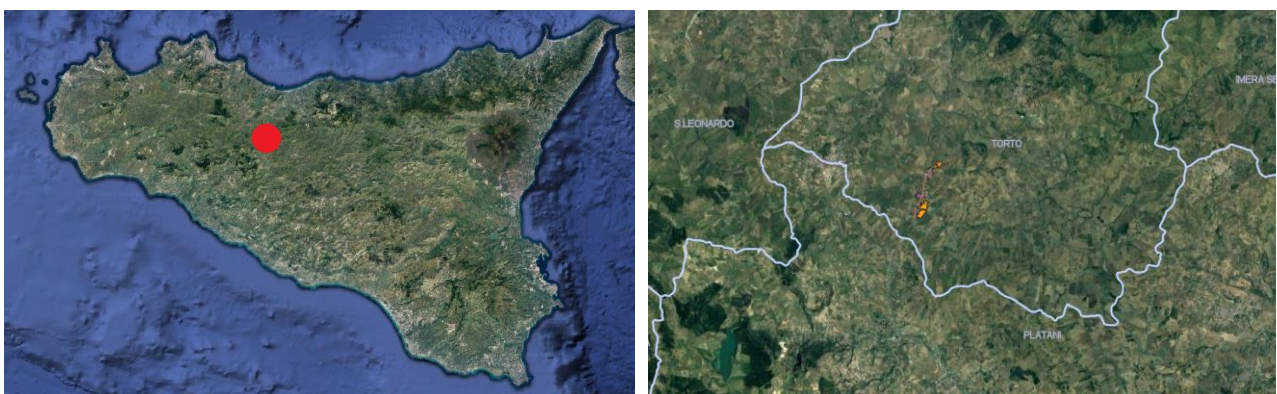
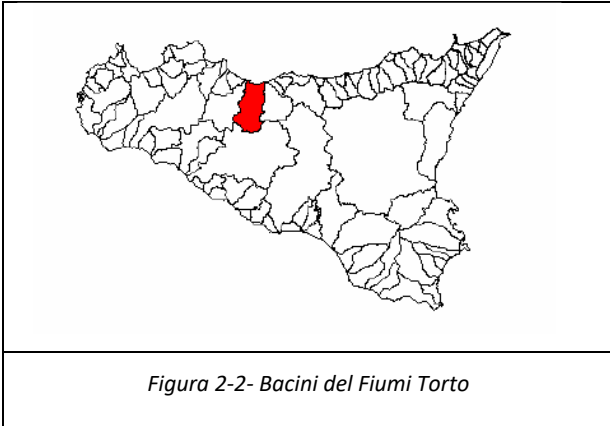


Figura 2-1- Inquadramento area di intervento

Il Bacino del Fiume Torto presenta una variabilità morfologica piuttosto spiccata, che si sviluppa tra due complessi montuosi (Madonie e Monti Termini) e comprende anche la zona interna collinare tra la catena settentrionale ed i Monti Sicani. A monte prevalgono i paesaggi collinari, generalmente omogenei, caratterizzati da un reticolo idrografico con pendenze elevate.



Il progetto prevede la realizzazione di n. 9 sottocampi fotovoltaici dislocati in 2 macrozone, una centrale di accumulo dell'energia ubicata in prossimità del "campo B" ed una rete di elettrodotto interrato AT.

La potenza nominale complessiva dell'impianto fotovoltaico, data dalla sommatoria delle potenze generate dai singoli campi, è quantificata in circa **22,5722 MWp.**

### 3. STATO DI FATTO

Il sito di intervento, presenta una morfologia variabile, prevalentemente collinare, caratterizzato per lo più da un'alternanza di rilievi compresi tra quote 398 m s.l.m. e 471 m s.l.m. L'area oggetto di intervento è attraversata dal Fiume Torto. È presente inoltre un reticolo idrografico minore, costituito da fossi naturali e canali di scolo che confluiscono nell'asta del bacino principale.

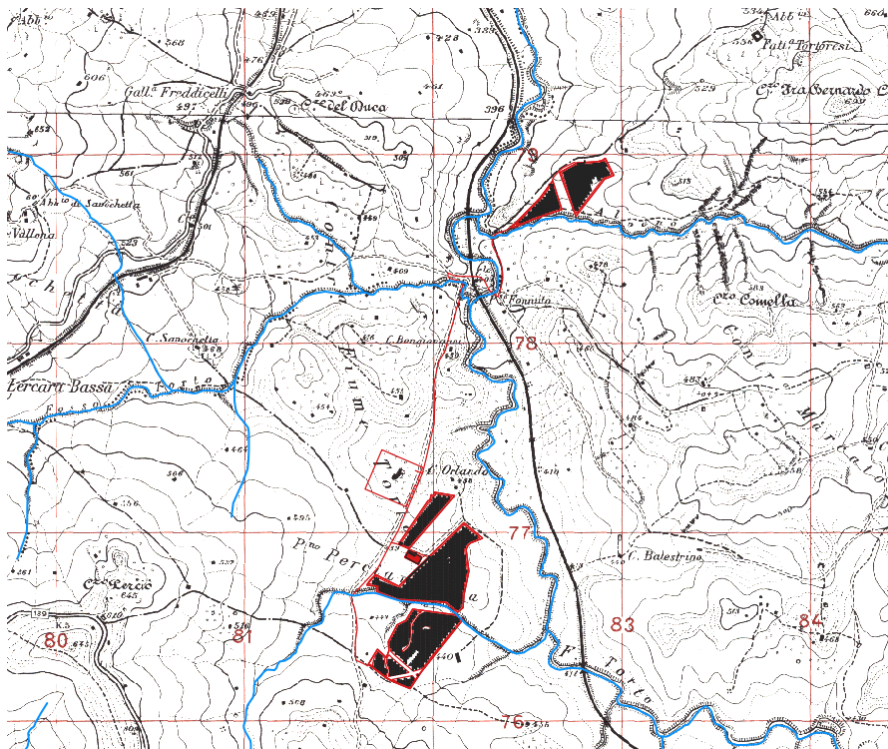


Figura 3-1- Reticolo principale e secondario del tratto di Fiume Torto in prossimità dell'area di intervento



Figura 3-2 - Punti di scatto

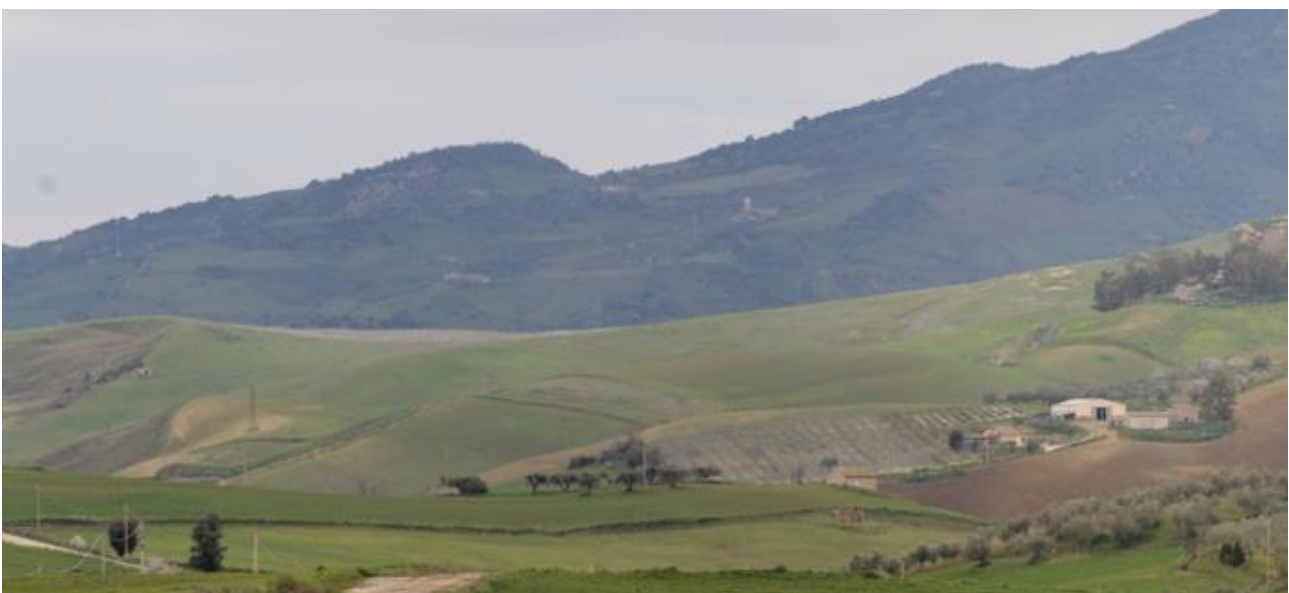


Figura 3-3 – Foto n.1 zona A



*Figura 3-4 – Foto n.2 zona B*



*Figura 3-5 – Foto n.3 zona B*



*Figura 3-6 – Foto n.4 zona B*



Figura 3-7 – Foto n.5 Area S.E. Terna S.p.A

### 3.1. SOVRAPPOSIZIONE CON CARTOGRAFIA PAI

Le aree di intervento ricadono nel territorio di competenza dell’Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia. L’eventuale interferenza con le aree a rischio idraulico è stata verificata, previa consultazione delle cartografie messe a disposizione dal SITR Regionale. Dalla Figura 3-8 si evidenzia come le aree oggetto di intervento non interferiscono con le perimetrazioni del rischio idraulico.

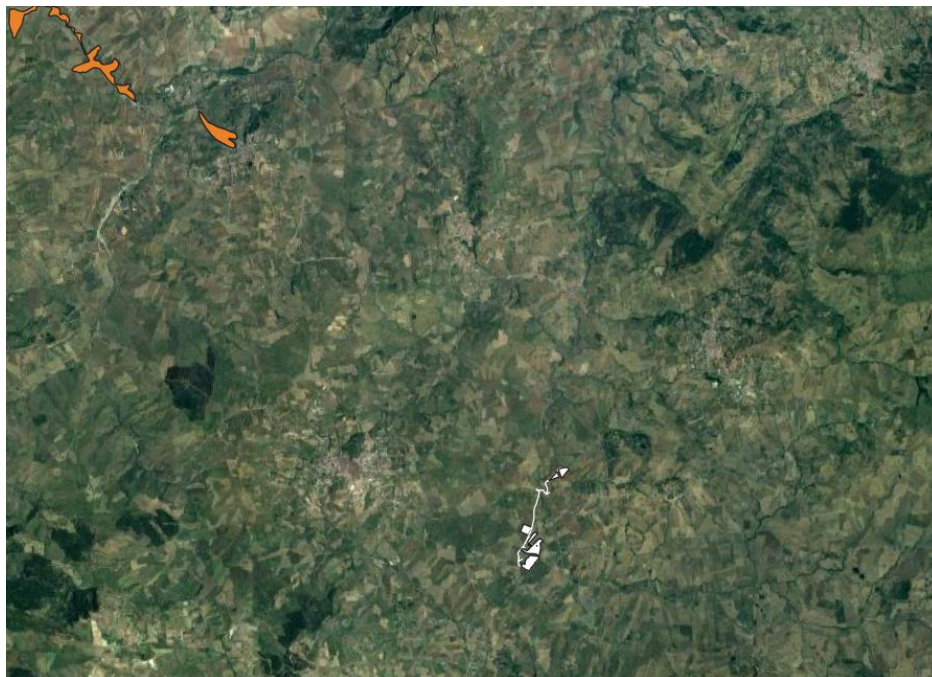


Figura 3-8 – Sovrapposizione con aree PAI a rischio Idraulico. In bianco le opere oggetto di intervento

Da sovrapposizione con la perimetrazione della pericolosità (estrapolate dal file .shp messo a disposizione dal sito dell'Autorità di Bacino delle Sicilia), è stata invece individuata l'interferenza di alcuni tratti del cavidotto con siti d'attenzione.



Figura 3-9 – Sovrapposizione con aree PAI a pericolosità Idraulica. In bianco le opere oggetto di intervento

#### 4. STATO DI PROGETTO

Il progetto prevede la realizzazione di n. 9 sottocampi fotovoltaici dislocati in 2 macrozone, una centrale di accumulo dell'energia ubicata in prossimità del "campo B" ed una rete di elettrodotto interrato AT.

La potenza nominale complessiva dell'impianto fotovoltaico, data dalla sommatoria delle potenze generate dai singoli campi, è quantificata in circa **22,5722 MWp**.

I moduli fotovoltaici impiegati sono del tipo mono o poli-cristallino con potenza nominale di circa 575 Watt/cad (anche eventualmente bifacciali). Detti moduli saranno disposti in parte su sistemi di inseguimento solare monassiale del tipo *Tracker* ed in parte su strutture ad orientamento fisso in ragione della specifica orografia del terreno di posa.

Il sistema ad inseguimento solare consente la rotazione dei moduli fotovoltaici ad essi ancorati intorno ad un unico asse orizzontale permettendo l'inseguimento del sole nell'arco della giornata aumentando quindi la produzione energetica dell'impianto fotovoltaico. Dette strutture saranno infisse nel terreno mediante apposita macchina battipalo o, nell'eventuale caso ritrovamenti puntuali di trovanti rocciosi, mediante macchina trivellatrice. L'interdistanza tra le fila di tracker, per come indicato negli elaborati grafici di



dettaglio, si attesta pari ad un minimo di 9 metri.

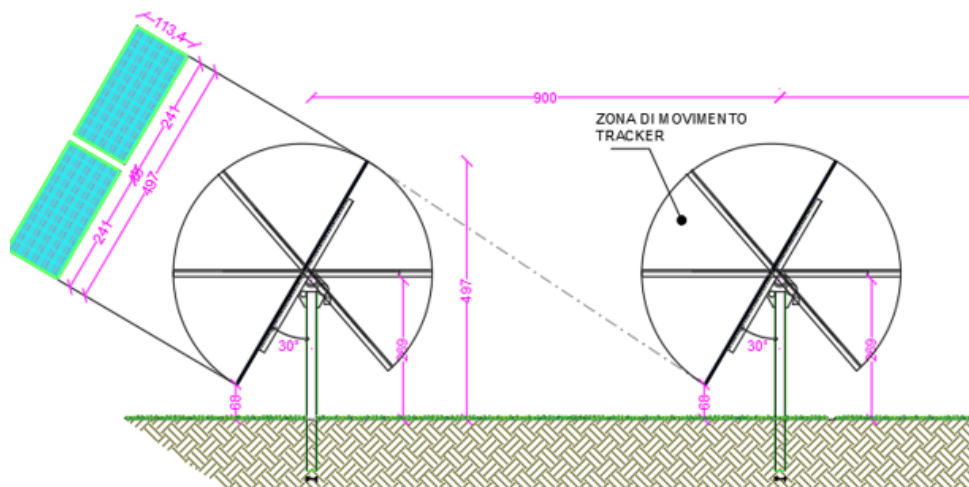


Figura 4-1 – Sezione tipo impianto con sistema ad inseguitore

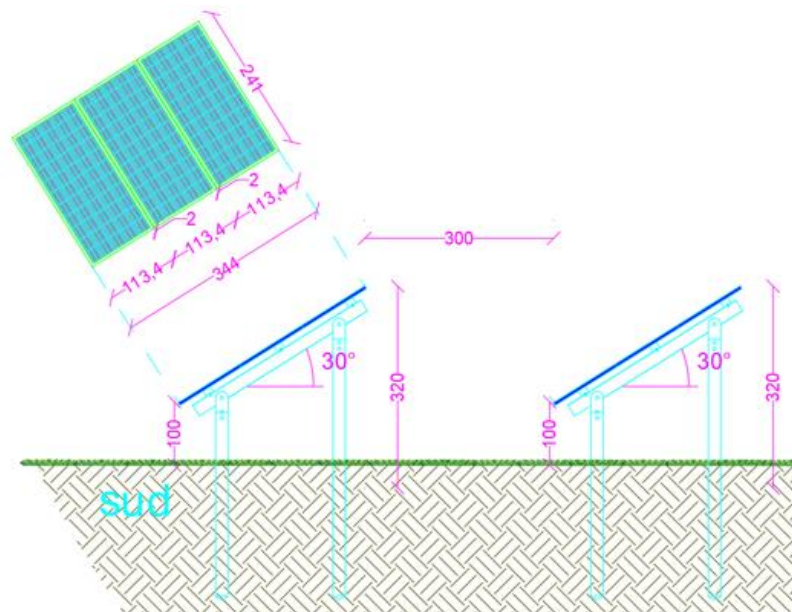


Figura 4-2 – Sezione tipo impianto con sistema fisso

Le strutture fisse di sostegno dei moduli fotovoltaici sono invece concepite partendo dall'esigenza specifica dell'installazione e quindi opportunamente studiate, dimensionate e progettate in adempienza alle normative vigenti. Esse sono composte da profili in acciaio di varie sezioni, tagliati e preforati a misura e successivamente zincati a caldo.

La tipologia di infissione prevista è del tipo a palo battuto in acciaio zincato. Tale sostegno, solitamente di sezione a "C", ha dimensioni variabili in funzione della tipologia del terreno su cui verrà infisso e dell'altezza da terra prevista per l'impianto. La procedura di infissione necessita di macchine battipalo. Le interdistanze risultano variabili in ragione degli ombreggiamenti reciproci e comunque comprese nei 3 metri.

Per ogni campo, le stringhe saranno collegate alle stazioni di campo rappresentate da cabine prefabbricate di trasformazione. All'interno di quest'ultime trovano alloggio i trasformatori MT/BT e le apparecchiature di interruzione, sezionamento e protezione.

La connessione alla RTN è prevista in un'area individuata in prossimità della stazione elettrica TERNA ubicata nel territorio comunale di Castronovo di Sicilia (PA) e collegata all'area parco mediante elettrodotto interrato AT messo a dimora prevalentemente lungo le strade esistenti.

Le aree impianto, dove saranno dislocati i moduli e le stazioni di campo, saranno idoneamente recintate verso l'esterno mediante rete a maglie metalliche ancorata al terreno con sistema antiscavalco costituito da filo spinato. L'altezza massima fuori-terra della recinzione sarà di 220 cm.

I cancelli carrabili, anch'essi in materiale metallico, saranno realizzati con idonee guide di scorrimento e saranno posati in opera idoneamente ancorati a pilastri di calcestruzzo armato.

Ogni sottocampo recintato sarà dotato di impianto di illuminazione con palo metallico dotato di testapalo e idonea lampada atta a garantire un'uniforma illuminazione. Dal predimensionamento effettuato saranno disposti i punti luce lungo la recinzione perimetrale ad intervallo di 15 metri ed altezza palo 4 metri.

Inoltre, ogni quattro pali di illuminazione saranno disposte telecamere di videosorveglianza collegate ad un sistema di registrazione dati con controllo anche da remoto.

In merito all'inquinamento luminoso si precisa che la configurazione scelta esclude la dispersione della luce verso l'alto e l'orientamento verso le aree esterne limitrofe. Inoltre, l'impianto di illuminazione previsto è del tipo ad accensione manuale ovvero i campi potranno essere illuminati completamente o parzialmente solo per ragioni legate a manutenzioni straordinarie o sicurezza.

Il singolo campo sarà inoltre dotato di impianto antintrusione combinato perimetrale con sistema tipo ad infrarossi o barriera a microonda ed antifurto per singolo modulo.

La rete di alta tensione a 36 kV sarà composta da n° 3 circuiti con posa completamente interrata. Il tracciato planimetrico della rete è mostrato nelle tavole di progetto precisando che nel caso di posa su strada esistente l'esatta posizione del cavidotto rispetto alla carreggiata sarà opportunamente definita in sede di sopralluogo con l'Ente gestore in funzione di tutte le esigenze dallo stesso richieste, pertanto il percorso su strada esistente indicato negli elaborati progettuali è da intendersi, relativamente alla posizione rispetto alla carreggiata, del tutto indicativo.

Detta rete a 36 kV sarà realizzata per mezzo di cavi unipolari del tipo ARP1H5E (o equivalente) con conduttore in alluminio. Le caratteristiche elettriche di portata e resistenza dei cavi in alluminio sono riportate nella seguente tabella (portata valutata per posa interrata a 1,2 m di profondità, temperatura del terreno di 20° C e resistività termica del terreno di 1 K m /W):

Sezione [mm <sup>2</sup> ]	Portata [A]	Resistenza [Ohm/km]
95	257	0,403
150	328	0,262
400	563	0,102

Tabella 1 - Caratteristiche elettriche cavo AT

I cavi verranno posati con una protezione meccanica (lastra o tegolo) ed un nastro segnalatore. Su terreni pubblici e su strade pubbliche la profondità di posa dovrà essere comunque non inferiore a 1,2 m previa autorizzazione della Provincia. I cavi verranno posati in una trincea scavata a sezione obbligatoria.

Dove necessario si dovrà provvedere alla posa indiretta dei cavi in tubi, condotti o cavedi. Per i condotti e i cunicoli, essendo manufatti edili resistenti non è richiesta una profondità minima di posa né una protezione meccanica supplementare. Lo stesso dicasi per i tubi 450 o 750, mentre i tubi 250 devono essere posati almeno a 0,6 m con una protezione meccanica.

In questi casi si applicheranno i seguenti coefficienti:

- lunghezza  $\leq$  15m: nessun coefficiente riduttivo,
- lunghezza  $\geq$  15 m: 0,8 m,
- Si installerà una terna per tubo che dovrà avere un diametro doppio di quello apparente della

terna di cavi.




Nella stessa trincea verranno posati i cavi di energia, la fibra ottica necessaria per la comunicazione e la corda di terra.

La Cabina di Consegna è necessaria per raccogliere le linee a 36 kV provenienti dall'impianto FV e permettere l'immissione dell'energia prodotta nella rete di TERNA. All'interno dell'edificio saranno installati inoltre gli apparati di misura, comando, controllo e protezione necessari per la corretta funzionalità dell'impianto.

## 5. OBIETTIVI DELLO STUDIO IDROLOGICO ED IDRAULICO

Seppur le aree di impianto non ricadono in aree a pericolosità/rischio idraulico, si procederà ad uno studio idrologico ed idraulico di dettaglio, mirato alla verifica dei profili di corrente a differente tempo di ritorno, per quei tratti d'asta che defluiscono in prossimità delle aree di installazione dei pannelli.

Nello specifico è prevista l'analisi dei seguenti punti critici:

N.	BACINO DI RIFERIMENTO e NOME ASTA	CRITICITÀ RISCONTRATA	STRALCIO IMMAGINE
1	BACINO 1 – ASSE TORTO	PRESENZA DEL FIUME TORTO AD EST DELLE AREE DI IMPIANTO	
2	BACINO 2 – ASSE 4	UN AFFLUENTE DEL FIUME TORTO DEFLUISCE TRA LE DUE AREE DI IMPIANTO	
3	BACINO 4 – ASSE 1	UN AFFLUENTE DEL TORRENTE ALBANO DEFLUISCE A EST DELL'AREA DI IMPIANTO	

4	BACINO 4 – ASSE 2	IL TORRENTE ALBANO DEFLUISCE A SUD DELLE AREE DI IMPIANTO	
---	-------------------	---	--

Per quanto riguarda invece il tratto di cavidotto interrato di AT, che permetterà la connessione alla RTN e che lungo il percorso interferisce in più punti con il reticolo esistente e con tombini idraulici di attraversamento, il tracciato è stato studiato in modo da sfruttare quanto più possibile percorsi di viabilità esistente nella maggiore consistenza e comunque interni o prossimi alle sedi di pertinenza della viabilità esistente. Ciò al fine di escludere l'introduzione di elettrodotti all'interno di aree private a vocazione agricola.

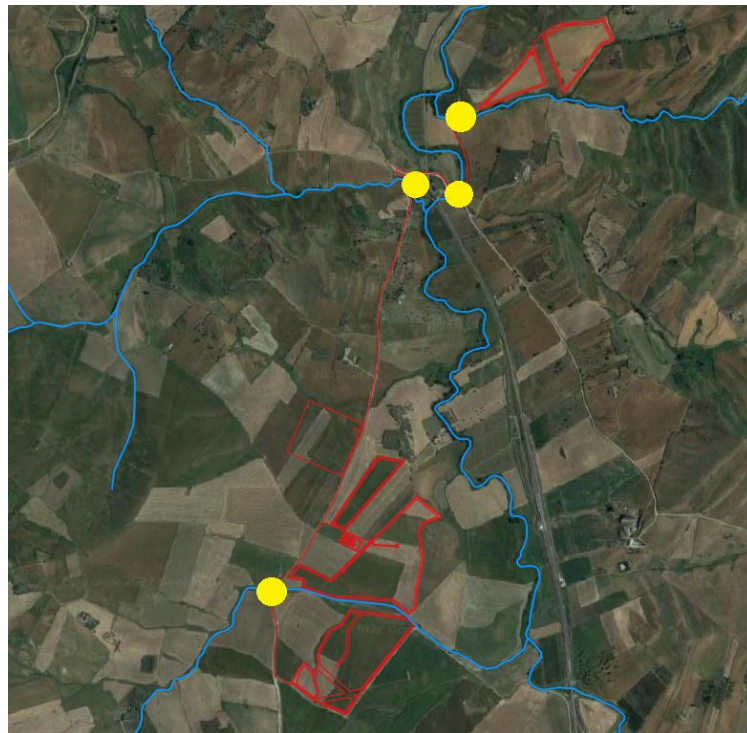


Figura 5-1- Alcuni punti di interferenza tra reticolo idrografico principale e cavidotto

Considerato che detto cavidotto sarà posato a profondità di circa 1.00 m rispetto al piano campagna, tale elemento non interferirà direttamente con il libero deflusso delle acque del reticolo esistente.

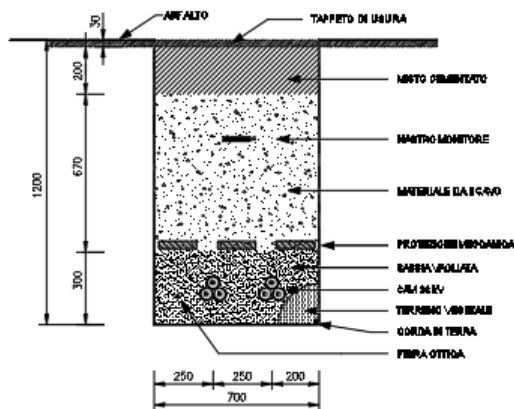


Figura 5-2- Sezione tipo cavidotto su strada

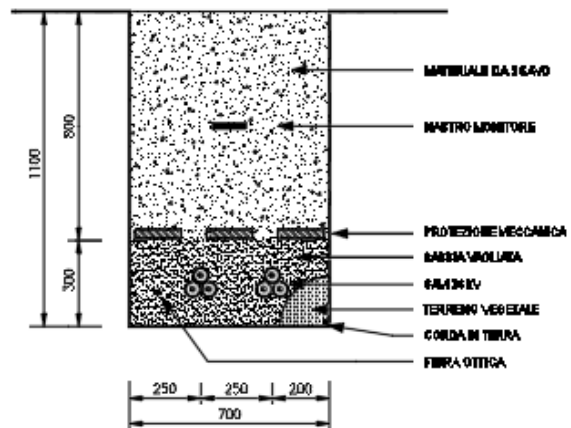


Figura 5-3- Sezione tipo cavidotto su terreno

Più in particolare, per quasi la totalità dello sviluppo, il cavidotto sarà messo in opera con sezione tipo su strada, essendo lo stesso posato sulla viabilità secondaria comunale. In corrispondenza degli attraversamenti esistenti, il cavidotto MT sarà ancorato/staffato alle strutture, in modo da non interferire con il libero deflusso delle acque.



Figura 5-4- Sezione tipo di attraversamento mediante staffatura

In alternativa è possibile ricorrere alla tecnologia di trivellazione orizzontale controllata (TOC) che risulta spesso la soluzione più efficace per l'installazione di sotto-servizi limitando al minimo le zone di lavoro ed eliminando completamente la vista del canale metallico. Con questa tecnica è possibile eseguire l'attraversamento anche sotto il fosso naturale (immediatamente dopo lo sbocco) senza interessare la struttura del tombino idraulico.

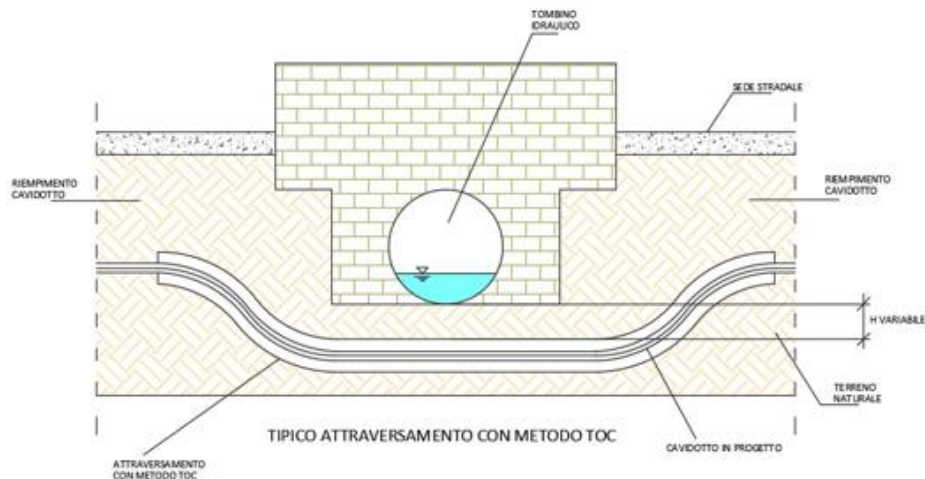


Figura 5-5- Sezione tipo di attraversamento mediante TOC

Per la definizione delle fasi operative e ad integrazione delle analisi idrologiche ed idrauliche effettuate nel seguente studio, si procederà, nei livelli successivi di progettazione, ad effettuare un'analisi idraulica di maggior dettaglio dell'area, mirata a ottimizzare la gestione del cantiere e, qualora necessario, definire eventuali misure e/o opere di mitigazione temporanee per la sicurezza degli addetti e dei mezzi impiegati nelle lavorazioni.

## 6. ANALISI IDROLOGICA

Le analisi idrologiche sono state effettuate attraverso metodi di stima indiretta che, a partire dalla definizione delle curve di possibilità pluviometrica (CPP), esprimono la relazione fra le altezze di precipitazione  $h$  e la loro durata  $t$ , e dalla perimetrazione dei bacini, hanno consentito la stima delle portate di progetto ad assegnato tempo di ritorno. Nei paragrafi a seguire verranno descritte nel dettaglio le varie fasi dello studio idrologico.

### 6.1. ANALISI PROBABILISTICA DELLE PIOGGE

Lo studio probabilistico delle piogge, necessario per la definizione delle Curve di Possibilità Pluviometrica (CPP), è stato effettuato sull'analisi delle curve di frequenza cumulata (CDF), costruite per le serie storiche dei massimi annuali delle piogge di durata 1,3,6,12,24 ore. Come modello è stato applicato il modello probabilistico TCEV (Two Component Extreme Value), la cui funzione di probabilità è del tipo

$$F_x(x) = \exp\left\{-\Lambda_1 \exp\left(-x/\theta_1\right) - \Lambda_2 \exp\left(-x/\theta_2\right)\right\} \quad x \geq 0$$

in cui è possibile distinguere una componente base (pedice 1), relativa agli eventi normali e più frequenti, ed una componente straordinaria (pedice 2), relativa ad eventi più gravosi e rari. La legge risulta essere funzione di 4 parametri  $\Lambda_1, \theta_1, \Lambda_2, \theta_2$ , esprimenti il numero medio di eventi indipendenti superiori ad una soglia delle due popolazioni ( $\Lambda_1$  e  $\Lambda_2$ ) e il loro valore medio ( $\theta_1$  e  $\theta_2$ ).

Ponendo

$$\theta_* = \theta_2 / \theta_1 \text{ e } \Lambda_* = \Lambda_2 / \Lambda_1^{1/\theta_1}$$

la funzione di probabilità diventa

$$F_X(x) = \exp\{-\Lambda_1 \exp(-x/\theta_1) - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\theta_1} \exp[-x/(\theta_* \theta_1)]\} \quad x \geq 0$$

e il valore della variabile casuale  $x$ , corrispondente al periodo di ritorno  $T$ , dipendente dai 4 parametri

$$\Lambda_* \quad \theta_* \quad \Lambda_1 \quad \theta_1$$

la cui stima può essere effettuata con il metodo del massimo verosimiglianza o dei momenti.

Per ridurre l'incertezza dei risultati ottenuti con le serie storiche disponibili, si utilizzano delle tecniche di analisi regionale che si basano sull'individuazione di vaste aree, indicate come zone o sottozone omogenee, all'interno delle quali è possibile assumere la costanza di alcuni parametri.

- Al 1° livello di regionalizzazione, i parametri  $\theta^*$  e  $\Lambda^*$  del modello assumono un valore costante all'interno di ampie zone omogenee.
- Al 2° livello di regionalizzazione, oltre alle zone omogenee vengono identificate anche delle sottozone omogenee, per cui oltre ai valori costanti di  $\theta^*$  e  $\Lambda^*$  si può ritenere costante anche il parametro di scala  $\Lambda_1$ .
- Al 3° livello di regionalizzazione si persegue in modo regionale anche alla stima del 4° parametro, che, in dipendenza dal metodo che si vuole adottare, può essere  $\theta_1$  o  $\mu$ , quest'ultimo definito valore indice e rappresentante un valore caratteristico della distribuzione.

Le analisi idrologiche presentate all'interno del seguente studio verranno condotte adoperando sia il primo che il secondo livello di regionalizzazione.

#### 6.1.1. IL SECONDO LIVELLO TCEV

Al secondo livello di regionalizzazione si considera la Regione Sicilia suddivisa in tre sottozone omogenee (A, B e C), all'interno delle quali, per una fissata durata, risulta costante il valore del parametro  $\Lambda_1$

SOTTOZONA A :  $\Lambda_1 : 14.55 t^{0.2419}$

SOTTOZONA B:  $\Lambda_1 : 12.40 t^{0.1802}$



SOTTOZONA C :  $\Lambda_1 : 11.96 t^{0.0960}$

e risultano individuate le curve di crescita, in funzione della durata "d":

SZO A:  $KT(d) = 0.5391 - 0.001635 d + (0.0002212 d^2 + 0.00117 d + 0.9966) \ln T$

SZO B:  $KT(d) = 0.5135 - 0.002264 d + (0.0001980 d^2 + 0.00329 d + 1.0508) \ln T$

SZO C:  $K_T(d) = 0.5015 - 0.003516 d + (0.0003720 d^2 + 0.00102 d + 1.0101) \ln T$

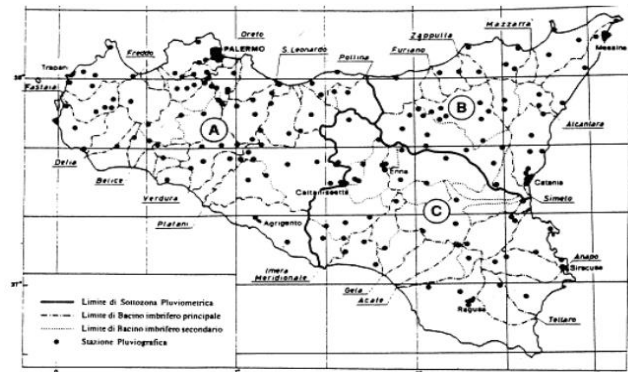


Figura 6-1 – Suddivisione in sottozone omogenee

Per quanto riguarda il calcolo della media del massimo annuale dell'altezza di pioggia, su una fissata durata d, si è fatto riferimento alle seguenti leggi di probabilità pluviometrica:

$$m[h(d)] = ad^n \text{ per } d > 1 \text{ h}$$

in cui d è espresso in ore e i parametri a e n sono stati valutati in tutte le 155 stazioni di misura pluviografiche mediante regressione ai minimi quadrati in campo logaritmico e desumibili da mappe isoparametriche.

$$m[h(d)] = 0.208 m[h(60)] d^{0.386} \text{ per } d < 1 \text{ h in cui } d \text{ è espresso in min}$$

Tale espressione è stata ricavata analizzando i dati forniti nella Tab. V degli Annali Idrologici, relativi alle precipitazioni di breve durata e notevole intensità, che costituiscono un complesso di 191 stazioni con 354 dati.

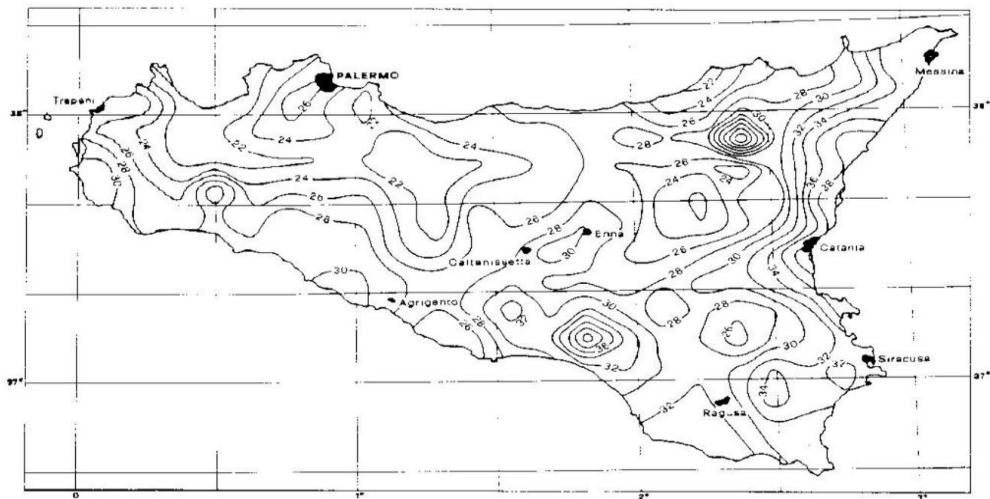


Figura 6-2 - Mapa isoparametrica del parametro a

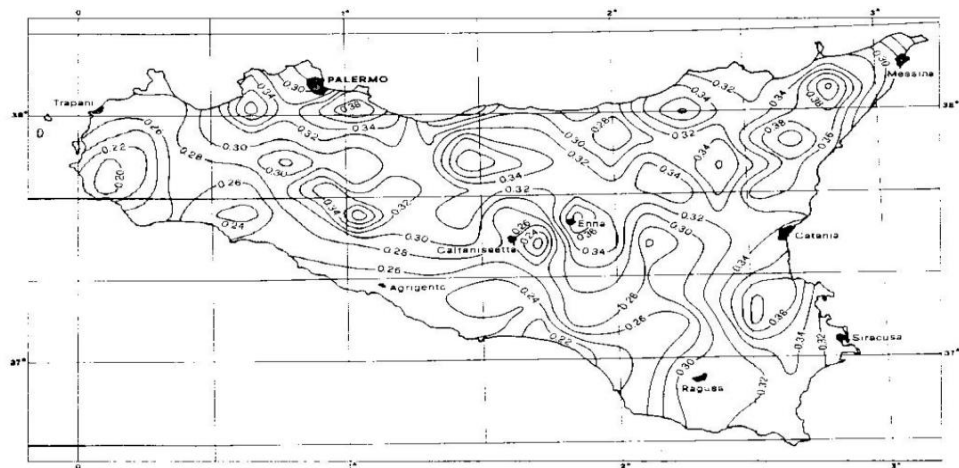


Figura 6-3 - Mapa isoparametrica del parametro n

Facendo riferimento alla stazione di Lercara Friddi, ricadente nella Sottozona A, e ai valori di cui alle figure precedenti, i risultati sono stati i seguenti:

Parametri	
a	22.00
n	0.32

Tabella 2- Parametri a e n per l'area oggetto di intervento

T [anni]	t =1 h	t =3 h	t =6 h	t =12 h	t =24 h
5	2.14	2.15	2.16	2.20	2.35
10	2.84	2.84	2.86	2.92	3.15
30	3.93	3.94	3.97	4.07	4.42
50	4.44	4.45	4.49	4.60	5.01
100	5.13	5.15	5.19	5.32	5.81
200	5.83	5.84	5.89	6.04	6.60
300	6.23	6.25	6.30	6.47	7.07

Tabella 3- Calcolo dei coefficienti di crescita al variare della durata per la SZO A

T [anni]		5	10	30	50	100	200	300
t [h]	a	n	h[mm]	h[mm]	h[mm]	h[mm]	h[mm]	h[mm]
1	22.00	0.320	47.16	62.38	86.50	97.72	112.93	128.15
3	22.00	0.320	67.13	88.85	123.28	139.28	161.00	182.72
6	22.00	0.320	84.21	111.58	154.96	175.13	202.50	229.86
12	22.00	0.320	107.07	142.28	198.08	224.03	259.24	294.45
24	22.00	0.320	143.19	191.76	268.75	304.55	353.12	401.70

Tabella 4- Calcolo delle altezze di pioggia con metodo VAPI e coefficiente di crescita di Tabella 2

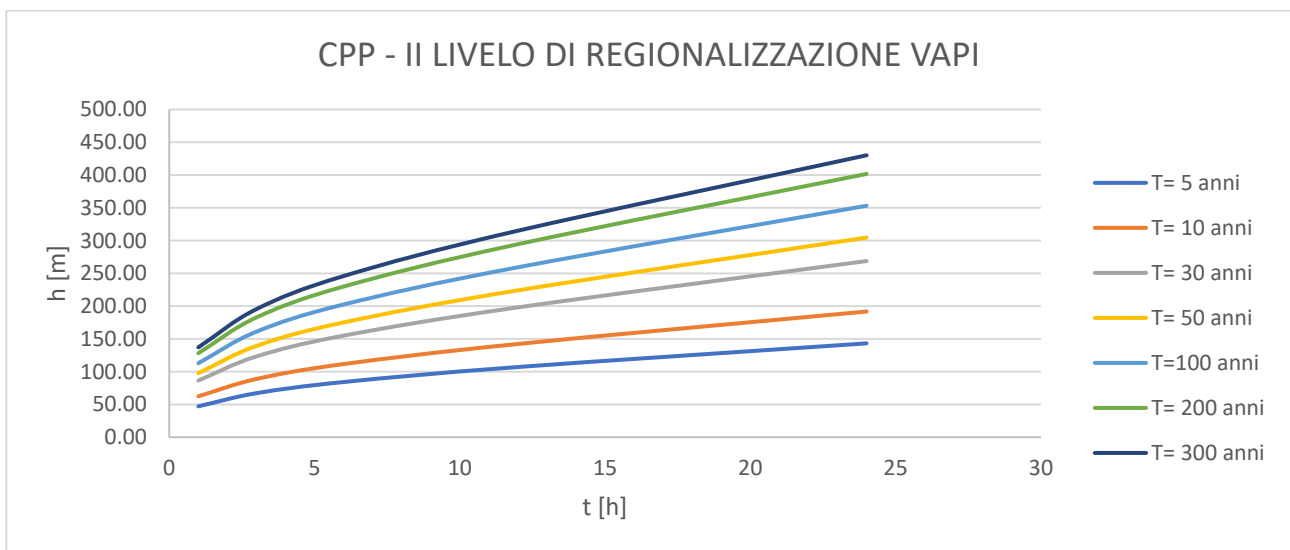


Figura 6-4- CPP ad assegnato tempo di ritorno

Il calcolo delle CPP è stato altresì effettuato facendo riferimento alla seguente espressione del coefficiente di crescita, riportata nella Relazione Generale del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico e dipendente dal tempo di ritorno T e dal coefficiente di variazione della stazione CVS

$$K_T = 1 - CVS \left\{ 0.450 + 0.779 \ln \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right] \right\}$$

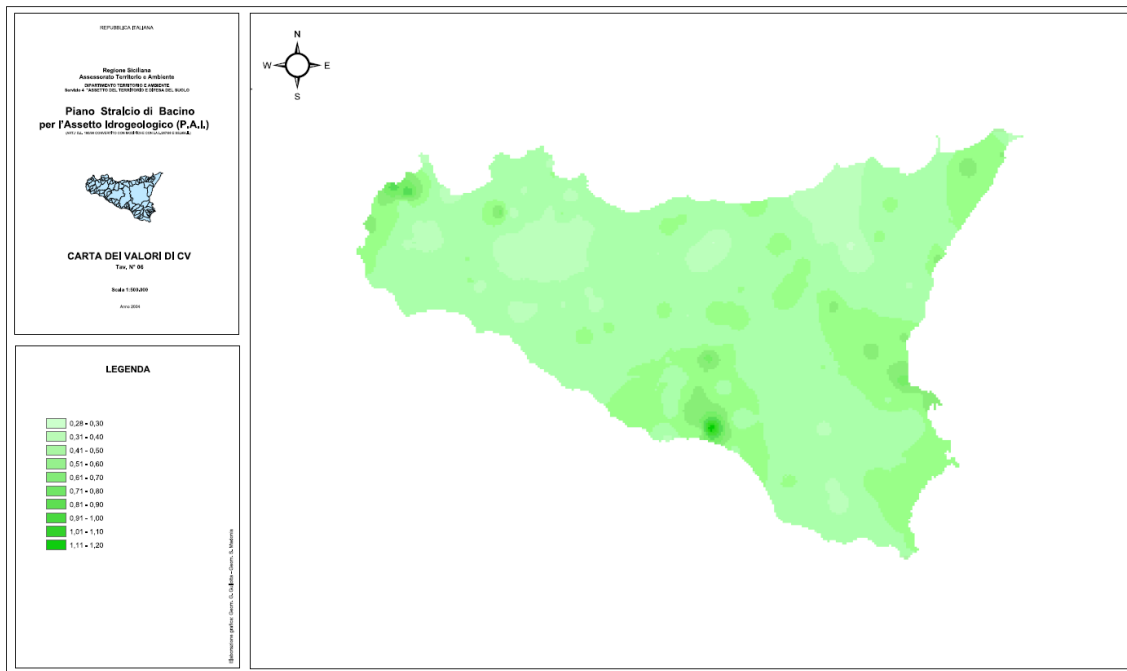


Figura 6-5- Tavola 6 PAI\_Valori di CV

Il valore di CVS è stato estrapolato dalle tavole grafiche allegate alla Relazione Generale del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico e assunto pari a 0.43 (confrontato anche con il valore riportato nel documento relativo allo studio sul bacino idrografico del Fiume Torto e messo a disposizione sul sito dell'Autorità di Bacino della Regione Sicilia). I risultati ottenuti sono stati i seguenti:

T	CV	K
5	0.43	1.31
10	0.43	1.56
30	0.43	1.94
50	0.43	2.11
100	0.43	2.35
200	0.43	2.58
300	0.43	2.72

Tabella 5- Calcolo coefficiente di crescita con espressione dipendente da CV

T [anni]			5	10	30	50	100	200	300
t [h]	a	n	h[mm]	h[mm]	h[mm]	h[mm]	h[mm]	h[mm]	h[mm]
1	22.31	0.310	29.20	34.81	43.28	47.15	52.37	57.57	60.61
3	22.31	0.310	41.05	48.93	60.85	66.29	73.62	80.93	85.20
6	22.31	0.310	50.89	60.66	75.43	82.17	91.27	100.33	105.62
12	22.31	0.310	63.09	75.21	93.51	101.87	113.14	124.38	130.94
24	22.31	0.310	78.21	93.23	115.93	126.29	140.27	154.19	162.32

Tabella 6- Calcolo delle altezze di pioggia con metodo VAPI e coefficiente di crescita di Tabella 4

### CPP - CON $K_T$ DA RELAZIONE GENERALE PAI

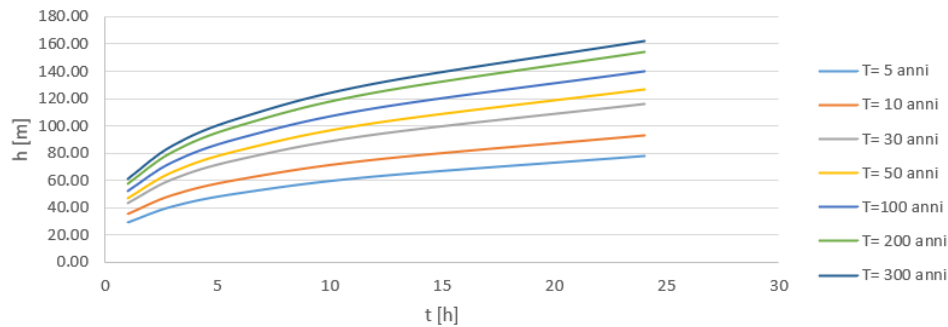


Figura 6-6 – Calcolo CPP con  $K_T$  di tabella 4

#### 6.1.2. MODELLO TCEV DI PRIMO LIVELLO

Il modello TCEV di I livello è stato applicato anche sul campione di dati della stazione di LERCARA FRIDDI, dalla quale sono stati estrapolati 31 anni di misurazioni dal 1970 al 2015.

<b>31 [Misurazioni]</b>	<b>1 ORA</b>	<b>3 ORE</b>	<b>6 ORE</b>	<b>12 ORE</b>	<b>24 ORE</b>
<b>ANNO</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>
1970	14.8	24.8	35.2	40.4	40.4
1971	12.2	17.4	26.2	35.4	37
1972	12.2	17.4	26.2	35.4	37
1973	16.8	22.8	38	39.8	51.4
1974	12	19.4	30.2	35.8	44.4
1975	16	20.4	23.8	35	56.8
1976	17.8	33	49.2	72.6	80.8
1977	8	12.4	18.6	25.4	34.4
1978	37.4	47.6	50.8	51	53.4
1979	19.8	27.4	27.6	30.4	43.6
1980	13	15	21.8	36.4	47
1981	36	68.4	86.4	92.6	92.8
1982	42.6	50.6	50.6	50.6	50.8
1983	16.4	25.8	38.8	39.2	45
1984	29.4	47.4	63.2	73.8	74
1985	10	21.2	25	32.2	52.4
1986	13.2	14	14	21.4	39.8
1987	20.6	26.2	30	34	43.4
1988	12	29.8	34.6	41.4	52.6
1989	10.4	25.6	29	29.2	33.6
1992	23	35.4	35.4	48	62.8
1994	14	24	30	52.4	53

1995	17	27.6	34.8	36.8	41.4
1996	21.4	30	44.6	62.2	92.2
1997	19.8	26	27.2	37.2	37.2
1998	15	26	31.2	37.2	42
2002	12.2	16.4	23.8	24.4	33
2005	17.6	23.4	43	83.4	97
2006	29	31	32	32	50
2007	25.6	34.8	45.8	46	47.6
2009	30.2	31	33.8	35.6	45.4

Applicando il I Livello di regionalizzazione sono stati ottenuti i seguenti risultati:

T [anni]	10		30		50		100		200		300	
	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n
t [h]	31.40	0.28	43.00	0.26	48.70	0.25	56.62	0.24	64.56	0.24	69.23	0.23
1	31.40		43.00		48.70		56.62		64.56		69.23	
3	42.48		56.97		64.02		73.95		83.76		89.52	
6	51.40		68.03		76.08		87.51		98.72		105.29	
12	62.19		81.23		90.42		103.56		116.34		123.83	
24	75.25		97.01		107.45		122.56		137.11		145.63	

Tabella 7 – Calcolo CPP I Livello di regionalizzazione

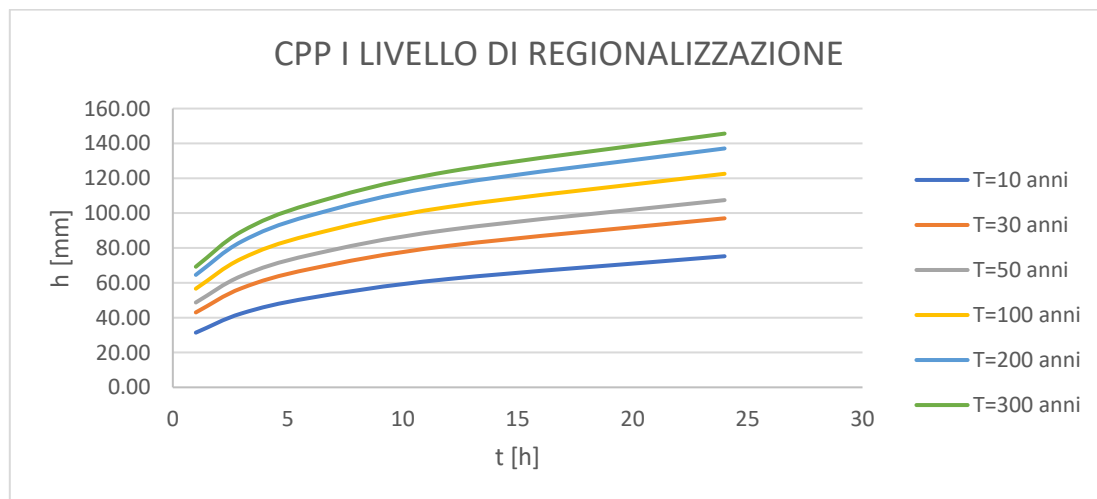


Figura 6-7 - CPP I Livello di regionalizzazione

### 6.1.1. CPP DI RIFERIMENTO

Le CPP di Figura 5-7 verranno prese come riferimento.

### 6.1.2. CURVE DI PIOGGIA INFERIORI ALL'ORA

La definizione delle curve di possibilità pluviometrica, per gli eventi di durata inferiori all'ora, è stata effettuata mediante l'applicazione della formula di Bell (1969)

$$\frac{h_{d,T}}{h_{60,T}} = 0.54 * d^{0.25} - 0.5$$

dove

d è la durata dell'evento espressa in min;

T è il tempo di ritorno in anni;

$h_{60,T}$  è l'altezza di pioggia per un evento di pioggia di durata 60 min e tempo di ritorno T.

