



Comune di Genova

Committente

Comune di
Genova

Titolo:

SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL RIO TORRE

Livello di Progetto

Studio

Oggetto:

RELAZIONE IDRAULICA

CODICE PROGETTO

P025-13

NOME FILE

P025-13-I-RE-IDR-001-C

Firme:

Circular stamp: ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI GENOVA, N. 53908

Circular stamp: ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI GENOVA, N. 2267

Rev.	Modifiche/Revisioni	Redatto	Data	Contr./Aprr.	Data
A	Prima emissione	DR	17/05/13	PM	22/05/13
B	Aggiornamento verifiche idrauliche	DR	27/05/13	PM	28/05/13
C	Modifica sezione tratto terminale	DR	29/07/13	PM	30/07/13

E' vietata a norma di legge la riproduzione, anche parziale, non autorizzata di questo documento

INDICE

1	PREMESSA.....	2
2	DESCRIZIONE DEL TRATTO D'ALVEO OGGETTO DI VERIFICA	2
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
4	INTERVENTI PREVISTI	7
5	VERIFICHE IDRAULICHE.....	8
5.1	PORTATE DI PIENA	8
5.2	METODOLOGIA DI CALCOLO	9
5.2.1	Profilo di moto permanente	9
5.2.2	Vasca di sedimentazione	11
5.3	CONFIGURAZIONI DI VERIFICA E PARAMETRI DI CALCOLO	12
5.4	RISULTATI.....	12
5.4.1	Stato attuale	12
5.4.2	Stato di progetto	13
5.4.3	Vasca di sedimentazione	14
6	VALUTAZIONE DEL TRASPORTO SOLIDO	15
7	MAPPATURA DELLE AREE INONDABILI	16

ALLEGATO A: VERIFICHE IDRAULICHE

1 PREMESSA

La presente relazione fa parte degli elaborati del progetto di Sistemazione Idraulica del rio Torre redatto dal Comune di Genova.

Essa contiene le verifiche idrauliche del tratto terminale del rio Torre (altrimenti detto Bisagnetto), affluente di sinistra del torrente Bisagno nel tratto compreso tra Piazzale Adriatico e Ponte Carrega in Comune di Genova.

Le verifiche sono state effettuate sulla base di un rilievo aggiornato al febbraio 2013 mediante integrazione dei profili di rigurgito in moto permanente gradualmente variato con le portate 200-ennali e 50-ennali, nello stato attuale e nella configurazione prevista dal progetto di sistemazione.

2 DESCRIZIONE DEL TRATTO D'ALVEO OGGETTO DI VERIFICA

Il rio Torre è un affluente in sponda sinistra del torrente Bisagno nel tratto compreso tra Piazzale Adriatico e Ponte Carrega, in comune di Genova.

Il tratto d'alveo oggetto di verifica è costituito dal suo tratto terminale, quasi interamente coperto, della lunghezza di circa 300 m, sino alla confluenza nel torrente Bisagno.

In corrispondenza di tale sezione il corso d'acqua sottende un bacino di circa 0.17 km², di forma stretta e allungata con orientamento prevalente SE-NO; l'asta principale ha una lunghezza di circa 0.7 km con una pendenza del 20% circa.

Il bacino risulta caratterizzato per la maggior parte da una copertura arborea e arbustiva, mentre la parte terminale (20% circa dell'intera superficie) risulta intensamente urbanizzata.

Il tratto terminale è caratterizzato da due lunghi tratti coperti separati da un breve tratto a cielo aperto.

Il tratto coperto di monte presenta due tratti distinti da monte verso valle: il primo tratto ha una sezione rettangolare delle dimensioni di 1.77x2.00 m con pendenza 8%, il secondo tratto ha una sezione rettangolare con volta a botte della larghezza di 2.2 m, altezza massima in corrispondenza della volta di 2 m circa, e pendenza dell'8% circa.

Il tratto scoperto ha una sezione di forma trapezia con larghezza al fondo di 2.3 m circa, altezza delle sponde di circa 2.5 m e pendenza dell'8% circa.

Il tratto terminale coperto è a sua volta suddivisibile in due tratti distinti di monte e di valle.

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa idraulica di riferimento è costituita dal Piano di Bacino Stralcio del torrente Bisagno¹ e dal Regolamento Regionale n° 3 del 14/07/2011².

Il rio Torre è inserito tra i rivi significativi del reticolo idrografico della Regione Liguria³ e, in base al Regolamento, è classificabile come corso d'acqua di terzo livello (bacini con superficie compresa tra 0.25 e 0.10 km²).

Nella figura seguente è riportato l'estratto della Carta del reticolo idrografico relativo all'area sulla sponda sinistra del torrente Bisagno compresa tra il rio Mermi e Piazzale Adriatico.

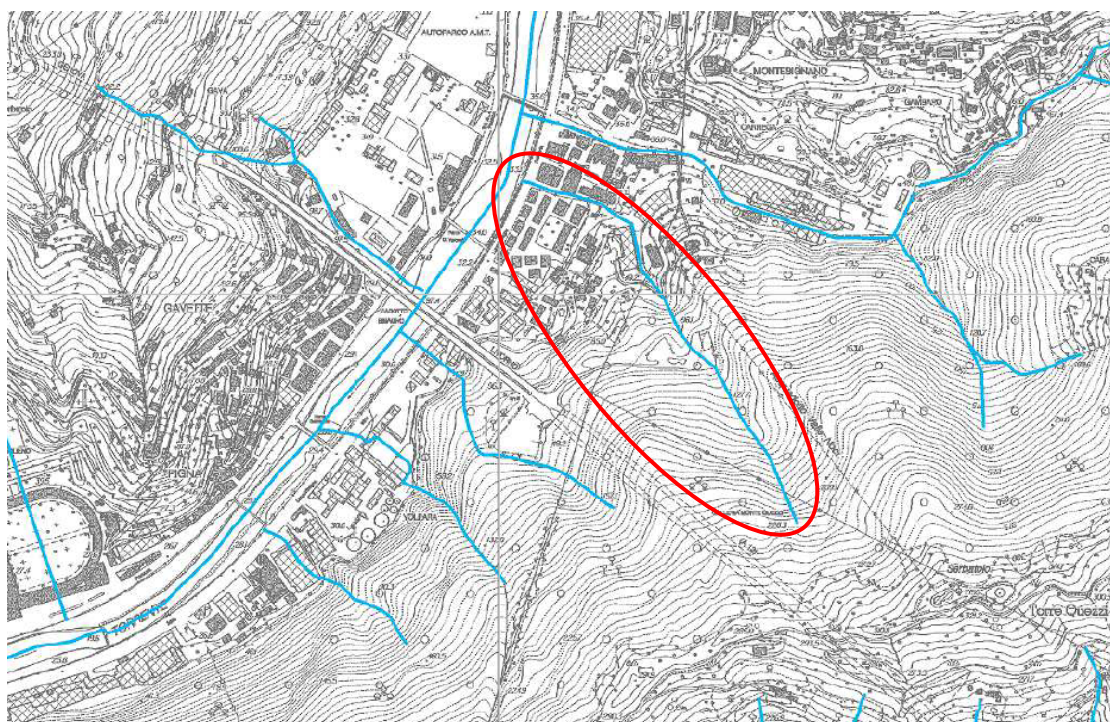


Figura 2

Nella figura seguente è riportato un estratto della *Carta delle fasce fluviali* del Piano di Bacino per la zona di interesse, da cui risulta che le aree adiacenti al rio Torre, appartengono in parte a quelle inondabili in caso di evento di piena 200-ennale (Fascia B) e in parte a quelle inondabili in caso di evento di piena 50-ennale (Fascia A).

¹ Approvato con Delibera del Consiglio Provinciale n.62 del 04/12/2001 e s.m.i. Ultime modifiche con Delibera della Giunta Provinciale n. 98 del 03/05/2012 (adeguamento normativo a DGR 989/2011) e con Delibera del Commissario Straordinario con i poteri della Giunta Provinciale n. 180 del 14/12/2012 (eventi alluvionali 2010-2011).

² Disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua, attuativo della DGR 1360/2010.

³ Adottato con DGR n.1449 del 30 novembre 2012

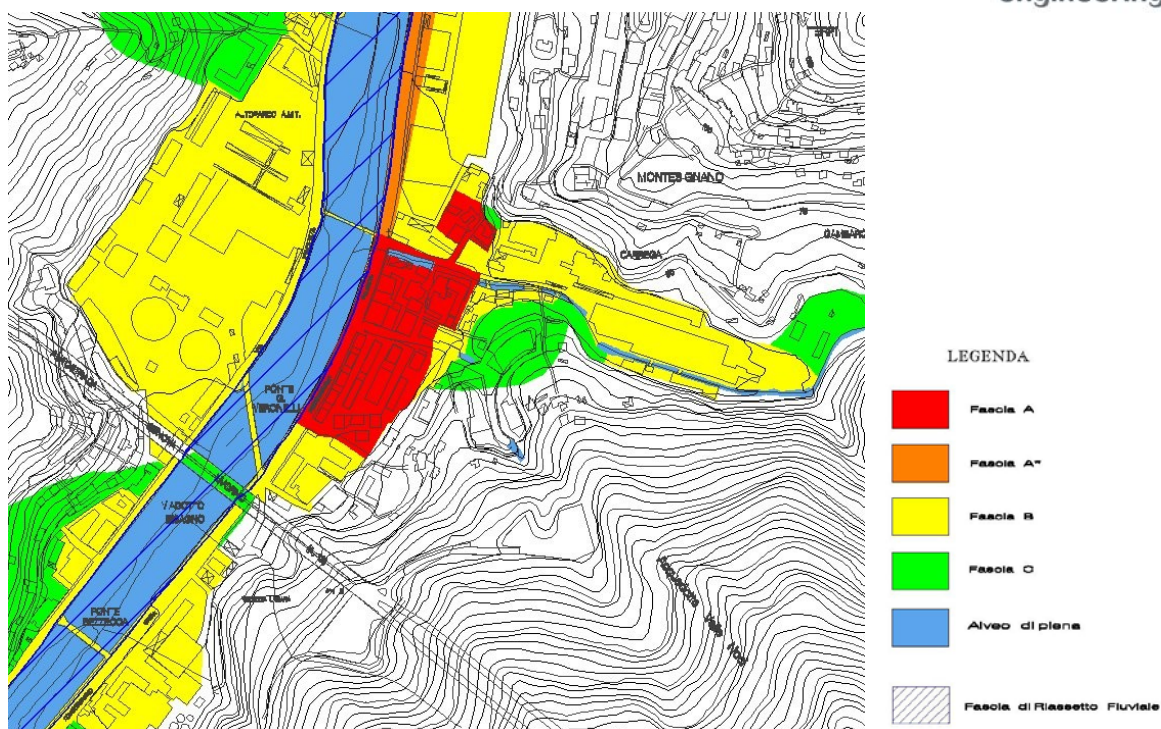


Figura 3

L'allagamento interessa in particolare Passo Ponte Carrega e l'area depressa di Piazzale Adriatico lungo la sponda sinistra, situata ad una quota di oltre 1 m inferiore rispetto al piano viabile di Passo Ponte Carrega.

Per quanto riguarda le aree in sponda destra esse interessano le zone più depresse comprese tra il rio Mermi e Passo Ponte Carrega, con l'esclusione delle porzioni di area a quota più elevata, come gli edifici lungo Via Bisagno Dalmazia

Il Piano di bacino definisce inoltre i limiti dei franchi minimi ammissibili tra il livello di piena e la sommità degli argini e l'intradosso dei ponti e dei parametri di scabrezza da assumere nelle verifiche idrauliche.

Per i corsi d'acqua di terzo livello i franchi non devono essere inferiori al valore maggiore tra:

- 0.5 volte il carico cinetico della corrente definito come $U^2/2g$, dove U è la velocità media della corrente (m/s) e g l'accelerazione di gravità (m/s^2);

e i valori di seguito riportati:

- | | | |
|------|--|--------|
| I. | argini e difese spondali | cm 50 |
| II. | ponti e similari sino a 12 m | cm 75 |
| III. | coperture o tombinature, ponti e similari oltre m 12 | cm 100 |

Per le opere di cui al punto III, nel caso di modesta rilevanza dell'opera stessa e di bacini sistemati, il franco può essere derogato dall'amministrazione competente a valori inferiori.

Il Piano prevede in ogni caso che gli adeguamenti di opere insufficienti possano essere effettuati anche con gradualità in funzione dei vincoli presenti per lotti funzionali che garantiscano un significativo miglioramento delle condizioni di deflusso.

Il Piano fornisce inoltre le indicazioni per la scelta del coefficiente di scabrezza da utilizzare nelle verifiche idrauliche, che devono essere desunti dalla seguente tabella:

Descrizione	Coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler
Tratti di corsi d'acqua naturali con salti, rocce o vegetazione anche arbustiva-arborea in alveo	25-30
Corsi d'acqua naturali con vegetazione e movimento di materiale sul fondo	30-35
Tratti urbanizzati di corsi d'acqua naturali con argini cementati (e/o platee) in buono stato	35-40
Corso d'acqua con fondo ed argini totalmente cementati in ottimo stato ed assenza di manufatti o discontinuità interferenti con le acque	40-45

4 INTERVENTI PREVISTI

L'intervento di adeguamento idraulico del rio Torre è stato studiato al fine di garantire il corretto smaltimento della portata 200-ennale con franchi adeguati, nel rispetto dei vincoli di carattere urbanistico e viabilistico presenti.

Esso si inquadra nei disposti dell'art. 14 del Norme di attuazione del Piano per quanto riguarda l'adeguamento di opere in concessione esistenti e dell'art. 7 (comma 1) per quanto riguarda gli interventi di sistemazione necessari ad ovviare a situazioni di pericolo e tutela della pubblica incolumità funzionali ad un corretto regime idraulico.

L'intervento nel suo complesso è costituito dal rifacimento del tratto terminale coperto al di sotto di Passo Ponte Carrega, per una lunghezza di circa 150 m e dall'adeguamento della vasca di imbocco circa 150 m a monte.

Il nuovo tratto sarà costituito da uno scatolare in c.a. suddiviso in tre tratti distinti di seguito riportati da monte verso valle, con riferimento alle sezioni utilizzate nelle verifiche idrauliche:

- Tratto a monte (da sez. 6 a sez. 4.1) della lunghezza di circa 47 m con sezione rettangolare 2.1x2.5 m e pendenza 10%;
- Tratto intermedio (da sez. 4.1 a sez. 3.2) della lunghezza di circa 80 m con sezione rettangolare 2.1x2.5 m e pendenza 1.2%;
- Tratto terminale (da sez. 3.1 a sez. 1), della lunghezza di 20 m circa, con sezione circolare con $D=2.5$ m e pendenza 1.2%.

Il cambio di sezione in corrispondenza dell'ultimo tratto è dovuto alla necessità di mantenere un'altezza di ricoprimento maggiore per il passaggio dei sottoservizi lungo Via Lungo Bisagno Dalmazia.

Gli interventi sono completati dalla ristrutturazione della vasca di sedimentazione ubicata ai piedi del salto di quota di monte (sez. 15).

La vasca attuale, della larghezza di 1.8 m circa, sarà allungata sino a 6 m con un'altezza dei muri di sponda di 4.6 m (che corrispondono ad un parapetto dell'altezza minima di 1.1 m rispetto al piano viabile circostante).

Nella sezione terminale, situata 2 m a monte della sezione di imbocco della nuova tombinatura, è prevista la realizzazione di un dente di 1.0 m che ha la funzione di dissipare l'energia della corrente in arrivo generando un rigurgito in corrente lenta verso monte che favorisce il deposito di materiale all'interno della vasca.

Il volume utile della vasca per la sedimentazione è di circa 11 m³.

5 VERIFICHE IDRAULICHE

5.1 PORTATE DI PIENA

Date le modeste dimensioni del bacino scolante, le portate di piena con assegnato periodo di ritorno sono state calcolate mediante l'applicazione della formula razionale nella forma:

$$Q = 0.28 \cdot c \cdot i_c \cdot A$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata di piena con assegnato tempo di ritorno, $c[-]$ è il coefficiente medio di deflusso, $i_c[mm/h]$ è l'intensità di pioggia massima per la durata pari al tempo di corrivazione t_c e $A[km^2]$ è l'area sottesa.

Nel caso in esame sono stati adottati valori del coefficiente di deflusso pari a 0.6 per le superfici permeabili e 0.9 per quelle impermeabili, con un valore risultante di 0.7.

Il tempo di corrivazione $t_c [ore]$ è stato calcolato con le seguenti espressioni:

$$CIMA: \quad t_c = 0.25 + 0.27 \cdot A^{0.5}$$

$$Viparelli: \quad t_c = t_i + 0.278 \cdot \frac{L}{v}$$

dove $L[km]$ è la lunghezza dell'asta principale, $v[m/s]$ è la velocità media di percorrenza dell'asta e $t_i[ore]$ è il tempo di ingresso in rete.

Assumendo nel caso in esame $A = 0.17 \text{ km}^2$, $L = 0.7 \text{ km}$, $v = 1 \text{ m/s}$, $t_i = 10 \text{ min}$, le due formule conducono ad un valore medio di t_c pari a 0.36 ore, corrispondente a 22 minuti.

I valori della pioggia critica sono stati ricavati dalle curve di possibilità pluviometrica della stazione di Ponte Carrega riportate nel Piano di Bacino del torrente Bisagno.

In corrispondenza della durata di 22 minuti le curve forniscono un valore dell'altezza di pioggia pari a 69.9 mm e a 87.0 mm per i due tempi di ritorno di 50 e 200 anni, cui corrispondono intensità di pioggia di 191 mm/h e 237 mm/h.

In base a tali assunzioni risultano i seguenti valori delle portate di piena:

T=50 anni	Q=6.3 m ³ /s
T=200 anni	Q=7.8 m ³ /s

Il contributo unitario della portata 200-ennale risulta pari a 46 m³/s km², superiore al valore di 40 m³/s km² indicato nel Piano di Bacino quale valore di riferimento per i piccoli bacini.

5.2 METODOLOGIA DI CALCOLO

5.2.1 Profilo di moto permanente

La verifica idraulica è stata effettuata mediante l'ausilio di un *software*⁴ per il calcolo dell'andamento dei profili di rigurgito in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali o canali artificiali che consente anche la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie, stramazzi, aree golenali ecc.

La determinazione del profilo teorico è ottenuta tramite l'applicazione del cosiddetto *Standard step method* che si basa sulla semplice equazione mono-dimensionale del contenuto energetico della corrente:

$$H_1 - H_2 = h_f + h_e$$

dove $H_1[m]$ ed $H_2[m]$ sono i carichi totali della corrente nelle sezioni di monte e di valle del tronco d'alveo considerato, $h_f[m]$ sono le perdite di carico dovute all'attrito del fondo e delle sponde mentre $h_e[m]$ è un termine che tiene conto degli effetti dovuti alla non cilindricità della corrente.

In particolare h_f dipende principalmente dalla scabrezza del tratto di alveo considerato ed è esprimibile come:

$$h_f = j_f \cdot L$$

con j_f pendenza motrice nel tratto di lunghezza $L[m]$.

Il calcolo di j_f è effettuabile con diverse formulazioni in funzione della pendenza motrice J in corrispondenza delle sezioni di inizio e fine di ciascun tratto.

Il calcolo del termine J nella singola sezione è effettuato mediante la:

$$J = \left[\frac{Q}{K} \right]^2$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata di calcolo e K (denominato *conveyance*) è ricavabile attraverso la seguente espressione:

$$K = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}}$$

dove $A[m^2]$ l'area della sezione liquida, $R[m]$ il raggio idraulico e $n[m^{-1/3} s]$ è il parametro rappresentativo della scabrezza del fondo e delle sponde di Manning.

Il termine h_e dipende invece dalla variazione del carico cinetico della corrente tra le sezioni 1 e 2 dovuta al cambio di geometria delle sezioni stesse ed è a sua volta esprimibile come:

$$h_e = \beta \cdot \left| \alpha_1 \cdot \frac{V_1^2}{2 \cdot g} - \alpha_2 \cdot \frac{V_2^2}{2 \cdot g} \right|$$

⁴ HEC-RAS, Hydrologic Engineering Center – US Army Corps of Engineers

dove β è un coefficiente di contrazione o espansione dipendente dalle condizioni geometriche del tratto considerato, V_1 e V_2 [m/s] sono i valori delle velocità medie agli estremi del tronco e α_1 e α_2 sono i coefficienti correttivi dell'energia cinetica.

Il modello consente di suddividere la sezione in più zone in cui assegnare un valore diverso del parametro n di scabrezza; in particolare è possibile individuare tre zone principali: quella centrale dell'alveo inciso (denominata *main channel*) e due zone laterali golenali (denominate *right and left overbanks*).

Il programma consente la simulazione del deflusso attraverso ponti e tombinature (*culvert*) mediante la loro schematizzazione geometrica (impalcato, pile, setti, ecc.). La procedura di calcolo utilizzata consente di simulare il deflusso a pelo libero al di sotto dell'impalcato, il deflusso in pressione al di sotto dell'impalcato e la combinazione del deflusso in pressione e del deflusso con scavalco dell'impalcato stesso (funzionamento a stramazzo).

Per il deflusso a pelo libero il modello consente la scelta fra diversi metodi di calcolo quali il metodo del bilancio energetico (*Standard step method*), il metodo dei momenti (*Momentum Balance*), la formula di Yarnell per correnti lente.

Allo stesso modo il funzionamento in pressione può essere simulato, oltre che attraverso il metodo del bilancio energetico (*Standard step method*), anche mediante la formulazione propria dell'efflusso da luce:

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

dove Q [m³/s] è la portata defluita attraverso la luce di area A [m²], H [m] è il dislivello tra il carico totale di monte ed il pelo libero a valle e C è il cosiddetto coefficiente di efflusso.

Il programma prevede la messa in pressione della struttura quando, secondo la scelta dell'utente, il carico totale o la quota del pelo libero risultano superiori alla quota dell'intradosso dell'impalcato.

Il funzionamento a stramazzo è simulato attraverso la formulazione standard

$$Q = C \cdot L \cdot H^{\frac{3}{2}}$$

dove Q [m³/s] è la portata defluita sulla soglia di larghezza L [m] e H [m] è il dislivello tra il carico totale di monte e la quota della soglia e C è il coefficiente di efflusso, variabile in funzione del tipo di stramazzo e del carico sopra la soglia.

Nel caso di funzionamento combinato di moto in pressione con scavalco del ponte (stramazzo) l'entità delle portate stramazzeanti e defluenti al di sotto dell'impalcato può essere determinata attraverso una procedura iterativa combinando le equazioni che regolano i due fenomeni.

5.2.2 Vasca di sedimentazione

La verifica del nodo di imbocco della tombinatura in corrispondenza della vasca di sedimentazione è stata effettuata ricercando la profondità coniugata del risalto idraulico a valle del salto di fondo, verificando che la spinta associata a tale profondità sia minore di quella associata alla profondità di corrente lenta dovuta al deflusso sopra la soglia di valle.

Il calcolo del deflusso a valle del salto è stato effettuato con la metodologia riportata da L. Da Deppo⁵, che consente di valutare le grandezze idrauliche del moto a valle di un salto.

La formulazione adottata consente la determinazione della profondità Y_1 della corrente (veloce) a valle del salto e la corrispondente profondità coniugata Y_2 di corrente lenta di valle tramite le seguenti relazioni, valide nei due casi di corrente lenta e di corrente veloce nel tratto a monte del salto:

Corrente lenta a monte (transizione attraverso lo stato critico):

$$\frac{y_1}{\Delta z} = 0.54 \cdot \left(\frac{y_c}{\Delta z} \right)^{1.275}$$

$$\frac{y_2}{\Delta z} = 1.66 \cdot \left(\frac{y_c}{\Delta z} \right)^{0.81}$$

$$\frac{y_p}{\Delta z} = 1.00 \cdot \left(\frac{y_c}{\Delta z} \right)^{0.66}$$

$$\frac{L_1}{\Delta z} = 4.30 \cdot \left(\frac{y_c}{\Delta z} \right)^{0.81}$$

dove $\Delta z[m]$ è il dislivello del salto, $y_c[m]$ è la profondità critica della corrente, $y_p[m]$ è la profondità che si genera a ridosso del salto (petto), $L_1[m]$ è la distanza dal salto in cui si genera la profondità y_1 .

Corrente veloce a monte:

$$\frac{y_1}{\Delta z} = (0.566 - 0.021 \cdot Fr) \cdot \left(\frac{y_c}{\Delta z} \right)^{1.314 - 0.015 Fr}$$

$$\frac{y_2}{\Delta z} = (1.61 + 0.04 Fr) \cdot \left(\frac{y_c}{\Delta z} \right)^{0.813 + 0.006 Fr}$$

$$\frac{y_p}{\Delta z} = (1.236 - 0.136 \cdot Fr) \cdot \left(\frac{y_c}{\Delta z} \right)^{0.765 - 0.051 Fr}$$

$$\frac{L_1}{\Delta z} = (3.44 - 0.21 \cdot Fr) \cdot \left(\frac{y_c}{\Delta z} \right)^{0.753 - 0.048 Fr}$$

dove Fr è il numero di Froude della corrente di monte.

