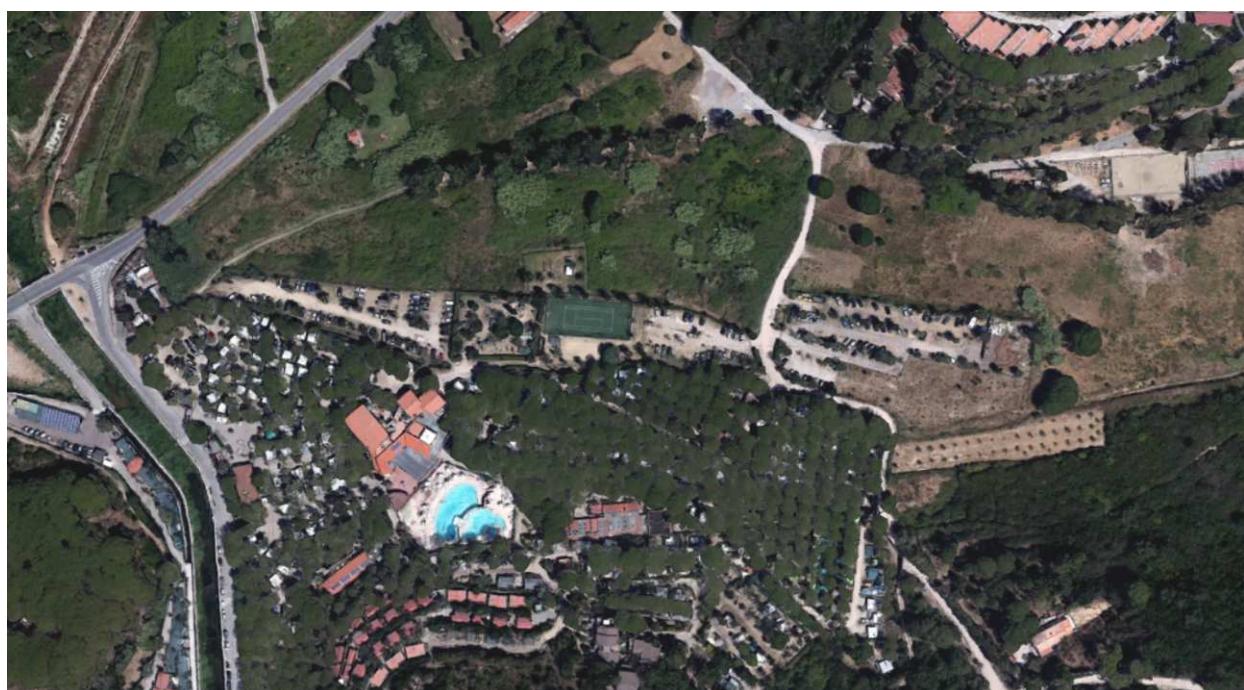


PROGETTO TRANSFRONTALIERO T.R.I.G. Eau "TRANSFRONTALIERITA', RESILIENZA, INNOVAZIONE E GOVERNANCE PER LA PREVENZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO" FINANZIATO DAL PROGRAMMA COMUNITARIO ITALIA FRANCIA MARITTIMO 2014-2020. ATTIVITA' T.3.3: REALIZZAZIONE DI INTERVENTO PILOTA - DECULVERTING E MITIGAZIONE DISSESTO DA RISCHIO IDRUALICO DI UN TRATTO DI FOSSO DI SEGAGNANA NEL COMUNE DI CAMPO NELL'ELBA



PROGETTO DEFINITIVO

Elaborato 2 - Relazione idrologica ed idraulica

Gruppo di Lavoro

Dott. Ing. Simone Galardini
 Dott. Ing. Chiara Chiostrini
 Dott. Geol. Andrea Bizzarri
 Dott. For. Katuscia Begliomini

Codice 04303	Emesso Galardini	D.R.E.A.M. Italia Via Garibaldi, 3 Pratovecchio Stia (Ar) - Tel. 0575 52.95.14 Via Enrico Bindi n.14, Pistoia - Tel 0573 36.59.67 http://www.dream-italia.it	 AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ CERTIFICATO DA DNV = ISO 9001 =
Rev. 00	Controllato Chiostrini		
Data Settembre 2019	Approvato D.T. Miozzo		D.R.E.A.M. ITALIA

Sommario

PREMESSA	2
1. Coordinamento con gli studi idraulici a supporto del nuovo Piano Operativo del Comune di Campo nell'Elba.....	3
2. Precisazione circa la natura del Fosso Segagnana nel tratto terminale	4
3. Modifiche apportare fra progetto di fattibilità tecnica ed economica e progetto definitivo a seguito del parere degli enti competenti	4
4. Inquadramento territoriale	6
5. Analisi idrologica.....	8
5.1 Pluviometria	8
5.2 Perdite idrologiche	10
5.3 Trasformazione afflussi deflussi	13
5.4 Risultati della modellazione afflussi-deflussi.....	15
6 Descrizione dello stato attuale e degli interventi previsti.....	17
7 Verifiche idrauliche e parametri di simulazione	20
8 Risultati delle verifiche idrauliche	25
8.1 Risultati verifiche stato attuale.....	25
8.2 Risultati verifiche idrauliche stato di progetto step 1.....	31
8.3 Risultati verifiche idrauliche stato di progetto step 2.....	34
9 Conclusioni	37

Allegato: Output delle verifiche idrauliche

PREMESSA

La presente relazione costituisce la relazione idrologica ed idraulica dell’intervento di riapertura di due tratti del Fosso Segagnana in località La Foce a Marina di Campo nel Comune di Campo nell’Elba (LI) e delle relative opere di mitigazione del dissesto da rischio esondazioni, per conto del Consorzio di Bonifica 5 Toscana Costa.

La relazione idraulica costituisce aggiornamento rispetto a quanto già prodotto nello studio di fattibilità tecnica ed economica, e recepisce le indicazioni rilasciate in sede di conferenza servizi preliminare da parte dei competenti uffici del Genio Civile Valdarno Inferiore e Costa e dell’Autorità di Distretto.

La progettazione e realizzazione dell’intervento rientrano nelle attività del progetto transfrontaliero Italia-Francia **T.R.I.G.-Eau** (*Transfrontalierità, Resilienza, Innovazione & Governance per la prevenzione del Rischio Idrogeologico*) finanziato sul Programma Interreg Italia-Francia Marittimo 2014-2020, cofinanziato dal Fondo Europeo per lo Sviluppo Regionale (FESR) nell’ambito della Cooperazione Territoriale Europea (CTE).

Il progetto di detombamento a Campo nell’Elba è uno dei tre interventi pilota realizzati dal T.R.I.G.-Eau nei territori partner (gli altri due sono uno in Comune di Camogli e l’altro nel Comune di Solarussa), nell’ambito della componente *T3 – Modello di governance congiunto con la realizzazione di azioni pilota innovative per la riduzione del rischio idrogeologico*.

L’intervento è finalizzato alla mitigazione del rischio idraulico nell’area de La Foce interessata dall’attraversamento del corso d’acqua, tramite riduzione del tratto tombato, adeguamento della sezione idraulica e creazione di un sistema di sbocco nel Fosso della Galea alternativo all’immissione diretta (fase 1), completato dalla realizzazione di una zona ad esondazione controllata nel tratto a monte, al fine di ovviare alle esondazioni residue per Tr 30 anni del Fosso di Segagnana.

Nell’area oggetto di studio infatti, sia per insufficienza idraulica in diverse sezioni del corso d’acqua che a causa del delicato nodo della confluenza del Segagnana nella Galea, si verificano esondazioni frequenti, così come riportato anche nella cartografia del PGRA, che individua l’area come soggetta ad alluvioni frequenti (due esempi: gli eventi del 2002 e del 2011).

Il carattere dimostrativo dell’intervento si evince da numerosi fattori localizzati tra cui la mitigazione del dissesto idrogeologico, la riduzione del rischio alluvioni nella zona circostante, il ripristino di un servizio ecosistemico, una progettualità compartecipata tra pubblico (Consorzio di Bonifica 5 Toscana Costa) e privato (Campeggio alle degli Ulivi la cui proprietà è interessata da due

tombamenti importanti del corso d’acqua), un utilizzo più razionale del suolo ed una maggiore facilità ed efficacia delle attività di manutenzione del fosso a cielo aperto.

1. Coordinamento con gli studi idraulici a supporto del nuovo Piano Operativo del Comune di Campo nell’Elba

Come richiesto nel parere preliminare, in sede di progettazione definitiva dell’intervento sono stati attivati contatti con il professionista incaricato della stesura degli studi idraulici nell’ambito del Piano Operativo, Ing. Gabbrielli, al fine di effettuare il coordinamento degli studi.

I contatti avuti sono stati funzionali ad acquisire lo stato dell’arte, in modo da condividere il percorso qui di seguito sintetizzato:

- È intenzione dell’amministrazione di Campo nell’Elba andare all’adozione del proprio strumento urbanistico entro l’autunno 2019; in questa fase il professionista incaricato Ing. Gabbrielli produrrà studi idraulici riguardanti esclusivamente corsi d’acqua interferenti con il centro abitato, mutuando le pericolosità idrauliche degli altri corpi idrici (fra cui Galea e Segagnana) dal PGRA, e rimandando gli studi di questi corsi d’acqua ad una seconda fase;
- La metodica di modellazione idrologica degli studi di Piano Operativo è identica a quella prodotta per il progetto definitivo di detombamento del Fosso Segagnana e prevede l’utilizzo delle LSPP aggiornate, il metodo del SCS-CN per la trasformazione afflussi deflussi, l’utilizzo del CNIII quale parametro di riferimento ricavato dall’interpretazione del Corinne e dei gruppi idrologici USDA, la valutazione dell’evento rispetto a più durate di pioggia; per questi motivi l’analisi idrologica del progetto di detombamento del Fosso Segagnana è coerente in tutto e per tutto rispetto a quanto sarà prodotto negli studi di Piano Operativo;
- È stato convenuto che l’Ing. Gabbrielli acquisirà l’analisi idrologica svolta per il progetto di detombamento del Fosso Segagnana, quanto procederà con le ulteriori simulazioni idrauliche, utilizzandola quale base per l’individuazione delle pericolosità idrauliche del territorio comunale.

Si ricorda che la finalità di questo intervento dimostrativo non è tanto quello di delimitare la pericolosità idraulica, ma di mitigare il rischio idraulico in un’area a forte antropizzazione e presenza di vacanzieri nella stagione estiva, che si è dimostrata quella effettivamente più vulnerabile nei confronti di eventi meteorici estremi e imprevedibili. Il target delle due step progettuali, come

successivamente illustrato, è quello di eliminare le alluvioni frequenti (Tr 30 anni) dall’area e di mitigare gli effetti delle alluvioni poco frequenti (Tr 200 anni), riducendo comunque il rischio residuo.

2. Precisazione circa la natura del Fosso Segagnana nel tratto terminale

Rispetto al parere preliminare del Genio Civile, preme precisare circa l’identificazione del tratto terminale del Fosso Segagnana quale “collettore di drenaggio urbano”, riportata nel progetto di fattibilità tecnica ed economica, che ha portato ad un malinteso fra le parti.

È chiara la natura del Fosso Segagnana quale corso d’acqua ricompreso nel reticolo di gestione di cui alla L.R. 79/2012 e classificato in terza categoria ai sensi del R.D. 523/1904, che pertanto ha caratteristiche di copro idrico superficiale fino allo sbocco con il Fosso della Galea, compreso pertanto il tratto interessato dal tombamento.

Con la notazione “*collettore di drenaggio urbano*” si identificava un lungo tratto tombato che si comporta a tutti gli effetti quasi come una fognatura, non tanto per sfuggire alla LR 41/2018, ma poiché si era preferito modellarlo con il software SWMM (tipico dell’ambito di drenaggio urbano) piuttosto che con Hec Ras.

Nel progetto definitivo, per fugare qualunque ambiguità sulla natura del corso d’acqua, tutte le verifiche sono state condotte tramite il software Hec Ras, a conferma della significatività del corso d’acqua in esame, seppur inserito in un contesto particolarmente antropizzato.

3. Modifiche apportate fra progetto di fattibilità tecnica ed economica e progetto definitivo a seguito del parere degli enti competenti

Come indicato nel parere di Autorità di Distretto e Genio Civile sulla conferenza dei servizi preliminare sono stati effettuati degli approfondimenti tecnici sulla modellazione idrologica ed idraulica svolta, che possono essere così di seguito sintetizzati:

- Nella modellazione idrologica il bacino del Fosso di Segagnana è stato considerato nella sua interezza, ovvero chiuso in corrispondenza dell’immissione nel Fosso della Galea;

- Per avere una descrizione più rappresentativa dei fenomeni meteorici intensi e concentrati verificabili in contesti simili al bacino del Fosso di Segagnana è stata effettuata una modellazione idrologica con uno **ietogramma di tipo triangolare**, con picco centrale di intensità doppia rispetto all’intensità media. Lo ietogramma ad intensità costante utilizzato nel progetto di fattibilità tecnica ed economica è stato scartando, effettuando le analisi idrauliche con gli idrogrammi di piena generati dall’input pluviometrico di forma triangolare;
- Per l’analisi idraulica sono state utilizzate sezioni trasversali del Fosso di Segagnana ricavate da rilievo topografico di dettaglio ricavato con metodologia accoppiata GPS con correzione differenziale RTK e stazione totale, verificando la congruenza altimetrica delle sezioni con il dato LIDAR. Negli elaborati grafici di stato attuale sono riportate l’ubicazione delle sezioni rilevate e la loro geometria;
- Come successivamente illustrato nel dominio bidimensionale sono stati utilizzati valori di scabrezza ricavati dall’uso del suolo (Corinne), ovvero ad ogni elemento di calcolo della mesh con maglia 5 x 5 m corrisponde un valore di Manning rappresentativo dell’effettivo uso del suolo presente in sito;
- La cella bidimensionale in destra del Fosso Segagnana è stata appoggiata al rilevato della SP30 e rappresenta un dominio chiuso, non essendo presenti passanti idraulici, ed eventualmente le esondazioni si accumulano e ristagnano nei punti più depressi; la cella bidimensionale in sinistra è stata estesa invece fino alla linea di riva, imponendo come condizione al contorno di uscita la *normal depth*, assimilabile come la pendenza del terreno. Come successivamente illustrato le condizioni al contorno delle celle bidimensionali non sono significative sui risultati degli allagamenti, poiché la dinamica di propagazione si arresta prima del contatto con il bordo dell’area 2D;
- Per evitare ambiguità tutte le modellazioni idrauliche del progetto definitivo sono state effettuate esclusivamente con il software HEC-Ras, a conferma della natura di reticollo idraulico significativo del Fosso di Segagnana;
- Le modellazioni idrauliche sono state condotte con un duplice scenario, ovvero sbocco libero del Fosso Segagnana nel Fosso della Galea oppure sbocco rigurgitato; nel primo caso è stata imposta come condizione al contorno di valle del Fosso di Segagnana la pendenza di moto

uniforme (*normal depth*), nel secondo caso l'idrogramma delle altezze che oblitera dal primo istante di simulazione la portella di sbocco del Fosso di Segagnana (*stage hydrograph*) ;

- Tutte le simulazioni sono state condotte per diverse durate di pioggia, ovvero 1, 2, 3, 6 ore, prolungando la dinamica di esondazione per 2 ore oltre il termine dell'evento pluviometrico di riferimento;
- Relativamente alla soluzione proposta per il tratto terminale di 40 metri con condotta scatolare non è possibile trovare soluzioni alternative ad una sezione chiusa per la presenza della cabina elettrica di media tensione e soprattutto per la necessità di lasciare l'accesso ed un'area di manovra ai mezzi di soccorso verso l'area di campeggio. Inoltre dal punto di vista idraulico il tratto terminale presenta un comportamento in pressione, e pertanto una soluzione con sezione aperta non avrebbe risolto le problematiche di esondazione;
- Per completezza sono state sviluppate tutte le verifiche idrauliche (nel duplice scenario sbocco libero/sbocco rigurgitato) relative allo stato attuale, allo stato di progetto step 1 (detombamento, adeguamento sezioni, collettori di troppo pieno) ed allo stato di progetto step 2 (realizzazione area ad esondazione controllata nel tratto a monte su proprietà del campeggio). Tutte le simulazioni sono state effettuate per eventi con Tr 30 e 200 anni, in modo da delineare un quadro esaustivo sugli effetti attesi dalla realizzazione dei lavori e per dimostrare il non aumento del rischio nelle aree limitrofe.

4. Inquadramento territoriale

Il Fosso di Segagnana è un corso d'acqua dal regime torrentizio che scorre nel territorio comunale di Campo nell'Elba e che, originandosi dal Monte Tambone, percorre con andamento Est-Ovest, la Valle di Segagnana e, nella zona La Foce, attraversa il Campeggio Ville degli Ulivi tombato fino all'immissione nel Fosso della Galea a poche decine di metri dallo sbocco a mare.

Il corso d'acqua si origina alla quota di 290 m s.l.m., alimentato dagli impluvi di monte, mentre nella parte valliva del bacino le forme dei rilievi sono decisamente più morbide e pianeggianti fino alla confluenza nel Fosso della Galea a circa 200 m dallo sbocco in mare. Ai fini del presente studio il bacino viene considerato nella sua interezza, con sezione di chiusura in corrispondenza dell'immissione sul Fosso della Galea e presenta le seguenti caratteristiche:

	A (km ²)	L (km)	Hmax (m s.l.m.)	Hmin (m s.l.m.)	Hmedia (m s.l.m.)	Zmax asta (m s.l.m.)	i	iB
Fosso di Segagnana	1.00	2.20	373	0.06	208	290	0.13	0.17

Tabella 1: parametri geomorfologici del bacino del Fosso di Segagnana alla sezione di chiusura

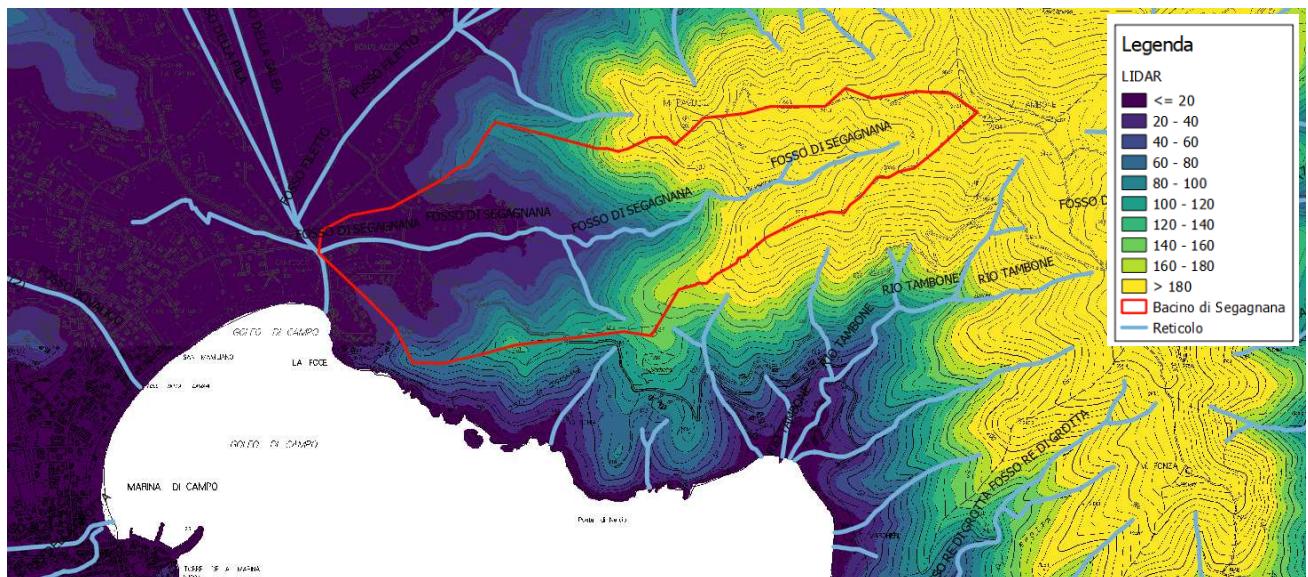


Figura 1: DTM idrologico del bacino studiato (LIDAR risoluzione 1x1m).



Figura 2: Immagine aerea del bacino del Fosso di Segagnana alla sezione di chiusura d'interesse

I parametri morfologici dei bacini sono stati ricavati dalle Carte Tecniche Regionali della Regione Toscana.

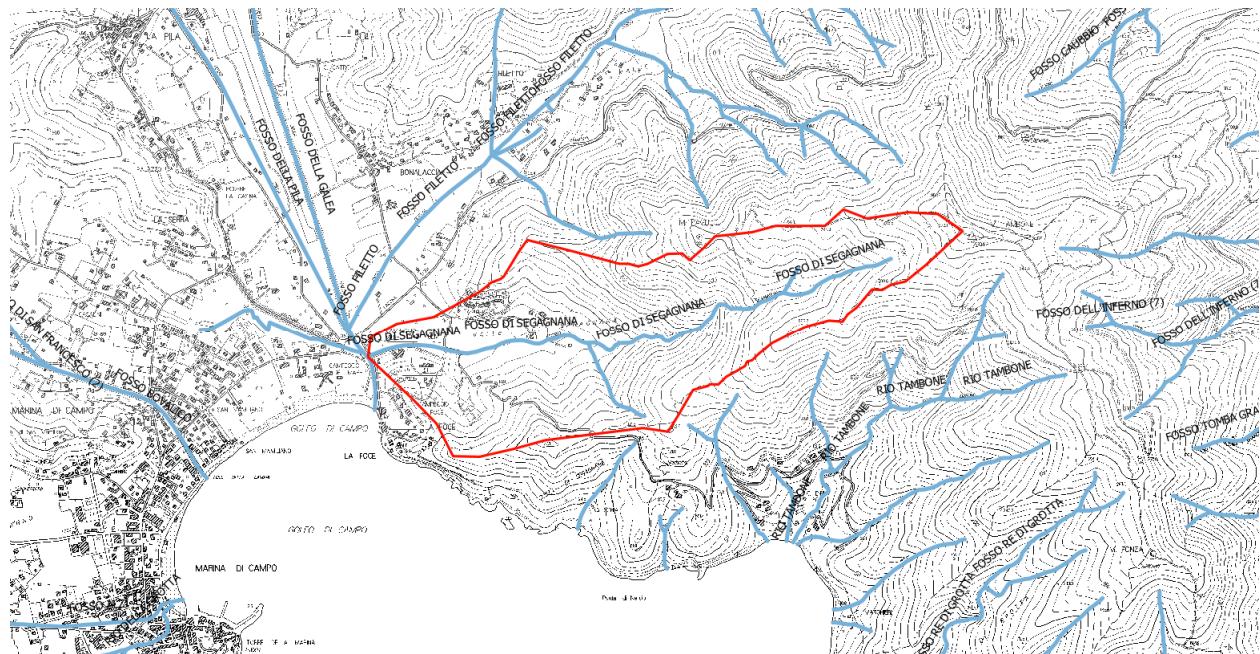


Figura 3: Bacino del Fosso di Segagnana tracciato su C.T.R. in scala 1:10.000

5. Analisi idrologica

È stata eseguita una modellazione idrologica, che ha previsto una schematizzazione della trasformazione degli afflussi in deflussi superficiali con il metodo del Curve Number per lo studio della propagazione delle piene. L'analisi idrologica, implementata tramite il software HEC-HMS 4.3, è stata svolta con riferimento agli eventi caratterizzati da tempi di ritorno di 30 e 200 anni per durate di pioggia di 1, 2, 3 e 6 ore; la modellazione è stata effettuata utilizzando l'idrogramma unitario SCS.

5.1 Pluviometria

L'analisi idrologica è stata condotta tenendo conto delle *linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (LSPP) aggiornate, fino all'anno 2012*, dall'Università di Firenze (Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale) nell'ambito dell'accordo di collaborazione con la Regione Toscana di cui alla DGRT 1133/2012. I parametri delle LSPP aggiornate sono disponibili e consultabili al link <http://www.sir.toscana.it/lspp-2012>.

Per la stima delle precipitazioni da utilizzare ai fini della modellazione idrologica sono stati utilizzati i risultati della regionalizzazione degli eventi pluviometrici estremi forniti dal Sistema Idrologico Regionale della Regione Toscana. Nell'ambito dell'accordo di collaborazione tra Regione Toscana e Università di Firenze infatti, è stato effettuato un aggiornamento dell'analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme [Regione Toscana, Analisi Di Frequenza Regionale Delle Precipitazioni Estreme, Enrica Caporali, Valentina Chiarello, Giuseppe Rossi, 2014], grazie al quale è stato possibile scaricare i parametri necessari all'analisi delle precipitazioni all'interno del territorio studiato.

Il sito del SIR fornisce i dati puntuali su una griglia di 1x1 km² per l'intera regione Toscana relativi ai parametri α e n necessari per il calcolo della pioggia di progetto attraverso la formula monomia della LSPP (Linea Segnalatrice di Probabilità Pluviometrica), comunemente espressa come:

$$h = \alpha t^n$$

dove h è l'altezza di precipitazione espressa in mm, t è la durata di pioggia ed α e n sono i parametri caratteristici delle curve. Con altezza di precipitazione in un punto, comunemente misurata in mm, si intende l'altezza d'acqua che si formerebbe al suolo su una superficie orizzontale e impermeabile, in un certo intervallo di tempo (durata della precipitazione) trascurando le perdite. I valori di precipitazione ottenuti sulla griglia per i diversi tempi di ritorno sono stati poi mediati all'interno del bacino in esame ed inseriti nelle modellazioni idrologiche. Di seguito sono riportate le piogge per varie durate e tempi di ritorno.

Tr [anni]	h [mm] (t=1h)	h [mm] (t=2h)	h [mm] (t=3h)	h [mm] (t=6h)
30	56.00	68.47	77.01	94.16
200	78.00	99.76	115.21	147.35

Tabella 2 -Parametri pluviometrici caratteristici utilizzati per la modellazione idrologica

Per la modellazione idrologica su software HEC-HMS, l'andamento temporale degli eventi pluviometrici è stato schematizzato con ietogrammi sintetici rettangolari ad intensità costante e con forma triangolare, utilizzando successivamente questi ultimi in quanto più conservativi e rappresentativi degli eventi estremi di bacini di piccole dimensioni.

5.2 Perdite idrologiche

Per la determinazione dei deflussi netti corrispondente allo scorrimento superficiale dei bacini si è utilizzato il metodo del Curve Number (CN) del Soil Conservation Service. Il metodo si basa sul concetto che il flusso superficiale è nullo fino al raggiungimento di un valore di soglia di infiltrazione iniziale I_a , da letteratura tecnica legata alla capacità di ritenzione potenziale S dalla relazione:

$$Ia = 0,2 \cdot S$$

dove S è definita dall'espressione:

$$S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad [mm]$$

Il parametro adimensionale Runoff Curve Number può variare tra 0 e 100 ed è funzione del tipo di copertura vegetale, della tessitura del terreno, dell'uso del suolo e del grado di saturazione. Si è fatto quindi riferimento al gruppo idrologico USDA (A: suoli con deflusso superficiale basso, B: suoli con deflusso superficiale moderatamente basso, C: suoli con deflusso superficiale moderatamente alto, D: suoli con deflusso superficiale alto) grazie alla cartografia resa disponibile dal Geoscopio della Regione Toscana. Per il bacino del Fosso di Segagnana si ha la netta prevalenza di suoli di tipo A e B, con presenza di suoli di tipo C e D soprattutto nella parte di valle.

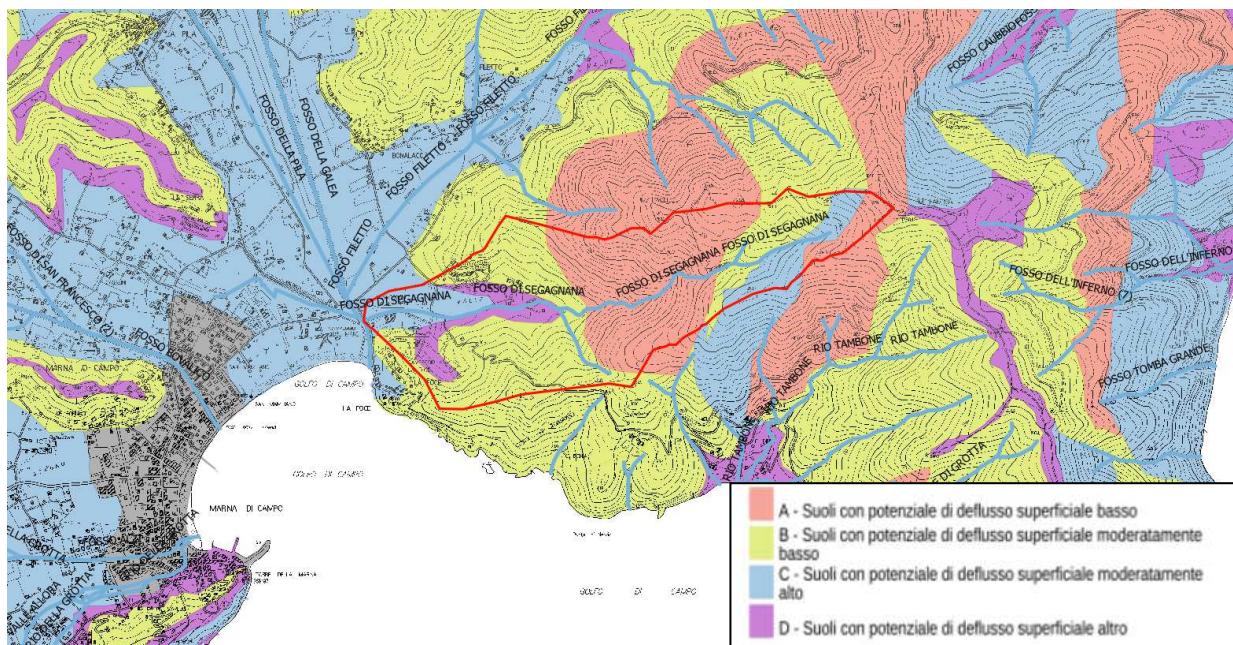


Figura 4 – Carta dei gruppi idrologici USDA

È stato poi analizzato l'uso del suolo sulla cartografia della Regione Toscana che riporta i valori del codice Corine Land cover. Come da figura seguente, per il bacino del Fosso di Segagnana si ha la netta prevalenza nella parte alta e mediana del codice 311 cui corrisponde "boschi di latifoglie" e del codice 142 "aree ricreative e sportive" nella parte terminale,

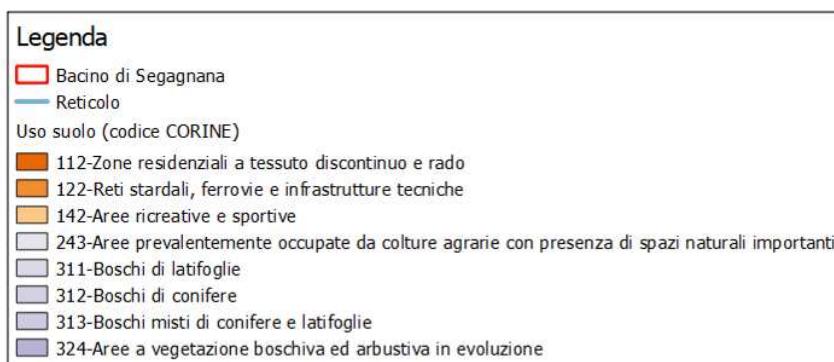
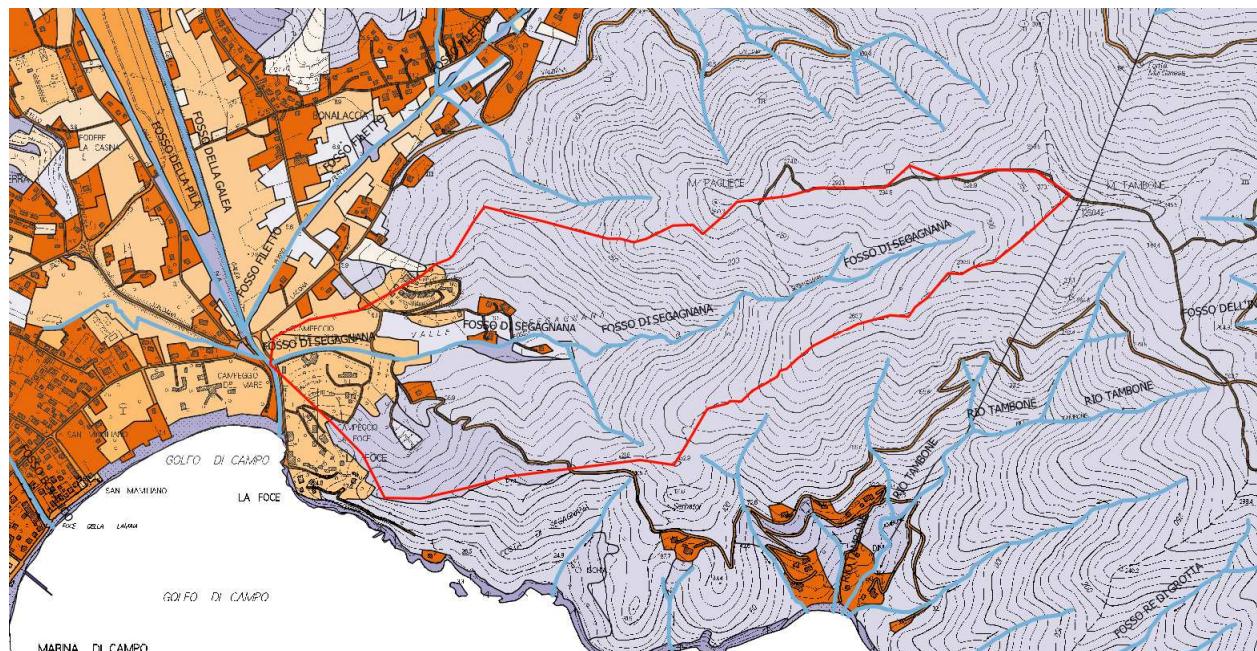


Figura 5 - Carta dell'uso del suolo (codice Corine Landsat 2000)

Ad ogni codice CORINE è associato un valore di CN, in tabella sono riportati i valori riferiti ad una condizione media di umidità del terreno antecedente l'evento di pioggia considerato (AMC II: Antecedent Moisture Condition Classe II). Tale tabella è stata ricavata dal documento "Modellazione idrologica caso pilota. Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC Addendum: Parametrizzazione HMS" del novembre 2014, predisposto nell'ambito dell'Accordo di collaborazione scientifica tra Regione Toscana e Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Firenze per attività di ricerca per la mitigazione del rischio idraulico nella Regione Toscana.

Codice CORINE	CN(A)	CN (B)	CN (C)	CN (D)
111	89	92	94	95
112	77	85	90	92
121	81	88	91	93
122	98	98	98	98
123	98	98	98	98
124	98	98	98	98
131	76	85	89	91
133	77	86	91	93
141	49	69	79	84
142	68	79	86	89
210	61	73	81	84
211	61	73	81	84
212	67	78	85	89
213	62	71	78	81
221	76	85	90	93
222	43	65	76	82
223	43	65	76	82
231	49	69	79	84
241	61	73	81	84
242	61	73	81	84
243	61	73	81	84
244	43	65	76	82
311	36	60	73	79
312	36	60	73	79
313	36	60	73	79
321	49	69	79	84
322	49	69	79	84
323	35	56	70	77
324	35	56	70	77
331	46	65	77	82
332	96	96	96	96
333	63	77	85	88
334	63	77	85	88
335	98	98	98	98
411	98	98	98	98
412	98	98	98	98
421	98	98	98	98
422	98	98	98	98
423	98	98	98	98
511	98	98	98	98
512	98	98	98	98
521	98	98	98	98
522	98	98	98	98
523	98	98	98	98

Tabella 3 -Parametri CN relativi alla classe II di umidità per le quattro classi litologiche e per i vari tipi di uso del suolo

Le classi AMC esprimono la condizione di umidità del suolo e fanno riferimento alla sua capacità di filtrazione relativamente all'ammontare di pioggia nei 5 giorni antecedenti l'evento:

Classe AMC	Precipitazione nei 5 giorni precedenti [mm]	
	Stagione di riposo	Stagione di crescita
1	<13	<36
2	13-28	36-54
3	>28	>54

Tabella 4 – Classi AMC

La classe AMC identifica le condizioni di saturazione del suolo nel suo strato superficiale nei giorni precedenti l'evento pluviometrico; il valore è considerato basso quando c'è stata poca precipitazione ed alto quando una considerevole quantità di pioggia è caduta nei cinque giorni precedenti all'evento. Ai fini modellistici le condizioni AMC II sono considerate condizioni medie, mentre le AMC III sono utilizzate per la caratterizzazione di eventi estremi. Per il passaggio da una classe all'altra valgono le seguenti relazioni:

$$CN(I) = \frac{CN(II)}{2.3 - 0.013 CN(II)}$$

$$CN(III) = \frac{CN(II)}{0.43 + 0.0057 CN(II)}$$

Mediando arealmente i valori di CN sulla base del tipo di suolo e di vegetazione si ottengono i seguenti valori di riferimento:

Bacino	CN (II)	CN (I)	CN (III)
Fosso di Segagnana	59	38	77

Tabella 5 – Valori del CN per il bacino d'interesse

Per il calcolo degli idrogrammi di piena è stato assunto cautelativamente il CN III, pari a 77.

5.3 Trasformazione afflussi deflussi

La trasformazione da afflussi netti (precipitazione epurata dalle perdite idrologiche) a deflussi è stata eseguita con il metodo di trasformazione dell'idrogramma unitario SCS, un idrogramma unitario sintetico, ottenuto da una serie di idrogrammi unitari di numerosi bacini, reso

adimensionale in funzione della durata del ramo ascendente dell'idrogramma T_p e della portata al colmo Q_p per i vari sottobacini individuati.

La valutazione del tempo di corriavazione è stata effettuata mediando i valori che si ottengono da molteplici formulazioni impiegate in letteratura, idonee per bacini di piccole dimensioni:

- formula di Ventura:

$$T_c = 0.127 \left(\frac{A}{i_B} \right)^{0.5}$$

- formula di Pasini:

$$T_c = 0.108 \frac{(AL)^{0.38}}{i^{0.5}}$$

- formula di Giandotti:

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8H_m}$$

- formula di Ferro:

$$T_c = 0.675 A^{0.5}$$

- Formule PIN Regione Toscana:

$$T_c = \frac{0.17}{0.6} L$$

$$T_c = \frac{0.32}{0.6} A^{0.5}$$

dove A è la superficie del Bacino in km^2 , L la lunghezza dell'asta principale in km, i la pendenza media del corso d'acqua, i_B la pendenza media del bacino.

Si riportano i valori dei tempi di corriavazione ottenuti dalle varie formule con i dati relativi alle caratteristiche geomorfologiche del bacino, calcolate sulla base dei dati CTR. Ai fini della modellazione con l'idrogramma unitario SCS, serve calcolare il tempo di ritardo, che si assume pari a 0.6 volte il tempo di corriavazione medio, e viene inserito nella modellazione in minuti.

Bacino	Ventura (h)	Pasini (h)	Ferro (h)	Giandotti (h)	PIN 1 (h)	PIN 2 (h)	Tc medio (h)	T rit (min)
Fosso di Segagnana	0.33	0.40	0.71	0.65	0.62	0.56	0.54	20

Tabella 6 – Tempi di corriavazione (h) e tempo di ritardo (min)

5.4 Risultati della modellazione afflussi-deflussi

Le modellazioni idrologiche sono state condotte considerando tanto uno ietogramma rettangolare ad intensità costante che uno di forma triangolare con picco centrale ed intensità doppia rispetto a quella media. Le simulazioni sono state effettuate con riferimento a durate di pioggia di 1, 2, 3 e 6 ore, al fine di valutare anche i volumi in esame oltre che il picco di piena.

Durata pioggia	Q_{30}	q_{30}	$Q_{200} (\text{mc/s})$	q_{200}
1 ora	5.8 mc/s	5.8 mc/s kmq	10.6 mc/s	10.6 mc/s kmq
2 ore	5.3 mc/s	5.3 mc/s kmq	9.6 mc/s	9.6 mc/s kmq
3 ore	4.5 mc/s	4.5 mc/s kmq	8.2 mc/s	8.2 mc/s kmq
6 ore	2.9 mc/s	2.9 mc/s kmq	5.8 mc/s	5.8 mc/s kmq

Tabella 7 - Valori di picco degli idrogrammi di piena e valori di portata unitari per uno **ietogramma di tipo rettangolare ad intensità costante**

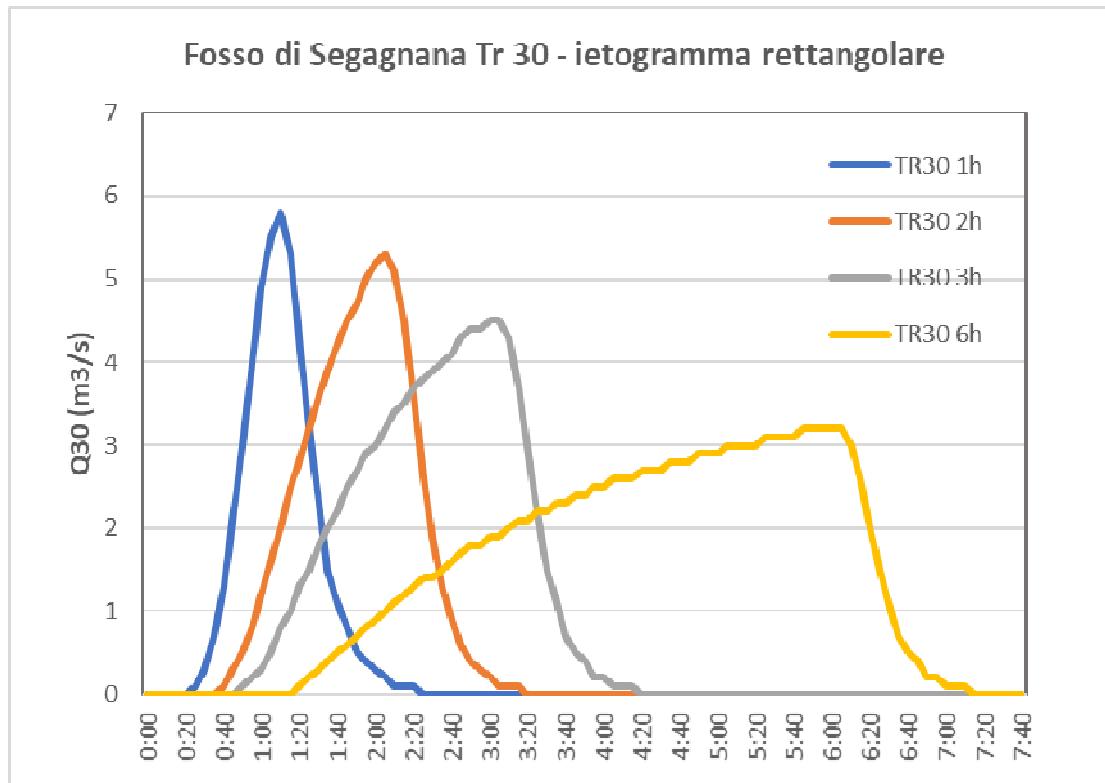


Figura 6 - Idrogrammi Tr 30 anni ietogramma rettangolare ad intensità costante

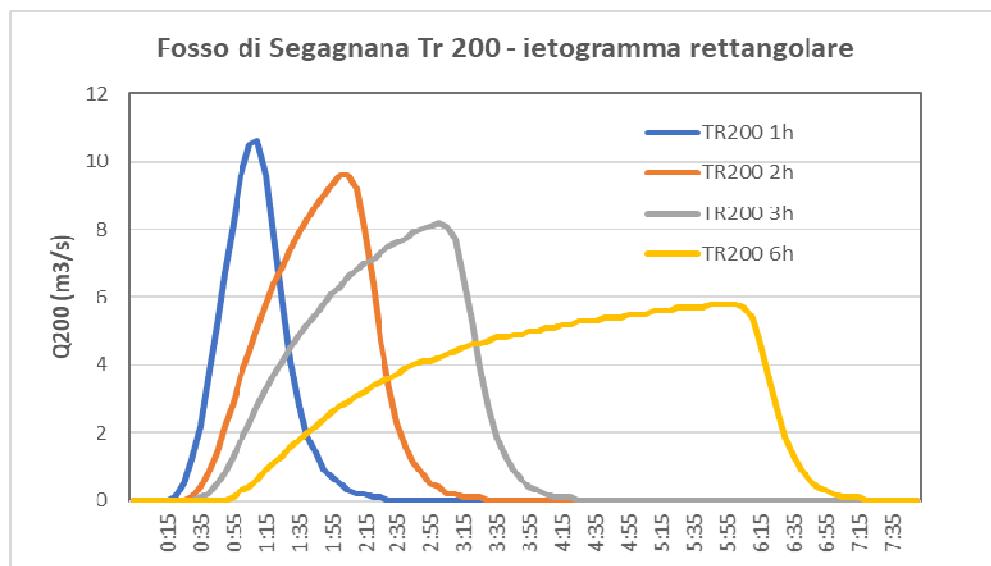


Figura 7 – Idrogrammi Tr 200 anni ietogramma rettangolare ad intensità costante

Durata pioggia	Q_{30}	q_{30}	$Q_{200} (\text{mc/s})$	q_{200}
1 ora	6.0 mc/s	6.0 mc/s kmq	11.8 mc/s	11.8 mc/s kmq
2 ore	6.1 mc/s	6.1 mc/s kmq	12.0 mc/s	12.0 mc/s kmq
3 ore	5.6 mc/s	5.6 mc/s kmq	11.0 mc/s	11.0 mc/s kmq
6 ore	4.3 mc/s	4.3 mc/s kmq	8.7 mc/s	8.7 mc/s kmq

Tabella 8 – Valori di picco degli idrogrammi e valori di portata unitari per uno **ietogramma di tipo triangolare**

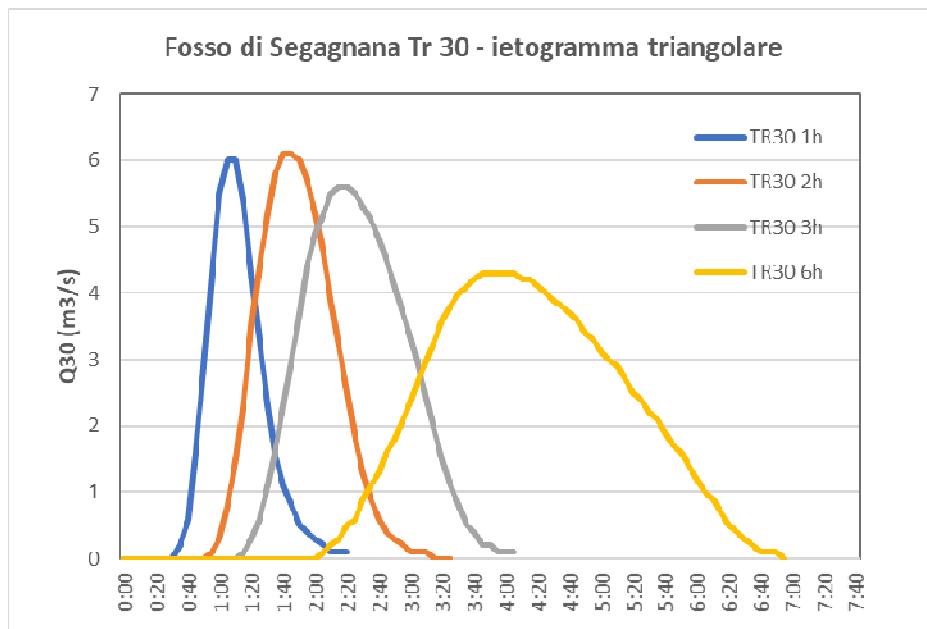


Figura 8 – Idrogrammi Tr 30 anni ietogramma triangolare

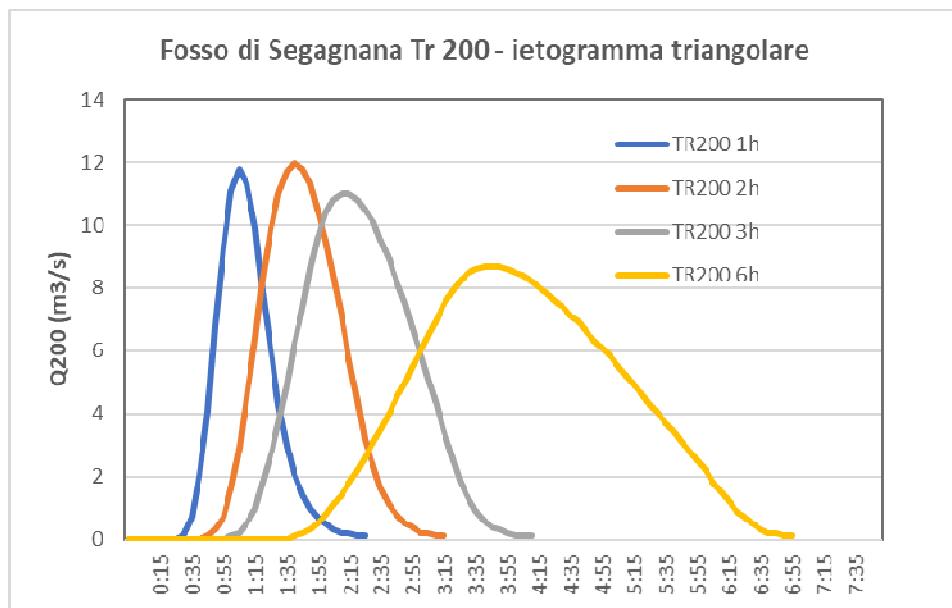


Figura 9 – Idrogrammi Tr 200 anni ietogramma triangolare

Come visibile dai diagrammi e dalle tabelle sopra riportate risulta più cautelativo lo ietogramma triangolare tanto in termini di picco di piena che volumetrici e pertanto viene assunto quale riferimento per le verifiche idrauliche condotte.

6 Descrizione dello stato attuale e degli interventi previsti

Il tratto oggetto di intervento, di lunghezza pari a circa 400 m, presenta due attraversamenti insufficienti a monte, il primo sotto la strada del Macchione e l'altro in corrispondenza di un ingresso secondario del Campeggio Valle degli Ulivi. Procedendo verso valle, il corso d'acqua presenta due ulteriori tombamenti, idraulicamente insufficienti, all'interno della proprietà del campeggio, più importanti in termini di lunghezza, uno è di 25 m e l'altro, che porta fino all'immissione nel Fosso della Galea regolata tramite portella attualmente danneggiata, è di 120 m.

Ai sensi della recente normativa della Regione Toscana la gestione dei tratti tombati dei corsi d'acqua è regolamentata dagli articoli 4, 5 e 6 della L.R. 41/2018.

Come riportato successivamente, le verifiche idrauliche di stato attuale hanno mostrato l'insufficienza del reticolto, con abbondanti esondazioni anche per eventi frequenti e per tutte le durate di pioggia considerate, sia in condizioni di sbocco libero che rigurgitato.



Figura 10 – Inquadramento del tratto oggetto di progetto su ortofoto.

La progettazione degli interventi è avvenuta a step con l'obiettivo di intervenire in una prima fase tramite il finanziamento del Progetto Trigeau, per ridurre il rischio per eventi trentennali le aree più vulnerabili agli allagamenti a valle, per poi completare l'intervento nello step 2 con la realizzazione di un'area di esondazione controllata su proprietà del campeggio, in modo da eliminare gli allagamenti residui per Tr 30 anni e mitigare gli effetti per eventi con Tr 200 anni, riducendo il rischio ad una soluzione accettabile.

Come meglio caratterizzati negli elaborati grafici allegati lo **step di intervento 1** prevede le seguenti opere:

- Dismissione completa del tratto tombato più breve del Fosso di Segagnana all'interno della proprietà del Campeggio;
- Dismissione parziale del tracciato tombato più lungo (da 120 m si passa a 40 m di lunghezza del tratto), e sostituzione della condotta esistente Φ 800 mm con sezione scatolare chiusa rettangolare 1.6 x 1.0 m, lasciando inalterata la quota di scorrimento;
- Risanamento e rinaturalizzazione delle sezioni a cielo aperto, con realizzazione di piccoli

parapetti anticaduta verso il fosso. I tratti riaperti avranno sezione trapezoidale larga 3 m sul fondo e 4 m in testa ed altezza 1.0 m nel tratto all’interno del campeggio. Il tratto a lato della strada vicinale di Macchione, attualmente a cielo aperto, sarà risagomato e allargato per ottenere una sezione trapezoidale larga 1 m sul fondo, 2.5 m in testa con altezza di 1.7 m;

- Riprofilatura del fondo nel tratto all’interno del campeggio, al fine di evitare contropendenze ed uniformare lo scorrimento;
- Rifacimento dell’attraversamento per l’ingresso secondario del campeggio, attualmente costituito da un tubo in cls di 80 cm, e dell’attraversamento sotto la strada vicinale di Macchione, attualmente costituito da un tubo in cls di 1,2 m di diametro, e loro sostituzione con scatolari a sezione rettangolare di 1.6 x 1.0 m;
- Realizzazione di due tubazioni in PEHD di diametro 630 mm ciascuna di troppo pieno, che partendo subito a monte della confluenza, scaricano nel Fosso della Galea circa 120 m più a valle. Questo intervento è funzionale ad evitare fenomeni di rigurgito ed il ristagno nelle parti morfologicamente più depresse, facilitando l’immissione del Fosso di Segagnana nel Fosso della Galea.

Lo step di intervento 2 è funzionale all’eliminazione delle esondazioni Tr 30 anni e prevede le seguenti opere:

- Realizzazione di un’area di esondazione controllata da realizzarsi sulla proprietà del campeggio, con superficie lorda di circa 4.000 mq; l’area sarà delimitata da argini in terra rinverditi posti ad una quota di 4.0 m s.l.m. e fondo ad una quota di 2.0 m s.l.m.;
- Realizzazione di uno sfioratore in sponda destra del Fosso di Segagnana, realizzato con scogliera in massi intasati, ad una quota di 3.5 m s.l.m.;
- Realizzazione di uno sfioratore finestrato a monte della Via del Macchione, con doppio scatolare 2.5 x 0.5 m, recapitante le acque all’interno dell’area di esondazione controllata;
- Realizzazione di scarico di restituzione a gravità con tubazione circolare dotata di portella unidirezionale.

Complessivamente l’area destinata al contenimento delle esondazioni del Fosso di Segagnana è pari a 4.000 m², con altezza massima invasata di 2.0 m e capacità di accumulo di 7.000 m³; per la realizzazione dell’opera idraulica verranno messe a disposizione aree di pertinenza privata del campeggio, lasciando l’uso dell’area ad attività ludico ricreative. Tale operazione è in linea con uno

degli obiettivi del progetto T.R.I.G.-Eau di sperimentazione di una progettazione partecipata pubblico-privata per la mitigazione del rischio da alluvioni.

L'opera è stata verificata con riferimento ad eventi con tempo di ritorno Tr 30 anni e per eventi con diverse durate di pioggia, al fine di ottimizzarne il funzionamento tanto per i valori di picco della portata che per le durate che massimizzano l'invaso in termine di volumi; la sua attuazione comporta l'assenza di esondazioni TR 30 anni nell'area di studio, mentre per eventi con Tr 200 anni residuano esondazioni ma con un livello di rischio accettabile, come successivamente illustrato.

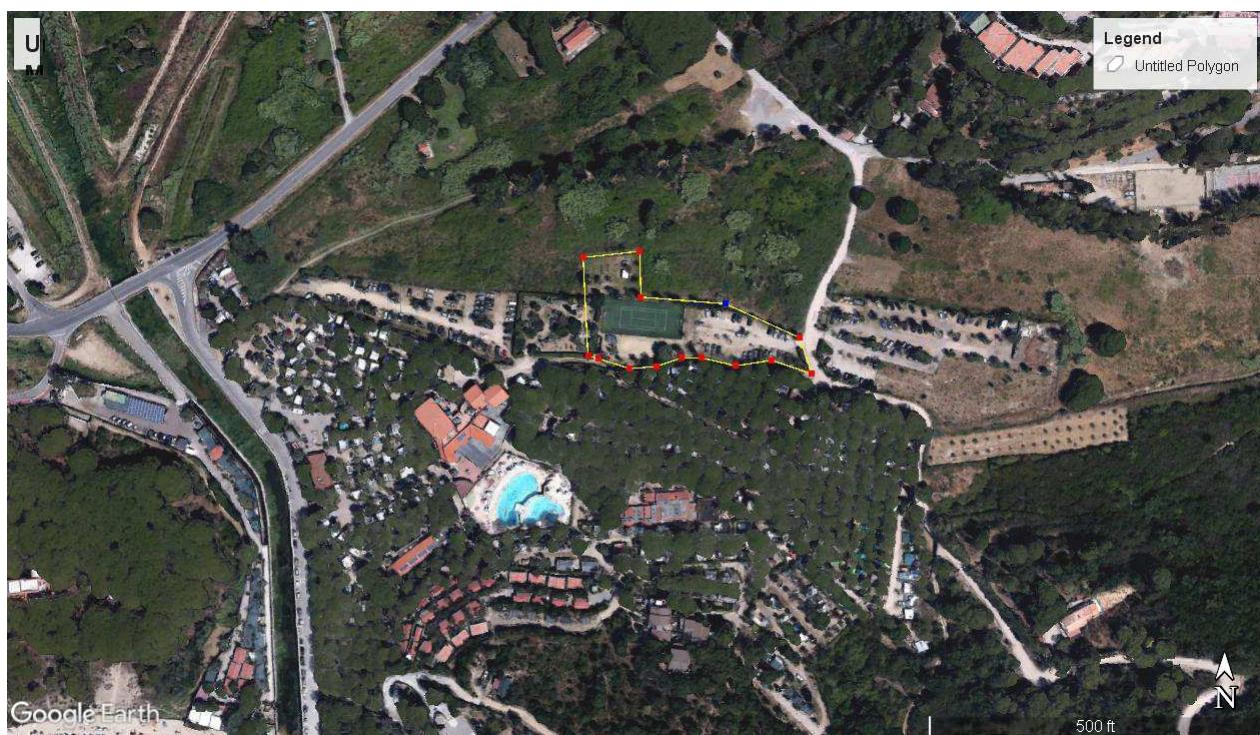


Figura 11 – Area destinata a cassa di laminazione

7 Verifiche idrauliche e parametri di simulazione

Le verifiche idrauliche sono state realizzate con un modello accoppiato di tipo monodimensionale all'interno del canale e puramente bidimensionale per la propagazione dei volumi esondati sul piano campagna, implementato con il software HEC RAS 5.0.5, che è un modello fisicamente basato in grado di conservare e distribuire i volumi d'acqua in base all'effettiva morfologia e topografia del territorio analizzato. Lo schema di moto all'interno del canale è di tipo unidimensionale non stazionario (moto vario), risolto mediante integrazione numerica delle equazioni di De Saint Venant; le arginature od i cigli di sponda sono rappresentati mediante sfioratori longitudinali (*Lateral*

Structures) che, nell'evenienza in cui il livello liquido raggiunga la sommità arginale, trasferiscono il volume esondato sul territorio, per la sua propagazione con schema di moto bidimensionale, che è risolto mediante l'integrazione numerica delle equazioni del moto, espressa come equazione dell'onda dinamica completa, e di conservazione del volume:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h V_x}{\partial x} = i$$

$$S_{fx} = S_{0x} - \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{V_x}{g} \frac{\partial V_x}{\partial x} - \frac{1}{g} \frac{\partial V_x}{\partial t}$$

dove:

- h: tirante idrico;
- V_x : componente lungo x della velocità media;
- i: intensità dell'eccesso di pioggia;
- S_{fx} : componente lungo x del gradiente delle perdite di carico per attrito (da equazione di Manning);
- S_{0x} : pendenza del piano campagna.

L'interfaccia 1D-2D è di tipo bidirezionale, ovvero consente la propagazione da e verso il canale, ovviamente in base alle condizioni topografiche e dei livelli idraulici di monte e valle. La costruzione del modello digitale del terreno è realizzata mediante l'utilizzo di punti georeferenziati di coordinate x,y,z a partire dei dati altimetrici Lidar, forniti dal volo della Regione Toscana (anno 2012).

La definizione dei coefficienti di scabrezza è stata fatta distinguendo il moto nei canali e quello nella piana alluvionale. Per quanto riguarda il primo caso si sono assunti i seguenti valori di scabrezza:

Tipologia	Scabrezza n (Manning)
Canale principale	0.035
Sommità spondale	0.065
Manufatti in cls	0.025

Tabella 9 – Coefficienti di scabrezza per le verifiche del Fosso di Segagnana

Sempre per quanto riguarda le verifiche in moto vario all'interno del canale principale si sono assunti i seguenti coefficienti di contrazione/espansione:

Tipologia	Coeff. Contrazione	Coeff. Espansione
Variazioni graduali di sezione	0.1	0.3
Brusche variazioni di sezione	0.3	0.5
Attraversamenti	0.3	0.5

Tabella 10 – Coefficienti di contrazione ed espansione

L'interfaccia 1D-2D è stata simulata mediante *lateral structures* ricalcanti il profilo longitudinale della sommità arginale, con sfioro delle acque con stramazzo direttamente nelle aree 2D, simulato mediante la "Standard Weir Equation" secondo i seguenti coefficienti:

What is being modeled with the Lateral Structure	Description	Range of Weir Coefficients
Levee/Roadway – 3ft or higher above natural ground	Broad crested weir shape, flow over levee/road acts like weir flow	1.5 to 2.6 (2.0 default) SI Units: 0.83 to 1.43
Levee/Roadway – 1 to 3 ft elevated above ground	Broad crested weir shape, flow over levee/road acts like weir flow, but becomes submerged easily.	1.0 to 2.0 SI Units: 0.55 to 1.1
Natural high ground barrier – 1 to 3 ft high	Does not really act like a weir, but water must flow over high ground to get into 2D flow area.	0.5 to 1.0 SI Units: 0.28 to 0.55
Non elevated overbank terrain. Lat Structure not elevated above ground	Overland flow escaping the main river.	0.2 to 0.5 SI Units: 0.11 to 0.28

Tabella 11 – Coefficienti di sfioro laterale

Relativamente alla simulazione degli attraversamenti, oltre ai coefficienti di contrazione ed espansione precedentemente riportati, si specifica che sono stati modellati tramite l'approccio pressure and/o wier, per simularne anche il comportamento in pressione, mediante l'immissione di culvert aventi coefficienti di perdita per ingresso e uscita rispettivamente pari a 0.5 e 1 e Manning pari a 0.02.

La definizione dei coefficienti di scabrezza della pianura alluvionale è stata effettuata mediante valori di letteratura associati ai codici di uso del suolo del Land Corine Cover (*C.J. van Der Sande et al, A segmentation and classification approach of IKONOS-2 imagery for land cover mapping to assist flood risk and flood damage assessment*, International Journal of applied earth observation and geoinformation, 2003, *Lopes et al Flooding assessment under sea level rise scenarios: Ria de Aveiro case, Journal of coastal research*, 2013).

USO DEL SUOLO	Codice CORINE	Manning n
Tessuto Urbano continuo	111	0.14
Tessuto Urbano discontinuo	112	0.09
Aree industriali o commerciali	121	0.14
Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori	122	0.07
Aree portuali	123	0.07
Aeroporti	124	0.06
Aree estrattive	131	0.12
Discariche	132	0.04
Cantieri	133	0.06
Aree verdi urbane	141	0.02
Aree ricreative e sportive	142	0.04
Seminativi in aree non irrigue	211	0.08
Seminativi in aree irrigue	212	0.08
Risaie	213	0.04
Vigneti	221	0.12
Frutteti e frutti minori	222	0.12
Oliveti	223	0.12
Prati Stabili	231	0.1
Colture temporanee associate a colture permanenti	241	0.08
Sistemi culturali e particellari complessi	242	0.10
Aree con colture agrarie e pazi naturali importanti	243	0.09
Boschi di latifoglie	311	0.1
Boschi di conifere	312	0.1
Boschi misti	313	0.13
Aree a pascolo naturale e praterie	321	0.11
Brughiere e cespuglietti	322	0.06
Aree a vegetazione sclerofilla	323	0.10
Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione	324	0.10
Spiagge, dune e sabbie	331	0.07
Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti	332	0.07
Aree con vegetazione rada	333	0.09
Aree percorse da incendi	334	0.07

USO DEL SUOLO	Codice CORINE	Manning n
Paludi interne	411	0.10
Saline	422	0.04
Corsi d'acqua, canali e idrovie	511	0.03
Bacini d'acqua	521	0.03

Tabella 12 – Coefficienti di scabrezza per la propagazione dei volumi esondati sul piano campagna

L'attribuzione dei coefficienti di scabrezza è stata fatta mediante la procedura di Hec Ras "Land Cover to Manning's n" con cui associare a ciascuna cella 2D il corrispettivo codice Corine, e da questo il relativo valore di scabrezza secondo Manning, in modo da descrivere fedelmente le effettive condizioni di deflusso della pianura.



Figura 12 - Esempio di associazione dei valori di scabrezza secondo Manning della pianura tramite il relativo codice Corine effettuato tramite Hec Ras

Come condizione al contorno di monte è stato imposto l'idrogramma di piena per vari tempi di ritorno e durate di pioggia, mentre la condizione di valle è stata rappresentata con duplice scenario, ovvero sbocco libero del Fosso Segagnana nel Fosso della Galea oppure sbocco rigurgitato; nel primo caso è stata imposta come condizione al contorno di valle del Fosso di Segagnana la pendenza di moto uniforme (*normal depth*), nel secondo caso l'idrogramma delle altezze che oblitera dal primo istante di simulazione la portella di sbocco del Fosso di Segagnana (*stage hydrograph costante a quota +1.0 m rispetto al fondo del Fosso della Galea*).

La cella bidimensionale in destra del Fosso Segagnana è stata appoggiata al rilevato della SP30 e rappresenta un dominio chiuso, non essendo presenti passanti idraulici, ed eventualmente le esondazioni si accumulano e ristagnano nei punti più depressi; la cella bidimensionale in sinistra è stata estesa invece fino alla linea di riva, imponendo come condizione al contorno di uscita la normal depth, assimilabile come la pendenza del terreno. Come successivamente illustrato le condizioni al contorno delle celle bidimensionali non sono significative sui risultati degli allagamenti, poiché la dinamica di propagazione si arresta prima del contatto con il bordo dell’area 2D;

Tutte le simulazioni sono state condotte per diverse durate di pioggia, ovvero 1, 2, 3, 6 ore, prolungando la dinamica di esondazione per 2 ore oltre il termine dell’evento pluviometrico di riferimento.

8 Risultati delle verifiche idrauliche

Si riporta qui di seguito una breve sintesi dei risultati ottenuti dalle verifiche idrauliche, rimandando alla cartografia dei battenti per una migliore descrizione del fenomeno ed agli elaborati grafici per la definizione degli interventi.

Relativamente alla carta dei battenti si è provveduto ad effettuare, per ogni tempo di ritorno considerato e per ogni condizione al contorno (sbocco libero/occluso) l’inviluppo dei massimi battenti per ogni durata di pioggia considerata; in questo caso viene rappresentata la codizione più gravosa, in quanto ogni cella della mesh di calcolo riporta il massimo valore di battente fra le varie durate considerate.

8.1 Risultati verifiche stato attuale

Le verifiche di stato attuale mostrano la sostanziale insufficienza delle sezioni del Fosso di Segagnana con esondazioni diffuse tanto con sbocco libero che con sbocco rigurgitato. L’evento più gravoso in termine di estensione è quello connesso alla durata di due ore, mentre le differenze fra sbocco libero e rigurgitato sono piuttosto modeste, in quanto le esondazioni iniziano la parte a monte, andando a ricoprire interamente il tombamento. Sul piano campagna i massimi tiranti si verificano a monte della strada del Macchione, con battenti superiori al metro, ed in prossimità della

SP30, dove l'acqua ristagna per le condizioni morfologiche di buca. Nell'area del campeggio i battenti Tr 30 anni sono dell'ordine dei 30-50 cm, mentre le velocità sono inferiori a 1.0 m/s.

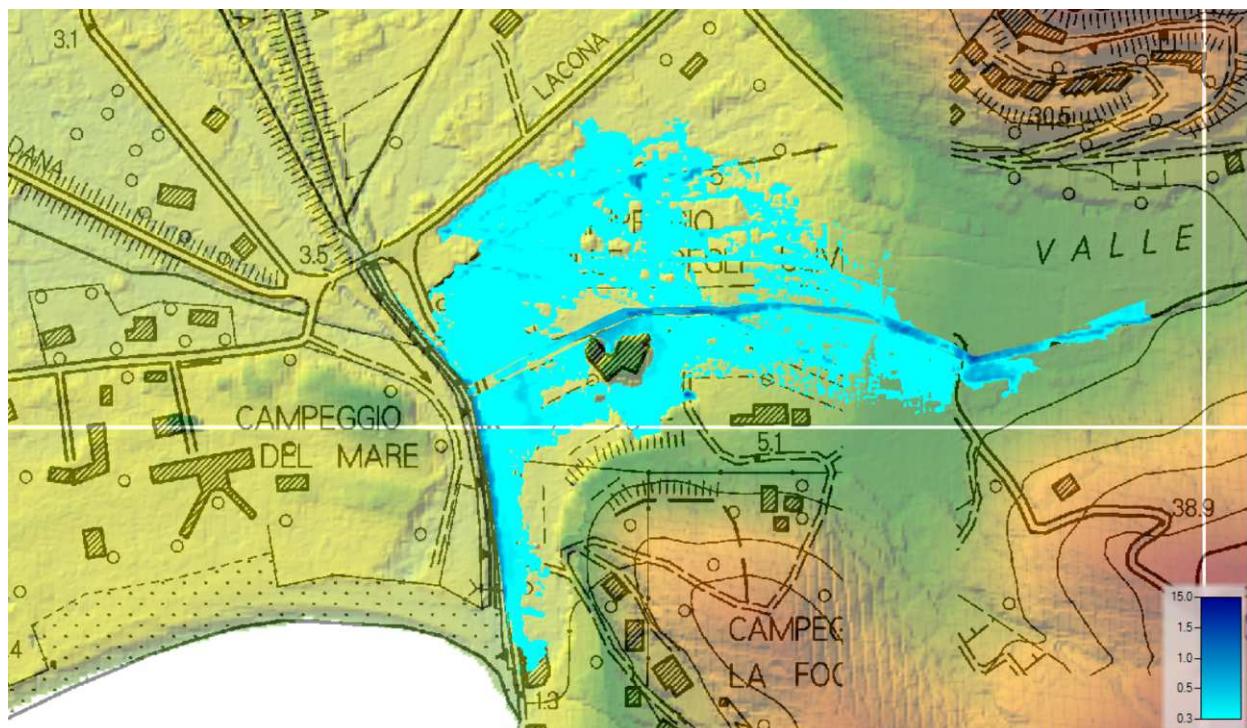


Figura 13 – Inviluppo delle massime altezze d'esondazione per Tr 30 anni sbocco libero

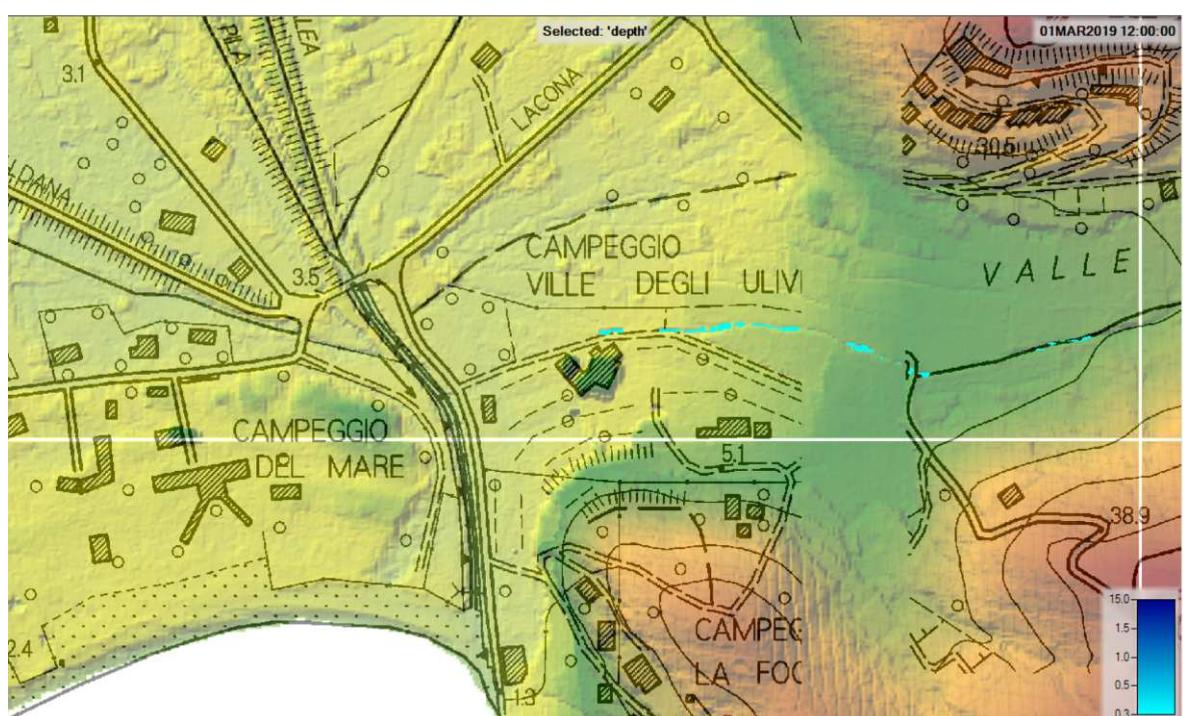


Figura 14 – Stato attuale Tr 30 anni, sbocco libero, all'istante iniziale della simulazione

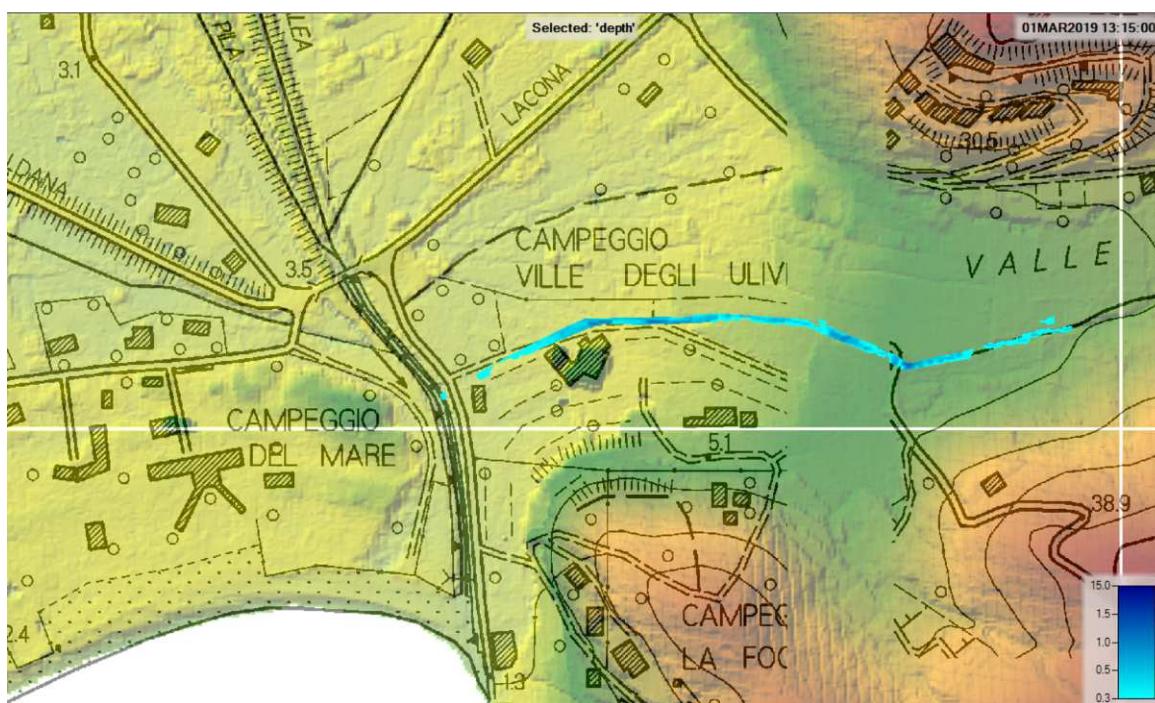


Figura 15 – Stato attuale Tr 30 anni, sbocco libero, dopo un'ora ed un quarto dall'inizio della simulazione

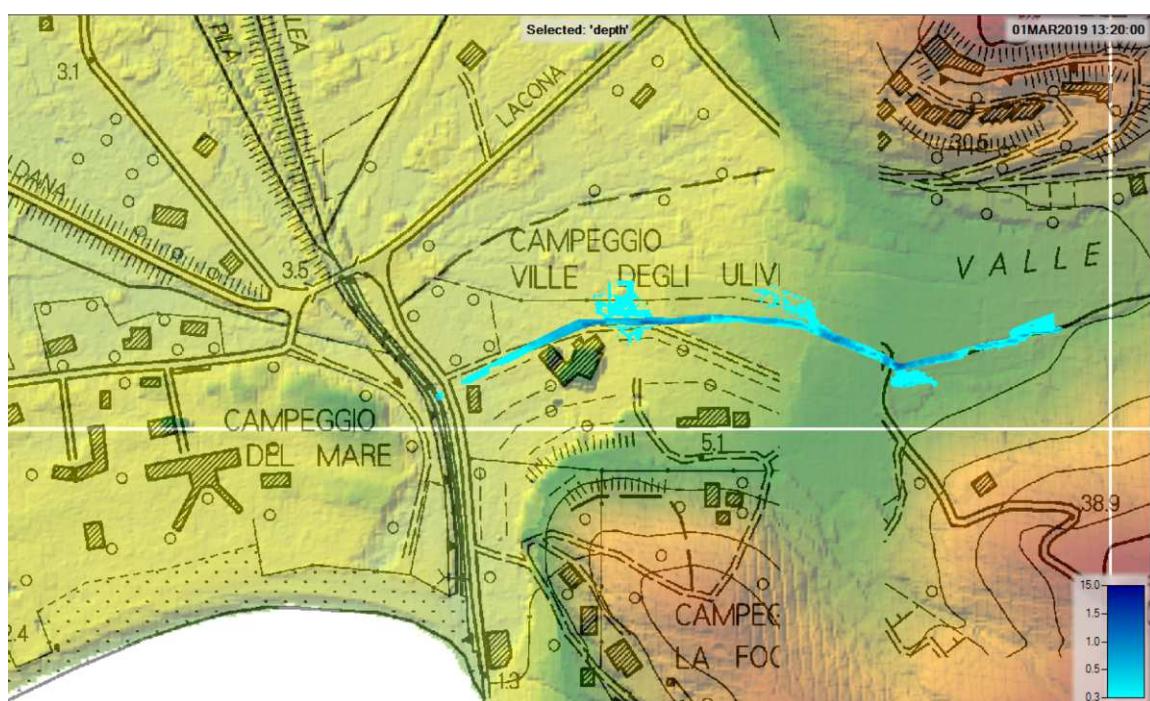


Figura 16 – Stato attuale Tr 30 anni, sbocco libero, dopo un'ora e venti dall'inizio della simulazione

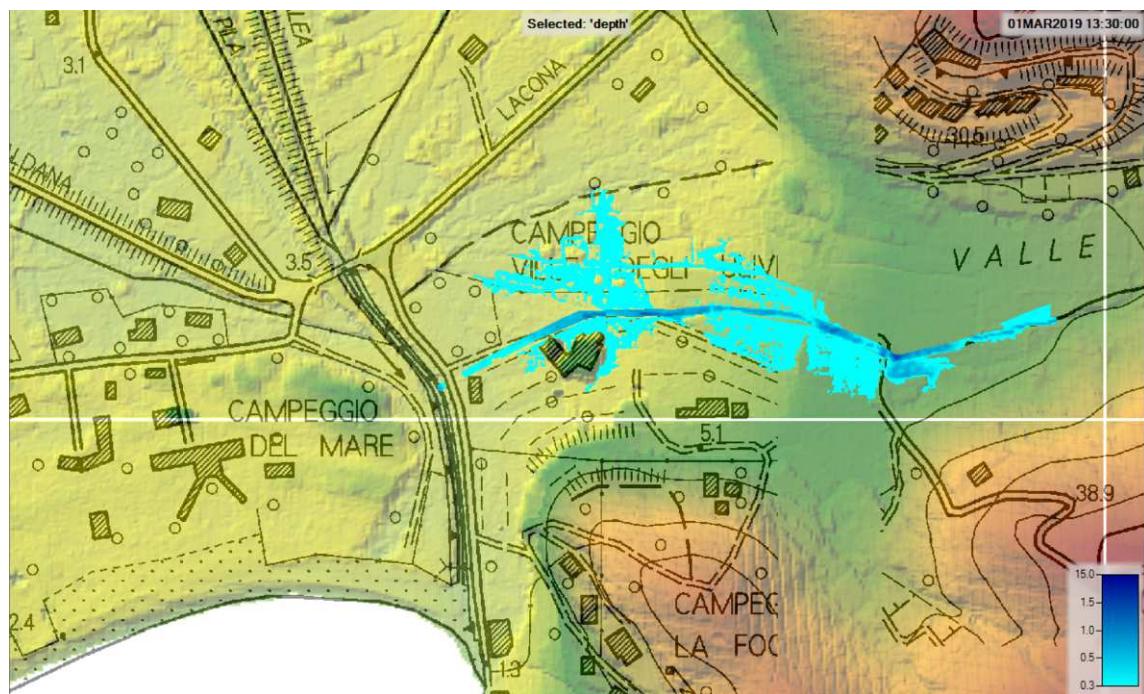


Figura 17 – Stato attuale Tr 30 anni, sbocco libero, dopo un'ora e trenta dall'inizio della simulazione



Figura 18 – Stato attuale Tr 30 anni, sbocco libero, dopo un'ora quarantacinque dall'inizio della simulazione

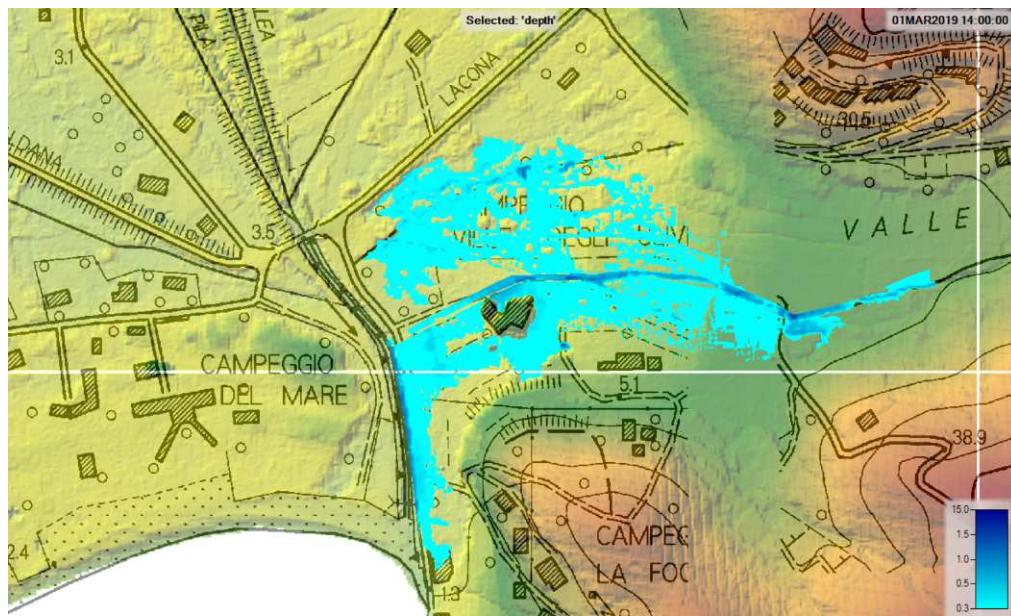


Figura 19 – Stato attuale Tr 30 anni, sbocco libero, dopo due ore dall'inizio della simulazione

Le prime esondazioni si verificano in corrispondenza degli attraversamenti della strada per il Macchione e all'imbocco del tombamento all'interno del campeggio e dai punti di esondazione si propagano in direzione Ovest Sud-Ovest seguendo la morfologia del terreno.

Con riferimento allo scenario di sbocco libero le verifiche per Tr 200 anni risultano più gravose in termini di battenti ed estensione degli allagamenti, come riportato nell'immagine sottostante.

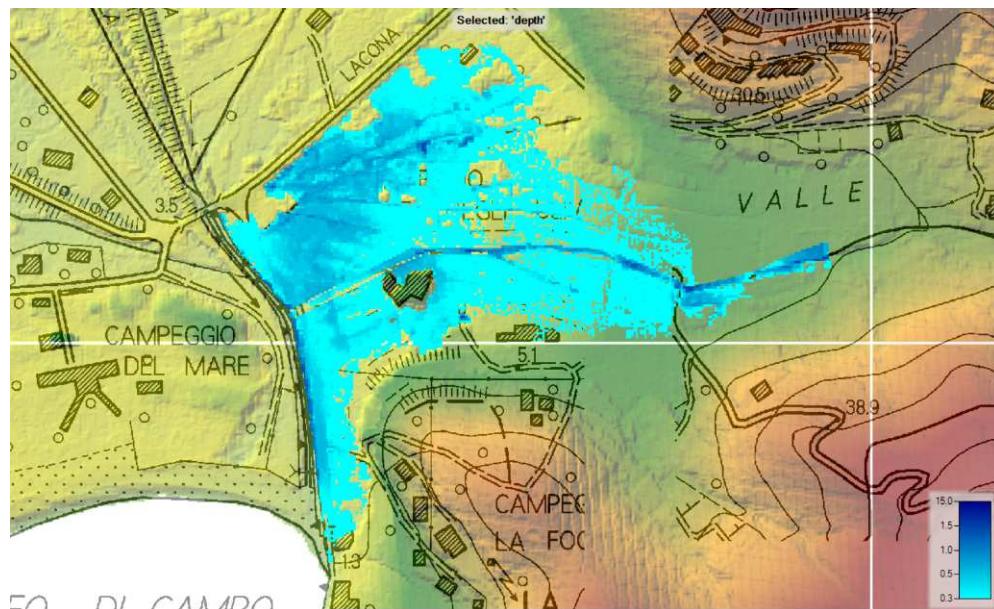


Figura 20 – Inviluppo delle massime altezze d'esondazione per Tr 200 anni sbocco libero

Qui di seguito si riportano i risultati delle simulazioni Tr 30 e Tr 200 anni con condizione di sbocco rigurgitata, in termini di inviluppo dei massimi battenti, che non differiscono molto da quelli di sbocco libero, a seguito delle abbondanti esondazioni che si verificano a monte, se non per il fatto che la condizione più gravosa è quella connessa alla durata di 6 ore piuttosto che alle 2 ore.



Figura 21 – Inviluppo delle massime altezze d'esondazione per Tr 30 anni sbocco rigurgitato

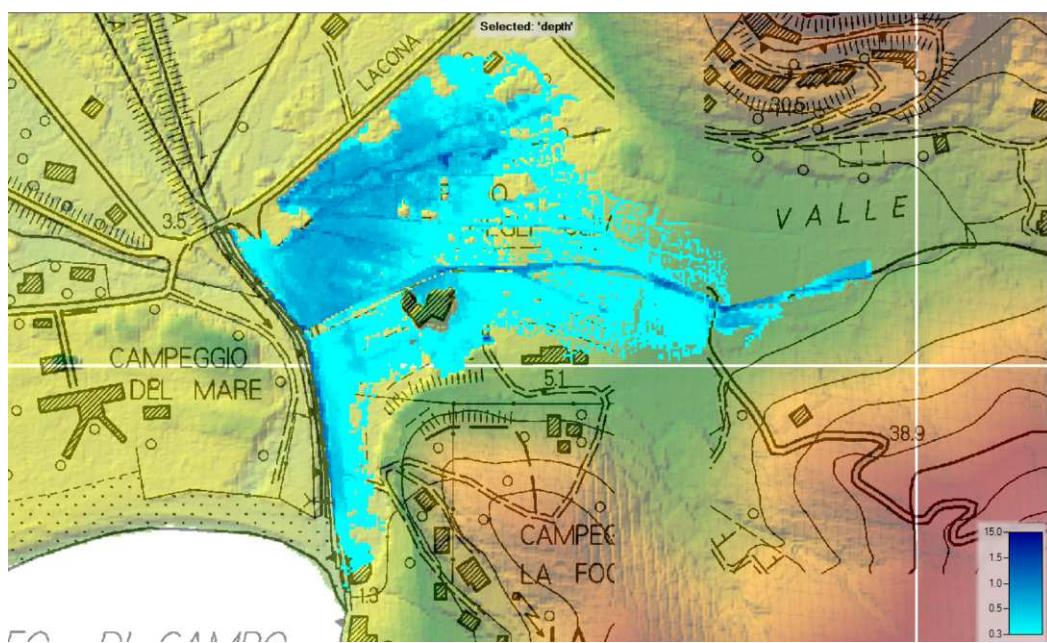


Figura 22 – Inviluppo delle massime altezze d'esondazione per Tr 200 anni sbocco rigurgitato

8.2 Risultati verifiche idrauliche stato di progetto step 1

Le verifiche idrauliche sono state ripetute inserendo le opere previste nello step 1 di progettazione, ovvero:

- Dismissione completa del tratto tombato più breve del Fosso di Segagnana all’interno della proprietà del Campeggio;
- Dismissione parziale del tracciato tombato più lungo (da 120 m si passa a 40 m di lunghezza del tratto), e sostituzione della condotta esistente Φ 800 mm con sezione scatolare chiusa rettangolare 1.6 x 1.0 m, lasciando inalterata la quota di scorrimento;
- Rizezionamento e rinaturalizzazione delle sezioni a cielo aperto, con realizzazione di piccoli parapetti anticaduta verso il fosso. I tratti riaperti avranno sezione trapezoidale larga 3 m sul fondo e 4 m in testa ed altezza 1.0 m nel tratto all’interno del campeggio. Il tratto a lato della strada vicinale di Macchione, attualmente a cielo aperto, sarà risagomato e allargato per ottenere una sezione trapezoidale larga 1 m sul fondo, 2.5 m in testa con altezza di 1.7 m;
- Riprofilatura del fondo nel tratto all’interno del campeggio, al fine di evitare contropendenze ed uniformare lo scorrimento;
- Rifacimento dell’attraversamento per l’ingresso secondario del campeggio, attualmente costituito da un tubo in cls di 80 cm, e dell’attraversamento sotto la strada vicinale di Macchione, attualmente costituito da un tubo in cls di 1,2 m di diametro, e loro sostituzione con scatolari a sezione rettangolare di 1.6 x 1.0 m;
- Realizzazione di due tubazioni in PEHD di diametro 630 mm ciascuna di troppo pieno, che partendo subito a monte della confluenza, scaricano nel Fosso della Galea circa 120 m più a valle. Questo intervento è funzionale ad evitare fenomeni di rigurgito ed il ristagno nelle parti morfologicamente più depresse, facilitando l’immissione del Fosso di Segagnana nel Fosso della Galea.

Questi interventi portano ad una notevole riduzione delle esondazioni rispetto allo stato attuale, sia in termini di battenti residui, che si attestano a valori inferiori di 30 cm, che di estensione degli allagamenti, sia per Tr 30 anni che per Tr 200 anni. Per eventi frequenti residuano esondazioni, come riportato nelle immagini seguenti, che è possibile gestire comunque con lo step di progettazione n. 2.

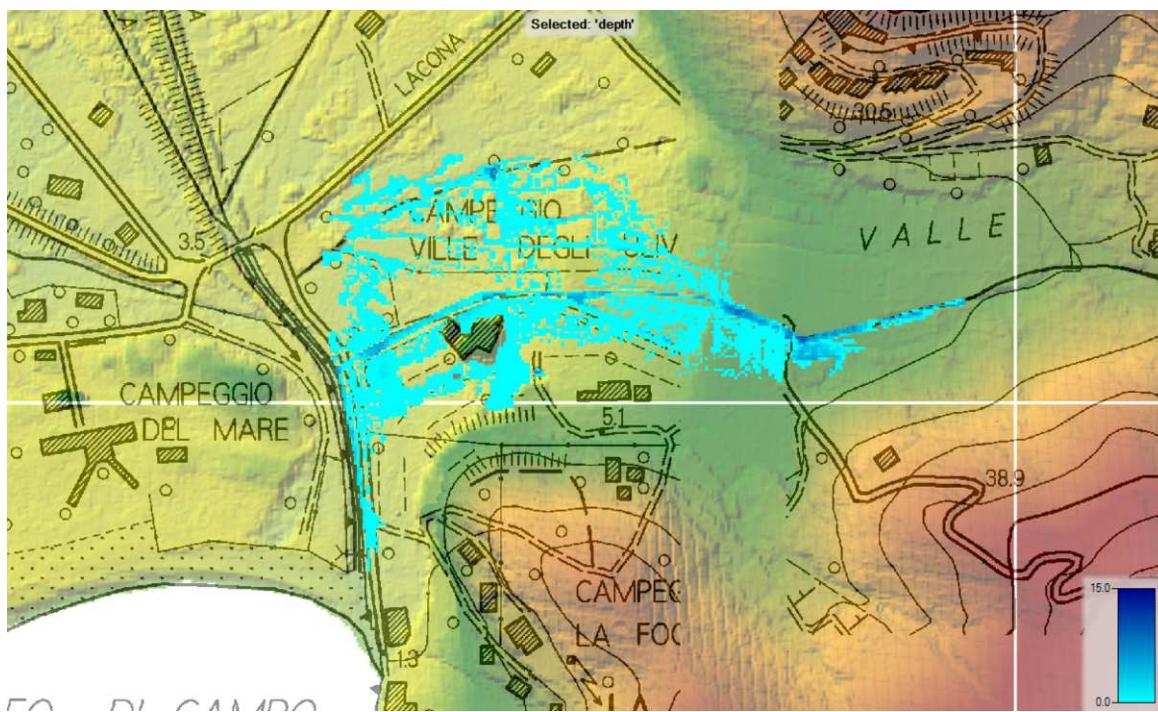


Figura 23 – Inviluppo delle massime altezze d'esondazione per Tr 30 anni sbocco libero step 1 di progettazione

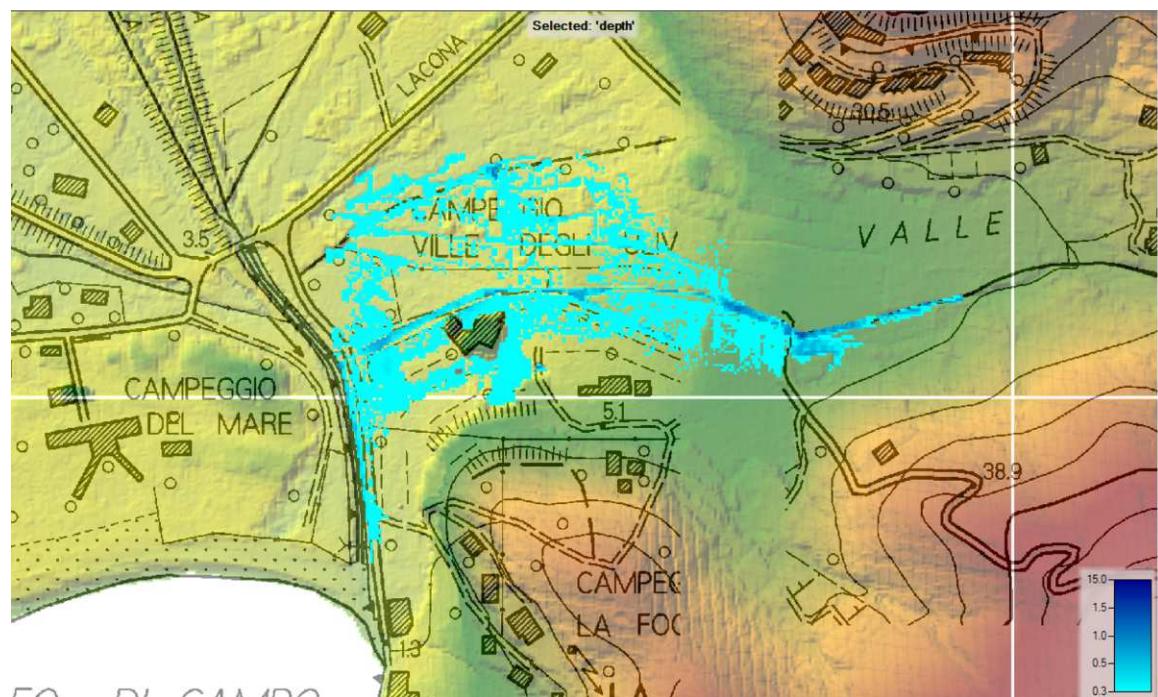


Figura 24 – Inviluppo delle massime altezze d'esondazione per Tr 30 anni sbocco rigurgitato step 1 di progettazione

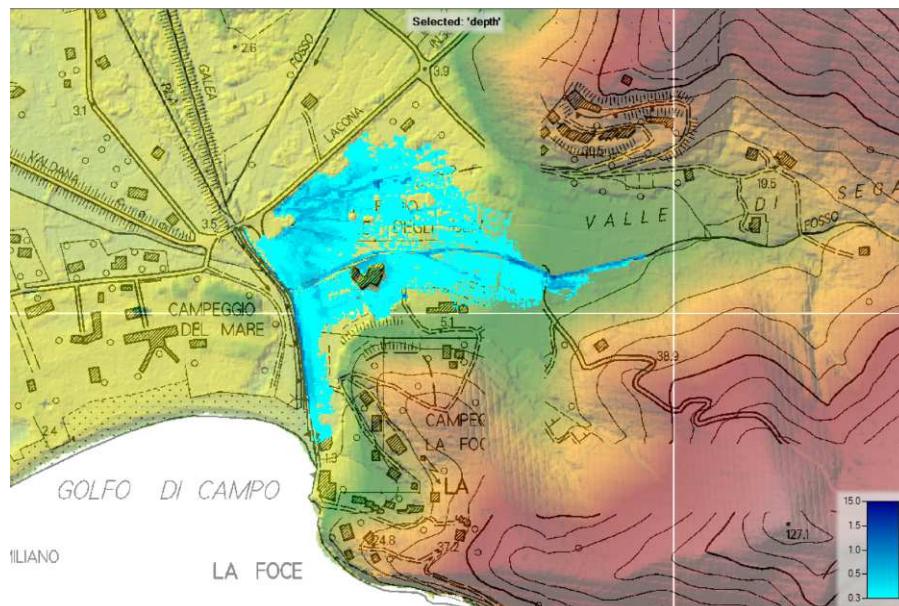


Figura 25 – Inviluppo delle massime altezze d'esondazione per Tr 200 anni sbocco libero step 1 di progettazione

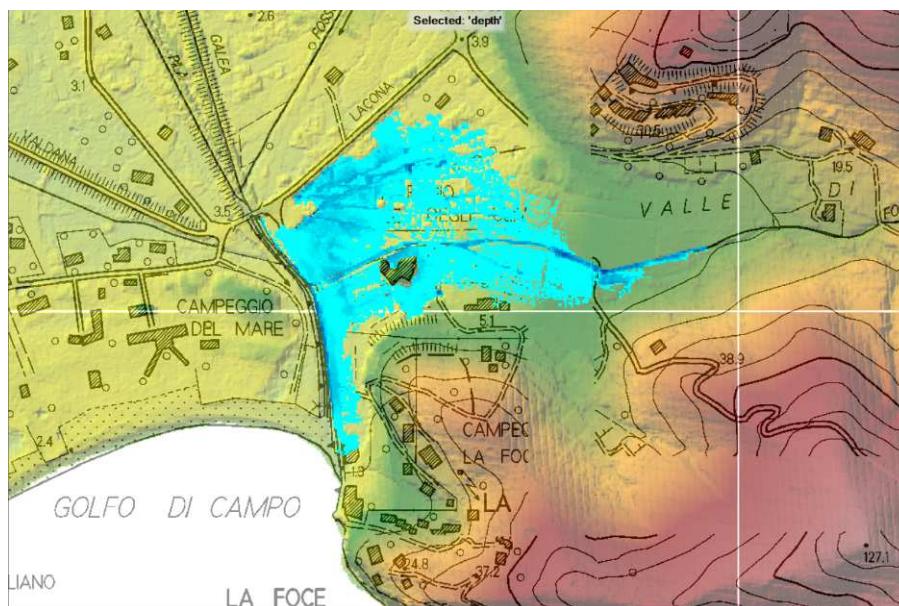


Figura 26 – Inviluppo delle massime altezze d'esondazione per Tr 200 anni sbocco libero step 1 di progettazione

Effettuando una riclassificazione dei battenti rispetto ad eventi poco frequenti (TR 200 anni) in classi comprese fra 0 e 50 cm, 50 cm e 100 cm, ed oltre i 100 cm, essendo la velocità sul piano campagna inferiore ad 1.0 m/s si ha una rappresentazione della magnitudo idraulica, definita ai sensi della LR 41/2018.

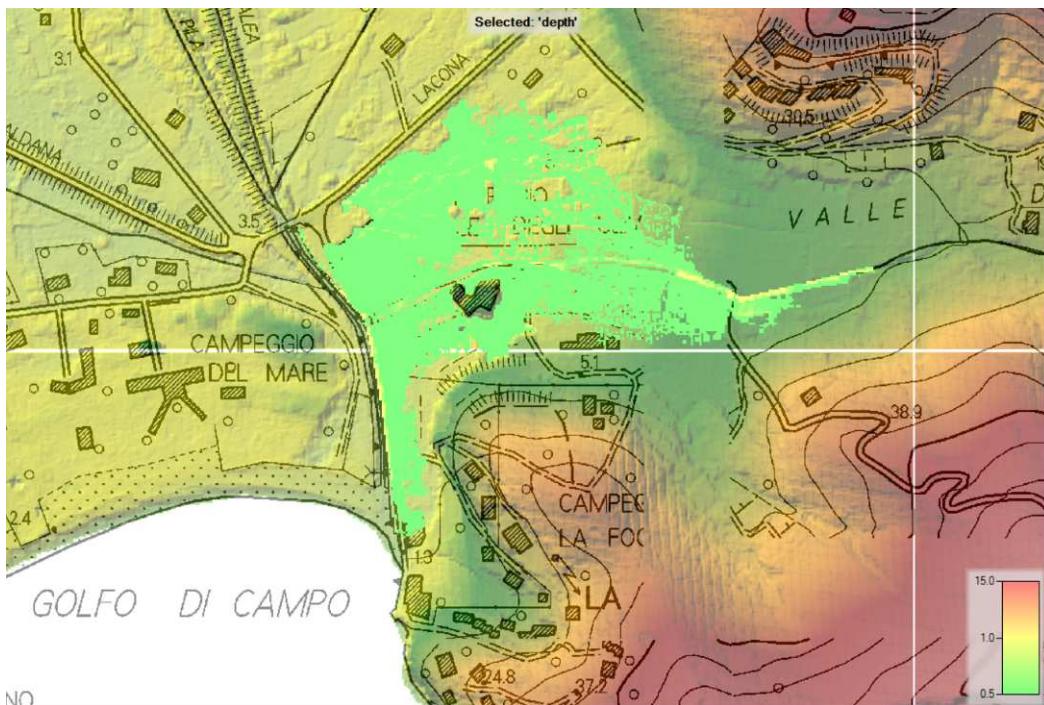


Figura 27 – Magnitudo idraulica step di progetto 1 (in verde magnitudo moderata, in giallo magnitudo severa, in rosso magnitudo molto severa)

Pur permanendo esondazioni poco frequenti abbastanza estese, con lo step di progettazione 1 si consegue una classe di magnitudo moderata.

8.3 Risultati verifiche idrauliche stato di progetto step 2

Le verifiche idrauliche sono state ripetute implementando le opere previste nello step 2 di progettazione, ovvero:

- Realizzazione di un'area di esondazione controllata sulla proprietà del campeggio, con superficie linda di circa 4.000 mq; l'area sarà delimitata da argini in terra rinverditi posti ad una quota di 4.0 m s.l.m. e fondo ad una quota di 2.0 m s.l.m.;
- Realizzazione di uno sfioratore in sponda destra del Fosso di Segagnana, realizzato con scogliera in massi intasati, ad una quota di 3.5 m s.l.m.;
- Realizzazione di uno sfioratore finestrato a monte della Via del Macchione, con doppio scatolare 2.5 x 0.5 m, recapitante le acque all'interno dell'area di esondazione controllata;
- Realizzazione di scarico di restituzione a gravità con tubazione circolare dotata di portella unidirezionale.

In ogni condizione di simulazione quest'opera consente l'eliminazione delle esondazioni Tr 30 anni, mentre le esondazioni Tr 200 anni residue sono in classe di magnitudo moderata, con raggiungimento di rischio R2 in quanto inferiori a 40 cm.

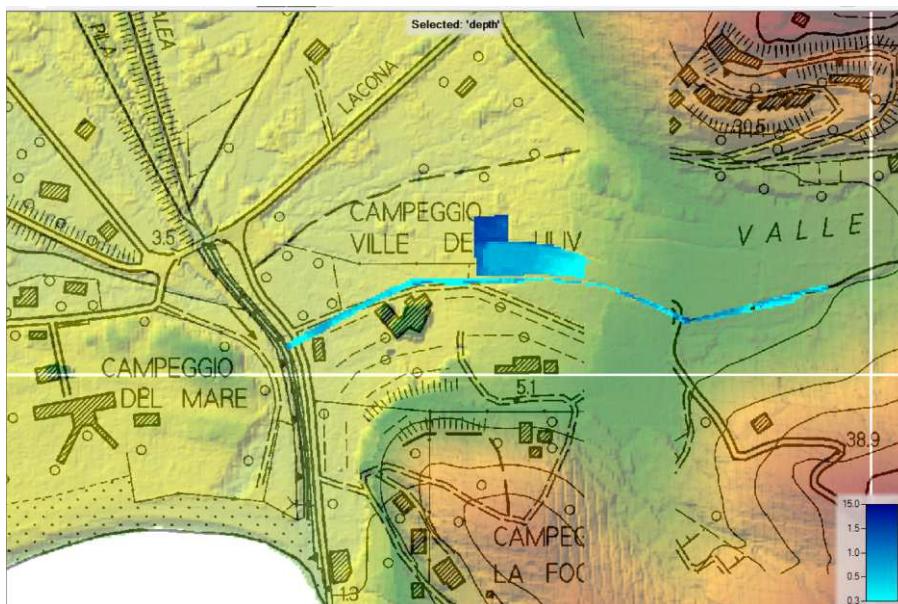


Figura 28 – Inviluppo delle massime altezze d'esondazione per Tr 30 anni sbocco libero step 2

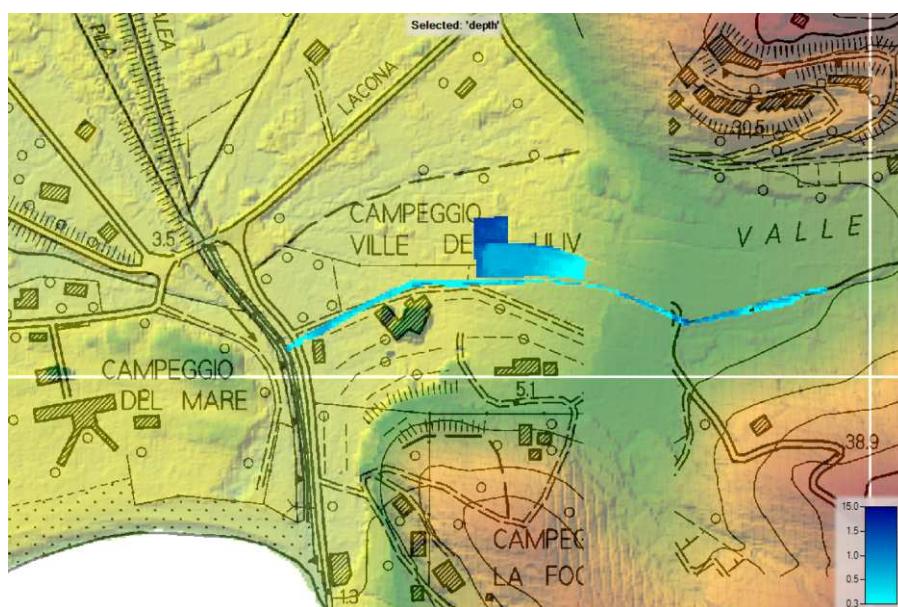


Figura 29 – Inviluppo delle massime altezze d'esondazione per Tr 30 anni sbocco libero step 2

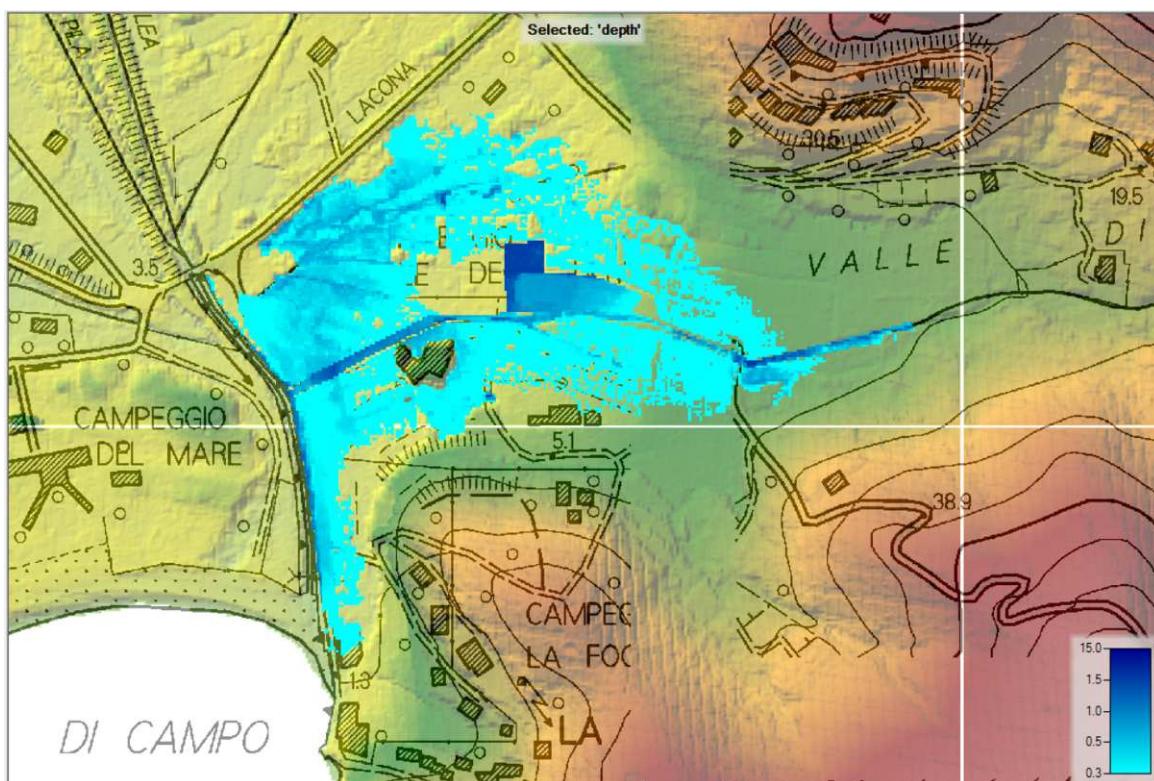


Figura 30 – Inviluppo delle massime altezze d'esondazione per Tr 200 anni sbocco libero step 2

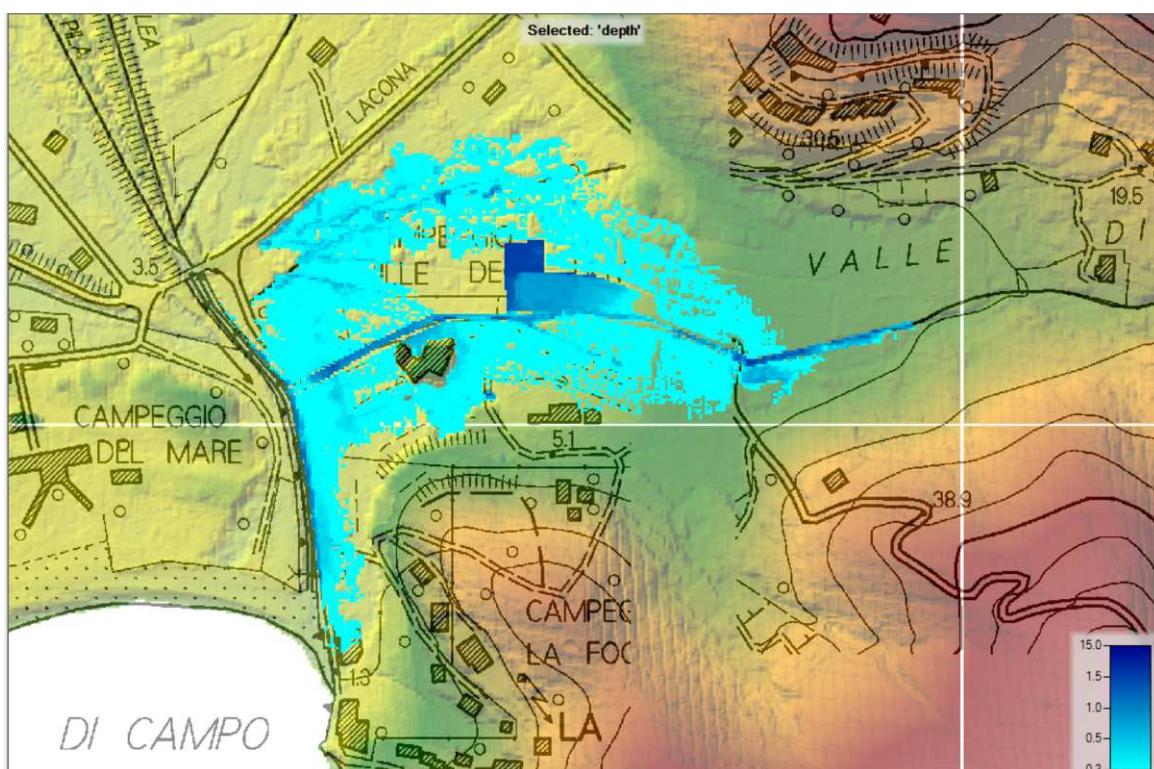


Figura 31 – Inviluppo delle massime altezze d'esondazione per Tr 200 anni sbocco occluso step 2

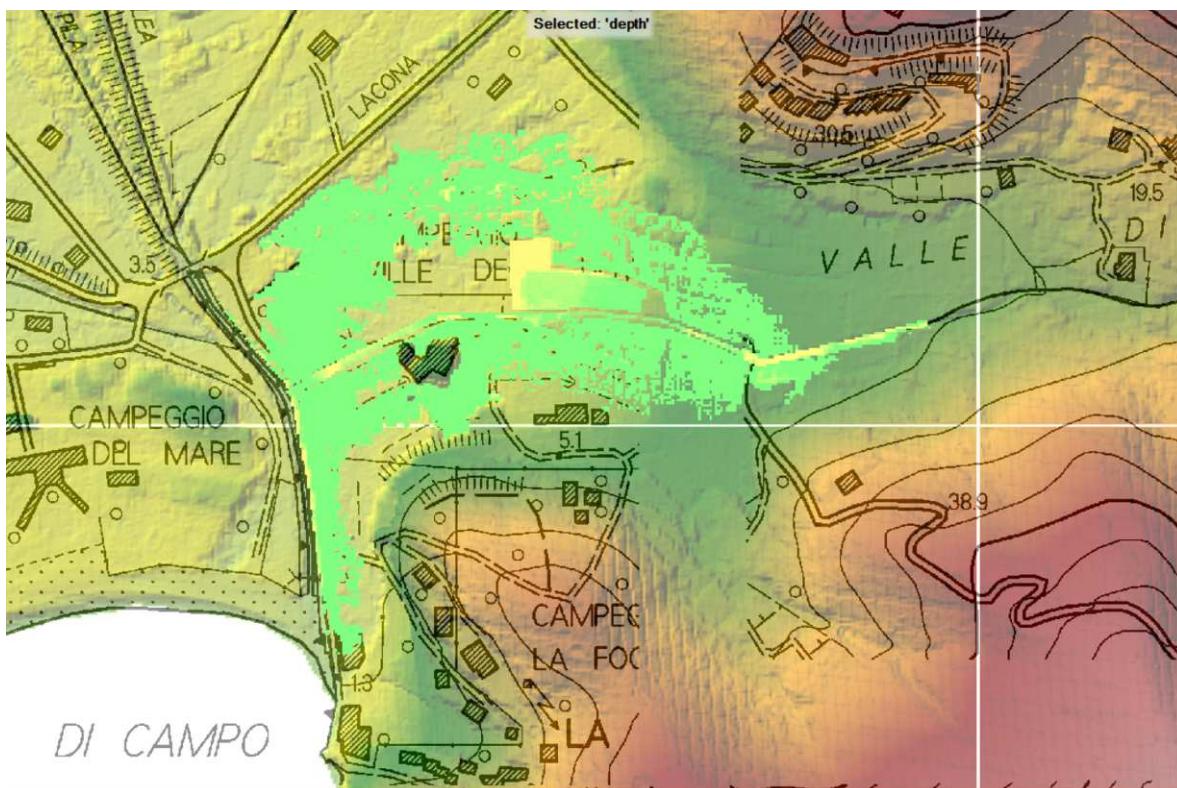


Figura 32 – Magnitudo idraulica step di progetto 2 (in verde magnitudo moderata, in giallo magnitudo, in rosso magnitudo molto severa)

Il caricamento della cassa di laminazione avviene tanto per sfioro diretto dall'argine destro, che per alimentazione tramite doppio condotta scatolare tramite finestratura a monte della strada per il Macchione, mentre lo scarico avverrà a gravità, con restituzione verso il Fosso di Segagnana con condotta Φ 400 mm dotata di clapet monodirezionale.

Si rimanda agli elaborati grafici per una miglior descrizione geometrica degli interventi previsti.

9 Conclusioni

Sia considerando complessivamente i due lotti di intervento che considerandoli separatamente, si può affermare che l'ipotesi progettuale è stata valutata in riferimento al conseguimento degli obiettivi e delle finalità progettuali del T.R.I.G.-Eau, che si riportano di seguito:

- mitigazione del rischio idraulico verso le attività, i fruitori occasionali ed i residenti presenti nell'area;
- progettazione a contributo pubblico-privato;

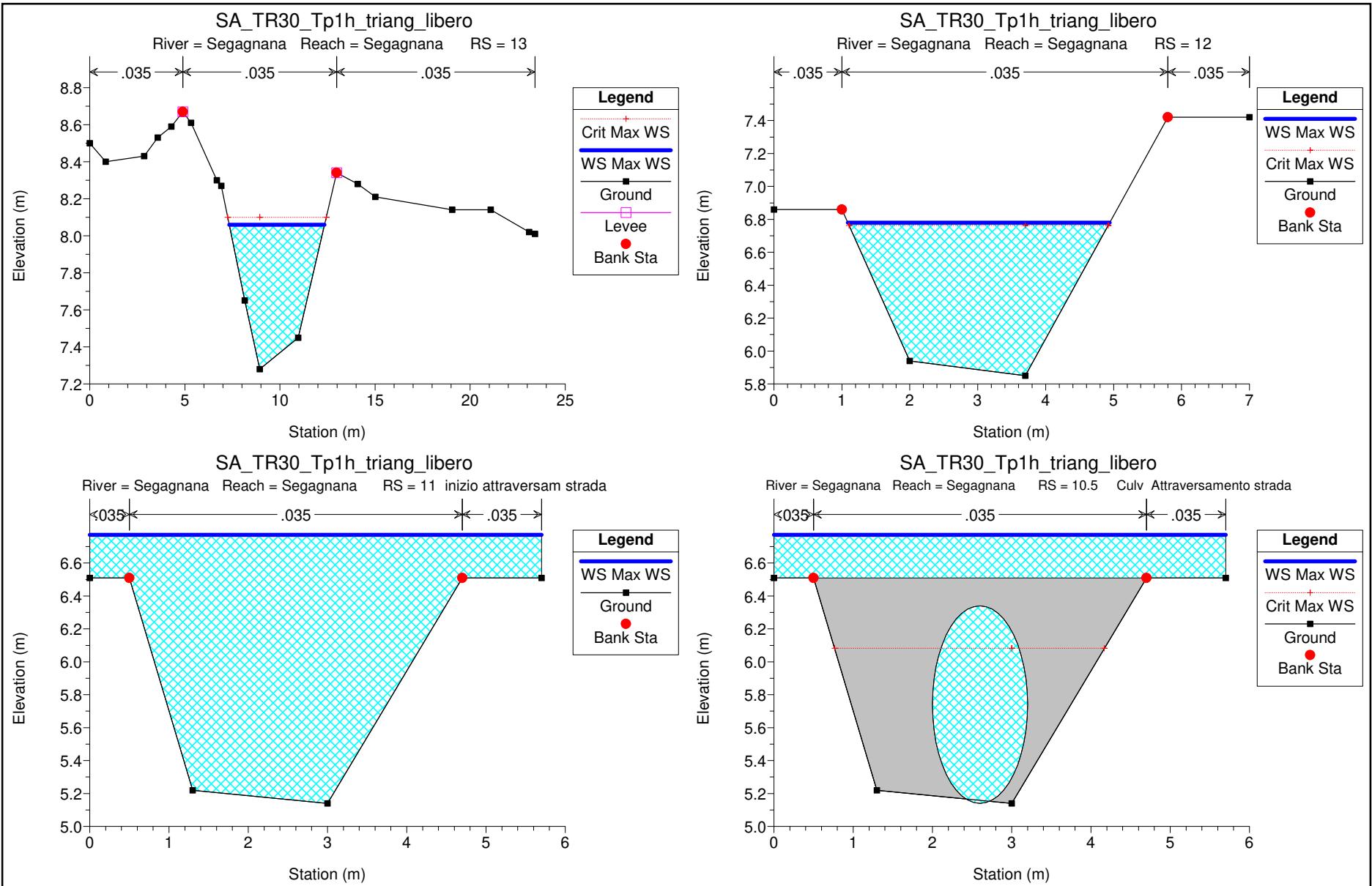
- rinaturalizzazione dell'area;
- rispetto dei vincoli, delle proprietà e dei diritti reali.

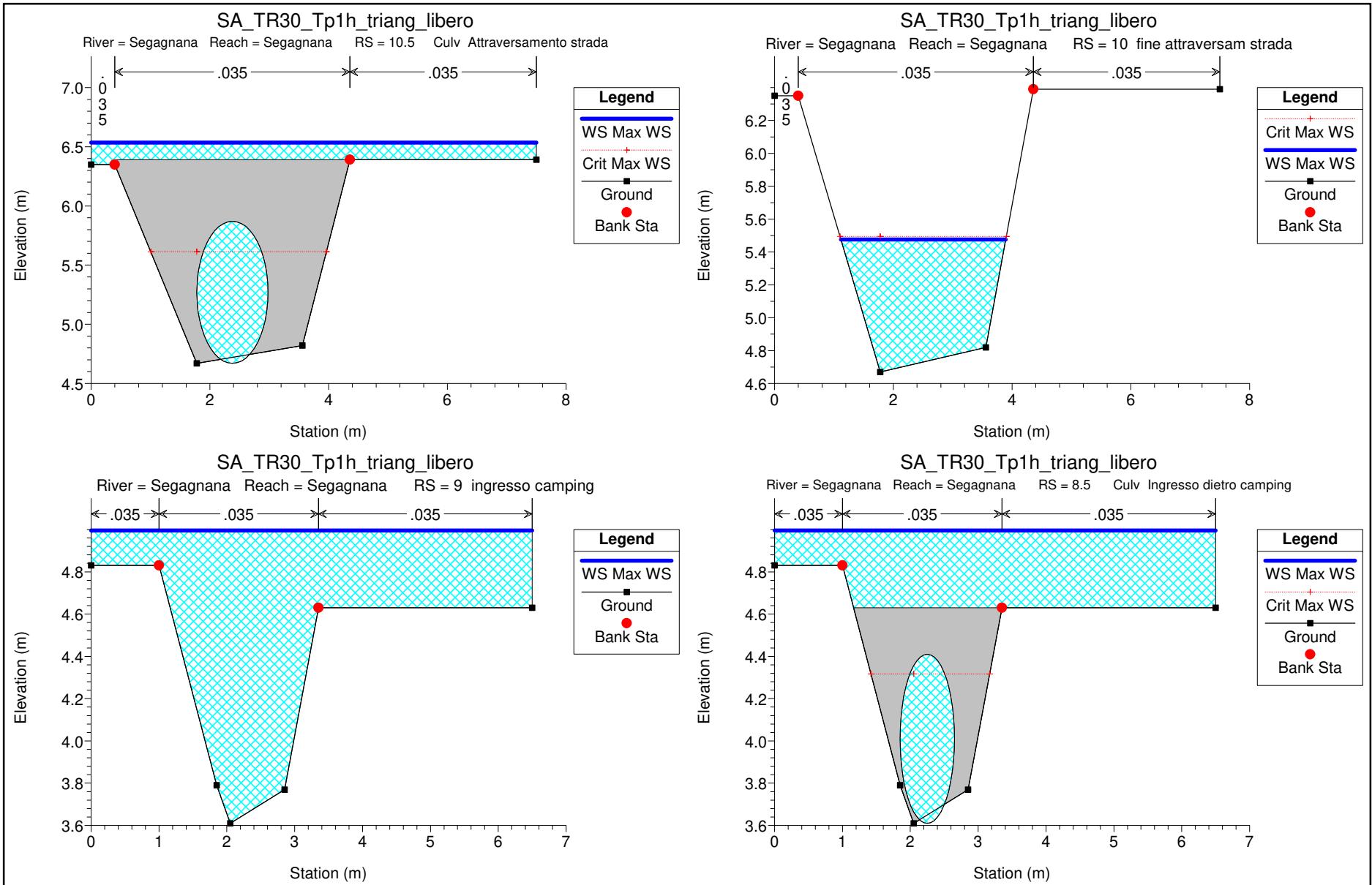
Il ripristino del Fosso di Segagnana a cielo aperto, la sistemazione della confluenza del corso d'acqua nel Fosso della Galea e la realizzazione di una cassa di laminazione a monte consentono la messa in sicurezza idraulica da eventi di pioggia trentennali; per eventi con Tr 200 anni gli interventi consentono di ridurre lo scenario di rischio R2, conseguendo una classe di magnitudo idraulica moderata.

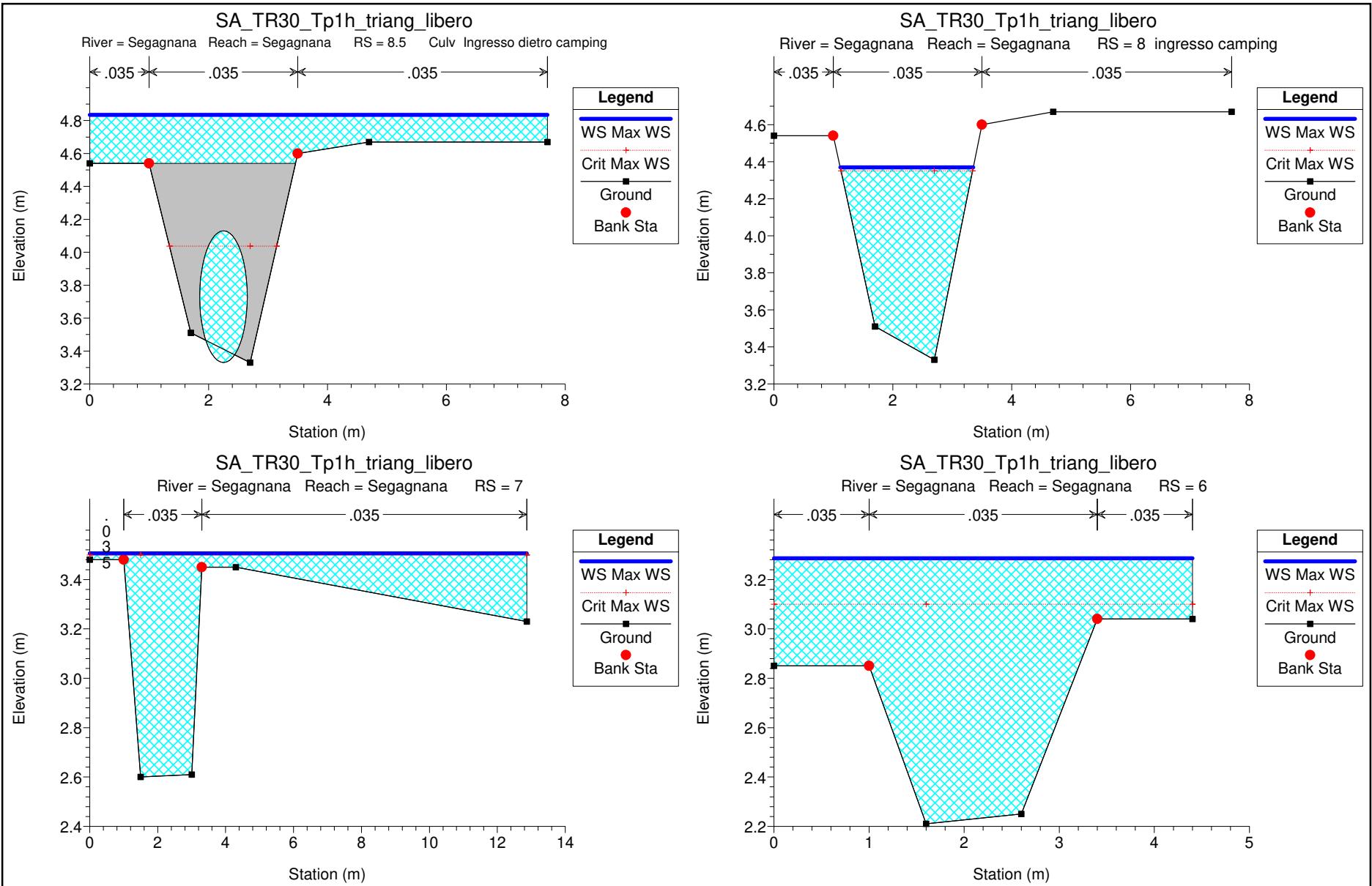
Si precisa infine che non sono stati valutati i costi e gli interventi di risistemazione delle aree interne del Campeggio Valle degli Ulivi e che si dovrà verificare il perdurare della disponibilità della proprietà a contribuire alla realizzazione di una soluzione efficace del problema degli allagamenti causati dal Segagnana, valutando ad esempio che questa si faccia carico della rilocalizzazione dell'area ludico ricreativa, di una riorganizzazione delle piazze e della viabilità pedonale interna alla proprietà o altro secondo accordi tra le parti.

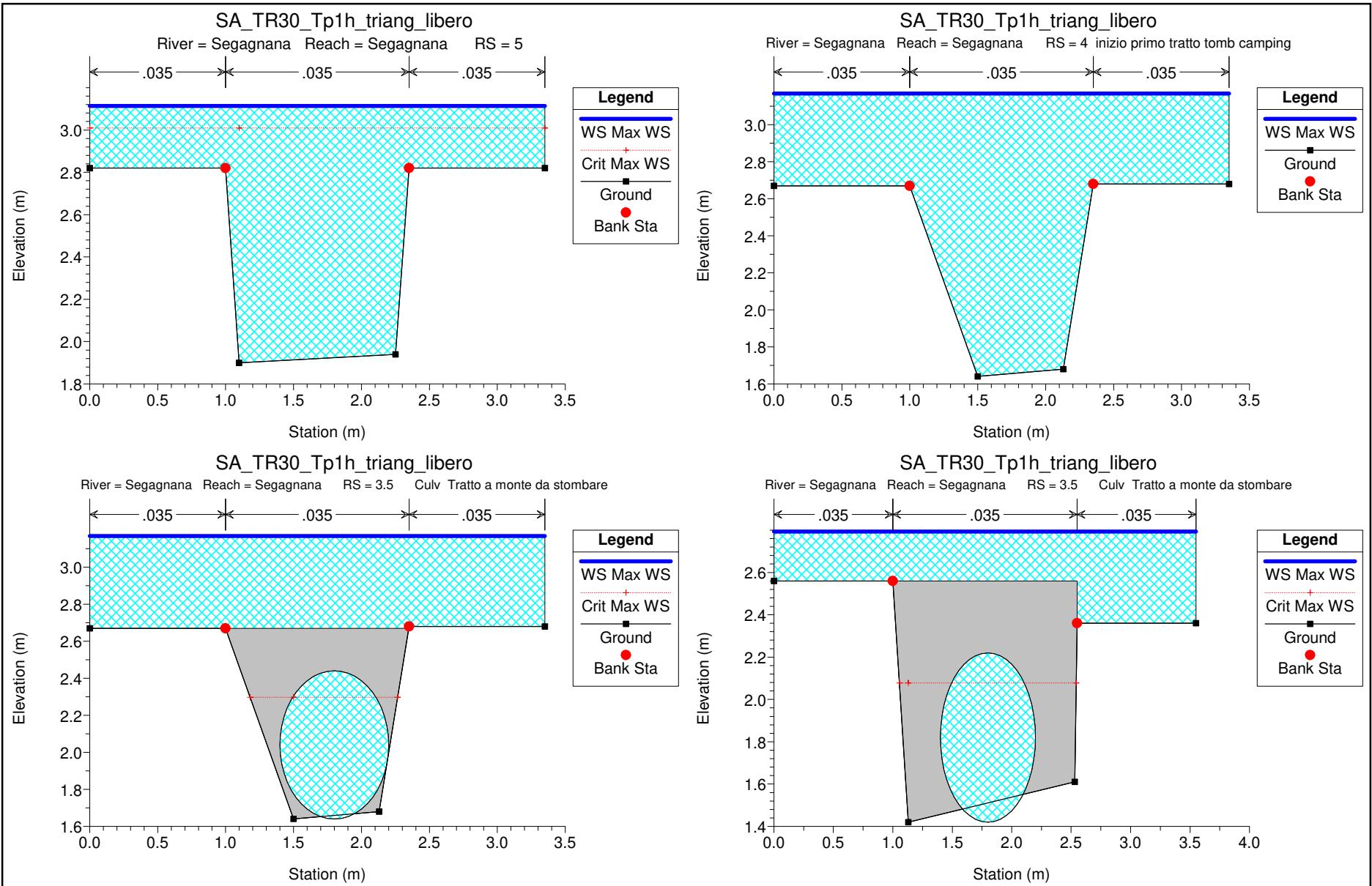
Si riporta in allegato i tabulati di calcolo delle verifiche idrauliche effettuate.