Facendo riferimento ai tempi di ritorno 30, 50, 100, 200 e 300 anni sono stati ottenuti i seguenti risultati

d [min]	$h_{d,30}$ [mm]	$h_{d,50}$ [mm]	$h_{d,100}$ [mm]	$h_{d,200}$ [mm]	$h_{d,300}$ [mm]
5	13.22	14.97	17.41	19.85	21.29
10	19.79	22.42	26.06	29.72	31.86
15	24.20	27.40	31.86	36.33	38.96
20	27.60	31.26	36.35	41.44	44.44
30	32.84	37.20	43.25	49.31	52.88
60	43.12	48.84	56.78	64.75	69.43

Tabella 8 – Altezze di pioggia per eventi inferiori all'ora

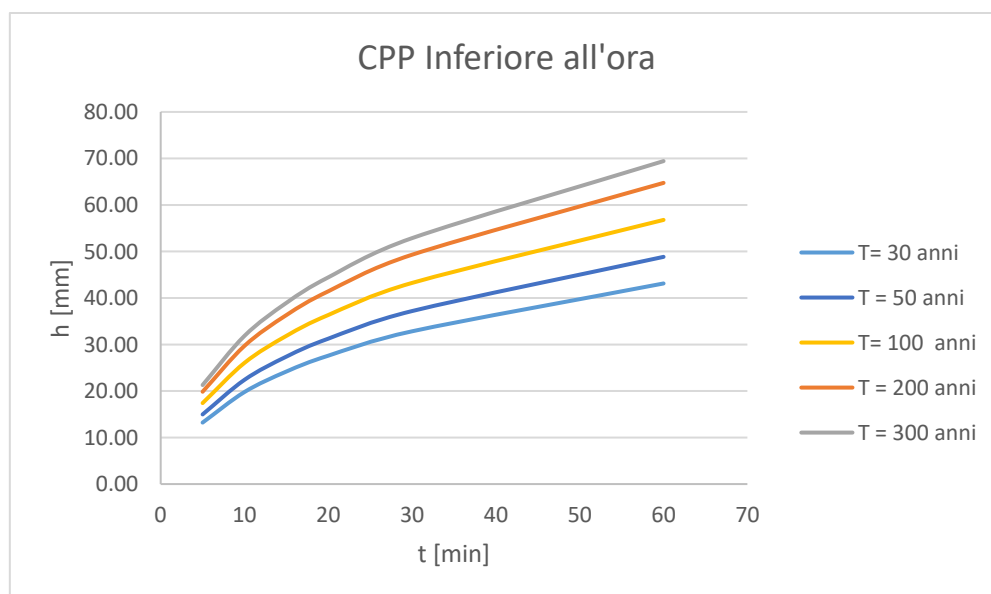


Figura 6-8 - CPP Inferiori all'ora

T	a	n
30	6.499	0.473
50	7.361	0.473
100	8.558	0.473
200	9.759	0.473
300	10.464	0.473

Tabella 9 – CPP per eventi inferiori all'ora

## 6.2. BACINI IDROGRAFICI DI RIFERIMENTO

La delimitazione dei bacini idrografici è stata effettuata facendo riferimento alla carta IGM 25.000 e alle curve di livello estrapolate dal DTM 2x2, messo a disposizione dal geo portale della regione Sicilia. Nell'area oggetto di intervento sono stati considerati N. 4 bacini di seguito rappresentati e relativi ad alcuni tratti d'asta che defluiscono prossimi alle aree di impianto:

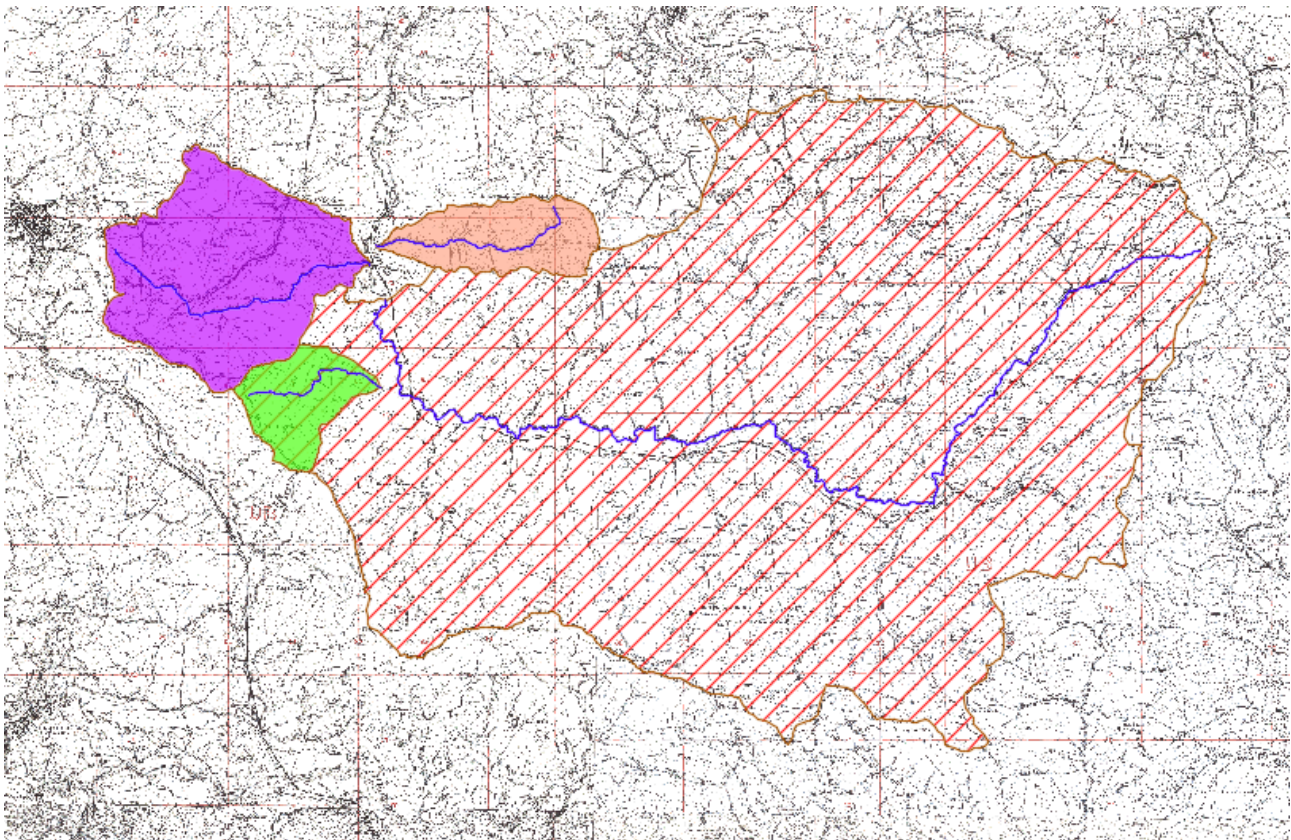


Figura 6-9 - Bacini idrografici di riferimento

BACINO	A [mq]	A [Kmq]
BACINO 1	92023064.71	92.02
BACINO 2	2363893.35	2.36
BACINO 3	9110397.80	9.11
BACINO 4	2984615.50	2.98

Tabella 10 - Superfici dei Bacini



Si riportano di seguito le caratteristiche plano altimetriche individuate per ciascun bacino, usate come riferimento per il calcolo delle portate ad assegnato tempo di ritorno.

### 6.2.1. CALCOLO DELLE QUOTE CARATTERISTICHE E DELLA PENDENZA DEI VERSANTI

Per ciascun bacino idrografico sono state ricavate, mediante strumentazione GIS, la pendenza media dei versanti  $i_v$  e l'altitudine media, a partire dal DTM messo a disposizione dal geoportale regionale.

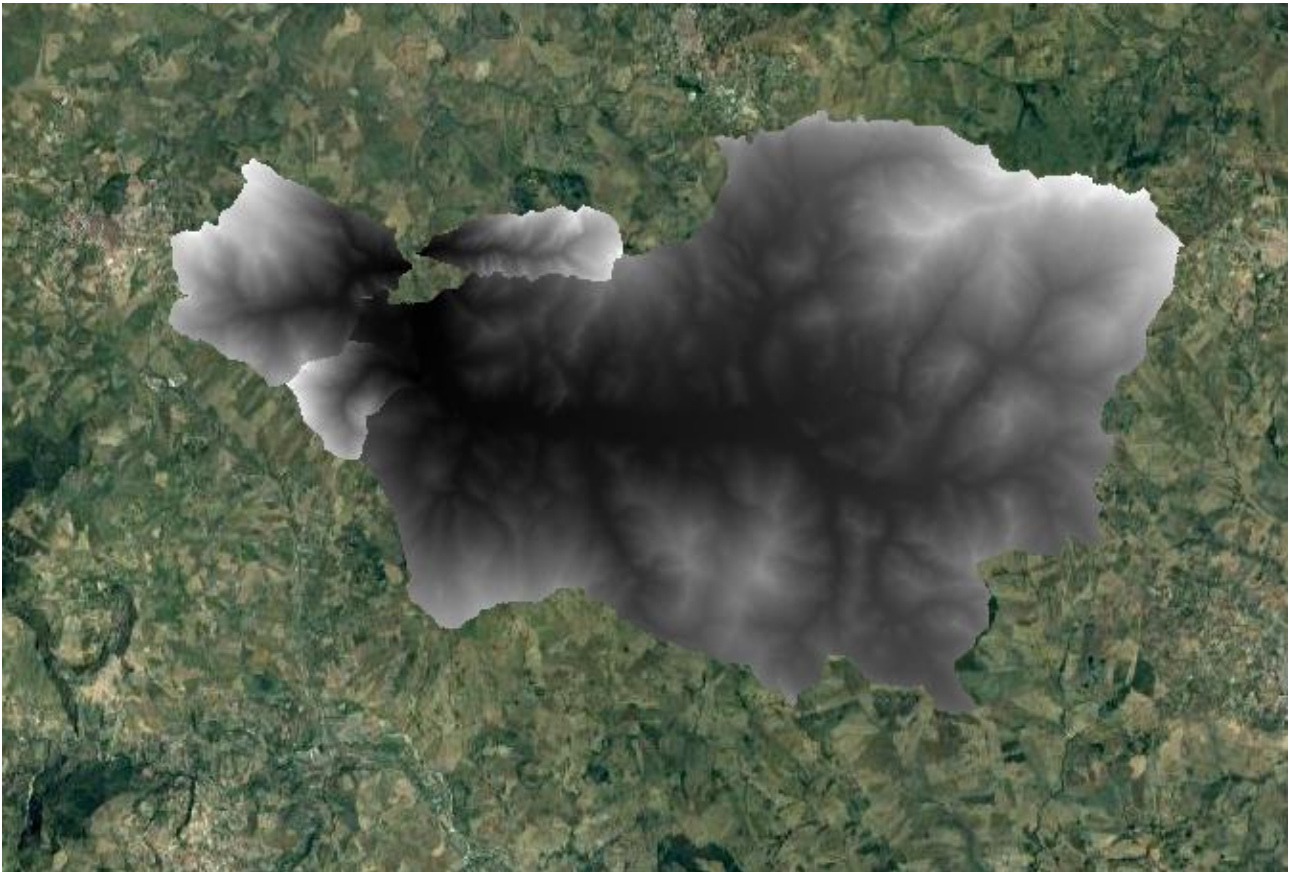


Figura 6-10 – Ritaglio DTM

BACINO	A [mq]	A [Kmq]	L[m]	L [Km]	H <sub>max</sub> [m s.l.m]	H <sub>med</sub> [m s.l.m]	H <sub>min</sub> [m s.l.m]	$i_v$ [%]
BACINO 1	92023064.71	92.02	20111.3	20.11	997.820	573.524	262.350	17.69
BACINO 2	2363893.35	2.36	2446.633	2.45	644.050	513.823	416.630	17.87
BACINO 3	9110397.80	9.11	4888.167	4.89	777.810	557.199	383.570	20.19
BACINO 4	2984615.50	2.98	3502.945	3.50	739.330	561.304	397.110	31.16

Tabella 11- Calcolo dei parametri dei bacini BACINO 1,2,3 e 4

### 6.2.2. PENDENZA LONGITUDINALE DEI CORSI D'ACQUA

La pendenza longitudinale dell'asta principale del Bacino 1 è stata calcolata con la formula di Taylor-Schwartz, suddividendo l'elemento in una serie di tratti di lunghezza  $L_j$  con pendenza  $i_j$  uniforme:

$$i_m = \frac{L^2}{\left(\sum_i \frac{L_j}{\sqrt{i_j}}\right)^2}$$

Il calcolo della pendenza media è stato effettuato sull'intero tratto d'asta, ottenendo i seguenti risultati:

Pendenza asta Bacino 1					
H [m.s.l.m]	H [m.s.l.m]	L [m]	ΔH [m]	ij	L/ij <sup>0.5</sup>
873.3	850	141.214	23.30	0.16	347.65
850	800	300.591	50.00	0.17	737.02
800	750	289.123	50.00	0.17	695.25
750	700	306.845	50.00	0.16	760.14
700	650	347.568	50.00	0.14	916.38
650	600	762.869	50.00	0.07	2979.82
600	550	1692.211	50.00	0.03	9844.57
550	500	3011.362	50.00	0.02	23370.04
500	450	5083.134	50.00	0.01	51252.18
450	400	8156.42	50.00	0.01	104175.21

Tabella 12 - Calcolo pendenza asta fluviale

Considerando la formula di Taylor-Schwartz è stato ottenuto un valore di 0.011.

### 6.2.3. CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

Per procedere al calcolo della portata di piena ad assegnato tempo di ritorno è necessario valutare il tempo di corrivazione, inteso come il tempo impiegato da una goccia di acqua, caduta nel punto più sfavorito, per raggiungere la sezione di chiusura. Considerate le dimensioni dei bacini, la stima di tale parametro è stata così effettuata:

- 1) Per il BACINO 1 adottando la formula di Giandotti

$$t_c = \frac{4 * \sqrt{A} + 1.5 * L_p}{0.8 * \sqrt{H_m - H_{min}}}$$

in cui  $t_c$  è misurato in ore,  $L_p$  (lunghezza dell'asta principale) in km,  $A$  è l'area del bacino in kmq,  $H_m$  è la quota media del bacino (m . s.l.m.),  $H_{min}$  è la quota della sezione di chiusura (m .s.l.m).

- 2) Per il BACINO 2, il BACINO 3 e il BACINO 4 facendo riferimento alla media dei valori ottenuti tra la formula empirica di Kirpich, così espressa

$$t_c = 0.000325 * L^{0.77} * (i_v)^{-0.385}$$

e la formula di Puglisi

$$t_c = 6L^{\frac{2}{3}} * \Delta H^{-\frac{1}{3}}$$

in cui  $t_c$  è misurato in ore,  $L$  (lunghezza dell'asta principale) in m,  $\Delta H$  è il dislivello del bacino e  $i_v$  è la pendenza dei versanti.

Applicando tali formule sono stati ottenuti i seguenti valori di tempo di corrivazione:

BACINO	$t_c$ [h]			
	Giandotti	Kirpich	Puglisi	Media
BACINO 1	4.86	-	-	-
BACINO 2	-	0.26	1.78	1.02
BACINO 3	-	0.42	2.36	1.39
BACINO 4	-	0.27	1.98	1.13

Tabella 13 – Calcolo tempi di corrivazione

#### 6.2.4. STIMA DELLE PORTATE: LA FORMULA RAZIONALE

La stima delle portate, ad assegnato tempo di ritorno, è stata effettuata mediante la formula razionale, il cui approccio si basa sull'utilizzo della curva di possibilità pluviometrica e sull'ipotesi che a parità di tempo di ritorno, la portata al colmo maggiore è prodotta dall'evento la cui durata è identica al tempo di corrivazione.

$$Q = \frac{\Phi i_c A}{3.6}$$

in cui

- $\Phi$  è il coefficiente di deflusso, indicante il rapporto tra i deflussi e gli afflussi [ad]
- $i_c$  è l'intensità di pioggia di un evento avente durata  $d = t_c$  [mm/ora]
- $A$  è la superficie del bacino (o area scolante) [Km<sup>2</sup>]
- $Q$  è la portata al colmo di piena che defluisce alla sezione di chiusura in corrispondenza di un evento di durata  $t_c$  e tempo di ritorno  $T$  [m<sup>3</sup>/s].

#### ➤ COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Considerato lo stato di fatto dei luoghi e il futuro assetto di progetto, il valore del coefficiente di deflusso è stato definito a partire dai valori di riferimento riportati in tabella 14; in fase progettuale verrà assunto un valore pari a 0.60.

Tipo di suolo	Copertura del bacino		
	Cultivi	Pascoli	Boschi
Suoli molto permeabili sabbiosi o ghiaiosi	0,20	0,15	0,10
Suoli mediamente permeabili (senza strati di argilla). Terreni di medio impasto o simili	0,40	0,35	0,30
Suoli poco permeabili Suoli fortemente argillosi o simili, con strati di argilla vicino alla superficie. Suoli poco profondi sopra roccia impermeabile.	0,50	0,45	0,40

Tabella 14 - Coefficienti di deflusso da letteratura

## ➤ RISULTATI

Si riportano di seguito i risultati ottenuti dall'applicazione della formula razionale

T = 50 ANNI							
BACINO	A [Kmq]	a	n	t <sub>c</sub> [h]	i[mm/h]	φ	Q[mc/S]
BACINO 1	92.02	48.70	0.25	4.86	14.86	0.6	227.95
BACINO 2	2.36	48.70	0.25	1.02	47.96	0.6	18.90
BACINO 3	9.11	48.70	0.25	1.39	38.09	0.6	57.84
BACINO 4	2.98	48.70	0.25	1.13	44.56	0.6	22.16

Tabella 15 - Stima delle portate con tempo di ritorno 50 anni

T = 100 ANNI							
BACINO	A [Kmq]	a	n	t <sub>c</sub> [h]	i[mm/h]	φ	Q[mc/S]
BACINO 1	92.02	56.62	0.24	4.86	17.12	0.6	262.52
BACINO 2	2.36	56.62	0.24	1.02	55.75	0.6	21.97
BACINO 3	9.11	56.62	0.24	1.39	44.20	0.6	67.12
BACINO 4	2.98	56.62	0.24	1.13	51.76	0.6	25.75

Tabella 16 - Stima delle portate con tempo di ritorno 100 anni

T = 200 ANNI							
BACINO	A [Kmq]	a	n	t <sub>c</sub> [h]	i[mm/h]	φ	Q[mc/S]
BACINO 1	92.02	64.56	0.24	4.86	19.33	0.6	296.50
BACINO 2	2.36	64.56	0.24	1.02	63.56	0.6	25.04
BACINO 3	9.11	64.56	0.24	1.39	50.30	0.6	76.38
BACINO 4	2.98	64.56	0.24	1.13	58.98	0.6	29.34

Tabella 17 - Stima delle portate con tempo di ritorno 200 anni

T = 300 ANNI							
BACINO	A [Kmq]	a	n	t <sub>c</sub> [h]	i[mm/h]	φ	Q[mc/S]
BACINO 1	92.02	69.23	0.23	4.86	20.63	0.6	316.45
BACINO 2	2.36	69.23	0.23	1.02	68.16	0.6	26.85
BACINO 3	9.11	69.23	0.23	1.39	53.89	0.6	81.82
BACINO 4	2.98	69.23	0.23	1.13	63.23	0.6	31.45

Tabella 18 - Stima delle portate con tempo di ritorno 300 anni

### 6.3. SOTTOBACINI MINORI

All'interno del seguente studio è stato altresì considerato un ulteriore sottobacino, per lo studio dei fossi minori individuati all'interno delle aree del campo B:

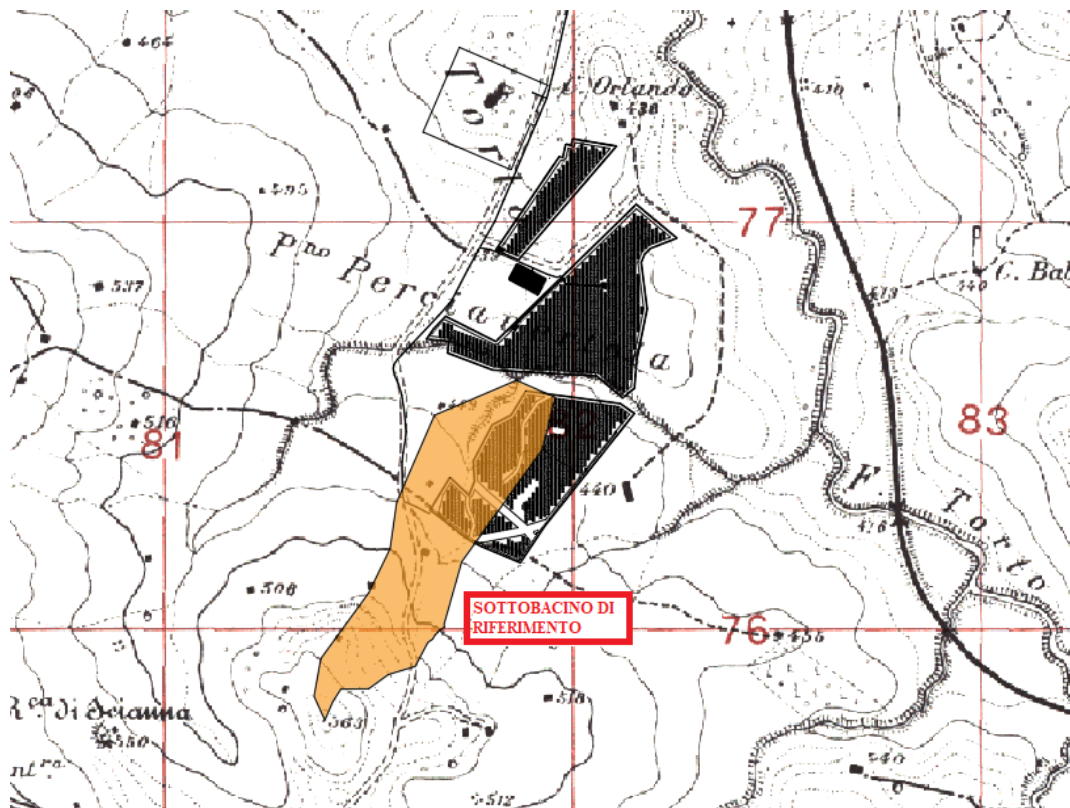


Figura 6-11 - Sottobacino campo B

La stima delle portate, considerata le ridotte dimensioni dei fossi, è stata effettuata mediante il metodo razionale, facendo riferimento ad un evento di pioggia di durata 10 min:

T [anni]	A [mq]	A [Kmq]	a	n	t [h]	i[mm/h]	$\phi$	Q[mc/S]
50	178205.9	0.18	48.70	0.25	0.17	187.03	0.6	5.56
100	178205.9	0.18	56.62	0.24	0.17	219.80	0.6	6.53
200	178205.9	0.18	64.56	0.24	0.17	253.33	0.6	7.52
300	178205.9	0.18	69.23	0.23	0.17	273.12	0.6	8.11

Tabella 19 --Portate sottobacino

## 7. VERIFICHE IDRAULICHE

Nei paragrafi a seguire verranno mostrati i criteri di calcolo del sistema di drenaggio delle viabilità.

### 7.1. SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO

- 50,100 e 300 anni per la definizione dei profili di corrente del tratto d'asta oggetto di modellazione;
- 100 anni per la riprofilatura dei fossi individuati all'interno dell'area dei campi;

### 7.2. IL MODELLO HEC RAS

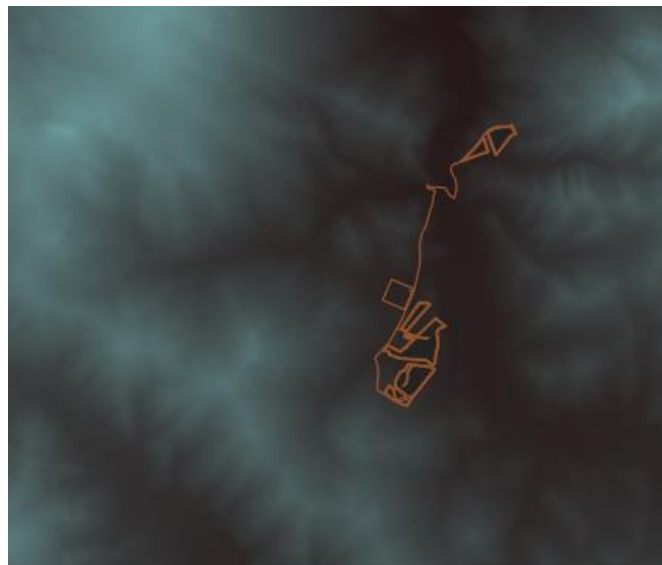
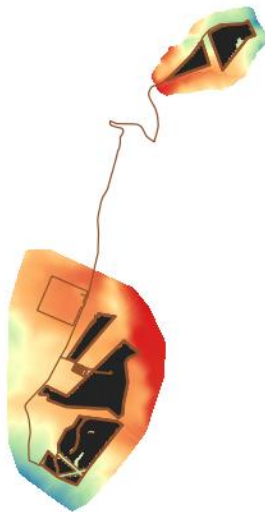
La definizione dei profili di corrente, è stata condotta in moto permanente monodimensionale, utilizzando il codice di calcolo HEC-RAS versione 5.0.6, sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers. HEC-RAS è l'abbreviazione di Hydrologic Engineering Center's River Analysis System. Attraverso

il software possono essere analizzate condizioni di moto in corrente lenta, condizioni di moto critiche e condizioni di regime misto. Il codice di calcolo permette di descrivere in maniera dettagliata la geometria delle singole sezioni idrauliche, tenendo conto di scabrezze differenti, non solo in diversi tratti del corso d'acqua, ma anche all'interno della stessa sezione (ad esempio per differenziare le zone golenali e il canale principale). Esso consente inoltre di modellare l'andamento meandriforme di un corso d'acqua, indicando differenti lunghezze del tratto che separano due sezioni adiacenti, sia per la golenale in sponda sinistra, che per la golenale in sponda destra, che per il canale principale. Nello specifico il calcolo dei profili di corrente viene effettuato all'interno del software attraverso la risoluzione dell'equazione dell'energia tra due sezioni consecutive, mediante un processo iterativo (standard step method).

### 7.2.1. LA MODELLAZIONE DI PROGETTO

- GEOMETRIA DELLO STATO DI FATTO

La geometria dello stato di fatto è stata modellata sulla base del DTM 2X2 messo a disposizione dal geoportale della Regione Sicilia e del rilievo effettuato in campo, opportunamente rielaborati con i software GIS. Da tale file sono state estrapolate le superfici del reticolo idrografico e importate sul software HEC RAS.



- SCABREZZE DEI CORSI D'ACQUA

Per la determinazione del coefficiente di scabrezza, si è fatto riferimento alla seguente tabella

tipo di superficie	Minimo	Normale	Massimo
<b>ALVEI DI PIANURA</b>			
non vegetati, rettilinei, corrente regolare	0.025	0.030	0.033
come sopra ma con pietre e alghe	0.030	0.035	0.040
non vegetati, tortuosi con molienti e rapide	0.033	0.040	0.045
come sopra ma con pietre e alghe	0.035	0.045	0.050
come sopra, in magra	0.040	0.048	0.055
non vegetati, tortuosi, pietre, molienti e rapide	0.045	0.050	0.060
molto irregolari e alghe molto fitte	0.075	0.100	0.150
<b>ALVEI DI MONTAGNA (SPONDE CON ALBERI E CESPUGLI)</b>			
sul fondo: ghiaia, ciotoli e massi radi	0.030	0.040	0.050
sul fondo: ciotoli e grandi massi	0.040	0.050	0.070
<b>GOLENE E PIANE INONDABILI</b>			
prato senza cespugli, erba bassa	0.025	0.030	0.035
prato senza cespugli, erba alta	0.030	0.035	0.050
campi incolti	0.020	0.030	0.040
coltivazioni a filari	0.025	0.035	0.045
colture di cereali in pieno sviluppo	0.030	0.040	0.050
aree con cespugli sparsi e erba alta	0.035	0.050	0.070
aree con cespugli bassi e alberi, in inverno	0.035	0.050	0.060
aree con cespugli bassi e alberi, in estate	0.040	0.060	0.080
cespugli fitti, in inverno	0.045	0.070	0.110
cespugli fitti, in estate	0.070	0.100	0.160

<b>CANALI CON FONDO IN GHIAIA E SPONDE IN</b>			
lastre di calcestruzzo	0.017	0.020	0.025
pietrame con giunti stilati	0.020	0.023	0.026
scogliera	0.023	0.033	0.036
<b>CANALI IN TERRA NON RIVESTITI</b>			
rettilinei, non vegetati, buona manutenzione	0.016	0.018	0.020
rettilinei, non vegetati, mediocre manutenzione	0.018	0.022	0.025
rettilinei, non vegetati, con ghiaia	0.022	0.025	0.030
rettilinei, poco inerbiti, rare alghe	0.022	0.027	0.033
<b>ALVEI IN TERRA REGOLARIZZATI O ROGGE</b>			
non vegetati	0.023	0.025	0.030
poco inerbiti, rare alghe	0.025	0.030	0.033
molto vegetati, molte alghe	0.028	0.030	0.035
con sponde in pietrame	0.028	0.030	0.035
con sponde ben inerbite	0.025	0.035	0.040
con fondo in ciotoli e sponde non vegetate	0.030	0.040	0.050
<b>CANALI MANTENUTI CON DRAGAGGIO</b>			
non vegetati	0.025	0.028	0.033
poco inerbiti, rare alghe	0.035	0.050	0.060
<b>ALVEI IN ROCCIA</b>			
con sezione ben regolarizzata	0.025	0.035	0.040
irregolari	0.035	0.040	0.050
<b>CANALI IN TERRA RINATURALIZZATI (CON ALGHE E CESPUGLI)</b>			
con sezione interamente occupata da alghe	0.050	0.080	0.120
con rare alghe e sponde mediamente cespugliate	0.045	0.070	0.110
con alghe e sponde fortemente cespugliate	0.080	0.100	0.140

Più in particolare, sia per lo stato di fatto che di progetto è stato adottato:

- il valore di  $0.040 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  per il canale centrale dell'asta oggetto di analisi;
- il valore di  $0.040 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  per le aree golenali dell'asta oggetto di analisi;
- CONDIZIONI AL CONTORNO

Come condizioni al contorno si è deciso di definire sia a monte che a valle una "normal depth" ovvero un valore noto di pendenza dell'energia, approssimativamente assunto pari alla pendenza di fondo alveo nelle sezioni più a monte e più a valle del tratto oggetto di intervento.

Steady Flow Boundary Conditions

Set boundary for all profiles       Set boundary for one profile at a time

Available External Boundary Condition Types

Selected Boundary Condition Locations and Types

River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
Asse 1	Asse 1	all	Normal Depth S = 0.14	Normal Depth S = 0.09
Asse 2	Asse 2	all	Normal Depth S = 0.03	Normal Depth S = 0.04
Asse 4	Asse 4	all	Normal Depth S = 0.02	Normal Depth S = 0.004
Asse Torto	Asse Torto	all	Normal Depth S = 0.01	Normal Depth S = 0.02

Steady Flow Reach-Storage Area Optimization ...           

Enter to accept data changes.

Figura 7-1- Condizioni al contorno

- PORTATE DI PROGETTO

Facendo riferimento alle tabelle 15, 16 e 18 sono state adoperate le seguenti portate di progetto

Steady Flow Data - Flow 01

File Options Help

Description :

Enter/Edit Number of Profiles (32000 max):

Locations of Flow Data Changes

River:

Reach:  River Sta.:

Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates			
	River	Reach	RS	Q 50	Q 100	Q 300
1	Asse 1	Asse 1	10	22.16	25.75	31.45
2	Asse 2	Asse 2	15	22.16	25.75	31.45
3	Asse 4	Asse 4	15	18.9	21.97	26.85
4	Asse Torto	Asse Torto	24	227.95	262.52	316.45

Select river for adding a new flow change location.

Figura 7-2 - Portate di riferimento

### 7.2.2. RISULTATI DELLE MODELLAZIONI

I risultati delle modellazioni sono allegati nel paragrafo 8 sia in forma grafica che tabellare.



### 7.3. INTERVENTI IN PROGETTO

Si riportano, nei paragrafi a seguire, gli interventi idraulici che si intendono attuare per il superamento delle criticità riscontrate a valle delle modellazioni in moto permanente monodimensionale.

Le ipotesi progettuali sono state definite sulla base dei seguenti obiettivi:

- Migliorare le condizioni di funzionalità idraulica, mediante una serie di interventi di manutenzione e di nuova realizzazione sul reticolo esistente, dimensionati sulla base di un tempo di ritorno di 200 anni;
- Non comportare significative alterazioni morfologiche e/o topografiche dei luoghi;
- Non costituire incremento della pericolosità idraulica nel contesto esistente;
- Rispondere ai criteri di basso impatto ambientale.

Al passaggio delle piene 100-300 anni per le aste Asse 1<sup>1</sup>, Asse 2 e Asse Torto non si verificano particolari criticità: le aree di impianto non sono interessate dal passaggio dei deflussi. Ciò non avviene invece per l'asta Asse 4, in corrispondenza della quale saranno previsti degli interventi di riprofilatura a ridosso della recinzione di impianto, per evitare la tracimazione delle acque nelle aree oggetto di intervento (vedi paragrafo 7.3.1).

---

<sup>1</sup> In corrispondenza della sezione 2 dell'asta Asse 1 le portate lambiscono la recinzione. Tuttavia si precisa che, seppur il bacino di riferimento è un sottobacino del BACINO 4, le verifiche sono state effettuate cautelativamente facendo riferimento alla portata massima dell'intero bacino.



Figura 7-3 - Risultati ottenuti Asse 4 e Asse Torto T= 300 anni



Figura 7-4 - Risultati ottenuti Asse 2 e Asse Torto T= 300 anni

### 7.3.1. ASTA ASSE 4

Al passaggio dei deflussi con tempo di ritorno 100-300 anni, si verificano fenomeni di esondazione diffusi che potrebbero interessare le aree del campo fotovoltaico. Il superamento delle criticità individuate sarà

ottenuto mediante degli interventi di riprofilatura del terreno a ridosso della recinzione di impianto, così da realizzare dei piccoli rilevati di altezza variabile e non superiore ad 1.00 m, tali da impedire l'inondazione delle aree di progetto durante il passaggio delle piene.



Figura 7-5 - Inserimento di arginello in terra a protezione delle aree di impianto. In rosso i tratti di sviluppo dell'opera

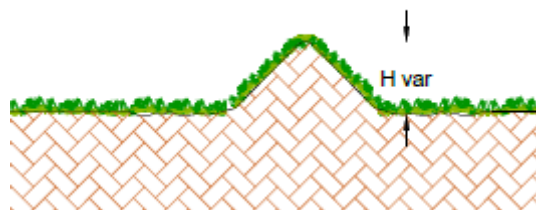


Figura 7-6 - Sezione tipo di riprofilatura

Si riporta di seguito il confronto tra lo stato di fatto e lo stato di progetto



Figura 7-7- Asse 4 Stato di Fatto

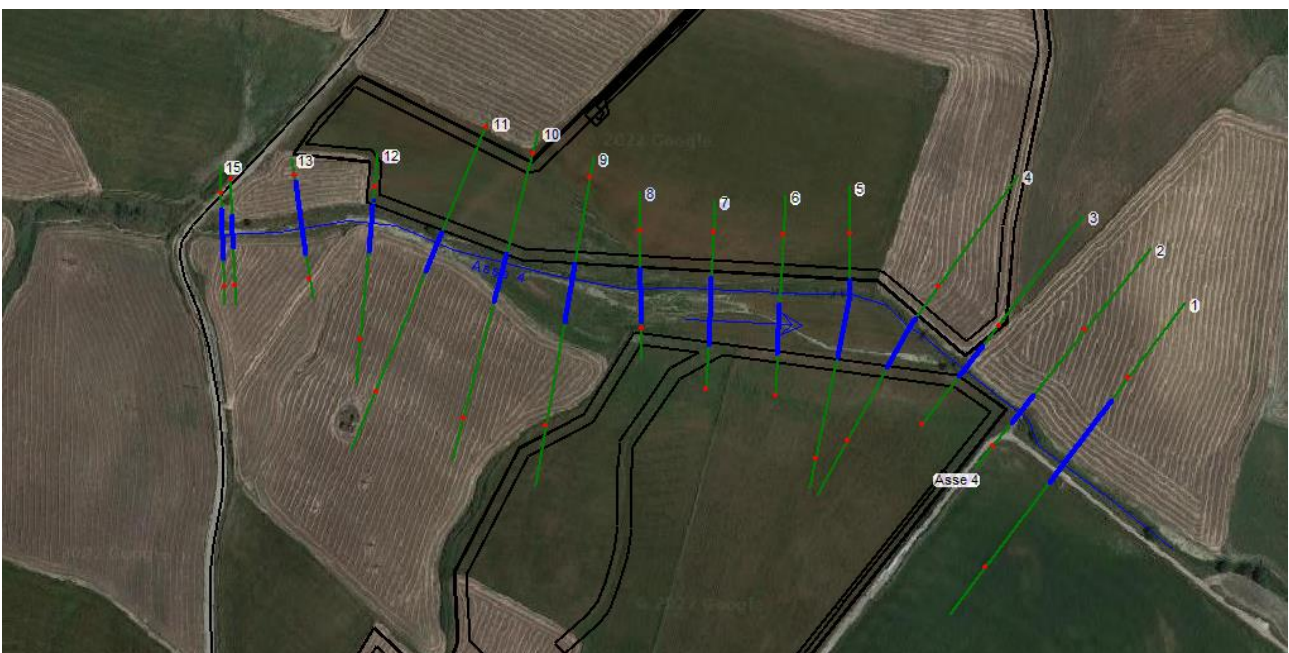


Figura 7-8 - Asse 4 Stato di Progetto

### 7.3.2. RIPROFILATURA DEI FOSSI ESISTENTI ALL'INTERNO DEL CAMPO B

All'interno del campo B sono stati individuati due fossi minori, presentanti pendenze di circa 0.08 (dato acquisito da DTM 2x2) che con andamento Sud/Nord si immettono nel corso d'acqua trattato nei paragrafi precedenti e denominato ASSE 4.



Figura 7-9 - Interferenza con fossi esistenti

Considerate le modeste dimensioni, gli interventi di riprofilatura idraulica di tali elementi saranno dimensionati sulla base di un tempo di ritorno 100 anni ( $Q = 6.53 \text{ mc/s}$ ) e adottando la formula di moto uniforme di Gauckler Strickler:

$$Q = K * A * R^{\frac{2}{3}} * i^{0.5}$$

Dove

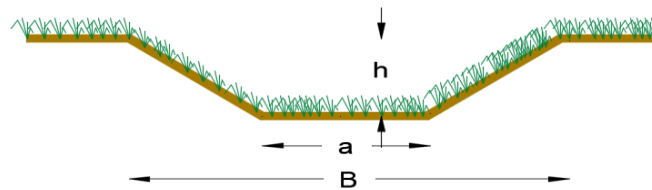
K è un coefficiente di scabrezza, assunto pari a 33 per i fossi in terra [ $\text{m}^{\frac{1}{3}}/\text{s}$ ];

A è l'aria della sezione idraulica [ $\text{m}^2$ ];

i è la pendenza del canale;

R è il raggio idraulico [m];

Dai dimensionamenti effettuati saranno realizzati elementi a sezione trapezia, aventi dimensioni come da figura sottostante.



**a: 1.00 m ; B :3.00 m; h= 1.00 m**

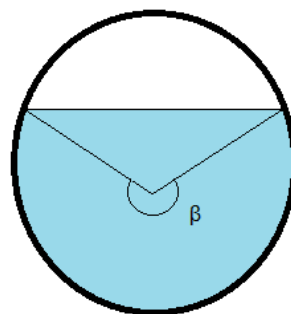
Figura 7-10- Dimensione trapezia tipo

I risultati delle verifiche sono riportati di seguito.

b [m]	h [m]	a [m]	B [m]	A [mq]	P [m]	R [m]	K [m <sup>1/3</sup> /s]	i	Q [mc/s]
1.00	1	1	3	2.00	3.83	0.52	33	0.08	12.11

Tabella 20 - Risultati verifica riprofilatura

Eventuali punti di interferenza tra i fossi e la viabilità interna al parco fotovoltaico saranno superati mediante la posa in opera di tombini circolari, il cui dimensionamento è stato effettuato mediante la formula di moto uniforme di Gauckler Strickler per sezioni circolari e assumendo coefficienti di scabrezza pari a 75 [m<sup>1/3</sup>/s] (valido sia per elementi in materiale plastico che per elementi in c.a.).



$$\beta = 2 * \arccos(1 - 2 * \frac{h}{D})$$

$$A = \frac{r^2}{2} * (\beta - \text{sen}(\beta))$$

$$R = \frac{D}{4} \left( 1 - \frac{\text{sen}\beta}{\beta} \right)$$

Figura 7-11 - Scala di deflusso circolare

Le verifiche sono state effettuate sulla base dei tempi di ritorno di 100 (6.53 mc/s) e 200 (7.52 mc/s) anni e considerando i seguenti dati di INPUT:

- Portata in ingresso nel tombino pari alla portata totale del sottobacino di riferimento;
- una pendenza longitudinale dei collettori di circa 1.8 %;
- un grado di riempimento ammissibile di 0.70.

Si riportano di seguito gli esiti delle verifiche:

D [m]	h/d	β (rad)	β (gradi)	A [m <sup>2</sup> ]	R [m]	K [m <sup>1/3</sup> /s]	i	Q [m <sup>3</sup> /s]	V [m/s]
1.5	0.7	3.96	227.16	1.32	0.44	75	0.018	7.74	5.86

Tabella 21 - Risultate verifiche dei tombini circolari

## **8. RISULTATI E CONCLUSIONI**

Le analisi effettuate in moto permanente monodimensionale hanno consentito di analizzare il comportamento dei corsi d'acqua in prossimità delle aree di impianto e definire una serie di interventi mirati al superamento delle criticità individuate.

Attraverso le verifiche in moto uniforme è stato invece possibile definire gli interventi sui fossi di modeste dimensioni, all'interno dell'area dei campi.

Considerata l'evoluzione territoriale dovuta alle pratiche agricole e quindi alla variabilità nel tempo del reticolo minore, in fase successiva di progettazione, si procederà ad aggiornare il censimento dei fossi esistenti e a meglio dettagliare quanto già riportato in fase di progetto definitivo. Qualora risultasse necessario procedere alla realizzazione di ulteriori interventi, quali riprofilature delle sezioni idrauliche e/o inserimento di fossi e tombini, gli stessi saranno adeguatamente dimensionati.

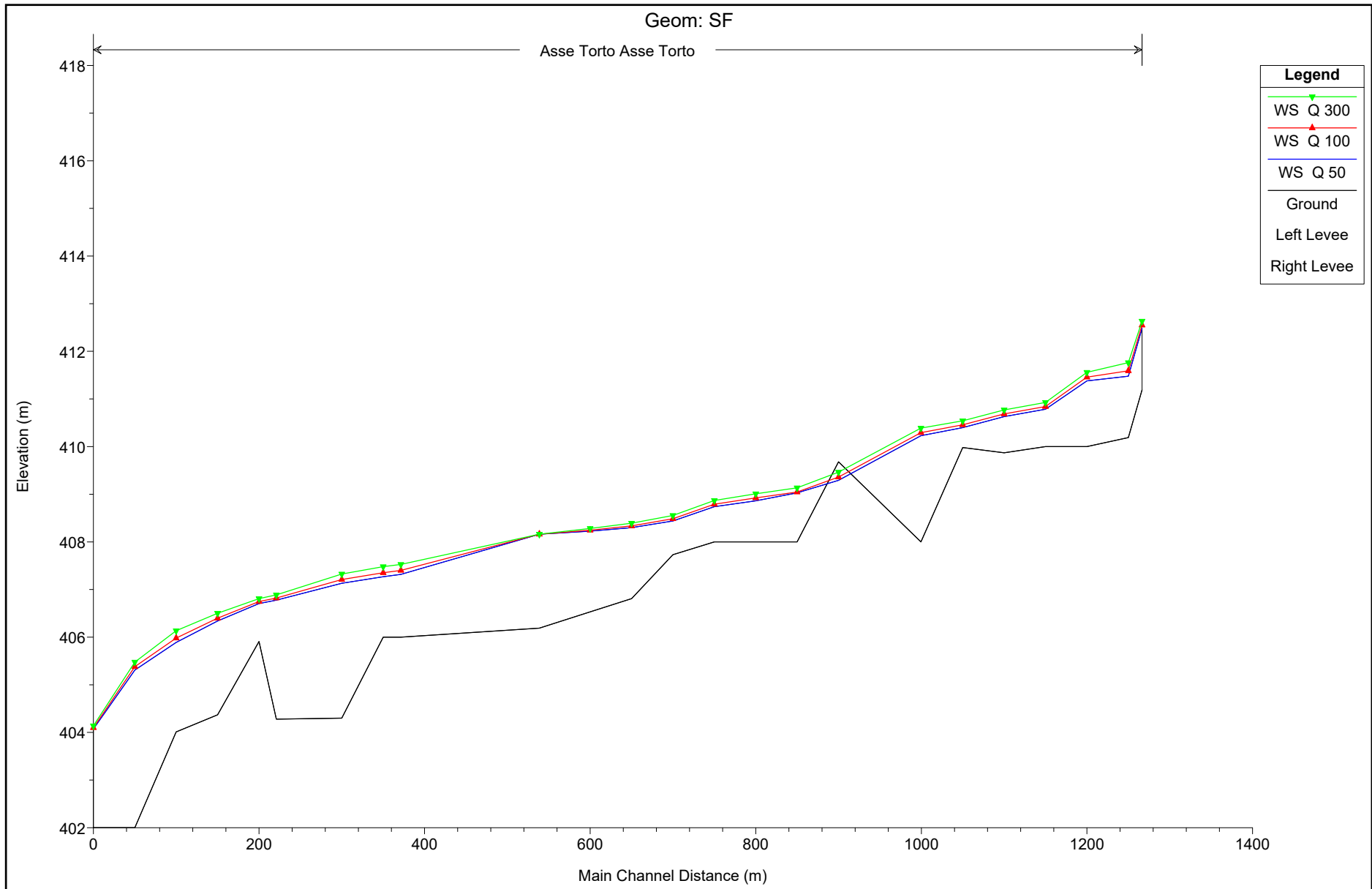
## **9. ALLEGATI**

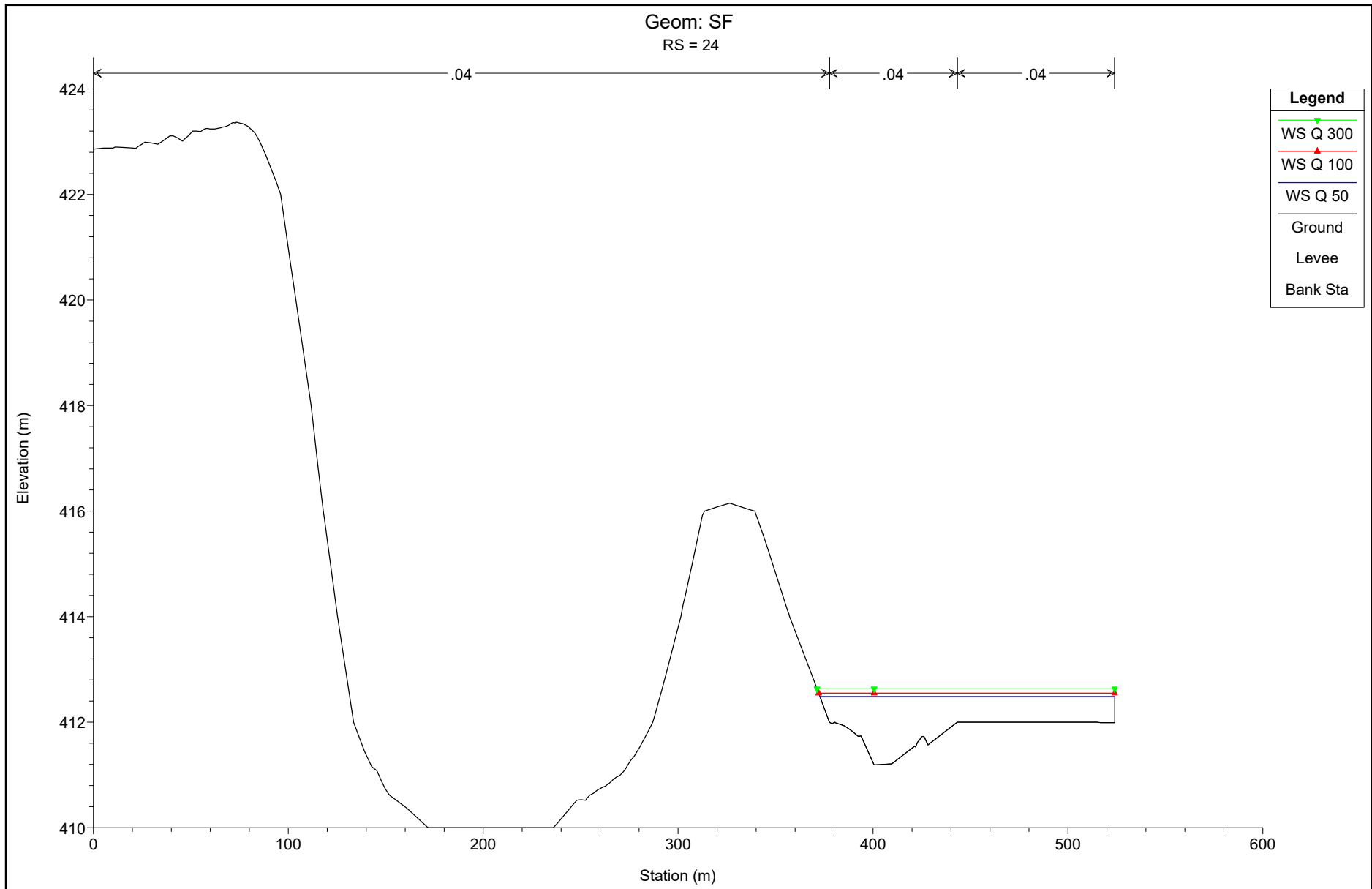
I risultati delle verifiche verranno mostrati di seguito.

