COMUNE DI ORISTANO

PROCEDURA NEGOZIATA PER L'APPALTO DEI SERVIZI DI PROGETTAZIONE DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA, DEFINITIVA-ESECUTIVA, STUDI SPECIALISTICI, DIREZIONE DEI LAVORI, MISURA E CONTABILITÀ, COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE, STUDI GEOLOGI INERENTI I LAVORI PER LA "***COMPLETAMENTO CIRCONVALLAZIONE OVEST - LOTTO 2 - COLLEGAMENTO NORD".***

Codici Appalto: CUP: H17H19000210002 - CIG: 82599137D5

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE IDROLOGICA E DI COMPATIBILITA IDRAULICA	Allegato: 1.R03 Scala:

Affidatario del servizio:
RTP
Ing. Serafino Rubiu, "mandatario";
Ing. Luciano Biggio, "mandante";
Ing. Alessandro Corona, "mandante";
Ing. Michele Rubiu, "mandante";
Geol. Mauro Pompei, "mandante";
Archeol. Daniela Deriu, "mandante".

Coordinatori del progetto:
Ing. Luciano Biggio;
Ing. Alessandro Corona.

ORDINE INGEGNERI PROVINCIA CAGLIARI N. 2433 Dott. Ing. LUCIANO BIGGIO

ORDINE INGEGNERI PROVINCIA DI CAGLIARI N. 4913 Dr. Ing. Alessandro Corona

Il Dirigente del Settore Lavori Pubblici e Responsabile del Procedimento:
Ing. Alberto Soddu

Rev.0	*Settembre 2022*
Rev.1	
Rev. 2	
Rev. 3	
Rev. 4	

COMUNE DI ORISTANO

SERVIZI DI PROGETTAZIONE DI FATTIBILITA'

TECNICA ED ECONOMICA, DEFINITIVA, ESECUTIVA, DIREZIONE DEI LAVORI,

COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE,

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA, STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

INERENTI ALLA REALIZZAZIONE DEI LAVORI DI

"COMPLETAMENTO CIRCONVALLAZIONE OVEST- LOTTO2 – COLLEGAMENTO NORD"

CUP H17H19000210002 CIG 82599137D51

RELAZIONE IDROLOGICA E

STUDIO DI COMPATIBILITA IDRAULICA

INDICE

1 Premessa 1

2 Rotatoria in progetto 1

Si prevede la realizzazione di una rotatoria di diametro esterno pari a 55 metri posizionata in maniera baricentrica rispetto alla viabilità esistente in grado di garantire anche l'uscita verso Silì. 1

3 Indagini geognostiche e geotecniche 3

4 Perimetrazioni PAI art. 8 e PSFF idraulica 3

5 Studio di compatibilità idraulica art. 8 NA del PAI 3

5.1 Studio approvato della provincia di Oristano per adeguamento Canale Torangius nell'ambito della realizzazione della circonvallazione Provinciale lungo la sponda sinistra del Tirso 5

5.2 Simulazioni idrauliche rio Torangius 11

5.3 Conclusioni simulazioni idrauliche rio Torangius 11

6 PSFF SUB BACINO 02 TIRSO 13

6.1 Caratteristiche idrologiche del tratto di interesse 14

6.2 Portate di piena fiume Tirso secondo il PSFF 16

6.3 Valutazioni idrauliche sugli effetti delle opere in progetto 20

7 Compatibilità idraulica conclusioni 22

7.1 Compatibilità idraulica opere esterne all'argine sinistro del Tirso – Vincolo PAI art. 8 N.A. 22

7.2 Compatibilità idraulica opere interne all'argine sinistro del Tirso – Vincolo PSFF. 22

ALLEGATI .....

Sezioni HEC-RAS canale Torangius e Standard Table .....

1 Premessa

In data 3 Agosto 2020, con Prot.45234 l'Ente appaltante ha definitivamente aggiudicato l'incarico relativo ai servizi di progettazione dei Lavori di "Completamento Circonvallazione Ovest- Lotto2 – Collegamento Nord al RTP composto da ing. Serafino Rubiu (Mandatario), ing. Luciano Biggio (Mandante), ing. Michele Rubiu (Mandante), ing. Alessandro Corona (Mandante), geol. Mauro Pompei (Mandante), archeol. Daniela Deriu (Mandante).

Nel dicembre 2021 è stato approvato dall'Amm.ne Comunale lo studio di fattibilità.

La presente relazione riguarda lo studio idrologico e di compatibilità idraulica.

2 Rotatoria in progetto

Si prevede la realizzazione di una rotatoria di diametro esterno pari a 55 metri posizionata in maniera baricentrica rispetto alla viabilità esistente in grado di garantire anche l'uscita verso Silì.

Il posizionamento della rotatoria verso est ha comportato l'utilizzo delle aree golenali con nuovi rilevati e la definizione di nuove rampe di accesso all'alveo per rispettare gli accordi presi in fase preliminare durante gli incontri con il Genio civile di Oristano. Queste opere arginali saranno protette al piede con gabbionate aventi altezza di circa 2,5 m mentre l'esecuzione delle rampe di accesso comporta la realizzazione di muri in C.A. i quali saranno opportunamente rivestiti in pietra.

Anche nella porzione di rotatoria rivolta verso il canale Torangius, al fine di contenere il rilevato stradale, sarà realizzato un muro in C.A. con pista ciclabile a sbalzo.

Questa progettazione contempla la sola realizzazione della rotatoria, dei rami afferenti e delle sistemazioni in alveo, mentre non riguarda il tratto di strada di collegamento verso la via Campanelli né la rotatoria da realizzare per connettere la futura circonvallazione Provinciale: in questa fase è stata solo schematizzata una possibile soluzione (in nero nella figura sotto) per consentire le opportune valutazioni agli enti interessati che si dovranno occupare di sviluppare questo tratto di viabilità.

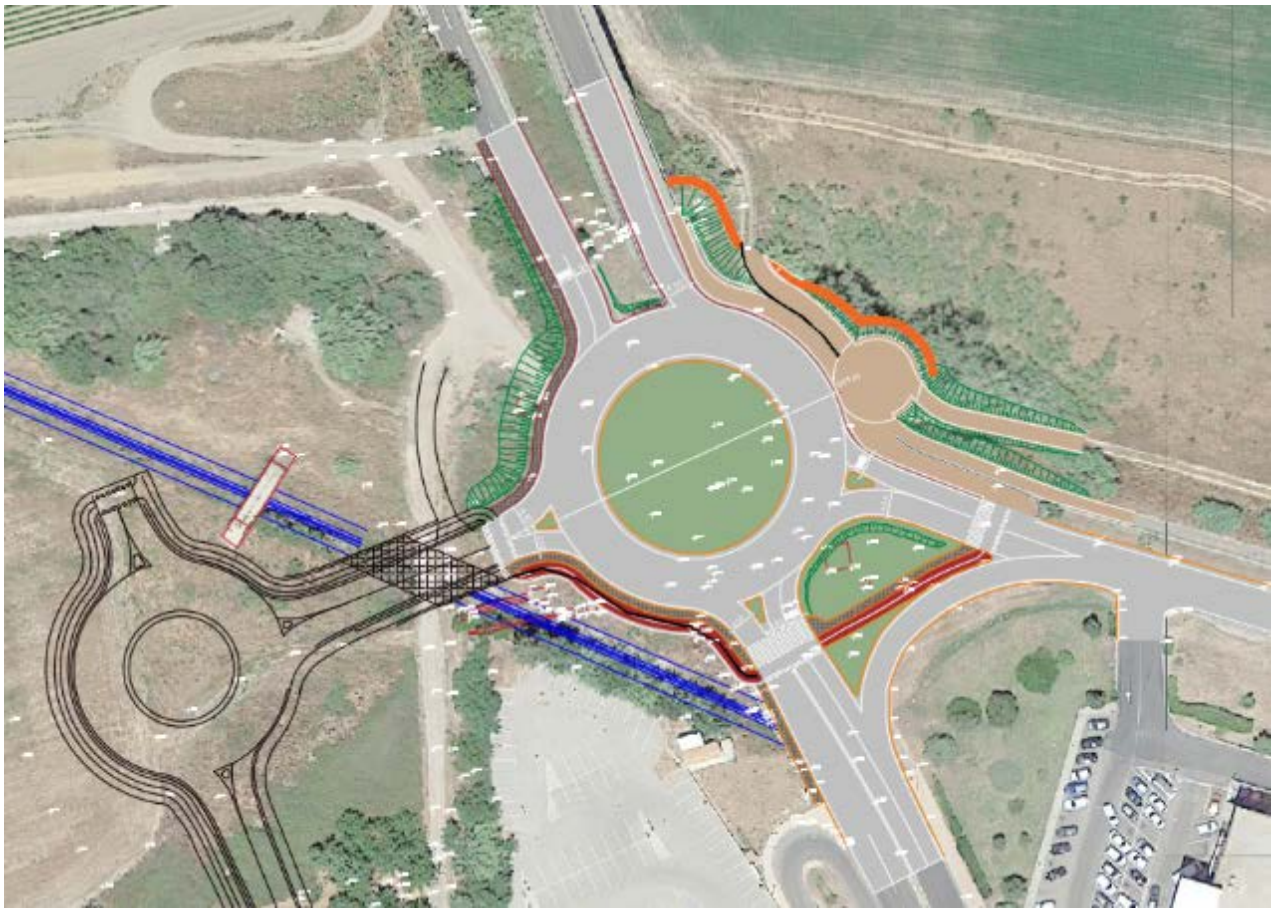


Figura 2-1 – Planimetria di progetto (in nero parti non oggetto di intervento)

Come è possibile osservare dalla planimetria e dal profilo allegati, la progettazione ha permesso di rispettare i seguenti vincoli plano-altimetrici:

1) La rotatoria risulta pressoché in aderenza al piano stradale esistente in corrispondenza dell'uscita per la SP 56 direzione Rimedio e nel tratto di raccordo con la via Cagliari in particolare in corrispondenza del ponticello sul Canale Torangius, punti critici dove sarebbe complicato prevedere sopraelevazioni.
2) Il tratto di raccordo della SP 56 in ingresso verso Oristano prevede un innalzamento di circa 30 cm compatibile con lo stato dei luoghi assegnando una pendenza longitudinale al tratto di raccordo pari a 0,8 %, con sviluppo di circa 30 m senza interessare lestrutture del ponte sul Tirso.
3) Il nuovo ramo di collegamento con la circonvallazione ovest comunale si attesta intorno a quote assolute pari a circa 7,3 m s.l.m. in corrispondenza del canale Torangius. Questo consentirà di inserire lo scatolare per l'attraversamento del canale (non oggetto di questo intervento) che intersecherà il ramo ovest poco prima della rotatoria. Il fondo del canale è infatti a quota 2,45 m s.lm. per cui rimane ampio margine per inserire uno scatolare di altezza netta interna pari a 3 m del tutto idoneo a smaltire le acque provenienti dal canale.
4) La provinciale ovest potrà innestarsi nell'altra rotatoria più a Ovest (non oggetto di intervento) senza problemi particolari con differenze di quota rispetto al piano di campagna di circa 3 m.
5) Il collegamento con la SP 93 direzione Silì, avverrà leggermente più a nord e a quote più alte rispetto alle attuali. Inoltre sarà possibile realizzare sia l'uscita che l'ingresso da e verso Silì. Verrà mantenuta la bretella di svolta a destra per chi da Oristano svolta a destra per Silì.

Al fine di consentire il collegamento con tutte le viabilità afferenti, la rotatoria presenta un profilo longitudinale che partendo dal punto più alto in corrispondenza dell'innesto nord sulla SP 56 (quota 9,6 m s.l.m.) va a scendere verso l'innesto Ovest (quota circa 7,7 m s.l.m.) con pendenza del 3,4 % circa. L'ampio diametro della rotatoria garantisce quindi il superamento di questo dislivello con pendenze non alte e garantendo un'ottima visibilità.

La rotatoria consente il raccordo di tutta la viabilità con ampi raggi di curvatura e assicura un'ottima capacità di smaltimento di traffico che in prima analisi potrà essere di oltre 40 000 veicoli/giorno.

La soluzione proposta tiene conto quindi sia dei vincoli esistenti come ponti, viabilità, piste ciclabili, marciapiedi e interferenze idrauliche, sia delle nuove viabilità in programma: circonvallazione provinciale e circonvallazione comunale. Il diametro adottato è quello più grande possibile in considerazione dei vincoli esistenti. Come si evince dall'immagine sotto riportata questo RTI oltre alla rotatoria su rappresentata, ha elaborato la progettazione del tratto di collegamento di circonvallazione che presenta uno sviluppo di circa 630 m. Si evidenzia che la seconda rotatoria e il tratto di collegamento con la via Campanelli non fanno parte di questo studio di fattibilità che riguarda esclusivamente la rotatoria con diametro di 55 m sulla viabilità principale. Il tratto in colore nero riportato nella figura sotto non fa quindi parte del presente progetto.

Figura 2-2 Progettazione tratto di collegamento con lotto 1 (rotatoria n. 2 e viabilità verso via Campanelli) in colore nero non oggetto del presento studio di fattibilità

3 Indagini geognostiche e geotecniche

Sono stati eseguiti dei sondaggi le cui risultanze sono riportate nella specifica relazione di progetto alla quale si rimanda per i dettagli.

4 Perimetrazioni PAI art. 8 e PSFF idraulica

Come vincolo idraulico per la zona occorre fare riferimento allo studio di compatibilità idraulica, geologica e geotecnica relativo a tutto il territorio comunale approvato con delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino regionale n° 2 del 03/07/2018 pubblicata sul BURAS in data 26/07/2018 e al PSFF per quanto riguarda il SUB BACINO 02 Tirso -Bacino idrografico 01 Tirso - Tavola TI005 - tratto sub lacuale sezioni 012 - attraversamento SP 56 doppio ponte.

5 Studio di compatibilità idraulica art. 8 NA del PAI

Lo studio approvato con delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino regionale n° 2 del 03/07/2018 pubblicata sul BURAS in data 26/07/2018 è stato redatto ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del P.A.I. Nell'immagine sotto si riporta uno stralcio delle aree perimetrate in base alla pericolosità idraulica dallo studio suddetto

con sovrapposizione del tracciato ipotizzato in questa fase in colore nero. Le criticità interessano la zona a valle della via Cagliari per le aree a pericolosità idraulica Hi4 dovute alla presenza del canale di Torangius. L'area oggetto di intervento risulta ricadere in aree a rischio idraulico Hi1, Hi2, Hi3 e Hi4 secondo lo studio ex art. 8 citato precedentemente. Vedere immagine sotto. Poiché le aree all'interno degli argini sono vincolate dal PSFF ci si concentrerà in questo paragrafo sulle aree esterne agli argini in sinistra idraulica e in particolare sul rio Torangius che sbocca dalla via Cagliari dopo un tratto chiuso a monte.

Figura 5-1 – Inquadramento P.A.I.

Per quanto riguarda la presenza del canale di Torangius che attraversa la via Cagliari con uno scatolare 100x200h cm in corrispondenza del centro commerciale si evidenzia che l'intervento in oggetto non interferisce con tale canale né con le ipotesi di future viabilità provinciali in quanto le quote della rotatoria e in particolare del ramo Ovest, solo abbozzato in questa fase progettuale, consentono l'inserimento di uno scatolare di adeguate dimensioni in grado di smaltire le portate stimate di seguito descritte. Si precisa che la realizzazione di tale scatolare non fa parte di questo progetto. Il canale di Torangius, o canale San Giovanni, raccoglie le acque di un bacino che si sviluppa in direzione nord-est sino quasi all'abitato di Simaxis per poi recapitarle nello stagno di Santa Giusta, dopo aver percorso buona parte del suo sviluppo affianco all'argine sinistro del Tirso. Come evidenziato nell'immagine sotto nello stralcio IGM, questo canale risulta

Figura 5-2 Contraffosso di Silì

tombinato a valle di Silì in uno scatolare avente dimensioni di 1 m di base per 2 di altezza. Dai calcoli idraulici risulta che tale canale crea un rigurgito a monte in quanto riesce a smaltire portate di soli 2 mc/s a fronte dei 10,77 mc/s di afflussi calcolati per tempi di ritorno di 200 anni in corrispondenza della sezione del contraffosso di Silì. La portata di calcolo, considerando la sezione di chiusura del bacino ubicata nel punto in cui la viabilità in progetto interferisce con il canale, ossia subito a valle dello scatolare in uscita della via Cagliari in prossimità del centro commerciale, è di circa 12 mc/s anche non considerando, a vantaggio della sicurezza, l'ostruzione del tratto tombato a valle di Silì che ne riduce la portata ai soli 2,0 mc/s.

Le portate suddette discendono da un analisi dello studio eseguito dalla Provincia di Oristano per la sistemazione del canale subito a valle del tratto oggetto di intervento nell'ambito della progettazione della Circonvallazione Provinciale che si svilupperà lungo l'argine sinistro del Tirso e già in fase di realizzazione. Lo studio condotto dalla Provincia, riportato in corsivo nel paragrafo successivo, è stato approfondito e confermato in questa fase progettuale sia per quanto attiene ai calcoli idrologici che per i calcoli idraulici.

In sintesi le ipotesi da porre a base delle progettazioni idrauliche dell'attraversamento del canale possono essere due:

1) Considerare l'ostruzione del canale tombato a valle di Silì: in questo modo la portata di calcolo sarebbe uguale alla somma che il tratto tombato è in grado di smaltire, 2 mc/s, e la differenza tra le portate alla sezione di chiusura corrispondente al punto in cui il canale interseca la viabilità in progetto (12 mc/s) meno la portata al contraffosso di Silì (10,77 mc/s): (12-10,77) + 2 = 3,23 mc/s
2) Considerare tutta la portata senza ostruzione del tratto tombato, in questo caso la portata sarebbe pari a 12 mc/s.

E' chiaro che l'adozione della portata di cui al punto 1 pari a 3,23 mc/s sarebbe giustificata se a monte del contraffosso le acque fossero recapitate nel Tirso grazie alla costruzione di una chiavica.

La scelta progettuale più opportuna è quella di considerare a vantaggio della sicurezza le portate di cui al punto 2 pari a 12 mc/s smaltibili, per quanto già verificato da chi scrive e non esposto nel presente progetto in quanto non da eseguire in questa fase, con la realizzazione di uno scatolare avente larghezza netta interna pari a 5 m e altezza netta interna di 3 m che garantirebbe un franco di circa 2 m. Le quote stradali sia della rotatoria che della porzione del ramo ovest, che in futuro sarà prolungato ed interferirà con il canale, sono compatibili per le quote di progetto adottate con la realizzazione di tale opera (non oggetto del presente progetto).

Tale ipotesi si sposa con lo studio eseguito dalla Provincia di Oristano per la sistemazione del canale di Torangius a valle della rotatoria riportato nel paragrafo successivo in corsivo.

5.1 Studio approvato della provincia di Oristano per adeguamento Canale Torangius nell'ambito della realizzazione della circonvallazione Provinciale lungo la sponda sinistra del Tirso

L'intervento di risagoma della sezione idraulica del canale Torangius subito a valle della rotatoria prevista in progetto è parte integrante del progetto di adeguamento viario predisposto dalla Provincia di Oristano. Nell'ambito del progetto di Costruzione della *Circonvallazione nord-ovest Oristano*, si prevede uno spostamento, un adeguamento di forma e rivestimento del canale Torangius e una ridefinizione della sezione idraulica con un rivestimento in cls dell'alveo.

Si riporta di seguito in corsivo lo studio eseguito dalla provincia di Oristano per il dimensionamento della nuova sezione del Canale di Torangius riguardante il tratto riportato nell'immagine sotto.

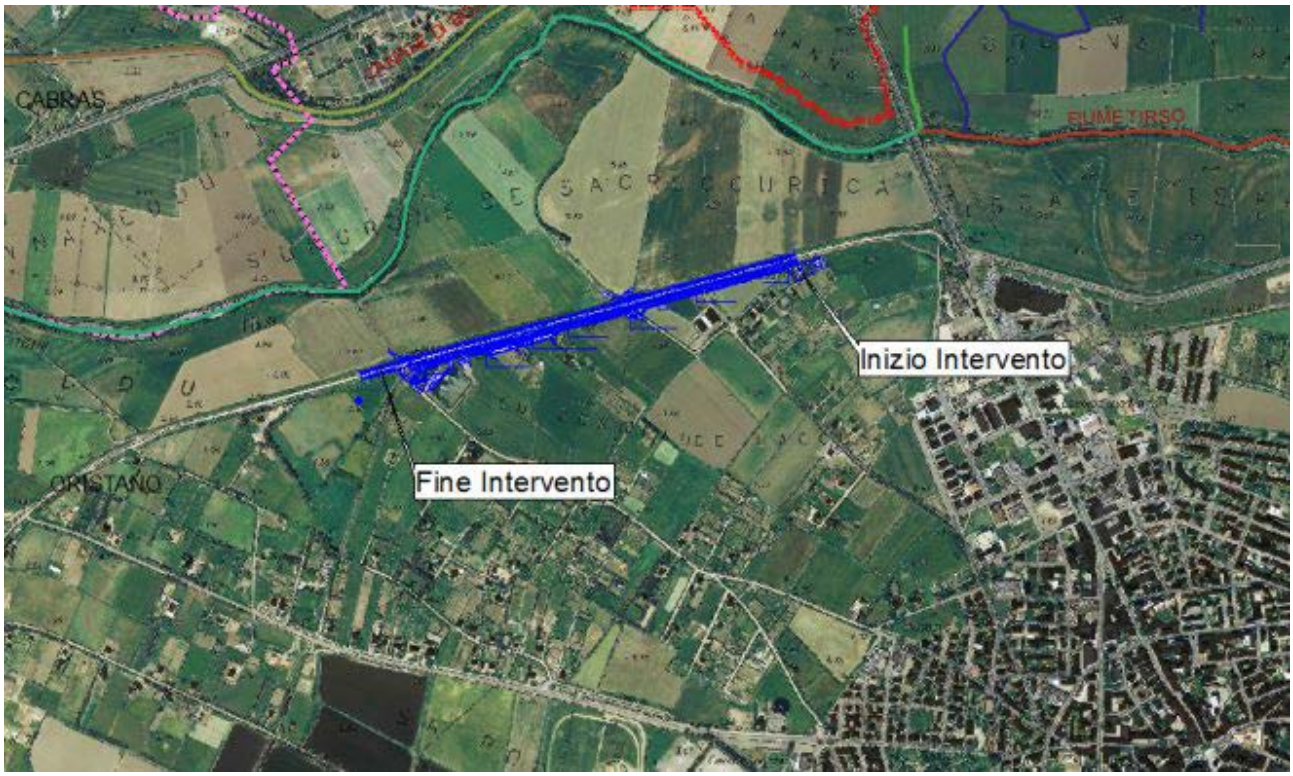


Figura 5-3 – Intervento strada Provinciale

Ai fini della determinazione della portata di piena del bacino, è stato preliminarmente individuato su cartografia tecnica regionale 1:10.000 il bacino e successivamente, utilizzando un programma CAD, in corrispondenza di ciascuna sezione di interesse sono stati determinati l'area del bacino scolante e la lunghezza dell'asta di canale a monte. I valori ricavati sono i seguenti:

- sezione a valle del contraffosso di Silì: A = 3,83 km2; L = 4,93 Km; pmed = 4.5 m slm

- sezione 0 tratto stradale in progetto: A = 4,86 km2; L = 6,95 Km; pmed = 3.9 m slm (inizio tratto)

- sezione 32 tratto stradale in progetto: A = 5,46 km2; L = 8,15 Km; pmed = 3.5 m slm (fine tratto*)*

[…]

Nel caso in esame si è considerato che il bacino del canale San Giovanni è inquadrabile nel tipo ideologico di suolo B ed è costituito in linea di massima per il 80% da aree di campagna (spazi aperti con manto erboso superiore al 75% con CN = 61) e per il 20% da aree urbanizzate (zone residenziali con lotti fino a 500 mq con CN = 85).

