

REGIONE
ABRUZZO



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Mims

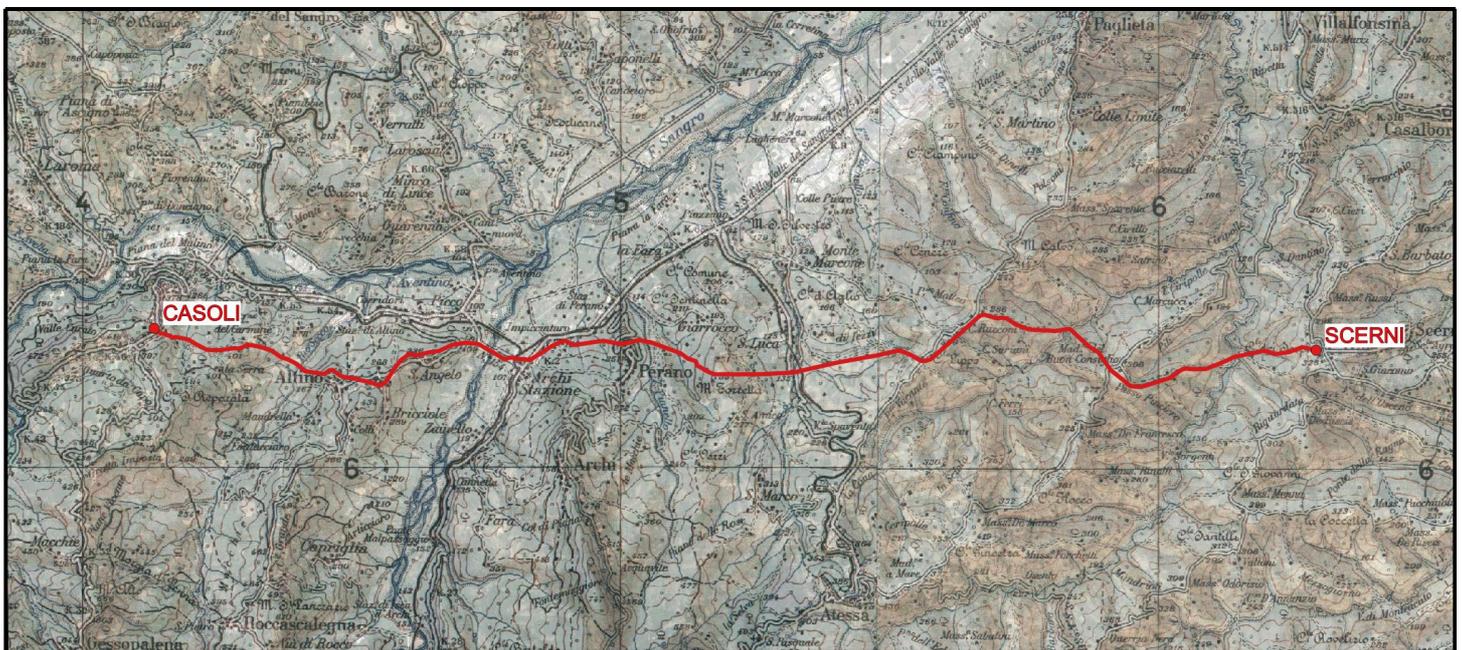
Ministero delle infrastrutture
e della mobilità sostenibili

POTENZIAMENTO DEL SISTEMA ACQUEDOTTISTICO "VERDE"

Riquilificazione delle condotte adduttrici esistenti e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica dell'acquedotto Verde

Il stralcio funzionale Casoli - Scerni" - CUP: E11B21004480006

PNRR-M2C4-14.1-A2-35



PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

TITOLO ELABORATO

ELABORATI GENERALI
ELABORATI GENERALI

Relazione di compatibilità idraulica - Fiume Appello

SCALA

FOGLIO

IL PROGETTISTA



Ai ENGINEERING S.r.l. - Ai Studio
Corso Ferrucci, 112 Blocco B (VI° Piano) 10138 Torino - Italy
Tel: +39 011 53 14 511 | Fax: +39 011 56 83 482
E-mail: posta@aigroup.it | Website: www.aigroup.it



Dott. geol. Giovanni Mancini
Via Vidacchio, 4 63100 Ascoli Piceno - Italy
E-mail: info@geomancini.it

FASE	OPERA	TIPO DOCUMENTO	PROGRESSIVO	REV.	CODIFICA
FTE	GEN	R	008	00	FTE_GEN_R_008_00

R.U.P.

Dott. Fabrizio Talone

AGGIORNAMENTI:

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLL.	APPROV.
0	27/10/2022	EMISSIONE	F.Tatulli	E.Perucca	J.Tarchiani

Indice

1	INTRODUZIONE E RIFERIMENTI NORMATIVI	1
2	INQUADRAMENTO E DESCRIZIONE GENERALE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO	2
2.1	Inquadramento dell'area di verifica	2
2.2	Descrizione del ponte tubo in progetto	3
2.3	Rilievo Topografico e DTM	4
3	VERIFICA IDRAULICA MONODIMENSIONALE	4
3.1	Descrizione del modello di calcolo	5
3.1.1	Calcolo del profilo di moto permanente	5
3.2	Implementazione della geometria di calcolo	10
3.2.2	Modello monodimensionale	10
3.2.3	Coefficiente di scabrezza	11
3.2.4	Condizioni al contorno	12
4	SCENARI DI CALCOLO E ANALISI DEI RISULTATI	12
4.1	Stato di fatto	12
4.2	Stato di progetto	14
4.3	Verifica del franco idraulico	15

1 INTRODUZIONE E RIFERIMENTI NORMATIVI

SASI S.p.a ha affidato al Raggruppamento Temporaneo di Imprese formato da *Ai Engineering s.r.l. (mandataria)*, *Ai Studio (mandante)* e *Dott. Geol. Giovanni Mancini (mandante)* l'incarico riguardante la prestazione di servizi di ingegneria inerenti alla progettazione di fattibilità tecnico-economica, con assolvimento delle prestazioni geologiche annesse, relativa alla realizzazione delle opere denominate "Riqualificazione delle condotte adduttrici esistenti e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica dell'acquedotto Verde". CUP: E11821004480006 ; PNRR-M2C4-I4.1-A2-35

La Società Abruzzese per il Servizio Idrico Integrato (S.A.S.I. s.p.a) si occupa del controllo e della gestione della fornitura idrica della regione Abruzzo, dove attraverso un complesso sistema costituito da un sistema di captazione, di condotte idriche adduttrici, di serbatoi e reti idriche interne comunali, alimenta e soddisfa il fabbisogno di 92 Comuni per un totale di circa 300.000 abitanti. L'approvvigionamento principale avviene tramite un sistema di acquedotti gestiti dall'ex Consorzio denominati Acquedotto del Verde, Acquedotto dell'Avello, Acquedotto di Capo Vallone, Acquedotto di Atessa, Acquedotto Acquevive (o di Taranta Peligna) e l'Acquedotto del Sinello. La rete acquedottistica di adduzione è stata realizzata a partire dall'inizio degli anni 50' e articolata in gallerie, scavi in trincea e attraversamenti.

Tra questi l'Acquedotto del Verde è il più importante acquedotto esistente all'interno dell'A.T.O 6. È alimentato dalle sorgenti del Verde nella Val di Serviera nel comune di Fara San Martino, ai piedi del massiccio della Maiella attraverso opere di presa costituite da gallerie e pozzi. L'acquedotto si articola in una 'adduttrice principale che va da Fara San Martino a Casoli raddoppiata in alcuni tratti e, a partire dal partitore di Casoli si divide in due grandi adduttrici, l'adduttrice Nord (che serve i comuni dell'area Lancianese e Ortonese) e l'adduttrice Est (che serve l'area di tutta l'area Vastese).

Il presente progetto costituisce il II° stralcio funzionale della realizzazione della terza condotta in affiancamento a quelle esistenti del sistema acquedottistico Verde ubicato tra i nodi di Casoli e Scerni. L'intervento si colloca nell'ottica di riorganizzazione della risorsa idrica gestita da S.A.S.I che prevede di potenziare la capacità di trasporto dell'Acquedotto Verde e al contempo di aumentare la resilienza dell'intera rete di distribuzione. Tale intervento consentirebbe di assicurare anche una maggiore efficienza e gestione del sistema in caso di guasti.

Stabilito l'andamento planimetrico ed altimetrico del tracciato in progetto, per la redazione del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica dell'intervento è necessario a questo punto effettuare opportune verifiche di compatibilità idraulica, data la presenza di attraversamenti aerei che interessano alcuni dei corsi d'acqua principali come il Rio Secco, il Fiume Sangro, il Fiume Appello e il Fiume Osento.

Data la necessità di realizzare una struttura aerea di attraversamento, la presente relazione di "Verifica di compatibilità idraulica – Torrente Appello" si concentra sullo studio del comportamento idraulico del tratto in località Caprigrassa III a Sud del centro abitato di S. Luca – Sant'Amico dove oggi le due condotte esistenti attraversano il corso poggiando sull'attraversamento carrabili di Via Sant'Amico e dove vi è in progetto l'opera di attraversamento aerea per il nuovo lotto in affiancamento. Il tratto oggetto di studio si sviluppa per circa 230 metri a monte dell'attraversamento e 170 metri a valle di questo.

Note le portate di progetto, oggetto della Relazione Idrologica (FTE_GEN_R-005_00), si è implementato un modello idraulico monodimensionale in regime di moto permanente con l'obiettivo di valutare il comportamento dell'onda di piena e definire i corrispondenti livelli idrici necessari al dimensionamento dell'attraversamento in progetto, nel rispetto del franco idraulico. Il modello

sviluppato nel presente studio risulta essere preliminare sulla base delle informazioni topografiche a disposizione allo stato attuale e dovrà essere affinato nelle fasi progettuali successive.

Lo studio è stato condotto in conformità con quanto definito nel capitolo 5 delle NTC2018 per quanto riguarda la determinazione del franco idraulico, ed in accordo con la Pianificazione di bacino attualmente in vigore, racchiuse nelle Norme di Attuazione contenute nel Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di bacino di rilievo Regionale dell'Abruzzo e del Bacino Interregionale del Fiume Sangro adottato con Deliberazione del Consiglio Regionale d'Abruzzo 26.1.2000, n. 147/4.

2 INQUADRAMENTO E DESCRIZIONE GENERALE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

Il presente paragrafo inquadra l'area di verifica e riepiloga le caratteristiche dell'opera di attraversamento in progetto, allo scopo di identificare la sezione idraulica del fiume Appello interferente con il tracciato in progetto, a sua volta necessaria per la caratterizzazione della verifica di compatibilità idraulica oggetto dell'elaborato. Il tratto di corso d'acqua coinvolto nell'attraversamento in progetto, oltre a quanto pervenuto dai sopralluoghi, è stato esaminato su Carta Tecnica Regionale e Carta Catastale.

2.1 INQUADRAMENTO DELL'AREA DI VERIFICA

Il lotto in progetto denominato "stralcio II" si sviluppa in direzione Est – Ovest tra i comuni di Casoli, Altino, Perano, Archi, Atessa e Scerni interamente nei limiti amministrativi provinciali di Chieti. La condotta avrà inizio dal nodo del partitore di Casoli sino al partitore di Scerni in affiancamento a quanto già esistente. L'attraversamento di tale condotta in corrispondenza dell'interferenza con il corso d'acqua principale dell'Appello risulterà fondata in corrispondenza della pianura alluvionale del fiume, costituito da materiale ciottoloso ghiaioso e caratterizzato da fitta vegetazione nelle aree golenali.

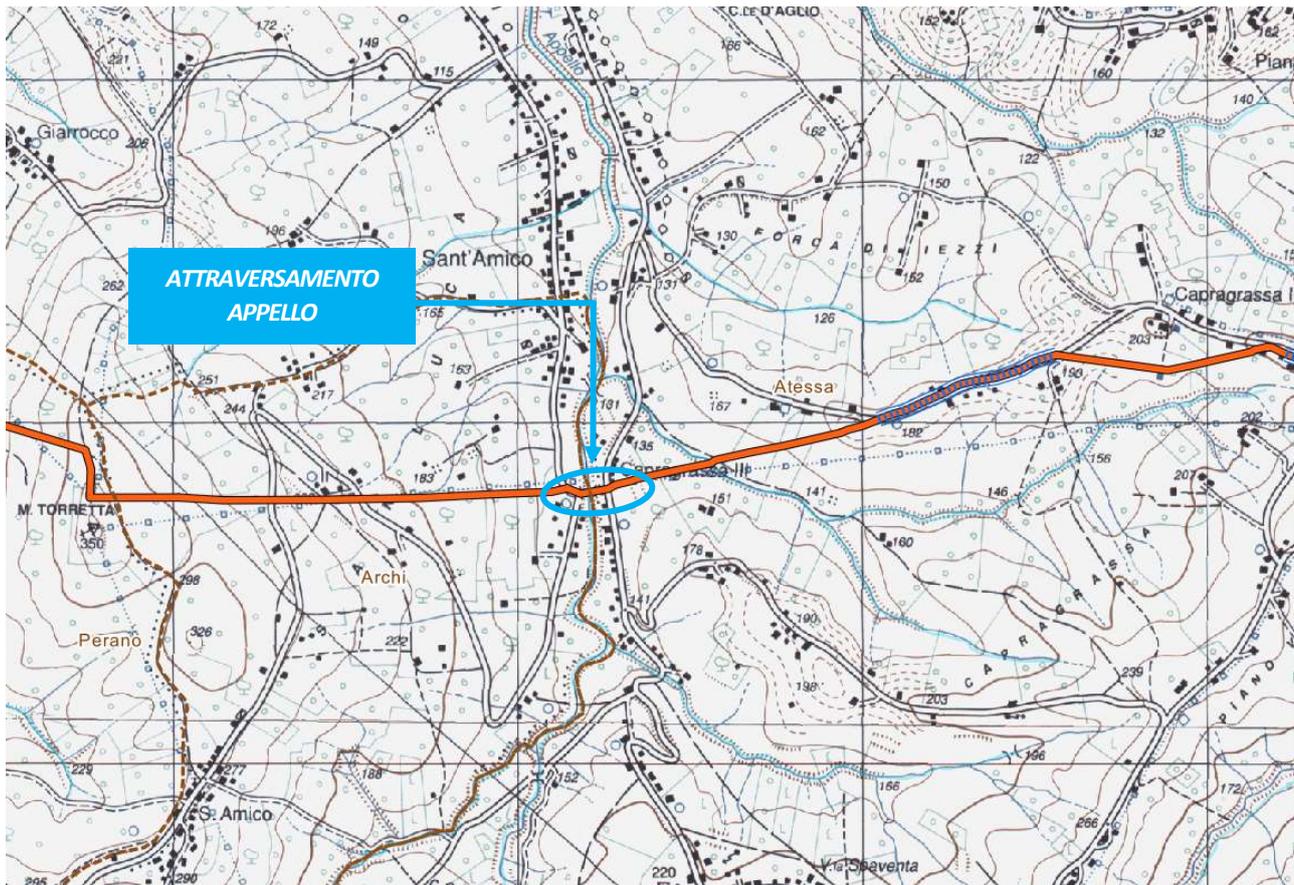


Figura 1 – Inquadramento planimetrico dell'area di verifica.

2.2 DESCRIZIONE DEL PONTE TUBO IN PROGETTO

L'opera verrà ubicata a monte dell'attraversamento esistente ed in ombra con questo.

Tale opera è costituita da un ponte tubo pedonale realizzato su un'unica campata di lunghezza pari a 27.57 m (con luce netta tra gli appoggi pari a 28.77 m), sufficienti a permettere il transito della tubazione DN500 in progetto, oltre a garantire due corsie pedonali di larghezza pari a circa 0.64 m per le operazioni di ispezione e manutenzione.

La struttura prevede due spalle di fondazione in cemento armato, mentre la struttura portante principale è costituita da una struttura reticolare in acciaio Corten ospitante al di sopra i grigliati pedonabili e la condotta in progetto.

Lungo il suo sviluppo, la tubazione è appoggiata alla struttura mediante appoggi scorrevoli su rullo, che consentono alla tubazione stessa di sviluppare le dilatazioni termiche senza che si presentino scambi di forze assiali con la struttura portante del ponte. Infine è previsto l'isolamento della tubazione mediante membrana elastomerica e successiva finitura esterna in lamierino di alluminio.

Per ulteriori dettagli geometrici si rimanda all'elaborato grafico FTE_RI_D-005_00.

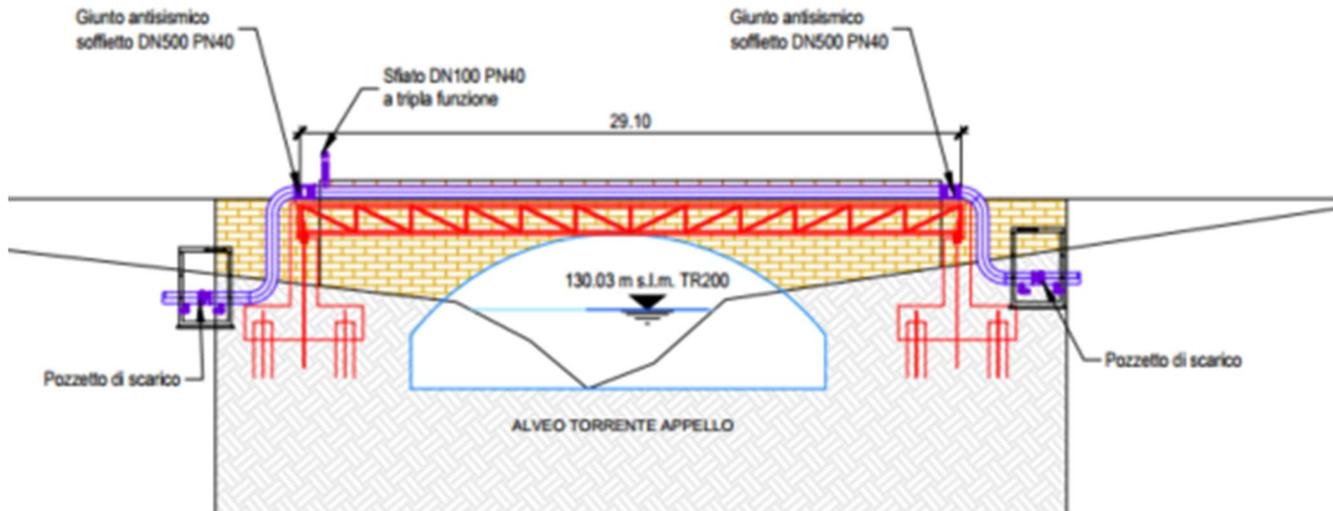


Figura 2 – Prospetto opera di attraversamento sull' Appello in progetto.

2.3 RILIEVO TOPOGRAFICO E DTM

Definito il tracciato in progetto, al fine di verificare e replicare sul modello idraulico lo stato dei luoghi in corrispondenza dell'attraversamento, sono stati analizzati i modelli digitali del terreno disponibili per l'area in esame. In particolare, l'unico DTM disponibile e relativo alla superficie topografica di interesse è quello fornito dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (2008) con ampiezza della maglia di 10 metri. Date le piccole dimensioni del corso, la precisione del sopraccitato modello digitale disponibile non è sufficiente a definire correttamente la geometria dell'alveo.

Il modello di seguito presentato dunque si basa su rilievi puntuali svolti in sito attraverso rilevatori GPS Stand-Alone. In particolare il rilievo è stato condotto durante il mese di Ottobre 2022 in condizioni di portata ordinaria.

3 VERIFICA IDRAULICA MONODIMENSIONALE

Stabilita la portata di progetto, si è proceduto alla simulazione idraulica dell'onda di piena secondo un modello mono in regimi di moto permanente, finalizzata alla valutazione del comportamento del torrente Appello nel tratto di intervento nella condizione attuale e in quella di progetto. Al fine di ottenere risultati validi per la verifica idraulica della sezione dell'attraversamento in progetto è stato utilizzato un software di calcolo molto diffuso nella pratica, denominato HEC-RAS[®], sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers (California).

Il software consente la simulazione di flussi idrici, sia in moto permanente che in moto vario, tenendo conto dell'influenza sul moto di manufatti di vario tipo (ponti, tombini, briglie, sfioratori, paratoie, impianti idrovori, ecc.) eventualmente presenti nel sistema. Il modello è in grado di simulare indifferentemente sia canali singoli che reti di canali naturali o artificiali, integrando profili di moto permanente in regime di corrente lenta, veloce o di tipo "misto", o ancora individuando la soluzione delle equazioni di De Saint Venant relative a moti idraulici monodimensionali a pelo libero.

Il sistema comprende un'interfaccia grafica, componenti separate per le analisi idrauliche dei diversi tipi di moto, possibilità di analisi e memorizzazione dati e possibilità di esportazione grafica dei risultati.

Nel caso di moto permanente, il software è in grado di modellare profili di correnti lente, veloci ed anche miste quando richiesto o ritenuto opportuno automaticamente dal programma.

La modellazione numerica bidimensionale consente invece di valutare con maggiore aderenza fisica alla realtà il fenomeno idrodinamico dell'allargamento delle aree interessate dagli interventi in progetto, permettendo di determinare in dettaglio i tiranti idrici previsti in tali aree ed il loro evolversi nel tempo, così da confermare i risultati ottenuti dalla modellazione monodimensionale.

Le simulazioni sono state quindi svolte in condizioni monodimensionali di moto permanente per la portata caratterizzata da tempo di ritorno di 200 anni precedentemente individuata.

3.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

Il presente paragrafo fornisce chiarimenti sul funzionamento del modello numerico adottato e sulla metodologia utilizzata nella scelta delle sezioni trasversali necessarie alle simulazioni. Il motore di calcolo presuppone infatti che sia fornita la geometria di un numero sufficiente di sezioni trasversali, consentendo il successivo inserimento di sezioni trasversali fittizie, interpolate a partire da quelle rilevate, così da assicurare che il passo di discretizzazione spaziale non ecceda un assegnato valore limite.

Tra le diverse opzioni di calcolo di cui il modello è dotato, in relazione alla presenza di strutture che interagiscono direttamente con il corso d'acqua è da evidenziare la possibilità di calcolo del profilo in corrispondenza dei tombini (circolari, scatolari, con o senza muri d'ala etc.) secondo la normativa proposta da FHWA (Federal Highway Administration-USA). Il software implementato consente di determinare con precisione l'effetto di rigurgito dovuto alle spalle dei ponti o all'ingombro delle pile.

Inoltre particolare importanza riveste la possibilità di parametrizzare il coefficiente di scabrezza per alveo e golene. Difatti è possibile creare all'interno di ciascuna sezione trasversale del corso d'acqua più zone a scabrezza omogenea in modo da approssimare con precisione notevole il valore del suddetto parametro, troppo spesso legato all'imprecisione del coefficiente di scabrezza equivalente.

L'insieme dei dati di output è strutturato in modo da fornire la conoscenza globale dei fenomeni che interessano l'intera area occupata dalla portata di piena. L'output risulta quindi suddiviso in dati relativi alle aree golenali e al canale principale di deflusso. Le informazioni fornite riguardano diversi parametri fisici e di progettazione quali, per esempio:

- quota in m s.l.m. del pelo libero;
- quota del gradiente energetico;
- velocità e portata, relativa a golene e canale principale;
- larghezza del pelo libero;
- area bagnata;
- principali parametri geometrici;
- sezioni trasversali;
- profilo di moto permanente.

3.1.1 CALCOLO DEL PROFILO DI MOTO PERMANENTE

Al fine di determinare la quota del pelo libero incognita in una determinata sezione trasversale del corso d'acqua è stata adottata la procedura di calcolo nota come *Standard Step Method*, consistente nell'integrazione dell'equazione di bilancio energetico.

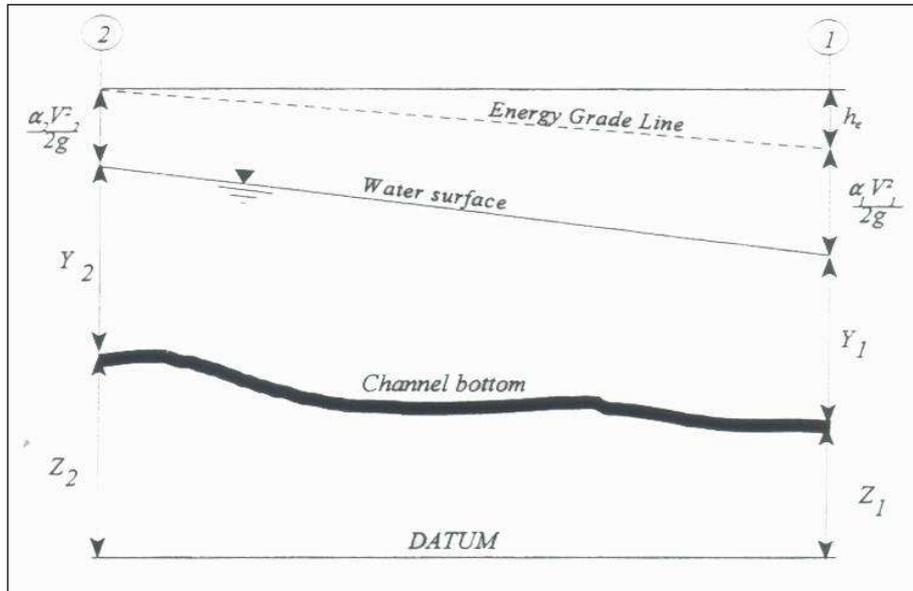


Figura 3 – Rappresentazione dei termini dell'equazione di bilancio energetico

Le due equazioni proposte di seguito rappresentano il metodo di cui sopra:

$$WS_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = WS_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

$$h_e = L \cdot \bar{S}_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

dove:

- WS_1, WS_2 : quota del pelo libero fra due sezioni di calcolo, con la sezione 2 posta a monte della 1;
- V_1, V_2 : velocità media;
- α_1, α_2 : coefficienti energetici moltiplicativi della velocità;
- g : accelerazione gravitazionale;
- h_e : perdita di carico;
- L : distanza fra le sezioni trasversali;
- \bar{S}_f : pendenza media;
- C : coefficiente di perdita per contrazione o espansione

TRANSITION CLASS	CONTRACTION	EXPANSION
No transition loss	0,0	0,0
Gradual transitions	0,1	0,3
Bridge sections	0,3	0,5
Abrupt transitions	0,6	0,8

Tabella I : Tabella di riferimento dei coefficienti di contrazione ed espansione

La distanza L viene calcolata utilizzando la seguente espressione:

$$L = \frac{L_{lob} \cdot \overline{Q_{lob}} + L_{ch} \cdot \overline{Q_{ch}} + L_{rob} \cdot \overline{Q_{rob}}}{\overline{Q_{lob}} + \overline{Q_{ch}} + \overline{Q_{rob}}}$$

dove:

- L_{lob} , L_{ch} , L_{rob} : sono le distanze tra due sezioni trasversali consecutive, rispettivamente per la golena di sinistra, il canale di magra e la golena di destra;
- \overline{Q}_{lob} , \overline{Q}_{ch} , \overline{Q}_{rob} : sono le medie aritmetiche delle portate delle tre parti suddette.

Mentre la pendenza motrice S_f viene calcolata secondo l'equazione di Manning:

$$S_f = \left(\frac{Q}{K} \right)^2$$

La massa liquida defluente viene poi suddivisa in unità elementari per le quali la velocità è distribuita uniformemente. Individuata infatti la sezione trasversale del corso d'acqua attraverso la griglia dei punti x (distanze progressive dall'ascissa $x=0$) e y (quote m s.l.m. relative ai punti definiti alle varie progressive), nelle aree golenali le unità elementari di deflusso coincidono con la suddivisione creata dalle progressive all'interno della sezione trasversale. Nel canale principale di deflusso (o alveo di magra ordinaria) la massa liquida defluente non viene invece suddivisa, tranne nel caso in cui si conferiscano più valori di scabrezza differenti in alveo. In funzione del numero di differenziazioni del valore della scabrezza saranno pertanto individuate corrispondenti unità di deflusso (Figura 4/Figura 4)

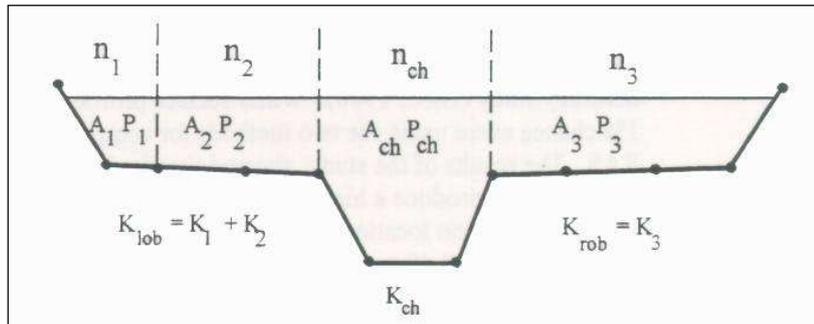


Figura 4 – Suddivisione dell'alveo in singole unità di deflusso

La capacità di deflusso per ciascuna suddivisione è pertanto calcolata con le seguenti espressioni:

$$Q = K \cdot \sqrt{S_f}$$

$$K = \frac{1,486}{n} a R^{2/3}$$

dove

- Q : portata per unità elementare;
- K : capacità di deflusso per unità elementare;
- n : coefficiente di Manning per la scabrezza dell'unità elementare;
- a : area di deflusso dell'unità elementare;
- R : raggio idraulico per l'unità di deflusso elementare.

La capacità totale di deflusso per la sezione trasversale è ottenuta per sommatoria delle singole capacità relative alle unità in cui la sezione è stata scomposta.

Sulla base di queste considerazioni il coefficiente α , relativo alla velocità, si ottiene dalla seguente espressione:

$$\alpha \alpha = \frac{(A_t)^2 \left[\frac{(K_{lob})^3}{(A_{lob})^2} + \frac{(K_{ch})^3}{(A_{ch})^2} + \frac{(K_{rob})^3}{(A_{rob})^2} \right]}{(K_t)^3}$$

dove:

- A_t : area totale di deflusso per la sezione trasversale;
- A_{lob} , A_{ch} , A_{rob} : area di deflusso per golena sinistra, canale principale, golena destra;

- K_t : capacità totale di deflusso (conveyance) della sezione trasversale;
- K_{lob} , K_{ch} , K_{rob} : capacità di deflusso di golena sinistra, canale principale e golena destra.

Il coefficiente α si ottiene allora come media pesata delle varie capacità di deflusso.

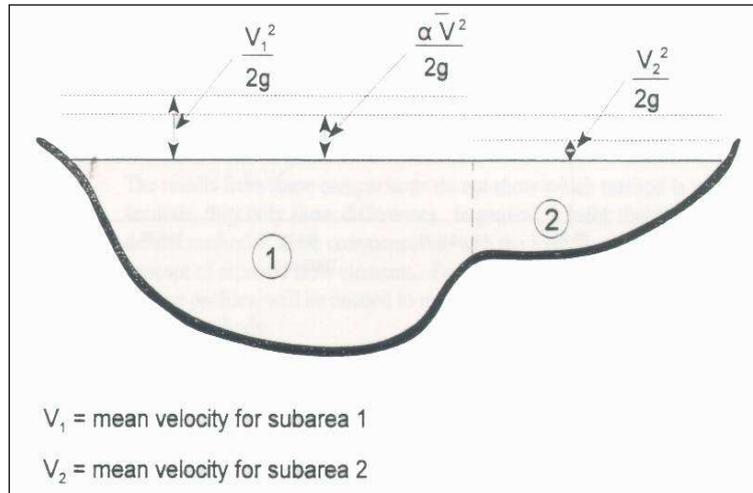


Figura 5 – Esempio di calcolo dell'energia media sulla sezione trasversale

Le perdite di carico dovute ad attrito sono calcolate come prodotto della pendenza media motrice S_f e della distanza L fra due sezioni trasversali consecutive. Mentre le perdite di carico dovute a contrazione e/o espansione sono calcolate con la usuale espressione riportata nell'equazione seguente dove C rappresenta il già citato coefficiente di contrazione/espansione:

$$h_0 = C \left| \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} - \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} \right|$$

La determinazione della profondità critica, che corrisponde alla situazione di minima energia (vedi Figura 6) si ottiene in maniera iterativa ricercando appunto la condizione di minimo dell'energia, ossia ricercando il minimo della funzione:

$$H = WS + \frac{\alpha V^2}{2g}$$

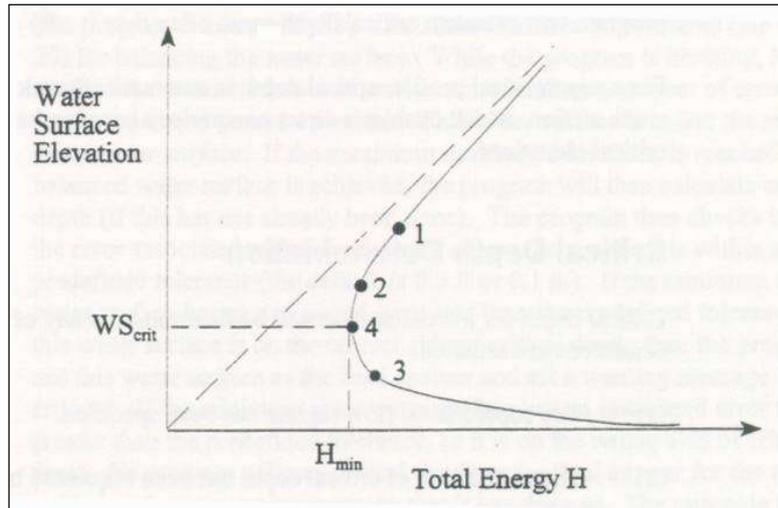


Figura 6 – Diagramma carico-altezza del pelo libero

La ricerca della profondità critica viene eseguita secondo due metodi numerici: parabolici o delle secanti. In particolare, in caso di regime misto, cioè in caso di corrente lenta e veloce con presenza quindi di risalto idraulico, non è più possibile utilizzare le equazioni menzionate in precedenza perché siamo in presenza di moto vario e non permanente in corrispondenza dei risalti. Occorre allora applicare l'equazione di momento

$$\sum F_x = m \cdot a$$

ad un elemento di corrente fluida in movimento.

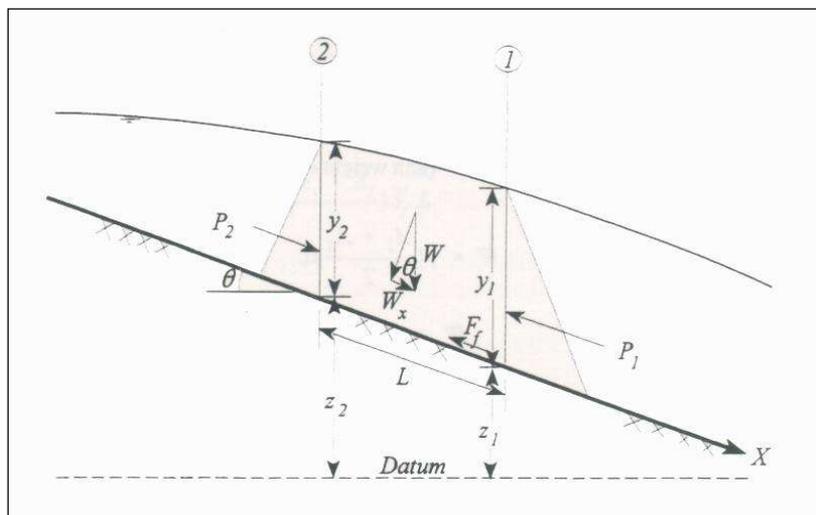


Figura 7 – Applicazione dell'equazione di momento

Si ottiene l'equazione:

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q \cdot \rho \cdot \Delta V_x$$

dove

- P : forze risultanti della pressione idrostatica nelle sezioni 1 e 2;
- W_x : componente nell'asse x della forza peso della massa d'acqua considerata;
- F_f : forza di attrito esterno tra le sezioni 1 e 2;
- Q : portata defluente;
- ρ : densità dell'acqua;

- ΔV_x : componente nella direzione dell'asse x della differenza di velocità tra la sezione 2 e la 1 (Figura 7).

Sostituendo nella precedente le espressioni delle varie grandezze e trascurando la forza di attrito (si può considerarla piccola se l'elemento considerato è piccolo) si ottiene la formulazione risolutiva

$$\frac{Q_1^2 \beta_1}{g A_1} + A_1 \bar{Y}_1 = \frac{Q_2^2 \beta_2}{g A_2} + A_2 \bar{Y}_2$$

dove

- Q : portata della sezione;
- β : coefficiente di momento (simile ad α);
- A : area totale di efflusso;
- \bar{Y} : profondità del pelo libero dal baricentro dell'area;
- g : accelerazione di gravità.

I due membri dell'equazione sono analoghi, potendosi quindi rappresentare come una funzione generale, del tipo:

$$SF = \frac{Q^2 \beta}{g A} + A \bar{Y}$$

Questa è la funzione G di risalto idraulico, chiamata anche forza specifica (specific force): il primo termine rappresenta il momento della corrente esercitato sulla sezione per unità di tempo, è cioè la componente dinamica della spinta, mentre il secondo termine rappresenta la componente statica, cioè l'azione esercitata dalla pressione idrostatica. Entrambi i termini hanno le dimensioni di una forza per unità di peso di acqua considerata.

La procedura di calcolo in generale può essere pertanto riassunta nelle seguenti fasi:

- Definizione della altezza d'acqua alla sezione di partenza;
- Calcolo della velocità e della capacità totale di trasporto in funzione della quota definita del pelo libero;
- Risoluzione dell'equazione esprime le perdite energetiche e definizione della pendenza media tramite i valori determinati al punto precedente;
- Calcolo della quota del pelo libero alla sezione incognita con i valori ottenuti dai 2 punti precedenti;
- Confronto tra il valore WS_2 calcolato e i valori adottati all'inizio.

3.2 IMPLEMENTAZIONE DELLA GEOMETRIA DI CALCOLO

3.2.2 MODELLO MONODIMENSIONALE

Il modello idraulico monodimensionale sviluppato si riduce a un modello semplificato costituito da sole sezioni topografiche definite sulla base del rilievo svolto in sito, data l'assenza di rilievi di dettaglio dell'intera area oggetto di interesse.

La geometria del modello idraulico si sviluppa su un tratto di lunghezza di 400 metri a cavallo del ponte tubo esistente e si articola su 41 sezioni idrauliche con passo di 10 metri che si estendono sino alle aree golenali presenti in sinistra e in destra. Data l'assenza di rilievi estesi, il modello geometrico è stato costruito riproducendo la sezione battuta in campo lungo l'asta opportunamente tracciata sulla base delle

immagini satellitari. Le sezioni sono state trasportate l'ungo l'asta linearmente seguendo la pendenza dell'asta stessa, opportunamente valutata in ambiente GIS.

Il modello allo stato di fatto coinvolge un attraversamento nonché il ponte tubo che ospita le condotte esistenti e modellato tra le sezioni 198.17 e 156.33. In prossimità degli attraversamenti le sezioni si pongono a passo ristretto a 10 metri per migliorare l'accuratezza del calcolo sul restringimento di sezione.



Figura 8 – Modello monodimensionale sviluppato.

3.2.3 COEFFICIENTE DI SCABREZZA

Per quanto concerne le scabrezze caratteristiche dell'alveo e delle sponde naturali si prende come riferimento dati di letteratura ed in particolare la classificazione proposta da (Chow, 1959). Dall'osservazione attenta delle immagini satellitari e da quanto osservato dai sopralluoghi svolti e dalle campagne di rilievo, è stato possibile stimare i valori di scabrezza caratteristica delle diverse aree interessate dal deflusso.

Gli indici di scabrezza sono contrassegnati dal coefficiente di Manning, dipendente dal materiale costituente l'alveo, dalle irregolarità delle sezioni e dalla vegetazione presente in alveo e nelle aree golenali. Nella tabella seguente si riportano in dettaglio i valori dei coefficienti di scabrezza adottati per il fondo e per le sponde naturali degli alvei riprodotti all'interno del modello.

Tabella 2 – Coefficienti di scabrezza aggiunti.

Coefficienti di scabrezza (n di Manning)	
Alveo	0,055

Sponda naturale	0,08
-----------------	------

L'alveo risulta particolarmente incassato e stretto in sezione trasversale, caratterizzato da granulometria grossolana dell'ordine dei ciottoli e delle ghiaie e interessato da vegetazione spondale che interagisce con l'alveo stesso date le piccole dimensioni. A tal proposito si assume un coefficiente di Manning in alveo pari a 0.055 in via cautelativa. Nelle aree golenali una fitta vegetazione arbustiva e arborea, per tale motivo si ricorre a un valore di scabrezza più elevato.

3.2.4 CONDIZIONI AL CONTORNO

Per entrambi gli scenari di *stato di fatto* e di *progetto*, le condizioni al contorno utilizzate a monte ed a valle sono state assegnate pari all'altezza di moto uniforme associata ad una pendenza del fondo e pari a 3 % sia a monte che a valle. Tali valori corrispondono alla pendenza della linea dei carichi totali in moto uniforme, coincidente pertanto con la pendenza del fondo dell'alveo.

4 SCENARI DI CALCOLO E ANALISI DEI RISULTATI

Il modello implementato contiene due scenari, uno per le *condizioni esistenti* e uno per le *condizioni di progetto*. Il primo consente di riprodurre le condizioni idrauliche attuali in prossimità delle sezioni studio mentre il secondo consentirà di riprodurre e successivamente osservare le conseguenze della scelta progettuale prevista per l'attraversamento del corpo idrico in questione, inserendo nello scenario dello stato di fatto la struttura ideata.

Trattandosi tuttavia di una verifica di compatibilità idraulica associata ad un attraversamento in fase di elaborazione progettuale, l'analisi preliminare dei risultati della simulazione relativa allo scenario dello stato di fatto, ha consentito l'individuazione puntuale del tirante associato alla portata duecentennale in corrispondenza della sezione di intervento, permettendo il posizionamento dell'intradosso della struttura di attraversamento ad una quota tale da rispettare il franco idraulico richiesto dalle Norme Tecniche per le costruzioni (NTC2018).

Il presente capitolo propone pertanto l'analisi dei risultati di calcolo del modello idraulico nei due scenari sopra individuati, simulando il deflusso della portata associata ad un tempo di ritorno di 200 anni.

4.1 STATO DI FATTO

Nel presente paragrafo si esaminano i risultati ottenuti per la simulazione relativa allo scenario dello stato di fatto nelle condizioni di portata di progetto duecentennale valutata con opportuna analisi idrologica e pari a **66 m³/s**, come determinato nella Relazione idrologica di progetto. In particolare l'attenzione si pone sulla sezione a valle del ponte tubo esistente dove verrà ubicato l'attraversamento in progetto. Dal profilo longitudinale di moto ottenuto dall'analisi monodimensionale si può osservare come il profilo sia tendenzialmente di corrente lenta a monte dell'attraversamento, mentre a valle di questo si registra una condizione di corrente veloce seppur prossima allo stato critico.

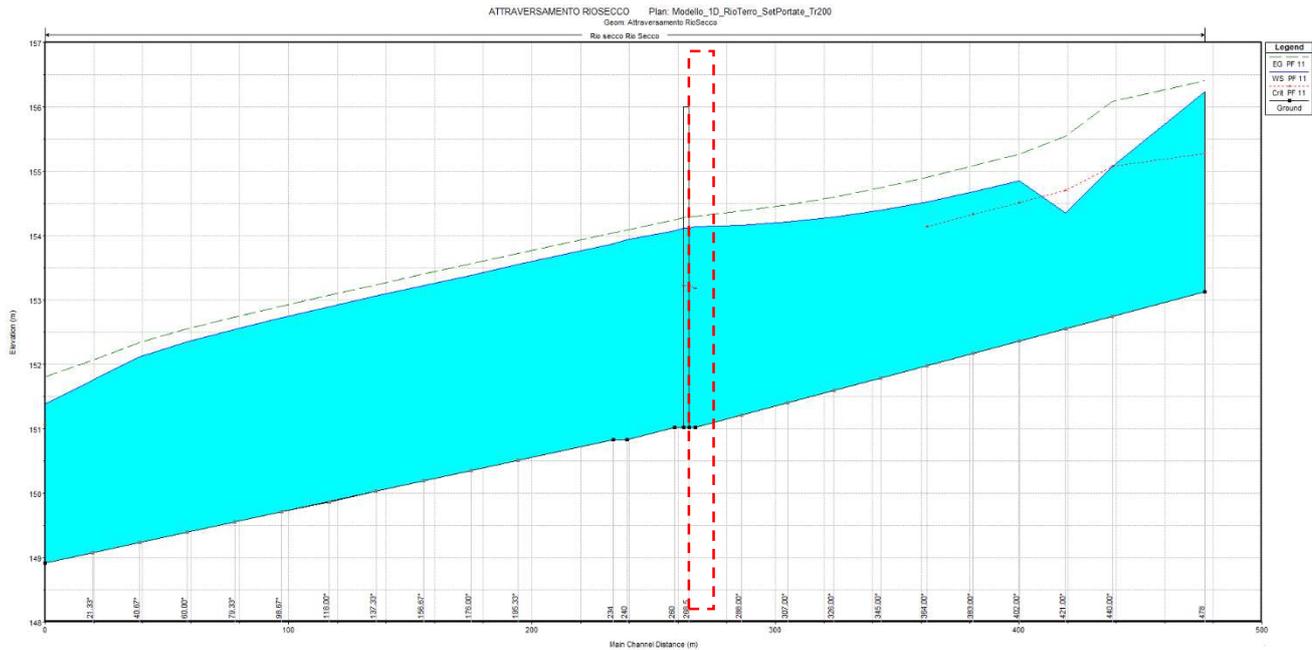


Figura 9 - Profilo idraulico TR200 – Stato di fatto.

Dall'analisi dei risultati si osserva come il deflusso per una portata associata a un evento con Tr 200 anni, sia totalmente confinata in alveo data le caratteristiche morfologiche del tratto in esame. Le velocità massime in corrispondenza delle sezioni di intervento si assestano in media intorno a 3.40 m/s in prossimità del canale attivo e a circa 3.71 m/s in corrispondenza del restringimento dettato dall'apertura ad arco del ponte in muratura esistente di Via Sant'Amico.

Esaminando nel dettaglio ciò che accade nella sezione 178 oggetto di intervento, si osserva una condizione di corrente lenta con altezza di moto al di sopra dell'altezza di stato critico

Il tirante massimo per tempo di ritorno 200 anni si attesta in definitiva alla quota di **129.94 m. s. l. m.**, mentre la velocità media della sezione risulta pari a 2.93 m/s, raggiungendo il picco di **3.67 m/s** in corrispondenza dell'alveo inciso.

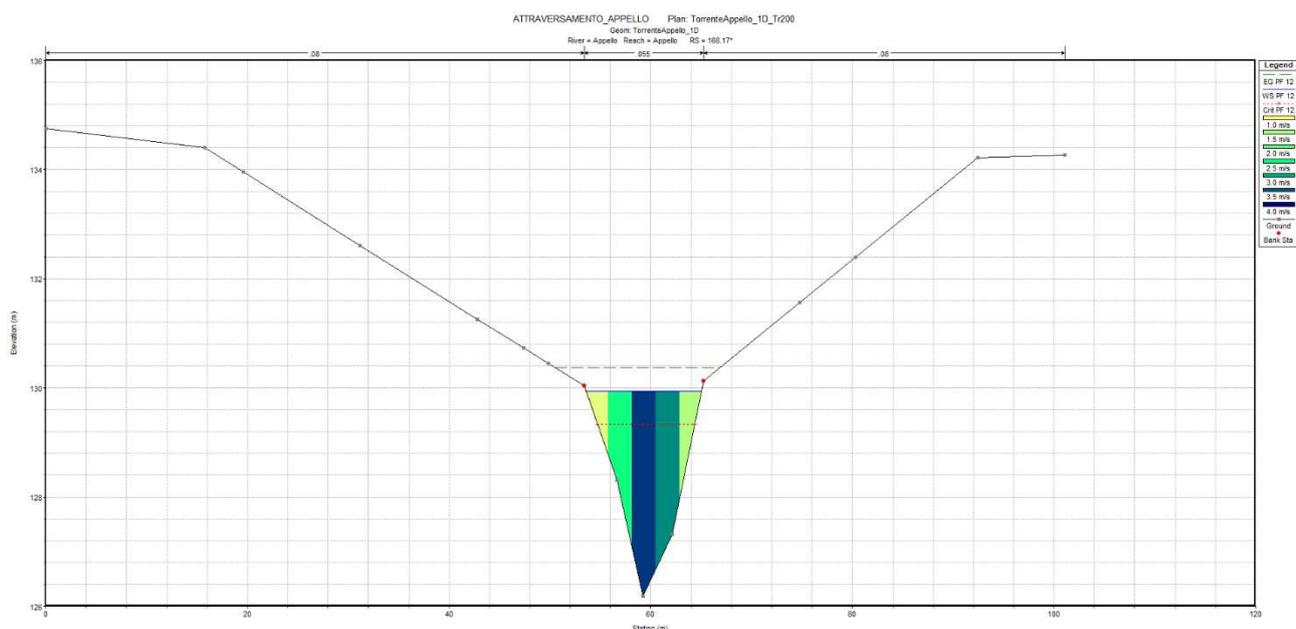


Figura 10 – Sezione 178 di attraversamento – Modello 1D stato di fatto.

4.2 STATO DI PROGETTO

Individuato il livello di piena duecentennale nelle condizioni esistenti, si è proceduto con la modellazione idraulica dell'attraversamento in progetto, valutando gli eventuali effetti esercitati sul deflusso dell'onda di piena duecentennale.