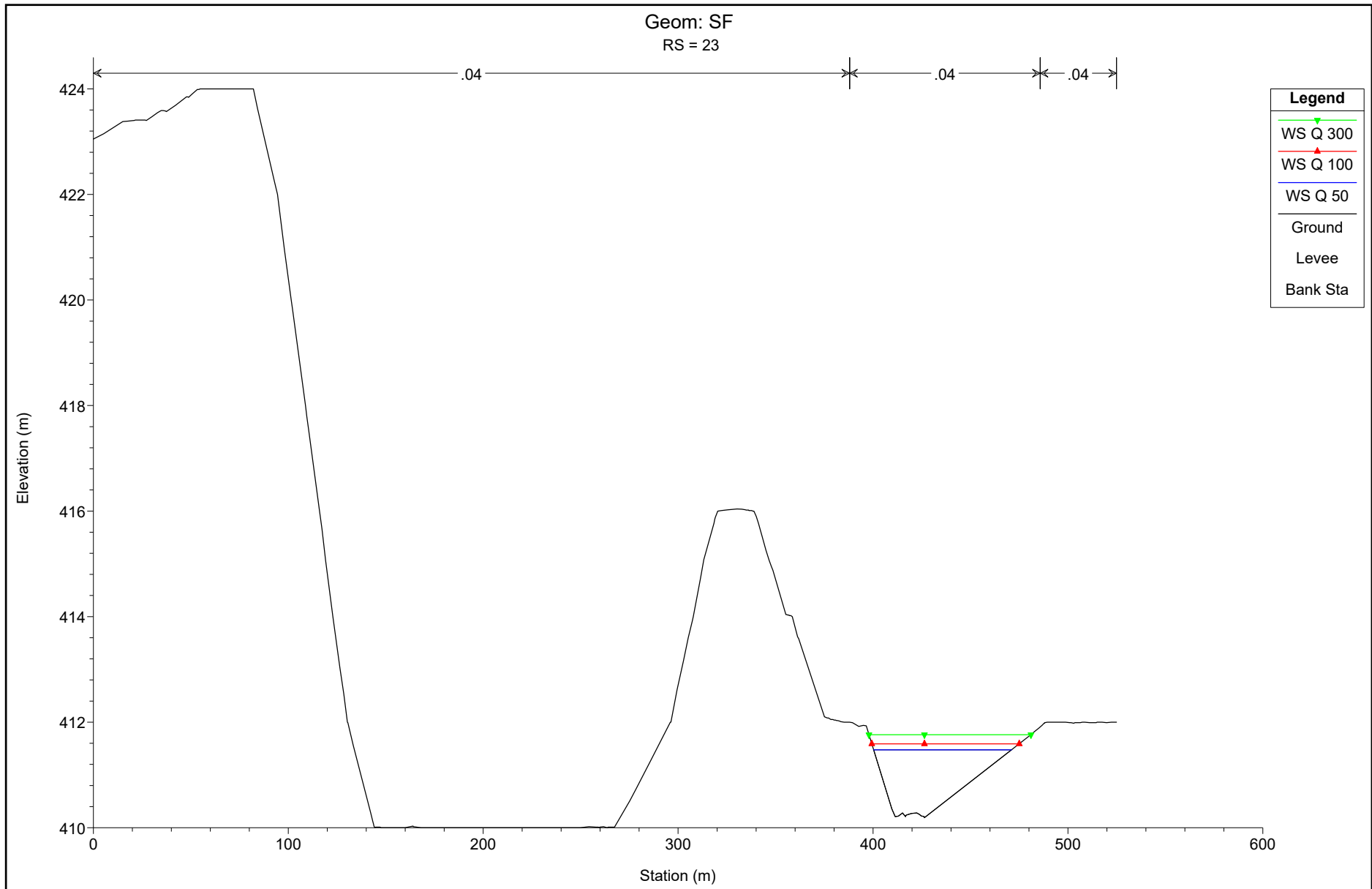
# ASSE TORTO\_ STATO DI FATTO

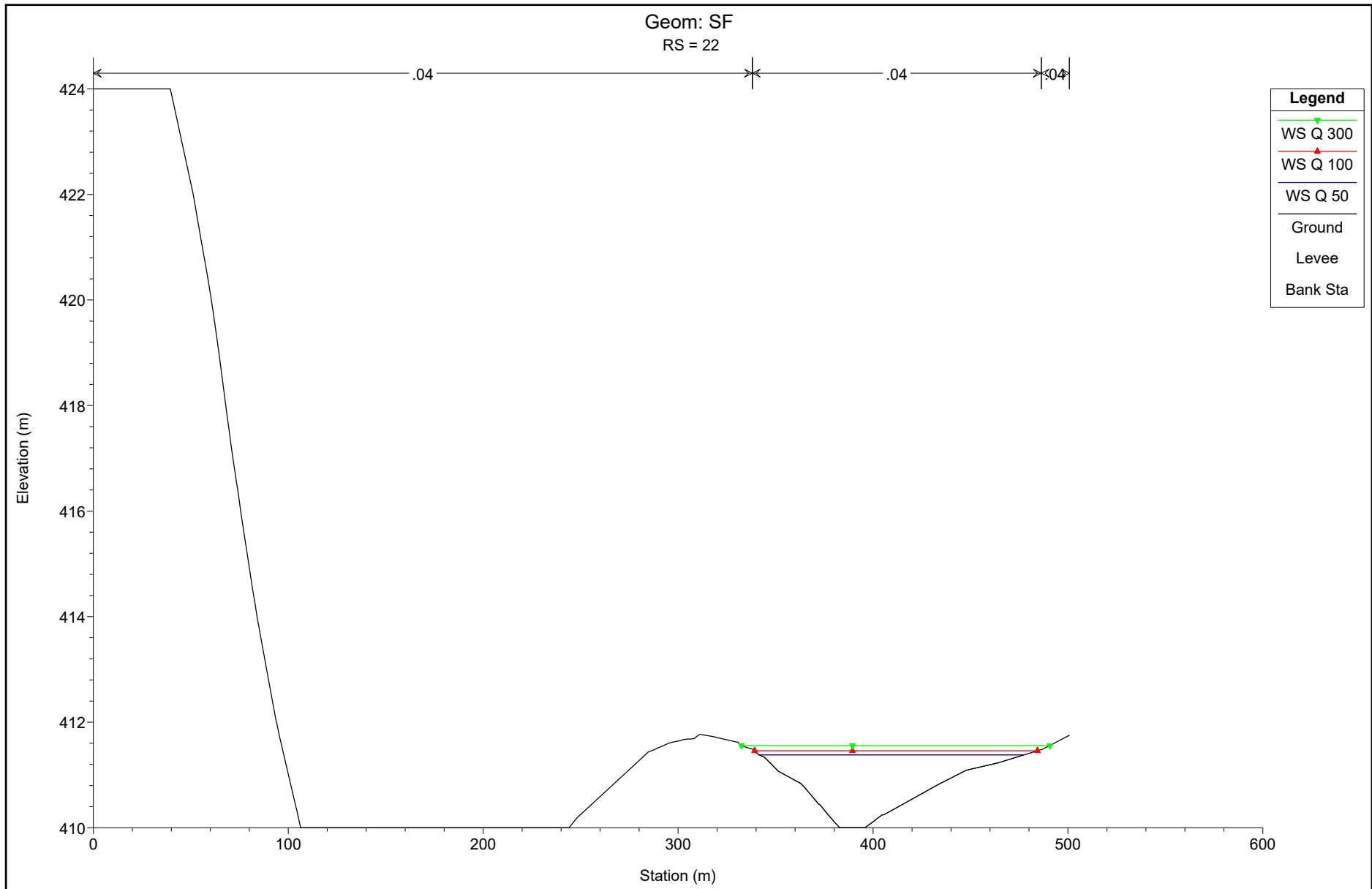


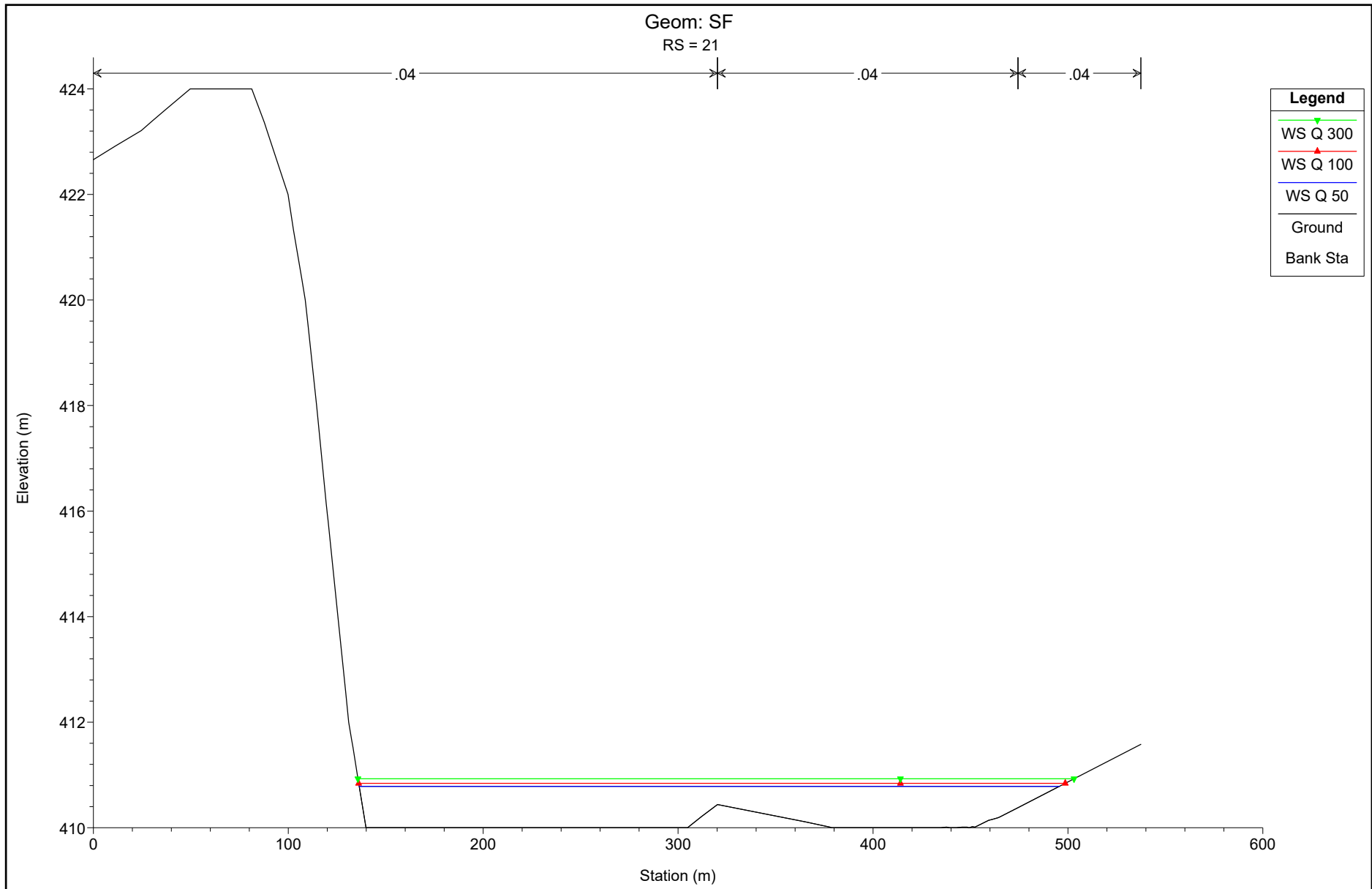


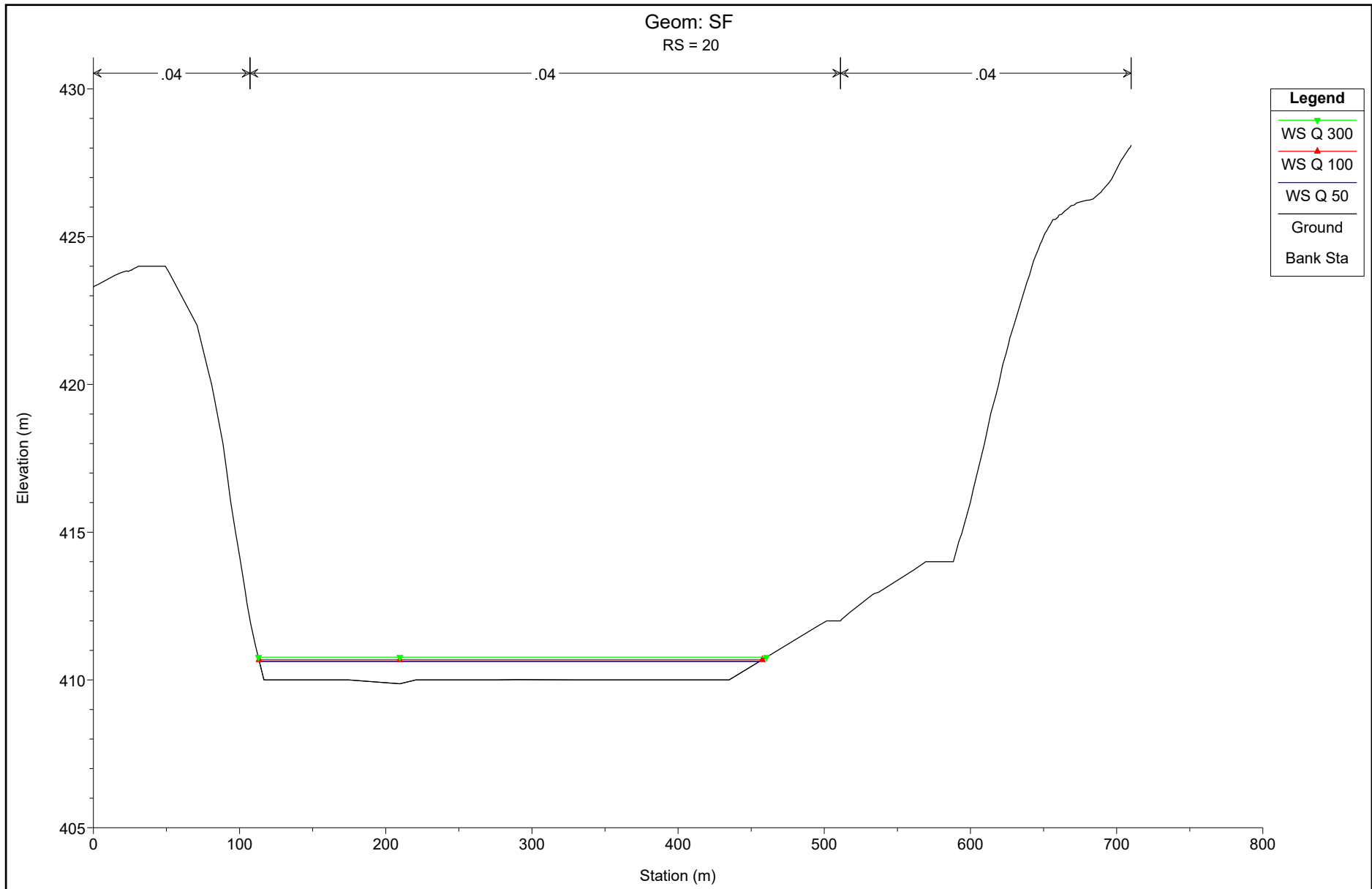


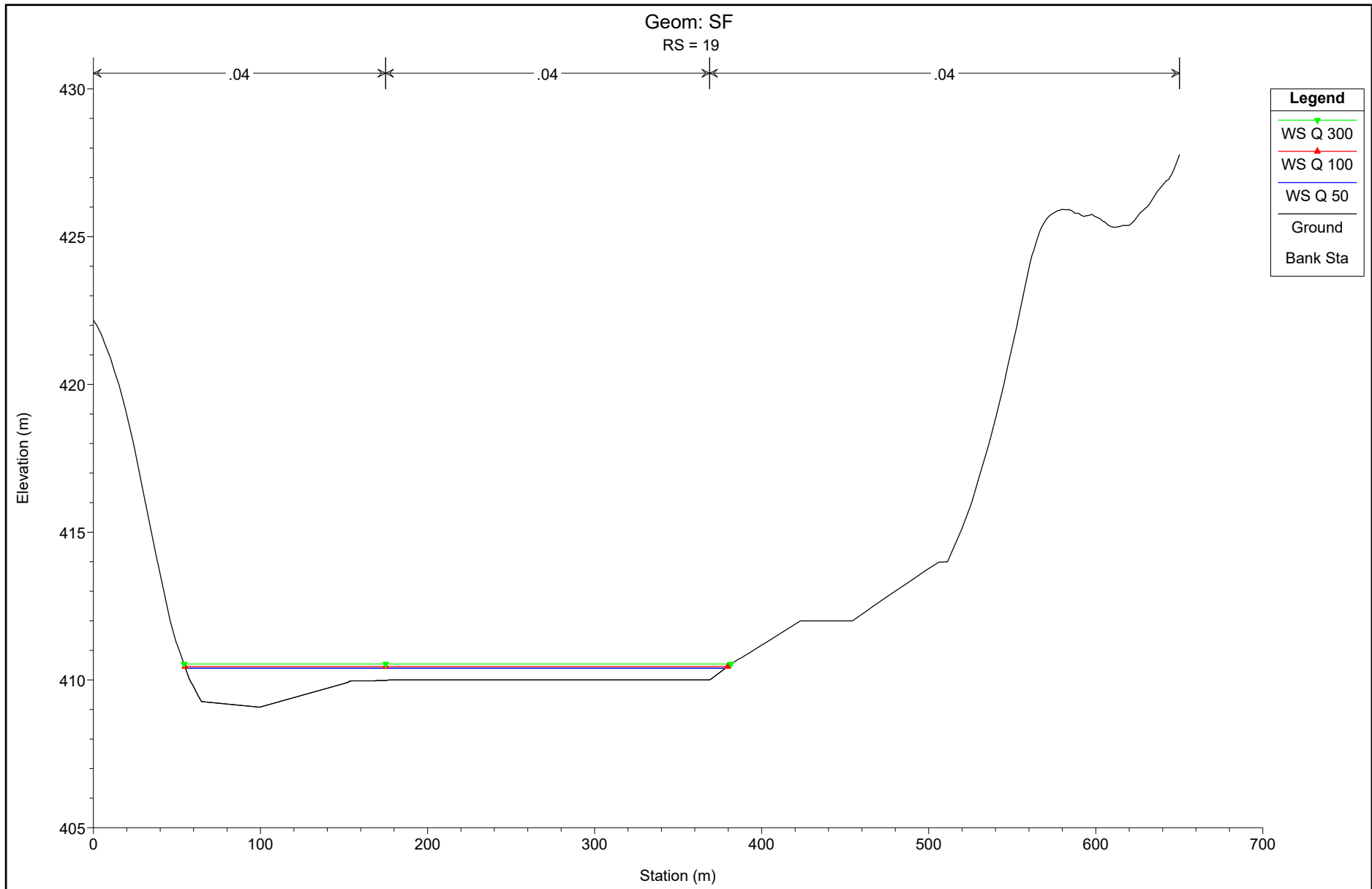


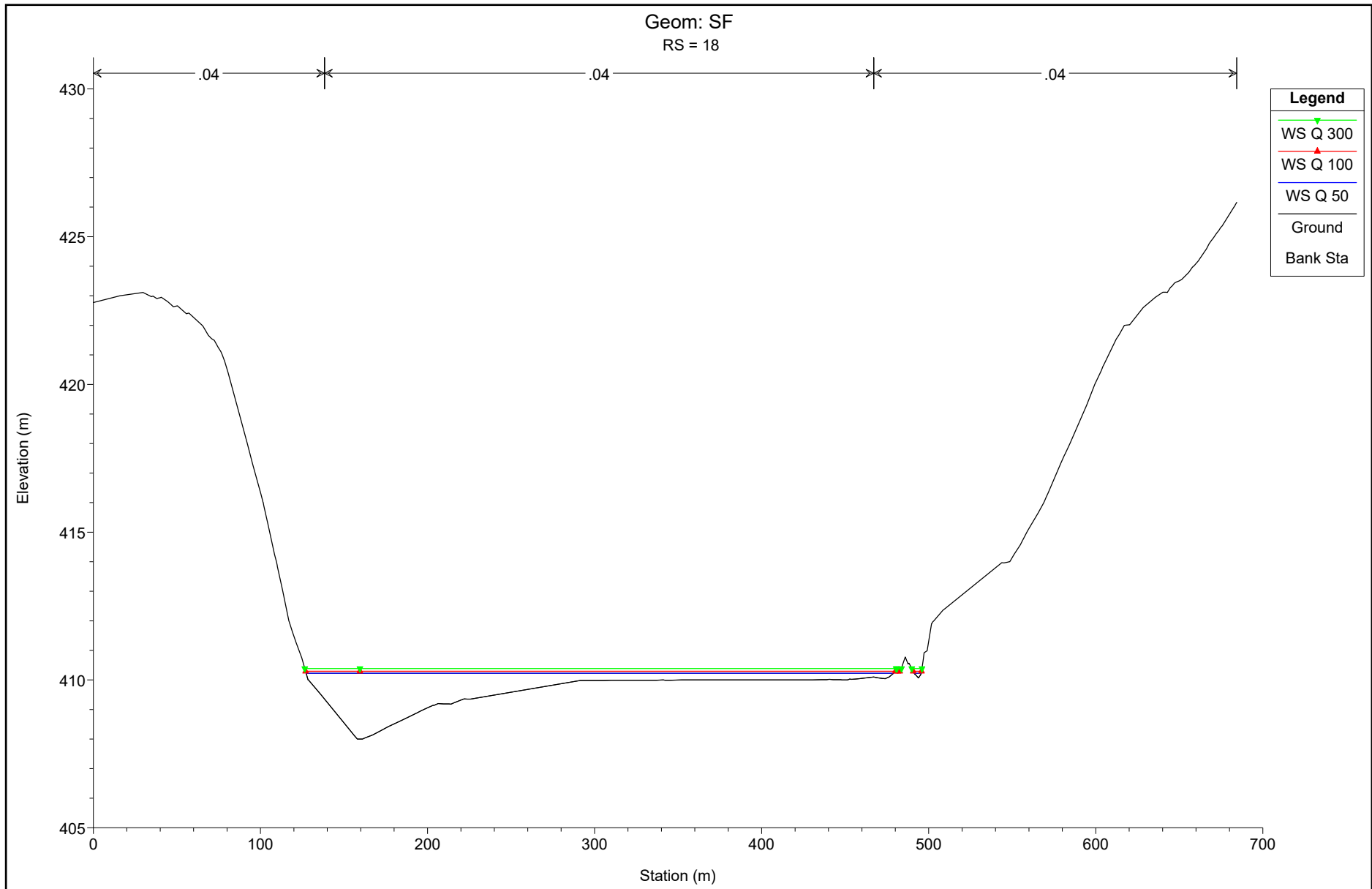




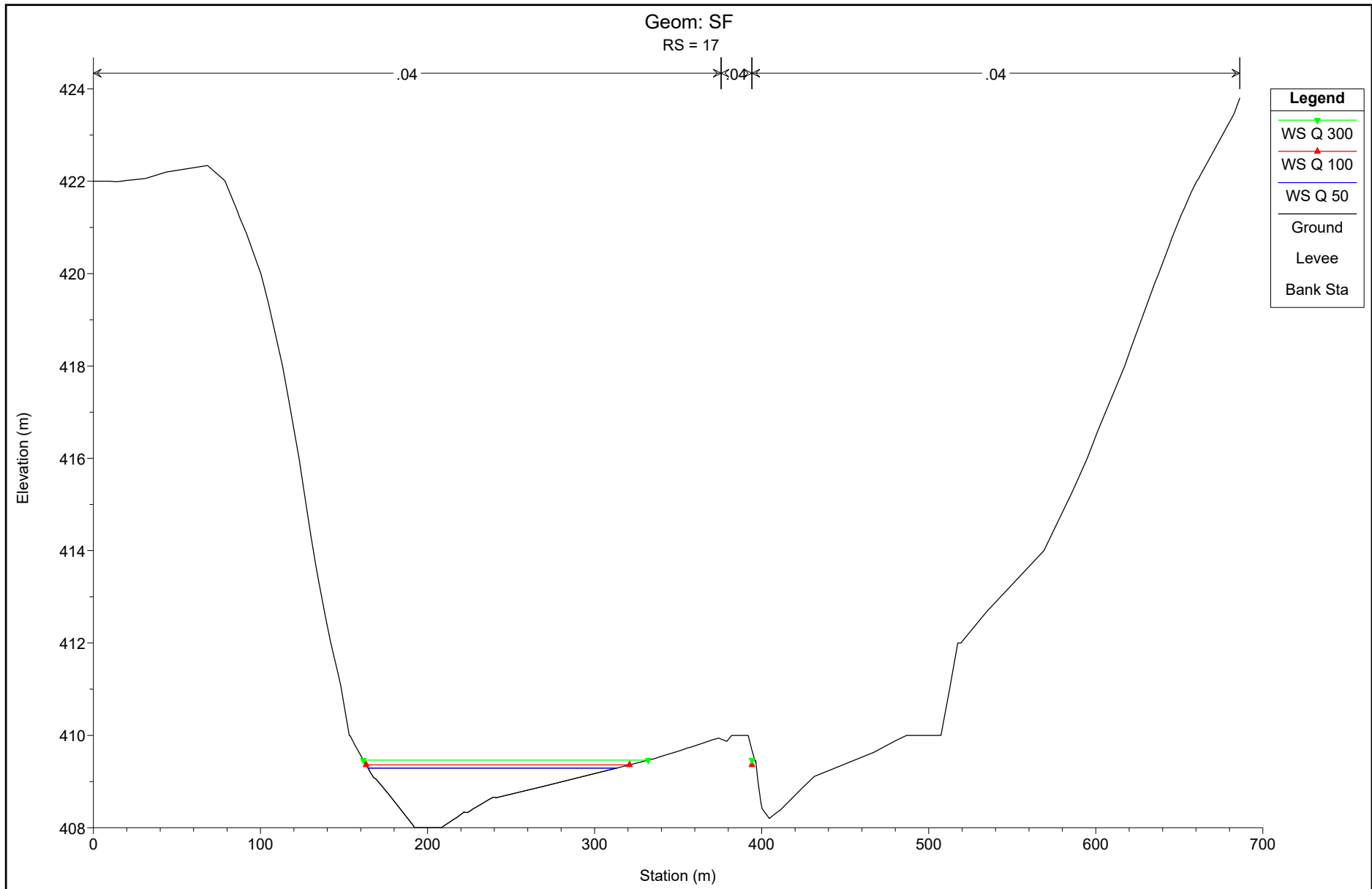


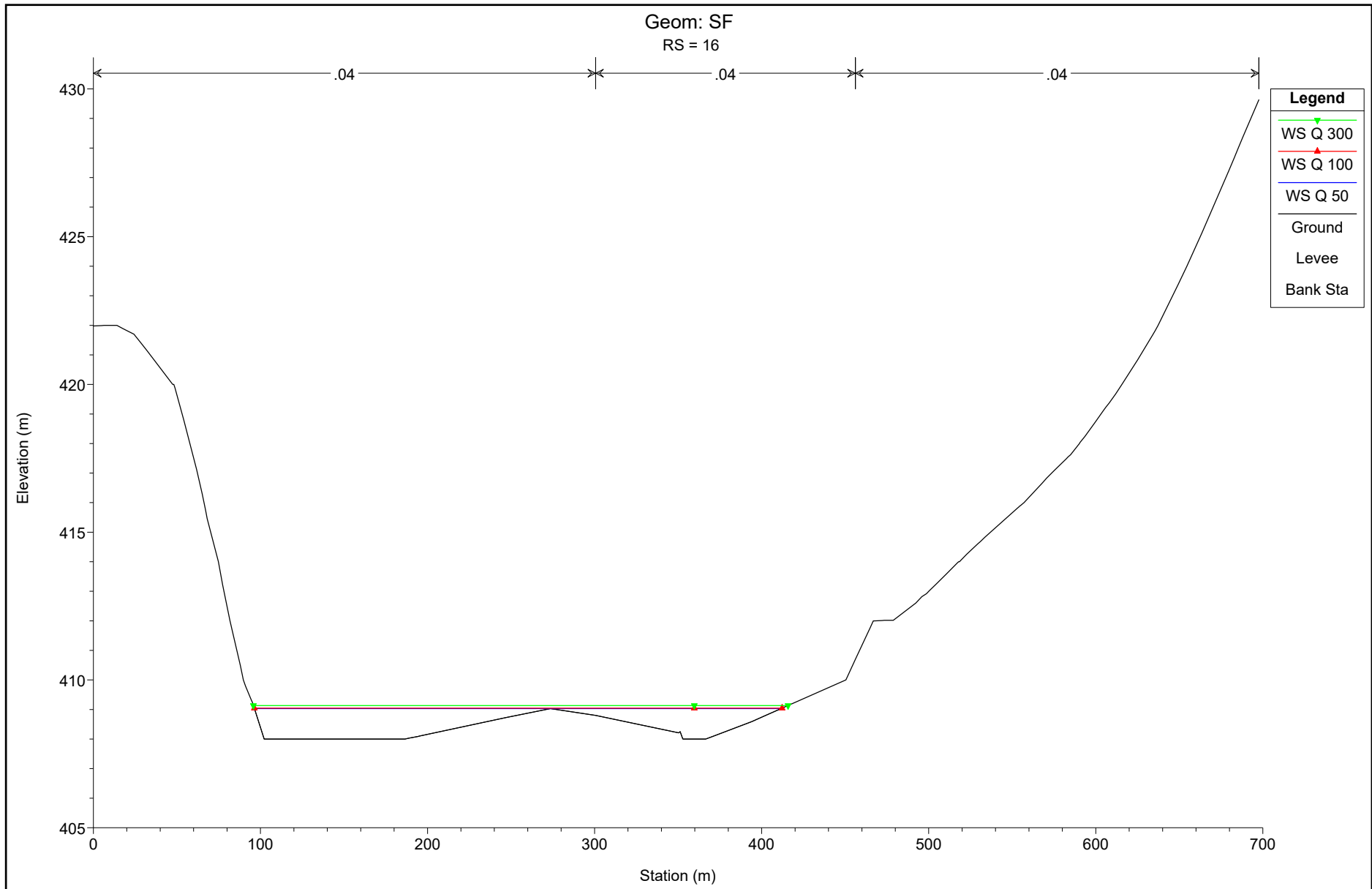


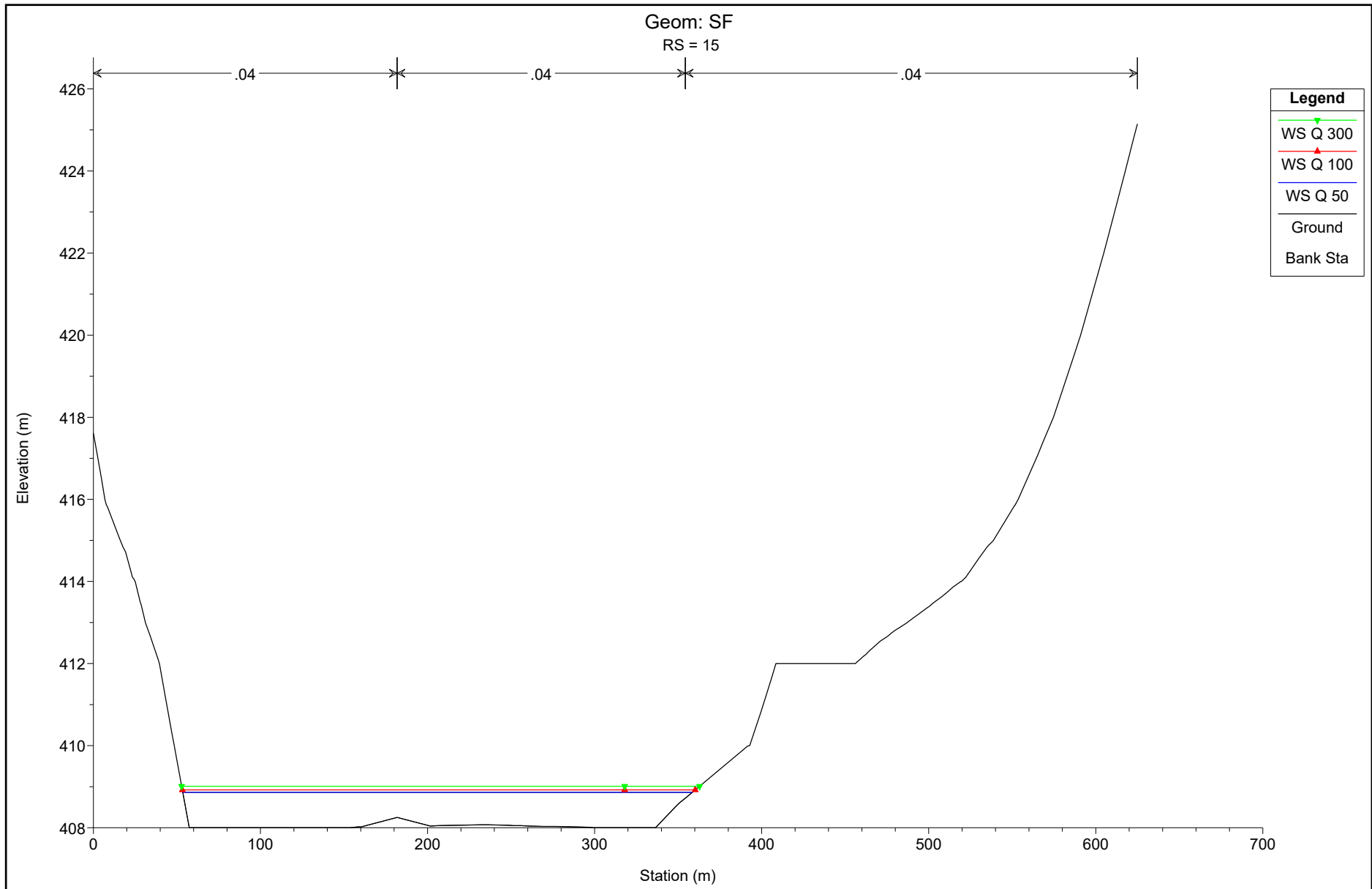


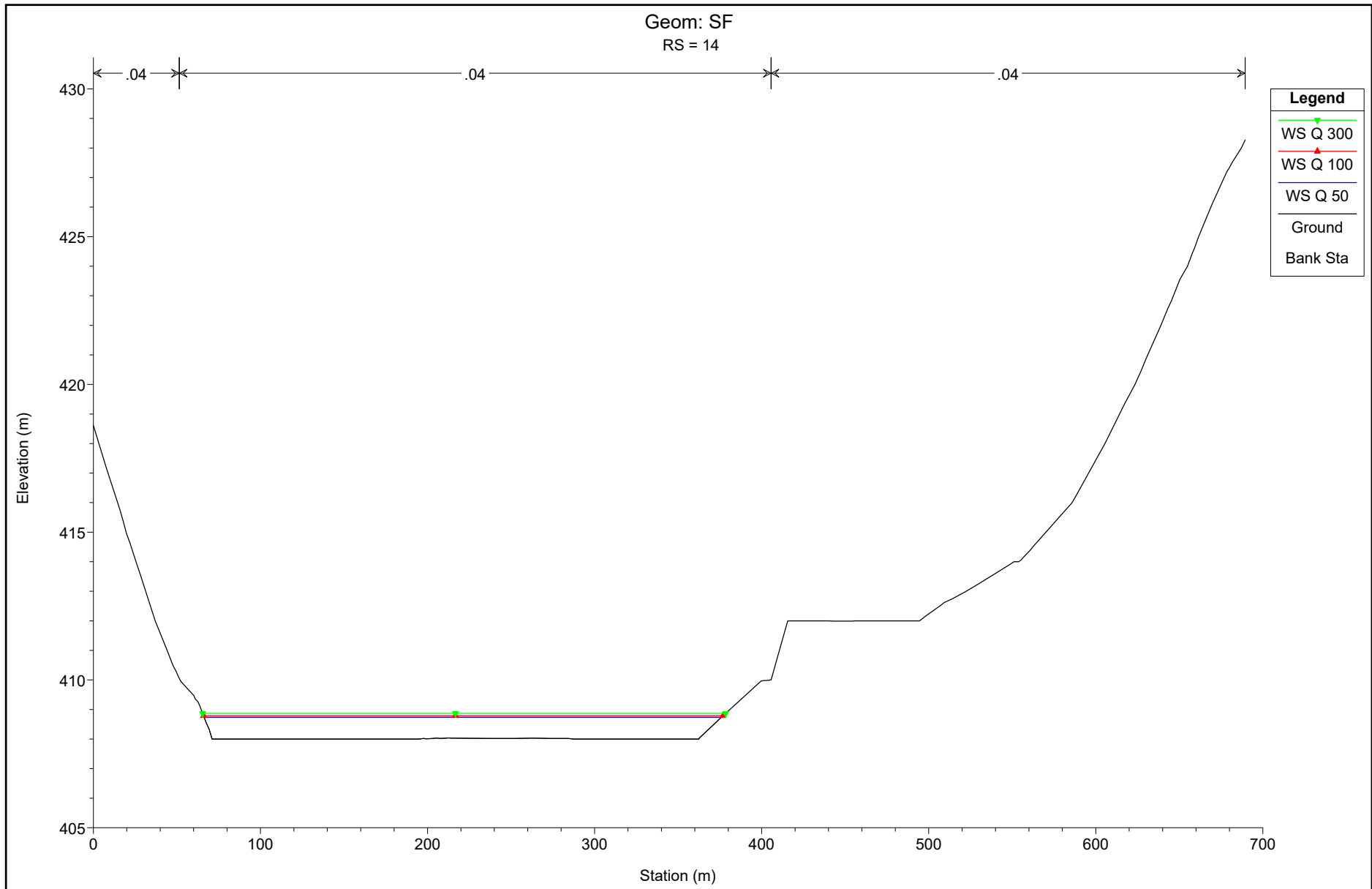


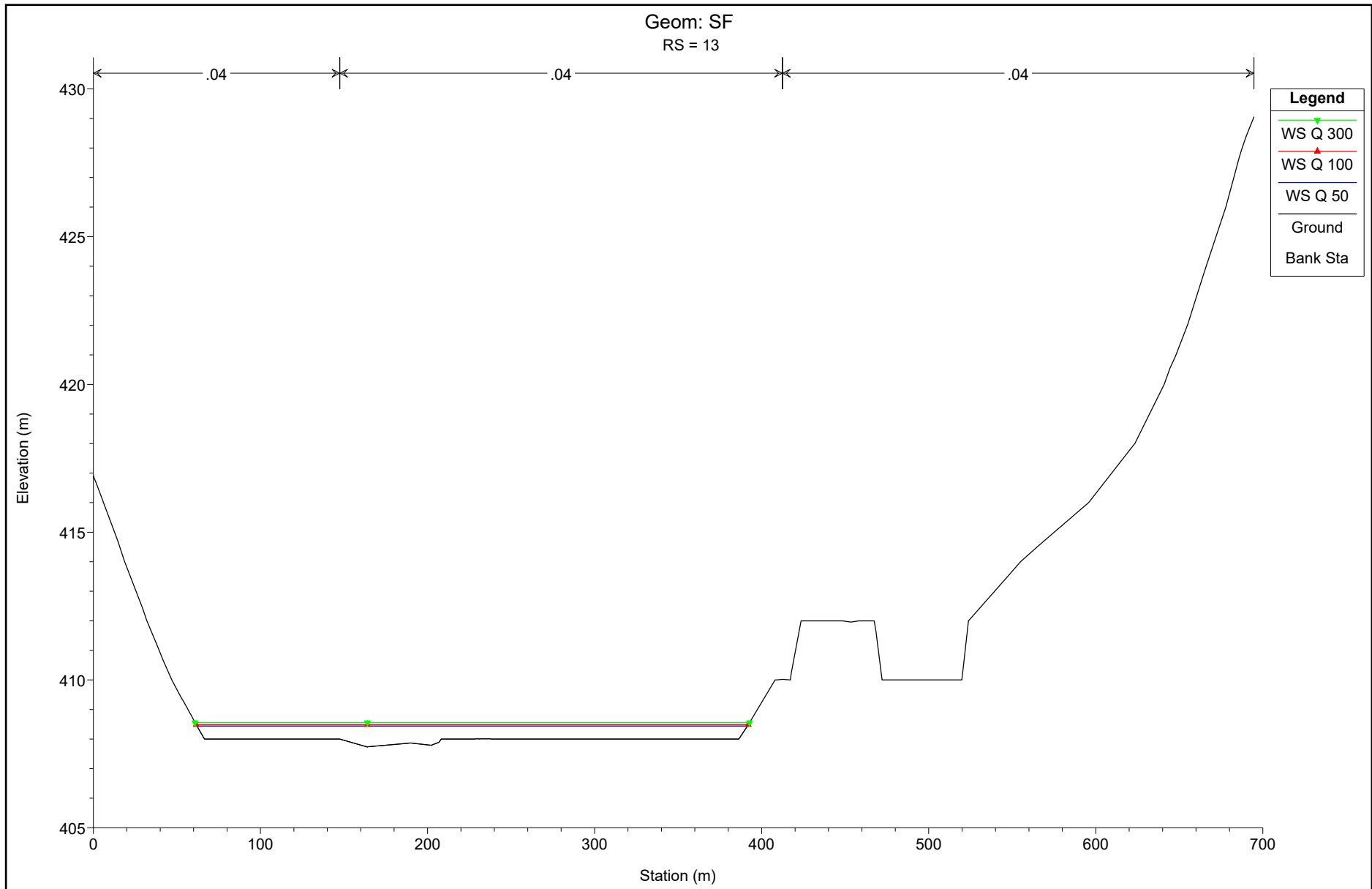


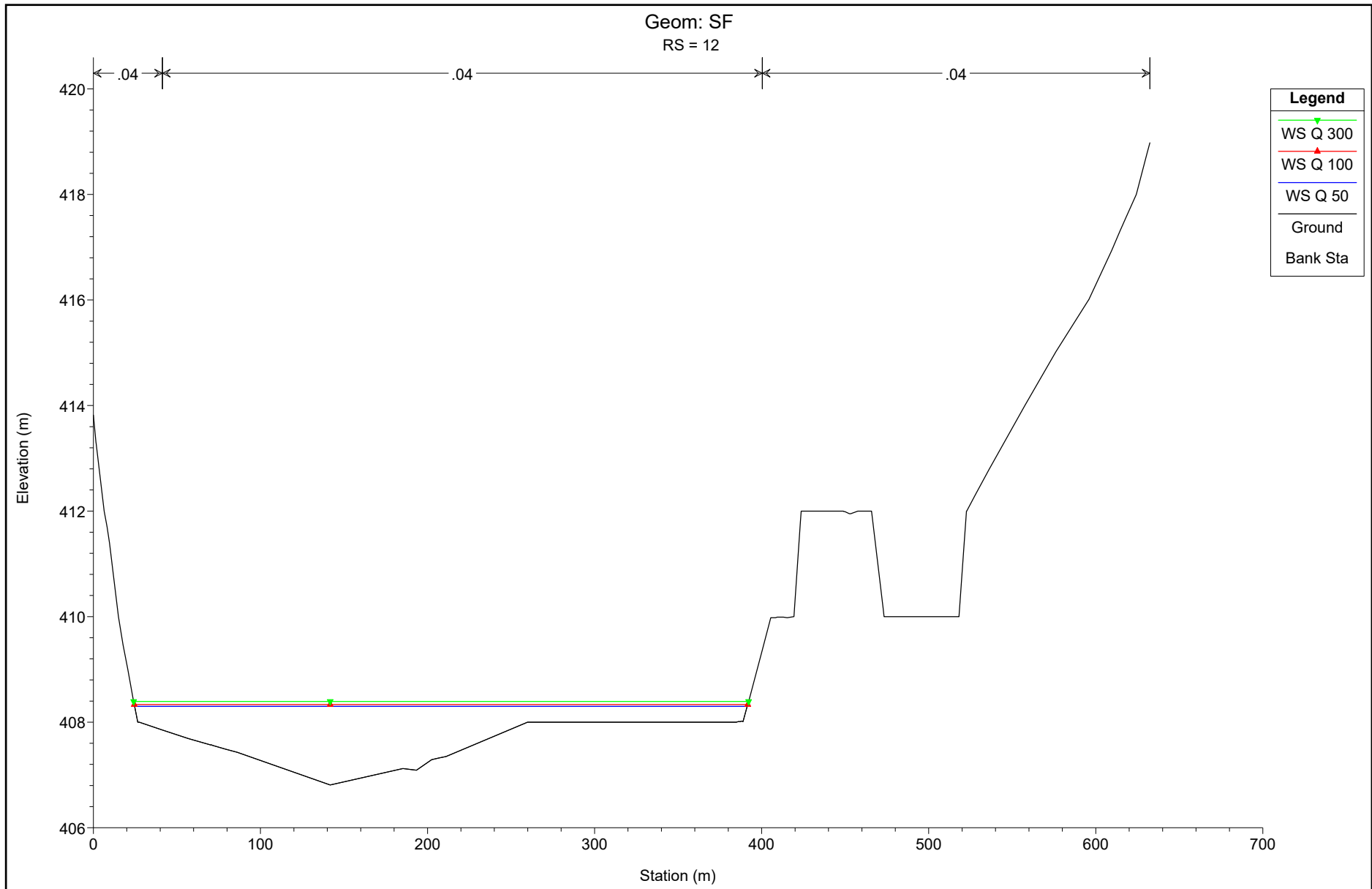


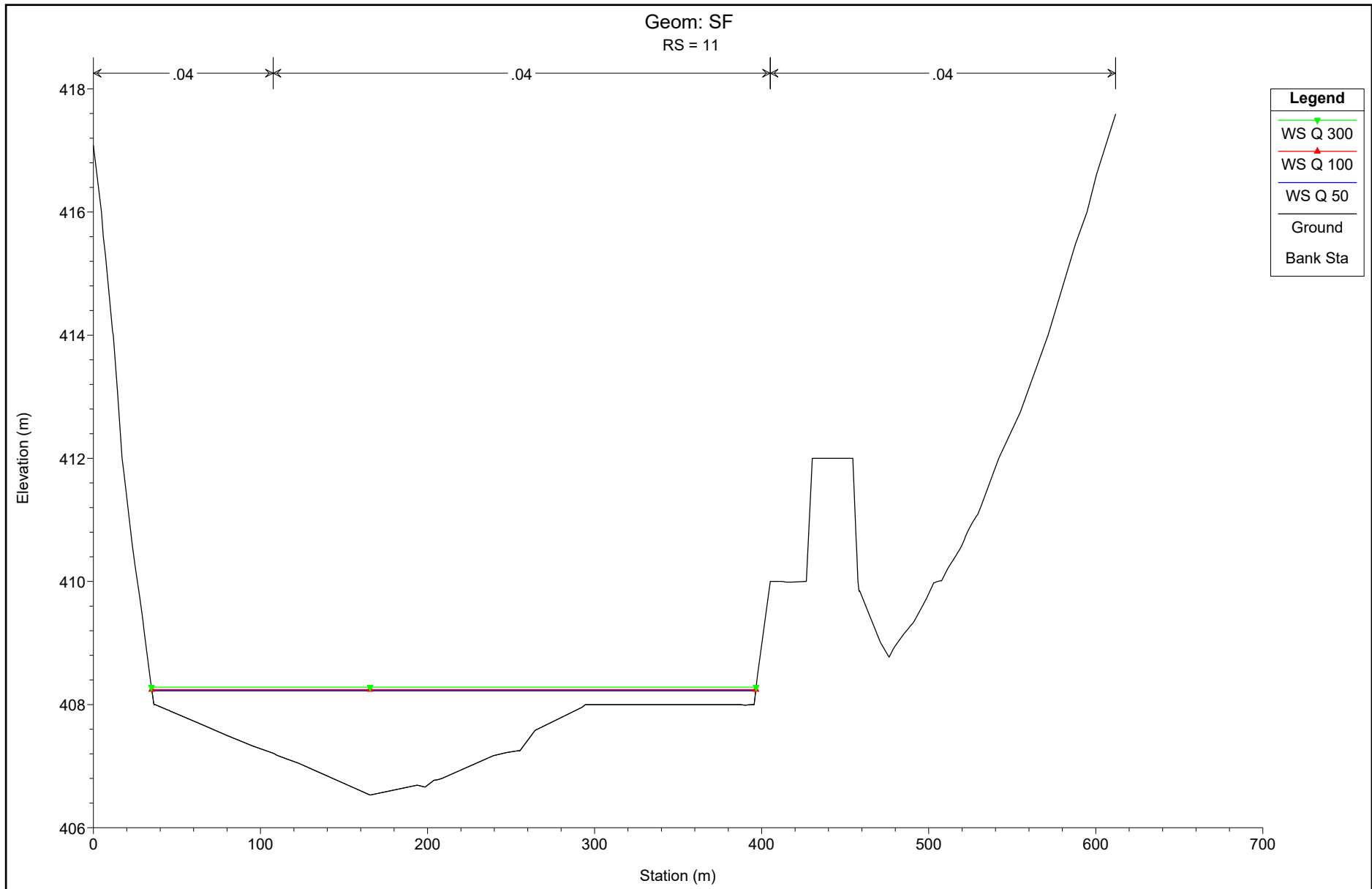


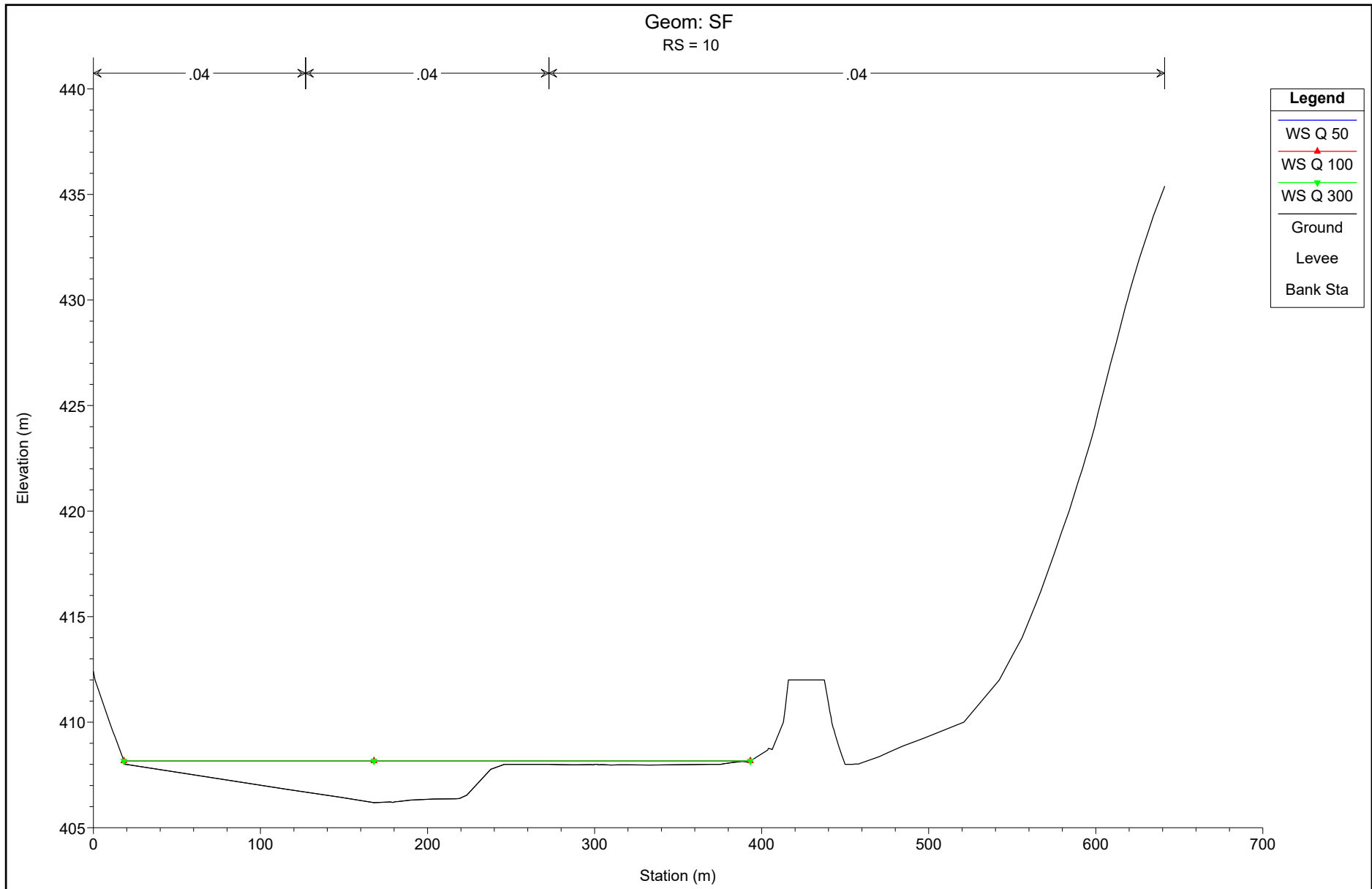




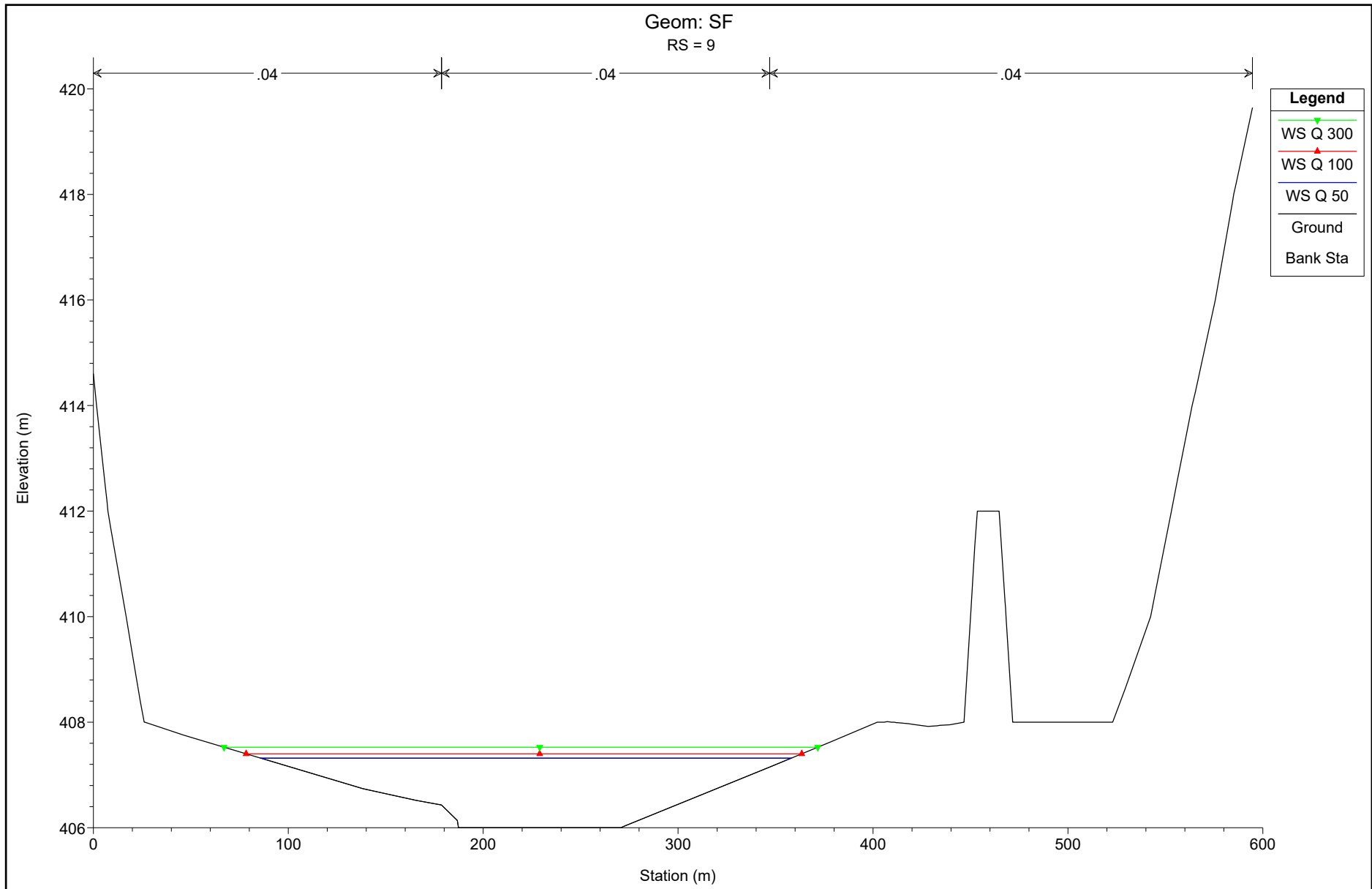


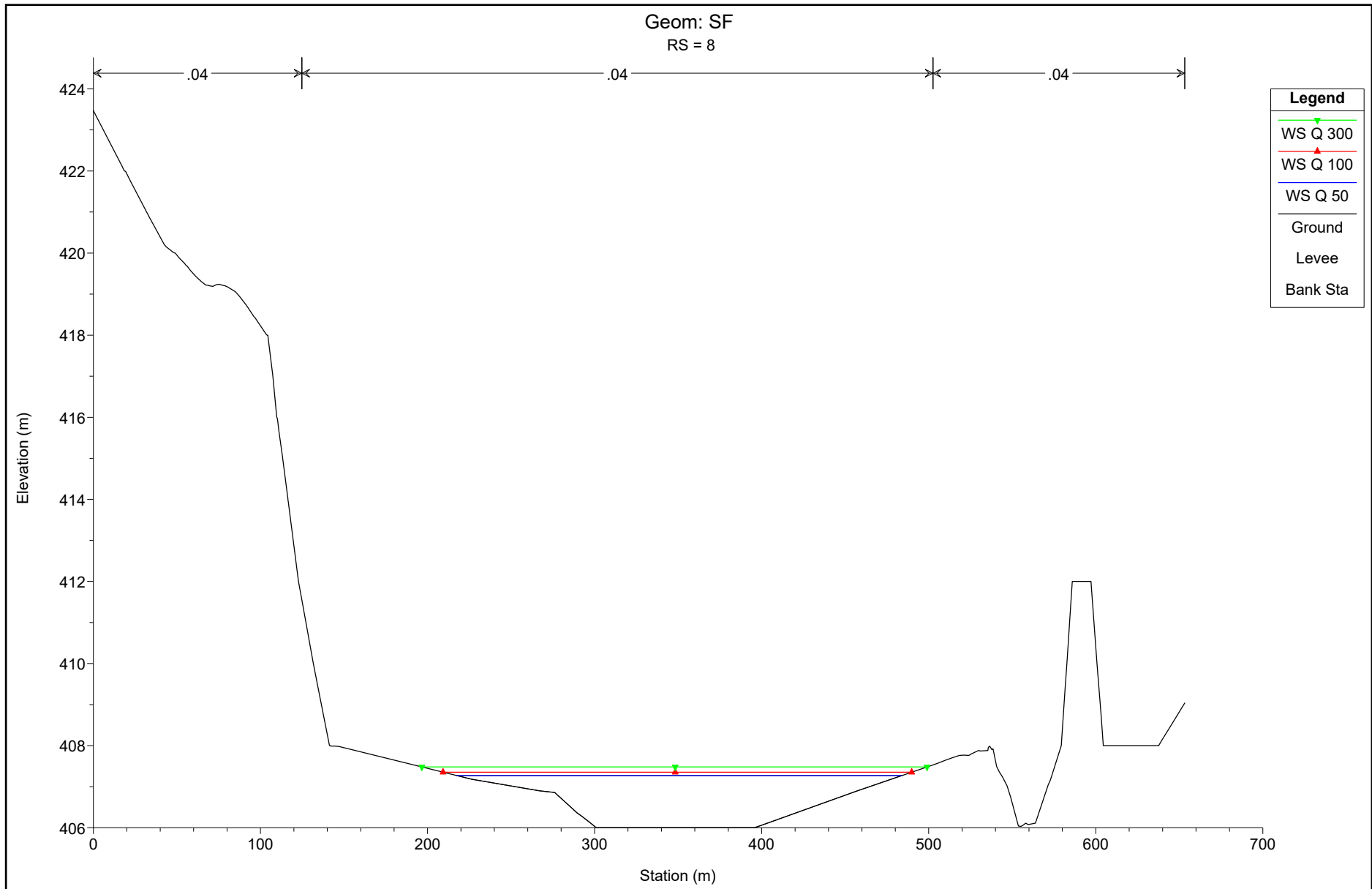


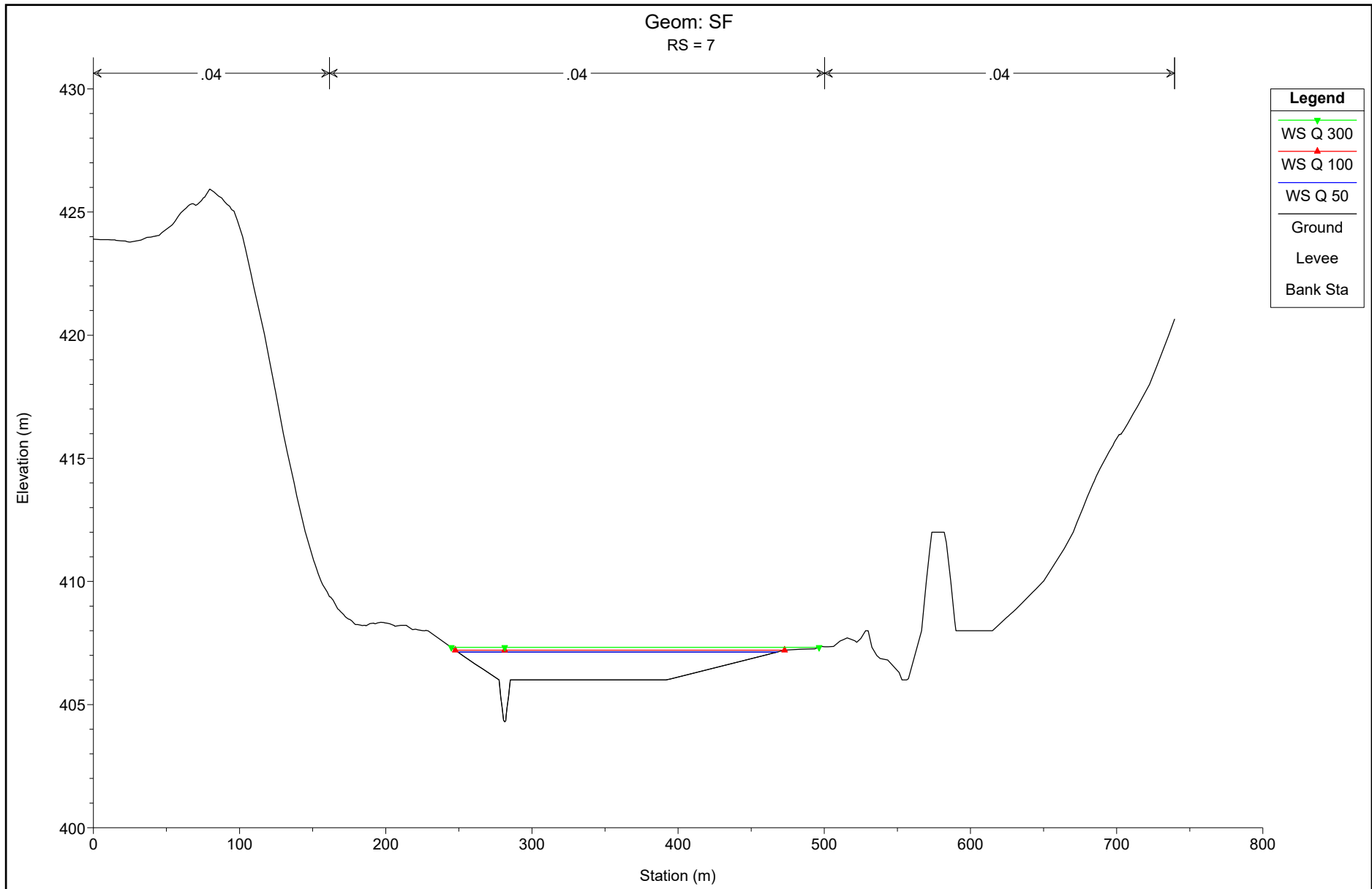


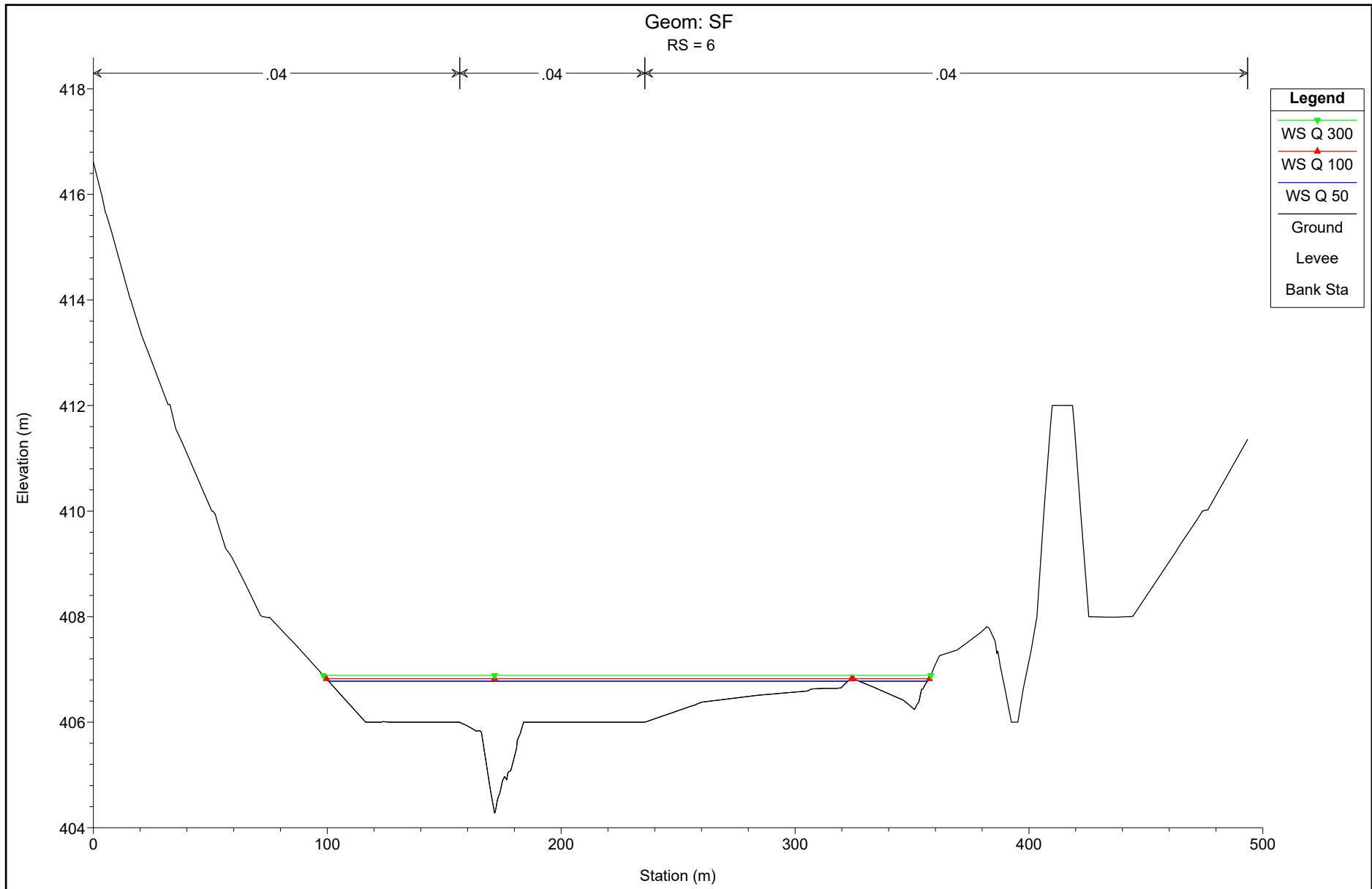


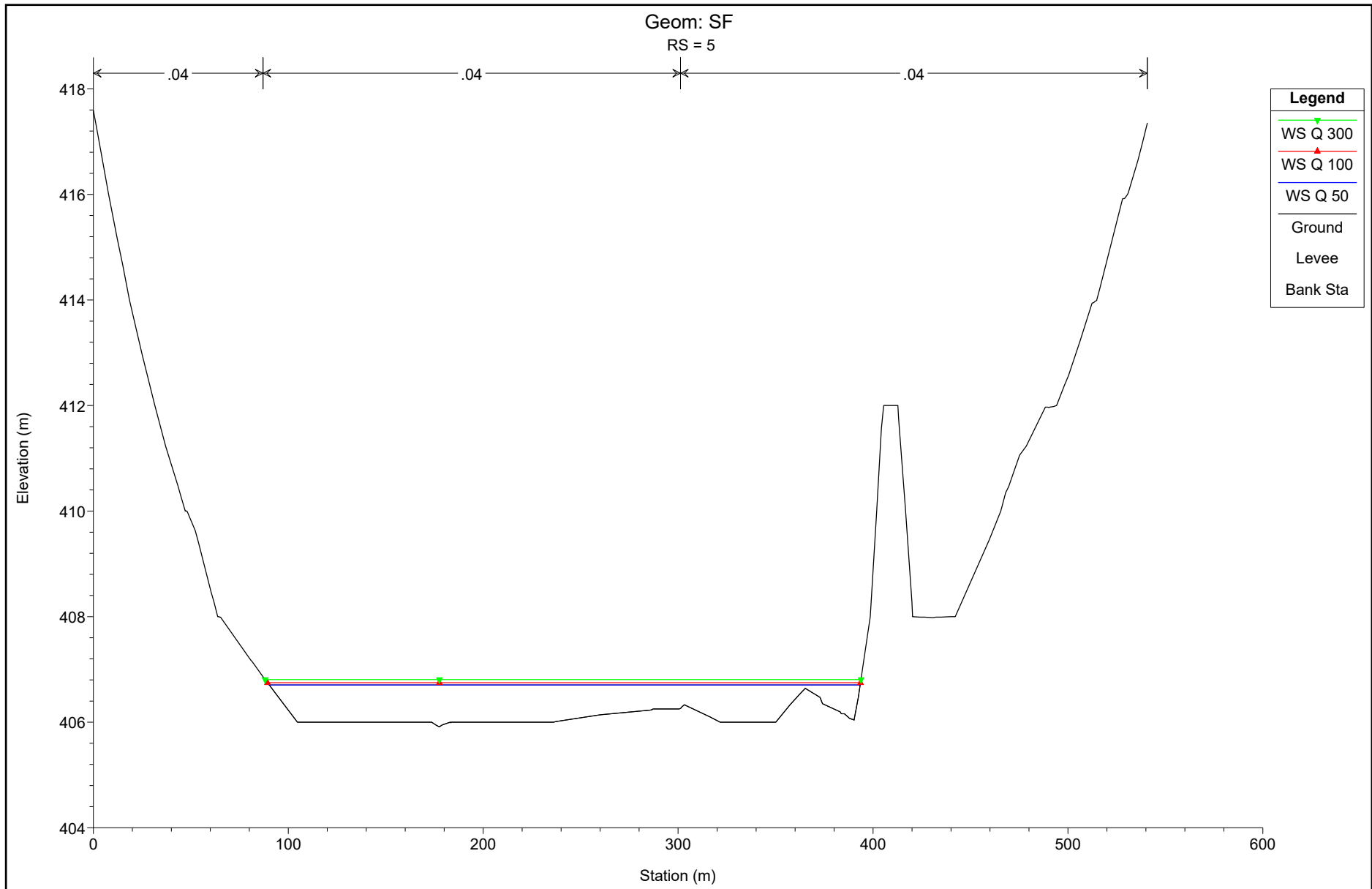


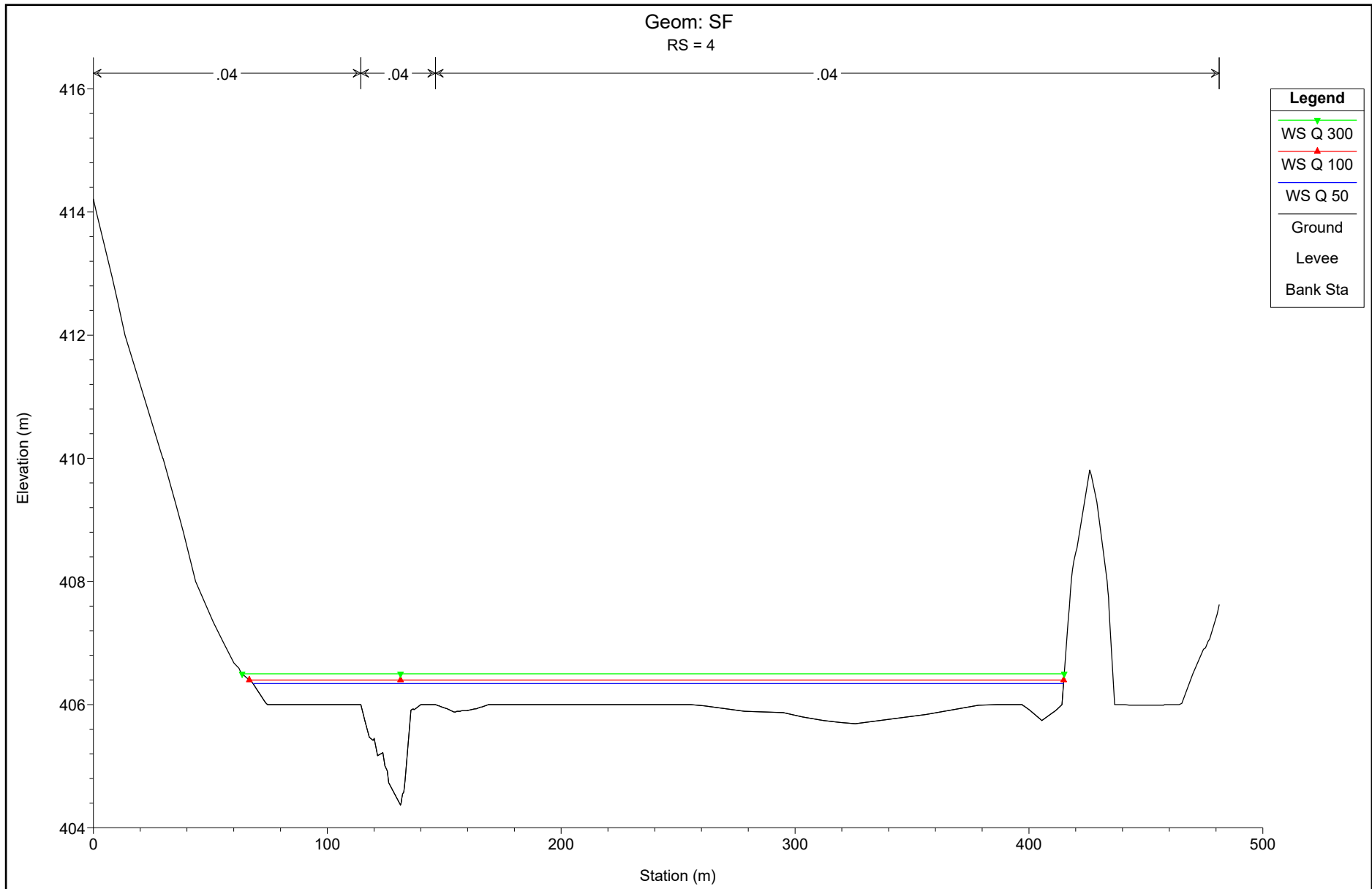


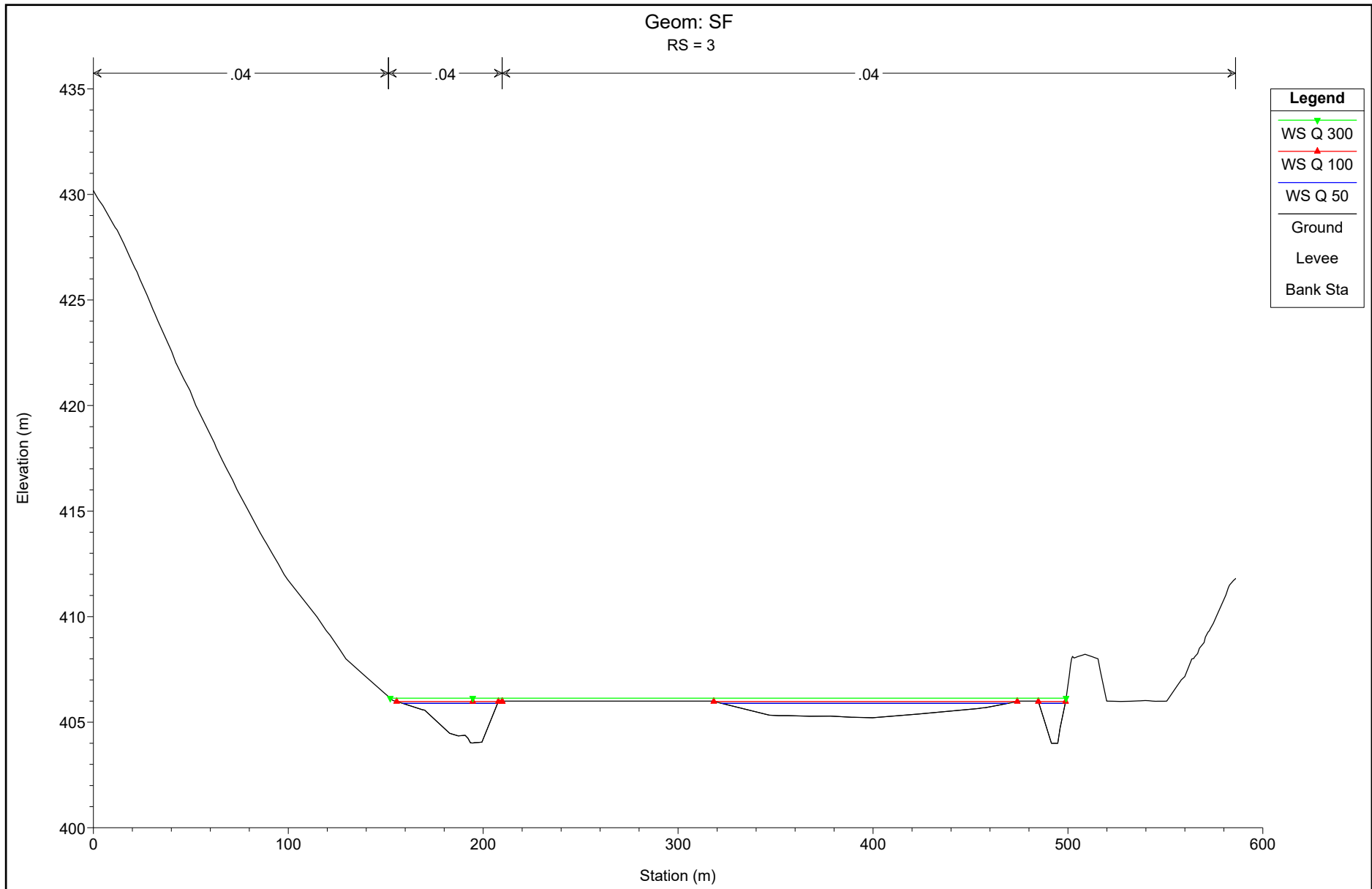


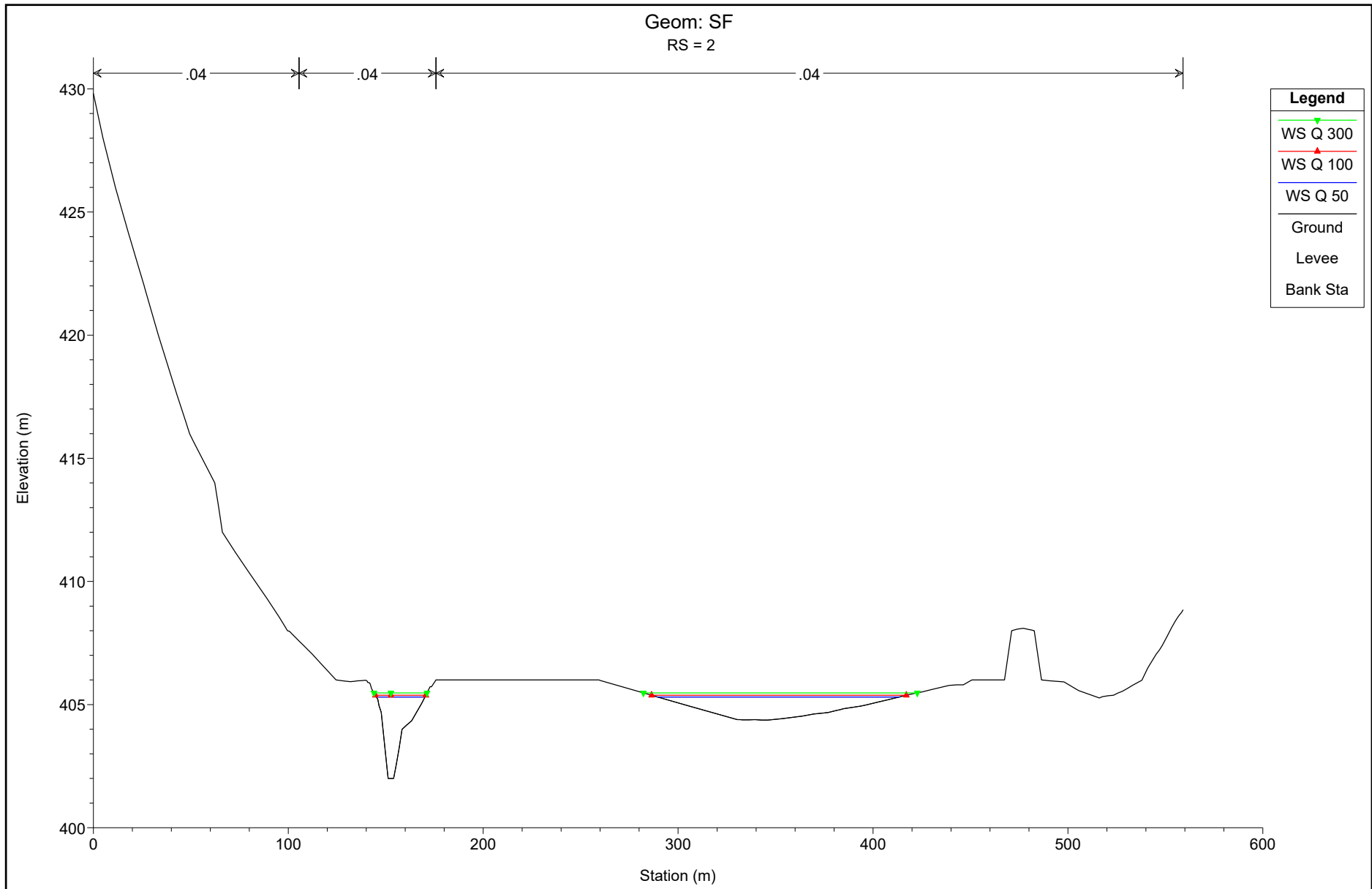




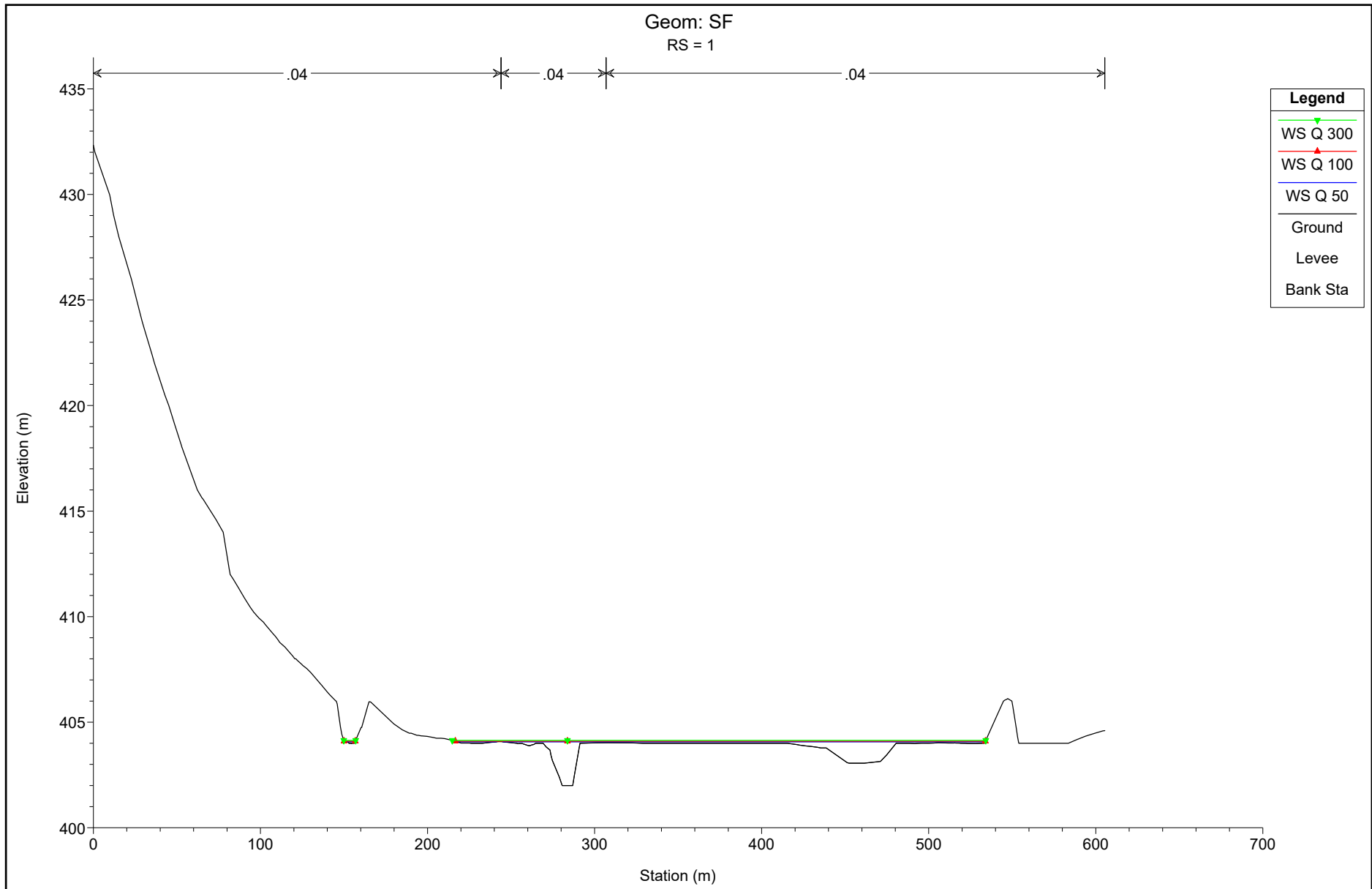












HEC-RAS Plan: 1 River: Asse Torto Reach: Asse Torto

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Asse Torto	24	Q 50	227.95	411.19	412.48	412.48	412.79	0.014156	2.71	97.46	151.20	0.93
Asse Torto	24	Q 100	262.52	411.19	412.55	412.55	412.88	0.013781	2.81	107.62	151.87	0.93
Asse Torto	24	Q 300	316.45	411.19	412.63	412.63	413.01	0.014104	3.01	120.31	152.70	0.95
Asse Torto	23	Q 50	227.95	410.19	411.48	411.76	412.37	0.039666	4.18	54.53	70.79	1.52
Asse Torto	23	Q 100	262.52	410.19	411.59	411.86	412.48	0.035881	4.18	62.81	75.66	1.46
Asse Torto	23	Q 300	316.45	410.19	411.76	412.08	412.63	0.030606	4.14	76.52	83.09	1.38
Asse Torto	22	Q 50	227.95	410.00	411.38	411.38	411.71	0.017955	2.54	89.76	135.96	1.00
Asse Torto	22	Q 100	262.52	410.00	411.46	411.46	411.80	0.017702	2.61	100.69	145.05	1.00
Asse Torto	22	Q 300	316.45	410.00	411.56	411.56	411.94	0.016638	2.73	116.10	158.30	0.99
Asse Torto	21	Q 50	227.95	410.00	410.78	410.42	410.83	0.002161	0.89	246.74	359.17	0.35
Asse Torto	21	Q 100	262.52	410.00	410.84	410.46	410.89	0.002200	0.95	267.94	362.52	0.36
Asse Torto	21	Q 300	316.45	410.00	410.93	410.52	410.99	0.002242	1.03	299.35	367.43	0.37
Asse Torto	20	Q 50	227.95	409.87	410.63		410.69	0.003595	1.08	210.38	342.22	0.44
Asse Torto	20	Q 100	262.52	409.87	410.69		410.75	0.003588	1.14	229.68	344.36	0.45
Asse Torto	20	Q 300	316.45	409.87	410.77		410.85	0.003554	1.22	258.60	347.54	0.45
Asse Torto	19	Q 50	227.95	409.98	410.40		410.49	0.004258	0.88	184.96	323.26	0.45
Asse Torto	19	Q 100	262.52	409.98	410.46		410.55	0.004245	0.97	203.62	324.97	0.46
Asse Torto	19	Q 300	316.45	409.98	410.54		410.65	0.004179	1.07	231.62	327.53	0.47
Asse Torto	18	Q 50	227.95	408.00	410.23		410.29	0.003433	1.07	214.19	355.86	0.43
Asse Torto	18	Q 100	262.52	408.00	410.29		410.36	0.003276	1.12	237.13	359.06	0.43
Asse Torto	18	Q 300	316.45	408.00	410.39		410.46	0.003084	1.18	271.23	362.74	0.43
Asse Torto	17	Q 50	227.95	409.68	409.29	409.29	409.60	0.018169		92.74	148.85	0.00
Asse Torto	17	Q 100	262.52	409.68	409.36	409.36	409.69	0.018106		103.40	157.66	0.00
Asse Torto	17	Q 300	316.45	409.68	409.46	409.46	409.82	0.017727		120.12	170.55	0.00
Asse Torto	16	Q 50	227.95	408.00	409.03	409.03	409.09	0.003574	1.06	203.75	315.24	0.44
Asse Torto	16	Q 100	262.52	408.00	409.05	409.03	409.13	0.004396	1.19	208.59	315.94	0.49
Asse Torto	16	Q 300	316.45	408.00	409.13	409.03	409.23	0.004242	1.26	236.99	320.02	0.49

HEC-RAS Plan: 1 River: Asse Torto Reach: Asse Torto (Continued)

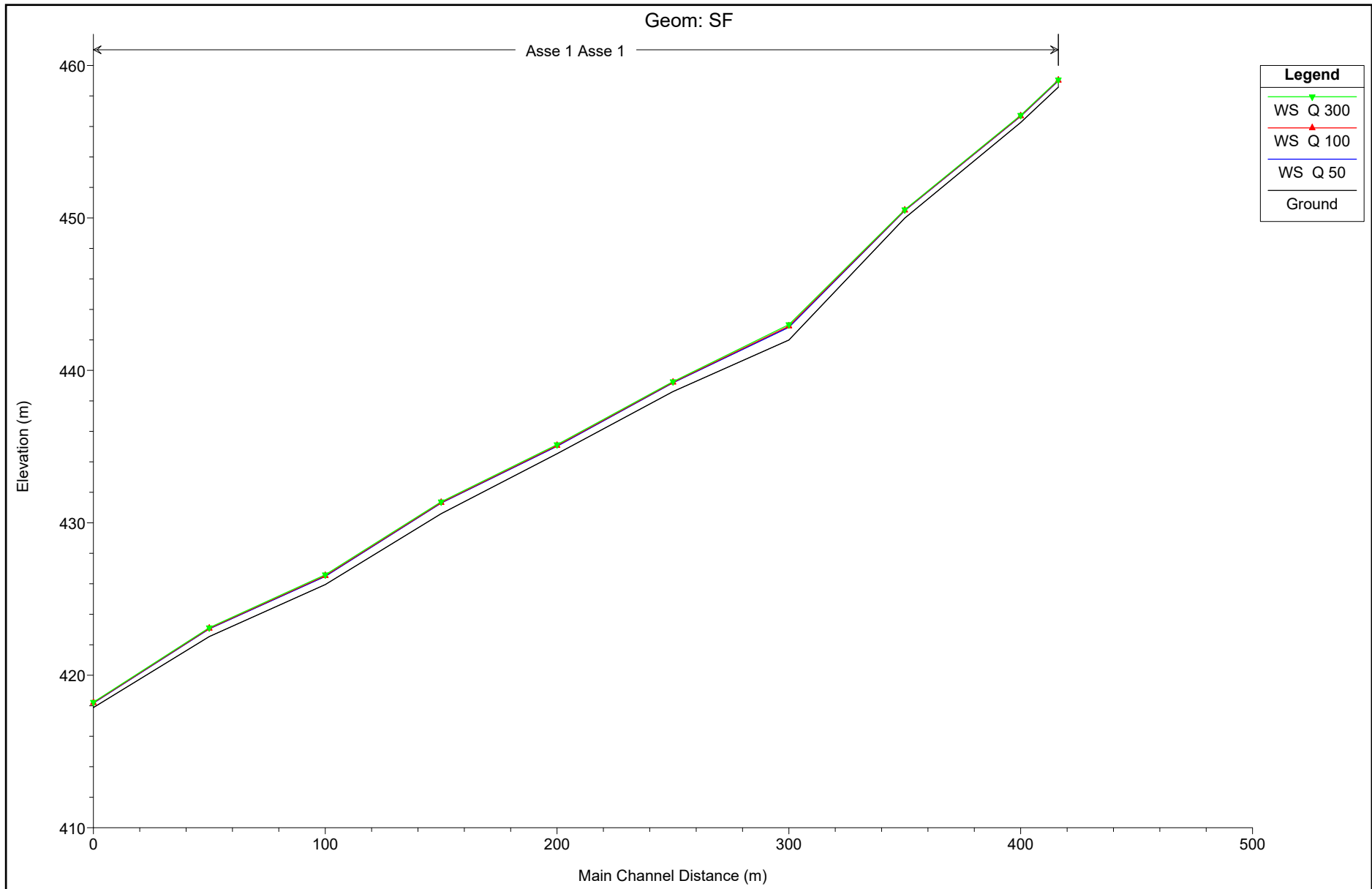
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Asse Torto	15	Q 50	227.95	408.00	408.86	408.44	408.91	0.001928	0.93	241.07	305.00	0.34
Asse Torto	15	Q 100	262.52	408.00	408.92		408.97	0.002014	1.00	259.34	307.03	0.35
Asse Torto	15	Q 300	316.45	408.00	409.01		409.07	0.002122	1.10	286.21	309.98	0.36
