Comune di Riccò del Golfo

Provincia della Spezia

Committente:
Comune di Riccò del Golfo

Livello di Progetto:
Definitivo

Titolo:

Progettazione intervento di sistemazione idraulica per la mitigazione del rischio idraulico in un tratto del Torrente Graveglia in località Redebano.

Oggetto:

RELAZIONE IDRAULICA

Codice Progetto:
P114-20

Nome File:
P114-20-D-RE-IDR-001-A

Firme:



Rev.	Modifiche/Revisioni	Redatto	Data	Contr./Appr.	Data
A	PRIMA EMISSIONE	DR	12/11/20	DG	12/11/20

ITEC engineering S.r.l.
19038 SARZANA (SP)
Via Variante Aurelia, 98
TEL. +39 0187 610532
info@itec-engineering.it

16129 GENOVA
Via Antonio Cecchi 7/9-10
TEL. +39 010 5959690
www.itec-engineering.it

ASSOCIATO oice CONFINDUSTRIA

Sistema Certificato UNI EN ISO 9001
SC 10-2588/IAF 34

È vietata a norma di legge la riproduzione, anche parziale, non autorizzata di questo documento

INDICE

1 PREMESSA 2

2 DESCRIZIONE DEL TRATTO DI ALVEO OGGETTO DI VERIFICA E SUE CRITICITA' 3

3 ASPETTI NORMATIVI 3

4 INTERVENTI PROPOSTI 6

5 VERIFICHE IDRAULICHE 7

5.1 PORTATE DI RIFERIMENTO 7
5.2 METODOLOGIA DI CALCOLO 8
5.3 PARAMETRI E CONFIGURAZIONI DI VERIFICA 8
5.4 RISULTATI 10

6 DIMENSIONAMENTO DELLA SCOGLIERA 11

Allegati:

ALLEGATO A: Verifiche idrauliche

Appendici:

APPENDICE 1: Software di calcolo Hec-Ras 5.0.5

1 PREMESSA

La presente relazione è allegata al progetto di sistemazione idraulica del Torrente Graveglia in località Redebano

Essa contiene le verifiche idrauliche di un tratto del torrente Graveglia della lunghezza di circa 600 m e il relativo dimensionamento delle opere di sistemazione previste.

Il Piano di Bacino del fiume Magra inserisce le aree adiacenti al corso d'acqua in tale tratto come inondabili per tempi di ritorno di 30 anni.

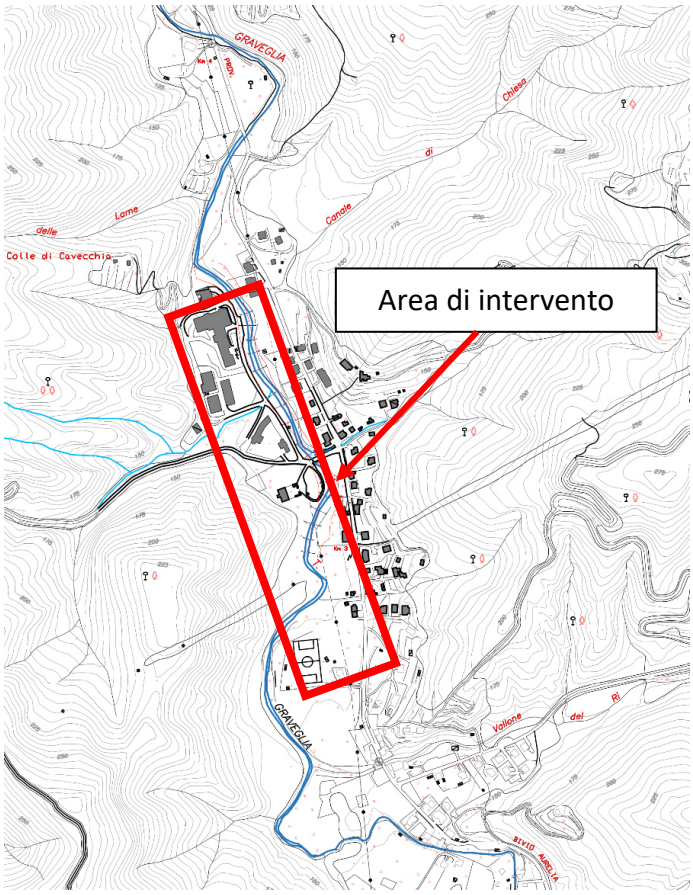


Figura 1: Estratto CTR con individuazione area di intervento

Gli interventi sono mirati a mitigare i fenomeni di possibile scalzamento ed erosione in occasione di eventi meteoclimatici significativi.

Data l'insufficienza idraulica generalizzata delle sezioni di deflusso si è preferito in questa fase, in funzione delle risorse disponibili, realizzare alcuni interventi localizzati di difesa mediante argini in scogliera, in particolare nei tratti in curva e procedere ad una semplice riprofilatura e regolarizzazione delle sezioni di deflusso, rimandando ad una fase successiva interventi strutturali più impegnativi che consentano di traguardare l'obiettivo del contenimento del deflusso della portata 200-ennale.

2 DESCRIZIONE DEL TRATTO DI ALVEO OGGETTO DI VERIFICA E SUE CRITICITA'

Il rio Graveglia è un affluente di destra del fiume Vara, nel quale confluisce a valle dell'abitato di Cavanella Vara.

In corrispondenza della confluenza, secondo i dati riportati nel Piano di Bacino, esso sottende un bacino di circa 22.4 km^2, con una lunghezza dell'asta principale di circa 12 km.

Il tatto di alveo interessato dagli interventi è ubicato in corrispondenza di una curva a monte della pila del viadotto autostradale.

In tale tratto il corso d'acqua ha un andamento curvilineo con direzione prevalente SE-N.

L'alveo ha visto negli anni ridurre le sue sezioni di deflusso per effetto degli insediamenti e delle attività antropiche sviluppatesi nelle aree ad esso adiacenti.

Le sezioni dell'alveo sono di forma trapezia con larghezza al fondo variabili tra 4 m e 10 m circa e sponde inclinate di 30/40 gradi circa; l'altezza delle sponde è variabile tra 1.5 e 3.0 m circa, la pendenza del fondo è pari a circa 1.0%.

Gli argini sono costituiti da sponde naturali in terra, conn inclinazione tra 30e 45 gradi circa.

In tale tratto è presente un attraversamento di una strada comunale, costituito das una struttura a campata unica della larghezza di 12 m circa e luce libera di circa 3 m.

3 ASPETTI NORMATIVI

La normativa idraulica di riferimento è costituita dal Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del Fiume Magra e del Torrente Parmignola[1] e dal Regolamento Regionale n° 3 del 14 luglio 2011 così come modificato dalla DGR n°181 del 11/03/2016[2], recante le disposizioni in materia di tutela delle acque di pertinenza dei corsi d'acqua.

Il Piano individua il rio Graveglia come corso d'acqua indagato e appartenente al reticolo idrografico principale del fiume Vara, nel quale si immette a valle dell'abitato di Cavanella Vara.

[1] Adottato con Delibera del Comitato Istituzionale n°180 del 27/04/2006. Approvato con D.C.R. n. 69 del 05/07/2006 e con D.C.R. n. 24 del 18/07/2006. Prima variante approvata con D.C.R. n. 21 del 27/09/2016

[2] *Disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua*, attuativo della DGR 1360/2010.

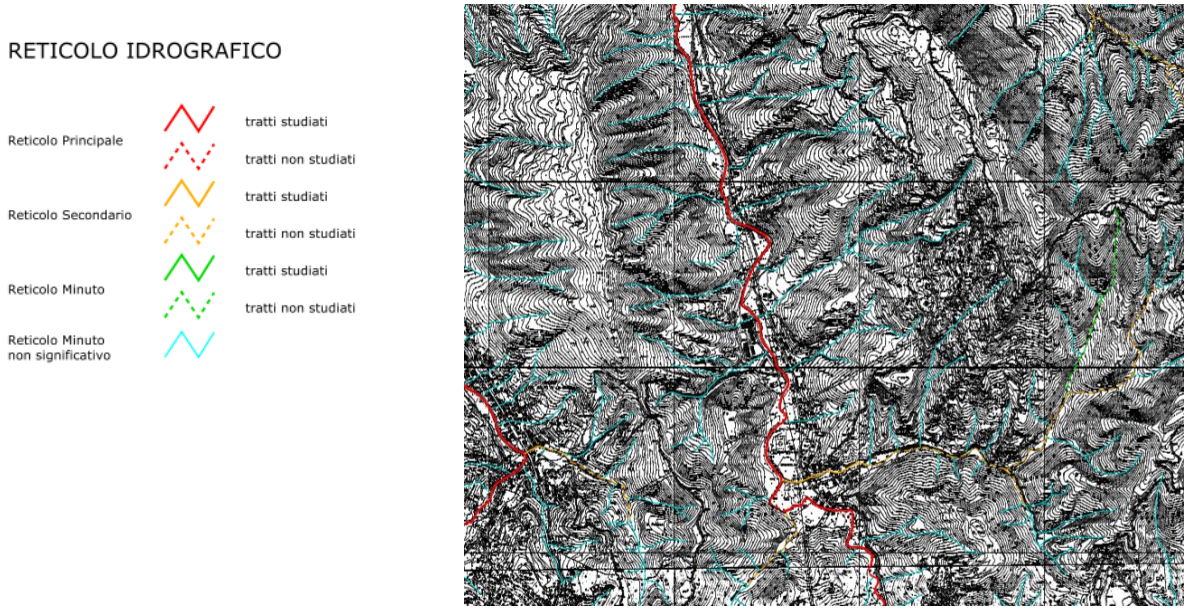
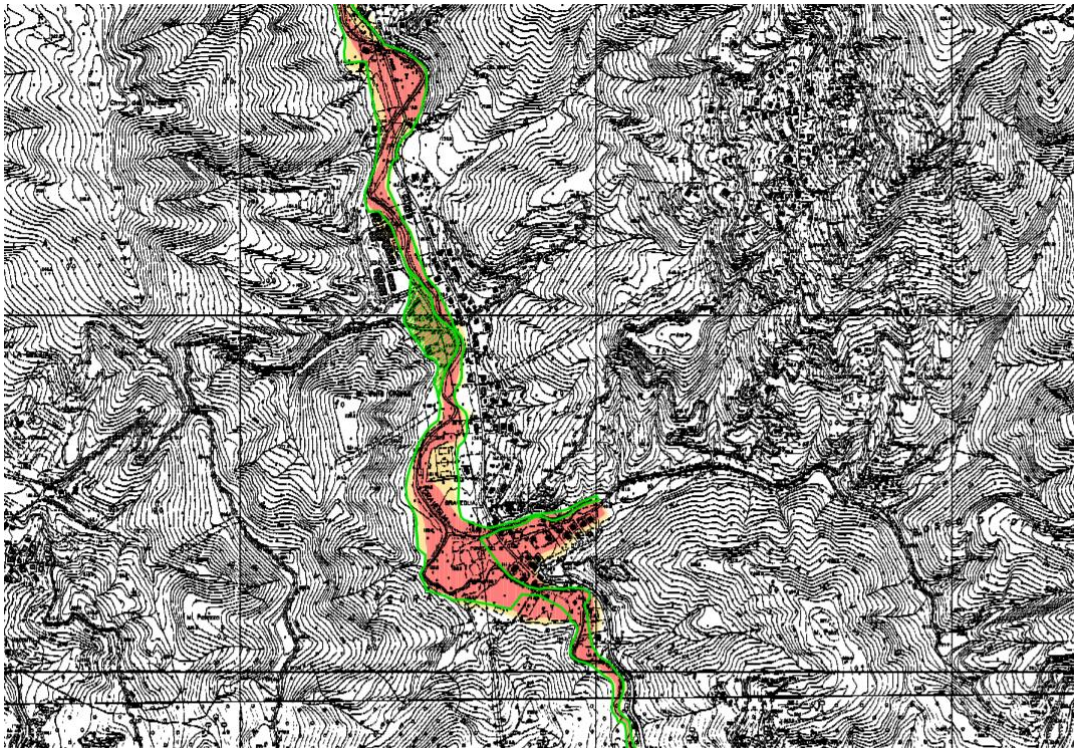


Figura 2

Per tali corsi d'acqua, laddove non risultino già calcolate in sezioni significative le portate di piena, la normativa di Piano riporta la seguente espressione per il calcolo della portate 30-ennale, 100-ennale, 200-ennale e 500-ennale, dove :

T= 30 anni	$Q = 16 \cdot A^{0.85}$
T=100 anni	$Q = 21 \cdot A^{0.85}$
T=200 anni	$Q = 25 \cdot A^{0.85}$
T=500 anni	$Q = 29 \cdot A^{0.85}$

Dove A è l'area contribuente espressa in Km^2 e Q la portata al colmo espressa in m^3/sec.



Le aree adiacenti al corso d'acqua nel tratto in esame risultano inondabili già per tempi di ritorno di 30 anni (colore rosso).

Il Regolamento Regionale N° 3 del 14 Luglio 2011 e s.m. ridefinisce la significatività idraulica dei corsi d'acqua nella pianificazione di bacino e la relativa normativa associata.

In base a tale Regolamento il torrente Graveglia rientra tra i corsi d'acqua del reticolo significativo definiti di primo livello, per i quali è stabilita una fascia di inedificabilità assoluta dai limiti dell'alveo pari a 10 m.

Per i corsi d'acqua principali e secondari il Regolamento stabilisce che i franchi idraulici minimi non devono essere inferiori al valore maggiore tra:

- Carico cinetico della corrente definito come $U^2/2g$, dove U è la velocità media della corrente (m/s) e g l'accelerazione di gravità (m/s^2);
- I valori di seguito riportati:

I.	argini e difese spondali	cm 50/100
II.	ponti e similari sino a 10 m	cm100/150
III.	coperture o tombinature, ponti e similari oltre m 10	cm150/200

Per le opere di cui al punto III, nel caso di modesta rilevanza dell'opera stessa e di bacini sistemati, il franco può essere derogato dall'amministrazione competente a valori inferiori.

Per le coperture ammesse la normativa stabilisce che esse devono comunque garantire le dimensioni minime della sezione di deflusso di 2x2 m per i corsi d'acqua principali e secondari, ai fini di una loro ispezionabilità e corretta manutenzione.

Il Regolamento fornisce inoltre le indicazioni per la scelta del coefficiente di scabrezza da utilizzare nelle verifiche idrauliche, che devono essere desunti dalla seguente tabella:

Descrizione	Coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler
Tratti di corsi d'acqua naturali con salti, rocce o vegetazione anche arbustiva-arborea in alveo	25-30
Corsi d'acqua naturali con vegetazione e movimento di materiale sul fondo	30-35
Tratti urbanizzati di corsi d'acqua naturali con argini cementati (e/o platee) in buono stato	35-40
Corso d'acqua con fondo ed argini totalmente cementati in ottimo stato ed assenza di manufatti o discontinuità interferenti con le acque	40-45

4 INTERVENTI PROPOSTI

Gli interventi sono mirati a mitigare i fenomeni di possibile scalzamento ed erosione in occasione di eventi meteoclimatici significativi.

Data l'insufficienza idraulica generalizzata delle sezioni di deflusso si è preferito, in funzione delle risorse disponibili, realizzare alcuni interventi localizzati di difesa mediante argini in scogliera, in particolare nei tratti in curva.

La protezione della sponda mediante scogliera sarà costituita da massi naturali di II categoria (da 1 a 3 t) disposti secondo una inclinazione di 45 gradi circa come l'attuale sponda; la scogliera avrà un'altezza di circa 3 m con una berma di fondazione di 2.0 m circa di profondità e 2.0 m circa di larghezza

Si è inoltre proceduto ad una sistemazione dell'alveo lungo tutto il tratto compatibile con l'attuale configurazione geometrica delle sezioni di deflusso; in particolare si è assunta come riferimento una sezione trapezia con larghezza di fondo di 8 m e altezza di 3 m, con inclinazione delle sponde di 45 gradi.

La pendenza del fondo alveo di progetto è pari al 1%.

Le sponde naturali saranno opportunamente compattate e rinforzate mediante successiva idrosemina.

Tale intervento consentirà il deflusso della portata 30-ennale con franchi minimi. Gli interventi previsti non pregiudicano possibili futuri interventi di sistemazione complessiva del corso d'acqua necessari al contenimento della piena 200-ennale.

5 VERIFICHE IDRAULICHE

5.1 PORTATE DI RIFERIMENTO

La normativa idraulica di riferimento è costituita dal Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del Fiume Magra e del Torrente Parmignola[3].

I valori di portata per assegnato tempo di ritorno sono stati valutati con riferimento ai valori riporttati nella relazione generale del Piano per la sezione GR042 (Graveglia_5).

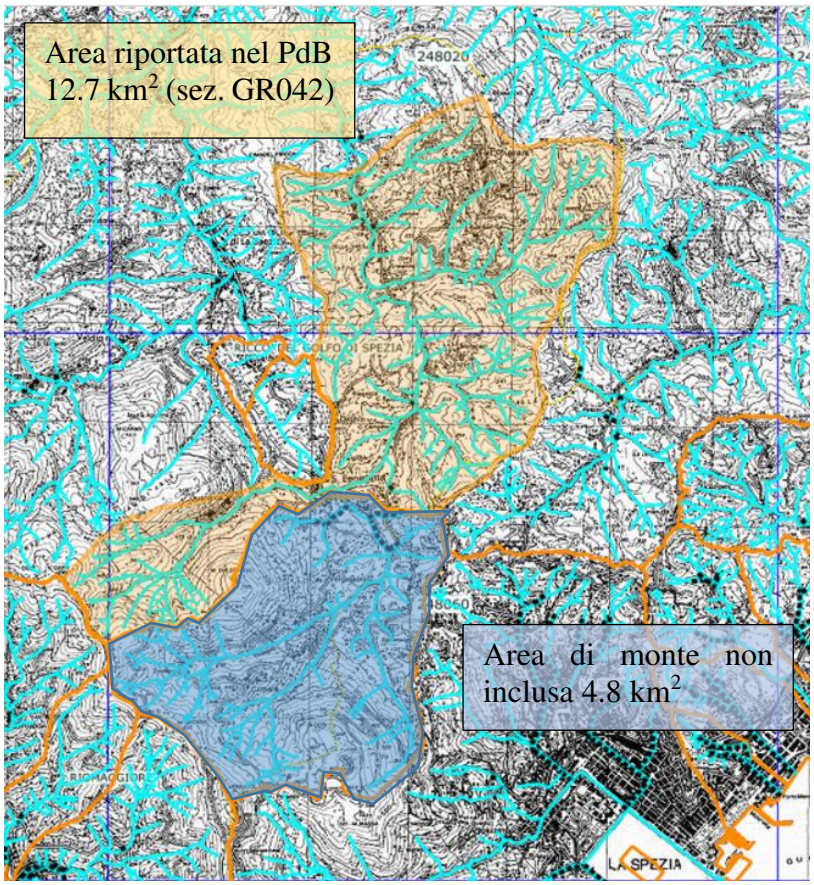
Per tale sezione, che sottende un bacino di 10.7 km^2, il Piano fornisce i seguenti valori delle portate di piena:

Q_{30}= 142 m^3/s
Q_{100}= 196 m^3/s
Q_{200}= 237 m^3/s
Q_{500}= 302 m^3/s

Tali valori sono stati quindi assunti come riferimento nelle successive verifiche idrauliche e dimensionamento delle opere di sistemazione.

