



COMUNE DI PISCINAS

COMMITTENTE

*Amministrazione comunale di
PISCINAS*

SINDACO

Mariano Cogotti

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Geom. Maurizio Desogus

PROFESSIONISTI INCARICATI

*Ing. Roberta Lai
Via Fleming 4 09126 Cagliari
te. 3480332904
mail ing.robertalai@gmail.com*

LAVORI DI REALIZZAZIONE DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA STRADA VICINALE IS ARRUS SUL RIO FUNTANALUMA

Progetto definitivo-esecutivo

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA

Elaborato

Allegato

03

Scala

Data

GIUGNO 2019

Rev.



Comune di Piscinas – Provincia del Sud Sardegna

Lavori di realizzazione dell'attraversamento della strada vicinale Is Arrus sul Rio Funtanaluma
Progetto definitivo esecutivo -Relazione idrologico idraulica

1. Premessa

La presente relazione analizza gli aspetti idrologici e idraulici relativi alla realizzazione dell'attraversamento sul Rio Funtanaluma posto 30 m a valle dello scatolare su Via Campagna, precisamente in corrispondenza della strada vicinale Is Arrus.

L'attraversamento di cui all'oggetto risale ad una data antecedente al 1930 ed è costituito da un tubolare in cemento di diametro 800 mm. Tale infrastruttura risulta insufficiente a contenere le portate di piena conseguenti a eventi meteorici di particolare intensità, generando allagamenti che interessano la strada e le abitazioni vicine.

L'amministrazione ha dunque deciso di intervenire attraverso un intervento di adeguamento dell'infrastruttura esistente.

E' tuttavia impossibile rispettare il franco di progetto previsto dalle norme tecniche di attuazione del PAI, visto le esigue dimensioni dell'alveo del Rio Funtanaluma, nonché prevedere un sollevamento dell'estradosso dell'attraversamento, in quanto la presenza di un incrocio non permette tale soluzione.

Conseguentemente è stata redatta un'ipotesi progettuale che consente di migliorare le condizioni di deflusso pur non rispettando il franco idraulico della norma vigente, in linea con quanto prescritto dalla *Direttiva in materia di verifica di sicurezza delle infrastrutture esistenti di attraversamento viari, ex art.22 NTA del PAI*, in quanto la sostituzione di tubolari esistenti con nuove strutture scatolari rientrano tra quelli previsti al punto 9.1 della medesima Direttiva.

Le opere consistono precisamente in:

1. Sostituzione del tubolare esistente in cemento di diametro 800 mm con uno scatolare in cemento armato prefabbricato di dimensioni 2.3 x 1.5 m a sezione rettangolare;
2. Risagomatura alveo con abbassamento del fondo nel tratto a monte e a valle dell'attraversamento per garantire una pendenza dello 0.1%.

Il Rio Funtanaluma si sviluppa sulla destra dell'abitato di Piscinas e interseca la viabilità in più punti, tra cui quella in prossimità della strada secondaria che da Via Campagna passa dietro la rivendita di canne e conduce agli agri retrostanti.

L'attraversamento è realizzato tramite un tubolare in cemento di diametro 80 cm, e il tratto a monte è stato oggetto di pulizia durante il recente intervento che ha riguardato la posa dello scatolare in Via Campagna, e si presenta in buono stato di manutenzione.



Comune di Piscinas – Provincia del Sud Sardegna
Lavori di realizzazione dell'attraversamento della strada vicinale Is Arrus sul Rio Funtanaluma
Progetto definitivo esecutivo -Relazione idrologico idraulica

A valle dell'attraversamento in oggetto l'alveo necessita invece di un intervento di pulizia e di manutenzione per migliorare le condizioni di deflusso.

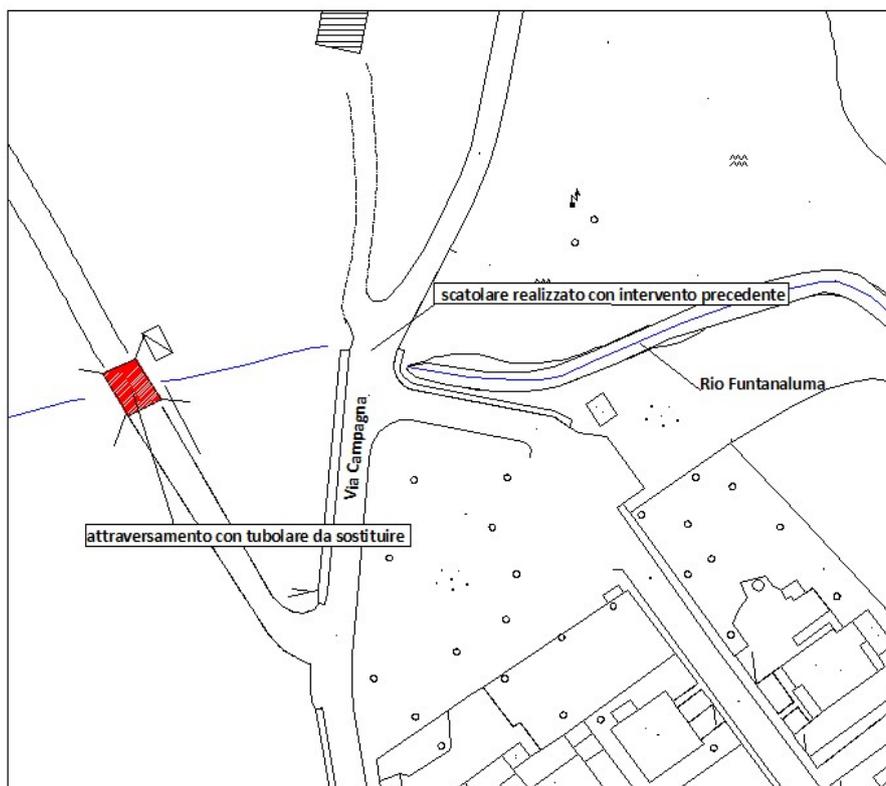


Figura 1 rappresentazione schematica delle opere sul Rio Funtanaluma

2. Valutazioni idrologiche

Rio Funtanaluma

E' un altro bacino secondario, che si sviluppa però in destra idraulica del Rio Piscinas.

Esso ha origine in territorio di Santadi ad una quota di 295 m, e si sviluppa con una forma regolare in direzione sud-est nord-ovest interessando la porzione centro orientale del territorio di Piscinas.

Si tratta di un bacino di modeste dimensioni, di superficie pari a 5.5 kmq, che si presenta poco acclive, con una pendenza del bacino con valori prossimi al 6%, e in gran parte inferiore al 2% e pendenza media dell'asta principale dell'ordine del 4.



Comune di Piscinas – Provincia del Sud Sardegna
Lavori di realizzazione dell'attraversamento della strada vicinale Is Arrus sul Rio Funtanaluma
Progetto definitivo esecutivo -Relazione idrologico idraulica

La sezione di chiusura è stata posta in corrispondenza dell'attraversamento sulla via S'Olivariu, in prossimità della periferia nord dell'abitato di Piscinas, ad una quota di 62 m circa.

Si tratta di aree sede di attività agricola e di qualche edificio sparso, ma prive di edificato continuo e di elementi di particolare pregio.

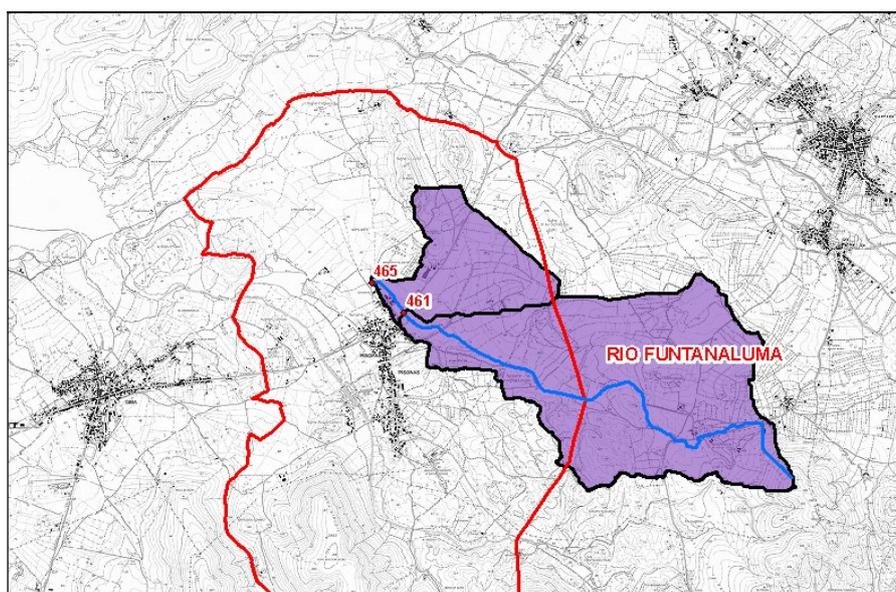


Figura 2 – Bacino del Rio Funtanaluma

3. Determinazione della portata di calcolo

Più recentemente si è osservato, anche in ambito nazionale, che eventi di pioggia particolarmente intensi sfuggivano alla capacità di previsione delle curve di possibilità pluviometriche formulate col modello log-normale.

Si è reso pertanto necessario sviluppare un modello capace di interpretare più fedelmente eventi di breve durata, anche utilizzando curve di distribuzione con un maggior numero di parametri.

In detta recente trattazione si è riscontrata l'impossibilità di adottare, per tempi di ritorno superiori ai 10 anni, un unico tipo di funzione monomia; si è invece reso necessario separare la casistica in due tipologie di eventi: piogge di durata inferiore a un'ora e piogge di durata superiore a un'ora.

Le equazioni elaborate sono:

$$h(T,t) = (a_1 a_2') * t^{(b_1 + b_2')} \quad t \leq 1 \text{ ora}$$



Comune di Piscinas – Provincia del Sud Sardegna

Lavori di realizzazione dell'attraversamento della strada vicinale Is Arrus sul Rio Funtanaluma

Progetto definitivo esecutivo -Relazione idrologica idraulica

$$h(T,t) = (a_1 a_2'') * t^{(b_1 + b_2'')} \quad t > 1 \text{ ora}$$

Dove

$$a_1 = \frac{\mu_g}{0.886 * 24^{b_1}} \quad b_1 = -0.493 + 0.476 * \text{Log } \mu_g$$

avendo indicato con μ_g il valore medio giornaliero della pioggia il cui valore è rilevabile nella seguente carta.

La figura 1 mostra la distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia giornaliera in Sardegna (da Deidda ed Al., Quad. Ricerca n°9 dell'Università di Cagliari, 1997).

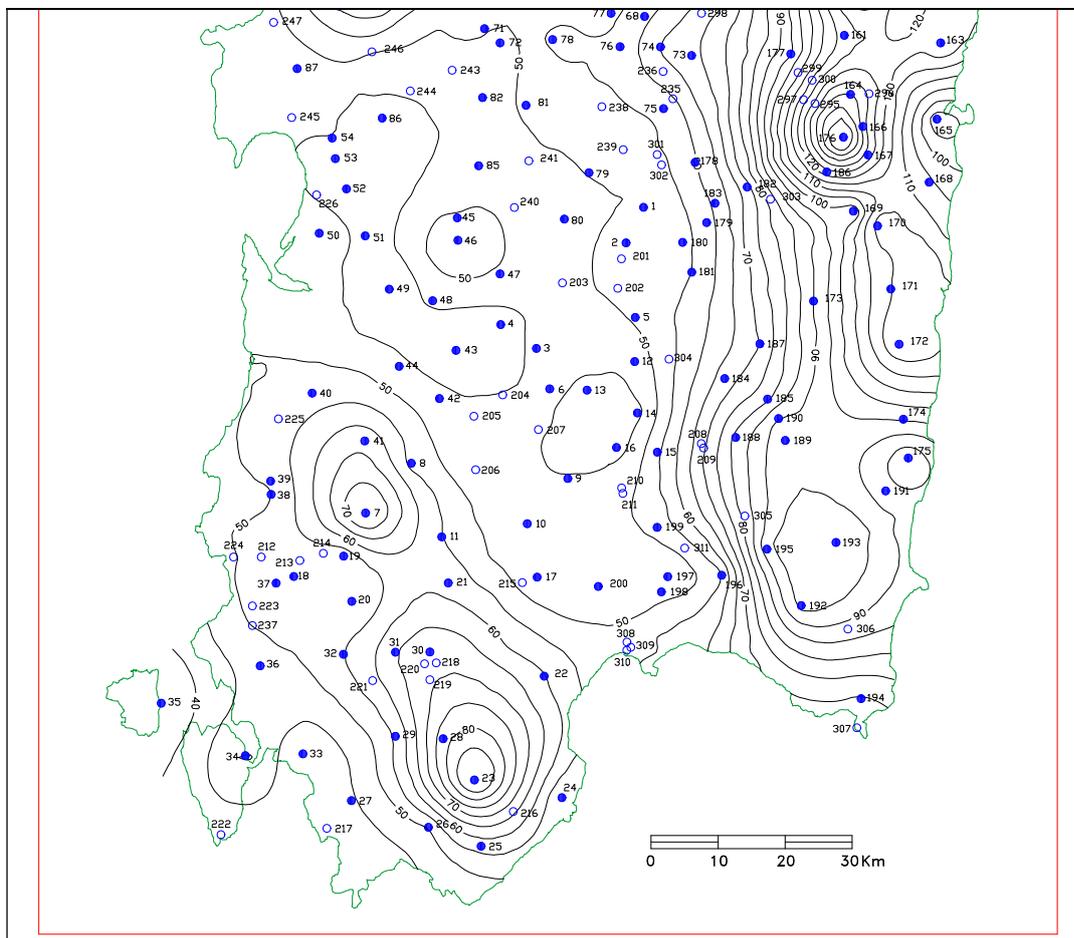


Figura 3 – Distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia giornaliera in Sardegna.

I parametri a_2' , a_2'' e b_2' , b_2'' contraddistinguono invece la sottozona di appartenenza.

Valutazione del coefficiente di afflusso Φ



Comune di Piscinas – Provincia del Sud Sardegna

Lavori di realizzazione dell'attraversamento della strada vicinale Is Arrus sul Rio Funtanaluma
Progetto definitivo esecutivo -Relazione idrologico idraulica

Per la valutazione del coefficiente di afflusso, si fa ricorso al metodo CN (*curve number*) del Soil Conservation Service, che secondo gli autori trova impiego ottimale nell'ambito dei piccoli bacini.

Per definizione si intende per pioggia netta la grandezza

$$h_{netta} = \frac{(h_{lorda} - I_a)^2}{h_{lorda} + S - I_a} \quad \text{dove} \quad S = 254 * \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

Il valore del CN è tabellato per differenti combinazioni di suolo e copertura vegetale; il parametro S, rappresenta la quantità d'acqua immagazzinabile nel bacino, e quindi nel terreno ed è legato alla possibilità di infiltrazione, e alle condizioni di umidità precedenti (*AMC - Antecedet Misture Condition*).

Il valore dell'infiltrazione iniziale è dato dalla:

$$I_a = 0.2 * S$$

Coefficiente di ragguglio areale R

Per il coefficiente di ragguglio areale si assumono le seguenti espressioni:

$$r = 1 - (0.0394 A^{0.354}) \tau^{(-0.40+0.0208 \ln(4.6-\ln(A)))} \quad \text{per } A < 20 \text{ km}^2$$

$$r = 1 - (0.0394 A^{0.354}) \tau^{(-0.40+0.03832 \ln(4.6-\ln(A)))} \quad \text{per } A > 20 \text{ km}^2$$

Durata della pioggia critica

Per la valutazione della durata della pioggia critica si è assunto il modello utilizzato nella procedura VAPI Sardegna; si è quindi ammesso che la durata della pioggia corrisponda alla somma del tempo necessario per la formazione del deflusso superficiale e del tempo di corrivazione del bacino:

$$\tau = \tau_c + \tau_f$$

dove

τ_c è il tempo di corrivazione

τ_f è il tempo necessario per la formazione del ruscellamento superficiale.

La valutazione del tempo di corrivazione viene fatta attraverso un confronto critico delle seguenti formule empiriche:

Formola di Ventura	$\tau_c = 0.127 \left(\frac{S}{J_m} \right)^{\frac{1}{2}}$	J_m pendenza media dell'asta S superficie del bacino in km^2
Formola di Giandotti	$\tau_c = \frac{4S^{\frac{1}{2}} + 1.5L}{0.8(H_m - H_s)^{\frac{1}{2}}}$	H_m altitudine media del bacino H_a quota della sezione di controllo in m s.l.m.



Comune di Piscinas – Provincia del Sud Sardegna

Lavori di realizzazione dell'attraversamento della strada vicinale Is Arrus sul Rio Funtanaluma

Progetto definitivo esecutivo -Relazione idrologico idraulica

Formula di Pasini	$\tau_c = \frac{0.108(S*L)^{\frac{1}{3}}}{J_m^{\frac{1}{2}}}$	<i>J_m</i> pendenza media dell'asta <i>L</i> lunghezza in Km della stessa <i>S</i> superficie del bacino
Formula di Viparelli	$\tau_c = \frac{L}{3.6V}$	<i>L</i> lunghezza in Km dell'asta <i>V</i> velocità media di scorrimento da assumersi su valori compresi tra 1 m/s e 1.5 m/s.
Formula VAPI Sardegna	$\tau_c = 0.212 * A^{0.231} \left(\frac{H_m}{J_m} \right)^{0.289}$	<i>H_m</i> altitudine media del bacino <i>J_m</i> la pendenza media del reticolo
Formula Soil Conservation Service	$\tau_c = 1.67 \frac{100L^{0.8} * \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}}{1900 * i_{versante}^{0.5}}$	<i>i</i> pendenza media del bacino <i>L</i> lunghezza asta principale in piedi

Il tempo di formazione del ruscellamento superficiale, viene calcolato mediante la seguente espressione:

$$\tau_f = \frac{I_a}{i[(\tau_c + \tau_f), r]}$$

dove: *I_a*: rappresenta l'assorbimento iniziale

i : intensità di pioggia relativa alla durata critica

La pendenza media dell'asta principale è invece valutata mediante la relazione

$$\sqrt{J_m} = \frac{L}{\sum_1^n \frac{l_i}{\sqrt{i_i}}}$$

dove : *L* è la lunghezza dell'asta

l_i lunghezza del tratto *i*-esimo a pendenza omogenea

i_i la pendenza del tratto *i*-esimo a pendenza omogenea

In questo studio si è adottata la condizione più sfavorevole ponendo $\tau_f = 0$

Scelta del tempo di ritorno

Secondo quanto riportato nelle "Linee Guida" di cui all'art. 3 delle Norme di Attuazione del P.A.I., le portate di piena sono state calcolate per eventi con tempi di ritorno corrispondenti ai quattro livelli di pericolosità:

Il dimensionamento delle opere è stato invece determinato sulla base della portata duecentenaria.

Scelta del metodo per la stima della portata di piena



Comune di Piscinas – Provincia del Sud Sardegna

Lavori di realizzazione dell'attraversamento della strada vicinale Is Arrus sul Rio Funtanaluma
Progetto definitivo esecutivo -Relazione idrologica idraulica

Non disponendo di informazioni dirette sulle portate nei bacini in studio, si è fatto ricorso al metodo indiretto "razionale", utilizzando per il calcolo dell'altezza di pioggia critica le curve di possibilità pluviometrica derivate con l'applicazione del modello probabilistico TCEV (Two Component Extreme Value); per un doveroso raffronto è stato applicato anche il metodo Classico in cui le curve di possibilità climatica sono basate sulla distribuzione log-normale.

La valutazione del tempo di corrivazione dei bacini interessati è ottenuta, come già accennato, attraverso un confronto critico delle formule empiriche sopra riportate.

Risultati ottenuti – valori delle portate di piena

Nelle tabelle di calcolo allegate figurano i dati morfometrici relativi a tutti i bacini esaminati e i risultati ottenuti attraverso i calcoli sopra descritti.

Comparto Drenante di riferimento	Codice sezione	bacino					asta		Hg media	CN	
		Area [kmq]	H _{chiusura} [m]	H _{massima} [m]	H _{media} [m]	P. media %	L [km]	P. media	[mm]	II cat	III cat
<i>Sistema del Rio Funtanaluma</i>	465	5.51	62.24	293.31	114.71	5.80	5.49	0.04	51.96	80.4	90.50

Comparto Drenante di riferimento	Codice sezione	Area	Portata Tr 50	Portata Tr100	Portata Tr 200	Portata Tr 500
<i>Sistema del Rio Funtanaluma</i>	465	5.51	35.05	41.76	48.59	57.74

I valori di portata così calcolati sono relativi al bacino idrografico con sezione di chiusura ubicata sull'attraversamento di Via Campagna, posto 30 m circa a monte di quello oggetto di adeguamento.

La differenza fra i due bacini in termini di superficie è pari a 0.1%, quindi le portate riferite al bacino oggetto di studio possono essere considerate le stesse di quelle riportate sopra.



Comune di Piscinas – Provincia del Sud Sardegna

Lavori di realizzazione dell'attraversamento della strada vicinale Is Arrus sul Rio Funtanaluma

Progetto definitivo esecutivo -Relazione idrologico idraulica

4. Analisi idraulica

L'analisi idraulica è finalizzata a valutare le condizioni di deflusso delle portate di progetto all'interno del tratto d'asta fluviale oggetto di intervento.

L'analisi è condotta secondo due fasi successive; una prima fase, volta alla definizione delle criticità e delle inadeguatezze relative alla sezione e profilo dell'alveo, una seconda fase è relativa alle verifiche di funzionalità delle sezioni proposte.

Entrambe le verifiche sono state eseguite conformemente alle linee guida del PAI, ovvero in condizioni di moto permanente, ovvero ipotizzando che per ogni sezione definite lungo l'asta, le caratteristiche i valori della portata si mantenga costante; la suddetta condizione è evidentemente più cautelativa rispetto alle condizioni di moto vario, in quanto si ammette che il valore della portata di calcolo sia il picco dell'idrogramma di progetto e che lo stesso si mantenga costante e invariabile nel tempo.