Pertanto si ricava il valore ponderale del parametro CN = 0,80x61 + 0,20x85 = 65,8.

Per tener conto dello stato iniziale di umidità del suolo al verificarsi della pioggia critica il parametro CN è stato corretto con le formule sopra riportate ottenendo il valore: CN(III) = 81,56.

E' stato quindi ricavato il valore di S (S= 57,36 mm) e quindi il valore della pioggia netta hnetta.

Poiché è risultata la pioggia lorda per il tempo di ritorno di 200 anni hlorda = hc = 254,76 mm, si ricava h netta = 196.83 mm.

Pertanto il valore del coefficiente di afflusso risulta: = 196.83 mm/254,76 mm = 0,77.

*Per il bacino in esame il coefficiente di laminazione può essere posto pari a 0,9 e pertanto risulta un coefficiente di deflusso ϕ = 0,77x0,9=***0,7.***

[…]

Sono state proposte numerose formule empiriche per la determinazione del tempo di corrivazione, affette tutte un notevole grado di incertezza. Nelle aree di pianura, dove l' influenza delle pendenze è bassa, è molto utilizzata la seguente formula dovuta a Pasini:

tc = 0,24 (A⍰L)1/3

dove:

A = Area del bacino [Km2]

L = lunghezza del corso d' acqua a monte [Km]

tc = tempo di corrivazione [giorni]

I valori di tc ricavati per i tre sottobacini studiati sono riportati nella Tabella 05

La portata di piena

Con i valori dei parametri determinati nei punti precedenti è stata calcolata per ciascun sottobacino la massima portata di piena.

Nelle Tabella 05 allegata nella pagina seguente sono riportati i valori di portata massima calcolati, con riferimento al tempo di ritorno di 200 anni ed ai parametri caratteristici delle tre sezioni considerate della portata di piena corrispondente.

TABELLA 05

CALCOLO TEMPO DI CORRIVAZIONE E PORTATA MASSIMA

SOTTOBACINI CANALE SAN GIOVANNI

	A (Kmq)	L (Km)	t_c (giorni)	t_c (ore)	φ	h (mm)	Q_{max} (mc/sec)
Sezione Torangius - Pasini	3,83	4,928	0,64	15,34	0,70	221,8	**10,77**
Sezione inizio strada - Pasini	4,86	6,949	0,78	18,61	0,70	243,6	**12,36**
Sezione 32 strada - Pasini	5,46	8,152	0,85	20,41	0,70	254,8	**13,25**

Verifica idraulica delle sezioni

La sezione tipica del canale San Giovanni a monte del contraffosso di Silì è costituita da un alveo di magra di sezione trapezia rivestito in calcestruzzo e da un alveo di piena con savanelle in terra e pareti trapezie sempre in terra.

In corrispondenza dell'altura della Maddalena il canale è costituito da un cunicolo interrato in mattoni di larghezza 1,00 m, altezza 2,00 m e lunghezza di oltre un chilometro. La copertura è realizzata con una voltina a botte e la copertura di terra in alcuni tratti è anche di alcuni metri.

La sezione tipica del canale San Giovanni a valle del contraffosso di Silì è costituita da un alveo di magra di sezione trapezia rivestito in calcestruzzo e da un alveo di piena con savanelle in terra e pareti trapezie sempre in terra.

In particolare la sezione di magra trapezia rivestita in calcestruzzo in questo tratto ha base 50 cm e sponde con scarpa 1/1 e altezza 50 cm. La sezione di piena ha una savanella della larghezza di 50 cm per parte in terra e sponde sempre in terra con scarpa 1/1 e altezza variabile in funzione dell'orografia dei terreni attraversati.

Nel tratto tombato in prossimità del Centro Commerciale (a monte del tratto interessato dal progetto stradale) la sezione è costituita da uno scatolare in cemento armato delle dimensioni nette 250 cm di base e 130 cm di altezza. Di sezione analoga sono anche dotati alcuni ponticelli presenti.

Nel tratto compreso tra la sezione 0 e la sezione 32 il canale San Giovanni riprende la sua tipica sezione composta costituita da una sezione trapezia di magra rivestita in calcestruzzo di base 50 cm e sponde con scarpa 1/1 e altezza 50 cm e da una sezione di piena con savanella della larghezza di 50 cm per parte in terra e sponde sempre in terra con scarpa 1/1 e altezza variabile in funzione dell'orografia dei terreni attraversati.

Come si evince dalla descrizione delle varie tratte del canale appena evidenziata, il bacino a monte dell'altura della Maddalena, che rappresenta la maggiore area scolante afferente al canale San Giovanni, ha un vincolo rappresentato appunto dal cunicolo che attraversa l'altura della Maddalena. Nella tabella 06 allegata è stata calcolata la massima portata che può defluire attraverso il cunicolo in moto uniforme. Come si vede il valore è piuttosto modesto (1,73 mc/s) e pertanto tutto il tratto di monte risulterebbe rigurgitato.

E' apparso dunque ragionevole prevedere nella fase attuale l'adozione, nella tratta di interferenza con la strada in progetto, una sezione che fosse in grado di smaltire con un abbondante franco la portata costituita da valore riferibile al bacino a valle della Maddalena, con l'incremento della portata che nelle condizioni attuali può defluire attraverso il cunicolo.

L'Amministrazione Provinciale ha tuttavia segnalato l' impegno ad ampliare la sezione trapezia, che attualmente si realizzerebbe se si verificasse la condizione di un deflusso libero del tratto di bacino a monte dell'altura della Maddalena, con la sezione più ampia che viene verificata nel proseguo della presente Relazione e con le ulteriori prescrizioni che dovesse ritenere di porre il Servizio del Genio Civile di Oristano.

Nel tratto del canale San Giovanni che interferisce con la strada di Circonvallazione nord - ovest di Oristano, tra le sezioni 0 e 32, pertanto nell'immediato si realizzerebbe la seguente tipologia di sezione:

1. un canale trapezio, in sostituzione di quello esistente, avente dimensioni maggiori e le seguenti caratteristiche: sezione trapezia interamente rivestita avente base 1,00 m, sponde con scarpa 3/2 e altezza 1,70 m. E' anche prevista, in prosecuzione delle sponde, una parte di raccordo con i terreni circostanti realizzata in terra con sponde aventi sempre scarpa 3/2, che garantisce un franco di altezza pari a circa 65-70 cm.

Nell'eventualità che si verificassero le condizioni di libero deflusso precedentemente indicate, vi sarebbe l' impegno da parte della Provincia di Oristano ad adeguare la sezione suddetta con la seguente:

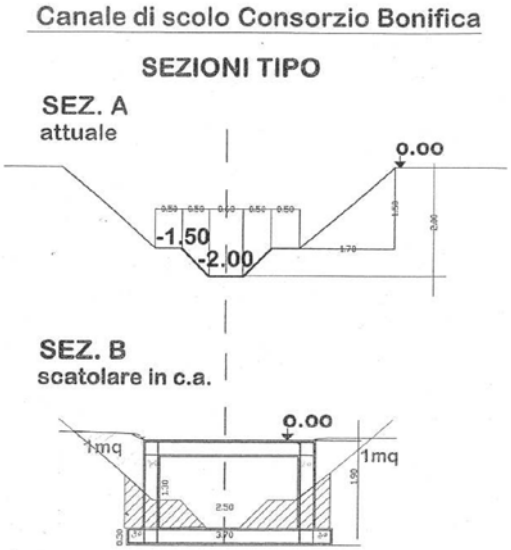
2. un canale trapezio, in sostituzione di quello esistente, avente dimensioni molto maggiori e le seguenti caratteristiche: sezione trapezia interamente rivestita avente base 2,50 m, sponde con scarpa 3/2 e altezza 1,70 m. E' anche prevista, in prosecuzione delle sponde, una parte di raccordo con i terreni circostanti realizzata in terra con sponde aventi sempre scarpa 3/2, che garantisce un franco di altezza pari
a circa 25-30 cm.

La proposta di due sezioni alternative è legata come detto ai due scenari esaminati.

Il primo considera la presenza del ristretto cunicolo della Maddalena che costituisce un impedimento fisico allo svilupparsi delle portate a valle dell'altura della Maddalena, mentre il secondo considera il contributo dell' intero bacino scolante senza limitazioni.

Ai fini della verifica idraulica delle due sezioni trapezie rivestite proposte, considerato che il canale con le attuali tecnologia verrà realizzato con calcestruzzo ben lisciato e ben curato, è stato assunto per entrambe le sezioni un coefficiente scabrezza pari a 0,36 (Bazin).

Nella pagina seguente sono riportate graficamente le due tipologie di sezioni esistenti e la sezione tipo in progetto.



A valle dell'area di intervento, l'alveo riprende la sua forma originaria, le condizioni morfologiche dell'area e la scarsa pendenza determinano una agevole condizione di crescita della vegetazione in alveo.

Proseguendo verso valle il canale tende a piegare in sinistra affiancandosi alla viabilità poderale, successivamente, piegando in destre idraulica si affianca alla SP49 prima di sfociare nello stagno di Santa Giusta.

Con le portate ricavate al precedente punto 3.3.1 si è proceduto alla verifica idraulica delle sezioni sopra riportate utilizzando la nota formula di Chézy, con coefficiente di attrito calcolato con la II formula di Bazin:

*Q = C*A*Ö(R*I)*

Nella considerazione che verrà realizzata una tipologia di sezione trapezia, rivestita interamente con calcestruzzo ben lisciato, è stato adottato, come detto, un valore di scabrezza G = 0,36 (valido per canali rivestiti in calcestruzzo con pareti ben lisciate ed in buone condizioni di conservazione) (Cfr. Tab. II allegata al testo: Idraulica – Volume primo parte seconda (G. De Marchi - Hoepli):

Sono state effettuate due verifiche, che corrispondono a due diverse sezioni tipo:

- la prima verifica non tiene conto della presenza del cunicolo della Maddalena, che ha una lunghezza di qualche centinaio di metri, e che quindi assume che alla portata che determina il colmo nella sezione 32, ultima sezione in cui la strada è parallela al canale San

Giovanni, possa contribuire l' intero bacino senza alcuna limitazione;

- la seconda tiene conto del fatto che la portata massima che può attraversare il cunicolo della Maddalena in moto uniforme, come evidenziato nella Tabella 06 allegata, è inferiore ai 2 mc/s (portate in arrivo superiori determinerebbero certamente un rigurgito verso monte e portate inferiori a quella di moto uniforme verso valle. Pertanto, considerato che il bacino residuo è accreditato di una portata pari

a: 13.26 mc/s - 10,77 mc/s = 2,48 mc/s, la portata complessiva massima che può giungere alla sezione 32 è pari a 4,48 mc/s.

Come si evince dalle Tabelle 07 e 08 di seguito allegate, le due sezioni precedentemente indicate risultano sufficienti a smaltire, con un adeguato franco, la portata calcolata con il corrispondente tempo di ritorno di 200 anni.

In relazione alla problematica idraulica derivante dalla insufficienza della sezione idraulica del cunicolo della Maddalena rispetto a piene con elevati tempi di ritorno, è evidente che essa non viene influenzata dall'esistenza o meno della strada in progetto, né dell'eventuale modifica della sezione del canale San Giovanni a valle. Per quanto a nostra conoscenza, il Consorzio di Bonifica ha proposto quale soluzione utile a risolvere il problema del possibile rigurgito e quindi del potenziale allagamento dei terreni a monte del cunicolo la realizzazione di una chiavica immediatamente a monte del cunicolo, che consentirebbe di scaricare nel fiume Tirso le acque di piena eccedenti la capacità di deflusso dello stesso cunicolo.

TABELLA 06

VERIFICA CON PORTATA MASSIMA - CANALE SAN GIOVANNI
SEZIONE RETTANGOLARE: CUNICOLO LA MADDALENA

TIPOLOGIA DELLA SEZIONE	Complessiva canale in mattoni		
PORTATA DI CALCOLO	**1,73**		
SCABREZZA	0,46		
LARGHEZZA DEL FONDO	1,00		
ALTEZZA D'ACQUA	2,00		
SCARPA	0		
AREA DELLA SEZIONE LIQUIDA	2,00		
CONTORNO BAGNATO	5,00		
RAGGIO IDRAULICO	0,40		
COEFFICIENTE DI ATTRITO	50,37		
PENDENZA DEL CANALE	0,00074		
VELOCITA'	0,87		

TABELLA 07

VERIFICA CON PORTATA MASSIMA - CANALE SAN GIOVANNI
SEZIONE TRAPEZIA RIVESTITA LARGHEZZA FONDO 2,50 m

TIPOLOGIA DELLA SEZIONE	sezione trapezia rivestita
PORTATA DI CALCOLO	**13,26**
SCABREZZA	0,36
LARGHEZZA DEL FONDO	2,50
ALTEZZA D'ACQUA	1,60
SCARPA	1,500
AREA DELLA SEZIONE LIQUIDA	7,87
CONTORNO BAGNATO	8,29
RAGGIO IDRAULICO	0,95
COEFFICIENTE DI ATTRITO	63,54
PENDENZA DEL CANALE	0,00074
VELOCITA'	1,68

TABELLA 08

VERIFICA CON PORTATA MASSIMA - CANALE SAN GIOVANNI
SEZIONE TRAPEZIA RIVESTITA LARGHEZZA FONDO 1,00 m

TIPOLOGIA DELLA SEZIONE	sezione trapezia rivestita
PORTATA DI CALCOLO	**4,48**
SCABREZZA	0,36
LARGHEZZA DEL FONDO	1,00
ALTEZZA D'ACQUA	1,22
SCARPA	1,500
AREA DELLA SEZIONE LIQUIDA	3,44
CONTORNO BAGNATO	5,39
RAGGIO IDRAULICO	0,64
COEFFICIENTE DI ATTRITO	59,97
PENDENZA DEL CANALE	0,00074
VELOCITA'	1,30

5.2 Simulazioni idrauliche rio Torangius

Per valutare la potenziale interferenza della rotatoria in progetto con il canale del Rio Torangius sono state eseguite delle modellazioni idrauliche utilizzando come base per il terreno le cartografie regionali DEM con passo 1 m implementata dai rilievi sul posto. La simulazione in moto permanente è stata condotta utilizzando il software di calcolo HEC- RAS insieme al processore RAS-Mapper per la definizione delle aree allagabili.

Sono state utilizzate le due portate calcolate in base alle considerazioni fatte nel paragrafo precedente:

Q=3,23 mc/s (Portata con TR 200 anni considerando l'ostruzione del canale tombato)

Q=12 mc/s (Portata cautelativa con TR 200 anni senza considerare l'ostruzione del canale tombato a monte).

La simulazione è stata condotta considerando il canale ostruito a vantaggio della sicurezza.

5.3 Conclusioni simulazioni idrauliche rio Torangius

I risultati ottenuti visibili nelle mappe sotto riportate mostrano che la viabilità in progetto non interferisce con i deflussi delle acque del rio Torangius.

Anche considerando la portata di 12 mc/s la rotatoria non viene interessata dai deflussi (Figura 5.6). Occorre considerare che questa portata allo stato attuale non è presumibile in quanto il canale tombato che attraversa la viabilità principale ha una sezione di circa 1x2 m per cui defluiscono al massimo circa 2 mc/s. Anche se dovessero arrivare portate maggiori da monte queste non entrerebbero nel canale tombato ma le acque scorrerebbero in direzione sud-ovest nel tratto a est della via Cagliari con battenti idraulici molto bassi, nell'ordine dei 10 cm, come si evince dalle sezioni idrauliche allegate, senza quindi creare pericoli idraulici rilevanti e senza andare a gravare nel tratto oggetto di intervento diffondendosi invece verso sud.

La figura 5.7 evidenzia le aree inondabili per portate di 3,23 mc/s: anche in questo caso la rotatoria non è interessata dai deflussi.

Inoltre la viabilità è stata studiata in modo tale da poter consentire la futura realizzazione di uno scatolare per l'attraversamento del Torangius che garantisca il passaggio dei deflussi con adeguato franco idraulico.

In conclusione l'opera in progetto non interferisce da un punto di vista idraulico con i deflussi del rio Torangius sia considerando la situazione attuale che una ipotetica situazione futura più svantaggiosa di adeguamento di tutto il canale tombato a monte dell'intervento, ipotesi quest'ultima di difficile se non impossibile realizzazione.

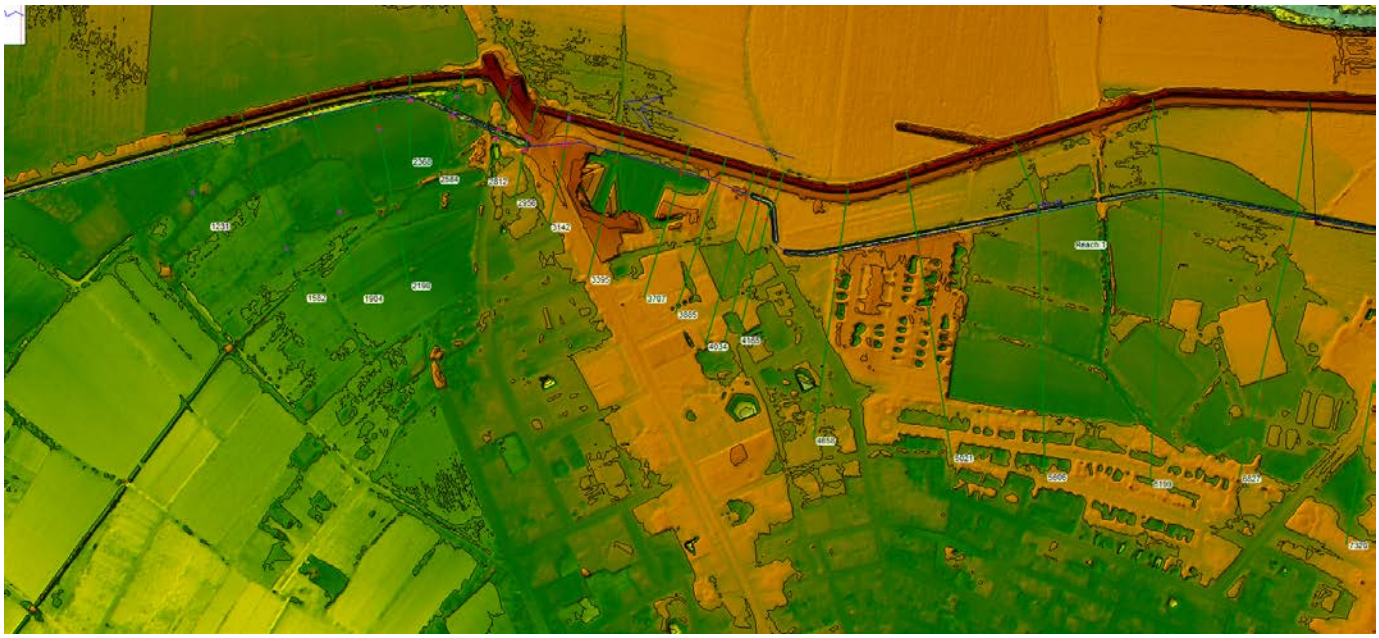


Figura 5-4 – DEM passo 1 m estratta da RAS-Mapper con indicazione delle sezioni "River Station" utilizzate per la simulazione idraulica del canale di Torangius

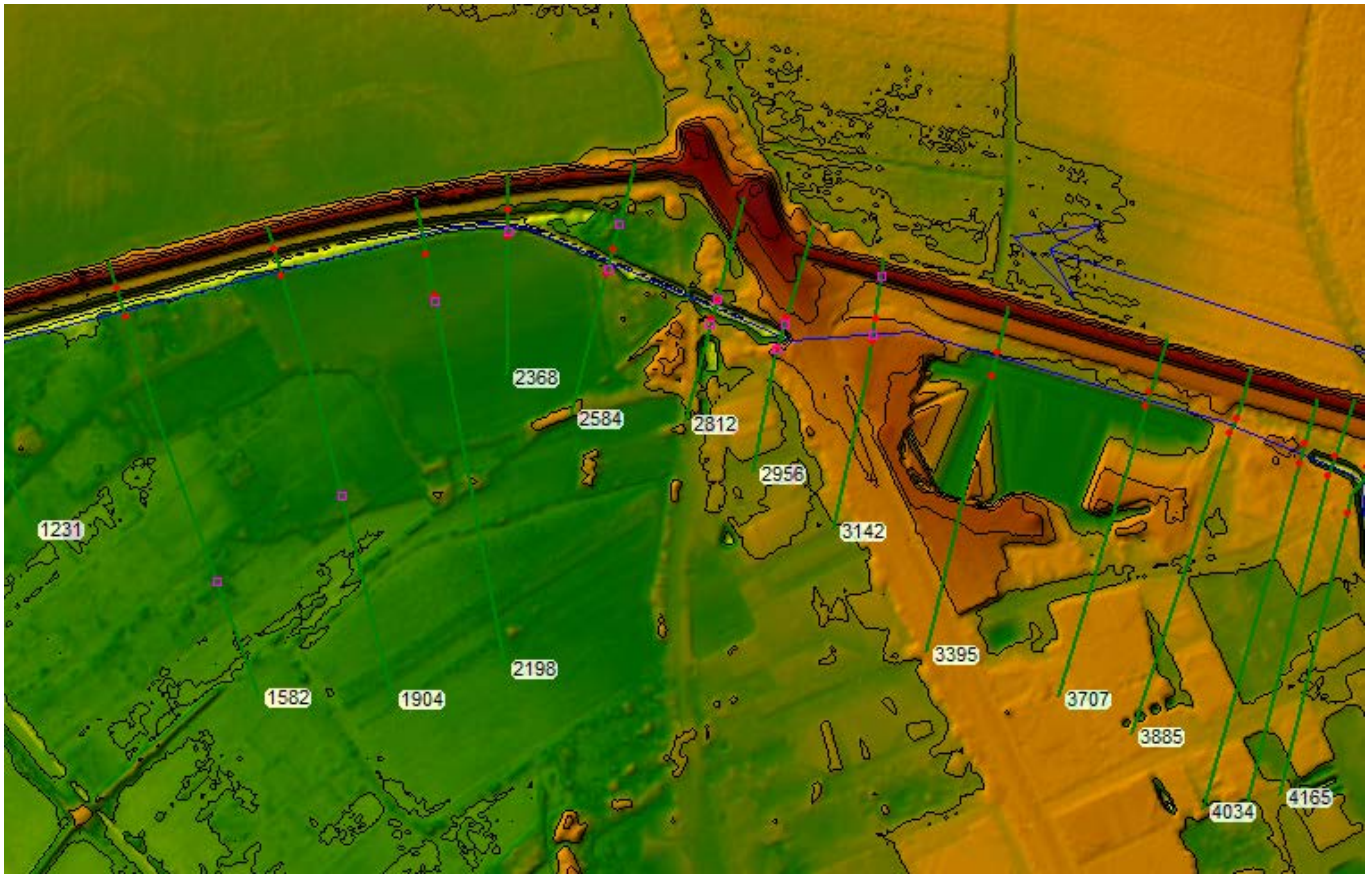


Figura 5-5 – Dettaglio DEM passo 1 m estratta da RAS-Mapper con indicazione delle sezioni "River Station" utilizzate per la simulazione idraulica del canale di Torangius nella zona di interesse.