Si evidenzia tuttavia come la superficie drenata da tale sezione non comprenda una parte consistente del bacino (circa 5 km^2) compresa tra la loc. e lo spartiacque appenninico (monte Parodi); ciò a causa dell'interruzione del reticolo idrografico che proprio in loc. San Benedetto sembra avere una discontinuità apparentemente non giustificata.

[3] Adottato con Delibera del Comitato Istituzionale n°180 del 27/04/2006. Approvato con D.C.R. n. 69 del 05/07/2006 e con D.C.R. n. 24 del 18/07/2006. Prima variante approvata con D.C.R. n. 21 del 27/09/2016



In attesa di futuri e più dettagliati accertamenti su tale porzione di reticolo, da svolgere in accordo con l'Autorità di Bacino, in questa fase si è comunque fatto riferimento alle portate riportate ufficialmente negli elaborati del Piano.

5.2 METODOLOGIA DI CALCOLO

Le verifiche idrauliche sono state effettuate con il software di calcolo *Hec-Ras 5.0.7*[4] .

Il software consente il calcolo dell'andamento dei profili di rigurgito in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali o canali artificiali e la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie, stramazzi, aree golenali ecc.,

La metodologia è riportata più in dettaglio nell'Appendice 1 allegata alla presente relazione.

5.3 PARAMETRI E CONFIGURAZIONI DI VERIFICA

E' stata eseguita la verifica idraulica del tratto del rio Levantine per un'estensione complessiva pari a circa 80 m a cavallo del tratto di intervento con le portate di piena del

[4] HEC-RAS, Hydrologic Engineering Center – US Army Corps of Engineers

Piano di Bacino per T=30, 100 e 200 anni; si è inoltre ricercata la portata massima contenuta in alveo senza esondazioni.

Le informazioni di carattere topografico ai fini della verifica sono state desunte da un rilievo plano-altimetrico eseguito nel 2020 nell'ambito della presente fase progettuale.

In accordo con quanto indicato nel Regolamento Regionale n.3/2011 e nella Normativa di Piano, è stato assunto un valore del coefficiente di scabrezza n di Manning pari a 0.03, corrispondente a tratti di corsi d'acqua naturali con vegetazione e movimento di materiale sul fondo.

Lungo l'intero tratto sono state individuate una serie di sezioni trasversali in funzione delle caratteristiche geometriche e morfologiche dell'alveo (larghezza, pendenza, curve, presenza di manufatti ecc.), numerate da valle verso monte da 1 a 18.

Tale numerazione è diversa da quella riportata negli elaborati grafici in quanto le sezioni di rilievo sono state numerate da monte verso valle anziché da valle verso monte.

Nella tabella seguente sono riportate le corrispondenze tra le sezioni idrauliche e le seziopni architettoniche riportate negli elaborati grafici

Sezione architettonica	Sezione idraulica	Sezione architettonica	Sezione idraulica
1	18	10	9
2	17	11	8
3	16	12	7
4	15	14	6
5	14	15	5
6	13	16	4
7	12	17	3
8	11	18	2
9	10	19	1

Le verifiche in moto permanente gradualmente variato sono state fatte integrando i profili per entrambe le condizioni di corrente veloce (Fr>1) da monte verso valle e di corrente lenta (Fr<1) da valle verso monte, imponendo quali condizioni al contorno nelle sezioni di estremità la profondità critica (Fr=1) e nell'ipotesi di sponde infinite qualora il livello di piena superi le quote di sommità arginali.

Le verifiche sono state condotte per le due configurazioni di stato attuale e di stato di progetto.

5.4 RISULTATI

I risultati delle verifiche sono riassunti in forma numerica e grafica negli elaborati dell'Allegato A.

Di seguito si riportano sinteticamente i risultati delle verifiche.

Stato attuale

L'alveo è in grado di smaltire senza esondazioni una portata dell'ordine di 15 m^3/s, pari al 10% circa della portata 30-ennale (142 m^3/s).

Il deflusso della portata 30-ennale avviene in corrente mista prossima allo stato critico, con altezze del pelo libero variabili tra 2.8 m e 3.8 m circa e velocità intorno a 4 m/s.

La portata non è contenuta all'interno dell'alveo inciso, con esondazione diffusa su entrambe le sponde

La portata 100-ennale ha lo stesso comportamento di quella 30-ennale, con quote del pelo libero superiori di 0.5 m circa, e di 1 m circa nel tratto a monte del ponte (sez. 11.2).

La portata 200-ennale ha lo stesso comportamento di quella 100-ennale, con quote del pelo libero superiori di 0.5 m circa, e di 1 m circa nel tratto a monte del ponte (sez. 11.2).

La portata non è contenuta in alveo, con battenti (teorici) superiori a 1 m rispetto alle quote del piano campagna.

Stato di progetto

La sistemazione proposta consente il deflusso della portata 30-enanle senza esondazioni, con una significativa riduzione del grado di rischio idraulico delle aree adiacenti lungo tutto il tratto; la portata massima smaltibile passa da 15 m3/s dello stato attuale a circa 140 dello stato di progetto.

Il deflusso della portata 30-ennale avviene per la maggior parte in corrente veloce prossima allo stato critico, con altezze del pelo libero di 2.7 m circa e velocità intorno a 5 m/s.

La portata è contenuta al limite all'interno dell'alveo inciso, con franchi dell'ordine di 0.3 m.

La portata 100-ennale ha lo stesso comportamento di quella 30-ennale, con quote del pelo libero superiori di 0.5 m circa e dunque non può essere contenuta in alveo, dando luogo a esondazione con battenti dell'ordine di 0.2 m.

La portata 200-ennale ha lo stesso comportamento di quella 100-ennale, con quote del pelo libero superiori di 0.5 m circa; anch'essa da luogo ad esondazione, con battenti dell'ordine di 0.8 m.

E’ dunque evidente come la sistemazione individuata comporta una significativa mitigazione del rischio idraulico riconducendo il rischio di esondazione a eventi con tempo di ritorno compresi tra 40 e 100 anni, riducendo in ogni caso l’entità dei volumi esondabili per tempi di ritorno maggiori.

6 DIMENSIONAMENTO DELLA SCOGLIERA

La scogliera ha lo scopo di stabilizzare il piede del versante preservandolo da possibili fenomeni di erosione in concomitanza degli eventi di piena più significativi.

L’altezza della scogliera è stata limitata al piano campagna attuale al fine di non modificare gli attuali equilibri morfologici e idraulici.

La verifica idraulica ha consentito di individuare i parametri idraulici necessari a determinare le condizioni di equilibrio del singolo masso soggetto alle forze idrodinamiche della corrente che tendono a metterlo in movimento (velocità critica e tensione tangenziale al fondo).

Sono state in particolare determinate le dimensioni minime del singolo masso, e conseguentemente il suo peso, in grado di garantire le condizioni di stabilità in presenza di una corrente caratterizzata da una velocità media *v*.

Le formule di uso più comune, derivate dagli studi di Shields sul trasporto solido, definiscono la velocità critica v_{cr} che dà luogo al moto in funzione del diametro equivalente *d* della particella immersa nella corrente secondo la seguente espressione:

$v_{cr} = k\, d^{0.5}$

con v_{cr} espresso in m/s e *d* in metri.

Il coefficiente k assume valori variabili fra 4 e 8; nel caso in esame si è assunto un coefficiente k=5.

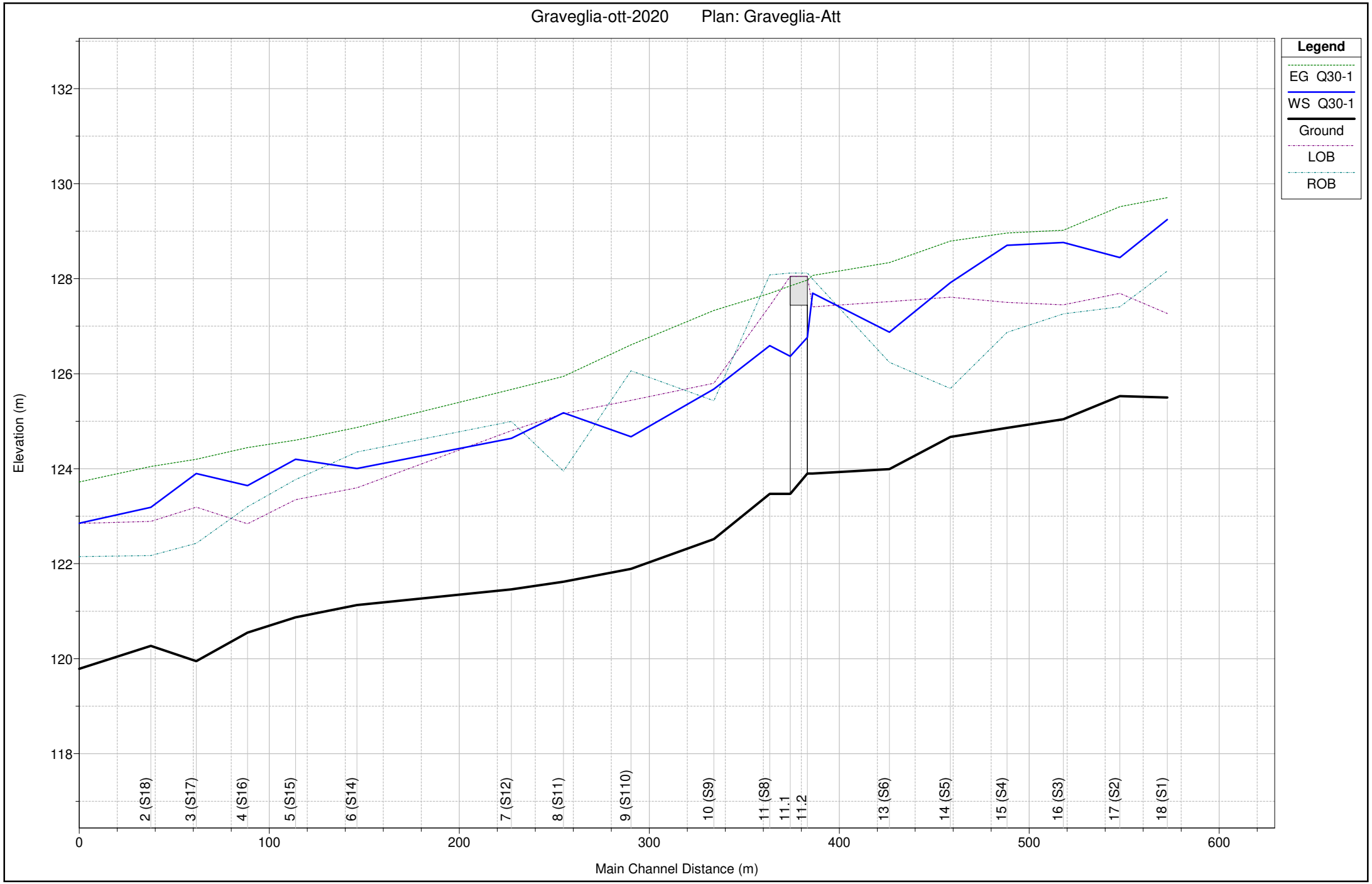
Assumendo come velocità critica la velocità massima della corrente e risolvendo l’espressione secondo *d*, si ottiene la dimensione minima del masso da utilizzare nel caso esaminato.

Nel caso in esame, considerando una velocità di deflusso media pari a v =5.0 m/s, risulta d=1.0 m, corrispondente ad un masso del peso di 1.3 t.

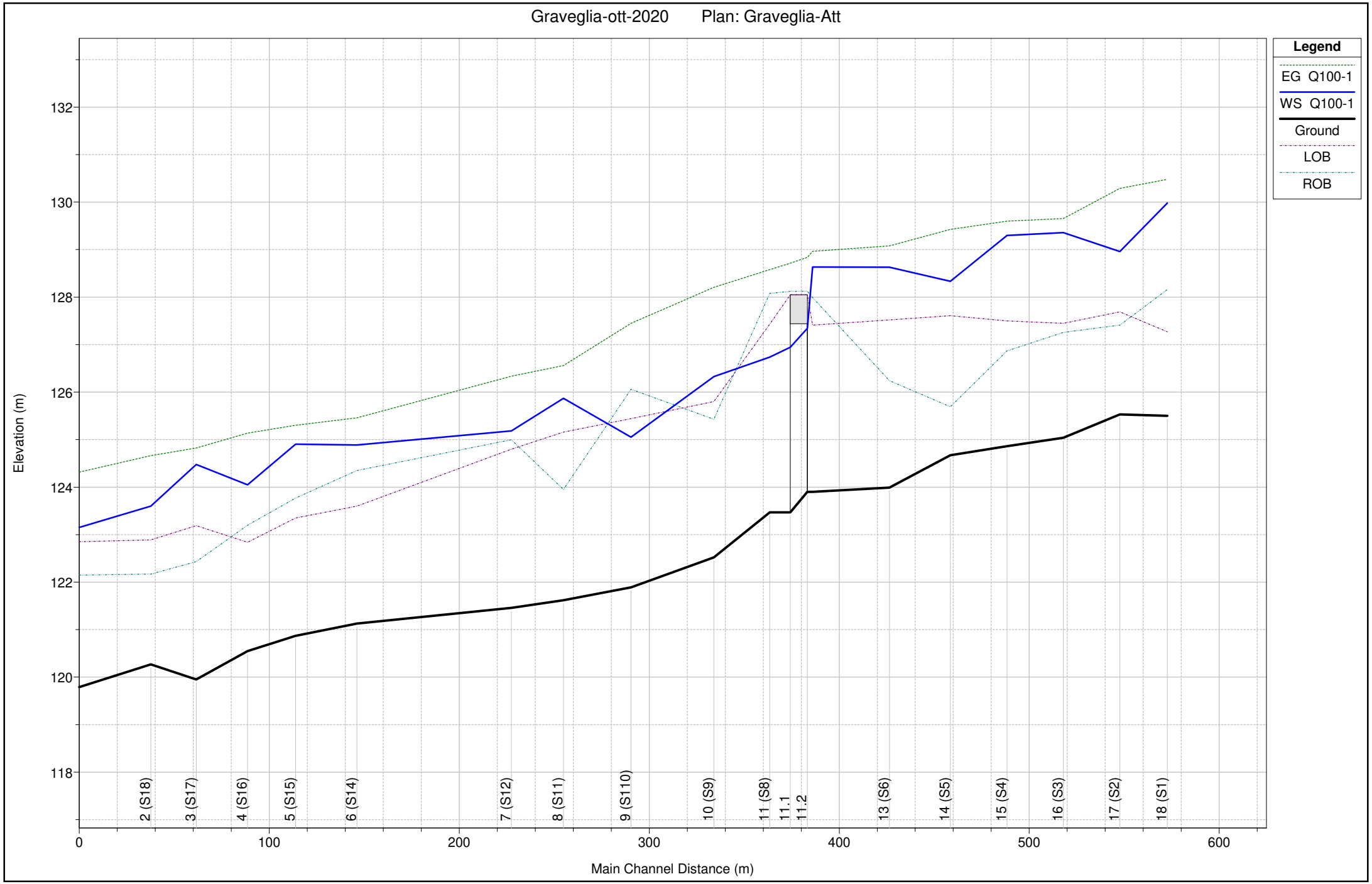
Si adottano quindi massi di II° categoria, variabili da 1 t a 3 t, che risultano idonei alla condizione dinamica della corrente.

