COMMITTENTE

STE (Soluzioni Tecniche Energetiche) S.p.A.
Sede Legale: Via Piffetti 15 – 10143 Torino – tel +39 011 4737401 – fax +39 011 480476
Codice fiscale e Partita IVA 01694160027

PROGETTISTI

STE (Soluzioni Tecniche Energetiche) S.p.A.
Sede Legale
Via Piffetti, 15 – 10143 TO
Tel +39 011 4737401
Fax +39 011 480476
Cap Soc E 800.000,00 i.v.
Codice fiscale e Partita IVA 01694160027

STUDIO DI INGEGNERIA FERRARI E GIRAUDO
Corso Nizza 67/A CUNEO
Tel. 0171 698783 Fax 0171 697676
e-mail: ufficio@ferrariegiraudo.it

Dott. Ing. Franco Giraudo

Dott. Ing. Stefano Ferrari

IMPIANTO IDROELETTRICO ALIMENTATO CON LE ACQUE DEL TORRENTE NEGRONE IN LOCALITA' PORNASSINO NEI COMUNI DI ORMEA (CN) E COSIO D'ARROSCIA (IM)

VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

	0011_Orm_ID_D_27_RCI_4_Rev0			Maggio 2012	
2					
1					
0	05/2012	Emissione			BLA
REV	DATA	DESCRIZIONE	RED.	VER.	APP.

CONSULENZE

ITTIOFAUNA:
Dott. Massimo Pascale
FAUNA:
Dott. ssa Mara Calvini
FLORA ECOSISTEMI:
Dott. For. Paolo Correndo
GEOLOGIA:
Dott. Geol. Aldo Acquarone
MACROINVERTEBRATI BENTONICI
Dott. Stefano Fenoglio
IMPATTO ACUSTICO
Dott.ssa Sara Viglietti

Il Progettista delle opere specialistiche
STE S.p.A
arch. Laura Burzio

CONSULENZA SPECIALISTICA

Il Responsabile del progetto
STE S.p.A
ing. Michele Blandino

N° ELABORATO

4

Questo elaborato è di proprietà riservata della STE S.p.A.; ne è vietata la riproduzione anche parziale, nonchè la presentazione a terzi senza esplicita autorizzazione. L'inosservanza è perseguibile ai termini di legge.

Premessa....2
Inquadramento geografico....2
I criteri di verifica....2
Caratteristiche morfologiche dell'alveo....3
Stima delle portate....3
La morfologia del bacino....3
Pioggia di progetto....4
Ricostruzione Afflussi deflussi....5
Trasformazione afflussi deflussi: idrogramma unitario SCS....7
Opera di presa....10
Centrale....11
Metodo Razionale....12
Definizione delle portate di progetto....12
Assetto geometrico dell'alveo....14
Caratteristiche morfologiche dell'alveo....14
Tendenze evolutive e stabilità delle sponde....17
Possibilità di alterazione della forma di canale....18
Interrimento a monte dell'opera di presa....18
Erosione localizzata....18
Caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo....18
Caratteristiche ambientali e paesistiche della regione fluviale....19
Opere di difesa idraulica....20
Manufatti interferenti....20
Modalità di deflusso in piena....21
Metodo di calcolo....21
Condizioni al contorno....21
Condizioni fisiche di riferimento....22
Coefficienti di scabrezza....22
Risultati....22
Effetti indotti dalle opere in progetto....23
Allegati....27
Scenario 0 (stato esistente) – Tabelle profili e sezioni....28
Scenario 1 (stato di progetto) – Tabelle profili e sezioni....29

Premessa

La presente relazione analizza le condizioni di deflusso del Torrente Negrone in corrispondenza delle opere dell'impianto idroelettrico in progetto, con particolare riferimento all'opera di presa ed allo scarico della centrale.

Sono state stimate a seguito di un'analisi idrologica, le portate con tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni, prese come riferimento per definire le condizioni di pericolosità delle aree perifiluviali.

Si sono quindi valutate le condizioni di deflusso di dette portate, nella situazione esistente e nello scenario progettuale.

Inquadramento geografico

Il Torrente Negrone è un corso d'acqua minore che con il Torrente Tanarello concorre a formare il Fiume Tanaro.

Il territorio di riferimento è collocato nelle Alpi Liguri, caratterizzate da una discreta piovosità (1100 – 1200 mm annui).

La quota massima del bacino è rappresentata dal Monte Marguareis (2655 m s.l.m.), mentre la sezione di chiusura dell'opera di presa è posta, a quota 1050 m s.l.m. in corrispondenza della confluenza del Rio Regioso, mentre la sezione di chiusura della centrale è posta a quota 950 m s.l.m. circa.

I criteri di verifica

Sotto il profilo delle verifiche idrologiche ed idrauliche ci si propone di :

- stimare l'idrogramma di progetto per assegnati tempi di ritorno (20, 100, 200 e 500 anni) per la sezione di chiusura del Torrente Negrone nella sezione di presa e presso la centrale;
- elaborare un modello idraulico in moto permanente che consenta di simulare la situazione esistente e lo scenario di progetto per le opere realizzate in alveo. Per realizzarlo è stato utilizzato il software Hec-Ras nella versione 4.1.0.

Stima delle portate

La stima idrologica è stata redatta facendo ricorso alla modellazione con idrogramma IUH tipo SCS, confrontata con il metodo razionale. Vengono illustrati i parametri morfologici e meteorologici comuni ad entrambe le elaborazioni.

La morfologia del bacino

Dalla carta tecnica regionale si è ricavato lo schema della rete idrografica del Torrente Negrone.

Il bacino idrografico è stato distinto in tre sottobacini, di cui vengono di seguito proposte le caratteristiche morfologiche. In Tav. 02 è proposta la delimitazione dei sottobacini.

Il **bacino Negrone** è il bacino idrografico chiuso alla sezione di presa, e comprende tutta la testata del bacino del T. Negrone comprendente la massima quota del bacino, il Monte Marguareis (quota 2651 m s.l.m).

Bacino	Negrone
Superficie (km^2)	58,5
L versante (m)	405
q max (m s.l.m.)	2651
q min (m.s.l.m.)	2480
Pendenza versante	42%
L asta (m)	10469
q max (m s.l.m.)	2480
q min (m s.l.m.)	1040
Pendenza asta	13,8%
Altezza media del bacino (m s.l.m.)	1712,95

Tabella 1 Caratteristiche morfologiche del bacino del T. Negrone chiuso alla presa

Il bacino **Re Bianco** è un tributario di sinistra del Torrente Negrone e comprende, oltre al bacino del corso d'acqua principale, anche le aree scolanti in sinistra idrografica comprese tra la presa e la centrale.

Bacino	Re Bianco
Superficie (km^2)	4,8
L versante (m)	448
q max (m s.l.m.)	2479,9
q min (m.s.l.m.)	2263
Pendenza versante	48%
L asta (m)	4610
q max (m s.l.m.)	2263
q min (m s.l.m.)	950
Pendenza asta	28,5%
Altezza media del bacino (m s.l.m.)	1590,96

Tabella 2: Caratteristiche del bacino del Rio Re Bianco

Il versante destro comprende tutte le aree drenate in destra idrografica e comprese tra la presa e la centrale.

Bacino	Versante destro
Superficie (km^2)	2,7
L versante (m)	390
q max (m s.l.m.)	1895
q min (m.s.l.m.)	1640
Pendenza versante	65%
L asta (m)	3456
q max (m s.l.m.)	1640
q min (m s.l.m.)	950
Pendenza asta	20,0%
Altezza media del bacino (m s.l.m.)	1327,75

Tabella 3: Caratteristiche del bacino del versante destro

Pioggia di progetto

Il bacino è posizionato, rispetto alla modellazione adottata dalla AdB, in corrispondenza della cella AY 156. Da questa si derivano le curve di possibilità pluviometrica, legate ai tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni, rispettivamente:

$h = 36{,}55\ t^{0{,}50}$

$h = 46{,}82\ t^{0{,}50}$

$h = 51{,}21\ t^{0{,}50}$

$h = 56{,}99\ t^{0{,}50}$

Se ne derivano le seguenti precipitazioni, per assegnata durata:

AY156	TR 20	TR 100	TR 200	TR 500
a	36,55	46,82	51,21	56,99
n	0,5	0,5	0,5	0,5
5 minuti	10,52	13,45	14,71	16,33
15 minuti	18,25	23,35	25,53	28,38
30 minuti	25,83	33,06	36,16	40,21
1 ora	36,55	46,82	51,21	56,99
2 ore	51,73	66,31	72,52	80,76
3 ore	63,38	81,27	88,89	99,04
6 ore	89,69	115,1	125,89	140,35
12 ore	126,93	163	178,28	198,9
24 ore	179,63	230,83	252,48	281,87
48 ore	254,21	326,9	357,55	399,45

Tabella 4 Altezze di pioggia per relativo tempo di ritorno

Ricostruzione Afflussi deflussi

Il modello applicato stima la formazione del deflusso diretto nel bacino sottraendo all'apporto meteorico la perdita iniziale per intercettazione più la perdita per piccoli invasi, e la successiva perdita per infiltrazione.

Il deflusso efficace viene quindi trasformato in idrogramma di portate mediante l'operazione di circonvoluzione con un idrogramma unitario. Si è disposto un idrogramma sintetico derivato dallo schema SCS. Di seguito si illustrano le componenti del modello.

Gli afflussi

L'afflusso meteorico di progetto è stato studiato facendo riferimento alle piogge di progetto sopra riportate.

Dal punto di vista meteorologico sono stati elaborati degli ietogrammi a precipitazione costante elaborati con diverse durate di pioggia, comprese tra 6 e12 ore.

Le perdite

Le perdite iniziali sono dovute all'intercettazione fogliare ed ai piccoli invasi. Si è adottato come coefficiente di imbibimento iniziale il valore di 0.1 dell'assorbimento totale, valore più cautelativo rispetto al 0.2 suggerito dallo stesso S.C.S. e di consueto adottato in assenza di altre informazioni.
In particolare per i sottobacini in esame sono stati adottati i seguenti valori:

Sottobacino	CN	Ia (assorbimento iniziale)
Negrone	69	11,41
Re Bianco	66	13,08
Versante destro	55	20,78

Per modellare le successive perdite per infiltrazione sulla precipitazione totale nel caso in studio si è adottato il metodo noto come C.N., ovvero "Curve Number", elaborato dal Soil Conservation Center del Dipartimento U.S. dell'Agricoltura. Il metodo è particolarmente interessante per valutare l'impatto idrologico delle alterazioni di uso del suolo in quanto è basato su di una parametrizzazione anche qualitativa e pedologica piuttosto adattabile alle diverse condizioni.
Il metodo richiede in primo luogo la definizione delle caratteristiche di imbibimento iniziale del suolo, fondamentali per la stima delle perdite per infiltrazione. Nel lavoro si è fatto riferimento alla classe II relativa a condizioni di suolo medie, esprimenti il parametro CN II. Queste comportano una precipitazione nei 5 giorni antecedenti compresa tra 13 e 28 mm nella stagione di riposo vegetativo.
Il metodo richiede quindi la definizione del tipo idrologico di suolo, che si è individuato, per ogni bacino, note le caratteristiche geopedologiche dei versanti del bacino drenato, nell'ambito del tipo B, caratterizzati da terricci di tipo marnoso e sabbioso.
Tale parametro consente di stimare la massima ritenzione potenziale del suolo, indicata come V:

$$V = V_0\left(\frac{100}{CNIII} - I\right)$$

dove V_0 è una costante di scala pari a 254 mm, mentre *I* è il volume precipitato, ovvero l'afflusso.

Se *P* è il volume di deflusso superficiale, ovvero il ruscellamento cumulato, *F* il volume infiltrato, I_a

è la quota persa per assorbimento iniziale dal volume precipitato, l'equazione di stima delle perdite è la

$$\frac{P}{V} = \frac{P}{I + I_a}$$

che combinata con l'equazione di conservazione della massa $F = I + I_a - P$ conduce all'espressione:

$$P = \frac{\left(I - I_a\right)^2}{I - I_a + V}$$

che consente, nota la serie di precipitazioni totali, di derivare le precipitazioni efficaci.

Trasformazione afflussi deflussi: idrogramma unitario SCS

In ogni sottobacino la trasformazione afflussi deflussi è simulata mediante una convoluzione delle piogge sull'idrogramma unitario istantaneo di tipo SCS.

La curva d'onda è caratterizzata da un valore del tempo di picco legato alla stima del tempo di ritardo del bacino (tlag). Il modello di idrogramma unitario SCS è costituito da un idrogramma unimodale, quale quello mostrato nella FIGURA 1

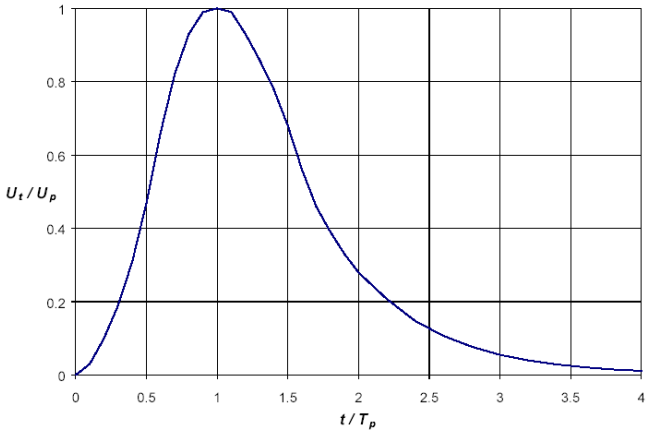


FIGURA 1 Idrogramma unitaria adimensionale SCS

Secondo il metodo il valore di picco U_P ed il tempo in cui questo si verifica T_P, sono legati dalla relazione:

$$U_P = C \frac{A}{T_P}$$

dove A = superficie drenata, e C = fattore di conversione (2.08 nel S.I.). Il tempo di picco è inoltre legato alla unità di tempo assunta come base di rappresentazione della precipitazione efficace dalla relazione:

$$T_P = \frac{\Delta t}{2} + t_{lag}$$

dove Δt = l'intervallo di tempo adottato come base di rappresentazione della precipitazione efficace, e tlag = il tempo di "ritardo" del bacino, espresso come differenza tra il centro di massa della rappresentazione geometrica della pioggia efficace ed il picco dell'idrogramma unitario.

La stima del tempo di "ritardo" tlag può farsi, secondo lo stesso SCS, con riferimento al tempo di concentrazione del bacino, tramite la relazione:

tlag = 0.6 * tc;

Il tempo di concentrazione tc va qui inteso come parametro fisico. Ai fini della stima, esso è considerato fisicamente pari al massimo dei teorici tempi di trasporto dei deflussi lungo la rete di scorrimento superficiale e dunque calcolabile in base alla somma dei tempi di trasporto tramite i diversi segmenti del reticolo idrologico, secondo la relazione:

- $tc = \max (t_{sheet} + t_{shallow} + t_{channel})$

la somma si fa lungo il percorso idraulicamente più lungo, somma dei tre modi di rappresentare schematicamente il tipo di percorrenza: t_{sheet} = somma dei tempi di percorrenza lungo i versanti; $t_{shallow}$ = somma dei tempi di percorrenza di tubazioni, canalizzazioni chiuse o anche deflusso di superficie concentrato in rivoletti; e infine $t_{channel}$ = somma delle percorrenze in alvei naturali aperti.

$$t_{sheet} = \frac{0.007(NL)^{0.8}}{(P20)^{0.5} S^{0.4}}$$

dove L è la lunghezza del tratto a deflusso superficiale, P20 è la precipitazione con tempo di ritorno 20 anni, S la pendenza del versante. N è un coefficiente legato all'uso del suolo, in questo caso si è applicato un valore pari a 0.15, riferito ad una prevalente copertura erbosa.

$t_{shallow} = L/\alpha \; k \; S^{0,5}$

in cui α è un fattore di conversione costante, pari a 10 nel S.I.

e k è un fattore adimensionale dipendente dall'uso del suolo.

Per quanto attiene alla stima del tempo di trasporto lungo i tratti incanalati, un metodo di riferimento con cui confrontare i risultati è quello di CHOW, (1988), secondo cui le velocità di trasporto possono essere stimate secondo la seguente

	Pendenza (%)			
Tipo di scorrimento	0-3	4-7	8-11	> 12
A- Diffuso				
Boschi	0 - 0.45	0.45 - 0.75	0.75 - 1	> 1.0
Pascoli	0 – 0.75	0.75 – 1.0	1.0 – 1.25	> 1.25
Coltivi	0 – 0.9	0.9 – 1.35	1.35 – 1.65	> 1.65
Zone pavimentate	0 – 2.5	2.5 – 4.0	4.0 – 5.1	> 5.1
B Concentrato in alveo	0 – 0.6	0.6 – 1.20	1.20 – 2.10	> 2.10

Tabella 5Velocità della corrente in scorrimento superficiale

da cui: $t_{channel} = L/V_{Chow}$

Per i sottobacini in cui il deflusso si articola prevalentemente in alveo dopo un breve tratto di deflusso superficiale e ruscellato su versante, si può ricorrere alla nota formula di Tournon con i coefficienti determinati da Merlo (1973) per i corsi d'acqua delle Alpi piemontesi, che fornisce i tempo di corrivazione, (che possono essere equiparati ai tempi di trasporto) in ore:

- $tc = 0.396L\frac{L}{\sqrt{i_a}}\left(\frac{A}{L^2}\frac{\sqrt{i_a}}{\sqrt{i_v}}\right)^{0.72}$

dove i_a è la pendenza dell'asta principale e i_v la pendenza dei versanti;

da cui si ricava il t_{lag} secondo la formula già citata.

Il Tlag può essere inoltre determinato con la formula proposta da Giandotti

- $tc = (4\ A^{0,5} + 1,5L)/(0,8\ h_m^{0,5})$

in cui A è l'area del bacino in km^2,

L è la lunghezza dell'asta in km,

e h_m è l'altezza media del bacino rispetto alla sezione di chiusura considerata.

Quando si è stimato il tlag è possibile calcolare i valori di Tp e Up, da cui deriva la forma dell'idrogramma unitario che sarà usato per stimare la risposta del bacino alla precipitazione efficace.

Nelle elaborazioni di HMS è stato adottato un il valore di Time Lag derivante dalla formula di Tournon, che viene riassunto nella seguente tabella:

Sottobacino	Tempo di concentrazione	Time Lag
Negrone	285 min	171 min
Re Bianco	58 min	35 min
Versante destro	41 min	27 min

Risultati del modello SCS

Opera di presa

Le portate al colmo per la sezione di presa ottenute sono illustrate nella seguente:

Durata evento (ore)	*TR20 (m3/s)*	*TR100 (m3/s)*	*TR200 (m3/s)*	*TR500 (m3/s)*
6	106,3			
7	109,8		185,9	
8	113,3	165,9	188,8	219,3
9	115	166,4	188,4	
10	115,9	165,3	187,9	
11	114,8			
12	114			

Tabella 6: Opera di presa: risultati del modello SCS

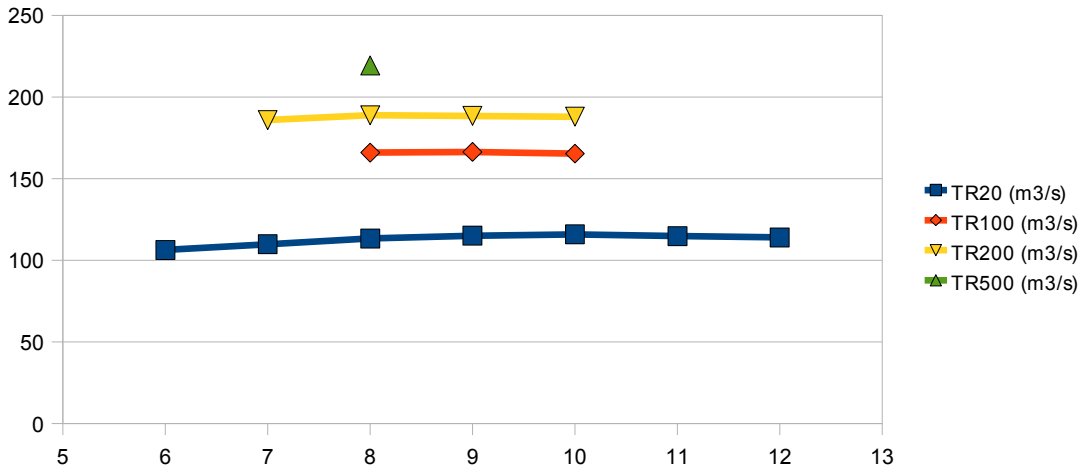


Grafico 1: Opera di presa: portate al colmo per tempo di ritorno e durata di pioggia

Centrale

Le portate al colmo per la sezione della centrale sono illustrate nella seguente:

Durata evento (ore)	TR20 (m3/s)	TR100 (m3/s)	TR200 (m3/s)	TR500 (m3/s)
6	107,2			
7	113,8		196,6	
8	120,3	178,4	203,9	237,9
9	124,1	181,5	206,1	
10	126,4	181,8	207,2	
11	126	180,8	204,7	
12	125,7			

Tabella 7: Centrale: risultati del modello SCS

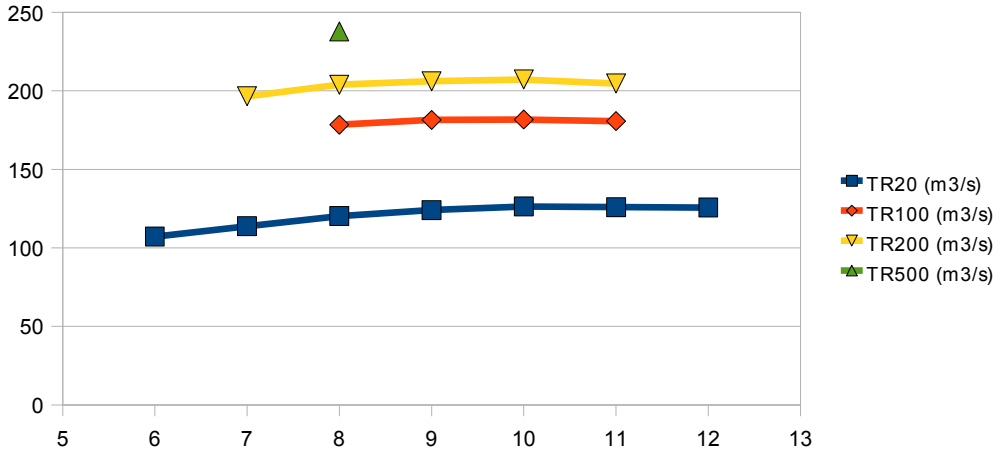


Grafico 2: Centrale: portate al colmo per tempo di ritorno e durata di pioggia

Metodo Razionale

Il confronto con il Metodo Razionale viene effettuato per validare le portate di piena ricavate con il metodo SCS. Viene riportata la verifica esclusivamente alla sezione di presa, adottando come durata di pioggia il tempo di concentrazione calcolato con la formula di Tournon ed un coefficiente di deflusso pari a 0,54 corrispondente ai valori proposti da Lotti per terreni cespugliati abbastanza permeabili.

Metodo razionale	tr20		tr 100		tr 200		tr 500	
	a	n	a	n	a	n	a	n
	36,55	0,50	46,82	0,50	51,21	0,50	56,99	0,50
Stima della portata di progetto								
Tempo di ritorno(anni)	Tr	20,00	Tr	100,00	Tr	200,00	Tr	500,00
precipitazione (mm)	hp	79,78	hp	102,36	hp	111,96	hp	124,79
riduzione per area	Ca	0,90	Ca	0,90	Ca	0,90	Ca	0,90
precipitazione ragguagliata mm	hr	71,80	hr	92,12	hr	100,76	hr	112,31
Durata di pioggia h	tp	4,75	tp	4,75	tp	4,75	tp	4,75
intensità pioggia (mm/ora)	i	15,12	i	19,39	i	21,21	i	23,64
Coefficiente di deflusso	Cd	0,54	Cd	0,54	Cd	0,54	Cd	0,54
Area bacino (kmq)	A	58,50	A	58,50	A	58,50	A	58,50
Portata liquida m^3/s	Ql_20	**132,65**	Ql_100	**170,19**	Ql_200	**186,14**	Ql_500	**207,48**
Contributo unitario $m^3/s/kmq$	qp_20	2,27	qp_100	2,91	qp_200	3,18	qp_500	3,55

Tabella 8: Metodo razionale: calcoli presso la sezione di presa

Definizione delle portate di progetto

Le portate dedotte dall'analisi idrologica con il metodo S.C.S, confrontate con metodo razionale evidenziano valori che non si discostano sostanzialmente, pertanto vengono adottate come riferimento le portate massime dedotte con il metodo S.C.S.

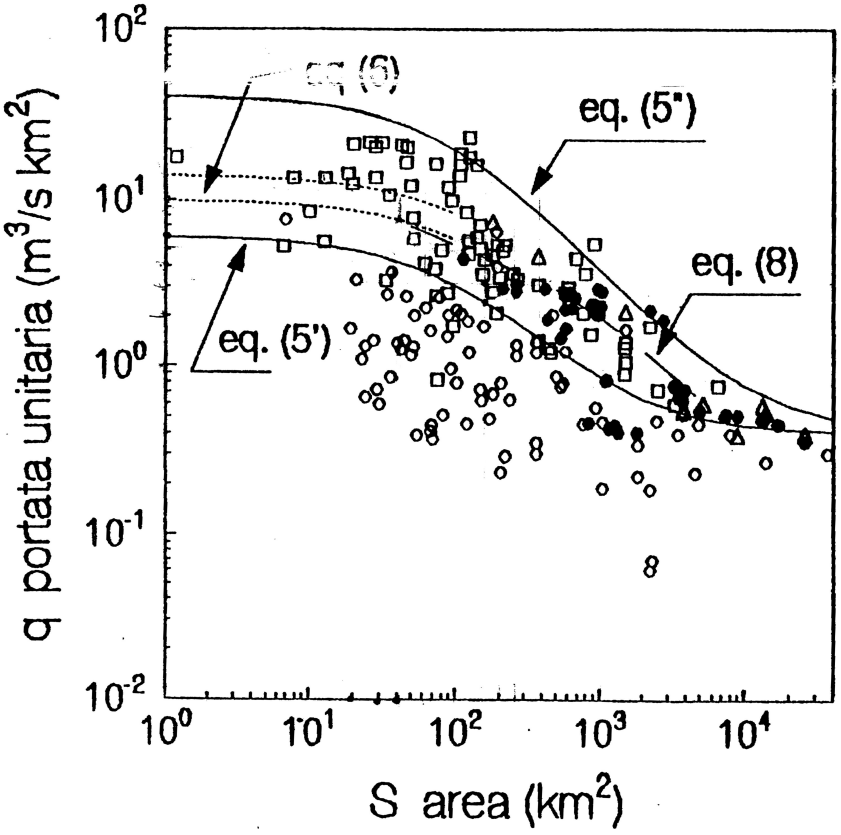


Grafico 3 Valori massimi delle portate al colmo osservate o indirettamente valutate in Piemonte, Valle d'Aosta e ticino svizzero a fronte di alcune relazioni di inviluppo dei valori con Tr 200 proposti dall'Autorità di Bacino per il Po (cerchi pieni).

Tali valori vengono confrontate con i valori massimi registrati in Piemonte e con quanto propone l'Autorità di Bacino per il Po.