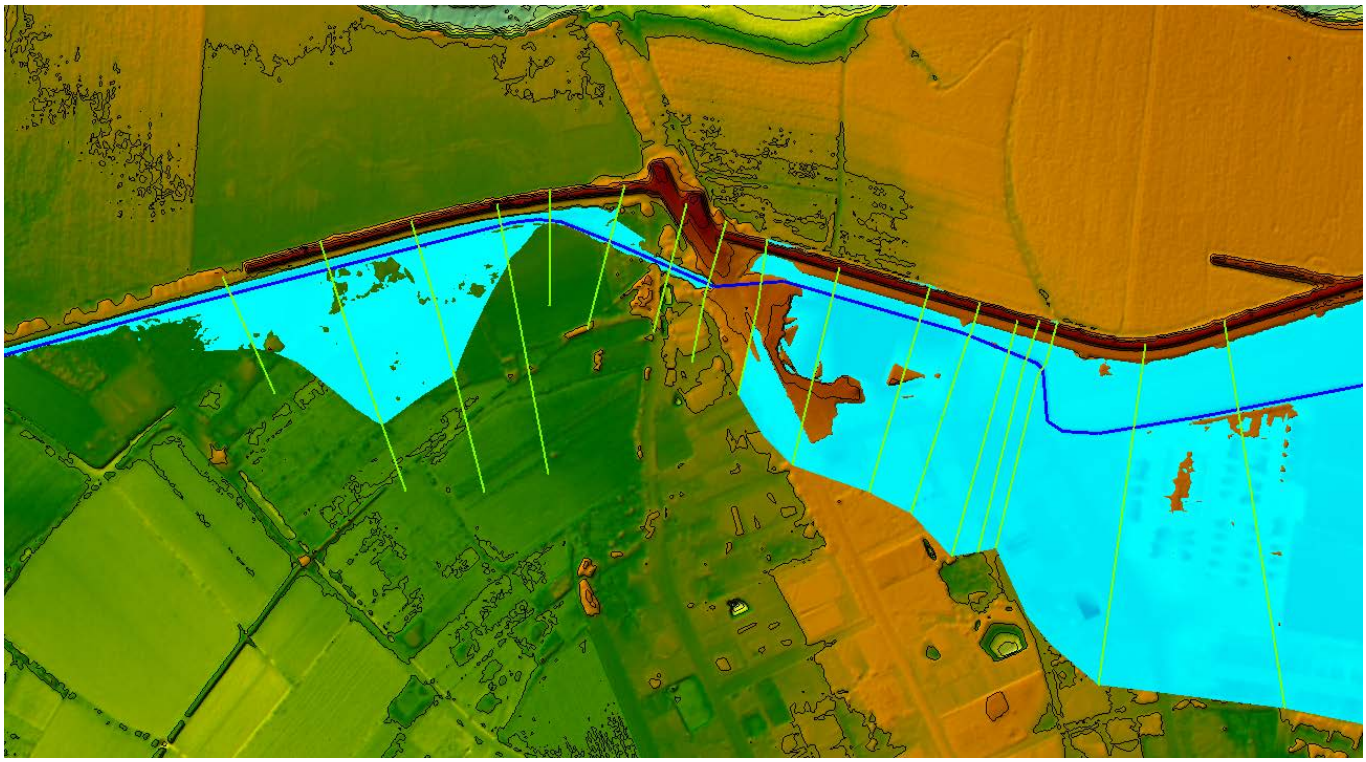


Figura 5-6 – Aree inondabili estratte da Ras Mapper - Q=12 mc/s (Portata cautelativa con TR 200 anni senza considerare l'ostruzione del canale tombato a monte).

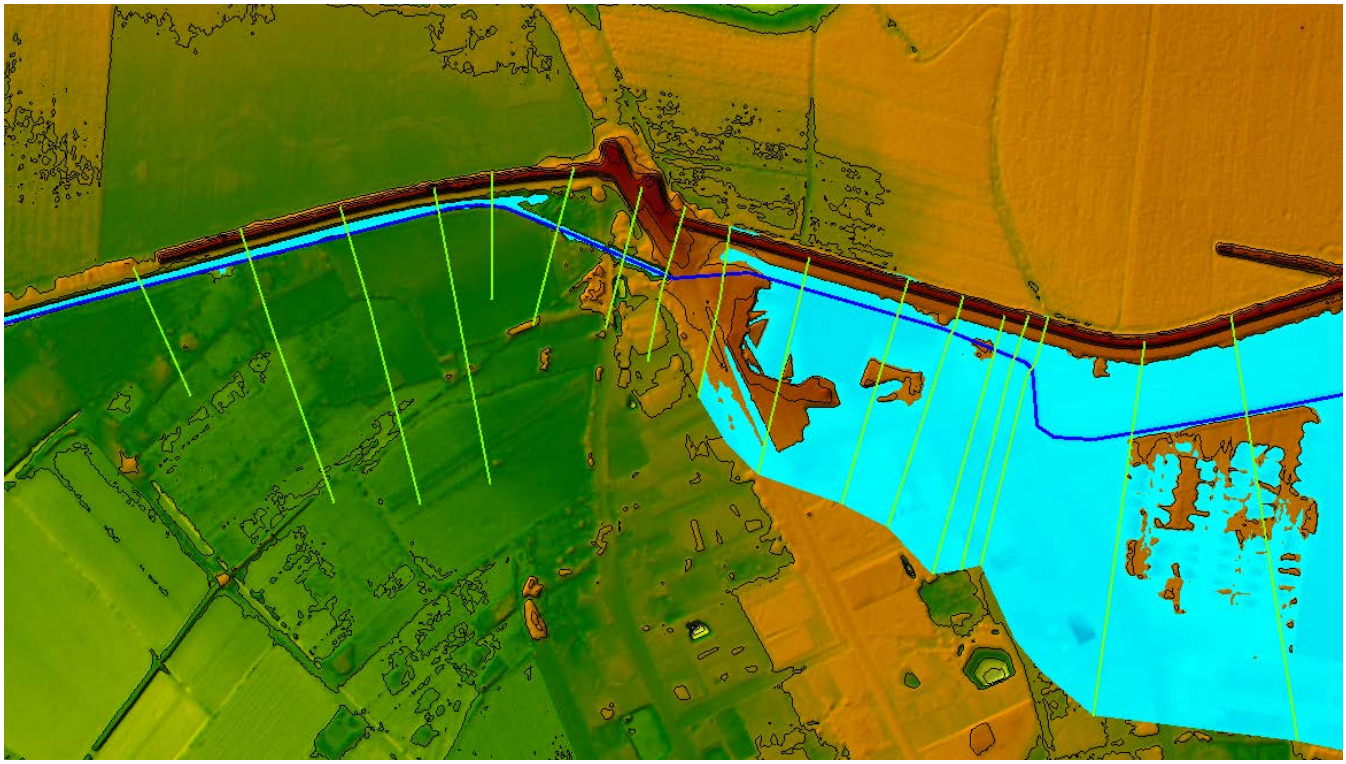


Figura 5-7 - Aree inondabili estratte da Ras Mapper Q=3,23 mc/s (Portata con TR 200 anni considerando l'ostruzione del canale tombato).

6 PSFF SUB BACINO 02 TIRSO

L'area in esame ricade nel tratto sub lacuale del Tirso e precisamente è vincolata dal PSFF in quanto ricade nel SUB BACINO 02 Tirso, bacino idrografico 01 Tirso, tavola n. TI005, tratto sub lacuale sezioni 012, attraversamento SP 56 doppio ponte.

La realizzazione della rotatoria comporta la ridefinizione di un tratto arginale in sponda sinistra in prossimità del ponte sulla SP 56. Infatti per garantire l'immissione di tutti i rami di viabilità afferenti con rispetto dell'angolo di deflessione di 45 ° previsto dal DM del 25 aprile 2016 sulle intersezioni stradali, la rotatoria è stata collocata in posizione radiale rispetto alla SP 56 con conseguente occupazione di una porzione di golena del fiume Tirso. Inoltre per garantire agli organi di vigilanza e controllo l'accesso all'alveo sono state progettate due rampe in terra con una piccola rotatoria sempre in terra.

In particolare la rotatoria impegna delle aree golenali del Tirso ma, come argomentato nei paragrafi successivi, le nuove opere non cambieranno, se non impercettibilmente, i livelli idrici raggiunti con le piene relative ai vari tempi di ritorno. L'opera in progetto prevede l'esecuzione di nuovi rilevati arginali tutti ben arretrati rispetto alla sezione idraulica in corrispondenza dei due ponti sul Tirso (carreggiata nord e sud) e ben raccordati alle sponde. I nuovi rilevati sono necessari al fine di accogliere parte della nuova rotatoria e le rampe di accesso all'alveo utili per le operazioni di protezione civile e vigilanza idraulica del ponte sul Tirso da parte degli Enti preposti. Le quote arginali delle nuove opere saranno uguali a quelle esistenti e inoltre, come già detto, il piede dei rilevati sarà protetto con gabbionate pur essendo le velocità della corrente in queste zone praticamente nulla. Le rampe di accesso comportano l'esecuzione di muri in C.A. i quali saranno opportunamente rivestiti in pietra.

Si sottolinea che la parte di alveo impegnata dai nuovi rilevati arginali risulta non attiva ai fini del deflusso delle acque in quanto le spalle del ponte nel tratto oggetto di intervento si trovano più a nord per cui l'impatto delle nuove opere è pressoché nullo rispetto alle capacità di smaltimento attuali del ponte esistente.

6.1 Caratteristiche idrologiche del tratto di interesse

Il tratto sub lacuale del fiume Tirso si sviluppa per quasi 28 km con una pendenza media pari allo 0,03%, con apprezzabili variazioni locali. Il tratto è interamente arginato, ad eccezione di un tronco in sponda destra tra la traversa e Zerfaliu, lungo circa 2,7 km ed di uno in sponda sinistra, a valle di Simaxis, per una lunghezza di circa 3,5 km, dove la presenza di terrazzi naturali a quota elevata costituisce elemento di contenimento dei livelli. L'alveo inciso presenta una larghezza media di 60 m e ha una capacità di deflusso media inferiore alla portata con tempo di ritorno di 2 anni, che tende infatti ad occupare l'intera sezione di piena, fino al limite costituito dagli argini (larghezza media 500 m). Le altezze idriche che si determinano sono mediamente pari a 5-6 m, salvo in alcuni situazioni puntali: in prossimità di alcuni ponti si notano infatti altezze di 4 m e di 2-3 m nel tronco immediatamente a monte della foce, dove la distanza tra le arginature aumenta.

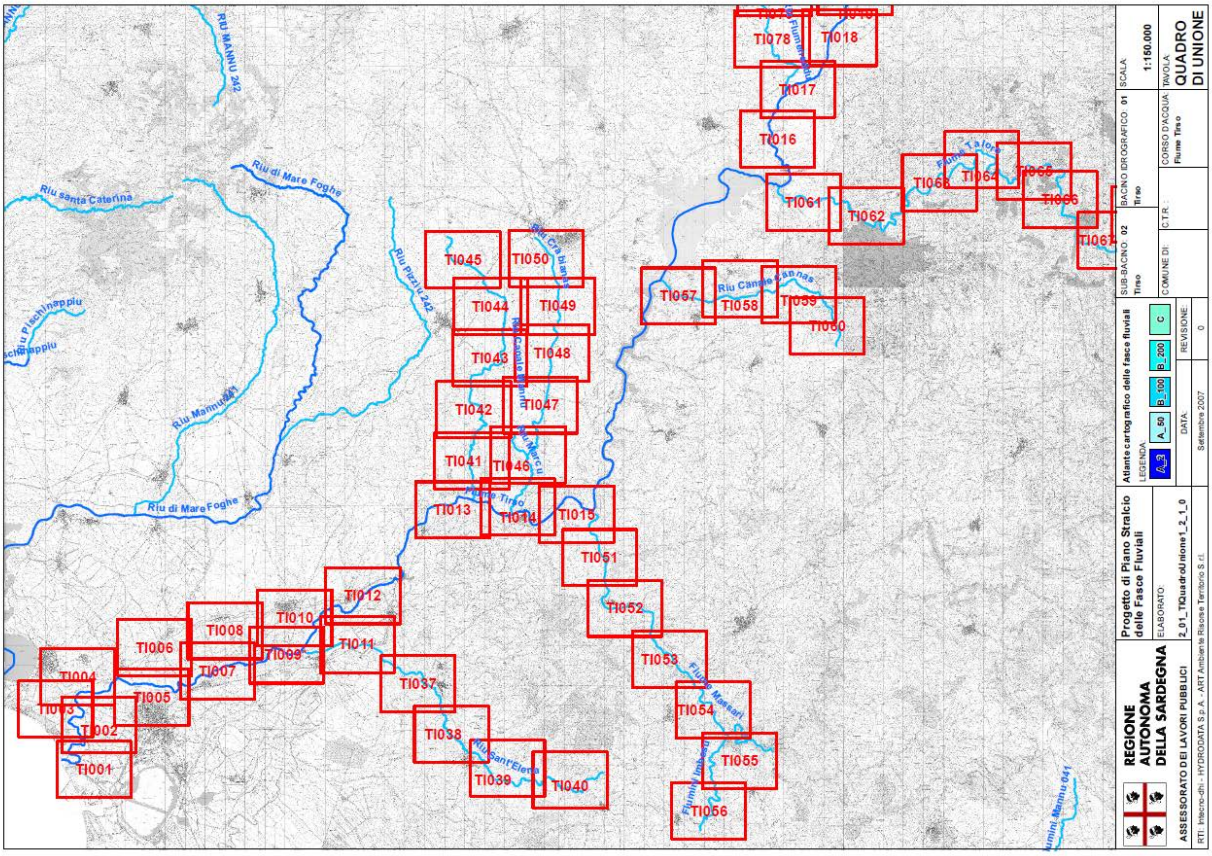


Figura 6-1 – Quadro d'unione PSFF - bacino idrografico 01 Tirso

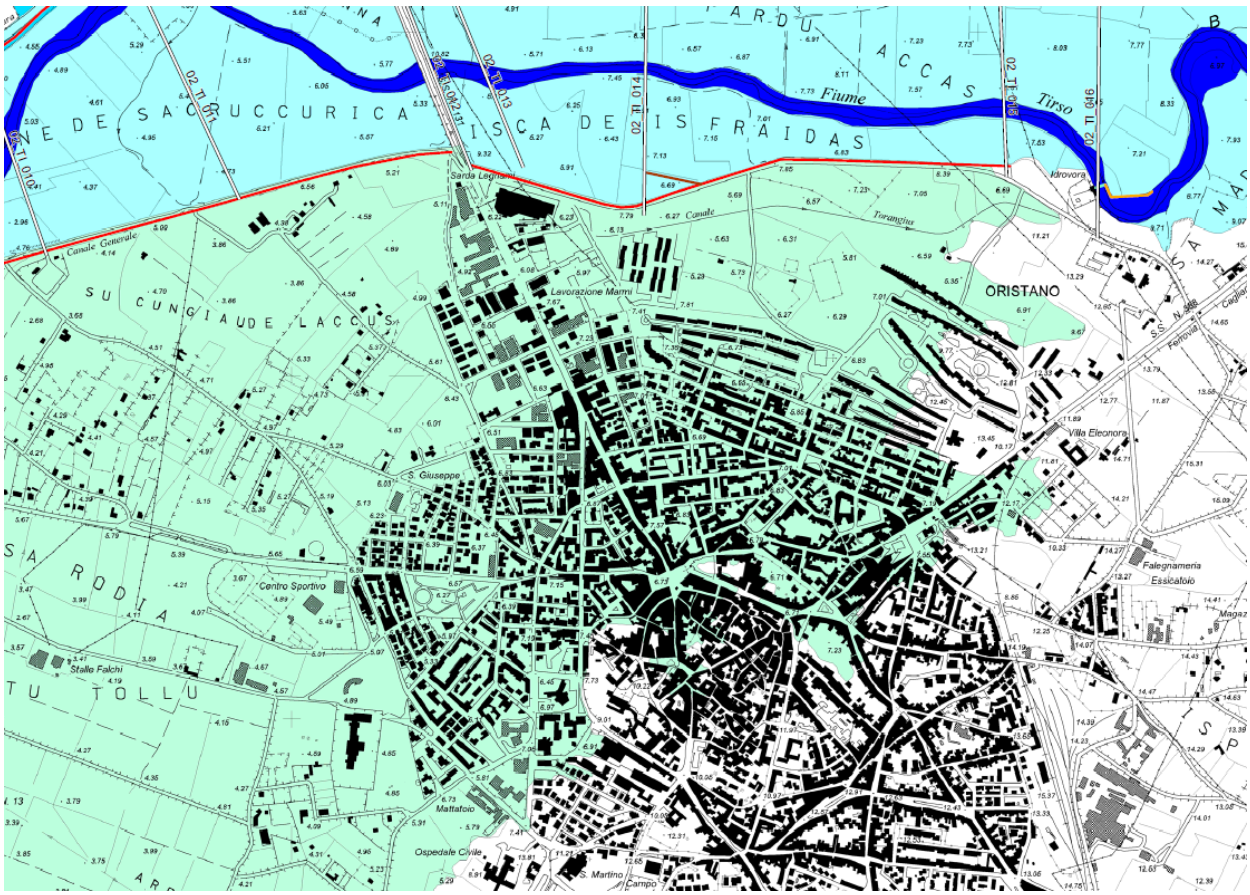


Figura 6-2 - SUB BACINO 02 Tirso, bacino idrografico 01 Tirso, tavola n. TI005

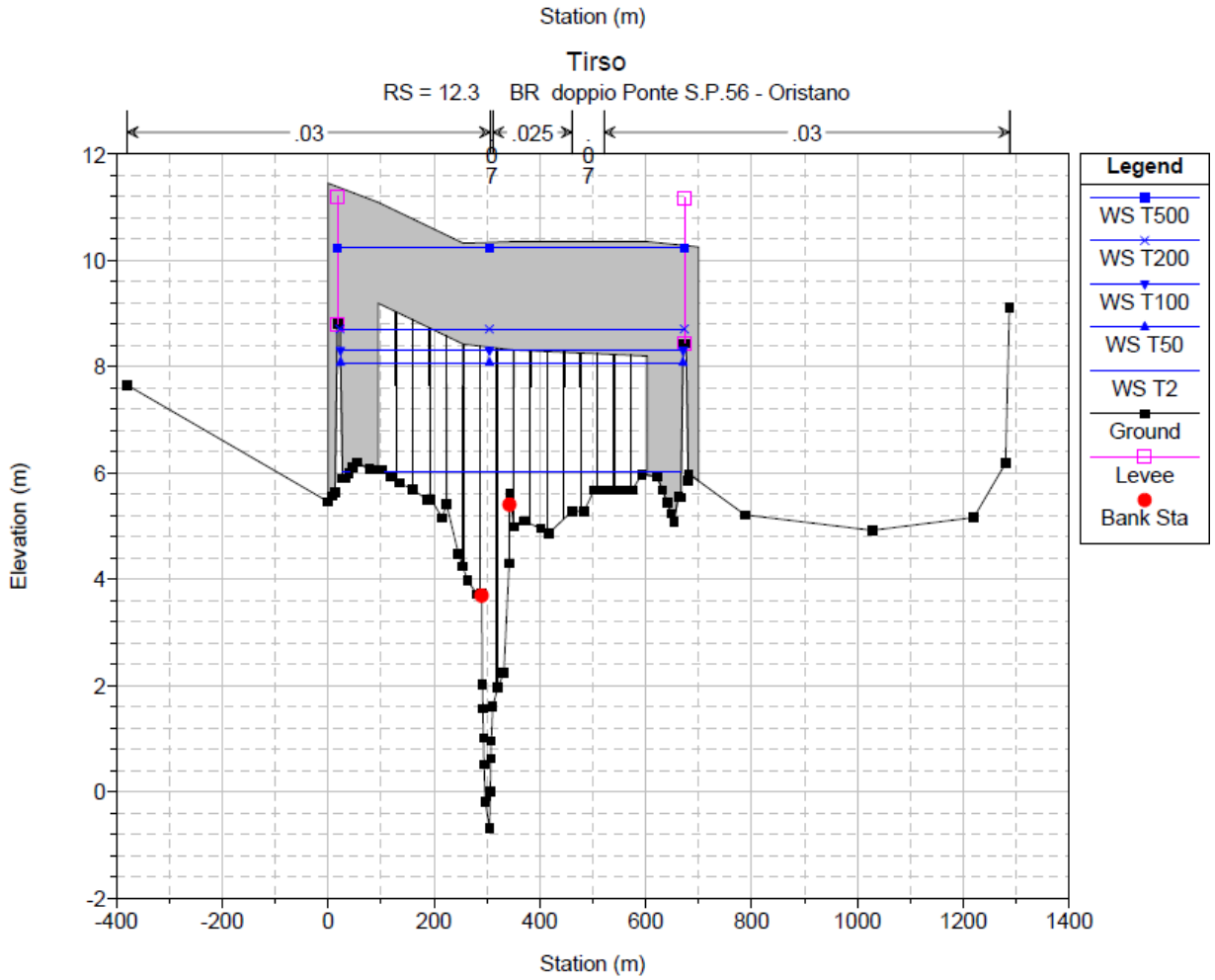
6.2 Portate di piena fiume Tirso secondo il PSFF

La tabella sottostante estratta dal piano stralcio delle fasce fluviali mostra le portate per TR 200 anni con scenario di argini non tracimabili.

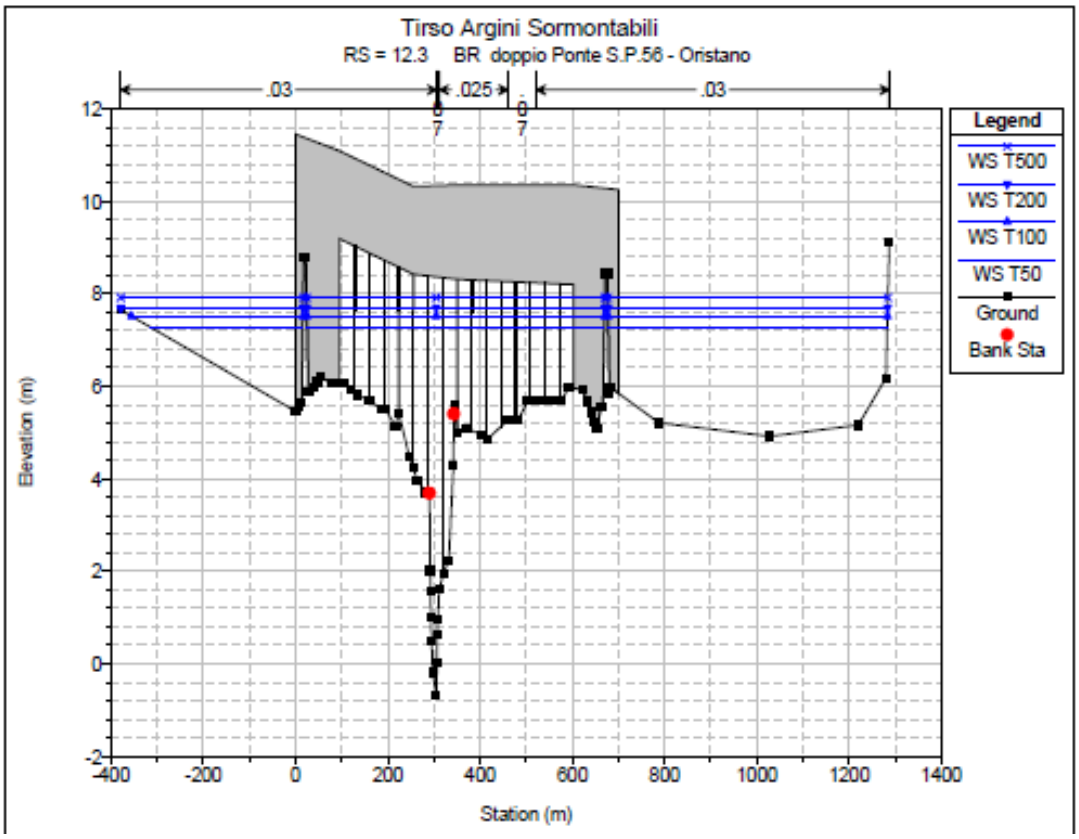
Fiume Tirso tratto sublacuale: T=200 anni e scenario di "argini non tracimabili"										
ID Sezione [-]	Progr. [m]	Q [m³/s]	Fondo alveo [m s.m.]	P.L. [m s.m.]	y [m]	H [m s.m.]	v [m/s]	A [m²]	b [m]	Fr [-]
17	14069,86	5528	1,17	11,35	10,18	11,48	1,60	3464,61	674,07	0,22
16	12455,42	5528	1,06	10,32	9,26	10,85	2,74	2016,13	698,81	0,52
14	10975,59	5528	0,70	9,55	8,85	9,70	1,66	3322,17	780,43	0,26
12.5	10367,77	5528	-0,69	9,12	9,81	9,37	2,14	2585,20	652,78	0,34
12.4	10357,27	5528	-0,69	9,11	9,80	9,37	2,14	2580,42	655,55	0,34
12.3	10345,77	Bridge								
12.2	10334,27	5528	-0,69	8,85	9,54	9,15	2,30	2408,23	655,20	0,38
12.1	10313,27	5528	-0,69	8,83	9,52	9,13	2,31	2393,51	652,80	0,39
11	9388,72	5528	0,35	7,99	7,64	8,26	2,26	2445,01	767,77	0,40

Dalla tabella si evince che la portata TR 200 anni è pari a 5528 mc/s

Sotto è riportata la sezione idraulica in corrispondenza del doppio ponte sulla SP 56 estratta dal PSFF con arginature non sormontabili.



