

REGIONE
ABRUZZO



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Mims

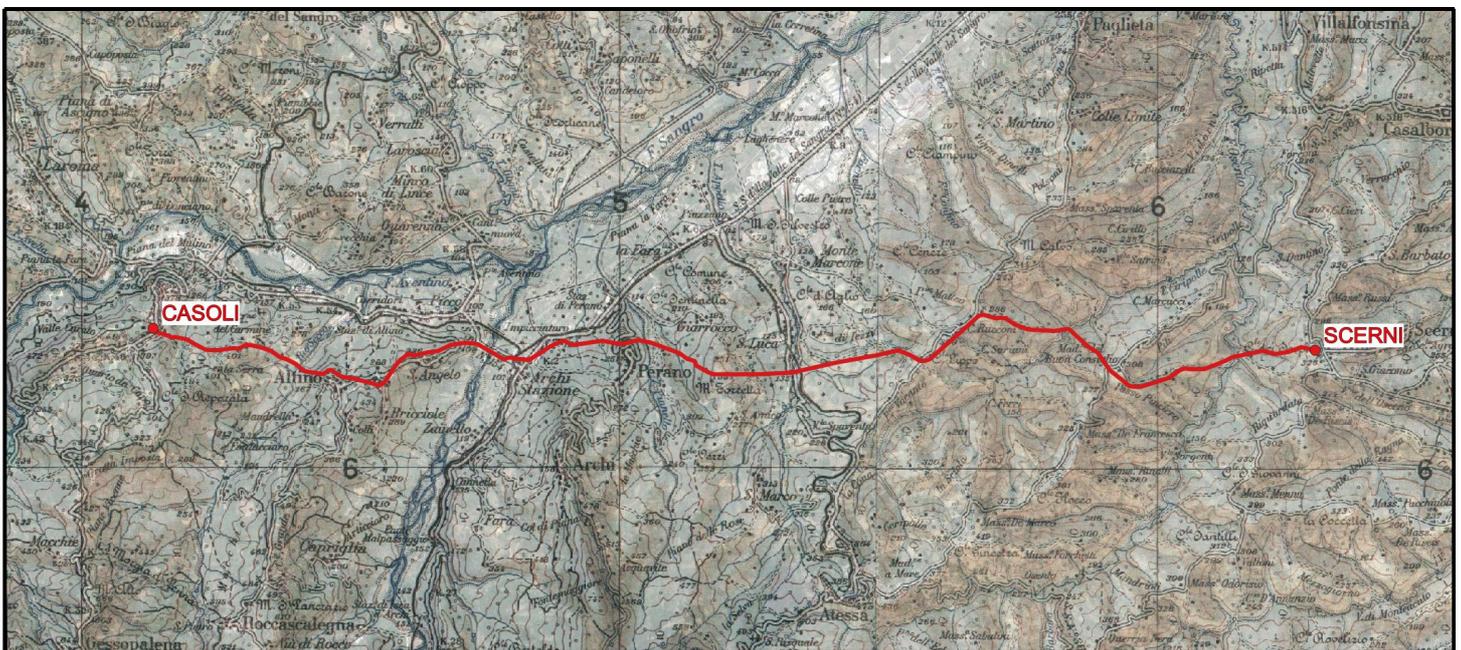
Ministero delle infrastrutture
e della mobilità sostenibili

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-I4.1-A2-35



PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

TITOLO ELABORATO

ELABORATI GENERALI
ELABORATI GENERALI

Relazione di compatibilità idraulica - Fiume Sangro

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	007	00	FTE_GEN_R_007_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	5
3.1	Descrizione del modello di calcolo	5
3.1.1	Calcolo del profilo di moto permanente	6
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
5	EROSIONE LOCALIZZATA ALLE PILE	16

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 – Fiume Sangro”* si concentra sullo studio del comportamento idraulico del tratto in località Piano d'Archi a cavallo del ponte su SS154 dove oggi poggiano le due condotte esistenti 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 1000 metri a monte dell'attraversamento e 1500 metri a valle di questo.

Note le portate di progetto, oggetto della Relazione Idrologica (FTE_GEN_R-007_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 Sangro 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 del Fiume Sangro risulterà fondata in corrispondenza della pianura alluvionale del fiume, costituito da materiale ciottoloso ghiaioso.

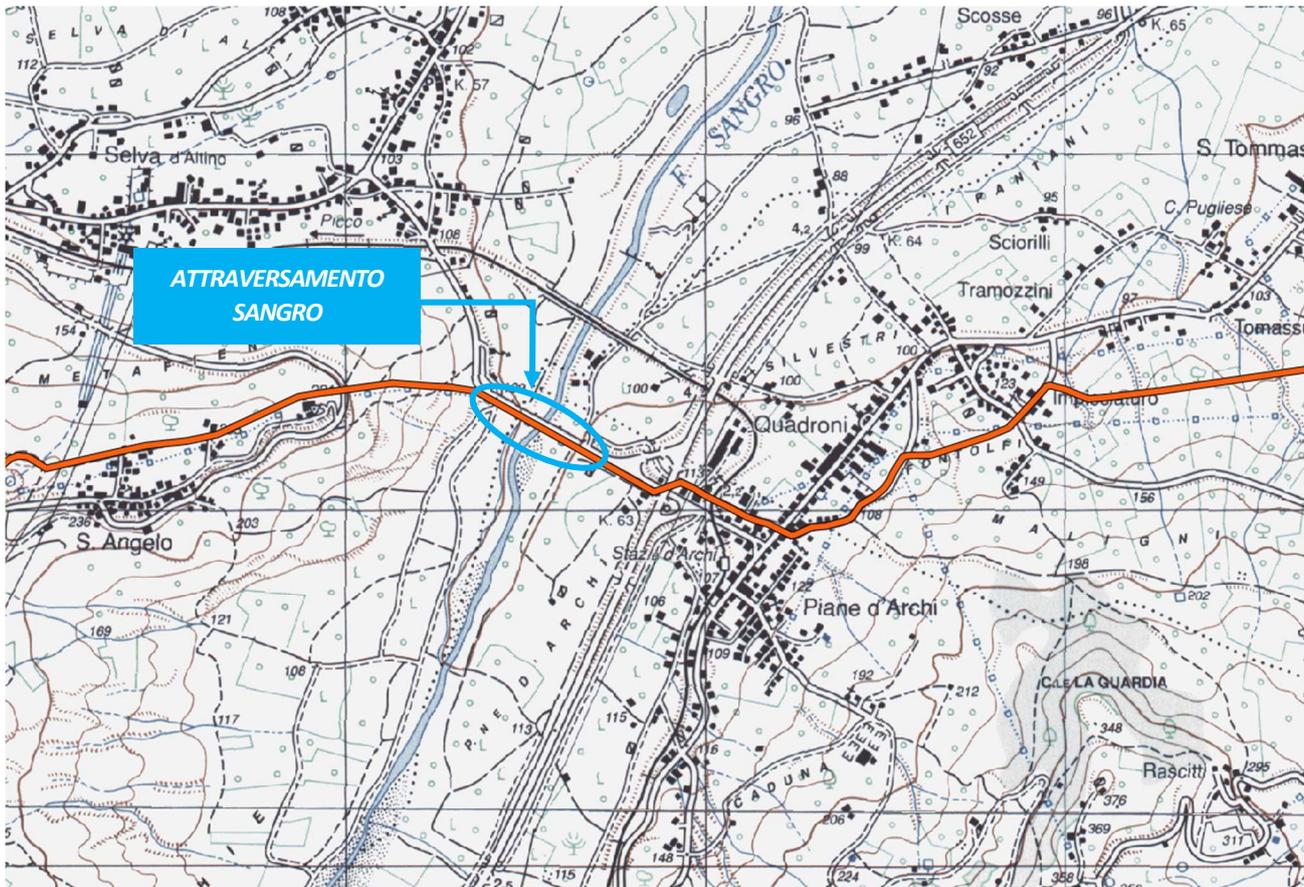


Figura 1 – Inquadramento planimetrico dell'area di verifica.

2.2 DESCRIZIONE DEL PONTE TUBO IN PROGETTO

L'opera verrà ubicata immediatamente a monte dell'attraversamento su SS154 e in ombra con quanto già esistente, con l'obiettivo di ridurre l'effetto che il nuovo impalcato inevitabilmente in parte porterà al comportamento idraulico del tratto di corso in questione.

Tale opera è costituita da un ponte tubo pedonale di lunghezza complessiva 268.95 m, realizzato su un numero di 5 campate di lunghezza pari a 52.0 m e, sufficienti a permettere il transito della tubazione DN500 in progetto, oltre a garantire due corsie pedonali laterali di larghezza pari a 0.57 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 dove all'intero alloggia la condotta e il grigliato pedonabile.

Lungo il suo sviluppo, la tubazione è poi 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 trave 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-004.

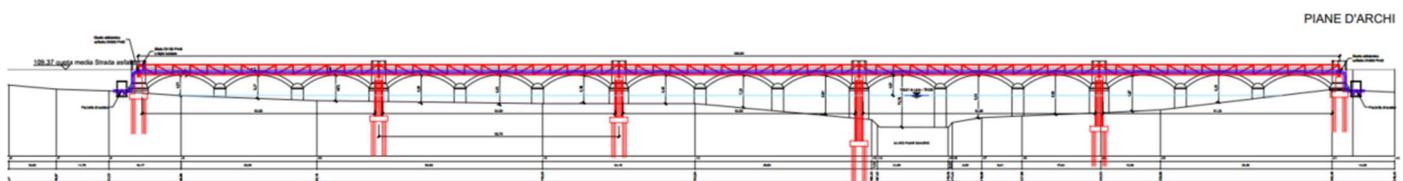


Figura 2 – Prospetto opera di attraversamento sul Sangro in progetto.

2.3 RILIEVO TOPOGRAFICO E DTM

Definito il tracciato in progetto, al fine di verificare e replicare sul successivo modello idraulico lo stato dei luoghi in corrispondenza dell'attraversamento, sono stati utilizzati i dati ottenuti unicamente dal modello digitale del terreno prodotto dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (2008).

Il DTM è relativo ai dati Li.D.A.R dell'area del fiume Sangro in esame con sistema cartografico di riferimento GCS-WGS84. Le specifiche tecniche del DTM, come indicato dalla lettera di trasmissione dei dati ministeriale, sono:

- maglia di restituzione STM, DSM first and last 1m x 1m in quote ortometriche
- accuratezza altimetrica ± 15 cm e planimetrica ± 30 cm;
- livello di confidenza al 95% ± 40 cm;
- nuvola di punti in quote ellissoidiche.

I modelli digitali del terreno utilizzati come base topografica per la costruzione del modello sono stati opportunamente integrati con i rilievi puntuali condotti nell'Ottobre del 2022 riguardanti in particolare la geometria dell'attraversamento su SS154, caratterizzato da una struttura ad arco in muratura e la geometria del ponte ferroviario immediatamente a valle. È stata inoltre rilevata la sezione topografica trasversale dell'alveo in prossimità della sezione di progetto.

Di seguito si riporta un estratto del rilievo adottato per la costruzione del modello idraulico.

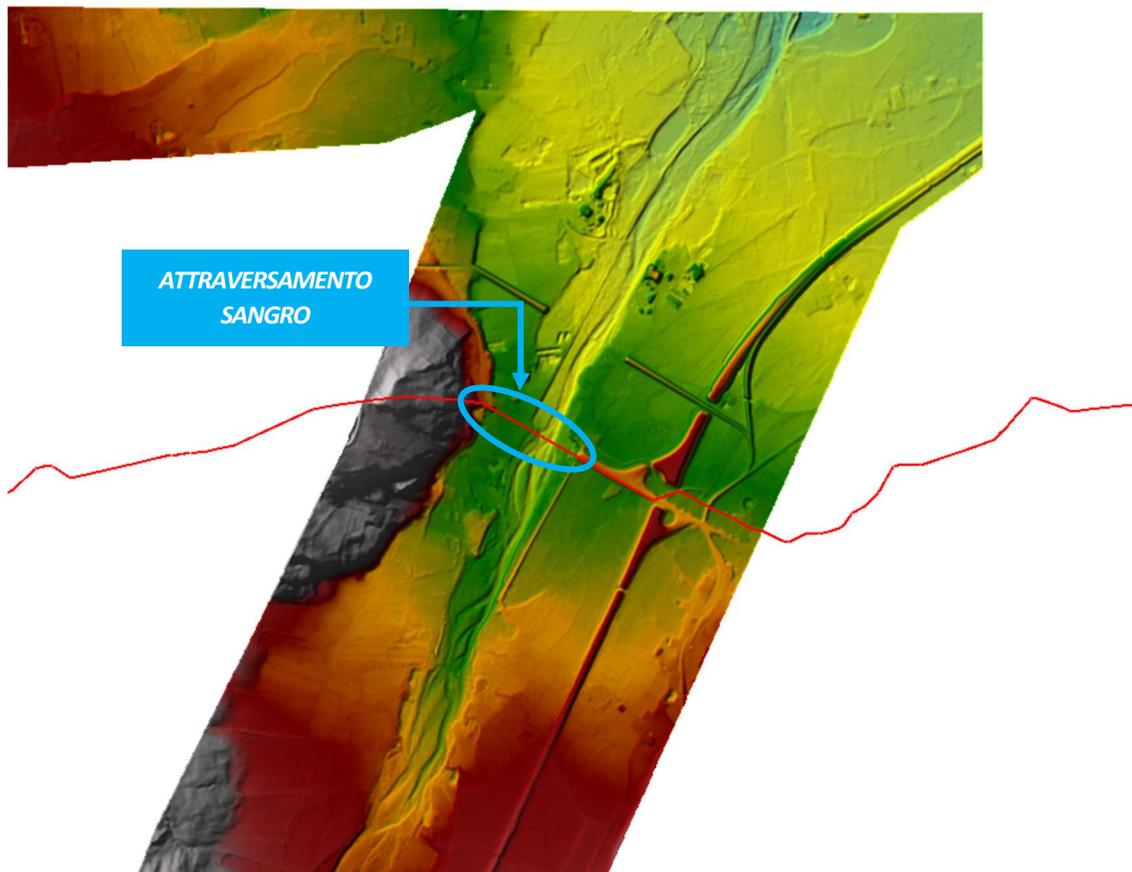


Figura 3 - Stralcio planimetrico del DTM utilizzato per la modellazione idraulica.

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 fiume Sangro 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.

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.

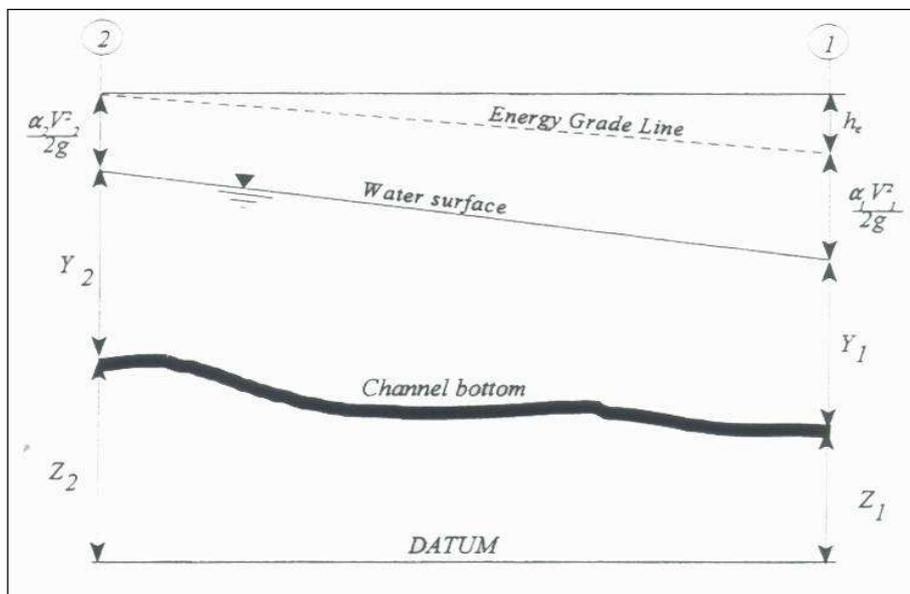


Figura 4 – Rappresentazione dei termini dell'equazione di bilancio energetico

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;

- 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 1 : 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 5)

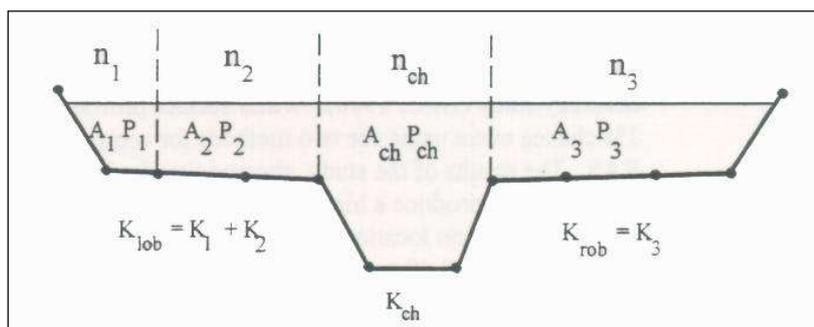


Figura 5 – Suddivisione dell'alveo in singole unità di deflusso

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

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

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

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.

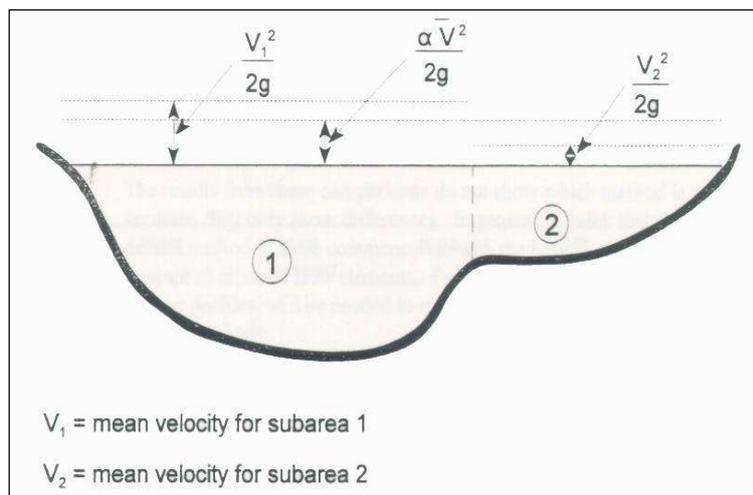


Figura 6 – Esempio di calcolo dell'energia media sulla sezione trasversale

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 7) si ottiene in maniera iterativa ricercando appunto la condizione di minimo dell'energia, ossia ricercando il minimo della funzione:

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

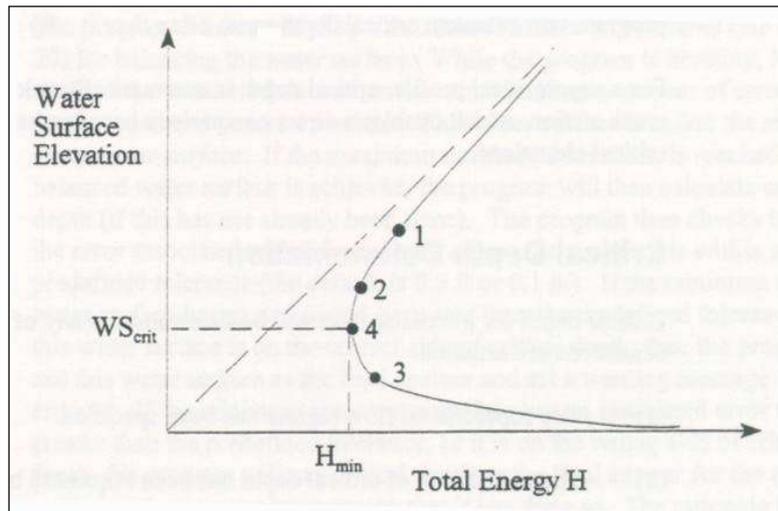


Figura 7 – Diagramma carico-altezza del pelo libero

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.

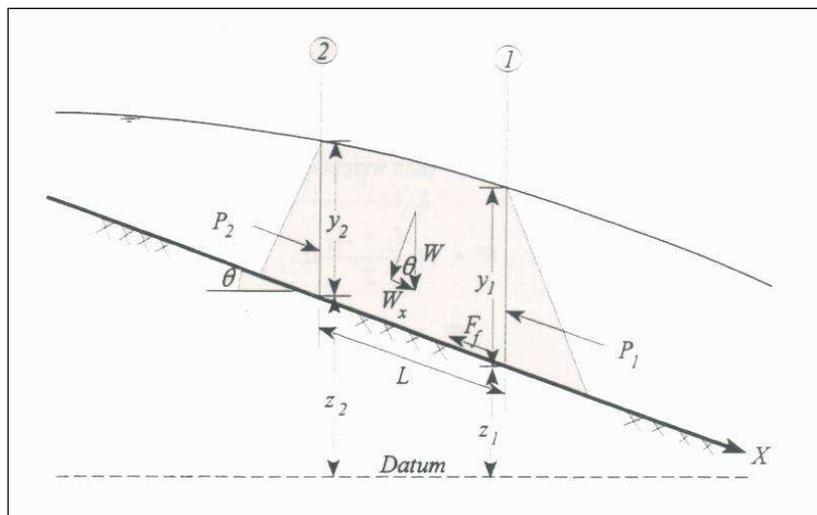


Figura 8 – Applicazione dell'equazione di momento

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 8).

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

Per l'implementazione del modello idraulico monodimensionale, la base topografica di riferimento è rappresentata dal Modello Digitale del terreno del Ministero dell'Ambiente acquisito mediante rilievo aerofotogrammetrico (par. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

La geometria del modello idraulico si sviluppa su un tratto di lunghezza 2500 metri a cavallo dell'attraversamento su SS154 e si articola su 38 sezioni idrauliche con passo di 60 metri che si estendono sino alle aree golenali presenti in sinistra e in destra, con l'obiettivo di coinvolgere le aree potenzialmente allagabili. Il modello coinvolge due attraversamenti nonché il ponte sulla SS154

modellato tra le sezioni 1438 e 1422 e il ponte ferroviario posto circa 350 metri a valle e modellato tra le sezioni 1112 e 1093. In prossimità degli attraversamenti le sezioni si pongono a passo ristretto a 10 metri per migliorare l'accuratezza del calcolo sul restringimento di sezione.

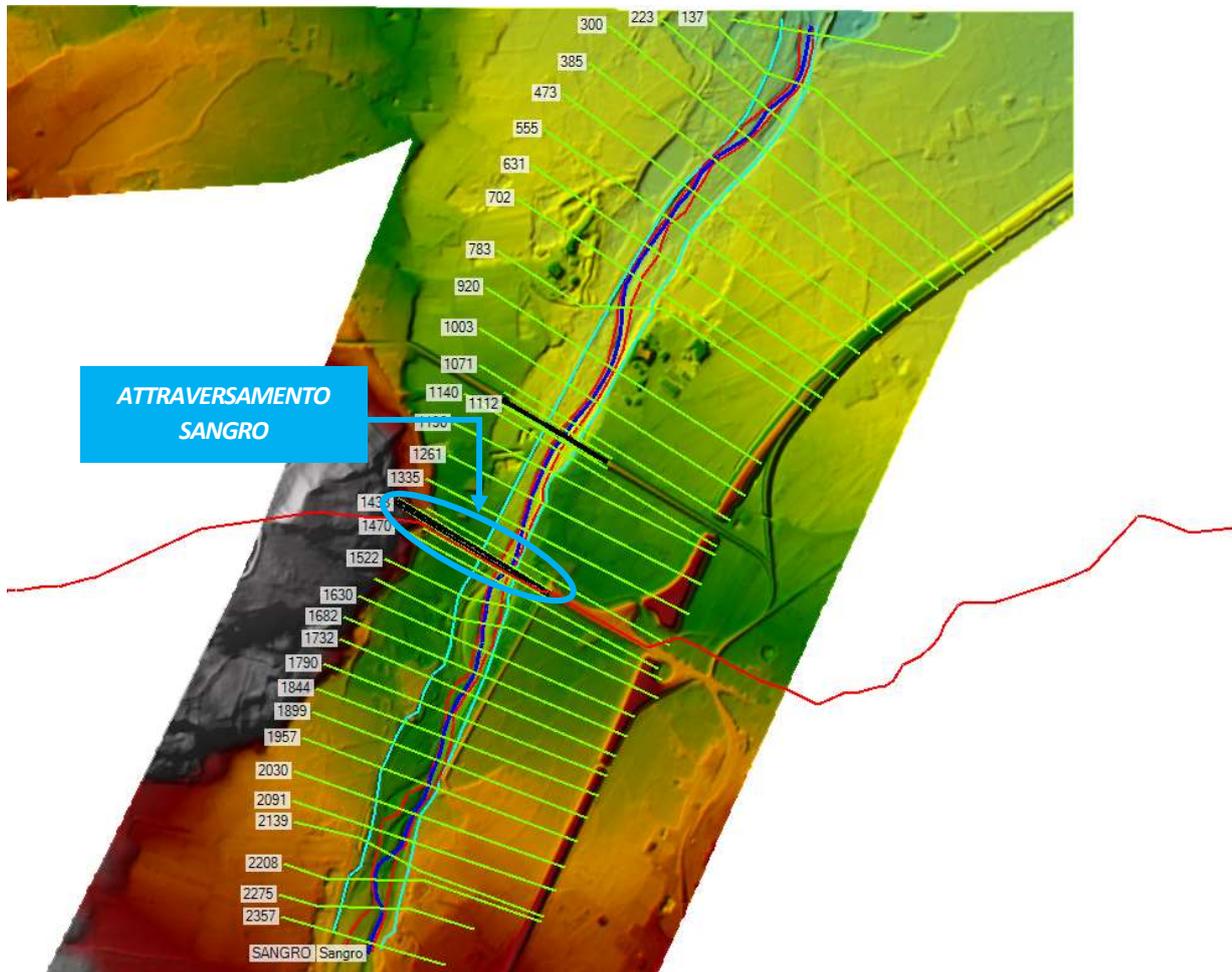


Figura 9 - Planimetria del modello idraulico di verifica dell'attraversamento in cui la linea rossa rappresenta il tracciato della condotta in progetto.

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	0,033
Sponda naturale	0,06

Si evidenzia inoltre che, come osservato durante i sopralluoghi e come visibile dalle immagini satellitari, la golena in sinistra idraulica che si estende per circa 260 metri a cavallo dell'attraversamento su SS154 mostra una marcata assenza di vegetazione con suolo costituito prevalentemente da materiale ghiaioso. Tale area è inclusa tra le sezioni 1570 e 1261 del modello idraulico implementato. Per tali sezioni viene applicato un coefficiente di scabrezza pari a 0.033 per la golena in sinistra.

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 rispettivamente pari a 0.015 % e 0.01 %. 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 **1294 m³/s**, per la cui valutazione si rimanda alla Relazione idrologica di progetto. In particolare l'attenzione si pone sulla sezione immediatamente a monte dell'attraversamento su SS154 dove verrà ubicato l'attraversamento in progetto, in ombra con quanto già esistente. Dal profilo longitudinale di moto ottenuto dall'analisi monodimensionale si può osservare come il profilo sia tendenzialmente di corrente lenta anche se prossimo allo stato critico in alcuni tratti.

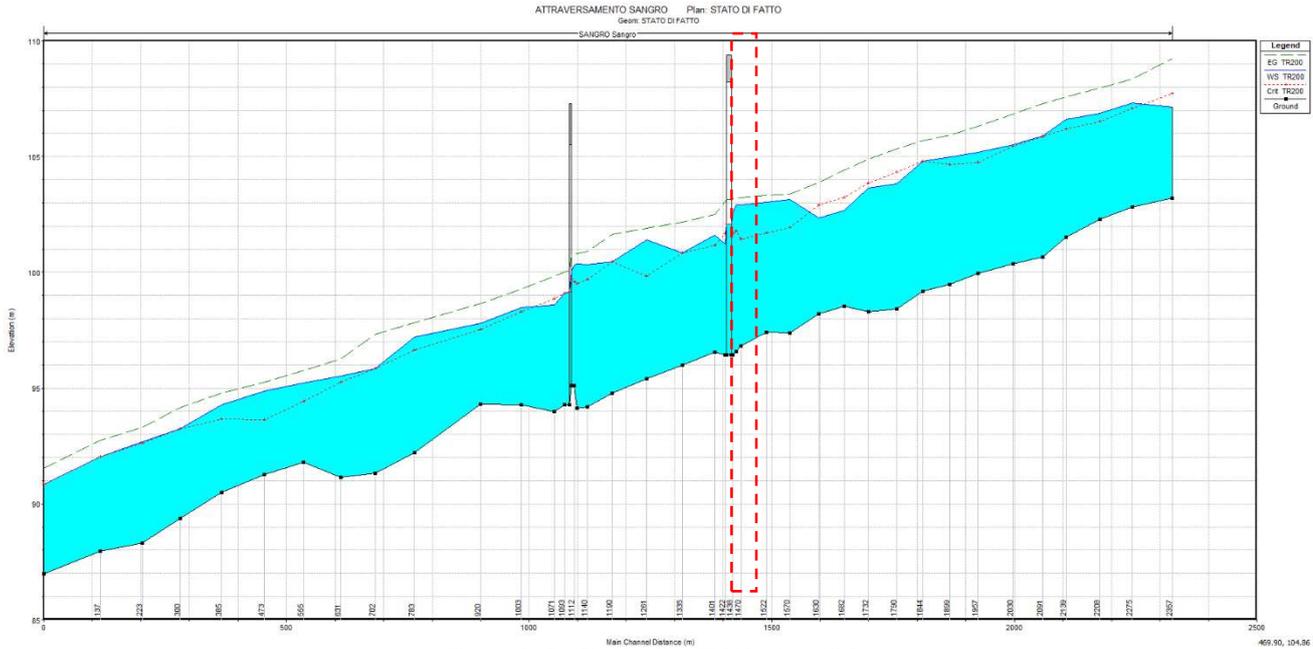


Figura 10 - Profilo idraulico TR200 – Stato di fatto.

Le velocità massime in corrispondenza delle sezioni di intervento si assestano in media intorno a 1.3 – 1.9 m/s immediatamente fuori dal canale attivo e a circa 5 m/s in corrispondenza del restringimento che le pile attuano su questo, raggiungendo picchi massimi di circa 6.99 m/s.
Si mostra di seguito una mappa di distribuzione della velocità per uno scenario corrispondente a Tr200.

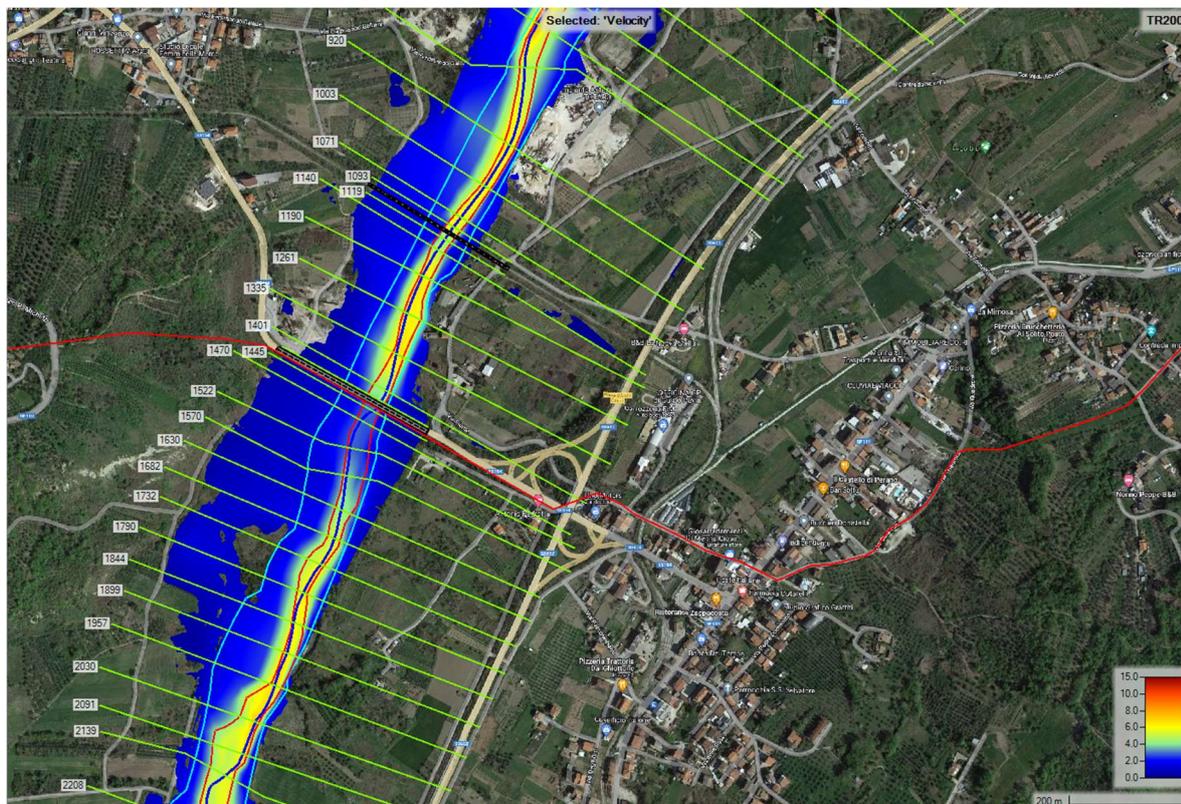


Figura 11 - Mappa delle velocità TR200 – stato di fatto.

Esaminando nel dettaglio ciò che accade nella sezione 1445 oggetto di intervento, si osserva una condizione di corrente lenta con altezza di moto al di sopra dell'altezza di stato critico. In particolare si

osserva una crescita del profilo di moto a causa dell'impalcato di valle presente, comportamento tipico dei profili di corrente lente in prossimità di un restringimento una diminuzione della velocità di moto.

Il tirante massimo per tempo di ritorno 200 anni si attesta in definitiva alla quota di **102.84 m. s. l. m.**, mentre la velocità media della sezione risulta pari a 3.09 m/s, raggiungendo il picco di **3.77 m/s** in corrispondenza dell'alveo inciso.

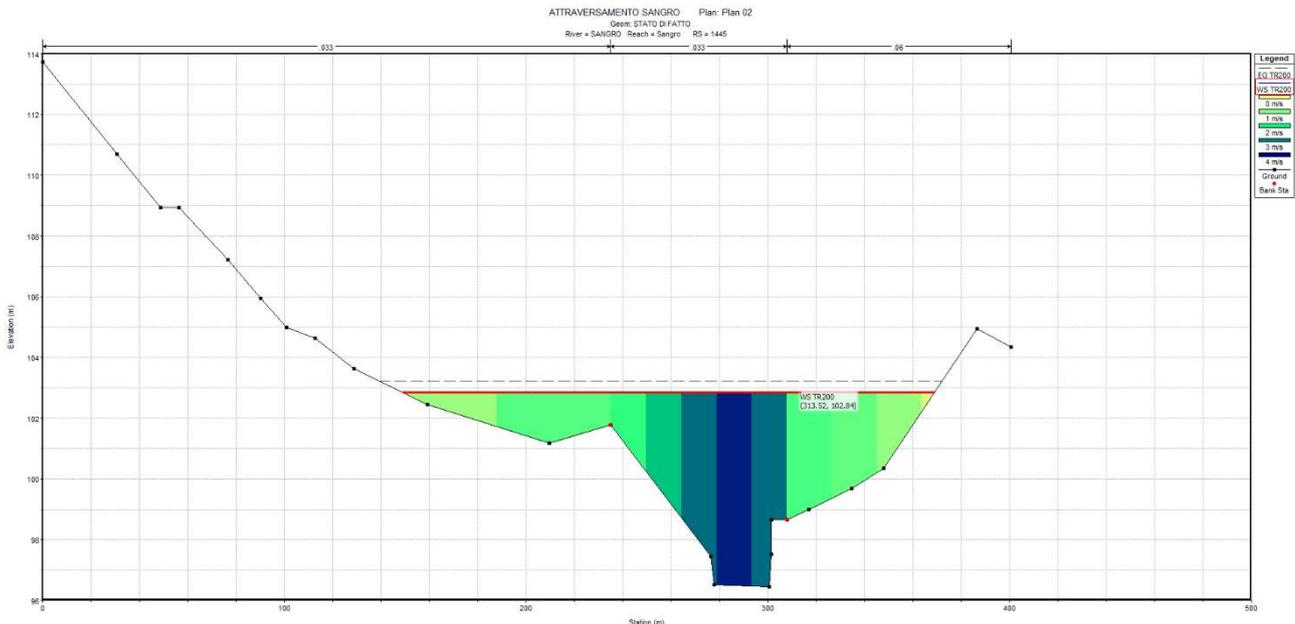


Figura 12 – Sezione 1445 di attraversamento – Modello 1D stato di fatto.

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 108.18 m.s.l.m. e verrà realizzato su 4 pile in alveo e 5 campate, in ombra con l'attraversamento su SS154 già esistente ubicato immediatamente a valle. La presenza di tale struttura di attraversamento di fatto determina un restringimento della sezione di deflusso ma la presenza di luci molto ampie non determina un effetto di ostruzione importante al deflusso stesso. 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 **1440 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 **102.84 m. s. l. m.**, quota di riferimento per la successiva verifica del franco idraulico, mentre la velocità media della sezione risulta pari a 3.13 m/s, raggiungendo il picco di **4.78 m/s** in corrispondenza della sezione posta immediatamente a valle dell'attraversamento in progetto.

Si riporta infine la sezione 1440 BR U estratta dai risultati del modello monodimensionale in condizioni di stato di progetto, unita alla sezione 1445 sulla quale viene costruito l'attraversamento da modello.

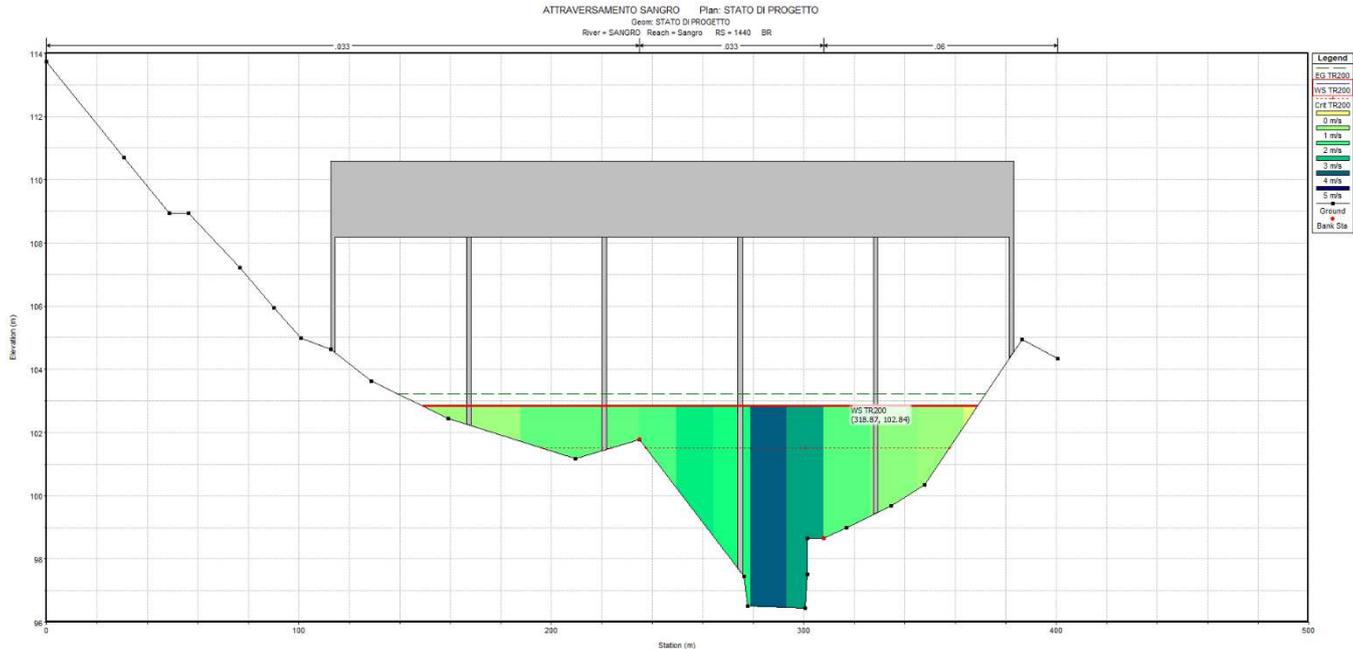


Figura 13 : Sezione 1440 BR U – Modello 1D stato di progetto

Come si osserva, l'attraversamento in progetto risulta influente sulle condizioni della corrente nonostante la presenza di pile in alveo, date le ampie luci in progetto e il numero limitato di pile.

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:

NTC 2018	PAI Po
1.5 m	$0.5 \frac{u^2}{2g} = 0.5 \frac{4.78^2}{2 \cdot 9.81} = 0.58 \text{ m}$

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 **104.34 m. s. l. m.**, garantita dalla scelta progettuale perseguita in quanto stabilita pari a **108.18**

m.s.l.m. con **5.34 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.

5 EROSIONE LOCALIZZATA ALLE PILE

Data la presenza di una pila in prossimità del canale attivo del corso, si ritiene necessario stimare l'erosione localizzata in prossimità di questa dettata dalla corrente.

Il calcolo dello scalzamento indotto dall'ostacolo della pila in esame è stato condotto assumendo il battente idraulico in corrispondenza della pila e la velocità nell'intorno del manufatto per la piena di progetto (TR200 anni). La dimensione dei granuli del materiale presente in alveo è stata stimata a seguito dei sopralluoghi, mancando di un'analisi dettagliata della stratigrafia del suolo.

Il ponte-tubo presenta 4 pile calcestruzzo armato ordinario in alveo di larghezza 1.80 metri e di geometria circolare. Le pile poggiano su un plinto di fondazione su pali di larghezza 4 metri, in progetto a circa 5 metri dalla quota del terreno. Si è condotto la valutazione sull'erosione localizzata in prossimità della pila più esposta.

Nel calcolo sono state applicate le formule riportate a seguire in riferimento ai diversi autori, individuando il massimo valore di scalzamento ottenuto e la media delle diverse formulazioni.

Ai fini del calcolo sono stati considerati i seguenti parametri:

- Larghezza investita dalla corrente pari a **1.80 m**;
- Tirante pari a **6 m**;
- Velocità pari a **4.79 m/s**.

L'erosione localizzata viene stimata attraverso l'utilizzo di formulazioni di letteratura opportunamente validate ed in particolare le formulazioni proposte da Coleman, Froehlich (1989, 1991), Breusers (1977), Nicollet e Shen.

Tali formulazioni dipendono da diversi parametri:

- **Breusers et al. (1977)**
(Direttiva n. 4 del PAI)

$$S = 2bf_1 \left(\frac{v_0}{v_{cs}} \right) \cdot \tanh \left(\frac{Y_0}{b} \right) \cdot f_2(forma) \cdot f_3 \left(\alpha, \frac{l}{b} \right)$$

dove $f_2(forma)$ è stato scelto pari a 1.30 data la geometria rettangolare della pila mentre il fattore $f_3 \left(\alpha, \frac{l}{b} \right)$ definito pari a 1. v_{cs} invece è la velocità di mobilitazione della particella dipendente dal valore di D50 e la densità del suolo.

- **Coleman (1971)**
$$S = 1,49 \cdot b^{0,9} \left(\frac{v_0^2}{2g} \right)^{0,1}$$
- **Shen, Nicollett**
$$S = 1,35 \cdot b \cdot \left(\frac{Y_0}{b} \right)^{0,2}$$
- **Remedia (1984)**
$$S = 1,42 \cdot s \cdot \left(\frac{Y_0}{s} \right)^{0,15}$$

con di y_0 tirante medio e s larghezza del plinto;

- Hancu (1977)

$$S = 1.66 \cdot s \cdot \left(\frac{y_0}{s}\right)^{0.15}$$

Tabella 5.1 - Sintesi applicazione formule di scalzamento

Scavo [m]	
Media	2.9
Min	2.6
Max	3.5

In base alle formule empiriche applicate, si è riscontrato che la profondità massima di scavo può variare in un range compreso tra 2.6 e 3.5 m circa.

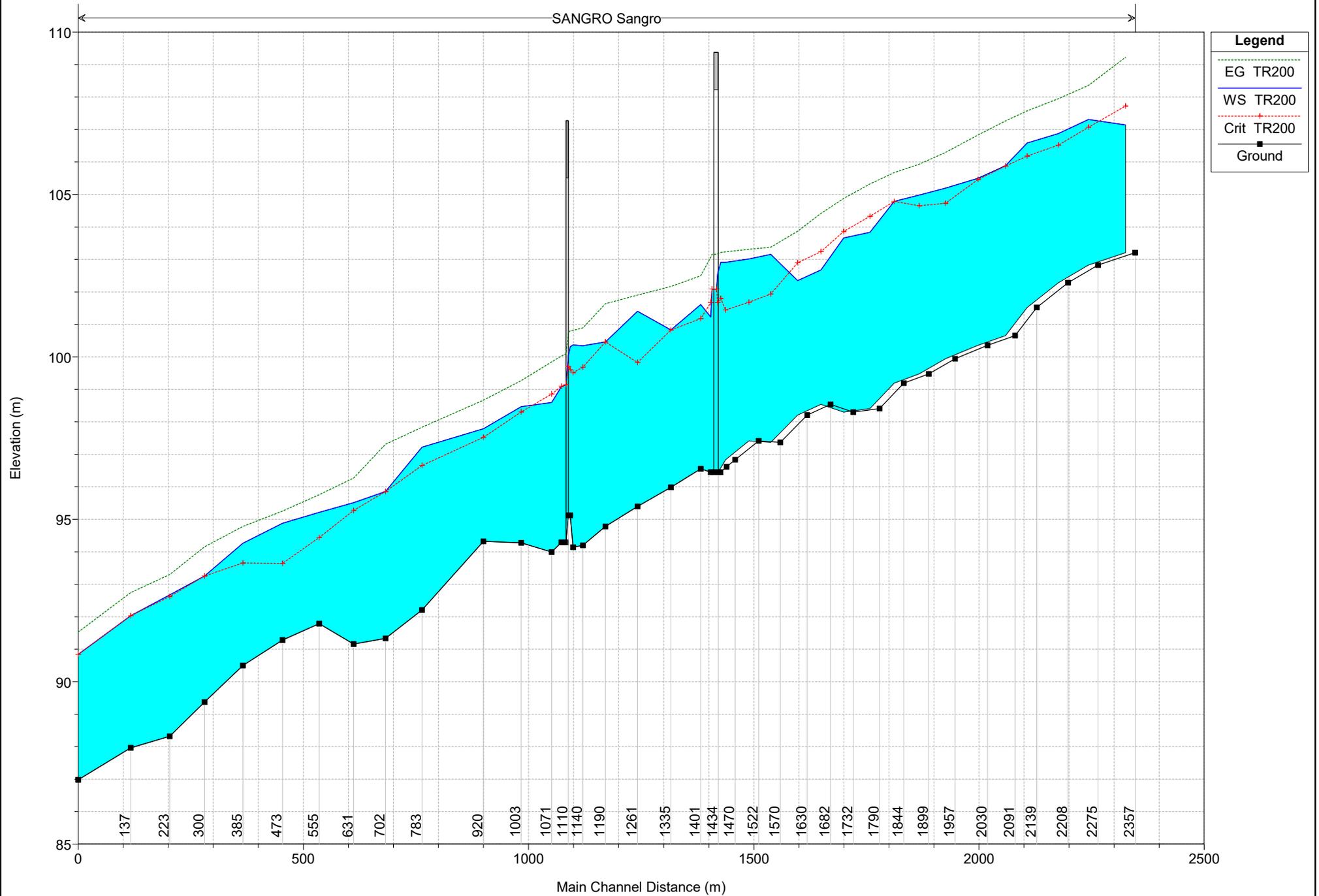
Data la variabilità associabile alle formule empiriche di riferimento, si assume come parametro di riferimento la media tra i tre valori calcolati ed elencati in tabella, stimando pertanto la massima profondità di scavo alla base del plinto pari a circa 3 m.