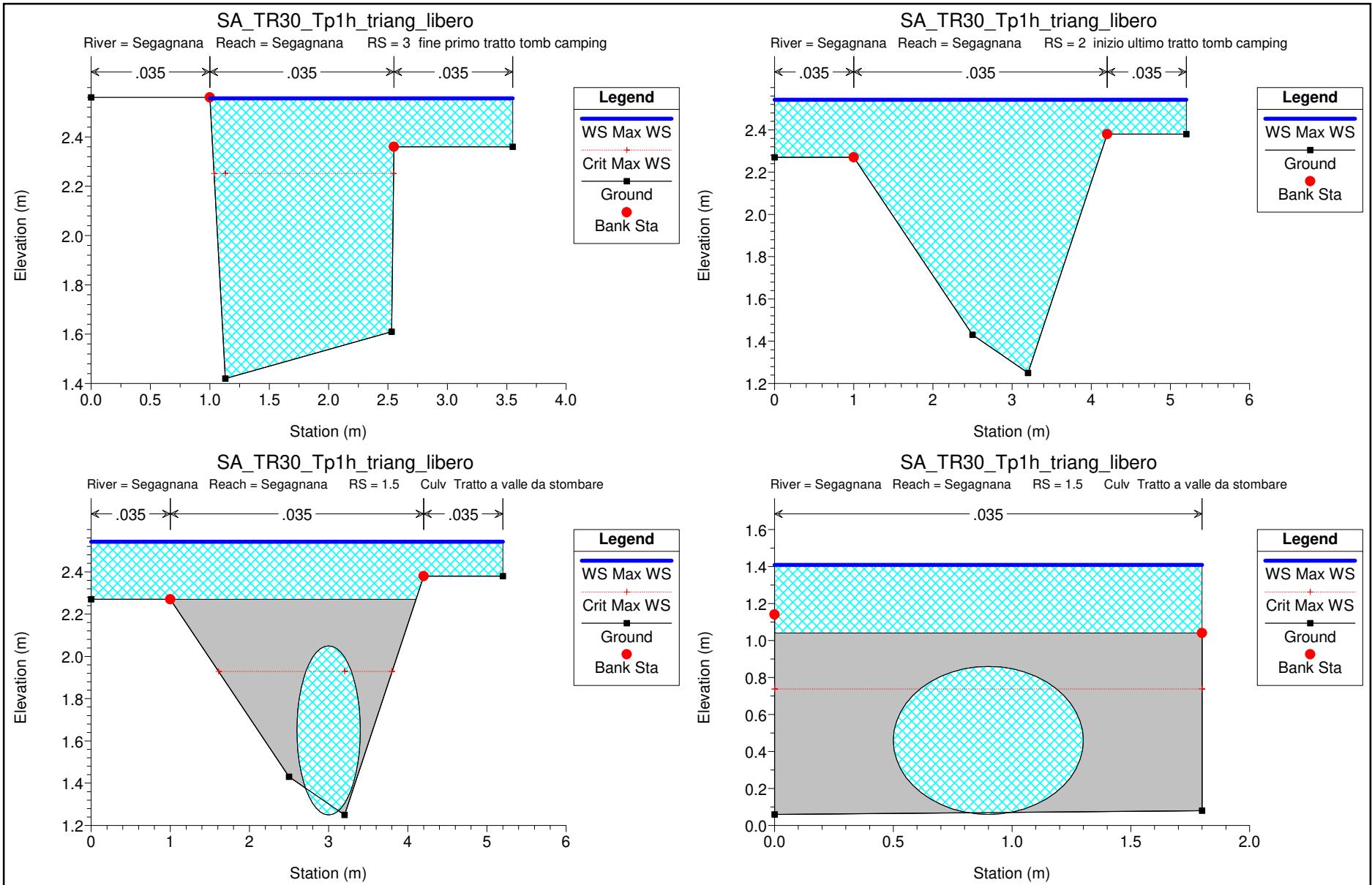
STATO ATTUALE TR 30 ANNI SBOCCO LIBERO Tp 1h

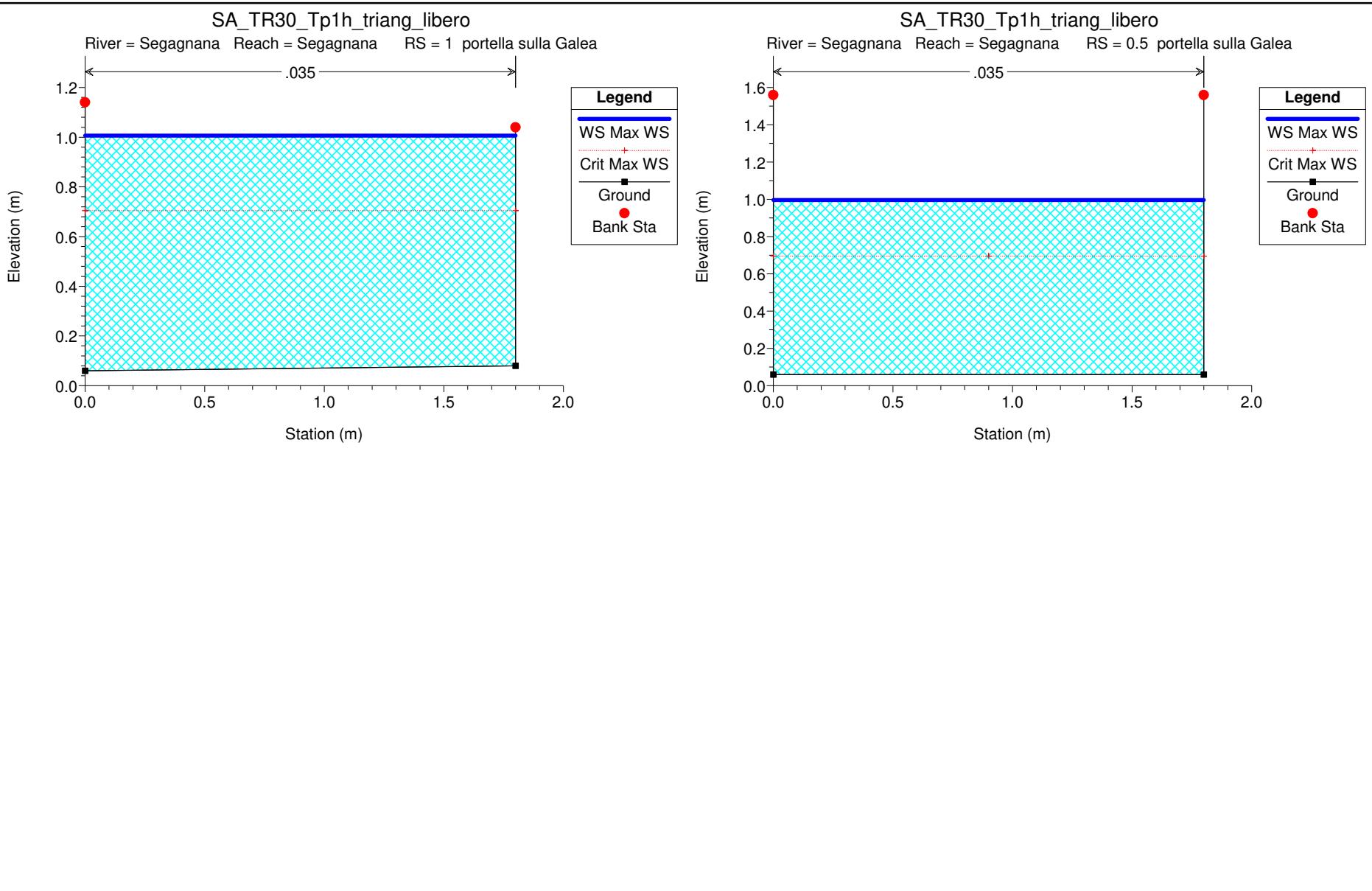




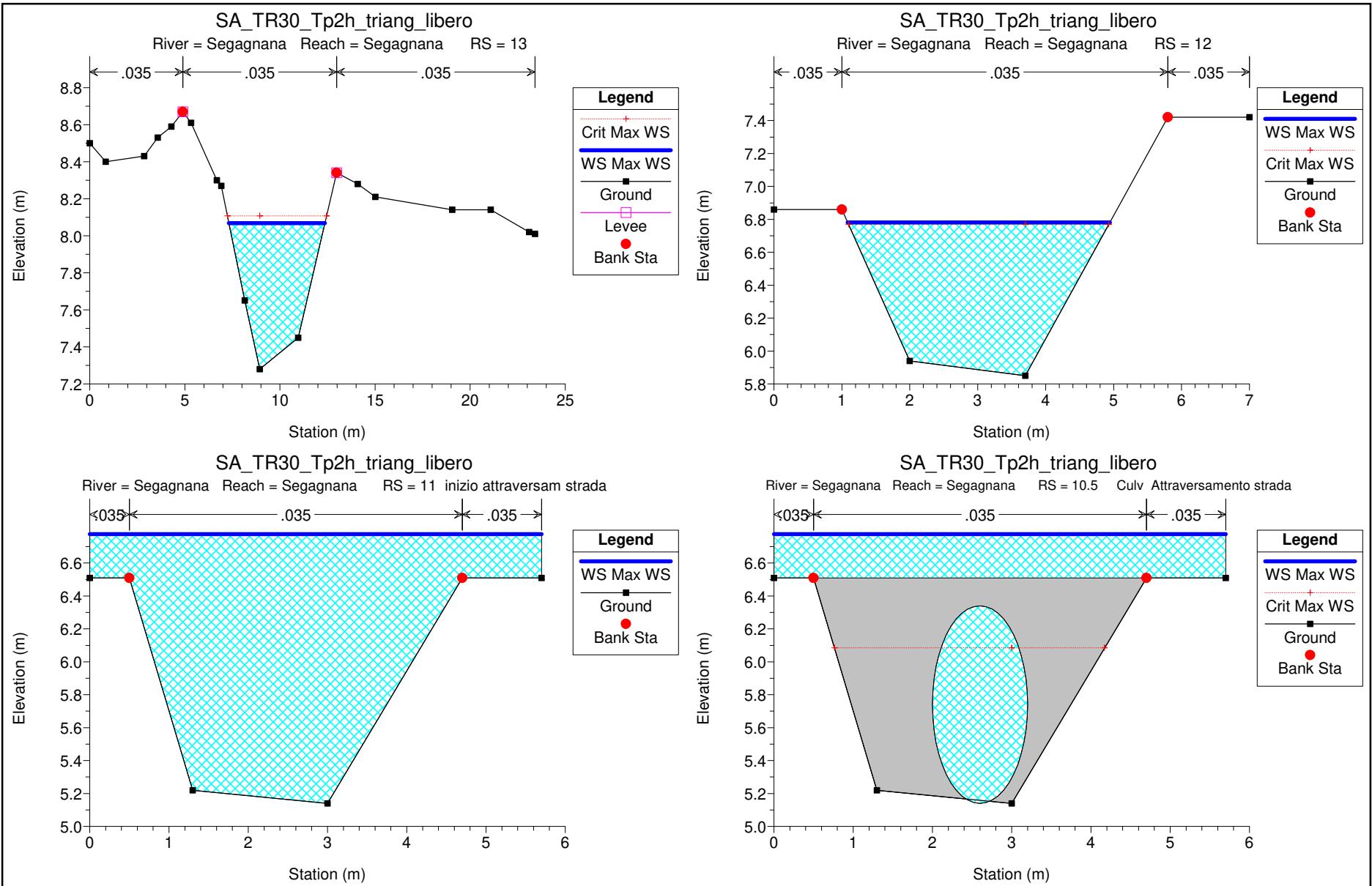


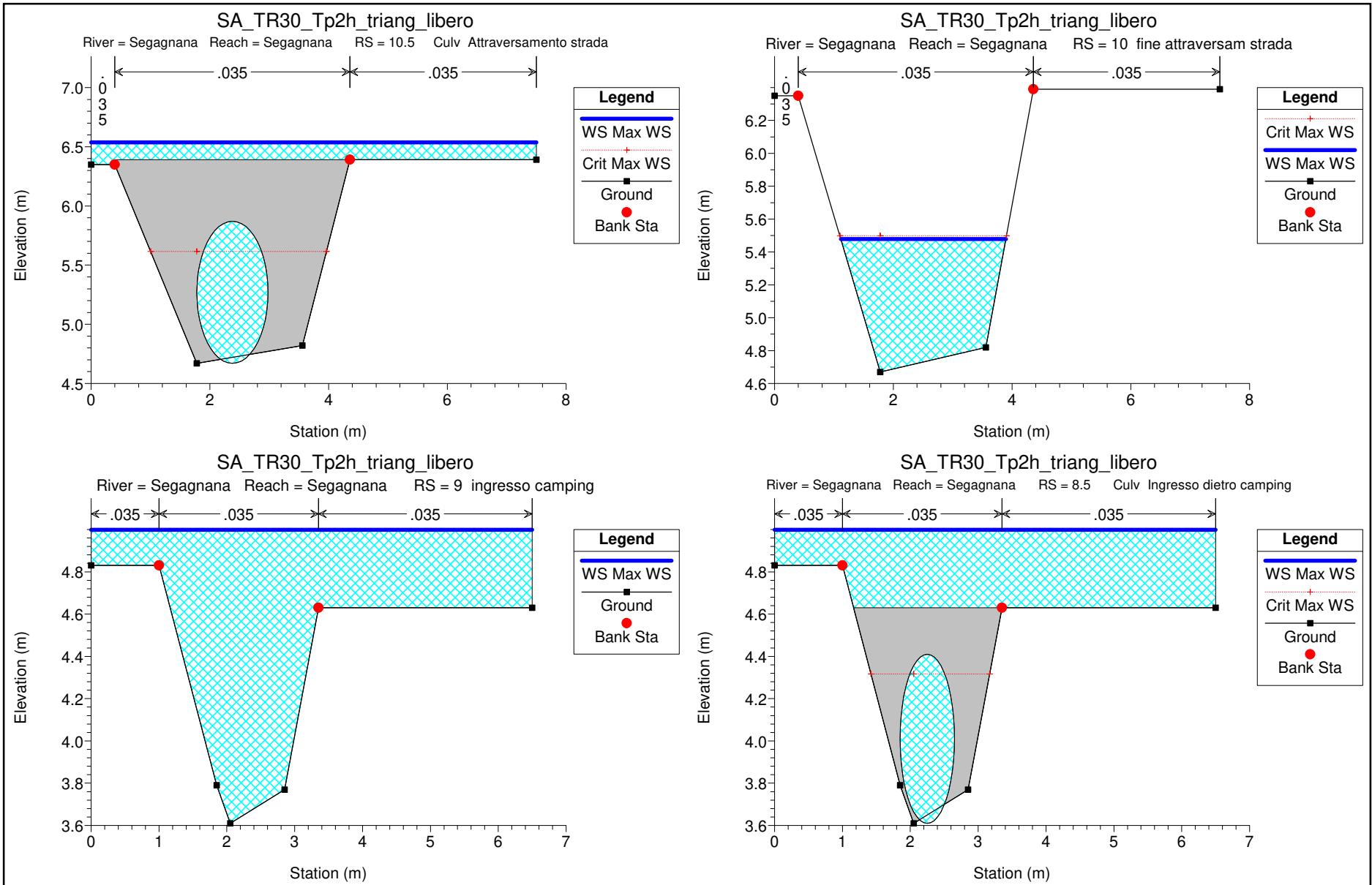


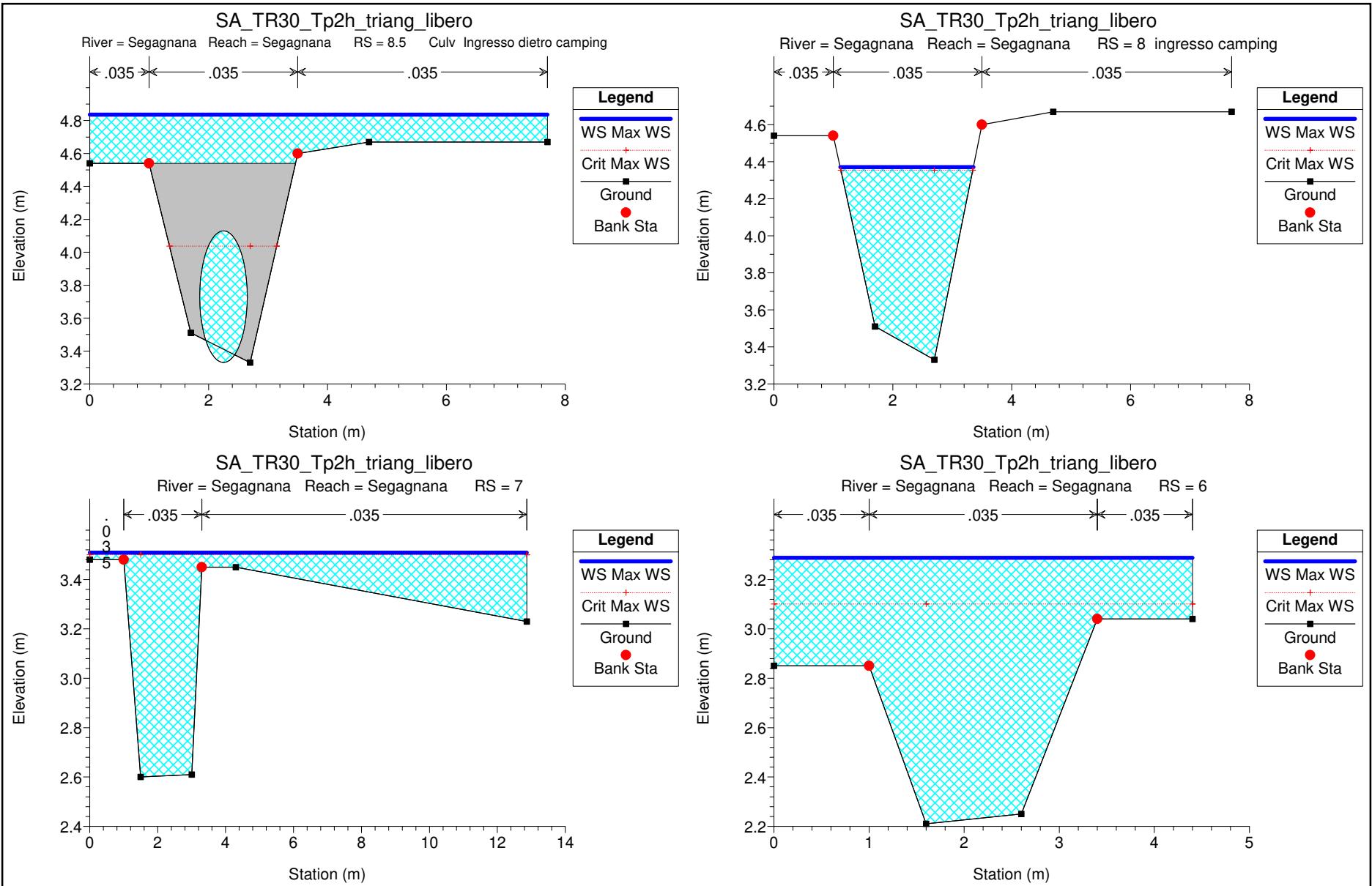


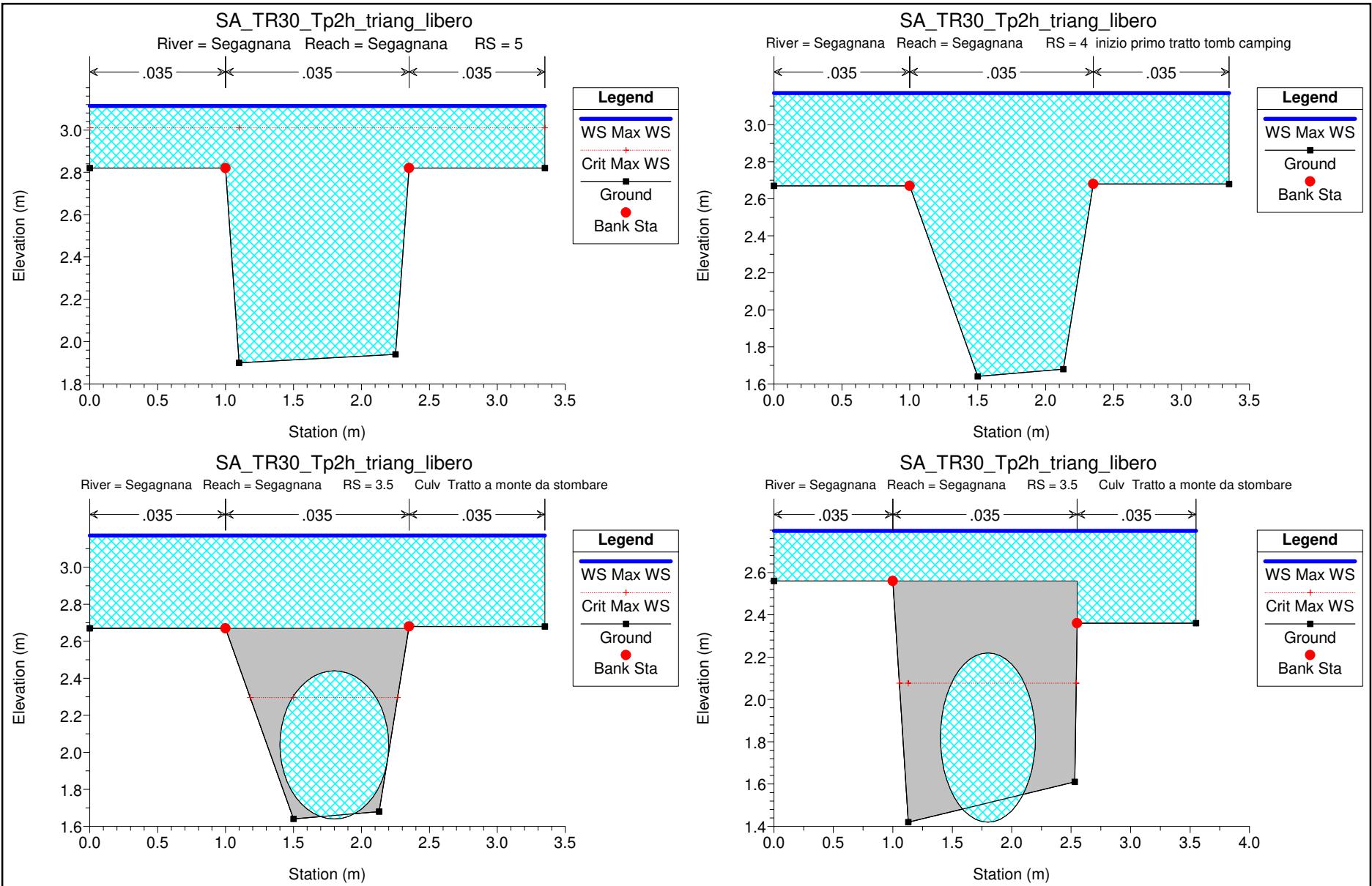


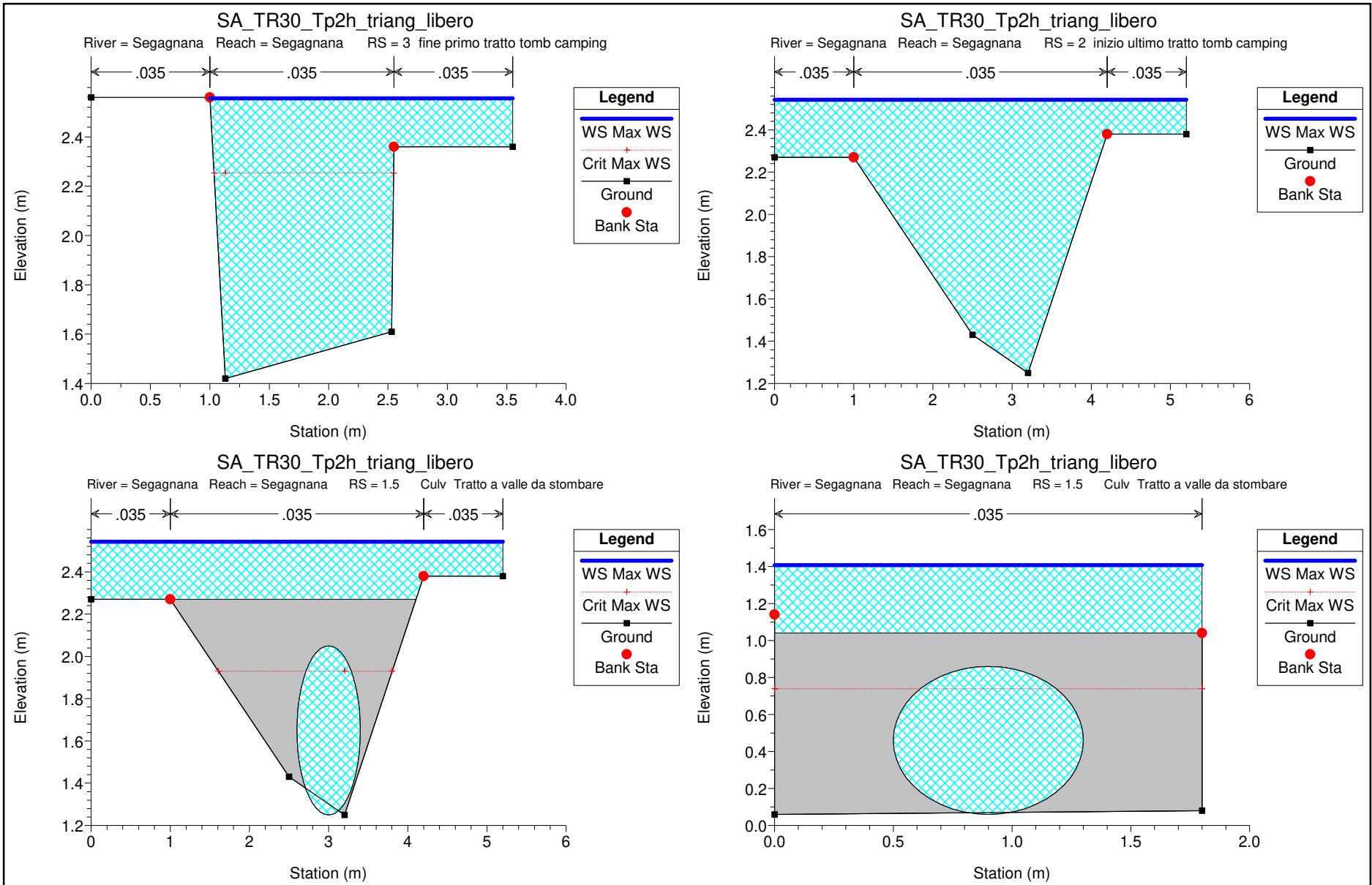
STATO ATTUALE TR 30 ANNI SBOCCO LIBERO Tp 2h

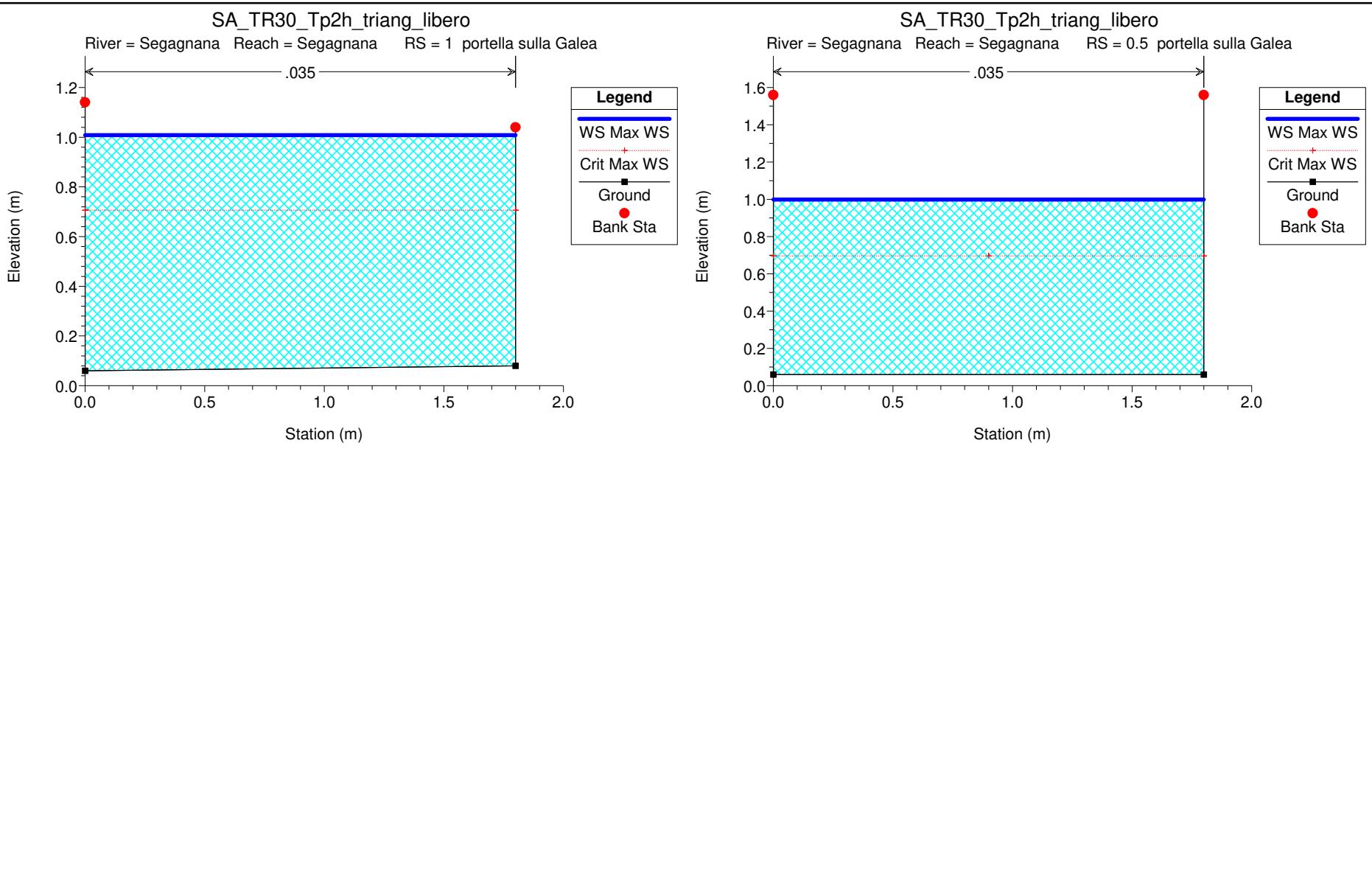




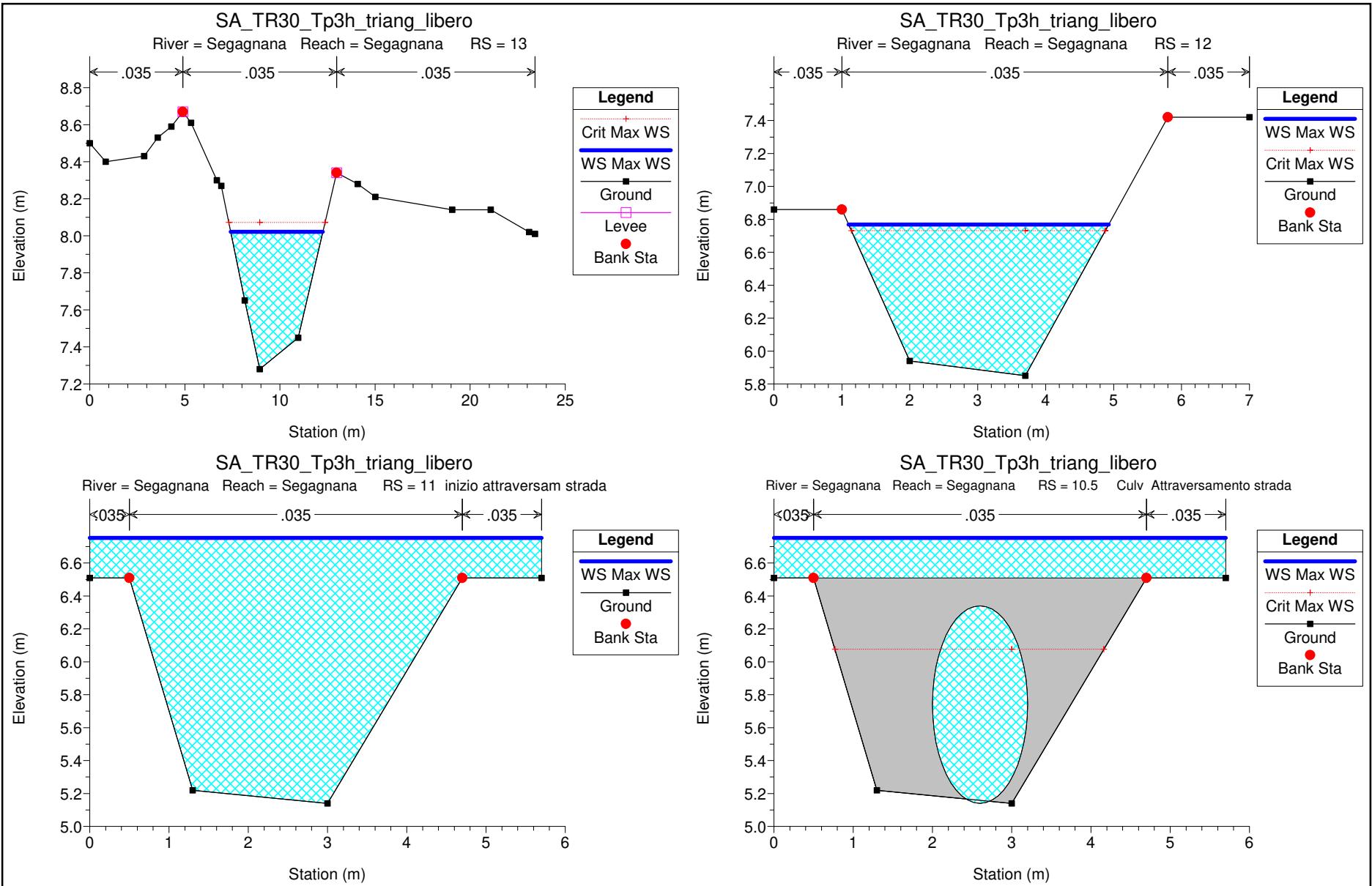


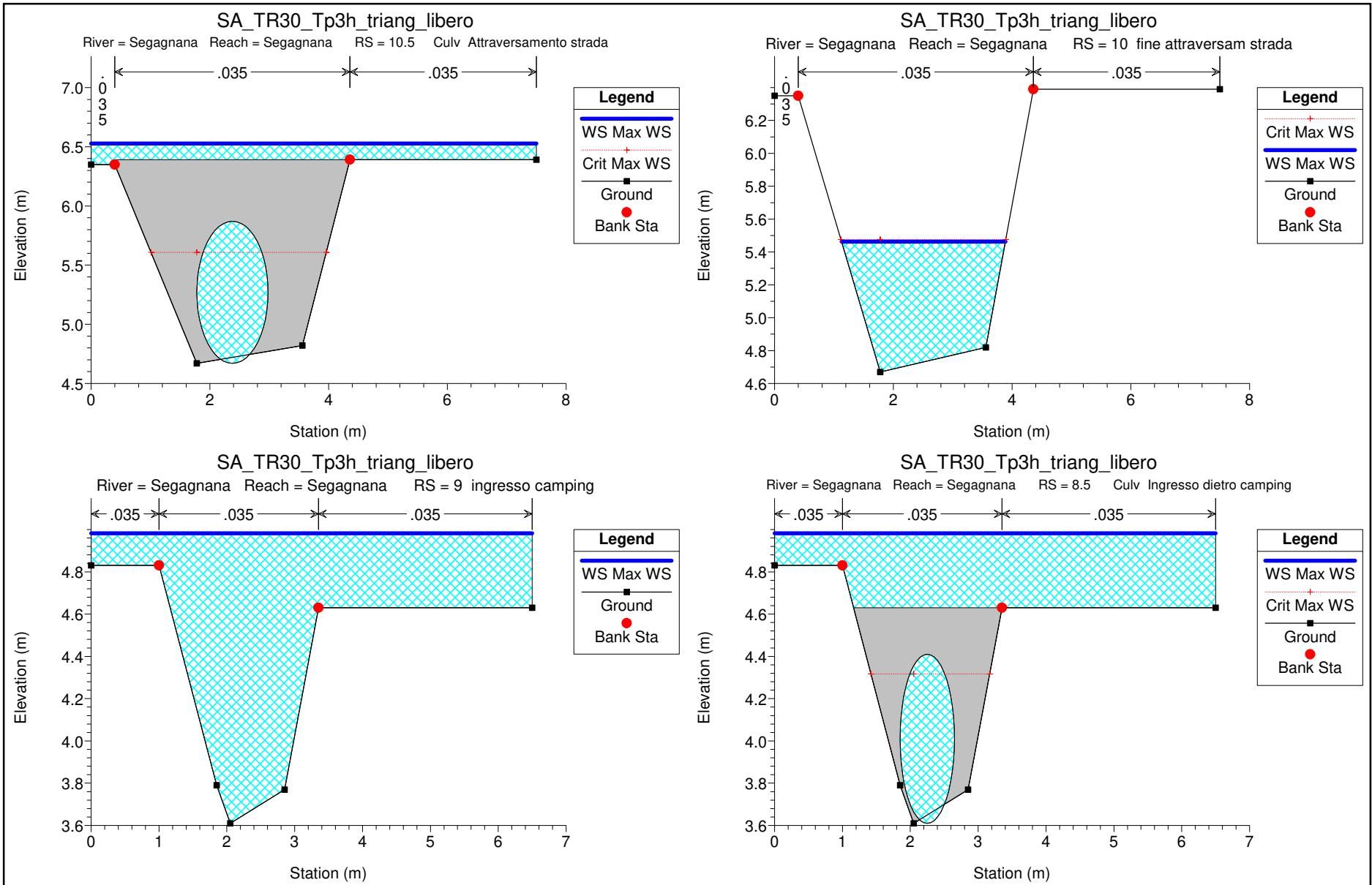


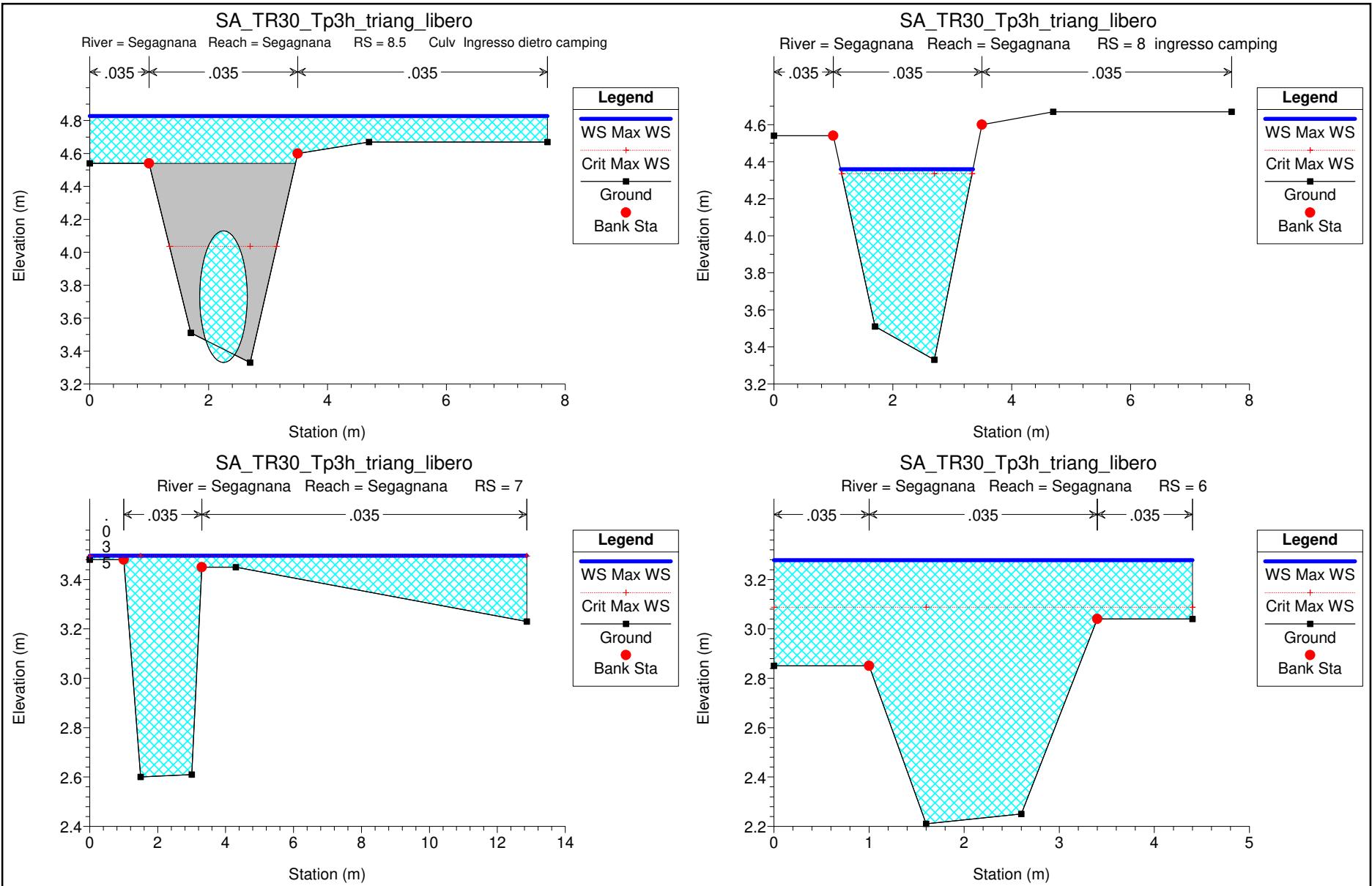


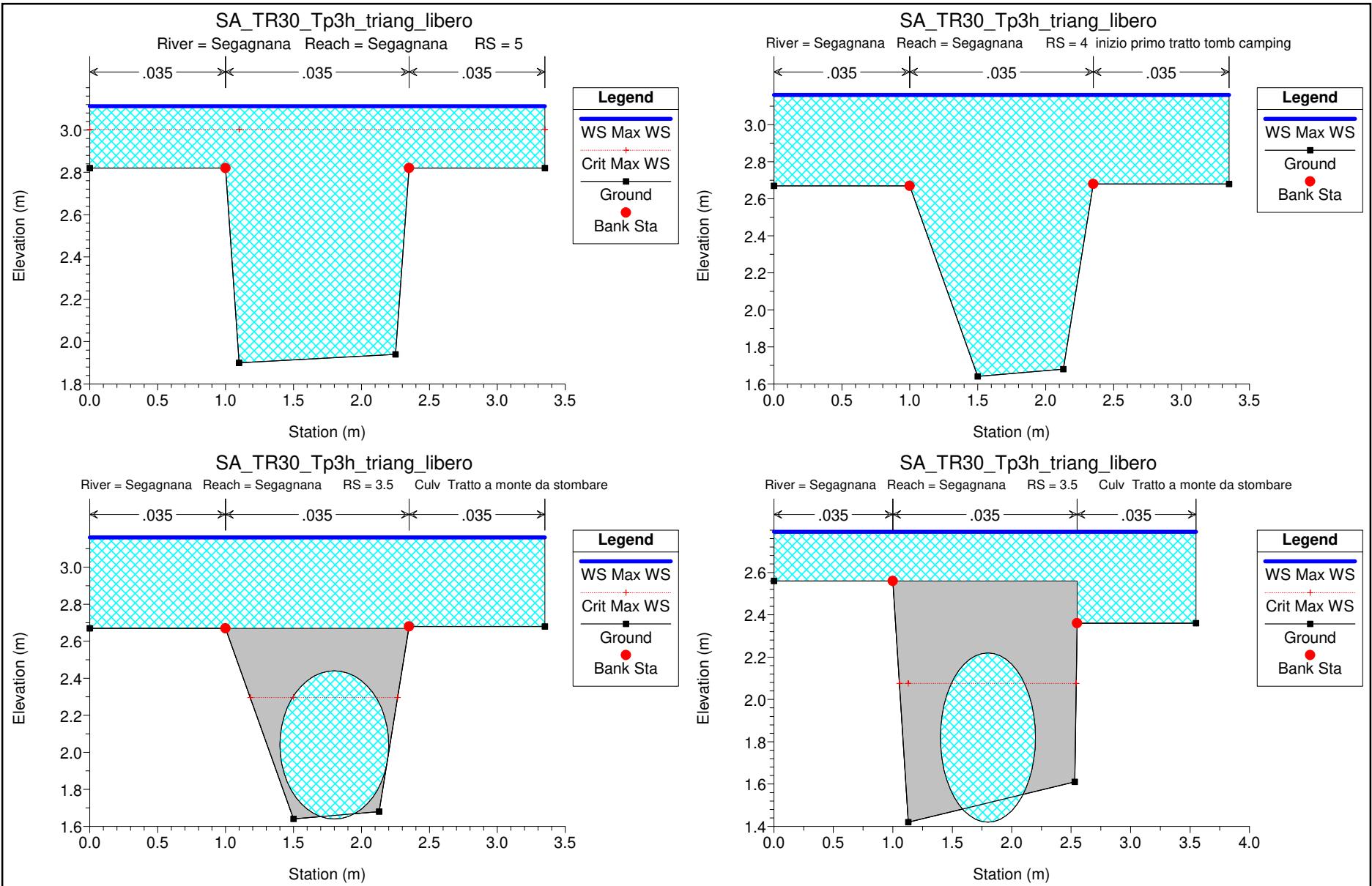


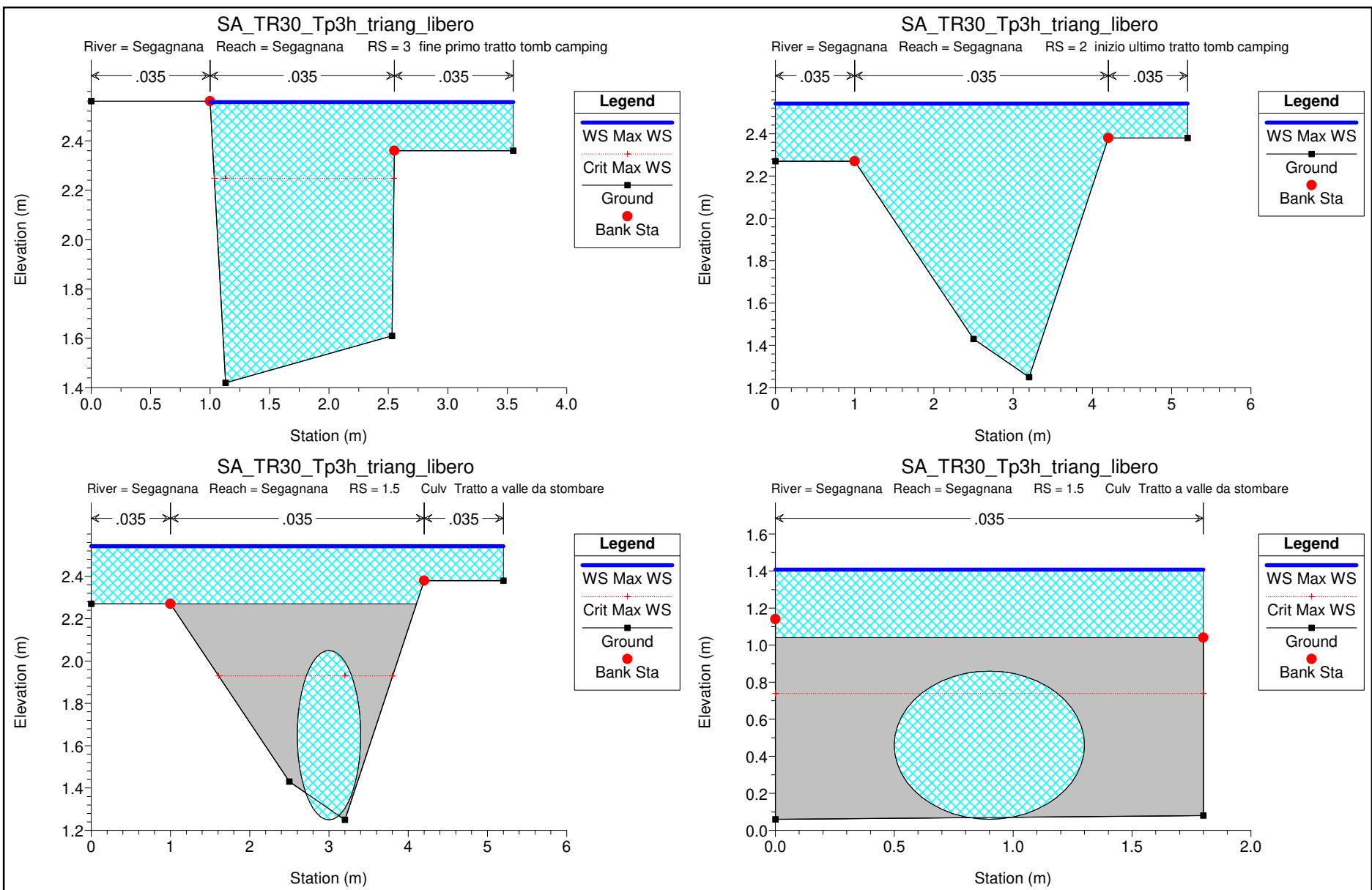
STATO ATTUALE TR 30 ANNI SBOCCO LIBERO Tp 3h

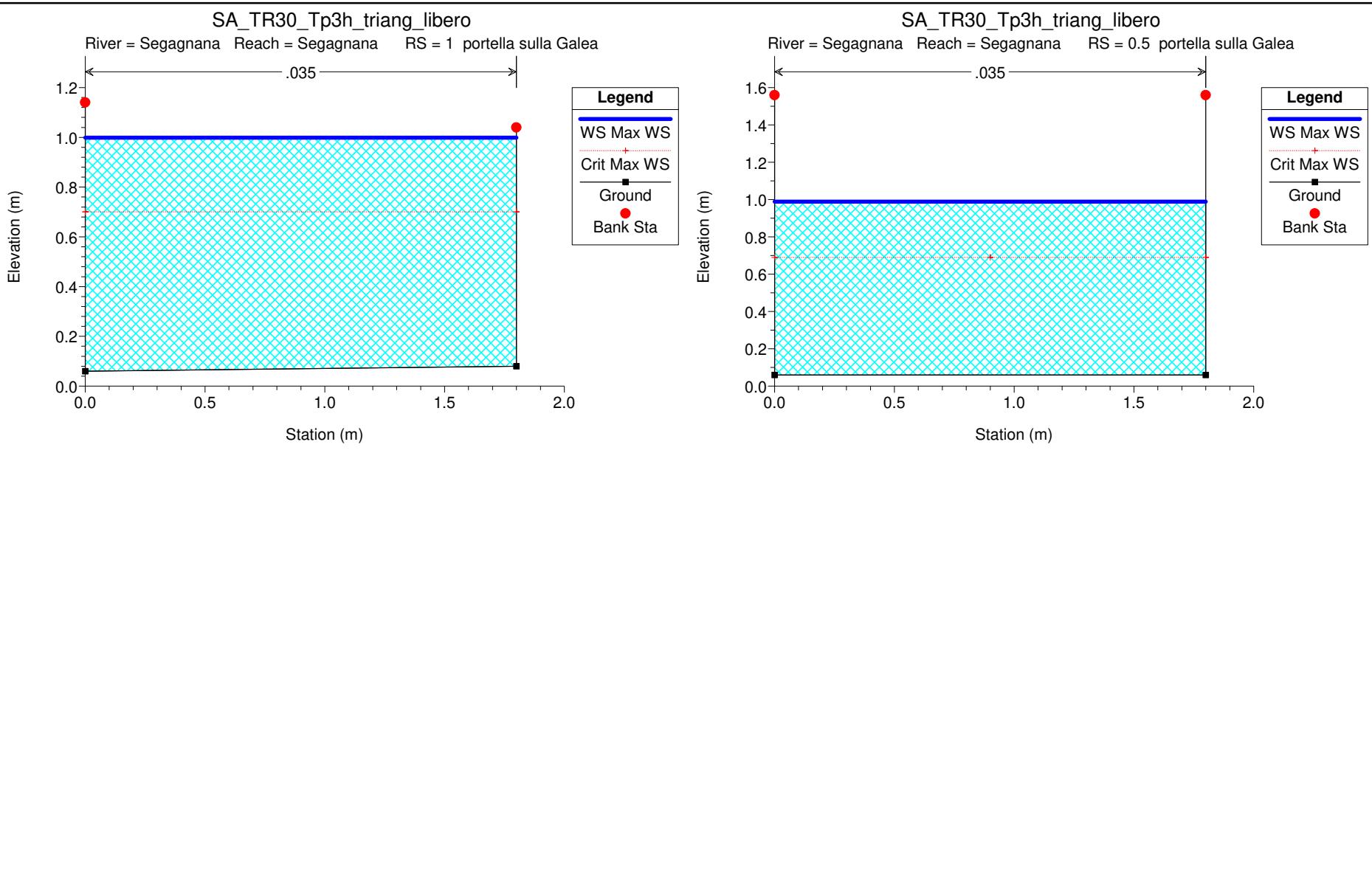




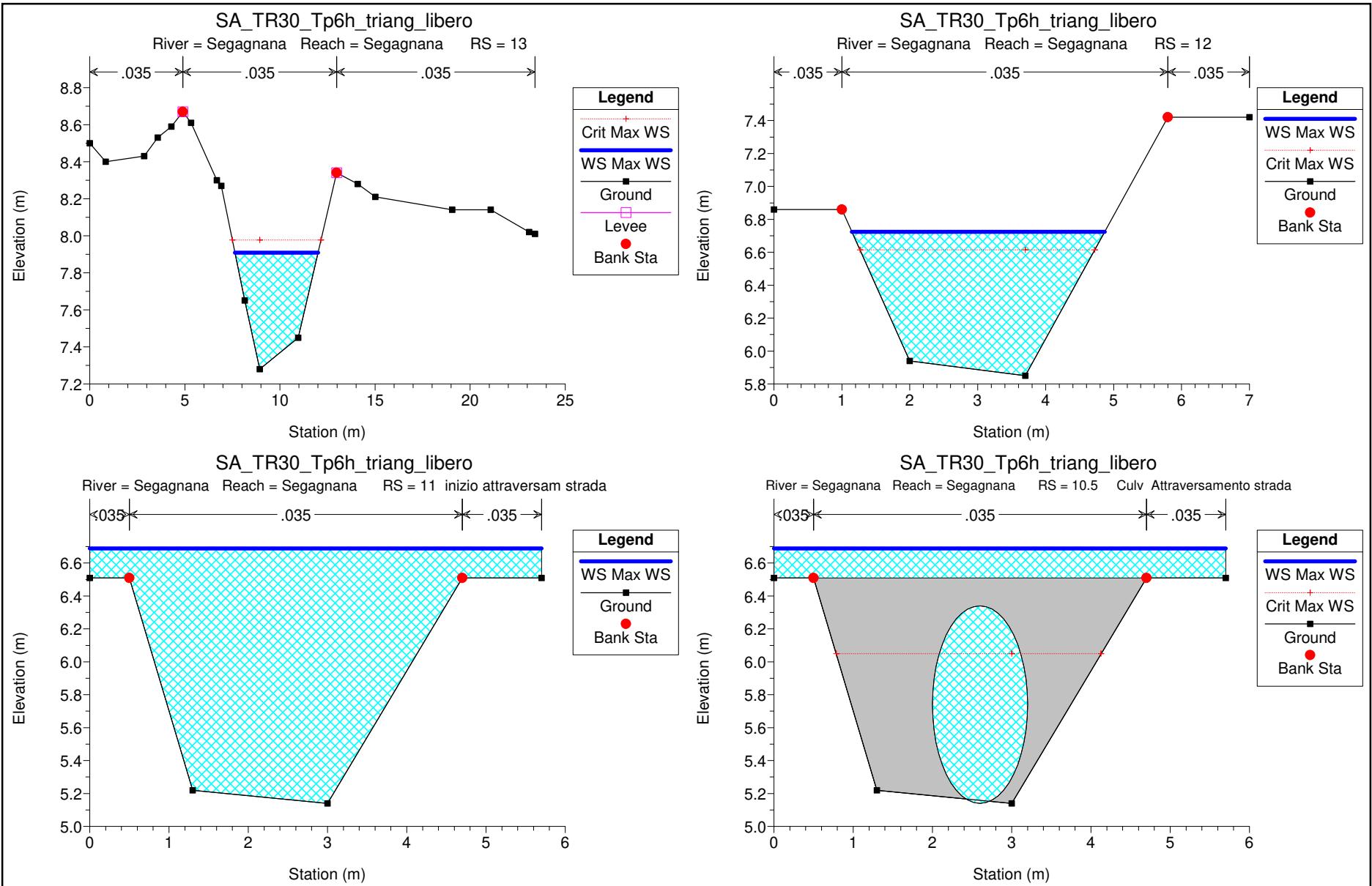


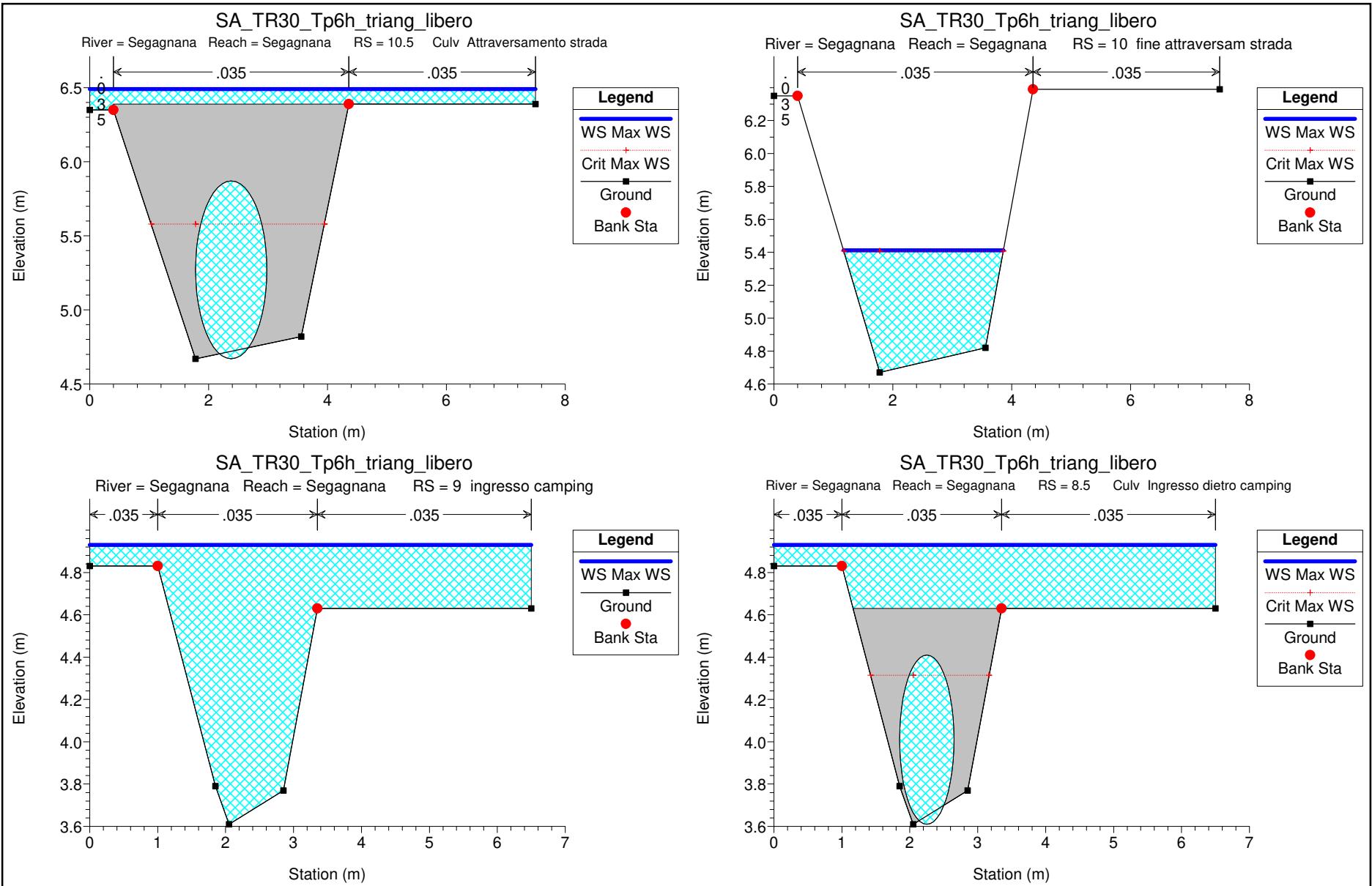


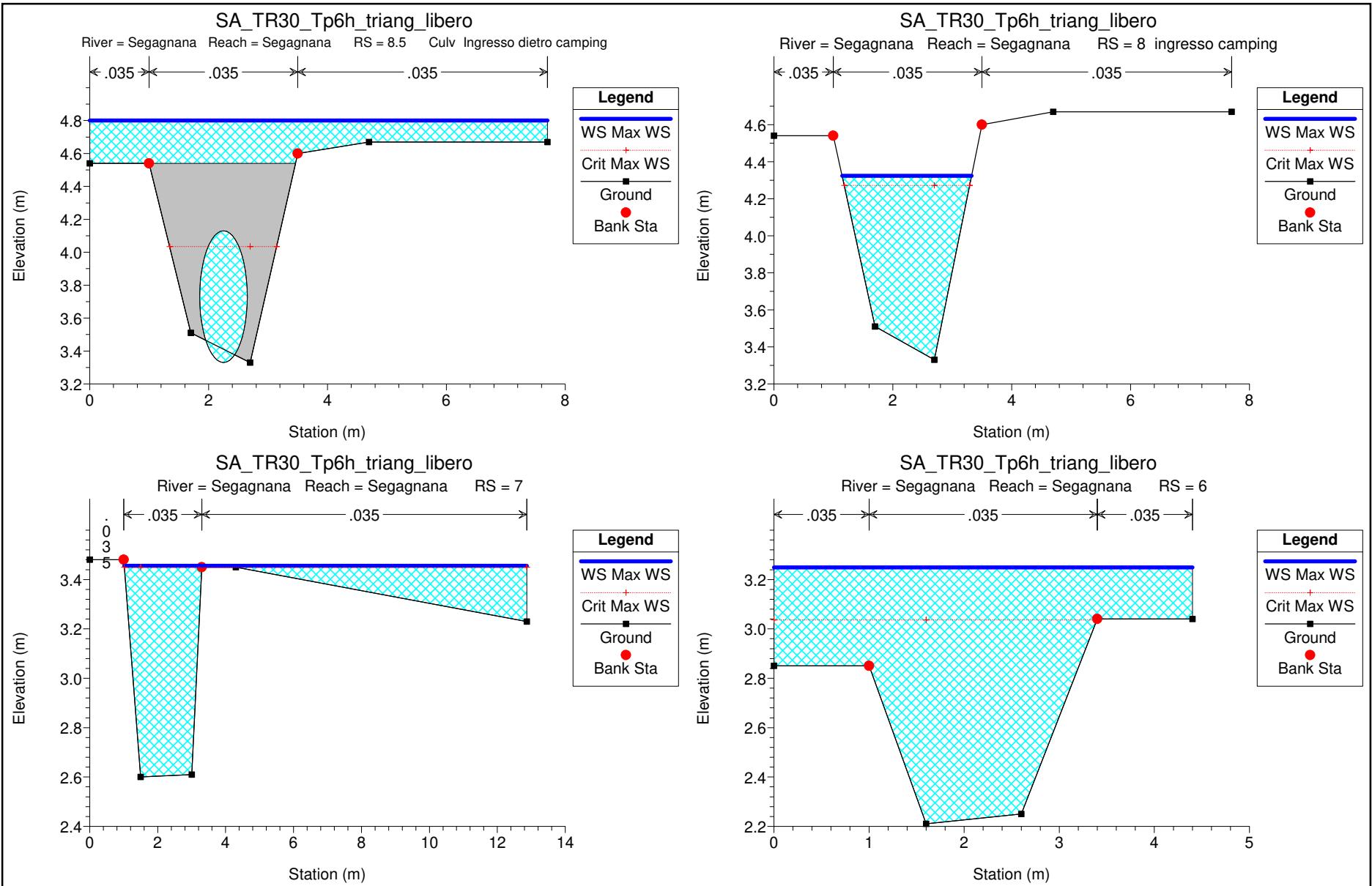


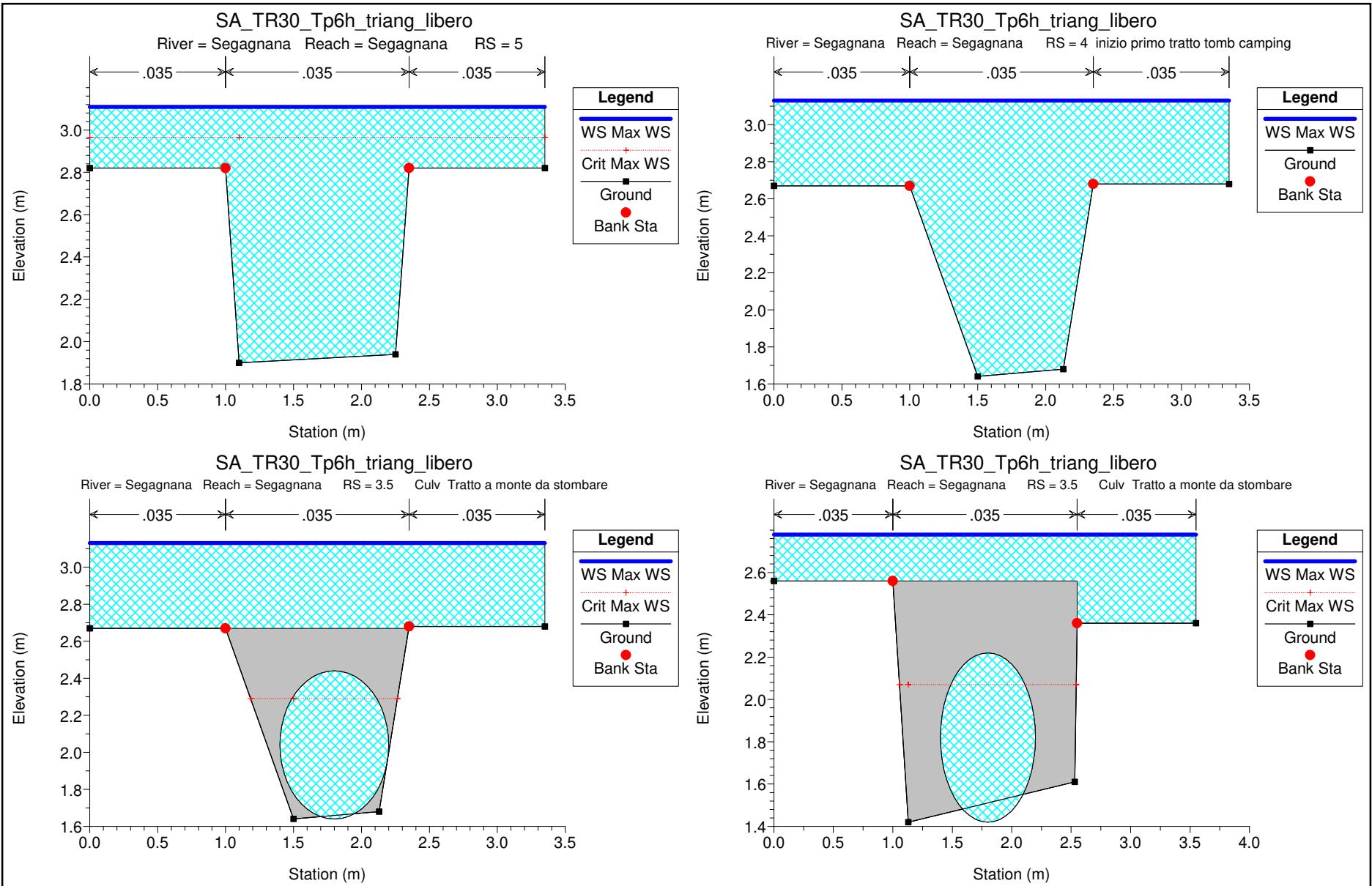


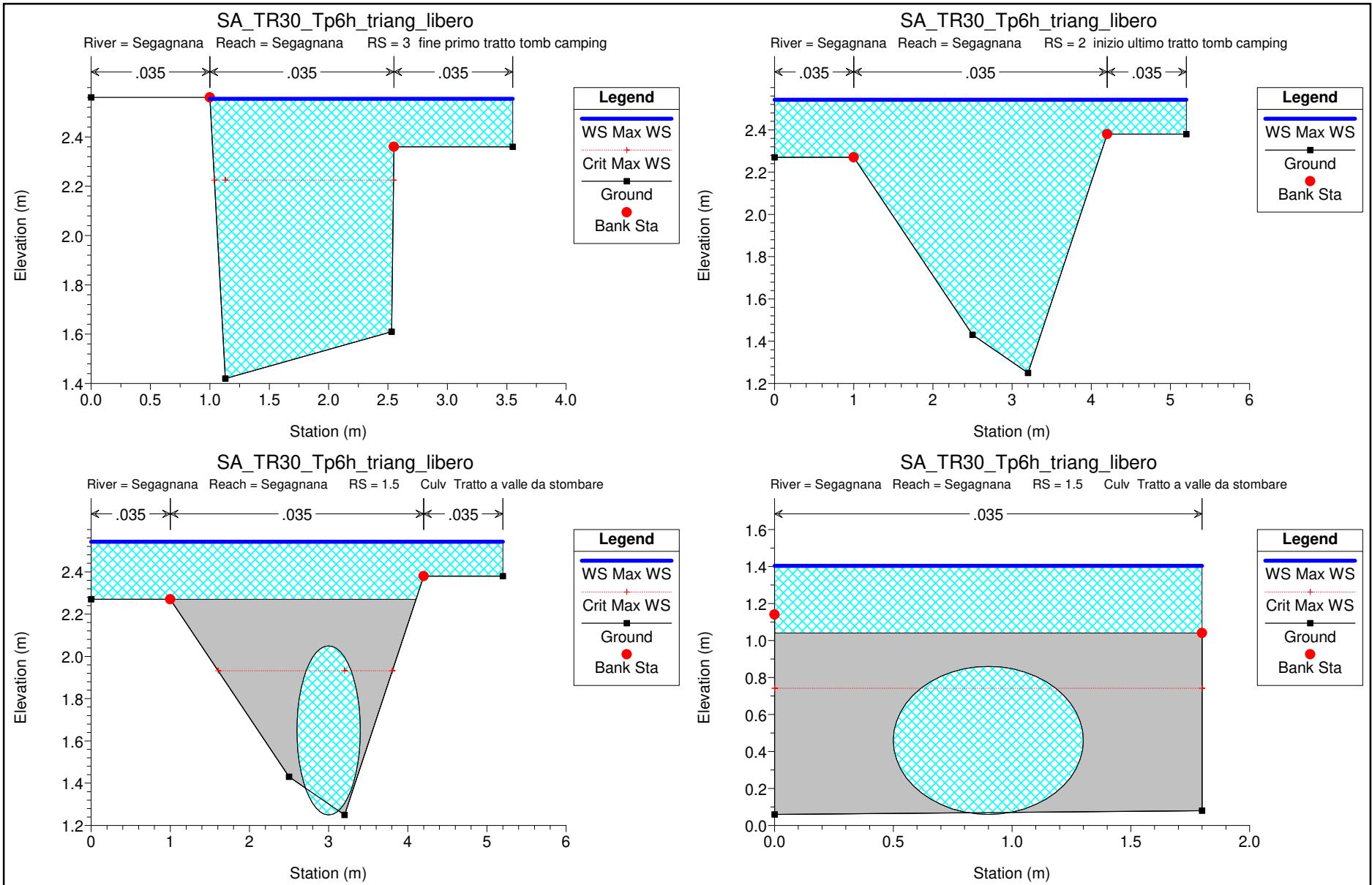
STATO ATTUALE TR 30 ANNI SBOCCO LIBERO Tp 6h

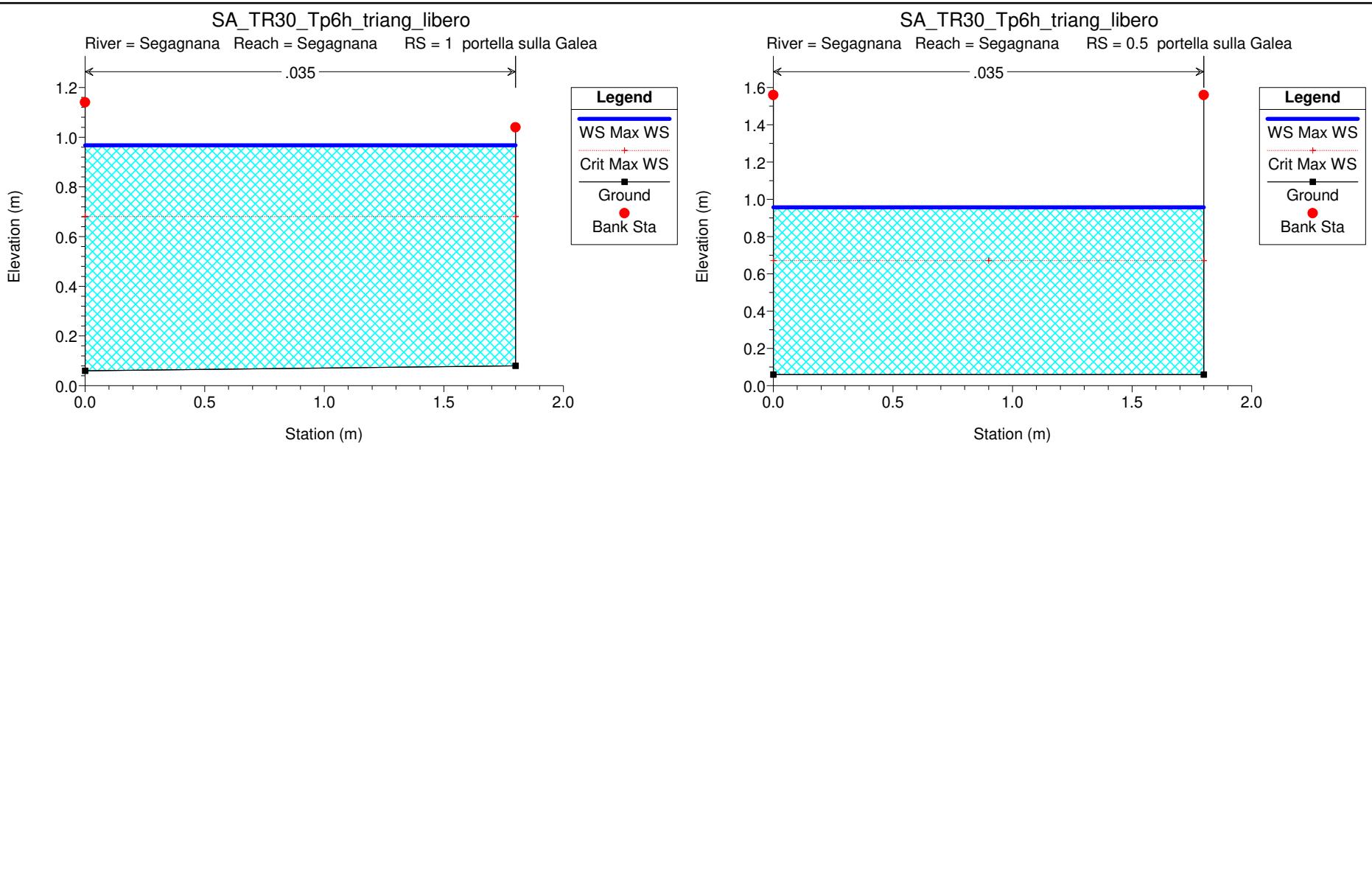




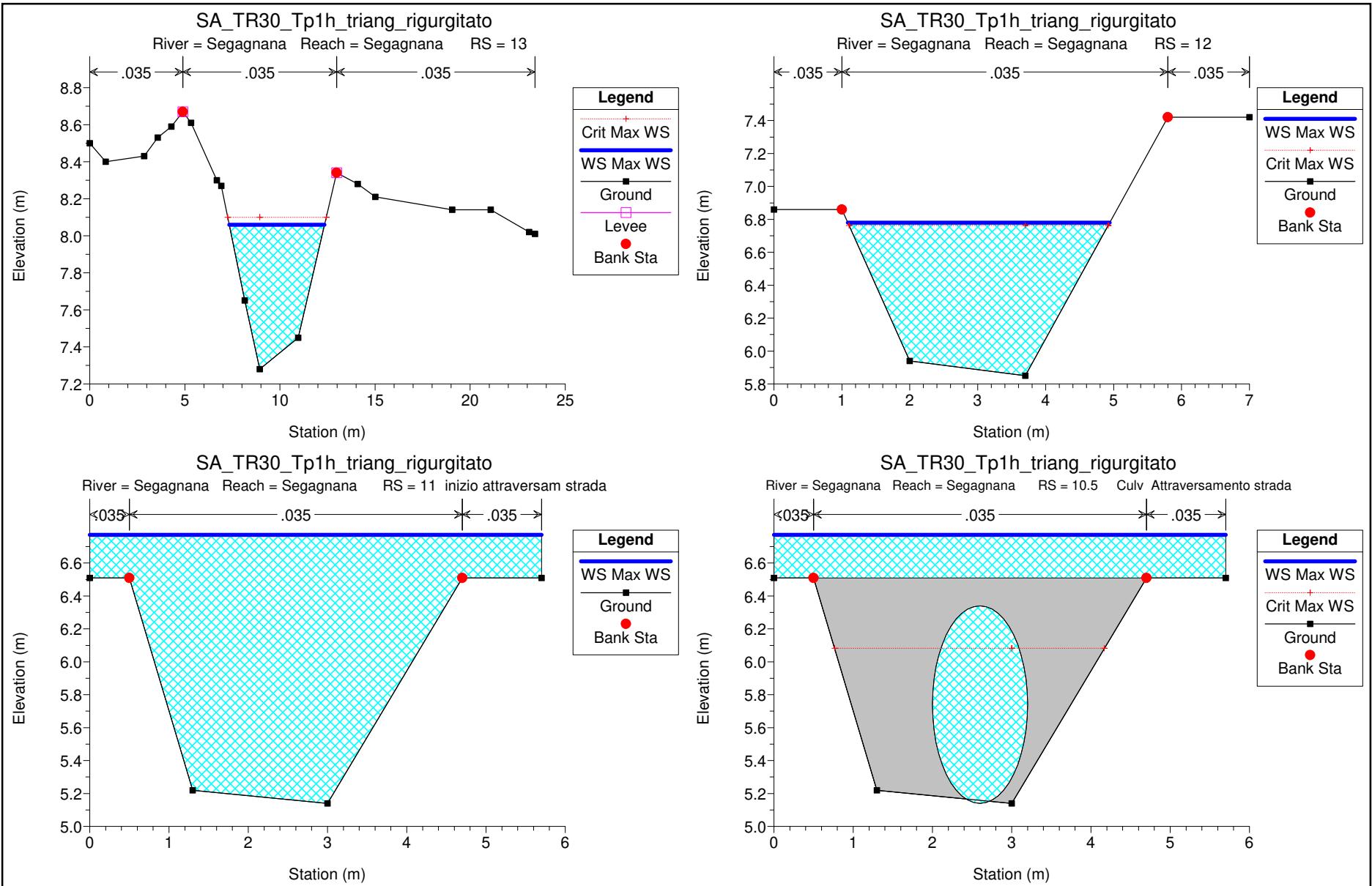


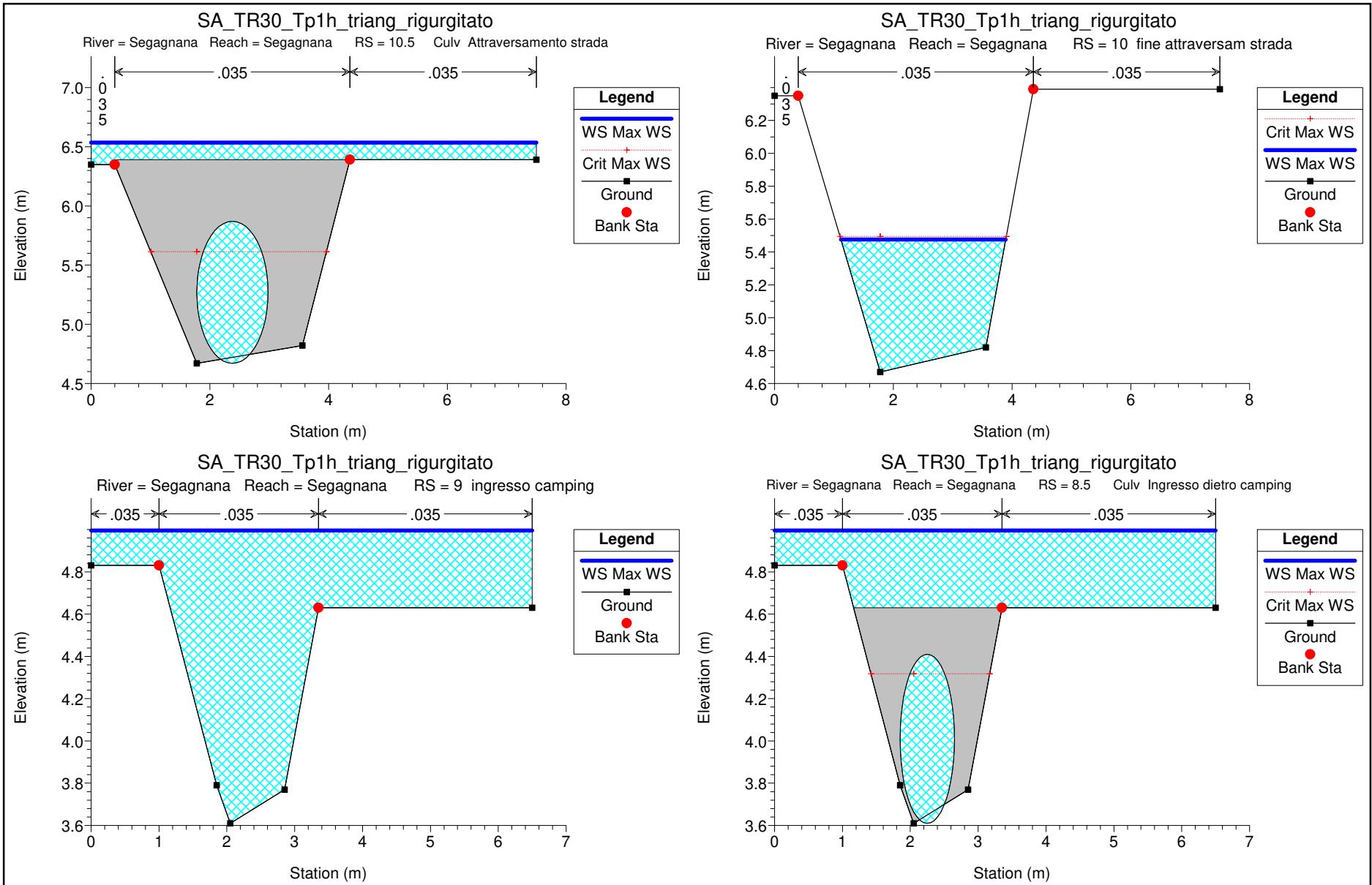


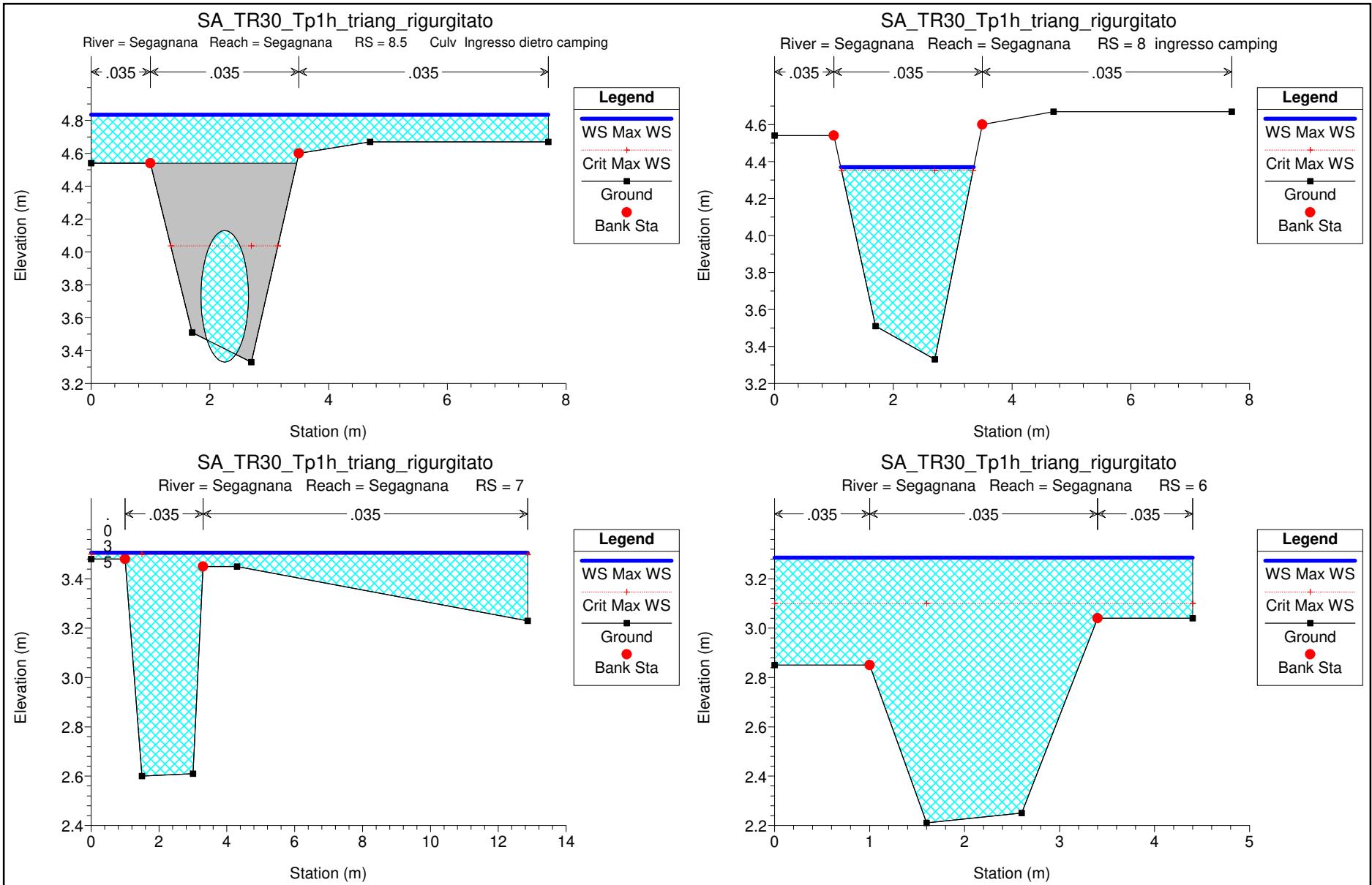


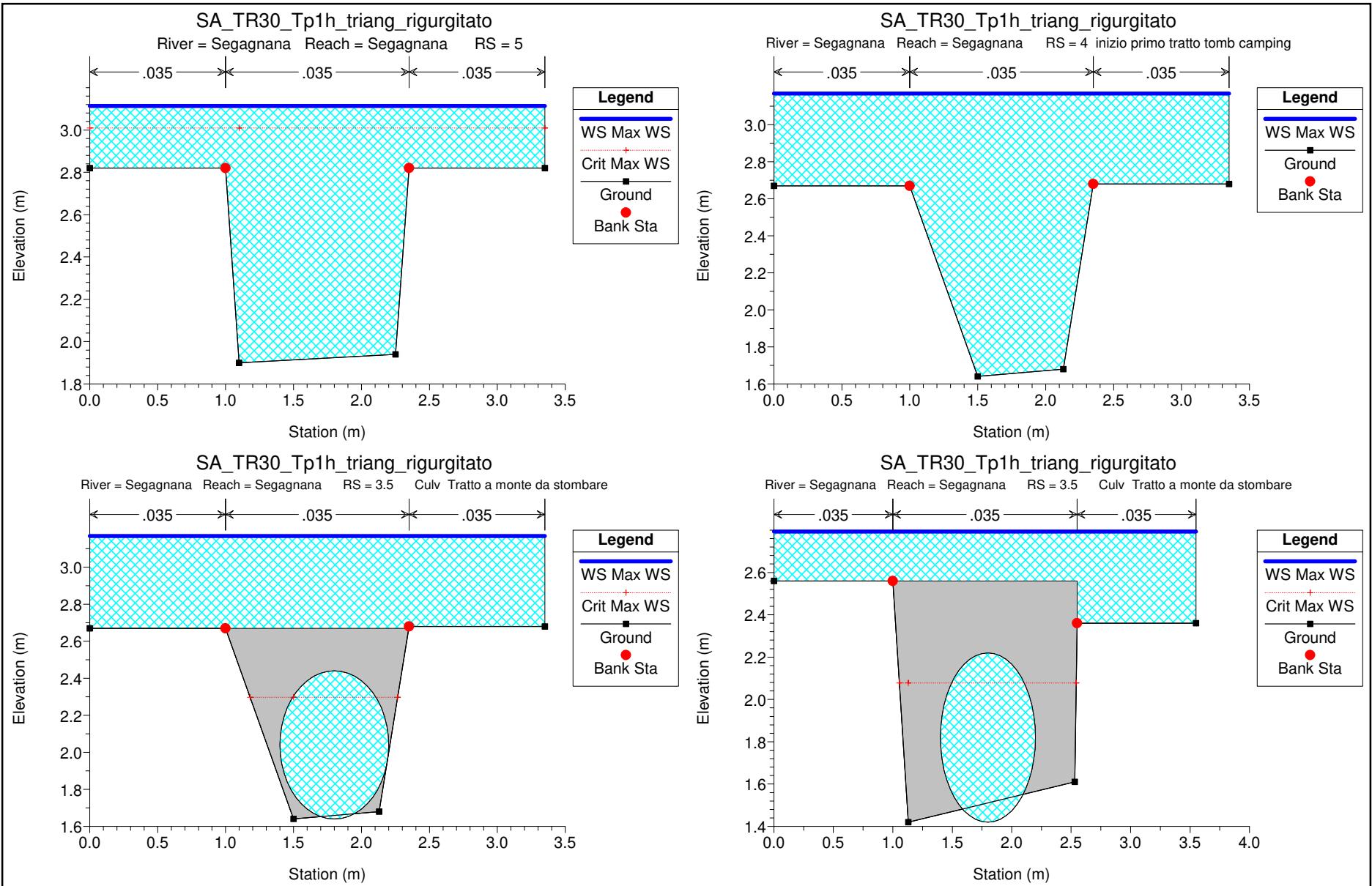


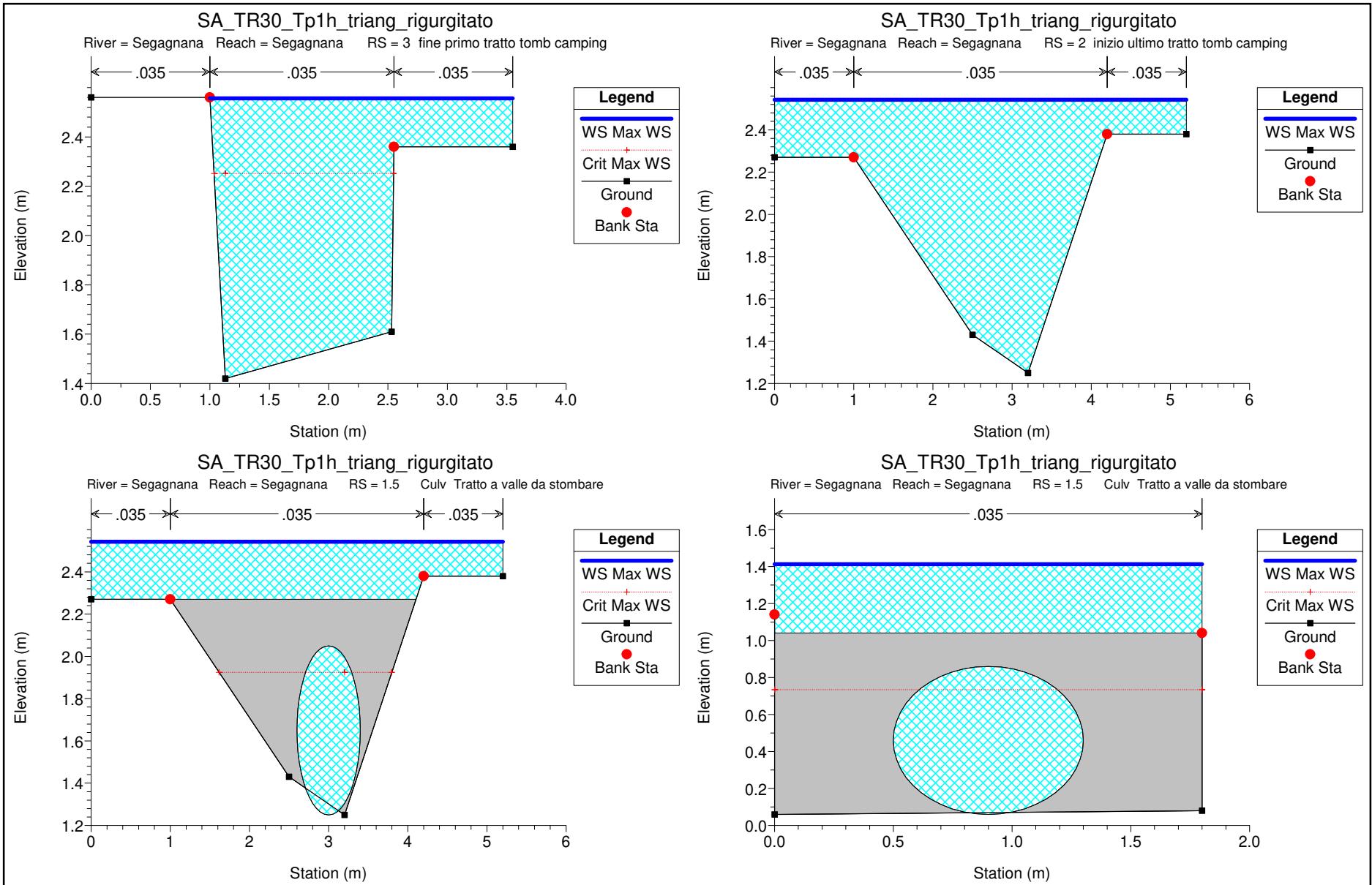
STATO ATTUALE TR 30 ANNI SBOCCO OCCLUSO Tp 1h

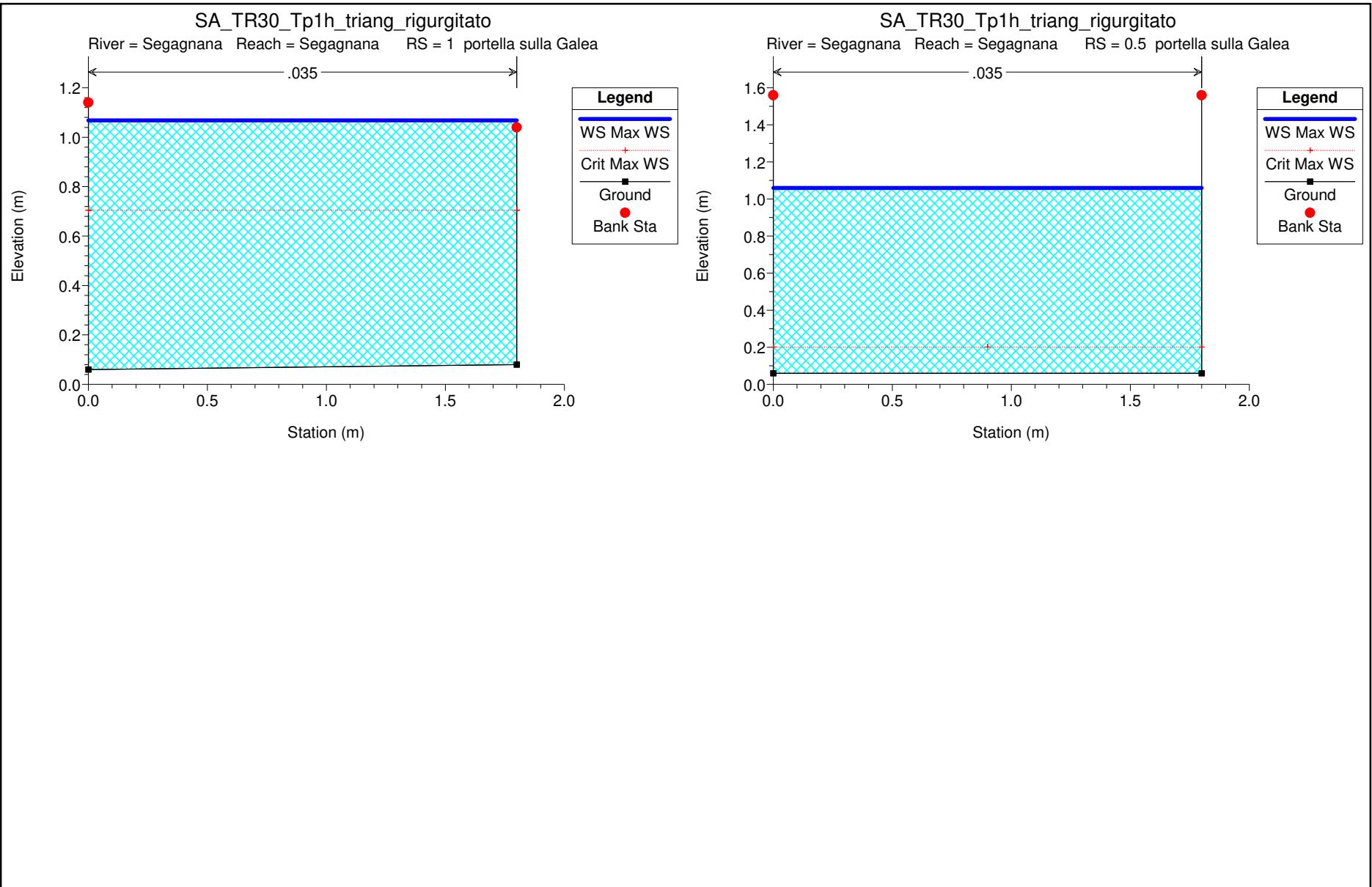




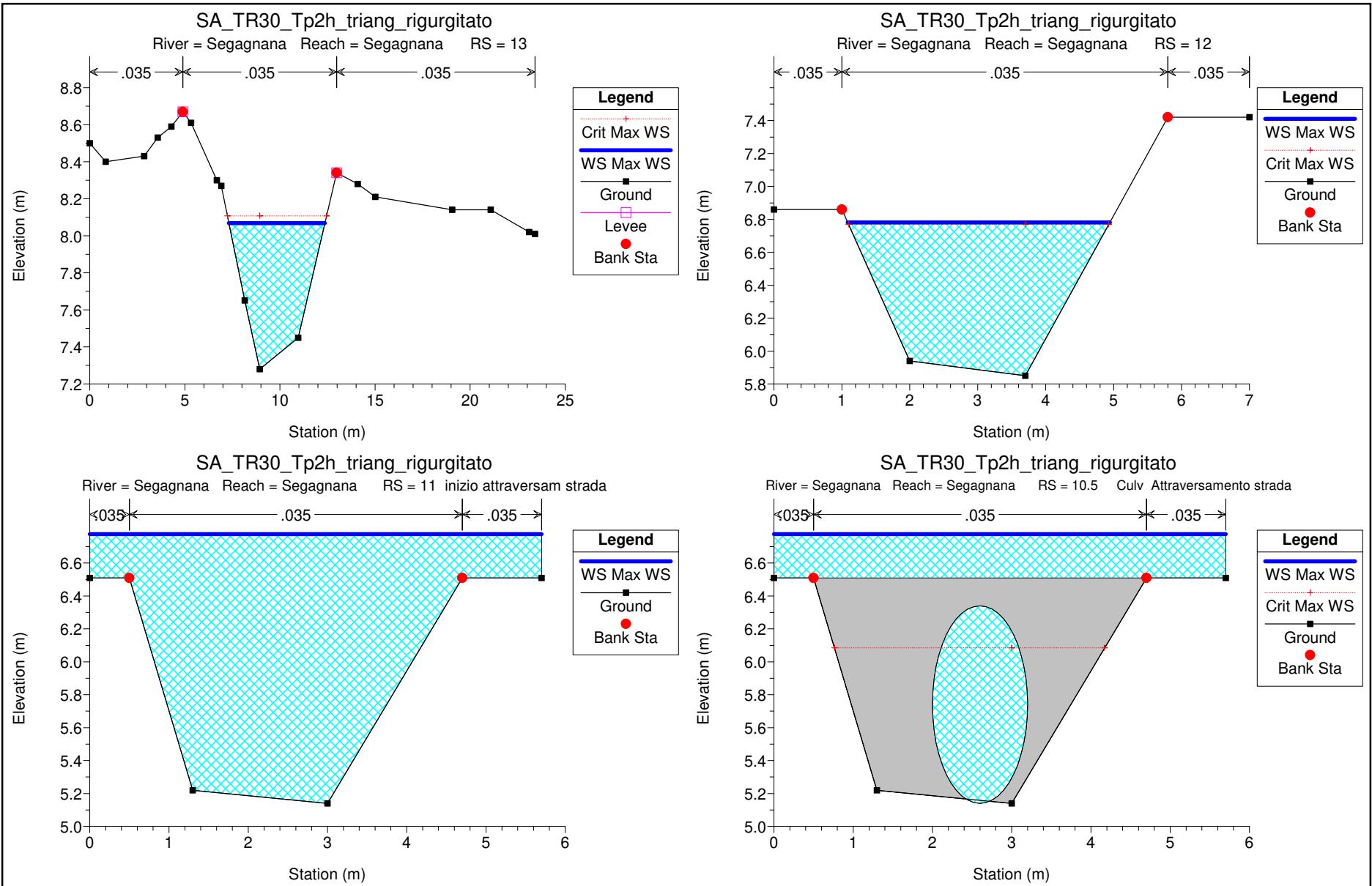


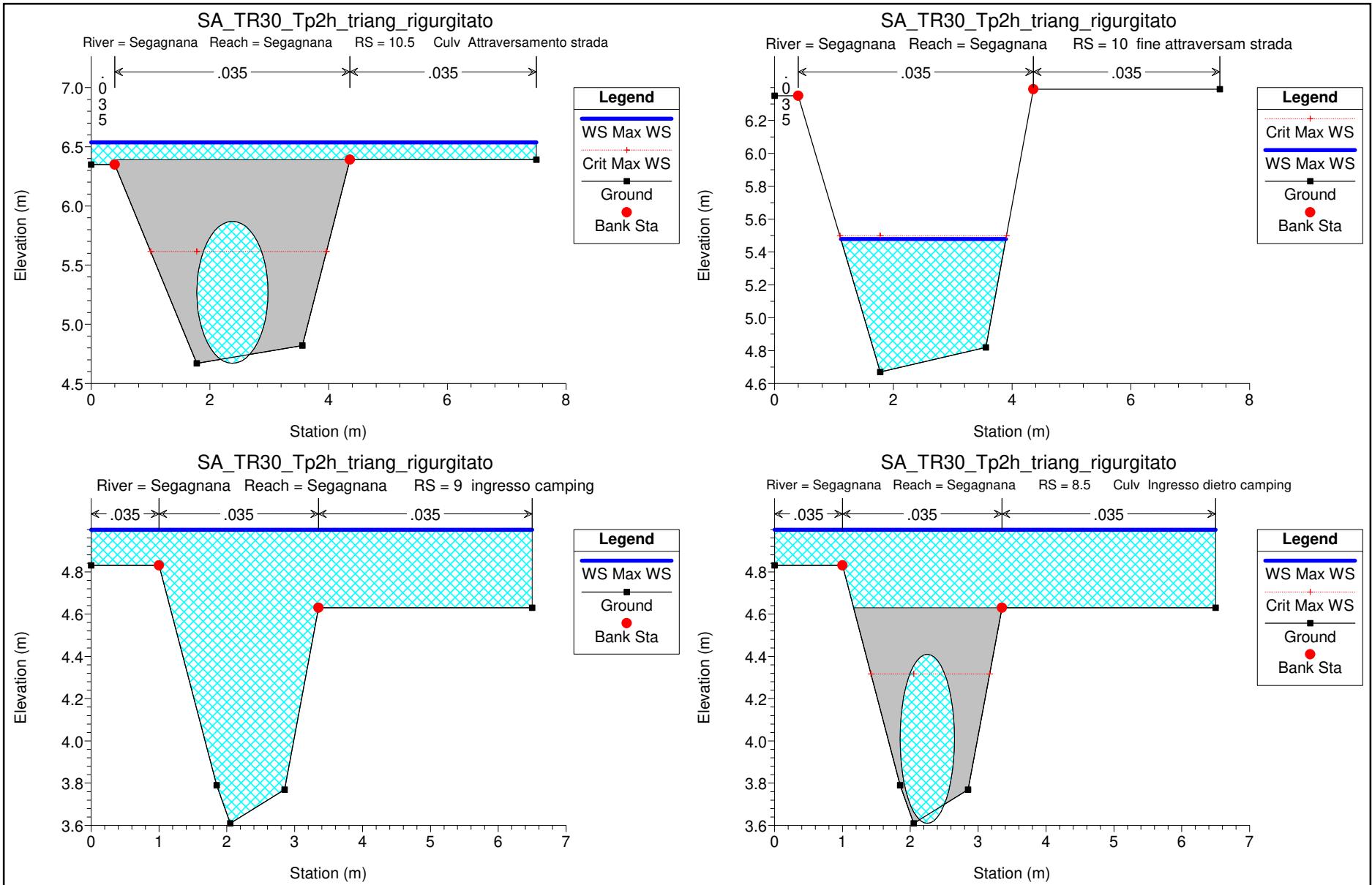


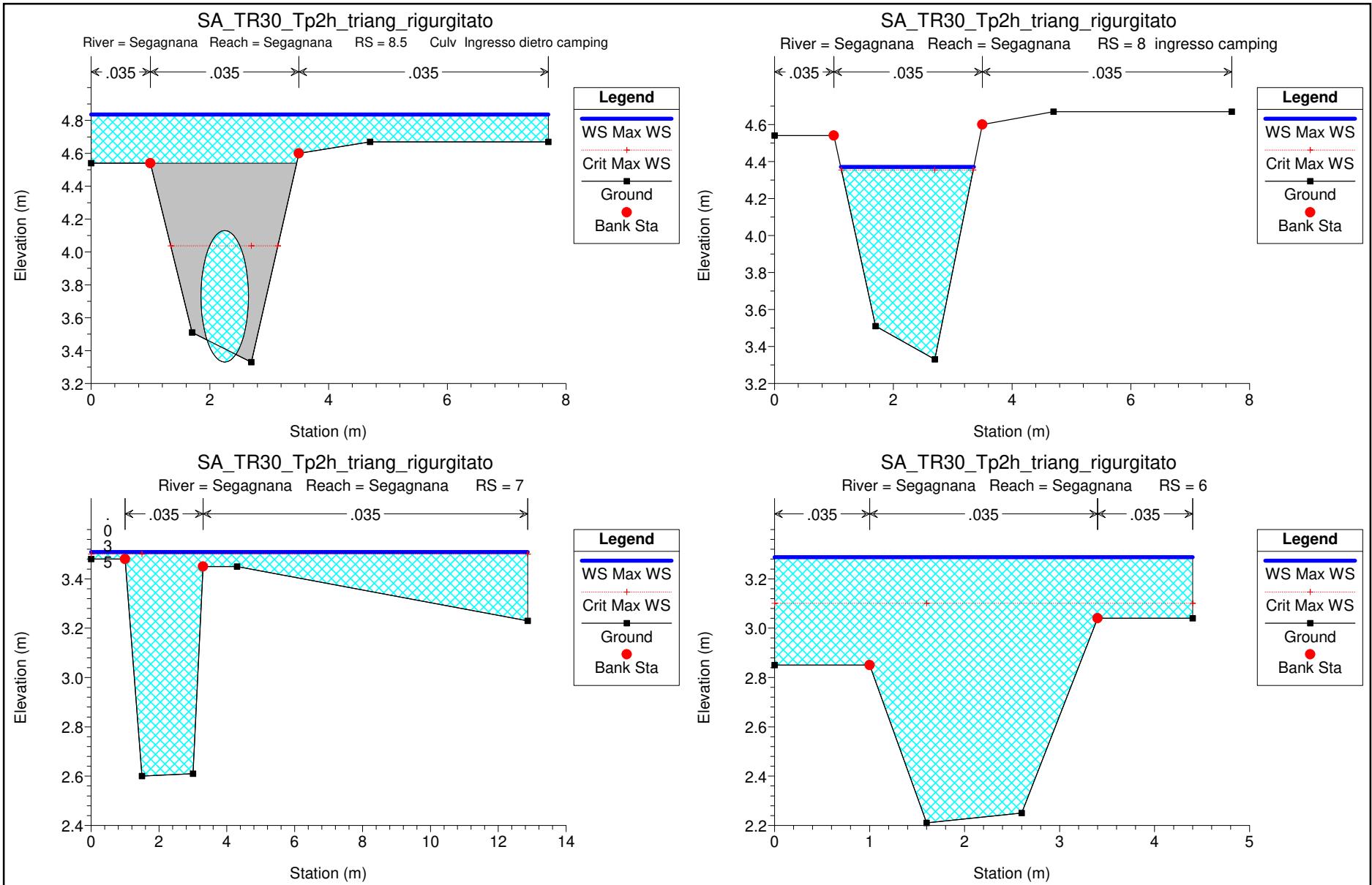


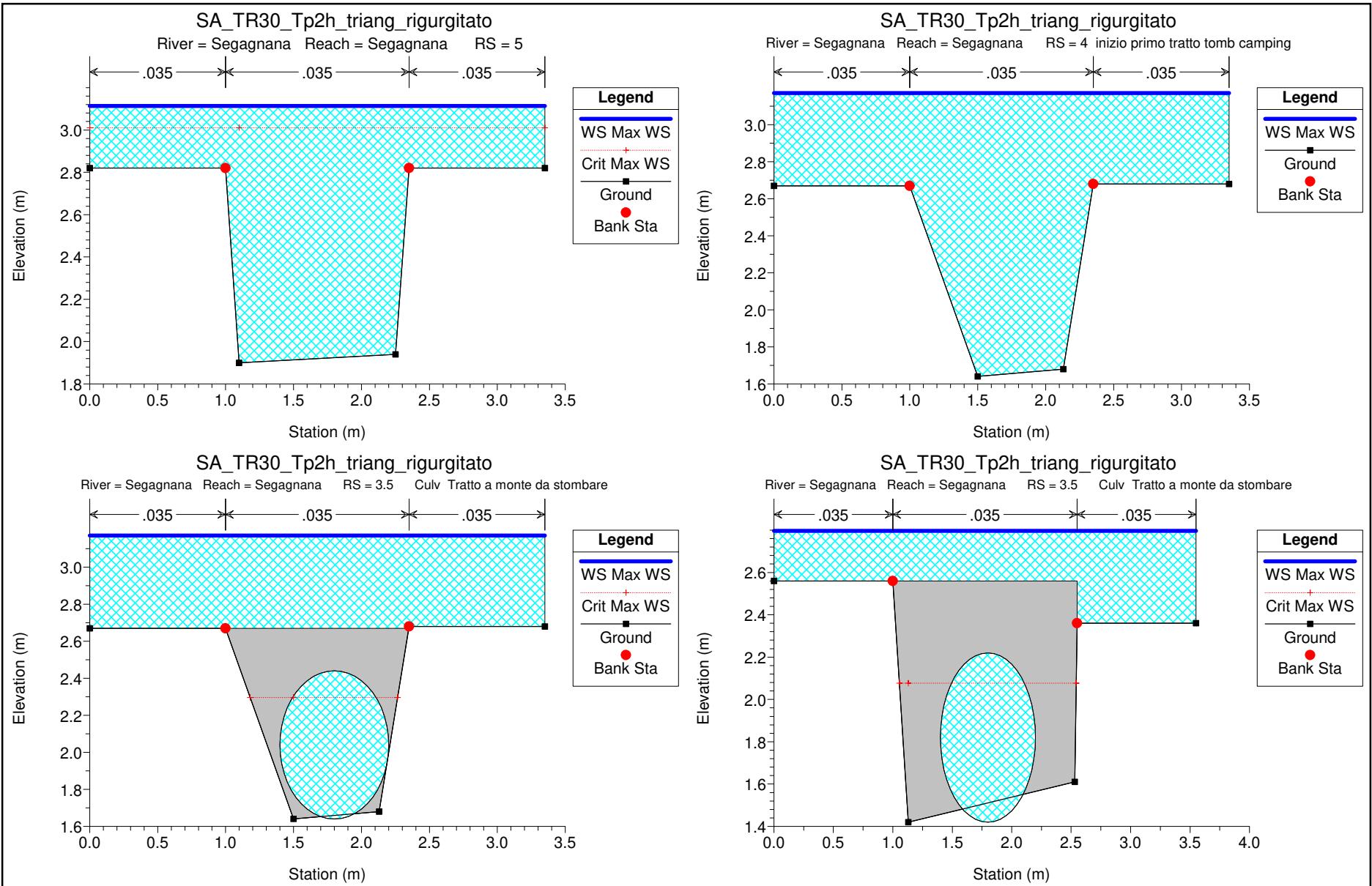


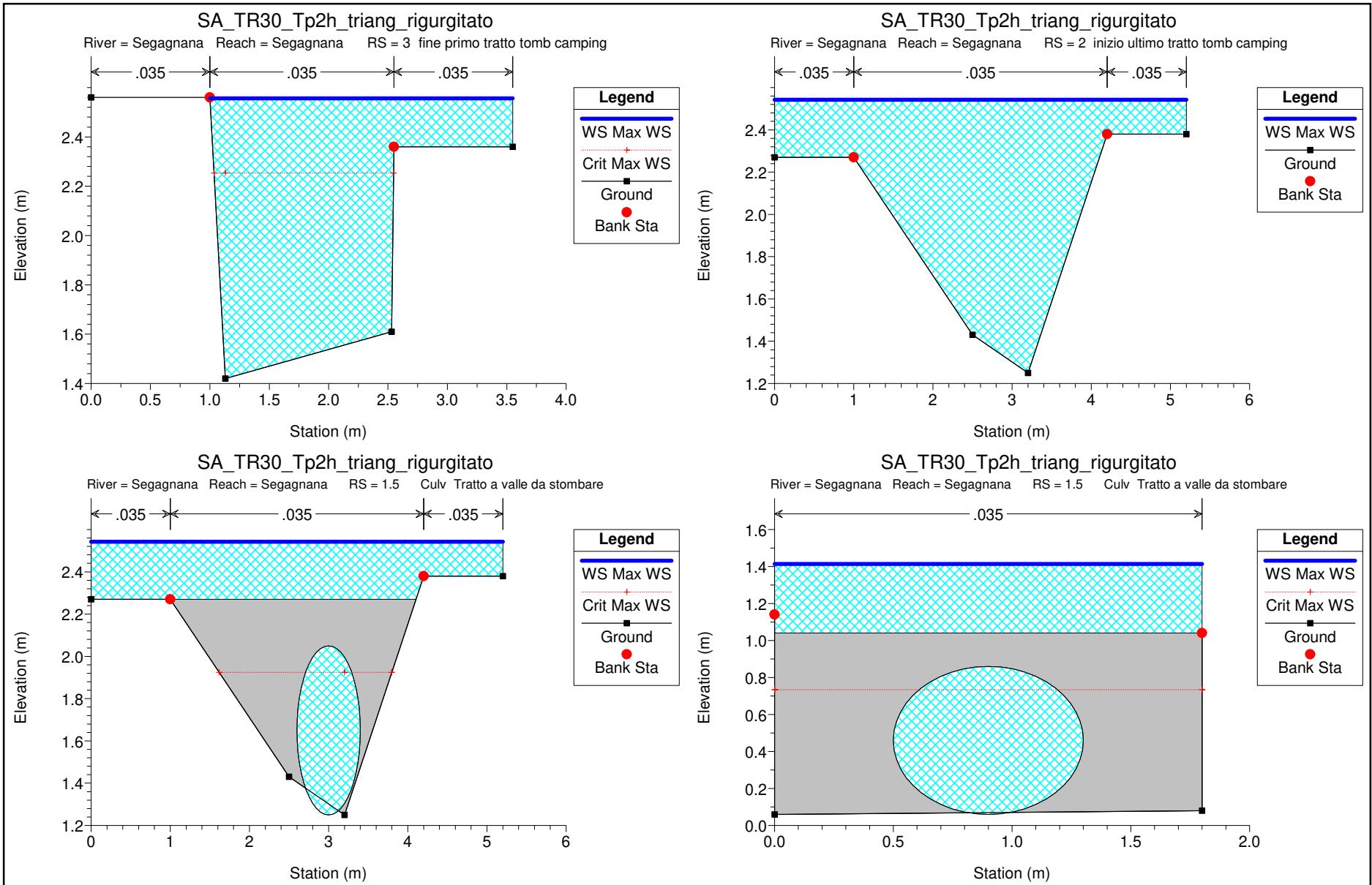
STATO ATTUALE TR 30 ANNI SBOCCO OCCLUSO Tp 2h

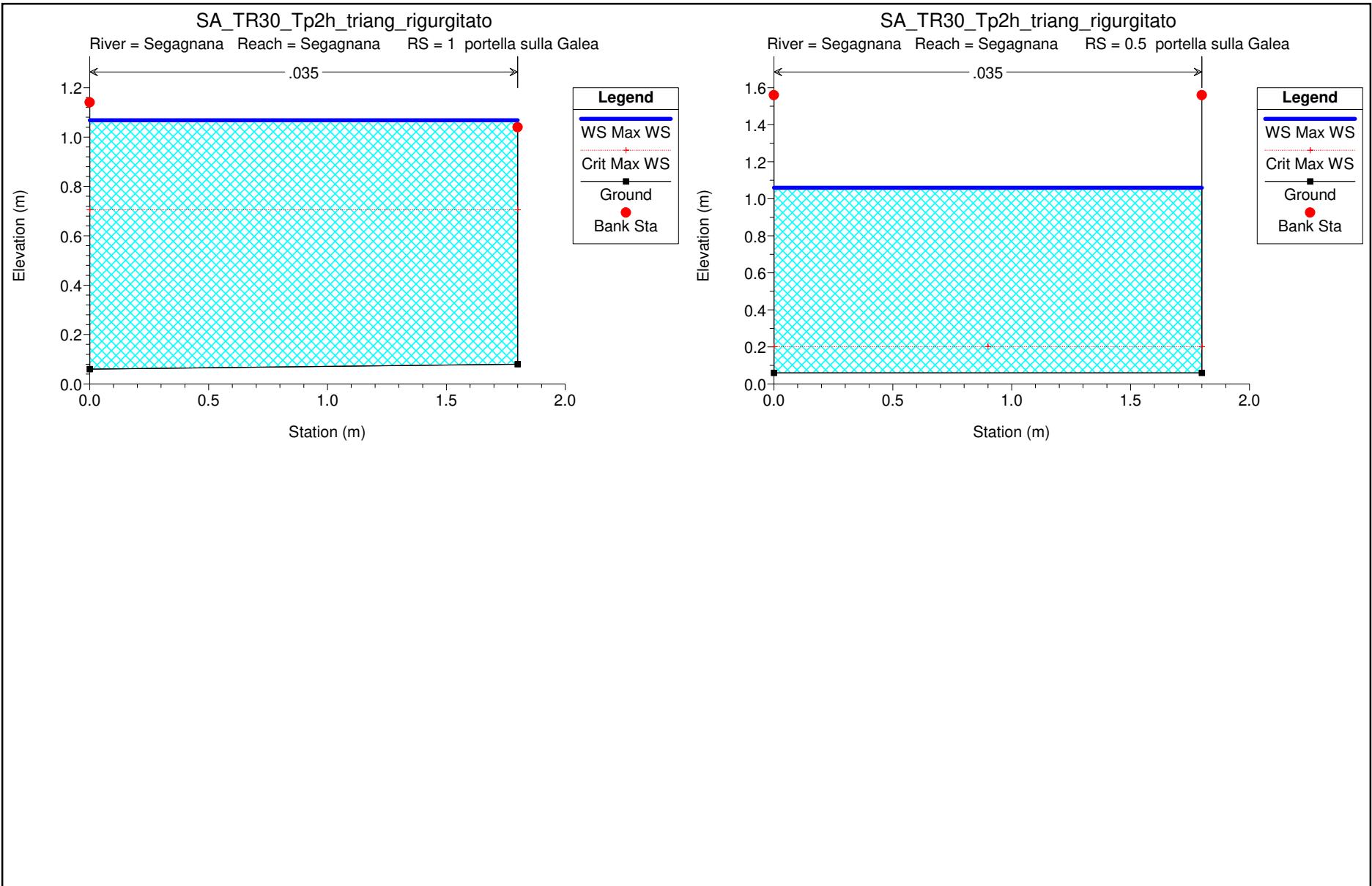




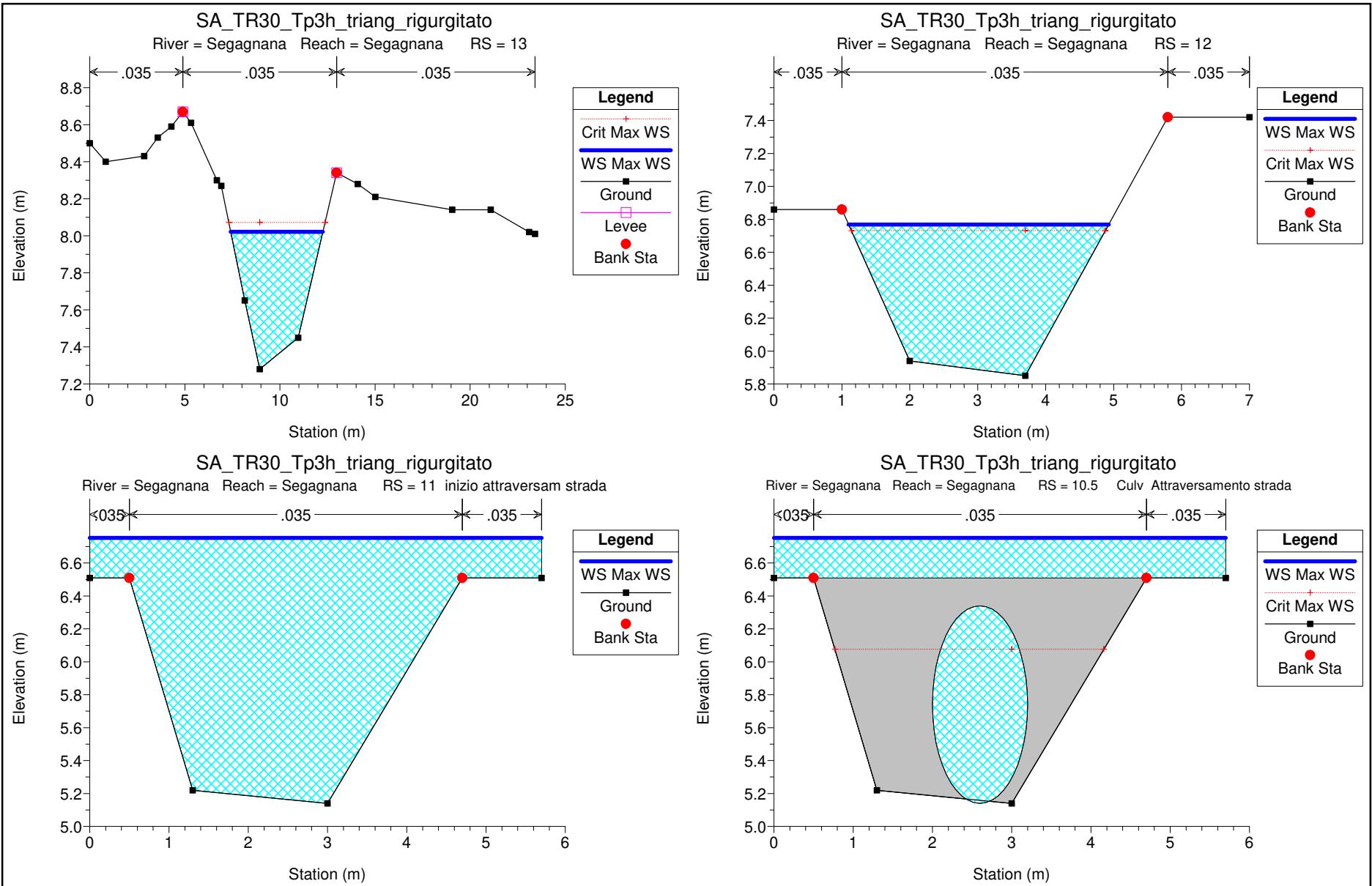


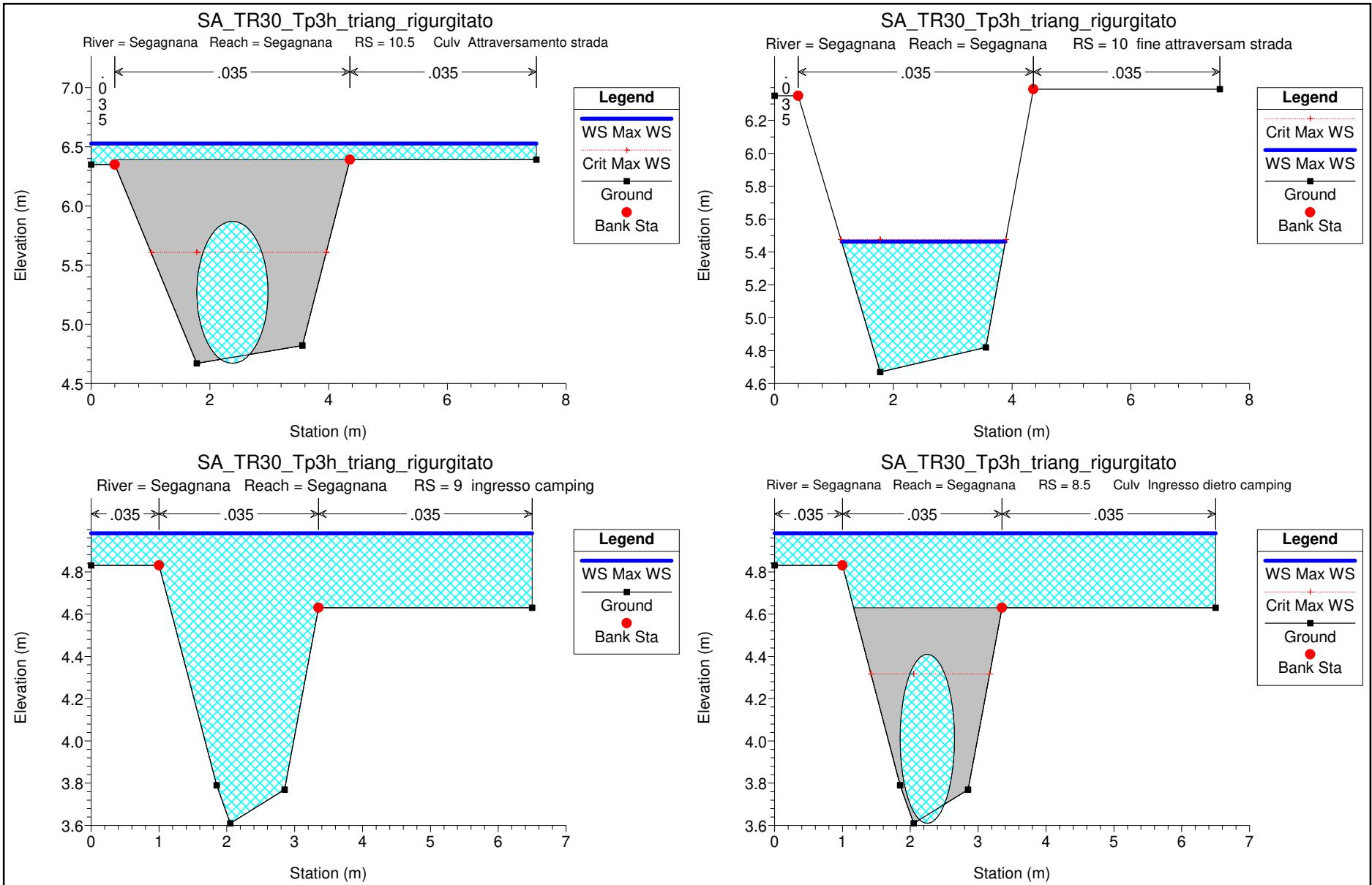


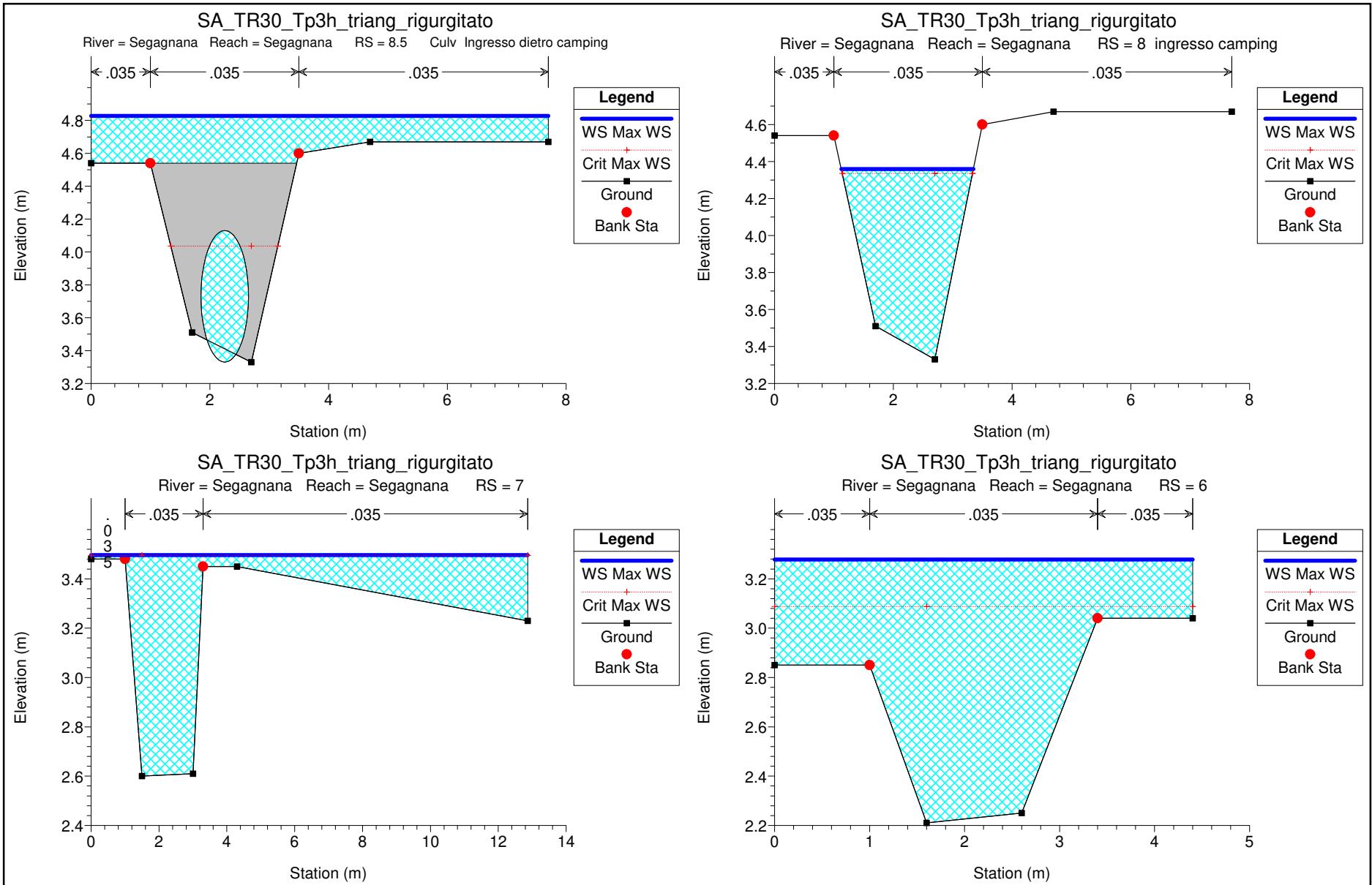


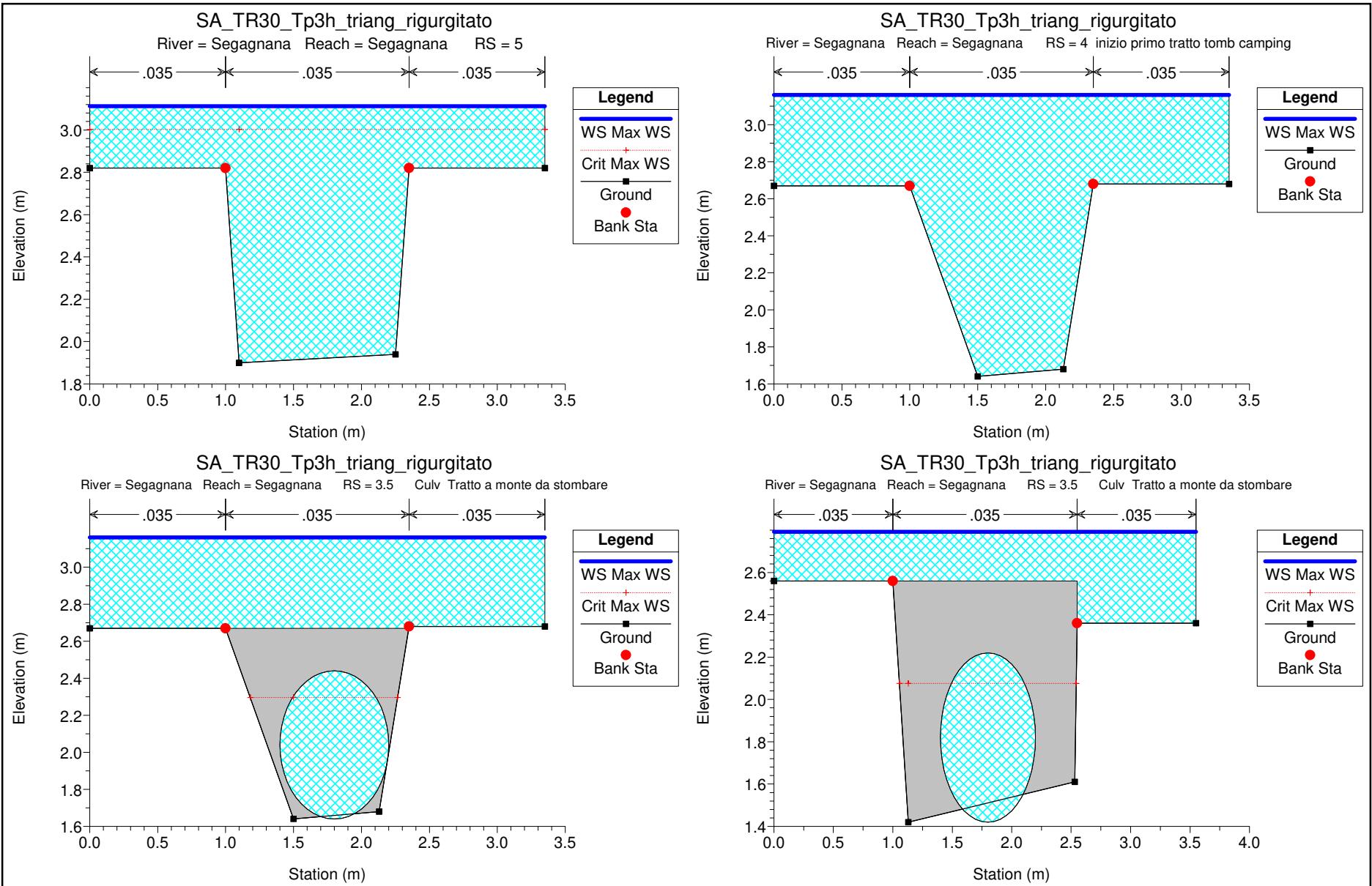


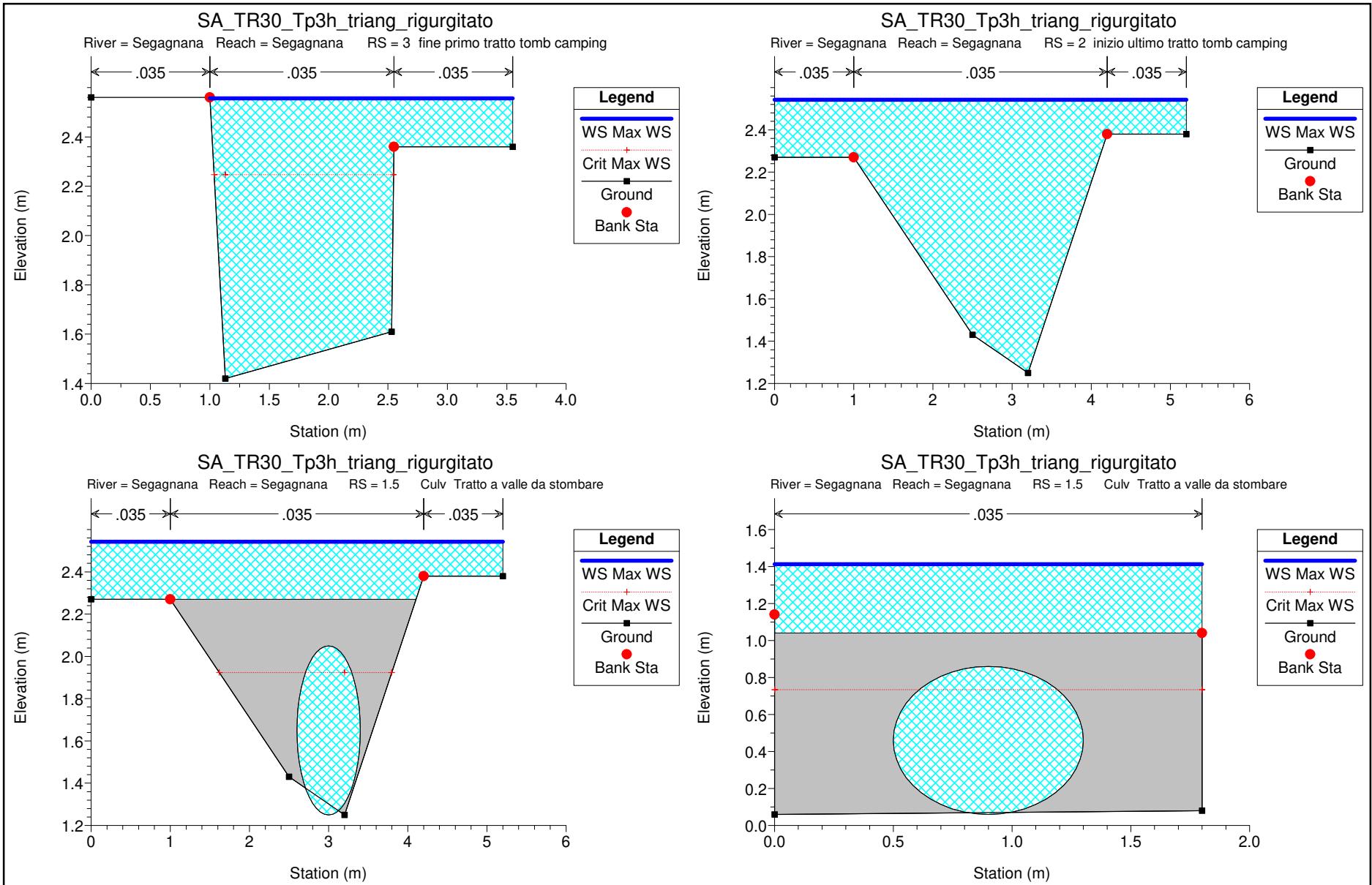
STATO ATTUALE TR 30 ANNI SBOCCO OCCLUSO Tp 3h

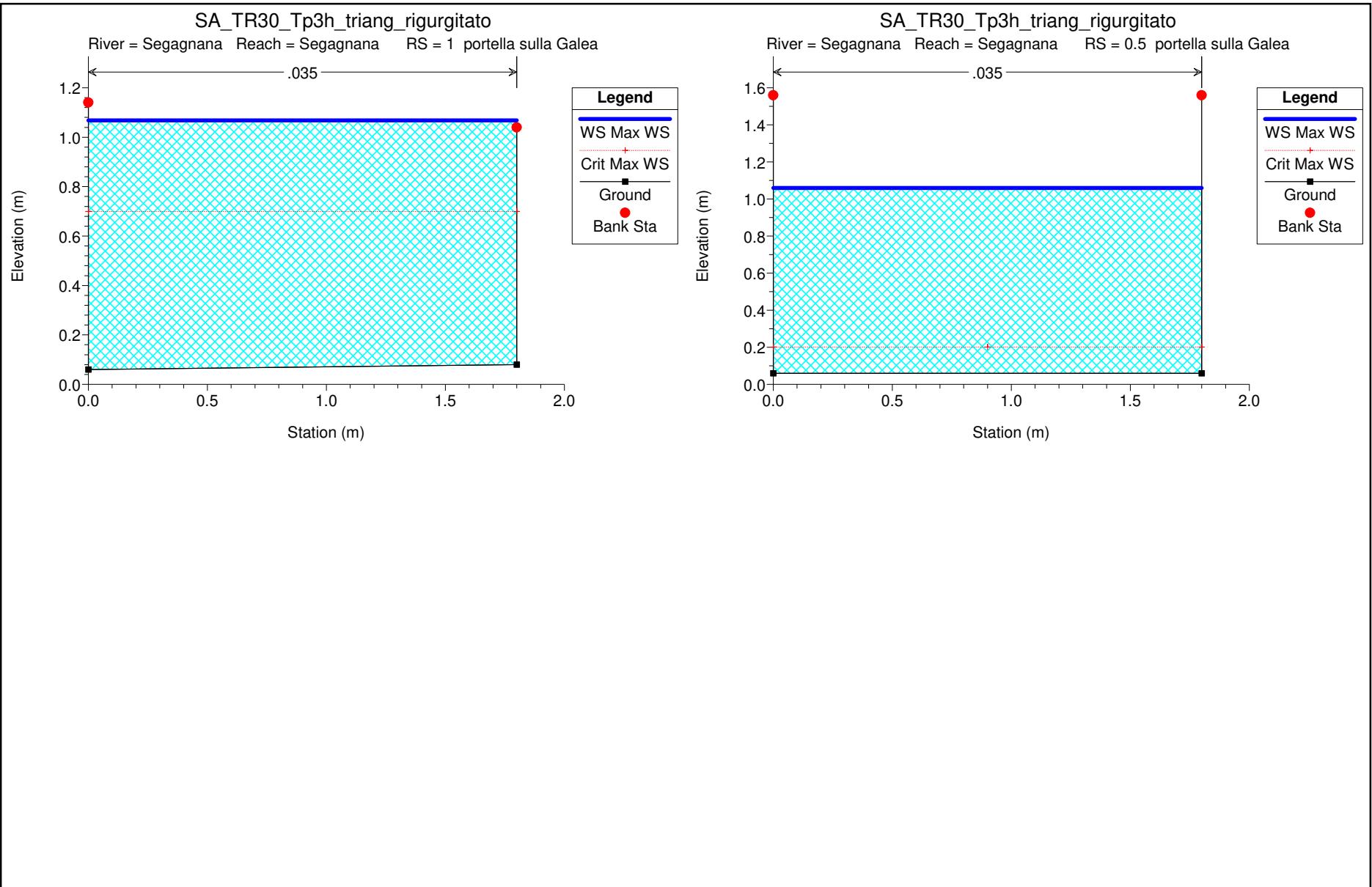




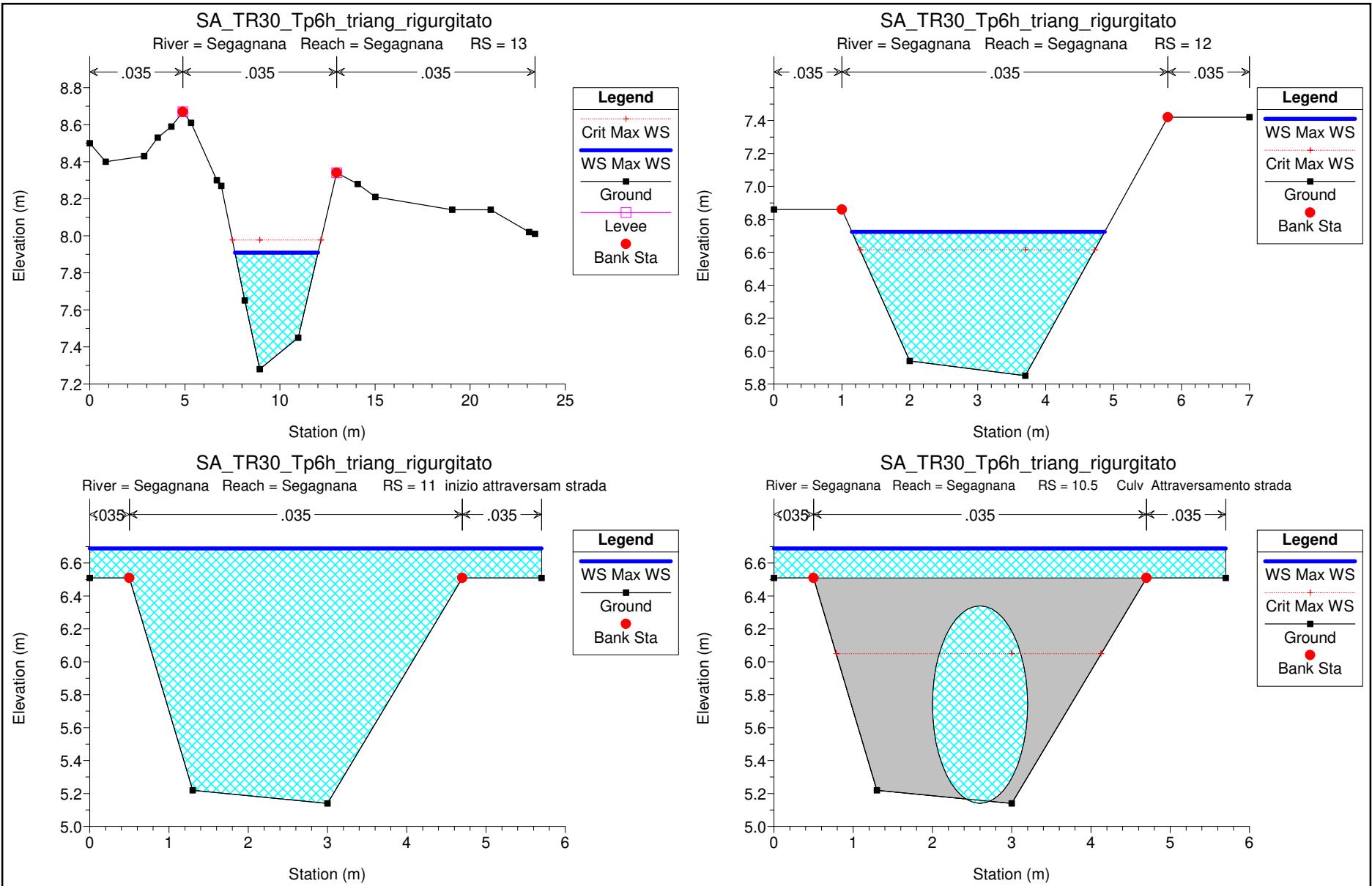


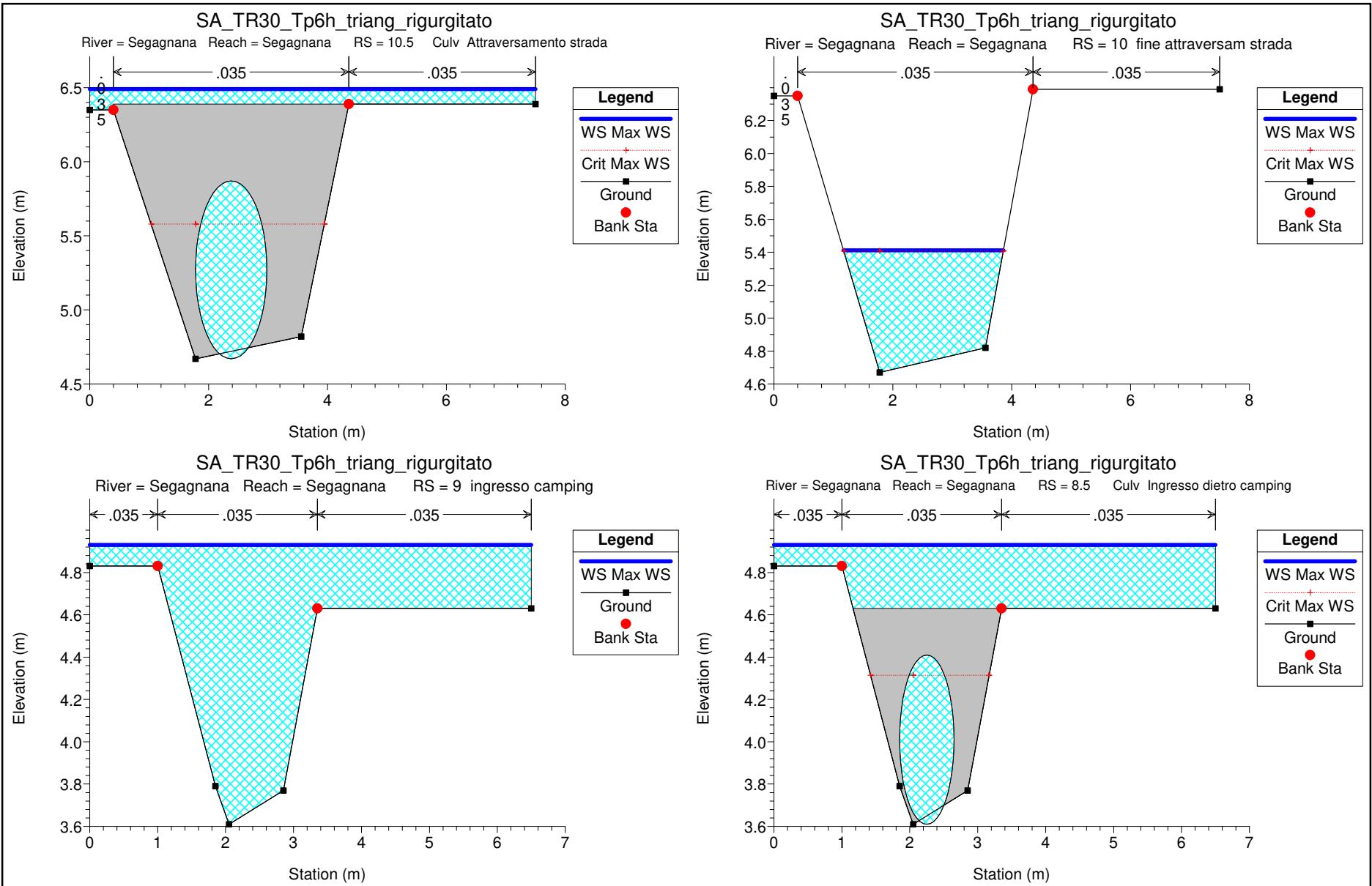


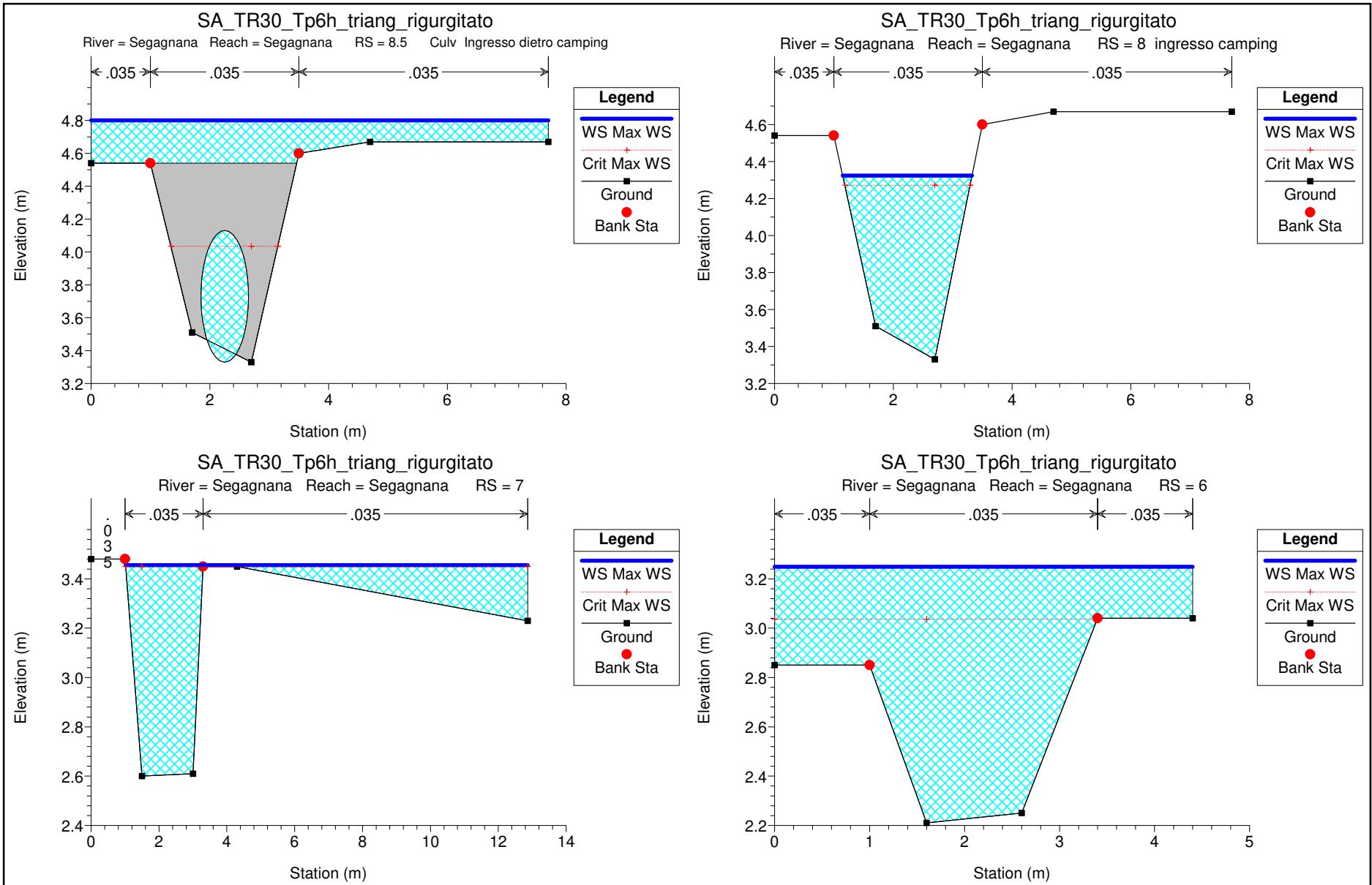


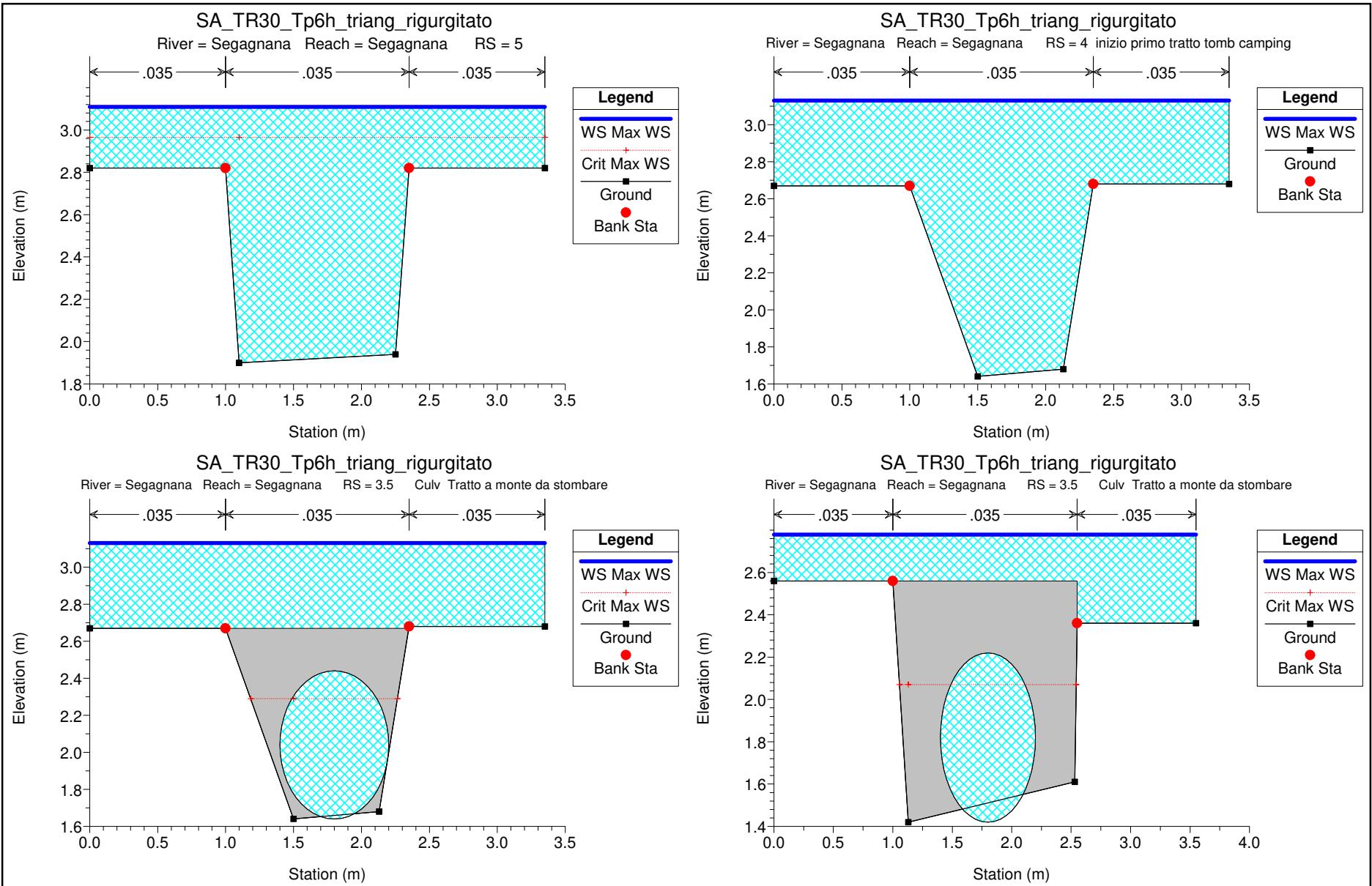


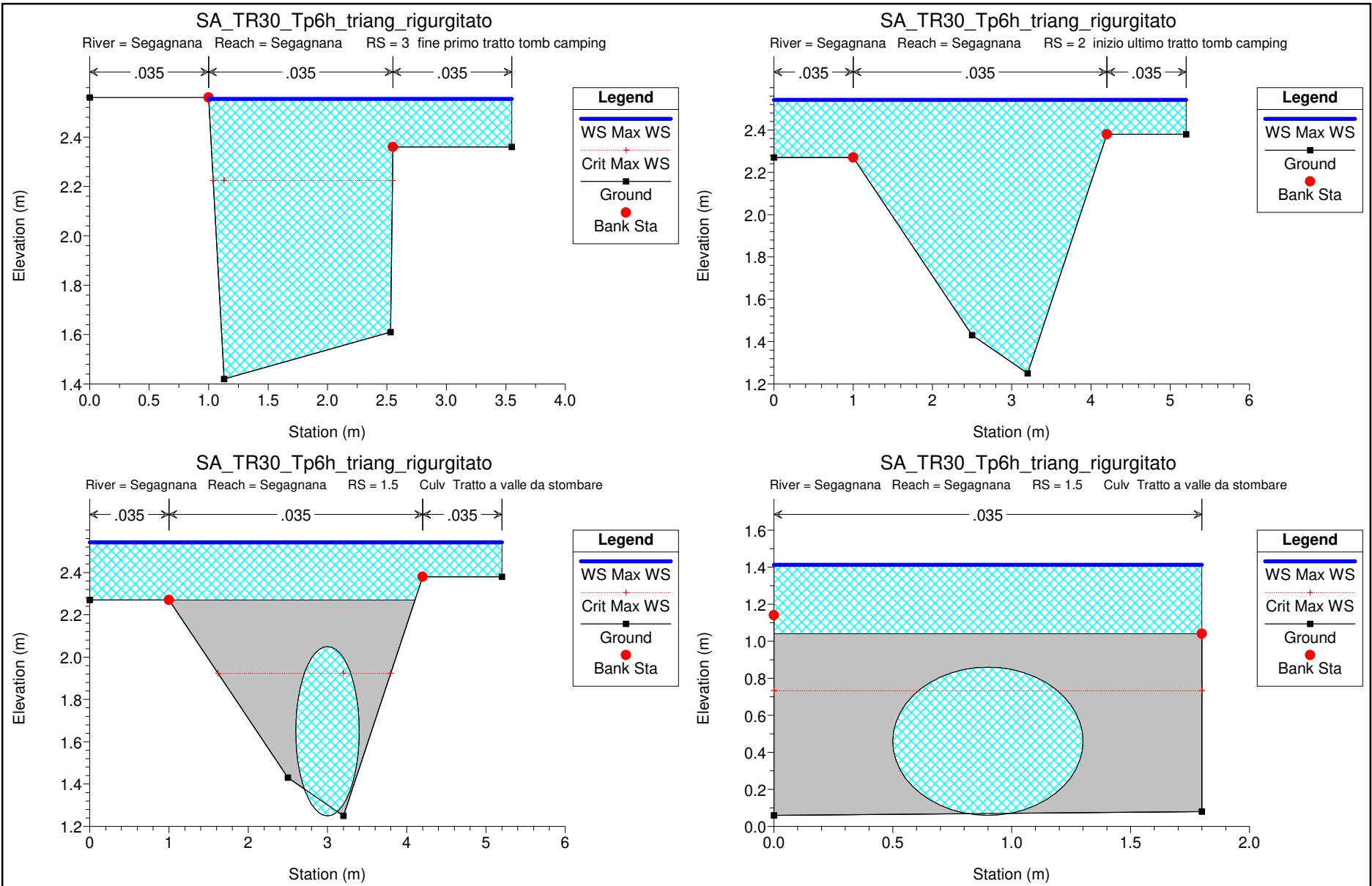
STATO ATTUALE TR 30 ANNI SBOCCO OCCLUSO Tp 6h