⁵ L. Da Deppo, C. Datei e P. Salandin – “Sistemazione dei corsi d’acqua”, edizioni Cortina, 1997

La profondità sulla soglia di valle è calcolabile risolvendo secondo h la formulazione dello stramazzo in parete grossa:

$$Q = 0.385 \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata, $b[m]$ è la larghezza dello stramazzo, $h[m]$ è l'altezza del pelo libero rispetto alla soglia a monte dello stramazzo e $g[m/s^2]$ è l'accelerazione di gravità.

5.3 CONFIGURAZIONI DI VERIFICA E PARAMETRI DI CALCOLO

E' stata eseguita la verifica del tratto del rio Torre compreso tra la vasca di sedimentazione a monte e lo sbocco nel torrente Bisagno, per una lunghezza di circa 300 m.

E' stato assunto un valore del coefficiente di scabrezza n di Manning pari a 0.025 per tutto il tratto, corrispondente alla condizione di corsi d'acqua urbanizzati con fondo e argini cementati, in accordo con quanto indicato nel Piano di Bacino.

Lungo l'intero tratto sono state individuate una serie di sezioni trasversali in funzione delle caratteristiche geometriche e morfologiche dell'alveo (larghezza, pendenza, curve, presenza di manufatti ecc.), numerate da valle verso monte da 1 a 15.2 secondo il seguente schema:

- sez. da 1 a 3.2: attraversamento Via Lungobisagno Dalmazia, lunghezza 20 m circa;
- sez. da 3 a 6: tratto coperto sotto Passo Ponte Carrega, lunghezza 130 m circa;
- sez. da 6 a 12, tratto a cielo aperto tra i due tratti coperti, lunghezza 25 m circa;
- sez. da 12.1 a 15.2, tratto coperto, lunghezza 125 m circa.

Nonostante il marcato carattere torrentizio del corso d'acqua, la verifica è stata eseguita a favore di sicurezza, integrando il profilo per la sola condizione di corrente lenta da valle verso monte. Quale condizione al contorno per la sezione di valle (sez. 1) sono state assunte la profondità critica (moto indisturbato) e la profondità di piena nell'alveo del torrente Bisagno.

Le verifiche sono state condotte per la configurazione di stato attuale e per la configurazione di progetto risultante dalla realizzazione degli interventi previsti.

In Allegato A sono riportati in forma grafica e tabellare i risultati delle verifiche effettuate.

5.4 RISULTATI

5.4.1 Stato attuale

Portata 50-ennale

La portata 50-ennale defluisce nel tratto tombinato di monte con un'altezza di circa 1 m e velocità di circa 3.2 m/s; il franco rispetto all'intradosso della tombinatutra è di circa 1 m con il carico totale contenuto al di sotto della quota di intradosso.

Il deflusso lungo il tratto terminale tombinato è caratterizzato invece dalla sua messa in pressione a causa della forte riduzione di pendenza al di sotto del passo Ponte Carrega (in particolare a valle della sezione 4), con relativa esondazione, attraverso le numerose griglie presenti, della portata in eccesso.

Il carico piezometrico raggiunge una quota superiore di 0.8 m circa rispetto al piano viabile di passo Ponte Carrega.

Portata 200-ennale

La portata 200-ennale defluisce nel tratto tombinato di monte con un'altezza di circa 1.3 m e velocità di circa 3.6 m/s; il franco rispetto all'intradosso della tombinatura è di circa 0.7 m, con il carico totale contenuto al di sotto della quota di intradosso.

Il deflusso lungo il tratto terminale tombinato è caratterizzato anche in questo caso dalla sua messa in pressione a causa della forte riduzione di pendenza al di sotto del passo Ponte Carrega (in particolare a valle della sezione 4), con relativa esondazione, attraverso le numerose griglie presenti, della portata in eccesso.

Il carico piezometrico raggiunge una quota superiore di 1 m circa rispetto al piano viabile di passo Ponte Carrega, con conseguente allagamento delle aree circostanti.

La massima portata che, pur dando luogo per un tratto limitato al funzionamento in pressione, non interferisce con il piano viabile, è pari a circa 4 m³/s.

5.4.2 Stato di progetto

Portata 50-ennale

Il modalità di deflusso della portata 50-ennale lungo il tratto tombinato di monte sono le stesse dello stato attuale.

Il deflusso lungo il tratto terminale tombinato è caratterizzato invece da un sensibile miglioramento rispetto allo stato attuale.

La portata defluisce con altezze variabili tra 0.9 m e 1.1 m circa e velocità variabili tra 2.8 m/s e 3.1 m/s; il franco rispetto all'intradosso è quasi sempre superiore a 1.5 m ad eccezione dell'attraversamento di Via Lungo Bisagno Dalmazia, in cui è pari a circa 1.2 m circa.

Il carico totale è ampiamente contenuto al di sotto della quota di intradosso.

L'effetto di rigurgito dovuto al livello della piena 50-ennale sul torrente Bisagno non compromette il funzionamento a pelo libero della tombinatura e si esaurisce circa 100 m a monte, in corrispondenza del cambio di pendenza del fondo (sez. 4).

Portata 200-ennale

Il modalità di deflusso della portata 20-ennale lungo il tratto tombinato di monte sono le stesse dello stato attuale.

Il deflusso lungo il tratto terminale tombinato è caratterizzato invece da un sensibile miglioramento rispetto allo stato attuale.

La portata defluisce con altezze variabili tra 1.0 m e 1.3 m circa e velocità variabili tra 2.8 m/s e 3.3 m/s; il franco rispetto all'intradosso è ovunque superiore a 1.0 m.

Il carico totale è contenuto al di sotto della quota di intradosso.

L'effetto di rigurgito dovuto al livello della piena 200-ennale sul torrente Bisagno provoca il funzionamento in pressione del tratto terminale della tombinatura (40 m circa) e si esaurisce circa 140 m a monte, in corrispondenza della sezione 5.

5.4.3 Vasca di sedimentazione

La verifica della vasca di sedimentazione di monte è stata effettuata con la metodologia di calcolo precedentemente esposta nell'ipotesi di corrente lenta a monte del salto (transizione attraverso lo stato critico sulla sommità).

Portata 50-ennale

Dati $\Delta z = 8$ m e $y_c = 1.09$ m risulta:

$Y_1 = 0.34$ m, $Y_2 = 2.64$ m, $Y_p = 2.15$ m, $L_1 = 6.84$ m.

La lunghezza L_1 è minore della lunghezza disponibile calcolata a partire dalla sommità del salto, pari a $6 + 2.5 = 8.5$ m.

La profondità sulla soglia di valle è calcolabile con la formula dello stramazzo in parete grossa.

Posto $Q = 6.3$ m³/s, risulta:

$h = 1.64$ m, cui corrisponde una profondità nella vasca pari a:

$y_{vasca} = 1.63 + 1.00 = 2.64$ m coincidente con la profondità coniugata di Y_1 .

Il valore di spinta associata alla profondità sulla soglia di valle risulta quindi quello associato alla profondità di corrente veloce a valle del salto. In tali condizioni il dente di valle è in grado di generare un rigurgito in corrente lenta che rimane contenuto all'interno della vasca, favorendo la deposizione del materiale più grossolano e garantendo l'immissione nel canale di valle con l'energia minima generata dalla transizione attraverso lo stato critico.

In termini di quote del pelo libero la quota massima del pelo libero nella vasca è pari a:

$Z_{p.l. vasca} = 48.27 + 2.64 = 50.91$ m s.l.m.

Con un franco rispetto alle sponde pari a 1.99 m.

Il deflusso attraverso la sezione di imbocco della tombinatura avviene con transizione attraverso lo stato critico. Il calcolo del profilo è basato sull'ipotesi che la vena fluida a valle della soglia si disponga secondo il profilo sperimentale descritto dall'equazione di Scimeni:

$$Y = 0.5 \cdot X^{1.85}$$

Dove $Y = y/H_0$ e $X = x/H_0$, H_0 = carico sulla soglia [m] e x e y sono le coordinate del profilo con origine nel punto più alto della soglia.

In tali ipotesi, il dislivello di 0.46 m tra le quote del pelo libero sulla soglia e all'interno dello scatolare (profondità critica), è associato ad una distanza di 1.25 m, inferiore alla distanza di 2 m prevista tra la soglia e la sezione di imbocco della copertura.

Portata 200-ennale

Dati $\Delta z = 8$ m e $y_c = 1.26$ m, risulta:

$Y_1 = 0.41$ m , $Y_2 = 2.96$ m, $Y_p = 2.36$ m, $L_1 = 7.68$ m < 8.5 m.

La profondità sulla soglia di valle risulta $h = 1.88$ m, cui corrisponde una profondità nella vasca pari a:

$y_{vasca} = 1.88 + 1.00 = 2.88$ m praticamente coincidente con la profondità coniugata di Y_1 .

La quota massima del pelo libero nella vasca è pari a:

$Z_{p.l. vasca} = 48.27 + 2.88 = 51.15$ m s.l.m.

Con un franco rispetto alle sponde è pari a 1.75 m.

Il deflusso attraverso la sezione di imbocco della tombinatura avviene nel caso peggiore con transizione attraverso lo stato critico.

In tali ipotesi, al dislivello di 0.46 m tra le quote del pelo libero sulla soglia e all'interno dello scatolare (profondità critica), è associata una distanza di 1.34 m, inferiore alla distanza di 2 m prevista tra la soglia e la sezione di imbocco della copertura.

6 VALUTAZIONE DEL TRASPORTO SOLIDO

Il Piano di Bacino (Fascicolo 3, par. 5.1.2) contiene la valutazione del trasporto solido per il bacino del torrente Bisagno.

Il calcolo, effettuato mediante la formula di Ciccacci, conduce ad un valore annuo complessivo di trasporto torbido per il torrente Bisagno compreso tra 19000 m³ e 24000 m³.

Secondo quanto indicato nello stesso Piano, tale valore costituisce generalmente una percentuale pari a circa il 90% del trasporto complessivo, tuttavia nei bacini liguri tale percentuale tende ad abbassarsi, assumendo maggiore rilevanza il trasporto per rotolamento sul fondo.

Assumendo pertanto a favore di sicurezza una percentuale di 0.8 anziché di 0.9, si ottiene un valore del trasporto solido per trascinamento al fondo compreso tra 4700 m³/anno e 6000 m³/anno, cui corrisponde un valore del contributo unitario compreso tra 50.5 m³/anno/km² e 64.5 m³/anno/km².

Tali parametri conducono per il rio Torre a valori del trasporto compresi tra 8.5 m³/anno e 11 m³/anno.

Il volume utile della vasca è di circa 11 m³, e quindi in grado di contenere il volume di trasporto solido medio annuo del corso d'acqua.

7 MAPPATURA DELLE AREE INONDABILI

In base ai risultati delle verifiche idrauliche è stata effettuata la mappatura delle aree inondabili relative al solo rio Torre per gli eventi 50-ennale e 200-ennale nella configurazione di stato attuale e nella configurazione di progetto.

Stato attuale

Allo stato attuale il rio Torre presenta una forte criticità nel tratto terminale coperto, a causa della forte riduzione di pendenza (dall'8% del tratto a monte sino all'1% circa) e delle ridotte dimensioni della sezione di deflusso che non è in grado di smaltire la portata 50-ennale.

La portata in eccesso fuoriesce dalle griglie presenti lungo Passo Ponte Carrega allagando le aree limitrofe sia lungo la sponda destra che sulla sponda sinistra.

L'allagamento interessa in particolare l'area depressa di Piazzale Adriatico lungo la sponda sinistra, situata ad una quota di oltre 1 m inferiore rispetto al piano viabile di Passo Ponte Carrega.

Per quanto riguarda le aree in sponda destra esse interessano le aree più depresse comprese tra il rio Mermi e Passo Ponte Carrega, con l'esclusione delle porzioni di area a quota più elevata, come gli edifici lungo via Bisagno Dalmazia.

Quest'ultima risulta ad una quota superiore di oltre 1 m rispetto al punto più depresso di Passo Ponte Carega e quindi non risulta raggiungibile dall'eventuale esondazione.

Il tratto tombinato di monte presenta una modesta criticità in caso di piena 200-ennale dovuta all'insufficienza del franco idraulico.

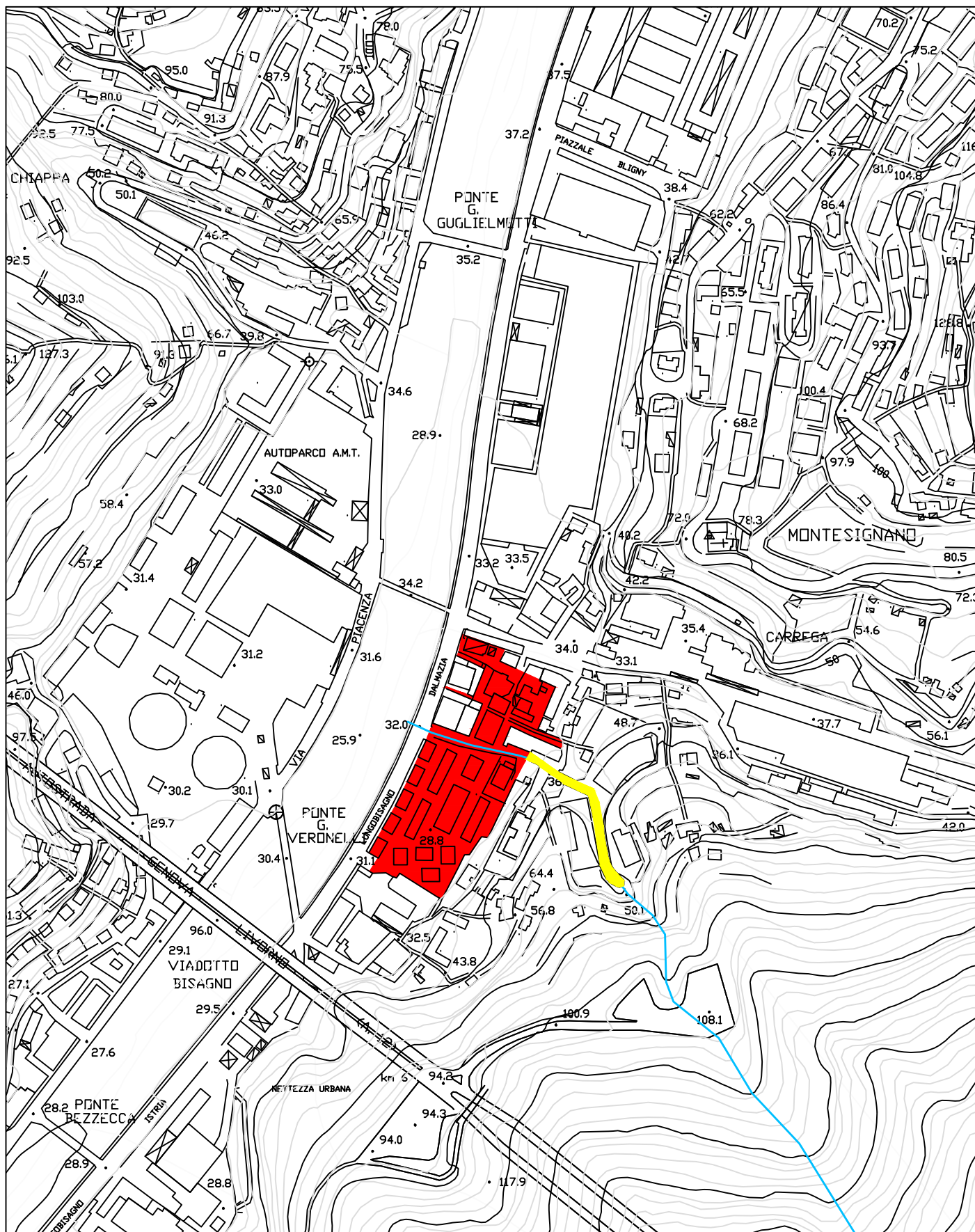
In Allegato 1 è riportata la mappatura delle aree inondabili allo stato attuale sulla cartografia in scala 1:5000 della Regione Liguria.

Stato di progetto

Per lo stato di progetto è stata effettuata la mappatura preventiva delle aree inondabili.

Le criticità del tratto terminale sono completamente risolte dagli interventi di sistemazione idraulica previsti a progetto, mentre permane la criticità legata all'insufficienza del franco idraulico per il tratto tombinato di monte.

In Allegato 2 è riportata la mappatura preventiva delle aree inondabili nella configurazione di progetto sulla cartografia in scala 1:5000 della Regione Liguria.



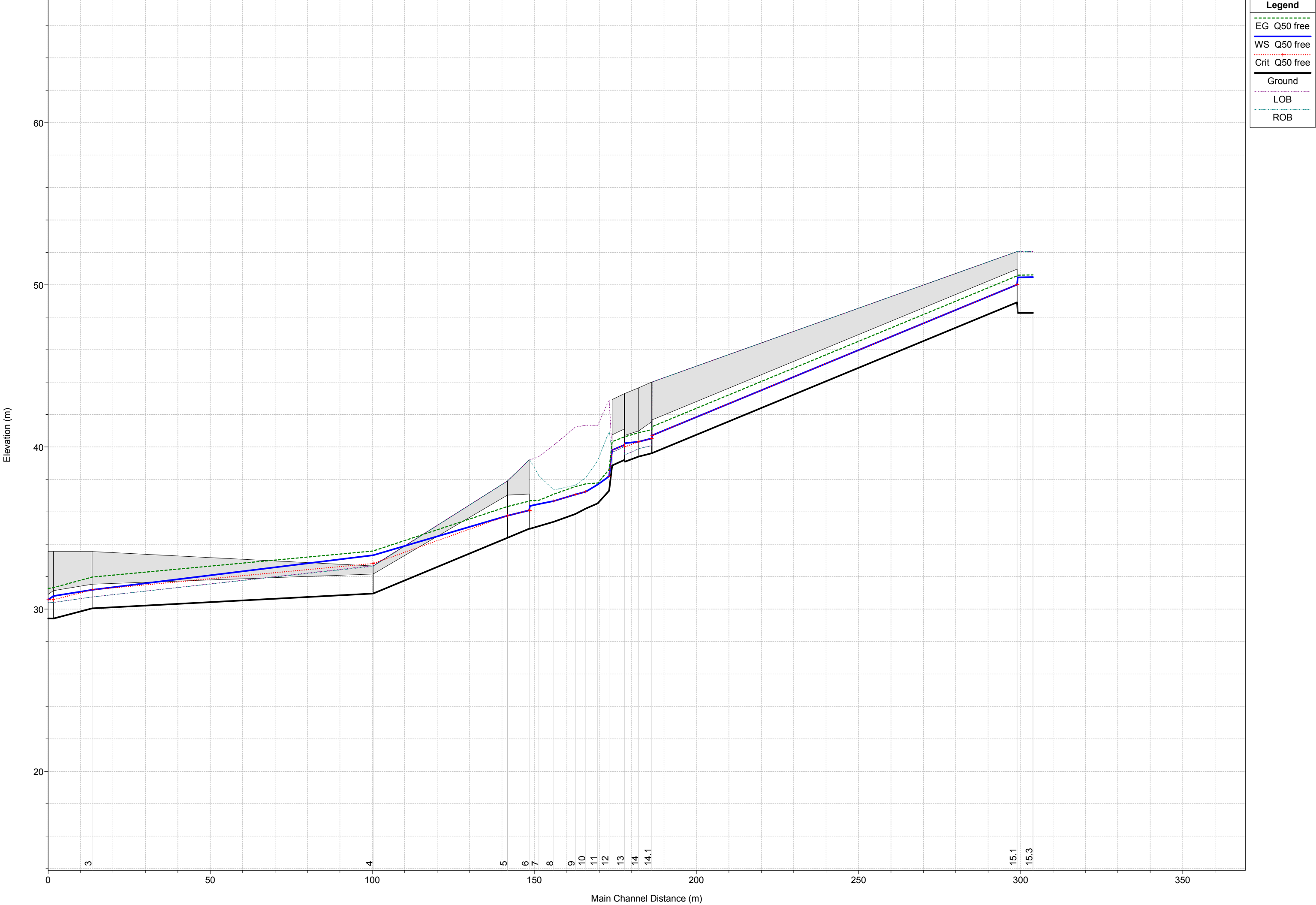
Area inondabile T50 anni

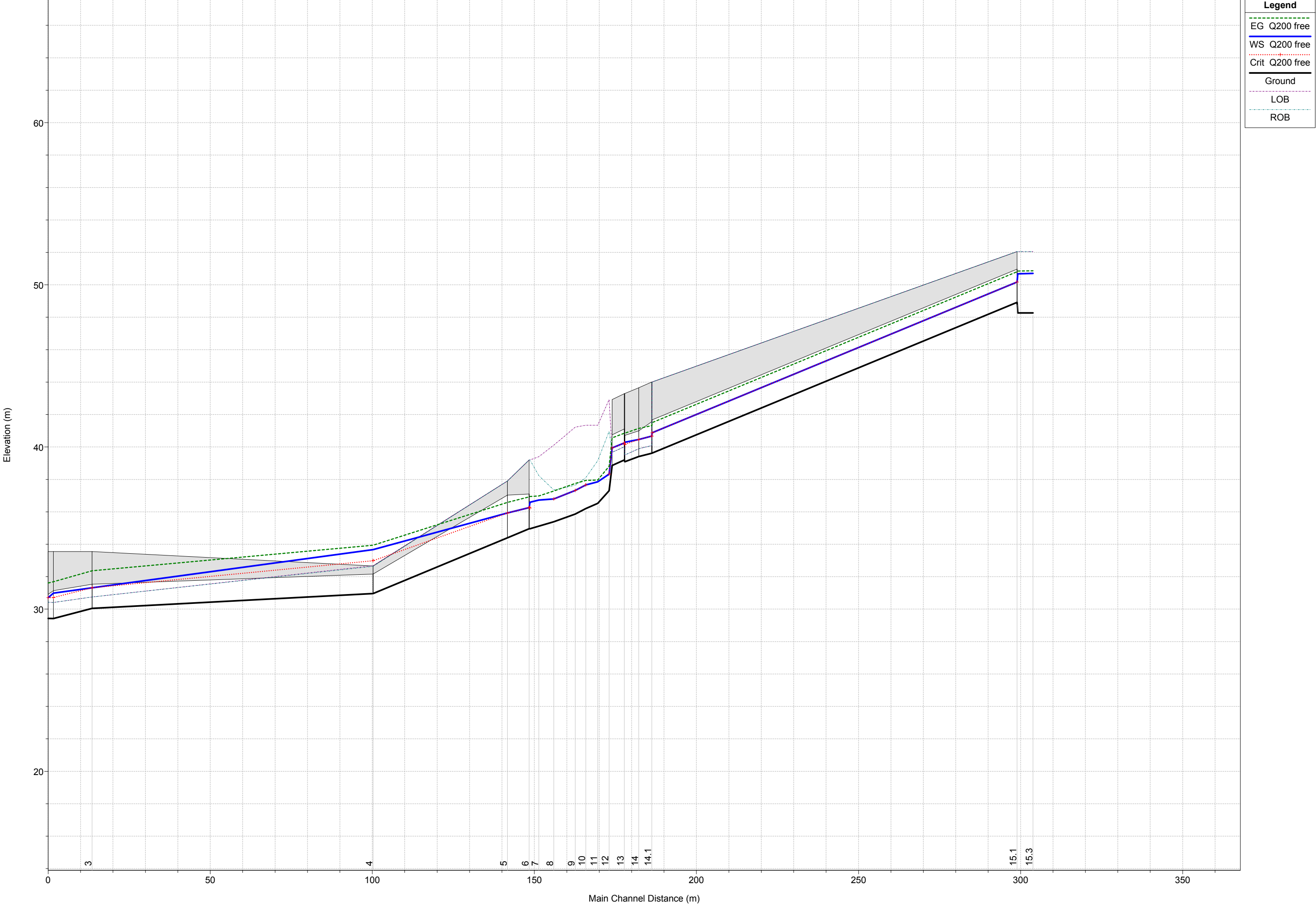


Area inondabile T200 anni

ALLEGATO 1
AREE INONDABILI
RIO TORRE (rio Bisagnetto)
STATO ATTUALE
(scala 1:5000)