Asse Torto	14	Q 50	227.95	408.00	408.74		408.79	0.002726	1.04	219.63	309.65	0.39
Asse Torto	14	Q 100	262.52	408.00	408.79		408.85	0.002861	1.11	236.02	311.03	0.41
Asse Torto	14	Q 300	316.45	408.00	408.87		408.95	0.003017	1.21	260.54	313.07	0.43
Asse Torto	13	Q 50	227.95	407.73	408.44		408.55	0.009960	1.52	152.52	329.50	0.70
Asse Torto	13	Q 100	262.52	407.73	408.49		408.61	0.009571	1.59	168.22	330.52	0.70
Asse Torto	13	Q 300	316.45	407.73	408.56		408.70	0.009129	1.68	191.21	331.92	0.70
Asse Torto	12	Q 50	227.95	406.81	408.30		408.34	0.001992	0.89	257.06	366.70	0.34
Asse Torto	12	Q 100	262.52	406.81	408.33		408.38	0.002252	0.98	269.91	367.29	0.36
Asse Torto	12	Q 300	316.45	406.81	408.39		408.45	0.002565	1.10	290.72	368.13	0.39
Asse Torto	11	Q 50	227.95	406.53	408.23		408.26	0.001328	0.81	288.64	361.41	0.28
Asse Torto	11	Q 100	262.52	406.53	408.25		408.29	0.001621	0.91	296.02	361.60	0.31
Asse Torto	11	Q 300	316.45	406.53	408.28		408.34	0.002041	1.05	309.24	361.95	0.35
Asse Torto	10	Q 50	227.95	406.19	408.16	408.16	408.19	0.000829	0.87	301.49	375.02	0.24
Asse Torto	10	Q 100	262.52	406.19	408.16	408.16	408.20	0.001099	1.00	301.49	375.02	0.28
Asse Torto	10	Q 300	316.45	406.19	408.16	408.16	408.22	0.001597	1.21	301.49	375.02	0.33
Asse Torto	9	Q 50	227.95	406.00	407.32	406.80	407.38	0.001917	1.13	221.30	272.11	0.35
Asse Torto	9	Q 100	262.52	406.00	407.40	406.86	407.47	0.001914	1.18	244.43	285.11	0.36
Asse Torto	9	Q 300	316.45	406.00	407.53	406.95	407.60	0.001873	1.26	281.28	304.66	0.36
Asse Torto	8	Q 50	227.95	406.00	407.27	406.73	407.33	0.002585	1.09	210.03	266.18	0.39
Asse Torto	8	Q 100	262.52	406.00	407.35	406.80	407.42	0.002603	1.13	232.98	280.55	0.39
Asse Torto	8	Q 300	316.45	406.00	407.48	406.90	407.55	0.002552	1.17	270.16	302.39	0.40
Asse Torto	7	Q 50	227.95	404.30	407.13	406.63	407.20	0.002501	1.16	196.29	218.42	0.39
Asse Torto	7	Q 100	262.52	404.30	407.21	406.69	407.29	0.002623	1.23	213.21	225.22	0.40

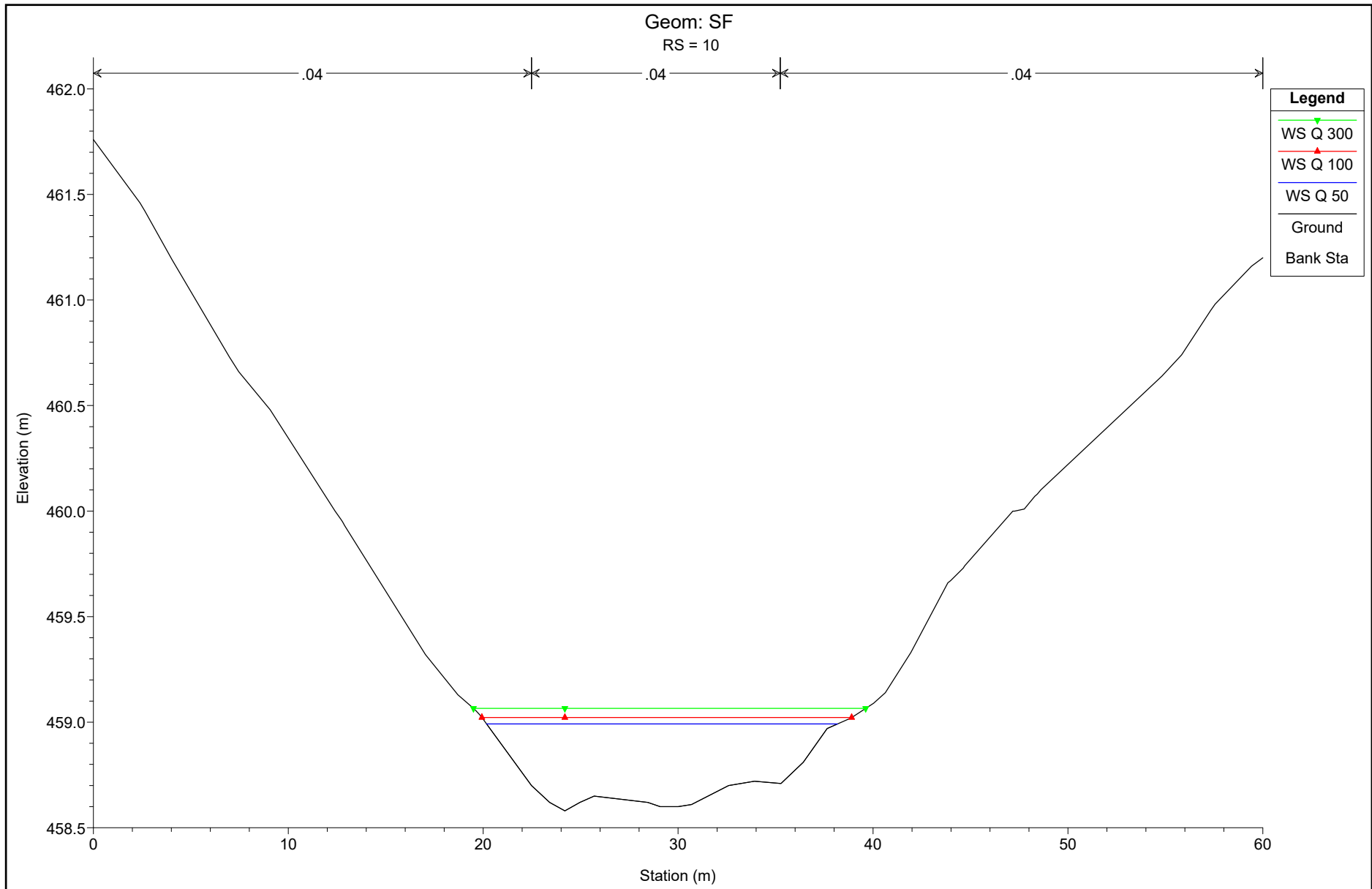
HEC-RAS Plan: 1 River: Asse Torto Reach: Asse Torto (Continued)

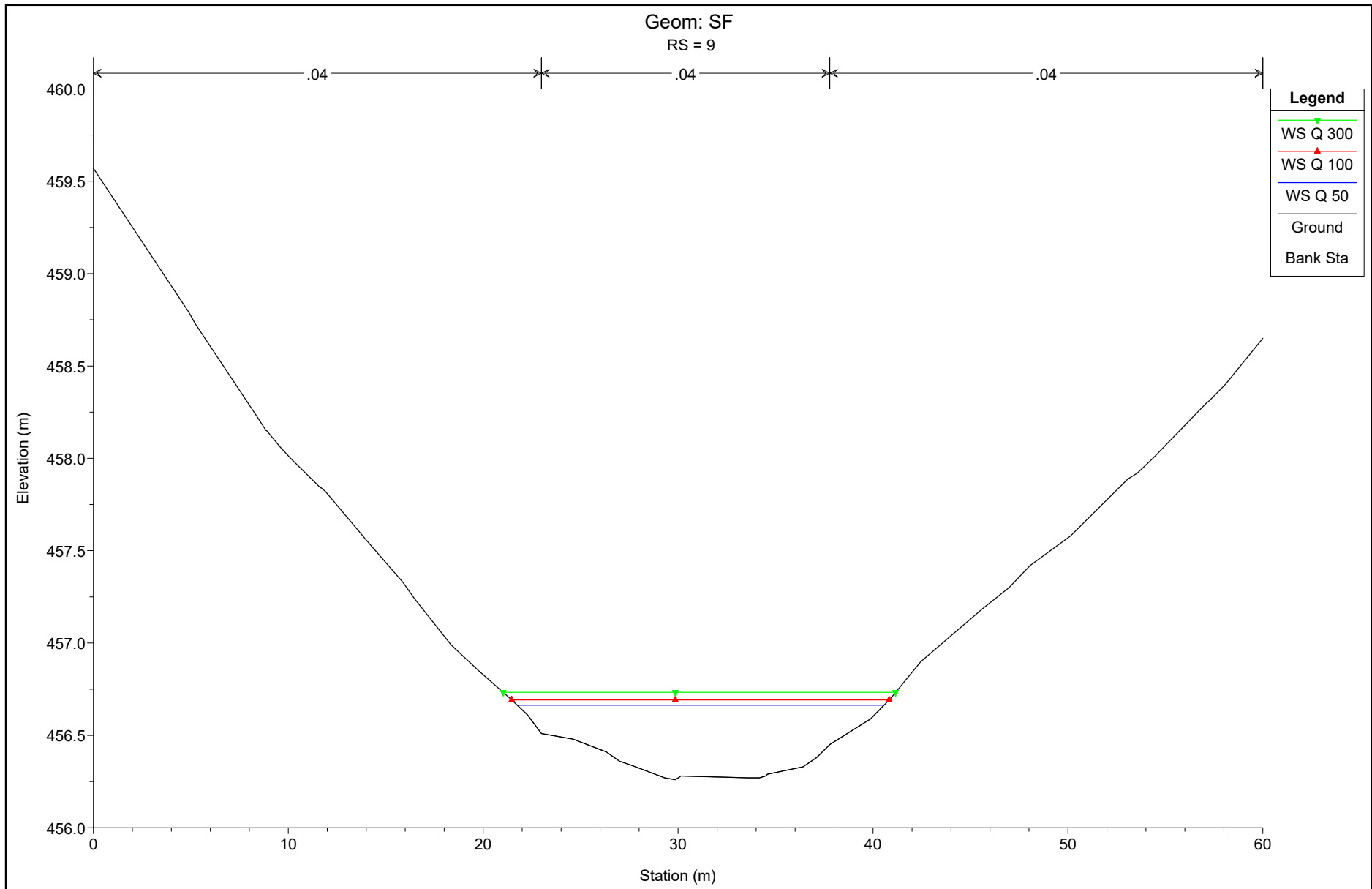
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Asse Torto	7	Q 300	316.45	404.30	407.32	406.78	407.41	0.002922	1.31	241.33	251.62	0.43
Asse Torto	6	Q 50	227.95	404.28	406.78	406.61	406.91	0.005452	1.83	152.27	251.46	0.59
Asse Torto	6	Q 100	262.52	404.28	406.82	406.63	406.98	0.005914	1.97	163.95	257.17	0.62
Asse Torto	6	Q 300	316.45	404.28	406.89	406.75	407.07	0.006536	2.15	180.89	259.83	0.65
Asse Torto	5	Q 50	227.95	405.91	406.70	406.48	406.79	0.005012	1.31	180.89	303.21	0.52
Asse Torto	5	Q 100	262.52	405.91	406.75	406.53	406.84	0.005308	1.40	193.88	304.26	0.54
Asse Torto	5	Q 300	316.45	405.91	406.81	406.58	406.92	0.005737	1.54	212.40	305.75	0.57
Asse Torto	4	Q 50	227.95	404.37	406.34	406.29	406.47	0.008206	2.17	159.38	346.51	0.71
Asse Torto	4	Q 100	262.52	404.37	406.40	406.32	406.53	0.007487	2.16	179.84	348.19	0.69
Asse Torto	4	Q 300	316.45	404.37	406.50	406.37	406.62	0.006166	2.09	215.58	351.45	0.63
Asse Torto	3	Q 50	227.95	404.01	405.89	405.78	406.06	0.007830	2.18	130.16	208.95	0.70
Asse Torto	3	Q 100	262.52	404.01	405.98	405.84	406.15	0.007351	2.14	149.74	222.02	0.68
Asse Torto	3	Q 300	316.45	404.01	406.14	405.92	406.29	0.007160	2.20	201.12	346.74	0.68
Asse Torto	2	Q 50	227.95	402.00	405.31	405.31	405.61	0.009791	3.05	105.97	148.98	0.81
Asse Torto	2	Q 100	262.52	402.00	405.38	405.38	405.70	0.010325	3.16	116.73	156.61	0.83
Asse Torto	2	Q 300	316.45	402.00	405.48	405.48	405.83	0.011141	3.32	132.25	167.75	0.87
Asse Torto	1	Q 50	227.95	402.00	404.07	404.22	404.59	0.061287	3.88	80.78	318.61	1.75
Asse Torto	1	Q 100	262.52	402.00	404.10	404.26	404.64	0.061185	3.97	89.57	324.06	1.76
Asse Torto	1	Q 300	316.45	402.00	404.14	404.31	404.72	0.059473	4.12	102.72	326.48	1.76