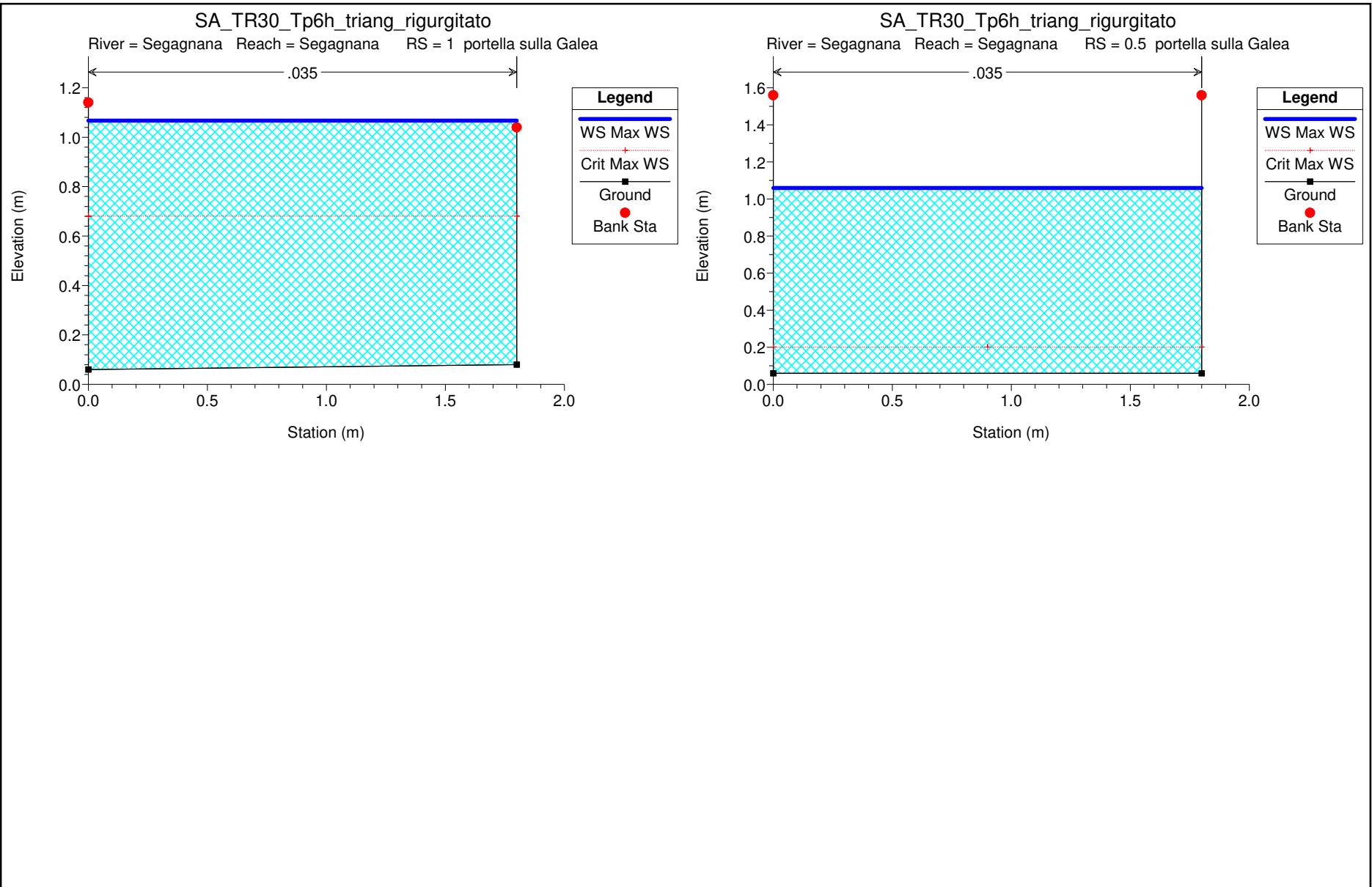




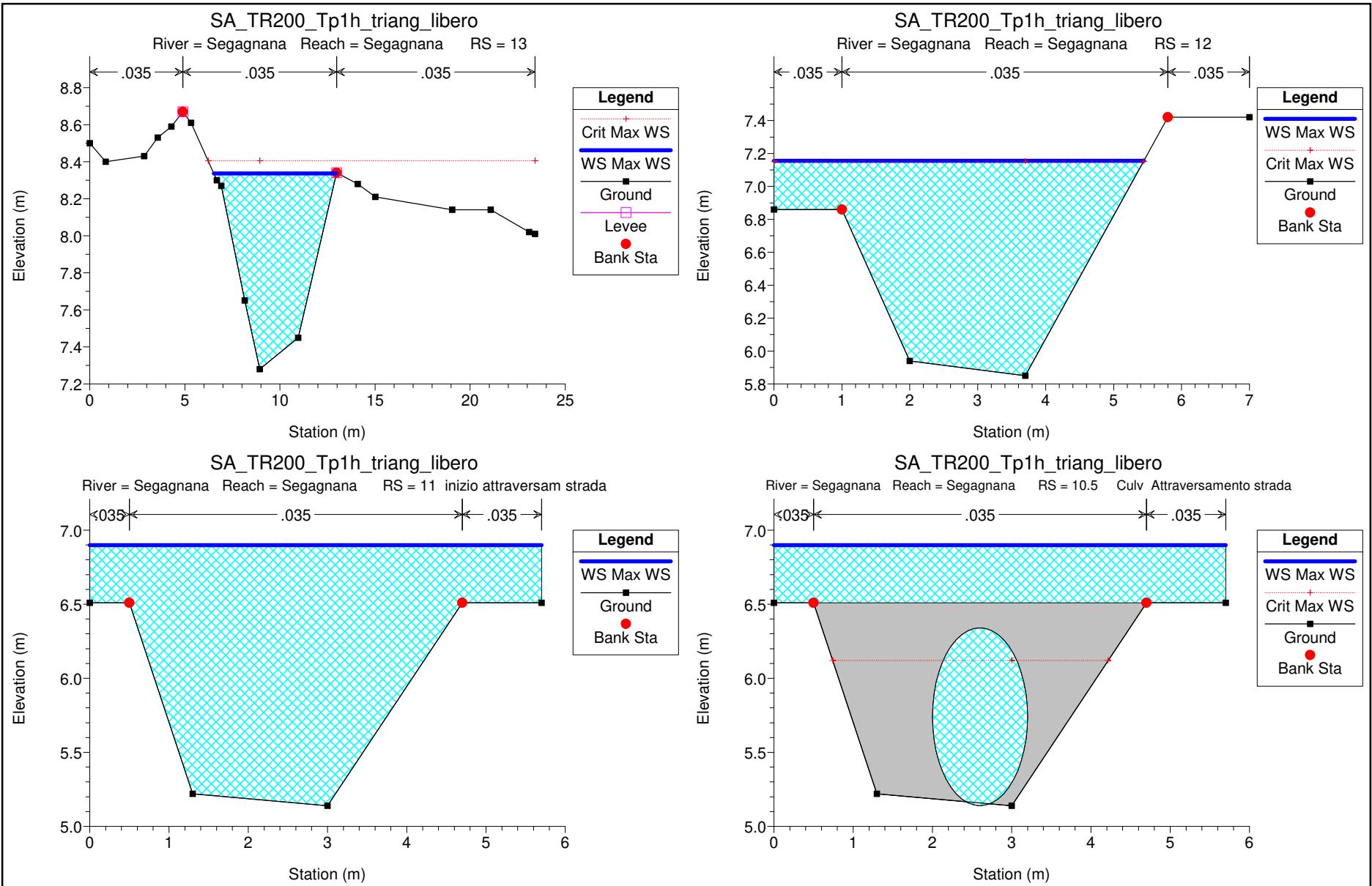


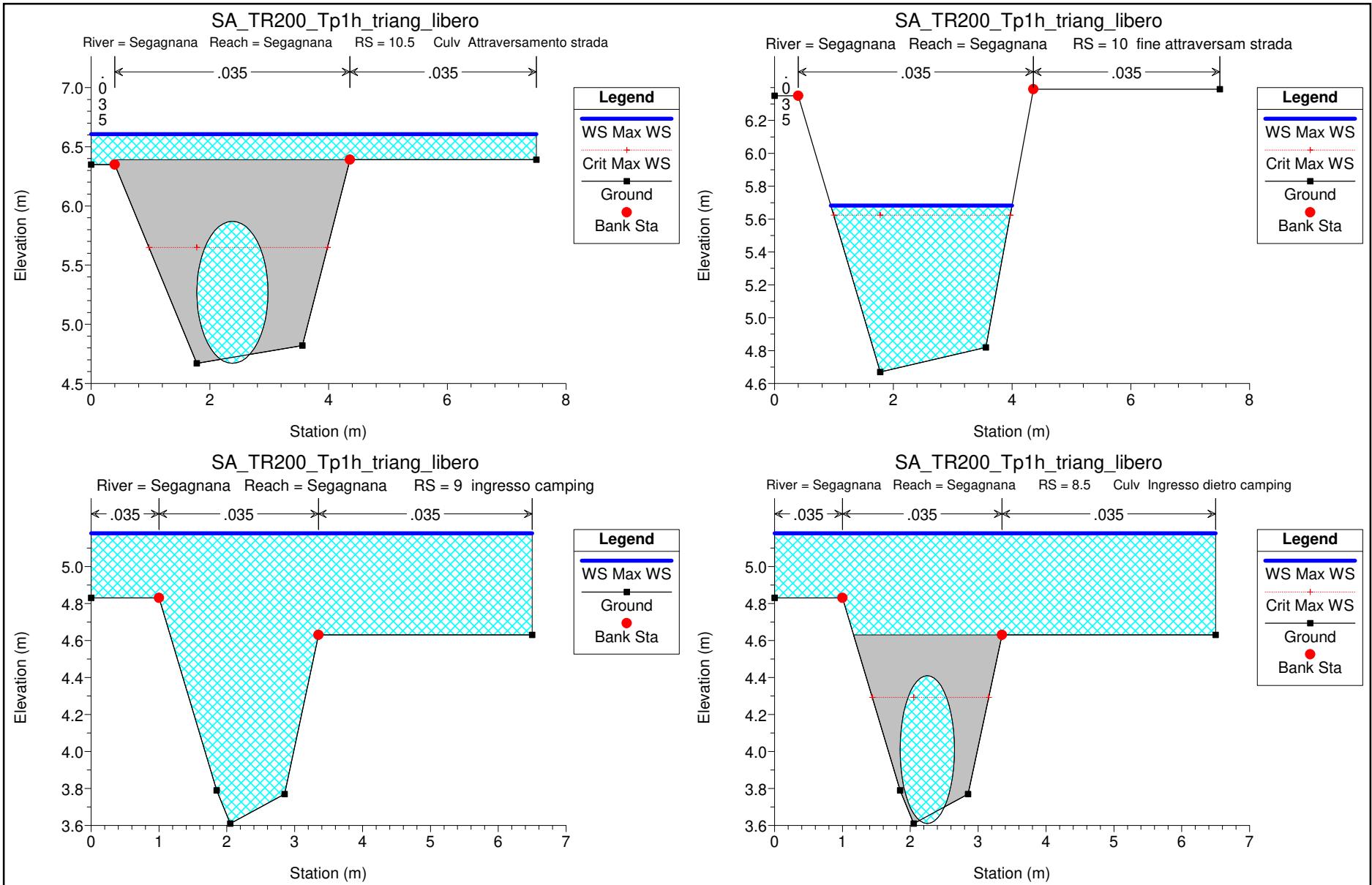


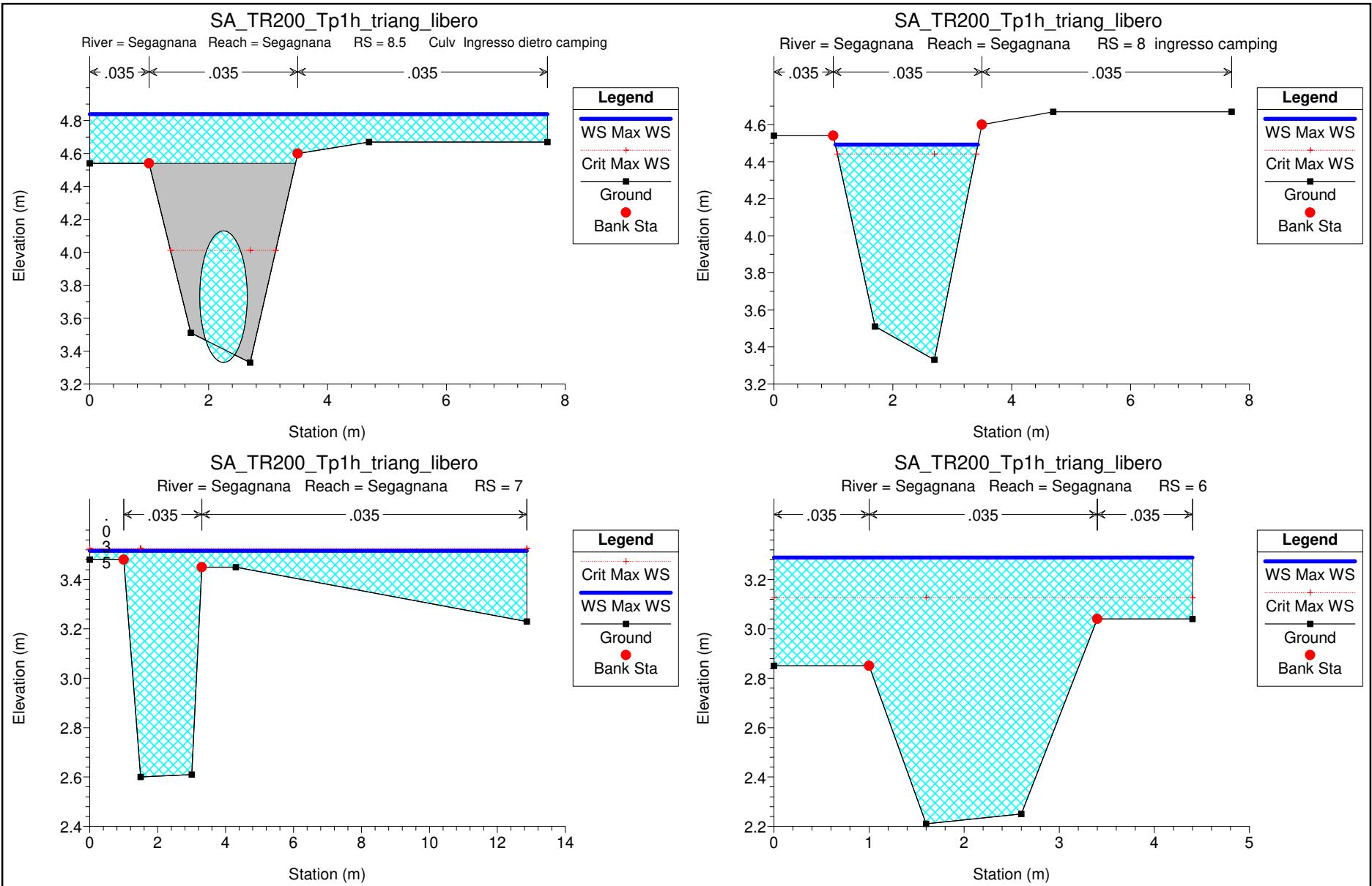


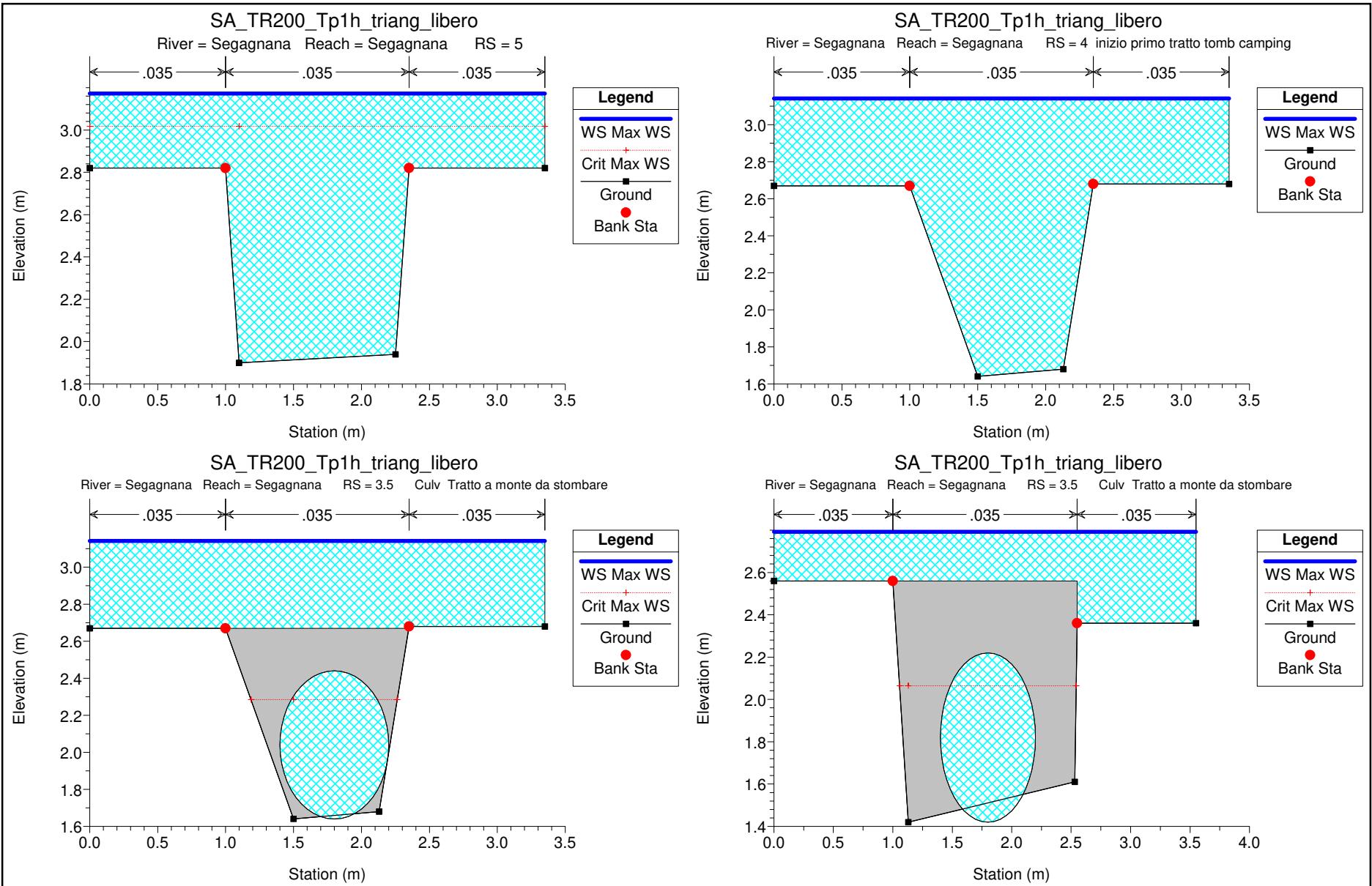


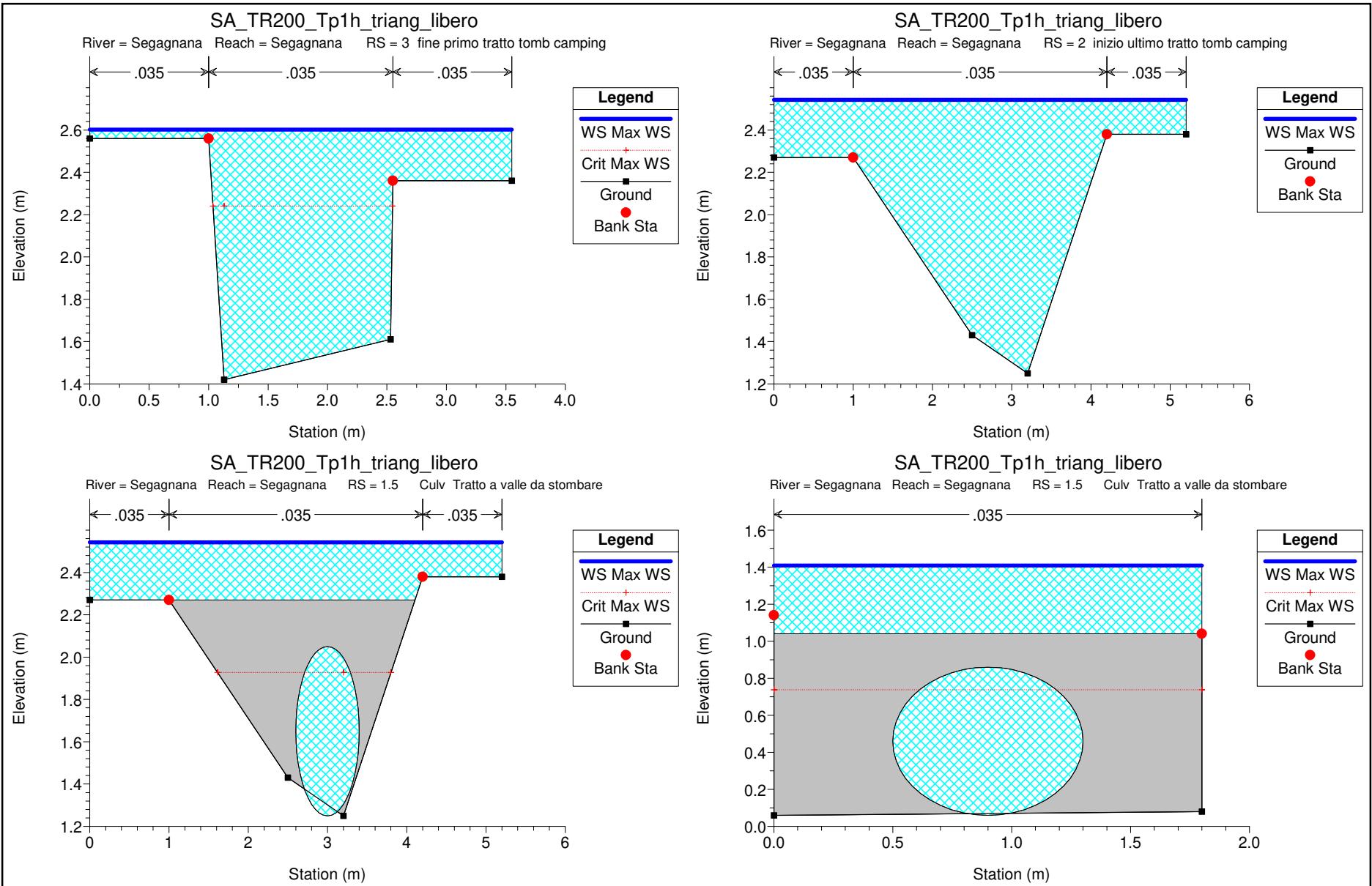
STATO ATTUALE TR 200 ANNI SBOCCO LIBERO Tp 1h

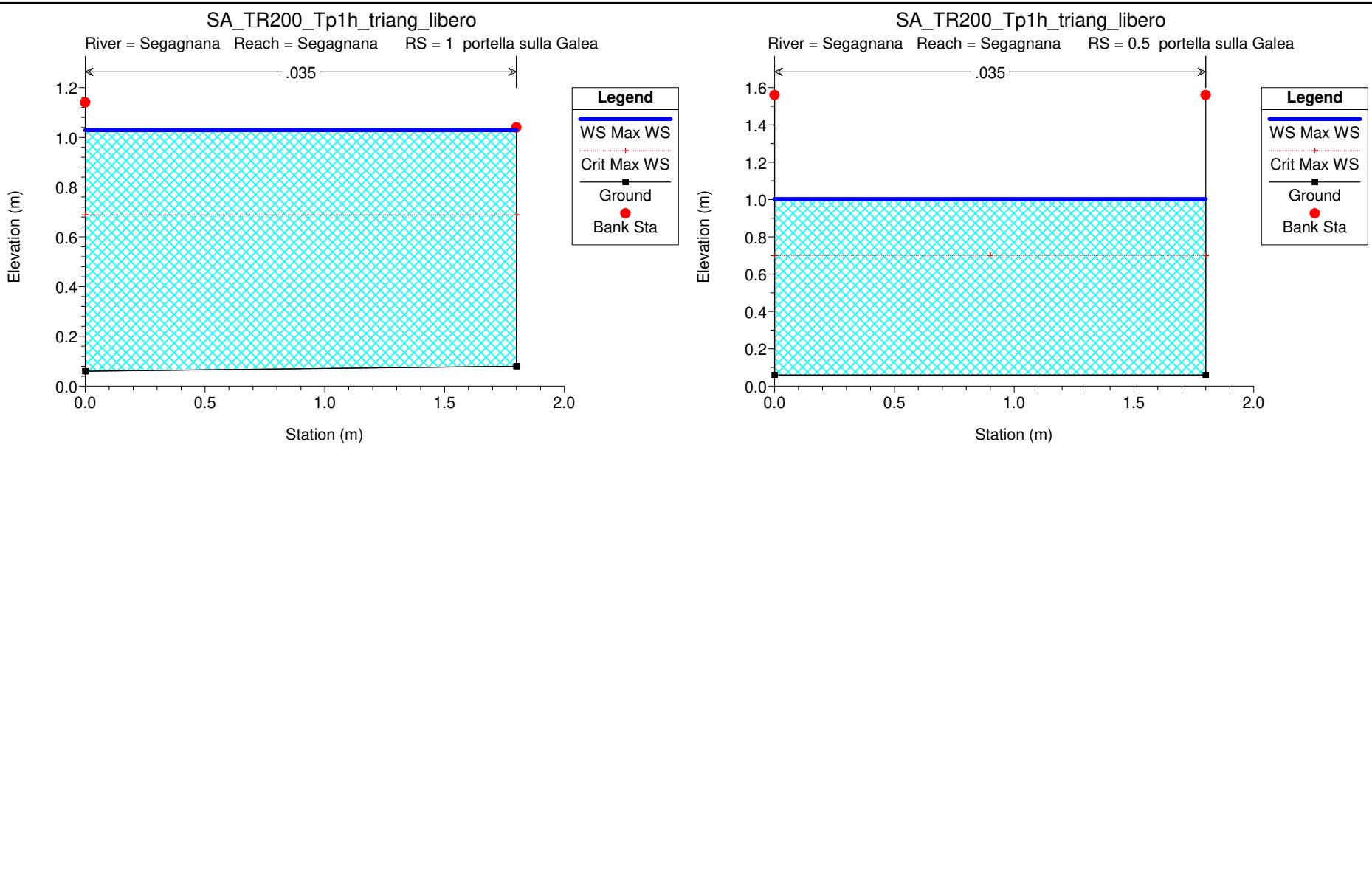




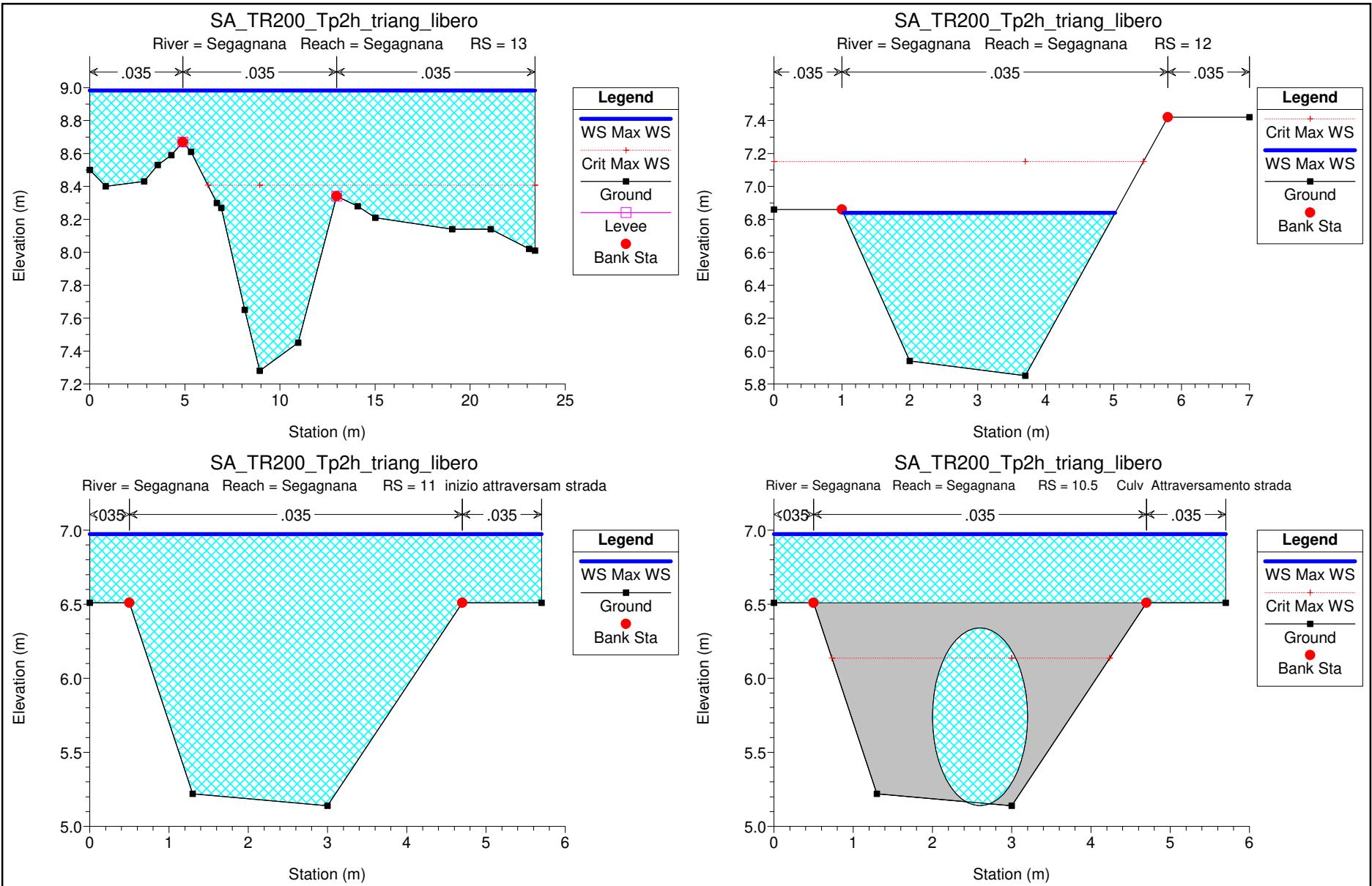


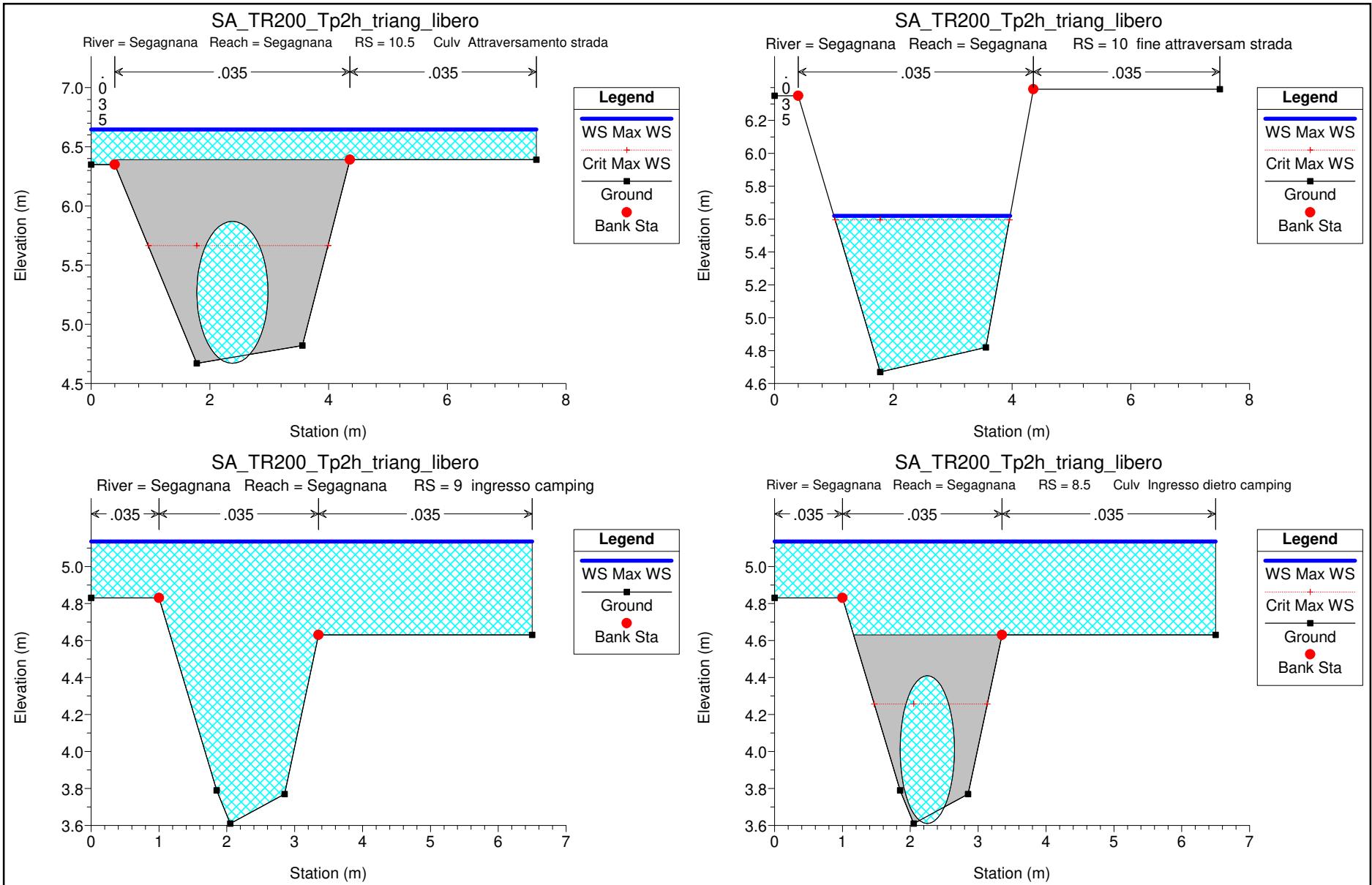


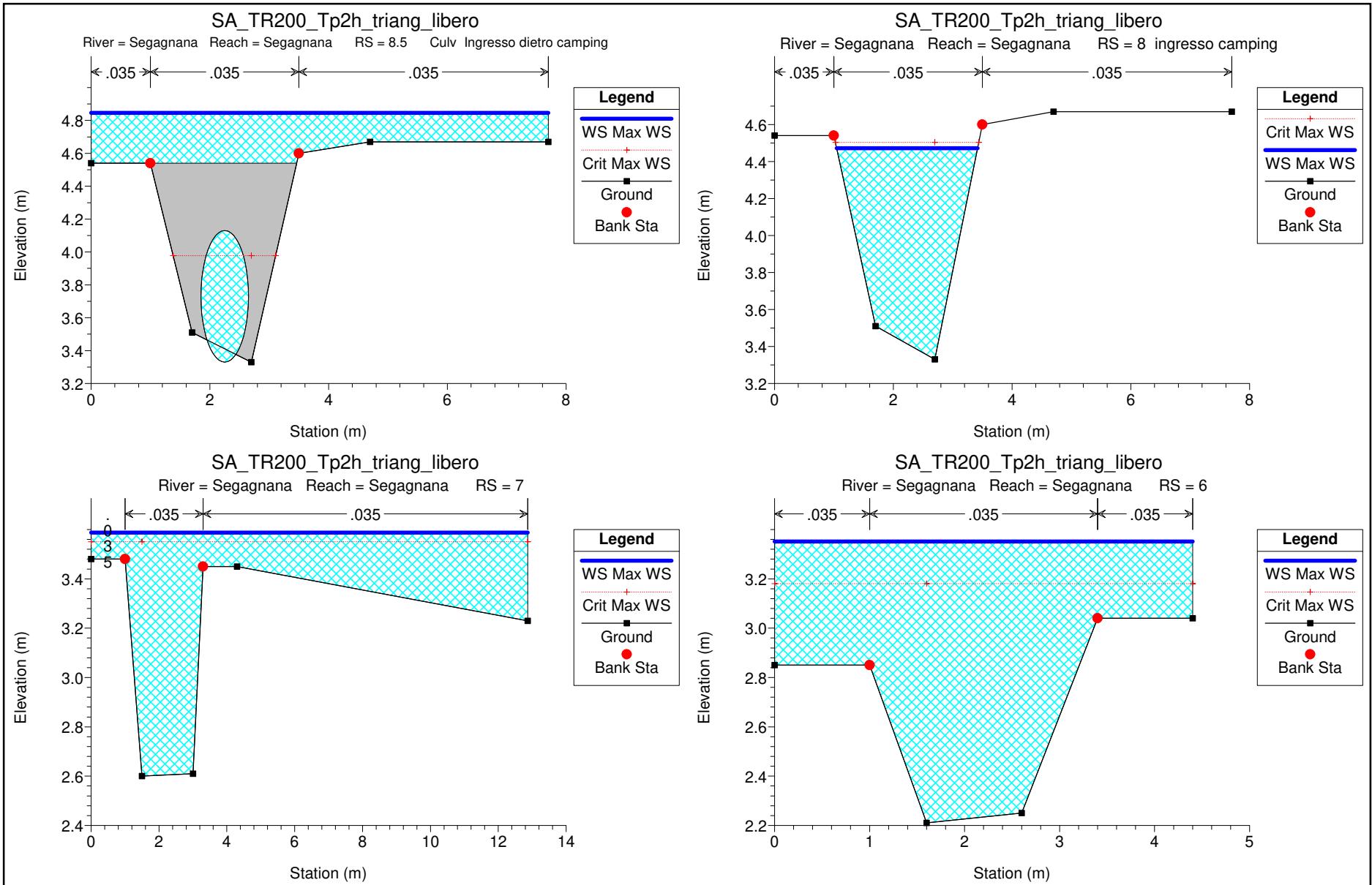


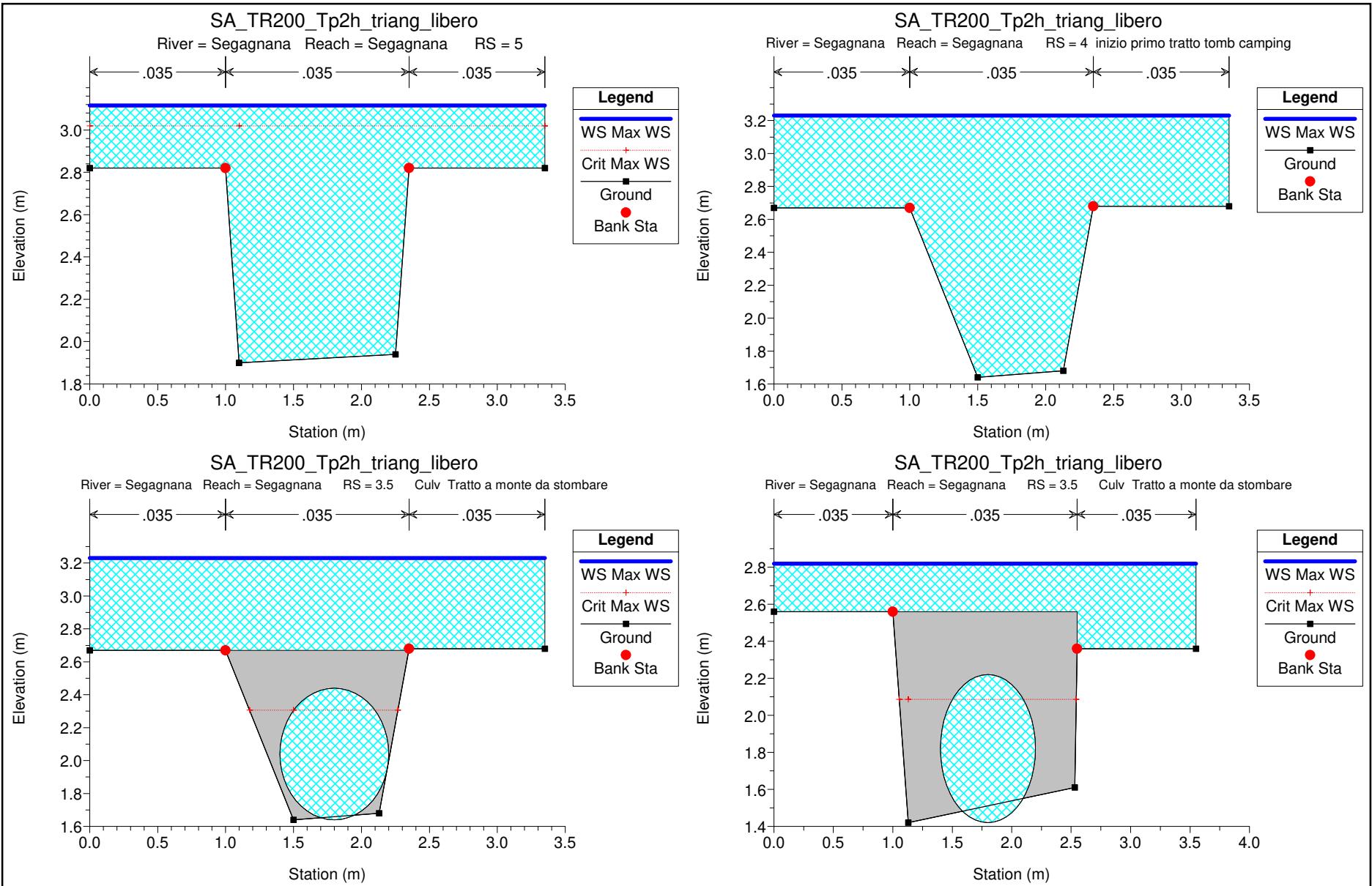


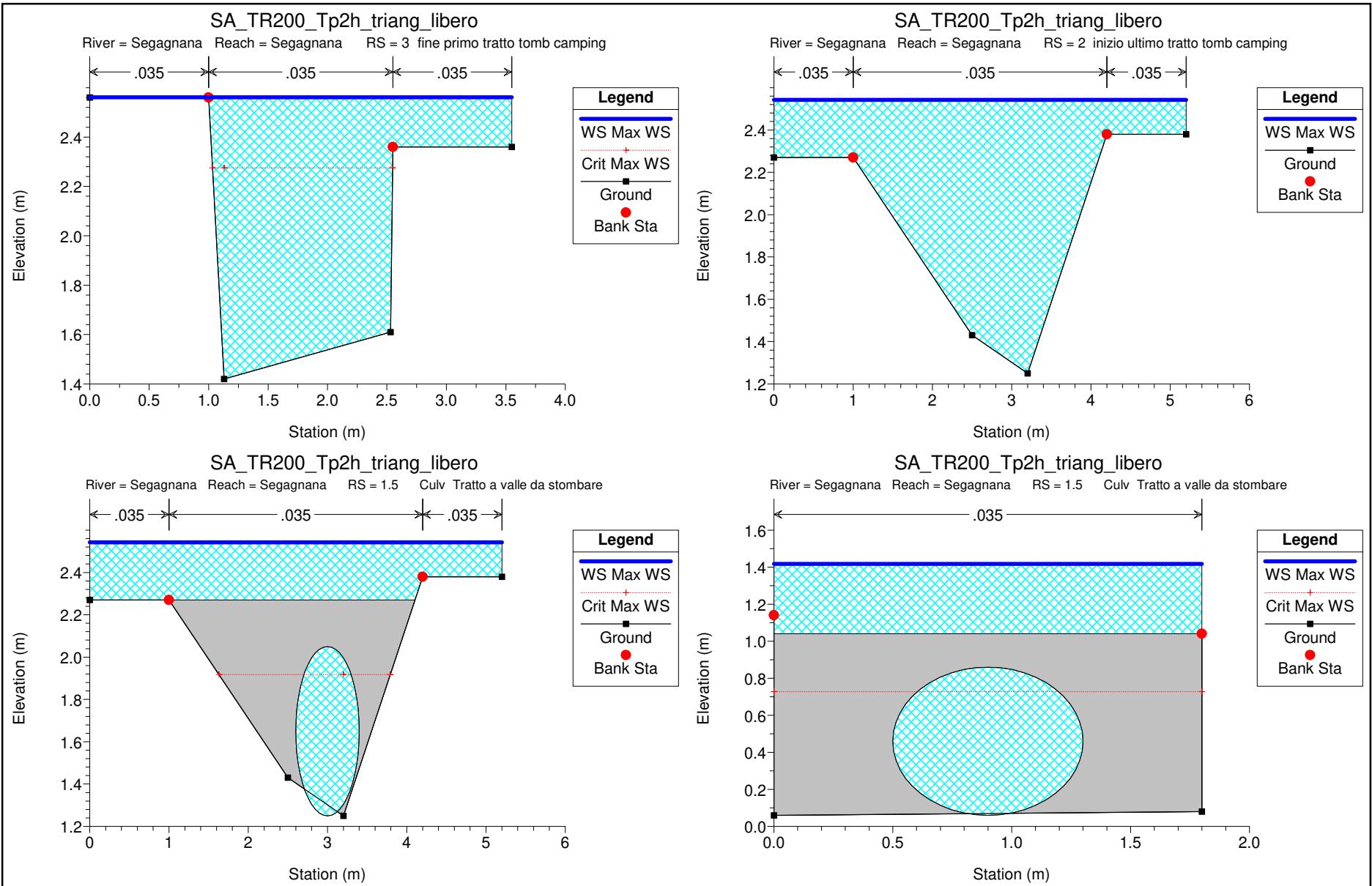
STATO ATTUALE TR 200 ANNI SBOCCO LIBERO Tp 2h

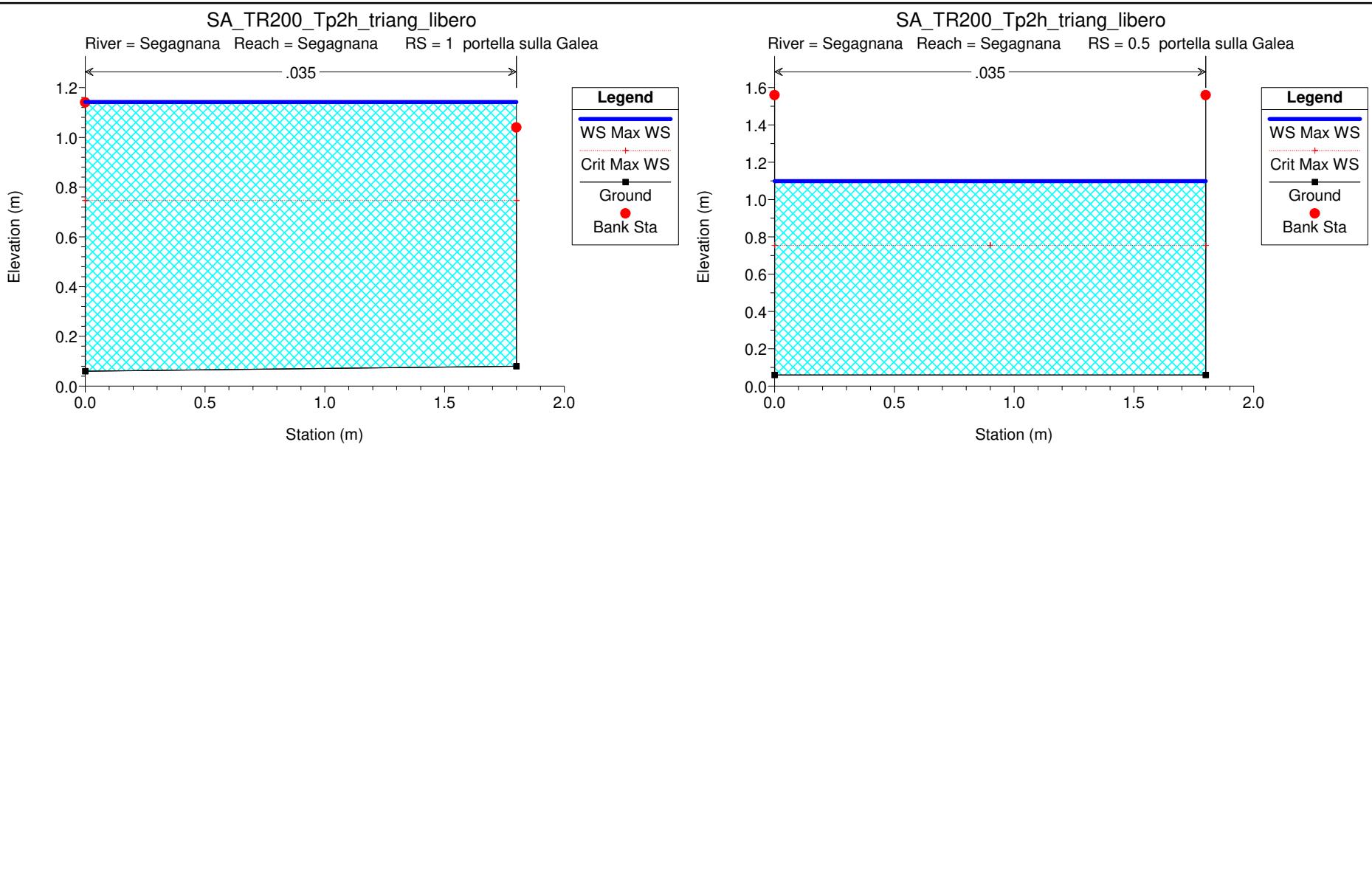




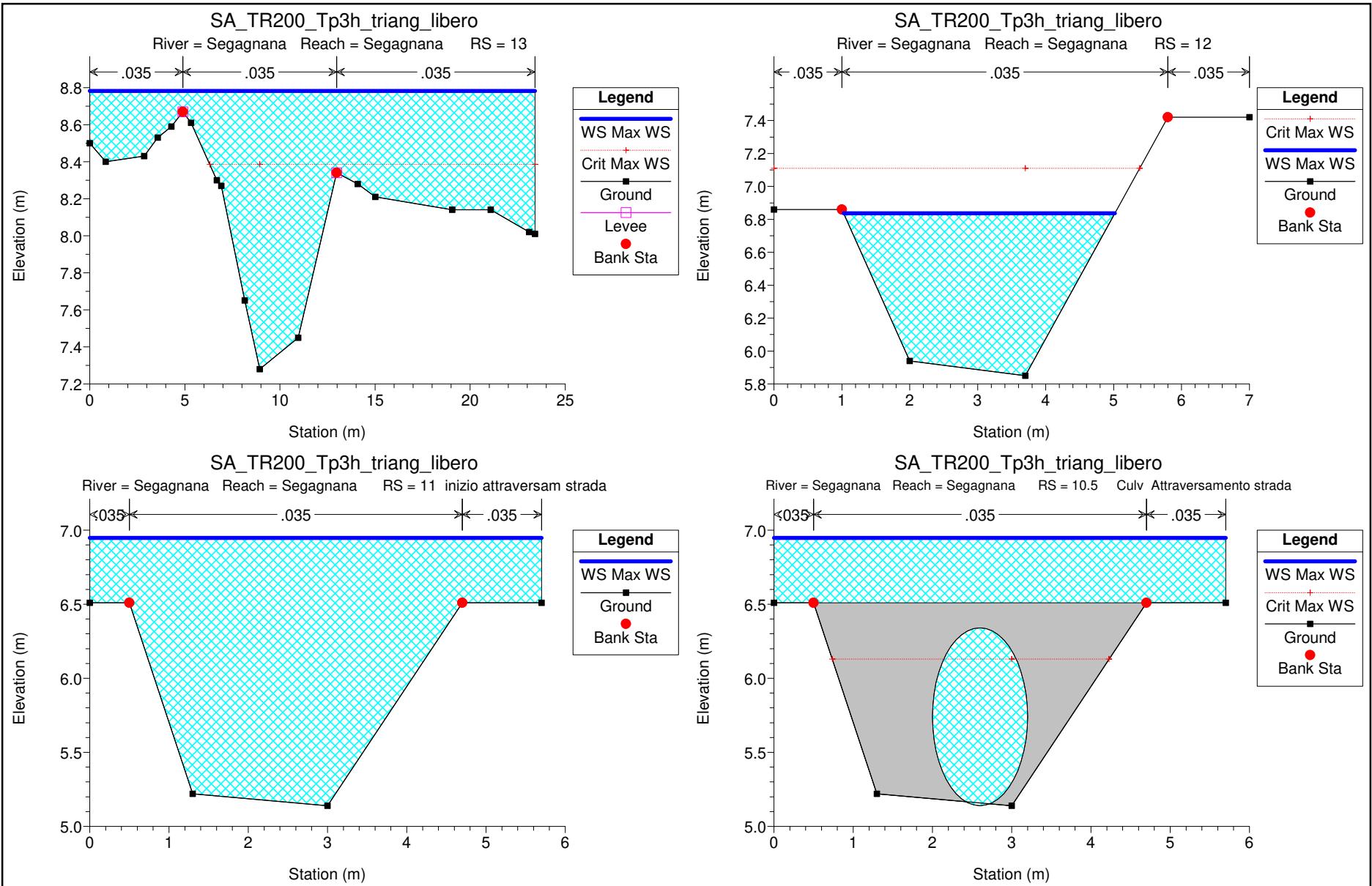


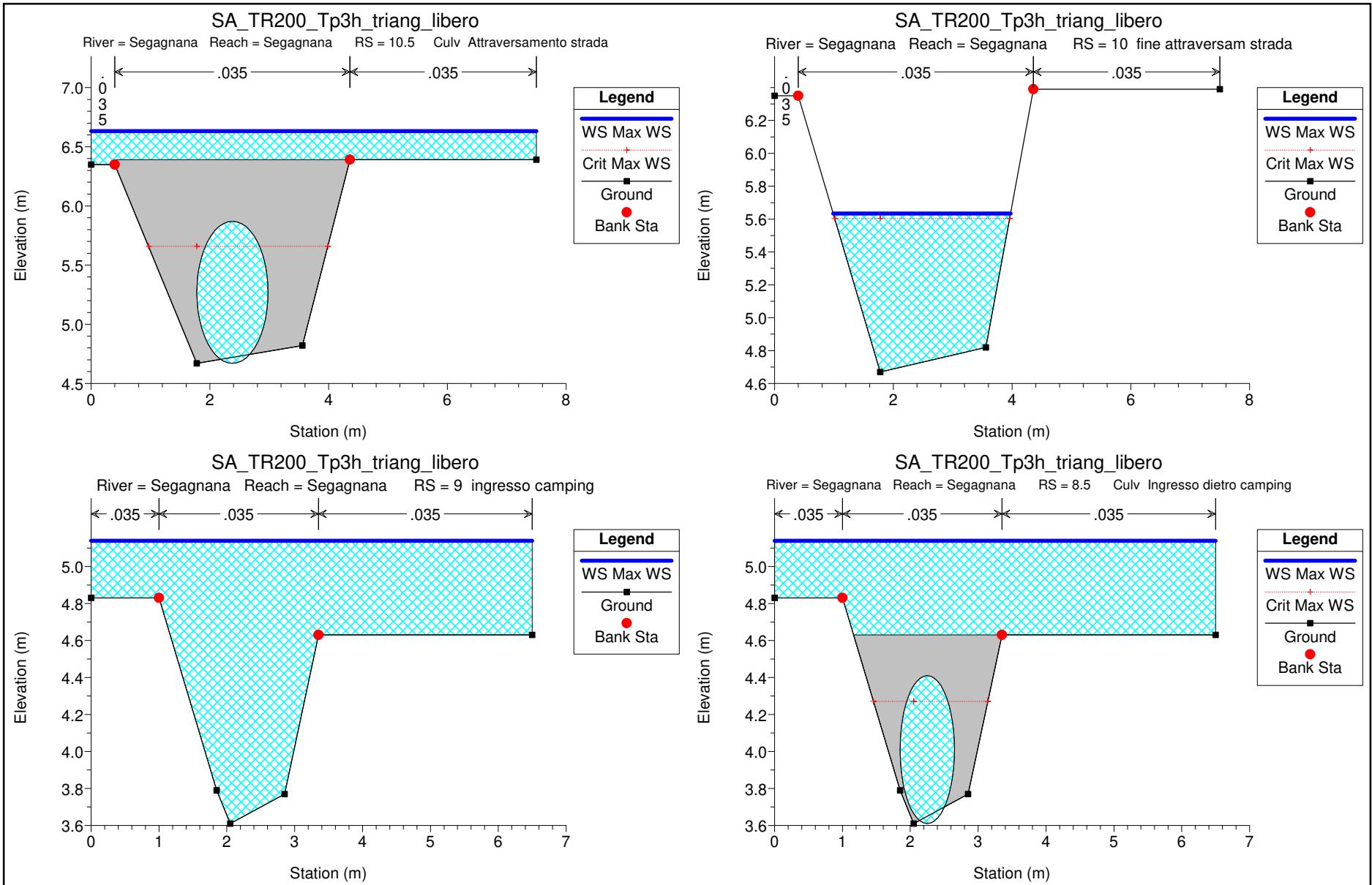


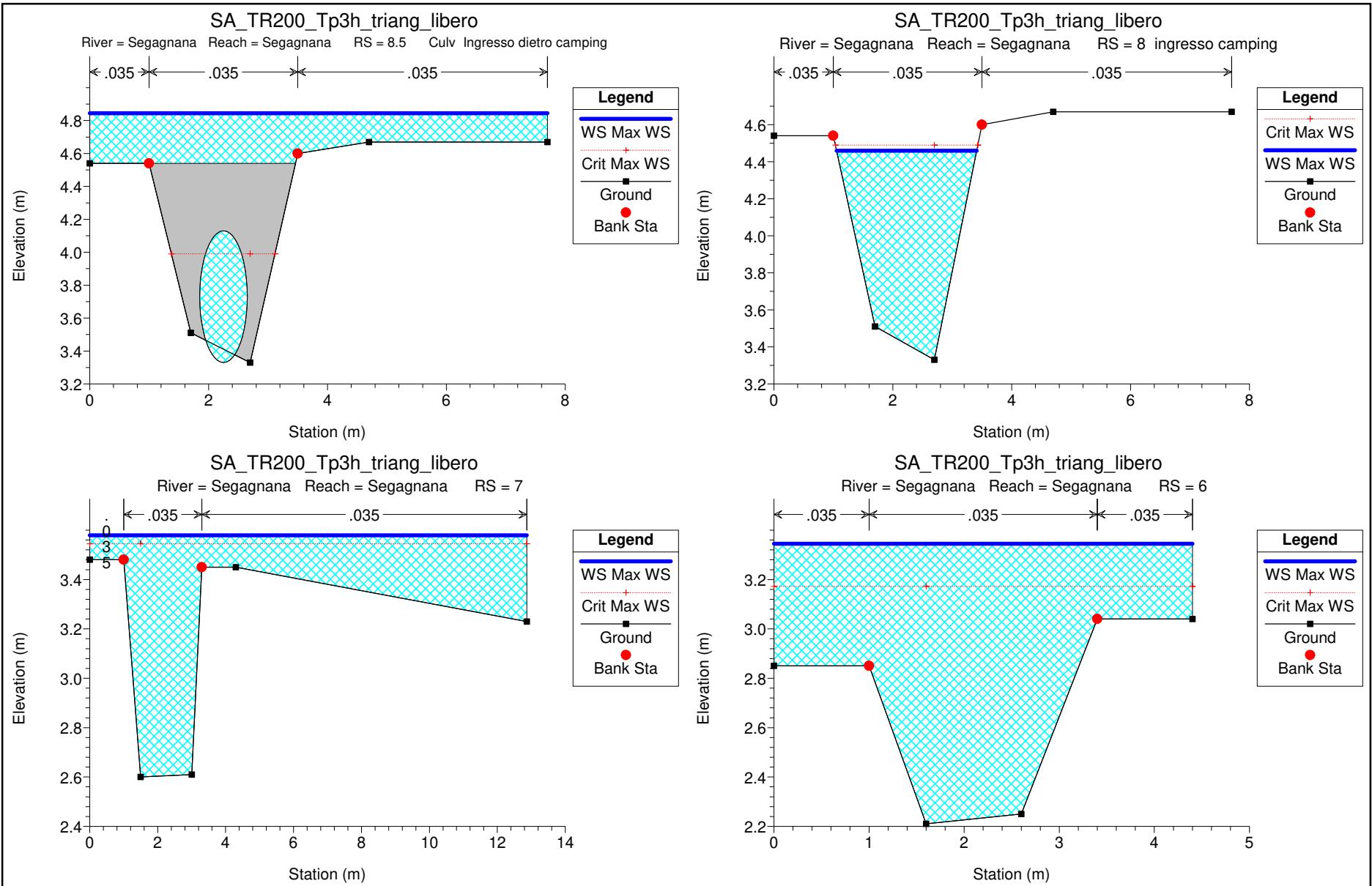


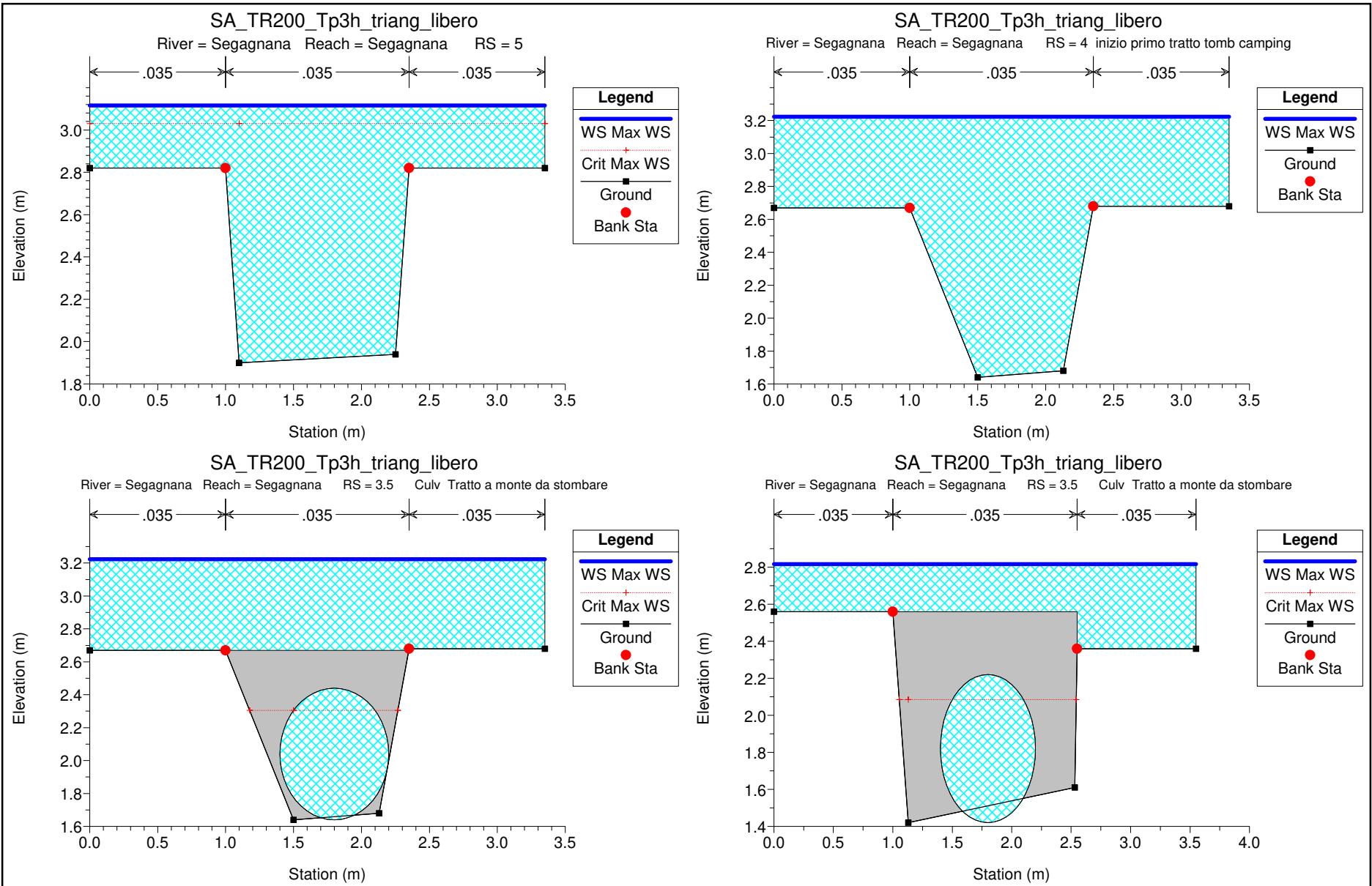


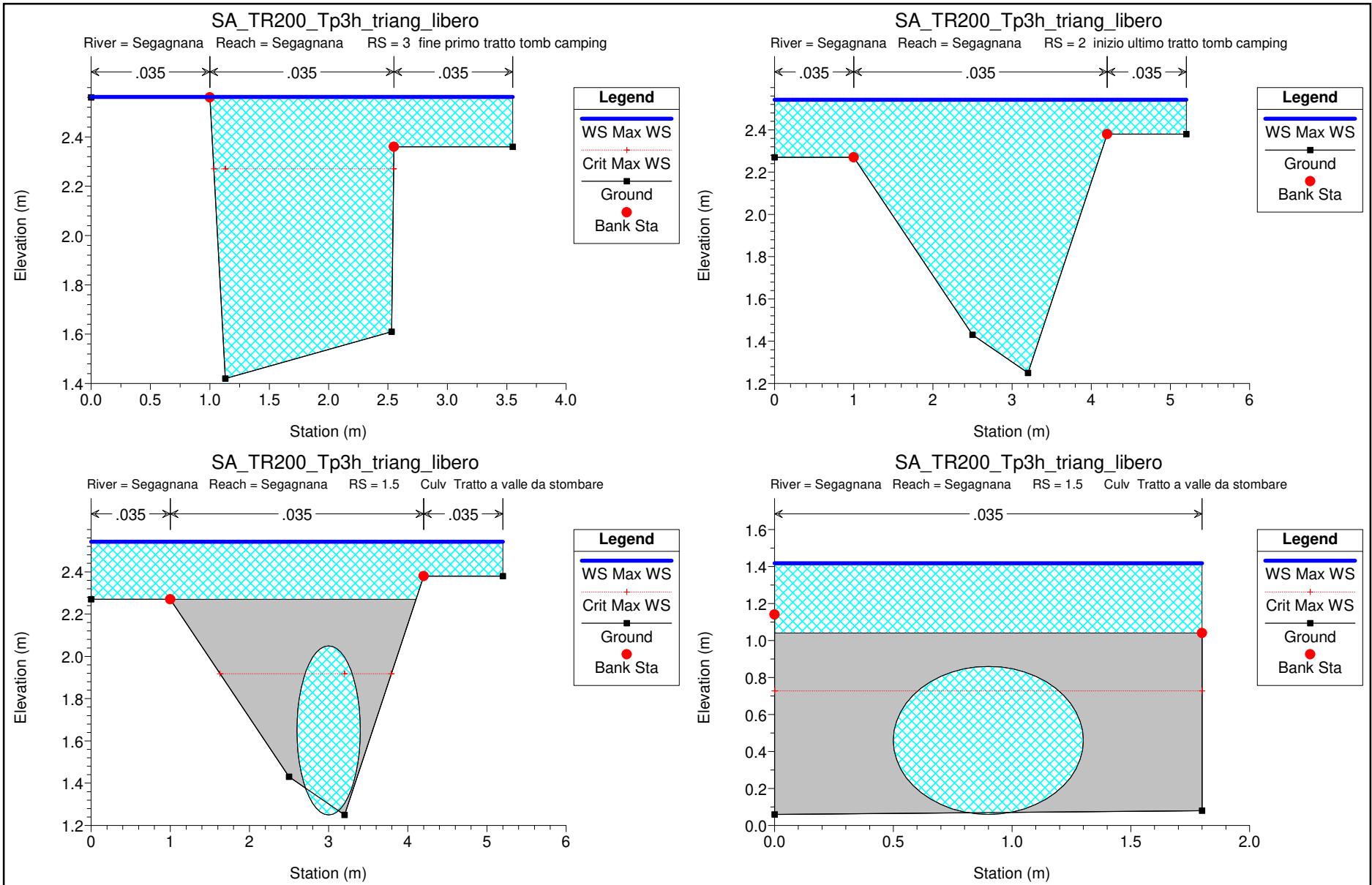
STATO ATTUALE TR 200 ANNI SBOCCO LIBERO Tp 3h

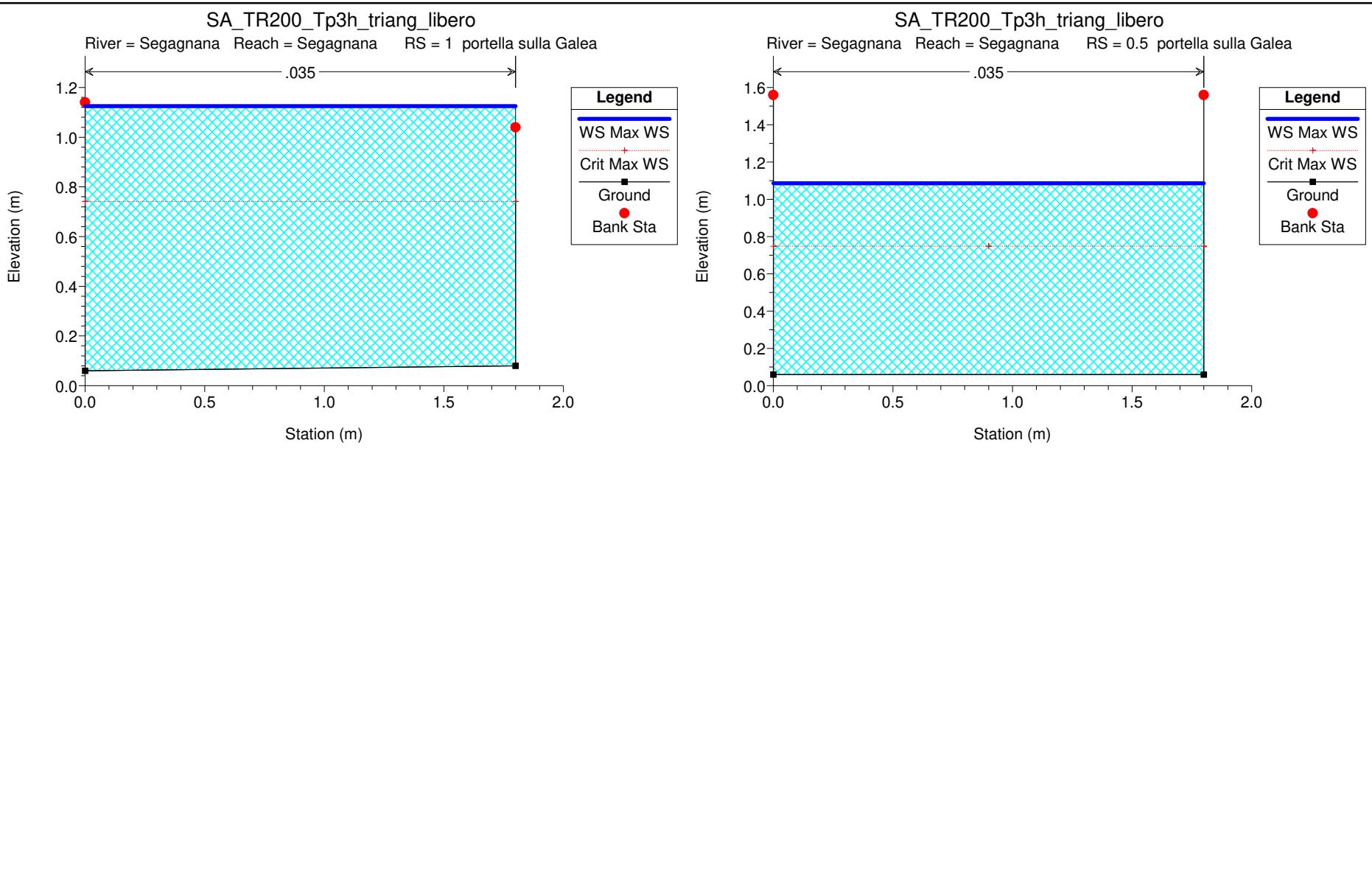




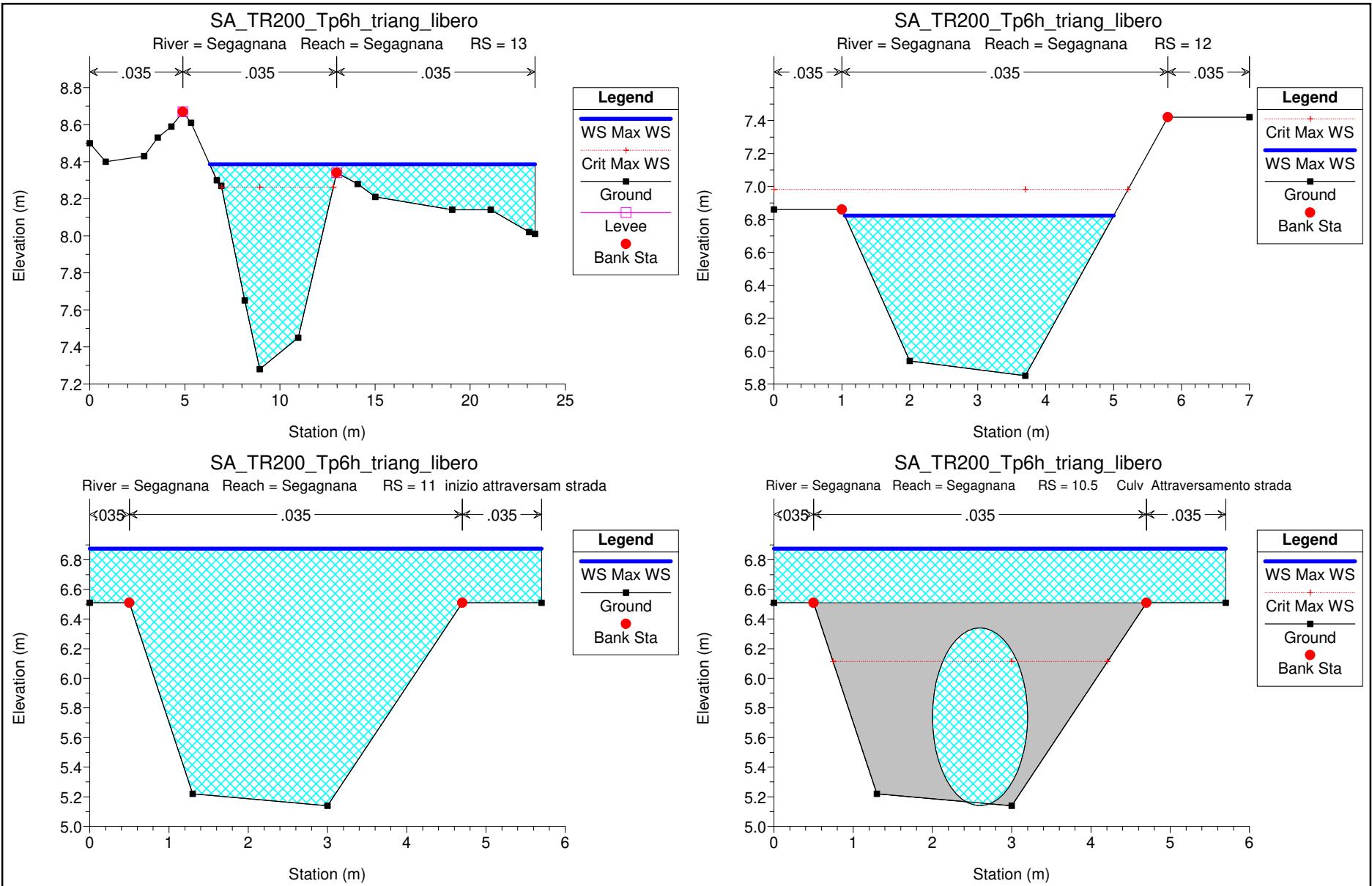


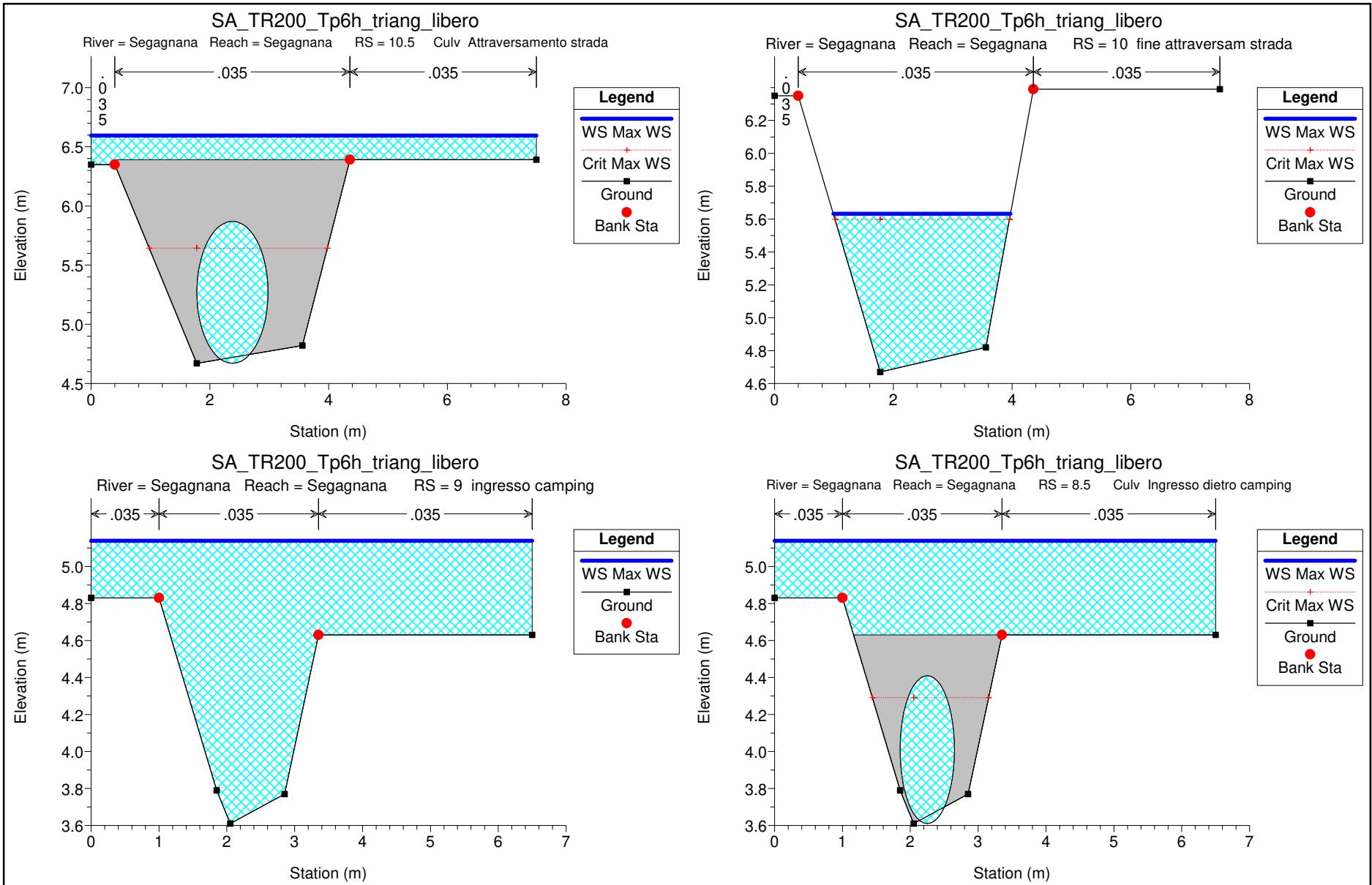


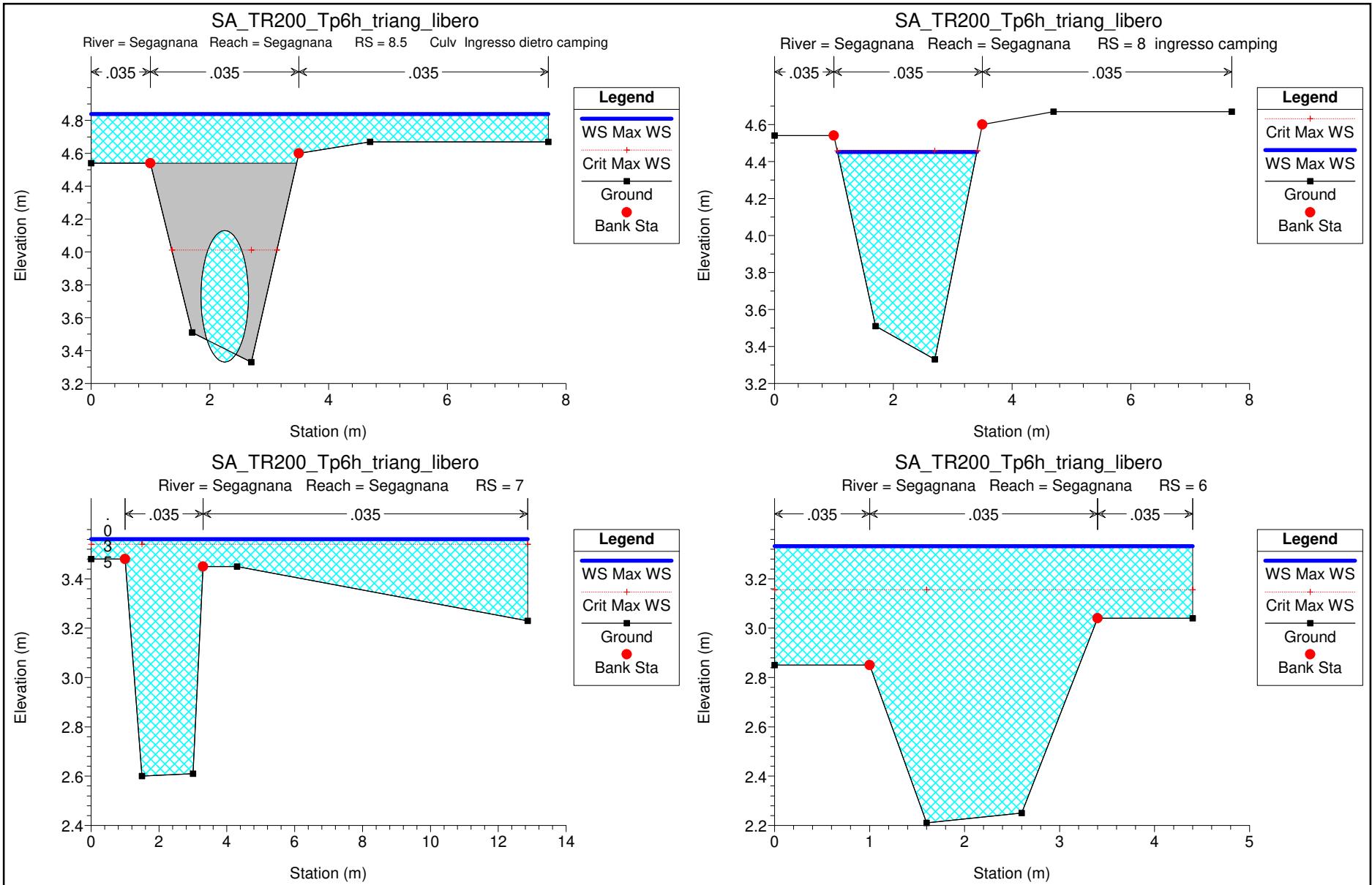


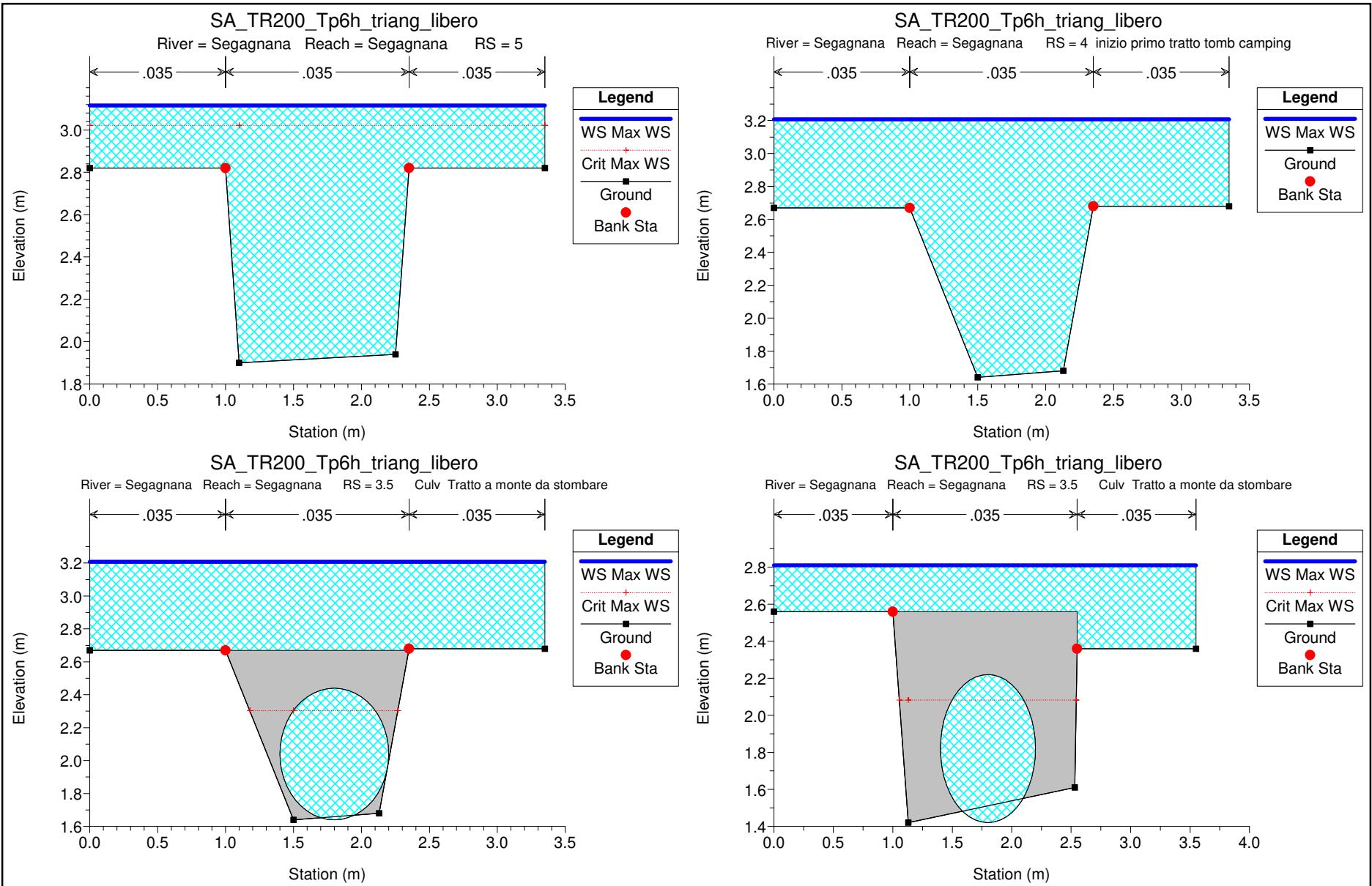


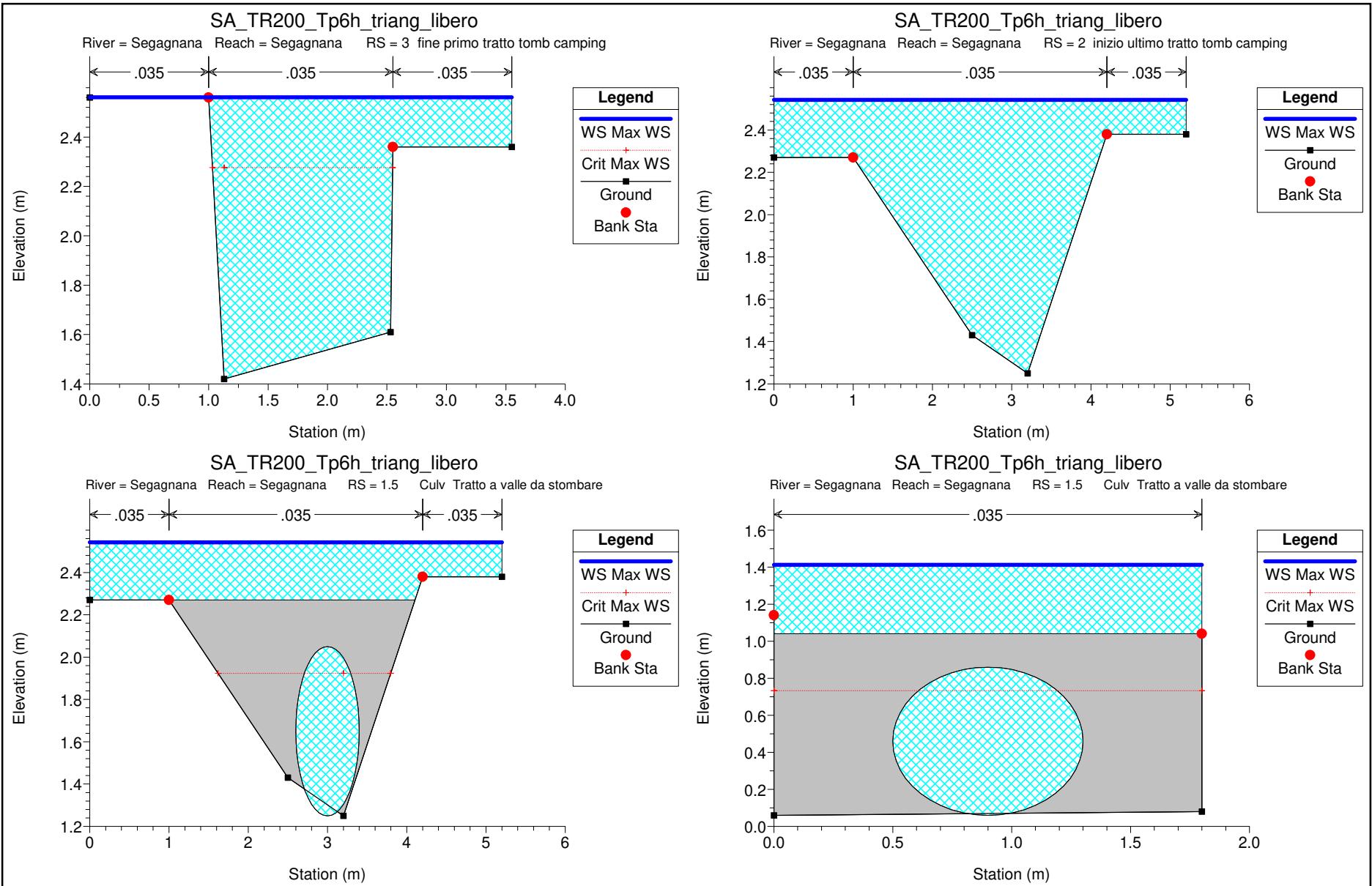
STATO ATTUALE TR 200 ANNI SBOCCO LIBERO Tp 6h

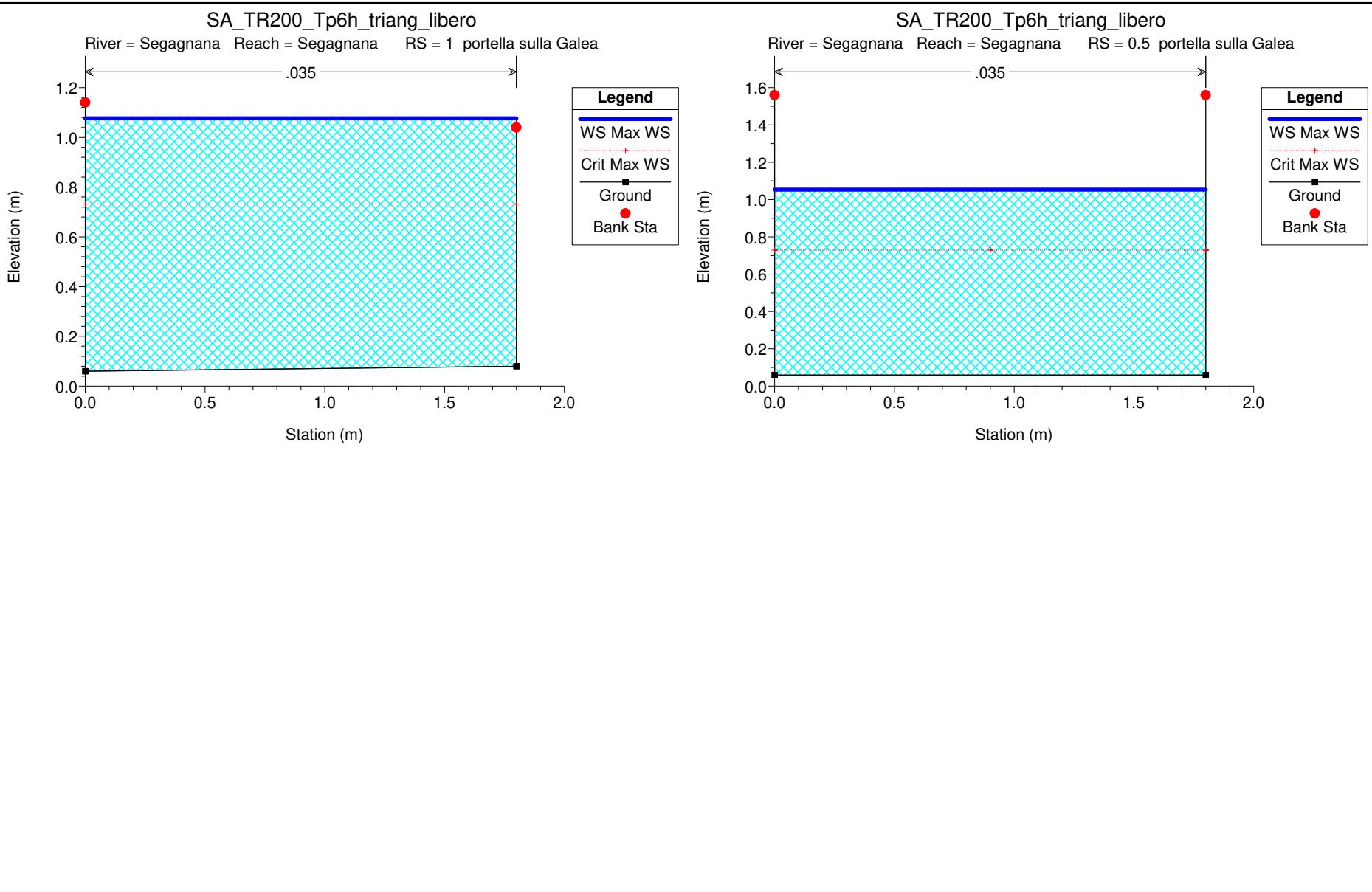




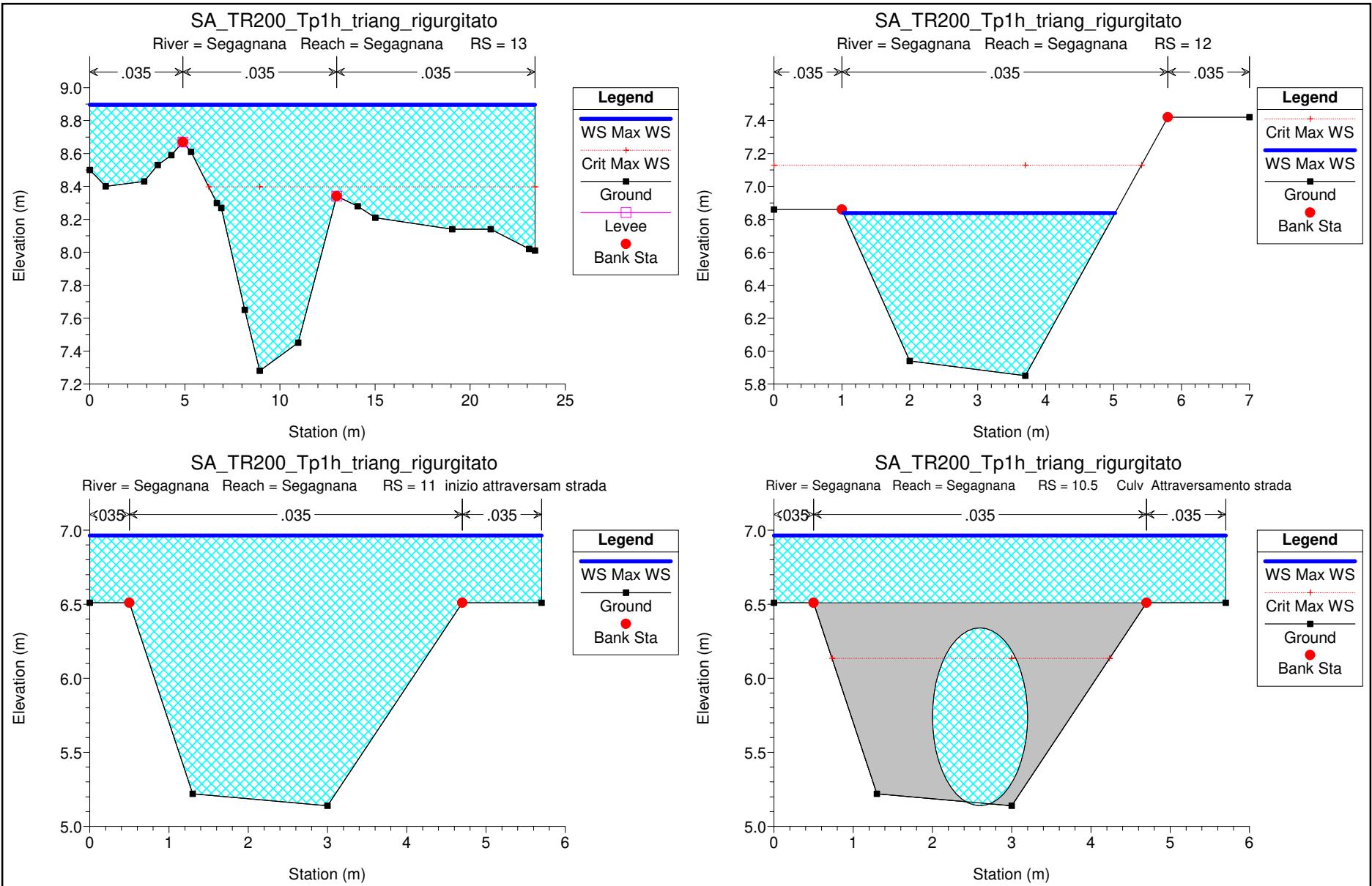


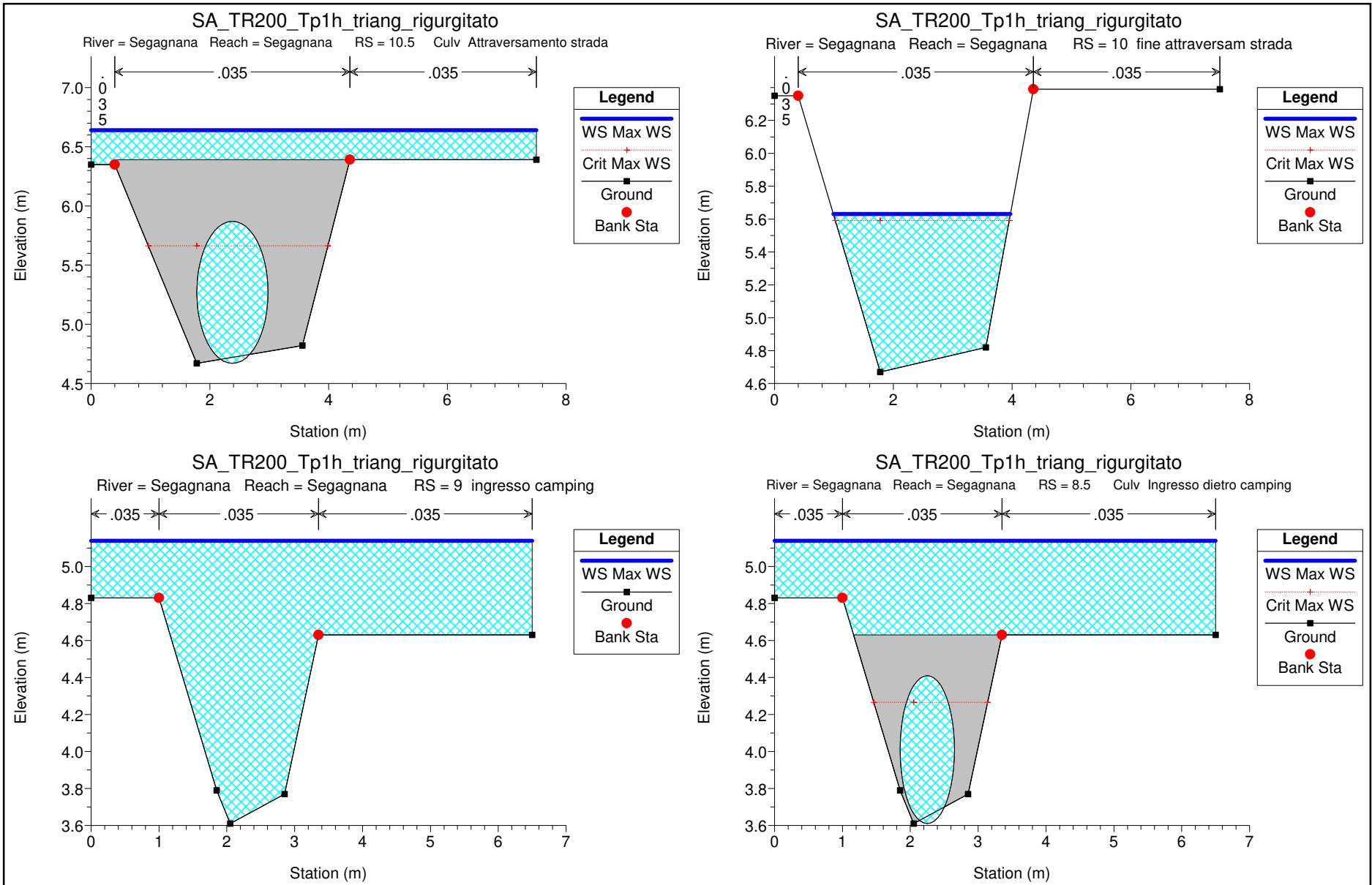


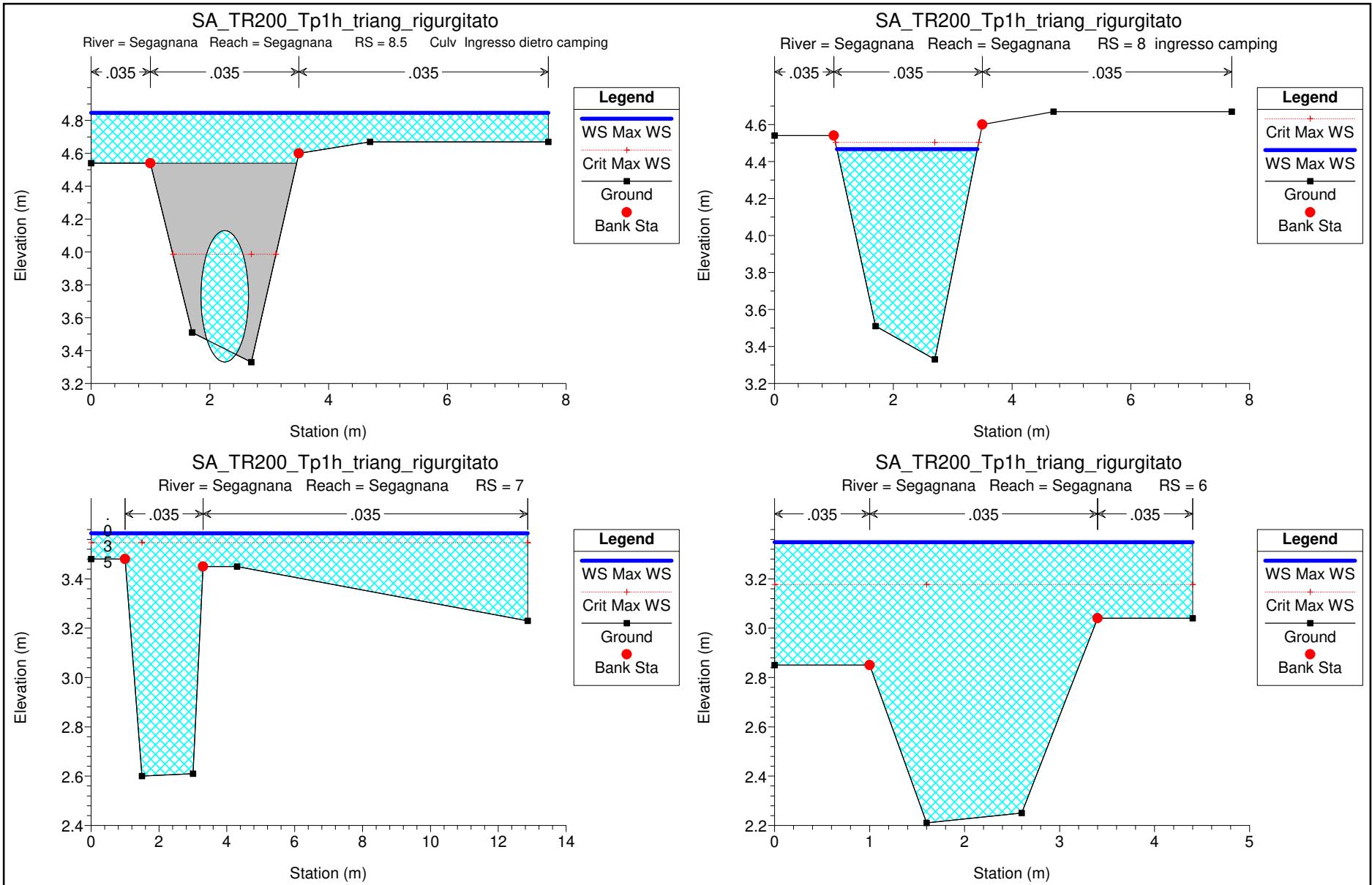


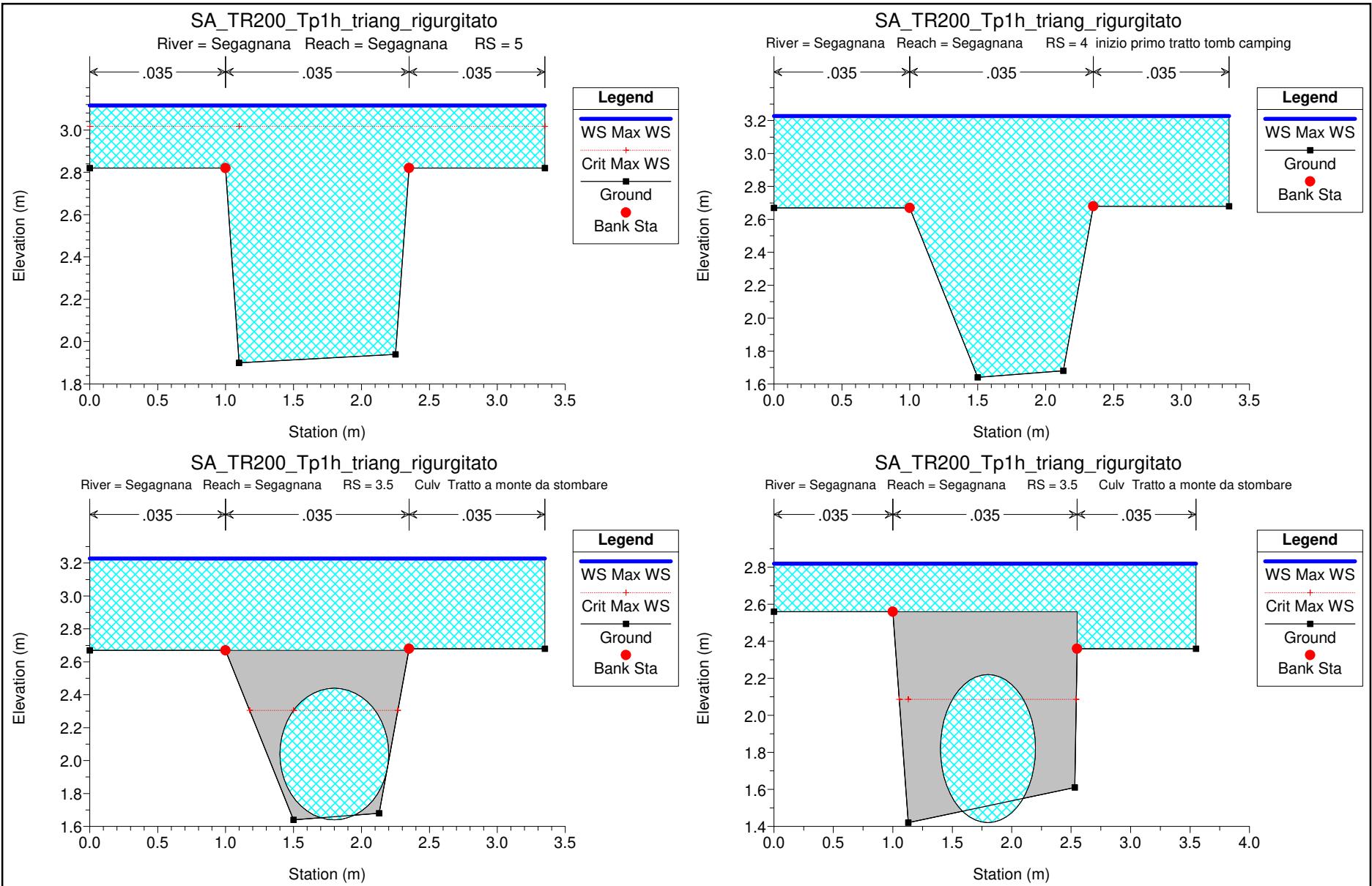


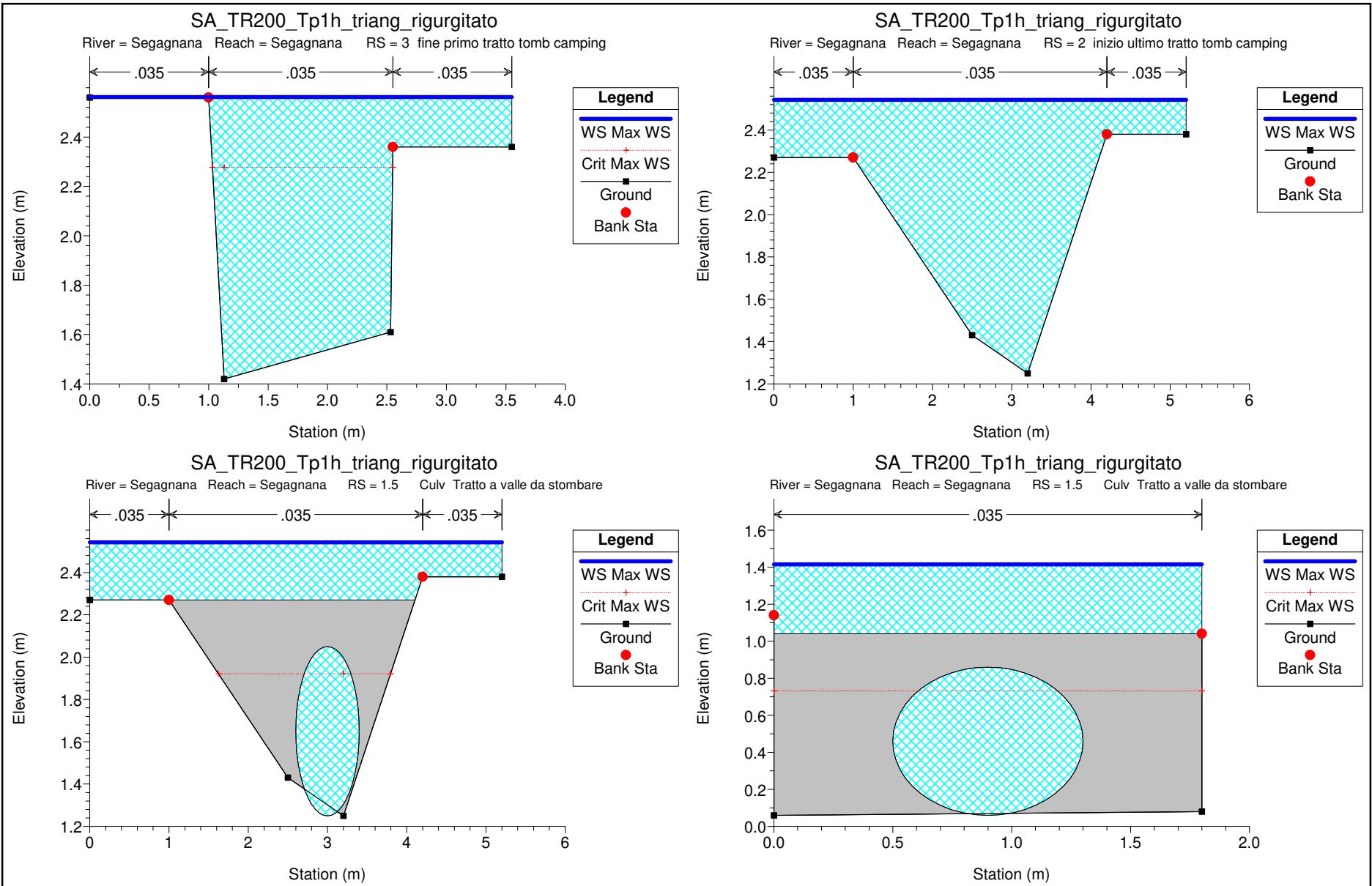
STATO ATTUALE TR 200 ANNI SBOCCO OCCLUSO Tp 1h

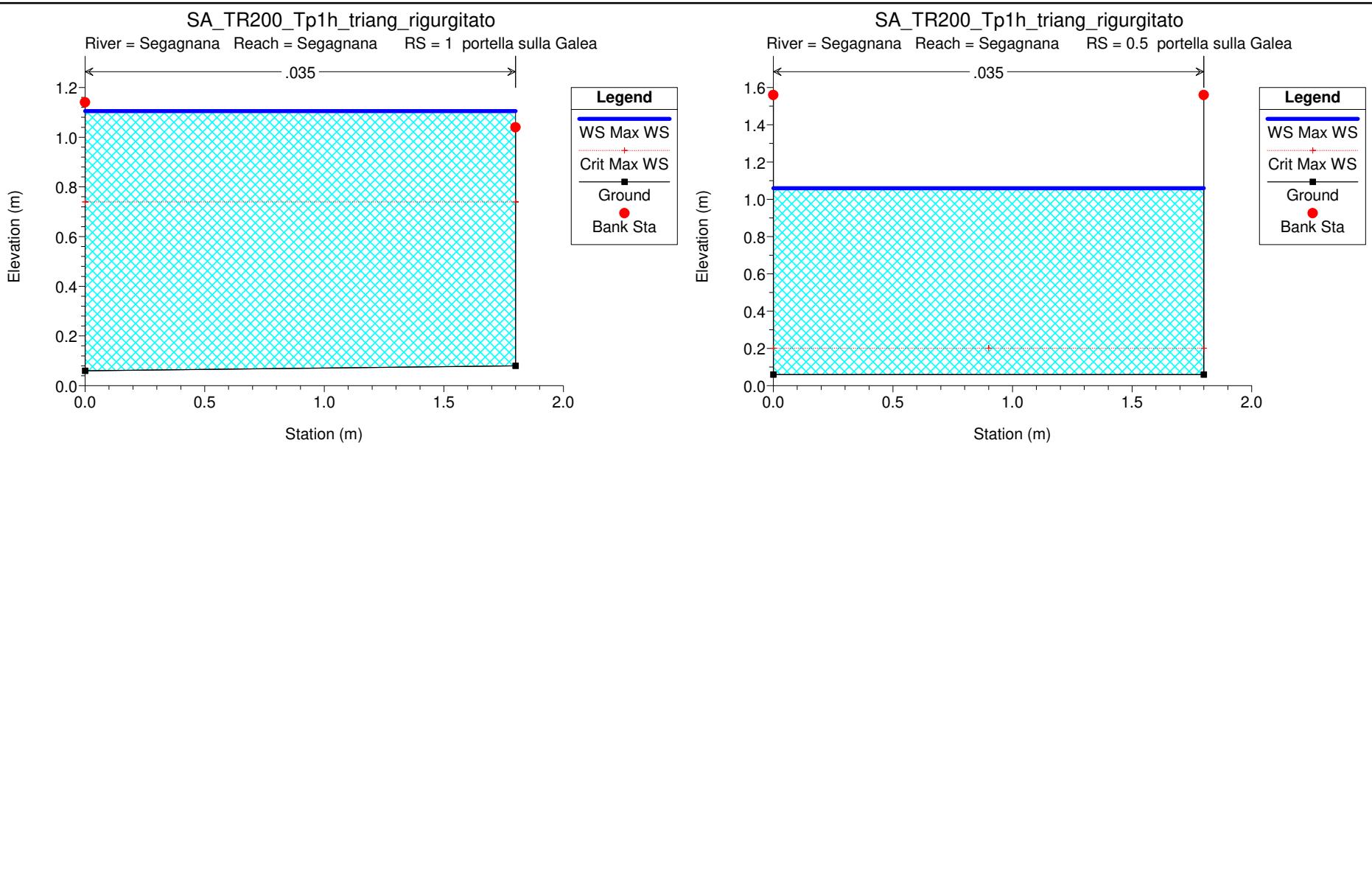




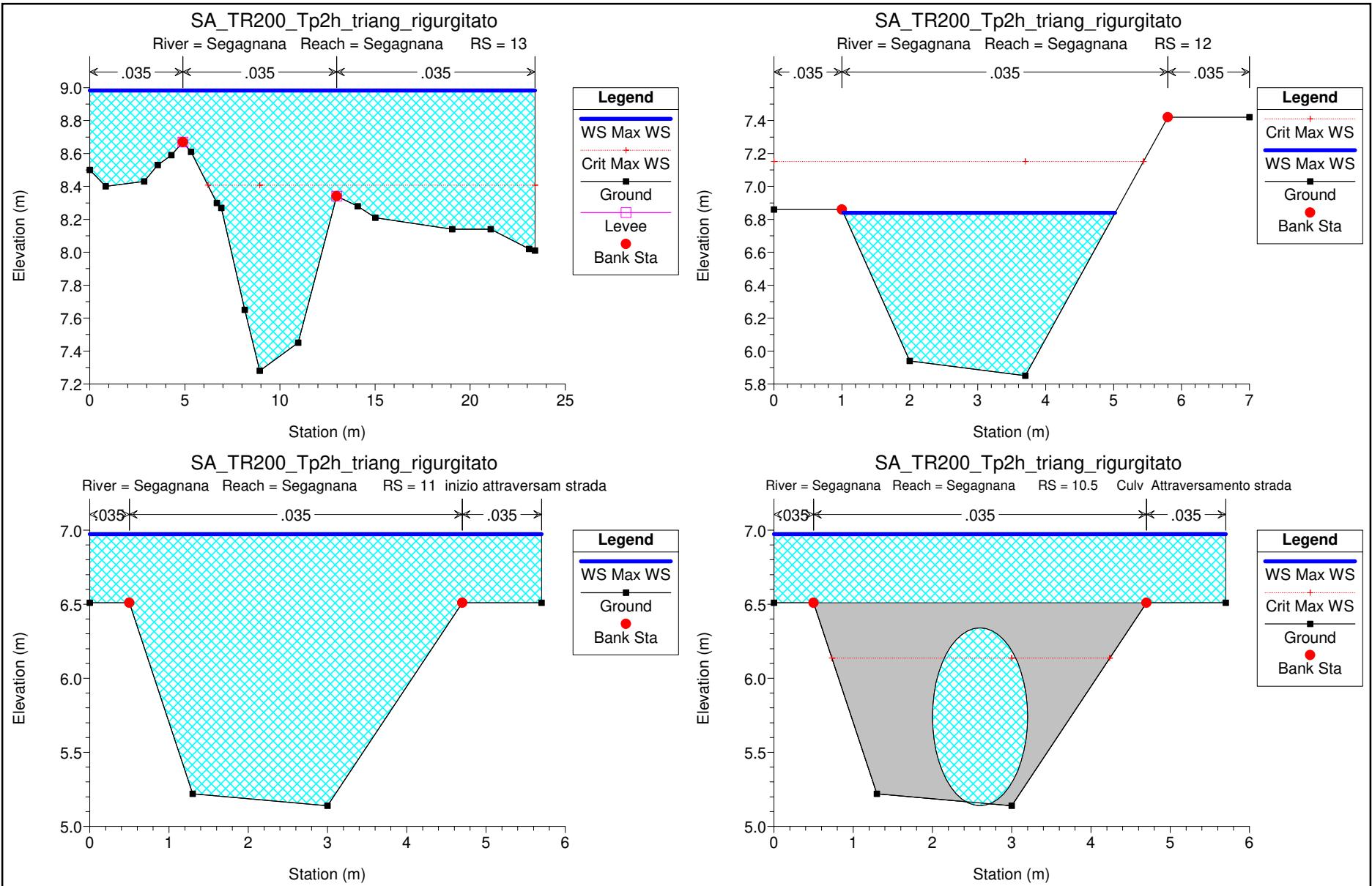


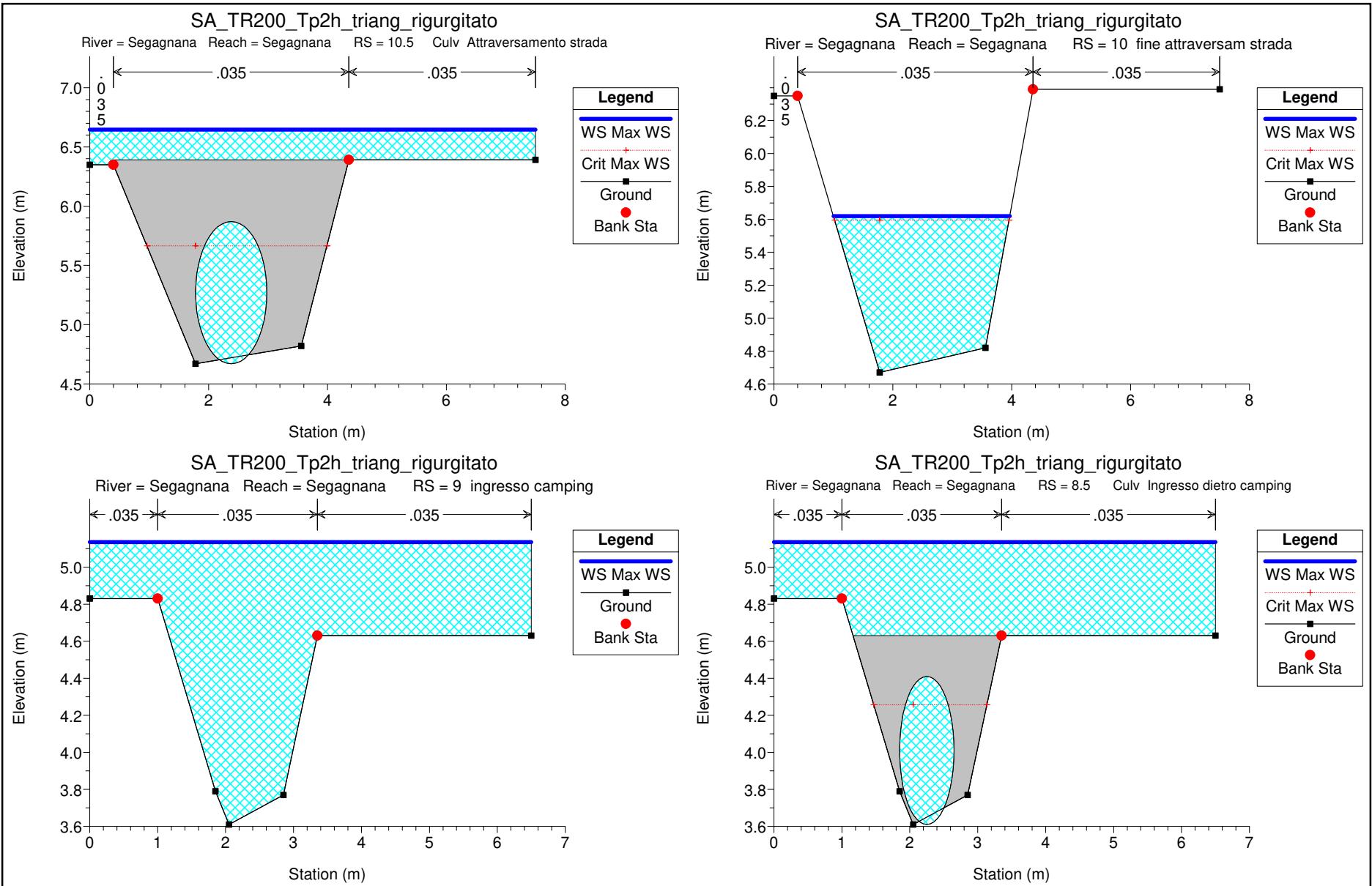


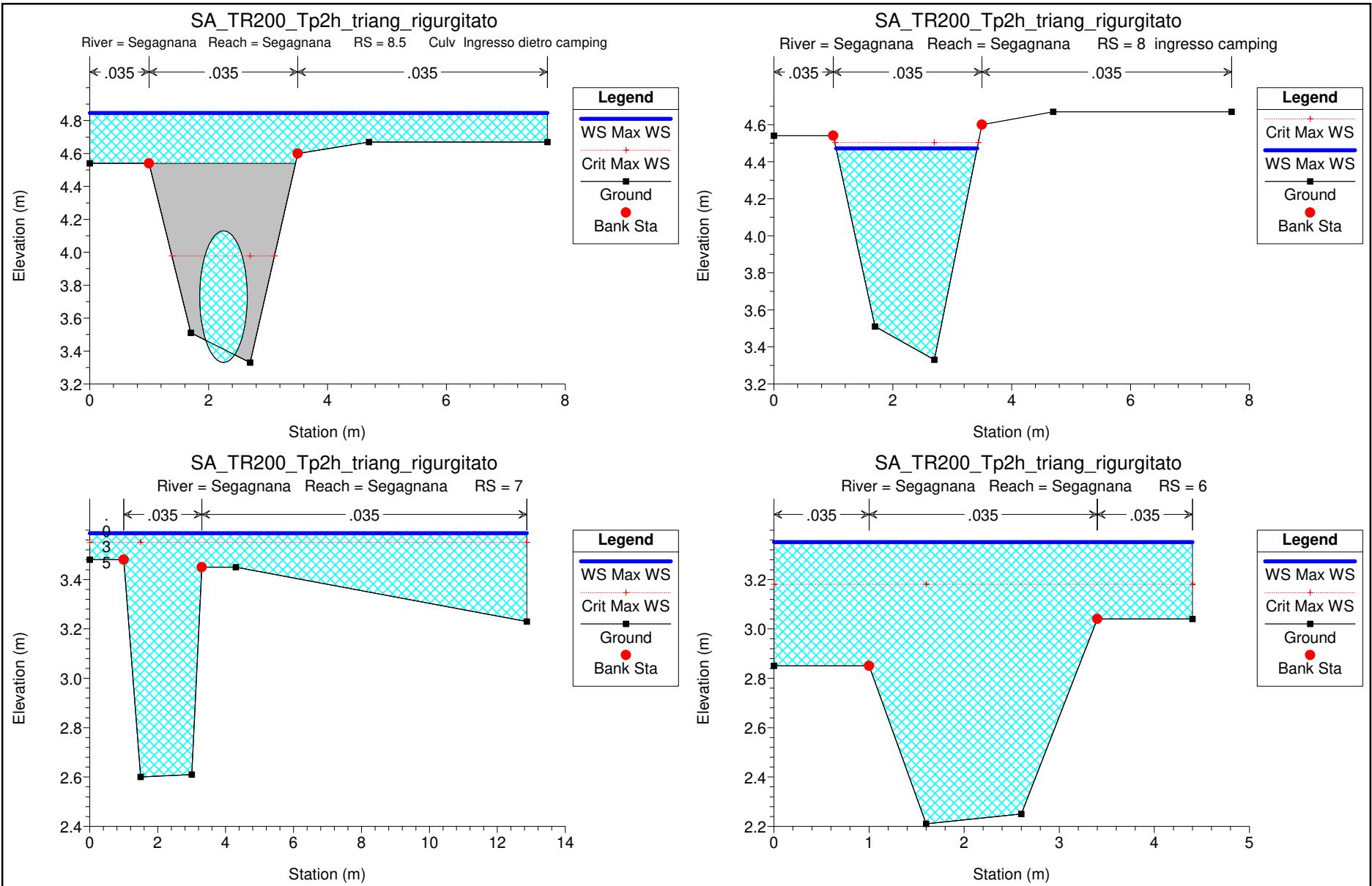


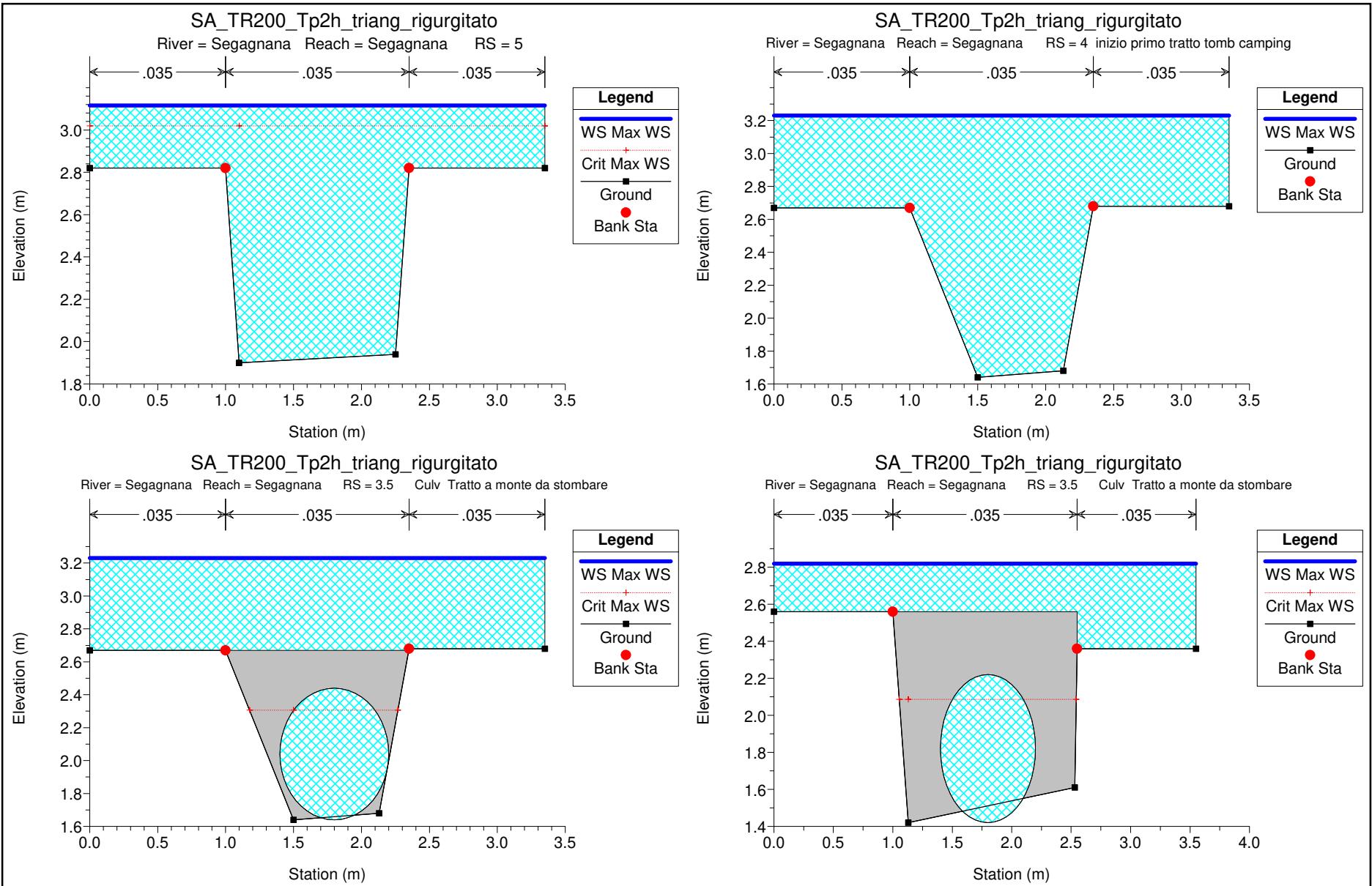


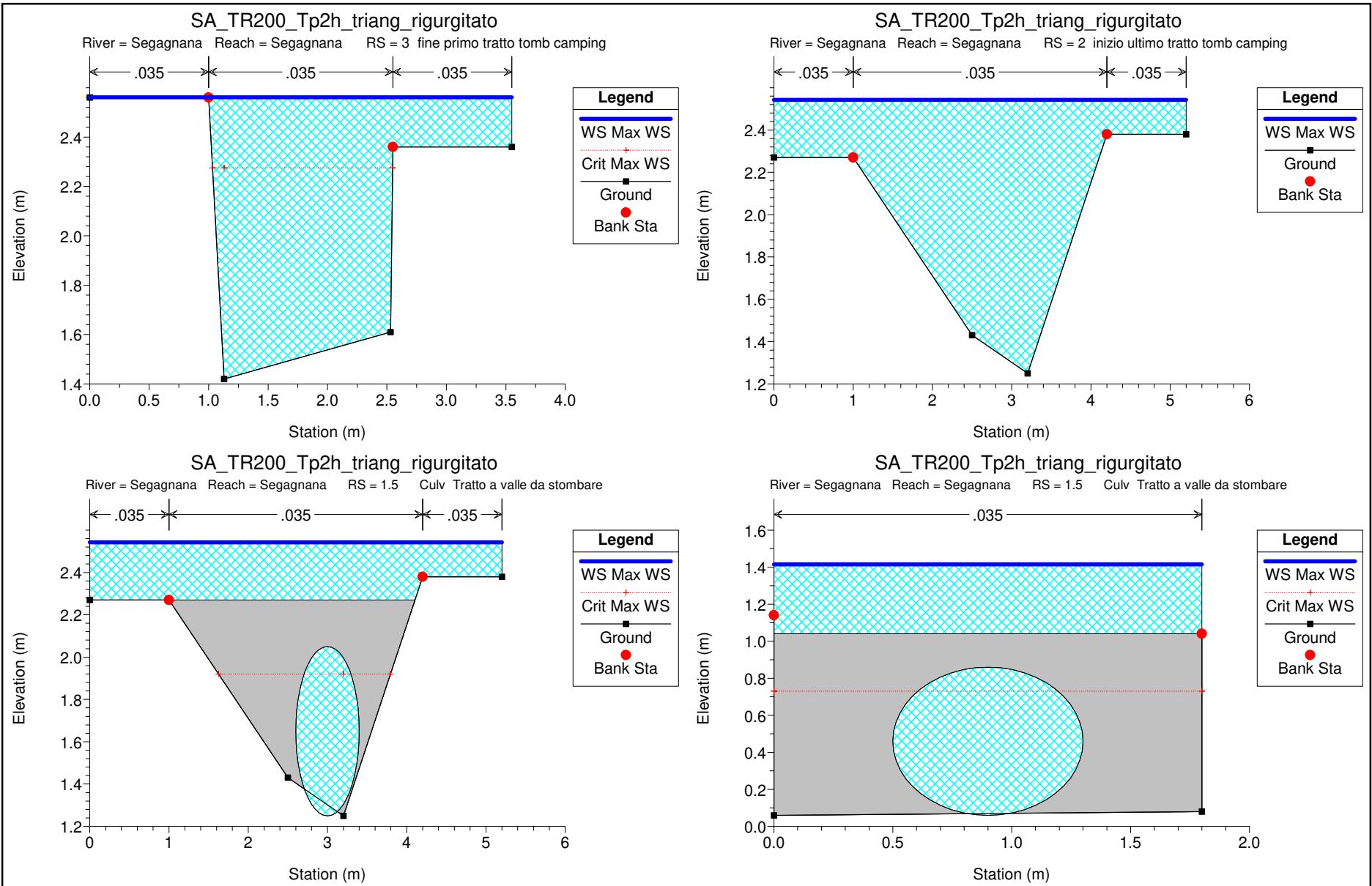
STATO ATTUALE TR 200 ANNI SBOCCO OCCLUSO Tp 2h

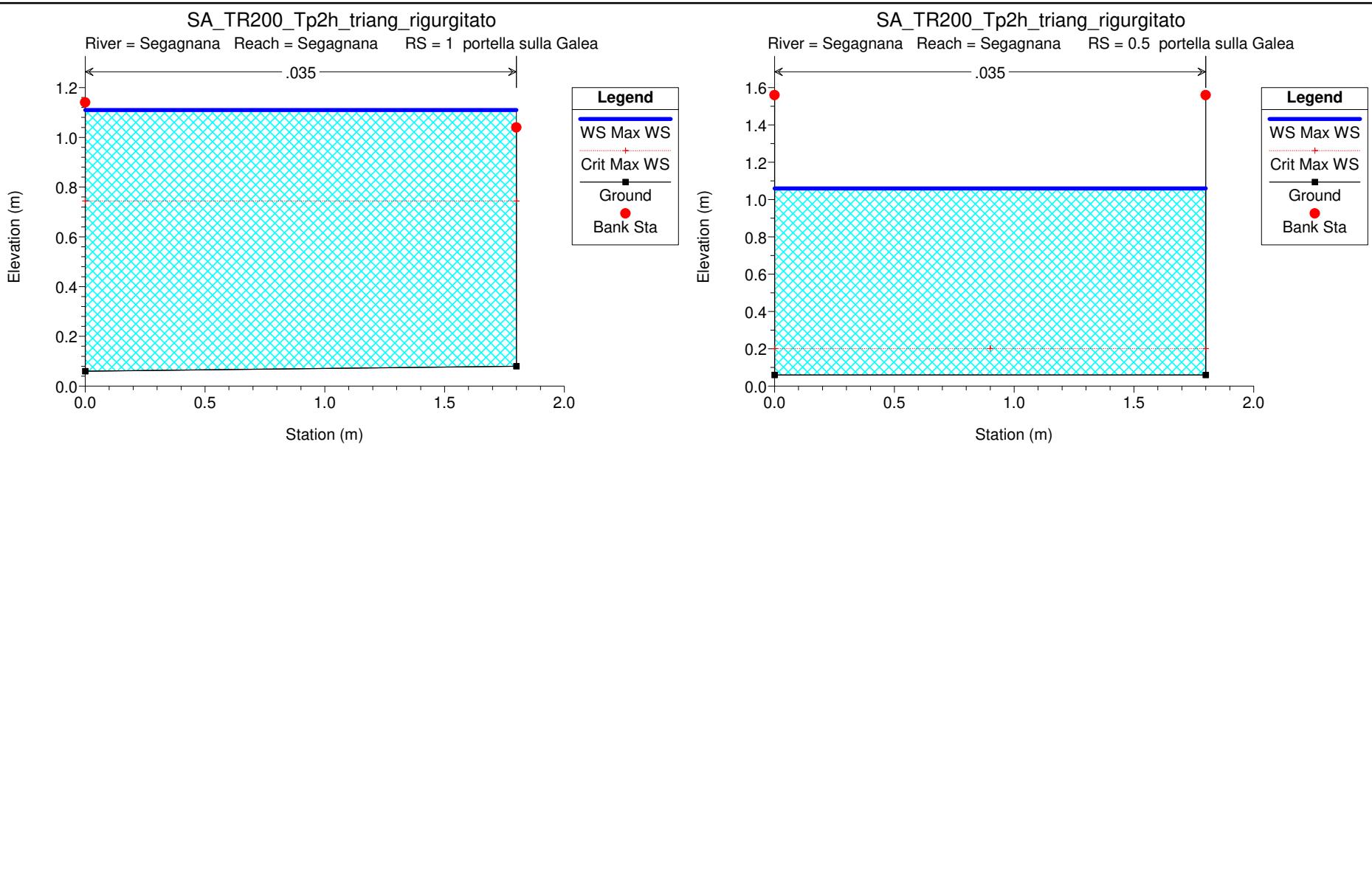




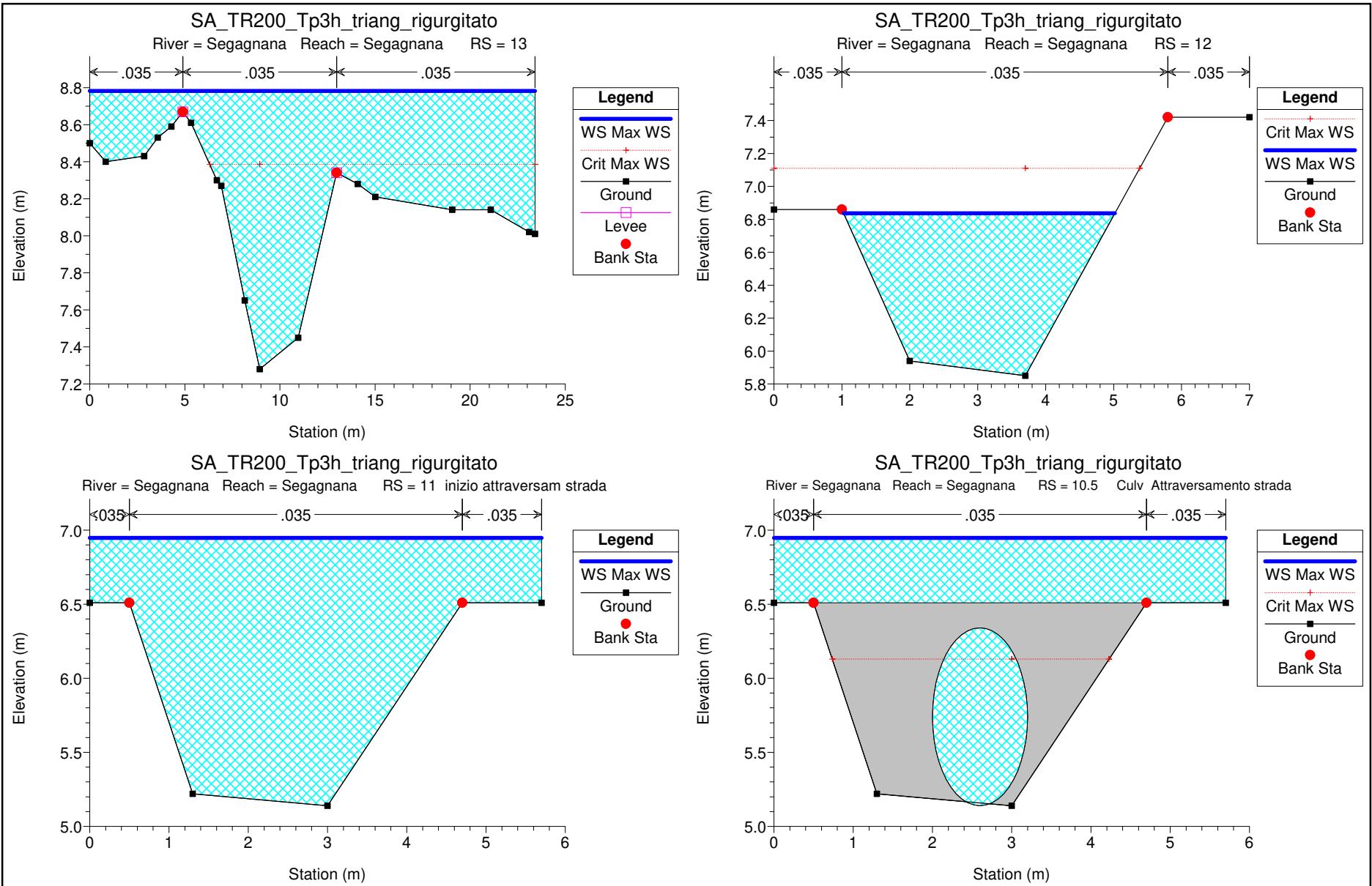


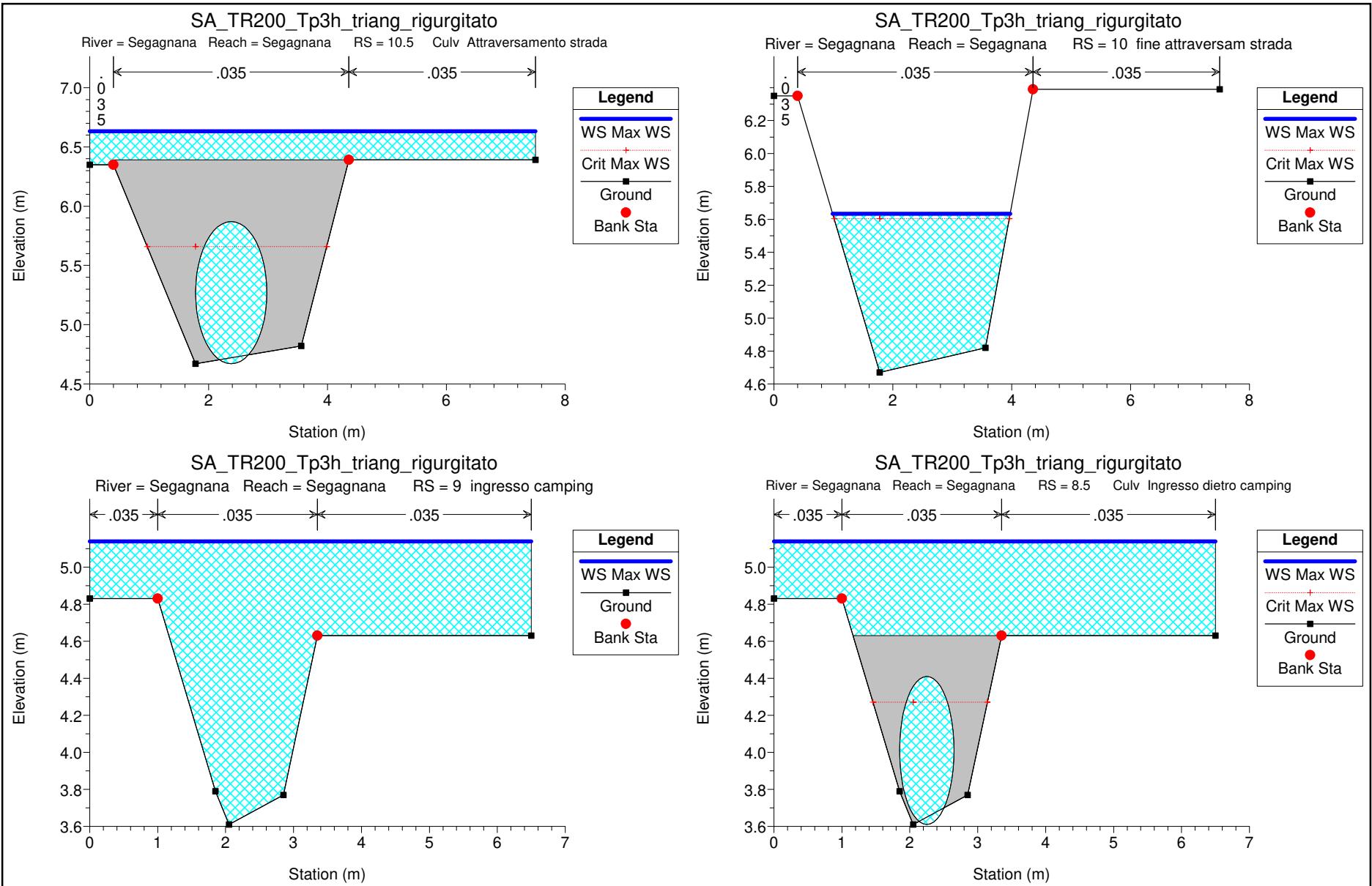


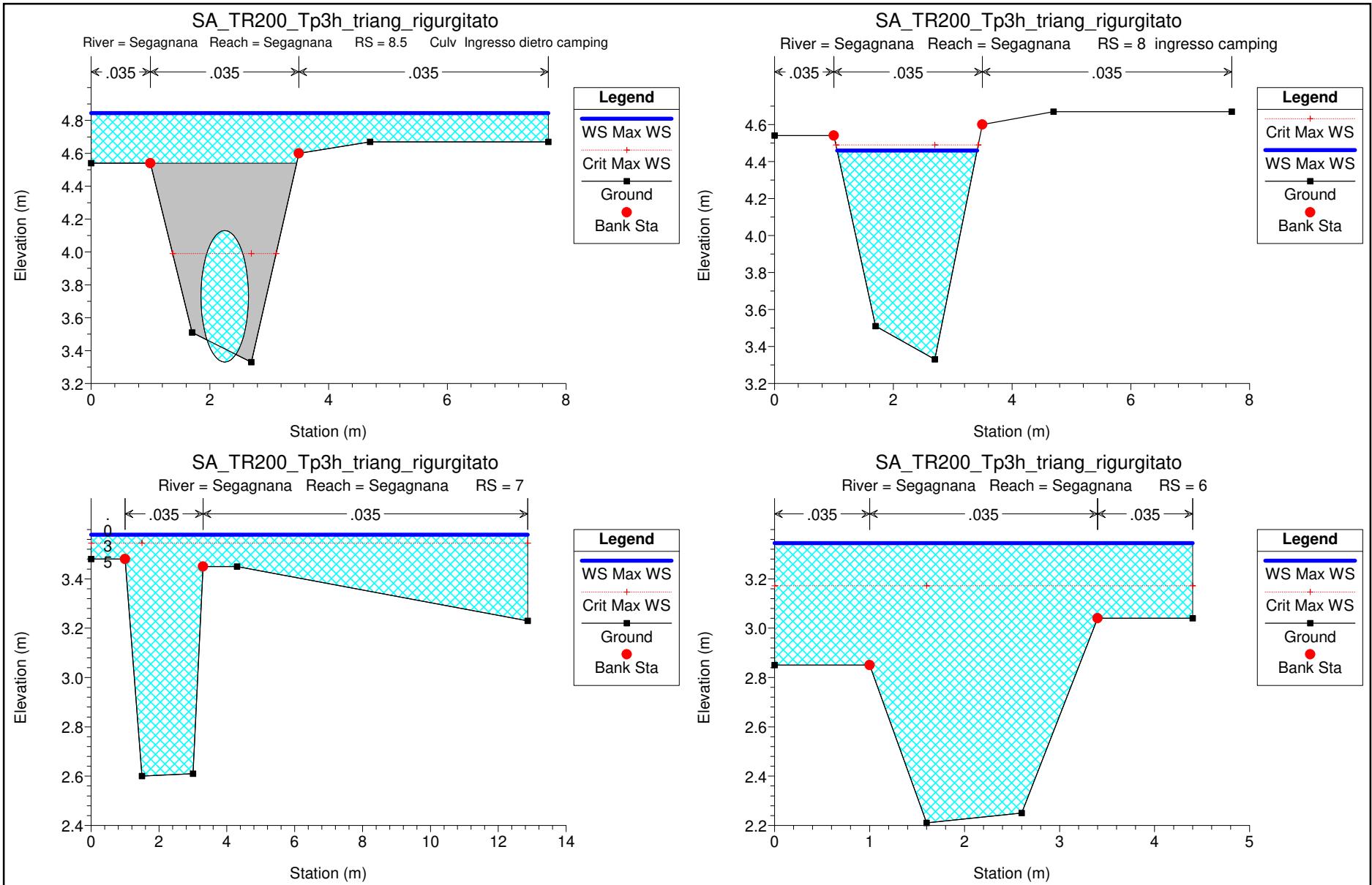


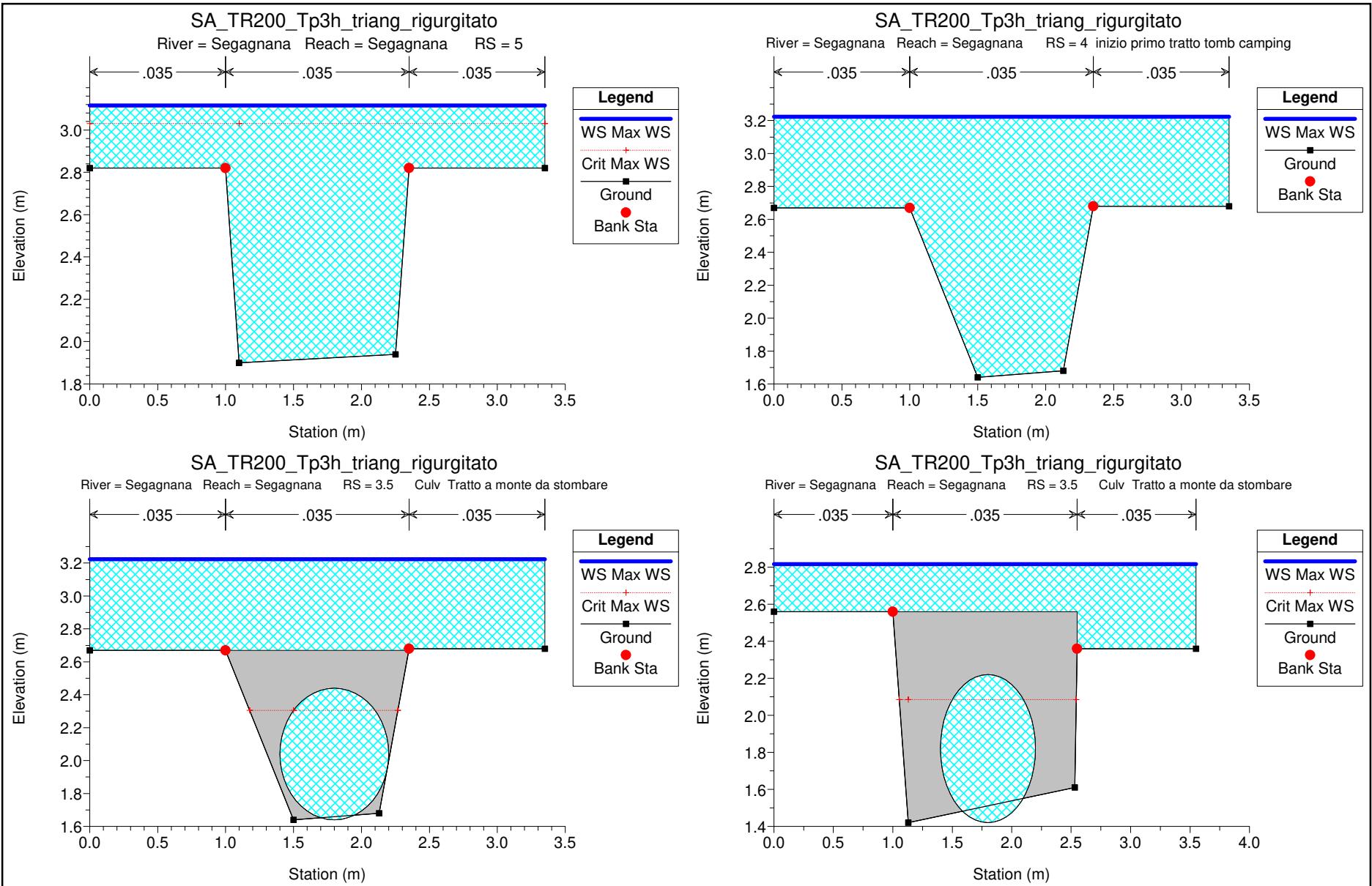


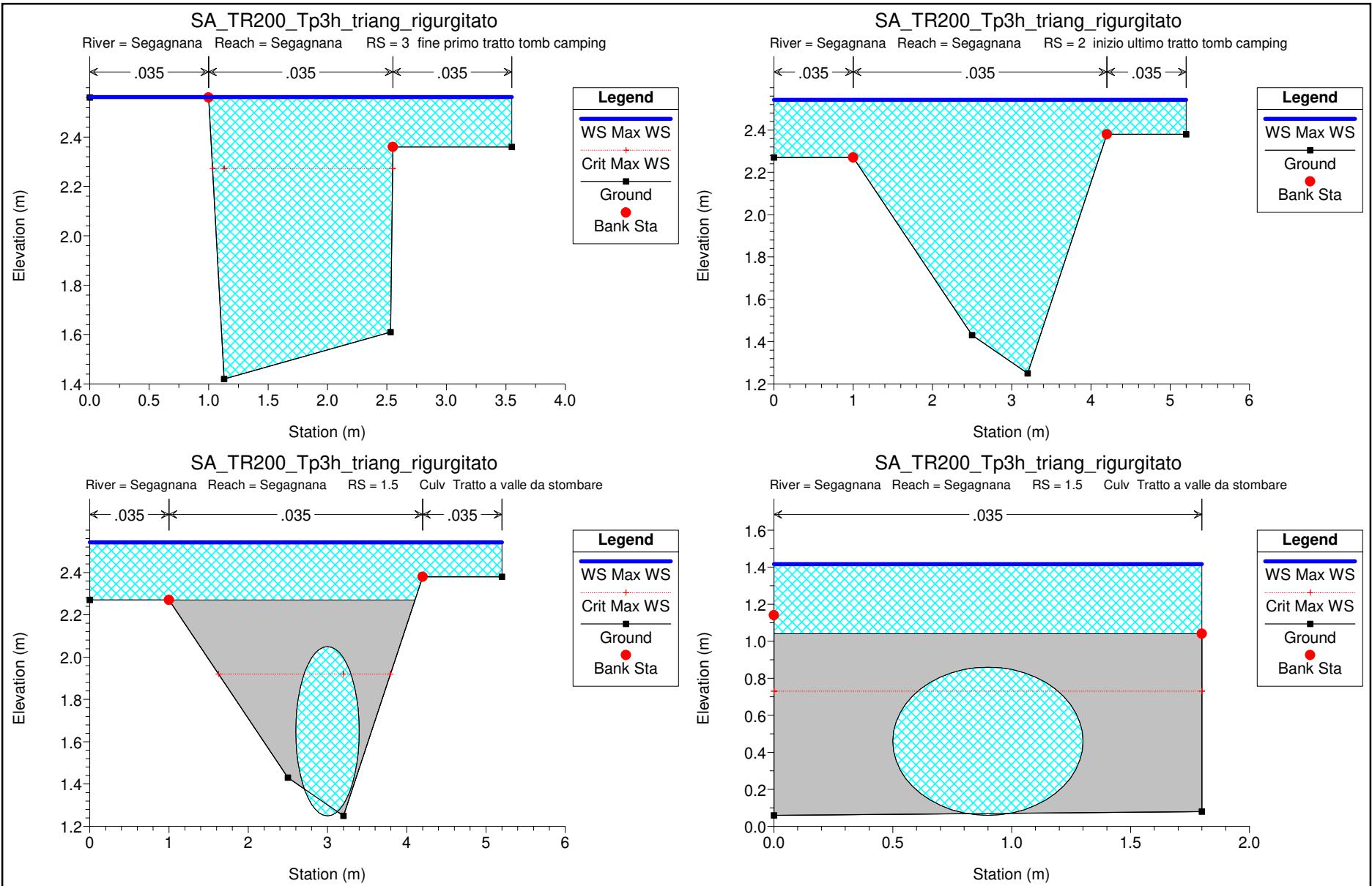
STATO ATTUALE TR 200 ANNI SBOCCO OCCLUSO Tp 3h