Il modello idraulico utilizzato in questo studio, denominato HEC-RAS, nella sua versione 4.0, è stato sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers; il modello è in grado di effettuare simulazioni di tipo monodimensionale del fenomeno di propagazione dell'onda di piena su corsi d'acqua in condizioni di moto stazionario e non stazionario.

Il modello presuppone che siano fornite tutte le informazioni necessarie, ed in particolare la geometria di un numero sufficiente di sezioni trasversali, la scabrezza che metta in conto le resistenze idrauliche, le condizioni al contorno e le portate.

Il programma consente di inserire sezioni trasversali fittizie, interpolando quelle rilevate, in modo da assicurare che il passo di discretizzazione spaziale non ecceda un assegnato valore limite ed è in grado di modellare il comportamento di canali naturali e artificiali tenendo conto dell'influenza sul moto di manufatti di vario tipo quali ponti, briglie, paratoie che influenzano le caratteristiche della corrente ecc.

Per l'analisi in moto permanente HEC-RAS determina il profilo del pelo libero tra una sezione e la successiva mediante la procedura iterativa denominata standard step, risolvendo l'equazione del bilancio energetico,

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} - h_e \quad (1)$$

dove:

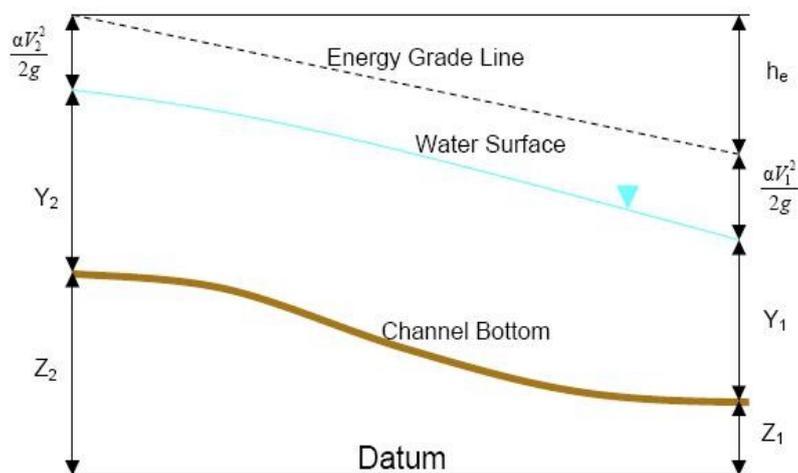
Y1 e Y2 sono le altezze d'acqua riferite al fondo dell'alveo;

Z1 e Z2 sono le altezze del fondo rispetto ad una quota di riferimento;



Comune di Piscinas – Provincia del Sud Sardegna

Lavori di realizzazione dell'attraversamento della strada vicinale Is Arrus sul Rio Funtanaluma
Progetto definitivo esecutivo -Relazione idrologico idraulica



V_1 e V_2 sono le velocità medie della corrente nelle due sezioni estreme del tronco fluviale considerato;

α_1 e α_2 sono coefficienti di ragguglio delle potenze cinetiche;

h_e è la perdita di carico tra le due sezioni considerate.

I

Il termine h_e dipende sia dalle perdite per attrito che da quelle per contrazione ed espansione. Si può valutare mediante la seguente relazione:

$$h_e = L \cdot \overline{S_f} + C \cdot \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (2)$$

dove:

L è la lunghezza del tronco considerato;

$\overline{S_f}$ è la cadente media tra le due sezioni;

C è il coefficiente di perdita di carico per contrazione o espansione.

Il primo termine rappresenta la perdita di carico totale per attrito, prodotto tra le due sezioni dalla cadente media. Il programma prevede diverse possibilità di calcolo della cadente, che viene determinata presupponendo una suddivisione della sezione d'alveo in sottosezioni all'interno delle quali la velocità possa ritenersi con buona approssimazione costante.



Comune di Piscinas – Provincia del Sud Sardegna

*Lavori di realizzazione dell'attraversamento della strada vicinale Is Arrus sul Rio Funtanaluma
Progetto definitivo esecutivo -Relazione idrologico idraulica*

Il secondo termine della equazione per il calcolo delle perdite di carico rappresenta invece il contributo dovuto alla contrazione ed espansione dell'area bagnata; tali perdite sorgono nel momento in cui si abbia un allargamento o restringimento della sezione che determini una situazione di corrente non lineare. Il coefficiente C varia in un intervallo compreso tra 0.1 e 1 per correnti subcritiche, mentre in caso di correnti veloci generalmente si assumono valori inferiori.

L'altezza del pelo libero, in riferimento ad una assegnata sezione, viene determinato mediante una risoluzione iterativa delle equazioni (1) e (2). Il modello fornisce inoltre i valori dell'altezza critica nelle diverse sezioni fluviali. Qualora si verificano transizioni da corrente lenta e veloce o viceversa, in tali segmenti di asta fluviale l'equazione di bilancio energetico è sostituita dall'equazione globale di equilibrio dinamico.

Il modello HEC-RAS consente di modellare l'effetto indotto sulla corrente dalla presenza di attraversamenti fluviali, nel caso che il deflusso attraverso il ponte avvenga a pelo libero ma anche in pressione. La perdita di energia causata dal ponte è divisa in tre parti: in primo luogo le perdite che si hanno nella zona immediatamente a valle del ponte dove, generalmente, si ha un'espansione della corrente. Sono poi considerate le perdite di energia che si verificano durante l'attraversamento del ponte, nonché le perdite che si hanno immediatamente a monte, ove la corrente subisce una contrazione.

Per lo studio del deflusso attraverso un ponte HEC-RAS fa riferimento a quattro sezioni fluviali trasversali: sezione a monte del ponte, sezione di ingresso al ponte, sezione in uscita al ponte e sezione a valle del ponte. Il calcolo può essere effettuato utilizzando diverse soluzioni.

Il metodo del bilancio energetico (metodo standard step), tratta la sezione in cui è presente il ponte esattamente come le altre, ad eccezione del fatto che l'area occupata dalla struttura viene sottratta dall'area totale e che il perimetro bagnato risulta incrementato per via del contributo dato dal ponte stesso. Poiché le perdite totali sono funzione delle perdite per attrito e delle perdite per contrazione ed espansione, occorre definire in questa fase i coefficienti necessari per il calcolo. In particolare, essendovi variazioni di velocità anche notevoli, il coefficiente di contrazione e soprattutto quello di espansione risulteranno sensibilmente maggiori dei valori assunti per i normali tronchi fluviali.

Il metodo del bilancio della quantità di moto si basa invece sull'applicazione dell'omonima equazione tra le quattro sezioni fluviali in precedenza descritte. Il modello permette all'utente di utilizzare, per lo studio di ogni ponte, ciascuno dei metodi sopra citati o eventualmente di selezionarli entrambi; il software provvede a restituire il profilo che prospetta la situazione caratterizzata da maggior criticità.

Condizioni al contorno in moto permanente

Assegnato il valore di portata di moto permanente, nel caso di corrente lenta occorre specificare una condizione al contorno di valle; viceversa, per correnti veloci, è richiesta la definizione di una condizione al contorno di monte. Per un regime misto, invece, si rende necessaria la specifica di entrambe le condizioni, ovvero a monte e a valle. HEC-RAS ammette la definizione delle condizioni al contorno attraverso la specifica



Comune di Piscinas – Provincia del Sud Sardegna
Lavori di realizzazione dell'attraversamento della strada vicinale Is Arrus sul Rio Funtanaluma
Progetto definitivo esecutivo -Relazione idrologico idraulica

di un valore di altezza assegnato, oppure imponendo il passaggio del profilo per l'altezza critica, oppure per l'altezza di moto uniforme.

4.1. Applicazione del metodo.

Come detto in precedenza, le valutazioni idrauliche sono state condotte nelle due configurazioni ante operam e post operam, e la scelta della configurazione terminale è stata effettuata dopo aver valutato le modifiche che i profili liquidi subiscono al variare dell'opera di attraversamento; in dettaglio saranno illustrate nei paragrafi successivi le due condizioni esaminate.

Lo studio è stato condotto lungo il tratto d'alveo di lunghezza pari a 218 m circa, con 16 transetti di lunghezza pari a 150 m circa.

La successiva figura mostra gli elementi sui quali si è operata la modellazione idraulica.



Figura 4 – Schema idraulico del Rio Funtanaluma

4.2. Condizioni ex ante

La prima verifica è stata effettuata utilizzando le portate relative ai tempi di ritorno del PAI, con risultati che mostrano chiaramente una notevole insufficienza dell'attraversamento in oggetto, come mostra il profilo riportato di seguito.



Comune di Piscinas – Provincia del Sud Sardegna
Lavori di realizzazione dell'attraversamento della strada vicinale Is Arrus sul Rio Funtanaluma
Progetto definitivo esecutivo -Relazione idrologica idraulica

L'attraversamento è stato simulato tramite un *culvert* di diametro 80 cm e lunghezza pari a 6 m.

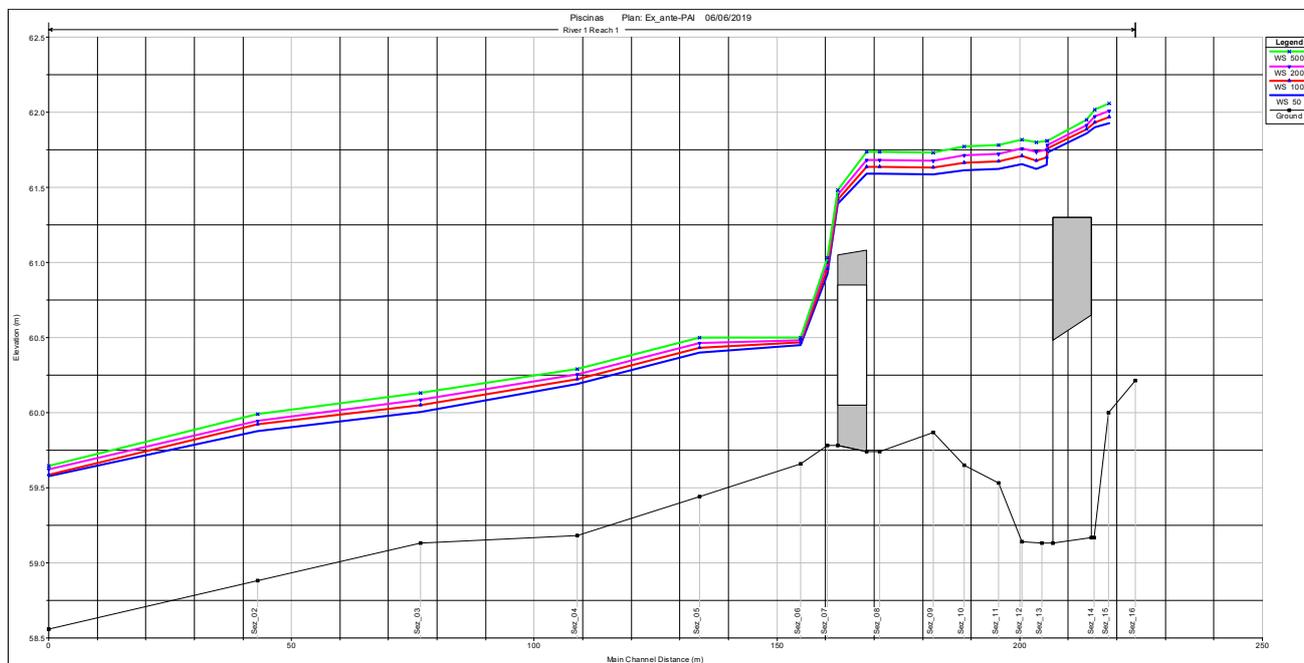


Figura 5 – Profilo idraulico con le portate del PAI

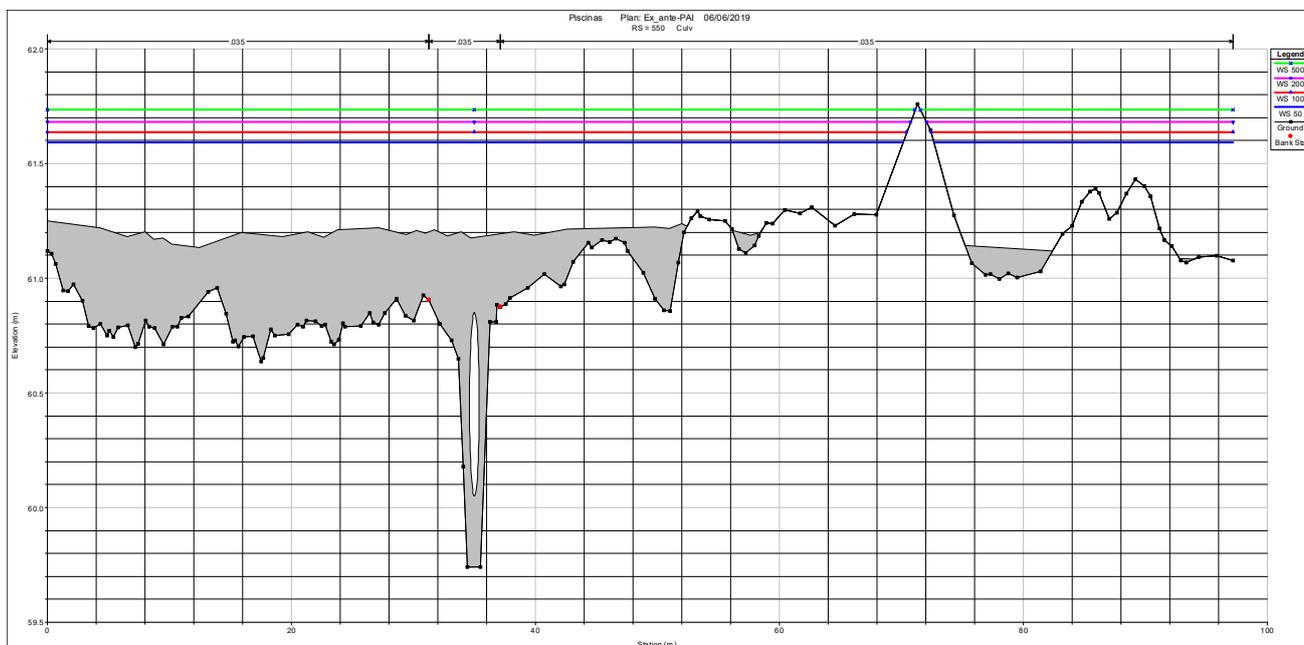


Figura 6 – Sezioni idraulica in prossimità dell'attraversamento



Comune di Piscinas – Provincia del Sud Sardegna

Lavori di realizzazione dell'attraversamento della strada vicinale Is Arrus sul Rio Funtanaluma
Progetto definitivo esecutivo -Relazione idrologica idraulica

Dalla simulazione idraulica risulta un'insufficienza, a contenere le portate di piena considerate, con tiranti idrici in alveo di circa 1.85 m per il tempo di ritorno di 50 anni. In questa configurazione la portata massima compatibile con il culvert è pari a 1.46 mc/s (*Q barrel*), corrispondente a un tempo di ritorno inferiore all'anno, mentre la restante parte pari a 33.92 mc/s scorre al di fuori del culvert (*Q Wier*). Rispetto alla portata complessiva quindi la capacità di smaltimento del tubolare esistente è pari al 4% circa.

Plan: ante-pai River 1 Reach 1 RS: 550 Culv Group: Culvert #1 Profile: 50			
Q Culv Group (m3/s)	1.46	Culv Full Len (m)	6.00
# Barrels	1	Culv Vel US (m/s)	2.91
Q Barrel (m3/s)	1.46	Culv Vel DS (m/s)	2.91
E.G. US. (m)	61.62	Culv Inv El Up (m)	60.05
W.S. US. (m)	61.59	Culv Inv El Dn (m)	60.05
E.G. DS (m)	61.07	Culv Frctn Ls (m)	0.17
W.S. DS (m)	60.92	Culv Exit Loss (m)	0.29
Delta EG (m)	0.55	Culv Entr Loss (m)	0.09
Delta WS (m)	0.67	Q Weir (m3/s)	33.92
E.G. IC (m)	61.61	Weir Sta Lft (m)	0.00
E.G. OC (m)	61.62	Weir Sta Rgt (m)	97.18
Culvert Control	Outlet	Weir Submerg	0.00
Culv WS Inlet (m)	60.85	Weir Max Depth (m)	0.54
Culv WS Outlet (m)	60.85	Weir Avg Depth (m)	0.40
Culv Nml Depth (m)		Weir Flow Area (m2)	37.78
Culv Crt Depth (m)	0.72	Min El Weir Flow (m)	61.08

Errors, Warnings and Notes

Note: During the supercritical calculations a hydraulic jump occurred inside of the culvert.

Note: The culvert inlet is submerged and the culvert flows full over part or all of its length. Therefore, the culvert inlet equations are not valid and the supercritical result has been discarded. The outlet answer will be used.

Figura 7 – Parametri del culvert

4.3. Condizione ex post

Rispetto alla situazione ex-ante, il progetto prevede la sostituzione dell'opera di attraversamento esistente con uno scatolare in cls prefabbricato a sezione rettangolare, unitamente alla riprofilatura del fondo alveo per avere una pendenza dello 0.1%.

Analizzando le risultanze idrauliche del Rio Funtanaluma, l'immagine sottostante mostra come il tirante idrico relativo alla portata cinquantenaria diminuisce di 30 cm, ma l'alveo e soprattutto l'elemento prefabbricato rimangono insufficienti a convogliare la portata di piena in quanto le portate da smaltire sono notevoli (in blu i valori ex-ante e in rosso i valori ex-post). Inoltre, come si evince dalle figure, non è garantito il franco minimo



Comune di Piscinas – Provincia del Sud Sardegna
Lavori di realizzazione dell'attraversamento della strada vicinale Is Arrus sul Rio Funtanaluma
Progetto definitivo esecutivo -Relazione idrologica idraulica

sulle opere di attraversamento, perciò **la realizzazione dell'opera non ha alcun effetto di deperimetrazione delle aree di pericolosità vigenti**, ma solo di migliorare il deflusso facilitando il transito della portata di piena.

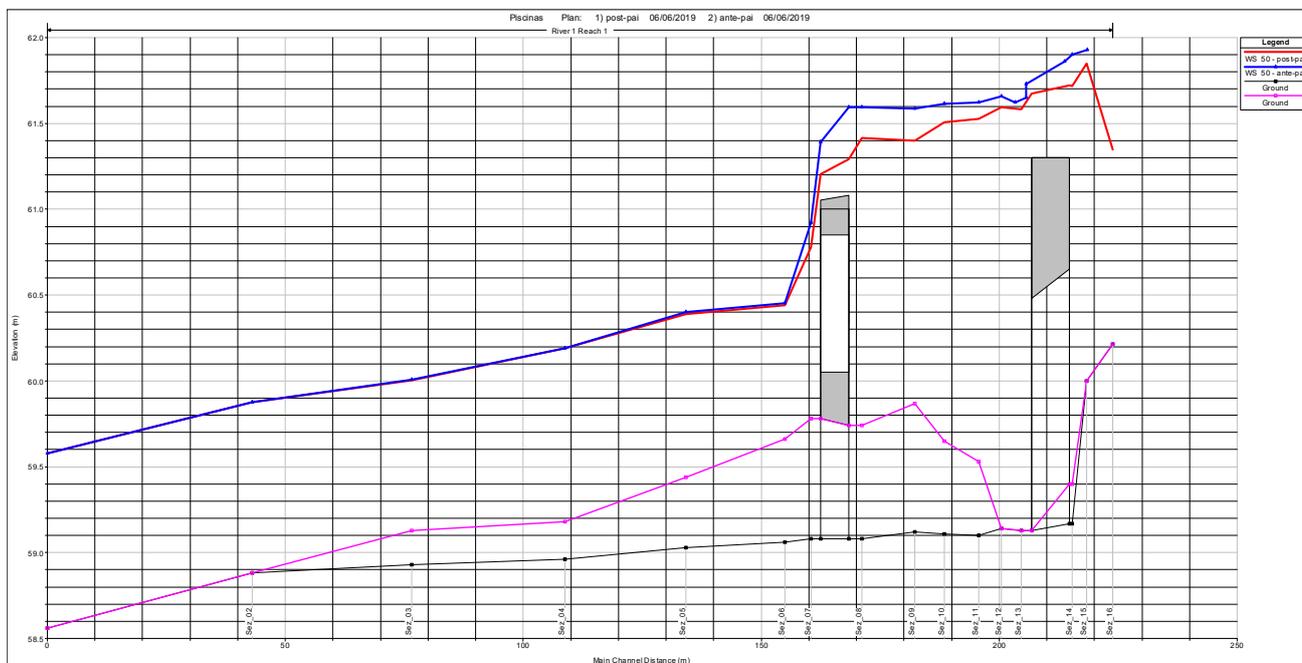


Figura 8 – Profilo idraulico con le portate di 50 anni nella condizione ante e post

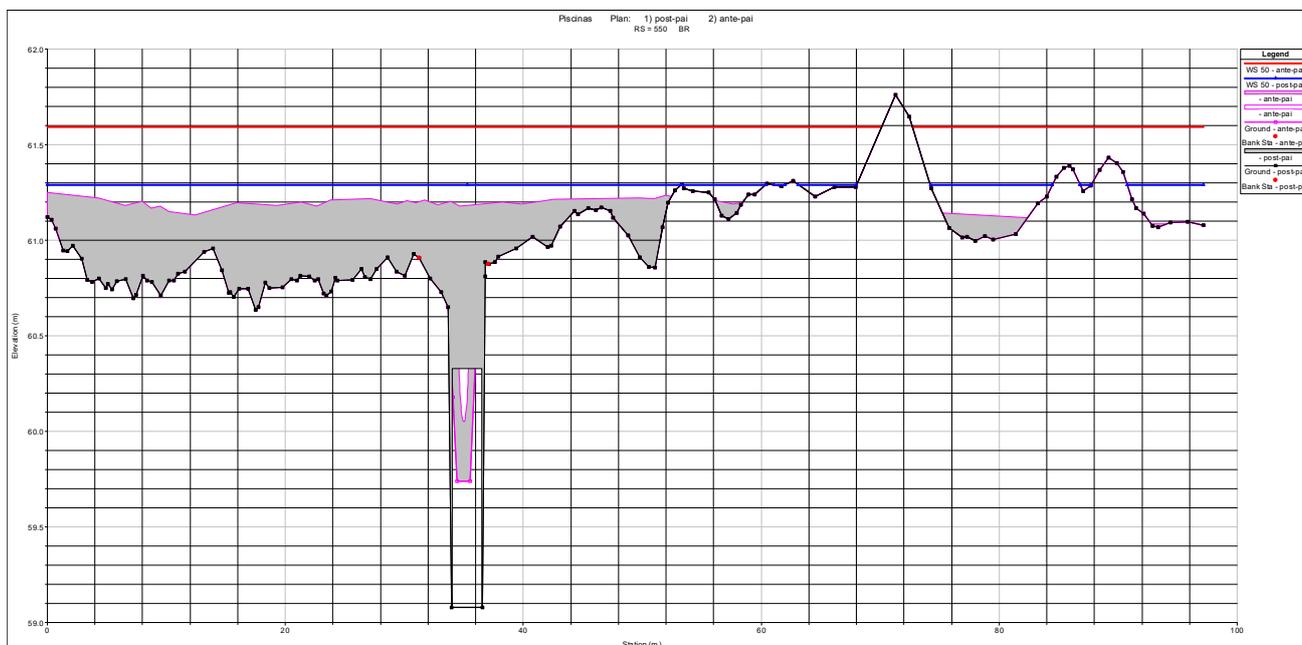


Figura 9 – Sezioni idraulica in prossimità dell'attraversamento



Comune di Piscinas – Provincia del Sud Sardegna

Lavori di realizzazione dell'attraversamento della strada vicinale Is Arrus sul Rio Funtanaluma

Progetto definitivo esecutivo -Relazione idrologica idraulica

Analizzando invece i parametri del *bridge*, risulta che le condizioni di deflusso migliorano notevolmente, in quanto aumenta la portata convogliata all'interno dello scatolare, che passa da 1.46 della condizione ex-ante a 6.86 mc/s nella condizione post, con tempo di ritorno inferiore ai 2 anni. Rispetto alla portata complessiva quindi la capacità di smaltimento del tubolare è passata dal 4% della condizione ex-ante al 20%.