ALLEGATO A
VERIFICHE IDRAULICHE





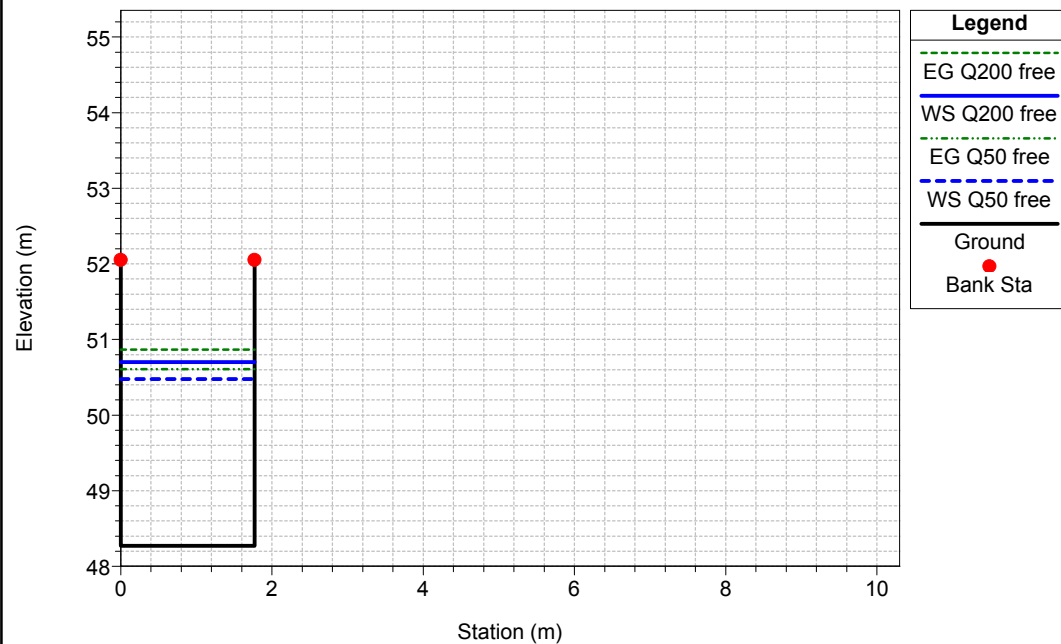
HEC-RAS Plan: torre-att River: Torre Reach: Torre Profile: Q50 free

Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	Q Total	W.S. Elev	E.G. Elev	Hydr Depth	Max Chl Dpth	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Torre	15.3	Q50 free	303.83	48.27	52.05	52.05	6.30	50.48	50.61	2.21	2.21	1.61	3.91	1.77	0.35
Torre	15.2	Q50 free	299.12	48.27	52.05	52.05	6.30	50.46	50.60	2.19	2.19	1.62	3.88	1.77	0.35
Torre	15.1	Q50 free	298.92	48.92	50.97	50.97	6.30	50.01	50.55	1.09	1.09	3.27	1.93	1.77	1.00
Torre	14.2	Q50 free	186.32	39.62	41.67	41.67	6.30	40.71	41.25	1.09	1.09	3.27	1.93	1.77	1.00
Torre	14.1	Q50 free	186.22	39.61	40.09	40.09	6.30	40.53	41.07	1.07	0.92	3.24	1.94	1.82	1.08
Torre	14	Q50 free	182.22	39.41	39.89	39.89	6.30	40.32	40.88	1.11	0.91	3.30	1.91	1.72	1.10
Torre	13.1	Q50 free	177.87	39.09	39.50	39.50	6.30	40.23	40.63	1.49	1.14	2.79	2.26	1.52	0.83
Torre	13	Q50 free	177.77	39.20	40.01	40.01	6.30	40.12	40.62	0.98	0.92	3.11	2.03	2.06	1.03
Torre	12.1	Q50 free	173.98	38.86	39.67	39.67	6.30	39.81	40.32	1.02	0.95	3.17	1.99	1.94	1.04
Torre	12	Q50 free	173.04	37.30	42.92	40.97	6.30	38.19	38.61	0.83	0.89	2.88	2.19	2.62	1.00
Torre	11	Q50 free	169.53	36.52	41.34	39.16	6.30	37.68	37.78	1.06	1.16	1.38	4.58	4.31	0.43
Torre	10	Q50 free	165.86	36.20	41.34	38.11	6.30	37.25	37.72	0.95	1.05	3.06	2.06	2.17	1.01
Torre	9	Q50 free	162.60	35.86	41.22	37.64	6.30	37.07	37.56	0.99	1.21	3.11	2.03	2.05	1.00
Torre	8	Q50 free	155.98	35.39	40.11	37.34	6.30	36.67	37.09	0.85	1.28	2.89	2.18	2.57	1.00
Torre	7	Q50 free	151.37	35.12	39.40	38.23	6.30	36.48	36.71	1.30	1.36	2.14	2.95	2.27	0.60
Torre	6.1	Q50 free	148.64	34.96	39.20	39.20	6.30	36.36	36.69	1.32	1.40	2.53	2.49	1.89	0.70
Torre	6	Q50 free	148.39	34.96	37.10	36.47	6.30	36.09	36.66	1.13	1.13	3.34	1.89	1.67	1.00
Torre	5	Q50 free	141.68	34.40	37.03	36.42	6.30	35.76	36.32	1.13	1.36	3.33	1.89	1.68	1.00
Torre	4	Q50 free	100.25	30.96	32.16	32.16	6.30	33.32	33.59	1.63	2.36	2.28	2.76	1.70	0.47
Torre	3	Q50 free	13.55	30.05	30.75	30.75	6.30	31.19	31.98	1.58	1.14	3.94	1.60	1.01	1.18
Torre	2	Q50 free	1.59	29.42	30.41	30.41	6.30	30.81	31.33	2.08	1.39	3.20	1.97	0.95	0.87
Torre	1	Q50 free		29.43	30.43	30.43	6.30	30.58	31.28	1.39	1.15	3.69	1.71	1.23	1.10

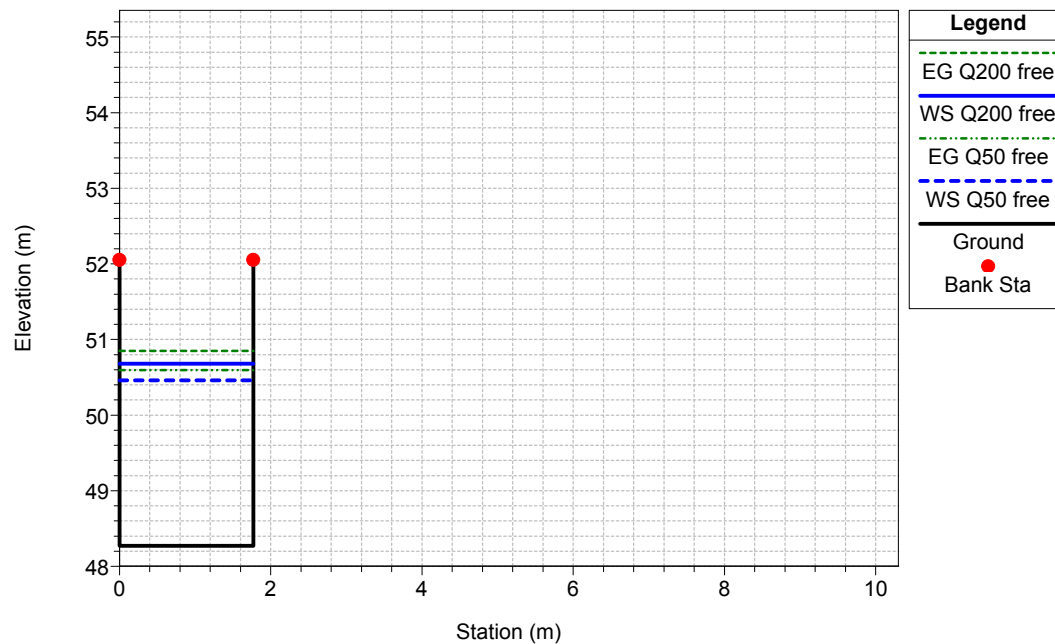
HEC-RAS Plan: torre-att River: Torre Reach: Torre Profile: Q200 free

Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	Q Total	W.S. Elev	E.G. Elev	Hydr Depth	Max Chl Dpth	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Torre	15.3	Q200 free	303.83	48.27	52.05	52.05	7.80	50.70	50.87	2.43	2.43	1.81	4.30	1.77	0.37
Torre	15.2	Q200 free	299.12	48.27	52.05	52.05	7.80	50.68	50.85	2.41	2.41	1.83	4.27	1.77	0.38
Torre	15.1	Q200 free	298.92	48.92	50.97	50.97	7.80	50.17	50.80	1.25	1.25	3.51	2.22	1.77	1.00
Torre	14.2	Q200 free	186.32	39.62	41.67	41.67	7.80	40.88	41.50	1.25	1.25	3.51	2.22	1.77	1.00
Torre	14.1	Q200 free	186.22	39.61	40.09	40.09	7.80	40.67	41.32	1.29	1.06	3.56	2.19	1.70	1.10
Torre	14	Q200 free	182.22	39.41	39.89	39.89	7.80	40.46	41.14	1.36	1.05	3.66	2.13	1.56	1.14
Torre	13.1	Q200 free	177.87	39.09	39.50	39.50	7.80	40.29	40.85	1.67	1.20	3.32	2.35	1.41	0.97
Torre	13	Q200 free	177.77	39.20	40.01	40.01	7.80	40.25	40.85	1.19	1.05	3.42	2.28	1.91	1.07
Torre	12.1	Q200 free	173.98	38.86	39.67	39.67	7.80	39.94	40.56	1.25	1.08	3.49	2.23	1.79	1.07
Torre	12	Q200 free	173.04	37.30	42.92	40.97	7.80	38.33	38.81	0.95	1.03	3.07	2.54	2.68	1.01
Torre	11	Q200 free	169.53	36.52	41.34	39.16	7.80	37.86	37.96	1.23	1.34	1.46	5.34	4.34	0.42
Torre	10	Q200 free	165.86	36.20	41.34	38.11	7.80	37.66	37.93	0.53	1.46	2.33	3.34	6.32	1.02
Torre	9	Q200 free	162.60	35.86	41.22	37.64	7.80	37.32	37.75	0.86	1.46	2.91	2.68	3.14	1.00
Torre	8	Q200 free	155.98	35.39	40.11	37.34	7.80	36.80	37.29	0.97	1.41	3.11	2.51	2.58	1.01
Torre	7	Q200 free	151.37	35.12	39.40	38.23	7.80	36.73	36.98	1.52	1.61	2.22	3.52	2.31	0.57
Torre	6.1	Q200 free	148.64	34.96	39.20	39.20	7.80	36.59	36.95	1.52	1.63	2.66	2.93	1.93	0.69
Torre	6	Q200 free	148.39	34.96	37.10	36.47	7.80	36.26	36.92	1.30	1.30	3.58	2.18	1.67	1.00
Torre	5	Q200 free	141.68	34.40	37.03	36.42	7.80	35.93	36.58	1.30	1.53	3.57	2.18	1.68	1.00
Torre	4	Q200 free	100.25	30.96	32.16	32.16	7.80	33.67	33.94	1.97	2.71	2.33	3.35	1.70	0.45
Torre	3	Q200 free	13.55	30.05	30.75	30.75	7.80	31.32	32.36	2.10	1.27	4.53	1.72	0.82	1.29
Torre	2	Q200 free	1.59	29.42	30.41	30.41	7.80	30.99	31.68	3.84	1.57	3.70	2.11	0.55	0.94
Torre	1	Q200 free		29.43	30.43	30.43	7.80	30.70	31.61	1.82	1.27	4.23	1.84	1.02	1.20

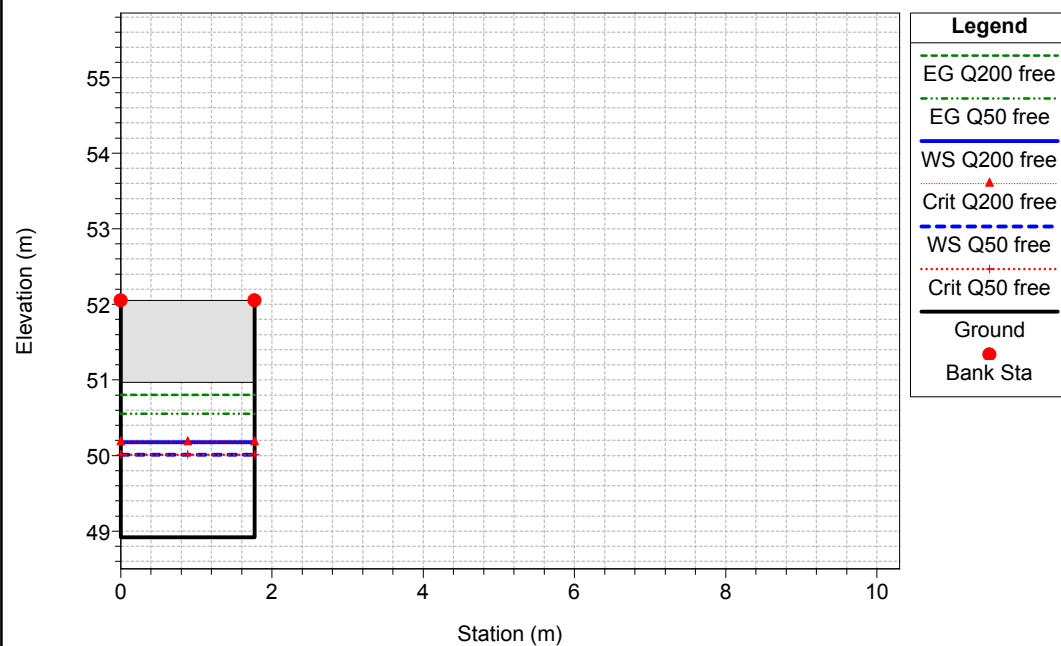
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-attuale
River = Torre Reach = Torre RS = 15.3 15.3



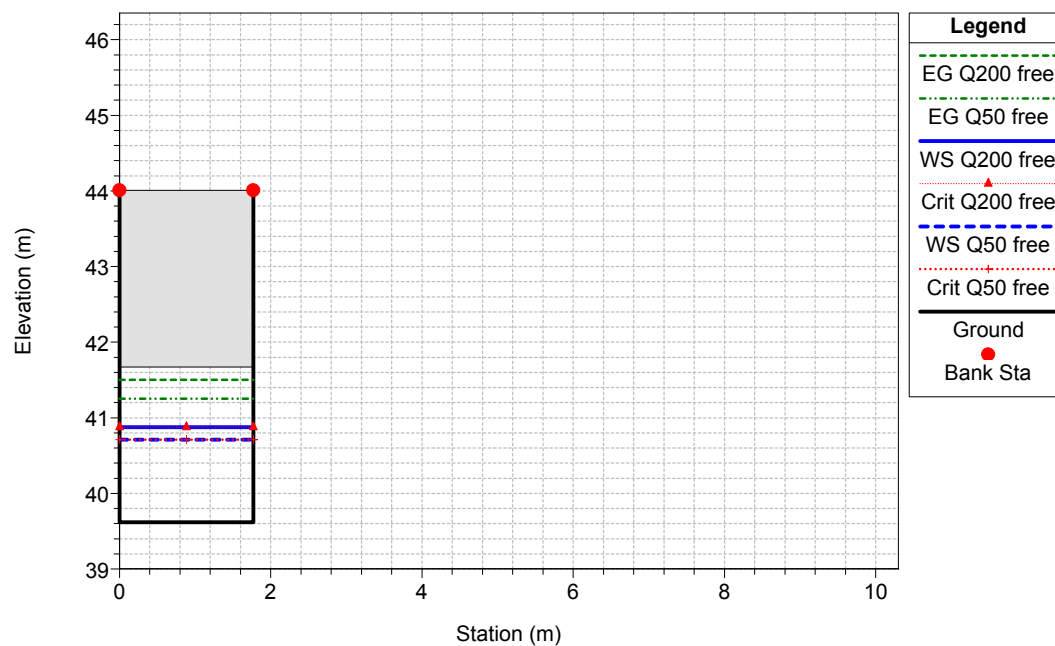
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-attuale
River = Torre Reach = Torre RS = 15.2 15.2



Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-attuale
River = Torre Reach = Torre RS = 15.1 15.1

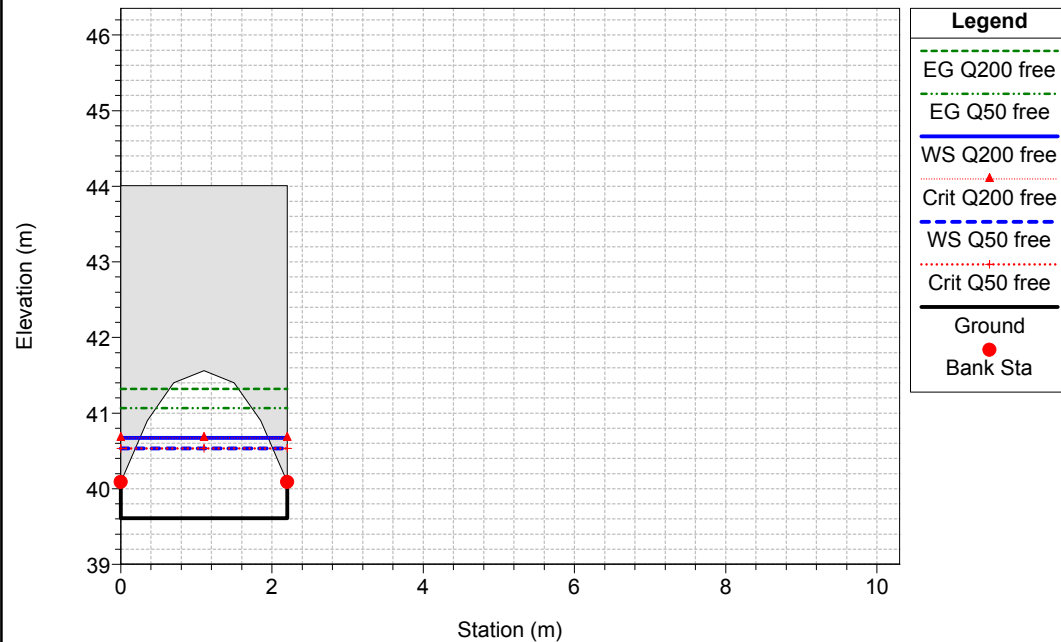


Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-attuale
River = Torre Reach = Torre RS = 14.2 14.2



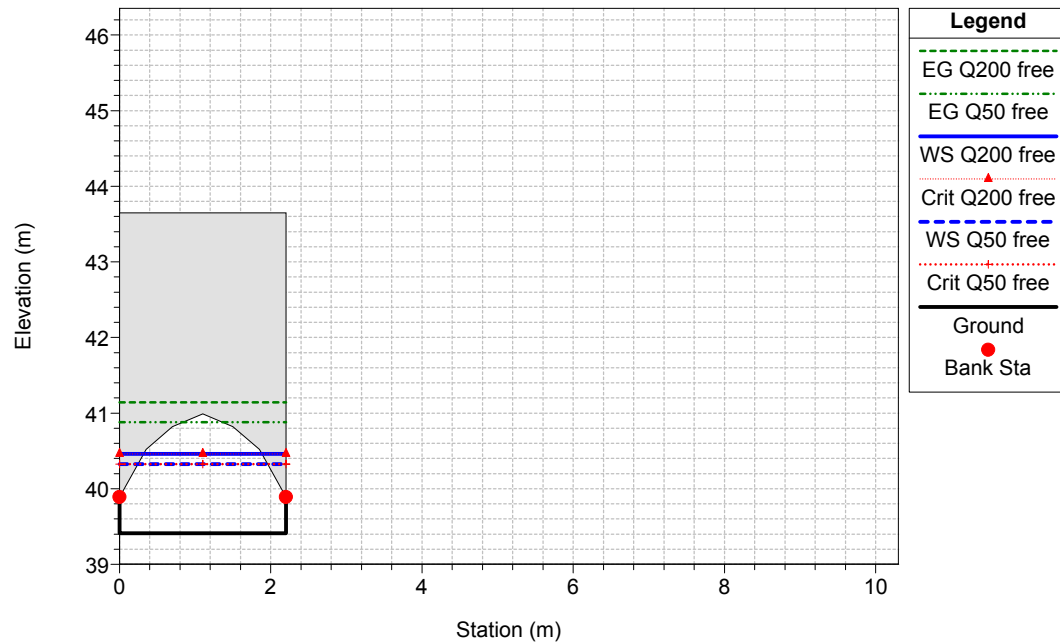
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-attuale

River = Torre Reach = Torre RS = 14.1 14.1



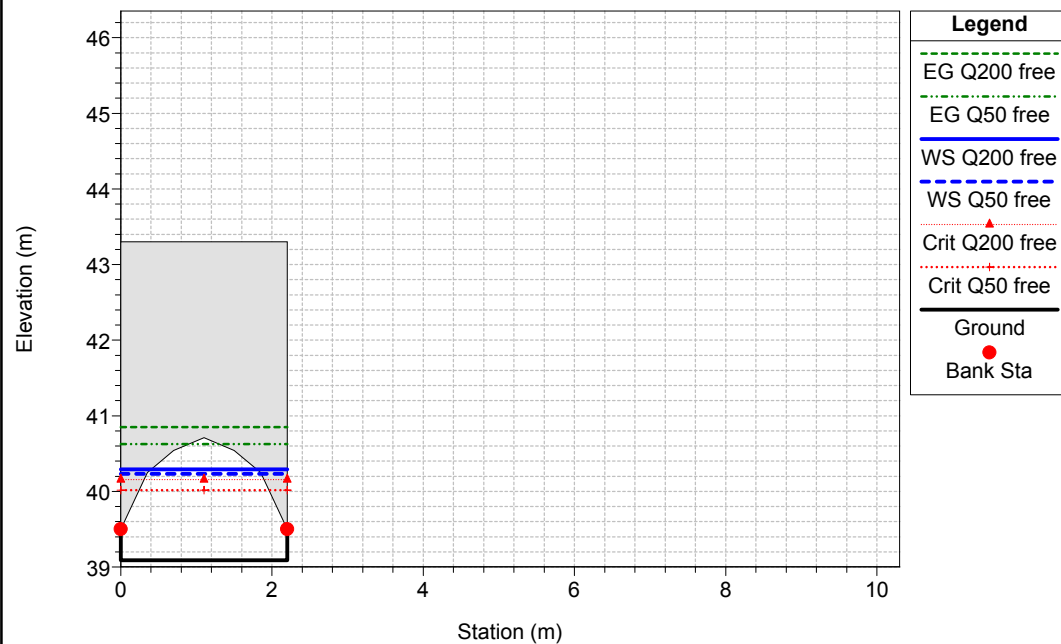
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-attuale

River = Torre Reach = Torre RS = 14 14



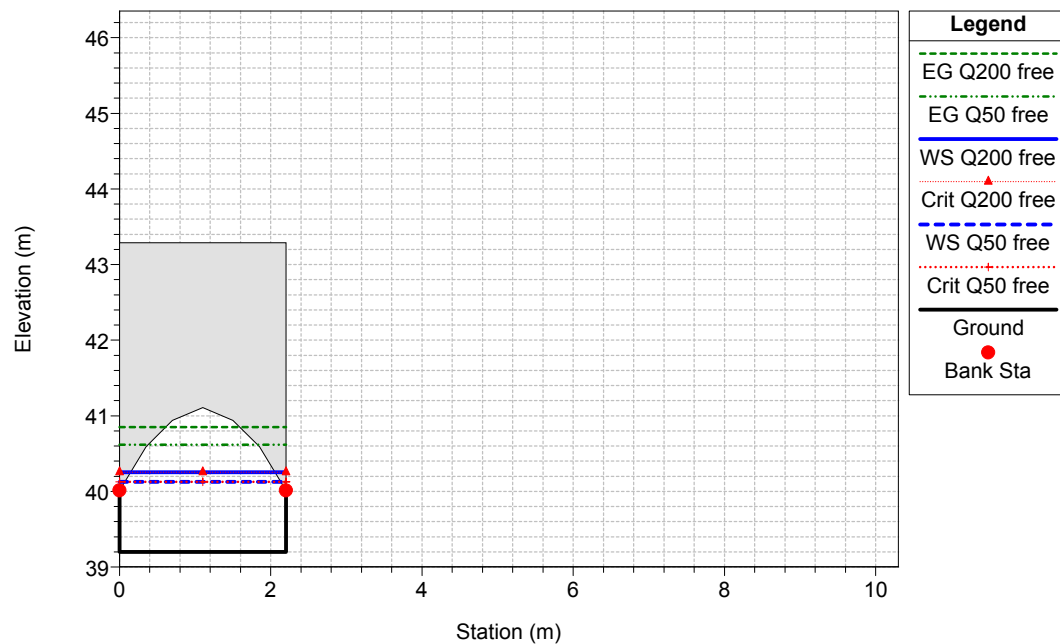
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-attuale