Tale valore risulta quindi in accordo con la scelta progettuale di prevedere il plinto di fondazione a una profondità di 5 m, dunque potenzialmente in sicurezza nei confronti di fenomeni erosivi.

ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

SANGRO Sangro

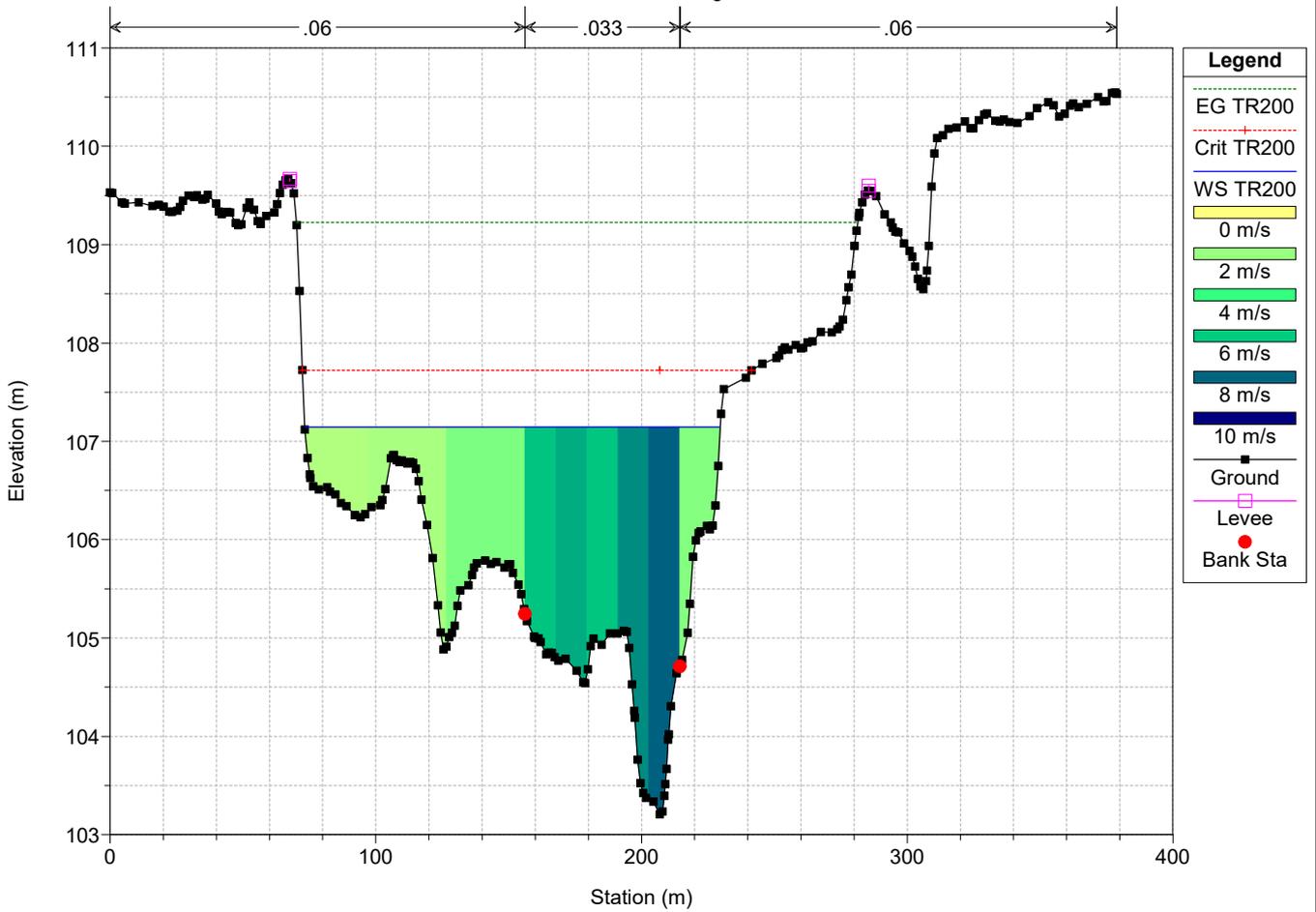


Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Sangro	2357	TR200	1294.00	103.21	107.14	107.72	109.23	0.015008	6.99	259.56	156.31	1.38
Sangro	2275	TR200	1294.00	102.83	107.31	107.07	108.36	0.006217	5.86	412.28	184.31	0.95
Sangro	2208	TR200	1294.00	102.29	106.88	106.52	107.95	0.005852	5.43	399.45	190.53	0.91
Sangro	2139	TR200	1294.00	101.52	106.59	106.18	107.57	0.004524	5.07	372.90	141.62	0.81
Sangro	2091	TR200	1294.00	100.65	105.89	105.88	107.27	0.006855	5.51	287.27	110.64	0.97
Sangro	2030	TR200	1294.00	100.36	105.50	105.46	106.83	0.006738	6.17	339.34	129.65	0.99
Sangro	1957	TR200	1294.00	99.94	105.19	104.73	106.29	0.006228	6.36	422.21	198.70	0.95
Sangro	1899	TR200	1294.00	99.47	104.98	104.65	105.93	0.004826	5.81	426.87	222.02	0.85
Sangro	1844	TR200	1294.00	99.19	104.79	104.79	105.67	0.003957	5.73	508.24	275.06	0.80
Sangro	1790	TR200	1294.00	98.41	103.84	104.33	105.32	0.007685	7.27	386.48	219.16	1.08
Sangro	1732	TR200	1294.00	98.30	103.66	103.86	104.88	0.006137	6.07	384.21	201.50	0.95
Sangro	1682	TR200	1294.00	98.54	102.68	103.24	104.42	0.010836	7.75	378.29	245.01	1.26
Sangro	1630	TR200	1294.00	98.21	102.35	102.90	103.87	0.008321	6.77	334.59	147.98	1.10
Sangro	1570	TR200	1294.00	97.37	103.15	101.94	103.38	0.001144	2.77	708.37	291.17	0.42
Sangro	1522	TR200	1294.00	97.41	103.02	101.68	103.31	0.001395	3.19	671.79	285.21	0.46
Sangro	1470	TR200	1294.00	96.83	102.91	101.44	103.24	0.001322	3.43	685.26	288.60	0.47
Sangro	1445	TR200	1294.00	96.58	102.91	101.80	103.22	0.001191	3.32	703.76	276.16	0.44
Sangro	1438	TR200	1294.00	96.45	102.56	101.67	103.18	0.002229	4.51	508.01	210.17	0.59
Sangro	1435 BR U	TR200	1294.00	96.45	102.09	102.09	103.15	0.006359	5.57	341.89	156.78	0.76
Sangro	1435 BR D	TR200	1294.00	96.45	102.09	102.09	103.15	0.006359	5.57	341.89	156.78	0.76
Sangro	1422	TR200	1294.00	96.45	101.23	101.67	103.07	0.007609	7.06	277.19	118.91	1.04
Sangro	1401	TR200	1294.00	96.55	101.61	101.17	102.49	0.003573	5.08	404.97	188.08	0.75
Sangro	1335	TR200	1294.00	95.98	100.83	100.83	102.17	0.005289	6.10	286.98	115.07	0.91
Sangro	1261	TR200	1294.00	95.40	101.40	99.82	101.90	0.001640	3.75	472.90	169.32	0.51
Sangro	1190	TR200	1294.00	94.78	100.46	100.46	101.64	0.004919	6.44	427.35	168.68	0.89
Sangro	1140	TR200	1294.00	94.20	100.35	99.68	100.90	0.002526	4.55	593.35	225.72	0.63
Sangro	1119	TR200	1294.00	94.14	100.37	99.52	100.82	0.002015	4.15	632.98	209.50	0.57
Sangro	1112	TR200	1294.00	95.12	100.31	99.61	100.80	0.002825	4.10	566.44	209.04	0.64
Sangro	1110 BR U	TR200	1294.00	95.12	100.03	99.71	100.75	0.007635	4.93	423.88	171.84	0.79
Sangro	1110 BR D	TR200	1294.00	94.29	99.15	99.15	100.10	0.010758	6.07	383.97	172.20	0.94
Sangro	1093	TR200	1294.00	94.29	99.08	99.10	100.03	0.006006	5.88	448.58	207.54	0.93
Sangro	1071	TR200	1294.00	93.99	98.60	98.86	99.84	0.008545	6.68	395.18	201.78	1.10
Sangro	1003	TR200	1294.00	94.27	98.47	98.31	99.27	0.005824	5.96	462.71	192.98	0.94
Sangro	920	TR200	1294.00	94.32	97.78	97.52	98.67	0.008867	6.06	374.51	146.32	1.10
Sangro	783	TR200	1294.00	92.21	97.22	96.66	97.84	0.003727	4.80	528.45	209.38	0.75
Sangro	702	TR200	1294.00	91.33	95.85	95.85	97.31	0.008666	6.76	349.10	169.53	1.12
Sangro	631	TR200	1294.00	91.16	95.51	95.27	96.27	0.004769	5.10	480.17	210.72	0.83
Sangro	555	TR200	1294.00	91.79	95.21	94.43	95.76	0.007328	5.57	523.41	300.66	1.00
Sangro	473	TR200	1294.00	91.28	94.87	93.64	95.25	0.004371	4.54	596.22	340.27	0.78
Sangro	385	TR200	1294.00	90.50	94.26	93.65	94.78	0.006335	5.56	544.09	336.05	0.95
Sangro	300	TR200	1294.00	89.37	93.25	93.25	94.15	0.007607	5.75	424.04	221.66	1.02
Sangro	223	TR200	1294.00	88.32	92.67	92.62	93.30	0.005800	5.50	580.20	360.66	0.91
Sangro	137	TR200	1294.00	87.96	92.03	92.03	92.74	0.006933	5.88	512.84	277.89	0.99
Sangro	20	TR200	1294.00	86.98	90.84	90.84	91.52	0.006793	5.41	551.11	424.61	0.96

ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

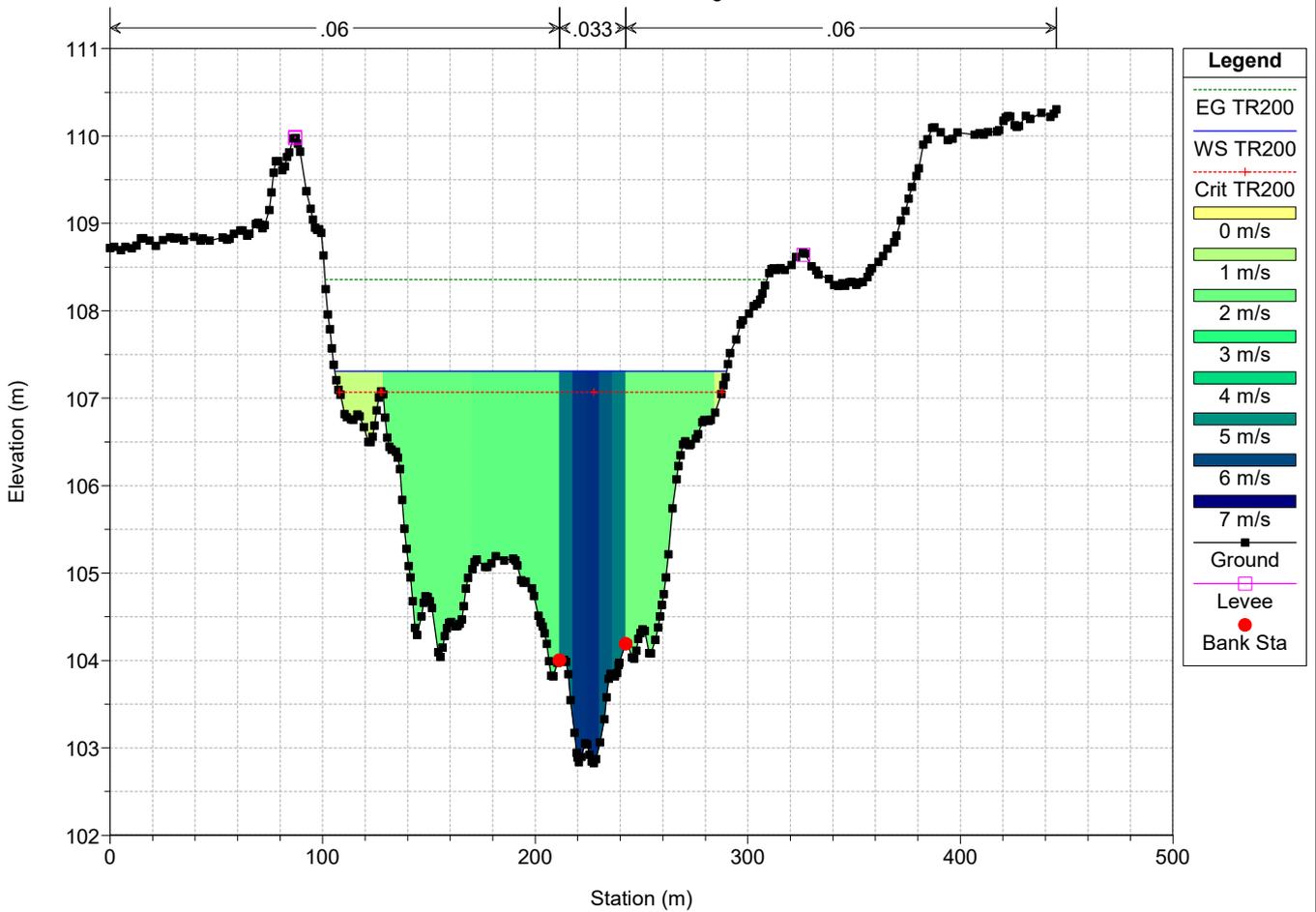
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 2357



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

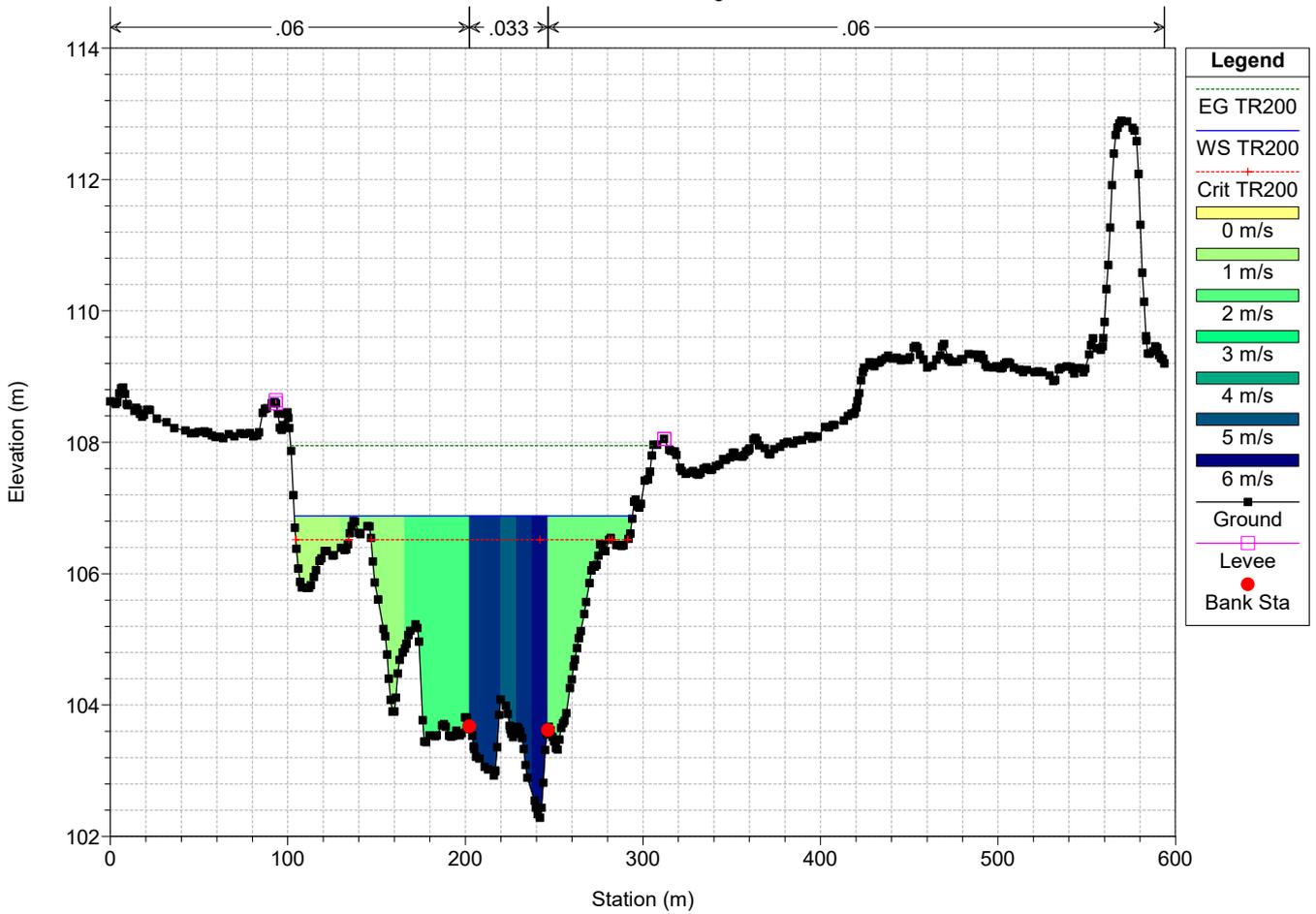
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 2275



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

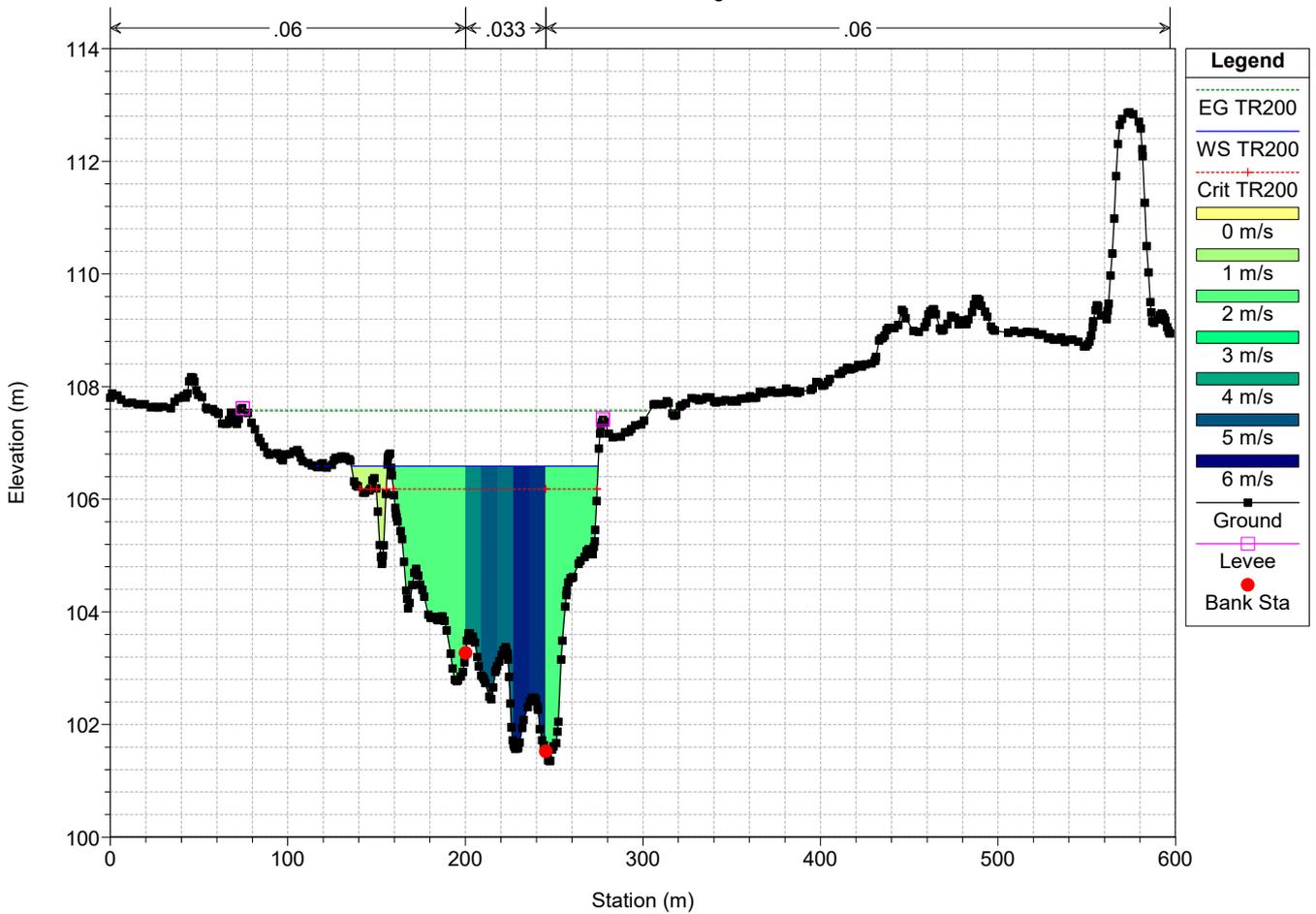
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 2208



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

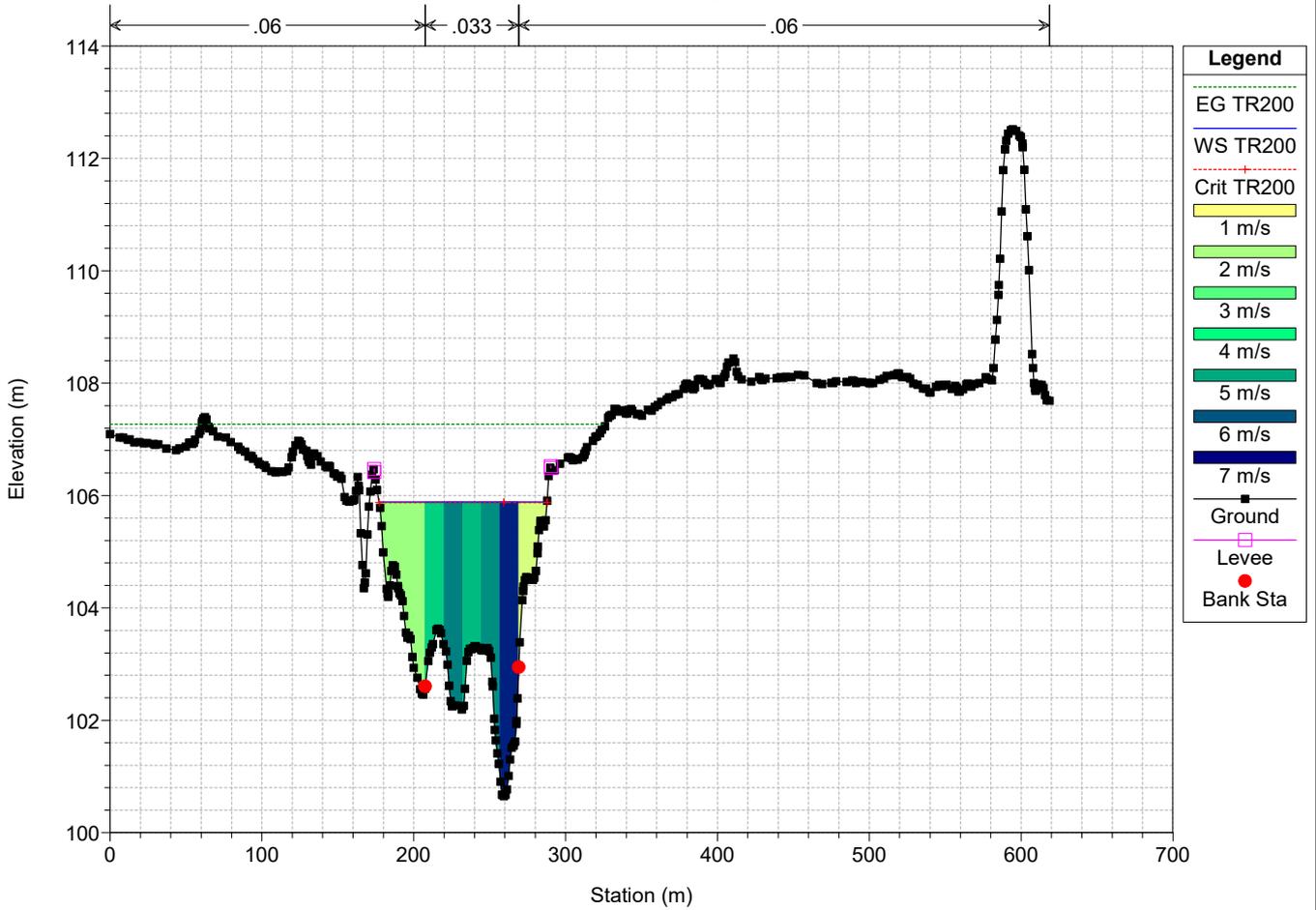
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 2139



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

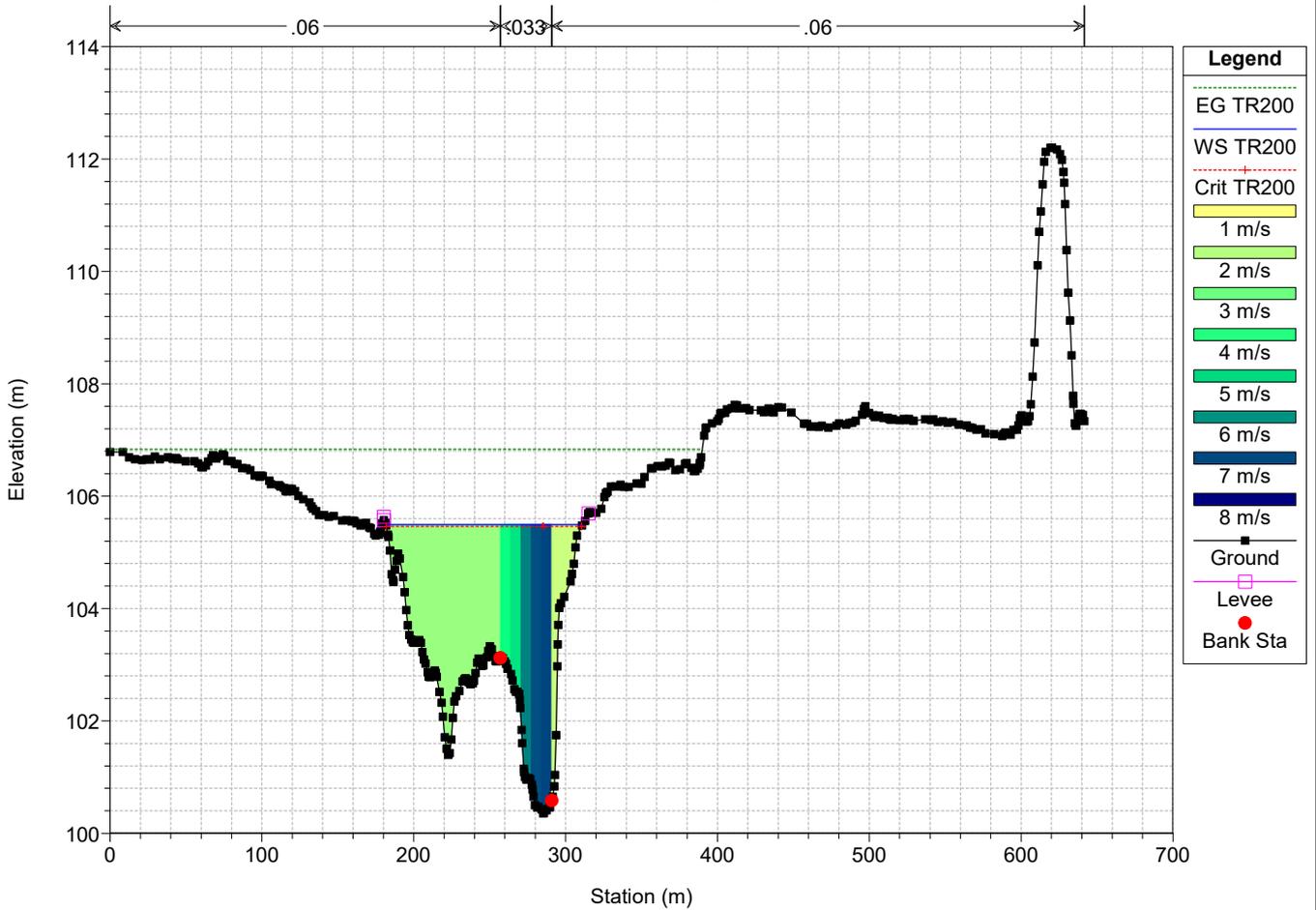
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 2091



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

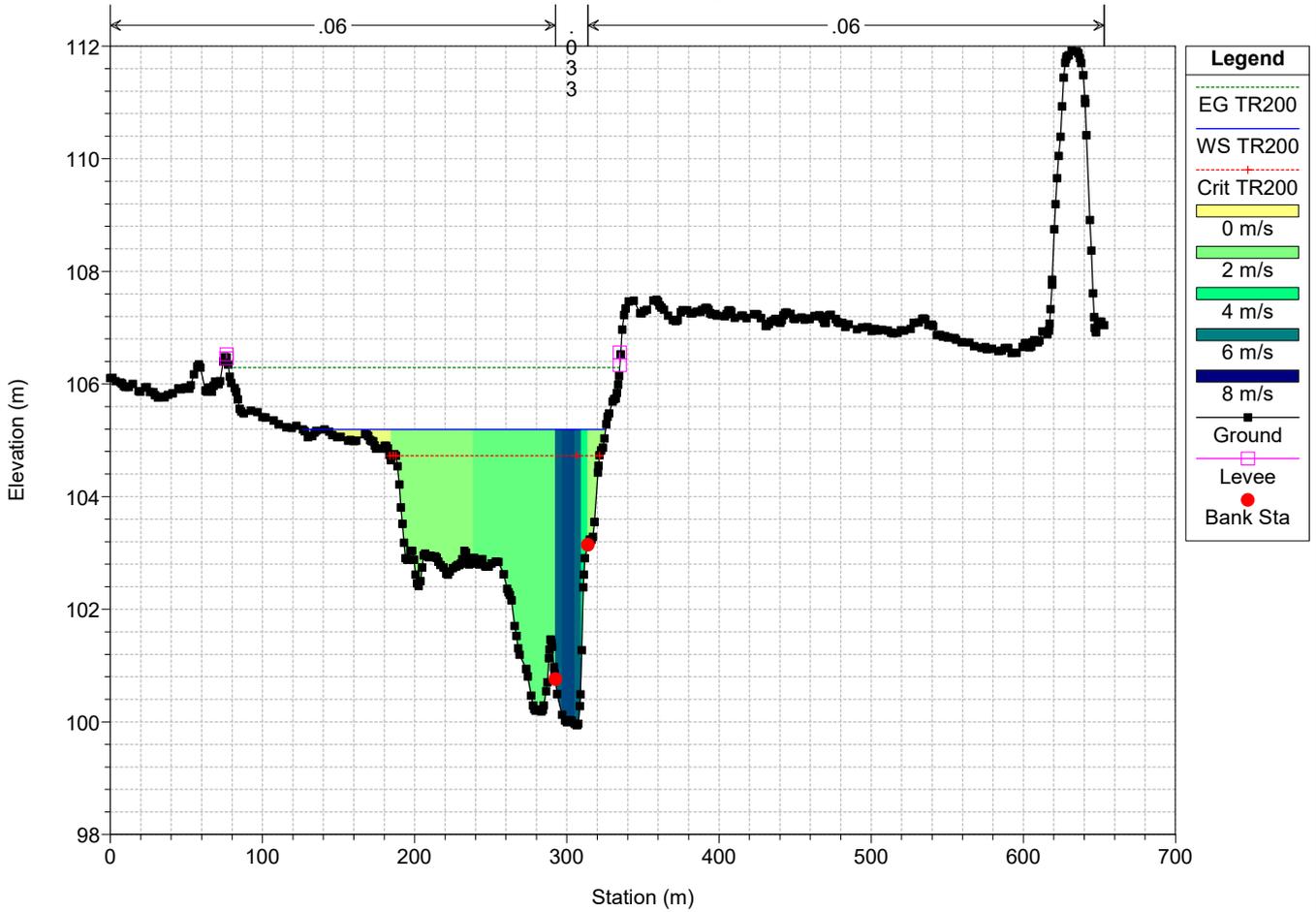
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 2030



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

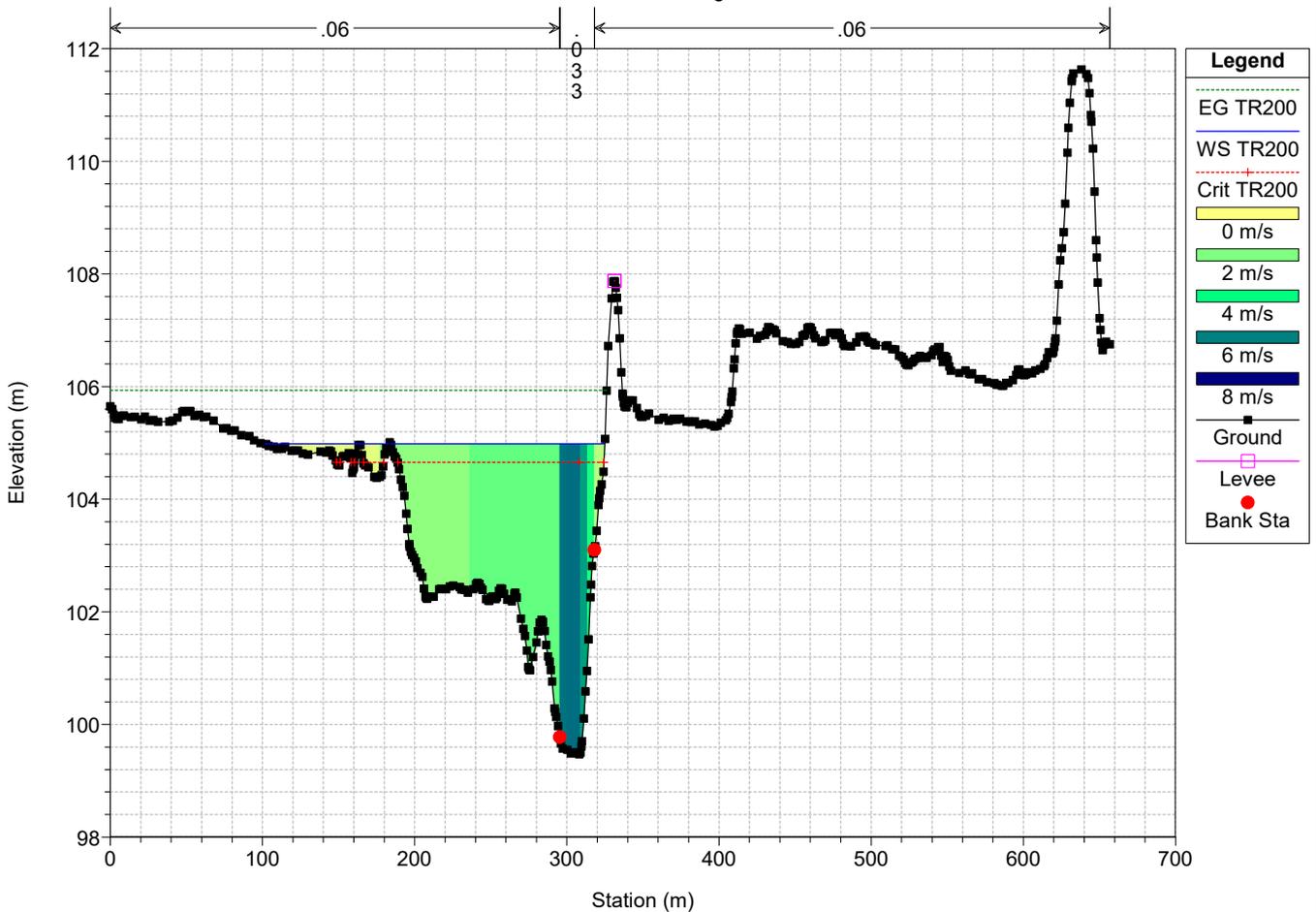
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1957



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

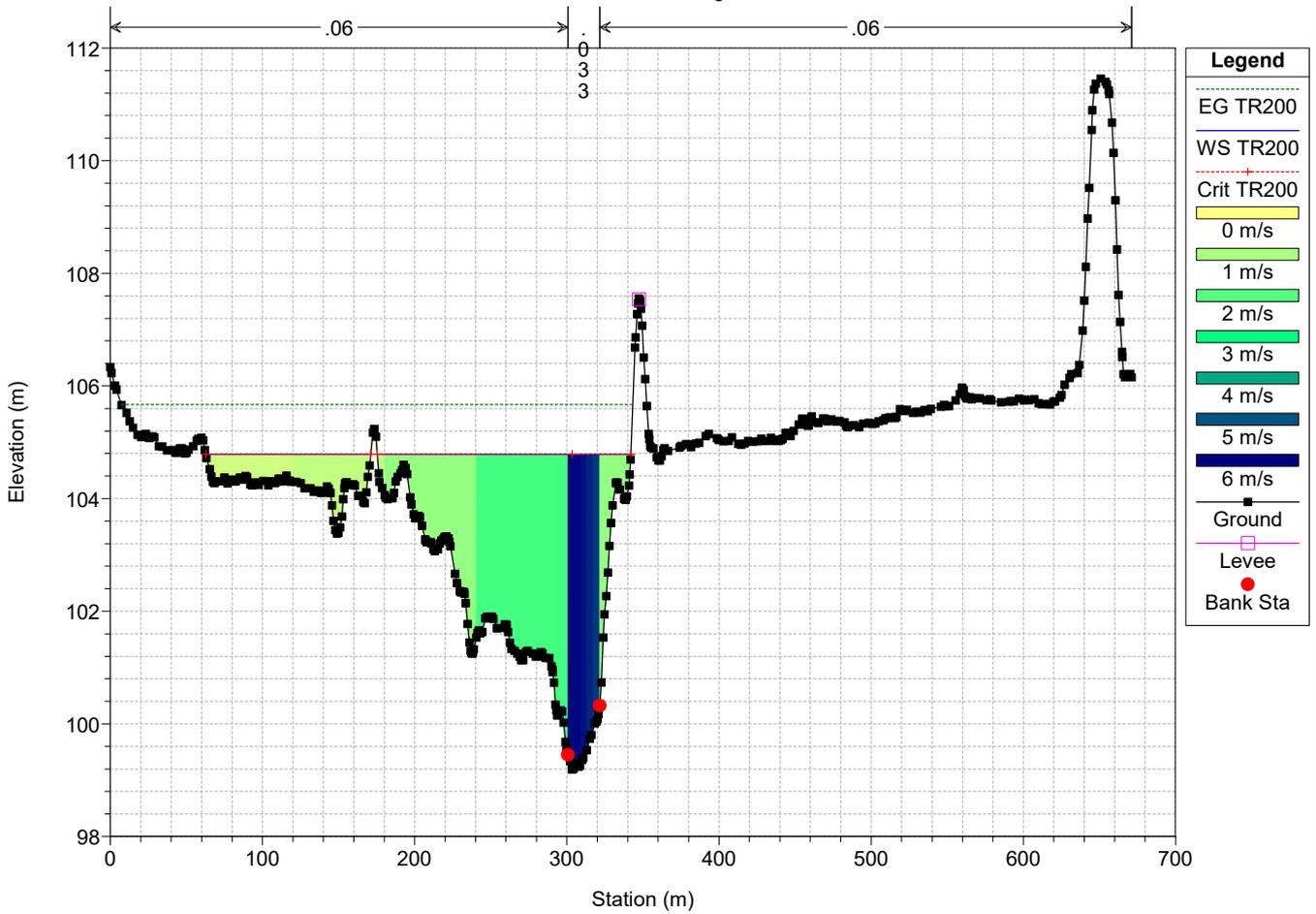
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1899



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

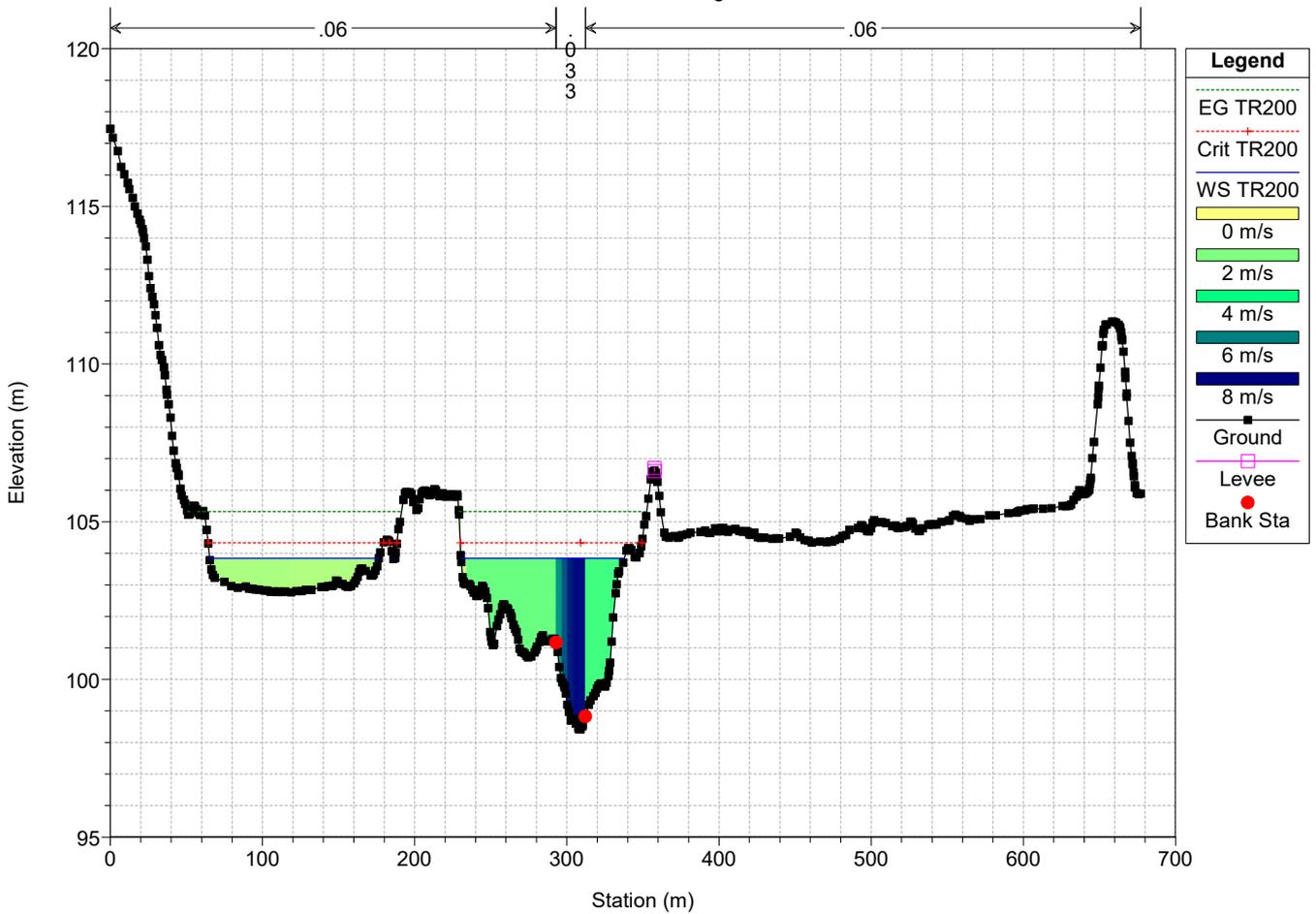
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1844



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

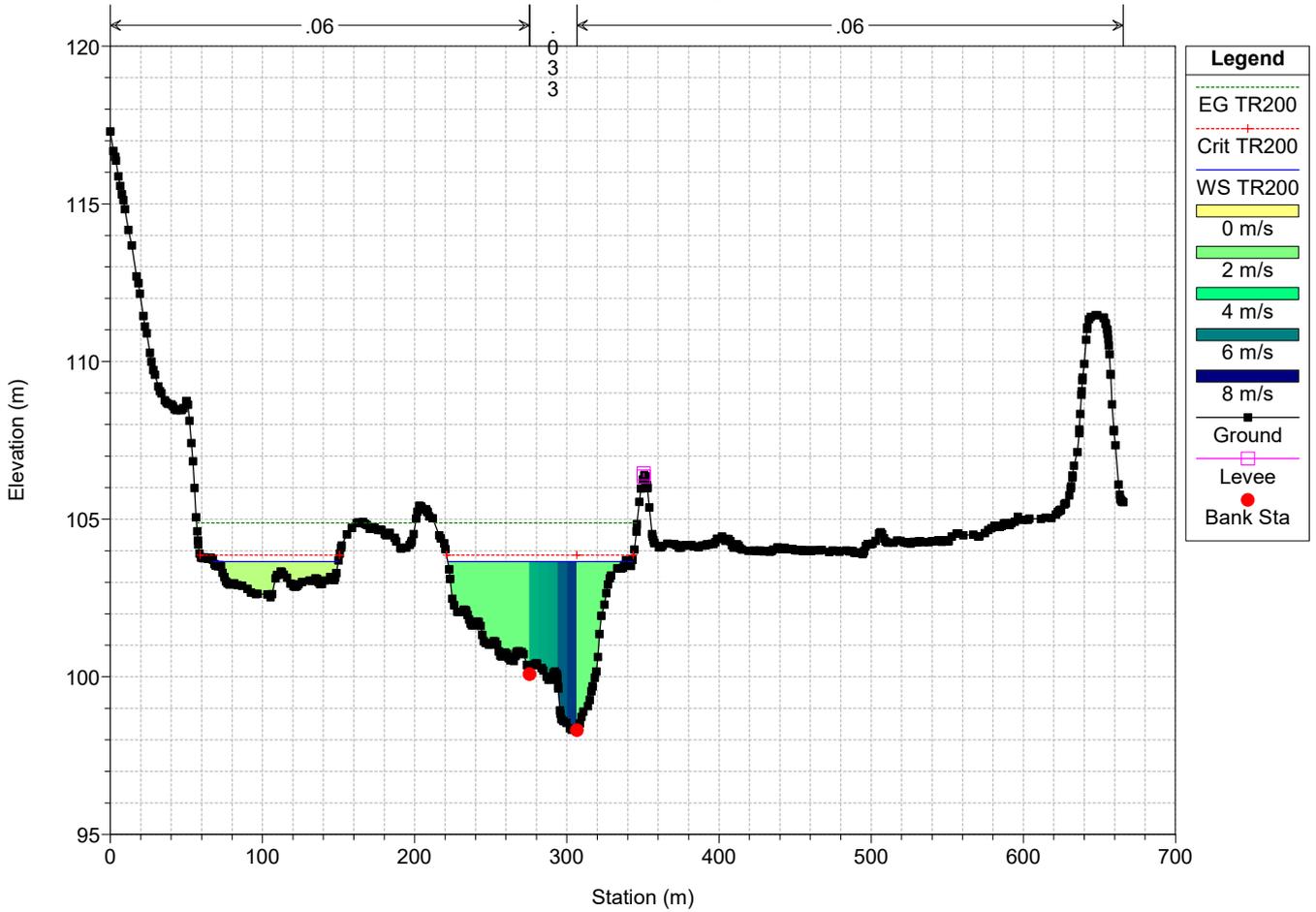
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1790