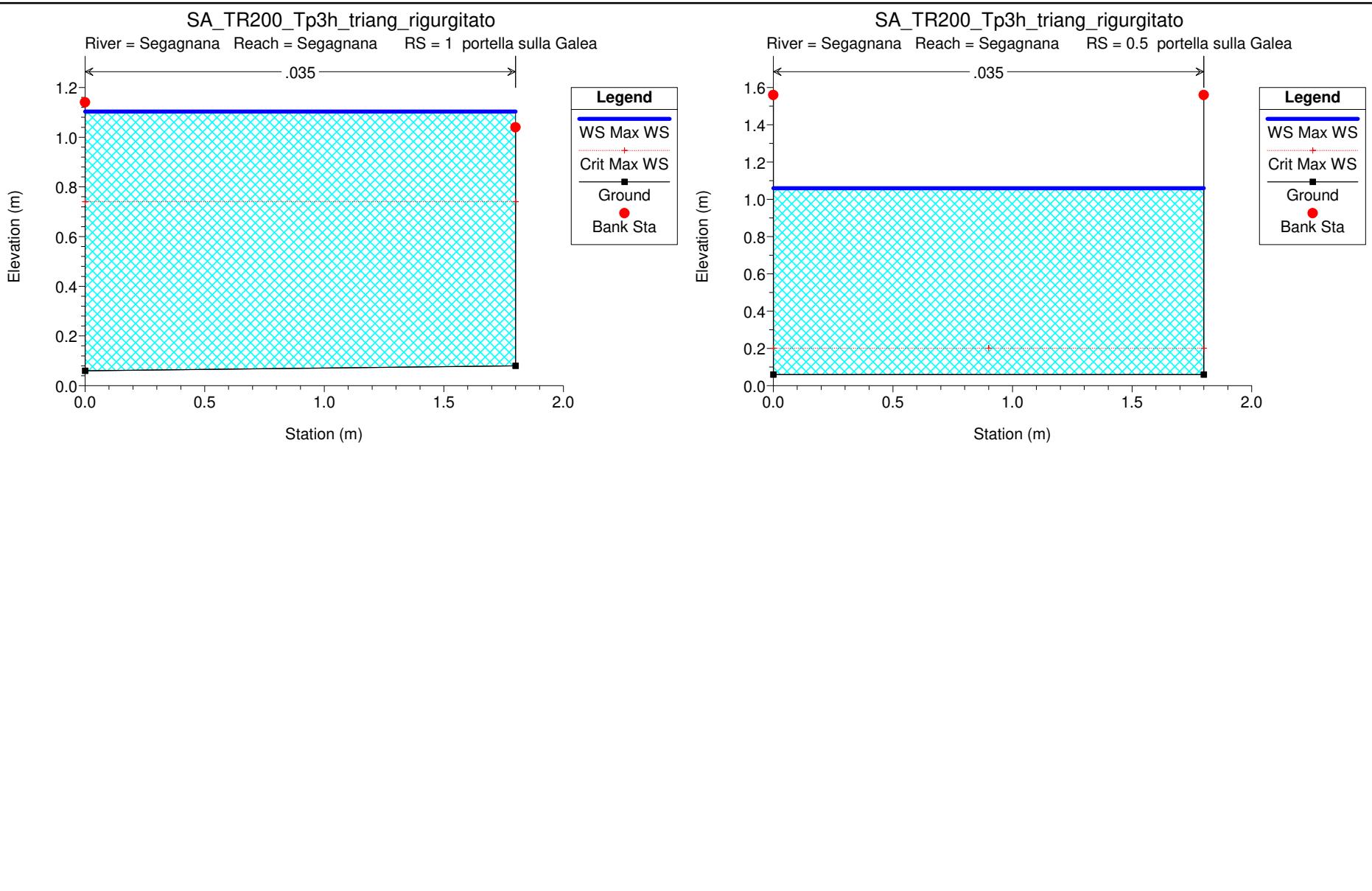




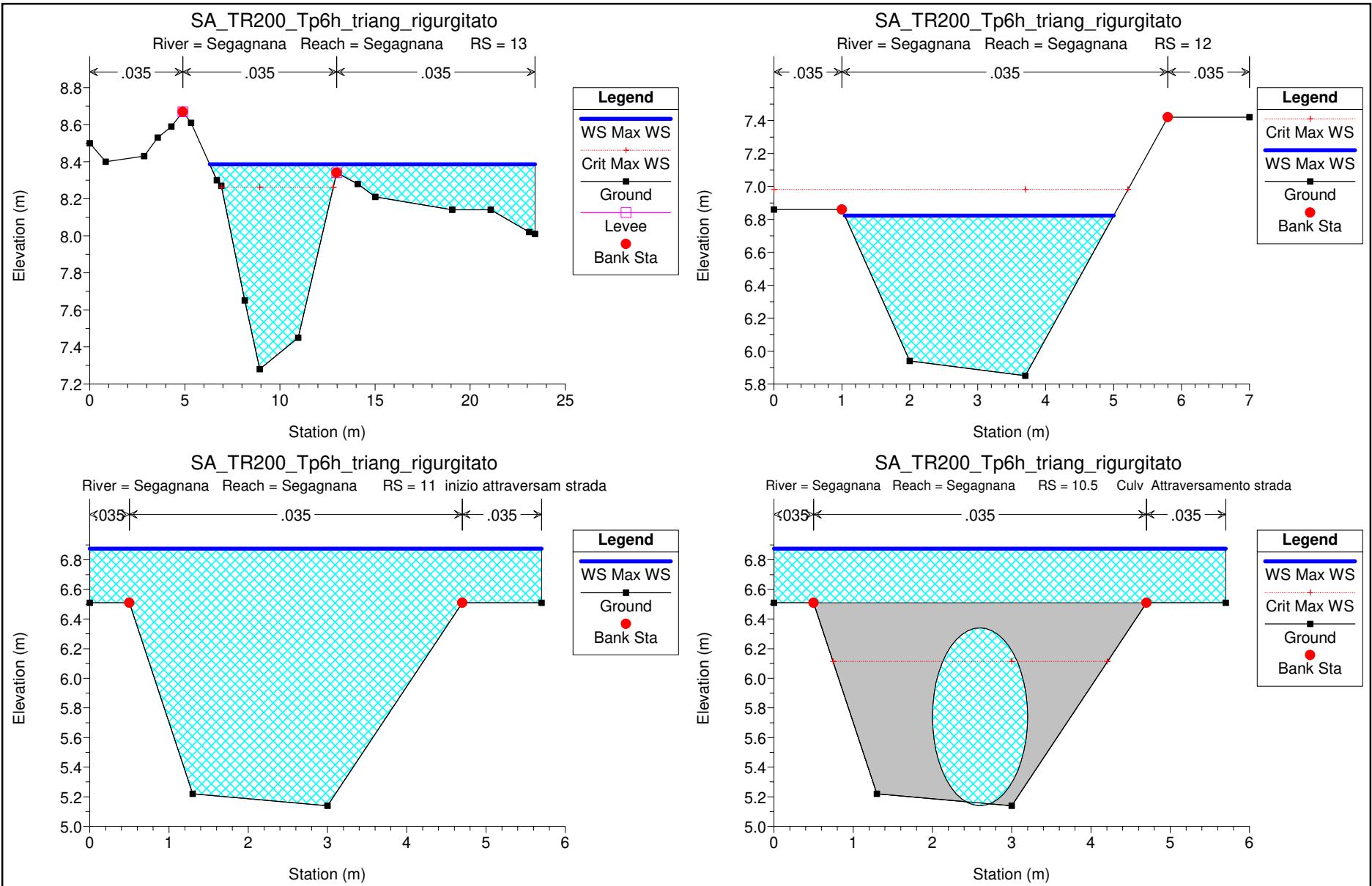


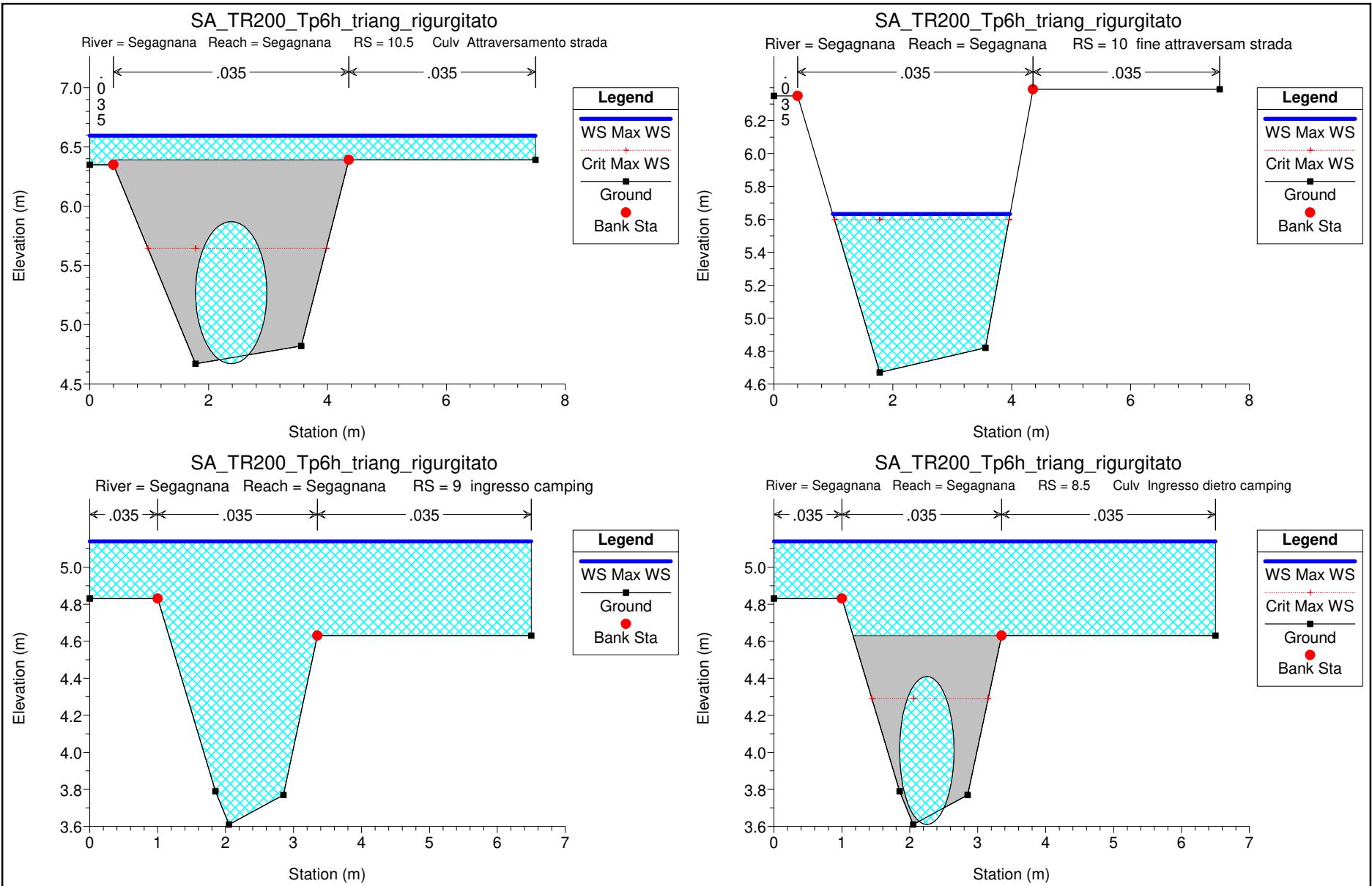


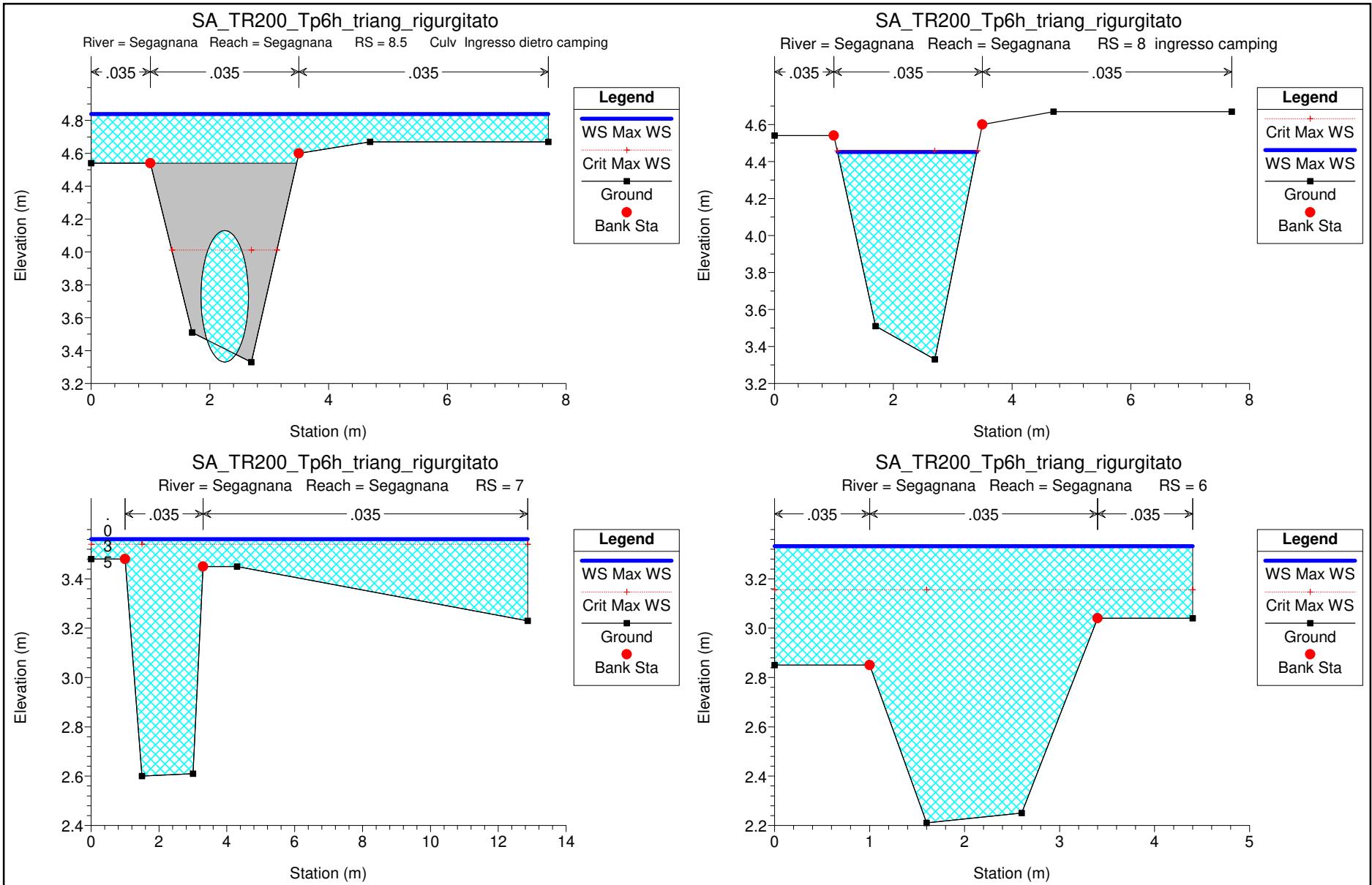


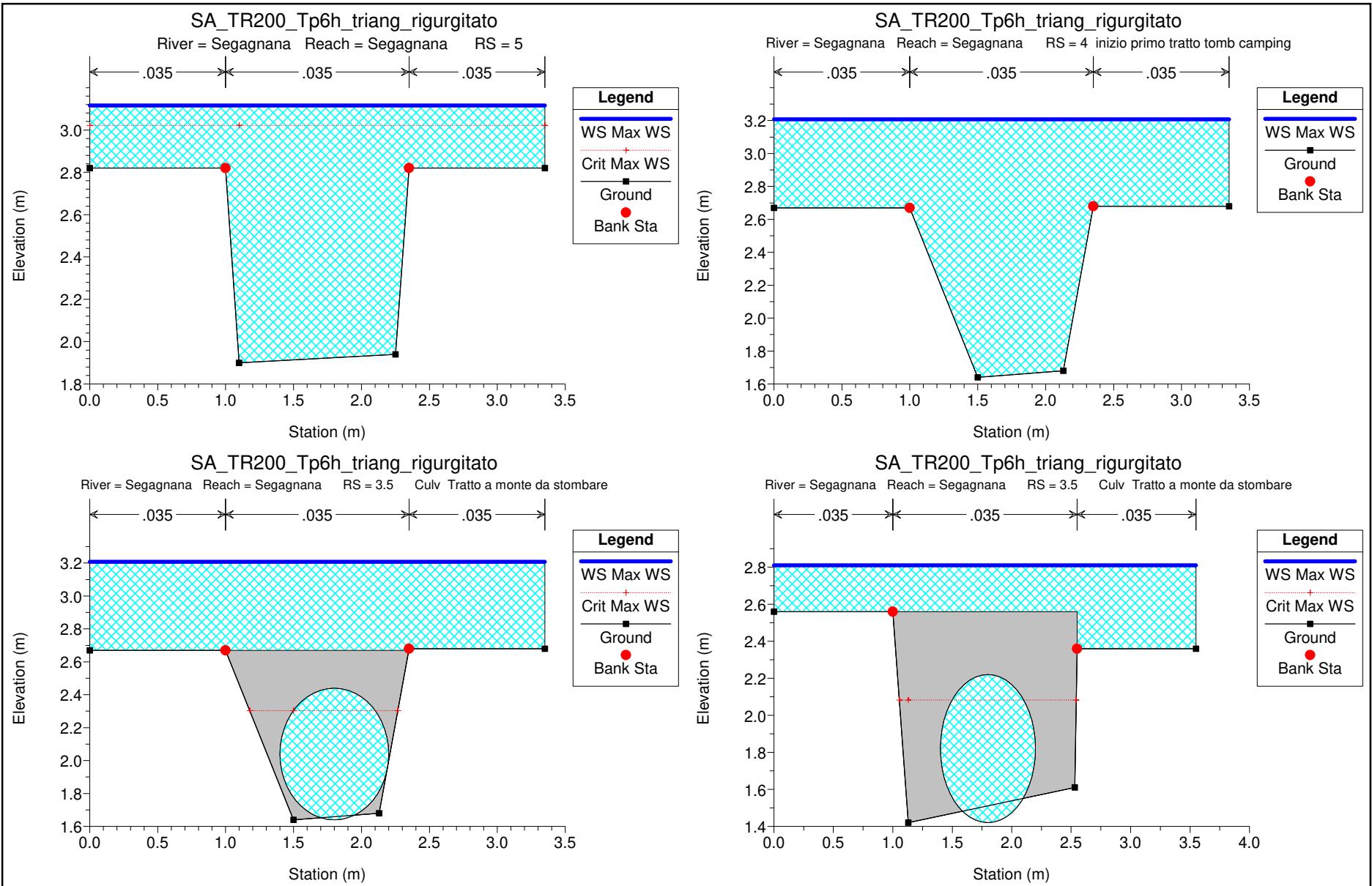


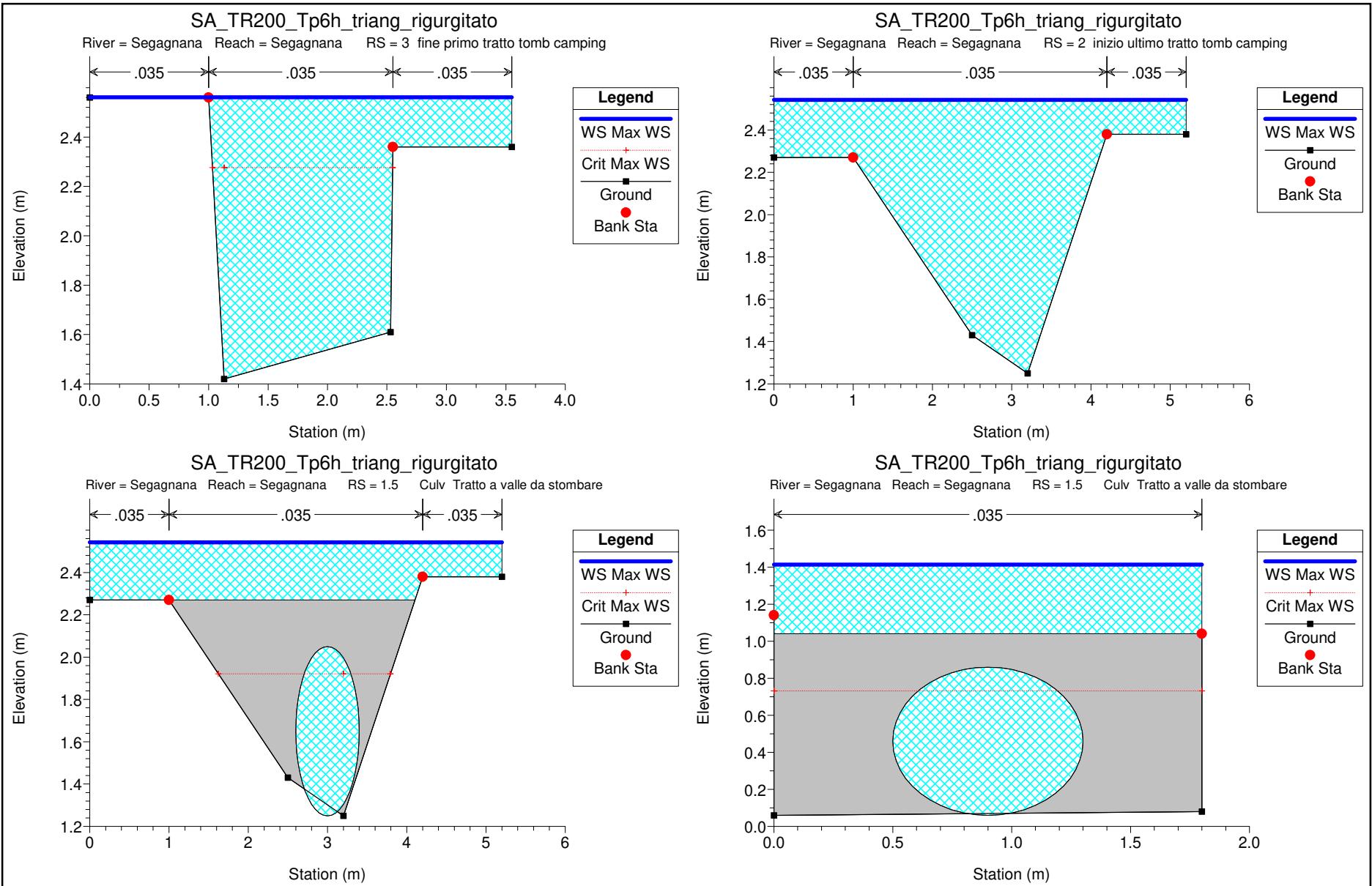
STATO ATTUALE TR 200 ANNI SBOCCO OCCLUSO Tp 6h

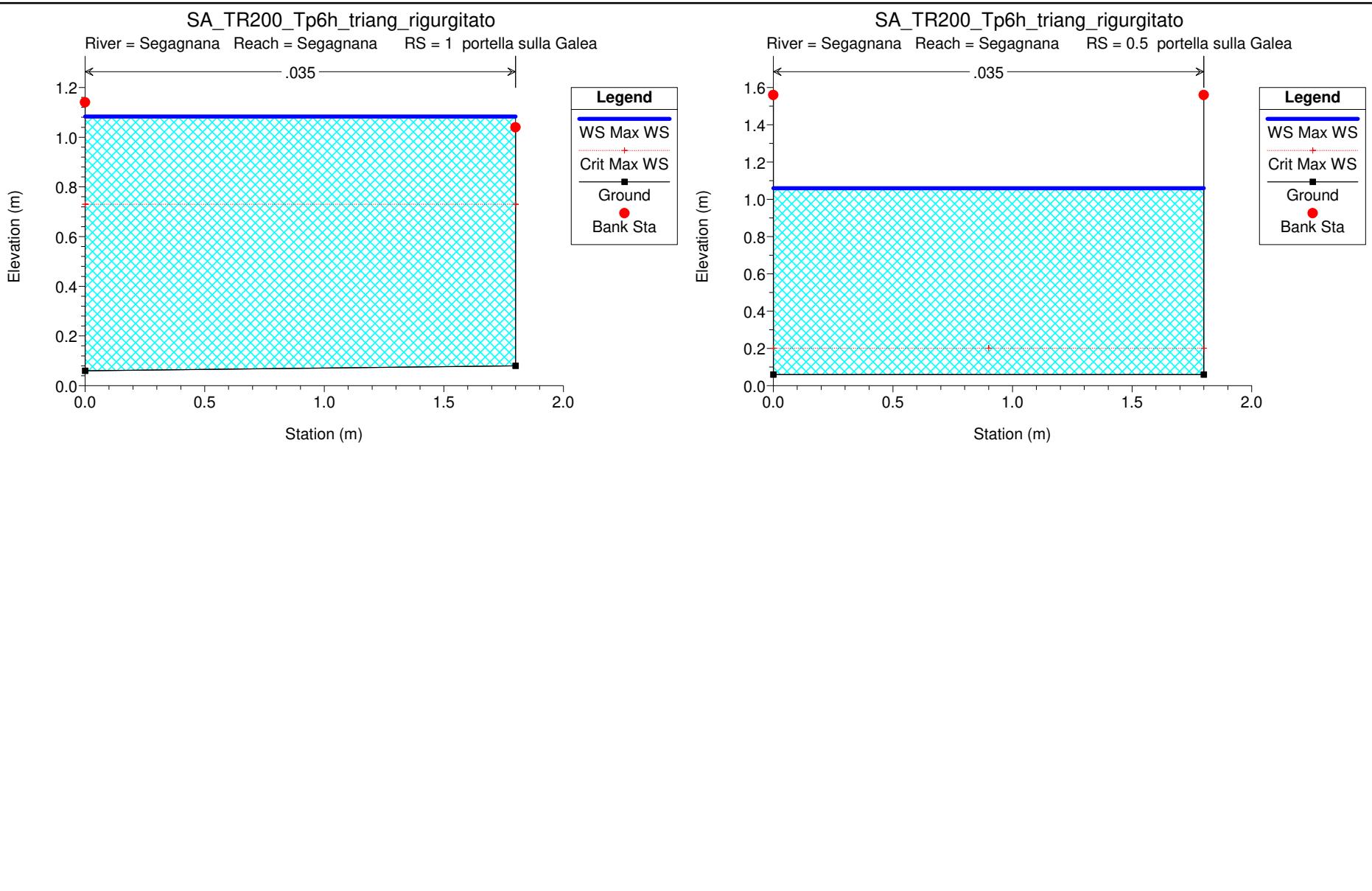




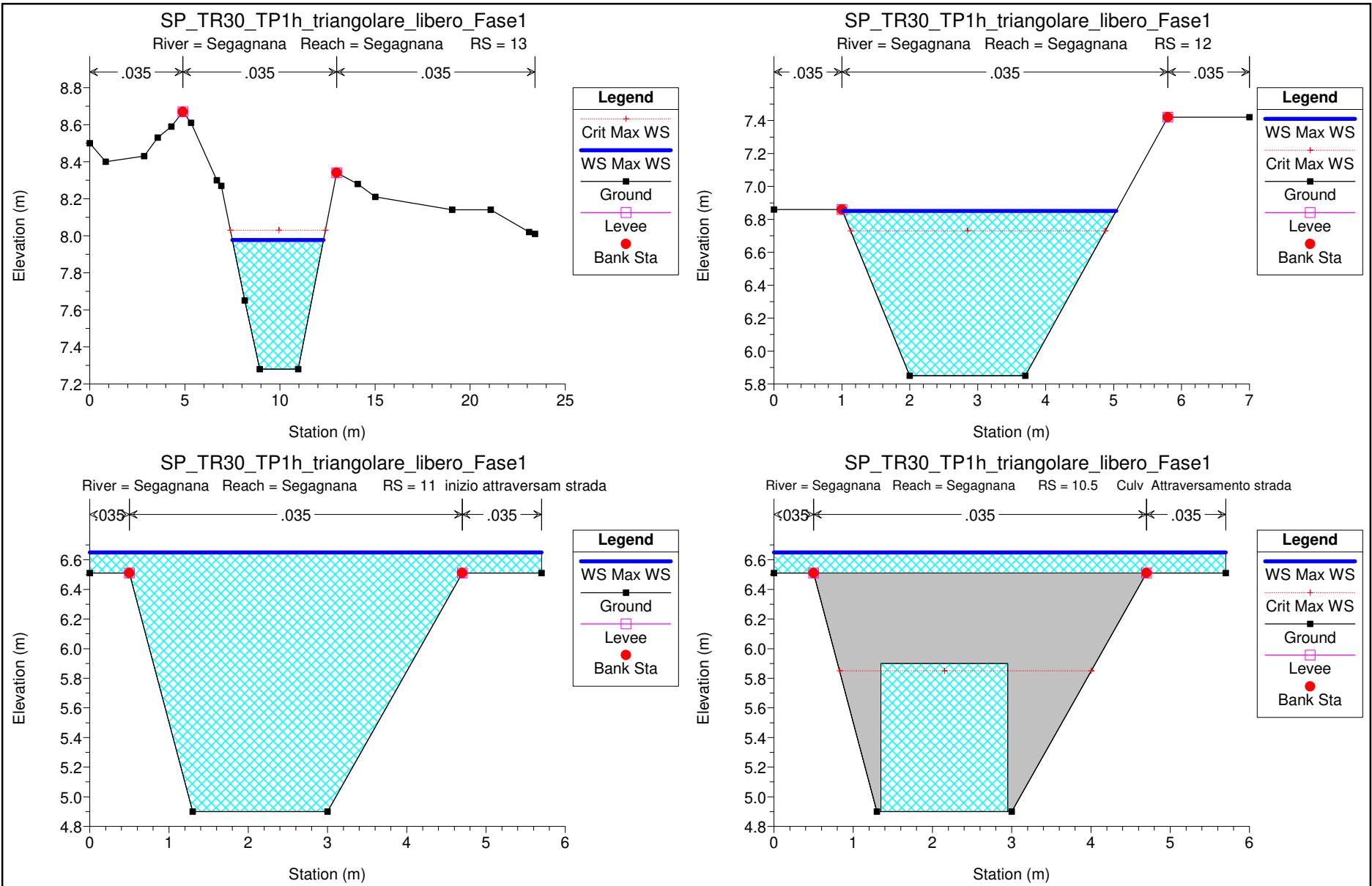


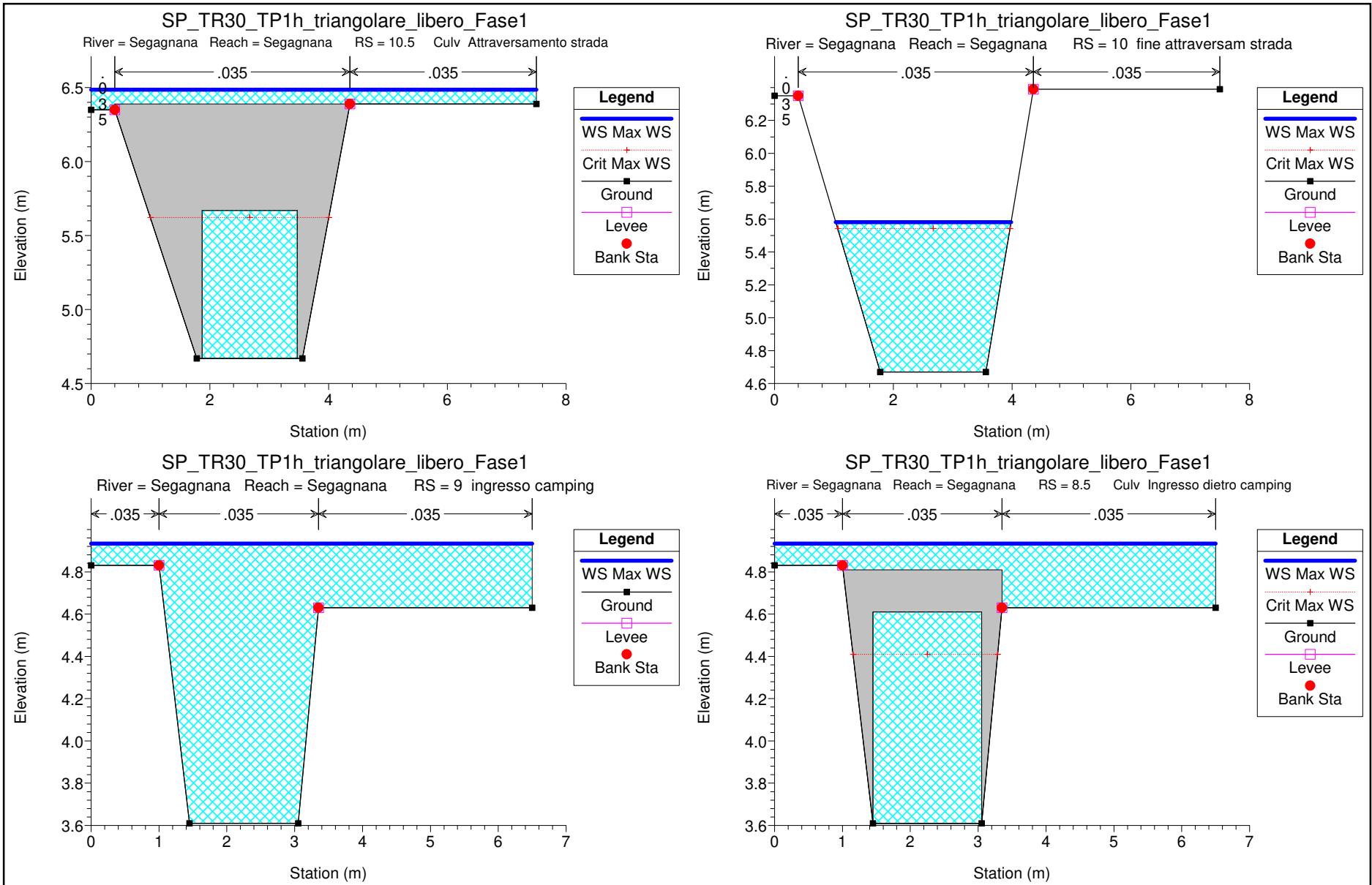


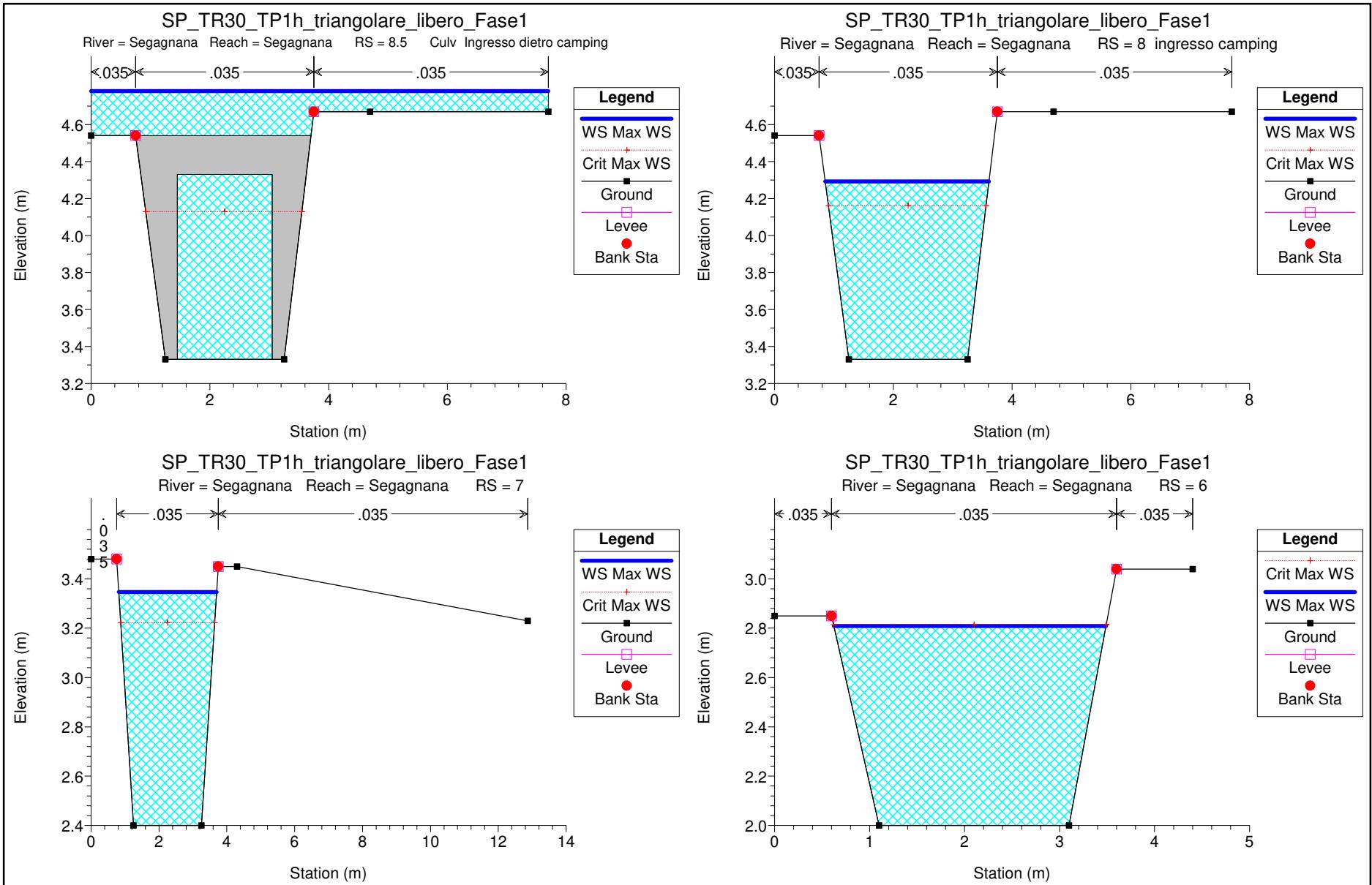


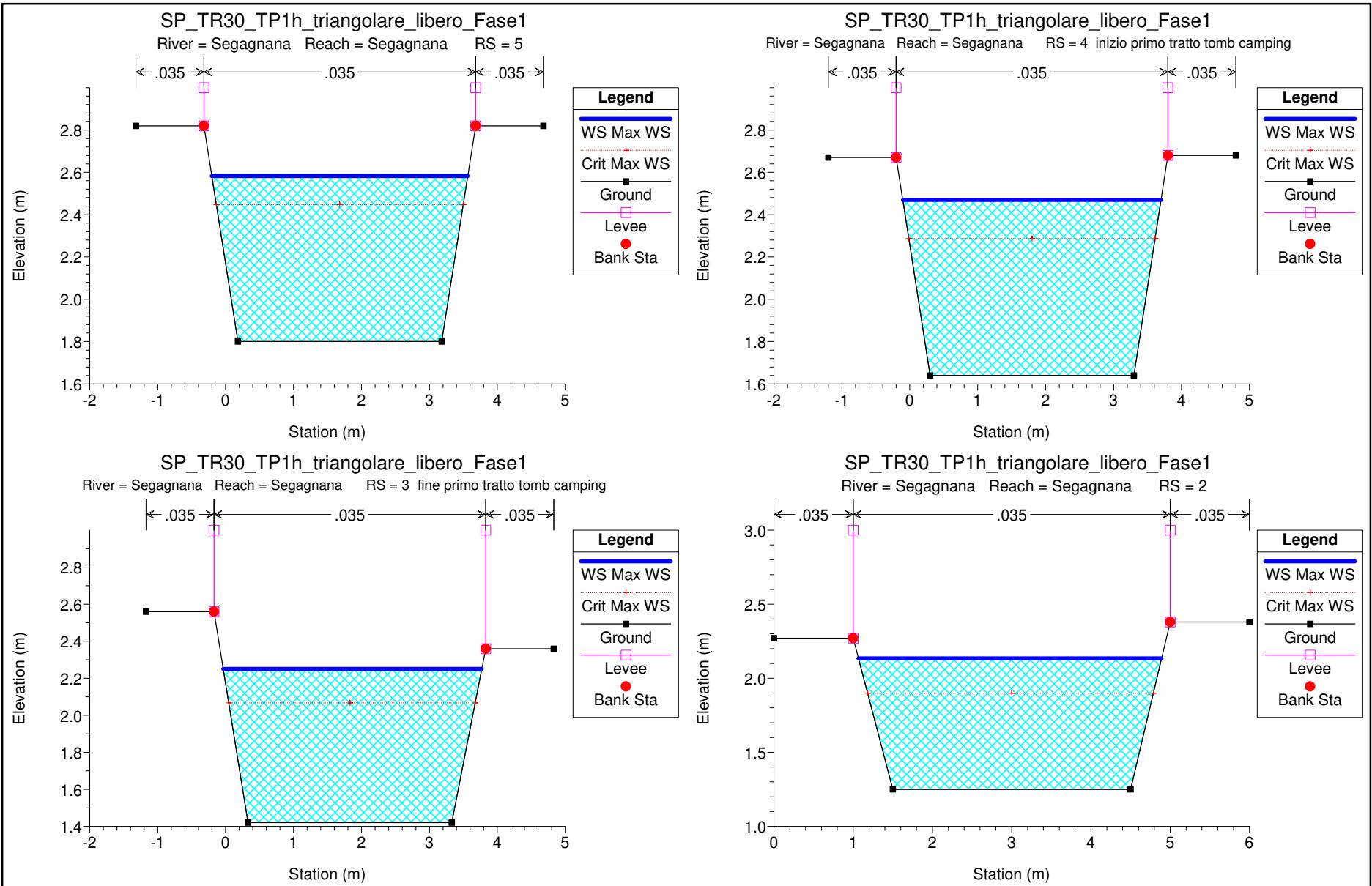


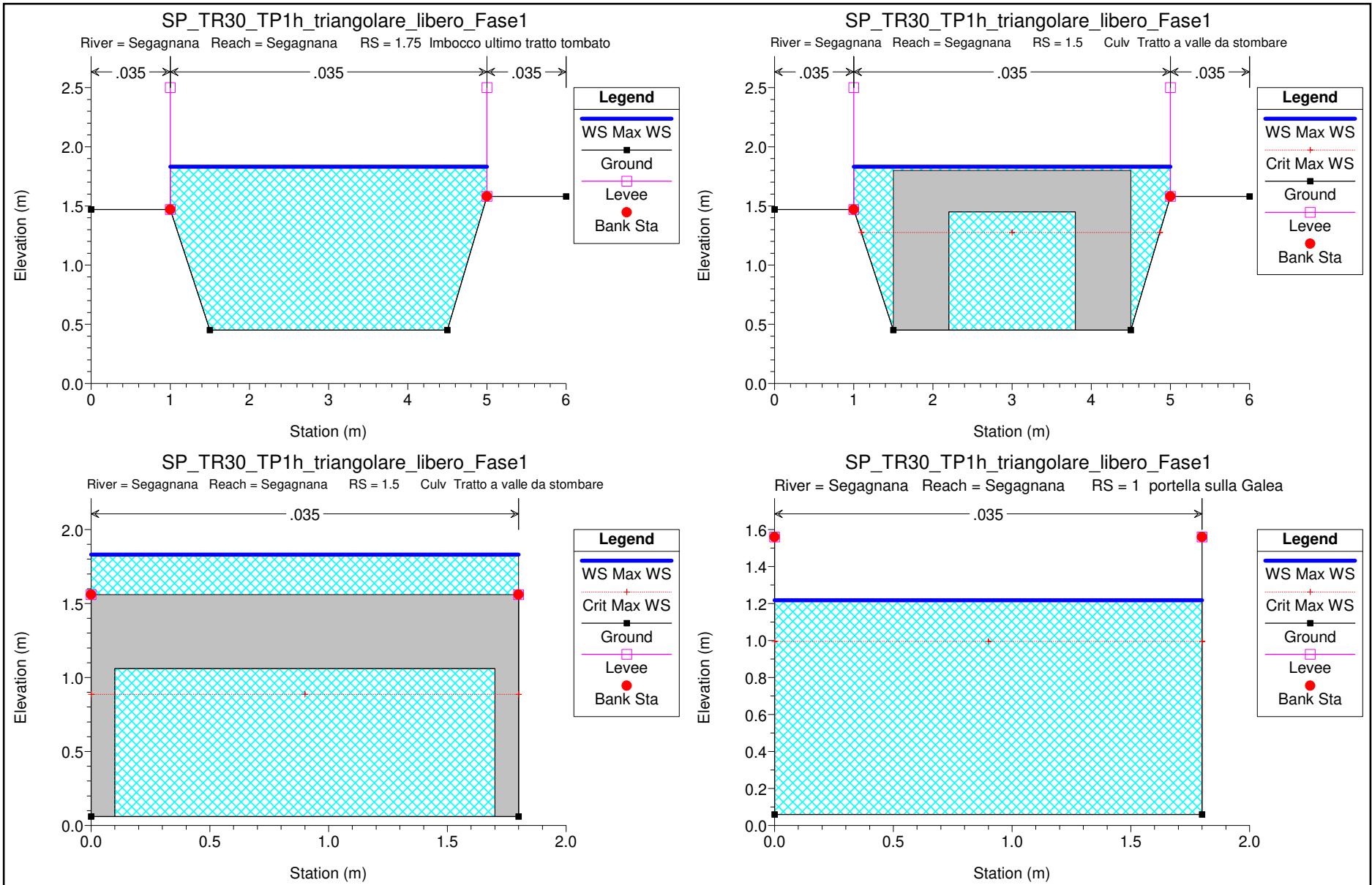
STATO PROGETTO STEP 1 TR 30 ANNI SBOCCO LIBERO Tp 1h

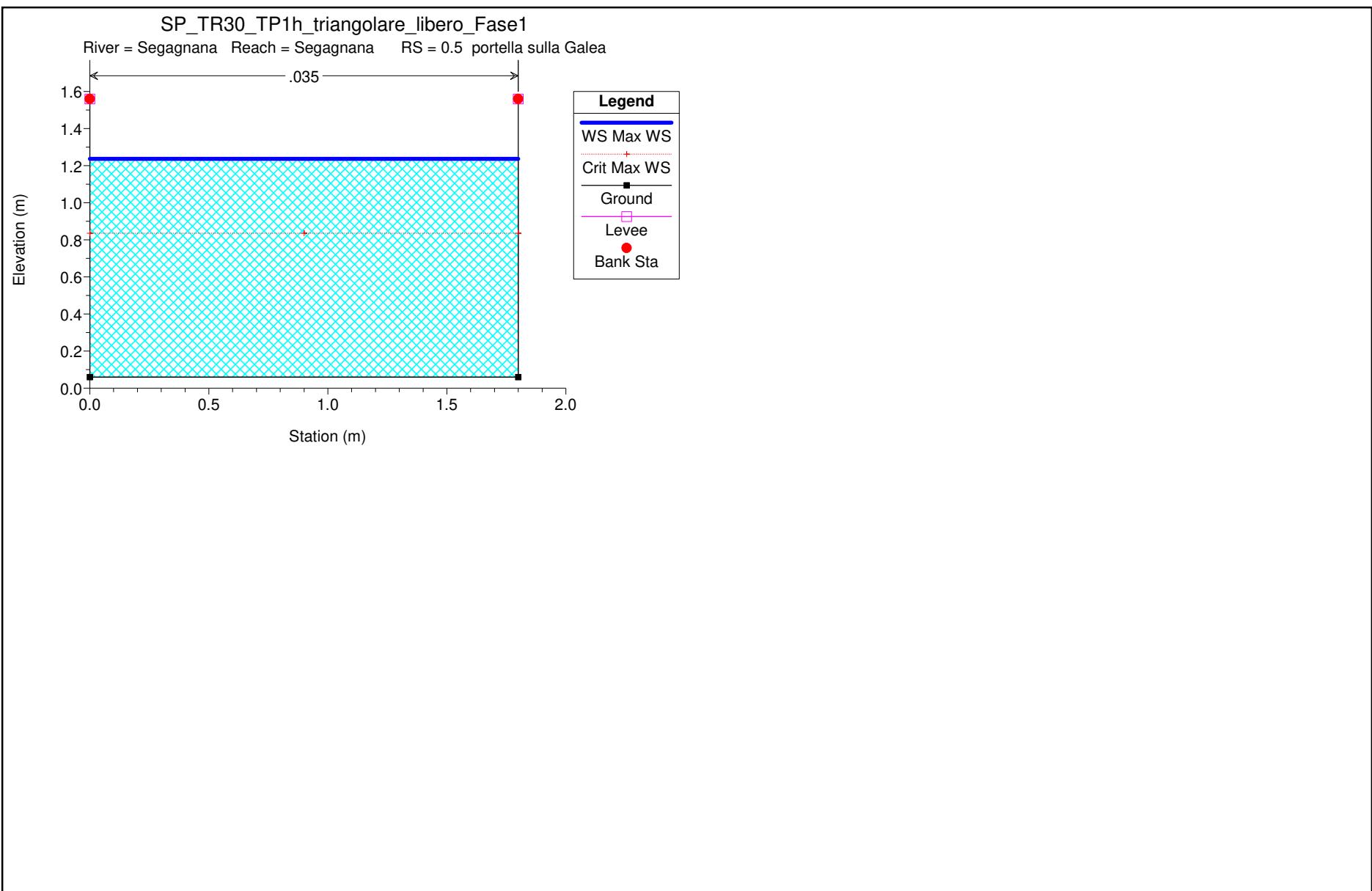




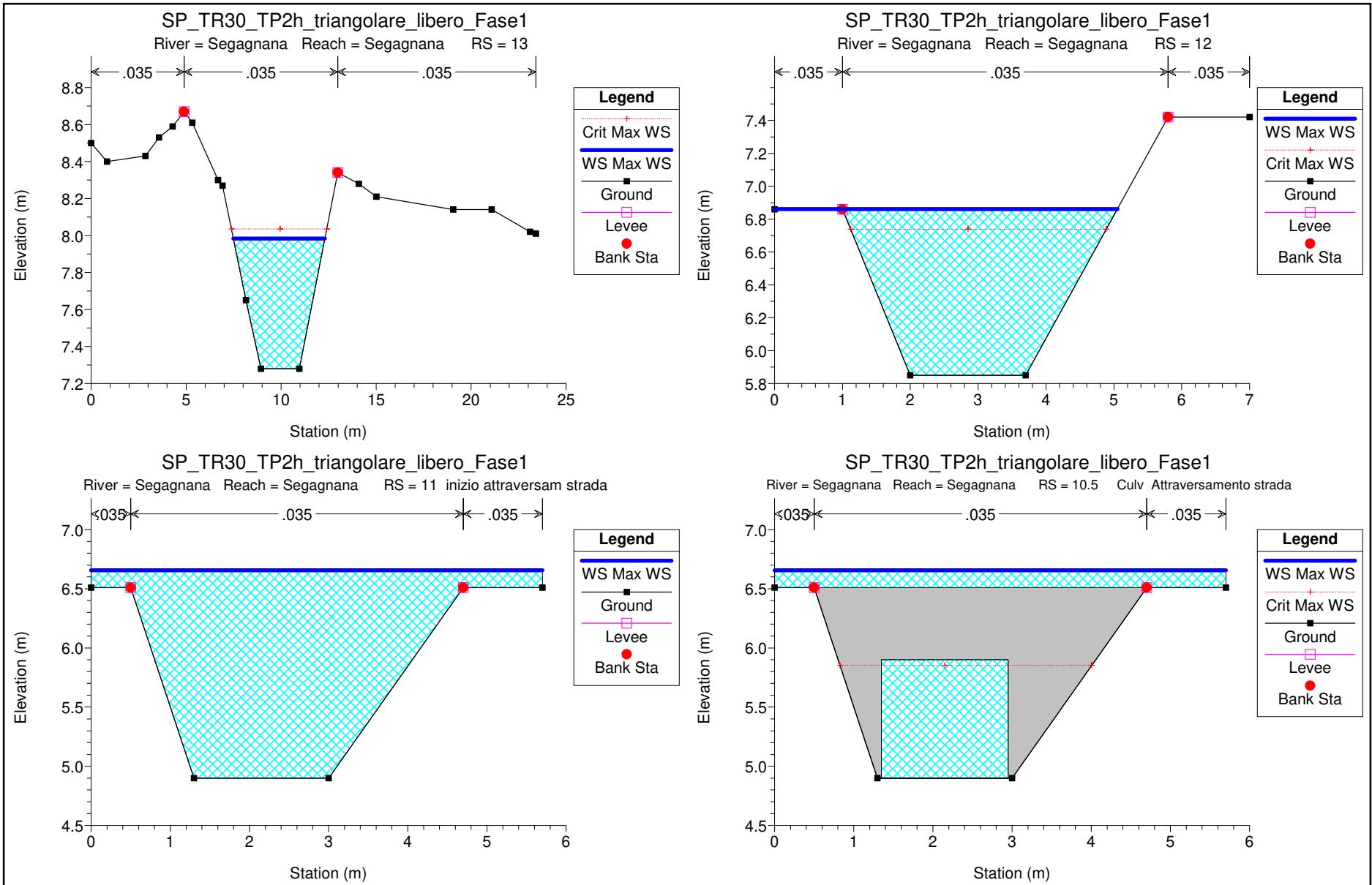


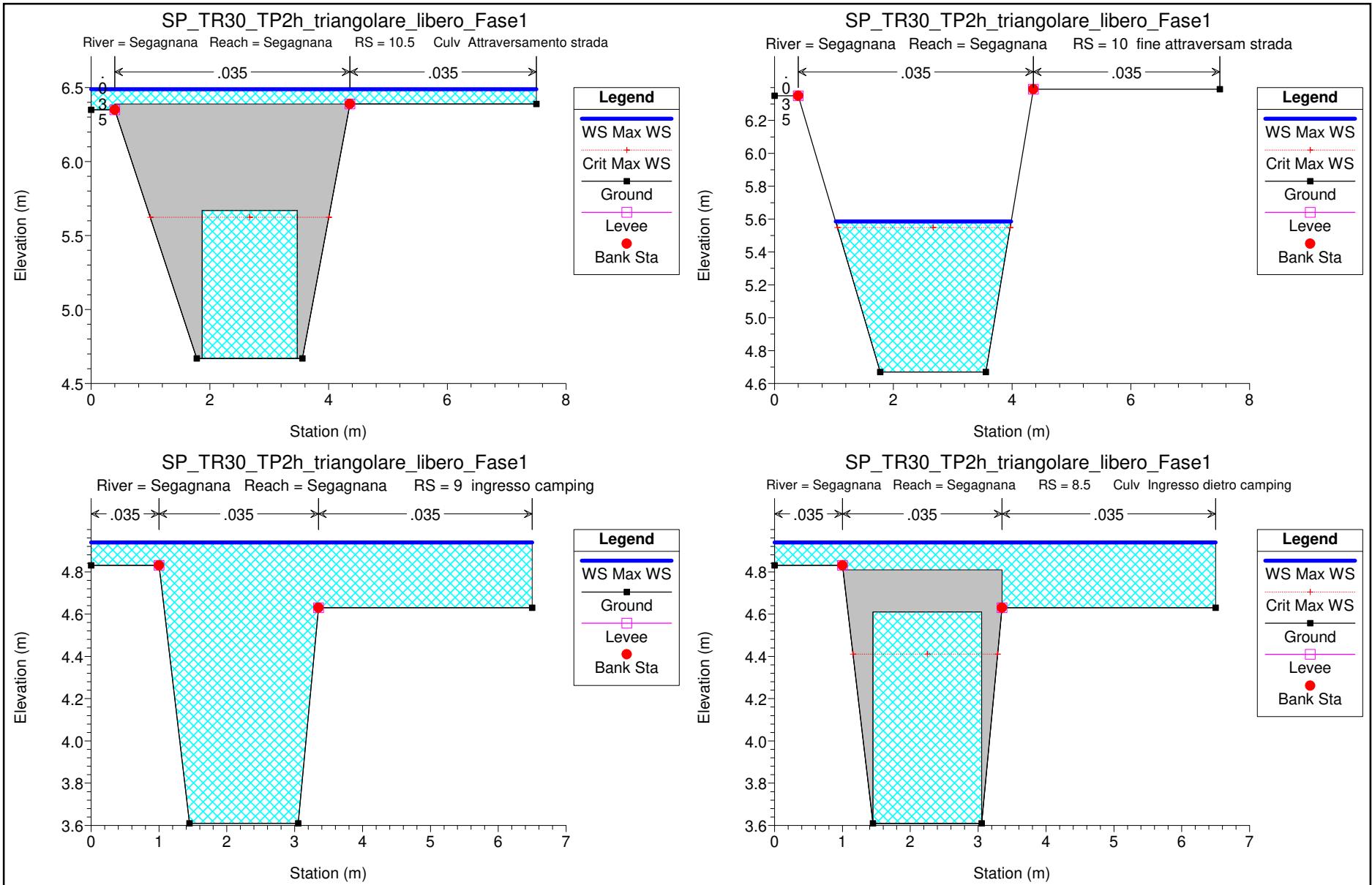


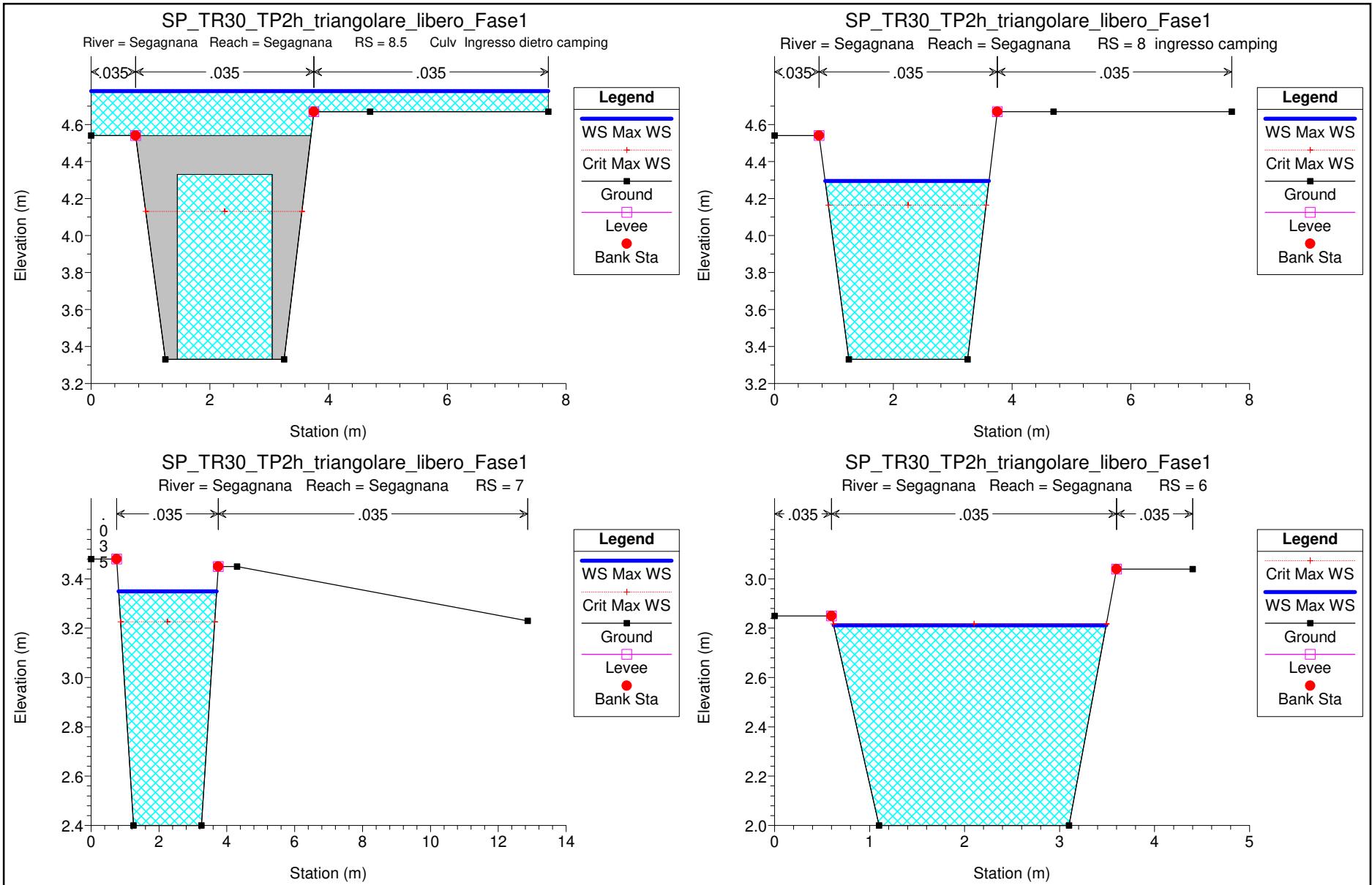


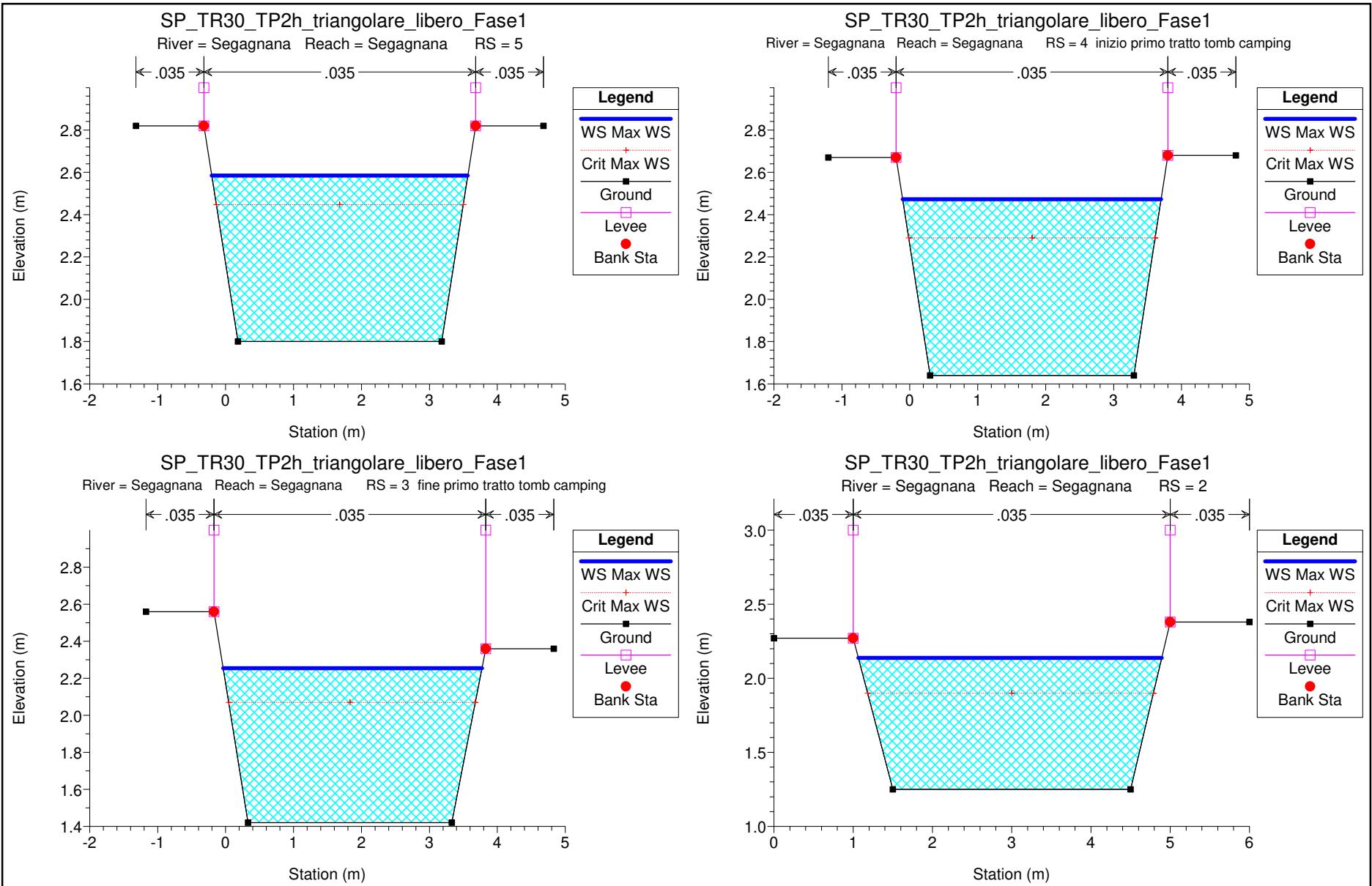


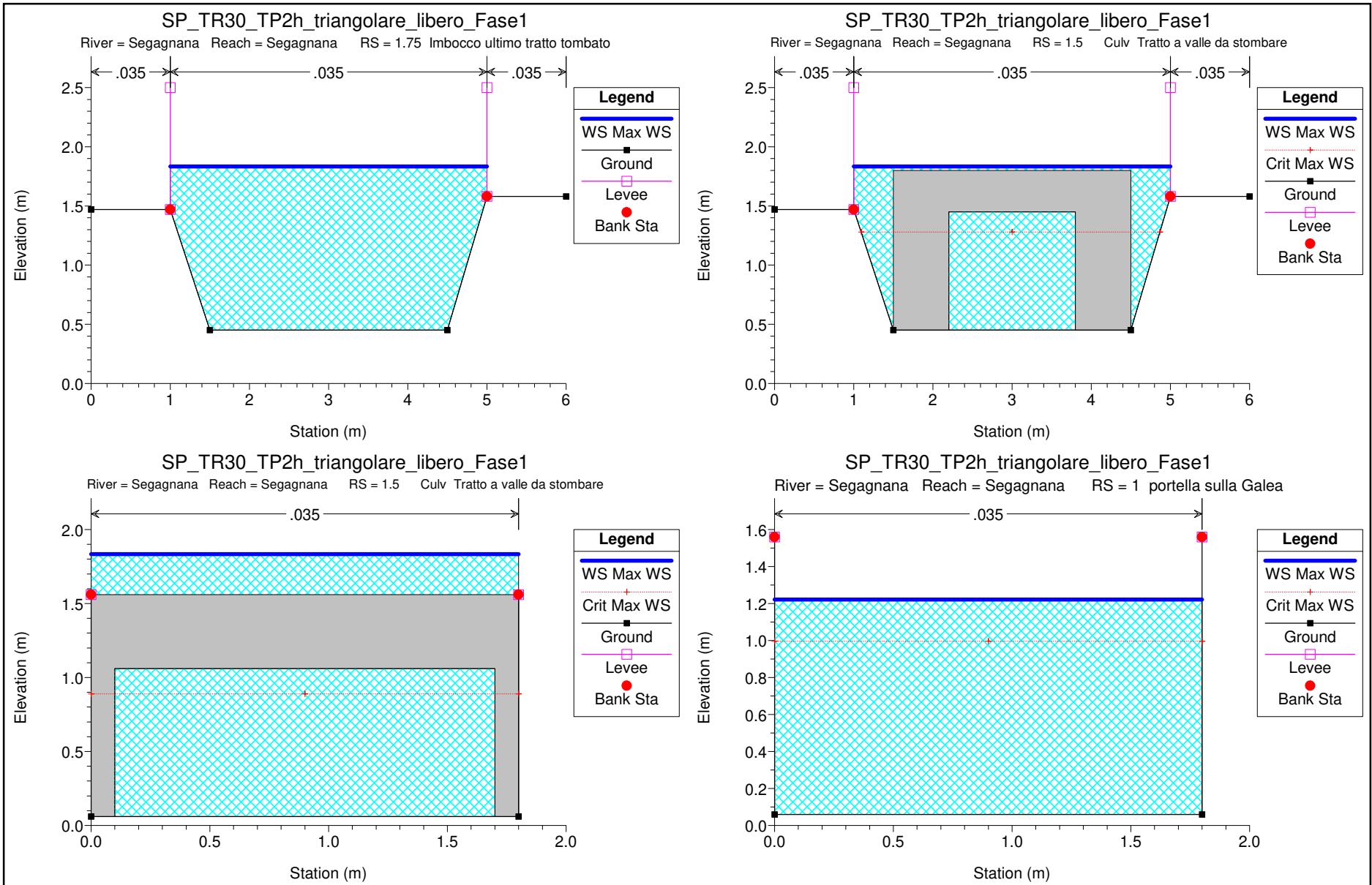
STATO PROGETTO STEP 1 TR 30 ANNI SBOCCO LIBERO Tp 2h

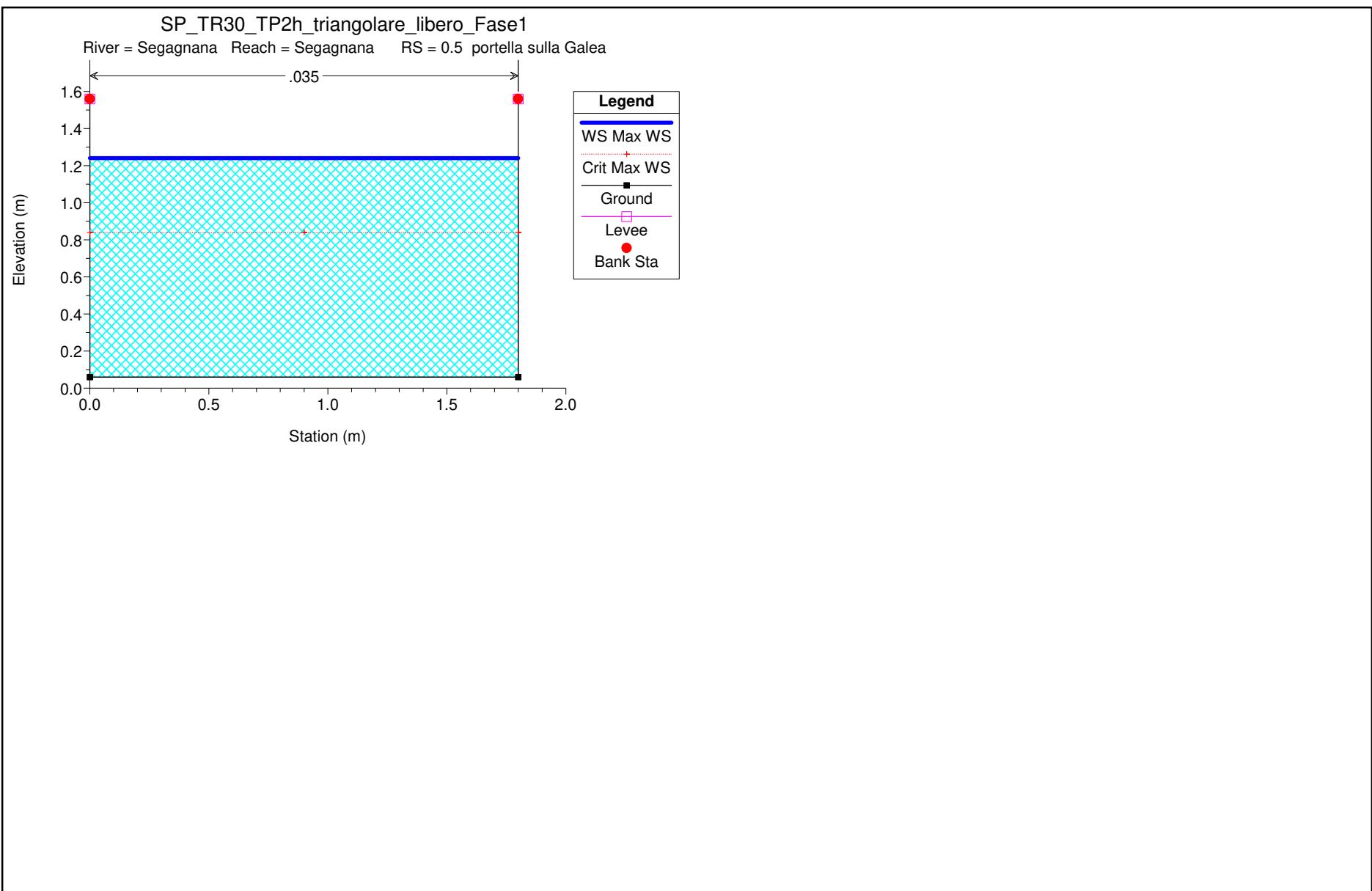




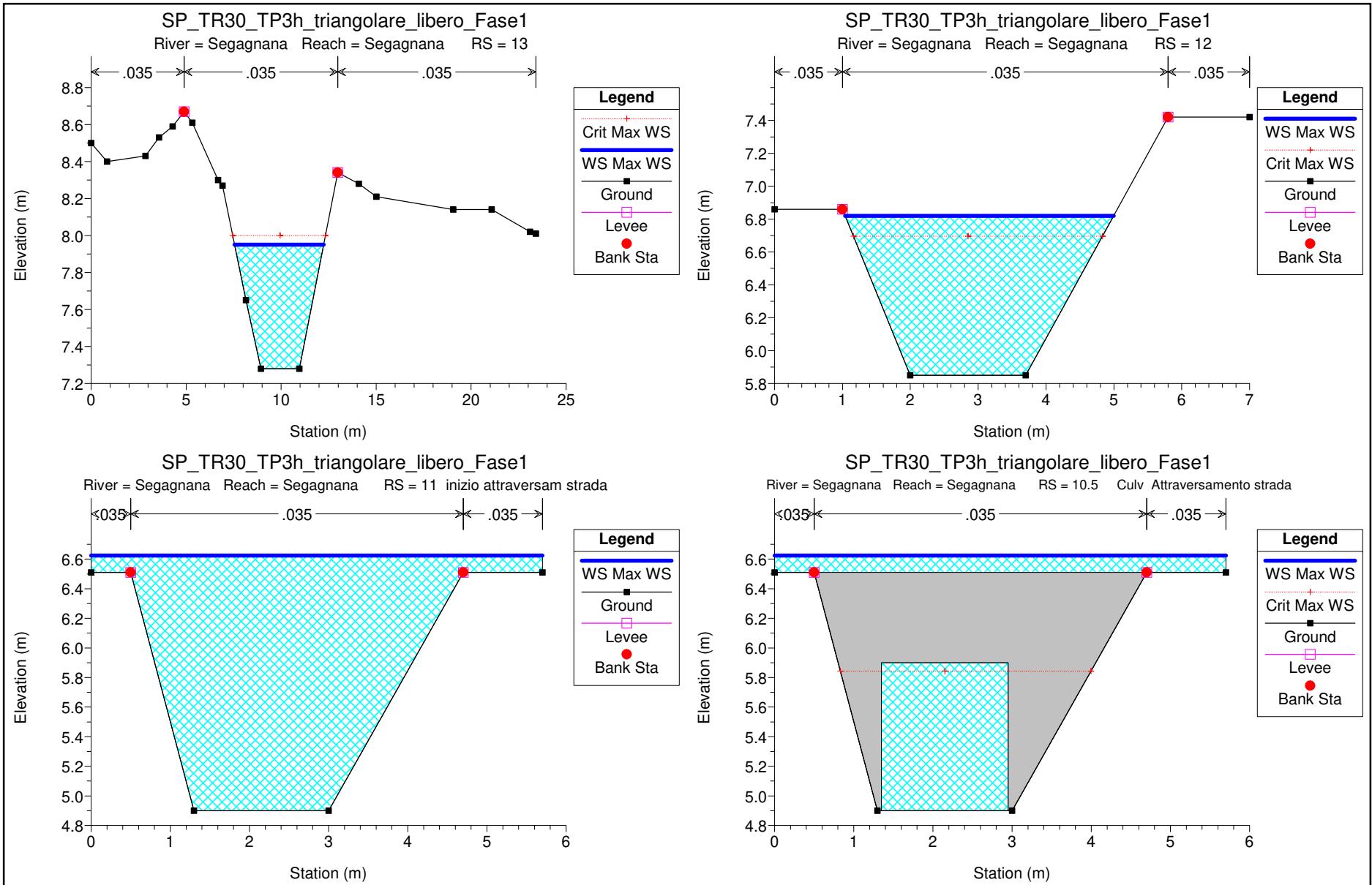


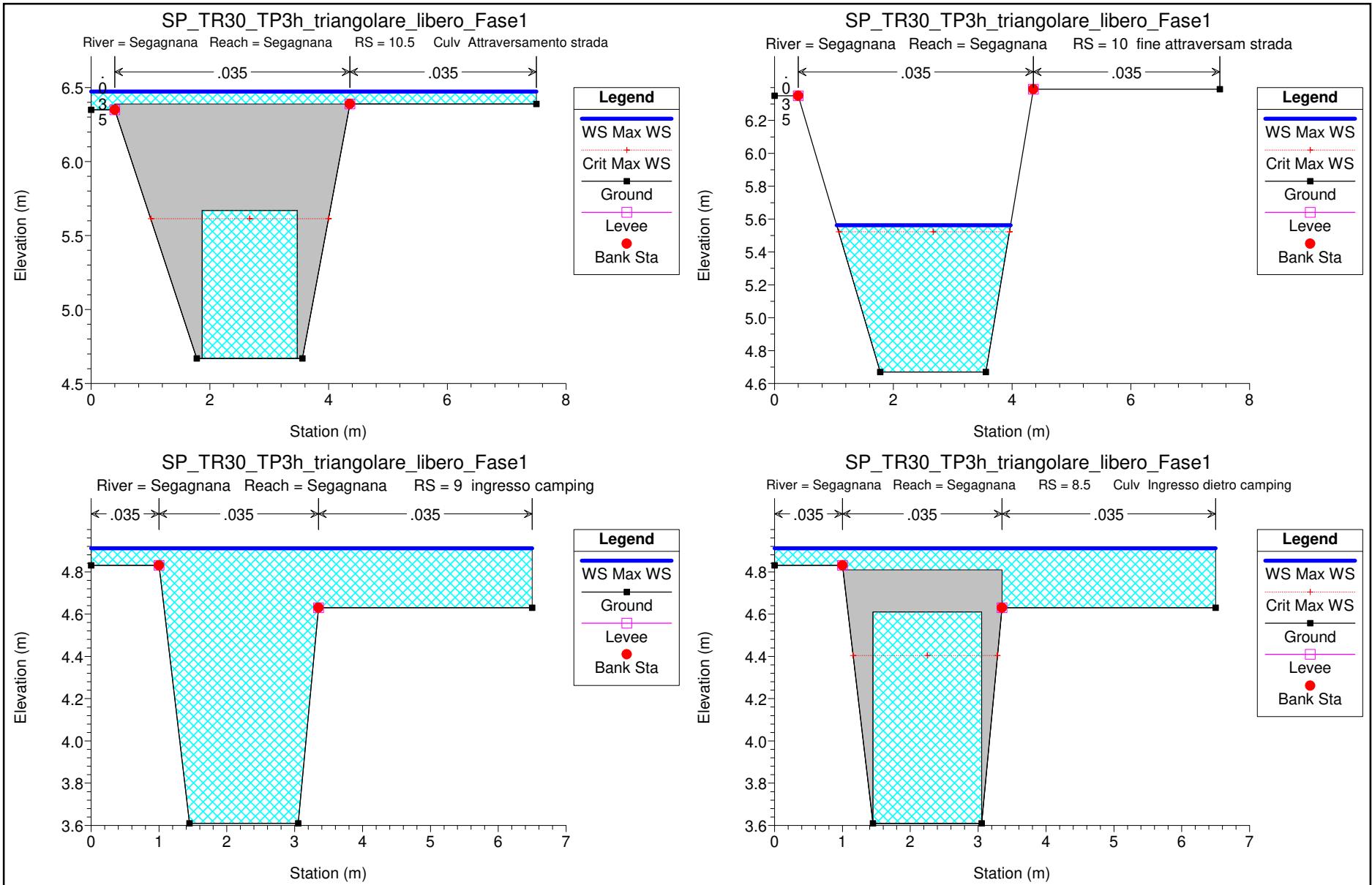


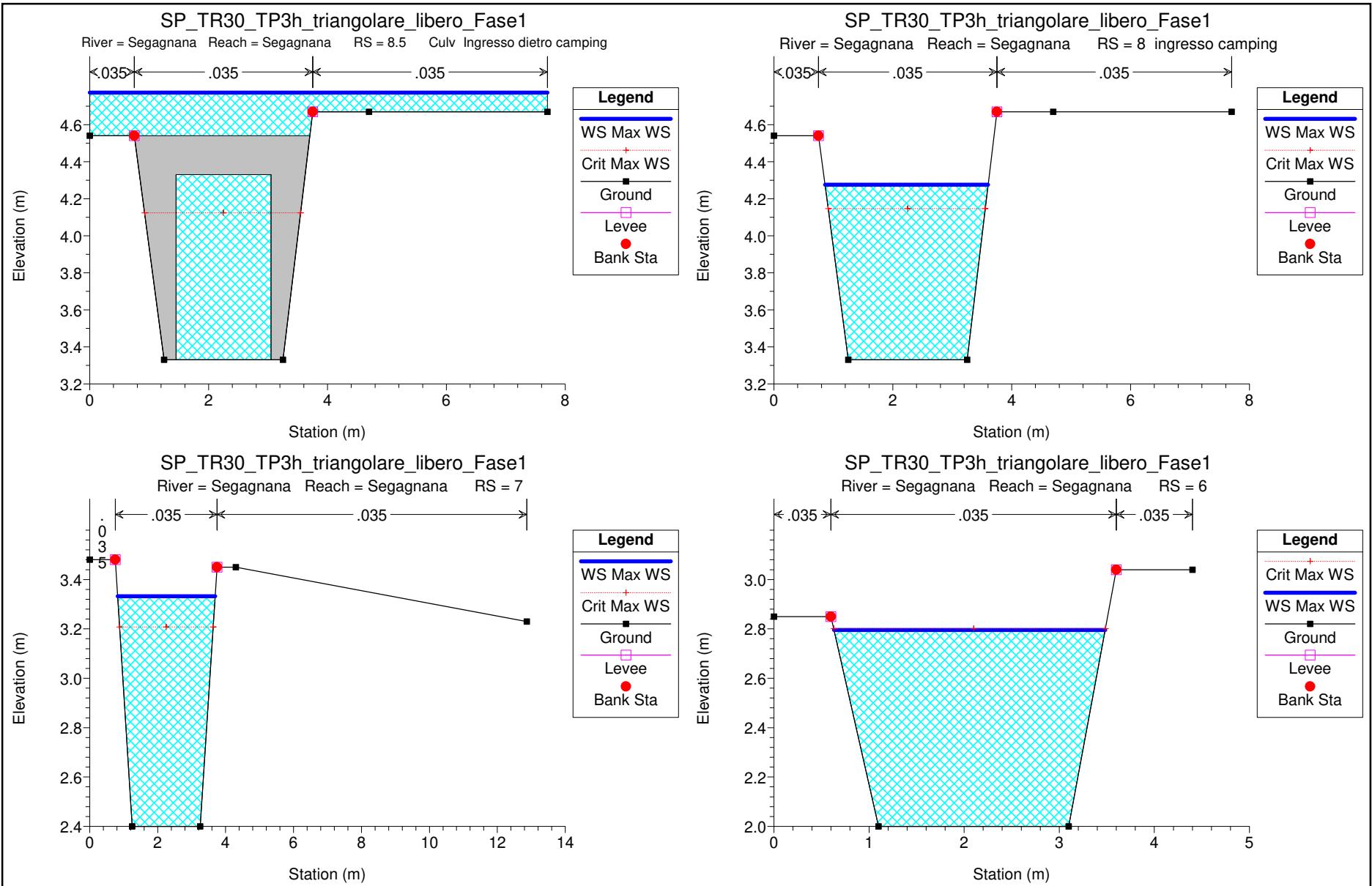


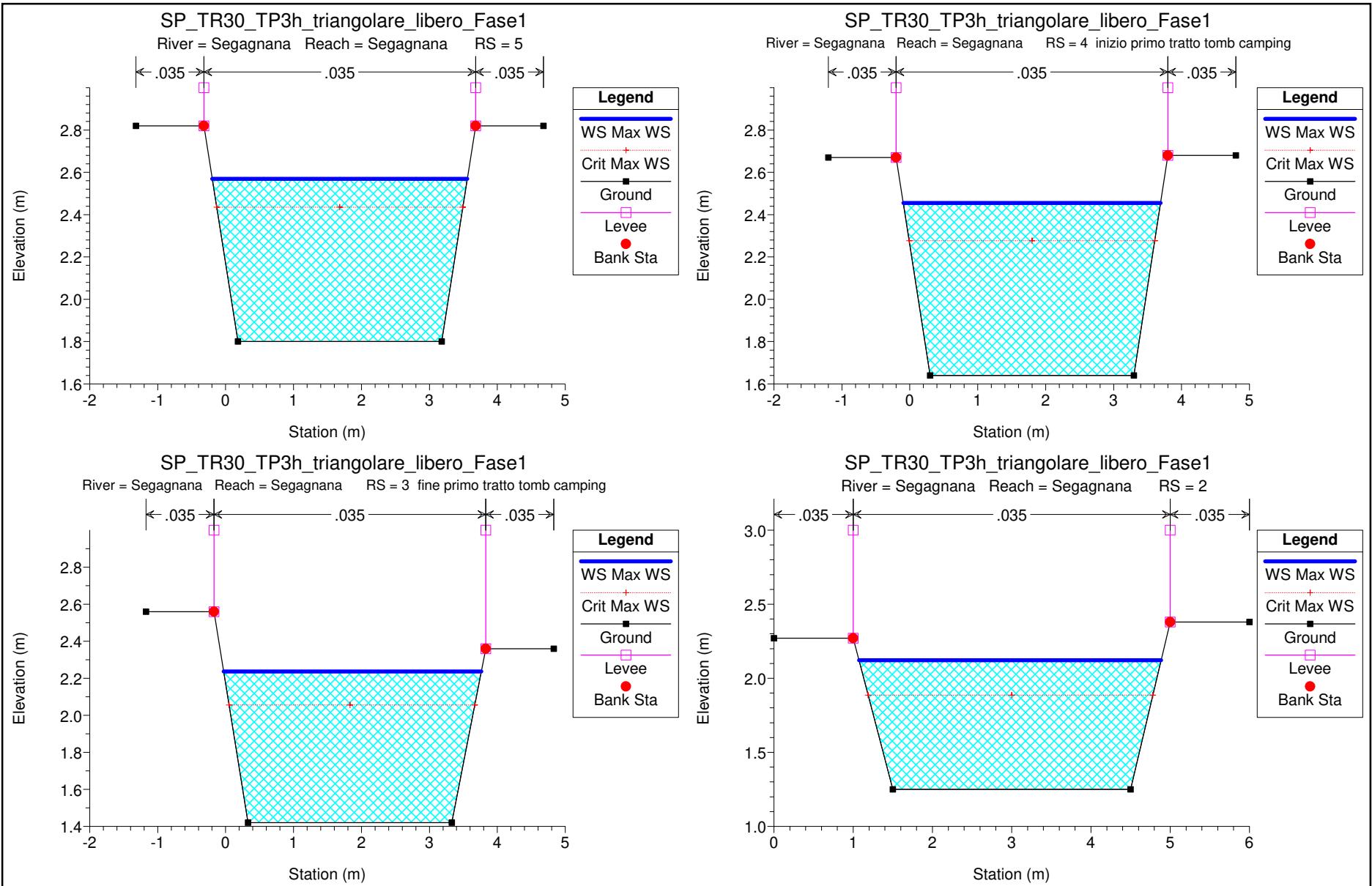


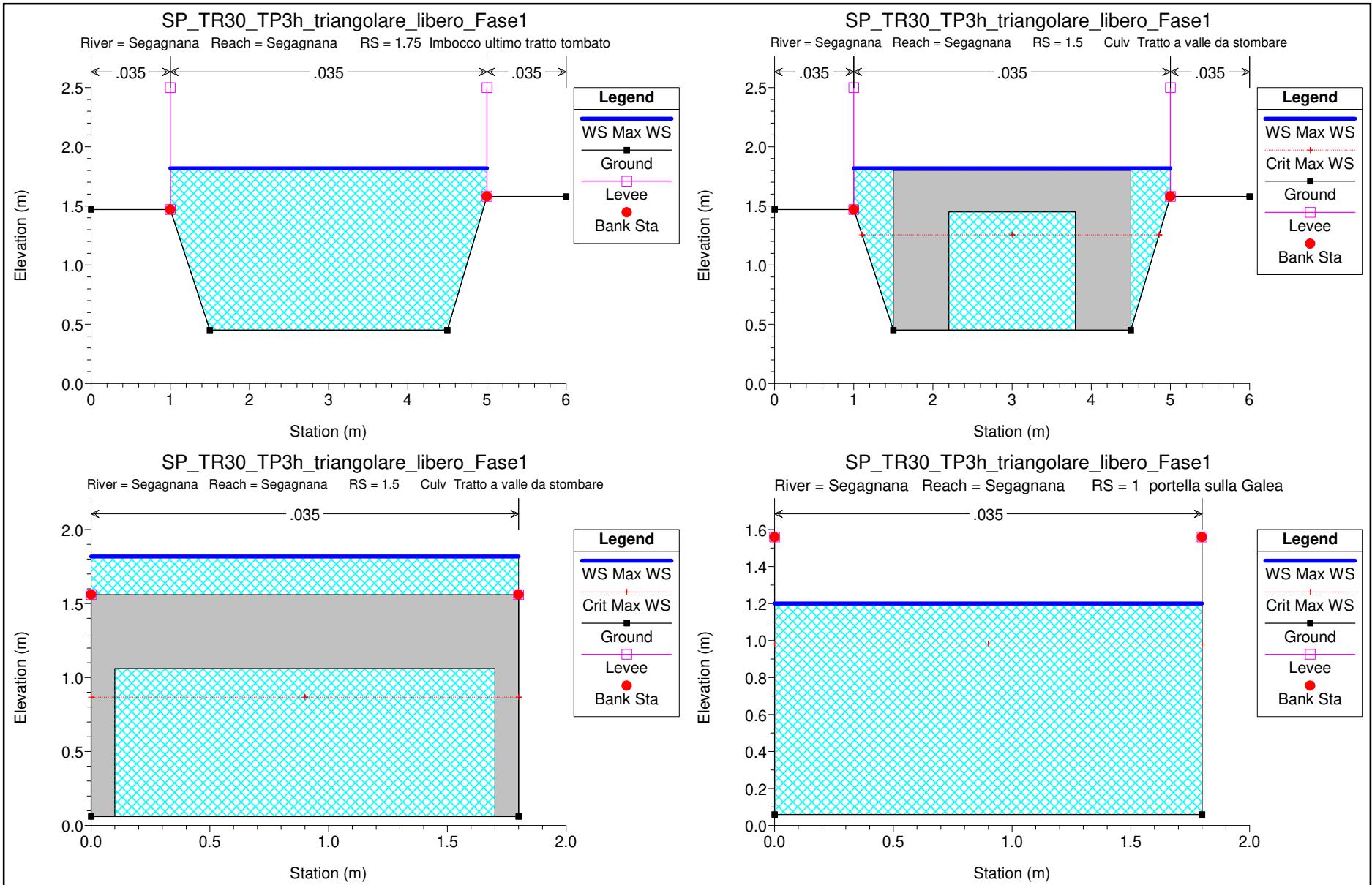
STATO PROGETTO STEP 1 TR 30 ANNI SBOCCO LIBERO Tp 3h

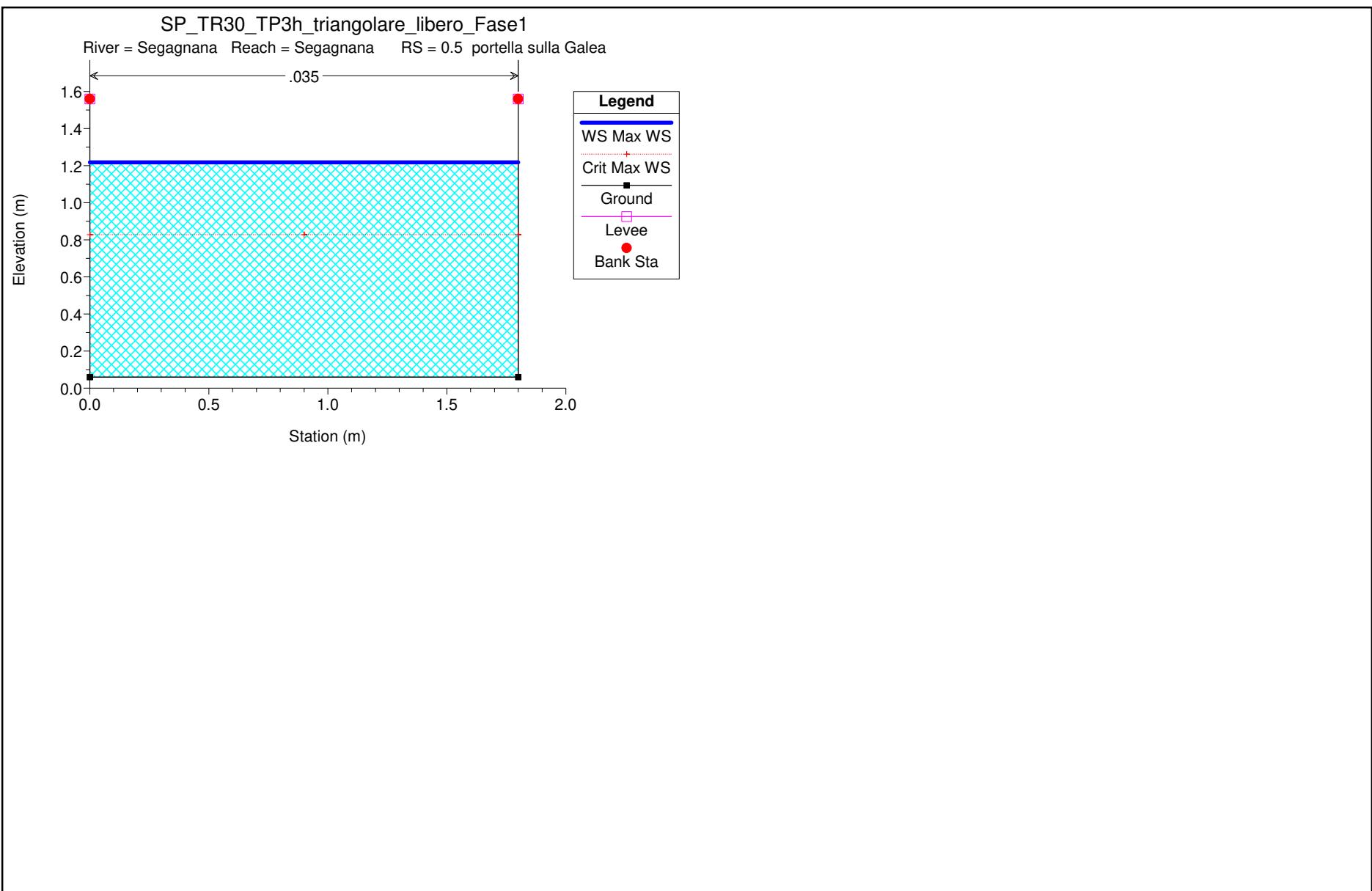




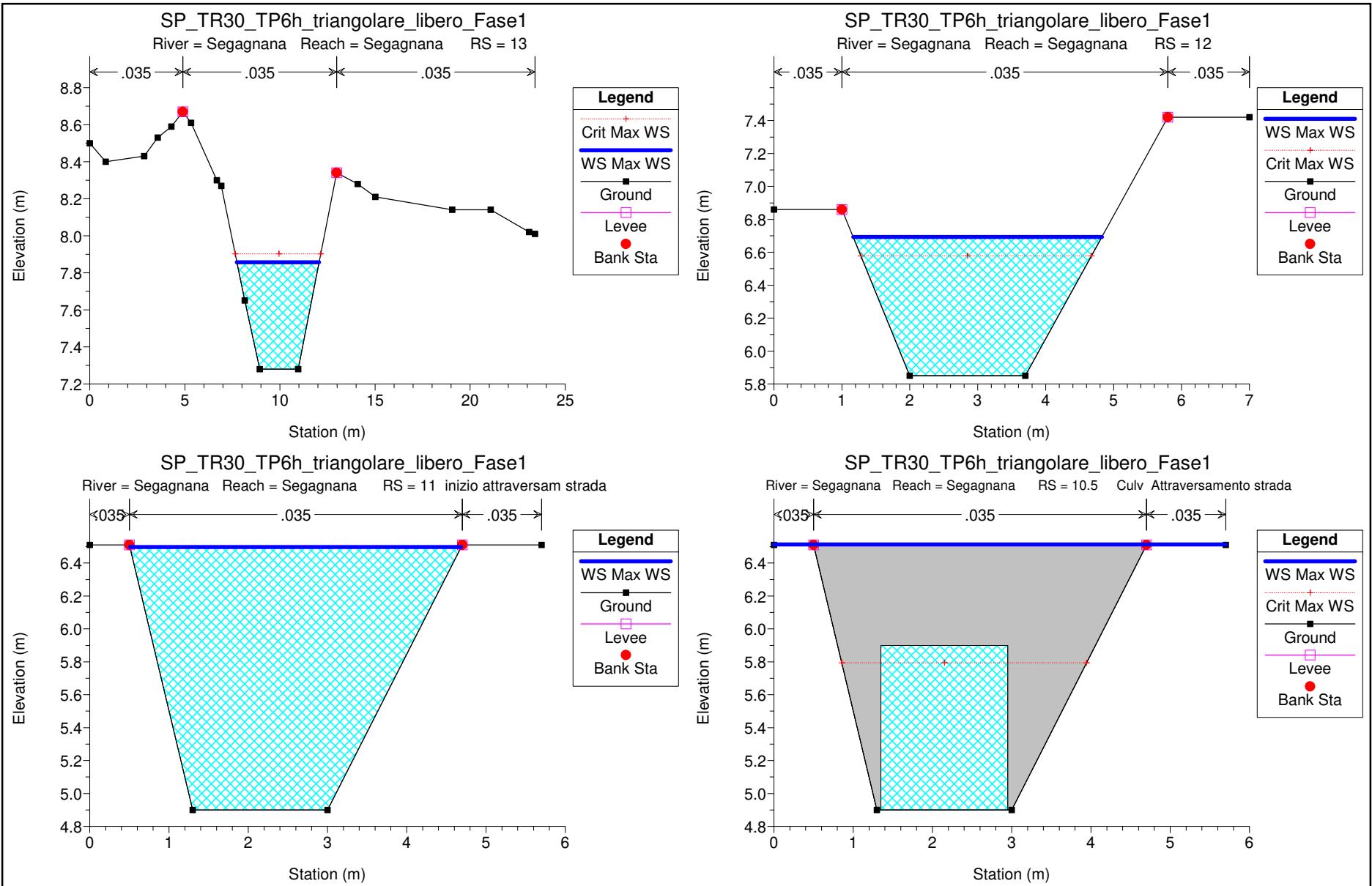


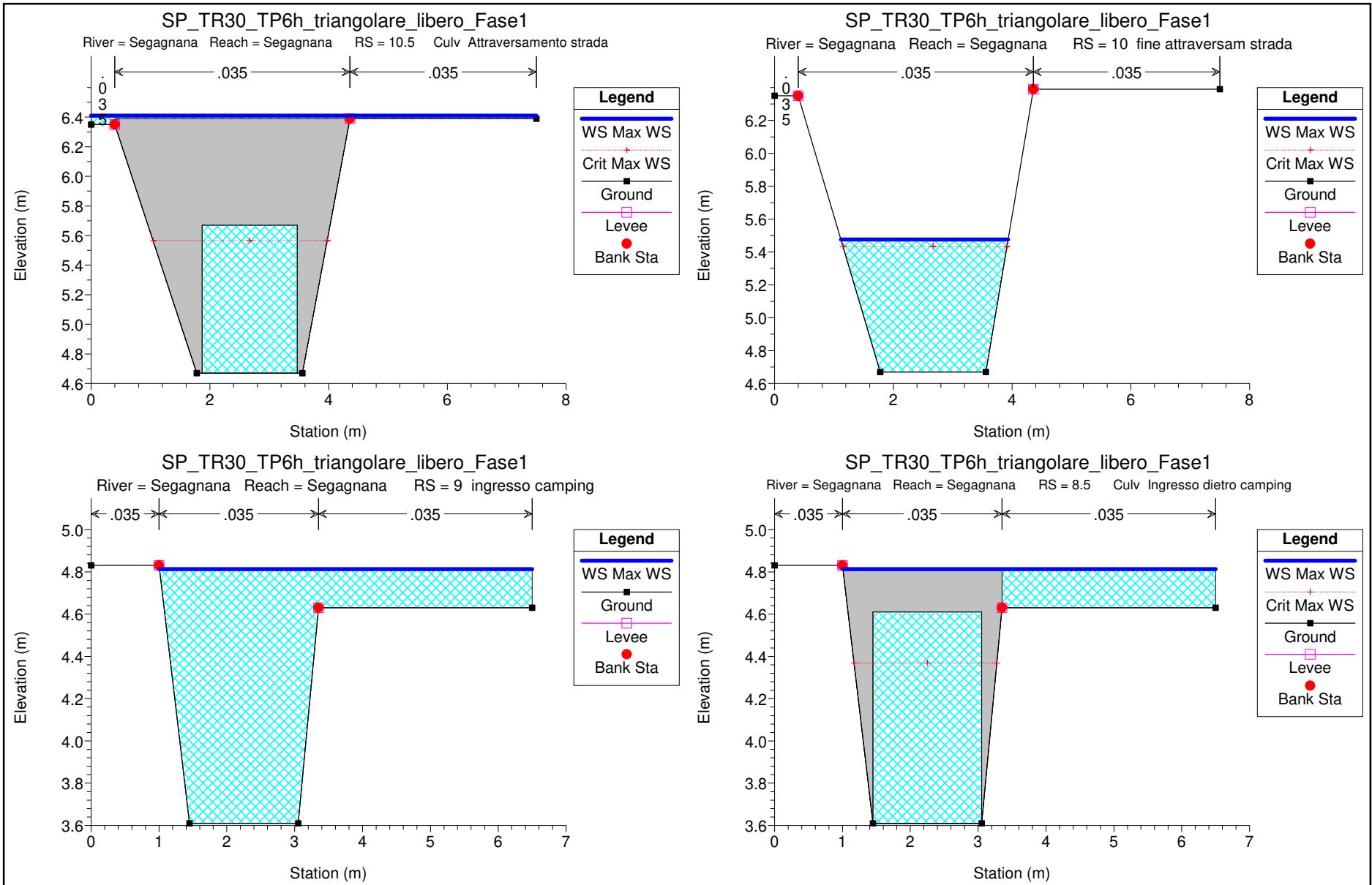


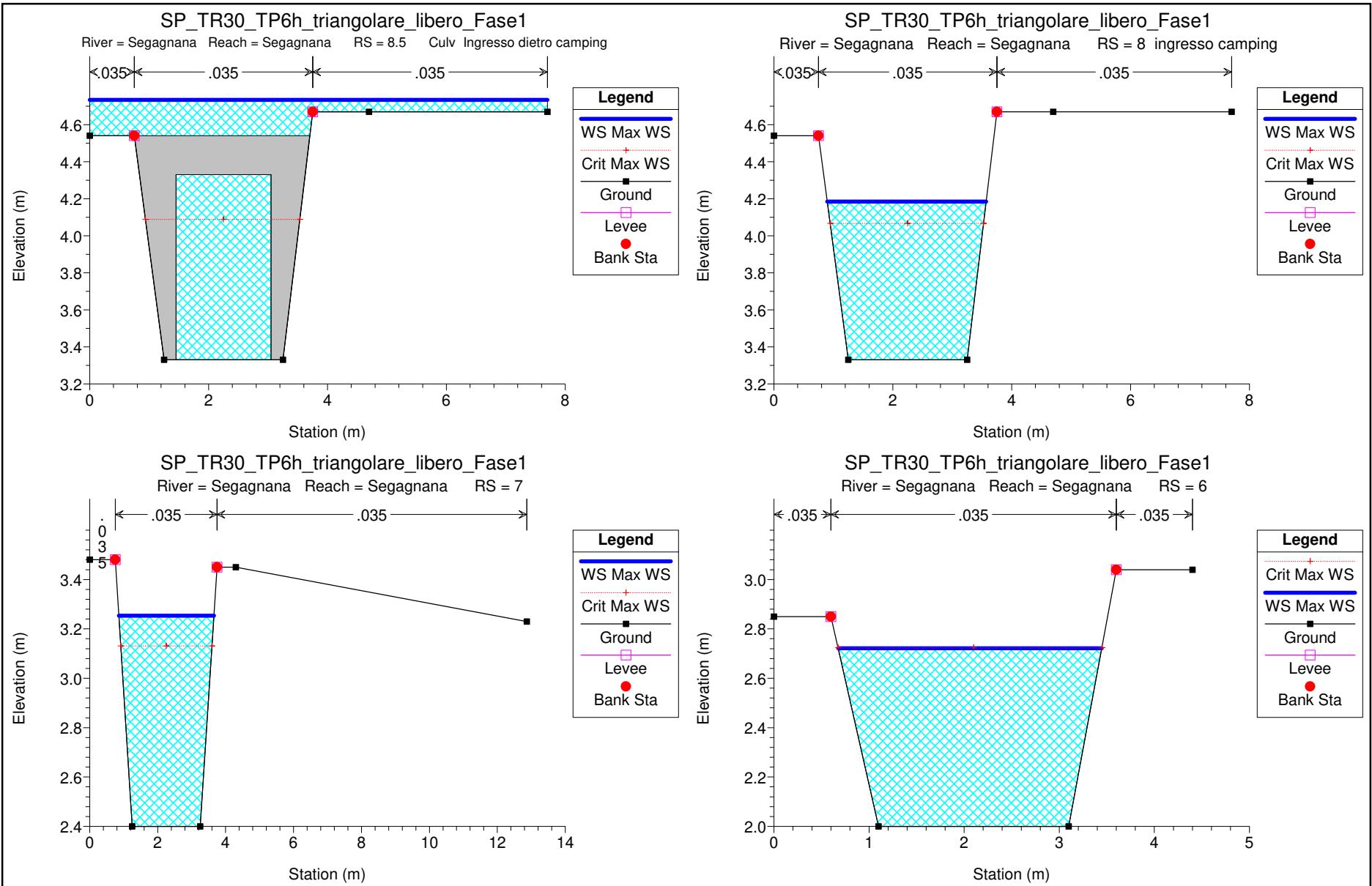


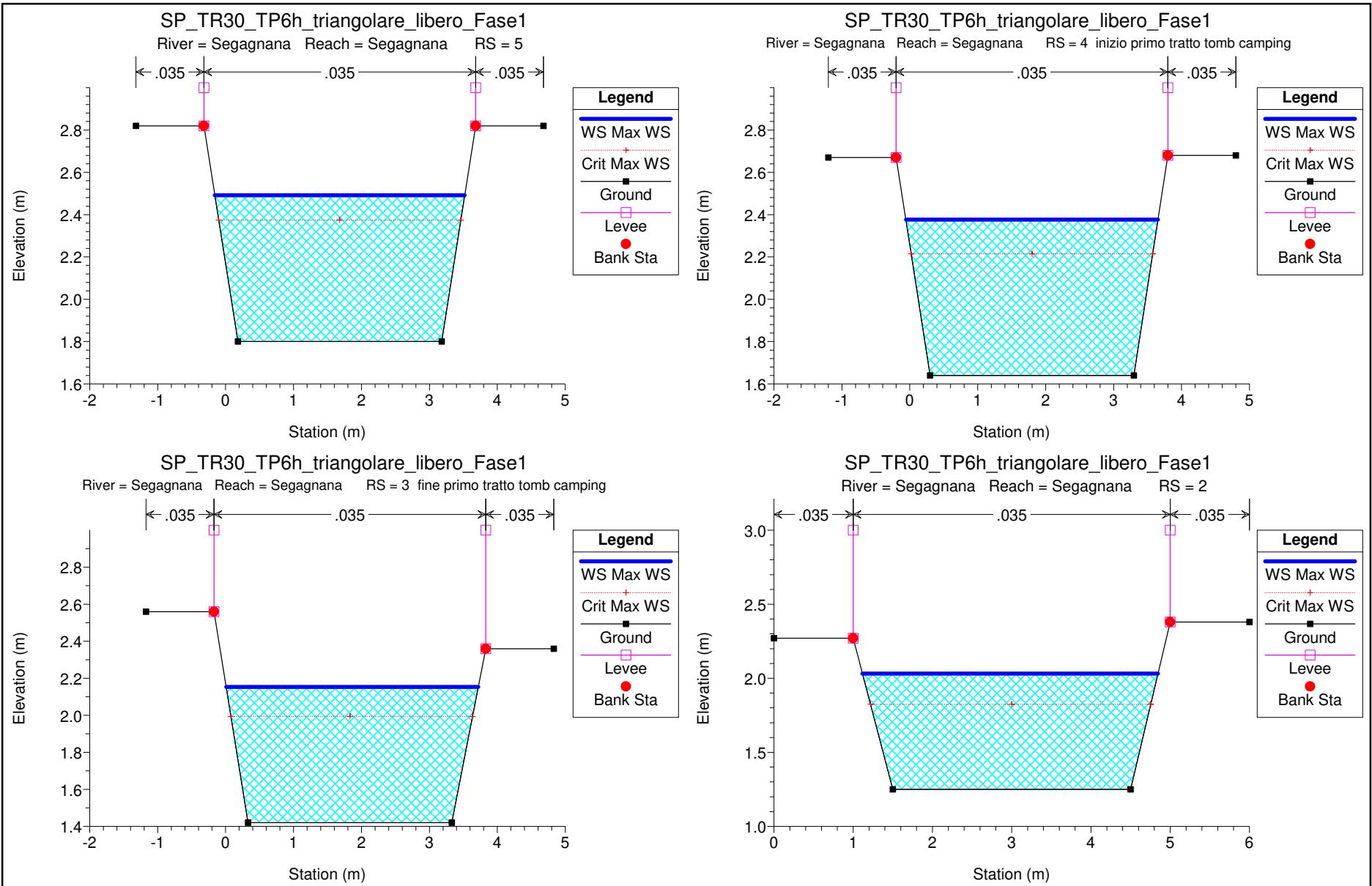


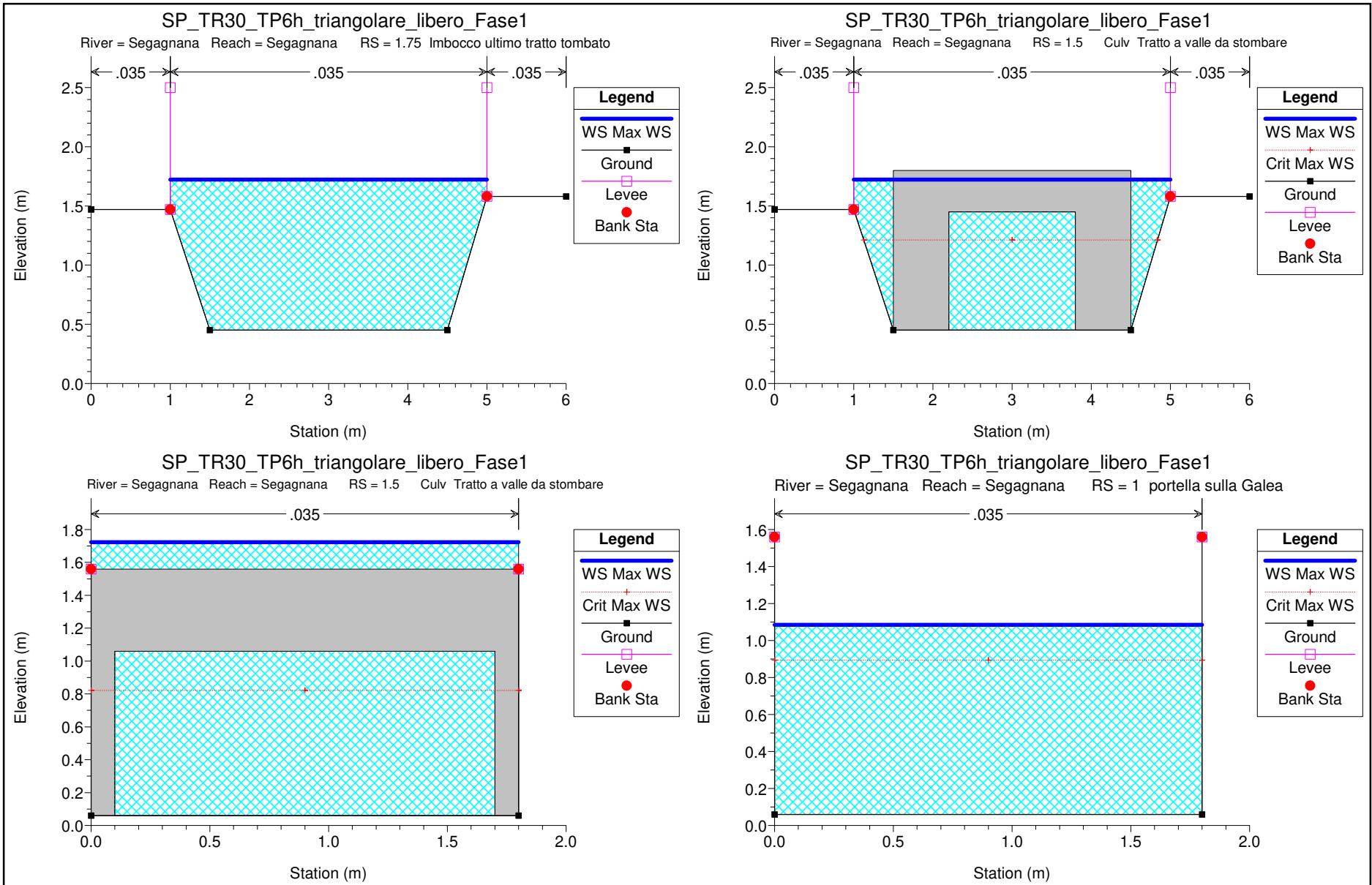
STATO PROGETTO STEP 1 TR 30 ANNI SBOCCO LIBERO Tp 6h

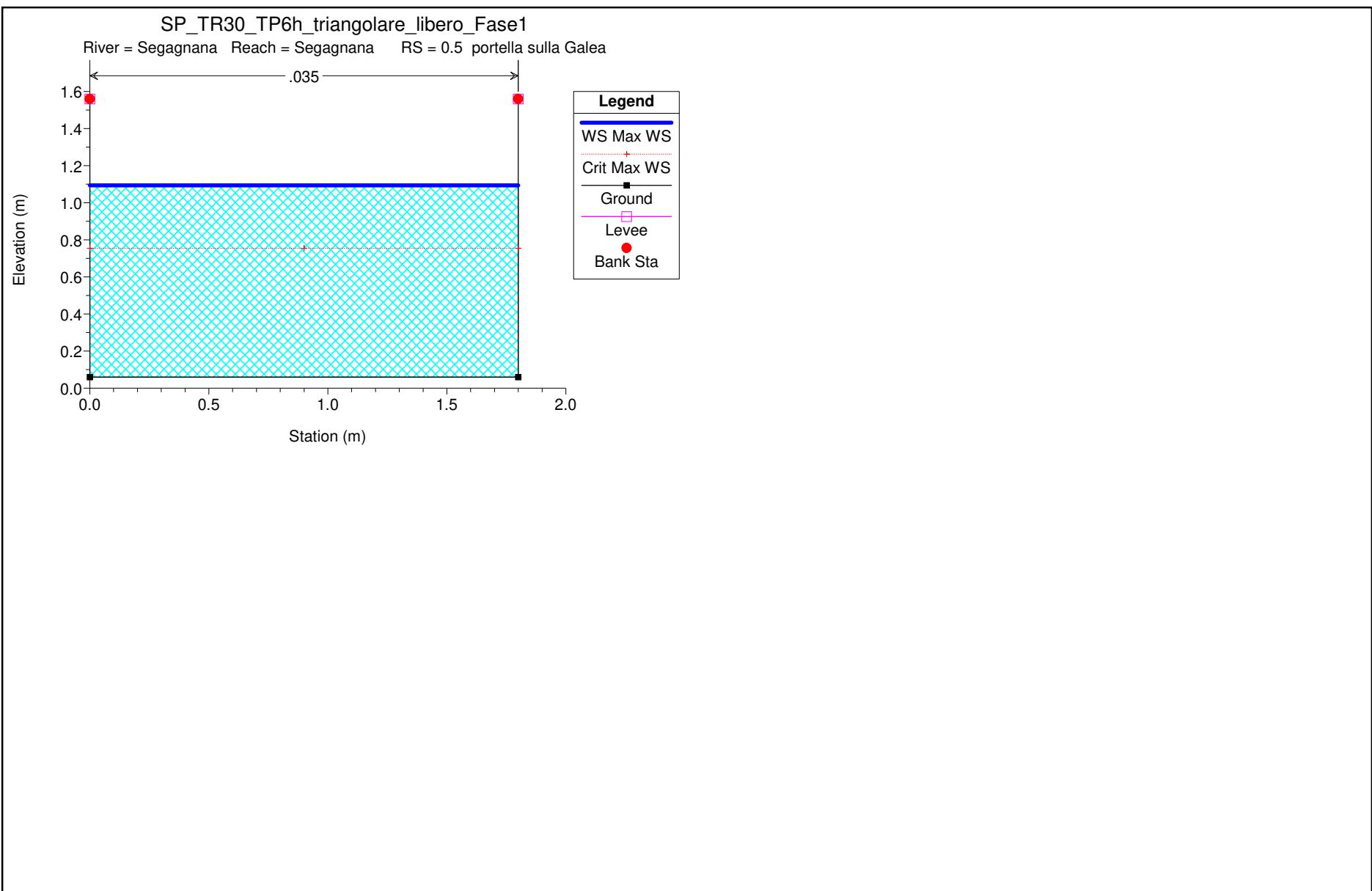




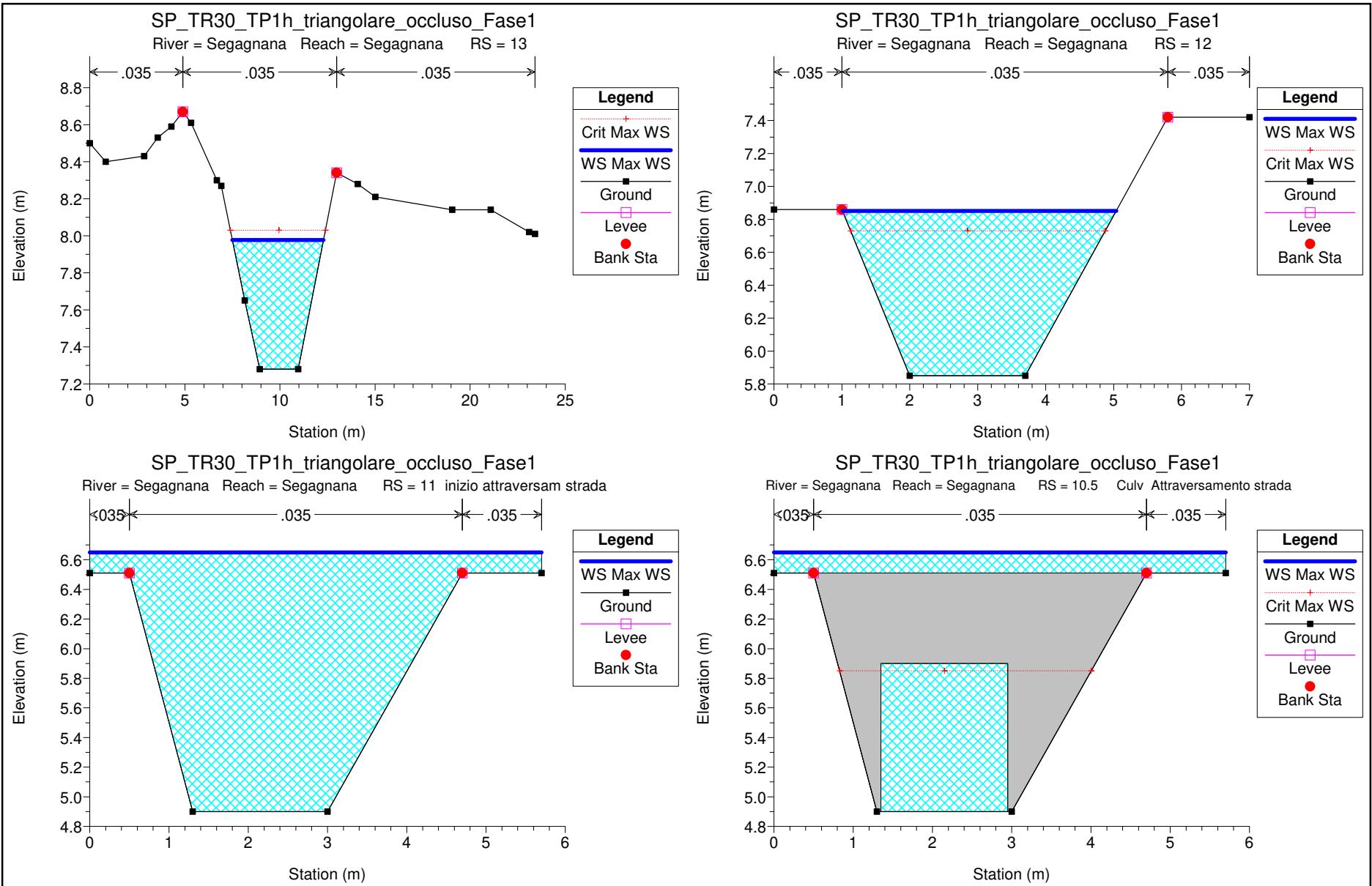


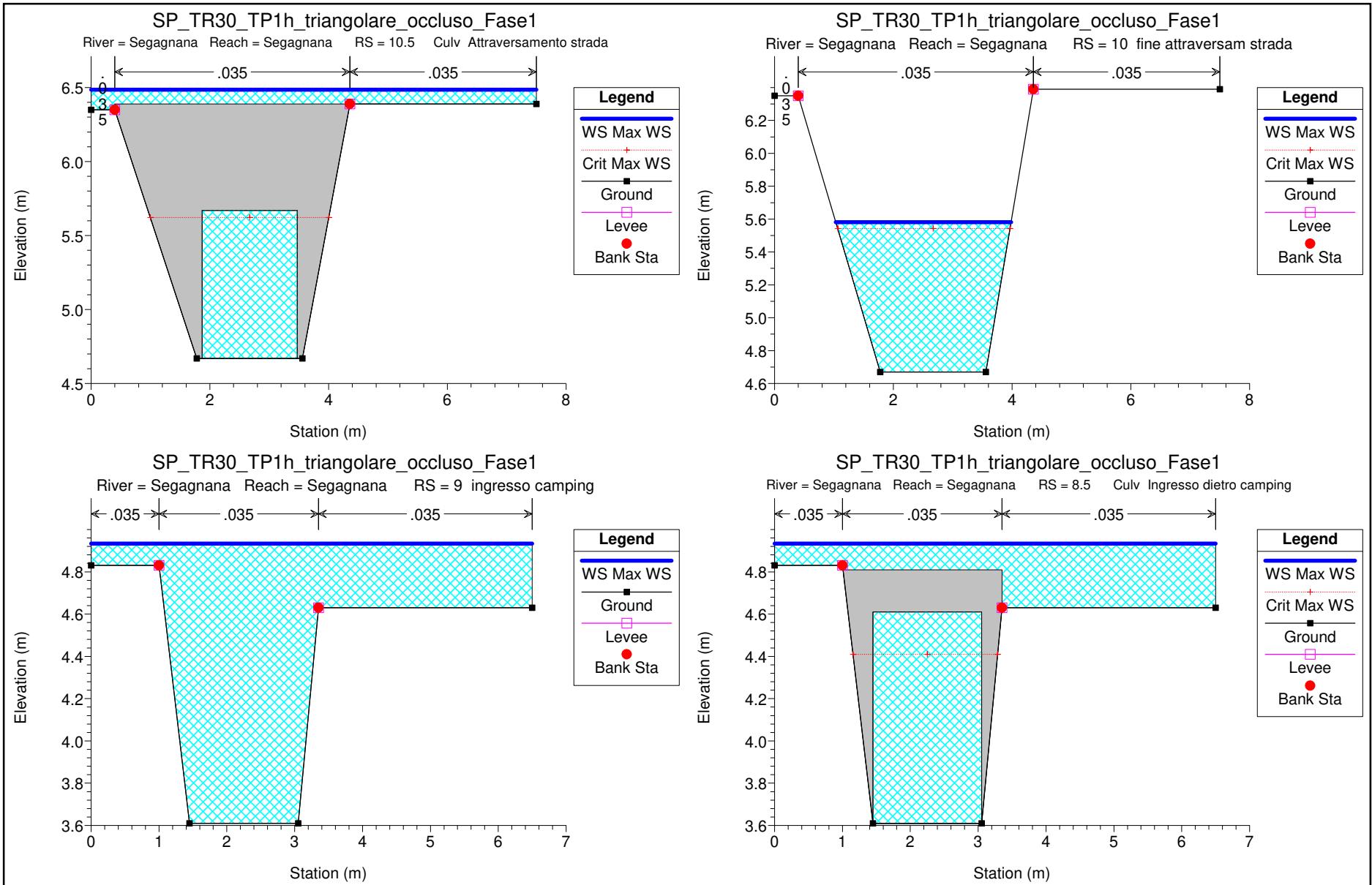


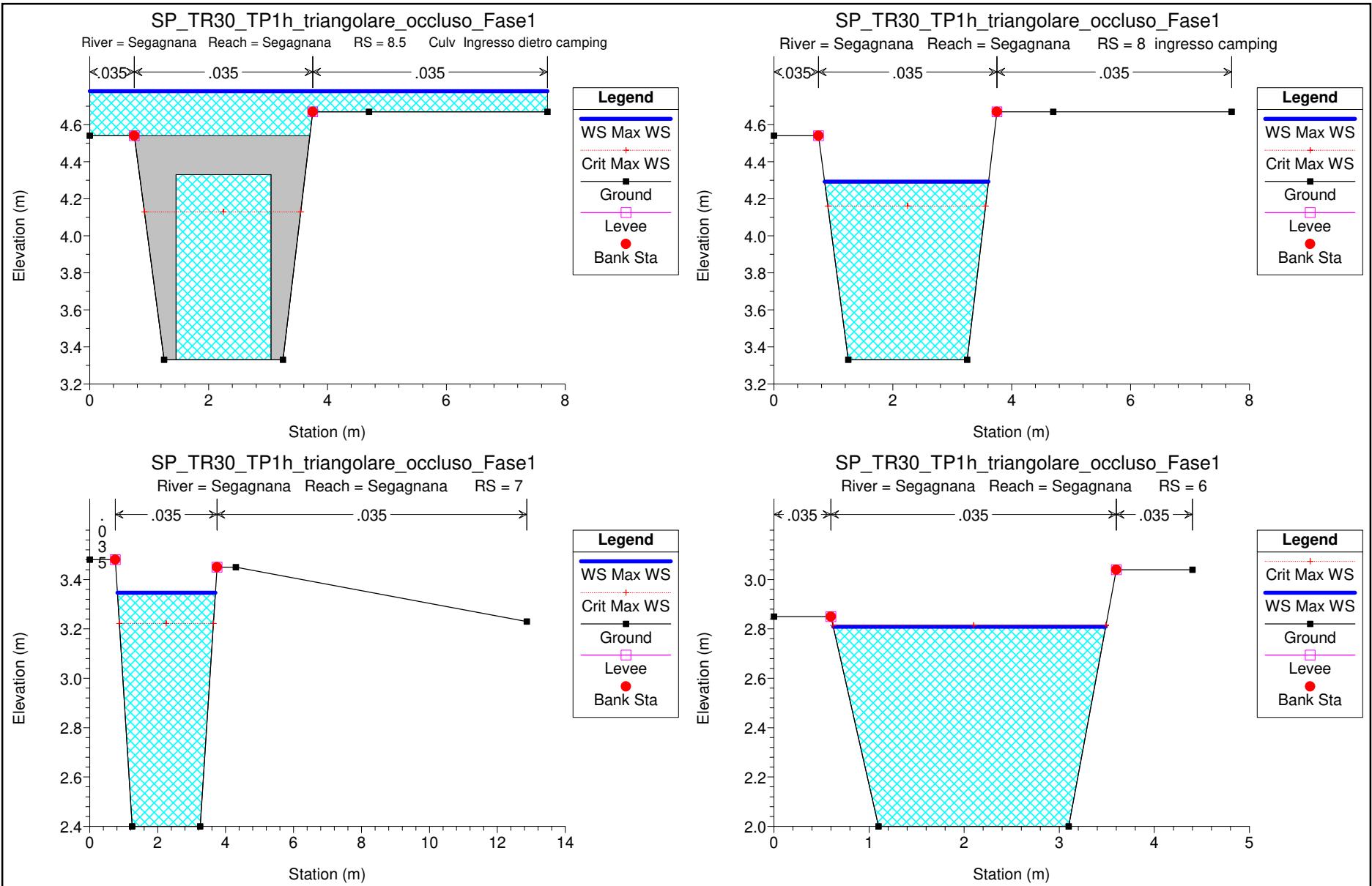


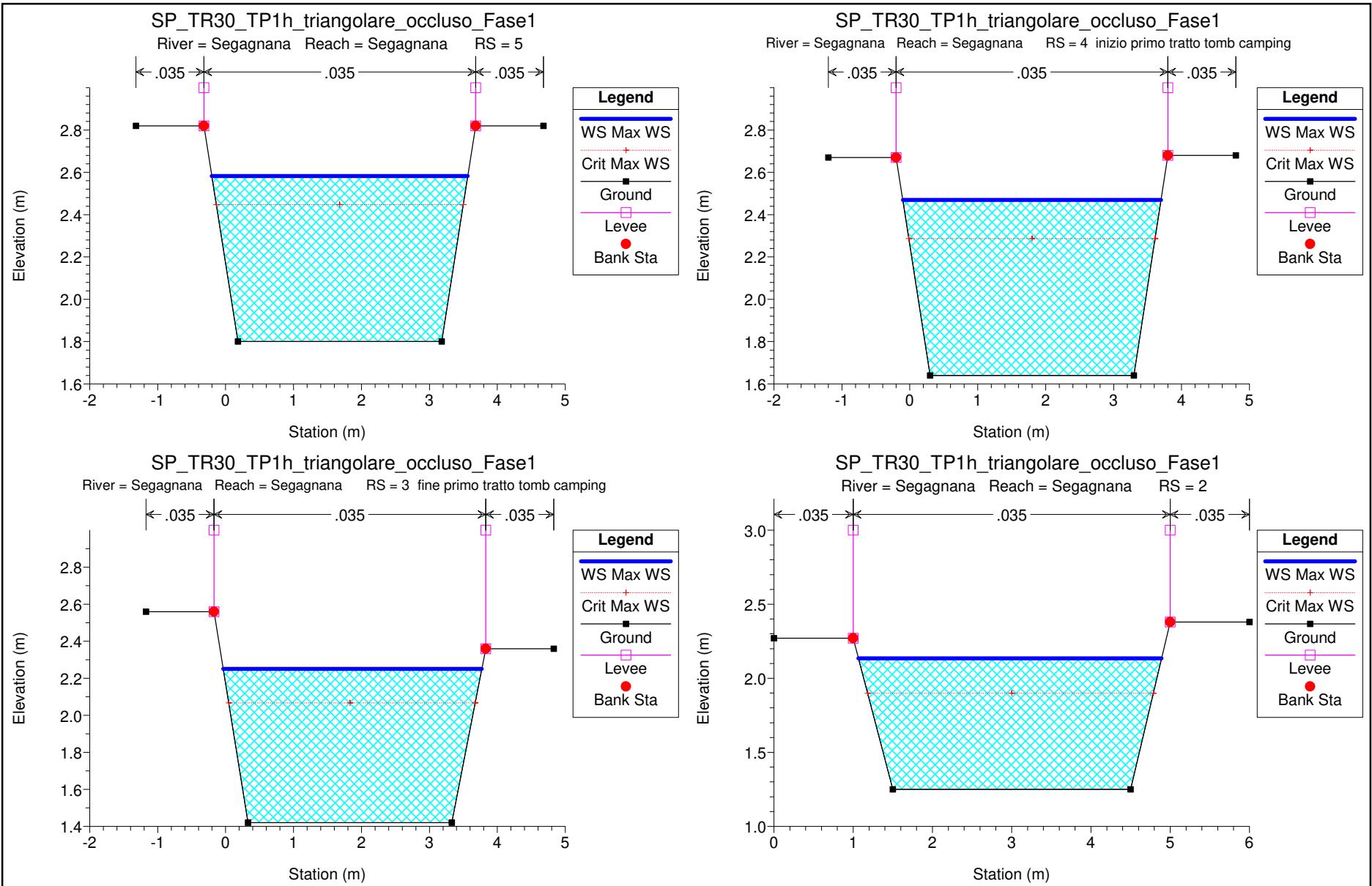


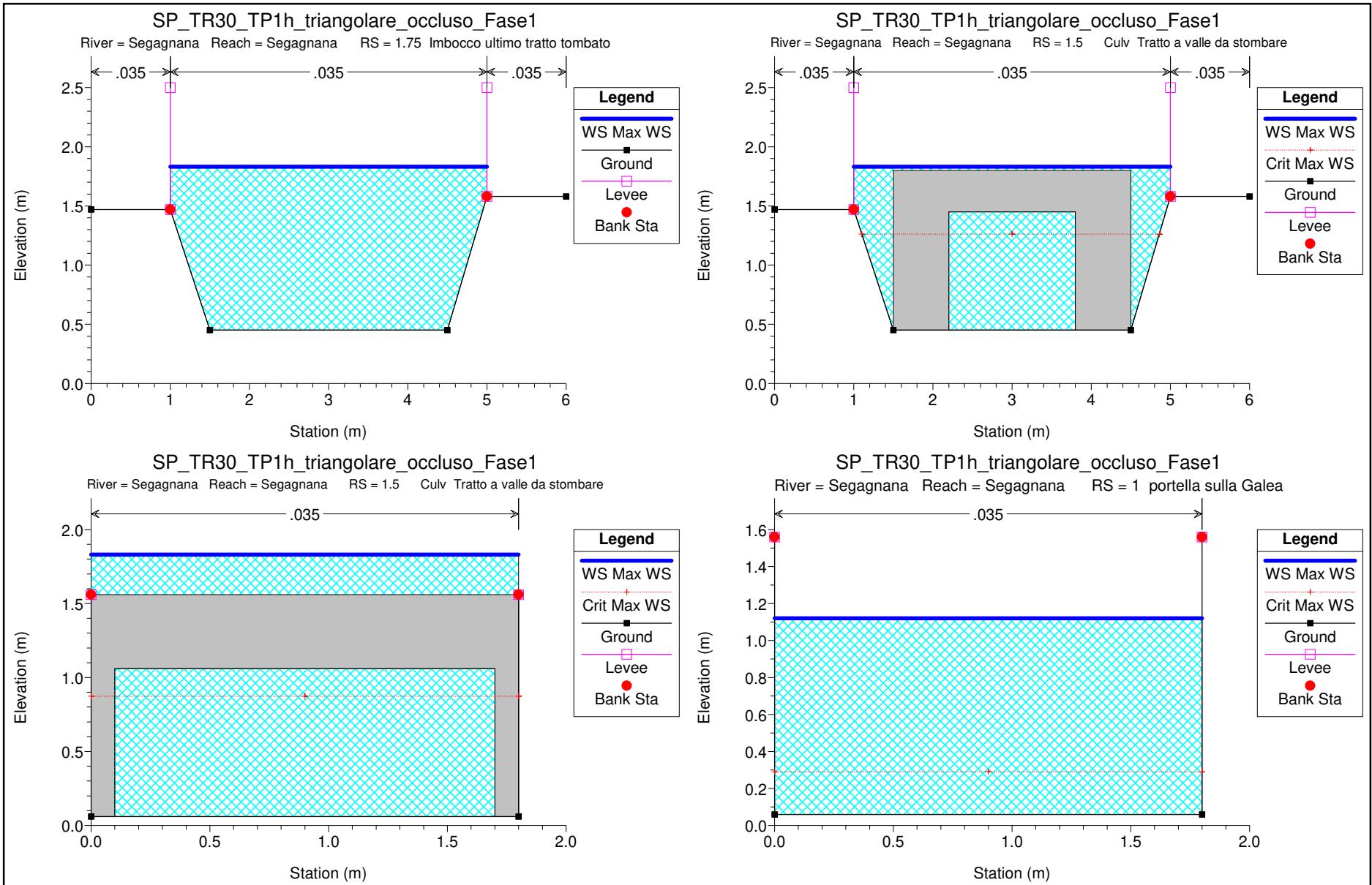
STATO PROGETTO STEP 1 TR 30 ANNI SBOCCO OCCLUSO Tp 1h

