

# REGOLAMENTO URBANISTICO

## Relazione idrologico idraulica



Dicembre 2013

### Gruppo di progetto

Arch. Daniela Anceschi, progettista, coordinatrice

Arch. Adalgisa Rubino, progettista, consulente per le analisi territoriali e per la progettazione paesaggistico-ambientale

Dott.ssa Ilaria Scatarzi, consulente per il processo di informatizzazione e per gli aspetti agronomico-forestali

Dott. Geologo Michele Sani, consulente per le indagini geologiche, geomorfologiche e del rischio sismico

Dott. Ing. Alessia Di Luzzio

Responsabile del procedimento, Arch. Furio Biagioli

Garante dell'informazione, Geom. Antonio Nencetti



COMUNE DI DICOMANO



## INDICE

1PREMESSA.....	4
2FASI DI LAVORO.....	6
3NORMATIVA VIGENTE.....	7
3.1D.P.G.R. 27 Aprile 2007, n. 26/R “Regolamento di Attuazione dell’articolo 62 della Legge Regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche”.....	7
3.2D.P.C.M. 6 Maggio 2005 “Approvazione piano stralcio “Assetto idrogeologico” del Piano di Bacino del Fiume Arno.....	10
4MODELLI DI CALCOLO E SOFTWARE UTILIZZATI PER L'ELABORAZIONE.....	11
4.1Modelli di formazione di piena.....	12
4.2 Modello di regionalizzazione delle portate di piena in Toscana (ALTO)...	14
4.3Il modello per la verifica idraulica in moto permanente (HEC-RAS).....	15
4.3.1Equazioni di base.....	16
4.3.2Coefficienti di scabrezza di Manning.....	18
4.3.3Energia cinetica media.....	19
4.3.4Schematizzazione idraulica dei ponti e canali e criteri di localizzazione delle sezioni trasversali di riferimento.....	20
4.3.5Deflusso a pelo libero (low flow).....	24
4.3.6Deflusso in pressione (high flow).....	27
4.3.7Attribuzione delle condizioni al contorno e delle portate al picco .....	29
4.3.8Regimi di corrente.....	29
4.3.9Condizioni al contorno.....	29
4.3.10 Informazioni sui picchi di portata.....	31
5CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE ED IDROLOGICHE DEI TRATTI FLUVIALI E DEI BACINI SOTTESI.....	32
5.1Torrente San Godenzo (località Carbonile).....	33
5.2Torrente San Godenzo (località Vicolagna).....	35
5.3Torrente Moscia (località Contea).....	36
5.4Fosso di Rimaggio (località Il Bronio).....	37
6VERIFICHE IDRAULICHE.....	39
6.1Acquisizione delle sezioni trasversali nei tratti d’interesse.....	39
6.2Dettagli relativi alla esecuzione del rilievo plano-altimetrico.....	40
6.2.1Torrente San Godenzo (località Carbonile).....	40
6.2.2Torrente San Godenzo (località Vicolagna).....	41
6.2.3Torrente Moscia (località Contea).....	42
6.2.4Fosso di Rimaggio (località Il Bronio).....	45
6.3Modello idrologico-idraulico.....	48

6.4 Risultati della simulazione numerica.....	49
6.5 Elaborazione della carta .....	50
7 LAYOUT HEC-RAS.....	51

## FIGURE

Figura 1 - Ubicazione indicativa delle aree oggetto del presente studio all'interno del Comune di Dicomano. Disegno non in scala su base shapefile GIS, ALTO.....	5
Figura 2 - Schematizzazione generica sezione trasversale. In rosso i punti di separazione tra letto del fiume e golene (break point).....	17
Figura 3 - Sezioni trasversali di schematizzazione di un ponte.....	21
Figura 4 - Sezioni trasversali di schematizzazione di un condotto.....	23
Figura 5 - Indicazione tratti fluviali oggetto di studio per il tratto del Torrente San Godenzo sito in località Carbonile.....	34
Figura 6 - Indicazione tratti fluviali oggetto di studio per il tratto del Torrente San Godenzo sito in località Vicolagna.....	35
Figura 7 - Indicazione tratti fluviali oggetto di studio per il tratto del Torrente Moscia sito in località Contea.....	37
Figura 8 - Indicazione tratti fluviali oggetto di studio per il tratto del Torrente Fosso di Rimaggio sito in località Il Bronio.....	38
Figura 9 - Ubicazione delle sezioni fluviali rilevate per il tratto del Torrente San Godenzo sito in località Carbonile.....	40
Figura 10 - Ponte stradale sul torrente San Godenzo (loc. Carbonile).....	41
Figura 11 - Ubicazione delle sezioni fluviali rilevate per il tratto del Torrente San Godenzo sito in località Vicolagna.....	42
Figura 12 - Ubicazione delle sezioni fluviali rilevate per il tratto del Torrente Moscia sito in località Contea.....	43
Figura 13 - Attraversamento stradale sul Torrente Moscia, località Contea.....	44
Figura 14 - Attraversamento ferroviario sul Torrente Moscia, località Contea..	44
Figura 15 - Guado in calcestruzzo sul Torrente Moscia, località Contea.....	44
Figura 16 - Ubicazione delle sezioni fluviali rilevate per il tratto del Fosso di Rimaggio sito in località Il Bronio.....	45
Figura 17 - Attraversamento stradale sul Fosso di Rimaggio.....	46
Figura 18 - Attraversamento ferroviario sul Fosso di Rimaggio.....	47
Figura 19 - Tratto tombato sul Fosso di Rimaggio.....	47

## TABELLE

Tabella 1 - Valori del coefficiente di scabrezza dei Manning in funzione dello stato dell'alveo e della vegetazione presente.....	19
Tabella 2 - Dati morfometrici ed idrologici del tratto del Torrente San Godenzo sito in località Carbonile.....	34
Tabella 3 - Dati morfometrici ed idrologici del tratto del Torrente San Godenzo sito in località Vicolagna.....	36

Tabella 4 - Dati morfometrici ed idrologici del tratto del Torrente Moscia sito in località Contea.....	37
Tabella 5 - Dati morfometrici ed idrologici del tratto del Torrente Moscia sito in località Contea.....	38
Tabella 6 - Valori di portata assegnati per l'elaborazione delle verifiche idrauliche in condizioni di moto stazionario.....	49

## **1 PREMESSA**

La presente relazione costituisce l'indagine idrologico-idraulica, prevista ai sensi del D.P.G.R. 27 aprile 2007 n. 26/R, redatta ai fini dell'accertamento delle condizioni di rischio idraulico di allagamento o ristagno in alcune aree del territorio del Comune di Dicomano (Provincia di Firenze). Il Comune di Dicomano ha già approvato in via definitiva il Piano Strutturale ma dovendo redigere il Regolamento Urbanistico è stato necessario procedere a svolgere alcuni approfondimenti all'indagine geologico-tecnica ed idraulica già svolta. Infatti la pubblicazione del D.P.G.R. 26/R/2007 impone di fatto detta revisione; quindi per adeguare il Piano Strutturale e redigere una nuova carta di pericolosità idraulica si è proceduto dapprima acquisendo le pericolosità del Piano Stralcio Assetto Idraulico del Piano di Bacino dell'Arno (PAI) laddove le stesse erano state ottenute per mezzo di una precedente modellazione e svolgendo alcune verifiche idrologico idrauliche laddove era necessario (in aree in cui il PAI non è presente in scala di dettaglio).

L'incarico svolto si è concentrato e limitato allo studio di quattro tratti fluviali di corsi d'acqua che attraversano il territorio comunale ed in parte l'abitato di Dicomano. Sono stati esaminati due tratti del Torrente San Godenzo, denominato anche Fosso di Falterona, un tratto del cosiddetto Fosso di Rimaggio ed uno del Torrente Moscia.

Le aree di interesse sono situate in più parti del Comune di Dicomano così come indicato in maniera schematica in figura 1.

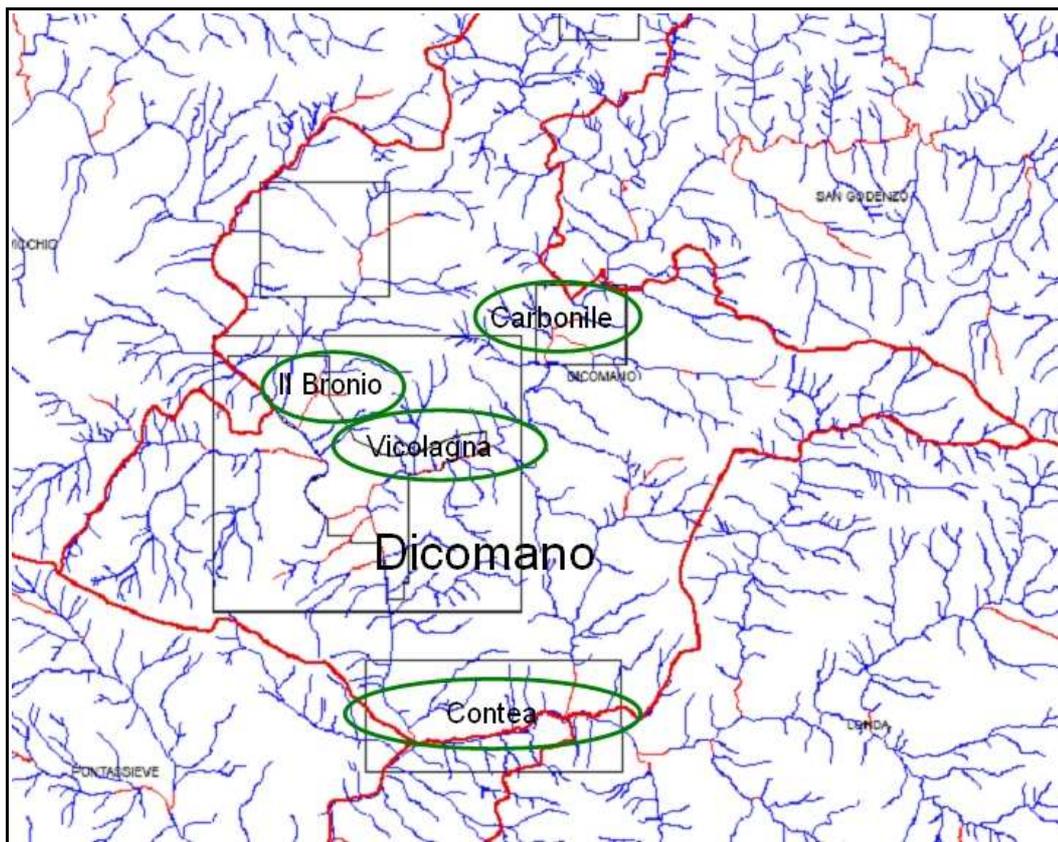


Figura 1 - Ubicazione indicativa delle aree oggetto del presente studio all'interno del Comune di Dicomano. Disegno non in scala su base shapefile GIS, ALTO.

Il Torrente San Godenzo ed il Fosso di Rimaggio sono situati nella porzione centro settentrionale del territorio del Comune di Dicomano, nel primo torrente i due tratti studiati sono rispettivamente posti nelle località '*Vicolagna*' e '*Il Bronio*', mentre per quanto riguarda il Fosso di Rimaggio è stato studiato nel tratto finale del suo corso, prima di immettersi nel Fiume Sieve; il Torrente Moscia, infine, si trova all'estremo sud del Comune di Dicomano.

I torrenti oggetto di studio sono affluenti del Fiume Sieve, tutti siti in sinistra idrografica.

## **2 FASI DI LAVORO**

Il lavoro di supporto e approfondimento, prodromico alla redazione dello studio idrologico – idraulico, si è articolato secondo le seguenti fasi:

- consultazione di alcuni degli elaborati del Piano Strutturale e del P.A.I. relativi al Comune di Dicomano e delle indagini geologico tecniche di supporto allo stesso;
- esecuzione di sopralluoghi nelle aree oggetto di studio nella presente relazione per la verifica e la presa visione delle caratteristiche geologiche e morfologiche dell'area e delle caratteristiche idrauliche e di scabrezza dell'alveo dei corsi d'acqua e delle zone immediatamente circostanti;
- realizzazione di un rilievo topografico di tipo plano-altimetrico con strumentazione GPS Leica 1200 Series e con stazione Totale Zeiss Elta R 55 per l'elaborazione delle sezioni dei corsi d'acqua e dei manufatti presenti in prossimità dei tratti fluviali oggetto del presente studio idrologico-idraulico;
- elaborazione con il Software Topco TM della SierraInformatica di Pordenone del rilievo delle sezioni idrauliche rilevate;
- acquisizione dei dati di pioggia e dei dati relativi alle portate di piena con l'utilizzo del Modello di piena stocastico ALTO (Modello di regionalizzazione delle portate di piena in Toscana);
- studio dell'idraulica dei tratti considerati con il Software Hec-Ras ver 4.0 di valutazione dei profili di pelo libero nell'ipotesi di moto a carattere monodimensionale.

### **3   NORMATIVA VIGENTE**

L'indagine è stata svolta secondo quanto previsto nella normativa vigente in materia inerente la salvaguardia del territorio, il rischio idraulico e l'assetto idrogeologico. In particolare, si è fatto stretto riferimento al "*Regolamento di Attuazione dell'articolo 62 della Legge Regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche*", approvato con Decreto del Presidente della Giunta Regionale 27 aprile 2007, n. 26/R, pubblicato nel B.U.R.T. n. 11 del 07 maggio 2007 ed entrato in vigore in data 22 maggio 2008.

Come indicato in precedenza, l'entrata in vigore del Regolamento suddetto si va ad inserire tra l'approvazione definitiva del Piano strutturale e la stesura del Regolamento Urbanistico, motivo per cui vanno ridefinite e/o elaborate quelle aree in cui non esistono indicazioni sui livelli di pericolosità idraulica.

Di seguito si riportano, nello specifico, i riferimenti normativi tenuti in considerazione per la redazione della presente relazione.

#### **3.1   D.P.G.R. 27 Aprile 2007, n. 26/R “Regolamento di Attuazione dell'articolo 62 della Legge Regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche”**

L'Allegato A del regolamento prevede che per la predisposizione delle varianti ai piani regolatori vigenti si applichino le disposizioni relative alla pericolosità indicate per i piani strutturali e le disposizioni relative alla fattibilità indicate per i regolamenti urbanistici di cui alle medesime direttive.

Le indicazioni di riferimento sono riconducibili agli artt. B.4 e C.2 dei quali di seguito ne vengono riportati gli estratti:

#### ***B.4 Elementi per la valutazione degli aspetti idraulici***

*Vanno considerati gli elementi idrologico-idraulici necessari per caratterizzare la probabilità di esondazione dei corsi d'acqua ricompresi nel reticolo d'interesse della difesa del suolo come definito nei PAI approvati, ovvero come definito nel PIT, nonché le probabilità di allagamento per insufficienza di drenaggio in zone depresse.*

*Tenuto conto degli indirizzi tecnici dettati dagli atti di pianificazione di Bacino, ed in coerenza con quanto dagli stessi previsto, vanno analizzati gli aspetti connessi alla probabilità di allagamento per fenomeni di:*

- Inondazione da corsi d'acqua*
- Insufficienza di drenaggio*

*Con riferimento alle esigenze di sicurezza idraulica e agli obiettivi posti in tal senso, poiché la propensione alla allagabilità comporta diverse condizioni d'uso del territorio sia per le nuove previsioni sia per l'attuazione di quelle esistenti, è necessario definire, almeno per le unità territoriali organiche elementari (UTOE) potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, gli ambiti territoriali interessati da allagamenti in generale riferiti rispettivamente a TR 30 anni,  $30 < Tr < 200$  anni. In presenza di specifiche indicazioni dei PAI o in relazione ad esigenze di protezione civile possono essere definiti ambiti territoriali interessati da  $200 < Tr < 500$  anni.*

*Al di fuori delle unità territoriali organiche elementari (UTOE) potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici idraulici, sono comunque definiti gli ambiti territoriali di fondovalle per i quali ricorrano notizie storiche di inondazione e gli ambiti di fondovalle posti in situazione morfologicamente sfavorevole, di norma a quote altimetriche inferiori a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.*

**C.2 Aree a pericolosità idraulica:**

**Pericolosità idraulica molto elevata (I.4):** aree interessate da allagamenti per eventi con  $Tr < 30$  anni.

*Fuori dalle unità territoriali organiche elementari (UTOE) potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici, rientrano in classe di pericolosità molto elevata le aree di fondovalle non protette da opere idrauliche per le quali ricorrano contestualmente le seguenti condizioni:*

*a) vi sono notizie storiche di inondazioni*

*b) sono morfologicamente in situazione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.*

**Pericolosità idraulica elevata (I.3):** aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra  $30 < Tr < 200$  anni.