	TR 20	***TR 100***	***TR 200***	***TR 500***
Opera di presa - Portate di progetto (m^3/s)	115,9	166,4	188,8	219,3
Portata unitaria ($m^3/s/kmq$)	1,98	2,84	3,22	3,74
Centrale - Portate di progetto (m^3/s)	126,4	181,8	207,2	237,9
Portata unitaria ($m^3/s/kmq$)	1,91	2,75	3,13	3,6

Tabella 9 Portate assunte come riferimento per la verifica idraulica

Il contributo unitario delle portate stimate risulta compatibile con le portate proposte dall'Autorità di Bacino per il Po, pertanto le portate sopra riportate saranno assunte come riferimento nelle seguenti verifiche idrauliche.

Assetto geometrico dell'alveo

Per una esauriente valutazione delle condizioni di deflusso si sono allestite, previo rilievo topografico, 27 sezioni idrauliche comprese tra la confluenza del Rio Regioso, ove viene collocata la presa, e lo scarico della centrale idroelettrica in progetto.

Le sezioni sono illustrate nelle tavole grafiche e nei documenti allegati.

La collocazione generale delle sezioni è riportato in Tav. 04 Planimetria su CTR, mentre in dettaglio sono riportate nelle planimetrie dell'opera di presa (Tav.07) e planimetria della centrale (Tav. 19).

Le sezioni di deflusso presso l'opera di presa sono riportate in Tav. 09.

Le sezioni di deflusso lungo il tracciato della condotta sono riportate nelle specifiche tavole grafiche (Tavv.12 – 15).

Caratteristiche morfologiche dell'alveo

Il corso d'acqua scorre in una stretta incisione valliva a partire dall'abitato di Upega fino a Ponte di Nava. I versanti montuosi di destra e sinistra idrografica presentano pendenze significative ed in più punti sono definiti da pareti rocciose subverticali.



Foto 1: Vallone del T. Negrone

In particolare nei punti definiti dalle sezioni 210 e 250 si rilevano due forti restringimenti del vallone originati dalle pareti rocciose degli opposti versanti che costringono il Torrente Negrone ad un percorso sinuoso obbligato con un tratto a rapide.



Foto 2: Vista della "gola" di sezione 210



Foto 3: Vista della "gola" di sezione 250

Il corso d'acqua, in ragione delle caratteristiche del territorio limitrofo, non presenta ampi spazi di divagazione, e pertanto non sono riconoscibili forme golenali se non marginali e riferibili a pregressi percorsi d'alveo. Tali forme sono in ogni caso ubicate entro i ristretti spazi di fondo vallone.

La pendenza media del corso d'acqua nel tratto di interesse è del 3,7%, con tratti più pianeggianti intorno all'1% (sezione 190) e tratti più pendenti in corrispondenza delle rapide a valle delle gole precedentemente descritte.

In generale il corso d'acqua presenta un profilo definito da grossi massi ciclopici alternati a buche e raschi e le acque si presentano generalmente turbolente.



Foto 4: Tratto d'alveo con bassa pendenza (1%) in sez. 190

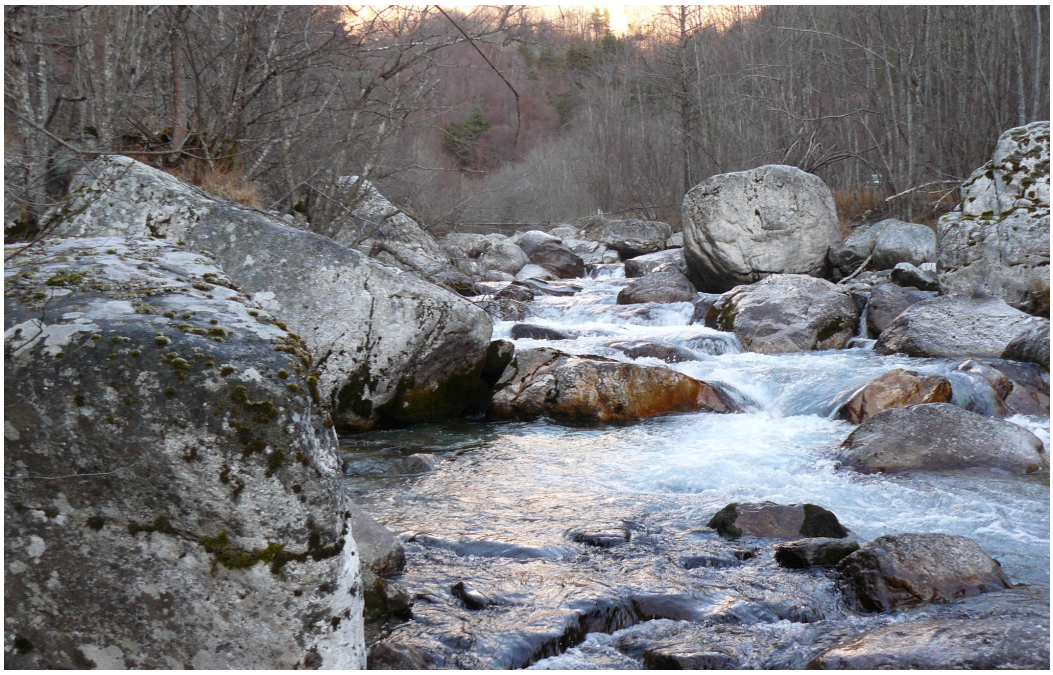


Foto 5: Morfologia dell'alveo

Tendenze evolutive e stabilità delle sponde

Le condizioni morfologiche dei versanti non consentono divagazioni laterali del corso d'acqua, ma piuttosto possono manifestarsi localizzate erosioni al piede delle sponde fluviali.

Possibilità di alterazione della forma di canale

Il canale inciso presenta una sezione trapezia di larghezza variabile tra 15 e 30 m. La forma è soggetta a possibili modifiche in caso di eventi di piena soprattutto in relazione alle possibili dinamiche di trasporto solido che si possono innescare lungo l'asta torrentizia. Il canale inciso, infatti, presenta tracce di vecchi percorsi d'alveo che però si rilevano unicamente entro la ristretta area di fondovalle.

Come già detto, risultano ridotti spazi per la divagazione laterale, ma in occasione di piene rilevanti possono attendersi alterazioni localizzate delle forme del canale.

Interrimento a monte dell'opera di presa

L'interrimento a monte dell'opera di presa potrà essere anche rilevante, in particolare a seguito di eventi alluvionali. Sarà possibile, con una rampa di accesso al letto del fiume, poter rimuovere il materiale che si potrà accumulare nel corso delle piene.

La traversa di presa è dotata di una paratoia sghiaiatrice che consentirà di ripristinare le normali condizioni di movimentazione del materiale lungo l'asta torrentizia mediante l'apertura programmata.

Erosione localizzata

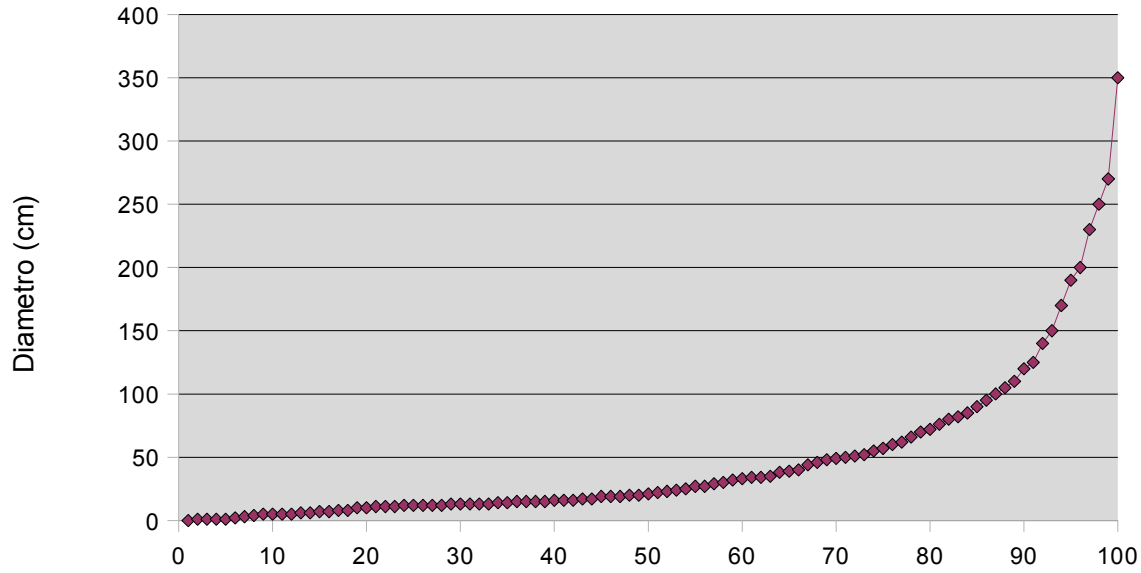
A valle della presa è prevedibile una azione di urto della lama stramazzante.

La traversa in progetto presenta una platea in massi che consente di limitare l'azione erosiva della corrente. L'altezza dello sbarramento è di 1,38 m dal fondo alveo.

Caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo

E' stata condotta una analisi granulometrica del materiale costituente lo strato superficiale del fondo alveo in un punto rappresentativo per il tratto interessato dalla derivazione. La curva è stata costruita campionando 100 elementi lapidei lungo una griglia a passo metrico. L'indagine ha portato i seguenti risultati.

Stazione	D_{50}	D_{90}
Torrente Negrone	21 cm	120 cm



Caratteristiche ambientali e paesistiche della regione fluviale

Il territorio in cui si inserisce l'impianto idroelettrico in progetto si presenta prevalentemente montano. L'elemento geomorfologico principale risulta essere il torrente Negrone, orientato in direzione SE-NW e posto a quota inferiore rispetto al piano campagna circostante e mai visibile dalle principali vie di comunicazione nel tratto sotteso.

La tipologia di paesaggio presente nell'area in esame è quello tipico delle zone perifluviali e dei boschi cedui di latifoglie.

I principali elementi di antropizzazione del territorio sono costituiti:

- dalla frazione Viozene, posta a Nord ed in quota (circa +200 m) della zona della presa;
- dalle piccole borgate sparse in prossimità della viabilità che conduce a Viozene ed a Pornassino;
- dalla rete viaria, costituita dalla SP154 Ponte di Nava-Viozene-Upega, e da una fitta rete viaria minore che da questa si diparte per raggiungere le piccole frazioni sparse, incluse anche le piste forestali sterrate.

Immaginando di descrivere il paesaggio mediante matrici, macchie e corridoi, l'area in esame è caratterizzata dalla matrice del paesaggio dei rilievi montuosi e delle valli alpine, all'interno della quale si riconoscono le macchie riferite alla vegetazione in primis ed agli edifici, e dal corridoio

dell'alveo del Negrone e delle sue fasce perifluviali. Potrebbe essere considerata come corridoio secondario la rete delle piste forestali e delle strade.

Secondo la classificazione dei paesaggi agrari e forestali elaborata dalla Regione Piemonte, in collaborazione con l'IPLA, la porzione di territorio comunale al confine con la Regione Liguria ricade nelle seguenti categorie:

- sistema paesaggio P – Rilievi montuosi e valli alpine (latifoglie)/sottosistema monregalese, per la porzione lungo il torrente Negrone. Questo sistema di paesaggio ricomprende tutto l'alveo del t.Negrone prima e del fiume Tanaro poi, ivi compreso l'abitato di Ormea;
- sistema paesaggio Q – Rilievi montuosi e valli alpine (conifere)/sottosistema rilievi interni delle valli occidentali, per la porzione a monte della frazione Viozene;
- sistema paesaggio R – Praterie alpine/sottosistema affioramenti silicatici, per la fascia di territorio posto a quota maggiore (in questo sistema ricade il Monte Mongioie);
- sistema paesaggio S – Alta montagna alpina/sottosistema formazioni rocciose calcaree e/o dolomitiche.

Si specifica che l'area di intervento ricade esclusivamente nel sistema paesaggio P.

Opere di difesa idraulica

Lungo il Torrente Negrone, nel tratto sotteso dalla presente derivazione, non sono presenti opere di difesa idraulica.

L'unica opera esistente che può avere un'interazione con le opere in progetto è la scogliera di protezione sul versante sinistro del conoide di deiezione del Rio Regioso. Tale scogliera difende la viabilità forestale e fissa l'ambito di divagazione del tributario laterale prima della confluenza.

Le opere in progetto sono compatibili con l'esistente difesa spondale, in quanto nell'ambito dell'opera di presa si prevede di realizzare una breve scogliera di collegamento tra il manufatto di presa vero e proprio e la scogliera esistente.

Manufatti interferenti

Non si rileva la presenza di manufatti interferenti con le opere in progetto.

Modalità di deflusso in piena

Metodo di calcolo

Per la verifica idraulica il modello utilizzato è il software HEC-RAS (River Analysis System) dell'Hydrologic Engineering Center del U.S. Army Corps of Engineers di Davies nella versione 4.1.0. (Febbraio 2010). Il modello risolve le equazioni del moto permanente monodimensionali.

HEC-RAS è in grado di modellare il profilo della corrente in regime di corrente lenta e/o veloce prendendo in esame anche situazioni miste in cui siano possibili alternanze di tronchi in corrente lenta e veloce. Nel caso specifico, si è deciso di verificare il deflusso sia in condizioni di corrente mista, sia in condizioni di corrente critica, per tenere conto dell'effetto dell'elevato trasporto sul fondo, che in caso di piena contribuisce ad una non indifferente dispersione dell'energia e conseguente innalzamento del pelo libero.

Le normali perdite di energia meccanica sono valutate dal modello tenendo conto dell'attrito e di coefficienti di espansione-contrazione (moltiplicati per la variazione di velocità media della corrente), questi sono rispettivamente assunti pari a 0.1 e 0.3 nelle sezioni senza brusche variazioni e pari a 0.3 e 0.5 nelle sezioni con brusche variazioni (ad es. in corrispondenza dei ponti). Il modello permette di simulare gli effetti di vari ostacoli al deflusso come possono essere edifici, i ponti, i tombini e può calcolare i profili di corrente in corrispondenza di confluenze.

Condizioni al contorno

Sono state studiate le condizioni di deflusso per le piene Q20, Q100, e Q200, e Q500 così come stimate nel relativo capitolo.

Per quanto riguarda le condizioni idrauliche, sia al contorno di monte che a quello di valle si è assegnato il valore di altezza in moto uniforme assegnando la pendenza caratteristica nel tratto in esame. Al fine di verificare l'eventuale effetto indotto dall'alterazione nelle condizioni al contorno, sono state impostate delle altezze d'acqua diverse e non sono emerse differenze nel profilo idrico stimato a monte del ponte, rispetto alla adozione di condizioni di contorno in moto uniforme.

Ciò permette di considerare sufficientemente esteso il tratto d'alveo indagato.

Condizioni fisiche di riferimento

Sono stati studiati DUE scenari,

- **SCENARIO 0**, geometria d'alveo **esistente** .

  Rappresenta le condizioni dell'alveo esistenti al novembre 2010, quando è stato effettuato il rilievo topografico. Tale scenario viene utilizzato per confrontare i risultati dei diversi interventi.

- **SCENARIO 1**, geometria con la realizzazione delle **opere in progetto**, ossia con l'inserimento delle opere in progetto. In particolare l'unica opera in grado di alterare le condizioni di deflusso esistenti è l'opera di presa che presenta una traversa fissa.

  In corrispondenza delle opere di consolidamento del versante le difese spondali fissano il profilo esistente, pertanto non si ritiene modificata la geometria esistente rispetto alle condizioni di progetto.

Coefficienti di scabrezza

Il modello richiede che la scabrezza sia espressa secondo la formula di Manning. Per quanto riguarda la scabrezza si sono adottati numeri di Manning pari a 0.06 $m^{1/3}/s$ per le sponde e per le sezioni d'alveo naturali. Tali valori sono congruenti con quelli indicati nella letteratura di settore e nelle normative della Autorità di bacino.

Risultati

I risultati dettagliati di calcolo sono riportati **negli allegati al termine della presente relazione**, dove sono illustrate le sezioni idrauliche, i profili e tutti i dati idraulici elaborati dal software relativi ai livelli idrici di piena.

Effetti indotti dalle opere in progetto

E1 Modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena

L'opera di presa si inserisce in alveo con una traversa in massi di cava che si eleva di 1,38 m rispetto al fondo alveo. Il profilo di rigurgito indotto dalla realizzazione dell'opera si estende di poco a monte in quanto l'alveo presenta una pendenza significativa.

Come è possibile dedurre anche dai seguenti profili idraulici, l'alterazione dei profili nelle diverse condizioni di piena si estende per circa 37 m.

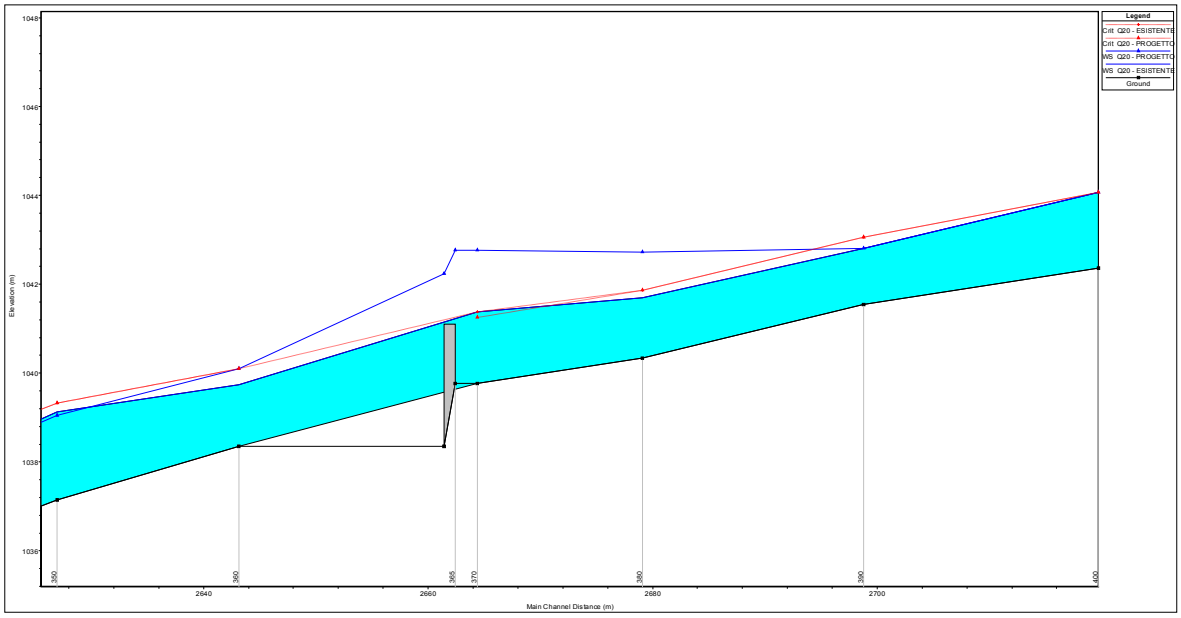


FIGURA 2: Profili idrici Tr20 a confronto ANTE E POST OPERAM

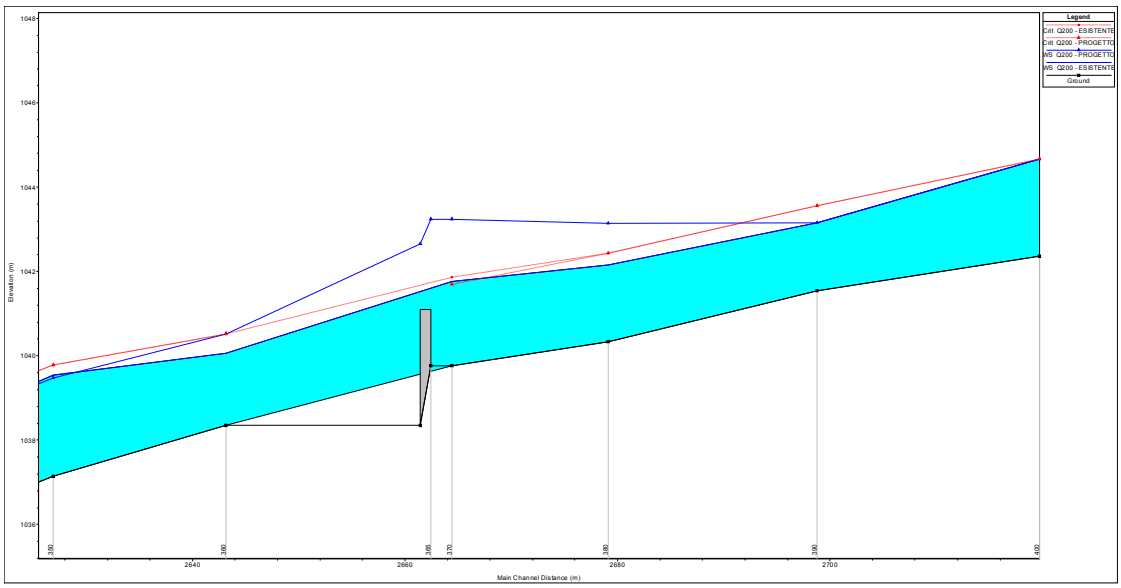


FIGURA 3: Profili idrici Tr200 a confronto ANTE E POST OPERAM

Le portate Tr 20 e Tr 200 risultano contenute entro l'alveo inciso, senza generare variazioni delle aree allagabili nell'intorno dell'opera di presa.

Per quanto riguarda la portata Tr 500 essa non risulta contenuta entro l'alveo inciso.

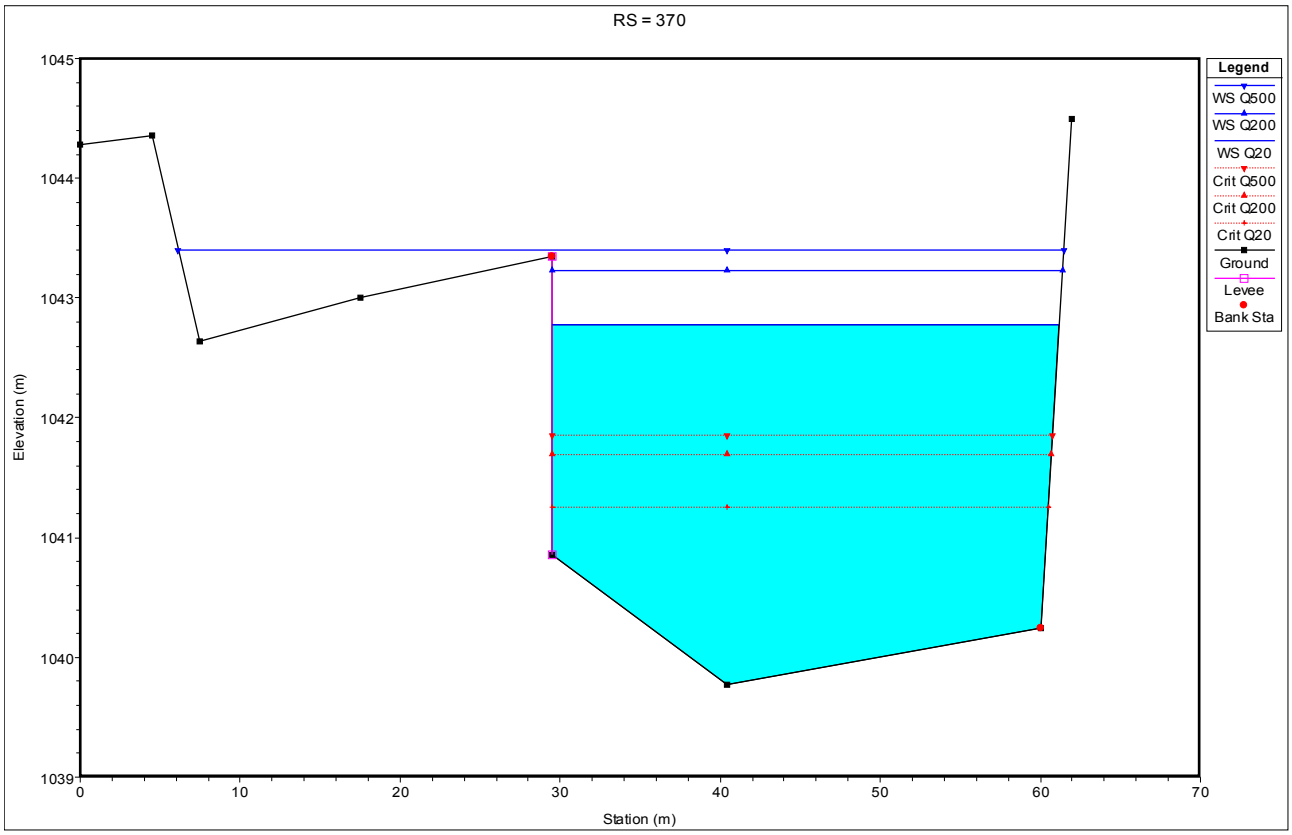


FIGURA 4: Sezione a monte della traversa: Q20, Q200 e Q500

Lungo il tracciato della condotta, le opere di difesa idrauliche a sostegno del versante orografico sinistro consolidano la sponda fissando il profilo esistente, pertanto non modificano le condizioni di deflusso.

Per quanto riguarda il canale di scarico esso non restringe né modifica le sezioni idrauliche, pertanto non influisce i profili idraulici di piena.

E2 Riduzione della capacità di invaso dell'alveo

Le opere sono collocate in un ambito montano con alveo a forte pendenza in cui viene inserita esclusivamente una traversa fluviale e collocando le opere idrauliche parzialmente interrate senza diminuire la capacità d'invaso e le aree allagabili.

E3 Interazione con le opere di difesa idrauliche

Nell'ambito delle opera di presa non sono presenti opere di difesa idraulica che interferiscono con la traversa fluviale in progetto.

E4 Opere idrauliche in progetto nell'ambito dell'intervento

La traversa, posta a quota 1041,10 m s.l.m. ad una altezza di circa 1,38 m dal fondo alveo, modifica limitatamente le condizioni naturali di deflusso in alveo.

La larghezza della traversa è di 30,0 m e comprende la scala di rimonta dell'ittiofauna. Alcuni massi ciclopici verranno inglobati entro lo scivolo dell'opera di presa.

Nel punto di ammorsamento della sponda la stessa verrà consolidata con massi di cava posti anche a protezione della vasca di carico.

In particolare verrà realizzata una scogliera di collegamento tra la scogliera esistente a protezione del conoide del Rio Regioso e la vasca di carico.

Sono previsti alcuni interventi a sostegno del versante orografico sinistro, ove è posto il tracciato della condotta e della pista forestale. Le difese spondali in alveo che si prevede sono costituite da scogliere in massi di cava o reperiti in alveo rinverdite con talee. Le scogliere, nei tratti di alveo ove emerge la roccia viva, saranno chiodate e legate alla stessa.

E5 Modifiche sull'assetto morfologico planimetrico ed altimetrico dell'alveo

L'opera di presa introduce delle ridotte interazioni morfologiche in alveo in quanto l'opera risulta estremamente puntiforme e di limitata estensione. Le opere non modificano l'attuale assetto delle sponde incise e dell'andamento altimetrico dell'alveo.

La gestione dei sedimenti a monte della traversa sarà effettuata con una cadenza programmata e non si verificheranno pertanto alterazioni significative sotto il profilo altimetrico.

Le difese spondali consolidano il versante esistente, senza variazioni planoaltimetriche significative.

E6 Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale

L'opera di presa è posta in sponda sinistra e risulterà parzialmente interrata.