River = Torre Reach = Torre RS = 13.1 13.1



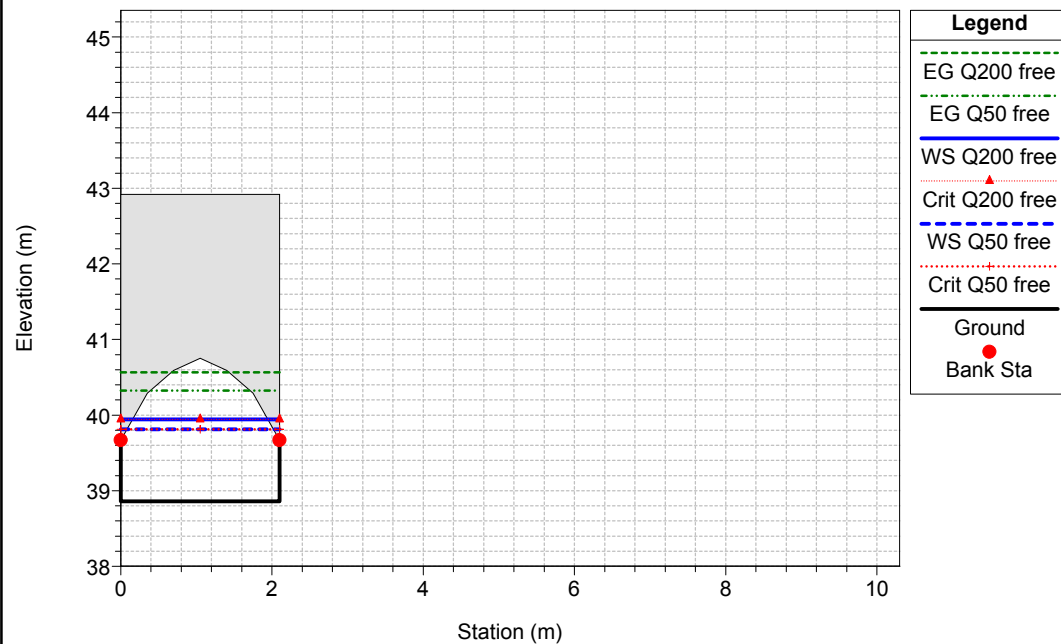
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-attuale

River = Torre Reach = Torre RS = 13 13



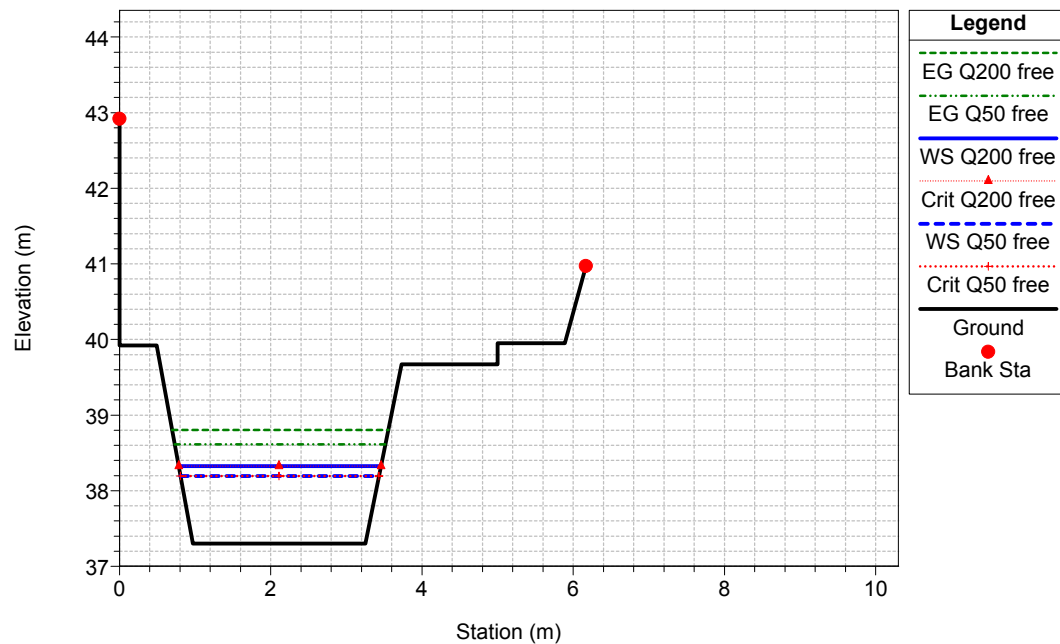
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-attuale

River = Torre Reach = Torre RS = 12.1 12.1



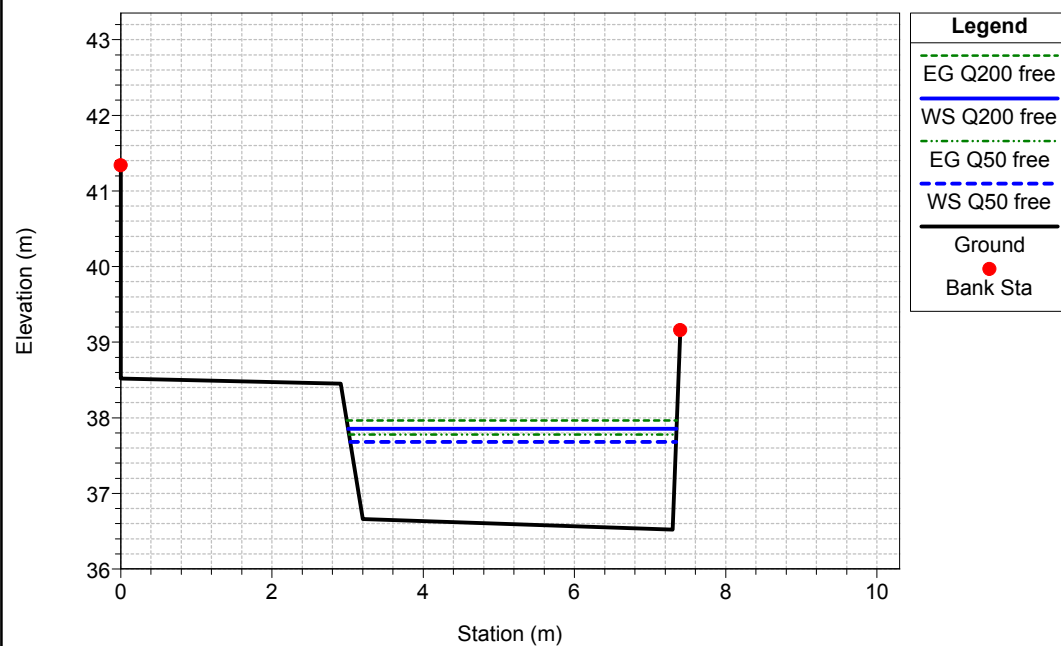
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-attuale

River = Torre Reach = Torre RS = 12 12



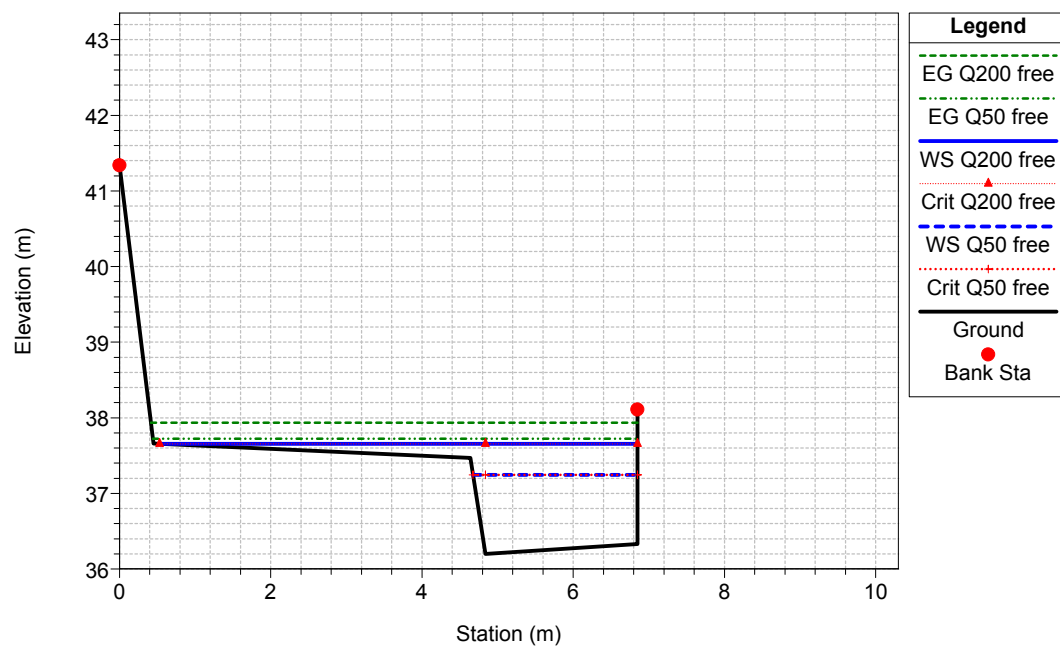
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-attuale

River = Torre Reach = Torre RS = 11 11



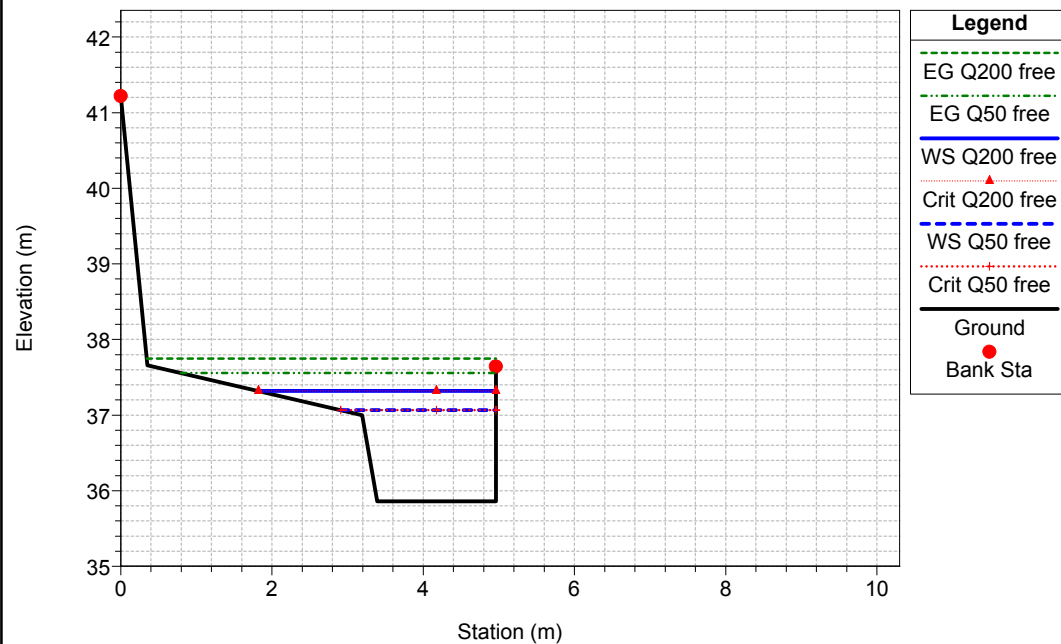
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-attuale

River = Torre Reach = Torre RS = 10 10



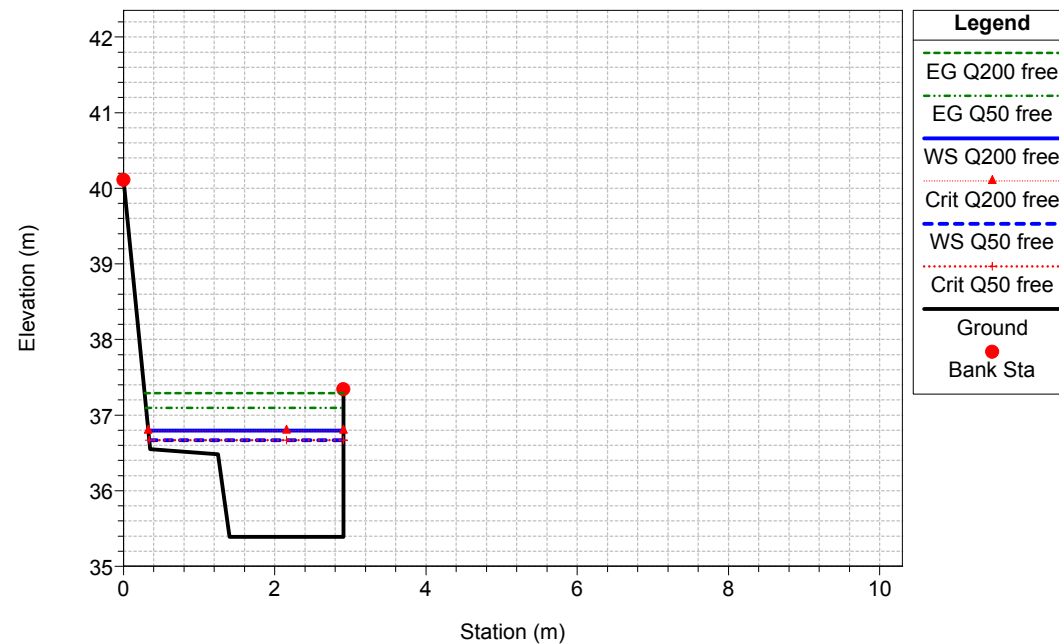
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-attuale

River = Torre Reach = Torre RS = 9 9



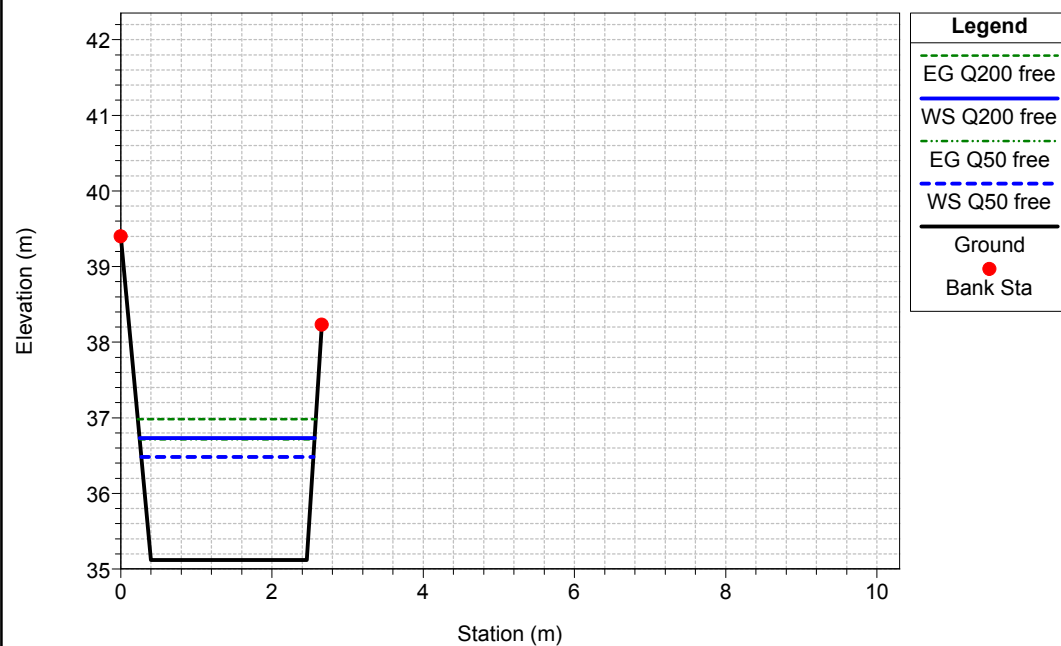
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-attuale

River = Torre Reach = Torre RS = 8 8



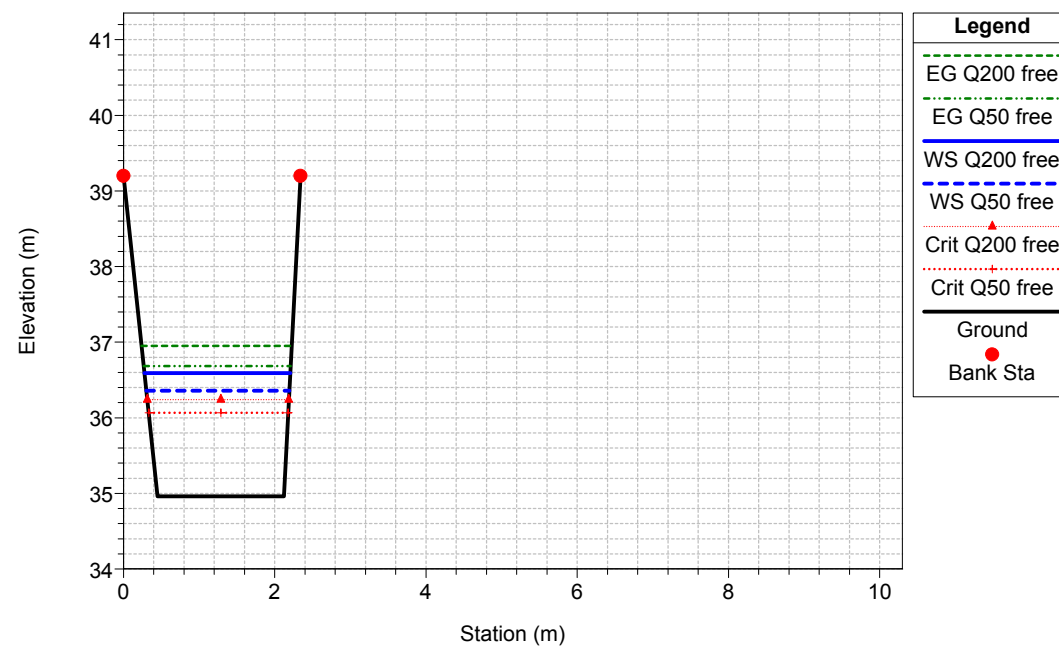
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-attuale

River = Torre Reach = Torre RS = 7 7



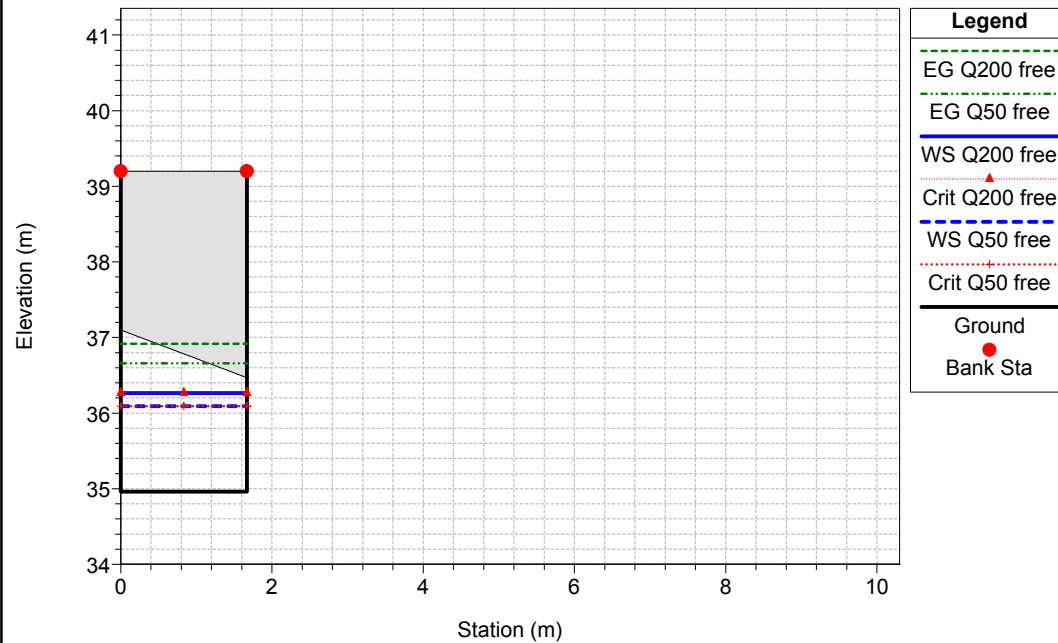
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-attuale

River = Torre Reach = Torre RS = 6.1 6.1



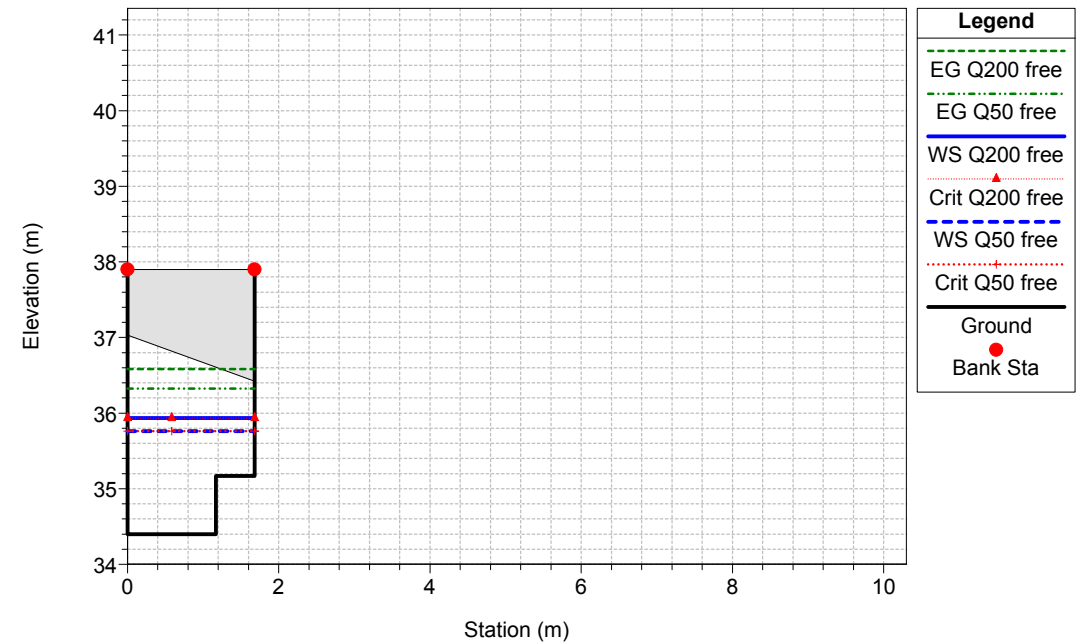
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-attuale

River = Torre Reach = Torre RS = 6 6



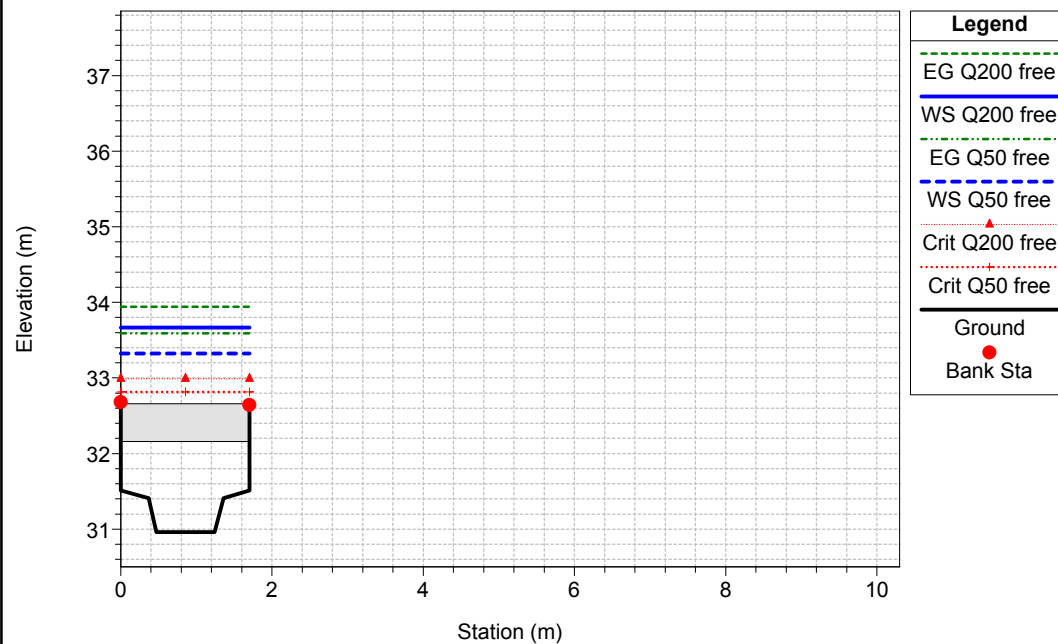
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-attuale