Plan: post-pai River 1 Reach 1 RS: 550 Profile: 50				
E.G. US. (m)	61.46	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	61.41	E.G. Elev (m)	61.44	61.33
Q Total (m3/s)	35.05	W.S. Elev (m)	61.29	61.21
Q Bridge (m3/s)	6.86	Crit W.S. (m)	61.29	61.22
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	2.21	2.13
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	1.64	1.53
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	21.34	22.88
Weir Submerg		Froude # Chl	0.37	0.34
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	13.37	11.58
Min El Weir Flow (m)	61.00	Hydr Depth (m)	0.25	0.23
Min El Prs (m)	60.33	W.P. Total (m)	91.79	107.73
Delta EG (m)	0.21	Conv. Total (m3/s)	253.4	236.7
Delta WS (m)	0.64	Top Width (m)	83.78	100.53
BR Open Area (m2)	2.74	Frctn Loss (m)		0.05
BR Open Vel (m/s)	2.51	C & E Loss (m)		0.03
BR Sluice Coef		Shear Total (N/m2)	43.63	45.65
BR Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	71.65	69.93

Errors, Warnings and Notes	
Note:	Multiple critical depths were found at this location. The critical depth with the lowest, valid, water surface was used.
Warning:	The energy equation could not be balanced within the specified number of iterations. The program selected the water surface that had the least amount of error between computed and assumed values.
Warning:	The cross section had to be extended vertically during the critical depth calculations.
Note:	Multiple critical depths were found at this location. The critical depth with the lowest, valid, water surface was used.
Note:	The energy method has computed a class B profile.

4.4. Verifica idraulica dell'attraversamento

Ai sensi dell'art.22 delle NTA del PAI è stata emanata la direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza delle infrastrutture esistenti viario o ferroviario del reticolo idrografico della Sardegna nonché delle altre opere interferenti.

Vista la Figura 7 risulta evidente come non sia rispettato il franco minimo per il tempo di ritorno di 200 anni, e conseguentemente l'attraversamento esistente non verifica le condizioni di sicurezza.

Ai sensi dell'art. 9 della suddetta direttiva, *nel caso in cui le verifiche di sicurezza non diano esito positivo, per ogni attraversamento deve essere predisposto un programma di azioni che descriva le misure da porre in atto in modo da conseguire condizioni di sicurezza sufficienti per gli utenti e da minimizzare il rischio di distruzione o danneggiamento grave dell'opera.*



Comune di Piscinas – Provincia del Sud Sardegna

Lavori di realizzazione dell'attraversamento della strada vicinale Is Arrus sul Rio Funtanaluma

Progetto definitivo esecutivo -Relazione idrologico idraulica

Il presente intervento è quindi contemplato dalla Direttiva, in quanto migliora notevolmente le condizioni di deflusso della portata di piena, riducendo l'allagamento ai danni della strada e delle abitazioni limitrofe in occasione di eventi critici.

Inoltre l'intervento risulta necessario al fine di rendere efficace quello realizzato sull'attraversamento di Via Campagna, che altrimenti non migliora le condizioni di deflusso nel suo complesso.

In aggiunta a tali osservazioni, si sottolinea che la sezione utile dello scatolare di Via Campagna è pari a 3.125 mq (1.25 m x 2.5 m), e che l'attraversamento di progetto è stato dimensionato per una portata superiore a quella massima transitabile nello scatolare di monte, prevedendo una sezione utile maggiore, e precisamente pari a 3.45 mq (1.5 m x 2.3 m).

Infine, la portata massima compatibile con la struttura (senza franco idraulico), pari a 6.86 mc/s che corrisponde ad un tempo di ritorno di circa 2 anni.

4.5. Conclusioni

L'intervento in oggetto prevede la sostituzione di un tubolare esistente di 800 mm con un elemento prefabbricato in cls a sezione rettangolare.

L'intervento è finalizzato al miglioramento delle condizioni di deflusso, in quanto l'attraversamento esistente comporta una forte ostruzione al convogliamento delle portate di piena, con conseguenti allagamenti a danno della strada e delle abitazioni vicine.

Tuttavia, la presenza di un incrocio e le quote esistenti non consentono di realizzare una nuova infrastruttura con franco idraulico previsto dalle norme, mentre è possibile migliorare le condizioni attuali senza in alcun modo ridurre le aree di pericolosità idraulica vigenti ai sensi del PAI.

La modellazione idraulica ex-post evidenzia un miglioramento in termini di portata e tempo di ritorno, in quanto si passa da una portata di 1.46 mc/s ad una di 6.86 mc/s, e da un tempo di ritorno critico di circa 1 anno ad un valore di 2 anni.

Inoltre, nella configurazione di progetto, l'attraversamento è in grado di smaltire adeguatamente la portata massima dell'attraversamento di monte, avendo previsto una sezione idraulica maggiore.



Comune di Piscinas – Provincia del Sud Sardegna

Lavori di realizzazione dell'attraversamento della strada vicinale Is Arrus sul Rio Funtanaluma

Progetto definitivo esecutivo -Relazione idrologico idraulica

INDICE

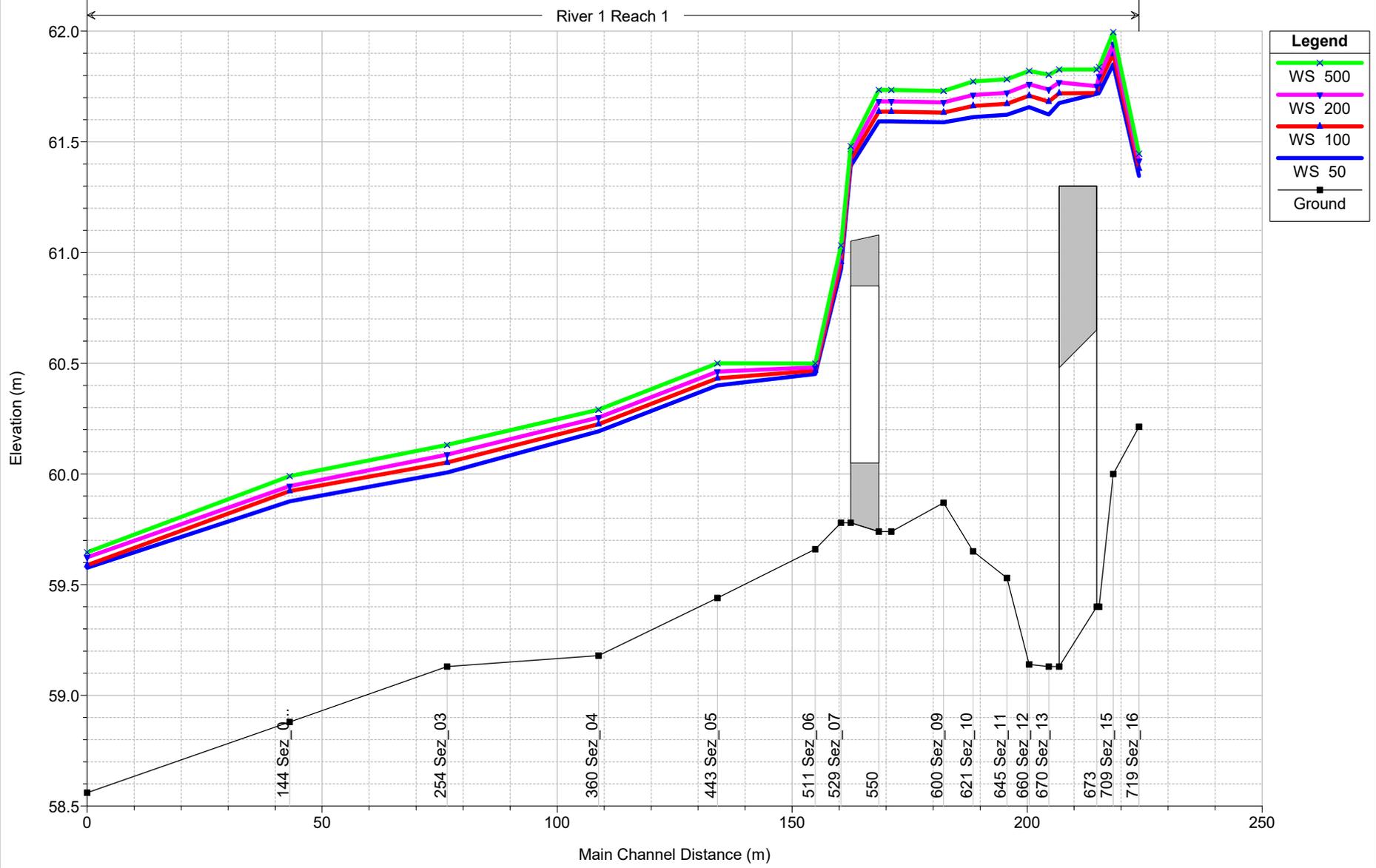
1. Premessa	1
2. Valutazioni idrologiche	2
3. Determinazione della portata di calcolo	3
4. Analisi idraulica	8
4.1. Applicazione del metodo.	11
4.2. Condizioni ex ante	11
4.3. Condizione ex post	13
4.4. Verifica idraulica dell'attraversamento	15
4.5. Conclusioni	16

ALLEGATI HECRAS

PROFILO EX ANTE

Piscinas Plan: Ex_ante-PAI 12/06/2019

River 1 Reach 1

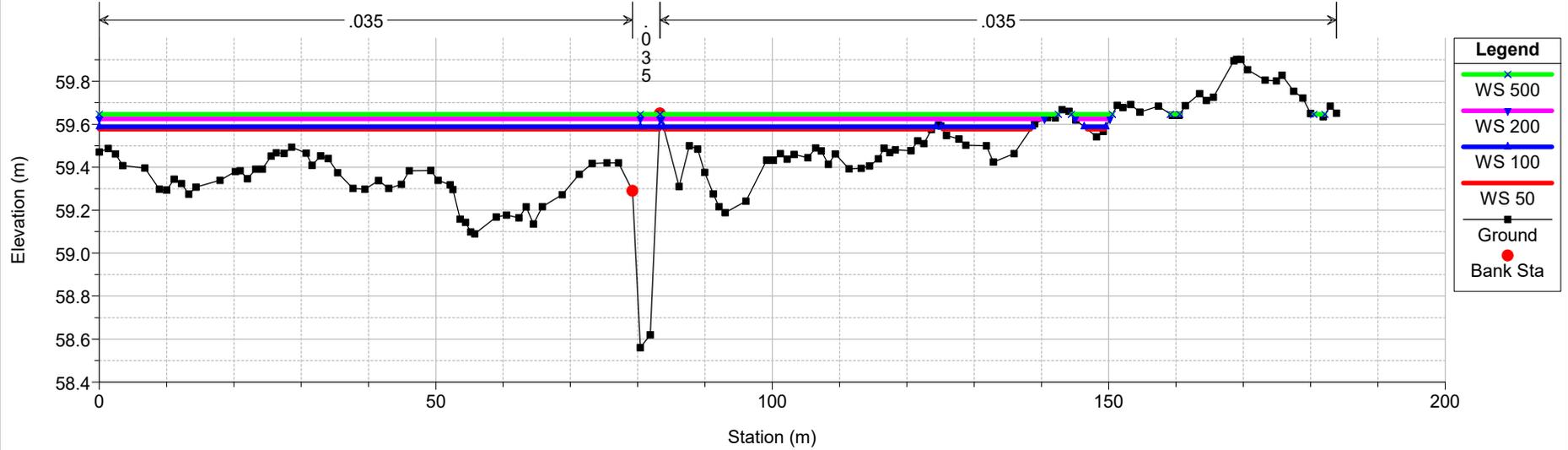


Legend

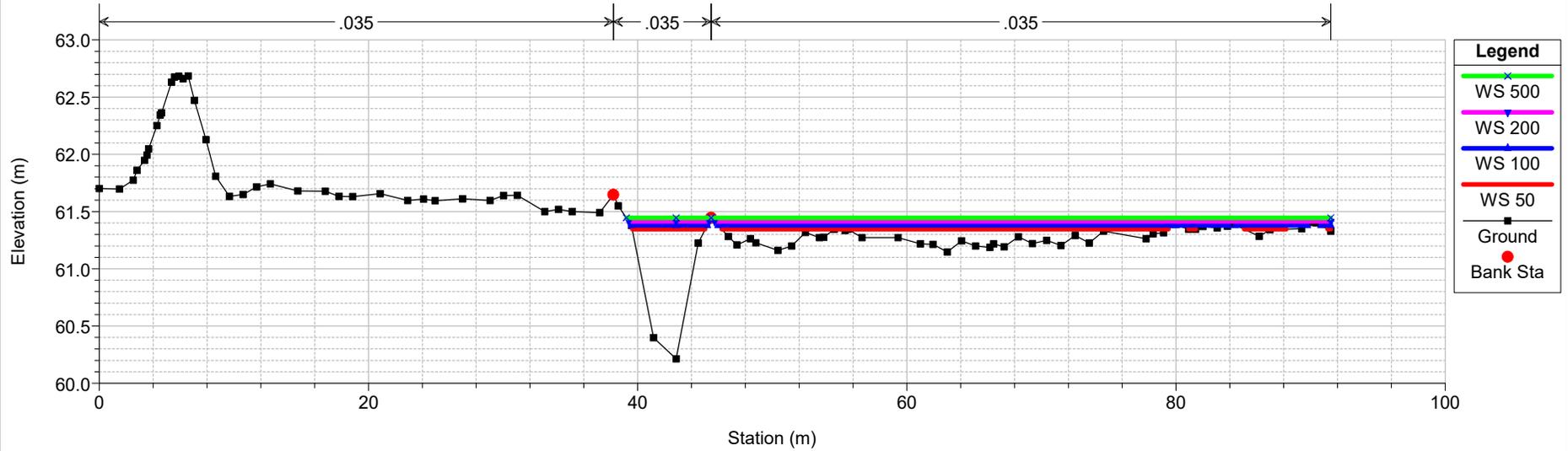
- WS 500
- WS 200
- WS 100
- WS 50
- Ground

SEZIONI EX ANTE

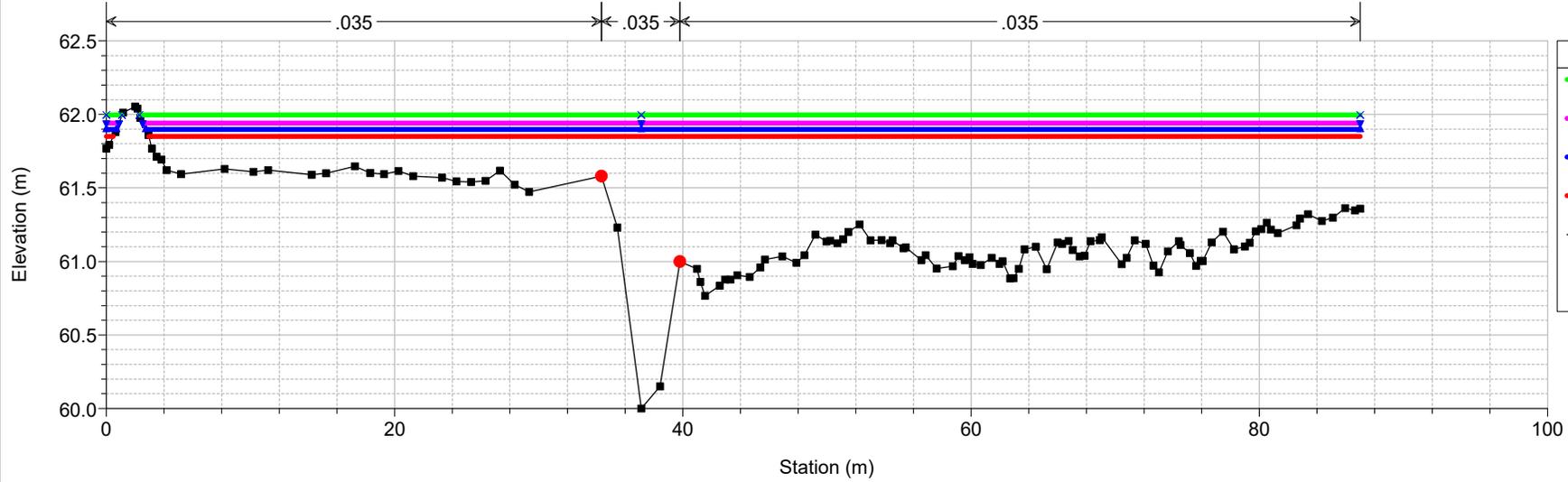
Piscinas Plan: Ex_ante-PAI 12/06/2019
RS = 3 Sez_01



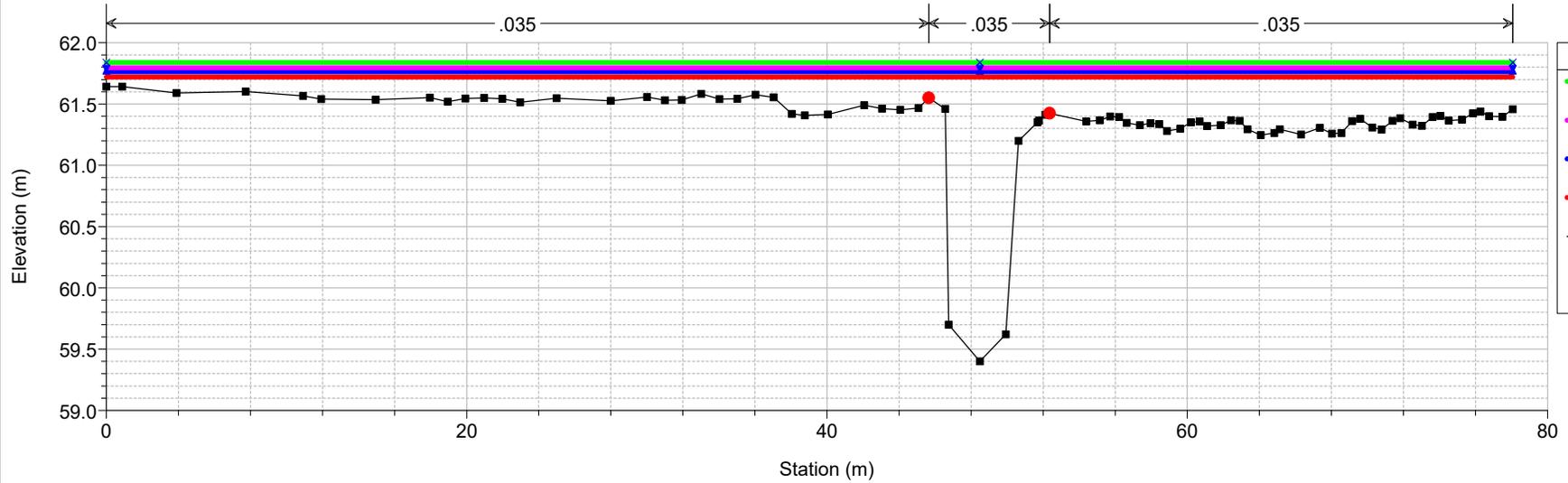
Piscinas Plan: Ex_ante-PAI 12/06/2019
RS = 719 Sez_16