La traversa di presa è realizzata con quota di sfioro 1041,10 m s.l.m. ed è realizzata con massi di cava e massi reperiti in loco disposti con irregolarità e parzialmente cementati su un basamento in calcestruzzo armato che non risulterà visibile. Gli interstizi tra i massi componenti lo scivolo non saranno cementati.

La scala di risalita per i pesci si presenta come compresa all'interno del corpo della traversa.

La traversa si immorsa in sponda sinistra in un masso di grosse dimensioni che può considerarsi inamovibile e che garantisce un buon inserimento con l'ambiente torrentizio.

Dal punto di vista paesaggistico la traversa avrà un cromatismo similare a quello dei materiali lapidei che compongono l'alveo, ossia una tonalità bianche/grigio chiaro ed ocra.

La traversa inoltre si presenta di ridotte dimensioni, con un'altezza dal fondo di soli 138 cm, pertanto non si distinguerà particolarmente in alveo, che è caratterizzato da buche e salti e dalla presenza di massi di grosse dimensioni.

Parte della traversa sarà costituita da massi inamovibili che saranno mantenuti all'interno della struttura.

In sponda sinistra sono presenti scogliere di protezione in massi. Potranno inoltre trovare collocazione massi di grande dimensione di risulta dagli scavi, che serviranno a raccordare la traversa con la sponda sinistra.

La vasca di carico è posta in sponda sinistra e risulta parzialmente interrata. Risulta esclusivamente visibile il prospetto est, ossia dal lato del torrente, dove è presente la finestra di imbocco e lo sfioratore laterale di sicurezza.

Tutta la parete visibile sarà rivestita in pietra, con giunti a filo interno, al fine di richiamare le tipologie di muri a secco della zona.

Le aperture tecniche dell'opera di presa sono mitigate dalla presenza di un architrave in legno tassellato al muro in calcestruzzo. Le dimensioni delle aperture è stato limitato al minimo indispensabile.

Si è potuto verificare la posizione dalla scarpata fluviale in destra ed i massi che la contraddistinguono. L'opera di presa risulterà percepibile esclusivamente nell'intorno dell'alveo, ed in particolare in destra (ove è presente un sentiero escursionistico) da cui è visibile la parete a vista.

La principale opera che renderà visibile l'intervento è la pista di accesso all'opera di presa, che ha una larghezza di 2,50 m ed una lunghezza di 70 m. La superficie viabile sarà inerbita, al fine di minimizzare gli impatti di natura paesaggistica.

E7 Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena

In corrispondenza dell'opera di presa si rilevano come i livelli di piena siano compatibili con le sezioni d'alveo nelle condizioni di progetto.

In particolare risulta:

- che la piena Tr 100, assunta come riferimento per le verifiche di compatibilità idraulica, evidenzi altezze d'acqua contenute entro la traversa di presa (1043,17 m s.l.m) senza tracimare in corrispondenza della vasca di carico, che presenta quota massima di 1043,30 m s.l.m.
- che la piena Tr 20, assunta come riferimento per la pericolosità molto elevata, evidenzi altezza massima d'acqua di 1042,77 m s.l.m.
- che a monte della traversa di presa la sponda destra presenta quota superiori a quelle delle piene Tr20 e Tr100 e pertanto l'area risulti in condizioni di sicurezza

Per quanto attiene a tutte le sezioni d'alveo comprese tra la traversa e lo scarico, risulta che entrambe le portate di riferimento Tr20 e Tr100 siano convogliate entro l'alveo inciso, senza livelli idrometrici tali da interessare la sede della pista forestale nè tanto meno le opere in progetto, ed in particolare la centrale.

Per quanto riguarda le condizioni di piena per la portata di piena catastrofica Tr 500 anni, il modello idraulico ne verifica il convogliamento entro la sezione d'alveo, ma nell'ambito torrentizio di indagine, per il possibile innesco di fenomeni di trasporto solido in alveo, è da ritenersi potenzialmente soggetto ad eventuali modifiche alla forma del canale ed a erosioni di sponda che potrebbero coinvolgere la pista forestale.

In ogni caso l'inserimento della traversa e della presa, per le ridotte dimensioni e sviluppo, risulta trascurabile nel caso del verificarsi di un evento di natura catastrofica.

Allegati

Scenario 0 (stato esistente) – Tabelle profili e sezioni

Scenario 1 (stato di progetto) – Tabelle profili e sezioni

Il relatore:

ing. Stefano Ferrari

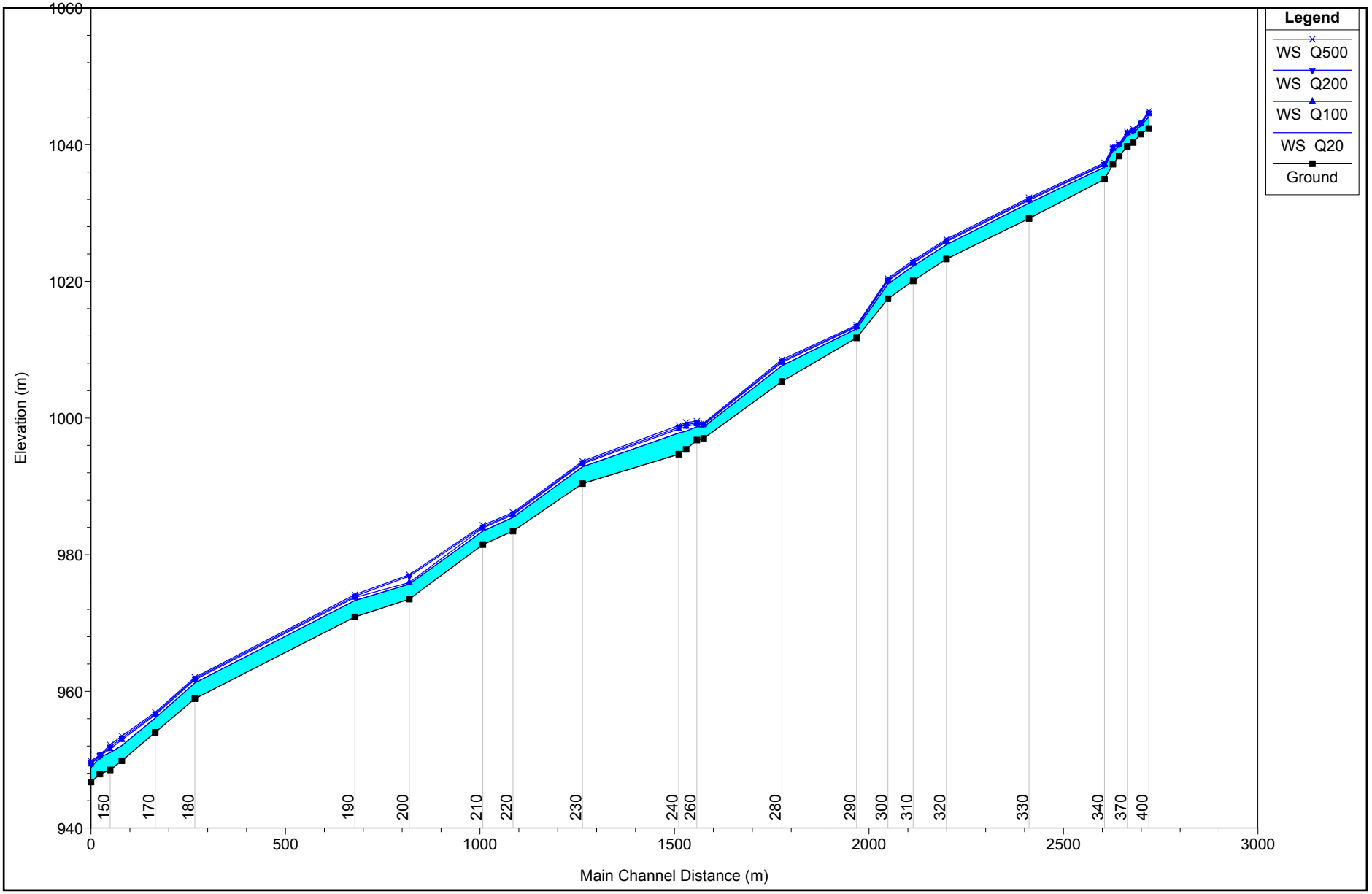
Scenario 0 (stato esistente) – Tabelle profili e sezioni

HEC-RAS Plan: ESISTENTE River: Negrone Reach: Negrone

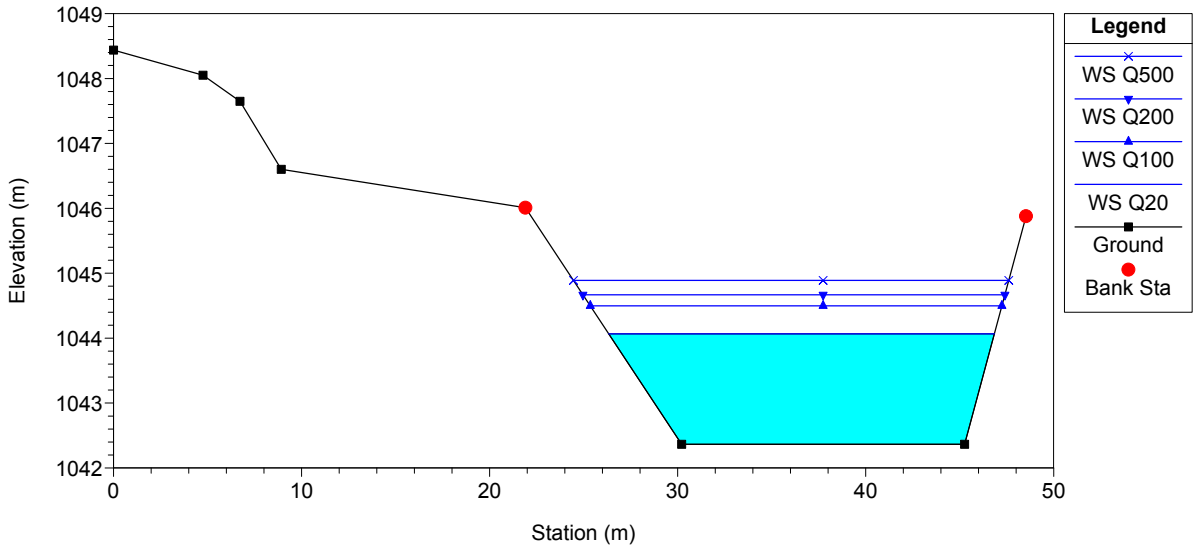
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Negrone	400	Q20	115.90	1042.36	1044.07	1044.07	1044.81	0.033661	3.83	30.27	20.51	1.01
Negrone	400	Q100	166.40	1042.36	1044.50	1044.50	1045.41	0.031837	4.22	39.39	21.89	1.01
Negrone	400	Q200	188.80	1042.36	1044.67	1044.67	1045.64	0.031283	4.37	43.20	22.44	1.01
Negrone	400	Q500	219.30	1042.36	1044.89	1044.89	1045.94	0.030634	4.55	48.23	23.15	1.01
Negrone	390	Q20	115.90	1041.54	1042.81	1043.06	1043.80	0.070600	4.43	26.17	25.21	1.39
Negrone	390	Q100	166.40	1041.54	1043.05	1043.42	1044.40	0.072834	5.14	32.41	25.92	1.45
Negrone	390	Q200	188.80	1041.54	1043.15	1043.56	1044.64	0.072745	5.40	35.09	26.21	1.47
Negrone	390	Q500	219.30	1041.54	1043.29	1043.77	1044.94	0.072345	5.71	38.63	26.60	1.48
Negrone	380	Q20	115.90	1040.33	1041.70	1041.87	1042.59	0.051662	4.19	27.67	22.40	1.20
Negrone	380	Q100	166.40	1040.33	1042.03	1042.27	1043.17	0.049143	4.73	35.40	24.50	1.21
Negrone	380	Q200	188.80	1040.33	1042.16	1042.44	1043.40	0.048963	4.95	38.53	25.35	1.22
Negrone	380	Q500	219.30	1040.33	1042.31	1042.65	1043.70	0.049031	5.24	42.61	26.43	1.23
Negrone	370	Q20	115.90	1039.77	1041.38	1041.38	1041.98	0.033471	3.45	33.77	28.14	1.00
Negrone	370	Q100	166.40	1039.77	1041.70	1041.73	1042.47	0.033356	3.90	43.00	29.80	1.03
Negrone	370	Q200	188.80	1039.77	1041.76	1041.86	1042.67	0.037553	4.23	44.97	30.14	1.10
Negrone	370	Q500	219.30	1039.77	1041.86	1042.05	1042.94	0.042230	4.62	47.81	30.63	1.17
Negrone	360	Q20	115.90	1038.35	1039.74	1040.11	1040.91	0.074174	5.12	26.31	34.26	1.43
Negrone	360	Q100	166.40	1038.35	1039.96	1040.39	1041.38	0.076339	5.76	34.45	37.12	1.49
Negrone	360	Q200	188.80	1038.35	1040.06	1040.52	1041.53	0.073830	5.91	38.20	37.57	1.48
Negrone	360	Q500	219.30	1038.35	1040.18	1040.61	1041.74	0.072391	6.13	42.76	38.11	1.48
Negrone	350	Q20	115.90	1037.15	1039.13	1039.32	1039.94	0.040235	4.20	31.50	32.73	1.10
Negrone	350	Q100	166.40	1037.15	1039.43	1039.66	1040.38	0.038663	4.66	41.96	36.65	1.12
Negrone	350	Q200	188.80	1037.15	1039.54	1039.78	1040.55	0.038169	4.83	46.25	37.40	1.12
Negrone	350	Q500	219.30	1037.15	1039.68	1039.93	1040.77	0.038124	5.05	51.36	37.90	1.13
Negrone	340	Q20	115.90	1034.94	1036.71	1037.25	1038.41	0.131424	5.77	20.10	20.77	1.87
Negrone	340	Q100	166.40	1034.94	1037.04	1037.63	1038.96	0.112587	6.14	27.11	22.61	1.79
Negrone	340	Q200	188.80	1034.94	1037.17	1037.78	1039.16	0.106840	6.25	30.20	23.54	1.76
Negrone	340	Q500	219.30	1034.94	1037.35	1037.97	1039.42	0.099500	6.37	34.41	24.67	1.72
Negrone	330	Q20	115.90	1029.21	1031.47	1031.31	1032.09	0.024442	3.50	33.14	20.39	0.88
Negrone	330	Q100	166.40	1029.21	1031.87	1031.76	1032.68	0.025831	3.99	41.72	21.83	0.92
Negrone	330	Q200	188.80	1029.21	1032.03	1031.93	1032.92	0.026367	4.17	45.23	22.39	0.94
Negrone	330	Q500	219.30	1029.21	1032.24	1032.16	1033.22	0.026631	4.38	50.04	23.14	0.95
Negrone	320	Q20	115.90	1023.27	1025.38	1025.38	1026.11	0.032730	3.78	30.63	21.07	1.00
Negrone	320	Q100	166.40	1023.27	1025.81	1025.81	1026.69	0.030920	4.16	40.00	22.71	1.00
Negrone	320	Q200	188.80	1023.27	1025.98	1025.98	1026.92	0.030353	4.30	43.93	23.36	1.00
Negrone	320	Q500	219.30	1023.27	1026.19	1026.19	1027.21	0.030113	4.49	48.88	24.16	1.01
Negrone	310	Q20	115.90	1020.08	1022.23	1022.29	1023.12	0.036551	4.17	27.77	17.34	1.05
Negrone	310	Q100	166.40	1020.08	1022.67	1022.77	1023.78	0.036491	4.66	35.67	18.64	1.08
Negrone	310	Q200	188.80	1020.08	1022.85	1022.97	1024.04	0.036310	4.84	39.03	19.16	1.08
Negrone	310	Q500	219.30	1020.08	1023.07	1023.21	1024.37	0.036081	5.05	43.45	19.83	1.09
Negrone	300	Q20	115.90	1017.46	1019.63	1019.76	1020.60	0.041199	4.36	26.59	17.23	1.12
Negrone	300	Q100	166.40	1017.46	1020.05	1020.24	1021.26	0.041143	4.86	34.22	18.64	1.15
Negrone	300	Q200	188.80	1017.46	1020.22	1020.44	1021.52	0.041269	5.05	37.35	19.18	1.16
Negrone	300	Q500	219.30	1017.46	1020.43	1020.68	1021.85	0.041482	5.29	41.44	19.88	1.17
Negrone	290	Q20	115.90	1011.73	1013.07	1013.62	1014.92	0.140801	6.03	19.21	19.56	1.94
Negrone	290	Q100	166.40	1011.73	1013.34	1014.04	1015.67	0.133615	6.76	24.61	20.09	1.95
Negrone	290	Q200	188.80	1011.73	1013.45	1014.21	1015.96	0.130346	7.02	26.91	20.31	1.95
Negrone	290	Q500	219.30	1011.73	1013.60	1014.43	1016.33	0.126079	7.32	29.97	20.60	1.94
Negrone	280	Q20	115.90	1005.34	1007.65	1007.65	1008.45	0.028586	4.08	30.02	18.90	0.97
Negrone	280	Q100	166.40	1005.34	1008.13	1008.13	1009.08	0.027179	4.48	39.56	20.95	0.97
Negrone	280	Q200	188.80	1005.34	1008.32	1008.32	1009.33	0.026559	4.62	43.68	21.78	0.97
Negrone	280	Q500	219.30	1005.34	1008.56	1008.56	1009.64	0.026111	4.80	48.98	22.80	0.97
Negrone	270	Q20	115.90	997.01	998.69	999.04	999.95	0.067747	5.01	23.55	19.73	1.42
Negrone	270	Q100	166.40	997.01	998.98	999.47	1000.65	0.071235	5.78	29.44	20.77	1.50
Negrone	270	Q200	188.80	997.01	999.09	999.64	1000.94	0.072690	6.08	31.81	21.18	1.53
Negrone	270	Q500	219.30	997.01	999.25	999.87	1001.30	0.073326	6.42	35.08	21.72	1.55
Negrone	260	Q20	115.90	996.79	998.72	998.72	999.44	0.032889	3.77	30.77	21.34	1.00
Negrone	260	Q100	166.40	996.79	999.14	999.14	1000.02	0.031168	4.15	40.08	22.92	1.00
Negrone	260	Q200	188.80	996.79	999.30	999.31	1000.25	0.030906	4.31	43.84	23.52	1.01
Negrone	260	Q500	219.30	996.79	999.53	999.53	1000.54	0.029945	4.46	49.16	24.35	1.00
Negrone	250	Q20	115.90	995.41	998.08	997.47	998.49	0.012352	2.85	40.66	19.67	0.63
Negrone	250	Q100	166.40	995.41	998.75	997.93	999.23	0.010878	3.05	54.53	21.32	0.61
Negrone	250	Q200	188.80	995.41	999.02	998.12	999.52	0.010469	3.13	60.35	21.98	0.60
Negrone	250	Q500	219.30	995.41	999.37	998.36	999.89	0.010038	3.22	68.04	22.81	0.60
Negrone	240	Q20	115.90	994.71	997.80	997.04	998.26	0.011942	2.99	38.78	15.95	0.61
Negrone	240	Q100	166.40	994.71	998.39		998.99	0.013054	3.44	48.42	16.91	0.65
Negrone	240	Q200	188.80	994.71	998.62		999.28	0.013475	3.61	52.35	17.29	0.66
Negrone	240	Q500	219.30	994.71	998.91		999.65	0.013974	3.82	57.44	18.17	0.68
Negrone	230	Q20	115.90	990.41	992.87	992.87	993.61	0.033109	3.81	30.38	20.80	1.01
Negrone	230	Q100	166.40	990.41	993.31	993.31	994.19	0.031401	4.15	40.14	23.13	1.00

HEC-RAS Plan: ESISTENTE River: Negrone Reach: Negrone (Continued)

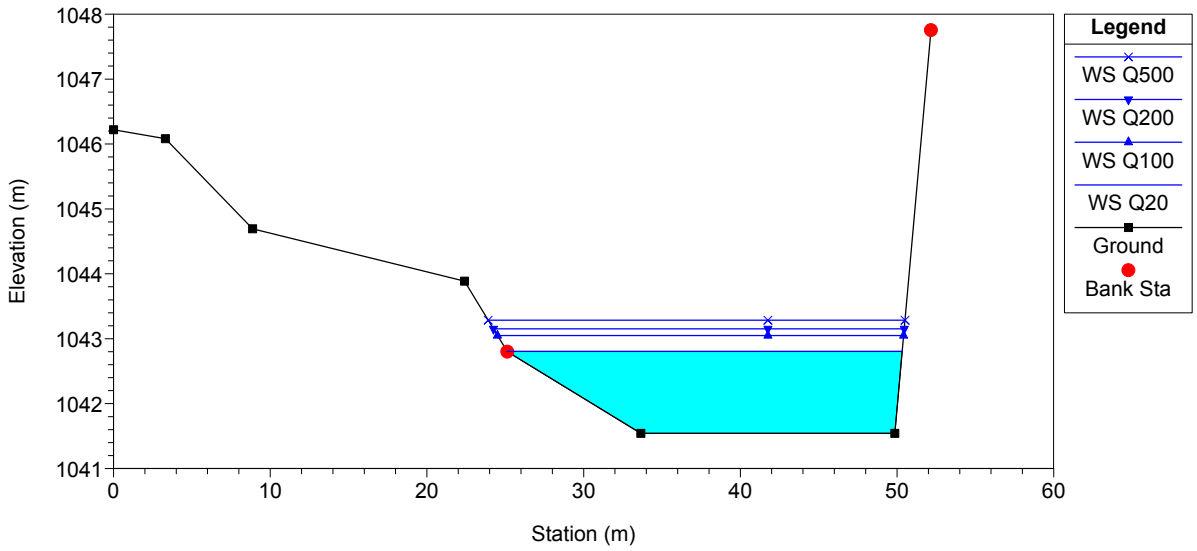
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Negrone	230	Q200	188.80	990.41	993.47	993.47	994.42	0.030874	4.30	43.90	23.47	1.00
Negrone	230	Q500	219.30	990.41	993.68	993.68	994.71	0.030402	4.50	48.78	23.90	1.00
Negrone	220	Q20	115.90	983.44	985.46	985.67	986.52	0.048895	4.55	25.46	17.75	1.21
Negrone	220	Q100	166.40	983.44	985.84	986.14	987.19	0.049576	5.14	32.38	18.84	1.25
Negrone	220	Q200	188.80	983.44	985.99	986.33	987.45	0.049920	5.36	35.22	19.27	1.27
Negrone	220	Q500	219.30	983.44	986.18	986.56	987.79	0.050059	5.62	39.01	19.83	1.28
Negrone	210	Q20	115.90	981.48	983.44	983.44	984.27	0.035011	4.03	28.77	17.59	1.01
Negrone	210	Q100	166.40	981.48	983.90	983.90	984.93	0.033453	4.50	36.97	17.99	1.00
Negrone	210	Q200	188.80	981.48	984.08	984.08	985.20	0.033273	4.69	40.26	18.15	1.01
Negrone	210	Q500	219.30	981.48	984.32	984.33	985.55	0.032901	4.91	44.64	18.36	1.01
Negrone	200	Q20	115.90	973.50	975.68	976.05	976.69	0.046206	4.48	27.36	33.72	1.18
Negrone	200	Q100	166.40	973.50	975.93	976.33	977.18	0.051045	5.13	37.89	46.52	1.26
Negrone	200	Q200	188.80	973.50	976.84	976.43	977.16	0.009014	2.76	81.51	49.39	0.56
Negrone	200	Q500	219.30	973.50	977.06	976.57	977.38	0.008420	2.79	92.49	50.09	0.55
Negrone	190	Q20	115.90	970.89	973.30	973.26	974.07	0.029876	3.89	29.77	17.93	0.96
Negrone	190	Q100	166.40	970.89	973.73	973.73	974.72	0.031168	4.40	37.81	19.42	1.01
Negrone	190	Q200	188.80	970.89	973.93	973.93	974.97	0.030255	4.52	41.78	20.11	1.00
Negrone	190	Q500	219.30	970.89	974.17	974.17	975.29	0.029795	4.69	46.74	20.95	1.00
Negrone	180	Q20	126.40	958.92	961.22	961.22	962.01	0.028840	4.54	33.10	20.48	1.01
Negrone	180	Q100	181.80	958.92	961.68	961.68	962.64	0.028501	5.16	42.84	22.12	1.04
Negrone	180	Q200	207.20	958.92	961.86	961.88	962.91	0.028547	5.41	46.91	22.76	1.05
Negrone	180	Q500	237.90	958.92	962.06	962.09	963.20	0.029081	5.72	51.36	23.49	1.08
Negrone	170	Q20	126.40	954.00	956.10	956.53	957.59	0.069584	5.41	23.38	16.17	1.44
Negrone	170	Q100	181.80	954.00	956.53	957.05	958.32	0.066360	5.94	30.63	17.62	1.44
Negrone	170	Q200	207.20	954.00	956.71	957.27	958.62	0.064847	6.12	33.86	18.24	1.43
Negrone	170	Q500	237.90	954.00	956.92	957.51	958.93	0.062331	6.28	37.86	18.97	1.42
Negrone	160	Q20	126.40	949.84	952.06	952.17	952.84	0.041417	3.91	32.35	25.53	1.11
Negrone	160	Q100	181.80	949.84	952.93	952.56	953.45	0.016978	3.21	56.65	30.62	0.75
Negrone	160	Q200	207.20	949.84	953.18	952.71	953.70	0.015258	3.21	64.50	32.09	0.72
Negrone	160	Q500	237.90	949.84	953.47	952.91	953.99	0.013599	3.21	74.10	33.80	0.69
Negrone	150	Q20	126.40	948.50	951.04	950.96	951.96	0.027395	4.25	30.20	14.88	0.92
Negrone	150	Q100	181.80	948.50	951.57	951.57	952.75	0.027173	4.86	38.75	18.37	0.95
Negrone	150	Q200	207.20	948.50	951.86	951.86	953.07	0.024306	4.93	44.55	21.00	0.91
Negrone	150	Q500	237.90	948.50	952.17	952.17	953.41	0.022291	5.04	51.48	24.60	0.89
Negrone	140	Q20	126.40	947.89	950.35	950.35	951.12	0.032717	3.89	32.50	21.24	1.00
Negrone	140	Q100	181.80	947.89	950.54	950.87	951.78	0.051226	4.93	36.88	23.69	1.26
Negrone	140	Q200	207.20	947.89	950.62	951.06	952.08	0.059747	5.36	38.67	24.62	1.36
Negrone	140	Q500	237.90	947.89	950.72	951.27	952.41	0.067501	5.75	41.35	25.95	1.45
Negrone	130	Q20	126.40	946.73	948.84	949.18	950.07	0.063031	4.91	25.72	19.49	1.37
Negrone	130	Q100	181.80	946.73	949.34	949.64	950.62	0.050530	5.02	36.22	22.46	1.26
Negrone	130	Q200	207.20	946.73	949.55	949.83	950.84	0.046018	5.03	41.21	23.74	1.22
Negrone	130	Q500	237.90	946.73	949.79	950.04	951.10	0.042403	5.07	46.97	25.14	1.18


Legend
WS Q500
WS Q200
WS Q100
WS Q20
Ground
Elevation (m)
1060
1040
1020
1000
980
960
940
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
Main Channel Distance (m)
150
170
180
190
200
210
220
230
240
260
280
290
300
310
320
330
340
370
400

