

COMUNE DI TERTENIA

Provincia di Nuoro



SERVIZIO DI ADEGUAMENTO DEL PROGETTO PRELIMINARE A PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA, PROGETTAZIONE DEFINITIVA-ESECUTIVA DEL I LOTTO FUNZIONALE, DIREZIONE LAVORI, MISURA E CONTABILITÀ E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE DEL PORTO TURISTICO DI SARRALA, PRESSO LA MARINA DI TERTENIA. CIG 8188366562 - CUP: H91H1000030002

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

ELABORATO R8		STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA			SCALA
		Doc.: 9445			DATA Gennaio 2021
Rev. n°	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO DA	APPROVATO	
00	Emissione	Gen. 21	ing. L. Spaziani	ing. M. Pittori	

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti

Capogruppo

INTERPROGETTI

INTERPROGETTI S.r.l.
Via Luigi Lilio, 62 00142 ROMA
Tel. 0686200297 fax: 0686200298
E-mail: INFO@INTERPROGETTI.NET

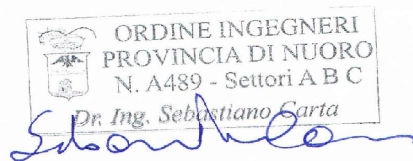
dott. ing. Marco Pittori



Collaboratori:

Ing. Silvia Potena
Arch. Francesca Romana Monass
Ing. Giulia Zanza
Arch. Simone Peticarini
Arch. Raffaele Vaccarello
Ing. Federico Ratini
Ing. Lorenzo Spaziani

Ing. Sebastiano Carta



Dott.ssa Archeol. Giuseppa Lopez

ARCHEOLOGA
LOPEZ GIUSEPPA
Elenco MiBACT
N. 983

Ing. Riccardo Morelli



Ing. Geol. Marco Valerio Pilia



P.I. Salvatore Sanna



Comune di Tertenia



SERVIZIO DI ADEGUAMENTO DEL PROGETTO PRELIMINARE A PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA, PROGETTAZIONE DEFINITIVA-ESECUTIVA DEL I LOTTO FUNZIONALE, DIREZIONE LAVORI, MISURA E CONTABILITÀ E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE DEL PORTO TURISTICO DI SARRALA, PRESSO LA MARINA DI TERTENIA. CIG 8188366562 - CUP: H91H10000030002

RELAZIONE TECNICA

STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

1. PREMESSA	3
2. INQUADRAMENTO DELL'AREA	4
3. STUDIO IDROLOGICO	6
3.1 METODI DI CALCOLO	6
3.2 CALCOLO IDROLOGICO	11
3.3 CARATTERIZZAZIONE DEL BACINO	15
3.3.1 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE	15
3.3.2 CALCOLO IDROLOGICO BACINO DELL'INVASO	16
3.3.3 DATI E CONSIDERAZIONI IDRAULICHE	16
4. SIMULAZIONI IDRAULICHE	17
5. CRITERI DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	18
6. INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA	18

La presente relazione riprende, lasciandola invariata in molte parti, lo studio di compatibilità idraulica sviluppato in sede di progetto preliminare e modifica solo gli aspetti che, in sede di adeguamento a progetto di fattibilità tecnica ed economica, hanno richiesto degli approfondimenti e/o integrazioni. Nel dettaglio, restano invariati i §§ da 1 a 5. Si è introdotto il paragrafo 6, relativo agli interventi di sistemazione idraulica del Rio interessante l'area oggetto dell'intervento, e redatto sulla base di ulteriori considerazioni, al fine di ottimizzare e ridurre il rischio idraulico che il Rio potrebbe generare per l'infrastruttura portuale.

1. PREMESSA

Le Norme di Salvaguardia del P.A.I., redatte nel giugno 2003 e aggiornate con Delibera G.R. n° 54/33 del 30 dicembre 2004, ai sensi della Legge n. 163 del 12 Aprile 2006 richiedono che i progetti riguardanti interventi da realizzarsi nelle aree di pericolosità idraulica siano accompagnati da una relazione di compatibilità idraulica. Tale relazione è stata resa conforme alle finalità dell'articolo 23, comma 6, lettera b delle suddette norme in cui risulta espressamente richiesto che le opere ammissibili nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata, elevata e media, sono realizzabili esclusivamente se conformi agli strumenti urbanistici vigenti e forniti di tutti i provvedimenti di assenso richiesti dalla legge e prevede che siano accompagnati da uno studio di compatibilità idraulica.

Lo studio di compatibilità idraulica, come riportato nell'allegato E (Criteri per la predisposizione degli studi di compatibilità idraulica di cui all'articolo 24 delle norme di attuazione), integra inoltre i criteri e gli strumenti di valutazione previsti:

- dalla Legge n. 64 del 2 Febbraio 1974;
- dal D.M. 12 Dicembre 1985;
- dal D.M. LL.PP. 11 Marzo 1988;
- dalla Circolare esplicativa n. 30483 del 24 Settembre 1988;
- dalla Legge n. 163 del 12 Aprile 2006;
- dalle norme nazionali in materia di valutazione di impatto ambientale e di valutazioni di incidenza;
- dalle disposizioni dell'ordinamento della Regione Sardegna.

Nella seguente relazione viene verificata la compatibilità idraulica degli interventi in progetto in funzione degli effetti degli stessi interventi sui livelli idrici oggi raggiungibili con differenti tempi di ritorno.

2. INQUADRAMENTO DELL'AREA

La presente relazione fa parte del progetto preliminare relativo alla realizzazione del Porto Turistico di "Sarrala" nel Comune di Tertenia.

Il sito previsto per la realizzazione dell'opera marittima è ubicato nella Marina di Tertenia immediatamente a ridosso di Punta Is Ebbas in località Sarrala che costituisce, oltre che il limite dell'unità fisiografica, anche un parziale riparo dalla traversia di grecale.

Il tratto di costa interessato, della lunghezza di circa 400,00 metri, è caratterizzato dall'esclusiva presenza di ciottoli e massi di varia pezzatura ed è separato da una punta rocciosa dalla adiacente spiaggia di "Foxi Manna".

Tale spiaggia, della lunghezza di circa 1000 metri e delimitata a sud dal promontorio di Case Ferrai, costituisce un equilibrato sistema conchiuso dotato di deposito dunale e di una foce fluviale che lo alimenta nella sua componente detritica.

Sul lato interno di tale punta è stato da tempo realizzata una struttura in calcestruzzo che si protende a mare per circa 40,00 metri e che comprende, al suo interno, uno scalo necessario per le operazioni di alaggio e varo di piccoli natanti.

Tale opera è l'unica presente nella Marina di Tertenia a servizio della nautica da diporto e verrà inglobata dalle strutture del nuovo porto.

Il sito, dal punto di vista marittimo, è aperto alle traversie di grecale e scirocco ed i rilievi montani di Monte Ferru e Cartucceddu lo proteggono dall'azione del vento da maestrale che, seppure proveniente da terra, avrebbe potuto generare disagi in fase di manovra e ormeggio delle imbarcazioni.

Il tratto di battigia interessato dall'intervento ha una larghezza media di circa 15-20 metri ed è delimitato, all'interno, da una scarpata del terreno pressoché verticale creata dall'erosione del moto ondoso, oltre la quale si estende la macchia mediterranea.

Tale scarpata costituirà, ovviamente, il limite assoluto dell'intervento previsto.

Lungo il litorale sono presenti alcuni spuntoni di porfidi rossastri per i quali, tenuto conto della loro suggestione, si provvederà alla salvaguardia.

Nel suo complesso il territorio gravitante sull'intervento marittimo è individuato col toponimo di Tesonis ed è caratterizzato dalla presenza diffusa di nuclei residenziali tra i quali emerge significativamente il complesso di un campeggio.

La specificità culturale di maggior significato rilevabile nel contesto in esame è costituito dal Nuraghe Alexi ubicato immediatamente a Nord del sito di Sa Foxi Manna.

La vegetazione è prevalentemente costituita dalla macchia mediterranea con alcune presenze di terreni a vigneto ed oliveto.

Per quanto attiene all'idrografia, oltre al corso d'acqua che sbocca sulla spiaggia conferendole il nome di Foxi Manna, comunque estraneo all'intervento portuale, la costa è interessata, in prossimità di Punta Is Ebbas, da un modesto scorrimento di acque piovane a regime torrentizio che verrà inserito, regolarizzandolo, nel contesto delle opere portuali. La località di Tesonis è collegata a Tertenia da una strada comunale delle lunghezza di circa 10 Km caratterizzata da un tracciato tortuoso e, soprattutto in taluni tratti, da un precario stato di manutenzione della sovrastruttura stradale.

Dalla strada comunale si raggiunge la costa attraverso un primo tratto sterrato perpendicolare al litorale e, quindi, con andamento parallelo allo stesso per raggiungere lo spiazzo dello scalo di alaggio.

La strada percorre il tratto costiero interessato dall'intervento ad una distanza media di circa 100 metri.

3. STUDIO IDROLOGICO

La presente relazione si propone di determinare le portate istantanee al colmo relative al bacino idrografico del corpo idrico che scarica l'acqua a mare in corrispondenza del nuovo Porto Turistico di "Sarrala".

L'individuazione del bacino di competenza è stata effettuata considerando l'area topografica di raccolta delle acque di scorrimento superficiale confluenti nel corpo ricettore idrico in esame.

La determinazione delle portate liquide è stata condotta tenendo conto del fatto che esso rappresenta un bacino imbrifero di area inferiore a 100 km² e quindi assimilabile ad un "piccolo bacino". In tali bacini l'evento di piena per deflusso è dovuto a molteplici fattori. Da un punto di vista pluviografico nei piccoli bacini i deflussi più temibili derivano da precipitazioni intense, brevi e concentrate; inoltre la configurazione morfologica del bacino e lo stato del suolo possono alterare profondamente i caratteri del decorso della piena.

Nel seguente studio sono stati considerati i soli deflussi degli scorrimenti superficiali ritenendo che tale semplificazione non pregiudichi il calcolo di portata anche in caso di deflusso sotterraneo.

3.1 METODI DI CALCOLO

Lo studio idrologico in genere si basa sui seguenti fondamentali metodi per la previsione delle piene:

- il metodo empirico;
- il metodo indiretto.

Metodo empirico

Il metodo empirico si basa sull'impiego di formule che tengono conto esclusivamente di alcuni parametri morfometrici del bacino imbrifero. Esso consiste nel tracciare la curva di inviluppo dei punti rappresentanti i massimi valori dei contributi unitari di piena, indipendentemente dalla loro frequenza di accadimento; pertanto, il metodo è fortemente influenzato dalla serie storica disponibile.

Per la Sardegna sono disponibili le seguenti espressioni analitiche della curva di inviluppo aggiornata nel 1969 (metodo del Sirchia aggiornato dal Fasso):

$$q = 207 S^{-0.6} m^3/sKm^2 \quad \text{per } 21 Km^2 < S < 1000 Km^2$$

$$q = 45.8 S^{-0.106} m^3/sKm^2 \quad \text{per } S < 21 Km^2$$

La portata di piena risulta:

$$Q = P_s \cdot q \cdot S m^3/s$$

S = superficie del bacino considerato (Km^2);

q = massimo contributo unitario (m^3/sKm^2);

P_s = coefficiente correttivo, funzione delle caratteristiche pluviometriche dell'evento meteorico, dell'esposizione, della superficie e della geomorfologia del bacino imbrifero (secondo Sirchia - Fasso, in Sardegna variabile tra 0.4 - 0.6, 0.6 - 0.8, 0.8 - 1.0).

Successivamente, nel 1986 è stato effettuato uno studio (Salis - Sechi) per definire i valori del coefficiente P_s in modo più rigoroso dividendo la Sardegna in 18 zone idrografiche omogenee.

La stima proposta per il coefficiente correttivo risulta:

$$P_s = P'_s \cdot P_a$$

dove P'_s è funzione della zona idrografica e del Tempo di Ritorno dell'evento di piena che si deve calcolare, mentre P_a dipende dalla zona idrografica e dalla superficie del bacino.

Metodo indiretto

Il metodo indiretto consiste nell'utilizzare la ben nota Formula Razionale, riportata anche nelle linee guida del Piano stralcio per l'Assetto Idrologico della Regione Autonoma della Sardegna.

Detta formula esprime la portata di piena come prodotto tra l'intensità di precipitazione, i , di assegnata durata d e periodo di ritorno T_R , il coefficiente di assorbimento Φ , la superficie del bacino A ed il coefficiente di laminazione $\varepsilon(t)$:

$$Q = i[\Theta, T_R, r(\Theta, A)] \cdot \Phi \cdot A \cdot \varepsilon(\Theta)$$

dove con Θ si è indicato il valore di durata critica, mentre $r(\Theta, A)$, rappresenta il fattore di ragguglio della precipitazione all'area del bacino, espresso in funzione della durata, Θ , e della superficie del bacino, A .

In questo caso la procedura proposta permette di calcolare l'intensità di pioggia ad assegnato periodo di ritorno in ciascun punto del bacino sardo tramite l'analisi regionale (VAPI Sardegna, 1996), condotta sulla precipitazioni intense di breve durata per le circa 200 stazioni con almeno 40 anni di osservazione a partire dal 1922.

L'intensità di precipitazione, $i[\Theta, T_R]$, che determina la massima portata di piena (intensità critica) è ottenuta dalla curva di possibilità pluviometrica che, com'è noto, esprime la legge di variazione dei massimi annuali di pioggia in funzione della durata della precipitazione, d , ad assegnata frequenza di accadimento o periodo di ritorno T . Tale curva è riportata dalla letteratura tecnica come:

$$h(T) = a \cdot d^n$$

Recenti studi per la Sardegna mostrano che il modello probabilistico TCEV ben interpreta le caratteristiche di frequenza delle serie storiche, motivo per il quale è stato adottato nella procedura VAPI per la derivazione delle curve di possibilità pluviometrica.

La metodologia regionale di calcolo si basa sull'inferenza statistica del modello TCEV della variabile aleatoria adimensionale

$$h'(T) = \frac{h(d)}{\bar{h}(d)}$$

Che risulta essere il massimo annuale di pioggia per assegnata durata, d , normalizzato rispetto alla media \bar{h} e successivamente sul calcolo della $\bar{h}(d)$ per le diverse durate.

L'equazione della curva di possibilità pluviometrica normalizzata è per ciascun tempo di ritorno, T :

$$h'(T) = a \cdot d^n$$

dove i parametri della curva, $a(T)$ ed $n(T)$, vengono definiti per tre sotto zone omogenee della Sardegna (SZO), per durate minori e maggiori dell'ora e per tempi di ritorno maggiori di 10 anni.

SZO	Durata ≤ 1 ora	Durata > 1 ora
Sottozona 1	$a=0.46420+1.0376 \cdot \text{Log}(T)$	$a=0.46420+1.0376 \cdot \text{Log}(T)$
	$n=-0.18488+0.22960 \cdot \text{Log}(T)-3.3216 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Log}^2(T)$	$n=-1.0469 \cdot 10^{-2}-7.8505 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Log}(T)$
Sottozona 2	$a=0.43797+1.0890 \cdot \text{Log}(T)$	$a=0.43797+1.0890 \cdot \text{Log}(T)$
	$n=-0.18722+0.24862 \cdot \text{Log}(T)-3.36305 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Log}^2(T)$	$n=-6.3887 \cdot 10^{-3}-4.5420 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Log}(T)$
Sottozona 3	$a=0.40926+1.1441 \cdot \text{Log}(T)$	$a=0.40926+1.1441 \cdot \text{Log}(T)$
	$n=-0.19060+0.264438 \cdot \text{Log}(T)-3.8969 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Log}^2(T)$	$n=1.4929 \cdot 10^{-2}+7.1973 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Log}(T)$

La pioggia media per diverse durate, detta anche pioggia indice, $\bar{h}(d)$, è funzione dalla pioggia media giornaliera, \bar{h}_g , secondo l'espressione:

$$\bar{h}(d) = \frac{\bar{h}_g}{0.886 \cdot 24^{(-0.493+0.476 \text{Log}(\bar{h}_g))}} \cdot d^{(-0.493+0.476 \text{Log}(\bar{h}_g))}$$

dove \bar{h}_g si ricava dalla distribuzione spaziale sull'intera Sardegna.

Il valore del coefficiente di afflusso Φ (nella precedente Formula Razionale), può essere calcolato con il metodo del SCS-Curve Number che permette di ricavare la pioggia netta in base all'espressione:

$$h_{netta} = \frac{(h_{lorda} - I)^2}{(h_{lorda} + S - I)}$$

Dove h_{lorda} è la pioggia stimata per assegnata distribuzione di probabilità, S (in mm) rappresenta l'assorbimento del bacino, espresso dalla relazione:

$$S = 254 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

e I_a è l'assorbimento iniziale, legato empiricamente al parametro S della relazione:

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

I valori del parametro di assorbimento CN e della relativa capacità massima di assorbimento S vanno determinati per le sezioni idrologiche d'interesse facendo riferimento alla ben nota metodologia SCS-CN utilizzando la Carta Litologica e quella di Uso del Suolo alla discretizzazione spaziale di 400 m disponibile presso la Regione Sardegna nell'ambito del Sistema IFRAS.