ASSE 1\_ STATO DI FATTO

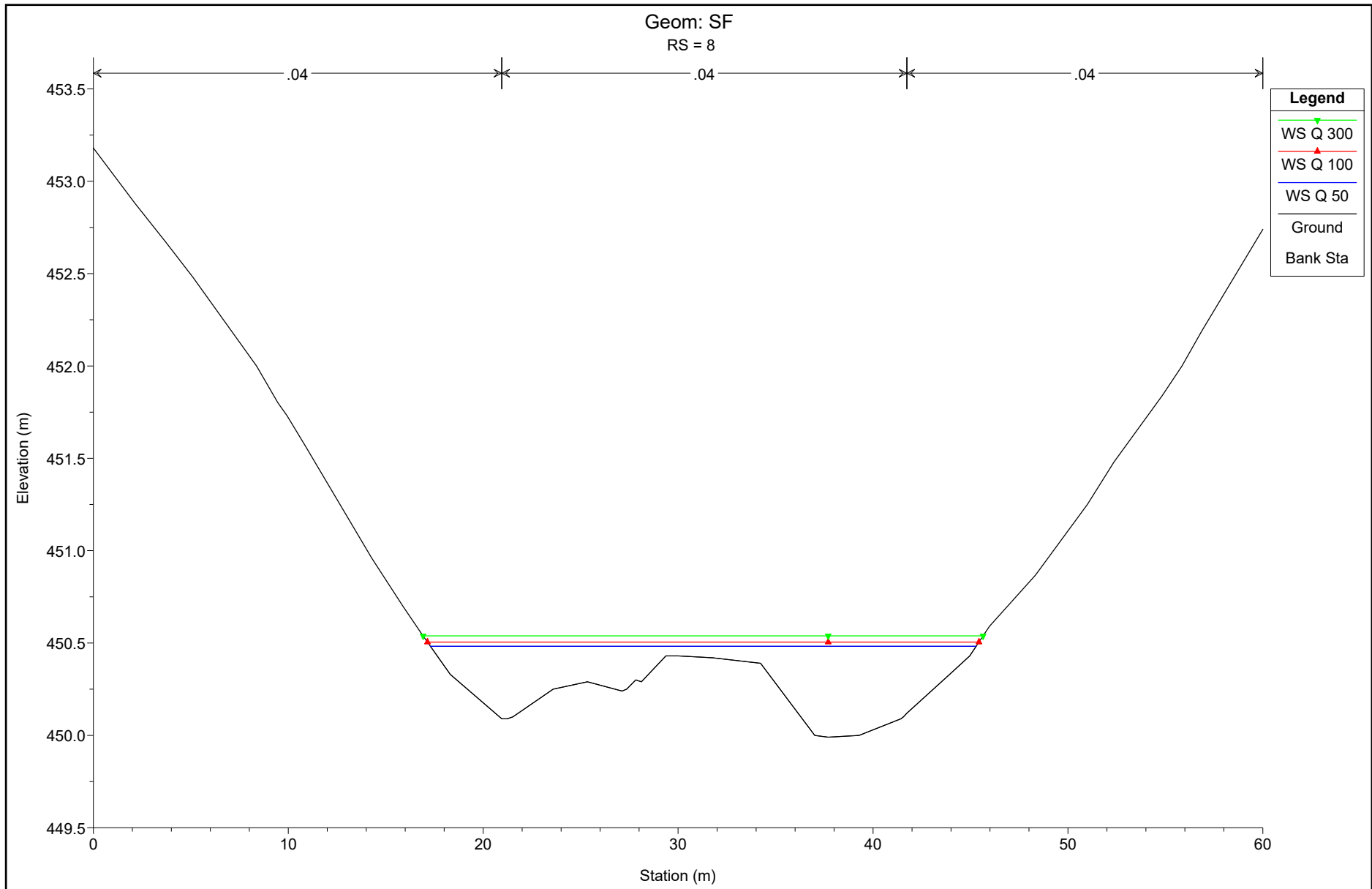


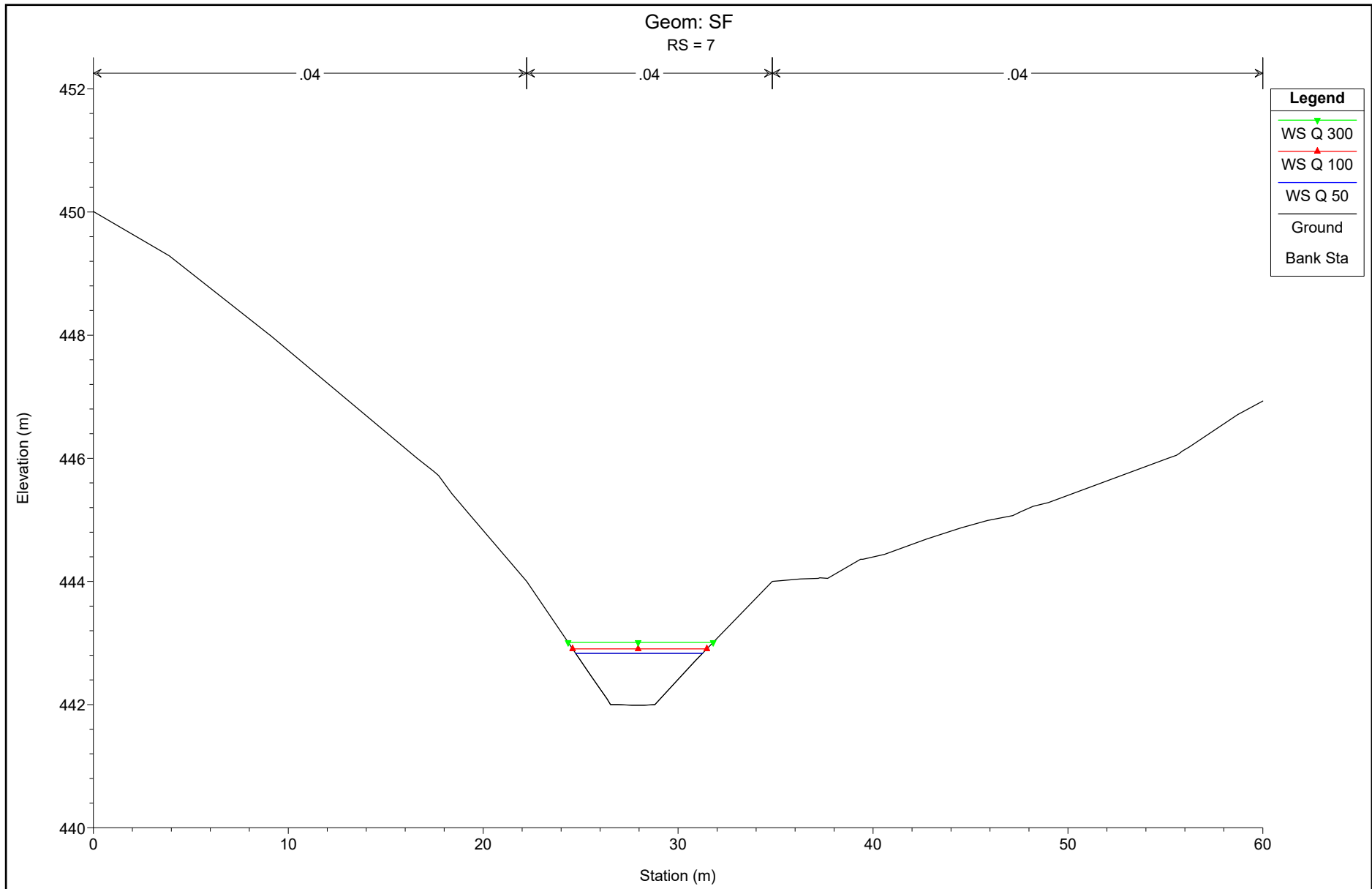


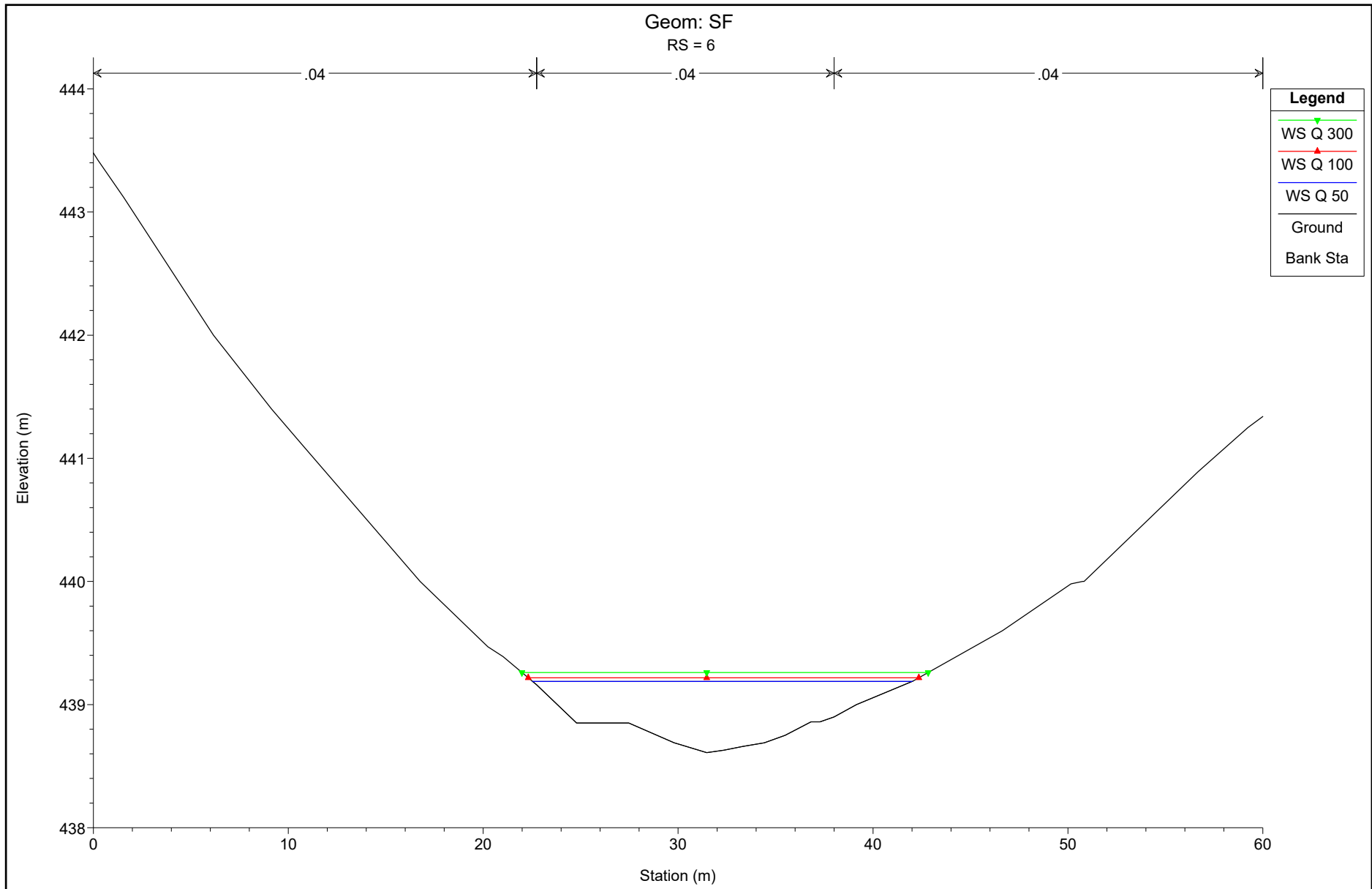


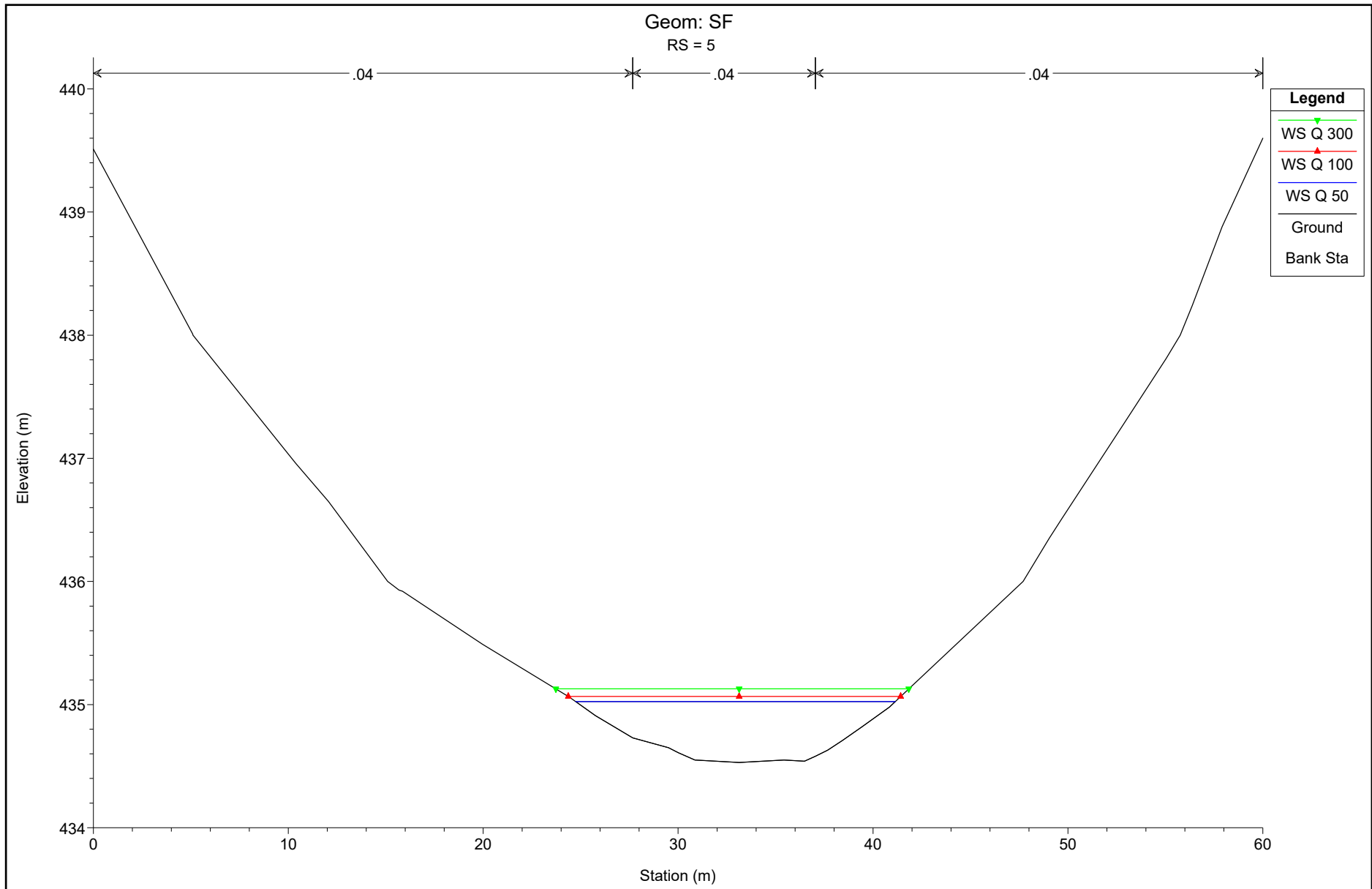


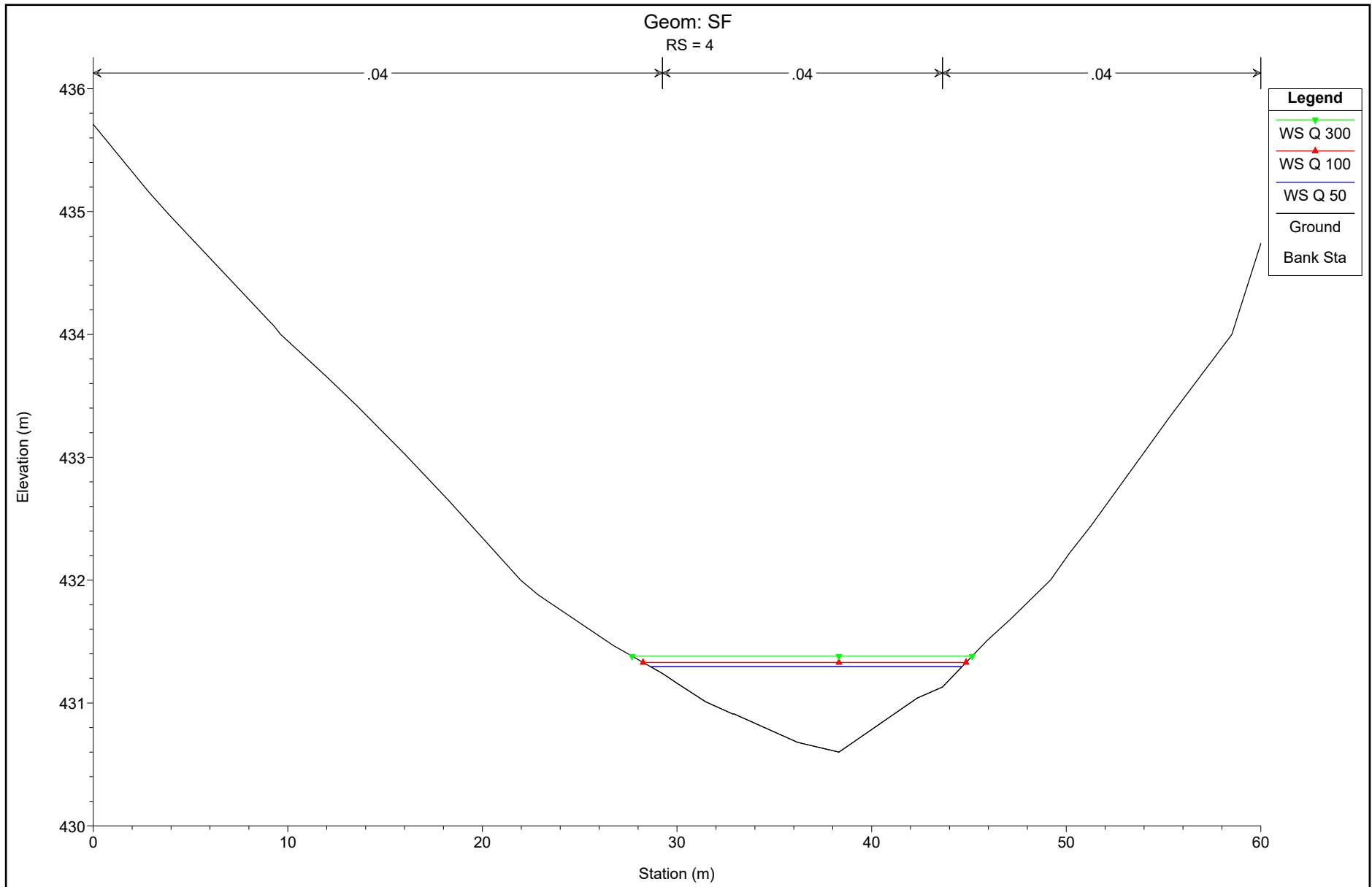


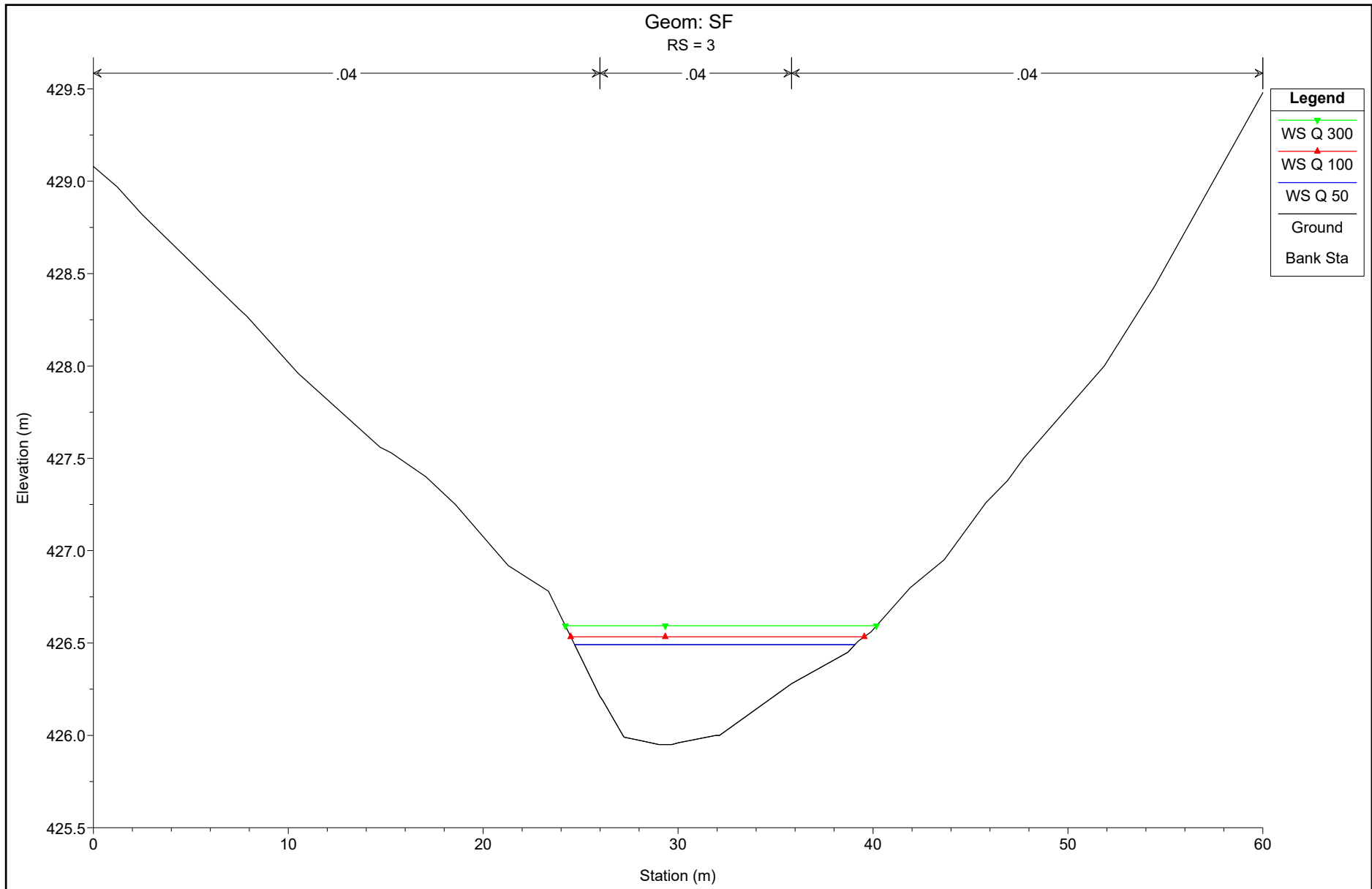


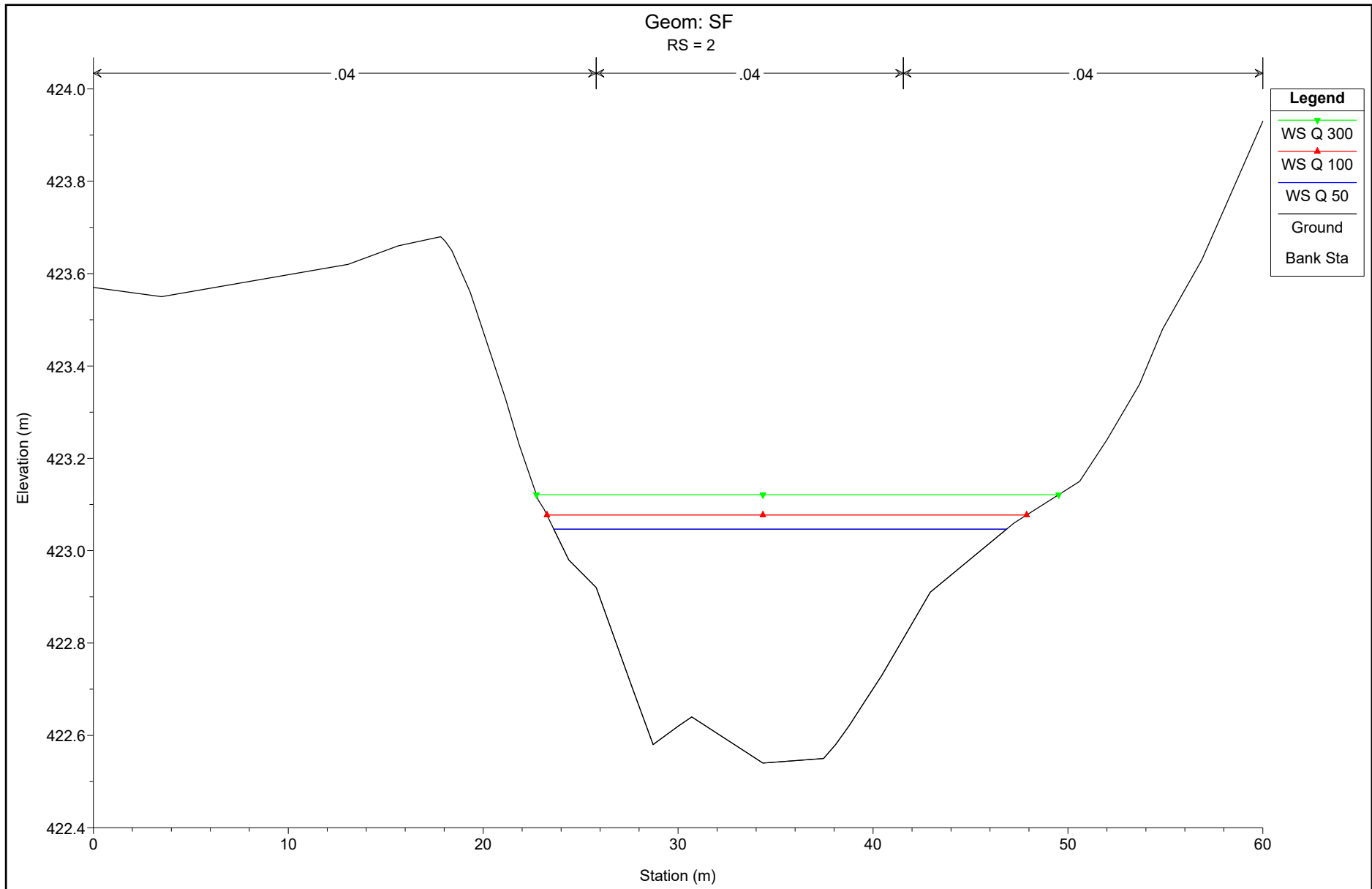


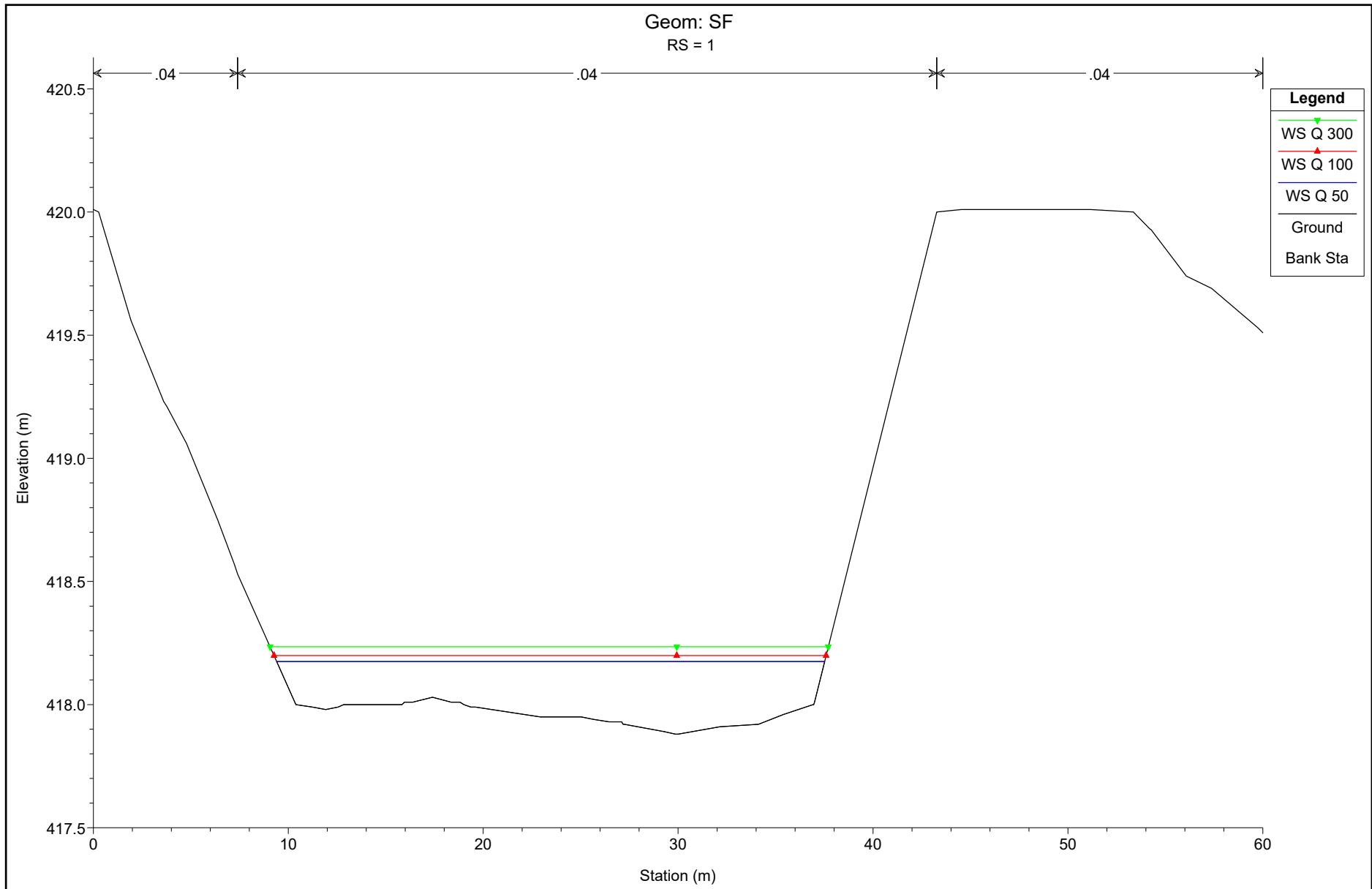














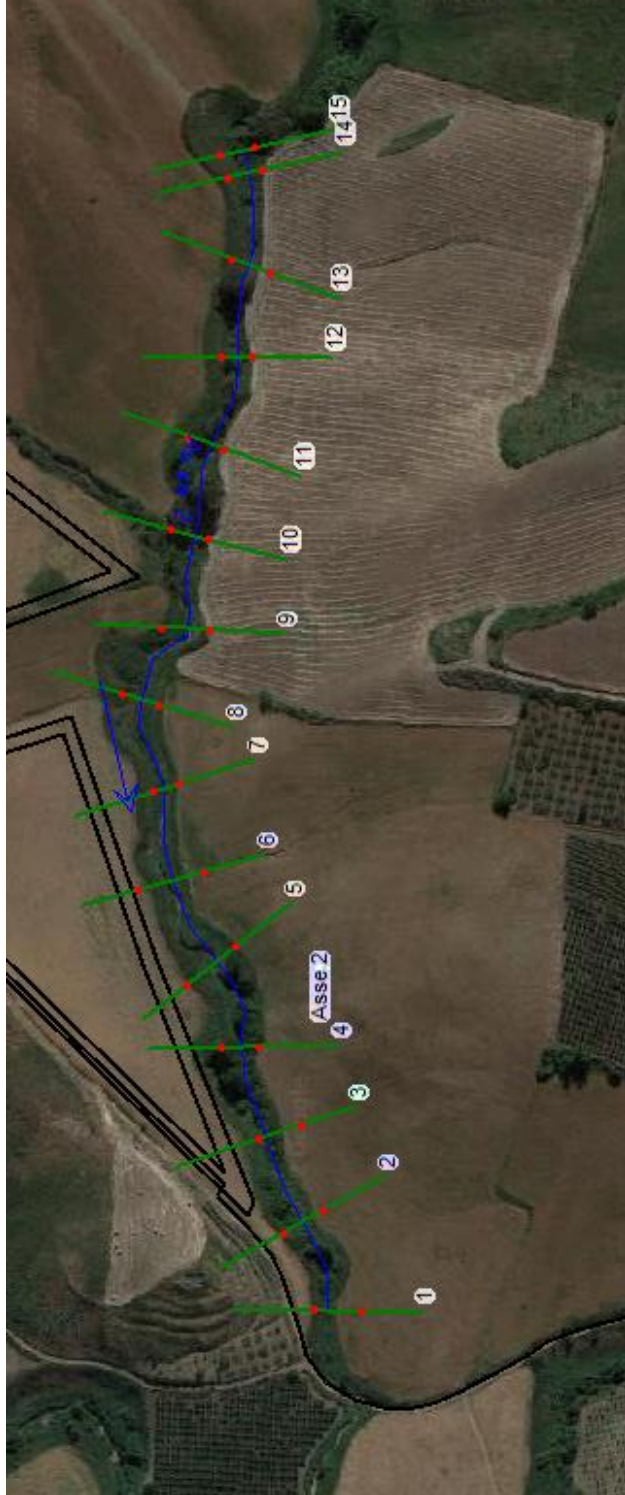
HEC-RAS Plan: 1 River: Asse 1 Reach: Asse 1

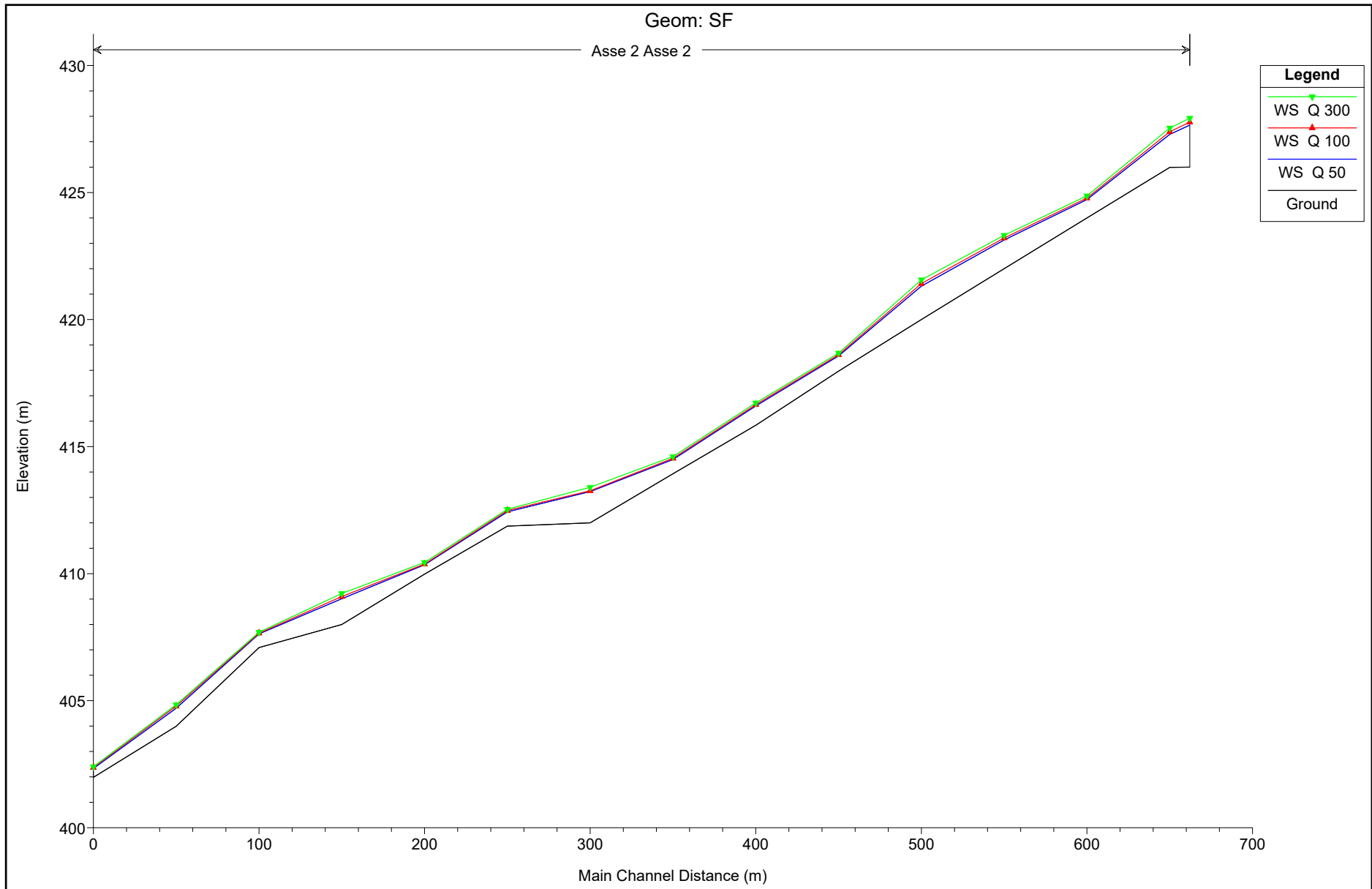
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Asse 1	10	Q 50	22.16	458.58	458.99	459.26	460.01	0.140219	4.60	5.15	18.00	2.50
Asse 1	10	Q 100	25.75	458.58	459.02	459.32	460.15	0.140212	4.87	5.71	18.97	2.54
Asse 1	10	Q 300	31.45	458.58	459.07	459.39	460.36	0.140222	5.24	6.56	20.12	2.59
Asse 1	9	Q 50	22.16	456.26	456.66	456.93	457.66	0.148134	4.50	5.14	18.82	2.54
Asse 1	9	Q 100	25.75	456.26	456.69	456.99	457.81	0.148389	4.76	5.68	19.36	2.58
Asse 1	9	Q 300	31.45	456.26	456.73	457.07	458.01	0.148320	5.13	6.49	20.13	2.63
Asse 1	8	Q 50	22.16	449.99	450.48	450.64	451.04	0.114734	3.39	6.74	28.00	2.15
Asse 1	8	Q 100	25.75	449.99	450.51	450.69	451.13	0.115742	3.60	7.39	28.30	2.19
Asse 1	8	Q 300	31.45	449.99	450.54	450.75	451.27	0.117415	3.91	8.34	28.73	2.25
Asse 1	7	Q 50	22.16	441.99	442.83	443.35	444.70	0.134863	6.05	3.66	6.52	2.58
Asse 1	7	Q 100	25.75	441.99	442.90	443.45	444.87	0.129919	6.21	4.15	6.89	2.56
Asse 1	7	Q 300	31.45	441.99	443.01	443.60	445.12	0.123649	6.43	4.89	7.44	2.53
Asse 1	6	Q 50	22.16	438.61	439.19	439.37	439.78	0.065184	3.47	6.67	19.48	1.75
Asse 1	6	Q 100	25.75	438.61	439.22	439.43	439.90	0.068242	3.72	7.26	20.05	1.81
Asse 1	6	Q 300	31.45	438.61	439.26	439.51	440.08	0.072605	4.09	8.13	20.84	1.90
Asse 1	5	Q 50	22.16	434.53	435.02	435.29	435.91	0.091889	4.41	5.59	16.39	2.11
Asse 1	5	Q 100	25.75	434.53	435.07	435.35	436.01	0.087848	4.58	6.30	17.06	2.10
Asse 1	5	Q 300	31.45	434.53	435.13	435.44	436.17	0.083451	4.83	7.37	18.11	2.09
Asse 1	4	Q 50	22.16	430.60	431.30	431.51	431.96	0.066531	3.62	6.18	16.01	1.78
Asse 1	4	Q 100	25.75	430.60	431.33	431.57	432.09	0.068634	3.88	6.75	16.60	1.83
Asse 1	4	Q 300	31.45	430.60	431.38	431.67	432.28	0.070983	4.23	7.62	17.48	1.90
Asse 1	3	Q 50	22.16	425.95	426.49	426.80	427.64	0.113539	4.86	4.88	14.39	2.34
Asse 1	3	Q 100	25.75	425.95	426.53	426.87	427.77	0.109266	5.07	5.50	15.06	2.33
Asse 1	3	Q 300	31.45	425.95	426.59	426.99	427.96	0.104988	5.37	6.43	15.96	2.33
Asse 1	2	Q 50	22.16	422.54	423.05	423.22	423.58	0.056367	3.28	7.18	23.23	1.63
Asse 1	2	Q 100	25.75	422.54	423.08	423.27	423.68	0.058547	3.51	7.91	24.61	1.68
Asse 1	2	Q 300	31.45	422.54	423.12	423.34	423.82	0.061251	3.82	9.04	26.80	1.75

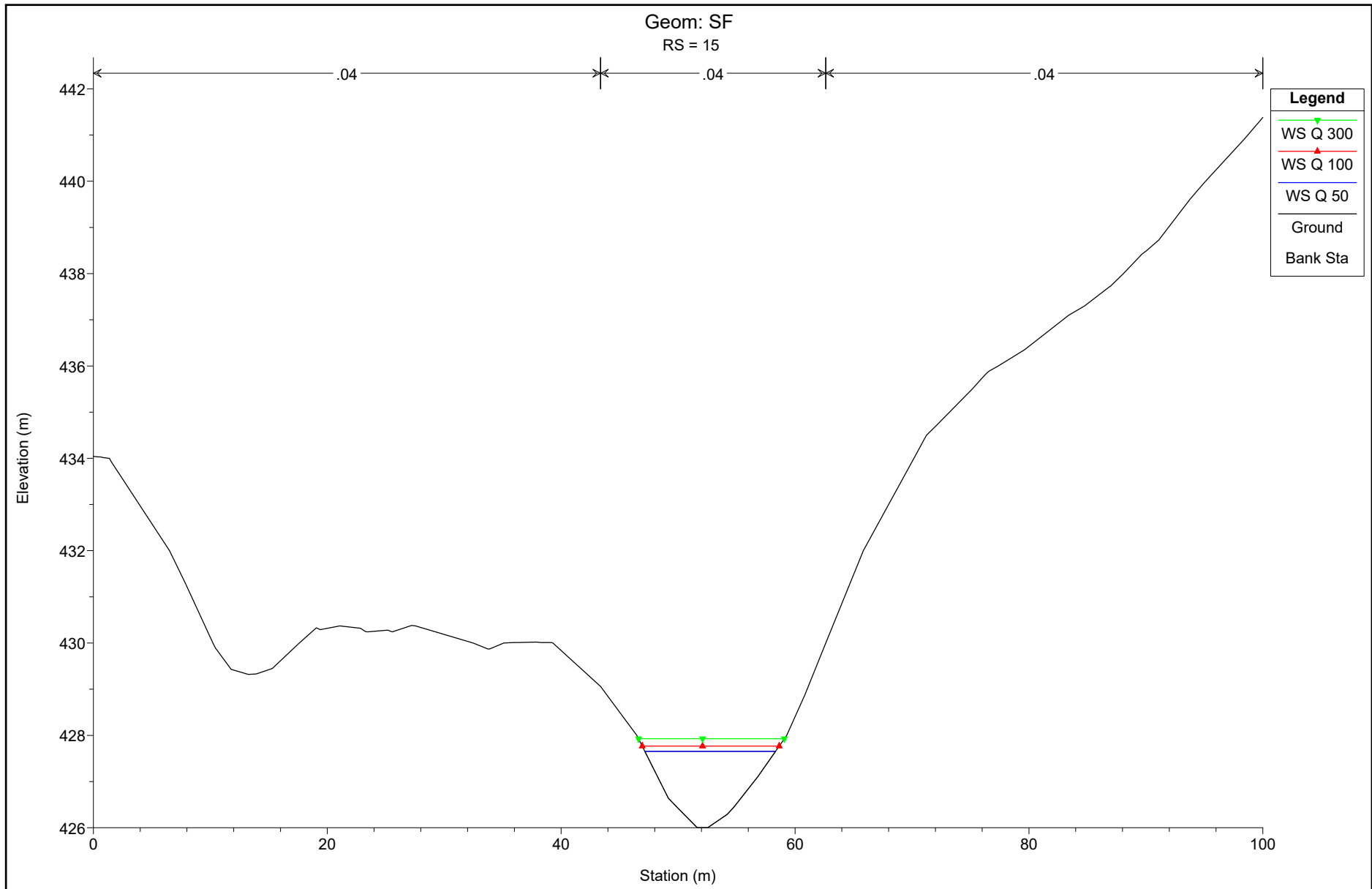
HEC-RAS Plan: 1 River: Asse 1 Reach: Asse 1 (Continued)

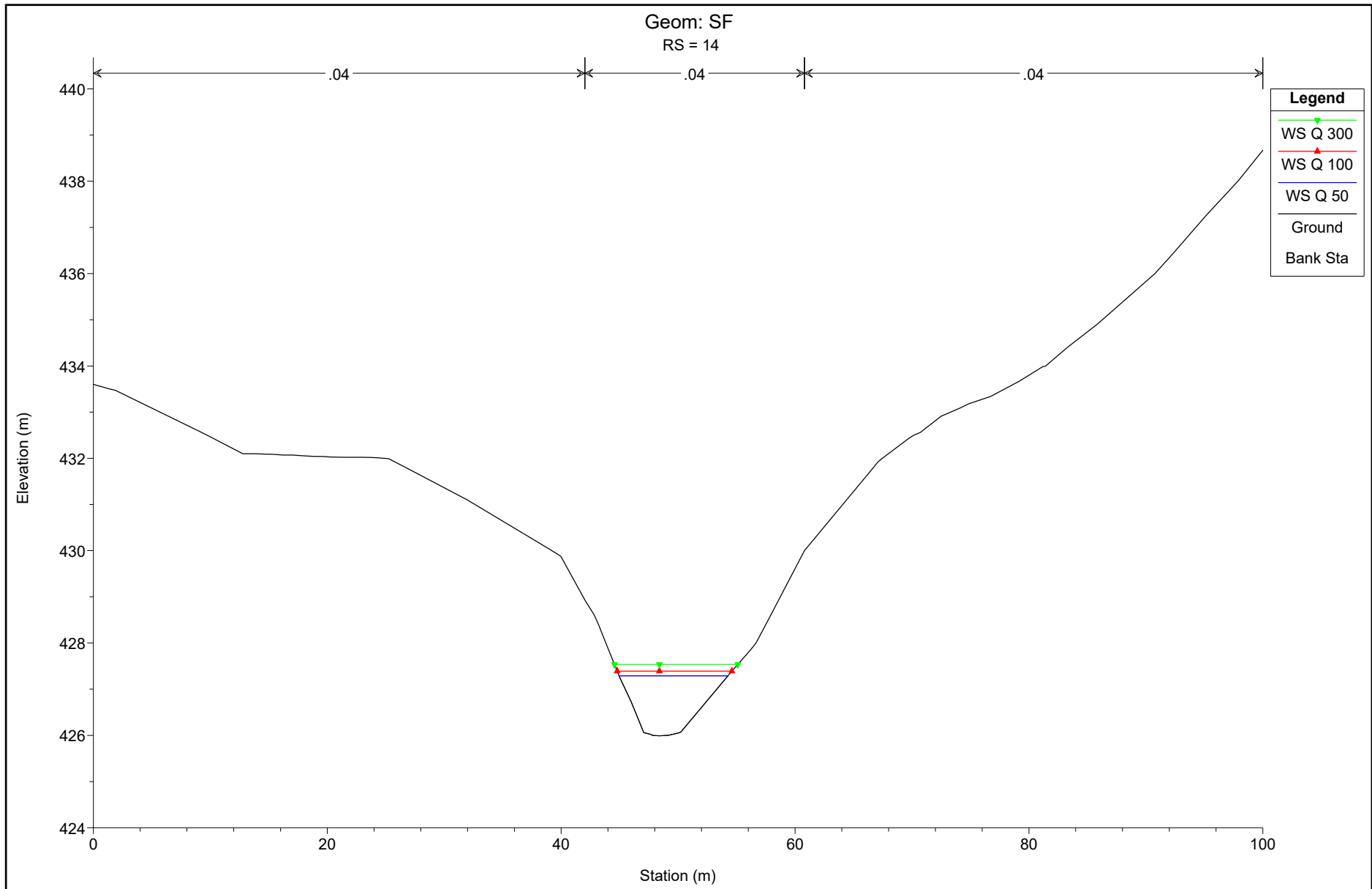
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Asse 1	1	Q 50	22.16	417.88	418.17	418.36	418.90	0.182963	3.77	5.88	28.12	2.63
Asse 1	1	Q 100	25.75	417.88	418.20	418.41	418.98	0.172870	3.92	6.57	28.33	2.60
Asse 1	1	Q 300	31.45	417.88	418.23	418.47	419.11	0.162005	4.14	7.59	28.64	2.57