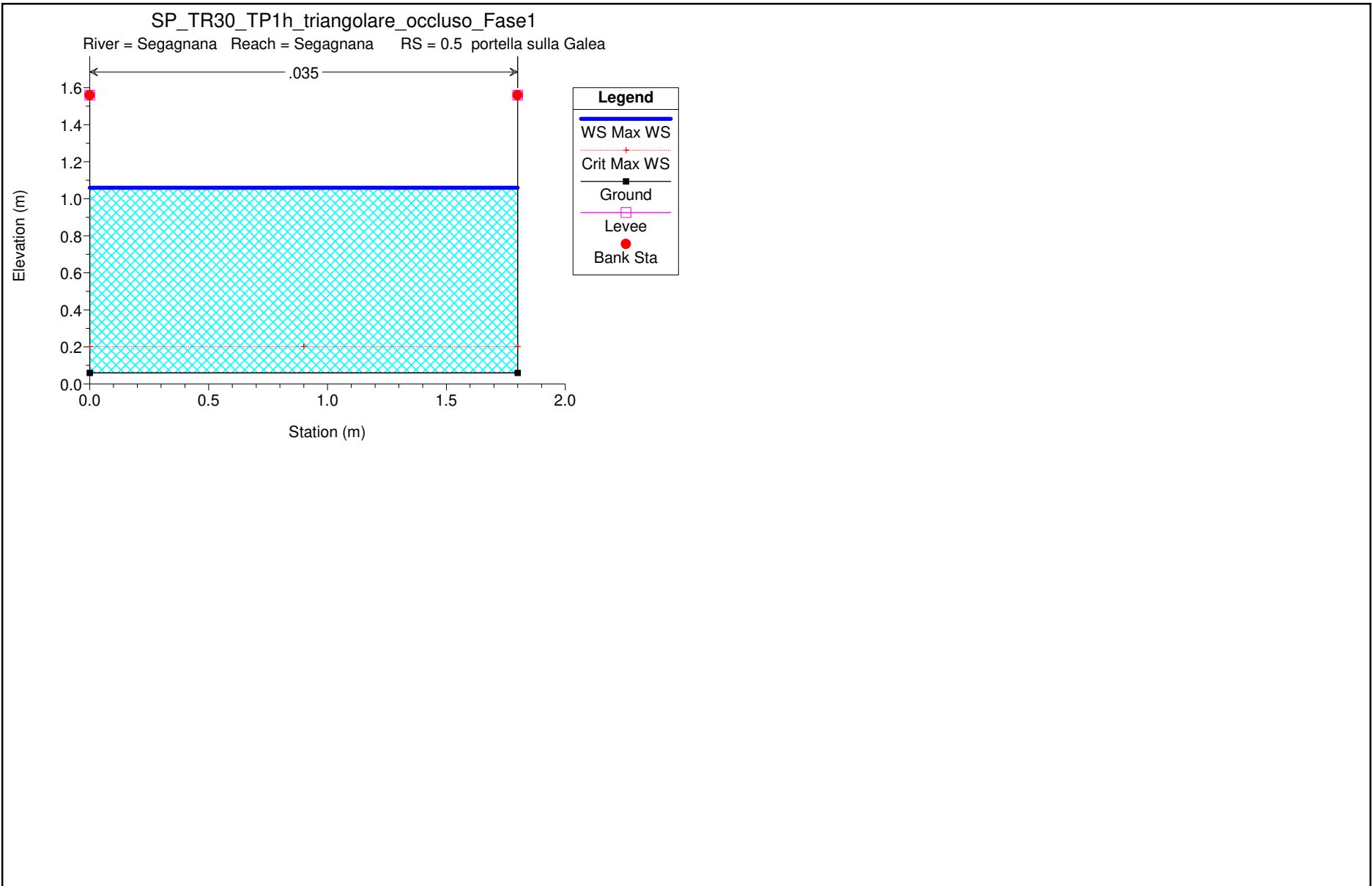




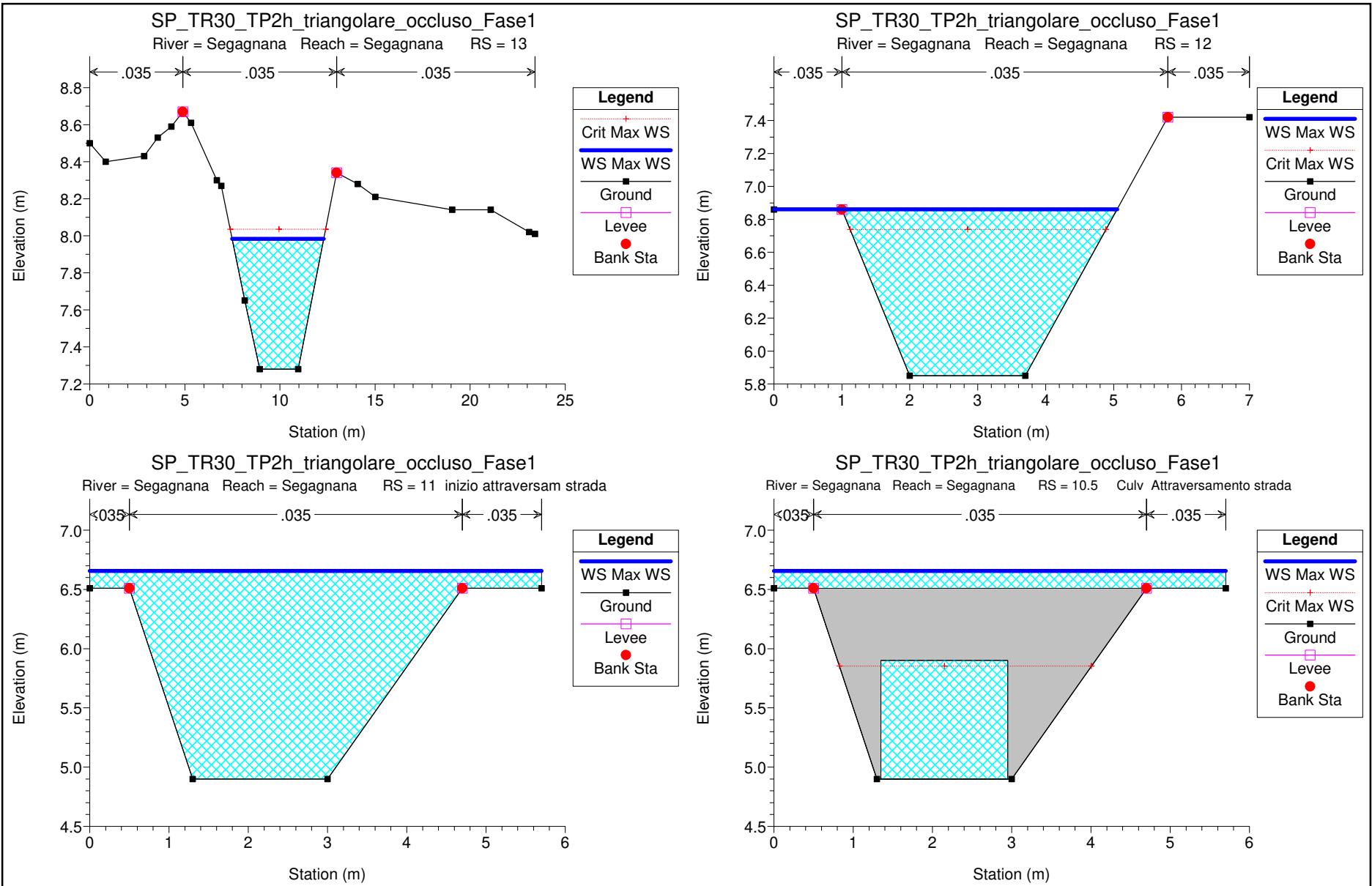


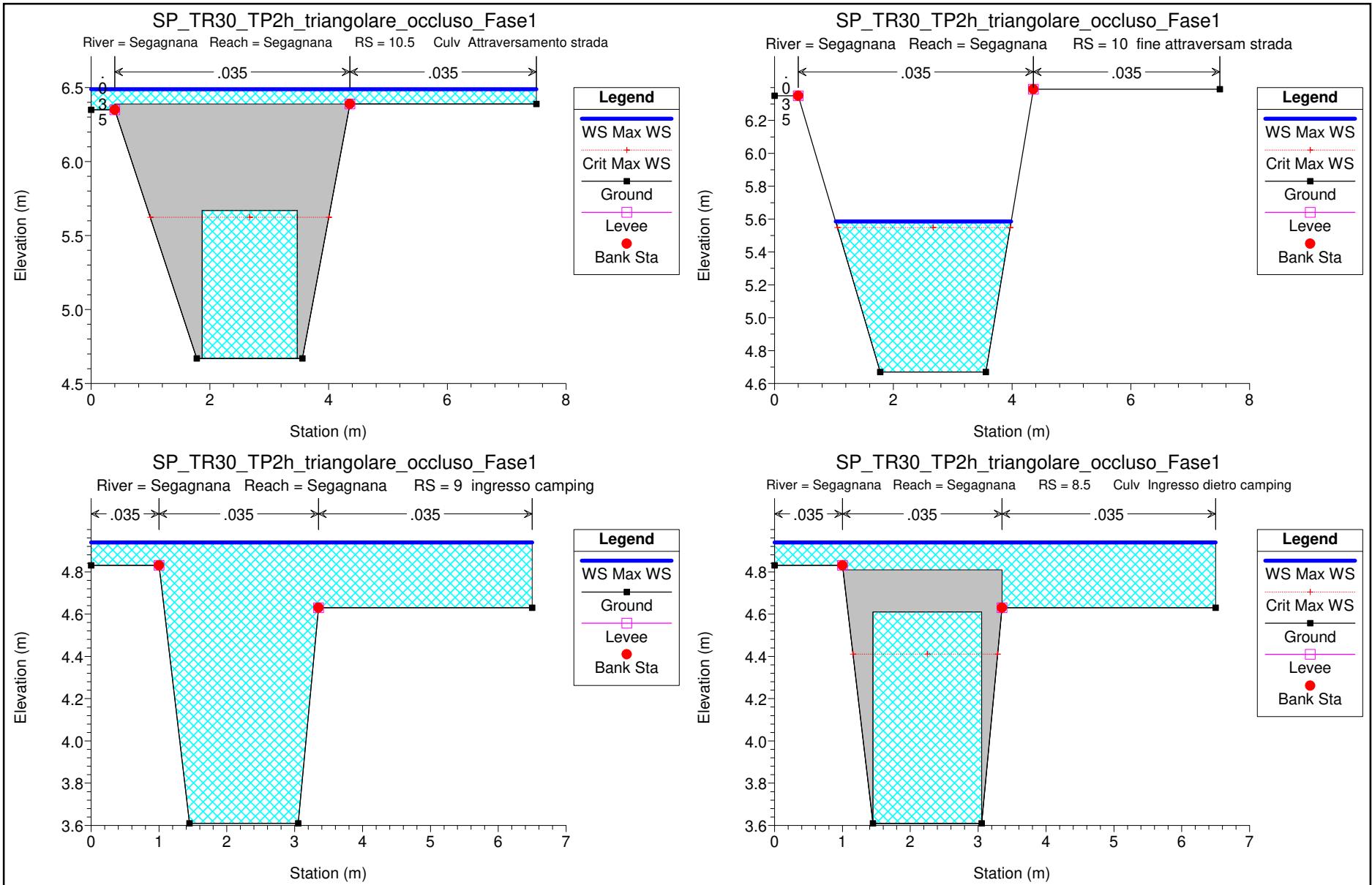


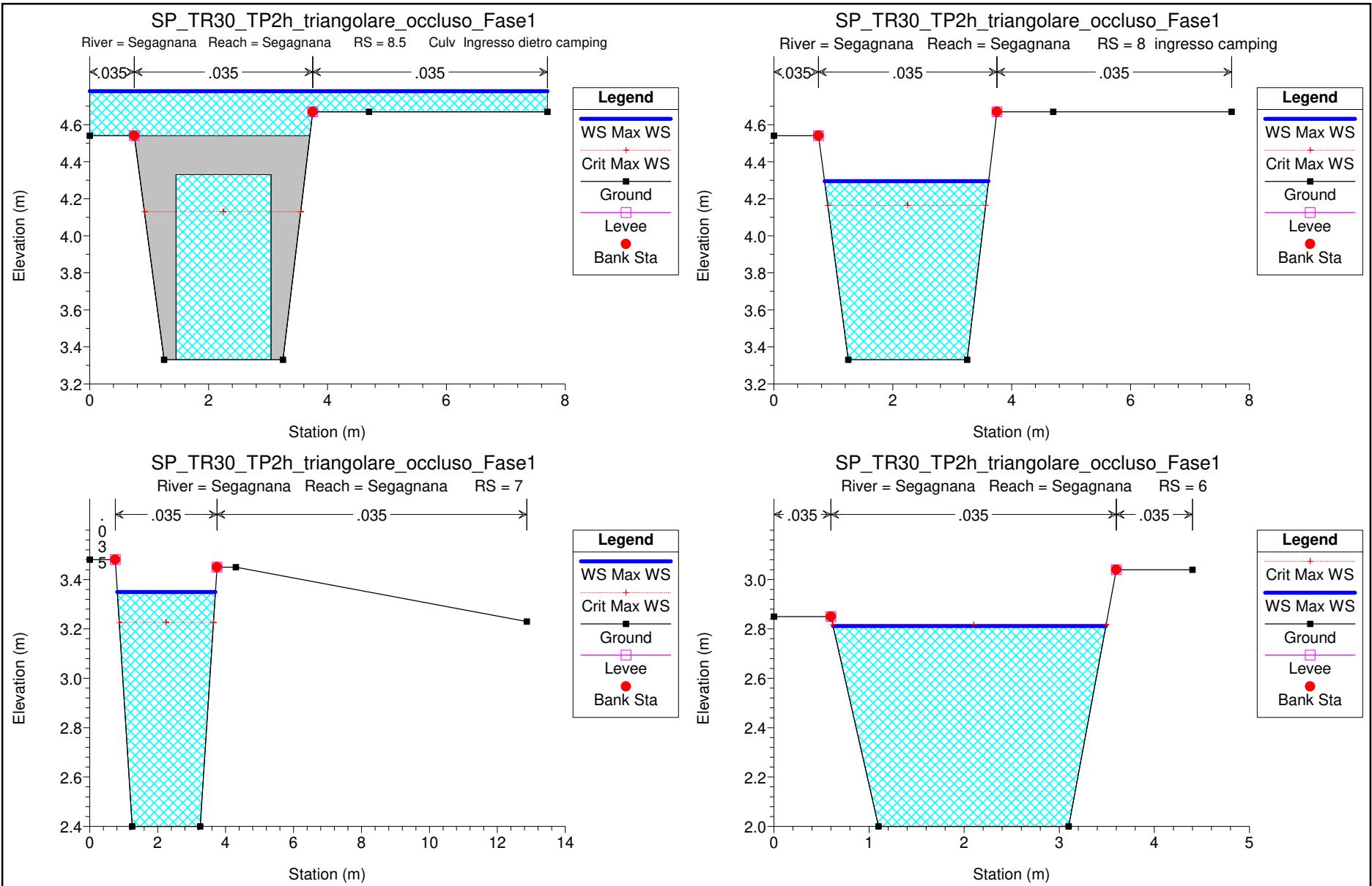


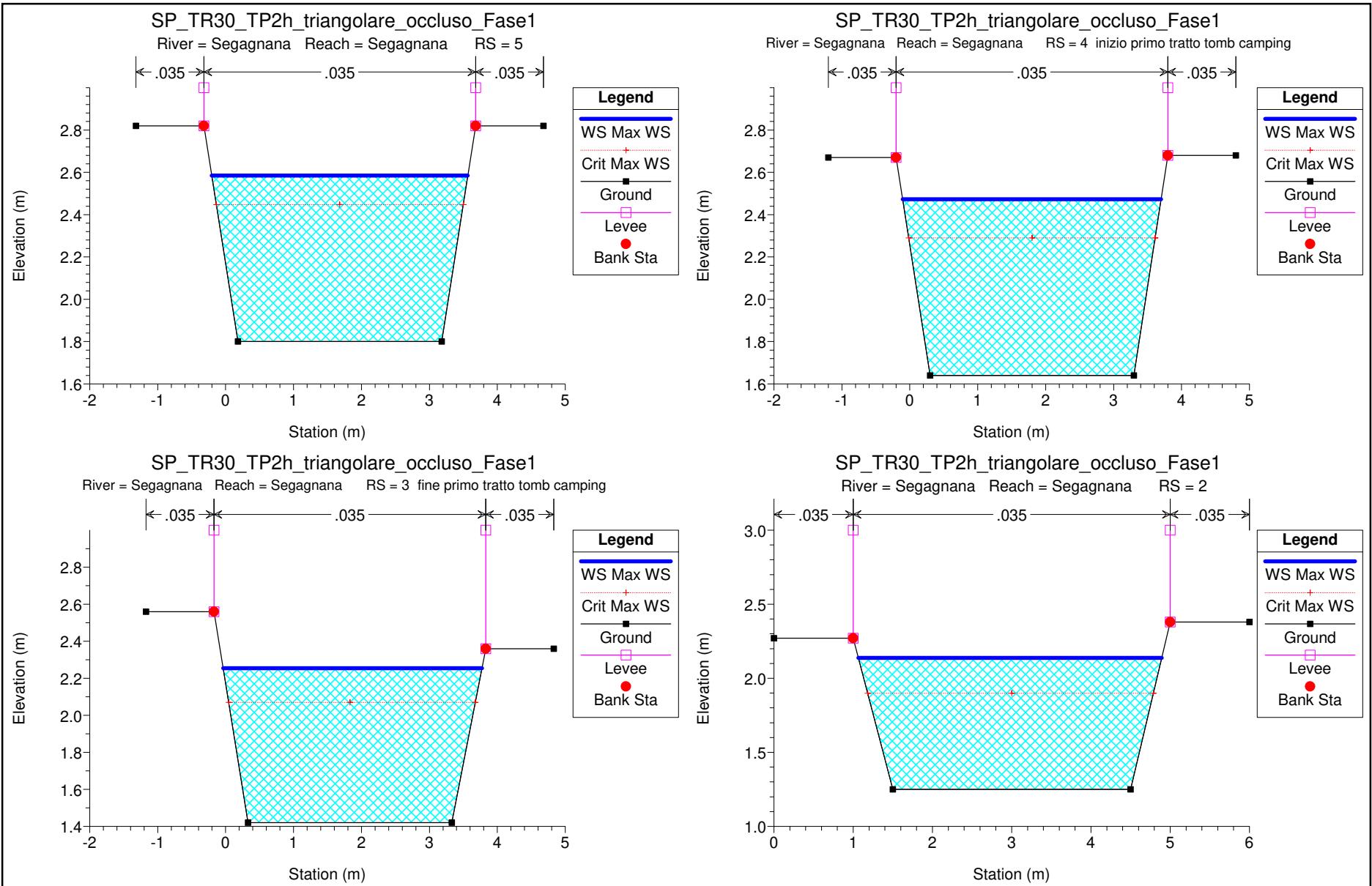


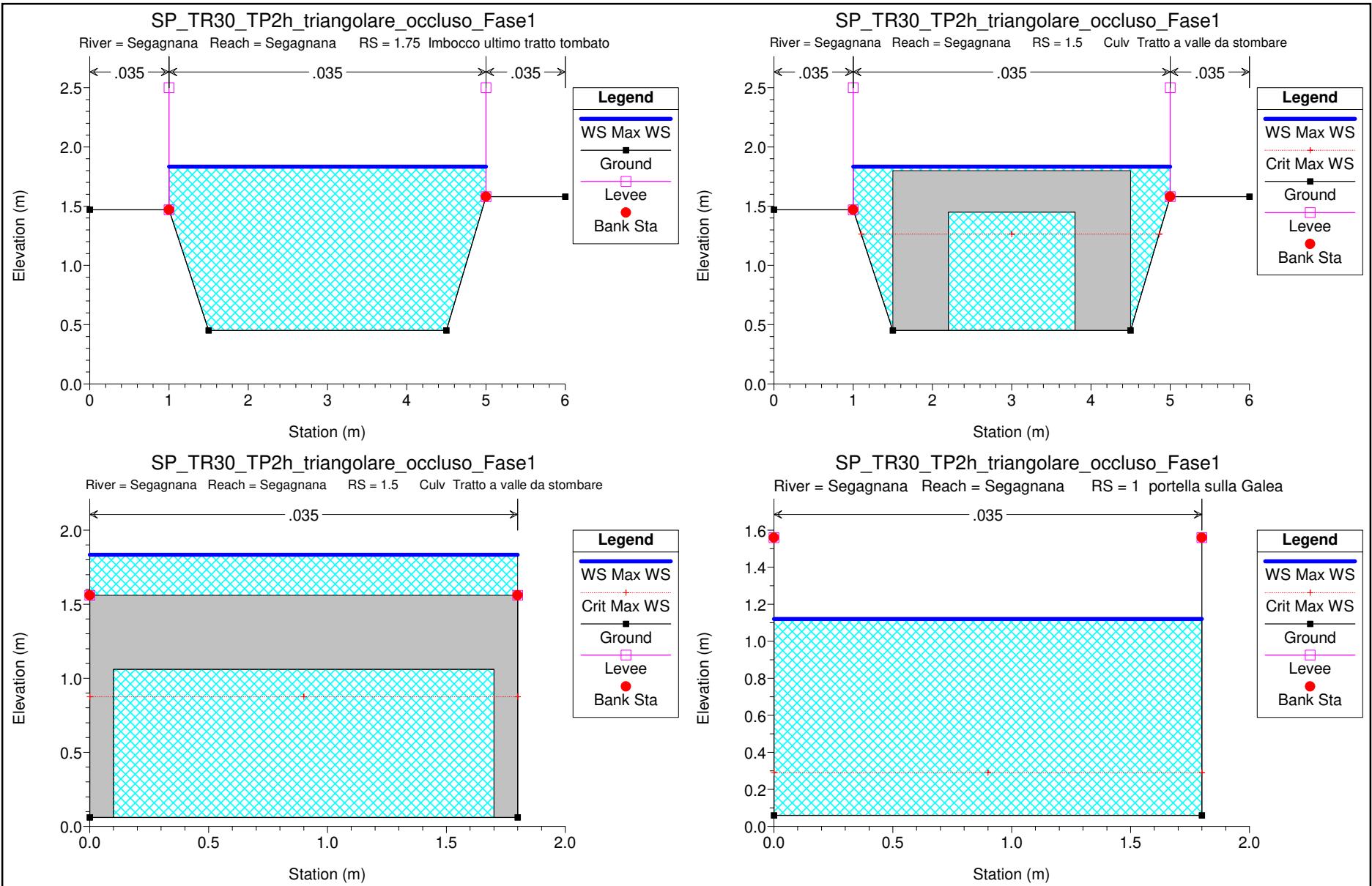
STATO PROGETTO STEP 1 TR 30 ANNI SBOCCO OCCLUSO Tp 2h

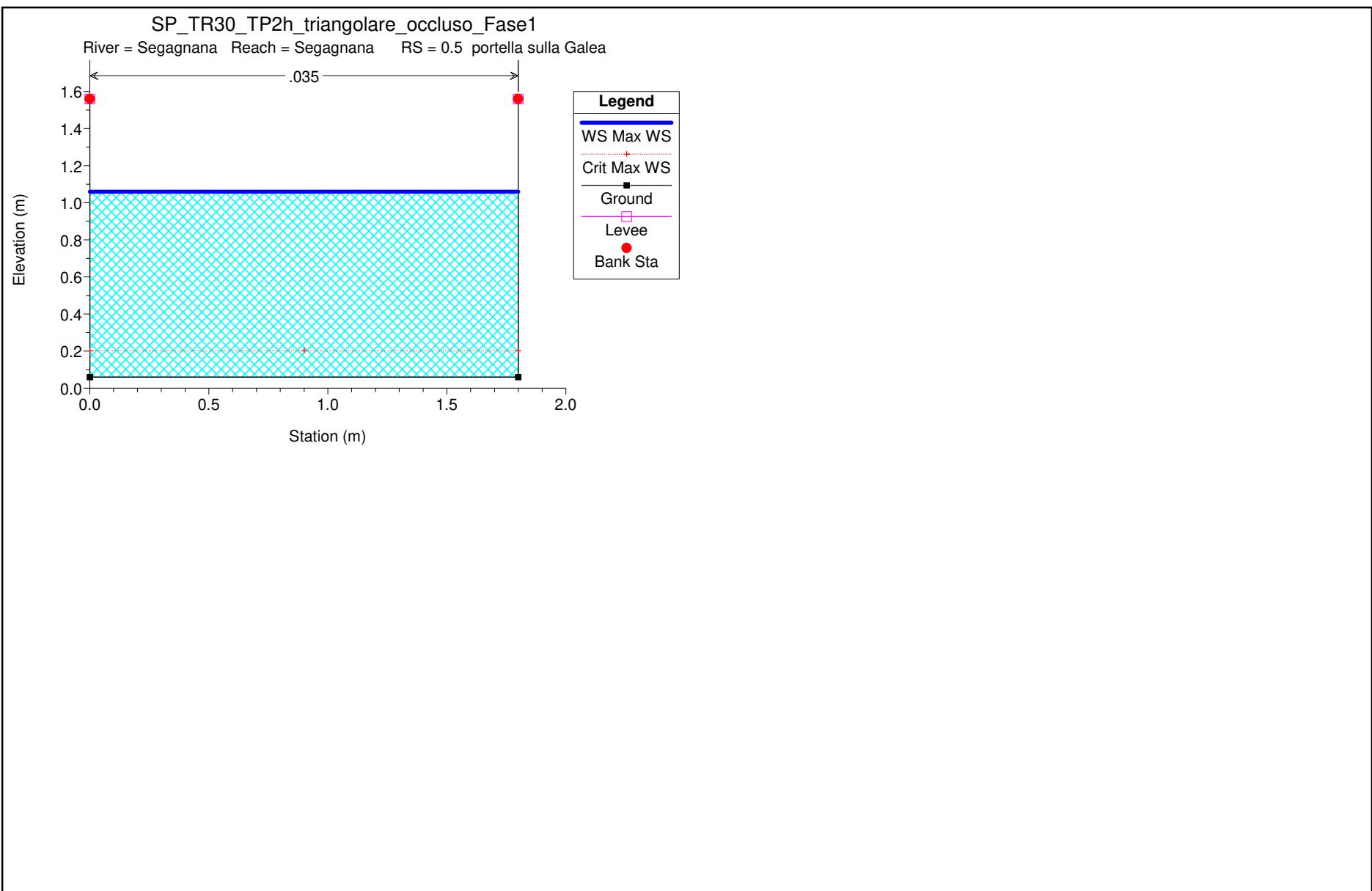




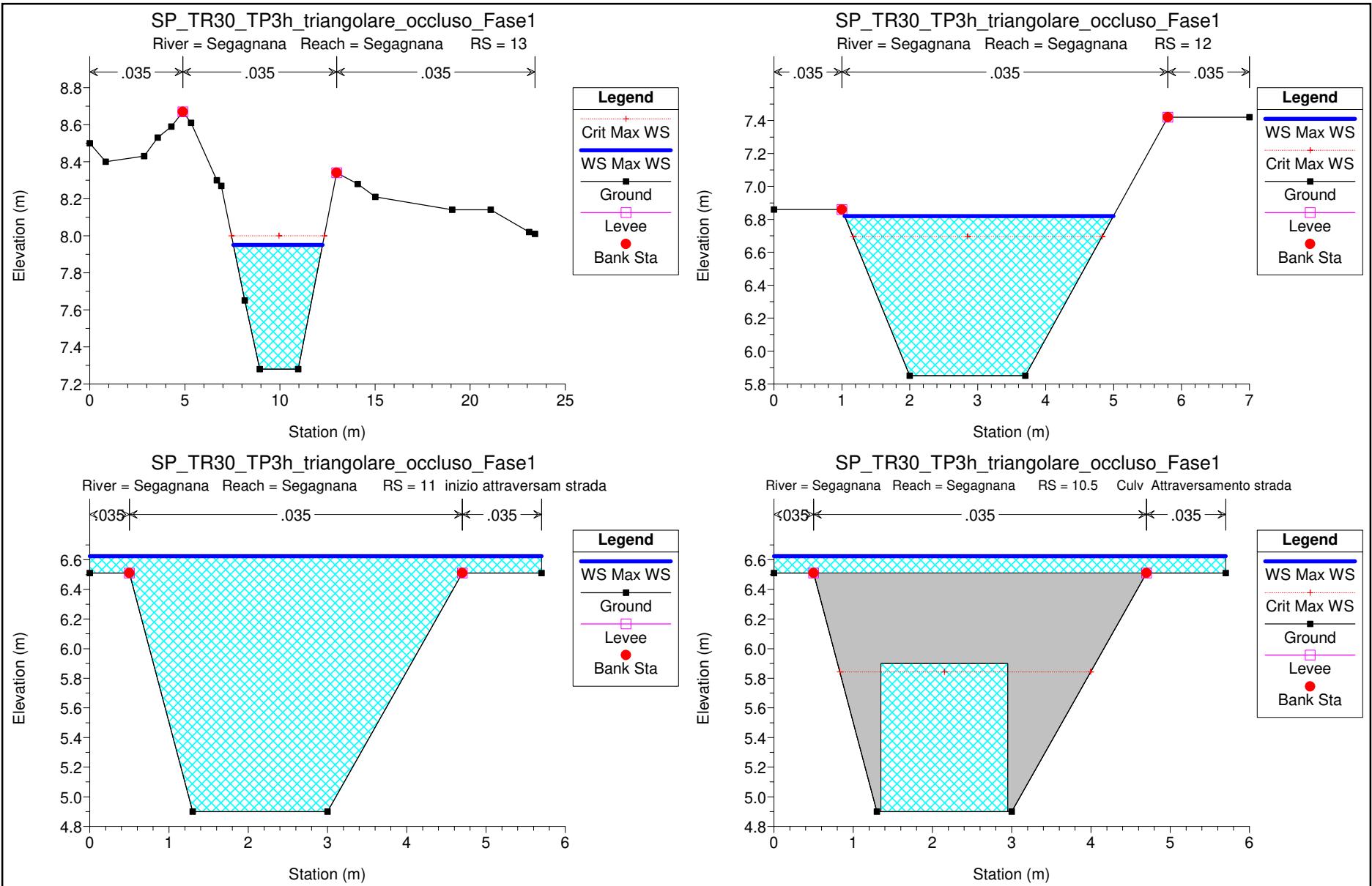


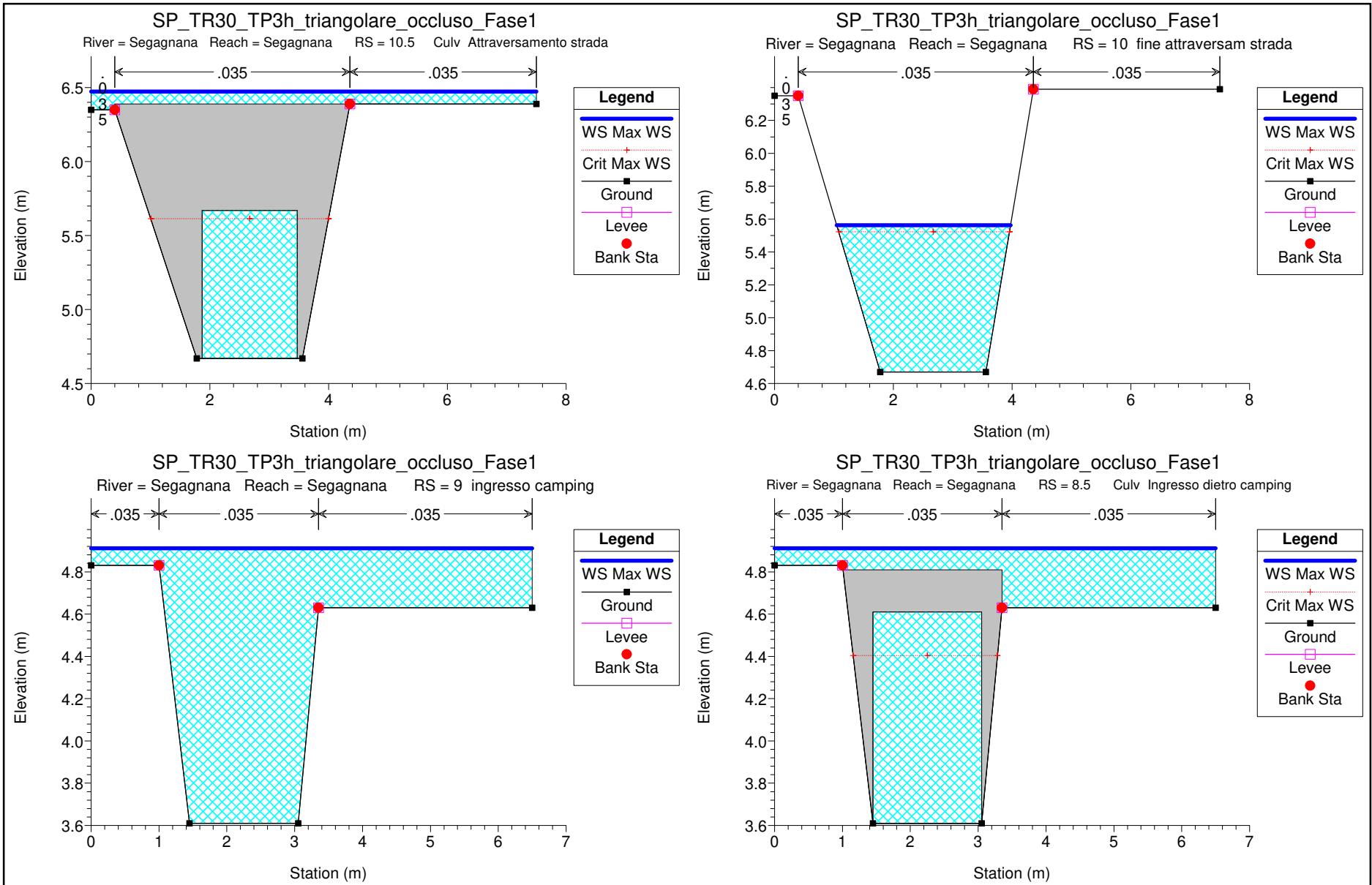


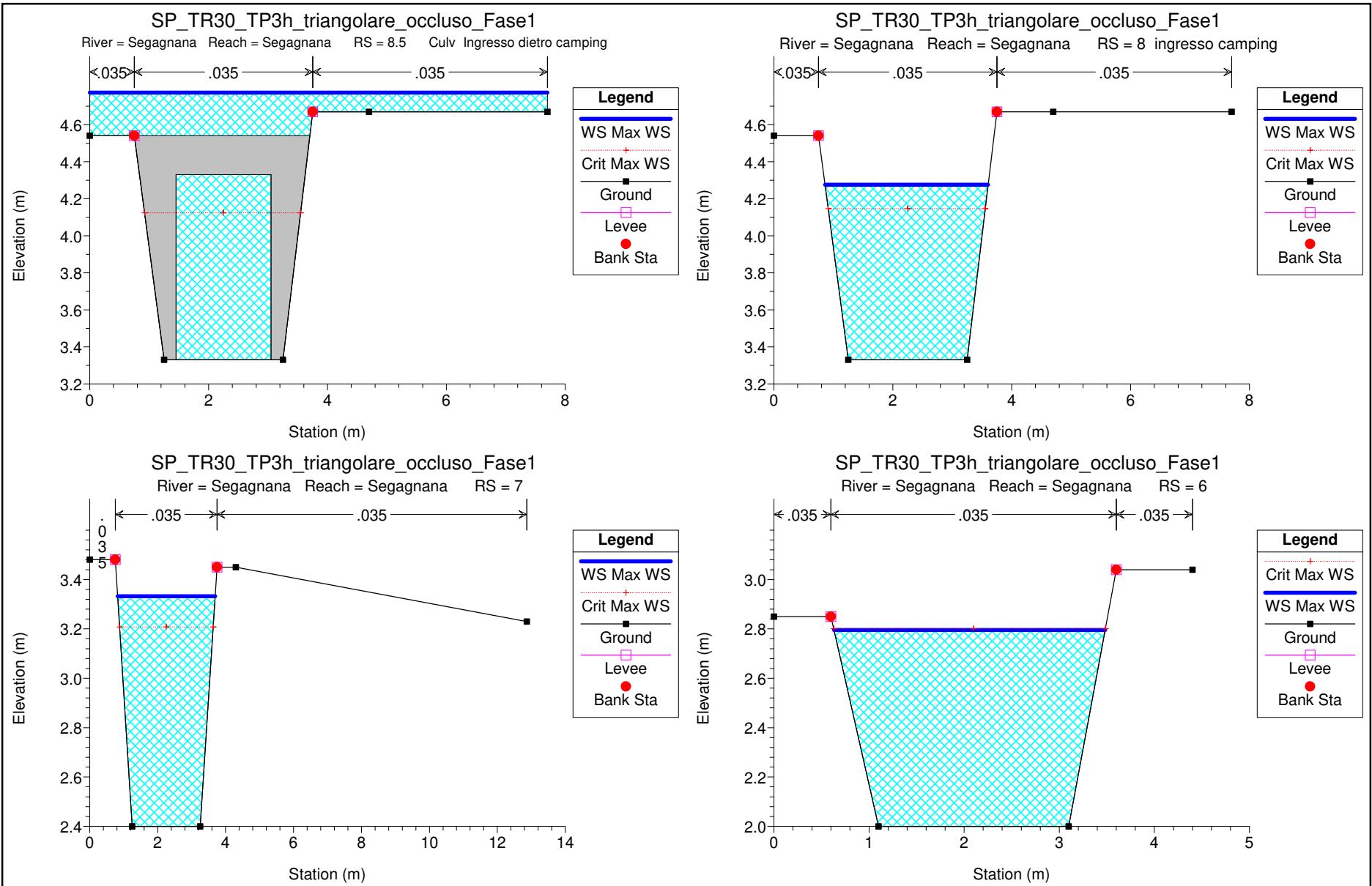


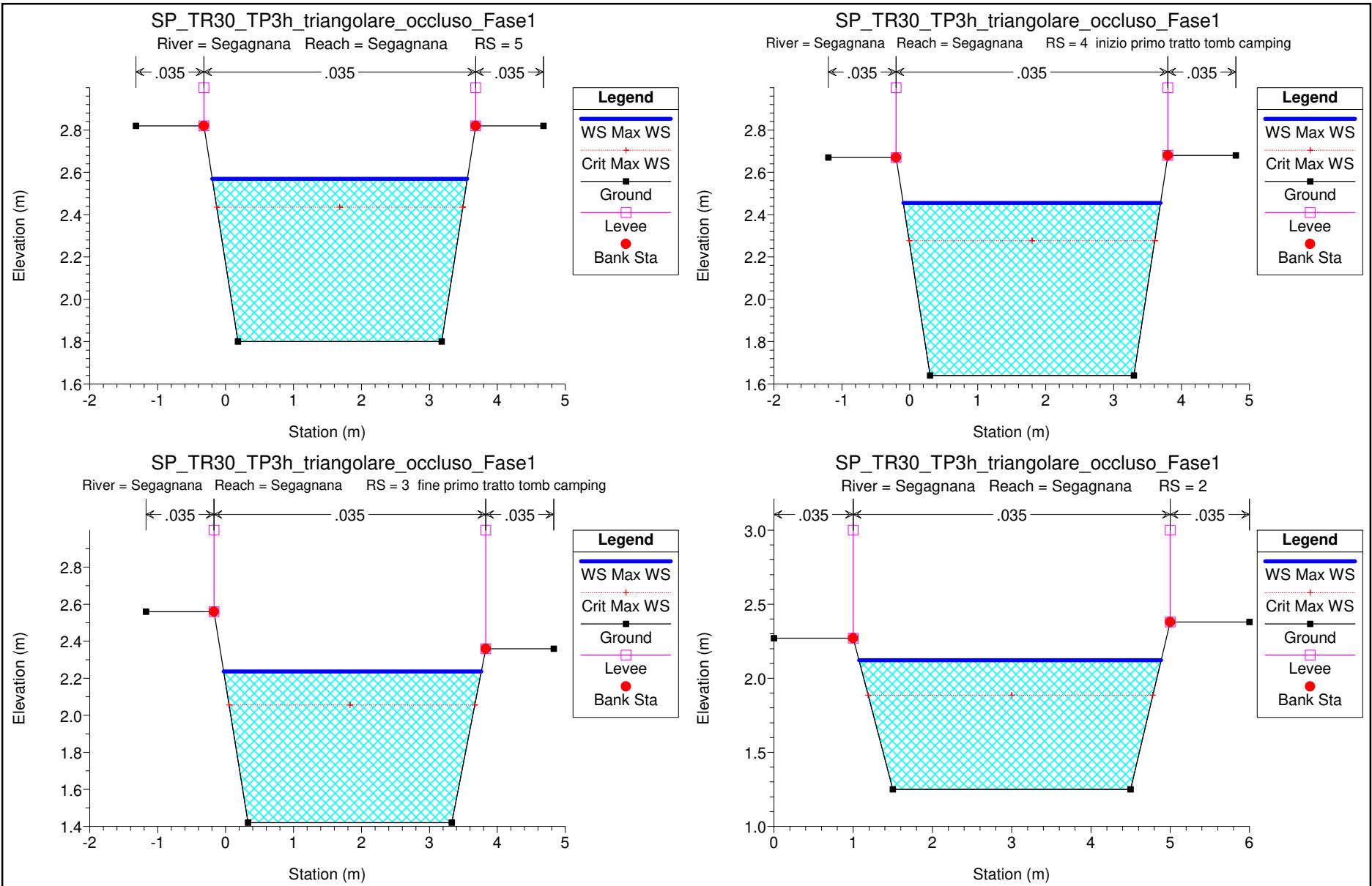


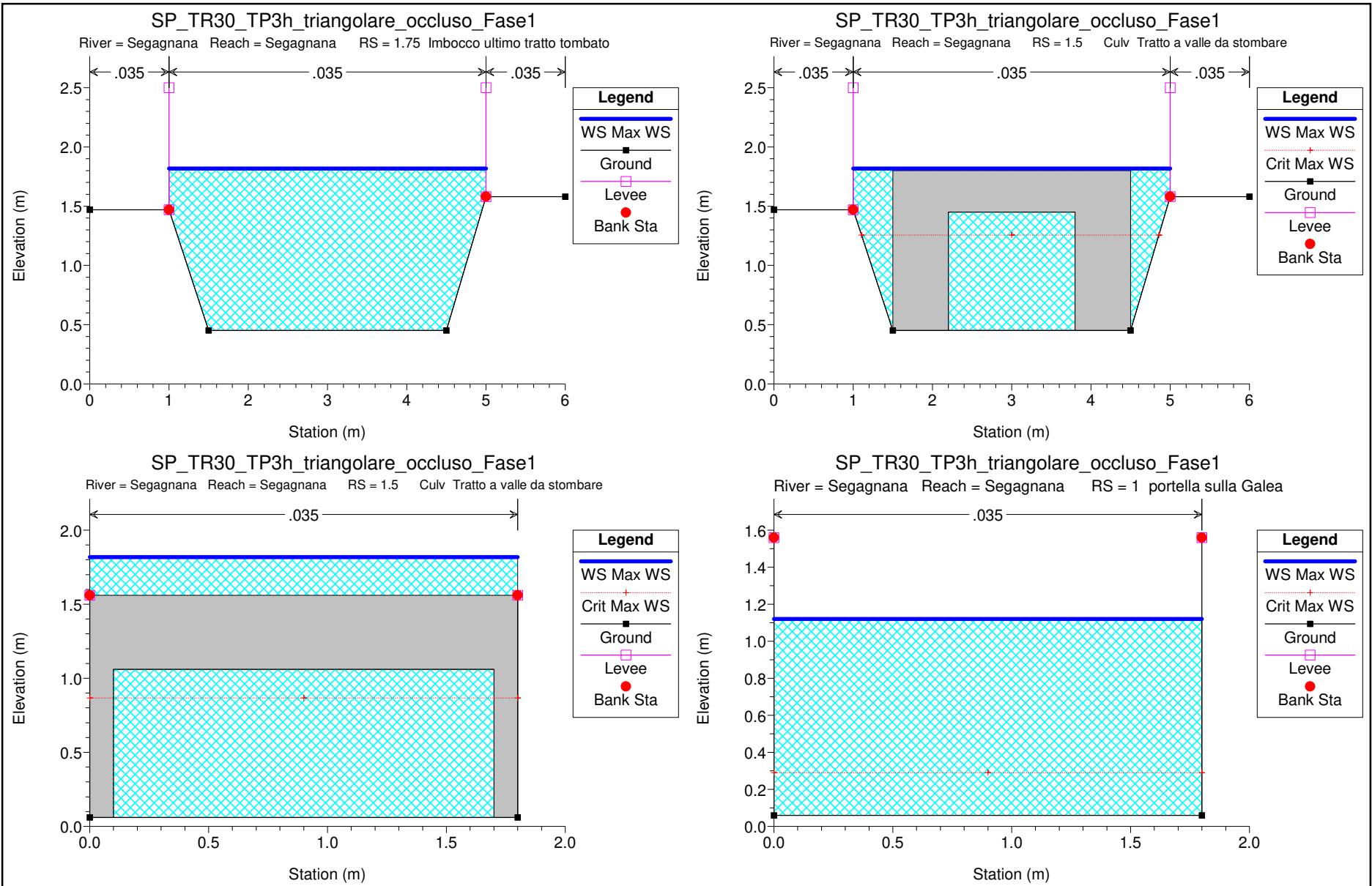
STATO PROGETTO STEP 1 TR 30 ANNI SBOCCO OCCLUSO Tp 3h

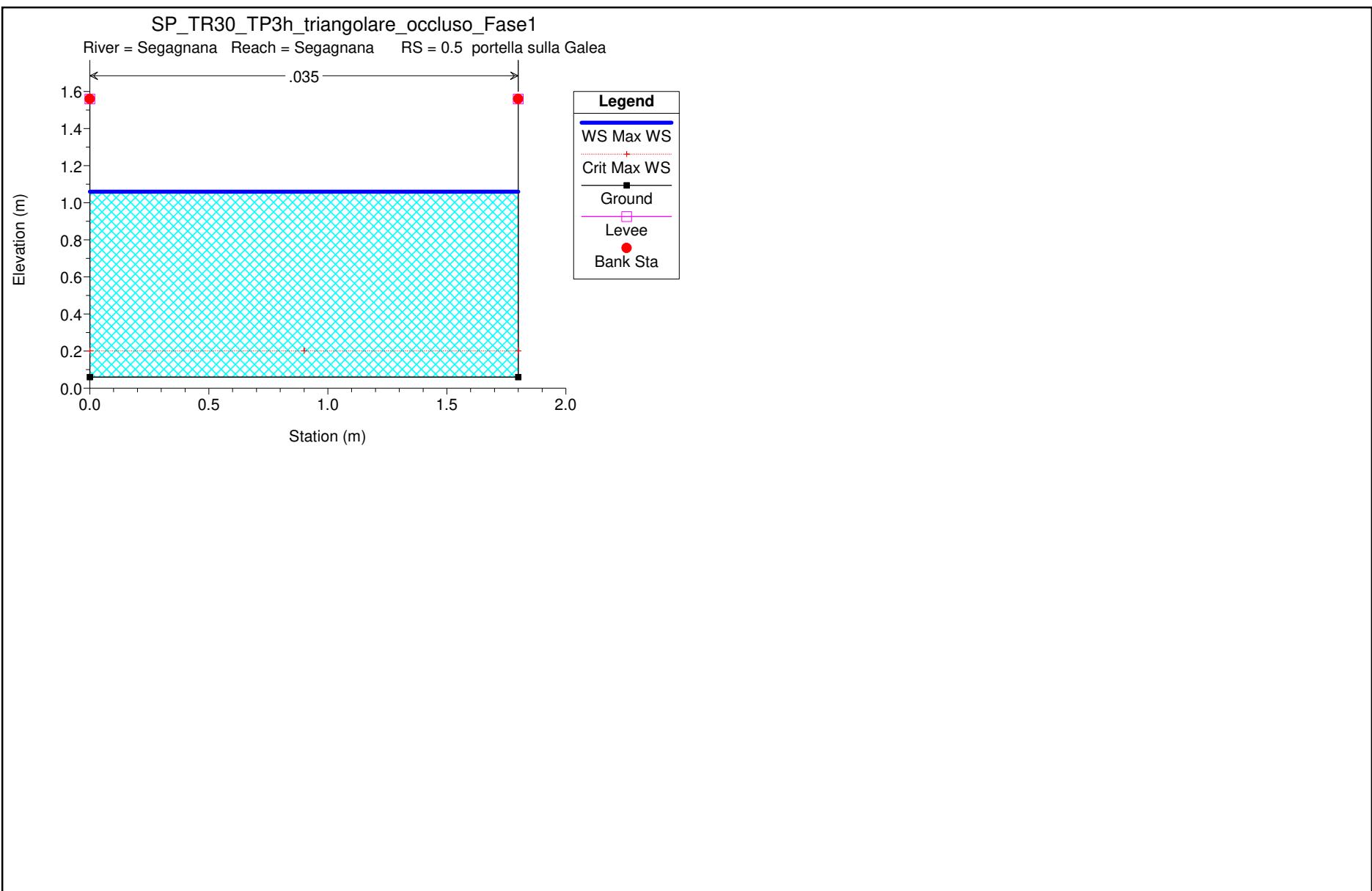




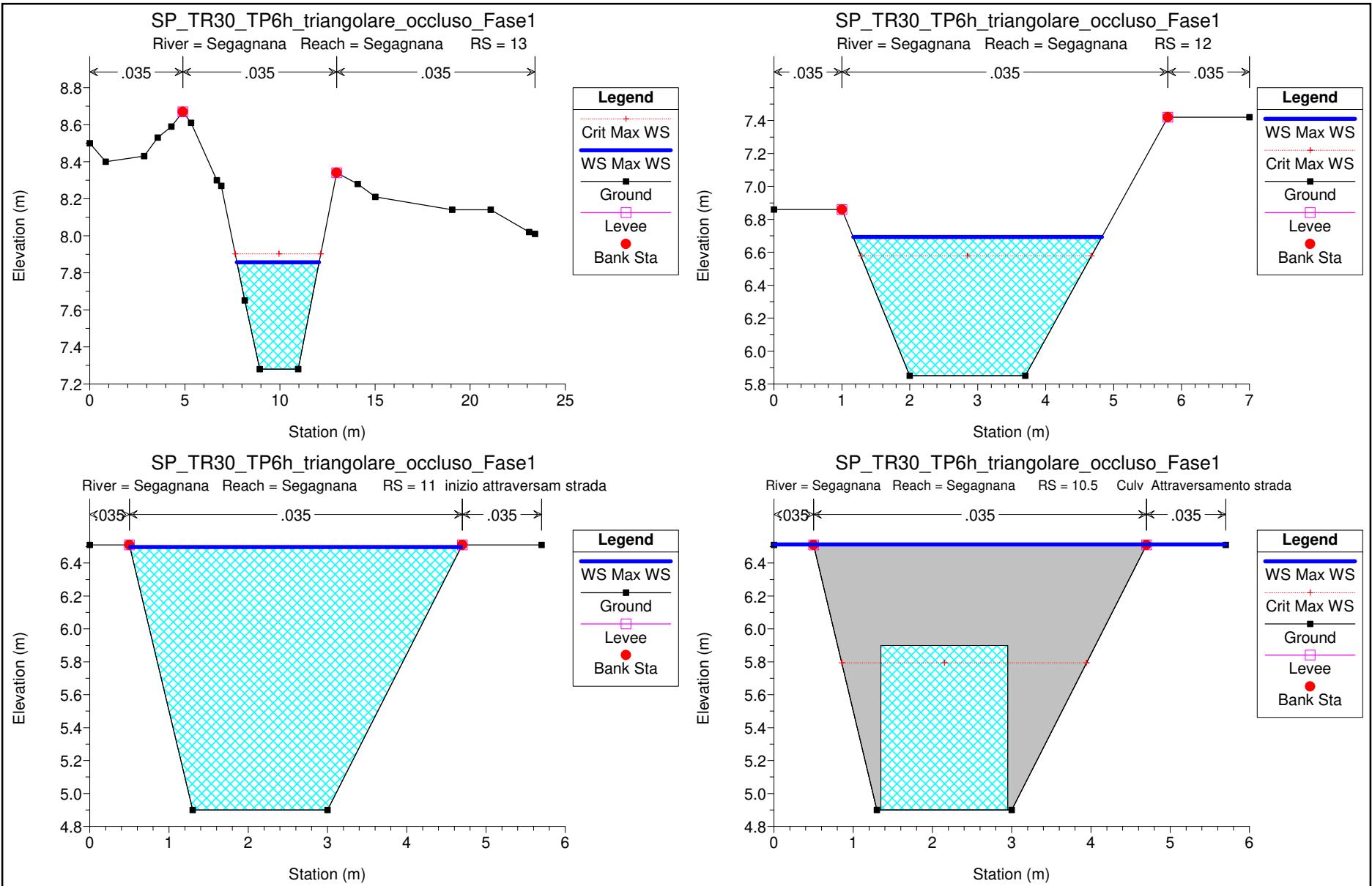


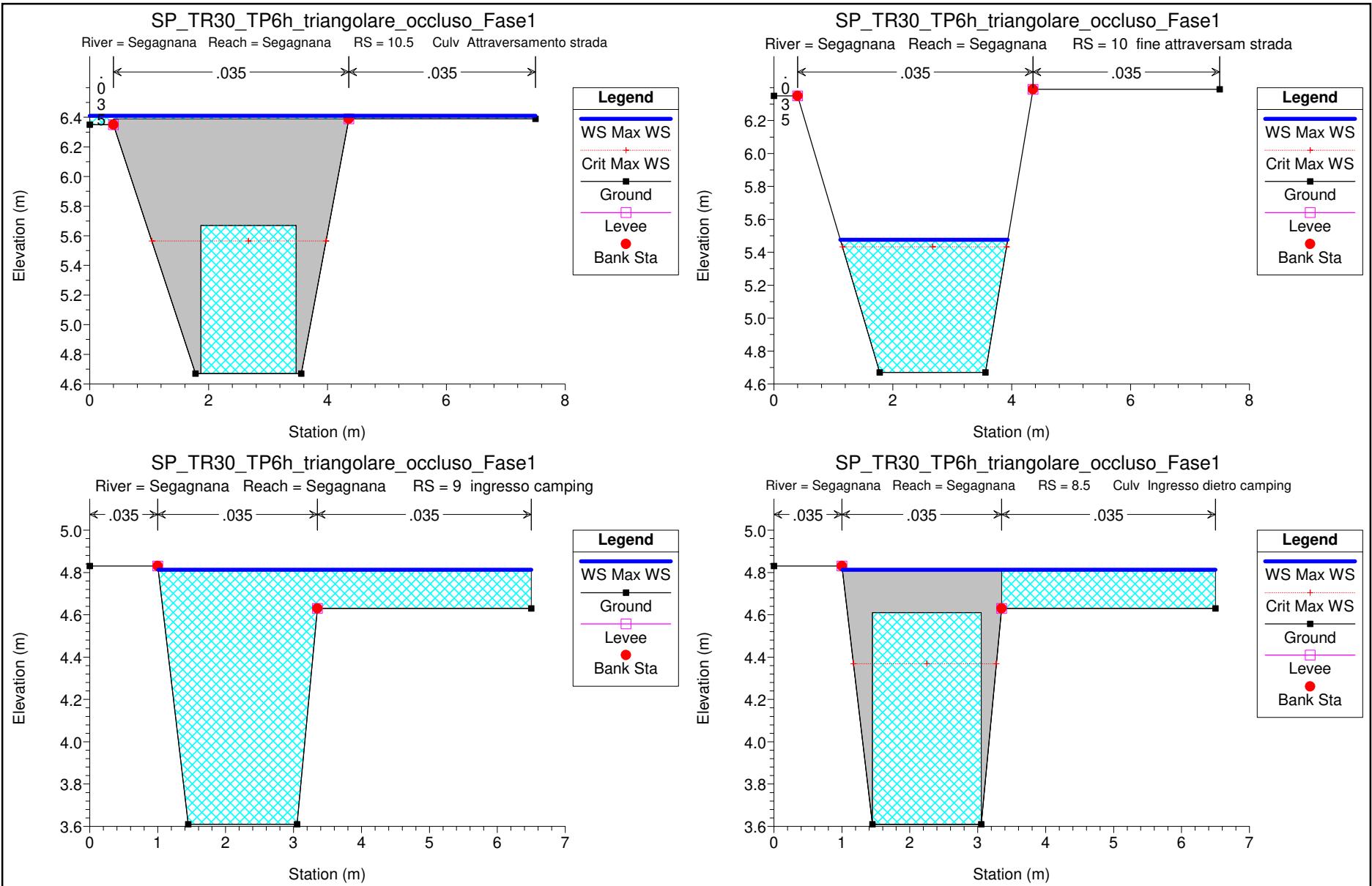


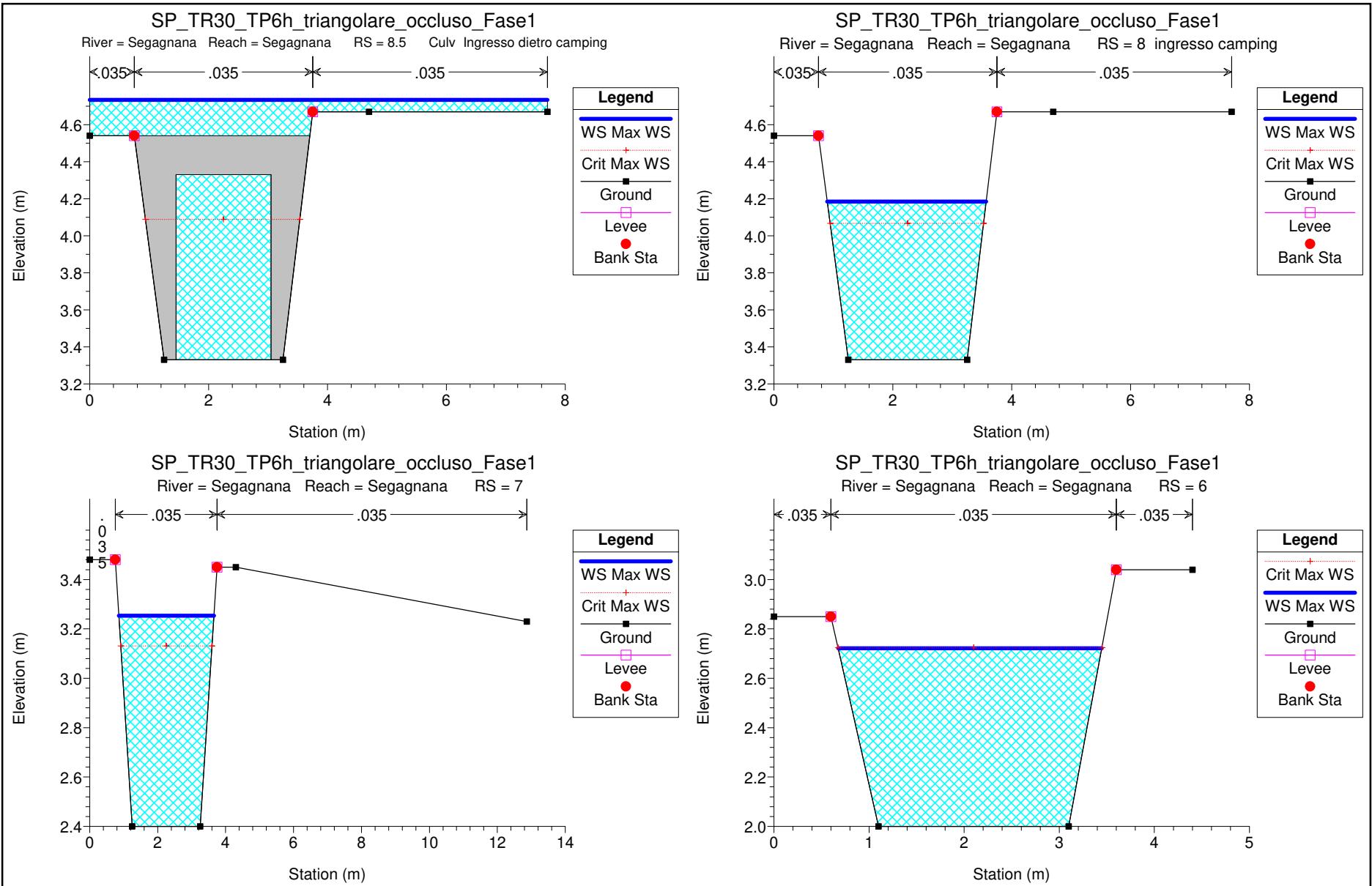


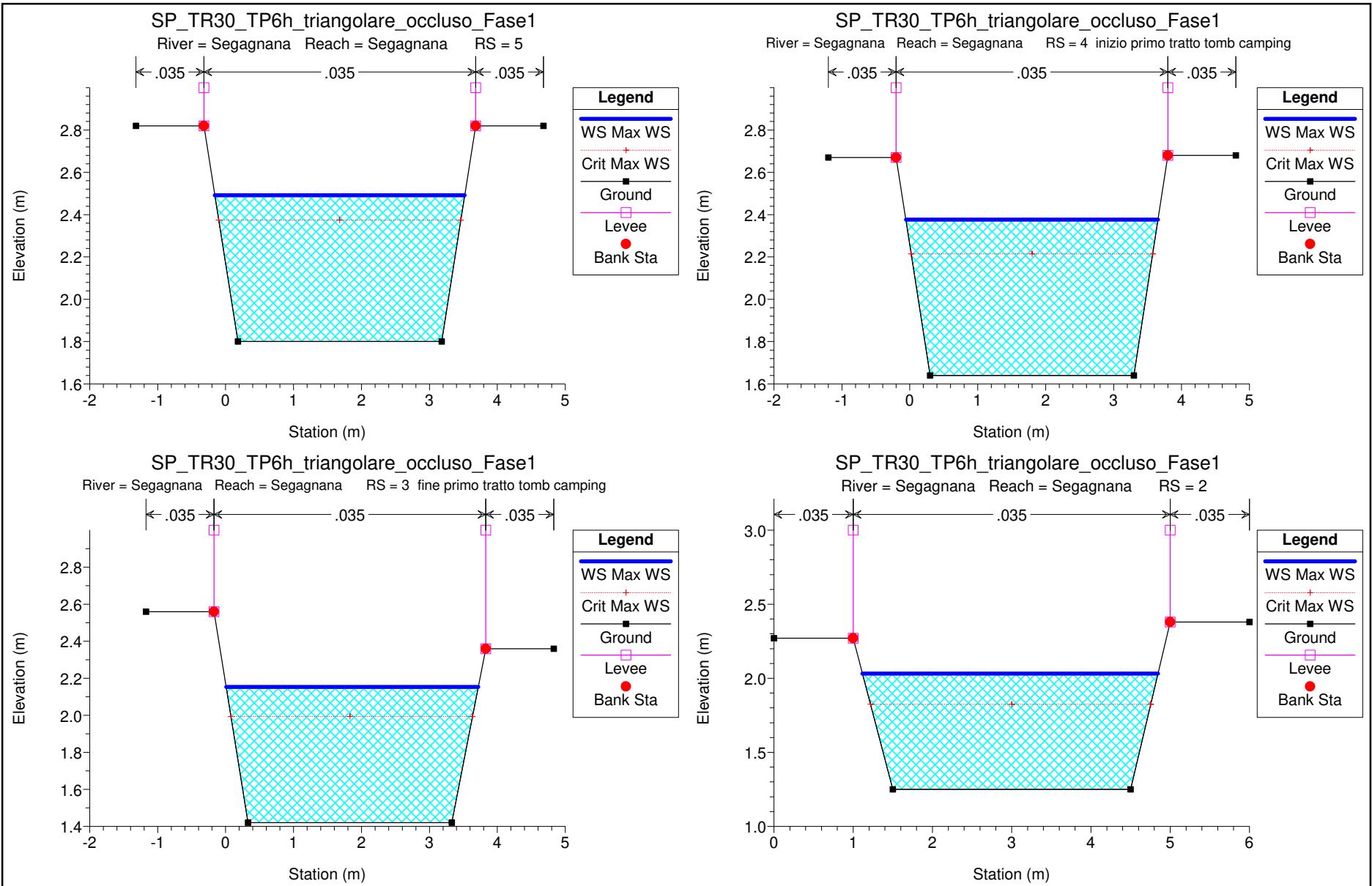


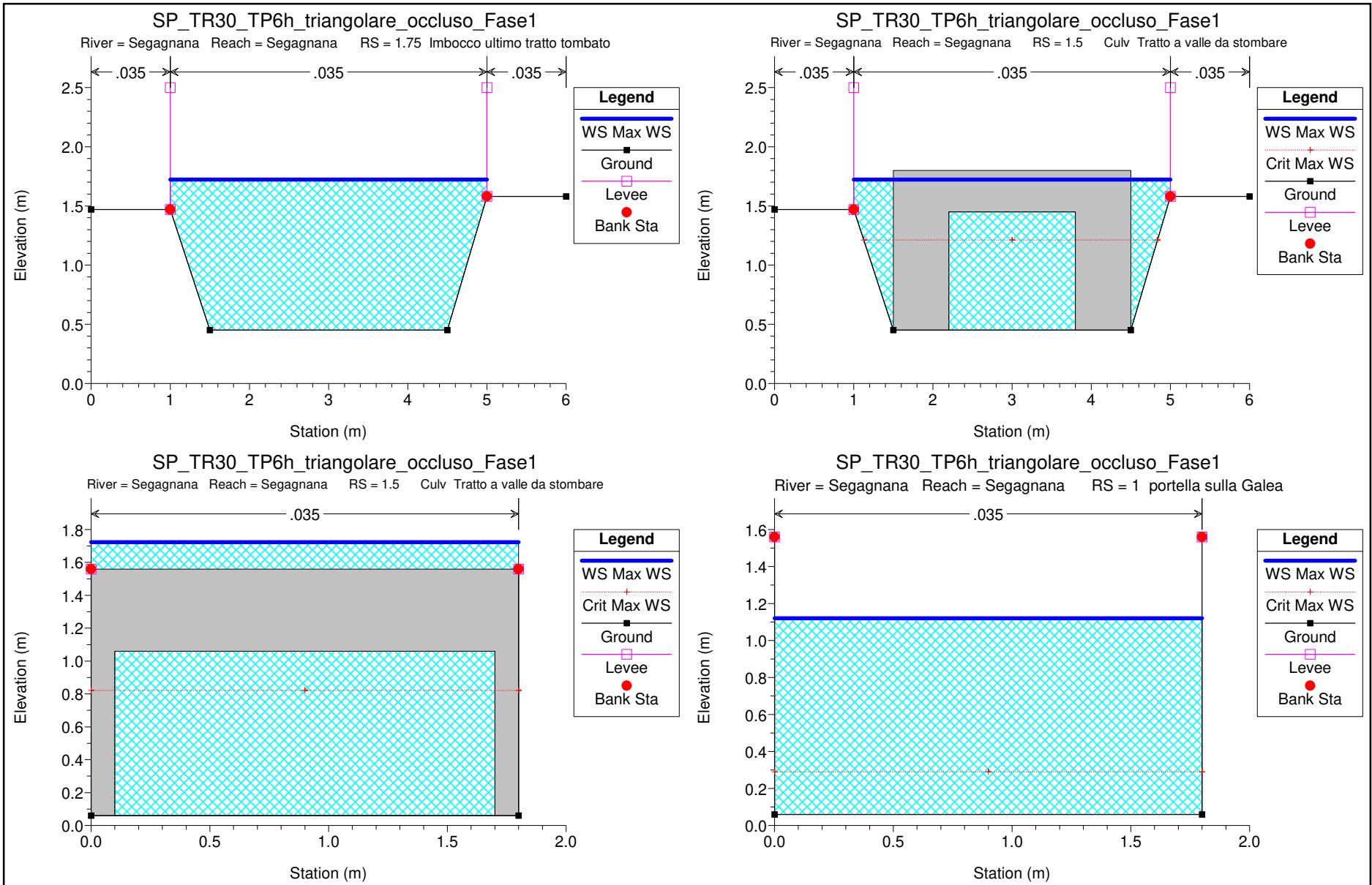
STATO PROGETTO STEP 1 TR 30 ANNI SBOCCO OCCLUSO Tp 6h

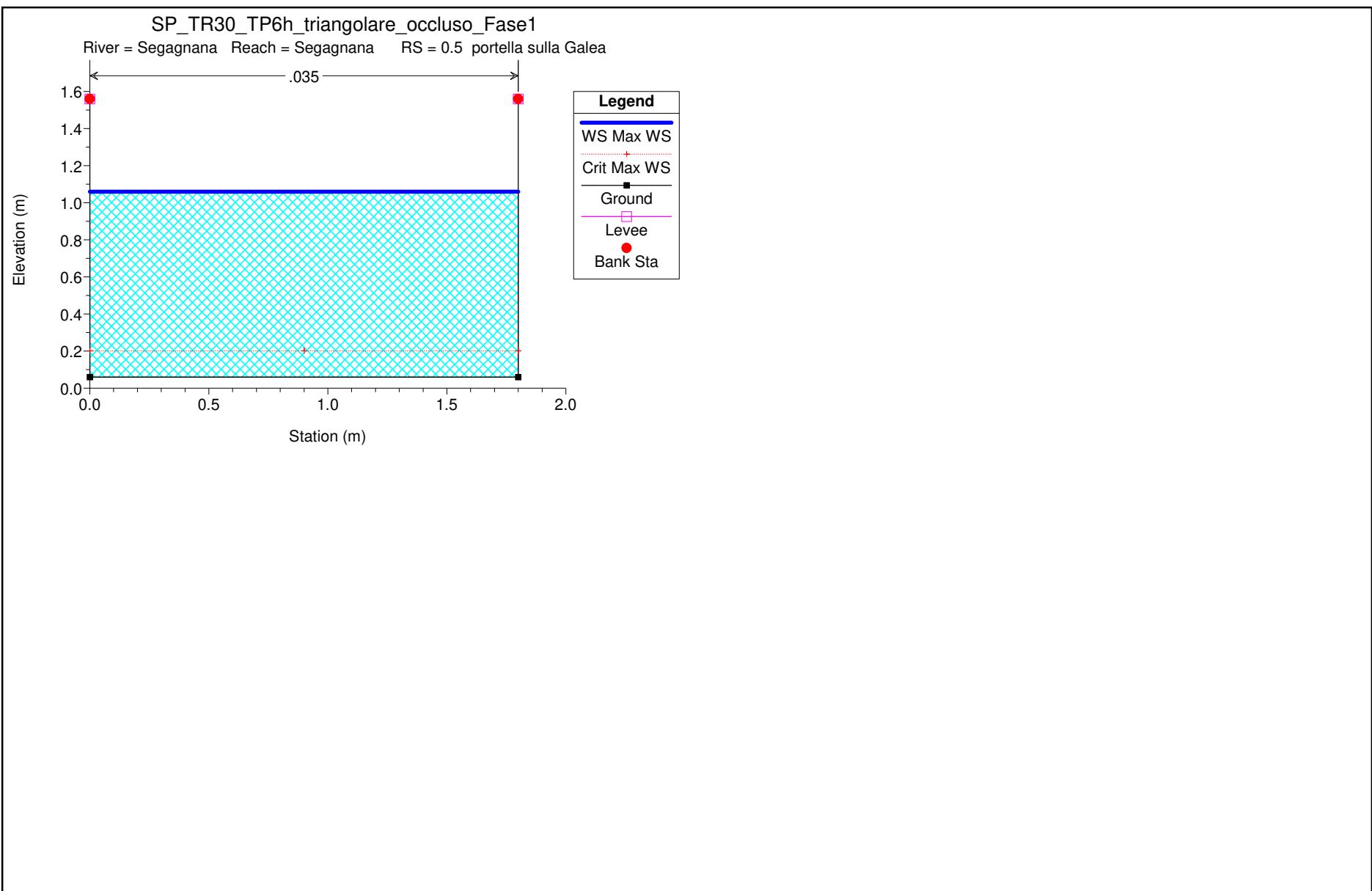




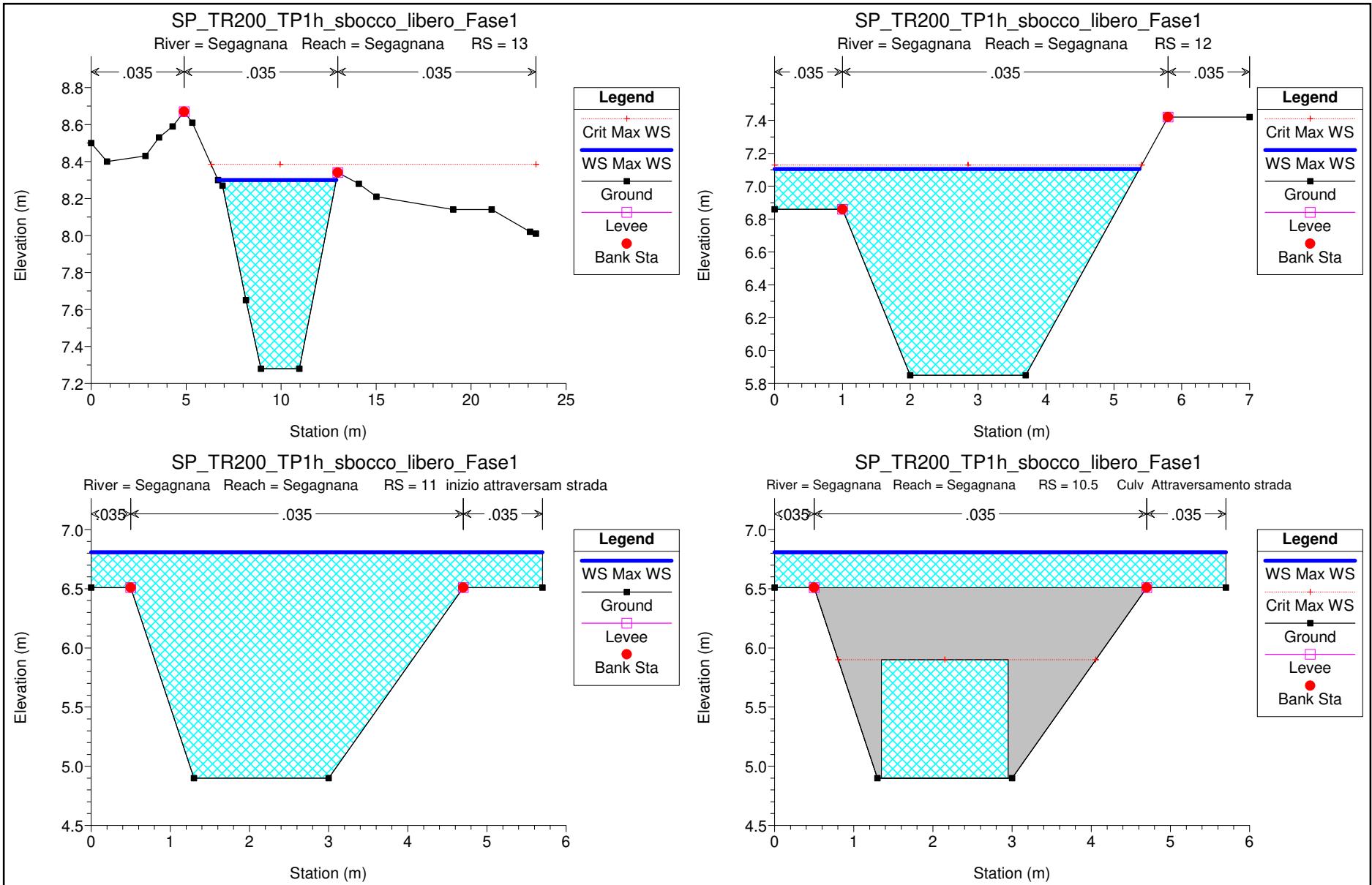


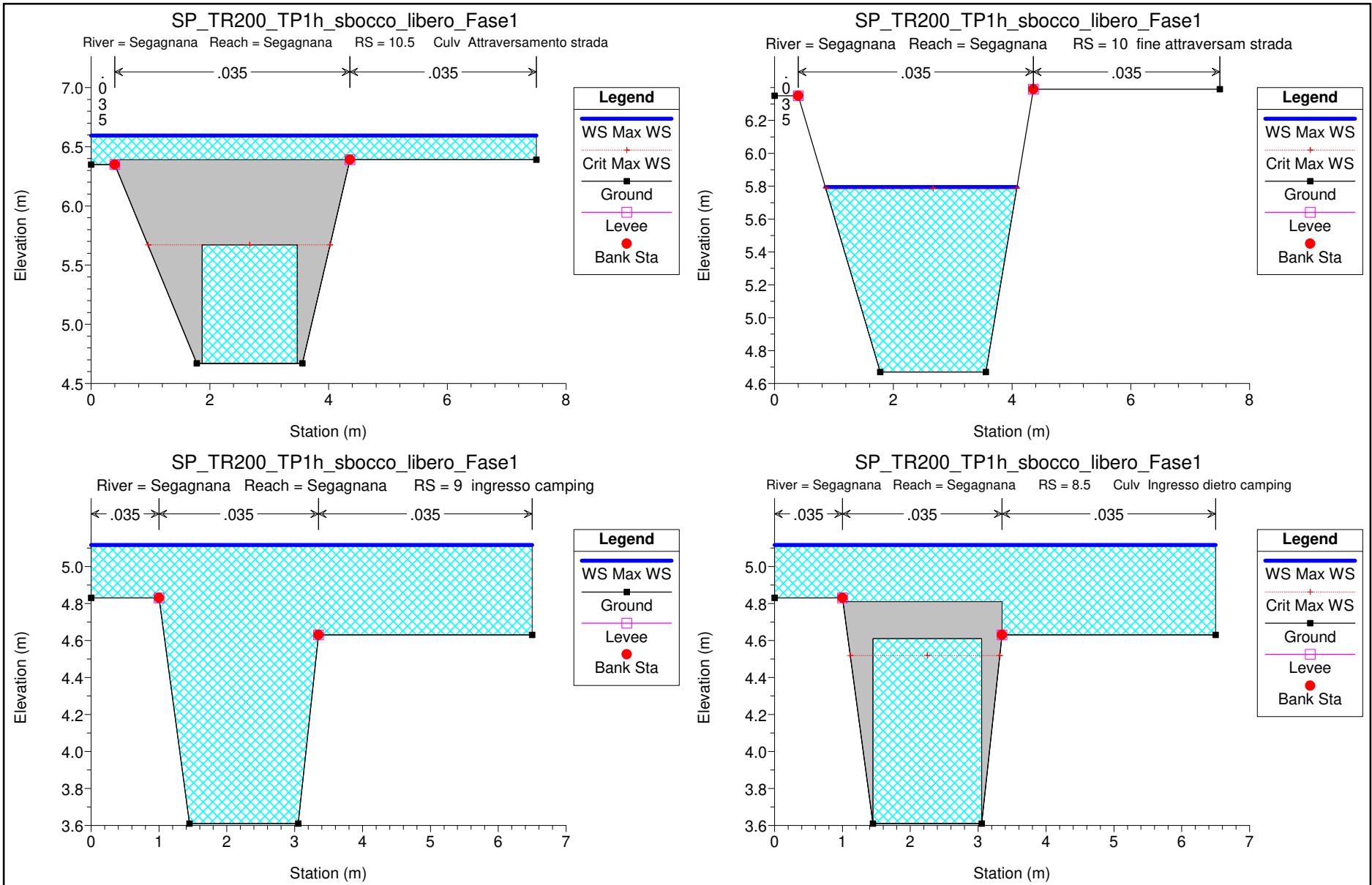


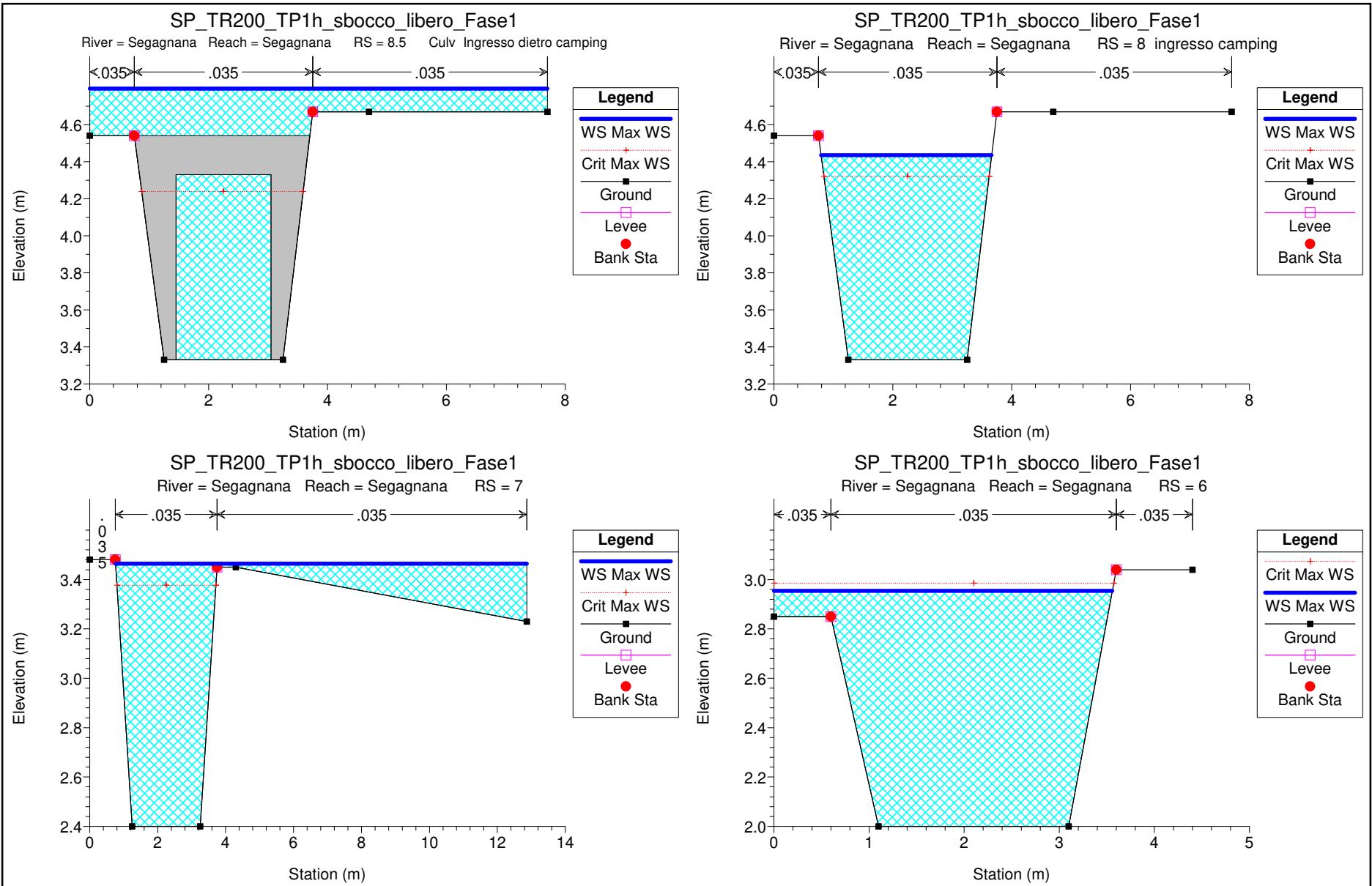


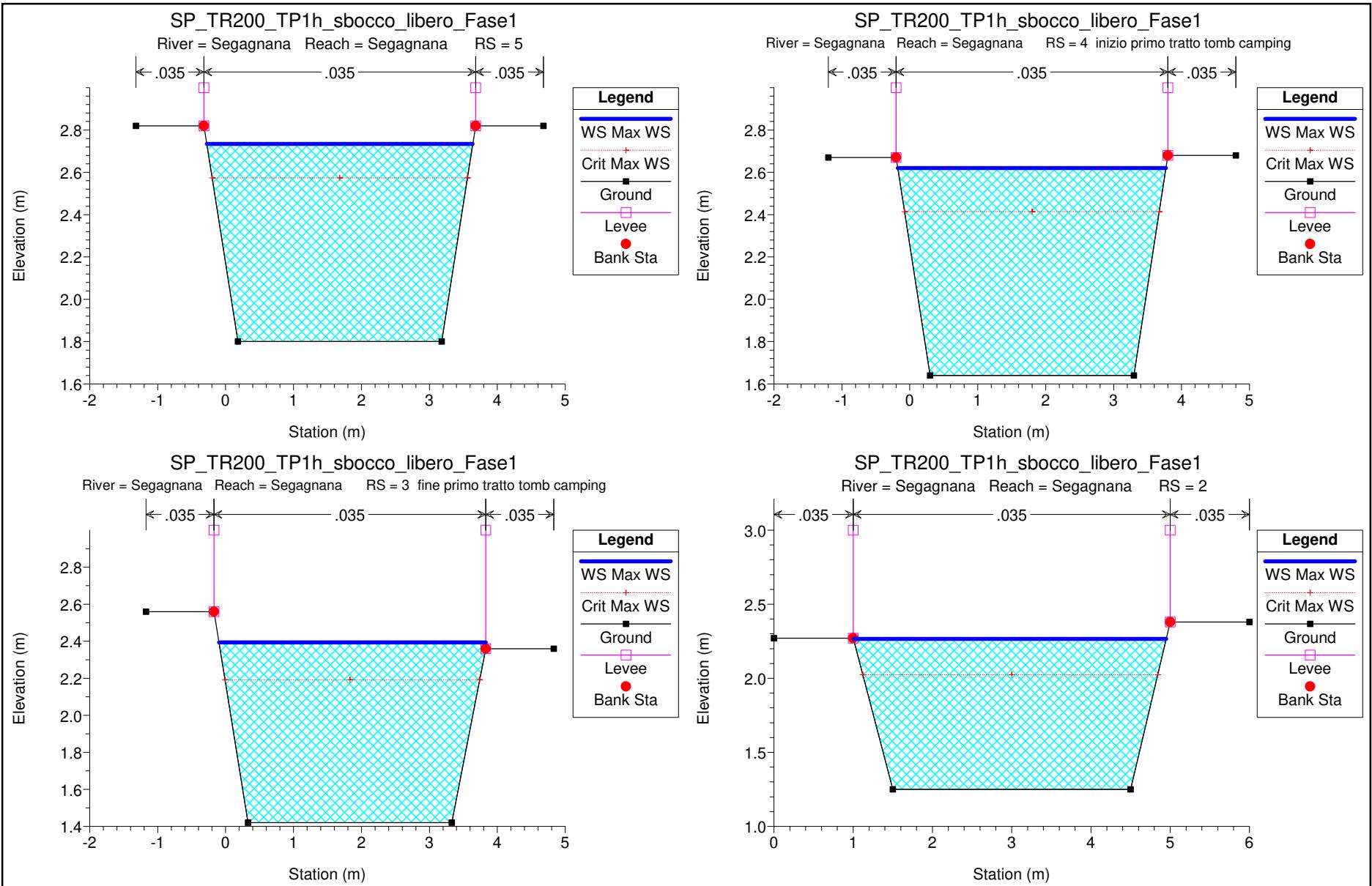


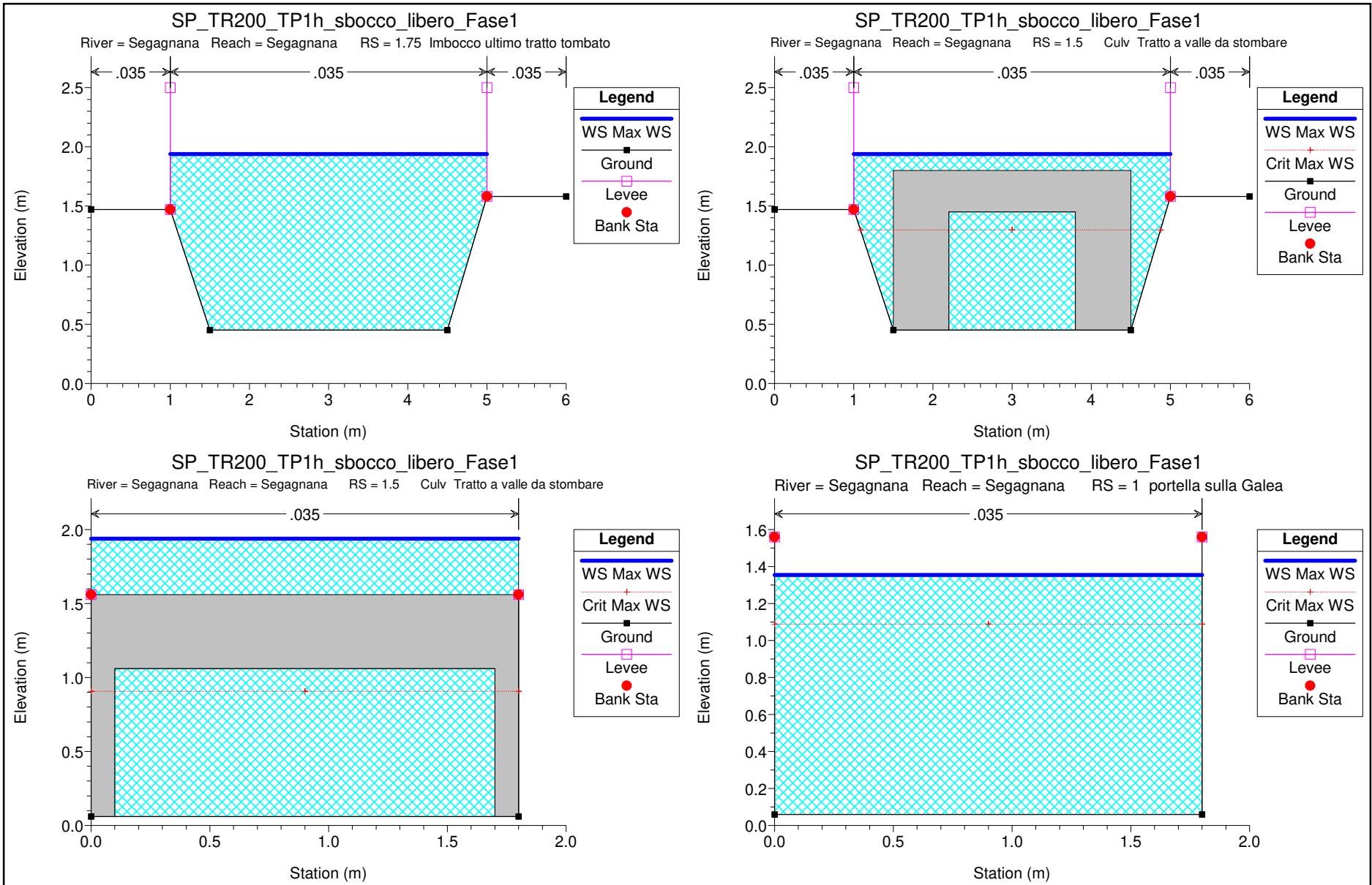
STATO PROGETTO STEP 1 TR 200 ANNI SBOCCO LIBERO Tp 1h

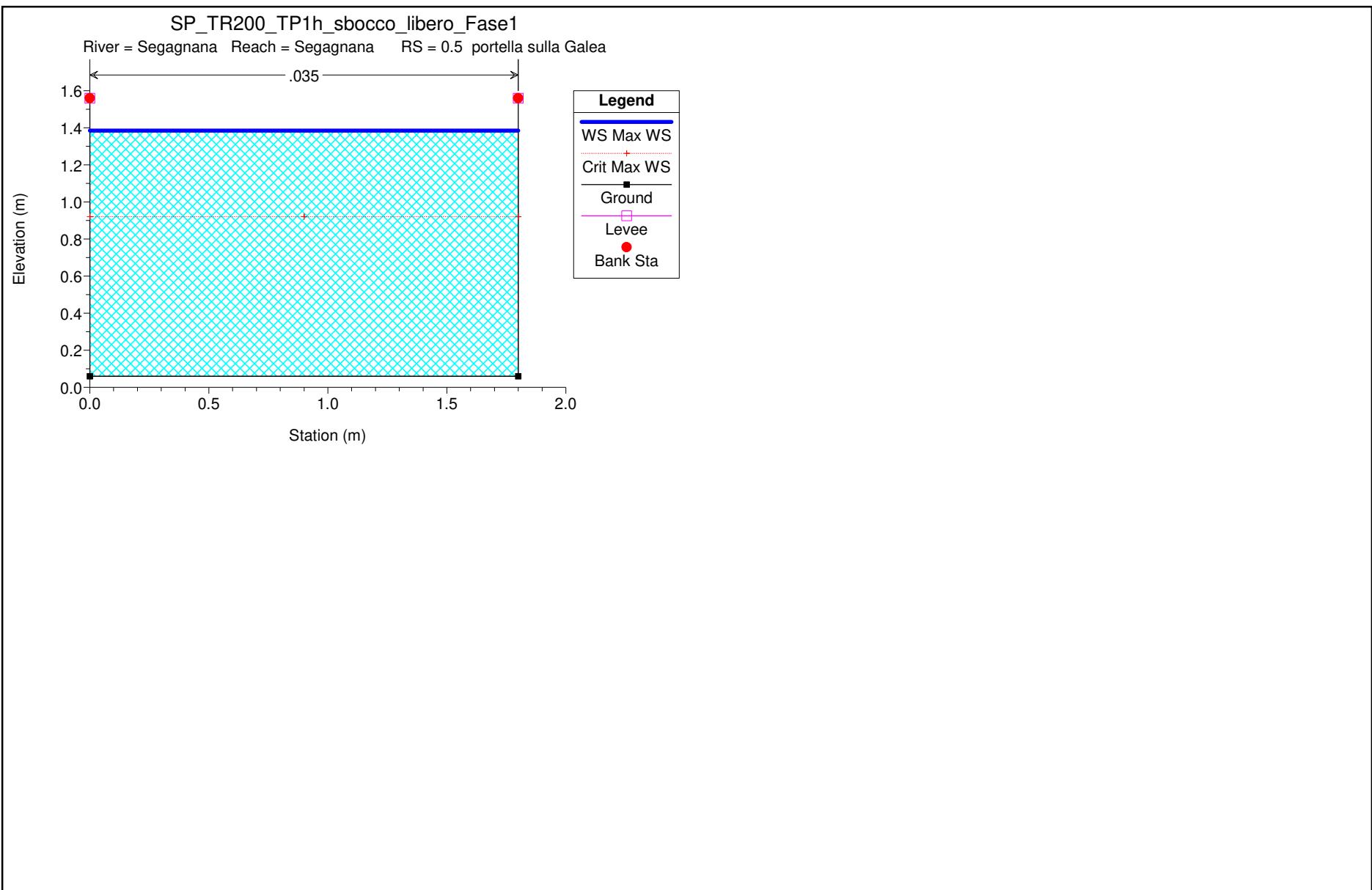




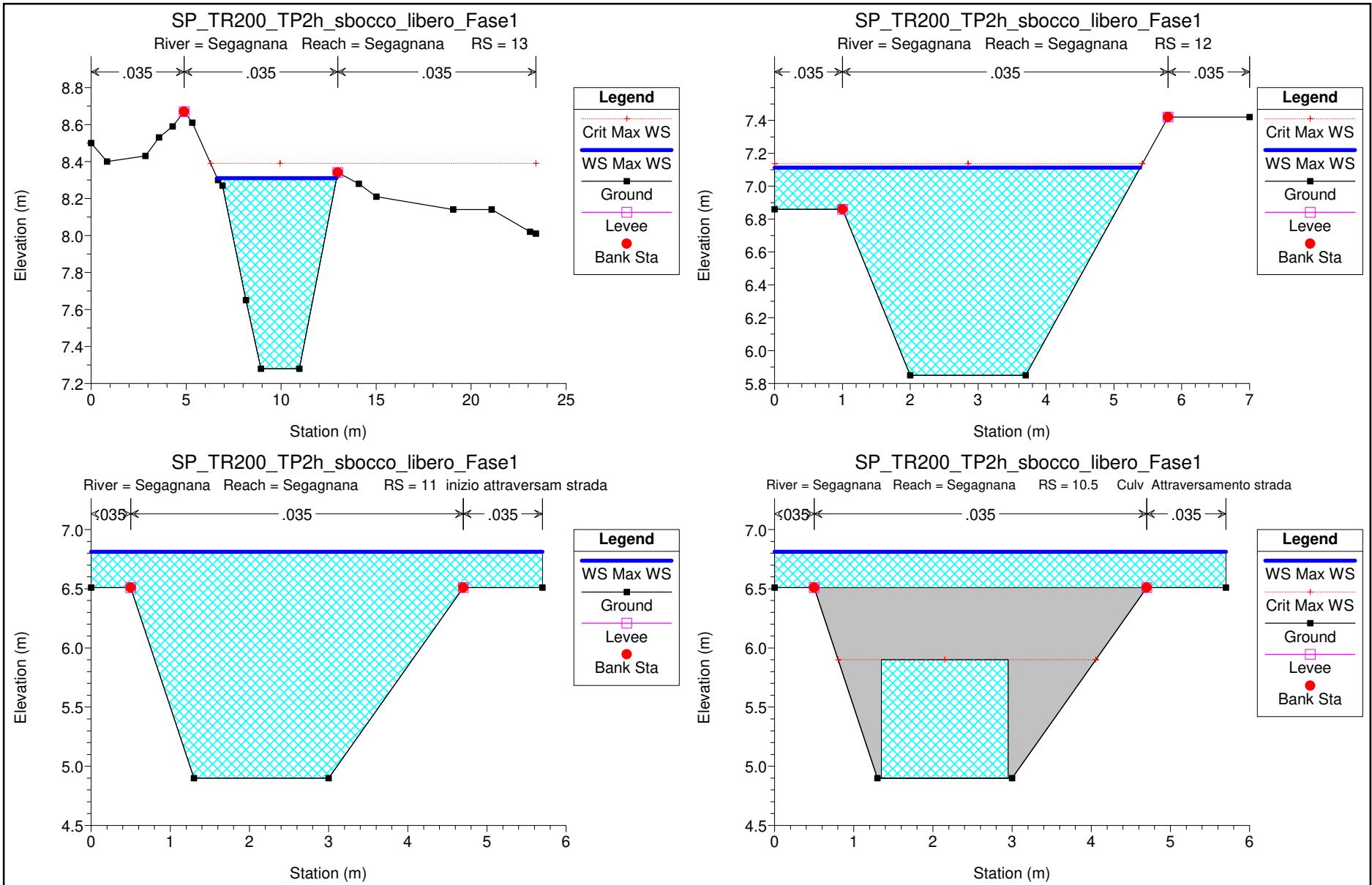


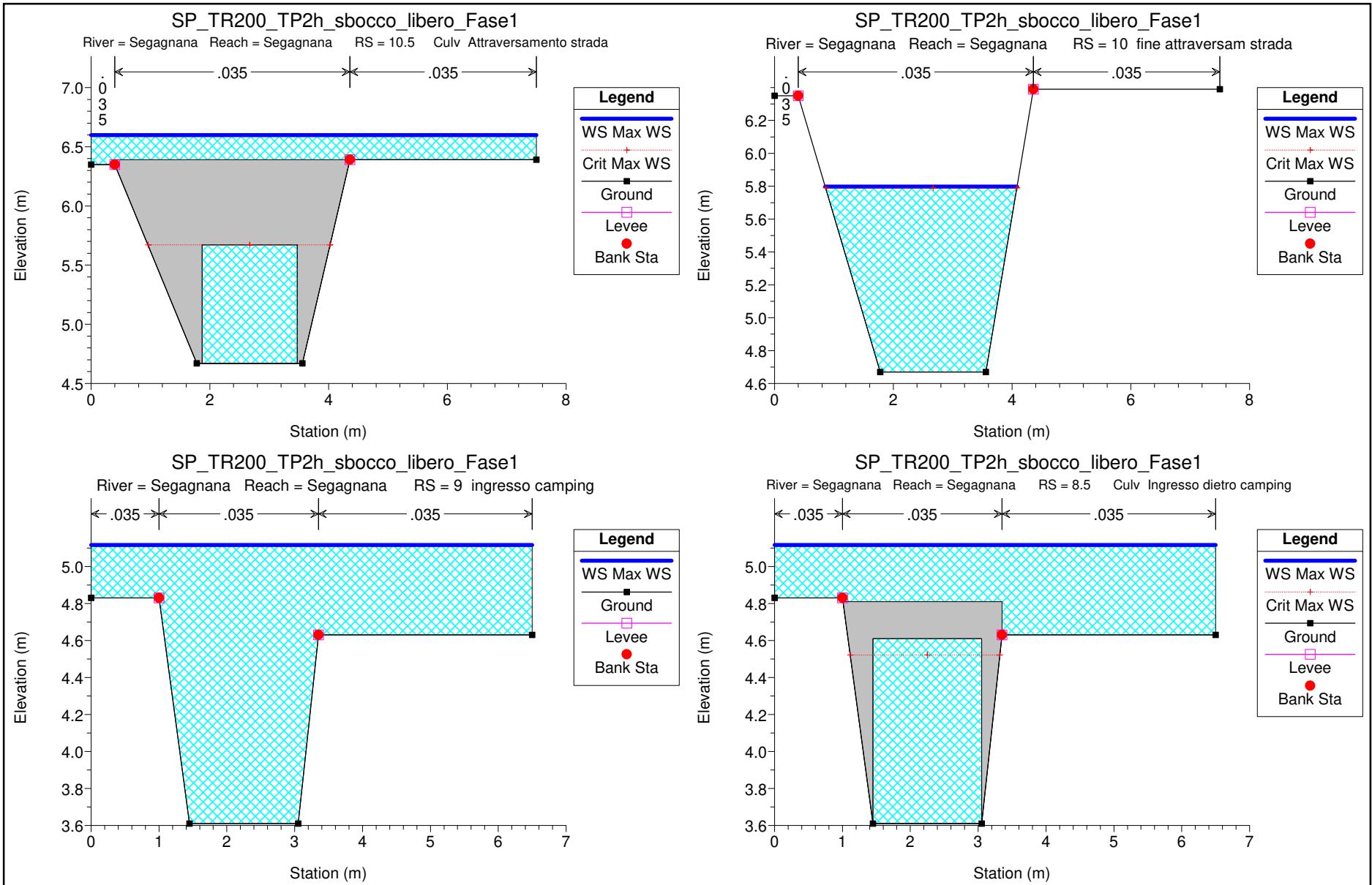


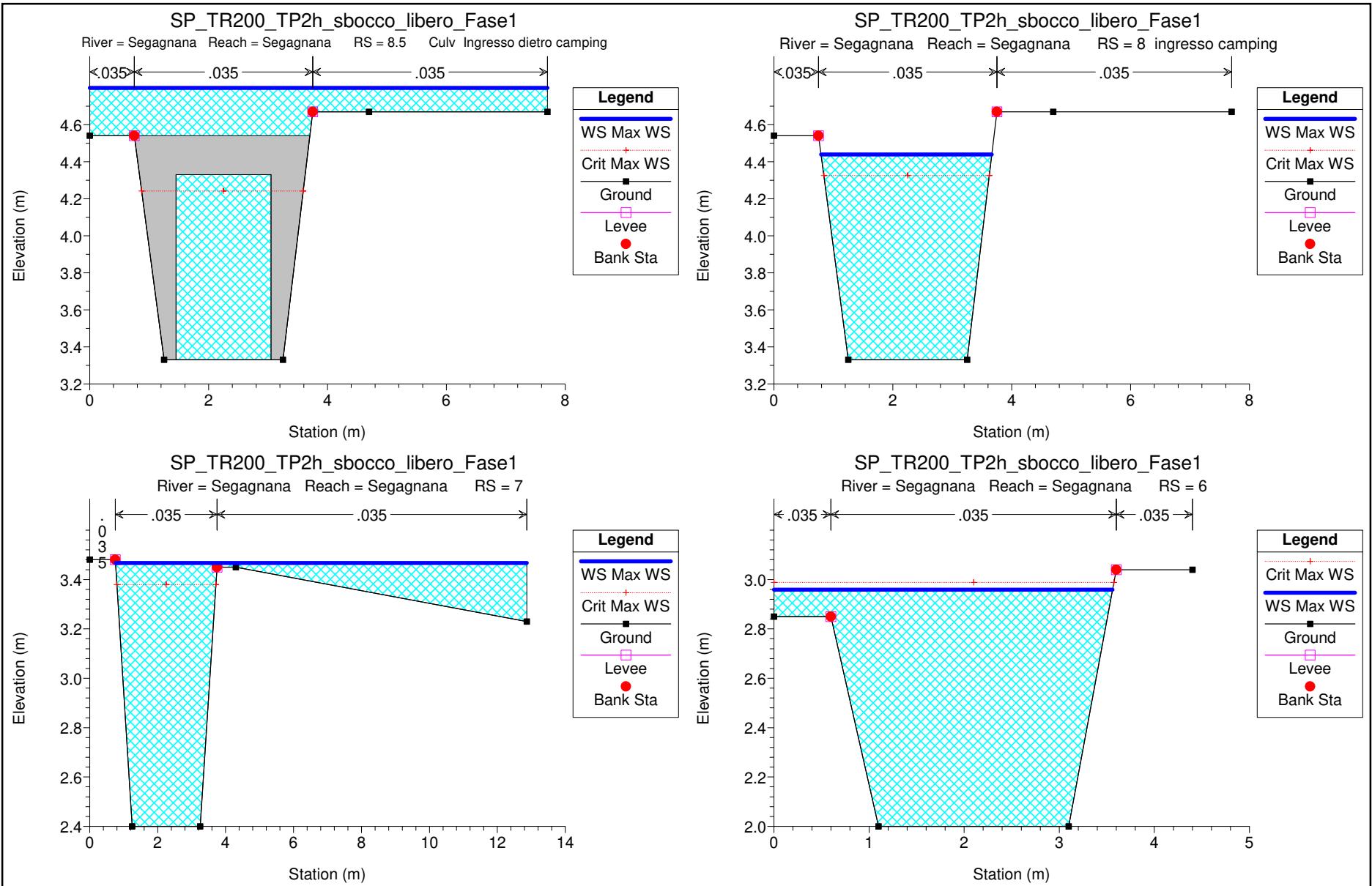


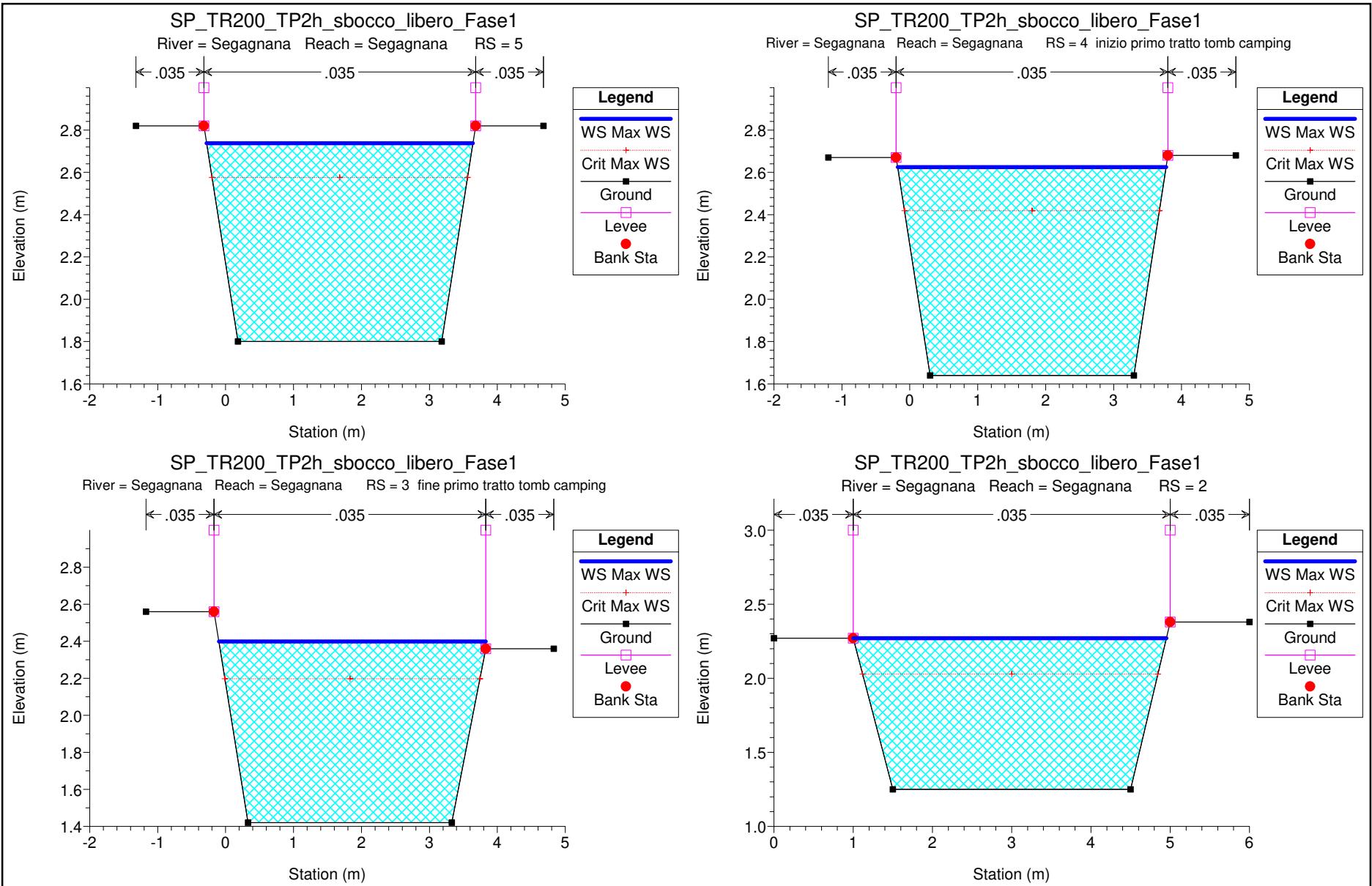


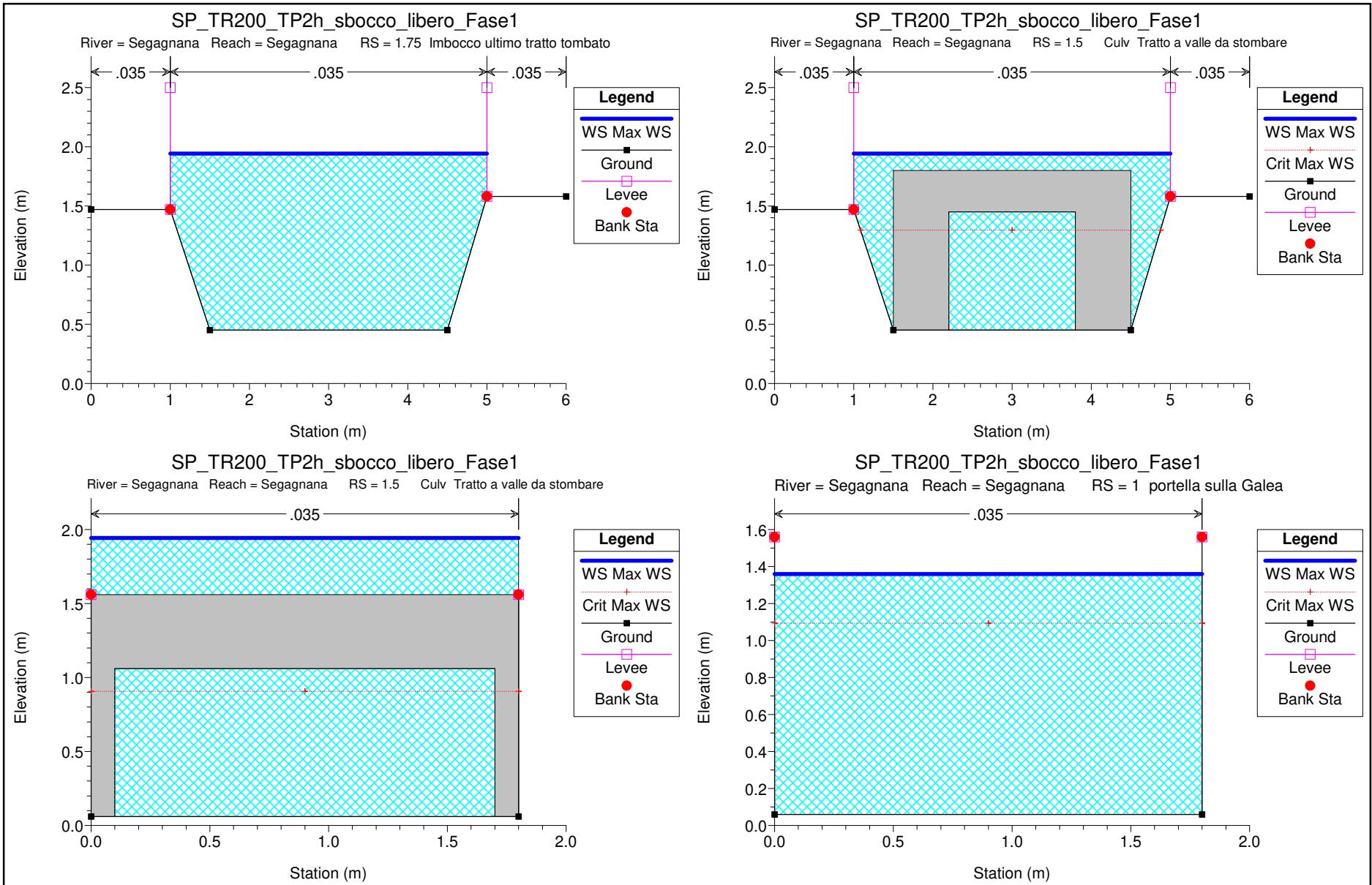
STATO PROGETTO STEP 1 TR 200 ANNI SBOCCO LIBERO Tp 2h

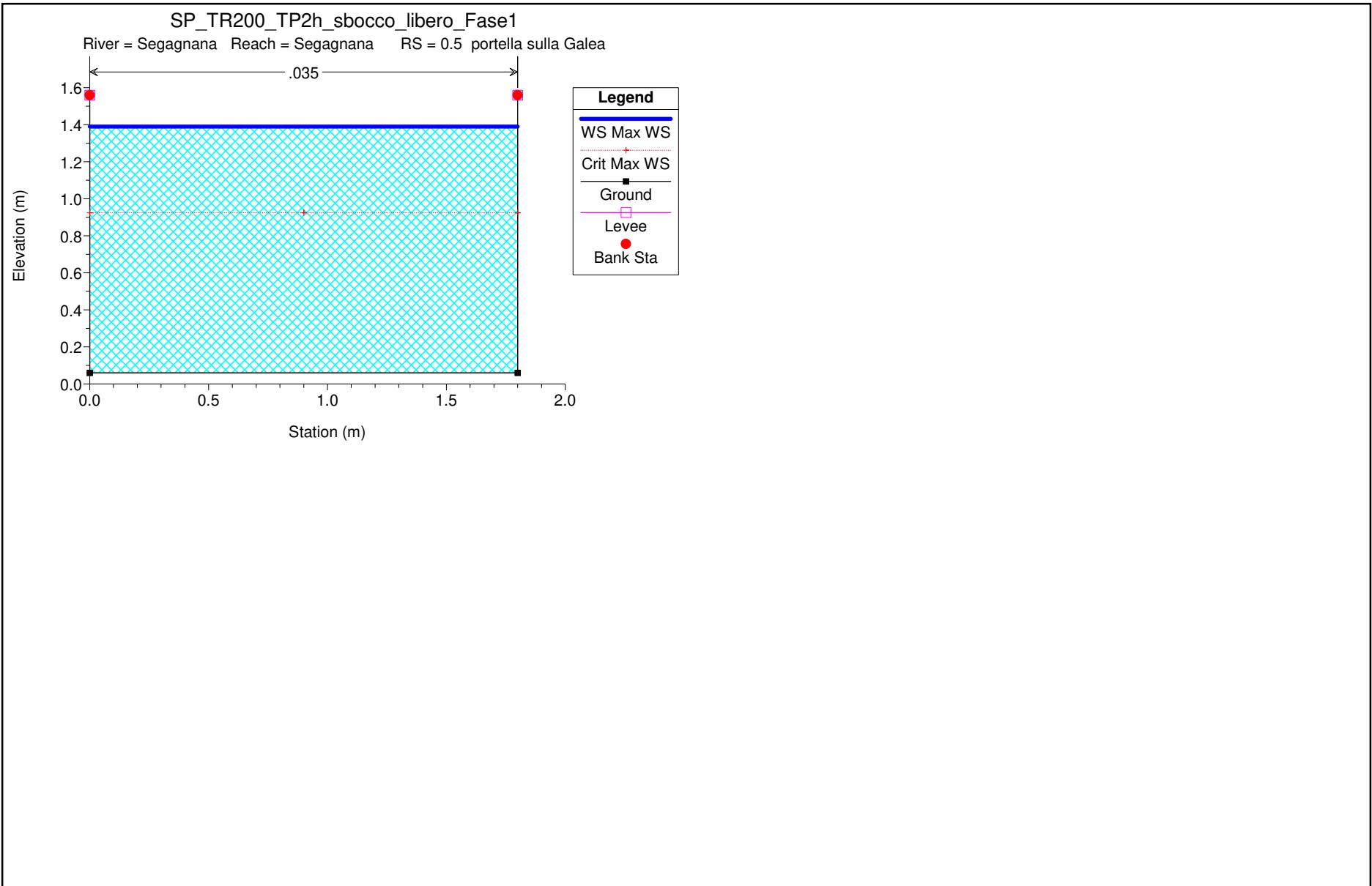




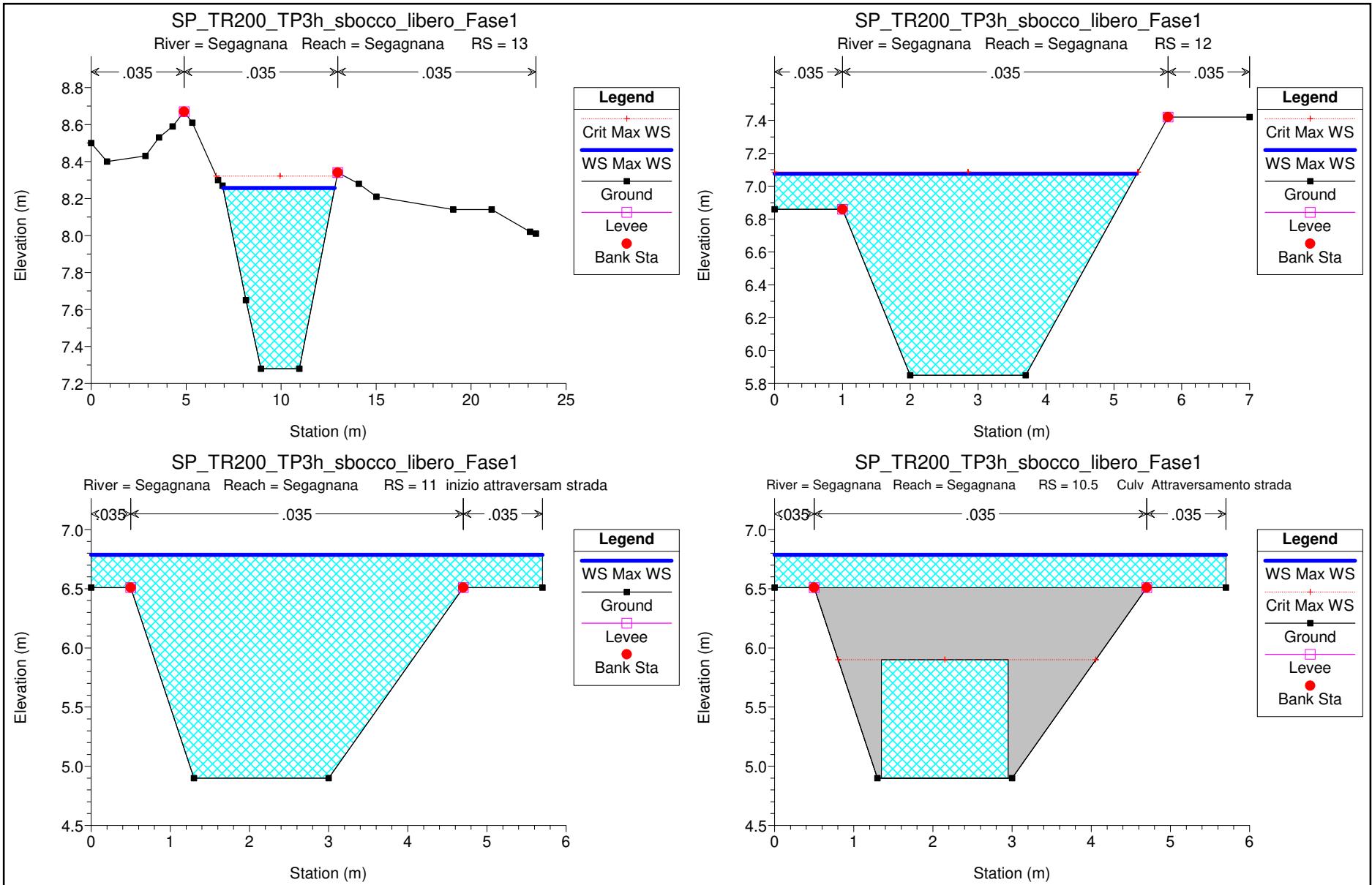


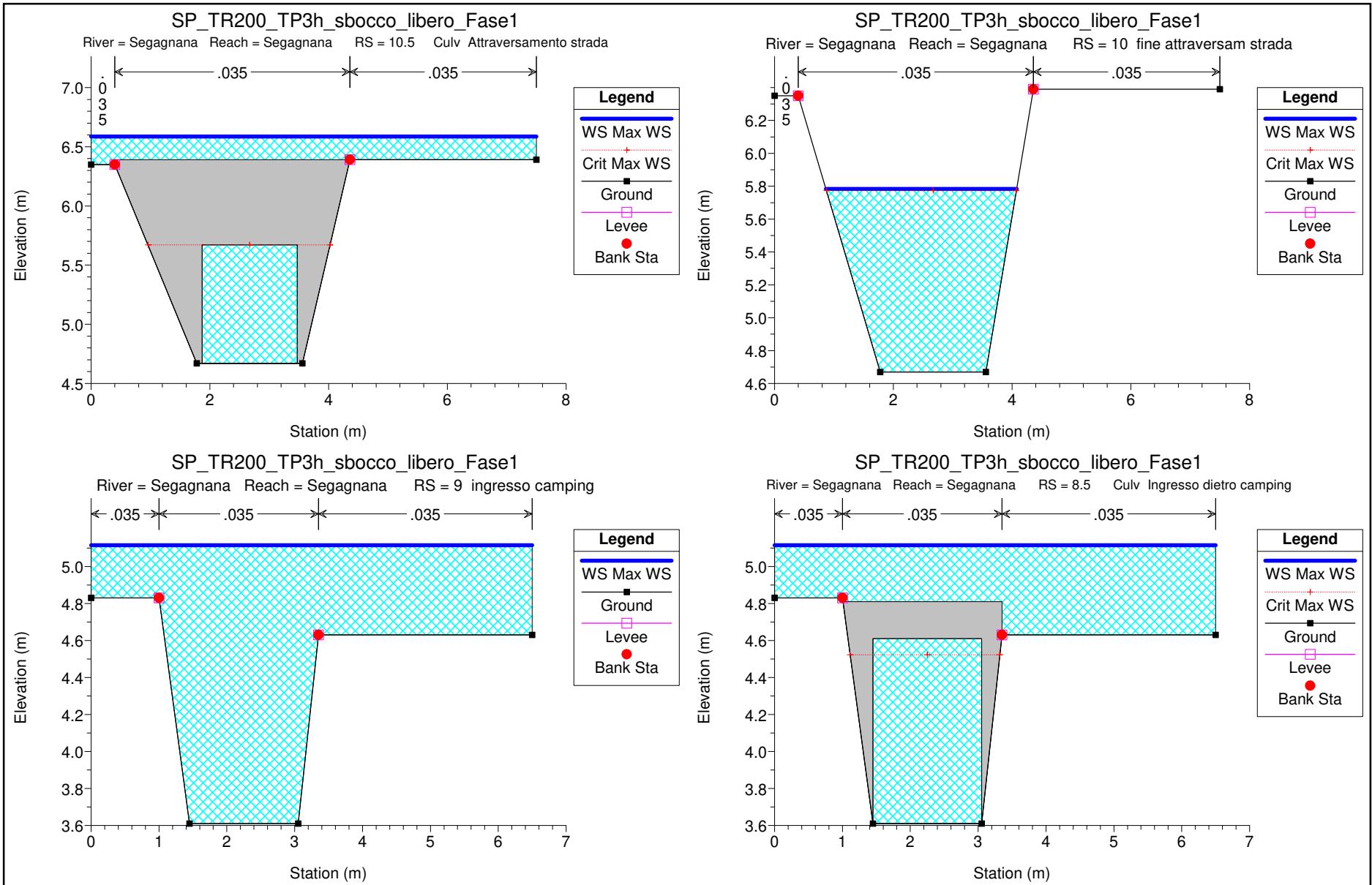


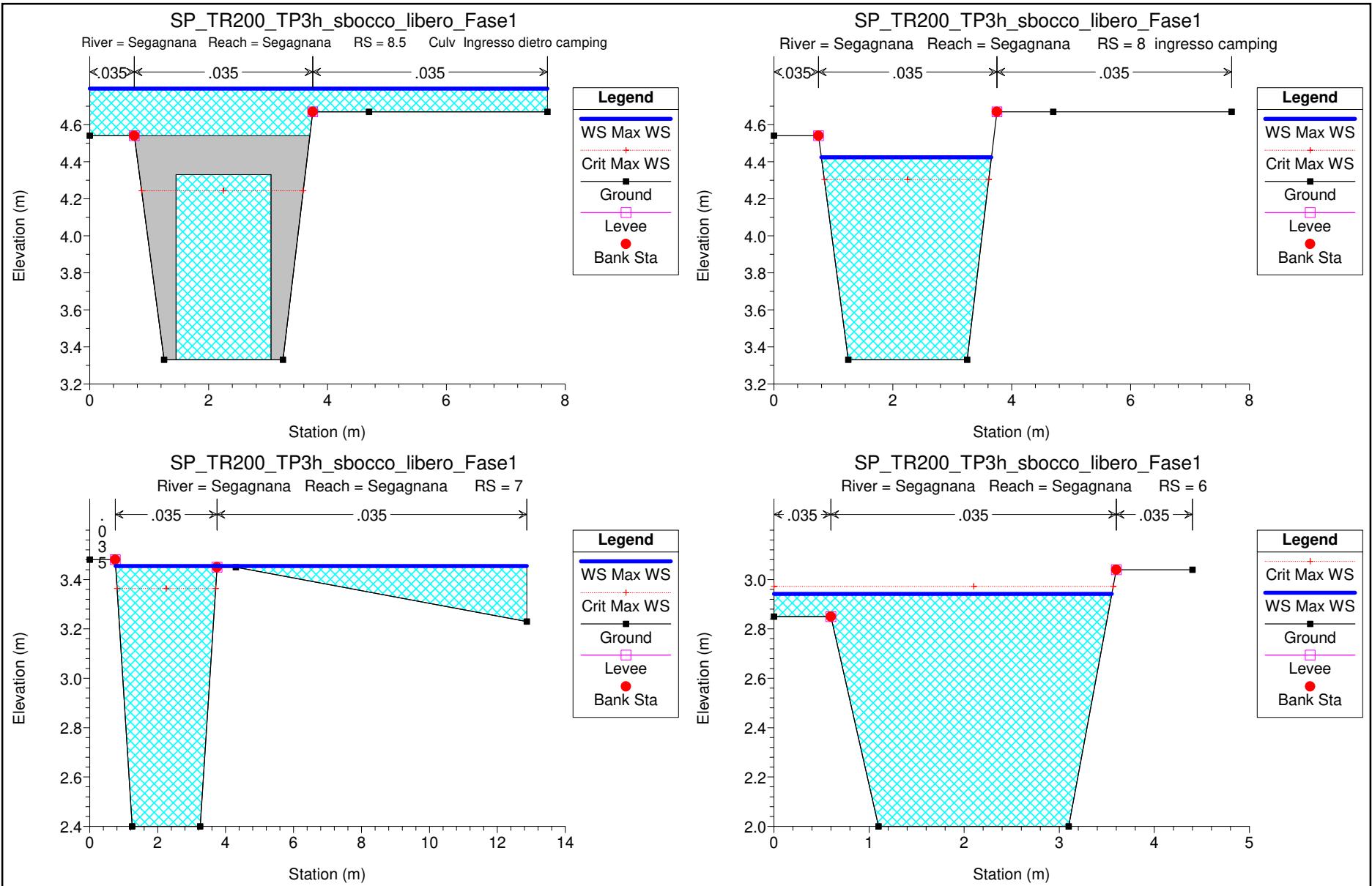


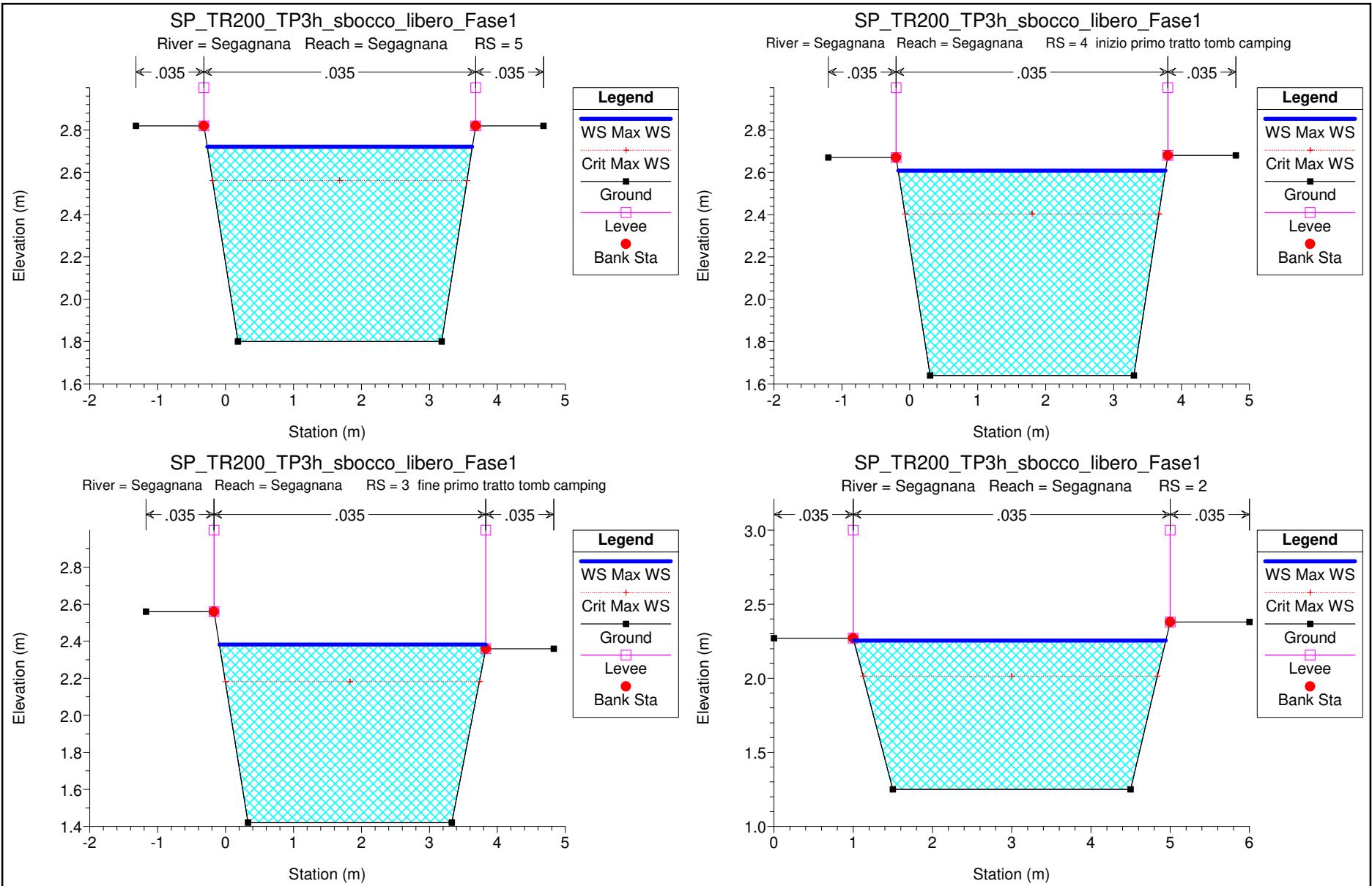


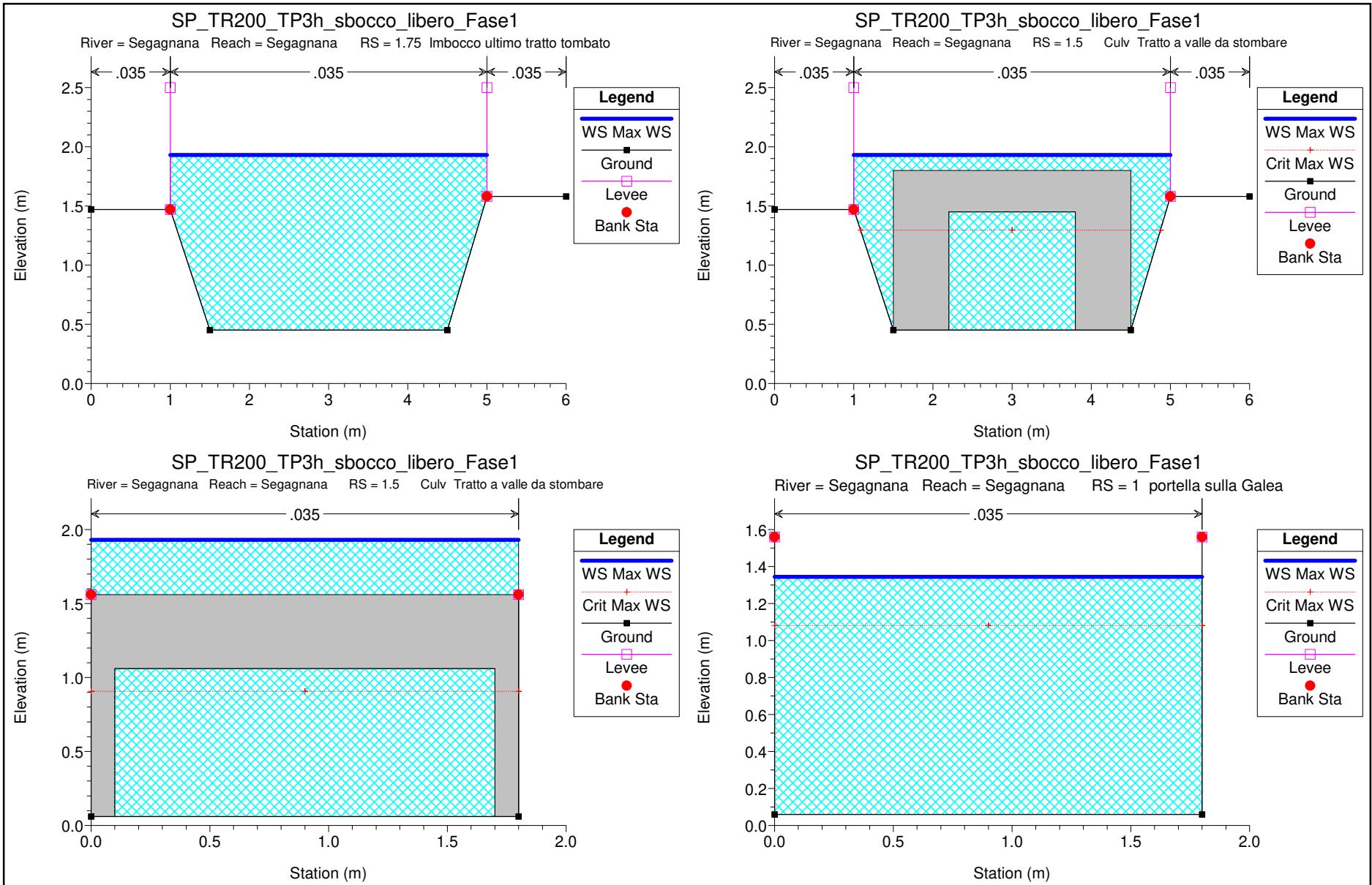
STATO PROGETTO STEP 1 TR 200 ANNI SBOCCO LIBERO Tp 3h

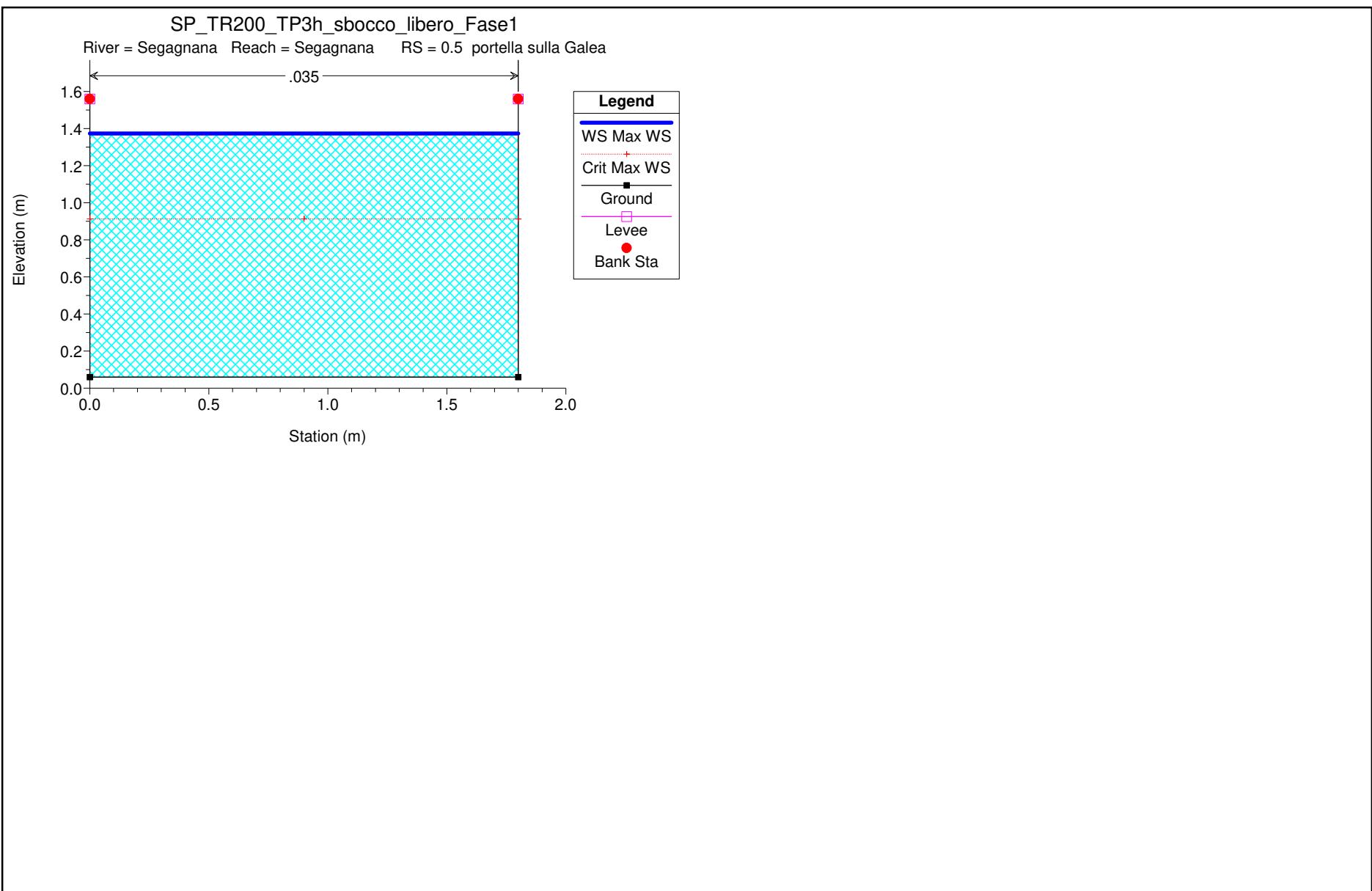




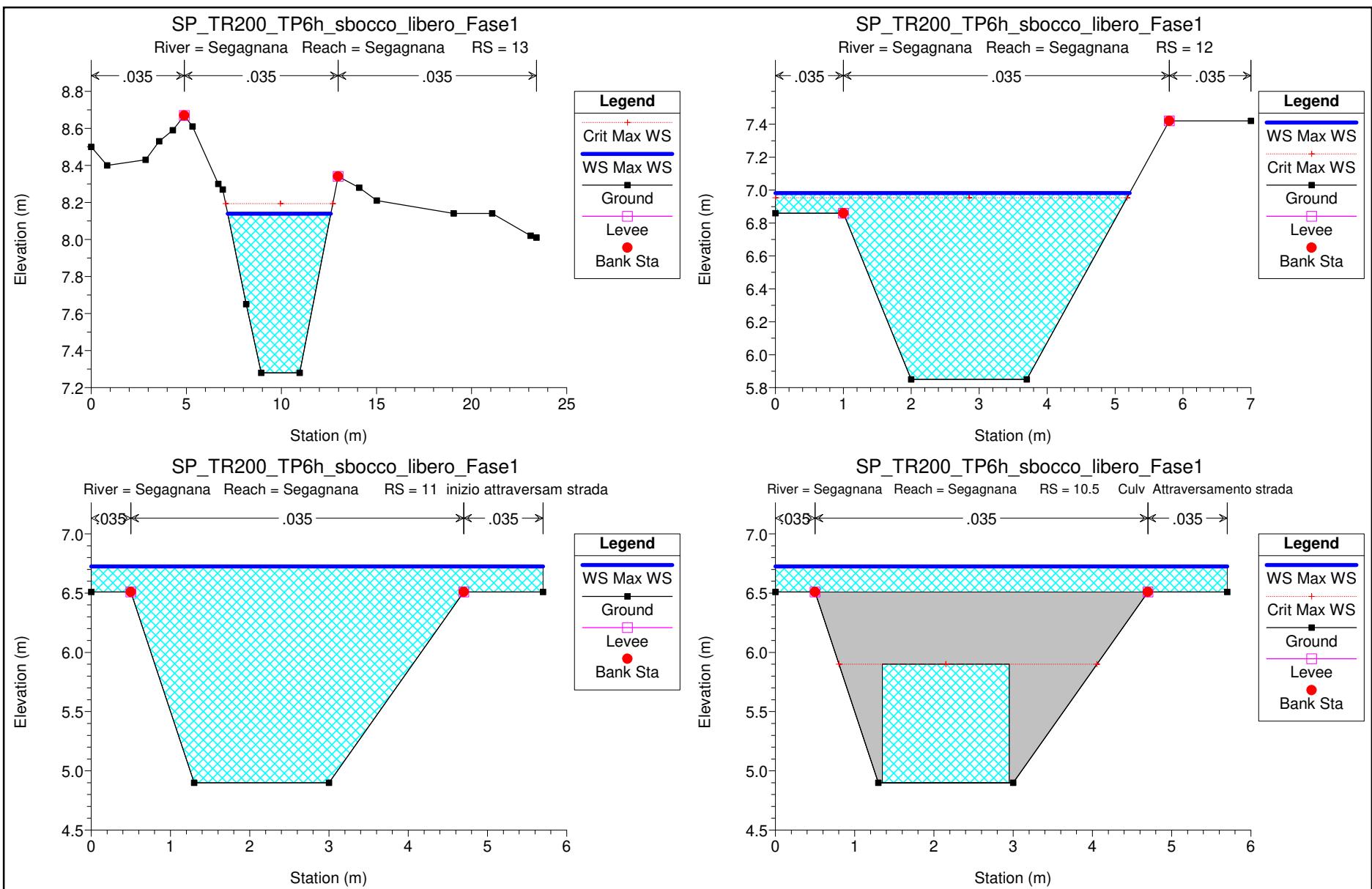


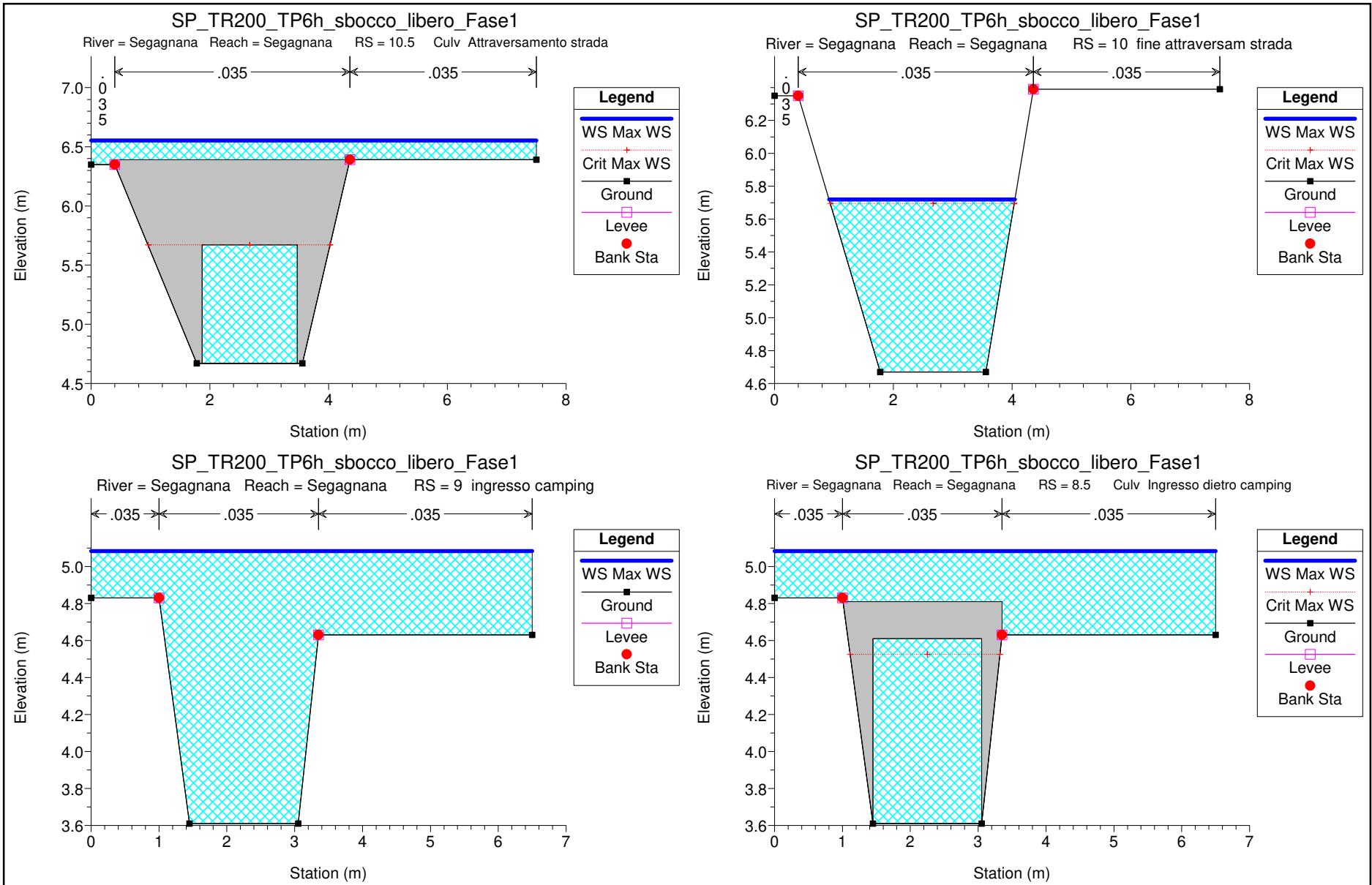


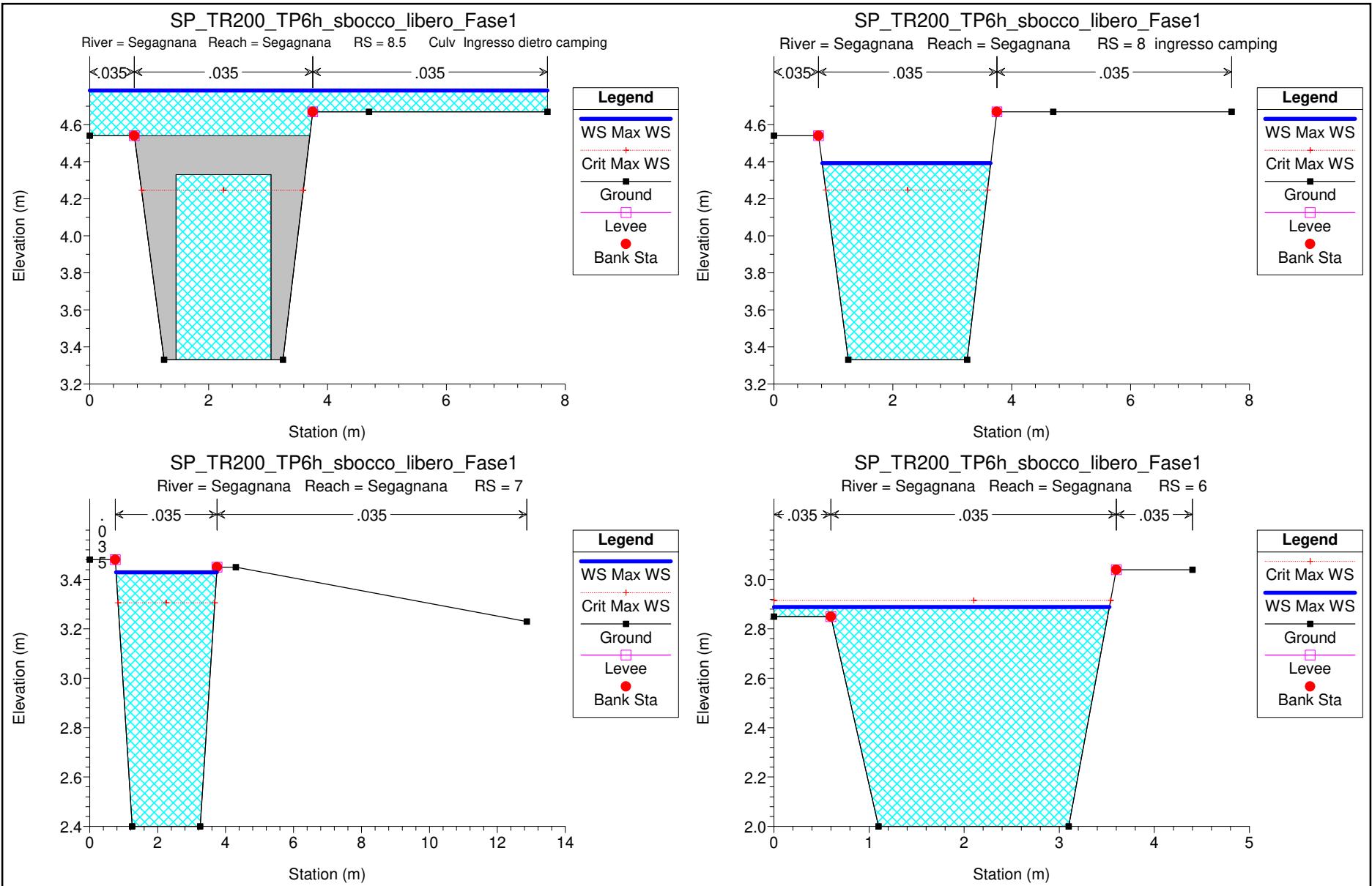


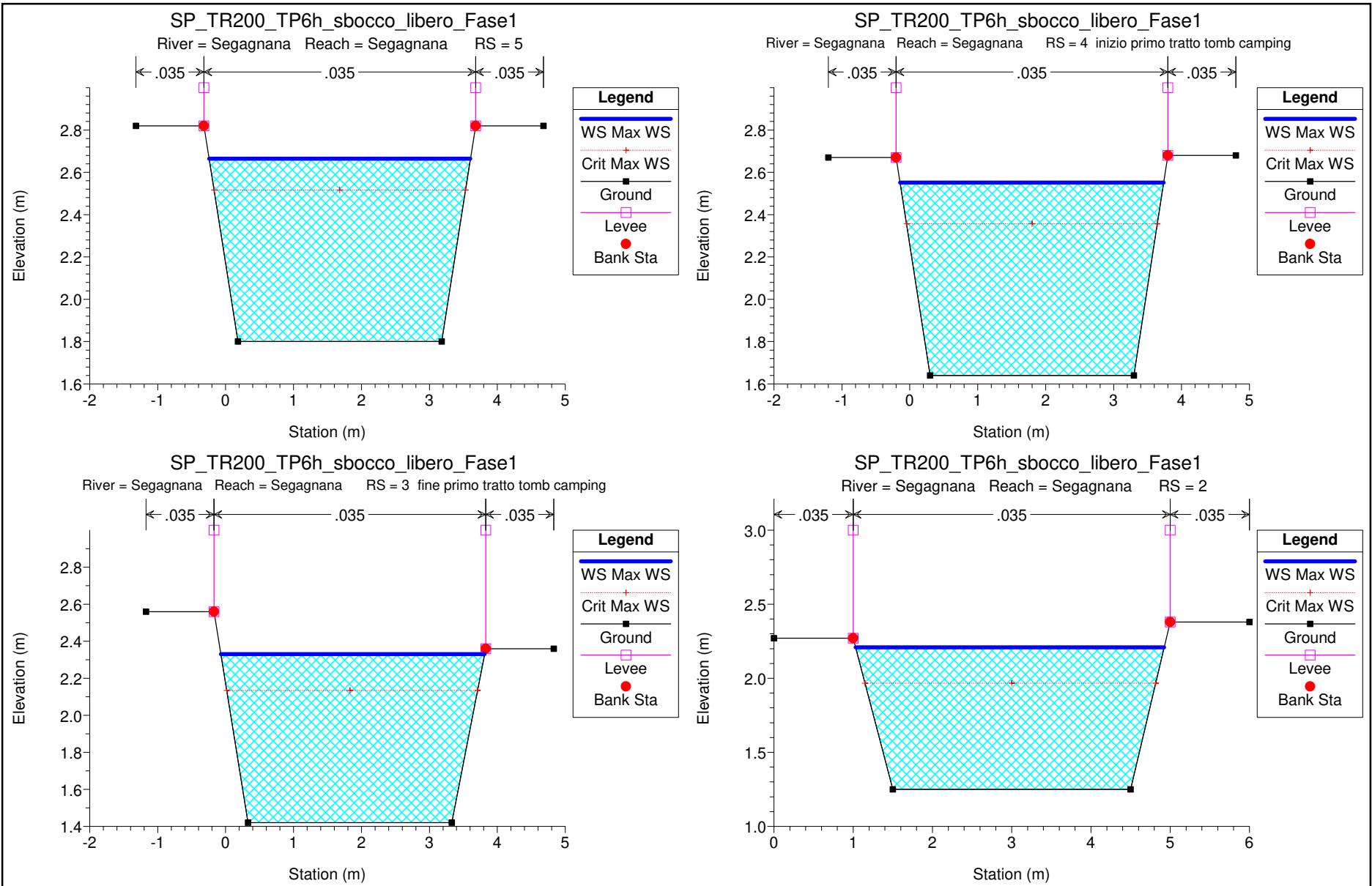


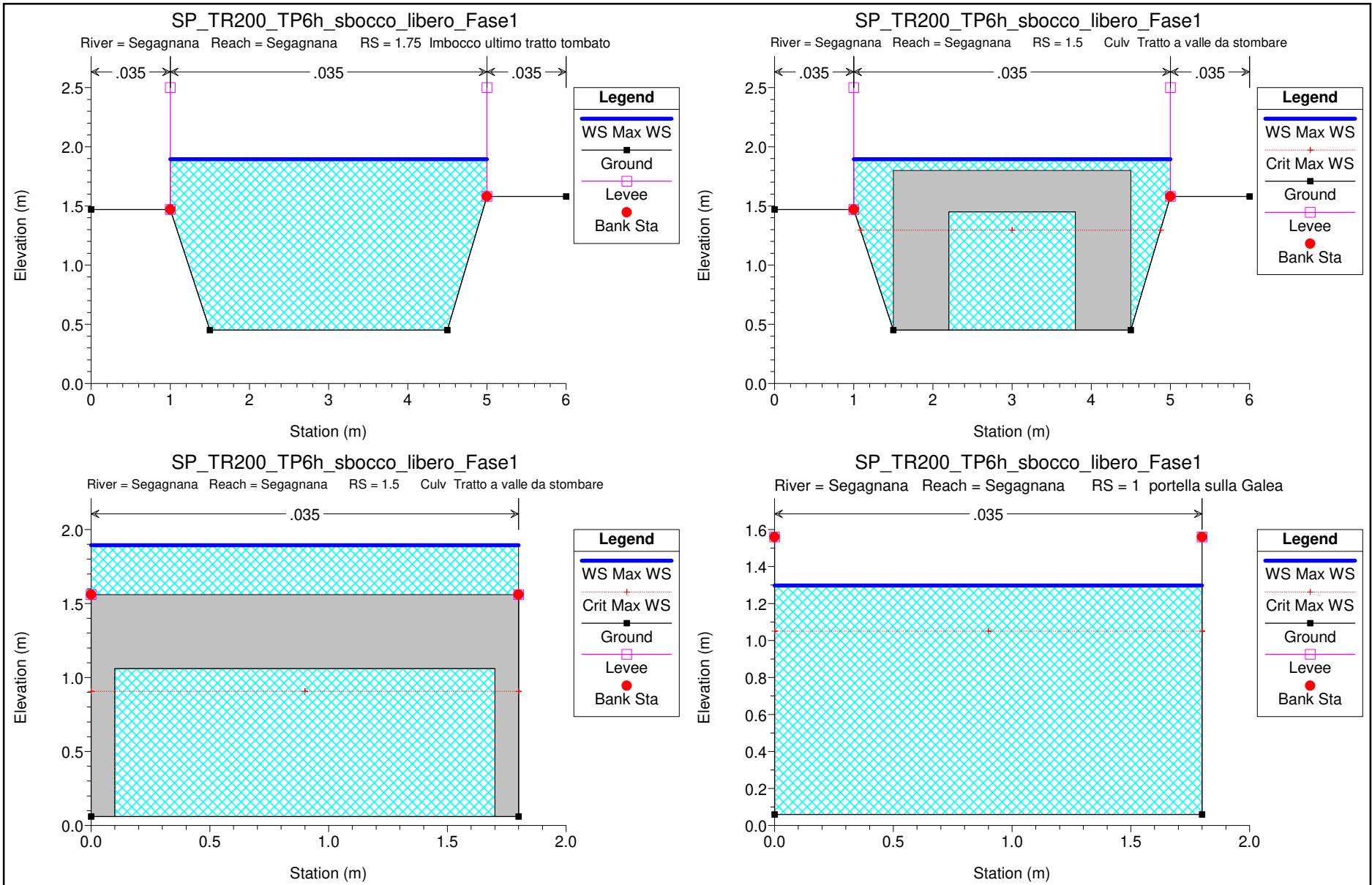
STATO PROGETTO STEP 1 TR 200 ANNI SBOCCO LIBERO Tp 6h