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

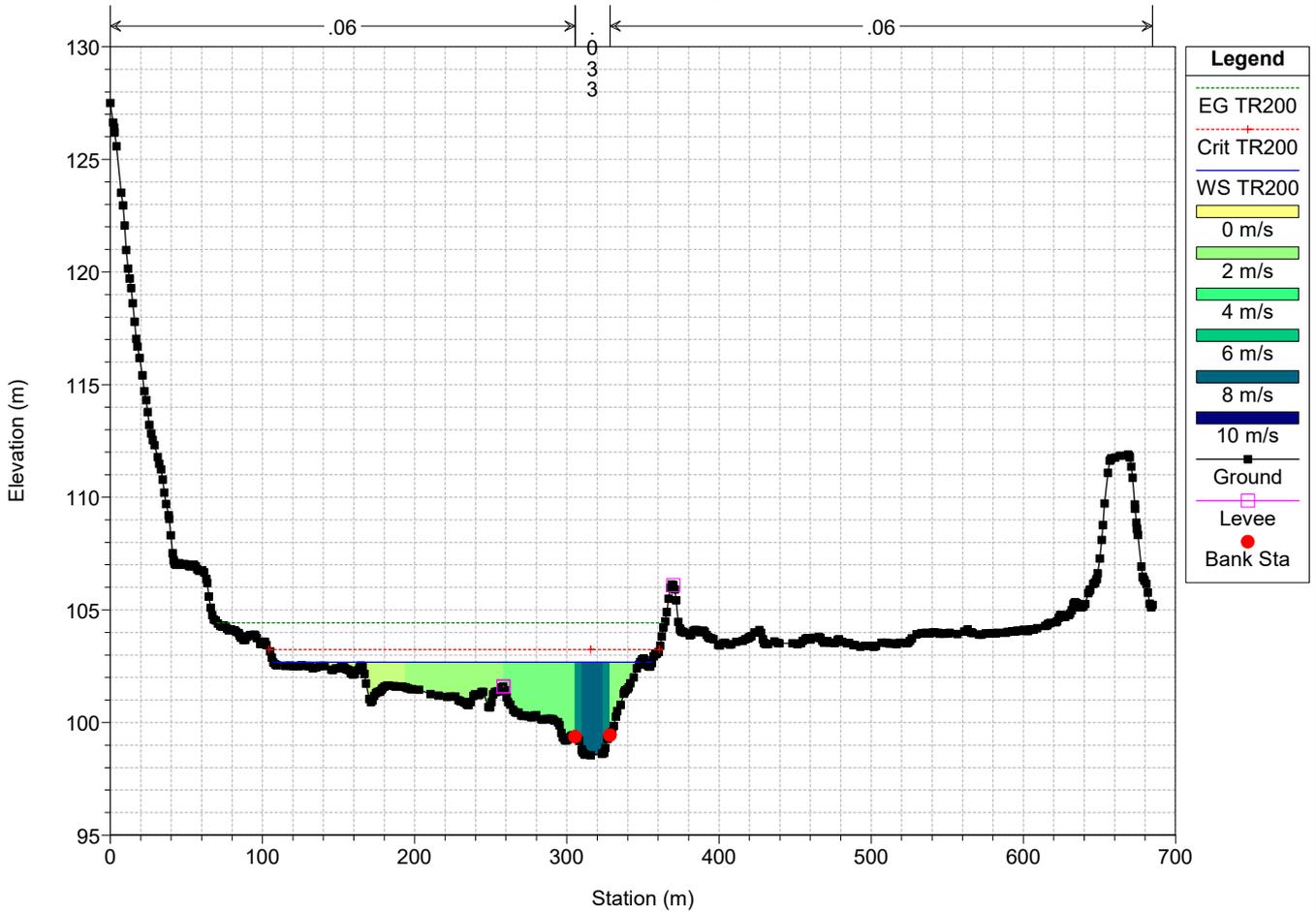
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1732



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

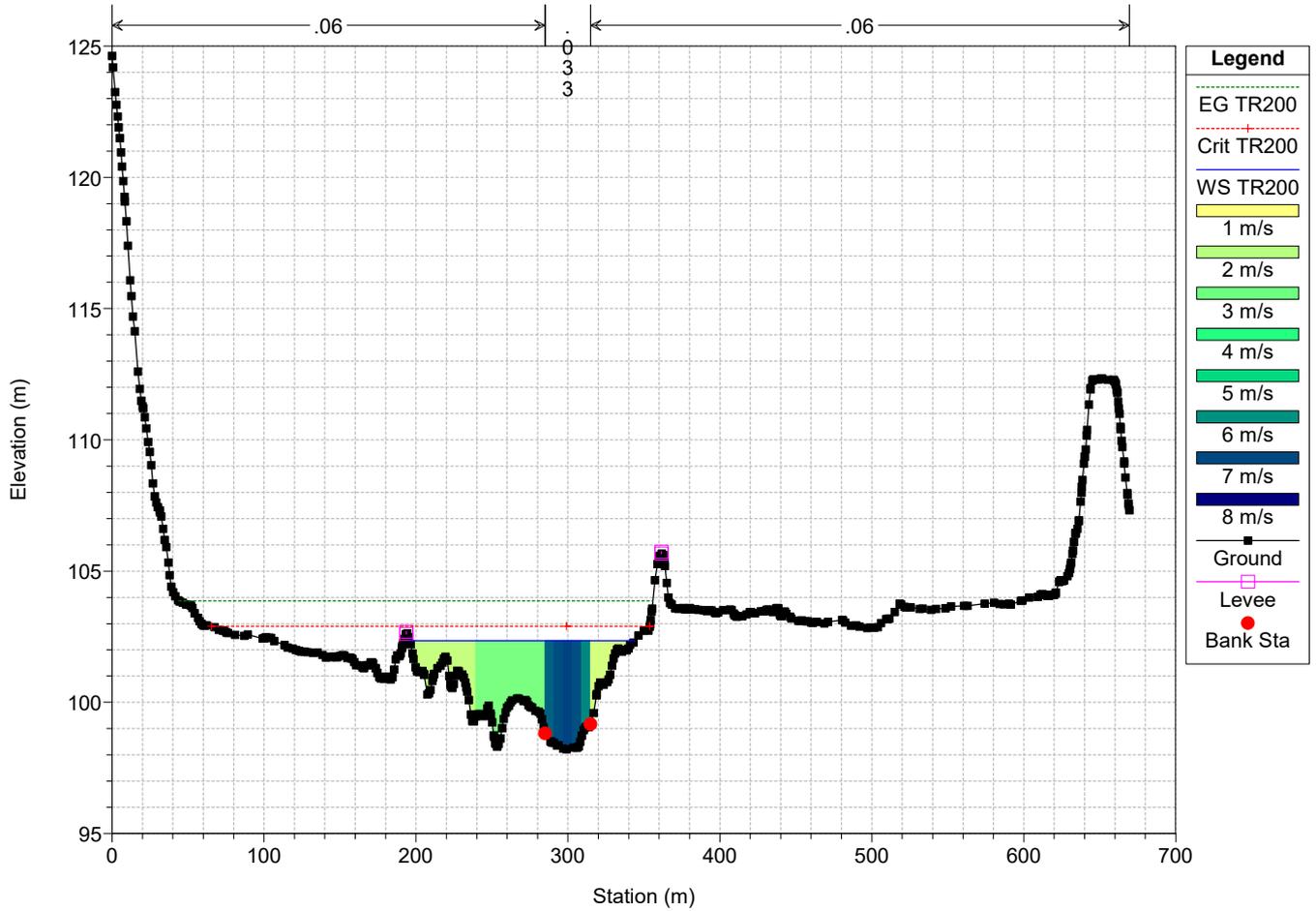
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1682



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

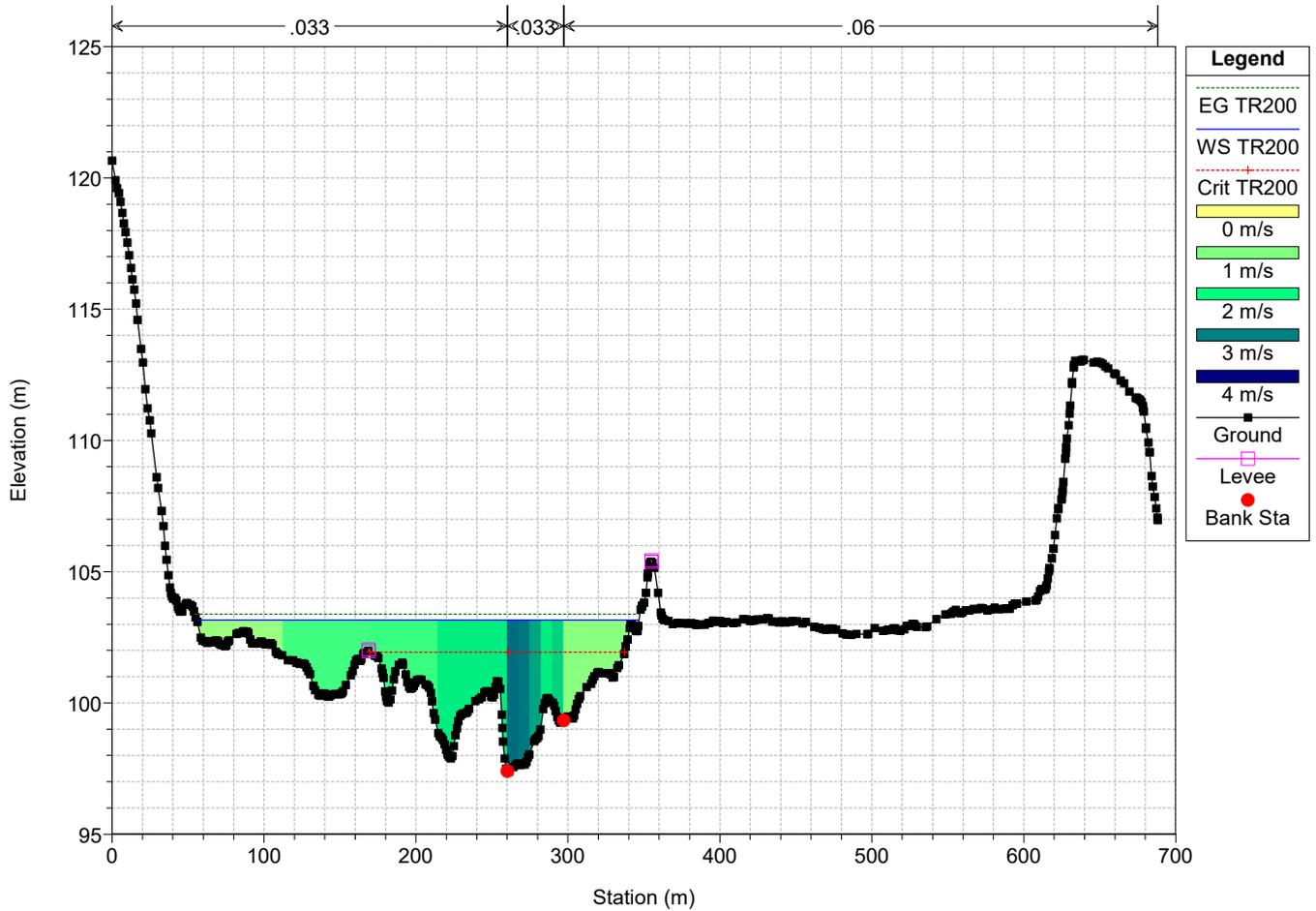
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1630



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

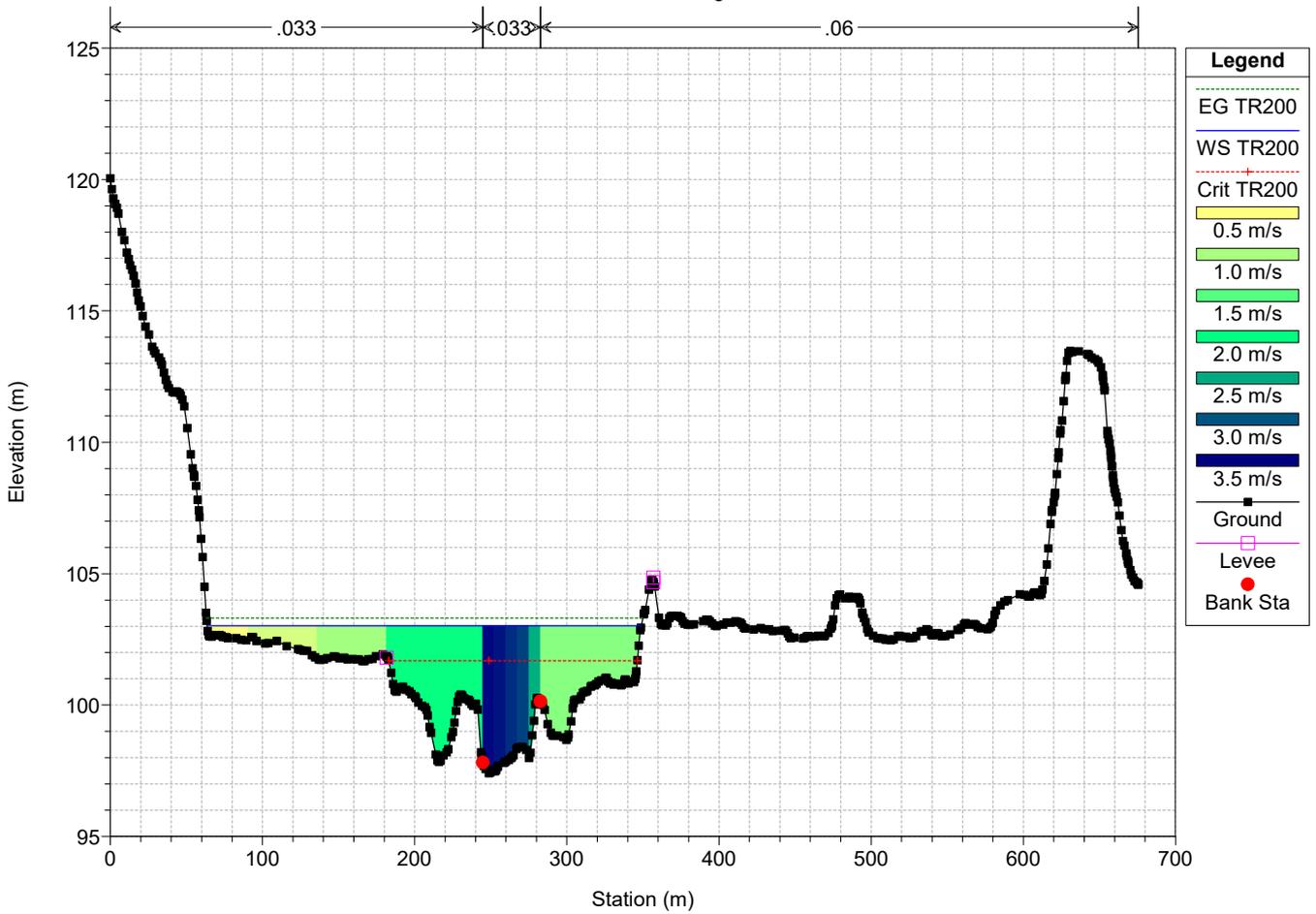
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1570



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

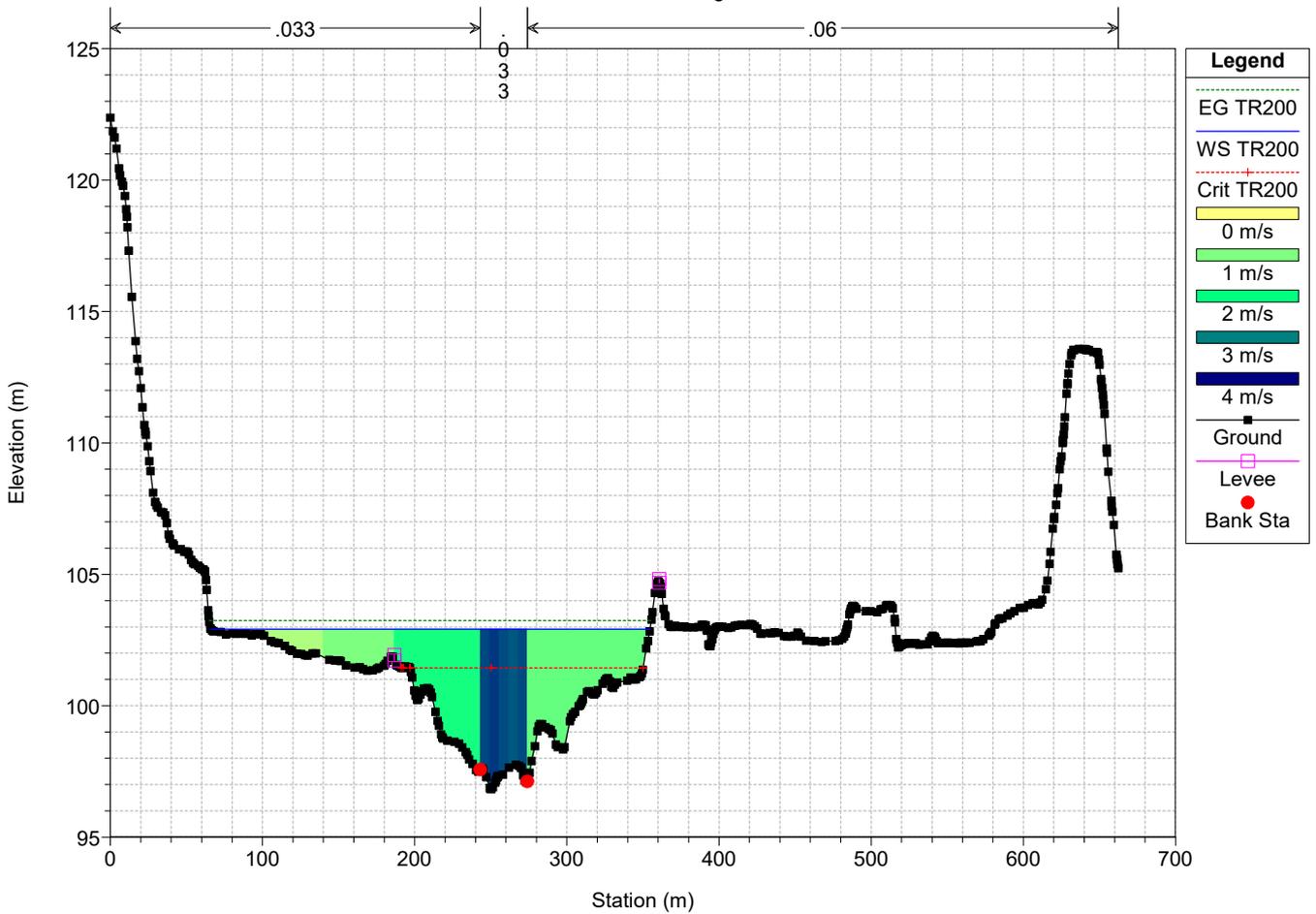
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1522



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

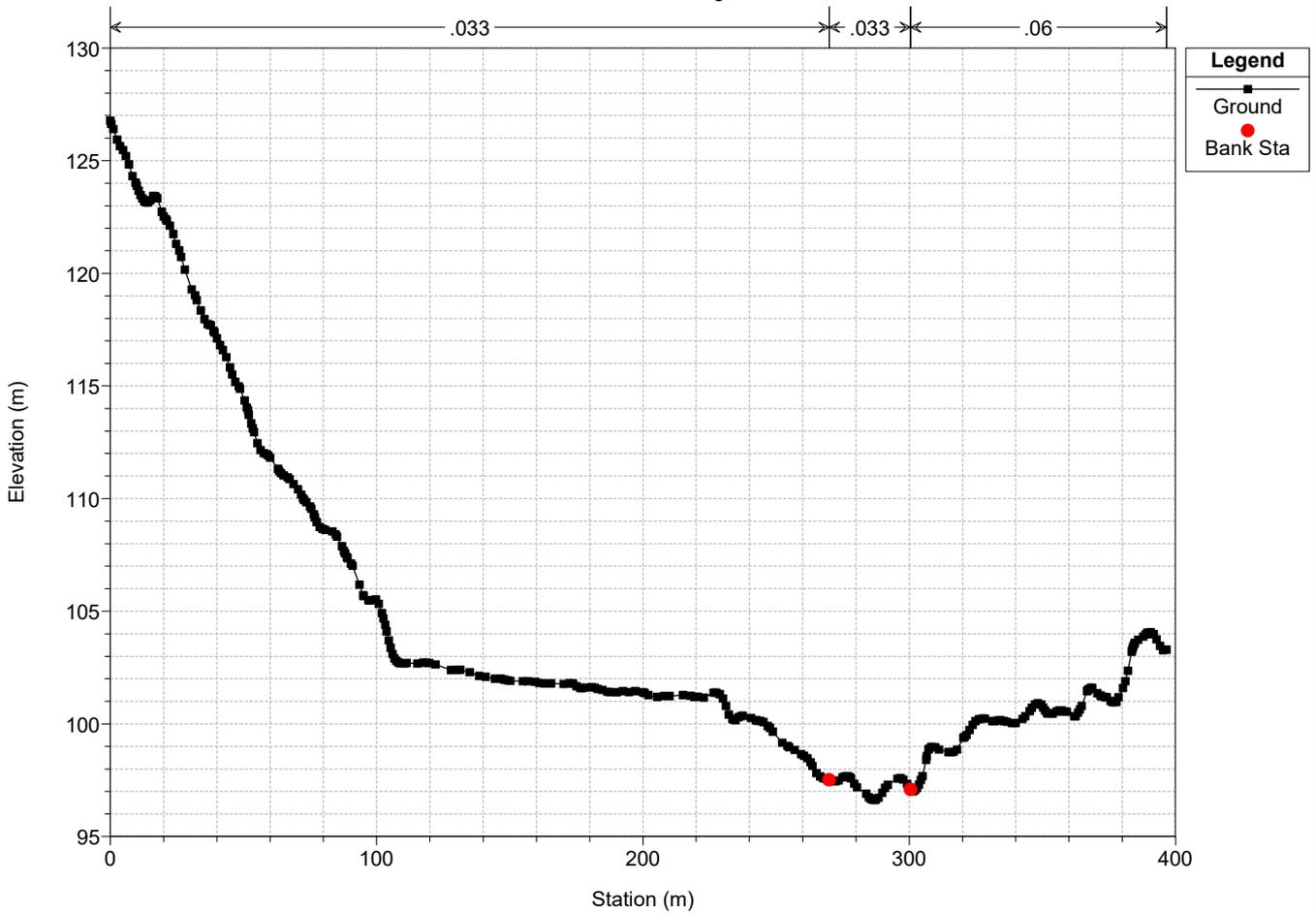
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1470



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

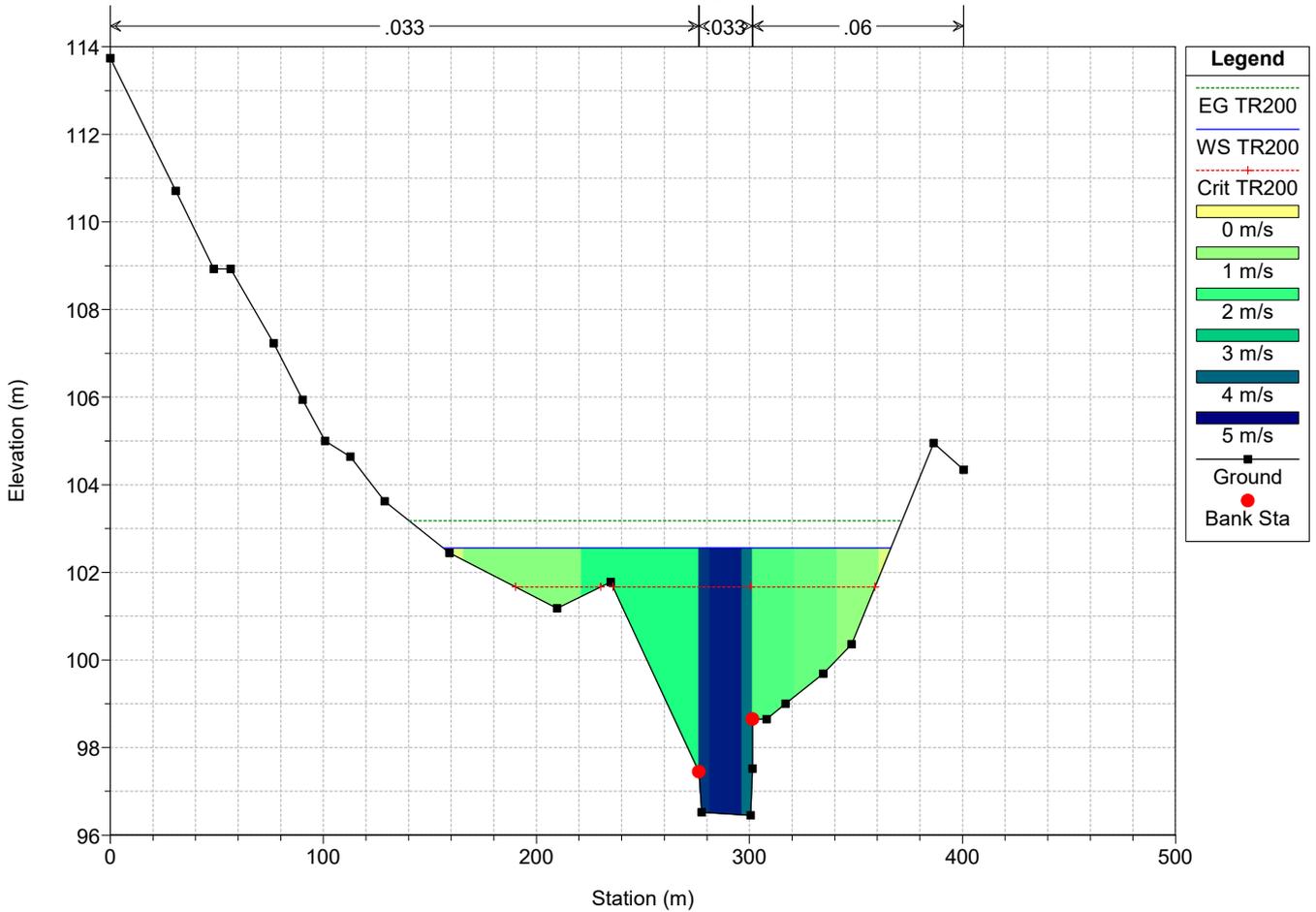
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1451



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

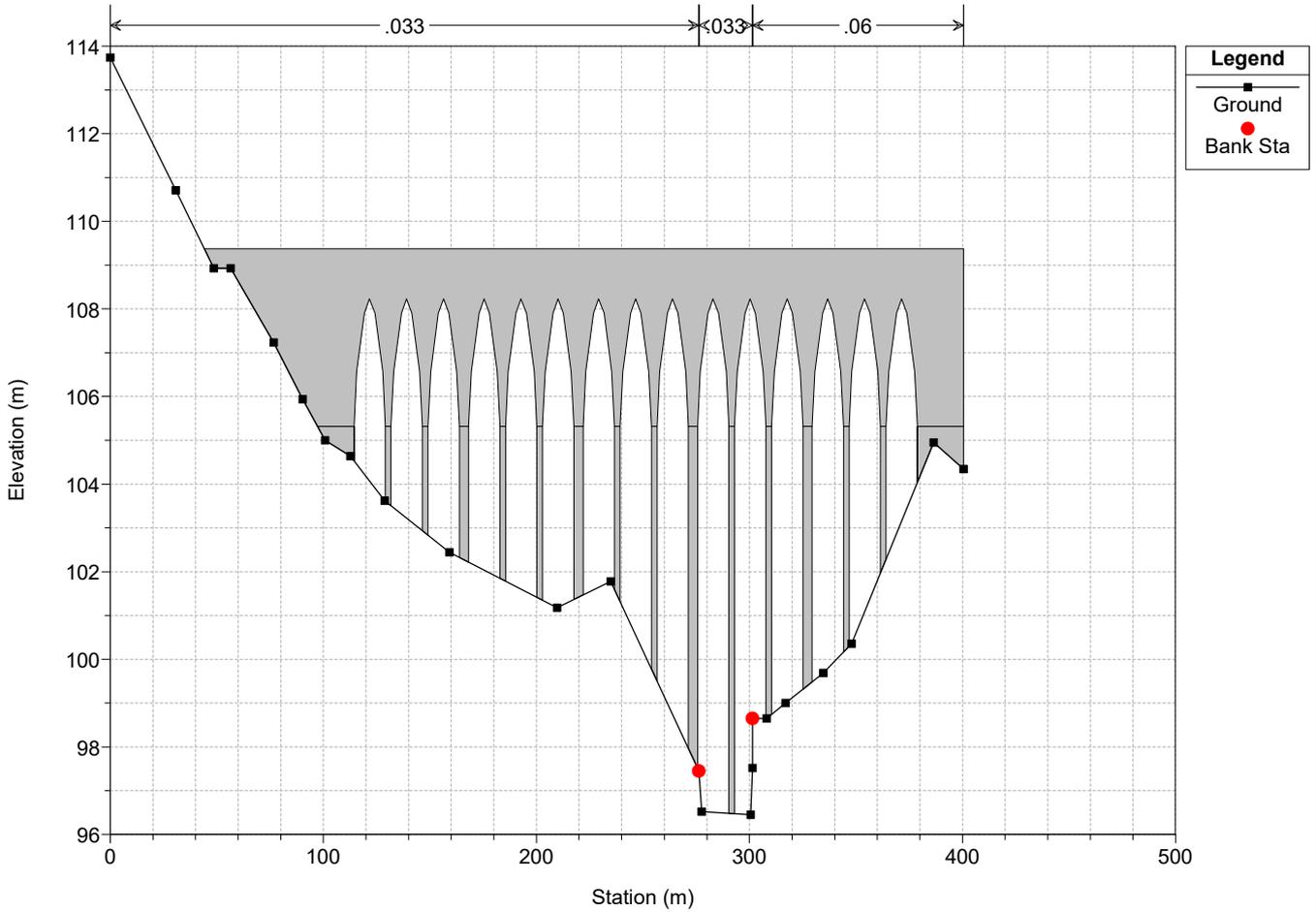
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1438



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

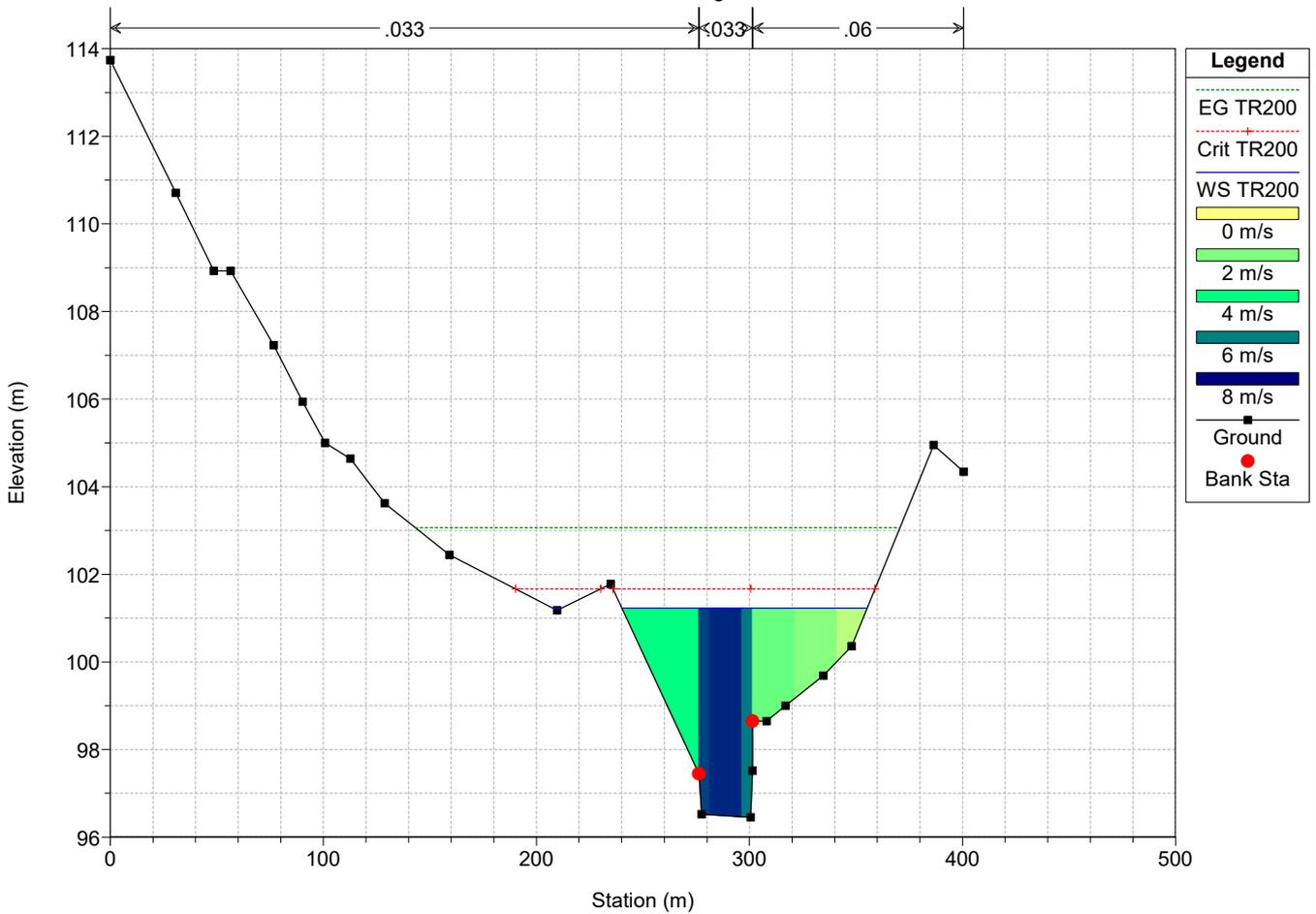
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1434 BR



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

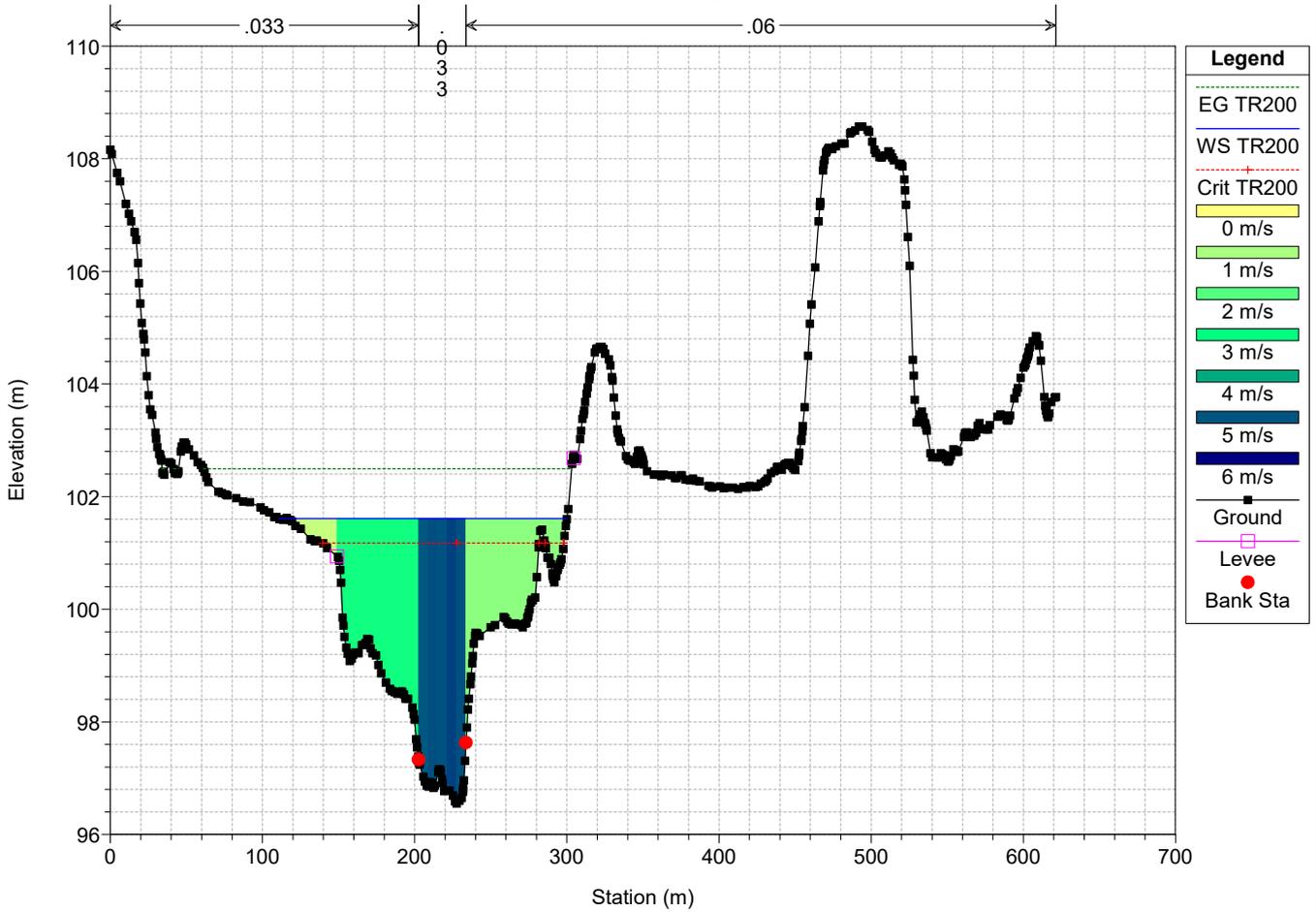
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1422



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

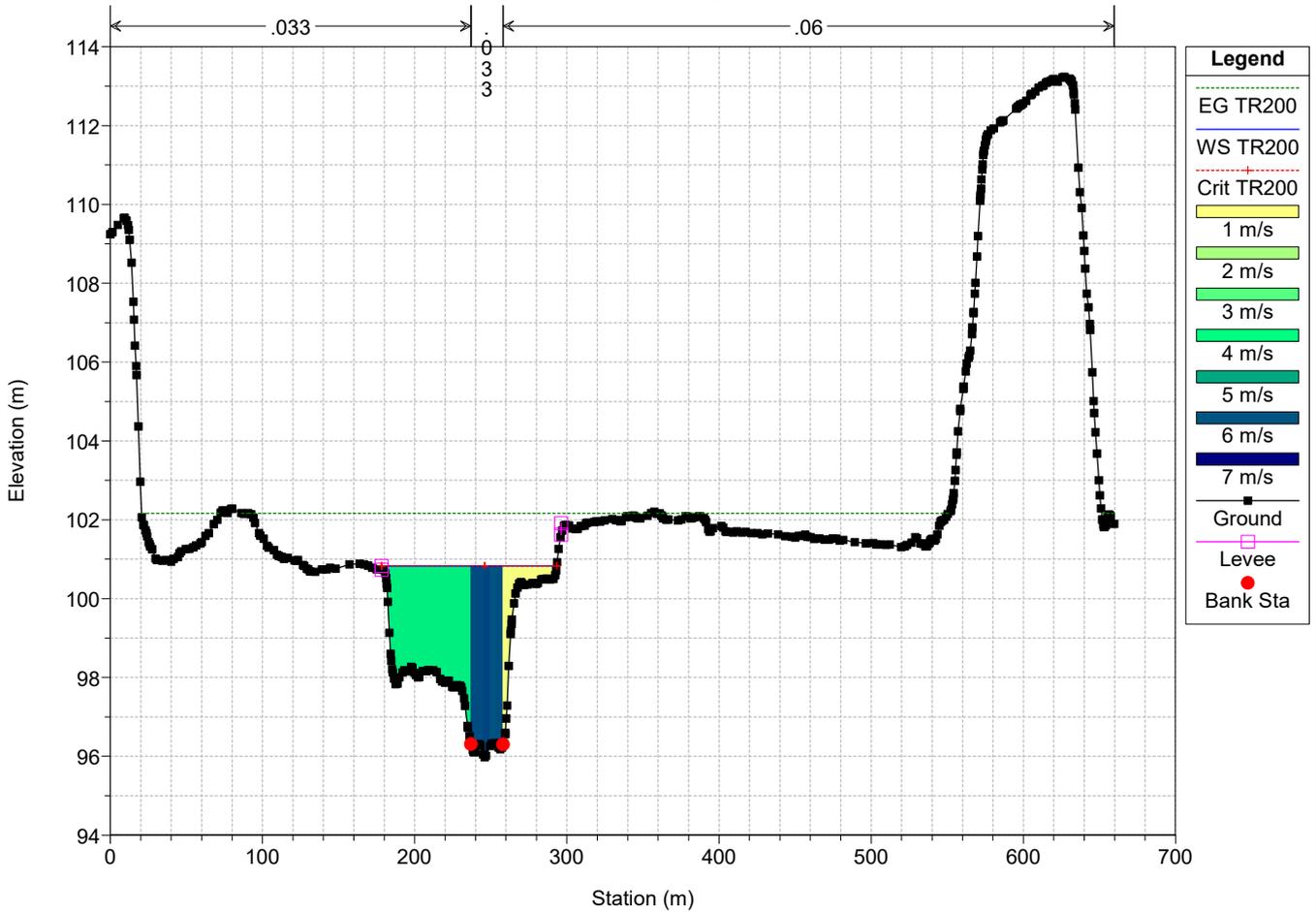
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1401



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

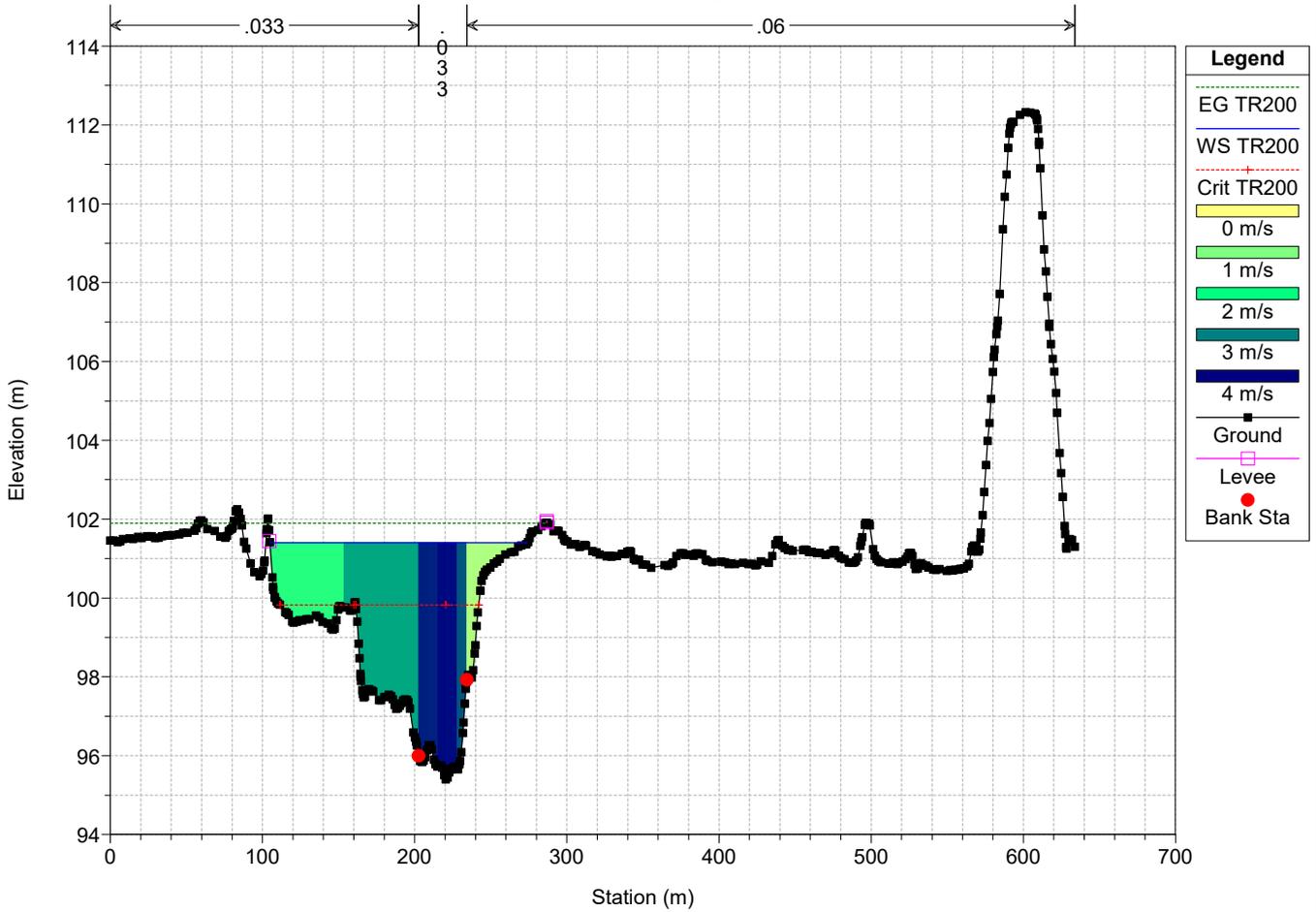
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1335