ALLEGATO A

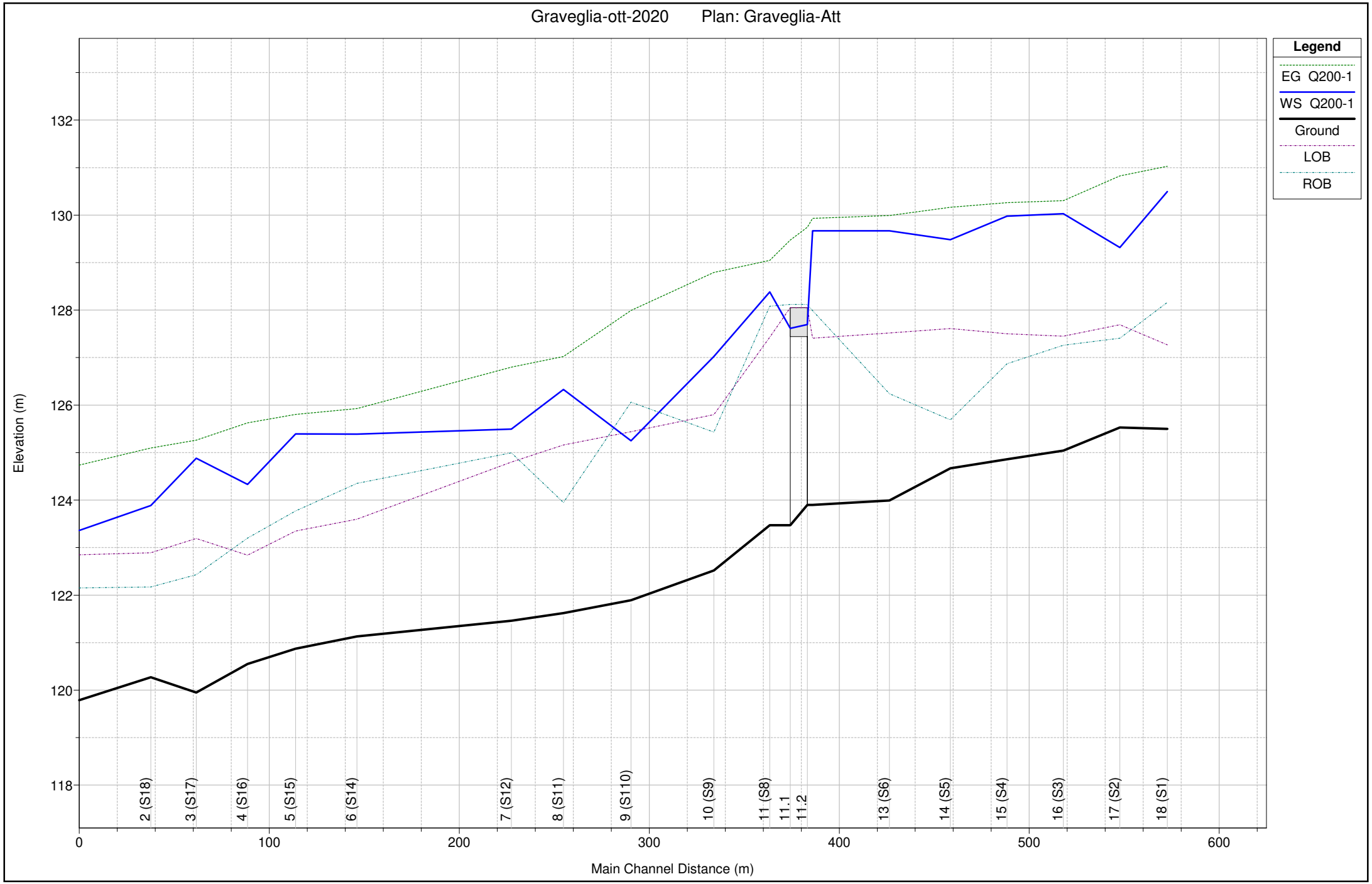
VERIFICHE IDRAULICHE



1 cm Horiz. = 25 m 1 cm Vert. = 1 m

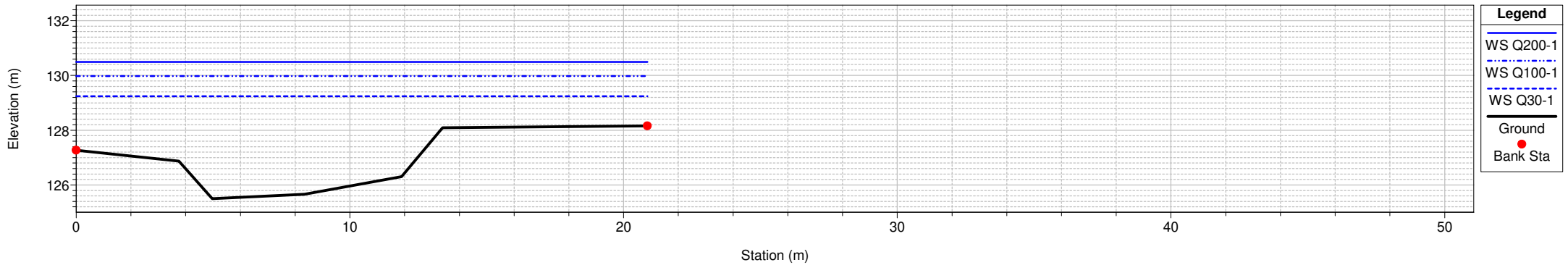


1 cm Horiz. = 25 m 1 cm Vert. = 1 m

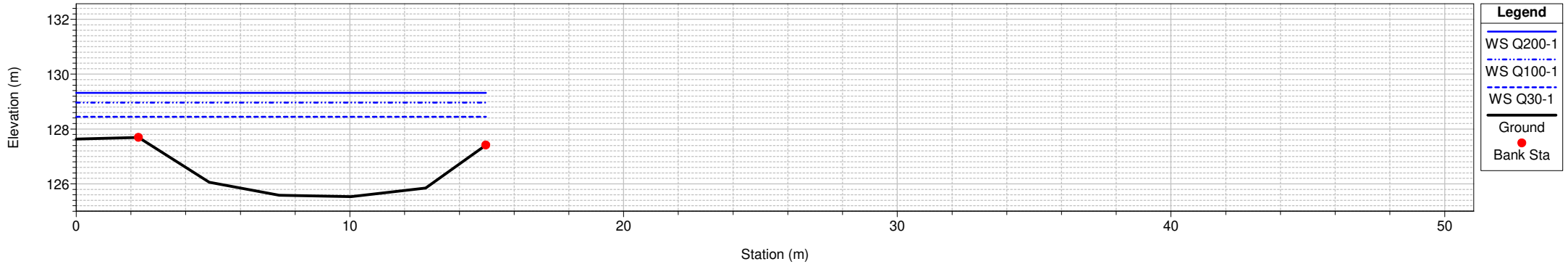


1 cm Horiz. = 25 m 1 cm Vert. = 1 m

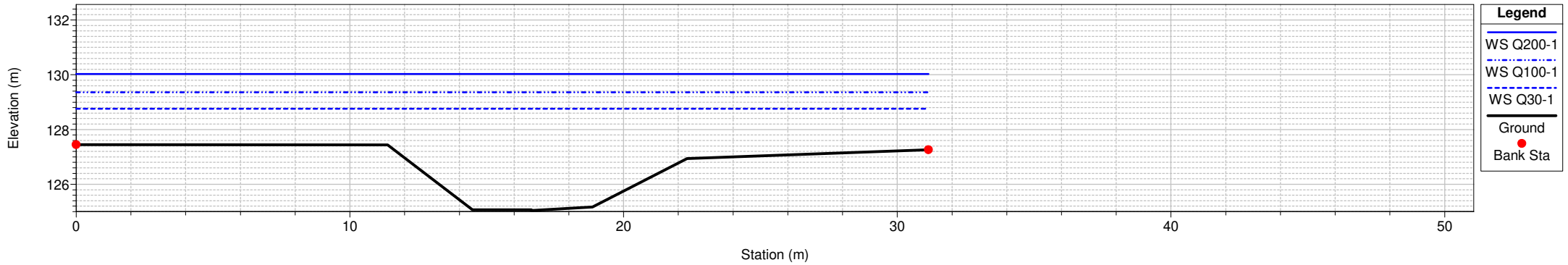
Graveglia-ott-2020 Plan: Graveglia-Att
RS = 18 18 (S1)



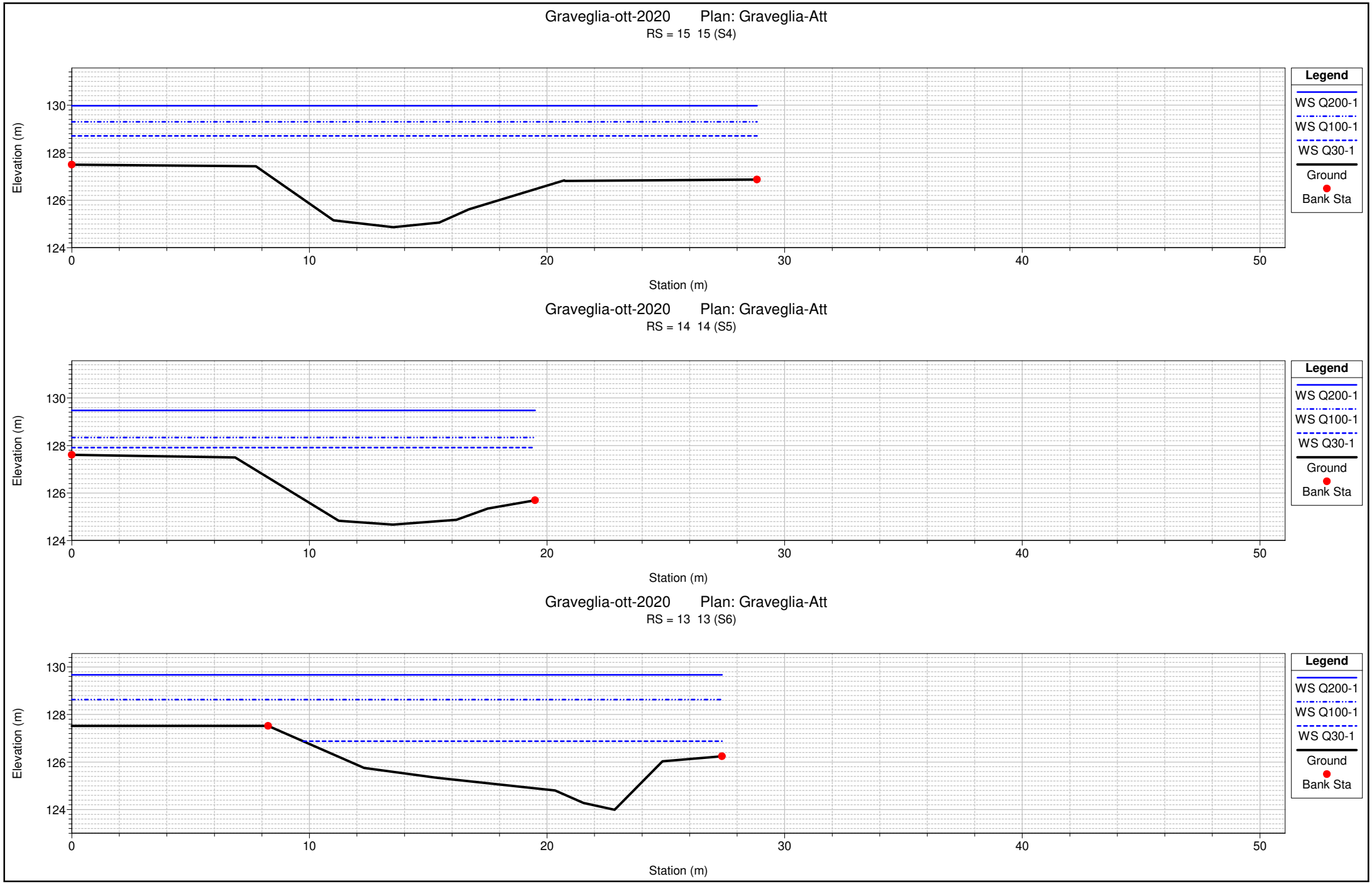
Graveglia-ott-2020 Plan: Graveglia-Att
RS = 17 17 (S2)



Graveglia-ott-2020 Plan: Graveglia-Att
RS = 16 16 (S3)

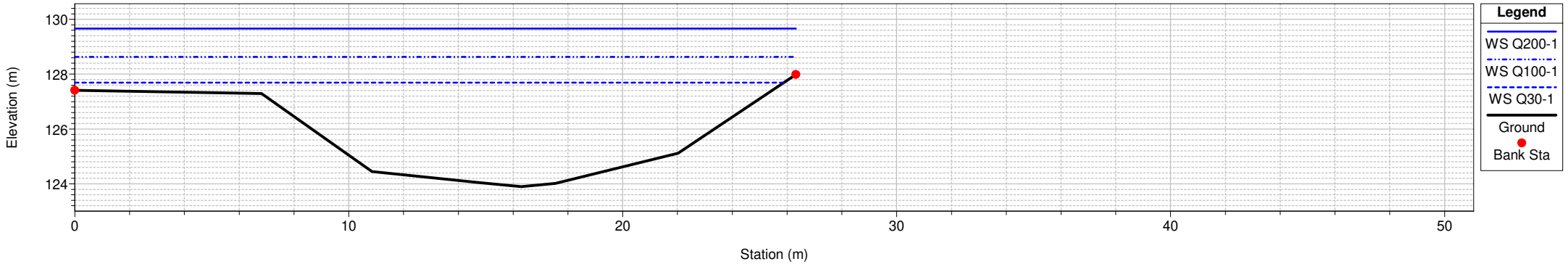


1 cm Horiz. = 2 m 1 cm Vert. = 2 m

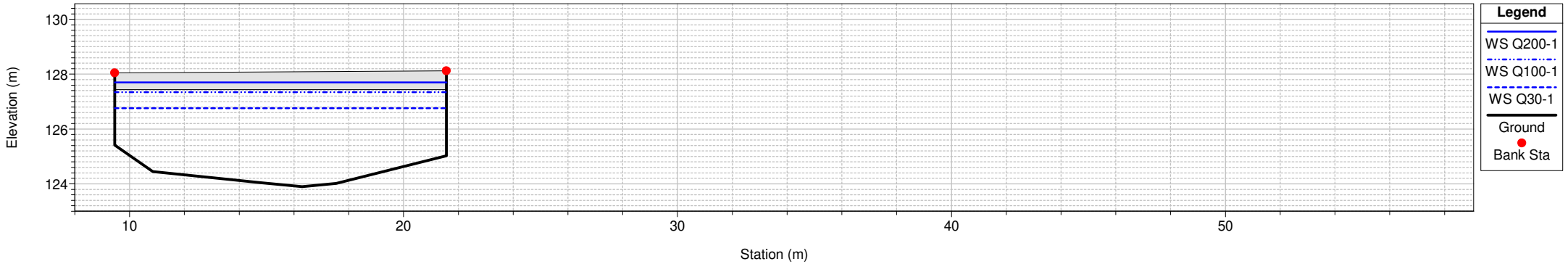


1 cm Horiz. = 2 m 1 cm Vert. = 2 m

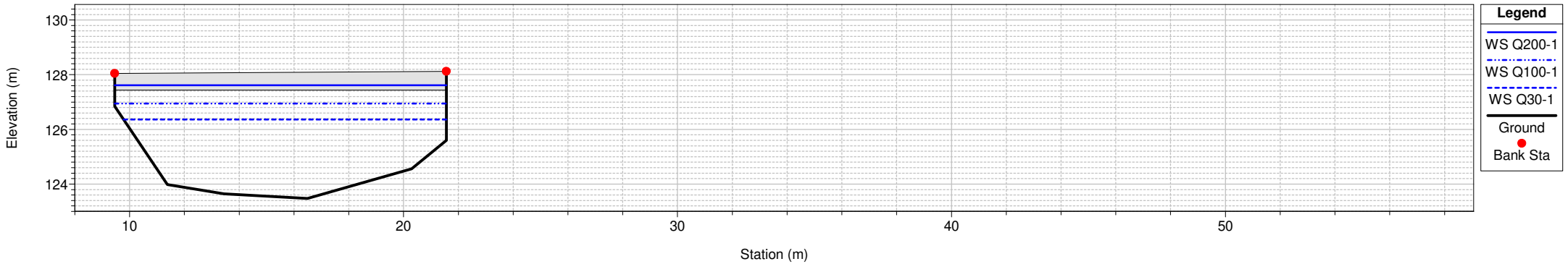
Graveglia-ott-2020 Plan: Graveglia-Att
RS = 12 12 (S7)



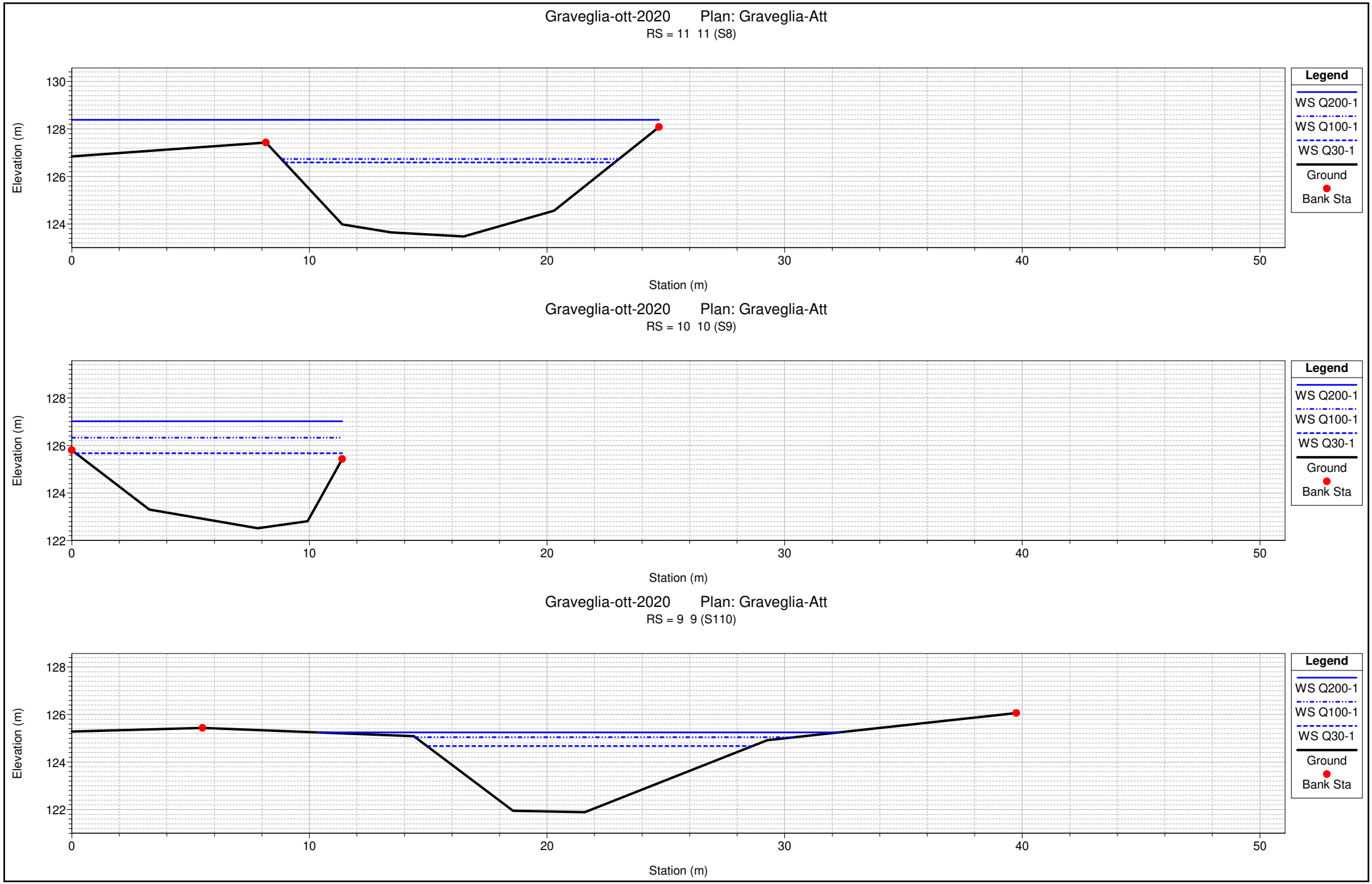
Graveglia-ott-2020 Plan: Graveglia-Att
RS = 11.2 11.2