Di seguito la simulazione con arginature sormontabili estratta dal PSFF.



Si osserva che il doppio ponte della SP 56 presenta un impalcato che interferisce con la corrente di piena per le portate con tempo di ritorno superiore a 2 anni.

Nella tabella seguente estratta dal PSFF è possibile osservare per ogni attraversamento le quote d'intradosso dell'impalcato, le quote di pelo libero relative alle portate simulate ed il valore del franco. La quota della superficie libera indicata è la più elevata che si manifesta nelle sezioni di schematizzazione del ponte. Nei casi in cui la quota di pelo libero è superiore a quella d'estradosso dell'impalcato, dove si ha quindi il sormonto della struttura, si riporta la sigla "Sor." in quanto la restituzione di un valore di franco perde di significato fisico.

La corrente che si instaura è ampliamente in condizione subcritica ed i valori di velocità risultano prossimi ad 1 m/s, ad eccezione di alcune zone in prossimità di ponti, dove si verificano locali aumenti di pendenza del fondo e le velocità superano i 2 m/s.

Tabella 53 – Livelli idrici per assegnati tempi di ritorno e franco di sicurezza in corrispondenza degli attraversamenti

Descrizione	ID Sez.	Quota intrad.	Pelo libero					Franco				
			T=2	T=50	T=100	T=200	T=500	T=2	T=50	T=100	T=200	T=500
		[m s.m.]	[m s.m.]	[m s.m.]	[m s.m.]	[m s.m.]	[m s.m.]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
Doppio p.te S.P.9 - S.Vero Congius	25.3	12,16	11,15	15,44	15,97	16,46	17,11	1,01	Sor.	Sor.	Sor.	Sor.
P.te FFSS Cagliari Sassari - Sili	22.3	13,35	10,33	13,27	14,05	14,60	15,28	3,02	0,08	-0,70	Sor.	Sor.
P.te S.S.131 E25 Carlo Felice - Sili	19.3	15,03	8,94	11,68	12,07	12,44	12,96	6,09	3,35	2,96	2,59	2,07
P.te str.da comunale - Sili	18.3	6,28	7,85	10,85	11,20	11,56	12,13	Sor.	Sor.	Sor.	Sor.	Sor.
Doppio Ponte S.P.56 - Oristano	12.3	8,20	6,02	8,28	8,74	9,11	10,23	2,18	-0,08	-0,54	-0,91	-2,03
P.te tubo - loc. su Coddu	8.3	6,24	3,62	5,70	6,07	6,41	6,95	2,62	0,54	0,17	-0,17	-0,71
Nuovo Ponte S.P.81 - loc. C. Busachi	6.3	7,2	3,50	5,59	5,94	6,26	6,68	3,70	1,61	1,26	0,94	0,52

Tabella 52 - Livelli di corrente e valori del franco (F) in corrispondenza delle arginature presenti nel tratto tra la sez. 28 e la sez. 2.

Descrizione	ID Sez.	Quota argine	Pelo libero (argini NS)					Franco (argini NS)				
			T=2	T=50	T=100	T=200	T=500	T=2	T=50	T=100	T=200	T=500
		[m s.m.]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
Argine sinistro	28	17,10	14,3	17,55	18,02	18,45	18,99	2,80	-0,45	-0,92	-1,35	-1,89
	27	17,10	13,26	16,66	17,11	17,52	18,09	3,84	0,44	-0,01	-0,42	-0,99
	26	16,50	12,32	16,24	16,69	17,12	17,69	4,18	0,26	-0,19	-0,62	-1,19
	25.5	16,59	11,16	15,45	15,98	16,47	17,12	5,43	1,14	0,61	0,12	-0,53
	25.4	16,59	11,15	15,44	15,97	16,46	17,11	5,44	1,15	0,62	0,13	-0,52
	25.2	16,59	11,11	15,37	15,94	16,44	17,08	5,48	1,22	0,65	0,15	-0,49
	25.1	16,59	11,09	15,34	15,91	16,41	17,07	5,50	1,25	0,68	0,18	-0,48
	24	15,25	10,91	14,42	15,09	15,63	16,32	4,34	0,83	0,16	-0,38	-1,07
	23	12,85	10,62	13,7	14,43	14,98	15,65	2,23	-0,85	-1,58	-2,13	-2,80
	20	11,50	9,31	12,21	12,65	13,05	13,6	2,19	-0,71	-1,15	-1,55	-2,10
	19.5	12,96	8,96	11,69	12,08	12,45	12,97	4,00	1,27	0,88	0,51	-0,01
	19.4	12,96	8,94	11,68	12,07	12,44	12,96	4,02	1,28	0,89	0,52	0,00
	19.2	12,96	8,87	11,64	12,03	12,39	12,91	4,09	1,32	0,93	0,57	0,05
	19.1	12,96	8,8	11,63	12,01	12,37	12,9	4,16	1,33	0,95	0,59	0,06
	18.5	12,94	7,85	10,85	11,2	11,56	12,13	5,09	2,09	1,74	1,38	0,81
	18.4	12,94	7,85	10,85	11,2	11,56	12,13	5,09	2,09	1,74	1,38	0,81
	18.2	12,94	7,76	10,82	11,17	11,52	12,1	5,18	2,12	1,77	1,42	0,84
	18.1	12,94	7,76	10,82	11,17	11,52	12,09	5,18	2,12	1,77	1,42	0,85
	17	10,12	7,65	10,68	11,01	11,35	11,92	2,47	-0,56	-0,89	-1,23	-1,80
	14	9,20	6,26	8,7	9,17	9,55	10,54	2,94	0,50	0,03	-0,35	-1,34
	12.5	8,80	6,03	8,28	8,75	9,12	10,24	2,77	0,52	0,05	-0,32	-1,44
	12.4	8,80	6,02	8,28	8,74	9,11	10,23	2,78	0,52	0,06	-0,31	-1,43
	12.2	8,80	6,01	8,15	8,52	8,85	9,28	2,79	0,65	0,28	-0,05	-0,48
	12.1	8,80	6,01	8,13	8,5	8,83	9,26	2,79	0,67	0,30	-0,03	-0,46
	11	8,20	4,52	7,24	7,64	7,99	8,43	3,68	0,96	0,56	0,21	-0,23
	9	5,55	4,11	6,83	7,22	7,55	7,97	1,44	-1,28	-1,67	-2,00	-2,42
	8.5	8,83	3,62	5,71	6,08	6,42	6,96	5,21	3,12	2,75	2,41	1,87
	8.4	8,83	3,62	5,7	6,07	6,41	6,95	5,21	3,13	2,76	2,42	1,88
	8.2	8,83	3,61	5,64	5,98	6,32	6,76	5,22	3,19	2,85	2,51	2,07
	8.1	8,83	3,61	5,63	5,96	6,3	6,75	5,22	3,20	2,87	2,53	2,08
	6.5	6,63	3,5	5,59	5,94	6,26	6,68	3,13	1,04	0,69	0,37	-0,05
	6.4	6,63	3,5	5,59	5,94	6,26	6,68	3,13	1,04	0,69	0,37	-0,05
	6.2	6,63	3,5	5,58	5,93	6,25	6,66	3,13	1,05	0,70	0,38	-0,03
	6.1	6,63	3,5	5,58	5,93	6,25	6,66	3,13	1,05	0,70	0,38	-0,03
	5	5,80	2,88	4,79	5,1	5,39	5,76	2,92	1,01	0,70	0,41	0,04
	4	4,90	2,09	4,13	4,42	4,67	5	2,81	0,77	0,48	0,23	-0,10
	2	3,40	1,79	1,96	2,09	2,21	2,37	1,61	1,44	1,31	1,19	1,03
Argine destro	24	14,27	10,91	14,42	15,09	15,63	16,32	3,36	-0,15	-0,82	-1,36	-2,05
	23	11,89	10,62	13,7	14,43	14,98	15,65	1,27	-1,81	-2,54	-3,09	-3,76

Descrizione	ID Sez.	Quota argine [m s.m.]	Pelo libero (argini NS)					Franco (argini NS)				
			T=2 [m]	T=50 [m]	T=100 [m]	T=200 [m]	T=500 [m]	T=2 [m]	T=50 [m]	T=100 [m]	T=200 [m]	T=500 [m]
	22.5	12,71	10,33	13,27	14,05	14,6	15,28	2,38	-0,56	-1,34	-1,89	-2,57
	22.4	12,71	10,33	13,27	14,05	14,6	15,28	2,38	-0,56	-1,34	-1,89	-2,57
	22.2	12,71	10,32	13,19	13,65	14,07	14,63	2,39	-0,48	-0,94	-1,36	-1,92
	22.1	12,71	10,31	13,19	13,64	14,06	14,62	2,40	-0,48	-0,93	-1,35	-1,91
	21	12,00	9,43	12,61	13,07	13,5	14,09	2,57	-0,61	-1,07	-1,50	-2,09
	20	10,60	9,31	12,21	12,65	13,05	13,6	1,29	-1,61	-2,05	-2,45	-3,00
	19.5	9,88	8,96	11,69	12,08	12,45	12,97	0,92	-1,81	-2,20	-2,57	-3,09
	19.4	9,88	8,94	11,68	12,07	12,44	12,96	0,94	-1,80	-2,19	-2,56	-3,08
	19.2	9,88	8,87	11,64	12,03	12,39	12,91	1,01	-1,76	-2,15	-2,51	-3,03
	19.1	9,88	8,8	11,63	12,01	12,37	12,9	1,08	-1,75	-2,13	-2,49	-3,02
	18.5	11,48	7,85	10,85	11,2	11,56	12,13	3,63	0,63	0,28	-0,08	-0,65
	18.4	11,48	7,85	10,85	11,2	11,56	12,13	3,63	0,63	0,28	-0,08	-0,65
	18.2	11,48	7,76	10,82	11,17	11,52	12,1	3,72	0,66	0,31	-0,04	-0,62
	18.1	11,48	7,76	10,82	11,17	11,52	12,09	3,72	0,66	0,31	-0,04	-0,61
	17	10,47	7,65	10,68	11,01	11,35	11,92	2,82	-0,21	-0,54	-0,88	-1,45
	16	10,90	6,77	9,45	9,92	10,32	11,1	4,13	1,45	0,98	0,58	-0,20
	14	8,20	6,26	8,7	9,17	9,55	10,54	1,94	-0,50	-0,97	-1,35	-2,34
	12.5	8,44	6,03	8,28	8,75	9,12	10,24	2,41	0,16	-0,31	-0,68	-1,80
	12.4	8,44	6,02	8,28	8,74	9,11	10,23	2,42	0,16	-0,30	-0,67	-1,79
	12.2	8,44	6,01	8,15	8,52	8,85	9,28	2,43	0,29	-0,08	-0,41	-0,84
	12.1	8,44	6,01	8,13	8,5	8,83	9,26	2,43	0,31	-0,06	-0,39	-0,82
	11	8,80	4,52	7,24	7,64	7,99	8,43	4,28	1,56	1,16	0,81	0,37
	9	6,38	4,11	6,83	7,22	7,55	7,97	2,27	-0,45	-0,84	-1,17	-1,59
	8.5	7,00	3,62	5,71	6,08	6,42	6,96	3,38	1,29	0,92	0,58	0,04
	8.4	7,00	3,62	5,7	6,07	6,41	6,95	3,38	1,30	0,93	0,59	0,05
	8.2	7,00	3,61	5,64	5,98	6,32	6,76	3,39	1,36	1,02	0,68	0,24
	8.1	7,00	3,61	5,63	5,96	6,3	6,75	3,39	1,37	1,04	0,70	0,25
	6.5	5,21	3,5	5,59	5,94	6,26	6,68	1,71	-0,38	-0,73	-1,05	-1,47
	6.4	5,21	3,5	5,59	5,94	6,26	6,68	1,71	-0,38	-0,73	-1,05	-1,47
	6.2	5,21	3,5	5,58	5,93	6,25	6,66	1,71	-0,37	-0,72	-1,04	-1,45
	6.1	5,21	3,5	5,58	5,93	6,25	6,66	1,71	-0,37	-0,72	-1,04	-1,45
	5	5,20	2,88	4,79	5,1	5,39	5,76	2,32	0,41	0,10	-0,19	-0,56
	4	4,50	2,09	4,13	4,42	4,67	5,00	2,41	0,37	0,08	-0,17	-0,50

6.3 Valutazioni idrauliche sugli effetti delle opere in progetto

Le opere in progetto occupano e conseguentemente riducono l'area golenale sinistra del Tirso per un superficie di circa 35 mq considerando le sezioni idrauliche perpendicolari alla corrente.

La prima considerazione da fare è che l'attraversamento sul Tirso nel tratto oggetto di intervento è costituito da due ponti paralleli, il ponte a monte ha uno sviluppo di circa 600 m mentre quello a valle uno sviluppo di circa 510 m. Il deflusso delle acque è quindi vincolato alla larghezza del ponte a valle in quanto di minore larghezza.

Considerando la zona dove in progetto si prevede di occupare nuove aree golenali all'interno dell'argine sinistro, si osserva come in realtà tali aree siano completamente non attive al deflusso in quanto per la differenza di larghezza dei ponti, il transito delle portate avviene in corrispondenza del ponte a valle che ha

una spalla sinistra (linea rossa foto sotto) arretrata rispetto al ponte di monte di circa 85 m (linea gialla foto sotto).

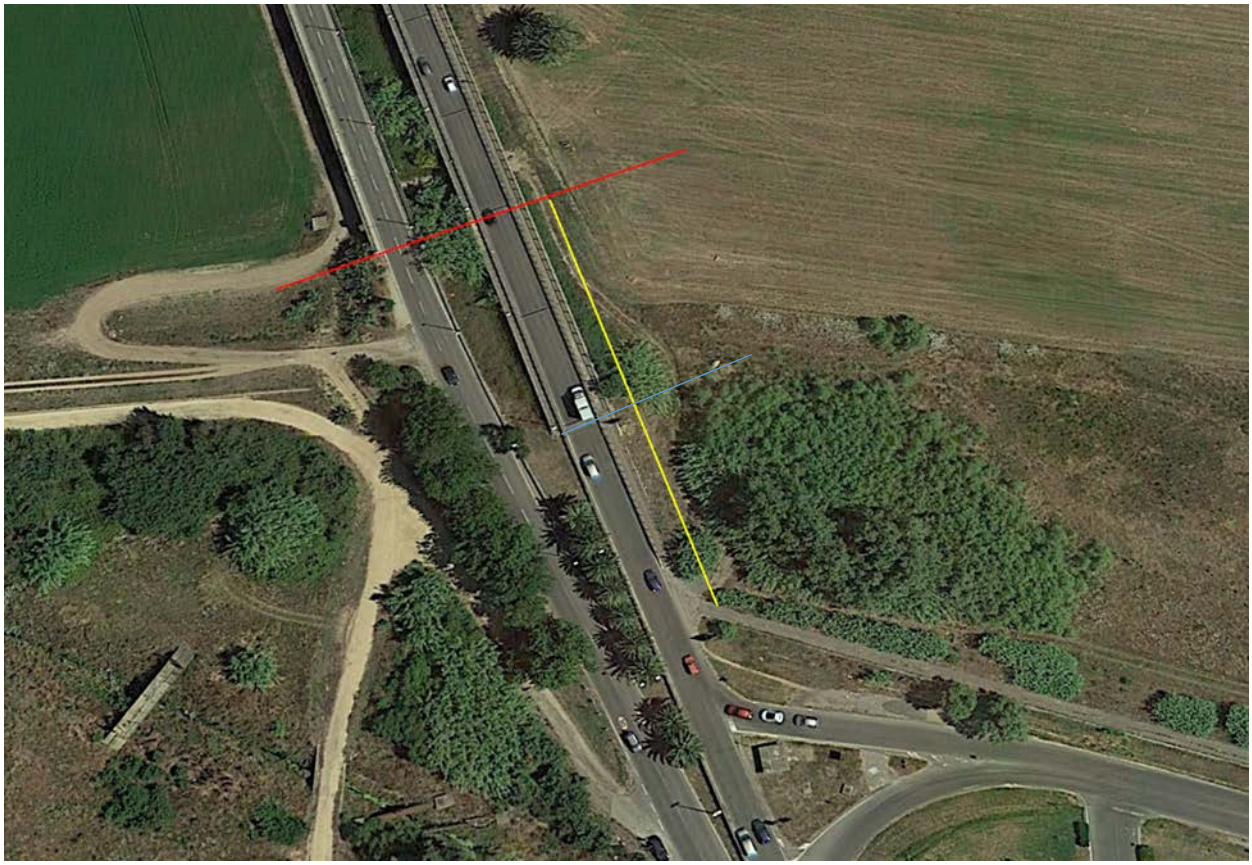


Figura 6-3 – In rosso la spalla del secondo ponte a valle. In azzurro la spalla del ponte a monte. In giallo la conseguente zona inattiva ai fini del deflusso.

Tale distanza permette di considerare praticamente nulle le velocità della corrente nella zona di interesse di occupazione dell'area golenale. Si consideri che in corrispondenza del ponte le velocità sono di circa 2 m/s e la corrente si mantiene sempre subcritica.

Inoltre poiché tale area non contribuisce al deflusso delle portate di piena si deve ritenere nulla l'influenza dell'opera in progetto in termini di innalzamento del pelo libero rispetto alle situazione dello stato attuale.

A conferma di quanto su esposto si possono fare delle valutazioni ponendoci in una situazione cautelativa che consiste nell'ipotizzare che l'intervento produca una ostruzione all'attuale deflusso delle acque che, per quanto sopra detto, interessa solo la sezione del ponte a valle.

Tale ipotesi è cautelativa in quanto l'area occupata dalle porzioni di rotatoria in progetto all'interno dell'area golenale sinistra del Tirso in realtà non è attiva al deflusso come detto precedentemente, ma tuttavia considerare che l'ingombro trasversale rispetto al deflusso possa ridurne l'area trasversale ci consente di fare delle valutazioni qualitative circa gli effetti pressoché nulli che le opere in progetto determinano rispetto allo stato attuale.

Considerando che le opere in progetto creano una riduzione dell'area trasversale rispetto al passaggio della corrente di circa 35 mq e che il ponte a valle ha uno sviluppo di circa 510 m, il considerare una occlusione dell'area di deflusso per una superficie di 35 mq comporterebbe un innalzamento dei livelli idrici di circa 6 cm. Il valore ottenuto conferma il fatto che pur nell'ipotesi cautelativa ma in realtà mai concretizzabile che la nuova opera ostruisca il passaggio della corrente questo si tradurrebbe in un innalzamento di soli 6 cm dei

livelli idrici. Quanto sopra solo per evidenziare che gli effetti dell'opera sono nulli e non variano i livelli idrici stimati dal PSFF.

Inoltre i nuovi argini rispettano le quote di quelli attuali senza alcuna variazione e saranno costruiti con materiali inerti idonei alla costruzione di argini.

I gabbioni in progetto consentiranno la protezione del piede dei rilevati arginali fino a quote dei livelli idrici per TR 200 anni pari a circa 6 m s.l.m. come si evince dai tabulati del PSFF riportati precedentemente. Le velocità della corrente possono essere considerate pressoché nulle al piede dei nuovi rilevati arginali.

7 Compatibilità idraulica conclusioni

7.1 Compatibilità idraulica opere esterne all'argine sinistro del Tirso – Vincolo PAI art. 8 N.A.

Lo studio di compatibilità idraulica è stato redatto ai sensi degli articoli 23 e 24 delle N.d.A. del PAI e secondo lo schema proposto nell'allegato E delle N.d.A. del PAI.

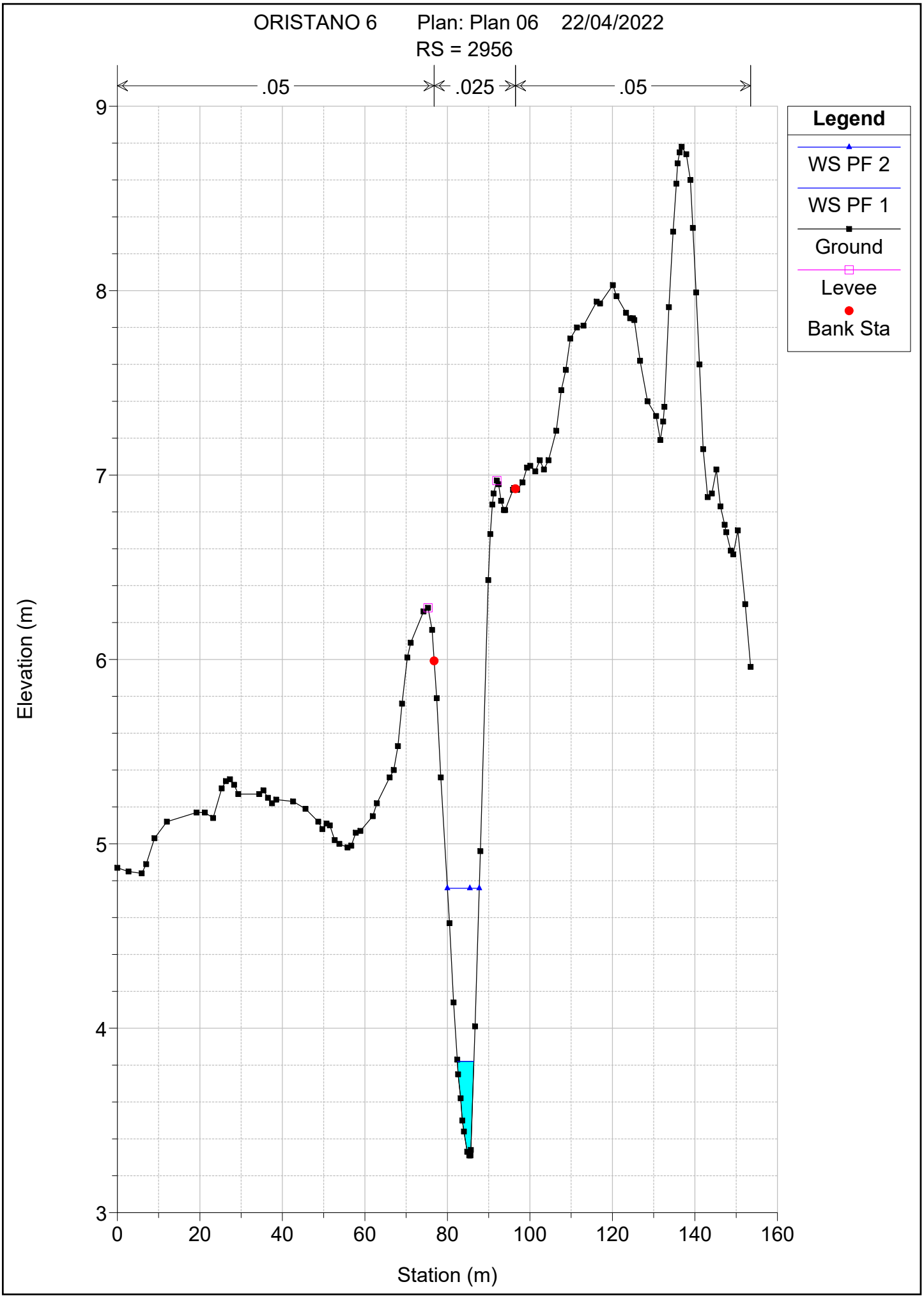
Lo studio ha dimostrato che la nuova rotatoria non è interessata da aree allagabili Hi1, Hi2, Hi3 e Hi4 individuate grazie alla simulazione idraulica condotta nel presente studio sul Rio Torangius per cui l'opera è compatibile da un punto di vista idraulico. Inoltre l'opera è compatibile con le future realizzazione previste per il collegamento della rotatoria in progetto con la costruenda circonvallazione provinciale.