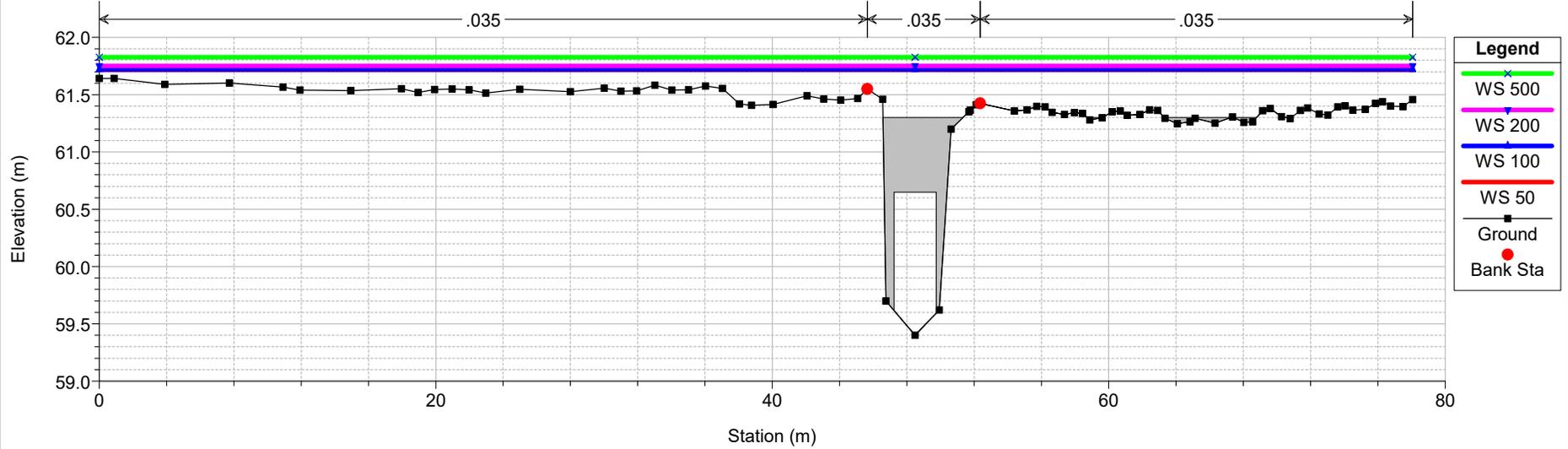
Piscinas Plan: Ex_ante-PAI 12/06/2019
RS = 709 Sez_15



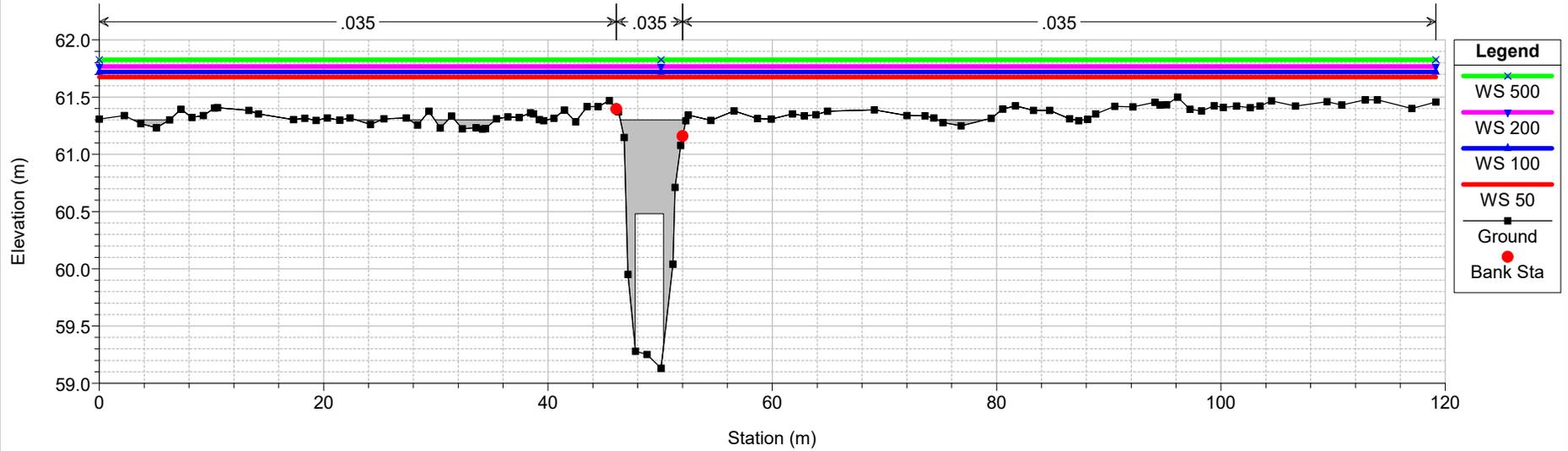
Piscinas Plan: Ex_ante-PAI 12/06/2019
RS = 677 Sez_14



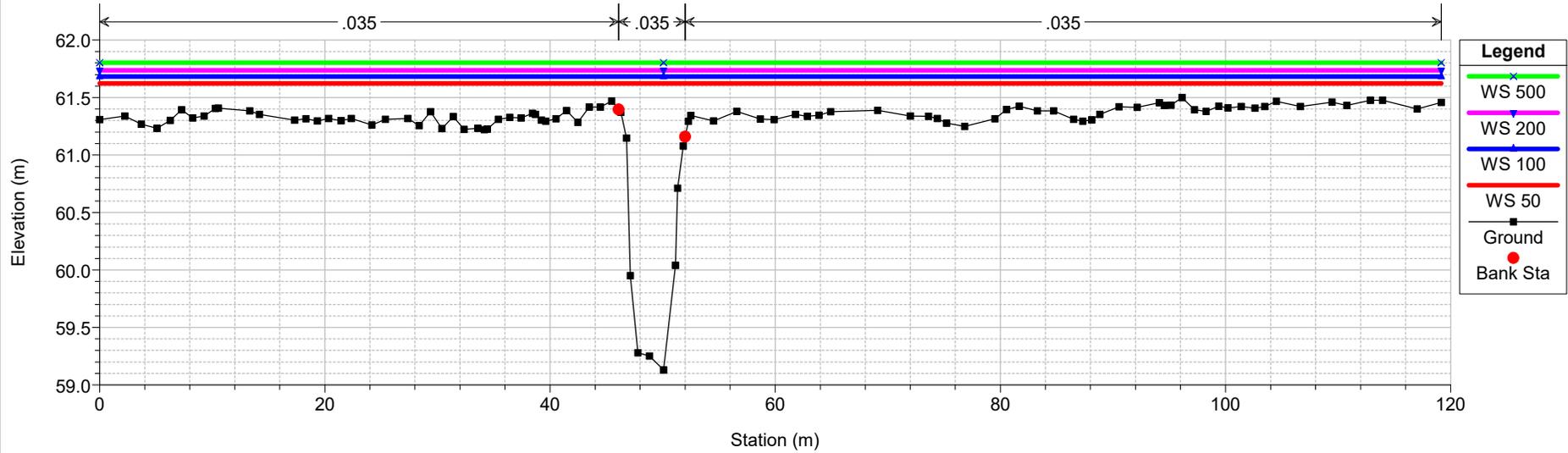
Piscinas Plan: Ex_ante-PAI 12/06/2019
RS = 673 BR



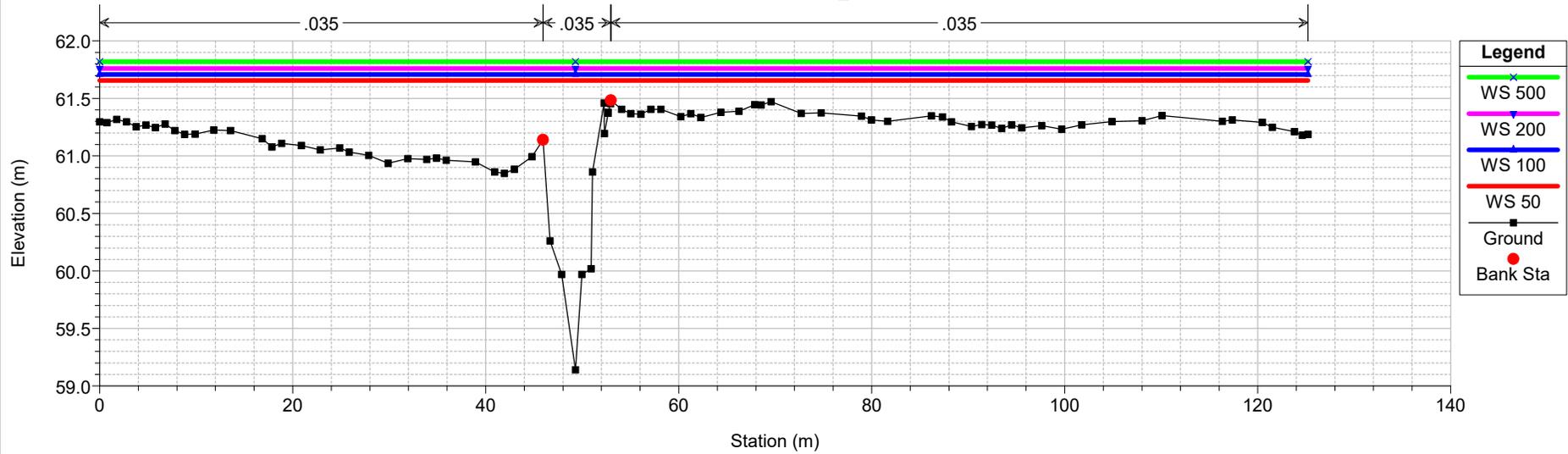
Piscinas Plan: Ex_ante-PAI 12/06/2019
RS = 673 BR



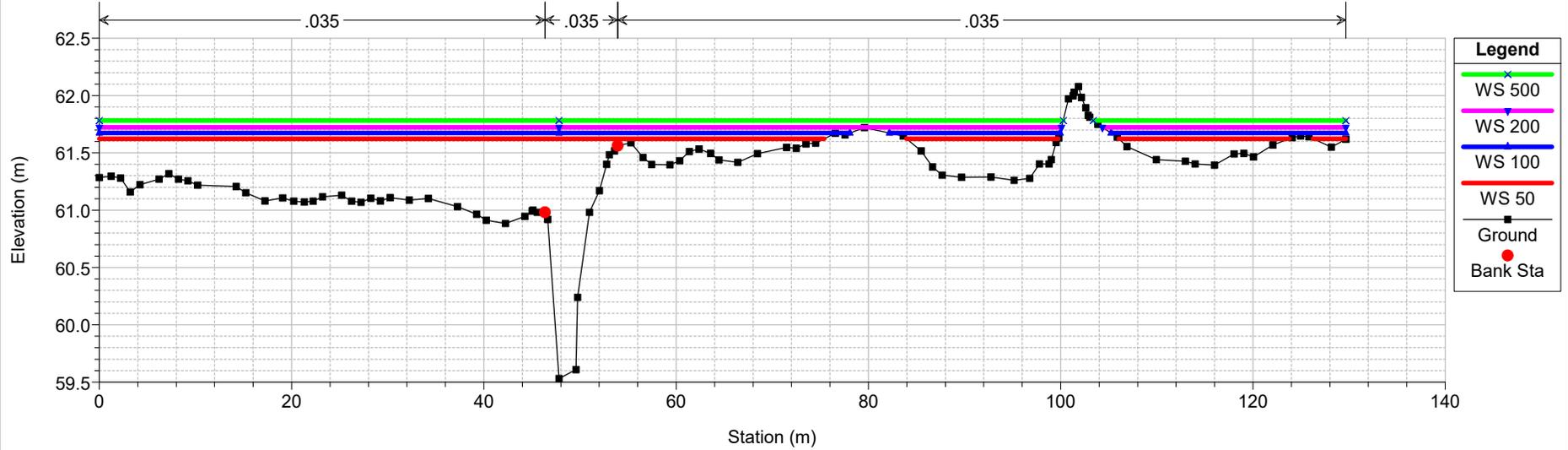
Piscinas Plan: Ex_ante-PAI 12/06/2019
RS = 670 Sez_13



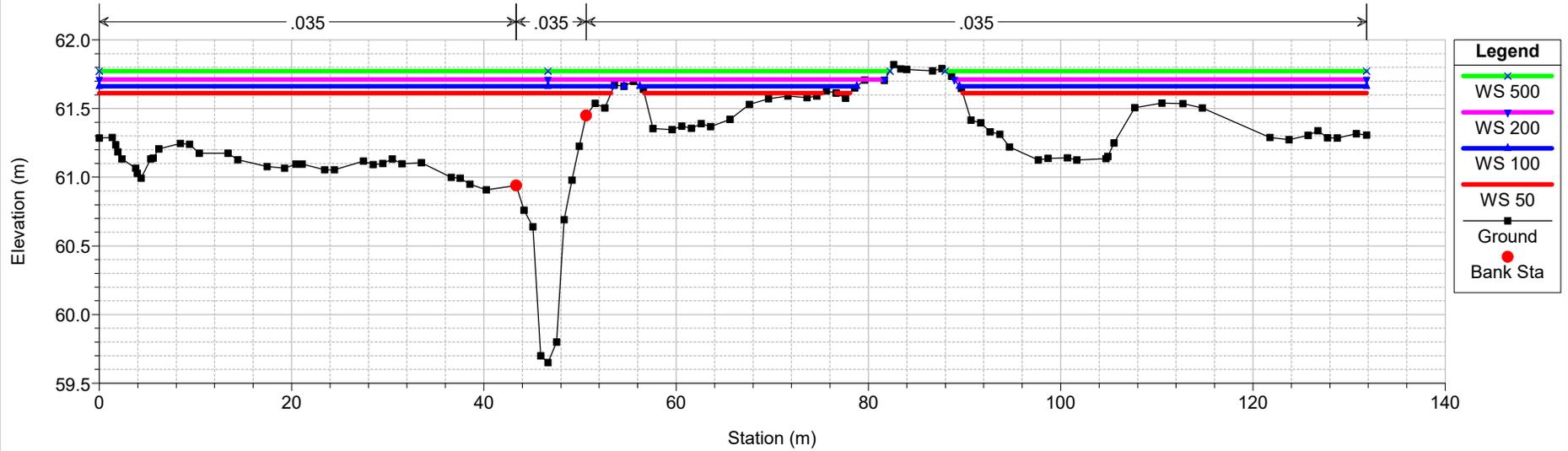
Piscinas Plan: Ex_ante-PAI 12/06/2019
RS = 660 Sez_12



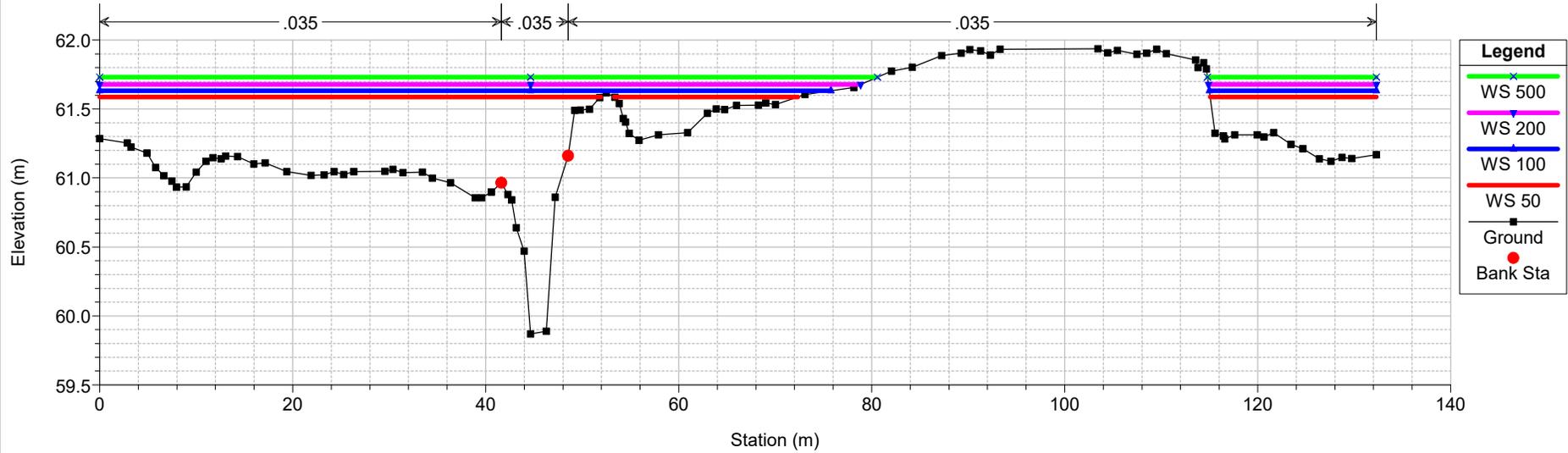
Piscinas Plan: Ex_ante-PAI 12/06/2019
RS = 645 Sez_11



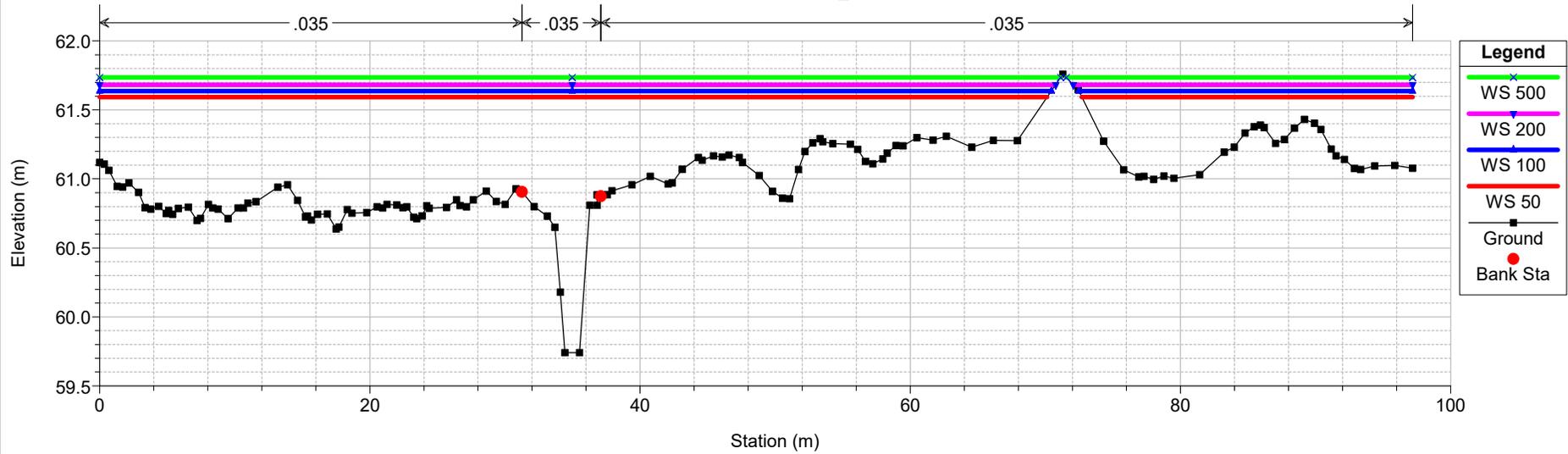
Piscinas Plan: Ex_ante-PAI 12/06/2019
RS = 621 Sez_10



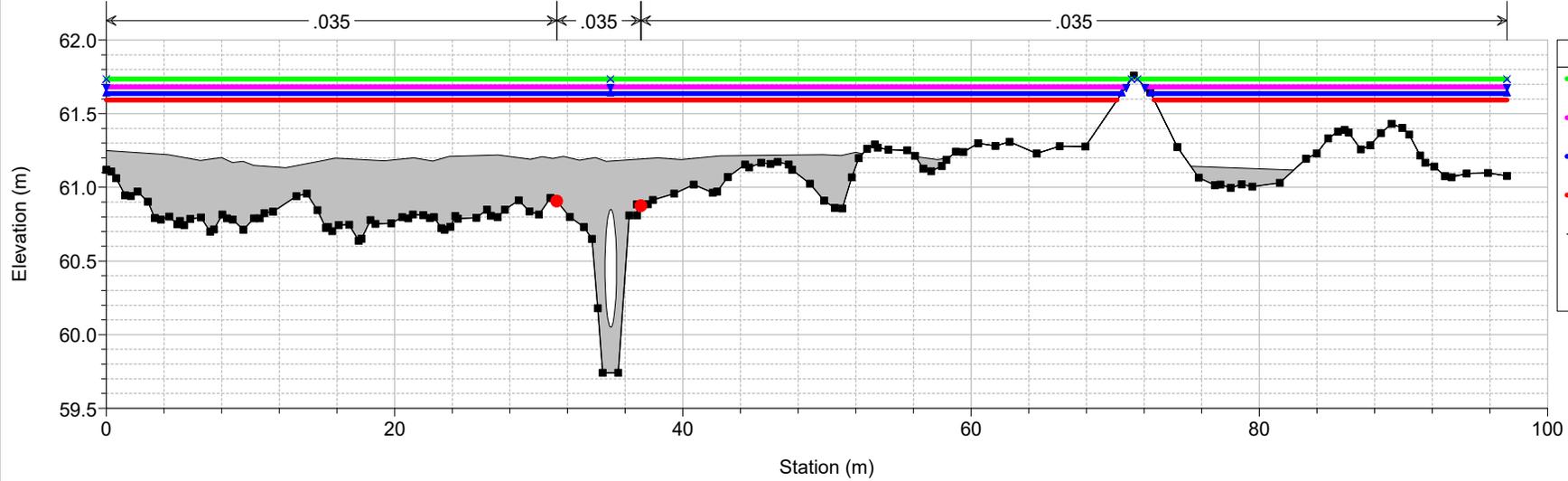
Piscinas Plan: Ex_ante-PAI 12/06/2019
RS = 600 Sez_09