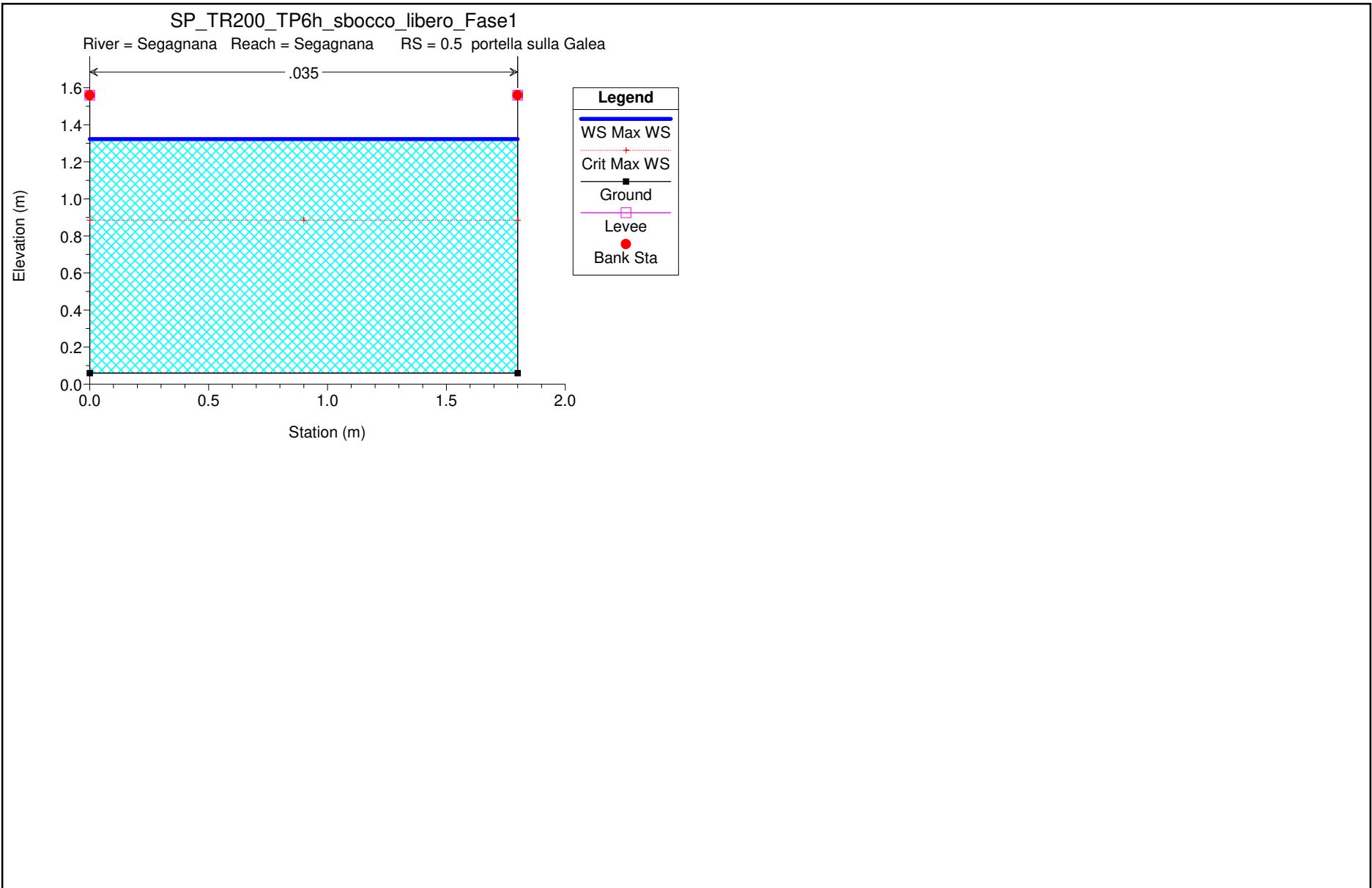




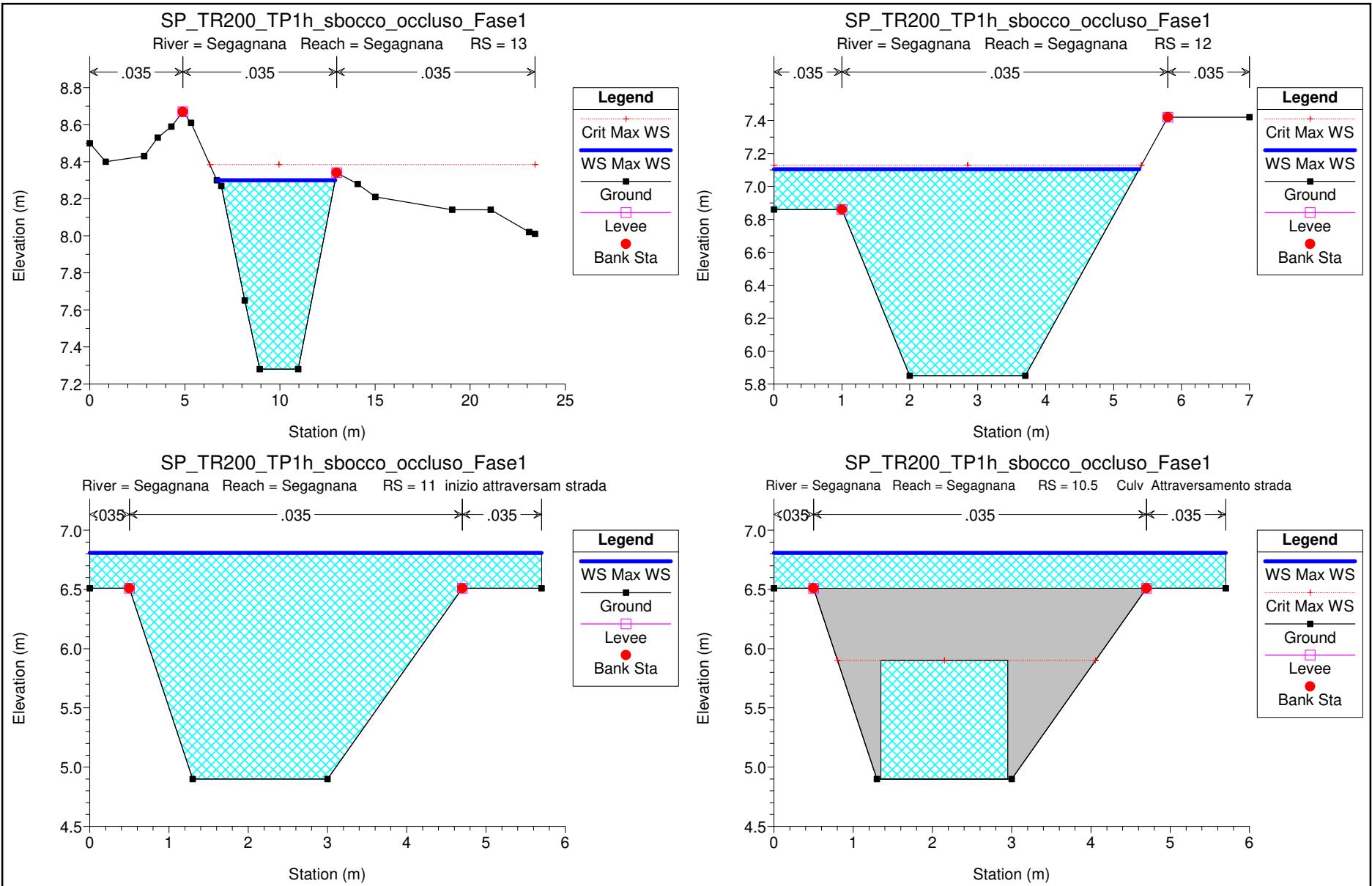


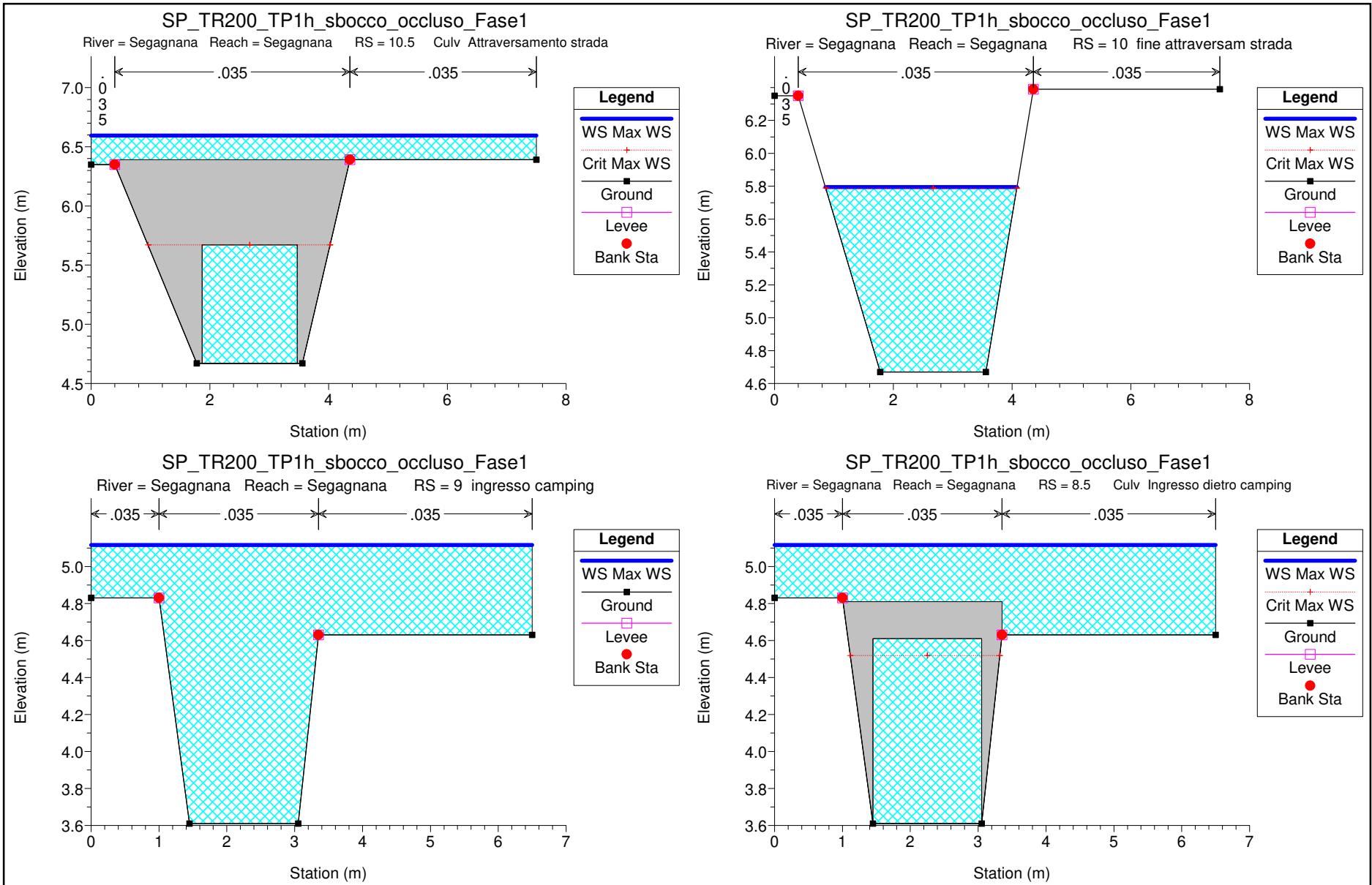


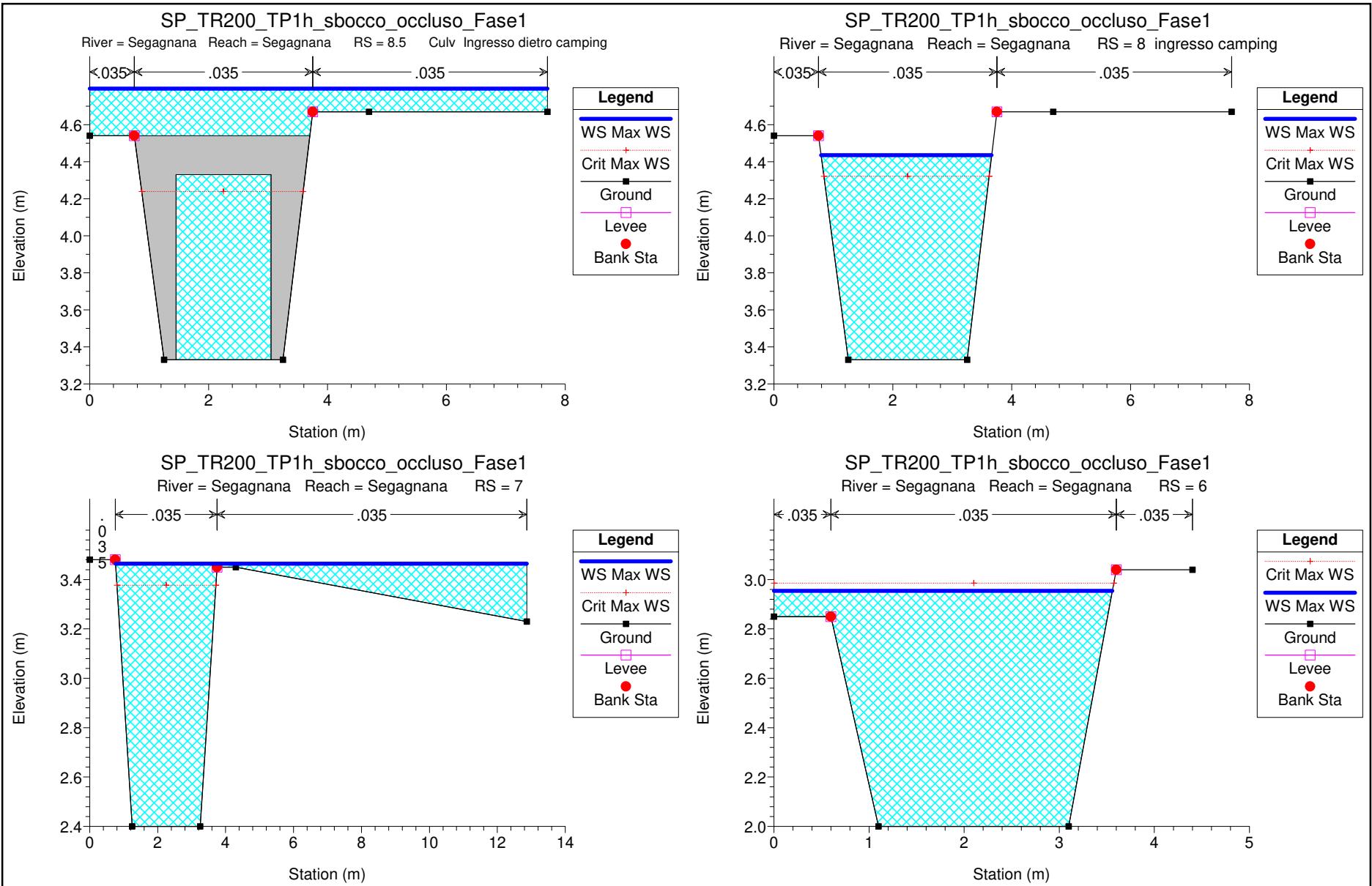


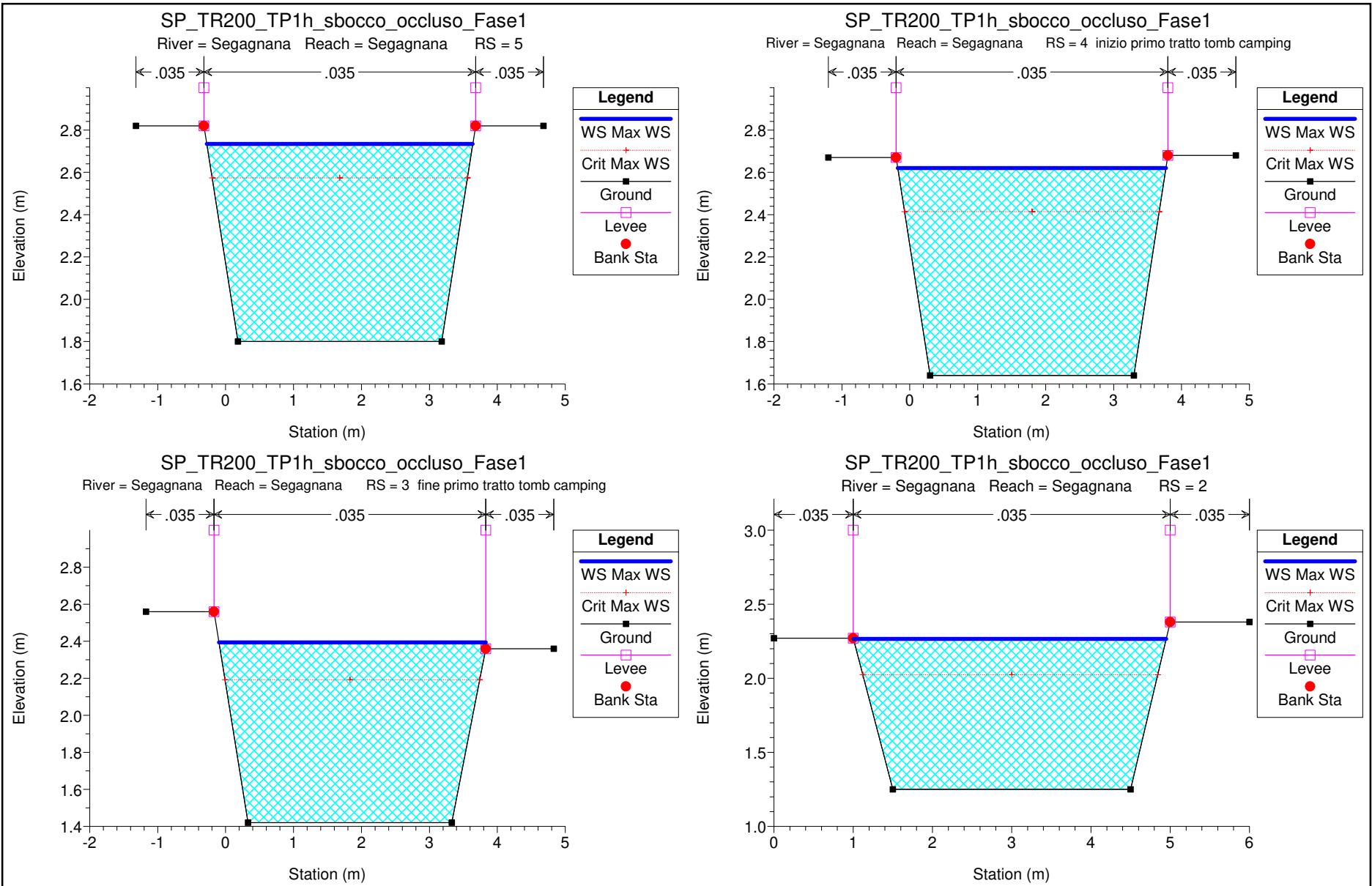


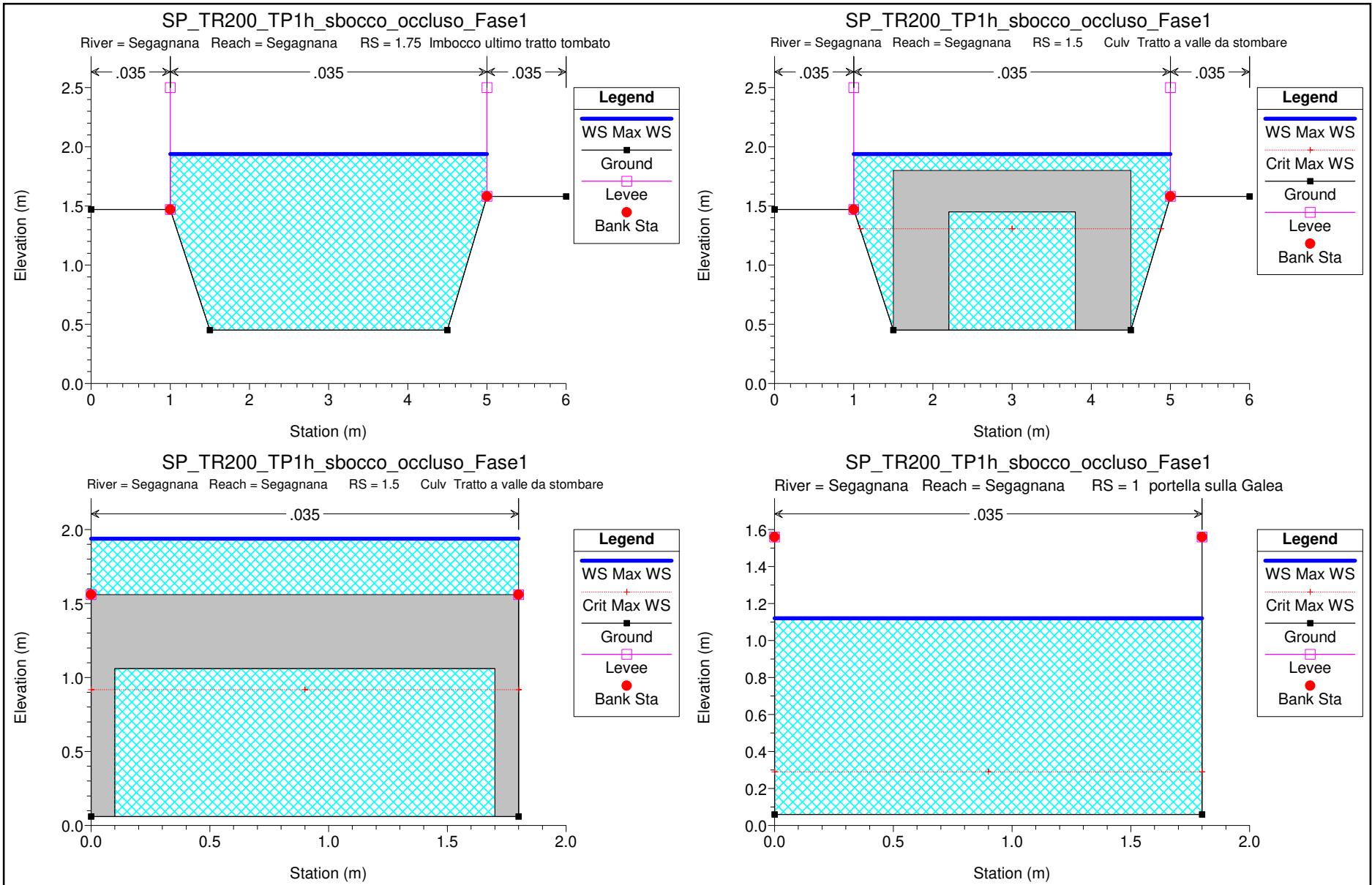
STATO PROGETTO STEP 1 TR 200 ANNI SBOCCO OCCLUSO Tp 1h

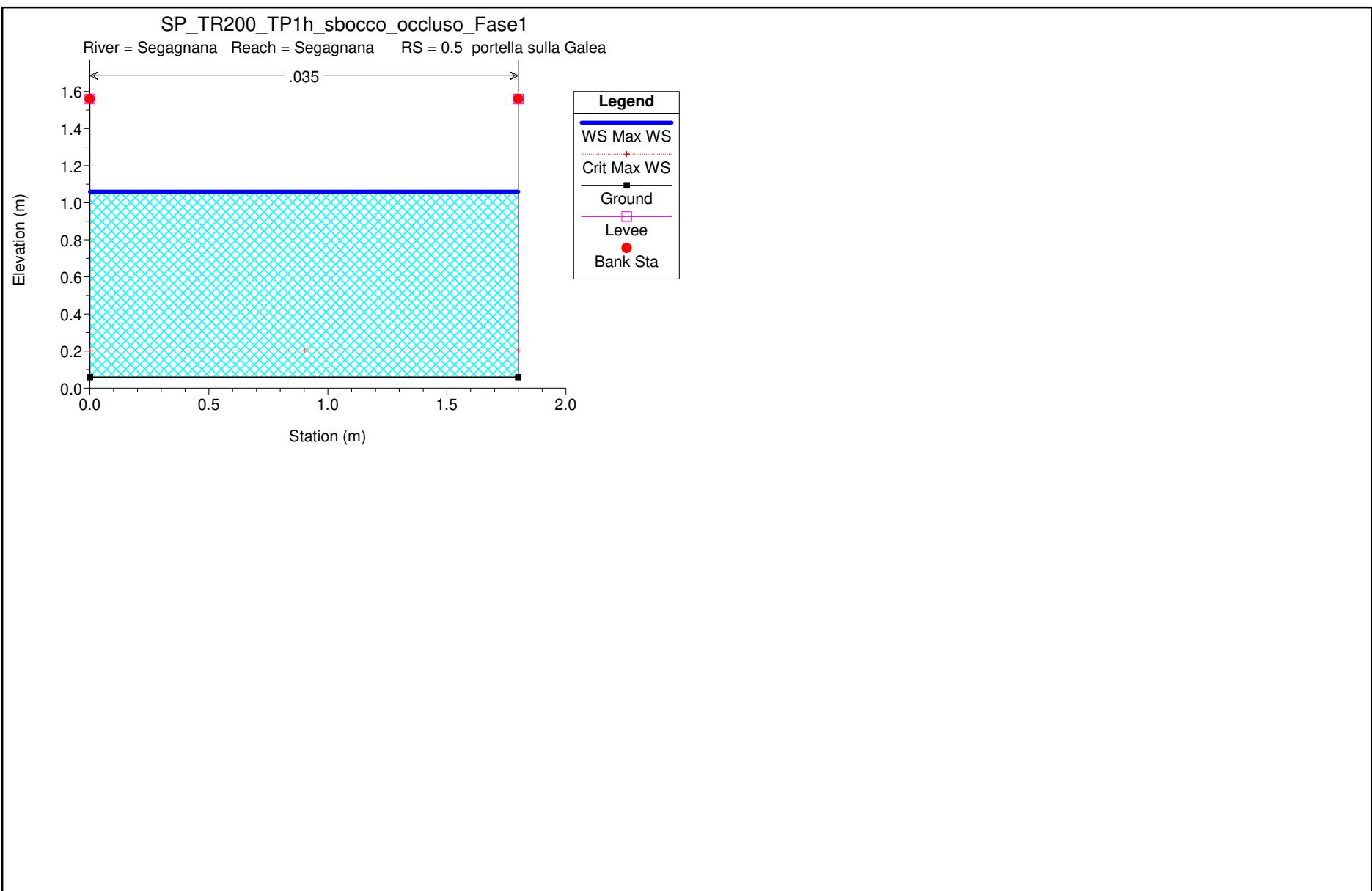




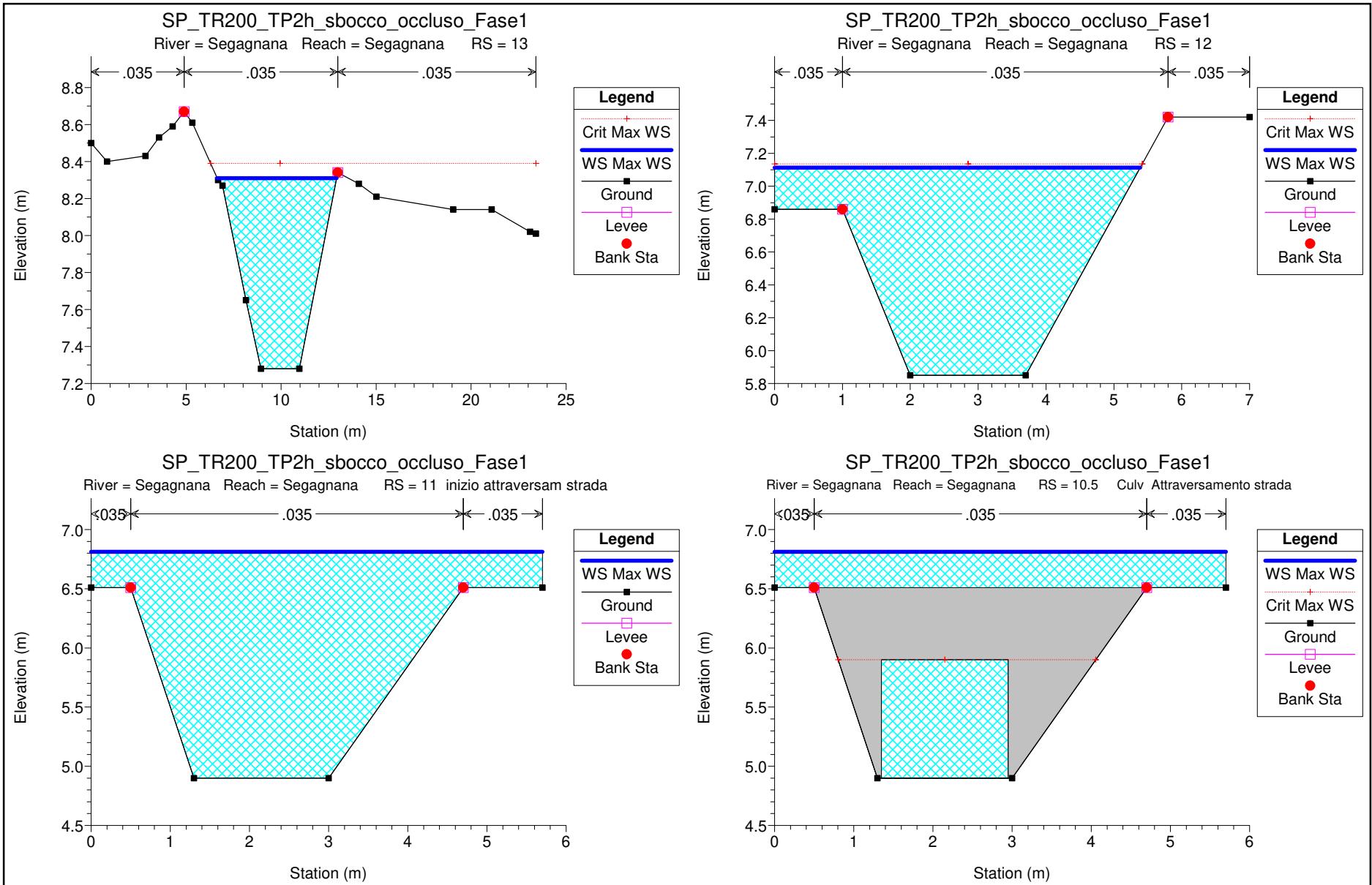


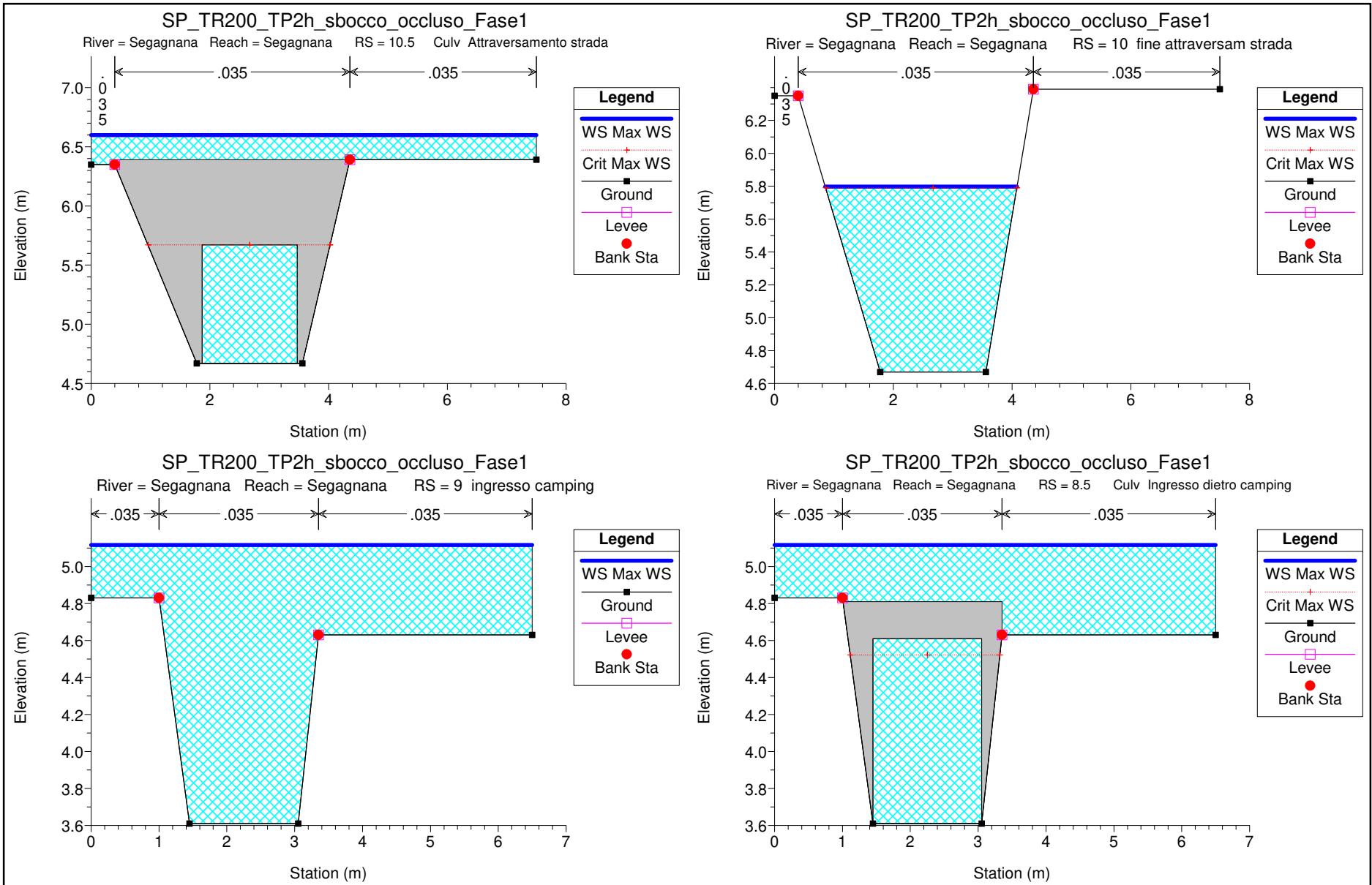


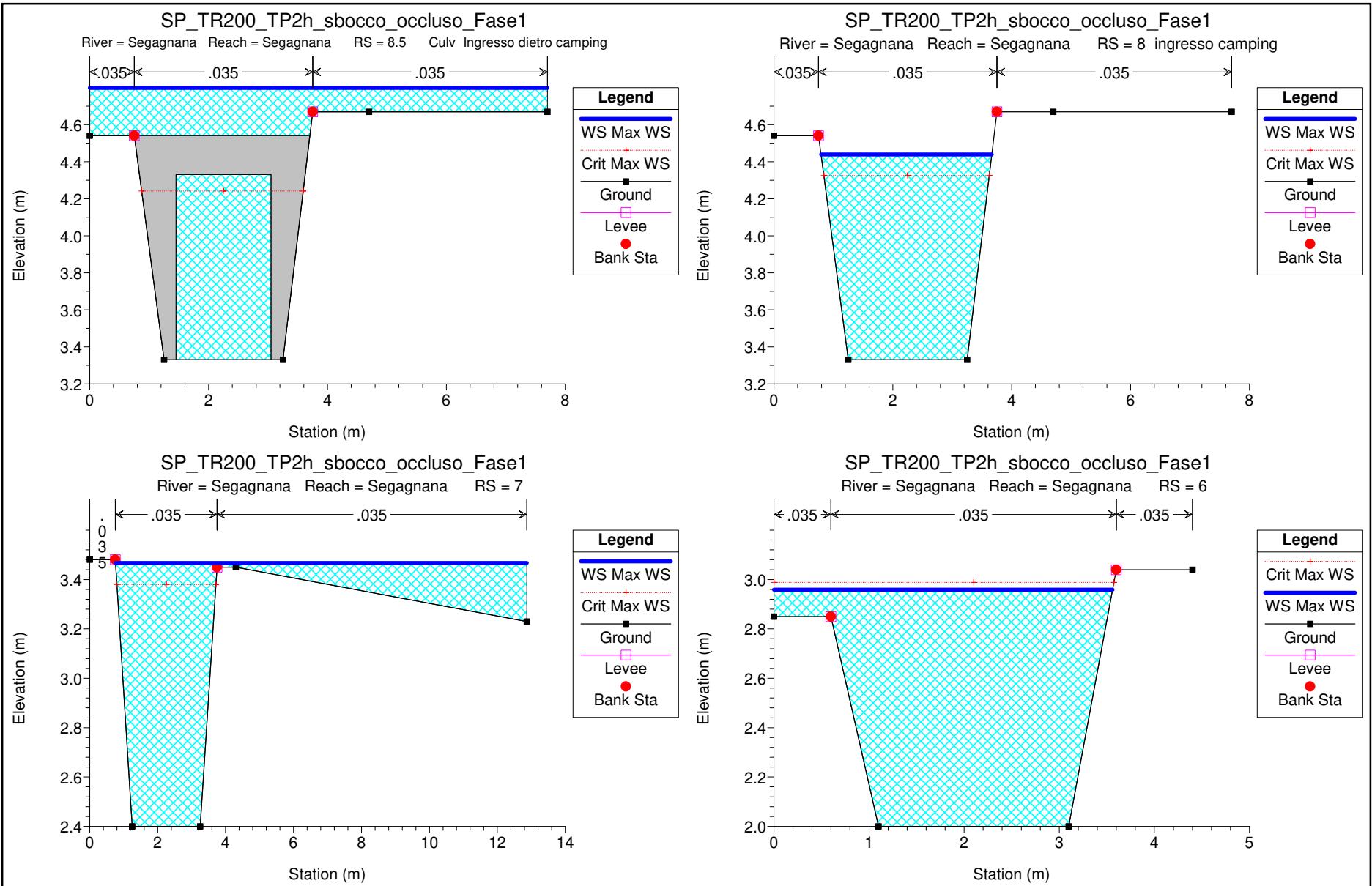


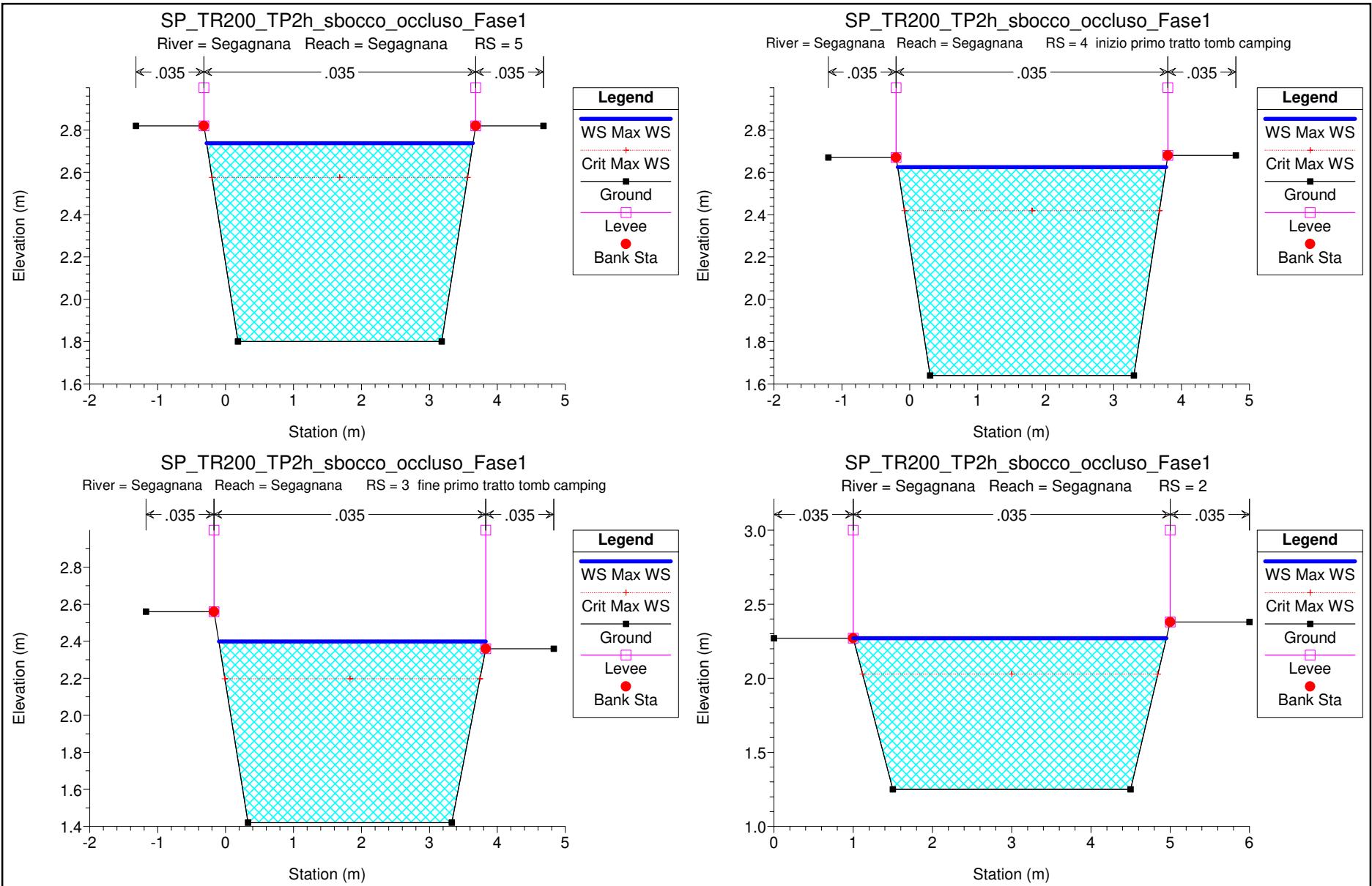


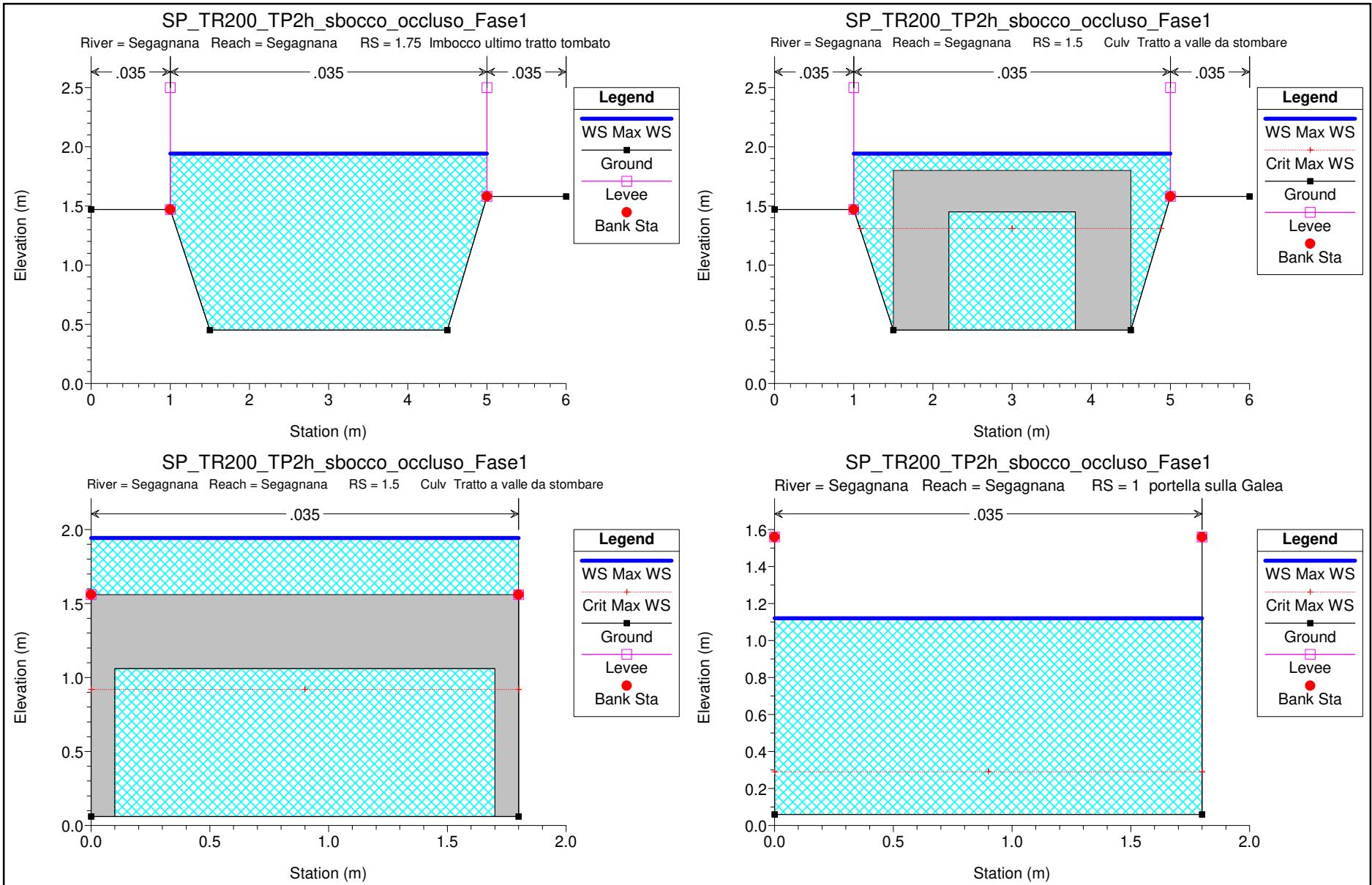
STATO PROGETTO STEP 1 TR 200 ANNI SBOCCO OCCLUSO Tp 2h

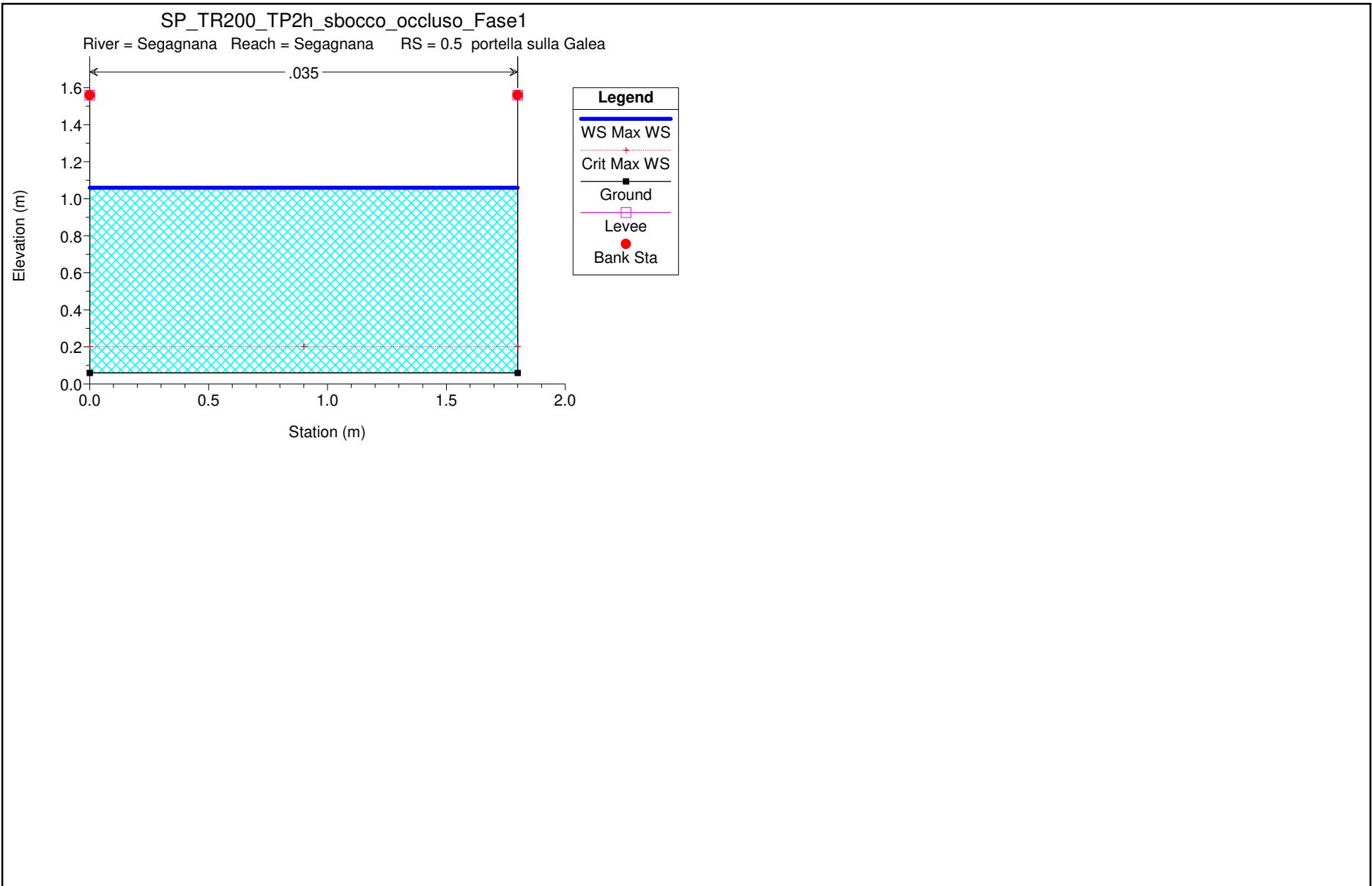




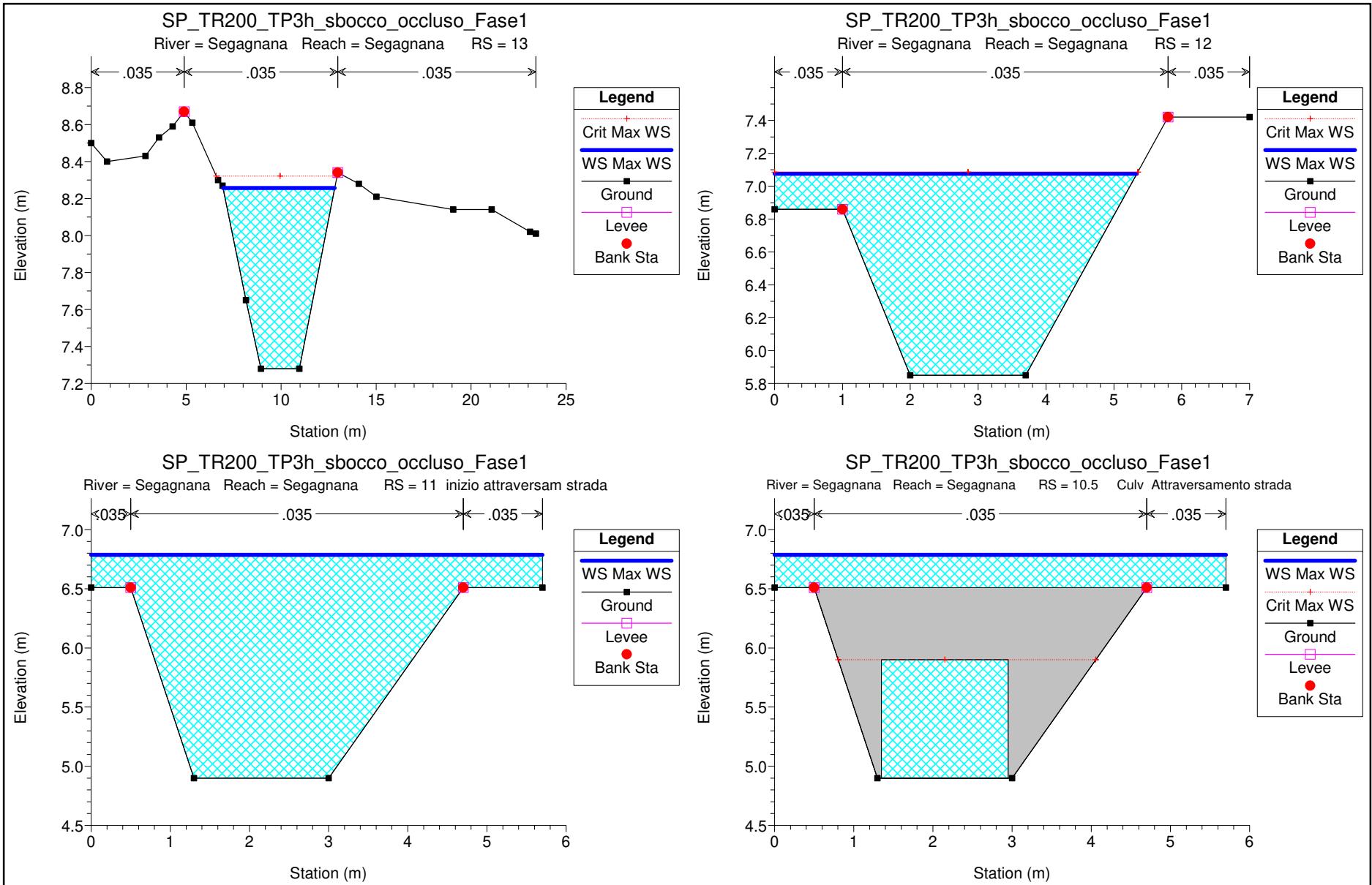


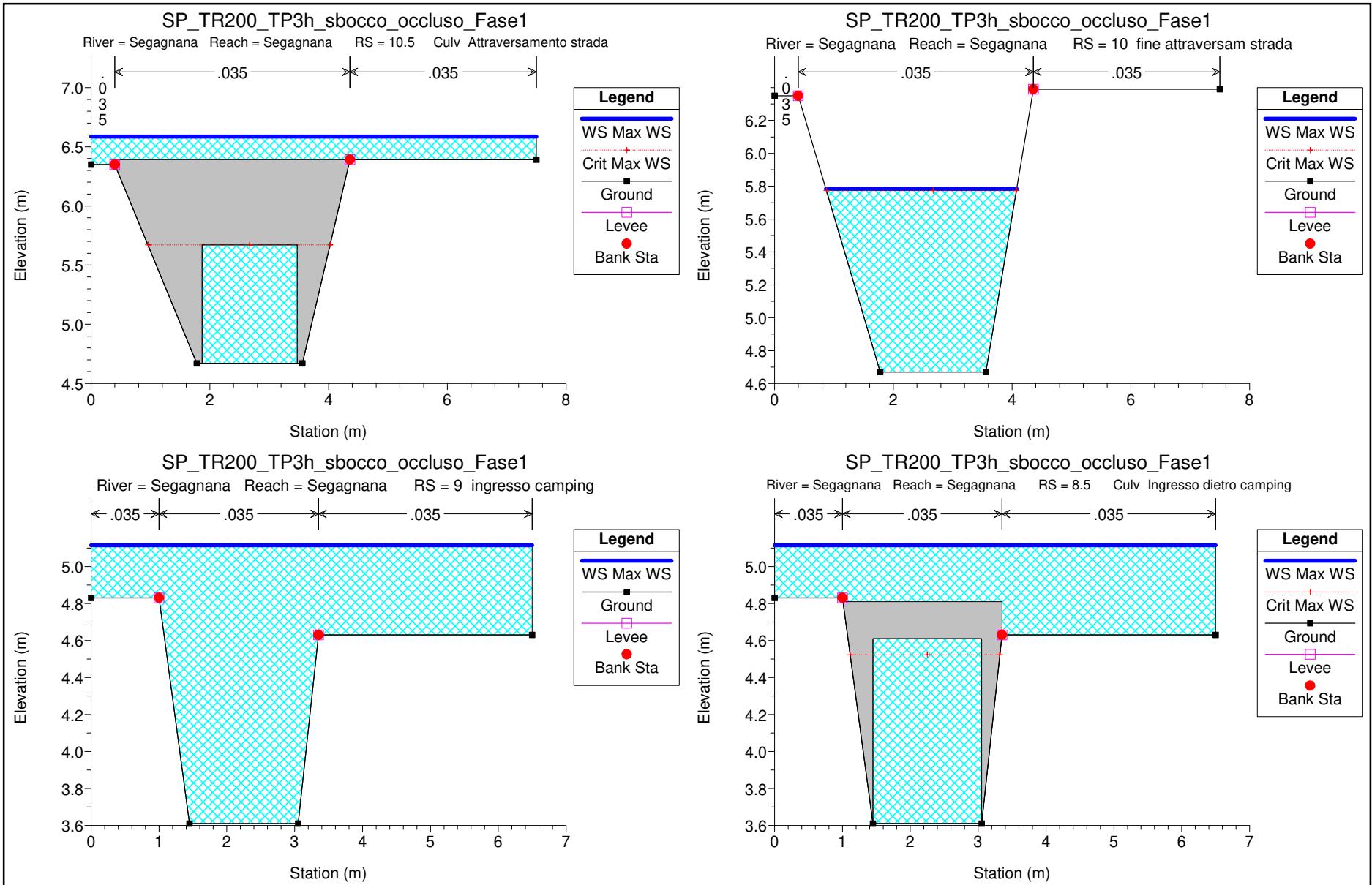


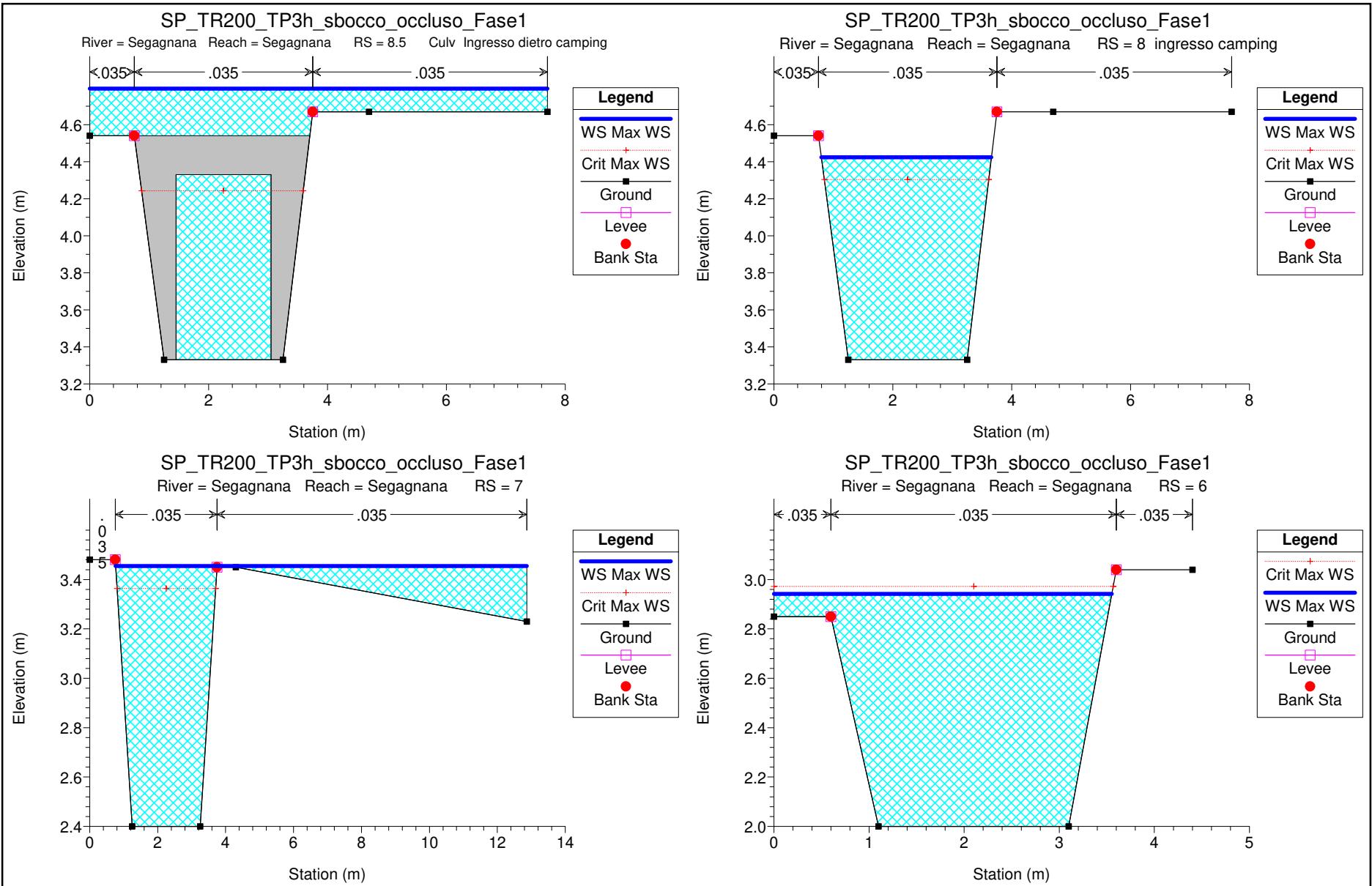


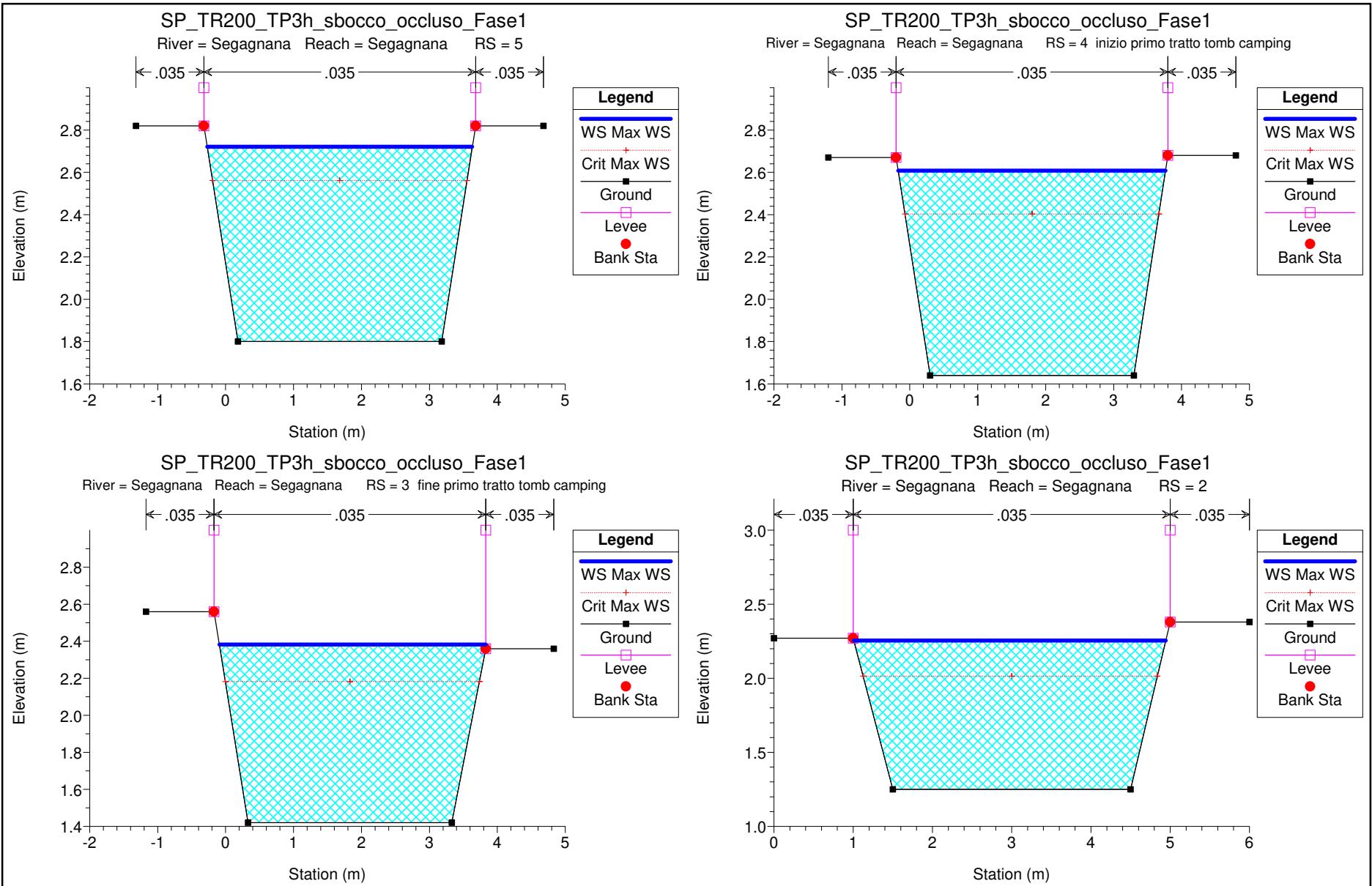


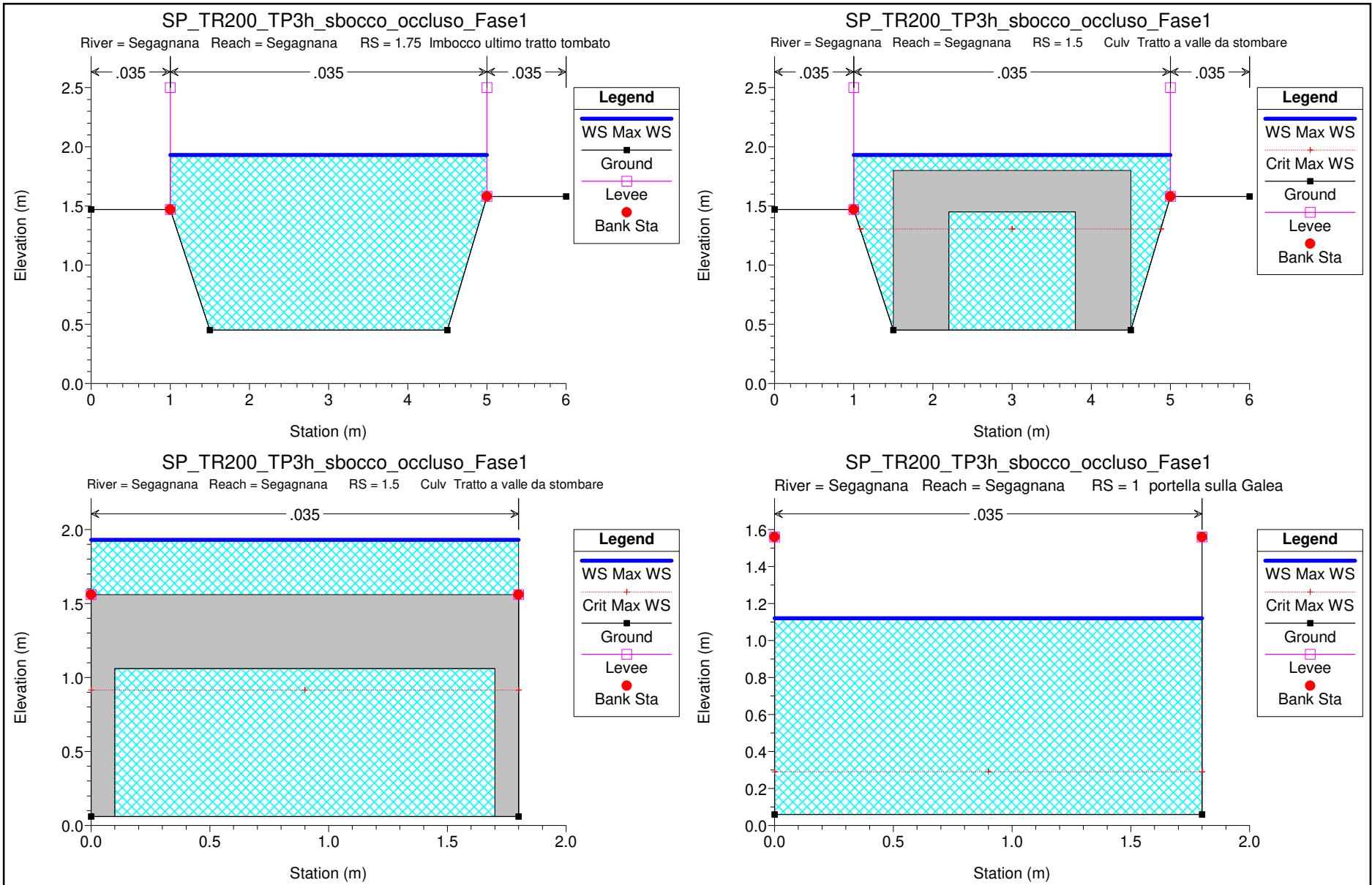
STATO PROGETTO STEP 1 TR 200 ANNI SBOCCO OCCLUSO Tp 3h

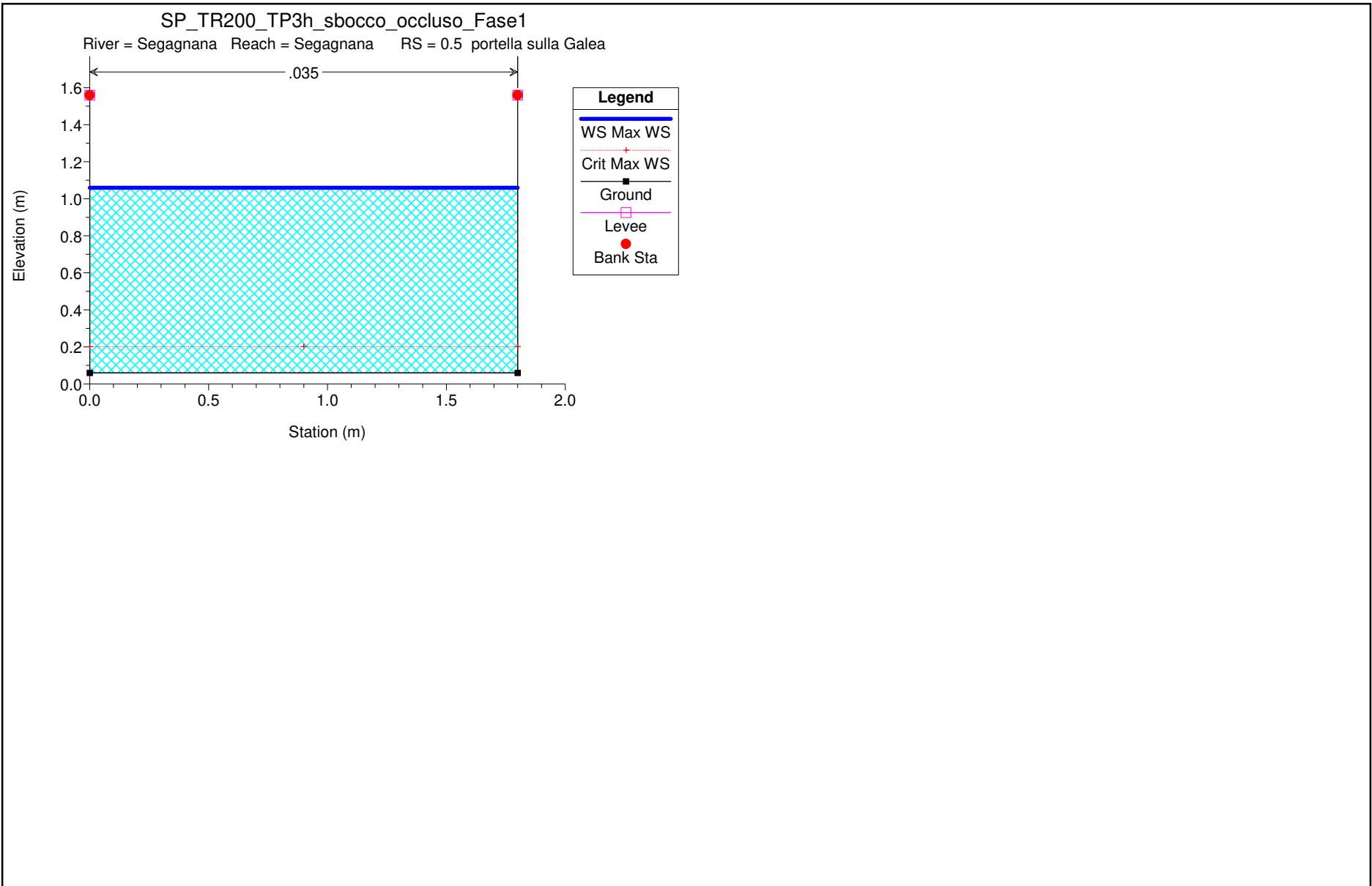




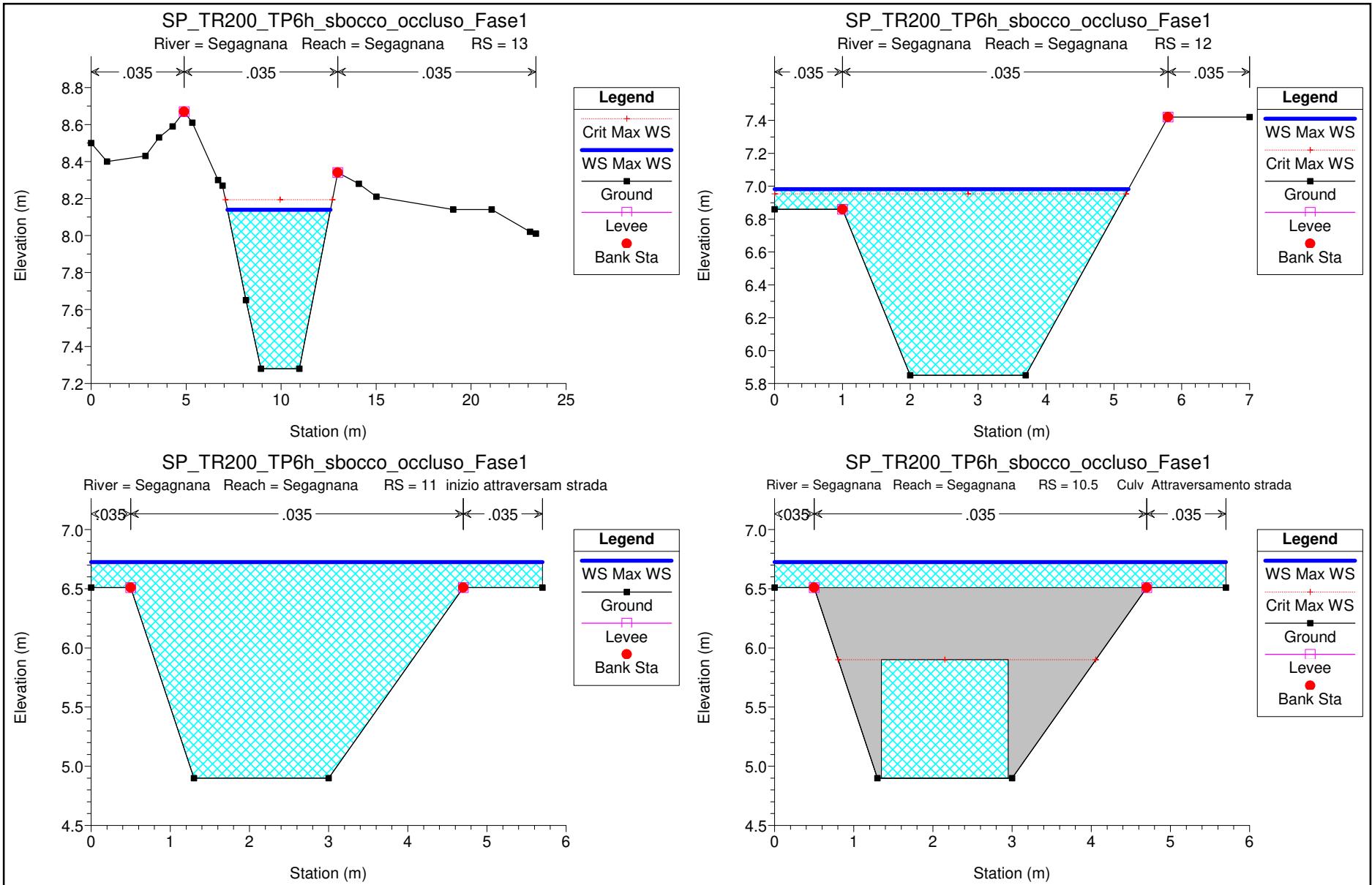


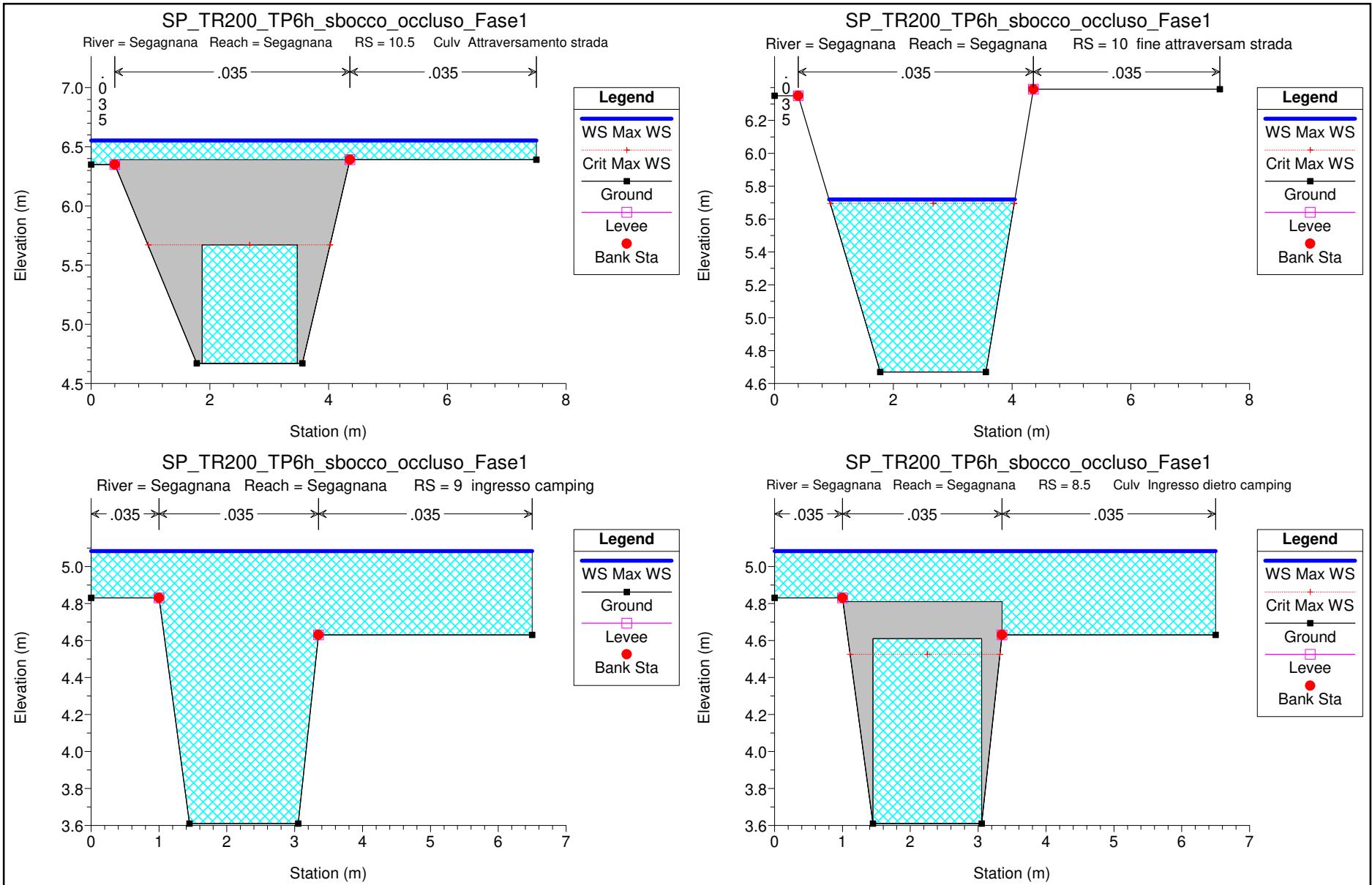


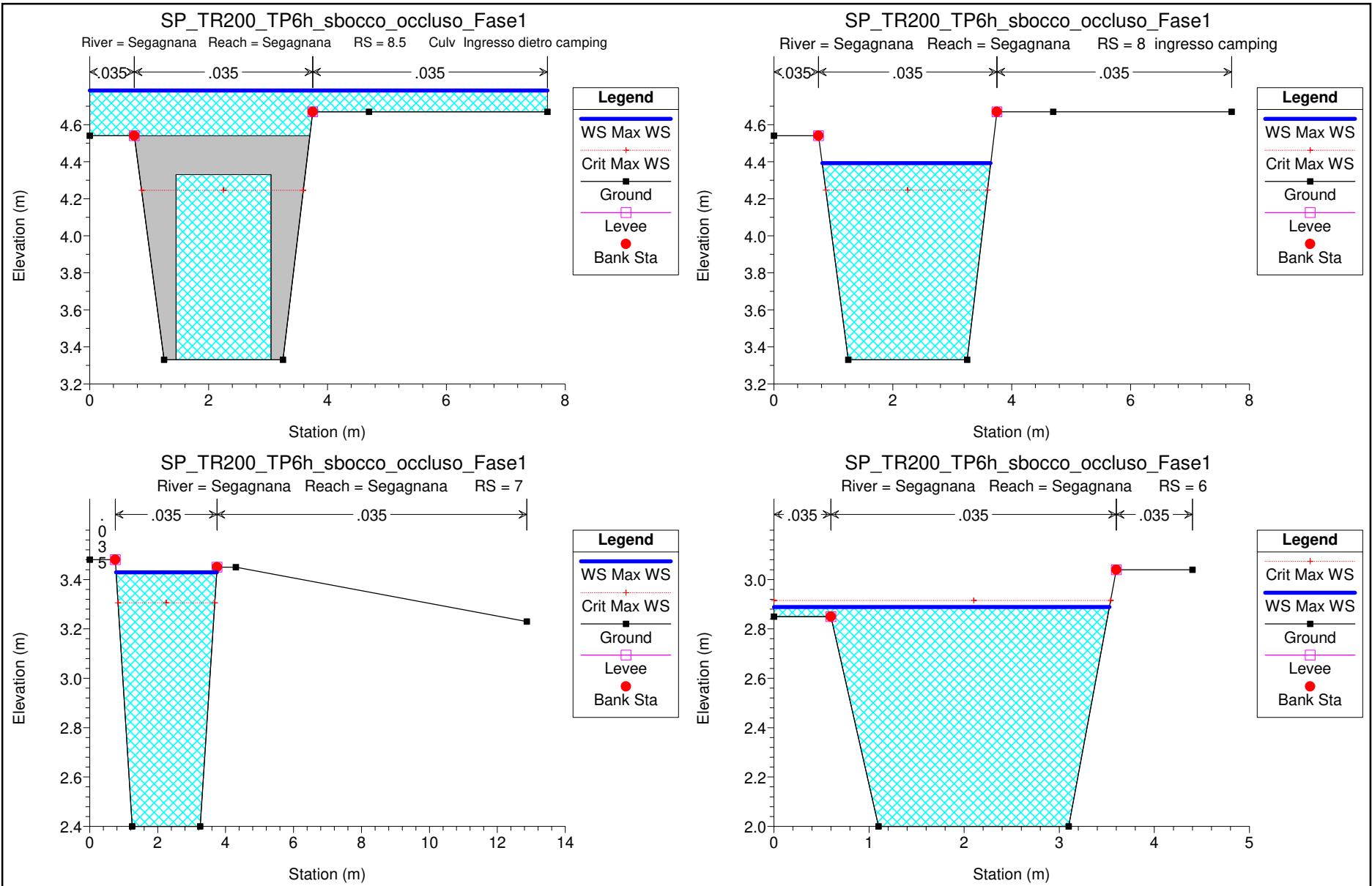


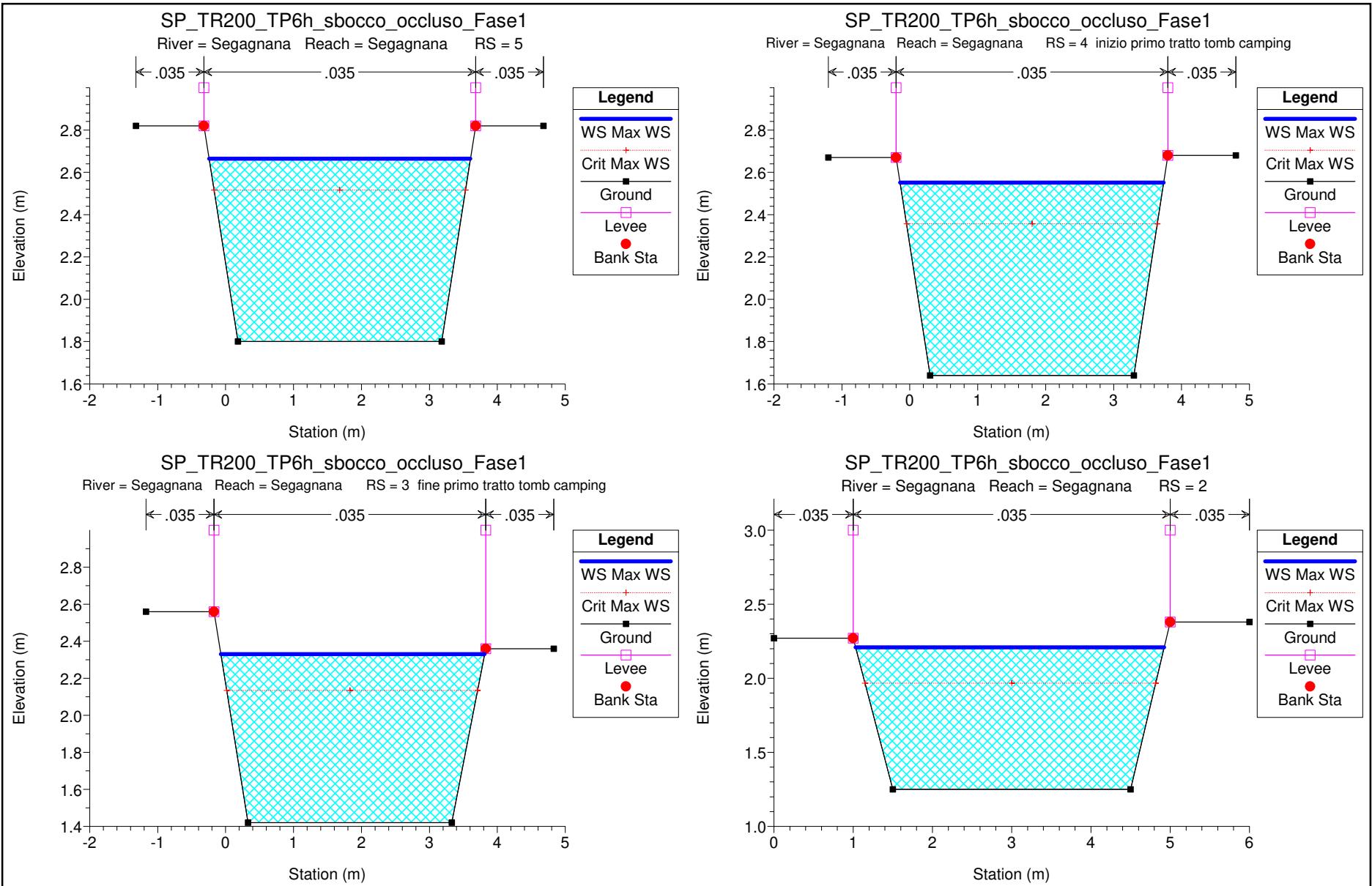


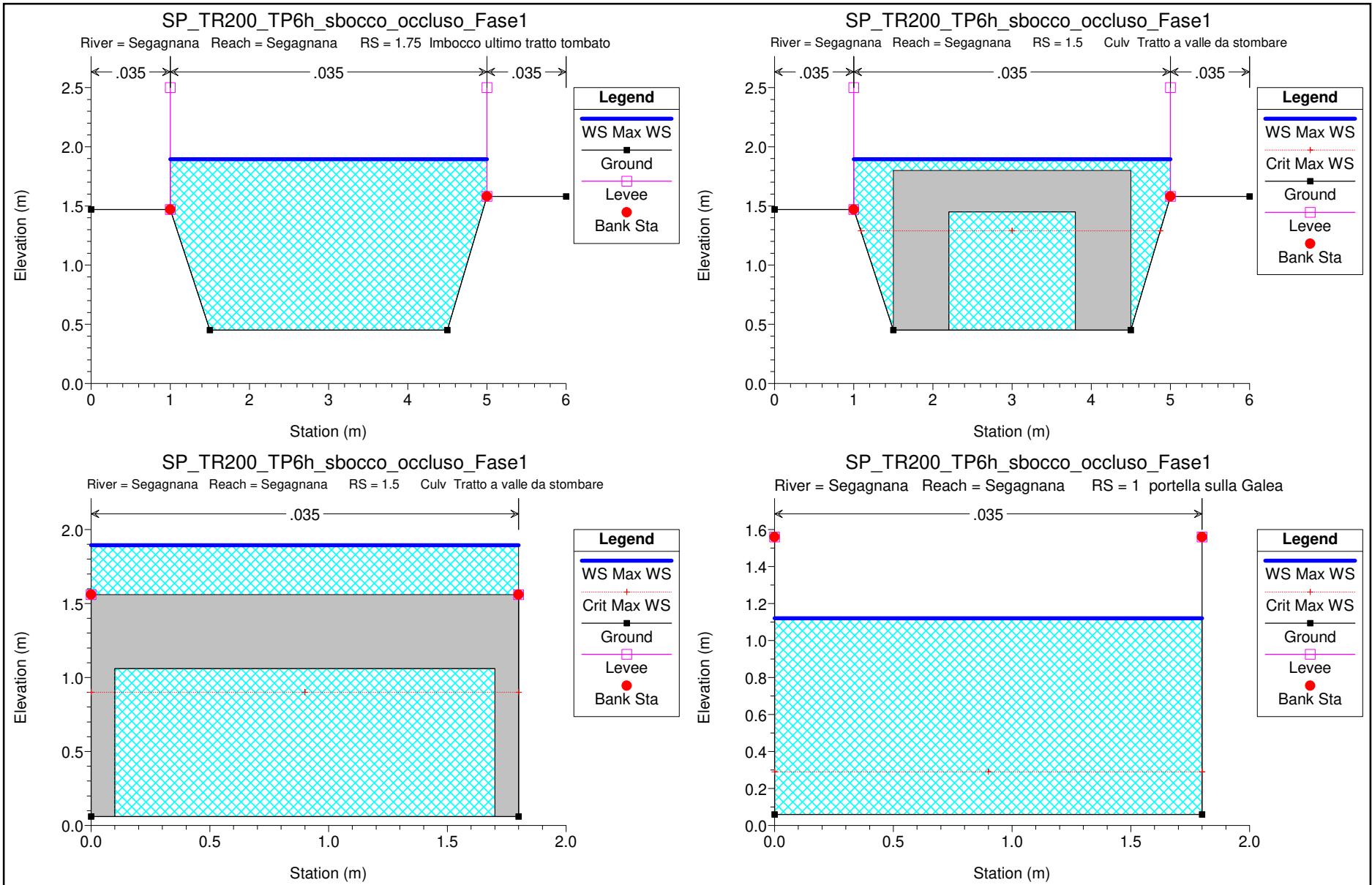
STATO PROGETTO STEP 1 TR 200 ANNI SBOCCO OCCLUSO Tp 6h

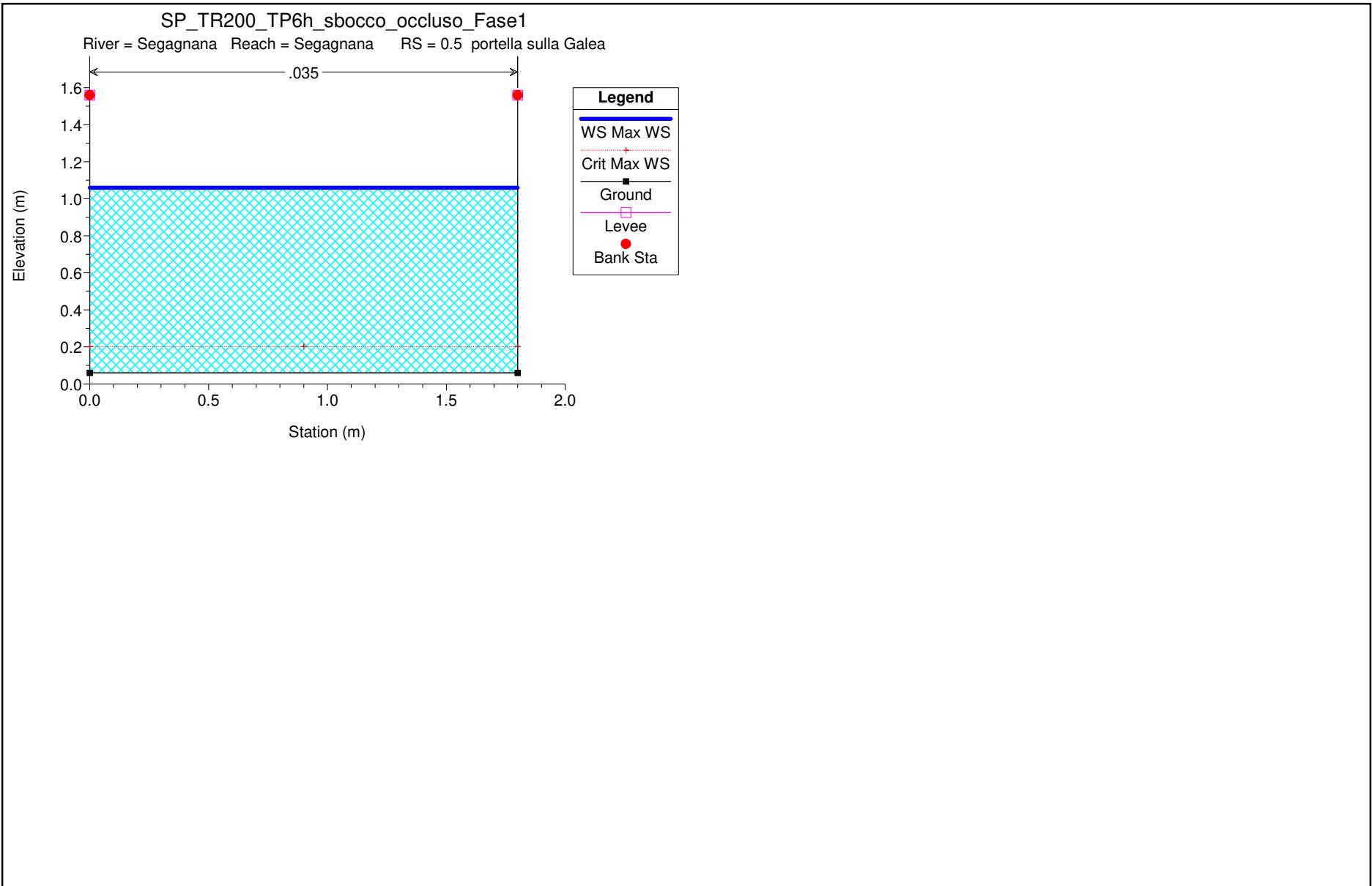




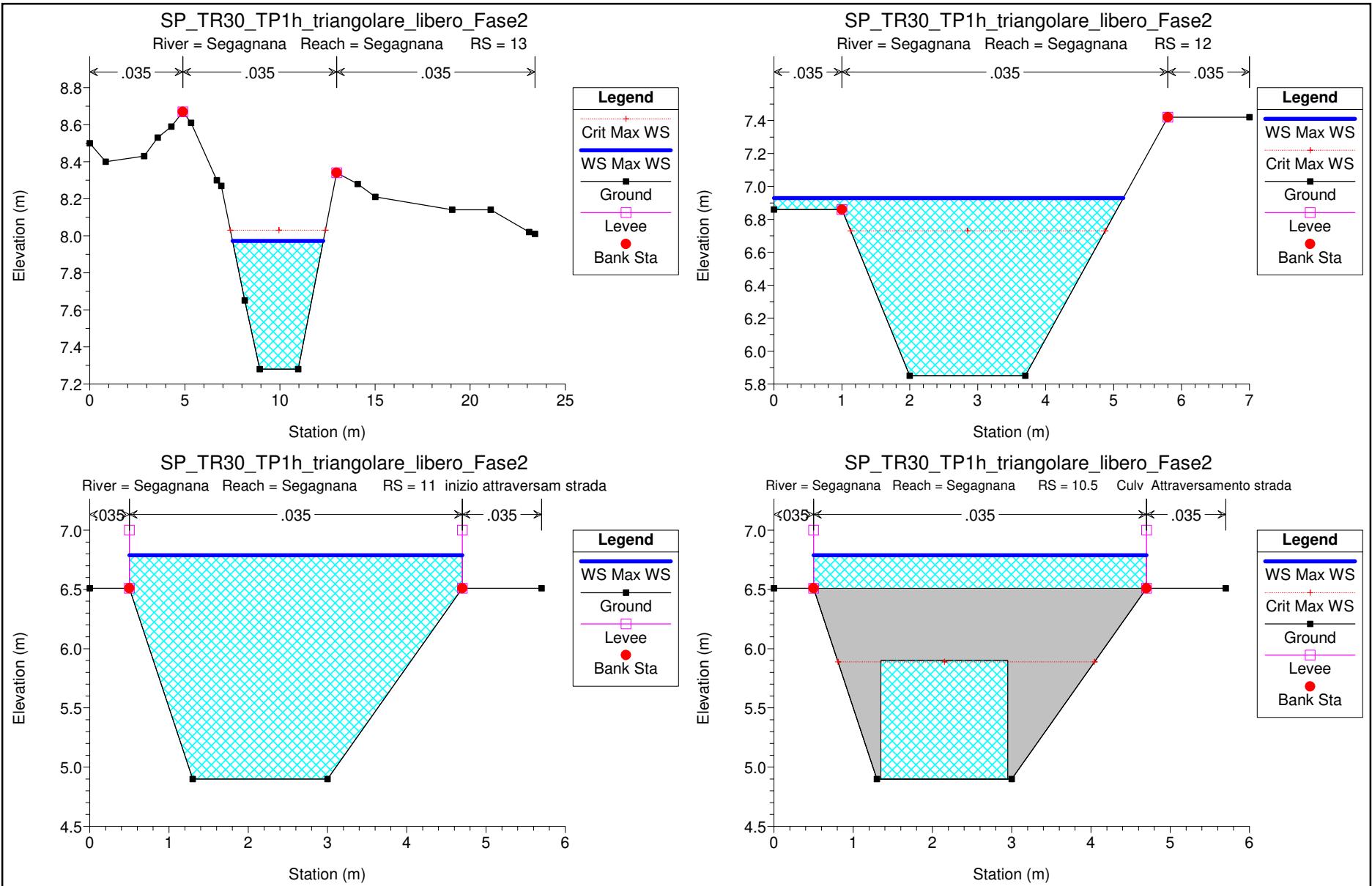


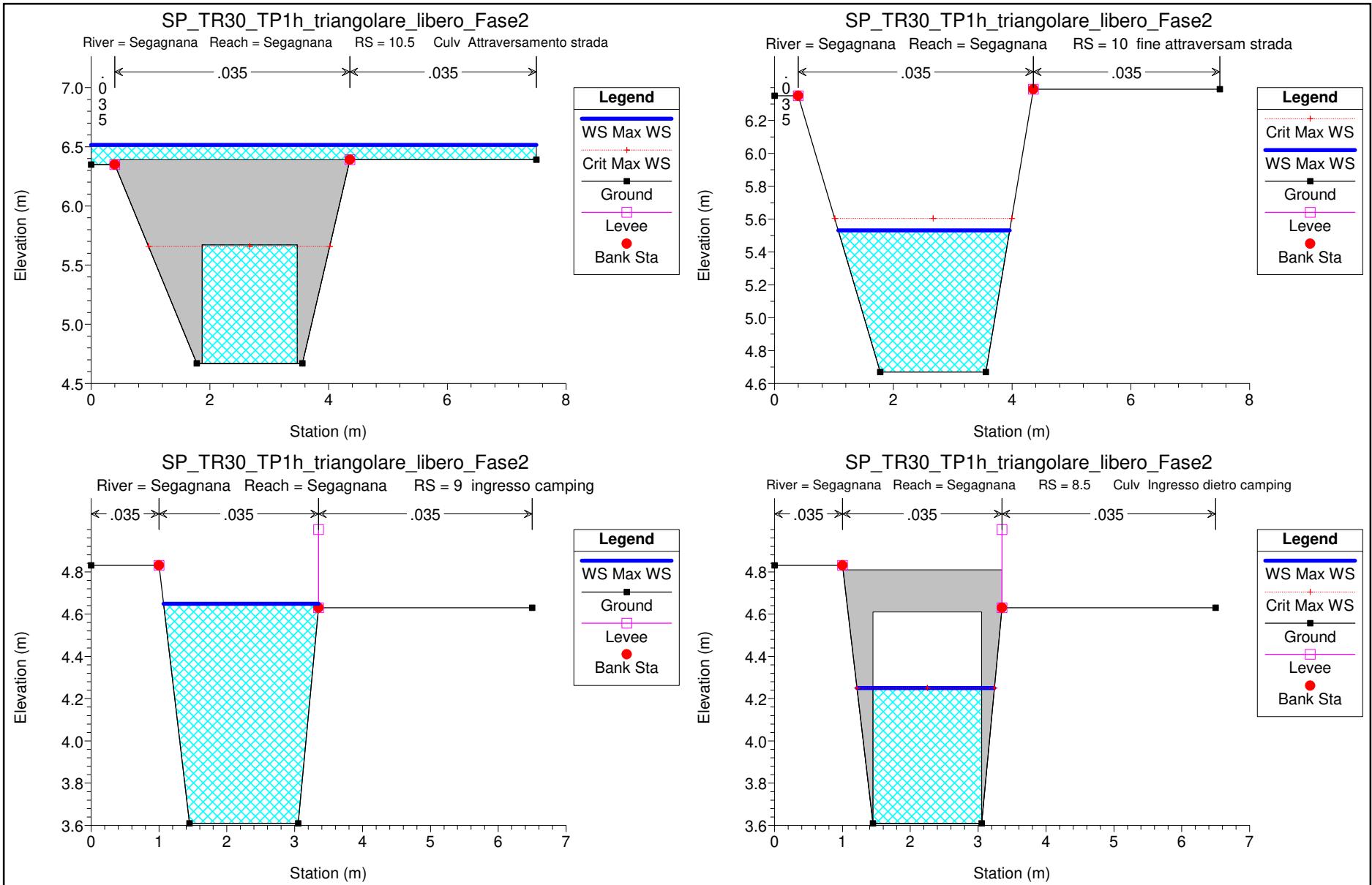


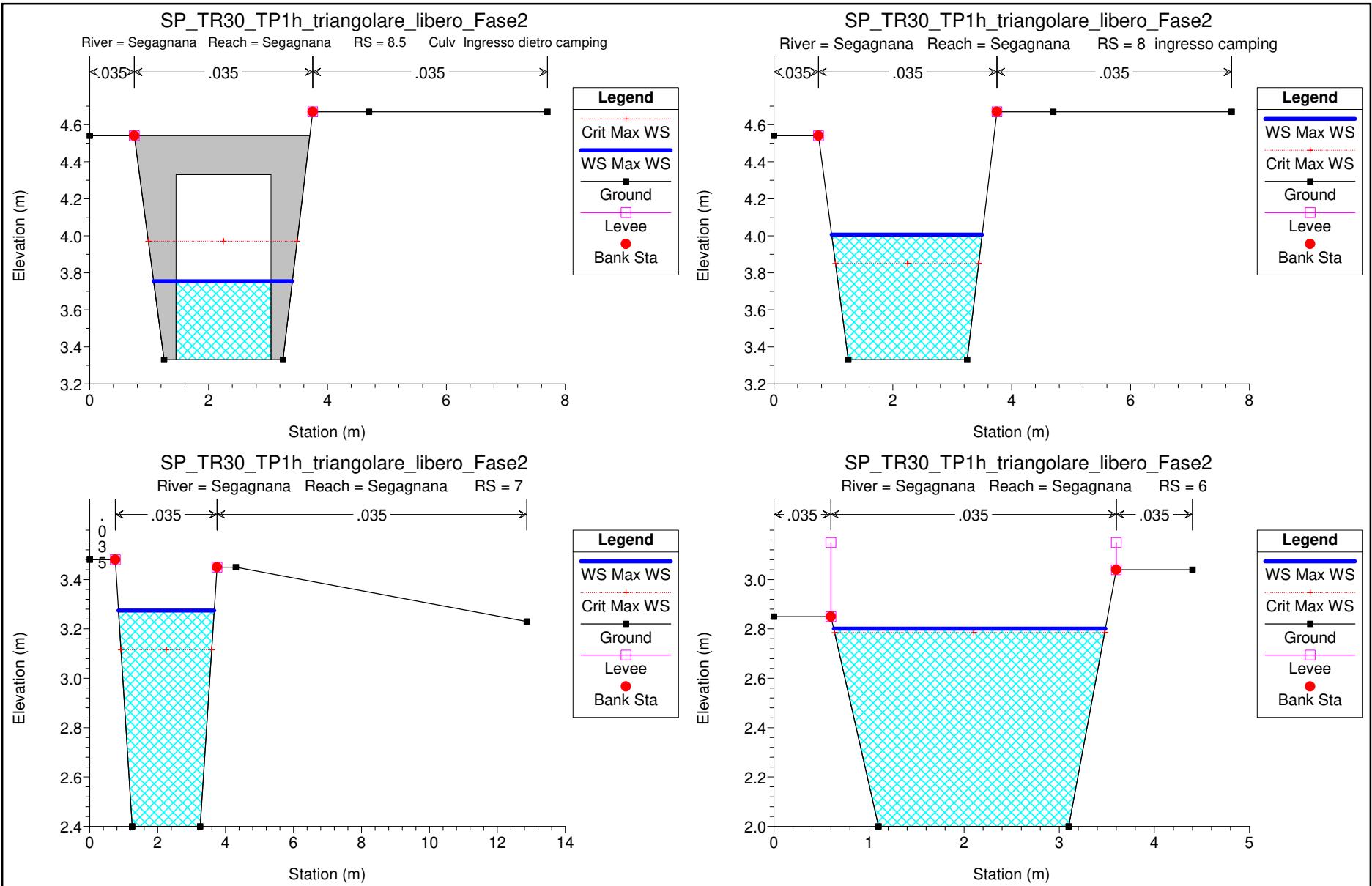


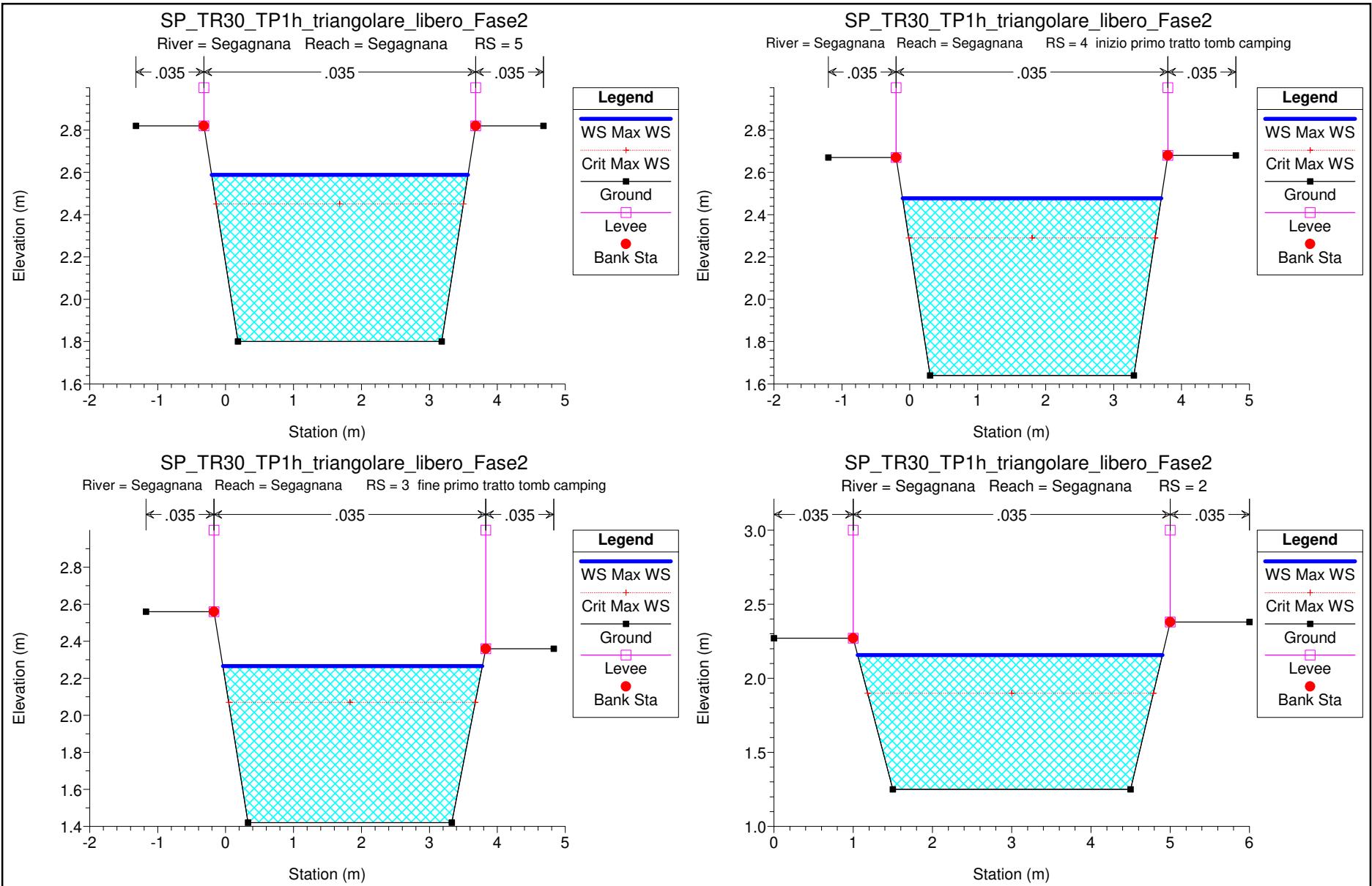


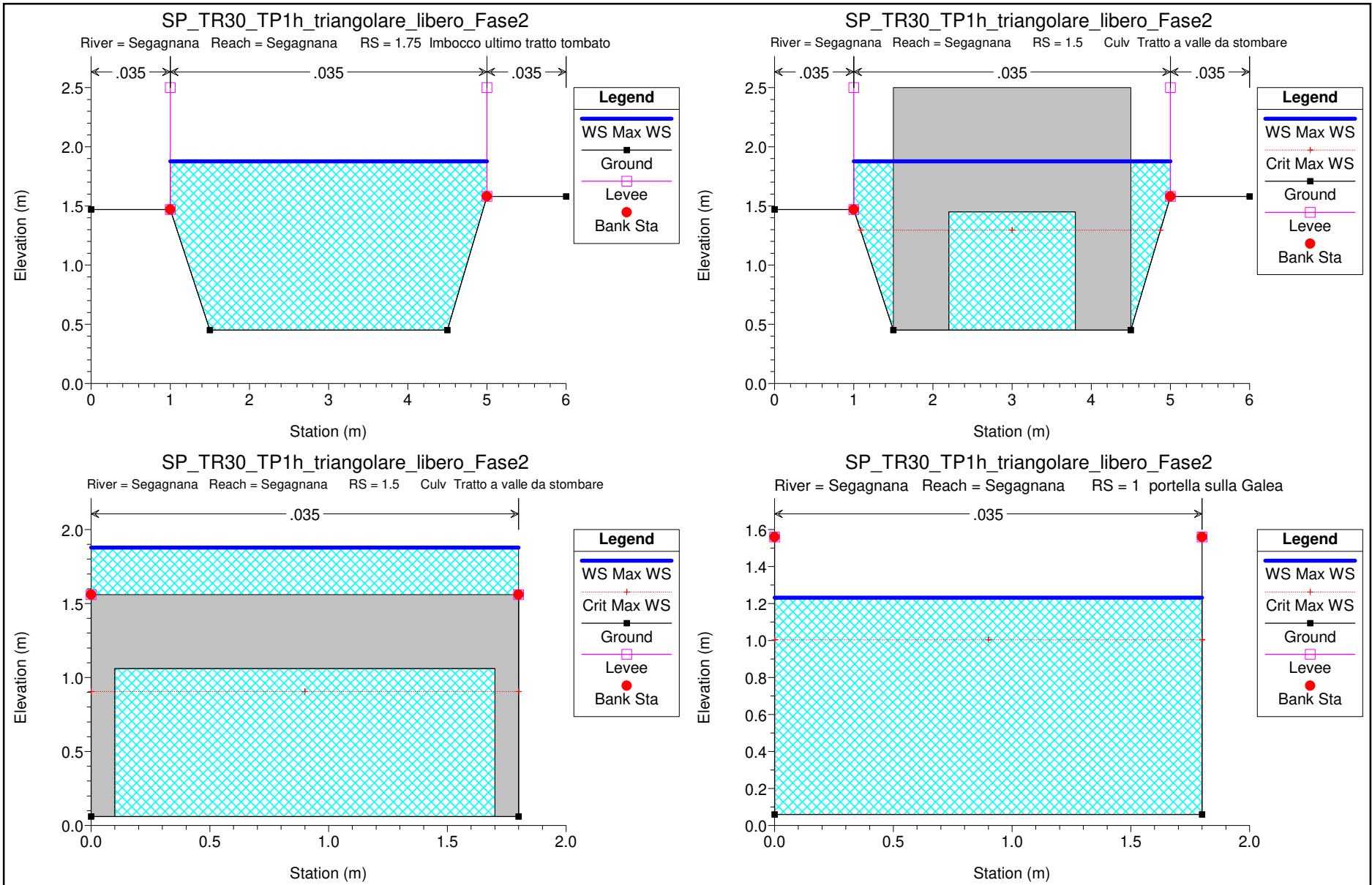
STATO PROGETTO STEP 2 TR 30 ANNI SBOCCO LIBERO Tp 1 h

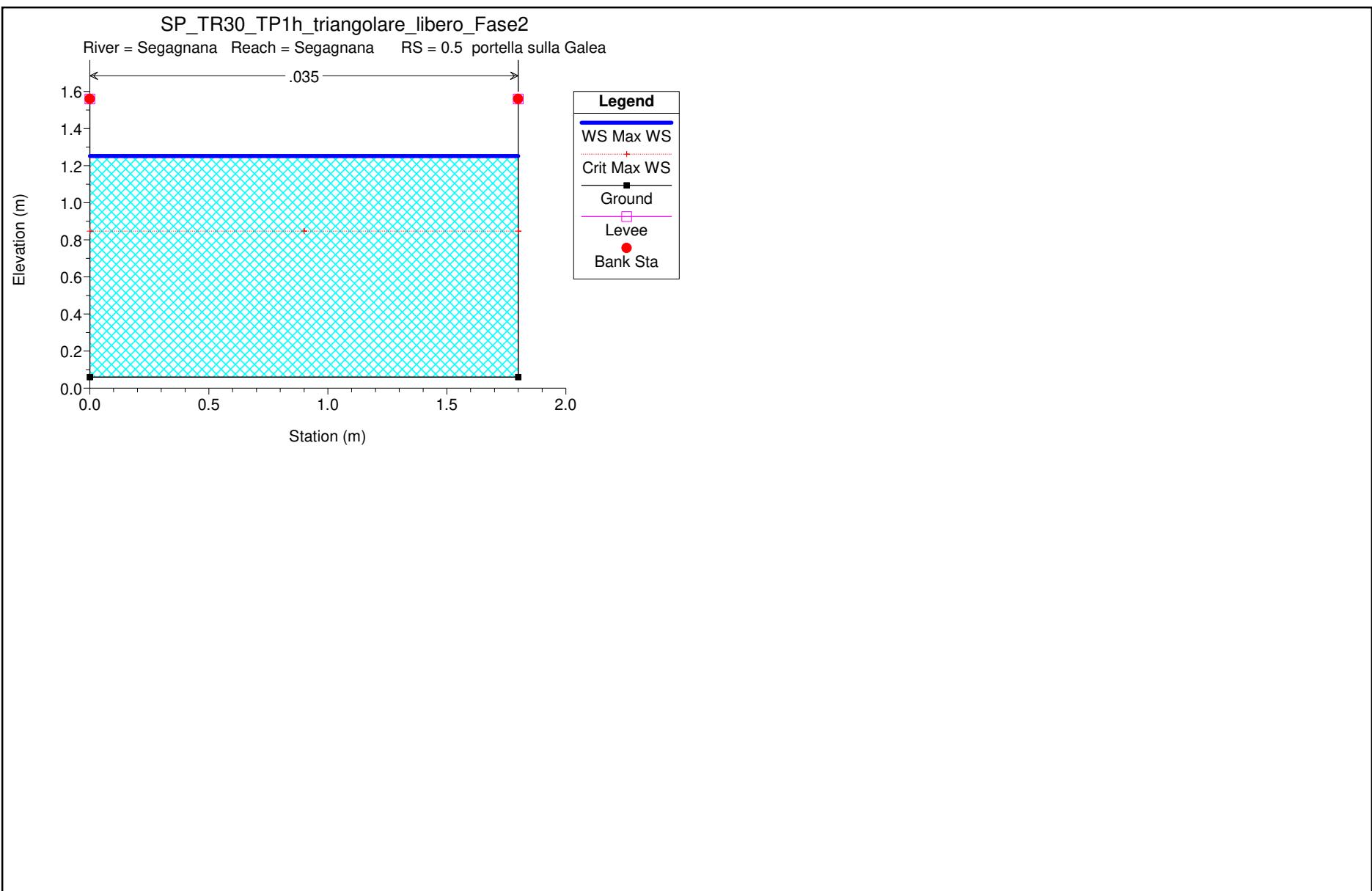




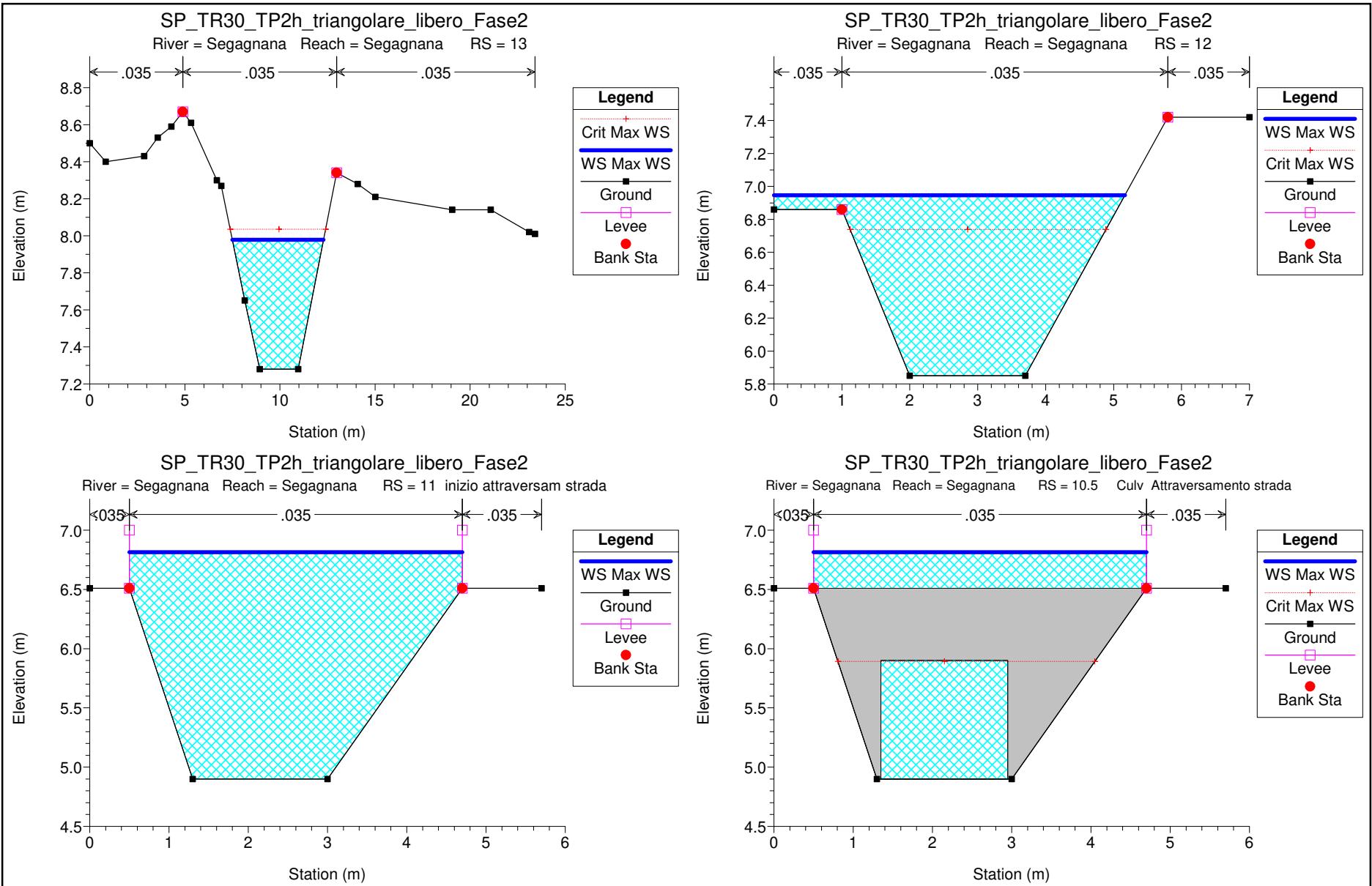


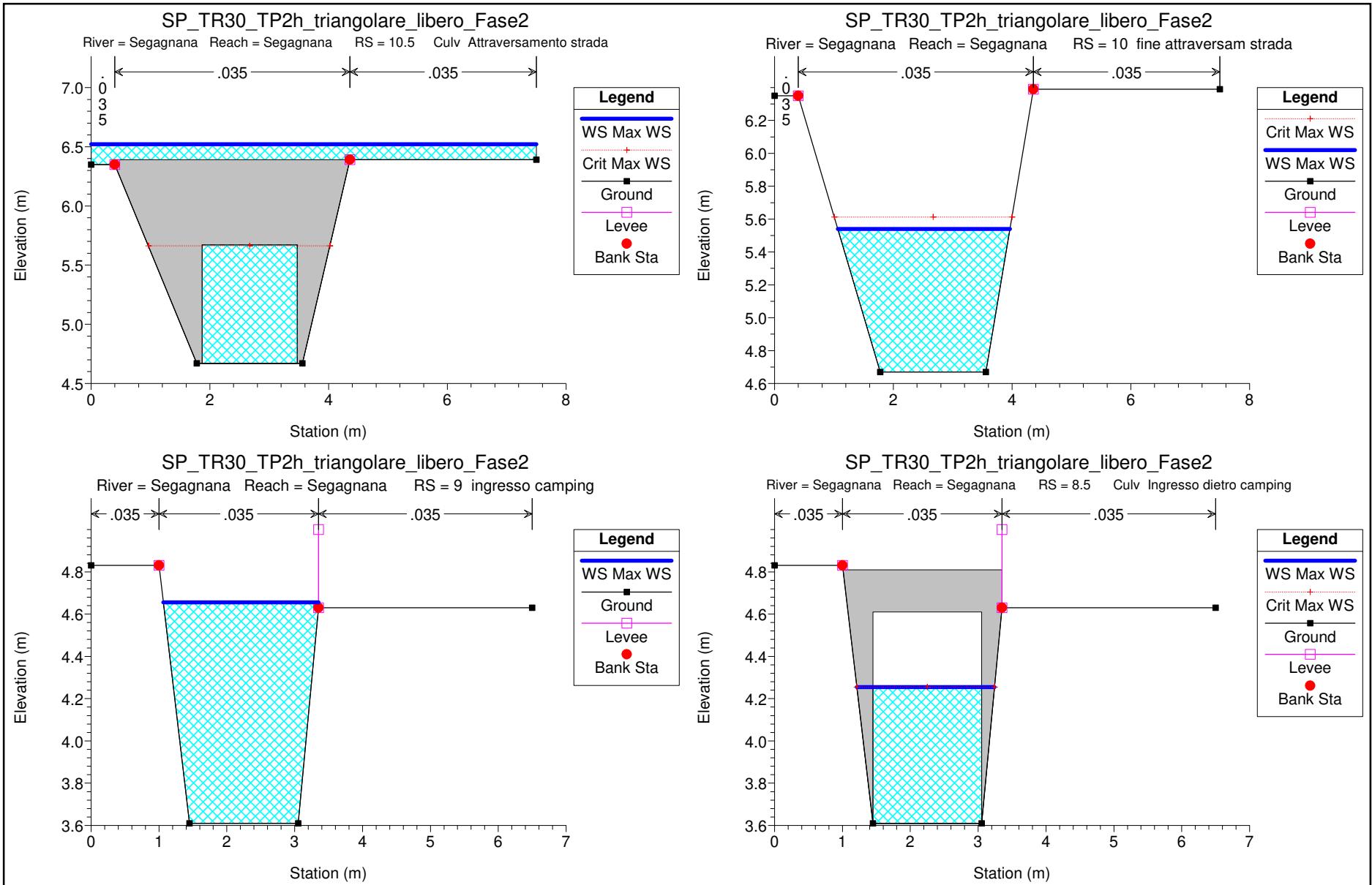


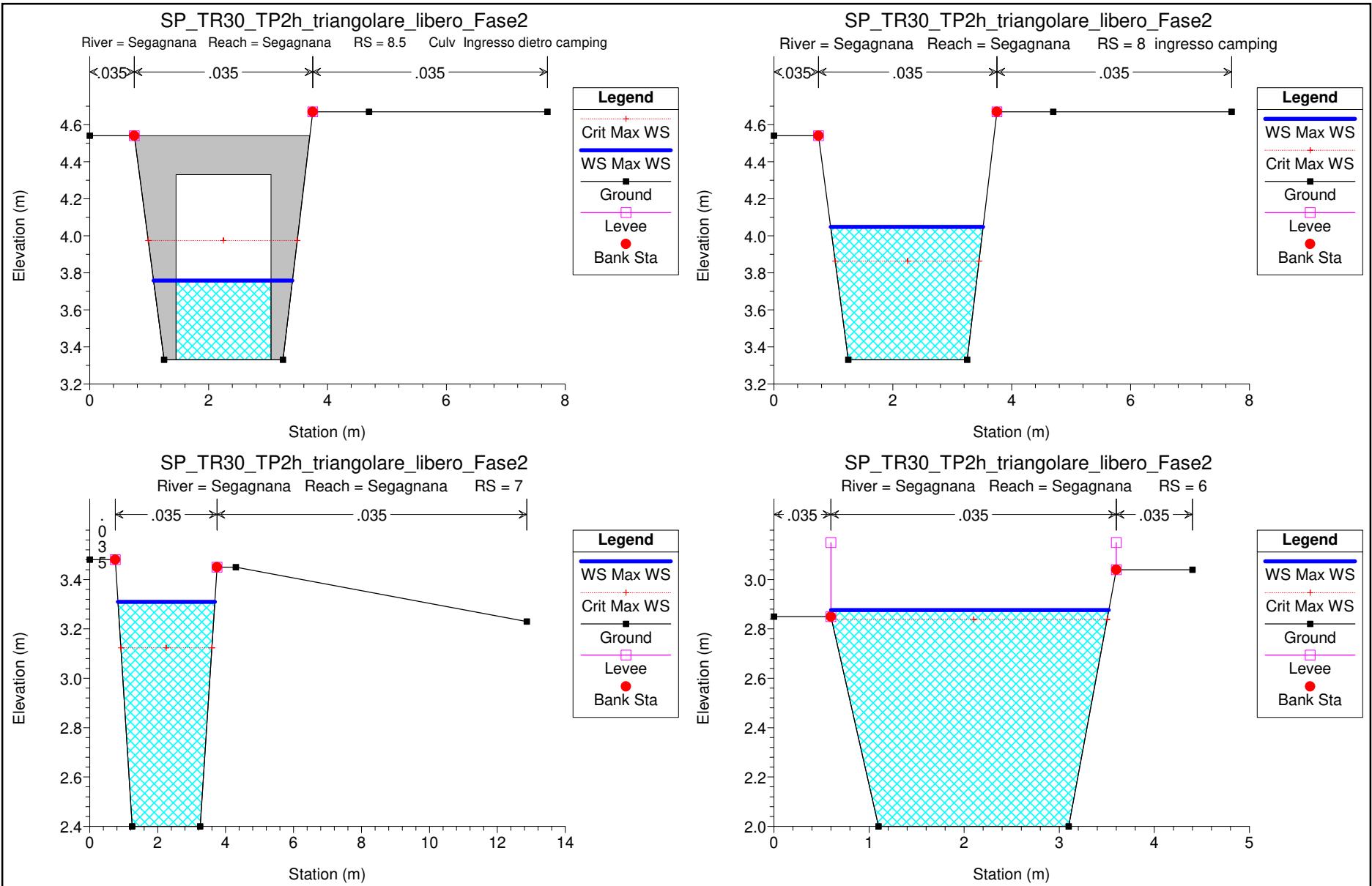


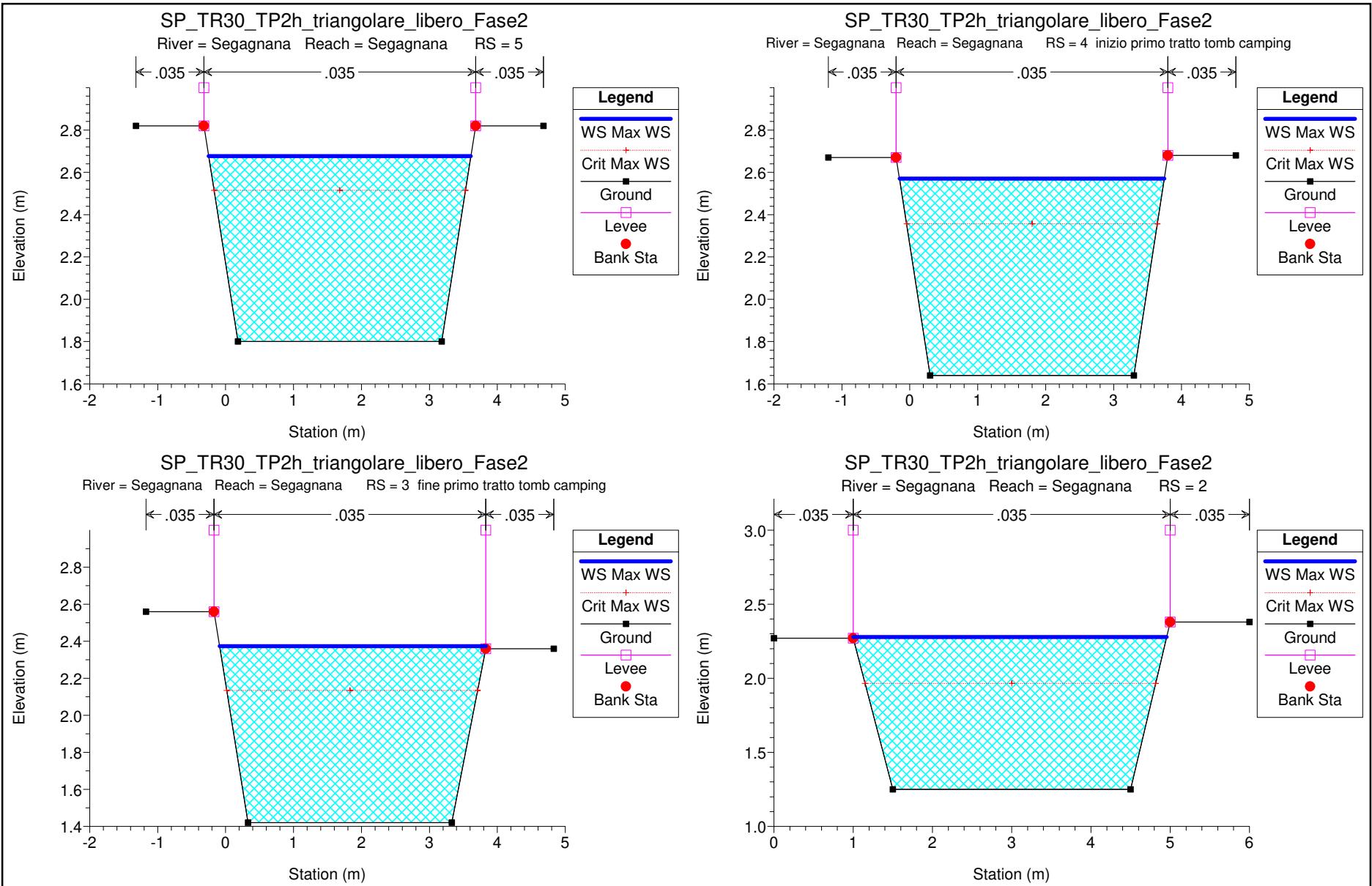


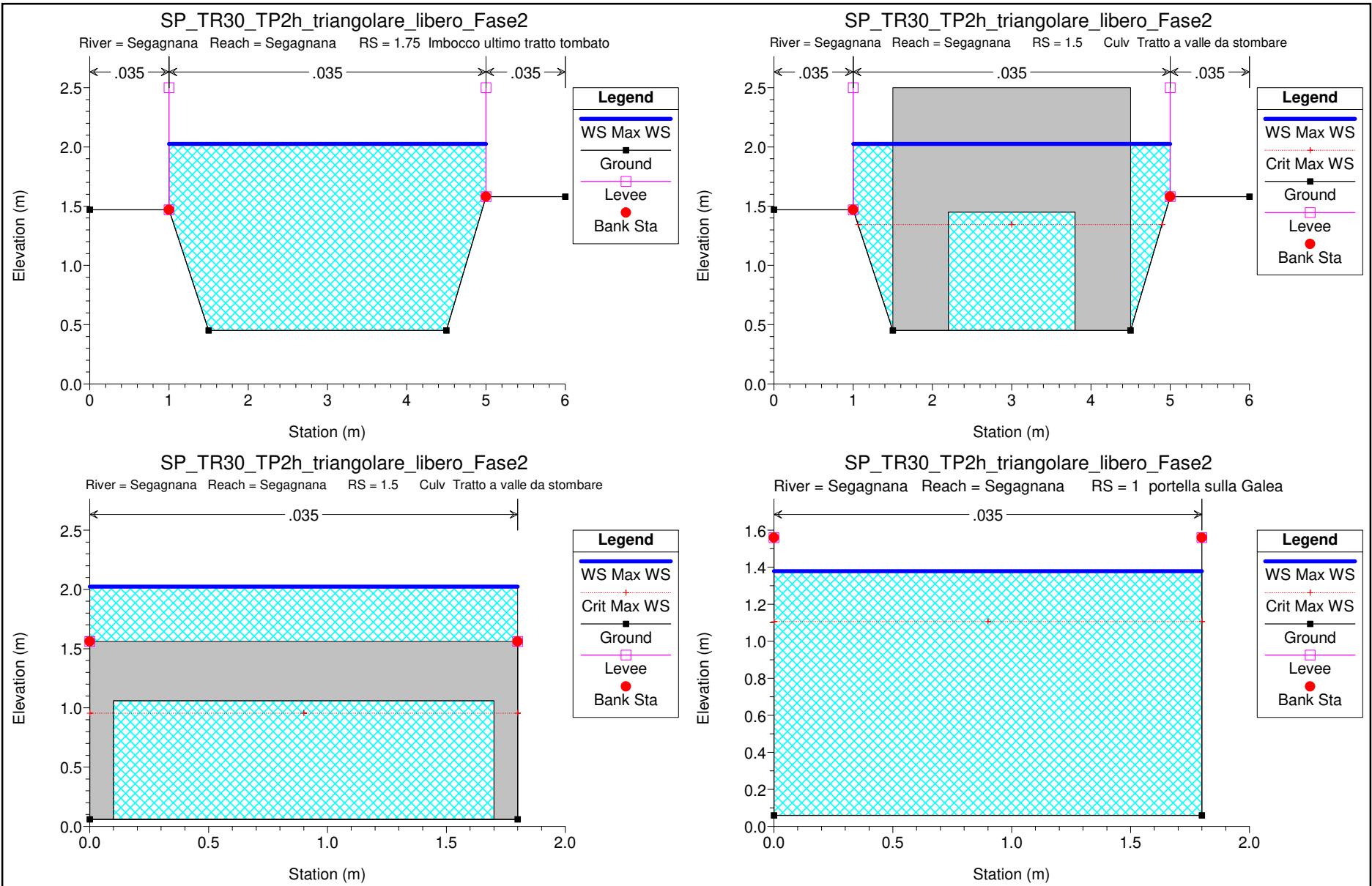
STATO PROGETTO STEP 2 TR 30 ANNI SBOCCO LIBERO Tp 2 h