7.2 Compatibilità idraulica opere interne all'argine sinistro del Tirso – Vincolo PSFF.

Poiché le opere interessano un tratto golenale in prossimità del doppio ponte sulla SP 56 non attivo al deflusso delle portate del fiume Tirso le stesse non creano alterazioni della portata e innalzamenti del pelo libero per le diverse portate di piena rispetto allo stato attuale per cui sono da ritenersi compatibili da un punto di vista idraulico.

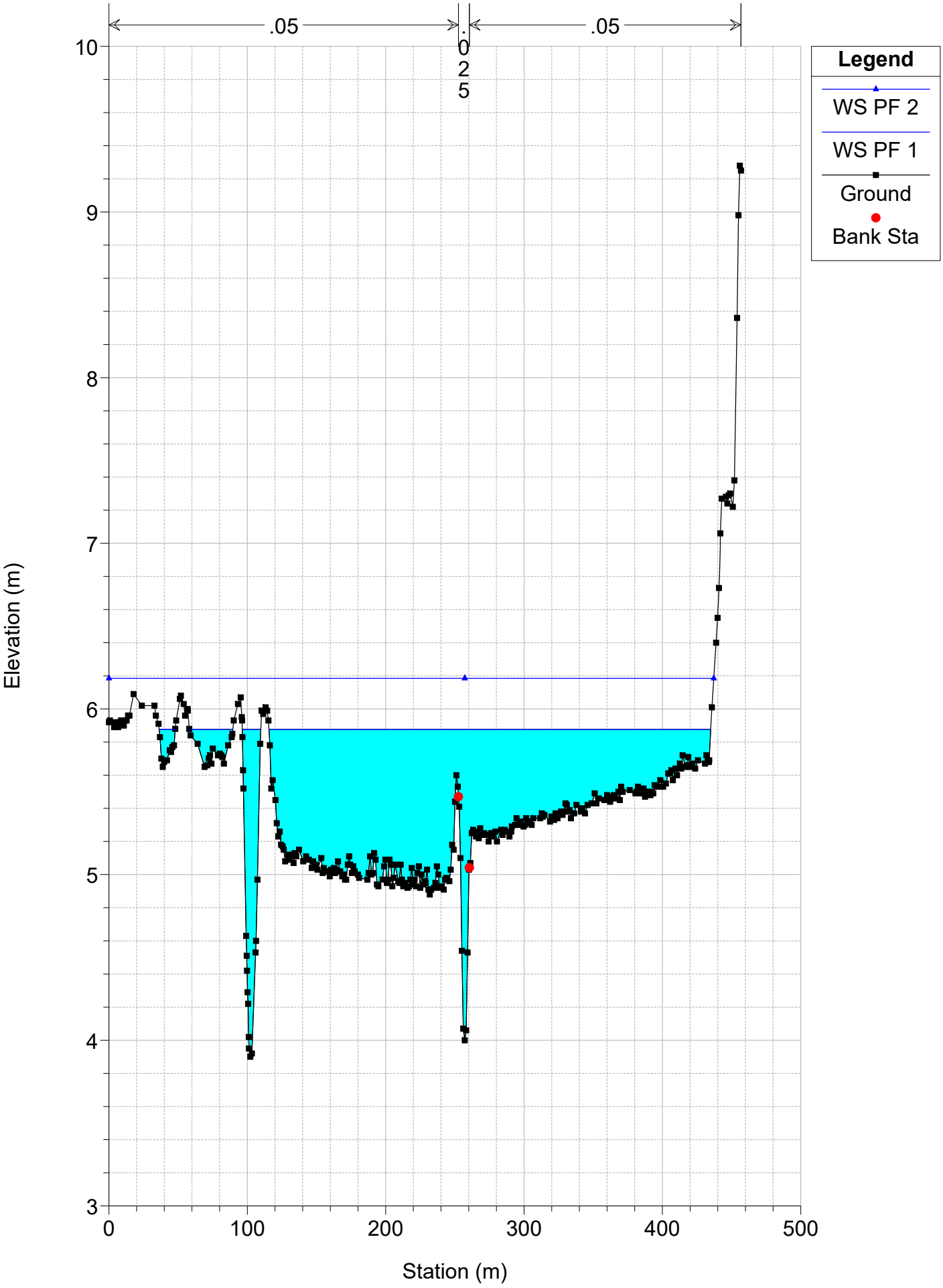
ALLEGATI

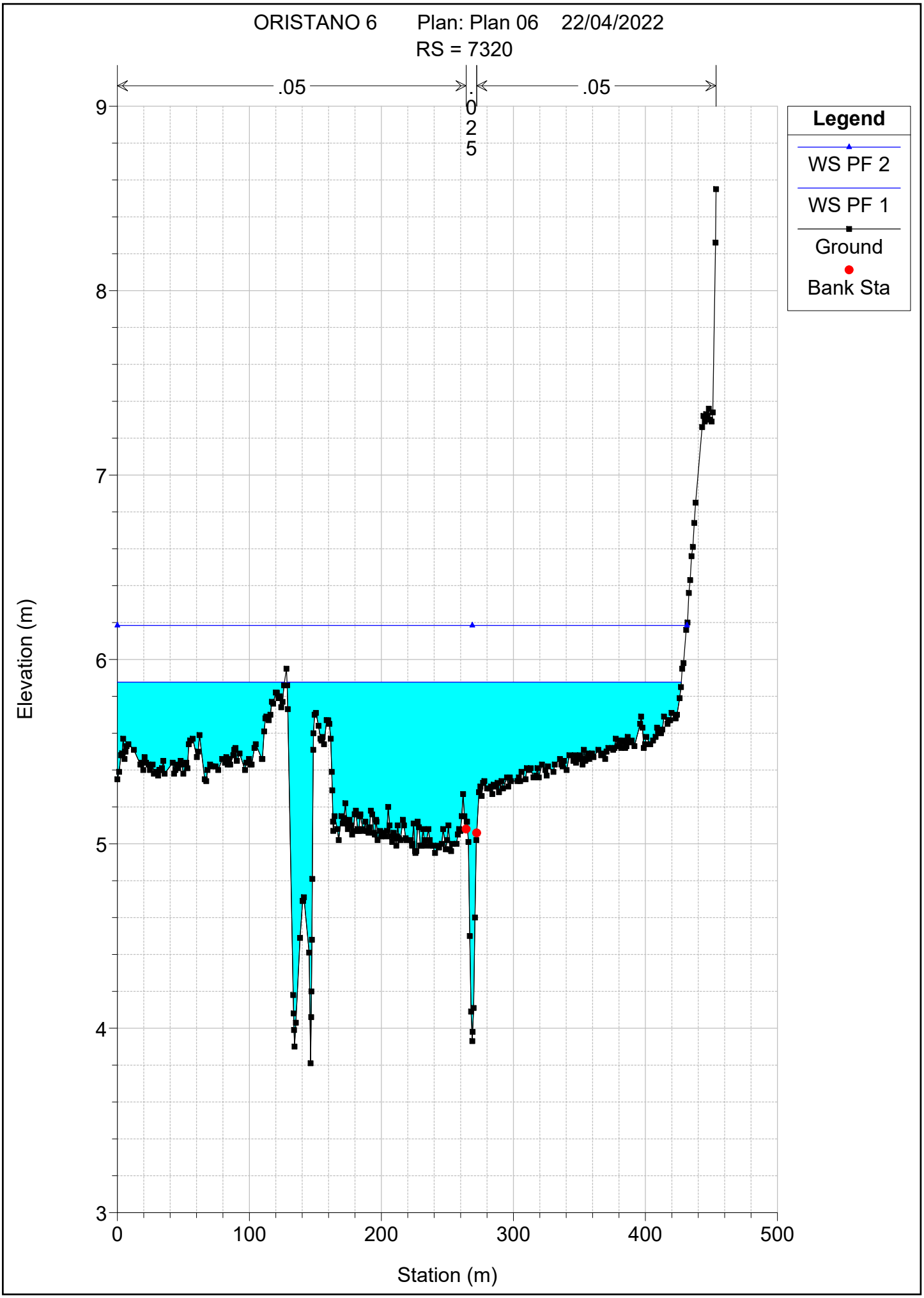
Sezioni HEC-RAS canale Torangius e Standard Table

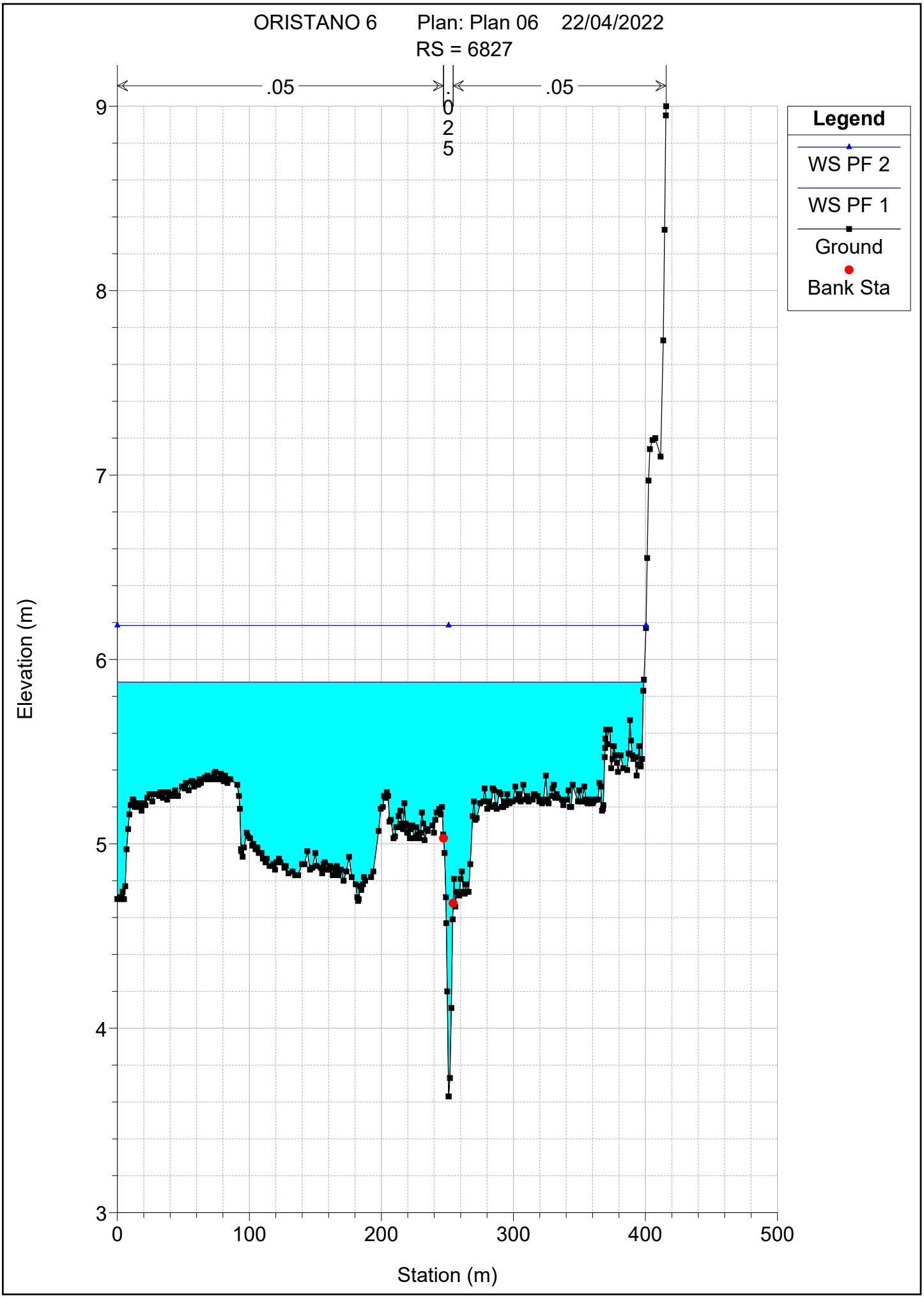

ORISTANO 6 Plan: Plan 06 22/04/2022
RS = 2956
.05
.025
.05
Legend
WS PF 2
WS PF 1
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
9
8
7
6
5
4
3
0
20
40
60
80
100
120
140
160

ORISTANO 6 Plan: Plan 06 22/04/2022

RS = 7585

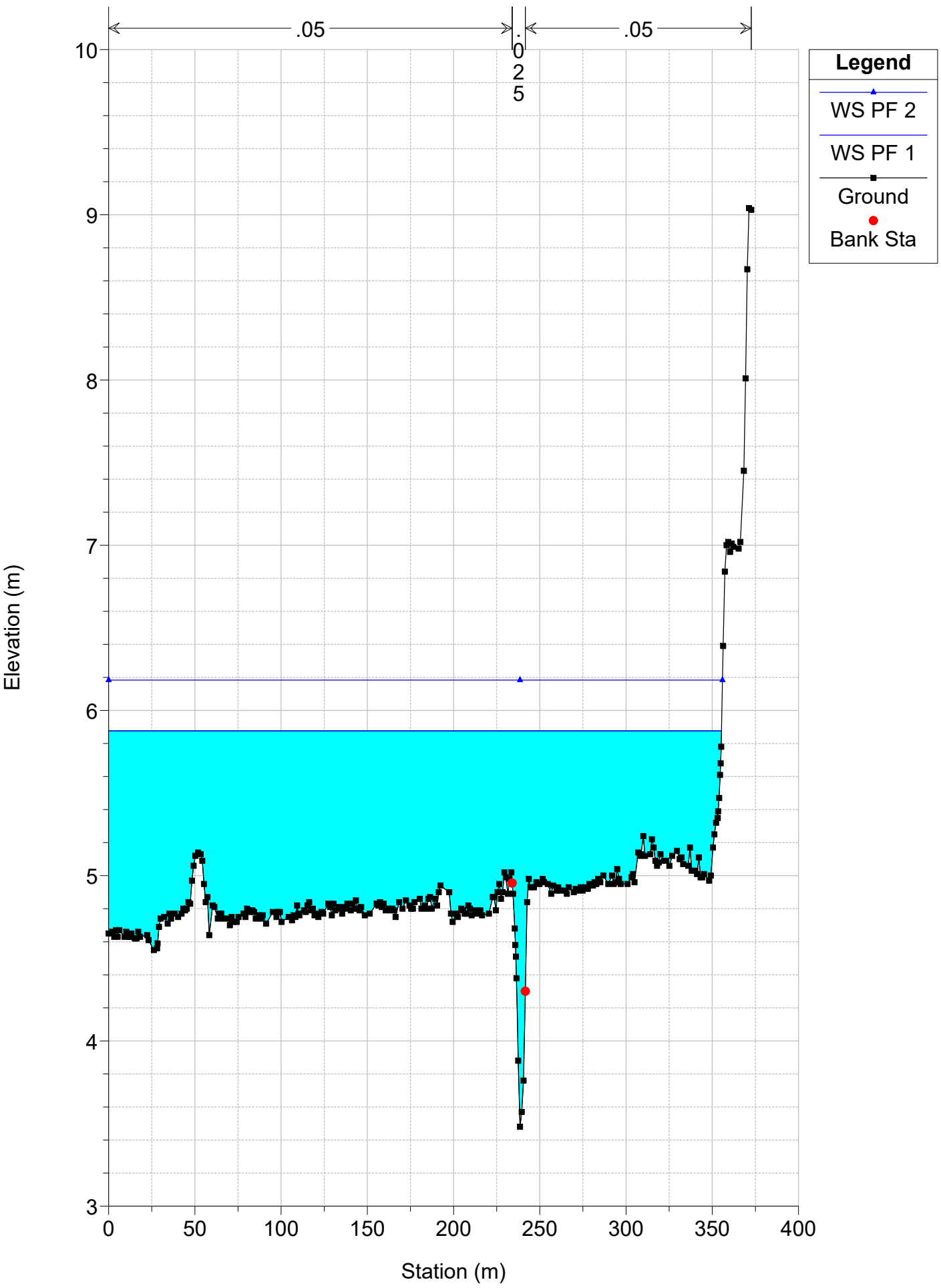



ORISTANO 6 Plan: Plan 06 22/04/2022
RS = 7320
.05
.025
.05
Legend
WS PF 2
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
9
8
7
6
5
4
3
0
100
200
300
400
500

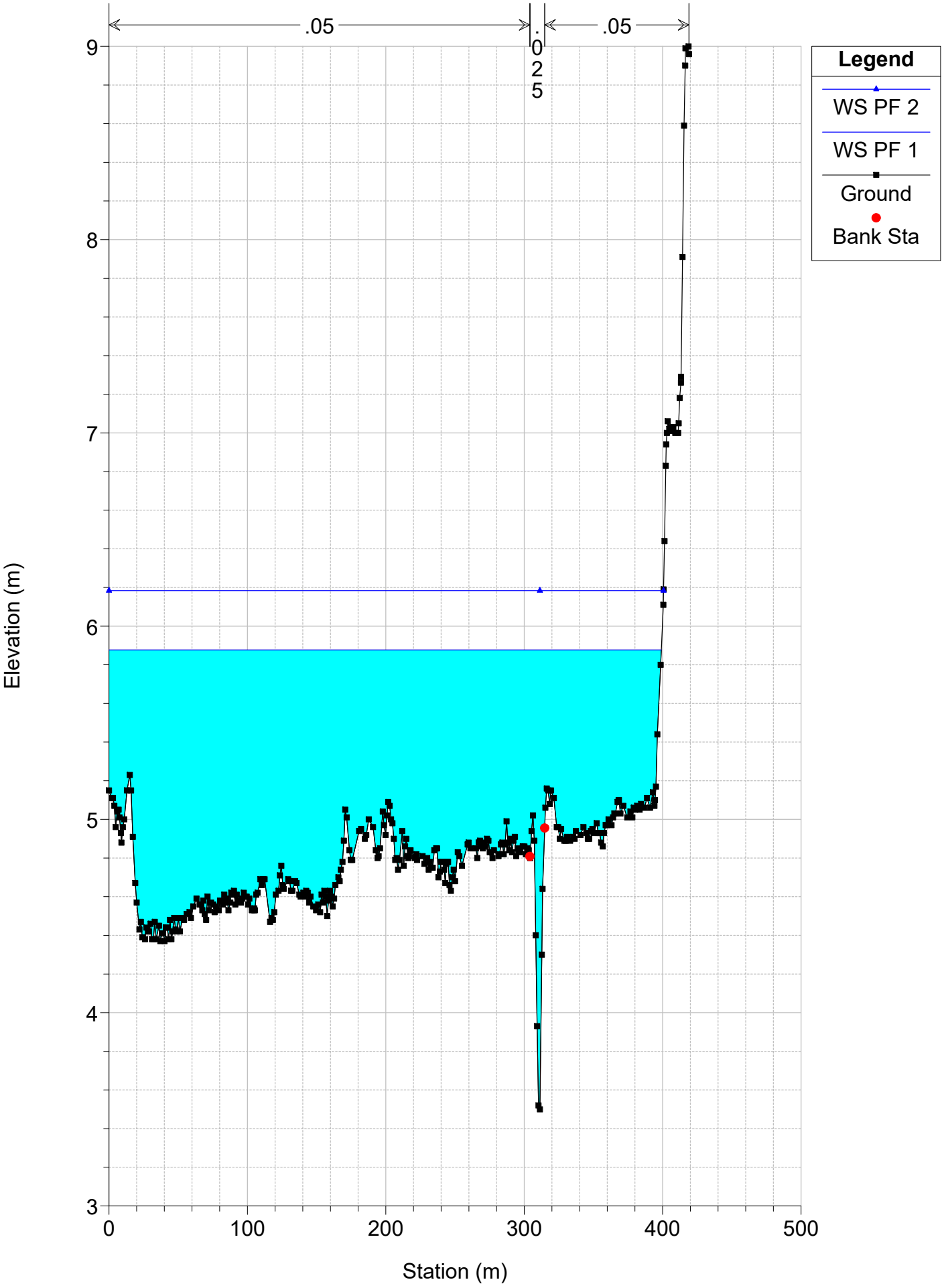

ORISTANO 6 Plan: Plan 06 22/04/2022
RS = 6827
.05
.025
.05
Legend
WS PF 2
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
9
8
7
6
5
4
3
0
100
200
300
400
500