*Fuori dalle unità territoriali organiche elementari (UTOE) potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici idraulici, rientrano in classe di pericolosità elevata le aree di fondovalle per le quali ricorra almeno una delle seguenti condizioni:*

*a) vi sono notizie storiche di inondazioni;*

*b) sono morfologicamente in condizione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.*

**Pericolosità idraulica media (I.2):** aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra  $200 < Tr < 500$  anni.

*Fuori dalle unità territoriali organiche elementari (UTOE) potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in*

*assenza di studi idrologici idraulici rientrano in classe di pericolosità media le aree di fondovalle per le quali ricorrono le seguenti condizioni:*

*a) non vi sono notizie storiche di inondazioni;*

*b) sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.*

***Pericolosità idraulica bassa (I.1):*** *aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:*

*a) non vi sono notizie storiche di inondazioni;*

*b) sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.*

### **3.2 D.P.C.M. 6 Maggio 2005 “Approvazione piano stralcio “Assetto idrogeologico” del Piano di Bacino del Fiume Arno**

Il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (in seguito denominato P.A.I.), contenuto nel D.P.C.M. 6 Maggio 2005 “*Approvazione del piano di bacino del fiume Arno, stralcio <<assetto idrogeologico>>*” (pubblicato in Gazzetta Ufficiale n. 230 del 3 ottobre 2005) è entrato in vigore dal 4 ottobre 2005, giorno successivo alla sua pubblicazione in Gazzetta Ufficiale.

Ai sensi dell'art. 8 delle Norme di attuazione (comitato istituzionale dell'11 novembre 2004) del PAI in tali aree “*sono consentiti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio*”.

Il P.A.I. è presente solo nelle aree limitrofe al percorso che compie, all'interno del Comune di Dicomano, il Fiume Sieve.

La definizione delle aree allagabili nelle zone di interesse di questo studio andrà parzialmente a raccordarsi con i livelli di pericolosità idraulica definiti nel PAI.

## **4 MODELLI DI CALCOLO E SOFTWARE UTILIZZATI PER L'ELABORAZIONE**

Per lo studio idrologico di un fiume o di uno suo specifico tratto, è necessario effettuare una serie di passaggi logici di natura idrologico-matematica che portano dalle misure della precipitazione insistenti sul bacino durante un particolare evento fino alla determinazione della portata e successivamente della quota del battente idraulico in una particolare sezione del bacino, dato che permette immediatamente di stimare presenza ed eventualmente entità di problematiche connesse con gli eventi di piena.

La ricostruzione degli idrogrammi di piena e la stima delle portate al colmo con assegnata frequenza o periodo di ritorno (durata media in anni del periodo in cui l'evento viene uguagliato o superato una sola volta), nelle varie sezioni di interesse di un bacino idrografico, costituisce infatti uno strumento fondamentale sia per l'analisi dei fenomeni alluvionali e della dinamica d'alveo, sia, eventualmente, per la progettazione di interventi di sistemazione idraulica o in qualche modo interferenti con la presenza di un fiume.

La trasformazione da pioggia al suolo a portata nella sezione di chiusura avviene secondo una cascata di processi, ciascuno dei quali rappresentato da un opportuno sotto-modello specializzato. L'ingresso principale al modello è costituito da un certo numero di misurazioni di pioggia, di tipo puntuale (registrazioni pluviometriche) e/o di tipo distribuito (radar meteorologico), che devono essere interpolate tramite un modello estimativo per ottenere l'andamento delle precipitazioni lorde al suolo nello spazio e nel tempo in termini di portata per unità di area. La quota parte di tali precipitazioni che forma lo scorrimento superficiale (deflusso efficace), viene stimata con un opportuno modello di trasformazione afflussi-deflussi. Infine il processo di concentrazione dei deflussi superficiali nel reticolo idrografico ed il loro trasferimento fino alla sezione di chiusura è rappresentato tramite un modello di formazione dell'onda di piena.

#### **4.1 Modelli di formazione di piena**

La maggior parte dei modelli proposti per lo studio della trasformazione della pioggia netta in deflusso superficiale ipotizzano che il comportamento del sistema bacino idrografico sia lineare e stazionario (validità del principio di sovrapposizione degli effetti e di invariabilità nel tempo delle caratteristiche idrogeologiche). In questo caso la risposta  $Q(t)$  ad una sollecitazione meteorica di intensità  $p(t)$  variabile nel tempo, ma supposta costante su tutti i punti del bacino (approccio di tipo integrato), è data dall'integrale di convoluzione:

$$Q(t) = \int p(\tau) h(t - \tau) d\tau$$

dove  $p(t) = i(t) \cdot A$  è la portata di afflusso meteorico al generico tempo  $t$ , e la funzione  $h(t)$ , che prende il nome di idrogramma istantaneo unitario (IUH), rappresenta la risposta del bacino ad un afflusso meteorico netto di carattere impulsivo (immissione che ha la forma limite assunta da un'onda rettangolare di altezza  $A$  e base  $\Delta t$  t.c.  $A \times \Delta t = 1$  per  $A \rightarrow \infty$  e  $\Delta t \rightarrow 0$ ). La caratterizzazione di un modello di formazione della piena basato su tale principio consiste quindi essenzialmente nella determinazione della forma della funzione  $h(t)$ , che può essere stimata fissandone la struttura sulla base di considerazioni teoriche, e stimandone i parametri o per taratura, utilizzando dati sperimentali contemporanei di afflussi sul bacino e deflussi nella sezione di chiusura, o sulla base delle caratteristiche geomorfologiche del bacino.

Uno dei più diffusi modelli concettuali utilizzati per determinare la forma della funzione  $h(t)$  è quello basato sull'ipotesi che il bacino idrografico si comporti come un insieme di  $n$  serbatoi lineari disposti in serie. Considerando inizialmente il caso di un singolo serbatoio, la legge di svuotamento di un serbatoio lineare stabilisce che il volume invasato  $V(t)$  e la portata in uscita dal serbatoio  $Q(t)$  siano proporzionali:

$$Q(t) = 1/k V(t)$$

dove  $k [h]$  è la costante del serbatoio. Se  $p(t)$  è una generica portata in ingresso al serbatoio al tempo  $t$ , la legge del bilancio di massa può essere scritta come:

$$p(t) - Q(t) = dV(t) / dt$$

e sostituendo la prima equazione nella seconda si ottiene l'equazione dell'invaso lineare:

$$k * dQ(t) / dt + Q(t) = p(t)$$

Moltiplicando entrambi i membri per  $e^{t/k}$  ed integrando, con l'ipotesi che il serbatoio sia inizialmente vuoto ( $Q(0) = 0$ ), si ottiene:

$$Q(t) = \int_0^t \left[ \frac{e^{-\frac{(t-\tau)}{k}}}{k} \right] p(\tau) d\tau$$

quindi per uguaglianza l'espressione dell'idrogramma istantaneo unitario diviene:

$$h(t) = 1/k e^{-t/k}$$

Avendo supposto che il bacino si comporti come una serie di  $n$  serbatoi, ciascuno con uguale tempo caratteristico  $k$ , occorre ripetere tale procedura fino al serbatoio  $n$ -esimo, la cui portata in uscita rappresenterà l'idrogramma istantaneo unitario del bacino alla sua chiusura, nota come *Idrogramma Istantaneo Unitario di Nash* (1959):

$$h(t) = 1/k * (t/k)^{n-1} e^{-t/k} / \Gamma(n)$$

dove la funzione  $\Gamma(n) = (n-1)!$ .

La determinazione dei parametri  $n$  e  $k$  del modello di Nash richiede, come in qualsiasi altro modello basato su l'IUH, la disponibilità di registrazioni di piogge e portate per un certo numero di eventi di piena sul bacino in esame, tramite i quali calibrare i parametri stessi.

In alternativa risulta possibile determinare la forma ed i parametri  $n$  e  $k$  tramite lo studio dettagliato della geomorfologia e dell'idrografia del bacino. A tale scopo sono stati sviluppati una serie di modelli dell'IUH, a cui viene dato il nome di *Idrogramma Istantaneo Unitario Geomorfologico* (GIUH), che fanno esplicito riferimento alla struttura topologica del reticolo idrografico ed alla suddivisione in versanti del bacino in esame (Castelli, 1998). In particolare, la formulazione di tali modelli richiede che il reticolo venga identificato ed ordinato secondo Horton-Strahler, fornendo le seguenti espressioni per il parametro di forma  $n$  ed il parametro di scala  $k$  dell'GIUH:

$$n = 3.29 (R_b/R_A)^{0.78} R_L^{0.07}$$

$$k = 0.70 (R_A/R_b R_L)^{0.78} L_\Omega/v$$

dove

- $R_A$ ,  $R_L$ ,  $R_b$  rappresentano rispettivamente il rapporto hortoniano delle aree, delle lunghezze e di biforcazione;
- $L_\Omega$  la lunghezza dell'asta fluviale avente ordine massimo;
- $v$  un parametro cinematico esprime la velocità media di propagazione dei deflussi nella rete idrografica.

## **4.2 Modello di regionalizzazione delle portate di piena in Toscana (ALTO)**

La valutazione delle distribuzioni di probabilità degli eventi di piena (portate al colmo e idrogrammi corrispondenti) è stata condotta utilizzando il modello di piena stocastico deterministico, di seguito indicato con l'acronimo ALTO (Alluvioni in TOscana), risultato di ricerche condotte in collaborazione tra Regione Toscana e l'Università di Firenze. La regionalizzazione delle portate di piena ha prodotto uno strumento molto potente che permette la determinazione delle portate al colmo e del corrispondente tempo di ritorno, per una generica sezione del reticolo idrografico naturale toscano. La stima è condotta attraverso l'uso della modellazione afflussi-deflussi basata, come indicato, sull'idrogramma istantaneo unitario di tipo geomorfologico (GIUH). La

modellazione si basa sull'analisi statistica delle caratteristiche pluviometriche locali e sulla stima dell'intercettazione iniziale e delle perdite per infiltrazione. Infine, determinando la durata di pioggia che massimizza, per una assegnato tempo di ritorno, la portata al colmo, sono anche individuabili gli idrogrammi di piena per ogni sezione di verifica.

Tramite opportune procedure implementate nel denominato *Sistema Informativo Bacini Toscani*, possono dunque, tramite questo modello, essere effettuate le seguenti operazioni:

- calcolo delle caratteristiche geomorfologiche e territoriali del bacino considerato;
- calcolo dei parametri della trasformazione afflussi-deflussi;
- valutazione dell'input di precipitazione sul bacino;
- calcolo dell'idrogramma di piena per vari tempi di ritorno.

Con il modello ALTO sono stati elaborati i valori della portate di piena necessari per l'inserimento dei dati nel Software Hec-Ras, implementato per la restituzione dei differenti profili idrografici per determinati tempi di ritorno. Nello specifico, i tempi di ritorno sono stati definiti in base ai dettami del D.P.G.R. 26/R per la definizione dei livelli di pericolosità idraulica, è stato dunque necessario implementare il modello calcolando i parametri idrologici per tutti i tratti analizzati e le portate al colmo di piena per i tempi di ritorno 20, 30, 200 e 500 anni.

#### **4.3 Il modello per la verifica idraulica in moto permanente (HEC-RAS)**

Per l'elaborazione delle verifiche idrauliche è stato invece scelto il Software HEC-RAS, versione 4.0 del maggio 2008, sviluppato ed implementato dal U.S. Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center. Il software è impiegato per la modellazione del profilo delle correnti a pelo libero.

Di seguito vengono brevemente elencati le ipotesi di calcolo, le equazioni di base, i criteri di suddivisione delle sezioni per il calcolo della distribuzione delle portate e delle velocità, le formule adottate per il calcolo delle perdite di carico e la metodologia iterativa di risoluzione del problema. Quindi si discute il metodo di calcolo del profilo in corrispondenza dei ponti ed infine vengono descritte le modalità di attribuzione delle condizioni al contorno e delle portate al picco nelle varie aste fluviali.

#### *4.3.1 Equazioni di base*

Il profilo del pelo libero è calcolato da una sezione trasversale alla successiva, risolvendo l'equazione del bilancio energetico con un processo iterativo chiamato *Standard Step Method* che tiene conto della profondità dell'acqua nelle sezioni, della quota del fondo alveo, della velocità media dell'acqua e della perdita di carico totale. Tale perdita di carico totale è calcolata tra due sezioni trasversali successive e tiene conto delle perdite per attrito e di quelle per contrazione o espansione del flusso.

La determinazione del deflusso complessivo e del coefficiente di velocità per una data sezione trasversale richiede che il flusso sia suddiviso in ambiti nei quali la velocità sia uniformemente distribuita. Il metodo in tal senso utilizzato dal software HEC-RAS consiste nel suddividere il flusso complessivo in contributi dovuti al flusso all'interno rispettivamente dell'alveo principale e delle golene, utilizzando come base per la suddivisione i punti che definiscono le variazioni del valore delle scabrezze (*n-value break point* indicati in rosso in figura 3) all'interno della sezione trasversale. La capacità di deflusso di ciascun ambito è calcolata con l'equazione di Manning tenendo conto della capacità di deflusso, della scabrezza di alveo e golene e della sezione liquida di ciascun ambito considerato. L'equazione ha la forma seguente:

$$Q = k S_f^{1/2}$$

dove  $S_f$  è la pendenza d'attrito media e genericamente mediata, come le altre grandezze, tra due sezioni.

$$k = A R^{2/3} / n$$

dove:

$K$  = capacità di deflusso di un ambito omogeneo;

$n$  = coefficiente di scabrezza di Manning di un ambito omogeneo;

$A$  = sezione liquida di un ambito omogeneo;

$R$  = raggio idraulico (area / perimetro bagnato) di un ambito omogeneo.