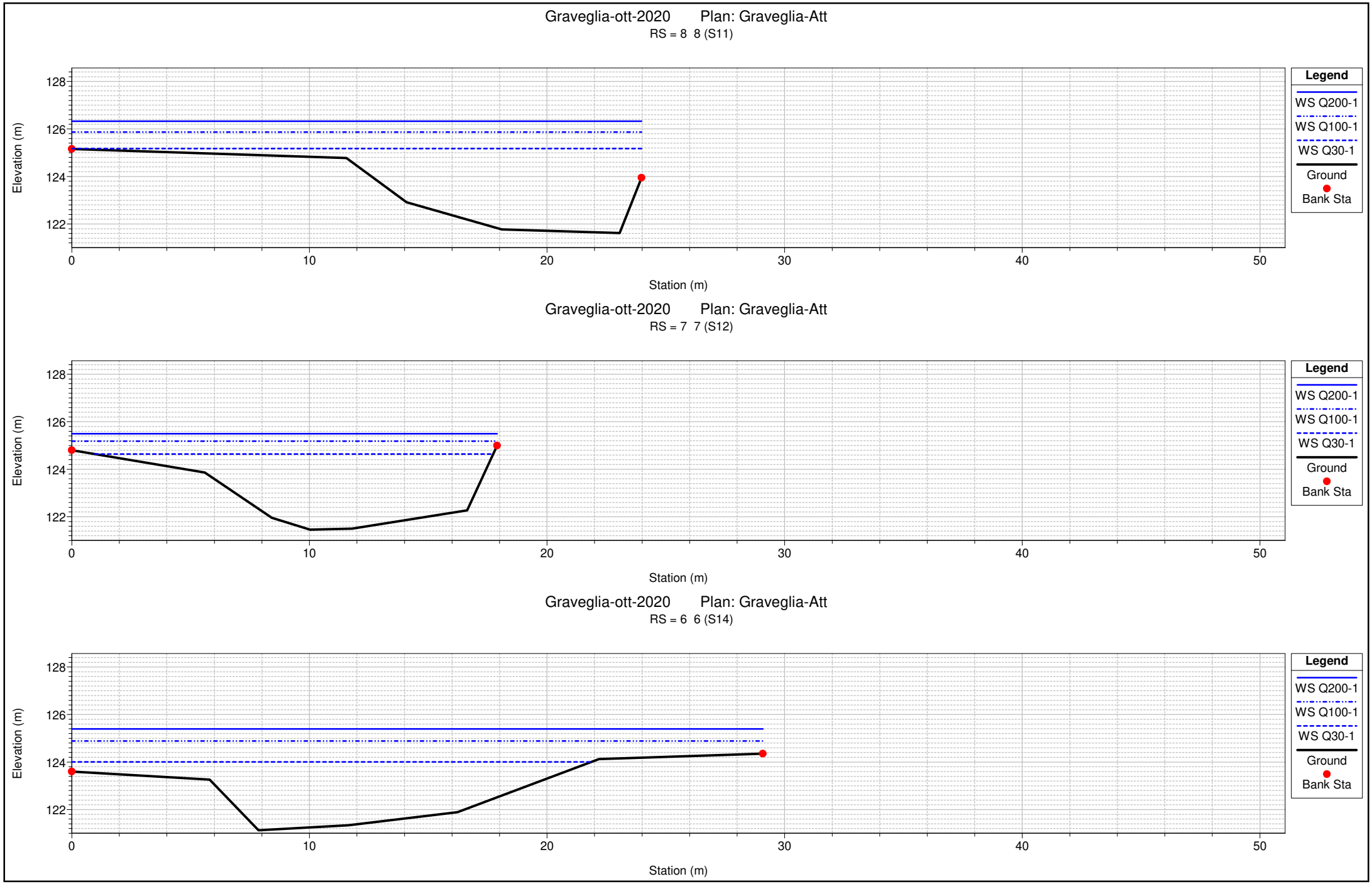
Graveglia-ott-2020 Plan: Graveglia-Att
RS = 11.1 11.1



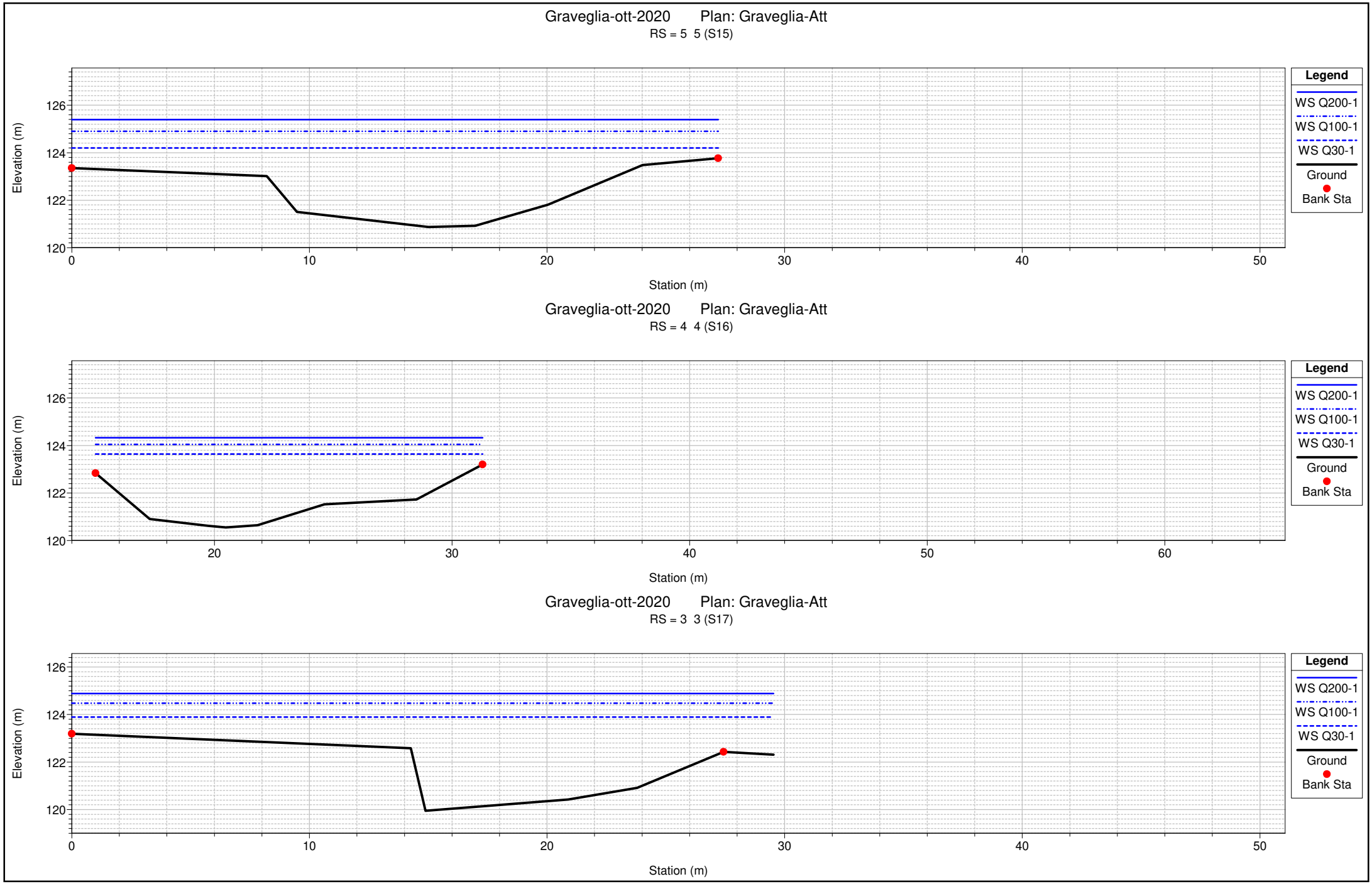
1 cm Horiz. = 2 m 1 cm Vert. = 2 m



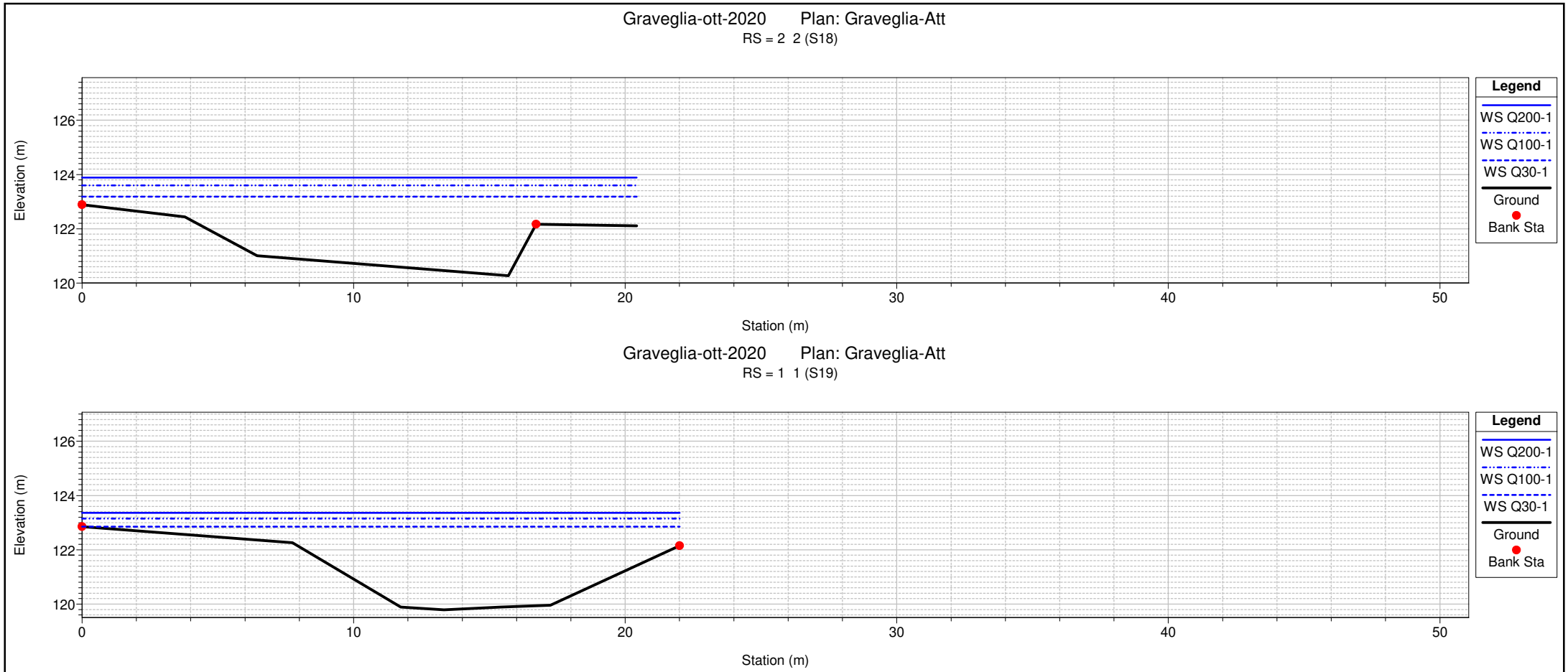
1 cm Horiz. = 2 m 1 cm Vert. = 2 m



1 cm Horiz. = 2 m 1 cm Vert. = 2 m



1 cm Horiz. = 2 m 1 cm Vert. = 2 m



1 cm Horiz. = 2 m 1 cm Vert. = 2 m

HEC-RAS Plan: Graveglia-ATT River: Graveglia Reach: Graveglia

Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Q Total	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	W.S. Elev	Hydr Depth	Max Chl Dpth	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Graveglia	18	Q30-1	572.70	142.00	125.50	127.27	128.16	129.24	2.26	3.74	129.70	3.00	47.27	20.87	0.64
Graveglia	18	Q100-1	572.70	196.00	125.50	127.27	128.16	129.98	3.00	4.48	130.48	3.13	62.64	20.87	0.58
Graveglia	18	Q200-1	572.70	237.00	125.50	127.27	128.16	130.49	3.51	4.99	131.03	3.23	73.34	20.87	0.55
Graveglia	18	Q500-1	572.70	302.00	125.50	127.27	128.16	131.40	4.42	5.90	131.95	3.27	92.35	20.87	0.50
Graveglia	18	Q30-2	572.70	178.00	125.50	127.27	128.16	129.74	2.76	4.24	130.23	3.09	57.69	20.87	0.59
Graveglia	18	Q100-2	572.70	239.00	125.50	127.27	128.16	130.52	3.54	5.02	131.05	3.24	73.85	20.87	0.55
Graveglia	18	Q200-2	572.70	285.00	125.50	127.27	128.16	131.18	4.20	5.68	131.72	3.25	87.68	20.87	0.51
Graveglia	18	Q500-2	572.70	330.00	125.50	127.27	128.16	131.77	4.79	6.27	132.32	3.30	99.91	20.87	0.48
Graveglia	18	Qmax	572.70	15.00	125.50	127.27	128.16	126.68	0.83	1.18	126.92	2.18	6.88	8.29	0.76
Graveglia	17	Q30-1	547.70	142.00	125.53	127.69	127.41	128.45	2.12	2.92	129.52	4.63	31.67	14.97	0.96
Graveglia	17	Q100-1	547.70	196.00	125.53	127.69	127.41	128.96	2.63	3.43	130.29	5.18	39.34	14.97	0.98
Graveglia	17	Q200-1	547.70	237.00	125.53	127.69	127.41	129.32	2.99	3.79	130.82	5.53	44.70	14.97	0.98
Graveglia	17	Q500-1	547.70	302.00	125.53	127.69	127.41	130.60	4.27	5.07	131.81	4.97	63.92	14.97	0.75
Graveglia	17	Q30-2	547.70	178.00	125.53	127.69	127.41	128.80	2.47	3.27	130.04	5.00	36.93	14.97	0.97
Graveglia	17	Q100-2	547.70	239.00	125.53	127.69	127.41	129.34	3.00	3.81	130.85	5.55	44.97	14.97	0.98
Graveglia	17	Q200-2	547.70	285.00	125.53	127.69	127.41	130.39	4.05	4.86	131.58	4.94	60.67	14.97	0.76
Graveglia	17	Q500-2	547.70	330.00	125.53	127.69	127.41	130.95	4.62	5.42	132.18	5.04	69.08	14.97	0.73
Graveglia	17	Qmax	547.70	15.00	125.53	127.69	127.41	126.42	0.66	0.89	126.73	2.44	6.14	9.28	0.96
Graveglia	16	Q30-1	517.90	142.00	125.04	127.45	127.26	128.76	2.02	3.72	129.02	2.26	62.87	31.14	0.51
Graveglia	16	Q100-1	517.90	196.00	125.04	127.45	127.26	129.36	2.62	4.32	129.65	2.41	81.44	31.14	0.47
Graveglia	16	Q200-1	517.90	237.00	125.04	127.45	127.26	130.03	3.29	4.99	130.30	2.32	102.31	31.14	0.41
Graveglia	16	Q500-1	517.90	302.00	125.04	127.45	127.26	131.23	4.49	6.19	131.47	2.16	139.85	31.14	0.33
Graveglia	16	Q30-2	517.90	178.00	125.04	127.45	127.26	129.16	2.42	4.12	129.45	2.36	75.41	31.14	0.48
Graveglia	16	Q100-2	517.90	239.00	125.04	127.45	127.26	130.07	3.33	5.03	130.34	2.31	103.64	31.14	0.40
Graveglia	16	Q200-2	517.90	285.00	125.04	127.45	127.26	131.01	4.26	5.97	131.24	2.15	132.76	31.14	0.33
Graveglia	16	Q500-2	517.90	330.00	125.04	127.45	127.26	131.60	4.86	6.56	131.84	2.18	151.21	31.14	0.32
Graveglia	16	Qmax	517.90	15.00	125.04	127.45	127.26	126.31	0.93	1.27	126.51	1.96	7.67	8.25	0.65
Graveglia	15	Q30-1	488.30	142.00	124.86	127.50	126.87	128.71	2.20	3.84	128.96	2.24	63.31	28.84	0.48
Graveglia	15	Q100-1	488.30	196.00	124.86	127.50	126.87	129.30	2.79	4.44	129.60	2.44	80.41	28.84	0.47
Graveglia	15	Q200-1	488.30	237.00	124.86	127.50	126.87	129.98	3.47	5.12	130.26	2.37	99.96	28.84	0.41
Graveglia	15	Q500-1	488.30	302.00	124.86	127.50	126.87	131.19	4.68	6.33	131.45	2.24	134.99	28.84	0.33
Graveglia	15	Q30-2	488.30	178.00	124.86	127.50	126.87	129.11	2.60	4.25	129.39	2.38	74.88	28.84	0.47
Graveglia	15	Q100-2	488.30	239.00	124.86	127.50	126.87	130.02	3.51	5.16	130.30	2.36	101.22	28.84	0.40
Graveglia	15	Q200-2	488.30	285.00	124.86	127.50	126.87	130.96	4.45	6.10	131.21	2.22	128.44	28.84	0.34
Graveglia	15	Q500-2	488.30	330.00	124.86	127.50	126.87	131.55	5.05	6.69	131.82	2.27	145.48	28.84	0.32
Graveglia	15	Qmax	488.30	15.00	124.86	127.50	126.87	125.95	0.72	1.09	126.30	2.65	5.66	7.91	1.00
Graveglia	14	Q30-1	458.50	142.00	124.67	127.61	125.69	127.91	1.75	3.24	128.79	4.15	34.19	19.50	1.00
Graveglia	14	Q100-1	458.50	196.00	124.67	127.61	125.69	128.33	2.17	3.66	129.42	4.63	42.37	19.50	1.00
Graveglia	14	Q200-1	458.50	237.00	124.67	127.61	125.69	129.48	3.32	4.81	130.16	3.66	64.73	19.50	0.64