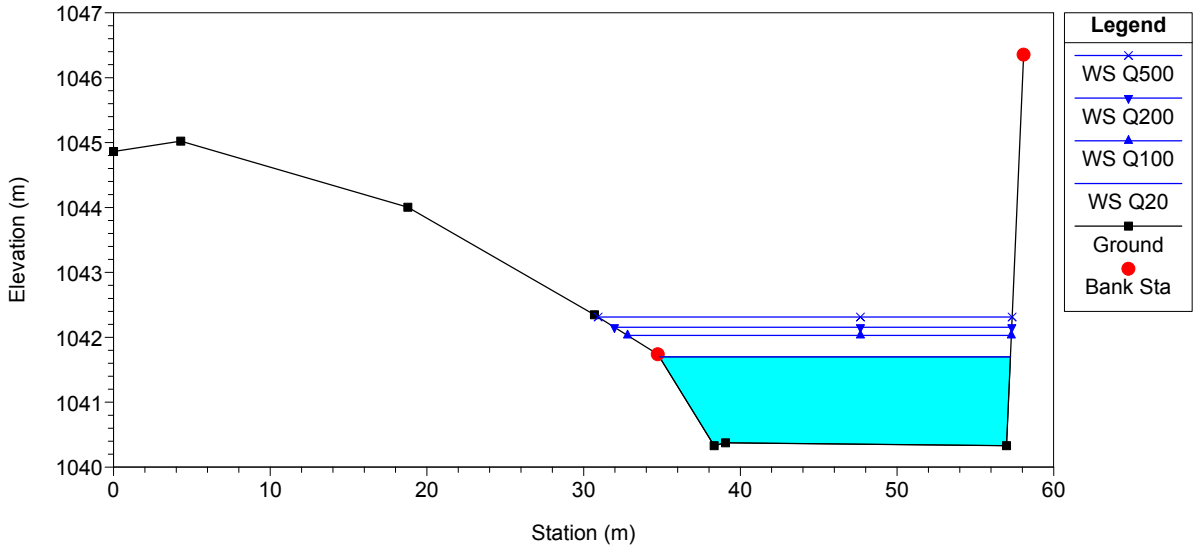
RS = 400



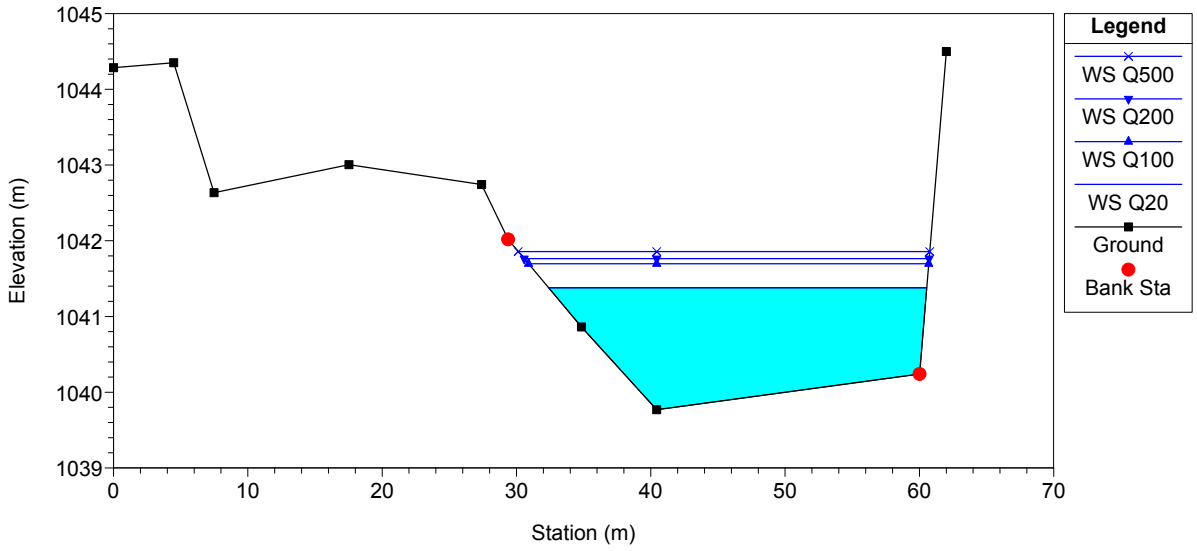
RS = 390



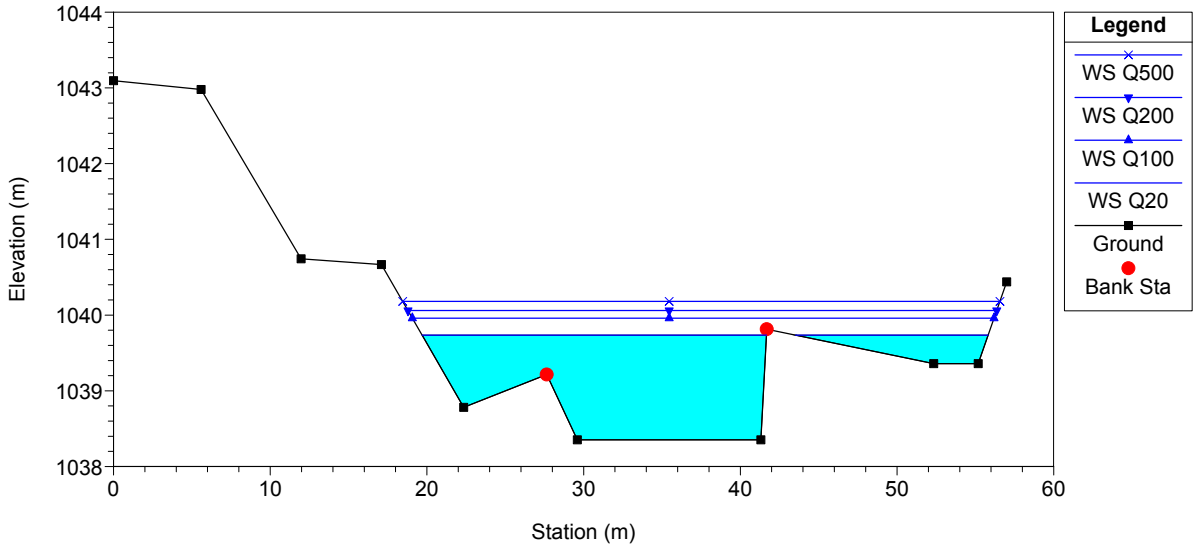
RS = 380



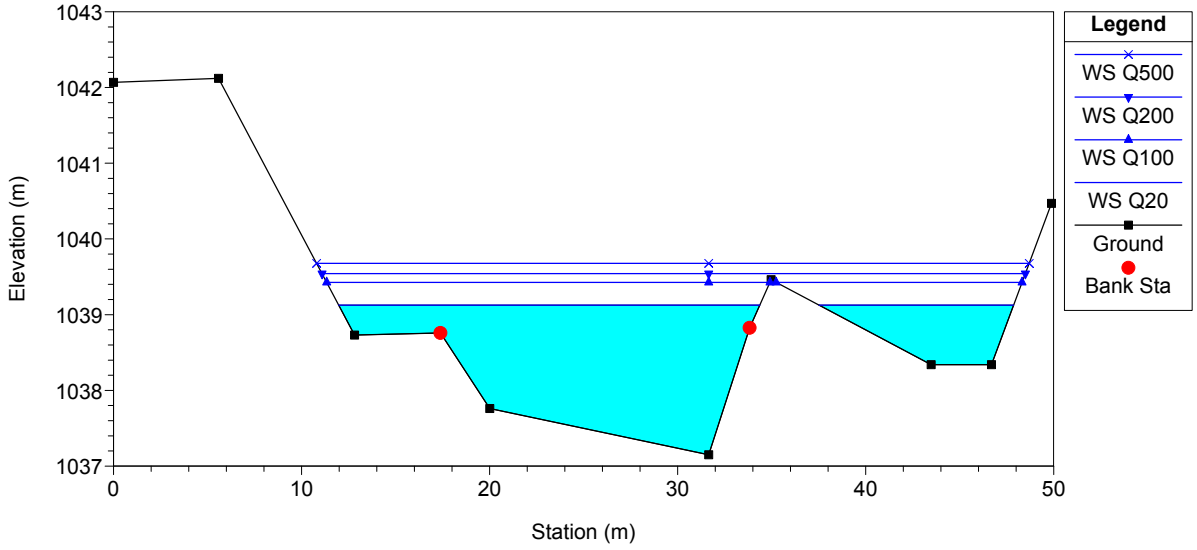
RS = 370



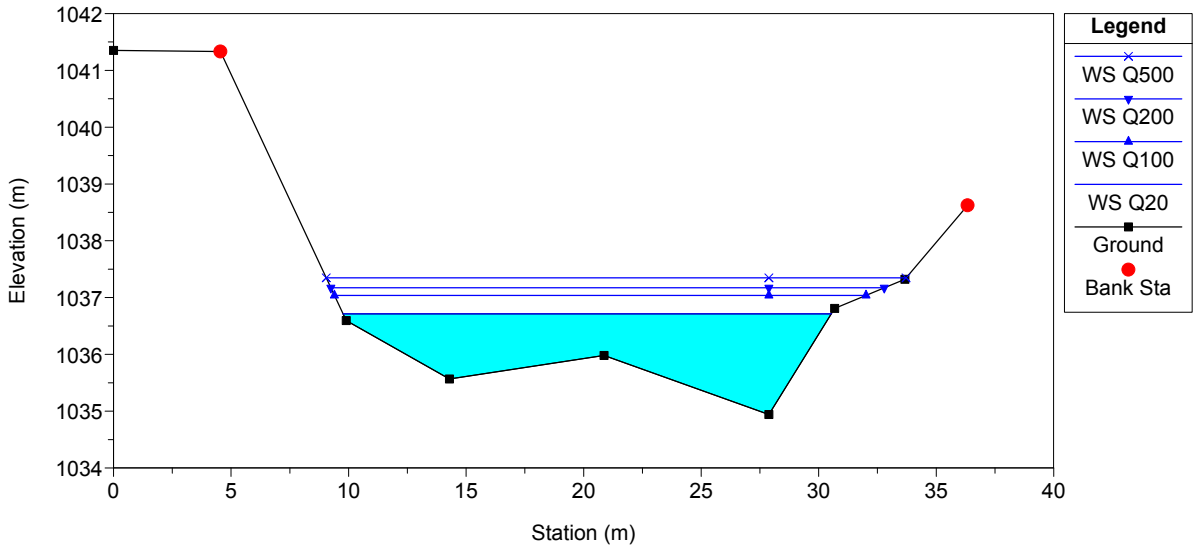
RS = 360



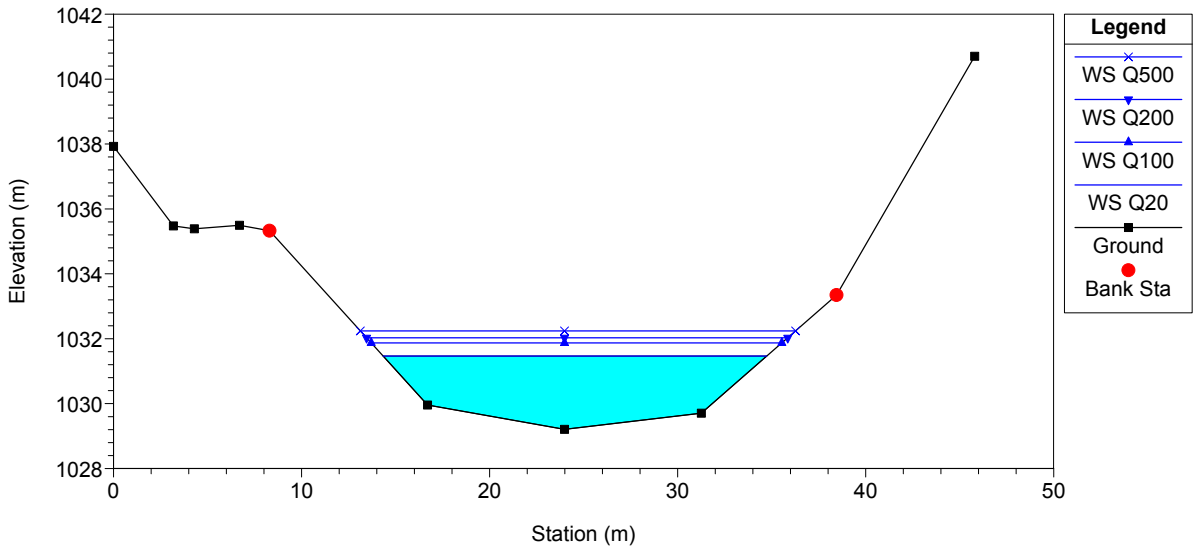
RS = 350



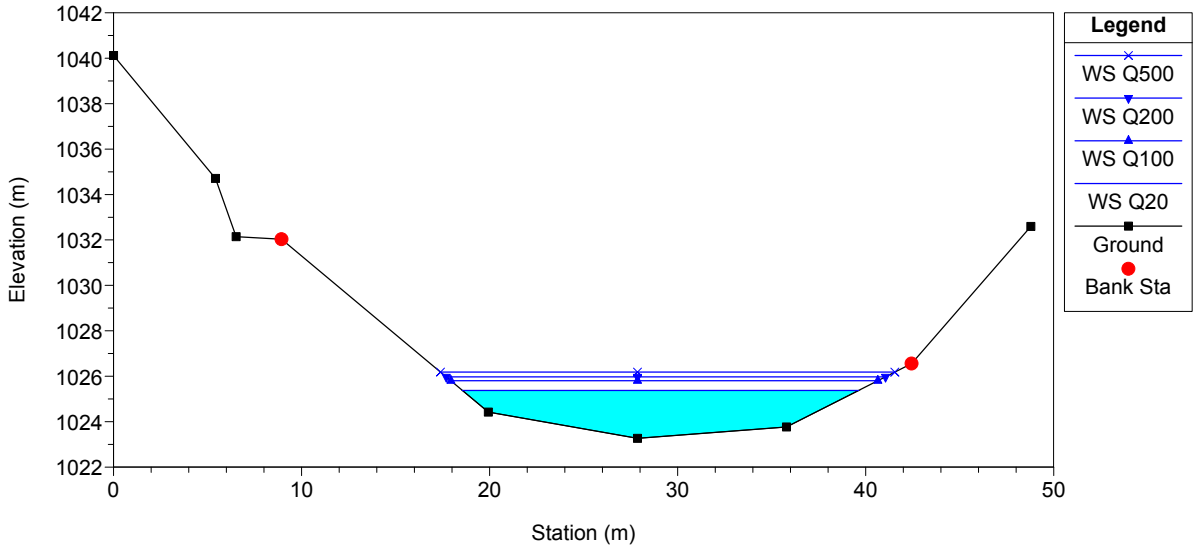
RS = 340



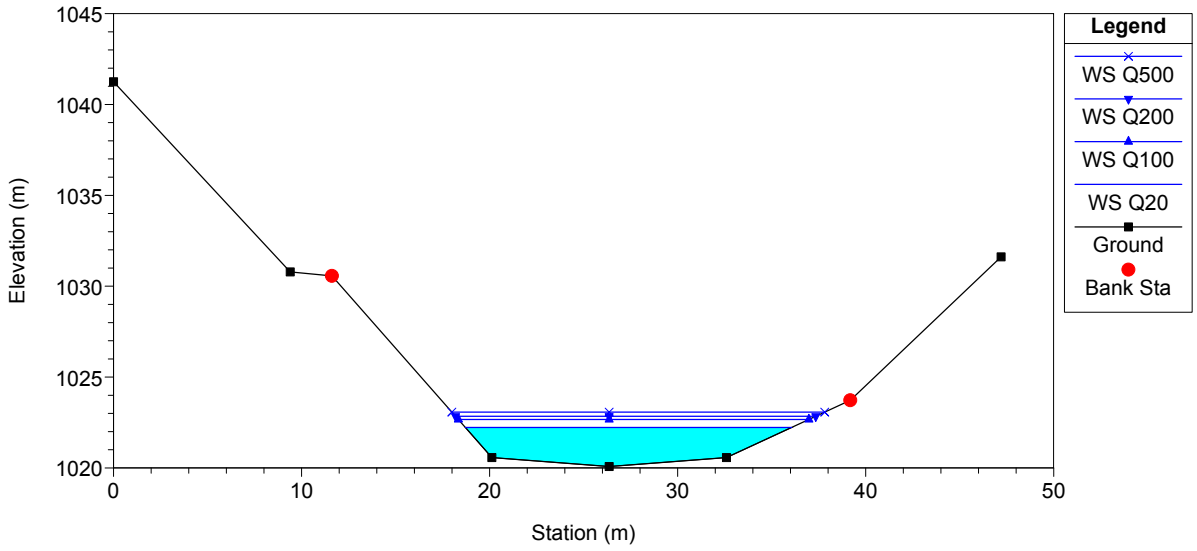
RS = 330



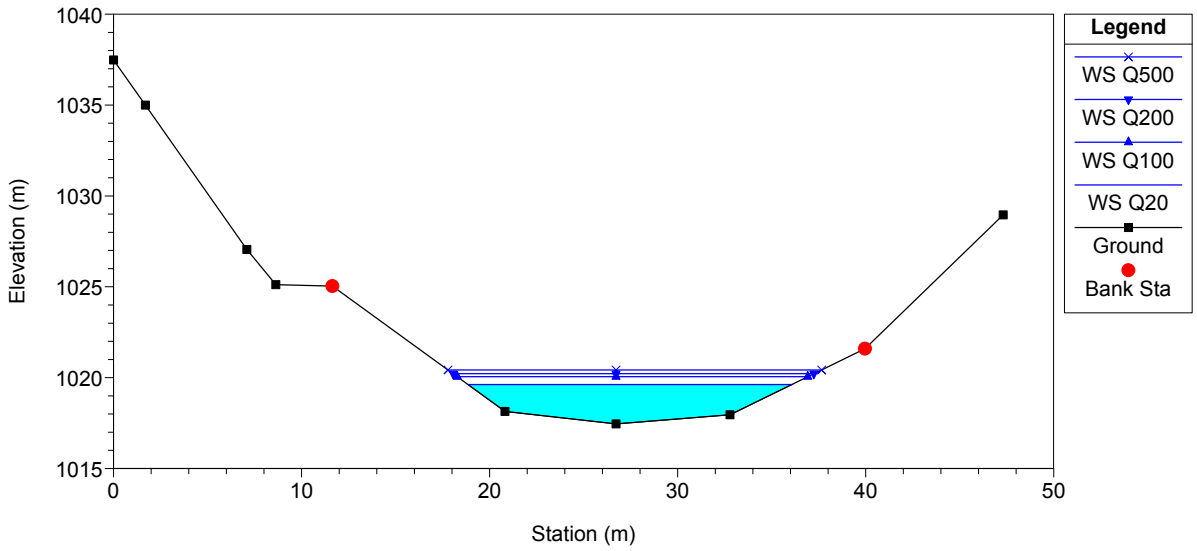
RS = 320



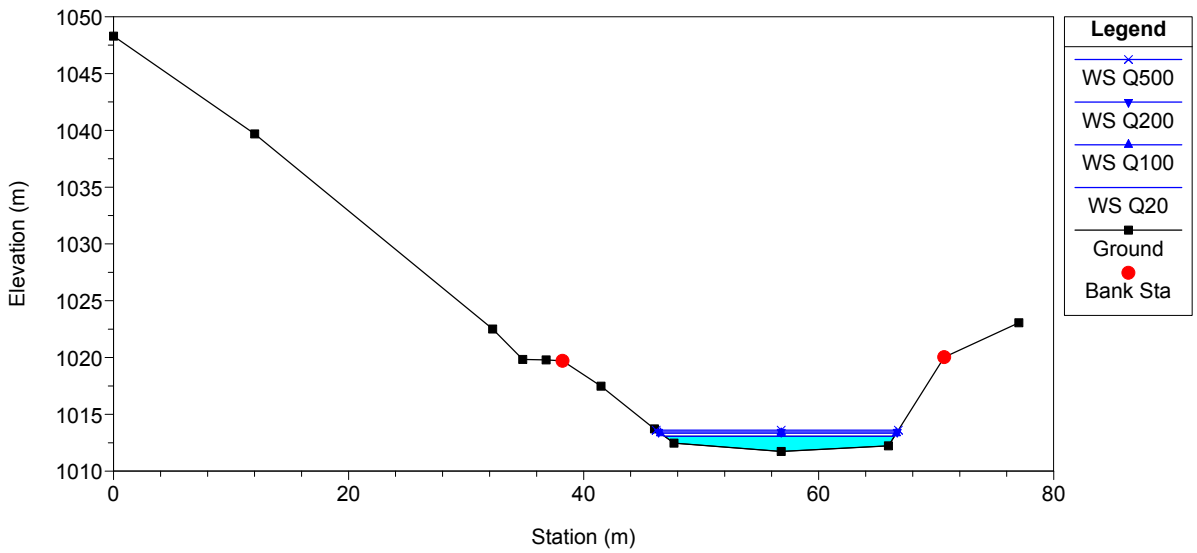
RS = 310



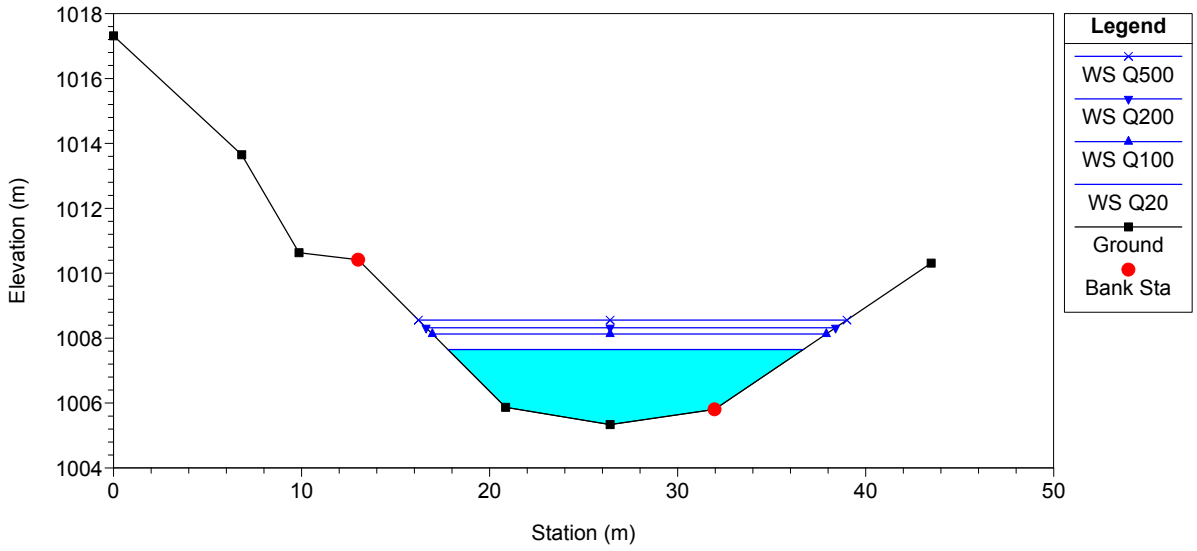
RS = 300



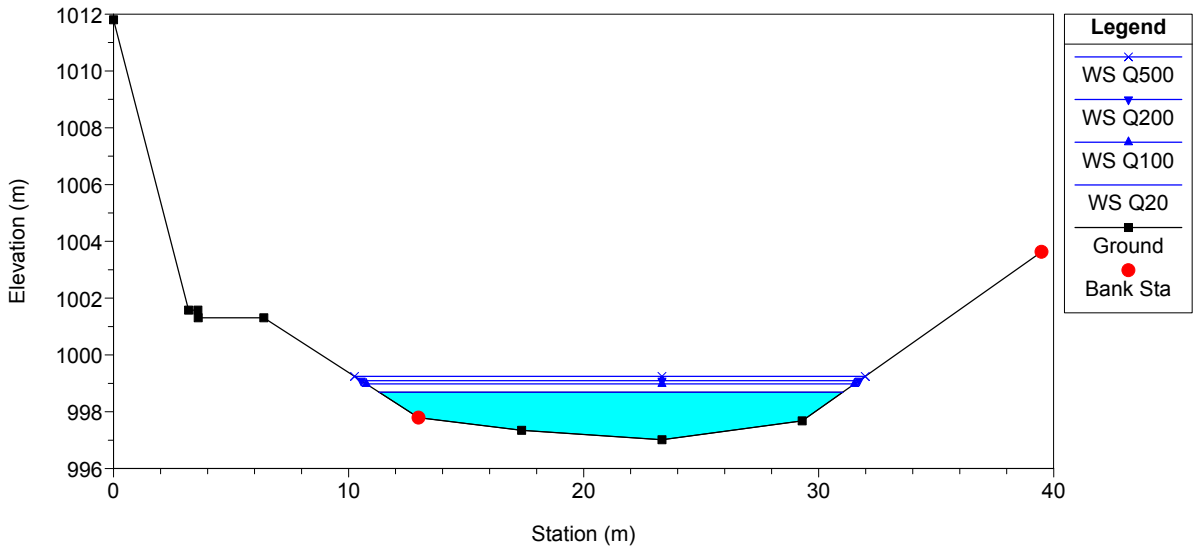
RS = 290



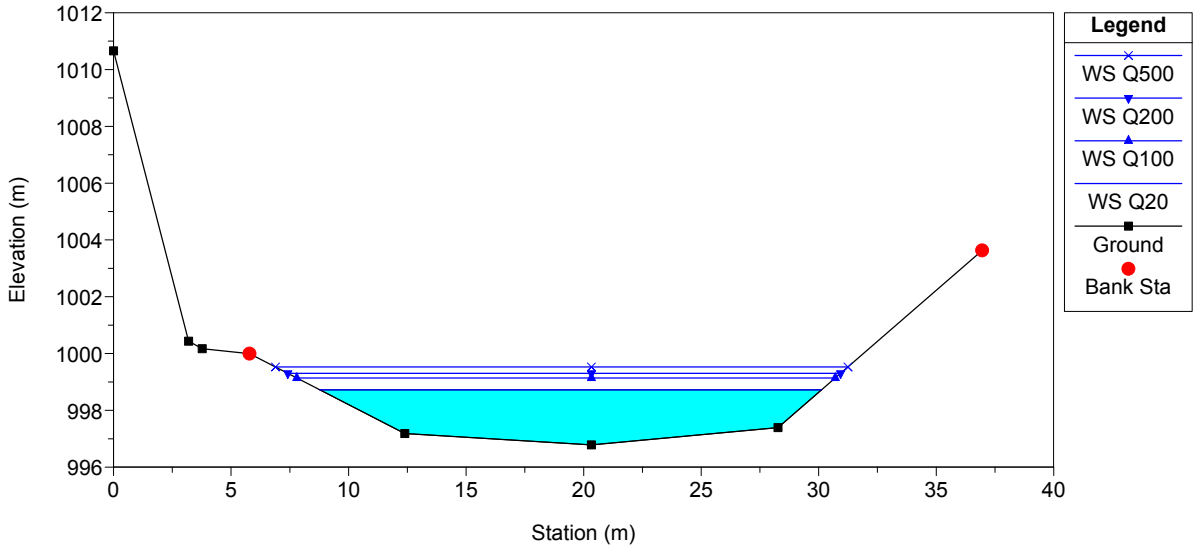
RS = 280



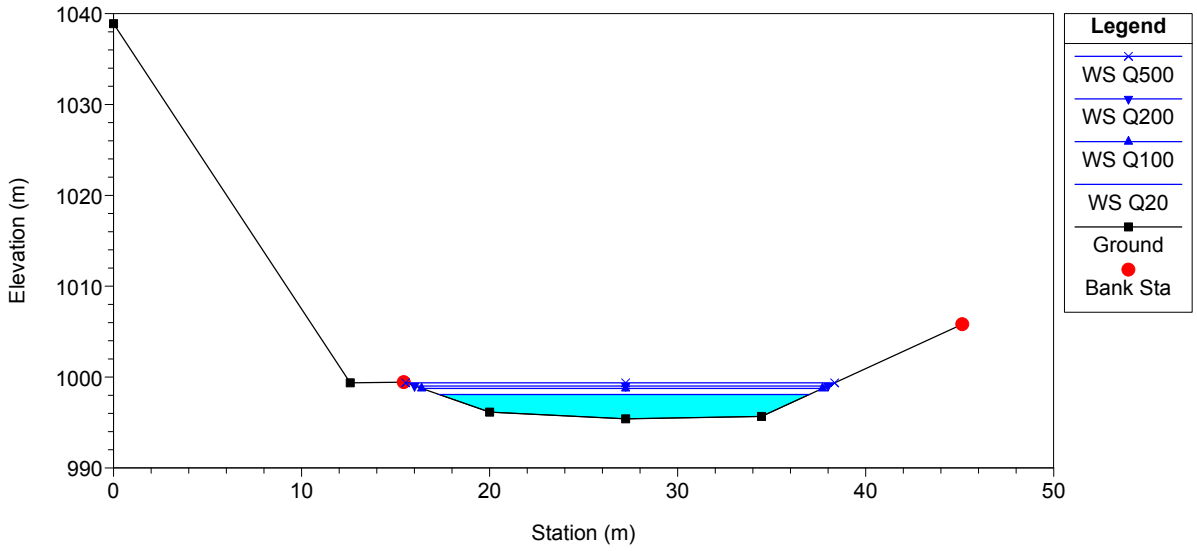
RS = 270