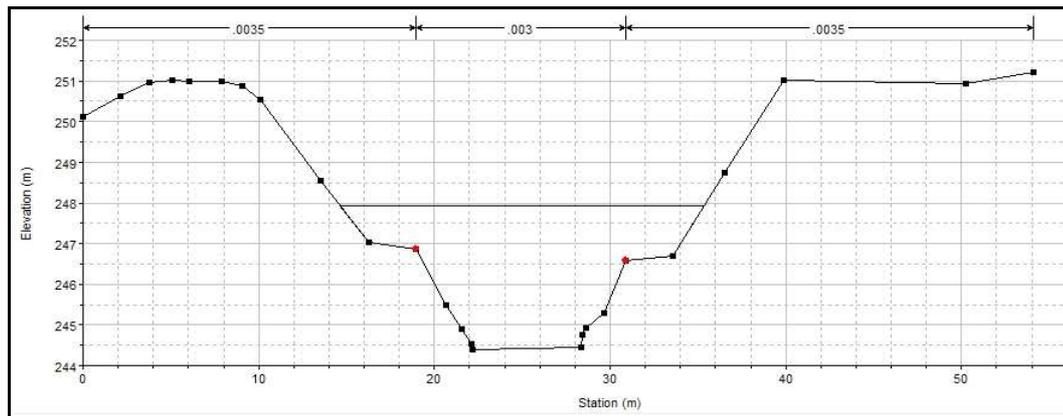


Figura 2 - Schematizzazione generica sezione trasversale. In rosso i punti di separazione tra letto del fiume e golene (*break point*).

Il programma, per *default*, somma tutti i contributi al deflusso dei vari ambiti omogenei esterni al letto per ottenere la capacità di deflusso delle golene sinistra e destra, mentre la capacità di deflusso dell'alveo principale è normalmente calcolata con riferimento ad un singolo ambito. In questo caso il deflusso totale della sezione trasversale è ottenuto come somma delle tre capacità di deflusso (sinistra, alveo e destra).

Il programma infine permette di inserire la presenza degli argini (*levees*) dell'alveo in qualsiasi punto della sezione; in questo modo si definisce che il flusso dell'acqua non può andare ad occupare la parte dell'alveo oltre l'argine fintantoché il suo livello si mantiene inferiore alla quota massima dell'argine stesso.

### *4.3.2 Coefficienti di scabrezza di Manning*

La scelta del coefficiente di scabrezza più appropriato è particolarmente significativa per la affidabilità del calcolo del profilo liquido. Il valore della scabrezza è fortemente variabile e dipende da vari fattori tra cui:

- la ruvidità delle superfici;
- la presenza di vegetazione;
- l'irregolarità dell'alveo;
- la presenza di zone di erosione e deposito;
- la presenza di ostruzioni ed ostacoli;
- le dimensioni e la forma dell'alveo;
- le variazioni stagionali e della temperatura;
- il materiale in sospensione e quello mobile al fondo.

In generale, i coefficienti di scabrezza dovrebbero essere calibrati ogni volta che sono disponibili informazioni su un profilo liquido osservato. Se non esistono dati misurati, per scegliere il coefficiente di scabrezza occorre riferirsi a valori stimati in corsi d'acqua con caratteristiche simili o a valori ottenuti da prove di laboratorio.

Per l'elaborazione in oggetto, ci è riferiti ai valori del coefficiente di Manning  $n$  riferiti a corsi d'acqua naturali disponibile nel Manuale di Chow (1959). Chow presenta numerose tipologie di canali e fotografie di corsi d'acqua nei quali è stato calibrato il coefficiente  $n$ .

Al di là di questo Manuale, il riferimento per le tipologie più comuni di alveo naturale si trova sintetizzato nella tabella seguente.

Descrizione del tipo di alveo naturale	Coefficiente di Manning		
	<i>Minimo</i>	<i>Normale</i>	<i>Massimo</i>
<b><i>Canale principale</i></b>			
Alveo pulito, rettilineo e senza forme di fondo	0.025	0.030	0.033
Come sopra, con ciottoli ed erbacce	0.030	0.035	0.040
Alveo pulito, sinuoso, con forme di fondo longitudinali	0.033	0.040	0.045
Come sopra con ciottoli ed erbacce	0.035	0.045	0.050
Come sopra, con forme di fondo più pronunciate	0.040	0.048	0.055
Come sopra ma con più ciottoli al fondo	0.045	0.050	0.060
Alveo stagnante, con zone profonde ed erbacce	0.050	0.070	0.080
Alveo pieno di erbacce, zone profonde e canali ostruiti da cespugli e legname	0.070	0.100	0.150
<b><i>Golene e piani di scorrimento</i></b>	<b><i>Minimo</i></b>	<b><i>Normale</i></b>	<b><i>Massimo</i></b>
Pascoli privi di cespugli con erba bassa	0.025	0.030	0.035
Pascoli privi di cespugli con erba alta	0.030	0.035	0.050
Terreni coltivati senza coltivazioni	0.020	0.030	0.040
Terreni coltivati con coltivazioni a filari	0.025	0.035	0.045
Terreni coltivati con coltivazioni distribuite	0.030	0.040	0.050
Cespugli sporadici, con molte erbacce	0.035	0.050	0.070
Pochi cespugli e arbusti, in inverno	0.035	0.050	0.060
Pochi cespugli e arbusti, in estate	0.040	0.060	0.080
Molti cespugli e arbusti, in inverno	0.045	0.070	0.110
Molti cespugli e arbusti, in estate	0.070	0.100	0.160
Pianori puliti con ceppi d'albero	0.030	0.040	0.050
Come sopra, con numerosi alberelli	0.050	0.060	0.080
Numerosi tronchi d'albero, flusso al di sotto dei rami	0.080	0.100	0.120
Come sopra ma con flusso attraverso i rami	0.100	0.120	0.160
Salici folti in estate	0.110	0.150	0.200

Tabella 1 - Valori del coefficiente di scabrezza dei Manning in funzione dello stato dell'alveo e della vegetazione presente.

#### 4.3.3 Energia cinetica media

Essendo HEC-RAS un software sviluppato per la valutazione dei profili del pelo libero nell'ipotesi di moto a carattere monodimensionale, per ciascuna sezione trasversale esso determina un solo livello orizzontale del pelo libero e

dunque una sola energia media. Per una data quota del pelo libero dunque, l'energia cinetica media è determinata attraverso una media pesata delle energie cinetiche calcolate sulle tre componenti di deflusso presenti nella golena sinistra, nell'alveo principale e nella golena destra.

#### *4.3.4 Schematizzazione idraulica dei ponti e canali e criteri di localizzazione delle sezioni trasversali di riferimento*

La presenza di un ponte su di un tratto fluviale crea alterazioni anche sostanziali al normale di regime di flusso.

Il programma calcola le perdite di carico in prossimità dei ponti considerando tre componenti:

- la prima concerne le perdite di carico immediatamente a valle della struttura per effetto dell'allargamento della sezione che comporta un'espansione del deflusso;
- la seconda tiene conto delle perdite di carico che si realizzano per effetto della struttura stessa. In relazione alla geometria del ponte e alle condizioni di moto della corrente che lo interessa, nel package esistono varie possibili schematizzazioni della struttura che consentono di simulare gli effetti dovuti alle pile, alle spalle ed all'impalcato;
- la terza concerne le perdite di carico nel tratto immediatamente a monte del ponte per effetto del restringimento di sezione che comporta una contrazione del deflusso.

Le procedure di calcolo dei ponti utilizzano quattro sezioni trasversali per calcolare le perdite di energia dovute alla presenza della struttura. Nello sviluppo dei calcoli, inoltre, il programma automaticamente genera due ulteriori sezioni in corrispondenza della struttura del ponte.

Per semplicità indicheremo progressivamente le quattro sezioni con i numeri 1, 2, 3, 4.

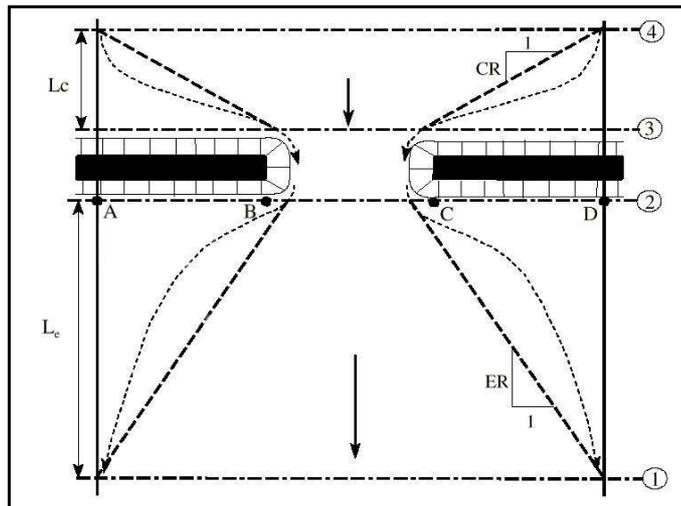


Figura 3 - Sezioni trasversali di schematizzazione di un ponte.

Il ponte è posto tra le sezioni 2 e 3:

- *Sezione 1.* La sezione 1 è posta sufficientemente a valle rispetto alla struttura, laddove la corrente non risente della presenza della struttura. Tale distanza (lunghezza di espansione,  $L_e$ ) dipenderà in generale da numerosi fattori, quali l'entità e la forma del restringimento, l'importanza della portata, e la velocità della corrente.

- *Sezione 2.* La sezione 2 è posta a breve distanza a valle dell'impalcato del ponte, ad esempio in corrispondenza del piede di valle del rilevato stradale. Questa sezione trasversale deve rappresentare l'area di corrente effettiva appena superata la struttura del ponte.

- *Sezione 3.* La sezione 3 è posta a breve distanza a monte dell'impalcato del ponte, ad esempio in corrispondenza del piede di monte del rilevato stradale. Questa sezione trasversale deve rappresentare l'area di corrente effettiva appena prima del ponte. Le due sezioni 2 e 3 devono avere delle zone escluse dal moto (*ineffective flow areas*), da entrambi i lati dall'apertura del ponte, per simulare correttamente profili di correnti sia a pelo libero che in pressione.

- *Sezione 4.* La 4 è la sezione di monte dove le linee della corrente sono con buona approssimazione parallele e la sezione è tutta interessata

dal moto. In genere, la contrazione dei filetti fluidi della corrente avviene in uno spazio più breve rispetto alla espansione della corrente a valle. La distanza tra le sezioni 3 e 4 (lunghezza di contrazione,  $L_c$ ) dovrebbe essere determinata da rilievi sul campo durante eventi di piena. In generale, la lunghezza di contrazione dipenderà da numerosi fattori, quali l'entità e la forma del restringimento, l'importanza della portata, e la velocità della corrente.

Durante i calcoli idraulici, il programma automaticamente genera due sezioni addizionali in corrispondenza dell'impalcato del ponte. La geometria in corrispondenza del ponte è la combinazione delle sezioni trasversali 2 e 3 e della geometria del ponte. La geometria del ponte è composta da un impalcato, dalle spalle ove necessario, ed eventualmente da una o più pile.

Esiste, nel *package* del software relativo ai ponti, anche la possibilità di modellare passaggi del flusso attraverso canali o tubazioni, intesi come attraversamenti chiusi che connettono due tratti con flusso a pelo libero o interi corpi d'acqua. Una condotta è costituita da un *ingresso*, punto in cui l'acqua fluisce al suo interno, la *condotta* (o canale) propriamente detta, ovvero la porzione chiusa ed un'*uscita*, punto in cui l'acqua fuoriesce dalla condotta. La capacità di flusso all'interno della condotta dipende dalle caratteristiche di questi tre componenti fondamentali.

Anche per la modellazione dei canali sono necessarie quattro sezioni di riferimento che sono ubicate con lo criterio appena descritto per i ponti (cfr. figura 4).

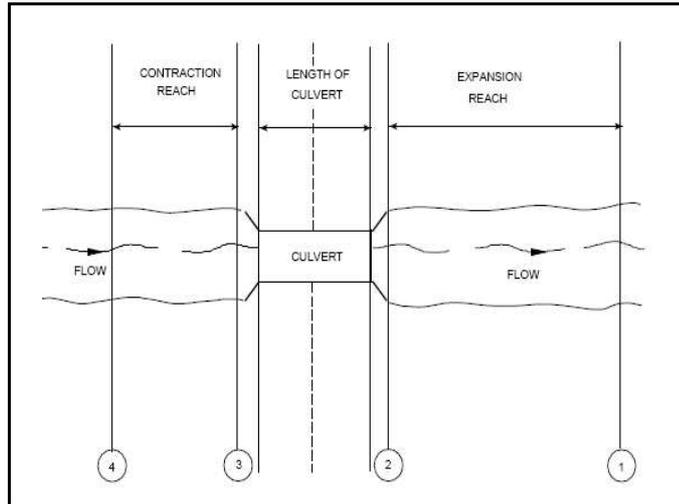


Figura 4 - Sezioni trasversali di schematizzazione di un condotto.

- *Sezione 1.* Sezione situata sufficientemente a valle del condotto in modo che il flusso sia del tutto ristabilito e che non risenta più della restrizione di sezione dovuta alla presenza del condotto stesso.

- *Sezione 2.* Sezione posta subito a valle dell'uscita del condotto, alla distanza necessaria perché avvenga il brusco passaggio del flusso dal canale all'alveo naturale. La sezione, pur non rappresentando in nessun modo la forma del condotto, deve rappresentare l'area di corrente effettiva appena superata la struttura (con l'utilizzo delle *ineffective flow areas*).

- *Sezione 3.* Sezione posta subito a monte dell'imbocco del condotto, essa rappresenta la configurazione della corrente a breve distanza dal restringimento dovuto alla struttura. La distanza di tale sezione dal condotto deve essere sufficiente da non risentire ancora del brusco restringimento di flusso.

Le due sezioni 2 e 3 devono essere opportunamente modellate rappresentando le zone escluse dal moto (*ineffective flow areas*), da entrambi i lati dall'apertura del condotto, questo per simulare correttamente il comportamento del flusso subito a monte ed a valle della struttura. In generale le aree attive sono più ampie dell'area o della somma delle aree delle sezioni dei canali che costituiscono il passaggio all'interno della

struttura, questo perché la corrente molto rapidamente si contrae entrando e successivamente si riespande uscendo dal condotto.

– Sezione 4. Sezione finale situata in un punto dell'asta, a monte del condotto, in cui la corrente non ha ancora iniziato la contrazione che comincia a monte dell'imbocco e termina subito a ridosso quando l'acqua fluisce all'interno del condotto.

I criteri di risoluzione e l'analisi del flusso nel passaggio all'interno di un condotto sono piuttosto complicate. Normalmente si distinguono due tipi di flusso e quindi due tipi di calcolo: 'inlet' ed 'outlet'. Nel primo caso il regime di corrente è condizionato dalla capienza di flusso all'imbocco del condotto e quindi, nello specifico, dipende strettamente della forma e delle dimensioni dell'imbocco, nel secondo caso, il regime di corrente è regolato dalle condizioni di valle o dalla capacità di flusso all'interno del condotto, in tale caso, esso è calcolato tenendo conto di una serie di condizioni all'interno del condotto e a valle di quest'ultimo (perdite per attrito, scabrezza della tubazione, velocità del flusso, ecc.).

In generale, il software calcola entrambe le tipologie di flusso ed assume, come condizione, quella che genera la maggiore altezza d'acqua, corrispondente al maggiore livello di energia.

#### *4.3.5 Deflusso a pelo libero (low flow)*

Si è in presenza di correnti a pelo libero quando la corrente che attraversa la luce del ponte resta al di sotto del punto più alto dell'intradosso dell'impalcato. Per il calcolo delle correnti a pelo libero, in primo luogo il programma applica l'equazione della conservazione della quantità di moto per definire la classe della corrente .