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

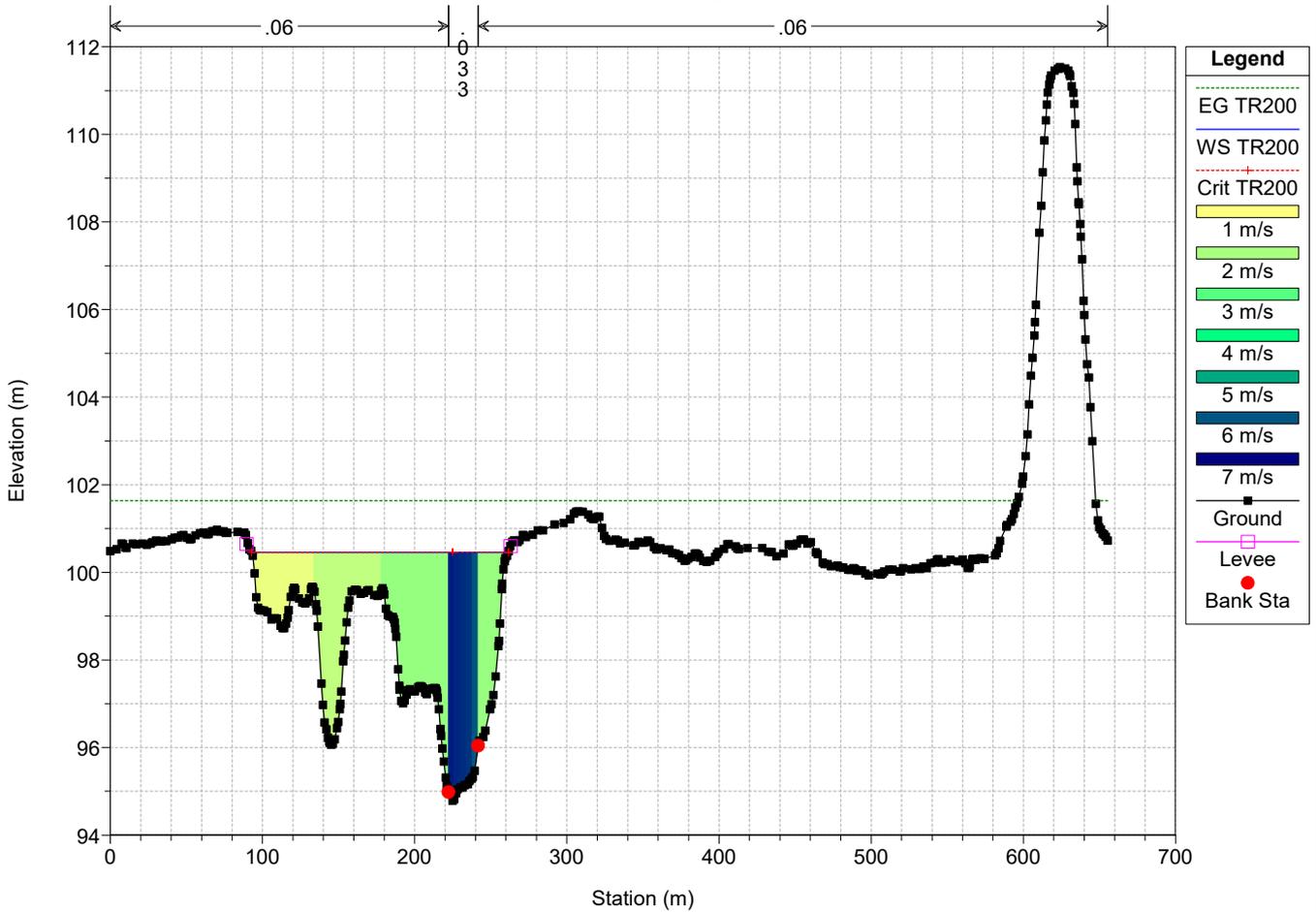
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1261



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

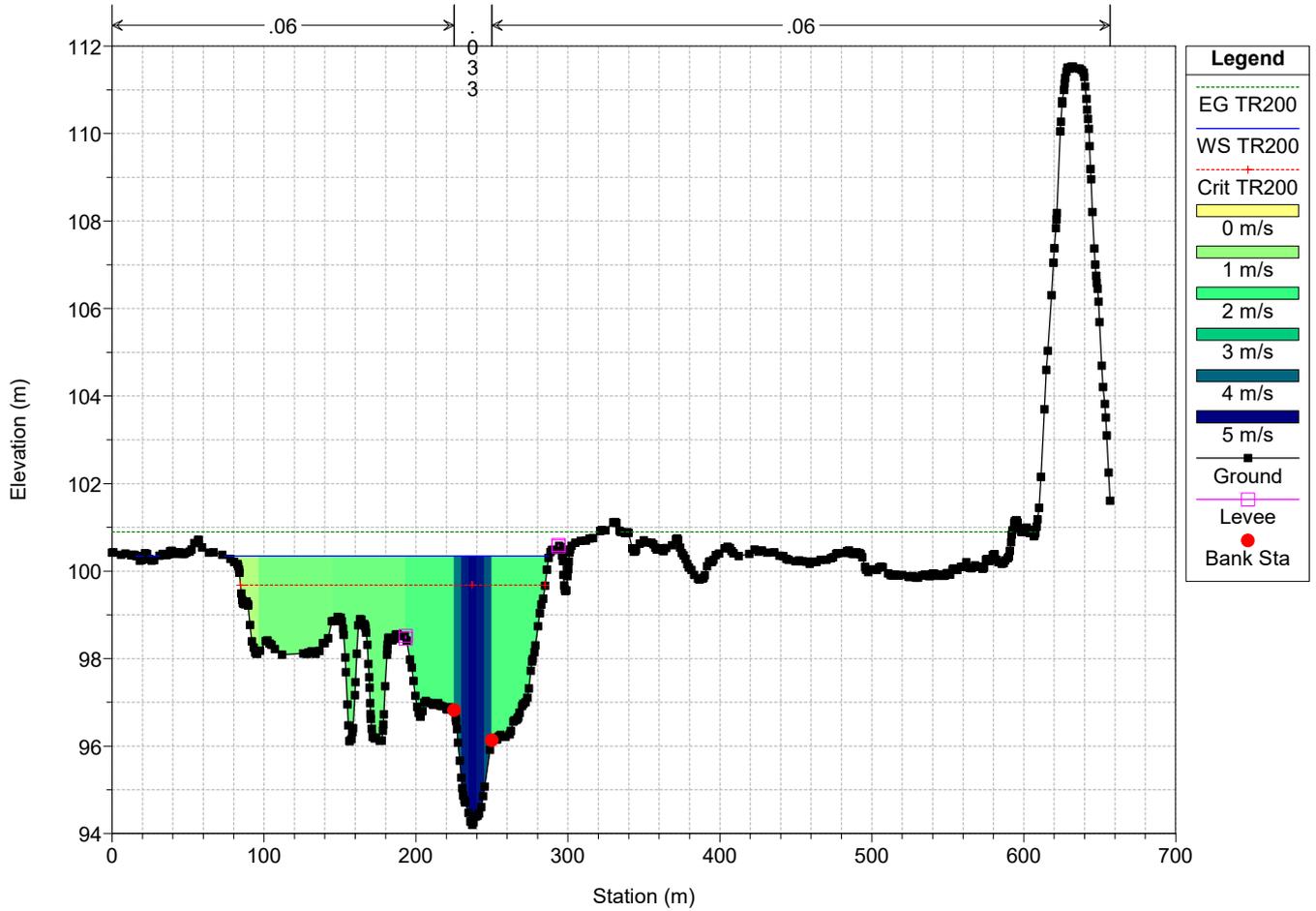
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1190



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

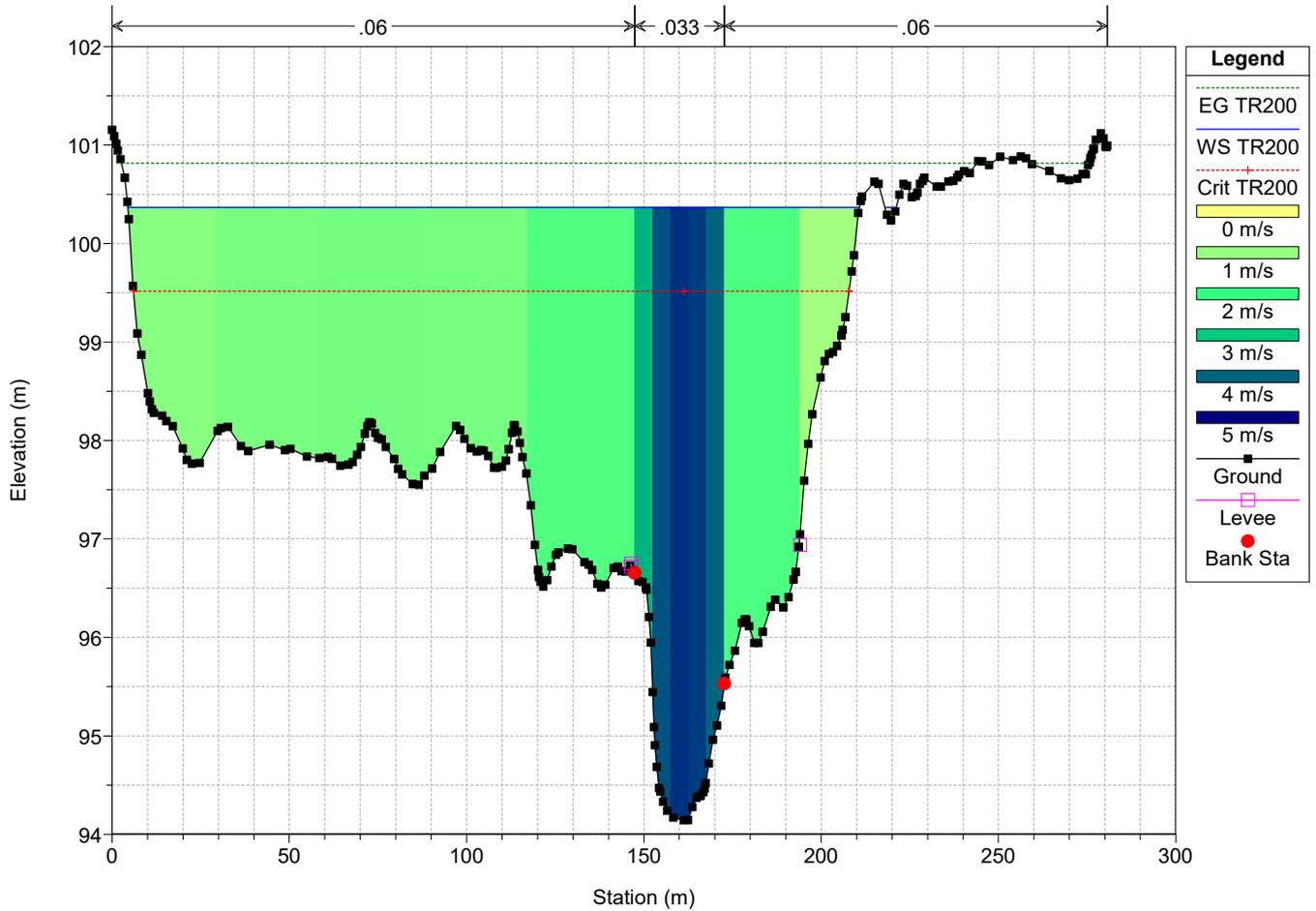
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1140



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

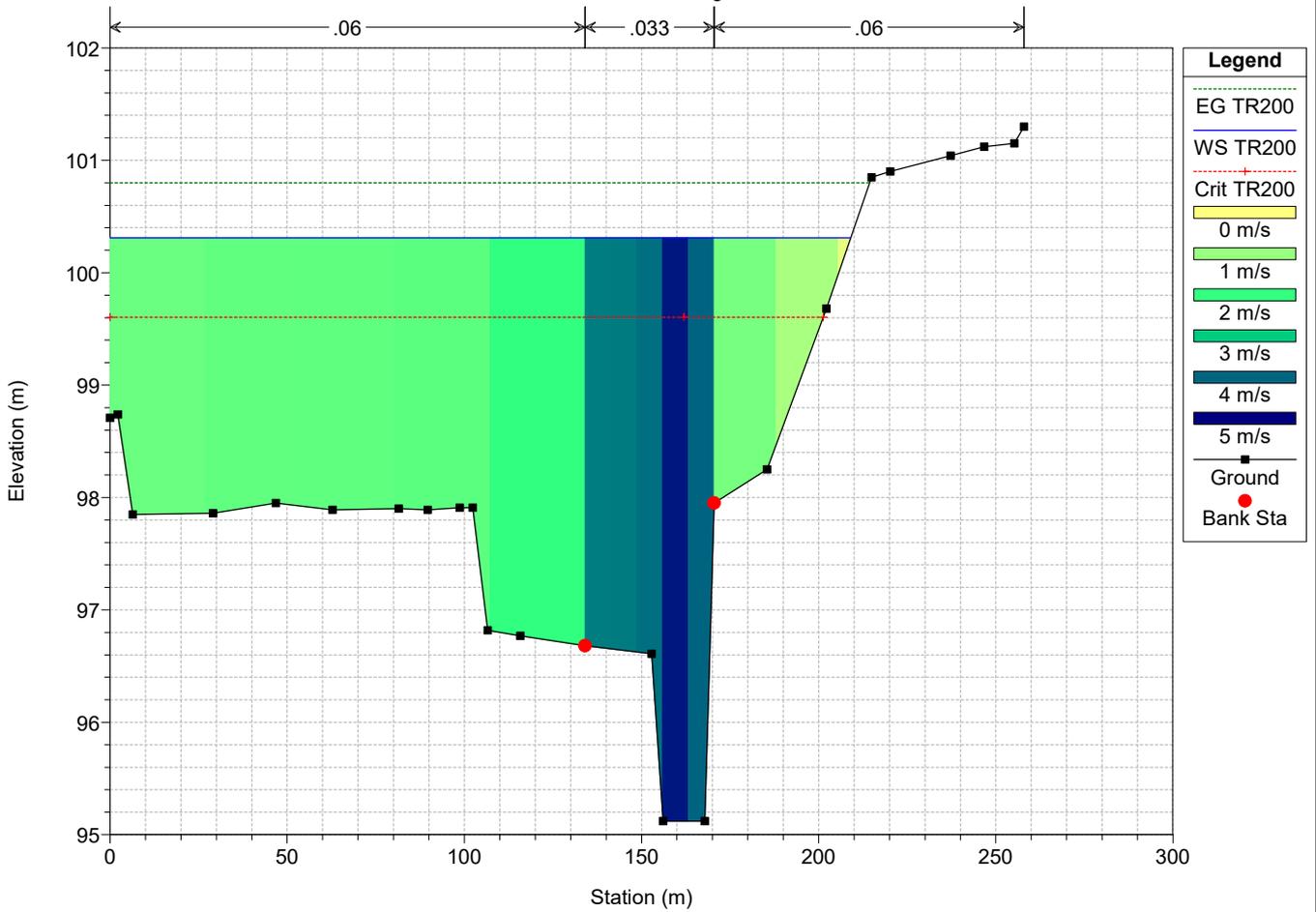
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1119



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

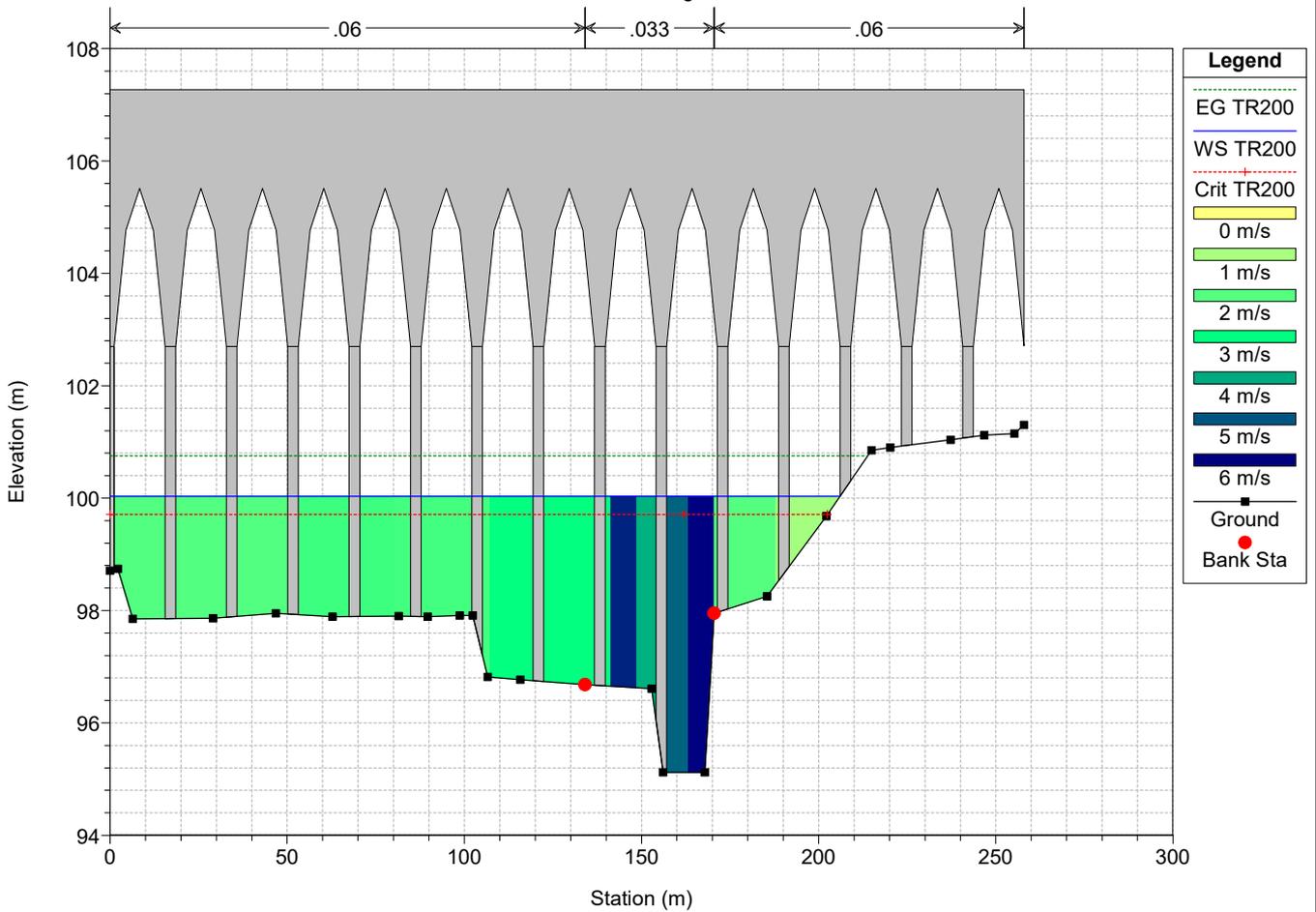
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1112



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

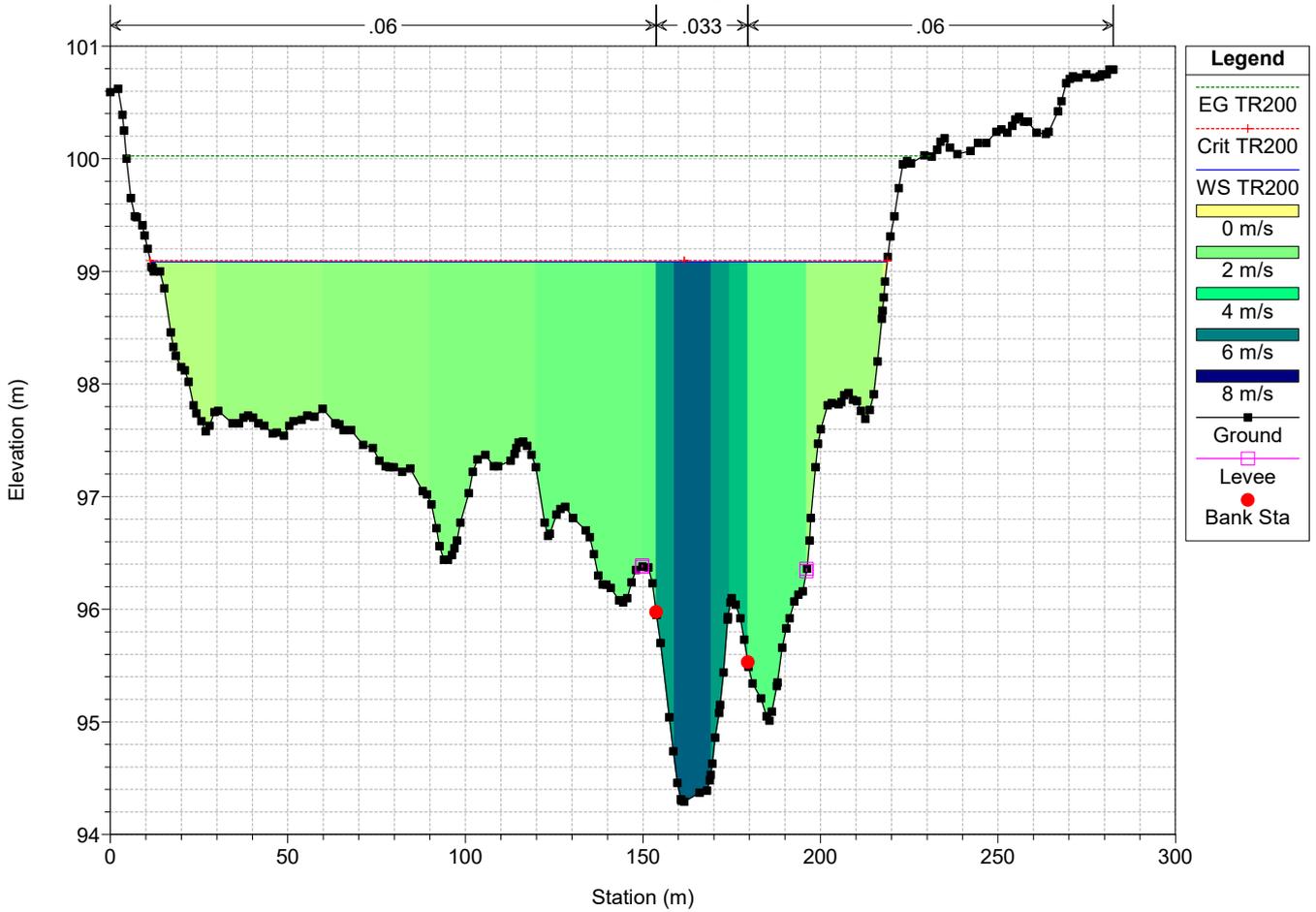
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1110 BR



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

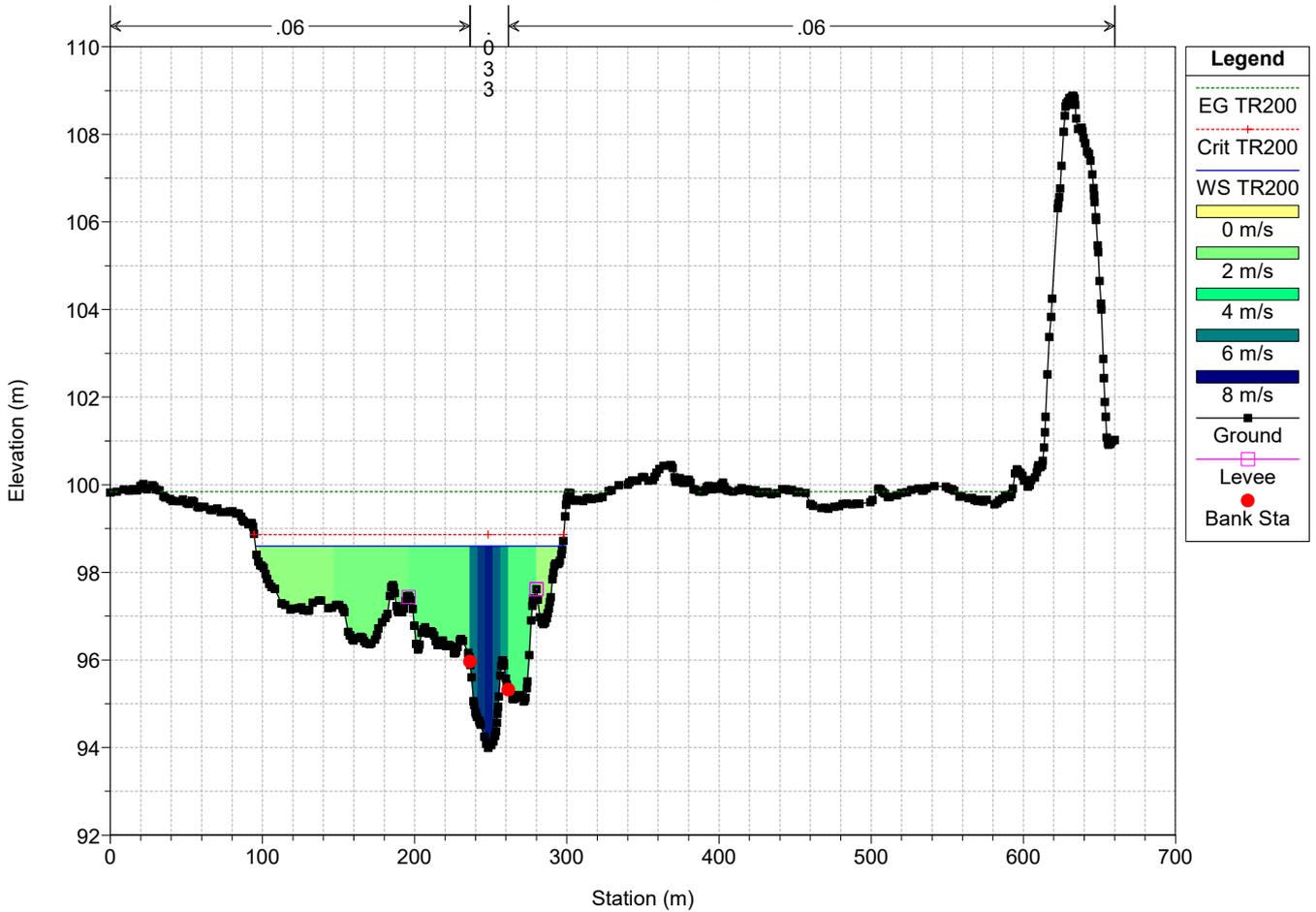
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1093



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

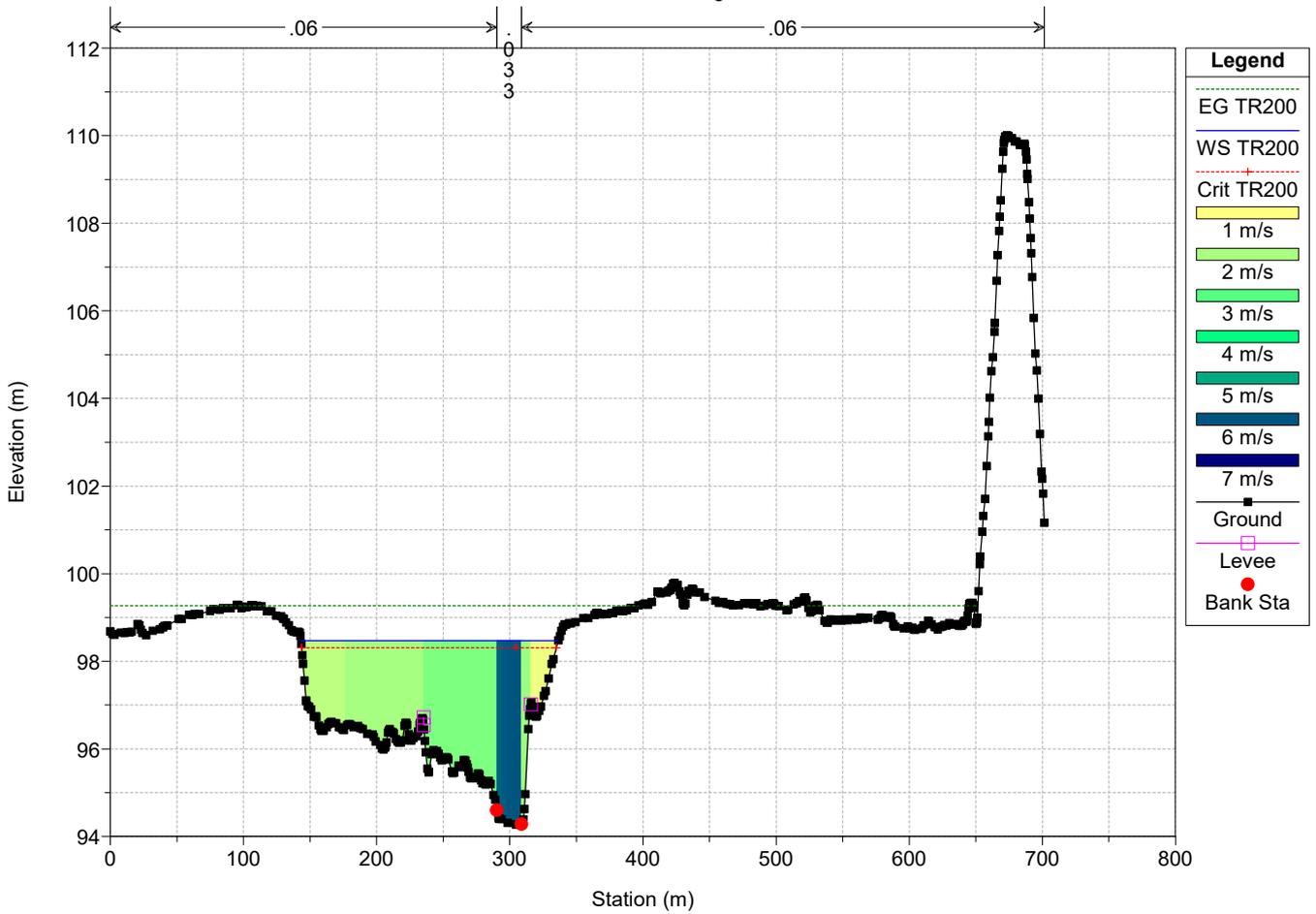
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1071



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

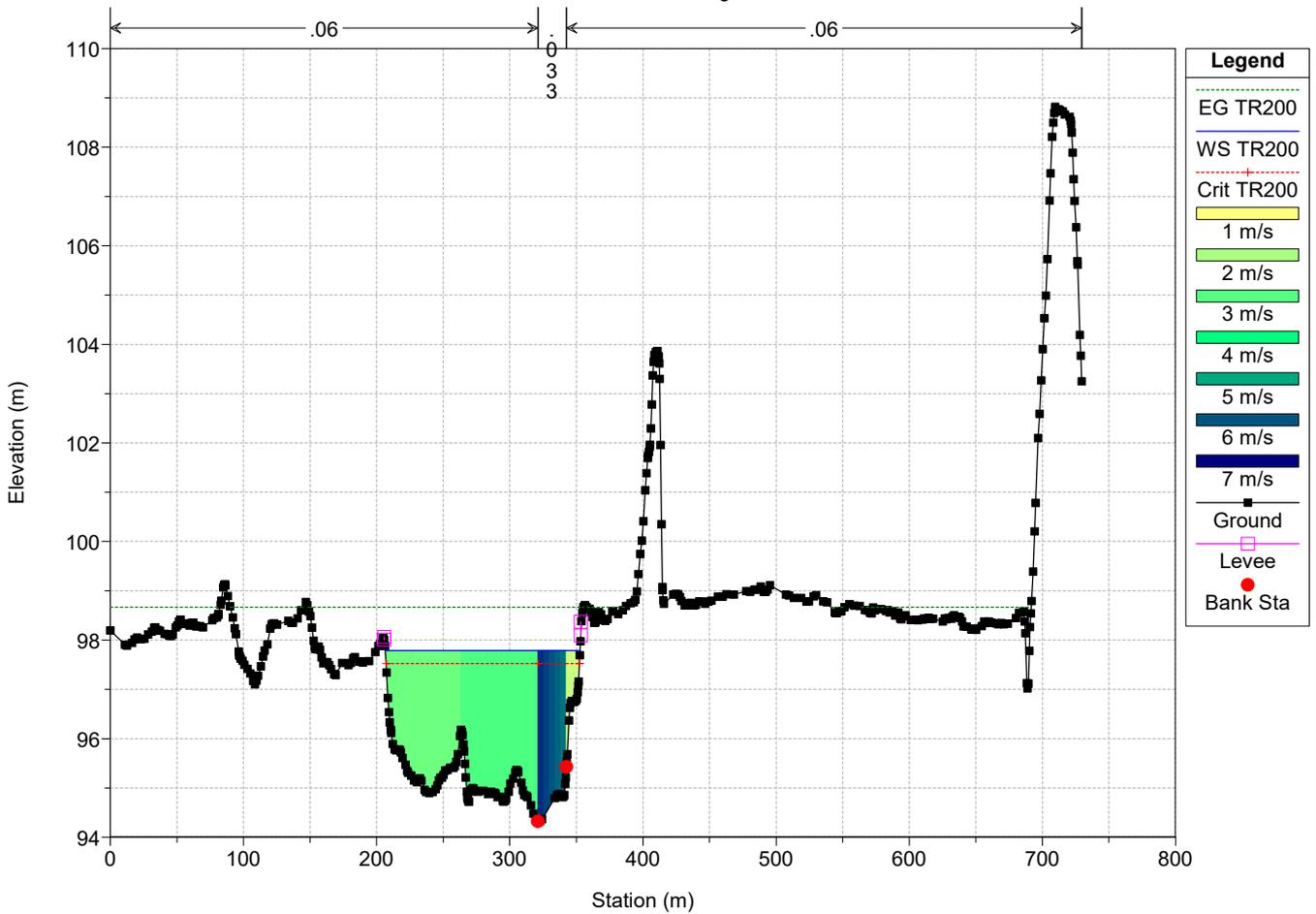
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1003



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

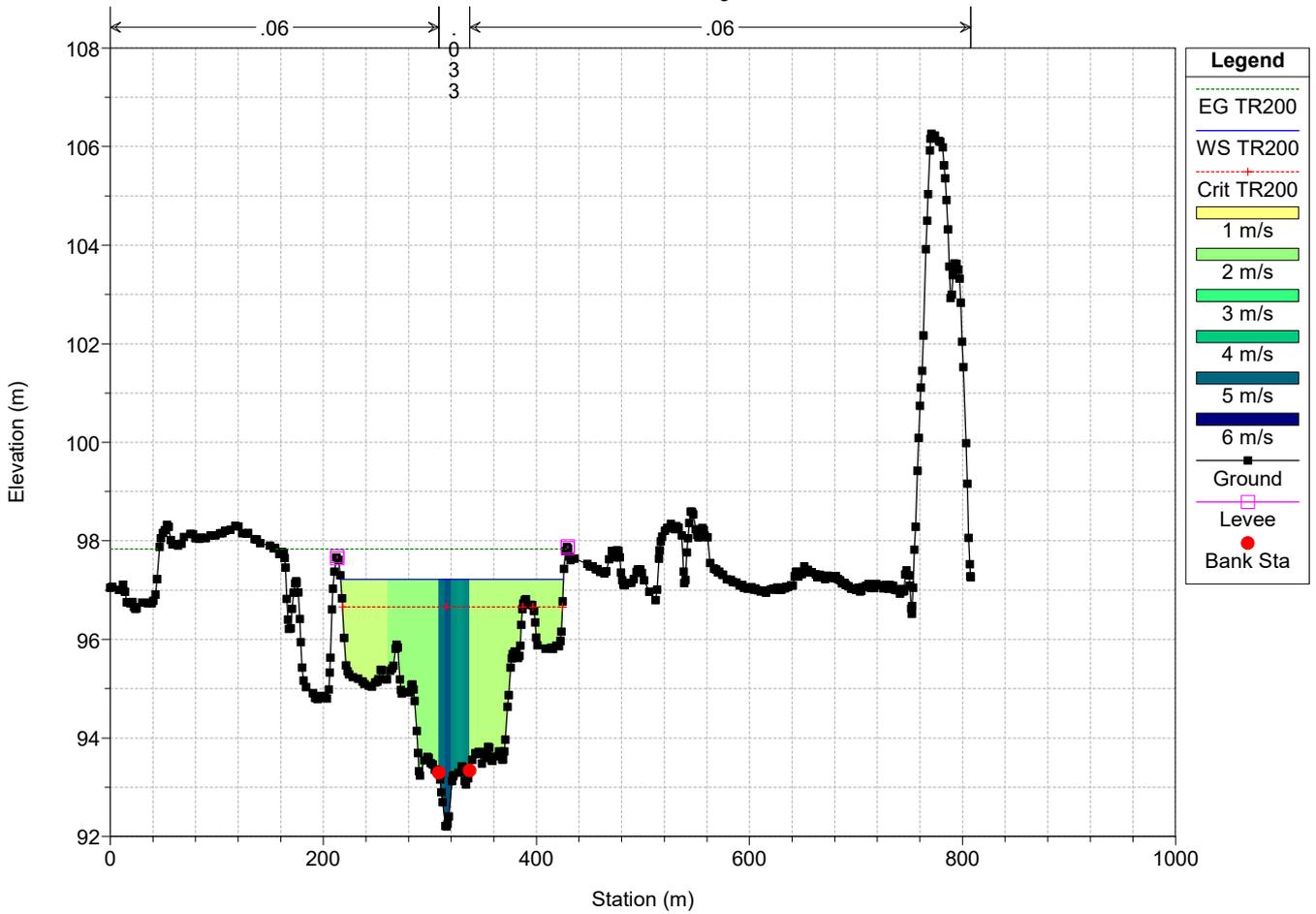
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 920



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

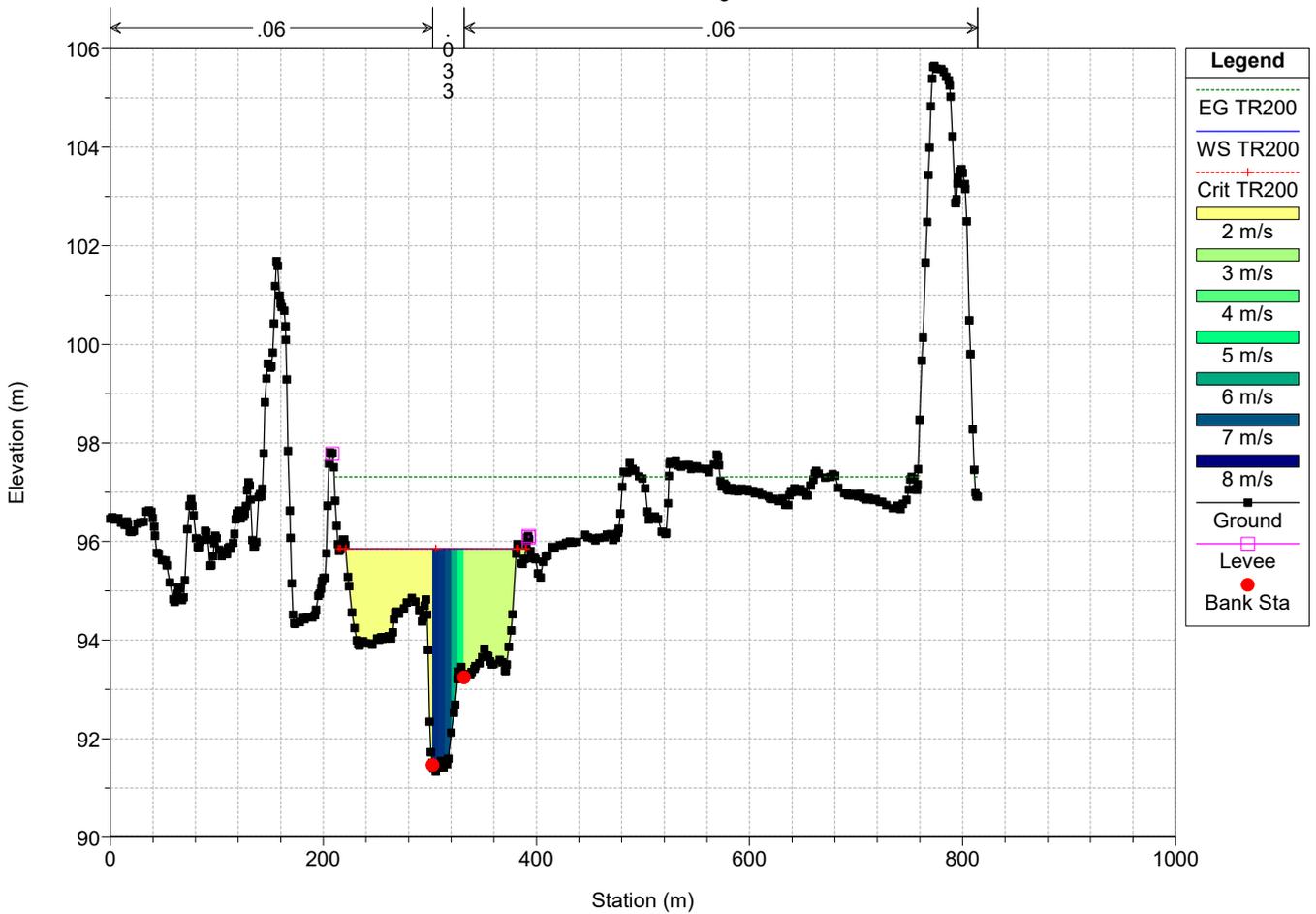
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 783



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

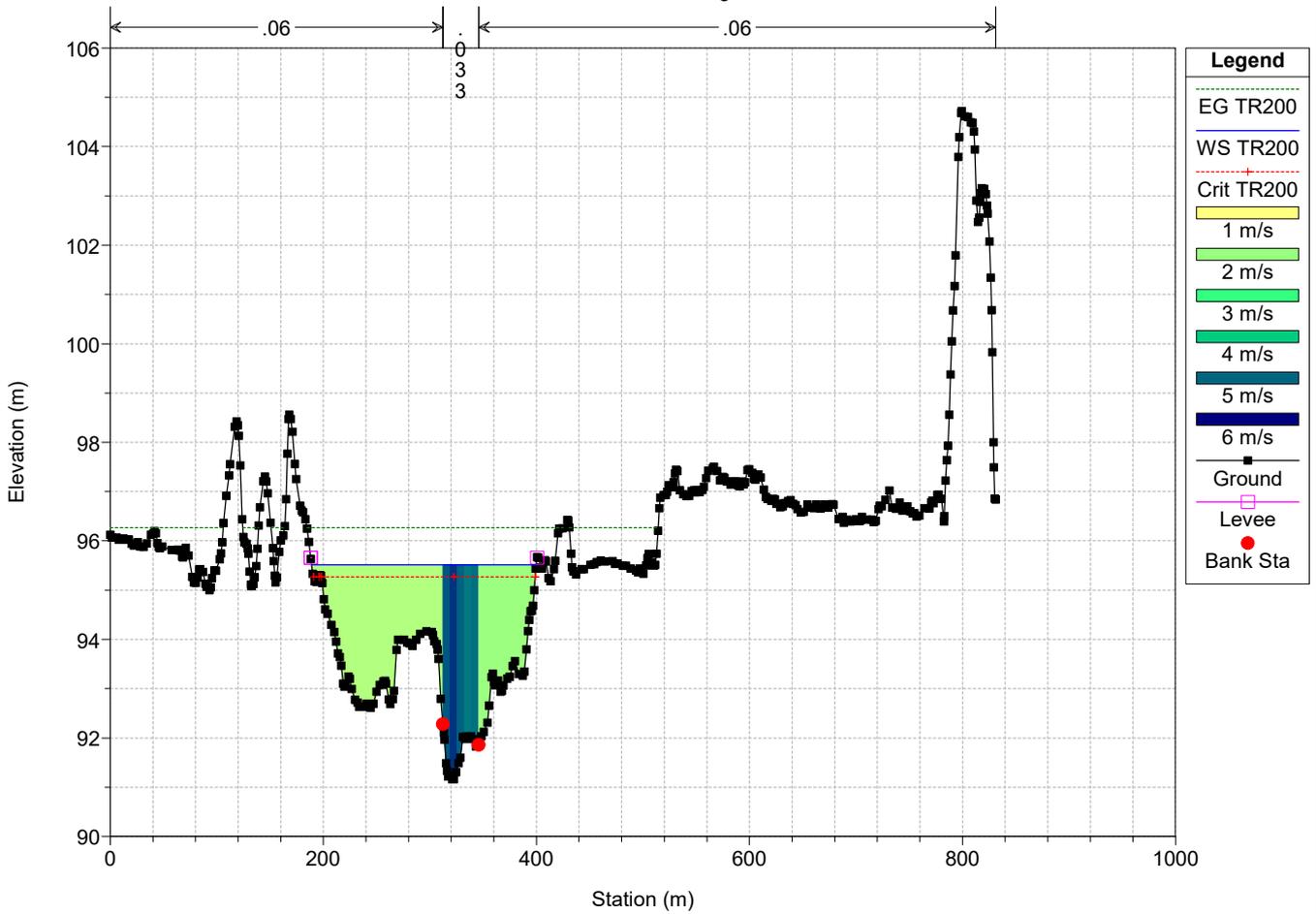
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 702



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

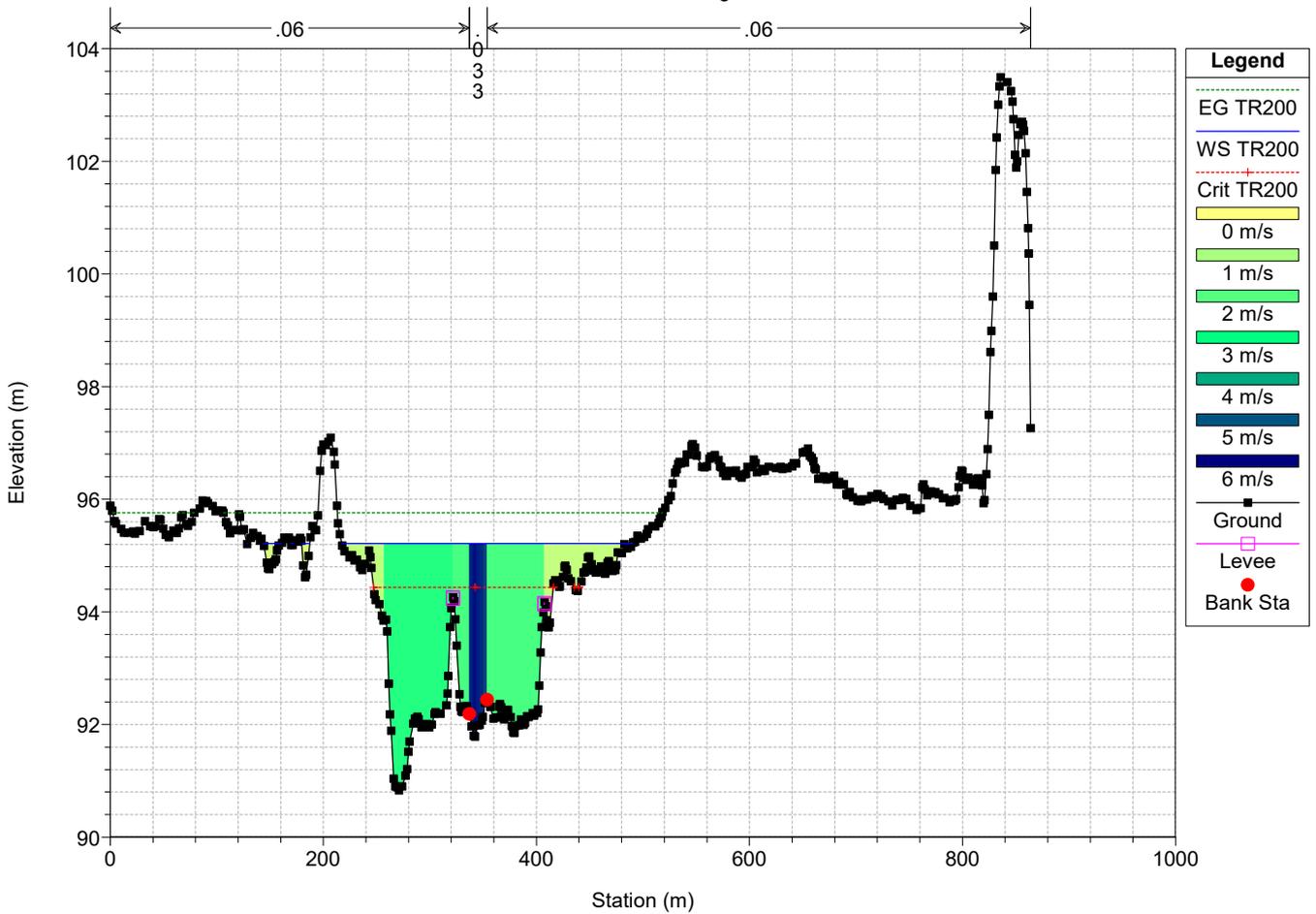
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 631