Il coefficiente di ragguglio delle piogge all'area $r(\Theta, A)$, legato alla durata, Θ , e alla superficie del bacino, A, è espresso da diverse formulazioni tra cui quella, utilizzata nel VAPI Sardegna, che fa riferimento al Flood Studies Report:

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

$$r = 1 - (0.0394 \cdot A^{0.354}) \cdot d^{(-0.40+0.003832 \cdot (4.6-\ln(A)))} \quad \text{per } A < 20 \text{ Km}^2$$

in cui d è la durata della precipitazione ed A è la superficie del bacino (espressa in km^2).

In alternativa si suggerisce l'espressione proposta dal U.S. Weather Service :

$$r(A, d) = 1 - \exp(-1.1 \cdot d^{0.25}) + \exp(-1.1 \cdot d^{0.25} - 0.01 \cdot A)$$

dove A è la superficie del bacino (espressa in miglia quadrate) e d la durata (espressa in ore).

Il coefficiente di laminazione, $\varepsilon(t)$, dovrà essere opportunamente valutato a seconda dell'estensione e delle caratteristiche topografiche del bacino idrografico sotteso facendo riferimento ai ben noti modelli concettuali della corrivazione e dell'invaso.

La durata di pioggia critica (Θ_c), nel caso del modello di corrivazione, utilizzato nella procedura VAPI Sardegna, è assunta pari alla somma del tempo di formazione del deflusso superficiale (t_f) e del tempo di corrivazione (t_c), $\Theta_c = t_c + t_f$, dove t_c è ricavabile dal confronto critico di diverse espressioni empiriche di seguito suggerite:

Formula di Ventura
$$T_c = 0,1272 \cdot \sqrt{\frac{S}{J_m}}$$

Formula di Giandotti
$$T_c = \frac{1,5 \cdot L + 4 \cdot \sqrt{S}}{0,8 \cdot \sqrt{H_m - H_0}}$$

Formula di Pasini
$$T_c = 0,108 \cdot \frac{\sqrt[3]{S \cdot L}}{\sqrt{J_m}}$$

Formula di Viparelli
$$T_c = \frac{L}{3,6 \cdot v}$$

Formula di Kirpich
$$T_c = 0,95 \frac{L^{1,155}}{a^{0,385}}$$

dove

S = superficie del bacino [Km^2];

L = lunghezza dell'asta principale [Km];

H_m = altitudine media del bacino [m];

H_0 = altitudine della sezione finale del bacino [m];

J_m = pendenza media dell'asta principale del corso d'acqua [m/m];

v = velocità minima della corrente lungo l'asta principale [m/s];

d = dislivello dell'asta principale del bacino [m].

Per quanto riguarda il tempo di formazione del ruscellamento superficiale, t_f , si può utilizzare la seguente formulazione:

$$t_f = \frac{I_a}{i(\Theta_c, r)}$$

dove I_a rappresenta l'assorbimento iniziale e $i(\Theta_c)$ l'intensità di pioggia corrispondente alla durata critica. La stima di questo valore deve essere evidentemente effettuata in maniera iterativa.

3.2 CALCOLO IDROLOGICO

Lo studio in questione si preme di esaminare la risposta del piccolo bacino ad eventi di pioggia ad elevata intensità e breve durata al fine di poter valutare le portate di piena nelle sezioni di interesse e per i previsti Tempi di Ritorno.

Questa semplificazione è giustificata dalle caratteristiche geomorfologiche e ambientali della zona in studio, caratterizzate da fenomeni di tipo impulsivo.

Per quanto detto si è stabilito di adottare un modello espressivo del fenomeno di piena che, partendo dal fenomeno di precipitazione intensa, consenta di stimare il deflusso nella sezione considerata.

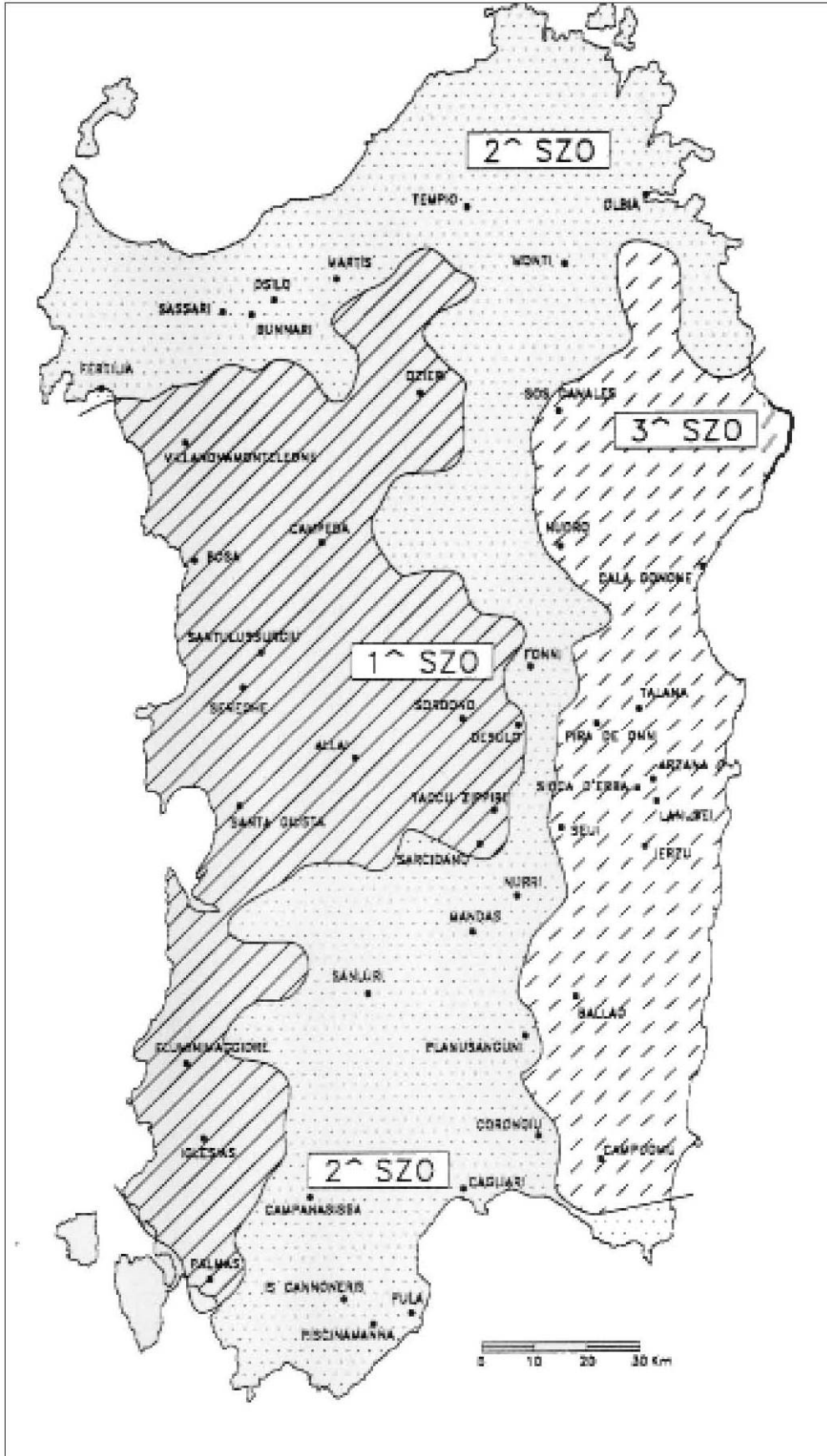
Il calcolo della portata è stato effettuato utilizzando la Formula Razionale riportata anche nelle linee guida del PAI per la Regione Autonoma della Sardegna.

Come dati di input si sono utilizzati quelli facilmente reperibili dalle linee guida del PAI e per quelli non indicati in detto documento si sono utilizzati i parametri riportati nei saggi disponibili in letteratura.

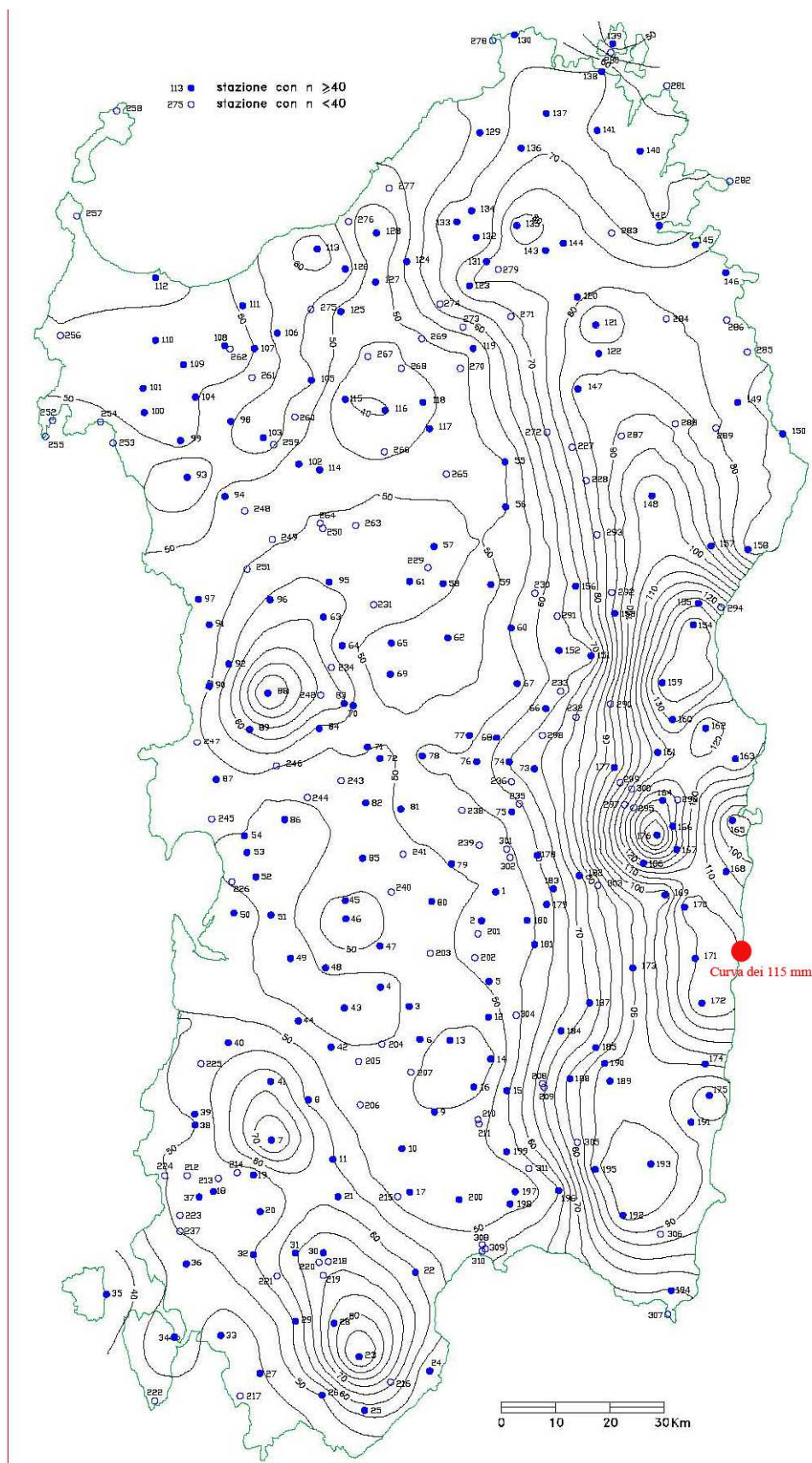
Il bacino si trova nella zona orientale della Sardegna e fa parte della Terza Sotto Zona Omogenea come riportato nella figura alla pagina seguente presa dalle linee guida del PAI della Regione Sardegna. Per ogni sottozona sono individuati i parametri caratteristici della curva di possibilità climatica che ne caratterizza la pioggia.

Al fine di garantire una valutazione delle portate del bacino considerato, a favore di sicurezza, si è considerata in sede di calcolo una pioggia con durata superiore all'ora.

Al fine di calcolare il deflusso che si genera nel bacino viene ricavato il parametro S, chiamato assorbimento del bacino, tramite la stima del valore CN (curve number) che rappresenta l'attitudine del bacino esaminato a produrre deflusso. Detto coefficiente si stima in relazione alle caratteristiche idrologiche dei suoli e di copertura vegetale presenti nel bacino. Per il caso in esame si è considerata la condizione di bosco, con una discreta distribuzione di vegetazione ed un suolo ad elevata capacità di formazione del deflusso. Il coefficiente CN è stato quindi considerato pari a 79 (fonte McGraw-Hill – La sistemazione dei bacini idrografici).



Per quanto concerne il valore dell'altezza di pioggia media giornaliera (hg) si è fatto riferimento alla distribuzione spaziale riportata nelle linee guida del PAI della Regione Sardegna di seguito riportata:



3.3 CARATTERIZZAZIONE DEL BACINO

3.3.1 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il bacino considerato è stato ricavato tenendo conto solamente della porzione di terreno che fa confluire l'acqua di pioggia nel corpo ricevente idrico in esame, considerando le linee di displuvio e si è ritenuto opportuno chiudere il bacino idrografico in corrispondenza della linea di riva attuale, dato che da lì in poi si avrà un deflusso naturale per ruscellamento, facendo sì che le portate seguano l'andamento planimetrico dettato dall'opera per poi scaricare in mare.

Di seguito si riportano i dati desunti per il bacino idrografico di interesse:

Bacino:

$S \cong 898.380 \text{ m}^2 = 0,89838 \text{ km}^2$ (superficie del bacino);

$h_m = 229,79 \text{ m s.l.m.}$ (altitudine media del bacino);

$h_0 = 00,00 \text{ m s.l.m.}$ (altitudine della sezione di chiusura del bacino);

$L = 1050,00 \text{ m}$ (lunghezza dell'asta principale);

$J_m = 29.8 \%$ (pendenza media dell'asta principale);

Calcolati i parametri morfometrici del bacino, l'analisi idrologica è stata effettuata facendo riferimento a Tempi di Ritorno T_R di 50, 100, 200 e 500 anni.

3.3.2 CALCOLO IDROLOGICO BACINO DELL'INVASO

L'analisi idrologica eseguita è relativa ai parametri geomorfologici del bacino idrografico considerato chiuso in corrispondenza della sezione sopra definita.

Di seguito si riportano delle tabelle riassuntive contenenti i risultati dei calcoli riferiti al bacino considerato.

BACINO

TEMPO DI CORRIVAZIONE (T_c)	
Viparelli [h]	0,51
Ventura [h]	0,22
Giandotti [h]	0,54
Pasini [h]	0,23
Kirpich [h]	0,01

PORTATE DI PIENA [m^3/s]				
Metodo	Tempo di ritorno [anni]			
	50	100	200	500
Viparelli [h]	5.39	7.15	9.07	11.80
Ventura [h]	4.57	6.36	8.37	11.33
Giandotti [h]	5.42	7.17	9.07	11.78
Pasini [h]	4.63	6.42	8.44	11.39
Kirpich [h]	0.59	1.01	1.53	2.47

3.3.3 DATI E CONSIDERAZIONI IDRAULICHE

Date le caratteristiche idrografiche e idrologiche del bacino si è ritenuto far riferimento al calcolo del tempo di corrivazione calcolato con le formule del Ventura e del Pasini giacché la formula del Giandotti è stata sviluppata per il calcolo del tempo di corrivazione per bacini con area compresa tra i 170 e i 70.000 Km². La formula del Viparelli è stata scartata poiché dal suo utilizzo si ottengono valori di portate di piena prossimi a quelli ottenuti utilizzando la formula del Giandotti e pertanto

non idonei al bacino considerato. Nelle simulazioni idrauliche saranno pertanto utilizzate le portate di piena ottenute dall'applicazione del tempo di corrivazione del Pasini.

4. SIMULAZIONI IDRAULICHE

Per la verifica idraulica del Rio si è partiti dalla situazione attuale per poi verificare le differenze del livello idrico alla foce una volta realizzata la struttura portuale prevista in progetto.

Tutte le simulazioni sono state effettuate mediante il software HEC – River Analysis System della US Army Corps of Engineering Center che effettua calcoli idraulici monodimensionali di un'intera rete di canali sfruttando le classiche equazioni dell'idraulica del moto permanente e del moto vario. Nel presente studio le verifiche sono state eseguite esclusivamente in condizioni di moto permanente.

Di seguito si elencano le simulazioni effettuate:

- Per valutare lo stato di funzionamento del canale allo stato attuale si è eseguita una simulazione sulla base del DTM di precisione, con passo di campionamento di 1 m che descrive in modo dettagliato l'andamento del terreno, scaricato dal Sito Ufficiale della Regione Autonoma della Sardegna e applicando le portate di piena corrispondenti ai Tempi di Ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni come precedentemente indicato;
- Al fine di valutare gli effetti della struttura portuale da realizzarsi in prossimità della foce del Rio, si è utilizzato lo stesso DTM modificando però le ultime 3 sezioni e risagomandole secondo il progetto cui questa relazione è allegata. Anche in questo caso è stata effettuata una simulazione applicando le portate di piena corrispondenti ai Tempi di Ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni come precedentemente indicato.