Il ponte tubo presenta una quota di intradosso pari a 133.35 m.s.l.m. e verrà realizzato ad unica campata in ombra con l'attraversamento già esistente ubicato a valle. La presenza di tale struttura di attraversamento di fatto non determina un restringimento della sezione di deflusso in quanto questa è confinata interamente nell'alveo inciso del torrente Appello. Le spalle verranno collocate nelle scarpate laterali sufficientemente lontane dall'area interessata dal deflusso, dunque in sicurezza da fenomeni di erosione.

Esaminando nel dettaglio il comportamento della corrente in corrispondenza della sezione **175 BR U** oggetto di intervento, si evidenzia una condizione di *corrente lenta*, contraddistinta dalla quota del pelo libero al di sopra dell'altezza di stato critico.

Il tirante massimo per tempo di ritorno 200 anni si attesta in definitiva alla quota di **130.03 m. s. l. m.**, quota di riferimento per la successiva verifica del franco idraulico, mentre la velocità media della sezione risulta pari a 3.59 m/s, raggiungendo il picco di **4.44 m/s** in corrispondenza della sezione posta immediatamente a monte dell'attraversamento in progetto.

Si riporta infine la sezione 175 BR U estratta dai risultati del modello monodimensionale in condizioni di stato di progetto, unita alla sezione 178 sulla quale viene costruito l'attraversamento da modello.

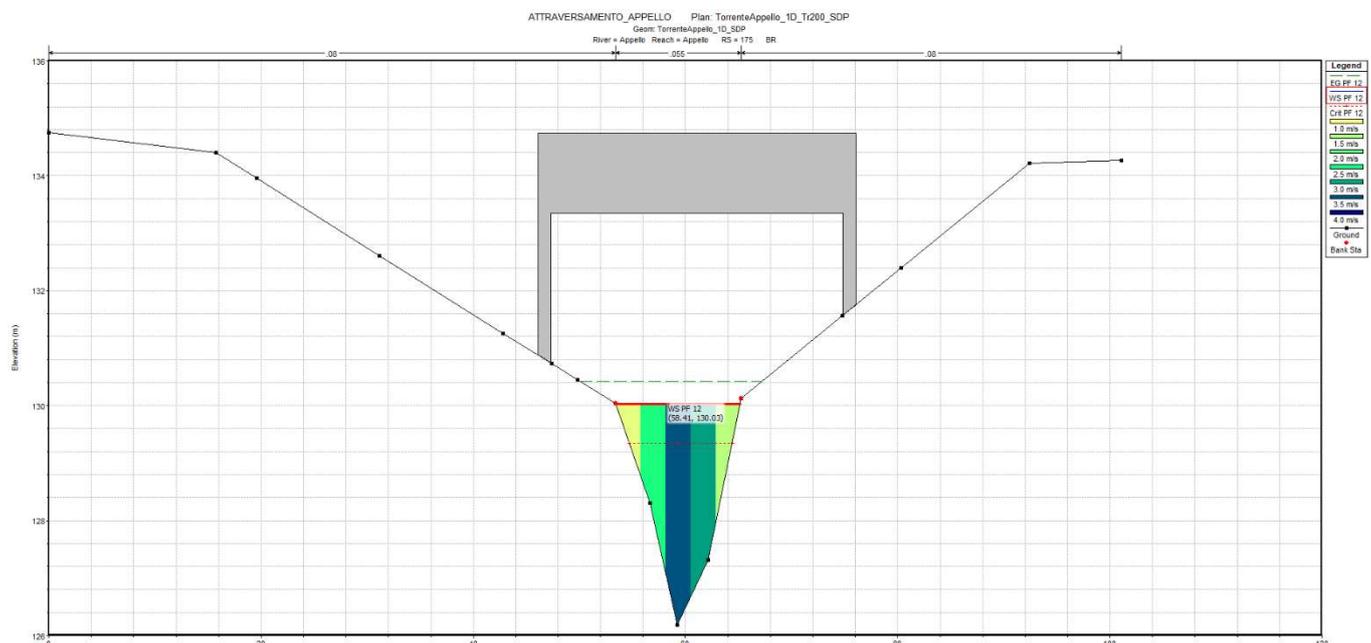


Figura 11 : Sezione 175 BR U – Modello 1D stato di progetto

4.3 VERIFICA DEL FRANCO IDRAULICO

Noto il tirante massimo per tempo di ritorno 200 anni ottenuto dai risultati della simulazione relativa allo stato di progetto, la quota fissata dell'intradosso della struttura di attraversamento dovrà rispettare un adeguato franco idraulico.

A tal proposito, in riferimento alle NTC – 17/01/2018, il franco idraulico minimo da garantire è di 1,5 m, riportando nel dettaglio (*par. 5.2.1.2*) quanto segue: *“Il franco idraulico, definito come la distanza fra la quota liquida di progetto immediatamente a monte del ponte e l'intradosso delle strutture, è da assumersi non inferiore a 1,50m. Quando l'intradosso delle strutture non sia costituito da un'unica linea orizzontale tra gli appoggi, il franco previsto deve essere assicurato per un'ampiezza centrale di 2/3 della luce, e comunque non inferiore a 40 m.”*

Data tuttavia l'assenza di ulteriori prescrizioni contenute all'interno delle direttive del PAI per i bacini della Regione Abruzzo, in aggiunta alle NTC sono state considerate anche le prescrizioni contenute all'interno delle Norme di Attuazione del PAI fiume Po, garantendo la condizione più cautelativa.

Tali norme di attuazione dell'Autorità di Bacino Distrettuale del fiume Po prescrivono che il franco idraulico debba risultare sempre superiore al massimo valore tra 1.5 m (NTC) e 0.5 volte l'altezza cinetica della corrente, pertanto per il caso in esame avremo:

<i>NTC 2018</i>	<i>PAI Po</i>
1.5 m	$0.5 \frac{u^2}{2g} = 0.5 \frac{4.44^2}{2 \cdot 9.81} = 0.50 \text{ m}$

Tabella 3 : Determinazione del franco idraulico

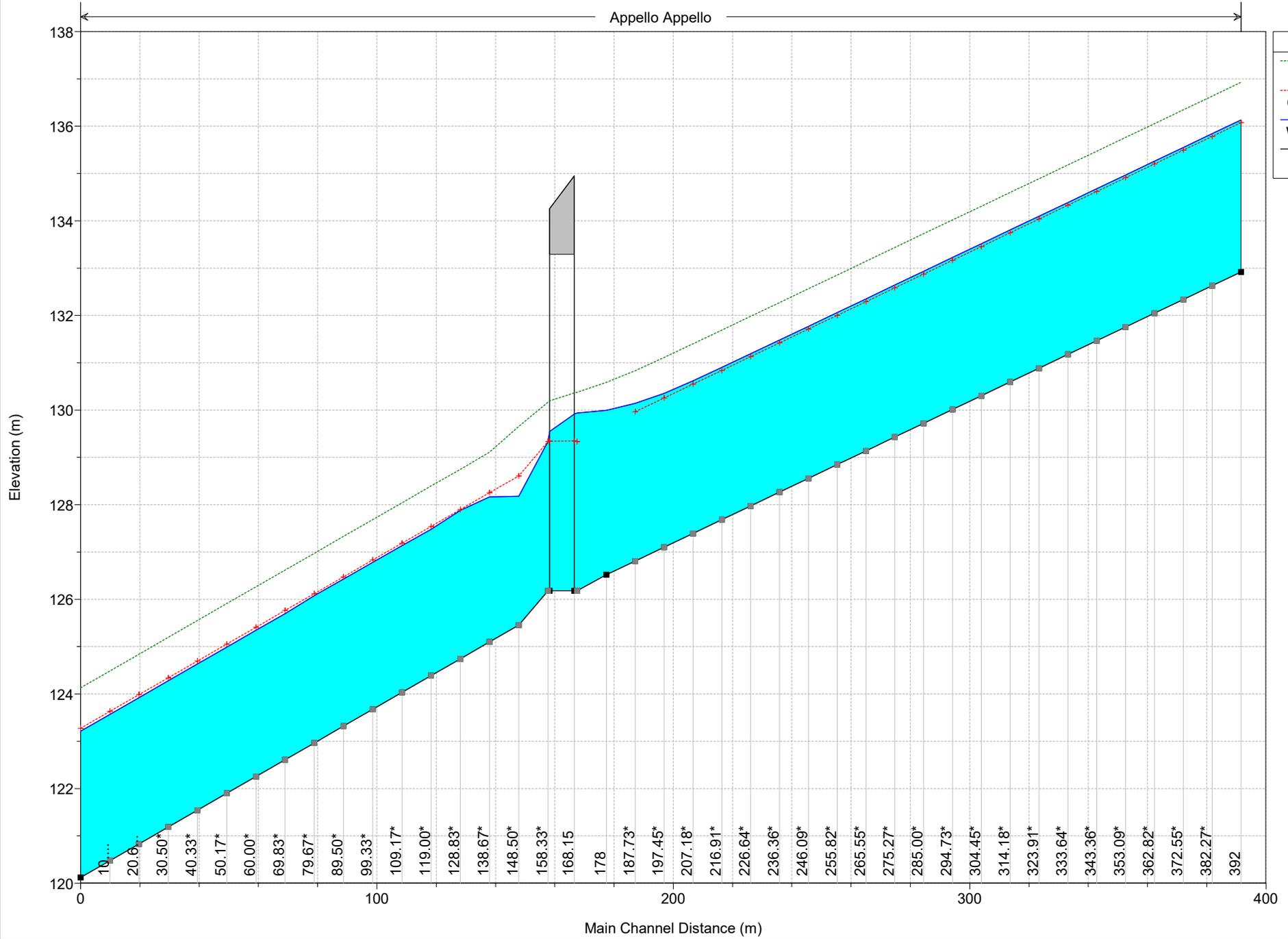
Considerando pertanto la condizione più cautelativa rappresentata dalle prescrizioni contenute all'interno delle NTC2018, la quota minima di intradosso nel rispetto del franco idraulico dovrà risultare pari a **131.53 m. s. l. m.**, garantita dalla scelta progettuale perseguita in quanto stabilita pari a **133.35 m.s.l.m. con 3.32 m** di franco idraulico rispetto al livello di piena duecentennale, contenuto dell'intradosso del ponte tubo in progetto.

La verifica di compatibilità idraulica risulta pertanto rispettata.

ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

Appello Appello



Legend

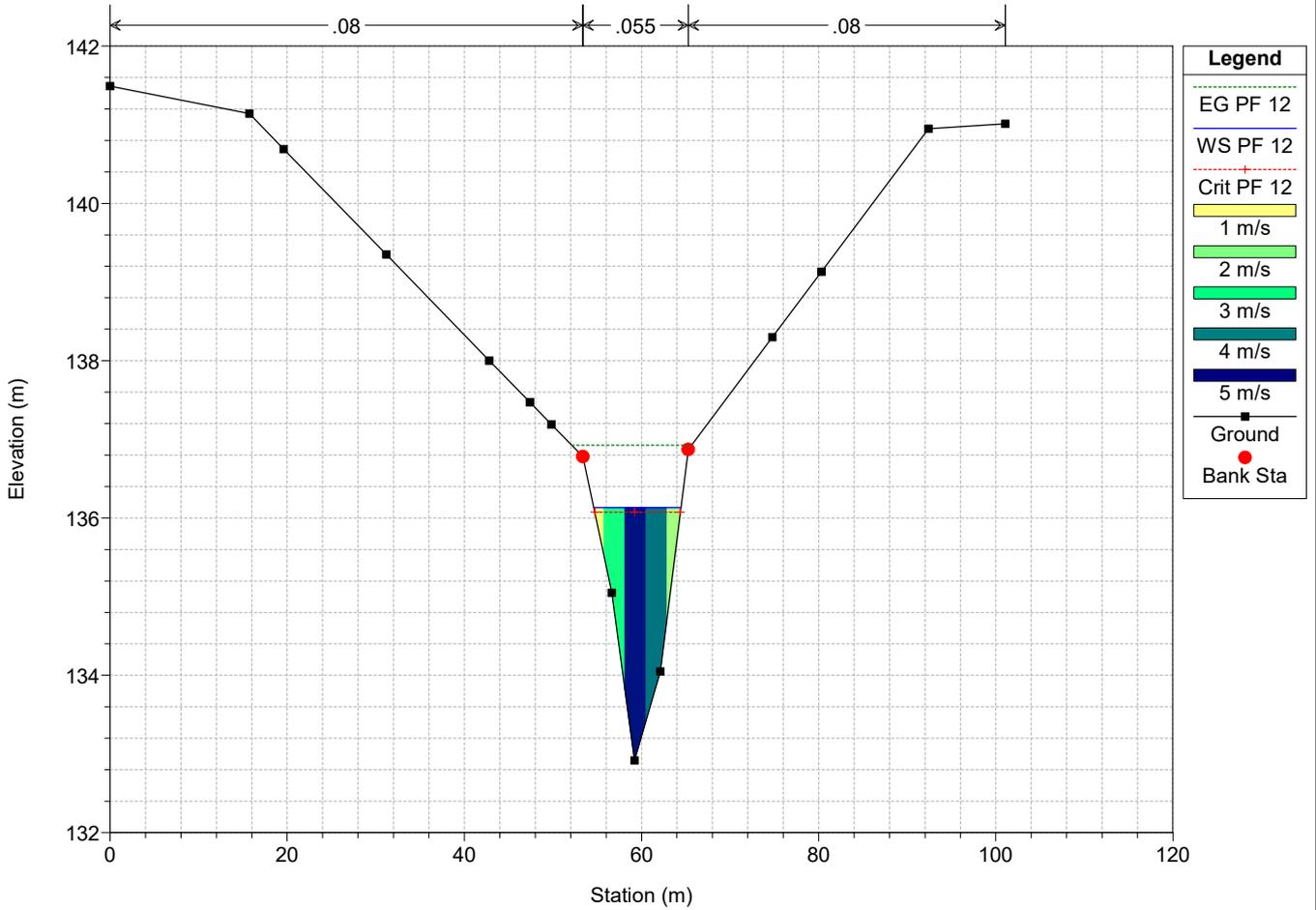
- EG PF 12
- Crit PF 12
- WS PF 12
- Ground

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Appello	392	PF 12	66.00	132.92	136.13	136.07	136.93	0.029882	3.95	16.73	9.84	0.97
Appello	382.27*	PF 12	66.00	132.63	135.84	135.78	136.64	0.029885	3.95	16.73	9.84	0.97
Appello	372.55*	PF 12	66.00	132.34	135.55	135.49	136.35	0.029873	3.95	16.73	9.84	0.97
Appello	362.82*	PF 12	66.00	132.05	135.26	135.20	136.05	0.029853	3.94	16.73	9.84	0.97
Appello	353.09*	PF 12	66.00	131.76	134.97	134.91	135.76	0.029849	3.94	16.73	9.84	0.97
Appello	343.36*	PF 12	66.00	131.47	134.68	134.62	135.47	0.029810	3.94	16.74	9.85	0.97
Appello	333.64*	PF 12	66.00	131.18	134.39	134.33	135.18	0.029883	3.95	16.73	9.84	0.97
Appello	323.91*	PF 12	66.00	130.88	134.10	134.04	134.89	0.029890	3.95	16.73	9.84	0.97
Appello	314.18*	PF 12	66.00	130.59	133.81	133.75	134.60	0.029887	3.95	16.73	9.84	0.97
Appello	304.45*	PF 12	66.00	130.30	133.52	133.46	134.31	0.029879	3.95	16.73	9.84	0.97
Appello	294.73*	PF 12	66.00	130.01	133.22	133.17	134.02	0.029882	3.95	16.73	9.84	0.97
Appello	285.00*	PF 12	66.00	129.72	132.93	132.87	133.73	0.029886	3.95	16.73	9.84	0.97
Appello	275.27*	PF 12	66.00	129.43	132.64	132.58	133.44	0.029876	3.95	16.73	9.84	0.97
Appello	265.55*	PF 12	66.00	129.14	132.35	132.29	133.15	0.029858	3.94	16.73	9.84	0.97
Appello	255.82*	PF 12	66.00	128.85	132.06	132.00	132.85	0.029856	3.94	16.73	9.84	0.97
Appello	246.09*	PF 12	66.00	128.56	131.77	131.71	132.56	0.029821	3.94	16.74	9.85	0.97
Appello	236.36*	PF 12	66.00	128.27	131.48	131.42	132.27	0.029758	3.94	16.75	9.85	0.96
Appello	226.64*	PF 12	66.00	127.97	131.19	131.13	131.98	0.029755	3.94	16.75	9.85	0.96
Appello	216.91*	PF 12	66.00	127.68	130.90	130.84	131.69	0.029639	3.93	16.78	9.86	0.96
Appello	207.18*	PF 12	66.00	127.39	130.62	130.55	131.40	0.029431	3.92	16.82	9.87	0.96
Appello	197.45*	PF 12	66.00	127.10	130.35	130.26	131.11	0.028130	3.86	17.11	9.96	0.94
Appello	187.73*	PF 12	66.00	126.81	130.14	129.97	130.83	0.024970	3.69	17.90	10.20	0.89
Appello	178	PF 12	66.00	126.52	129.99		130.58	0.020198	3.40	19.40	10.63	0.80
Appello	168.17*	PF 12	66.00	126.18	129.94	129.33	130.37	0.013626	2.93	22.51	11.48	0.67
Appello	168.15 BR U	PF 12	66.00	126.18	129.91	129.35	130.36	0.014054	2.97	22.25	11.41	0.68
Appello	168.15 BR D	PF 12	66.00	126.18	129.55	129.34	130.19	0.023487	3.56	18.55	10.75	0.87
Appello	158.33*	PF 12	66.00	126.18	129.34	129.34	130.17	0.032628	4.03	16.36	10.04	1.01
Appello	148.50*	PF 12	66.00	125.45	128.18	128.61	129.65	0.067657	5.38	12.27	8.36	1.42
Appello	138.67*	PF 12	66.00	125.10	128.16	128.25	129.11	0.037700	4.31	15.32	9.40	1.08
Appello	128.83*	PF 12	66.00	124.74	127.88	127.90	128.75	0.033705	4.13	15.98	9.61	1.02
Appello	119.00*	PF 12	66.00	124.39	127.48	127.54	128.40	0.036283	4.25	15.54	9.47	1.06
Appello	109.17*	PF 12	66.00	124.03	127.13	127.19	128.04	0.035622	4.22	15.65	9.51	1.05
Appello	99.33*	PF 12	66.00	123.68	126.78	126.83	127.68	0.035584	4.22	15.66	9.51	1.05
Appello	89.50*	PF 12	66.00	123.32	126.43	126.47	127.33	0.035292	4.20	15.70	9.52	1.05
Appello	79.67*	PF 12	66.00	122.96	126.08	126.12	126.97	0.034915	4.19	15.77	9.54	1.04
Appello	69.83*	PF 12	66.00	122.61	125.70	125.76	126.62	0.036465	4.26	15.51	9.46	1.06
Appello	60.00*	PF 12	66.00	122.25	125.34	125.41	126.26	0.036215	4.24	15.55	9.47	1.06
Appello	50.17*	PF 12	66.00	121.90	124.99	125.05	125.91	0.036215	4.24	15.55	9.47	1.06
Appello	40.33*	PF 12	66.00	121.54	124.63	124.70	125.55	0.036212	4.24	15.55	9.47	1.06
Appello	30.50*	PF 12	66.00	121.19	124.28	124.34	125.20	0.036215	4.24	15.55	9.47	1.06
Appello	20.67*	PF 12	66.00	120.83	123.92	123.99	124.84	0.036221	4.24	15.55	9.47	1.06
Appello	10.83*	PF 12	66.00	120.48	123.57	123.63	124.49	0.036227	4.24	15.55	9.47	1.06
Appello	1	PF 12	66.00	120.12	123.21	123.27	124.13	0.036227	4.24	15.55	9.47	1.06

ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

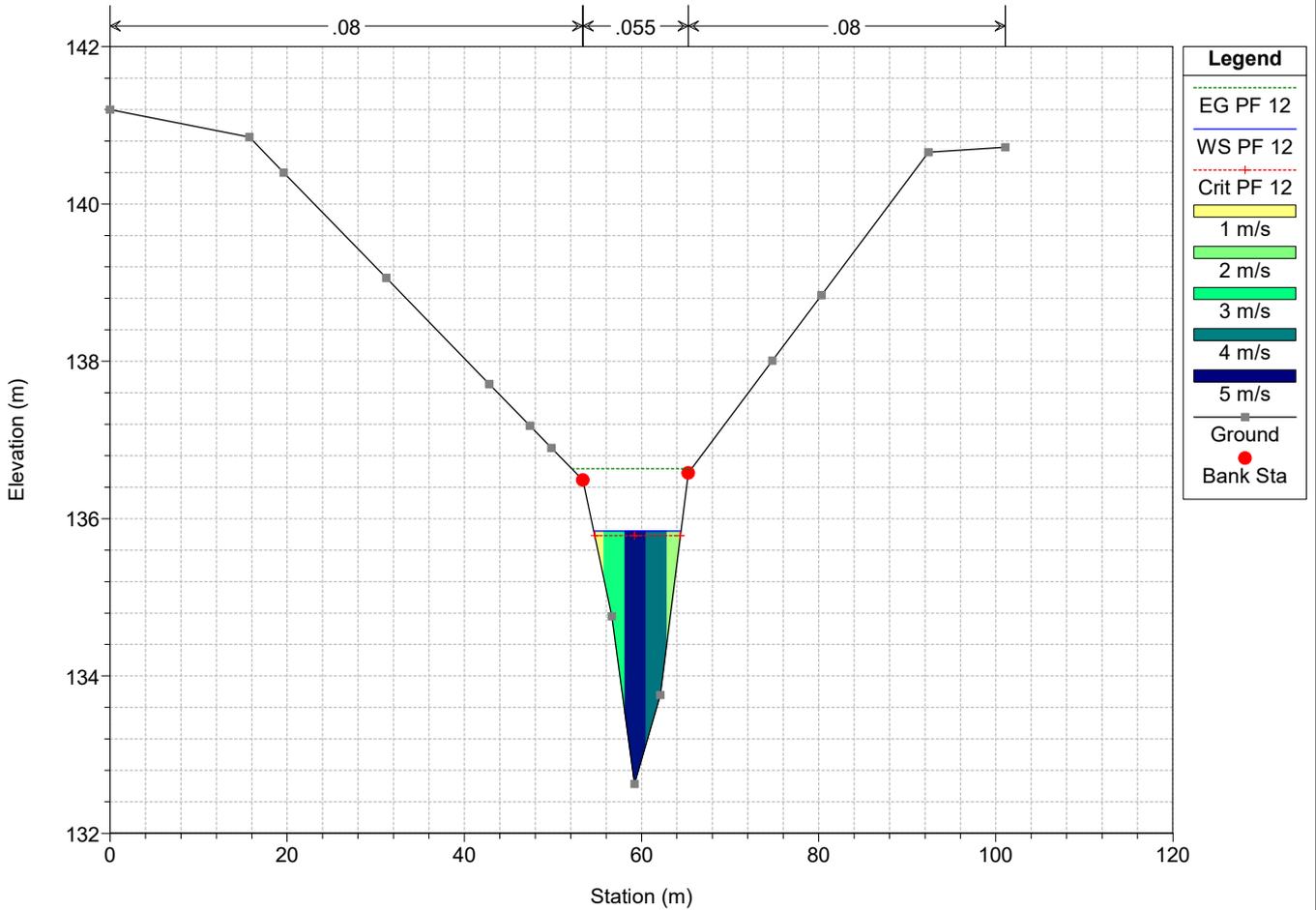
River = Appello Reach = Appello RS = 392



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

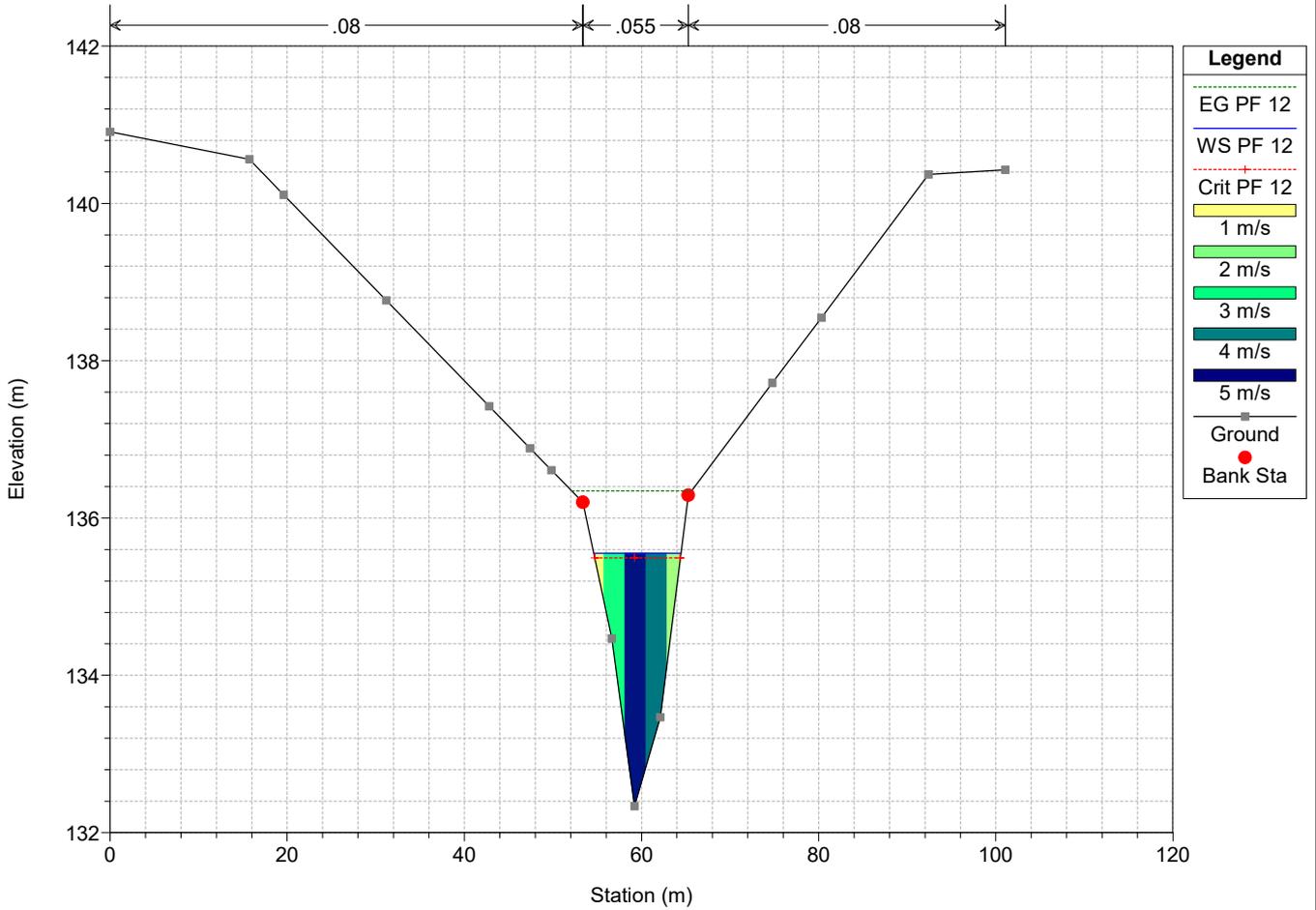
River = Appello Reach = Appello RS = 382.27*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

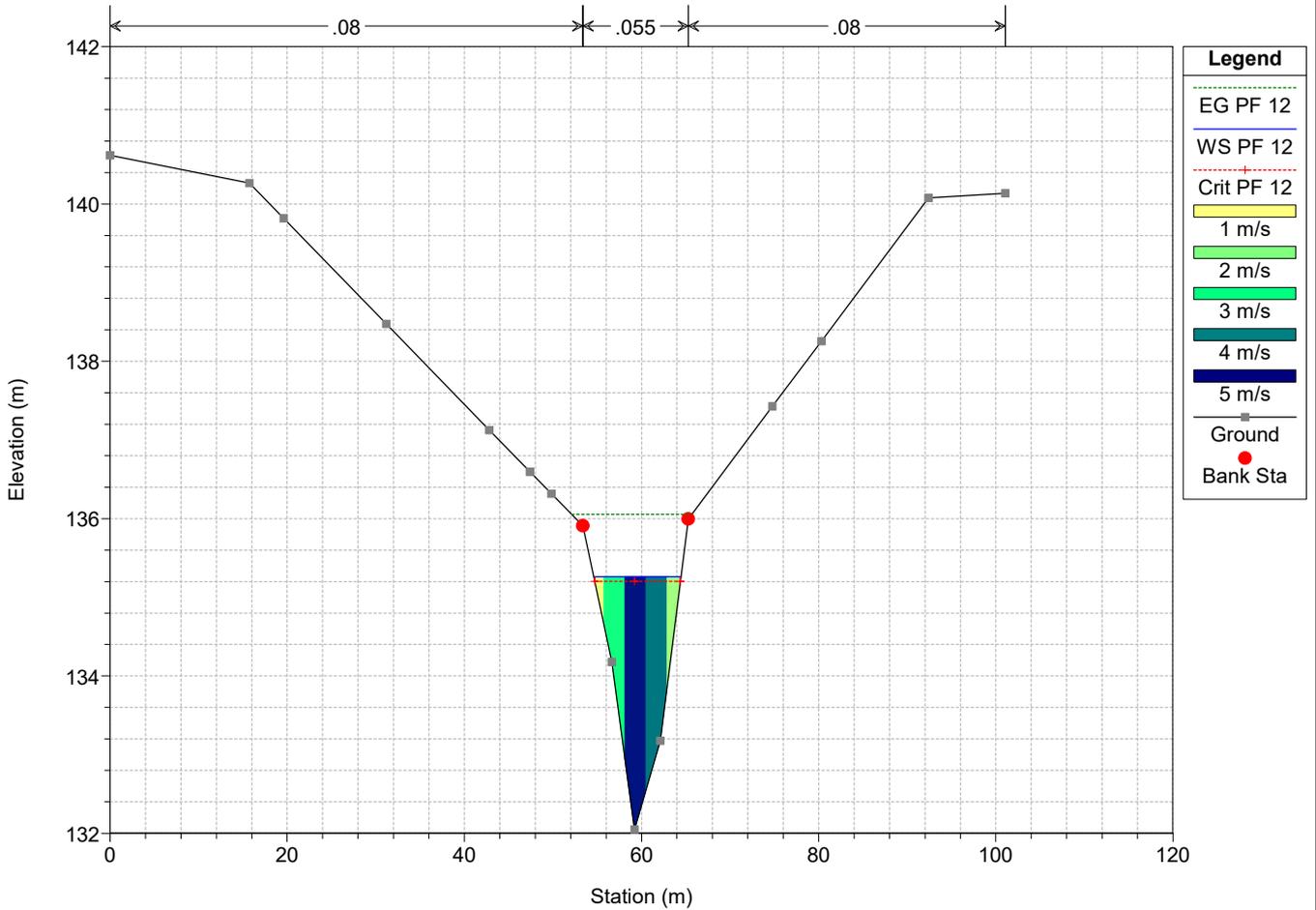
River = Appello Reach = Appello RS = 372.55*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

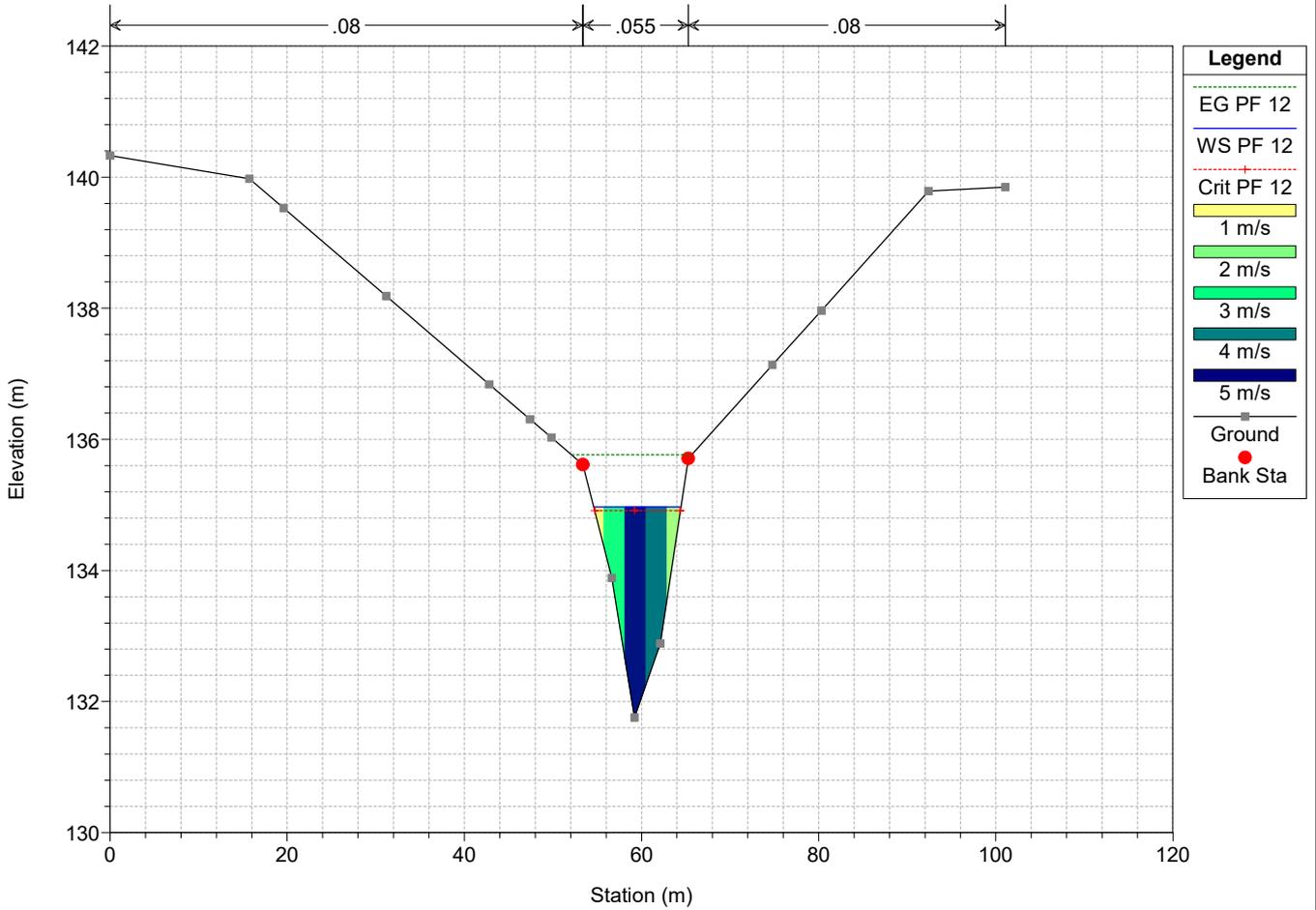
River = Appello Reach = Appello RS = 362.82*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

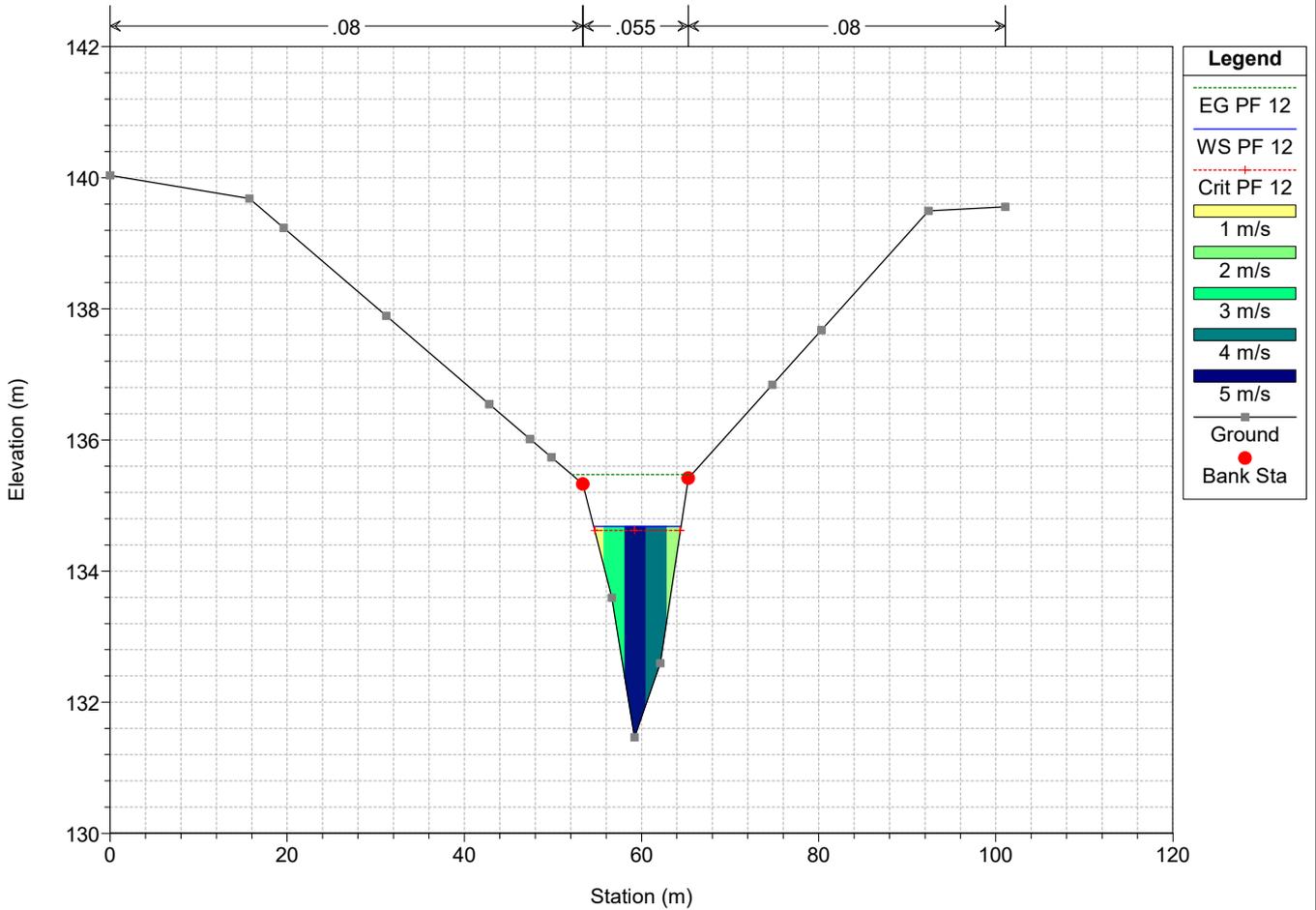
River = Appello Reach = Appello RS = 353.09*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

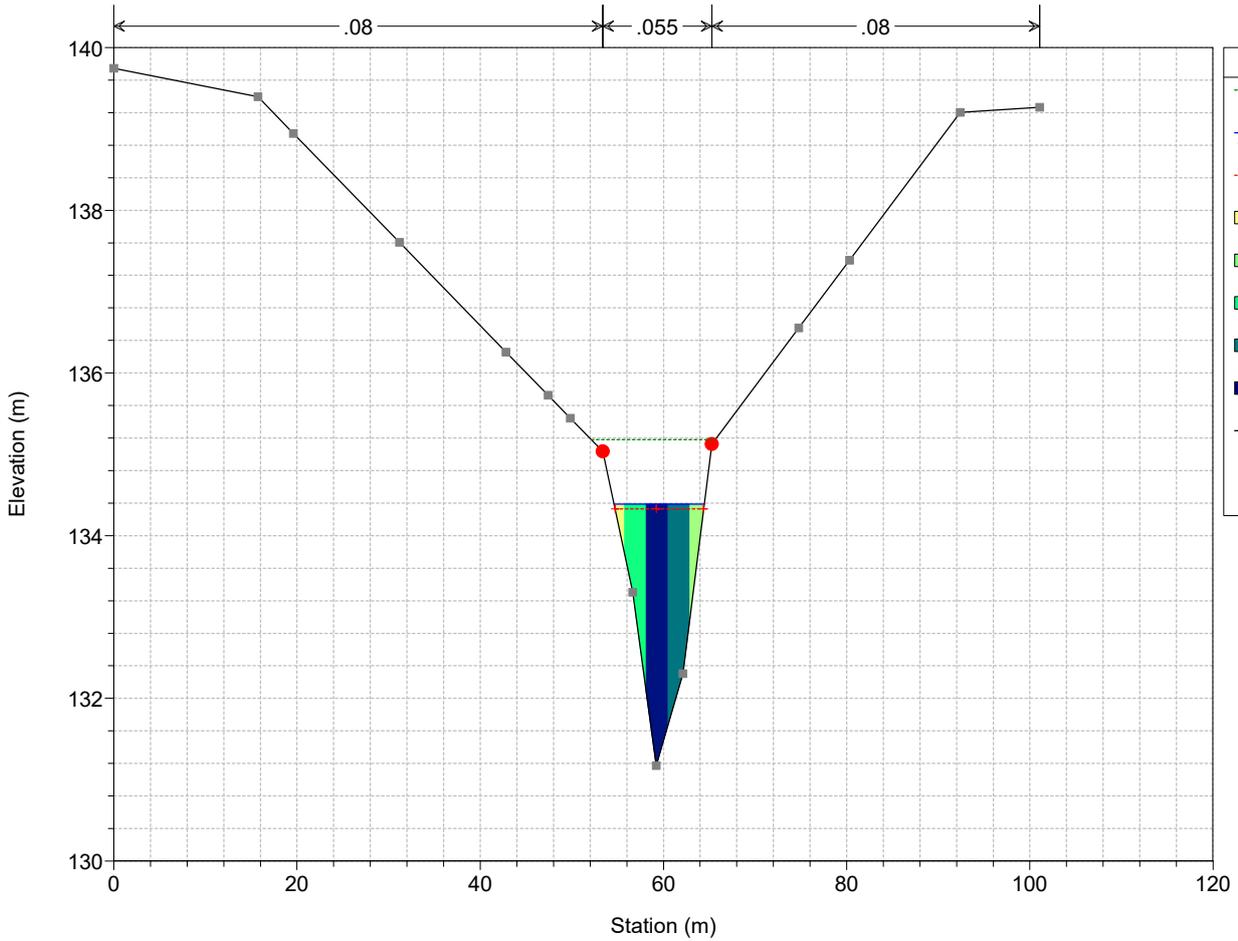
River = Appello Reach = Appello RS = 343.36*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

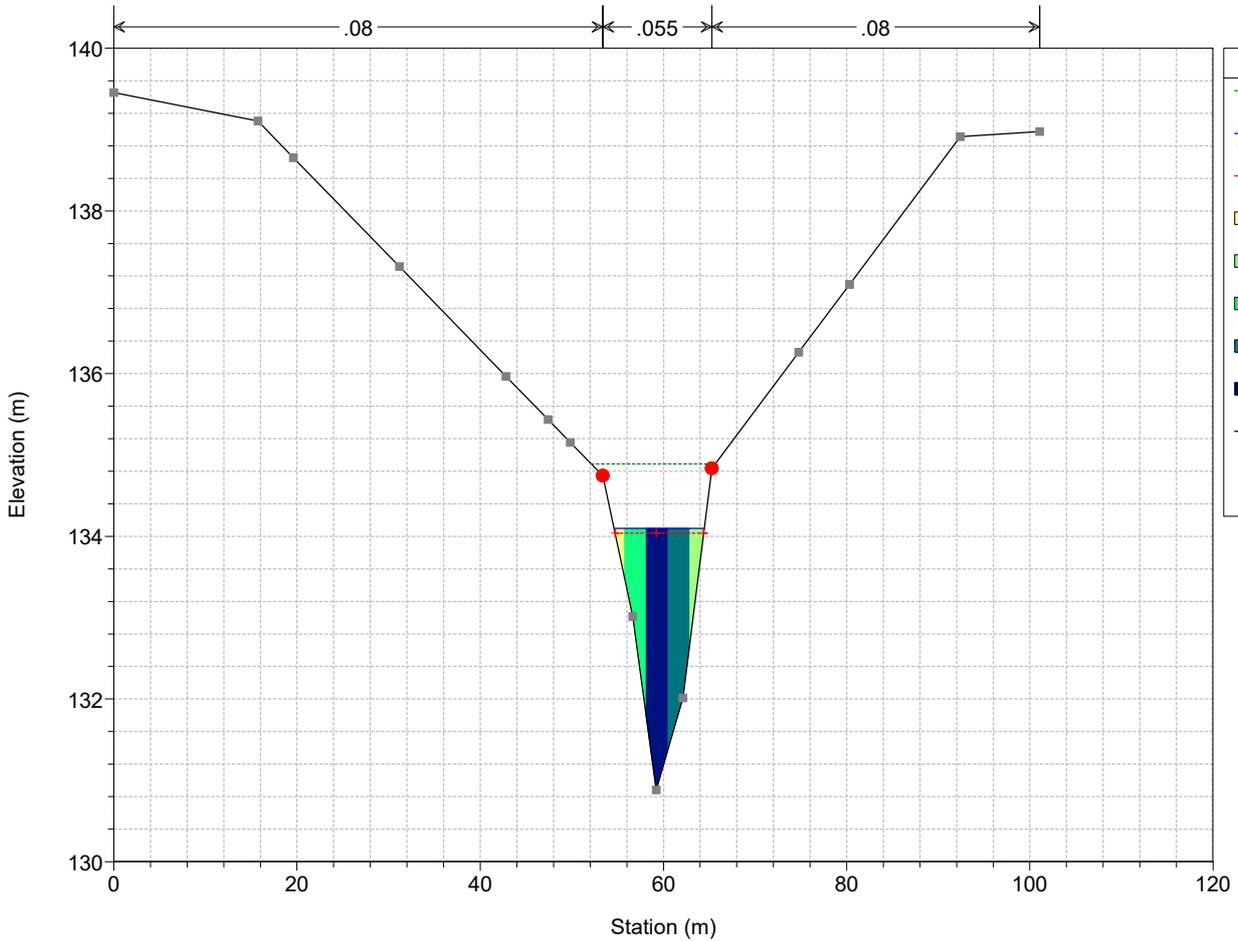
River = Appello Reach = Appello RS = 333.64*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

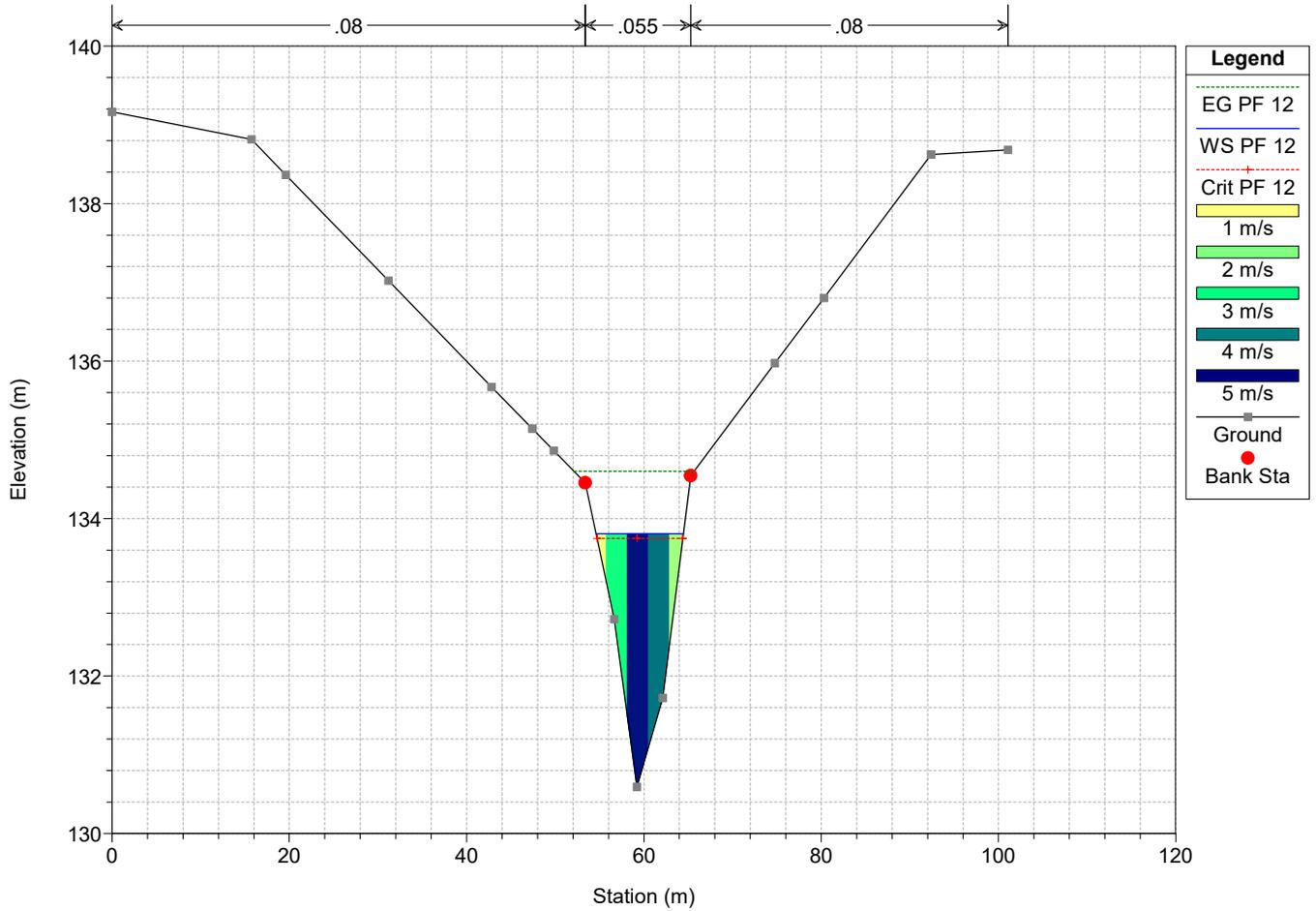
River = Appello Reach = Appello RS = 323.91*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