HEC-RAS Plan: Graveglia-ATT River: Graveglia Reach: Graveglia (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Q Total	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	W.S. Elev	Hydr Depth	Max Chl Dpth	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Graveglia	14	Q500-1	458.50	302.00	124.67	127.61	125.69	130.81	4.65	6.14	131.38	3.33	90.70	19.50	0.49
Graveglia	14	Q30-2	458.50	178.00	124.67	127.61	125.69	128.20	2.04	3.53	129.22	4.47	39.83	19.50	1.00
Graveglia	14	Q100-2	458.50	239.00	124.67	127.61	125.69	129.53	3.37	4.86	130.21	3.63	65.77	19.50	0.63
Graveglia	14	Q200-2	458.50	285.00	124.67	127.61	125.69	130.59	4.43	5.92	131.15	3.30	86.38	19.50	0.50
Graveglia	14	Q500-2	458.50	330.00	124.67	127.61	125.69	131.17	5.01	6.50	131.75	3.38	97.60	19.50	0.48
Graveglia	14	Qmax	458.50	15.00	124.67	127.61	125.69	125.84	0.79	1.17	126.03	1.92	7.83	9.92	0.69
Graveglia	13	Q30-1	426.40	142.00	123.99	127.52	126.24	126.87	1.50	2.88	128.34	5.36	26.48	17.63	1.40
Graveglia	13	Q100-1	426.40	196.00	123.99	127.52	126.24	128.63	2.51	4.64	129.08	3.05	68.72	27.37	0.55
Graveglia	13	Q200-1	426.40	237.00	123.99	127.52	126.24	129.67	3.55	5.68	129.99	2.61	97.19	27.37	0.41
Graveglia	13	Q500-1	426.40	302.00	123.99	127.52	126.24	130.98	4.86	6.99	131.25	2.43	132.91	27.37	0.33
Graveglia	13	Q30-2	426.40	178.00	123.99	127.52	126.24	128.33	2.21	4.34	128.81	3.13	60.59	27.37	0.59
Graveglia	13	Q100-2	426.40	239.00	123.99	127.52	126.24	129.72	3.60	5.73	130.04	2.59	98.58	27.37	0.40
Graveglia	13	Q200-2	426.40	285.00	123.99	127.52	126.24	130.75	4.63	6.76	131.02	2.40	126.71	27.37	0.34
Graveglia	13	Q500-2	426.40	330.00	123.99	127.52	126.24	131.34	5.22	7.35	131.62	2.47	142.79	27.37	0.33
Graveglia	13	Qmax	426.40	15.00	123.99	127.52	126.24	125.48	0.61	1.49	125.79	2.46	6.09	9.99	1.01
Graveglia	12	Q30-1	386.00	142.00	123.90	127.41	127.99	127.69	2.03	3.79	128.07	2.70	52.53	25.88	0.61
Graveglia	12	Q100-1	386.00	196.00	123.90	127.41	127.99	128.63	2.93	4.73	128.96	2.54	77.20	26.32	0.47
Graveglia	12	Q200-1	386.00	237.00	123.90	127.41	127.99	129.67	3.97	5.77	129.93	2.27	104.41	26.32	0.36
Graveglia	12	Q500-1	386.00	302.00	123.90	127.41	127.99	130.97	5.27	7.07	131.21	2.18	138.68	26.32	0.30
Graveglia	12	Q30-2	386.00	178.00	123.90	127.41	127.99	128.34	2.64	4.44	128.67	2.56	69.47	26.32	0.50
Graveglia	12	Q100-2	386.00	239.00	123.90	127.41	127.99	129.72	4.02	5.82	129.98	2.26	105.74	26.32	0.36
Graveglia	12	Q200-2	386.00	285.00	123.90	127.41	127.99	130.74	5.04	6.84	130.98	2.15	132.74	26.32	0.31
Graveglia	12	Q500-2	386.00	330.00	123.90	127.41	127.99	131.33	5.63	7.43	131.58	2.23	148.17	26.32	0.30
Graveglia	12	Qmax	386.00	15.00	123.90	127.41	127.99	124.98	0.68	1.08	125.17	1.94	7.73	11.34	0.75
Graveglia	11.2	Q30-1	383.20	142.00	123.90	127.44	127.44	126.76	2.41	2.86	127.97	4.87	29.18	12.10	1.00
Graveglia	11.2	Q100-1	383.20	196.00	123.90	127.44	127.44	127.34	2.99	3.44	128.84	5.41	36.20	12.10	1.00
Graveglia	11.2	Q200-1	383.20	237.00	123.90	127.44	127.44	127.69		3.79	129.74	6.34	37.37		1.04
Graveglia	11.2	Q500-1	383.20	302.00	123.90	127.44	127.44	129.54	4.54	5.64	131.08	5.50	54.92	12.10	0.74
Graveglia	11.2	Q30-2	383.20	178.00	123.90	127.44	127.44	127.15	2.80	3.25	128.56	5.25	33.91	12.10	1.00
Graveglia	11.2	Q100-2	383.20	239.00	123.90	127.44	127.44	127.70		3.80	129.79	6.40	37.37		1.05
Graveglia	11.2	Q200-2	383.20	285.00	123.90	127.44	127.44	129.38	4.38	5.48	130.85	5.38	52.98	12.10	0.73
Graveglia	11.2	Q500-2	383.20	330.00	123.90	127.44	127.44	129.78	4.79	5.88	131.44	5.70	57.93	12.10	0.75
Graveglia	11.2	Qmax	383.20	15.00	123.90	127.44	127.44	124.84	0.59	0.94	125.14	2.41	6.23	10.56	1.00
Graveglia	11.1	Q30-1	374.20	142.00	123.47	127.44	127.44	126.36	2.23	2.89	127.85	5.40	26.31	11.78	1.15
Graveglia	11.1	Q100-1	374.20	196.00	123.47	127.44	127.44	126.94	2.75	3.47	128.72	5.90	33.24	12.10	1.14
Graveglia	11.1	Q200-1	374.20	237.00	123.47	127.44	127.44	127.62		4.15	129.47	6.04	39.24		0.95
Graveglia	11.1	Q500-1	374.20	302.00	123.47	127.44	127.44	128.82	3.98	5.35	130.83	6.27	48.16	12.10	0.87
Graveglia	11.1	Q30-2	374.20	178.00	123.47	127.44	127.44	126.76	2.57	3.29	128.44	5.74	30.99	12.04	1.14
Graveglia	11.1	Q100-2	374.20	239.00	123.47	127.44	127.44	127.62		4.15	129.51	6.09	39.24		0.95

HEC-RAS Plan: Graveglia-ATT River: Graveglia Reach: Graveglia (Continued)

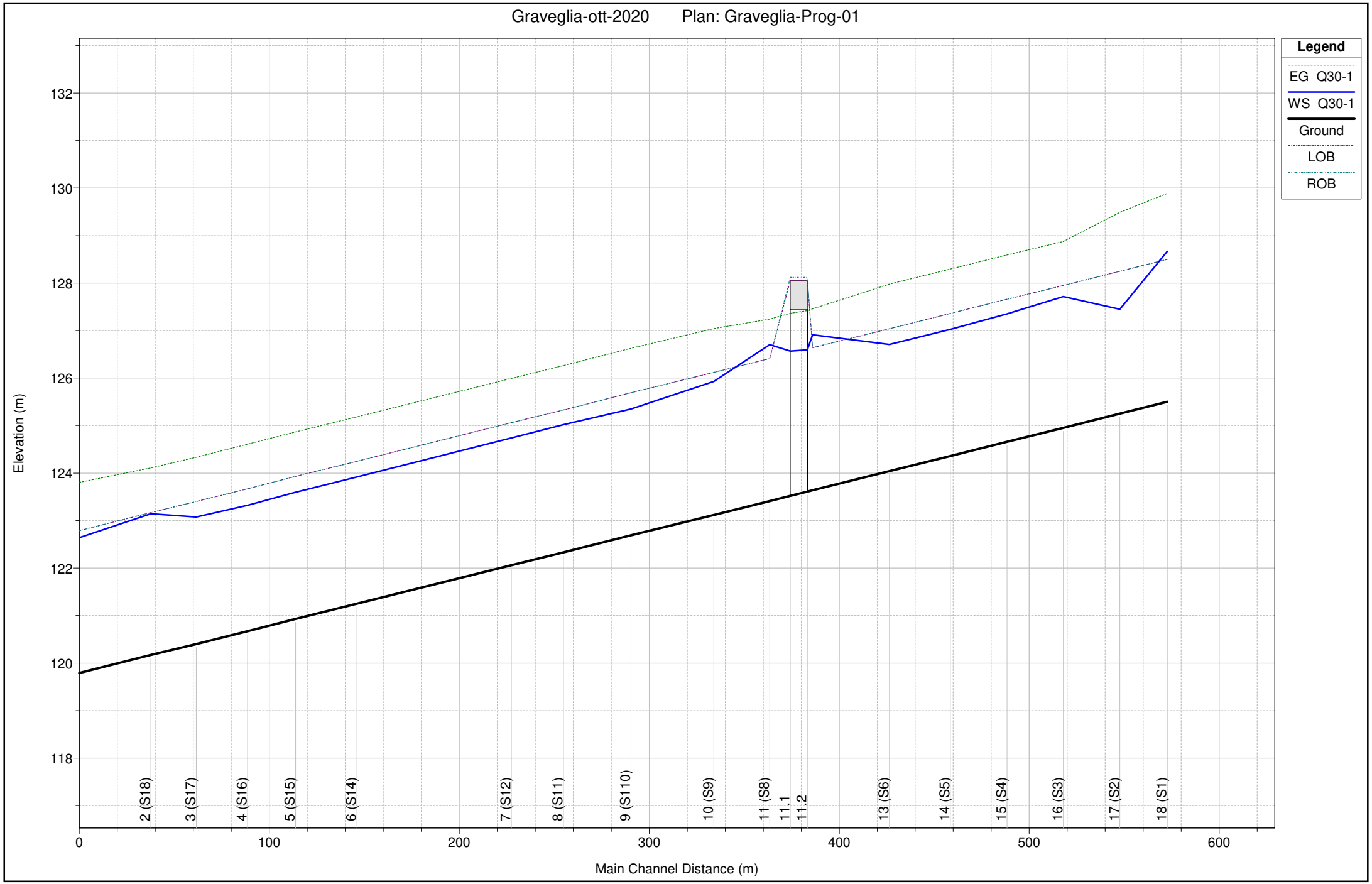
Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Q Total	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	W.S. Elev	Hydr Depth	Max Chl Dpth	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Graveglia	11.1	Q200-2	374.20	285.00	123.47	127.44	127.44	128.68	3.83	5.21	130.60	6.15	46.38	12.10	0.86
Graveglia	11.1	Q500-2	374.20	330.00	123.47	127.44	127.44	129.08	4.23	5.61	131.19	6.44	51.23	12.10	0.87
Graveglia	11.1	Qmax	374.20	15.00	123.47	127.44	127.44	124.24	0.51	0.77	124.94	3.70	4.06	7.98	1.66
Graveglia	11	Q30-1	363.40	142.00	123.47	127.43	128.08	126.59	2.20	3.12	127.69	4.65	30.54	13.89	1.00
Graveglia	11	Q100-1	363.40	196.00	123.47	127.43	128.08	126.74	2.29	3.27	128.58	6.02	32.58	14.21	1.27
Graveglia	11	Q200-1	363.40	237.00	123.47	127.43	128.08	128.38	2.78	4.91	129.05	3.73	68.66	24.72	0.63
Graveglia	11	Q500-1	363.40	302.00	123.47	127.43	128.08	129.42	3.82	5.95	129.99	3.47	94.39	24.72	0.52
Graveglia	11	Q30-2	363.40	178.00	123.47	127.43	128.08	126.61	2.21	3.14	128.31	5.77	30.87	13.95	1.24
Graveglia	11	Q100-2	363.40	239.00	123.47	127.43	128.08	128.42	2.81	4.95	129.08	3.71	69.53	24.72	0.63
Graveglia	11	Q200-2	363.40	285.00	123.47	127.43	128.08	129.17	3.56	5.70	129.75	3.51	88.10	24.72	0.54
Graveglia	11	Q500-2	363.40	330.00	123.47	127.43	128.08	129.83	4.22	6.36	130.37	3.43	104.34	24.72	0.49
Graveglia	11	Qmax	363.40	15.00	123.47	127.43	128.08	124.46	0.65	0.99	124.79	2.55	5.88	8.99	1.01
Graveglia	10	Q30-1	334.00	142.00	122.52	125.80	125.43	125.68	2.22	3.16	127.33	5.70	24.91	11.22	1.22
Graveglia	10	Q100-1	334.00	196.00	122.52	125.80	125.43	126.33	2.84	3.81	128.21	6.07	32.26	11.38	1.15
Graveglia	10	Q200-1	334.00	237.00	122.52	125.80	125.43	127.02	3.54	4.50	128.79	5.89	40.22	11.38	1.00
Graveglia	10	Q500-1	334.00	302.00	122.52	125.80	125.43	127.65	4.16	5.13	129.72	6.38	47.30	11.38	1.00
Graveglia	10	Q30-2	334.00	178.00	122.52	125.80	125.43	126.11	2.62	3.59	127.93	5.97	29.82	11.38	1.18
Graveglia	10	Q100-2	334.00	239.00	122.52	125.80	125.43	127.05	3.56	4.53	128.82	5.90	40.48	11.38	1.00
Graveglia	10	Q200-2	334.00	285.00	122.52	125.80	125.43	127.49	4.00	4.97	129.49	6.26	45.52	11.38	1.00
Graveglia	10	Q500-2	334.00	330.00	122.52	125.80	125.43	127.90	4.41	5.38	130.10	6.58	50.13	11.38	1.00
Graveglia	10	Qmax	334.00	15.00	122.52	125.80	125.43	123.38	0.53	0.86	124.20	4.02	3.73	7.08	1.77
Graveglia	9	Q30-1	290.40	142.00	121.89	125.44	126.06	124.67	1.68	2.78	126.61	6.16	23.04	13.69	1.52
Graveglia	9	Q100-1	290.40	196.00	121.89	125.44	126.06	125.05	1.78	3.16	127.45	6.86	28.57	16.03	1.64
Graveglia	9	Q200-1	290.40	237.00	121.89	125.44	126.06	125.25	1.47	3.36	127.99	7.34	32.29	22.00	1.93
Graveglia	9	Q500-1	290.40	302.00	121.89	125.44	126.06	125.44	1.10	3.55	128.79	8.11	37.61	34.08	2.27
Graveglia	9	Q30-2	290.40	178.00	121.89	125.44	126.06	124.93	1.81	3.04	127.19	6.65	26.77	14.80	1.58
Graveglia	9	Q100-2	290.40	239.00	121.89	125.44	126.06	125.26	1.46	3.37	128.02	7.36	32.46	22.26	1.95
Graveglia	9	Q200-2	290.40	285.00	121.89	125.44	126.06	125.40	1.16	3.51	128.59	7.91	36.25	31.36	2.19
Graveglia	9	Q500-2	290.40	330.00	121.89	125.44	126.06	125.50	1.14	3.61	129.13	8.46	39.62	34.61	2.34
Graveglia	9	Qmax	290.40	15.00	121.89	125.44	126.06	122.99	0.76	1.10	123.37	2.75	5.46	7.18	1.01
Graveglia	8	Q30-1	254.80	142.00	121.62	125.16	123.95	125.18	1.53	3.56	125.94	3.88	36.60	23.97	1.00
Graveglia	8	Q100-1	254.80	196.00	121.62	125.16	123.95	125.87	2.22	4.25	126.56	3.68	53.20	23.97	0.79
Graveglia	8	Q200-1	254.80	237.00	121.62	125.16	123.95	126.33	2.68	4.71	127.02	3.69	64.21	23.97	0.72
Graveglia	8	Q500-1	254.80	302.00	121.62	125.16	123.95	126.99	3.34	5.37	127.71	3.77	80.01	23.97	0.66
Graveglia	8	Q30-2	254.80	178.00	121.62	125.16	123.95	125.65	2.00	4.03	126.35	3.72	47.88	23.97	0.84
Graveglia	8	Q100-2	254.80	239.00	121.62	125.16	123.95	126.35	2.70	4.73	127.04	3.69	64.71	23.97	0.72
Graveglia	8	Q200-2	254.80	285.00	121.62	125.16	123.95	126.82	3.17	5.20	127.54	3.75	75.98	23.97	0.67
Graveglia	8	Q500-2	254.80	330.00	121.62	125.16	123.95	127.25	3.60	5.63	128.00	3.82	86.37	23.97	0.64
Graveglia	8	Qmax	254.80	15.00	121.62	125.16	123.95	122.84	0.86	1.22	123.02	1.89	7.94	9.18	0.65

HEC-RAS Plan: Graveglia-ATT River: Graveglia Reach: Graveglia (Continued)