Viene dunque inizialmente calcolata la quantità di moto corrispondente alla profondità critica in corrispondenza delle sezioni del ponte a monte e a valle. Quella delle due che presenta la quantità di moto maggiore è assunta come sezione di controllo del ponte. Se le due sezioni presentano identico comportamento, il programma seleziona come sezione di controllo la sezione a

filo monte sotto il ponte. La quantità di moto alla profondità critica della sezione di controllo è confrontata con quella della corrente a valle del ponte, per profili di corrente lenta, ovvero con quella della corrente a monte del ponte, per profili di corrente veloce. Se la quantità di moto a valle del ponte è maggiore della quantità di moto associata alla profondità critica sotto il ponte (sezione di controllo), la classe della corrente è considerata tutta lenta (classe A). Se la quantità di moto a valle è minore della quantità di moto associata alla profondità critica nella sezione di controllo, allora significa che il restringimento causa il passaggio della corrente attraverso le condizioni critiche e che a valle si deve necessariamente localizzare un risalto idraulico (classe B). Se il profilo sotto il ponte è ovunque di corrente veloce si considera la corrente di classe C.

– **Corrente di classe A.**

La corrente a pelo libero di classe A si verifica quando il profilo del pelo libero attraverso il ponte è ovunque sopra la profondità critica (*corrente ovunque lenta*). Le perdite di energia per contrazione a monte (dalla sezione 3 alla 4) ed espansione a valle (dalla 1 alla 2) e le perdite per attrito negli stessi tratti sono calcolate come negli altri tratti di alveo.

Per le perdite attraverso la struttura del ponte (dalla sezione 2 alla 3) sono disponibili più metodi tra cui quello dell'equazione dell'energia (*Standard Step Method*) e quella della conservazione della quantità di moto.

Il programma consente di selezionare uno o più di questi metodi, confrontando all'interno di una stessa esecuzione la risposta delle diverse tecniche.

*Equazione dell'energia (Standard Step Method)*

Il metodo basato sulla conservazione dell'energia tratta un ponte come una sezione naturale, a parte il fatto che l'area utilizzata è l'area effettiva che partecipa del moto della corrente. Come descritto in precedenza, il programma genera due sezioni al di sotto del ponte (filo di monte e filo di valle) unendo i dati terreno delle sezioni 2 e 3 con la geometria del ponte. Come mostrato in figura 2.7, queste sezioni generate sono identificate come sezione BD (Bridge Downstream) e sezione BU (Bridge Upstream).

La sequenza di calcolo inizia risolvendo il tratto compreso tra la sezione 2 immediatamente a valle del ponte e la sezione *BD* appena sotto il ponte al filo di valle. Quindi il programma calcola, con uno standard step, il comportamento sotto il ponte, tra le sezioni *BD* e *BU*. Infine, viene calcolato il tratto che da sotto il ponte (sezione *BU*) va verso monte (sezione 3).

*Metodo della conservazione della quantità di moto*

Tale metodo è basato sulla conservazione della quantità di moto tra le sezioni 2 e 3. La conservazione della quantità di moto è verificata in tre passi successivi. Prima si calcola la conservazione della quantità di moto tra le sezioni 2 e *BD* sotto il ponte.

Il secondo passo prevede il calcolo della quantità di moto tra le sezioni *BD* e *BU* al di sotto del ponte .

Il terzo ed ultimo passo calcola la conservazione della quantità di moto tra le sezioni *BU* e 2.

Se, durante la verifica della conservazione della quantità di moto, il pelo libero nelle sezioni *BD* e *BU* viene a contatto con l'intradosso dell'impalcato del ponte, tale risultato diviene non valido e non è utilizzato nel seguito.ù

– **Corrente di classe B.**

La corrente a pelo libero di classe B comprende profili sia di corrente veloce che lenta. La classe B si verifica quando la corrente attraversa le condizioni critiche in corrispondenza del restringimento di sezione dovuto alla presenza del ponte.

Nel caso di corrente lenta, l'equazione della quantità di moto è utilizzata per calcolare un profilo a monte della sezione 3 al di sopra della profondità critica, e un profilo a valle della 2 sotto la profondità critica. Per una corrente veloce, il ponte rappresenta una sezione che causa rigurgito a monte con profili al di sopra della profondità critica e l'equazione della quantità di moto è utilizzata per calcolare un profilo a monte sopra la profondità critica, e un profilo a valle sotto la profondità critica. Se l'equazione della quantità di moto non converge, nel calcolo di correnti di classe B, allora il programma

automaticamente adotta il procedimento che utilizza l'equazione dell'energia per determinare il profilo attraverso il ponte.

Ogni volta che è individuata l'esistenza di una corrente di classe B, il programma dovrebbe utilizzare la modalità di calcolo mista (*mixed flow*), ovvero il calcolo dei profili da valle verso monte (come in una corrente lenta) seguito da un riscontro da monte verso valle (correnti veloci). In questo modo saranno localizzati tutti i risalti idraulici, sia a monte che a valle del ponte, dove essi esistono.

– **Corrente di classe C.**

La corrente a pelo libero di classe C esiste quando il profilo attraverso la struttura del ponte resta sempre al di sotto della profondità critica (corrente ovunque veloce). Il programma può utilizzare sia l'equazione dell'energia che quella della quantità di moto, per calcolare il profilo attraverso la struttura del ponte per questa classe di corrente.

#### *4.3.6 Deflusso in pressione (high flow)*

Il software HEC-RAS è in grado di risolvere le correnti in pressione (correnti che entrano in contatto con il punto più alto dell'intradosso dell'impalcato di un ponte) utilizzando l'equazione dell'energia (*Standard Step Method*) ovvero utilizzando le equazioni dell'idraulica che descrivono separatamente le correnti a battente e a stramazzo. I due distinti procedimenti sono di seguito illustrati.

Il primo metodo è basato sulla conservazione dell'energia ed è applicato alle correnti in pressione in modo analogo alle correnti a pelo libero. I calcoli sono condotti bilanciando l'equazione dell'energia in tre passi successivi attraverso il ponte. Le perdite di energia sono la somma delle perdite per attrito e di quelle per contrazione ed espansione.

Come già ricordato sopra, le perdite di energia per attrito sono descritte dall'equazione di Manning, mentre le perdite per contrazione ed espansione

sono calcolate sulla base del coefficiente  $C$  che tiene conto della variazione della velocità.

Un secondo approccio per determinare le correnti in pressione utilizza equazioni separate per calcolare le correnti a battente e le correnti a stramazzo.

#### Calcolo delle correnti a battente

Un deflusso in pressione si ha quando la corrente entra in contatto con l'intradosso del ponte. Una volta che la corrente viene a contatto con il lato di monte dell'impalcato si verifica un ristagno e si stabilisce un regime di corrente attraverso una luce a battente. Il programma prevede due diversi condizioni di deflusso: il primo si ha quando solo il lato di monte dell'impalcato è a contatto con la corrente (luce libera); il secondo si verifica quando tutta l'apertura del ponte è interessata dal deflusso, anche a valle (luce rigurgitata). Il programma sceglie automaticamente l'equazione più appropriata, in funzione del regime di corrente che si verifica. Nel primo caso (luce libera) è utilizzata l'equazione che descrive il passaggio di una corrente da una paratoia.

Il secondo si verifica quando entrambi i lati del ponte sono sommersi. In tal caso il programma utilizza l'equazione del deflusso attraverso una luce sommersa.

#### Calcolo delle correnti a stramazzo

Una corrente che sormonta il ponte e il piano stradale che ad esso si raccorda, è calcolata utilizzando lo schema di deflusso attraverso uno stramazzo in parete grossa.

Se la sommergenza del ponte diviene troppo elevata, il programma automaticamente passa al calcolo del pelo libero a monte utilizzando l'equazione dell'energia anziché le equazioni della luce rigurgitata e dello stramazzo. Il criterio per il quale il programma passa ad utilizzare l'equazione dell'energia è dato dal massimo valore della sommergenza, che è impostato dall'utente e di default assume il valore 0.95 (95%).

#### *4.3.7 Attribuzione delle condizioni al contorno e delle portate al picco*

I dati necessari a simulare il profilo del pelo libero in regime di moto permanente sono:

- il regime di corrente;
- le condizioni al contorno;
- le informazioni sui picchi di portata.

#### *4.3.8 Regimi di corrente*

Per svolgere la simulazione e calcolare il livello del pelo libero in una sezione, è necessario conoscere la medesima grandezza in una sezione prossima a questa.

Il programma provvede automaticamente al riconoscimento per tratti del regime di corrente che si può effettivamente instaurare per la portata assegnata e, se la corrente, ad esempio, nel primo tratto di monte è veloce, esso adotterà quale altezza di riferimento quella fornita in input per l'estremo di monte, viceversa se la corrente del tratto finale è lenta, quale altezza di controllo sarà adottata quella fornita in input per la sezione terminale di valle. Nei tratti intermedi il programma adotta analoghi criteri.

Nei casi in cui il regime di corrente passa da condizioni di corrente veloce a corrente lenta e/o viceversa, il programma deve eseguire i calcoli in modalità di calcolo mista (*mixed flow*, modalità impostata per le verifiche effettuate), ovvero il calcolo dei profili da valle verso monte (come in una corrente lenta) seguito da un riscontro di calcolo da monte verso valle (correnti veloci), in modo da localizzare tutti i risalti idraulici.

#### *4.3.9 Condizioni al contorno*

Le condizioni al contorno sono necessarie per definire il pelo libero di partenza alle estremità delle aste (a monte e/o a valle). La quota del pelo libero alle estremità serve al programma per iniziare i calcoli del profilo liquido. In una

corrente lenta, le condizioni al contorno sono necessarie solo nella estremità di valle del sistema di aste fluviali, mentre per le correnti veloci occorre conoscere la quota del pelo libero nelle sezioni estreme di monte. Se la corrente ha un regime di tipo misto (modalità impostata per la risoluzione di tutti i tratti analizzati), saranno invece necessarie le condizioni alle estremità di tutte le aste del sistema, sia di valle che di monte.

Per ogni corso d'acqua devono essere definiti un estremo di valle e un estremo di monte. La connessione ad un nodo (*junction*) è considerata come una condizione al contorno "interna", ed è automaticamente assegnata ad uno dei due estremi di ciascun tratto presente nel sistema di aste di fluviali. Per le condizioni al contorno nell'altra estremità, esistono quattro possibilità:

- *Quota nota del pelo libero.* Nelle sezioni estreme dove è noto un livello idrico, è possibile introdurre direttamente la quota, che verrà poi adottata nei calcoli successivi.

- *Profondità critica.* Quando si sceglie questo tipo di condizione al contorno, non sono necessari ulteriori dati; il programma infatti provvederà al calcolo preliminare della profondità critica.

- *Profondità di moto uniforme.* Per questo tipo di condizione al contorno è richiesta la pendenza del carico energetico che sarà utilizzato per calcolare la profondità di moto uniforme con l'equazione di Manning. Più in generale, la pendenza del carico energetico può essere approssimata con la pendenza media dell'alveo o del pelo libero nell'intorno della sezione.

- *Scala di deflusso.* Per questo tipo di condizione al contorno sono richieste coppie di valori livelli-portate, in modo da poter tracciare una curva per il calcolo dei deflussi (*rating curve*). Per ciascun profilo, la quota del pelo libero è calcolata, nota la portata, partendo dalla scala di deflusso così ottenuta, eventualmente interpolando linearmente tra i punti di tale curva.

Per ciò che concerne la scelta delle condizioni al contorno, laddove si nutrisse qualche incertezza sull'effettivo formarsi dell'altezza di moto uniforme, va osservato che il metodo d'integrazione numerica adottato dal software (*Standard Step Method*) è intrinsecamente autoregolante, ovvero, dopo pochi

step spaziali (sezioni) l'altezza d'acqua della corrente risulta invariante rispetto alla condizione al contorno adottata. Per questo motivo eventuali imprecisioni nella valutazione delle altezze di controllo diventano inessenziali se si dispone di un numero di sezioni in eccesso rispetto a quelle strettamente necessarie a valutare il rischio idraulico del tratto da indagare.

#### *4.3.10 Informazioni sui picchi di portata*

Il valore numerico delle portate è richiesto in ogni sezione in modo da poter calcolare l'altezza del pelo libero e il profilo liquido. I dati di portata sono introdotti procedendo da monte verso valle, cioè per ciascuna asta (o sub-tratto) del reticolo è necessario almeno un valore di portata da assegnare alla sezione estrema di monte. Una volta che il valore è assegnato alla sezione estrema di monte, tale valore è automaticamente esteso, costante pari a se stesso, alle sezioni di valle, almeno fino a quando non dovesse essere introdotto un valore nuovo in una data sezione di tale tratto fluviale. Al limite, la portata può cambiare in ogni singola sezione di una certa asta; in ogni caso il valore della portata non può cambiare in corrispondenza dell'impalcato dei ponti o nei nodi.

Nello specifico, per le sezioni analizzate, trattandosi sempre di piccoli tratti di uno stesso torrente, per affinare il calcolo dei livelli di piena, sono stati assegnate portate differenti a seconda del posizionamento della sezione. La presenza infatti di piccoli affluenti o fossi di afflusso e deflusso della corrente, fa chiaramente modificare (anche se non in maniera sostanziale) la portata all'interno dell'alveo, per tale motivo, sulla scorta della implementazione realizzata per il modello ALTO e della sua accuratezza, sono state considerate portate differenti all'interno dello stesso tratto a seconda della presenza di queste deviazioni.

Le portate introdotte ad assegnate alle singole sezioni sono di seguito elencate nei paragrafi relativi all'idrologia e alle caratteristiche dei singoli tratti modellati e per ciascun caso analizzato.

## **5 CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE ED IDROLOGICHE DEI TRATTI FLUVIALI E DEI BACINI SOTTESI**

Le elaborazioni sono state effettuate, come indicato, per quattro tratti fluviali situati all'interno del territorio comunale di Dicomano (Fi).

La trasformazione afflussi-deflussi è stata ottenuta utilizzando la teoria dell'Idrogramma Istantaneo Unitario (IUH) dove i parametri in gioco sono stati ricavati dalle caratteristiche geomorfologiche del bacino, ottenendo così un Idrogramma Istantaneo Unitario Geomorfologico. Il modello di trasferimento utilizzato è quello proposto da Nash. Il set di parametri che caratterizza una determinata sezione di chiusura è dato dunque da:

- $I_a$ : perdita iniziale media o intercettazione iniziale sul bacino (mm);
- $K_s$ : velocità di filtrazione a saturazione media sul bacino (mm/h), calcolata come media pesata tra i valori medi tra il massimo ed il minimo per ciascuna classe litologica;
- $n$ : parametro di forma dell'idrogramma di Nash (-);
- $k$ : parametro di scala dell'idrogramma di Nash (h), ricavato in funzione delle caratteristiche geomorfologiche.

Per tutti i tratti studiati verranno inoltre indicate:

- lunghezza del sub-tratto oggetto di studio e rilevato nel corso della campagna topografica (m);
- lunghezza complessiva del tratto in oggetto, lunghezza cui sottende il bacino di riferimento (elaborazione ALTO) (m);
- area del bacino sotteso al tratto considerato ( $m^2$ ). Il valore calcolato dell'area del bacino idrografico può non coincidere con l'area topografica per la presenza di eventuali aree affluenti ad 'acque basse' e/o approssimazioni dovute alla densità di drenaggio del reticolo idrografico. Il valore di area indicato in tabella è relativo all'area del bacino utilizzato dal sistema per il calcolo della portata, elaborato considerando due valori dell'area drenante, l'uno calcolato mediante il metodo '*watersheed*', l'altro mediante il conteggio

delle celle contenenti almeno un segmento del reticolo idrografico rasterizzato.