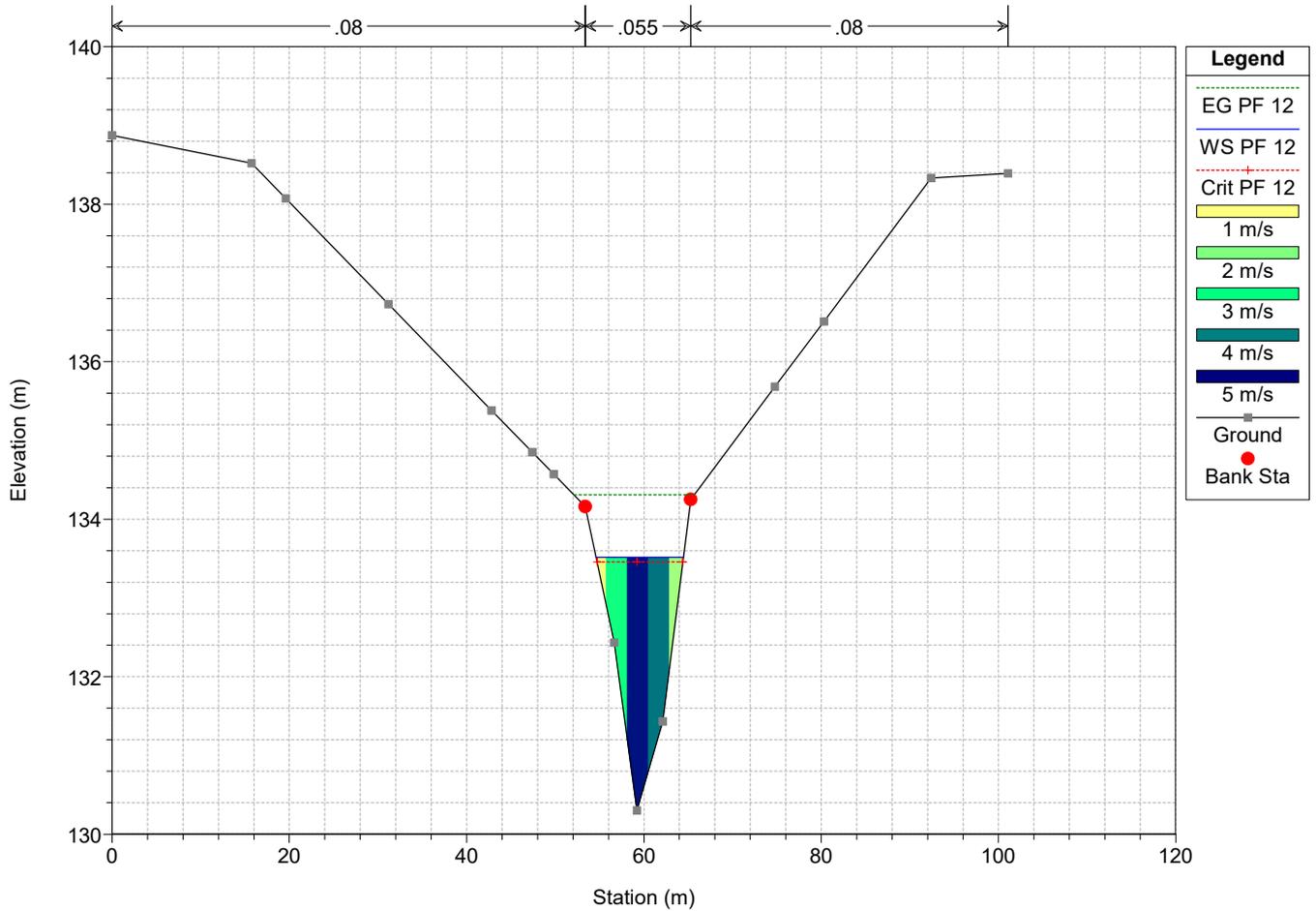
River = Appello Reach = Appello RS = 314.18*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

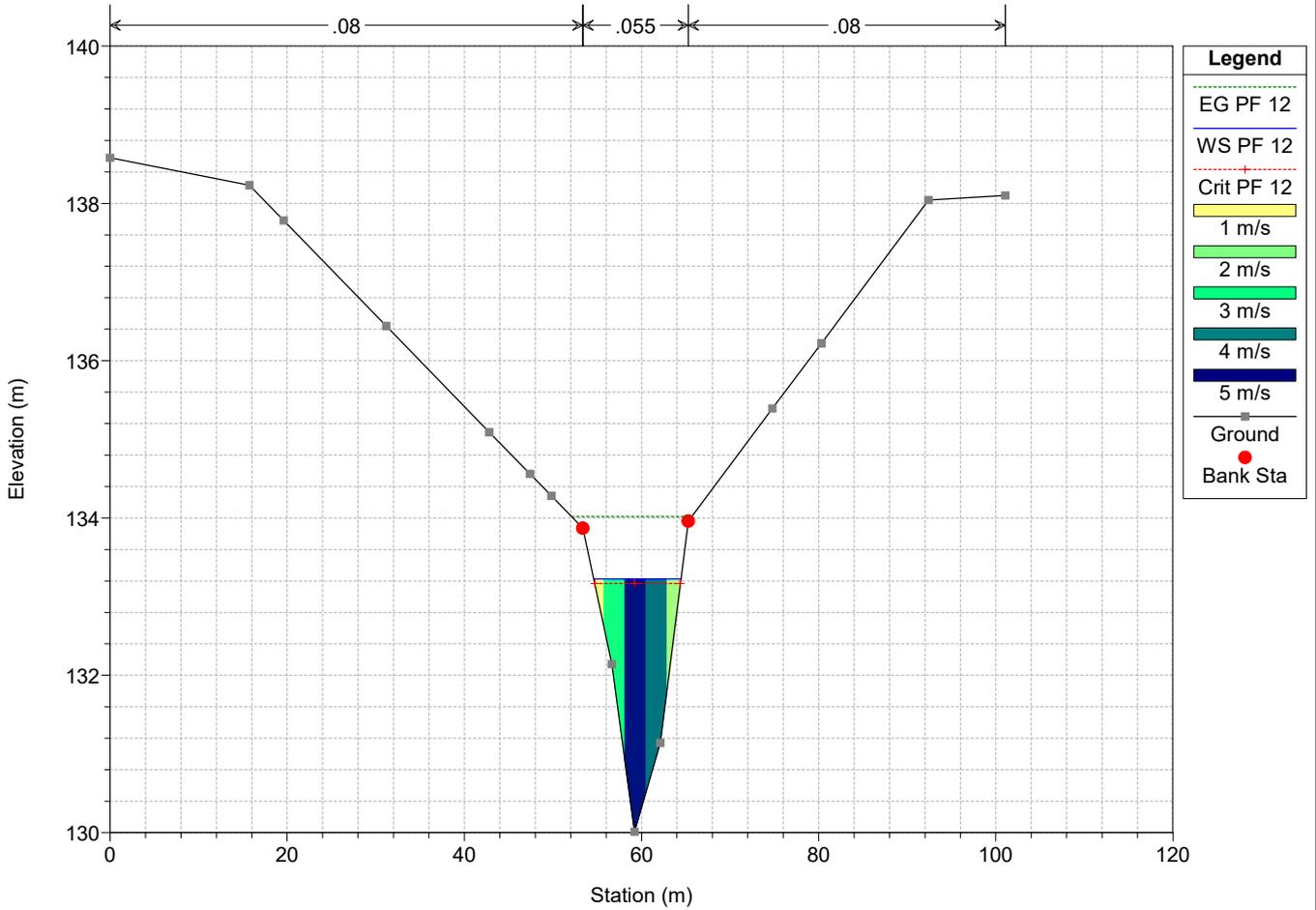
River = Appello Reach = Appello RS = 304.45*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

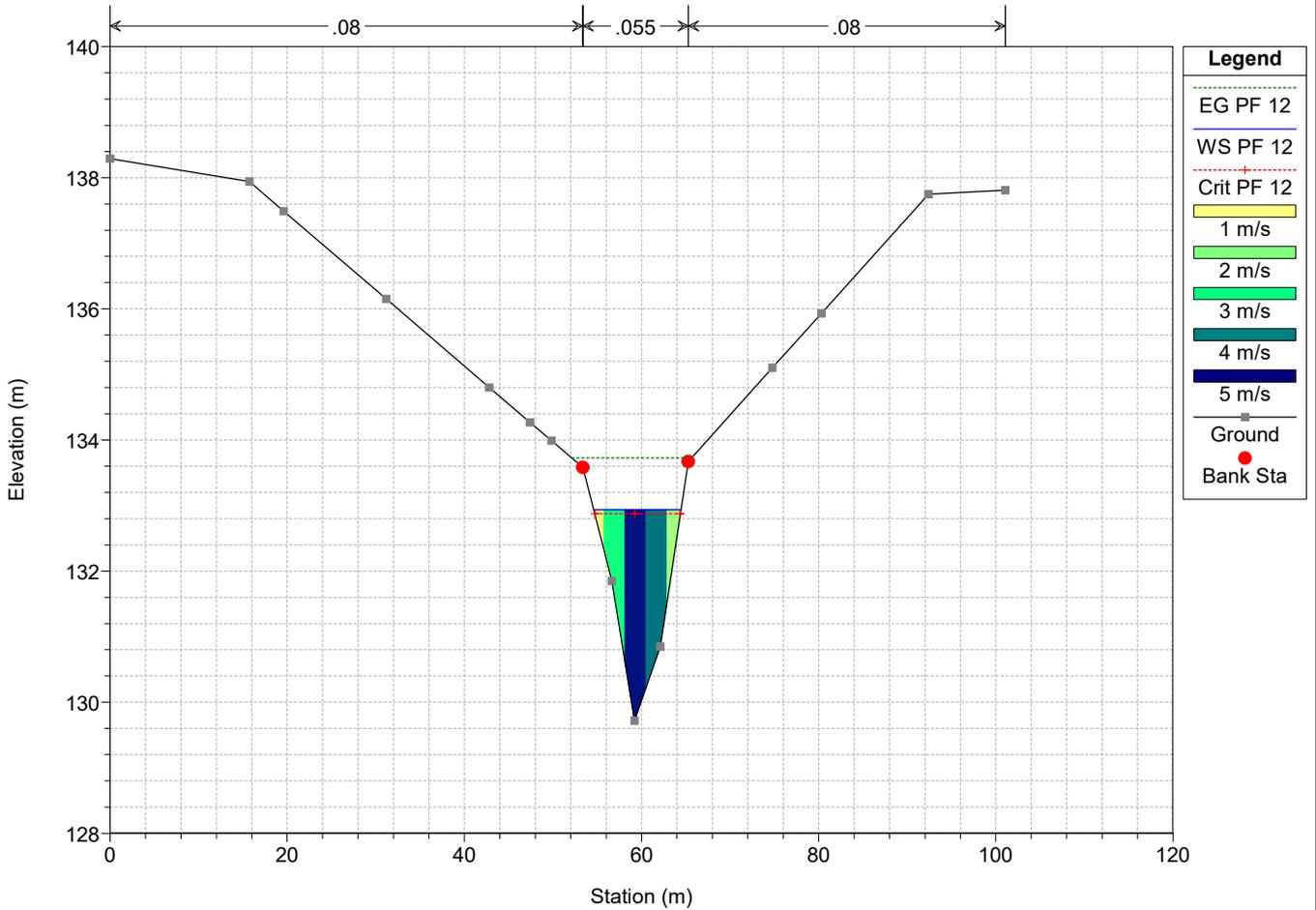
River = Appello Reach = Appello RS = 294.73*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

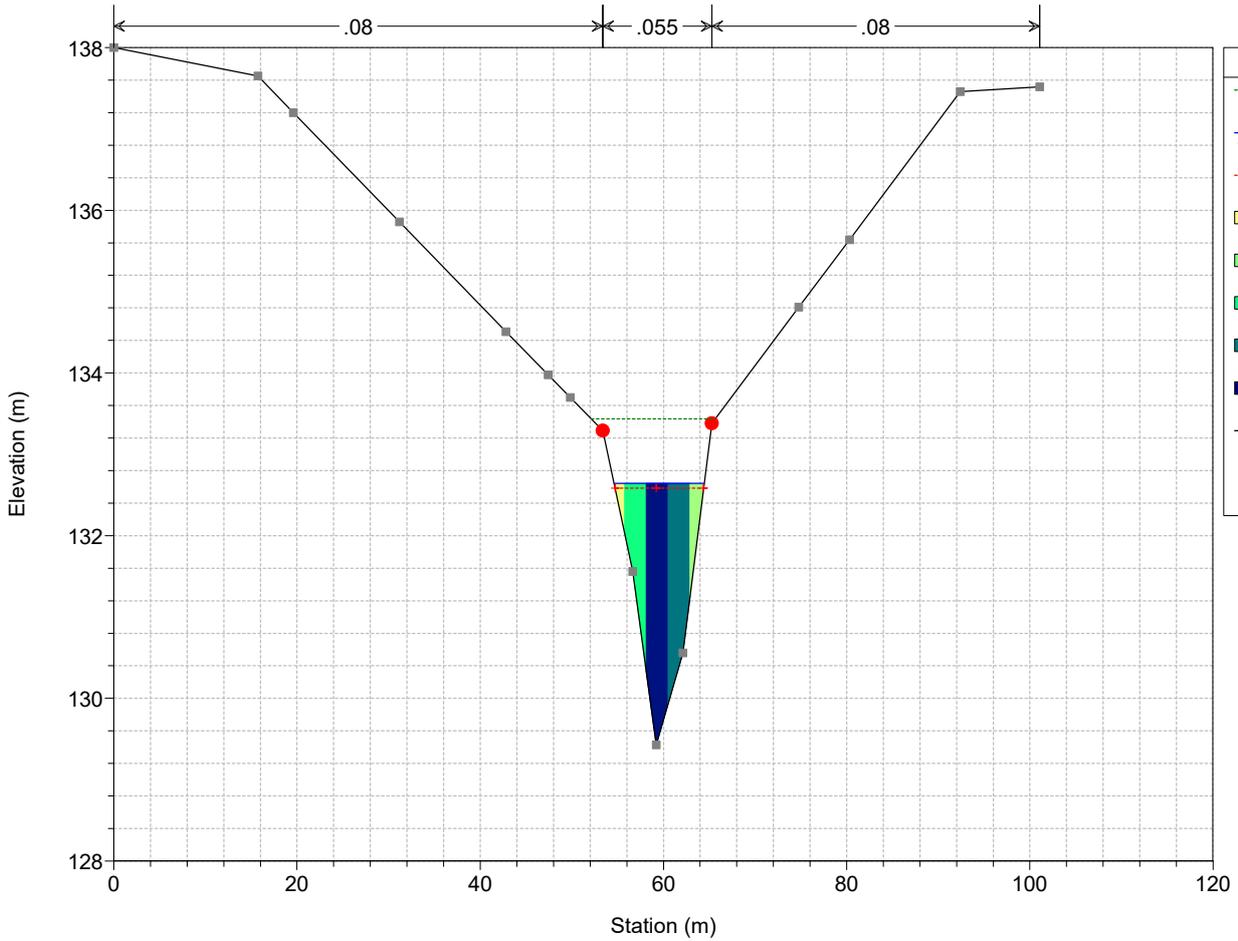
River = Appello Reach = Appello RS = 285.00*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

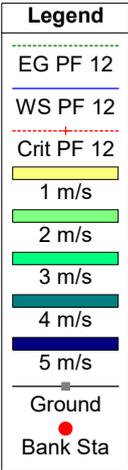
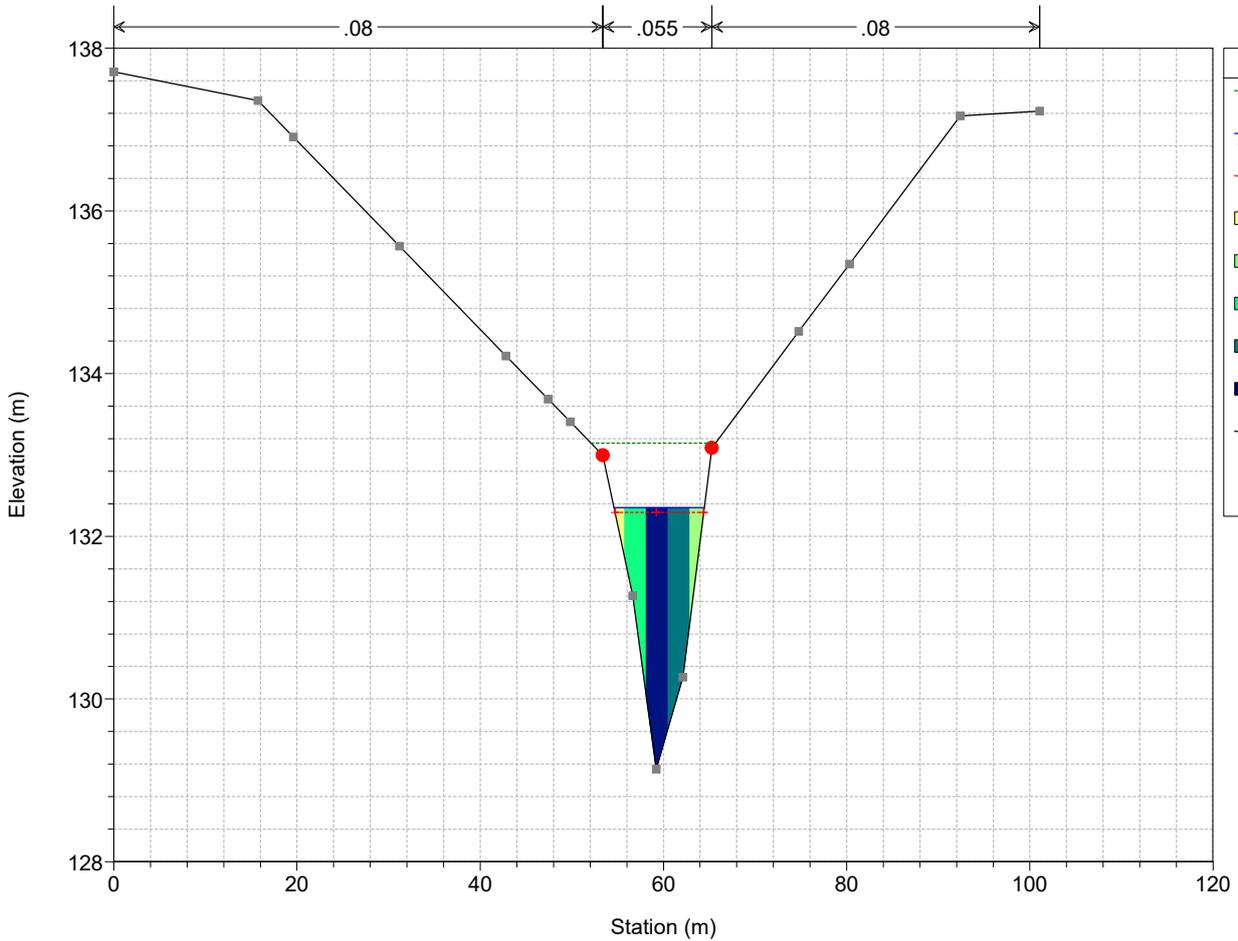
River = Appello Reach = Appello RS = 275.27*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

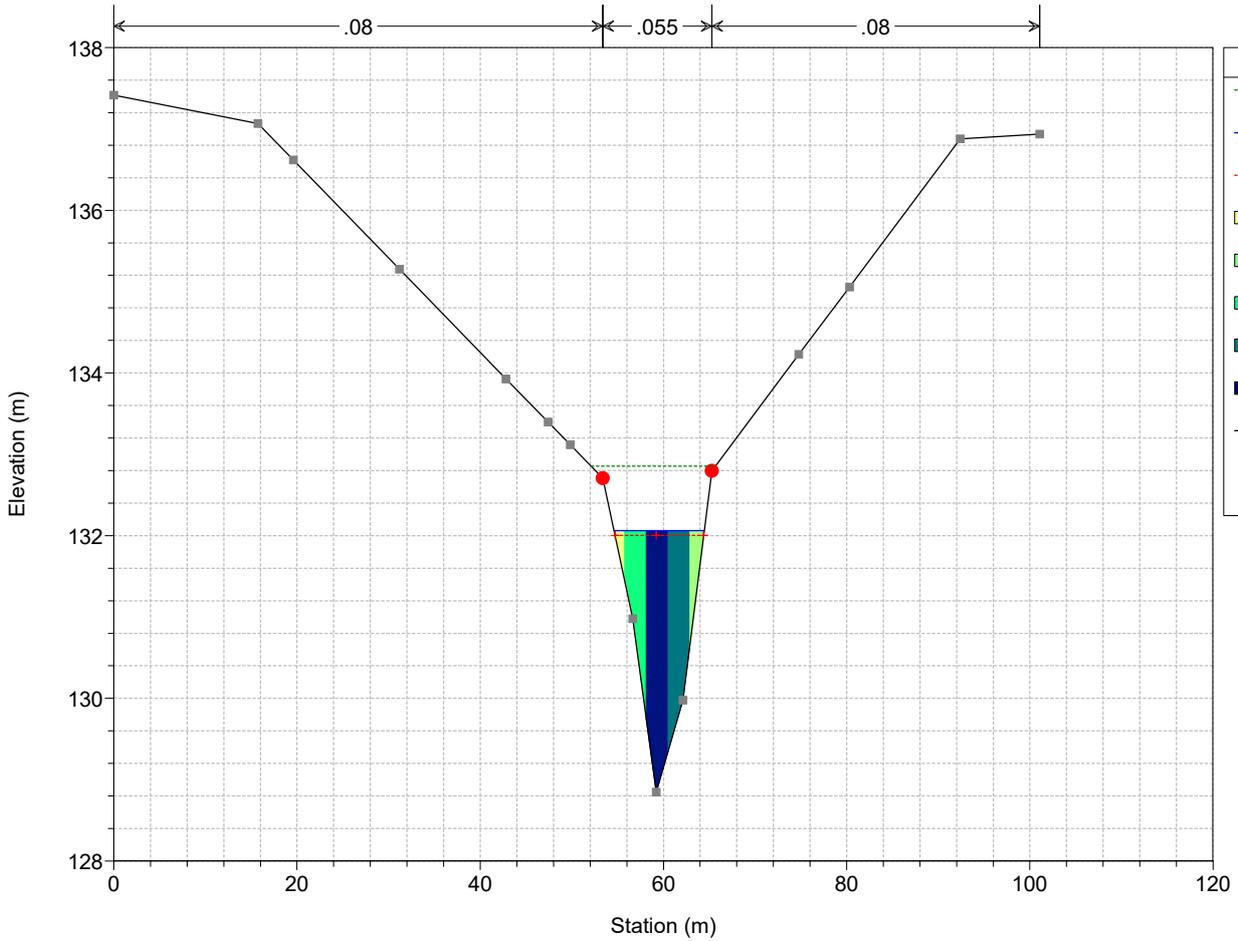
River = Appello Reach = Appello RS = 265.55*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

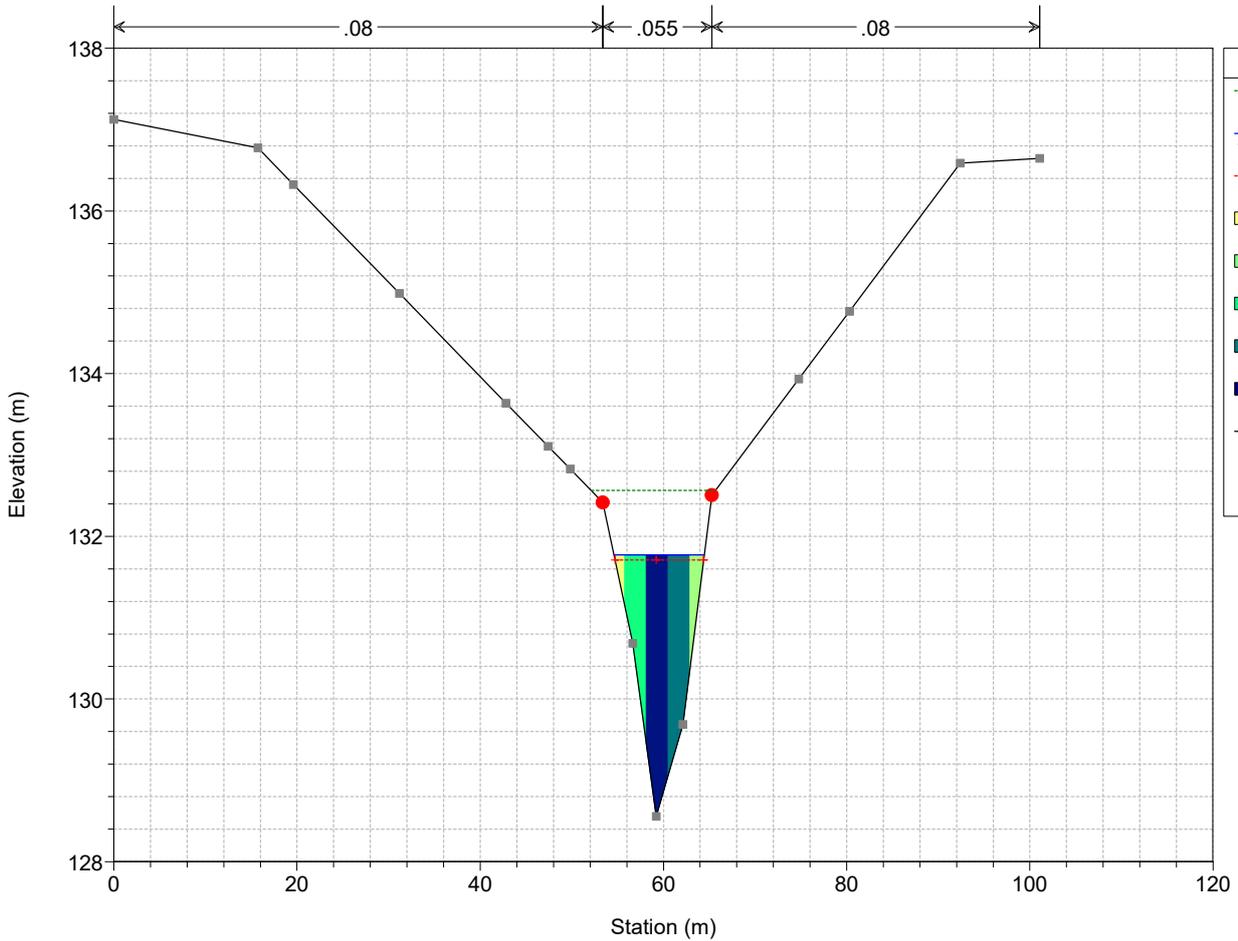
River = Appello Reach = Appello RS = 255.82*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

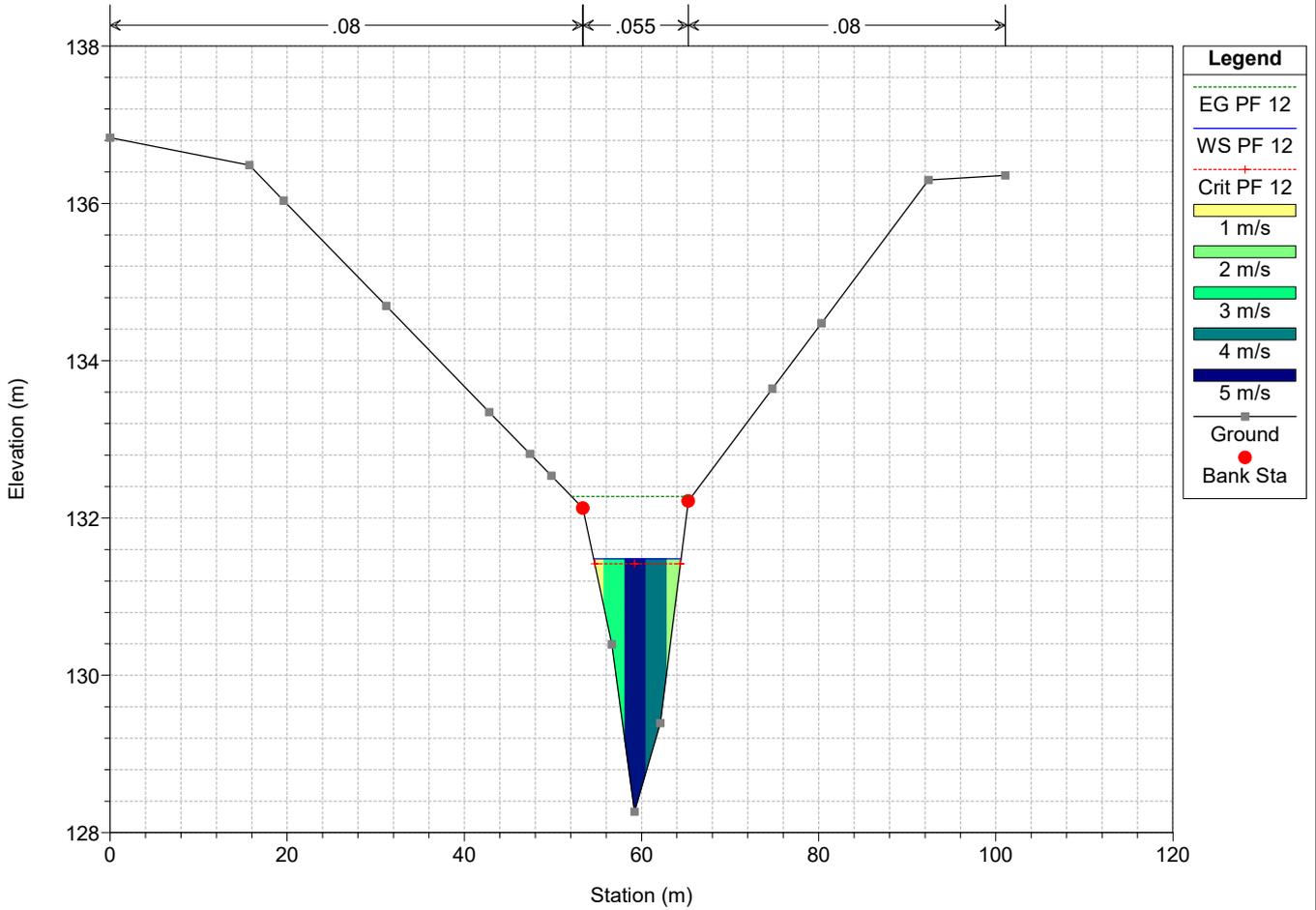
River = Appello Reach = Appello RS = 246.09*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

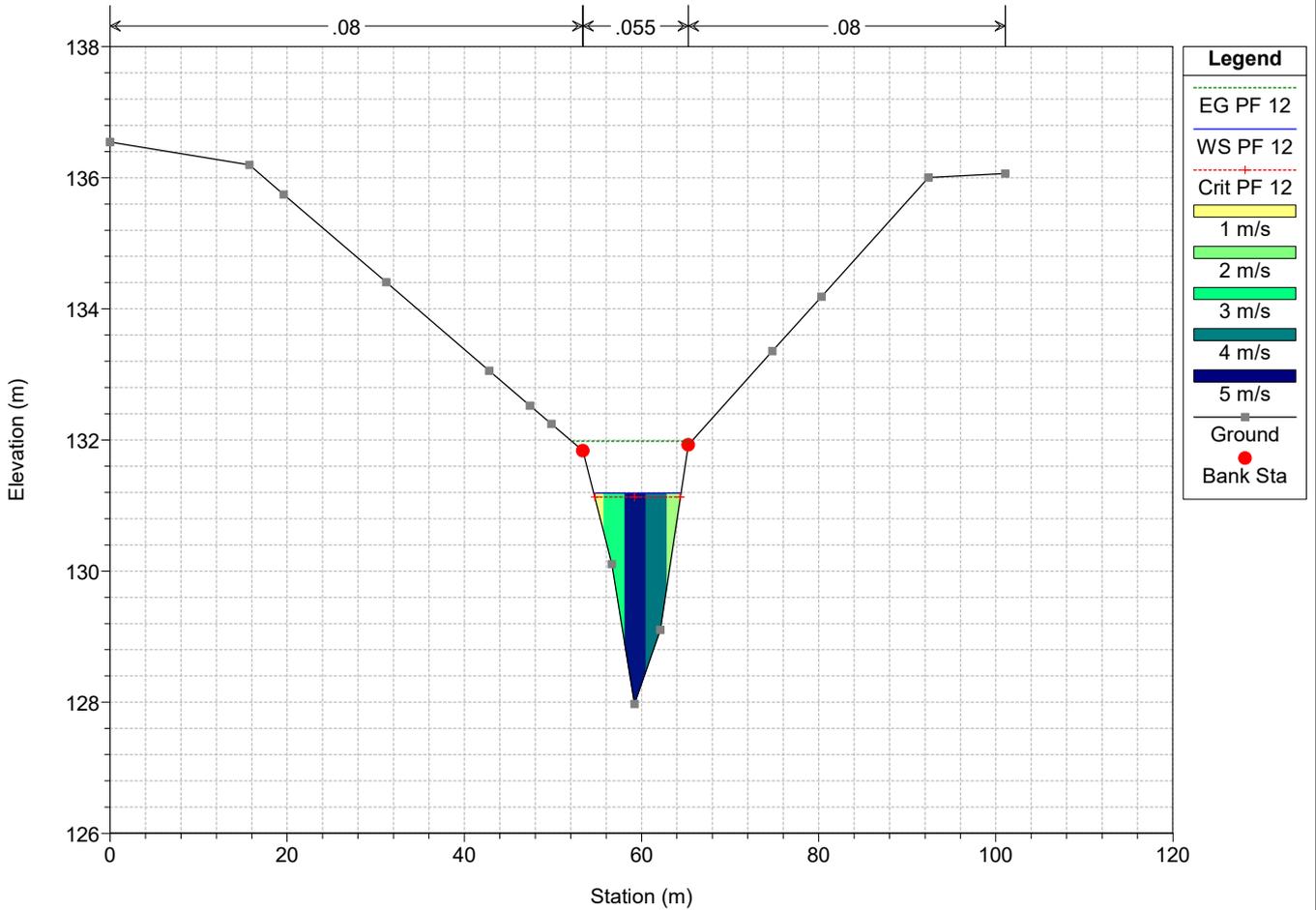
River = Appello Reach = Appello RS = 236.36*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

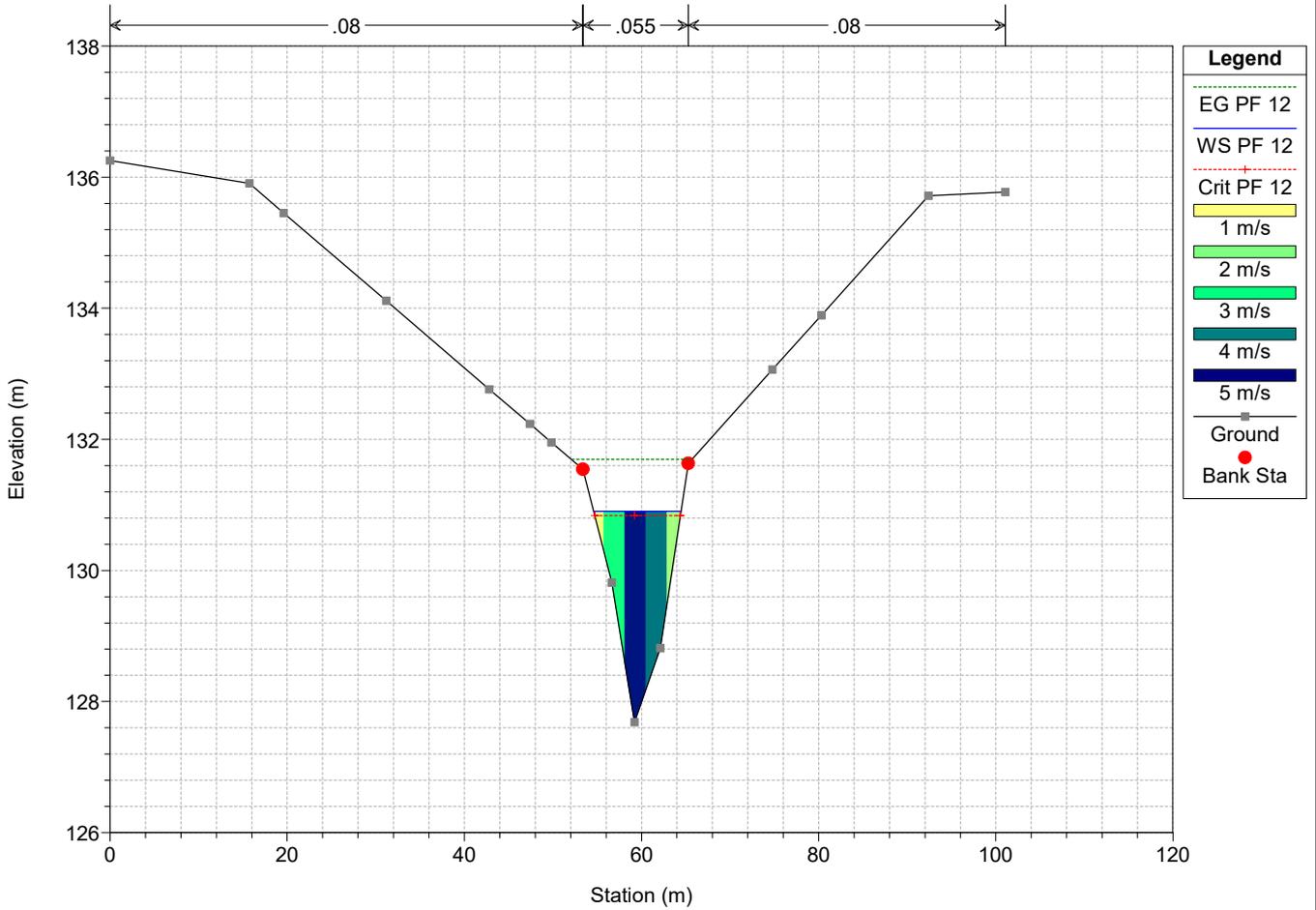
River = Appello Reach = Appello RS = 226.64*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

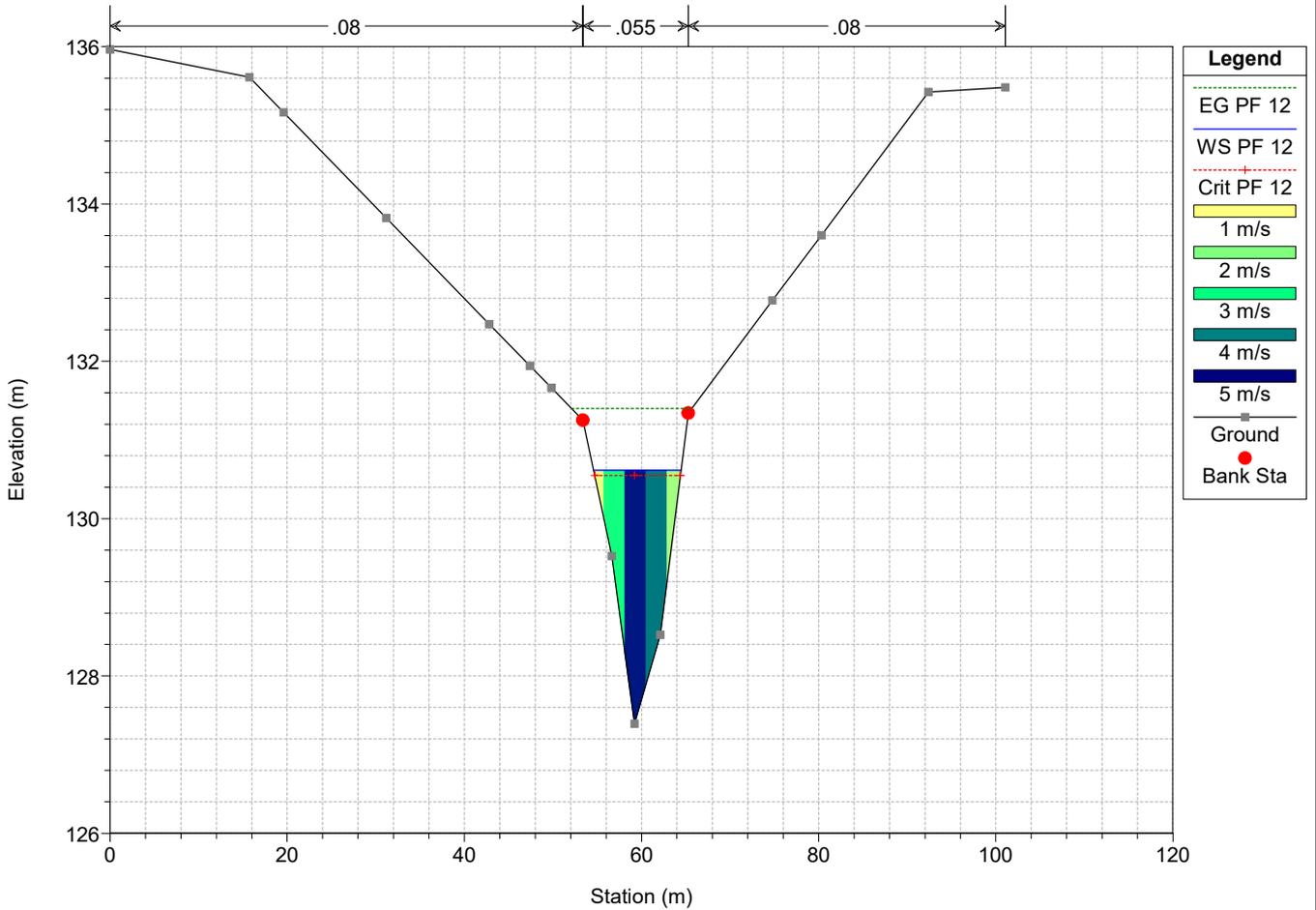
River = Appello Reach = Appello RS = 216.91*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

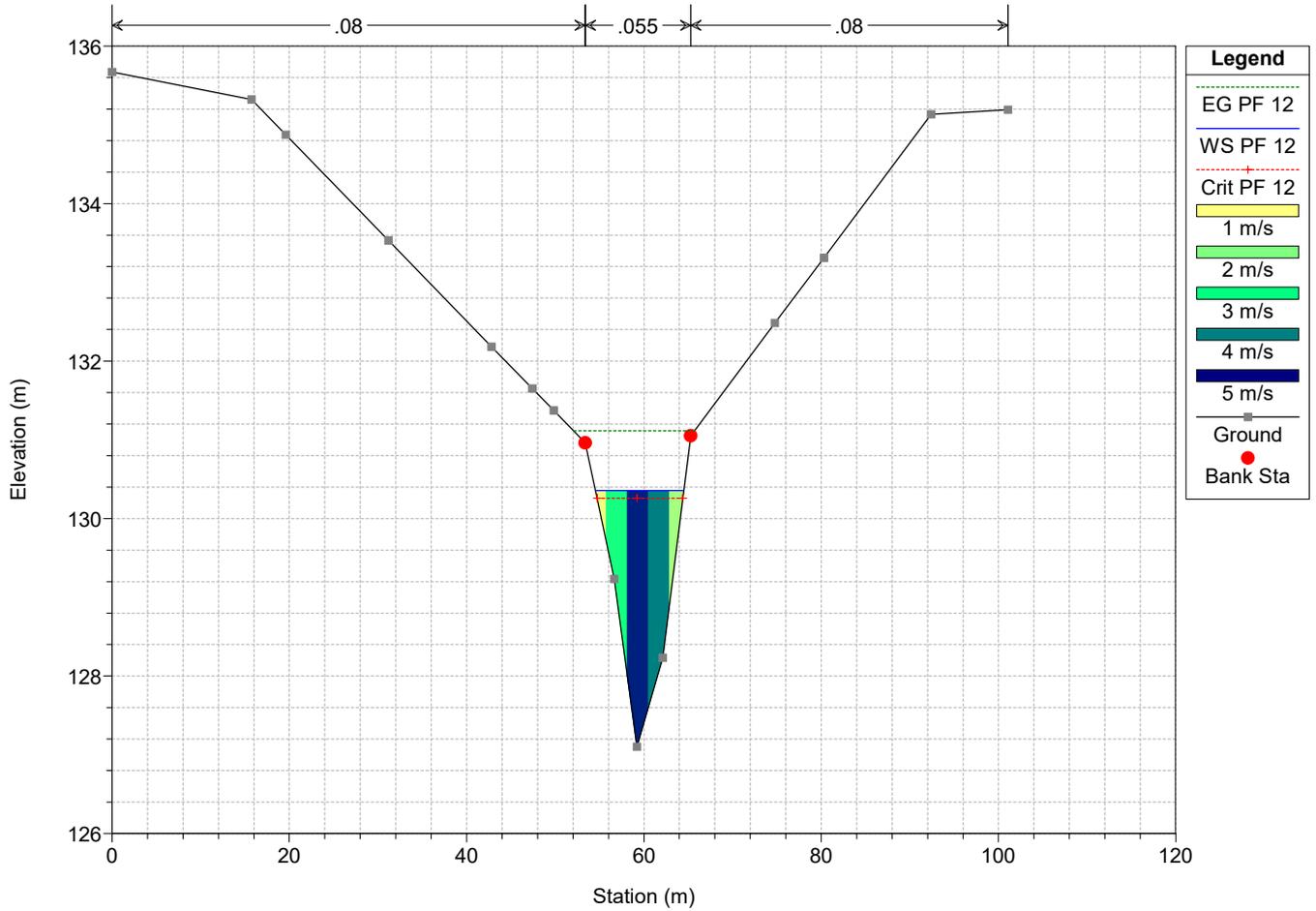
River = Appello Reach = Appello RS = 207.18*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

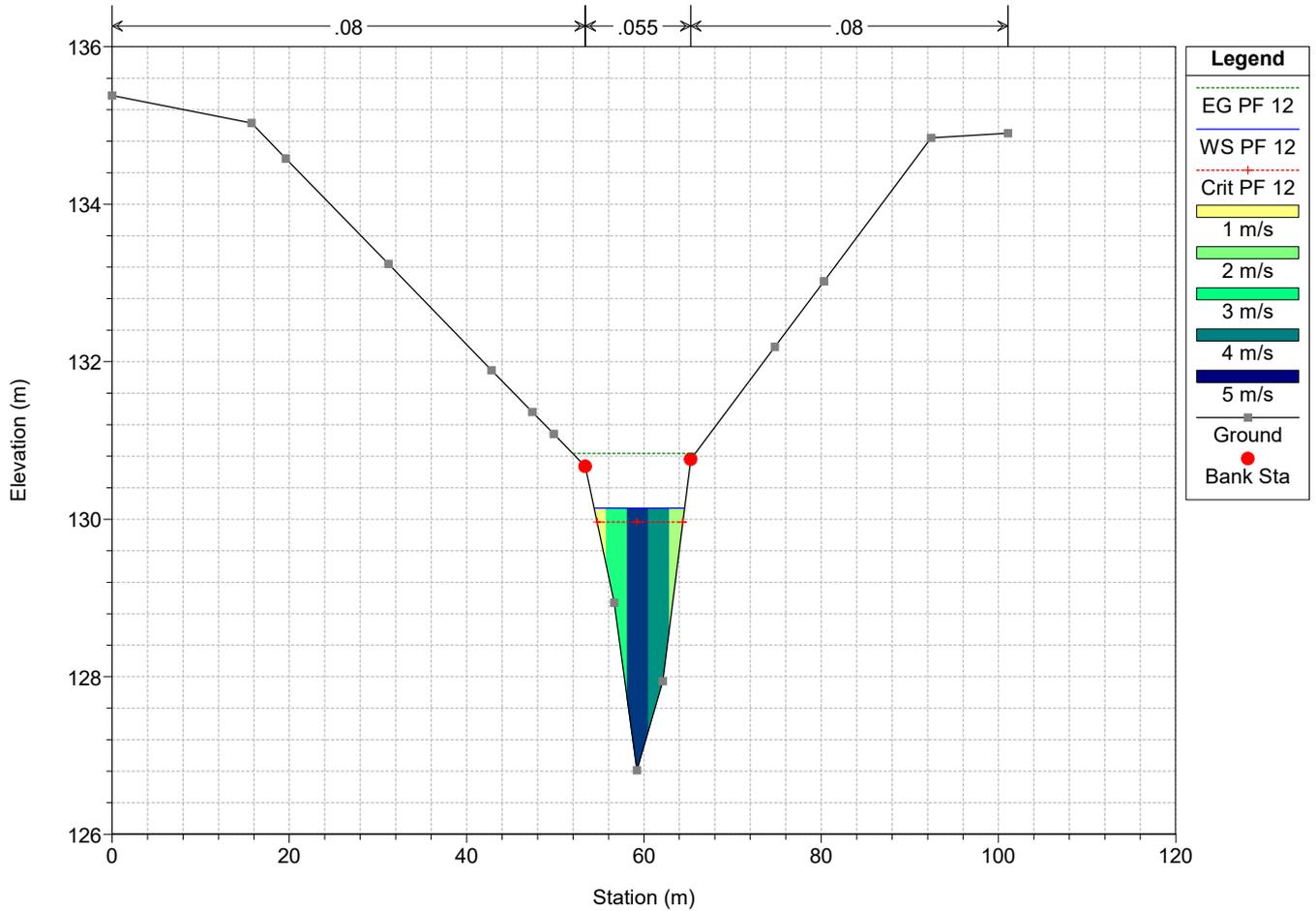
River = Appello Reach = Appello RS = 197.45*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