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

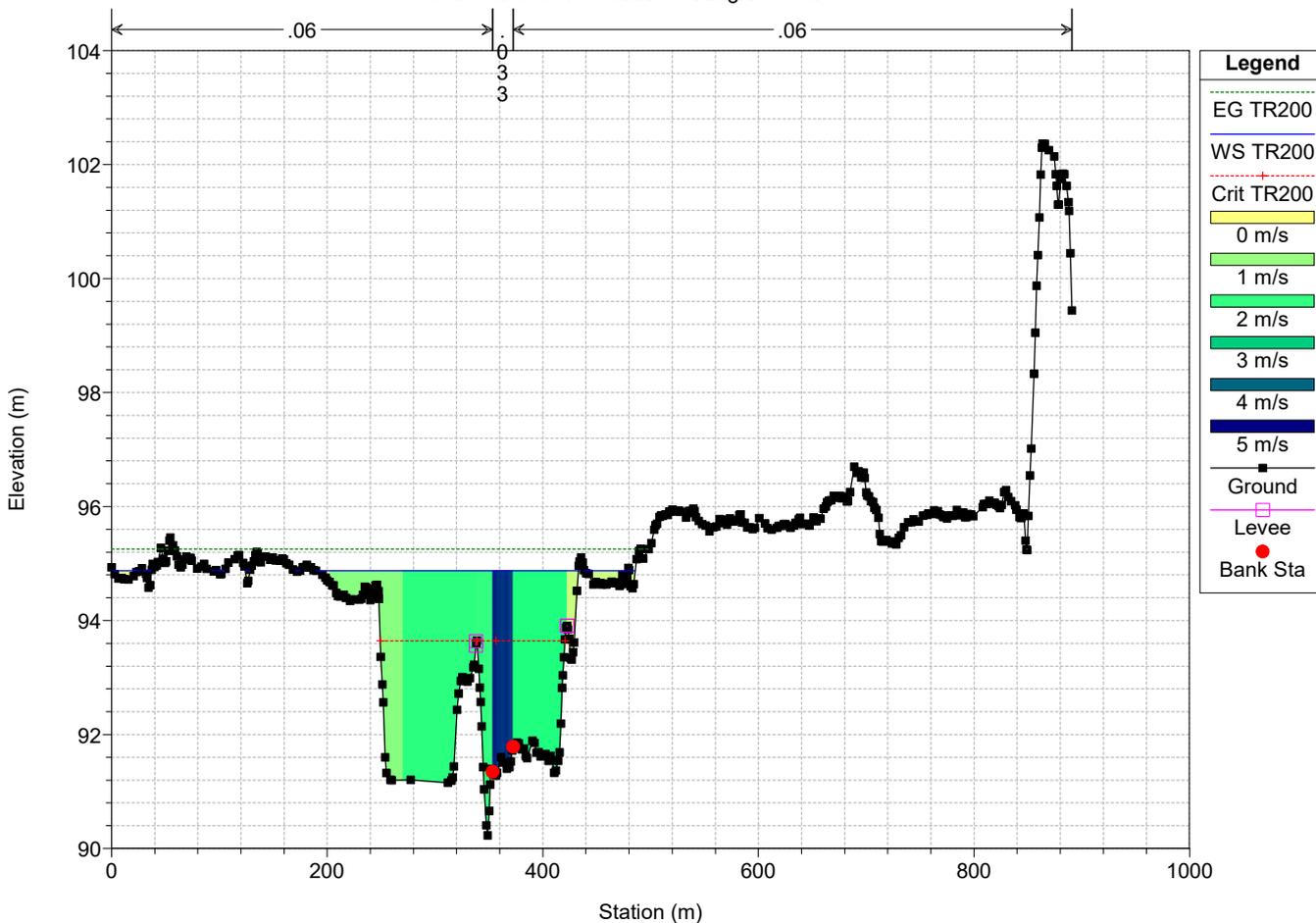
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 555



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

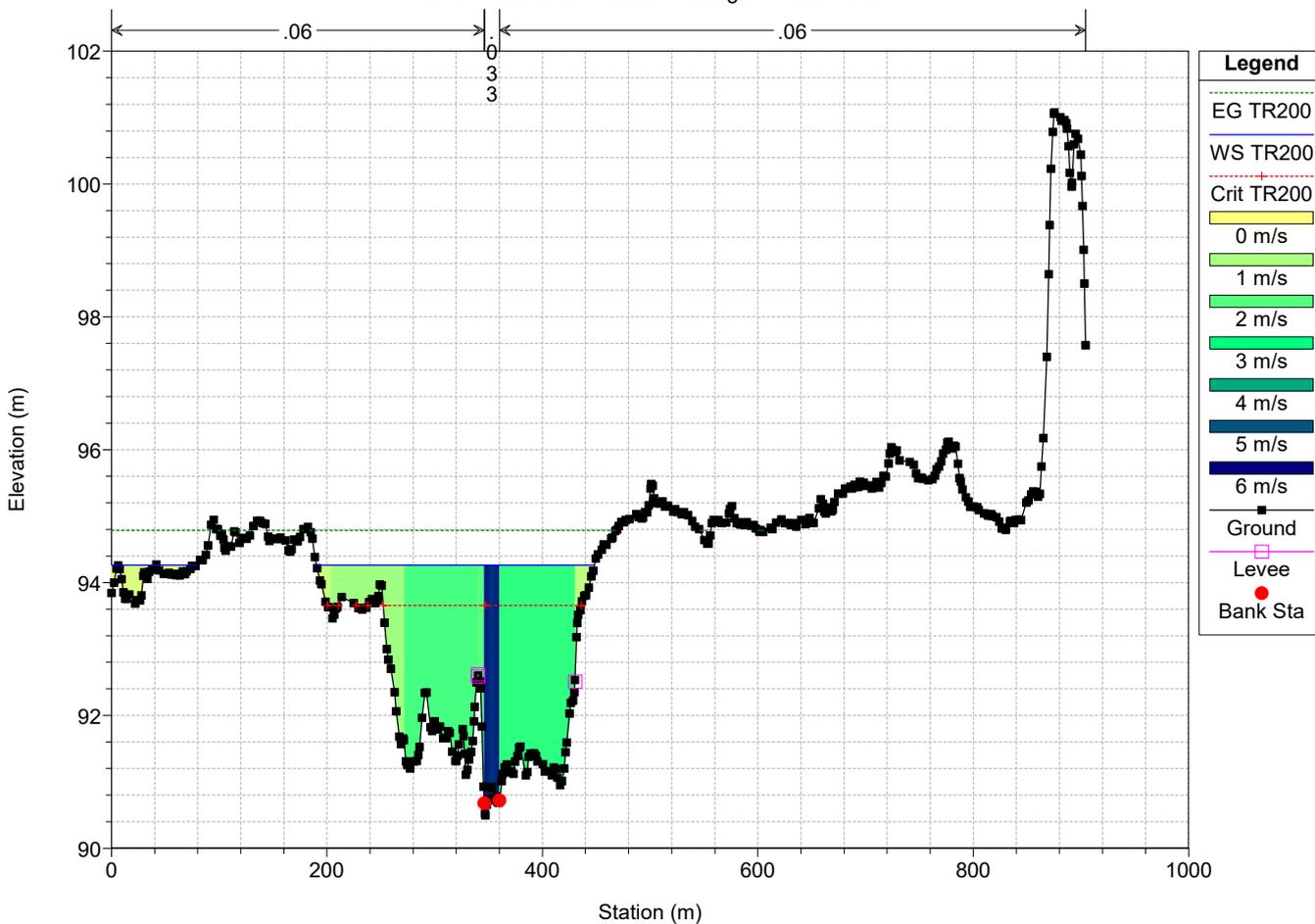
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 473



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

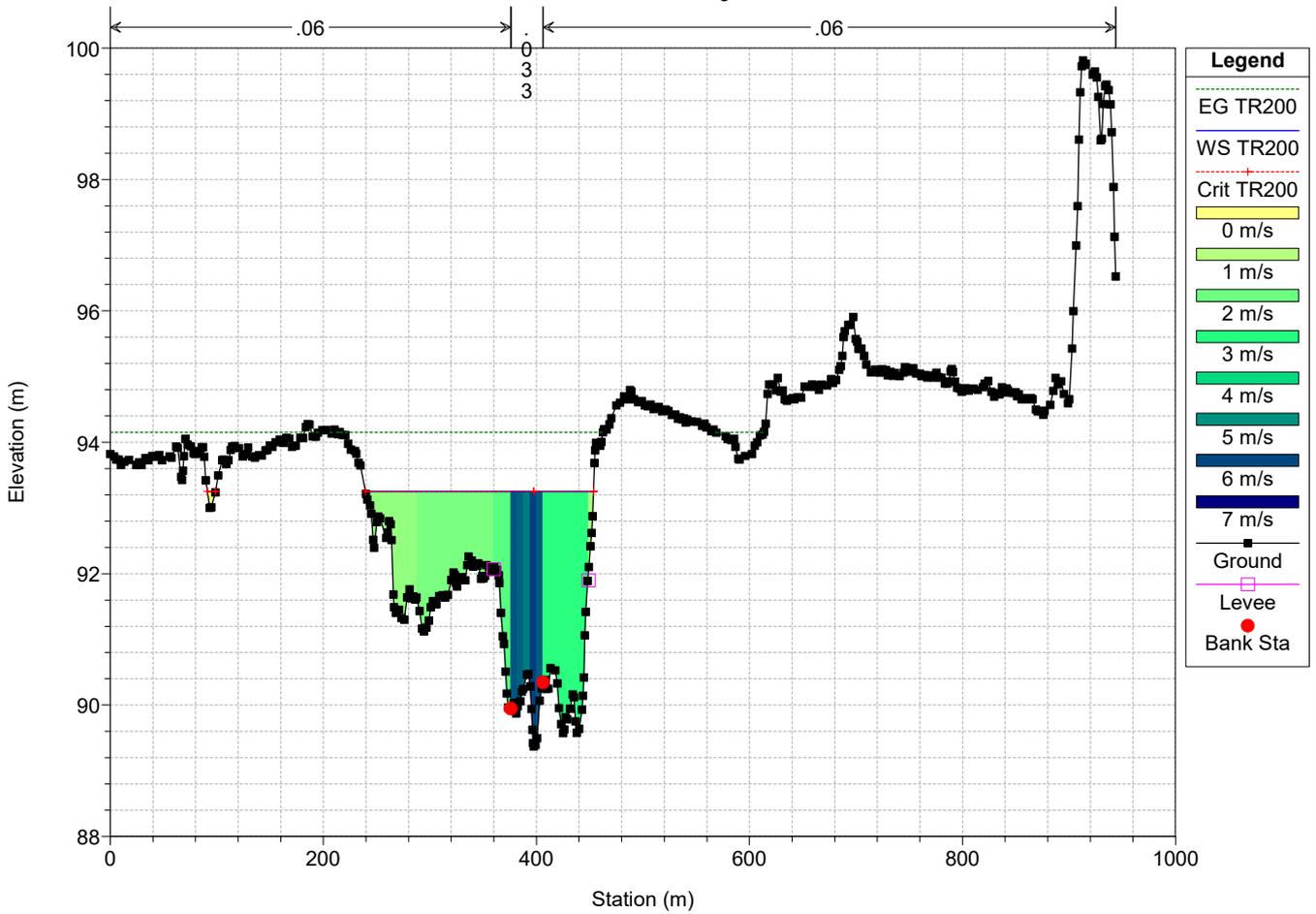
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 385



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

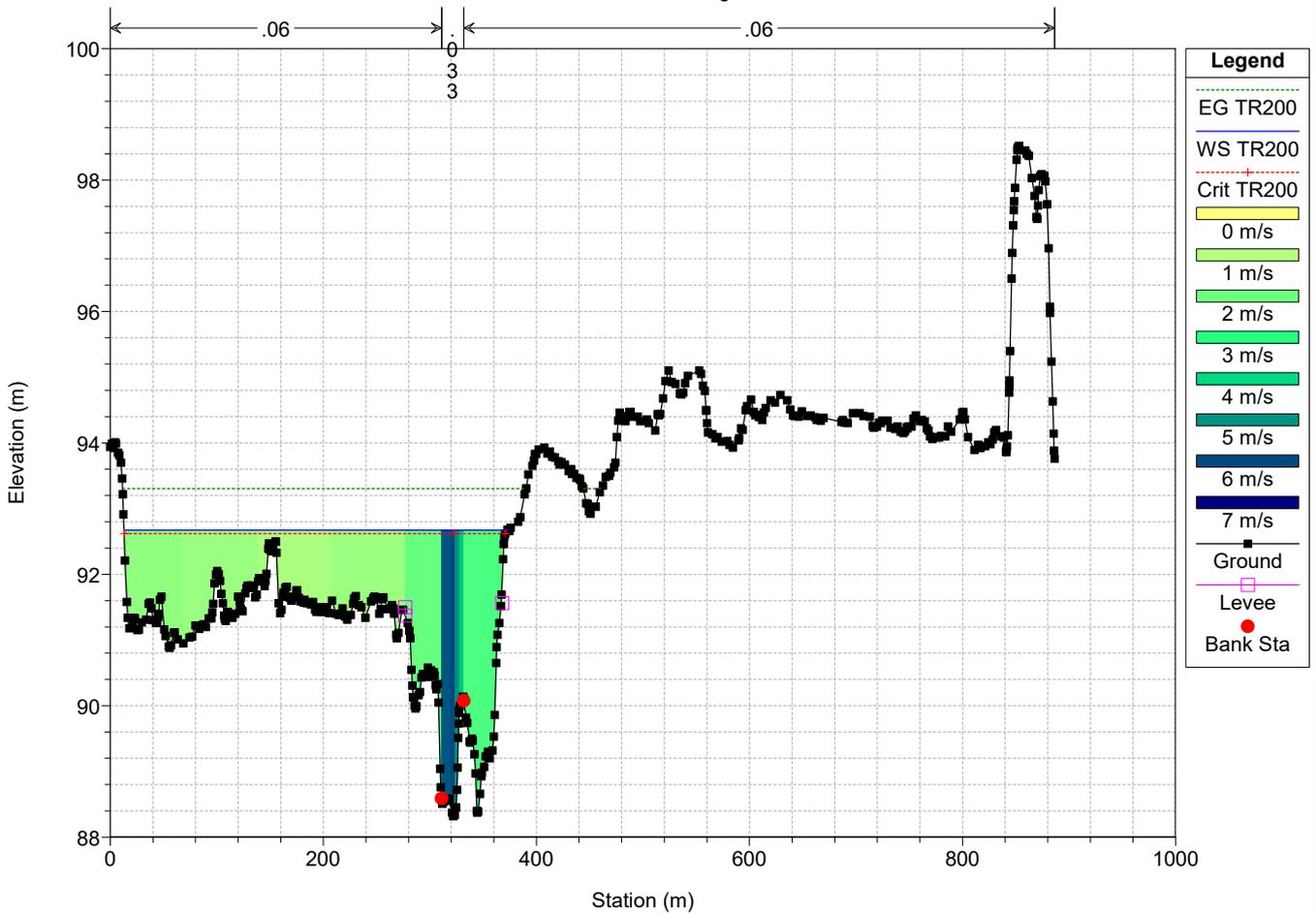
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 300



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

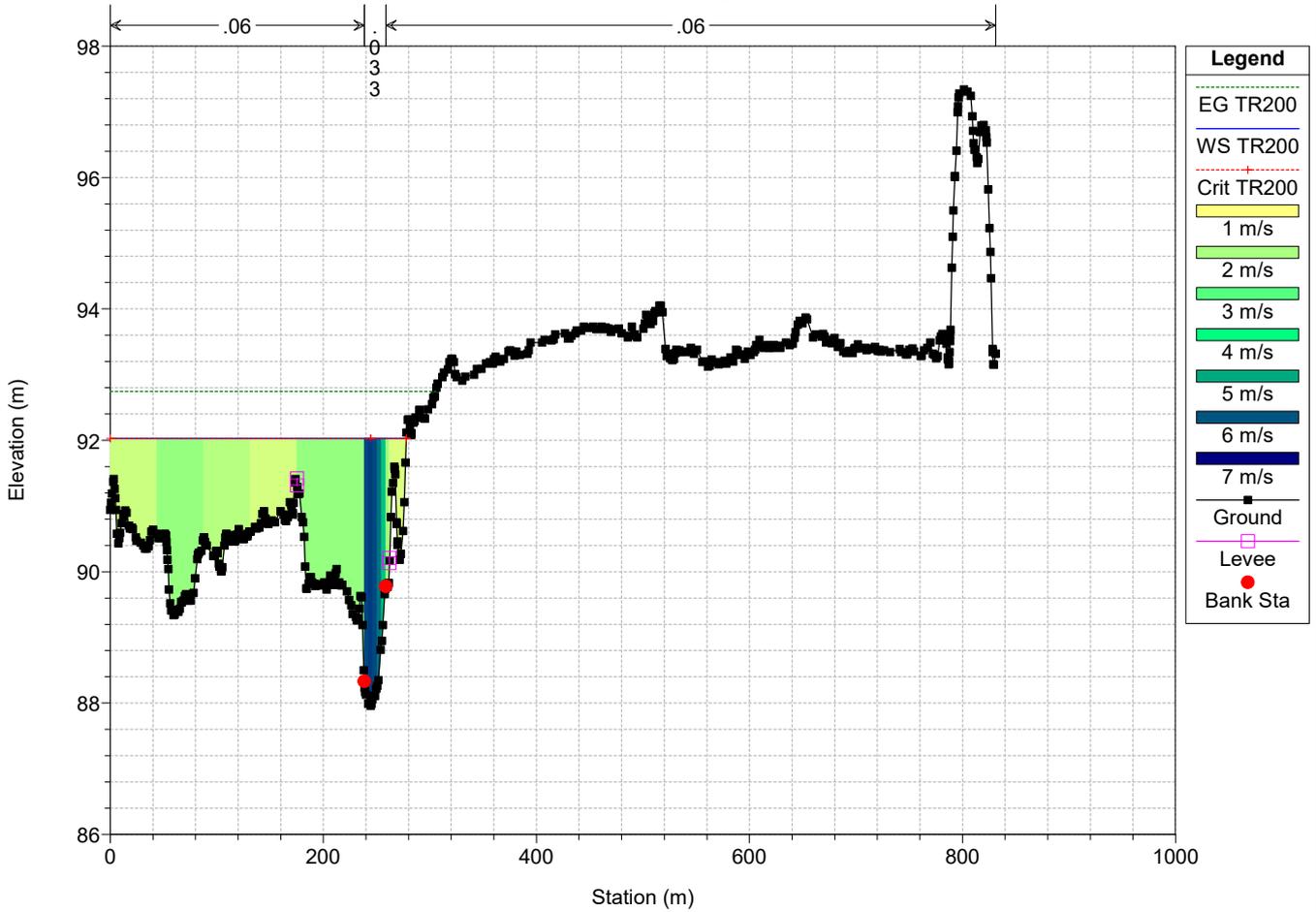
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 223



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

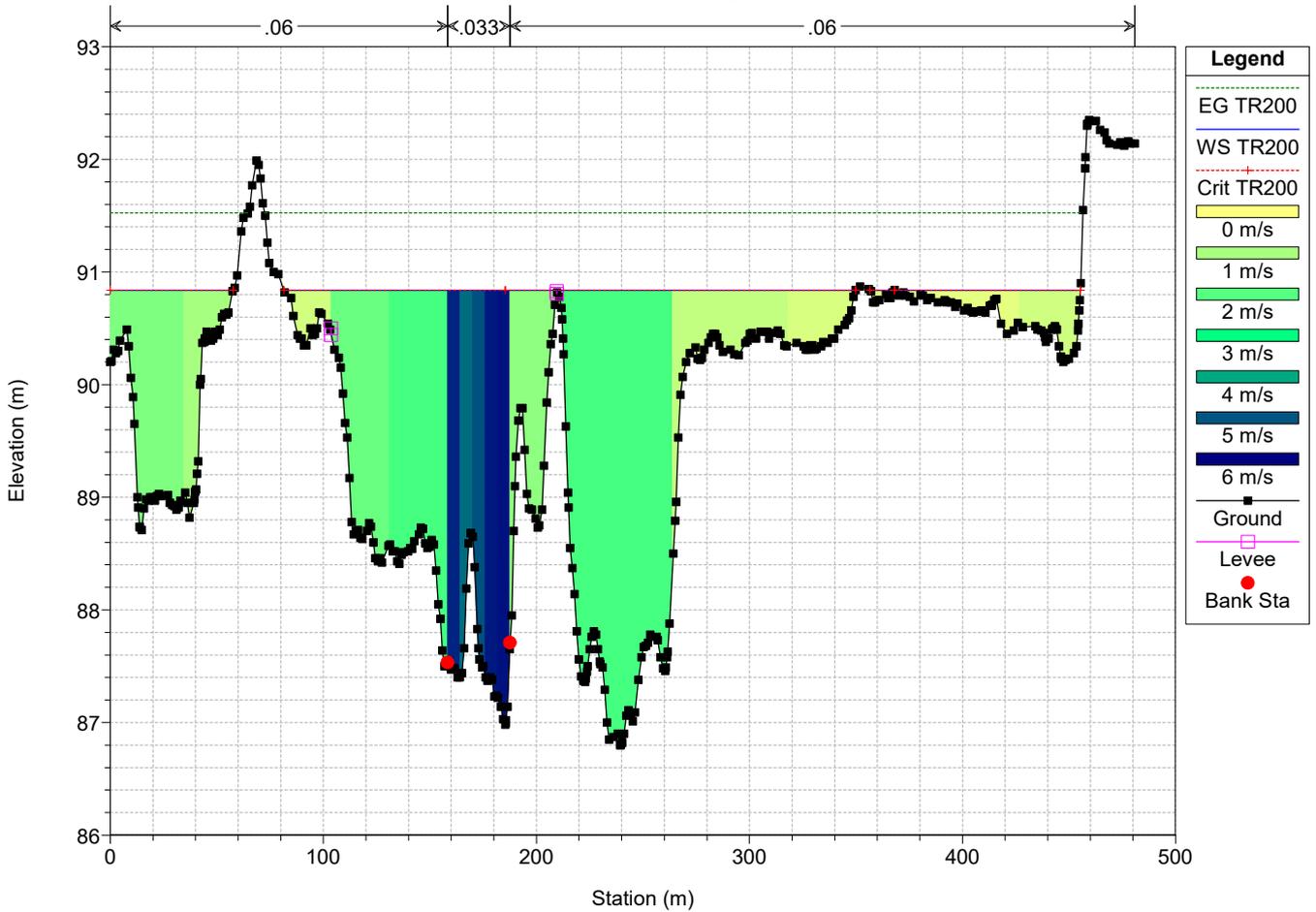
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 137



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI FATTO

Geom: STATO DI FATTO

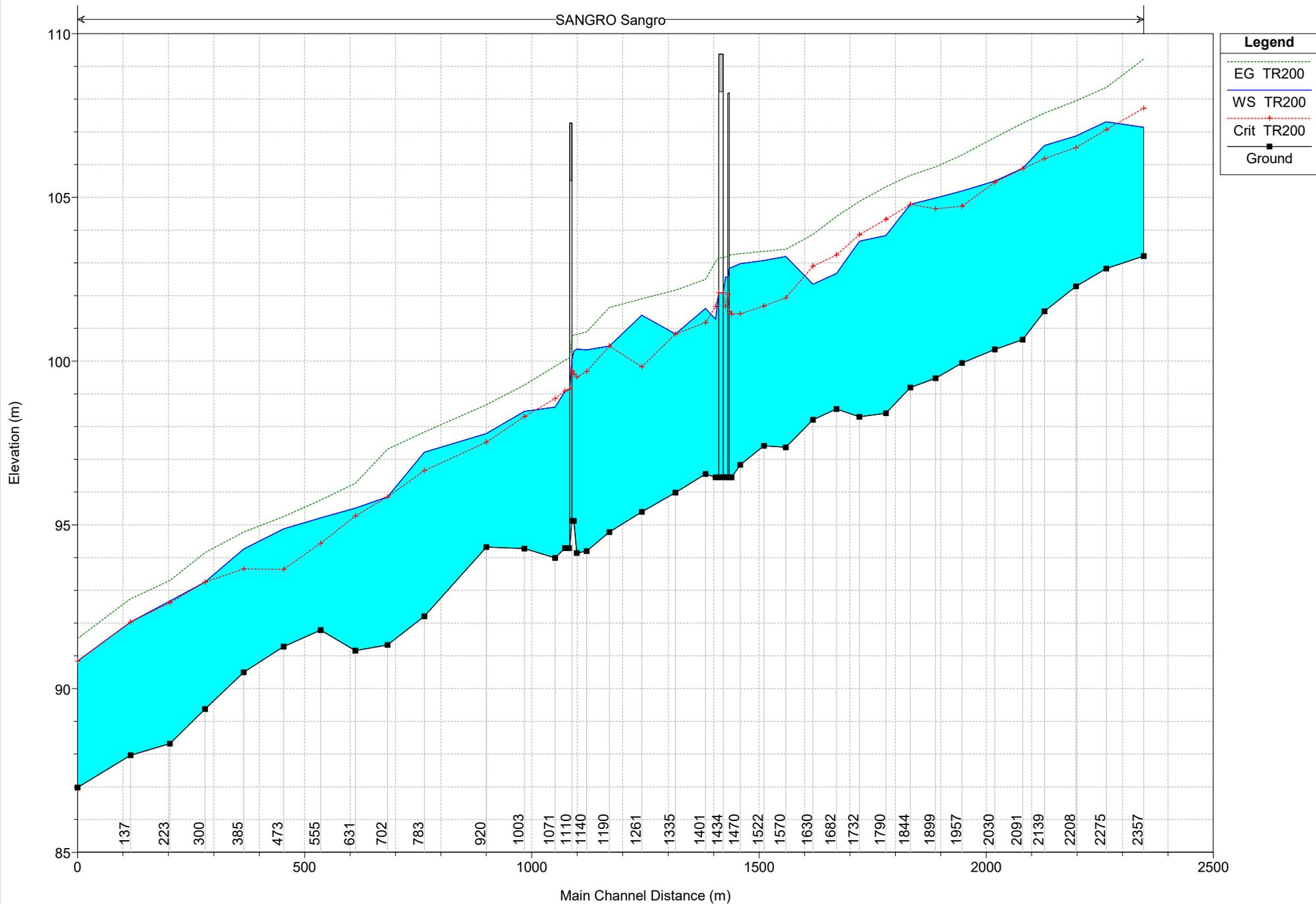
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 20



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

SANGRO Sangro

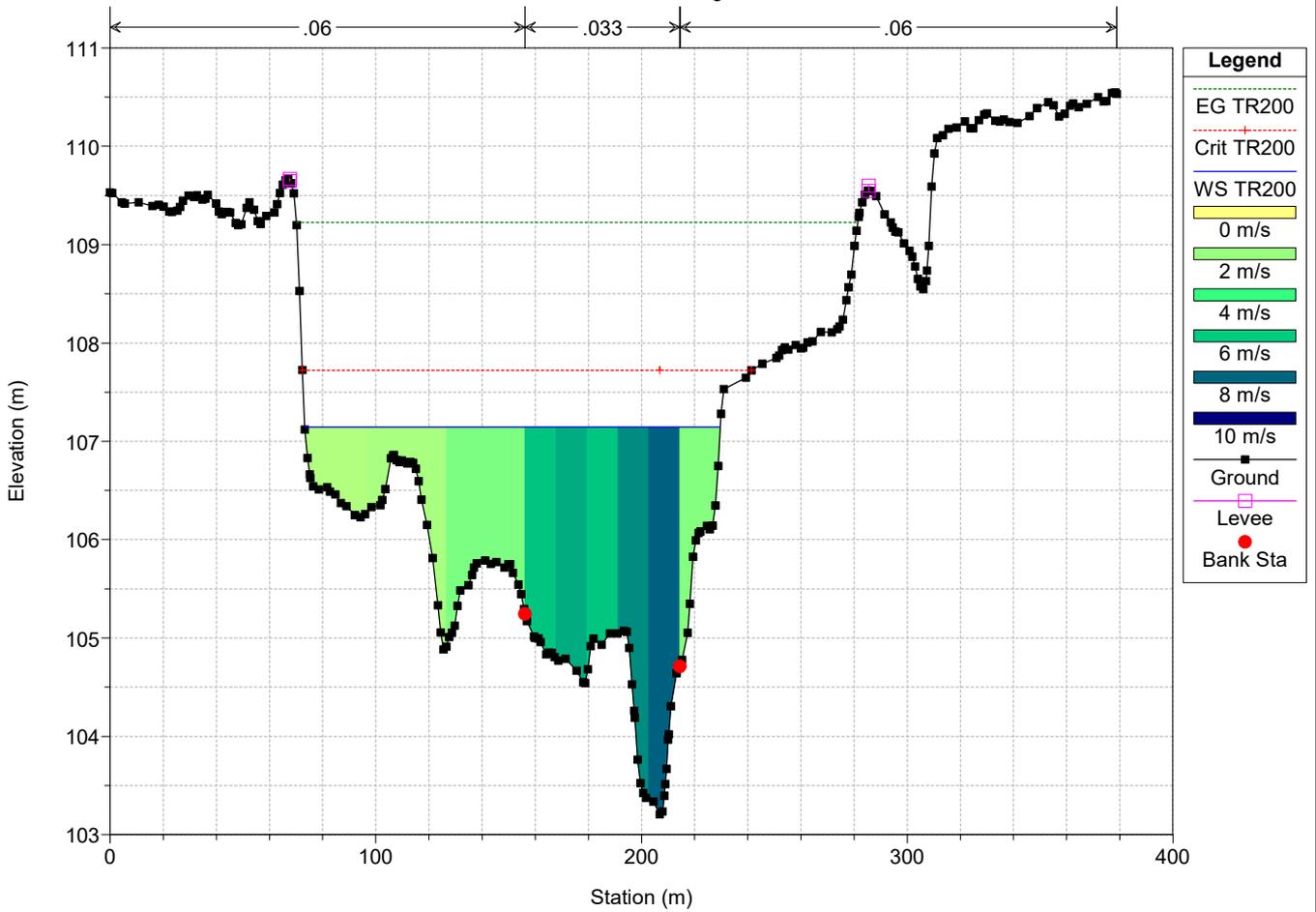


Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Sangro	2357	TR200	1294.00	103.21	107.14	107.72	109.23	0.015008	6.99	259.56	156.31	1.38
Sangro	2275	TR200	1294.00	102.83	107.31	107.07	108.36	0.006217	5.86	412.28	184.31	0.95
Sangro	2208	TR200	1294.00	102.29	106.88	106.52	107.95	0.005852	5.43	399.45	190.53	0.91
Sangro	2139	TR200	1294.00	101.52	106.59	106.18	107.57	0.004524	5.07	372.90	141.62	0.81
Sangro	2091	TR200	1294.00	100.65	105.89	105.88	107.27	0.006855	5.51	287.27	110.64	0.97
Sangro	2030	TR200	1294.00	100.36	105.50	105.46	106.83	0.006738	6.17	339.34	129.65	0.99
Sangro	1957	TR200	1294.00	99.94	105.19	104.73	106.29	0.006228	6.36	422.21	198.70	0.95
Sangro	1899	TR200	1294.00	99.47	104.98	104.65	105.93	0.004826	5.81	426.87	222.02	0.85
Sangro	1844	TR200	1294.00	99.19	104.79	104.79	105.67	0.003957	5.73	508.24	275.06	0.80
Sangro	1790	TR200	1294.00	98.41	103.84	104.33	105.32	0.007685	7.27	386.48	219.16	1.08
Sangro	1732	TR200	1294.00	98.30	103.66	103.86	104.88	0.006137	6.07	384.21	201.50	0.95
Sangro	1682	TR200	1294.00	98.54	102.68	103.24	104.42	0.010836	7.75	378.29	245.01	1.26
Sangro	1630	TR200	1294.00	98.21	102.35	102.90	103.87	0.008321	6.77	334.59	147.98	1.10
Sangro	1570	TR200	1294.00	97.37	103.20	101.94	103.41	0.001085	2.71	720.85	291.56	0.41
Sangro	1522	TR200	1294.00	97.41	103.07	101.68	103.35	0.001304	3.10	687.31	285.51	0.45
Sangro	1470	TR200	1294.00	96.83	102.98	101.44	103.28	0.001224	3.33	704.29	289.19	0.45
Sangro	1445	TR200	1294.00	96.45	102.86	101.44	103.25	0.001482	3.07	573.84	220.59	0.47
Sangro	1440 BR U	TR200	1294.00	96.45	102.84	101.51	103.24	0.001866	3.13	549.93	212.65	0.48
Sangro	1440 BR D	TR200	1294.00	96.45	102.56	102.04	103.20	0.002282	4.56	491.00	202.97	0.59
Sangro	1438	TR200	1294.00	96.45	102.57	101.67	103.18	0.002204	4.49	510.37	210.55	0.58
Sangro	1434 BR U	TR200	1294.00	96.45	102.09	102.09	103.15	0.006359	5.57	341.89	156.78	0.76
Sangro	1434 BR D	TR200	1294.00	96.45	102.09	102.09	103.15	0.006359	5.57	341.89	156.78	0.76
Sangro	1422	TR200	1294.00	96.45	101.28	101.67	103.04	0.007228	6.93	283.37	124.00	1.02
Sangro	1401	TR200	1294.00	96.55	101.61	101.17	102.49	0.003573	5.08	404.97	188.08	0.75
Sangro	1335	TR200	1294.00	95.98	100.83	100.83	102.17	0.005289	6.10	286.98	115.07	0.91
Sangro	1261	TR200	1294.00	95.40	101.40	99.82	101.90	0.001640	3.75	472.90	169.32	0.51
Sangro	1190	TR200	1294.00	94.78	100.46	100.46	101.64	0.004919	6.44	427.35	168.68	0.89
Sangro	1140	TR200	1294.00	94.20	100.35	99.68	100.90	0.002526	4.55	593.35	225.72	0.63
Sangro	1119	TR200	1294.00	94.14	100.37	99.52	100.82	0.002015	4.15	632.98	209.50	0.57
Sangro	1112	TR200	1294.00	95.12	100.31	99.61	100.80	0.002825	4.10	566.44	209.04	0.64
Sangro	1110 BR U	TR200	1294.00	95.12	100.03	99.71	100.75	0.007635	4.93	423.88	171.84	0.79
Sangro	1110 BR D	TR200	1294.00	94.29	99.15	99.15	100.10	0.010758	6.07	383.97	172.20	0.94
Sangro	1093	TR200	1294.00	94.29	99.08	99.10	100.03	0.006006	5.88	448.58	207.54	0.93
Sangro	1071	TR200	1294.00	93.99	98.60	98.86	99.84	0.008545	6.68	395.18	201.78	1.10
Sangro	1003	TR200	1294.00	94.27	98.47	98.31	99.27	0.005824	5.96	462.71	192.98	0.94
Sangro	920	TR200	1294.00	94.32	97.78	97.52	98.67	0.008867	6.06	374.51	146.32	1.10
Sangro	783	TR200	1294.00	92.21	97.22	96.66	97.84	0.003727	4.80	528.45	209.38	0.75
Sangro	702	TR200	1294.00	91.33	95.85	95.85	97.31	0.008666	6.76	349.10	169.53	1.12
Sangro	631	TR200	1294.00	91.16	95.51	95.27	96.27	0.004769	5.10	480.17	210.72	0.83
Sangro	555	TR200	1294.00	91.79	95.21	94.43	95.76	0.007328	5.57	523.41	300.66	1.00
Sangro	473	TR200	1294.00	91.28	94.87	93.64	95.25	0.004371	4.54	596.22	340.27	0.78
Sangro	385	TR200	1294.00	90.50	94.26	93.65	94.78	0.006335	5.56	544.09	336.05	0.95
Sangro	300	TR200	1294.00	89.37	93.25	93.25	94.15	0.007607	5.75	424.04	221.66	1.02
Sangro	223	TR200	1294.00	88.32	92.67	92.62	93.30	0.005800	5.50	580.20	360.66	0.91
Sangro	137	TR200	1294.00	87.96	92.03	92.03	92.74	0.006933	5.88	512.84	277.89	0.99
Sangro	20	TR200	1294.00	86.98	90.84	90.84	91.52	0.006793	5.41	551.11	424.61	0.96

ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

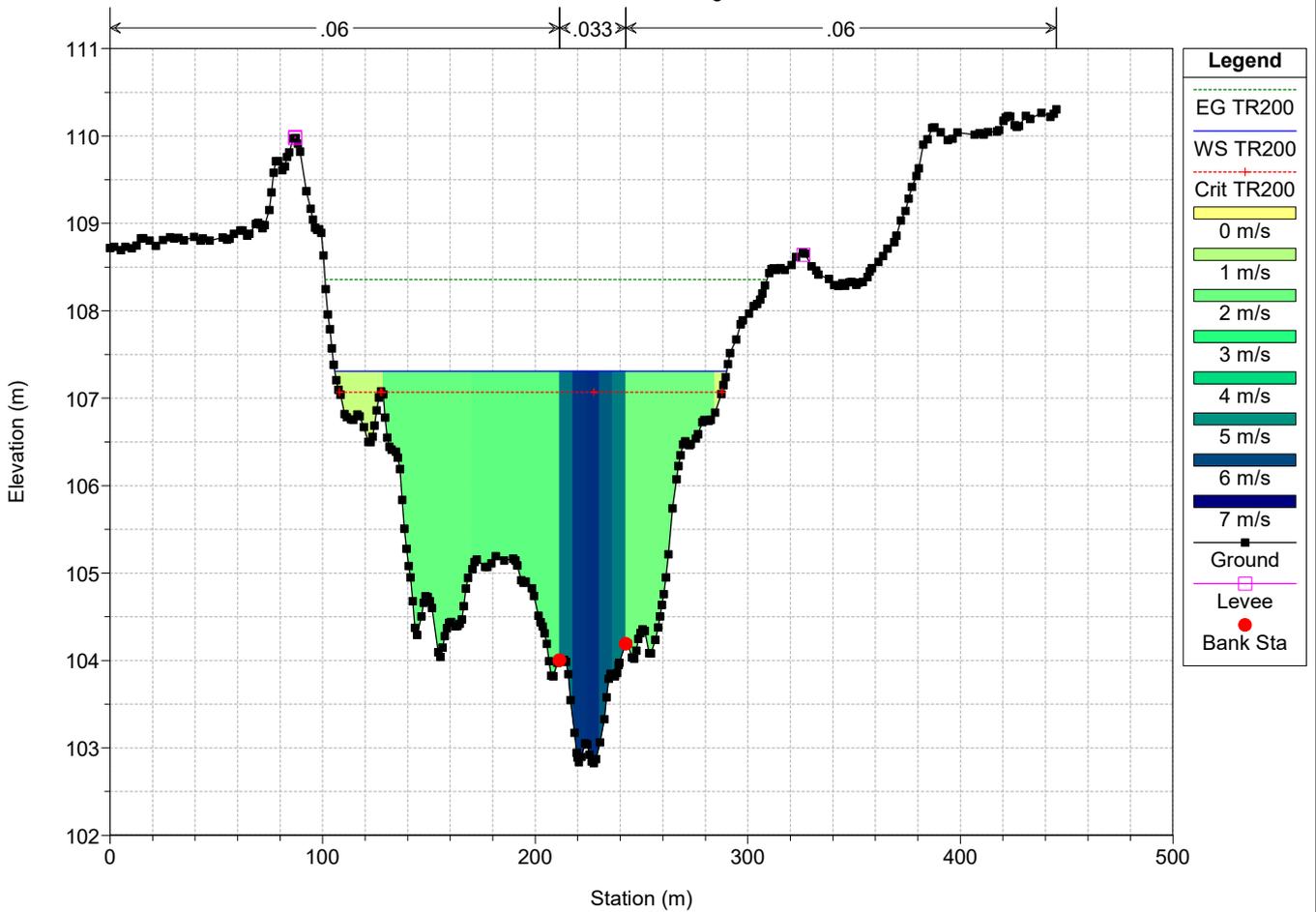
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 2357



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

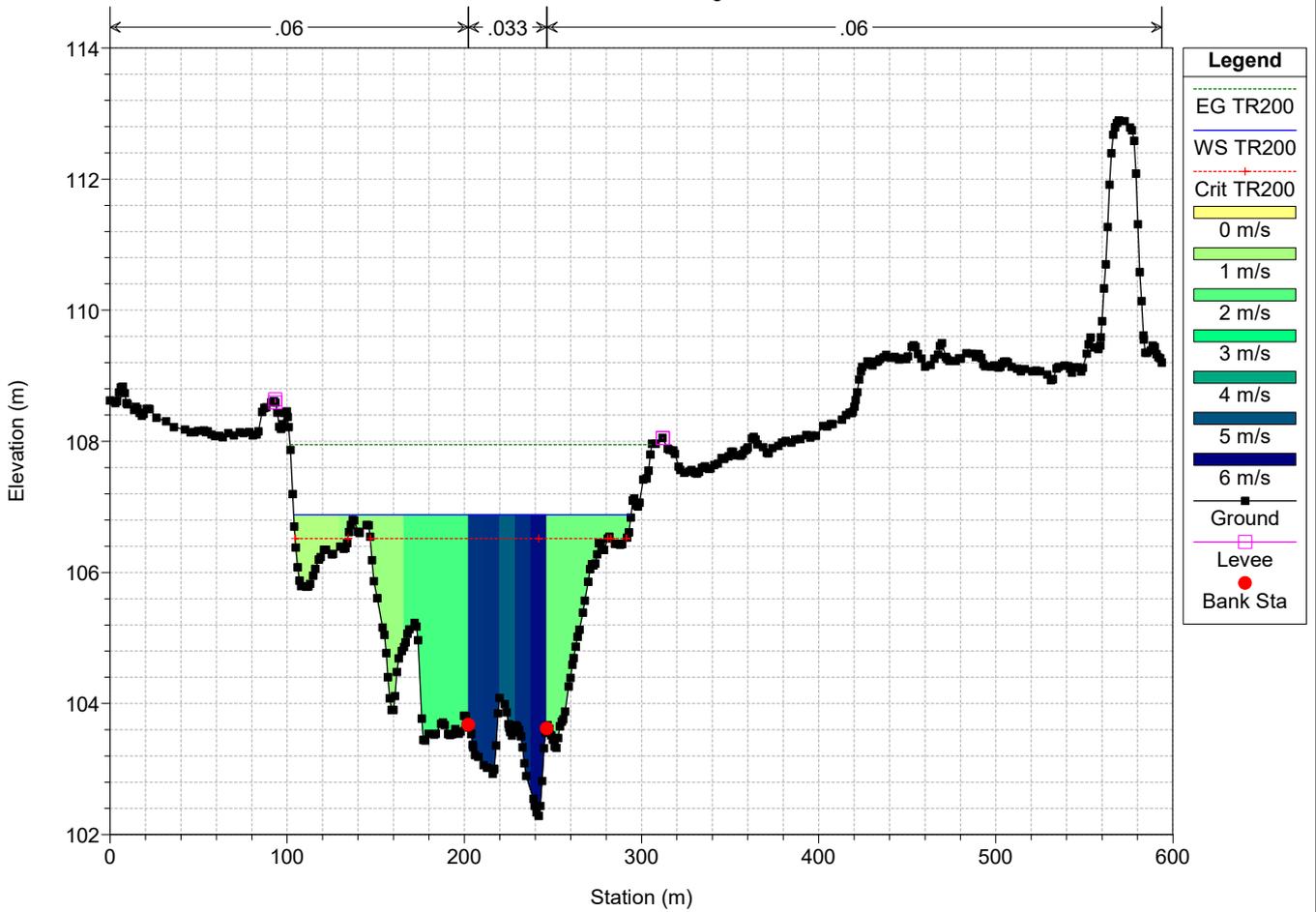
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 2275



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

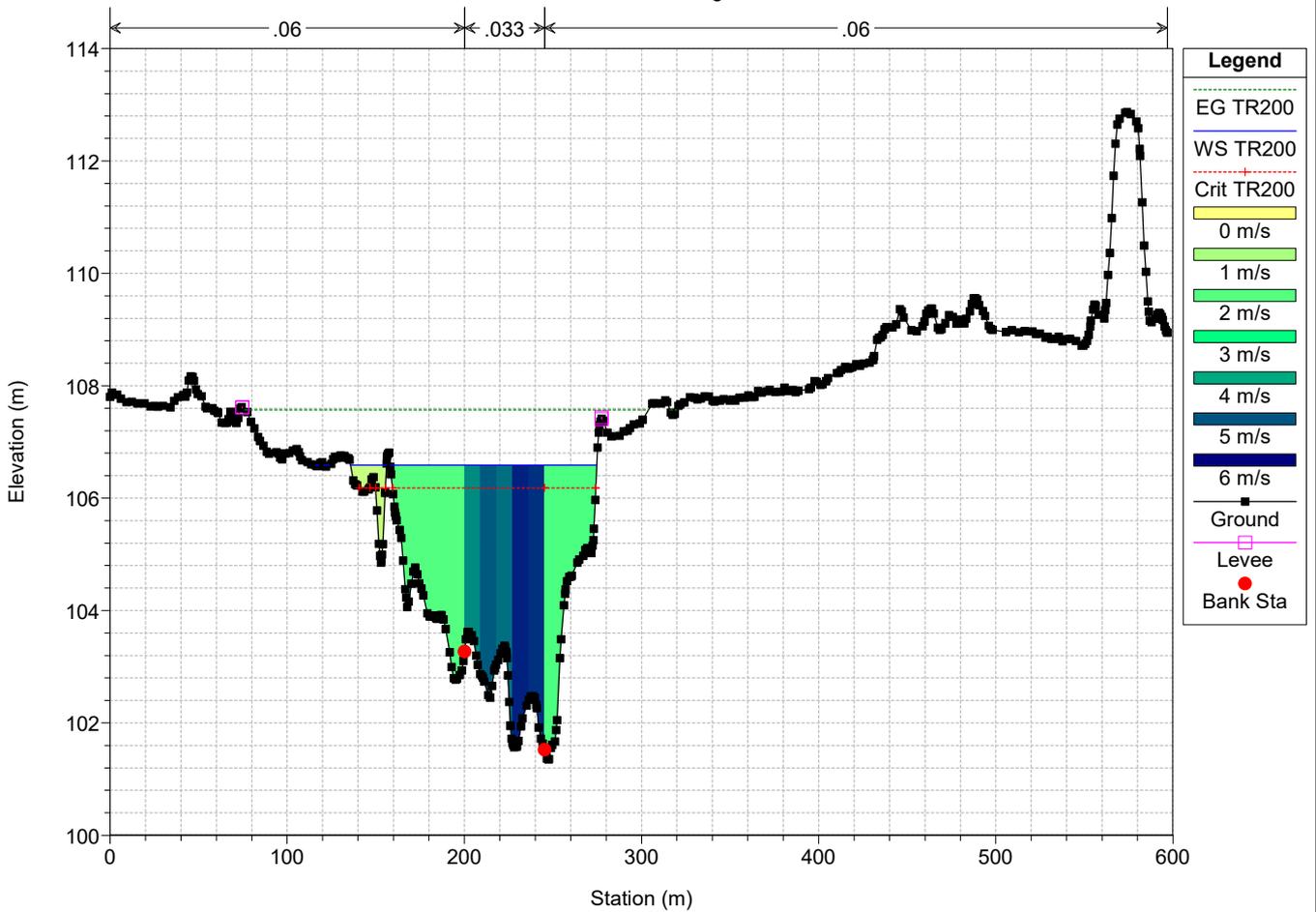
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 2208