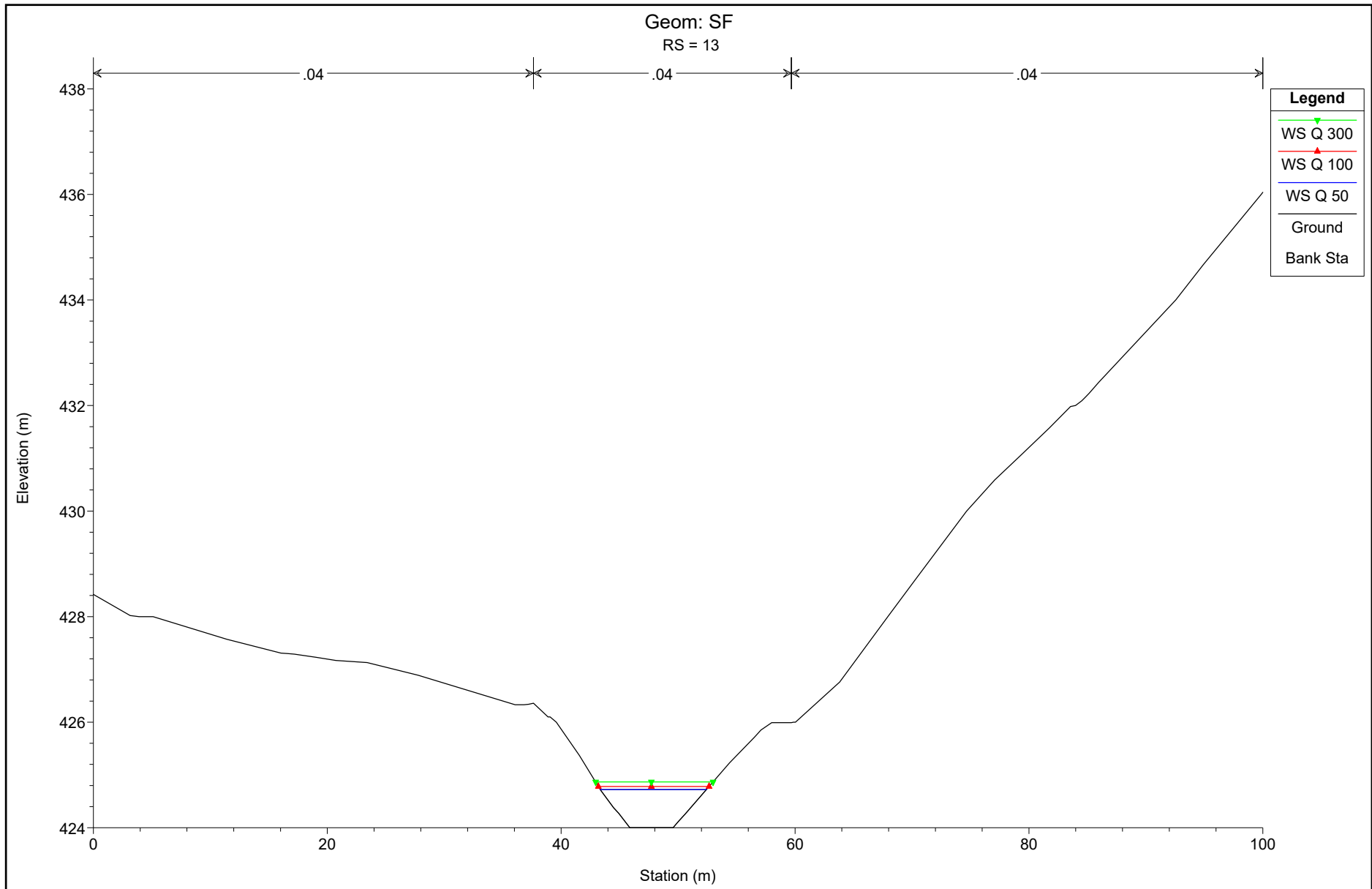
## ASSE 2\_ STATO DI FATTO

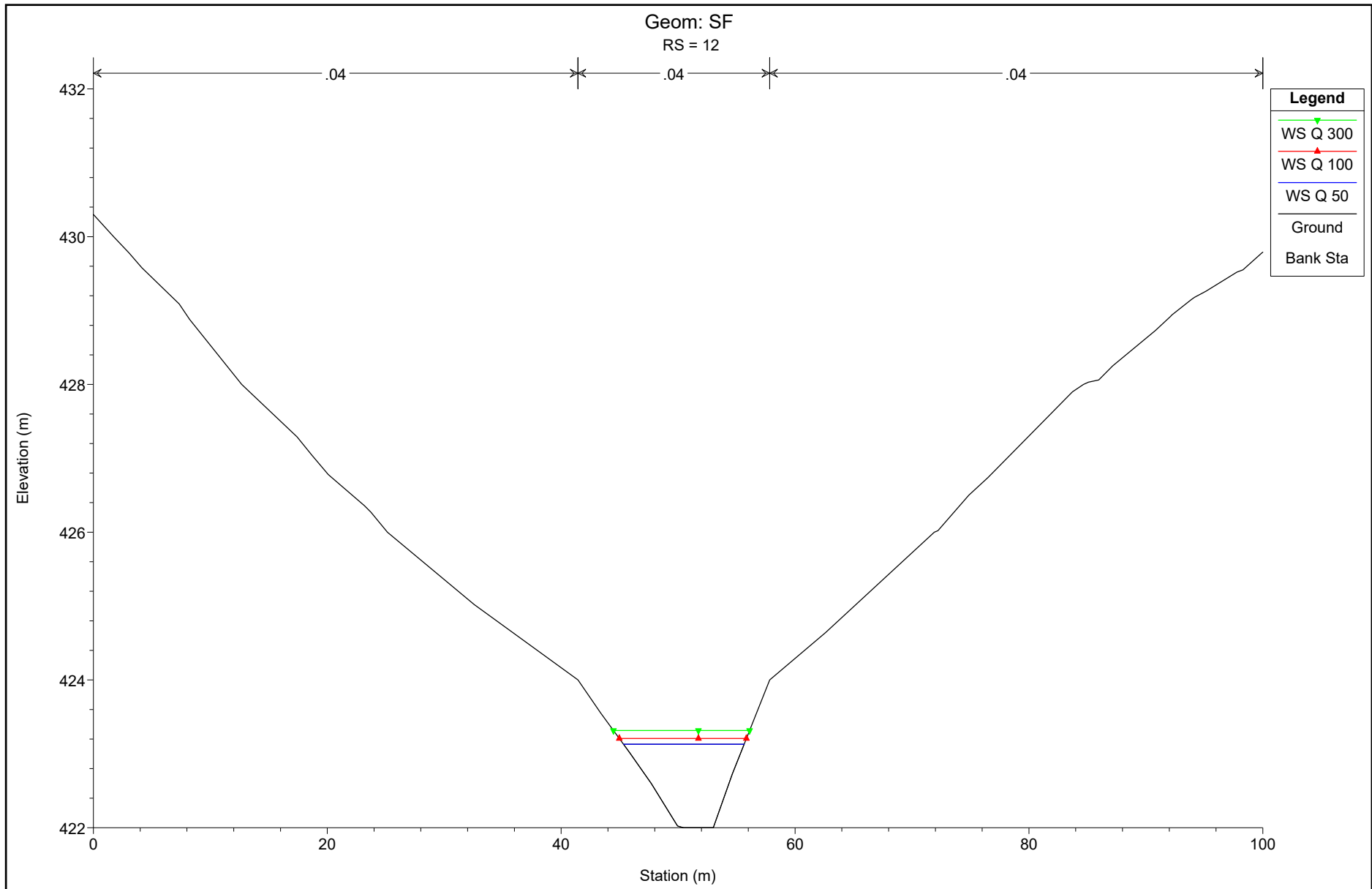




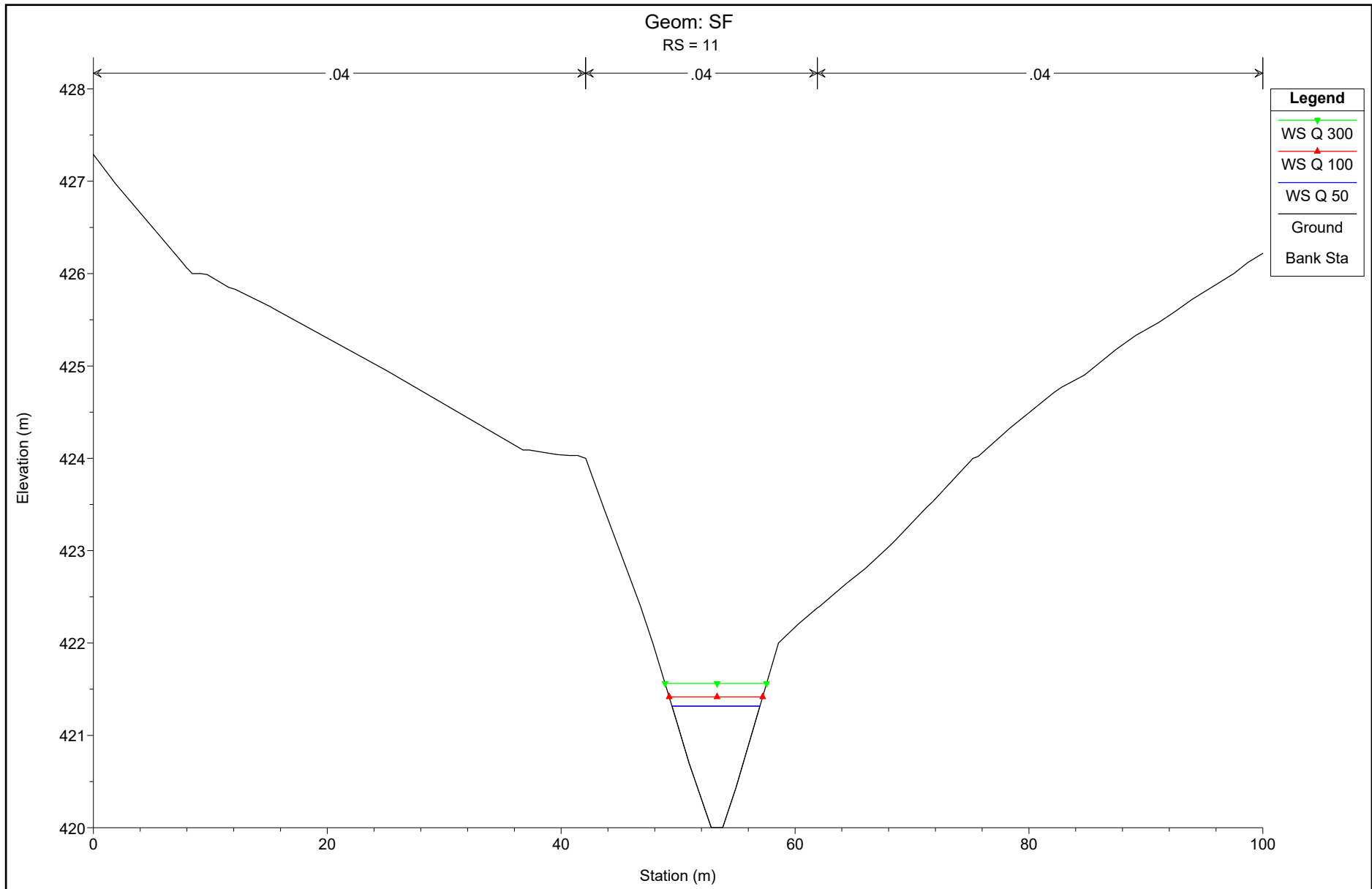


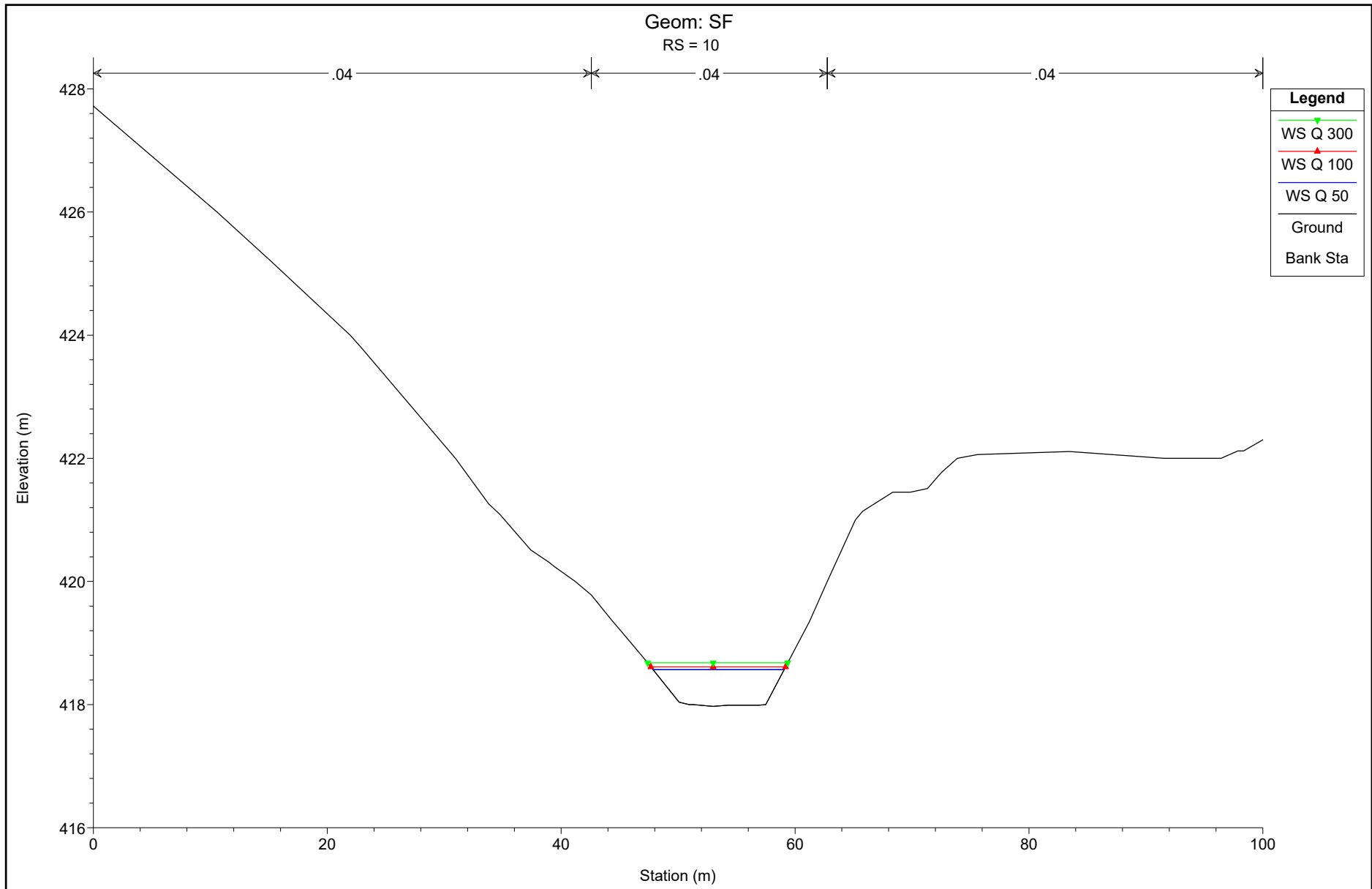


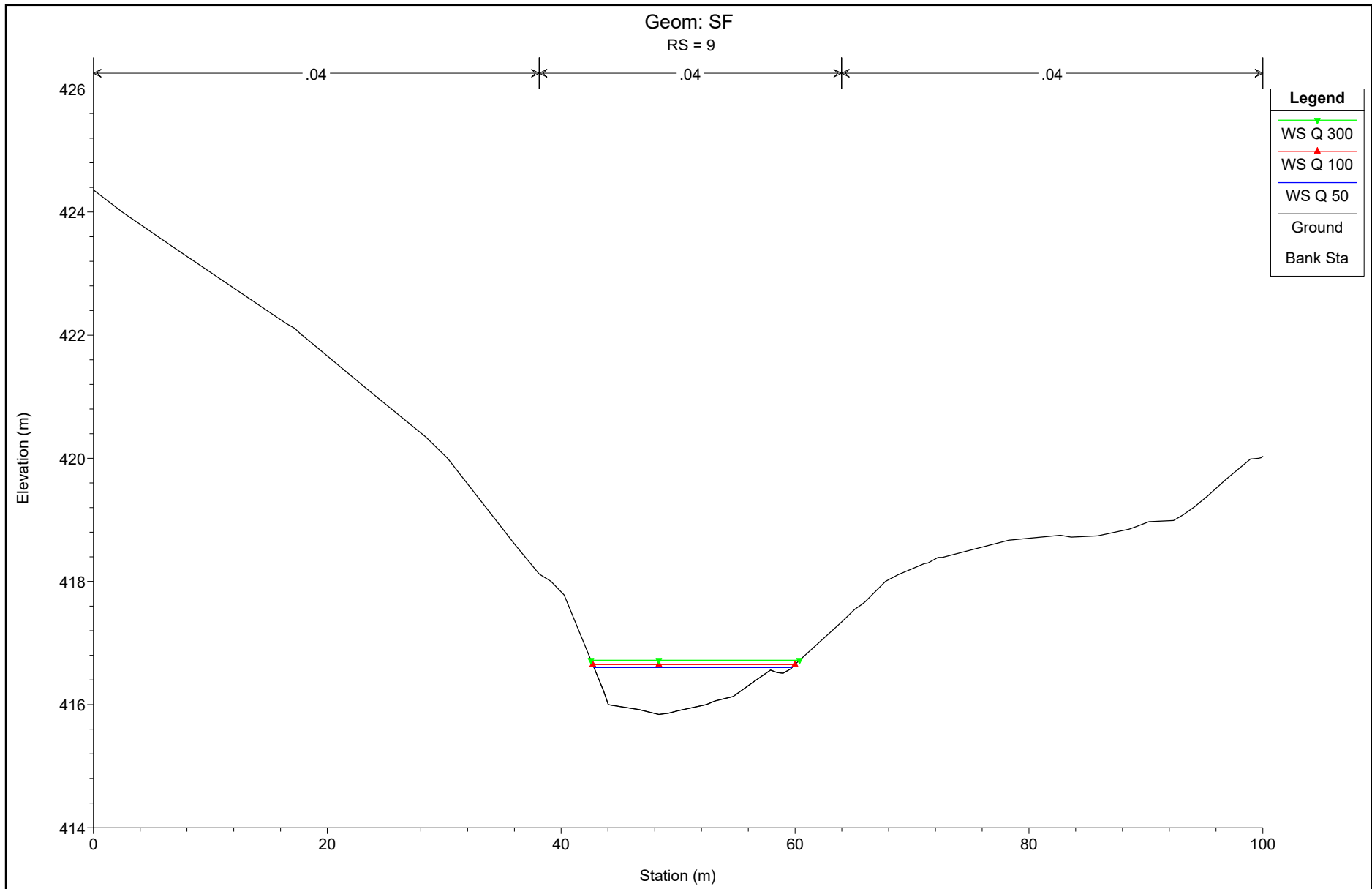


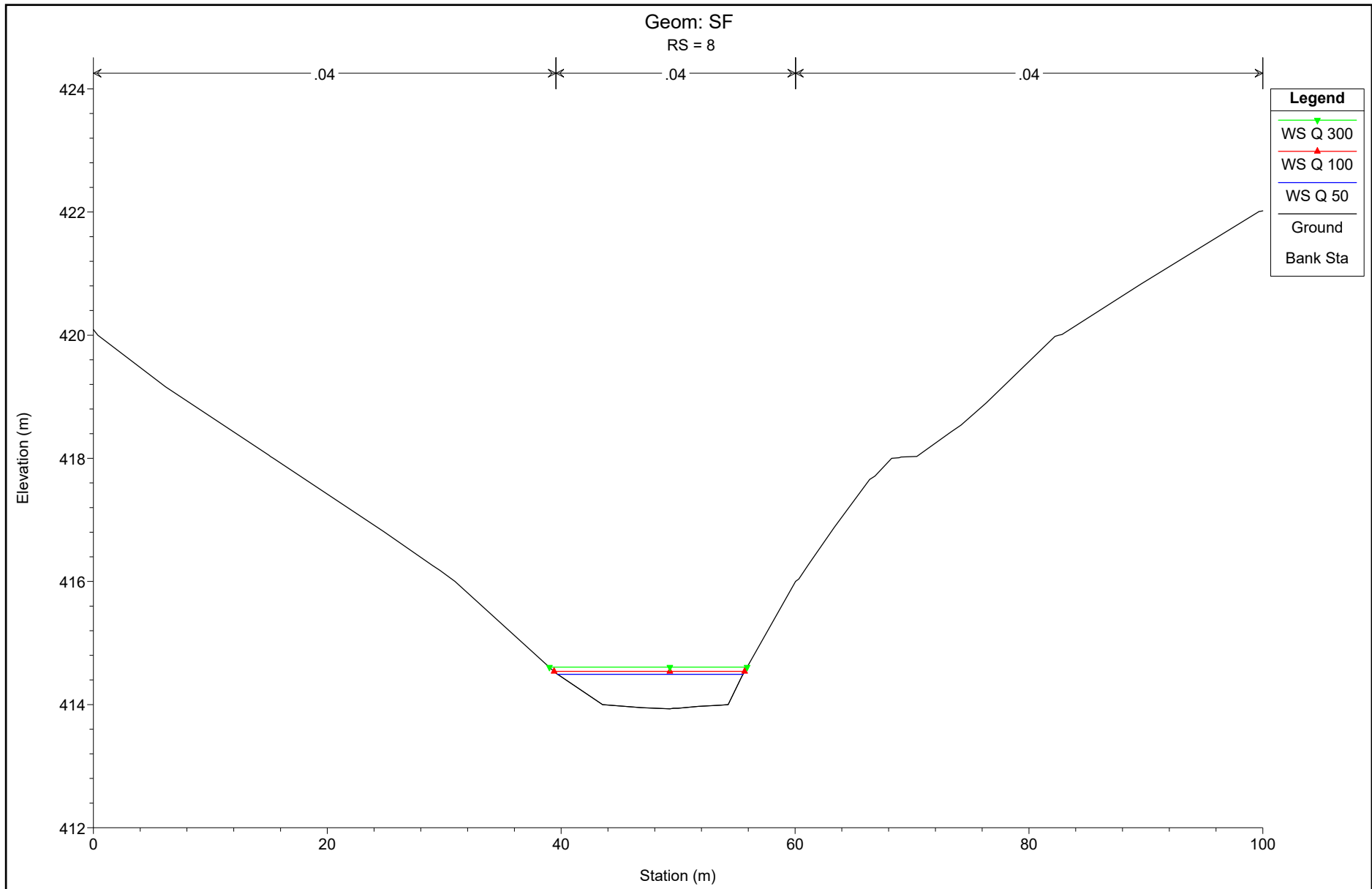


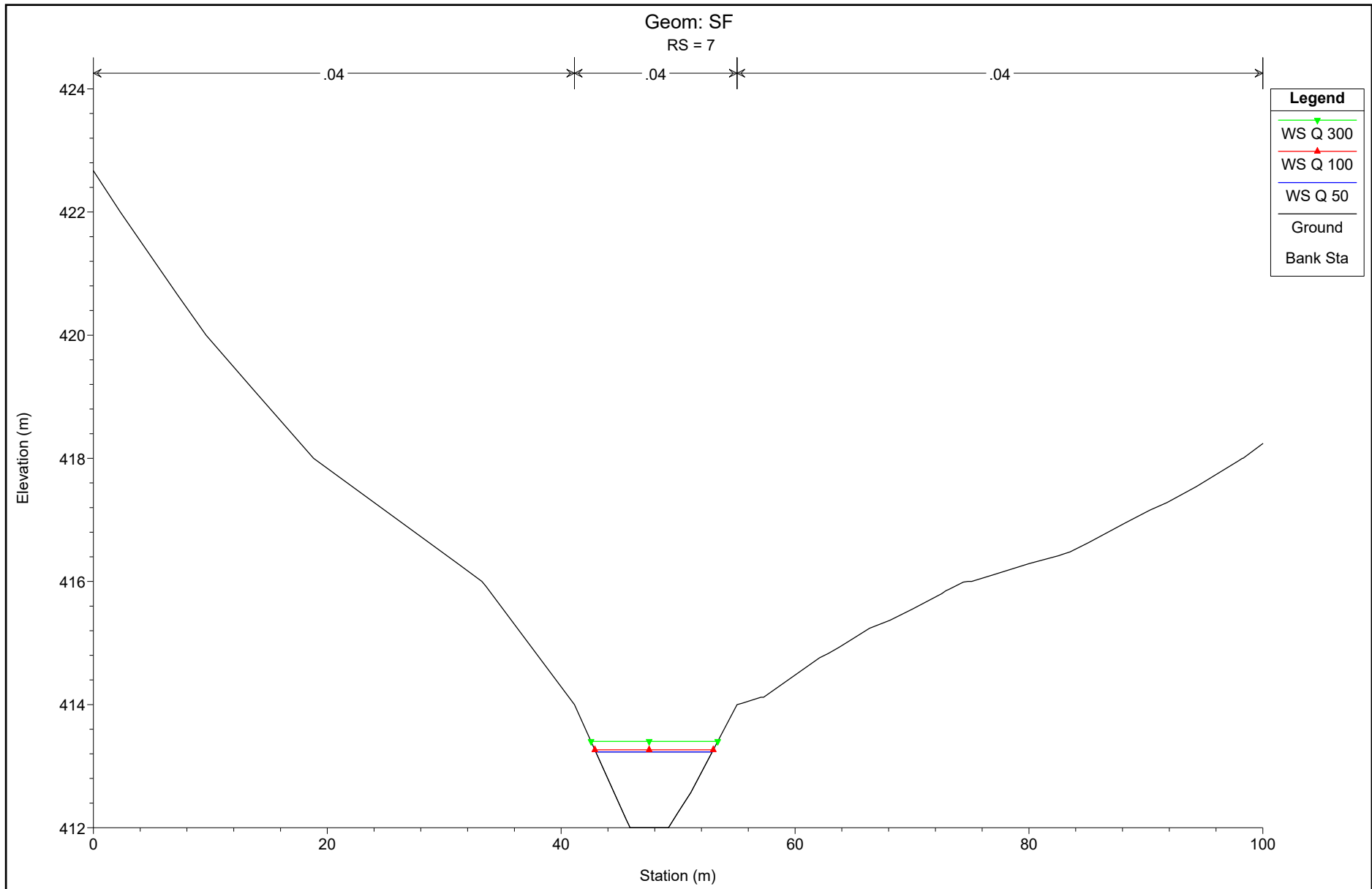


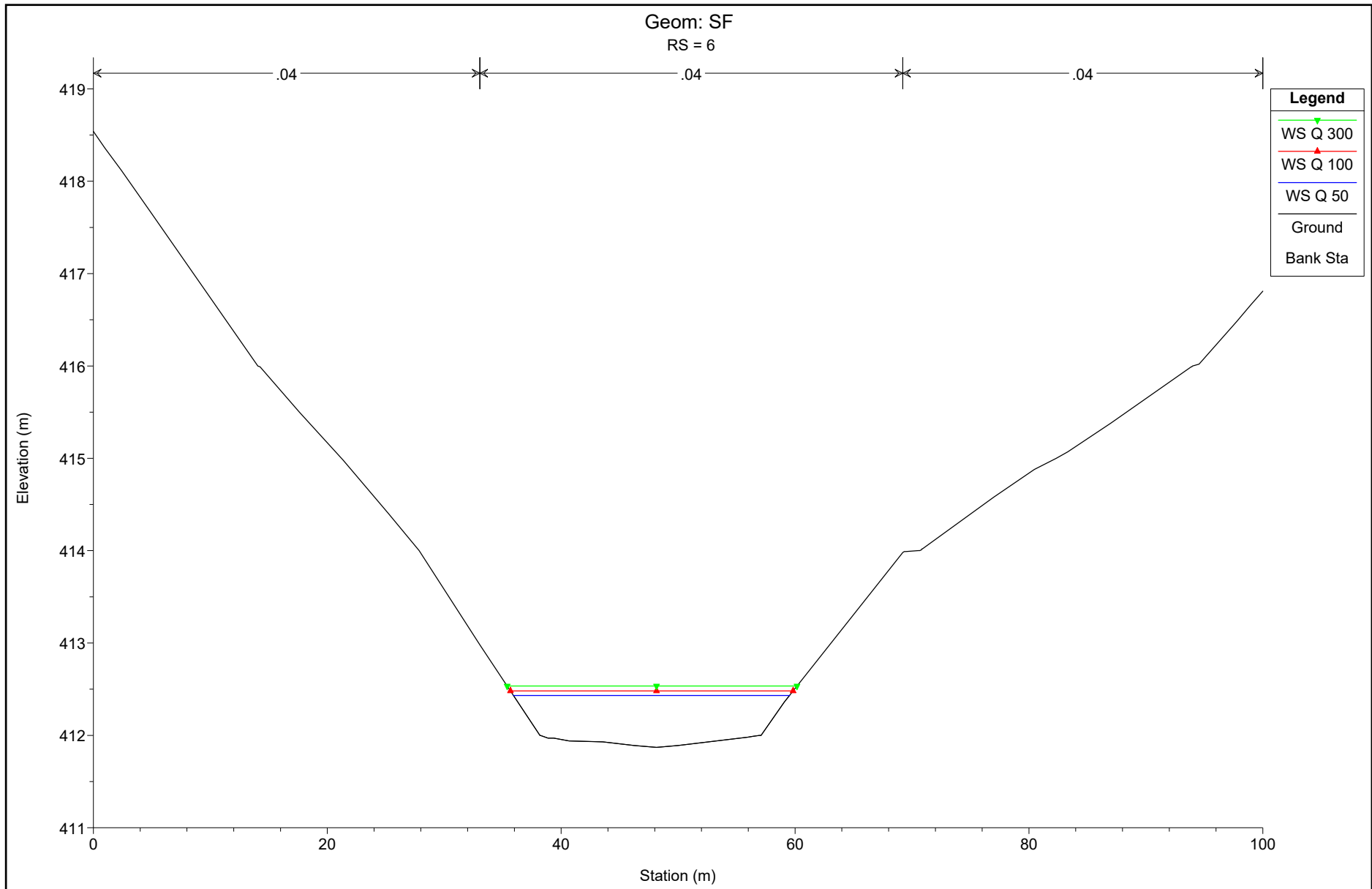


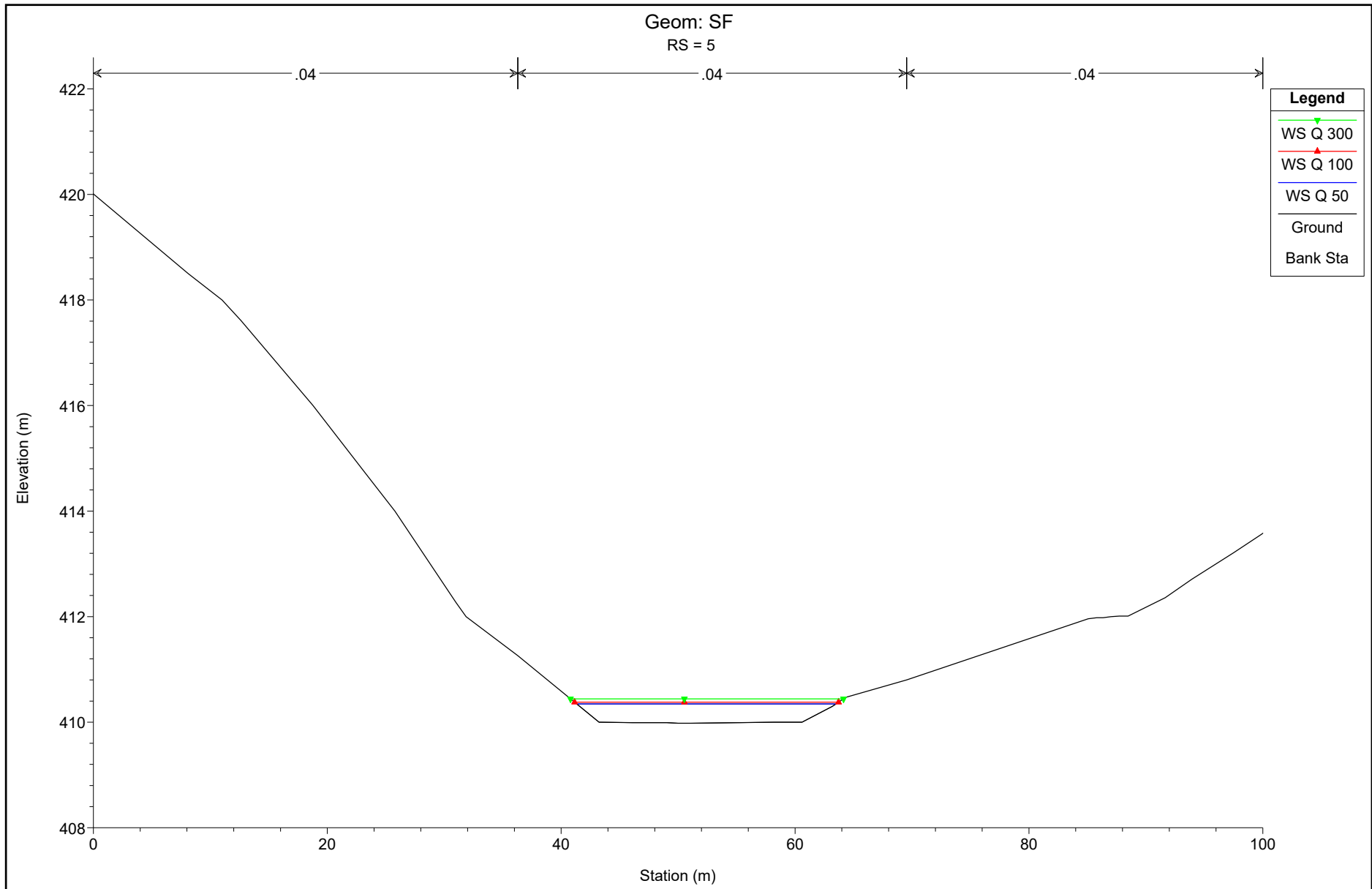


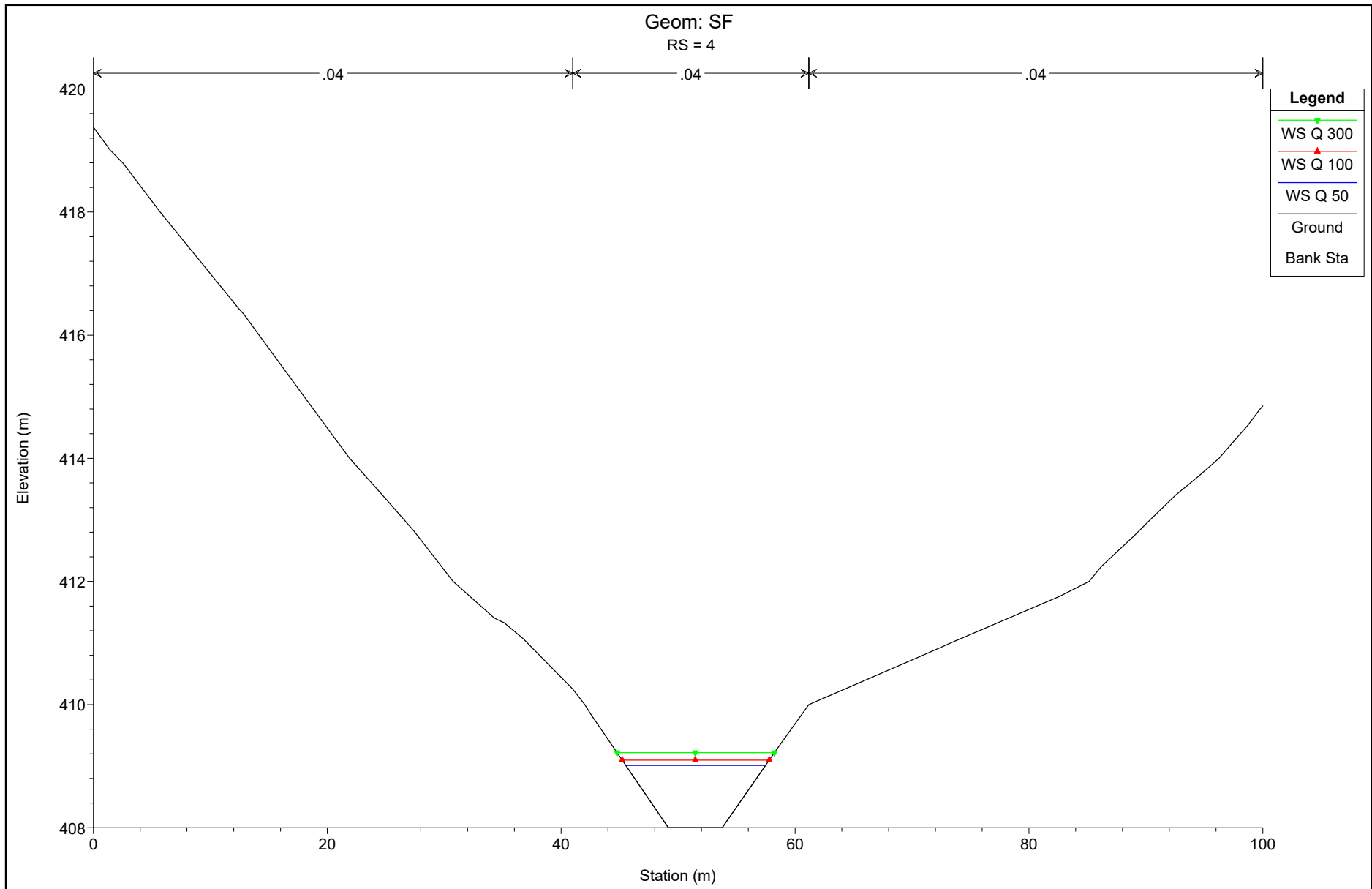




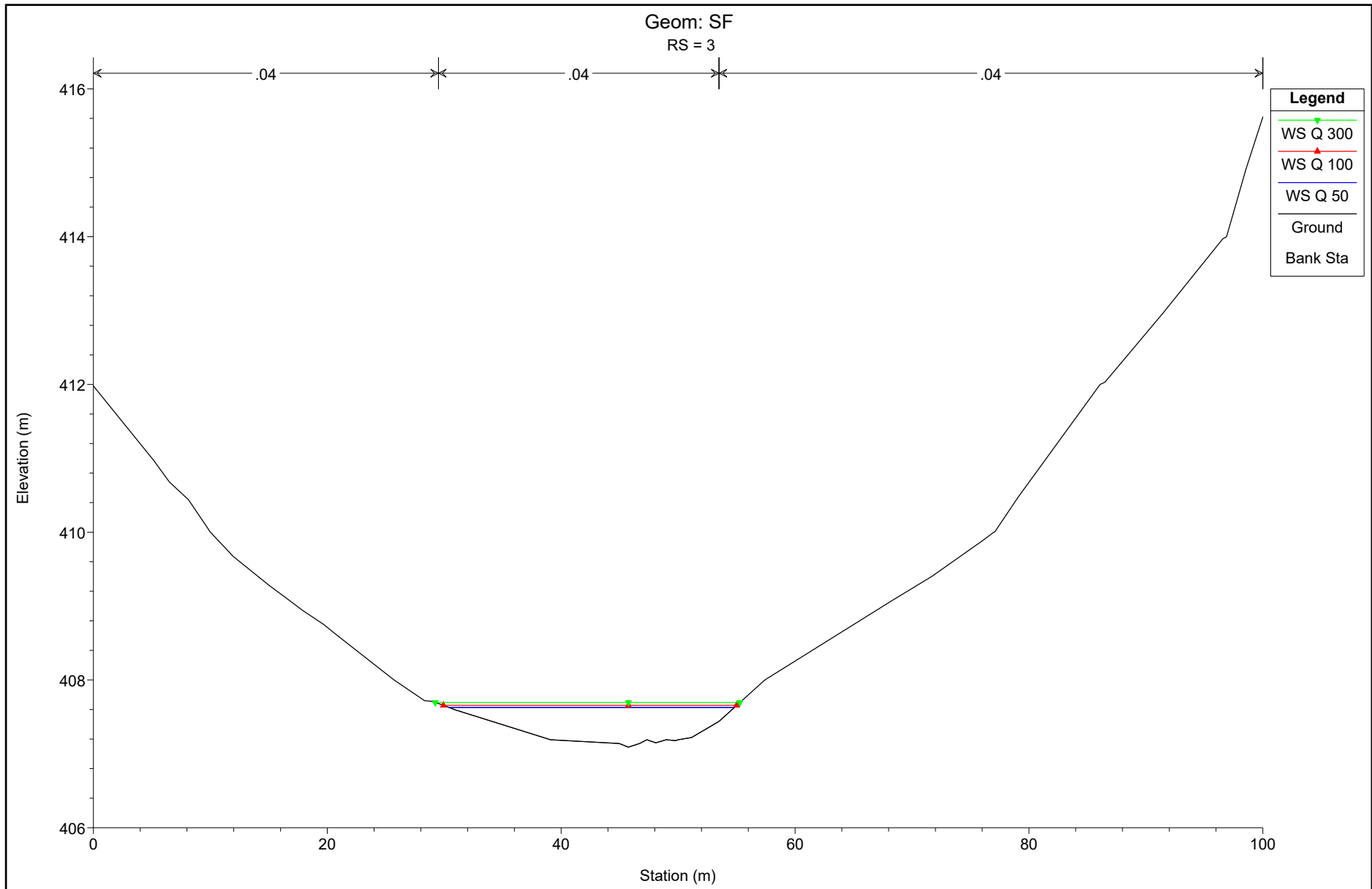


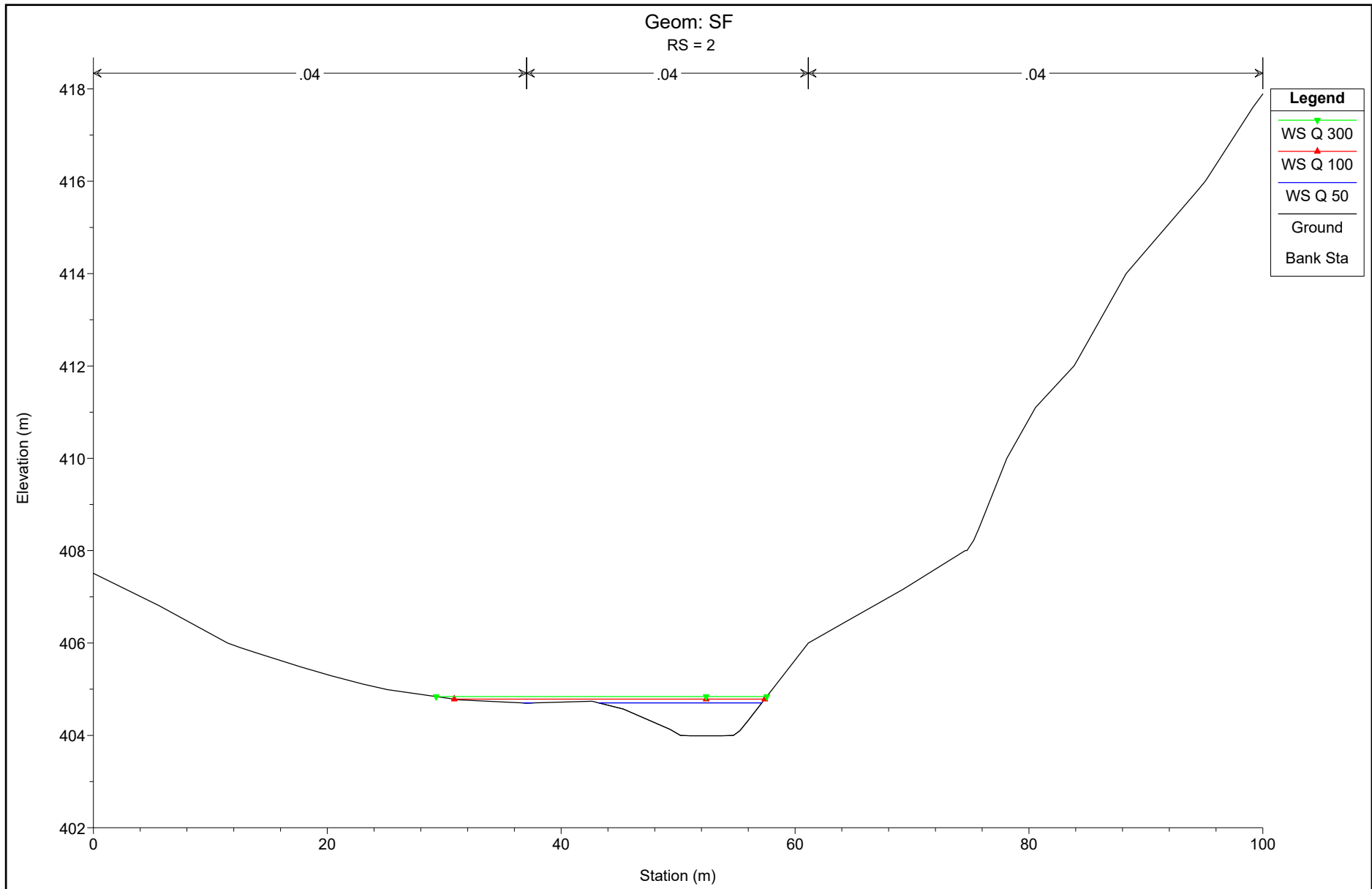


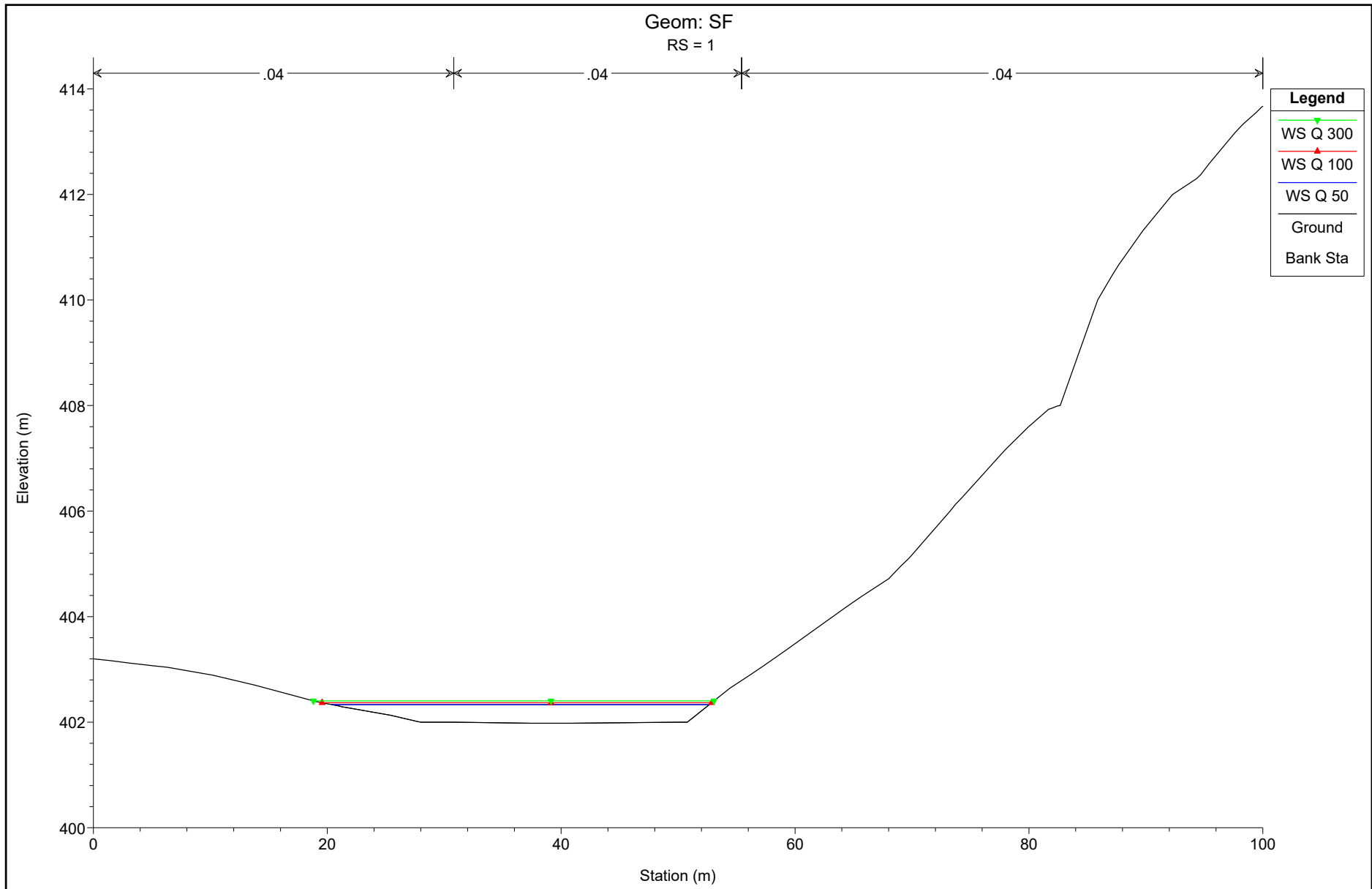












HEC-RAS Plan: 1 River: Asse 2 Reach: Asse 2

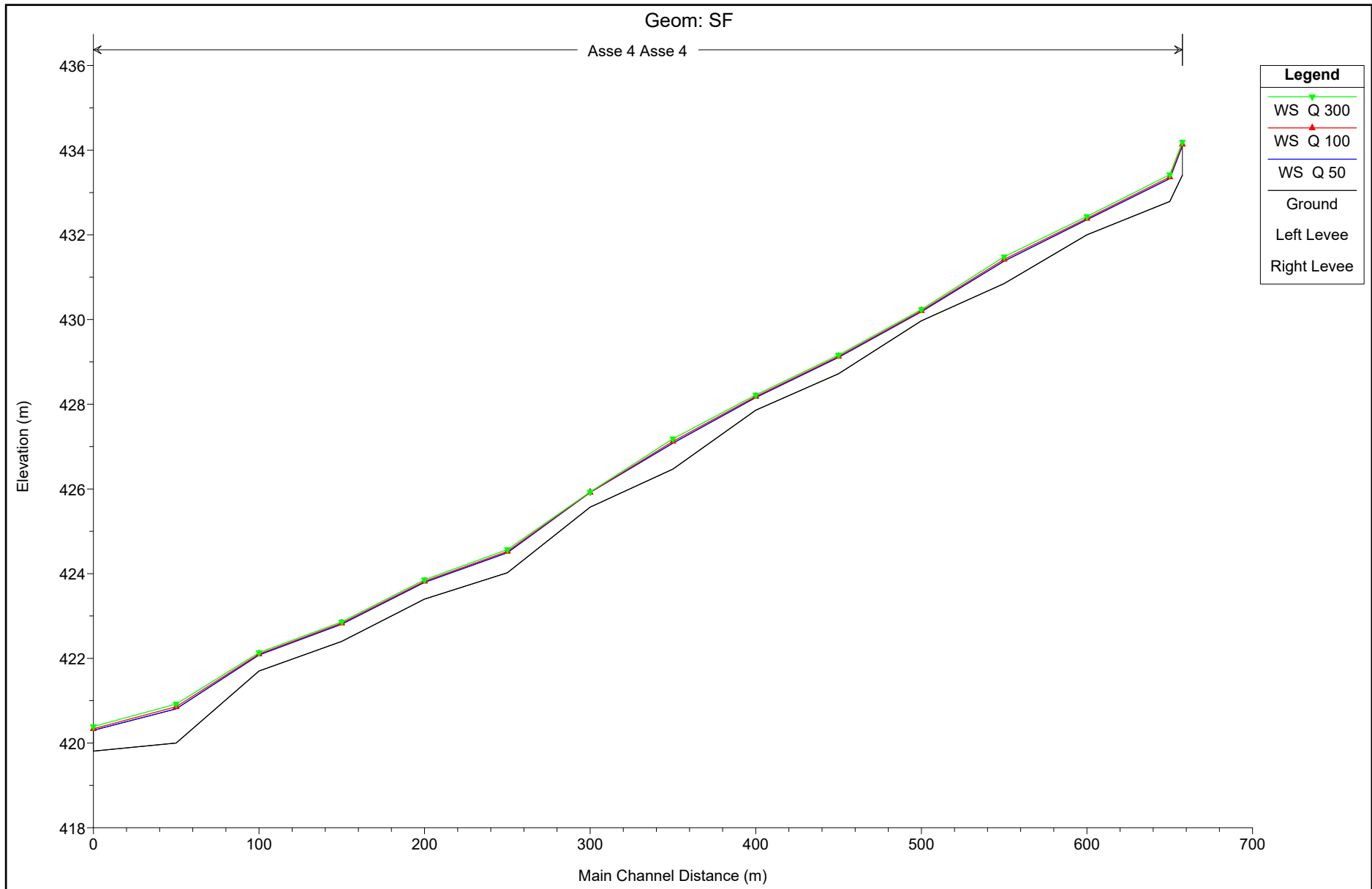
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Asse 2	15	Q 50	22.16	426.00	427.65	427.32	427.85	0.006530	1.97	11.27	11.18	0.62
Asse 2	15	Q 100	25.75	426.00	427.77	427.42	427.98	0.006559	2.05	12.56	11.71	0.63
Asse 2	15	Q 300	31.45	426.00	427.93	427.56	428.17	0.006606	2.17	14.50	12.47	0.64
Asse 2	14	Q 50	22.16	425.99	427.29	427.29	427.71	0.017964	2.86	7.75	9.32	1.00
Asse 2	14	Q 100	25.75	425.99	427.39	427.39	427.84	0.017614	2.95	8.72	9.81	1.00
Asse 2	14	Q 300	31.45	425.99	427.54	427.54	428.02	0.017162	3.08	10.20	10.55	1.00
Asse 2	13	Q 50	22.16	424.00	424.72	425.08	425.89	0.092005	4.78	4.64	9.07	2.14
Asse 2	13	Q 100	25.75	424.00	424.78	425.17	426.04	0.090864	4.97	5.18	9.47	2.14
Asse 2	13	Q 300	31.45	424.00	424.87	425.30	426.26	0.088987	5.22	6.02	10.04	2.15
Asse 2	12	Q 50	22.16	422.00	423.13	423.20	423.59	0.023693	3.01	7.37	10.32	1.14
Asse 2	12	Q 100	25.75	422.00	423.21	423.29	423.71	0.024148	3.14	8.19	10.87	1.16
Asse 2	12	Q 300	31.45	422.00	423.32	423.43	423.89	0.024879	3.34	9.41	11.64	1.19
Asse 2	11	Q 50	22.16	420.00	421.32	421.54	422.08	0.037905	3.88	5.71	7.51	1.42
Asse 2	11	Q 100	25.75	420.00	421.42	421.65	422.22	0.036268	3.97	6.49	7.99	1.40
Asse 2	11	Q 300	31.45	420.00	421.56	421.81	422.41	0.034152	4.08	7.71	8.68	1.38
Asse 2	10	Q 50	22.16	417.97	418.57	418.84	419.46	0.076771	4.17	5.31	11.22	1.93
Asse 2	10	Q 100	25.75	417.97	418.61	418.92	419.61	0.079726	4.43	5.81	11.53	1.99
Asse 2	10	Q 300	31.45	417.97	418.68	419.04	419.84	0.083094	4.78	6.58	11.98	2.06
Asse 2	9	Q 50	22.16	415.84	416.60	416.68	416.97	0.031202	2.70	8.20	16.93	1.24
Asse 2	9	Q 100	25.75	415.84	416.65	416.74	417.07	0.031446	2.85	9.03	17.29	1.26
Asse 2	9	Q 300	31.45	415.84	416.72	416.84	417.20	0.032042	3.07	10.25	17.83	1.29
Asse 2	8	Q 50	22.16	413.93	414.49	414.64	415.01	0.049913	3.20	6.93	15.85	1.55
Asse 2	8	Q 100	25.75	413.93	414.54	414.71	415.11	0.048961	3.35	7.68	16.30	1.55
Asse 2	8	Q 300	31.45	413.93	414.61	414.80	415.26	0.047220	3.57	8.82	16.90	1.56
Asse 2	7	Q 50	22.16	412.00	413.23	413.19	413.60	0.015648	2.68	8.26	9.95	0.94
Asse 2	7	Q 100	25.75	412.00	413.26	413.29	413.72	0.018944	3.00	8.60	10.12	1.04
Asse 2	7	Q 300	31.45	412.00	413.40	413.43	413.90	0.018516	3.13	10.03	10.83	1.04

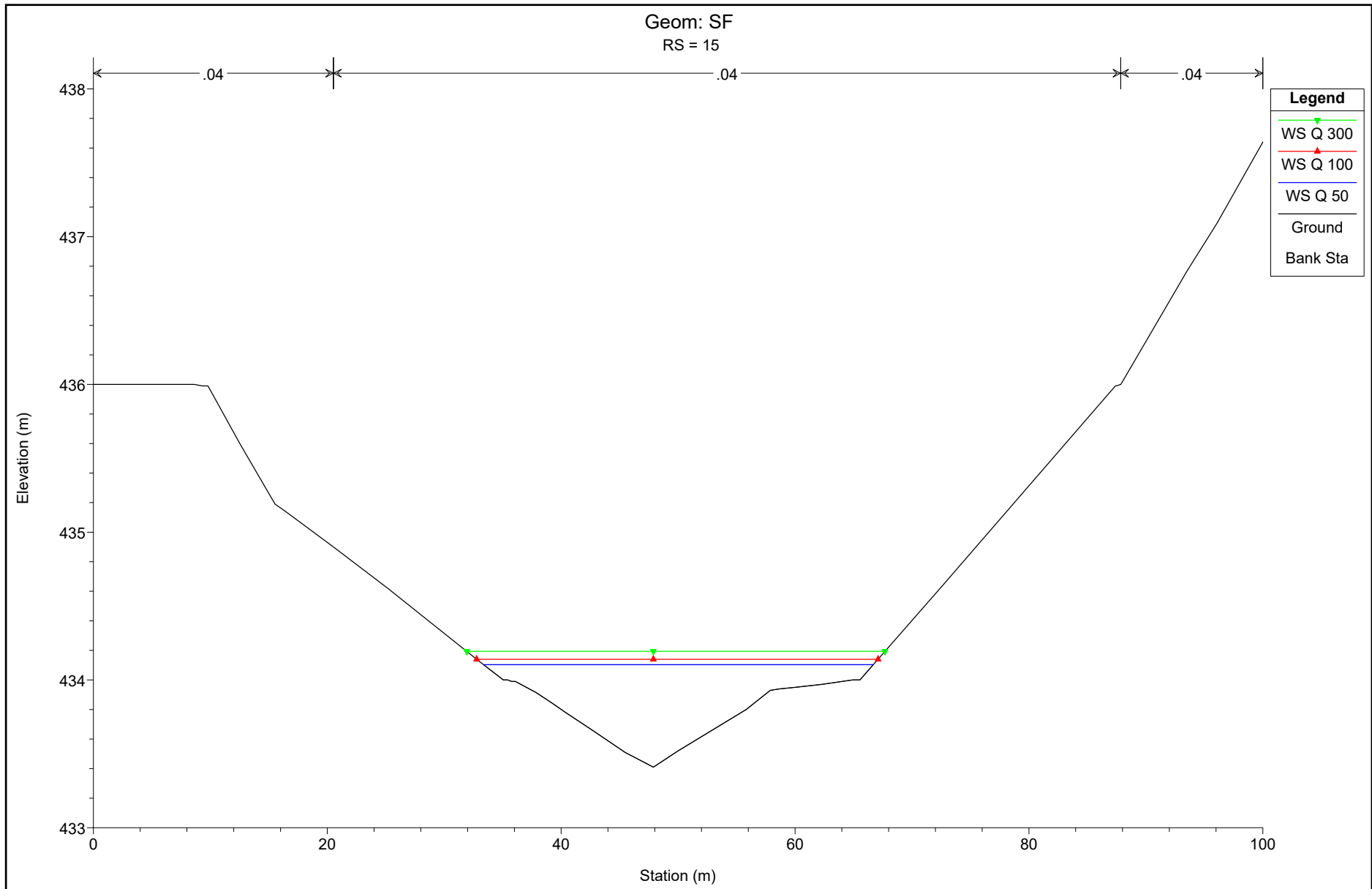
HEC-RAS Plan: 1 River: Asse 2 Reach: Asse 2 (Continued)

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
Asse 2	6	Q 50	22.16	411.87	412.43	412.43	412.66	0.020898	2.11	10.53	23.60	1.01
Asse 2	6	Q 100	25.75	411.87	412.48	412.48	412.73	0.020381	2.20	11.72	24.17	1.01
Asse 2	6	Q 300	31.45	411.87	412.54	412.56	412.83	0.022092	2.41	13.03	24.79	1.06
Asse 2	5	Q 50	22.16	409.98	410.35	410.50	410.85	0.074059	3.16	7.02	22.18	1.79
Asse 2	5	Q 100	25.75	409.98	410.38	410.56	410.94	0.074229	3.33	7.73	22.57	1.82
Asse 2	5	Q 300	31.45	409.98	410.44	410.63	411.04	0.065038	3.42	9.20	23.34	1.74
Asse 2	4	Q 50	22.16	408.00	409.01	409.01	409.37	0.018443	2.64	8.39	11.96	1.01
Asse 2	4	Q 100	25.75	408.00	409.10	409.10	409.48	0.018055	2.73	9.43	12.57	1.01
Asse 2	4	Q 300	31.45	408.00	409.22	409.22	409.64	0.017571	2.85	11.02	13.46	1.01
Asse 2	3	Q 50	22.16	407.09	407.63	407.73	407.99	0.045404	2.68	8.36	24.42	1.43
Asse 2	3	Q 100	25.75	407.09	407.66	407.78	408.08	0.048785	2.88	9.04	25.08	1.50
Asse 2	3	Q 300	31.45	407.09	407.69	407.85	408.21	0.053551	3.18	10.02	26.04	1.59
Asse 2	2	Q 50	22.16	403.99	404.70	404.90	405.34	0.061405	3.53	6.28	14.78	1.71
Asse 2	2	Q 100	25.75	403.99	404.78	404.96	405.32	0.062034	3.27	8.09	26.56	1.69
Asse 2	2	Q 300	31.45	403.99	404.84	405.03	405.43	0.057558	3.43	9.62	28.27	1.66
Asse 2	1	Q 50	22.16	401.98	402.33	402.42	402.63	0.044748	2.52	9.37	32.30	1.40
Asse 2	1	Q 100	25.75	401.98	402.37	402.46	402.69	0.043218	2.63	10.48	33.30	1.40
Asse 2	1	Q 300	31.45	401.98	402.40	402.51	402.79	0.046398	2.89	11.69	34.25	1.47