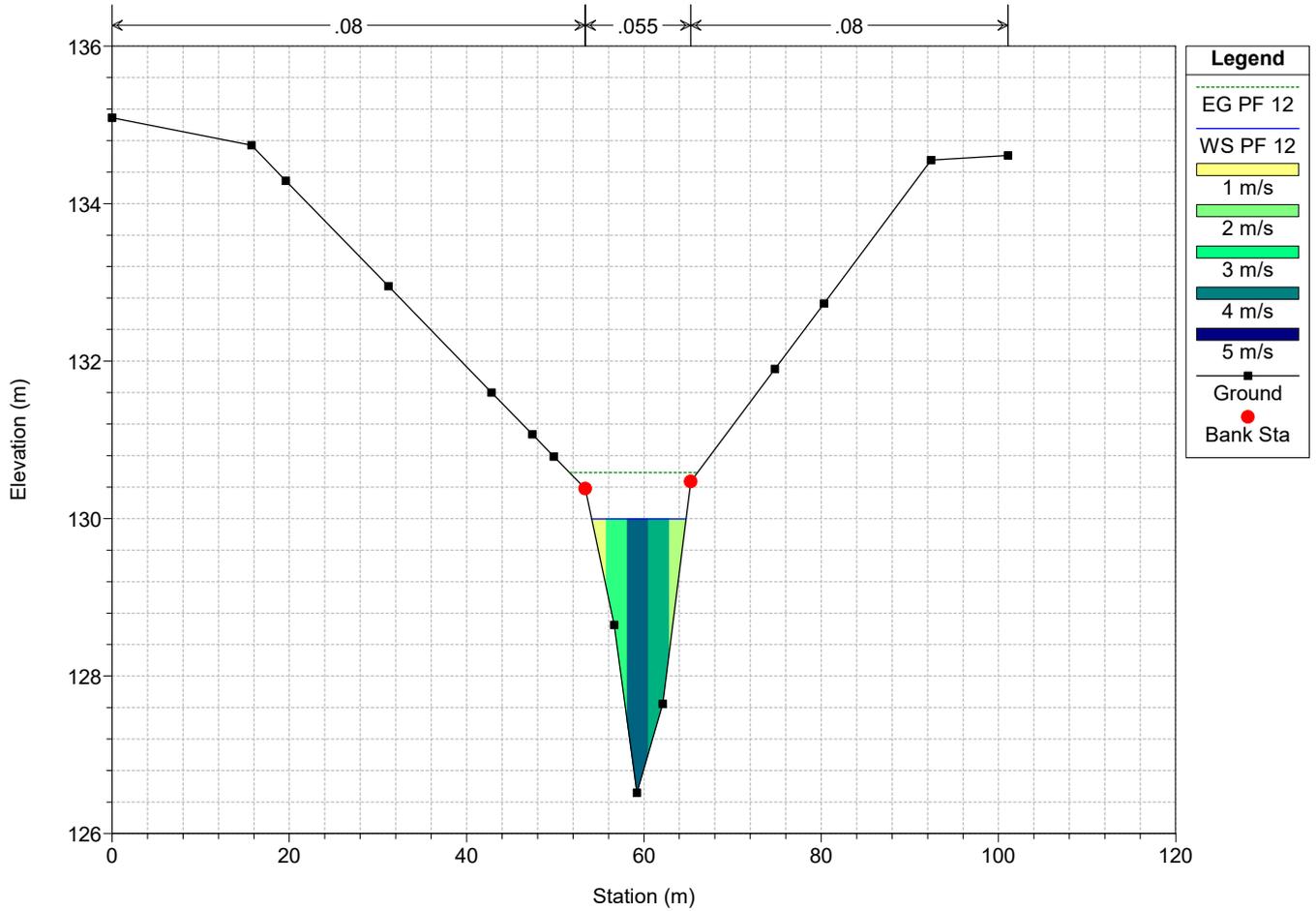
River = Appello Reach = Appello RS = 187.73*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

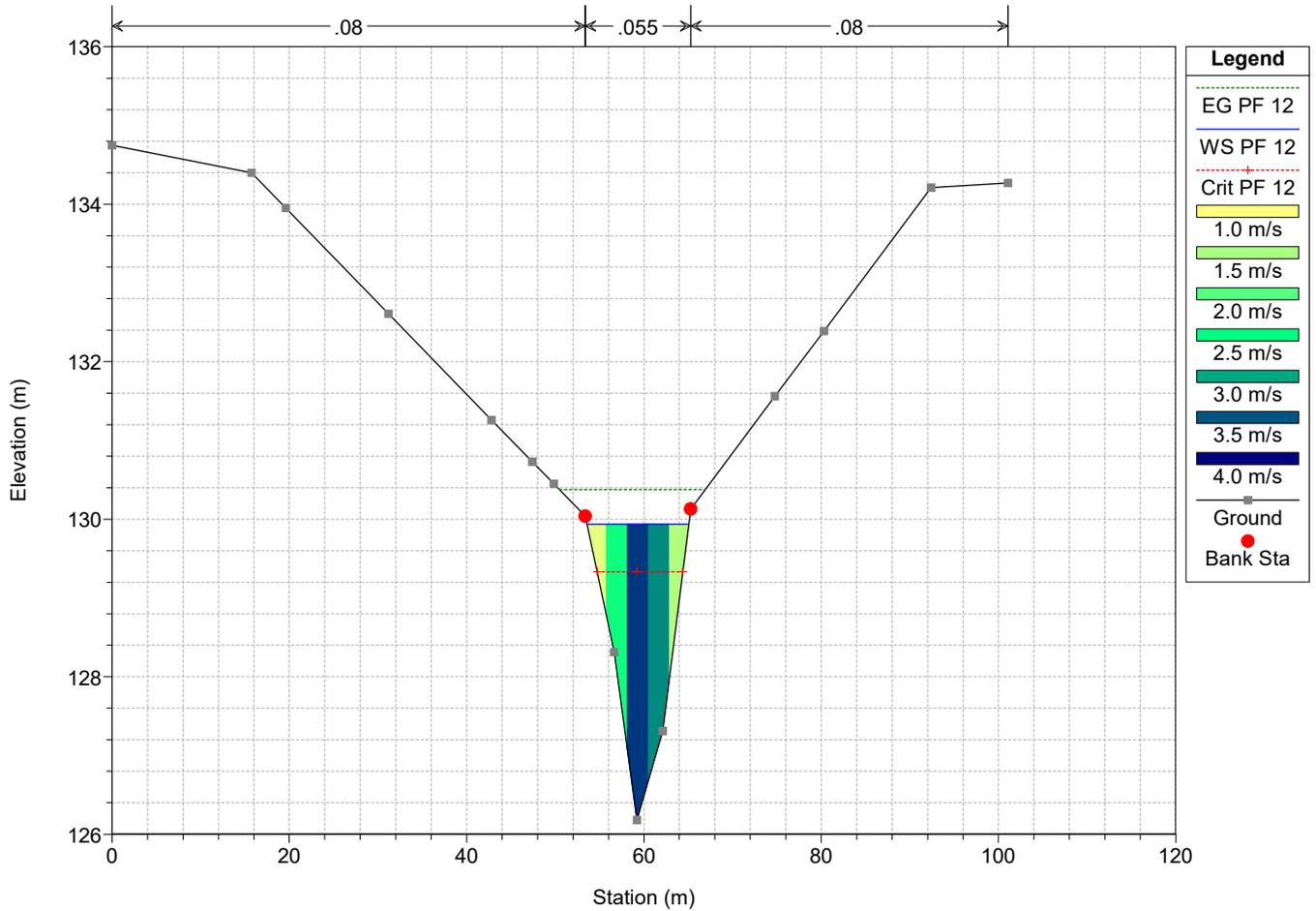
River = Appello Reach = Appello RS = 178



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

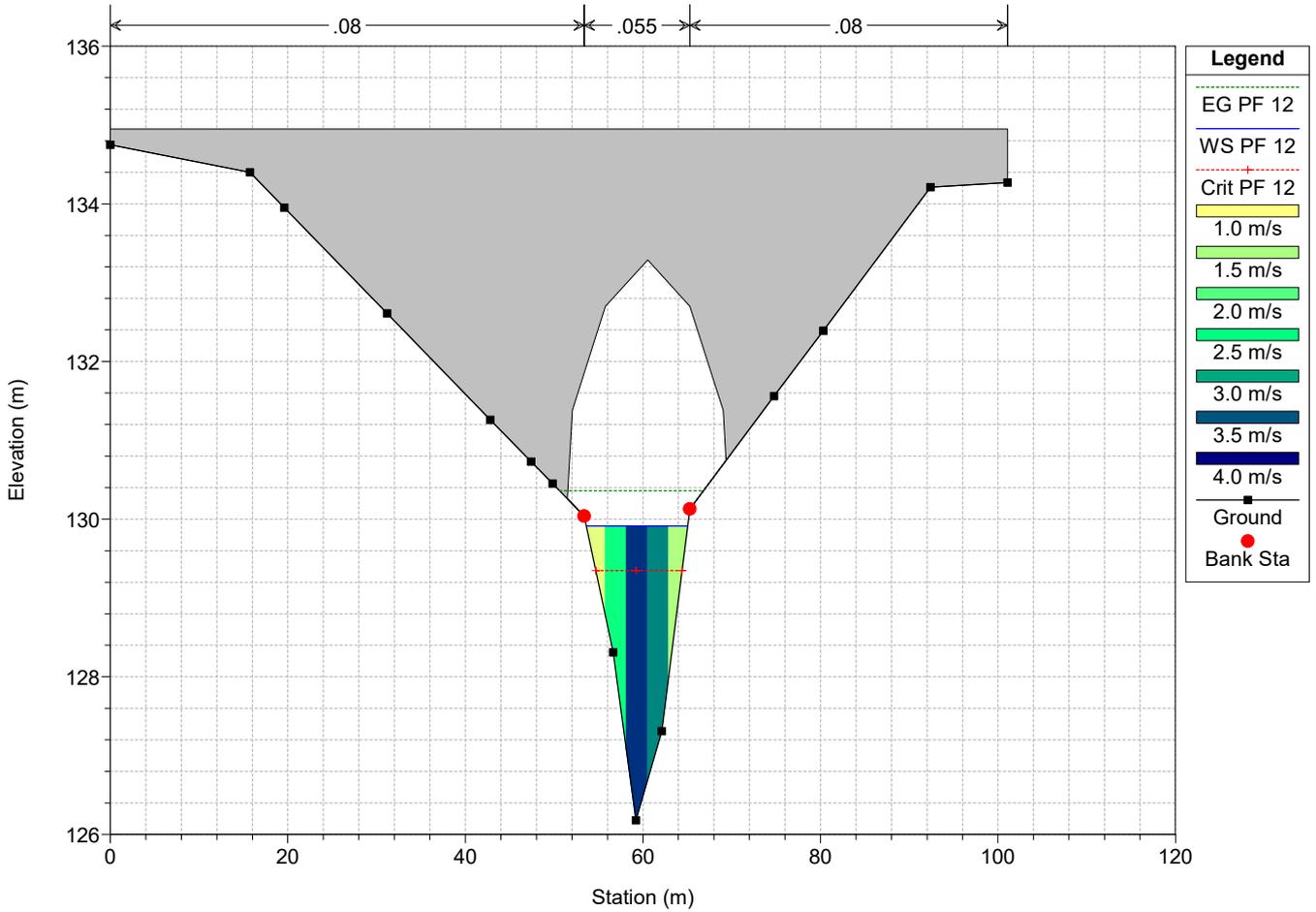
River = Appello Reach = Appello RS = 168.17*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

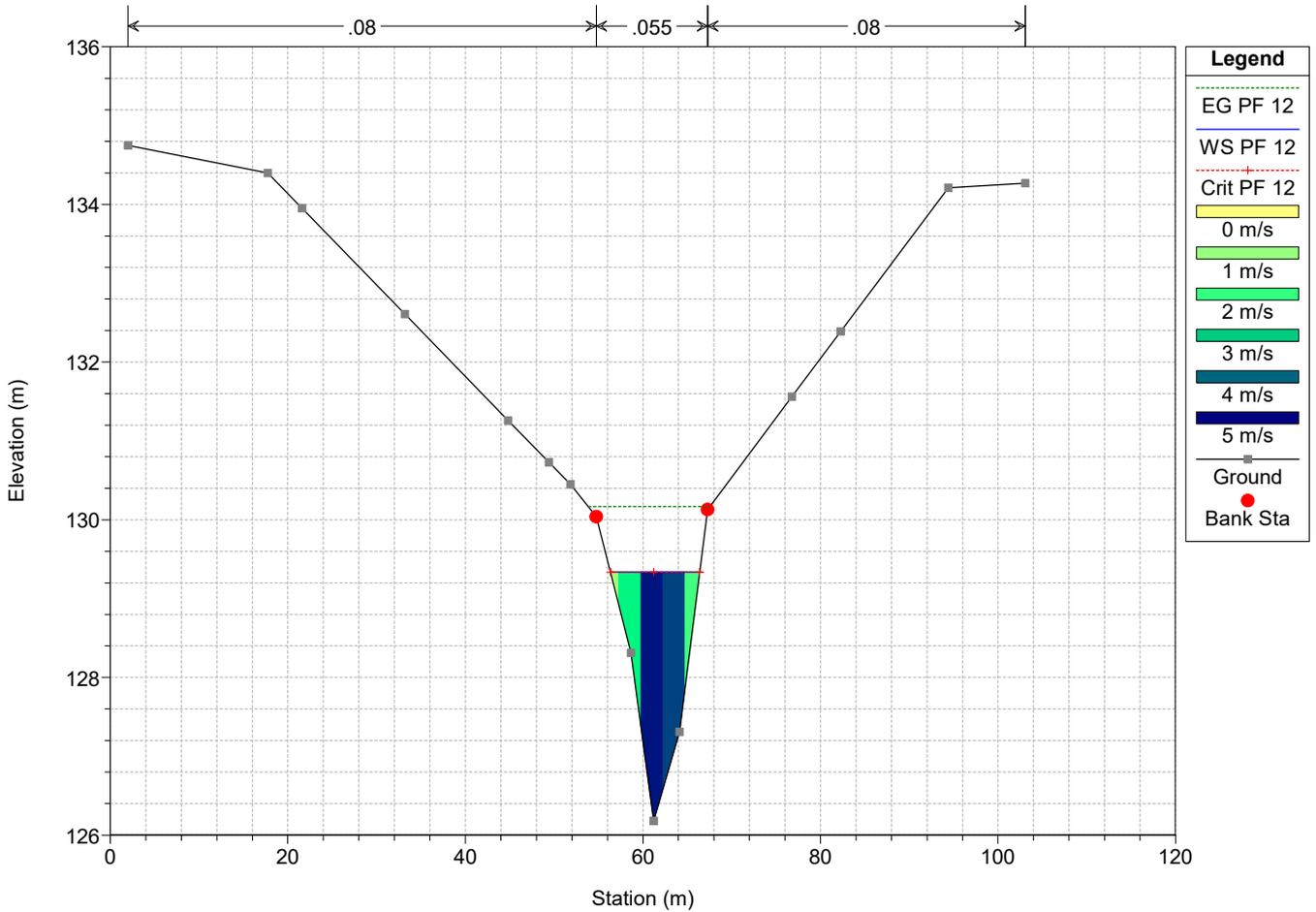
River = Appello Reach = Appello RS = 168.15 BR



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

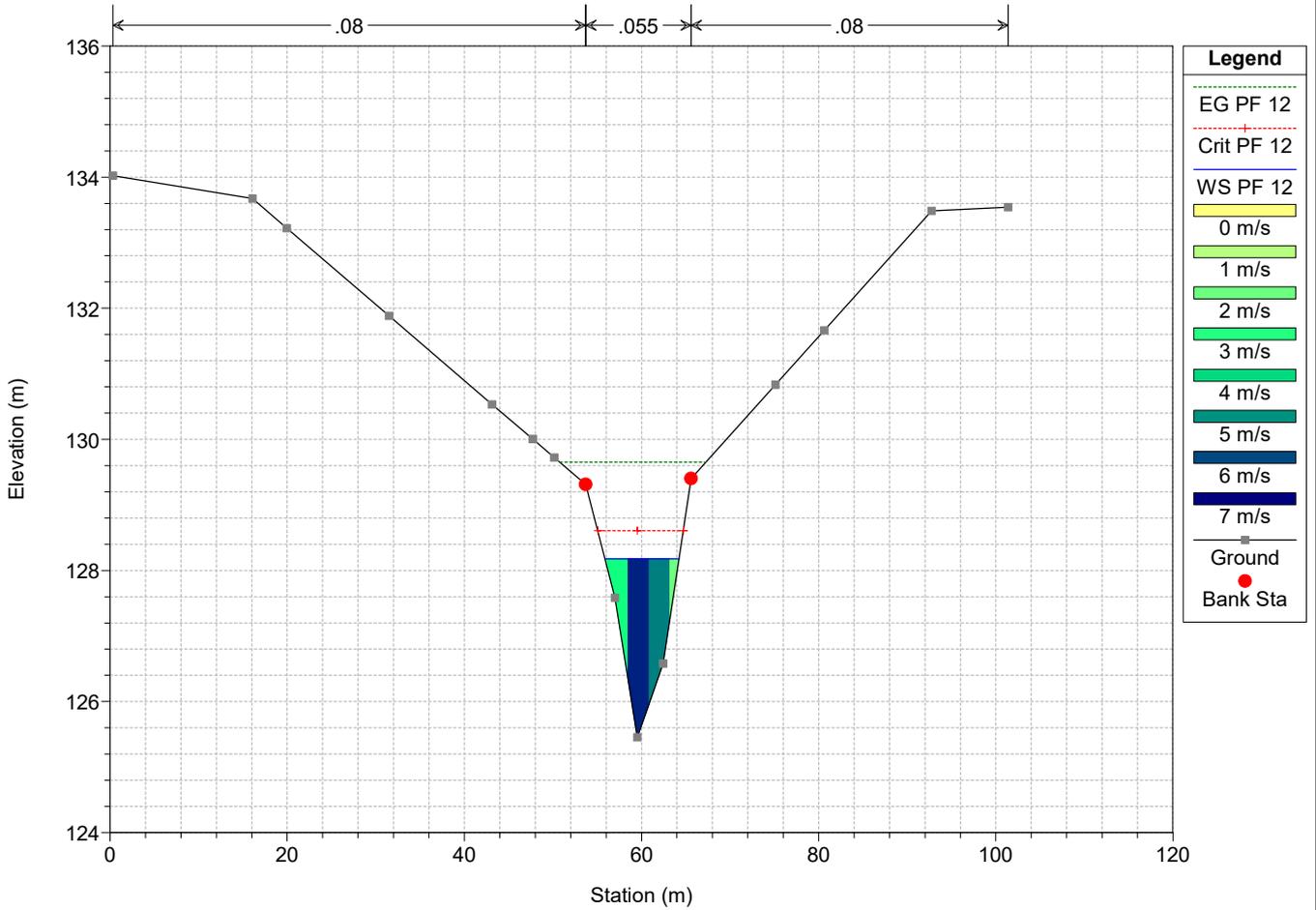
River = Appello Reach = Appello RS = 158.33*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

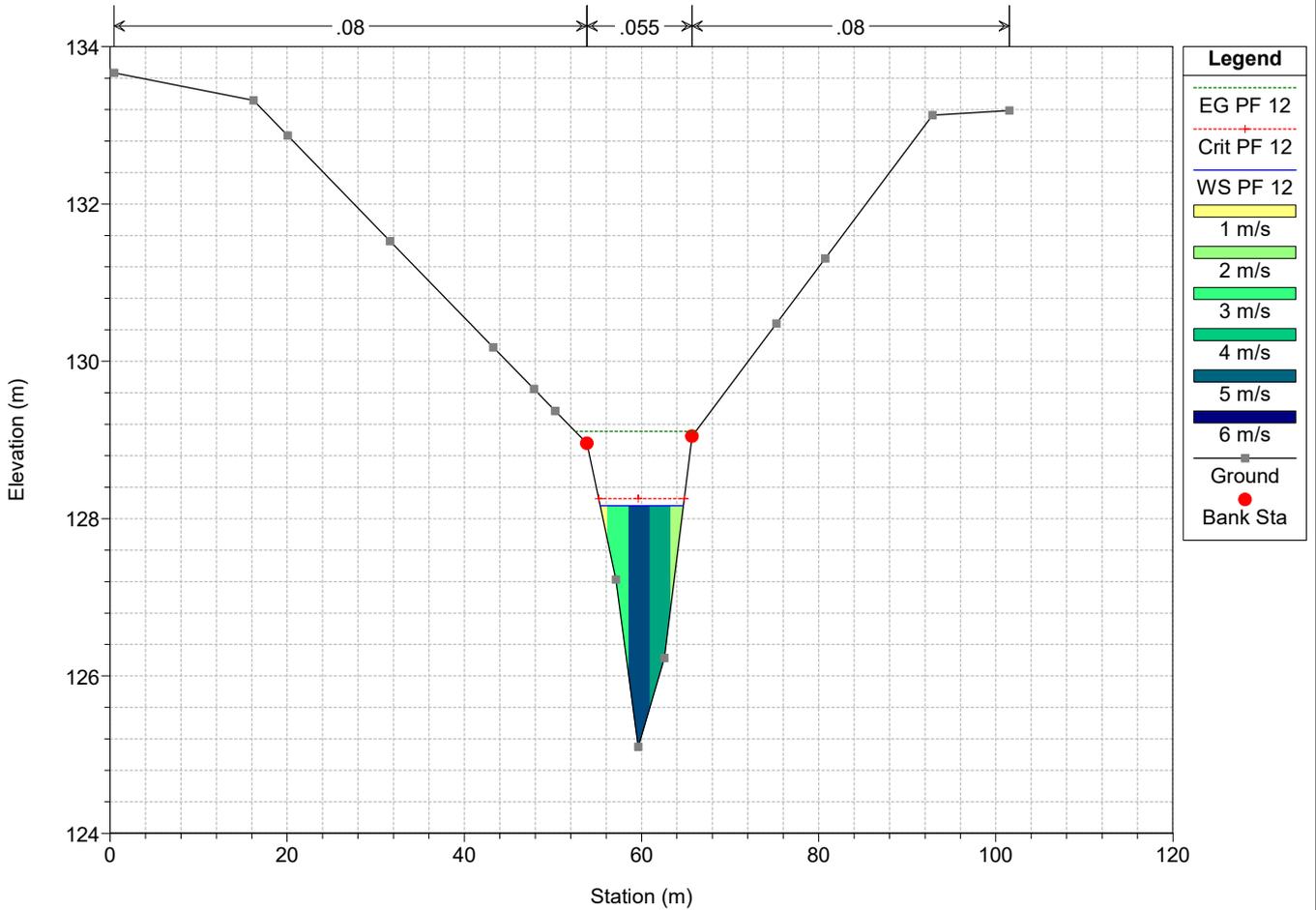
River = Appello Reach = Appello RS = 148.50*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

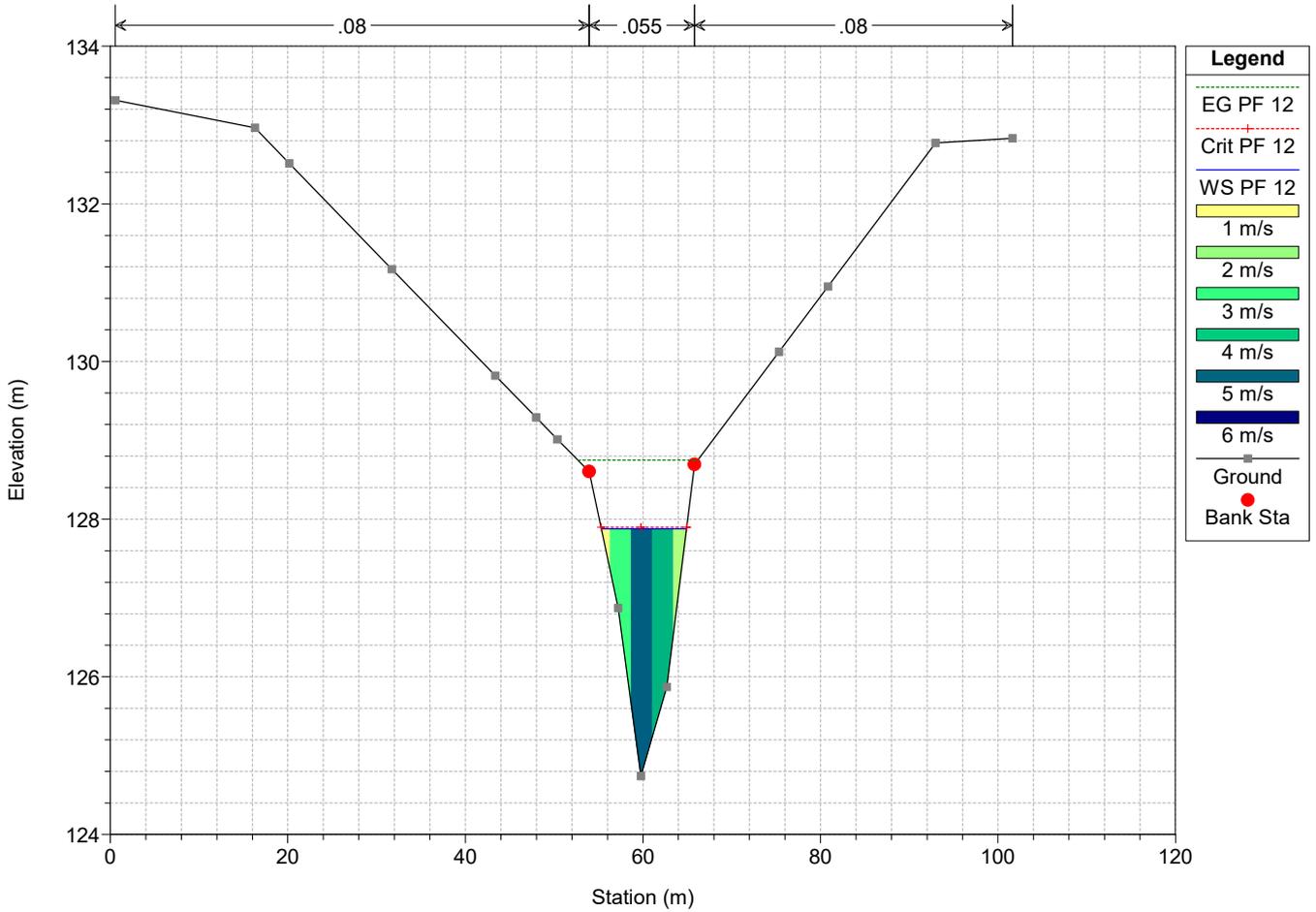
River = Appello Reach = Appello RS = 138.67*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

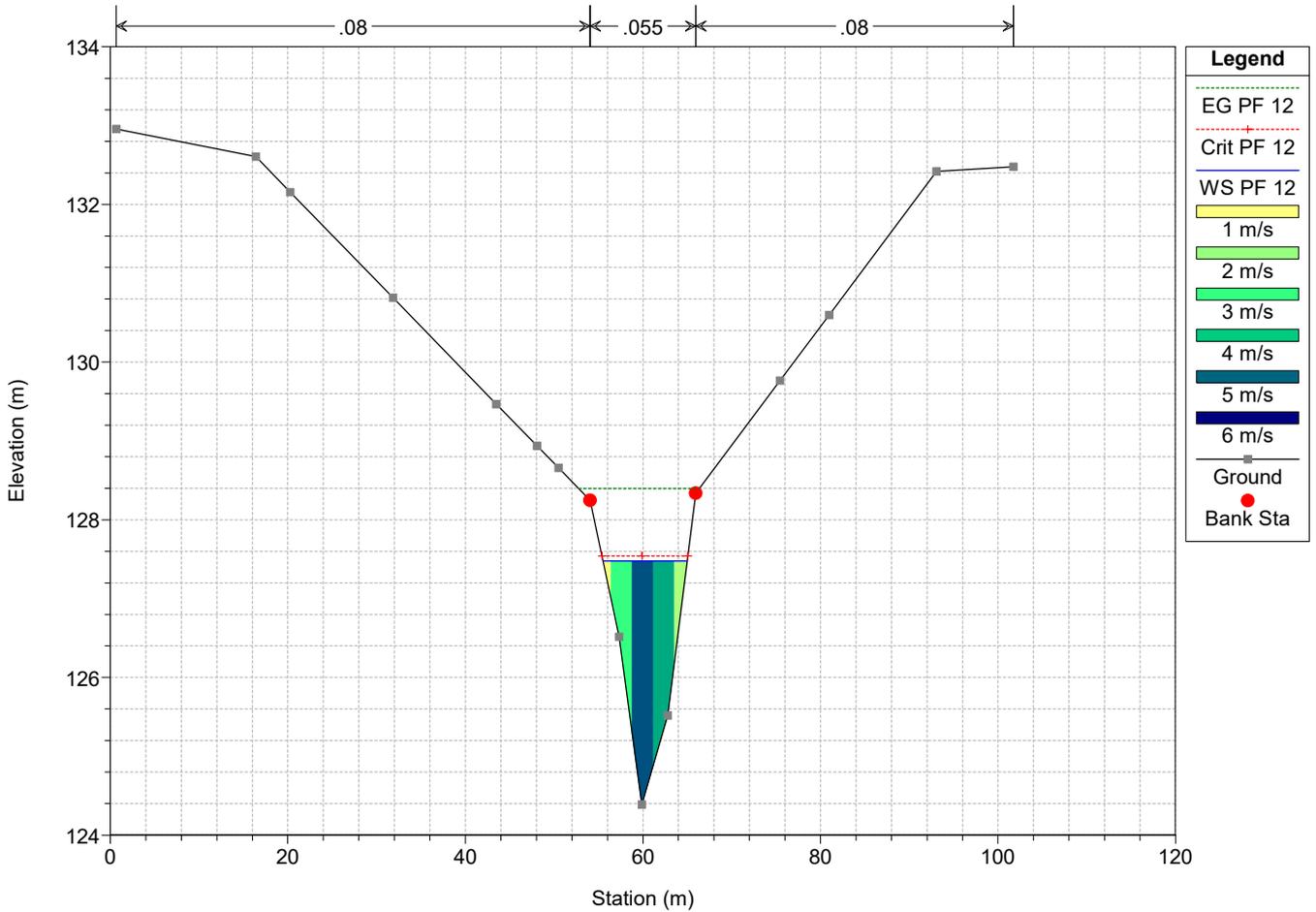
River = Appello Reach = Appello RS = 128.83*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

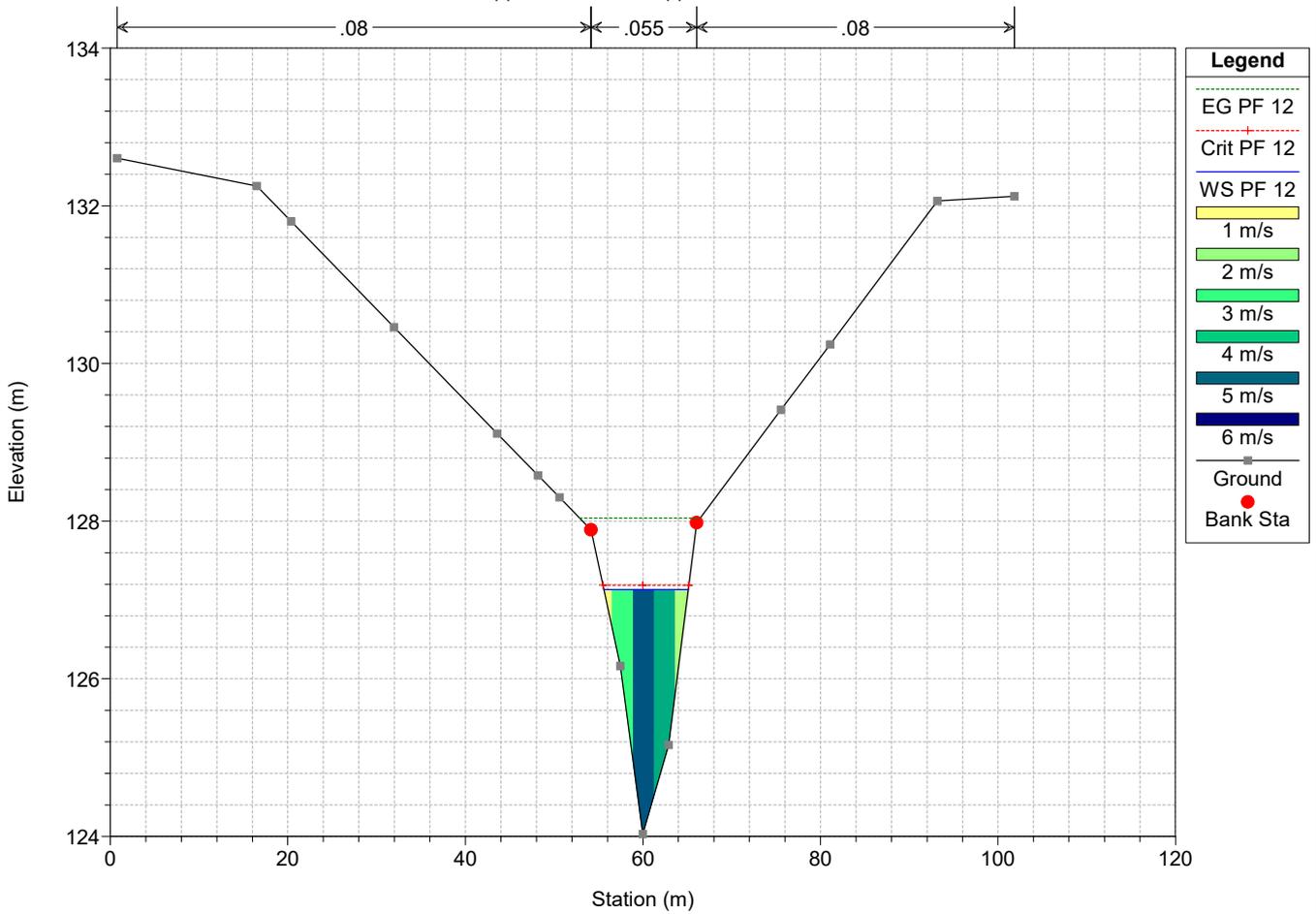
River = Appello Reach = Appello RS = 119.00*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

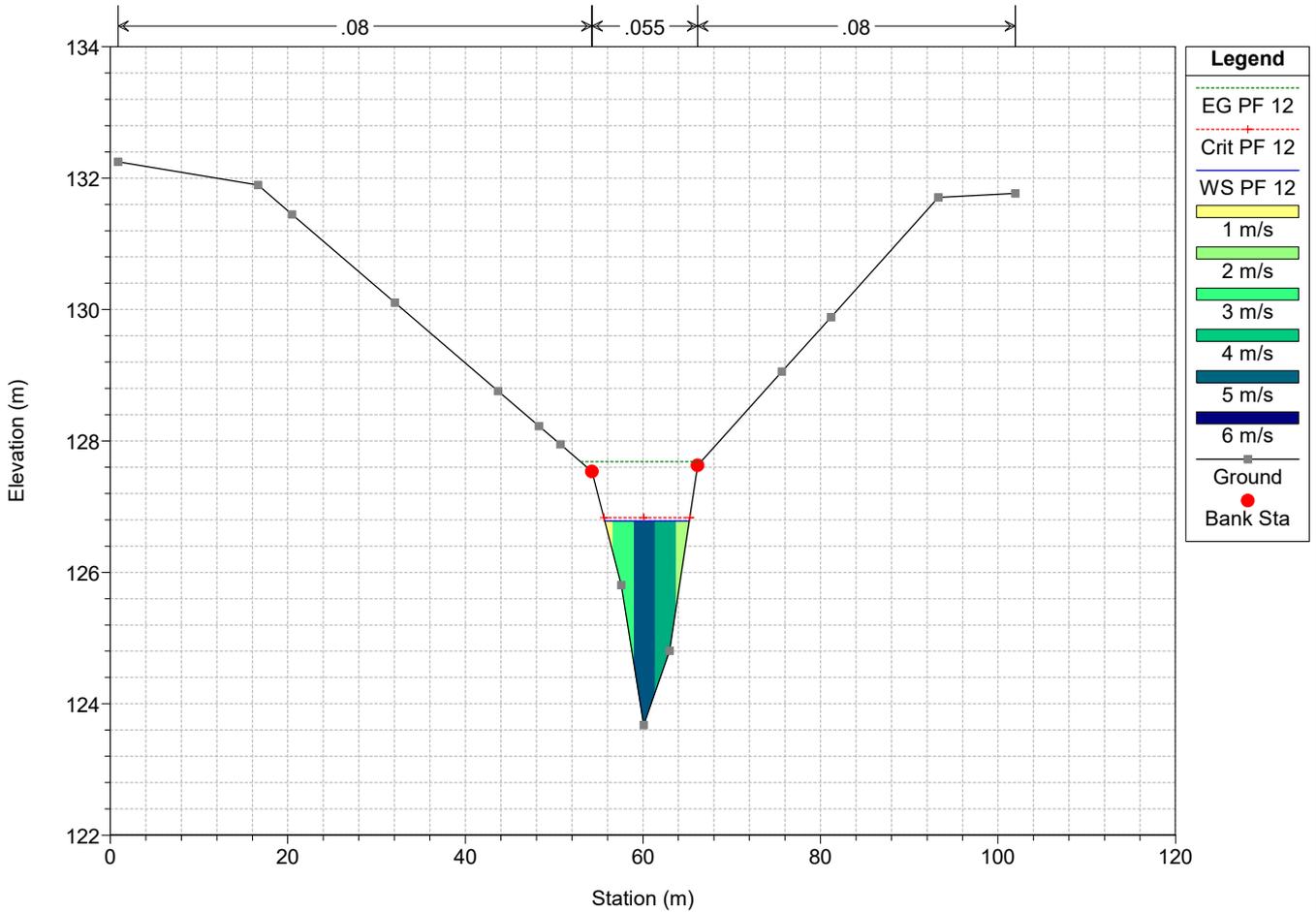
River = Appello Reach = Appello RS = 109.17*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

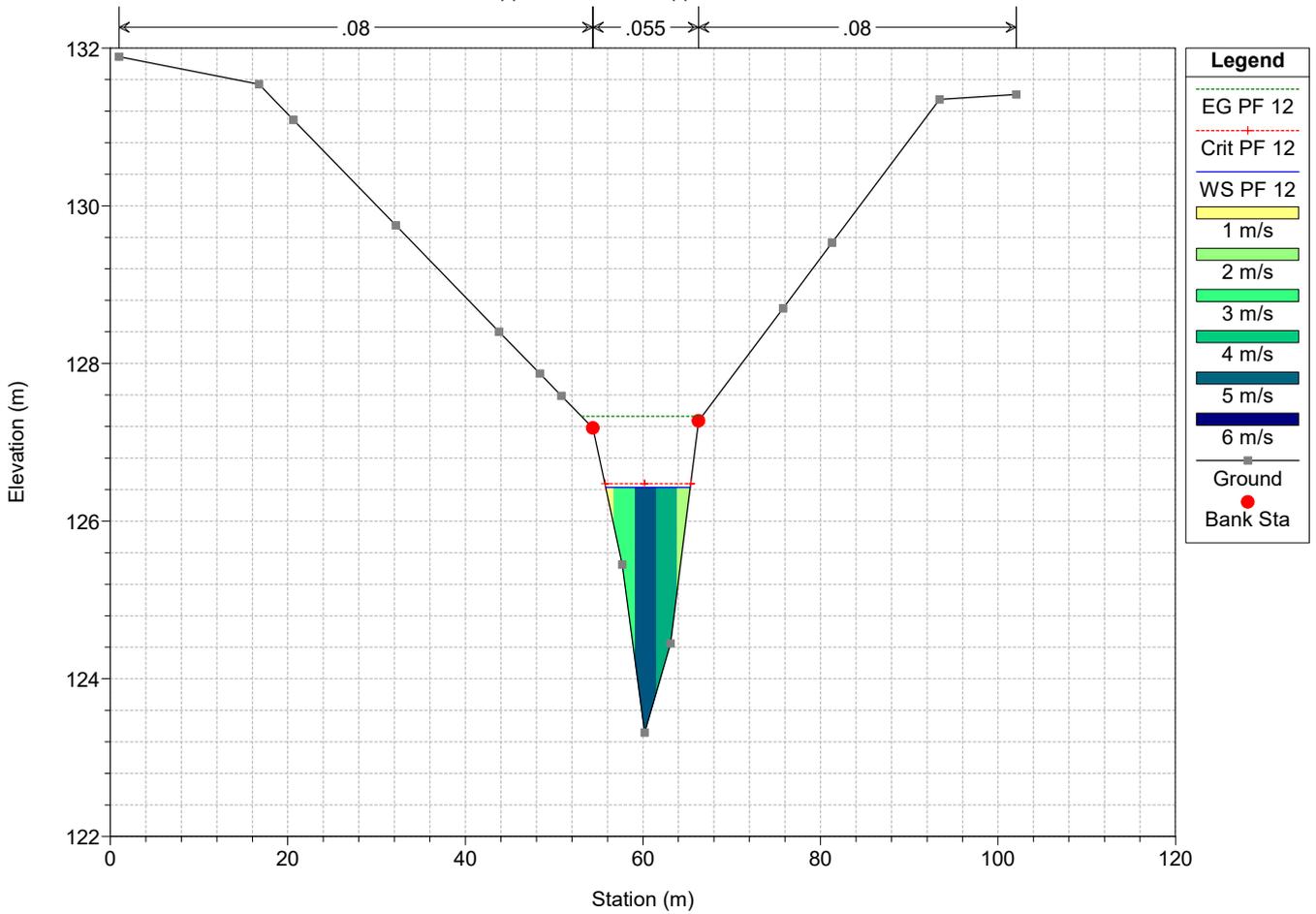
River = Appello Reach = Appello RS = 99.33*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

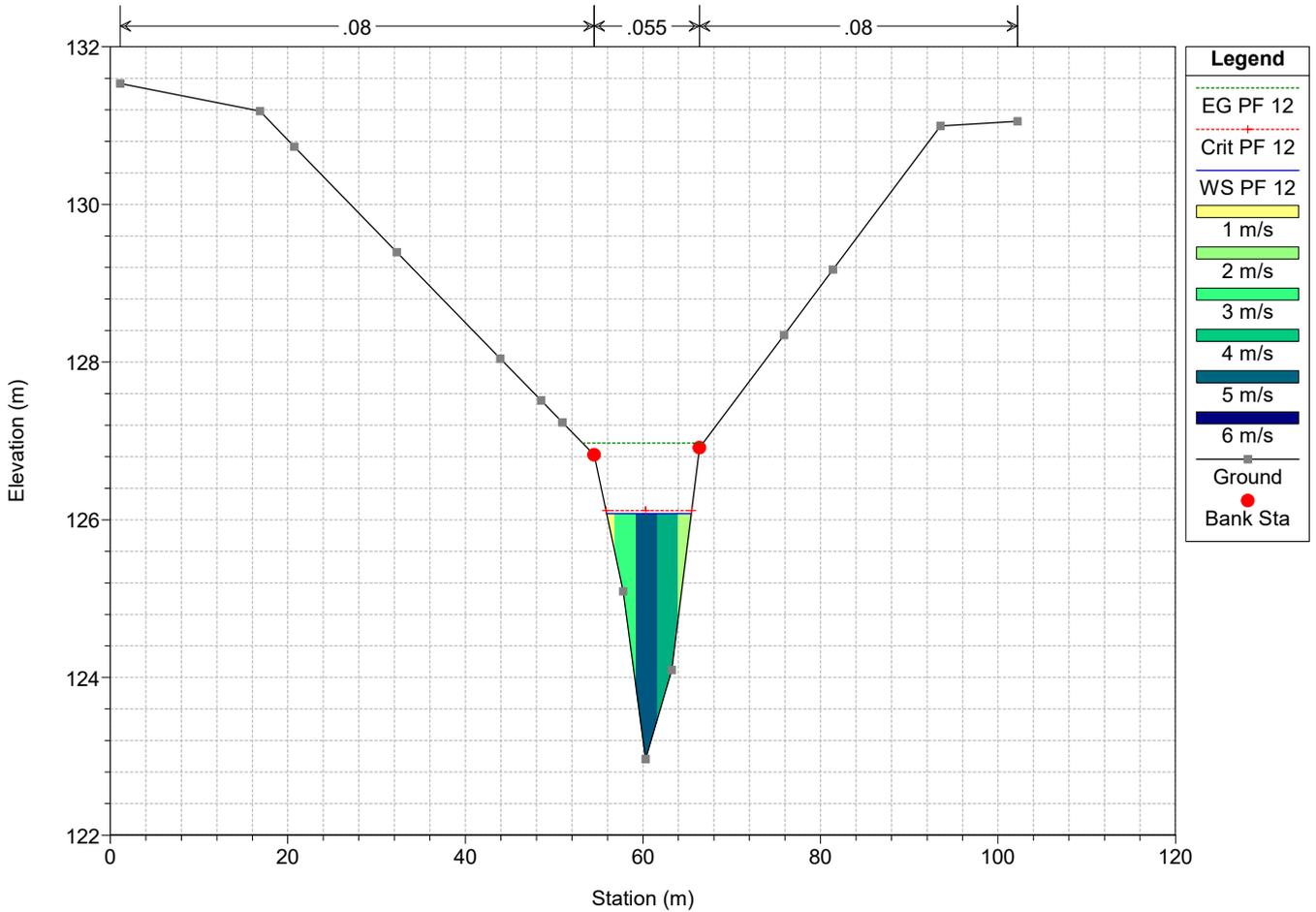
River = Appello Reach = Appello RS = 89.50*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

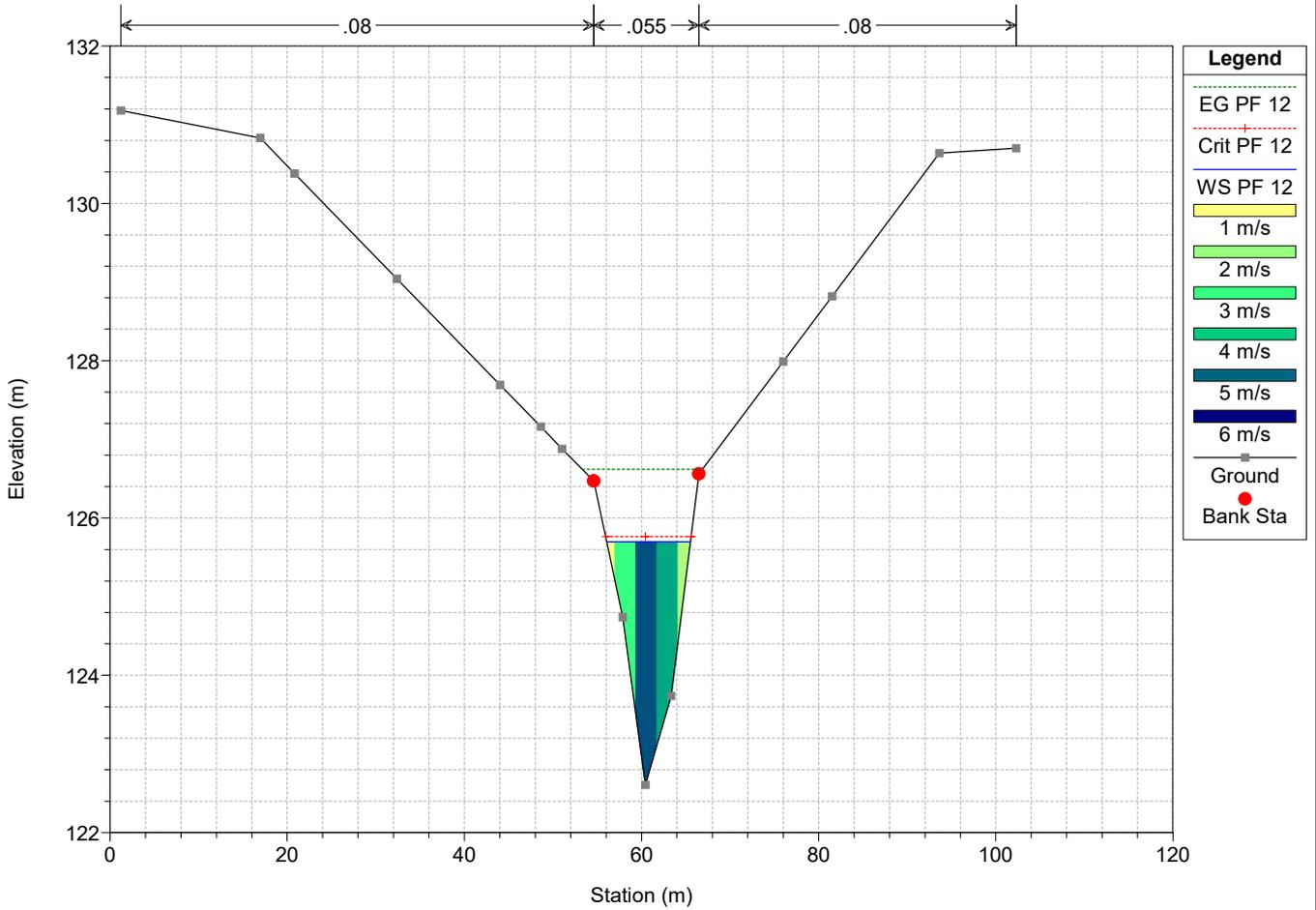
River = Appello Reach = Appello RS = 79.67*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