I coefficienti di Manning utilizzati nella simulazione, a favore di sicurezza, sono rispettivamente 0.05 per l'alveo e zone limitrofe e 0.07 per le parti più lontane dal Rio.

5. CRITERI DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

Le disposizioni e le norme tecniche del P.A.I. tendono a stabilire principi generali e prescrizioni affinché le attività di progettazione, di realizzazione e manutenzione delle opere ricadenti in aree a rischio idrogeologico non peggiorino le condizioni di funzionalità idraulica esistenti, aumentando il rischio di inondazione. Nel presente studio ci si è attenuti alle disposizioni sopra dette.

Si può pertanto affermare che:

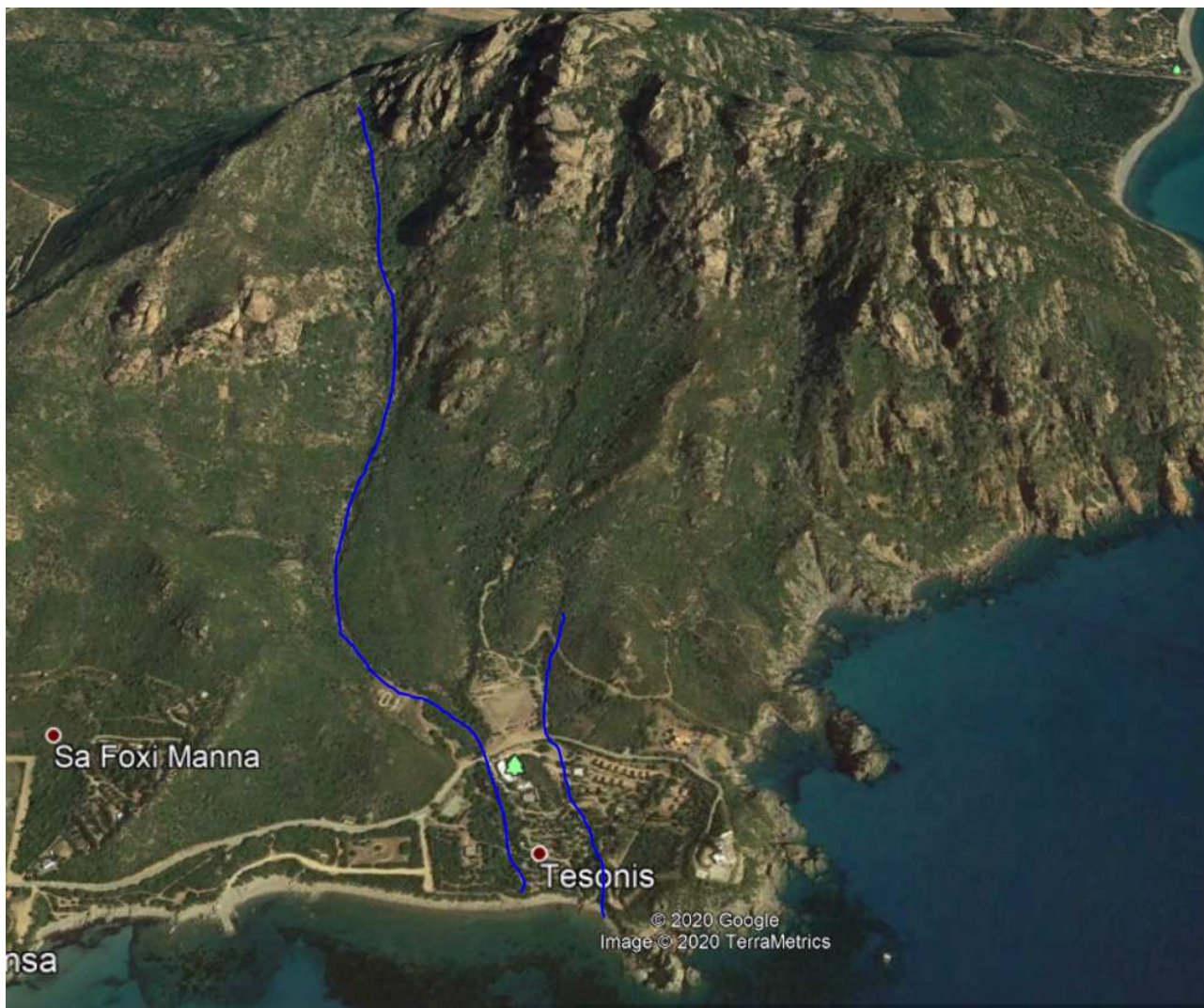
- Il progetto non peggiora le condizioni di funzionalità del regime idraulico, non aumentando il rischio di inondazione a valle;
- Il progetto non interferisce con gli interventi previsti dal P.A.I.;
- La nuova risagomatura del canale non fa incrementare le condizioni di rischio specifico idraulico e da frana.

Si riportano negli allegati le simulazioni effettuate per i diversi tempi di ritorno sopra indicati, riportando le sezioni con i livelli idrici quale risultato delle simulazioni in HEC-RAS e le tabelle dei dati di output.

6. INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA

L'area in oggetto è interessata dalla presenza di due alvei torrentizi, ai fini della pericolosità idraulica per l'infrastruttura portuale l'alveo minore situato nella parte più ad Est dell'area, presenta dimensioni notevolmente minori rispetto a quello oggetto della modellazione, sia in termini di estensione del bacino idrografico sotteso, sia per la ridotta lunghezza dell'asta fluviale. Questo defluisce e sfocia nell'area dove si andrà a realizzare la piscina e vista la ridotta capacità erosiva e di trasporto solido, insieme a quanto esposto in precedenza, non richiede la realizzazione e la progettazione di specifici manufatti.

Per quanto concerne l'alveo maggiore, sulla base di quanto emerso nella modellazione idraulica, appare evidente la necessità di intervenire nella sistemazione dello stesso. L'alveo che interessa la parte centrale del bacino idrografico defluisce e sfocia in prossimità dell'area portuale dove è prevista la realizzazione dei banchinamenti.

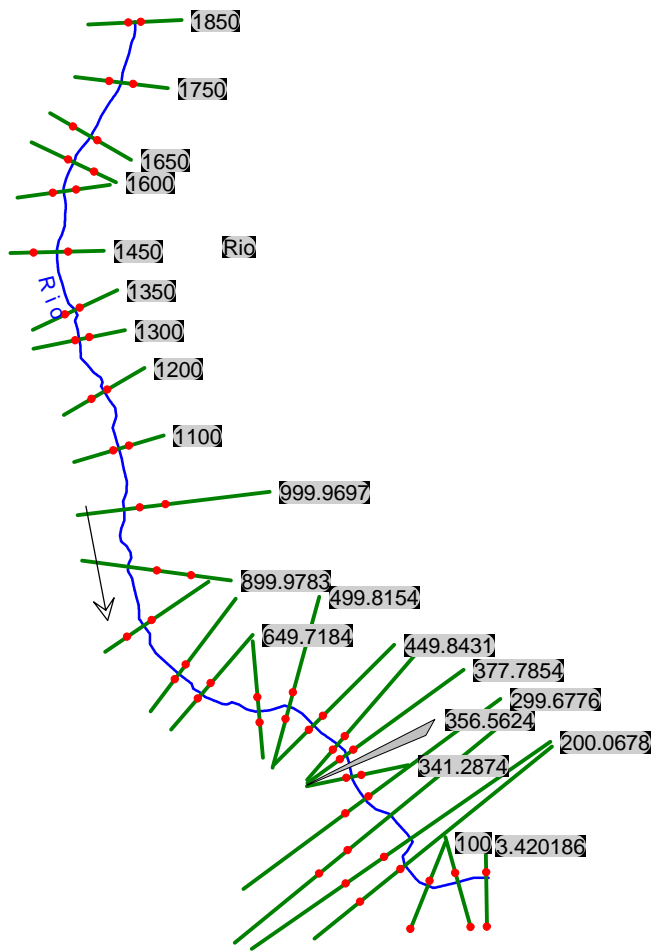


Individuazione Aste fluviali su immagini satellitari

Con riferimento alla portata Q con tempo di ritorno $T_R = 50$ anni, pari a $6,43 \text{ m}^3/\text{s}$, si è andati a definire il tipo d'opera ed il dimensionamento della stessa per l'eliminazione del rischio idraulico che interessa il futuro ambito portuale.

L'opera prevede di tombare la foce del Rio nella sua parte terminale mediante un percorso interrato a sezione obbligata realizzata per mezzo di opere in C.A. o C.A.P. opportunamente sagomate e poste in opera al fine di convogliare e far defluire la portata cinquantennale all'interno del bacino portuale ad una profondità tale da non arrecare danni alle strutture che vi saranno presenti.

PLANIMETRIA DELLE SEZIONI



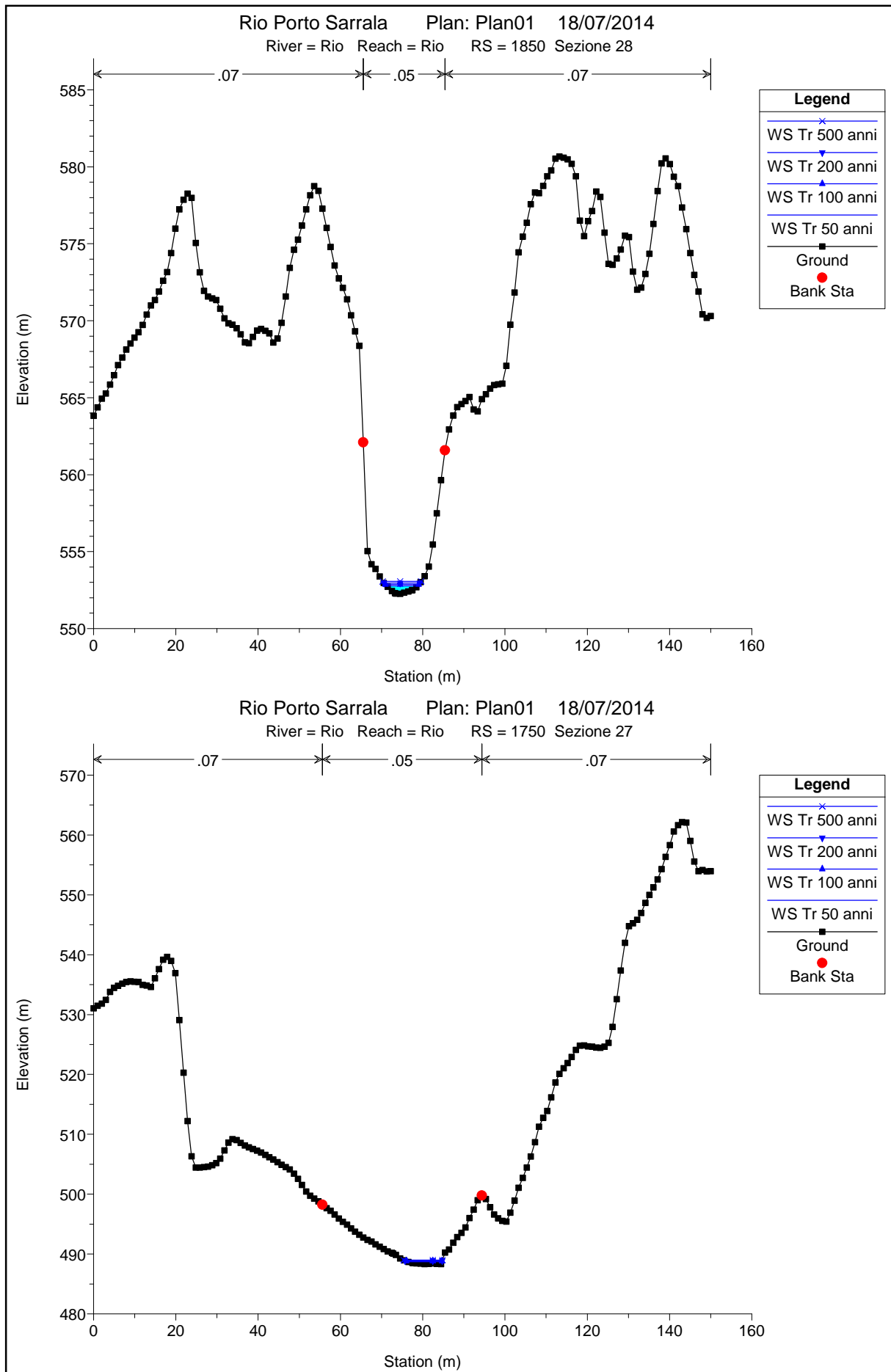
SIMULAZIONE STATO ATTUALE

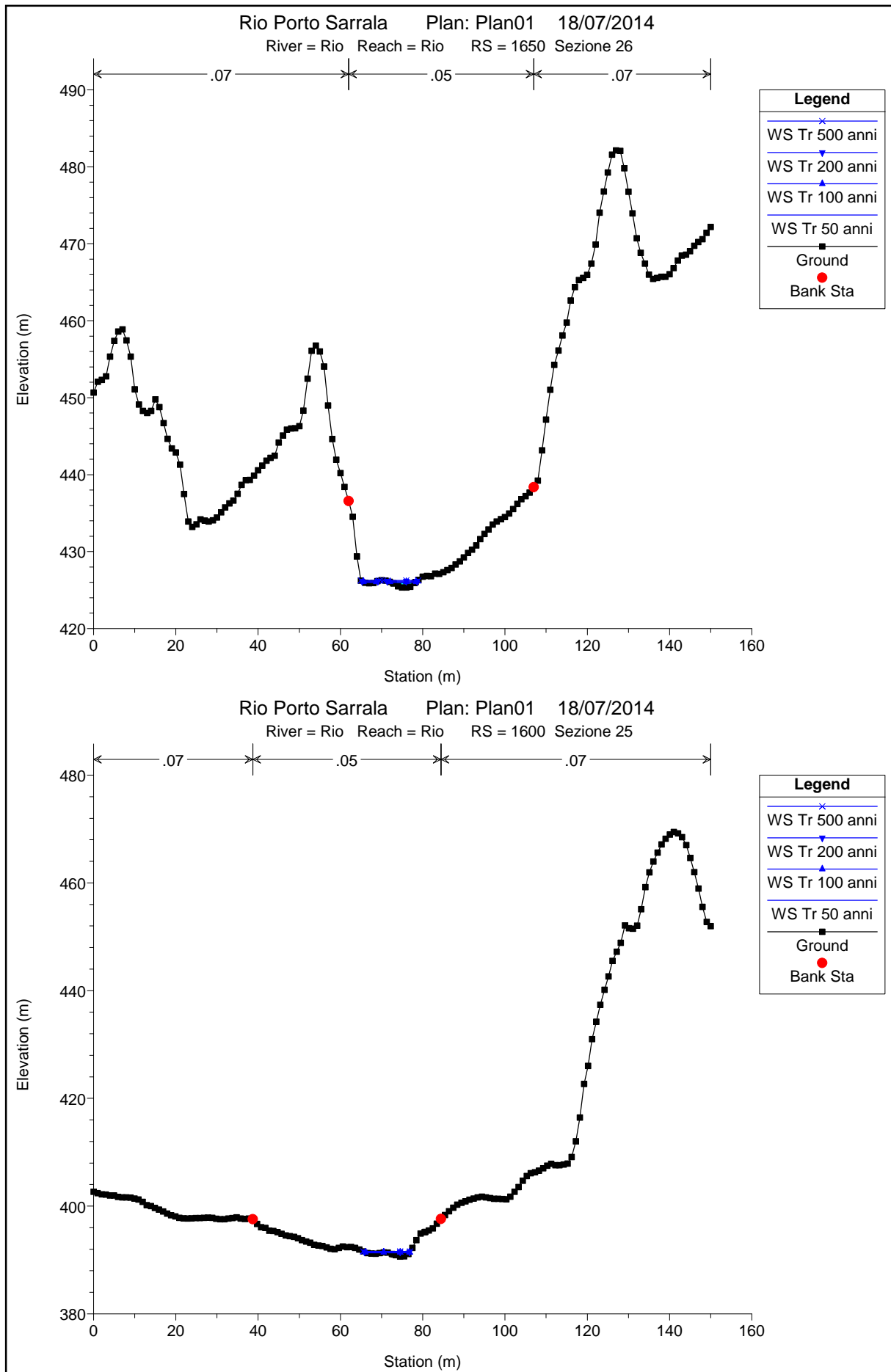
HEC-RAS Plan: Plan01 River: Rio Reach: Rio