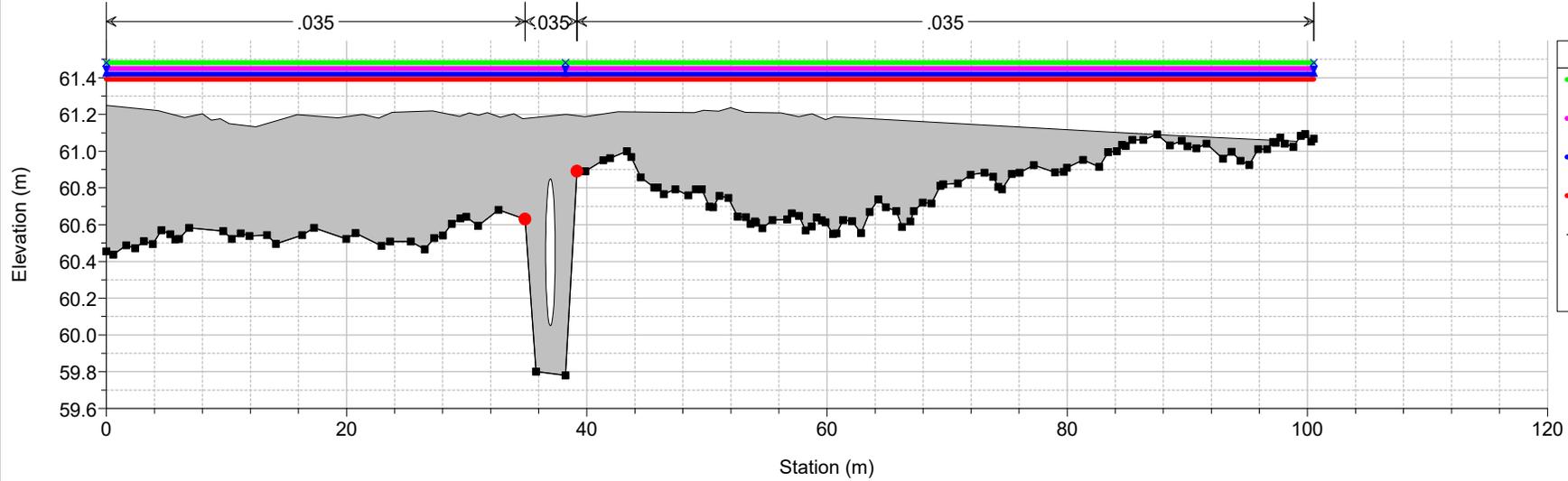
Piscinas Plan: Ex_ante-PAI 12/06/2019
RS = 564 Sez_08



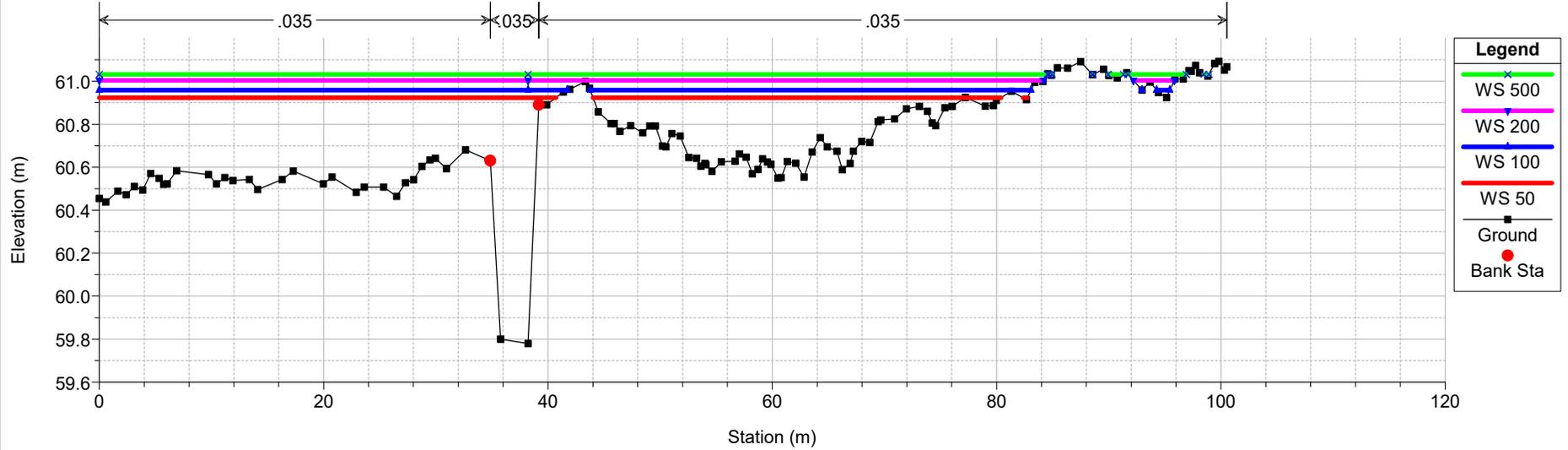
Piscinas Plan: Ex_ante-PAI 12/06/2019
RS = 550 Culv



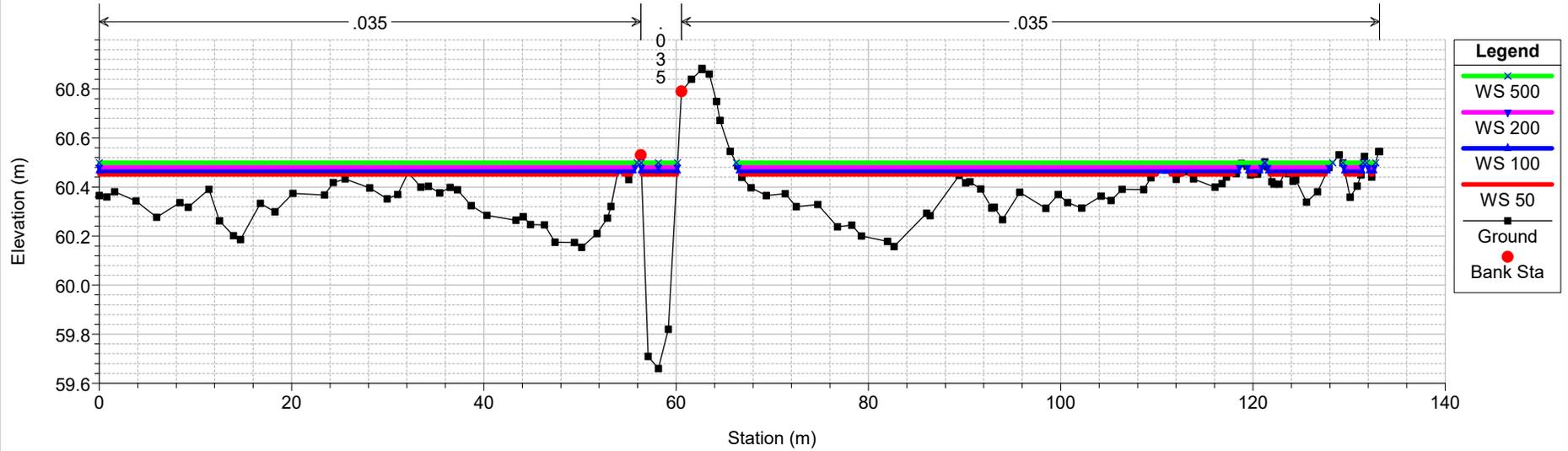
Piscinas Plan: Ex_ante-PAI 12/06/2019
RS = 550 Culv



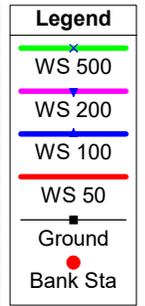
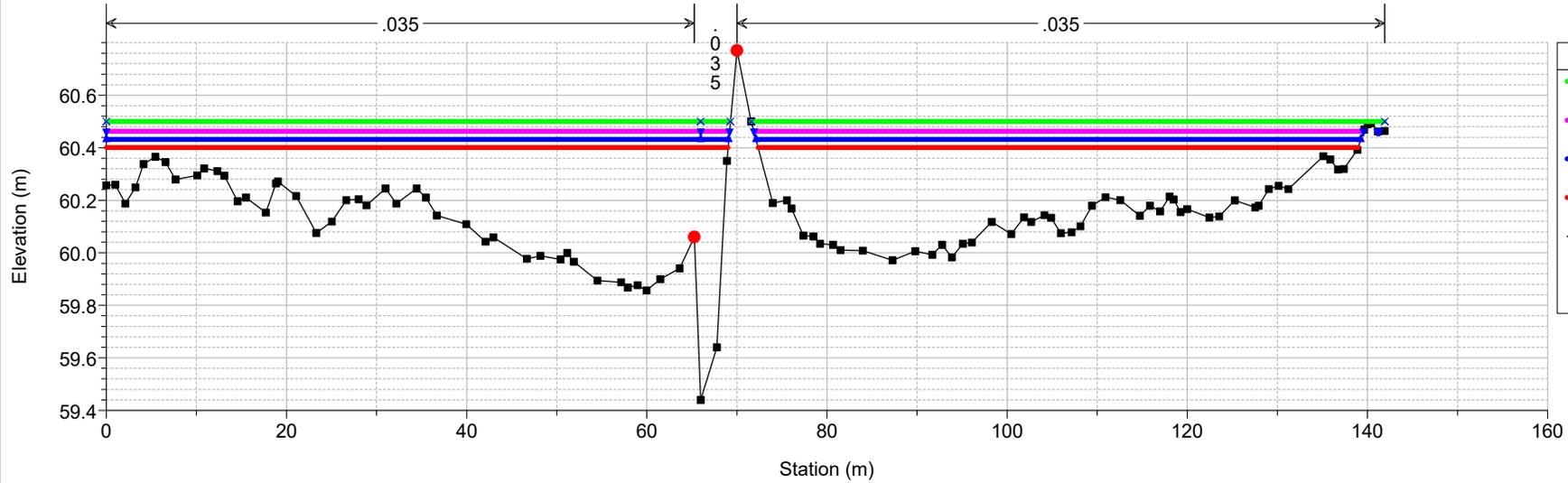
Piscinas Plan: Ex_ante-PAI 12/06/2019
RS = 529 Sez_07



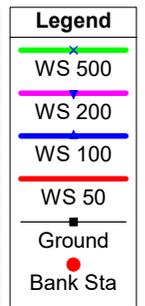
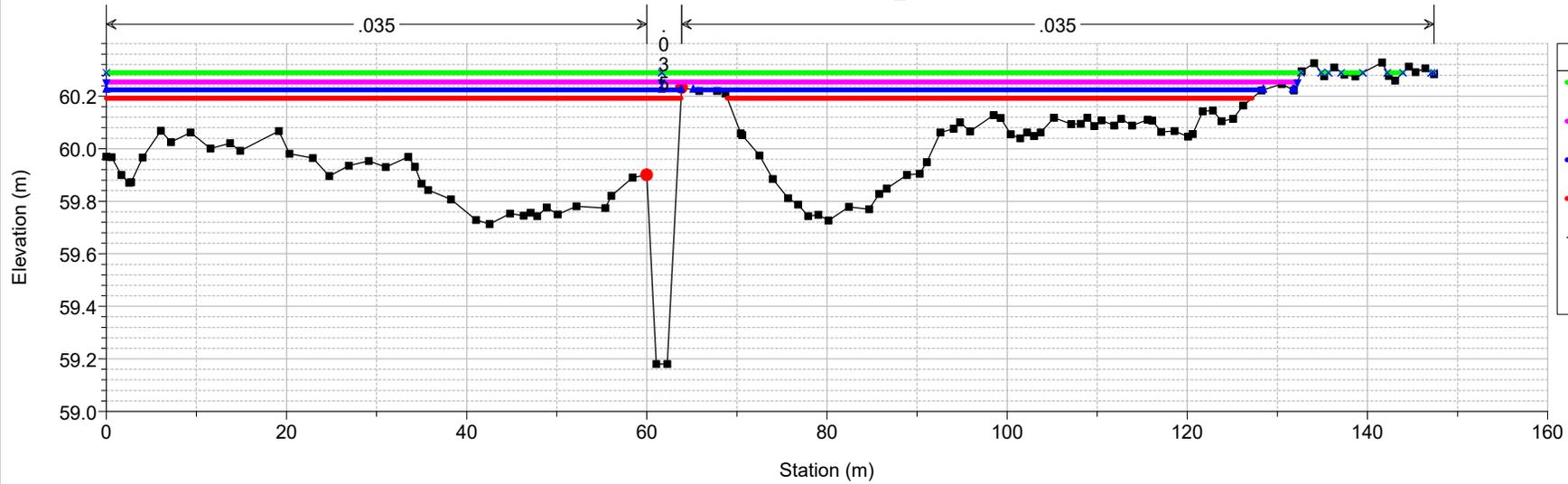
Piscinas Plan: Ex_ante-PAI 12/06/2019
RS = 511 Sez_06