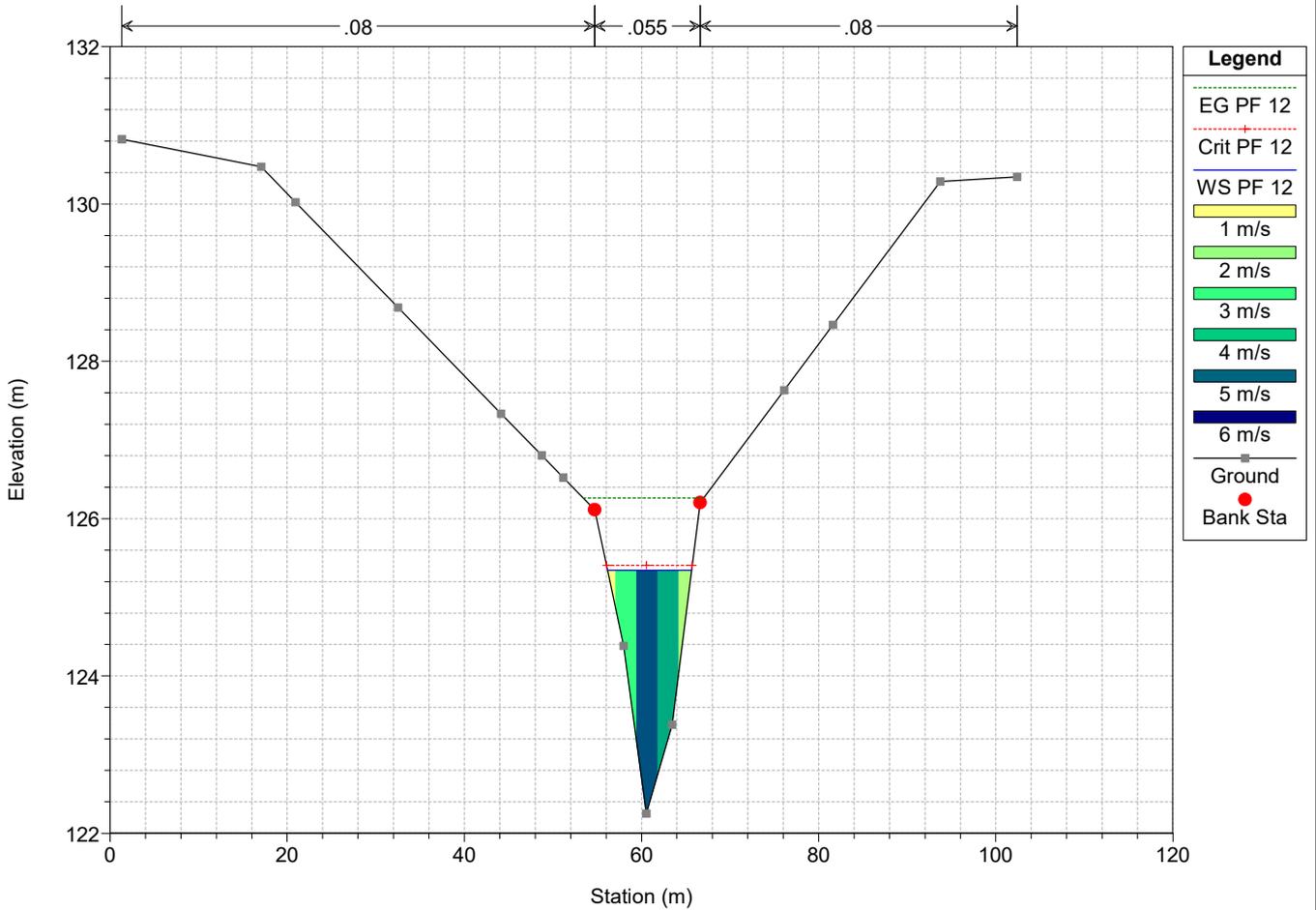
River = Appello Reach = Appello RS = 69.83*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

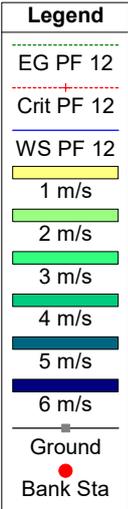
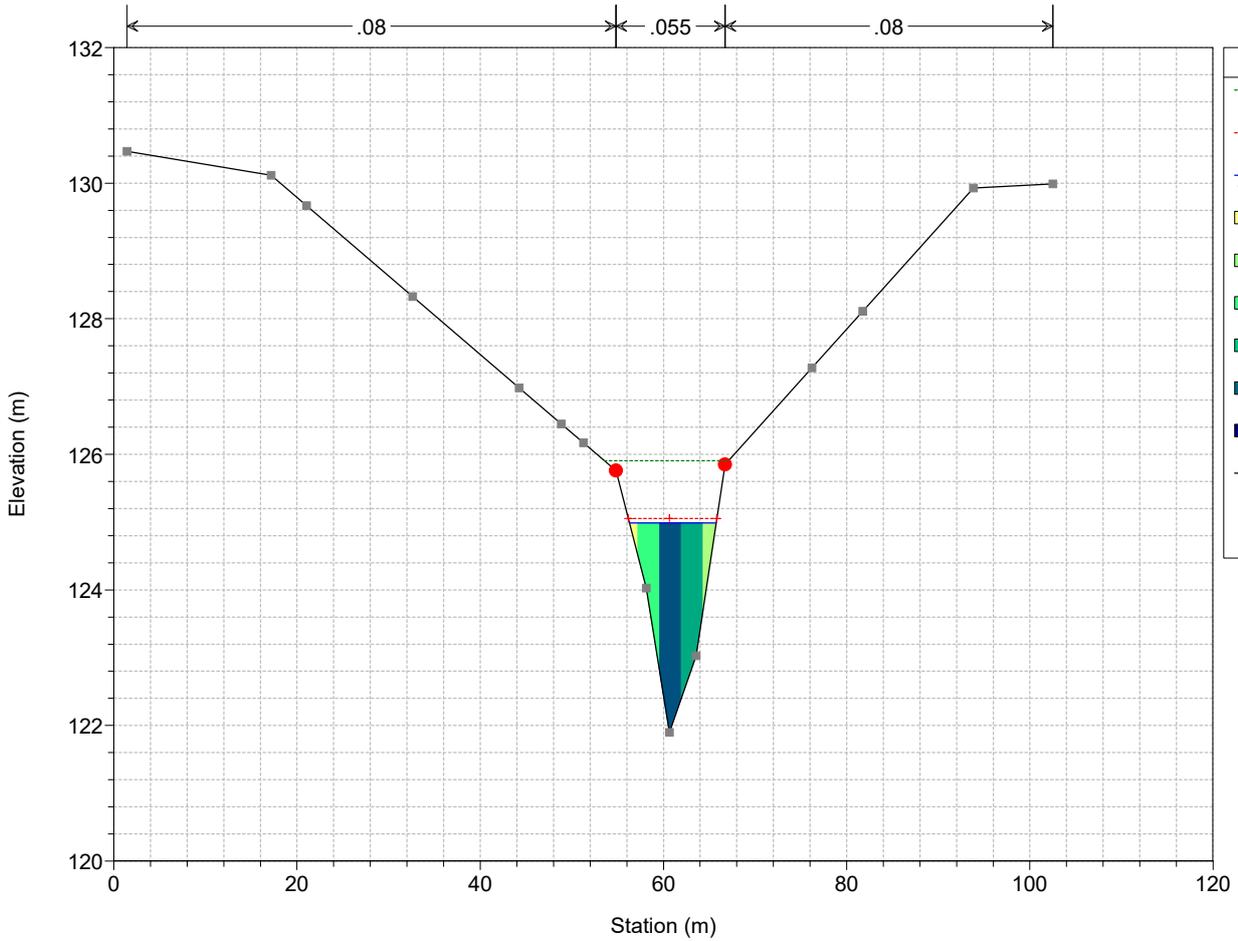
River = Appello Reach = Appello RS = 60.00*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

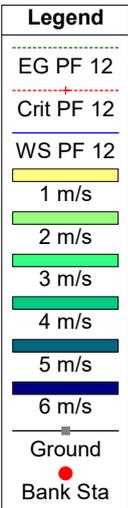
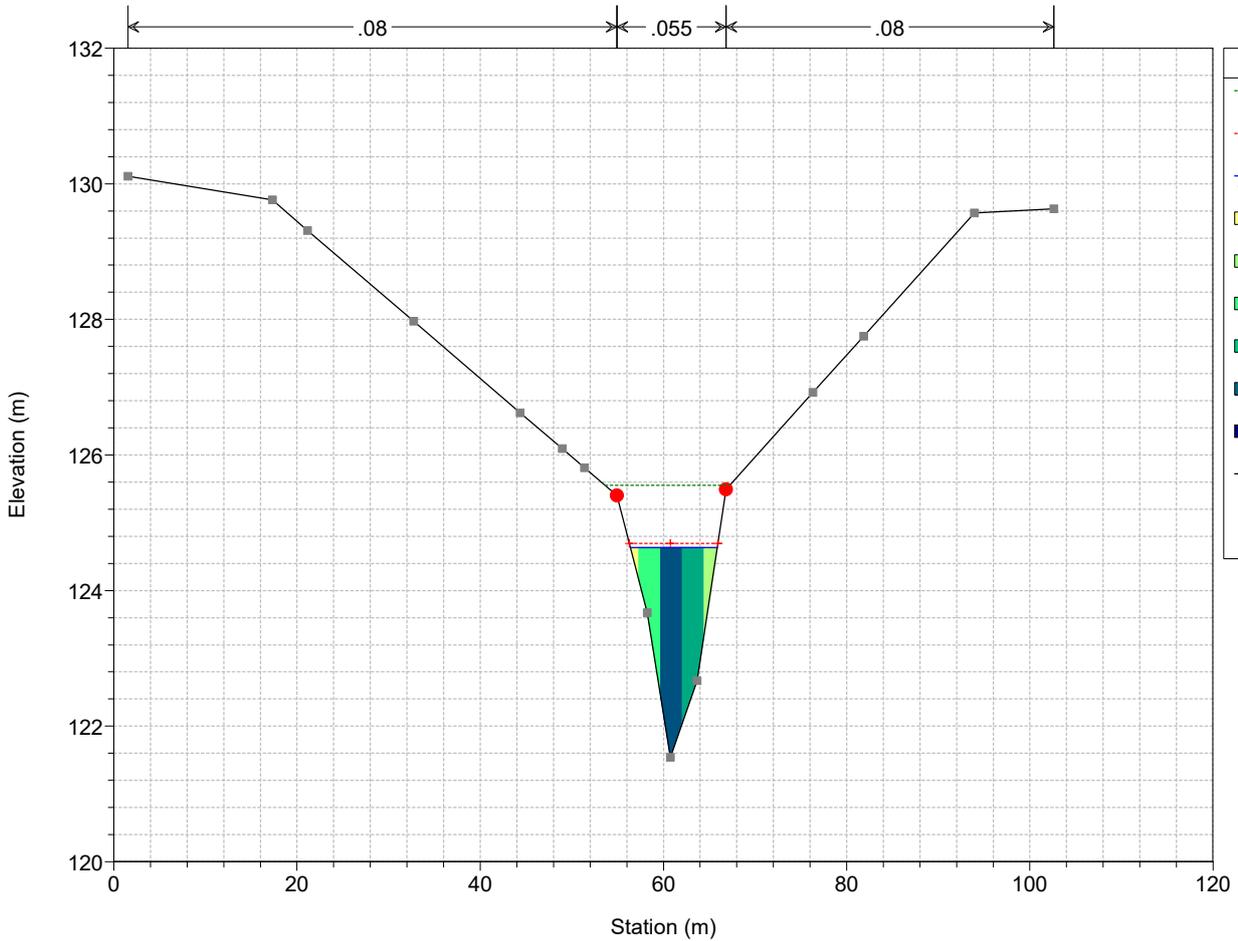
River = Appello Reach = Appello RS = 50.17*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

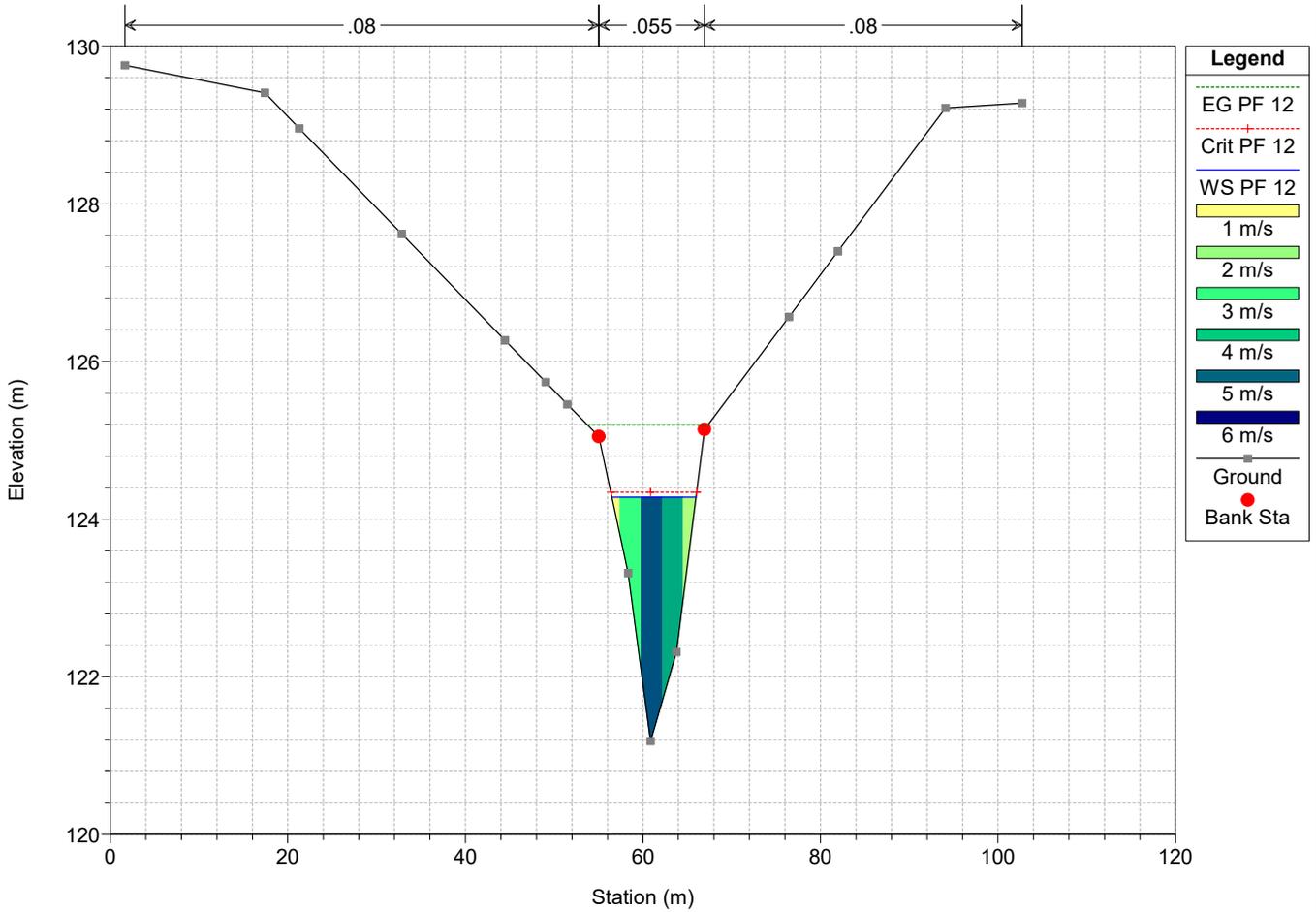
River = Appello Reach = Appello RS = 40.33*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

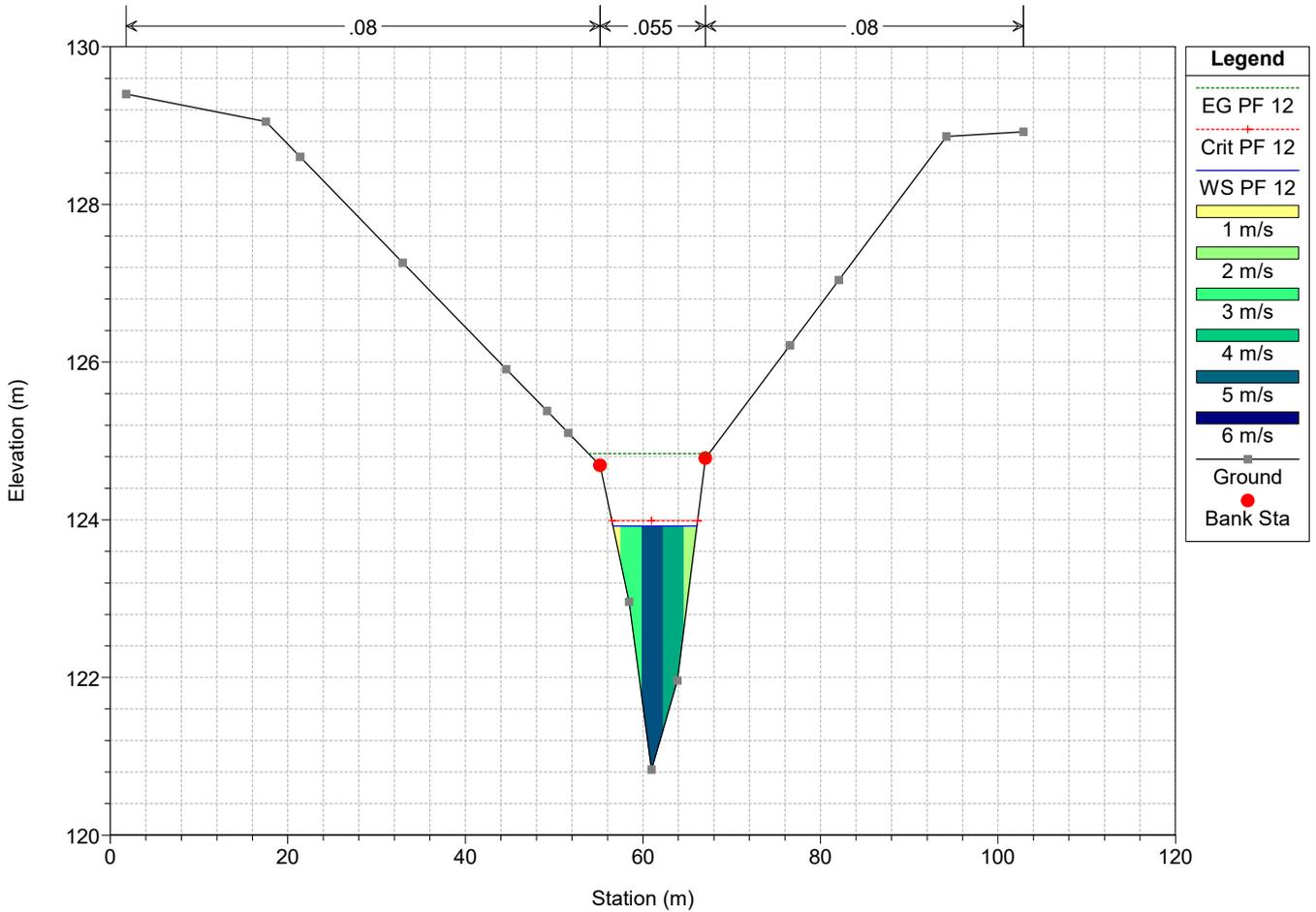
River = Appello Reach = Appello RS = 30.50*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

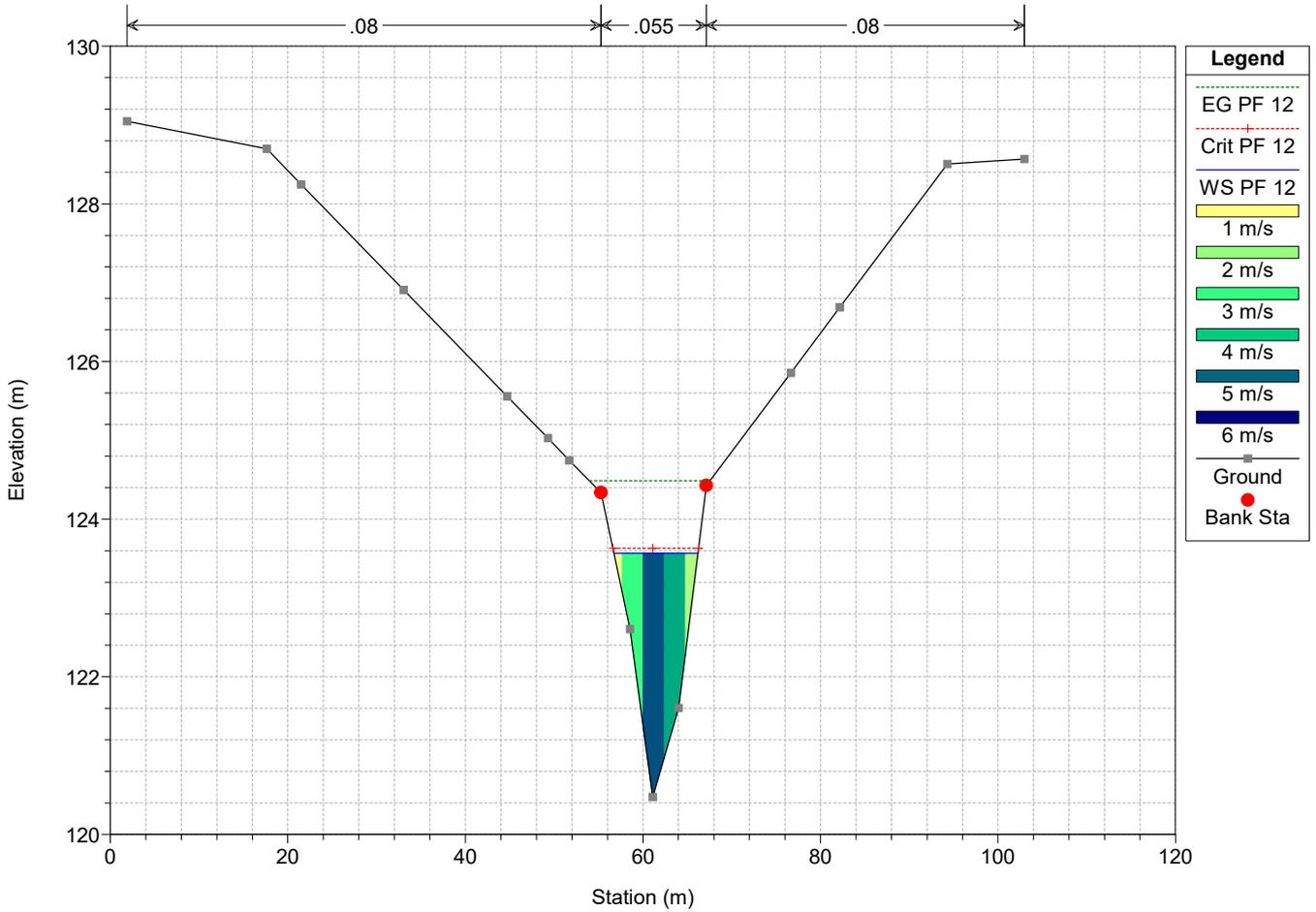
River = Appello Reach = Appello RS = 20.67*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

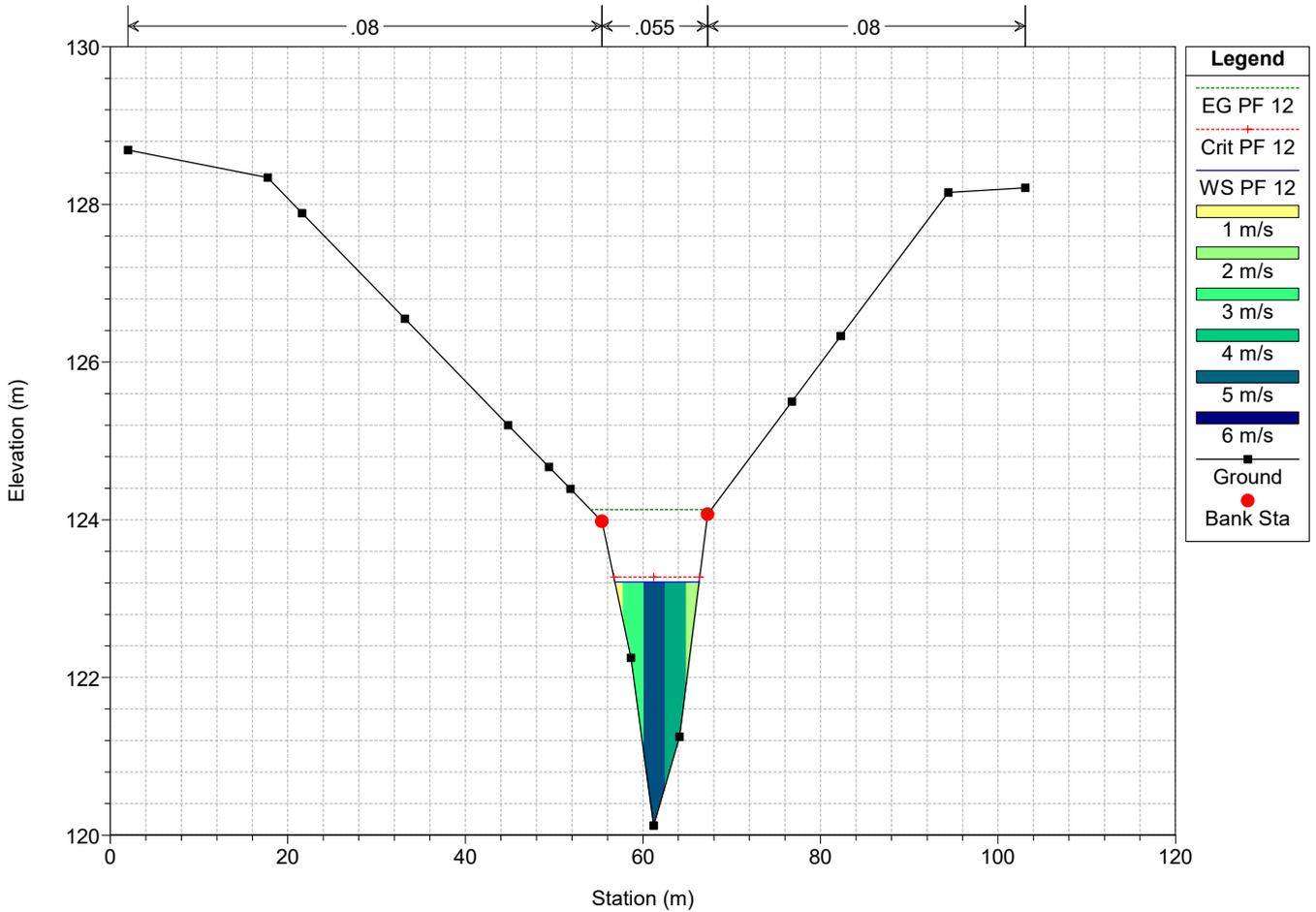
River = Appello Reach = Appello RS = 10.83*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200

Geom: TorrenteAppello_1D

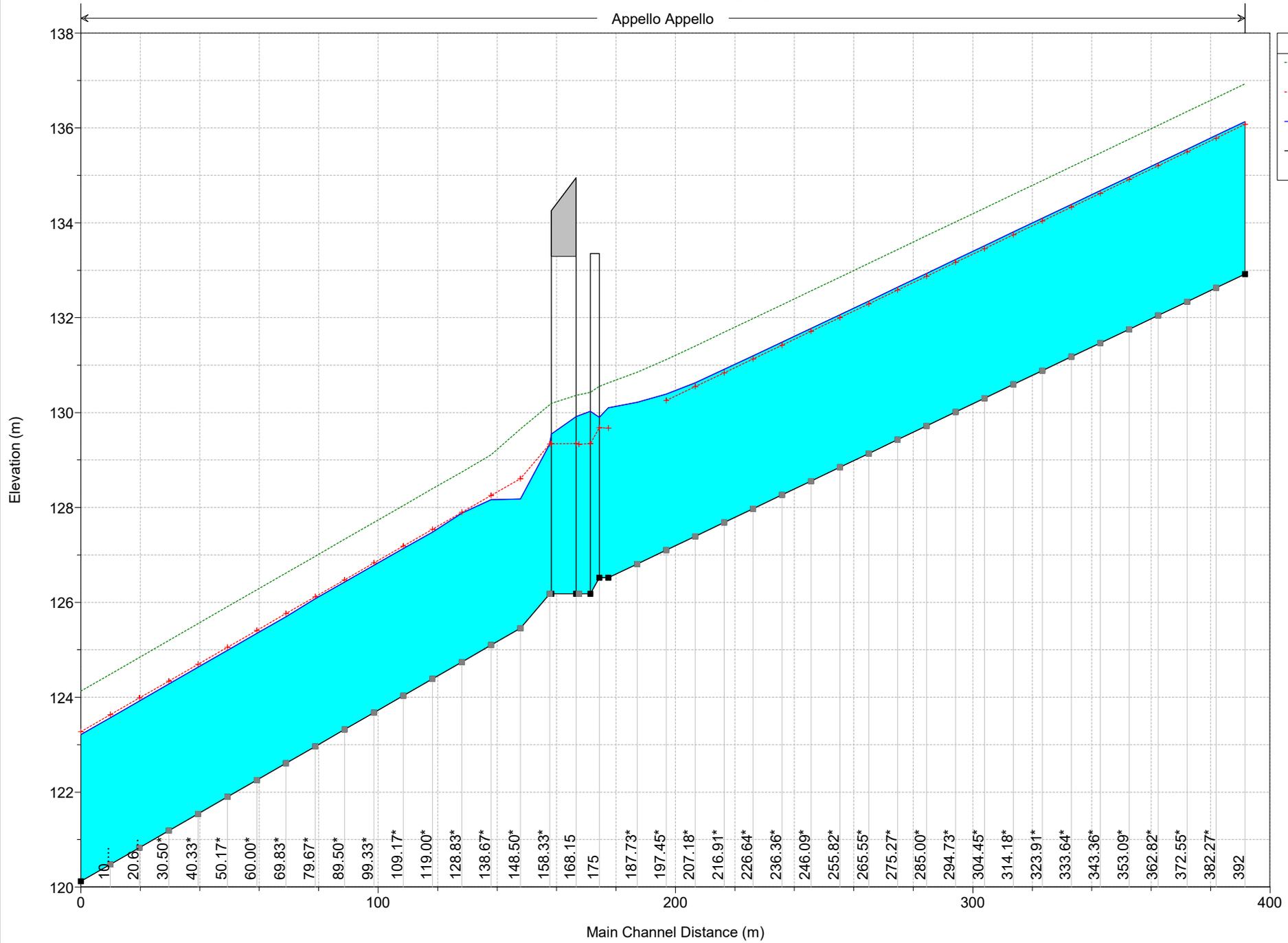
River = Appello Reach = Appello RS = 1



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

Appello Appello



Legend

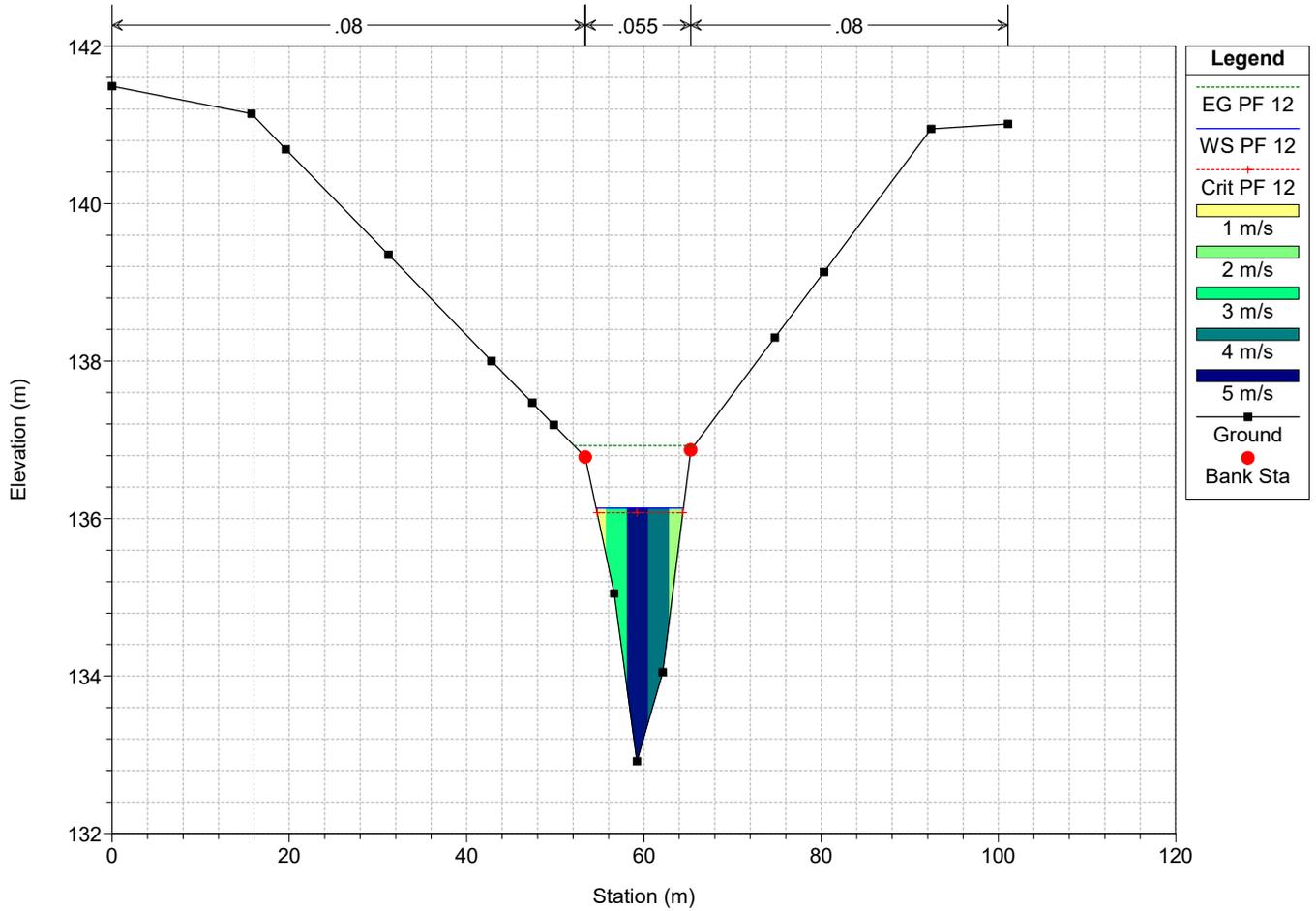
- EG PF 12 (Green dashed line)
- Crit PF 12 (Red dashed line)
- WS PF 12 (Blue solid line)
- Ground (Black solid line with square markers)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Appello	392	PF 12	66.00	132.92	136.13	136.07	136.93	0.029882	3.95	16.73	9.84	0.97
Appello	382.27*	PF 12	66.00	132.63	135.84	135.78	136.64	0.029885	3.95	16.73	9.84	0.97
Appello	372.55*	PF 12	66.00	132.34	135.55	135.49	136.35	0.029873	3.95	16.73	9.84	0.97
Appello	362.82*	PF 12	66.00	132.05	135.26	135.20	136.05	0.029853	3.94	16.73	9.84	0.97
Appello	353.09*	PF 12	66.00	131.76	134.97	134.91	135.76	0.029849	3.94	16.73	9.84	0.97
Appello	343.36*	PF 12	66.00	131.47	134.68	134.62	135.47	0.029810	3.94	16.74	9.85	0.97
Appello	333.64*	PF 12	66.00	131.18	134.39	134.33	135.18	0.029883	3.95	16.73	9.84	0.97
Appello	323.91*	PF 12	66.00	130.88	134.10	134.04	134.89	0.029890	3.95	16.73	9.84	0.97
Appello	314.18*	PF 12	66.00	130.59	133.81	133.75	134.60	0.029887	3.95	16.73	9.84	0.97
Appello	304.45*	PF 12	66.00	130.30	133.52	133.46	134.31	0.029879	3.95	16.73	9.84	0.97
Appello	294.73*	PF 12	66.00	130.01	133.22	133.17	134.02	0.029881	3.95	16.73	9.84	0.97
Appello	285.00*	PF 12	66.00	129.72	132.93	132.87	133.73	0.029881	3.95	16.73	9.84	0.97
Appello	275.27*	PF 12	66.00	129.43	132.64	132.58	133.44	0.029866	3.94	16.73	9.84	0.97
Appello	265.55*	PF 12	66.00	129.14	132.35	132.29	133.15	0.029841	3.94	16.74	9.84	0.97
Appello	255.82*	PF 12	66.00	128.85	132.06	132.00	132.85	0.029826	3.94	16.74	9.84	0.97
Appello	246.09*	PF 12	66.00	128.56	131.77	131.71	132.56	0.029768	3.94	16.75	9.85	0.96
Appello	236.36*	PF 12	66.00	128.27	131.48	131.42	132.27	0.029661	3.93	16.77	9.86	0.96
Appello	226.64*	PF 12	66.00	127.97	131.19	131.13	131.98	0.029579	3.93	16.79	9.86	0.96
Appello	216.91*	PF 12	66.00	127.68	130.91	130.84	131.69	0.029323	3.92	16.85	9.88	0.96
Appello	207.18*	PF 12	66.00	127.39	130.63	130.55	131.40	0.028876	3.89	16.95	9.91	0.95
Appello	197.45*	PF 12	66.00	127.10	130.39	130.26	131.12	0.026588	3.77	17.48	10.07	0.91
Appello	187.73*	PF 12	66.00	126.81	130.22		130.85	0.022373	3.54	18.66	10.42	0.84
Appello	178	PF 12	66.00	126.52	130.10	129.67	130.63	0.017335	3.21	20.56	10.95	0.75
Appello	175 BR U	PF 12	66.00	126.52	129.90	129.68	130.56	0.023237	3.59	18.40	10.34	0.86
Appello	175 BR D	PF 12	66.00	126.18	130.03	129.35	130.43	0.012048	2.80	23.59	11.76	0.63
Appello	168.17*	PF 12	66.00	126.18	129.94	129.33	130.37	0.013626	2.93	22.51	11.48	0.67
Appello	168.15 BR U	PF 12	66.00	126.18	129.91	129.35	130.36	0.014054	2.97	22.25	11.41	0.68
Appello	168.15 BR D	PF 12	66.00	126.18	129.55	129.34	130.19	0.023487	3.56	18.55	10.75	0.87
Appello	158.33*	PF 12	66.00	126.18	129.34	129.34	130.17	0.032628	4.03	16.36	10.04	1.01
Appello	148.50*	PF 12	66.00	125.45	128.18	128.61	129.65	0.067657	5.38	12.27	8.36	1.42
Appello	138.67*	PF 12	66.00	125.10	128.16	128.25	129.11	0.037700	4.31	15.32	9.40	1.08
Appello	128.83*	PF 12	66.00	124.74	127.88	127.90	128.75	0.033705	4.13	15.98	9.61	1.02
Appello	119.00*	PF 12	66.00	124.39	127.48	127.54	128.40	0.036283	4.25	15.54	9.47	1.06
Appello	109.17*	PF 12	66.00	124.03	127.13	127.19	128.04	0.035622	4.22	15.65	9.51	1.05
Appello	99.33*	PF 12	66.00	123.68	126.78	126.83	127.68	0.035584	4.22	15.66	9.51	1.05
Appello	89.50*	PF 12	66.00	123.32	126.43	126.47	127.33	0.035292	4.20	15.70	9.52	1.05
Appello	79.67*	PF 12	66.00	122.96	126.08	126.12	126.97	0.034915	4.19	15.77	9.54	1.04
Appello	69.83*	PF 12	66.00	122.61	125.70	125.76	126.62	0.036465	4.26	15.51	9.46	1.06
Appello	60.00*	PF 12	66.00	122.25	125.34	125.41	126.26	0.036215	4.24	15.55	9.47	1.06
Appello	50.17*	PF 12	66.00	121.90	124.99	125.05	125.91	0.036215	4.24	15.55	9.47	1.06
Appello	40.33*	PF 12	66.00	121.54	124.63	124.70	125.55	0.036212	4.24	15.55	9.47	1.06
Appello	30.50*	PF 12	66.00	121.19	124.28	124.34	125.20	0.036215	4.24	15.55	9.47	1.06
Appello	20.67*	PF 12	66.00	120.83	123.92	123.99	124.84	0.036221	4.24	15.55	9.47	1.06
Appello	10.83*	PF 12	66.00	120.48	123.57	123.63	124.49	0.036227	4.24	15.55	9.47	1.06
Appello	1	PF 12	66.00	120.12	123.21	123.27	124.13	0.036227	4.24	15.55	9.47	1.06

ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

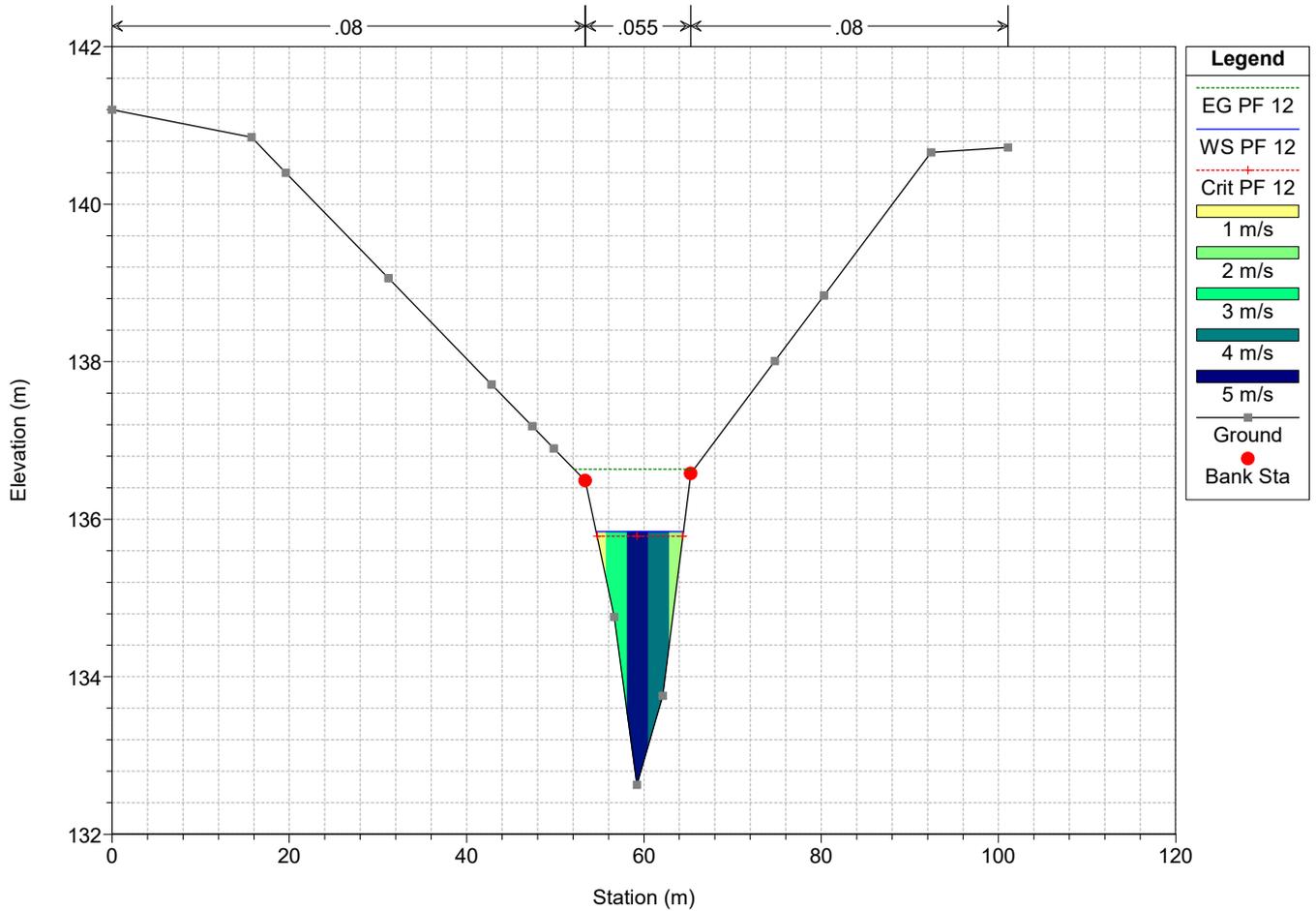
River = Appello Reach = Appello RS = 392



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

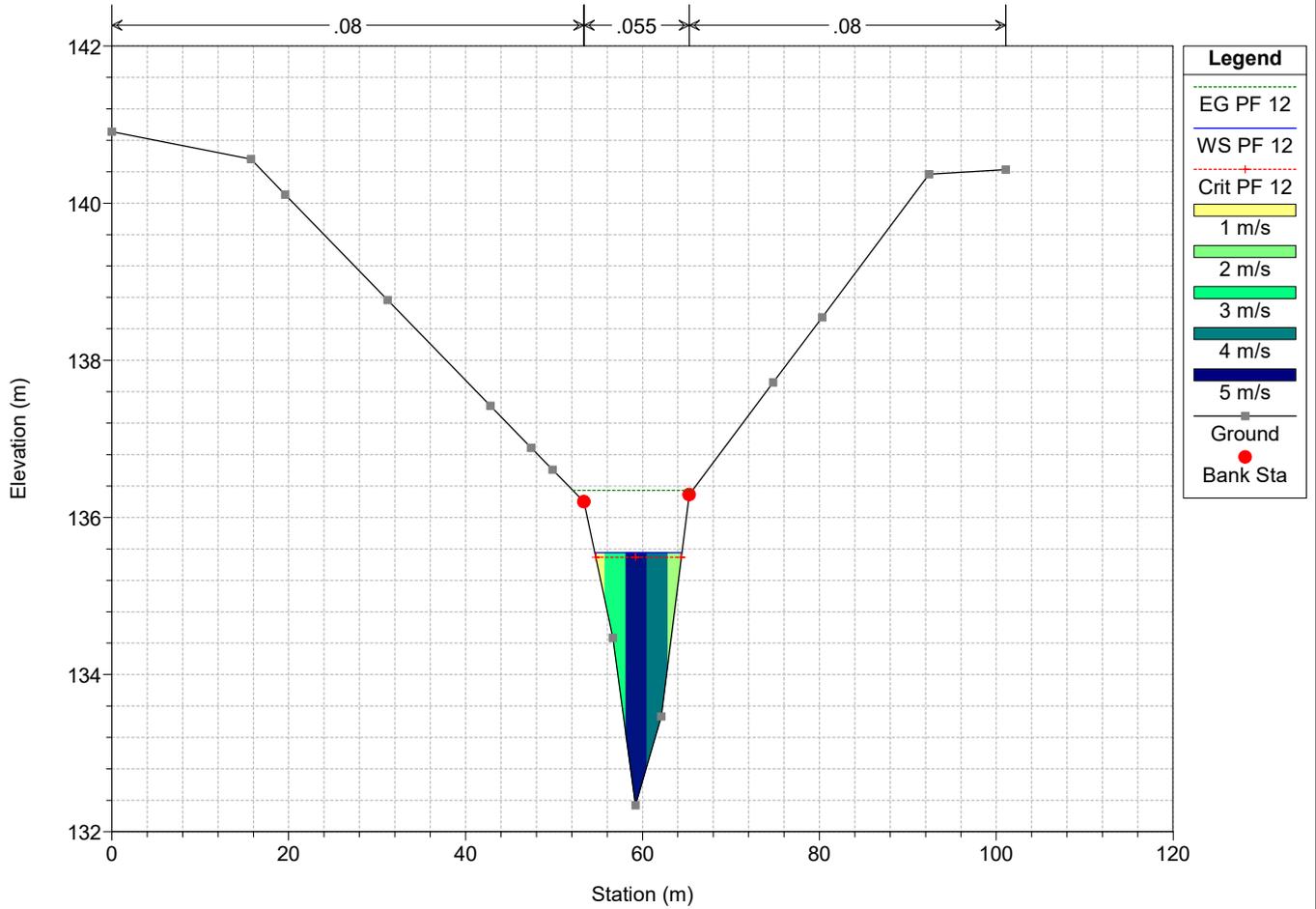
River = Appello Reach = Appello RS = 382.27*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

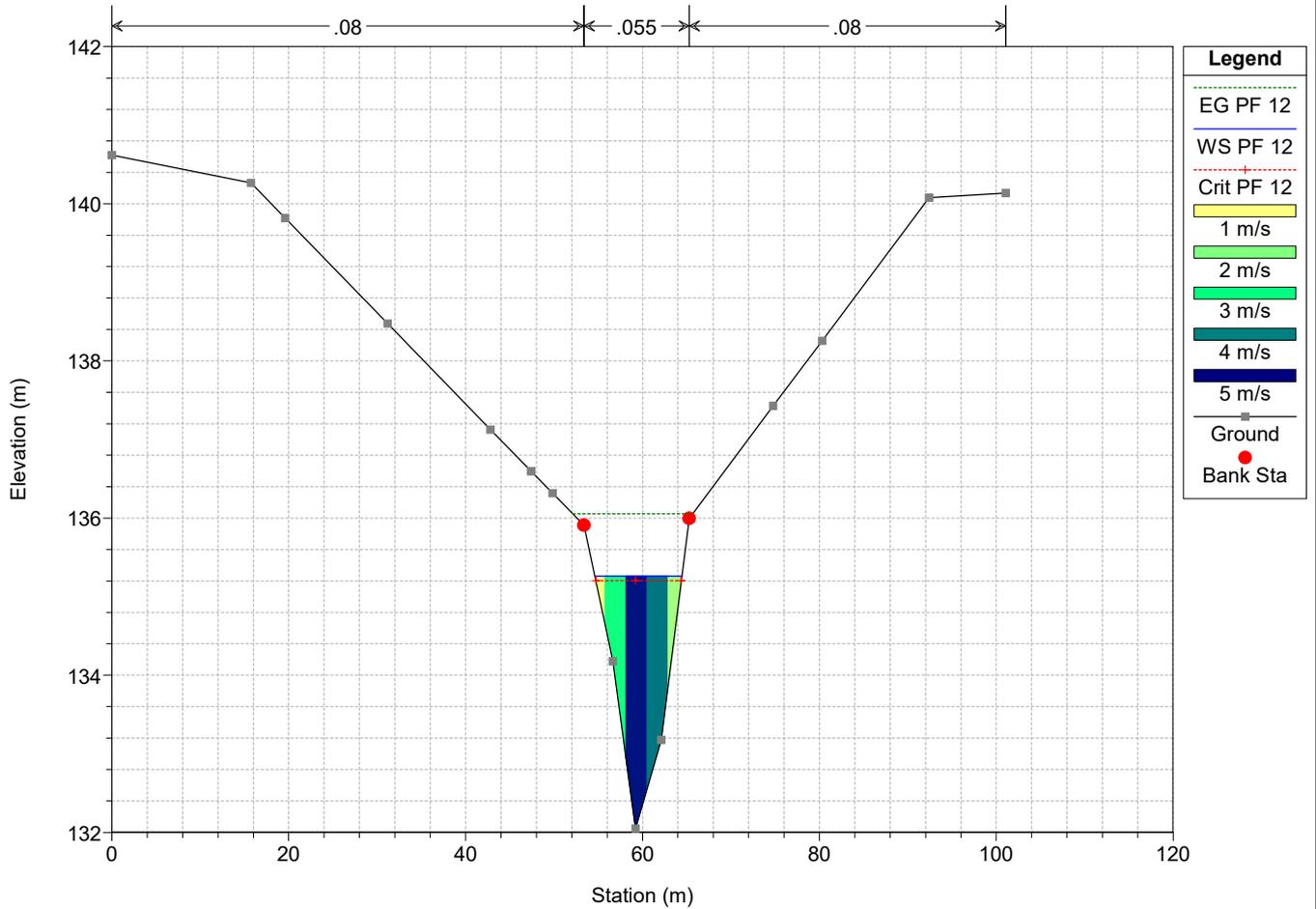
River = Appello Reach = Appello RS = 372.55*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