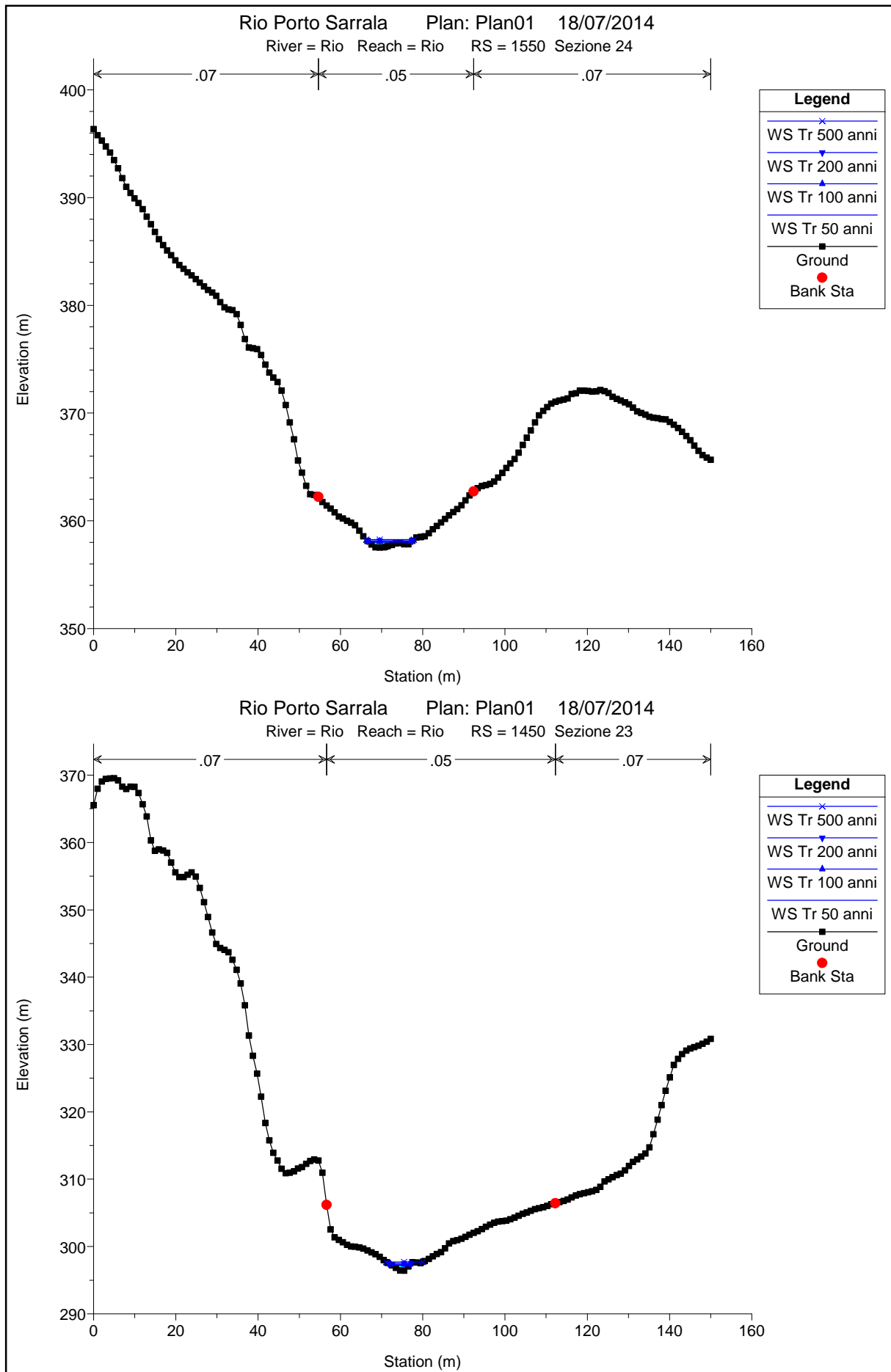
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Rio	1850	Tr 50 anni	4.63	552.26	552.78	552.78	552.95	0.036307	1.83	2.53	7.48	1.01
Rio	1850	Tr 100 anni	6.42	552.26	552.87	552.87	553.07	0.034599	1.99	3.22	8.10	1.01
Rio	1850	Tr 200 anni	8.44	552.26	552.95	552.95	553.18	0.033280	2.13	3.96	8.71	1.01
Rio	1850	Tr 500 anni	11.39	552.26	553.06	553.06	553.33	0.031737	2.31	4.94	9.29	1.01
Rio	1750	Tr 50 anni	4.63	488.31	488.73	488.73	488.89	0.038599	1.77	2.62	8.40	1.01
Rio	1750	Tr 100 anni	6.42	488.31	488.81	488.81	489.00	0.036205	1.94	3.31	8.71	1.01
Rio	1750	Tr 200 anni	8.44	488.31	488.89	488.89	489.11	0.034638	2.10	4.01	9.03	1.01
Rio	1750	Tr 500 anni	11.39	488.31	488.99	488.99	489.26	0.033100	2.29	4.97	9.43	1.01
Rio	1650	Tr 50 anni	4.63	425.33	425.98	425.98	426.14	0.037621	1.78	2.60	8.12	1.01
Rio	1650	Tr 100 anni	6.42	425.33	426.07	426.07	426.25	0.036803	1.90	3.38	9.42	1.01
Rio	1650	Tr 200 anni	8.44	425.33	426.16	426.16	426.36	0.034908	1.96	4.31	11.05	1.00
Rio	1650	Tr 500 anni	11.39	425.33	426.27	426.27	426.48	0.034415	2.04	5.58	13.29	1.01
Rio	1600	Tr 50 anni	4.63	390.64	391.35	391.35	391.51	0.039811	1.75	2.64	8.78	1.02
Rio	1600	Tr 100 anni	6.42	390.64	391.44	391.44	391.61	0.039237	1.84	3.49	10.64	1.03
Rio	1600	Tr 200 anni	8.44	390.64	391.51	391.51	391.71	0.035511	1.97	4.29	10.96	1.00
Rio	1600	Tr 500 anni	11.39	390.64	391.60	391.60	391.84	0.033534	2.15	5.30	11.33	1.00
Rio	1550	Tr 50 anni	4.63	357.53	358.02	358.02	358.16	0.039820	1.67	2.78	10.17	1.02
Rio	1550	Tr 100 anni	6.42	357.53	358.09	358.09	358.26	0.037267	1.83	3.51	10.58	1.02
Rio	1550	Tr 200 anni	8.44	357.53	358.16	358.16	358.36	0.035273	1.88	4.27	10.98	1.01
Rio	1550	Tr 500 anni	11.39	357.53	358.25	358.25	358.49	0.033281	2.15	5.30	11.51	1.01
Rio	1450	Tr 50 anni	4.63	296.43	297.23	297.23	297.48	0.035507	2.21	2.09	4.27	1.01
Rio	1450	Tr 100 anni	6.42	296.43	297.37	297.37	297.65	0.034055	2.36	2.72	4.88	1.01
Rio	1450	Tr 200 anni	8.44	296.43	297.49	297.49	297.81	0.033046	2.49	3.38	5.45	1.01
Rio	1450	Tr 500 anni	11.39	296.43	297.71	297.71	297.99	0.033254	2.34	4.87	8.84	1.01
Rio	1350	Tr 50 anni	4.63	239.92	240.55	240.55	240.74	0.035968	1.94	2.39	6.40	1.01
Rio	1350	Tr 100 anni	6.42	239.92	240.65	240.65	240.87	0.034211	2.10	3.06	6.98	1.01
Rio	1350	Tr 200 anni	8.44	239.92	240.75	240.75	241.00	0.032113	2.22	3.80	7.58	1.00
Rio	1350	Tr 500 anni	11.39	239.92	240.88	240.88	241.17	0.030767	2.38	4.79	8.30	1.00
Rio	1300	Tr 50 anni	4.63	217.03	217.67	217.67	217.83	0.038116	1.77	2.61	8.37	1.01
Rio	1300	Tr 100 anni	6.42	217.03	217.76	217.76	217.94	0.036732	1.88	3.41	9.71	1.01
Rio	1300	Tr 200 anni	8.44	217.03	217.85	217.85	218.04	0.035896	1.97	4.28	11.12	1.01
Rio	1300	Tr 500 anni	11.39	217.03	217.95	217.95	218.17	0.035054	2.08	5.48	12.89	1.02
Rio	1200	Tr 50 anni	4.63	174.73	175.33	175.33	175.47	0.040378	1.66	2.79	10.26	1.02
Rio	1200	Tr 100 anni	6.42	174.73	175.41	175.41	175.57	0.037230	1.76	3.64	11.53	1.00
Rio	1200	Tr 200 anni	8.44	174.73	175.48	175.48	175.66	0.036993	1.90	4.45	12.56	1.02
Rio	1200	Tr 500 anni	11.39	174.73	175.57	175.57	175.77	0.035441	2.02	5.64	13.98	1.02
Rio	1100	Tr 50 anni	4.63	133.58	134.07	134.07	134.24	0.037435	1.80	2.58	8.01	1.01
Rio	1100	Tr 100 anni	6.42	133.58	134.16	134.16	134.35	0.035380	1.96	3.27	8.53	1.01
Rio	1100	Tr 200 anni	8.44	133.58	134.24	134.24	134.47	0.033536	2.10	4.02	9.05	1.01
Rio	1100	Tr 500 anni	11.39	133.58	134.35	134.35	134.61	0.032164	2.27	5.01	9.71	1.01
Rio	999.9697	Tr 50 anni	4.63	101.36	102.02	102.02	102.23	0.035757	2.00	2.31	5.79	1.01
Rio	999.9697	Tr 100 anni	6.42	101.36	102.13	102.13	102.37	0.033925	2.18	2.95	6.25	1.01
Rio	999.9697	Tr 200 anni	8.44	101.36	102.23	102.23	102.51	0.031902	2.32	3.63	6.60	1.00
Rio	999.9697	Tr 500 anni	11.39	101.36	102.36	102.36	102.69	0.031140	2.54	4.49	6.98	1.01
Rio	899.9783	Tr 50 anni	4.63	78.14	78.94	78.94	79.08	0.038509	1.63	2.85	10.39	0.99
Rio	899.9783	Tr 100 anni	6.42	78.14	79.02	79.02	79.17	0.039429	1.70	3.79	13.23	1.01
Rio	899.9783	Tr 200 anni	8.44	78.14	78.48	79.08	90.32	5.613298	15.25	0.55	2.94	11.21
Rio	899.9783	Tr 500 anni	11.39	78.14	78.53	79.16	90.85	4.645660	15.55	0.73	3.27	10.48
Rio	799.9486	Tr 50 anni	4.63	57.36	58.16	58.16	58.35	0.037383	1.91	2.42	6.63	1.01
Rio	799.9486	Tr 100 anni	6.42	57.36	57.69	58.27	65.50	3.533376	12.38	0.52	2.65	8.93
Rio	799.9486	Tr 200 anni	8.44	57.36	58.22	58.37	58.68	0.089481	3.03	2.79	7.37	1.57
Rio	799.9486	Tr 500 anni	11.39	57.36	58.31	58.48	58.84	0.092674	3.25	3.50	8.52	1.62
Rio	699.9309	Tr 50 anni	4.63	43.15	43.70	43.70	43.84	0.039119	1.70	2.72	9.57	1.02
Rio	699.9309	Tr 100 anni	6.42	43.15	43.72	43.77	43.96	0.061714	2.21	2.91	9.69	1.29
Rio	699.9309	Tr 200 anni	8.44	43.15	43.63	43.84	44.43	0.260240	3.94	2.14	8.83	2.56
Rio	699.9309	Tr 500 anni	11.39	43.15	43.69	43.94	44.60	0.244538	4.23	2.70	9.55	2.54
Rio	649.7184	Tr 50 anni	4.63	36.78	37.09	37.29	38.32	0.933688	4.91	0.94	7.28	4.36
Rio	649.7184	Tr 100 anni	6.42	36.78	37.18	37.36	37.87	0.330969	3.68	1.74	9.54	2.75
Rio	649.7184	Tr 200 anni	8.44	36.78	37.34	37.43	37.67	0.079443	2.55	3.30	10.70	1.47
Rio	649.7184	Tr 500 anni	11.39	36.78	37.40	37.52	37.82	0.082651	2.86	3.98	11.17	1.53
Rio	550.0834	Tr 50 anni	4.63	25.97	26.56	26.57	26.74	0.041458	1.87	2.48	7.83	1.06
Rio	550.0834	Tr 100 anni	6.42	25.97	26.60	26.65	26.86	0.053738	2.27	2.83	8.09	1.22
Rio	550.0834	Tr 200 anni	8.44	25.97	26.55	26.74	27.16	0.145714	3.47	2.43	7.80	1.98
Rio	550.0834	Tr 500 anni	11.39	25.97	26.63	26.85	27.34	0.137288	3.75	3.03	8.24	1.97
Rio	499.8154	Tr 50 anni	4.63	20.92	21.32	21.57	22.27	0.290320	4.32	1.07	4.12	2.70
Rio	499.8154	Tr 100 anni	6.42	20.92	21.43	21.68	22.27	0.181187	4.06	1.58	4.64	2.22
Rio	499.8154	Tr 200 anni	8.44	20.92	21.64	21.80	22.16	0.071628	3.17	2.66	5.58	1.47
Rio	499.8154	Tr 500 anni	11.39	20.92	21.75	21.94	22.37	0.073979	3.48	3.27	6.09	1.52

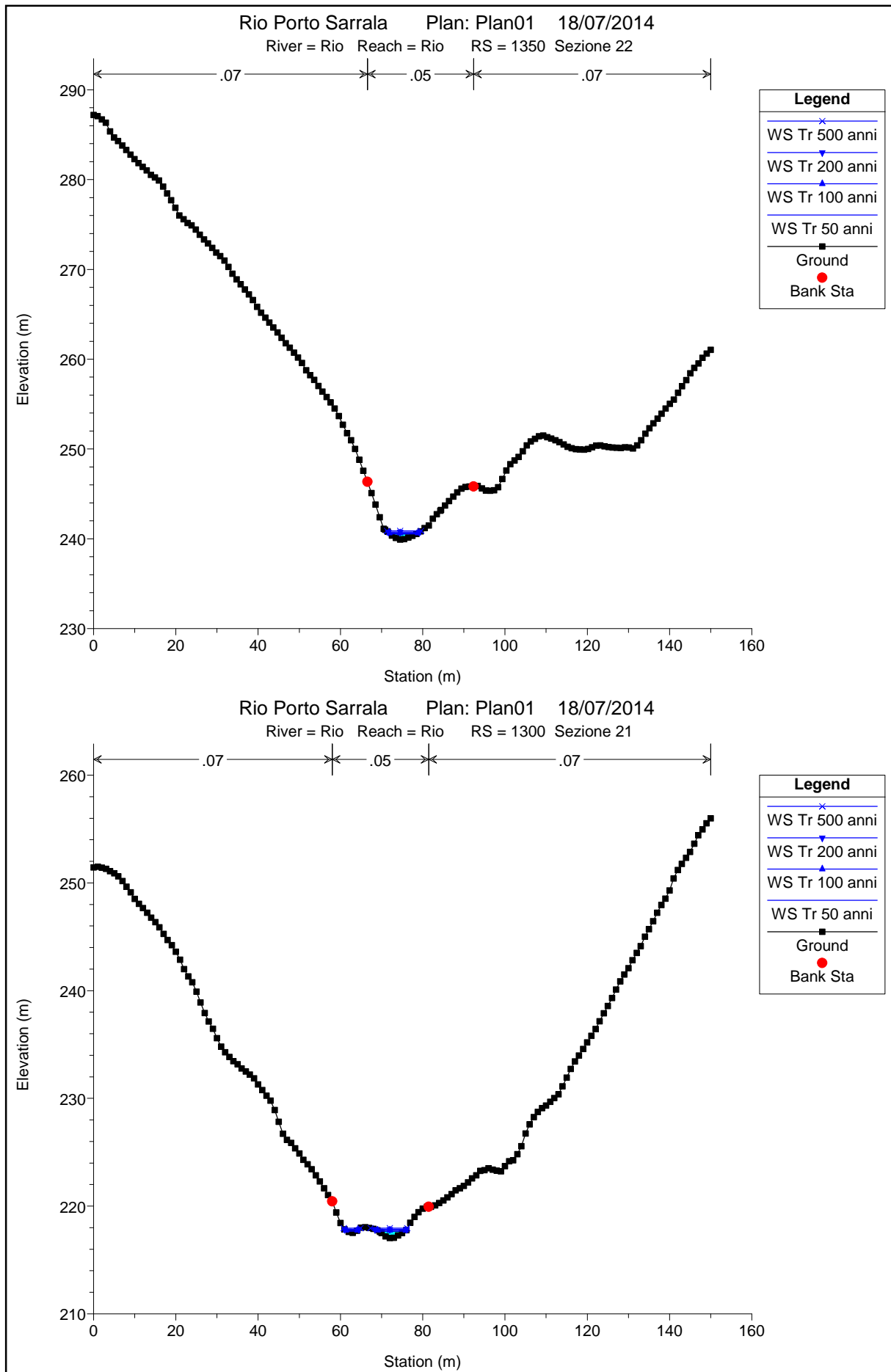
HEC-RAS Plan: Plan01 River: Rio Reach: Rio (Continued)