Tutte le caratteristiche appena elencate sono state ricavate grazie all'implementazione del Modello ALTO. I tratti fluviali, per la presenza di piccoli affluenti e deviazioni dei corsi d'acqua, sono stati modellati partendo da monte verso valle parzializzandoli in sub-tratti con caratteristiche idrologico-idrauliche differenti. A differenti caratteristiche idrologiche e geomorfologiche corrispondono poi differenti livelli di piena e grandezze che sono state introdotte per lo studio dei livelli d'acqua all'interno del Software Hac Ras.

### **5.1 Torrente San Godenzo (località Carbonile)**

Il tratto in esame è situato a Nord-Est del comune di Dicomano, in località Carbonile, è il tratto più a monte dei due studiati per il Torrente San Godenzo. La località è posta al limite dell'abitato di Dicomano, al confine con il comune di San Godenzo, in una zona parzialmente abitata, nella prima metà del tratto esaminato, nella seconda metà il torrente si snoda alla base di una scarpata (in dx idrografica) all'interno un campo privo di vegetazione e solo in parte coltivato.

Dalle elaborazioni del modello ALTO, risultano presenti in questo tratto, 5 differenti sub-tratti, divisi tra loro per la presenza di piccoli fossi posti rispettivamente due in destra idrografica e due in sinistra idrografica.

I sub-tratti sono stati numerati da monte verso valle così come indicato in figura 5.

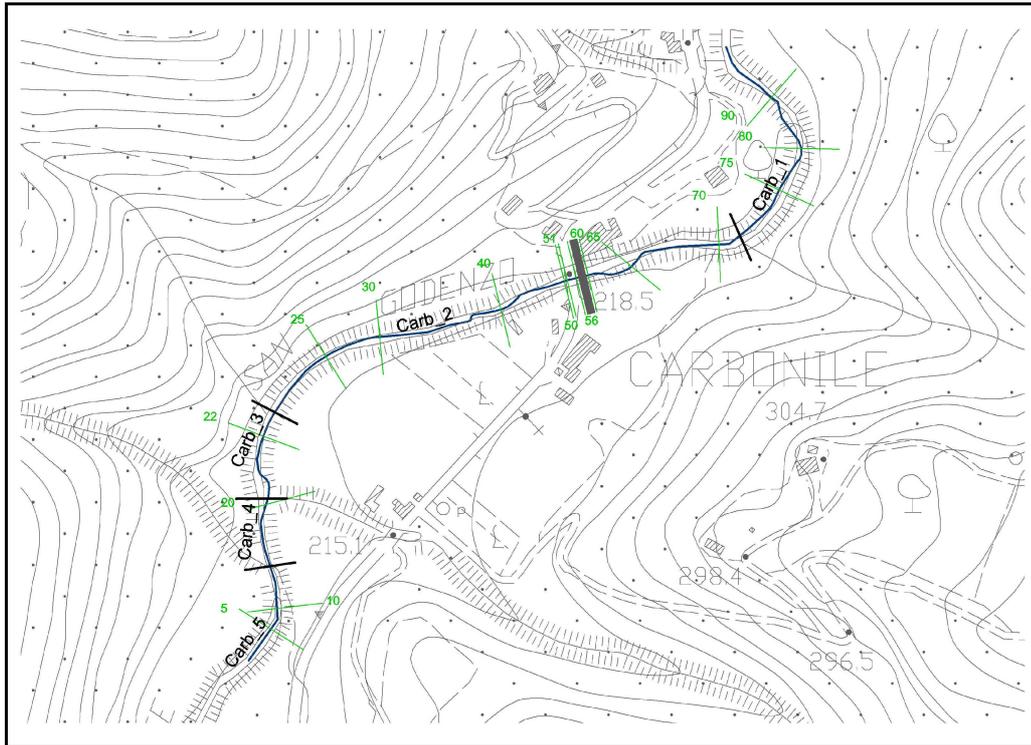


Figura 5 - Indicazione tratti fluviali oggetto di studio per il tratto del Torrente San Godenzo sito in località Carbonile.

Le caratteristiche idrologico-idrauliche ricavate per il tratto in analisi sono elencate in tabella 2.

<b>Sub-tratto considerato</b>	<b>L-tratto (m)</b>	<b>Area bacino (Km<sup>2</sup>)</b>	<b><math>I_a</math> (mm)</b>	<b><math>K_s</math> (mm/h)</b>	<b><math>n</math></b>	<b><math>k</math></b>
Carb_1	205.41	83.20	23.225	1.284	2.331	1.505
Carb_2	385.11	84.96	23.212	1.259	2.337	1.529
Carb_3	64.52	84.96	23.212	1.259	2.335	1.534
Carb_4	56.61	86.48	23.224	1.257	2.332	1.540
Carb_5	319.58	87.04	23.159	1.248	2.330	1564

Tabella 2 - Dati morfometrici ed idrologici del tratto del Torrente San Godenzo sito in località Carbonile.

## 5.2 Torrente San Godenzo (località Vicolagna)

Il tratto in esame è sito nel cuore del comune di Dicomano, le sezioni più a valle si trovano proprio a ridosso del centro abitato.

Il fiume scorre alla base di un rilievo posto in sinistra idrografica, rilievo che si addolcisce molto nell'ultima parte, quando l'alveo lambisce la zona abitata.

Risultano presenti in questo tratto, 9 differenti sub-tratti, distinti per la presenza di fossi o canali di adduzione posti rispettivamente cinque in destra idrografica e tre in sinistra idrografica.

I sub-tratti sono stati numerati da monte verso valle così come indicato in figura 6.

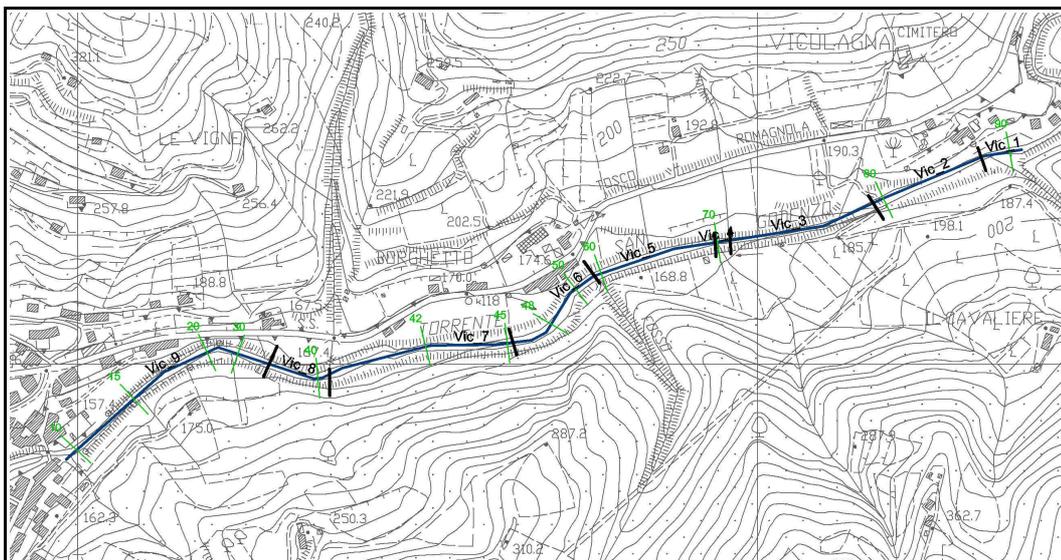


Figura 6 - Indicazione tratti fluviali oggetto di studio per il tratto del Torrente San Godenzo sito in località Vicolagna.

Le caratteristiche idrologico-idrauliche ricavate per il tratto in analisi sono elencate in tabella 3.

<b>Sub-tratto considerato</b>	<b>L-tratto (m)</b>	<b>Area bacino (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>I<sub>a</sub> (mm)</b>	<b>K<sub>s</sub> (mm/h)</b>	<b>n</b>	<b>k</b>
Vic_1	350.54	90.24	23.096	1.197	2.338	1.679
Vic_2	201.49	90.80	23.096	1.197	2.339	1.694
Vic_3	216.23	91.44	23.100	1.186	2.341	1.709
Vic_4	174.30	91.44	23.040	1.186	2.340	1.710
Vic_5	186.86	91.52	23.040	1.186	2.341	1.722
Vic_6	278.76	92.48	22.880	1.172	2.338	1.737
Vic_7	110.23	92.48	22.880	1.172	2.338	1.757
Vic_8	337.92	93.12	22.851	1.168	2.336	1.764
Vic_9	402.85	93.12	22.851	1.168	2.336	1.789

Tabella 3 - Dati morfometrici ed idrologici del tratto del Torrente San Godenzo sito in località Vicolagna.

### 5.3 Torrente Moscia (località Contea)

Il tratto in esame è sito in località Contea, all'estremo sud del comune di Dicomano. Nella parte più a monte, il torrente scorre alla base di un rilievo posto in sinistra idrografica in una zona ampiamente coltivata, dove le uniche abitazioni sono residenze singole con ampi spazi verdi intorno mentre, nella parte più a valle, arriva nell'abitato di Contea, come si denota dalla presenza dei due ponti posti nella parte finale del tratto studiato, uno stradale, l'altro per il passaggio della ferrovia. Qui il rilievo si trova sempre in sinistra idrografica ma si allontana dall'alveo del corso d'acqua lasciando spazio alle abitazioni o a zone coltivate.

Risultano presenti in questo tratto, 8 differenti sub-tratti, distinti per la presenza di fossi o canali di adduzione posti rispettivamente quattro in destra idrografica e tre in sinistra idrografica.

I sub-tratti sono stati numerati da monte verso valle così come indicato in figura 7.

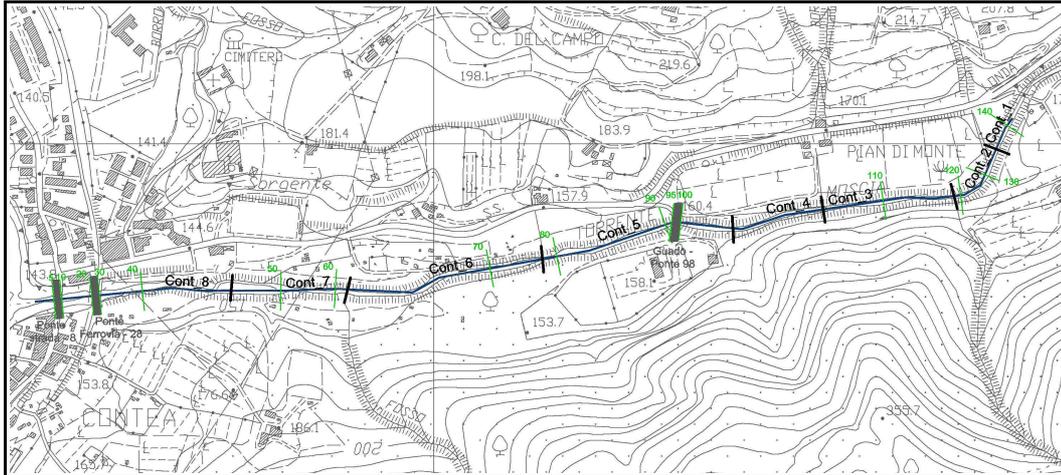


Figura 7 - Indicazione tratti fluviali oggetto di studio per il tratto del Torrente Moscia sito in località Contea.

Le caratteristiche idrologico-idrauliche ricavate per il tratto in analisi sono elencate in tabella 4.

<b>Sub-tratto considerato</b>	<b>L-tratto (m)</b>	<b>Area bacino (Km<sup>2</sup>)</b>	<b><math>I_a</math> (mm)</b>	<b><math>K_s</math> (mm/h)</b>	<b><math>n</math></b>	<b><math>k</math></b>
Cont_1	223.80	65.68	22.943	0.461	2.844	0.782
Cont_2	114.63	65.76	22.943	0.461	2.848	0.789
Cont_3	191.89	65.84	22.943	0.461	2.841	0.801
Cont_4	134.49	66.48	22.867	0.456	2.847	0.808
Cont_5	280.92	66.56	22.867	0.456	2.851	0.823
Cont_6	313.03	66.88	22.781	0.453	2.399	0.841
Cont_7	173.76	72.00	21.912	0.398	2.842	0.849
Cont_8	335.11	72.00	21.934	0.398	2.844	0.869

Tabella 4 - Dati morfometrici ed idrologici del tratto del Torrente Moscia sito in località Contea.

#### 5.4 Fosso di Rimaggio (località Il Bronio)

Il tratto in esame è sito in località Il Bronio, a Nord-Ovest del Comune di Dicomano. Si tratta di un affluente della Sieve sito in sinistra idrografica e, nella fattispecie, il tratto analizzato è l'ultimo del corso d'acqua prima dell'immissione all'interno della Sieve.

In questo tratto, il torrente scorre in una zona di periferia, quasi totalmente coltivata e con poche abitazioni. È presente un rilievo in sinistra idrografica nella prima parte analizzata, mentre, nella parte finale prima dello sbocco nella Sieve, l'area è totalmente pianeggiante.

Risultano presenti in questo tratto, due differenti sub-tratti, distinti per la presenza di un fosso o canale di adduzione posto in sinistra idrografica.

I sub-tratti sono stati numerati così come indicato in figura 8.

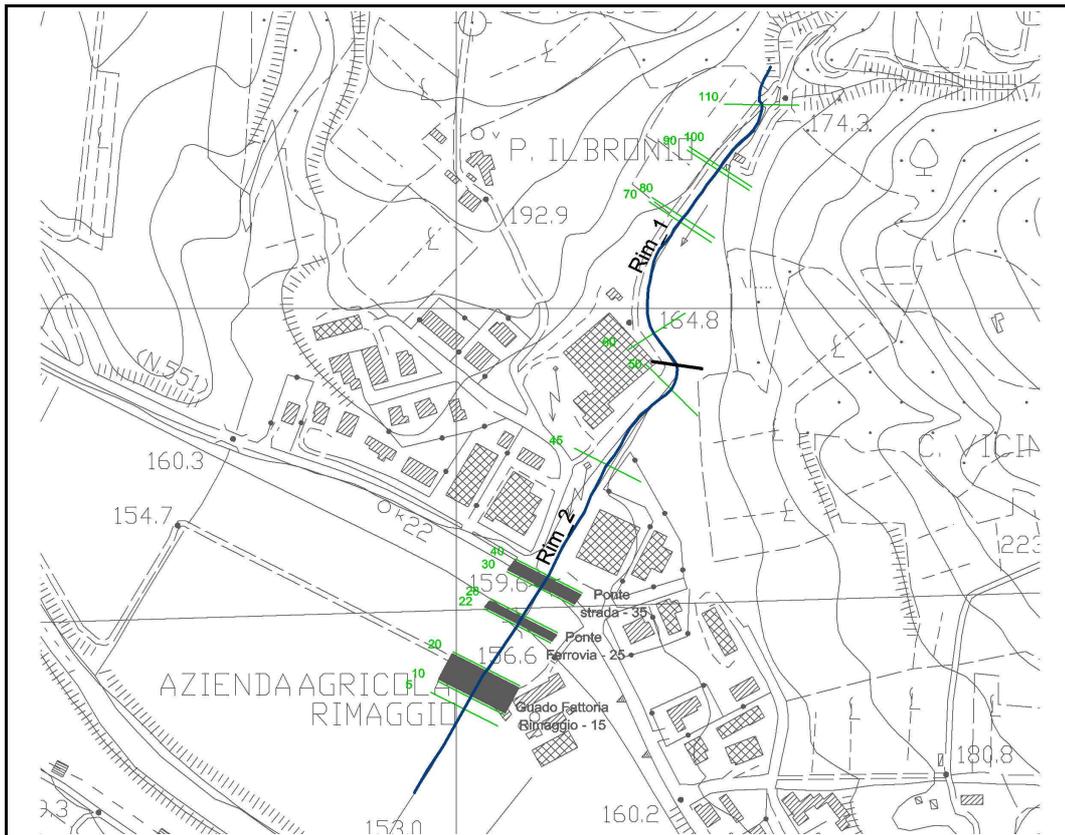


Figura 8 - Indicazione tratti fluviali oggetto di studio per il tratto del Torrente Fosso di Rimaggio sito in località Il Bronio.