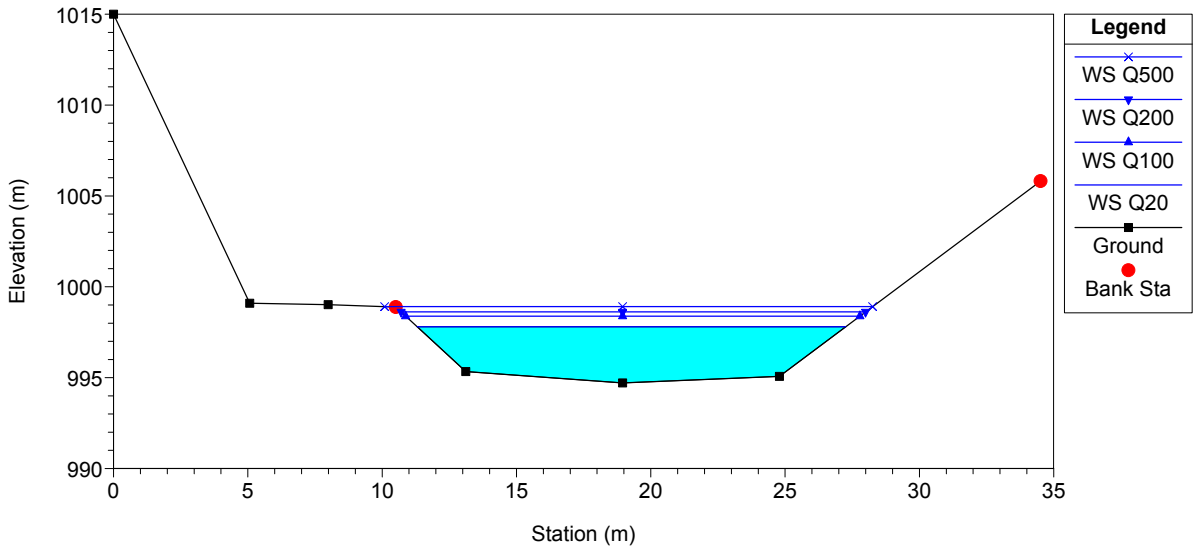
RS = 260



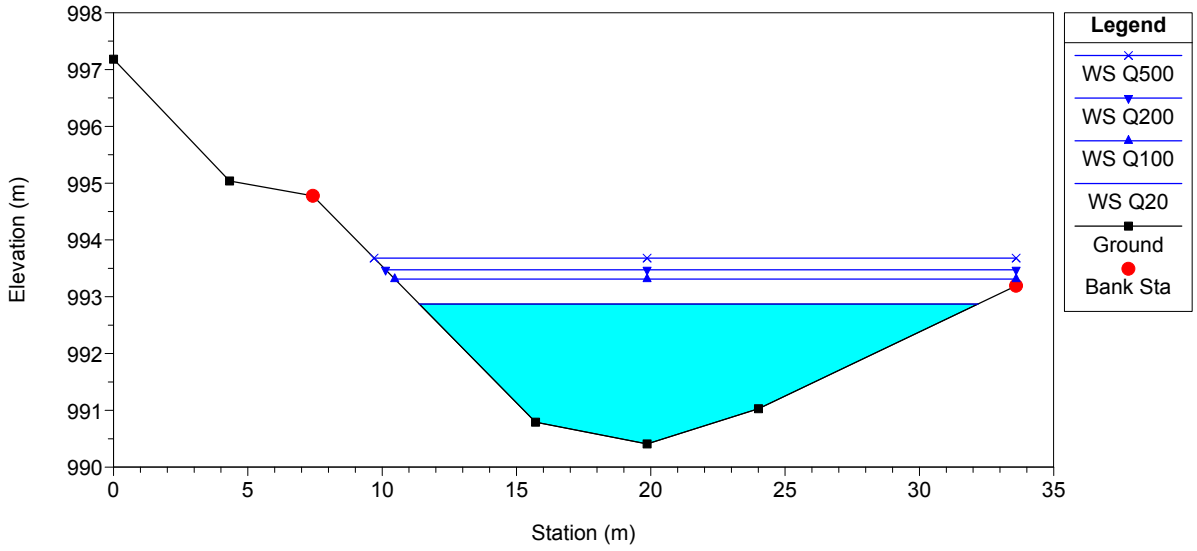
RS = 250



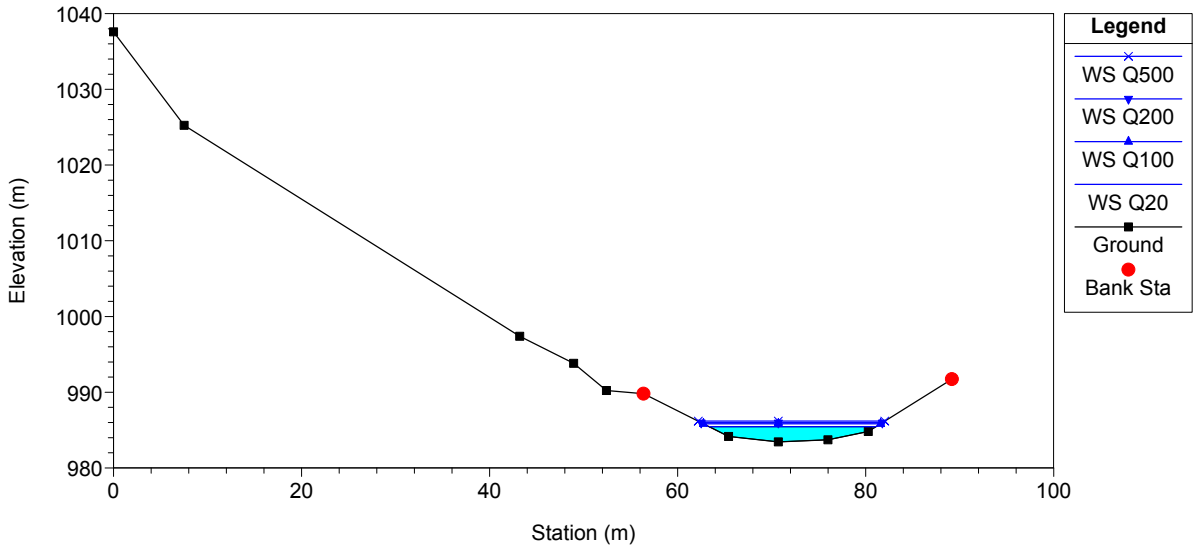
RS = 240



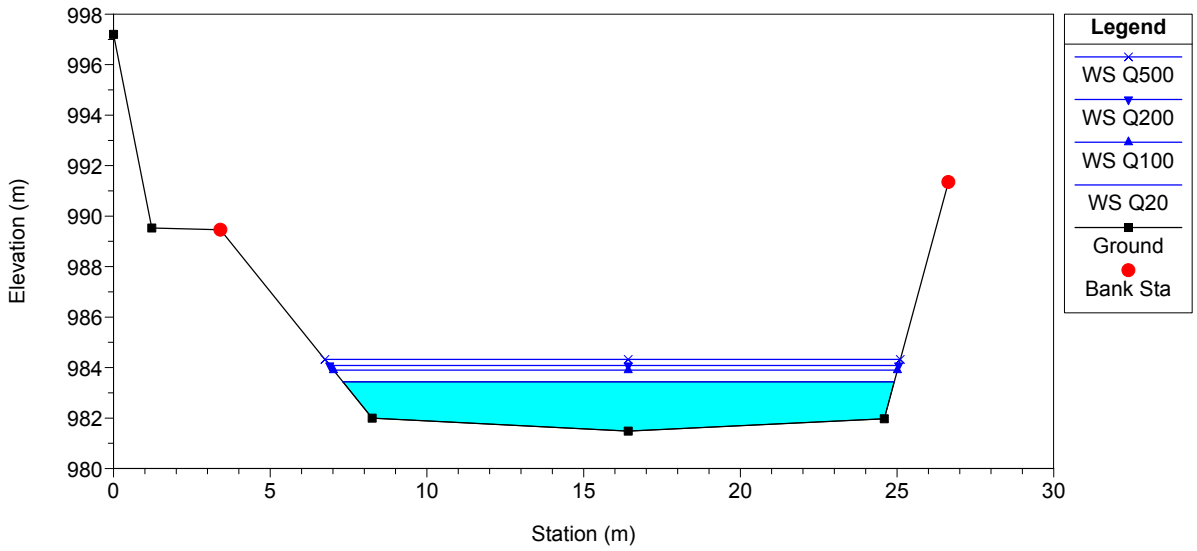
RS = 230



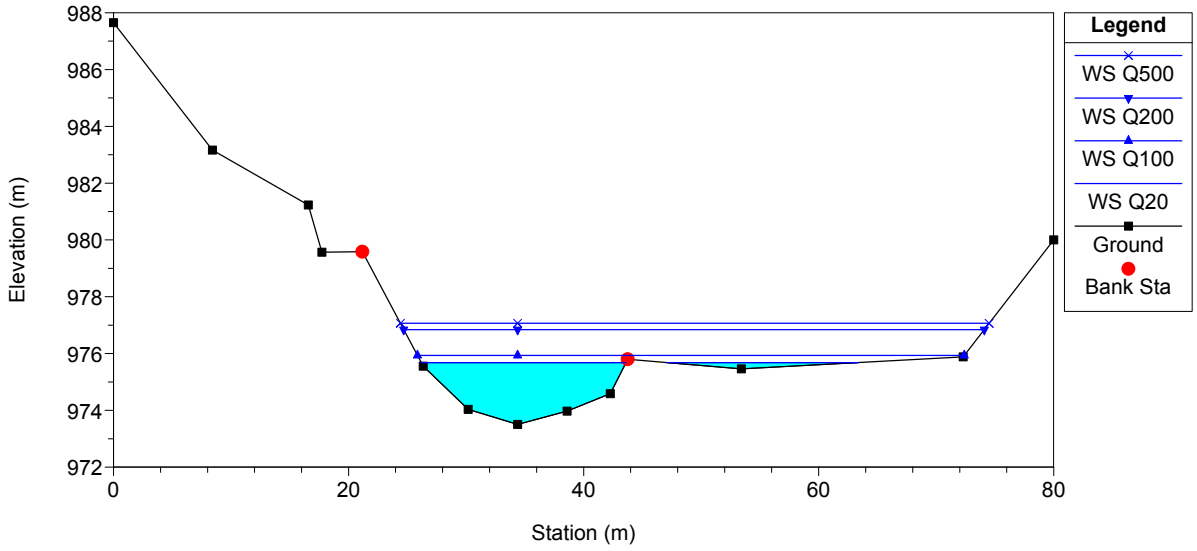
RS = 220



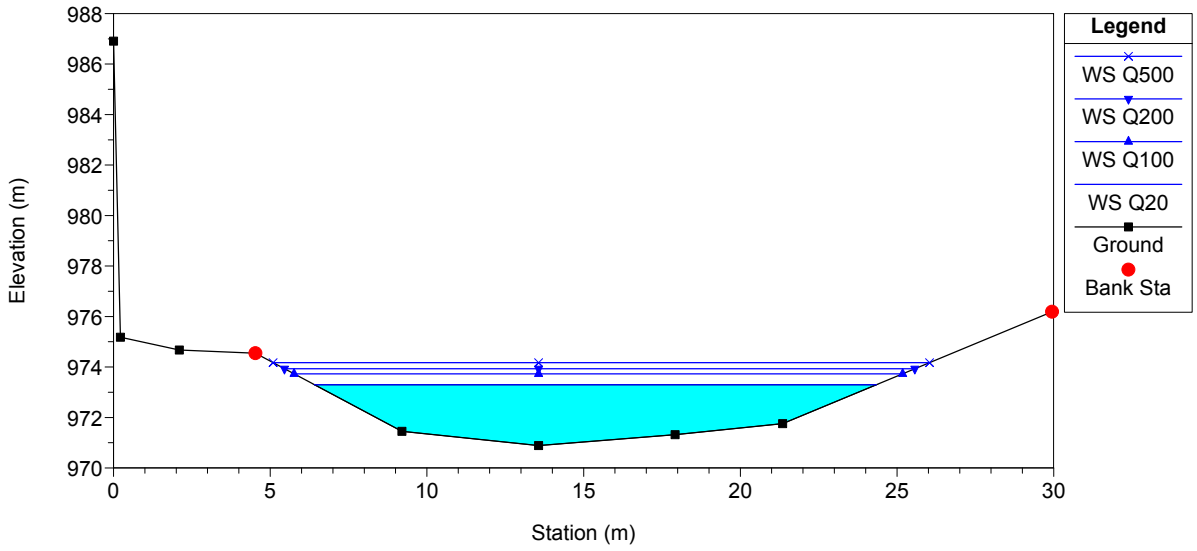
RS = 210



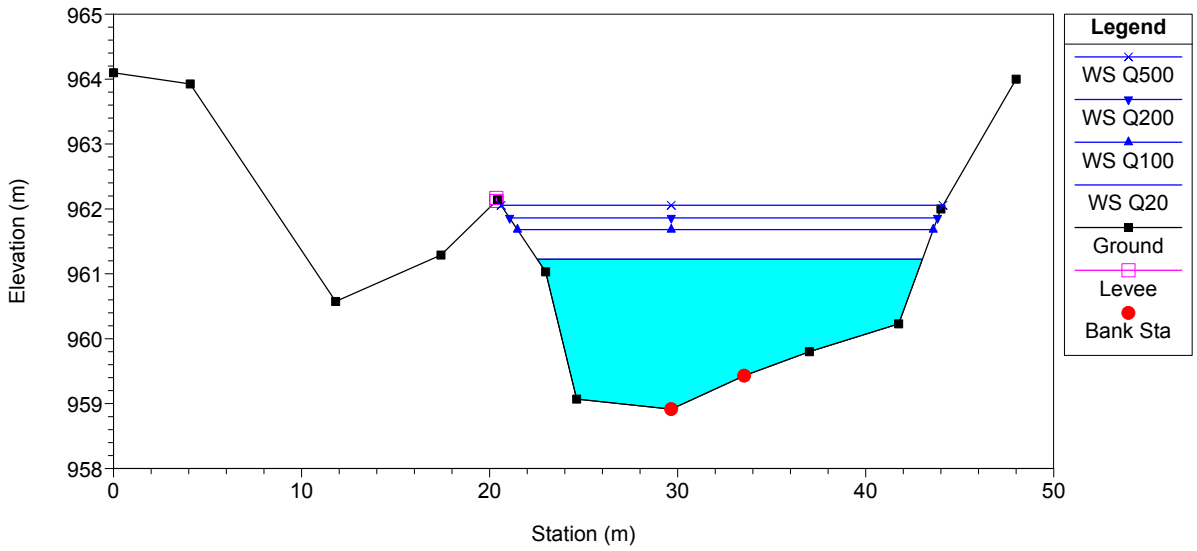
RS = 200



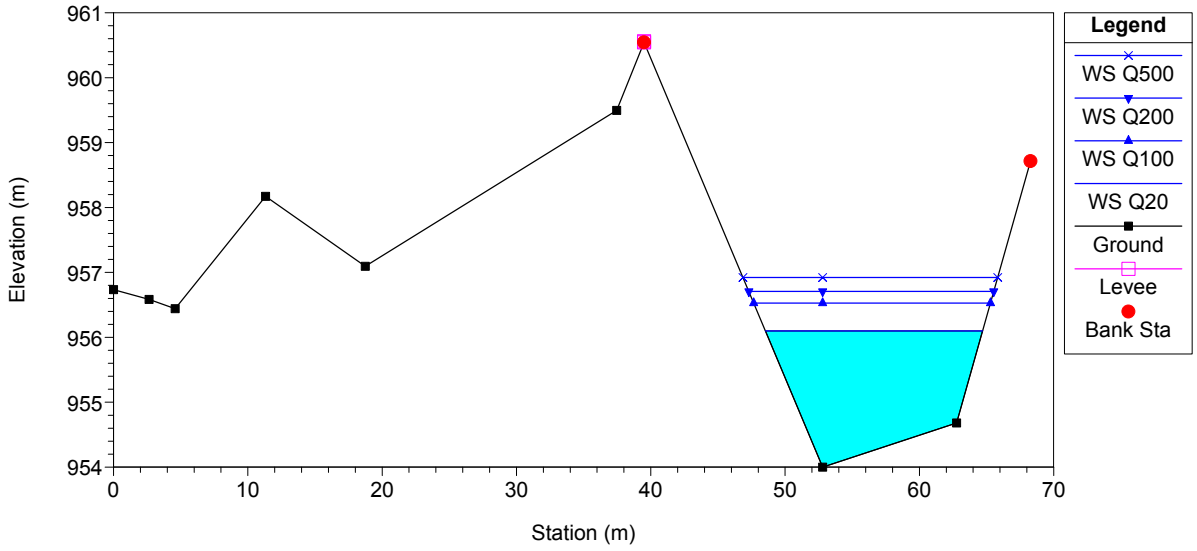
RS = 190



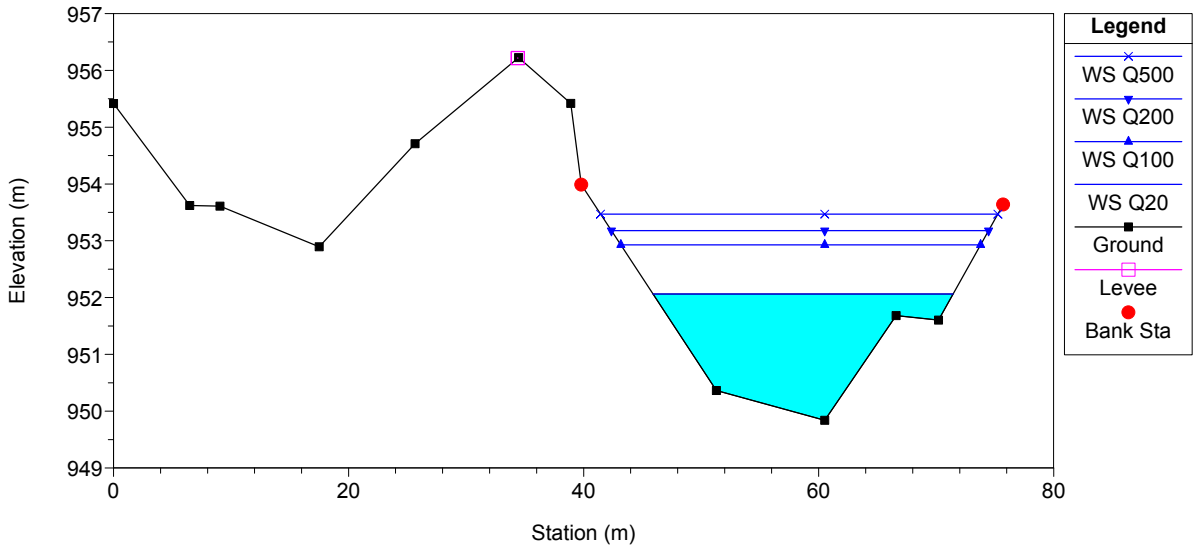
RS = 180



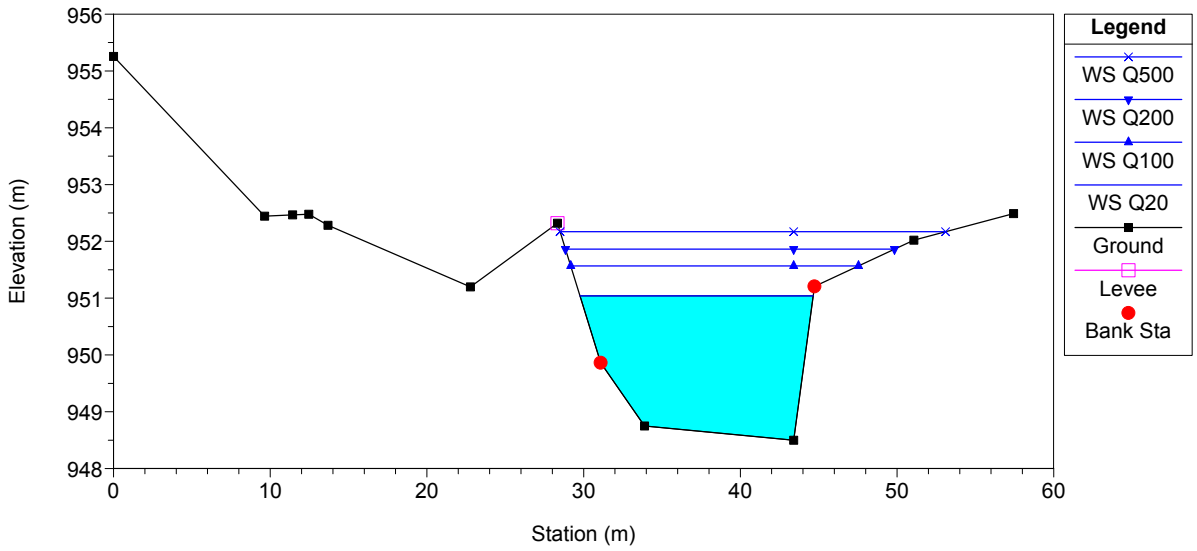
RS = 170



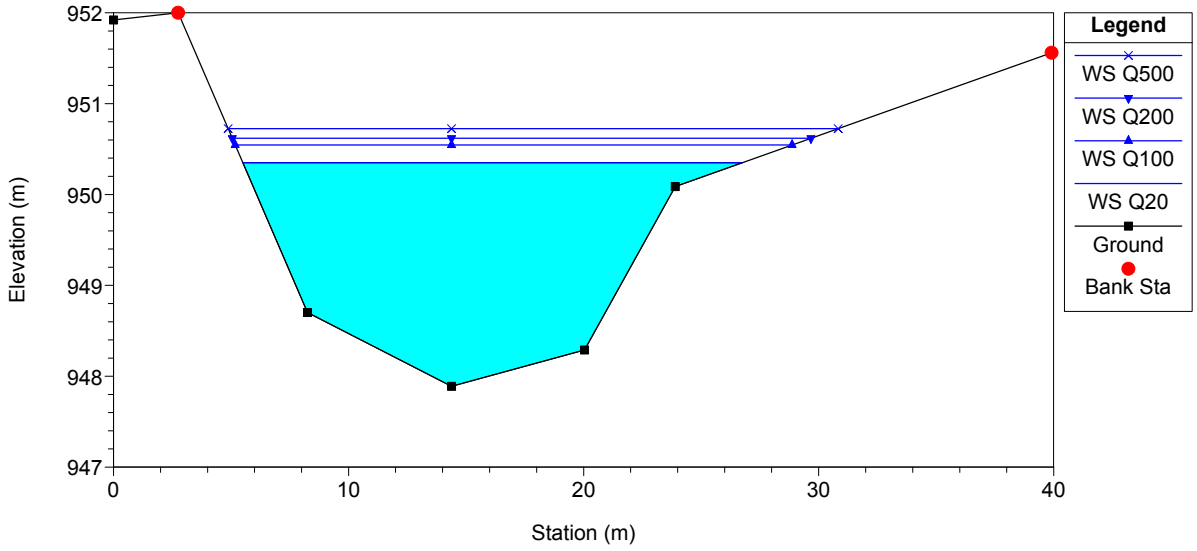
RS = 160

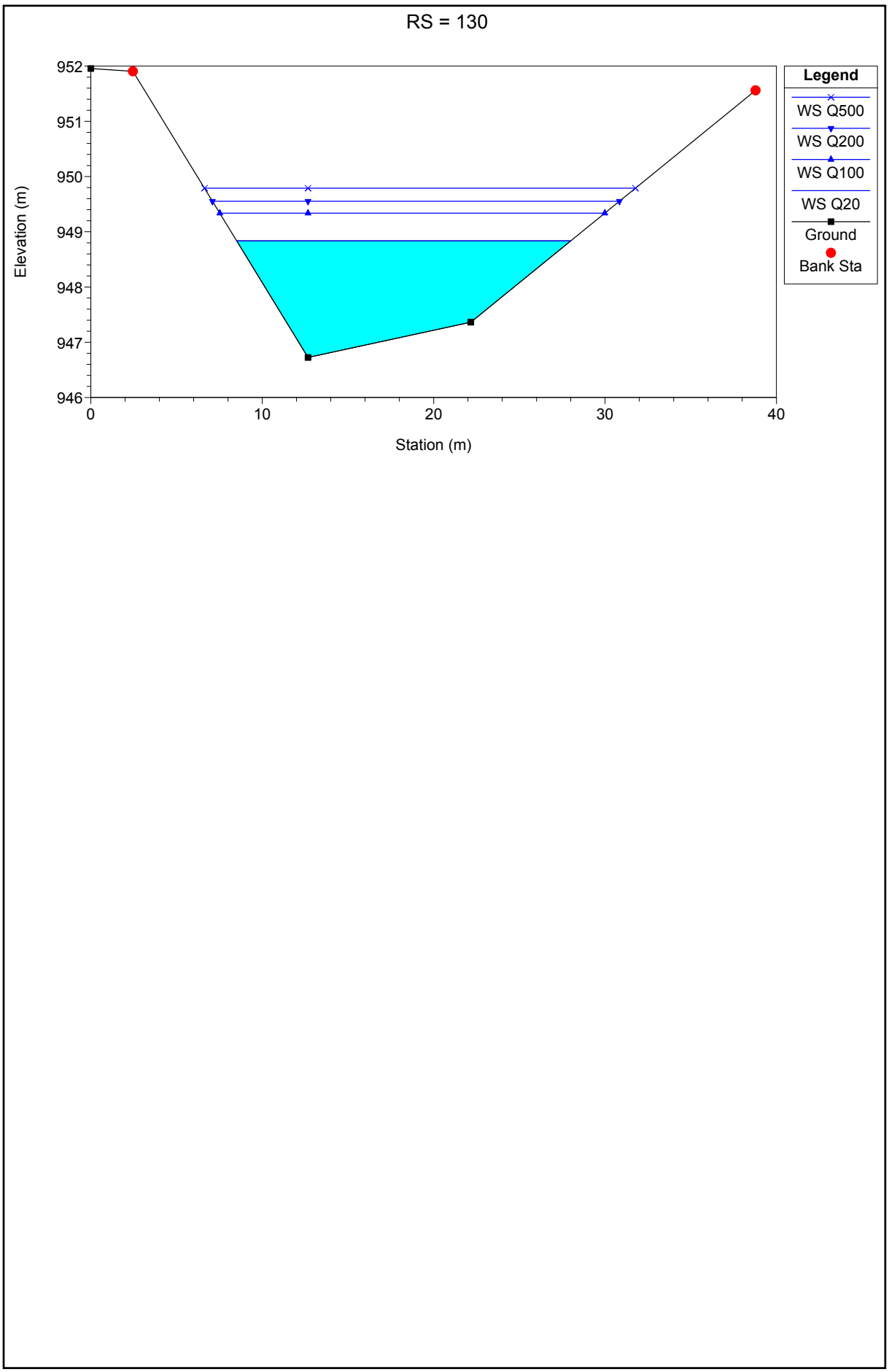


RS = 150



RS = 140




RS = 130
Elevation (m)
952
951
950
949
948
947
946
0
10
20
30
40
Station (m)
Legend
WS Q500
WS Q200
WS Q100
WS Q20
Ground
Bank Sta