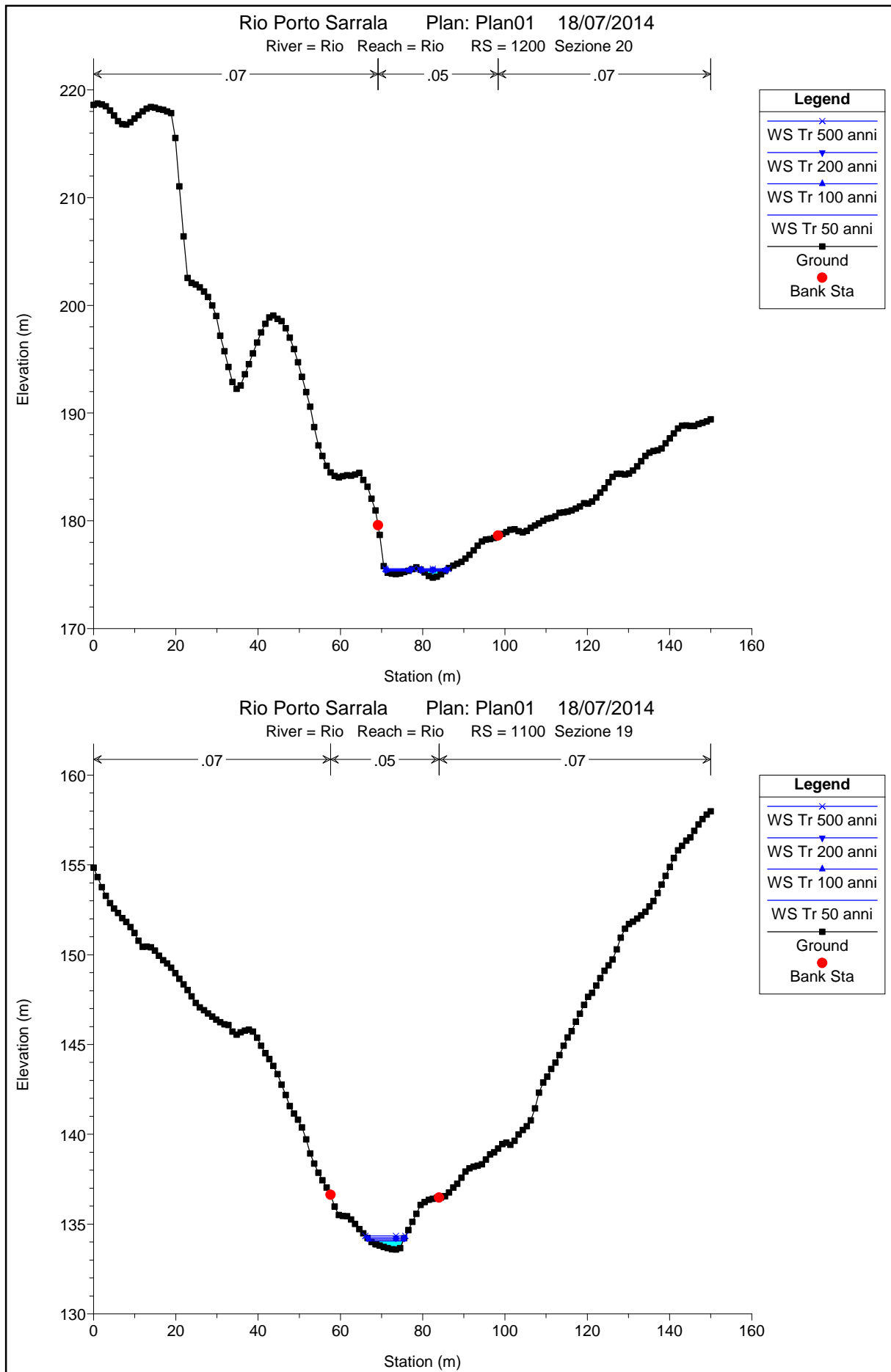
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Rio	449.8431	Tr 50 anni	4.63	18.11	18.91	18.91	19.13	0.035542	2.10	2.21	5.01	1.01
Rio	449.8431	Tr 100 anni	6.42	18.11	19.04	19.04	19.28	0.033704	2.20	2.91	5.92	1.00
Rio	449.8431	Tr 200 anni	8.44	18.11	19.14	19.18	19.42	0.041374	2.31	3.66	8.17	1.10
Rio	449.8431	Tr 500 anni	11.39	18.11	19.25	19.30	19.56	0.041504	2.46	4.62	9.37	1.12
Rio	400.0047	Tr 50 anni	4.63	15.14	15.72	15.87	16.21	0.111627	3.10	1.49	4.53	1.73
Rio	400.0047	Tr 100 anni	6.42	15.14	15.79	15.99	16.40	0.116717	3.46	1.86	4.93	1.80
Rio	400.0047	Tr 200 anni	8.44	15.14	15.92	16.10	16.49	0.087163	3.36	2.51	5.59	1.60
Rio	400.0047	Tr 500 anni	11.39	15.14	16.03	16.24	16.69	0.083082	3.59	3.17	6.13	1.59
Rio	377.7854	Tr 50 anni	4.63	14.23	15.28	14.91	15.33	0.004823	1.00	4.63	7.22	0.40
Rio	377.7854	Tr 100 anni	6.42	14.23	15.43	15.02	15.49	0.005167	1.12	5.71	7.84	0.42
Rio	377.7854	Tr 200 anni	8.44	14.23	15.56	15.13	15.64	0.005441	1.24	6.82	8.37	0.44
Rio	377.7854	Tr 500 anni	11.39	14.23	15.73	15.27	15.83	0.005756	1.38	8.27	8.96	0.46
Rio	356.5624	Bridge										
Rio	341.2874	Tr 50 anni	4.63	12.10	12.89	12.89	13.14	0.035185	2.21	2.09	4.29	1.01
Rio	341.2874	Tr 100 anni	6.42	12.10	13.02	13.02	13.31	0.033629	2.38	2.70	4.78	1.01
Rio	341.2874	Tr 200 anni	8.44	12.10	13.15	13.15	13.47	0.032942	2.54	3.33	5.23	1.01
Rio	341.2874	Tr 500 anni	11.39	12.10	13.35	13.35	13.67	0.030992	2.52	4.51	6.89	1.00
Rio	299.6776	Tr 50 anni	4.63	9.85	10.43	10.57	10.87	0.093222	2.94	1.57	4.53	1.59
Rio	299.6776	Tr 100 anni	6.42	9.85	10.51	10.69	11.06	0.098287	3.27	1.96	5.01	1.67
Rio	299.6776	Tr 200 anni	8.44	9.85	10.59	10.82	11.23	0.102105	3.55	2.38	5.51	1.72
Rio	299.6776	Tr 500 anni	11.39	9.85	10.69	10.96	11.44	0.105260	3.85	2.96	6.22	1.78
Rio	249.613	Tr 50 anni	4.63	7.43	8.08	8.08	8.26	0.036561	1.83	2.53	7.50	1.01
Rio	249.613	Tr 100 anni	6.42	7.43	8.17	8.17	8.37	0.035504	1.99	3.23	8.27	1.02
Rio	249.613	Tr 200 anni	8.44	7.43	8.26	8.26	8.49	0.033011	2.10	4.01	8.92	1.00
Rio	249.613	Tr 500 anni	11.39	7.43	8.37	8.37	8.64	0.031997	2.28	4.99	9.59	1.01
Rio	200.0678	Tr 50 anni	4.63	5.56	5.87	5.89	6.00	0.057467	1.63	2.84	14.27	1.17
Rio	200.0678	Tr 100 anni	6.42	5.56	5.91	5.94	6.08	0.062229	1.86	3.46	15.15	1.24
Rio	200.0678	Tr 200 anni	8.44	5.56	5.94	6.00	6.17	0.071332	2.13	3.97	15.74	1.35
Rio	200.0678	Tr 500 anni	11.39	5.56	5.99	6.07	6.28	0.077294	2.40	4.74	16.57	1.43
Rio	150.2234	Tr 50 anni	4.63	2.80	3.55	3.58	3.80	0.044284	2.20	2.10	5.31	1.12
Rio	150.2234	Tr 100 anni	6.42	2.80	3.70	3.70	3.93	0.034525	2.16	2.97	6.39	1.01
Rio	150.2234	Tr 200 anni	8.44	2.80	3.81	3.81	4.07	0.032615	2.27	3.73	7.15	1.00
Rio	150.2234	Tr 500 anni	11.39	2.80	3.93	3.93	4.24	0.031981	2.45	4.65	7.80	1.01
Rio	100	Tr 50 anni	4.63	0.13	1.80	0.31	1.80	0.000002	0.05	92.48	69.20	0.01
Rio	100	Tr 100 anni	6.42	0.13	1.80	0.34	1.80	0.000004	0.07	92.48	69.21	0.02
Rio	100	Tr 200 anni	8.44	0.13	1.80	0.36	1.80	0.000007	0.09	92.49	69.21	0.03
Rio	100	Tr 500 anni	11.39	0.13	1.80	0.39	1.80	0.000013	0.12	92.50	69.22	0.03
Rio	49.99999	Tr 50 anni	4.63	0.01	1.80	0.26	1.80	0.000001	0.04	132.06	87.07	0.01
Rio	49.99999	Tr 100 anni	6.42	0.01	1.80	0.29	1.80	0.000002	0.05	132.07	87.07	0.01
Rio	49.99999	Tr 200 anni	8.44	0.01	1.80	0.31	1.80	0.000003	0.06	132.07	87.07	0.02
Rio	49.99999	Tr 500 anni	11.39	0.01	1.80	0.33	1.80	0.000005	0.09	132.08	87.07	0.02
Rio	3.420186	Tr 50 anni	4.63	-0.05	1.80	0.25	1.80	0.000001	0.04	132.08	86.31	0.01
Rio	3.420186	Tr 100 anni	6.42	-0.05	1.80	0.28	1.80	0.000002	0.05	132.08	86.31	0.01
Rio	3.420186	Tr 200 anni	8.44	-0.05	1.80	0.30	1.80	0.000003	0.06	132.08	86.31	0.02
Rio	3.420186	Tr 500 anni	11.39	-0.05	1.80	0.32	1.80	0.000005	0.09	132.08	86.31	0.02