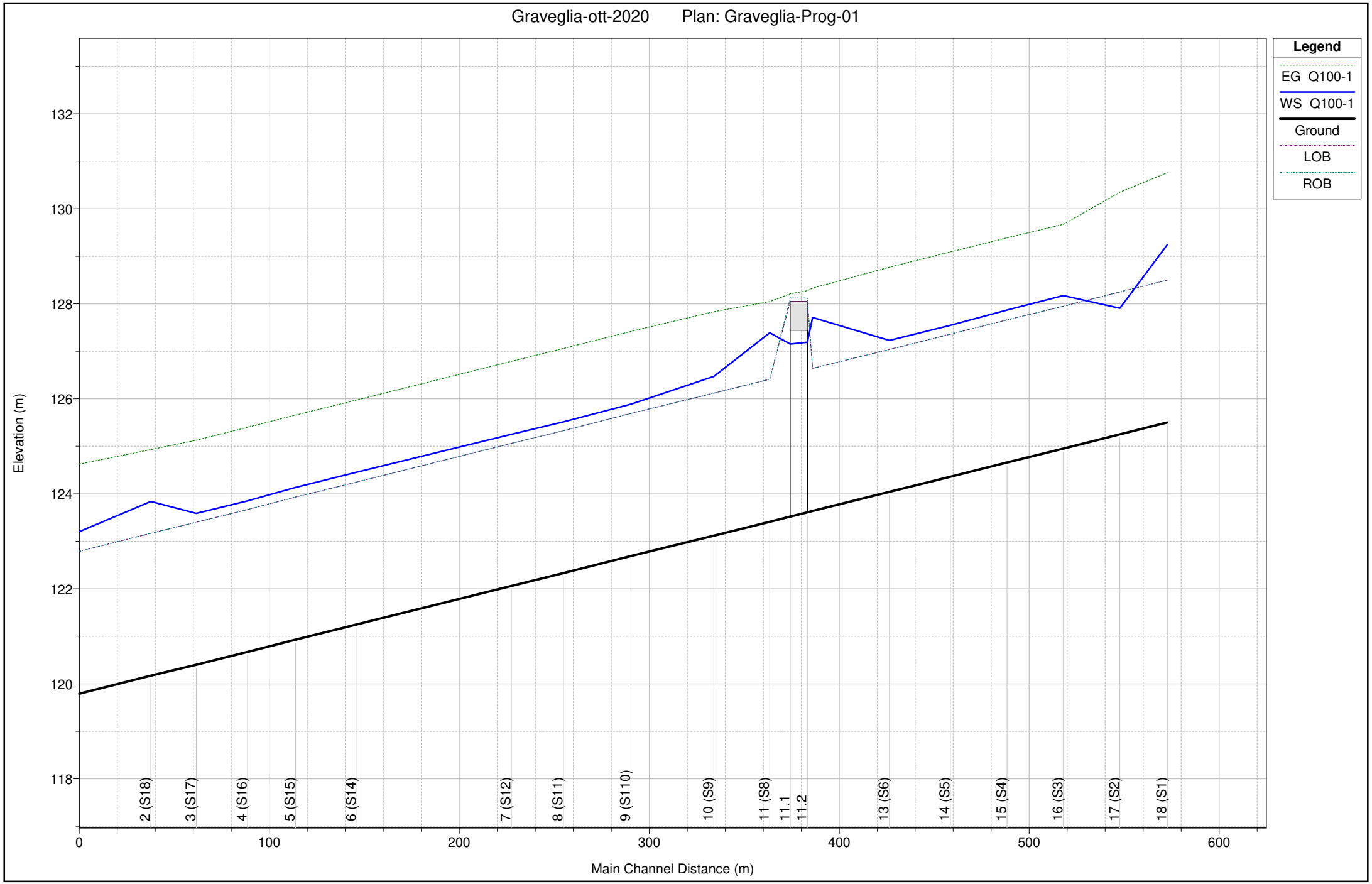
Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Q Total	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	W.S. Elev	Hydr Depth	Max Chl Dpth	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Graveglia	7	Q30-1	227.40	142.00	121.46	124.80	125.00	124.64	1.89	3.18	125.67	4.49	31.61	16.76	1.04
Graveglia	7	Q100-1	227.40	196.00	121.46	124.80	125.00	125.18	2.30	3.72	126.33	4.75	41.23	17.90	1.00
Graveglia	7	Q200-1	227.40	237.00	121.46	124.80	125.00	125.49	2.62	4.03	126.80	5.06	46.81	17.90	1.00
Graveglia	7	Q500-1	227.40	302.00	121.46	124.80	125.00	125.95	3.08	4.49	127.49	5.49	55.05	17.90	1.00
Graveglia	7	Q30-2	227.40	178.00	121.46	124.80	125.00	125.04	2.16	3.58	126.12	4.60	38.70	17.90	1.00
Graveglia	7	Q100-2	227.40	239.00	121.46	124.80	125.00	125.51	2.63	4.05	126.82	5.07	47.11	17.90	1.00
Graveglia	7	Q200-2	227.40	285.00	121.46	124.80	125.00	125.84	2.96	4.38	127.31	5.38	52.96	17.90	1.00
Graveglia	7	Q500-2	227.40	330.00	121.46	124.80	125.00	126.14	3.26	4.68	127.77	5.65	58.41	17.90	1.00
Graveglia	7	Qmax	227.40	15.00	121.46	124.80	125.00	122.75	0.89	1.29	122.90	1.75	8.59	9.61	0.59
Graveglia	6	Q30-1	146.20	142.00	121.13	123.60	124.35	124.01	1.58	2.88	124.87	4.12	34.50	21.88	1.05
Graveglia	6	Q100-1	146.20	196.00	121.13	123.60	124.35	124.89	2.01	3.76	125.46	3.35	58.57	29.08	0.75
Graveglia	6	Q200-1	146.20	237.00	121.13	123.60	124.35	125.39	2.52	4.26	125.92	3.24	73.15	29.08	0.65
Graveglia	6	Q500-1	146.20	302.00	121.13	123.60	124.35	126.13	3.25	5.00	126.65	3.19	94.54	29.08	0.57
Graveglia	6	Q30-2	146.20	178.00	121.13	123.60	124.35	124.11	1.66	2.98	125.30	4.84	36.74	22.15	1.20
Graveglia	6	Q100-2	146.20	239.00	121.13	123.60	124.35	125.41	2.54	4.28	125.95	3.24	73.84	29.08	0.65
Graveglia	6	Q200-2	146.20	285.00	121.13	123.60	124.35	125.94	3.06	4.81	126.46	3.20	89.11	29.08	0.58
Graveglia	6	Q500-2	146.20	330.00	121.13	123.60	124.35	126.42	3.55	5.29	126.94	3.20	103.23	29.08	0.54
Graveglia	6	Qmax	146.20	15.00	121.13	123.60	124.35	122.10	0.61	0.97	122.42	2.48	6.05	9.88	1.01
Graveglia	5	Q30-1	113.90	142.00	120.87	123.35	123.77	124.20	1.86	3.33	124.60	2.80	50.70	27.21	0.65
Graveglia	5	Q100-1	113.90	196.00	120.87	123.35	123.77	124.90	2.57	4.03	125.30	2.81	69.83	27.21	0.56
Graveglia	5	Q200-1	113.90	237.00	120.87	123.35	123.77	125.39	3.06	4.52	125.81	2.85	83.13	27.21	0.52
Graveglia	5	Q500-1	113.90	302.00	120.87	123.35	123.77	126.12	3.78	5.25	126.56	2.94	102.83	27.21	0.48
Graveglia	5	Q30-2	113.90	178.00	120.87	123.35	123.77	124.68	2.34	3.81	125.08	2.79	63.70	27.21	0.58
Graveglia	5	Q100-2	113.90	239.00	120.87	123.35	123.77	125.41	3.08	4.54	125.83	2.85	83.76	27.21	0.52
Graveglia	5	Q200-2	113.90	285.00	120.87	123.35	123.77	125.93	3.59	5.06	126.36	2.91	97.81	27.21	0.49
Graveglia	5	Q500-2	113.90	330.00	120.87	123.35	123.77	126.41	4.07	5.54	126.86	2.98	110.87	27.21	0.47
Graveglia	5	Qmax	113.90	15.00	120.87	123.35	123.77	121.94	0.72	1.07	122.12	1.85	8.09	11.25	0.70
Graveglia	4	Q30-1	88.60	142.00	120.55	122.84	123.20	123.64	2.20	3.09	124.45	3.97	35.77	16.29	0.85
Graveglia	4	Q100-1	88.60	196.00	120.55	122.84	123.20	124.05	2.60	3.50	125.14	4.63	42.36	16.29	0.92
Graveglia	4	Q200-1	88.60	237.00	120.55	122.84	123.20	124.33	2.88	3.78	125.63	5.05	46.96	16.29	0.95
Graveglia	4	Q500-1	88.60	302.00	120.55	122.84	123.20	124.74	3.30	4.19	126.36	5.62	53.69	16.29	0.99
Graveglia	4	Q30-2	88.60	178.00	120.55	122.84	123.20	123.92	2.47	3.37	124.92	4.42	40.26	16.29	0.90
Graveglia	4	Q100-2	88.60	239.00	120.55	122.84	123.20	124.34	2.90	3.79	125.65	5.07	47.18	16.29	0.95
Graveglia	4	Q200-2	88.60	285.00	120.55	122.84	123.20	124.64	3.19	4.09	126.17	5.48	52.02	16.29	0.98
Graveglia	4	Q500-2	88.60	330.00	120.55	122.84	123.20	124.92	3.47	4.37	126.65	5.83	56.57	16.29	1.00
Graveglia	4	Qmax	88.60	15.00	120.55	122.84	123.20	121.61	0.61	1.06	121.92	2.46	6.10	9.93	1.00
Graveglia	3	Q30-1	61.60	142.00	119.95	123.19	122.43	123.90	2.00	3.95	124.20	2.46	59.02	29.53	0.55
Graveglia	3	Q100-1	61.60	196.00	119.95	123.19	122.43	124.48	2.58	4.53	124.82	2.64	76.12	29.53	0.52

HEC-RAS Plan: Graveglia-ATT River: Graveglia Reach: Graveglia (Continued)

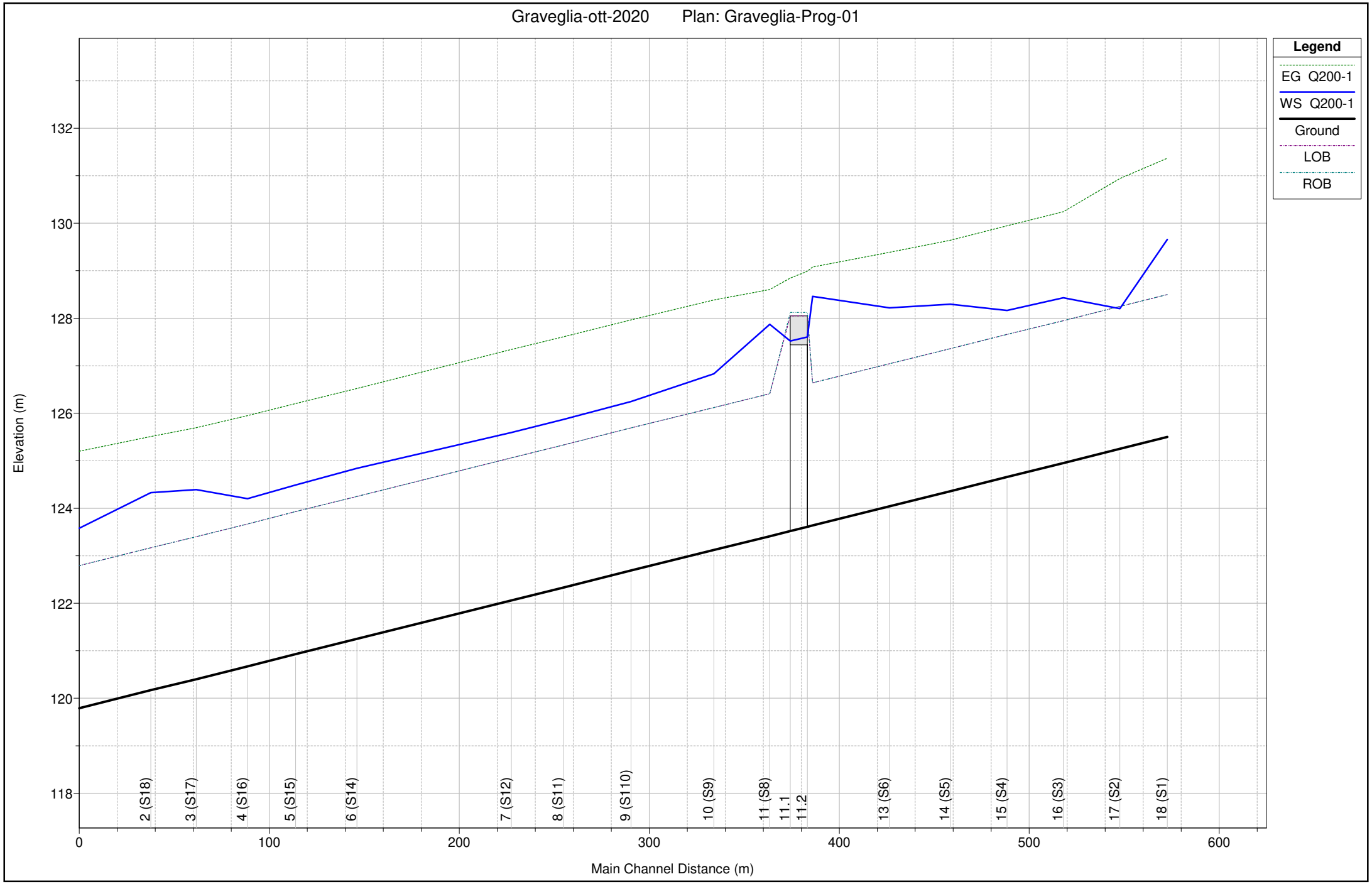
Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Q Total	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	W.S. Elev	Hydr Depth	Max Chl Dpth	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Graveglia	3	Q200-1	61.60	237.00	119.95	123.19	122.43	124.88	2.98	4.93	125.26	2.76	88.13	29.53	0.51
Graveglia	3	Q500-1	61.60	302.00	119.95	123.19	122.43	125.49	3.59	5.54	125.91	2.93	105.94	29.53	0.49
Graveglia	3	Q30-2	61.60	178.00	119.95	123.19	122.43	124.29	2.39	4.34	124.62	2.58	70.64	29.53	0.53
Graveglia	3	Q100-2	61.60	239.00	119.95	123.19	122.43	124.90	3.00	4.95	125.28	2.77	88.71	29.53	0.51
Graveglia	3	Q200-2	61.60	285.00	119.95	123.19	122.43	125.33	3.43	5.38	125.75	2.89	101.39	29.53	0.50
Graveglia	3	Q500-2	61.60	330.00	119.95	123.19	122.43	125.73	3.83	5.78	126.18	3.00	113.19	29.53	0.49
Graveglia	3	Qmax	61.60	15.00	119.95	123.19	122.43	121.59	1.10	1.64	121.67	1.25	12.01	10.93	0.38
Graveglia	2	Q30-1	37.70	142.00	120.27	122.89	122.17	123.19	1.73	2.92	124.05	4.20	35.32	20.42	0.98
Graveglia	2	Q100-1	37.70	196.00	120.27	122.89	122.17	123.60	2.14	3.33	124.66	4.69	43.73	20.42	0.99
Graveglia	2	Q200-1	37.70	237.00	120.27	122.89	122.17	123.89	2.43	3.61	125.10	5.01	49.58	20.42	1.00
Graveglia	2	Q500-1	37.70	302.00	120.27	122.89	122.17	124.30	2.85	4.03	125.74	5.45	58.12	20.42	1.01
Graveglia	2	Q30-2	37.70	178.00	120.27	122.89	122.17	123.46	2.00	3.19	124.47	4.55	40.93	20.42	0.99
Graveglia	2	Q100-2	37.70	239.00	120.27	122.89	122.17	123.90	2.44	3.63	125.12	5.02	49.83	20.42	1.00
Graveglia	2	Q200-2	37.70	285.00	120.27	122.89	122.17	124.20	2.74	3.93	125.57	5.33	56.04	20.42	1.00
Graveglia	2	Q500-2	37.70	330.00	120.27	122.89	122.17	124.48	3.02	4.21	126.00	5.61	61.77	20.42	1.01
Graveglia	2	Qmax	37.70	15.00	120.27	122.89	122.17	121.27	0.60	1.00	121.57	2.45	6.13	10.27	1.01
Graveglia	1	Q30-1		142.00	119.79	122.85	122.15	122.85	1.56	3.06	123.72	4.13	34.39	22.00	1.05
Graveglia	1	Q100-1		196.00	119.79	122.85	122.15	123.15	1.86	3.36	124.32	4.78	41.00	22.00	1.12
Graveglia	1	Q200-1		237.00	119.79	122.85	122.15	123.36	2.07	3.57	124.74	5.20	45.61	22.00	1.15
Graveglia	1	Q500-1		302.00	119.79	122.85	122.15	123.68	2.39	3.89	125.36	5.75	52.49	22.00	1.19
Graveglia	1	Q30-2		178.00	119.79	122.85	122.15	123.05	1.76	3.26	124.13	4.59	38.81	22.00	1.10
Graveglia	1	Q100-2		239.00	119.79	122.85	122.15	123.37	2.08	3.58	124.76	5.21	45.84	22.00	1.15
Graveglia	1	Q200-2		285.00	119.79	122.85	122.15	123.60	2.31	3.81	125.20	5.61	50.79	22.00	1.18
Graveglia	1	Q500-2		330.00	119.79	122.85	122.15	123.80	2.51	4.01	125.62	5.97	55.31	22.00	1.20
Graveglia	1	Qmax		15.00	119.79	122.85	122.15	120.63	0.62	0.84	121.06	2.93	5.12	8.20	1.18



1 cm Horiz. = 25 m 1 cm Vert. = 1 m

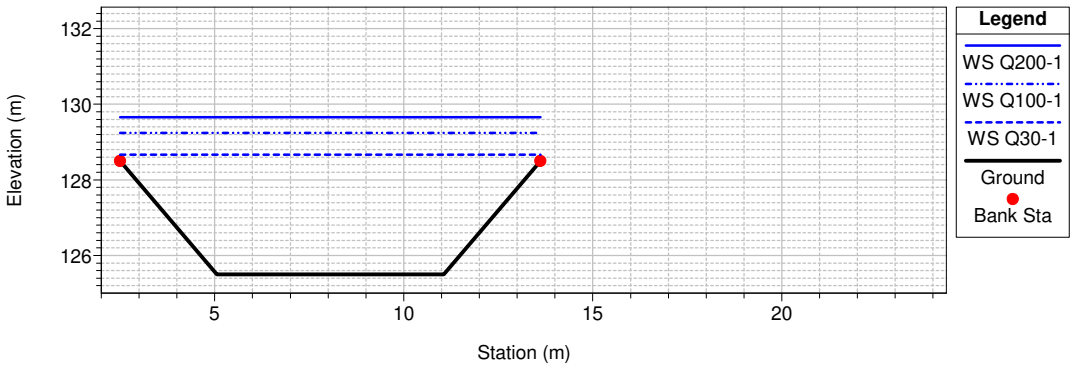


1 cm Horiz. = 25 m 1 cm Vert. = 1 m

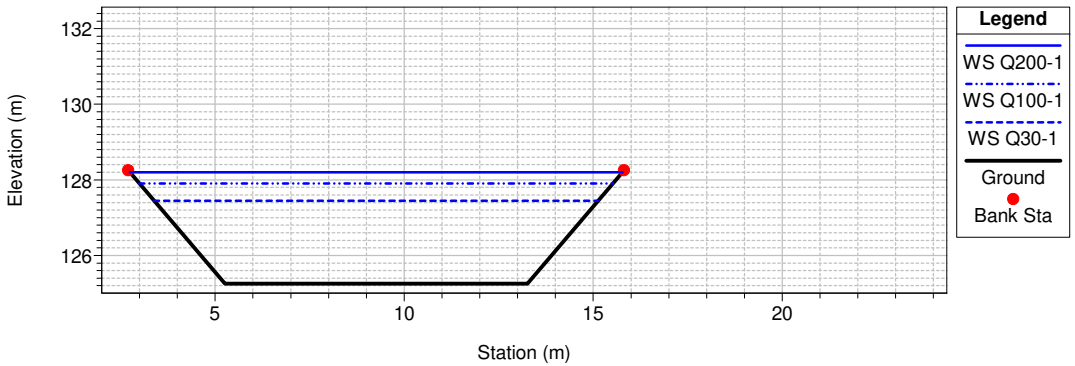


1 cm Horiz. = 25 m 1 cm Vert. = 1 m

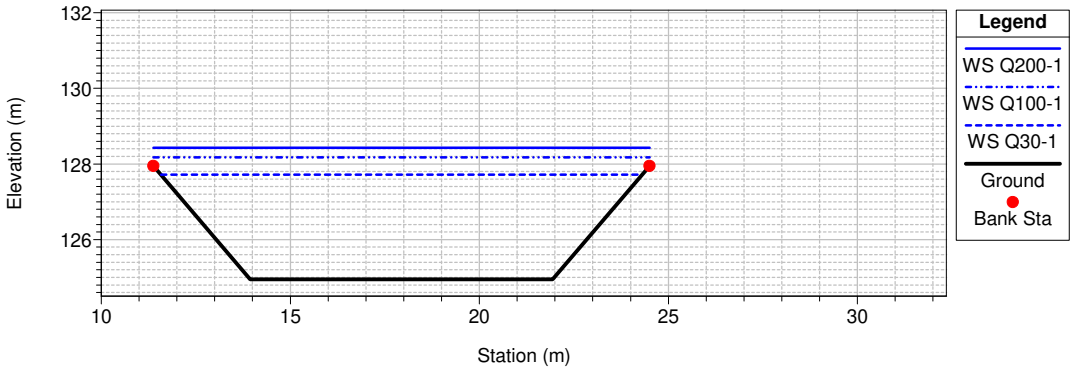
Graveglia-ott-2020 Plan: Graveglia-Prog-01
RS = 18 18 (S1)