River = Torre Reach = Torre RS = 5 5



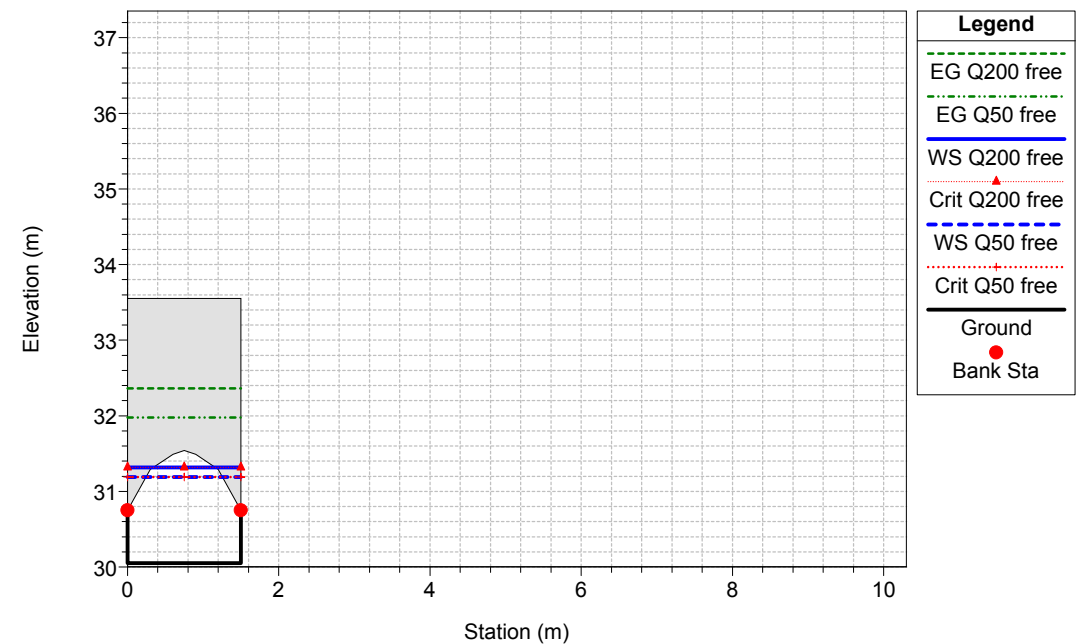
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-attuale

River = Torre Reach = Torre RS = 4 4



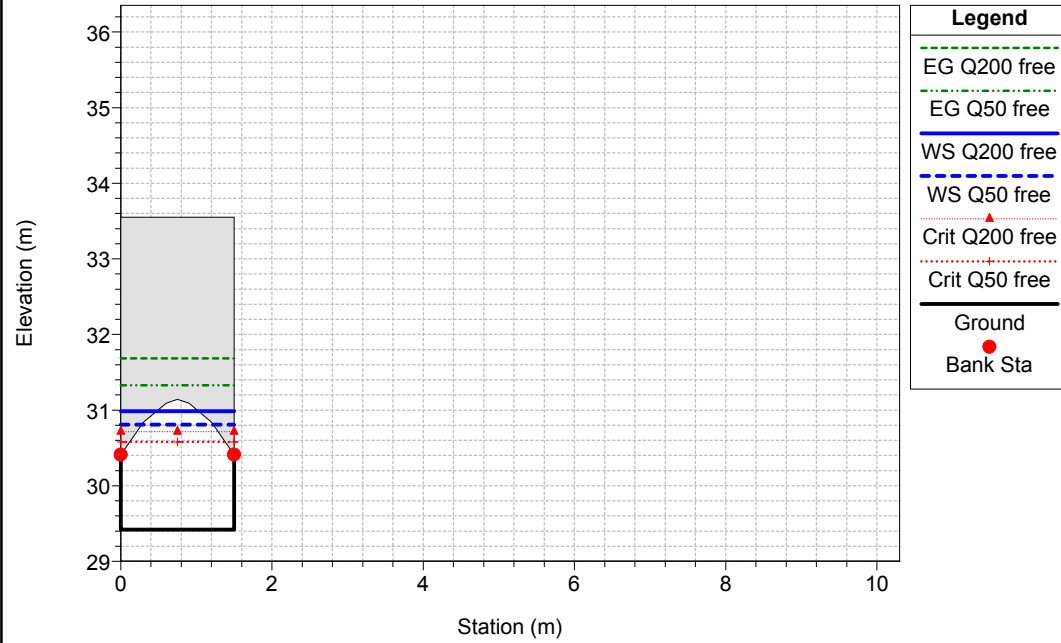
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-attuale

River = Torre Reach = Torre RS = 3 3



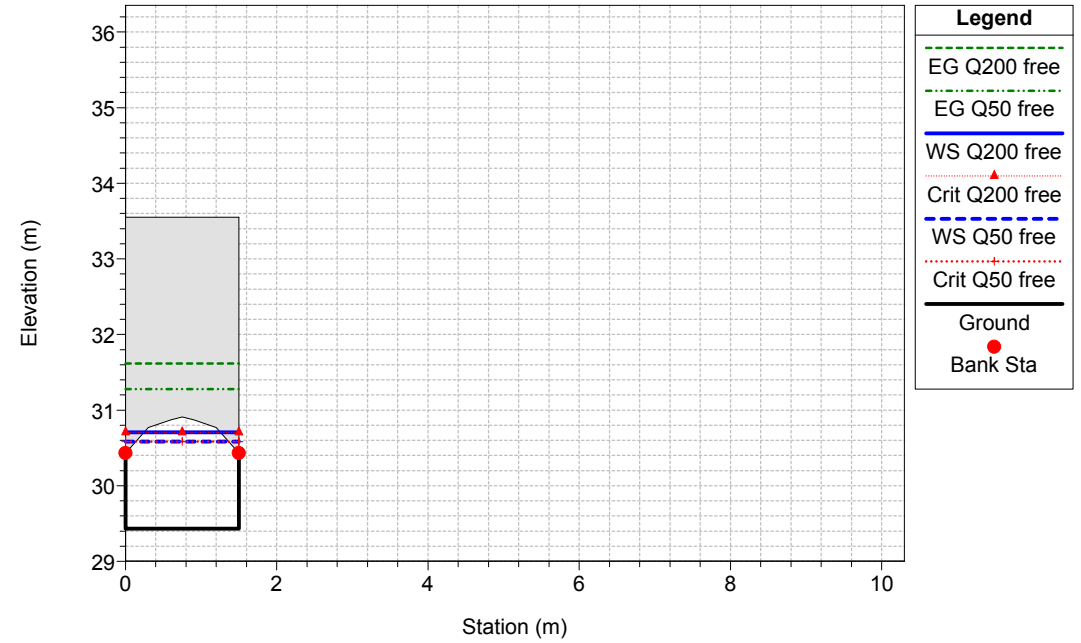
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-attuale

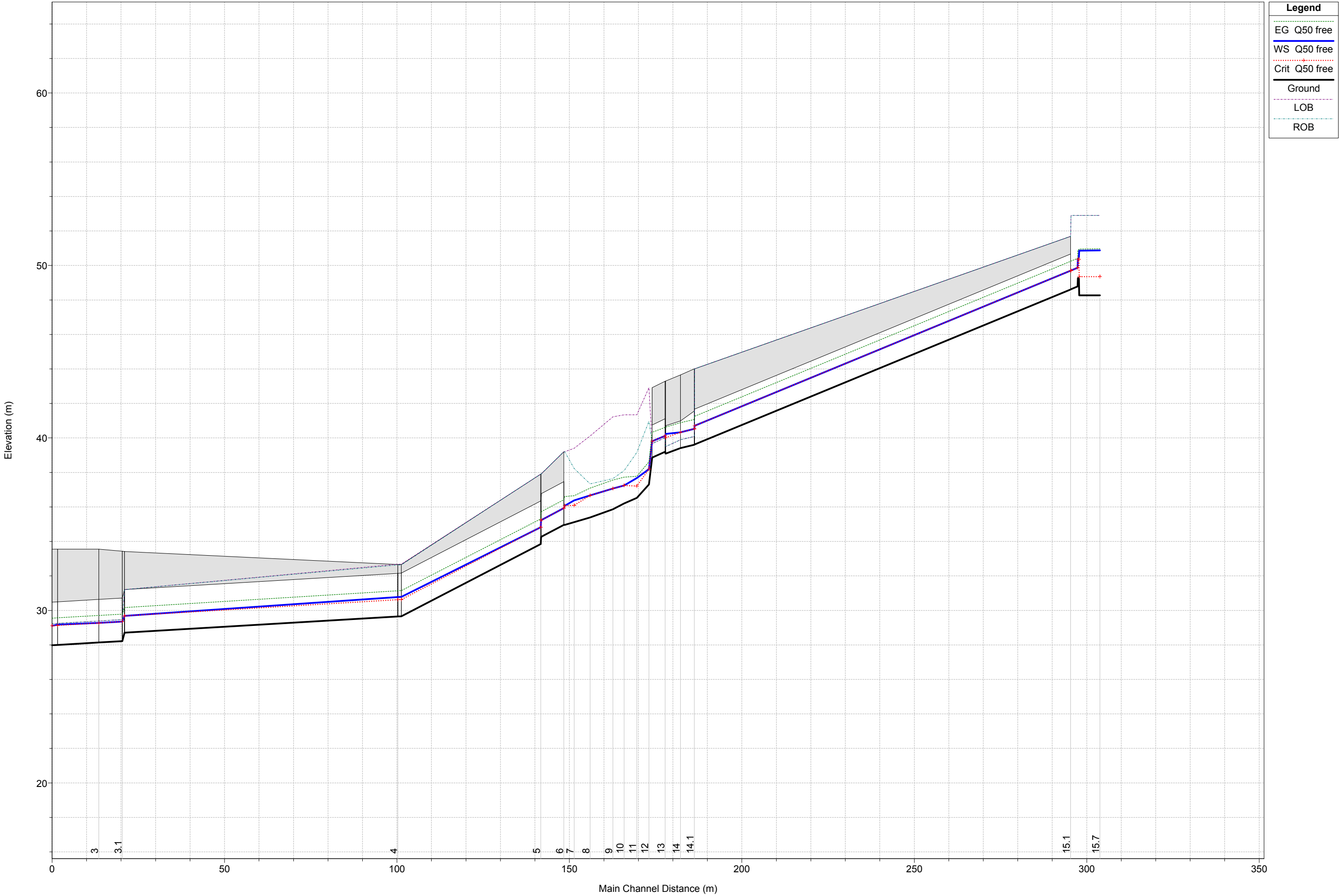
River = Torre Reach = Torre RS = 2 2

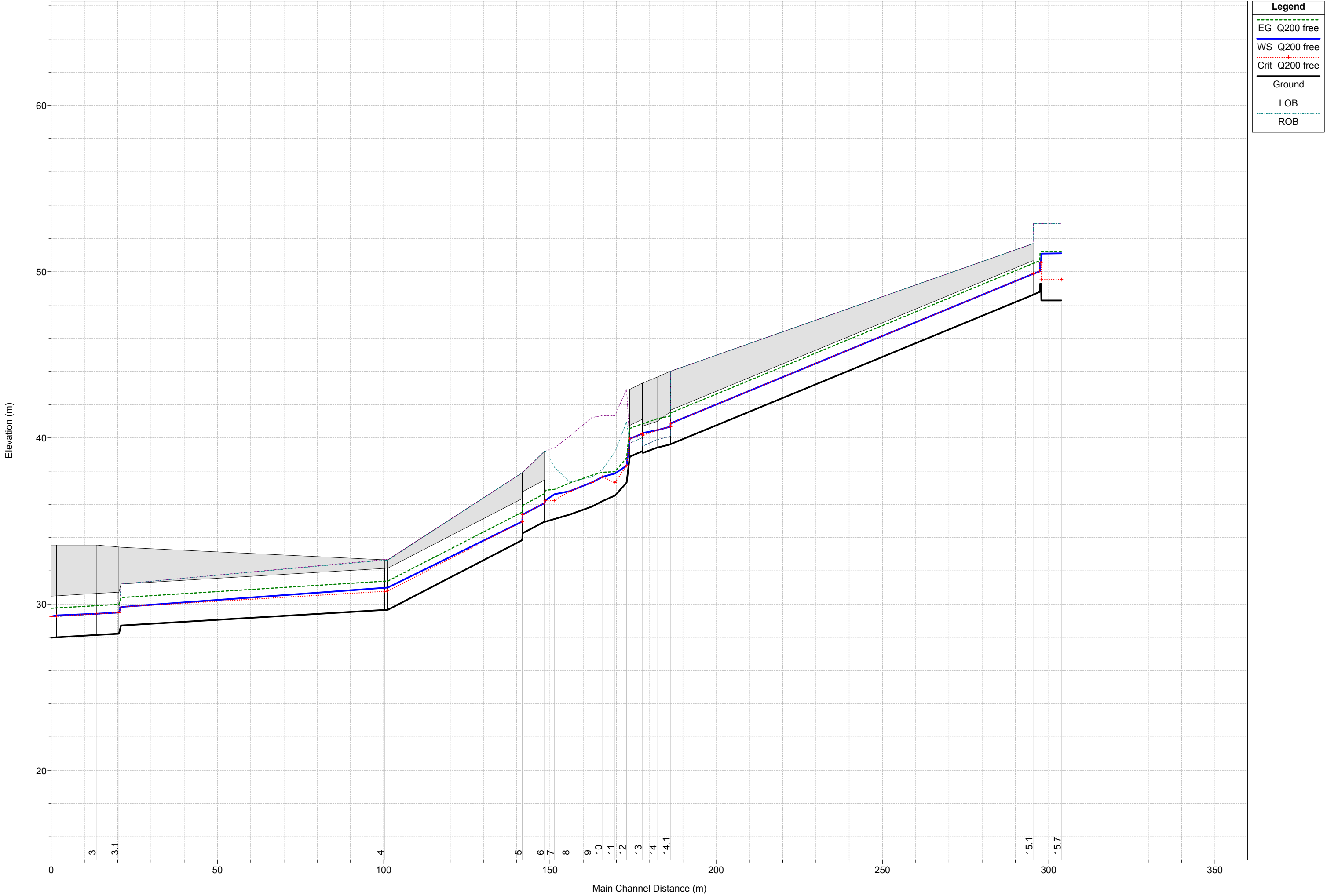


Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-attuale

River = Torre Reach = Torre RS = 1 1







HEC-RAS Plan: prg-new-con-tubo River: Bisagnetto Reach: Bisagnetto Profile: Q50 free

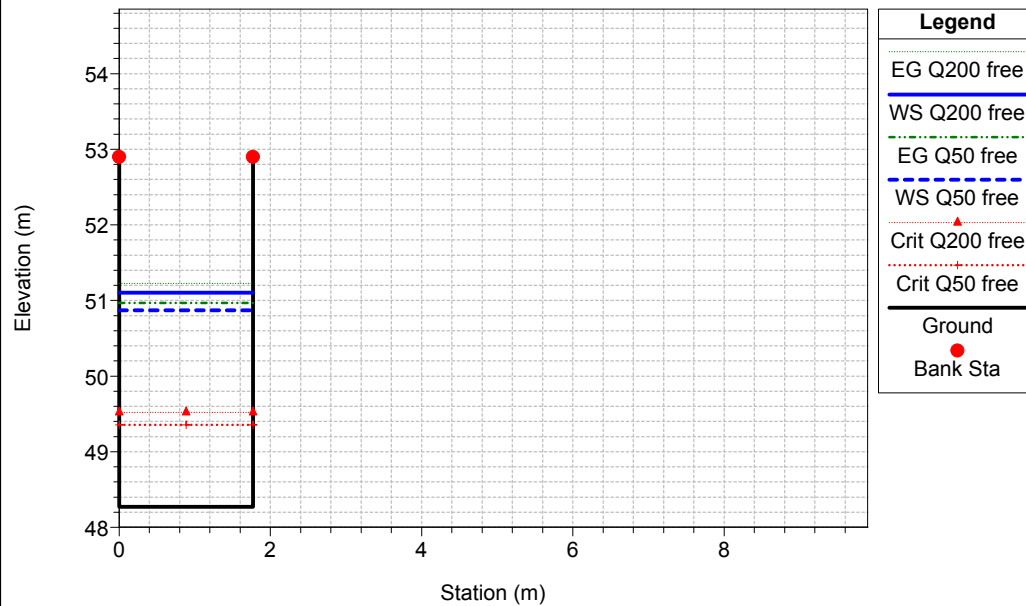
Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	Q Total	W.S. Elev	E.G. Elev	Hydr Depth	Max Chl Dpth	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Bisagnetto	15.7	Q50 free	303.83	48.27	52.90	52.90	6.30	50.87	50.97	2.60	2.60	1.37	4.61	1.77	0.27
Bisagnetto	15.6	Q50 free	297.83	48.27	52.90	52.90	6.30	50.86	50.96	2.59	2.59	1.37	4.58	1.77	0.27
Bisagnetto	15.5	Q50 free	297.73	49.27	52.90	52.90	6.30	50.48	50.92	1.21	1.21	2.95	2.14	1.77	0.86
Bisagnetto	15.4	Q50 free	297.43	49.27	52.90	52.90	6.30	50.36	50.90	1.09	1.09	3.28	1.92	1.77	1.00
Bisagnetto	15.3	Q50 free	297.33	48.78	52.90	52.90	6.30	49.87	50.41	1.09	1.09	3.28	1.92	1.77	1.00
Bisagnetto	15.2	Q50 free	295.43	48.62	52.90	52.90	6.30	49.70	50.25	1.08	1.08	3.28	1.92	1.77	1.01
Bisagnetto	15.1	Q50 free	295.33	48.61	50.66	50.66	6.30	49.70	50.24	1.09	1.09	3.27	1.93	1.77	1.00
Bisagnetto	14.2	Q50 free	186.32	39.62	41.67	41.67	6.30	40.71	41.25	1.09	1.09	3.27	1.93	1.77	1.00
Bisagnetto	14.1	Q50 free	186.22	39.61	40.09	40.09	6.30	40.53	41.07	1.07	0.92	3.24	1.94	1.82	1.08
Bisagnetto	14	Q50 free	182.22	39.41	39.89	39.89	6.30	40.32	40.88	1.11	0.91	3.30	1.91	1.72	1.10
Bisagnetto	13.1	Q50 free	177.87	39.09	39.50	39.50	6.30	40.23	40.63	1.49	1.14	2.79	2.26	1.52	0.83
Bisagnetto	13	Q50 free	177.77	39.20	40.01	40.01	6.30	40.12	40.62	0.98	0.92	3.11	2.03	2.06	1.03
Bisagnetto	12.1	Q50 free	173.98	38.86	39.67	39.67	6.30	39.81	40.32	1.02	0.95	3.17	1.99	1.94	1.04
Bisagnetto	12	Q50 free	173.04	37.30	42.92	40.97	6.30	38.19	38.61	0.83	0.89	2.88	2.19	2.62	1.01
Bisagnetto	11	Q50 free	169.53	36.52	41.34	39.16	6.30	37.68	37.78	1.06	1.16	1.38	4.58	4.31	0.43
Bisagnetto	10	Q50 free	165.86	36.20	41.34	38.11	6.30	37.25	37.72	0.95	1.05	3.06	2.06	2.17	1.01
Bisagnetto	9	Q50 free	162.60	35.86	41.22	37.64	6.30	37.07	37.56	0.99	1.21	3.11	2.03	2.05	1.00
Bisagnetto	8	Q50 free	155.98	35.39	40.11	37.34	6.30	36.67	37.09	0.85	1.28	2.90	2.17	2.57	1.01
Bisagnetto	7	Q50 free	151.37	35.12	39.40	38.23	6.30	36.38	36.65	1.21	1.26	2.31	2.72	2.26	0.67
Bisagnetto	6.1	Q50 free	148.63	34.96	39.20	39.20	6.30	36.07	36.60	1.06	1.11	3.24	1.95	1.85	1.01
Bisagnetto	6	Q50 free	148.38	34.96	37.46	37.46	6.30	35.93	36.42	0.97	0.97	3.09	2.04	2.10	1.00
Bisagnetto	5.1	Q50 free	141.77	34.26	36.76	36.76	6.30	35.23	35.72	0.97	0.97	3.09	2.04	2.10	1.00
Bisagnetto	5	Q50 free	141.67	33.85	36.35	36.35	6.30	34.82	35.31	0.97	0.97	3.09	2.04	2.10	1.00
Bisagnetto	4.1	Q50 free	101.25	29.66	32.16	32.16	6.30	30.79	31.15	1.13	1.13	2.66	2.36	2.10	0.80
Bisagnetto	4	Q50 free	100.25	29.65	32.15	32.15	6.30	30.77	31.14	1.12	1.12	2.67	2.36	2.10	0.80
Bisagnetto	3.2	Q50 free	20.99	28.71	31.21	31.21	6.30	29.68	30.17	0.97	0.97	3.09	2.04	2.10	1.00
Bisagnetto	3.1	Q50 free	20.35	28.22	29.47	29.47	6.30	29.35	29.79	0.87	1.13	2.93	2.15	2.47	1.00
Bisagnetto	3	Q50 free	13.55	28.14	29.39	29.39	6.30	29.27	29.71	0.87	1.13	2.92	2.16	2.47	1.00
Bisagnetto	2	Q50 free	1.59	28.00	29.25	29.25	6.30	29.18	29.57	0.91	1.18	2.78	2.27	2.48	0.93
Bisagnetto	1	Q50 free		27.98	29.23	29.23	6.30	29.11	29.55	0.87	1.13	2.93	2.15	2.47	1.00

HEC-RAS Plan: prg-new-con-tubo River: Bisagnetto Reach: Bisagnetto Profile: Q200 free

Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	Q Total	W.S. Elev	E.G. Elev	Hydr Depth	Max Chl Dpth	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Bisagnetto	15.7	Q200 free	303.83	48.27	52.90	52.90	7.80	51.10	51.23	2.83	2.83	1.56	5.01	1.77	0.30
Bisagnetto	15.6	Q200 free	297.83	48.27	52.90	52.90	7.80	51.09	51.21	2.82	2.82	1.57	4.98	1.77	0.30
Bisagnetto	15.5	Q200 free	297.73	49.27	52.90	52.90	7.80	50.66	51.17	1.39	1.39	3.18	2.45	1.77	0.86
Bisagnetto	15.4	Q200 free	297.43	49.27	52.90	52.90	7.80	50.52	51.15	1.25	1.25	3.52	2.22	1.77	1.00
Bisagnetto	15.3	Q200 free	297.33	48.78	52.90	52.90	7.80	50.03	50.66	1.25	1.25	3.52	2.21	1.77	1.00
Bisagnetto	15.2	Q200 free	295.43	48.62	52.90	52.90	7.80	49.87	50.50	1.25	1.25	3.52	2.22	1.77	1.00
Bisagnetto	15.1	Q200 free	295.33	48.61	50.66	50.66	7.80	49.86	50.49	1.25	1.25	3.51	2.22	1.77	1.00
Bisagnetto	14.2	Q200 free	186.32	39.62	41.67	41.67	7.80	40.88	41.50	1.25	1.25	3.51	2.22	1.77	1.00
Bisagnetto	14.1	Q200 free	186.22	39.61	40.09	40.09	7.80	40.67	41.32	1.29	1.06	3.56	2.19	1.70	1.10
Bisagnetto	14	Q200 free	182.22	39.41	39.89	39.89	7.80	40.46	41.14	1.36	1.05	3.66	2.13	1.56	1.14
Bisagnetto	13.1	Q200 free	177.87	39.09	39.50	39.50	7.80	40.29	40.85	1.67	1.20	3.32	2.35	1.41	0.97
Bisagnetto	13	Q200 free	177.77	39.20	40.01	40.01	7.80	40.25	40.85	1.19	1.05	3.42	2.28	1.91	1.07
Bisagnetto	12.1	Q200 free	173.98	38.86	39.67	39.67	7.80	39.94	40.56	1.25	1.08	3.49	2.23	1.79	1.07
Bisagnetto	12	Q200 free	173.04	37.30	42.92	40.97	7.80	38.33	38.81	0.95	1.03	3.07	2.54	2.68	1.01
Bisagnetto	11	Q200 free	169.53	36.52	41.34	39.16	7.80	37.86	37.96	1.23	1.34	1.46	5.34	4.34	0.42
Bisagnetto	10	Q200 free	165.86	36.20	41.34	38.11	7.80	37.66	37.93	0.53	1.46	2.33	3.34	6.32	1.02
Bisagnetto	9	Q200 free	162.60	35.86	41.22	37.64	7.80	37.32	37.75	0.86	1.46	2.91	2.68	3.14	1.00
Bisagnetto	8	Q200 free	155.98	35.39	40.11	37.34	7.80	36.80	37.29	0.97	1.41	3.11	2.51	2.58	1.01
Bisagnetto	7	Q200 free	151.37	35.12	39.40	38.23	7.80	36.61	36.90	1.41	1.49	2.41	3.23	2.29	0.65
Bisagnetto	6.1	Q200 free	148.63	34.96	39.20	39.20	7.80	36.23	36.84	1.21	1.27	3.46	2.26	1.87	1.00
Bisagnetto	6	Q200 free	148.38	34.96	37.46	37.46	7.80	36.08	36.64	1.12	1.12	3.32	2.35	2.10	1.00
Bisagnetto	5.1	Q200 free	141.77	34.26	36.76	36.76	7.80	35.38	35.94	1.12	1.12	3.31	2.35	2.10	1.00
Bisagnetto	5	Q200 free	141.67	33.85	36.35	36.35	7.80	34.97	35.53	1.12	1.12	3.32	2.35	2.10	1.00
Bisagnetto	4.1	Q200 free	101.25	29.66	32.16	32.16	7.80	30.99	31.39	1.33	1.33	2.79	2.80	2.10	0.77
Bisagnetto	4	Q200 free	100.25	29.65	32.15	32.15	7.80	30.98	31.38	1.33	1.33	2.79	2.80	2.10	0.77
Bisagnetto	3.2	Q200 free	20.99	28.71	31.21	31.21	7.80	29.83	30.39	1.12	1.12	3.32	2.35	2.10	1.00
Bisagnetto	3.1	Q200 free	20.35	28.22	29.47	29.47	7.80	29.49	29.99	1.00	1.27	3.11	2.50	2.49	0.88
Bisagnetto	3	Q200 free	13.55	28.14	29.39	29.39	7.80	29.42	29.91	1.01	1.28	3.09	2.52	2.49	0.87
Bisagnetto	2	Q200 free	1.59	28.00	29.25	29.25	7.80	29.32	29.77	1.06	1.32	2.97	2.63	2.48	0.82
Bisagnetto	1	Q200 free		27.98	29.23	29.23	7.80	29.25	29.75	1.00	1.27	3.13	2.49	2.49	0.89