Piscinas Plan: Ex_ante-PAI 12/06/2019
RS = 443 Sez_05

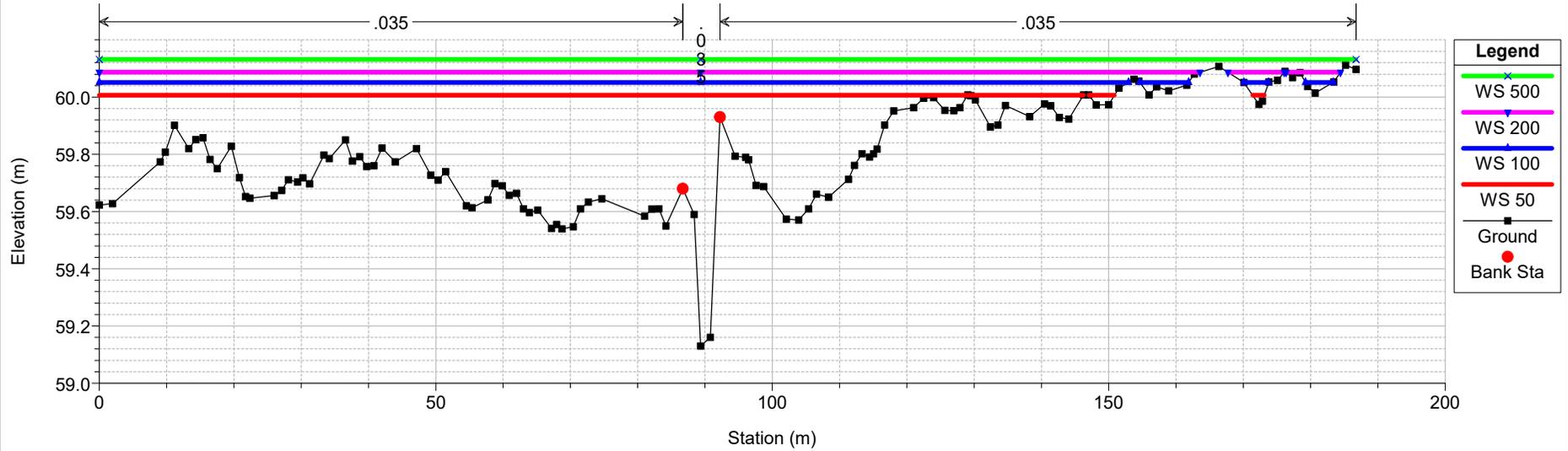


Piscinas Plan: Ex_ante-PAI 12/06/2019
RS = 360 Sez_04



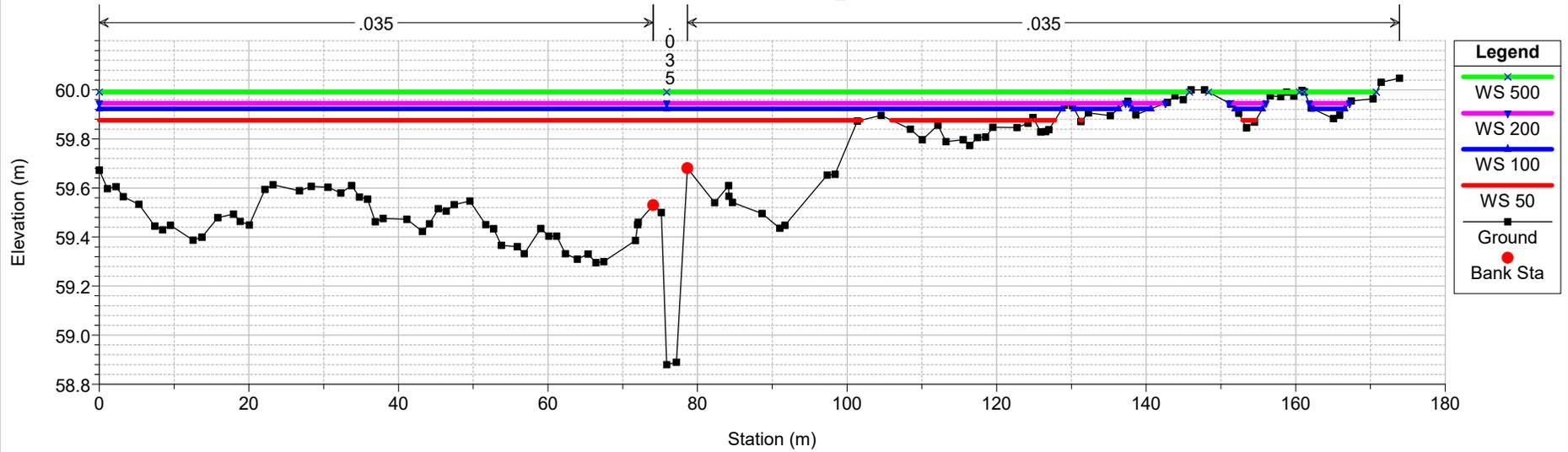
Piscinas Plan: Ex_ante-PAI 12/06/2019

RS = 254 Sez_03



Piscinas Plan: Ex_ante-PAI 12/06/2019

RS = 144 Sez_02



TABULATI EX ANTE

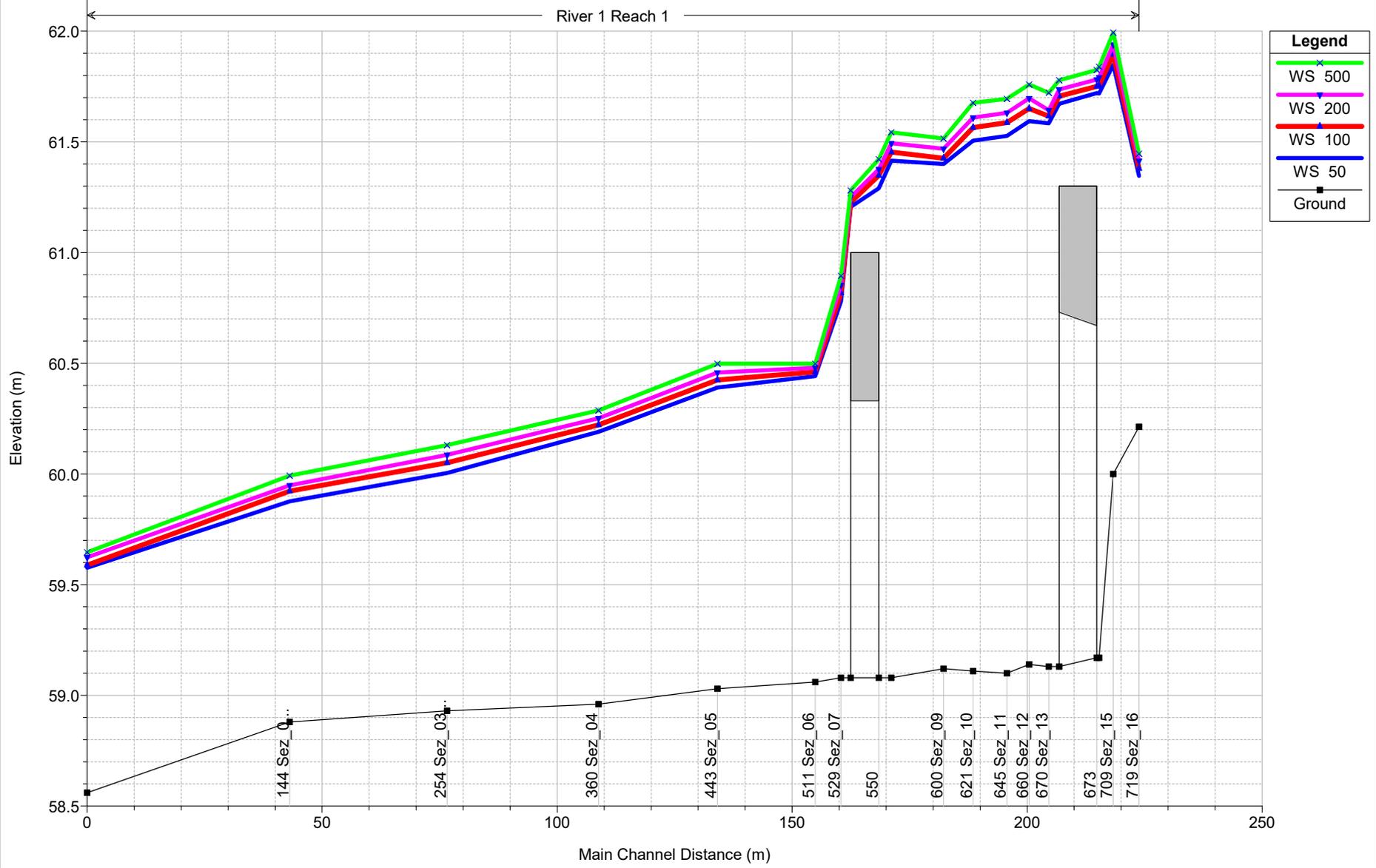
HEC-RAS Plan: ante-pai River: River 1 Reach: Reach 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach 1	719 Sez_16	50	35.05	60.21	61.35	61.62	63.88	0.150246	7.82	6.74	42.57	3.08
Reach 1	719 Sez_16	100	41.76	60.21	61.38	61.67	63.74	0.150150	7.90	8.31	49.42	3.09
Reach 1	719 Sez_16	200	48.59	60.21	61.41	61.71	63.60	0.150275	7.88	10.02	51.76	3.10
Reach 1	719 Sez_16	500	57.74	60.21	61.45	61.75	63.48	0.150124	7.88	11.71	52.35	3.10
Reach 1	709 Sez_15	50	35.05	60.00	61.85	61.43	61.88	0.000914	0.91	51.28	84.53	0.26
Reach 1	709 Sez_15	100	41.76	60.00	61.90	61.47	61.93	0.001046	1.00	55.27	84.96	0.28
Reach 1	709 Sez_15	200	48.59	60.00	61.94	61.51	61.98	0.001168	1.08	59.03	85.34	0.30
Reach 1	709 Sez_15	500	57.74	60.00	62.00	61.57	62.04	0.001318	1.17	63.67	85.78	0.32
Reach 1	677 Sez_14	50	35.05	59.40	61.72	61.72	61.86	0.005578	2.07	26.99	78.06	0.57
Reach 1	677 Sez_14	100	41.76	59.40	61.76	61.76	61.91	0.005995	2.19	30.18	78.06	0.60
Reach 1	677 Sez_14	200	48.59	59.40	61.80	61.80	61.96	0.006551	2.33	32.76	78.06	0.63
Reach 1	677 Sez_14	500	57.74	59.40	61.84	61.84	62.02	0.007116	2.48	36.09	78.06	0.66
Reach 1	673		Bridge									
Reach 1	670 Sez_13	50	35.05	59.13	61.62		61.70	0.002520	1.67	40.36	119.15	0.41
Reach 1	670 Sez_13	100	41.76	59.13	61.68		61.75	0.002377	1.66	47.34	119.15	0.40
Reach 1	670 Sez_13	200	48.59	59.13	61.74		61.81	0.002261	1.65	53.90	119.15	0.39
Reach 1	670 Sez_13	500	57.74	59.13	61.80		61.87	0.002171	1.66	61.73	119.15	0.38
Reach 1	660 Sez_12	50	35.05	59.14	61.66		61.68	0.000975	0.91	59.90	125.20	0.25
Reach 1	660 Sez_12	100	41.76	59.14	61.71		61.73	0.001014	0.95	66.46	125.20	0.26
Reach 1	660 Sez_12	200	48.59	59.14	61.76		61.79	0.001039	0.99	72.81	125.20	0.26
Reach 1	660 Sez_12	500	57.74	59.14	61.82		61.85	0.001082	1.03	80.34	125.20	0.27
Reach 1	645 Sez_11	50	35.05	59.53	61.62		61.67	0.002305	1.26	41.32	112.35	0.39
Reach 1	645 Sez_11	100	41.76	59.53	61.67		61.72	0.002390	1.33	47.07	120.24	0.40
Reach 1	645 Sez_11	200	48.59	59.53	61.72		61.78	0.002399	1.37	53.16	125.41	0.41
Reach 1	645 Sez_11	500	57.74	59.53	61.78		61.84	0.002333	1.40	60.87	126.53	0.41
Reach 1	621 Sez_10	50	35.05	59.65	61.61		61.65	0.001877	1.22	45.43	115.19	0.37
Reach 1	621 Sez_10	100	41.76	59.65	61.66		61.71	0.001927	1.27	51.27	118.47	0.38
Reach 1	621 Sez_10	200	48.59	59.65	61.71		61.76	0.001939	1.31	57.29	124.59	0.38
Reach 1	621 Sez_10	500	57.74	59.65	61.77		61.82	0.001933	1.35	64.91	126.07	0.38
Reach 1	600 Sez_09	50	35.05	59.87	61.59		61.64	0.002247	1.35	39.03	88.21	0.41
Reach 1	600 Sez_09	100	41.76	59.87	61.63		61.69	0.002463	1.45	43.04	93.08	0.43
Reach 1	600 Sez_09	200	48.59	59.87	61.68		61.74	0.002579	1.52	47.37	96.26	0.45
Reach 1	600 Sez_09	500	57.74	59.87	61.73		61.81	0.002747	1.61	52.47	98.09	0.46
Reach 1	564 Sez_08	50	35.05	59.74	61.59	61.21	61.62	0.000928	0.85	55.23	94.61	0.25
Reach 1	564 Sez_08	100	41.76	59.74	61.64	61.26	61.67	0.001053	0.93	59.46	95.15	0.27
Reach 1	564 Sez_08	200	48.59	59.74	61.68	61.31	61.72	0.001153	0.99	63.79	95.87	0.29
Reach 1	564 Sez_08	500	57.74	59.74	61.73	61.36	61.77	0.001295	1.08	68.81	96.76	0.31
Reach 1	550		Culvert									
Reach 1	529 Sez_07	50	35.05	59.78	60.92	60.92	61.07	0.009795	2.38	23.83	77.48	0.79
Reach 1	529 Sez_07	100	41.76	59.78	60.96	60.96	61.12	0.010613	2.54	26.59	82.26	0.83
Reach 1	529 Sez_07	200	48.59	59.78	61.00	61.00	61.17	0.010080	2.56	30.49	87.84	0.82
Reach 1	529 Sez_07	500	57.74	59.78	61.03	61.03	61.23	0.011443	2.77	32.99	91.88	0.87
Reach 1	511 Sez_06	50	35.05	59.66	60.45	60.56	60.92	0.071261	4.77	15.08	114.97	2.02
Reach 1	511 Sez_06	100	41.76	59.66	60.47	60.58	60.97	0.077333	5.02	16.86	120.07	2.11
Reach 1	511 Sez_06	200	48.59	59.66	60.48	60.59	61.01	0.082725	5.24	18.66	122.09	2.19
Reach 1	511 Sez_06	500	57.74	59.66	60.50	60.63	61.06	0.086511	5.42	20.83	124.72	2.24
Reach 1	443 Sez_05	50	35.05	59.44	60.40	60.32	60.45	0.005374	1.46	38.28	135.61	0.58
Reach 1	443 Sez_05	100	41.76	59.44	60.43	60.34	60.48	0.005419	1.49	42.62	136.25	0.58
Reach 1	443 Sez_05	200	48.59	59.44	60.46	60.36	60.52	0.005465	1.53	46.73	136.99	0.59
Reach 1	443 Sez_05	500	57.74	59.44	60.50	60.39	60.57	0.005604	1.58	51.91	139.61	0.60
Reach 1	360 Sez_04	50	35.05	59.18	60.19	60.17	60.27	0.008409	1.91	31.37	122.06	0.72
Reach 1	360 Sez_04	100	41.76	59.18	60.22	60.18	60.31	0.008515	1.96	35.35	127.31	0.73
Reach 1	360 Sez_04	200	48.59	59.18	60.25		60.35	0.008560	2.02	39.28	132.22	0.74
Reach 1	360 Sez_04	500	57.74	59.18	60.29		60.39	0.008514	2.07	44.02	137.85	0.74
Reach 1	254 Sez_03	50	35.05	59.13	60.01		60.05	0.005087	1.35	38.79	151.51	0.57
Reach 1	254 Sez_03	100	41.76	59.13	60.05		60.10	0.004621	1.36	45.97	168.00	0.55
Reach 1	254 Sez_03	200	48.59	59.13	60.09		60.14	0.004464	1.38	52.19	180.02	0.55
Reach 1	254 Sez_03	500	57.74	59.13	60.13		60.19	0.004286	1.42	60.39	186.76	0.54
Reach 1	144 Sez_02	50	35.05	58.88	59.88		59.92	0.003227	1.16	40.77	125.42	0.46
Reach 1	144 Sez_02	100	41.76	58.88	59.92		59.97	0.003307	1.23	47.03	145.24	0.47
Reach 1	144 Sez_02	200	48.59	58.88	59.95		60.00	0.003769	1.34	50.45	152.49	0.50
Reach 1	144 Sez_02	500	57.74	58.88	59.99		60.05	0.003769	1.40	57.67	167.53	0.51
Reach 1	3 Sez_01	50	35.05	58.56	59.58	59.58	59.67	0.010748	2.19	29.87	138.69	0.83
Reach 1	3 Sez_01	100	41.76	58.56	59.59	59.59	59.71	0.013103	2.44	31.52	140.49	0.91
Reach 1	3 Sez_01	200	48.59	58.56	59.62	59.62	59.74	0.011663	2.35	36.62	145.35	0.87
Reach 1	3 Sez_01	500	57.74	58.56	59.65	59.65	59.78	0.012901	2.51	39.88	151.58	0.91

PROFILO EX POST

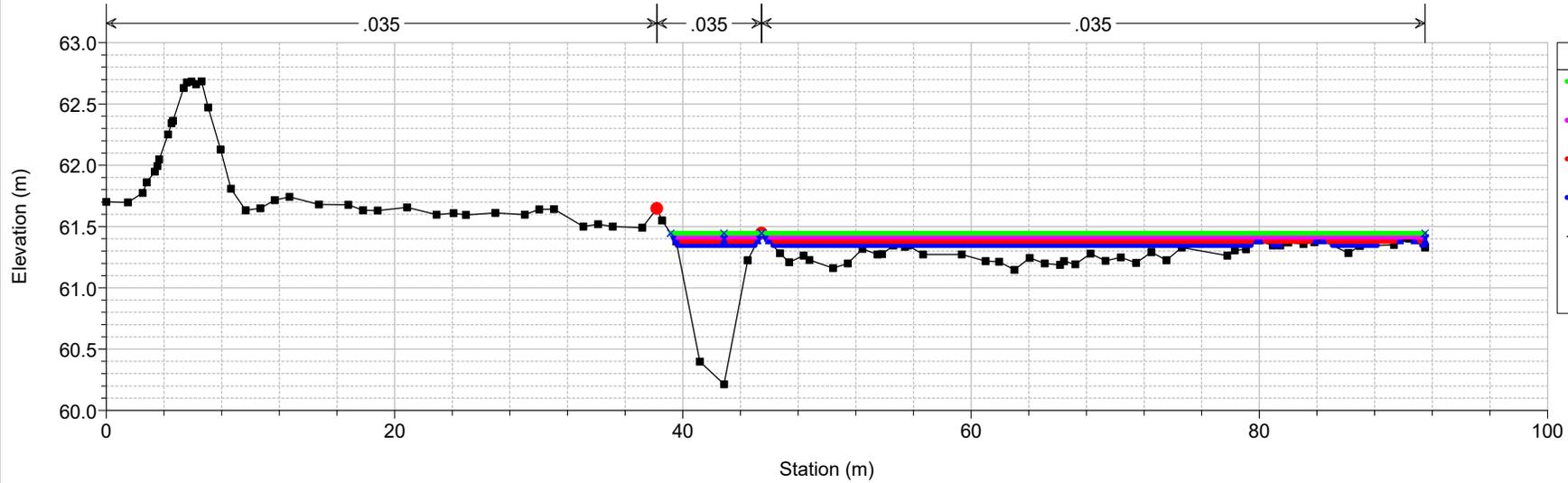
Piscinas Plan: Ex_post-PAI 12/06/2019

River 1 Reach 1

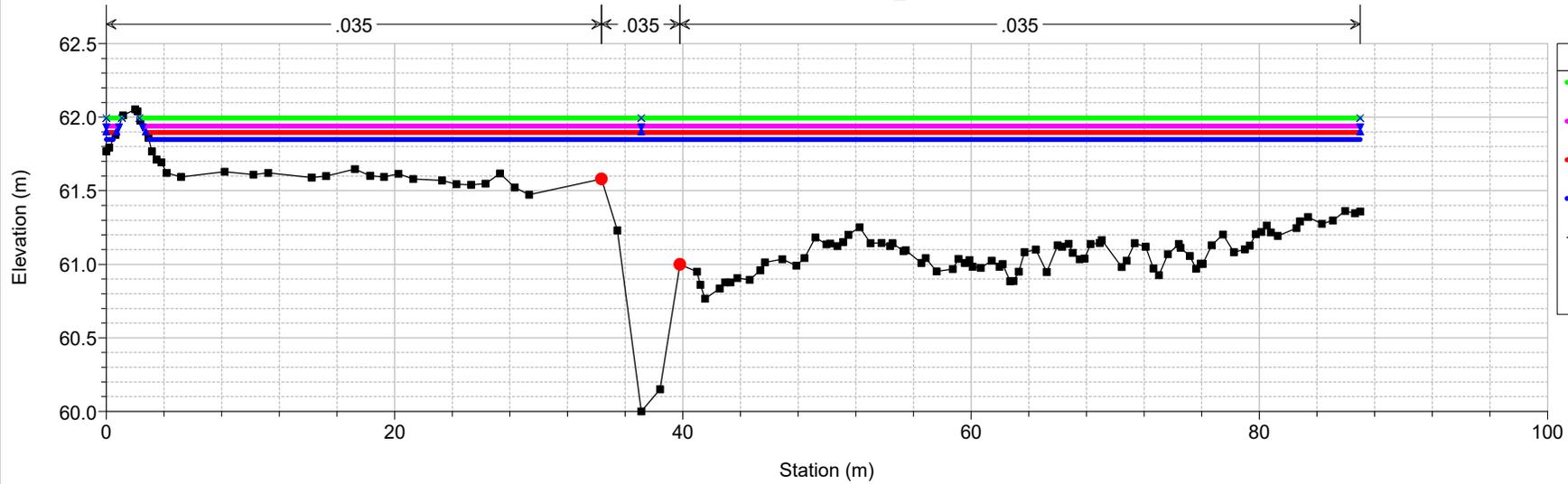


SEZIONI EX POST

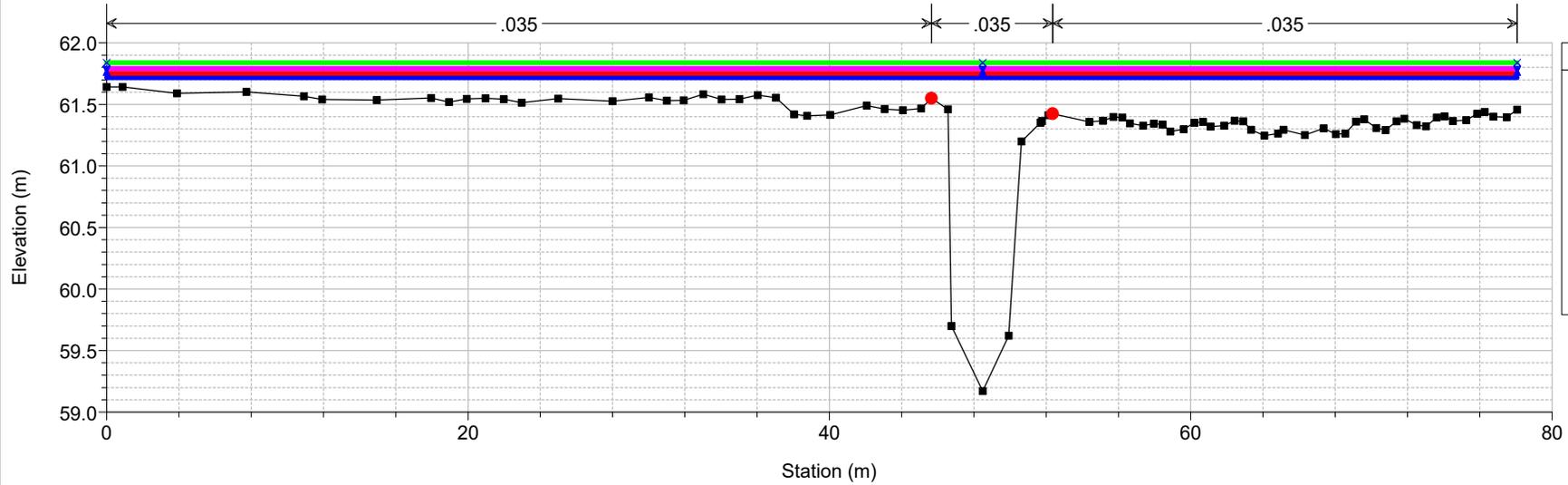
Piscinas Plan: Ex_post-PAI 12/06/2019
RS = 719 Sez_16



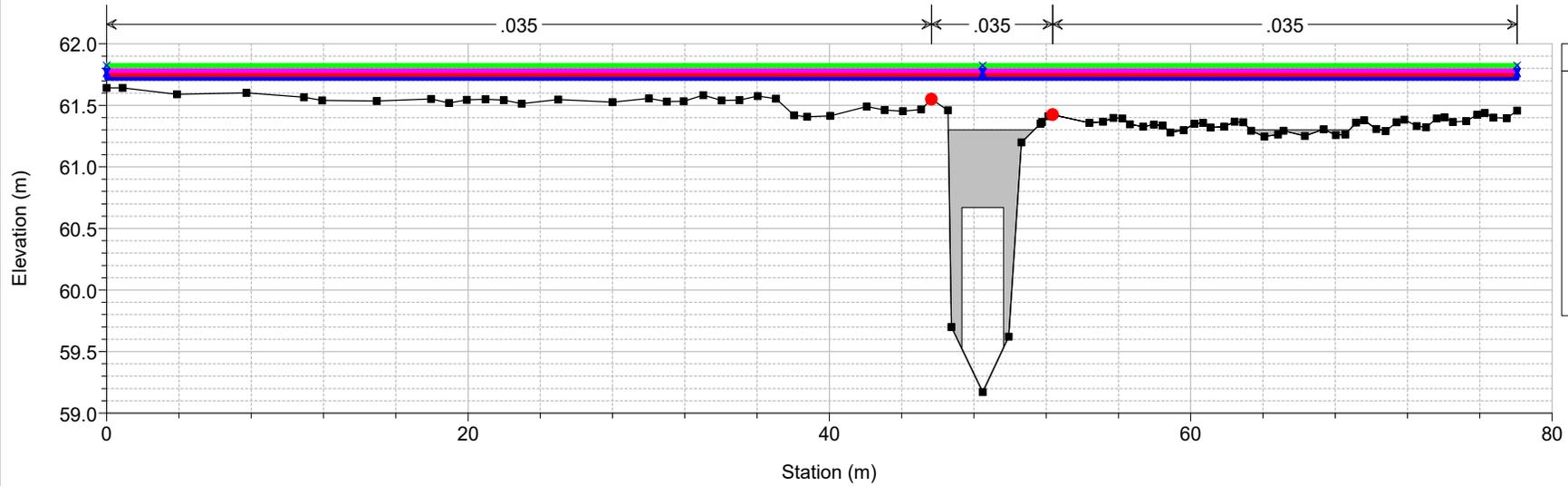
Piscinas Plan: Ex_post-PAI 12/06/2019
RS = 709 Sez_15



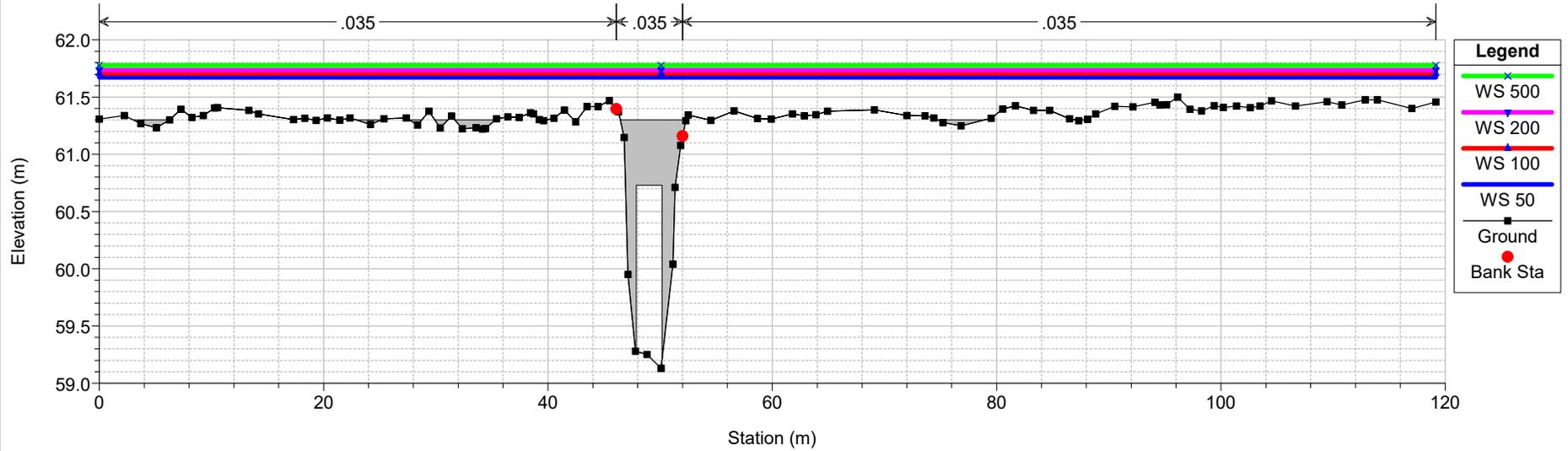
Piscinas Plan: Ex_post-PAI 12/06/2019
RS = 677 Sez_14



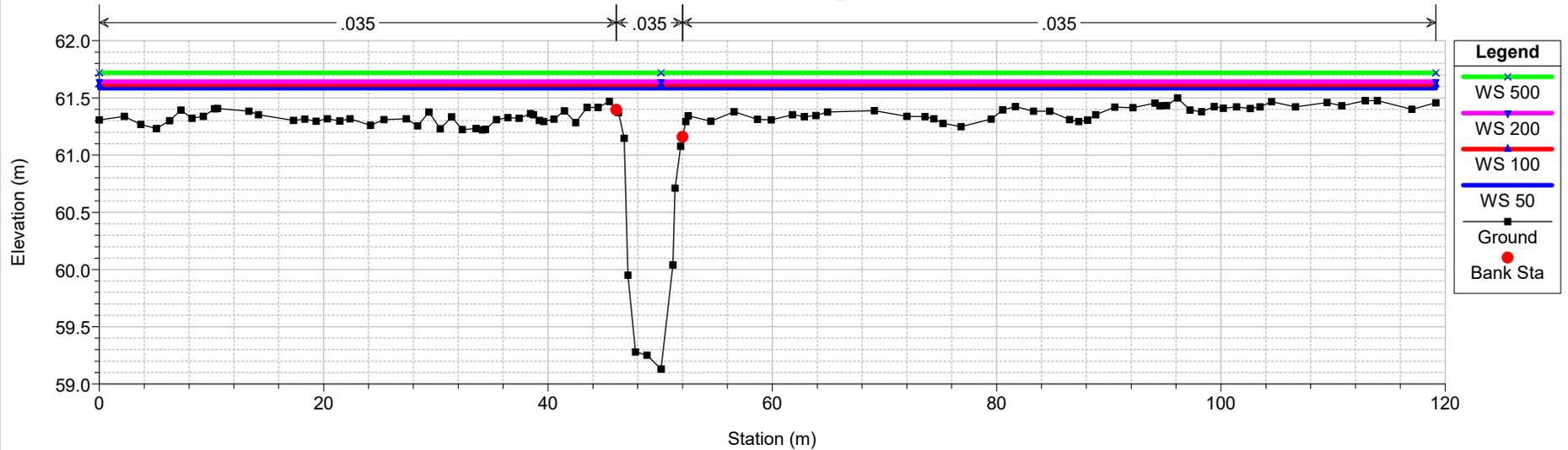
Piscinas Plan: Ex_post-PAI 12/06/2019
RS = 673 BR