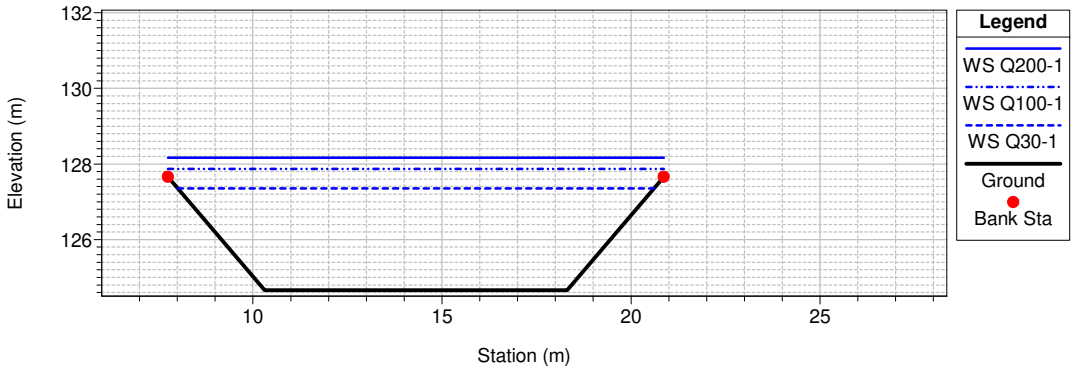
Graveglia-ott-2020 Plan: Graveglia-Prog-01
RS = 17 17 (S2)



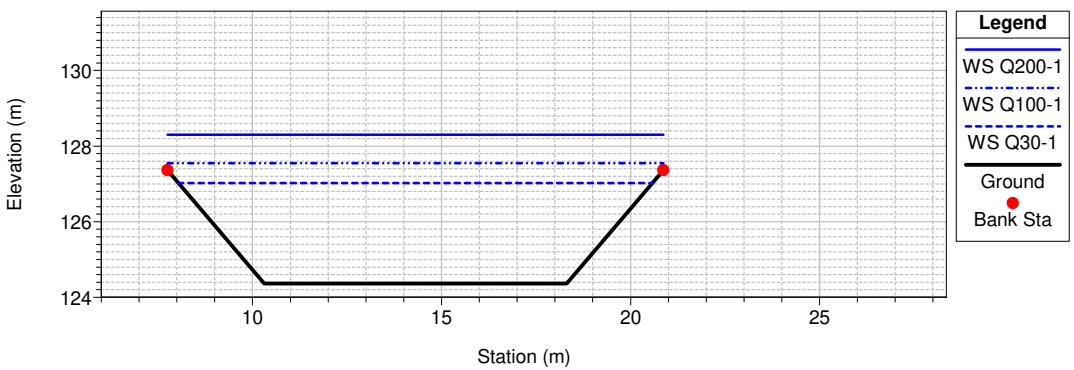
Graveglia-ott-2020 Plan: Graveglia-Prog-01
RS = 16 16 (S3)



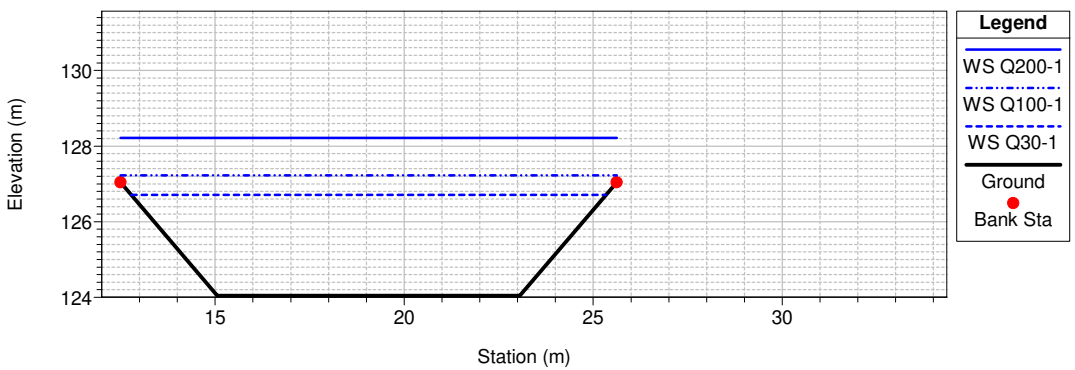
Graveglia-ott-2020 Plan: Graveglia-Prog-01
RS = 15 15 (S4)



Graveglia-ott-2020 Plan: Graveglia-Prog-01
RS = 14 14 (S5)

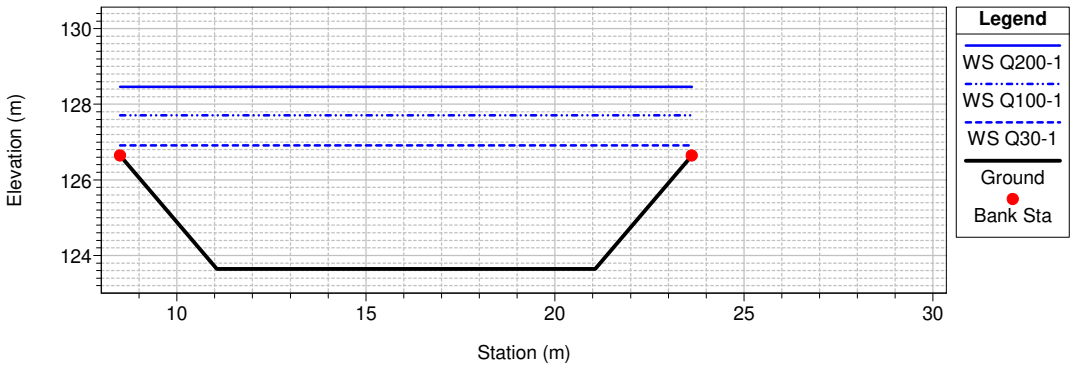


Graveglia-ott-2020 Plan: Graveglia-Prog-01
RS = 13 13 (S6)

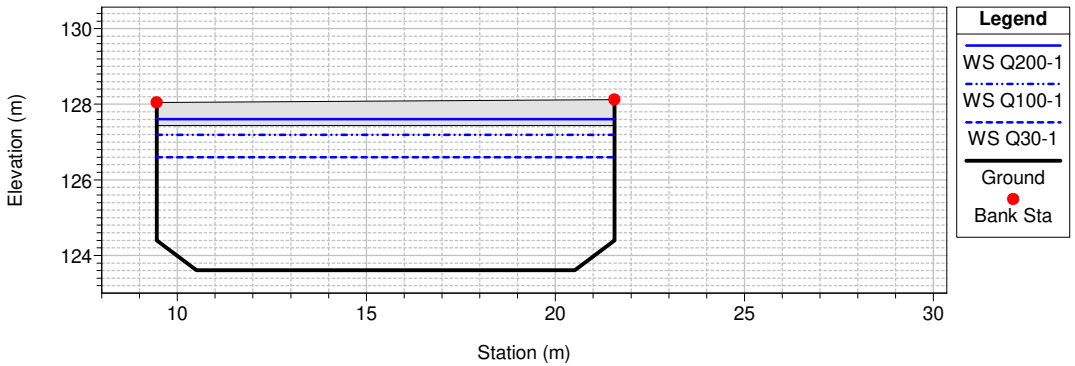


1 cm Horiz. = 2 m 1 cm Vert. = 2 m

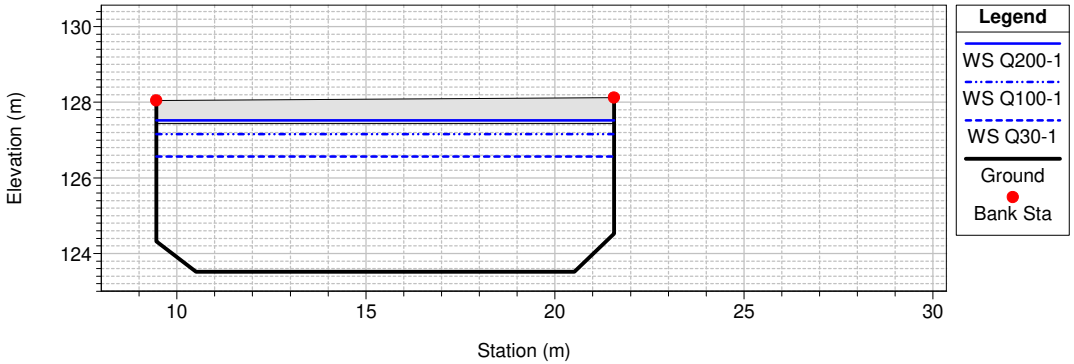
Graveglia-ott-2020 Plan: Graveglia-Prog-01
RS = 12 12 (S7)



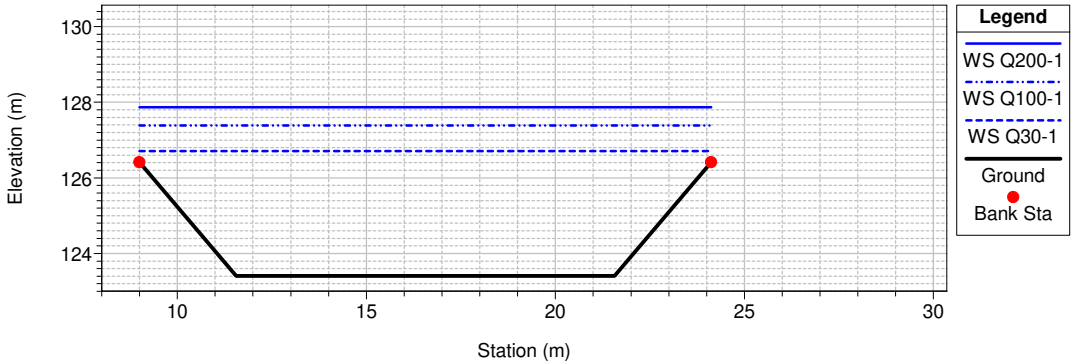
Graveglia-ott-2020 Plan: Graveglia-Prog-01
RS = 11.2 11.2



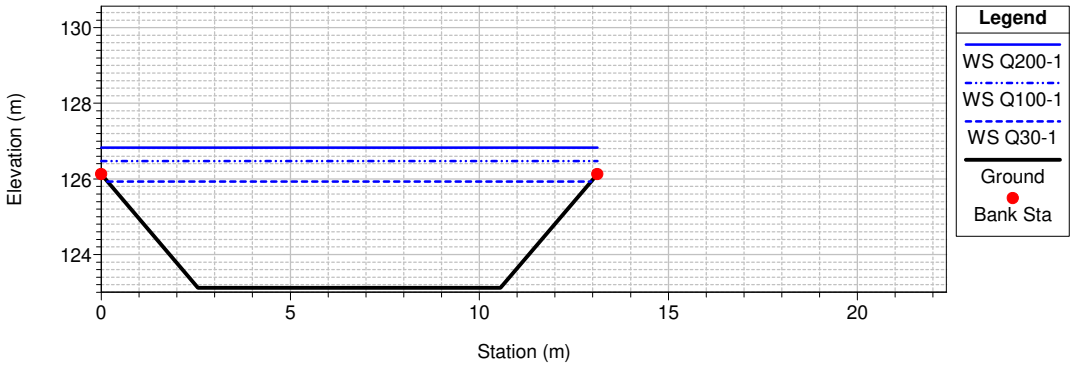
Graveglia-ott-2020 Plan: Graveglia-Prog-01
RS = 11.1 11.1



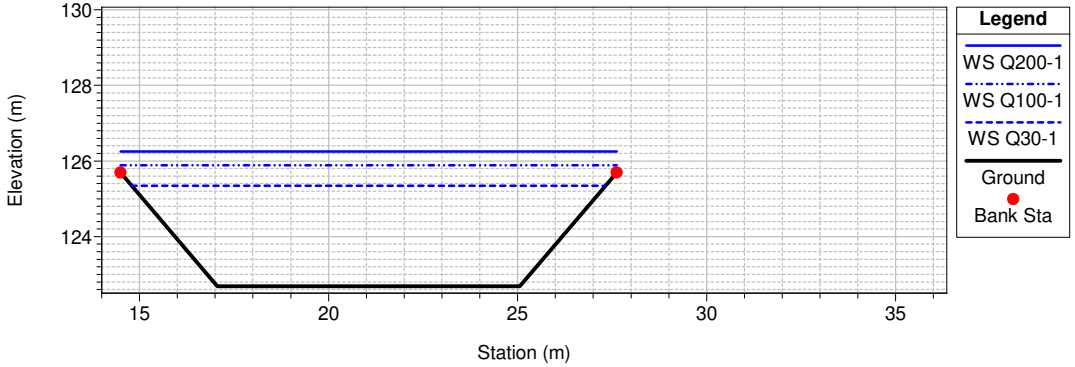
Graveglia-ott-2020 Plan: Graveglia-Prog-01
RS = 11 11 (S8)



Graveglia-ott-2020 Plan: Graveglia-Prog-01
RS = 10 10 (S9)

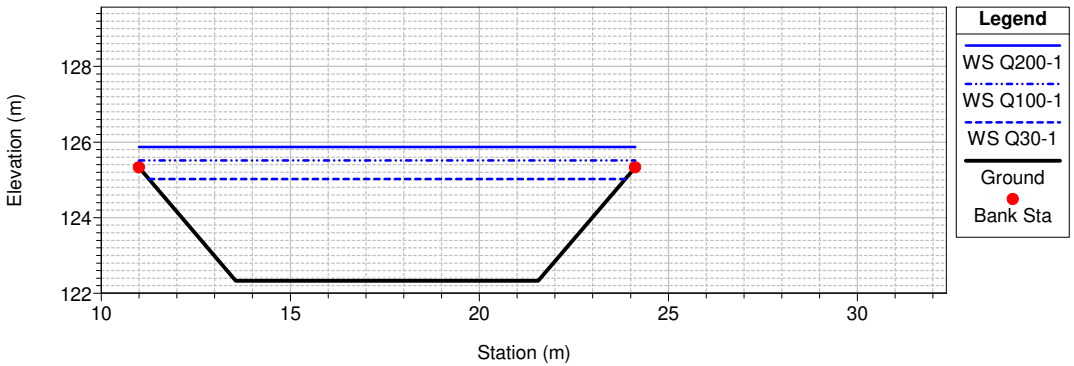


Graveglia-ott-2020 Plan: Graveglia-Prog-01
RS = 9 9 (S110)

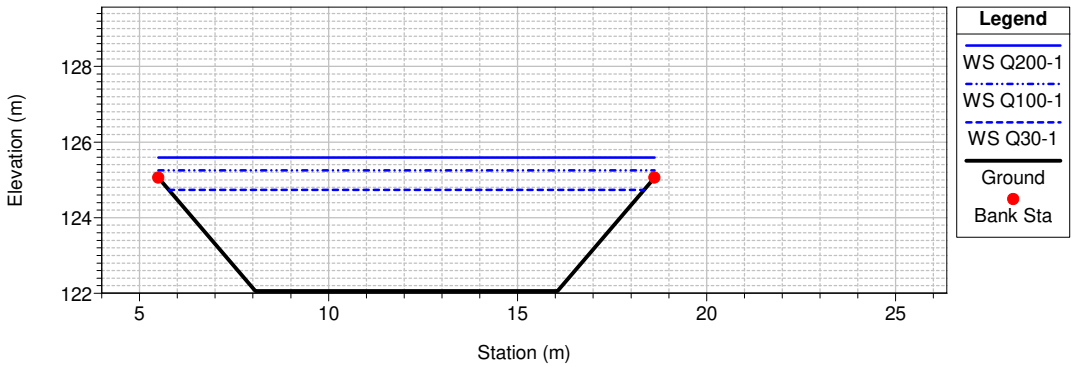


1 cm Horiz. = 2 m 1 cm Vert. = 2 m

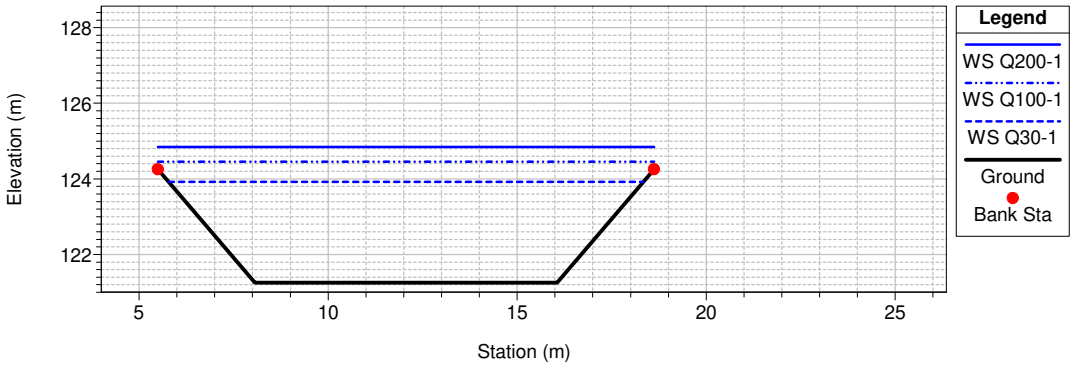
Graveglia-ott-2020 Plan: Graveglia-Prog-01
RS = 8 8 (S11)



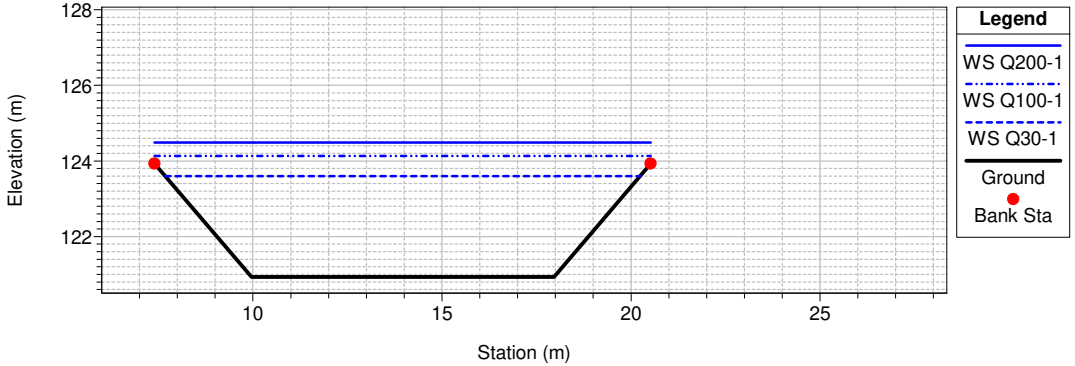
Graveglia-ott-2020 Plan: Graveglia-Prog-01
RS = 7 7 (S12)