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

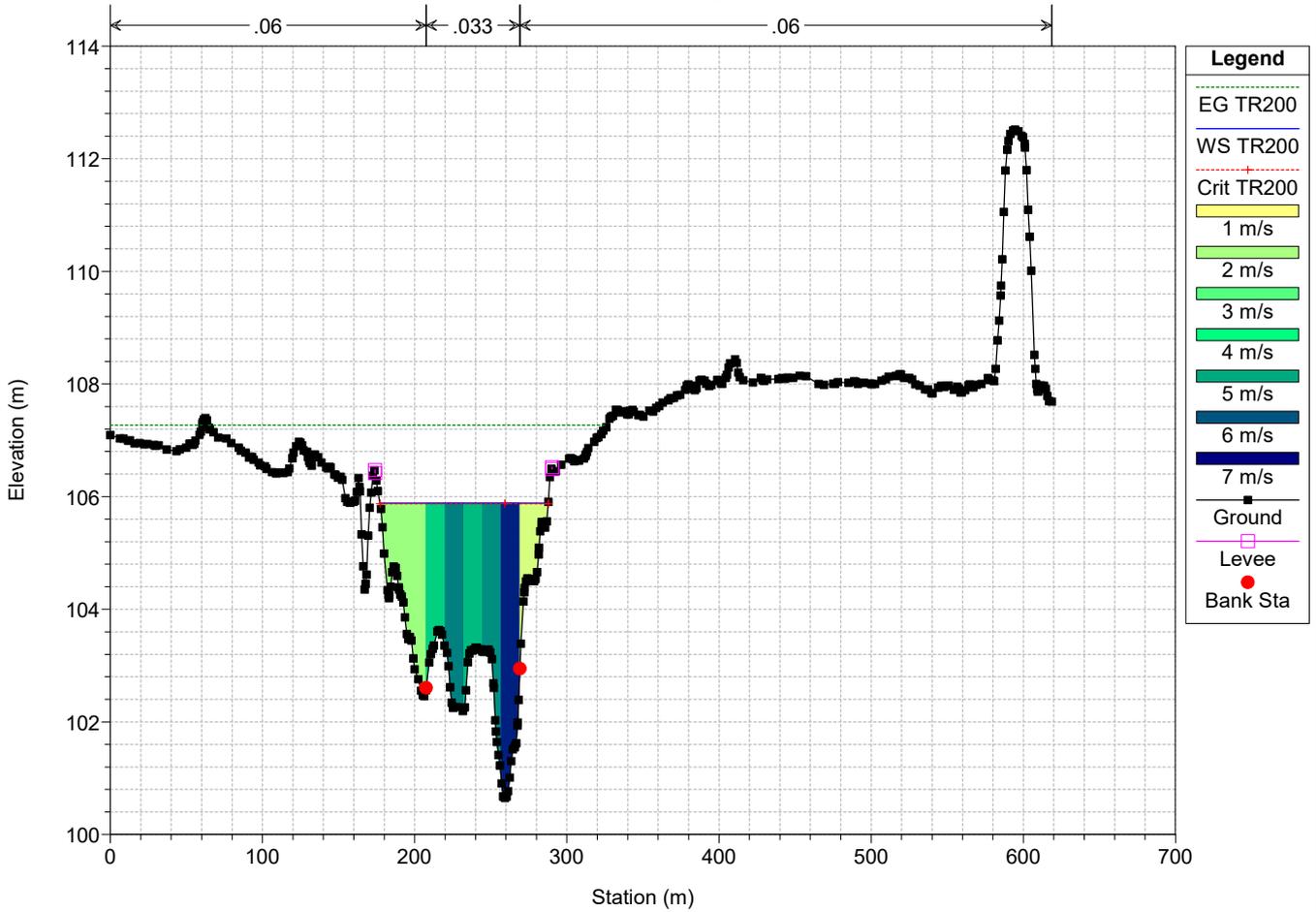
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 2139



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

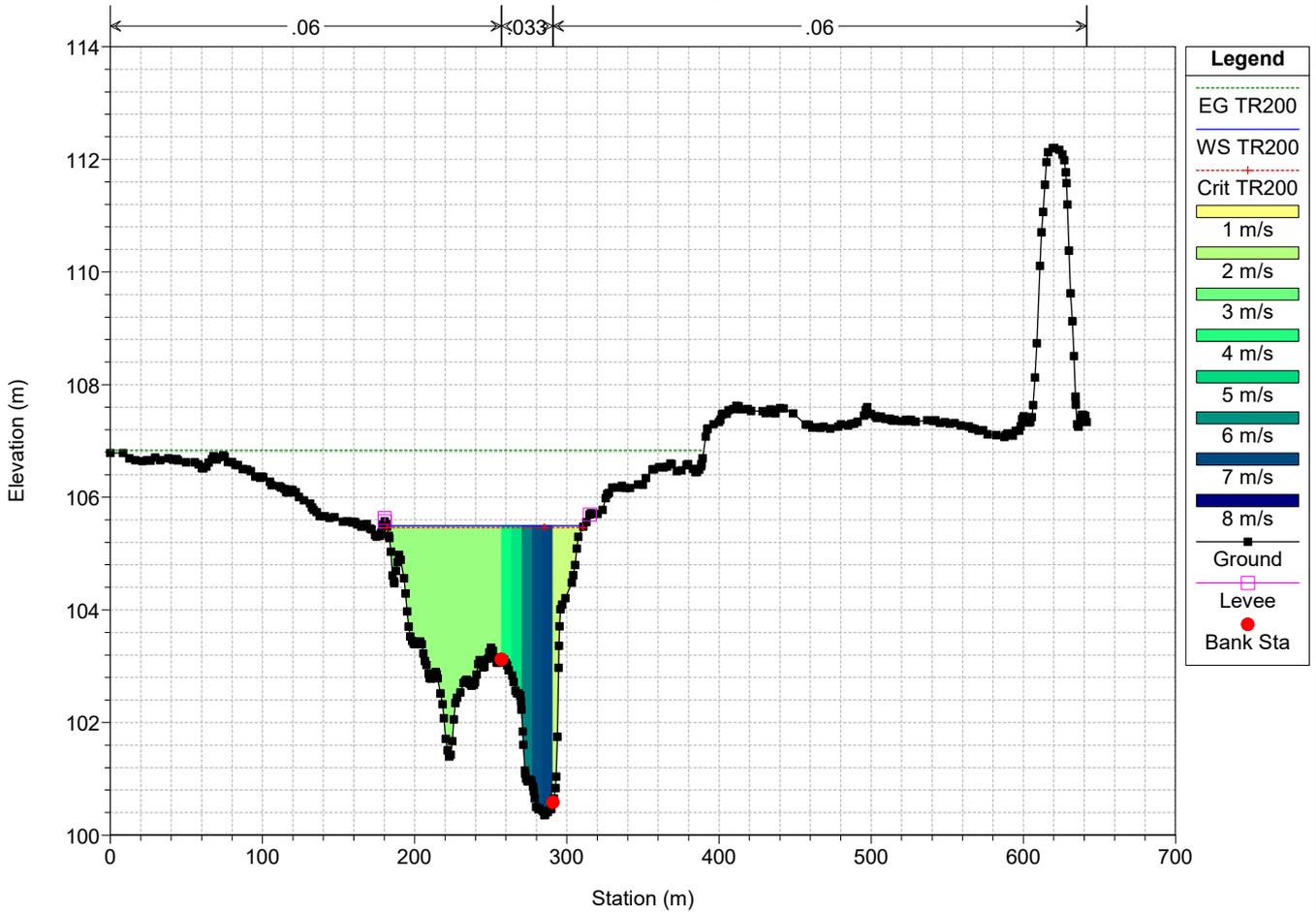
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 2091



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

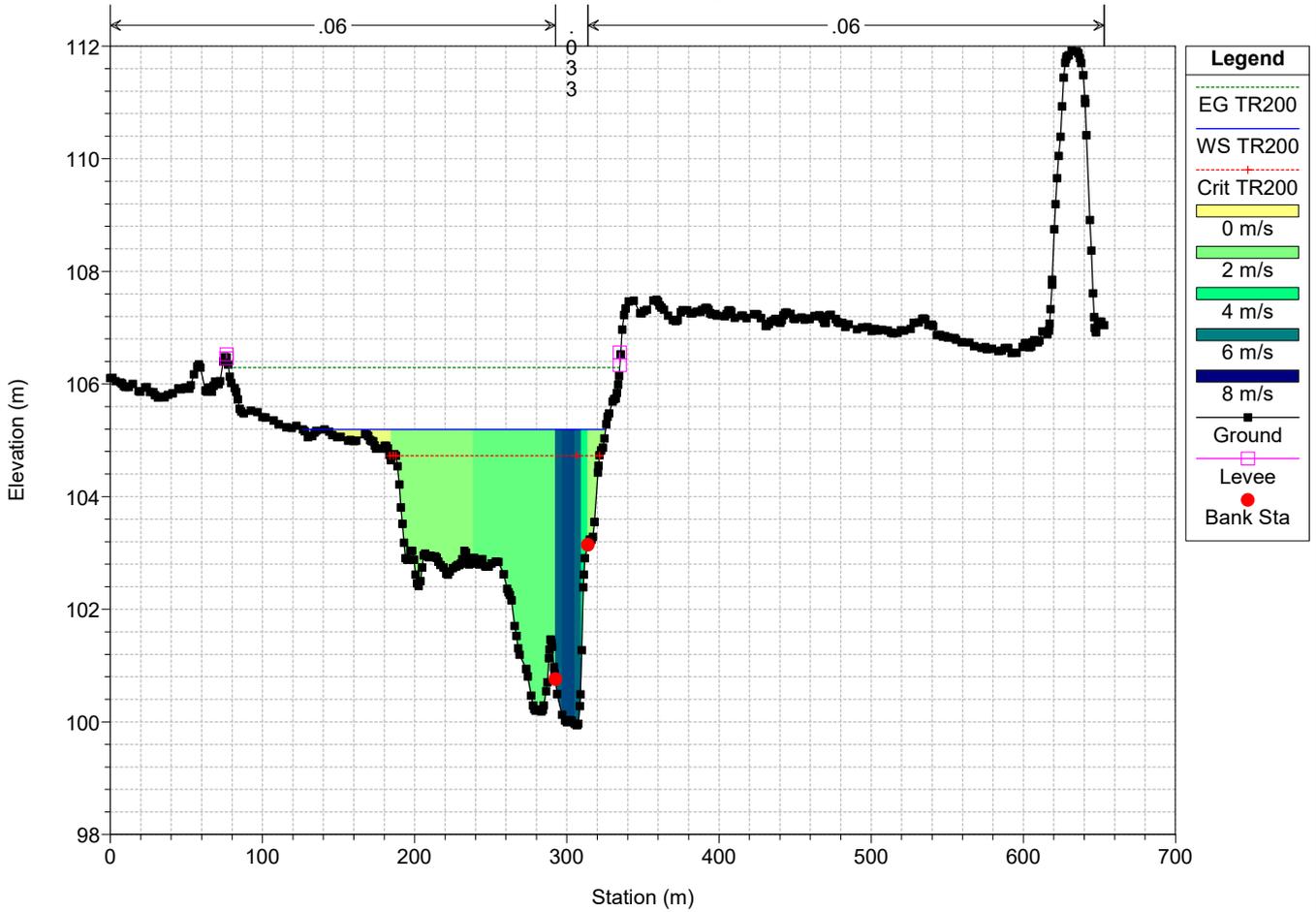
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 2030



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

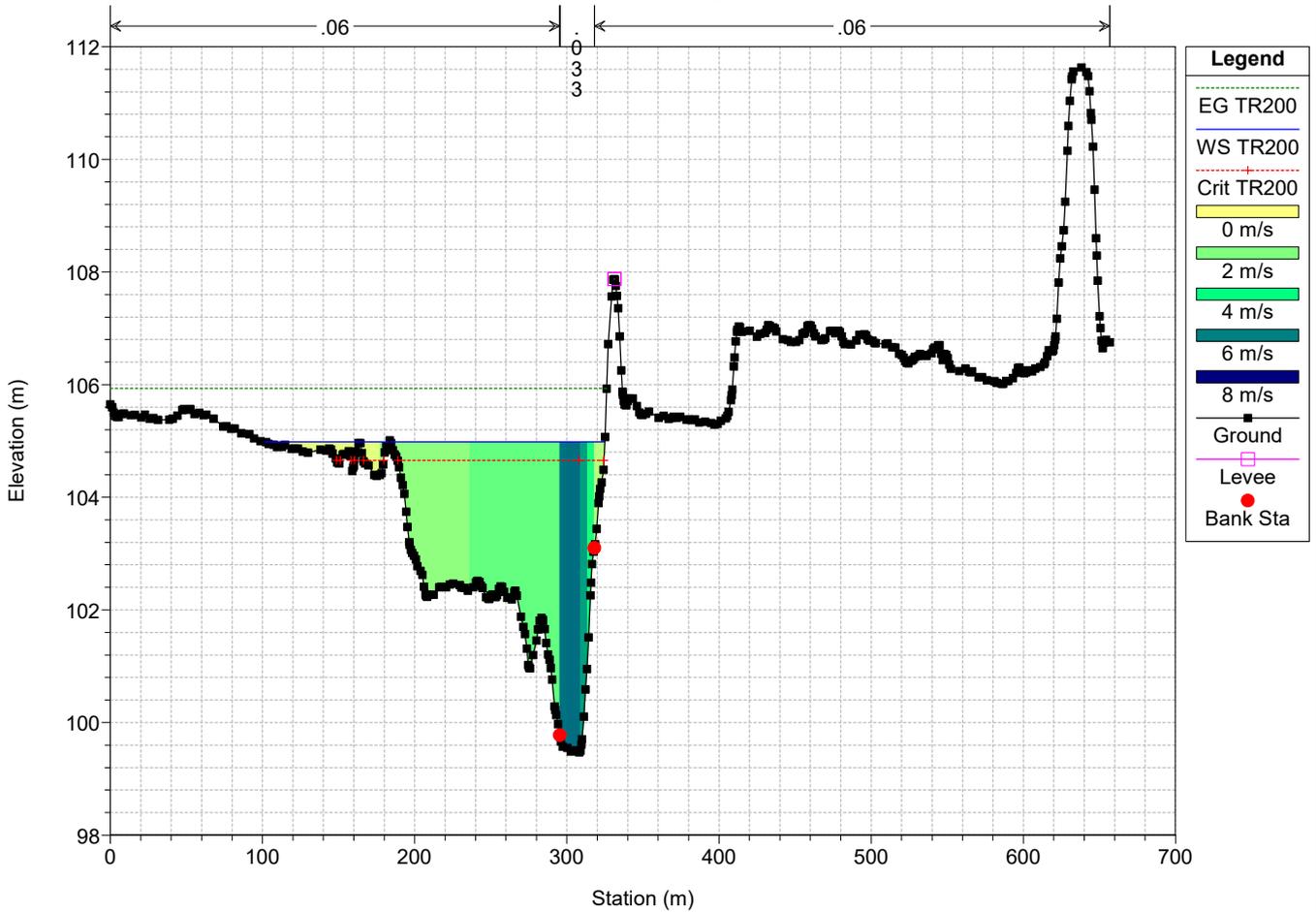
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1957



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

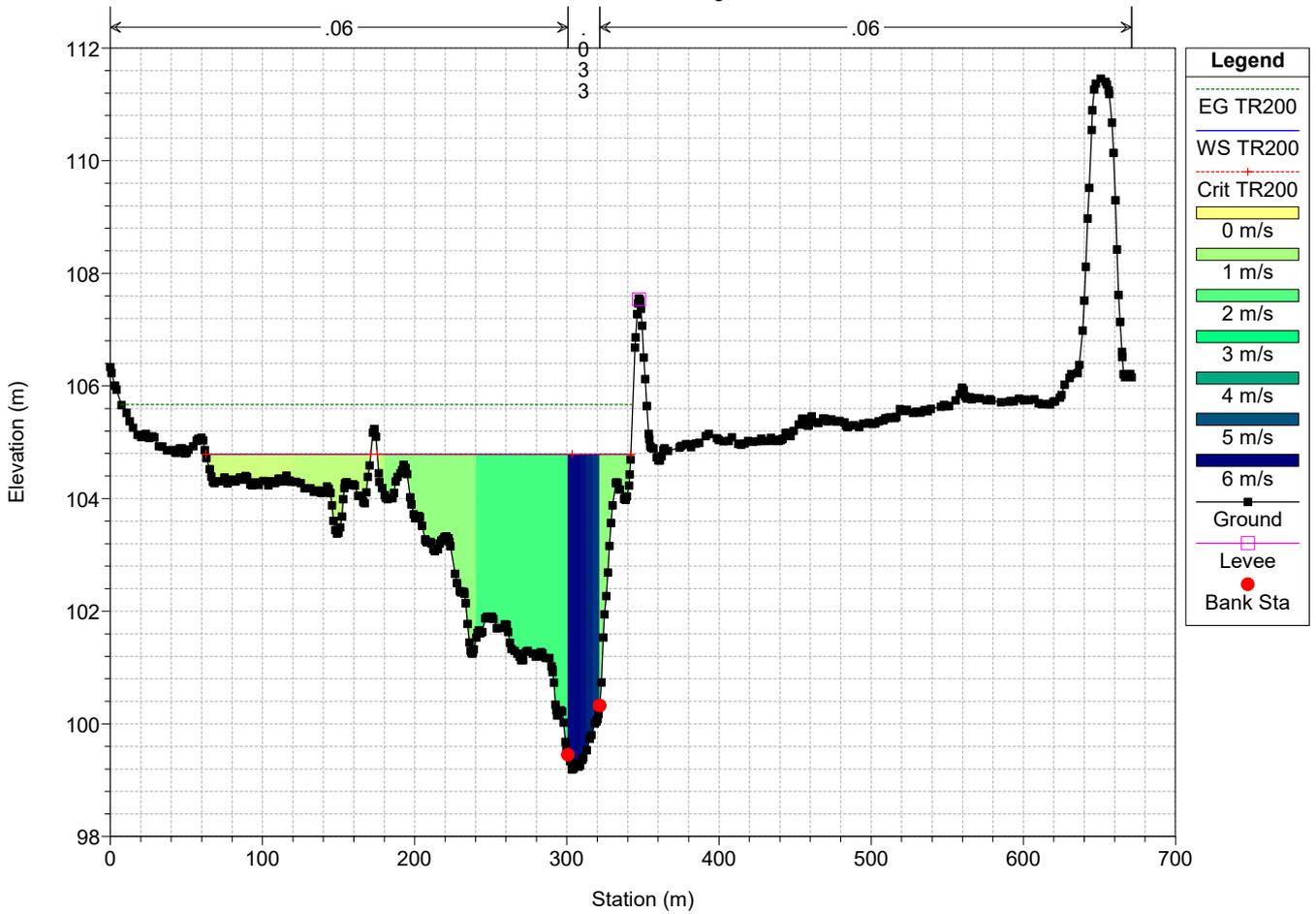
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1899



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

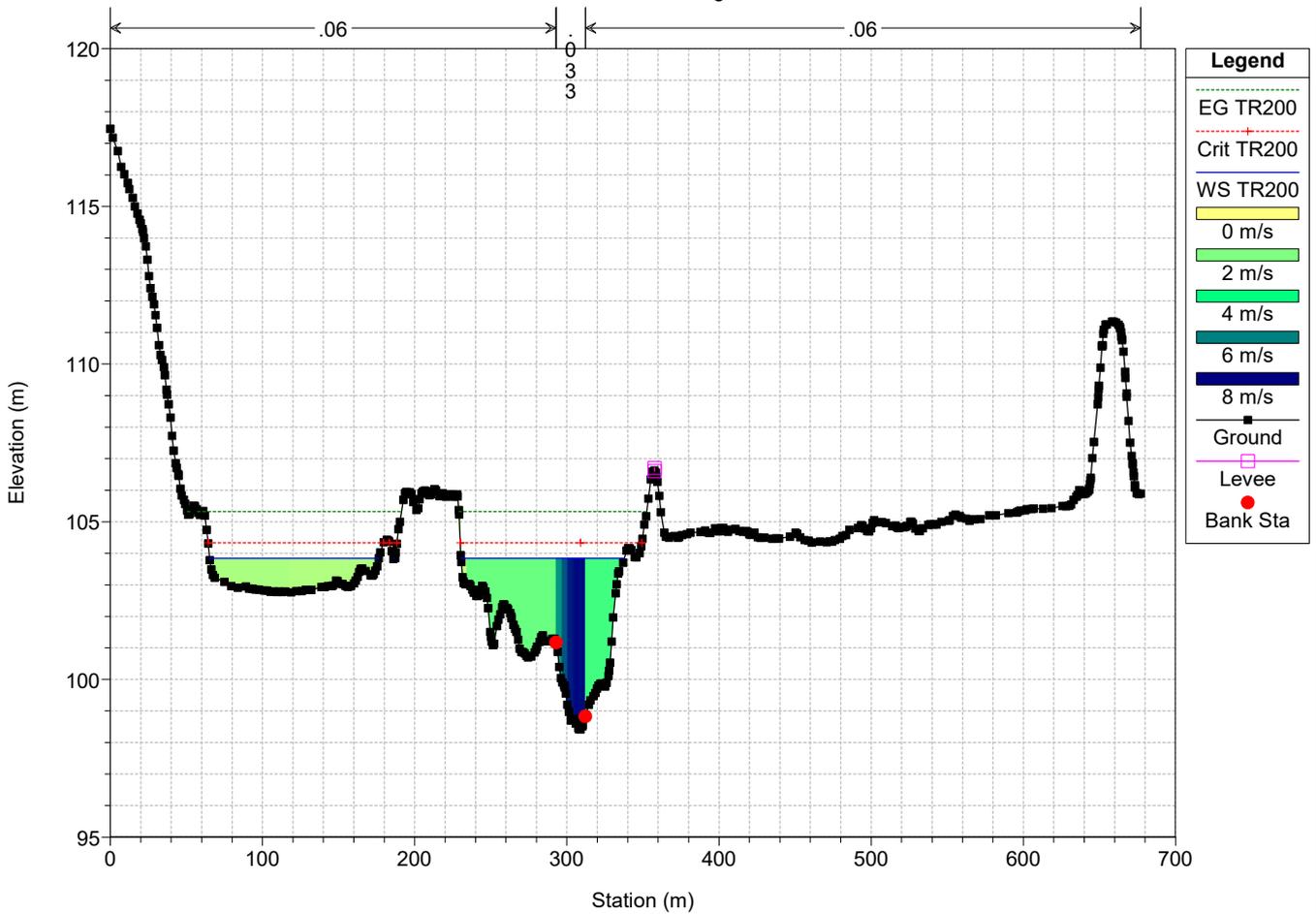
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1844



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

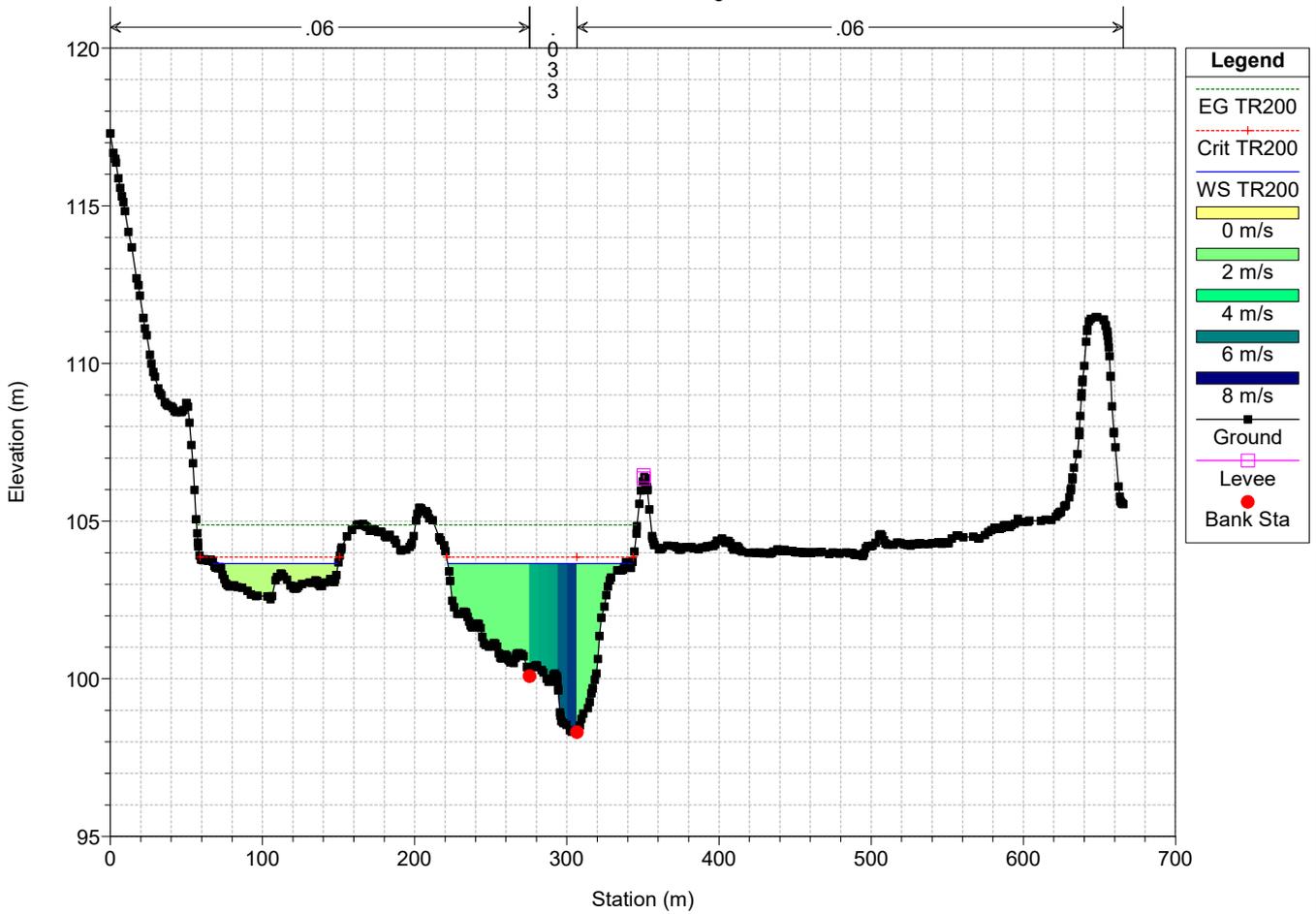
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1790



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

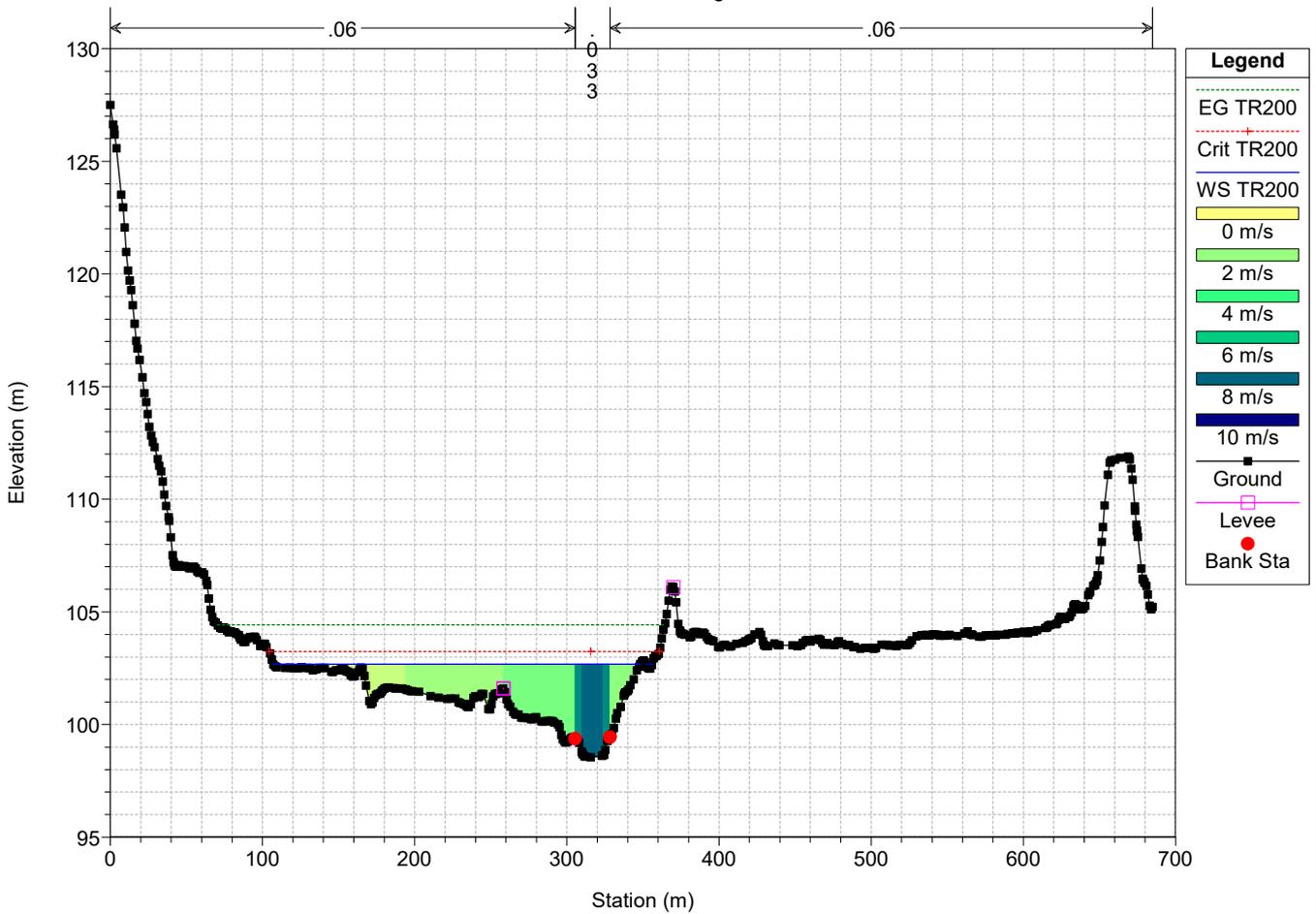
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1732



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

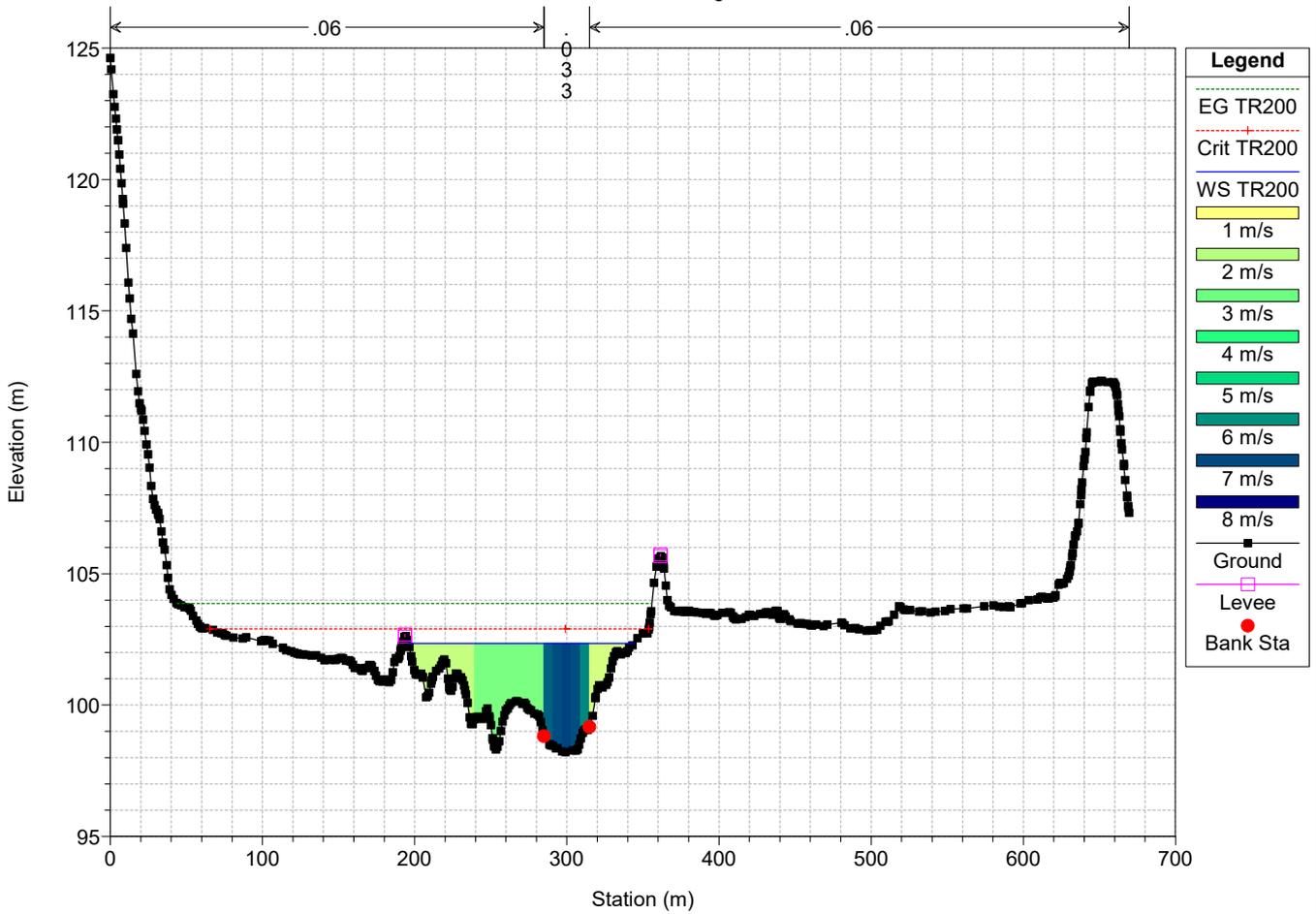
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1682



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

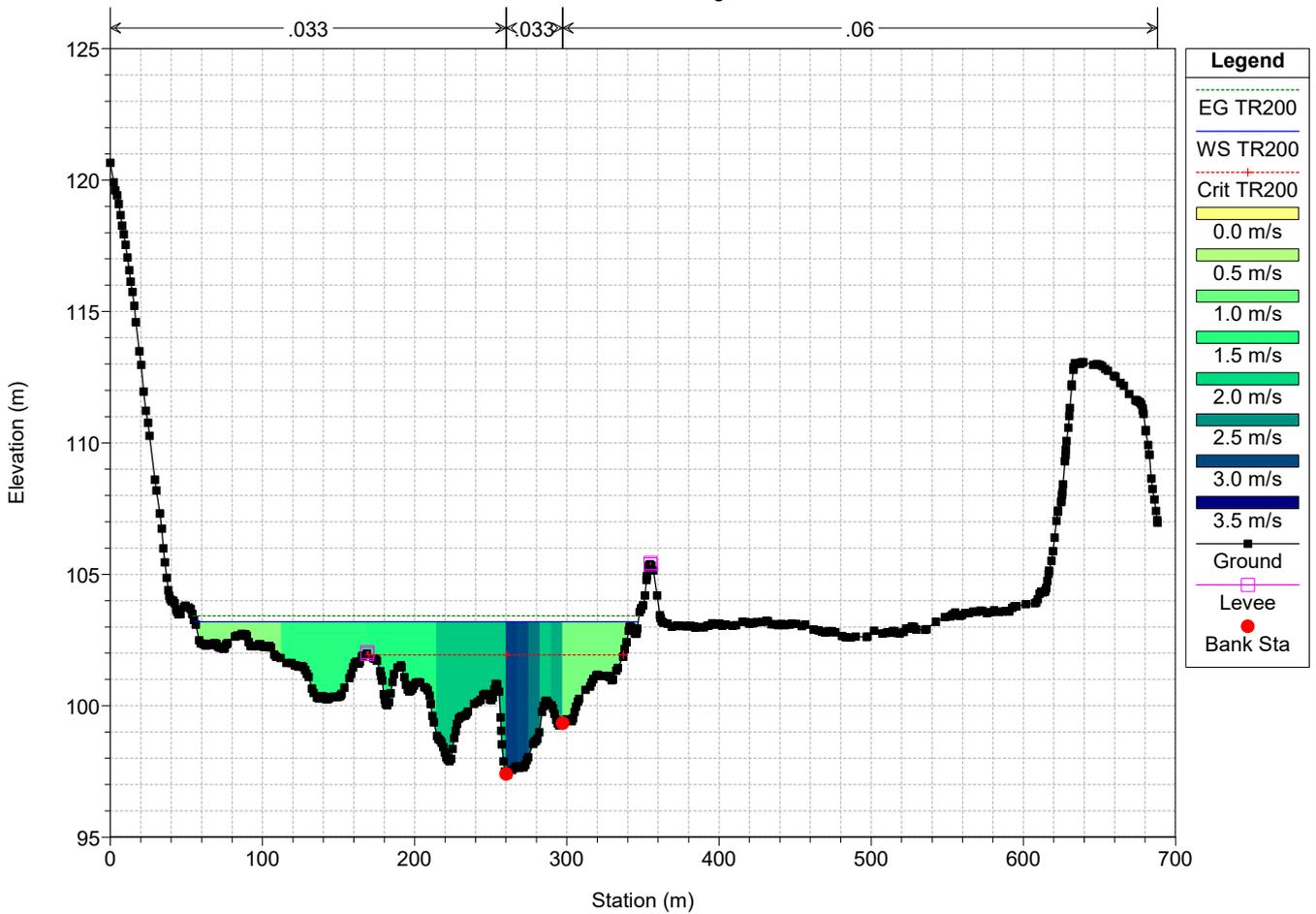
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1630



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

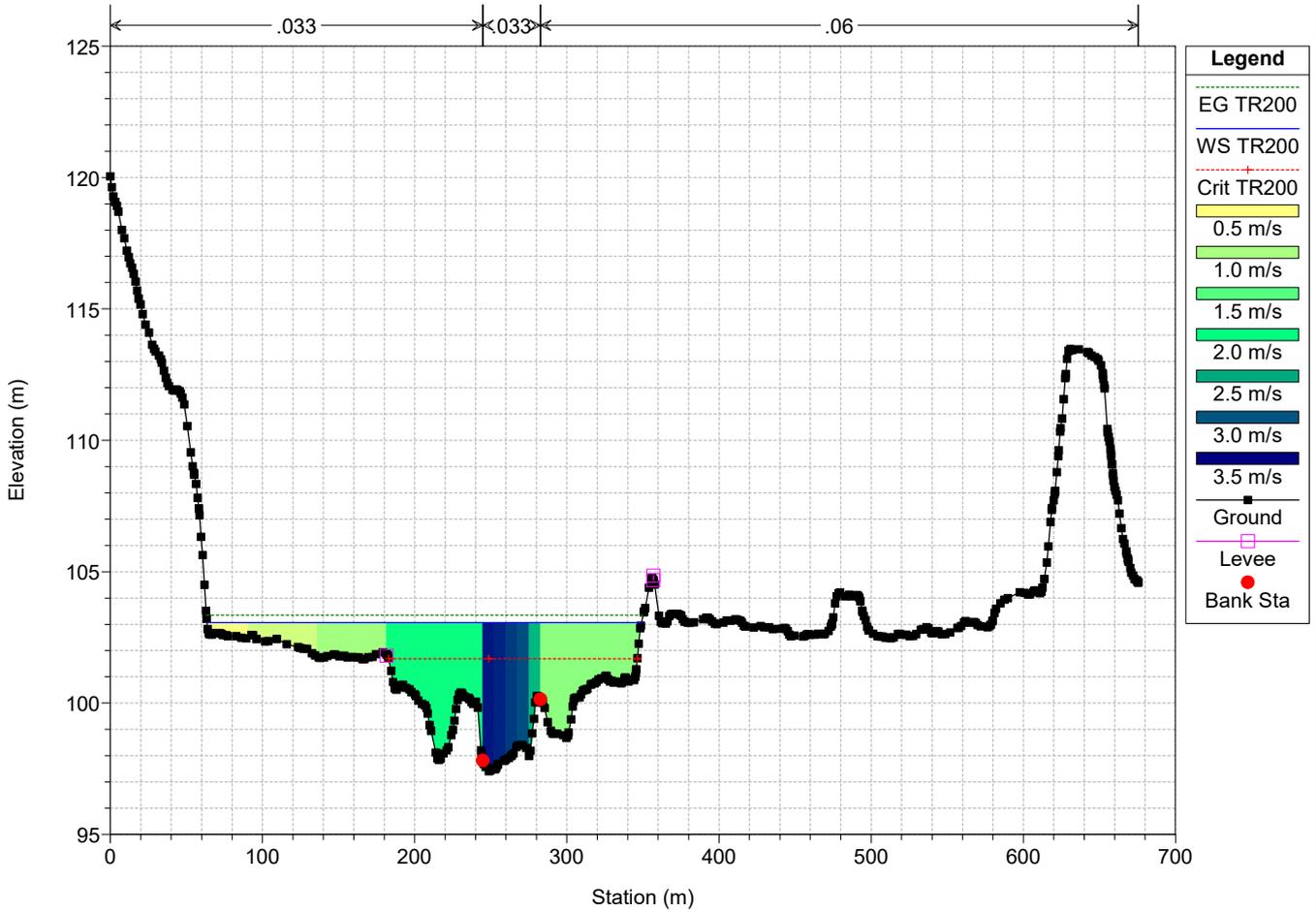
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1570



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

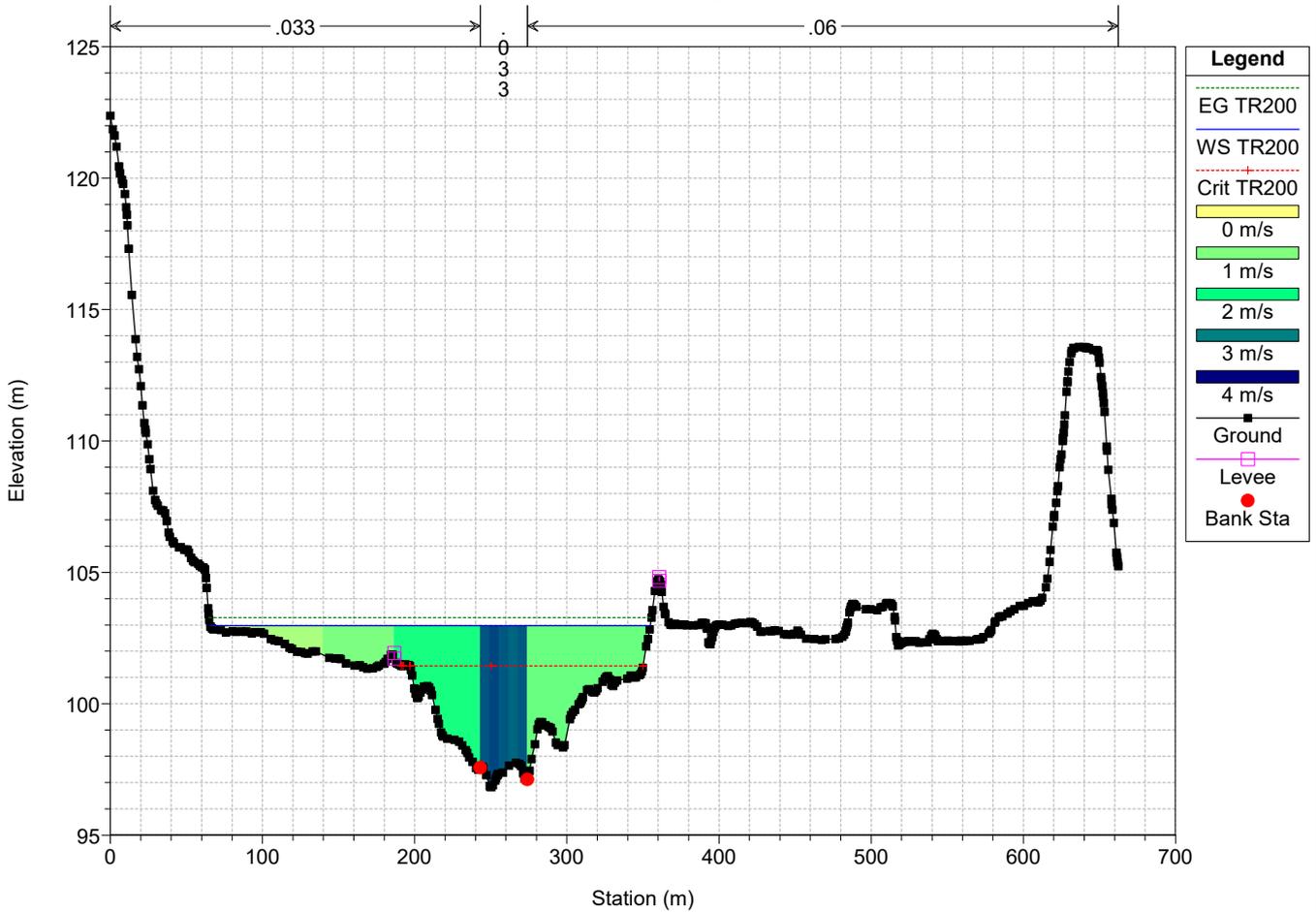
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1522