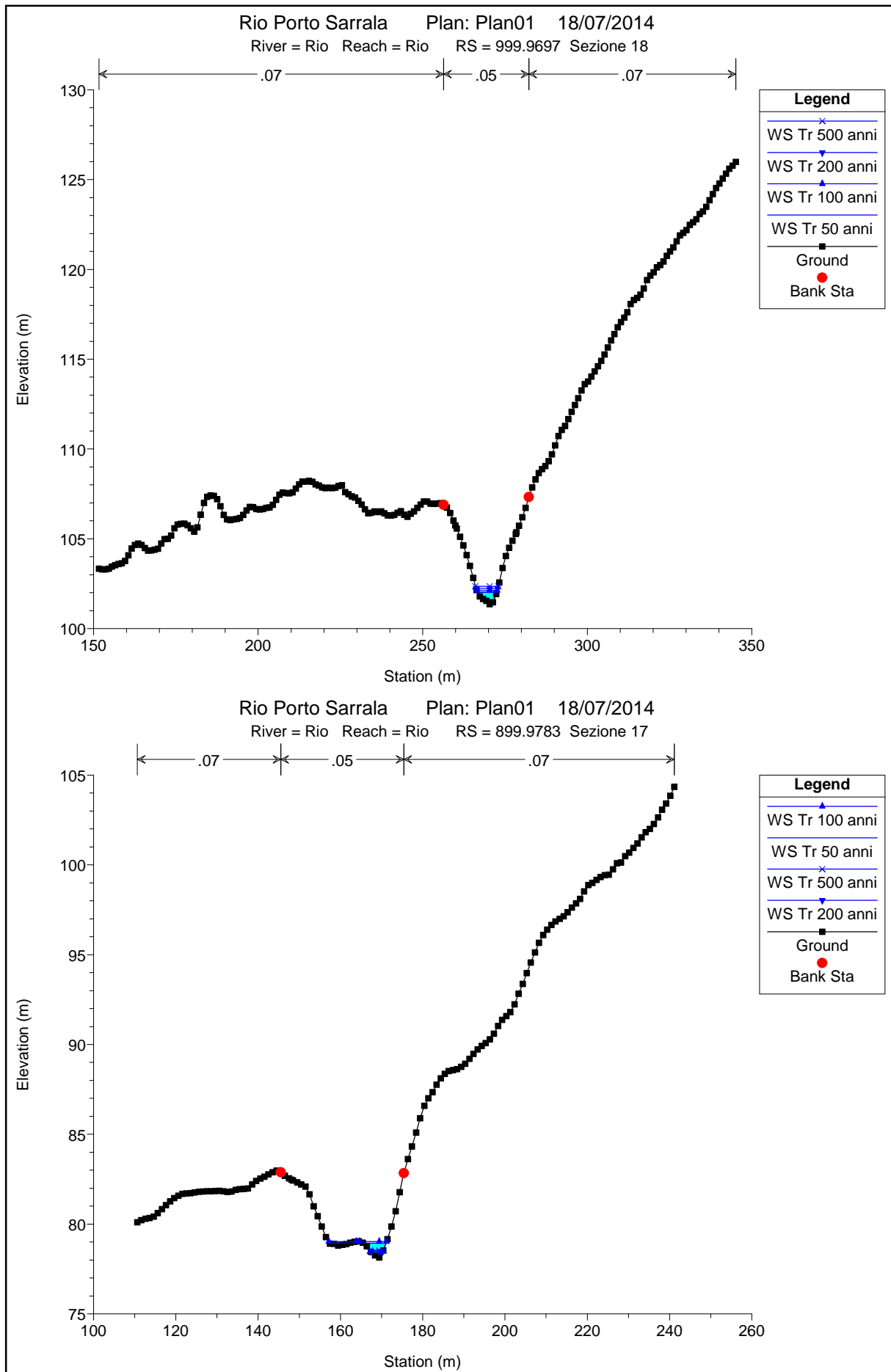


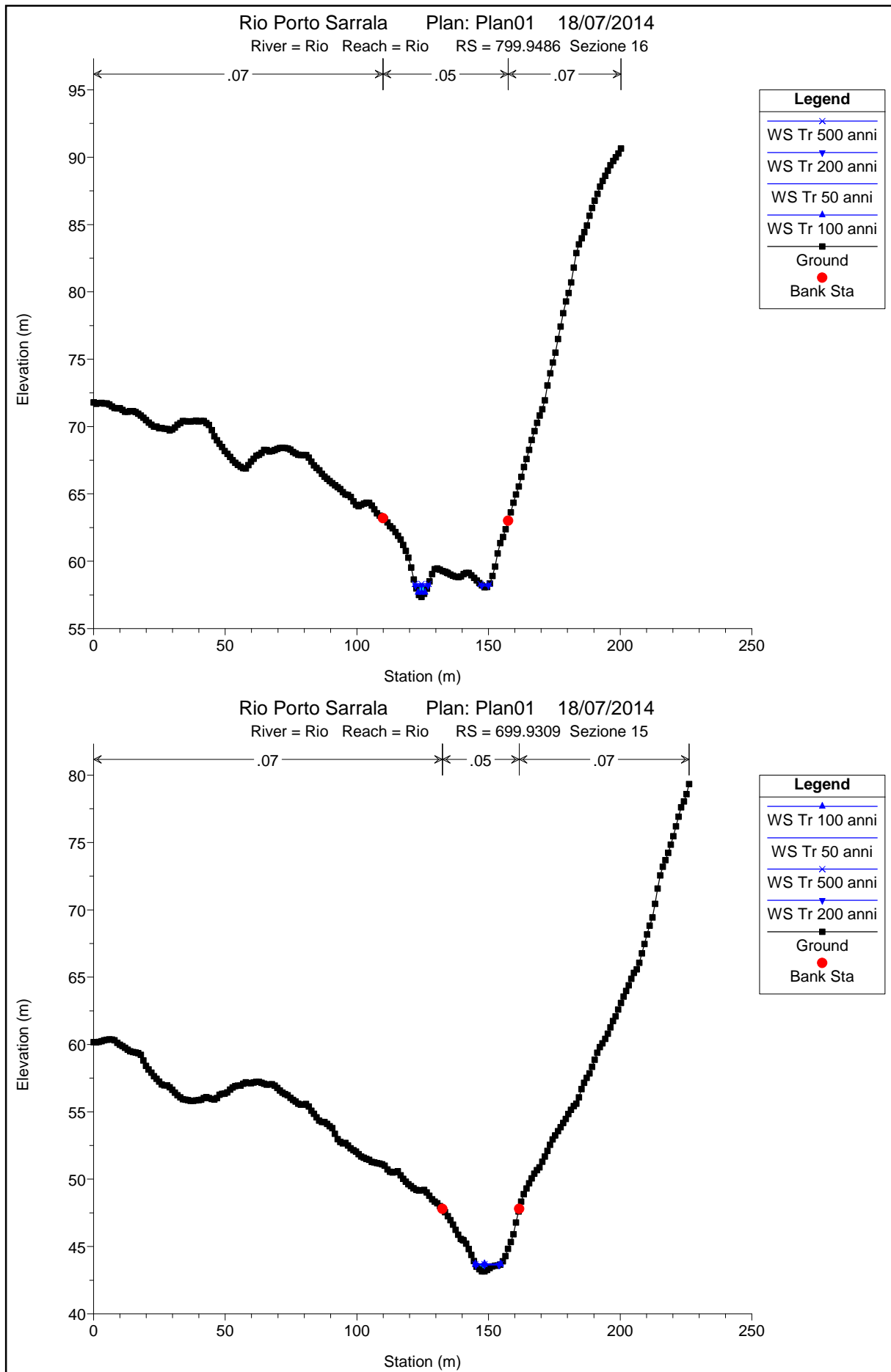


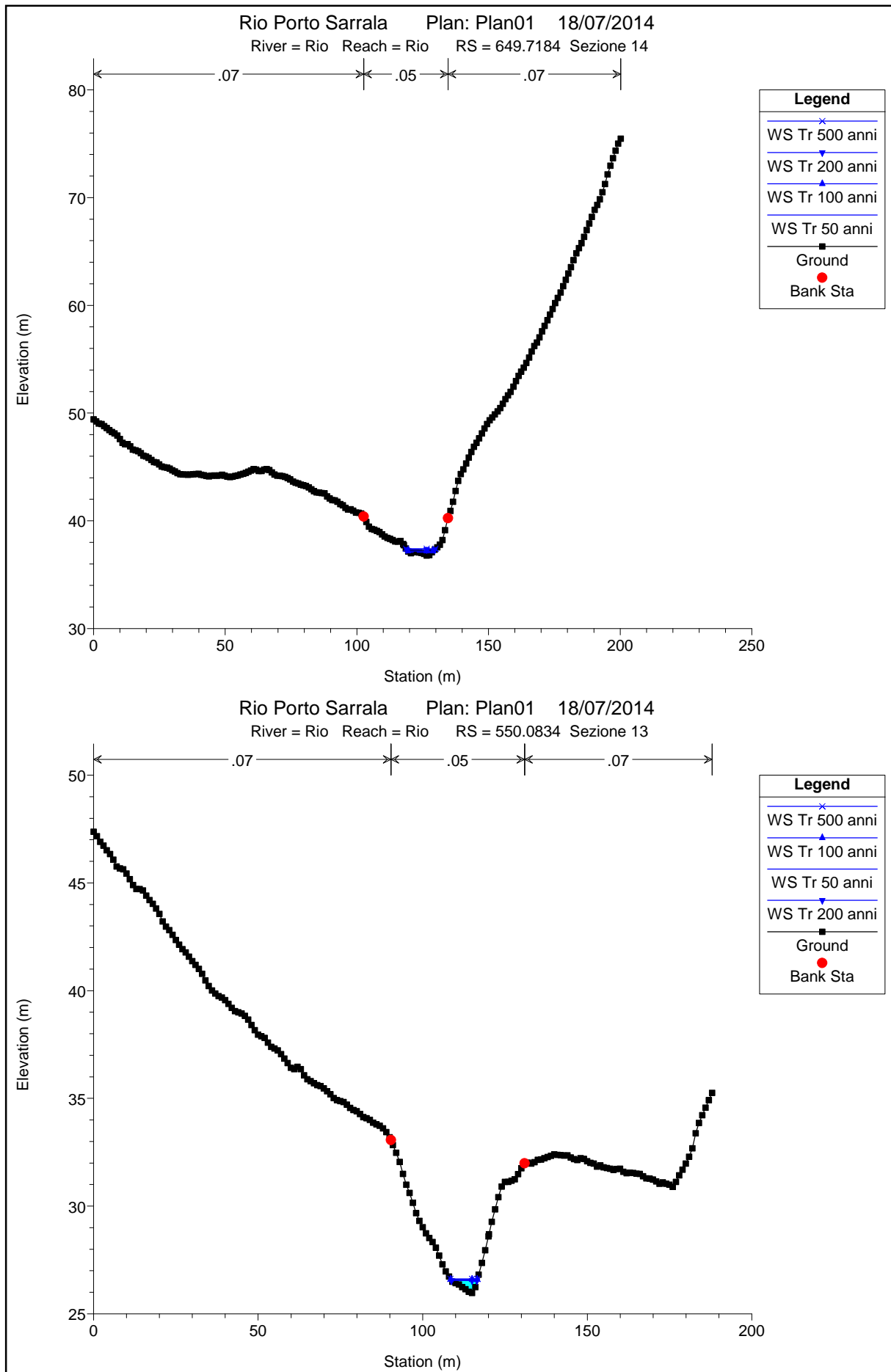


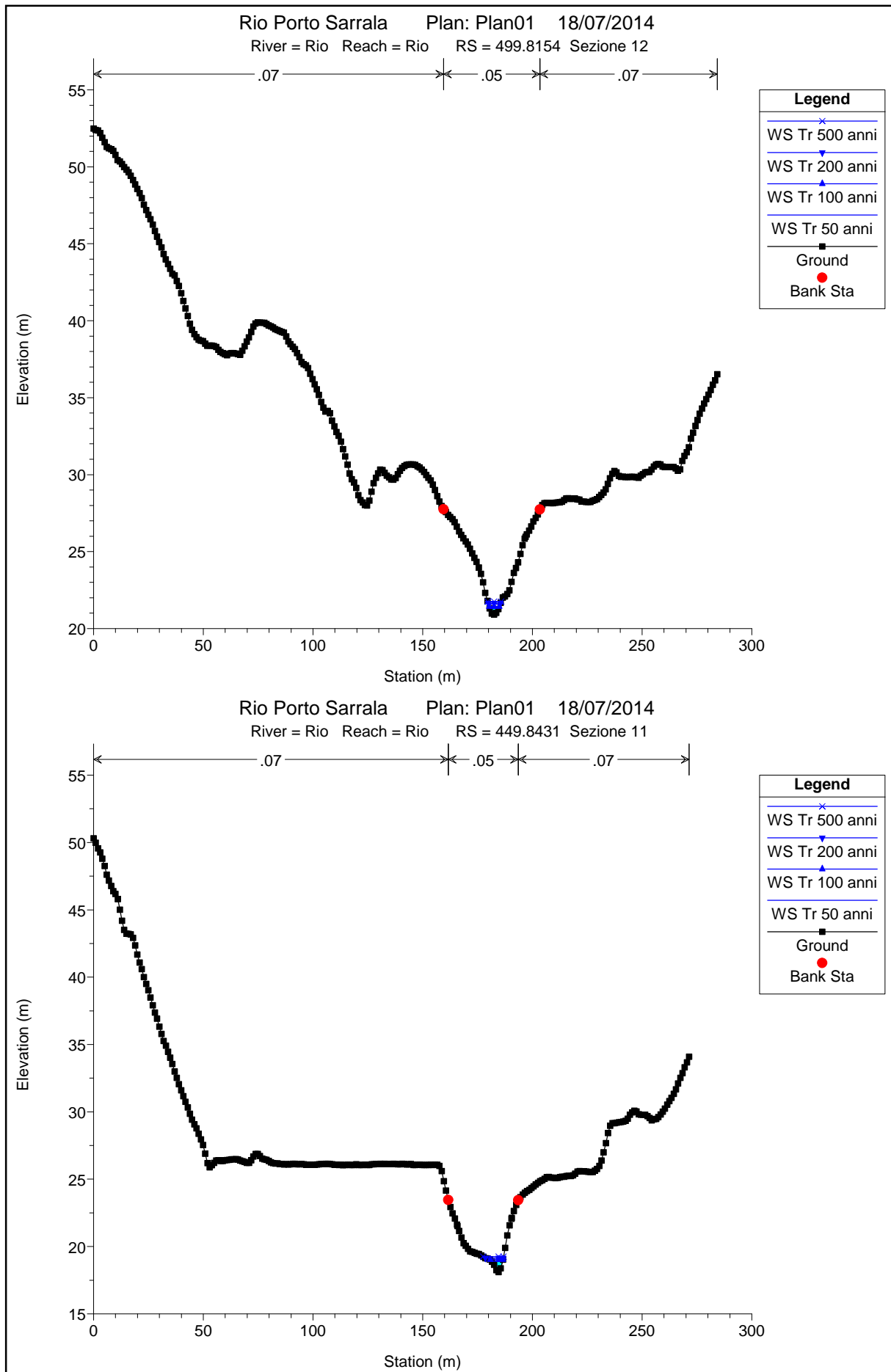


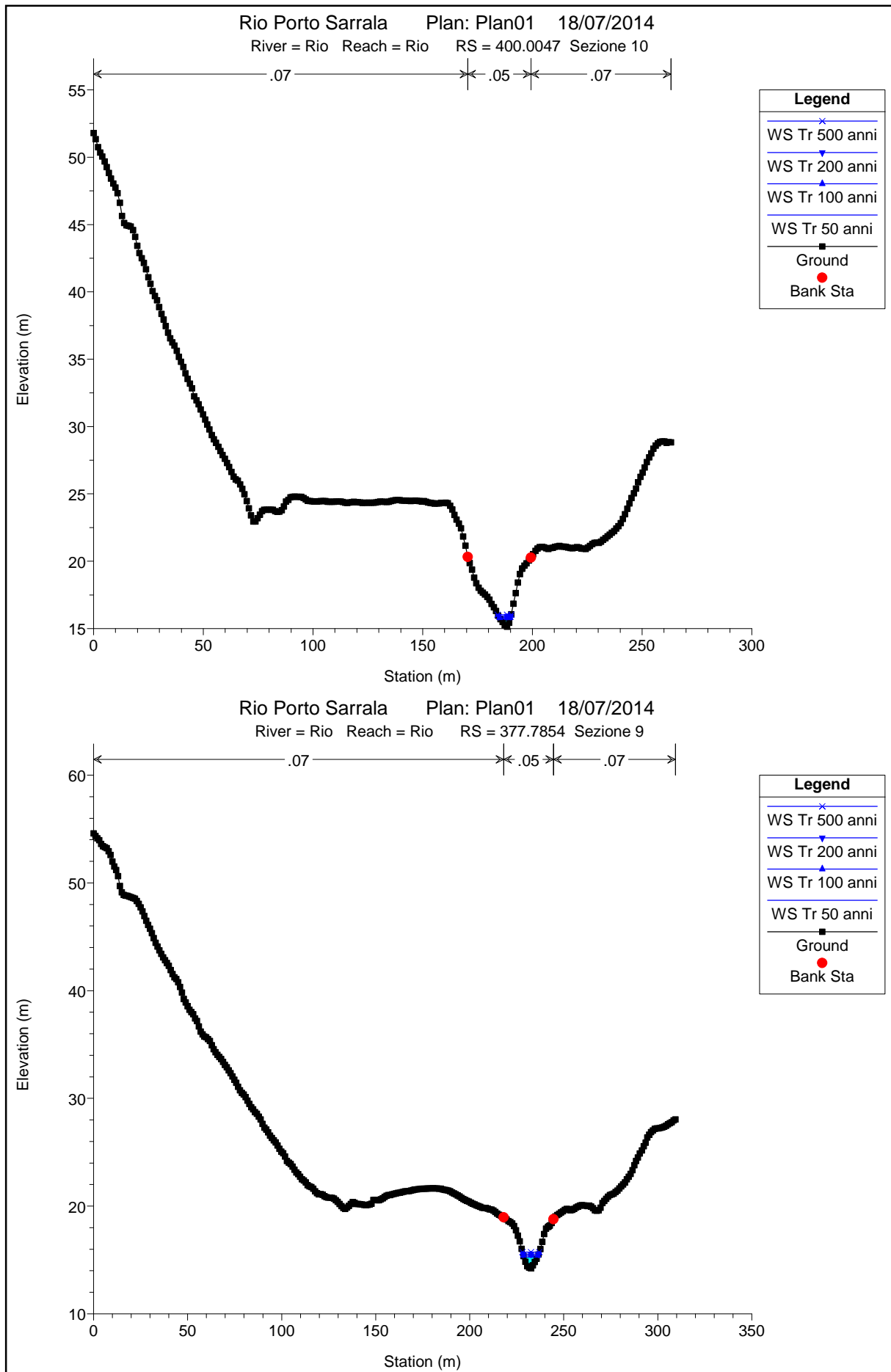


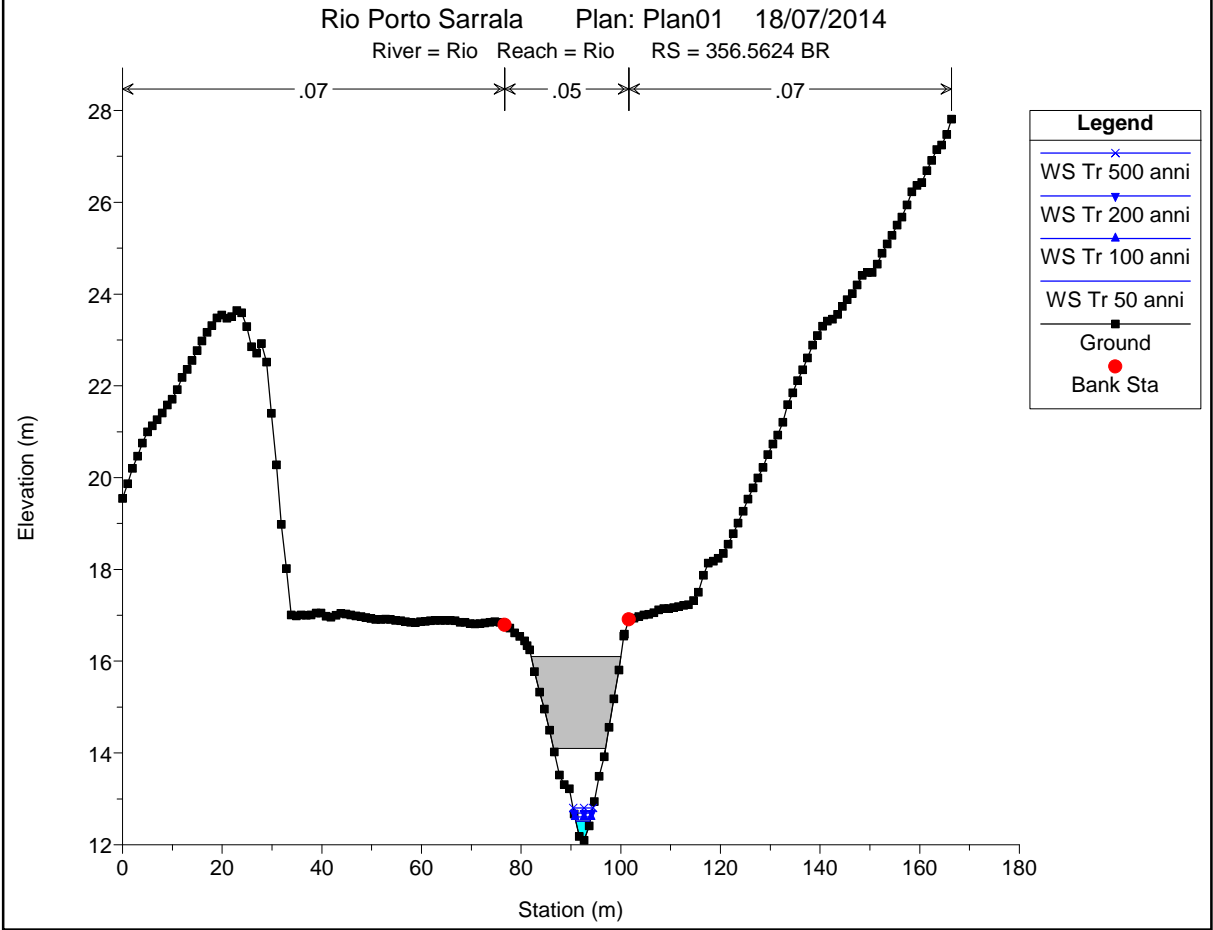
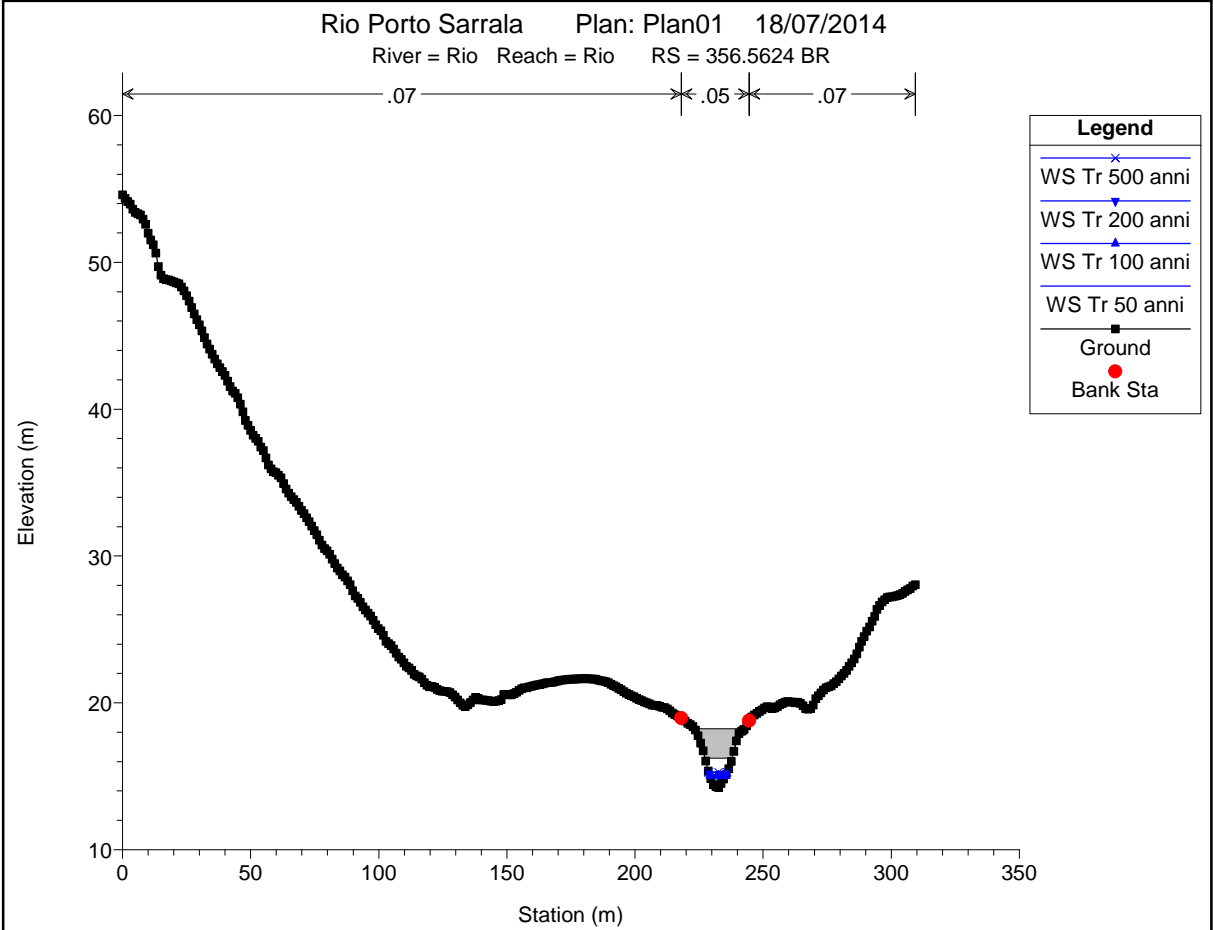