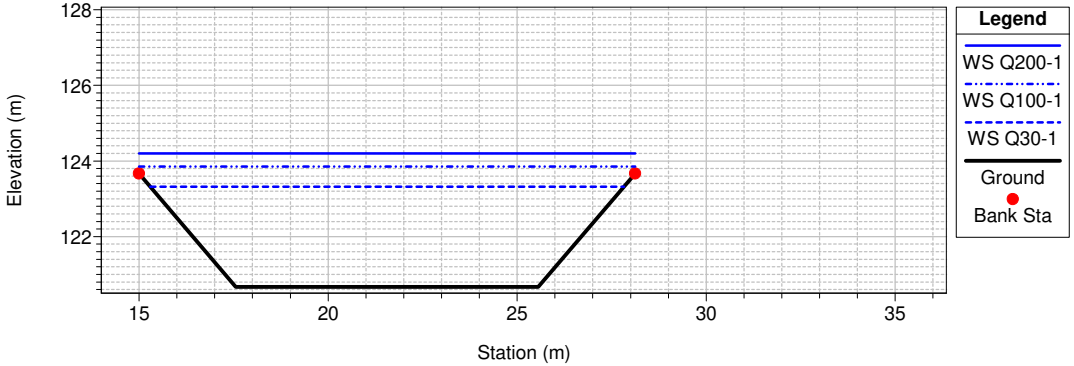
Graveglia-ott-2020 Plan: Graveglia-Prog-01
RS = 6 6 (S14)



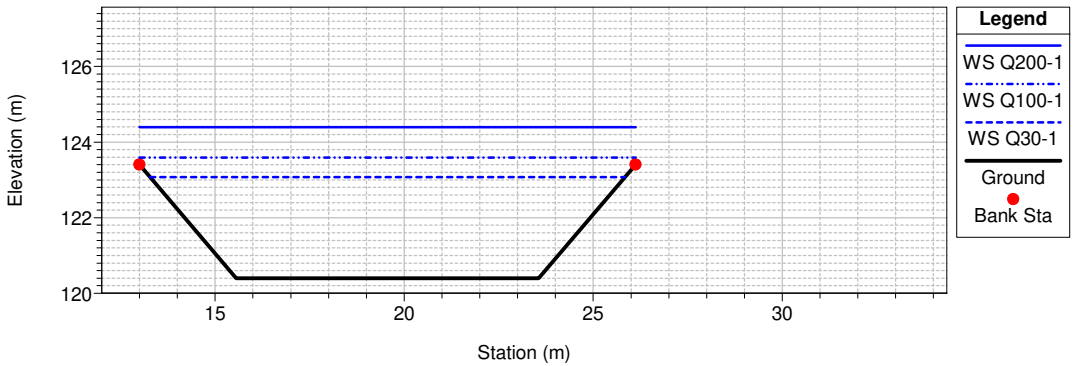
Graveglia-ott-2020 Plan: Graveglia-Prog-01
RS = 5 5 (S15)



Graveglia-ott-2020 Plan: Graveglia-Prog-01
RS = 4 4 (S16)



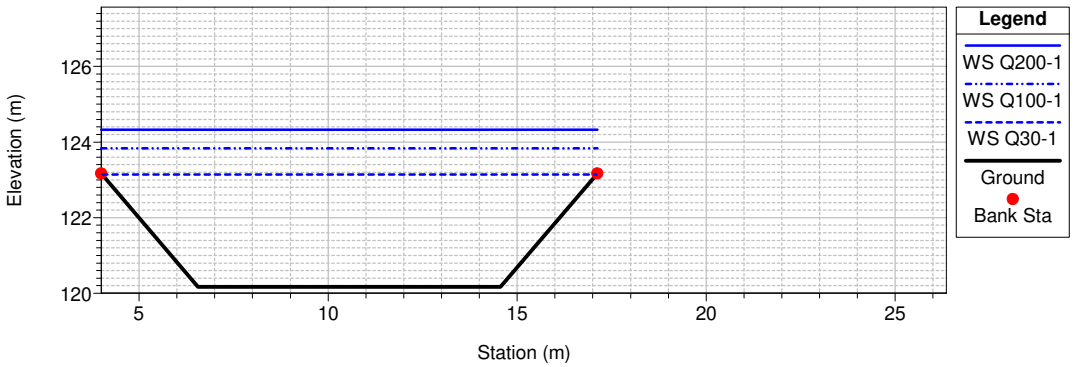
Graveglia-ott-2020 Plan: Graveglia-Prog-01
RS = 3 3 (S17)



1 cm Horiz. = 2 m 1 cm Vert. = 2 m

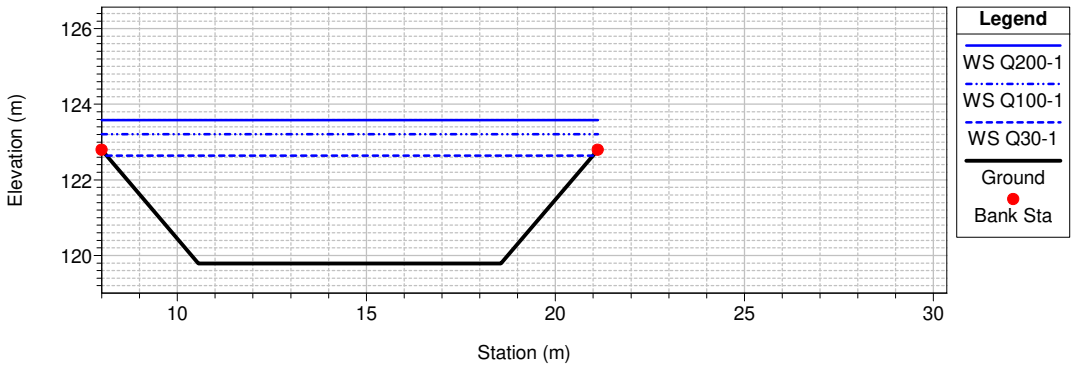
Graveglia-ott-2020 Plan: Graveglia-Prog-01

RS = 2 2 (S18)



Graveglia-ott-2020 Plan: Graveglia-Prog-01

RS = 1 1 (S19)



1 cm Horiz. = 2 m 1 cm Vert. = 2 m

HEC-RAS Plan: Grav-Prog-01 River: Graveglia Reach: Graveglia

Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Q Total	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	W.S. Elev	Hydr Depth	Max Chl Dpth	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Graveglia	18	Q30-1	572.70	142.00	125.50	128.50	128.50	128.67	2.42	3.17	129.89	4.89	29.04	12.00	1.00
Graveglia	18	Q100-1	572.70	196.00	125.50	128.50	128.50	129.24	2.99	3.74	130.76	5.46	35.92	12.00	1.01
Graveglia	18	Q200-1	572.70	237.00	125.50	128.50	128.50	129.66	3.41	4.16	131.37	5.80	40.88	12.00	1.00
Graveglia	17	Q30-1	547.70	142.00	125.25	128.25	128.25	127.45	1.81	2.20	129.49	6.33	22.43	12.40	1.50
Graveglia	17	Q100-1	547.70	196.00	125.25	128.25	128.25	127.91	2.13	2.66	130.35	6.92	28.31	13.31	1.52
Graveglia	17	Q200-1	547.70	237.00	125.25	128.25	128.25	128.20	2.32	2.95	130.94	7.34	32.30	13.90	1.54
Graveglia	16	Q30-1	517.90	142.00	124.95	127.95	127.95	127.72	2.20	2.77	128.87	4.77	29.78	13.53	1.03
Graveglia	16	Q100-1	517.90	196.00	124.95	127.95	127.95	128.17	2.58	3.22	129.67	5.42	36.14	14.00	1.08
Graveglia	16	Q200-1	517.90	237.00	124.95	127.95	127.95	128.43	2.84	3.48	130.24	5.96	39.75	14.00	1.13
Graveglia	15	Q30-1	488.30	142.00	124.66	127.66	127.66	127.35	2.15	2.69	128.59	4.94	28.77	13.38	1.07
Graveglia	15	Q100-1	488.30	196.00	124.66	127.66	127.66	127.87	2.56	3.21	129.39	5.46	35.91	14.00	1.09
Graveglia	15	Q200-1	488.30	237.00	124.66	127.66	127.66	128.16	2.86	3.50	129.95	5.92	40.04	14.00	1.12
Graveglia	14	Q30-1	458.50	142.00	124.36	127.36	127.36	127.02	2.13	2.66	128.30	5.00	28.42	13.33	1.09
Graveglia	14	Q100-1	458.50	196.00	124.36	127.36	127.36	127.55	2.55	3.19	129.09	5.50	35.64	14.00	1.10
Graveglia	14	Q200-1	458.50	237.00	124.36	127.36	127.36	128.30	3.29	3.94	129.64	5.14	46.12	14.00	0.90
Graveglia	13	Q30-1	426.40	142.00	124.04	127.04	127.04	126.71	2.13	2.67	127.98	4.99	28.46	13.34	1.09
Graveglia	13	Q100-1	426.40	196.00	124.04	127.04	127.04	127.23	2.55	3.19	128.77	5.50	35.65	14.00	1.10
Graveglia	13	Q200-1	426.40	237.00	124.04	127.04	127.04	128.22	3.54	4.18	129.39	4.78	49.53	14.00	0.81
Graveglia	12	Q30-1	386.00	142.00	123.64	126.64	126.64	126.91	2.71	3.27	127.46	3.28	43.34	16.00	0.64
Graveglia	12	Q100-1	386.00	196.00	123.64	126.64	126.64	127.71	3.51	4.07	128.33	3.49	56.12	16.00	0.60
Graveglia	12	Q200-1	386.00	237.00	123.64	126.64	126.64	128.46	4.26	4.82	129.08	3.48	68.14	16.00	0.54
Graveglia	11.2	Q30-1	383.20	142.00	123.61	127.44	127.44	126.59	2.92	2.98	127.42	4.03	35.28	12.10	0.75
Graveglia	11.2	Q100-1	383.20	196.00	123.61	127.44	127.44	127.19	3.51	3.58	128.27	4.61	42.47	12.10	0.79
Graveglia	11.2	Q200-1	383.20	237.00	123.61	127.44	127.44	127.61		4.00	128.99	5.21	45.51		0.83
Graveglia	11.1	Q30-1	374.20	142.00	123.52	127.44	127.44	126.57	2.97	3.05	127.36	3.95	35.94	12.10	0.73
Graveglia	11.1	Q100-1	374.20	196.00	123.52	127.44	127.44	127.15	3.56	3.63	128.21	4.56	43.02	12.10	0.77
Graveglia	11.1	Q200-1	374.20	237.00	123.52	127.44	127.44	127.52		4.00	128.84	5.10	46.49		0.81
Graveglia	11	Q30-1	363.40	142.00	123.41	126.41	126.41	126.71	2.73	3.30	127.24	3.25	43.73	16.00	0.63
Graveglia	11	Q100-1	363.40	196.00	123.41	126.41	126.41	127.39	3.42	3.98	128.04	3.58	54.68	16.00	0.62
Graveglia	11	Q200-1	363.40	237.00	123.41	126.41	126.41	127.87	3.90	4.46	128.61	3.80	62.36	16.00	0.61
Graveglia	10	Q30-1	334.00	142.00	123.12	126.12	126.12	125.93	2.23	2.81	127.04	4.68	30.36	13.62	1.00
Graveglia	10	Q100-1	334.00	196.00	123.12	126.12	126.12	126.47	2.71	3.35	127.83	5.17	37.92	14.00	1.00
Graveglia	10	Q200-1	334.00	237.00	123.12	126.12	126.12	126.83	3.07	3.71	128.38	5.52	42.95	14.00	1.01

HEC-RAS Plan: Grav-Prog-01 River: Graveglia Reach: Graveglia (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Q Total	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	W.S. Elev	Hydr Depth	Max Chl Dpth	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Graveglia	9	Q30-1	290.40	142.00	122.69	125.69	125.69	125.35	2.13	2.66	126.63	5.01	28.34	13.32	1.10
Graveglia	9	Q100-1	290.40	196.00	122.69	125.69	125.69	125.89	2.55	3.20	127.42	5.48	35.77	14.00	1.09
Graveglia	9	Q200-1	290.40	237.00	122.69	125.69	125.69	126.25	2.91	3.56	127.97	5.81	40.80	14.00	1.09
Graveglia	8	Q30-1	254.80	142.00	122.33	125.33	125.33	125.02	2.15	2.69	126.26	4.94	28.77	13.38	1.07
Graveglia	8	Q100-1	254.80	196.00	122.33	125.33	125.33	125.51	2.54	3.18	127.06	5.51	35.58	14.00	1.10
Graveglia	8	Q200-1	254.80	237.00	122.33	125.33	125.33	125.87	2.90	3.54	127.61	5.85	40.55	14.00	1.10
Graveglia	7	Q30-1	227.40	142.00	122.06	125.06	125.06	124.74	2.14	2.68	125.99	4.97	28.59	13.35	1.08
Graveglia	7	Q100-1	227.40	196.00	122.06	125.06	125.06	125.25	2.55	3.19	126.79	5.50	35.66	14.00	1.10
Graveglia	7	Q200-1	227.40	237.00	122.06	125.06	125.06	125.59	2.89	3.53	127.34	5.86	40.46	14.00	1.10
Graveglia	6	Q30-1	146.20	142.00	121.25	124.25	124.25	123.92	2.13	2.67	125.19	4.99	28.47	13.34	1.09
Graveglia	6	Q100-1	146.20	196.00	121.25	124.25	124.25	124.45	2.56	3.20	125.98	5.47	35.86	14.00	1.09
Graveglia	6	Q200-1	146.20	237.00	121.25	124.25	124.25	124.84	2.95	3.59	126.52	5.74	41.28	14.00	1.07
Graveglia	5	Q30-1	113.90	142.00	120.93	123.93	123.93	123.60	2.13	2.67	124.87	4.99	28.47	13.34	1.09
Graveglia	5	Q100-1	113.90	196.00	120.93	123.93	123.93	124.13	2.56	3.20	125.66	5.47	35.86	14.00	1.09
Graveglia	5	Q200-1	113.90	237.00	120.93	123.93	123.93	124.49	2.92	3.56	126.21	5.80	40.84	14.00	1.08
Graveglia	4	Q30-1	88.60	142.00	120.67	123.67	123.67	123.32	2.12	2.65	124.61	5.03	28.24	13.30	1.10
Graveglia	4	Q100-1	88.60	196.00	120.67	123.67	123.67	123.85	2.54	3.18	125.40	5.52	35.50	14.00	1.11
Graveglia	4	Q200-1	88.60	237.00	120.67	123.67	123.67	124.20	2.89	3.53	125.95	5.86	40.45	14.00	1.10
Graveglia	3	Q30-1	61.60	142.00	120.40	123.40	123.40	123.08	2.14	2.68	124.33	4.97	28.56	13.35	1.09
Graveglia	3	Q100-1	61.60	196.00	120.40	123.40	123.40	123.59	2.55	3.19	125.13	5.50	35.66	14.00	1.10
Graveglia	3	Q200-1	61.60	237.00	120.40	123.40	123.40	124.39	3.35	3.99	125.69	5.05	46.91	14.00	0.88
Graveglia	2	Q30-1	37.70	142.00	120.17	123.17	123.17	123.14	2.34	2.97	124.11	4.36	32.60	13.94	0.91
Graveglia	2	Q100-1	37.70	196.00	120.17	123.17	123.17	123.84	3.02	3.67	124.93	4.63	42.32	14.00	0.85
Graveglia	2	Q200-1	37.70	237.00	120.17	123.17	123.17	124.33	3.52	4.16	125.51	4.81	49.23	14.00	0.82
Graveglia	1	Q30-1		142.00	119.79	122.79	122.79	122.64	2.31	2.85	123.80	4.78	29.73	12.86	1.00
Graveglia	1	Q100-1		196.00	119.79	122.79	122.79	123.20	2.83	3.41	124.63	5.28	37.11	13.12	1.00
Graveglia	1	Q200-1		237.00	119.79	122.79	122.79	123.58	3.20	3.79	125.20	5.64	42.02	13.12	1.01

APPENDICE 1

SOFTWARE DI CALCOLO HEC-RAS 5.0.5

Il software di calcolo *Hec-Ras* della US Army Corps of Engineers consente il calcolo dell'andamento dei profili di rigurgito in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali o canali artificiali e la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie, stramazzi, aree golenali ecc.,

La determinazione del profilo teorico è ottenuta tramite l'applicazione del cosiddetto *Standard step method* che si basa sulla semplice equazione mono-dimensionale del contenuto energetico della corrente:

$$H_1 - H_2 = h_f + h_e$$

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

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

$$h_f = j_f \cdot L$$

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

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

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

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

dove $Q[m^3/s]$ è la portata di calcolo e K (denominato *conveyance*) è ricavabile attraverso la seguente espressione:

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

dove $A[m^2]$ l'area della sezione liquida, $R[m]$ il raggio idraulico e $n[m^{-1/3}\ s]$ è il parametro rappresentativo della scabrezza del fondo e delle sponde di Manning.

Il valore del coefficiente n è determinato secondo la procedura sviluppata da Cowan selezionando le caratteristiche più rilevanti ai fini della quantificazione dell'indice di resistenza.

Il termine h_e dipende invece dalla variazione del carico cinetico della corrente tra le sezioni 1 e 2 dovuta al cambio di geometria delle sezioni stesse ed è a sua volta esprimibile come:

$$h_e = \beta \cdot \left| \alpha_1 \cdot \frac{V_1^2}{2 \cdot g} - \alpha_2 \cdot \frac{V_2^2}{2 \cdot g} \right|$$

dove β è un coefficiente di contrazione o espansione dipendente dalle condizioni geometriche del tratto considerato, V_1 e V_2 $[m/s]$ sono i valori delle velocità medie agli estremi del tronco e α_1 e α_2 sono i coefficienti correttivi dell'energia cinetica.

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

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

La procedura di calcolo utilizzata consente di simulare il deflusso a pelo libero al di sotto dell'impalcato, il deflusso in pressione al di sotto dell'impalcato e la combinazione del deflusso in pressione e del deflusso con scavalcamento dell'impalcato stesso (funzionamento a stramazzo).

Per il deflusso a pelo libero il modello consente la scelta fra diversi metodi di calcolo quali il metodo del bilancio energetico (*Standard step method*), il metodo dei momenti (*Momentum Balance*), la formula di Yarnell per correnti lente.

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

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

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

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

Il funzionamento a stramazzo è simulato attraverso la formulazione standard:

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

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

Nel caso di funzionamento combinato di moto in pressione con scavalcamento del ponte (stramazzo) l'entità delle portate stramazzanti e defluenti al di sotto dell'impalcato viene determinata attraverso una procedura iterativa combinando le equazioni che regolano i due fenomeni.

Il modello consente inoltre il calcolo del funzionamento in pressione di coperture, scatolari, tombinature e della portata esondata lungo le sponde nei tratti a cielo aperto quando il livello superi le quote di sommità arginale (*lateral structure*).

Nel rispetto dell'equazione di continuità il programma fornisce in quest'ultimo caso per ciascuna configurazione di portata imposta da monte l'entità delle portate esondate per ciascuno stramazzo laterale e la portata residua di valle, con i rispettivi livelli.