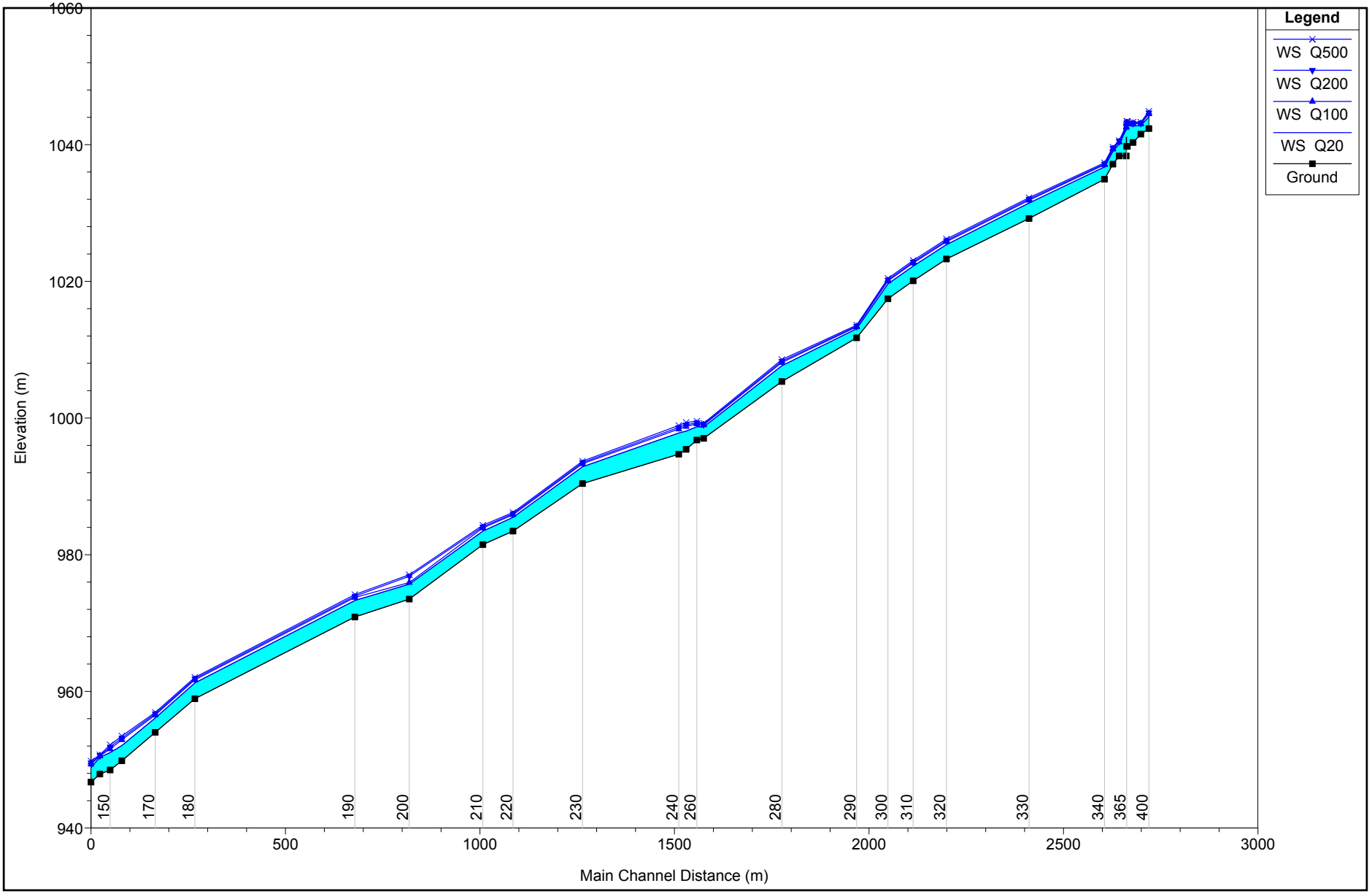
Scenario 1 (stato di progetto) – Tabelle profili e sezioni

HEC-RAS Plan: PROGETTO River: Negrone Reach: Negrone

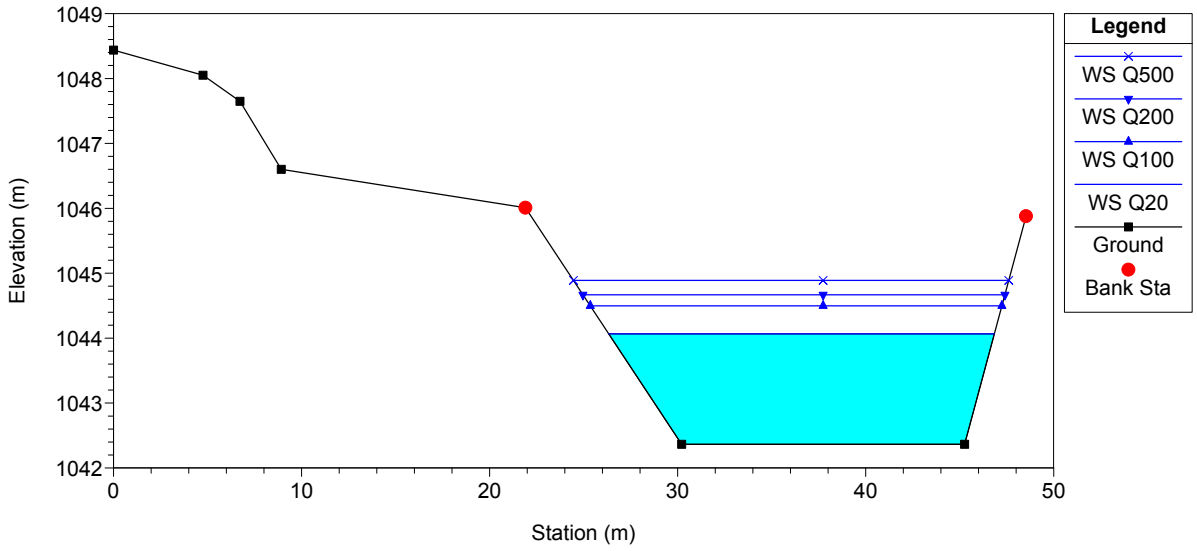
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Negrone	400	Q20	115.90	1042.36	1044.07	1044.07	1044.81	0.033661	3.83	30.27	20.51	1.01
Negrone	400	Q100	166.40	1042.36	1044.50	1044.50	1045.41	0.031829	4.22	39.40	21.89	1.01
Negrone	400	Q200	188.80	1042.36	1044.67	1044.67	1045.64	0.031280	4.37	43.20	22.44	1.01
Negrone	400	Q500	219.30	1042.36	1044.89	1044.89	1045.94	0.030615	4.55	48.24	23.15	1.01
Negrone	390	Q20	115.90	1041.54	1042.81	1043.06	1043.80	0.070600	4.43	26.17	25.21	1.39
Negrone	390	Q100	166.40	1041.54	1043.05	1043.42	1044.40	0.072848	5.14	32.40	25.92	1.45
Negrone	390	Q200	188.80	1041.54	1043.15	1043.56	1044.64	0.072745	5.40	35.09	26.21	1.47
Negrone	390	Q500	219.30	1041.54	1043.29	1043.77	1044.94	0.072368	5.71	38.63	26.60	1.48
Negrone	380	Q20	115.90	1040.33	1042.72	1041.87	1042.97	0.006906	2.23	54.10	29.44	0.47
Negrone	380	Q100	166.40	1040.33	1043.10	1042.27	1043.45	0.008330	2.68	65.62	32.19	0.53
Negrone	380	Q200	188.80	1040.33	1043.15	1042.44	1043.58	0.010065	2.98	67.15	32.54	0.58
Negrone	380	Q500	219.30	1040.33	1043.30	1042.65	1043.81	0.011159	3.24	72.17	33.66	0.62
Negrone	370	Q20	115.90	1039.77	1042.77	1041.26	1042.88	0.002149	1.42	82.51	31.67	0.28
Negrone	370	Q100	166.40	1039.77	1043.17	1041.56	1043.33	0.002832	1.77	95.02	31.86	0.32
Negrone	370	Q200	188.80	1039.77	1043.23	1041.70	1043.43	0.003405	1.97	97.10	31.89	0.36
Negrone	370	Q500	219.30	1039.77	1043.40	1041.86	1043.62	0.004423	2.12	111.64	55.35	0.37
Negrone	365		Inl Struct									
Negrone	360	Q20	115.90	1038.35	1040.11	1040.11	1040.61	0.024580	3.47	39.92	37.77	0.86
Negrone	360	Q100	166.40	1038.35	1040.39	1040.39	1041.01	0.025185	3.90	50.90	39.05	0.89
Negrone	360	Q200	188.80	1038.35	1040.52	1040.52	1041.17	0.024734	4.03	55.80	39.48	0.89
Negrone	360	Q500	219.30	1038.35	1040.61	1040.61	1041.38	0.027800	4.39	59.34	39.73	0.95
Negrone	350	Q20	115.90	1037.15	1039.04	1039.32	1040.01	0.051167	4.55	28.75	31.62	1.23
Negrone	350	Q100	166.40	1037.15	1039.36	1039.66	1040.43	0.045102	4.91	39.60	35.81	1.20
Negrone	350	Q200	188.80	1037.15	1039.48	1039.78	1040.60	0.043855	5.06	44.03	37.19	1.20
Negrone	350	Q500	219.30	1037.15	1039.64	1039.93	1040.80	0.041434	5.20	49.90	37.76	1.18
Negrone	340	Q20	115.90	1034.94	1036.75	1037.25	1038.33	0.118722	5.58	20.76	20.85	1.79
Negrone	340	Q100	166.40	1034.94	1037.06	1037.63	1038.92	0.107623	6.04	27.55	22.75	1.75
Negrone	340	Q200	188.80	1034.94	1037.19	1037.78	1039.13	0.103384	6.18	30.56	23.65	1.74
Negrone	340	Q500	219.30	1034.94	1037.36	1037.97	1039.40	0.097671	6.34	34.62	24.69	1.71
Negrone	330	Q20	115.90	1029.21	1031.47	1031.31	1032.09	0.024442	3.50	33.14	20.39	0.88
Negrone	330	Q100	166.40	1029.21	1031.87	1031.76	1032.68	0.025831	3.99	41.72	21.83	0.92
Negrone	330	Q200	188.80	1029.21	1032.03	1031.93	1032.92	0.026367	4.17	45.23	22.39	0.94
Negrone	330	Q500	219.30	1029.21	1032.24	1032.16	1033.22	0.026631	4.38	50.04	23.14	0.95
Negrone	320	Q20	115.90	1023.27	1025.38	1025.38	1026.11	0.032730	3.78	30.63	21.07	1.00
Negrone	320	Q100	166.40	1023.27	1025.81	1025.81	1026.69	0.030920	4.16	40.00	22.71	1.00
Negrone	320	Q200	188.80	1023.27	1025.98	1025.98	1026.92	0.030353	4.30	43.93	23.36	1.00
Negrone	320	Q500	219.30	1023.27	1026.19	1026.19	1027.21	0.030113	4.49	48.88	24.16	1.01
Negrone	310	Q20	115.90	1020.08	1022.23	1022.29	1023.12	0.036551	4.17	27.77	17.34	1.05
Negrone	310	Q100	166.40	1020.08	1022.67	1022.77	1023.78	0.036491	4.66	35.67	18.64	1.08
Negrone	310	Q200	188.80	1020.08	1022.85	1022.97	1024.04	0.036310	4.84	39.03	19.16	1.08
Negrone	310	Q500	219.30	1020.08	1023.07	1023.21	1024.37	0.036081	5.05	43.45	19.83	1.09
Negrone	300	Q20	115.90	1017.46	1019.63	1019.76	1020.60	0.041199	4.36	26.59	17.23	1.12
Negrone	300	Q100	166.40	1017.46	1020.05	1020.24	1021.26	0.041143	4.86	34.22	18.64	1.15
Negrone	300	Q200	188.80	1017.46	1020.22	1020.44	1021.52	0.041269	5.05	37.35	19.18	1.16
Negrone	300	Q500	219.30	1017.46	1020.43	1020.68	1021.85	0.041482	5.29	41.44	19.88	1.17
Negrone	290	Q20	115.90	1011.73	1013.07	1013.62	1014.92	0.140801	6.03	19.21	19.56	1.94
Negrone	290	Q100	166.40	1011.73	1013.34	1014.04	1015.67	0.133615	6.76	24.61	20.09	1.95
Negrone	290	Q200	188.80	1011.73	1013.45	1014.21	1015.96	0.130346	7.02	26.91	20.31	1.95
Negrone	290	Q500	219.30	1011.73	1013.60	1014.43	1016.33	0.126079	7.32	29.97	20.60	1.94
Negrone	280	Q20	115.90	1005.34	1007.65	1007.65	1008.45	0.028586	4.08	30.02	18.90	0.97
Negrone	280	Q100	166.40	1005.34	1008.13	1008.13	1009.08	0.027179	4.48	39.56	20.95	0.97
Negrone	280	Q200	188.80	1005.34	1008.32	1008.32	1009.33	0.026559	4.62	43.68	21.78	0.97
Negrone	280	Q500	219.30	1005.34	1008.56	1008.56	1009.64	0.026111	4.80	48.98	22.80	0.97
Negrone	270	Q20	115.90	997.01	998.69	999.04	999.95	0.067747	5.01	23.55	19.73	1.42
Negrone	270	Q100	166.40	997.01	998.98	999.47	1000.65	0.071235	5.78	29.44	20.77	1.50
Negrone	270	Q200	188.80	997.01	999.09	999.64	1000.94	0.072690	6.08	31.81	21.18	1.53
Negrone	270	Q500	219.30	997.01	999.25	999.87	1001.30	0.073326	6.42	35.08	21.72	1.55
Negrone	260	Q20	115.90	996.79	998.72	998.72	999.44	0.032889	3.77	30.77	21.34	1.00
Negrone	260	Q100	166.40	996.79	999.14	999.14	1000.02	0.031168	4.15	40.08	22.92	1.00
Negrone	260	Q200	188.80	996.79	999.30	999.31	1000.25	0.030906	4.31	43.84	23.52	1.01
Negrone	260	Q500	219.30	996.79	999.53	999.53	1000.54	0.029945	4.46	49.16	24.35	1.00
Negrone	250	Q20	115.90	995.41	998.08	997.47	998.49	0.012352	2.85	40.66	19.67	0.63
Negrone	250	Q100	166.40	995.41	998.75	997.93	999.23	0.010878	3.05	54.53	21.32	0.61
Negrone	250	Q200	188.80	995.41	999.02	998.12	999.52	0.010469	3.13	60.35	21.98	0.60
Negrone	250	Q500	219.30	995.41	999.37	998.36	999.89	0.010038	3.22	68.04	22.81	0.60
Negrone	240	Q20	115.90	994.71	997.80	997.04	998.26	0.011942	2.99	38.78	15.95	0.61
Negrone	240	Q100	166.40	994.71	998.39		998.99	0.013054	3.44	48.42	16.91	0.65
Negrone	240	Q200	188.80	994.71	998.62		999.28	0.013475	3.61	52.35	17.29	0.66
Negrone	240	Q500	219.30	994.71	998.91		999.65	0.013974	3.82	57.44	18.17	0.68

HEC-RAS Plan: PROGETTO River: Negrone Reach: Negrone (Continued)

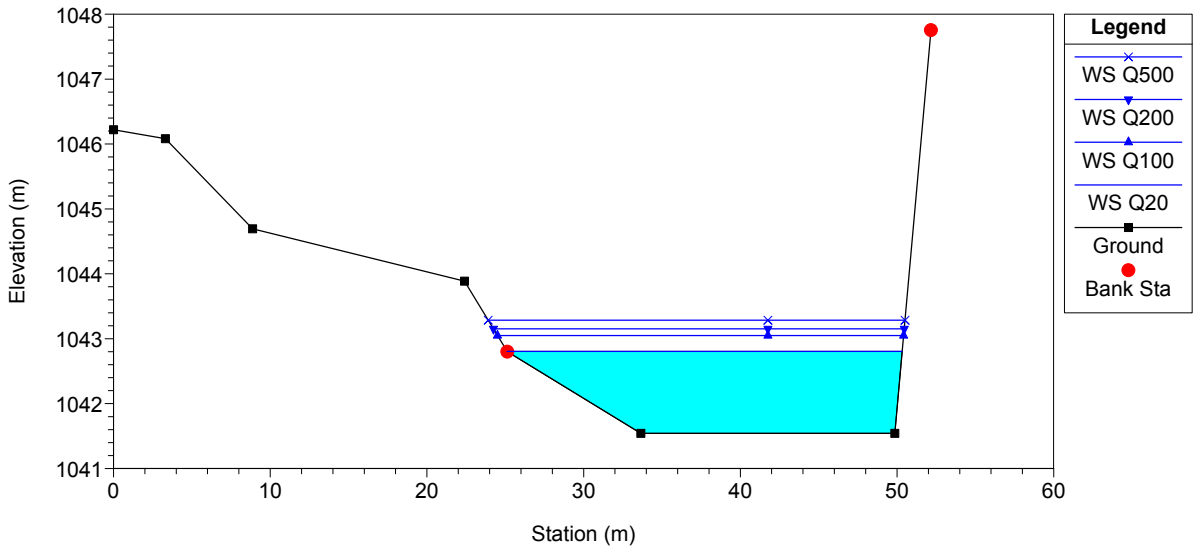
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Negrone	230	Q20	115.90	990.41	992.87	992.87	993.61	0.033109	3.81	30.38	20.80	1.01
Negrone	230	Q100	166.40	990.41	993.31	993.31	994.19	0.031401	4.15	40.14	23.13	1.00
Negrone	230	Q200	188.80	990.41	993.47	993.47	994.42	0.030874	4.30	43.90	23.47	1.00
Negrone	230	Q500	219.30	990.41	993.68	993.68	994.71	0.030402	4.50	48.78	23.90	1.00
Negrone	220	Q20	115.90	983.44	985.46	985.67	986.52	0.048895	4.55	25.46	17.75	1.21
Negrone	220	Q100	166.40	983.44	985.84	986.14	987.19	0.049576	5.14	32.38	18.84	1.25
Negrone	220	Q200	188.80	983.44	985.99	986.33	987.45	0.049920	5.36	35.22	19.27	1.27
Negrone	220	Q500	219.30	983.44	986.18	986.56	987.79	0.050059	5.62	39.01	19.83	1.28
Negrone	210	Q20	115.90	981.48	983.44	983.44	984.27	0.035011	4.03	28.77	17.59	1.01
Negrone	210	Q100	166.40	981.48	983.90	983.90	984.93	0.033453	4.50	36.97	17.99	1.00
Negrone	210	Q200	188.80	981.48	984.08	984.08	985.20	0.033273	4.69	40.26	18.15	1.01
Negrone	210	Q500	219.30	981.48	984.32	984.33	985.55	0.032901	4.91	44.64	18.36	1.01
Negrone	200	Q20	115.90	973.50	975.68	976.05	976.69	0.046206	4.48	27.36	33.72	1.18
Negrone	200	Q100	166.40	973.50	975.93	976.33	977.18	0.051045	5.13	37.89	46.52	1.26
Negrone	200	Q200	188.80	973.50	976.84	976.43	977.16	0.009014	2.76	81.51	49.39	0.56
Negrone	200	Q500	219.30	973.50	977.06	976.57	977.38	0.008420	2.79	92.49	50.09	0.55
Negrone	190	Q20	115.90	970.89	973.30	973.26	974.07	0.029876	3.89	29.77	17.93	0.96
Negrone	190	Q100	166.40	970.89	973.73	973.73	974.72	0.031168	4.40	37.81	19.42	1.01
Negrone	190	Q200	188.80	970.89	973.93	973.93	974.97	0.030255	4.52	41.78	20.11	1.00
Negrone	190	Q500	219.30	970.89	974.17	974.17	975.29	0.029795	4.69	46.74	20.95	1.00
Negrone	180	Q20	126.40	958.92	961.22	961.22	962.01	0.028840	4.54	33.10	20.48	1.01
Negrone	180	Q100	181.80	958.92	961.68	961.68	962.64	0.028501	5.16	42.84	22.12	1.04
Negrone	180	Q200	207.20	958.92	961.86	961.88	962.91	0.028547	5.41	46.91	22.76	1.05
Negrone	180	Q500	237.90	958.92	962.06	962.09	963.20	0.029081	5.72	51.36	23.49	1.08
Negrone	170	Q20	126.40	954.00	956.10	956.53	957.59	0.069584	5.41	23.38	16.17	1.44
Negrone	170	Q100	181.80	954.00	956.53	957.05	958.32	0.066360	5.94	30.63	17.62	1.44
Negrone	170	Q200	207.20	954.00	956.71	957.27	958.62	0.064847	6.12	33.86	18.24	1.43
Negrone	170	Q500	237.90	954.00	956.92	957.51	958.93	0.062331	6.28	37.86	18.97	1.42
Negrone	160	Q20	126.40	949.84	952.06	952.17	952.84	0.041417	3.91	32.35	25.53	1.11
Negrone	160	Q100	181.80	949.84	952.93	952.56	953.45	0.016978	3.21	56.65	30.62	0.75
Negrone	160	Q200	207.20	949.84	953.18	952.71	953.70	0.015258	3.21	64.50	32.09	0.72
Negrone	160	Q500	237.90	949.84	953.47	952.91	953.99	0.013599	3.21	74.10	33.80	0.69
Negrone	150	Q20	126.40	948.50	951.04	950.96	951.96	0.027395	4.25	30.20	14.88	0.92
Negrone	150	Q100	181.80	948.50	951.57	951.57	952.75	0.027173	4.86	38.75	18.37	0.95
Negrone	150	Q200	207.20	948.50	951.86	951.86	953.07	0.024306	4.93	44.55	21.00	0.91
Negrone	150	Q500	237.90	948.50	952.17	952.17	953.41	0.022291	5.04	51.48	24.60	0.89
Negrone	140	Q20	126.40	947.89	950.35	950.35	951.12	0.032717	3.89	32.50	21.24	1.00
Negrone	140	Q100	181.80	947.89	950.54	950.87	951.78	0.051226	4.93	36.88	23.69	1.26
Negrone	140	Q200	207.20	947.89	950.62	951.06	952.08	0.059747	5.36	38.67	24.62	1.36
Negrone	140	Q500	237.90	947.89	950.72	951.27	952.41	0.067501	5.75	41.35	25.95	1.45
Negrone	130	Q20	126.40	946.73	948.84	949.18	950.07	0.063031	4.91	25.72	19.49	1.37
Negrone	130	Q100	181.80	946.73	949.34	949.64	950.62	0.050530	5.02	36.22	22.46	1.26
Negrone	130	Q200	207.20	946.73	949.55	949.83	950.84	0.046018	5.03	41.21	23.74	1.22
Negrone	130	Q500	237.90	946.73	949.79	950.04	951.10	0.042403	5.07	46.97	25.14	1.18


Legend
WS Q500
WS Q200
WS Q100
WS Q20
Ground
Elevation (m)
1060
1040
1020
1000
980
960
940
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
Main Channel Distance (m)
150
170
180
190
200
210
220
230
240
260
280
290
300
310
320
330
340
365
400