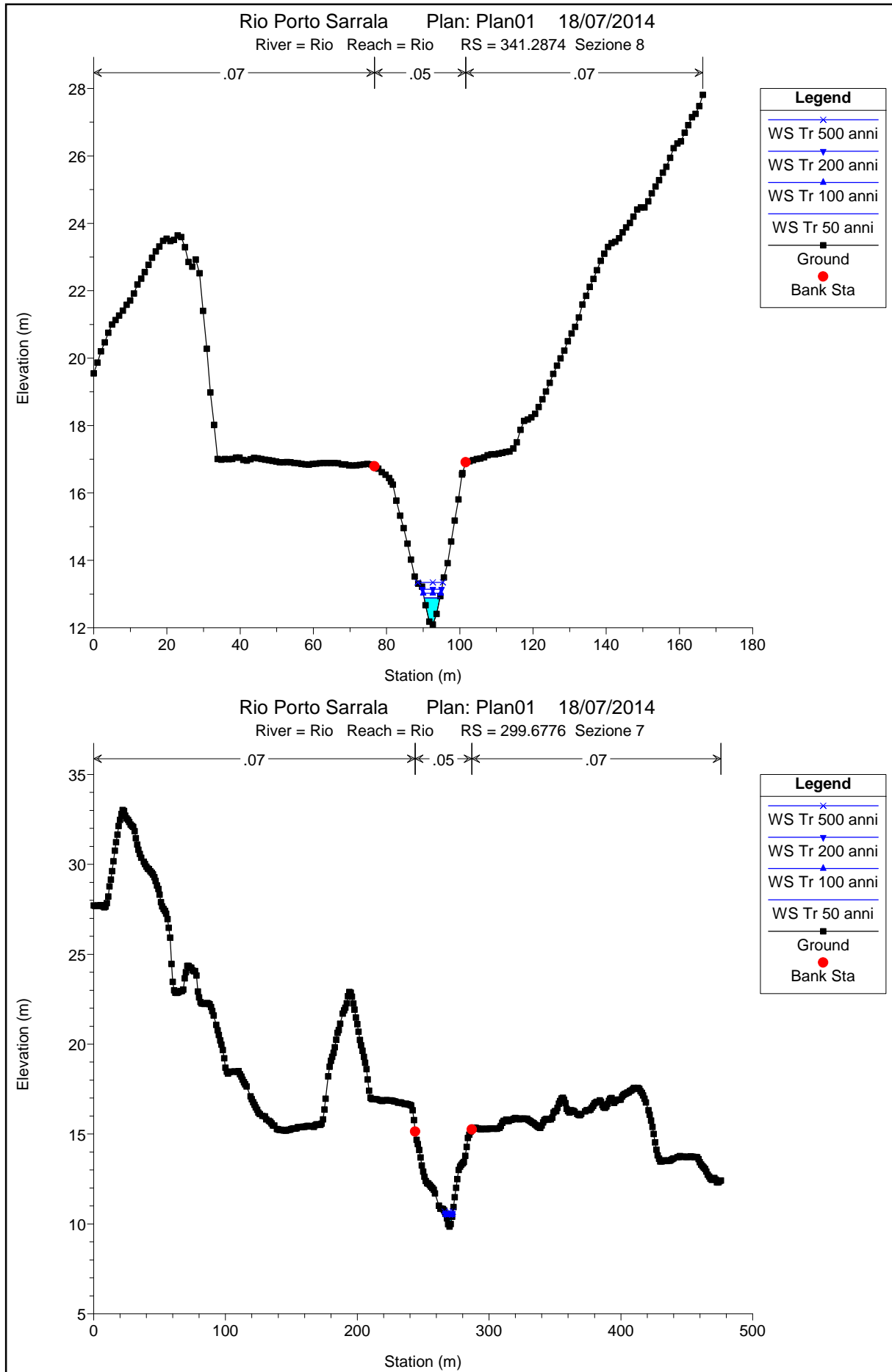


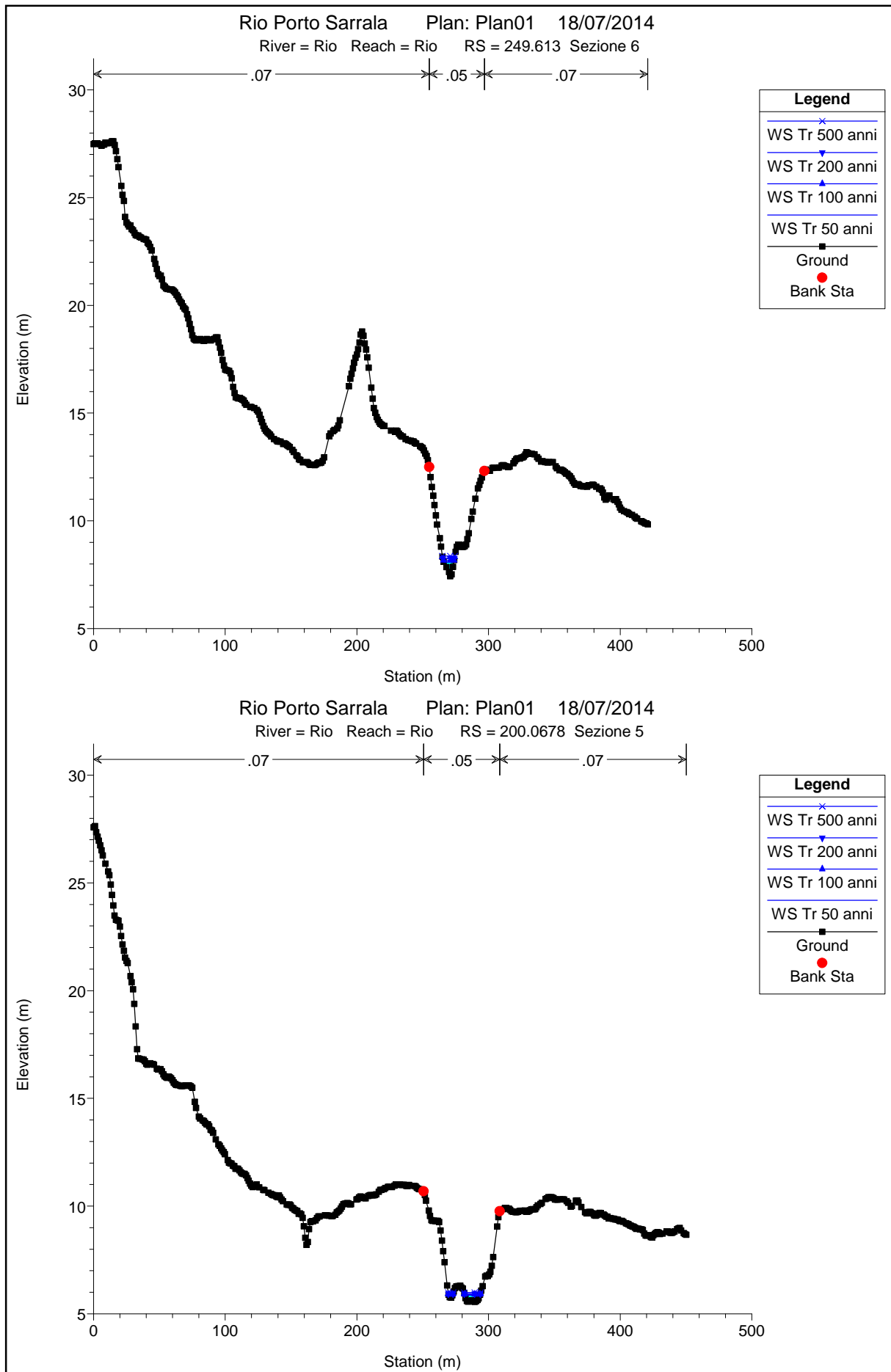


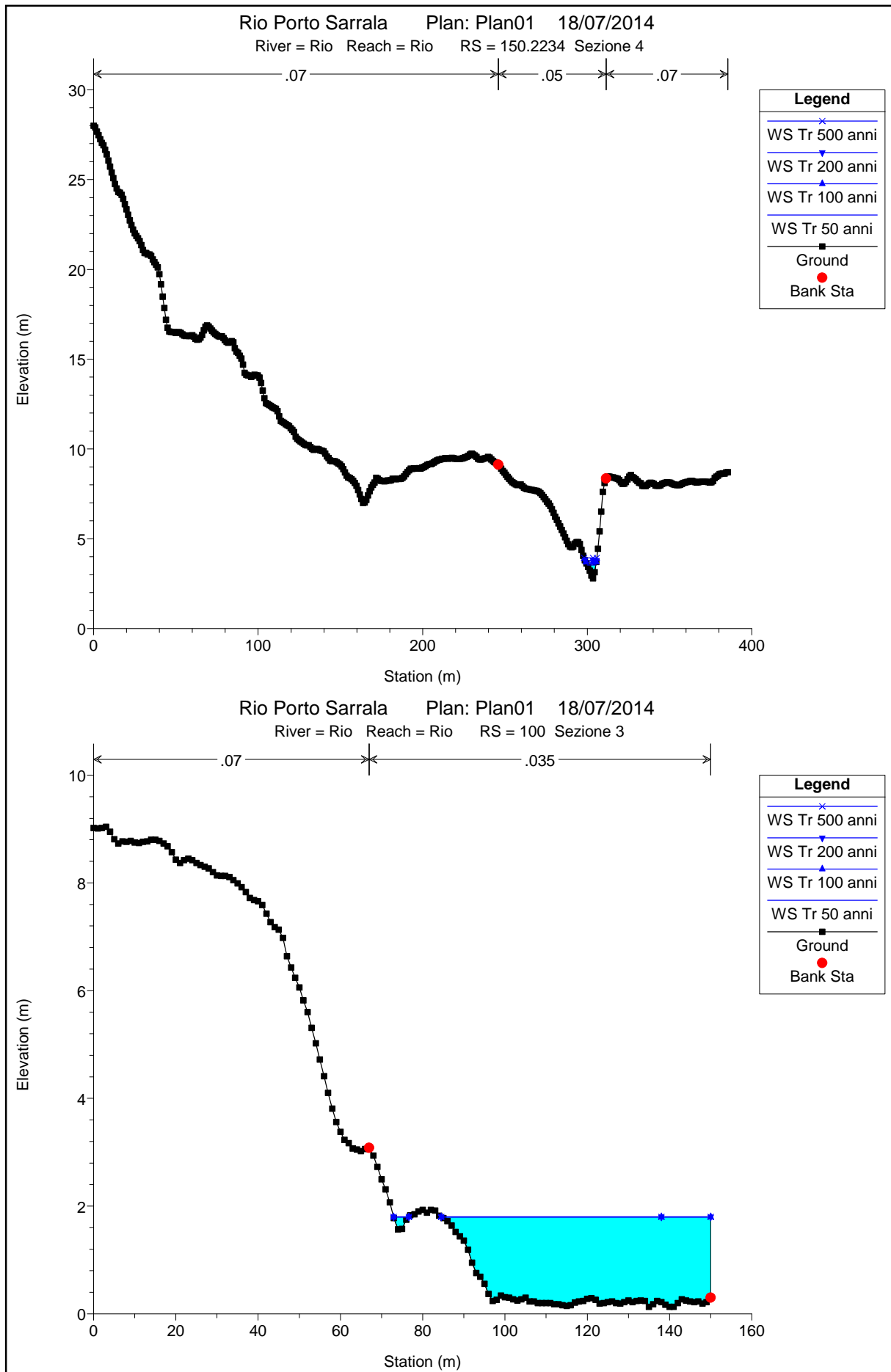


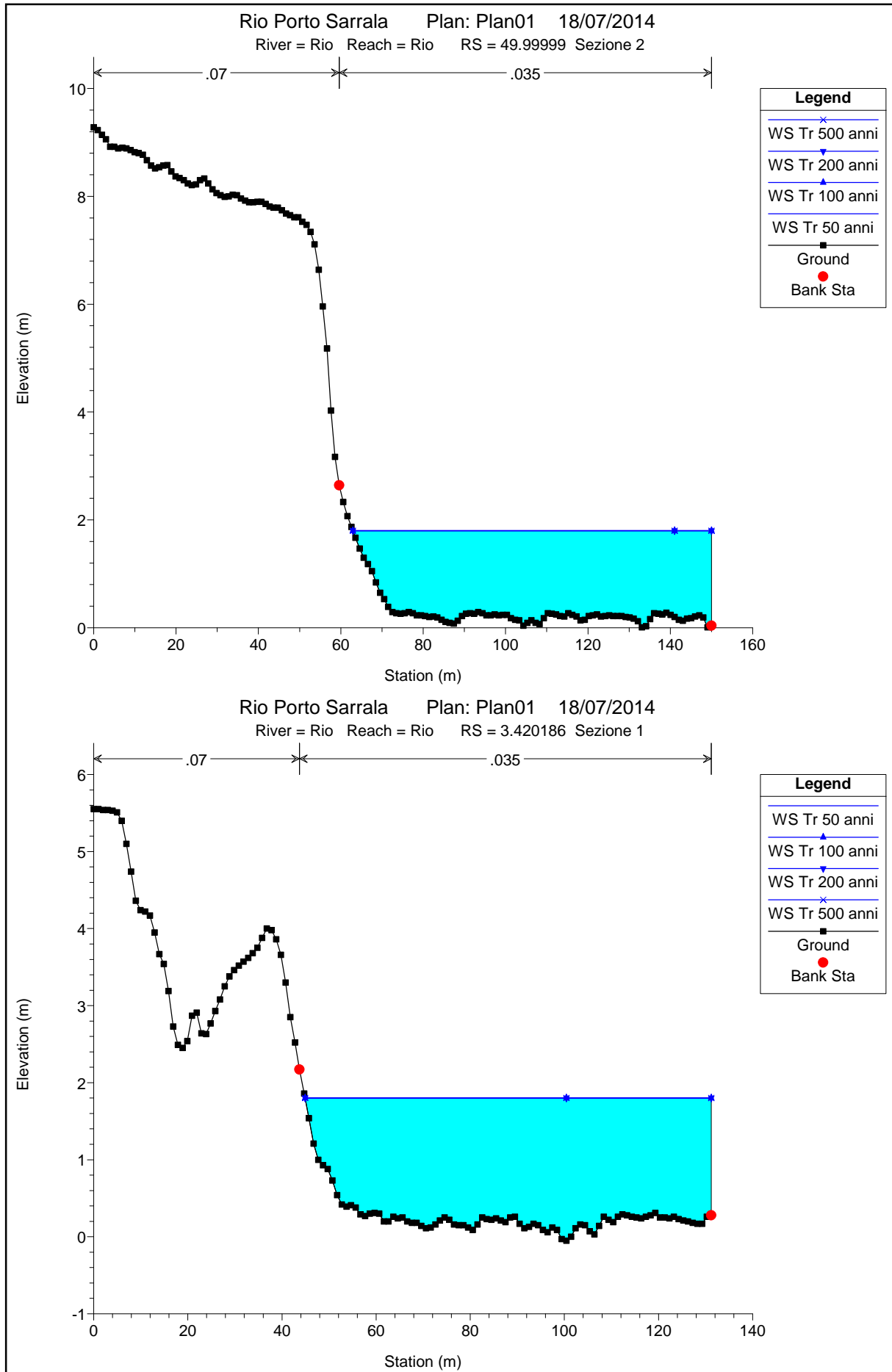












SIMULAZIONE STATO DI PROGETTO

HEC-RAS Plan: Plan01 River: Rio Reach: Rio

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Rio	1850	Tr 50 anni	4.63	552.26	552.78	552.78	552.95	0.036307	1.83	2.53	7.48	1.01
Rio	1850	Tr 100 anni	6.42	552.26	552.87	552.87	553.07	0.034599	1.99	3.22	8.10	1.01
Rio	1850	Tr 200 anni	8.44	552.26	552.95	552.95	553.18	0.033280	2.13	3.96	8.71	1.01
Rio	1850	Tr 500 anni	11.39	552.26	553.06	553.06	553.33	0.031737	2.31	4.94	9.29	1.01
Rio	1750	Tr 50 anni	4.63	488.31	488.73	488.73	488.89	0.038599	1.77	2.62	8.40	1.01
Rio	1750	Tr 100 anni	6.42	488.31	488.81	488.81	489.00	0.036205	1.94	3.31	8.71	1.01
Rio	1750	Tr 200 anni	8.44	488.31	488.89	488.89	489.11	0.034638	2.10	4.01	9.03	1.01
Rio	1750	Tr 500 anni	11.39	488.31	488.99	488.99	489.26	0.033100	2.29	4.97	9.43	1.01
Rio	1650	Tr 50 anni	4.63	425.33	425.98	425.98	426.14	0.037621	1.78	2.60	8.12	1.01
Rio	1650	Tr 100 anni	6.42	425.33	426.07	426.07	426.25	0.036803	1.90	3.38	9.42	1.01
Rio	1650	Tr 200 anni	8.44	425.33	426.16	426.16	426.36	0.034908	1.96	4.31	11.05	1.00
Rio	1650	Tr 500 anni	11.39	425.33	426.27	426.27	426.48	0.034415	2.04	5.58	13.29	1.01
Rio	1600	Tr 50 anni	4.63	390.64	391.35	391.35	391.51	0.039811	1.75	2.64	8.78	1.02
Rio	1600	Tr 100 anni	6.42	390.64	391.44	391.44	391.61	0.039237	1.84	3.49	10.64	1.03
Rio	1600	Tr 200 anni	8.44	390.64	391.51	391.51	391.71	0.035511	1.97	4.29	10.96	1.00
Rio	1600	Tr 500 anni	11.39	390.64	391.60	391.60	391.84	0.033534	2.15	5.30	11.33	1.00
Rio	1550	Tr 50 anni	4.63	357.53	358.02	358.02	358.16	0.039820	1.67	2.78	10.17	1.02
Rio	1550	Tr 100 anni	6.42	357.53	358.09	358.09	358.26	0.037267	1.83	3.51	10.58	1.02
Rio	1550	Tr 200 anni	8.44	357.53	358.16	358.16	358.36	0.035273	1.88	4.27	10.98	1.01
Rio	1550	Tr 500 anni	11.39	357.53	358.25	358.25	358.49	0.033281	2.15	5.30	11.51	1.01
Rio	1450	Tr 50 anni	4.63	296.43	297.23	297.23	297.48	0.035507	2.21	2.09	4.27	1.01
Rio	1450	Tr 100 anni	6.42	296.43	297.37	297.37	297.65	0.034055	2.36	2.72	4.88	1.01
Rio	1450	Tr 200 anni	8.44	296.43	297.49	297.49	297.81	0.033046	2.49	3.38	5.45	1.01
Rio	1450	Tr 500 anni	11.39	296.43	297.71	297.71	297.99	0.033254	2.34	4.87	8.84	1.01
Rio	1350	Tr 50 anni	4.63	239.92	240.55	240.55	240.74	0.035968	1.94	2.39	6.40	1.01
Rio	1350	Tr 100 anni	6.42	239.92	240.65	240.65	240.87	0.034211	2.10	3.06	6.98	1.01
Rio	1350	Tr 200 anni	8.44	239.92	240.75	240.75	241.00	0.032113	2.22	3.80	7.58	1.00
Rio	1350	Tr 500 anni	11.39	239.92	240.88	240.88	241.17	0.030767	2.38	4.79	8.30	1.00
Rio	1300	Tr 50 anni	4.63	217.03	217.67	217.67	217.83	0.038116	1.77	2.61	8.37	1.01
Rio	1300	Tr 100 anni	6.42	217.03	217.76	217.76	217.94	0.036732	1.88	3.41	9.71	1.01
Rio	1300	Tr 200 anni	8.44	217.03	217.85	217.85	218.04	0.035896	1.97	4.28	11.12	1.01
Rio	1300	Tr 500 anni	11.39	217.03	217.95	217.95	218.17	0.035054	2.08	5.48	12.89	1.02
Rio	1200	Tr 50 anni	4.63	174.73	175.33	175.33	175.47	0.040378	1.66	2.79	10.26	1.02
Rio	1200	Tr 100 anni	6.42	174.73	175.41	175.41	175.57	0.037230	1.76	3.64	11.53	1.00
Rio	1200	Tr 200 anni	8.44	174.73	175.48	175.48	175.66	0.036993	1.90	4.45	12.56	1.02
Rio	1200	Tr 500 anni	11.39	174.73	175.57	175.57	175.77	0.035441	2.02	5.64	13.98	1.02
Rio	1100	Tr 50 anni	4.63	133.58	134.07	134.07	134.24	0.037435	1.80	2.58	8.01	1.01
Rio	1100	Tr 100 anni	6.42	133.58	134.16	134.16	134.35	0.035380	1.96	3.27	8.53	1.01
Rio	1100	Tr 200 anni	8.44	133.58	134.24	134.24	134.47	0.033536	2.10	4.02	9.05	1.01
Rio	1100	Tr 500 anni	11.39	133.58	134.35	134.35	134.61	0.032164	2.27	5.01	9.71	1.01
Rio	999.9697	Tr 50 anni	4.63	101.36	102.02	102.02	102.23	0.035757	2.00	2.31	5.79	1.01
Rio	999.9697	Tr 100 anni	6.42	101.36	102.13	102.13	102.37	0.033925	2.18	2.95	6.25	1.01
Rio	999.9697	Tr 200 anni	8.44	101.36	102.23	102.23	102.51	0.031902	2.32	3.63	6.60	1.00
Rio	999.9697	Tr 500 anni	11.39	101.36	102.36	102.36	102.69	0.031140	2.54	4.49	6.98	1.01
Rio	899.9783	Tr 50 anni	4.63	78.14	78.94	78.94	79.08	0.038509	1.63	2.85	10.39	0.99
Rio	899.9783	Tr 100 anni	6.42	78.14	79.02	79.02	79.17	0.039429	1.70	3.79	13.23	1.01
Rio	899.9783	Tr 200 anni	8.44	78.14	78.48	79.08	90.32	5.613298	15.25	0.55	2.94	11.21
Rio	899.9783	Tr 500 anni	11.39	78.14	78.53	79.16	90.85	4.645660	15.55	0.73	3.27	10.48
Rio	799.9486	Tr 50 anni	4.63	57.36	58.16	58.16	58.35	0.037383	1.91	2.42	6.63	1.01
Rio	799.9486	Tr 100 anni	6.42	57.36	57.69	58.27	65.50	3.533376	12.38	0.52	2.65	8.93
Rio	799.9486	Tr 200 anni	8.44	57.36	58.22	58.37	58.68	0.089481	3.03	2.79	7.37	1.57
Rio	799.9486	Tr 500 anni	11.39	57.36	58.31	58.48	58.84	0.092674	3.25	3.50	8.52	1.62
Rio	699.9309	Tr 50 anni	4.63	43.15	43.70	43.70	43.84	0.039119	1.70	2.72	9.57	1.02
Rio	699.9309	Tr 100 anni	6.42	43.15	43.72	43.77	43.96	0.061714	2.21	2.91	9.69	1.29