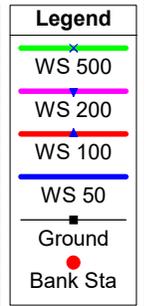
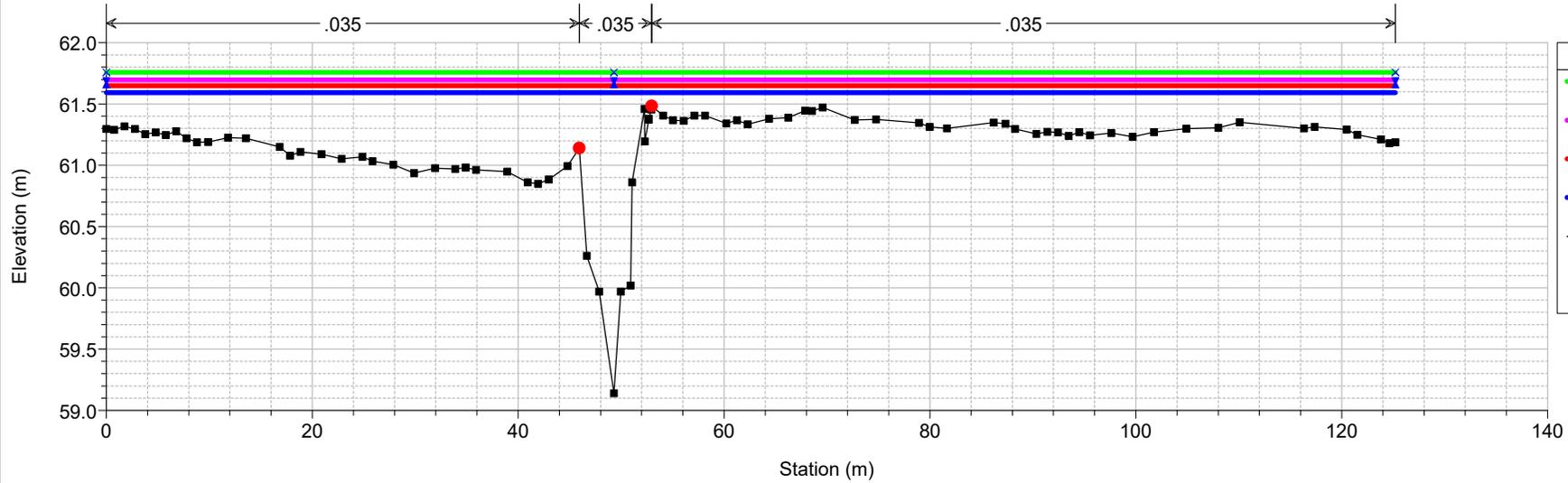
Piscinas Plan: Ex_post-PAI 12/06/2019
RS = 673 BR



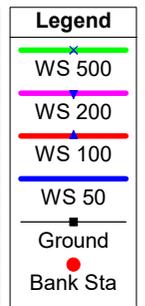
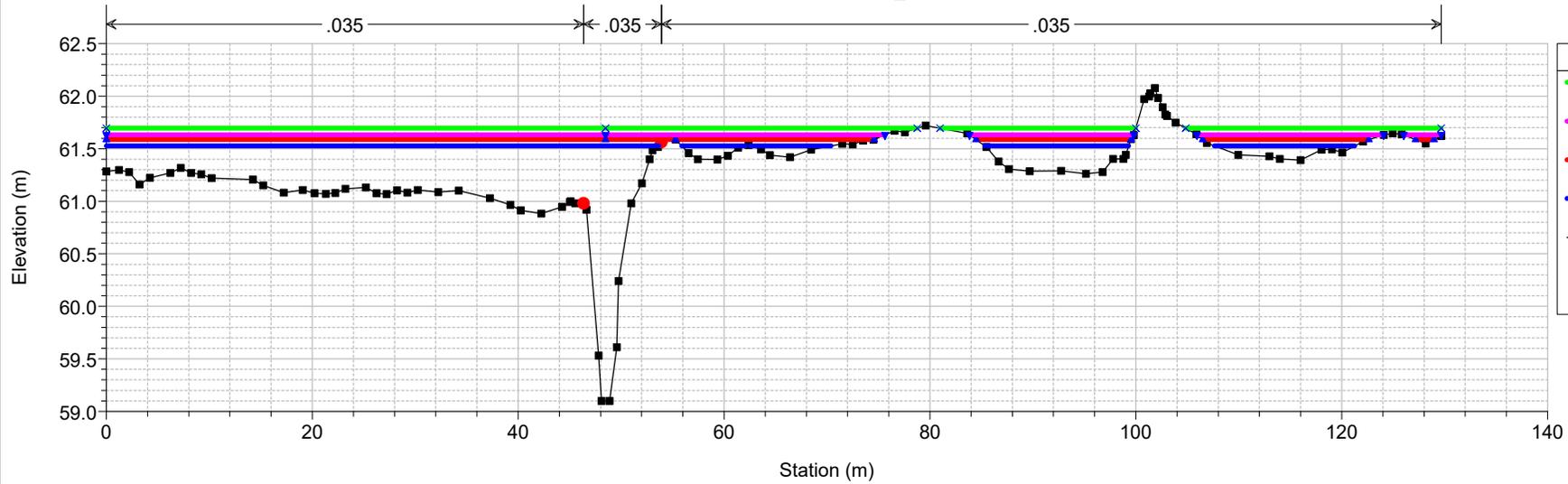
Piscinas Plan: Ex_post-PAI 12/06/2019
RS = 670 Sez_13



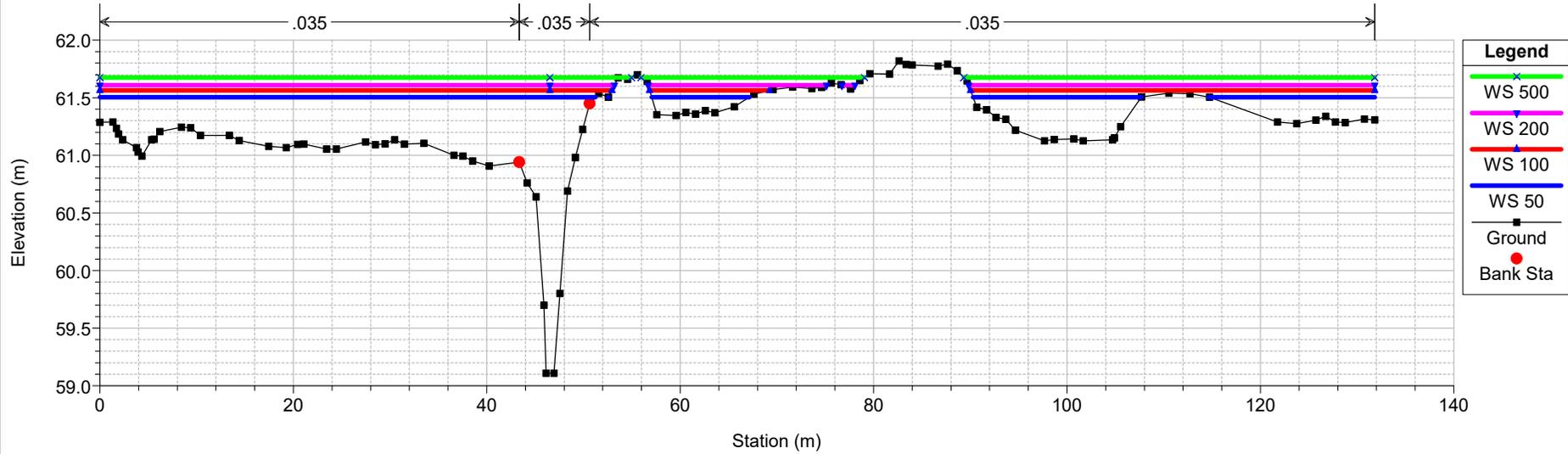
Piscinas Plan: Ex_post-PAI 12/06/2019
RS = 660 Sez_12



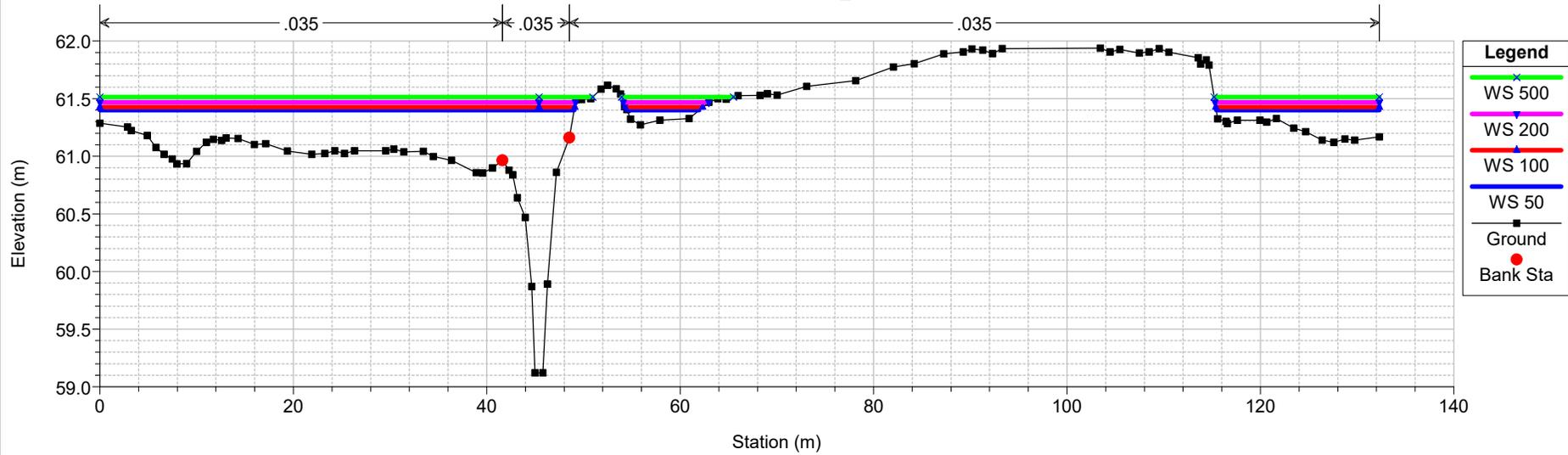
Piscinas Plan: Ex_post-PAI 12/06/2019
RS = 645 Sez_11



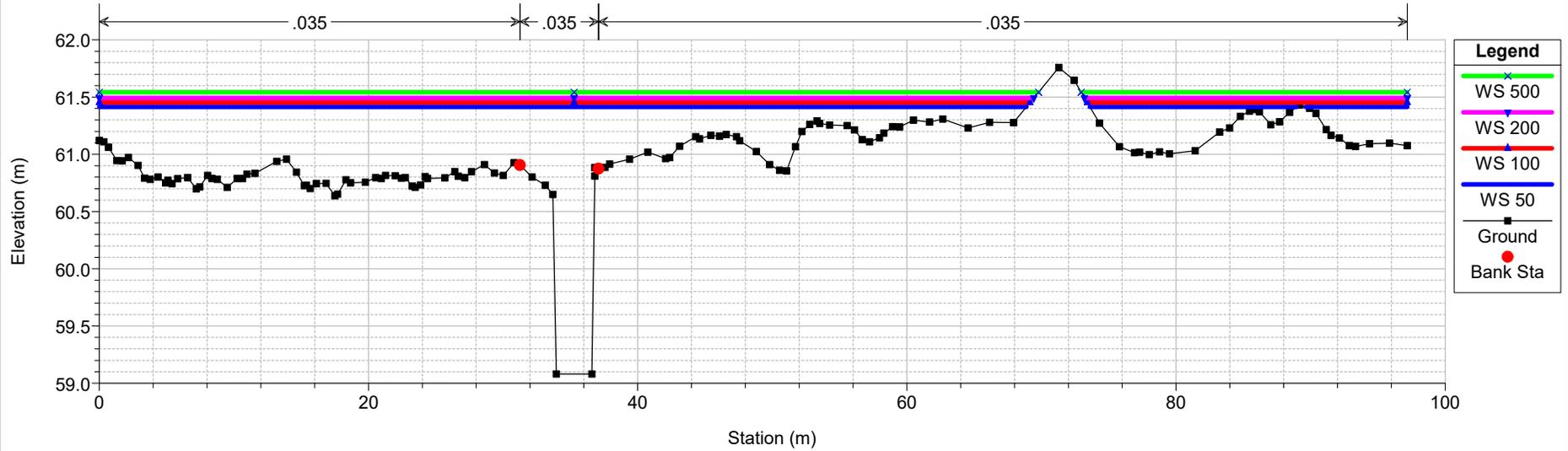
Piscinas Plan: Ex_post-PAI 12/06/2019
RS = 621 Sez_10



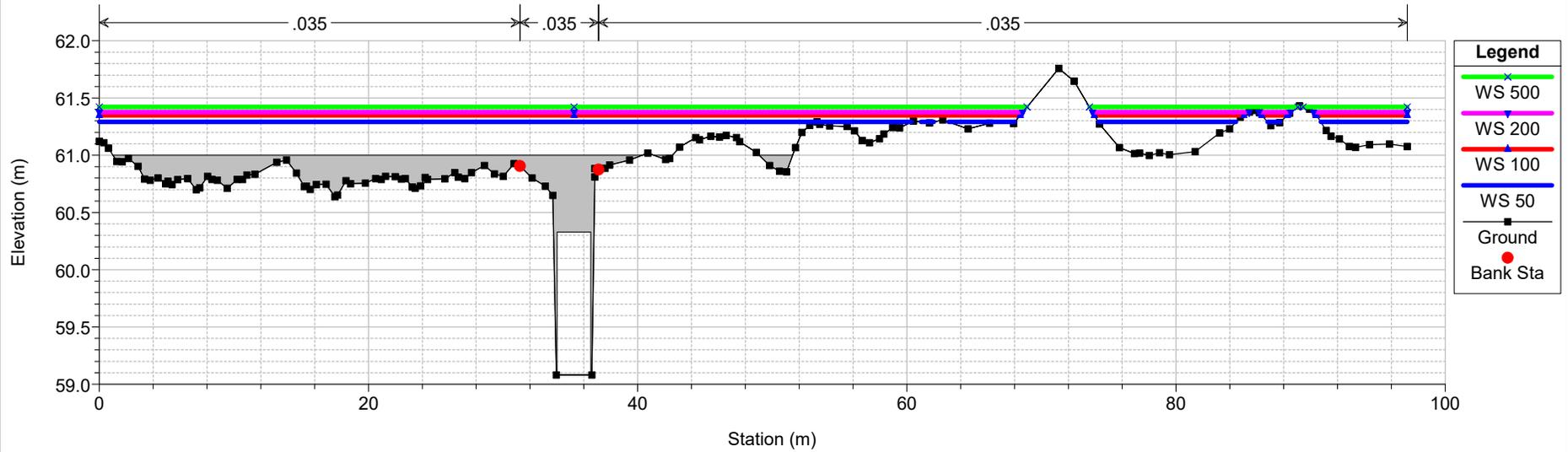
Piscinas Plan: Ex_post-PAI 12/06/2019
RS = 600 Sez_09



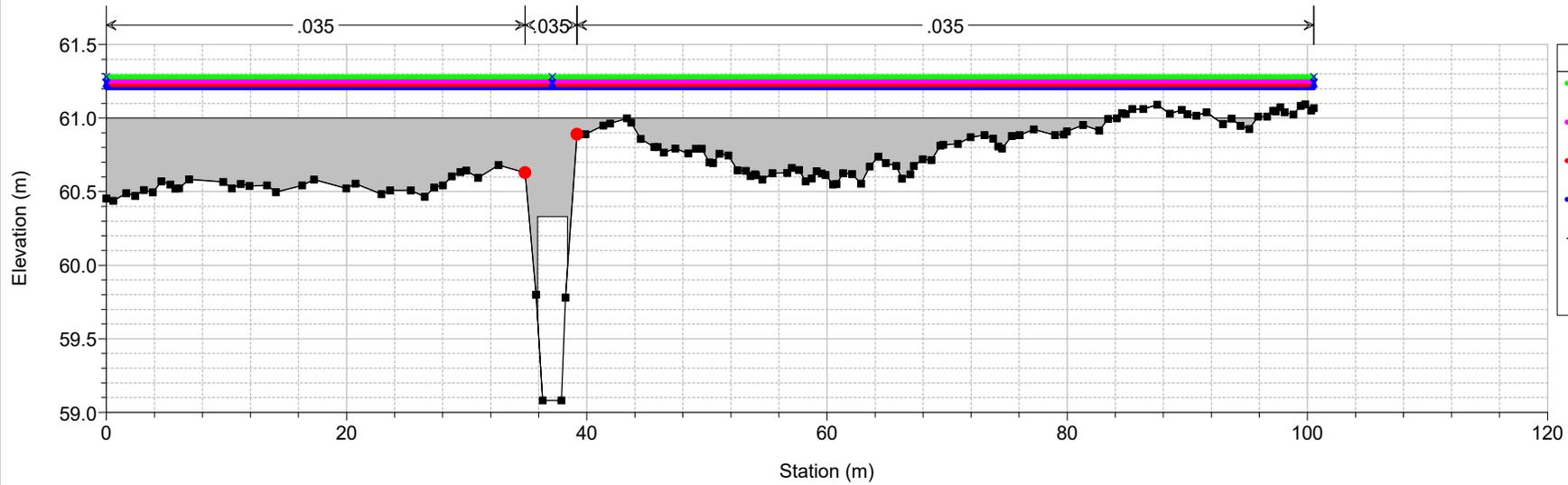
Piscinas Plan: Ex_post-PAI 12/06/2019
RS = 564 Sez_08



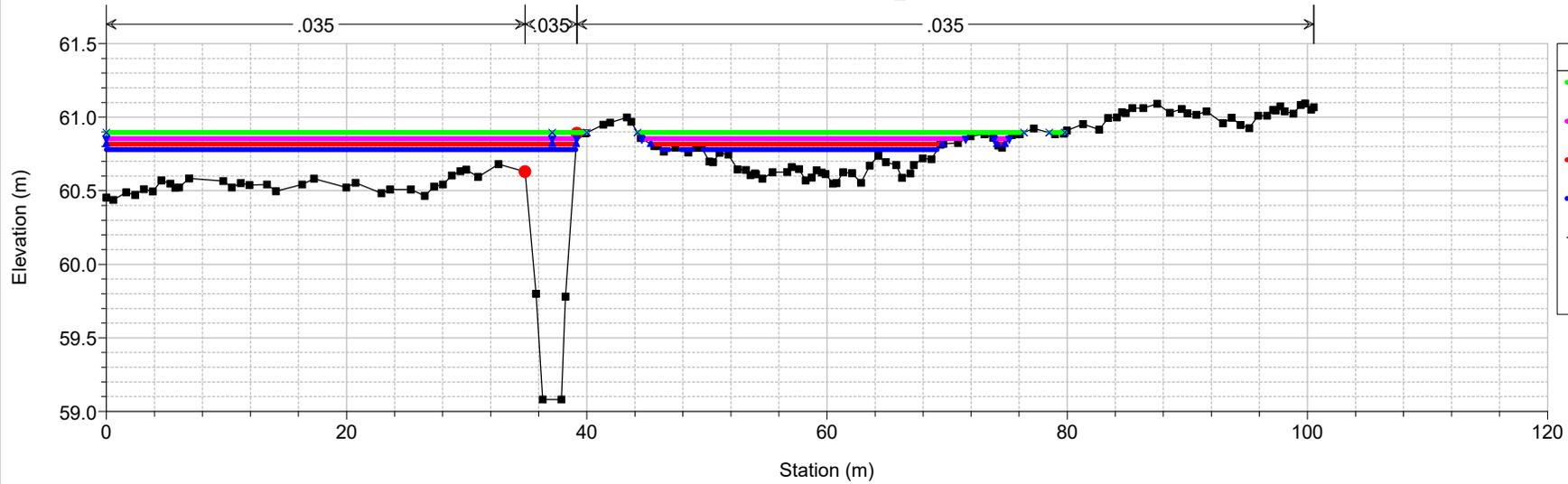
Piscinas Plan: Ex_post-PAI 12/06/2019
RS = 550 BR



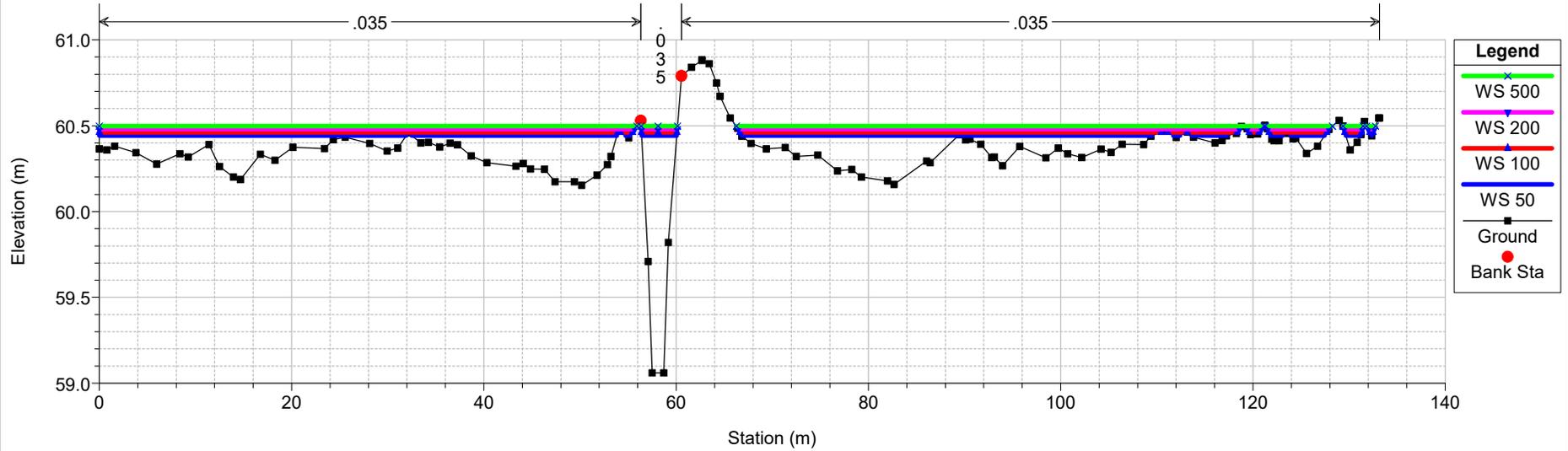
Piscinas Plan: Ex_post-PAI 12/06/2019
RS = 550 BR