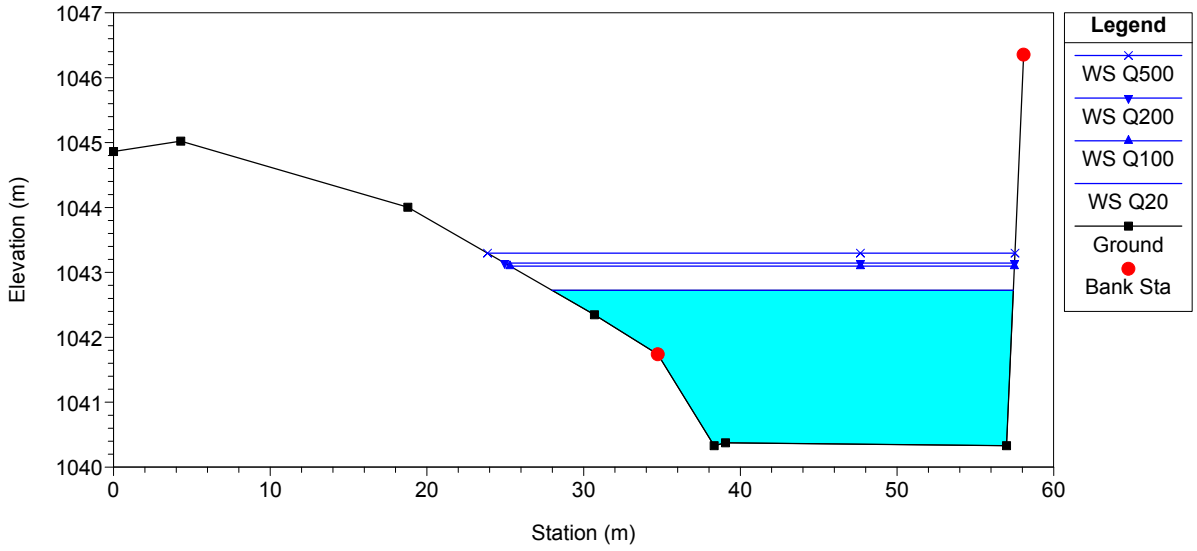
RS = 400



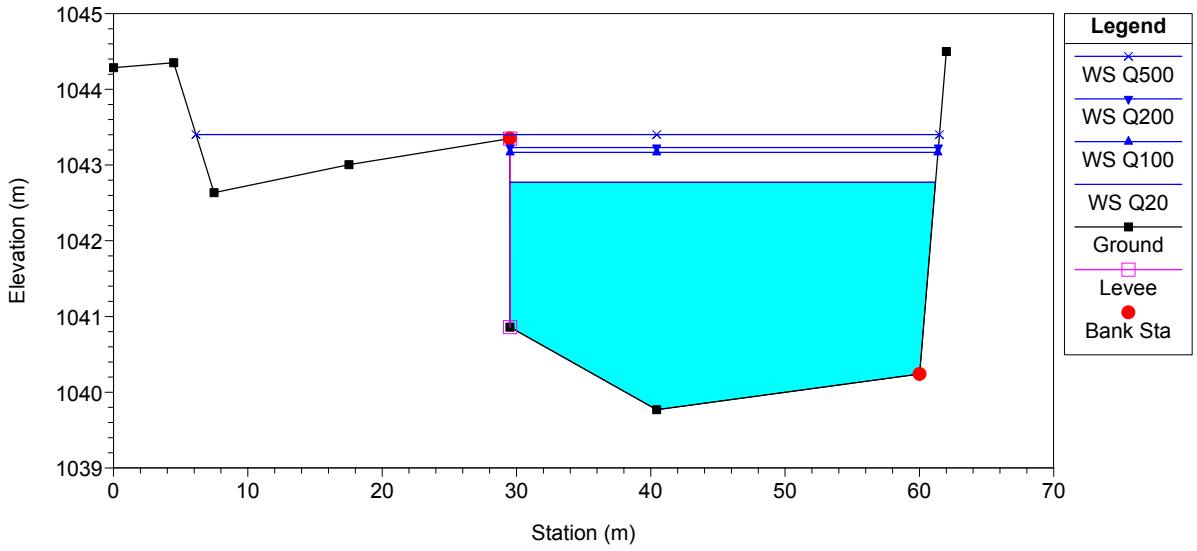
RS = 390



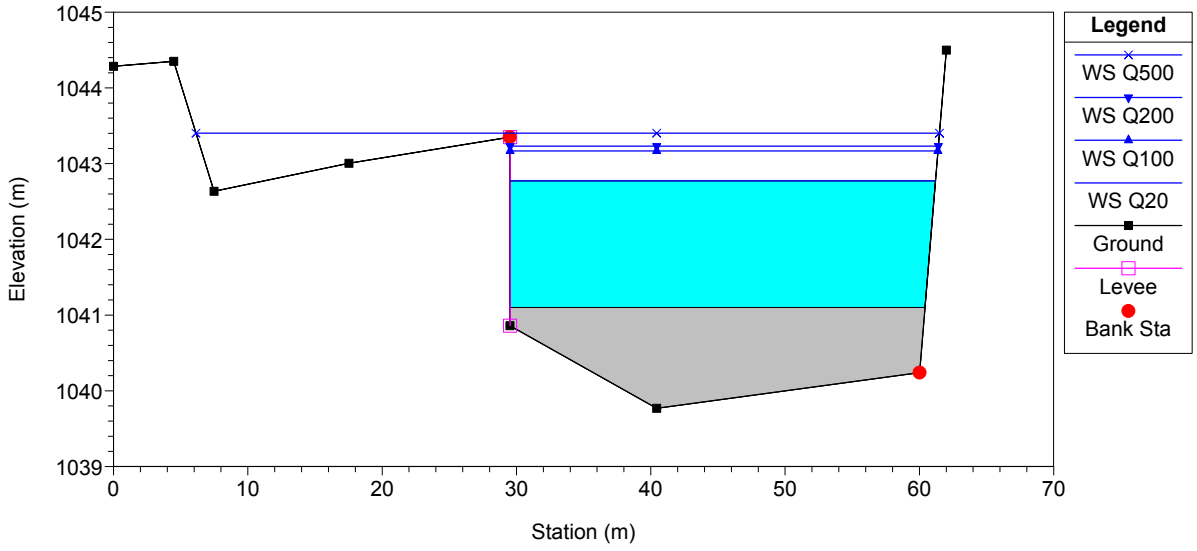
RS = 380



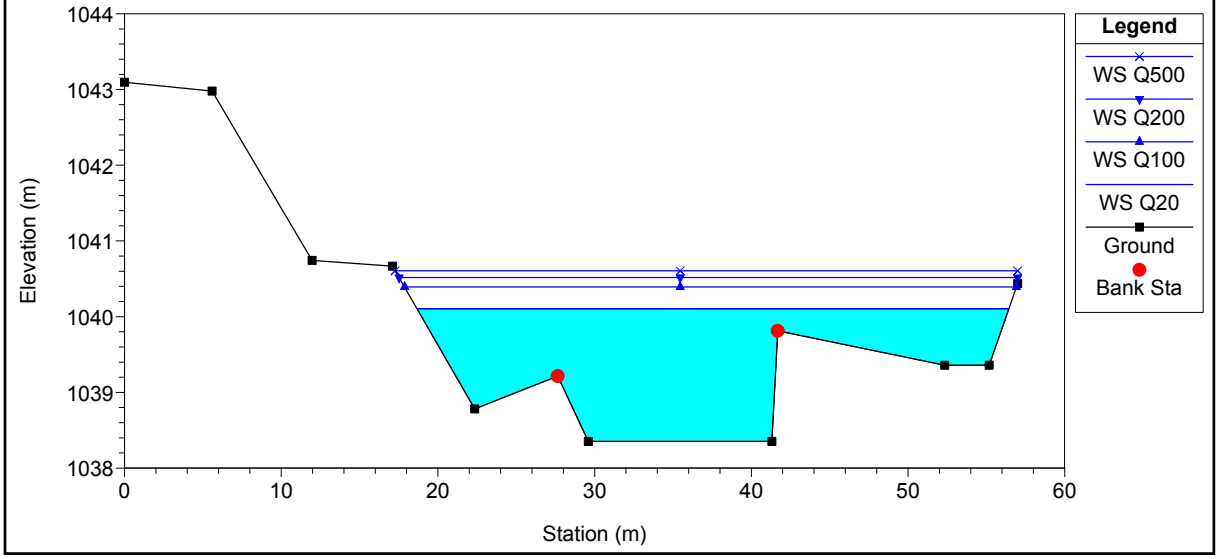
RS = 370



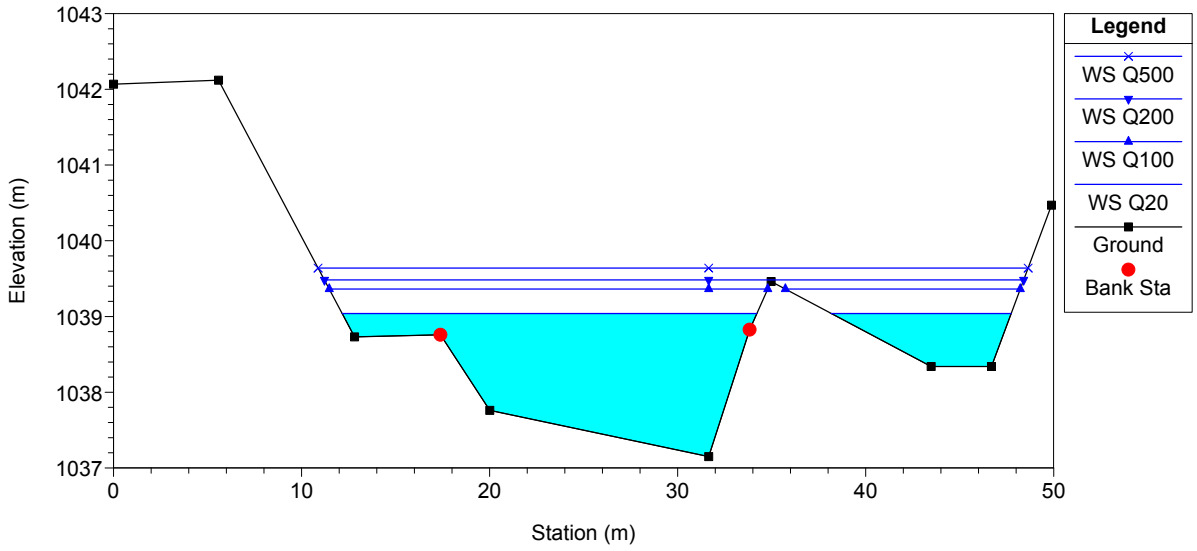
RS = 365 IS



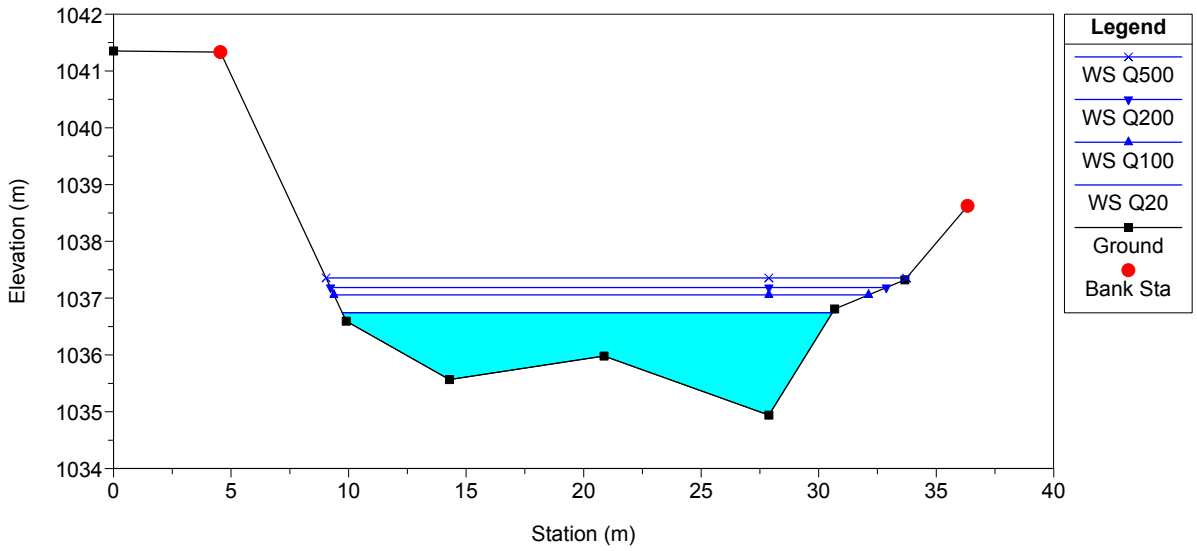
RS = 360



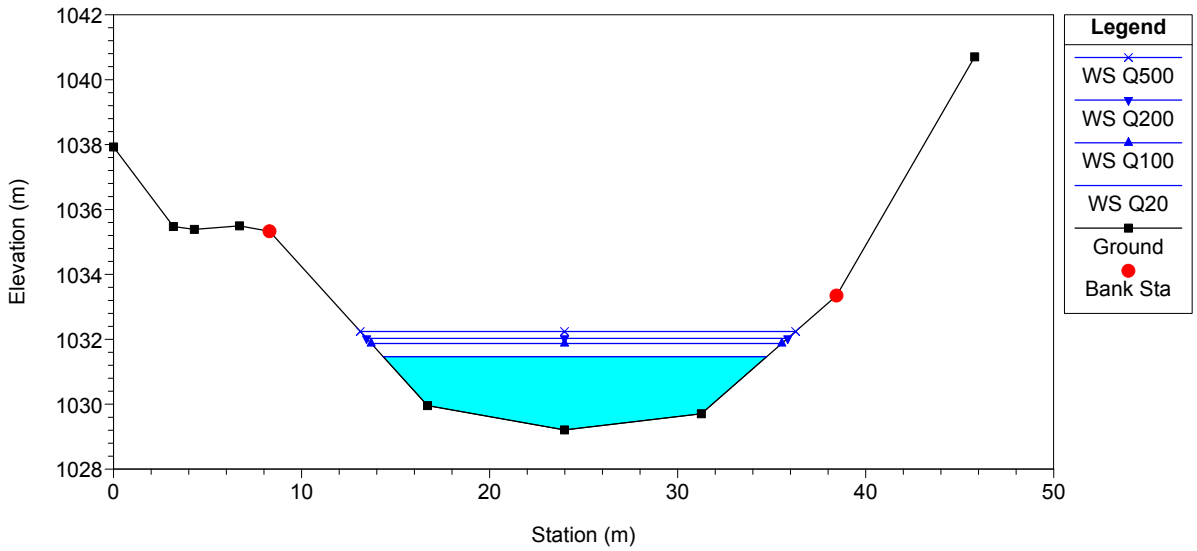
RS = 350



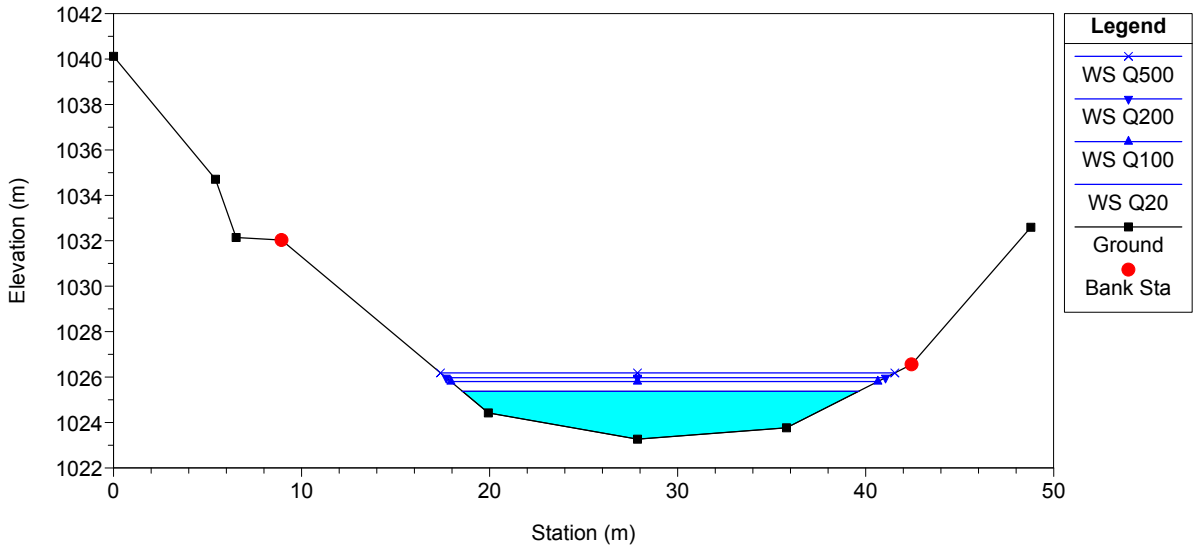
RS = 340



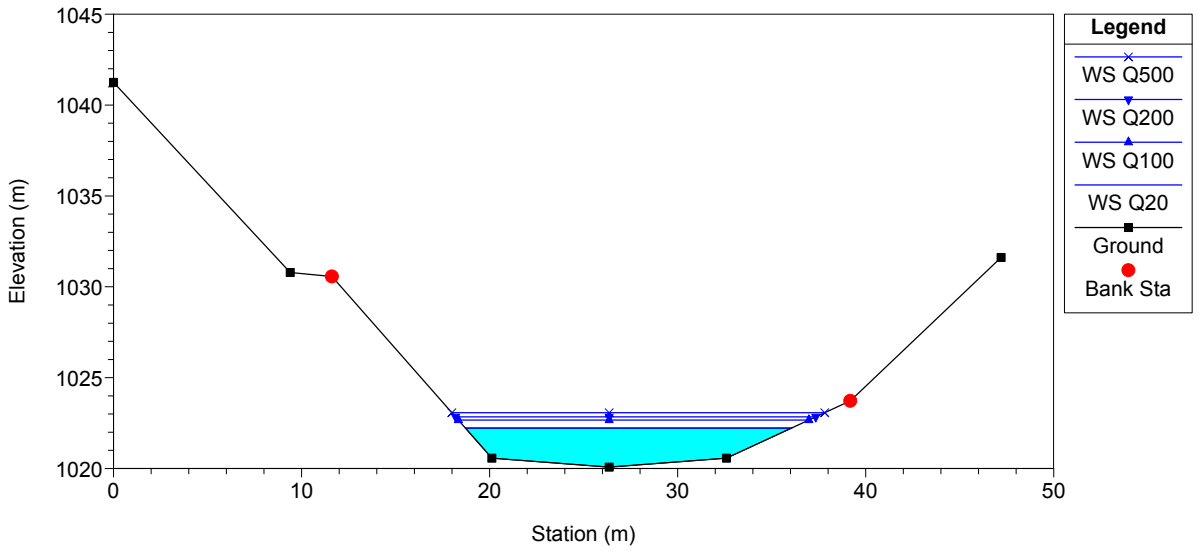
RS = 330



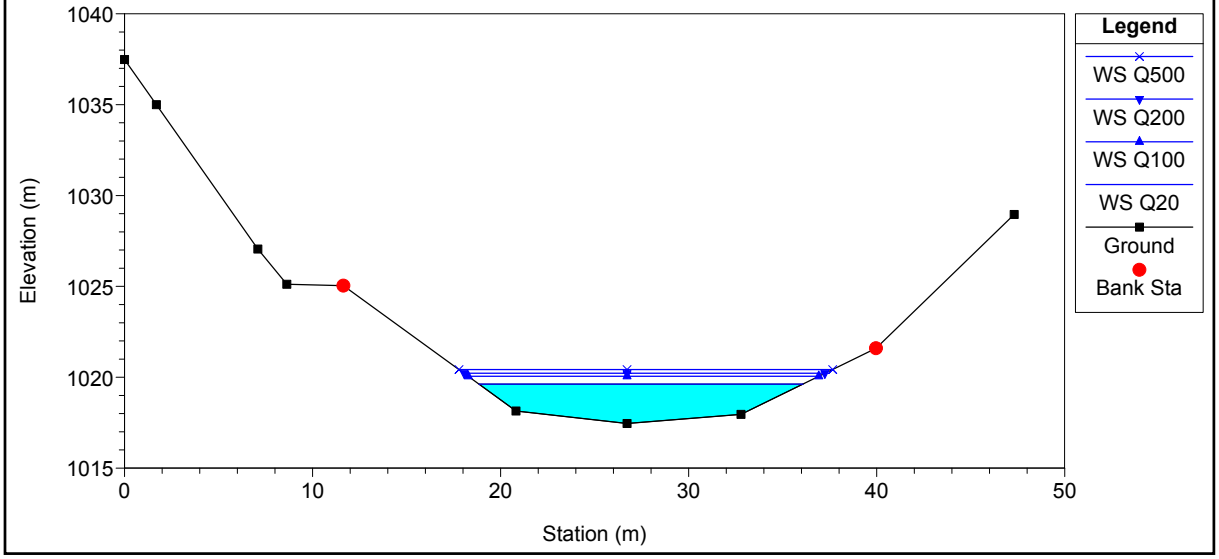
RS = 320



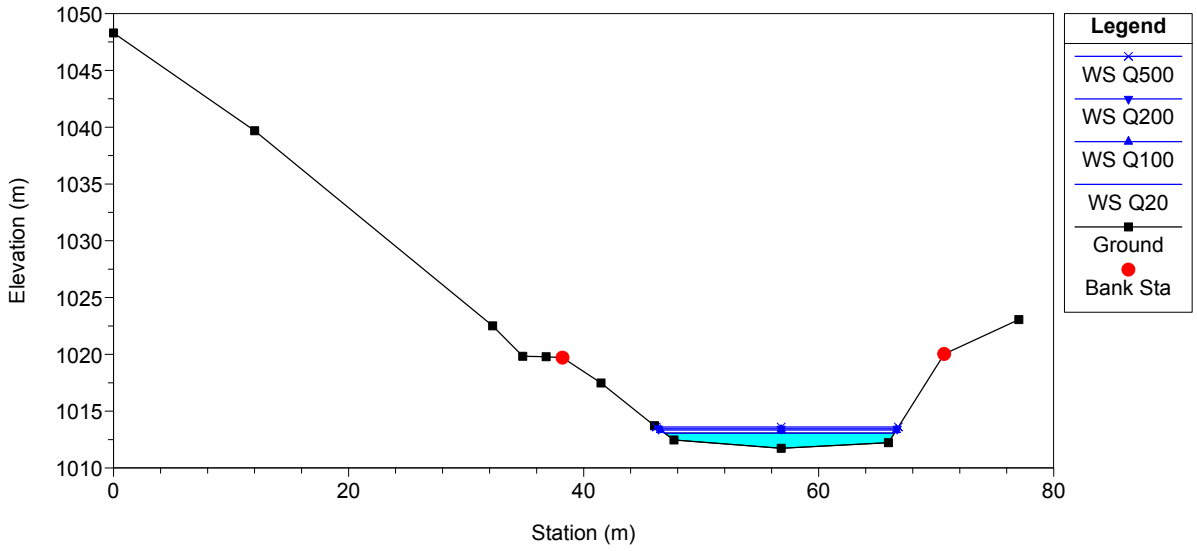
RS = 310



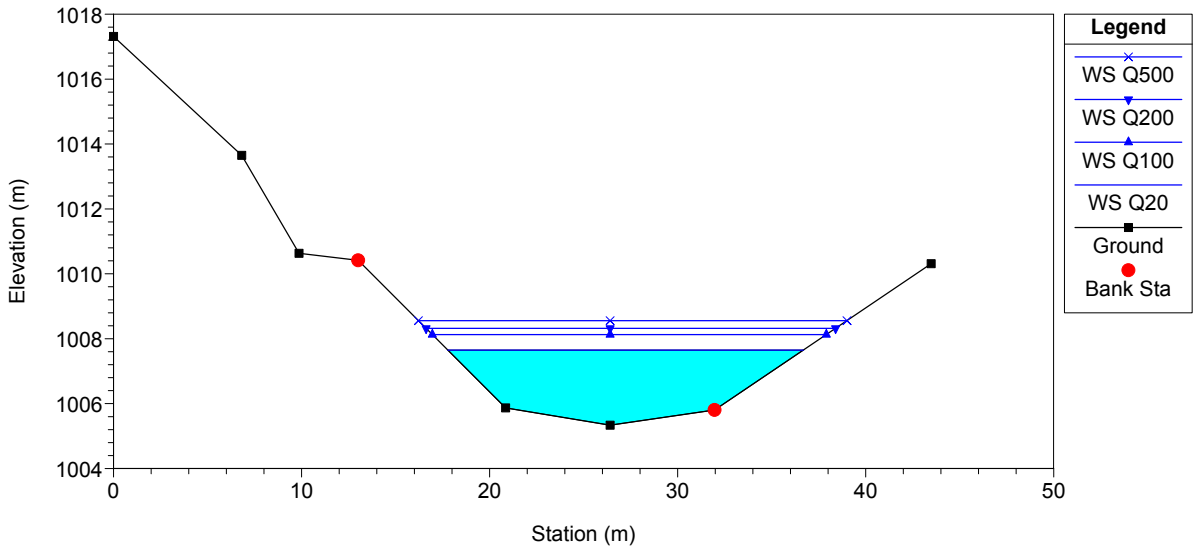
RS = 300



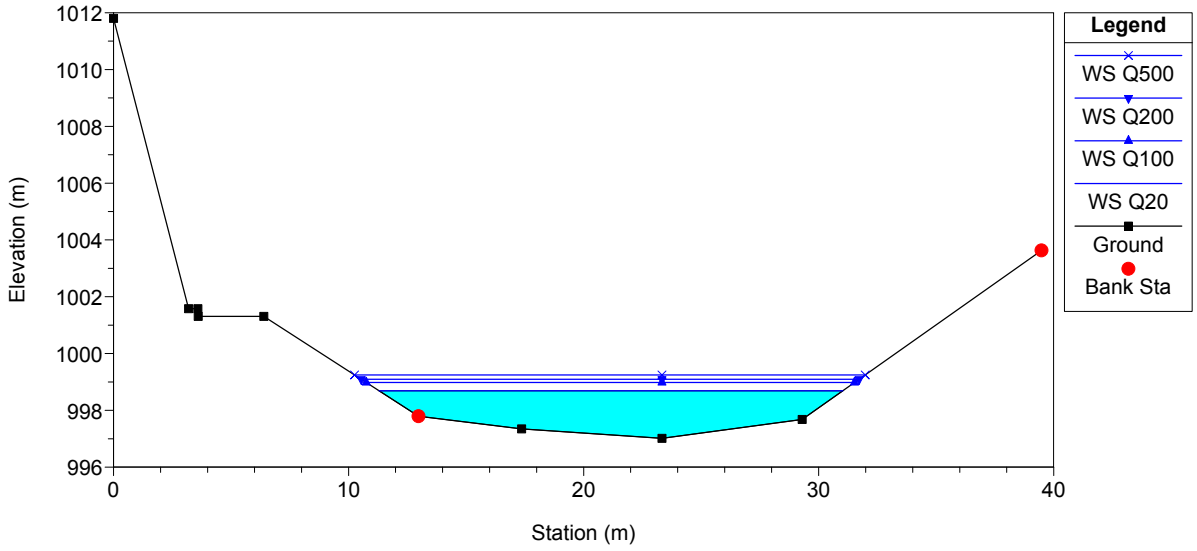
RS = 290



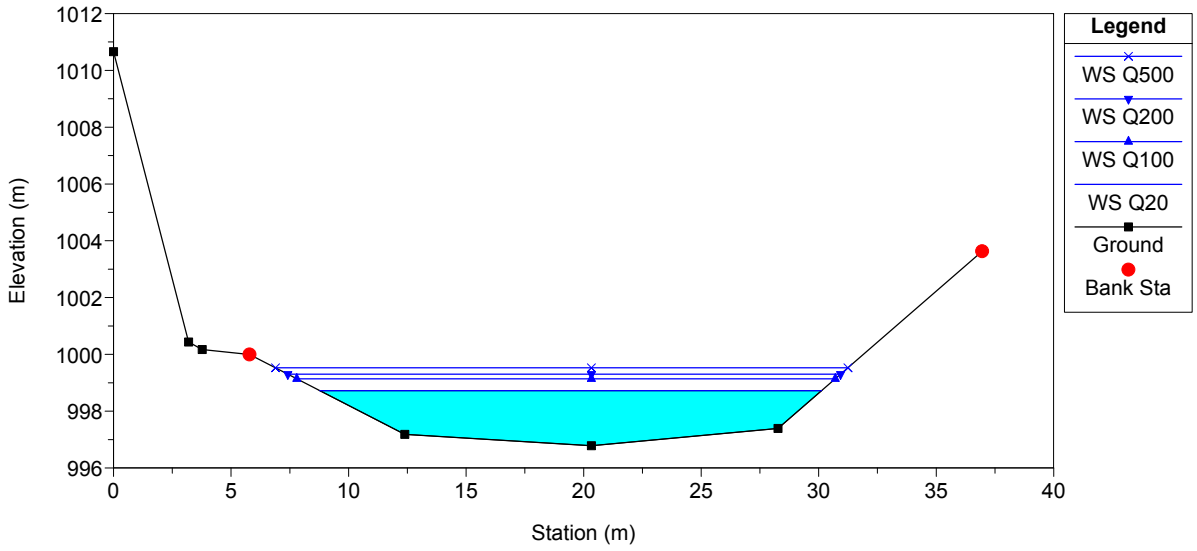
RS = 280



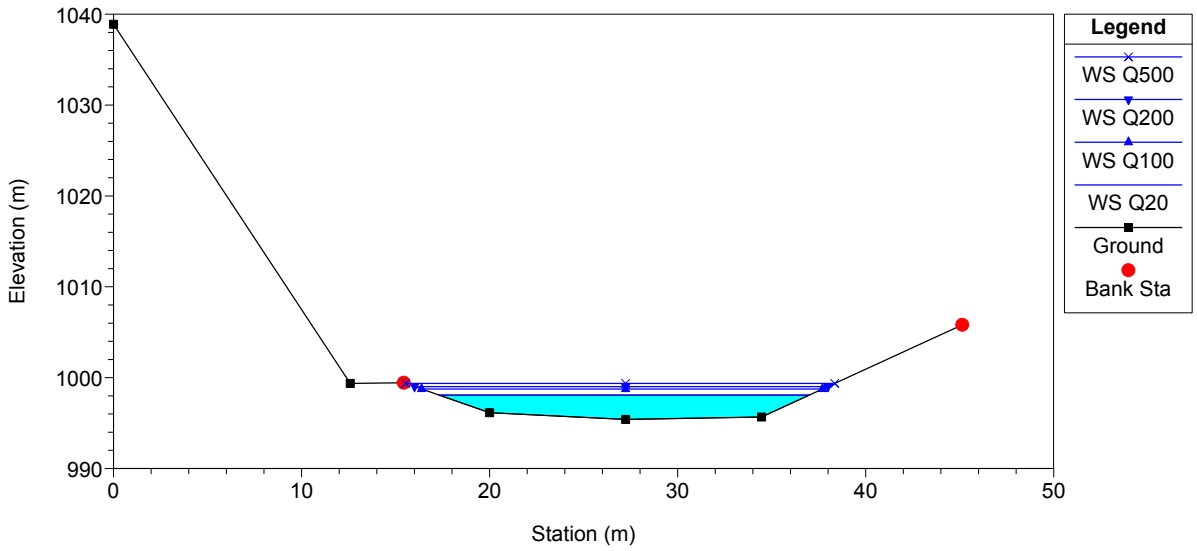
RS = 270



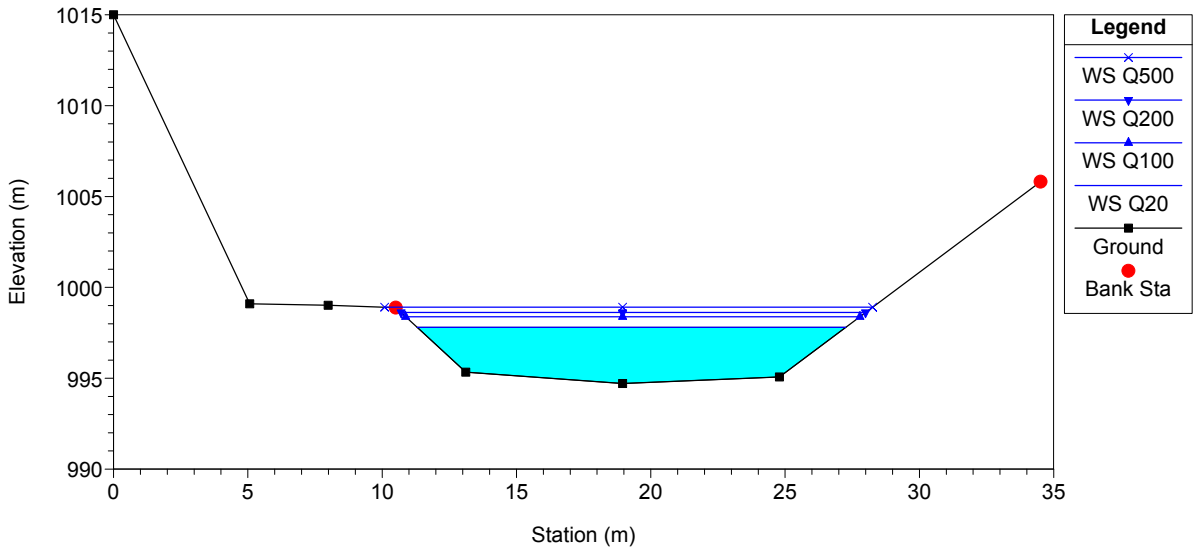
RS = 260