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

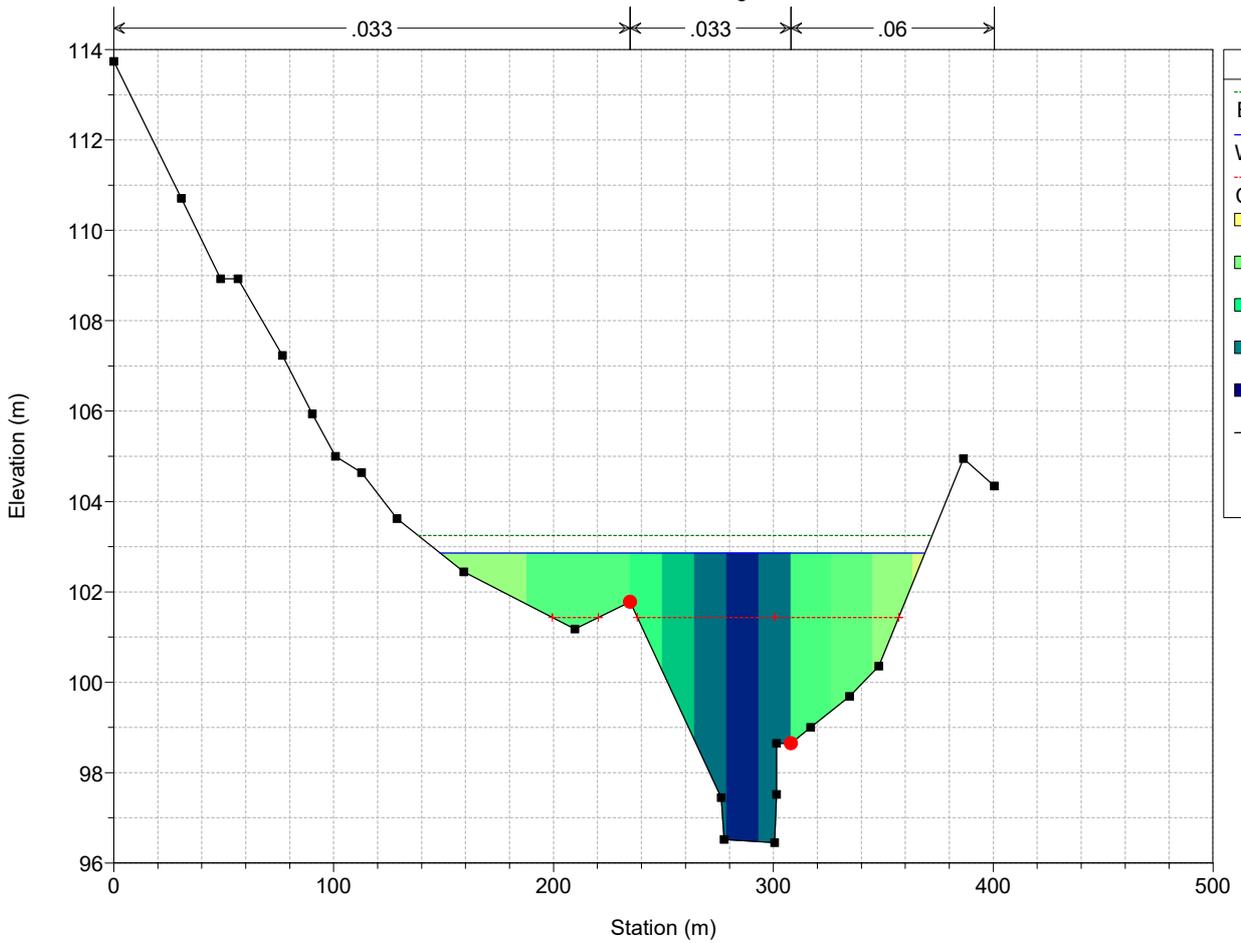
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1470



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1445

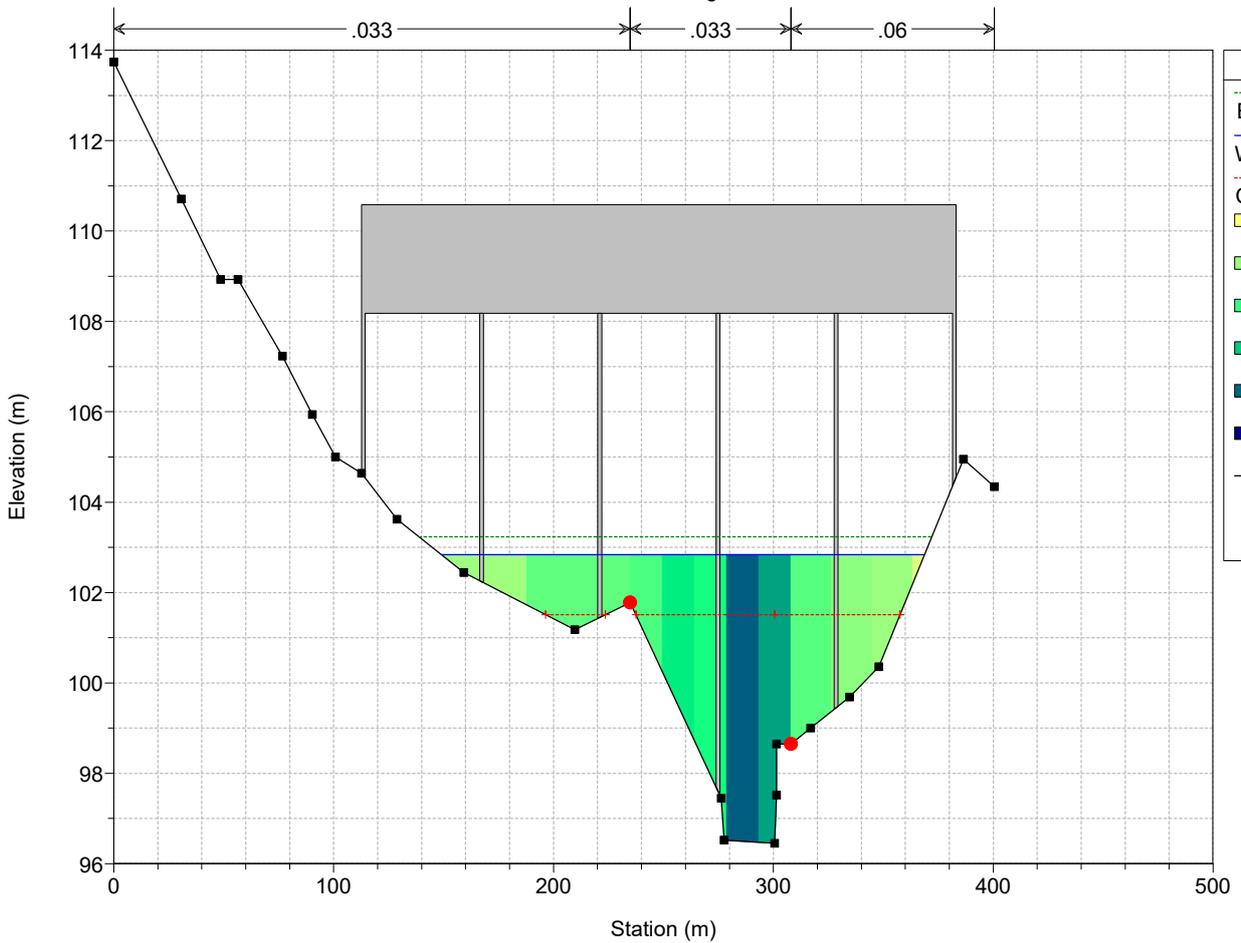


- Legend**
- EG TR200
 - WS TR200
 - Crit TR200
 - 0 m/s
 - 1 m/s
 - 2 m/s
 - 3 m/s
 - 4 m/s
 - Ground
 - Bank Sta

ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1440 BR

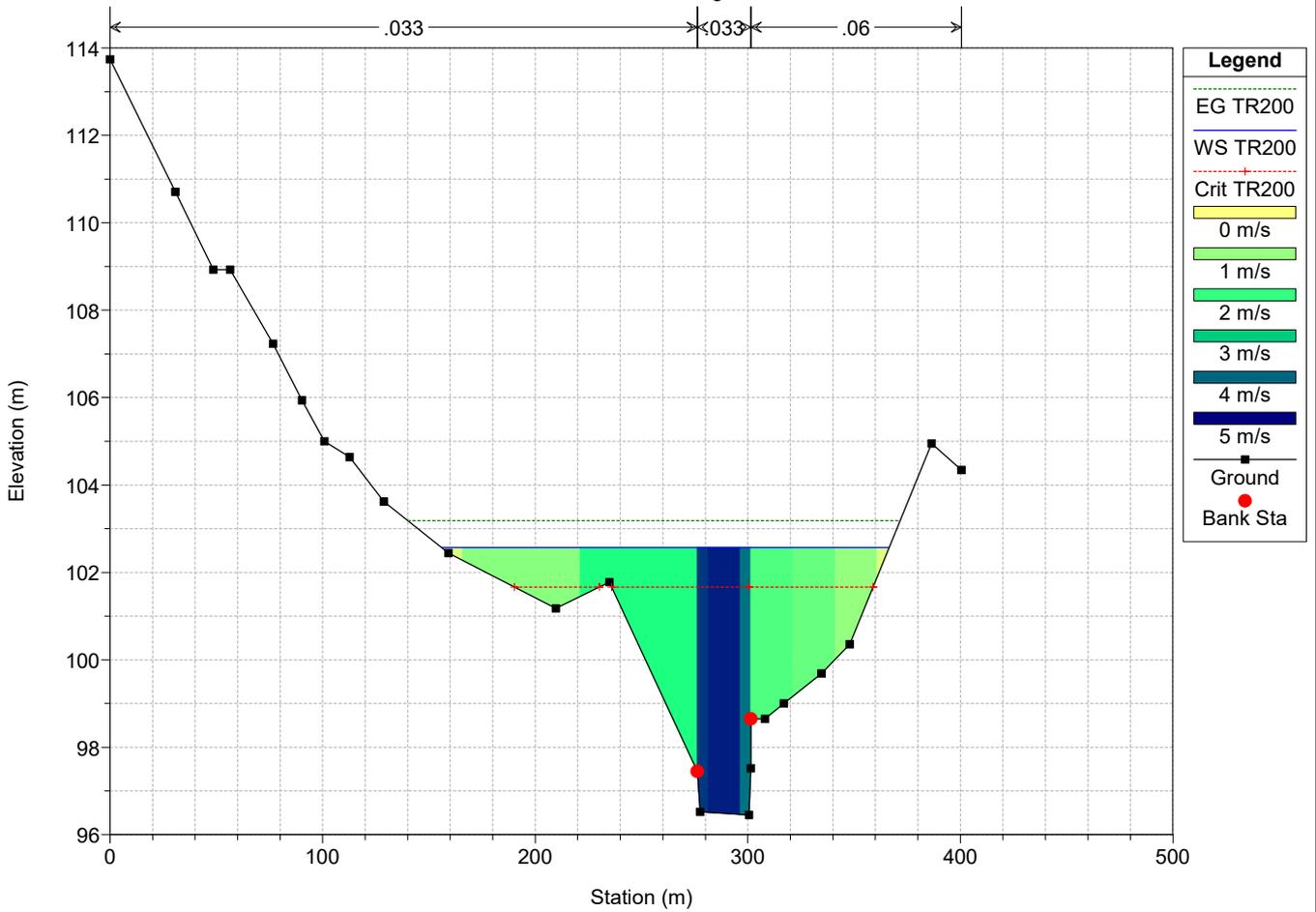


- Legend**
- EG TR200
 - WS TR200
 - Crit TR200
 - 0 m/s
 - 1 m/s
 - 2 m/s
 - 3 m/s
 - 4 m/s
 - 5 m/s
 - Ground
 - Bank Sta

ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

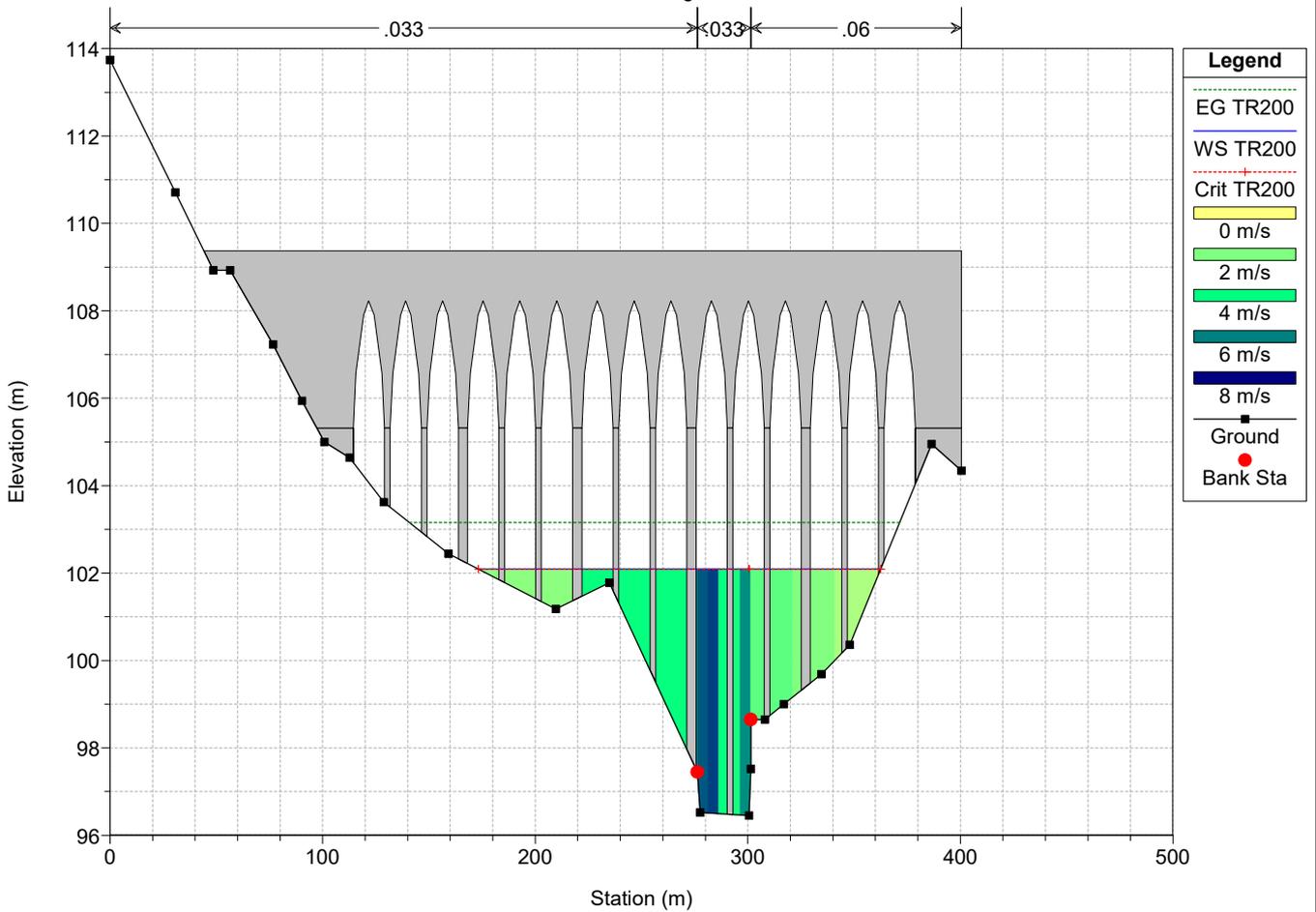
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1438



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

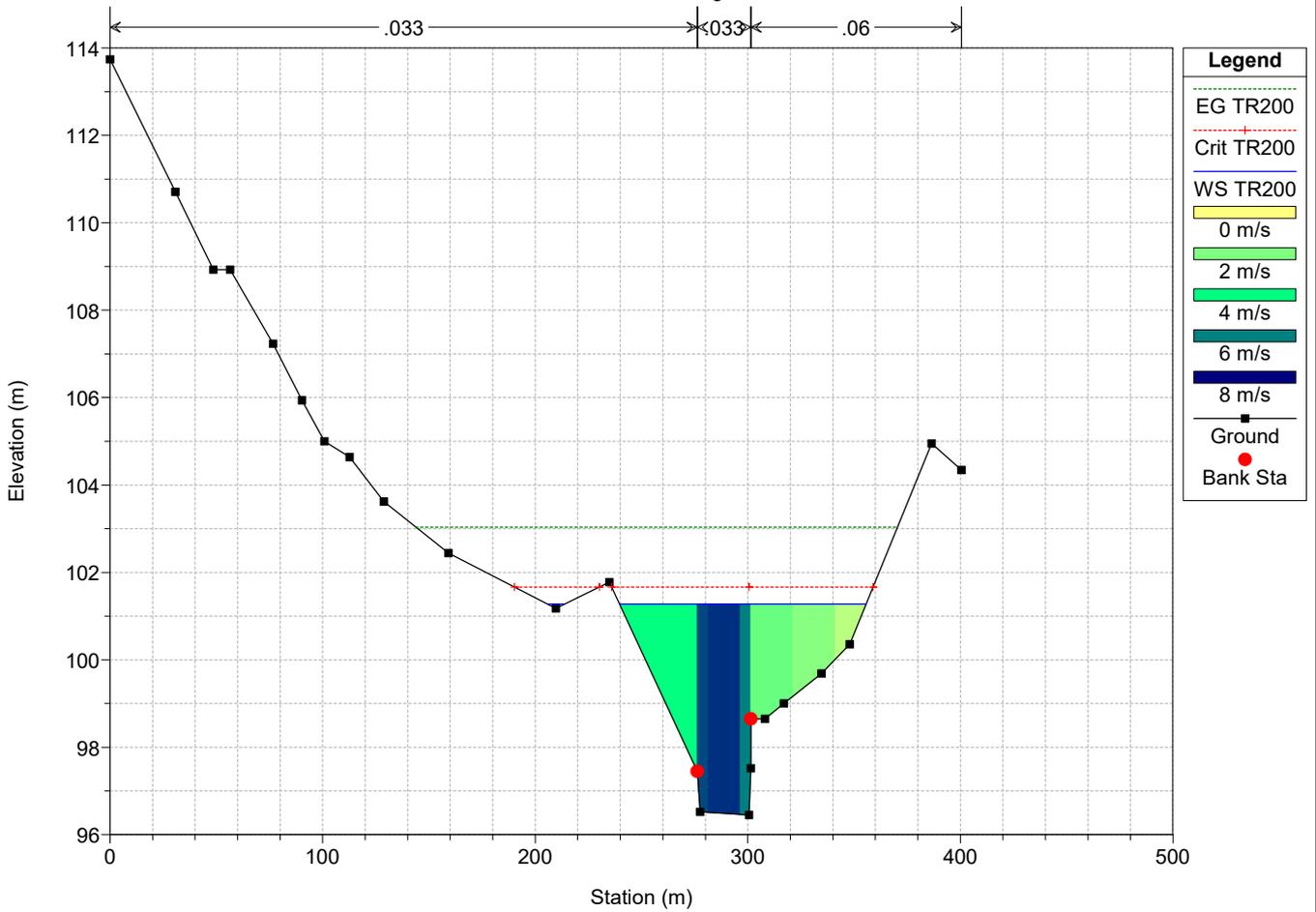
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1434 BR



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

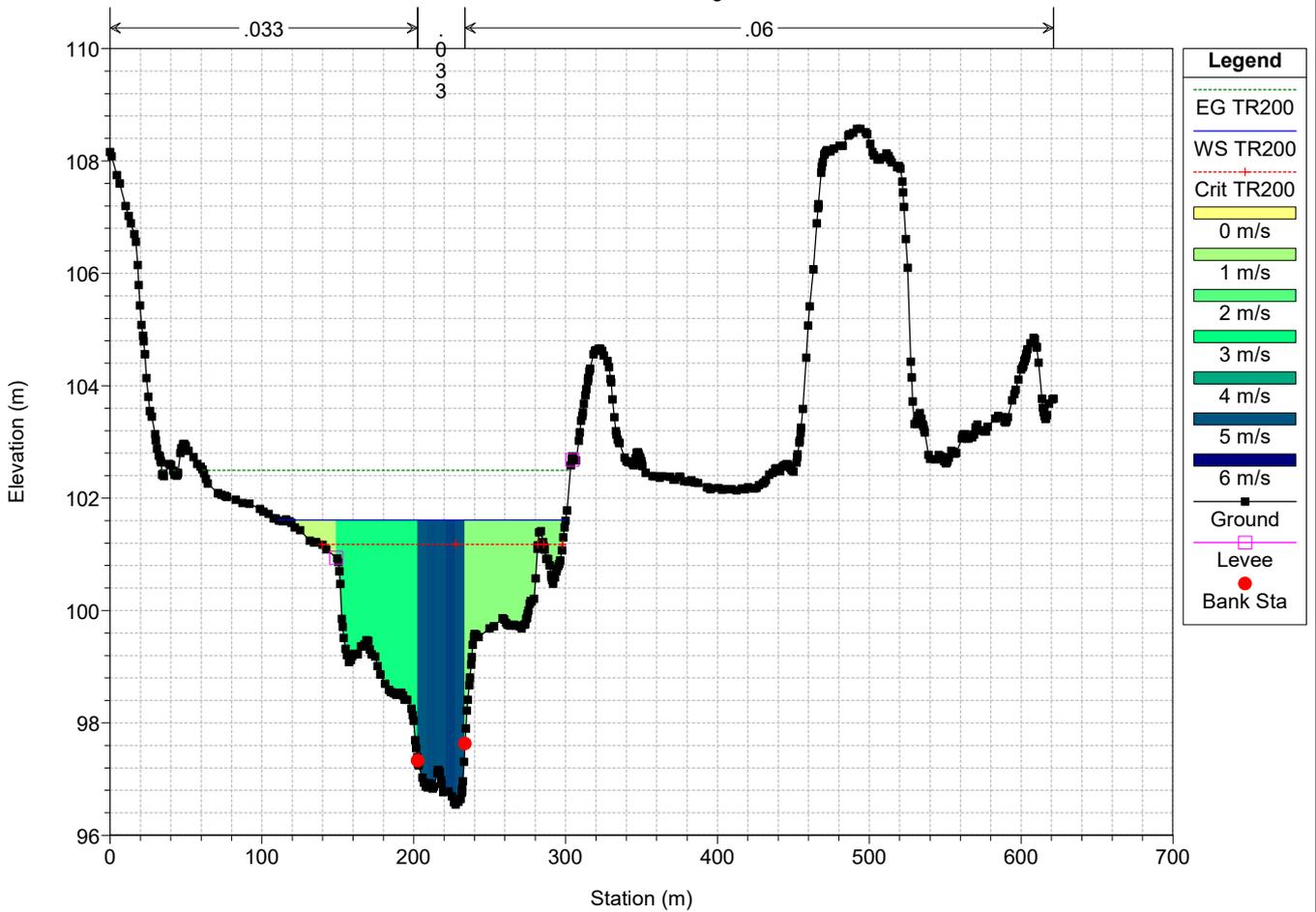
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1422



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

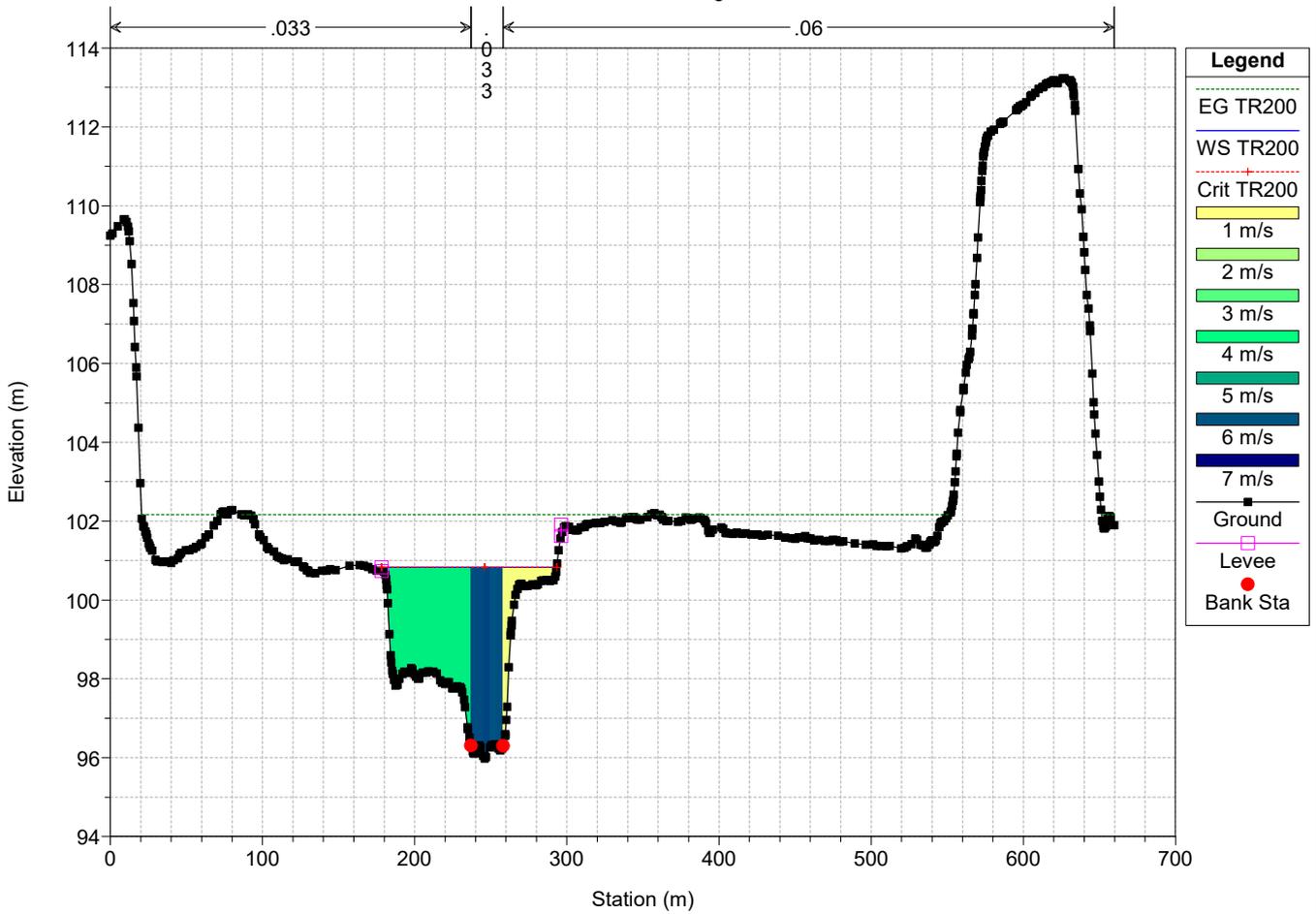
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1401



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

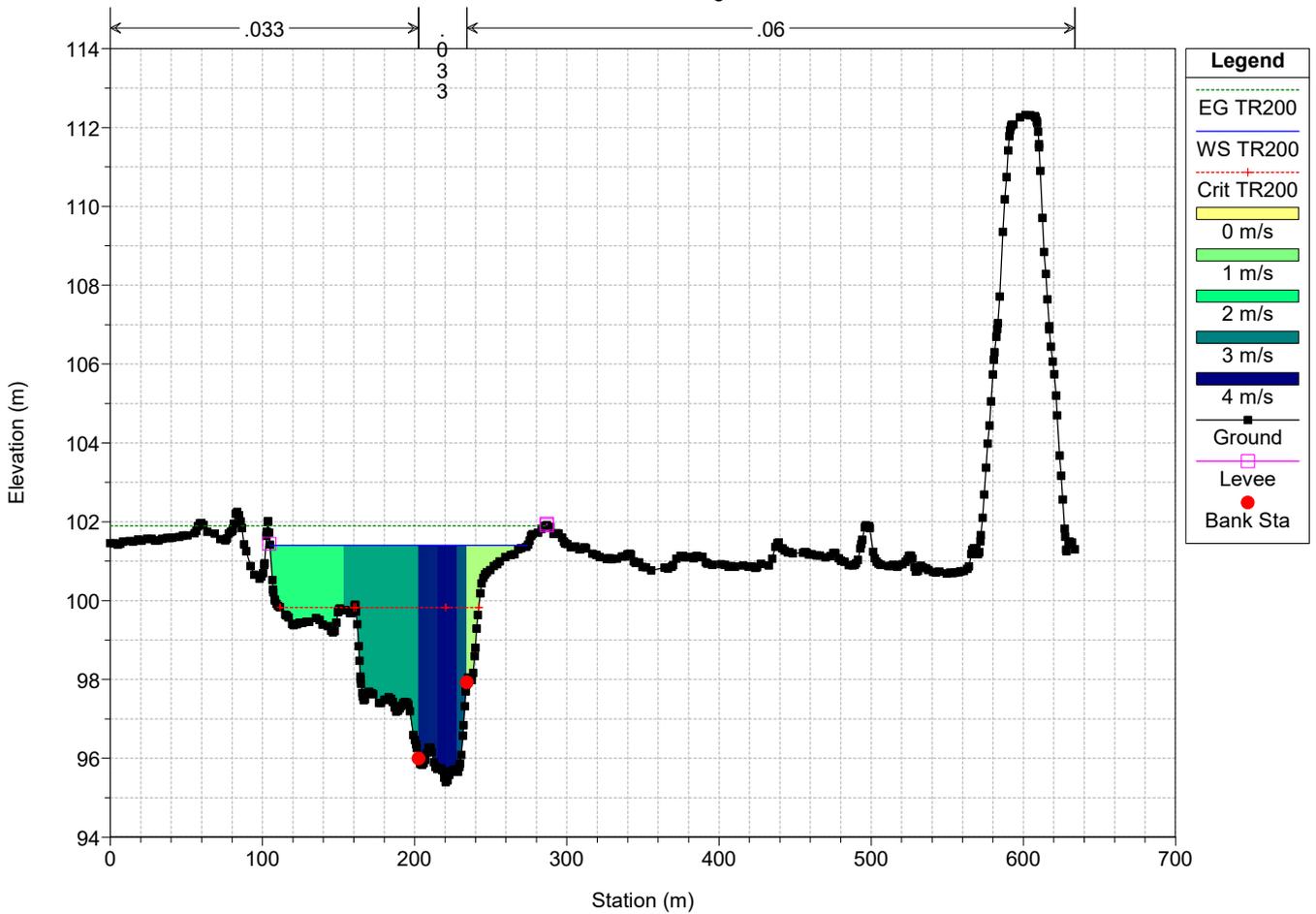
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1335



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

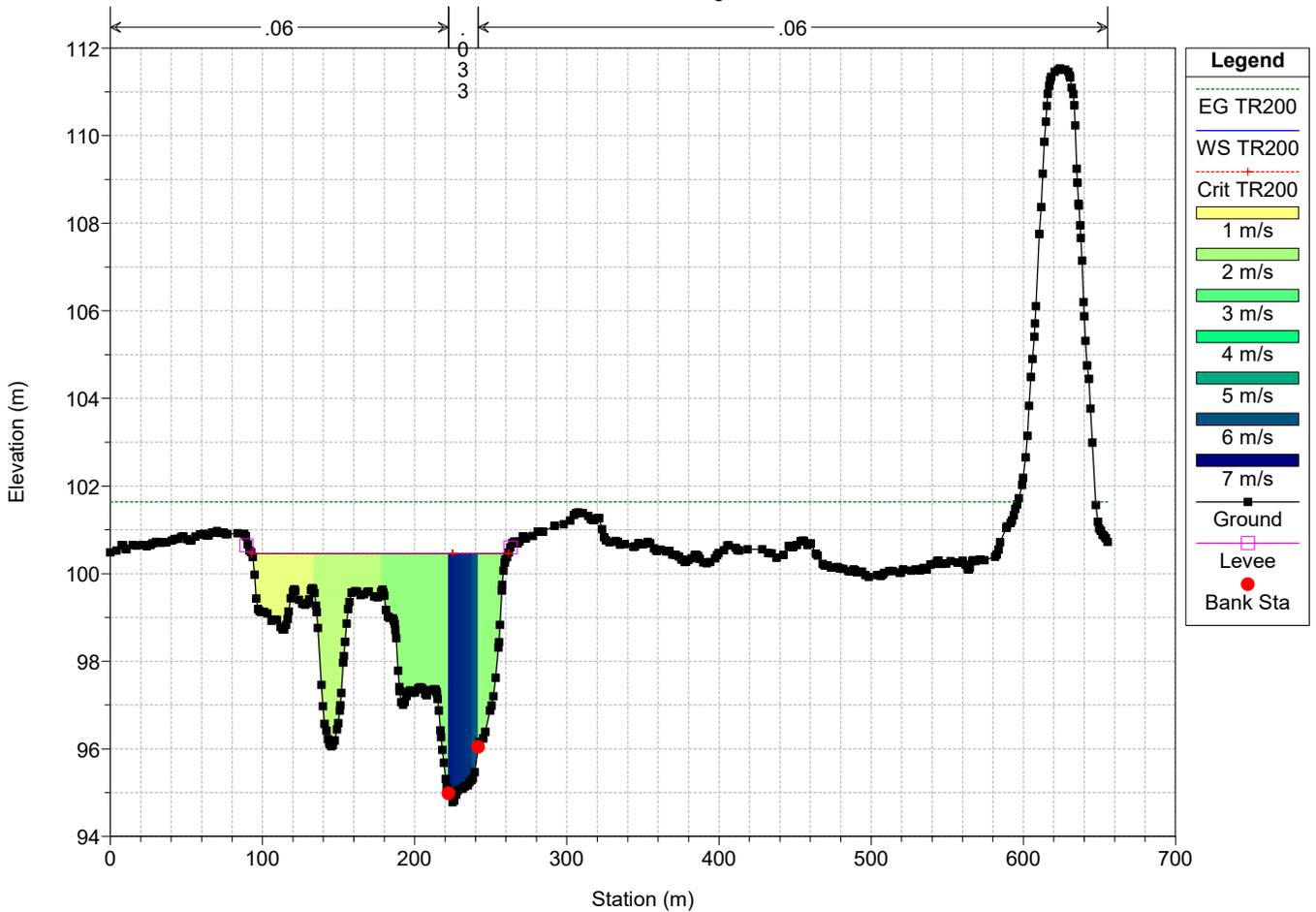
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1261



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

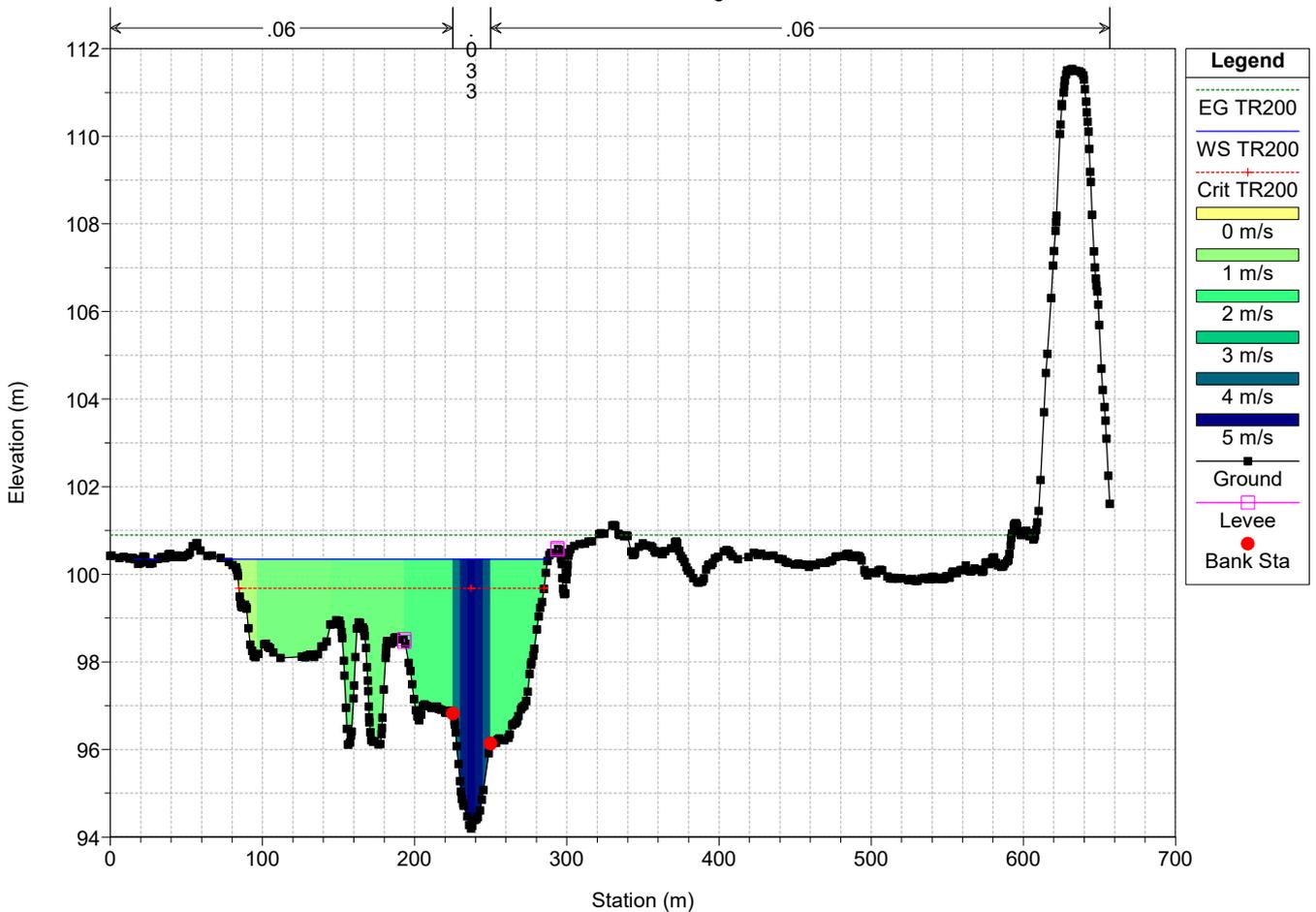
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1190



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

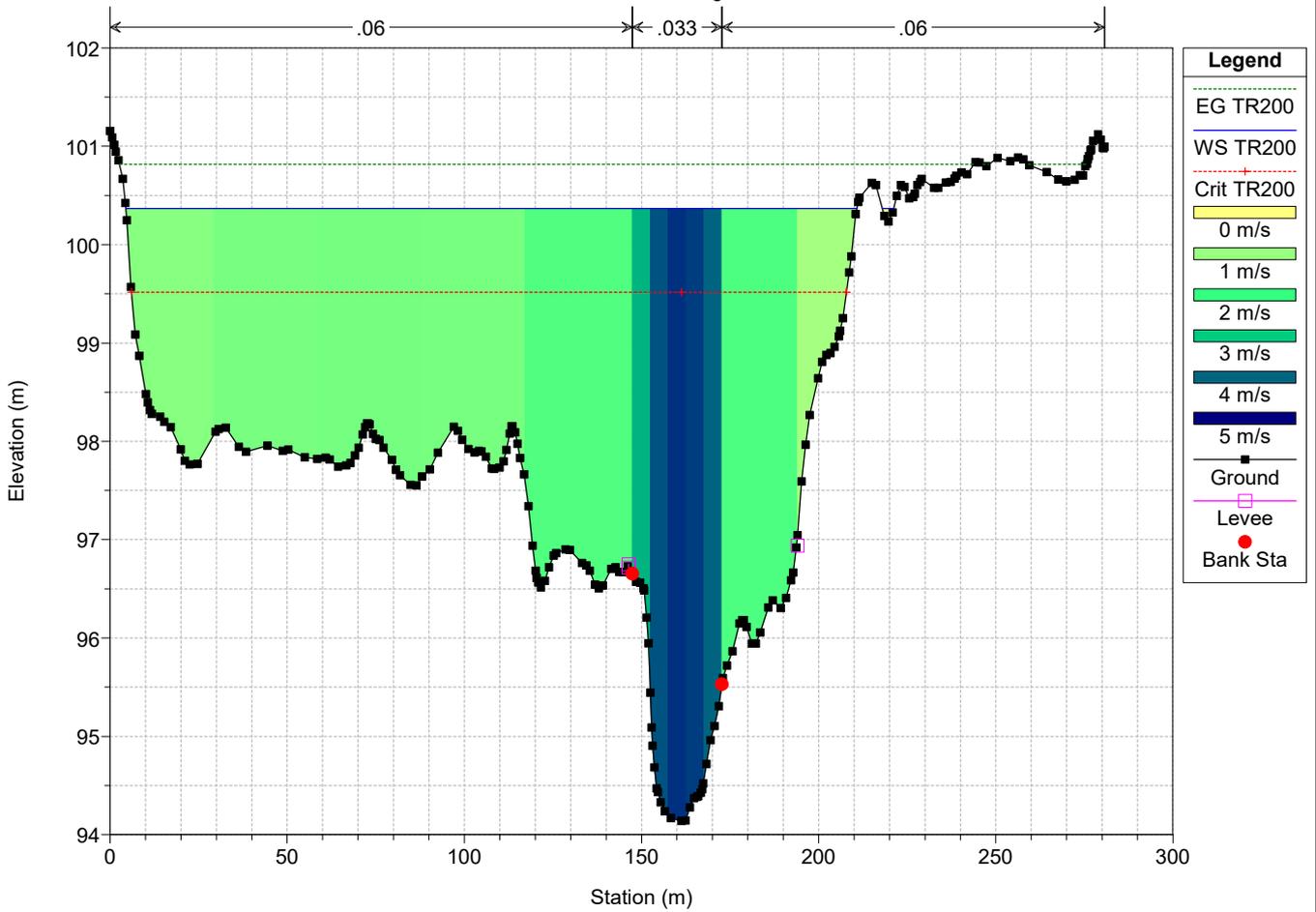
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1140



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

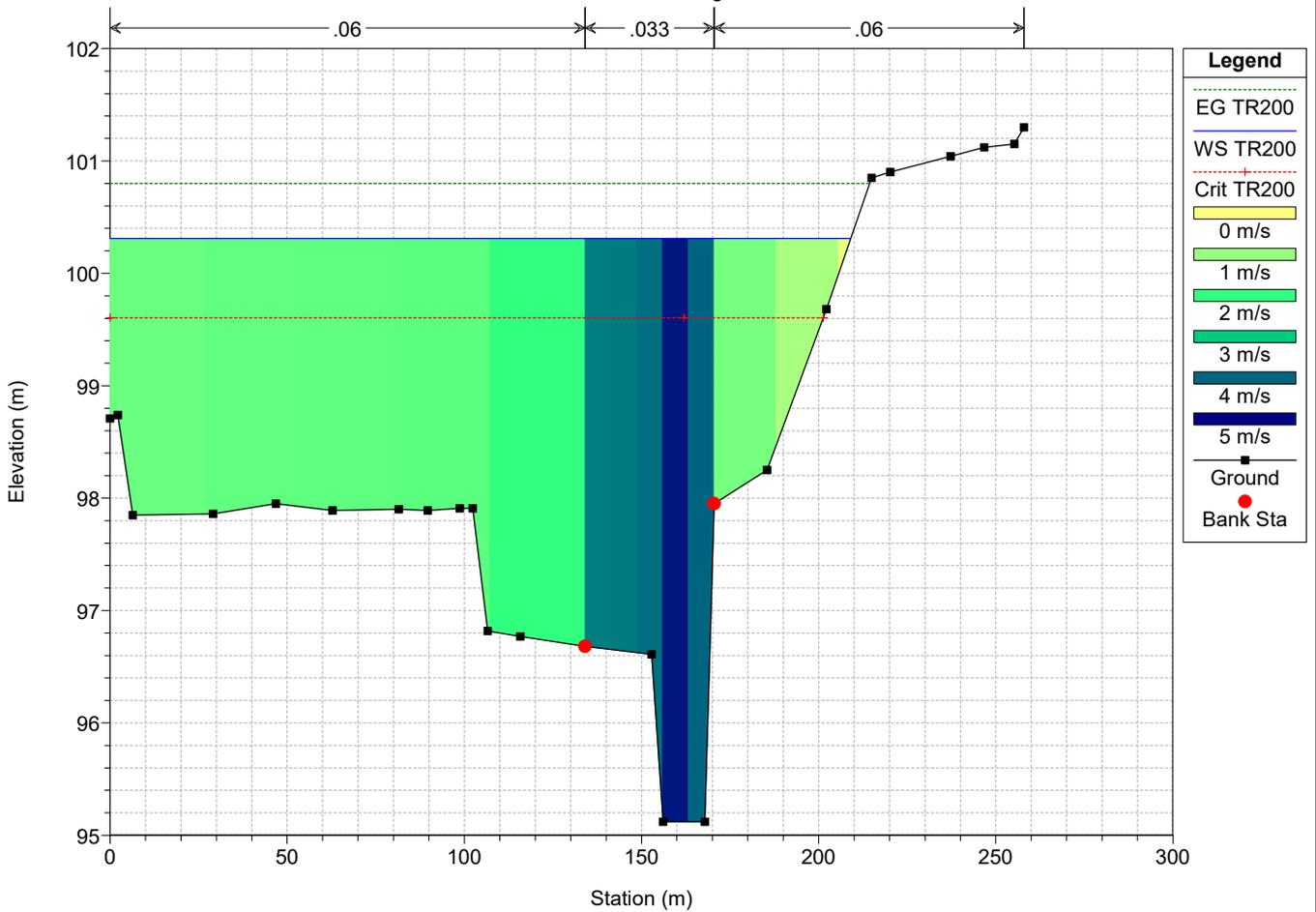
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1119



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

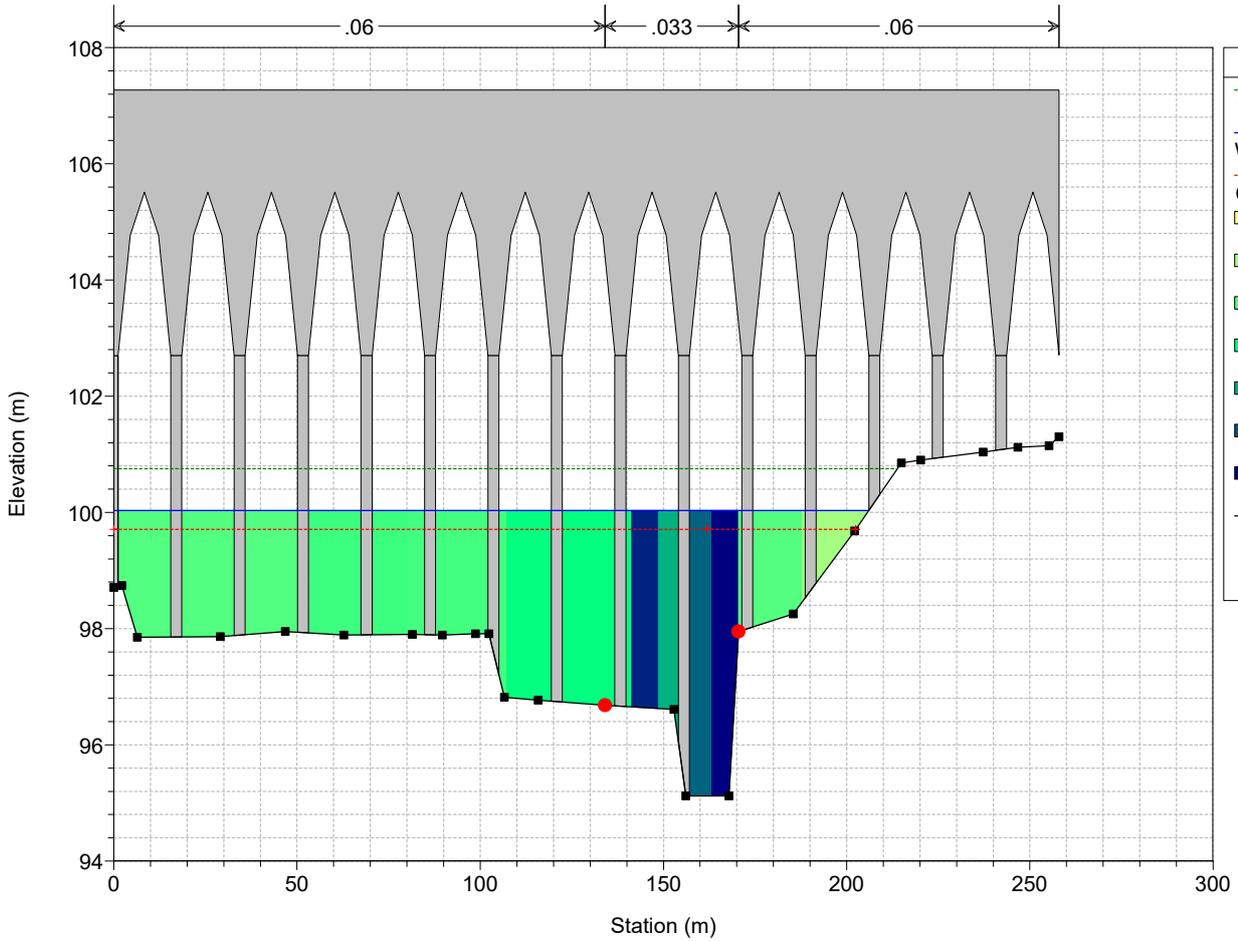
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1112