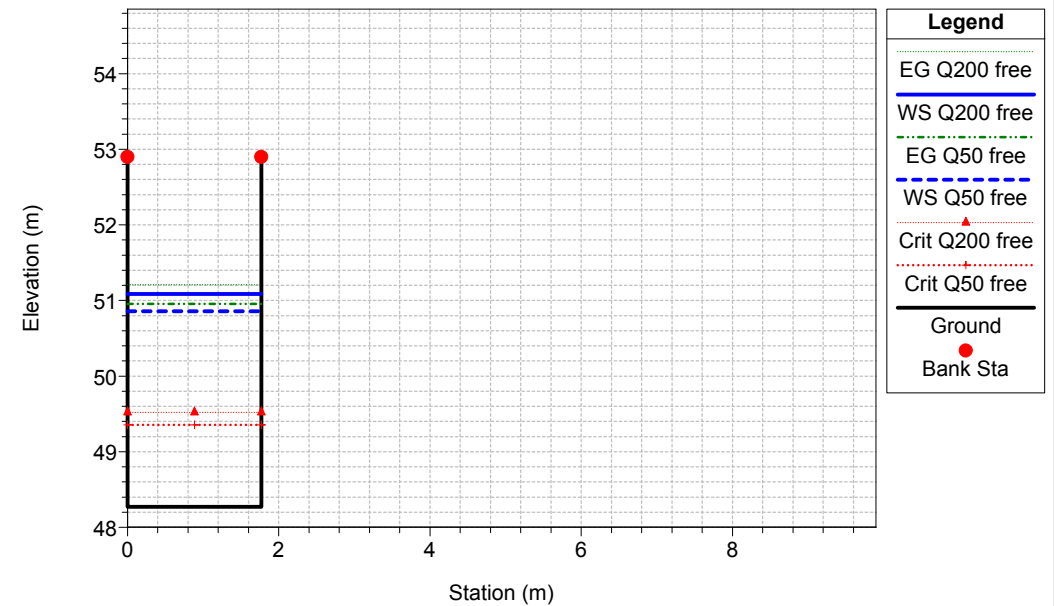
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-progetto-new-con-tubo

River = Bisagnetto Reach = Bisagnetto RS = 15.7 15.7



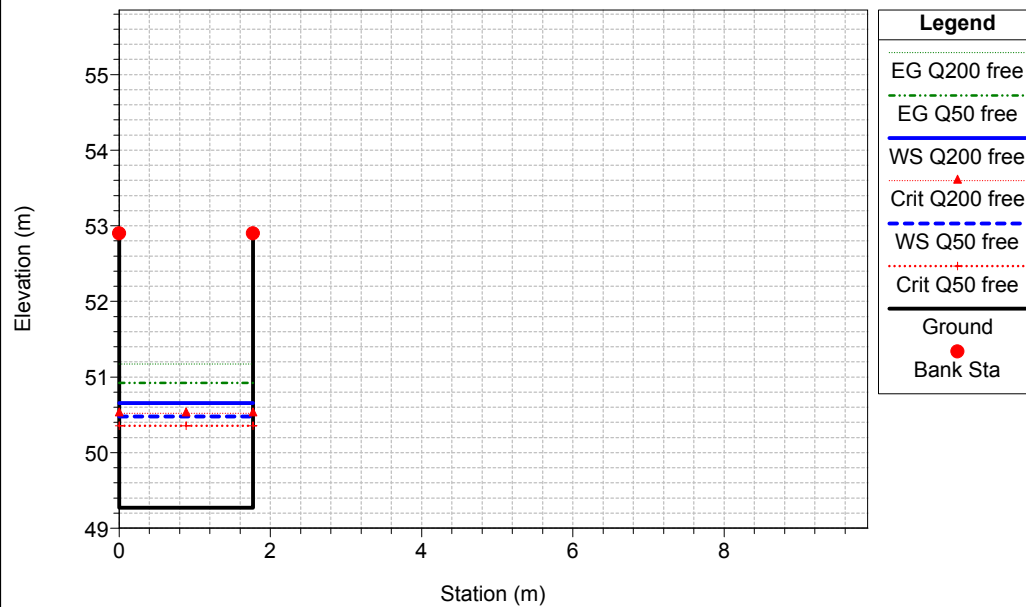
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-progetto-new-con-tubo

River = Bisagnetto Reach = Bisagnetto RS = 15.6 15.6



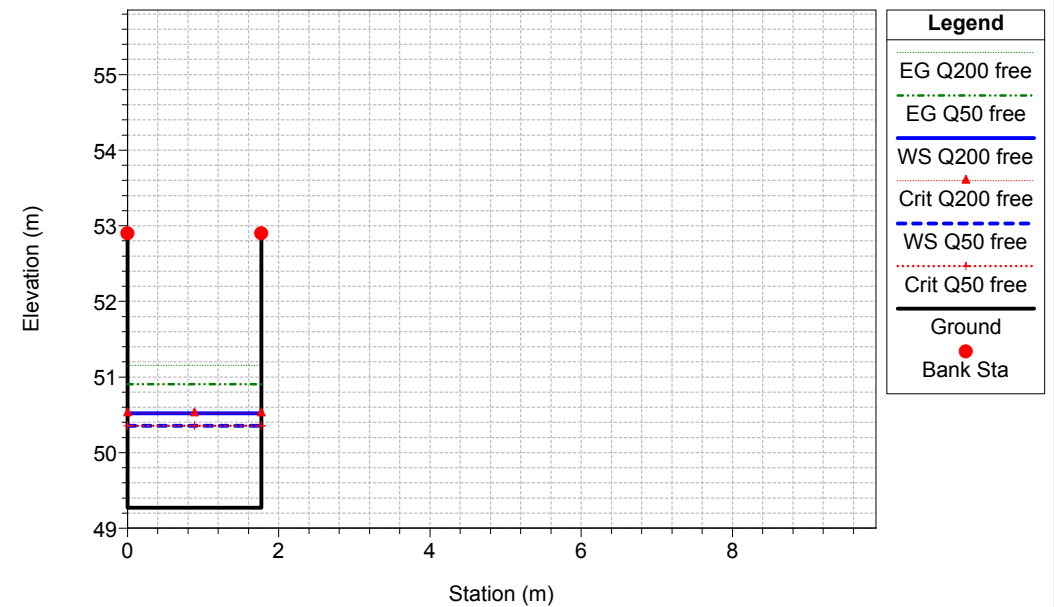
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-progetto-new-con-tubo

River = Bisagnetto Reach = Bisagnetto RS = 15.5 15.5



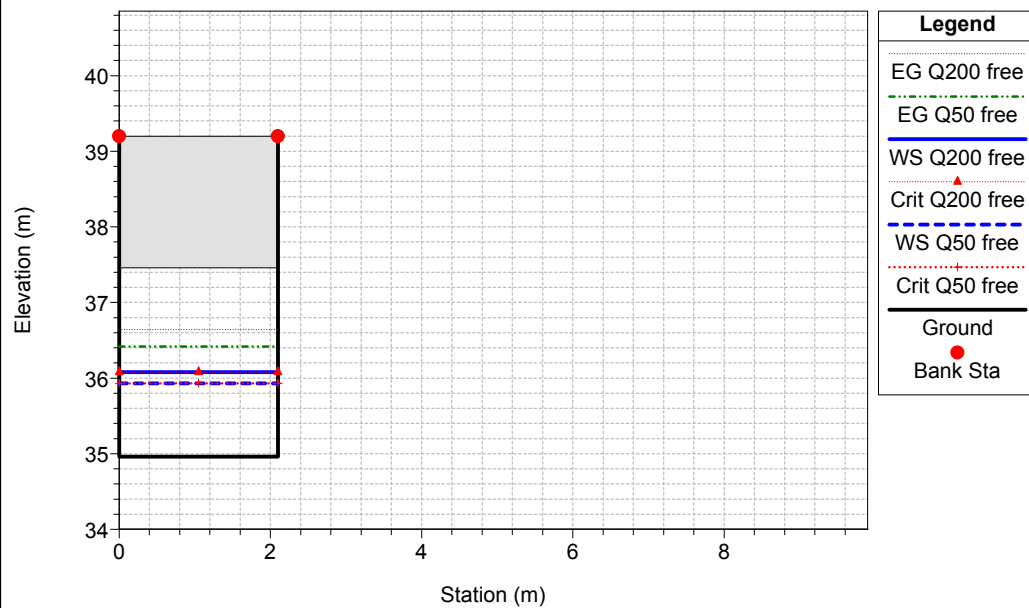
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-progetto-new-con-tubo

River = Bisagnetto Reach = Bisagnetto RS = 15.4 15.4



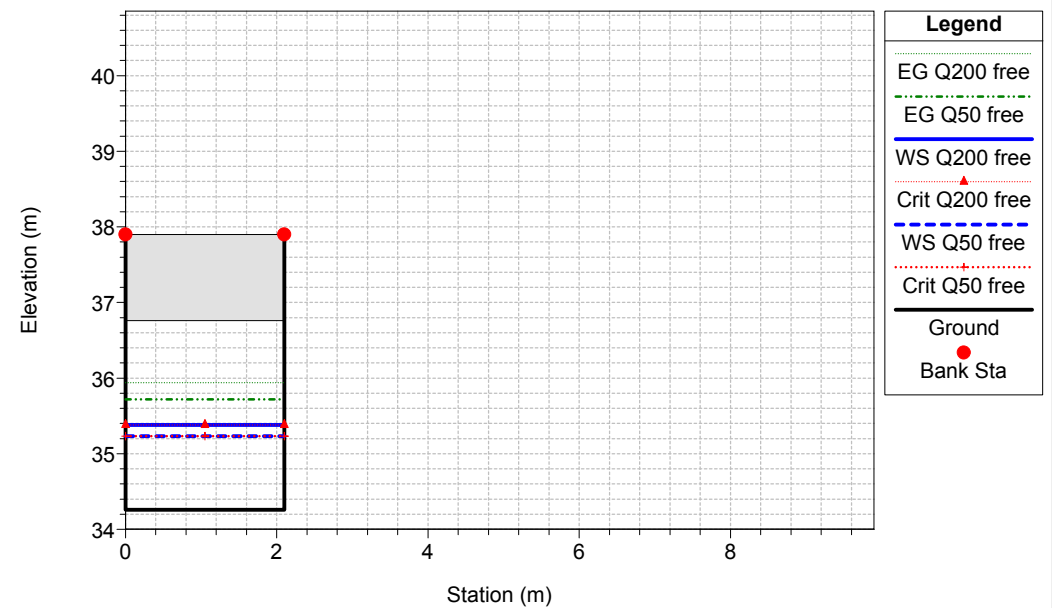
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-progetto-new-con-tubo

River = Bisagnetto Reach = Bisagnetto RS = 6 6



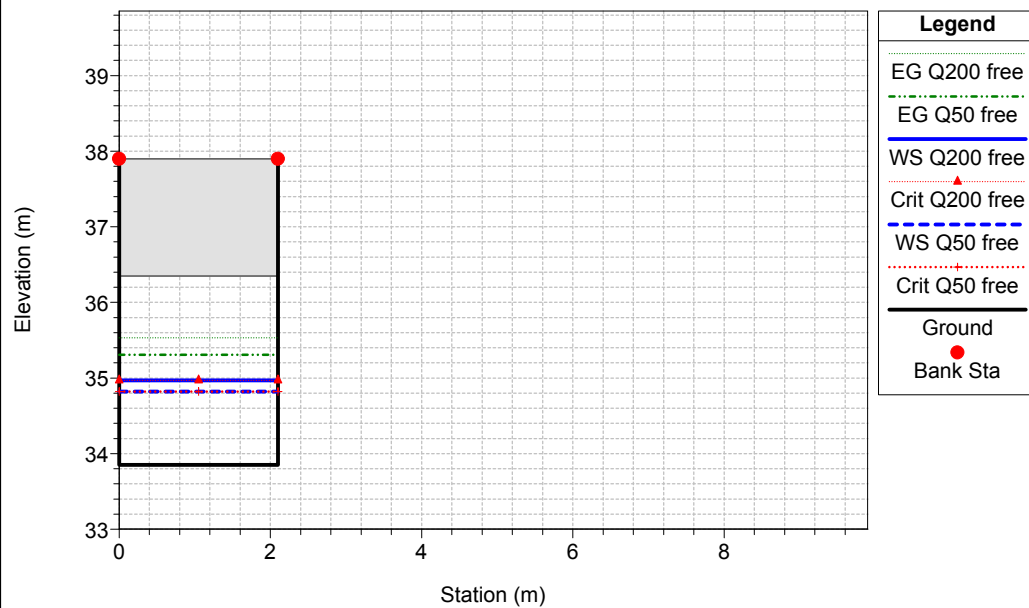
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-progetto-new-con-tubo

River = Bisagnetto Reach = Bisagnetto RS = 5.1 5.1



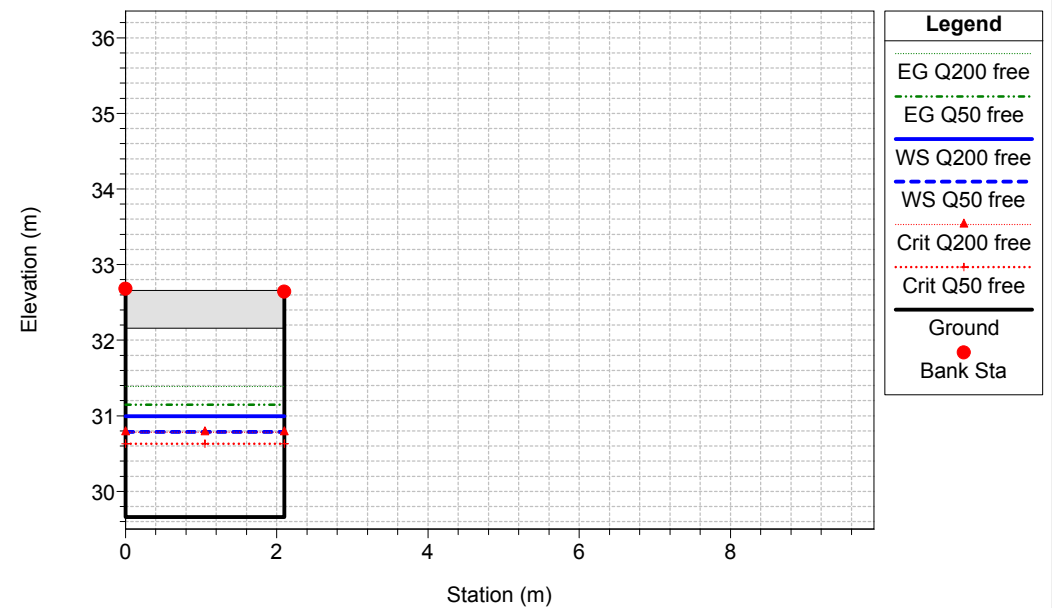
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-progetto-new-con-tubo

River = Bisagnetto Reach = Bisagnetto RS = 5 5



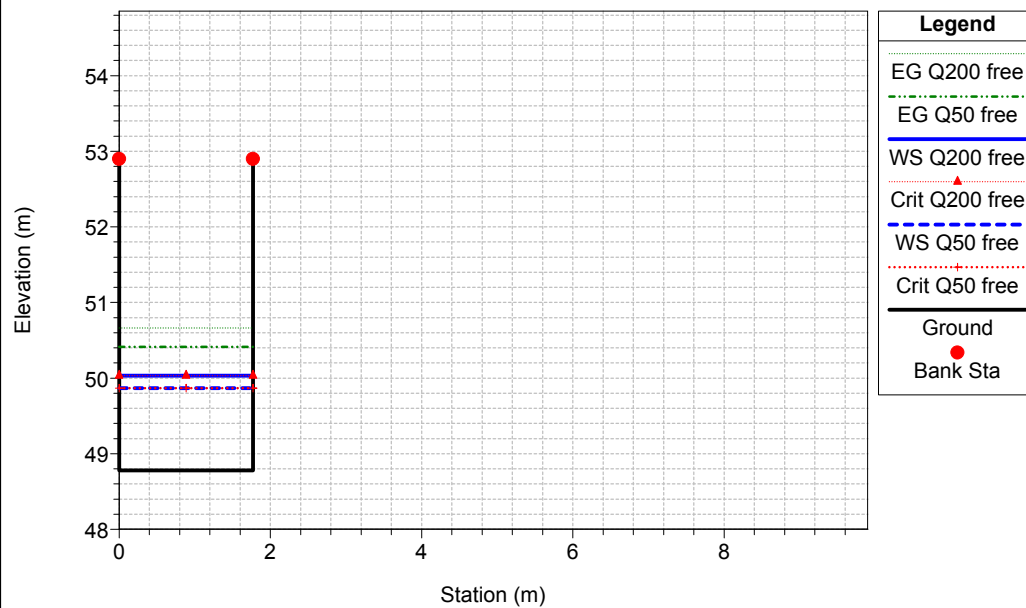
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-progetto-new-con-tubo

River = Bisagnetto Reach = Bisagnetto RS = 4.1



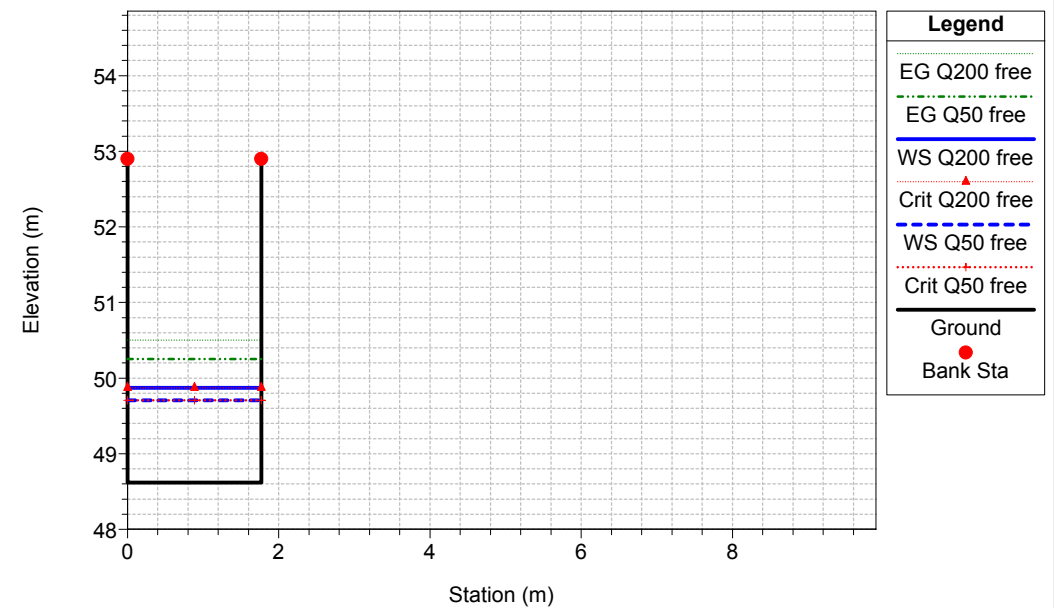
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-progetto-new-con-tubo

River = Bisagnetto Reach = Bisagnetto RS = 15.3 15.3



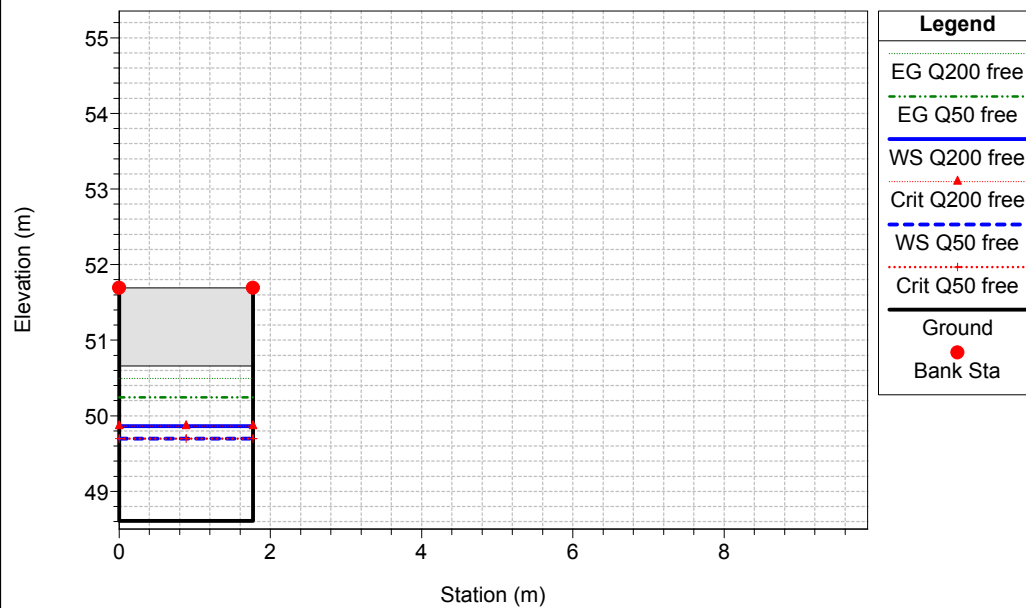
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-progetto-new-con-tubo

River = Bisagnetto Reach = Bisagnetto RS = 15.2 15.2



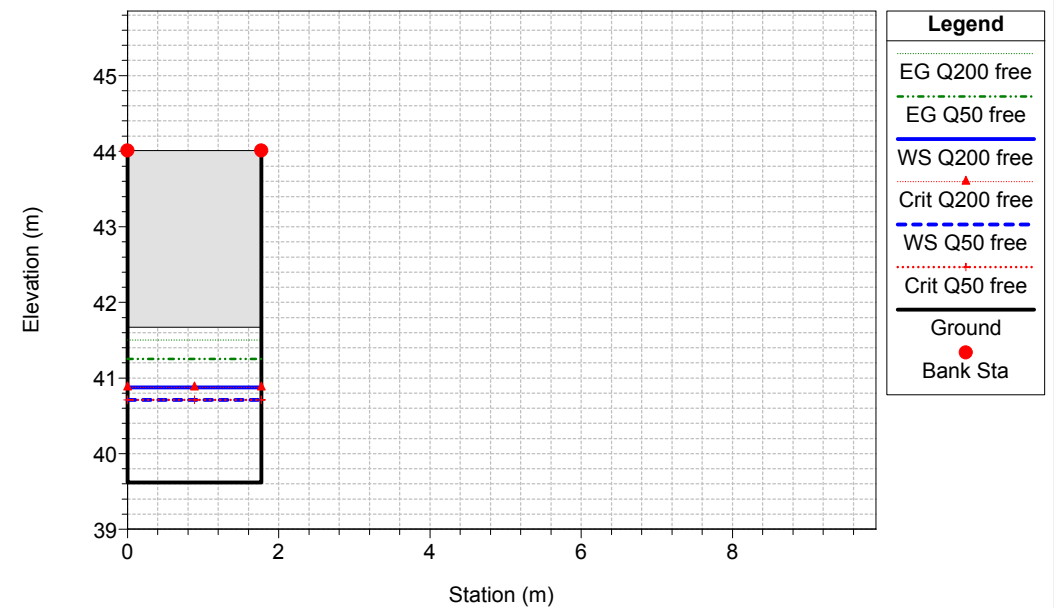
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-progetto-new-con-tubo