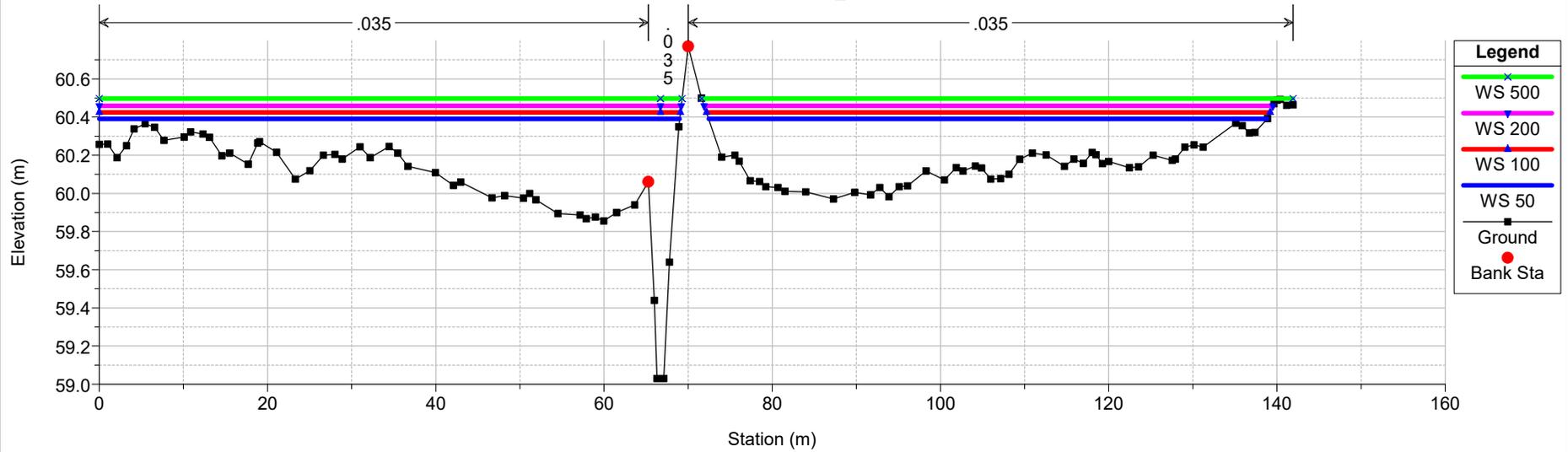
Piscinas Plan: Ex_post-PAI 12/06/2019
RS = 529 Sez_07



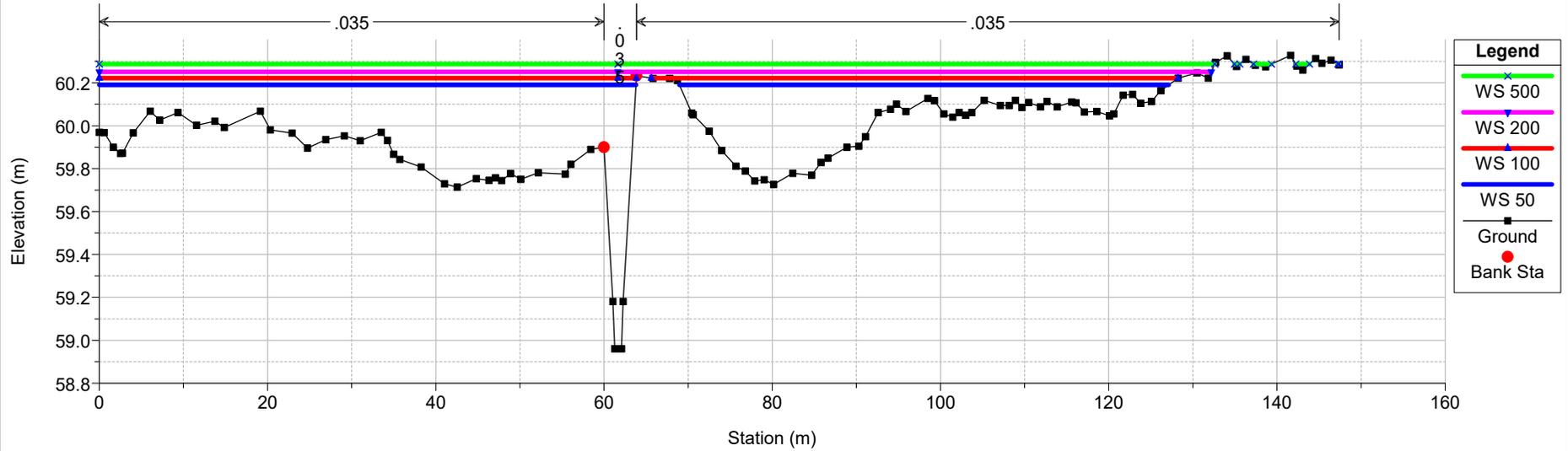
Piscinas Plan: Ex_post-PAI 12/06/2019
RS = 511 Sez_06



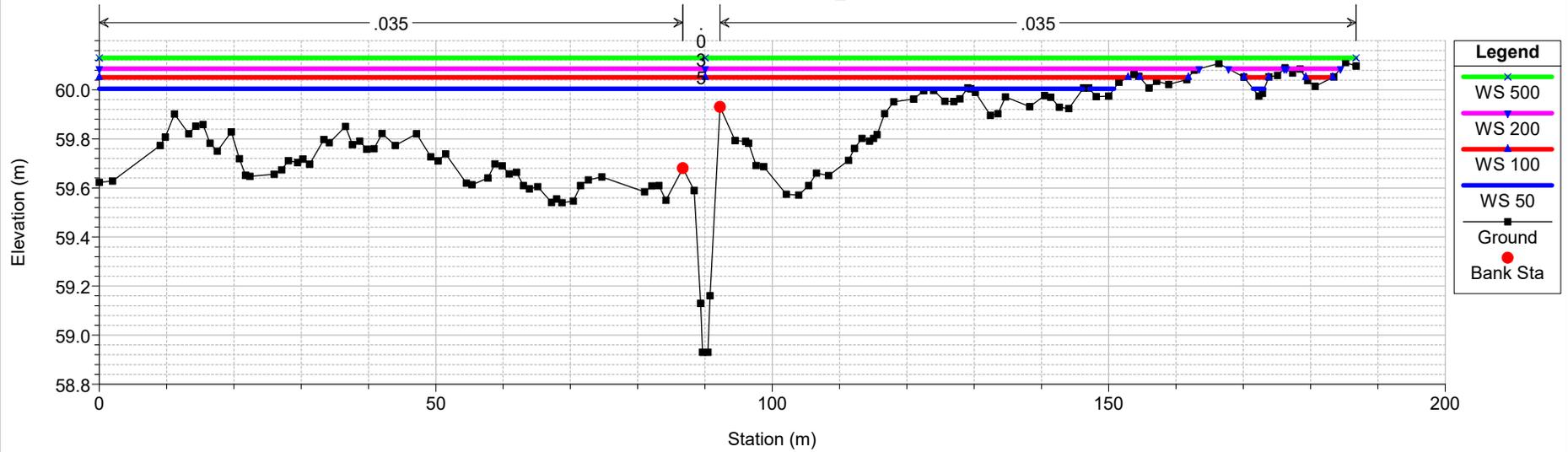
Piscinas Plan: Ex_post-PAI 12/06/2019
RS = 443 Sez_05



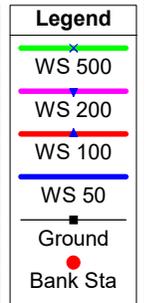
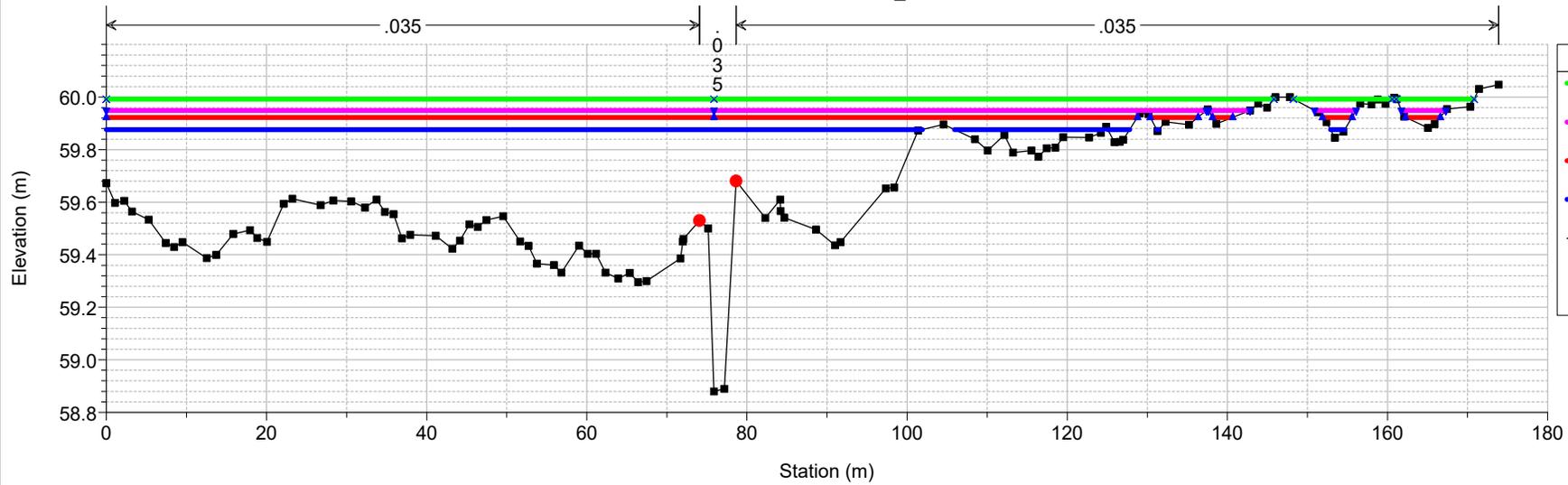
Piscinas Plan: Ex_post-PAI 12/06/2019
RS = 360 Sez_04



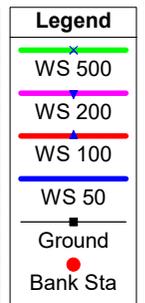
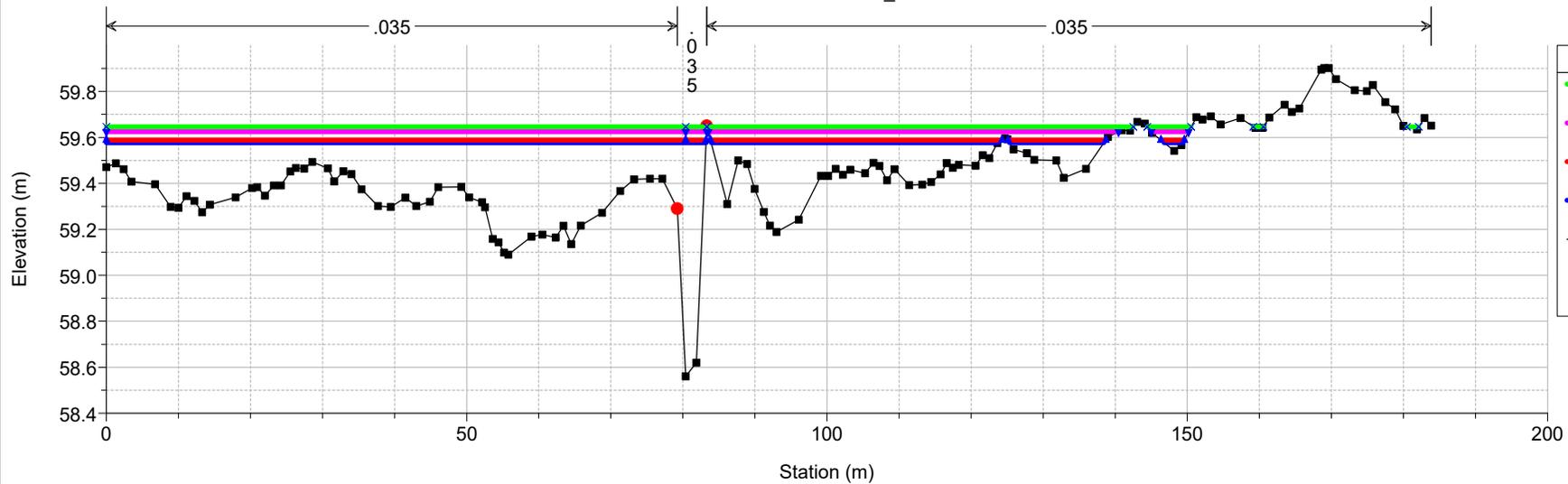
Piscinas Plan: Ex_post-PAI 12/06/2019
RS = 254 Sez_03



Piscinas Plan: Ex_post-PAI 12/06/2019
RS = 144 Sez_02



Piscinas Plan: Ex_post-PAI 12/06/2019
RS = 3 Sez_01



TABULATI EX POST

HEC-RAS Plan: post-pai River: River 1 Reach: Reach 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach 1	719 Sez_16	50	35.05	60.21	61.35	61.62	63.88	0.150246	7.82	6.74	42.57	3.08
Reach 1	719 Sez_16	100	41.76	60.21	61.38	61.67	63.74	0.150150	7.90	8.31	49.42	3.09
Reach 1	719 Sez_16	200	48.59	60.21	61.41	61.70	63.60	0.150260	7.88	10.02	51.76	3.10
Reach 1	719 Sez_16	500	57.74	60.21	61.45	61.76	63.48	0.150138	7.88	11.71	52.35	3.10
Reach 1	709 Sez_15	50	35.05	60.00	61.85	61.43	61.88	0.000922	0.91	51.14	84.52	0.26
Reach 1	709 Sez_15	100	41.76	60.00	61.90	61.47	61.93	0.001053	1.00	55.14	84.94	0.28
Reach 1	709 Sez_15	200	48.59	60.00	61.94	61.51	61.98	0.001177	1.08	58.88	85.33	0.30
Reach 1	709 Sez_15	500	57.74	60.00	61.99	61.57	62.04	0.001330	1.18	63.48	85.77	0.32
Reach 1	677 Sez_14	50	35.05	59.17	61.72	61.72	61.86	0.005351	2.07	27.10	78.06	0.56
Reach 1	677 Sez_14	100	41.76	59.17	61.75	61.75	61.91	0.005960	2.22	29.95	78.06	0.59
Reach 1	677 Sez_14	200	48.59	59.17	61.79	61.79	61.96	0.006379	2.33	32.82	78.06	0.62
Reach 1	677 Sez_14	500	57.74	59.17	61.84	61.84	62.02	0.006783	2.46	36.49	78.06	0.64
Reach 1	673		Bridge									
Reach 1	670 Sez_13	50	35.05	59.13	61.58	61.58	61.69	0.003381	1.91	35.68	119.15	0.47
Reach 1	670 Sez_13	100	41.76	59.13	61.62	61.62	61.74	0.003788	2.05	39.43	119.15	0.50
Reach 1	670 Sez_13	200	48.59	59.13	61.64		61.77	0.004219	2.18	42.65	119.15	0.53
Reach 1	670 Sez_13	500	57.74	59.13	61.72		61.83	0.003526	2.05	52.00	119.15	0.48
Reach 1	660 Sez_12	50	35.05	59.14	61.59	61.43	61.62	0.001475	1.08	51.95	125.20	0.30
Reach 1	660 Sez_12	100	41.76	59.14	61.65	61.43	61.68	0.001442	1.10	59.07	125.20	0.30
Reach 1	660 Sez_12	200	48.59	59.14	61.70		61.73	0.001473	1.14	64.92	125.20	0.31
Reach 1	660 Sez_12	500	57.74	59.14	61.76		61.80	0.001472	1.17	72.73	125.20	0.31
Reach 1	645 Sez_11	50	35.05	59.10	61.53		61.61	0.004136	1.66	31.94	95.26	0.51
Reach 1	645 Sez_11	100	41.76	59.10	61.59		61.67	0.003929	1.65	38.00	107.55	0.50
Reach 1	645 Sez_11	200	48.59	59.10	61.63		61.72	0.003961	1.70	42.91	113.36	0.51
Reach 1	645 Sez_11	500	57.74	59.10	61.69		61.78	0.003806	1.73	50.37	122.60	0.50
Reach 1	621 Sez_10	50	35.05	59.11	61.51		61.58	0.003590	1.59	34.78	95.98	0.48
Reach 1	621 Sez_10	100	41.76	59.11	61.56	61.44	61.64	0.003483	1.62	40.82	107.15	0.48
Reach 1	621 Sez_10	200	48.59	59.11	61.61		61.69	0.003495	1.66	45.83	114.99	0.48
Reach 1	621 Sez_10	500	57.74	59.11	61.68	61.52	61.75	0.003249	1.66	53.63	120.55	0.47
Reach 1	600 Sez_09	50	35.05	59.12	61.40	61.40	61.54	0.007203	2.16	25.09	73.36	0.68
Reach 1	600 Sez_09	100	41.76	59.12	61.43	61.42	61.60	0.008471	2.38	26.95	74.03	0.74
Reach 1	600 Sez_09	200	48.59	59.12	61.47	61.46	61.65	0.008425	2.44	30.21	75.04	0.74
Reach 1	600 Sez_09	500	57.74	59.12	61.52	61.51	61.71	0.008836	2.57	33.75	79.63	0.76
Reach 1	564 Sez_08	50	35.05	59.08	61.41	61.20	61.46	0.002003	1.26	41.59	91.83	0.33
Reach 1	564 Sez_08	100	41.76	59.08	61.45	61.23	61.51	0.002272	1.37	45.18	92.93	0.36
Reach 1	564 Sez_08	200	48.59	59.08	61.49	61.29	61.56	0.002460	1.45	48.94	93.42	0.37
Reach 1	564 Sez_08	500	57.74	59.08	61.54	61.33	61.61	0.002683	1.54	53.56	94.01	0.39
Reach 1	550		Bridge									
Reach 1	529 Sez_07	50	35.05	59.08	60.78	60.92	61.25	0.024258	3.91	15.41	60.22	1.17
Reach 1	529 Sez_07	100	41.76	59.08	60.82	60.96	61.30	0.024985	4.03	17.79	64.05	1.20
Reach 1	529 Sez_07	200	48.59	59.08	60.85	60.99	61.33	0.025095	4.10	20.19	67.41	1.20
Reach 1	529 Sez_07	500	57.74	59.08	60.89	61.06	61.38	0.025775	4.23	23.08	73.49	1.22
Reach 1	511 Sez_06	50	35.05	59.06	60.44	60.58	61.05	0.054713	4.89	15.08	110.67	1.70
Reach 1	511 Sez_06	100	41.76	59.06	60.46	60.60	61.08	0.058906	5.11	17.33	118.98	1.76
Reach 1	511 Sez_06	200	48.59	59.06	60.48	60.60	61.11	0.062093	5.28	19.49	121.89	1.81
Reach 1	511 Sez_06	500	57.74	59.06	60.50	60.62	61.15	0.067054	5.53	21.71	124.57	1.89
Reach 1	443 Sez_05	50	35.05	59.03	60.39	60.31	60.44	0.005547	1.62	37.59	135.40	0.57
Reach 1	443 Sez_05	100	41.76	59.03	60.42	60.35	60.48	0.005471	1.63	42.24	136.09	0.57
Reach 1	443 Sez_05	200	48.59	59.03	60.46	60.37	60.52	0.005354	1.64	46.82	136.77	0.57
Reach 1	443 Sez_05	500	57.74	59.03	60.50	60.40	60.56	0.005446	1.67	52.21	139.58	0.57
Reach 1	360 Sez_04	50	35.05	58.96	60.19	60.16	60.27	0.008341	1.95	31.34	121.96	0.71
Reach 1	360 Sez_04	100	41.76	58.96	60.22	60.18	60.31	0.008534	2.01	35.18	126.45	0.72
Reach 1	360 Sez_04	200	48.59	58.96	60.25	60.21	60.35	0.008636	2.06	39.09	132.18	0.73
Reach 1	360 Sez_04	500	57.74	58.96	60.29		60.39	0.008554	2.11	43.88	137.18	0.73
Reach 1	254 Sez_03	50	35.05	58.93	60.00		60.05	0.005051	1.39	38.75	150.99	0.57
Reach 1	254 Sez_03	100	41.76	58.93	60.05		60.10	0.004556	1.39	46.06	167.77	0.55
Reach 1	254 Sez_03	200	48.59	58.93	60.09		60.14	0.004417	1.41	52.25	179.71	0.54
Reach 1	254 Sez_03	500	57.74	58.93	60.13		60.19	0.004247	1.45	60.48	186.76	0.54
Reach 1	144 Sez_02	50	35.05	58.88	59.88		59.92	0.003227	1.16	40.77	125.42	0.46
Reach 1	144 Sez_02	100	41.76	58.88	59.92		59.97	0.003298	1.23	47.08	145.35	0.47
Reach 1	144 Sez_02	200	48.59	58.88	59.95		60.00	0.003672	1.33	50.93	153.33	0.50
Reach 1	144 Sez_02	500	57.74	58.88	59.99		60.05	0.003715	1.39	57.97	167.86	0.50
Reach 1	3 Sez_01	50	35.05	58.56	59.58	59.58	59.67	0.010748	2.19	29.87	138.69	0.83
Reach 1	3 Sez_01	100	41.76	58.56	59.59	59.59	59.71	0.013103	2.44	31.52	140.49	0.91
Reach 1	3 Sez_01	200	48.59	58.56	59.62	59.62	59.74	0.011663	2.35	36.62	145.35	0.87
Reach 1	3 Sez_01	500	57.74	58.56	59.65	59.65	59.78	0.012901	2.51	39.88	151.58	0.91