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

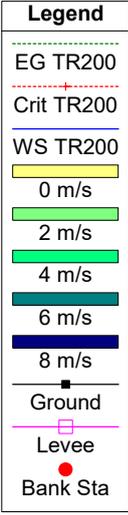
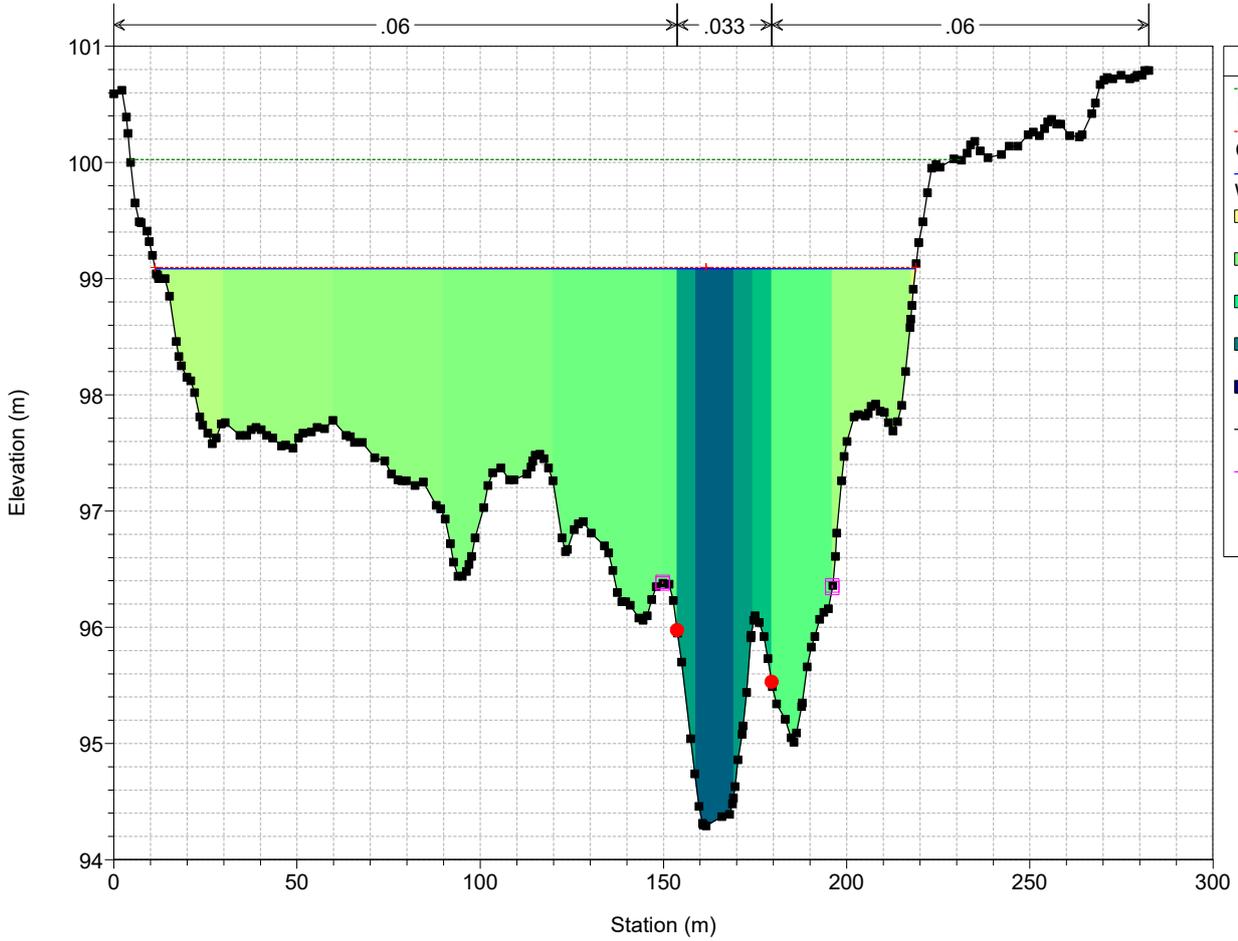
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1110 BR



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

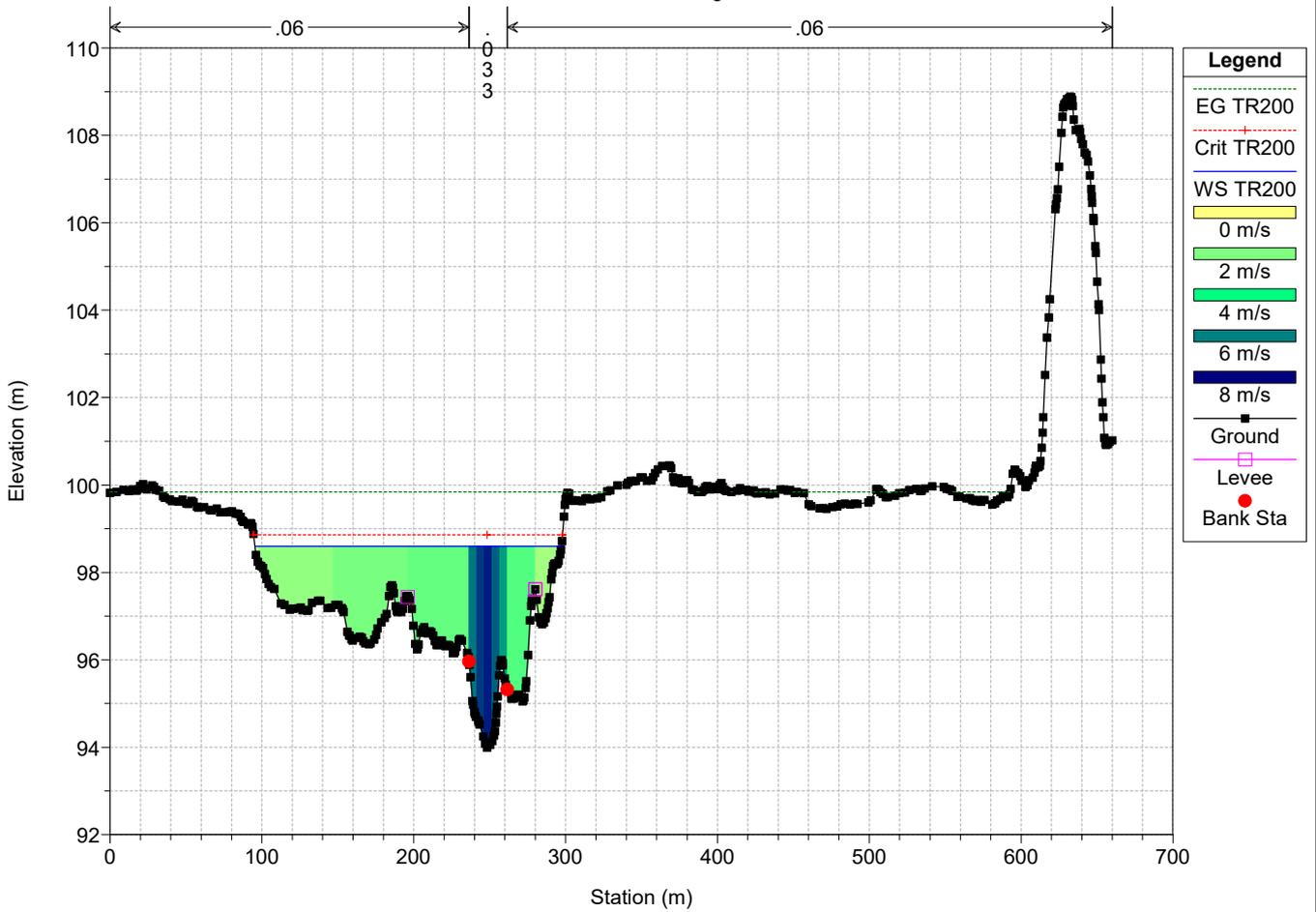
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1093



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

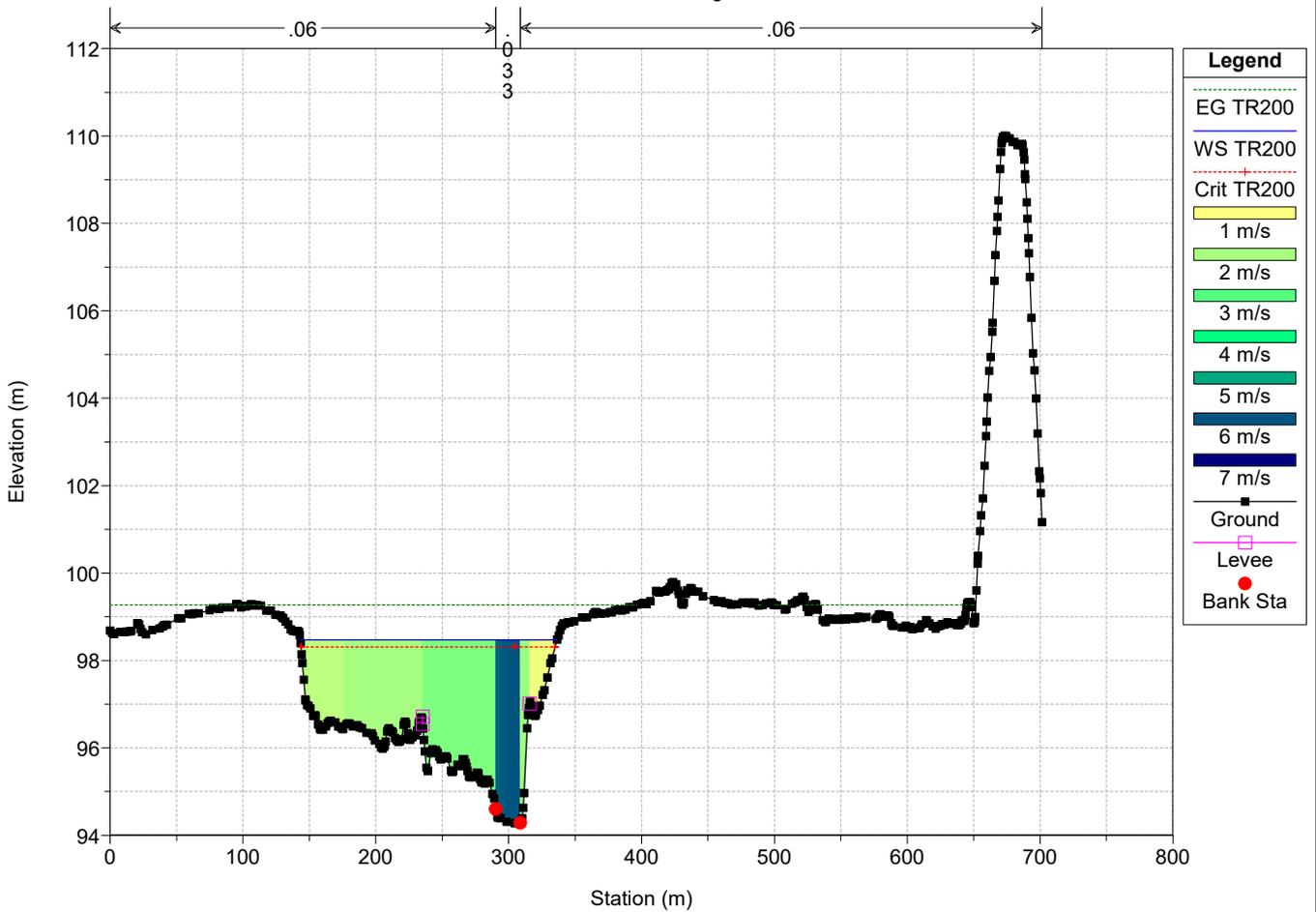
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1071



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

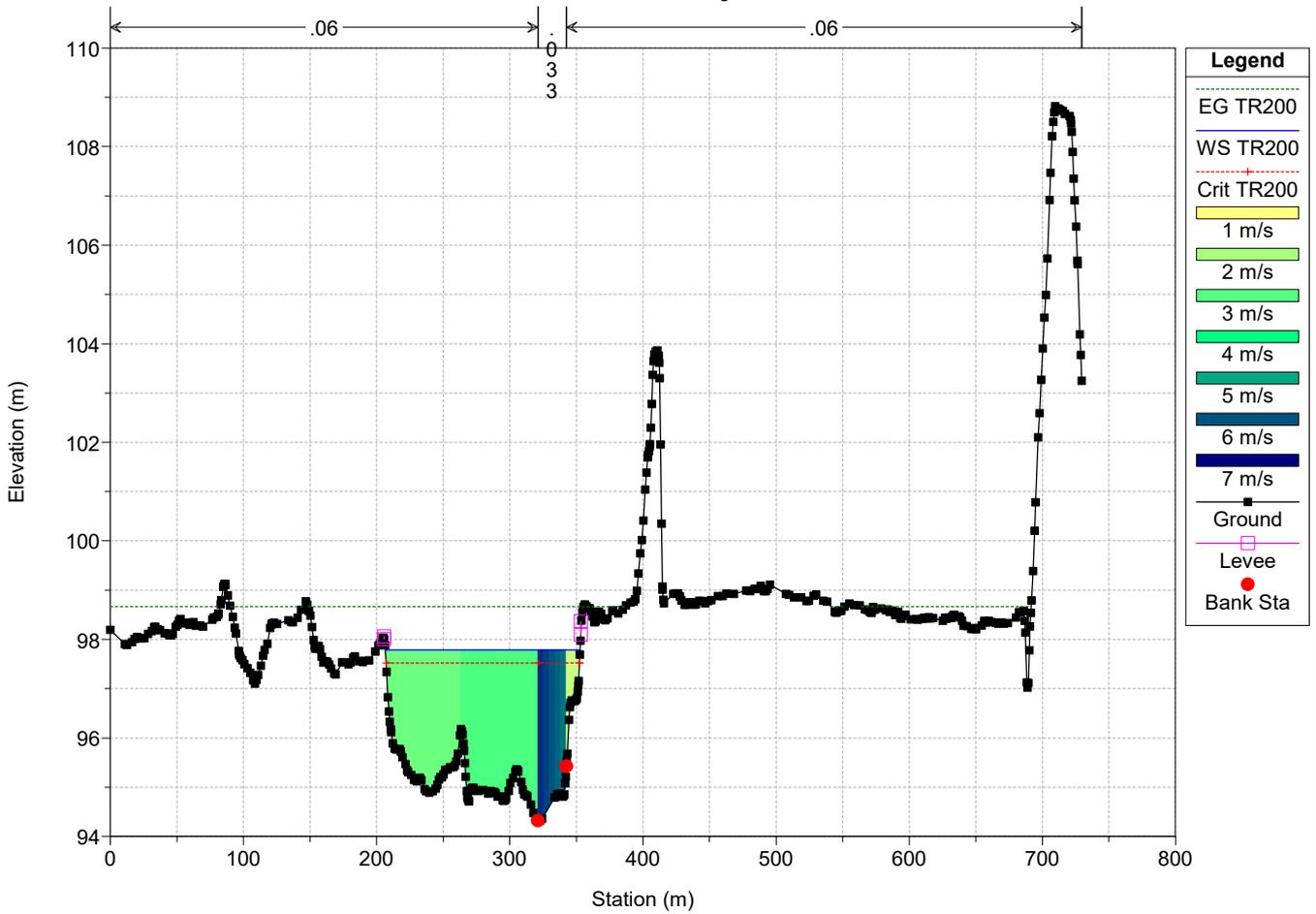
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 1003



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

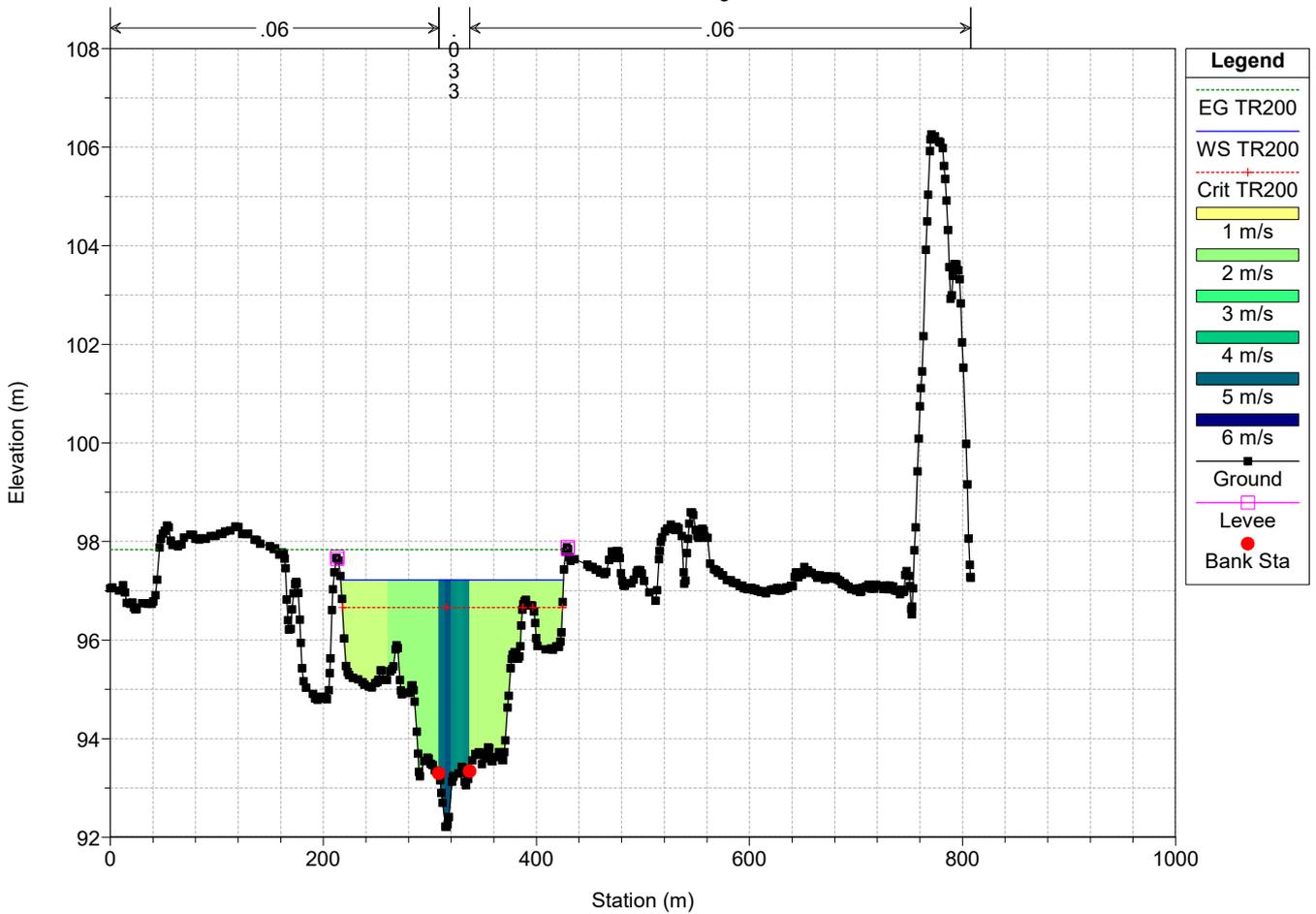
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 920



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

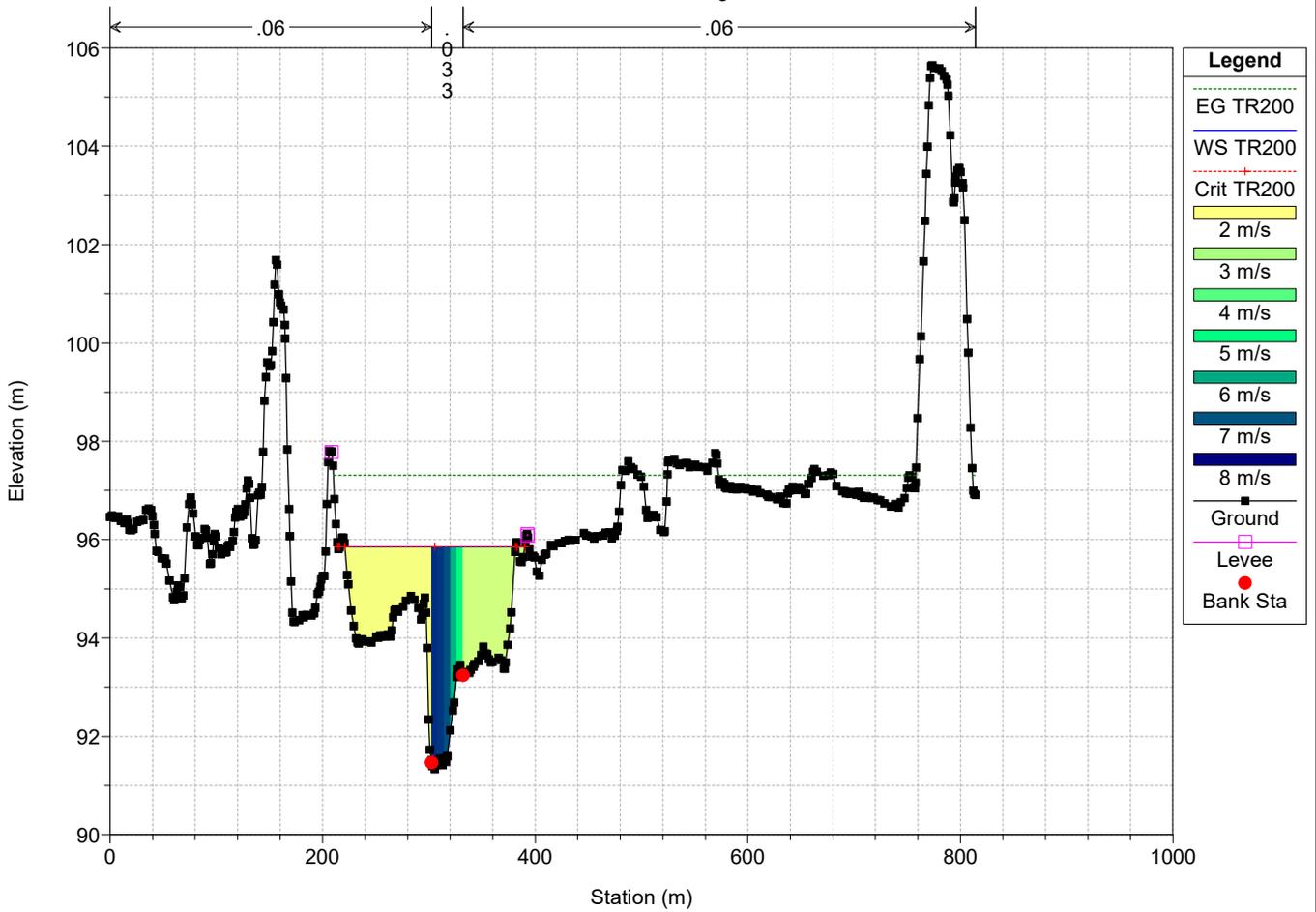
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 783



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

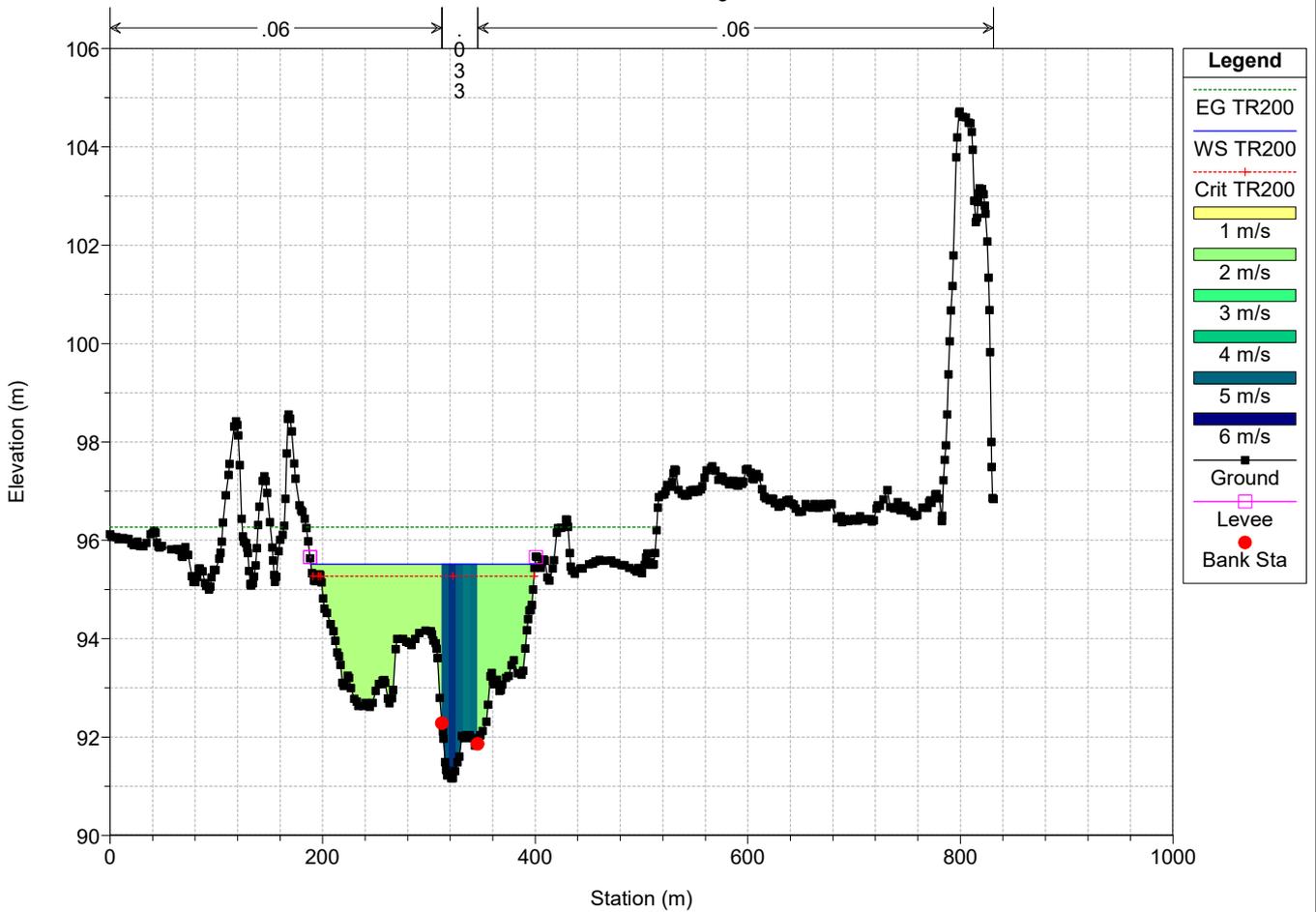
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 702



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

River = SANGRO Reach = Sangro RS = 631



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

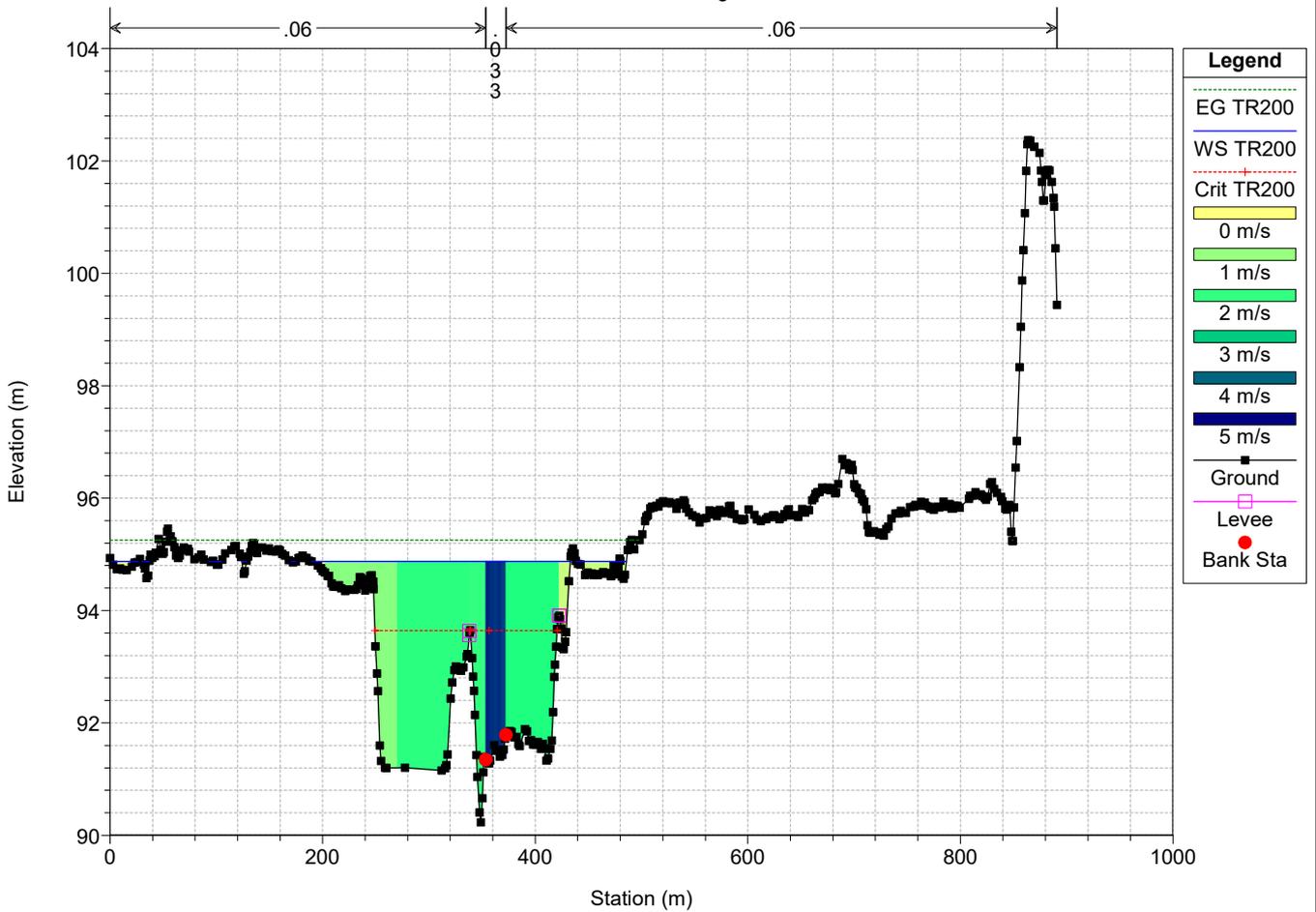
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 555



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

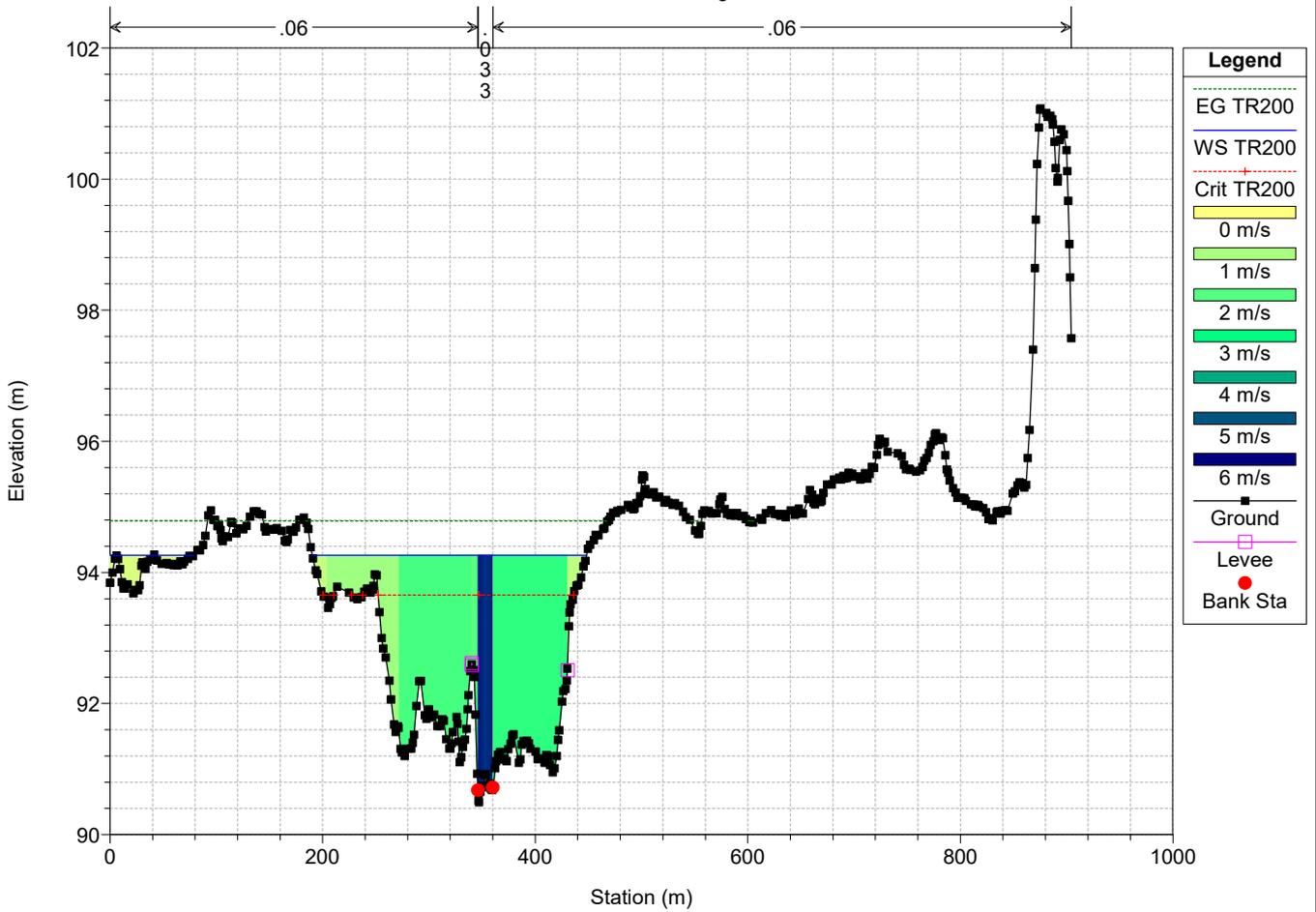
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 473



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

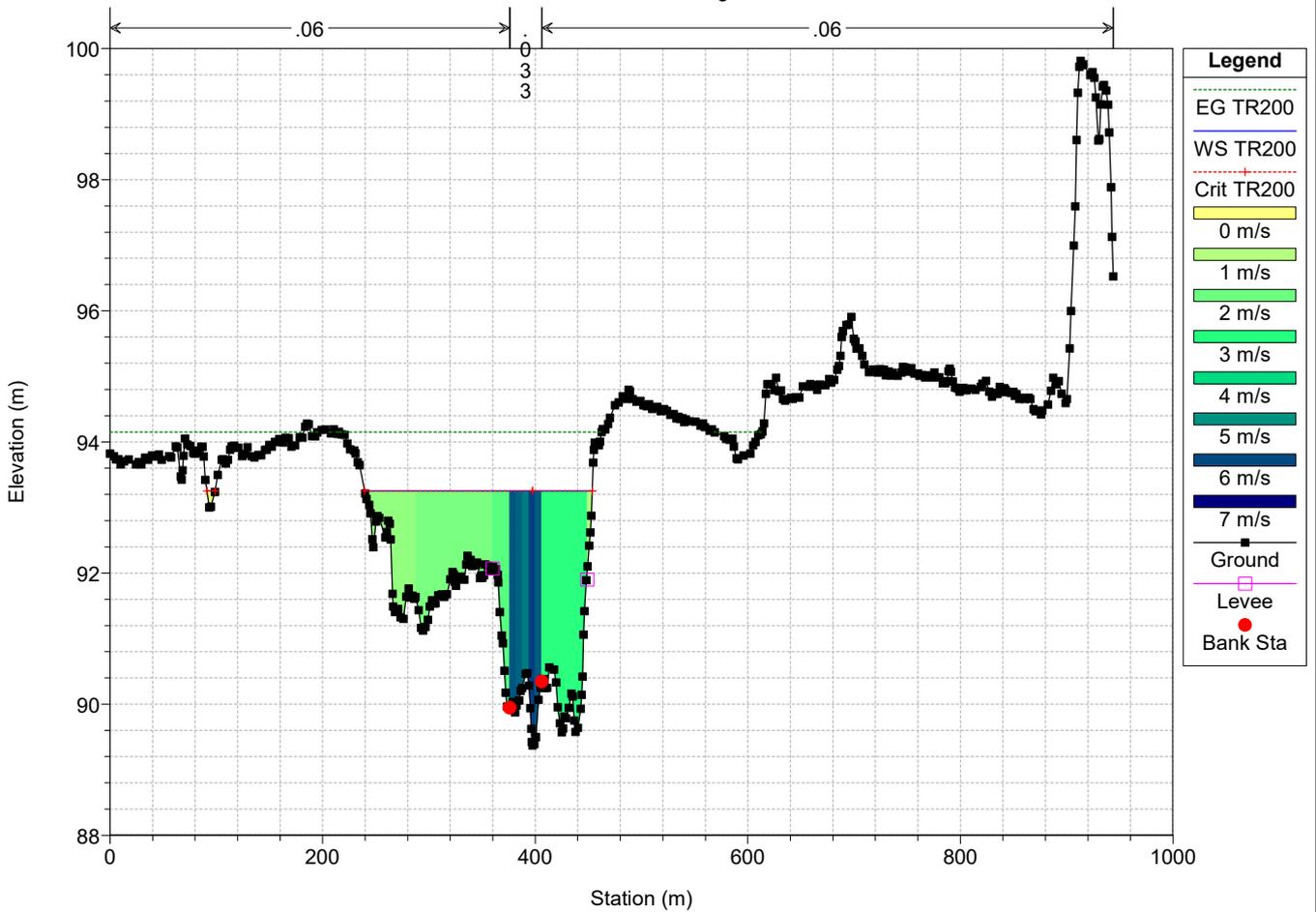
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 385



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

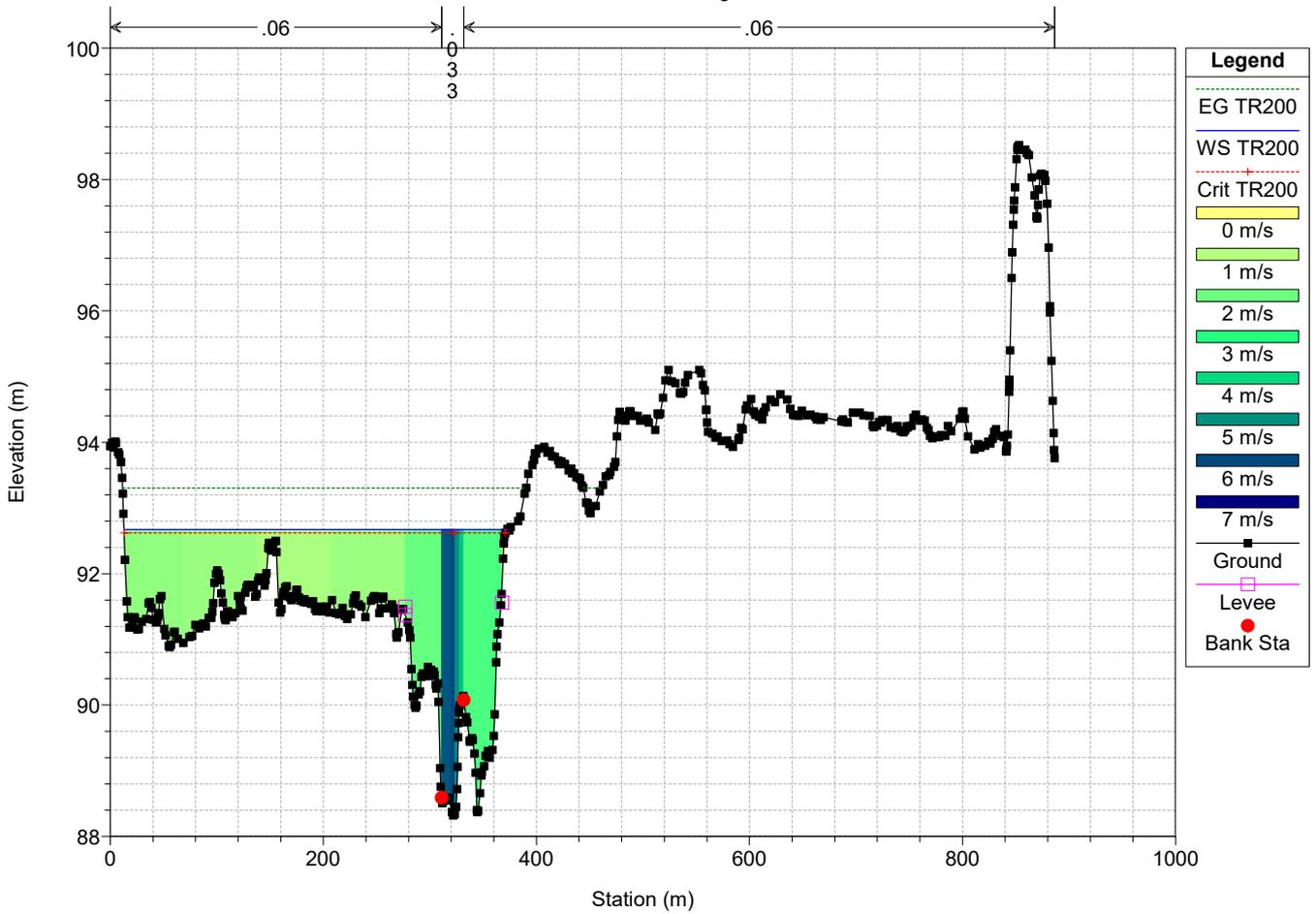
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 300



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

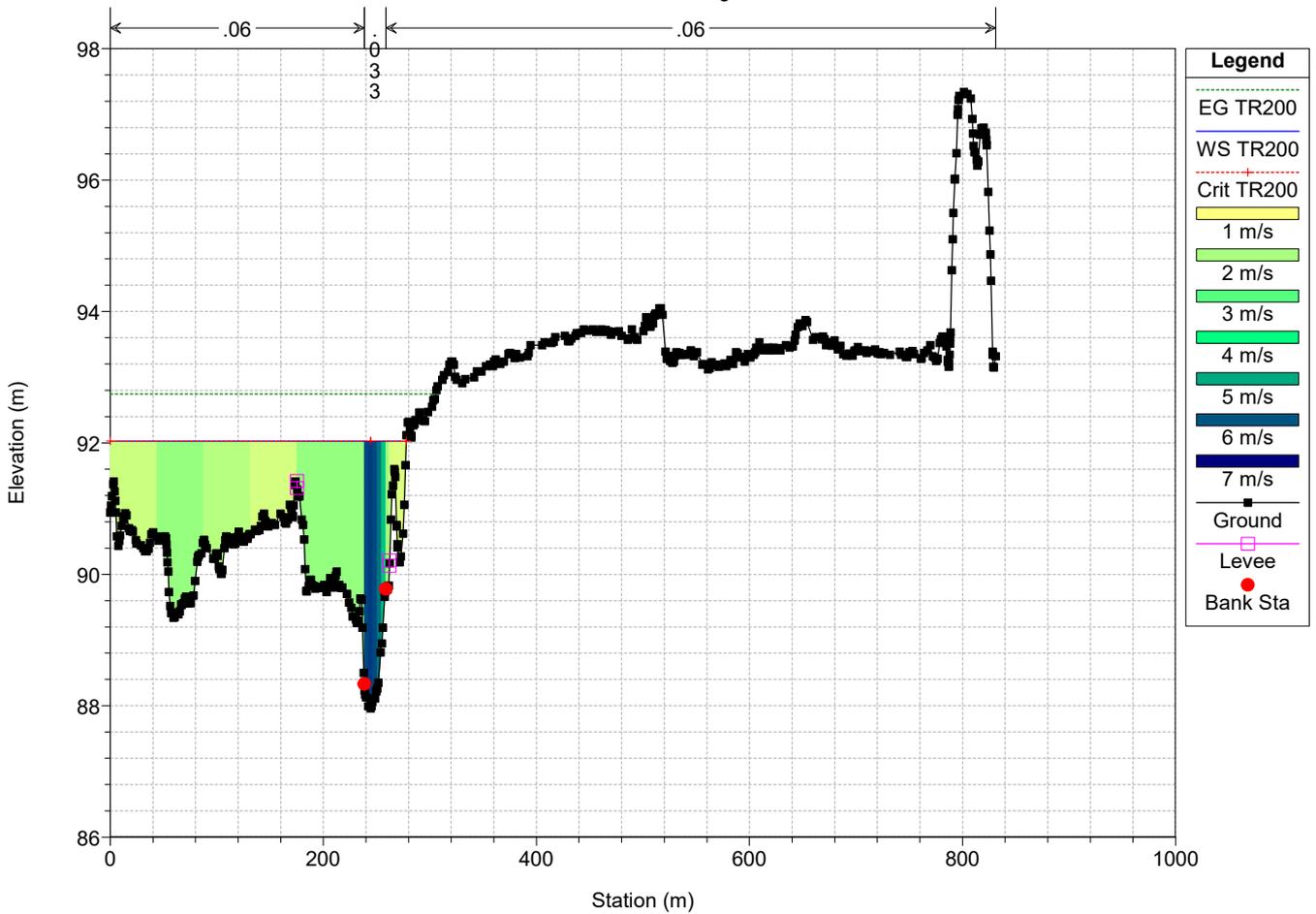
River = SANGRO Reach = Sangro RS = 223



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

River = SANGRO Reach = Sangro RS = 137



ATTRAVERSAMENTO SANGRO Plan: STATO DI PROGETTO

Geom: STATO DI PROGETTO

River = SANGRO Reach = Sangro RS = 20