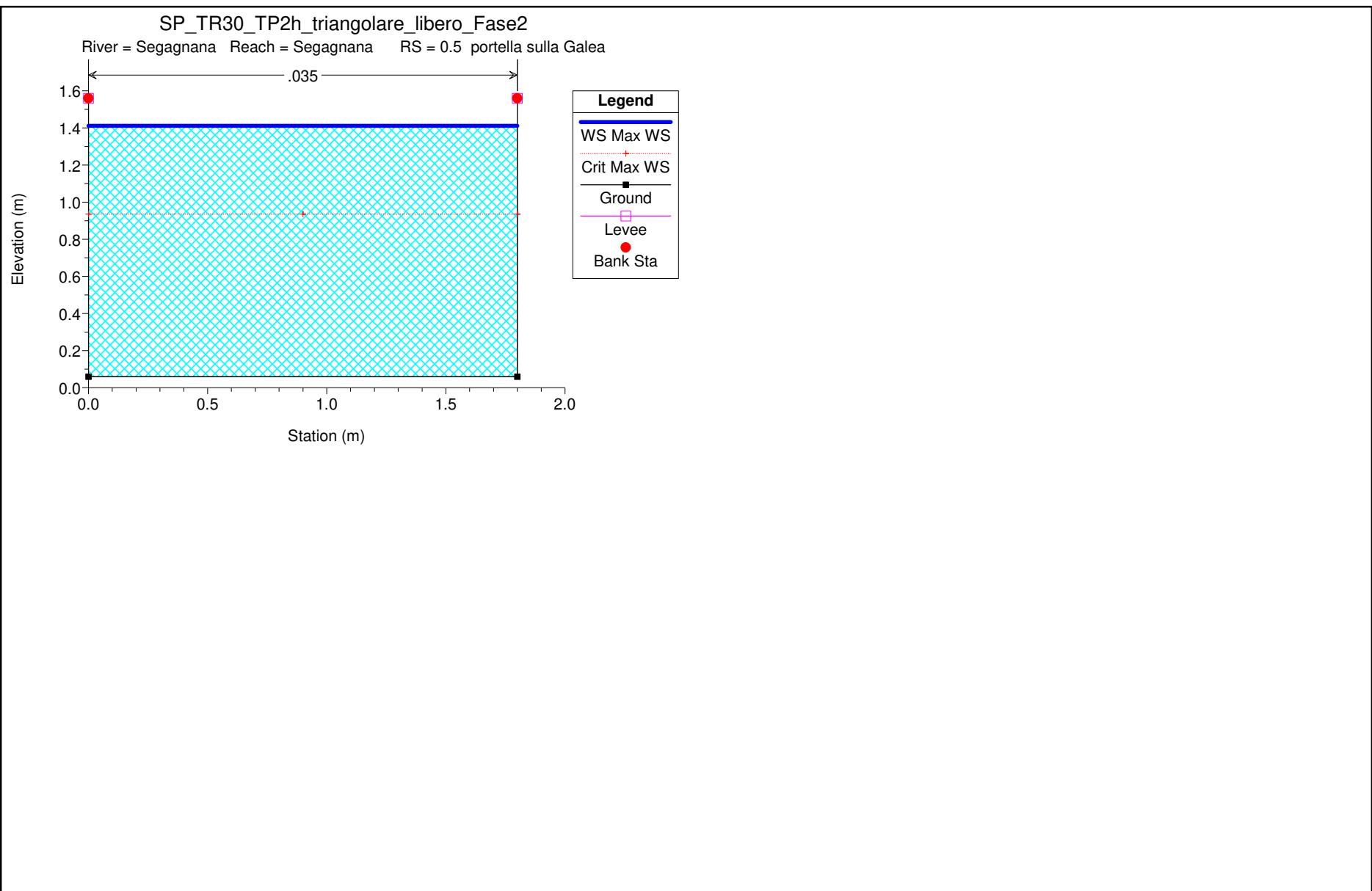




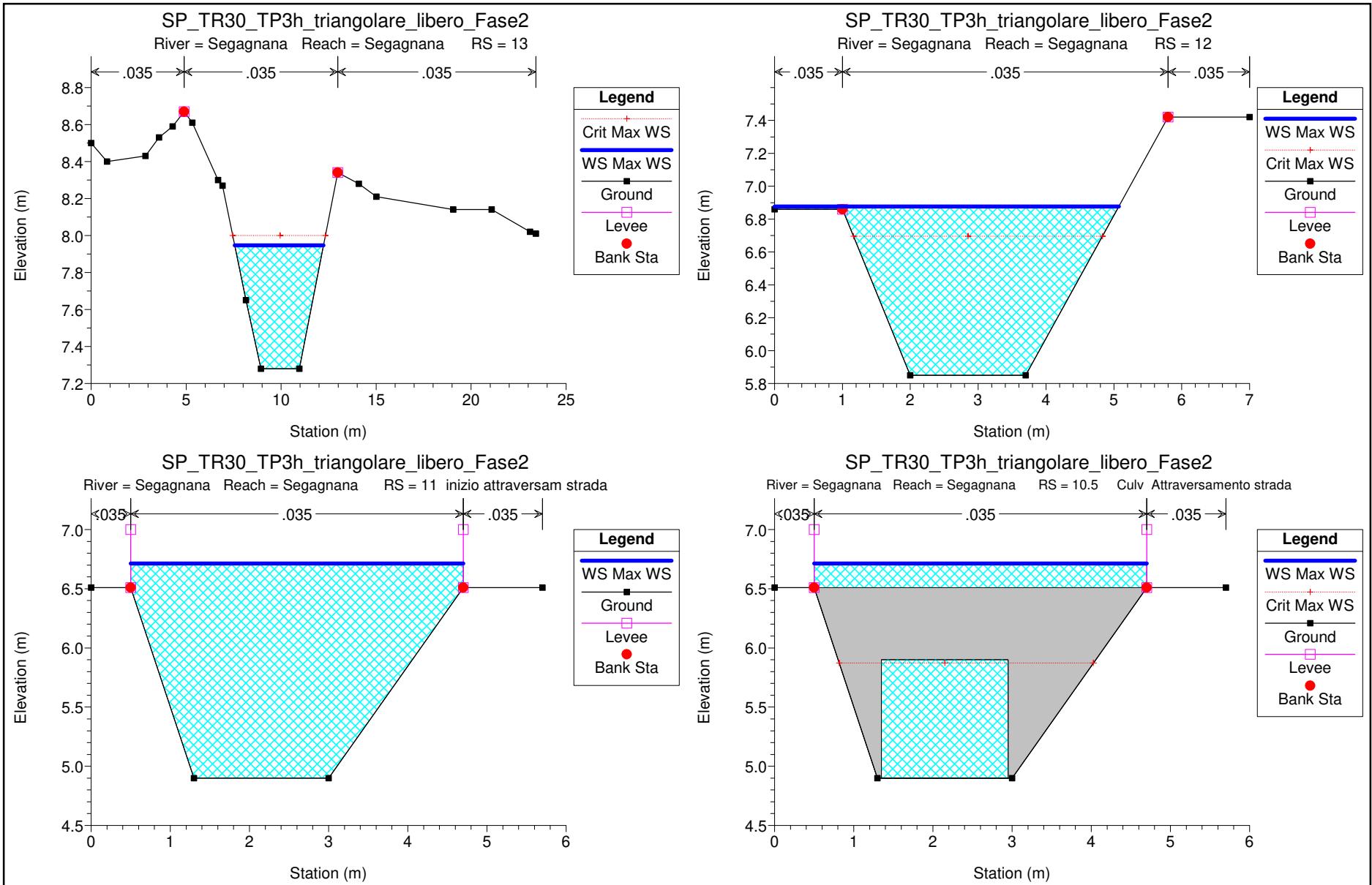


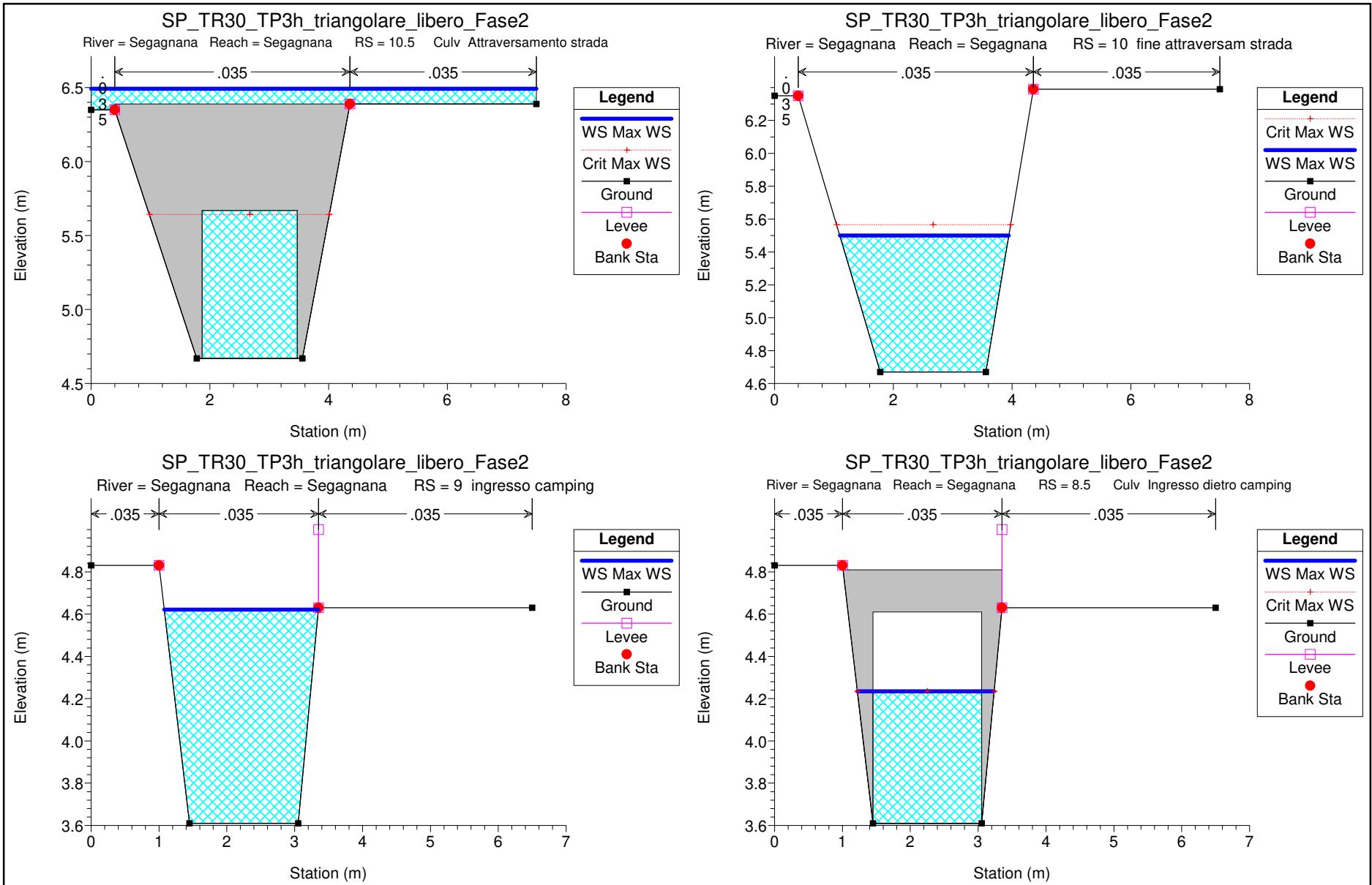


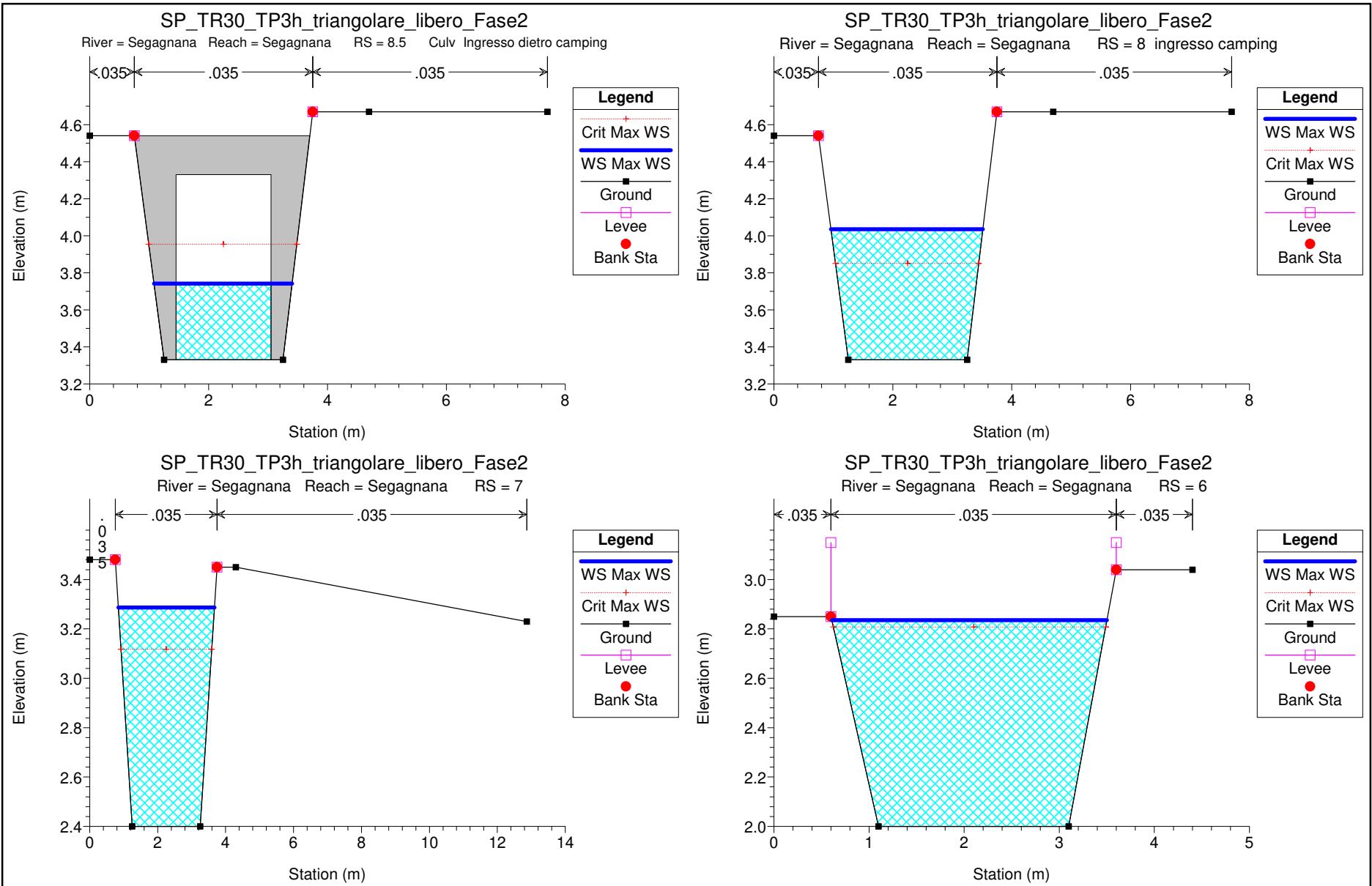


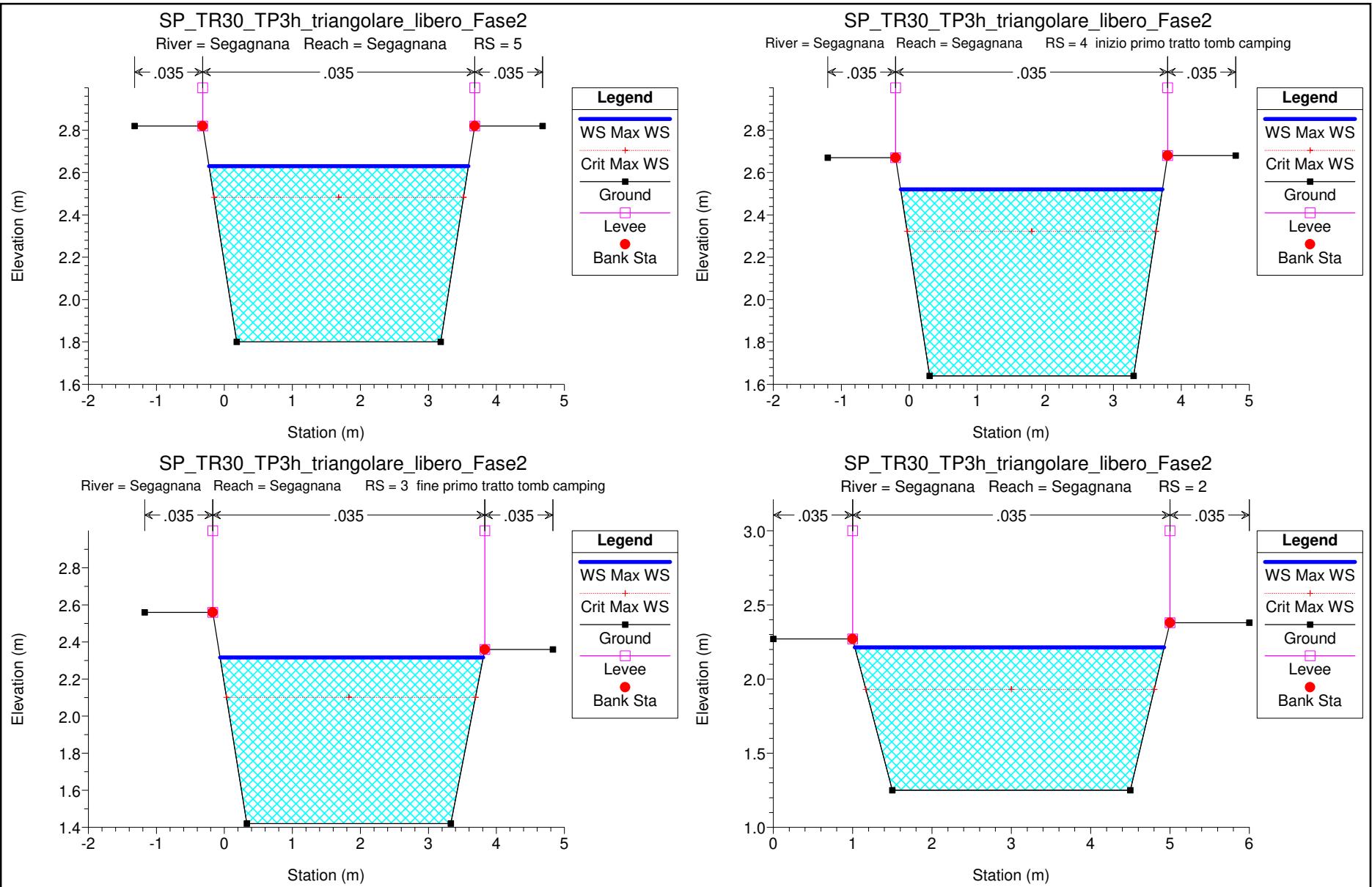


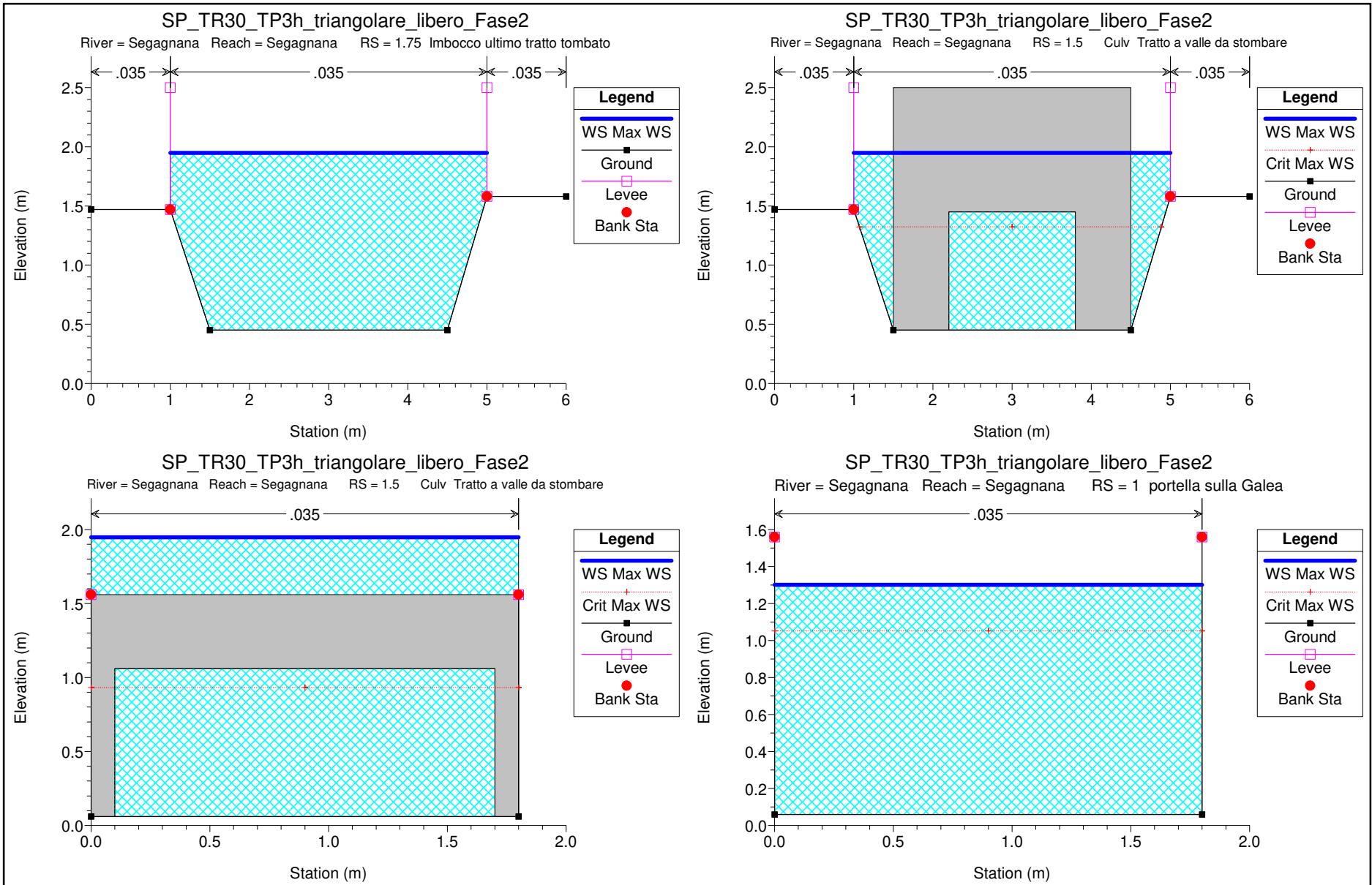
STATO PROGETTO STEP 2 TR 30 ANNI SBOCCO LIBERO Tp 3 h

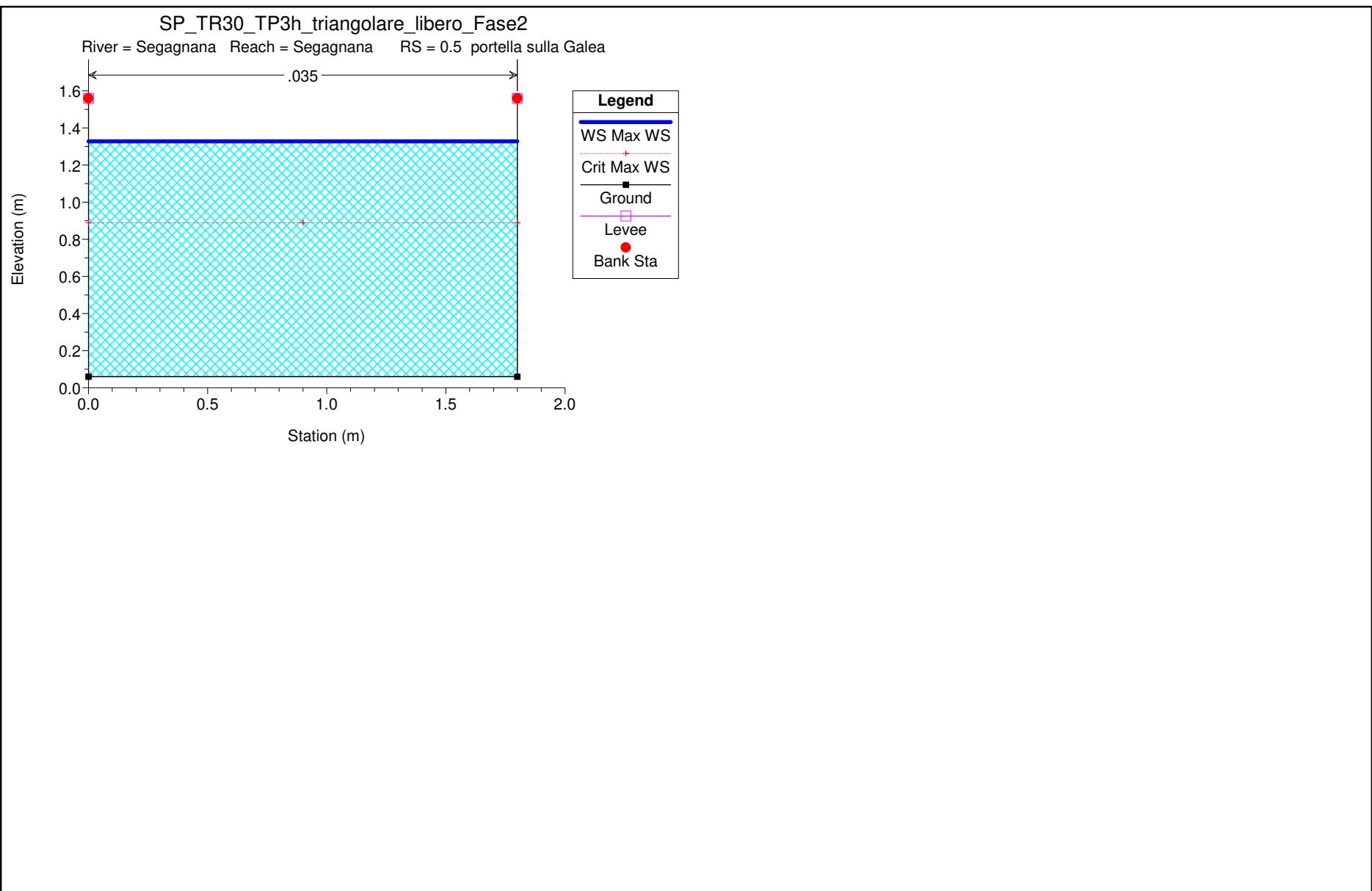




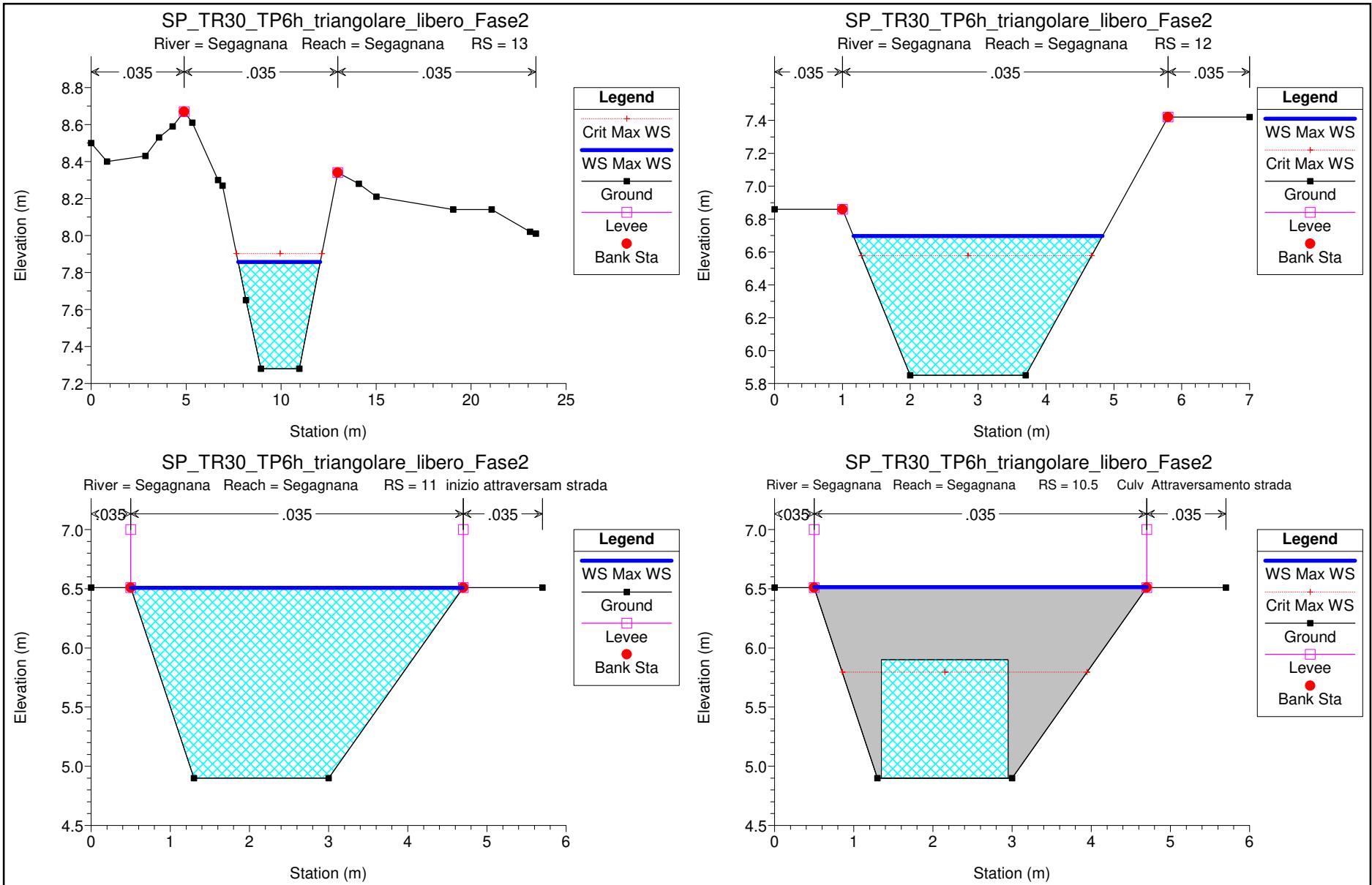


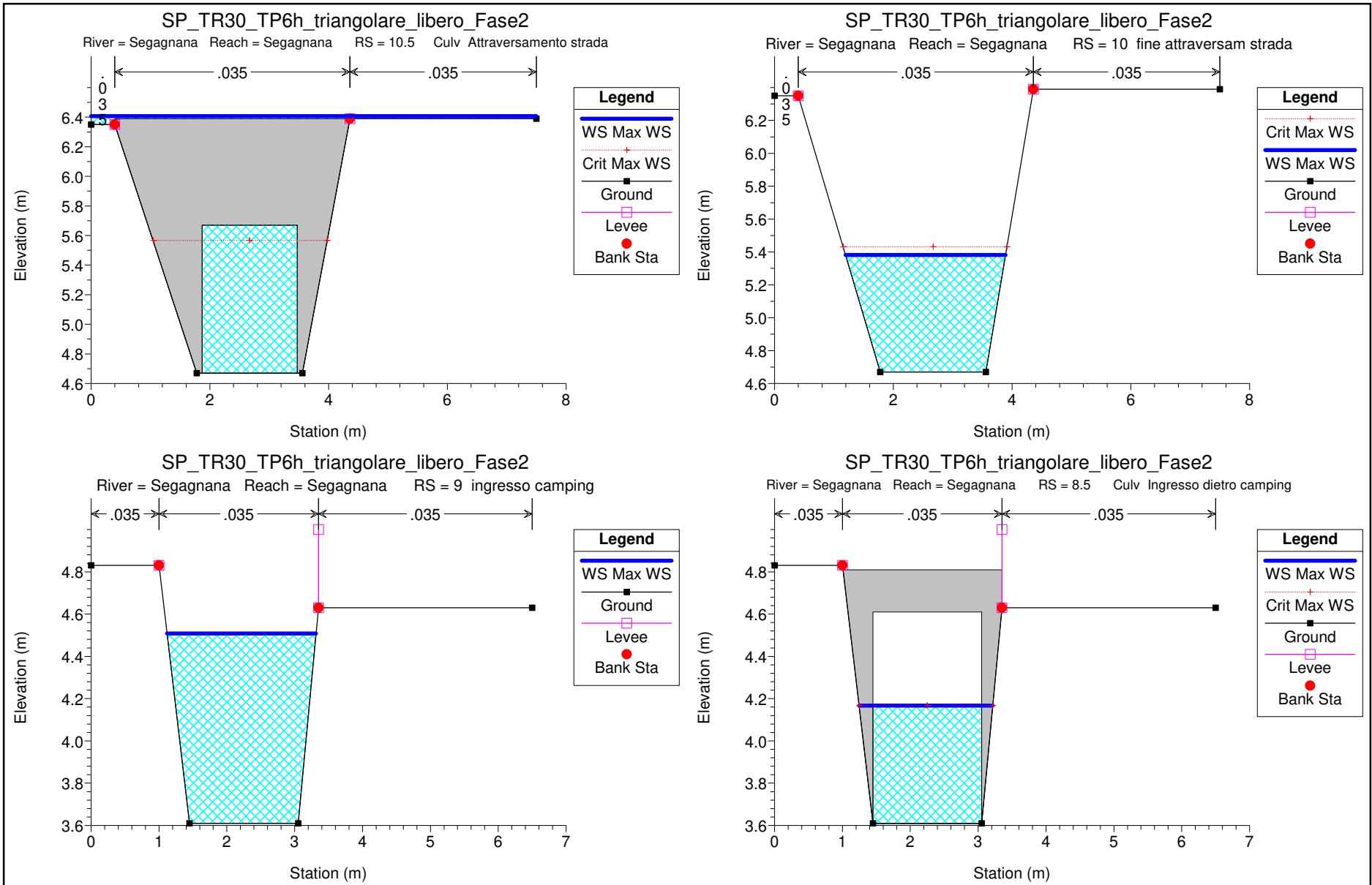


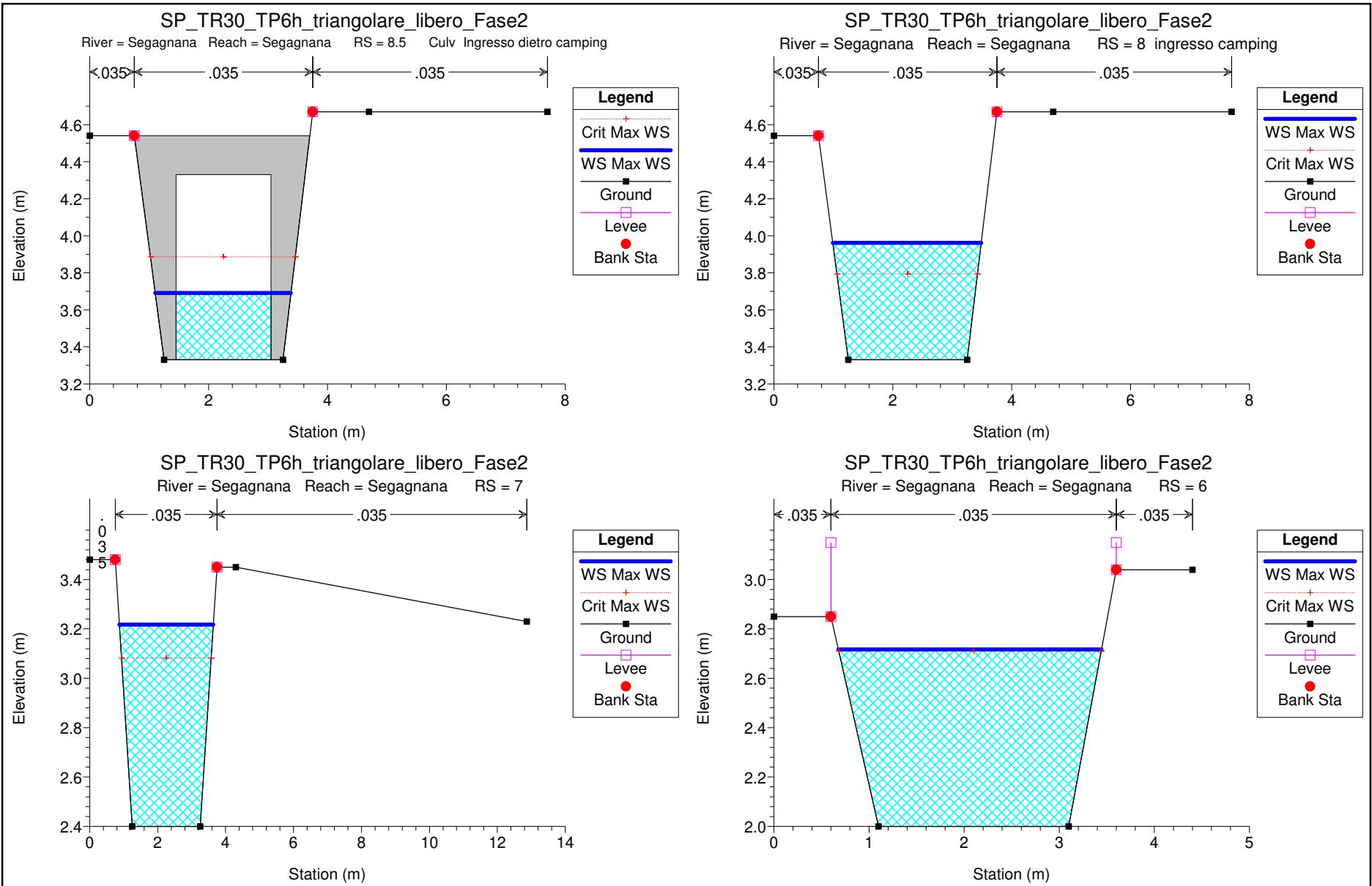


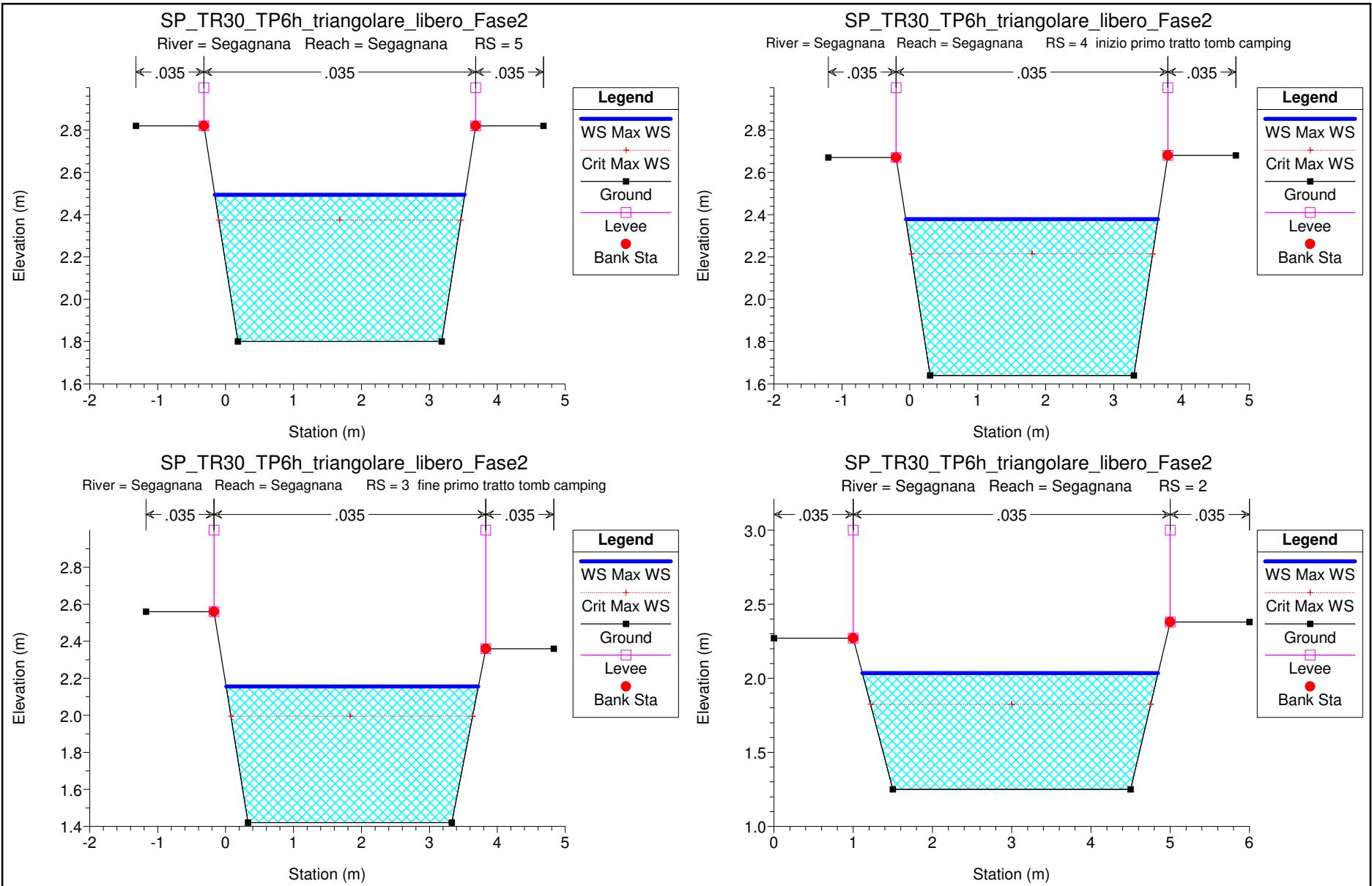


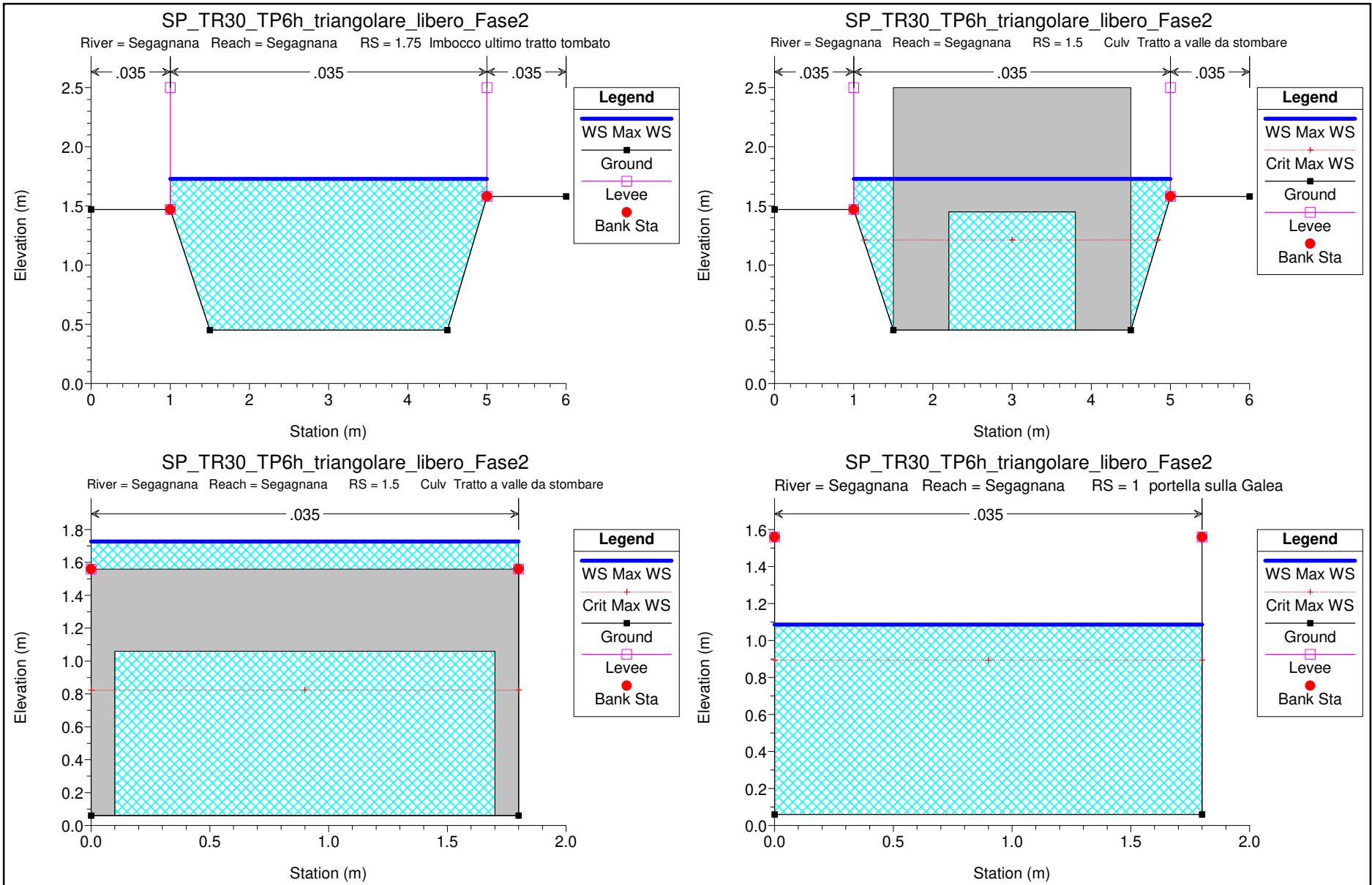
STATO PROGETTO STEP 2 TR 30 ANNI SBOCCO LIBERO Tp 6 h

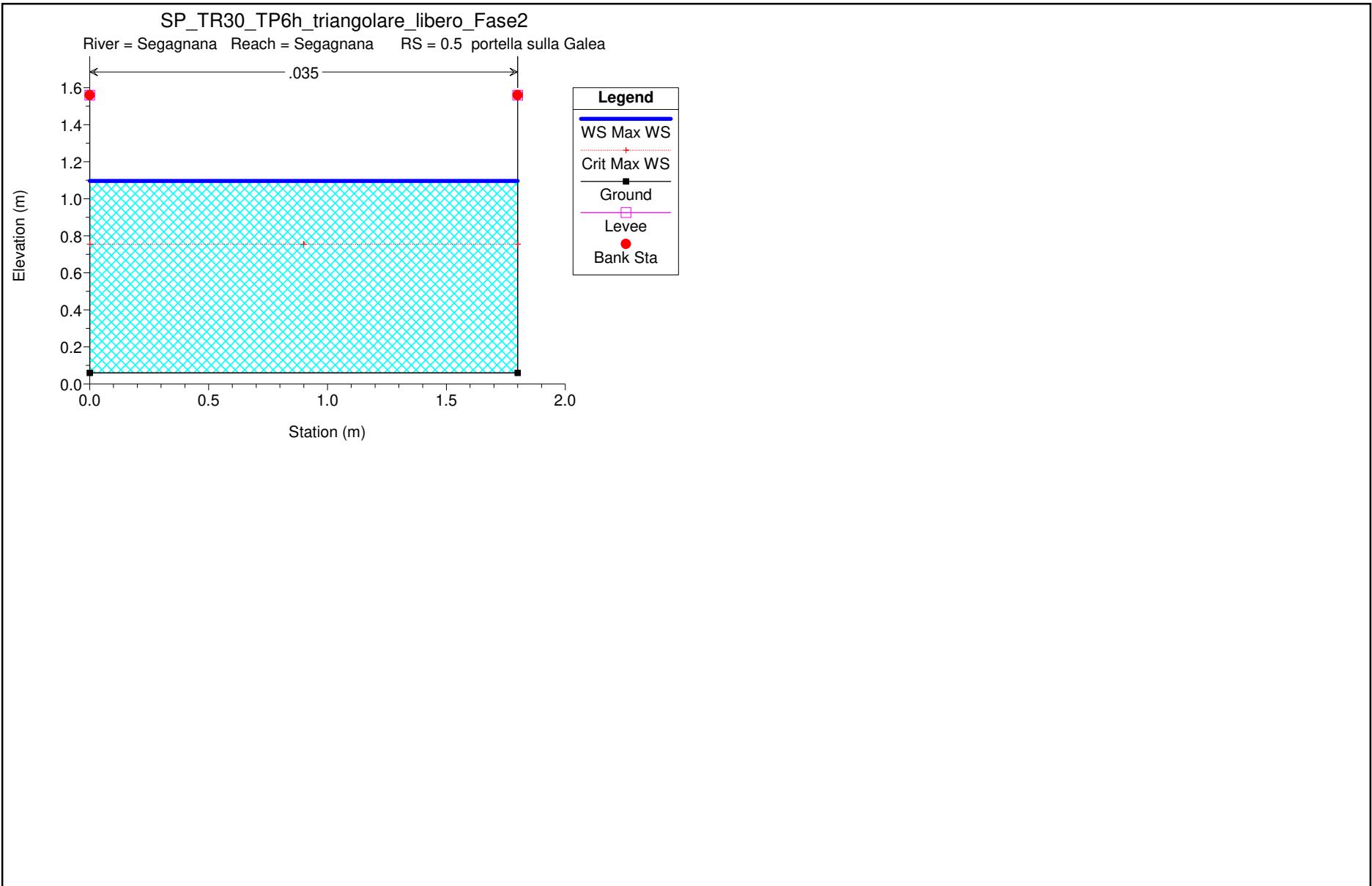




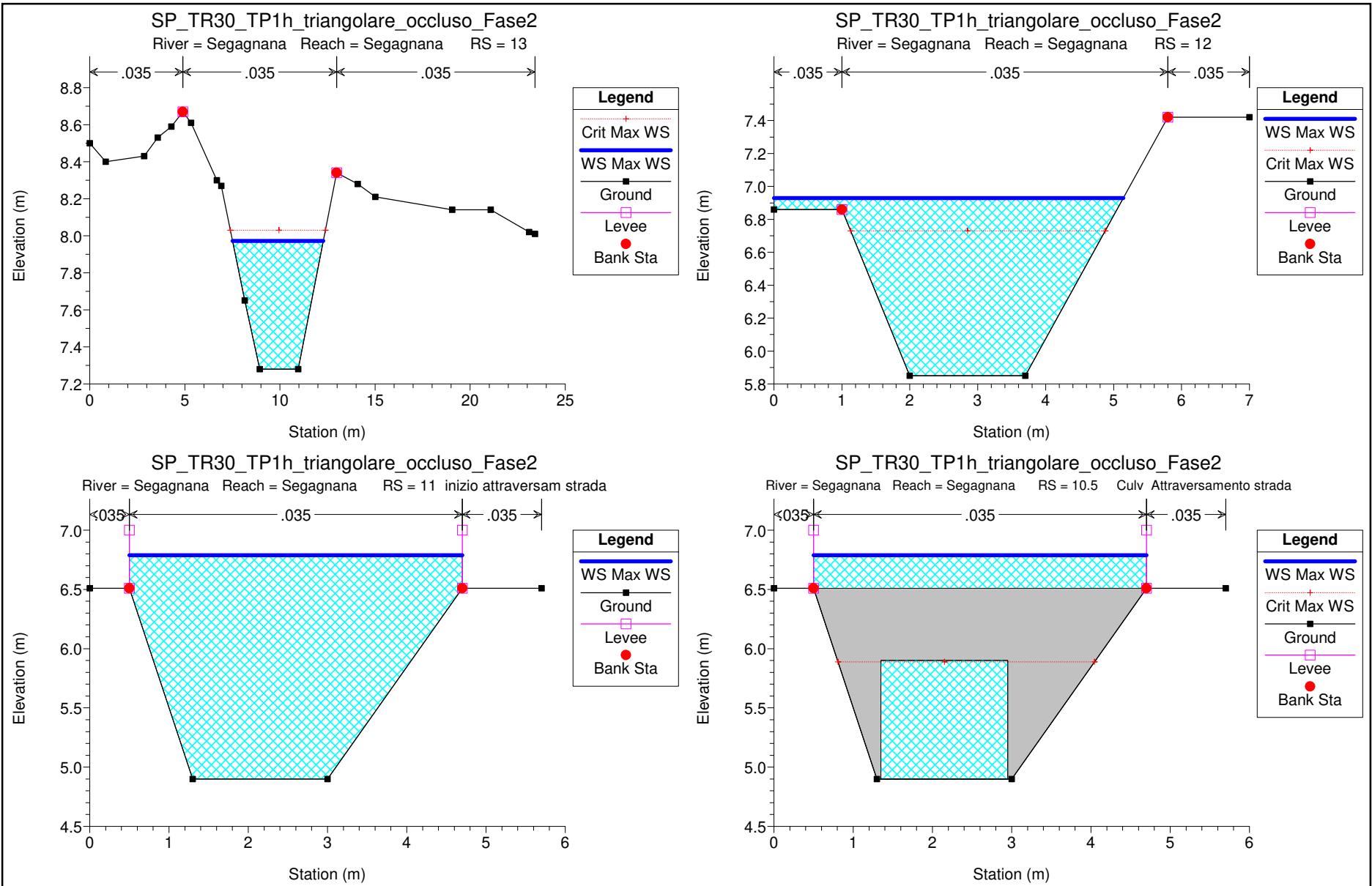


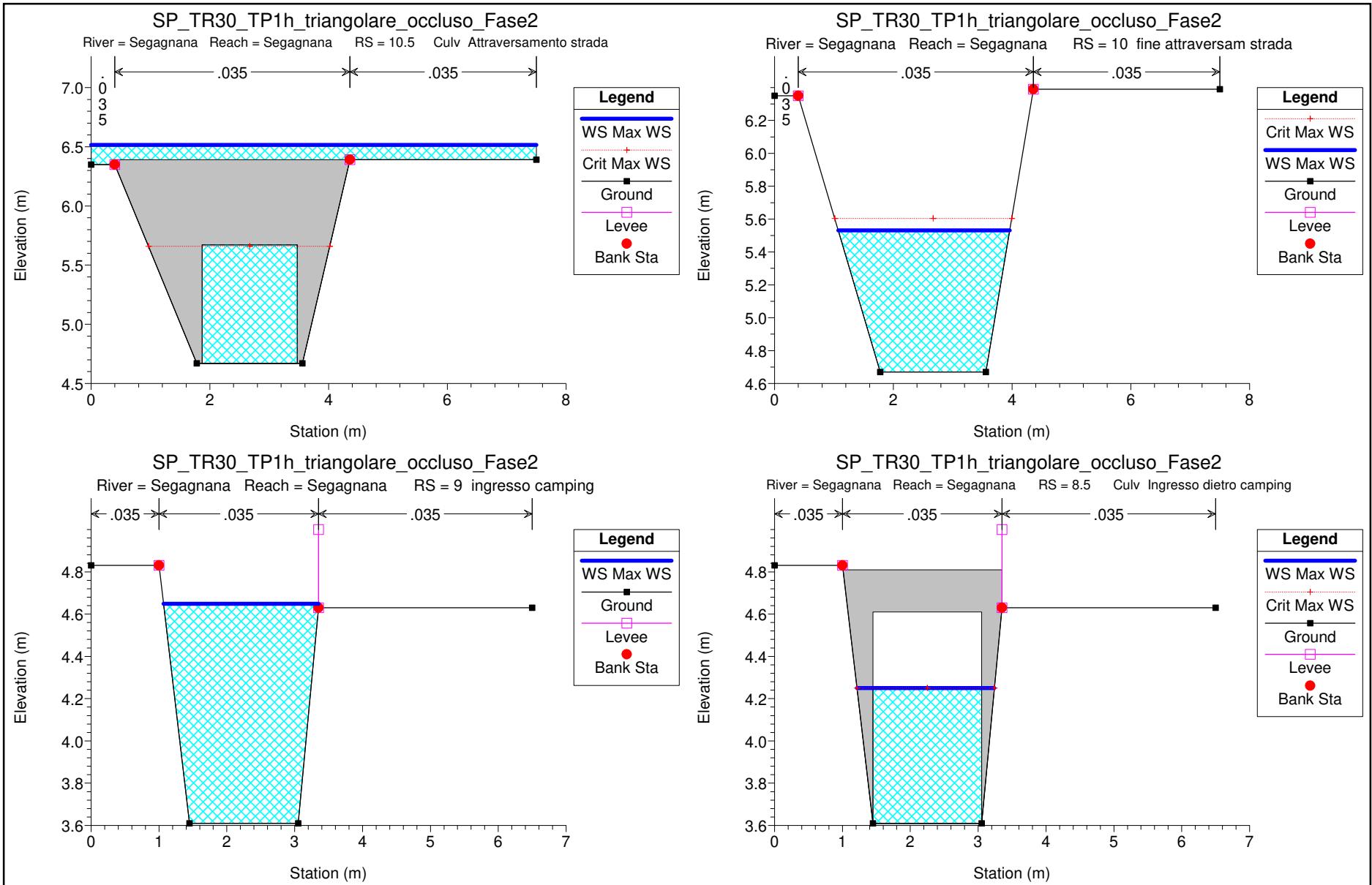


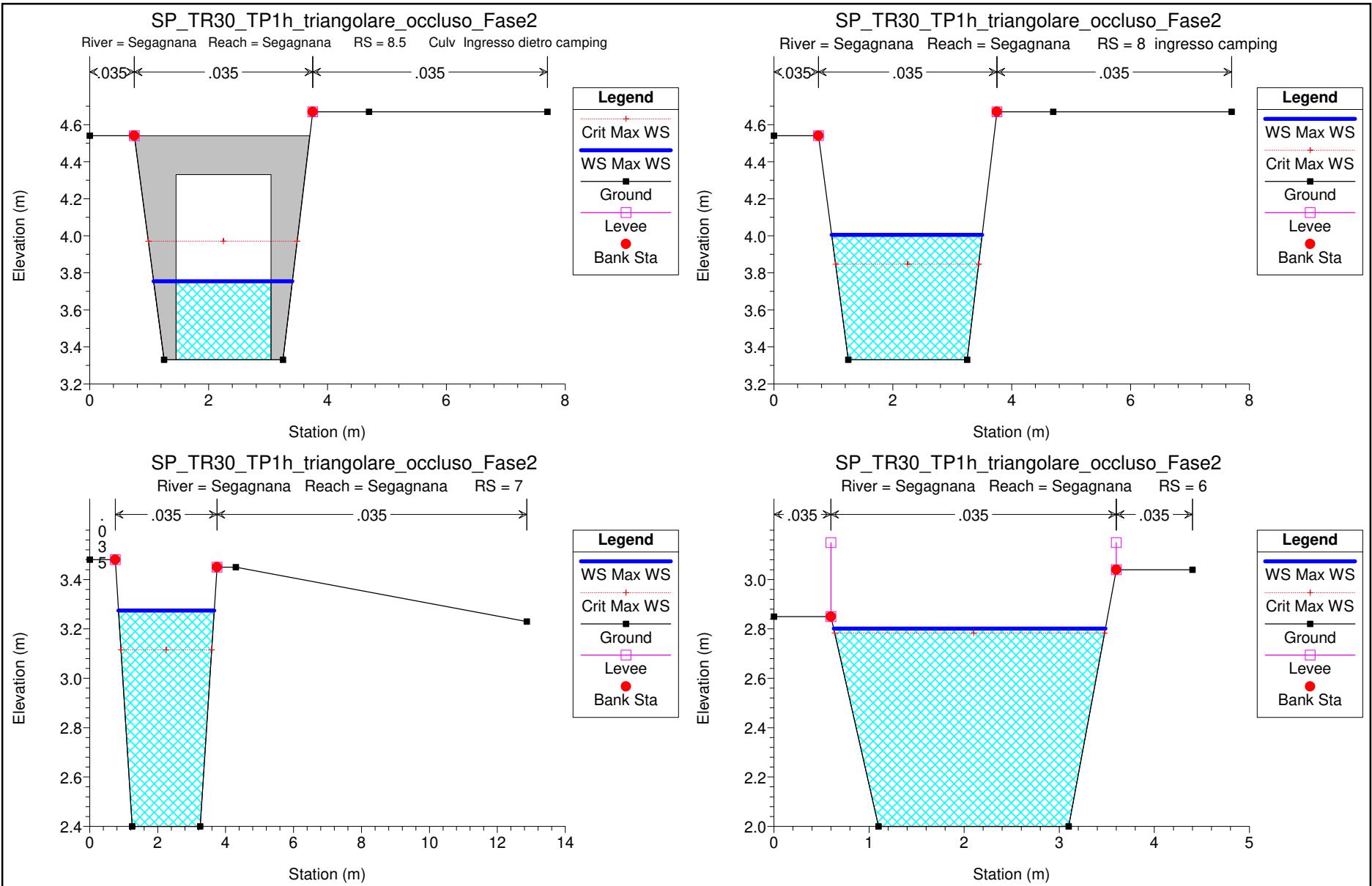


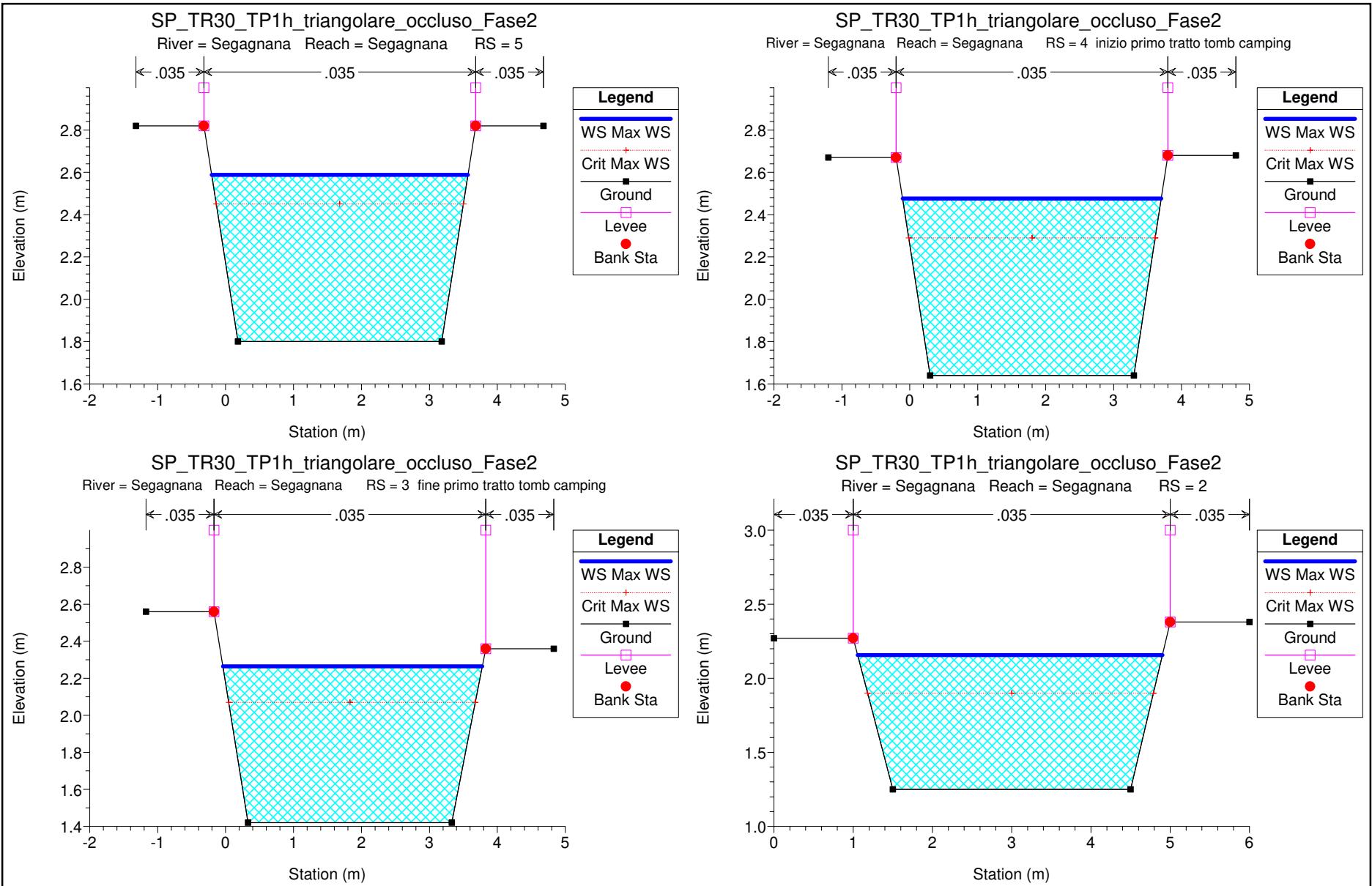


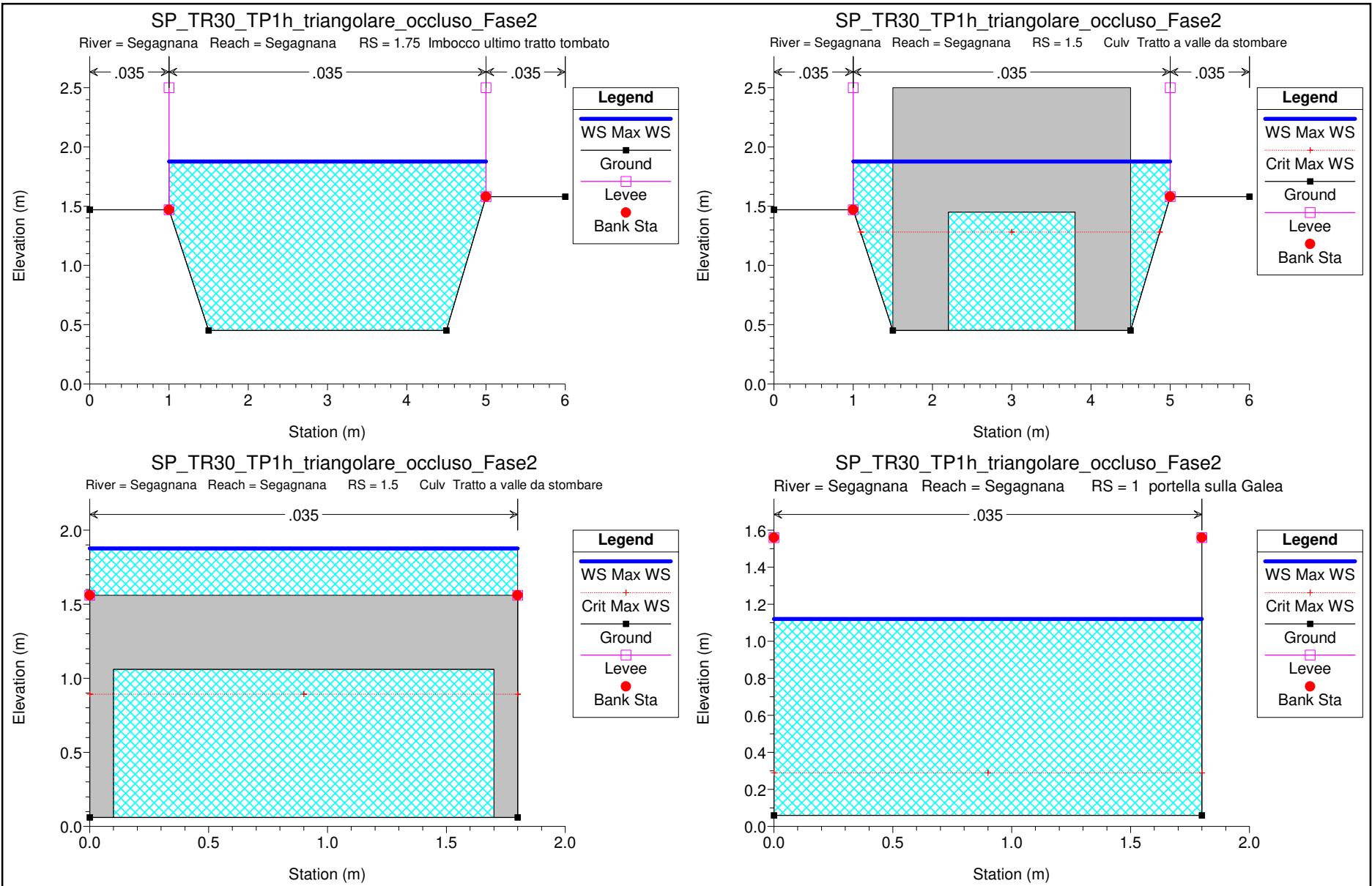
STATO PROGETTO STEP 2 TR 30 ANNI SBOCCO OCCLUSO Tp 1 h

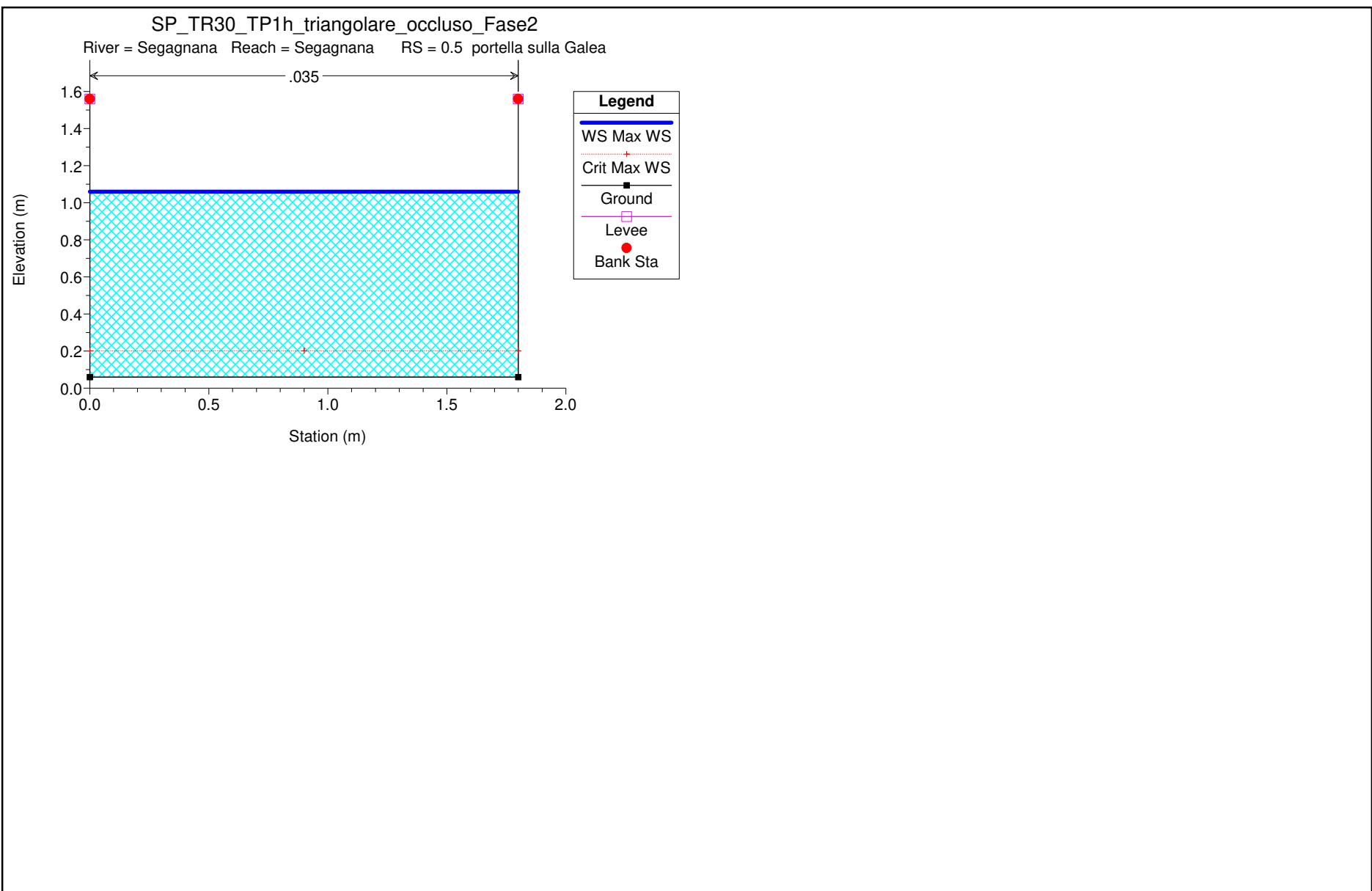




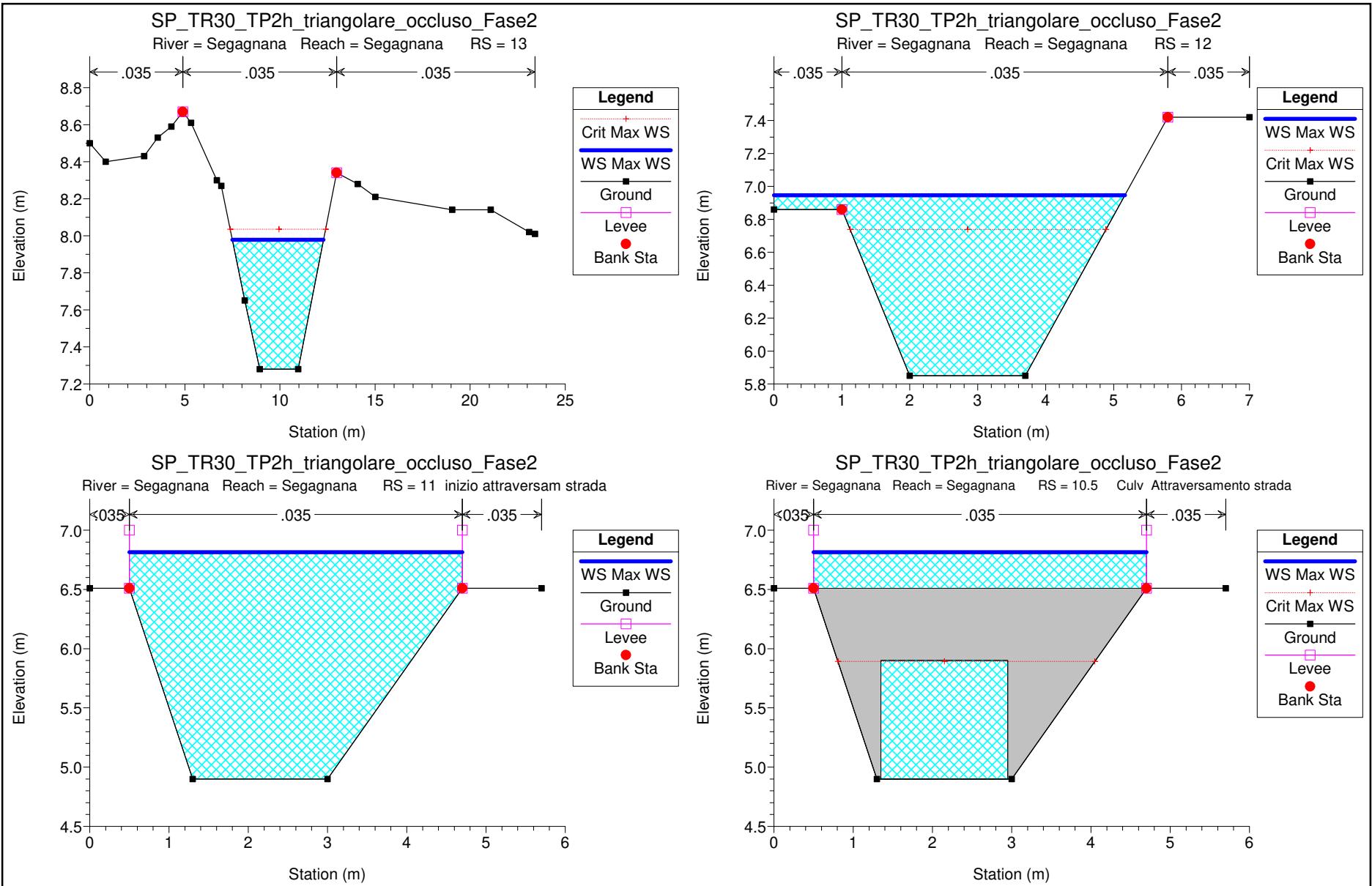


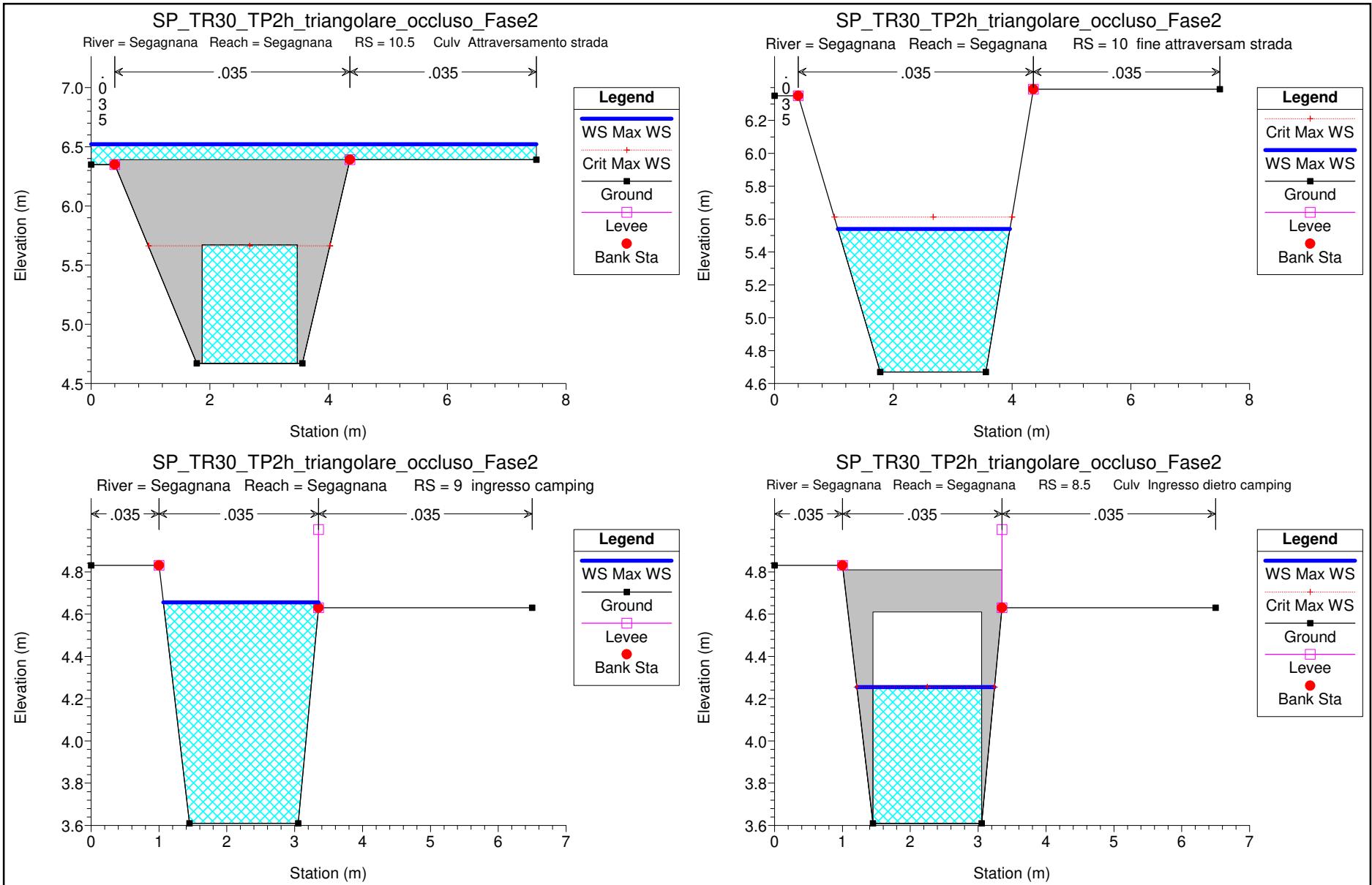


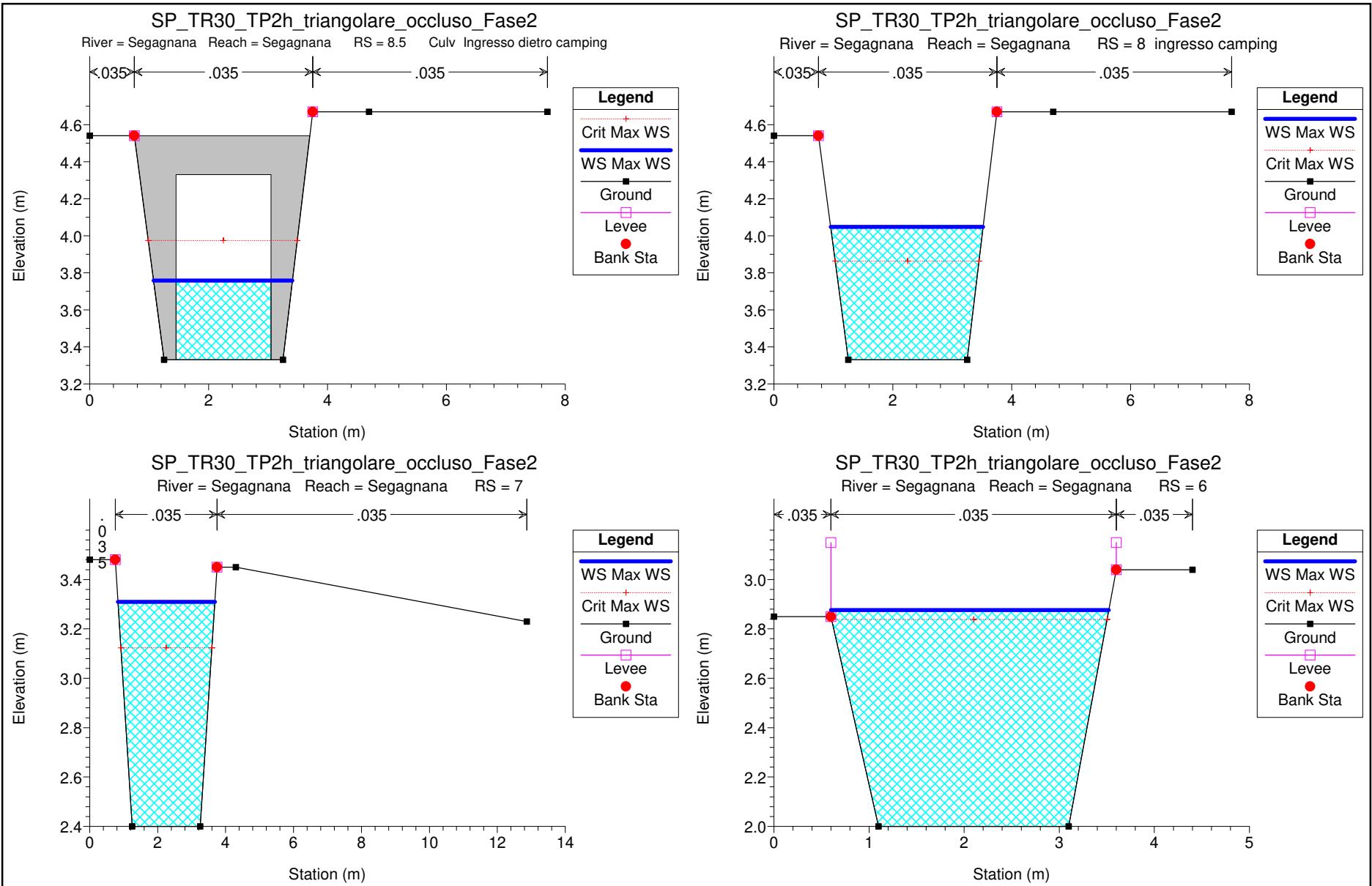


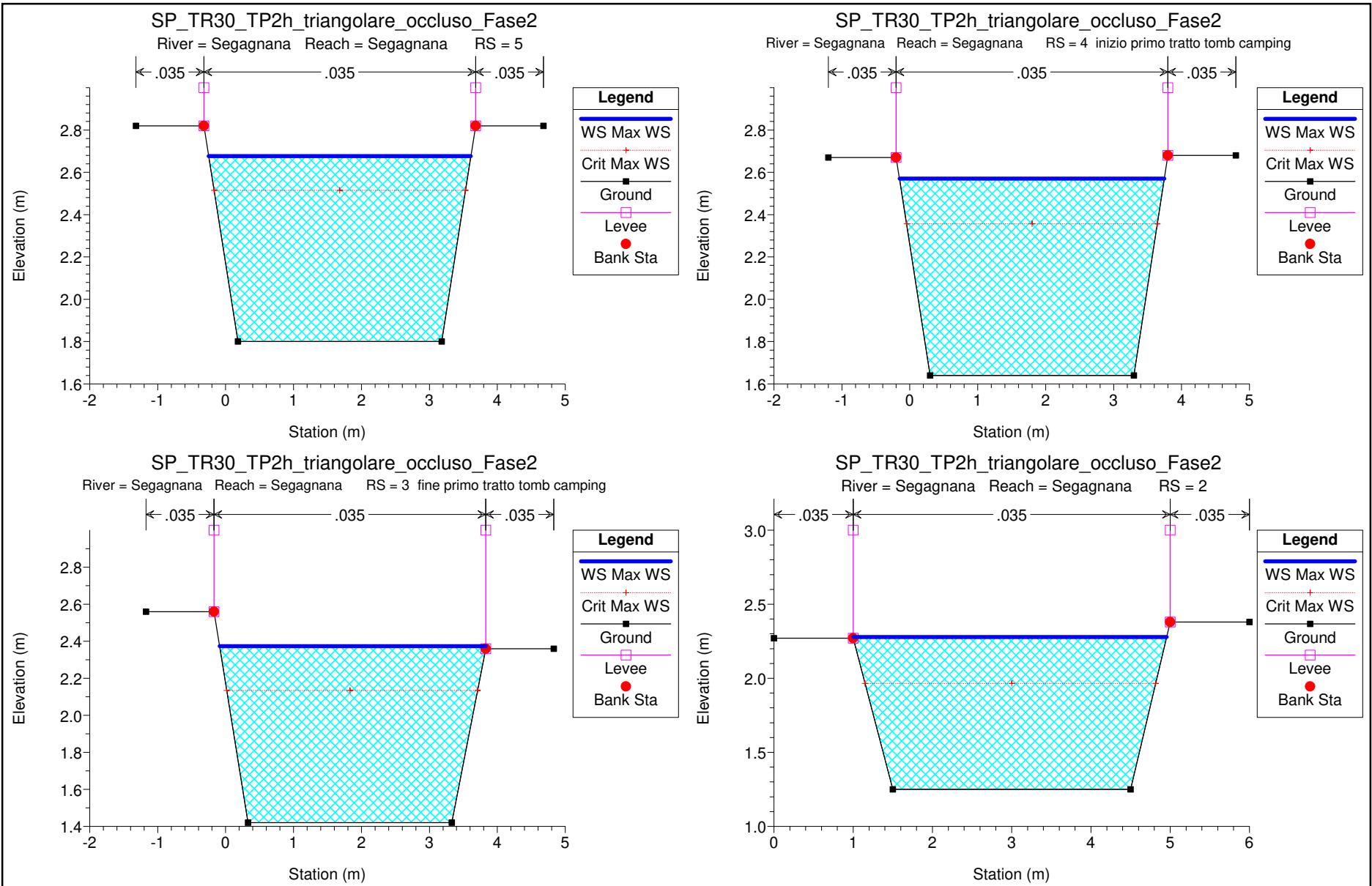


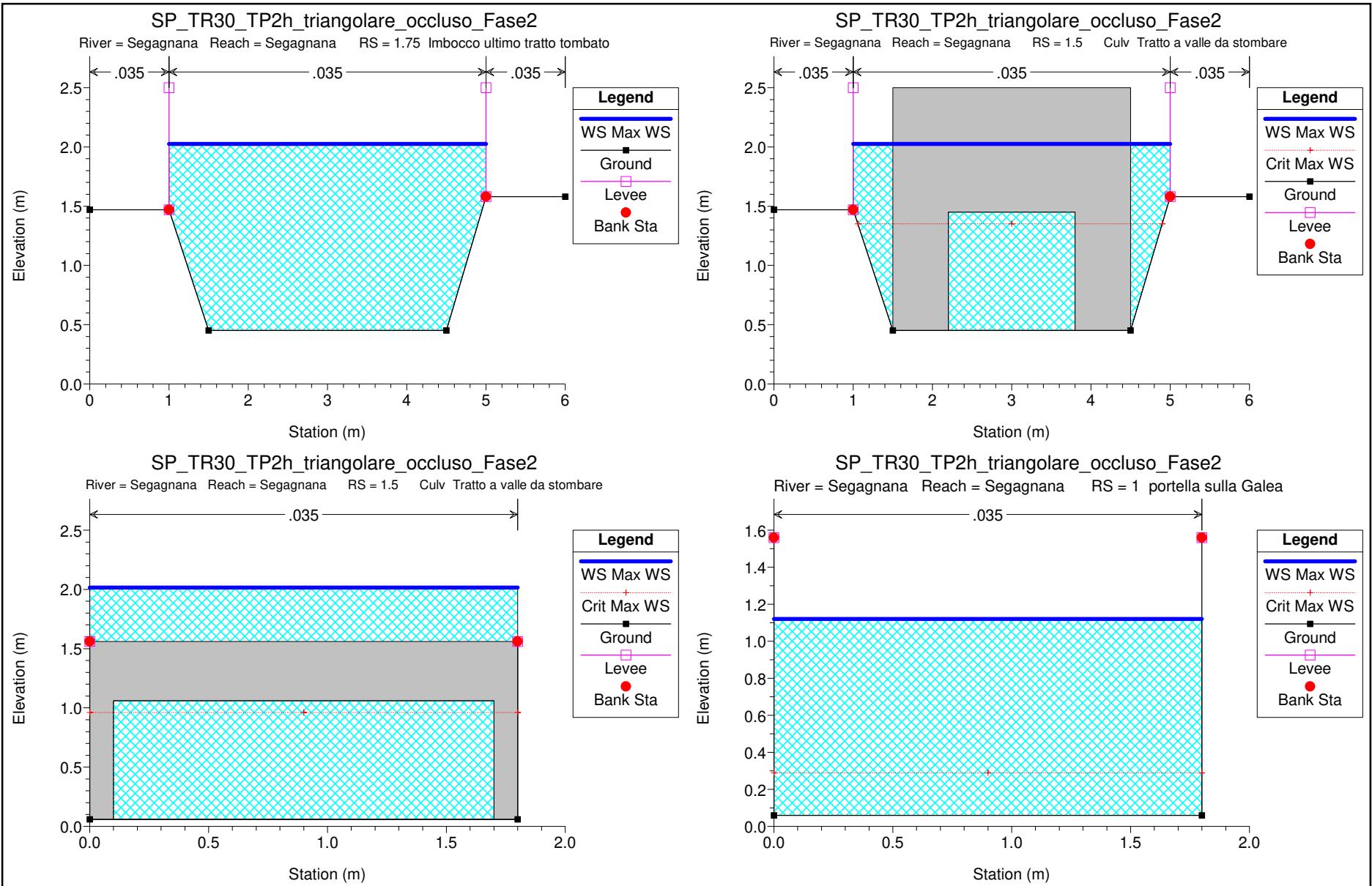
STATO PROGETTO STEP 2 TR 30 ANNI SBOCCO OCCLUSO Tp 2 h

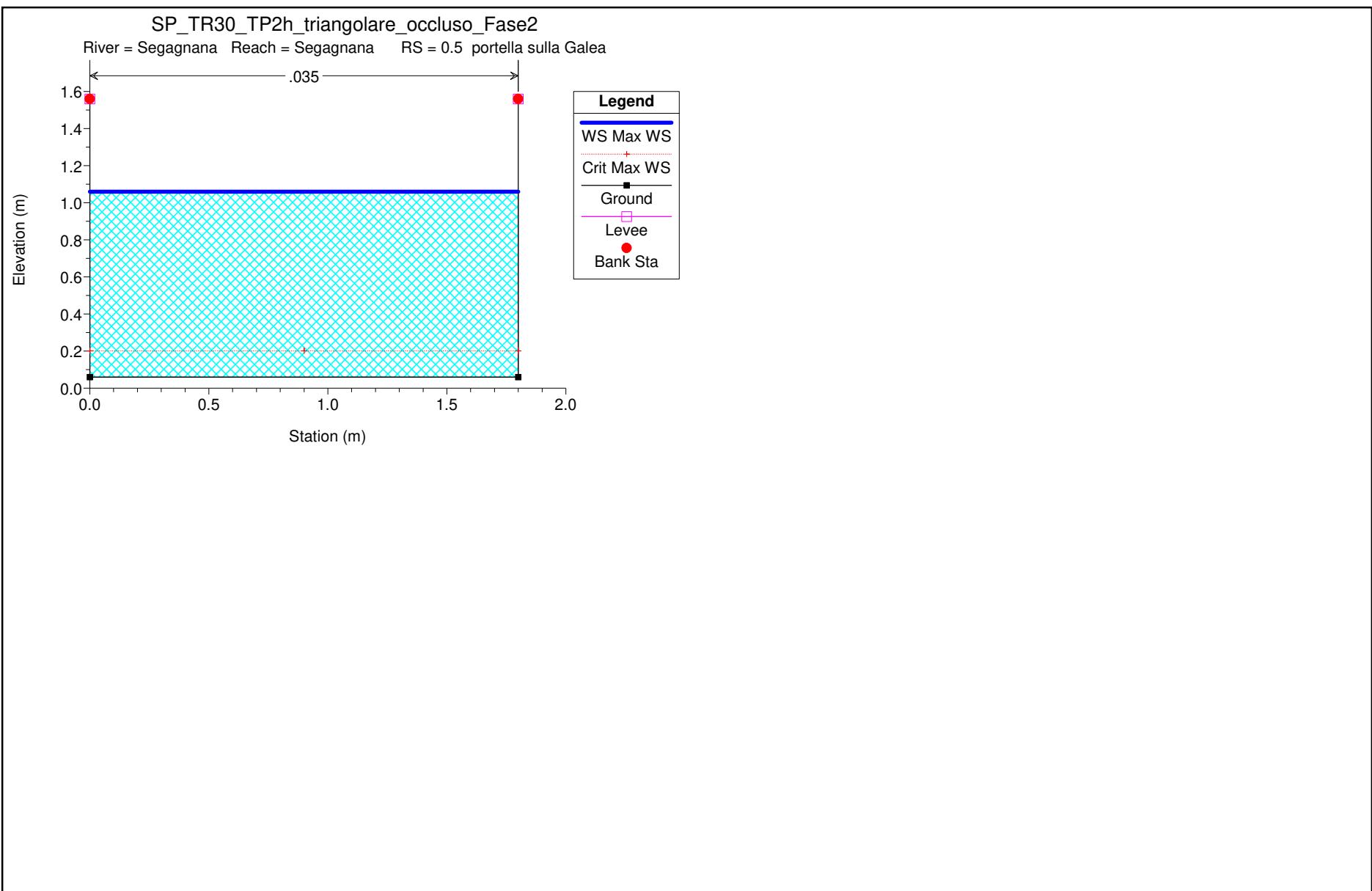




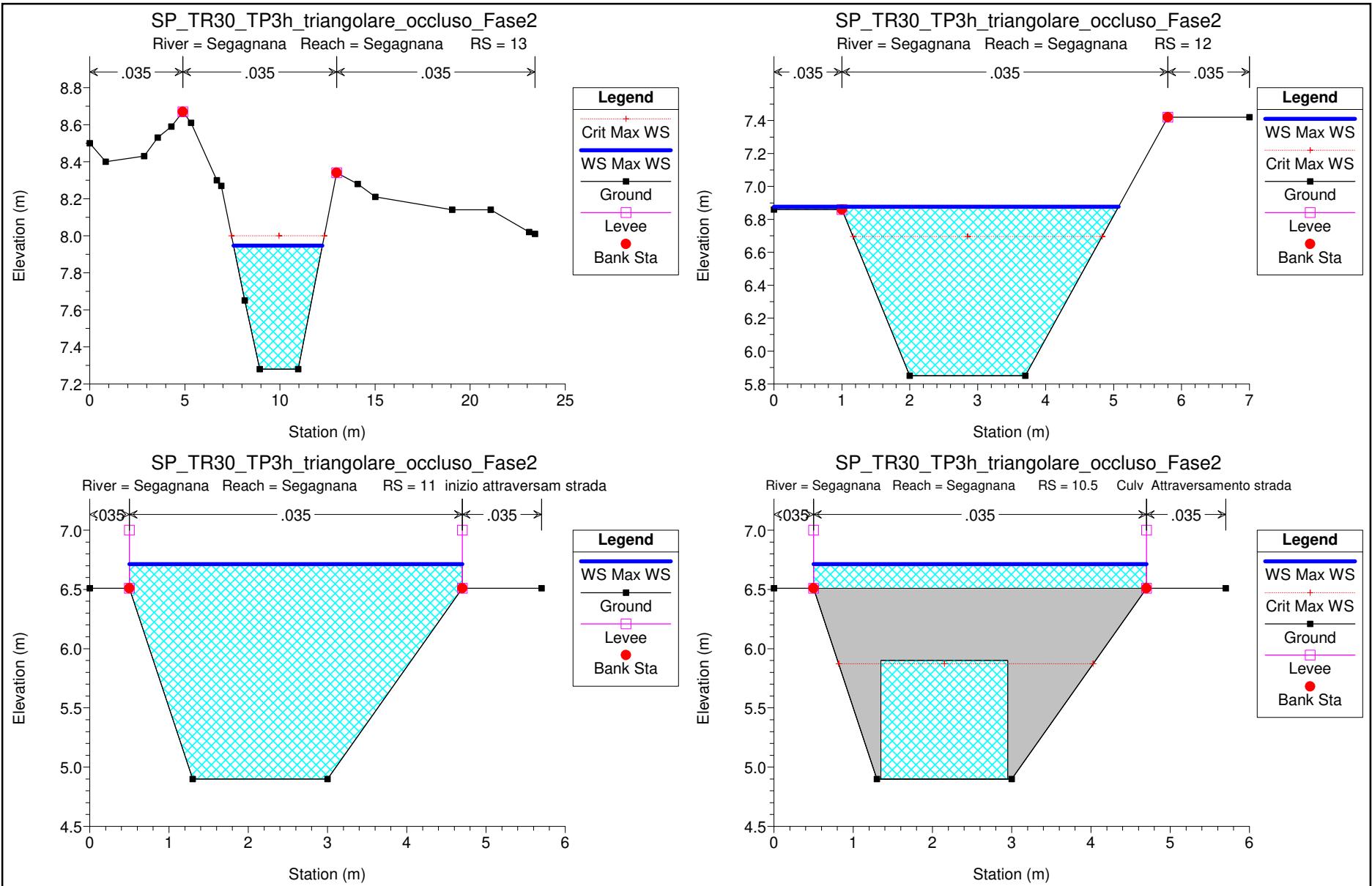


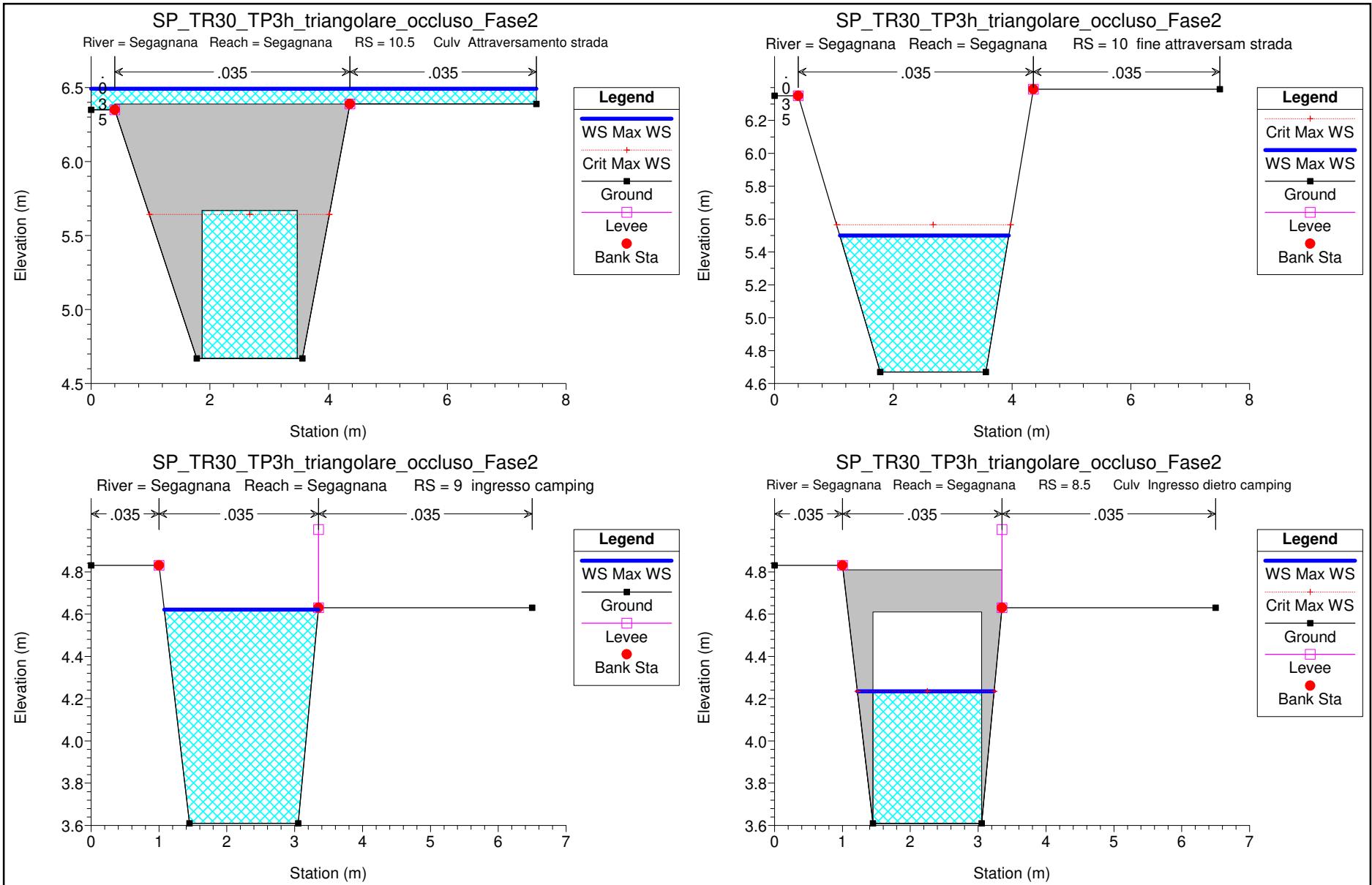


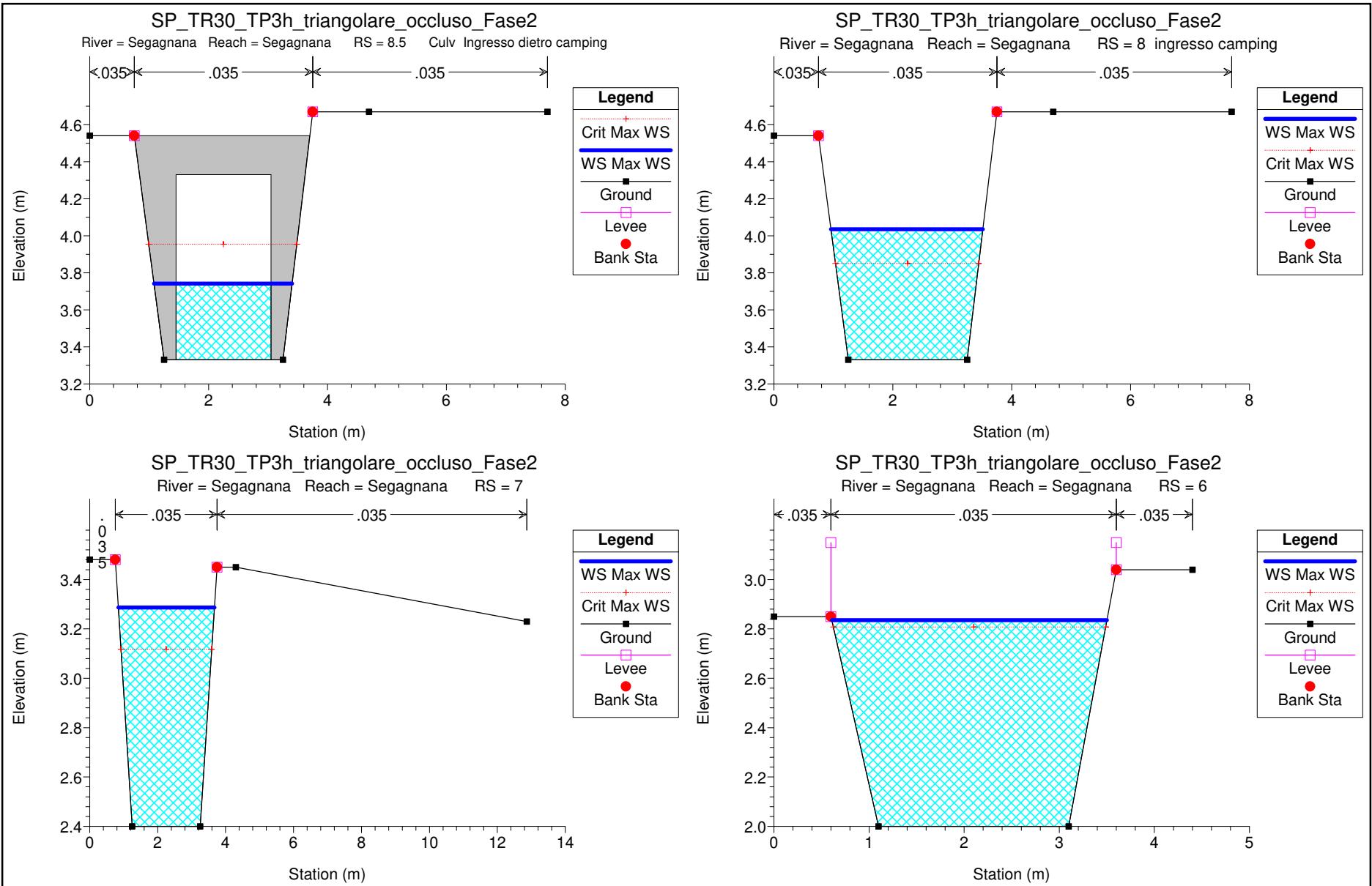


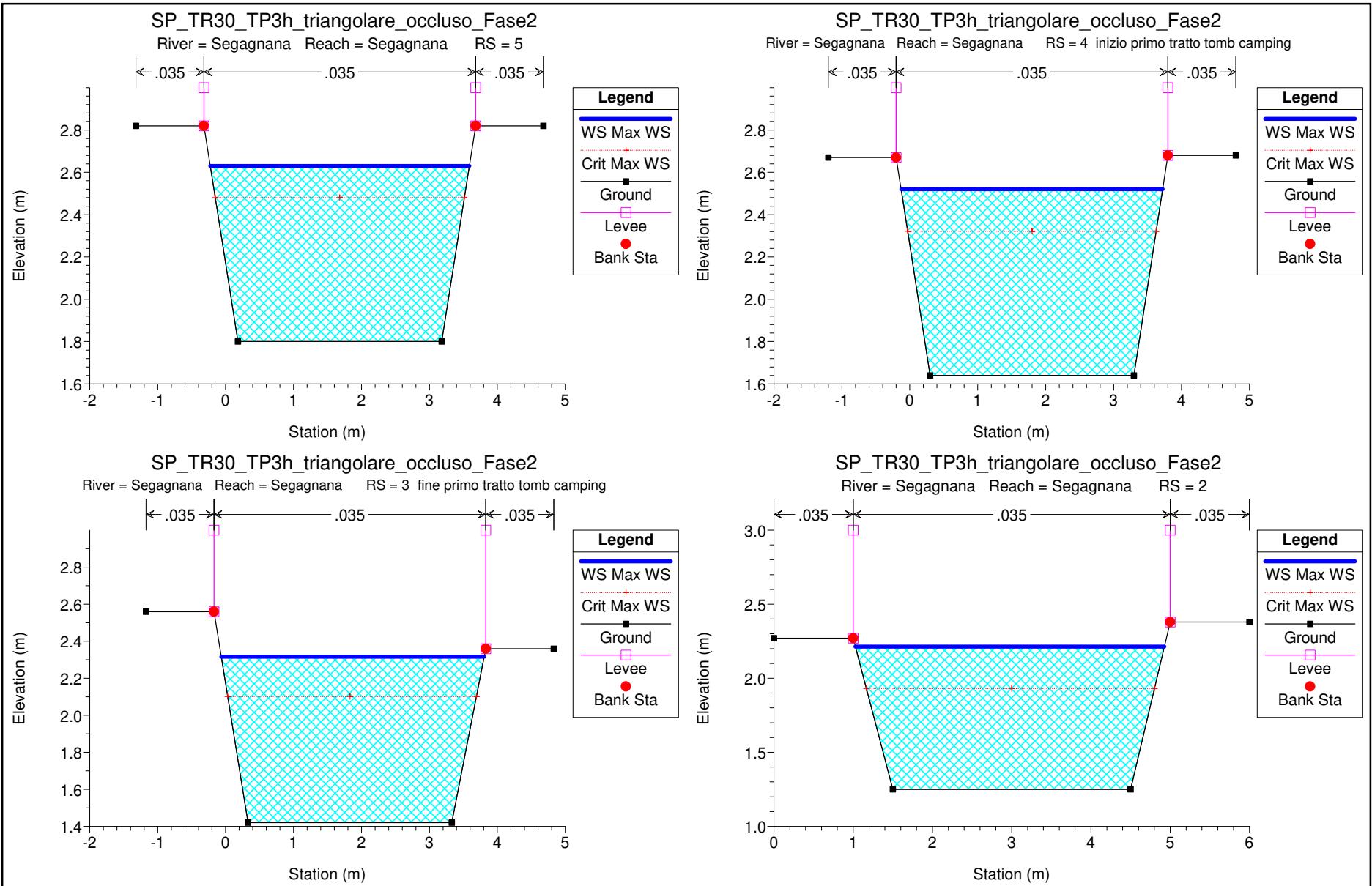


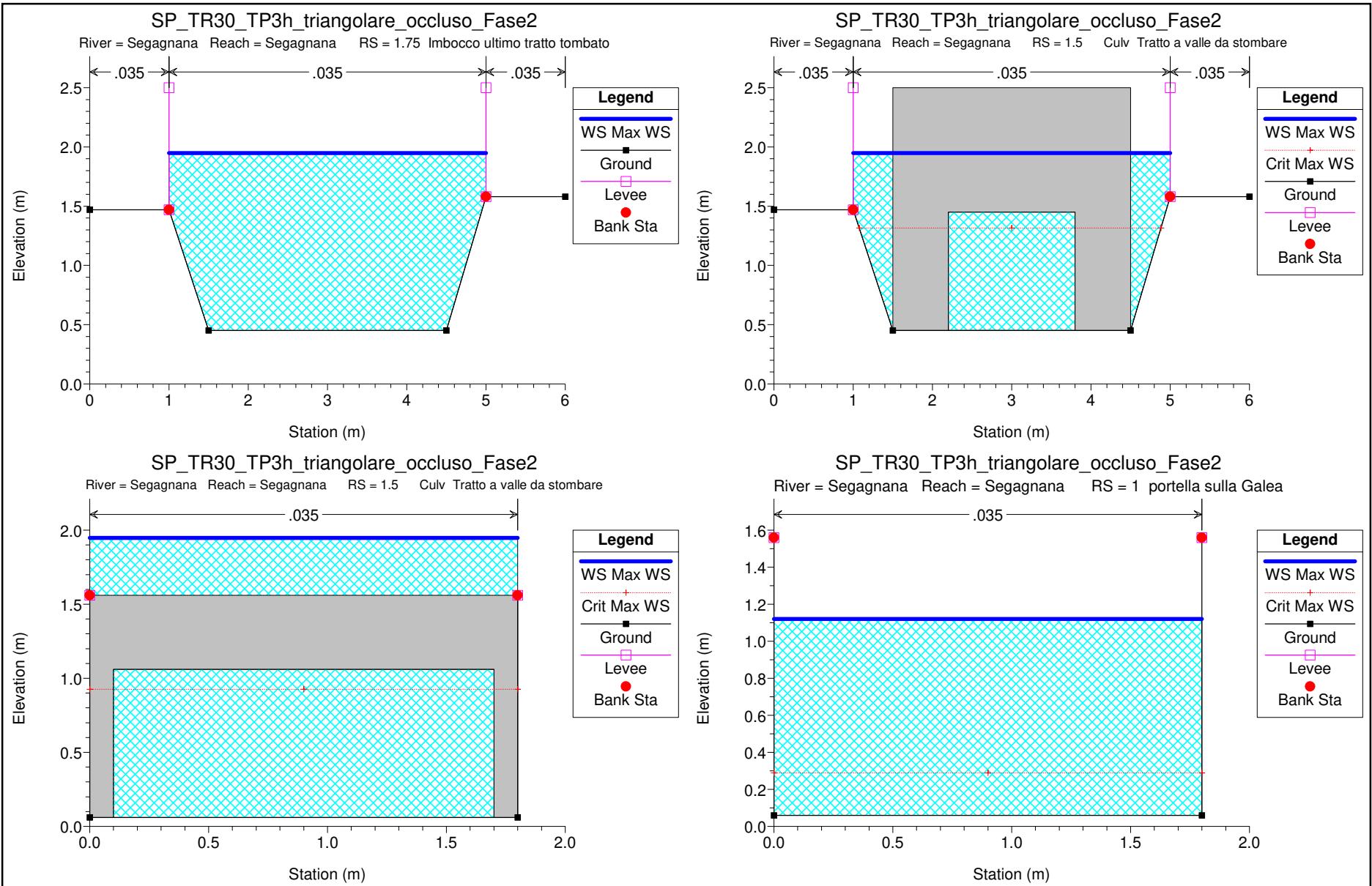
STATO PROGETTO STEP 2 TR 30 ANNI SBOCCO OCCLUSO Tp 3 h

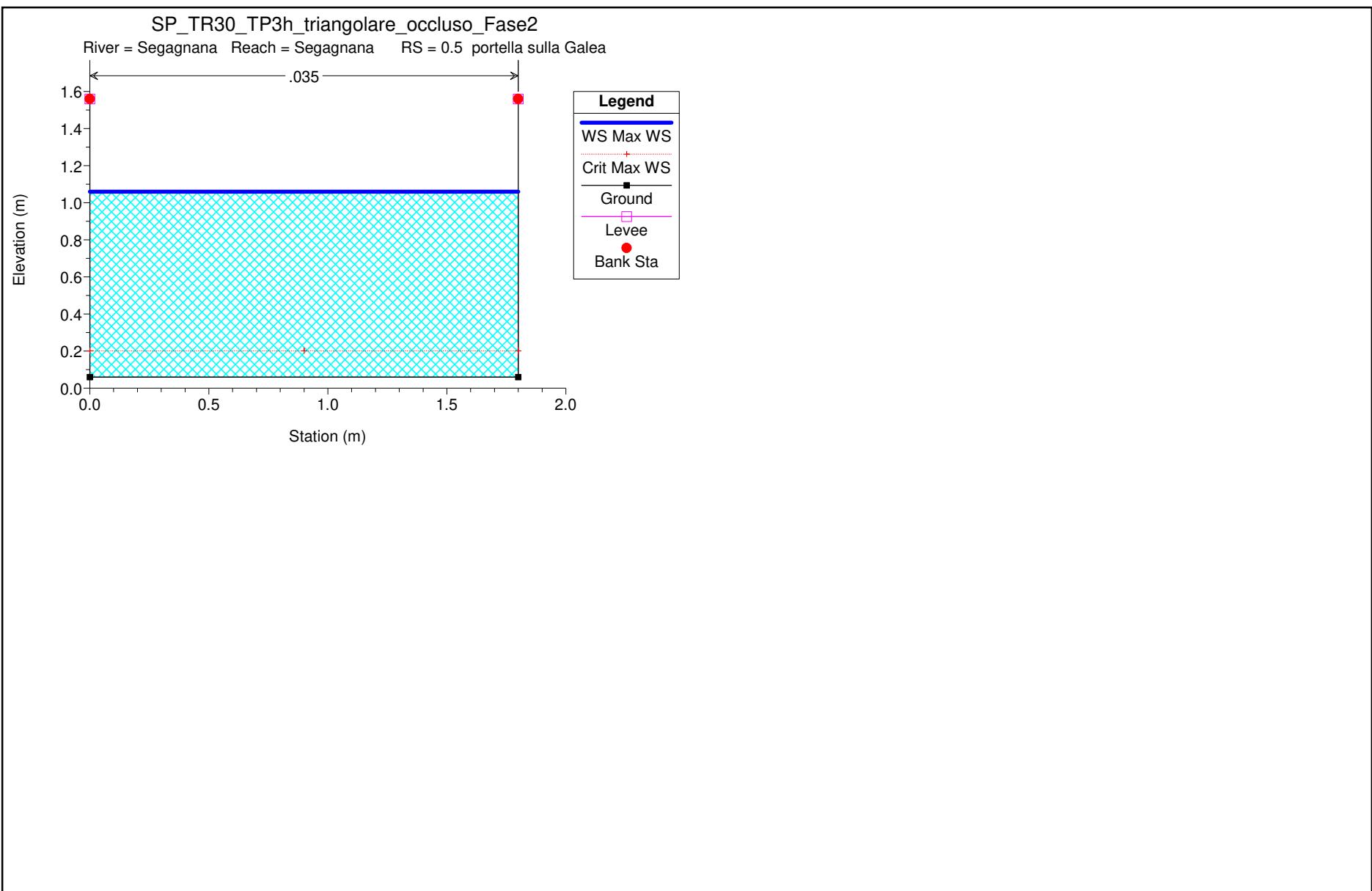




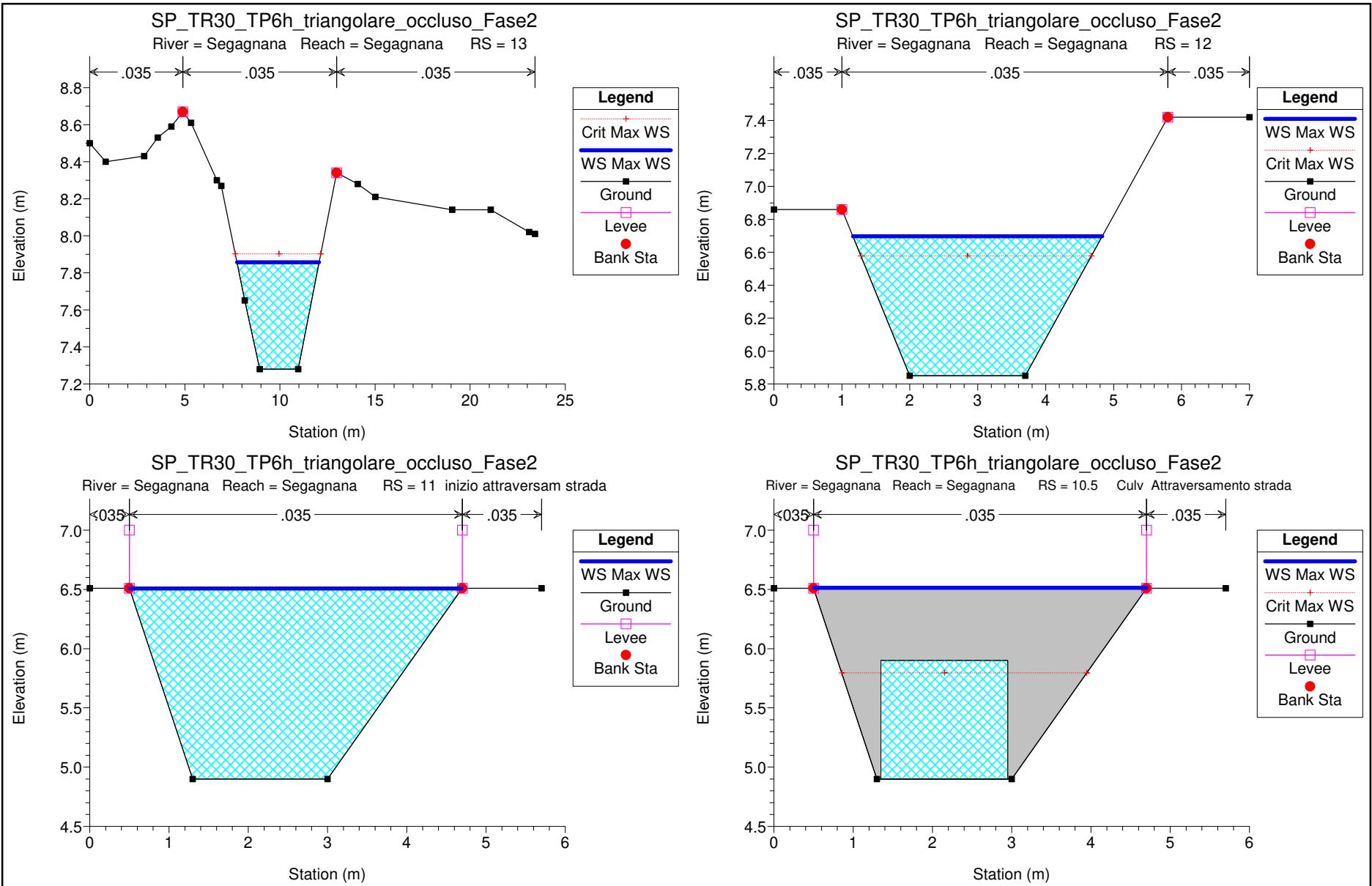


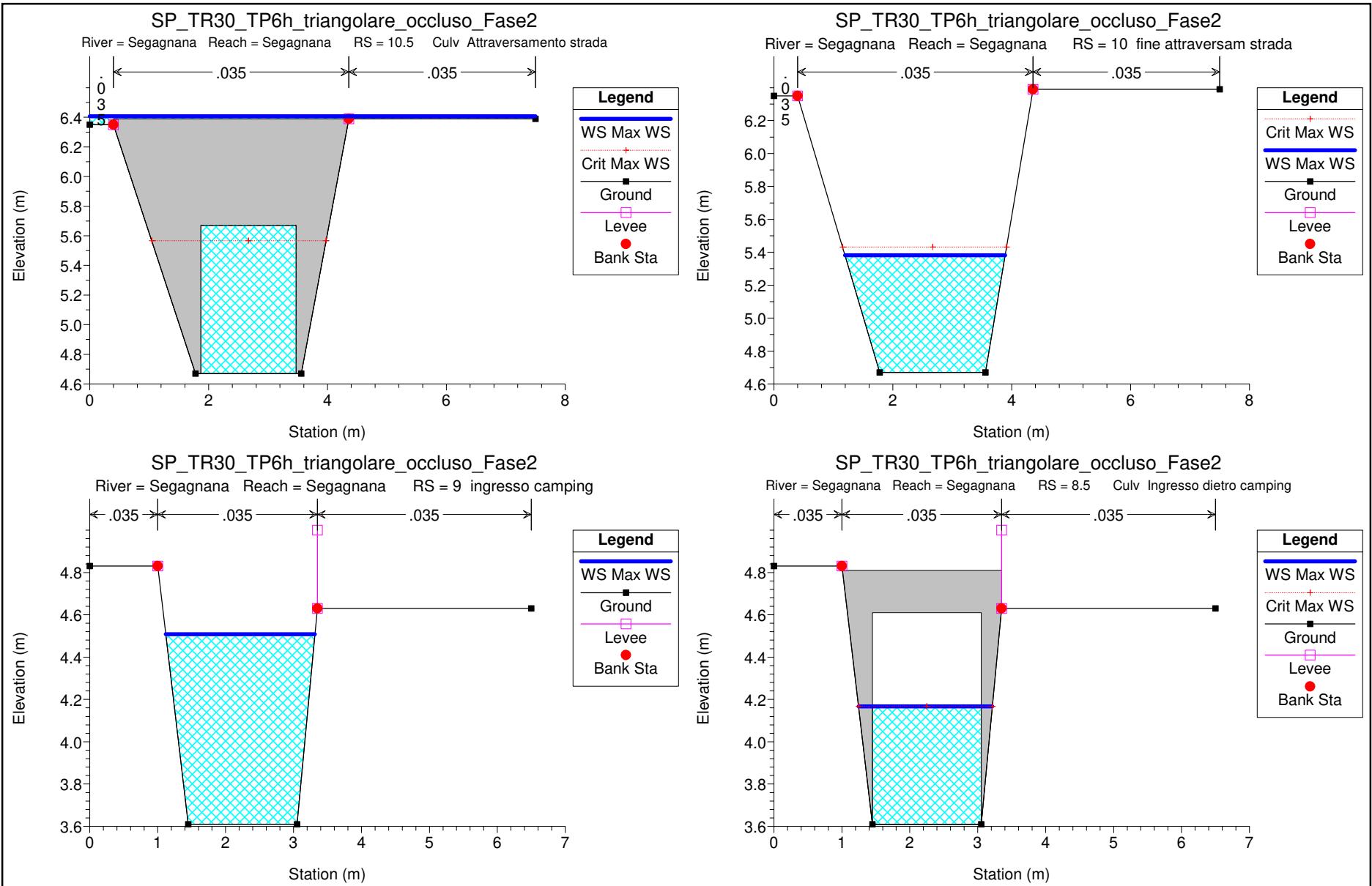


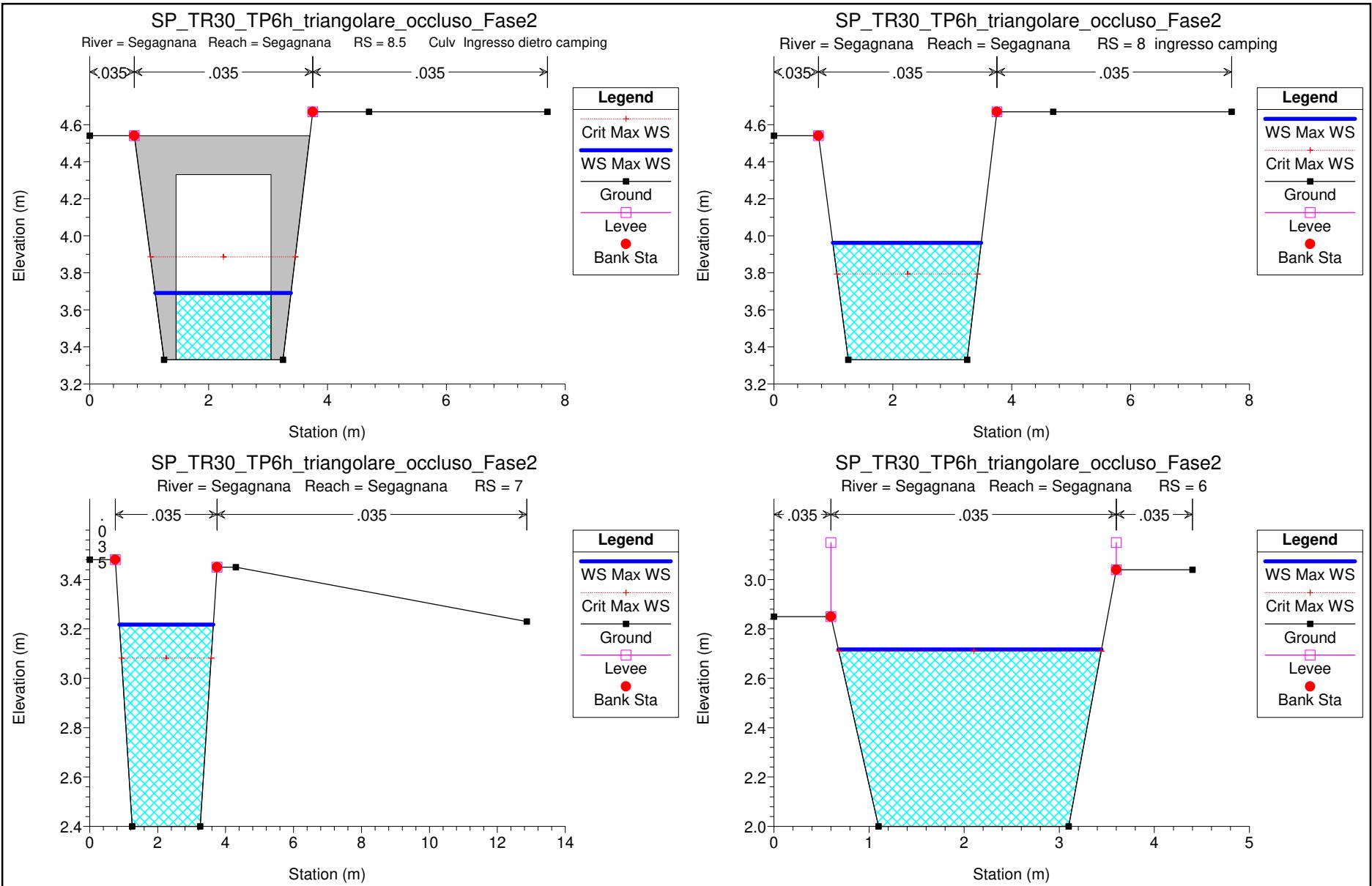


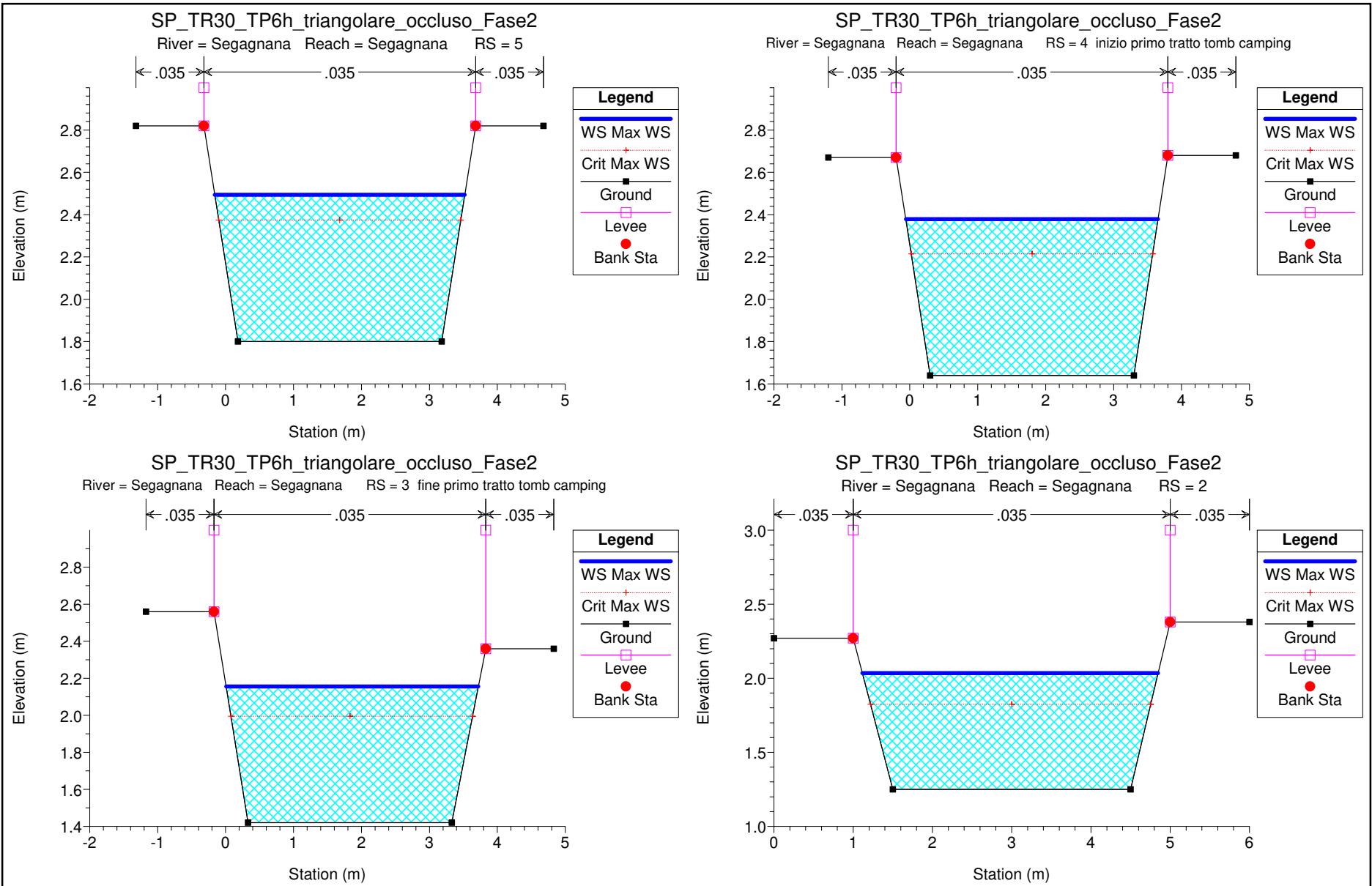


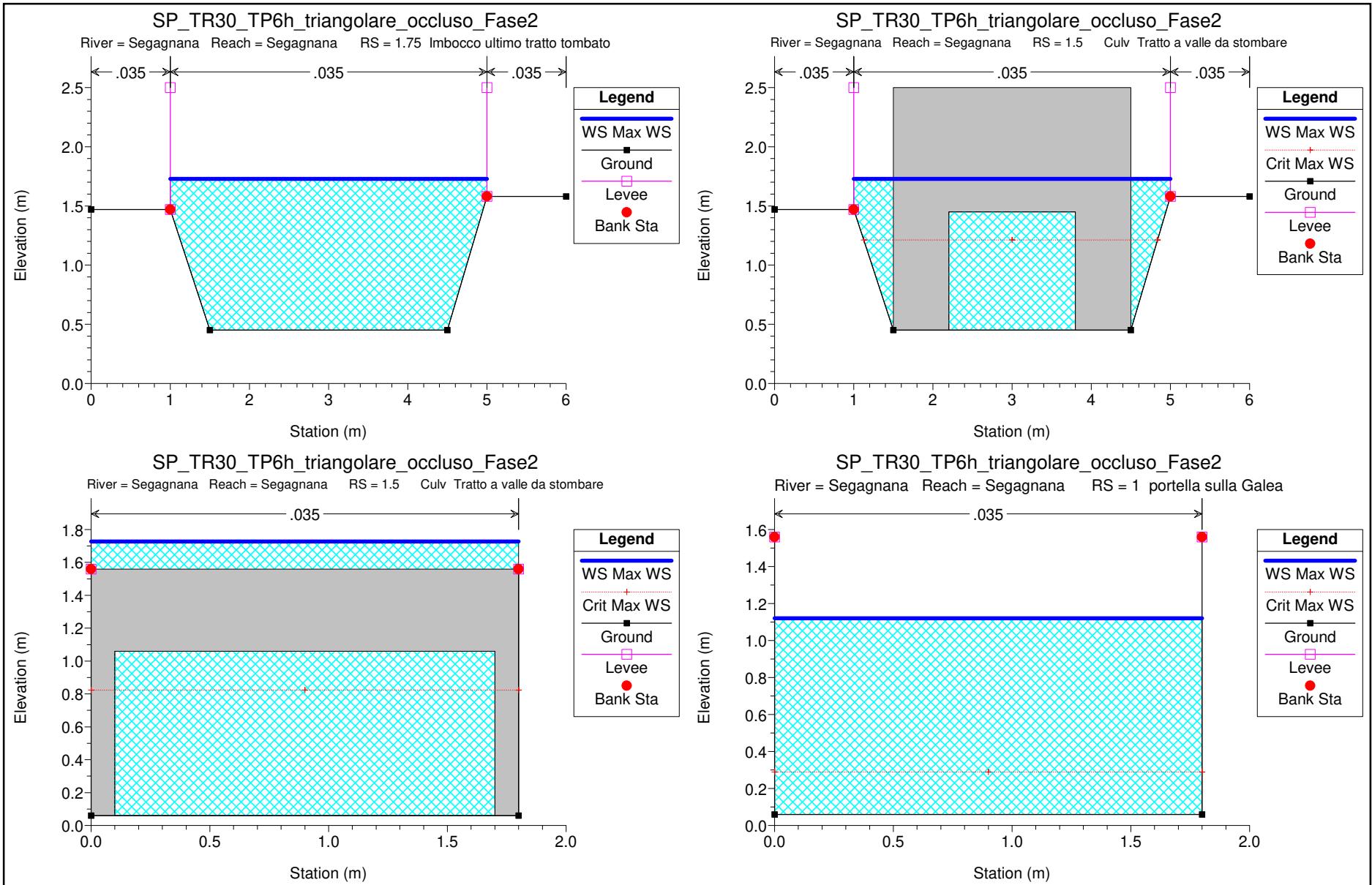
STATO PROGETTO STEP 2 TR 30 ANNI SBOCCO OCCLUSO Tp 6 h

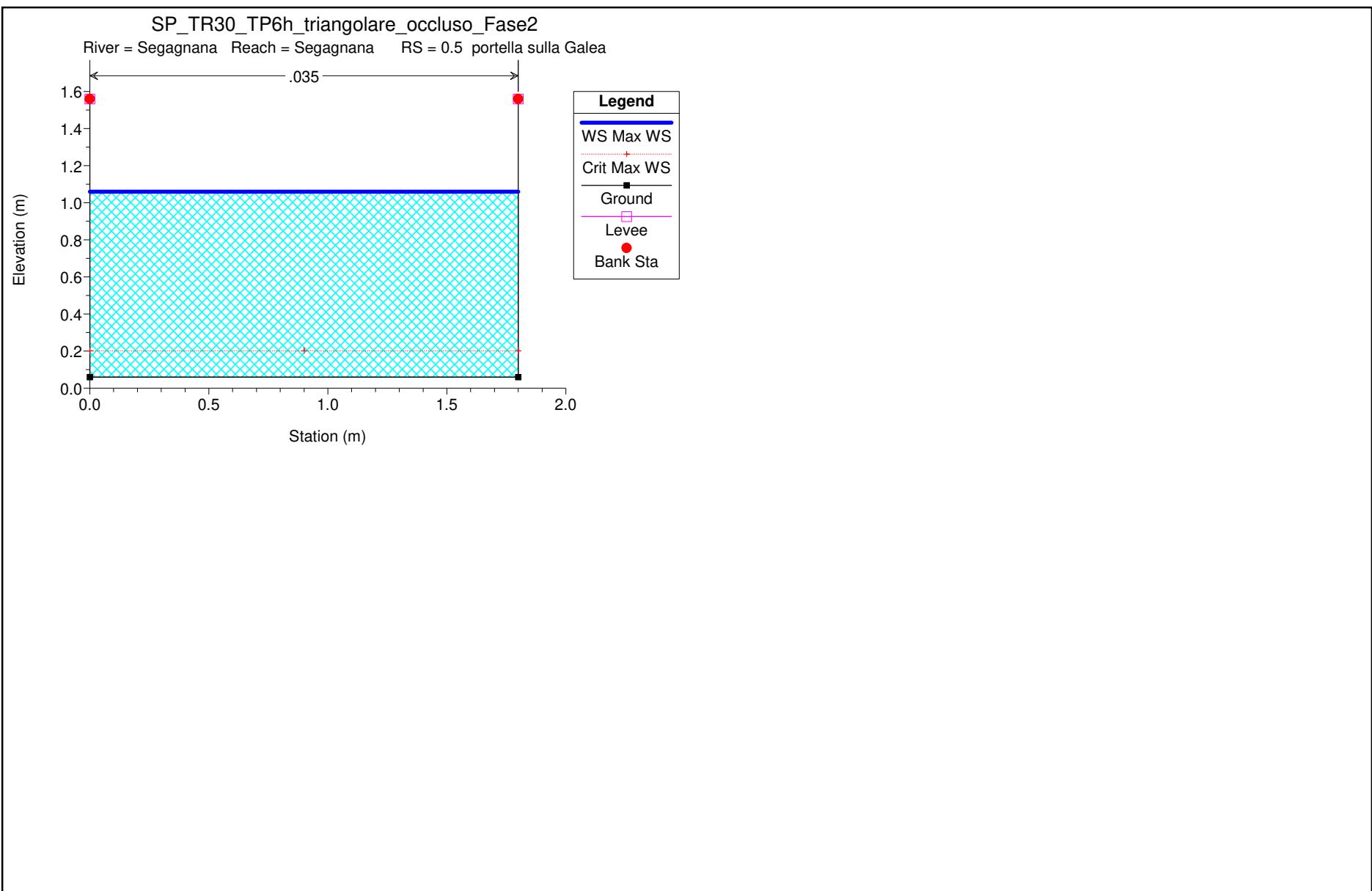




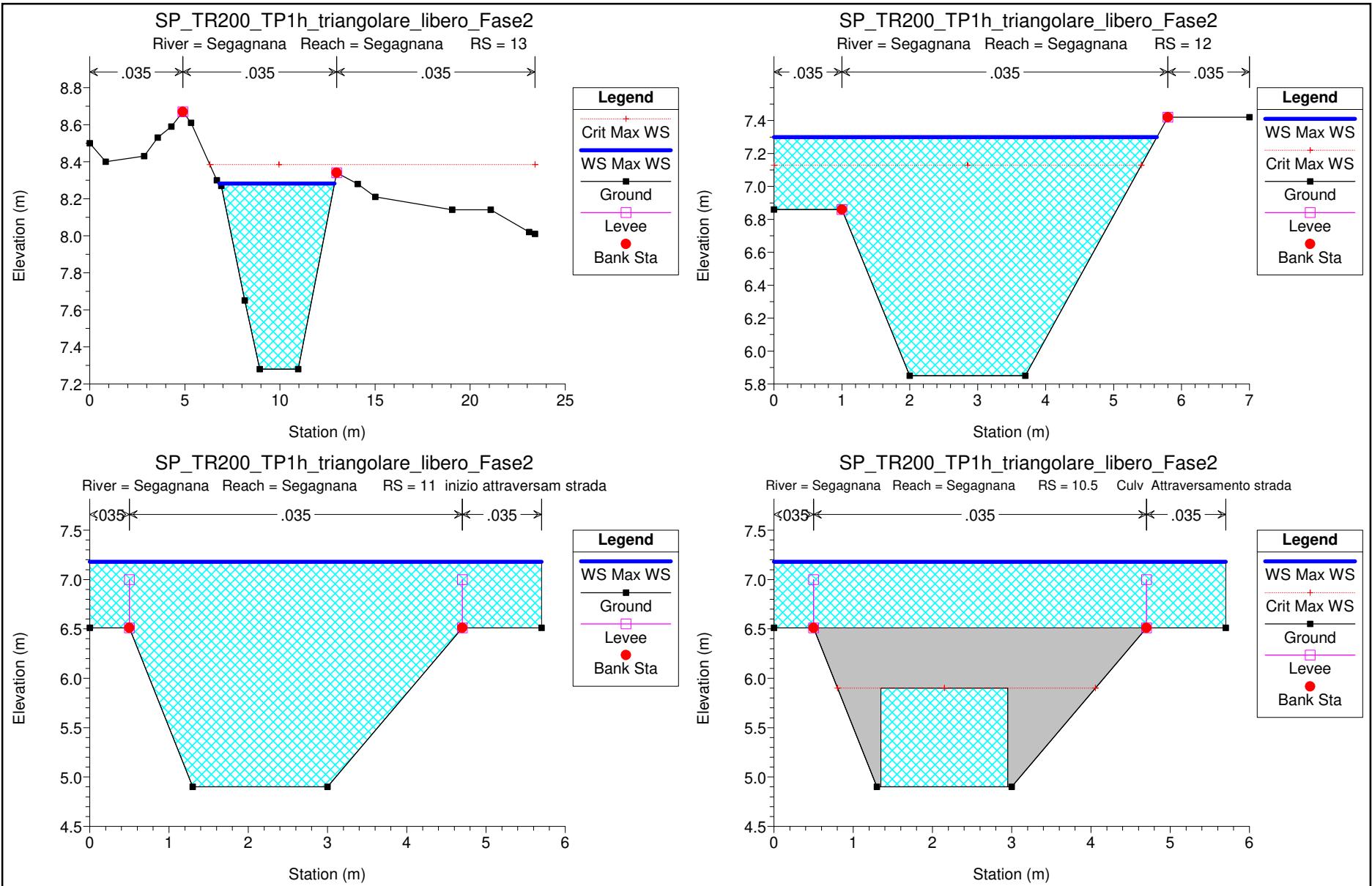


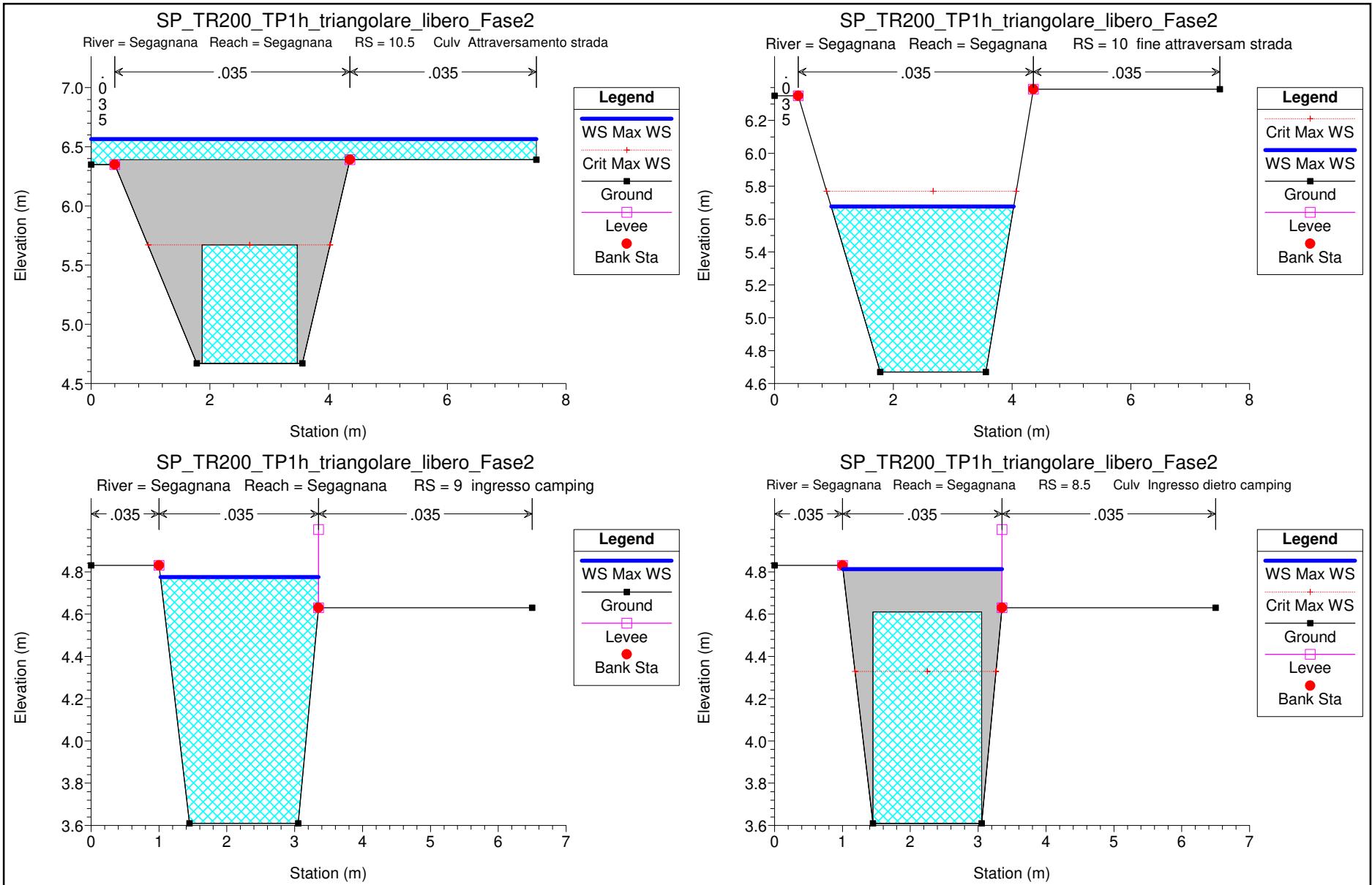


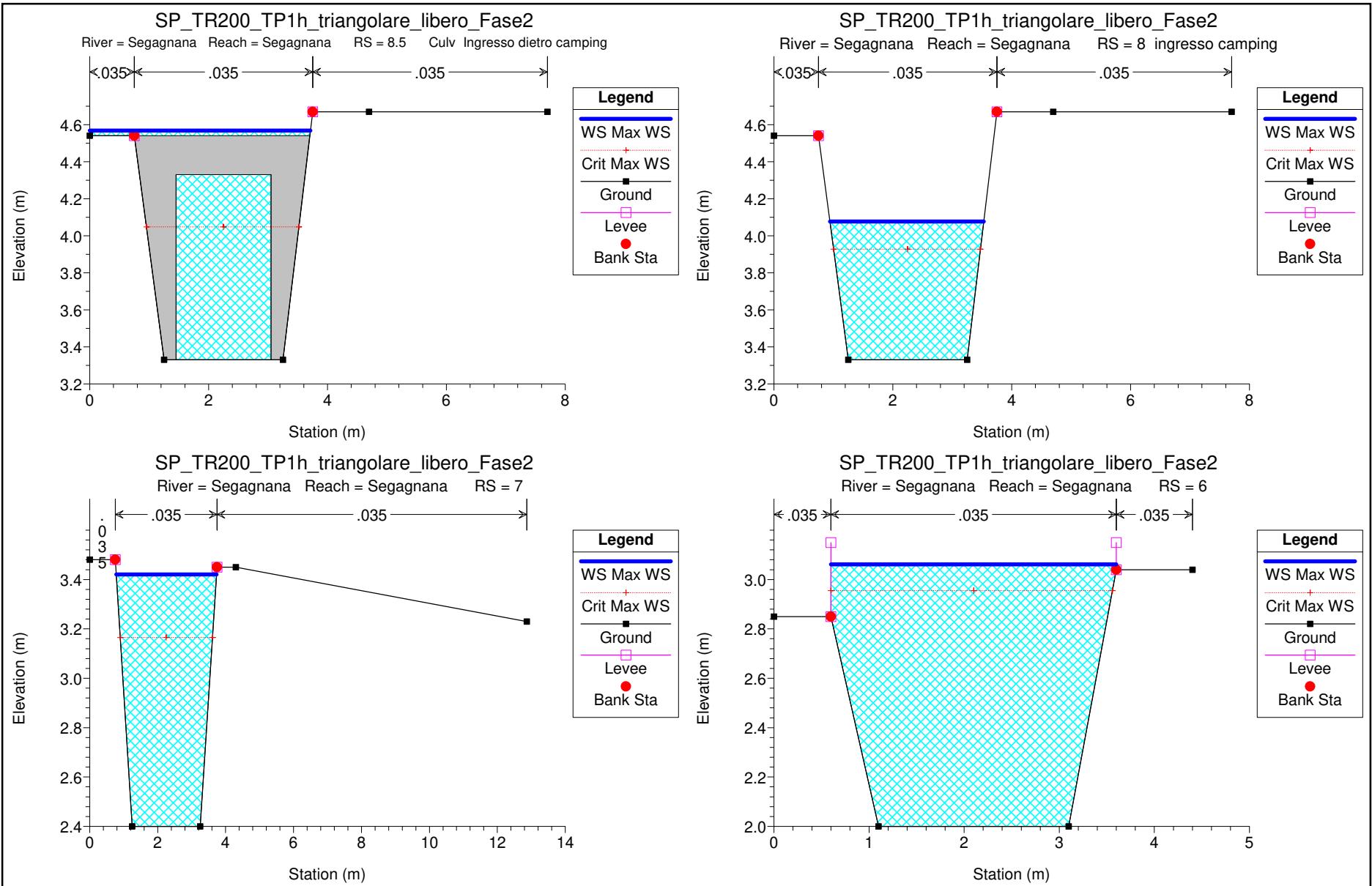


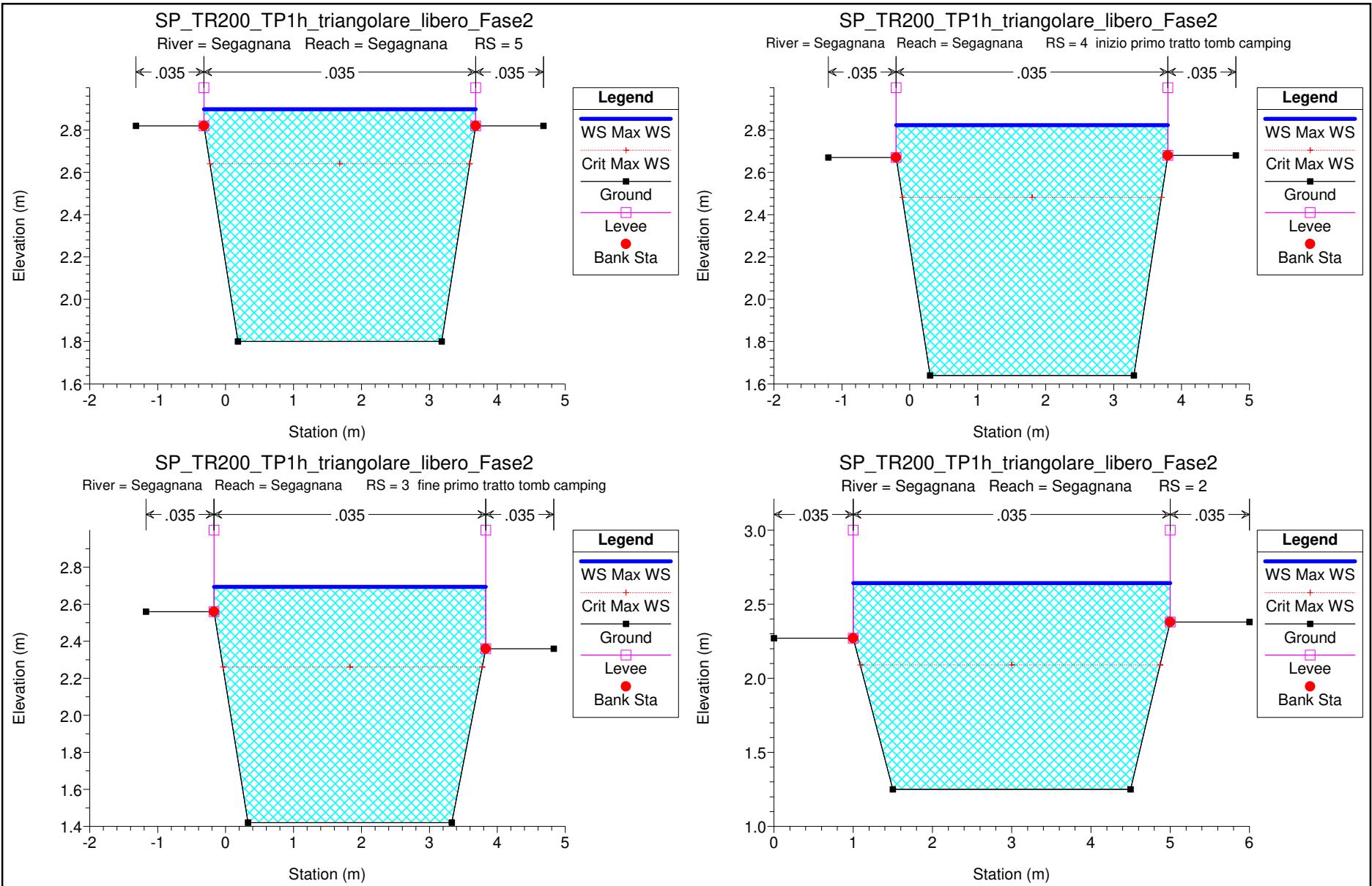


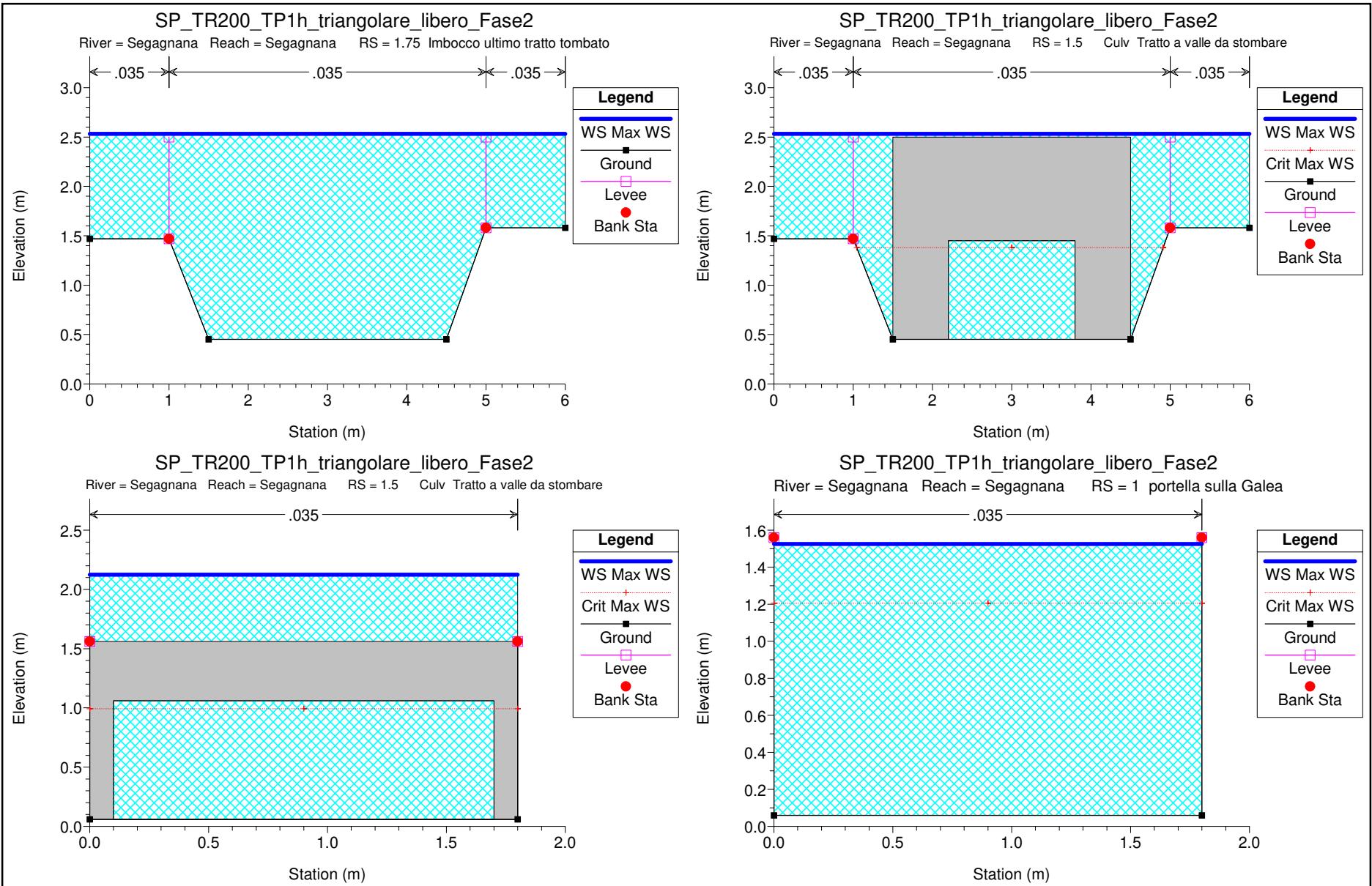
STATO PROGETTO STEP 2 TR 200 ANNI SBOCCO LIBERO Tp 1 h