River = Bisagnetto Reach = Bisagnetto RS = 15.1 15.1



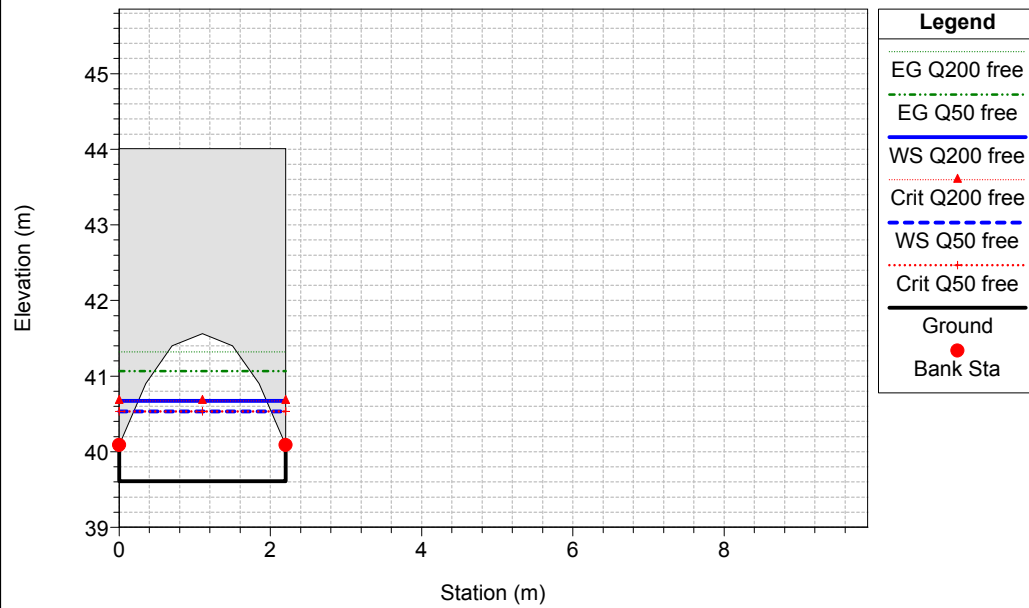
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-progetto-new-con-tubo

River = Bisagnetto Reach = Bisagnetto RS = 14.2 14.2



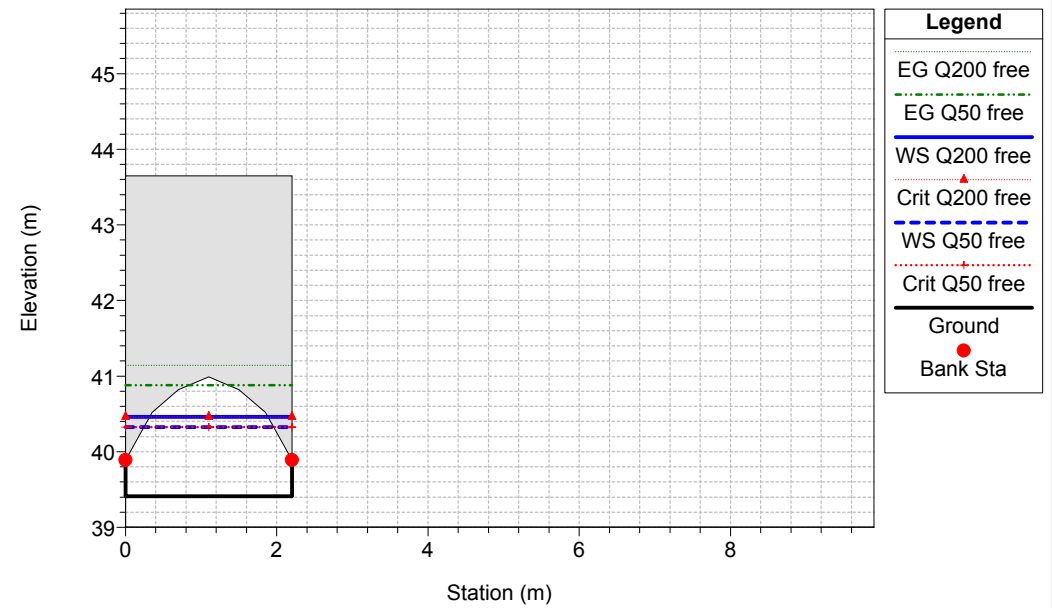
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-progetto-new-con-tubo

River = Bisagnetto Reach = Bisagnetto RS = 14.1 14.1



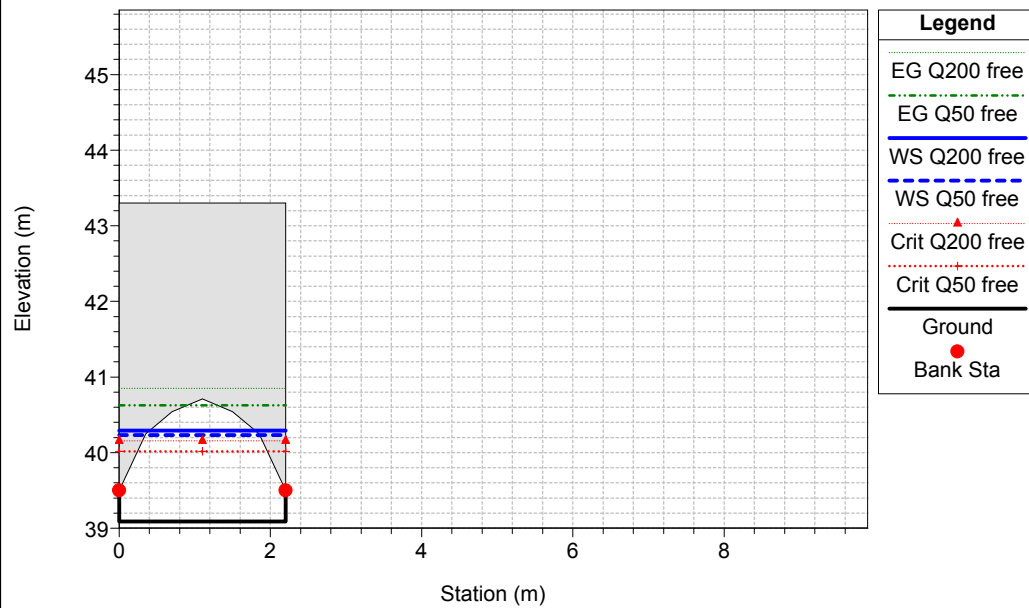
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-progetto-new-con-tubo

River = Bisagnetto Reach = Bisagnetto RS = 14 14



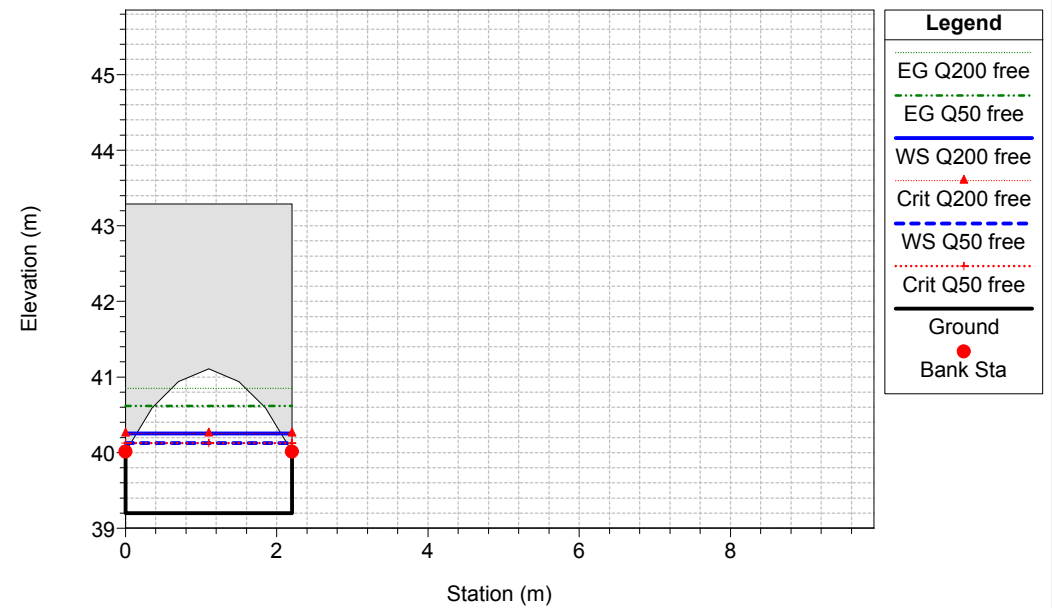
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-progetto-new-con-tubo

River = Bisagnetto Reach = Bisagnetto RS = 13.1 13.1



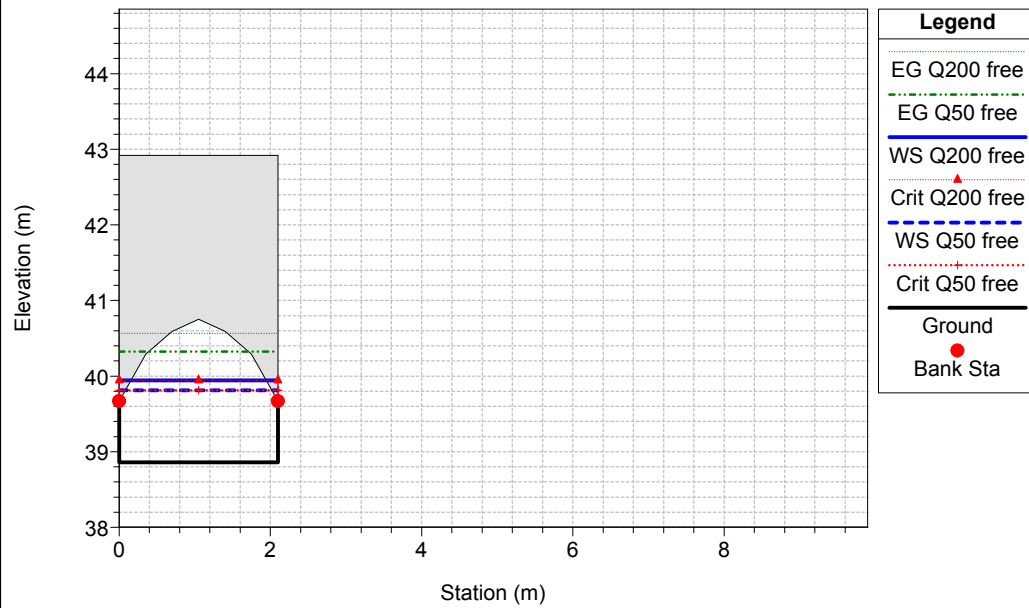
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-progetto-new-con-tubo

River = Bisagnetto Reach = Bisagnetto RS = 13 13



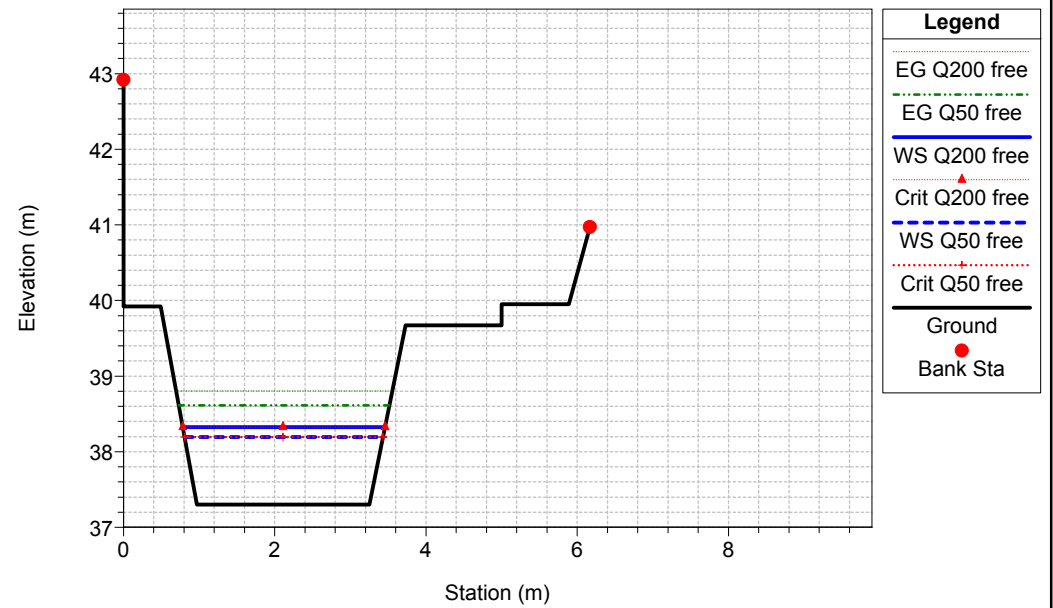
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-progetto-new-con-tubo

River = Bisagnetto Reach = Bisagnetto RS = 12.1 12.1



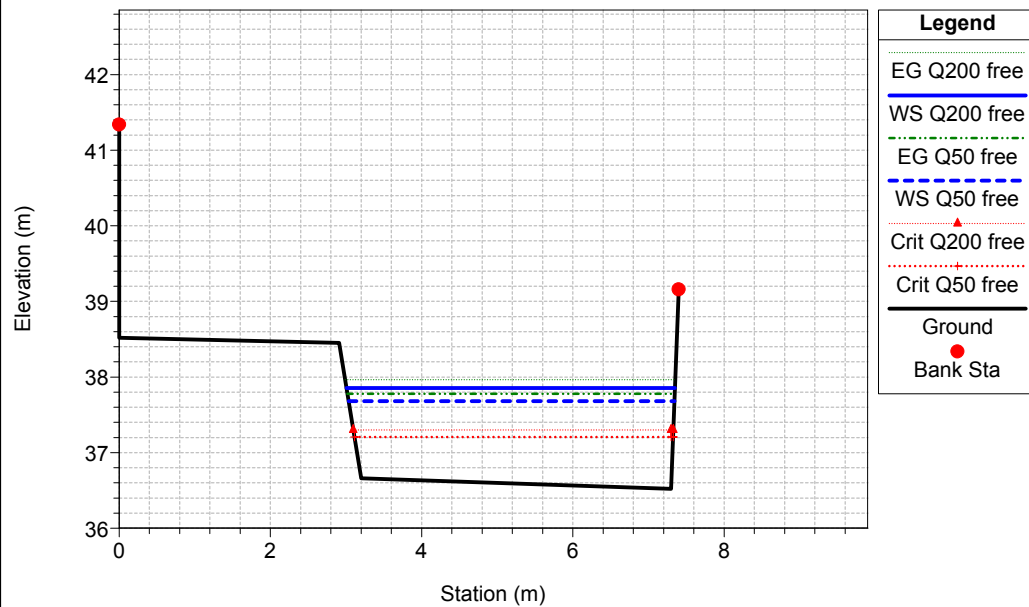
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-progetto-new-con-tubo

River = Bisagnetto Reach = Bisagnetto RS = 12 12



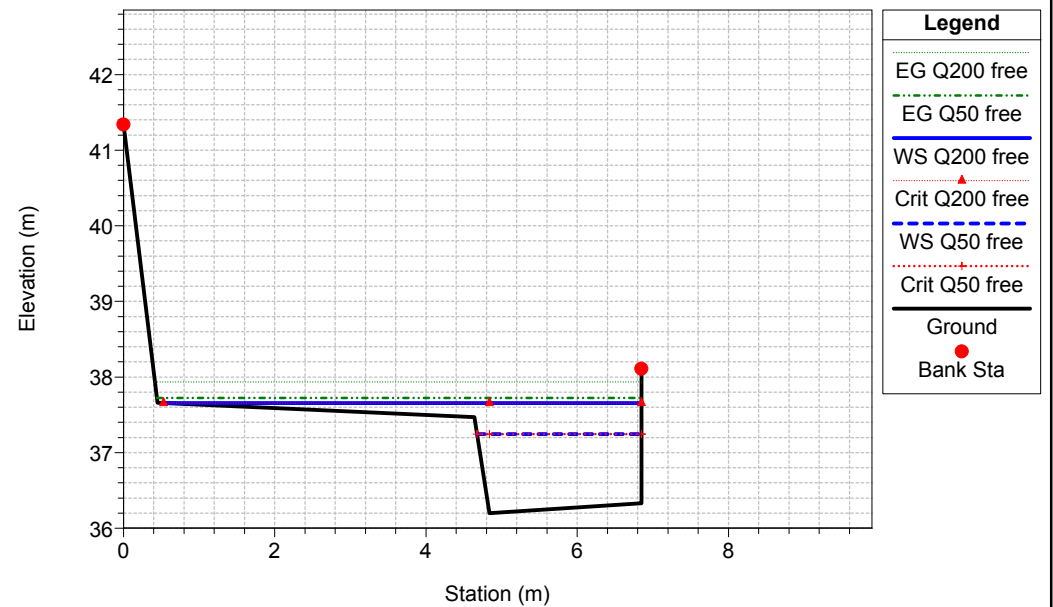
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-progetto-new-con-tubo

River = Bisagnetto Reach = Bisagnetto RS = 11 11



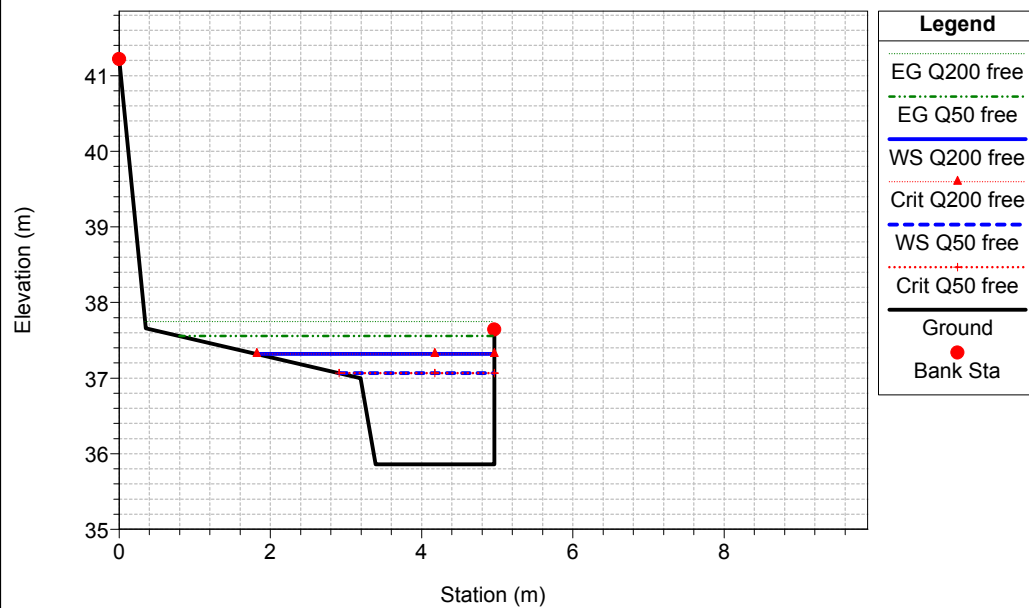
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-progetto-new-con-tubo

River = Bisagnetto Reach = Bisagnetto RS = 10 10



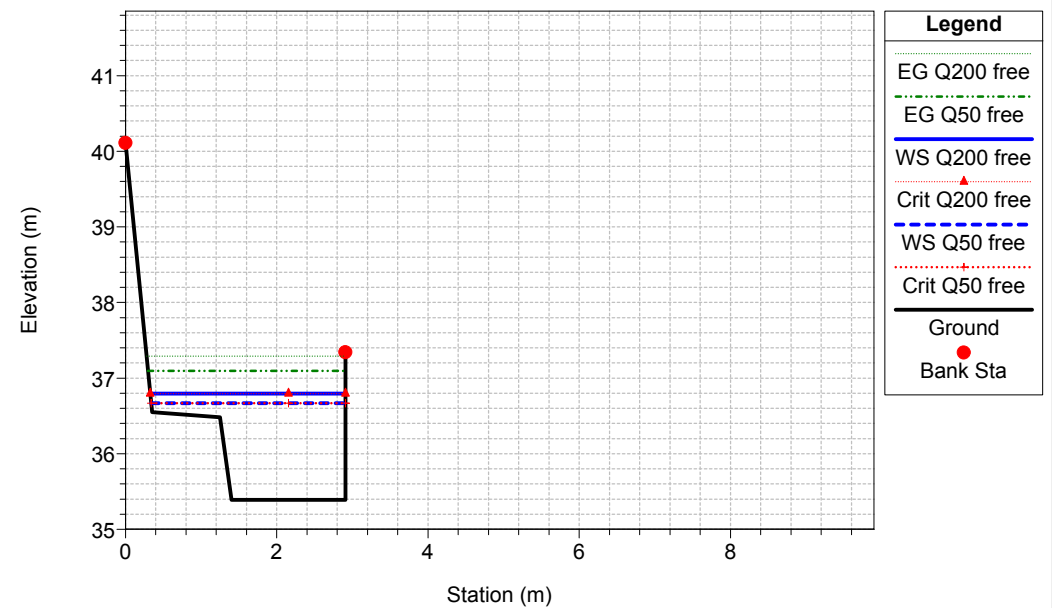
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-progetto-new-con-tubo

River = Bisagnetto Reach = Bisagnetto RS = 9 9



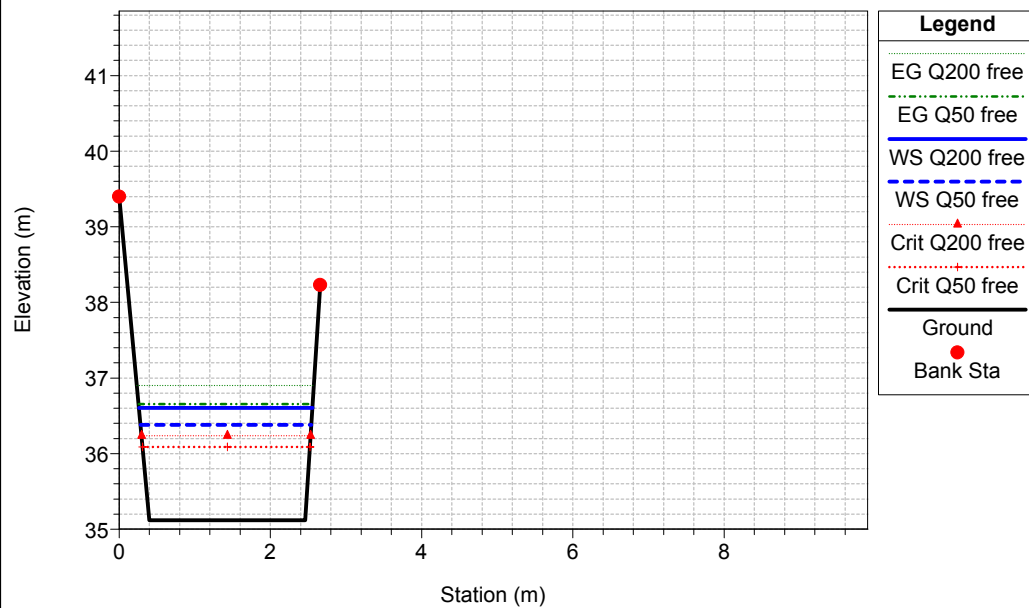
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-progetto-new-con-tubo

River = Bisagnetto Reach = Bisagnetto RS = 8 8



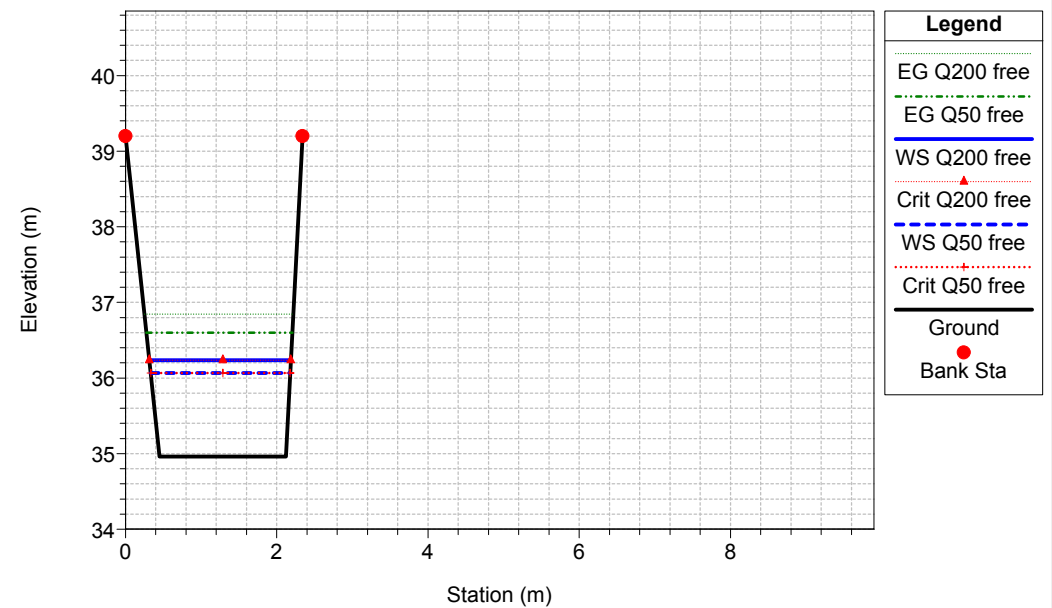
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-progetto-new-con-tubo