Le caratteristiche idrologico-idrauliche ricavate per il tratto in analisi sono elencate in tabella 5.

<b>Sub-tratto considerato</b>	<b>L-tratto (m)</b>	<b>Area bacino (Km<sup>2</sup>)</b>	<b><math>l_a</math> (mm)</b>	<b><math>K_s</math> (mm/h)</b>	<b><math>n</math></b>	<b><math>k</math></b>
Rim_1	271.67	5.44	19.643	0.00	2.563	0.329
Rim_2	499.13	5.92	18.920	0.00	2.545	0.356

Tabella 5 - Dati morfometrici ed idrologici del tratto del Torrente Moscia sito in località Contea.

## **6 VERIFICHE IDRAULICHE**

Le verifiche idrauliche dei tratti di fiume appena descritti sono state condotte mediante il software Hec-Ras ver. 4.0, il cui modello di simulazione idraulica in regime di moto permanente riproduce le condizioni di deflusso della portata, calcolando i livelli idrici nelle sezioni introdotte nel modello.

### **6.1 Acquisizione delle sezioni trasversali nei tratti d'interesse**

Al fine di effettuare la simulazione in regime di moto permanente, sono state acquisite, tramite un rilievo topografico planoaltimetrico con sistema GPS e con stazione totale Zeis Elta R55, numerose sezioni trasversali lungo i corsi d'acqua, in modo da poter rappresentare la reale geometria di ogni alveo, la scabrezza dei tratti esaminati, le caratteristiche geometriche delle opere in alveo, delle opere di difesa e degli attraversamenti presenti.

Le verifiche idrauliche sono state condotte per i valori di portata elaborati tramite il Modello ALTO 2000 (aggiornamento del novembre 2007), con tempi di ritorno pari a 20, 30, 200 e 500 anni ed hanno riguardato i tratti d'alveo interessati e precedentemente elencati.

Le sezioni fluviali utilizzate sono state acquisite, come detto, mediante appositi rilievi celerimetrici di dettaglio realizzati nel Gennaio 2009.

Tutte le sezioni sono state estese in destra e sinistra idrografica in modo da consentire il confronto tra i livelli raggiunti dal pelo libero, nelle simulazioni in condizioni di moto permanente, e le quote delle sponde o degli argini delle infrastrutture presenti ed in progetto. Ciò al fine di individuare il limite di contenimento per le eventuali esondazioni e quindi perimetrare le aree allagabili così come indicato nel D.P.G.R. 26/R.

Questo non è stato possibile nel tratto finale del Fosso di Rimaggio, prima della sua confluenza nel Fiume Sieve poiché questo scorre in una zona completamente pianeggiante. La zona, tuttavia, era comunque già stata modellata all'interno delle elaborazioni effettuate per la redazione del PAI.

La convergenza del metodo d'integrazione utilizzato dal software è stata migliorata introducendo, in taluni tratti dove le condizioni in sito erano tali da non permettere l'accesso alla zona prospiciente l'alveo, alcune sezioni interpolate linearmente dal programma, a partire da specifici input grafici imposti sul tratto intermedio e con una distanza massima tra le singole sezioni mai superiore ai 50 m.

In alcuni tratti l'interpolazione è stata resa più fitta (con distanze imposte tra le sezioni analizzate anche inferiori a 5 m) per migliorare la sensibilità della elaborazione.

## **6.2 Dettagli relativi alla esecuzione del rilievo plano-altimetrico**

### **6.2.1 Torrente San Godenzo (località Carbonile)**

Per il tratto in esame di lunghezza complessiva pari a circa 750 m sono state rilevate 16 sezioni, localizzate così come indicato in figura 9.

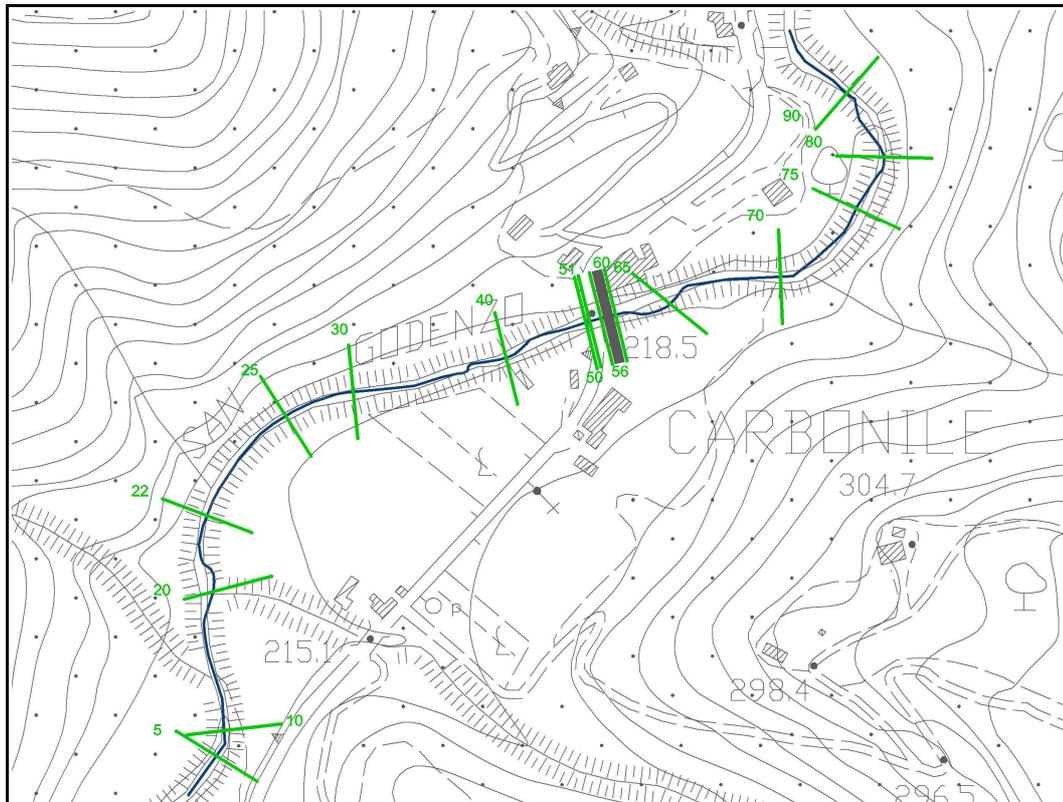


Figura 9 - Ubicazione delle sezioni fluviali rilevate per il tratto del Torrente San Godenzo sito in località Carbonile.

Il rilievo in questa zona è stato completamente eseguito con stazione totale per via del cattivo segnale di ricezione dello strumento GPS.

Come indicato, in questo tratto, l'alveo scorre all'inizio dell'area analizzata in una zona abitata, successivamente all'interno di un campo coltivato. Esso si rivela piuttosto irregolare in quasi tutto lo sviluppo con presenza di forme di fondo e spesso erbacce nell'alveo e di arbusti e vegetazione più o meno fitta sugli argini.

I valori del coefficiente di scabrezza utilizzati per la modellazione idraulica sono rispettivamente 0,045 per l'alveo e 0,070 per le golene.

Il tratto analizzato è caratterizzato dalla presenza di un ponte con una pila centrale realizzato per il transito stradale (cfr figura 10).



Figura 10 - Ponte stradale sul torrente San Godenzo (loc. Carbonile).

### *6.2.2 Torrente San Godenzo (località Vicolagna)*

Per il tratto in esame di lunghezza complessiva pari a quasi 1,6 Km sono state rilevate 13 sezioni, localizzate così come indicato in figura 11.

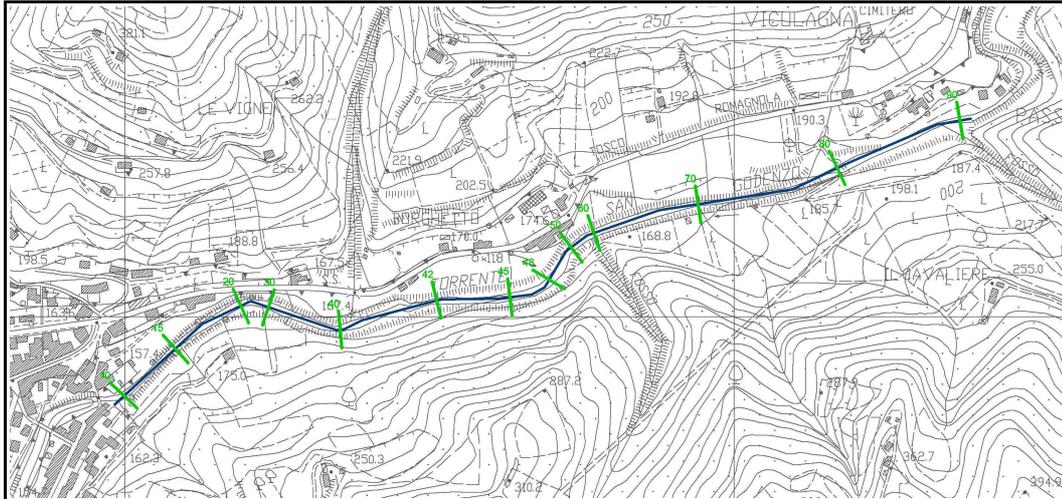


Figura 11 - Ubicazione delle sezioni fluviali rilevate per il tratto del Torrente San Godenzo sito in località Vicolagna.

Il rilievo in questa zona è stato realizzato con stazione totale nella parte più a monte per via del cattivo segnale di ricezione dello strumento GPS.

La parte più a valle del tratto analizzato scorre all'interno dell'abitato di Dicomano lambendo abitazioni e insinuandosi nel tessuto abitativo mentre, nella prima parte, esso si trova all'interno di una zona poco densamente abitata e per lo più coltivata o incolta.

L'alveo si rivela solo parzialmente irregolare con presenza di forme di fondo longitudinali ma complessivamente pulito, le golene sono caratterizzate dalla presenza di cespugli ed erbacce.

I valori del coefficiente di scabrezza utilizzati dunque per la modellazione idraulica sono rispettivamente 0,040 per l'alveo e 0,050 per le golene.

Il tratto analizzato è privo di attraversamenti, ponti, o particolari strutture di rilevante entità in prossimità dell'alveo.

### 6.2.3 *Torrente Moscia (località Contea)*

Per il tratto in esame di lunghezza complessiva pari a circa 1500 m sono state rilevate 16 sezioni, localizzate ed enumerate così come indicato in figura 12.

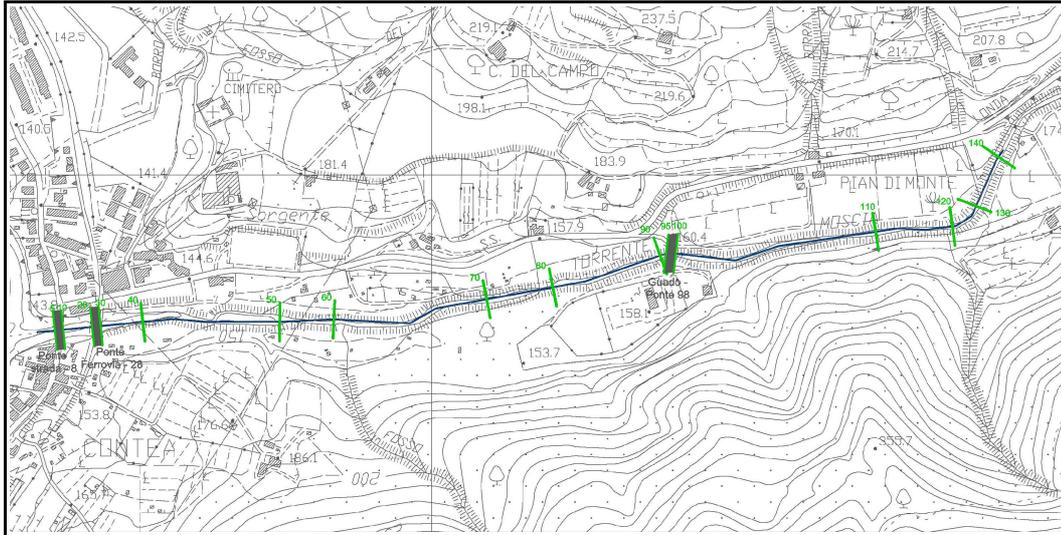


Figura 12 - Ubicazione delle sezioni fluviali rilevate per il tratto del Torrente Moscia sito in località Contea.

Il rilievo in questa zona è stato realizzato parzialmente con strumentazione GPS e con stazione totale nelle zone in cui si registrava un cattivo segnale di ricezione dello strumento GPS.

Il tratto di corso d'acqua analizzato scorre in una zona al confine dell'abitato di Dicomano, in un territorio di campagna parzialmente coltivato ed entra nell'abitato nella zona più a valle prima di immettersi nella Sieve.

Per i valori di scabrezza da inserire nel modello, si è assunto il valore di 0,035 (n di Manning) per l'alveo principale e 0,050 per le aree adiacenti ed esterne al deflusso principale della piena (golene). L'alveo principale è infatti di forma piuttosto regolare, per lo più libero da vegetazione di alto fusto e da forme di fondo ma con la presenza di ciottoli ed erbacce mentre nelle aree adiacenti è presente vegetazione sparsa che, in qualche punto, funge da ostacolo al regolare flusso dell'acqua.

Nel tratto analizzato sono presenti due ponti su pile nella zona più a valle, uno per l'attraversamento stradale (cfr figura 13), l'altro per l'attraversamento della rete ferroviaria (cfr, figura 14) ed un guado (cfr figura 15), posto circa alla metà del tratto considerato, per l'accesso ad un'abitazione privata. Tale guado è realizzato in calcestruzzo e strutturato come un serie di

canali di forma circolare e pari diametro disposti in serie (nel numero di 13) all'interno dei quali l'acqua passa in una sorta di condotta in pressione.



Figura 13 - Attraversamento stradale sul Torrente Moscia, località Contea.



Figura 14 - Attraversamento ferroviario sul Torrente Moscia, località Contea.



Figura 15 - Guado in calcestruzzo sul Torrente Moscia, località Contea.

#### 6.2.4 Fosso di Rimaggio (località Il Bronio)

Per il tratto in esame di lunghezza complessiva pari a circa 600 m sono state rilevate 15 sezioni, localizzate ed enumerate così come indicato in figura 16.