Rio	699.9309	Tr 200 anni	8.44	43.15	43.63	43.84	44.43	0.260240	3.94	2.14	8.83	2.56
Rio	699.9309	Tr 500 anni	11.39	43.15	43.69	43.94	44.60	0.244538	4.23	2.70	9.55	2.54
Rio	649.7184	Tr 50 anni	4.63	36.78	37.09	37.29	38.32	0.933688	4.91	0.94	7.28	4.36
Rio	649.7184	Tr 100 anni	6.42	36.78	37.18	37.36	37.87	0.330969	3.68	1.74	9.54	2.75
Rio	649.7184	Tr 200 anni	8.44	36.78	37.34	37.43	37.67	0.079443	2.55	3.30	10.70	1.47
Rio	649.7184	Tr 500 anni	11.39	36.78	37.40	37.52	37.82	0.082651	2.86	3.98	11.17	1.53
Rio	550.0834	Tr 50 anni	4.63	25.97	26.56	26.57	26.74	0.041458	1.87	2.48	7.83	1.06
Rio	550.0834	Tr 100 anni	6.42	25.97	26.60	26.65	26.86	0.053738	2.27	2.83	8.09	1.22
Rio	550.0834	Tr 200 anni	8.44	25.97	26.55	26.74	27.16	0.145714	3.47	2.43	7.80	1.98
Rio	550.0834	Tr 500 anni	11.39	25.97	26.63	26.85	27.34	0.137288	3.75	3.03	8.24	1.97
Rio	499.8154	Tr 50 anni	4.63	20.92	21.32	21.57	22.27	0.290320	4.32	1.07	4.12	2.70
Rio	499.8154	Tr 100 anni	6.42	20.92	21.43	21.68	22.27	0.181187	4.06	1.58	4.64	2.22
Rio	499.8154	Tr 200 anni	8.44	20.92	21.64	21.80	22.16	0.071628	3.17	2.66	5.58	1.47
Rio	499.8154	Tr 500 anni	11.39	20.92	21.75	21.94	22.37	0.073979	3.48	3.27	6.09	1.52

HEC-RAS Plan: Plan01 River: Rio Reach: Rio (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Rio	449.8431	Tr 50 anni	4.63	18.11	18.91	18.91	19.13	0.035542	2.10	2.21	5.01	1.01
Rio	449.8431	Tr 100 anni	6.42	18.11	19.04	19.04	19.28	0.033704	2.20	2.91	5.92	1.00
Rio	449.8431	Tr 200 anni	8.44	18.11	19.14	19.18	19.42	0.041374	2.31	3.66	8.17	1.10
Rio	449.8431	Tr 500 anni	11.39	18.11	19.25	19.30	19.56	0.041504	2.46	4.62	9.37	1.12
Rio	400.0047	Tr 50 anni	4.63	15.14	15.72	15.87	16.21	0.111627	3.10	1.49	4.53	1.73
Rio	400.0047	Tr 100 anni	6.42	15.14	15.79	15.99	16.40	0.116717	3.46	1.86	4.93	1.80
Rio	400.0047	Tr 200 anni	8.44	15.14	15.92	16.10	16.49	0.087163	3.36	2.51	5.59	1.60
Rio	400.0047	Tr 500 anni	11.39	15.14	16.03	16.24	16.69	0.083082	3.59	3.17	6.13	1.59
Rio	377.7854	Tr 50 anni	4.63	14.23	15.28	14.91	15.33	0.004823	1.00	4.63	7.22	0.40
Rio	377.7854	Tr 100 anni	6.42	14.23	15.43	15.02	15.49	0.005167	1.12	5.71	7.84	0.42
Rio	377.7854	Tr 200 anni	8.44	14.23	15.56	15.13	15.64	0.005441	1.24	6.82	8.37	0.44
Rio	377.7854	Tr 500 anni	11.39	14.23	15.73	15.27	15.83	0.005756	1.38	8.27	8.96	0.46
Rio	356.5624	Bridge										
Rio	341.2874	Tr 50 anni	4.63	12.10	12.89	12.89	13.14	0.035185	2.21	2.09	4.29	1.01
Rio	341.2874	Tr 100 anni	6.42	12.10	13.02	13.02	13.31	0.033629	2.38	2.70	4.78	1.01
Rio	341.2874	Tr 200 anni	8.44	12.10	13.15	13.15	13.47	0.032942	2.54	3.33	5.23	1.01
Rio	341.2874	Tr 500 anni	11.39	12.10	13.35	13.35	13.67	0.030992	2.52	4.51	6.89	1.00
Rio	299.6776	Tr 50 anni	4.63	9.85	10.43	10.57	10.87	0.093222	2.94	1.57	4.53	1.59
Rio	299.6776	Tr 100 anni	6.42	9.85	10.51	10.69	11.06	0.098287	3.27	1.96	5.01	1.67
Rio	299.6776	Tr 200 anni	8.44	9.85	10.59	10.82	11.23	0.102105	3.55	2.38	5.51	1.72
Rio	299.6776	Tr 500 anni	11.39	9.85	10.69	10.96	11.44	0.105260	3.85	2.96	6.22	1.78
Rio	249.613	Tr 50 anni	4.63	7.43	8.08	8.08	8.26	0.036561	1.83	2.53	7.50	1.01
Rio	249.613	Tr 100 anni	6.42	7.43	8.17	8.17	8.37	0.035504	1.99	3.23	8.27	1.02
Rio	249.613	Tr 200 anni	8.44	7.43	8.26	8.26	8.49	0.033011	2.10	4.01	8.92	1.00
Rio	249.613	Tr 500 anni	11.39	7.43	8.37	8.37	8.64	0.031997	2.28	4.99	9.59	1.01
Rio	200.0678	Tr 50 anni	4.63	5.56	5.87	5.89	6.00	0.057467	1.63	2.84	14.27	1.17
Rio	200.0678	Tr 100 anni	6.42	5.56	5.91	5.94	6.08	0.062229	1.86	3.46	15.15	1.24
Rio	200.0678	Tr 200 anni	8.44	5.56	5.94	6.00	6.17	0.071332	2.13	3.97	15.74	1.35
Rio	200.0678	Tr 500 anni	11.39	5.56	5.99	6.07	6.28	0.077294	2.40	4.74	16.57	1.43
Rio	150.2234	Tr 50 anni	4.63	2.80	3.55	3.58	3.80	0.044284	2.20	2.10	5.31	1.12
Rio	150.2234	Tr 100 anni	6.42	2.80	3.70	3.70	3.93	0.034525	2.16	2.97	6.39	1.01
Rio	150.2234	Tr 200 anni	8.44	2.80	3.81	3.81	4.07	0.032615	2.27	3.73	7.15	1.00
Rio	150.2234	Tr 500 anni	11.39	2.80	3.93	3.93	4.24	0.031981	2.45	4.65	7.80	1.01
Rio	100	Tr 50 anni	4.63	-3.00	1.80	-2.80	1.80	0.000002	0.05	100.31	69.20	0.01
Rio	100	Tr 100 anni	6.42	-3.00	1.80	-2.75	1.80	0.000004	0.06	100.30	69.20	0.02
Rio	100	Tr 200 anni	8.44	-3.00	1.80	-2.70	1.80	0.000006	0.08	100.30	69.20	0.02
Rio	100	Tr 500 anni	11.39	-3.00	1.80	-2.64	1.80	0.000012	0.11	100.30	69.19	0.03
Rio	49.99999	Tr 50 anni	4.63	-3.00	1.80	-2.89	1.80	0.000000	0.02	234.39	87.07	0.00
Rio	49.99999	Tr 100 anni	6.42	-3.00	1.80	-2.87	1.80	0.000000	0.03	234.40	87.07	0.01
Rio	49.99999	Tr 200 anni	8.44	-3.00	1.80	-2.84	1.80	0.000000	0.04	234.40	87.07	0.01
Rio	49.99999	Tr 500 anni	11.39	-3.00	1.80	-2.81	1.80	0.000001	0.05	234.40	87.07	0.01
Rio	3.420186	Tr 50 anni	4.63	-3.00	1.80	-2.86	1.80	0.000000	0.02	197.94	86.31	0.00
Rio	3.420186	Tr 100 anni	6.42	-3.00	1.80	-2.83	1.80	0.000000	0.03	197.94	86.31	0.01
Rio	3.420186	Tr 200 anni	8.44	-3.00	1.80	-2.80	1.80	0.000001	0.04	197.94	86.31	0.01
Rio	3.420186	Tr 500 anni	11.39	-3.00	1.80	-2.75	1.80	0.000002	0.06	197.94	86.31	0.01