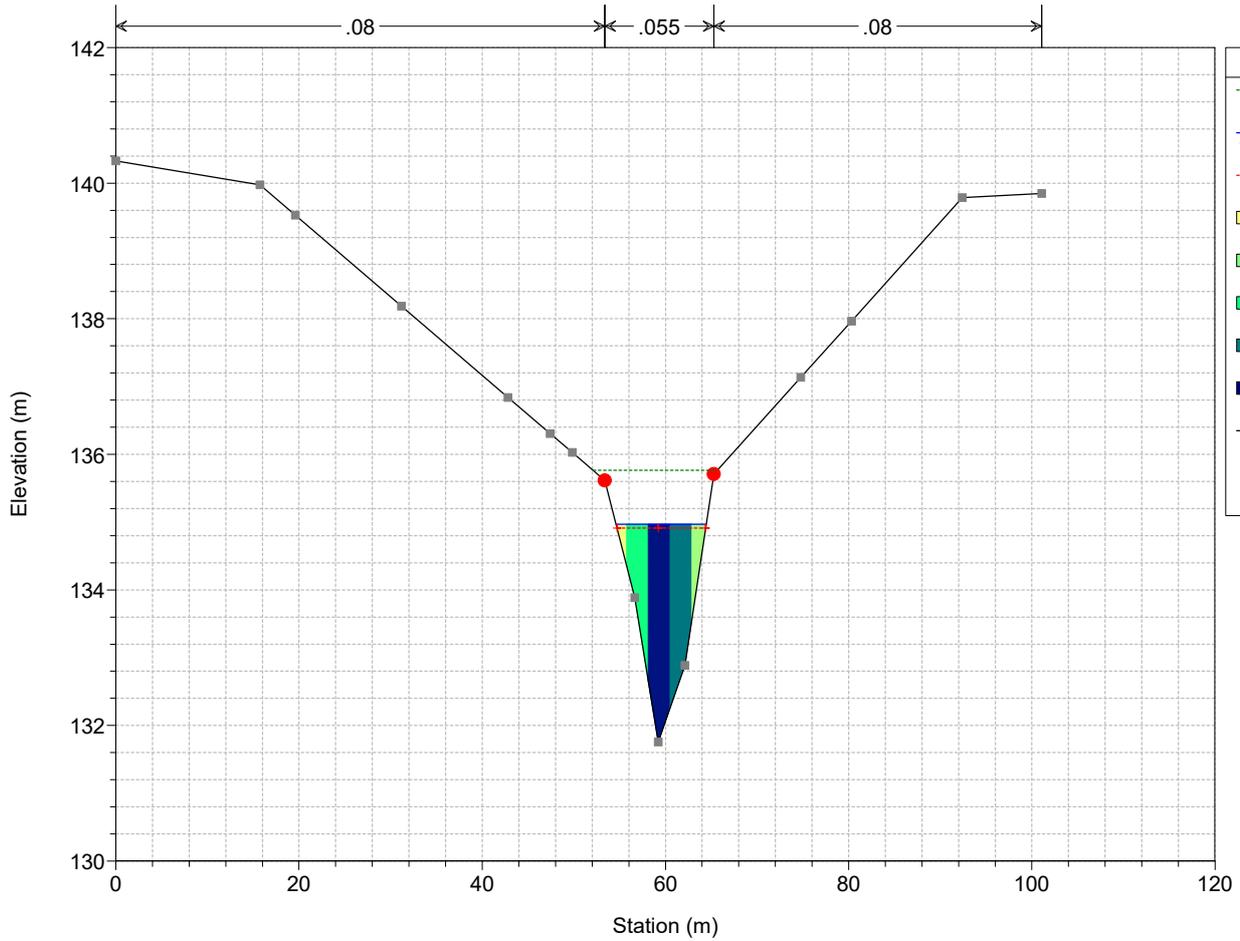
River = Appello Reach = Appello RS = 362.82*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

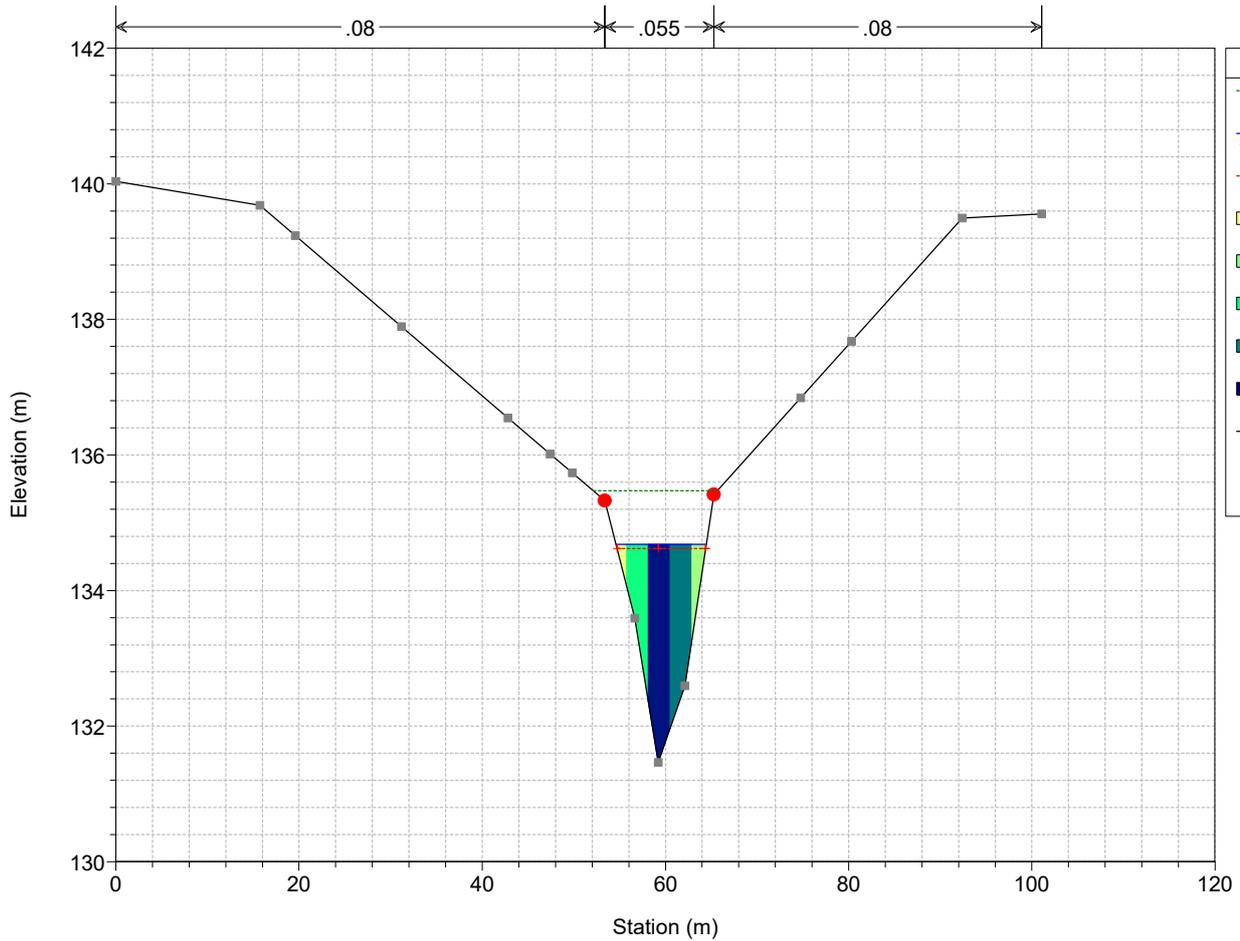
River = Appello Reach = Appello RS = 353.09*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

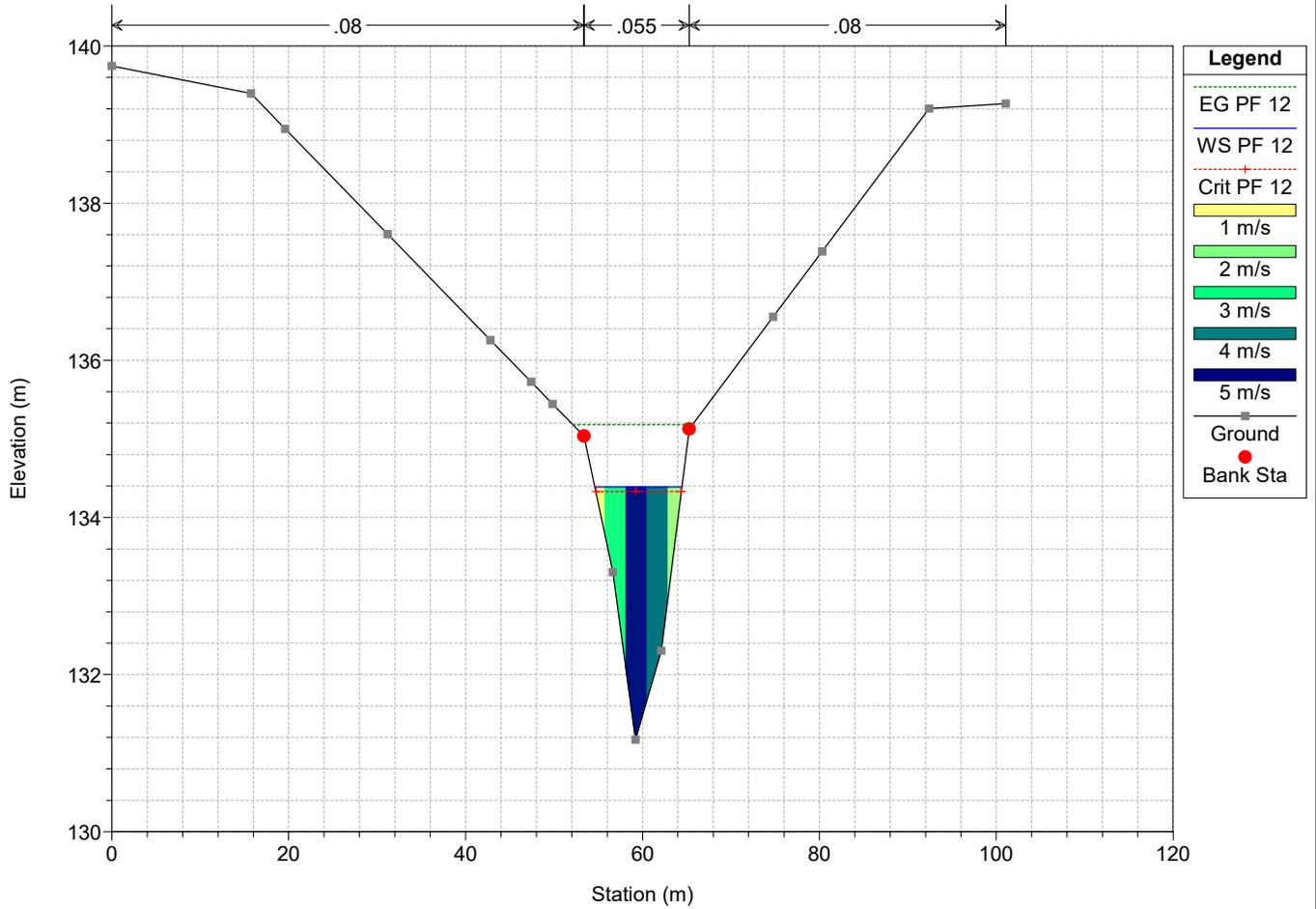
River = Appello Reach = Appello RS = 343.36*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

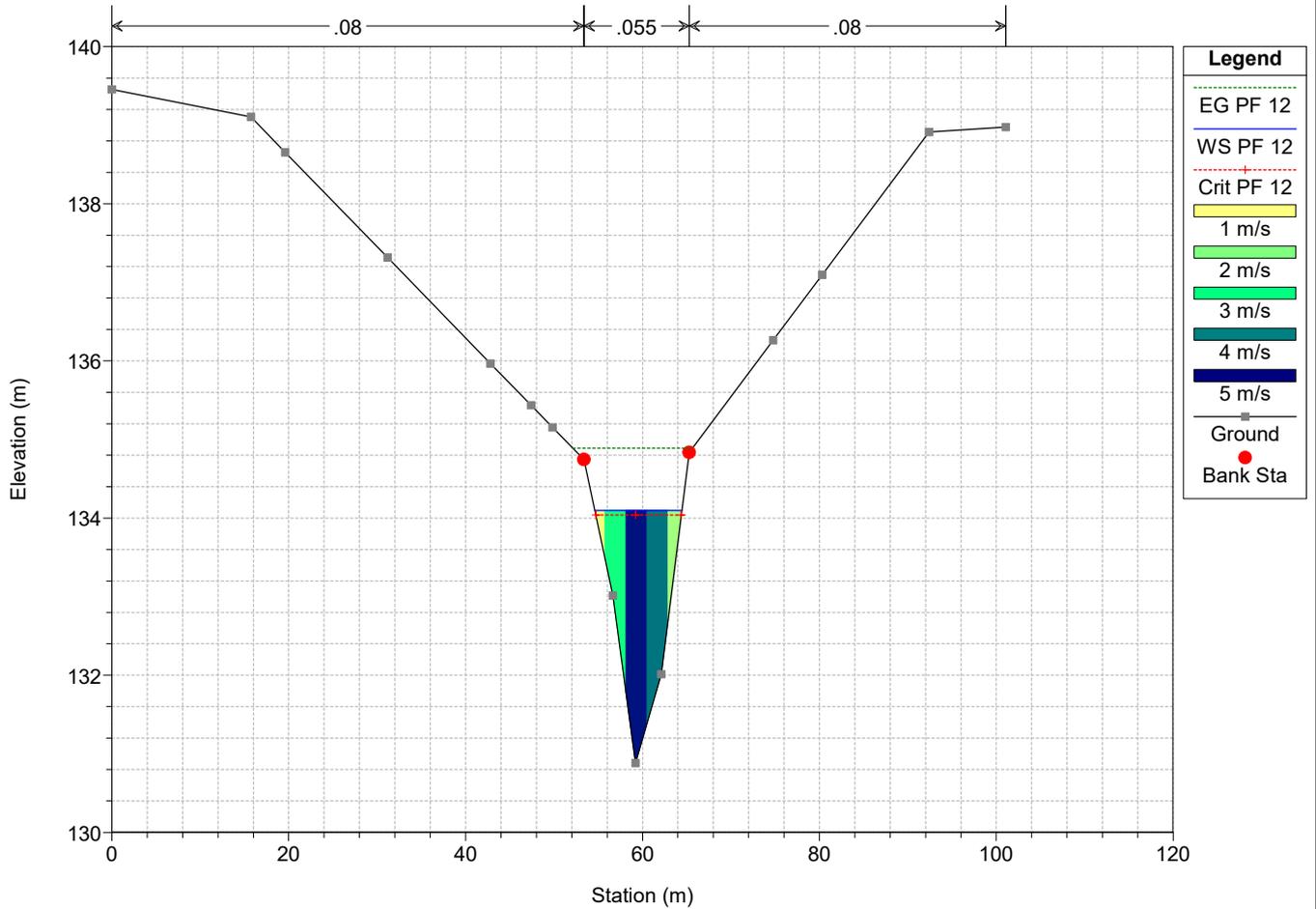
River = Appello Reach = Appello RS = 333.64*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

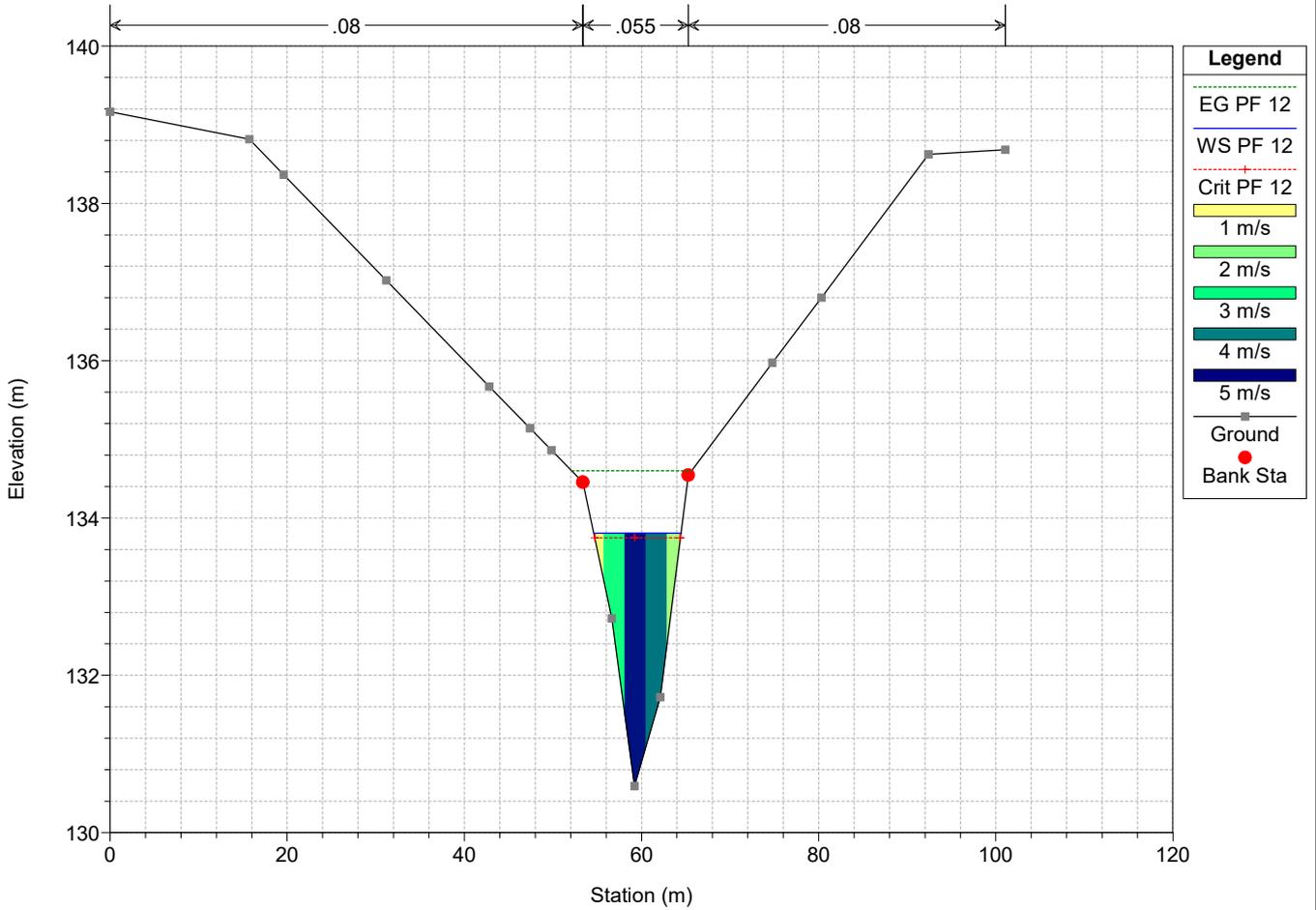
River = Appello Reach = Appello RS = 323.91*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

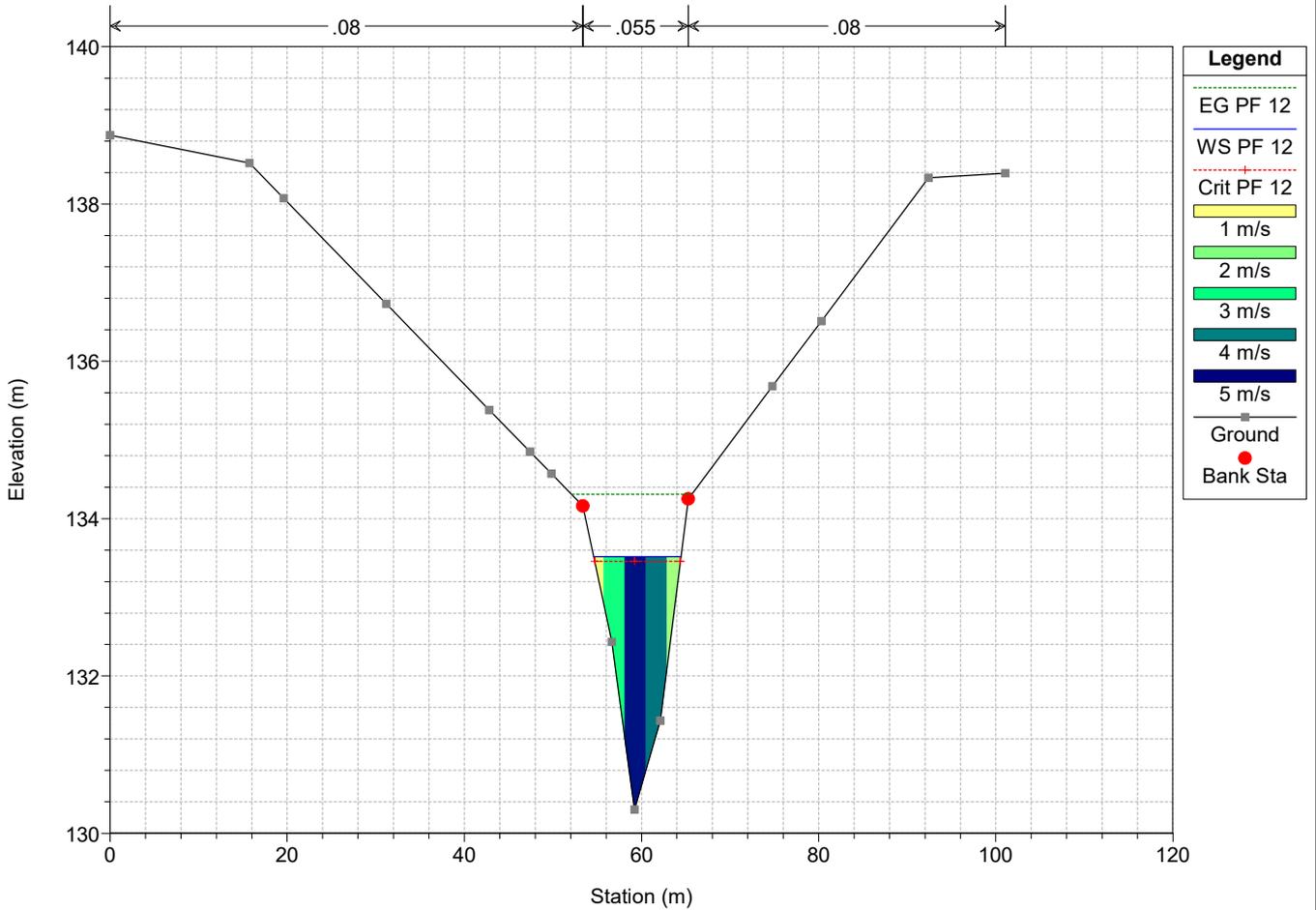
River = Appello Reach = Appello RS = 314.18*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

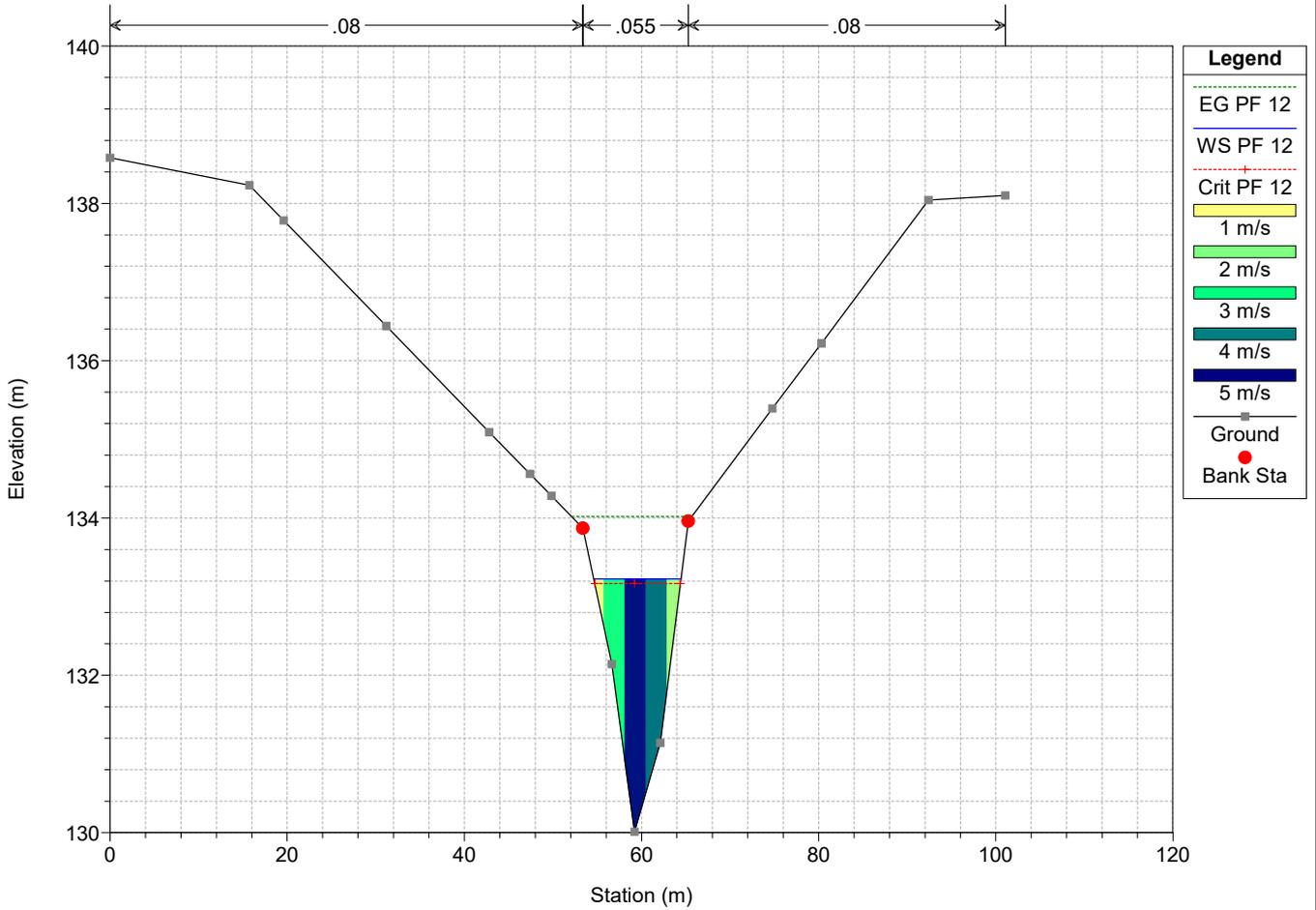
River = Appello Reach = Appello RS = 304.45*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

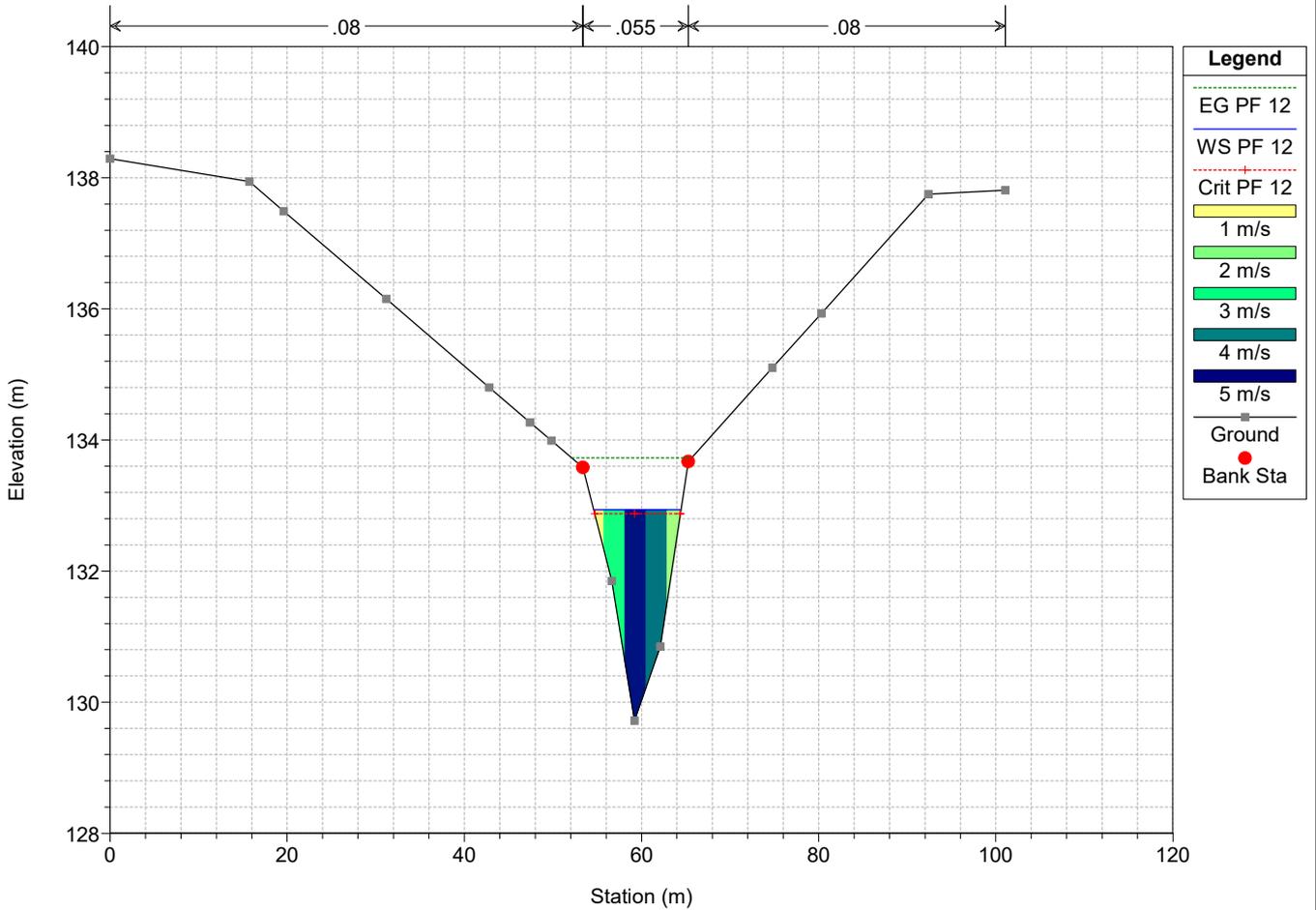
River = Appello Reach = Appello RS = 294.73*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

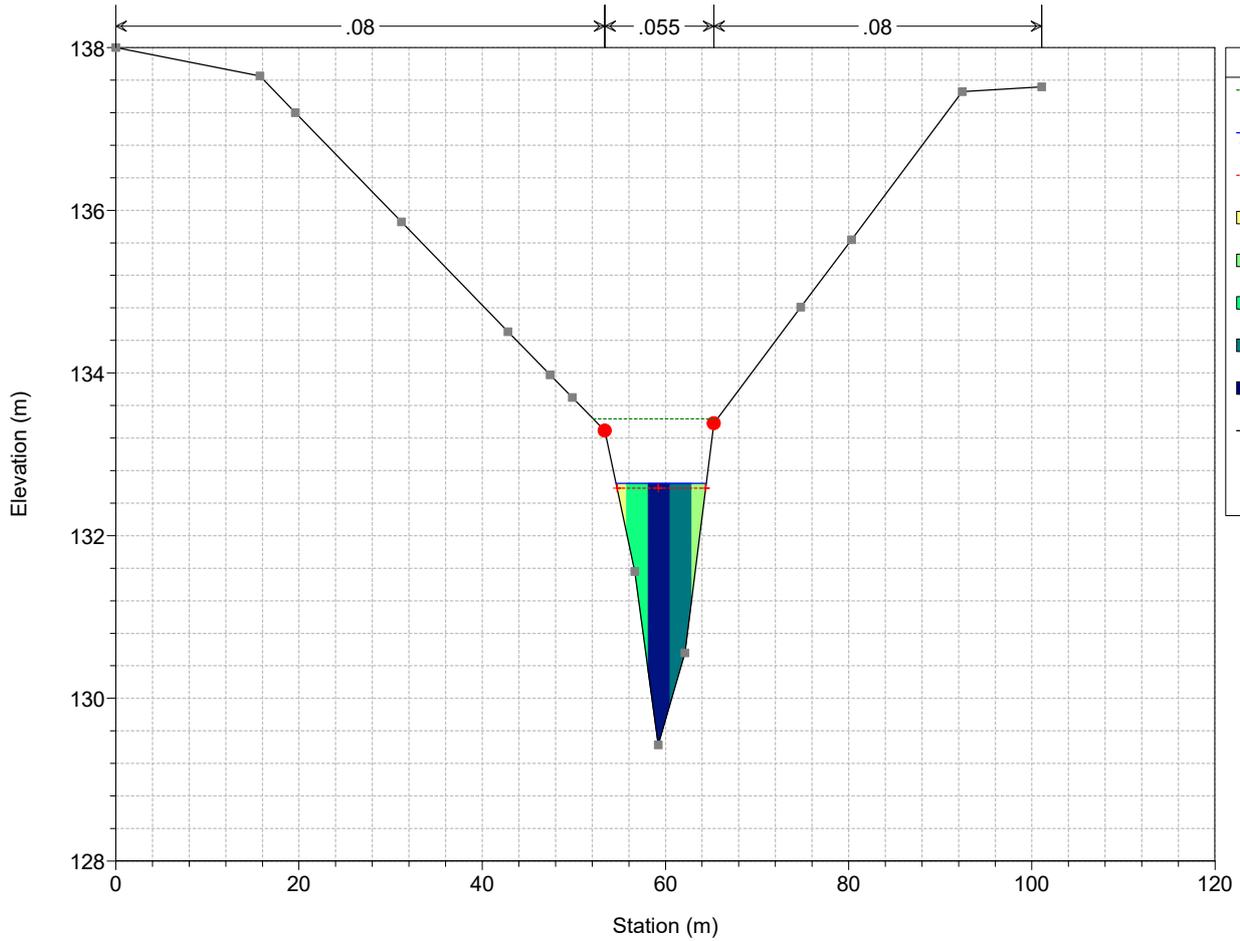
River = Appello Reach = Appello RS = 285.00*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

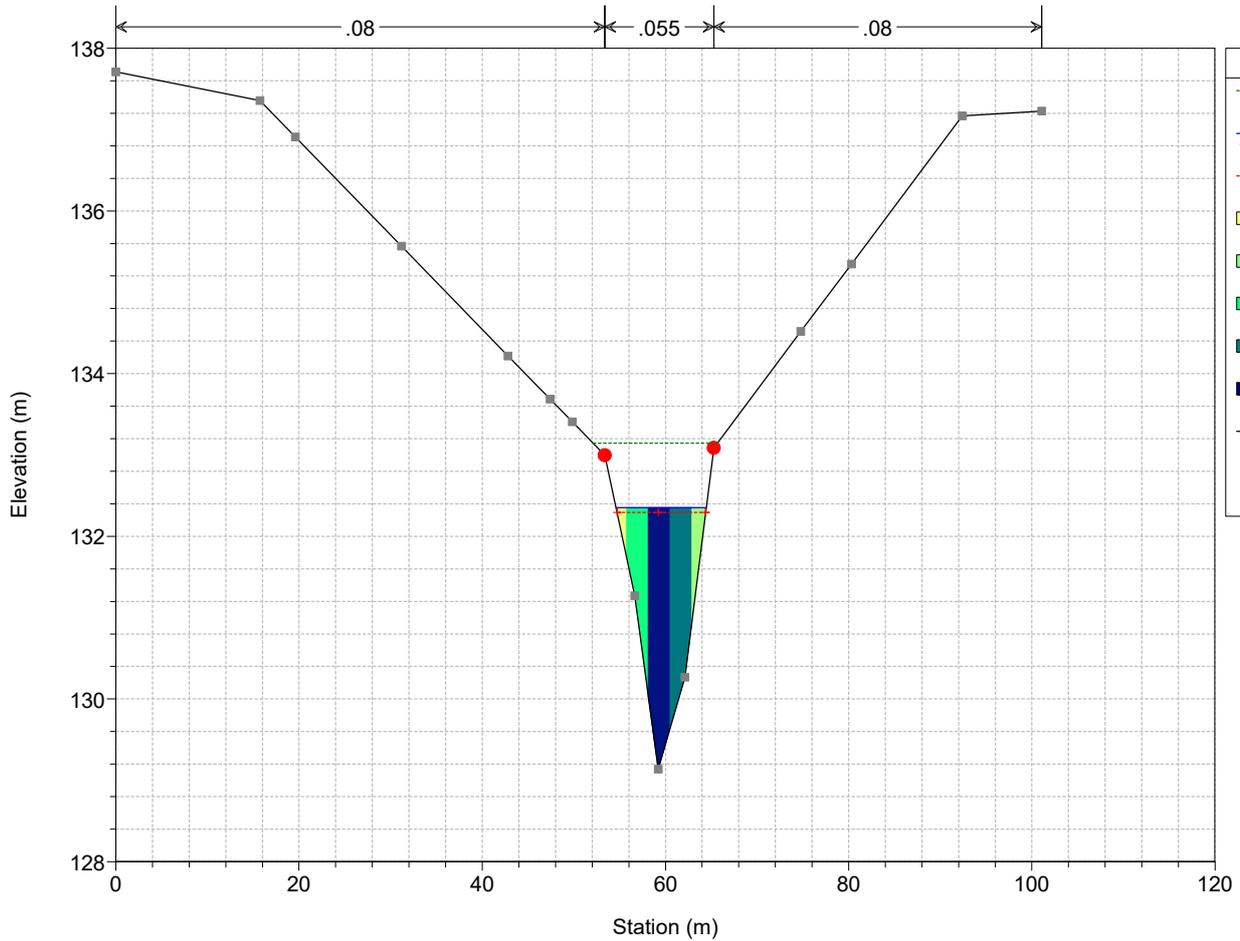
River = Appello Reach = Appello RS = 275.27*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

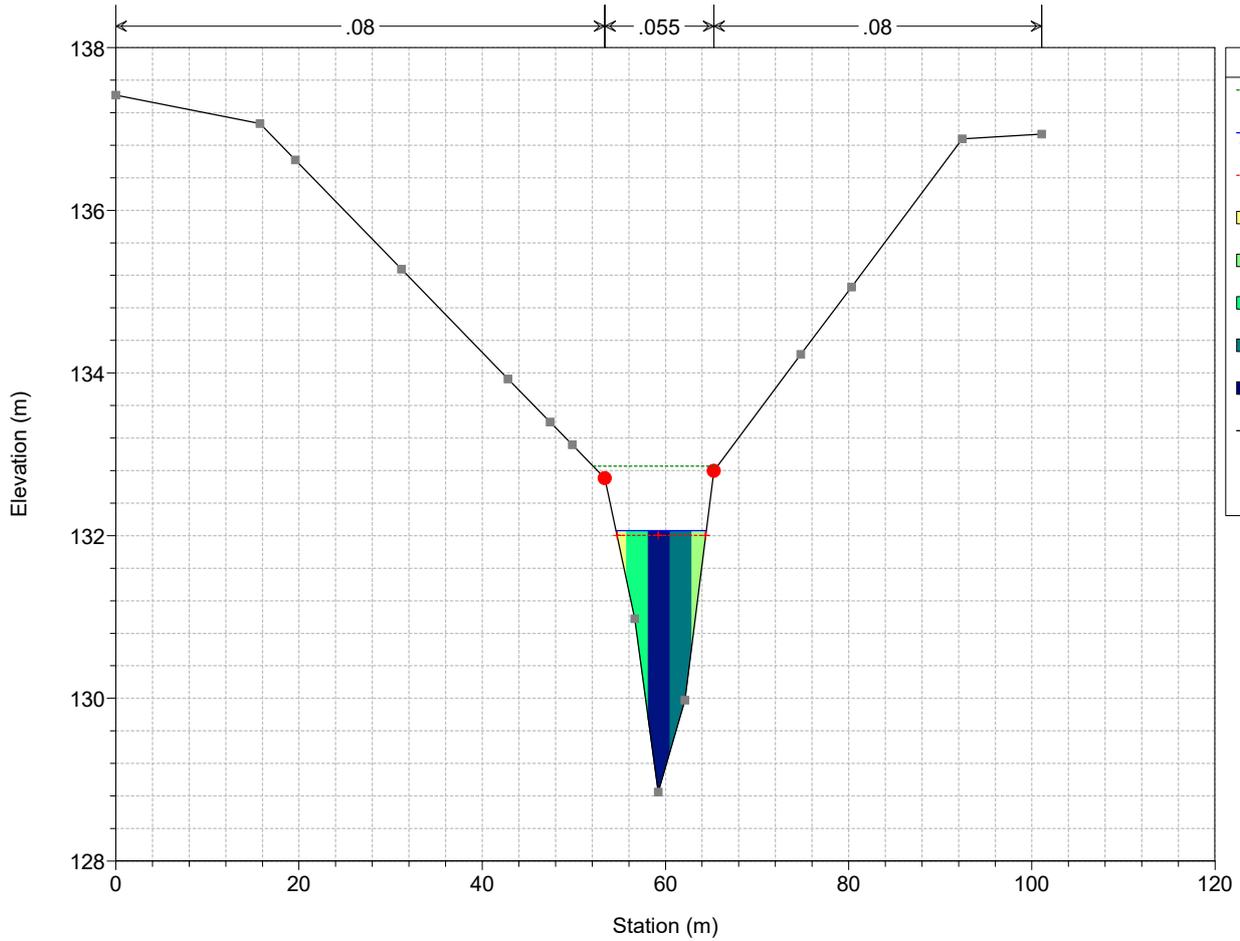
River = Appello Reach = Appello RS = 265.55*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

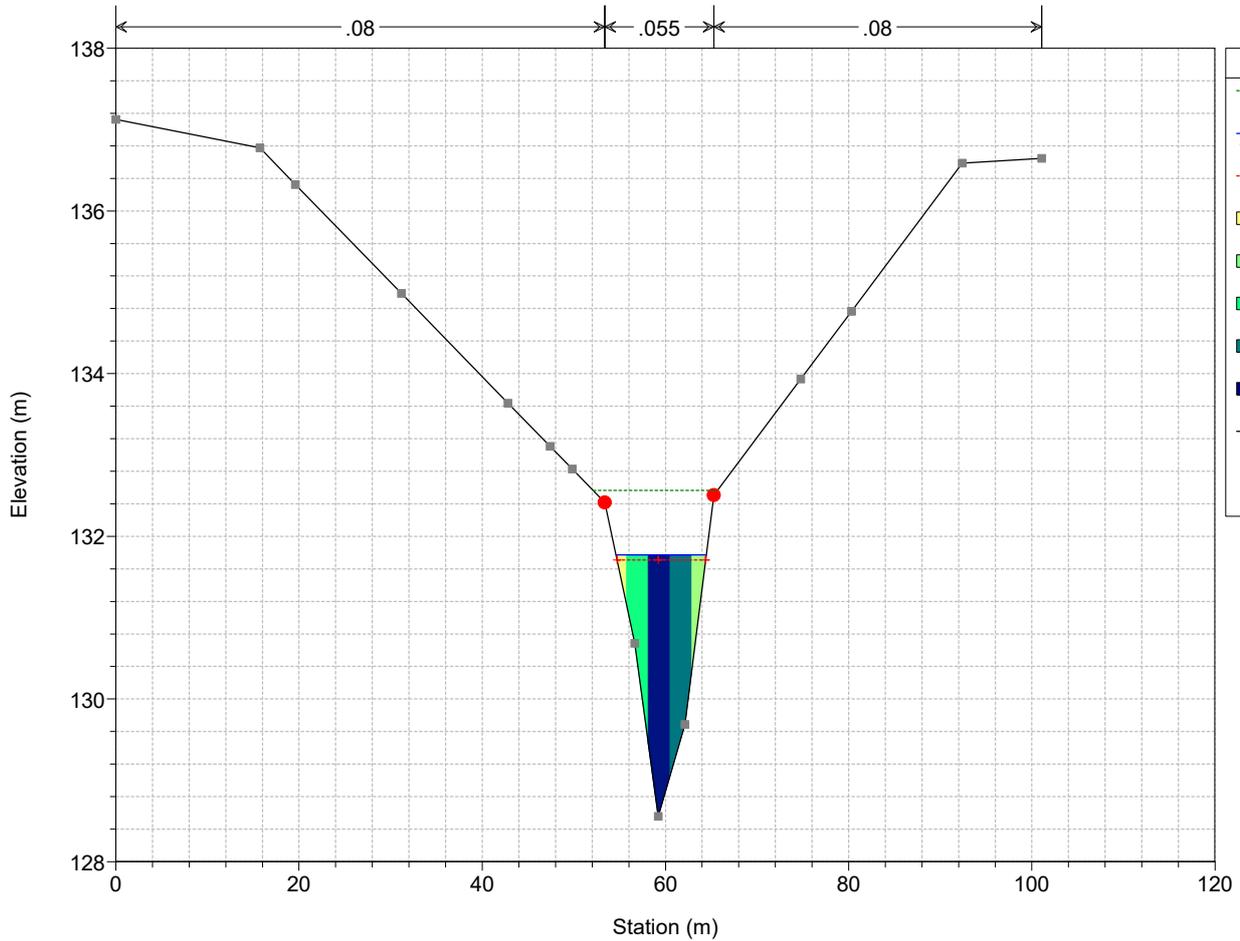
River = Appello Reach = Appello RS = 255.82*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

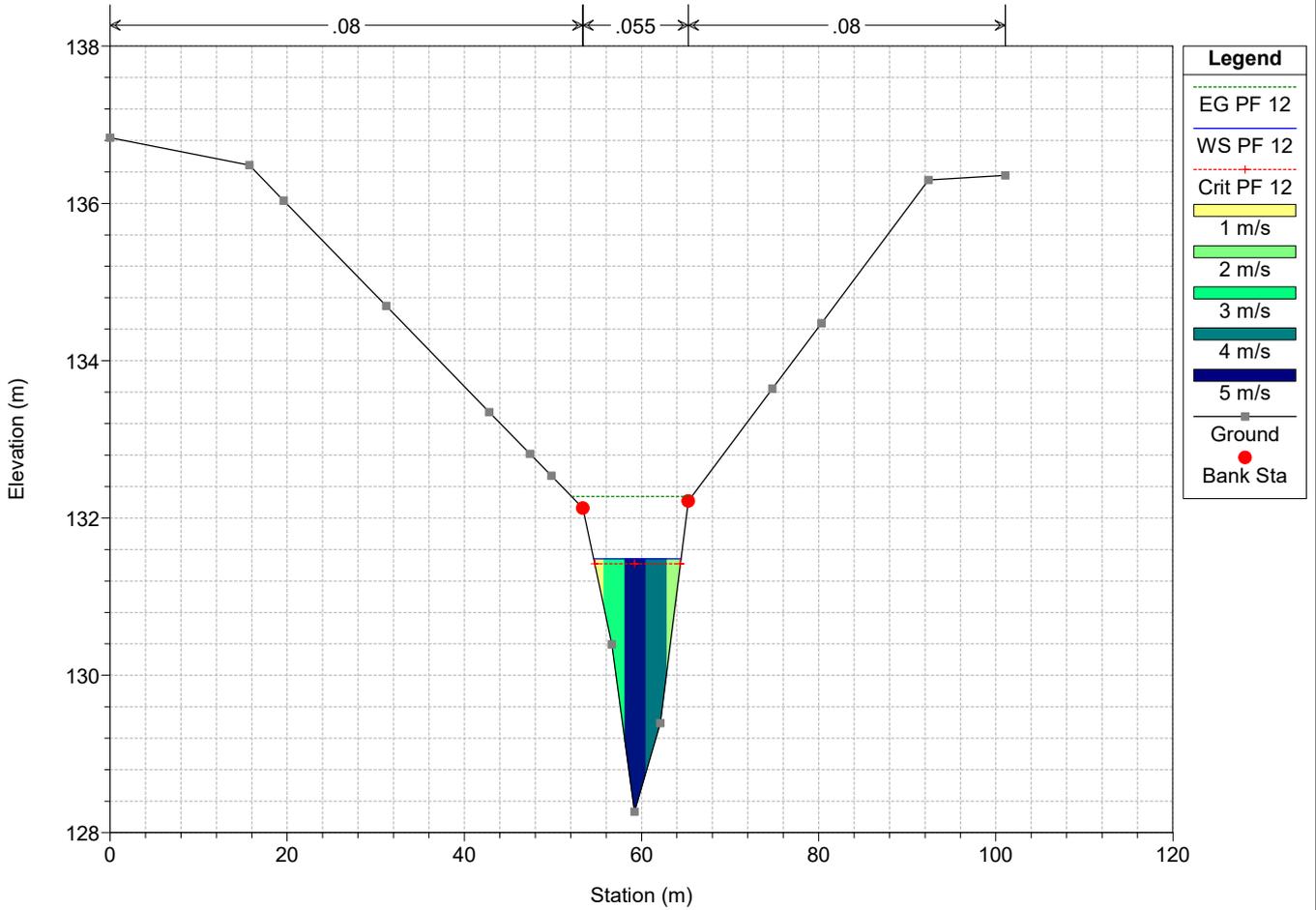
River = Appello Reach = Appello RS = 246.09*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