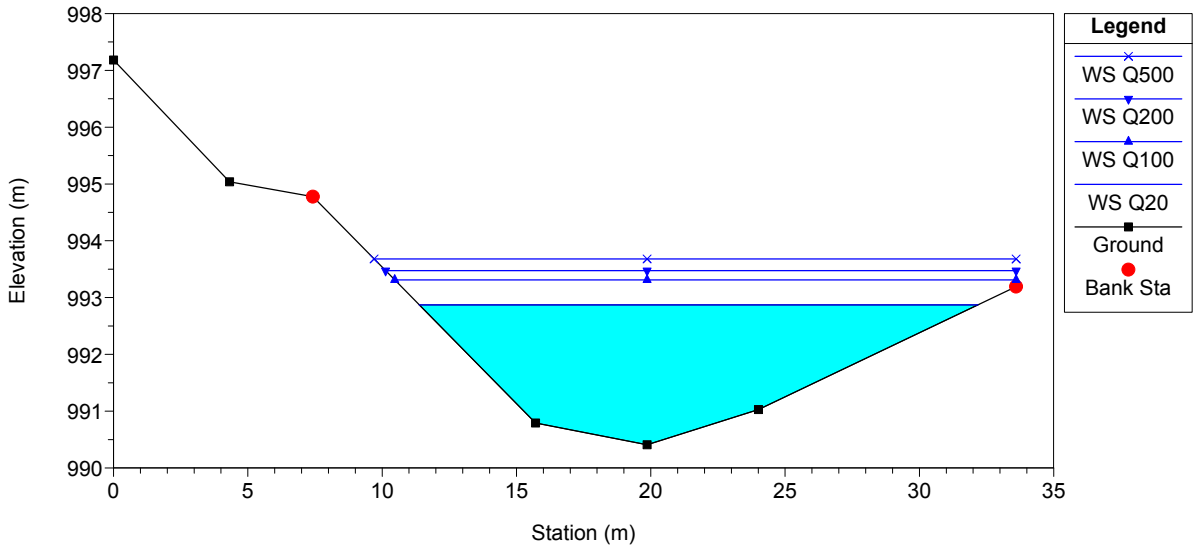
RS = 250



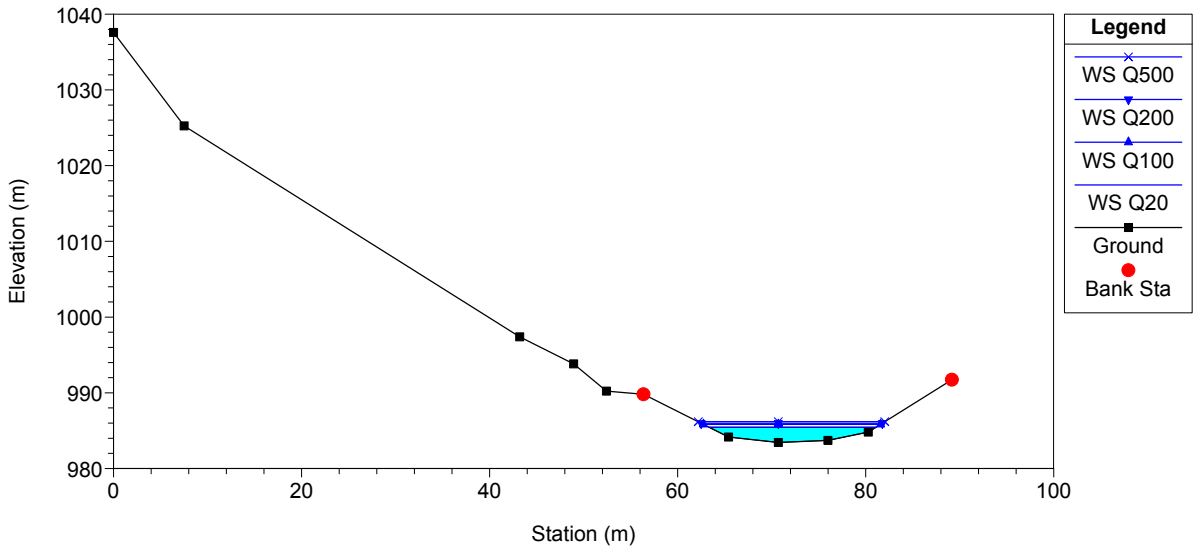
RS = 240



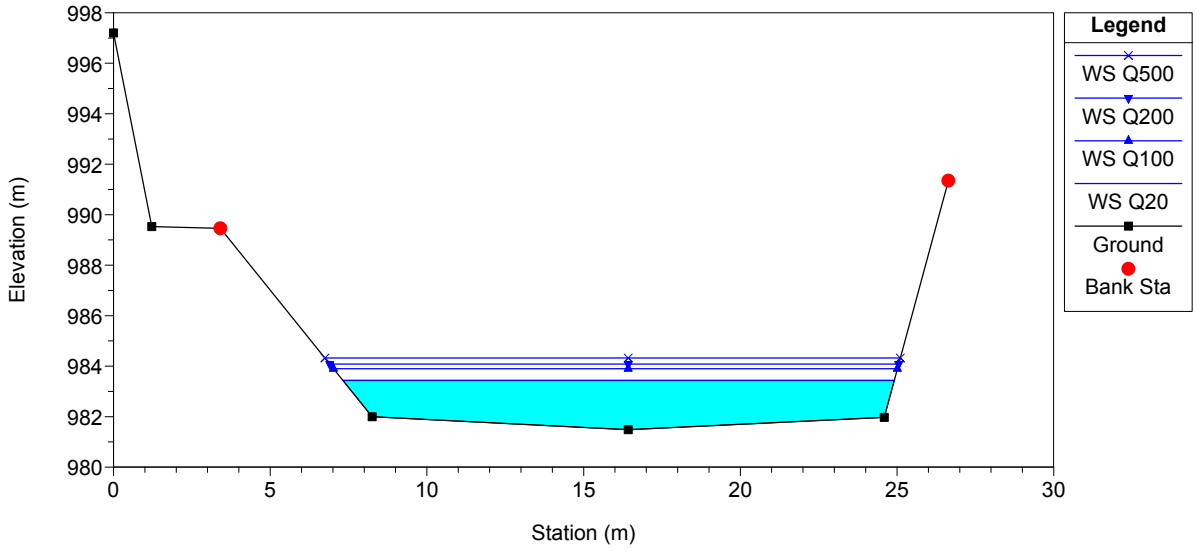
RS = 230



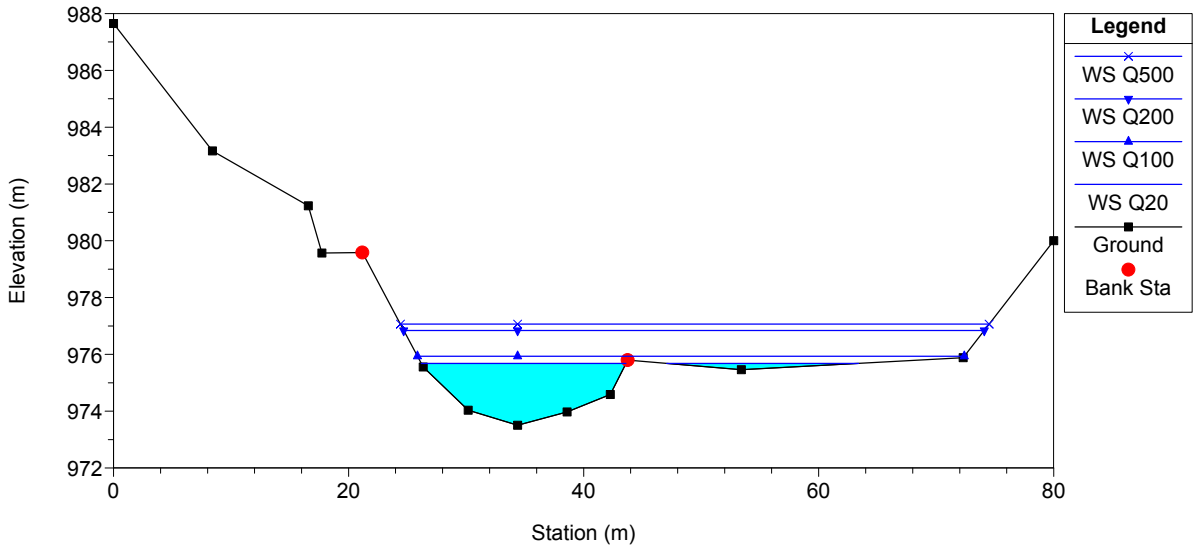
RS = 220



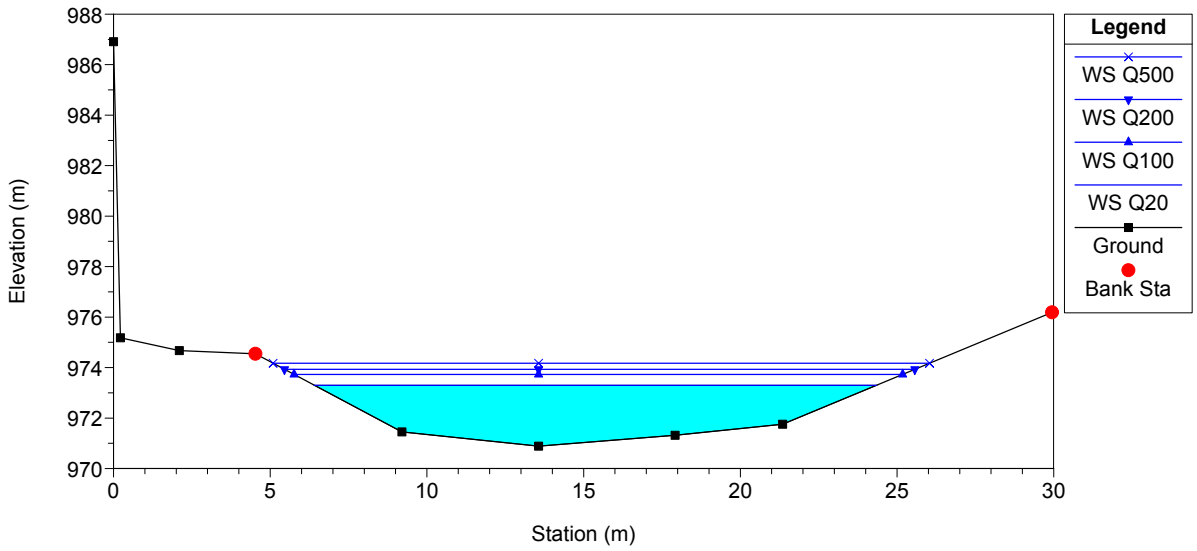
RS = 210



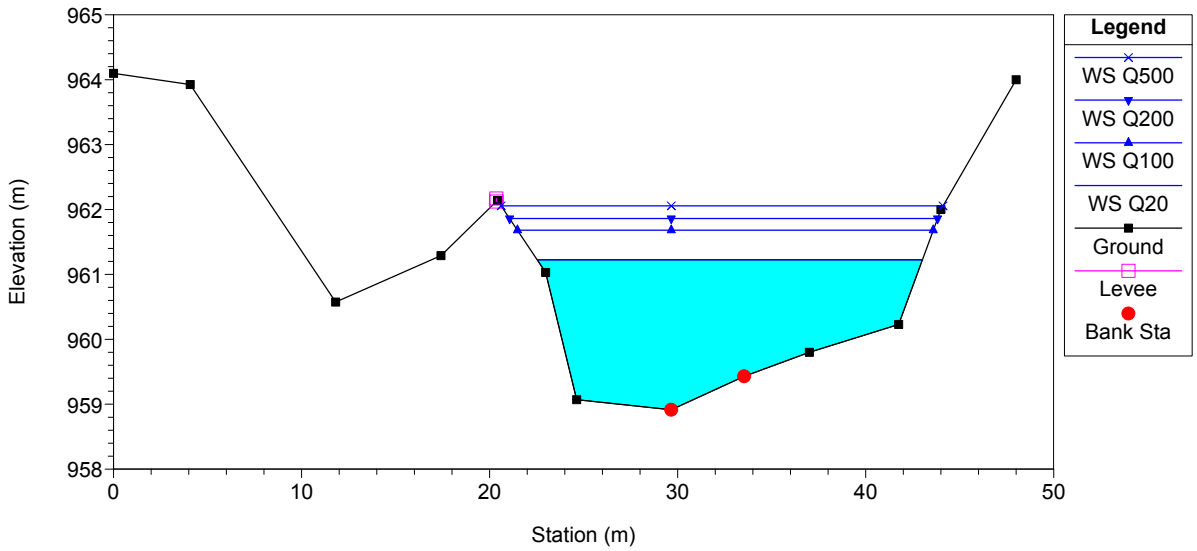
RS = 200



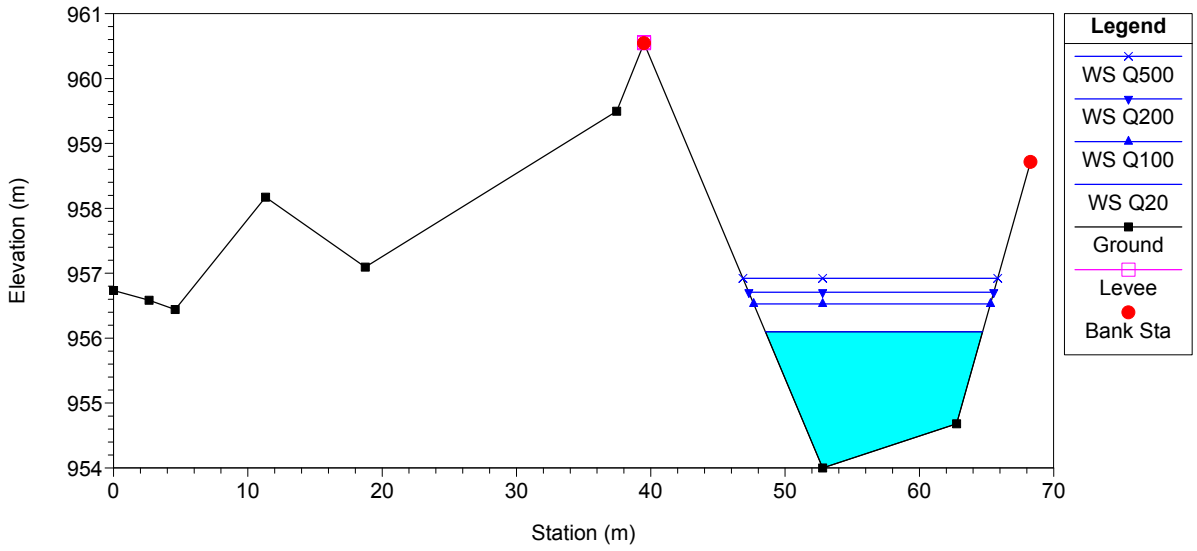
RS = 190



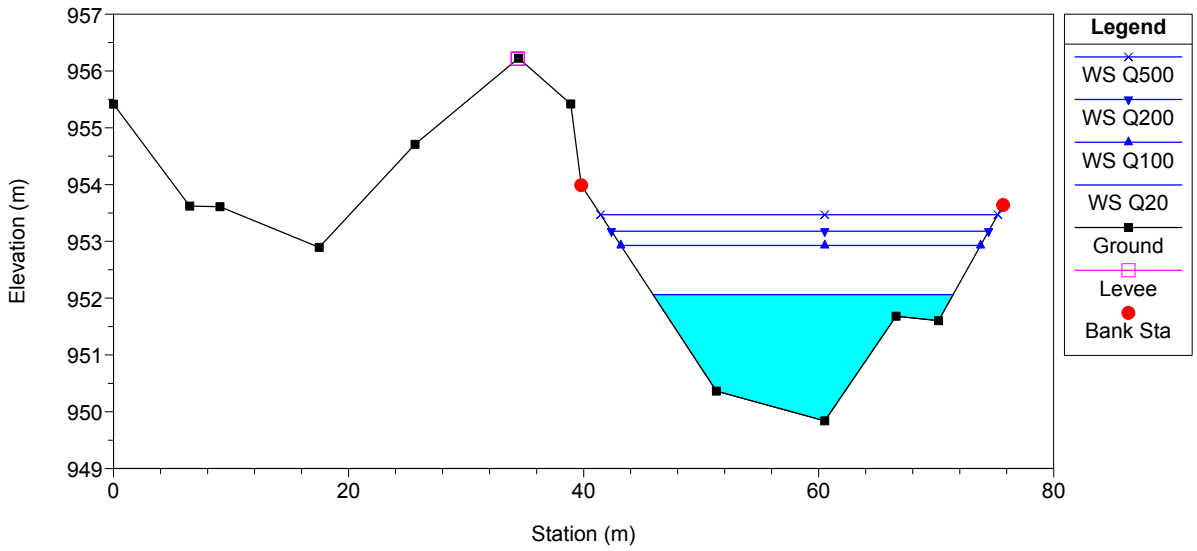
RS = 180



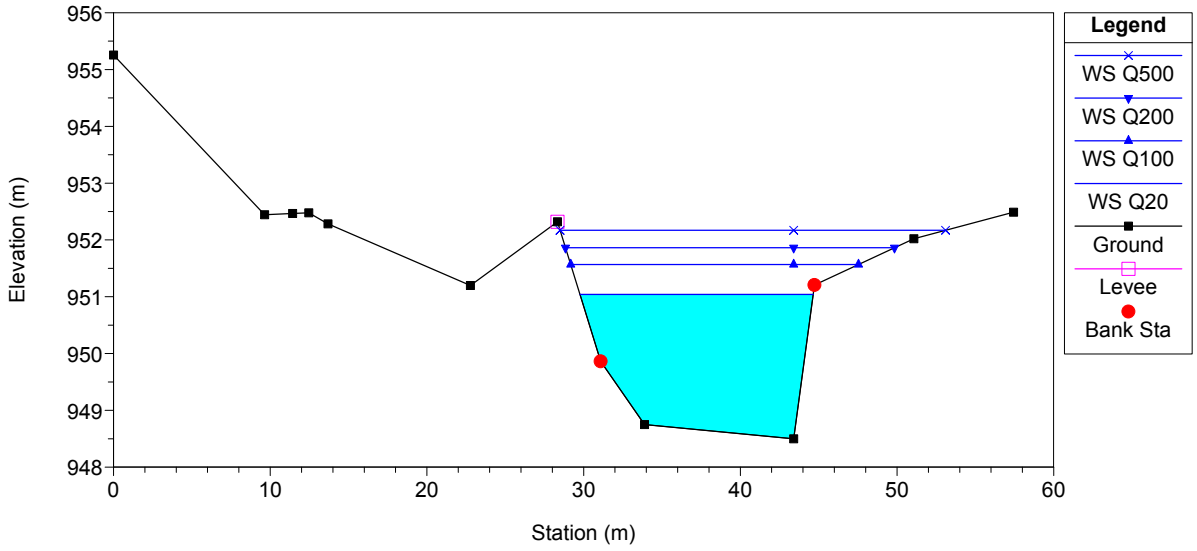
RS = 170



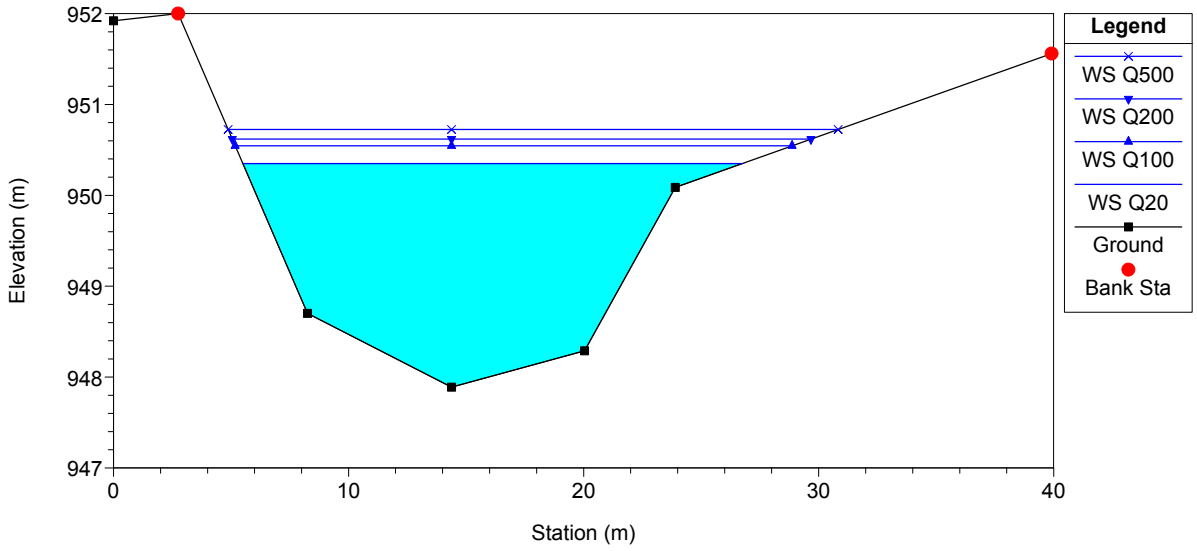
RS = 160



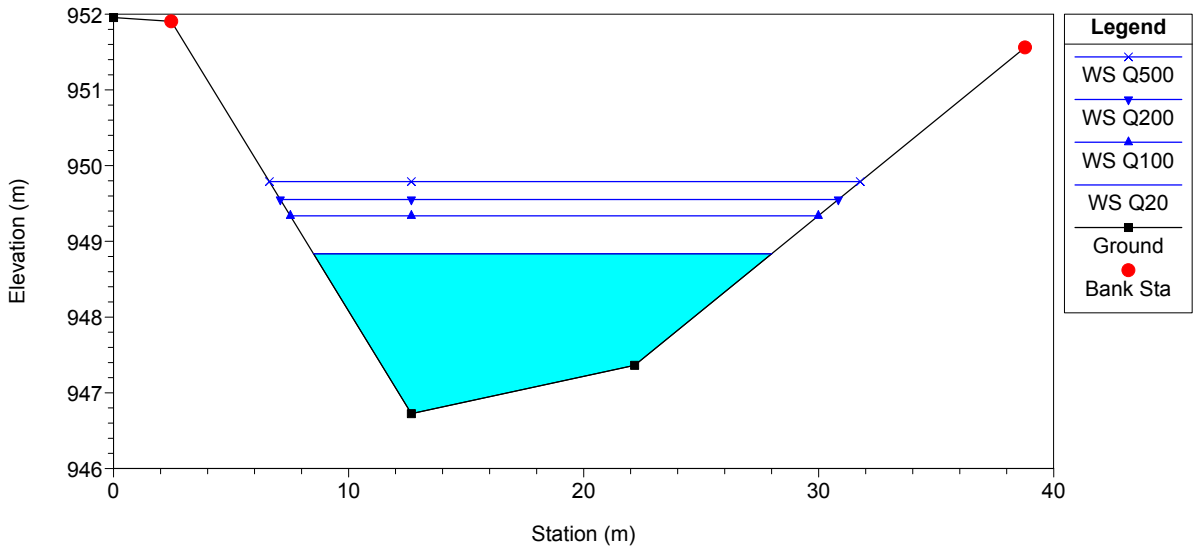
RS = 150



RS = 140


952
951
950
949
948
947
Elevation (m)
0
10
20
30
40
Station (m)
Legend
WS Q500
WS Q200
WS Q100
WS Q20
Ground
Bank Sta

RS = 130


952
951
950
949
948
947
946
Elevation (m)
0
10
20
30
40
Station (m)
Legend
WS Q500
WS Q200
WS Q100
WS Q20
Ground
Bank Sta