ORISTANO 6 Plan: Plan 06 22/04/2022

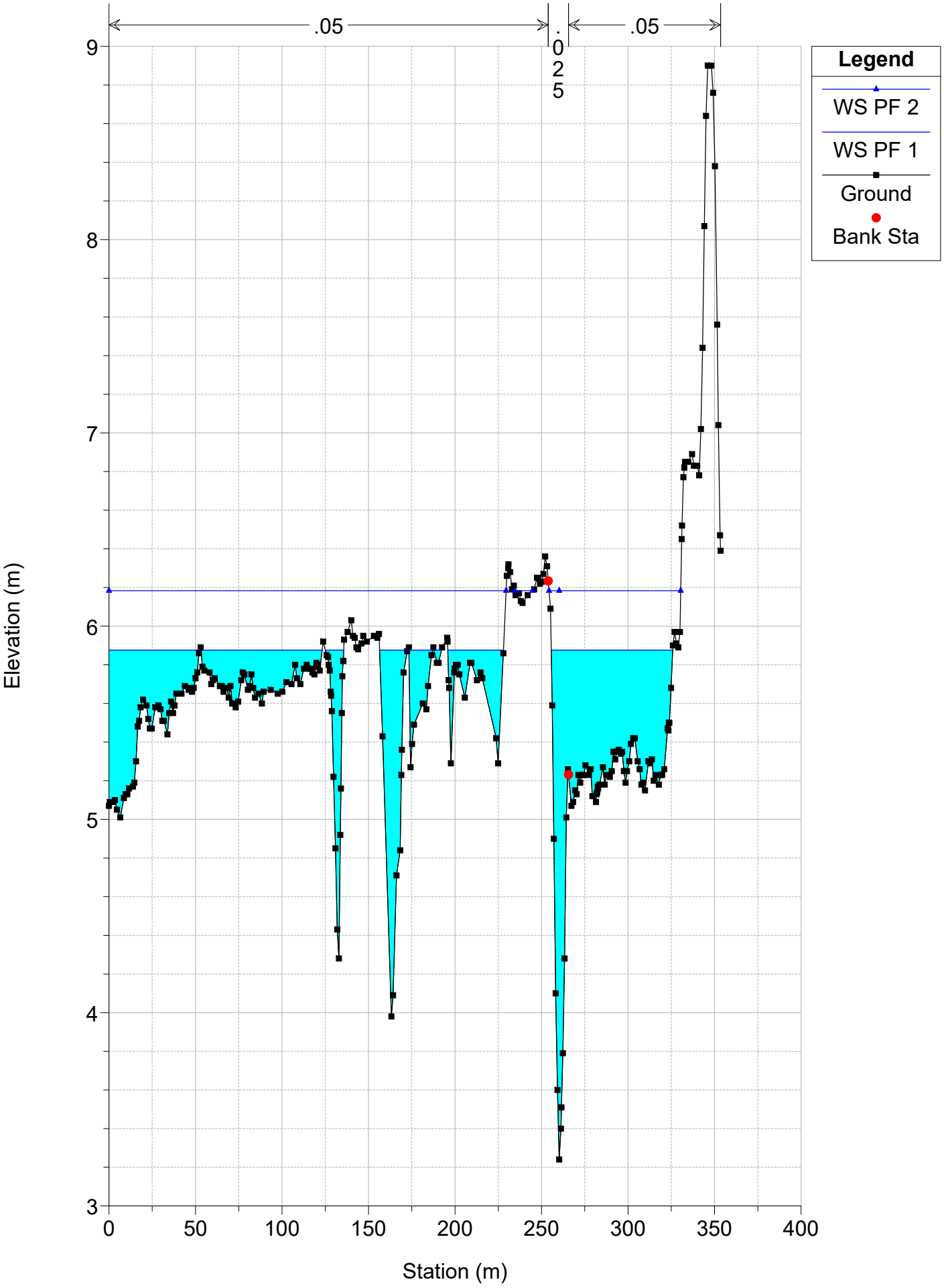
RS = 6199



ORISTANO 6 Plan: Plan 06 22/04/2022
RS = 5606

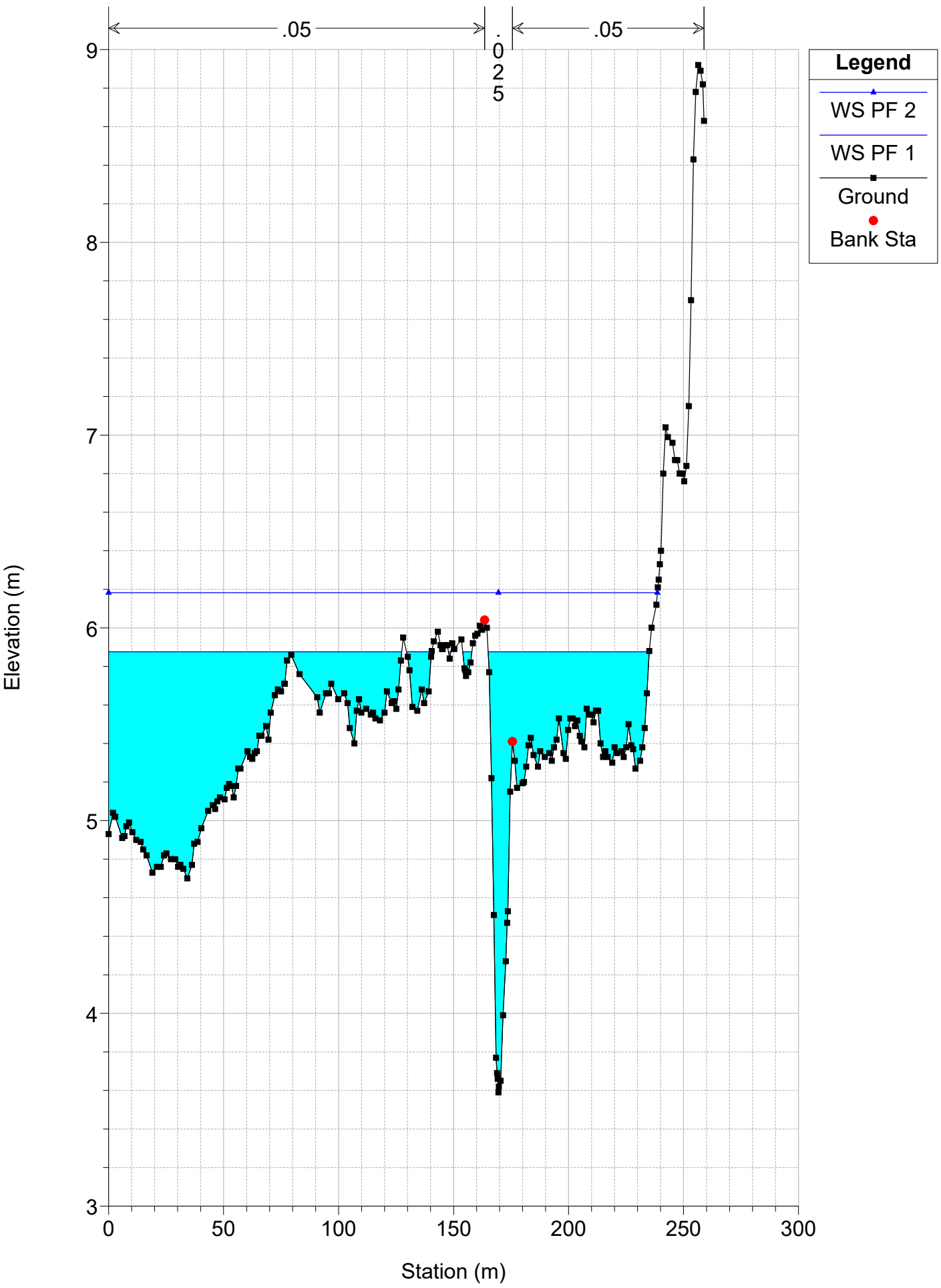


ORISTANO 6 Plan: Plan 06 22/04/2022
RS = 5021

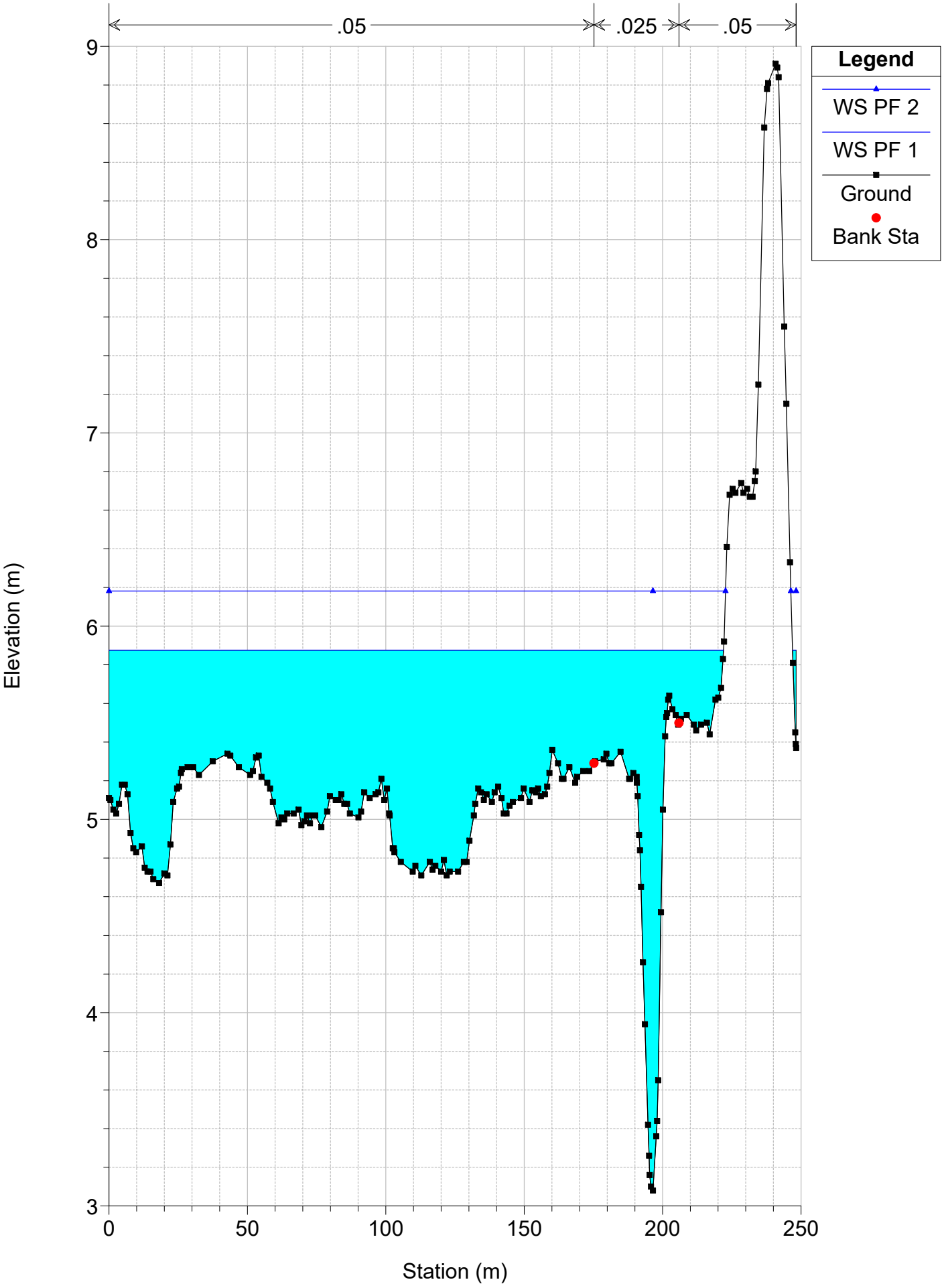


ORISTANO 6 Plan: Plan 06 22/04/2022

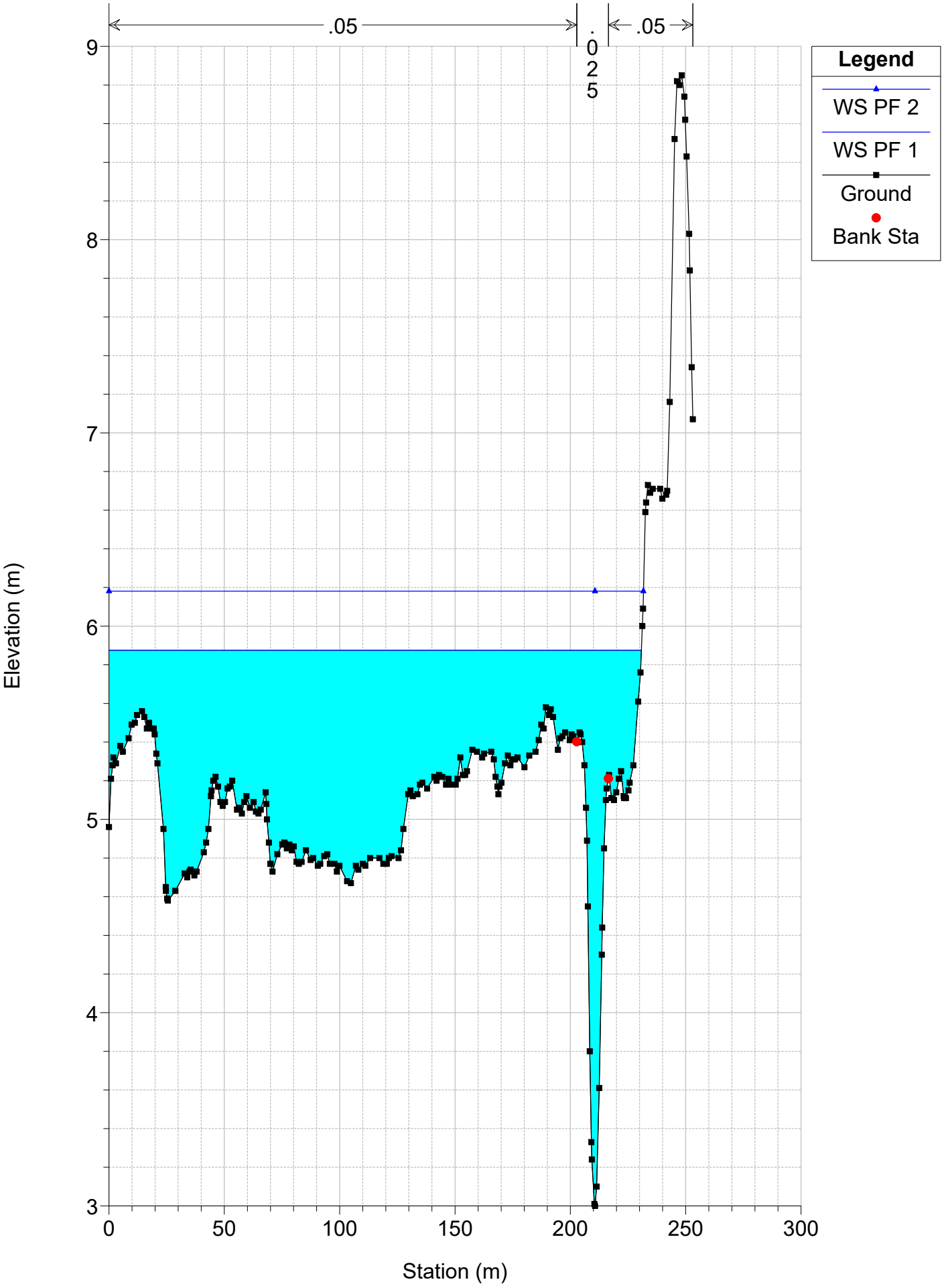
RS = 4658



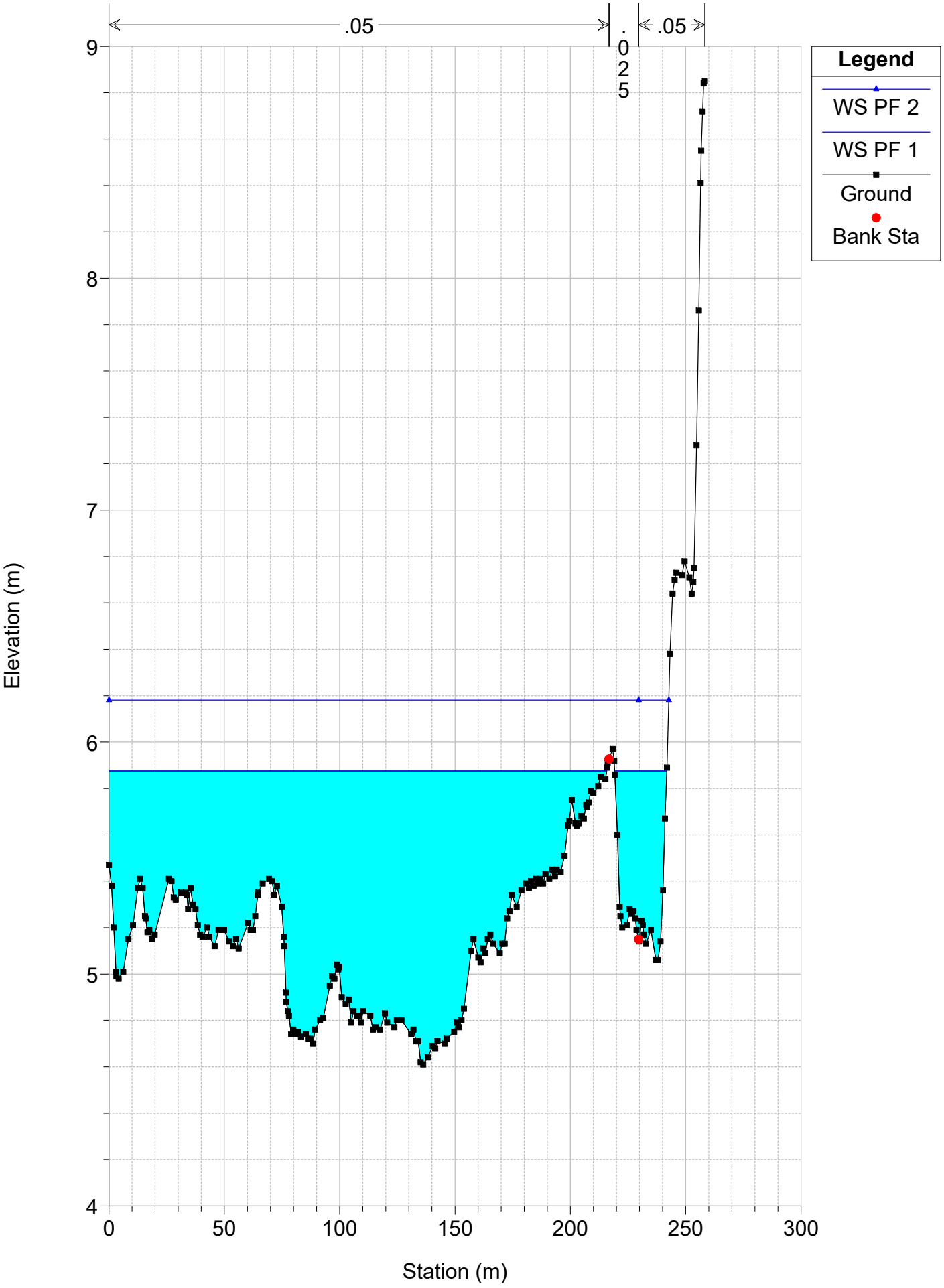
ORISTANO 6 Plan: Plan 06 22/04/2022
RS = 4165



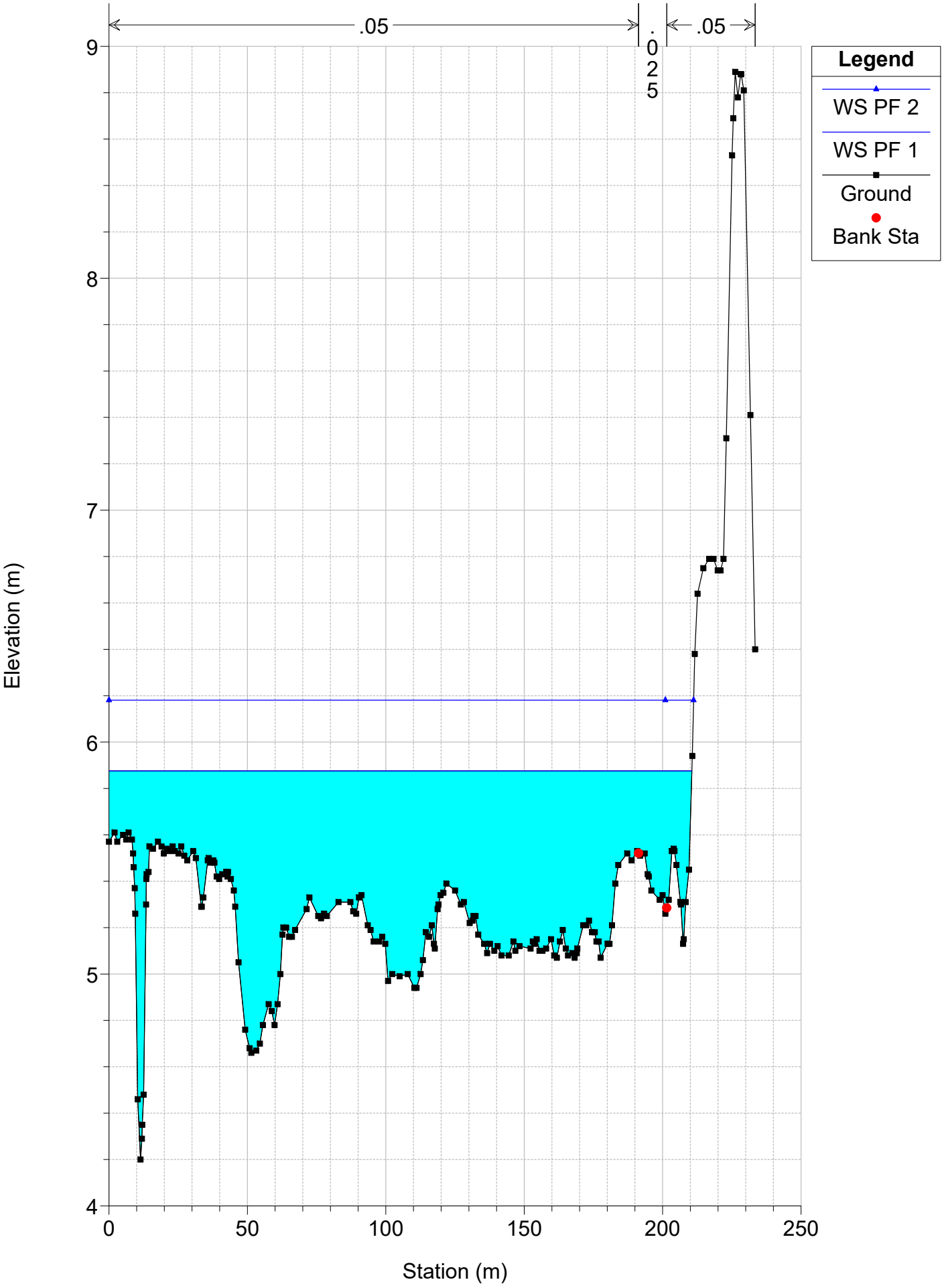
ORISTANO 6 Plan: Plan 06 22/04/2022
RS = 4099