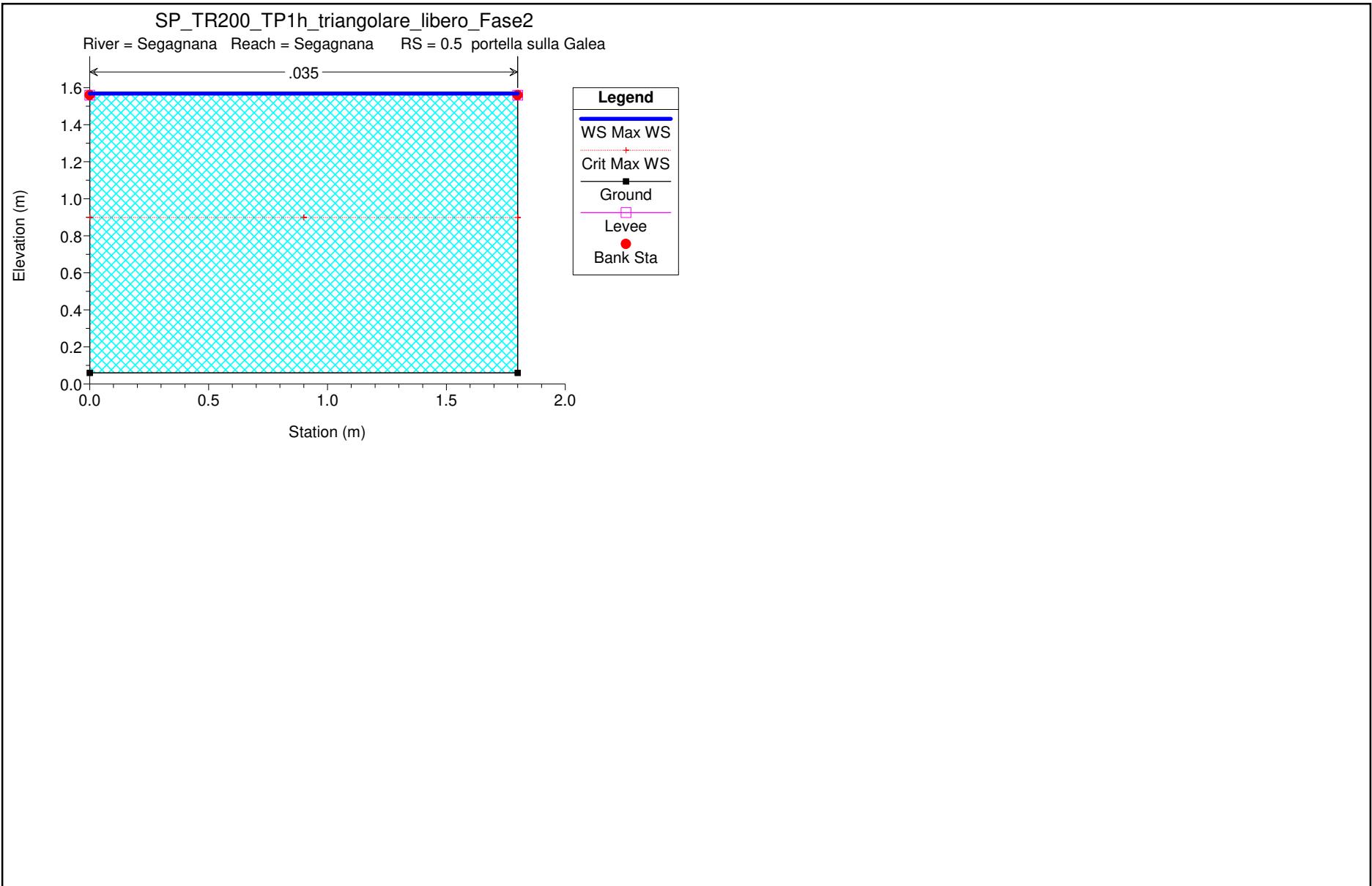




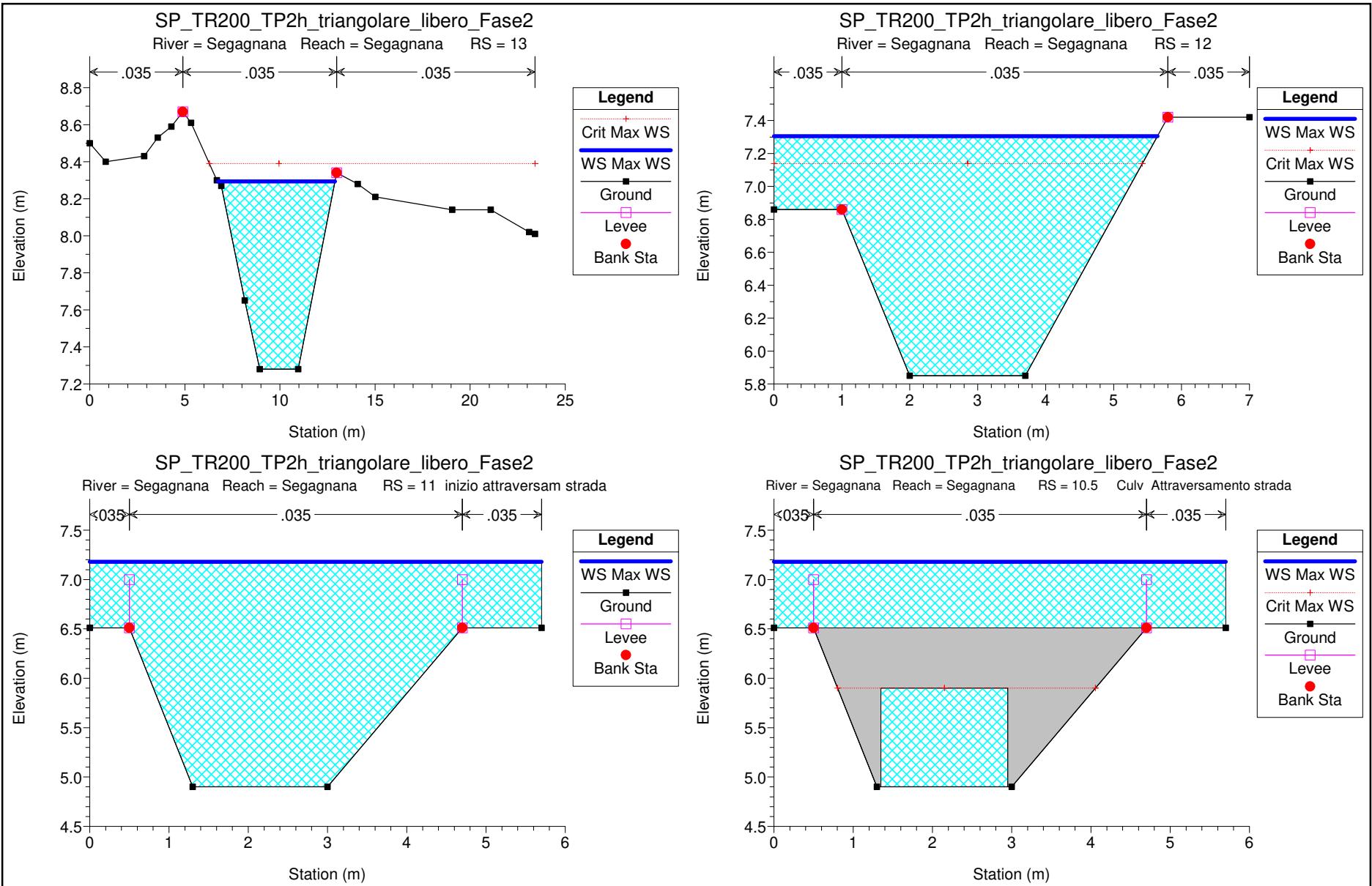


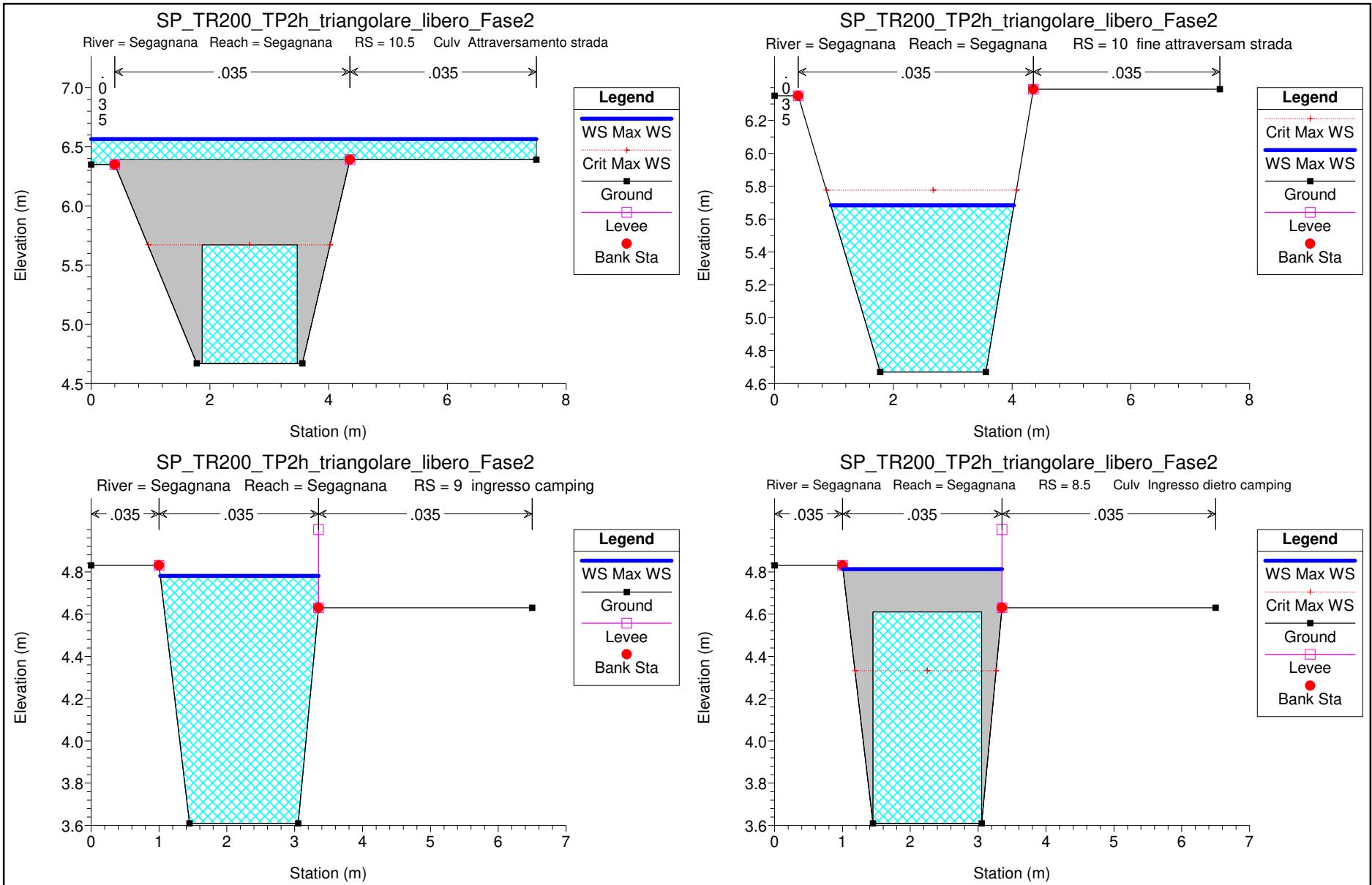


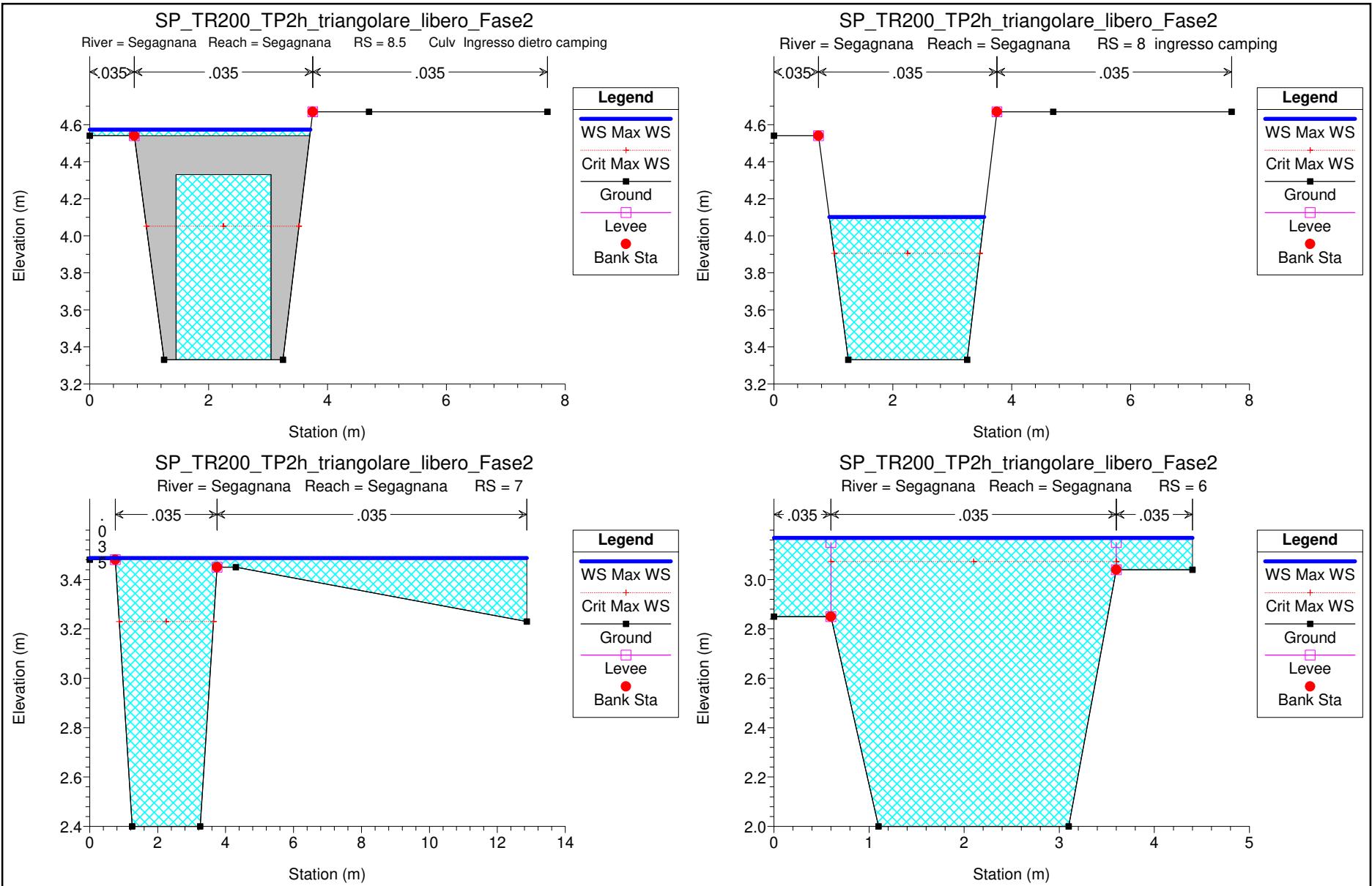


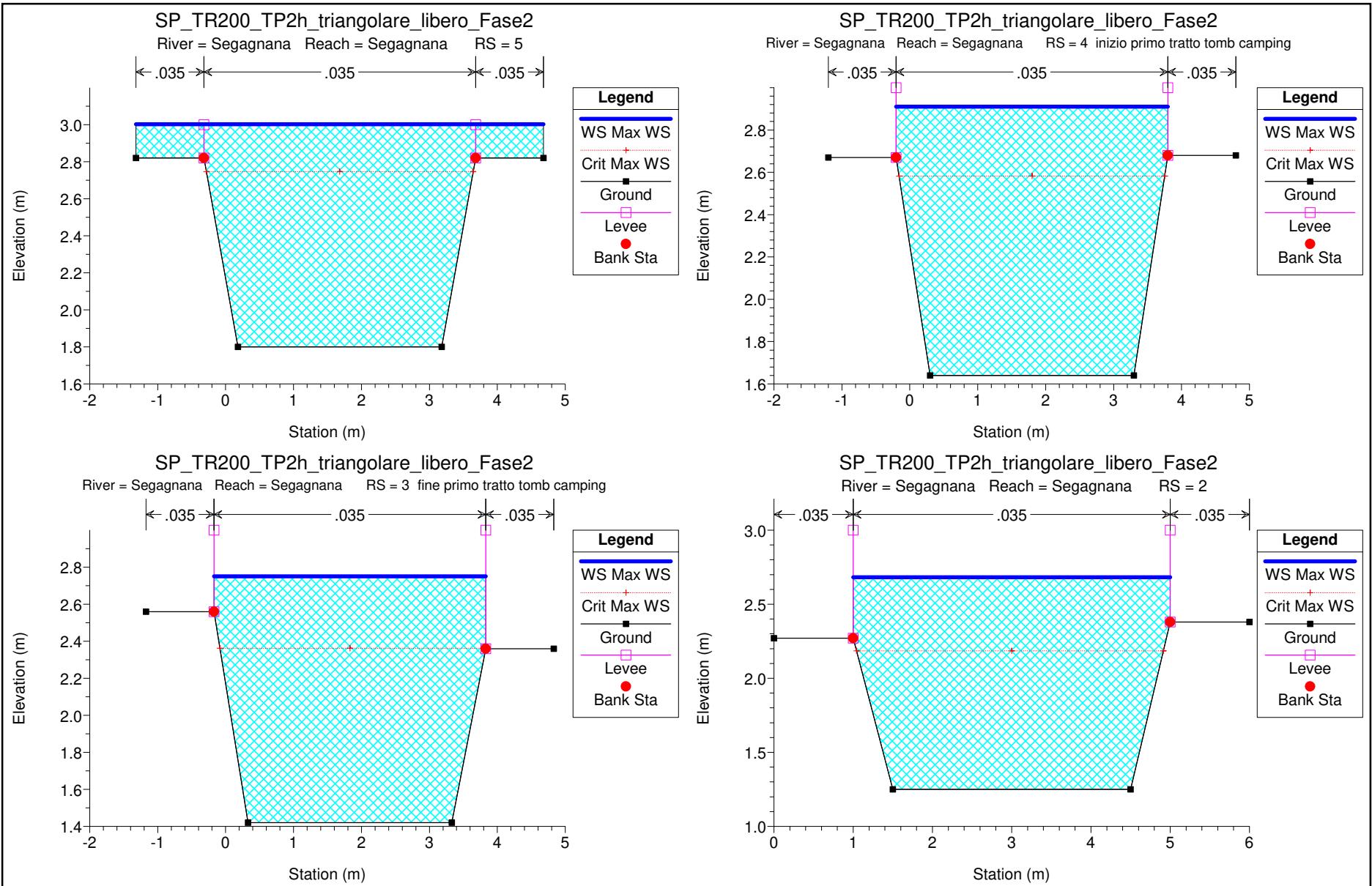


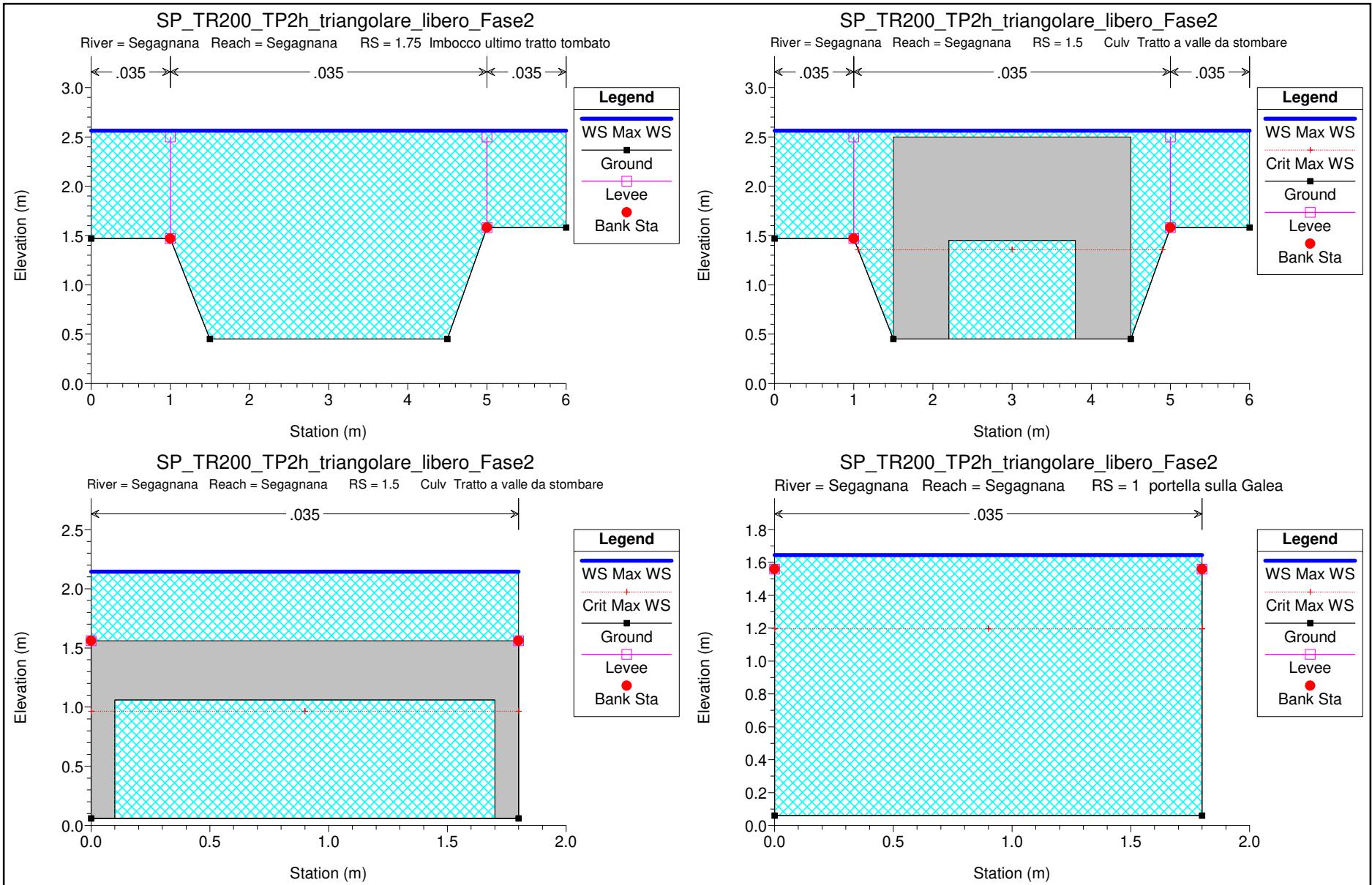
STATO PROGETTO STEP 2 TR 200 ANNI SBOCCO LIBERO Tp 2 h

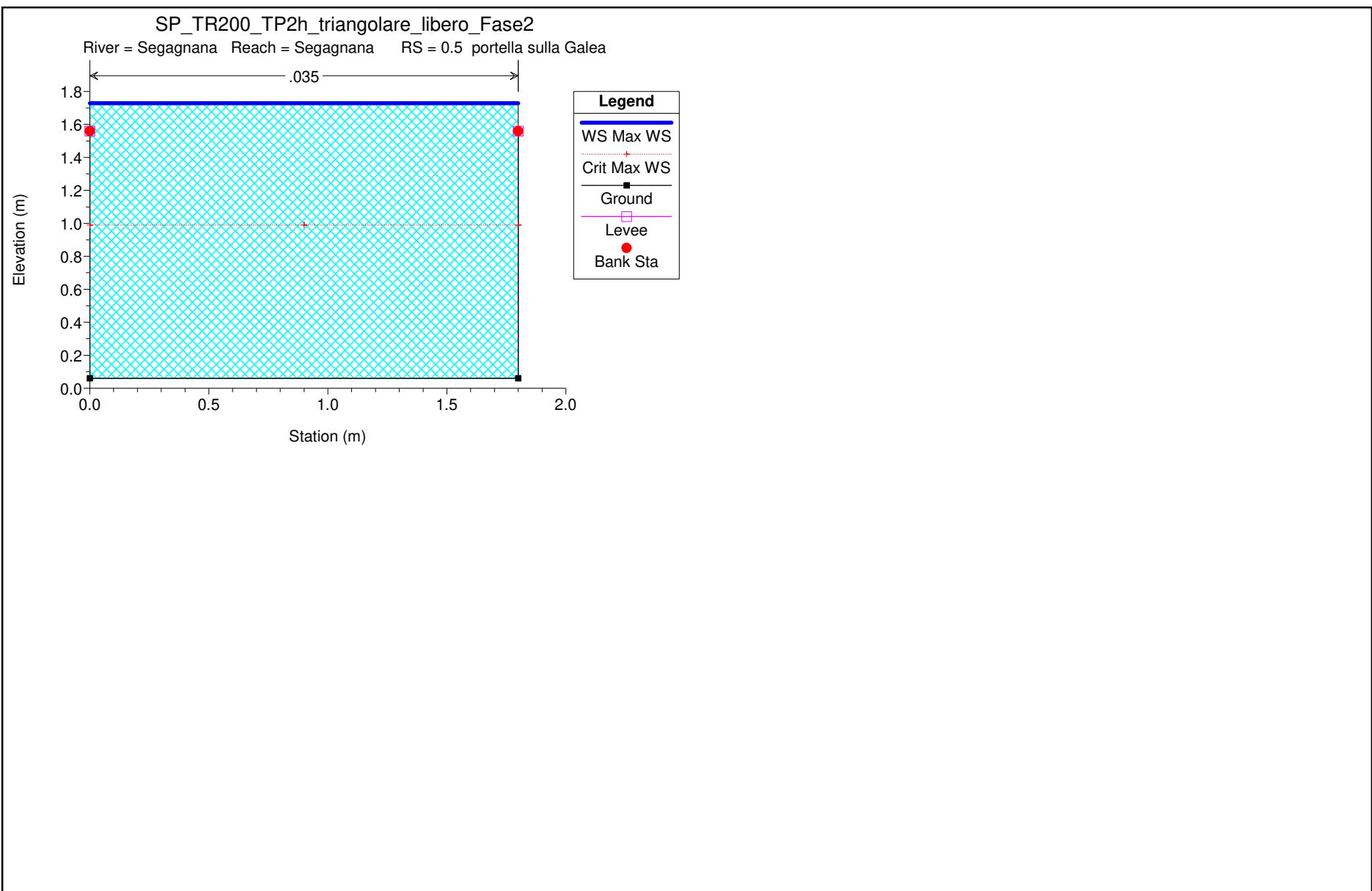




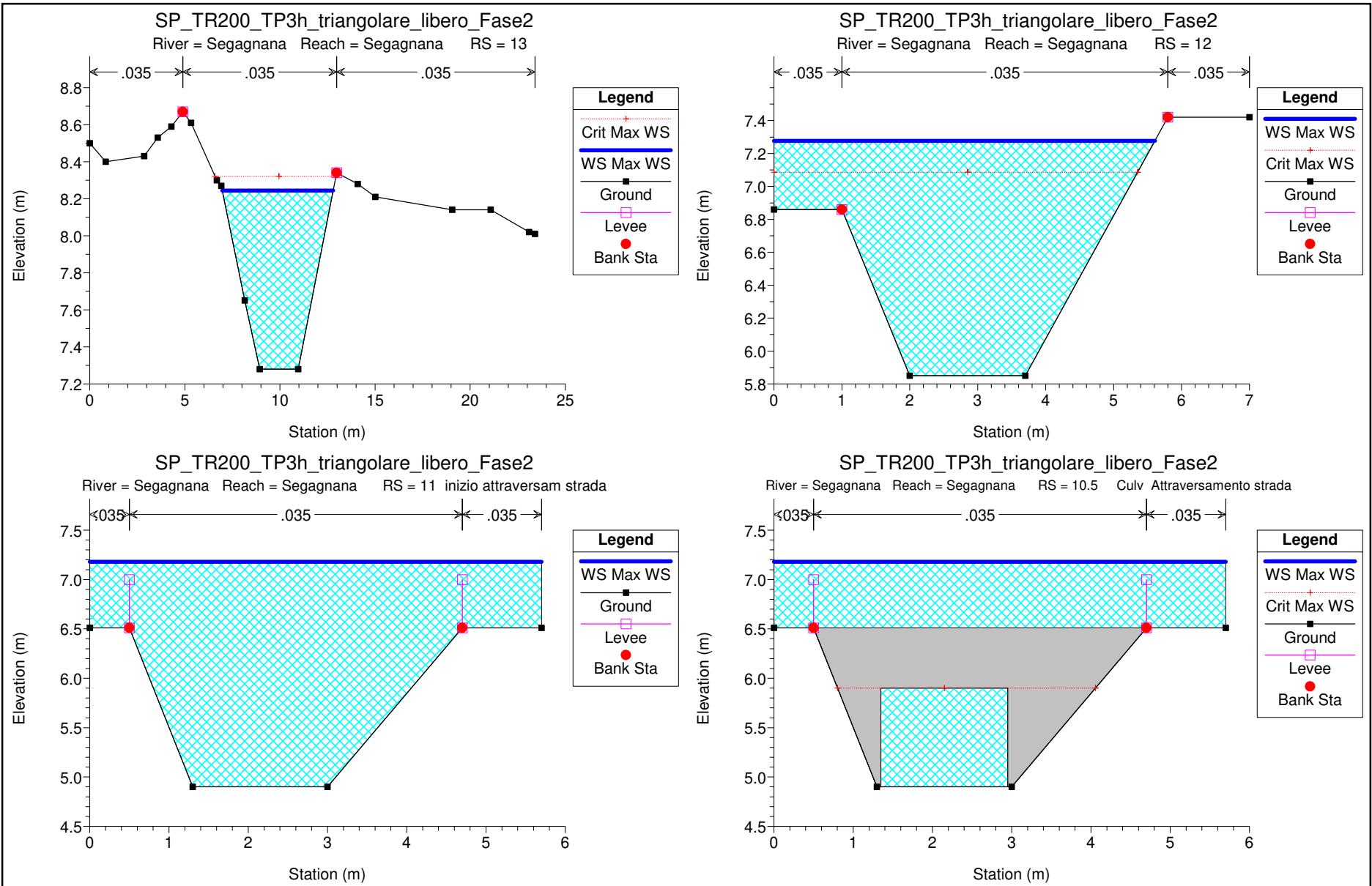


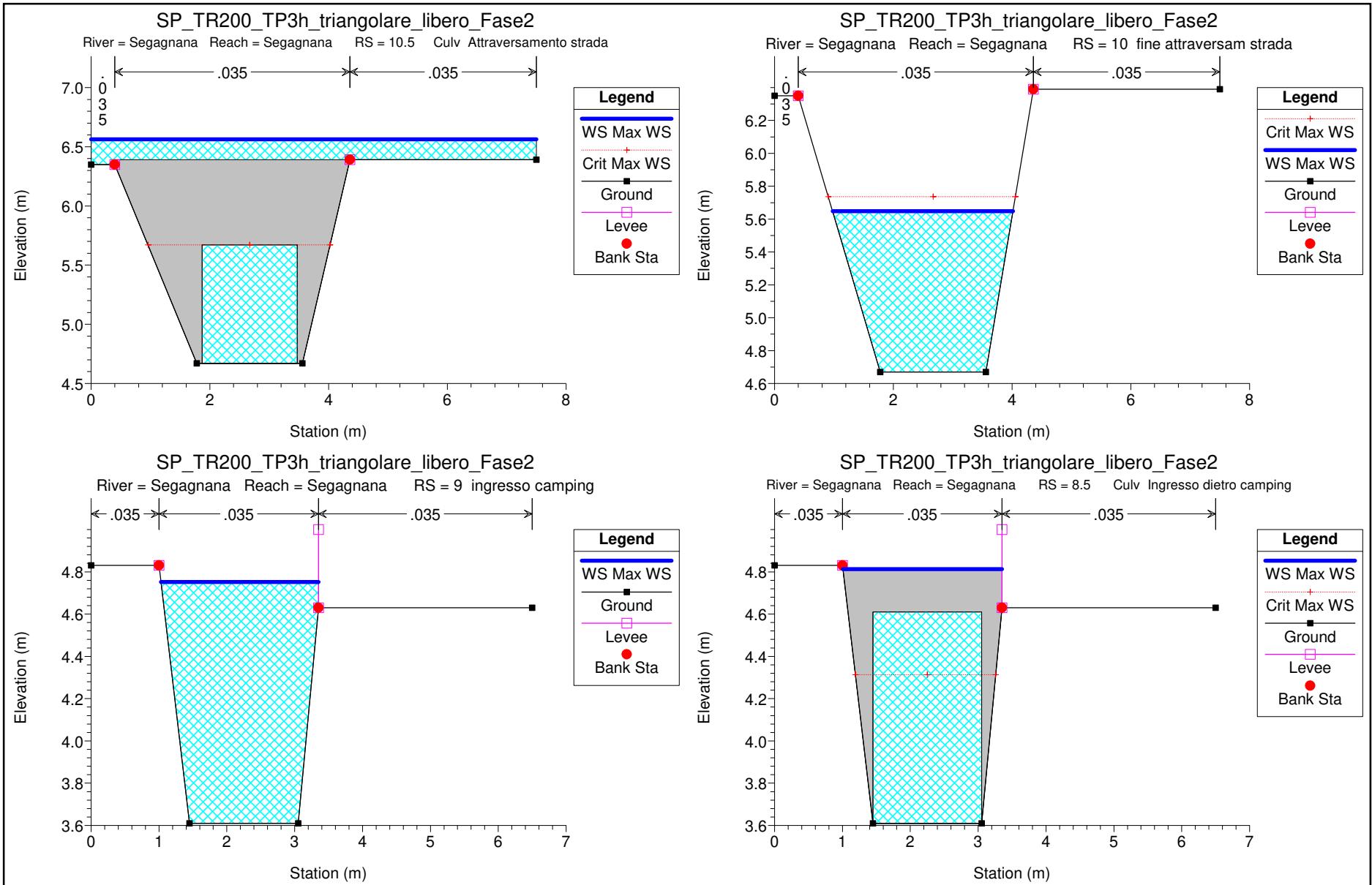


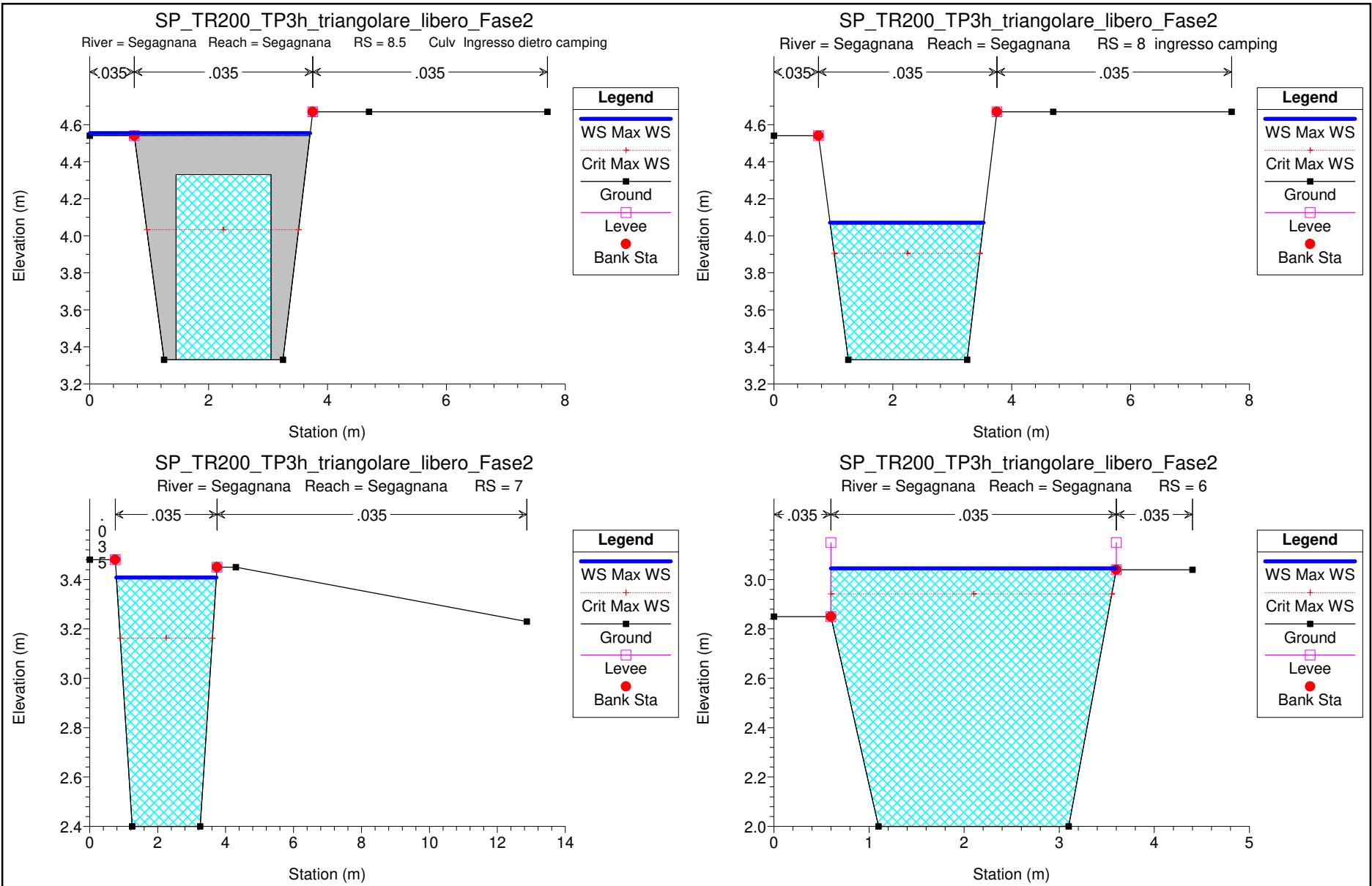


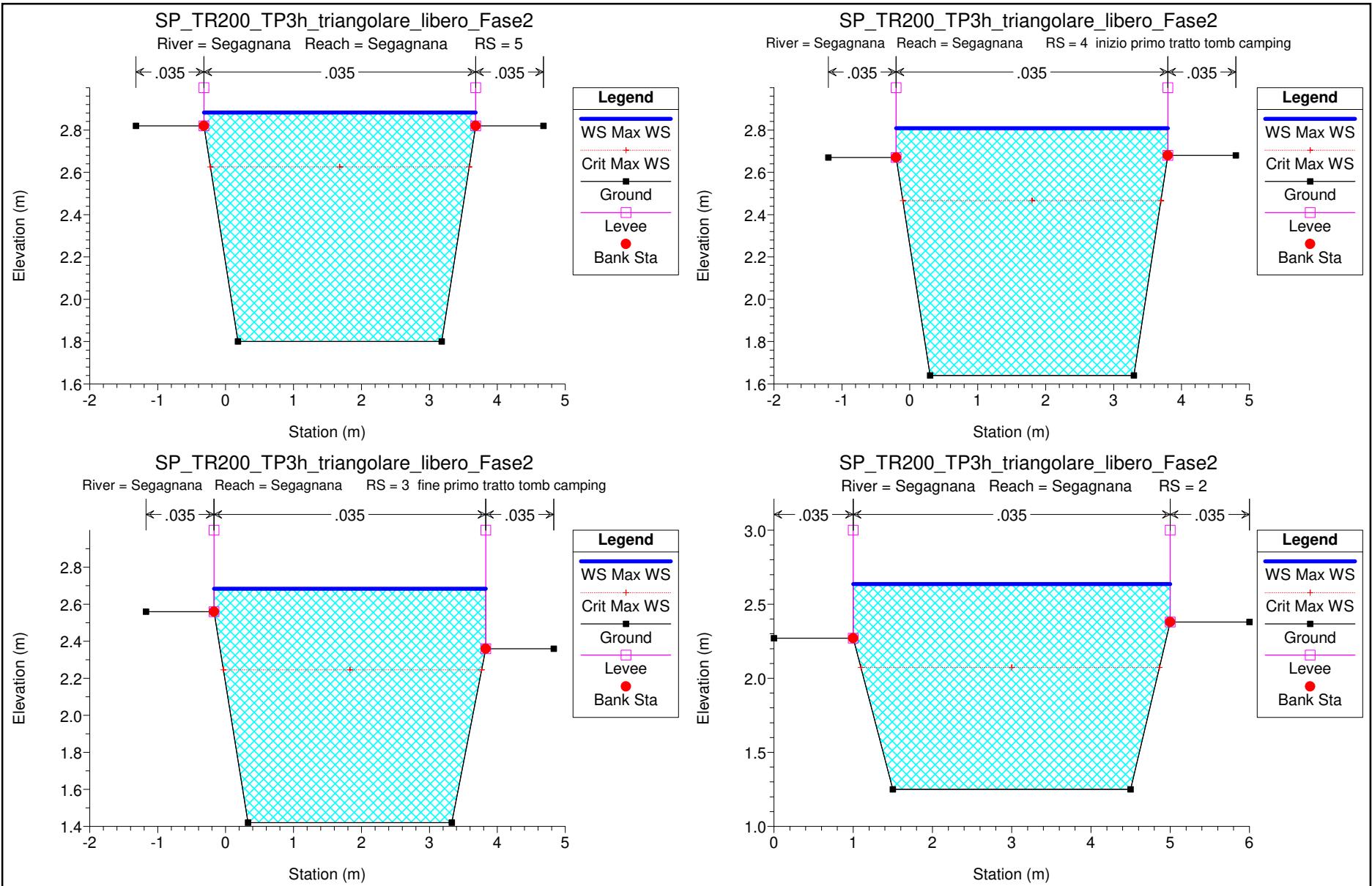


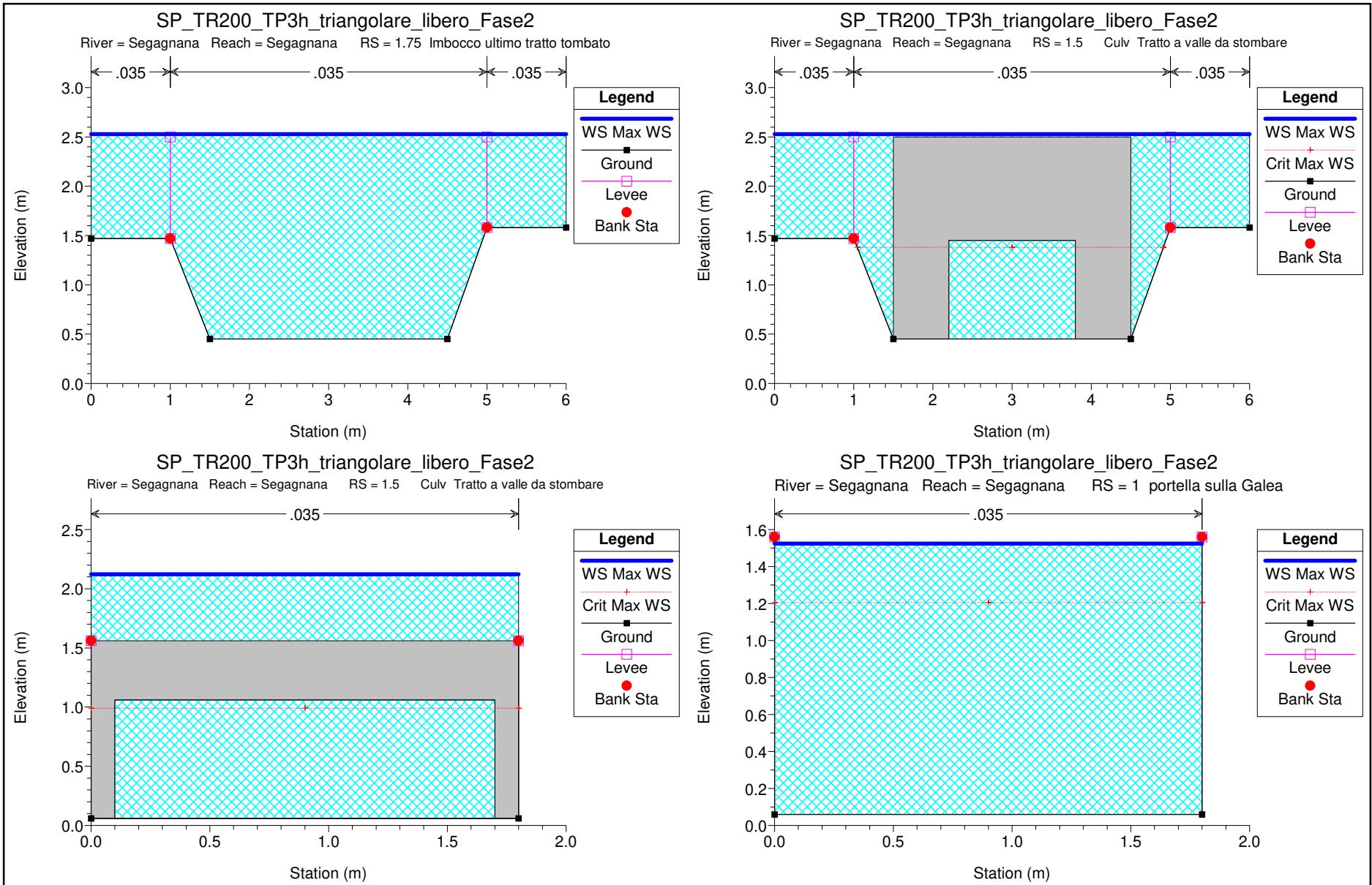
STATO PROGETTO STEP 2 TR 200 ANNI SBOCCO LIBERO Tp 3 h

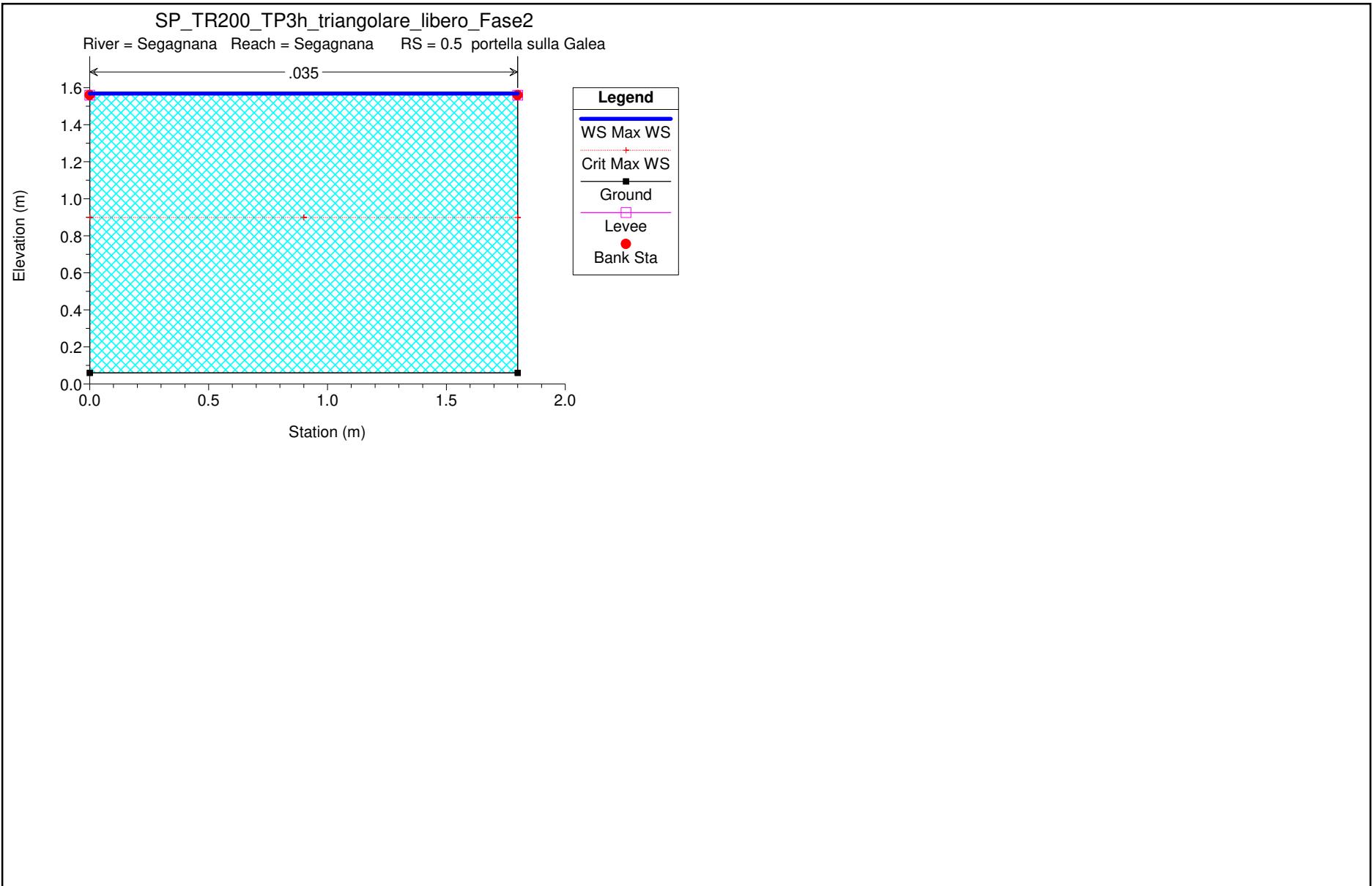




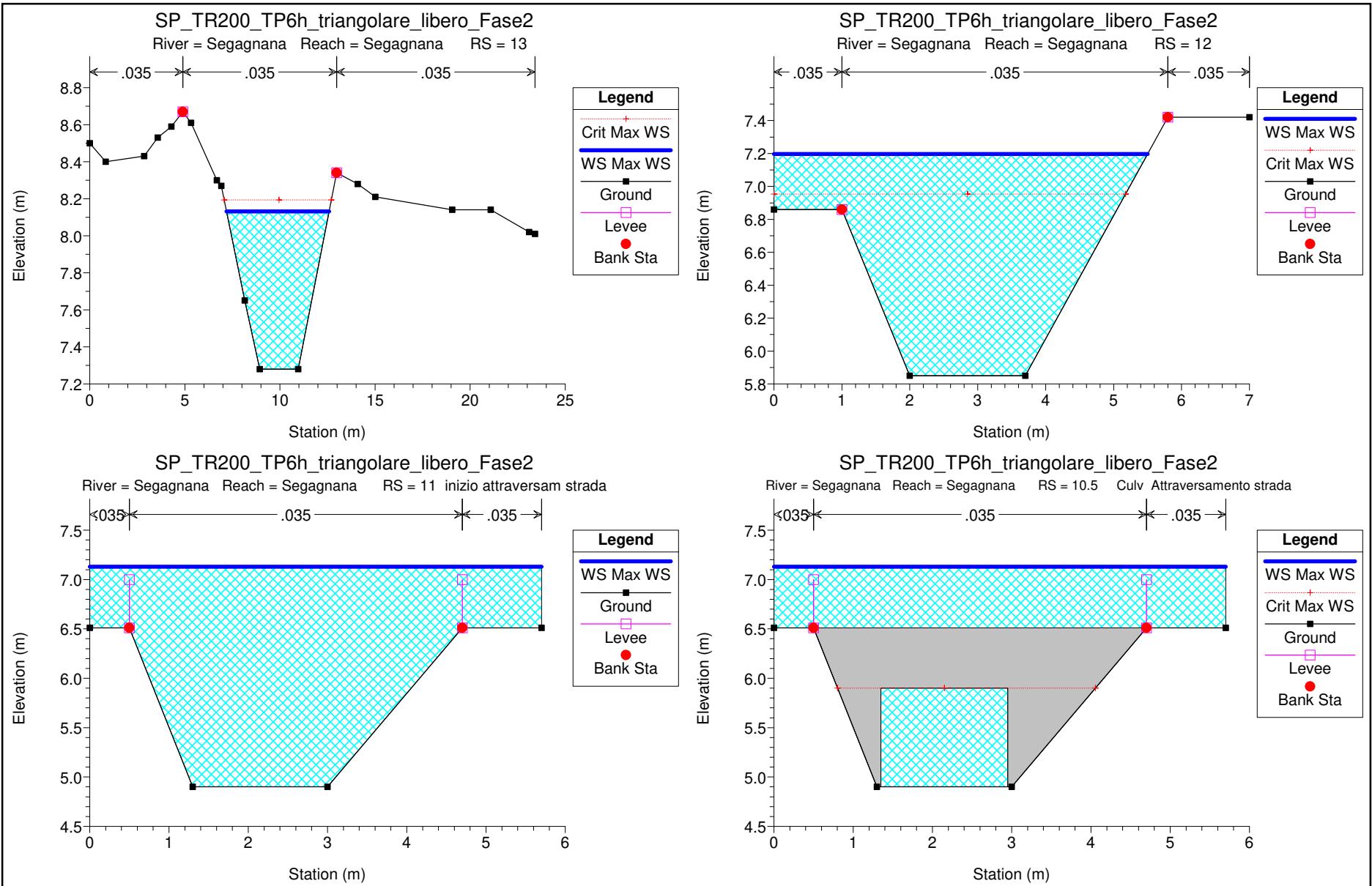


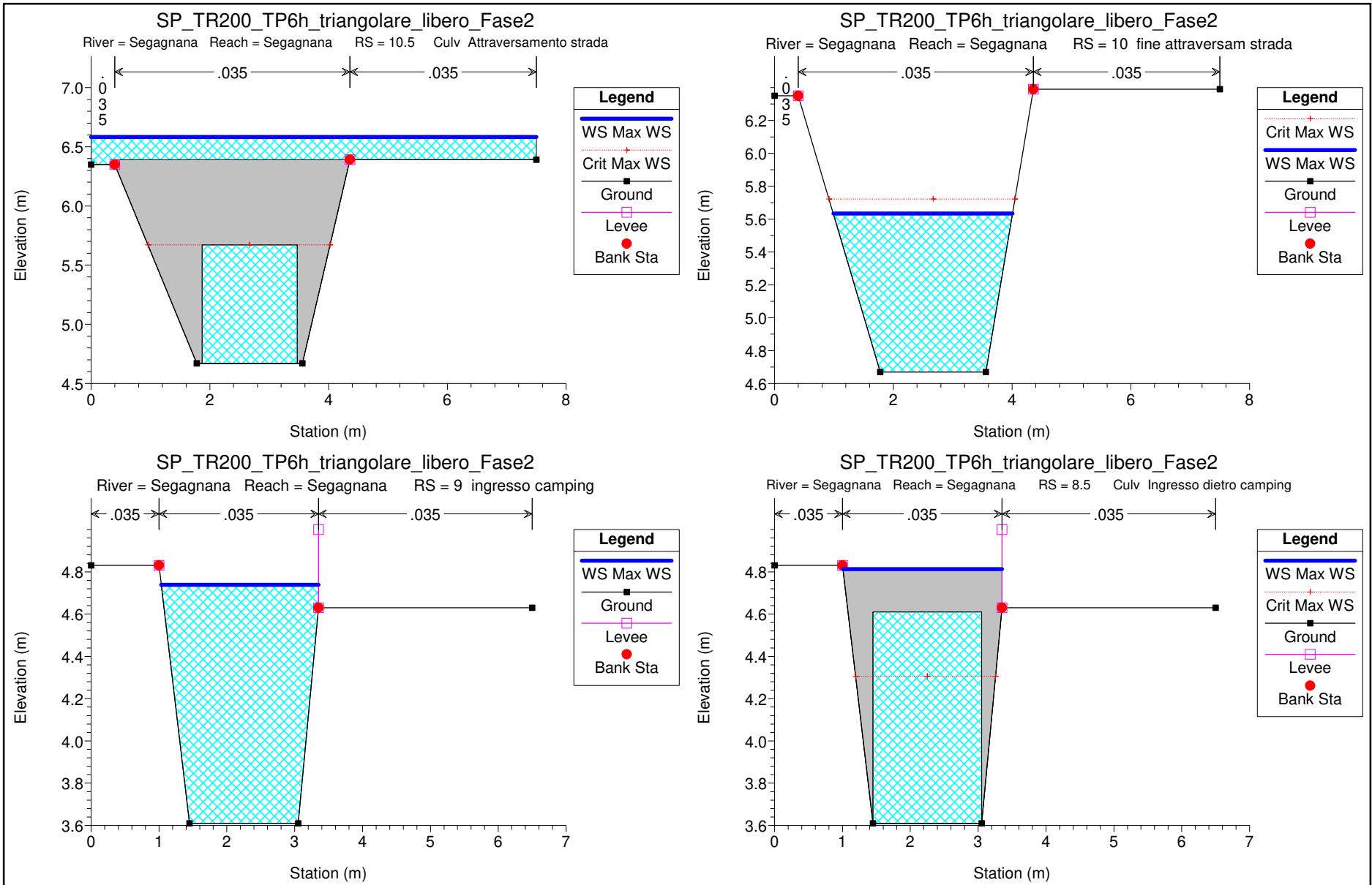


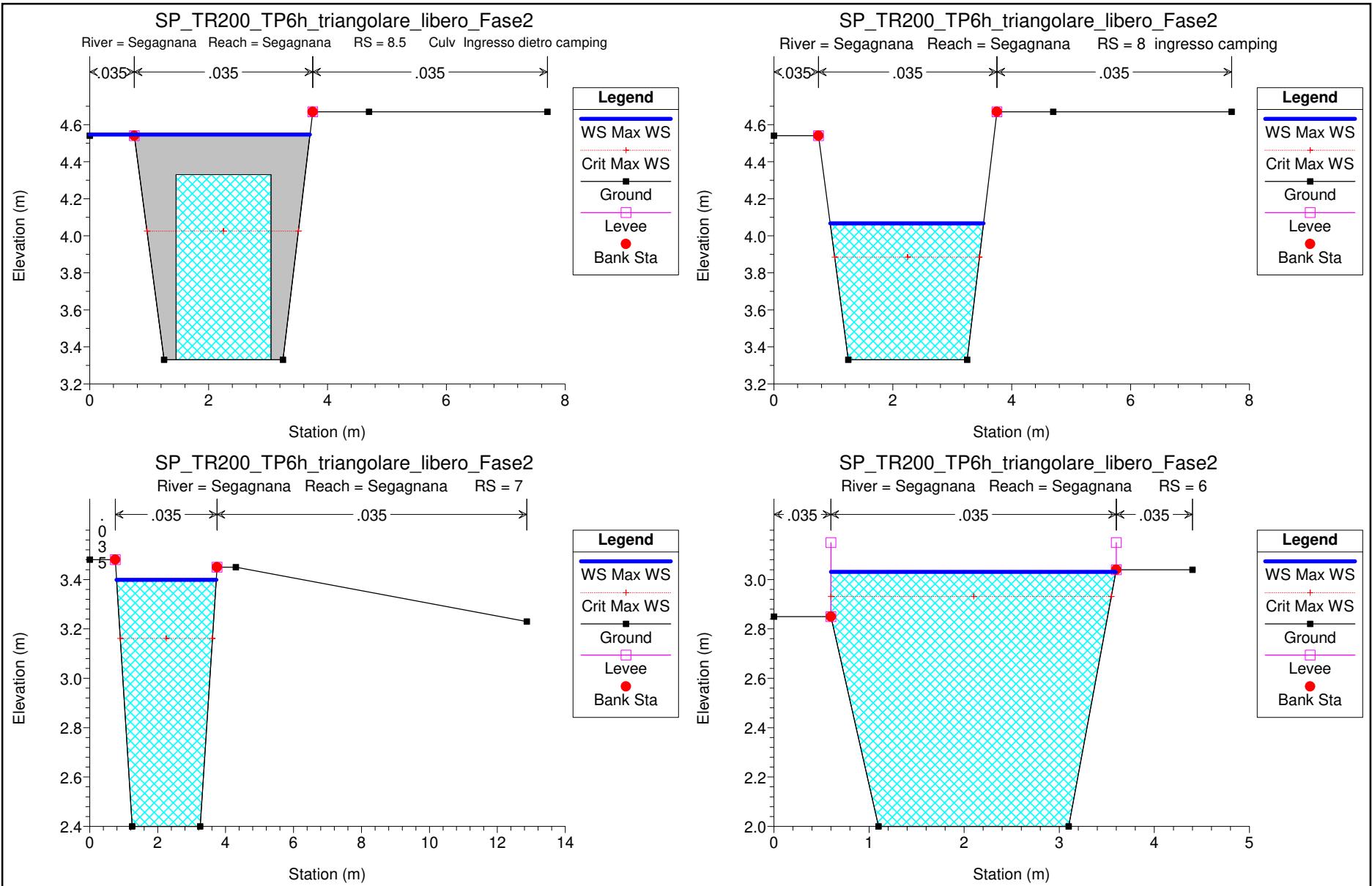


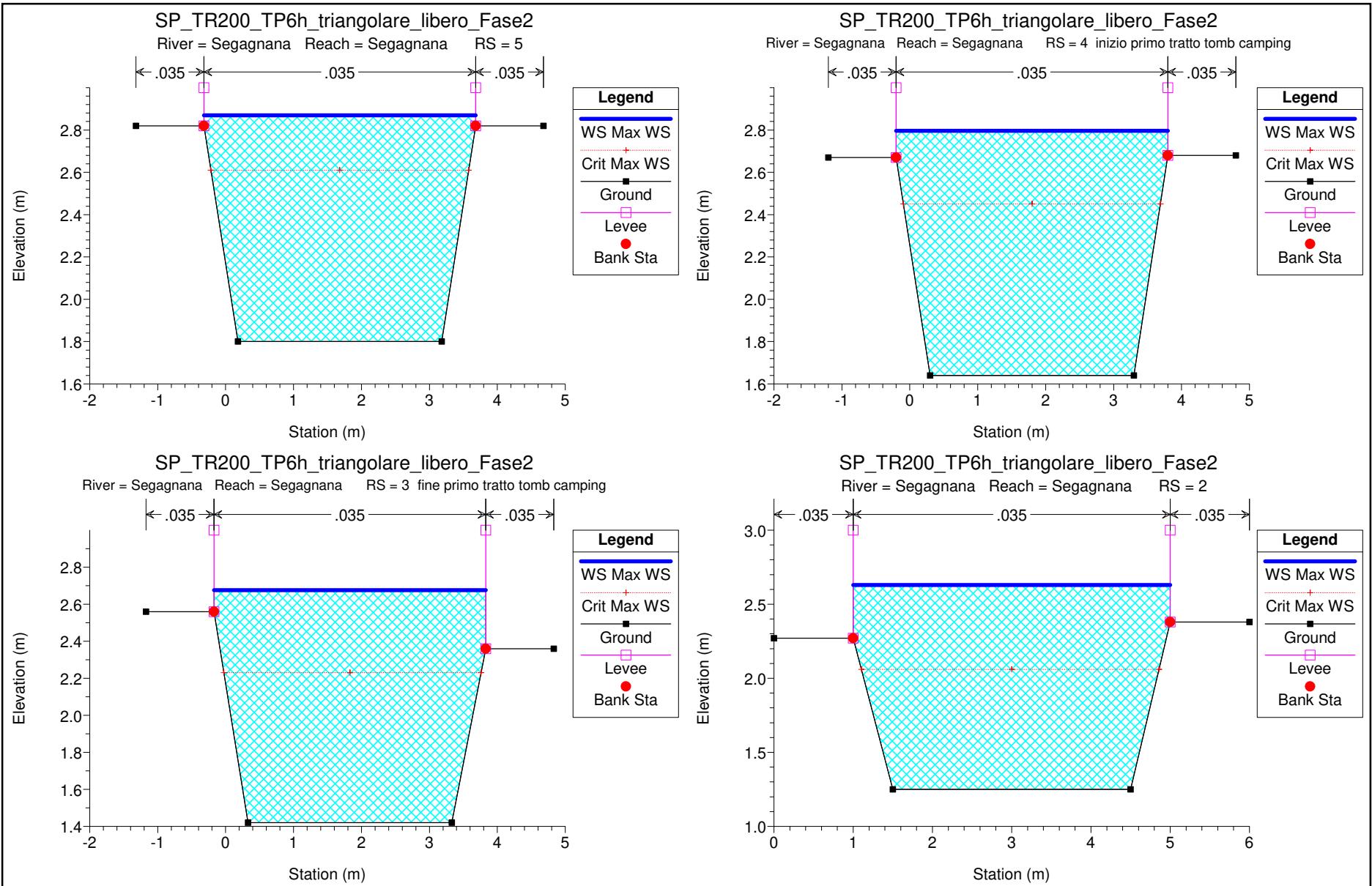


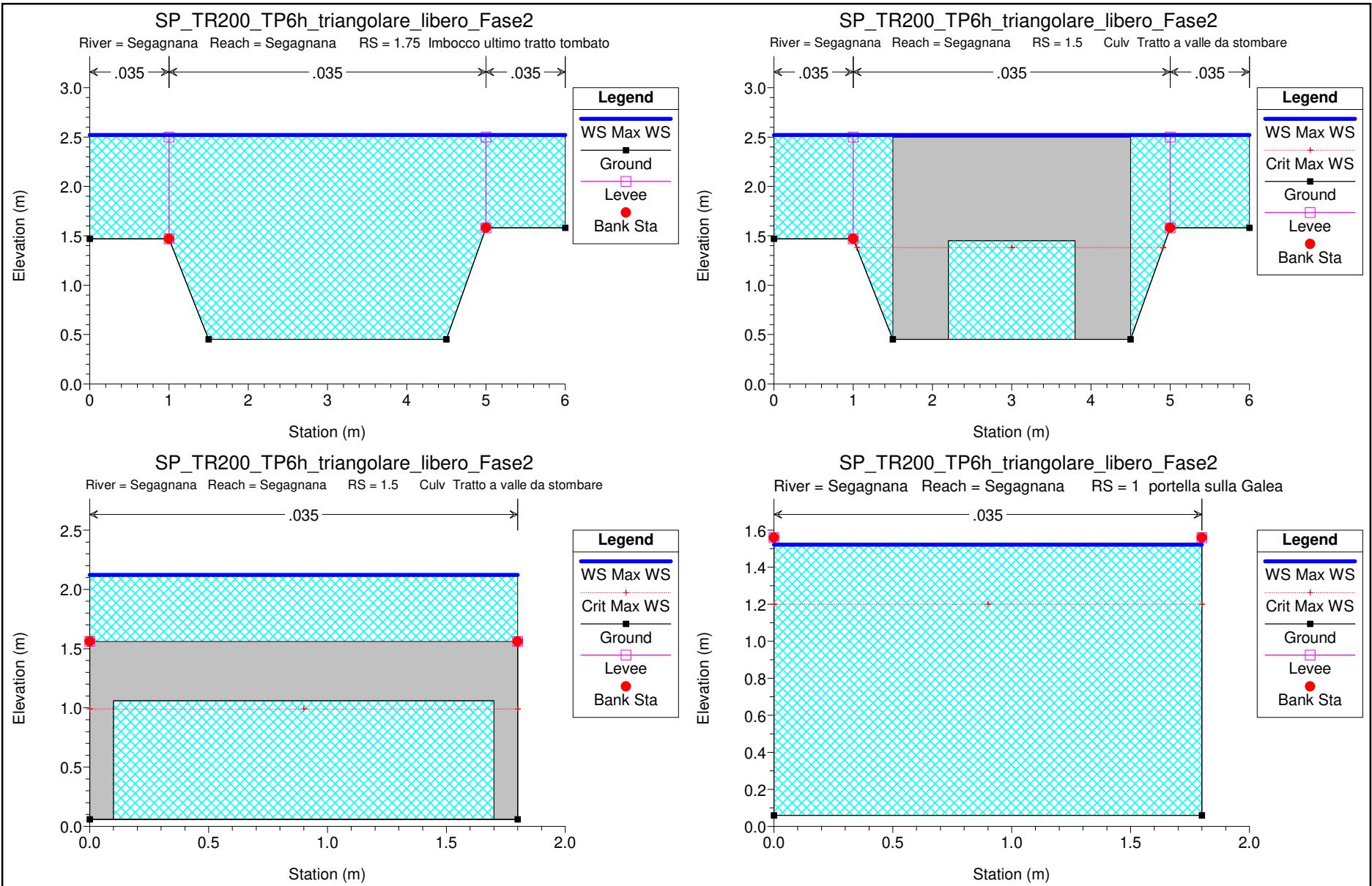
STATO PROGETTO STEP 2 TR 200 ANNI SBOCCO LIBERO Tp 6 h

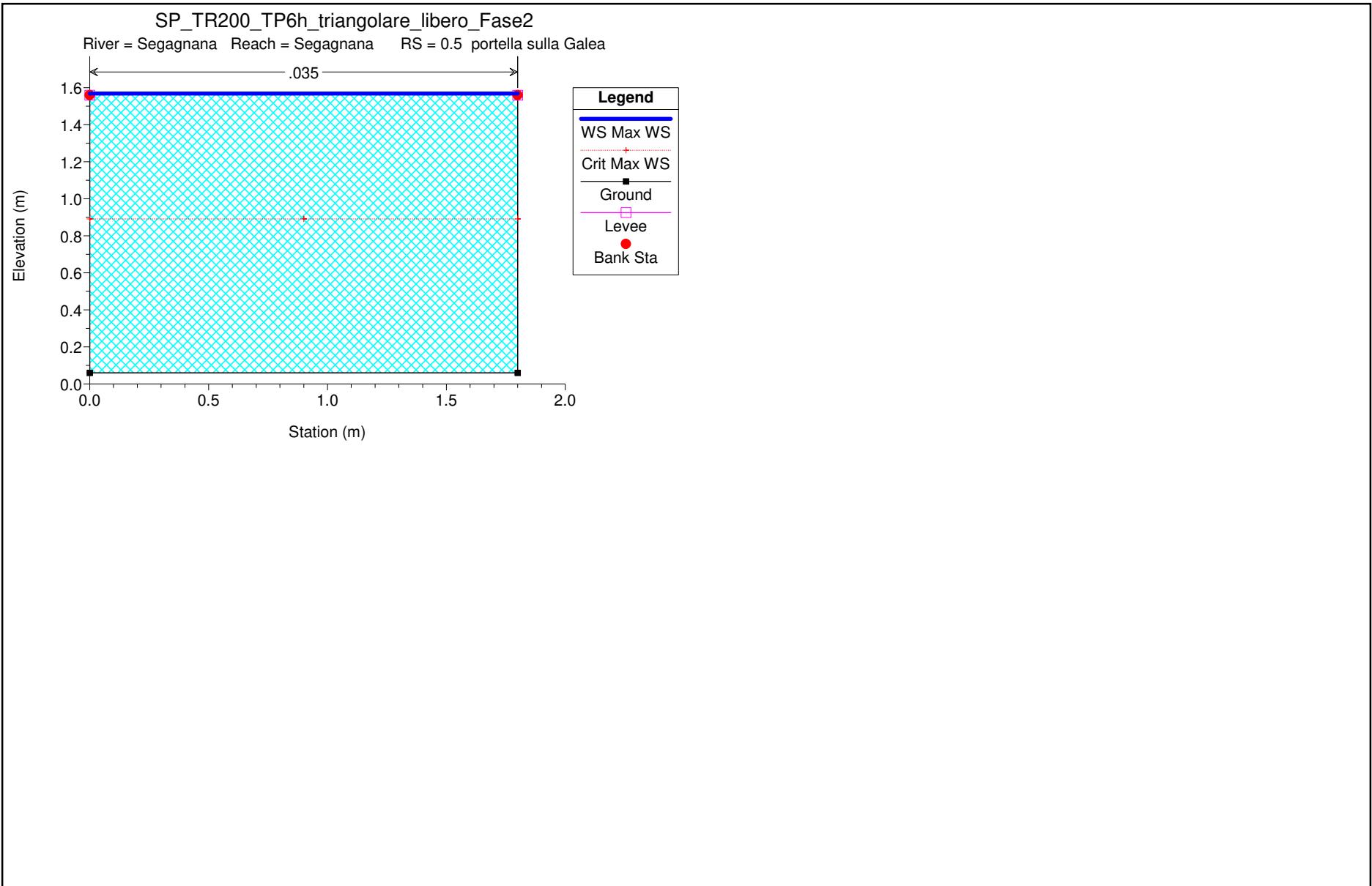




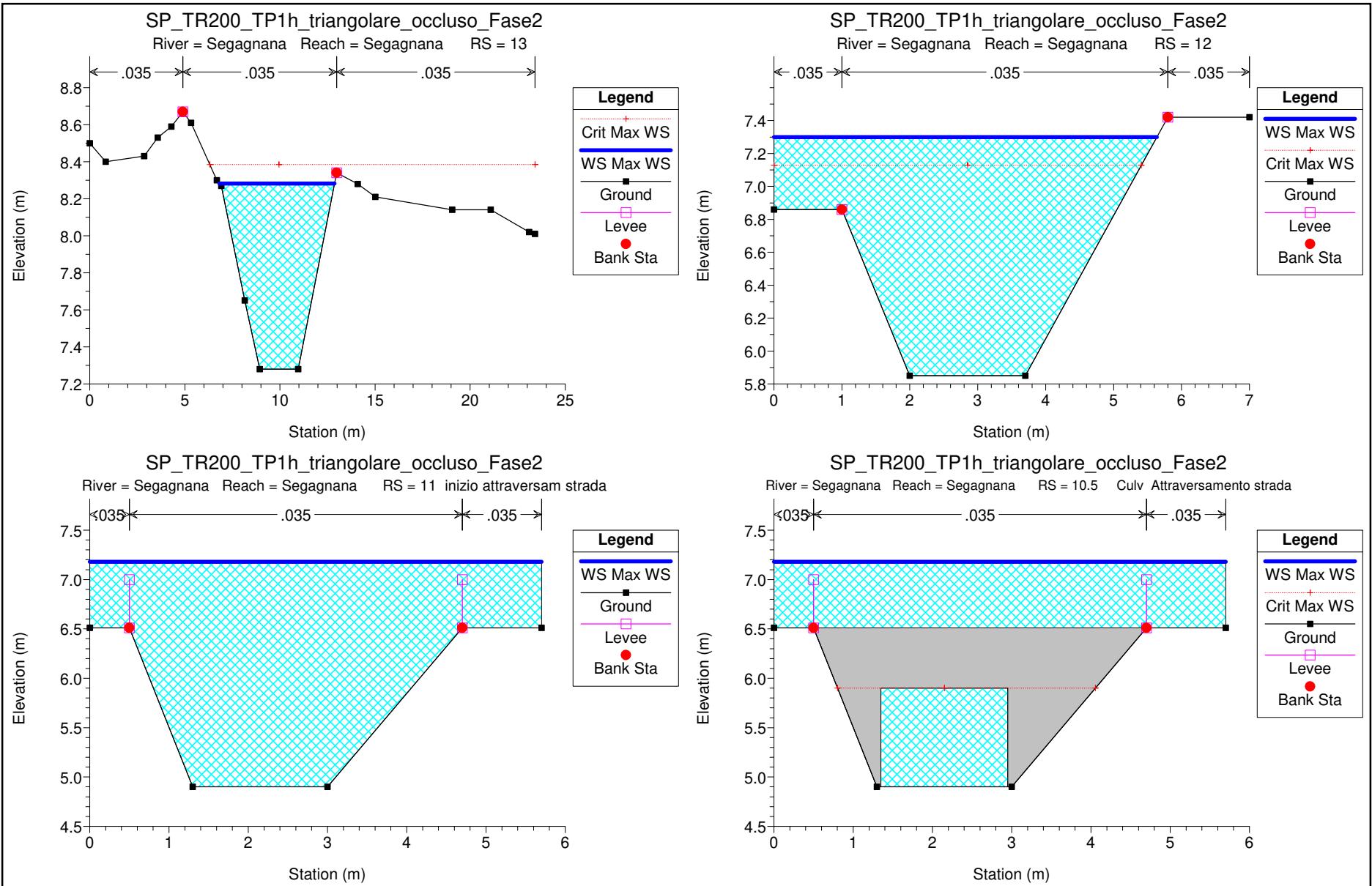


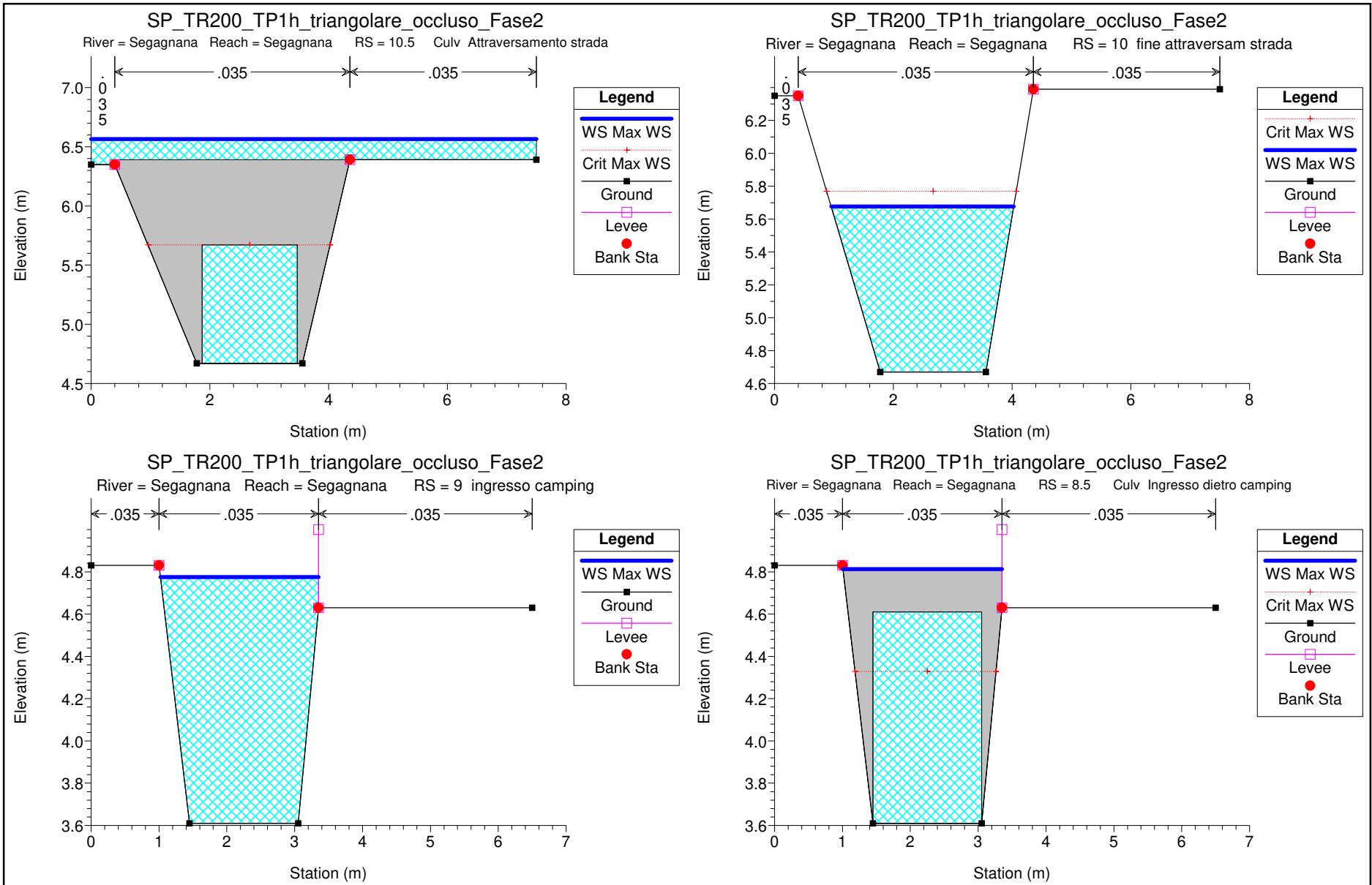


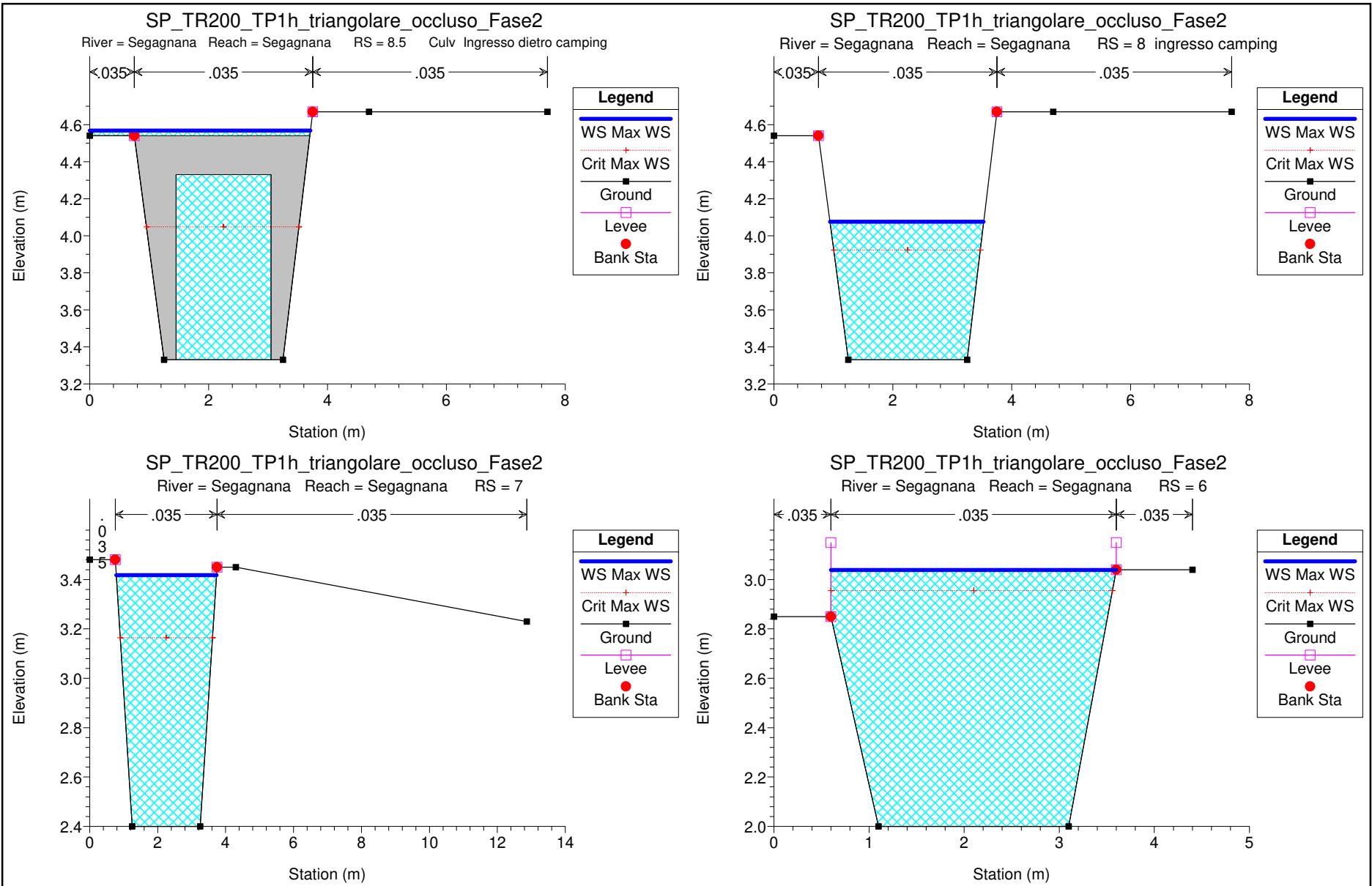


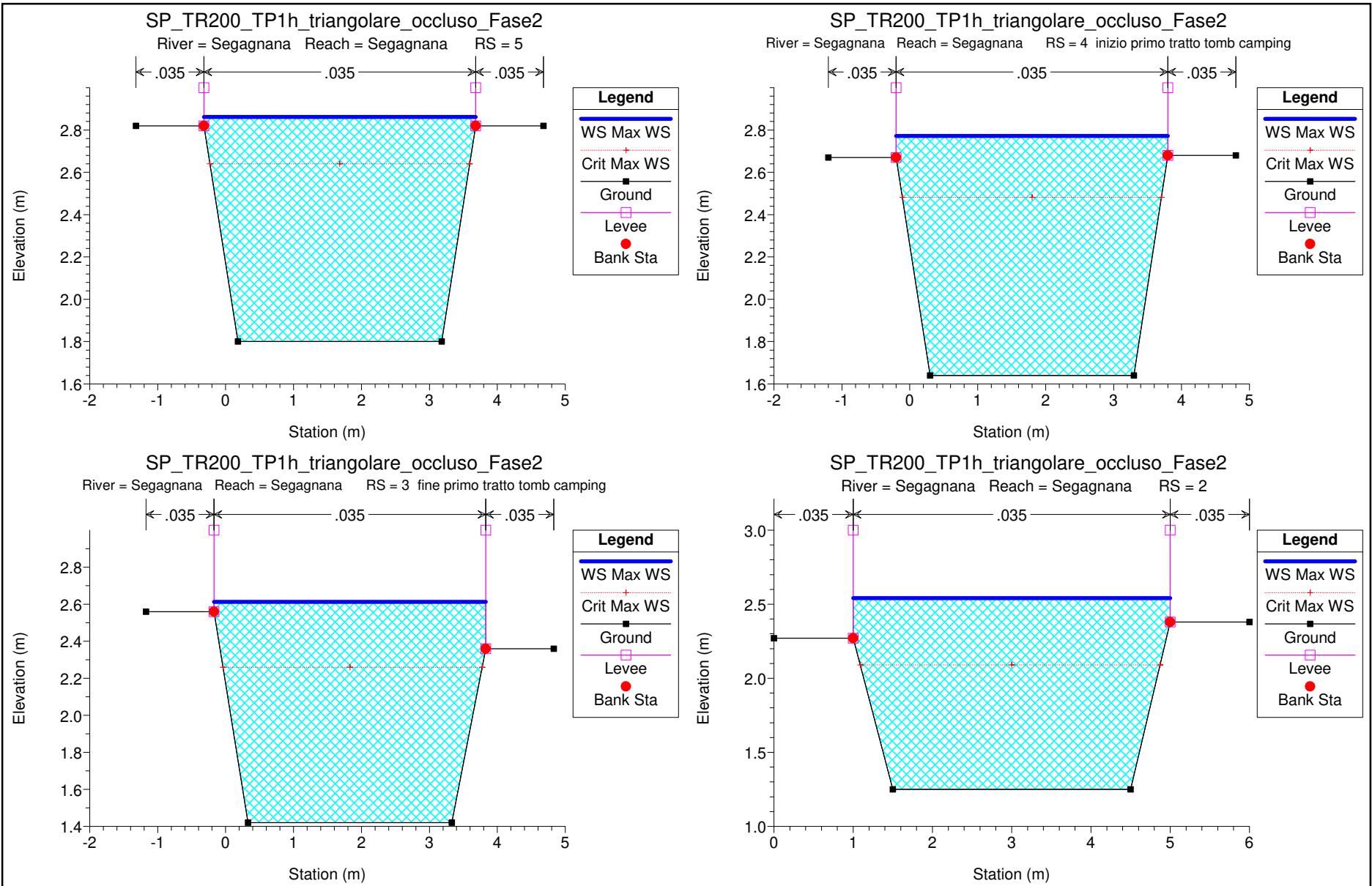


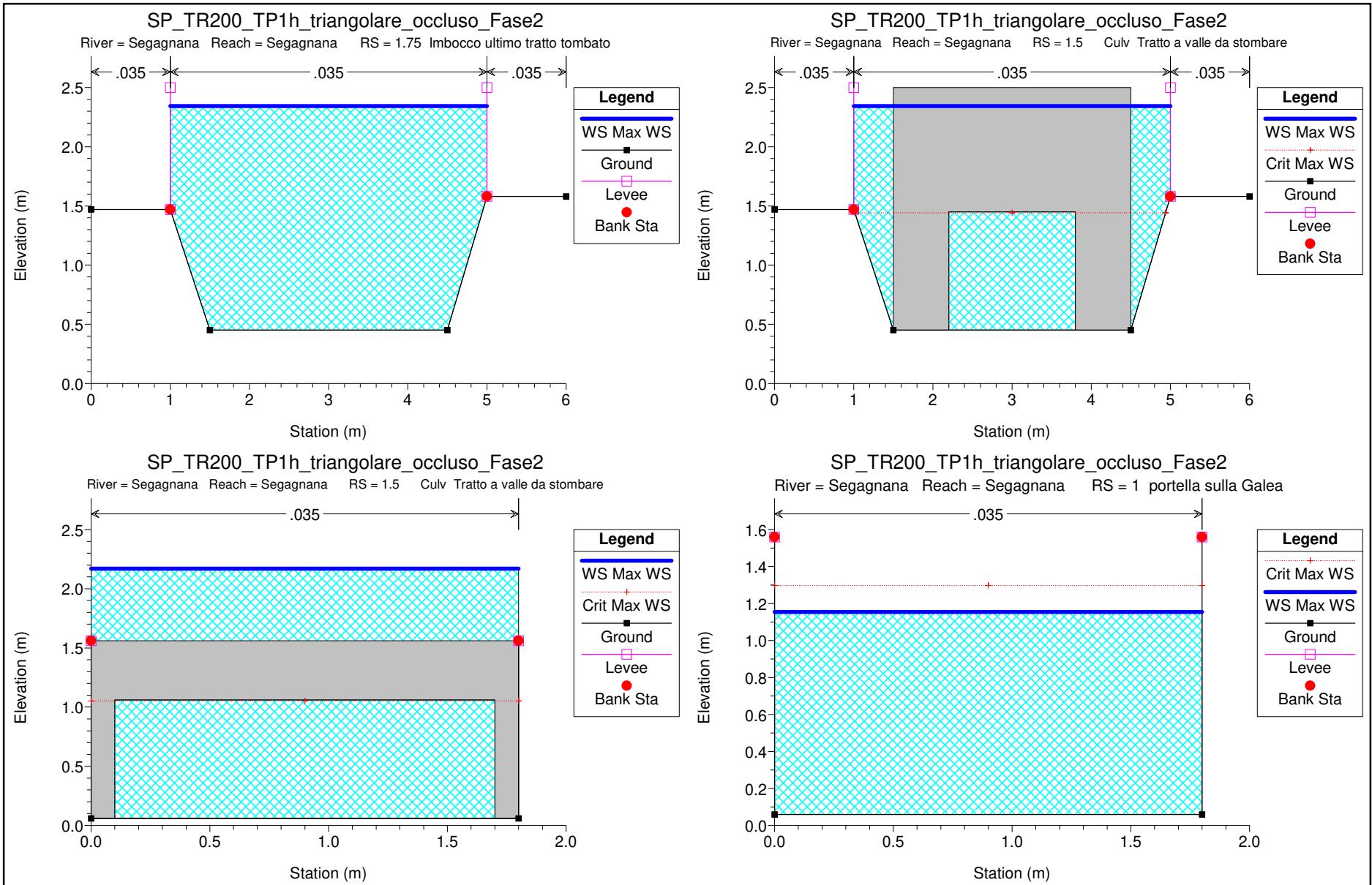
STATO PROGETTO STEP 2 TR 200 ANNI SBOCCO OCCLUSO Tp 1h

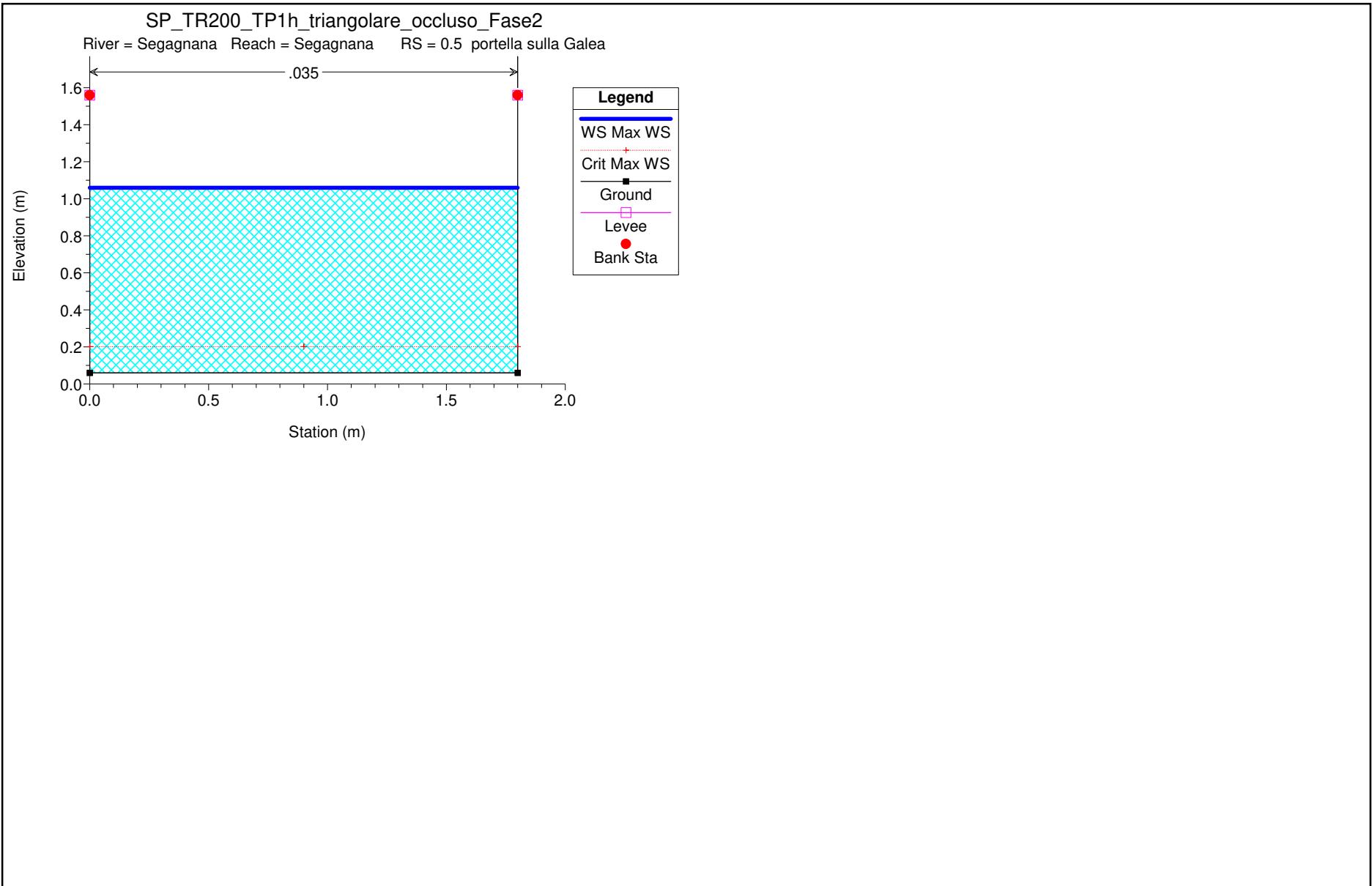




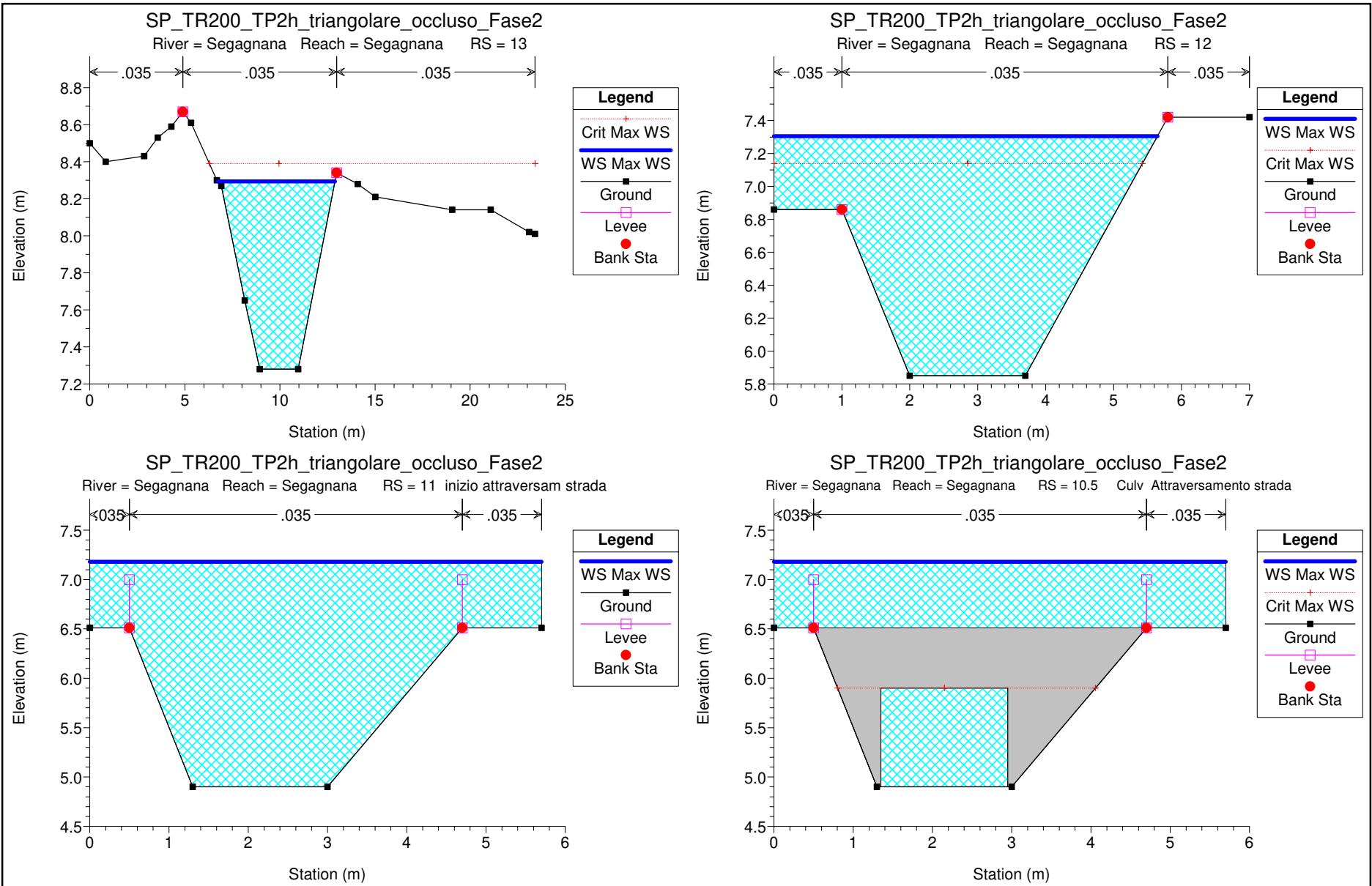


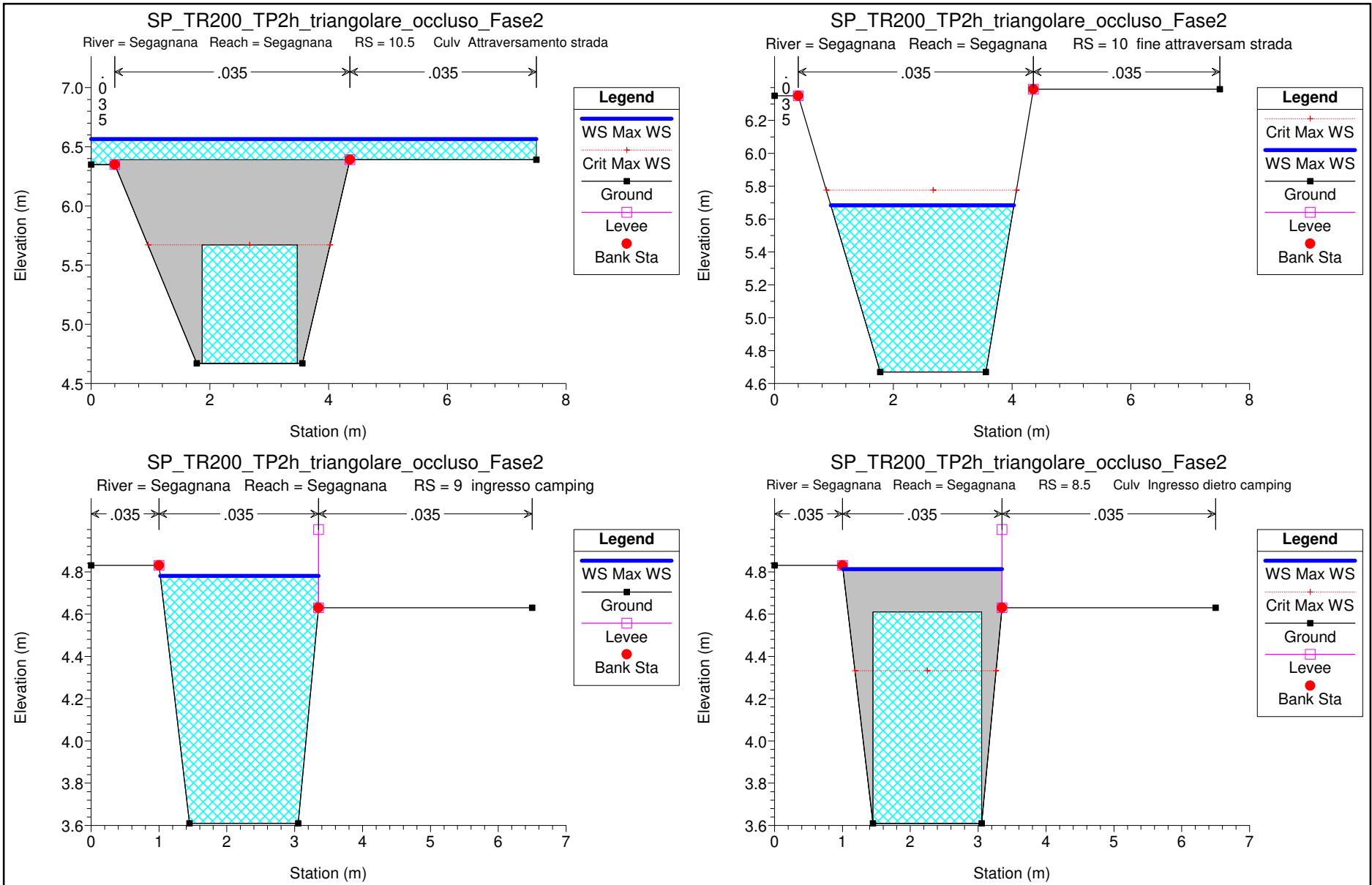


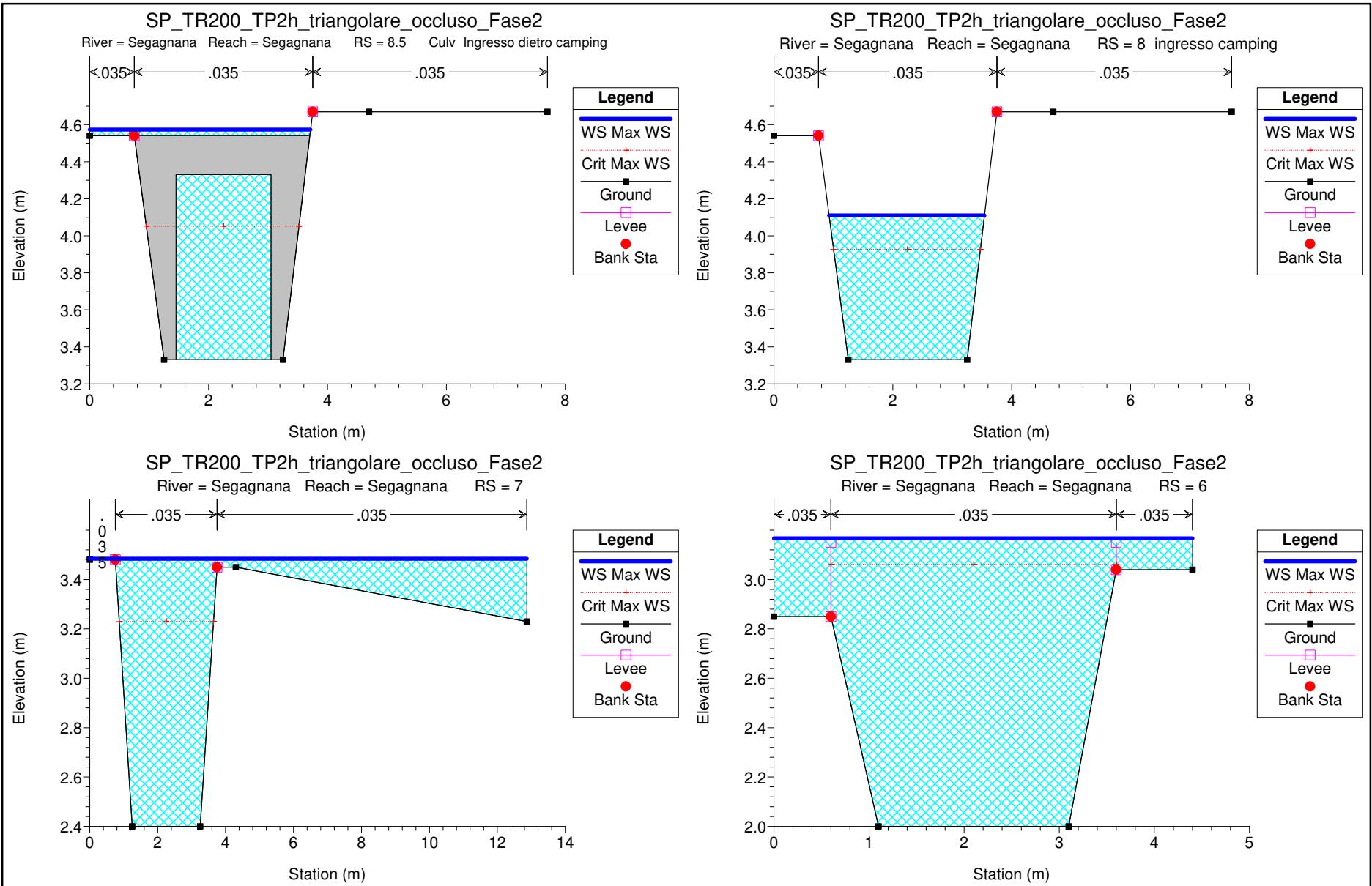


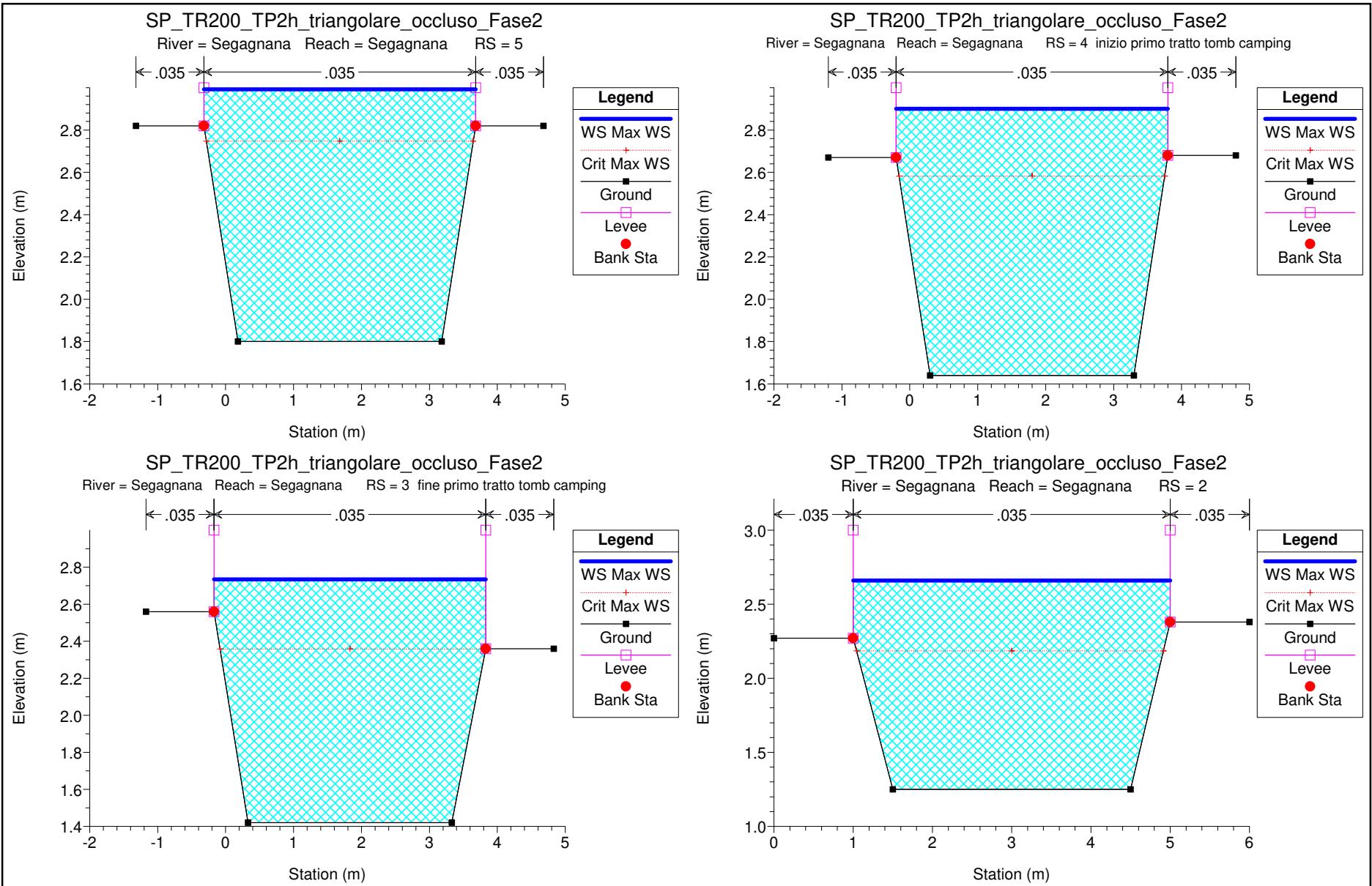


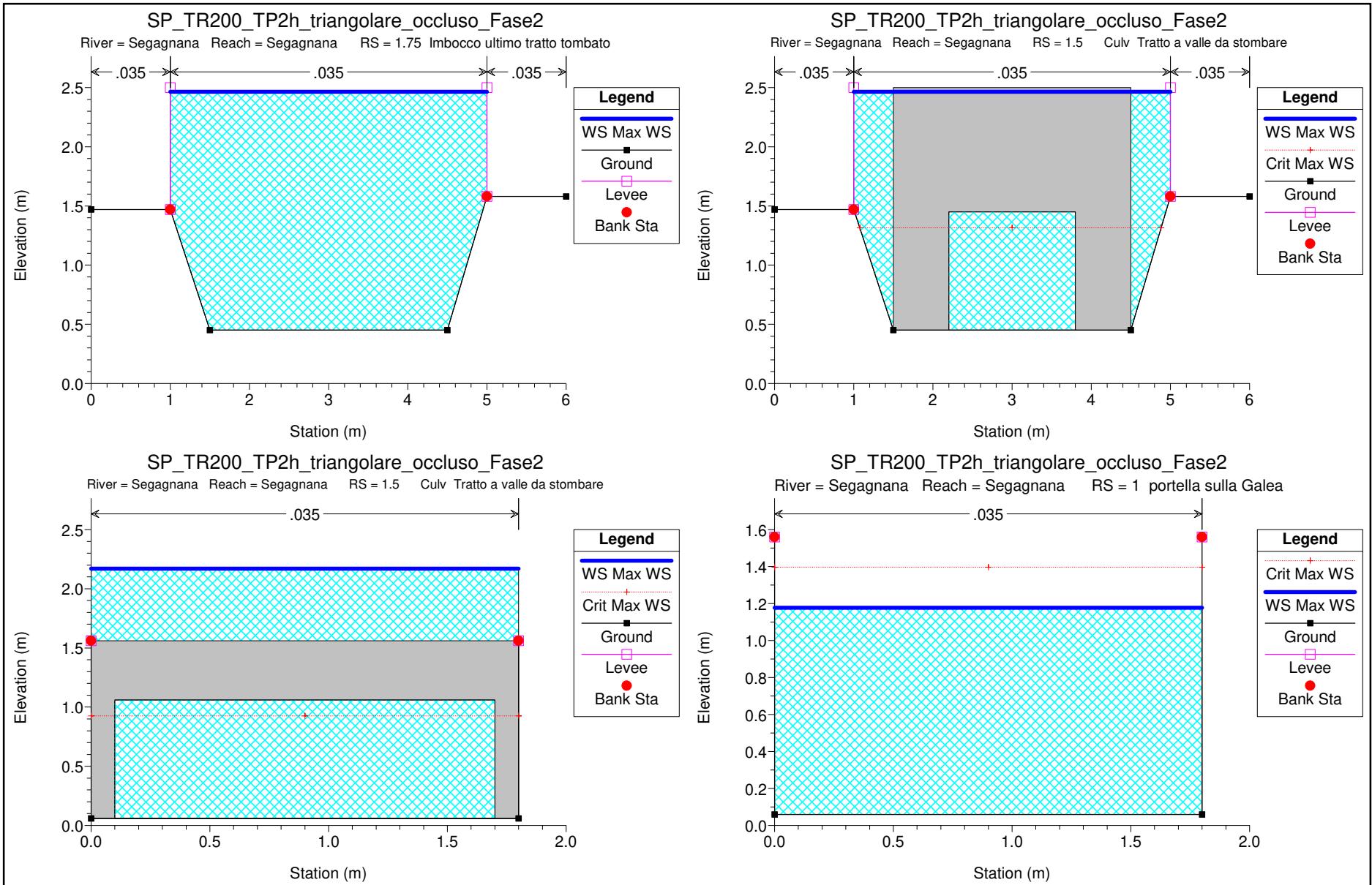
STATO PROGETTO STEP 2 TR 200 ANNI SBOCCO OCCLUSO Tp 2h

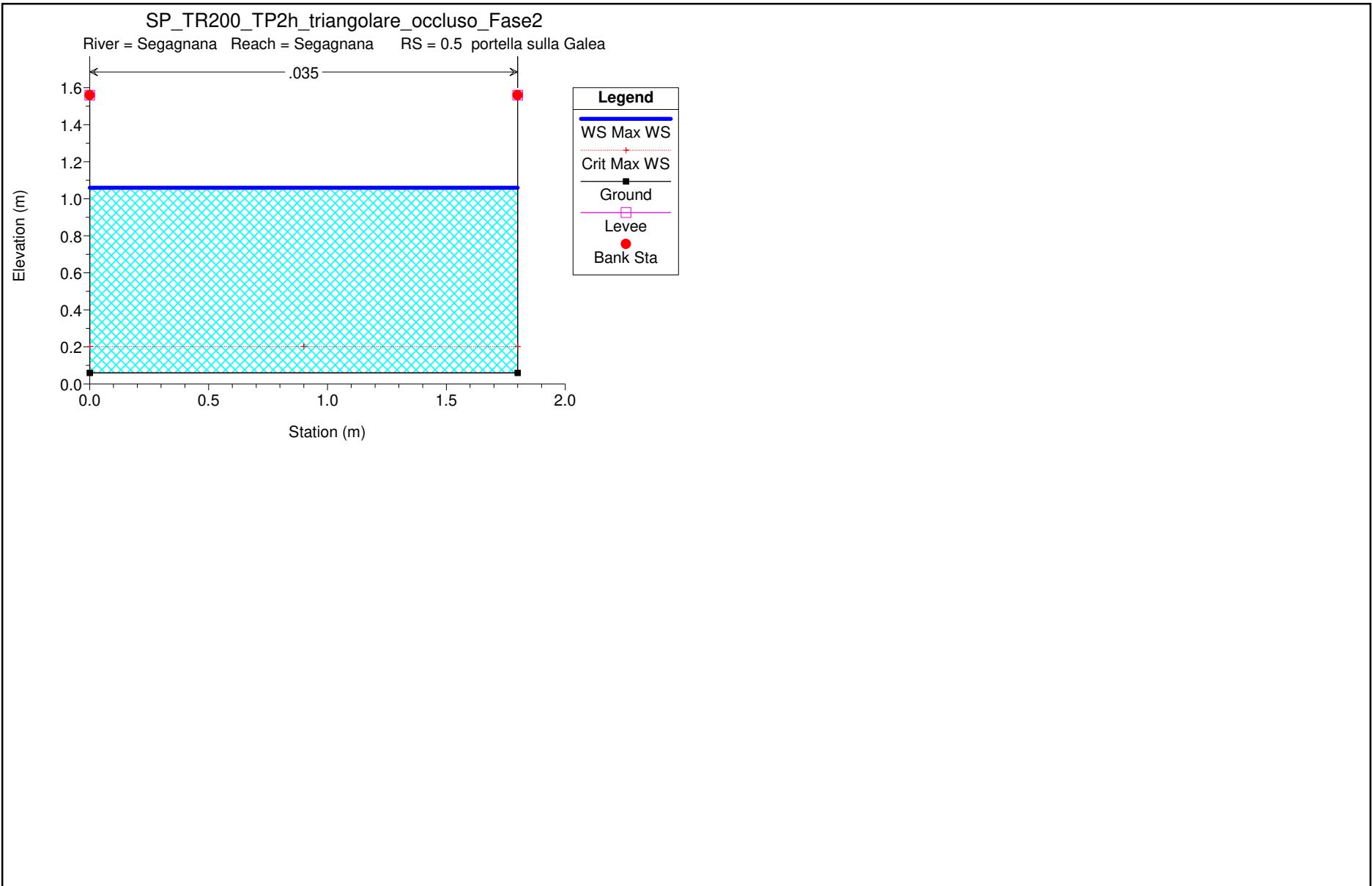




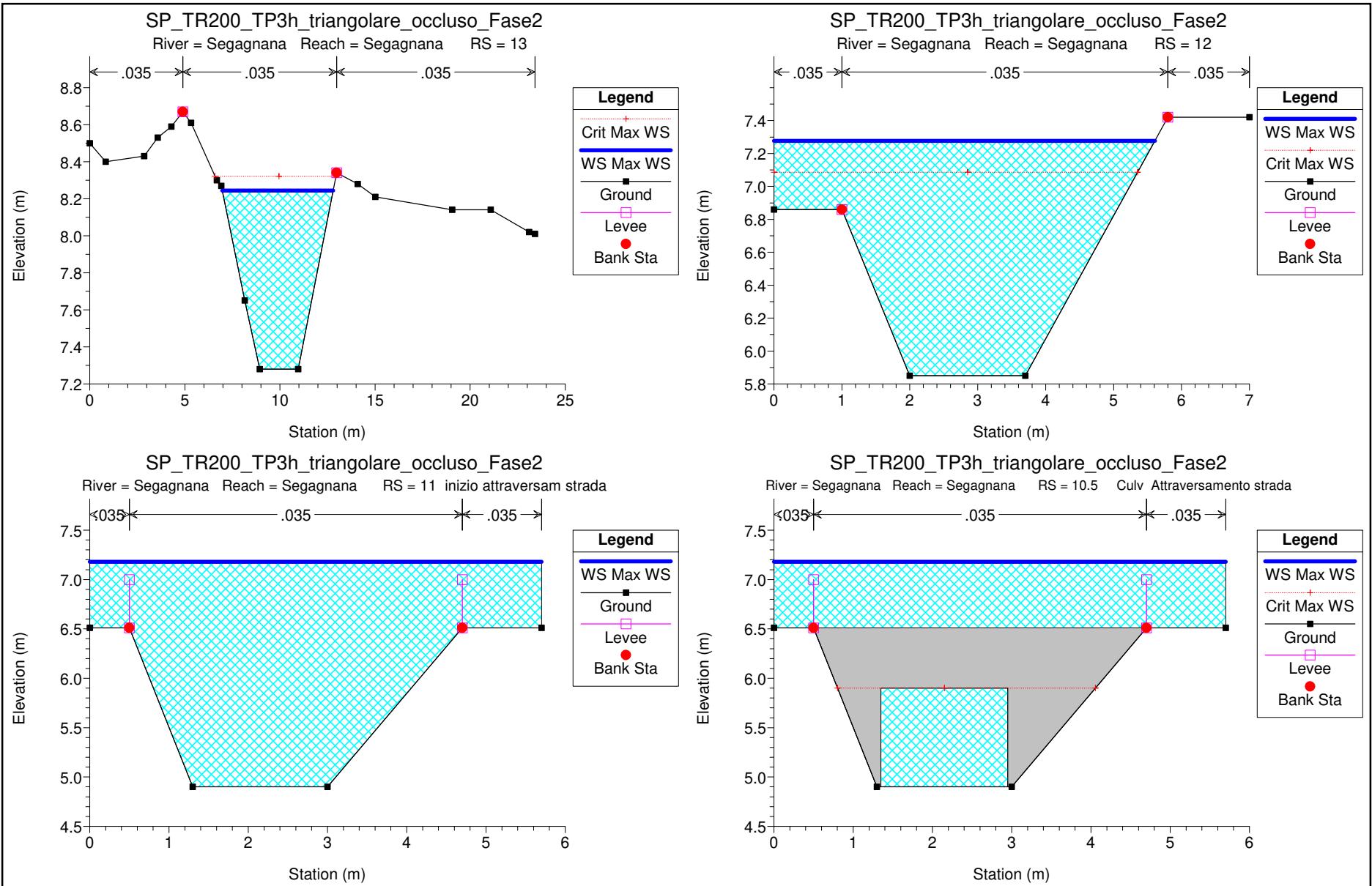


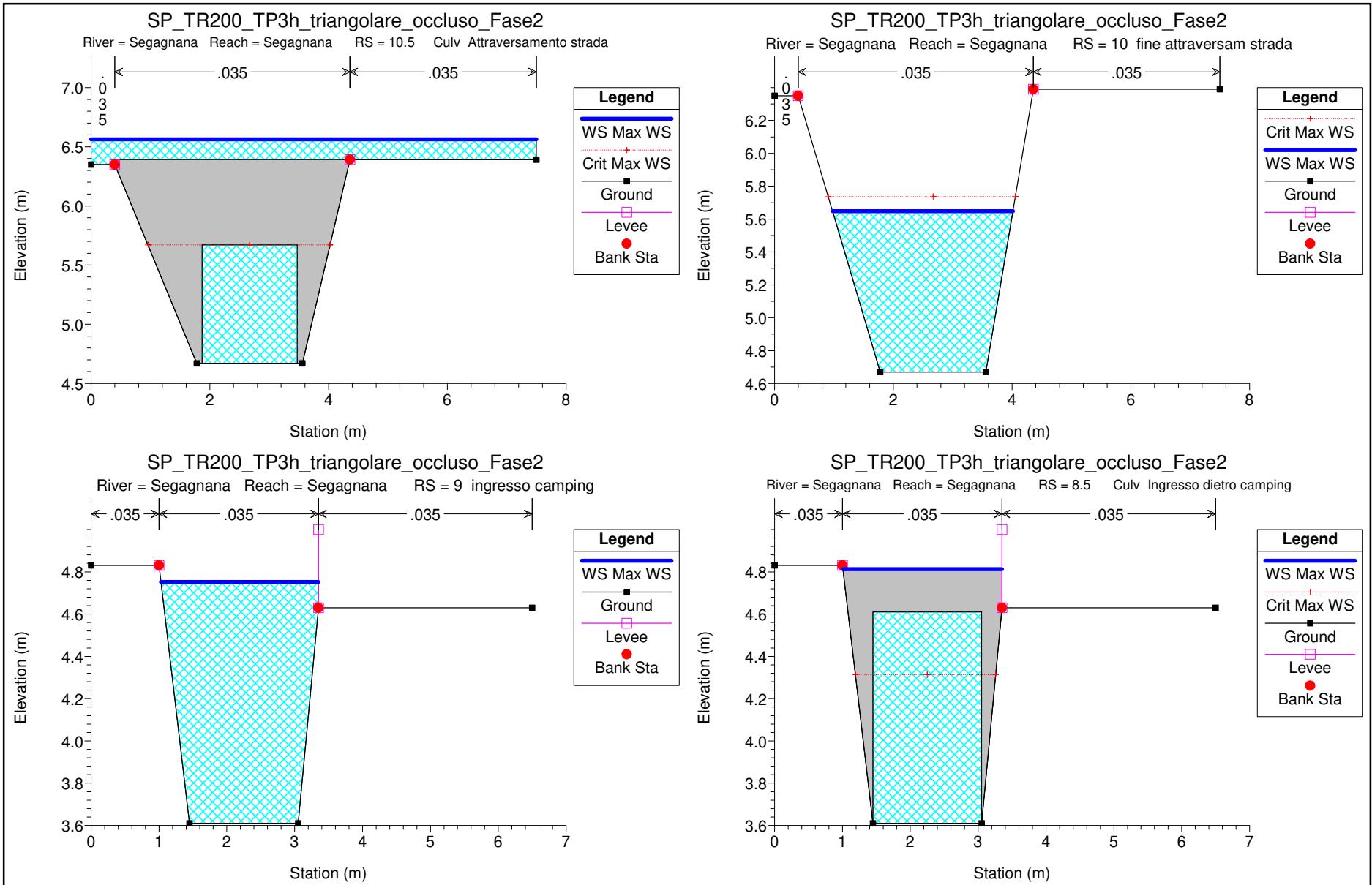


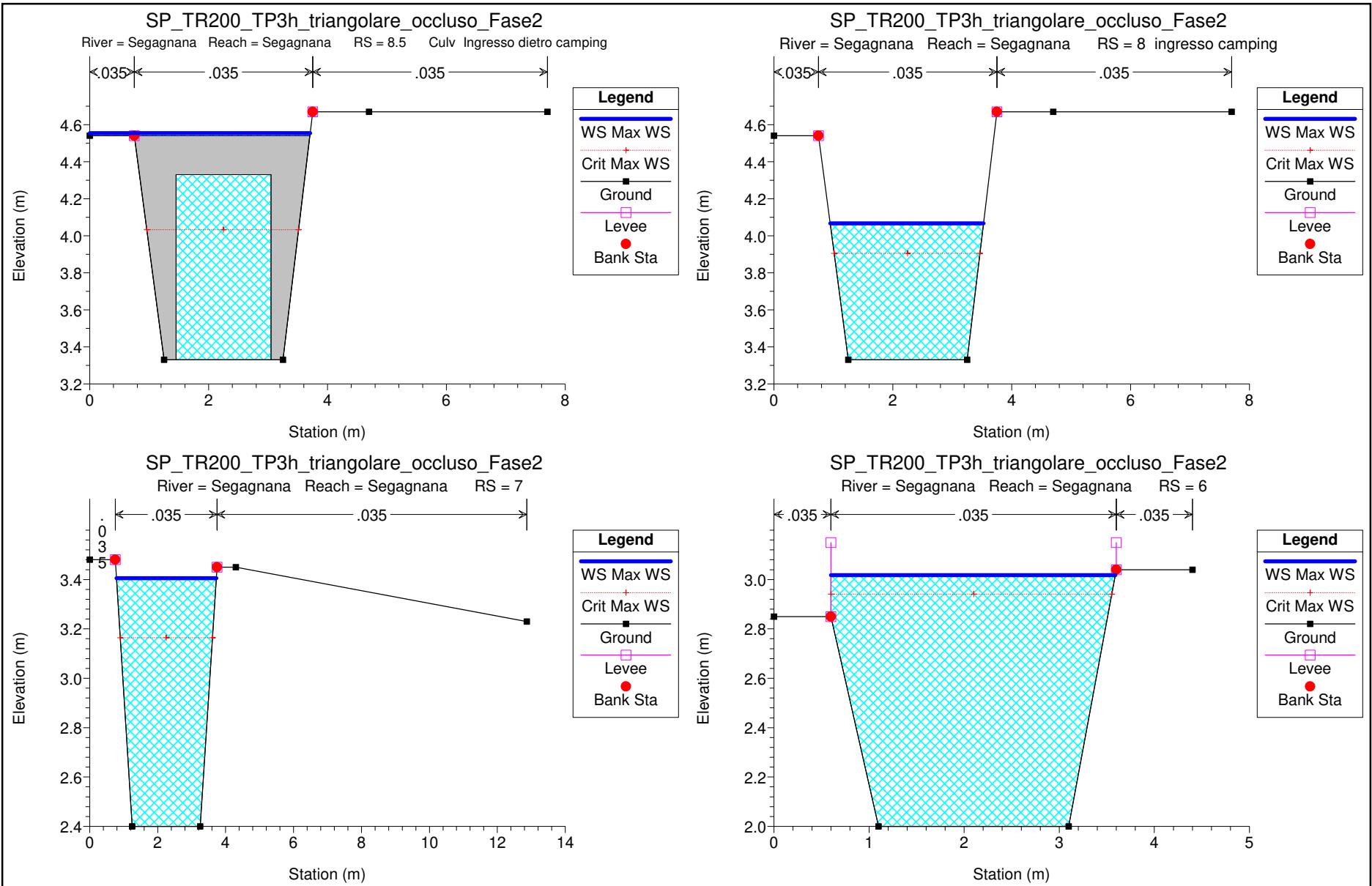


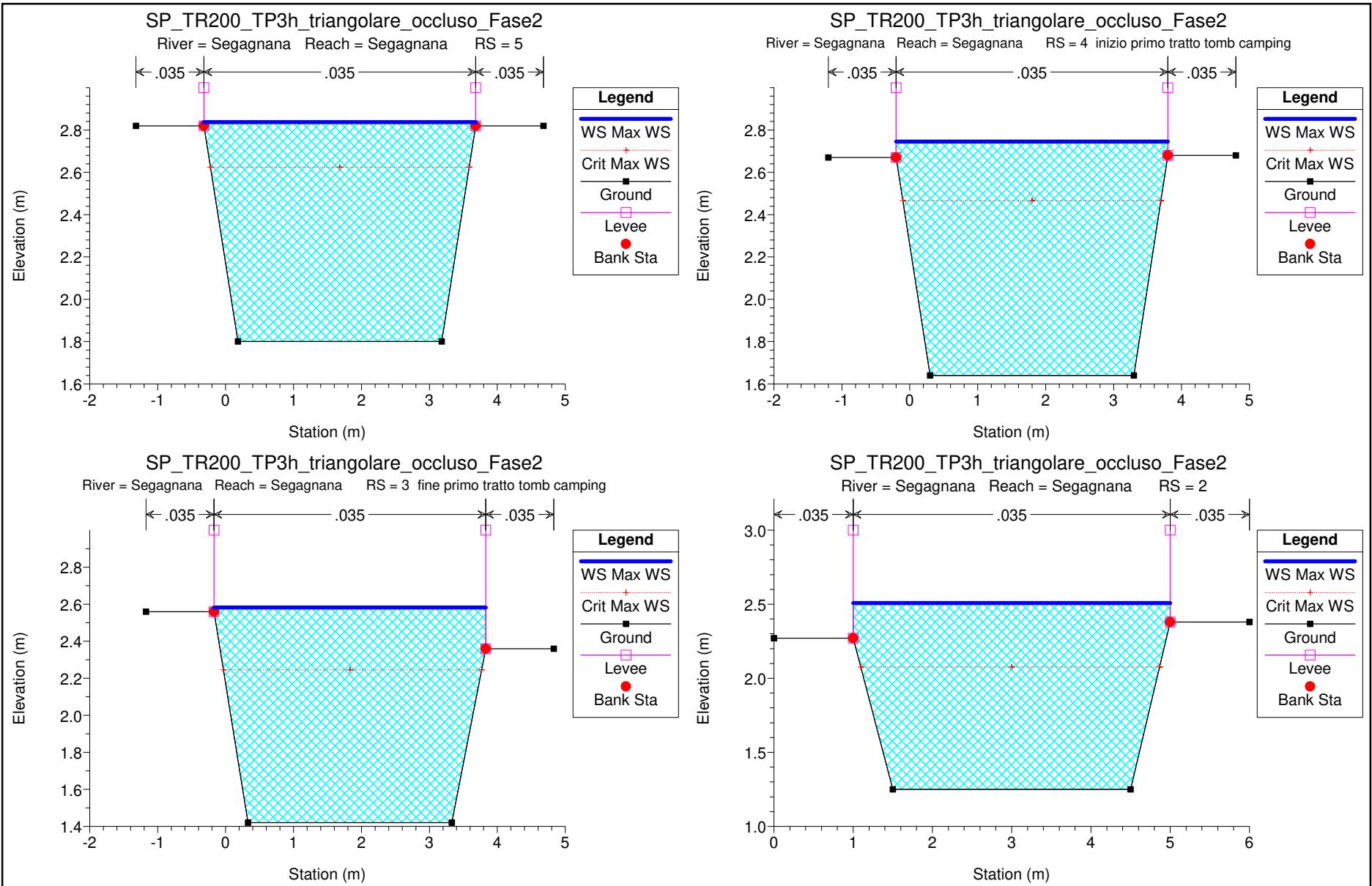


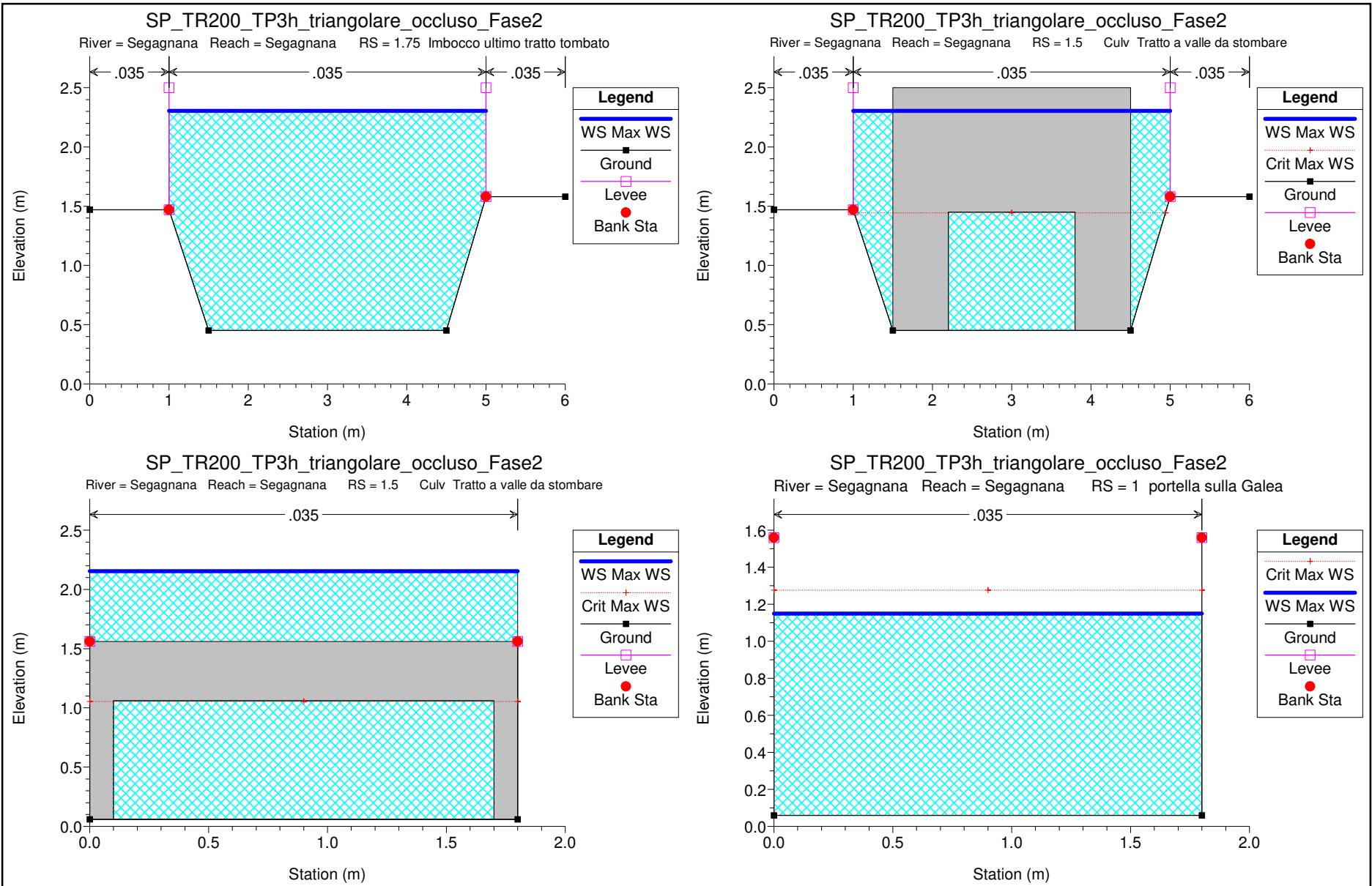
STATO PROGETTO STEP 2 TR 200 ANNI SBOCCO OCCLUSO Tp 3h

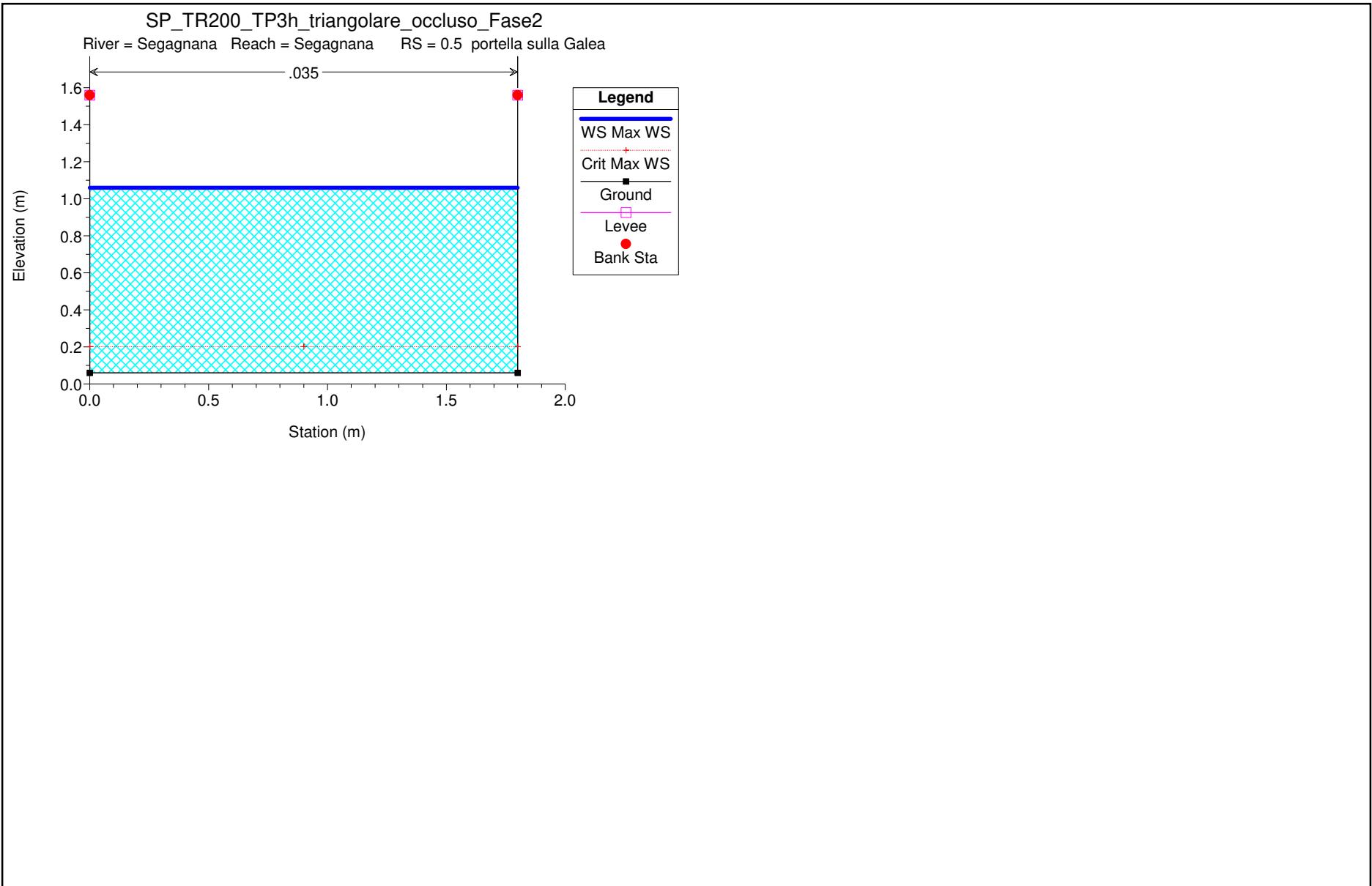












STATO PROGETTO STEP 2 TR 200 ANNI SBOCCO OCCLUSO Tp 6h