River = Bisagnetto Reach = Bisagnetto RS = 7 7



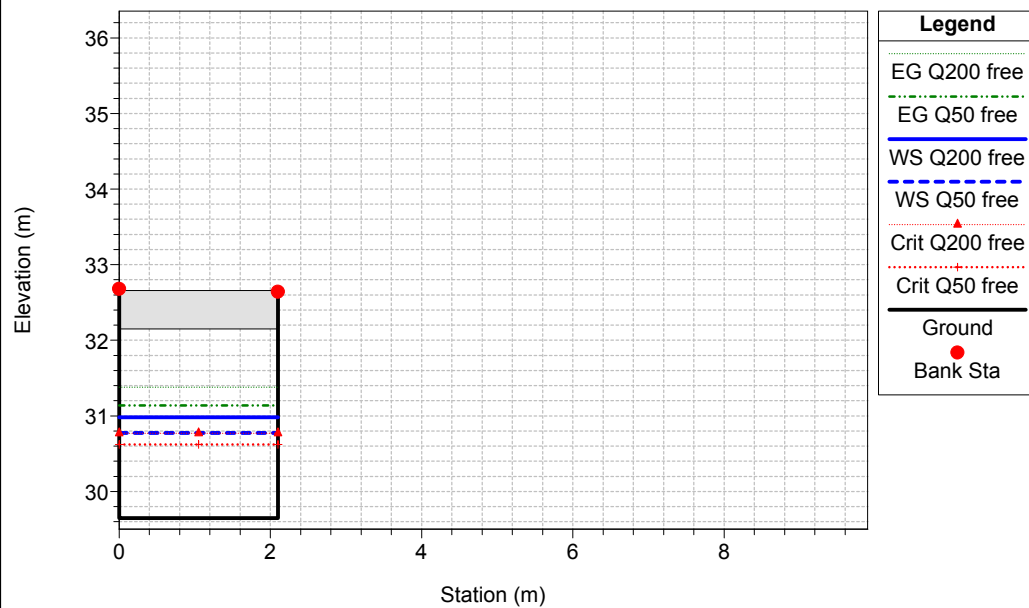
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-progetto-new-con-tubo

River = Bisagnetto Reach = Bisagnetto RS = 6.1 6.1



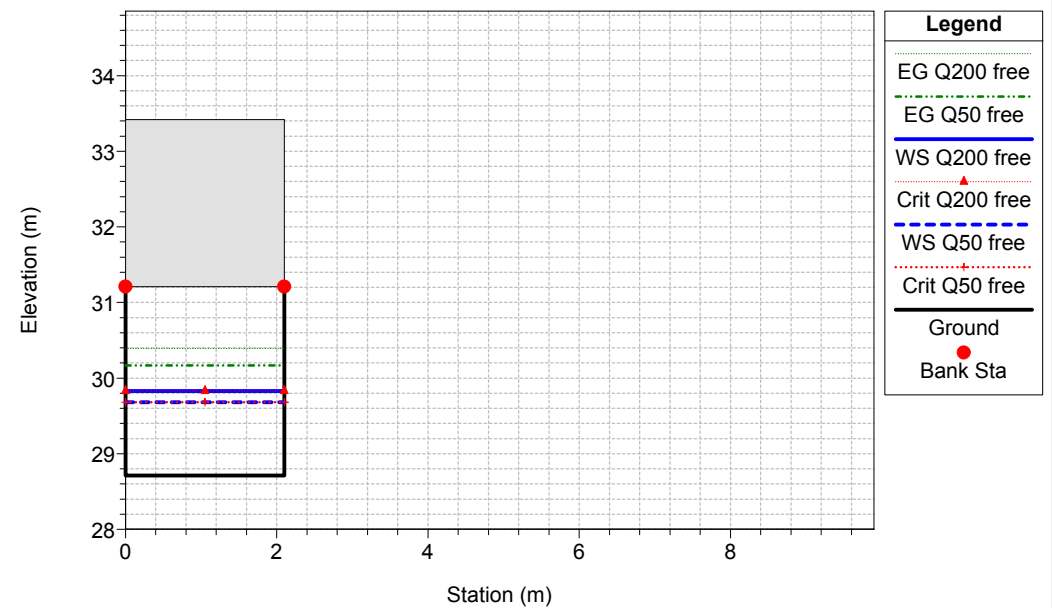
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-progetto-new-con-tubo

River = Bisagnetto Reach = Bisagnetto RS = 4 4



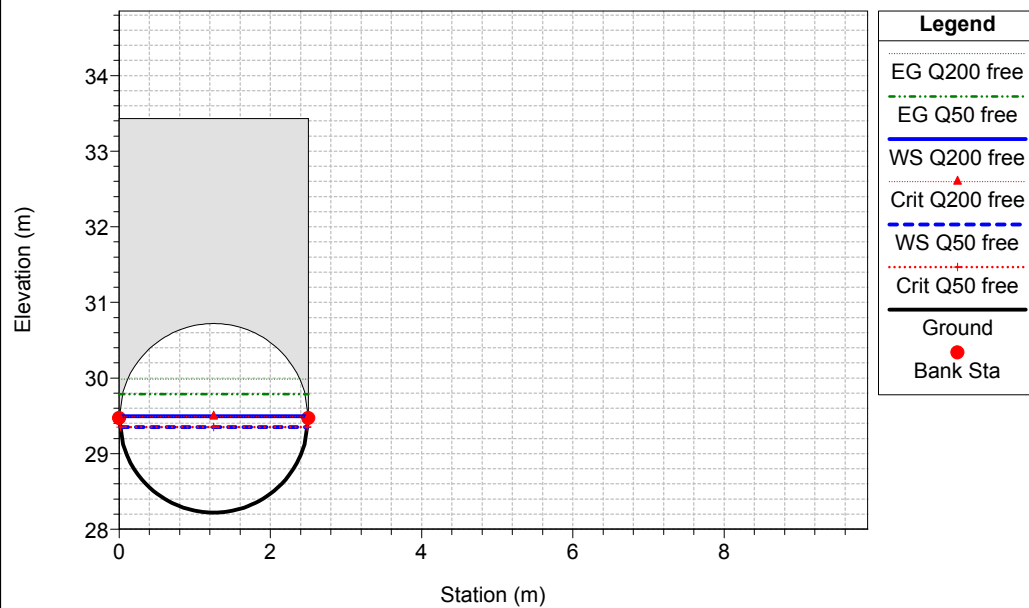
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-progetto-new-con-tubo

River = Bisagnetto Reach = Bisagnetto RS = 3.2



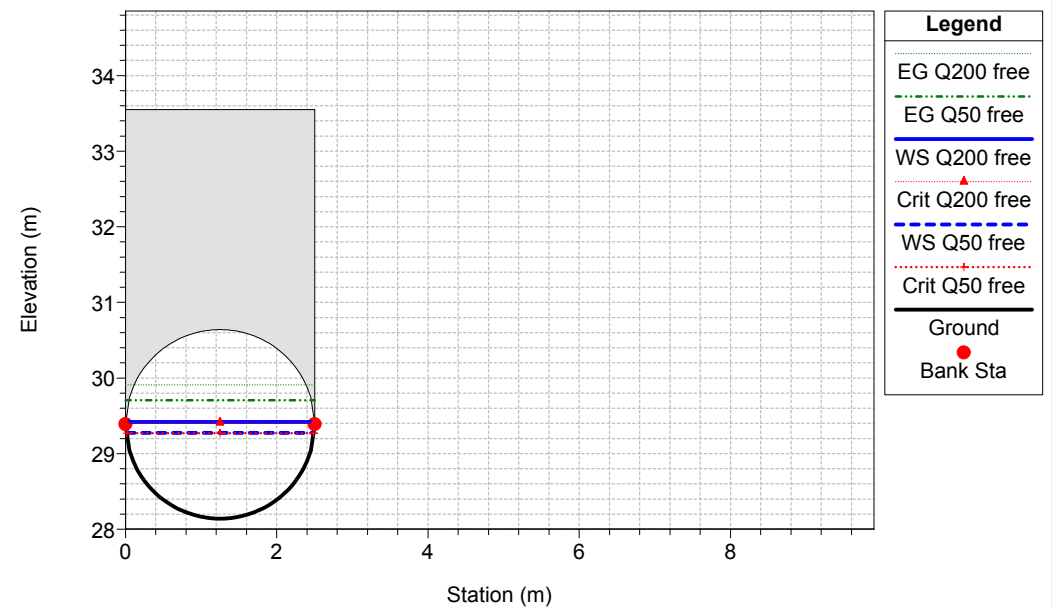
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-progetto-new-con-tubo

River = Bisagnetto Reach = Bisagnetto RS = 3.1



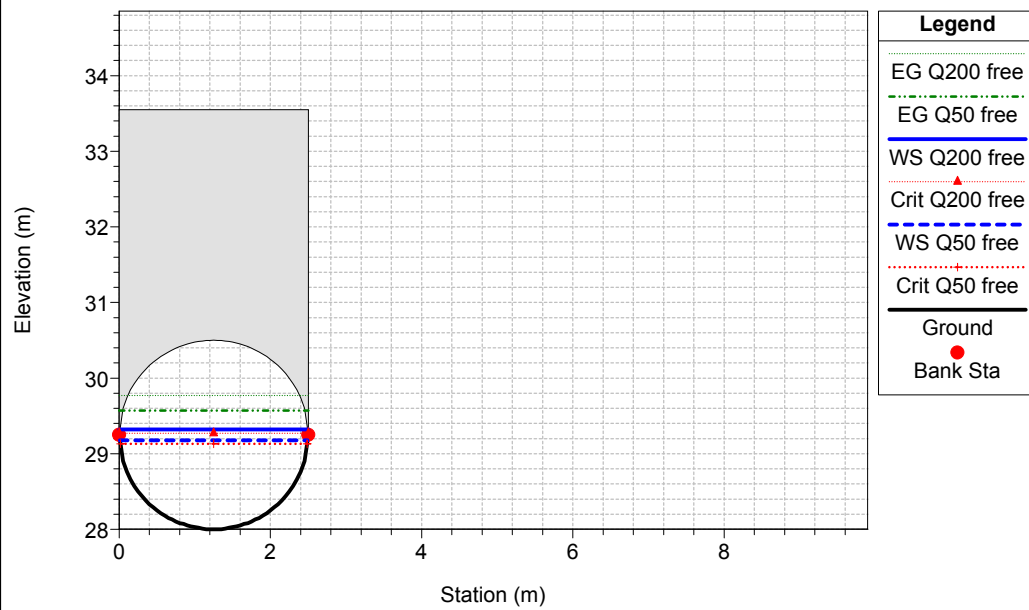
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-progetto-new-con-tubo

River = Bisagnetto Reach = Bisagnetto RS = 3 3



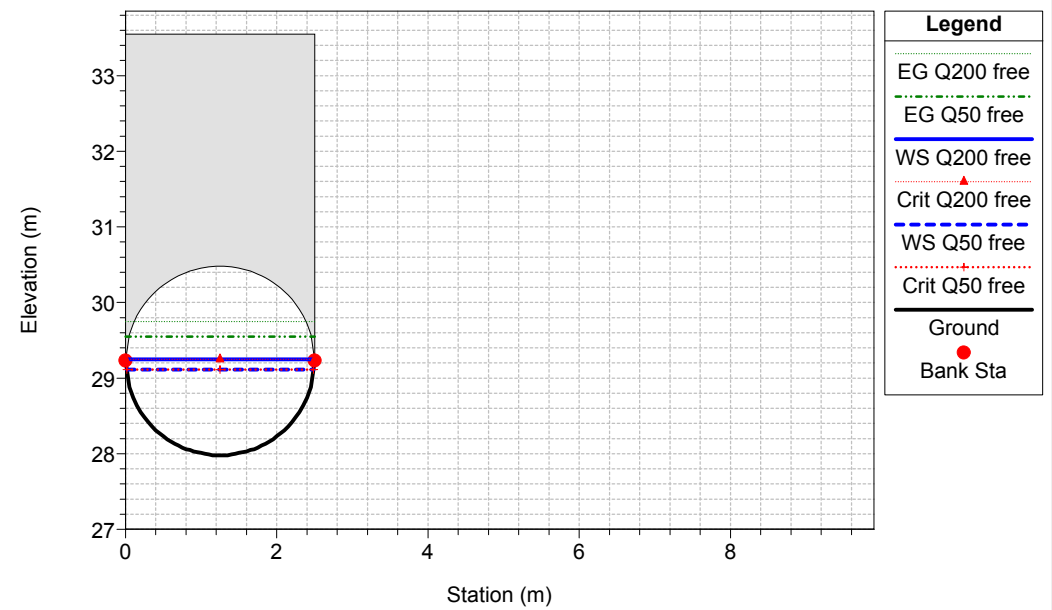
Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-progetto-new-con-tubo

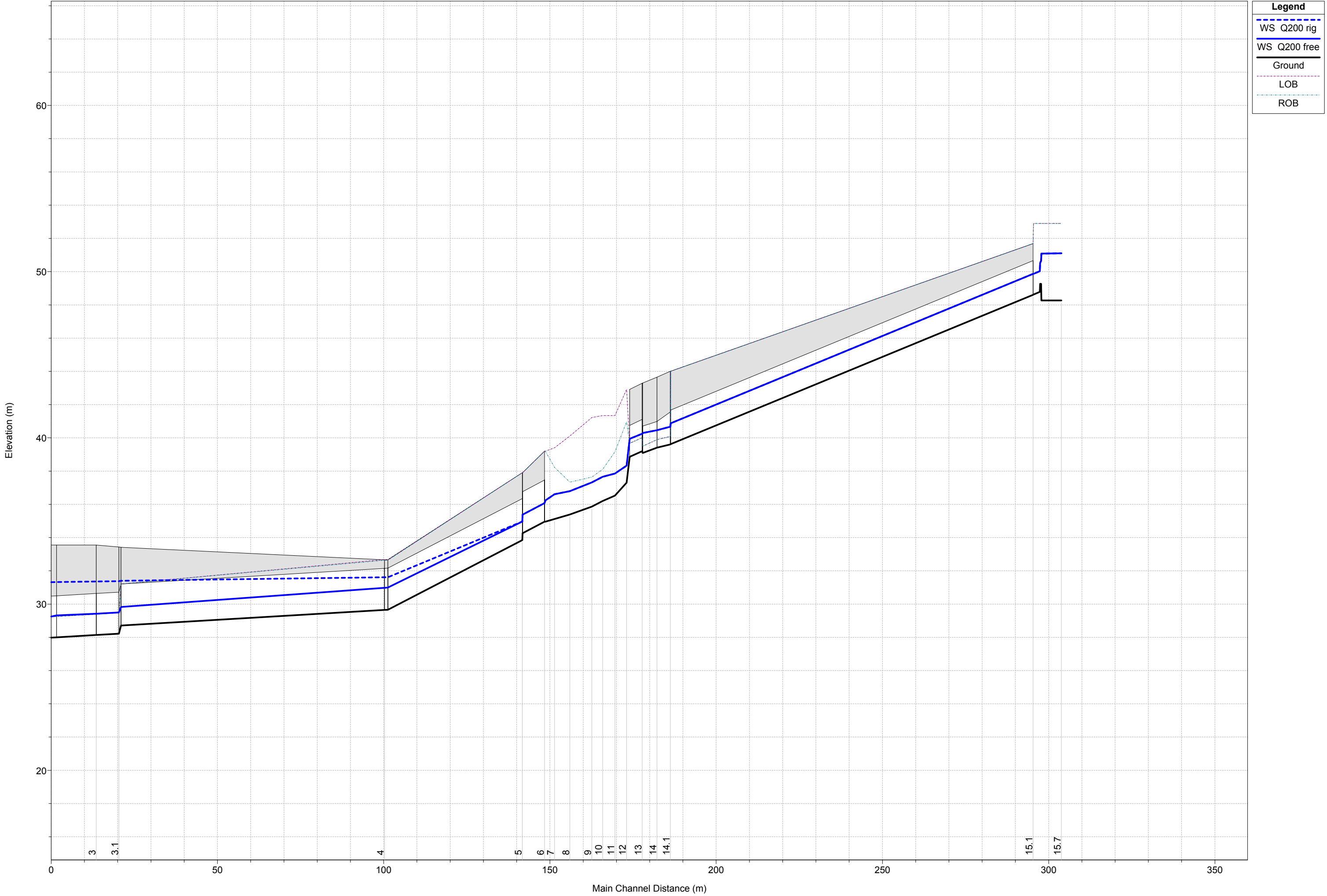
River = Bisagnetto Reach = Bisagnetto RS = 2 2

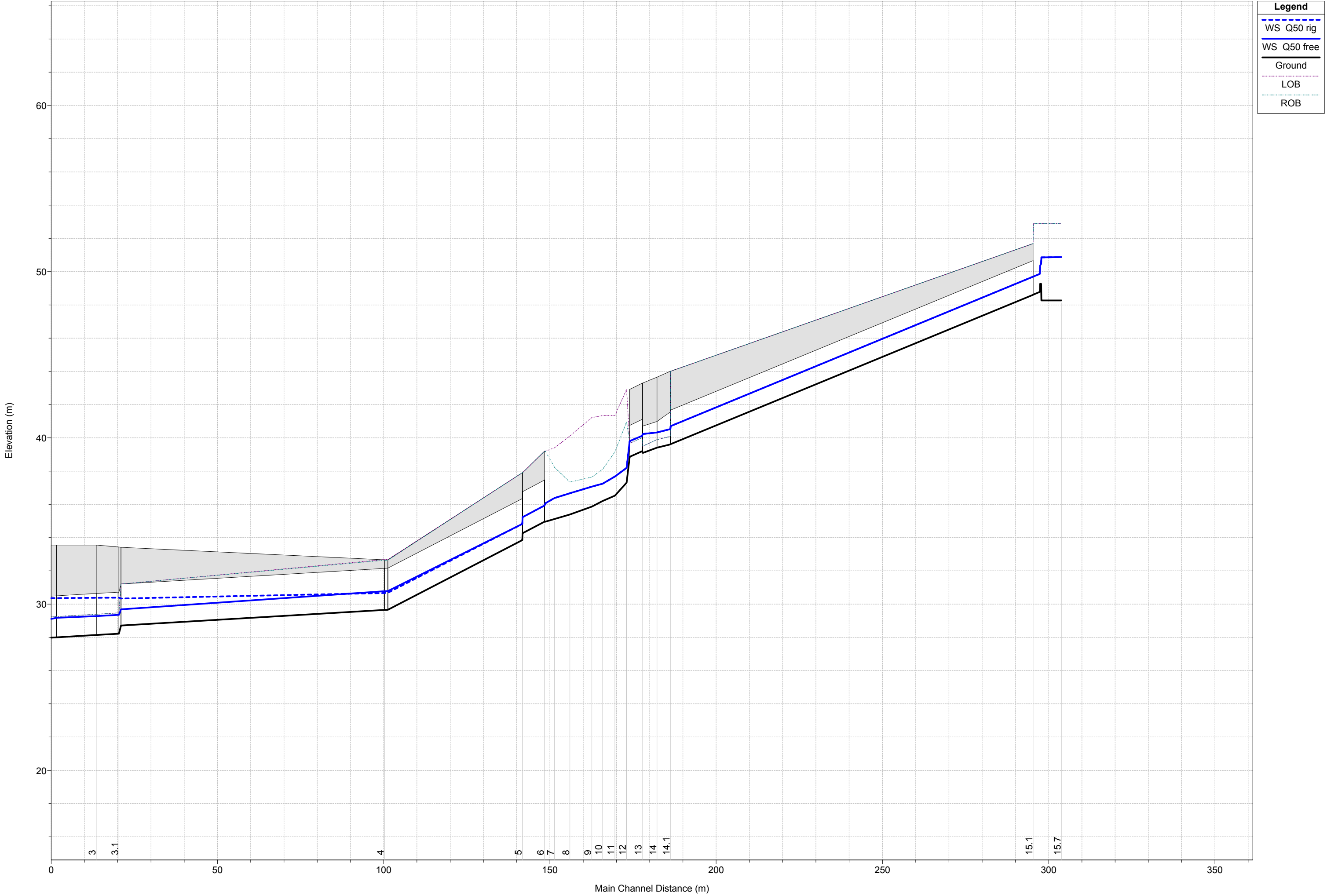


Rio-Torre-maggio-2013 Plan: Torre-progetto-new-con-tubo

River = Bisagnetto Reach = Bisagnetto RS = 1 1







ALLEGATO B
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

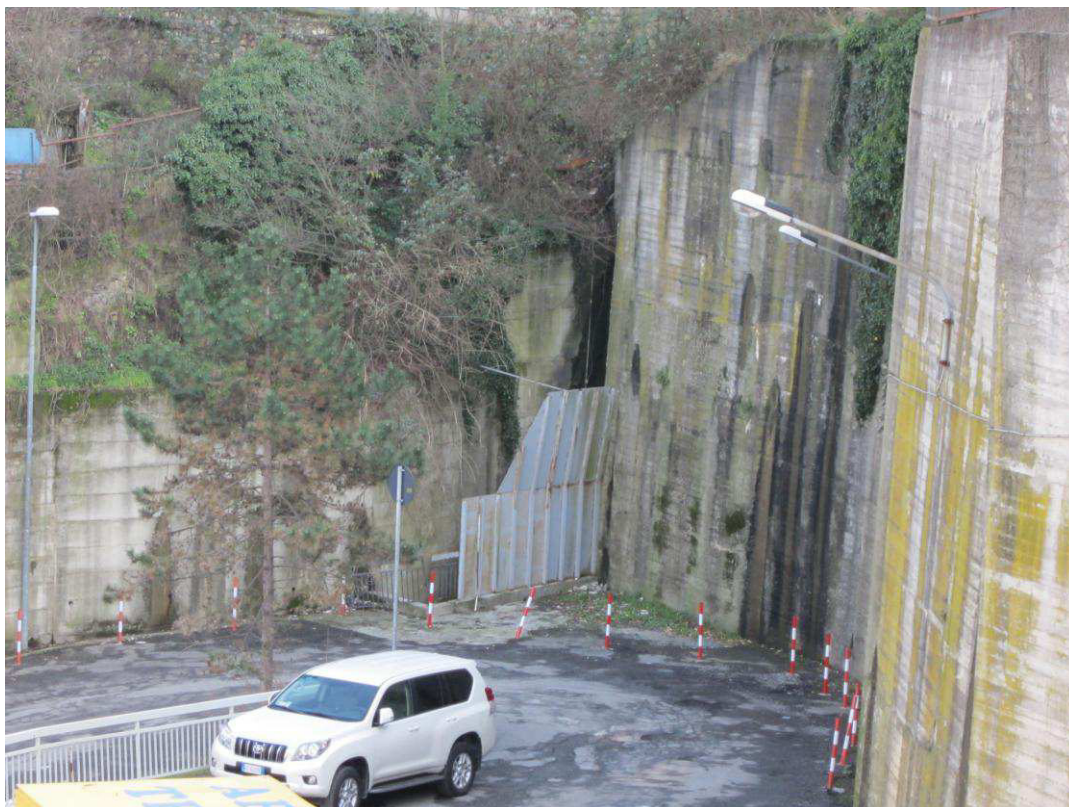


FOTO 1: Rio Torre - zona imbocco tombinatura di monte



FOTO 2: Rio Torre - imbocco tombinatura di monte



FOTO 3: Rio Torre - viabilità soprastante la tombinatura di monte



FOTO 4: Rio Torre - sbocco tombinatura di monte



FOTO 5: Rio Torre - tratto intermedio a cielo aperto con imbocco tombinatura di valle



FOTO 6: Rio Torre - interno tratto tombinato di valle



FOTO 7: Rio Torre - viabilità soprastante la tombinatura di valle



FOTO 8: Rio Torre - viabilità soprastante la tombinatura di valle



FOTO 10: Rio Torre - area depressa sponda sinistra (Piazzale Adriatico)



FOTO 10: Rio Torre - sbocco nel torrente Bisagno