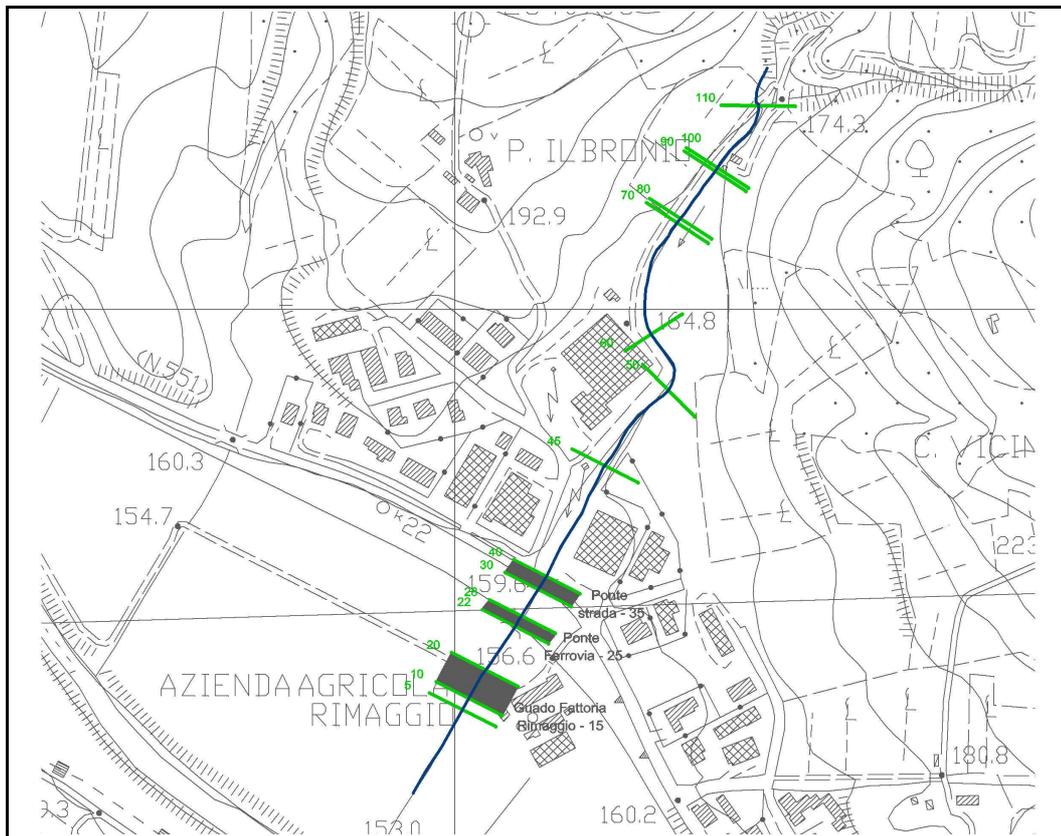


Figura 16 - Ubicazione delle sezioni fluviali rilevate per il tratto del Fosso di Rimaggio sito in località Il Bronio.

Il rilievo anche in questa zona è stato realizzato parzialmente con strumentazione GPS e con stazione totale nelle zone in cui si registrava un cattivo segnale di ricezione dello strumento GPS.

Il tratto di corso d'acqua analizzato scorre in un territorio di campagna parzialmente coltivato e quasi totalmente pianeggiante ed passa all'interno di una fattoria agricola prima di immettersi nella Sieve.

Per i valori di scabrezza da inserire nel modello, si è assunto il valore di 0,035 (n di Manning) per l'alveo principale e 0,050 per le aree adiacenti ed

esterne al deflusso principale della piena (golene). L'alveo principale è infatti di forma piuttosto regolare, per lo più libero da vegetazione di alto fusto e da forme di fondo ma con la presenza di ciottoli ed erbacce mentre nelle aree adiacenti è presente vegetazione sparsa che, in molti punti, funge da ostacolo al regolare flusso dell'acqua.

Nel tratto analizzato sono presenti due ponti sospesi date le dimensioni piuttosto ridotte dell'alveo nella zona più a valle, uno per l'attraversamento stradale (cfr figura 17), l'altro per l'attraversamento della rete ferroviaria (cfr, figura 18) ed un lungo tratto tombato (figura 19) al di sopra del quale sorge una struttura adibita a rimessaggio dell'azienda agricola suddetta.

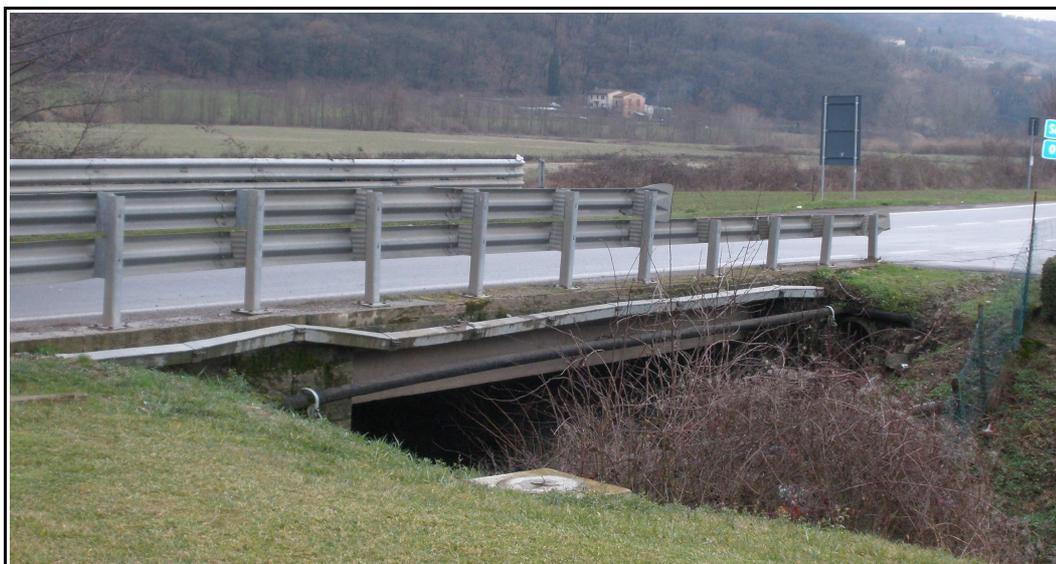


Figura 17 - Attraversamento stradale sul Fosso di Rimaggio.



Figura 18 - Attraversamento ferroviario sul Fosso di Rimaggio.



Figura 19 - Tratto tombato sul Fosso di Rimaggio.

### **6.3 Modello idrologico-idraulico**

Le portate introdotte nel modello di simulazione sono, come anticipato, quelle risultanti dalla elaborazione delle piene effettuata con il modello di regionalizzazione delle portate di piena della Regione Toscana ALTO aventi rispettivamente tempo di ritorno pari a 20, 30, 200 e 500 anni. Tali portate, scelte per la redazione delle carte di pericolosità idraulica e delle aree allagabili e per eventuali restrizioni su nuove costruzioni edilizie, sono state assegnate a ciascuno dei sub-tratti in cui sono stati divisi i tratti analizzati.

Le condizioni al contorno assegnate agli estremi di monte e di valle per lo studio dell'idrologia nella condizione di moto uniforme, sono quelle di altezza critica per tutti profili studiati eccetto per il profilo della piena duecentennale.

Per tale elaborazione e per i tratti fluviali che a valle confluiscono direttamente nella Sieve (tratto finale del Torrente San Godenzo (Vicolagna), Torrente Moscia e Fosso di Rimaggio), su indicazione dell'Autorità di bacino, è stata inserita come condizione di valle l'altezza d'acqua relativa alla piena trentennale della Sieve in prossimità della confluenza.

Nello specifico, sono state utilizzate come riferimento:

- Torrente Rimaggio: sezione n° 124 (monte confluenza) 155,72 m s.l.m;
- Torrente San Godenzo: sezione n° 90 (monte confluenza) 149,04 m s.l.m - sezione n° 87 (valle confluenza) 148,77 m s.l.m;
- Torrente Moscia: sezione n° 68 (monte confluenza) 140,23 m s.l.m - sezione n° 67 (valle confluenza) 138,66 m s.l.m.

Per il San Godenzo è stato scelto come valore quello della sezione di monte poiché questa risulta particolarmente vicina, per il Moscia le due sezioni sono all'incirca equidistanti, per questo motivo si è ritenuto idoneo inserire la media delle due quote indicate.

I valori di portata elaborati ed assegnati sono riportati in tabella 6.

<b>Sub-tratto</b>	<b>Q<sub>20</sub></b>	<b>Q<sub>30</sub></b>	<b>Q<sub>200</sub></b>	<b>Q<sub>500</sub></b>
Carb_1	127.495	142.878	232.300	288.285
Carb_2	128.534	143.981	233.838	290.082
Carb_3	128.477	143.919	233.721	289.938
Carb_4	130.167	145.817	236.801	289.769
Carb_5	129.908	145.494	236.188	292.945
Vic_1	129.792	145.212	234.905	291.065
Vic_2	129.652	145.065	234.750	290.892
Vic_3	130.076	145.506	235.222	291.369
Vic_4	130.076	145.485	235.187	291.326
Vic_5	129.744	145.106	234.526	290.533
Vic_6	130.675	146.110	235.910	292.093
Vic_7	129.889	145.228	234.437	290.290
Vic_8	130.579	145.966	235.528	291.610
Vic_9	129.479	144.767	233.656	289.304
Cont_1	171.005	190.093	303.954	376.932
Cont_2	170.442	189.413	302.610	375.123
Cont_3	169.523	188.329	300.819	373.050
Cont_4	169.965	188.901	301.770	374.074
Cont_5	168.576	187.259	298.675	369.994
Cont_6	167.012	185.453	295.167	365.281
Cont_7	176.984	196.148	310.215	383.030
Cont_8	174.342	193.225	305.696	377.479
Rim_1	26.135	29.024	45.702	56.417
Rim_2	27.627	30.525	47.807	58.976

Tabella 6 - Valori di portata assegnati per l'elaborazione delle verifiche idrauliche in condizioni di moto stazionario.

#### 6.4 Risultati della simulazione numerica

Tutte le tracce delle sezioni ed i profili dei tratti fluviali analizzati nelle verifiche idrauliche sono allegati in Appendice.

Nello specifico, per ogni tratto studiato sono riportati, per le piene relative ai tempi di ritorno indicati (20, 30, 200 e 500 anni), l'ubicazione del torrente su base cartografica 1:10.000 (la figura ha una scala di disegno differente), i profili

di corrente dell'intero tratto, la tabella in cui sono contenuti i dati idrologico-geometrici risultanti dalle elaborazioni e tutte le sezioni studiate con i relativi livelli idraulici riscontrati per i livelli di piena analizzati (Layout elaborati con il software Hec Ras).

## **6.5 Elaborazione della carta**

I risultati sono stati utilizzati per l'implementazione della carta delle aree allagabili realizzata per il Comune di Dicomano, in cui sono state indicate le pericolosità idrauliche in funzione dei tempi di ritorno studiati.

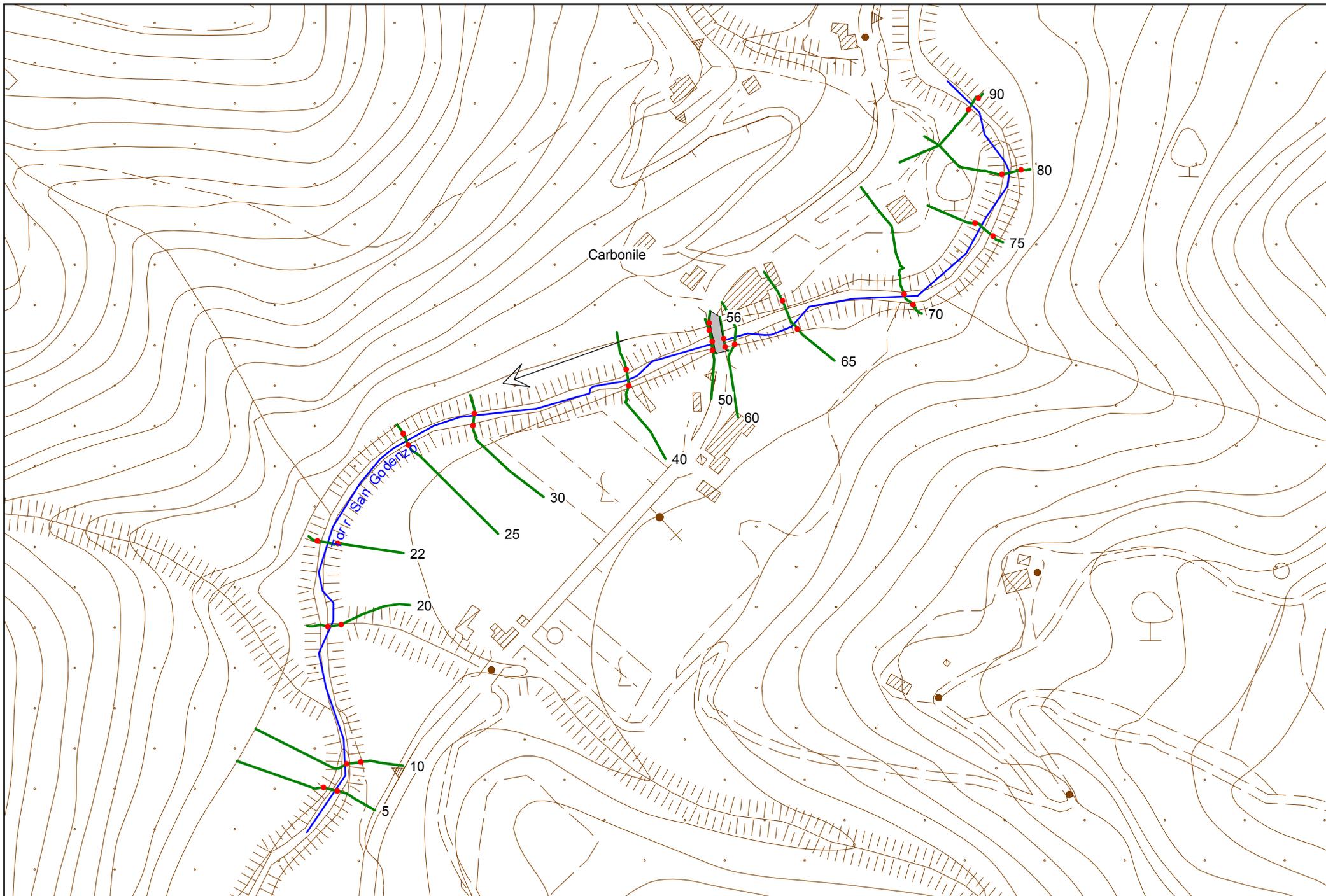
La classificazione delle aree a differente pericolosità idraulica è stata infatti effettuata a partire dagli output della modellistica idraulica e dalle indicazioni riportate all'interno del D.P.G.R. 26/R del 27 Aprile 2007.