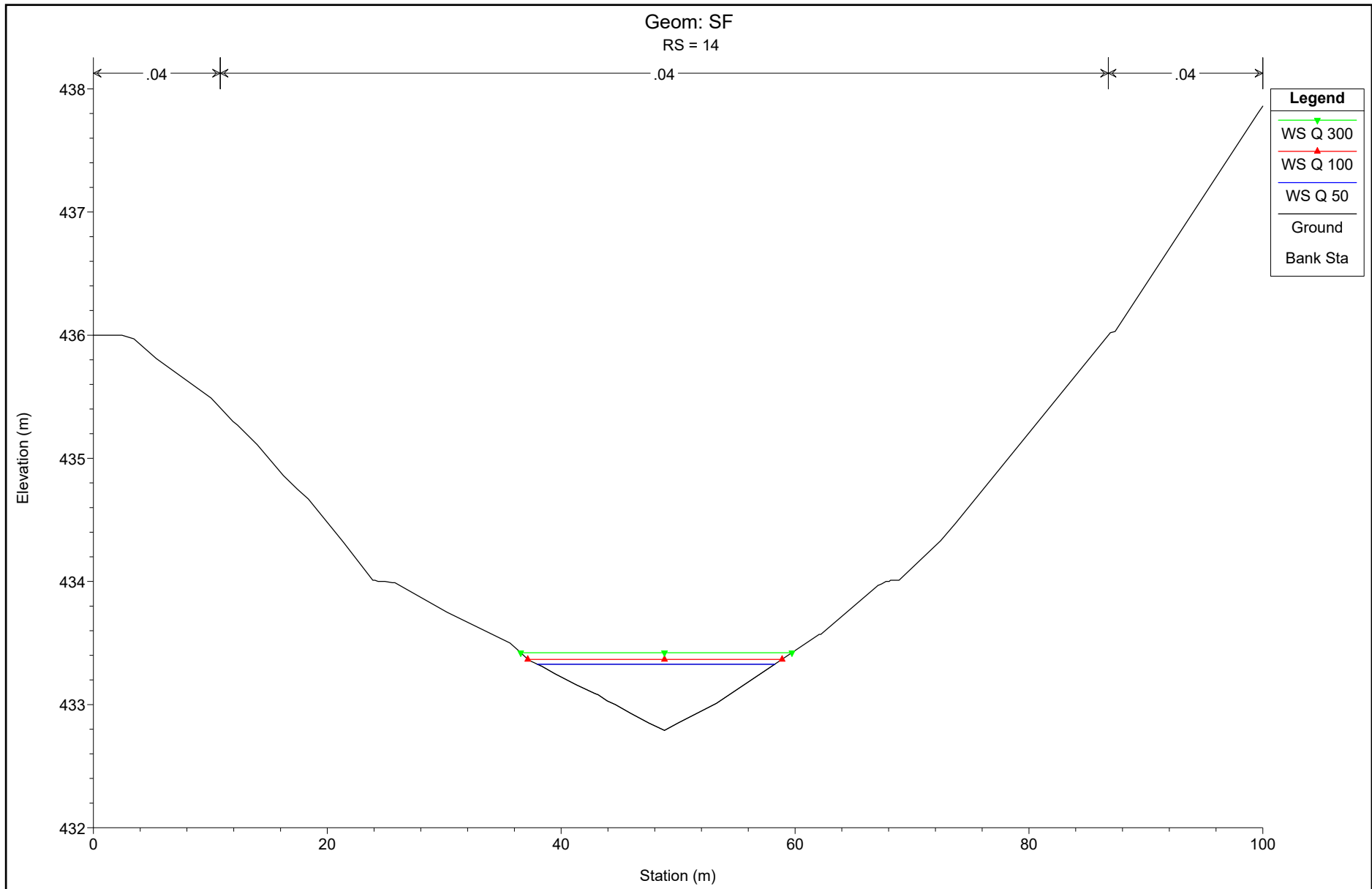
# ASSE 4\_ STATO DI FATTO

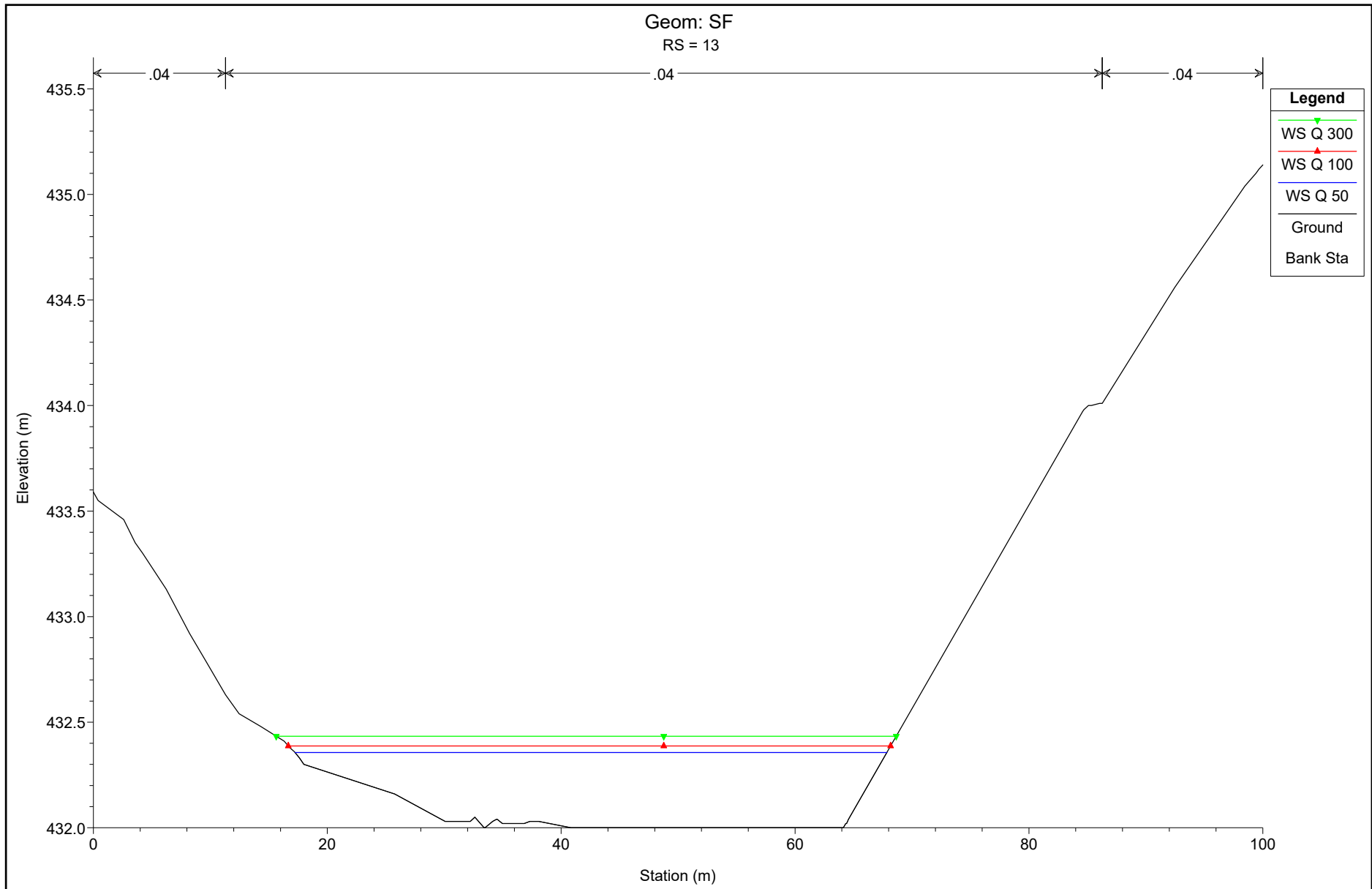


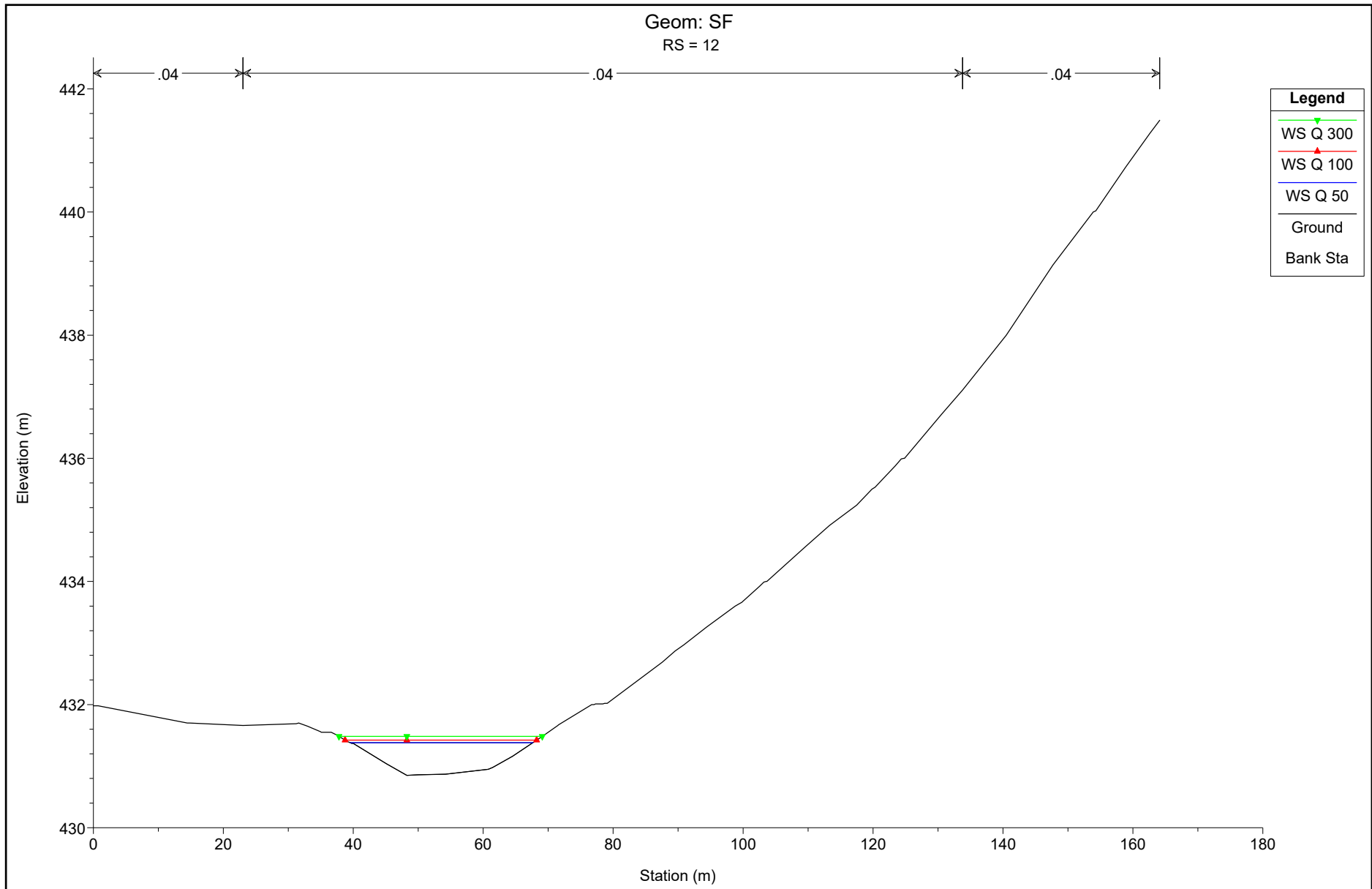


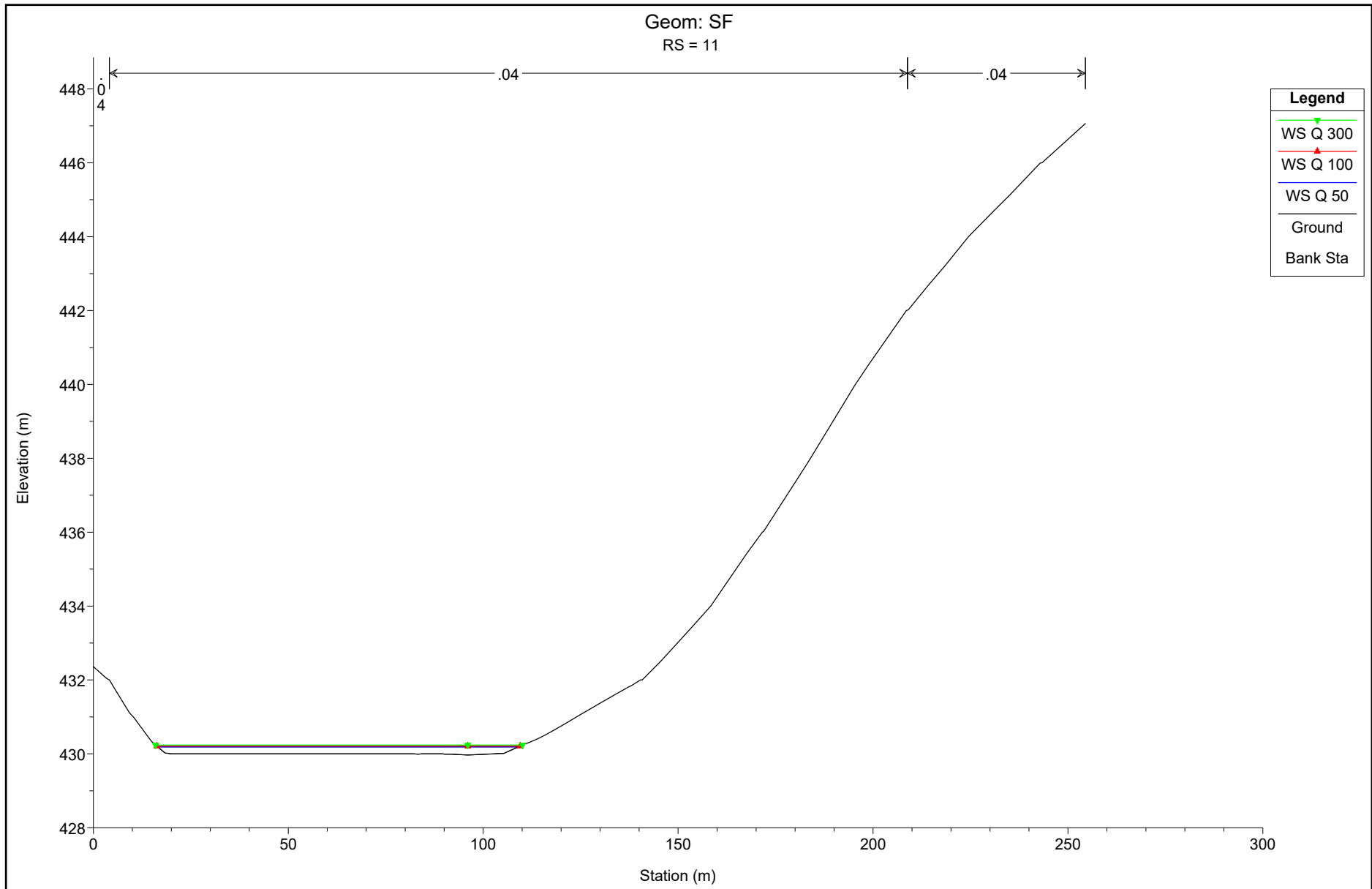


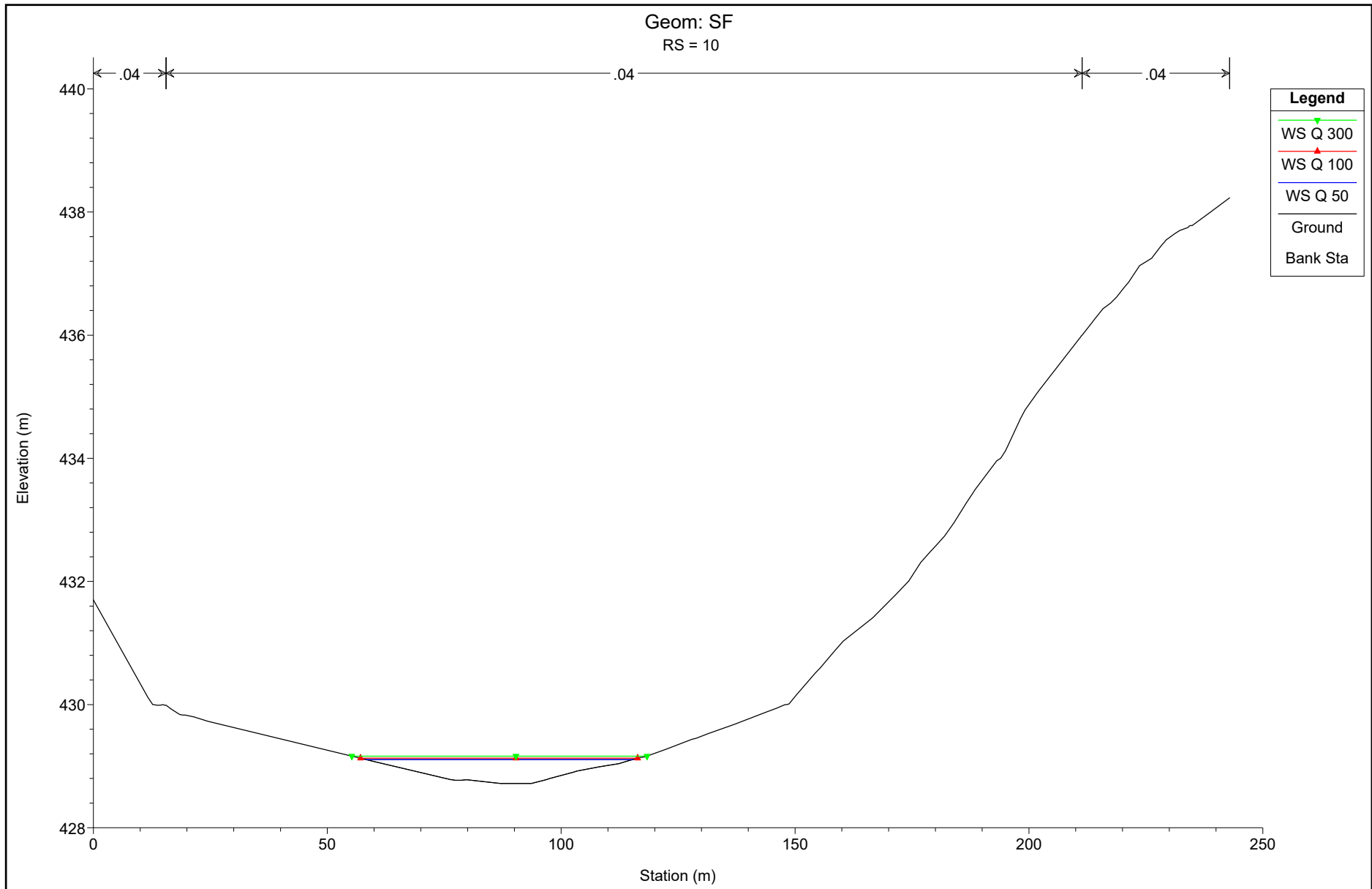


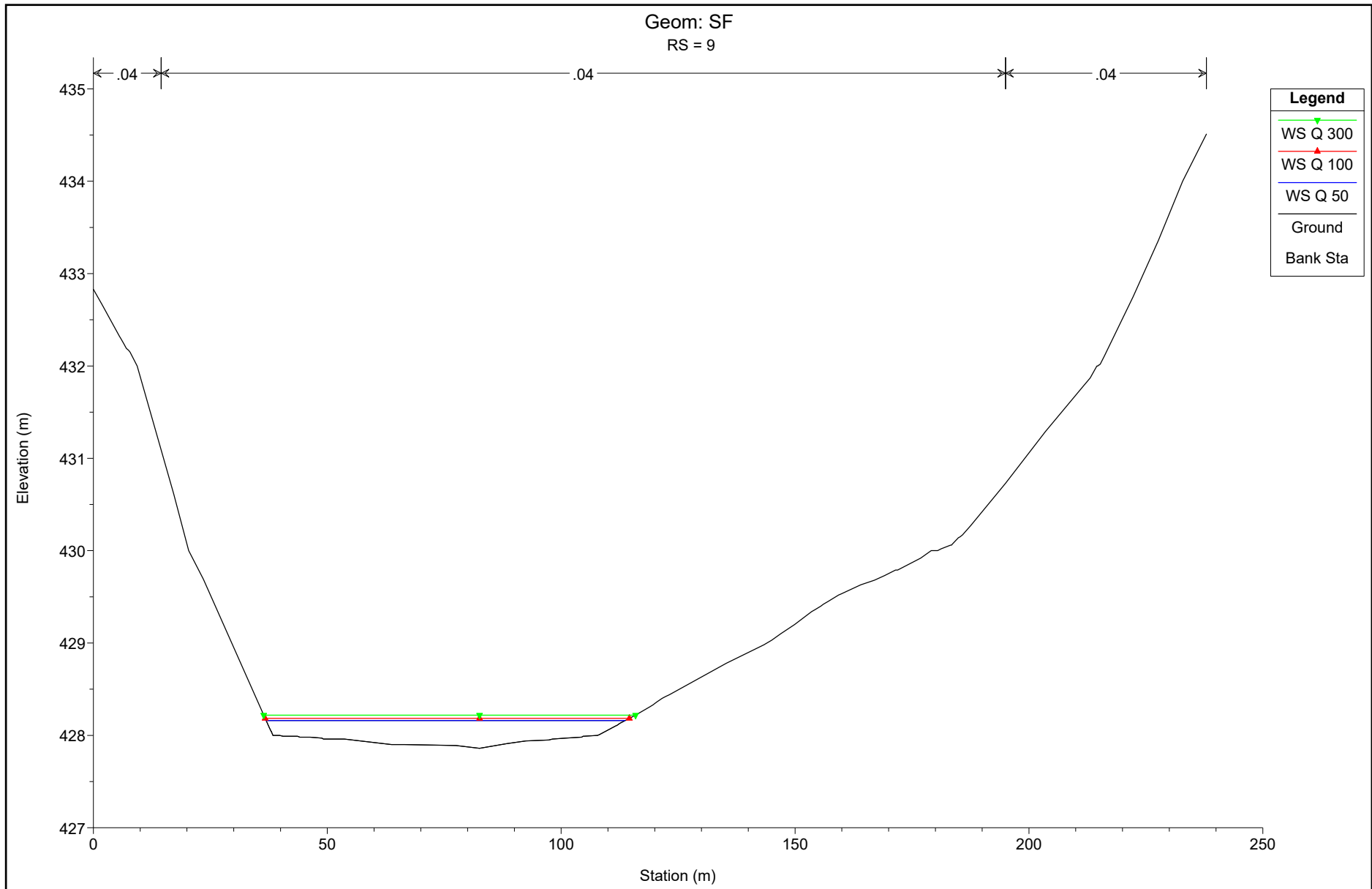


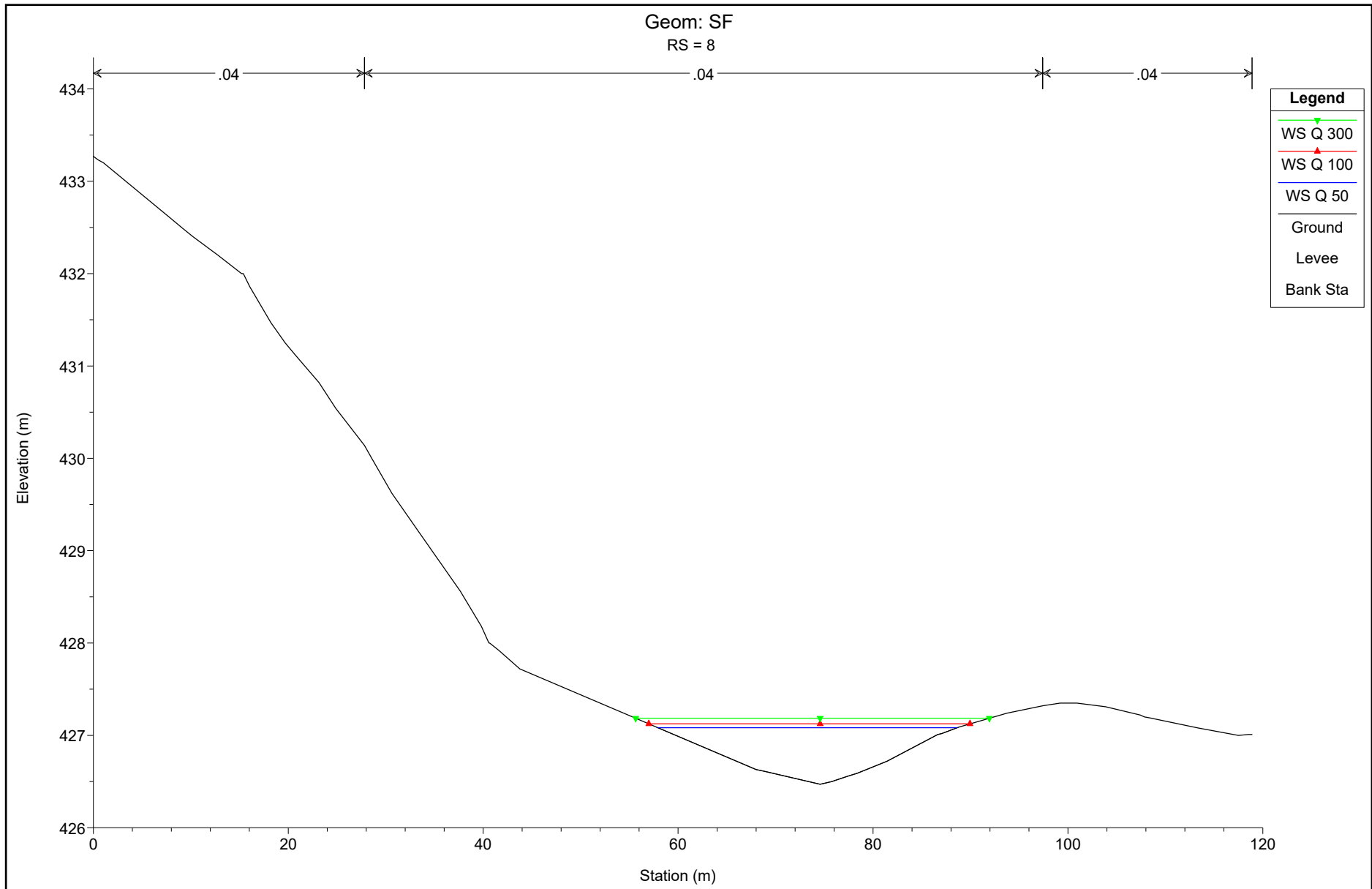


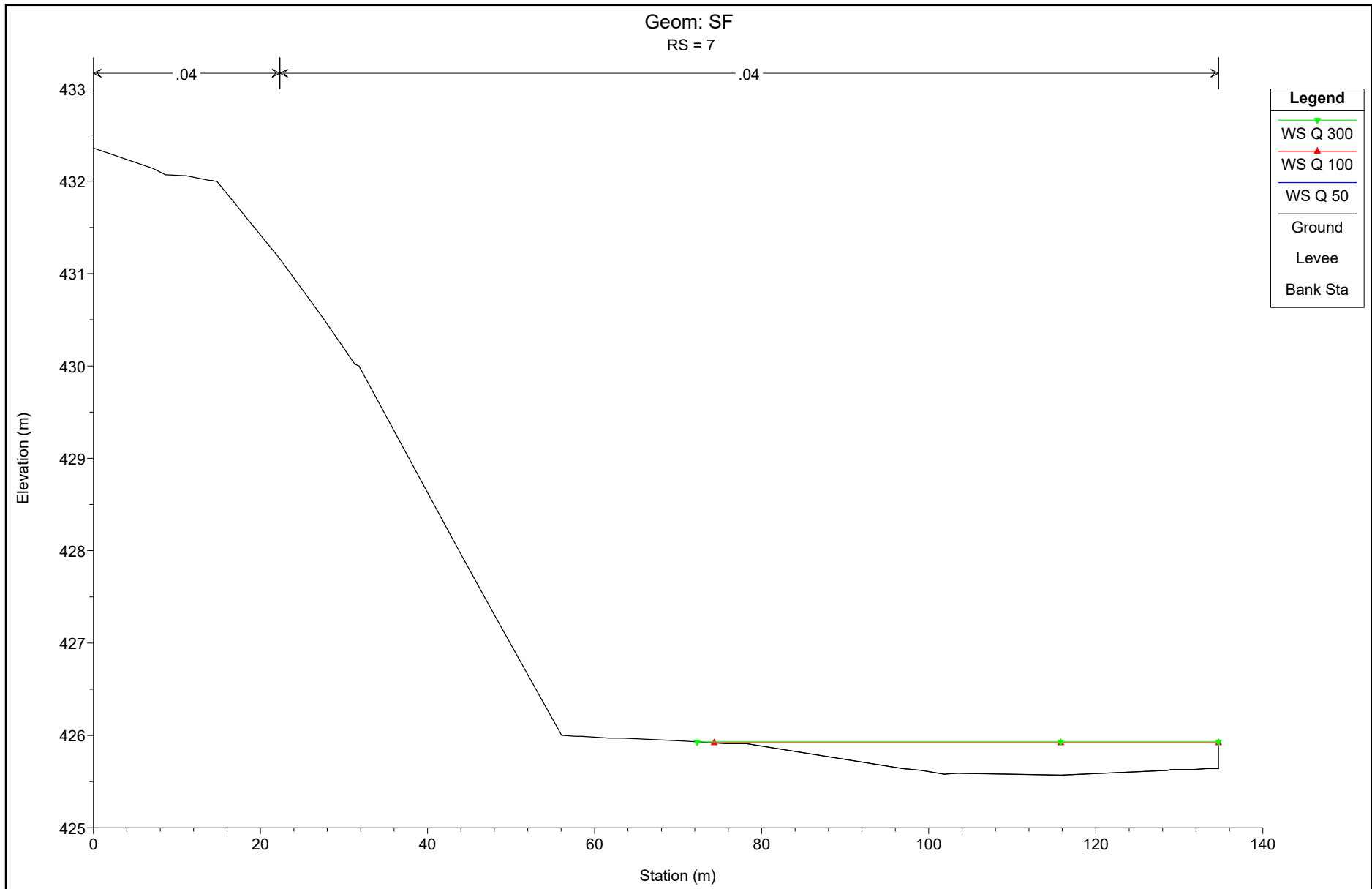




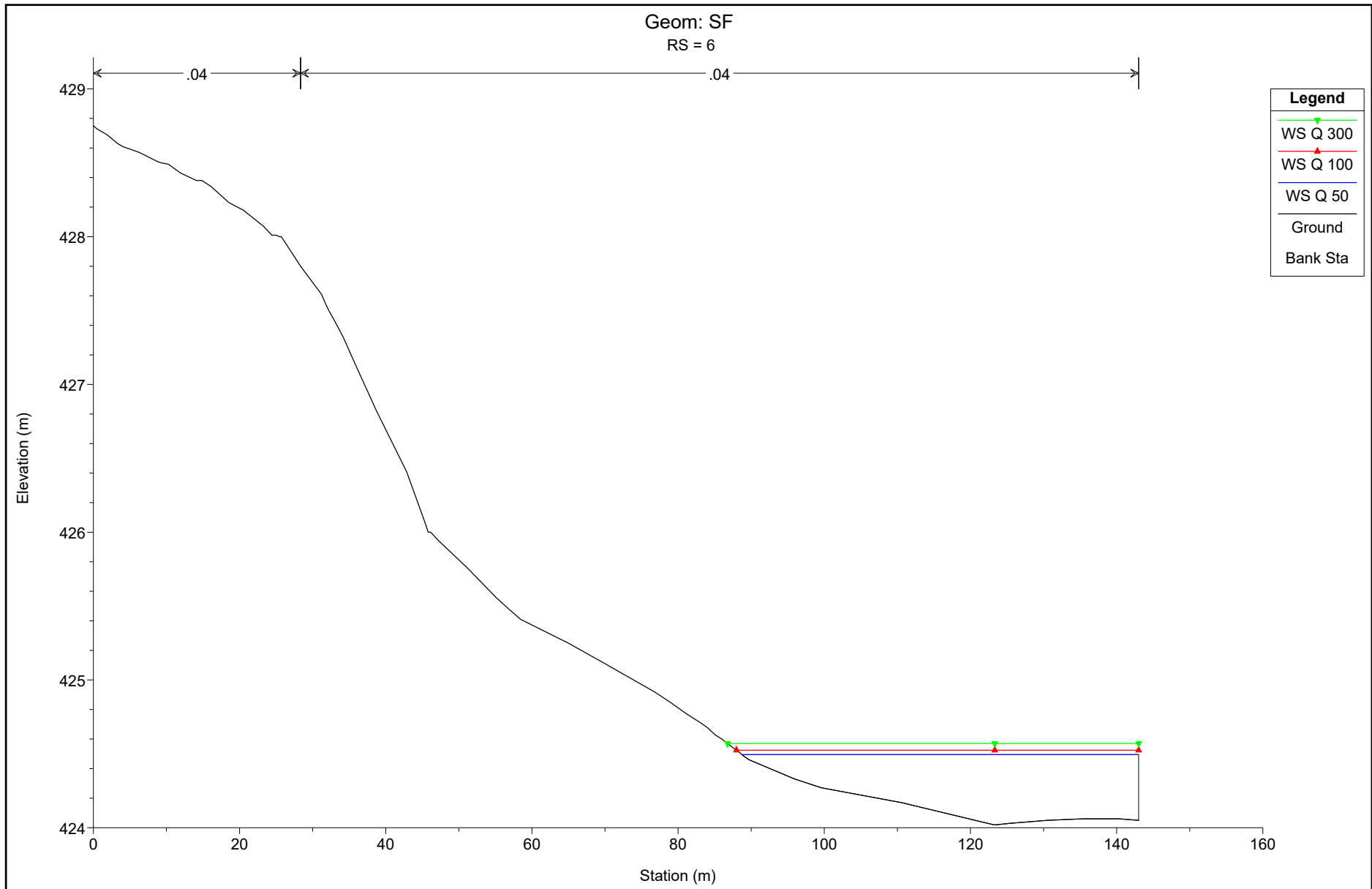


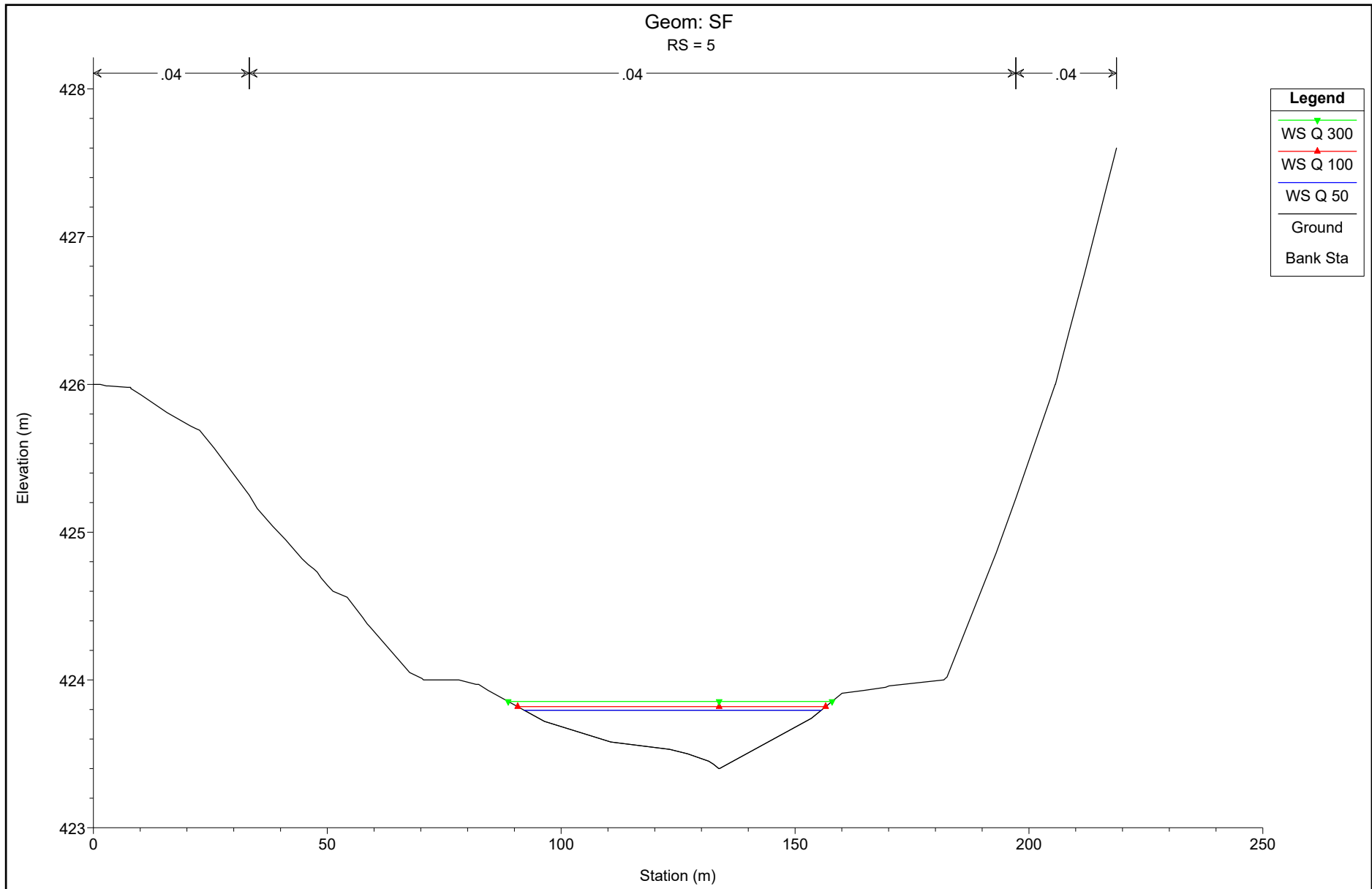


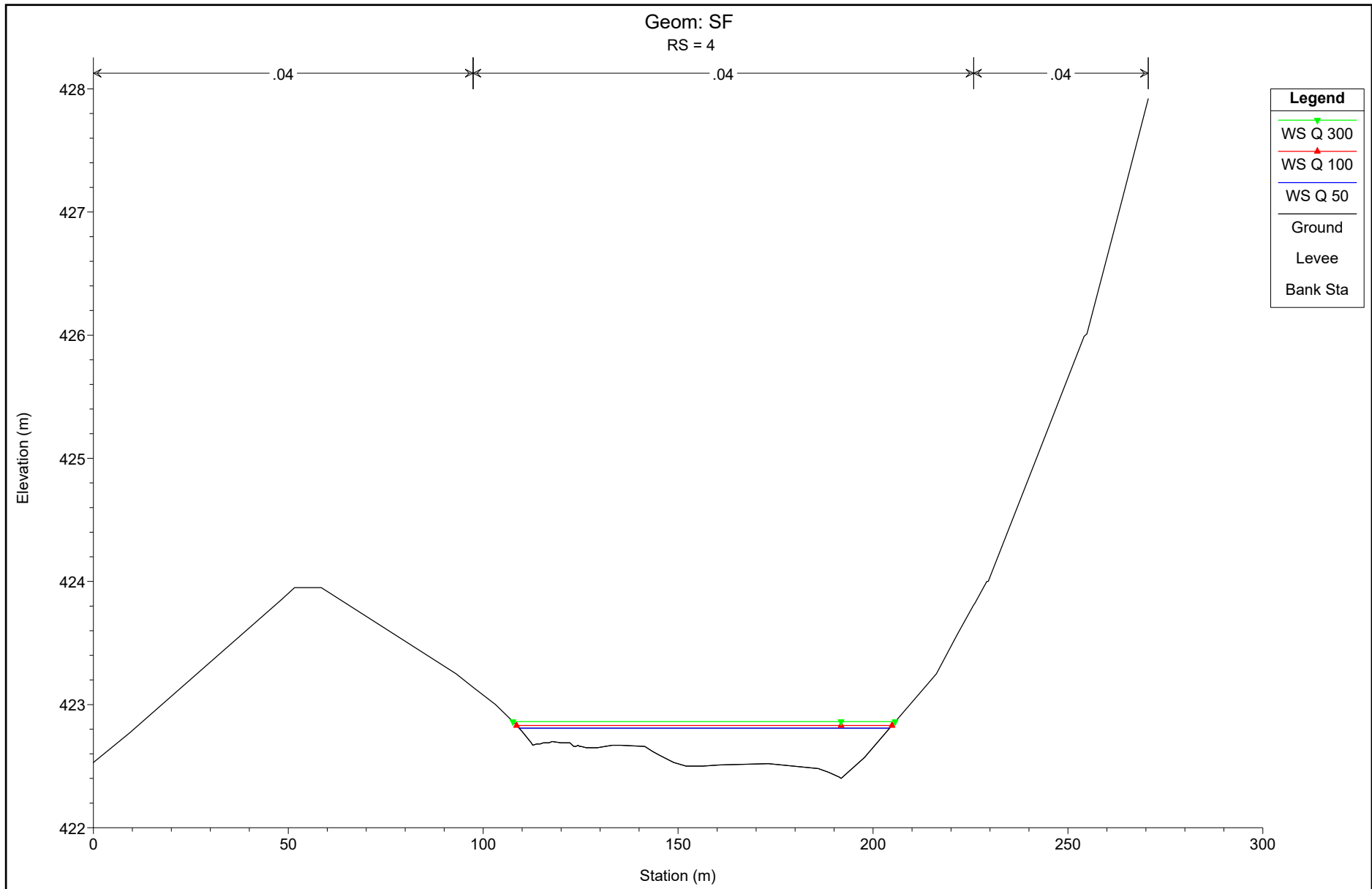


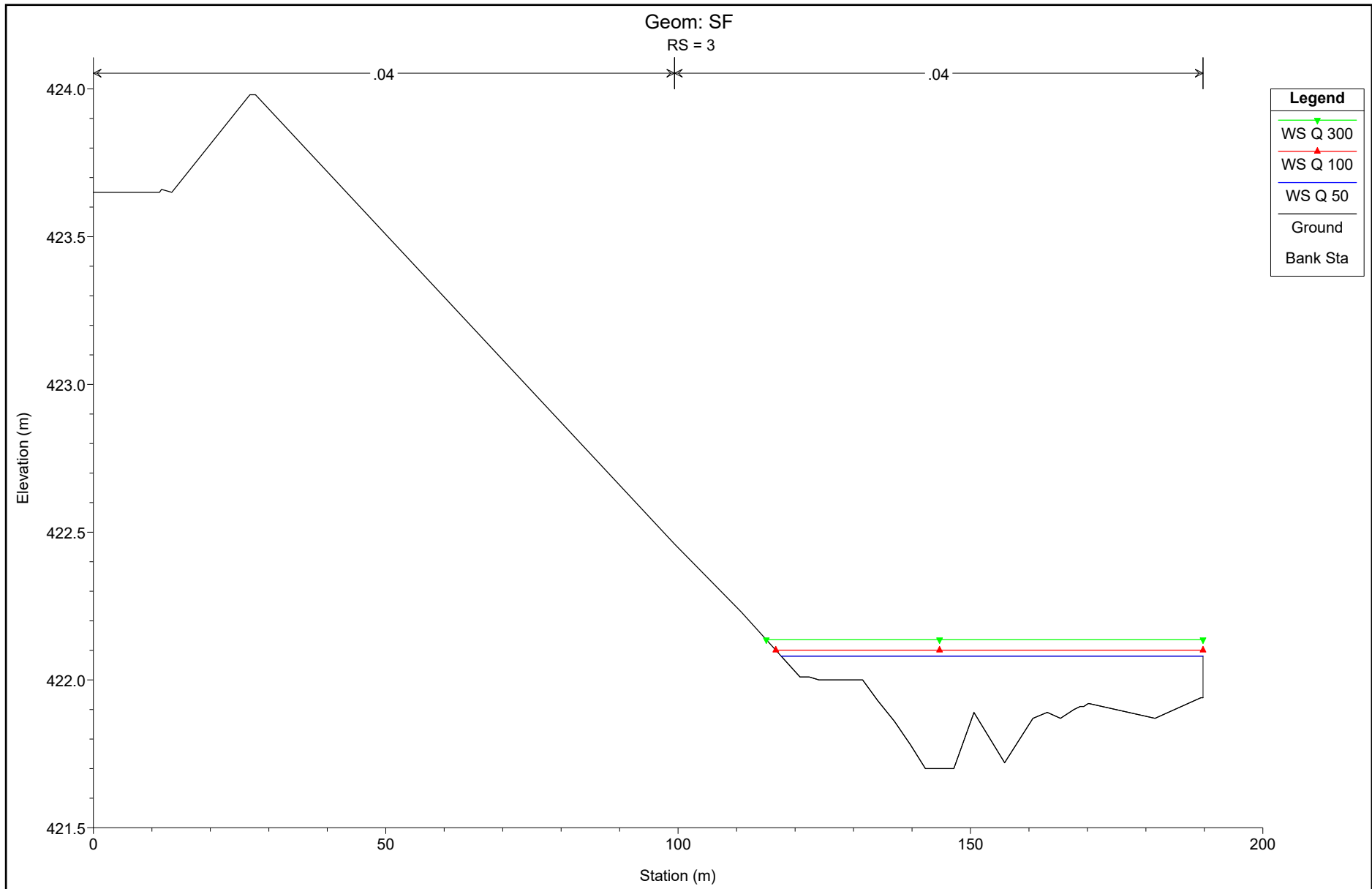


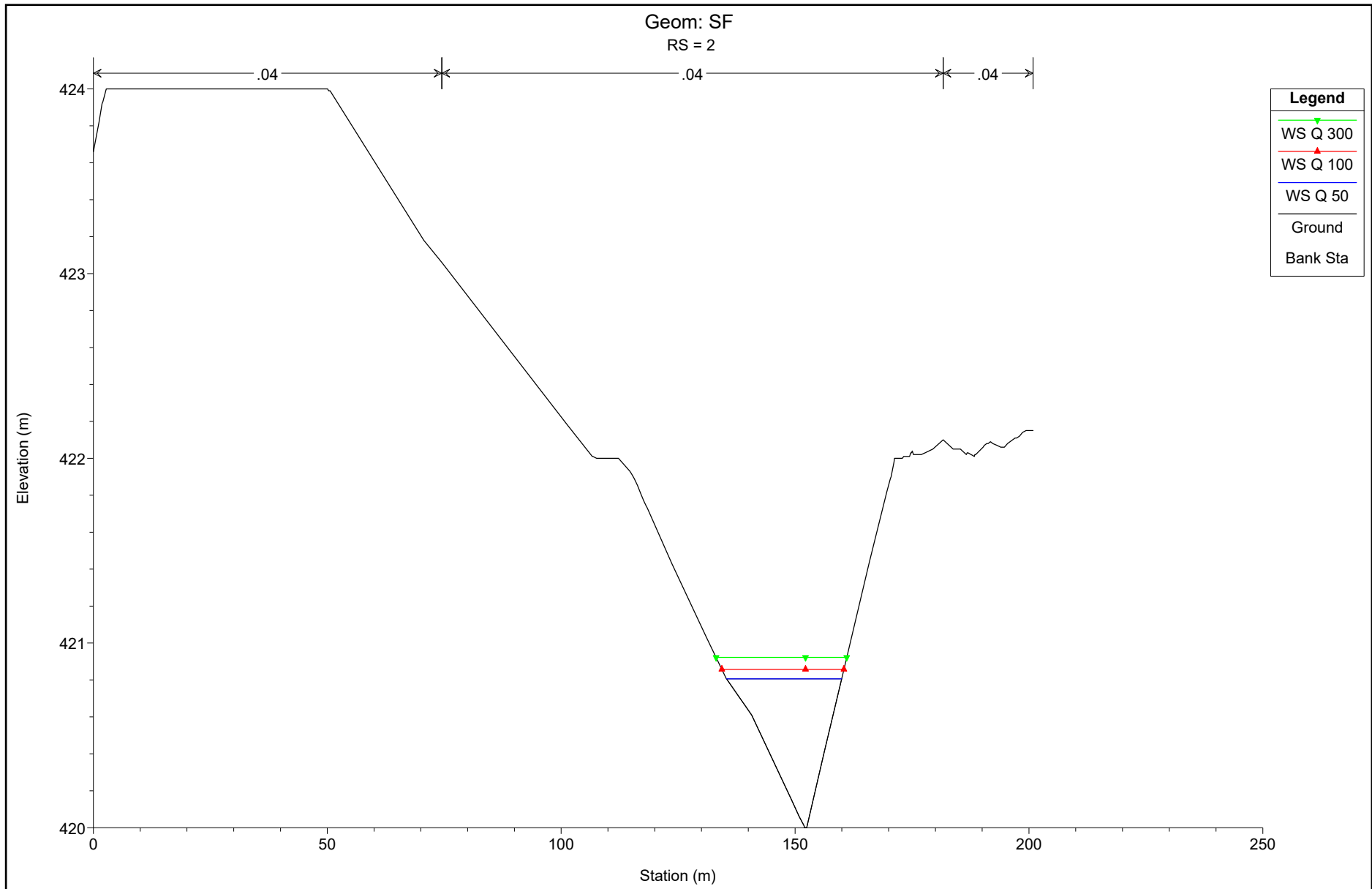


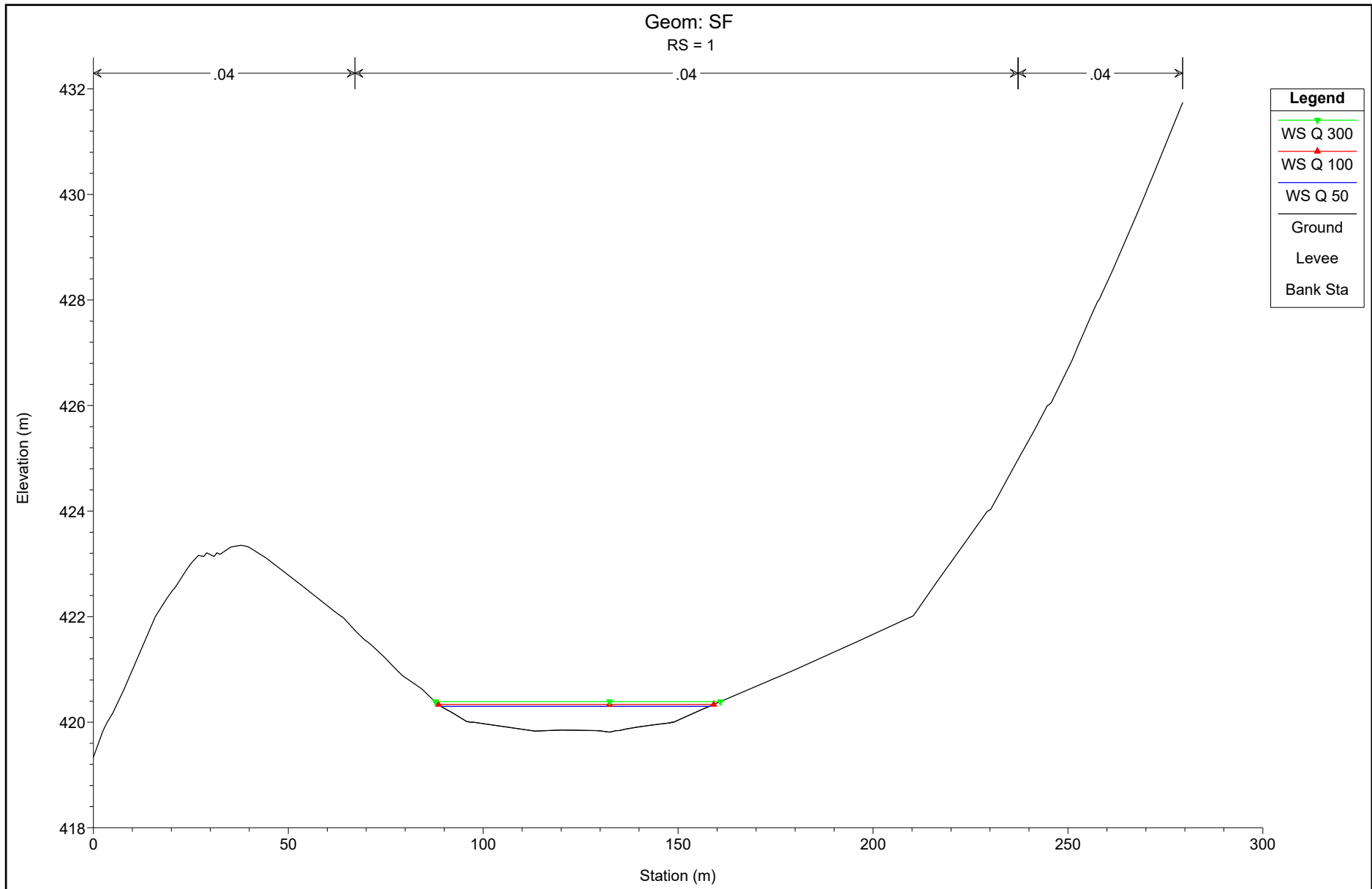












HEC-RAS Plan: Plan 08 River: Asse 4 Reach: Asse 4

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Asse 4	15	Q 50	18.90	433.41	434.10	434.11	434.27	0.024027	1.80	10.53	33.33	1.02
Asse 4	15	Q 100	21.97	433.41	434.14	434.14	434.32	0.023311	1.87	11.76	34.32	1.02
Asse 4	15	Q 300	26.85	433.41	434.19	434.19	434.39	0.022465	1.97	13.64	35.76	1.02
Asse 4	14	Q 50	18.90	432.79	433.33	433.50	433.90	0.100046	3.36	5.63	20.31	2.04
Asse 4	14	Q 100	21.97	432.79	433.37	433.55	433.96	0.093733	3.40	6.46	21.74	1.99
Asse 4	14	Q 300	26.85	432.79	433.42	433.62	434.05	0.085932	3.50	7.67	23.20	1.94
Asse 4	13	Q 50	18.90	432.00	432.36	432.30	432.44	0.013816	1.29	14.68	50.61	0.76
Asse 4	13	Q 100	21.97	432.00	432.39	432.33	432.48	0.013588	1.35	16.26	51.51	0.77
Asse 4	13	Q 300	26.85	432.00	432.43	432.37	432.54	0.013313	1.44	18.67	53.01	0.77
Asse 4	12	Q 50	18.90	430.85	431.38	431.38	431.56	0.022451	1.88	10.03	28.08	1.01
Asse 4	12	Q 100	21.97	430.85	431.42	431.42	431.62	0.022056	1.95	11.25	29.49	1.01
Asse 4	12	Q 300	26.85	430.85	431.48	431.48	431.70	0.021419	2.05	13.11	31.30	1.01
Asse 4	11	Q 50	18.90	429.97	430.19	430.16	430.25	0.019157	1.12	16.94	92.49	0.83
Asse 4	11	Q 100	21.97	429.97	430.21	430.18	430.28	0.018004	1.16	18.95	93.19	0.82
Asse 4	11	Q 300	26.85	429.97	430.24	430.21	430.32	0.017047	1.23	21.81	94.19	0.82
Asse 4	10	Q 50	18.90	428.72	429.11	429.10	429.21	0.022497	1.42	13.31	57.08	0.94
Asse 4	10	Q 100	21.97	428.72	429.13	429.12	429.25	0.023731	1.51	14.55	59.25	0.97
Asse 4	10	Q 300	26.85	428.72	429.16	429.16	429.30	0.024719	1.61	16.63	63.12	1.00
Asse 4	9	Q 50	18.90	427.86	428.16	428.13	428.23	0.017006	1.16	16.29	76.73	0.80
Asse 4	9	Q 100	21.97	427.86	428.18	428.15	428.26	0.016280	1.21	18.17	77.86	0.80
Asse 4	9	Q 300	26.85	427.86	428.22	428.18	428.30	0.015615	1.28	20.93	79.48	0.80
Asse 4	8	Q 50	18.90	426.47	427.08	427.08	427.25	0.022191	1.81	10.43	30.73	0.99
Asse 4	8	Q 100	21.97	426.47	427.12	427.12	427.30	0.022186	1.87	11.74	32.95	1.00
Asse 4	8	Q 300	26.85	426.47	427.19	427.19	427.38	0.021767	1.94	13.85	36.30	1.00
Asse 4	7	Q 50	18.90	425.57	425.92	425.92	426.00	0.017000	1.27	14.83	60.37	0.82
Asse 4	7	Q 100	21.97	425.57	425.92	425.92	426.03	0.022971	1.48	14.83	60.37	0.95
Asse 4	7	Q 300	26.85	425.57	425.93	425.95	426.08	0.030783	1.73	15.53	62.42	1.11

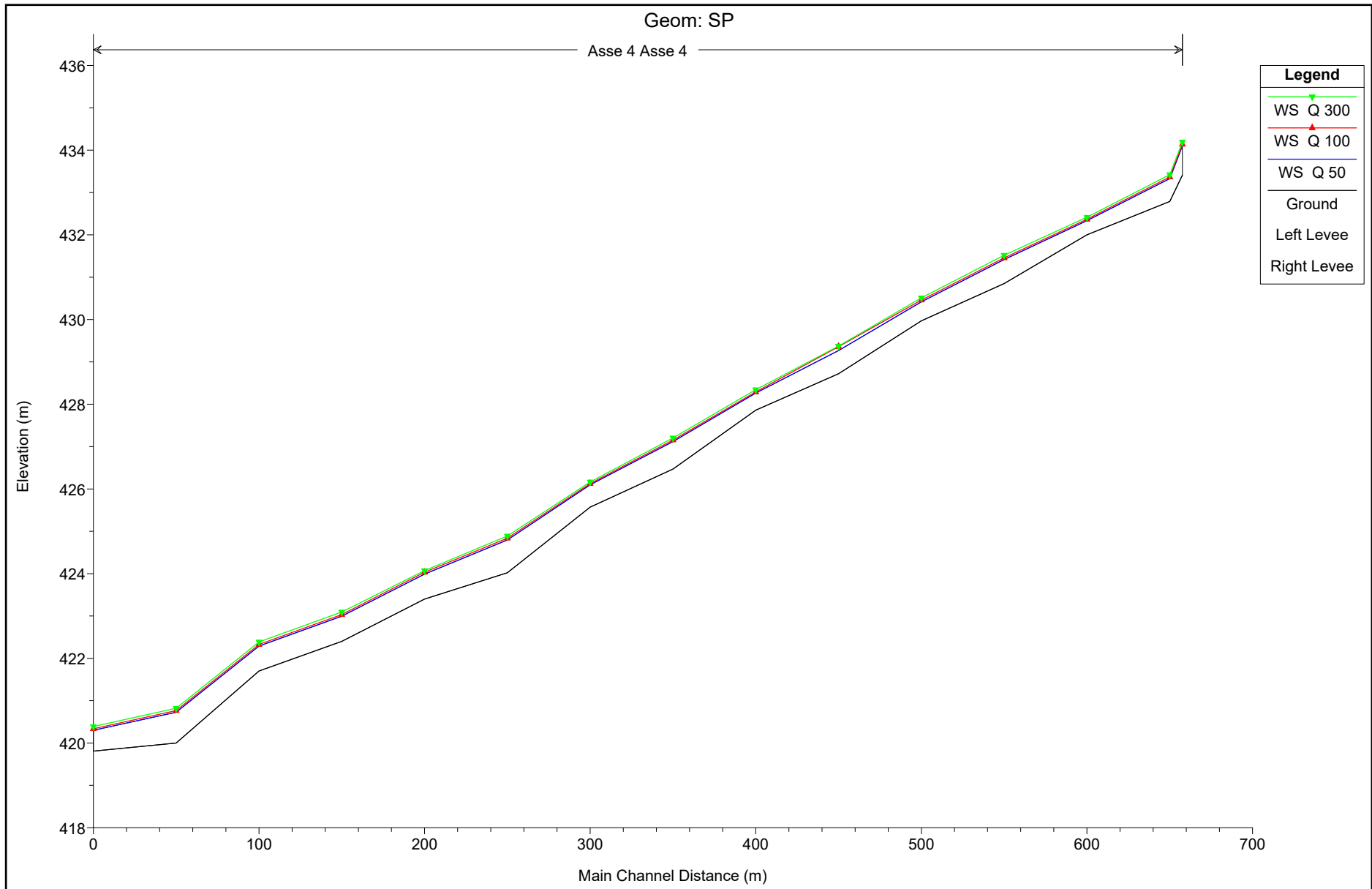
HEC-RAS Plan: Plan 08 River: Asse 4 Reach: Asse 4 (Continued)

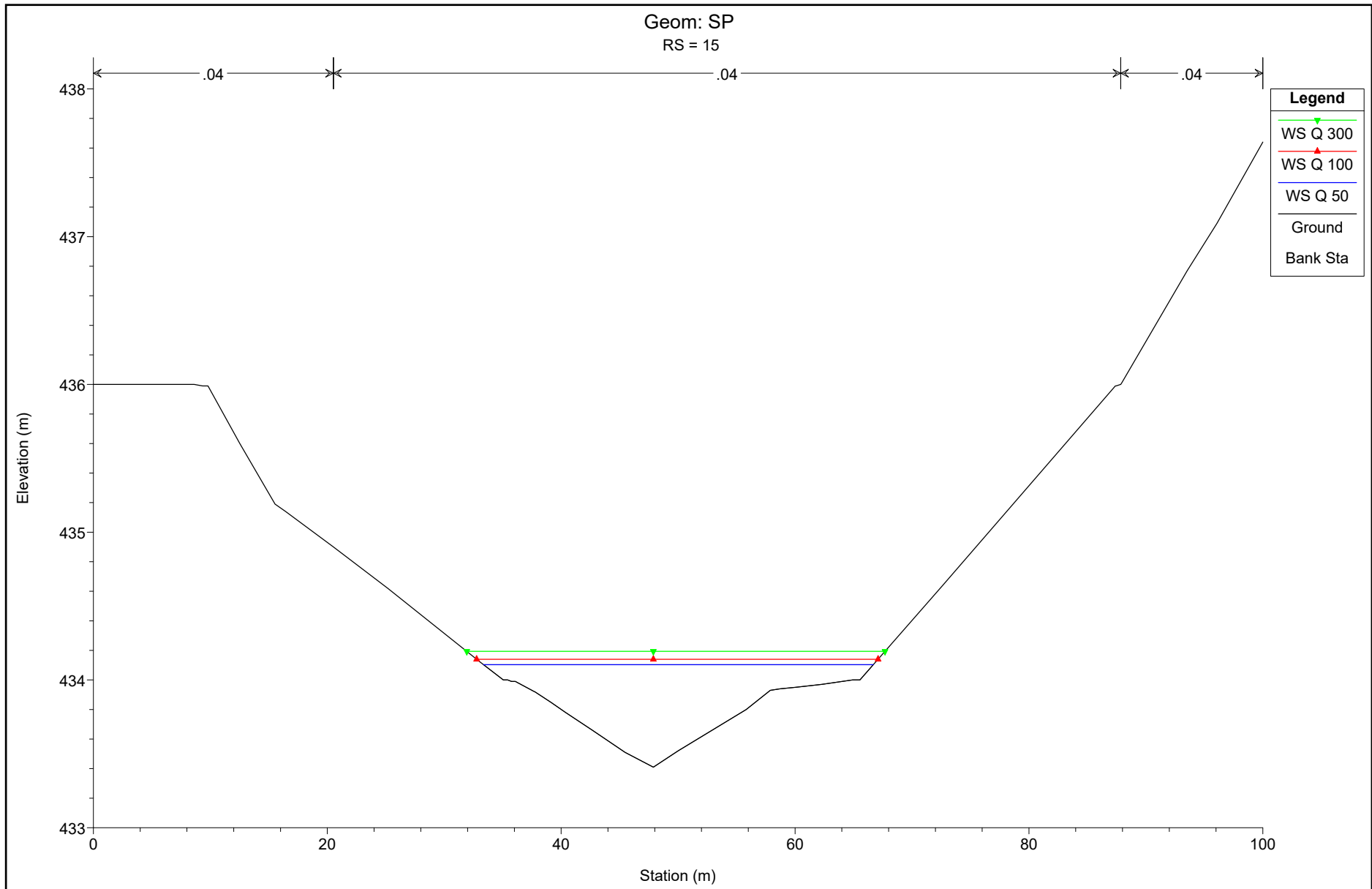
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Asse 4	6	Q 50	18.90	424.02	424.49	424.38	424.55	0.007456	1.04	18.22	54.26	0.57
Asse 4	6	Q 100	21.97	424.02	424.52	424.40	424.59	0.007674	1.10	19.89	55.04	0.59
Asse 4	6	Q 300	26.85	424.02	424.57	424.45	424.64	0.007966	1.20	22.38	56.24	0.61
Asse 4	5	Q 50	18.90	423.40	423.80	423.80	423.90	0.027386	1.44	13.09	63.52	1.02
Asse 4	5	Q 100	21.97	423.40	423.82	423.82	423.93	0.026635	1.50	14.66	65.84	1.01
Asse 4	5	Q 300	26.85	423.40	423.85	423.85	423.98	0.025725	1.58	17.05	69.23	1.01
Asse 4	4	Q 50	18.90	422.40	422.81	422.74	422.85	0.008584	0.87	21.79	95.05	0.58
Asse 4	4	Q 100	21.97	422.40	422.83	422.75	422.87	0.008622	0.92	23.94	96.31	0.59
Asse 4	4	Q 300	26.85	422.40	422.86	422.78	422.91	0.008912	1.00	26.93	98.07	0.61
Asse 4	3	Q 50	18.90	421.70	422.08	422.07	422.17	0.023856	1.32	14.37	72.15	0.94
Asse 4	3	Q 100	21.97	421.70	422.10	422.09	422.20	0.023708	1.39	15.84	73.07	0.95
Asse 4	3	Q 300	26.85	421.70	422.14	422.12	422.24	0.021893	1.45	18.46	74.69	0.93
Asse 4	2	Q 50	18.90	420.00	420.81	420.81	421.01	0.022235	1.98	9.55	24.62	1.01
Asse 4	2	Q 100	21.97	420.00	420.86	420.86	421.07	0.021175	2.02	10.86	26.12	1.00
Asse 4	2	Q 300	26.85	420.00	420.92	420.92	421.15	0.021144	2.13	12.59	27.94	1.01
Asse 4	1	Q 50	18.90	419.81	420.30	420.12	420.33	0.004000	0.78	24.09	68.87	0.42
Asse 4	1	Q 100	21.97	419.81	420.34	420.15	420.37	0.004005	0.83	26.62	70.65	0.43
Asse 4	1	Q 300	26.85	419.81	420.39	420.19	420.43	0.004001	0.88	30.46	73.14	0.44