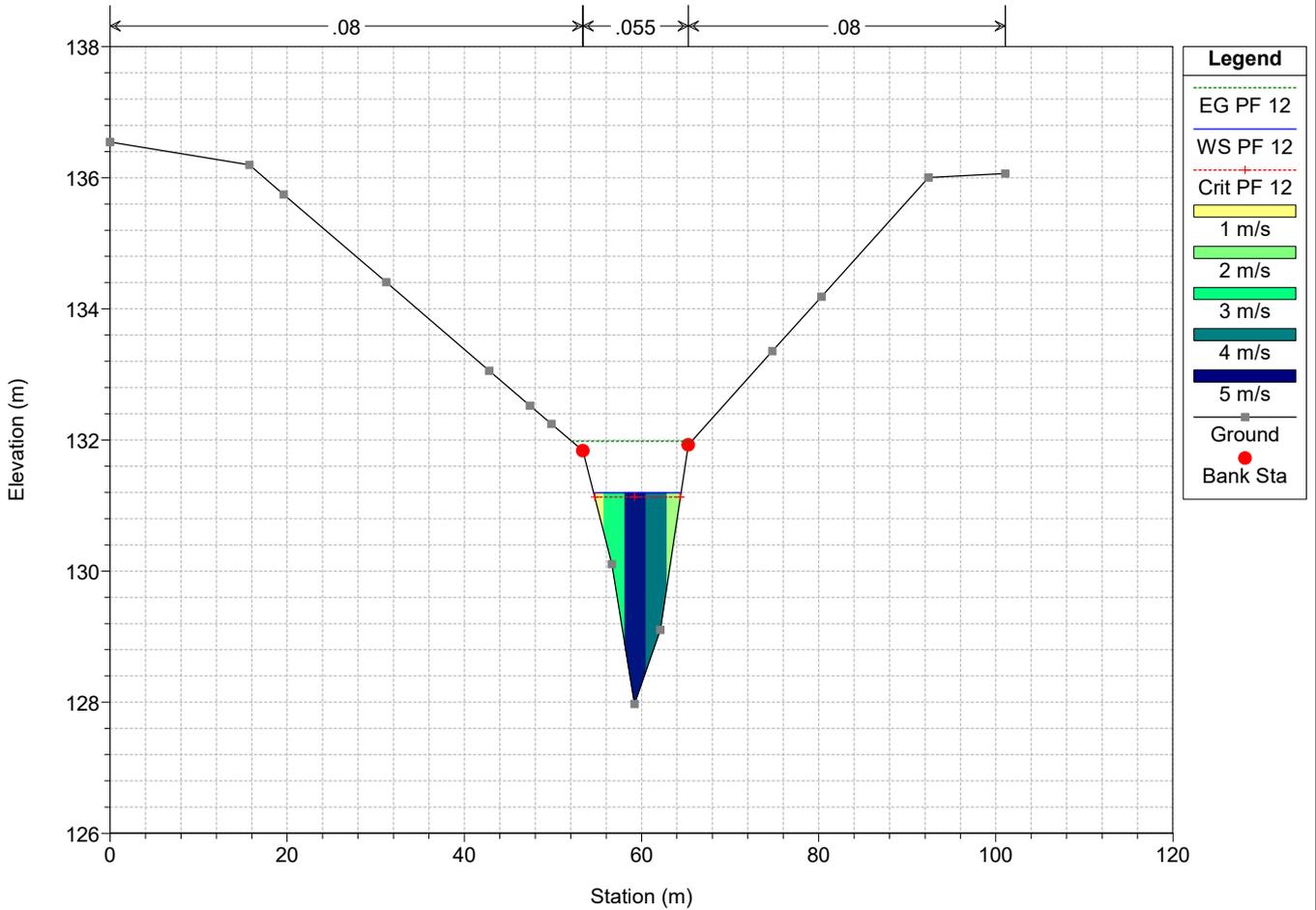
River = Appello Reach = Appello RS = 236.36*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

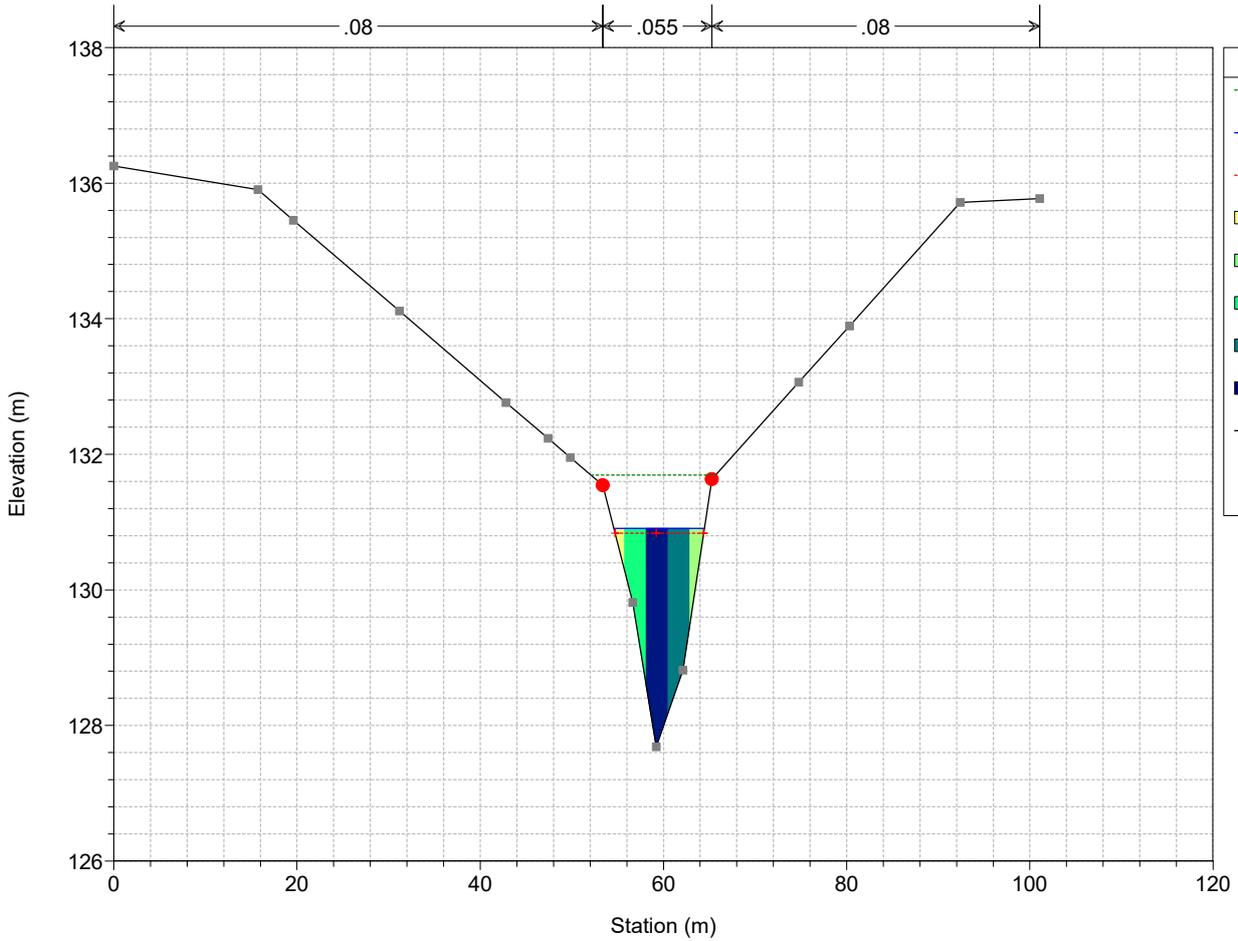
River = Appello Reach = Appello RS = 226.64*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

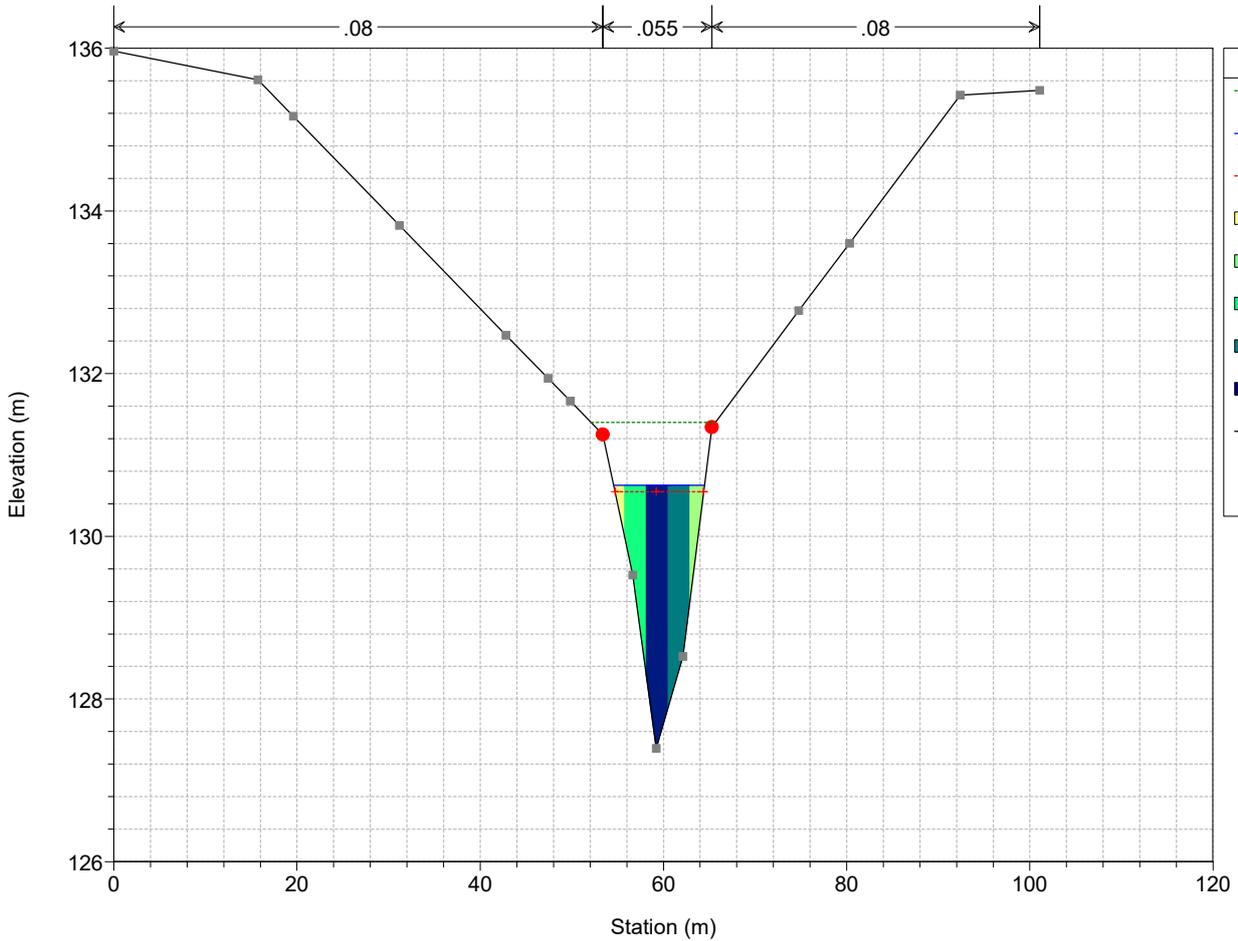
River = Appello Reach = Appello RS = 216.91*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

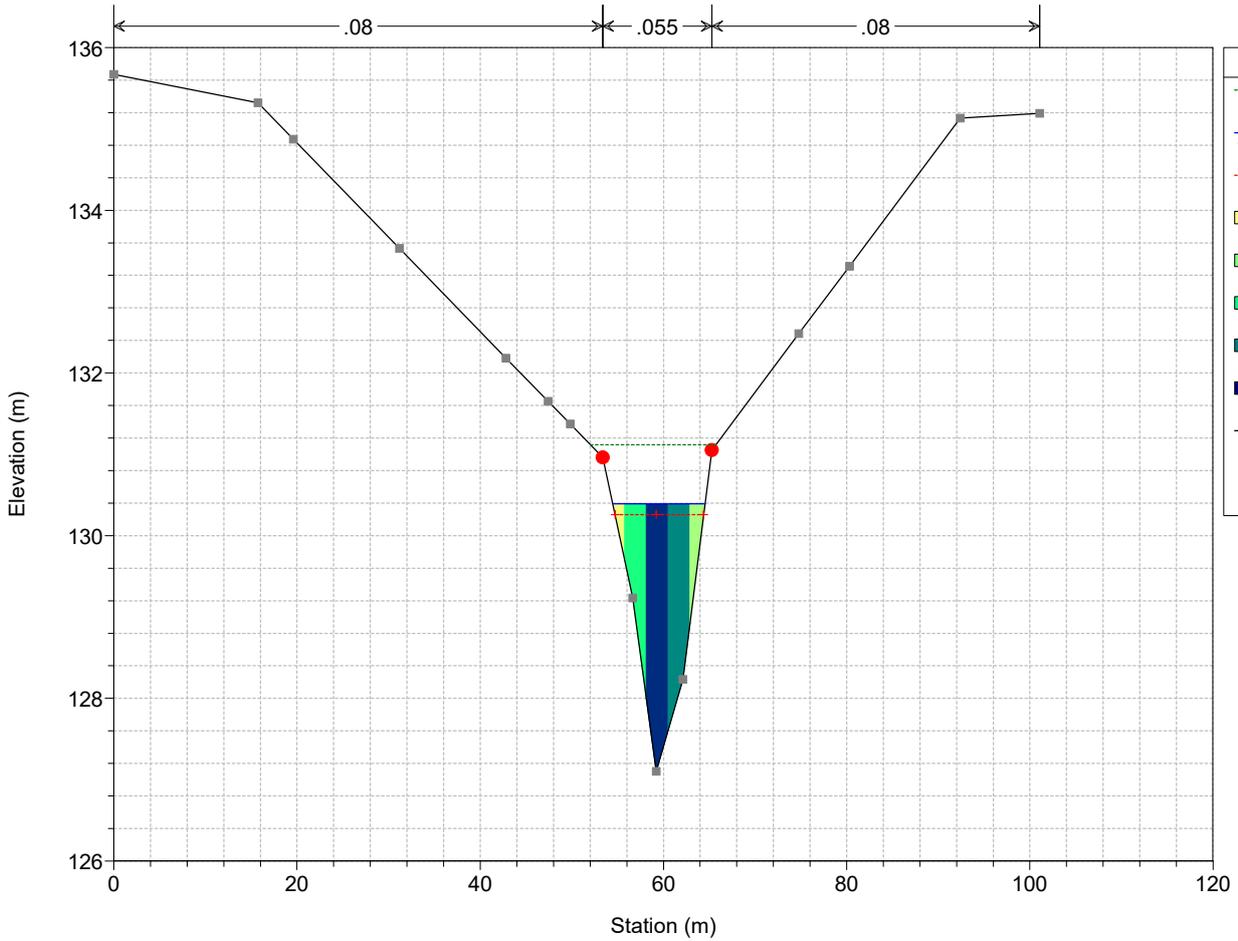
River = Appello Reach = Appello RS = 207.18*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

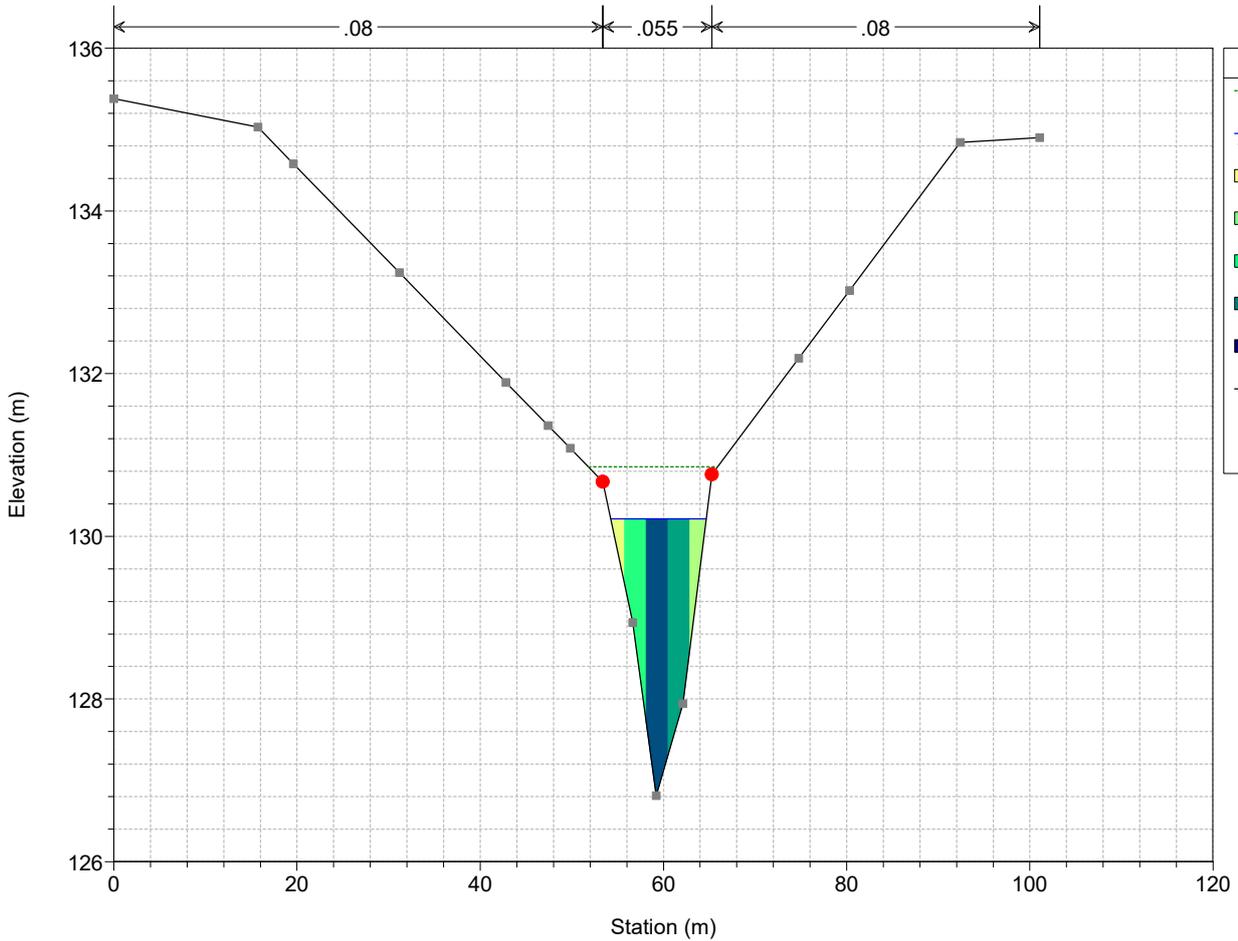
River = Appello Reach = Appello RS = 197.45*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

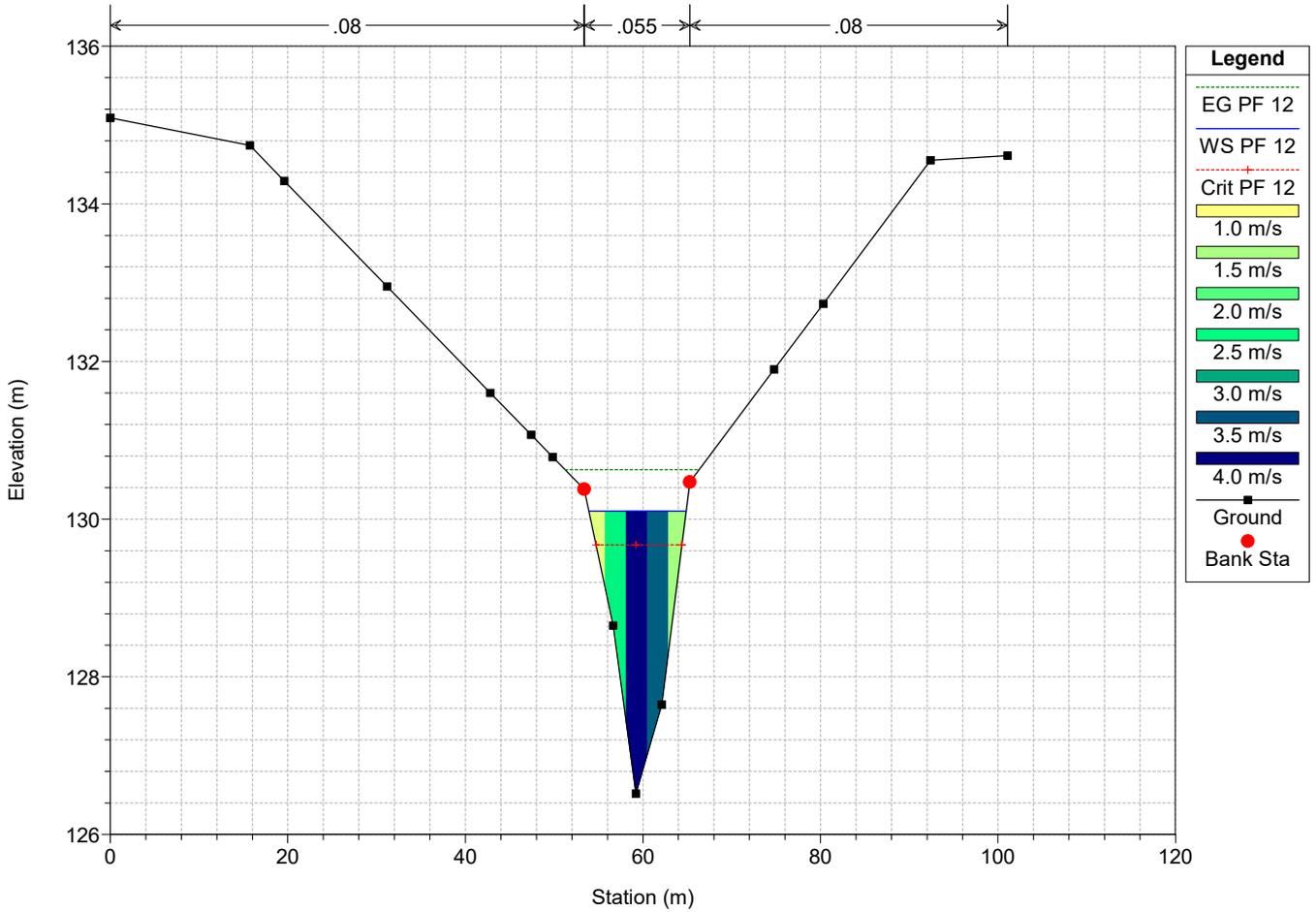
River = Appello Reach = Appello RS = 187.73*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

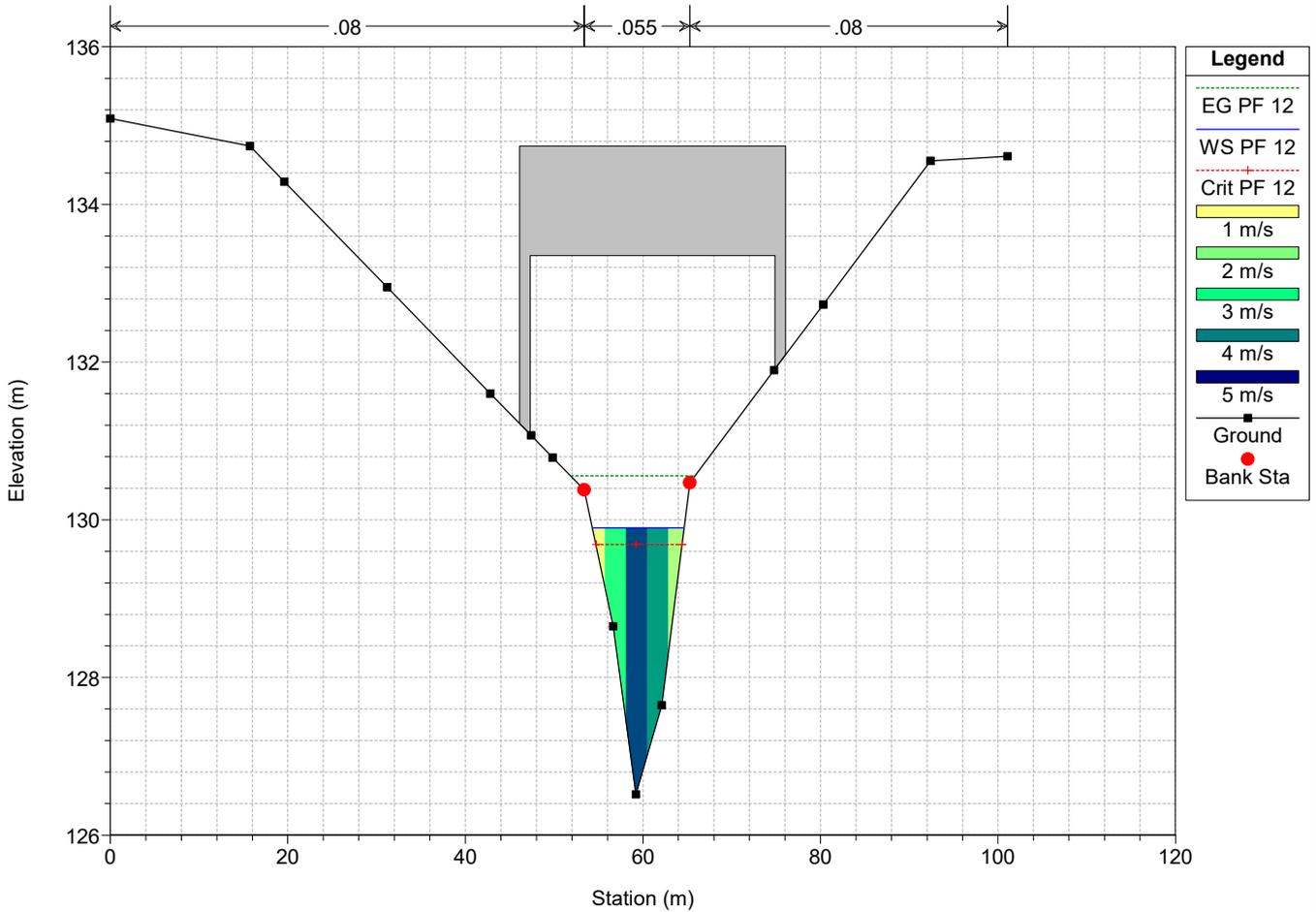
River = Appello Reach = Appello RS = 178



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

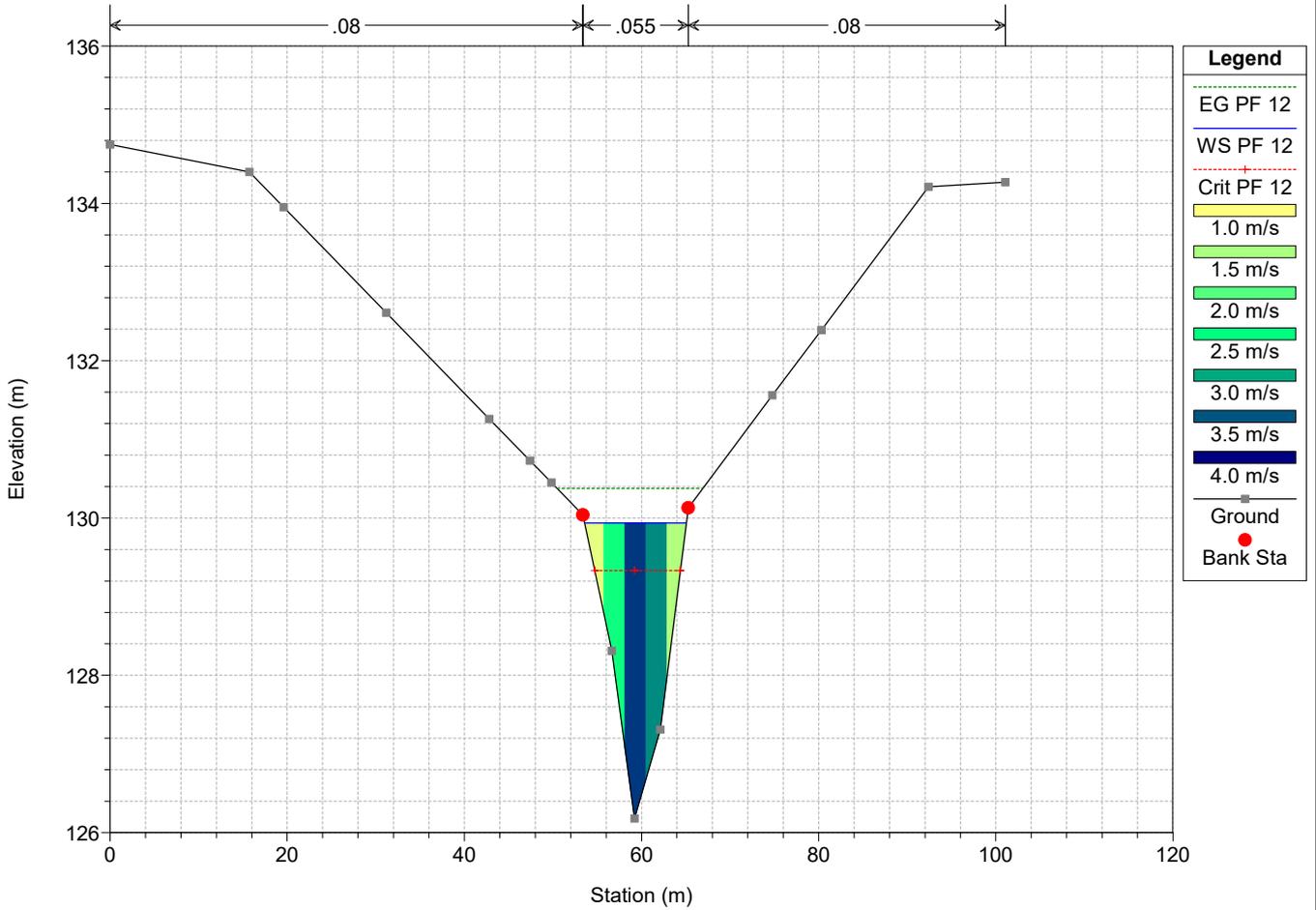
River = Appello Reach = Appello RS = 175 BR



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

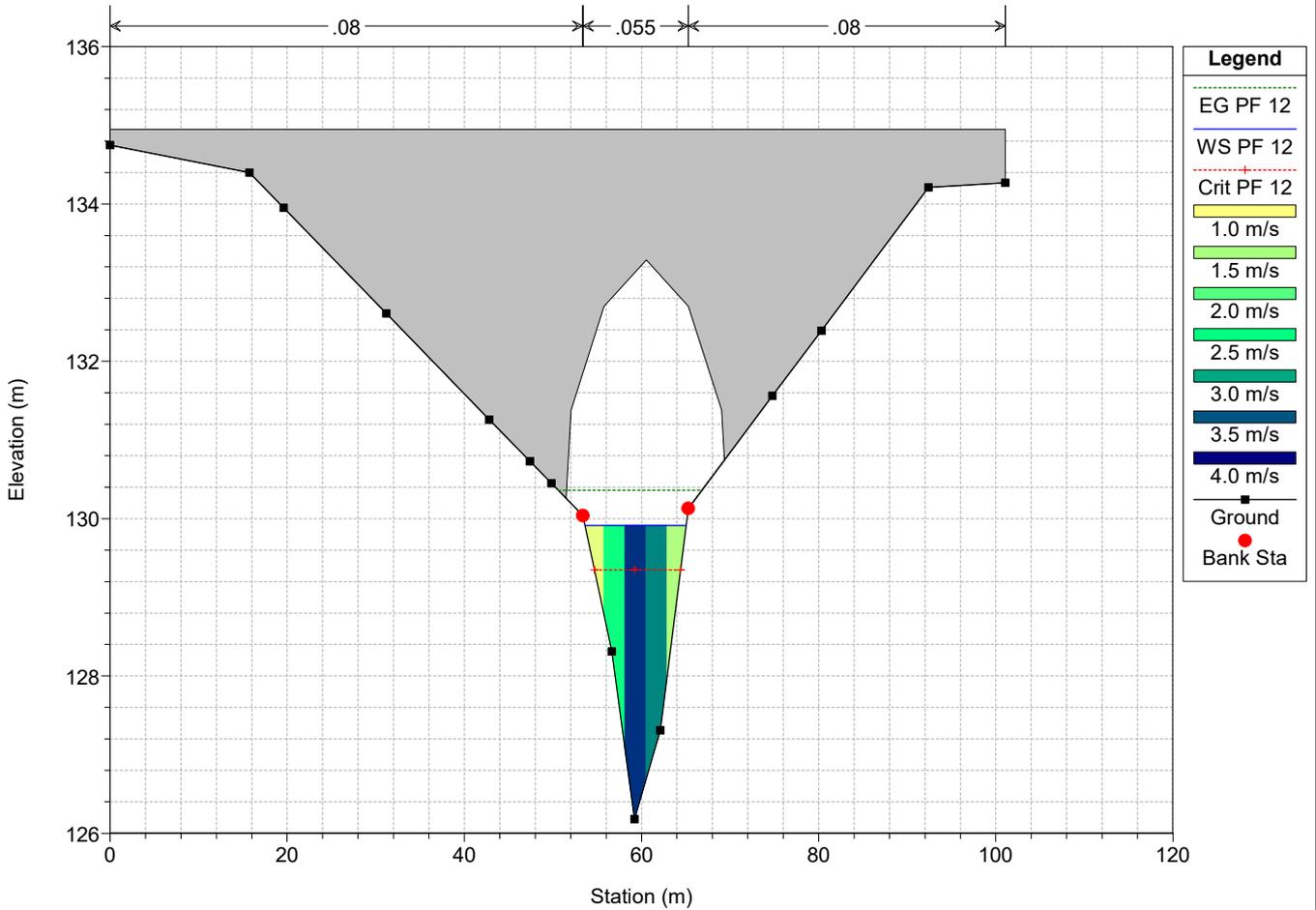
River = Appello Reach = Appello RS = 168.17*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

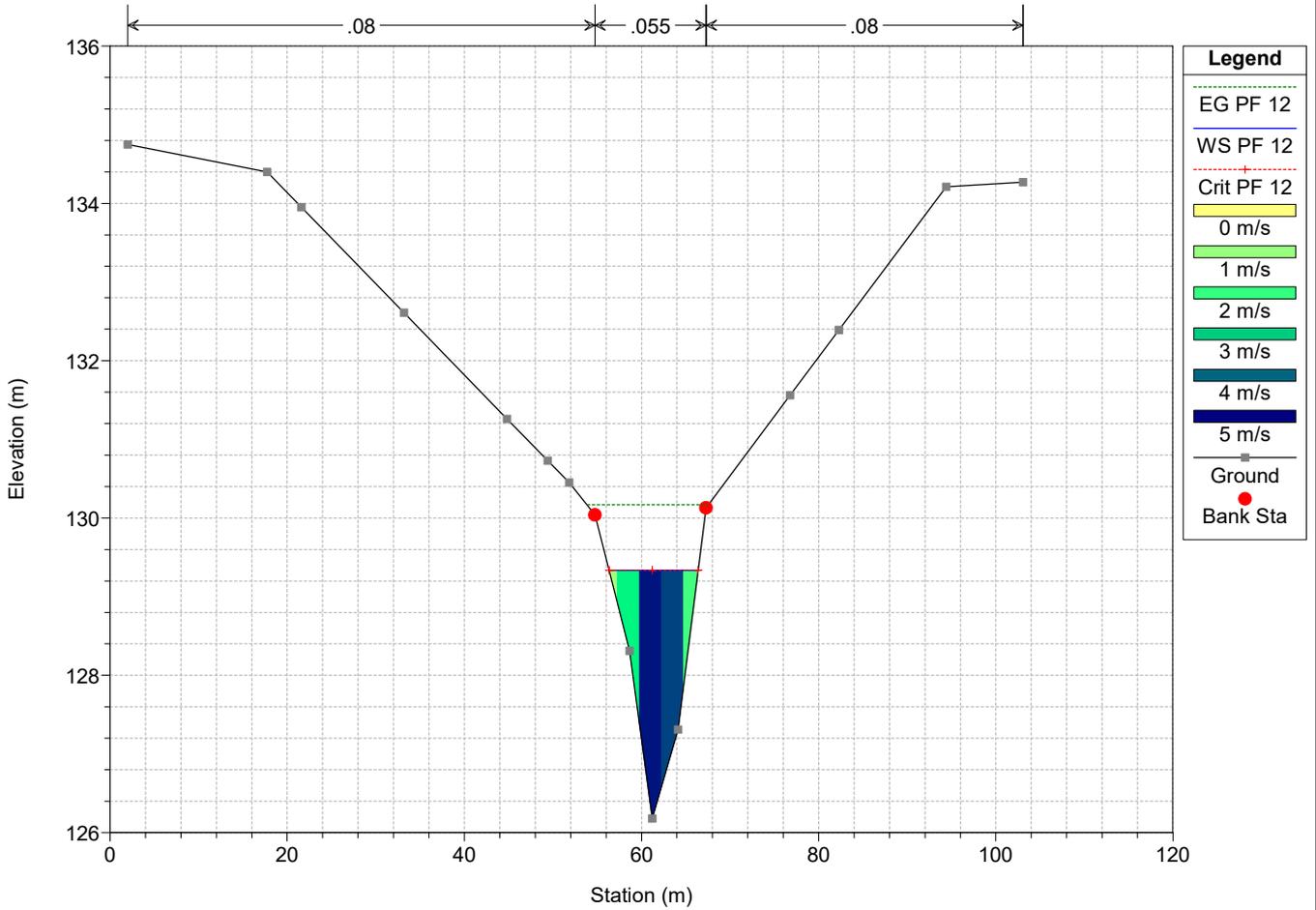
River = Appello Reach = Appello RS = 168.15 BR



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

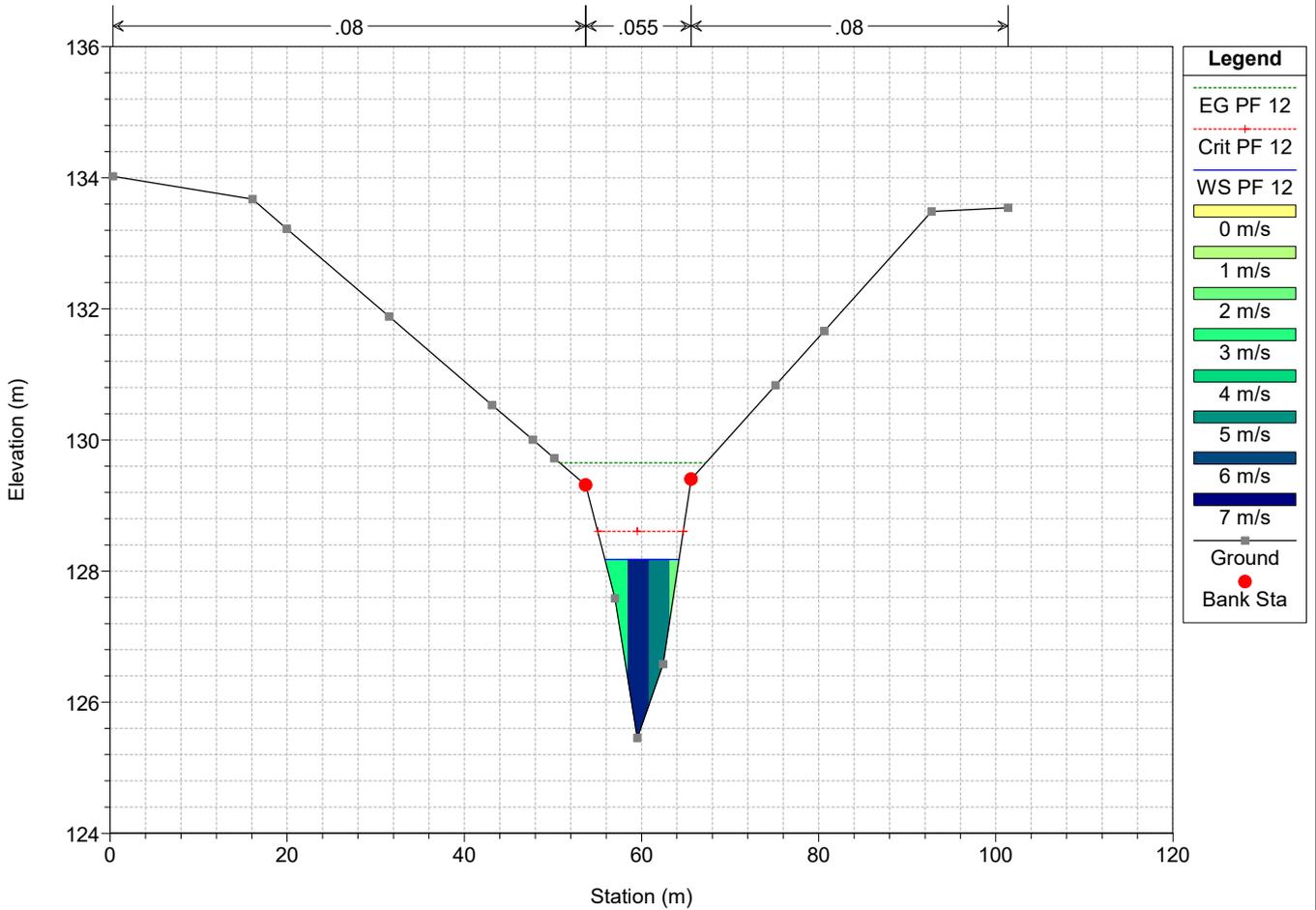
River = Appello Reach = Appello RS = 158.33*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

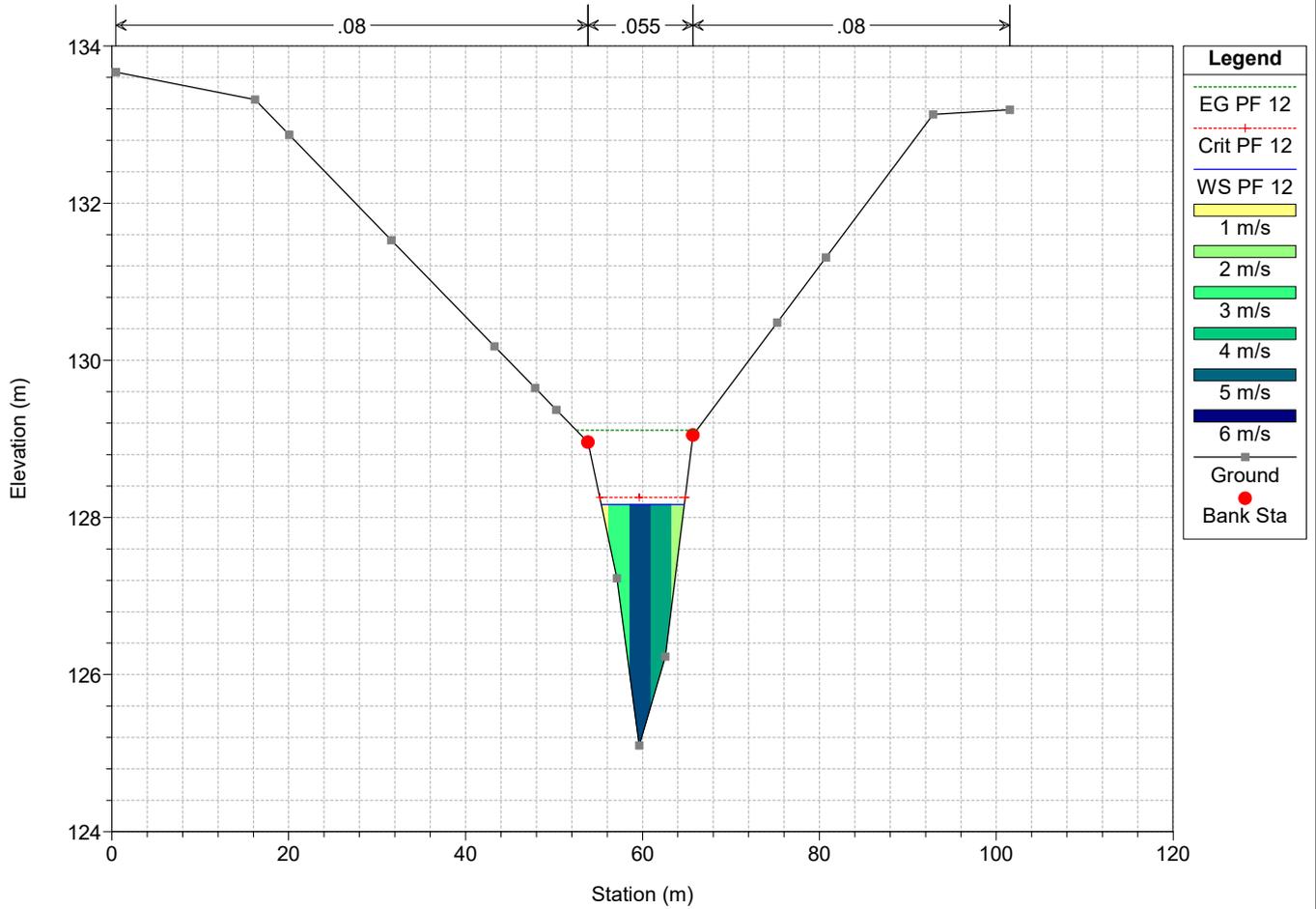
River = Appello Reach = Appello RS = 148.50*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

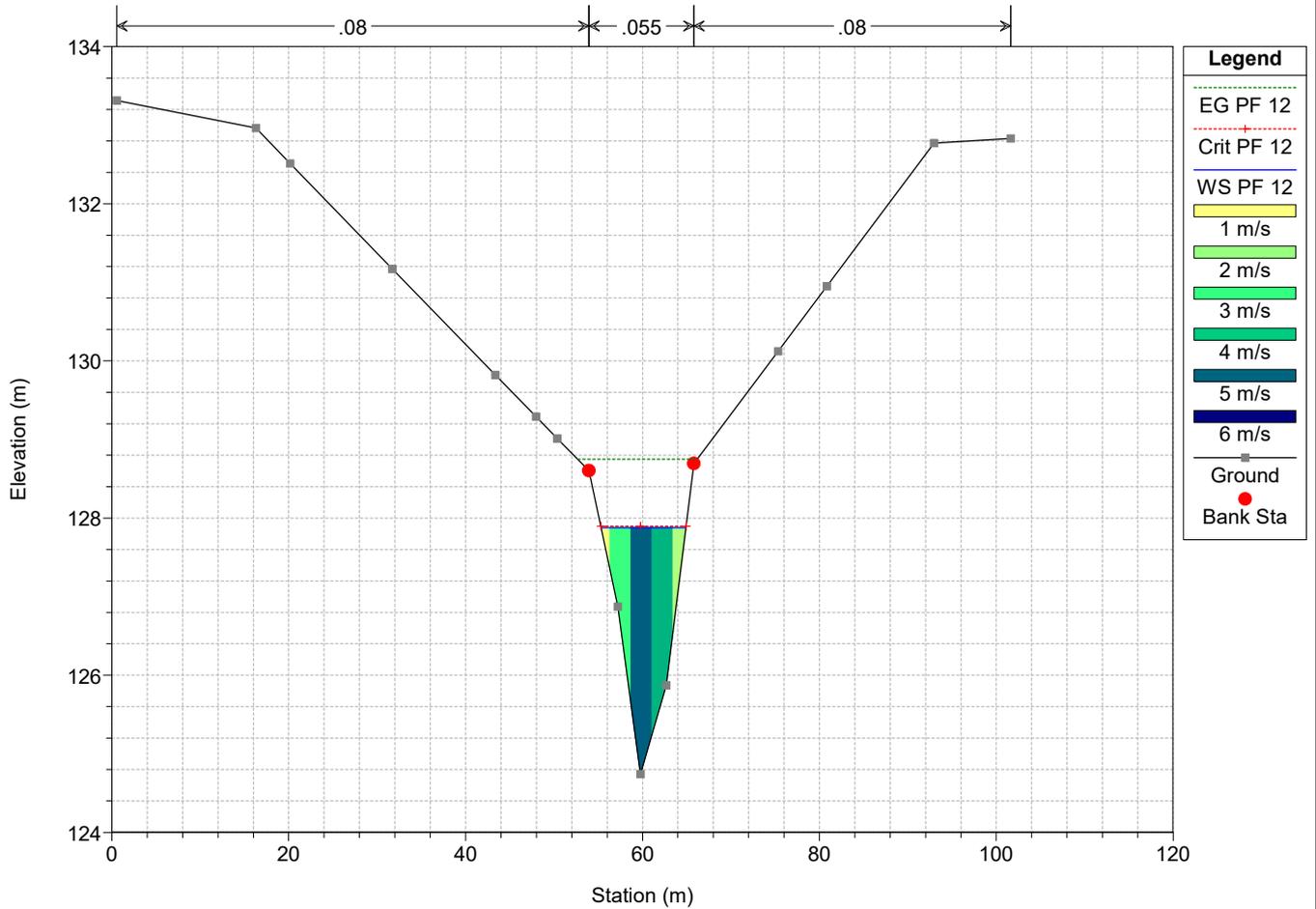
River = Appello Reach = Appello RS = 138.67*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