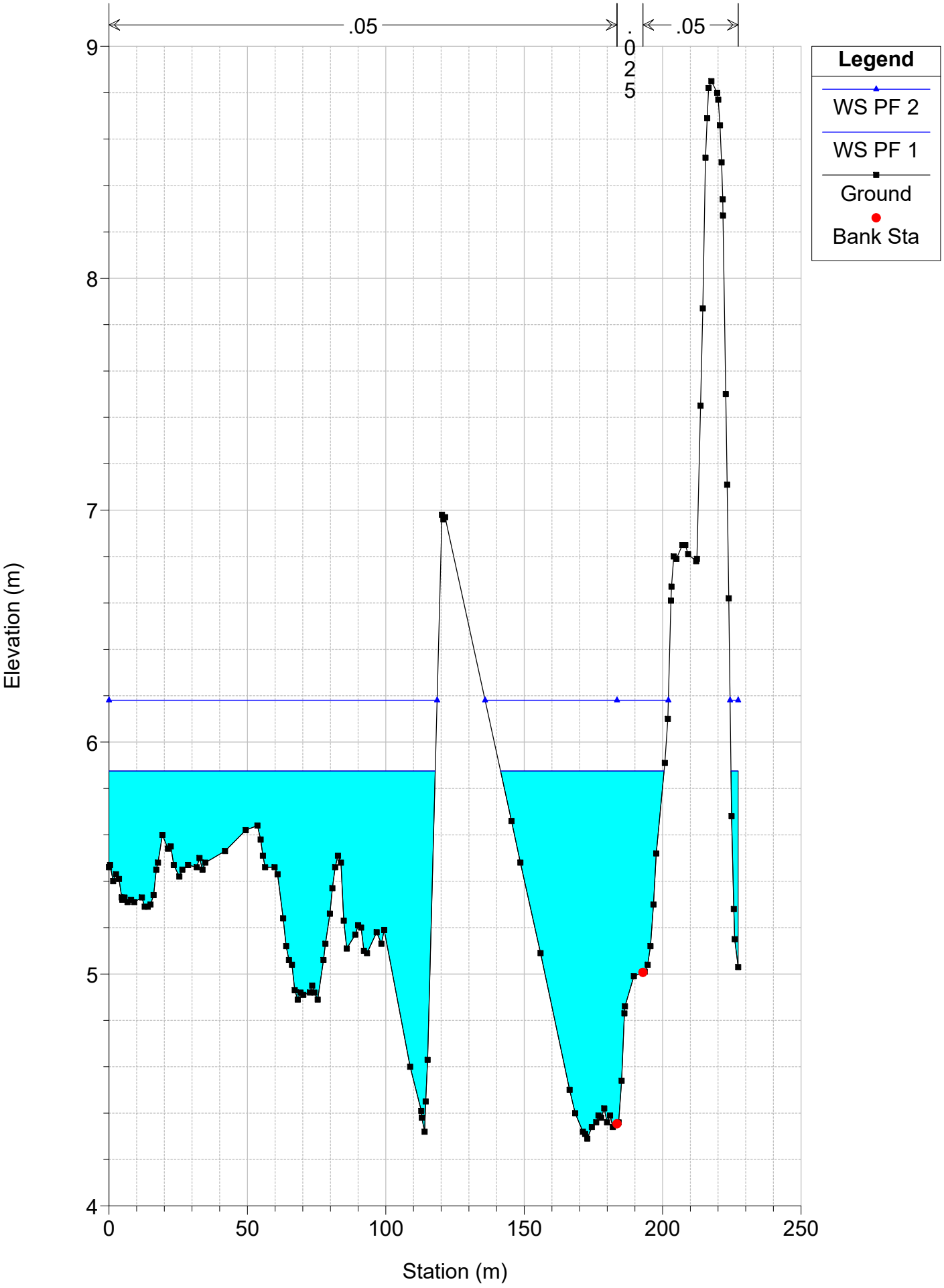
ORISTANO 6 Plan: Plan 06 22/04/2022
RS = 4034



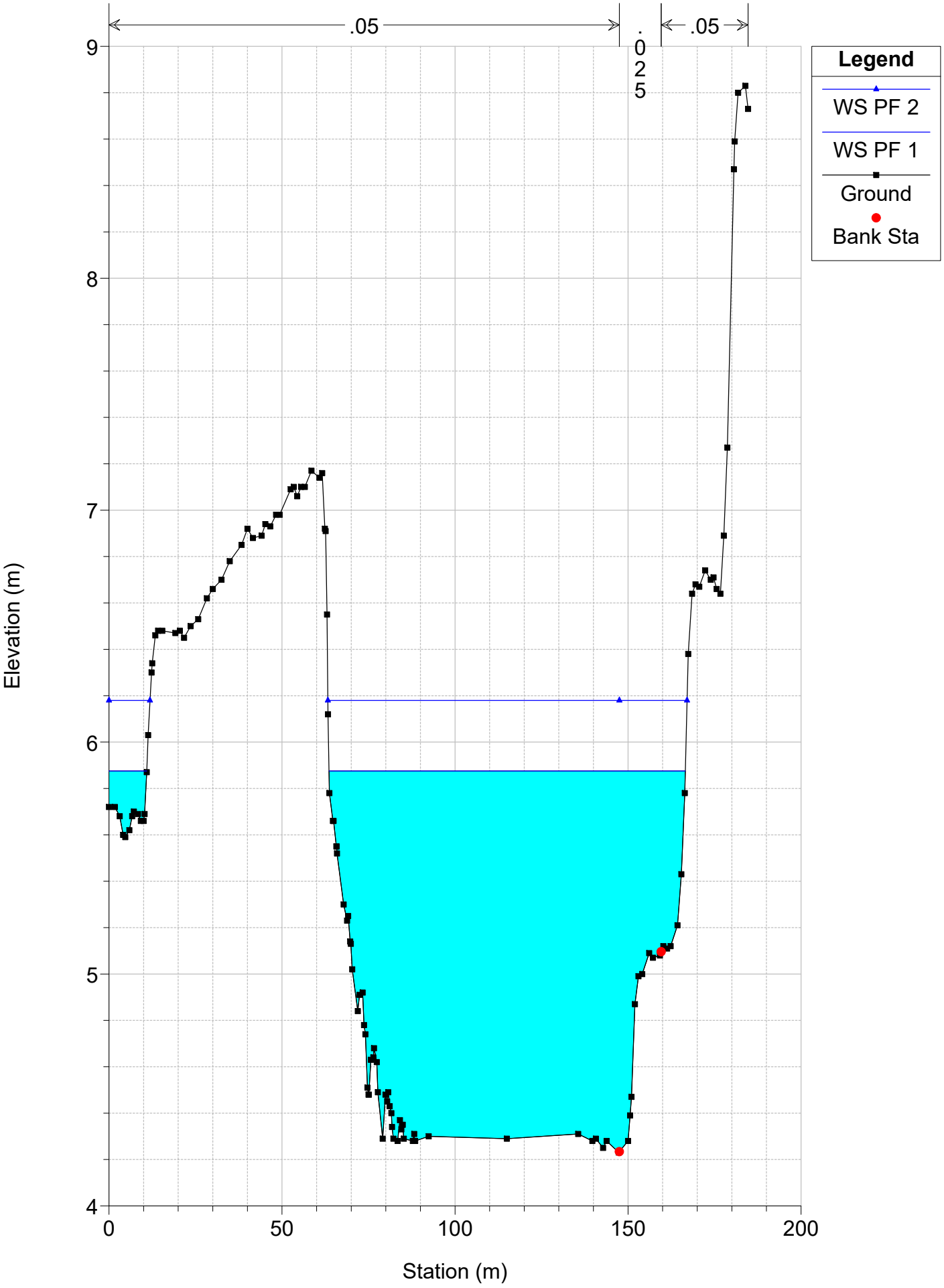
ORISTANO 6 Plan: Plan 06 22/04/2022
RS = 3885



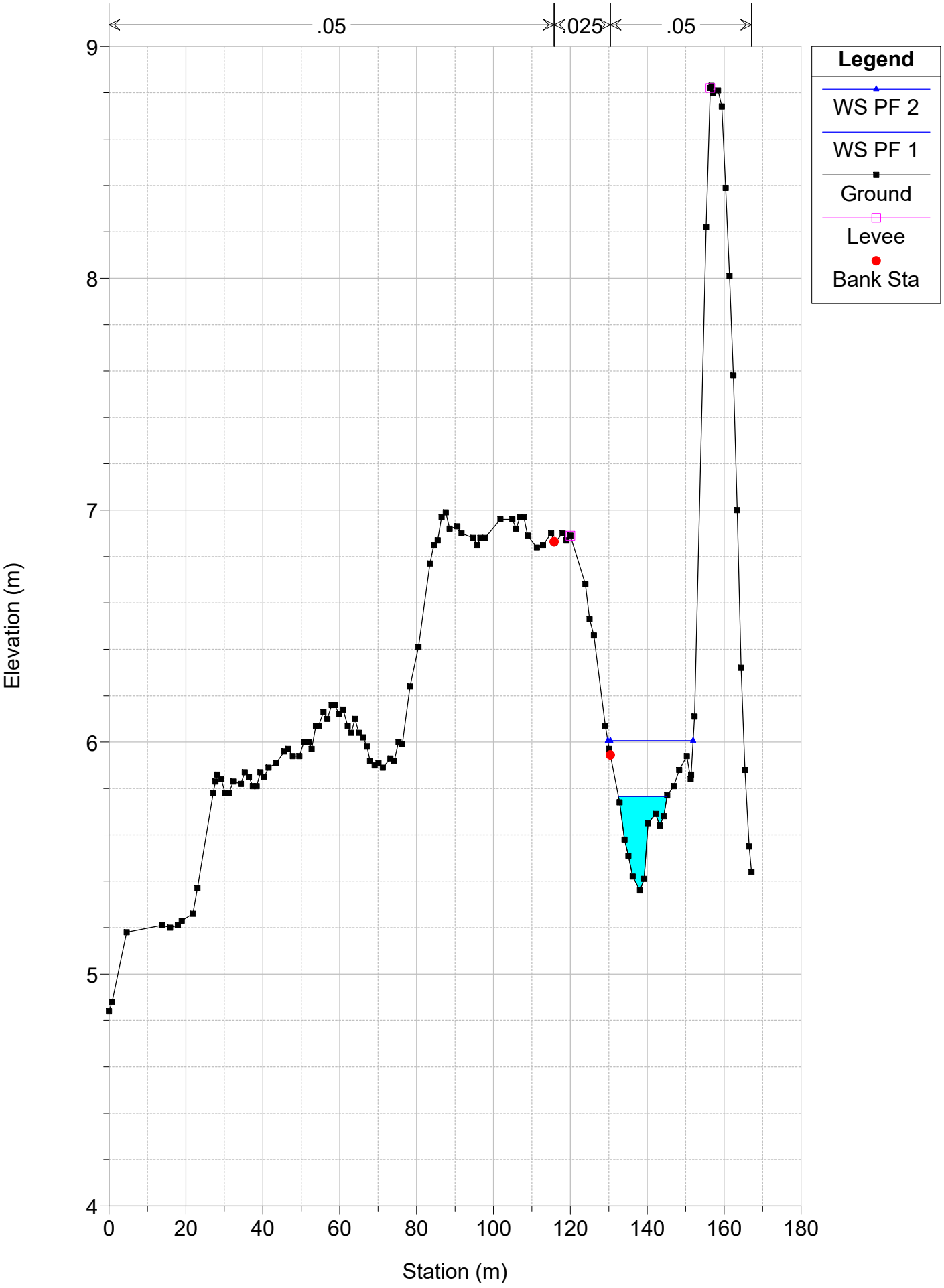
ORISTANO 6 Plan: Plan 06 22/04/2022
RS = 3707



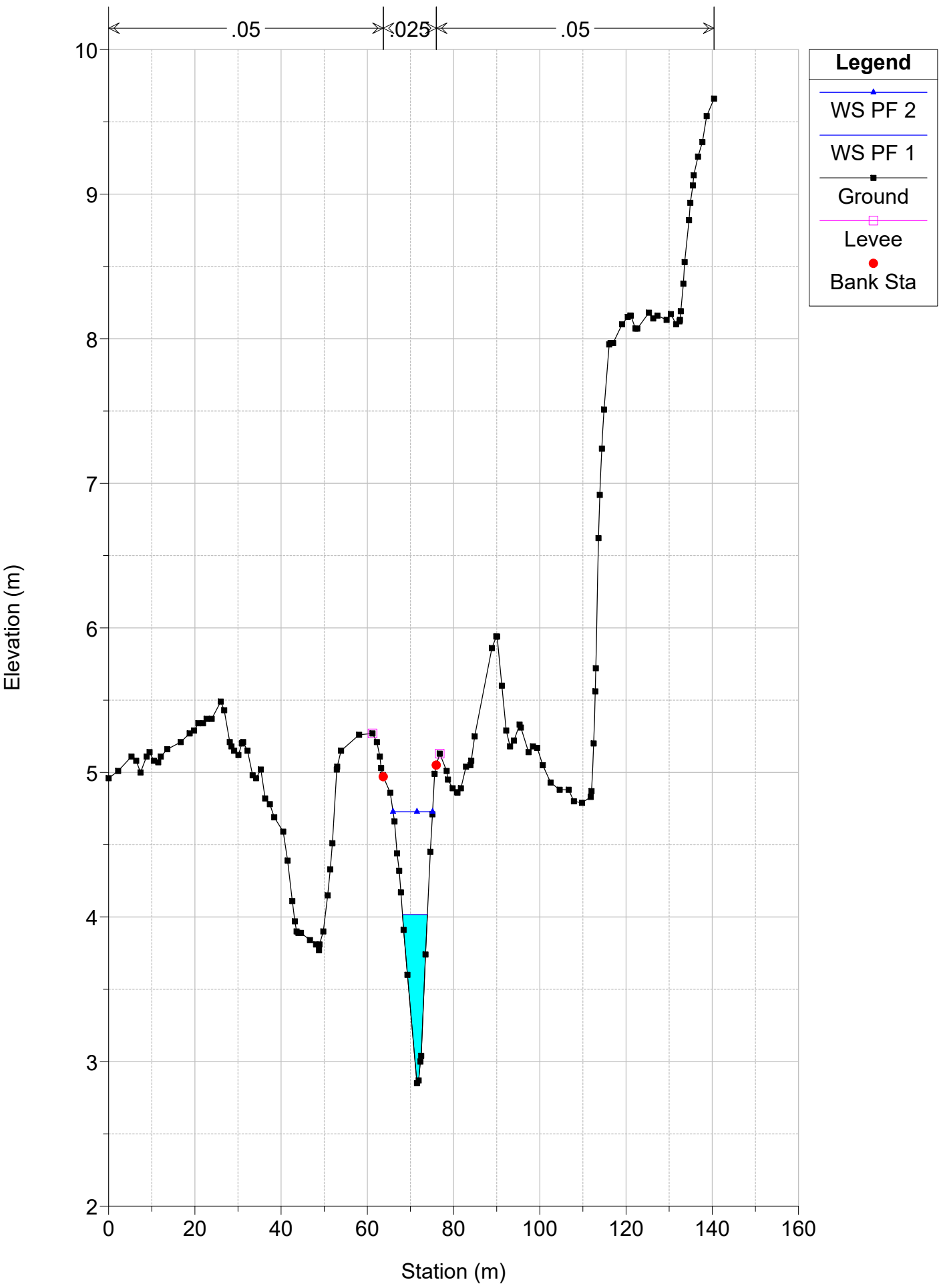
ORISTANO 6 Plan: Plan 06 22/04/2022
RS = 3395

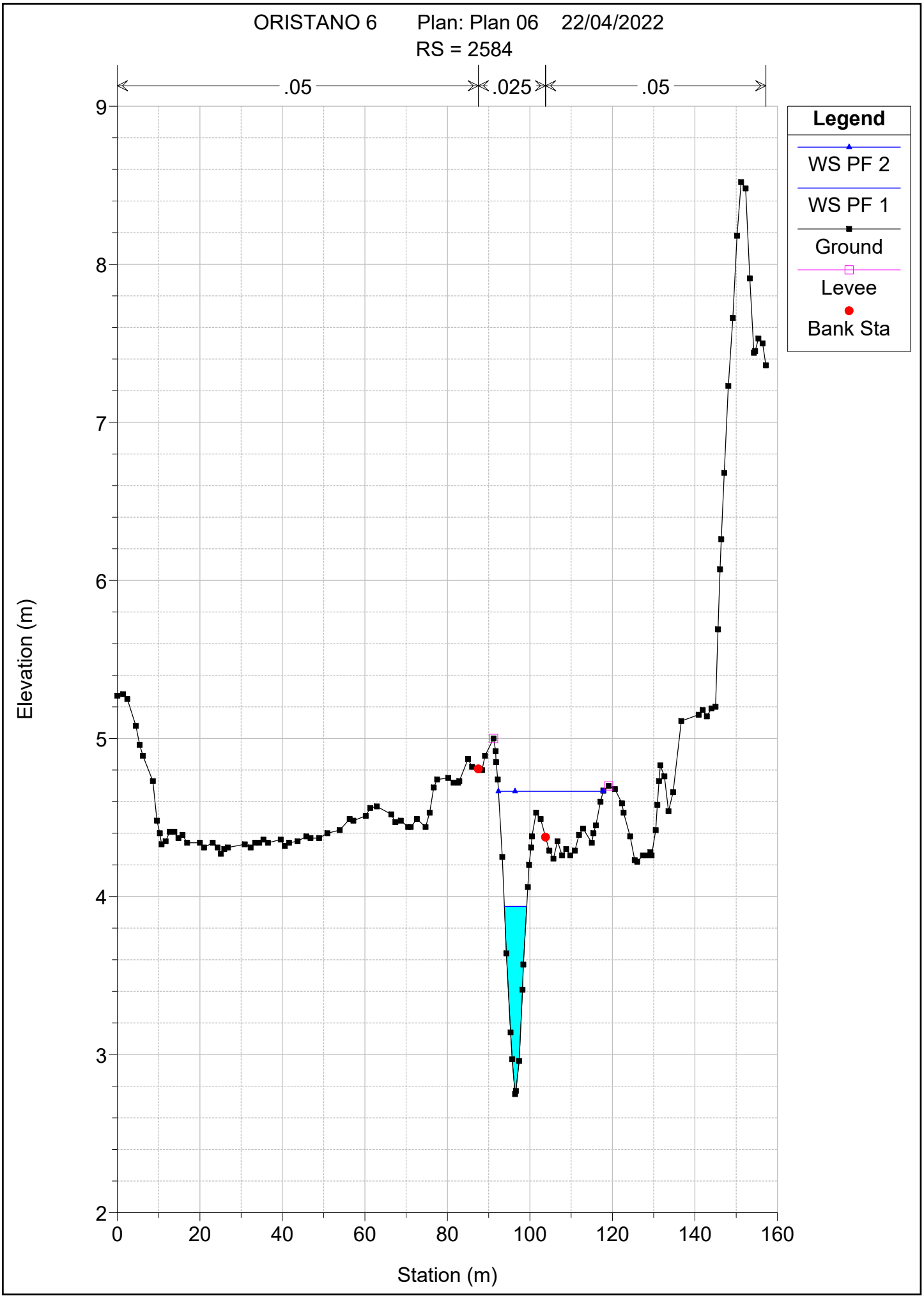


ORISTANO 6 Plan: Plan 06 22/04/2022
RS = 3142

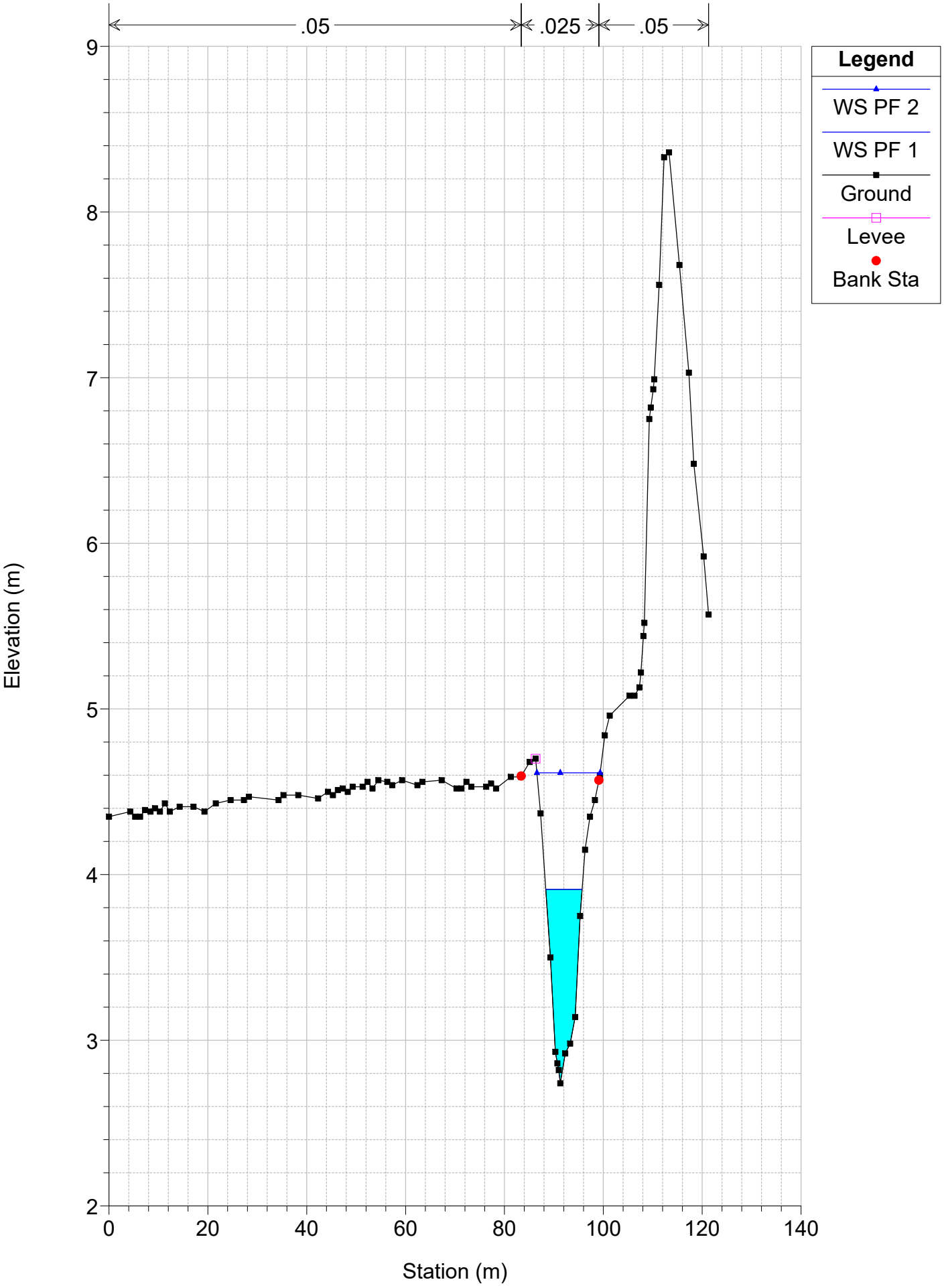


ORISTANO 6 Plan: Plan 06 22/04/2022
RS = 2812

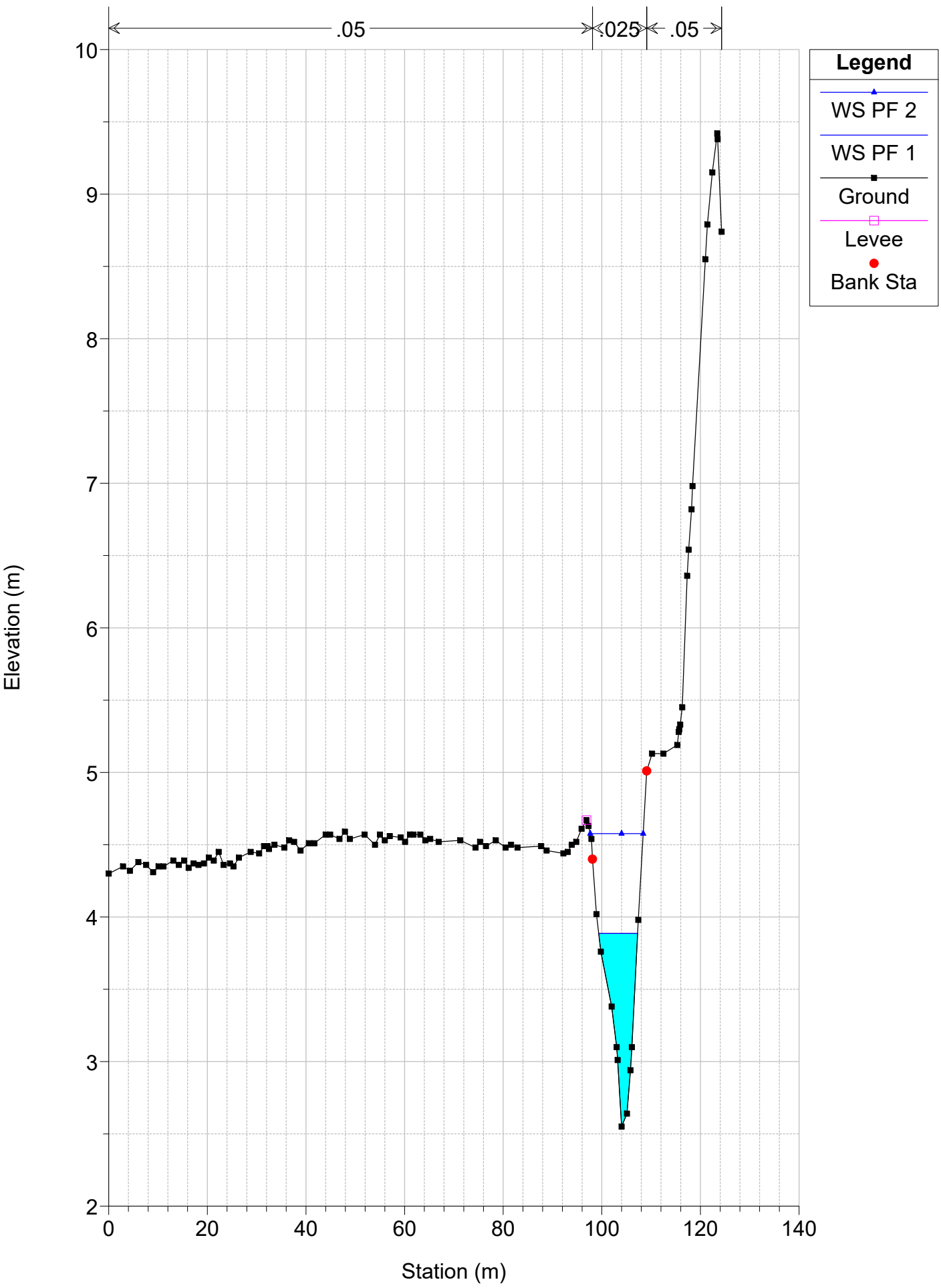



ORISTANO 6 Plan: Plan 06 22/04/2022
RS = 2584
.05
.025
.05
Legend
WS PF 2
WS PF 1
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
9
8
7
6
5
4
3
2
0
20
40
60
80
100
120
140
160