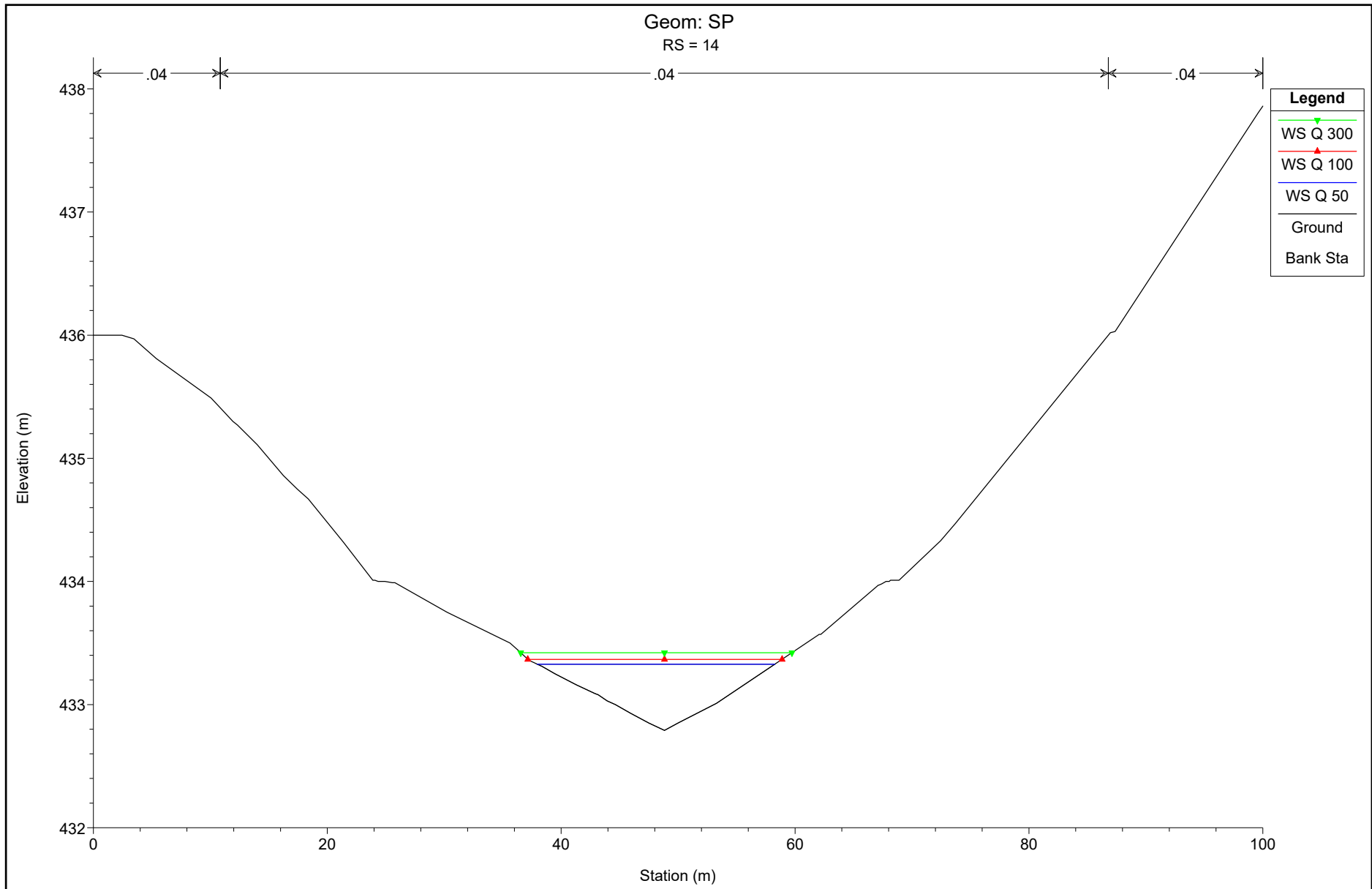


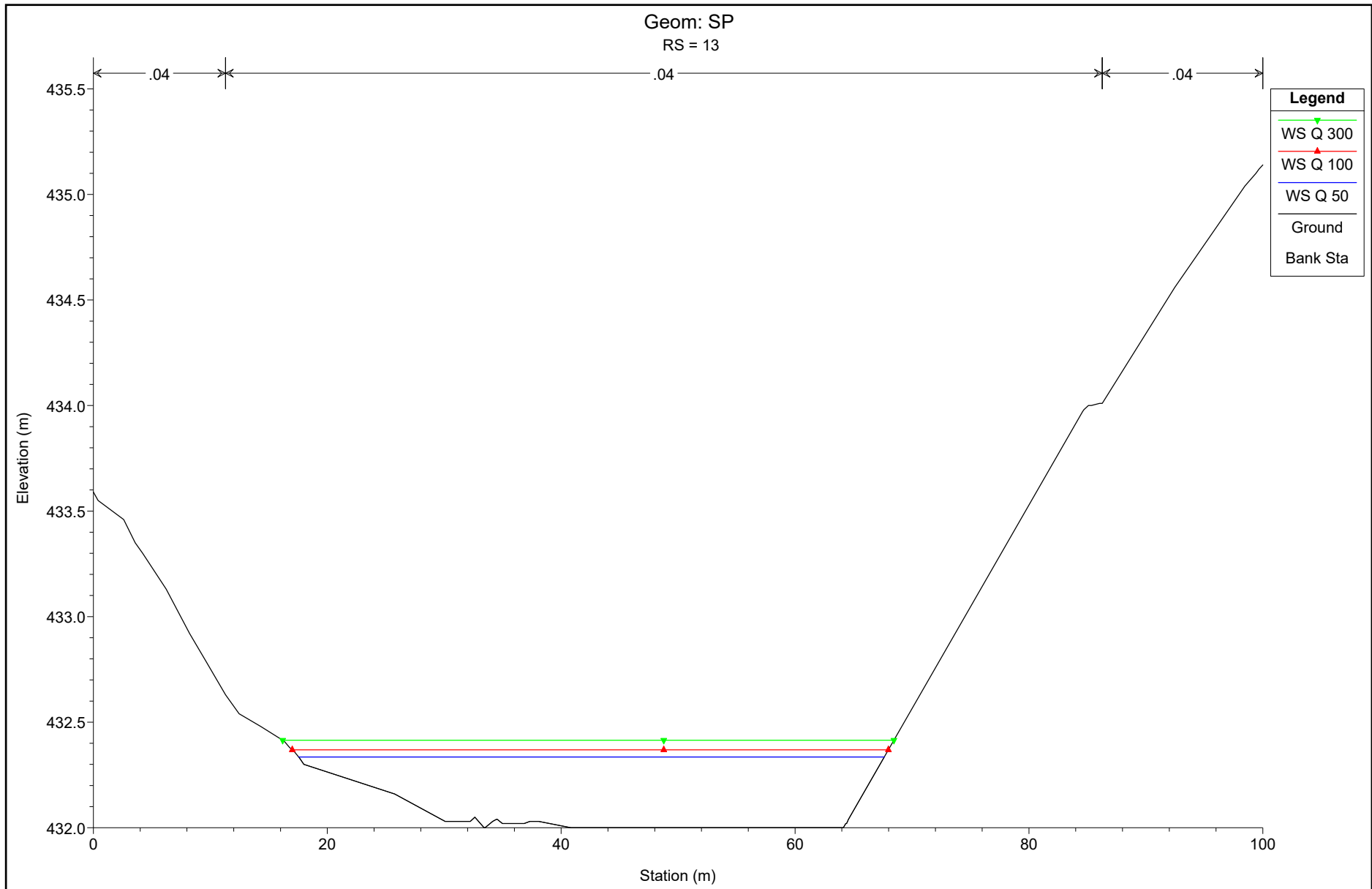
# ASSE 4\_ STATO DI PROGETTO

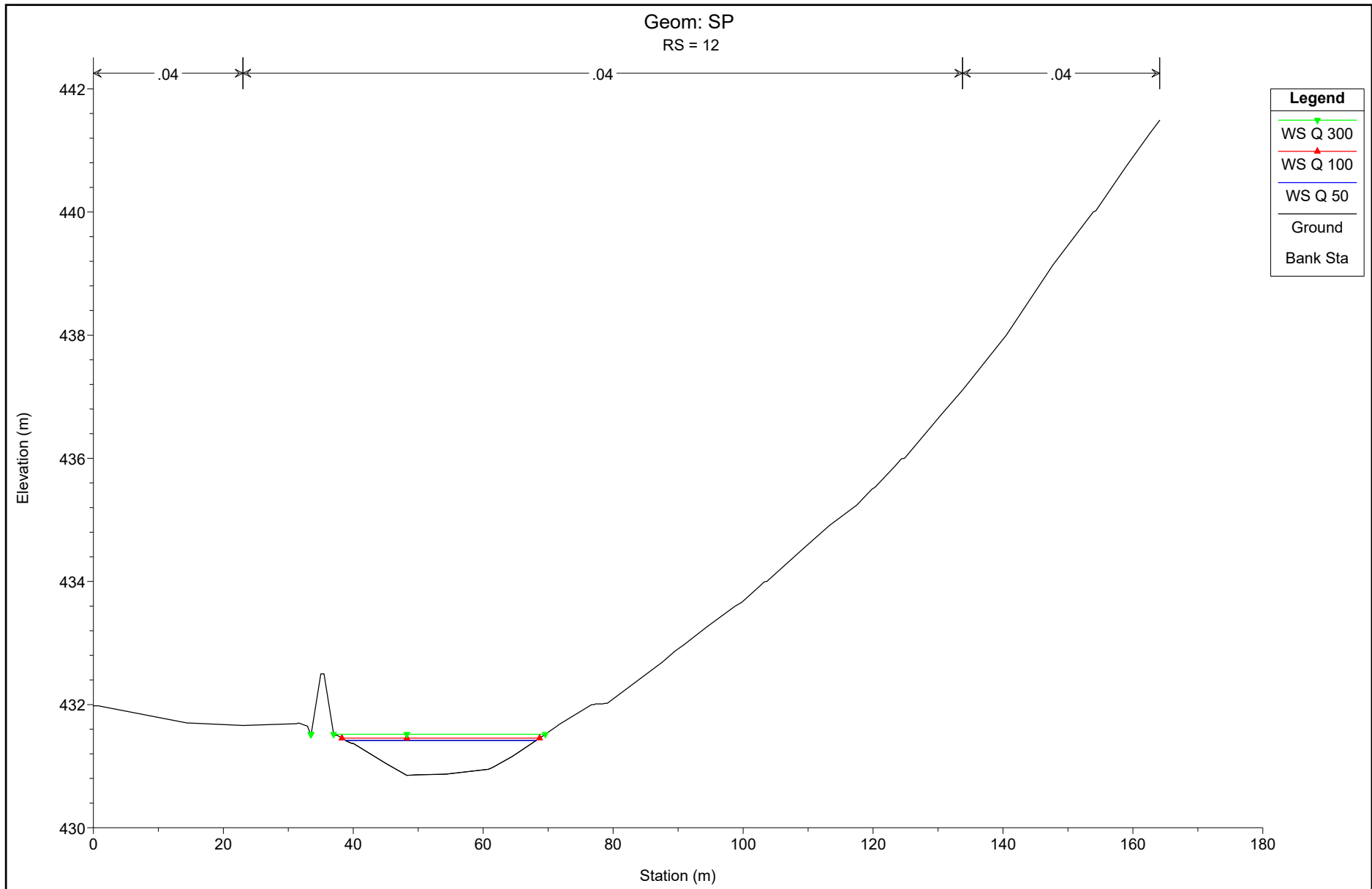


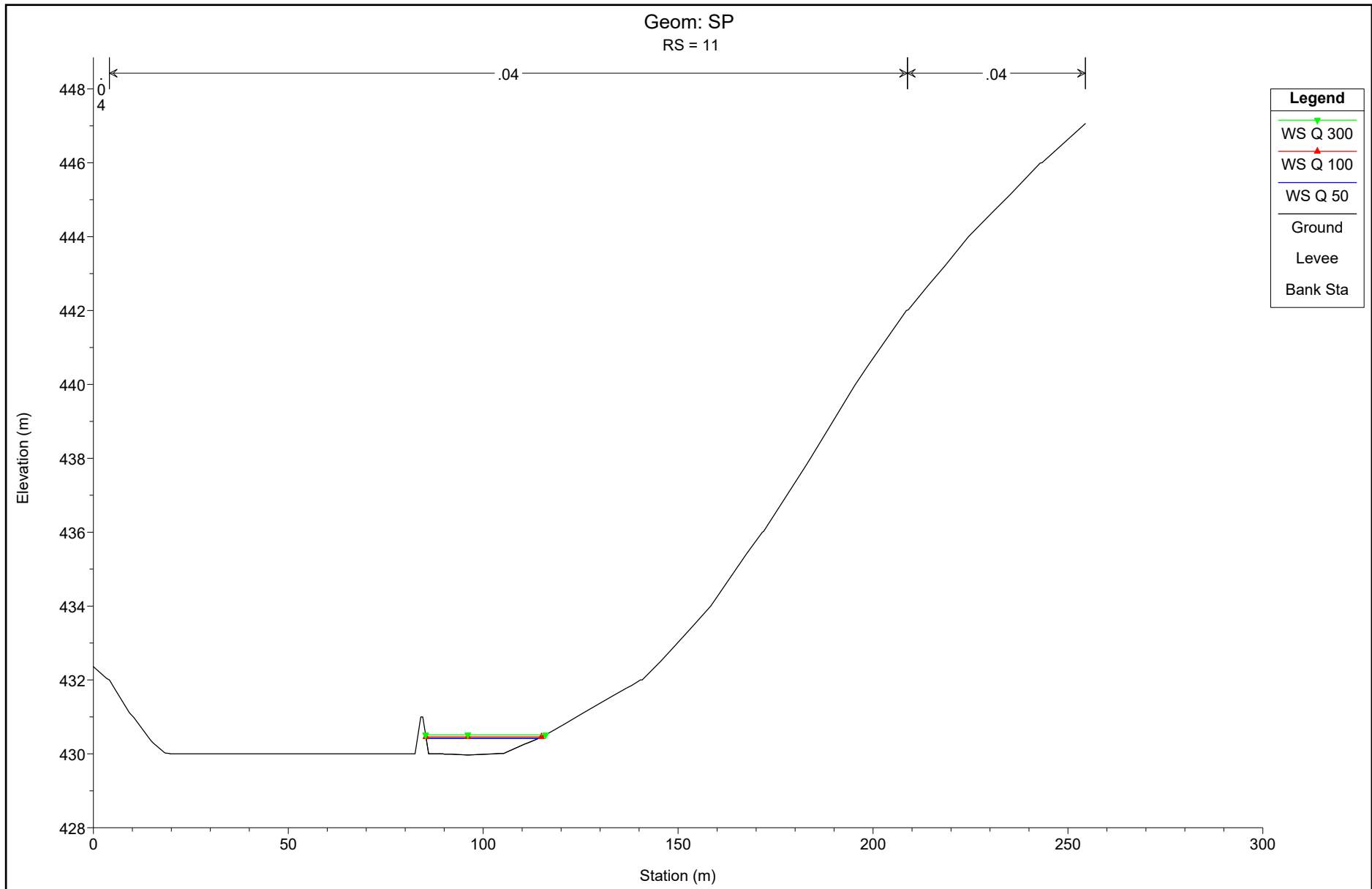


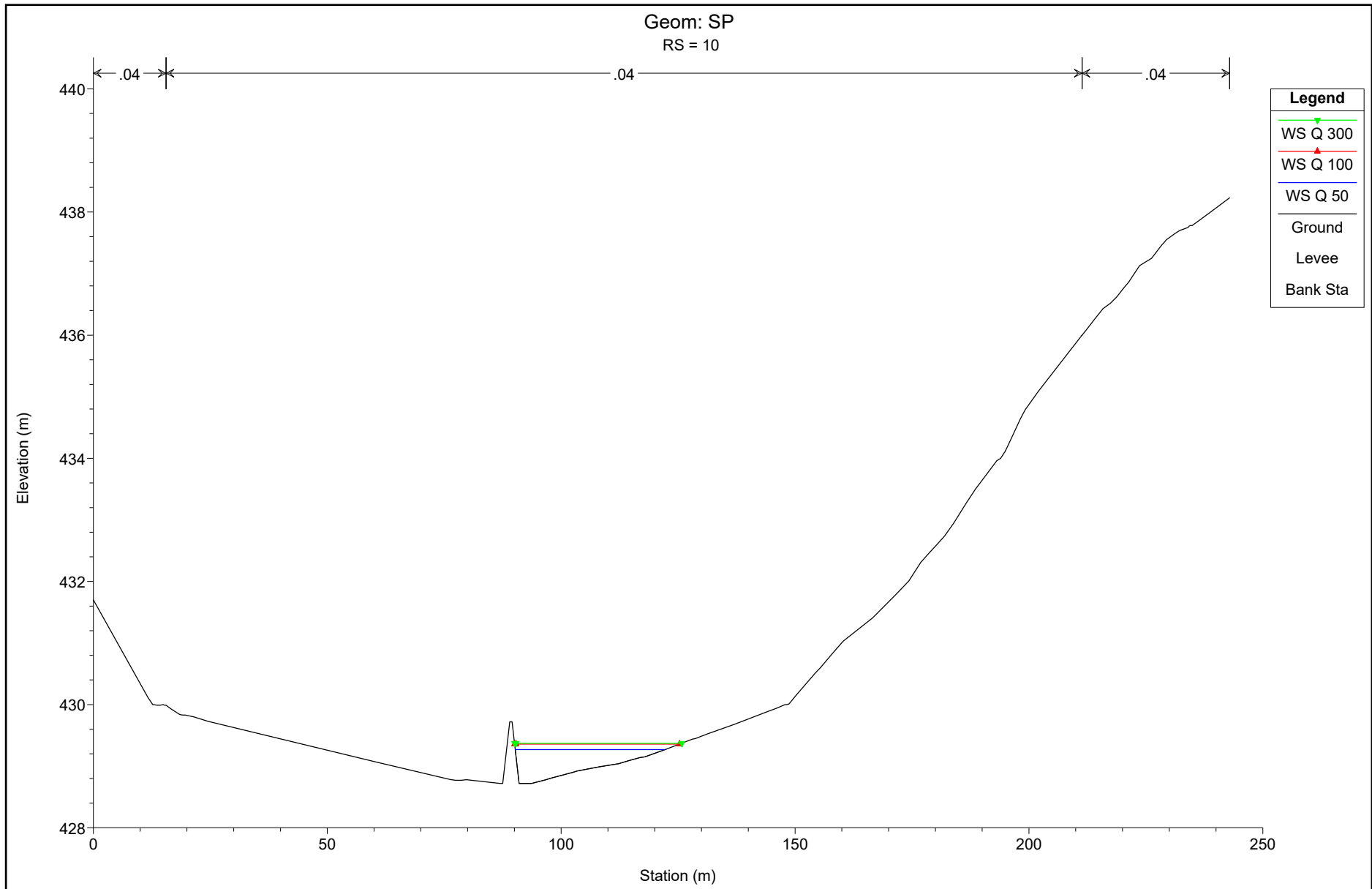




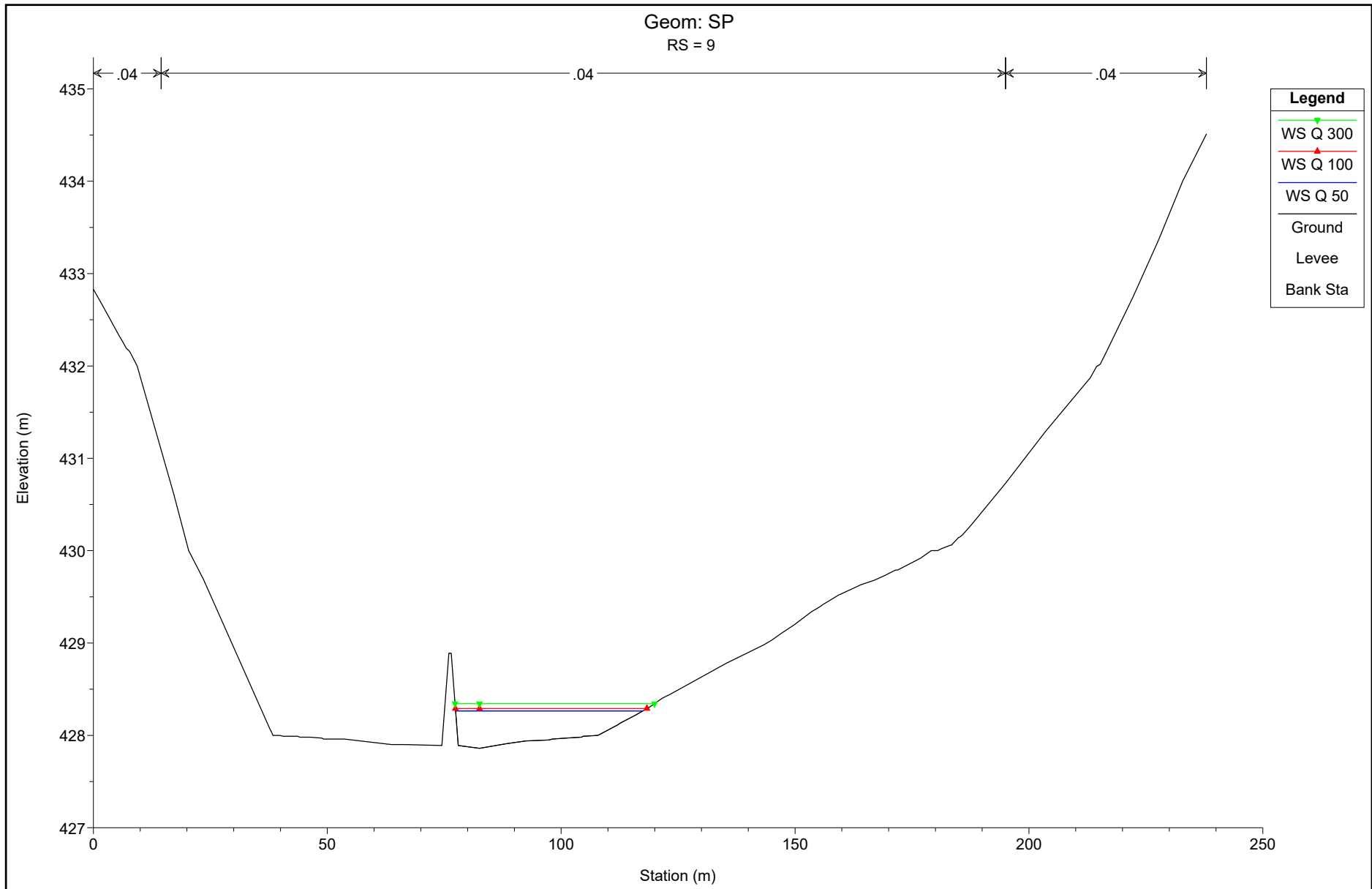


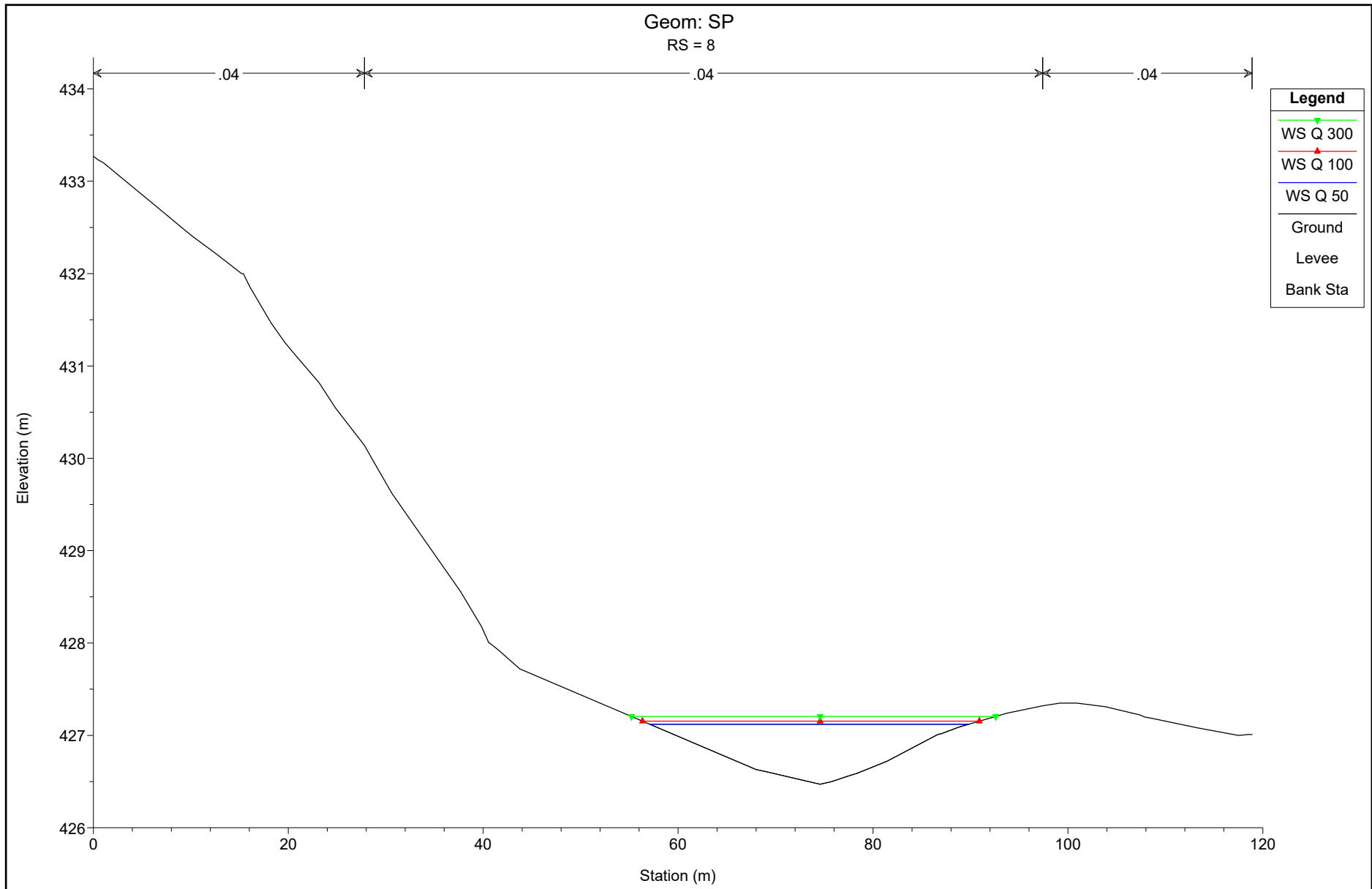


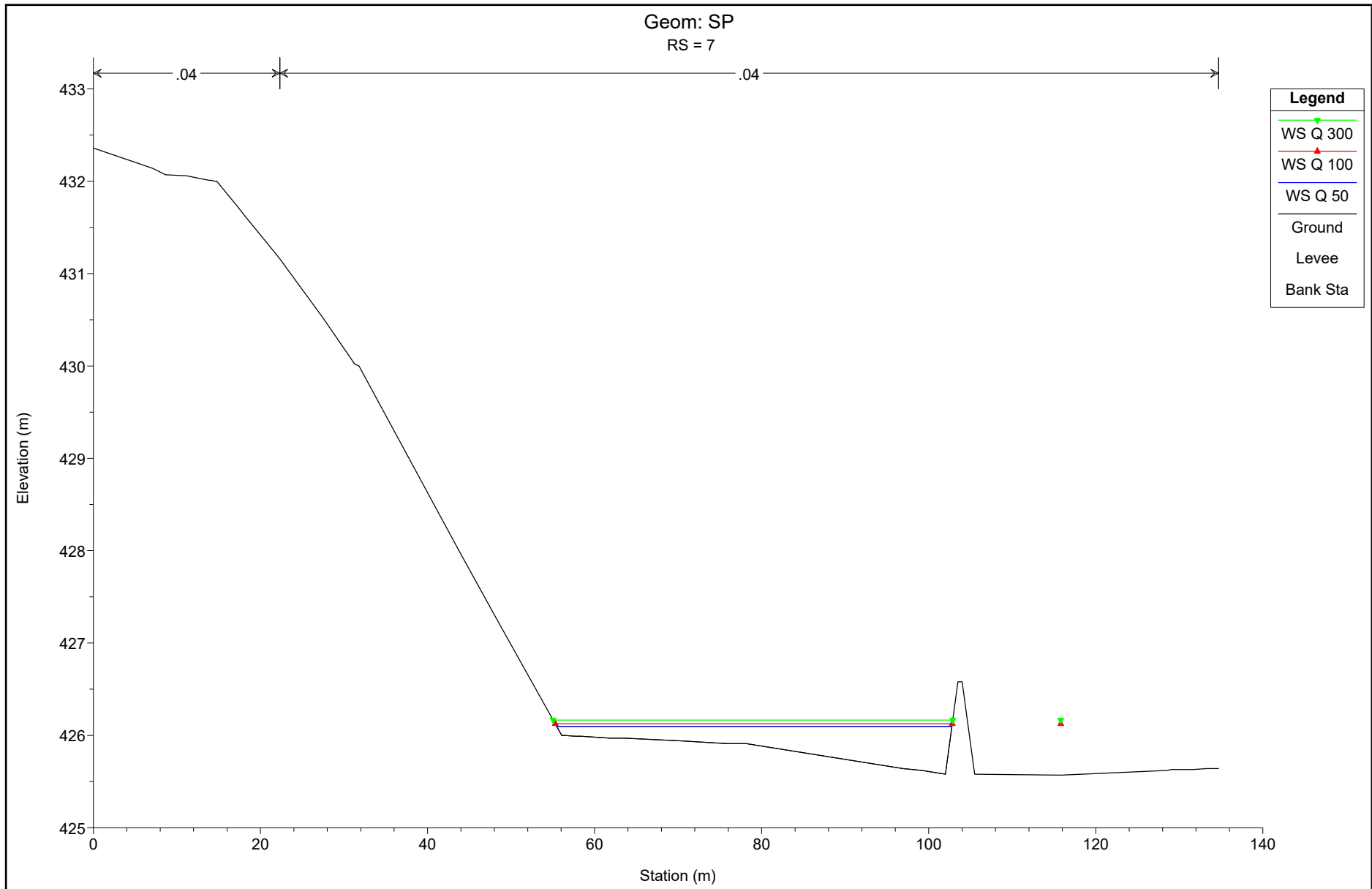


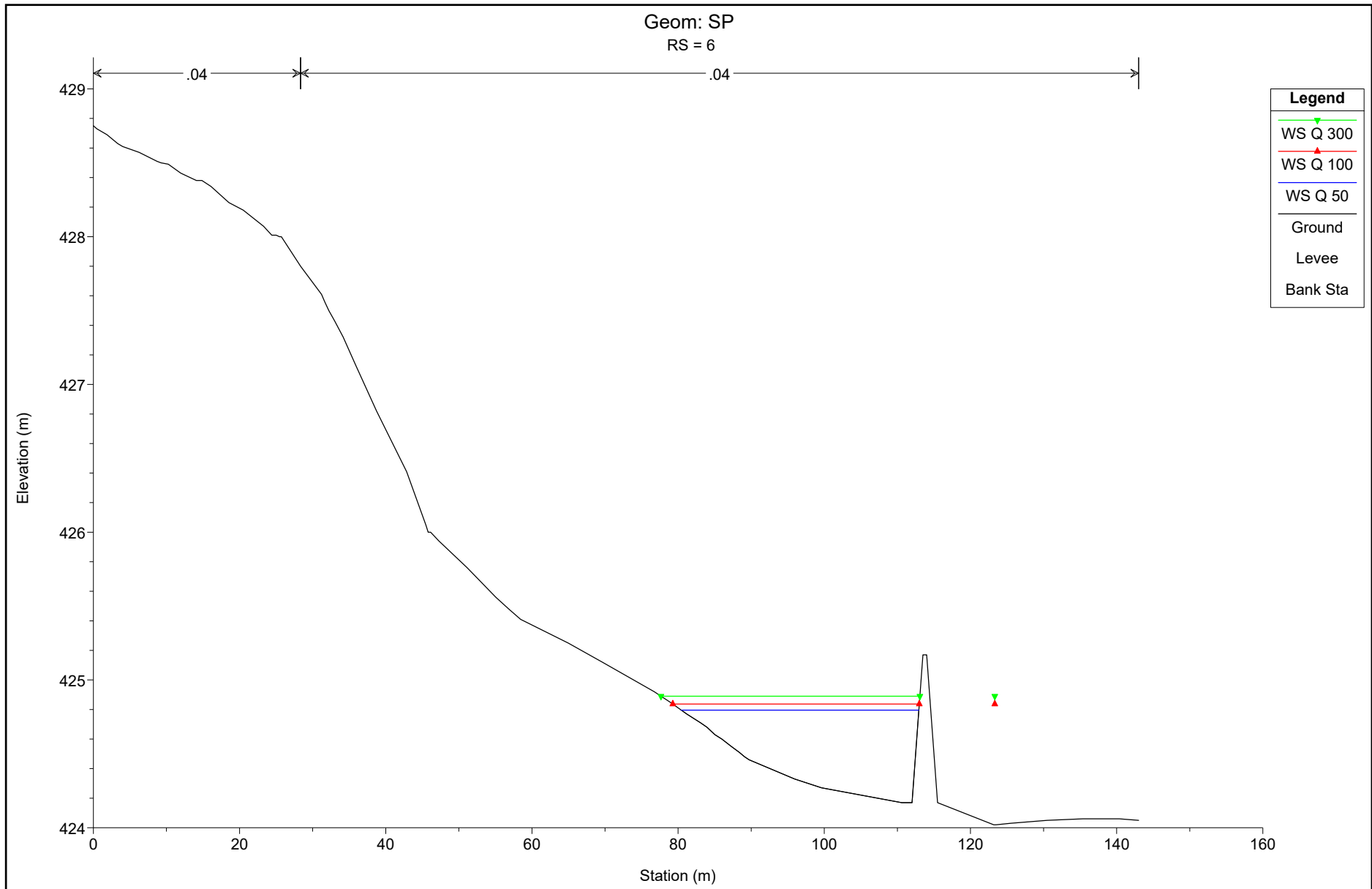


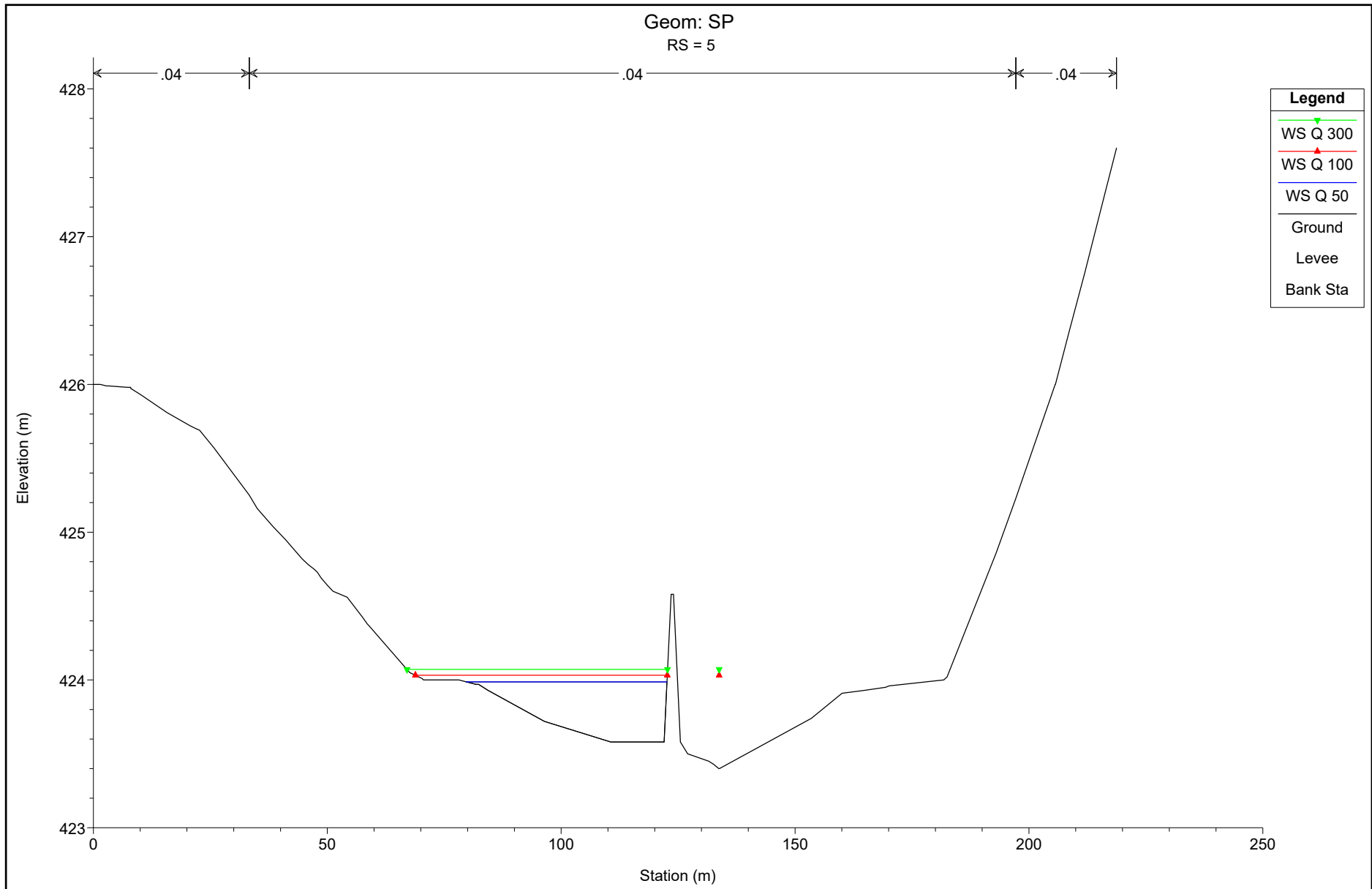


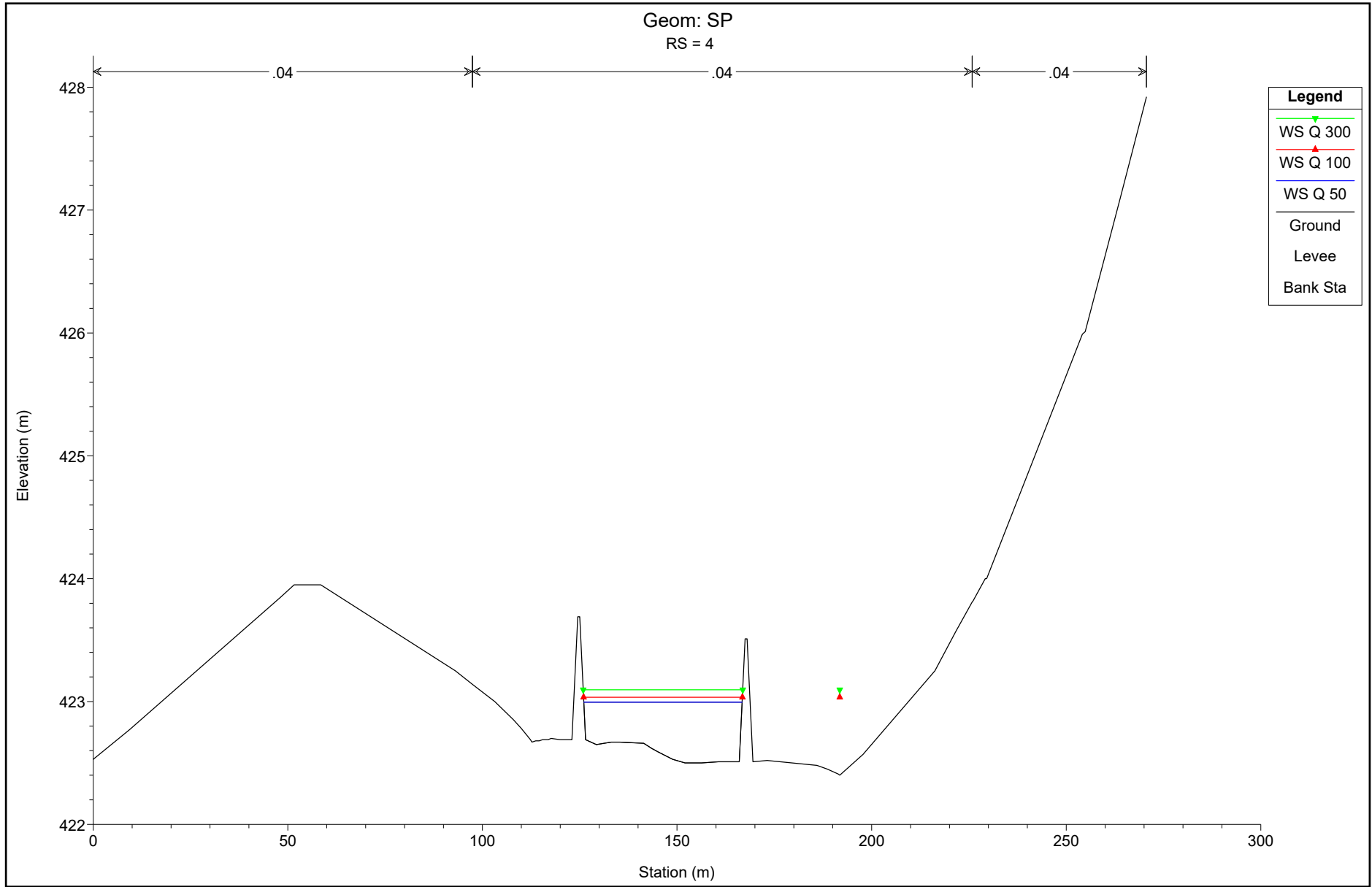


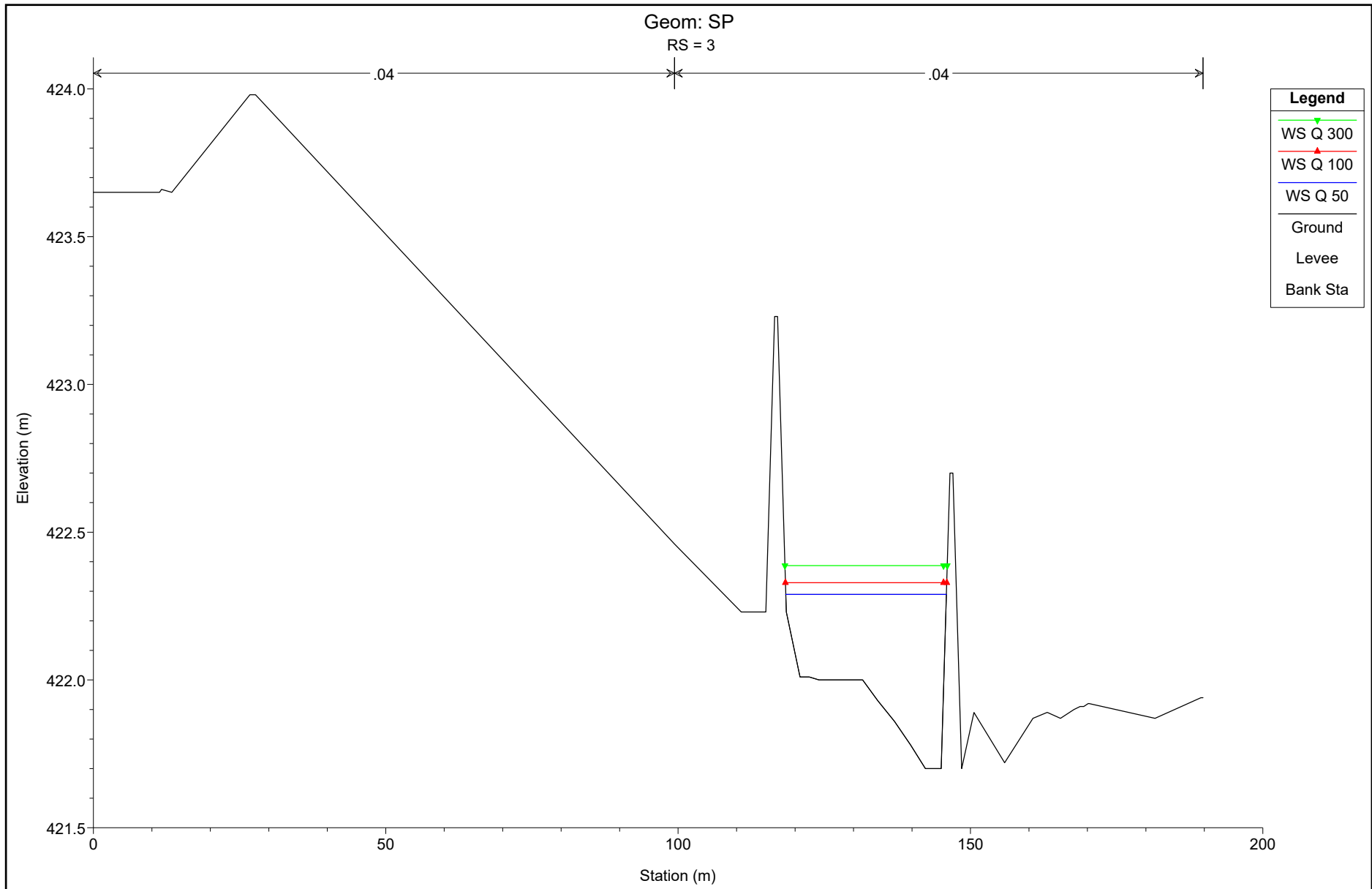


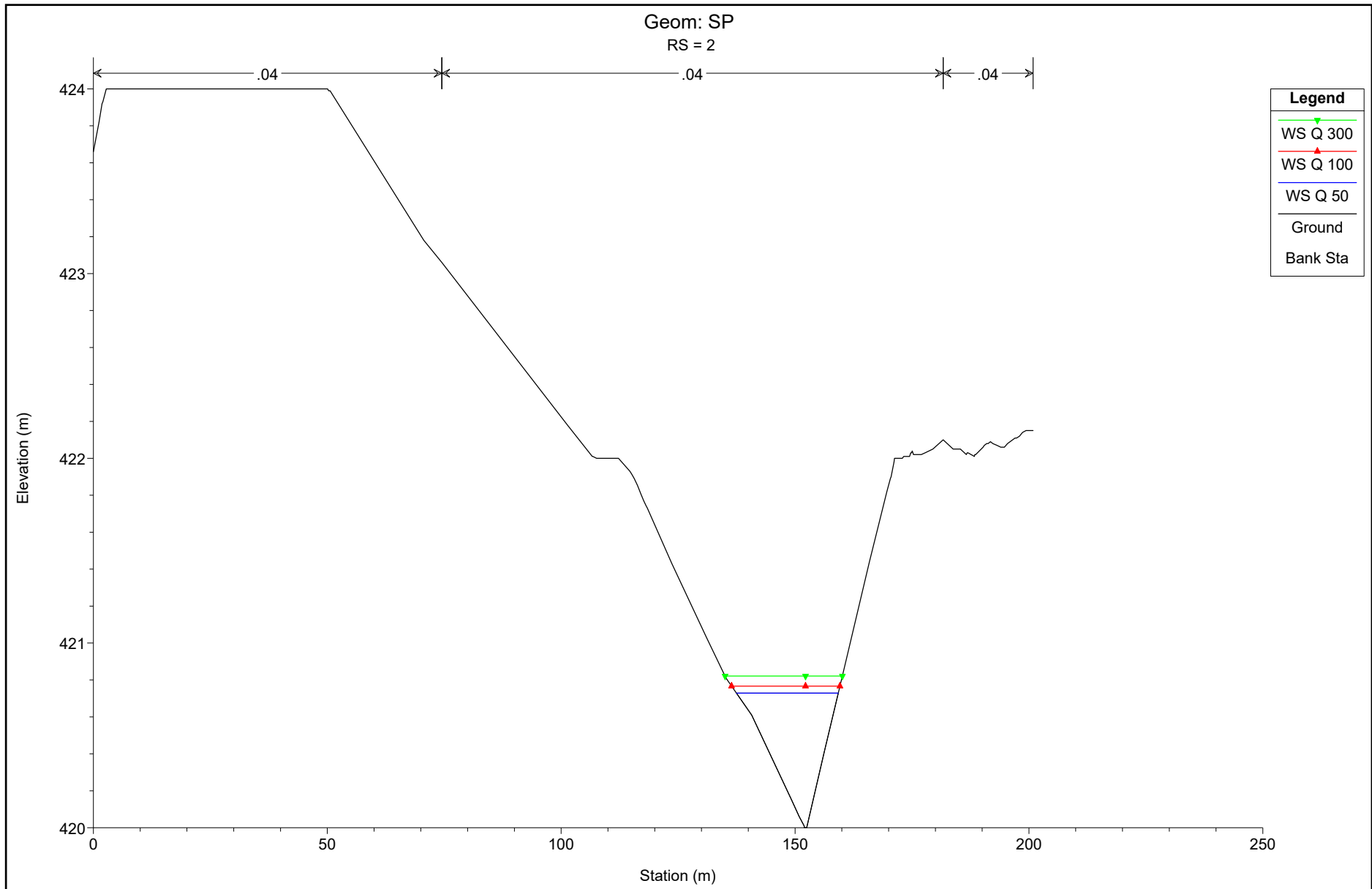




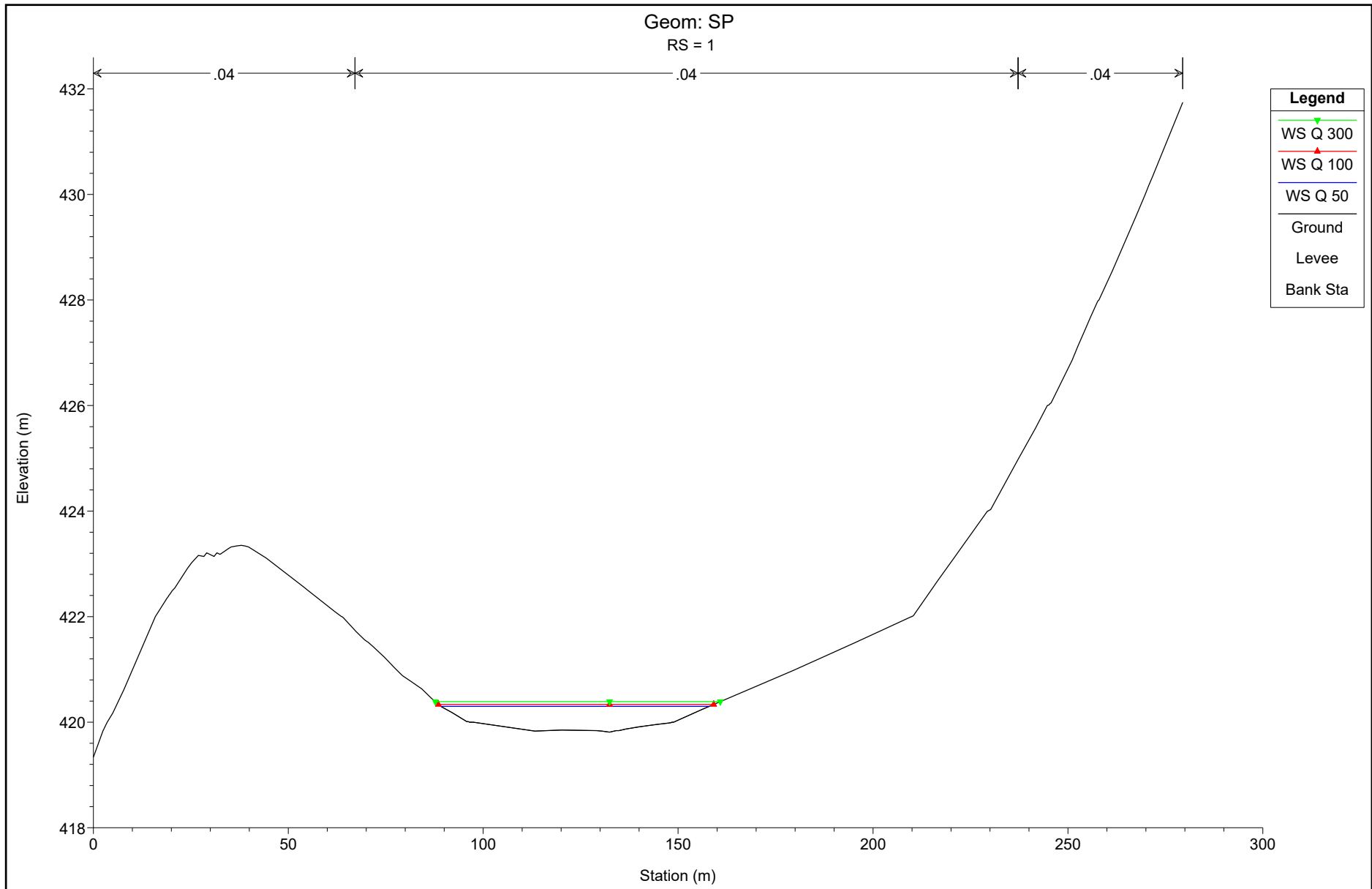












HEC-RAS Plan: Plan 08 River: Asse 4 Reach: Asse 4

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Asse 4	15	Q 50	18.90	433.41	434.10	434.11	434.27	0.024027	1.80	10.53	33.33	1.02
Asse 4	15	Q 100	21.97	433.41	434.14	434.14	434.32	0.023311	1.87	11.76	34.32	1.02
Asse 4	15	Q 300	26.85	433.41	434.19	434.19	434.39	0.022465	1.97	13.64	35.76	1.02
Asse 4	14	Q 50	18.90	432.79	433.33	433.50	433.90	0.100046	3.36	5.63	20.31	2.04
Asse 4	14	Q 100	21.97	432.79	433.37	433.55	433.96	0.093733	3.40	6.46	21.74	1.99
Asse 4	14	Q 300	26.85	432.79	433.42	433.62	434.05	0.085932	3.50	7.67	23.20	1.94
Asse 4	13	Q 50	18.90	432.00	432.34	432.30	432.43	0.017543	1.39	13.61	50.07	0.85
Asse 4	13	Q 100	21.97	432.00	432.37	432.33	432.47	0.016343	1.43	15.32	50.98	0.84
Asse 4	13	Q 300	26.85	432.00	432.41	432.37	432.53	0.015740	1.52	17.66	52.26	0.84
Asse 4	12	Q 50	18.90	430.85	431.42	431.38	431.57	0.016987	1.70	11.10	29.34	0.88
Asse 4	12	Q 100	21.97	430.85	431.45	431.42	431.62	0.017504	1.80	12.22	30.44	0.91
Asse 4	12	Q 300	26.85	430.85	431.52	431.49	431.70	0.017323	1.89	14.23	32.69	0.91
Asse 4	11	Q 50	18.90	429.97	430.42	430.42	430.59	0.022324	1.86	10.16	28.79	1.00
Asse 4	11	Q 100	21.97	429.97	430.46	430.46	430.65	0.021538	1.93	11.38	29.64	1.00
Asse 4	11	Q 300	26.85	429.97	430.51	430.51	430.73	0.021703	2.07	13.00	30.78	1.02
Asse 4	10	Q 50	18.90	428.72	429.27	429.29	429.46	0.029180	1.93	9.79	32.04	1.12
Asse 4	10	Q 100	21.97	428.72	429.36	429.33	429.51	0.018188	1.71	12.83	35.27	0.91
Asse 4	10	Q 300	26.85	428.72	429.37	429.39	429.58	0.024388	2.01	13.33	35.77	1.05
Asse 4	9	Q 50	18.90	427.86	428.26	428.26	428.41	0.023968	1.67	11.34	40.00	1.00
Asse 4	9	Q 100	21.97	427.86	428.29	428.29	428.45	0.024778	1.77	12.40	40.94	1.03
Asse 4	9	Q 300	26.85	427.86	428.34	428.34	428.52	0.022805	1.84	14.58	42.64	1.01
Asse 4	8	Q 50	18.90	426.47	427.12	427.08	427.26	0.016987	1.63	11.59	32.69	0.87
Asse 4	8	Q 100	21.97	426.47	427.15	427.12	427.31	0.018048	1.73	12.74	34.57	0.91
Asse 4	8	Q 300	26.85	426.47	427.20	427.19	427.38	0.019143	1.84	14.56	37.36	0.94
Asse 4	7	Q 50	18.90	425.57	426.10	426.10	426.23	0.025331	1.58	11.93	47.31	1.01
Asse 4	7	Q 100	21.97	425.57	426.13	426.13	426.27	0.023985	1.65	13.30	47.53	1.00
Asse 4	7	Q 300	26.85	425.57	426.17	426.17	426.33	0.023212	1.77	15.19	47.83	1.00

HEC-RAS Plan: Plan 08 River: Asse 4 Reach: Asse 4 (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
Asse 4	6	Q 50	18.90	424.02	424.80	424.69	424.90	0.010634	1.42	13.33	32.50	0.71
Asse 4	6	Q 100	21.97	424.02	424.84	424.73	424.95	0.010920	1.50	14.69	33.72	0.72
Asse 4	6	Q 300	26.85	424.02	424.89	424.80	425.02	0.011741	1.62	16.54	35.43	0.76
Asse 4	5	Q 50	18.90	423.40	423.99	423.99	424.12	0.024348	1.63	11.60	42.89	1.00
Asse 4	5	Q 100	21.97	423.40	424.03	424.03	424.16	0.024735	1.59	13.84	53.84	1.00
Asse 4	5	Q 300	26.85	423.40	424.07	424.07	424.21	0.023688	1.67	16.04	55.71	1.00
Asse 4	4	Q 50	18.90	422.40	423.00	422.87	423.06	0.007014	1.14	16.52	40.69	0.57
Asse 4	4	Q 100	21.97	422.40	423.03	422.90	423.11	0.006979	1.21	18.14	40.80	0.58
Asse 4	4	Q 300	26.85	422.40	423.10	422.94	423.18	0.006836	1.30	20.63	40.99	0.59
Asse 4	3	Q 50	18.90	421.70	422.29	422.29	422.47	0.022309	1.89	9.99	27.47	1.00
Asse 4	3	Q 100	21.97	421.70	422.33	422.33	422.53	0.021498	1.98	11.08	27.59	1.00
Asse 4	3	Q 300	26.85	421.70	422.39	422.39	422.62	0.020637	2.12	12.69	27.77	1.00
Asse 4	2	Q 50	18.90	420.00	420.73	420.81	421.03	0.037896	2.44	7.74	21.75	1.31
Asse 4	2	Q 100	21.97	420.00	420.77	420.85	421.10	0.039141	2.55	8.61	23.17	1.34
Asse 4	2	Q 300	26.85	420.00	420.82	420.92	421.19	0.040573	2.71	9.91	25.07	1.38
Asse 4	1	Q 50	18.90	419.81	420.30	420.12	420.33	0.004000	0.78	24.09	68.87	0.42
Asse 4	1	Q 100	21.97	419.81	420.34	420.15	420.37	0.004005	0.83	26.62	70.65	0.43
Asse 4	1	Q 300	26.85	419.81	420.39	420.19	420.43	0.004001	0.88	30.46	73.14	0.44