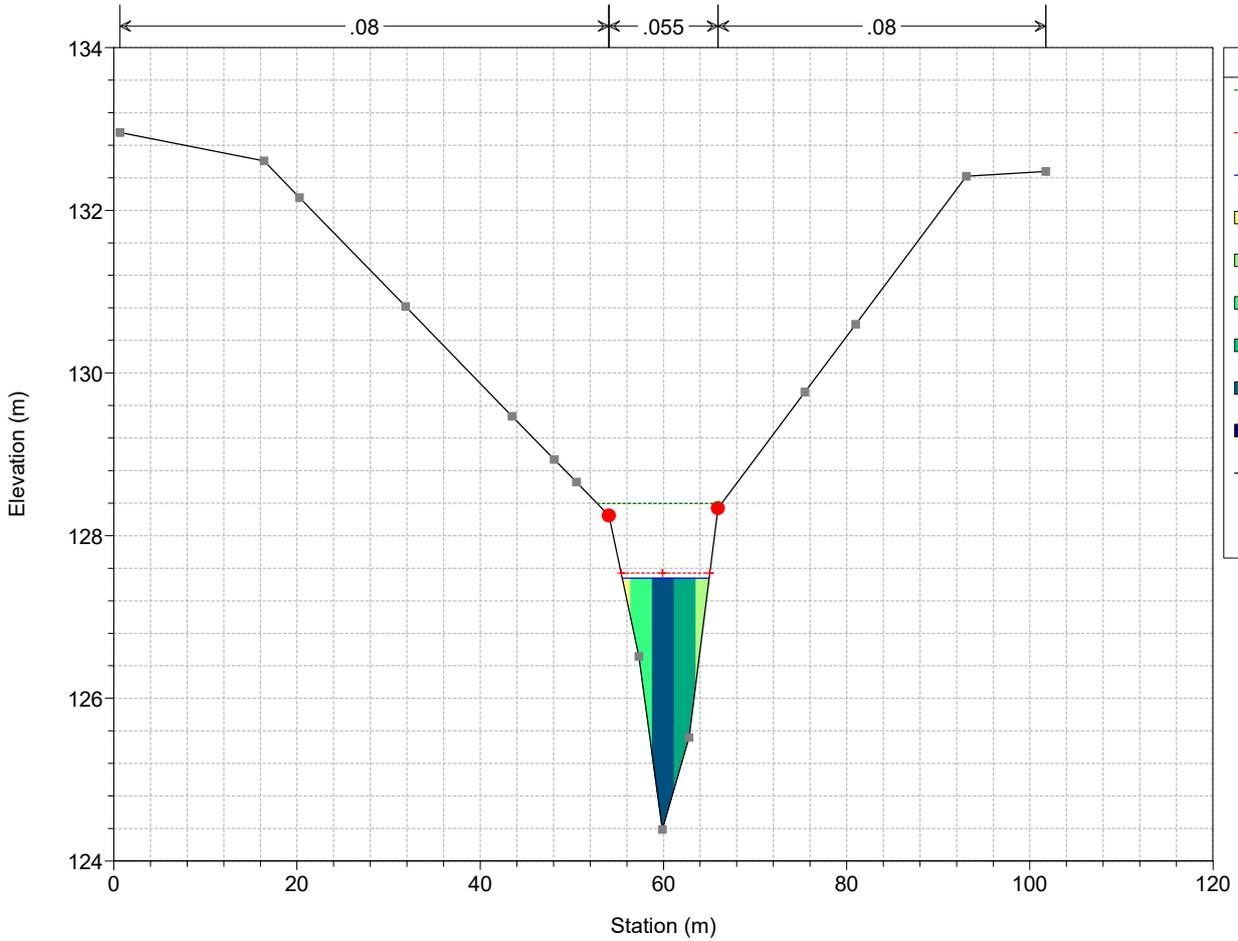
River = Appello Reach = Appello RS = 128.83*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

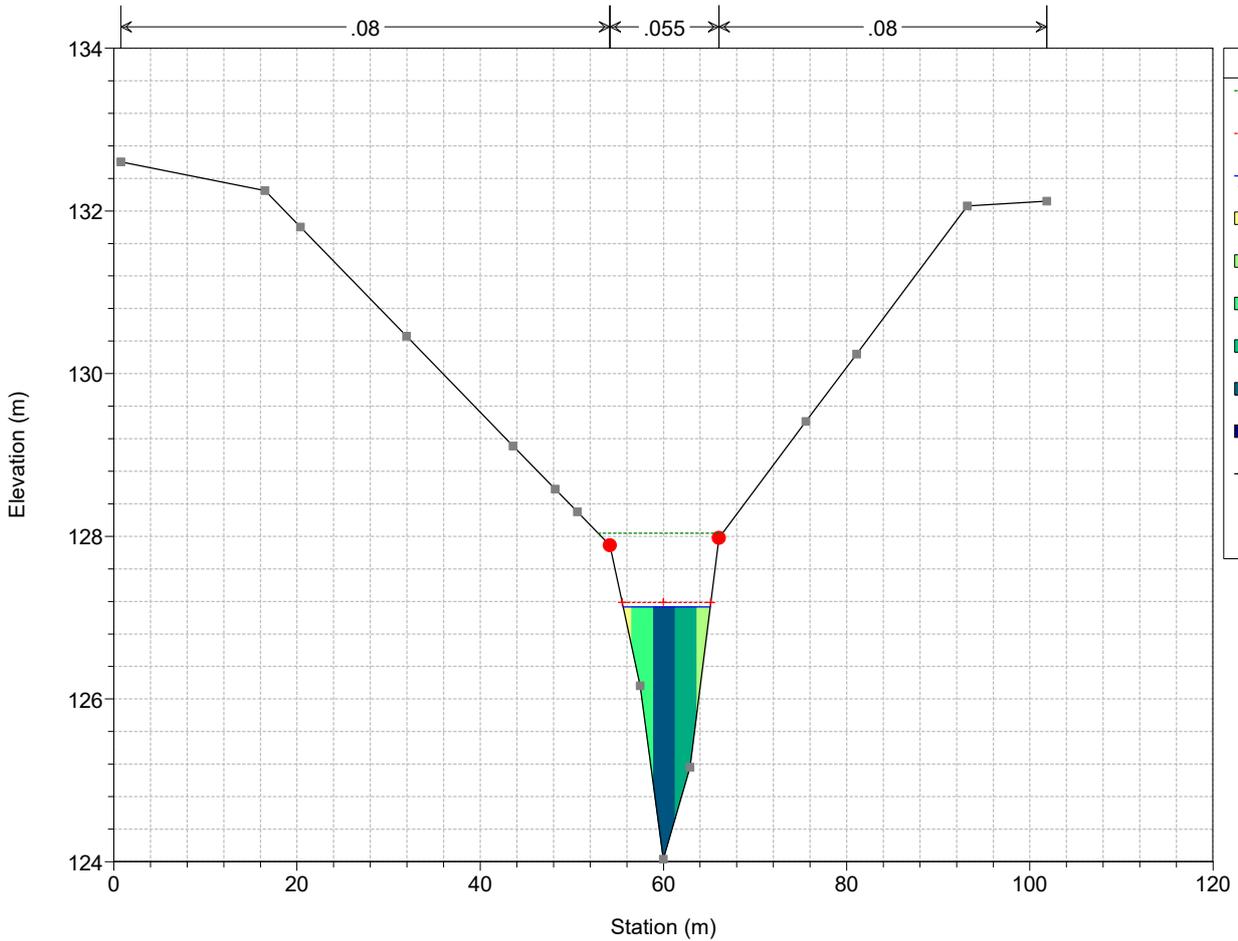
River = Appello Reach = Appello RS = 119.00*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

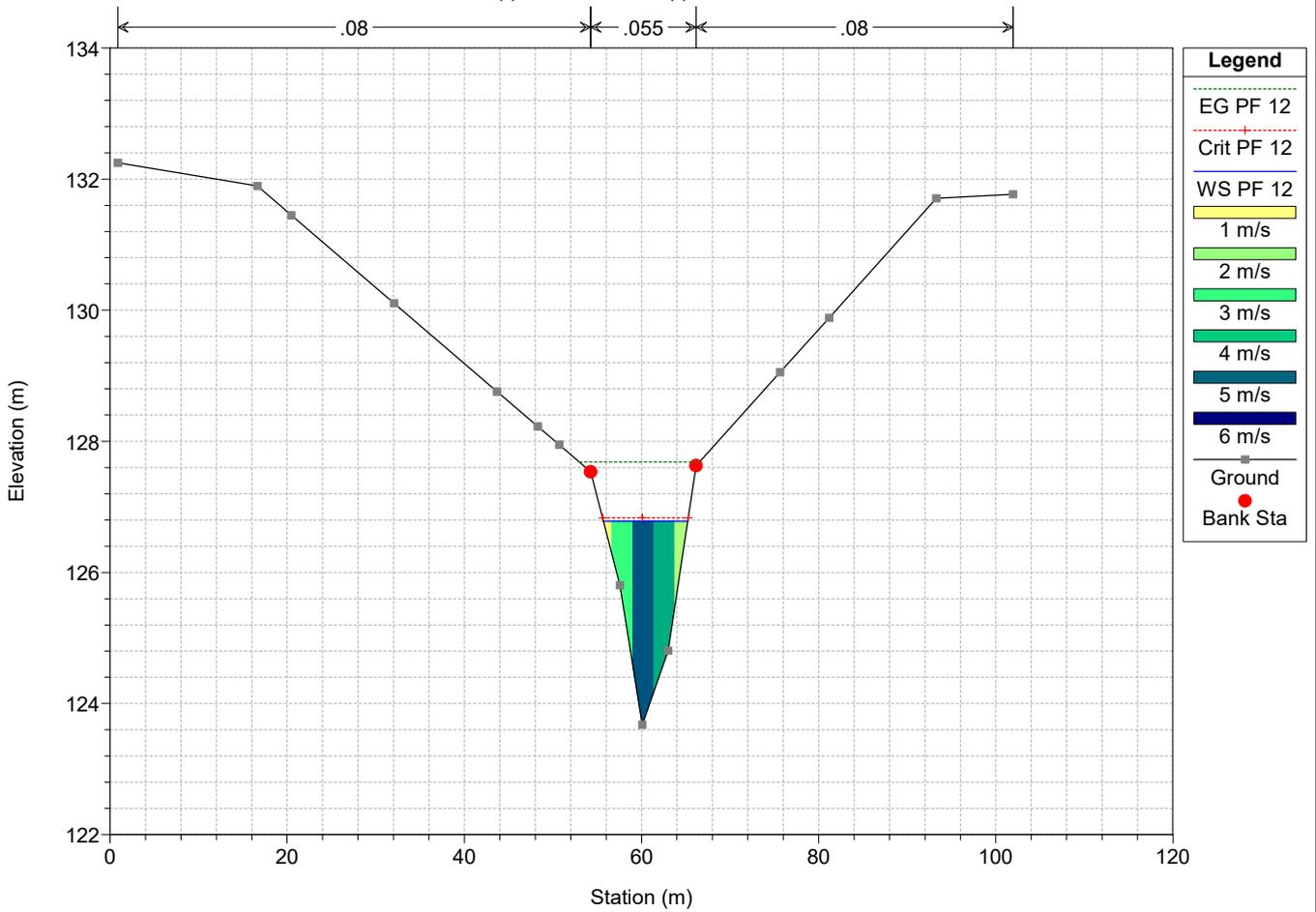
River = Appello Reach = Appello RS = 109.17*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

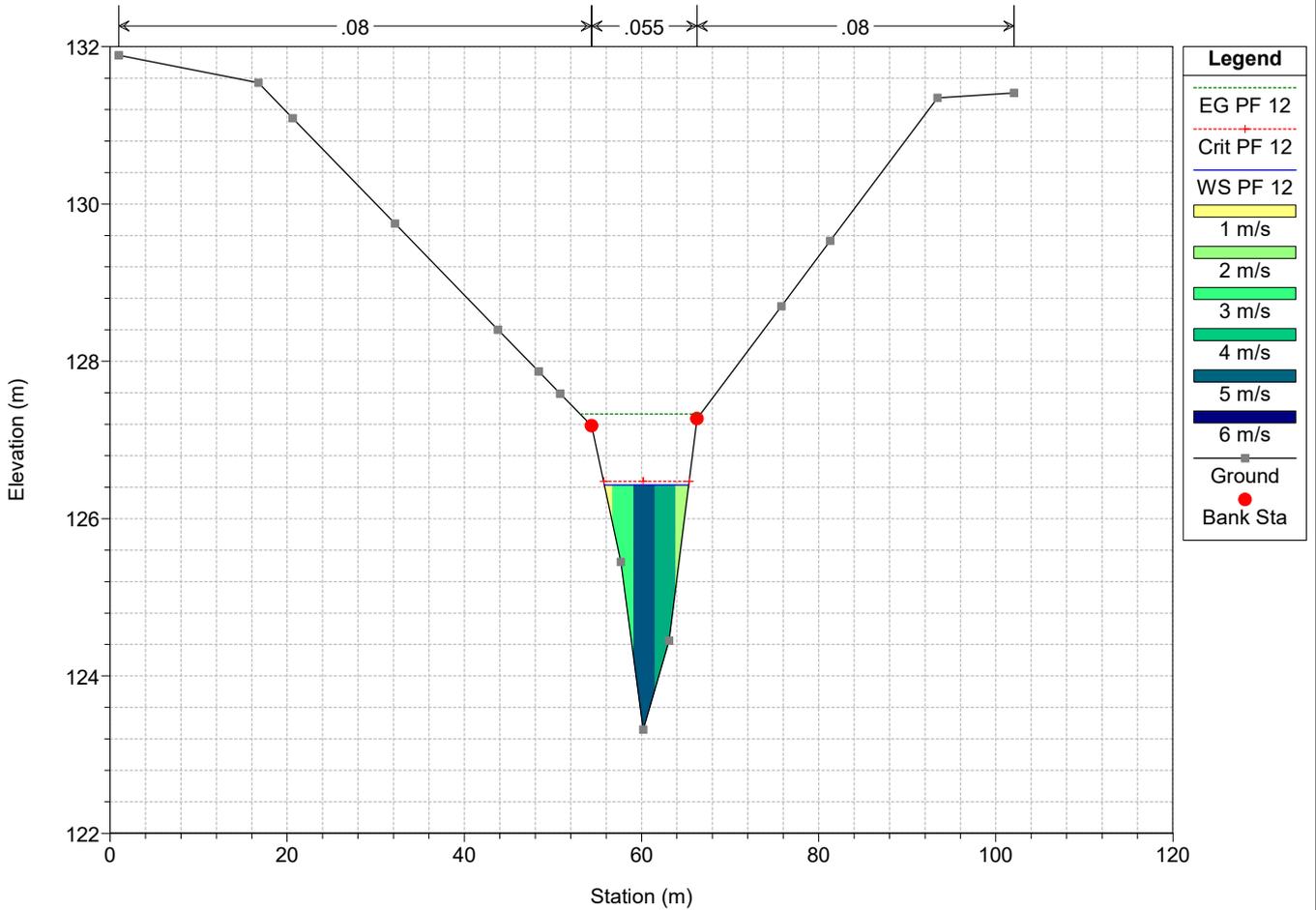
River = Appello Reach = Appello RS = 99.33*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

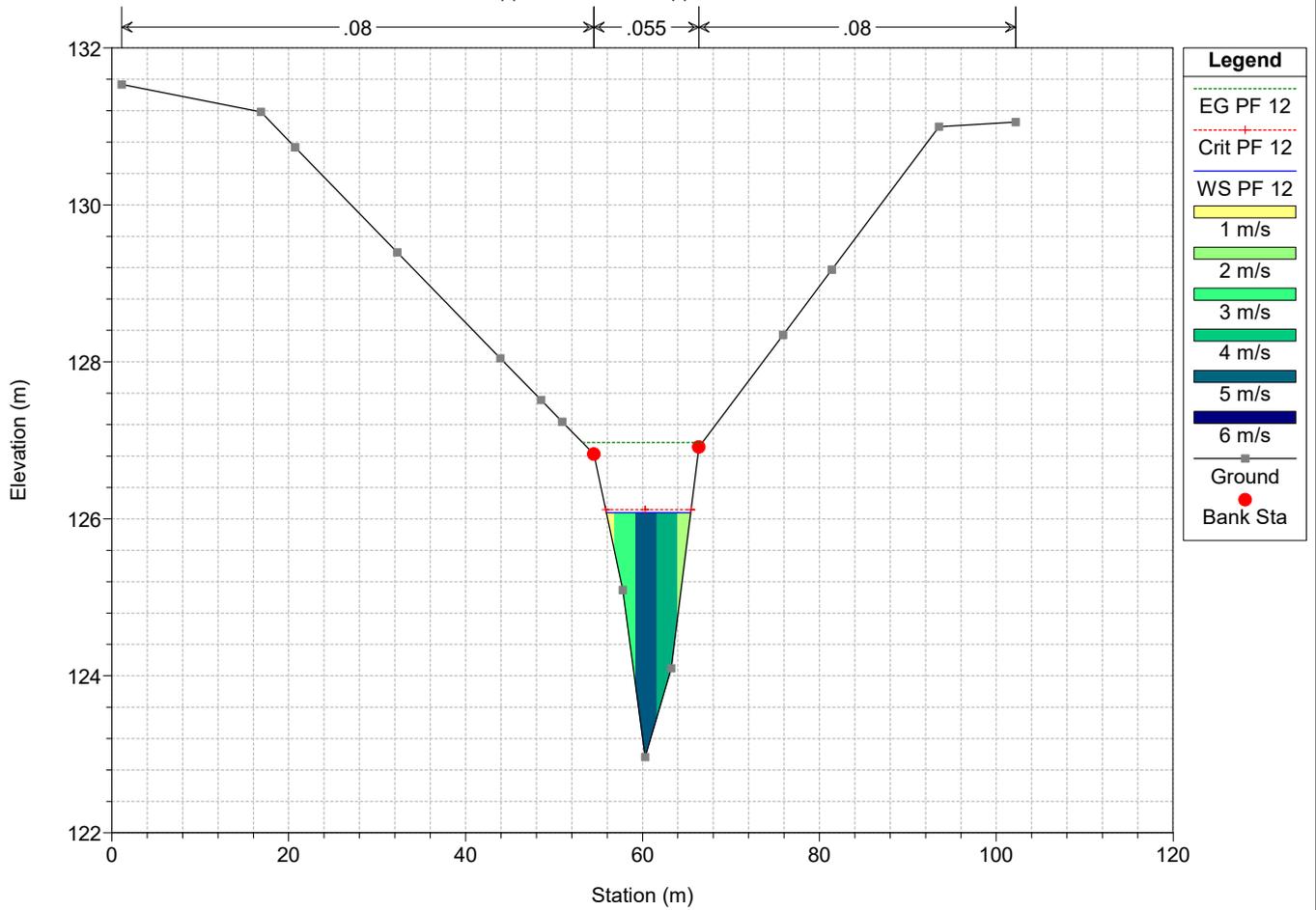
River = Appello Reach = Appello RS = 89.50*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

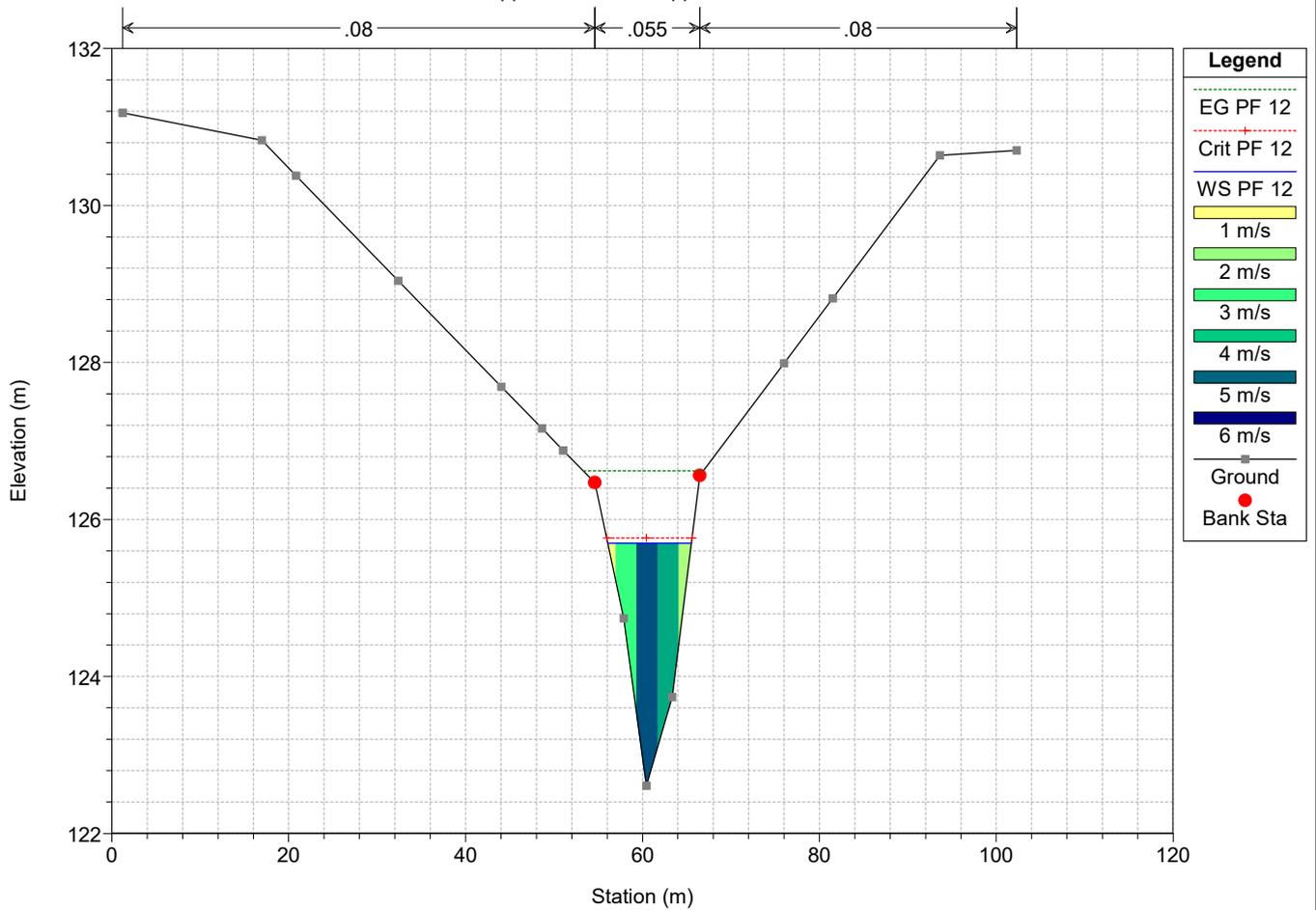
River = Appello Reach = Appello RS = 79.67*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

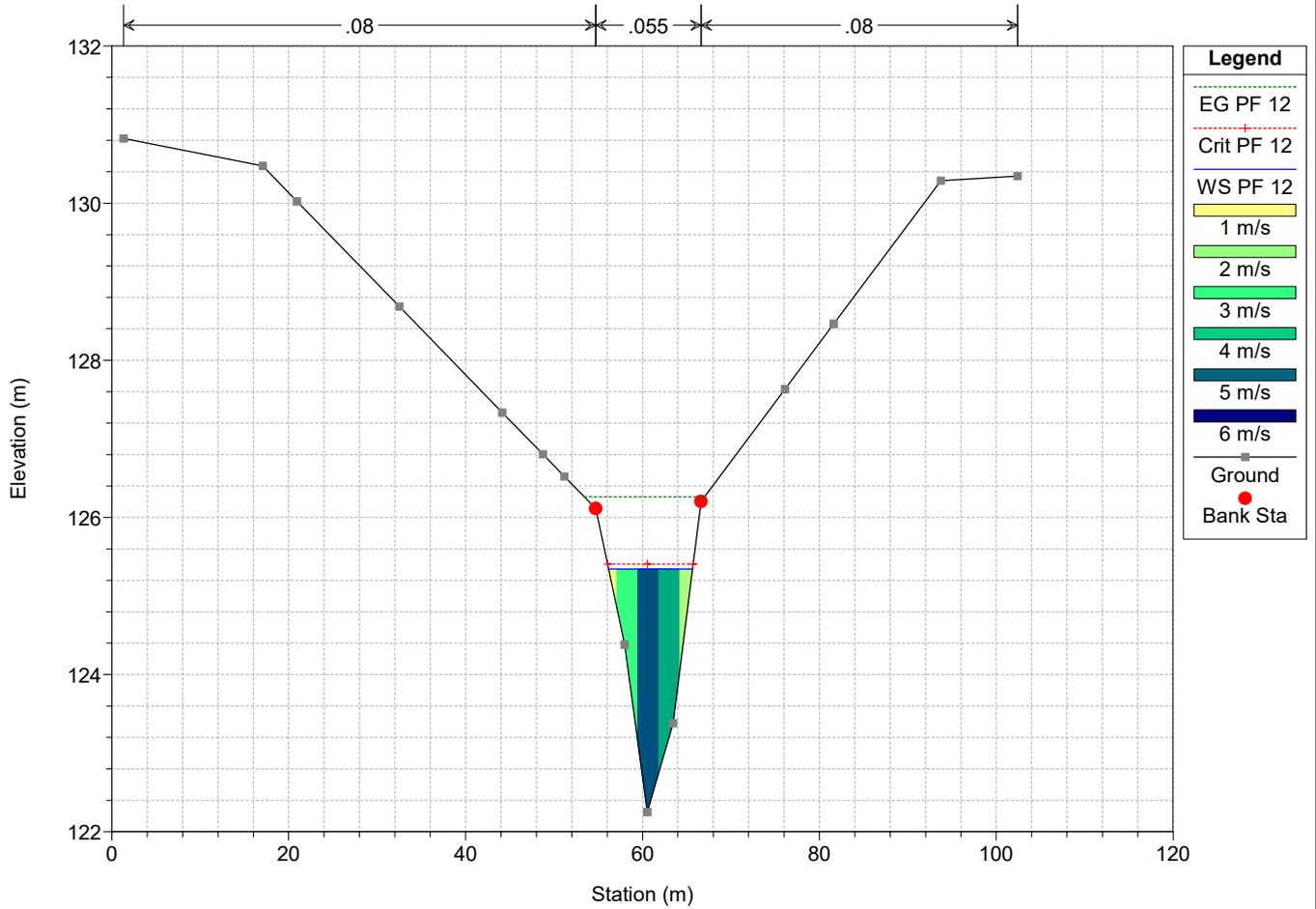
River = Appello Reach = Appello RS = 69.83*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

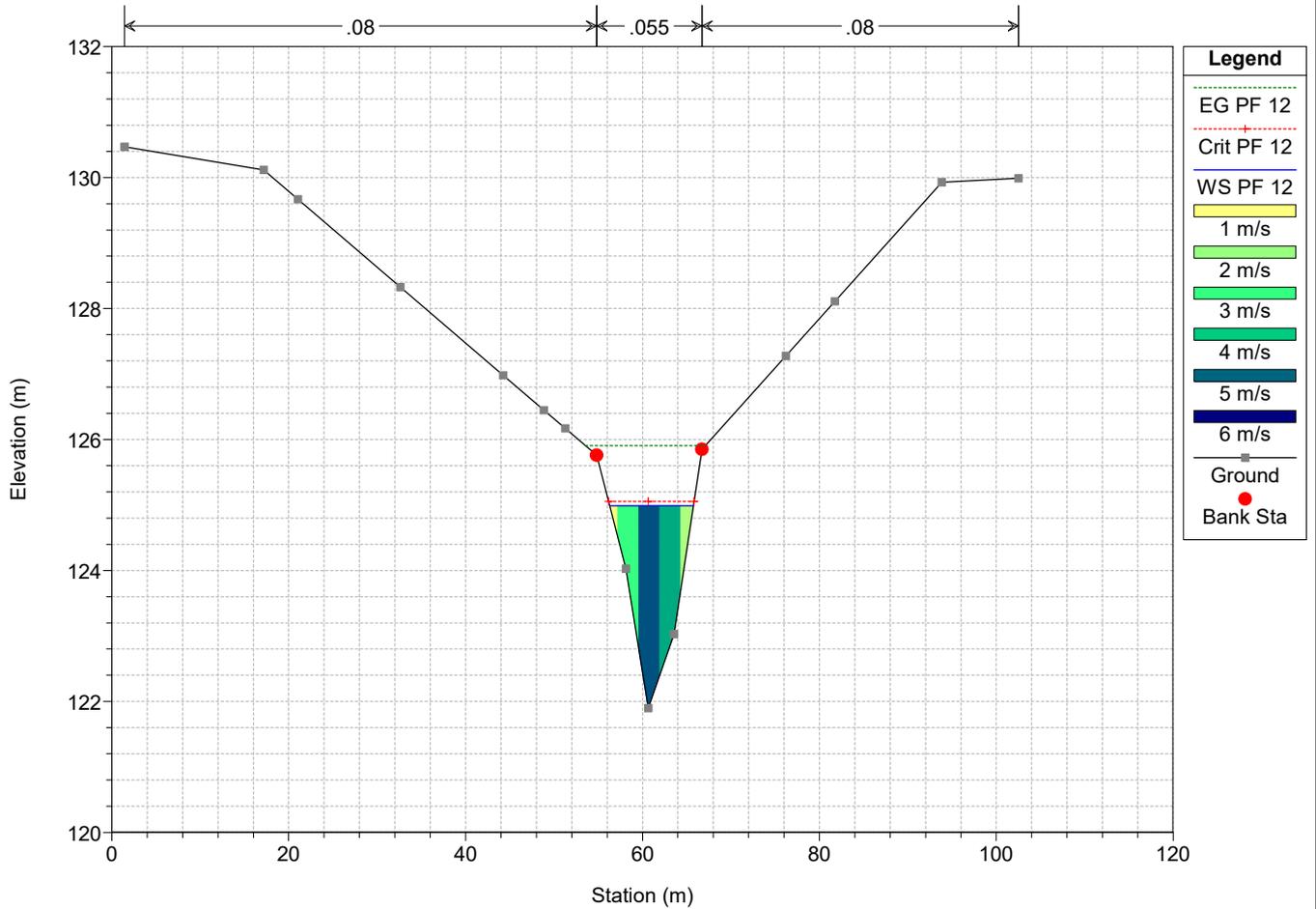
River = Appello Reach = Appello RS = 60.00*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

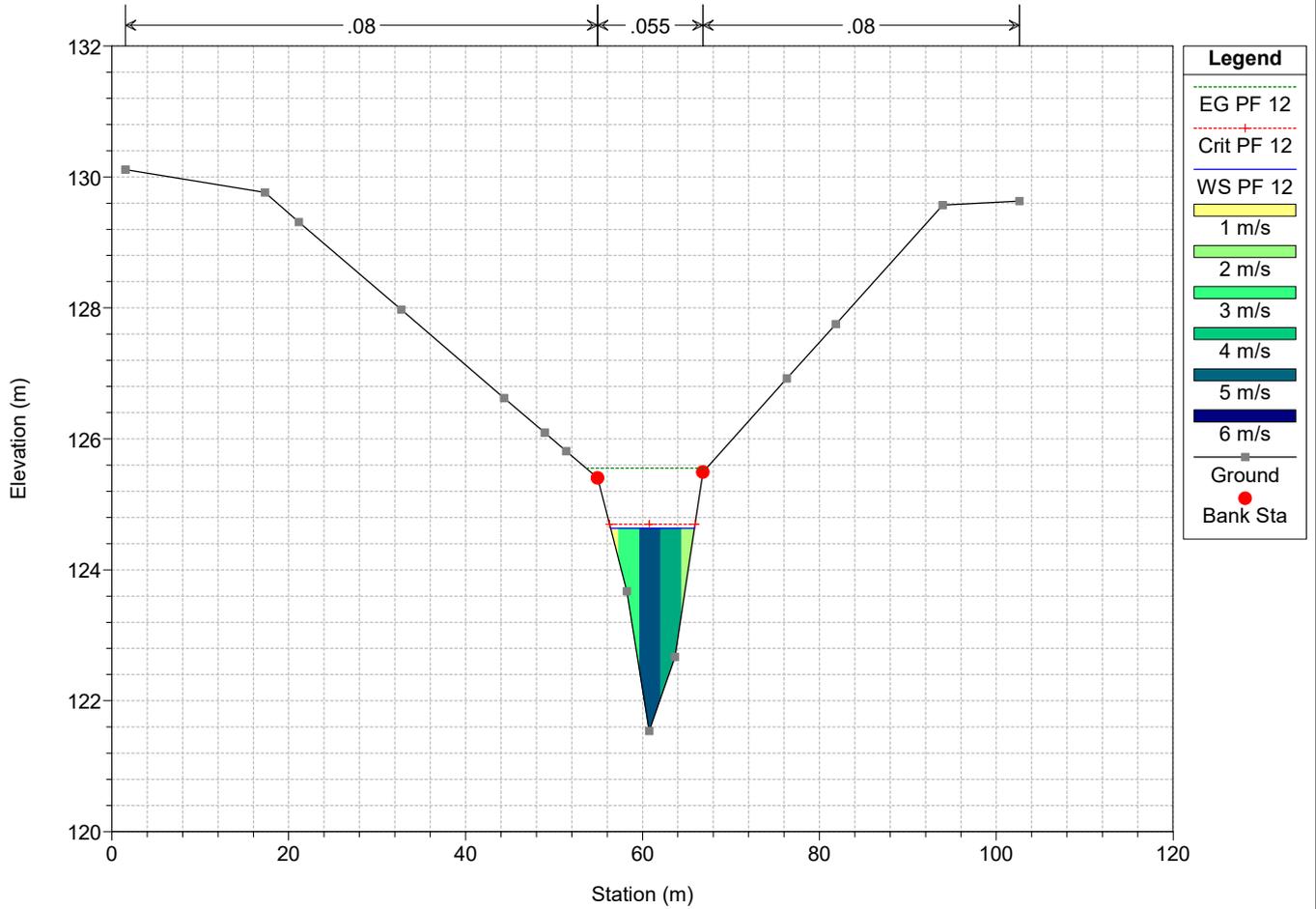
River = Appello Reach = Appello RS = 50.17*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

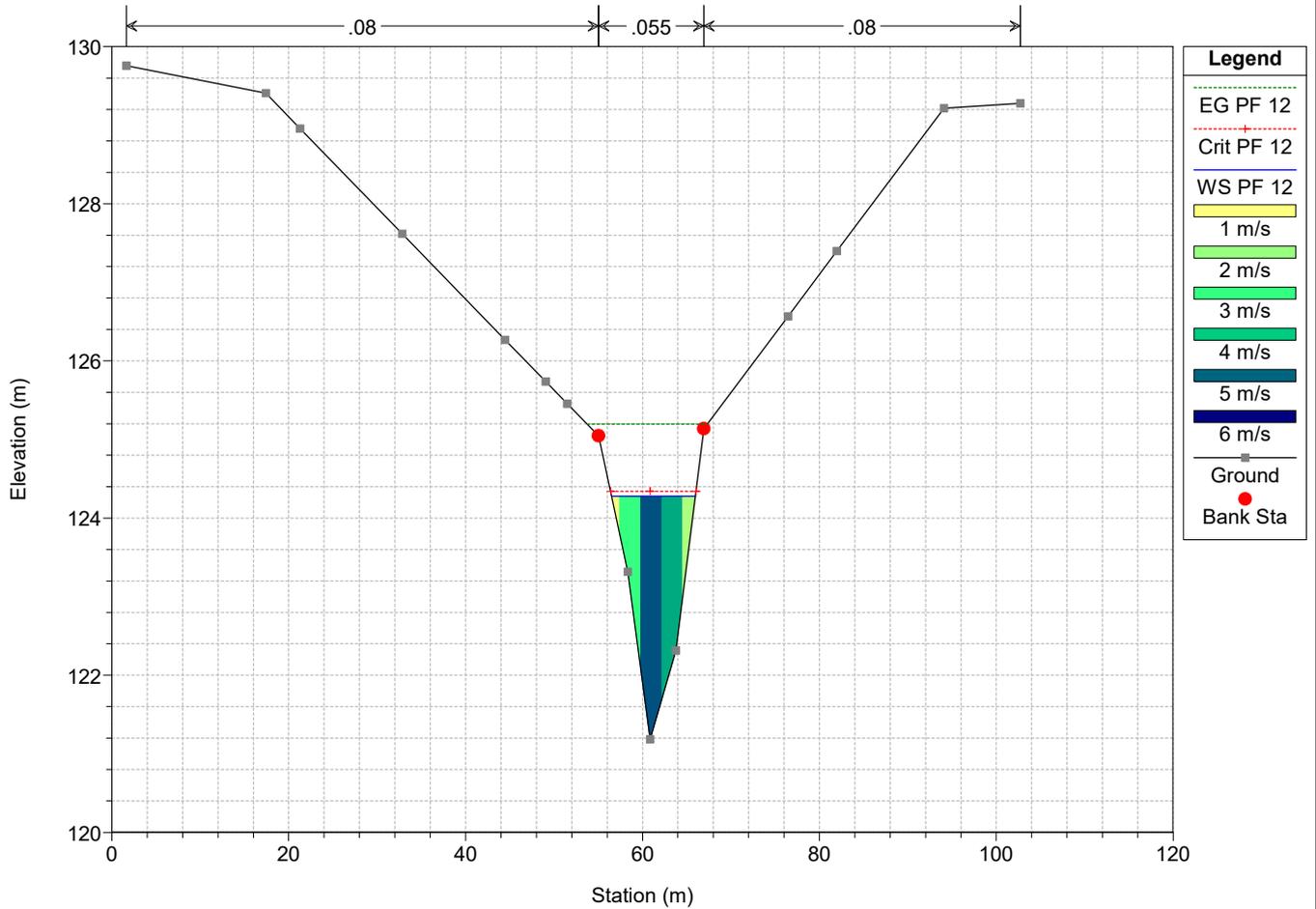
River = Appello Reach = Appello RS = 40.33*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

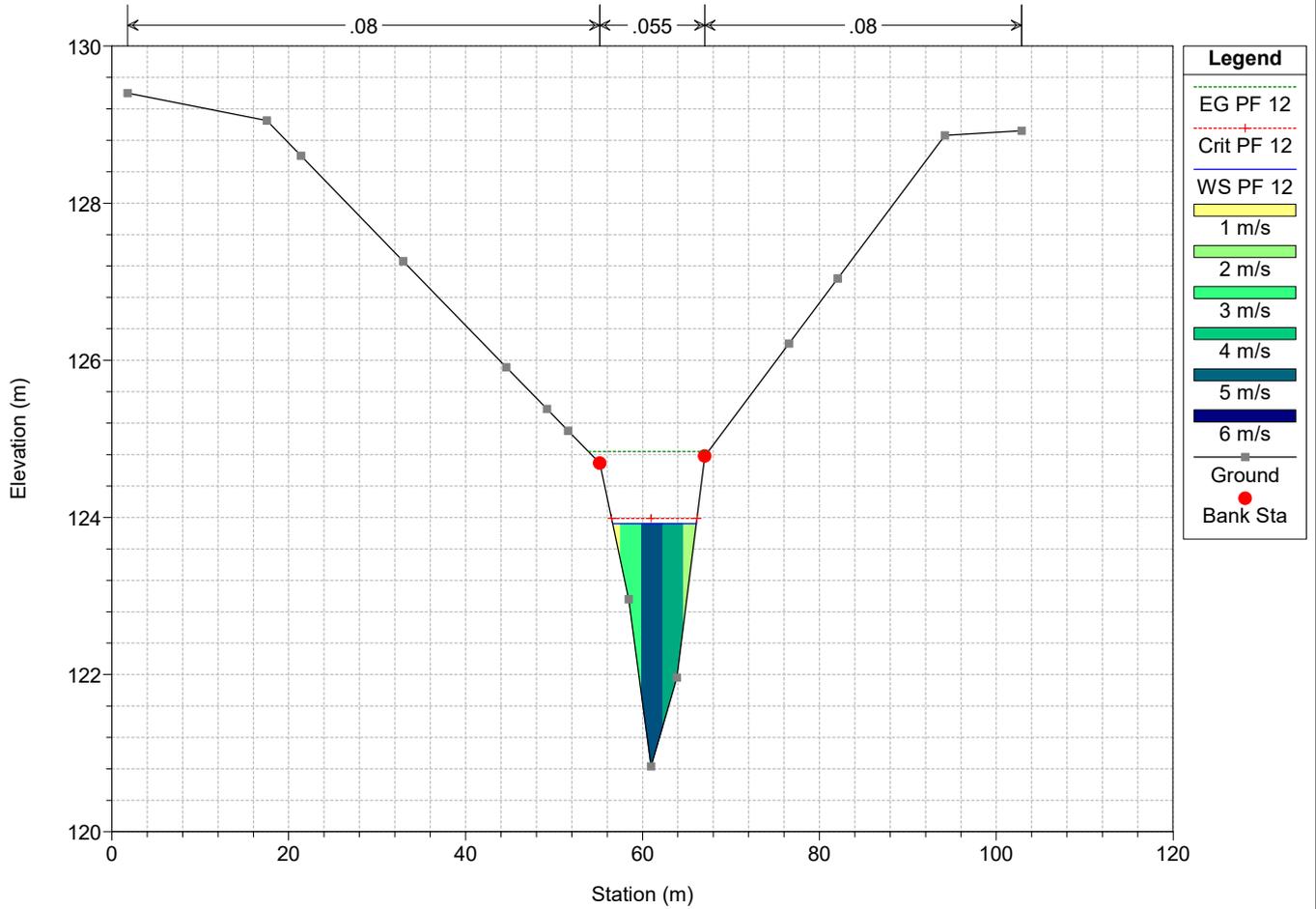
River = Appello Reach = Appello RS = 30.50*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

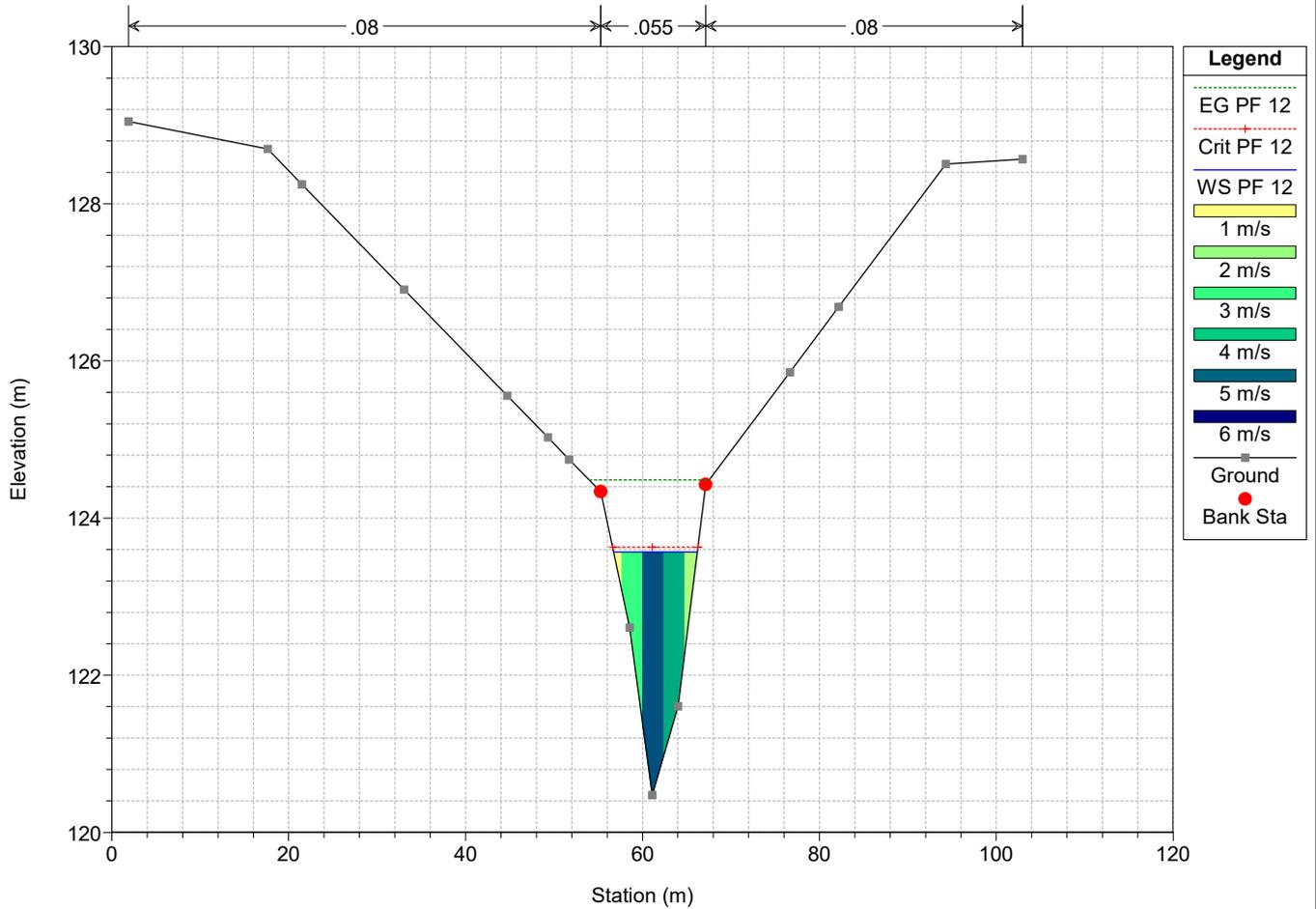
River = Appello Reach = Appello RS = 20.67*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

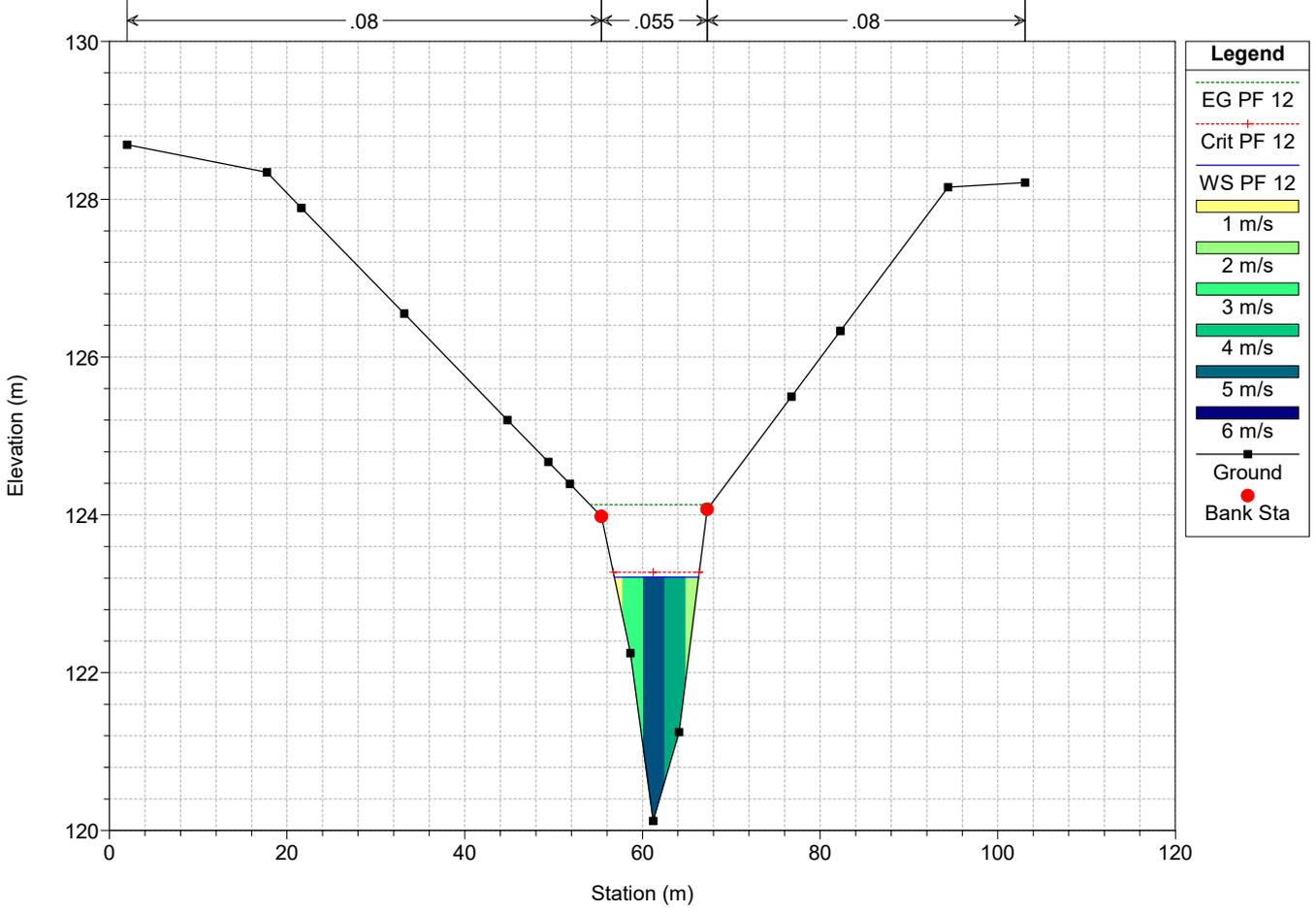
River = Appello Reach = Appello RS = 10.83*



ATTRAVERSAMENTO_APPELLO Plan: TorrenteAppello_1D_Tr200_SDP

Geom: TorrenteAppello_1D_SDP

River = Appello Reach = Appello RS = 1



- Legend**
- EG PF 12
 - Crit PF 12
 - WS PF 12
 - 1 m/s
 - 2 m/s
 - 3 m/s
 - 4 m/s
 - 5 m/s
 - 6 m/s
 - Ground
 - Bank Sta