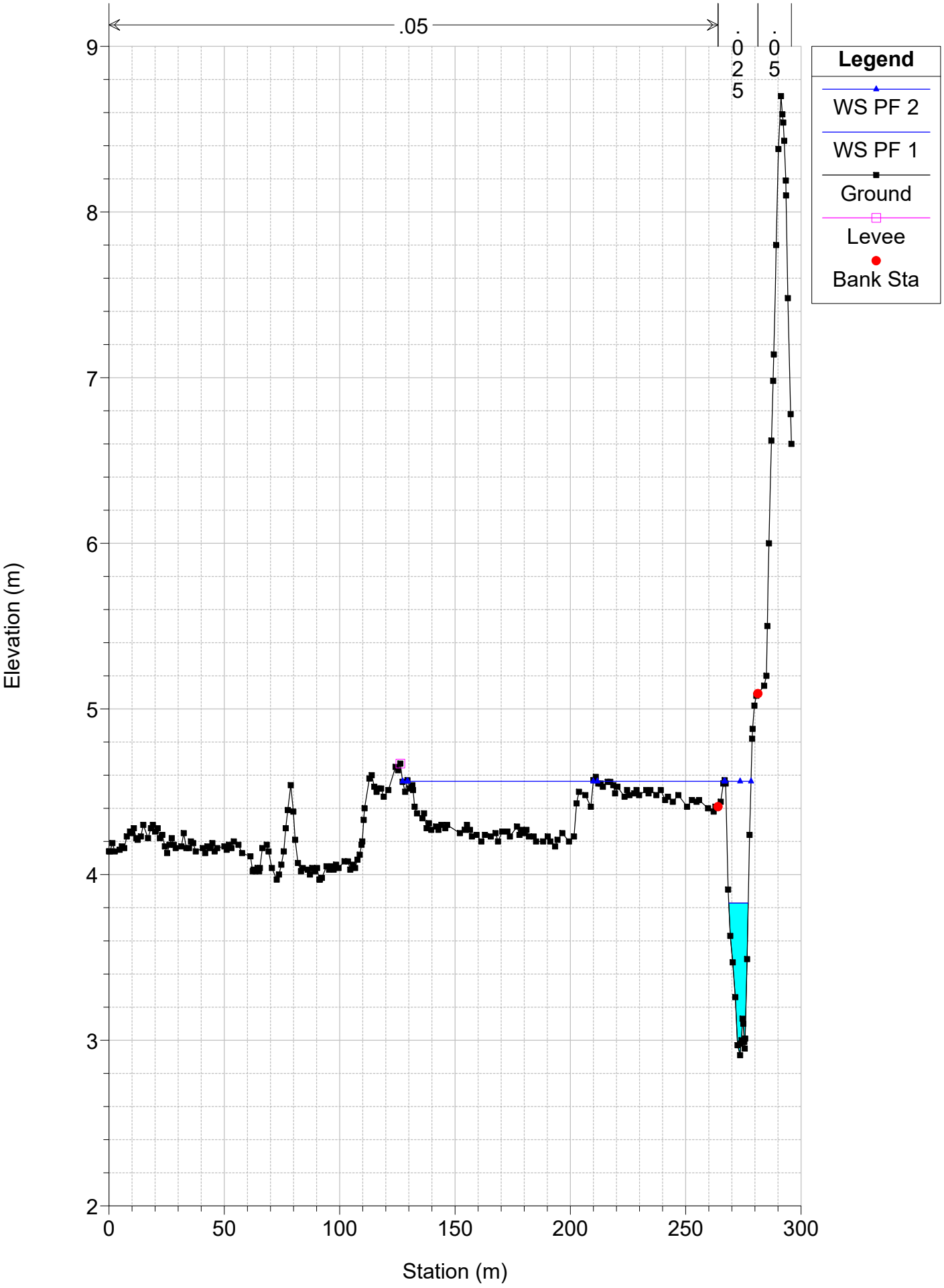
ORISTANO 6 Plan: Plan 06 22/04/2022
RS = 2368



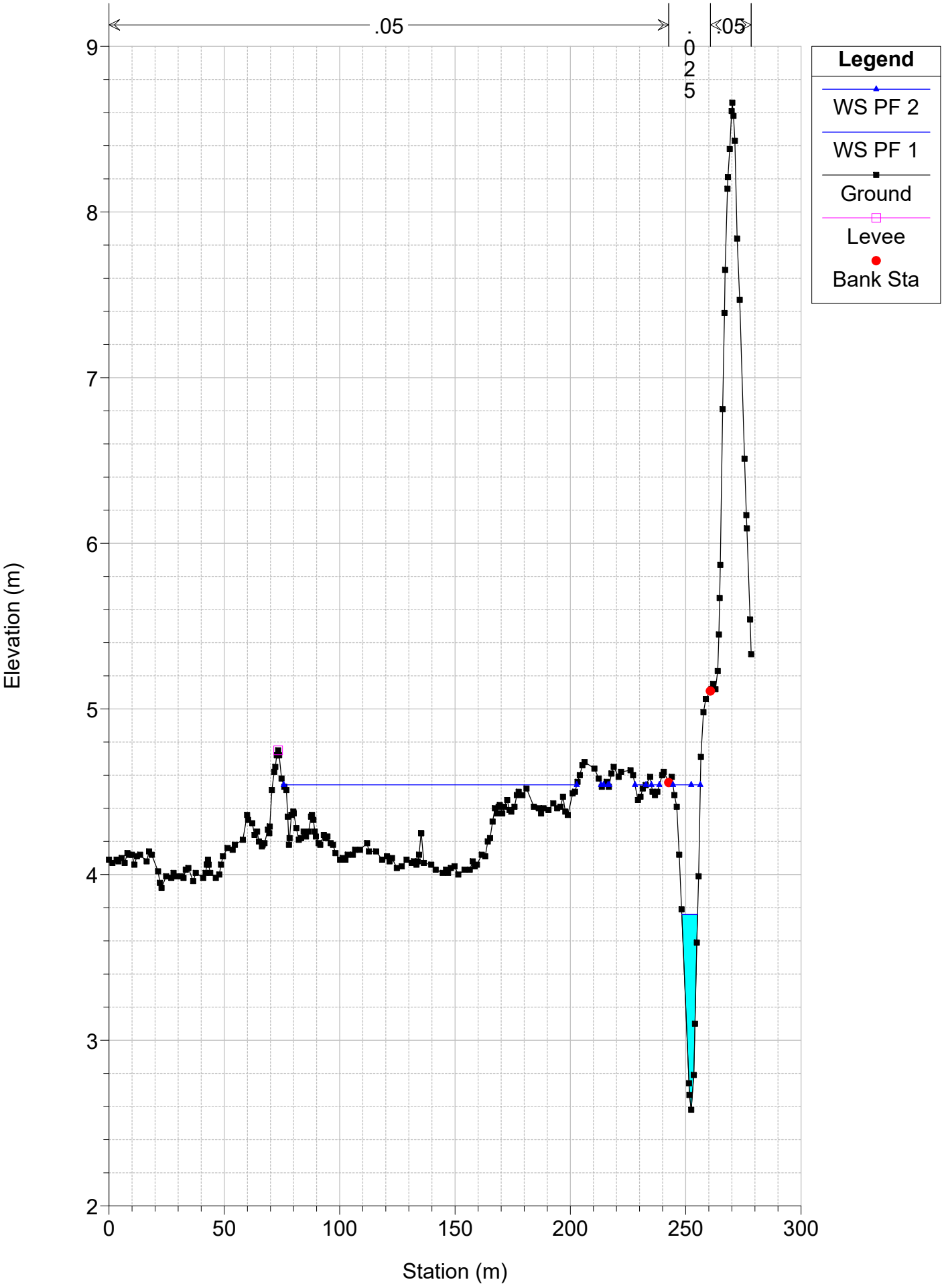
ORISTANO 6 Plan: Plan 06 22/04/2022
RS = 2198



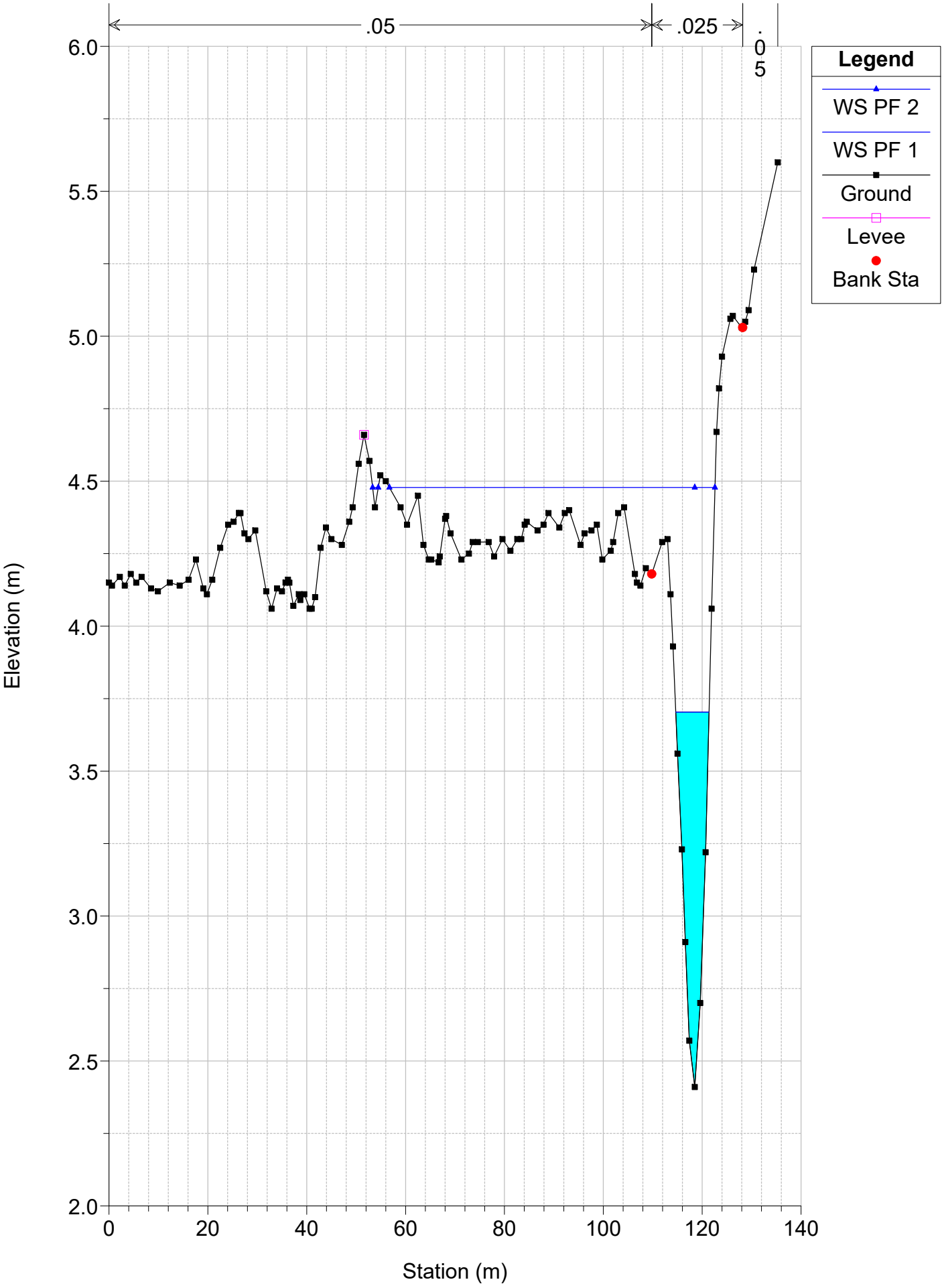
ORISTANO 6 Plan: Plan 06 22/04/2022
RS = 1904

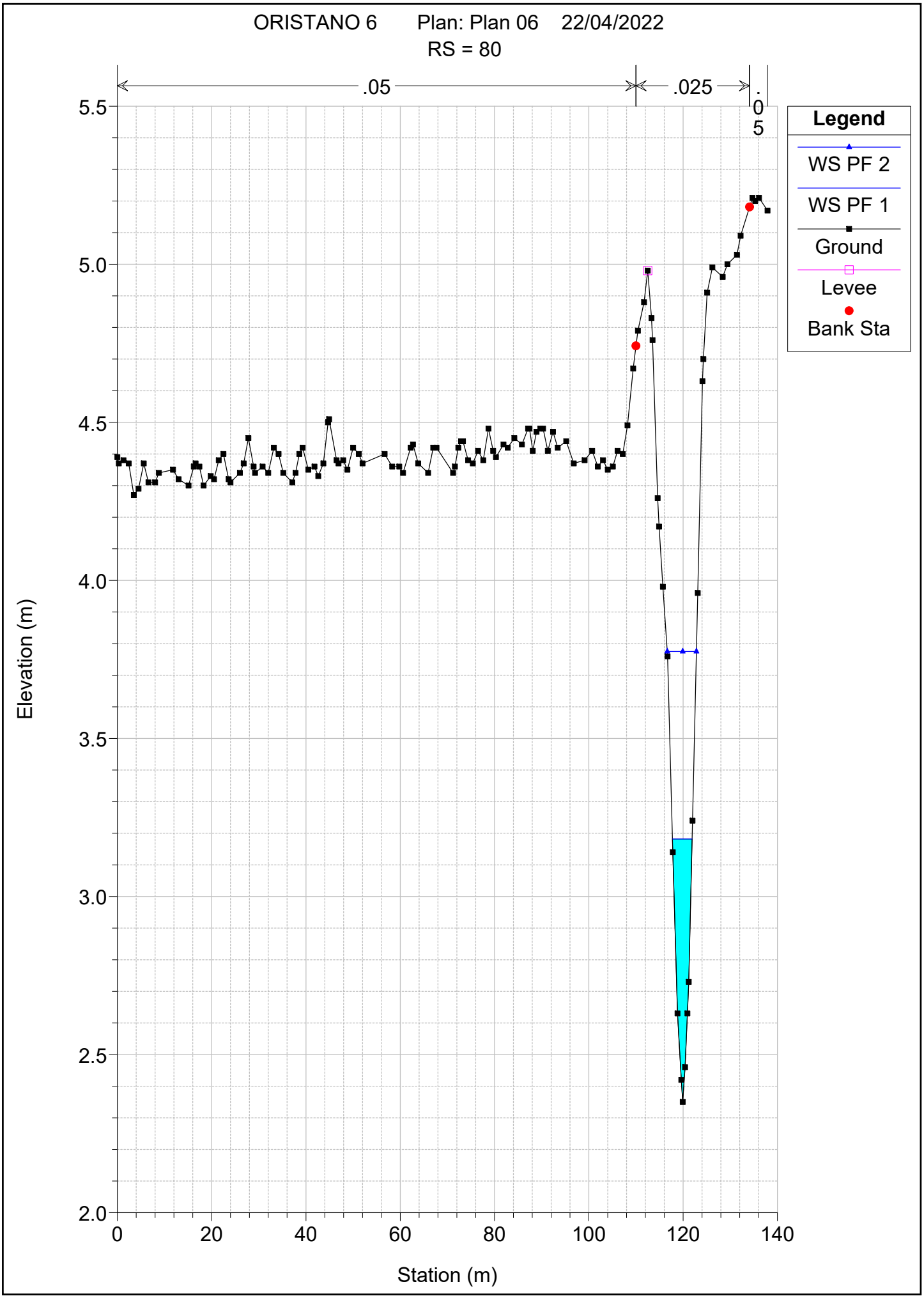


ORISTANO 6 Plan: Plan 06 22/04/2022
RS = 1582



ORISTANO 6 Plan: Plan 06 22/04/2022
RS = 1231




ORISTANO 6 Plan: Plan 06 22/04/2022
RS = 80
.05
.025
.05
Legend
WS PF 2
WS PF 1
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
5.5
5.0
4.5
4.0
3.5
3.0
2.5
2.0
0
20
40
60
80
100
120
140

HEC-RAS Plan: OR12 River: River 1 Reach: Reach 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Reach 1	7585	PF 1	3.50	4.00	5.88	4.35	5.88	0.000001	0.04	221.62	375.78	0.01
Reach 1	7585	PF 2	12.00	4.00	6.18	4.71	6.18	0.000004	0.10	349.75	437.15	0.02
Reach 1	7320	PF 1	3.50	3.93	5.88		5.88	0.000001	0.04	235.61	425.20	0.01
Reach 1	7320	PF 2	12.00	3.93	6.18		6.18	0.000003	0.09	367.81	431.52	0.02
Reach 1	7300		Lat Struct									
Reach 1	6827	PF 1	3.50	3.63	5.88		5.88	0.000000	0.03	302.16	398.79	0.01
Reach 1	6827	PF 2	12.00	3.63	6.18		6.18	0.000002	0.08	425.21	400.44	0.02
Reach 1	6199	PF 1	3.50	3.48	5.88		5.88	0.000000	0.02	366.81	355.37	0.01
Reach 1	6199	PF 2	12.00	3.48	6.18		6.18	0.000001	0.06	476.25	355.93	0.01
Reach 1	5606	PF 1	3.50	3.50	5.88		5.88	0.000000	0.02	440.51	399.07	0.00
Reach 1	5606	PF 2	12.00	3.50	6.18		6.18	0.000001	0.05	563.54	400.69	0.01
Reach 1	5021	PF 1	3.50	3.24	5.88		5.88	0.000003	0.08	119.31	269.86	0.02
Reach 1	5021	PF 2	12.00	3.24	6.18		6.18	0.000009	0.16	211.14	315.95	0.04
Reach 1	4658	PF 1	3.50	3.59	5.88		5.88	0.000003	0.08	120.04	213.40	0.02
Reach 1	4658	PF 2	12.00	3.59	6.18		6.18	0.000010	0.16	191.25	238.61	0.04
Reach 1	4165	PF 1	3.50	3.08	5.88		5.88	0.000001	0.04	179.30	223.24	0.01
Reach 1	4165	PF 2	12.00	3.08	6.18		6.18	0.000004	0.09	247.78	224.62	0.03
Reach 1	4099	PF 1	3.50	3.00	5.88		5.88	0.000001	0.04	190.41	230.79	0.01
Reach 1	4099	PF 2	12.00	3.00	6.18		6.18	0.000004	0.10	261.12	231.68	0.03
Reach 1	4034	PF 1	3.50	5.15	5.88		5.88	0.000001	0.03	176.41	238.39	0.01
Reach 1	4034	PF 2	12.00	5.15	6.18		6.18	0.000005	0.08	250.27	242.67	0.03
Reach 1	3885	PF 1	3.50	5.26	5.88		5.88	0.000003	0.04	135.44	210.54	0.02
Reach 1	3885	PF 2	12.00	5.26	6.18		6.18	0.000009	0.10	199.84	211.19	0.04
Reach 1	3707	PF 1	3.50	4.35	5.88		5.88	0.000002	0.06	131.35	179.53	0.02
Reach 1	3707	PF 2	12.00	4.35	6.18		6.18	0.000009	0.14	187.38	187.67	0.04
Reach 1	3395	PF 1	3.50	4.23	5.88		5.88	0.000001	0.04	140.97	113.88	0.01
Reach 1	3395	PF 2	12.00	4.23	6.18		6.18	0.000005	0.11	175.90	115.66	0.03
Reach 1	3142	PF 1	3.50	5.94	5.77	5.77	5.87	0.042340		2.51	12.66	0.00
Reach 1	3142	PF 2	12.00	5.94	6.01	6.01	6.16	0.035652	0.76	6.86	22.19	1.36
Reach 1	2956	PF 1	3.50	3.31	3.82	3.93	4.19	0.021325	2.68	1.31	3.99	1.50
Reach 1	2956	PF 2	12.00	3.31	4.76	4.44	4.92	0.002528	1.75	6.85	7.73	0.59
Reach 1	2812	PF 1	3.50	2.85	4.02	3.60	4.06	0.001074	0.93	3.76	5.77	0.37
Reach 1	2812	PF 2	12.00	2.85	4.73	4.14	4.82	0.001281	1.33	9.00	9.18	0.43
Reach 1	2584	PF 1	3.50	2.75	3.94	3.50	3.98	0.001092	0.96	3.66	5.41	0.37
Reach 1	2584	PF 2	12.00	2.75	4.67	4.07	4.72	0.001163	1.14	13.64	25.39	0.40
Reach 1	2368	PF 1	3.50	2.74	3.91	3.34	3.93	0.000446	0.65	5.35	7.35	0.25
Reach 1	2368	PF 2	12.00	2.74	4.61	3.81	4.66	0.000690	0.99	12.12	12.80	0.32
Reach 1	2198	PF 1	3.50	2.55	3.89	3.28	3.91	0.000503	0.66	5.32	7.90	0.26
Reach 1	2198	PF 2	12.00	2.55	4.58	3.82	4.63	0.000609	1.02	11.77	10.73	0.31
Reach 1	1904	PF 1	3.50	2.91	3.83	3.43	3.85	0.000711	0.72	4.88	8.43	0.30
Reach 1	1904	PF 2	12.00	2.91	4.56	3.84	4.58	0.000346	0.66	39.42	148.69	0.22
Reach 1	1582	PF 1	3.50	2.58	3.76	3.24	3.79	0.000649	0.75	4.65	6.84	0.29
Reach 1	1582	PF 2	12.00	2.58	4.54	3.76	4.55	0.000210	0.55	53.20	148.83	0.18
Reach 1	1231	PF 1	3.50	2.41	3.70	3.09	3.73	0.000474	0.69	5.10	6.74	0.25
Reach 1	1231	PF 2	12.00	2.41	4.48	3.62	4.51	0.000556	0.88	21.19	67.01	0.29
Reach 1	80	PF 1	3.50	2.35	3.18	3.08	3.33	0.005002	1.68	2.08	4.18	0.76
Reach 1	80	PF 2	12.00	2.35	3.78	3.65	4.05	0.005004	2.33	5.14	6.19	0.82