Firenze, 3 Aprile 2009

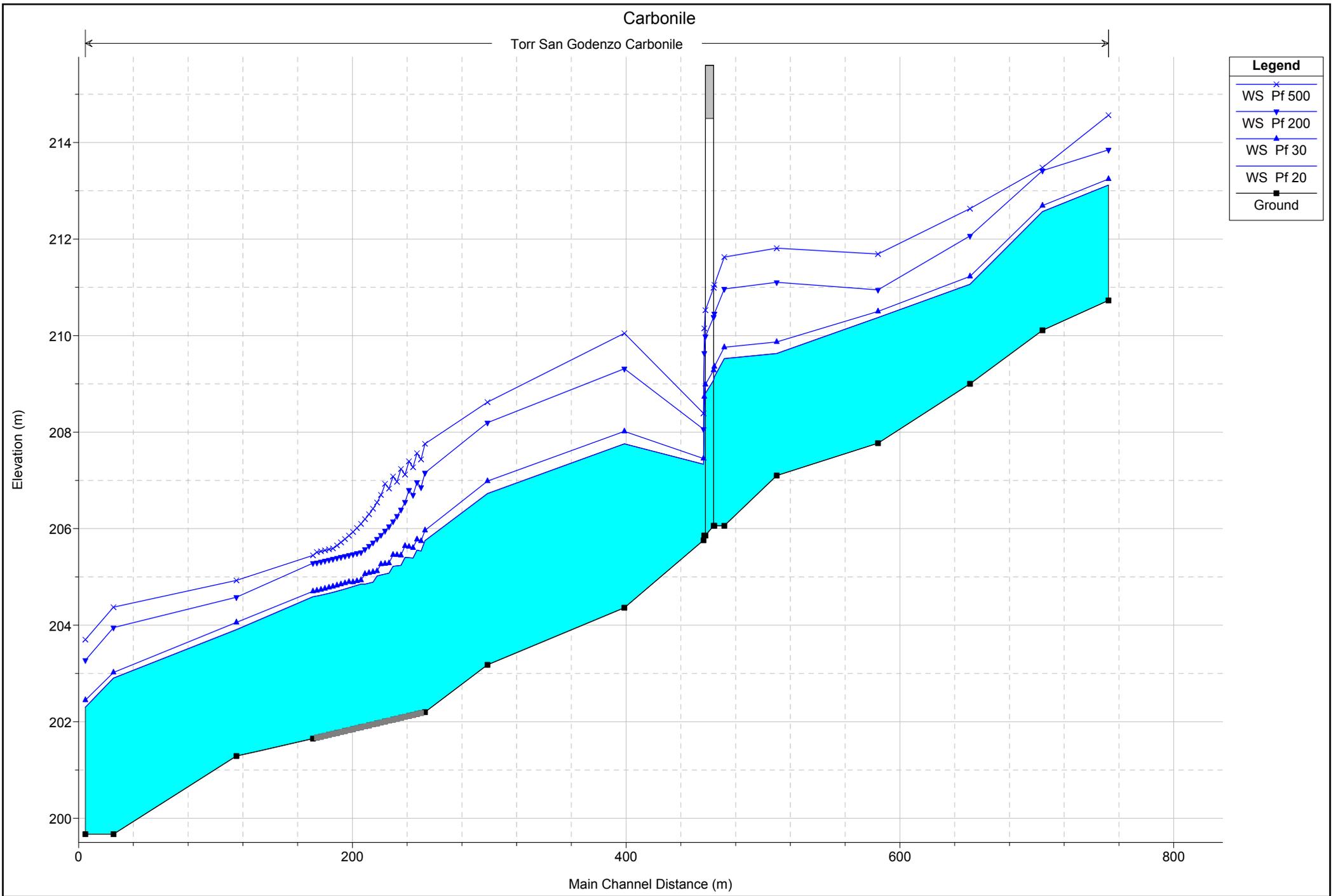
Ing. Alessia Di Luzio

Dr. Geol. Michele Sani

## **7 LAYOUT HEC-RAS**



1 cm Horiz. = 30 m 1 cm Vert. = 30 m



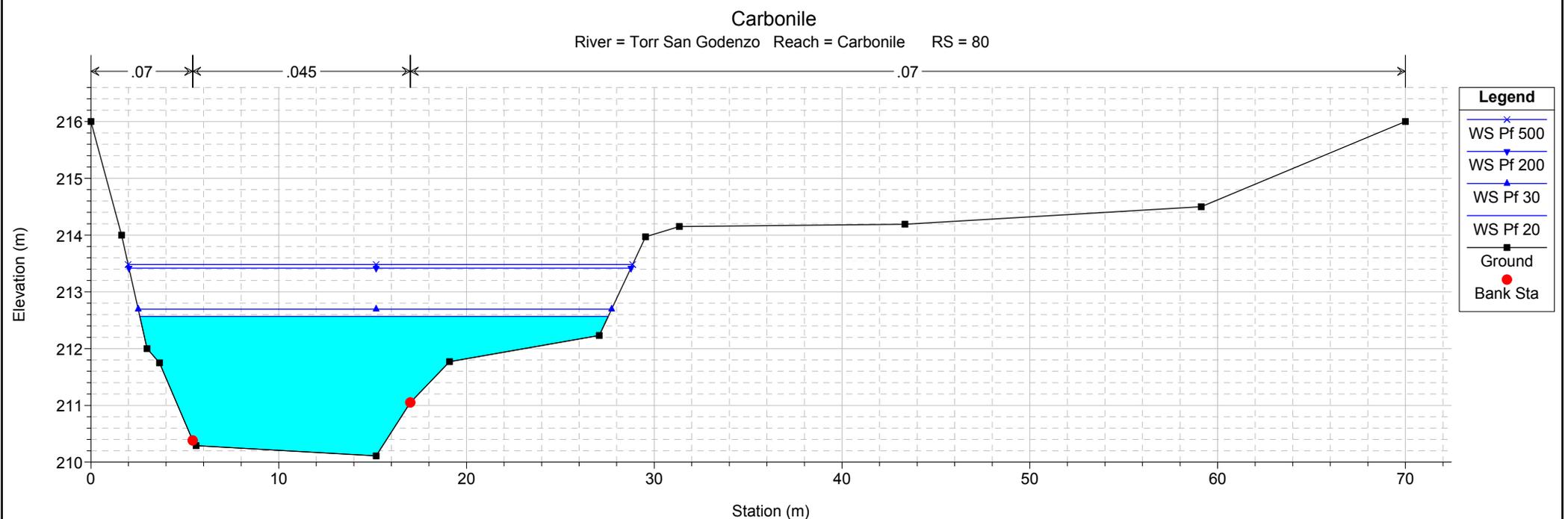
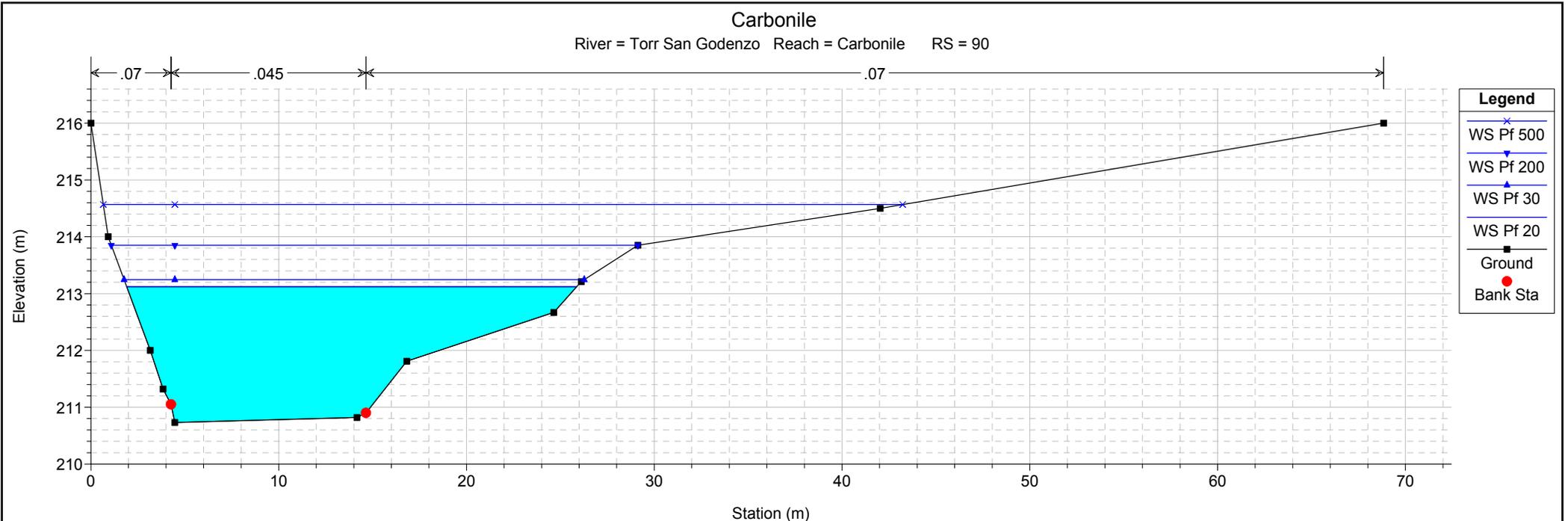
1 cm Horiz. = 35 m 1 cm Vert. = 1 m

HEC-RAS Plan: Plan 06 River: Torr San Godenzo Reach: Carbonile

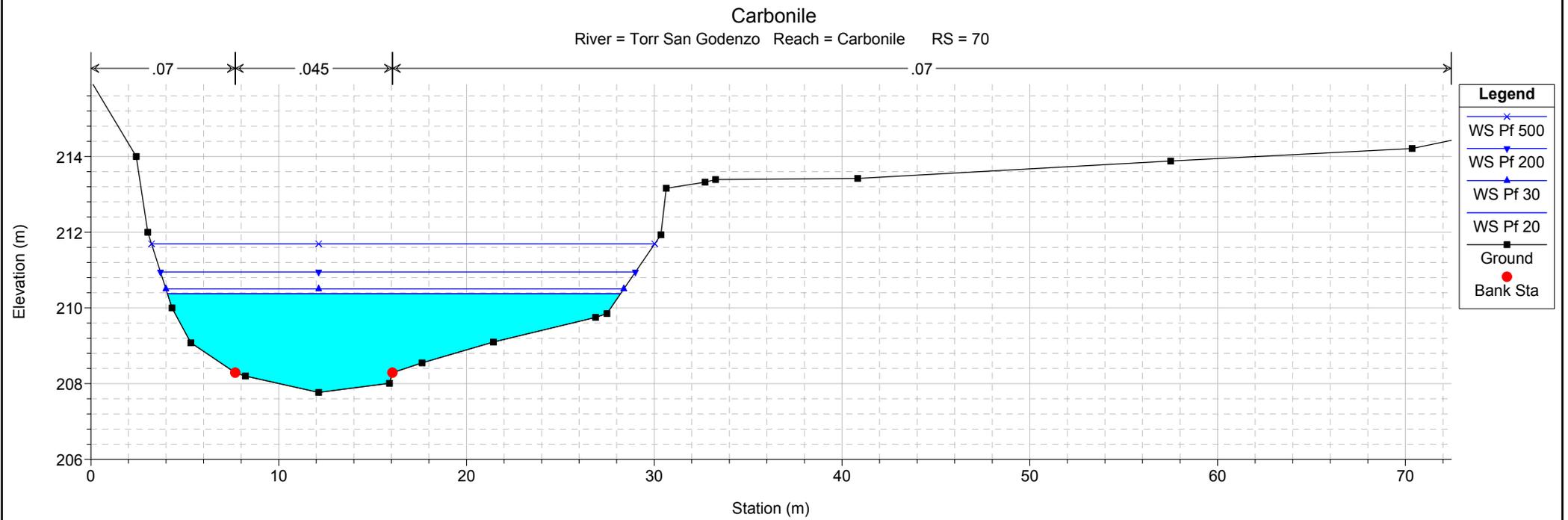
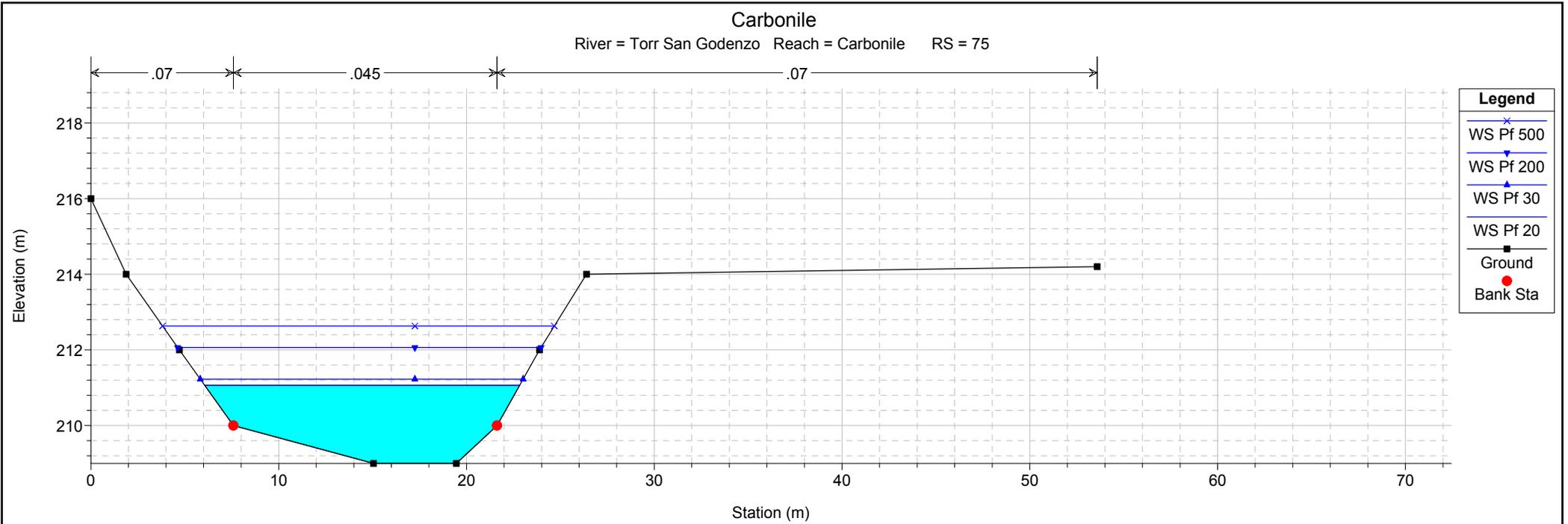
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Carbonile	90	Pf 20	127.50	210.73	213.12	213.12	213.96	0.012890	4.39	37.80	23.96	0.92
Carbonile	90	Pf 30	142.88	210.73	213.24	213.24	214.16	0.013227	4.61	40.81	24.51	0.94
Carbonile	90	Pf 200	232.30	210.73	213.85	213.85	215.17	0.014904	5.66	56.72	28.04	1.03
Carbonile	90	Pf 500	288.29	210.73	214.57	214.57	215.74	0.010535	5.48	82.10	42.57	0.90
Carbonile	80	Pf 20	127.50	210.11	212.57	212.59	213.41	0.012493	4.27	37.00	24.95	0.90
Carbonile	80	Pf 30	142.88	210.11	212.69	212.73	213.60	0.012739	4.47	40.14	25.21	0.92
Carbonile	80	Pf 200	232.30	210.11	213.42	213.42	214.57	0.012124	5.19	58.95	26.73	0.93
Carbonile	80	Pf 500	288.29	210.11	213.48	213.81	215.17	0.017293	6.28	60.64	26.86	1.12
Carbonile	75	Pf 20	127.50	209.00	211.06	211.38	212.42	0.027203	5.19	25.63	16.78	1.26
Carbonile	75	Pf 30	142.88	209.00	211.23	211.53	212.63	0.025125	5.30	28.38	17.19	1.23
Carbonile	75	Pf 200	232.30	209.00	212.07	212.35	213.74	0.018626	5.83	43.70	19.35	1.13
Carbonile	75	Pf 500	288.29	209.00	212.63	212.79	214.32	0.014815	5.90	55.08	20.86	1.04
Carbonile	70	Pf 20	128.53	207.77	210.37	210.37	211.19	0.013555	4.58	39.74	24.12	0.94
Carbonile	70	Pf 30	143.98	207.77	210.50	210.50	211.38	0.013816	4.78	42.82	24.38	0.96
Carbonile	70	Pf 200	233.84	207.77	210.95	211.19	212.41	0.019048	6.26	53.93	25.29	1.16
Carbonile	70	Pf 500	290.08	207.77	211.69	211.56	212.91	0.012296	5.83	73.28	26.79	0.96
Carbonile	65	Pf 20	128.53	207.10	209.63	209.09	210.06	0.006363	2.93	45.52	22.96	0.64
Carbonile	65	Pf 30	143.98	207.10	209.87	209.22	210.30	0.005590	2.95	51.04	23.37	0.61
Carbonile	65	Pf 200	233.84	207.10	211.10	209.87	211.58	0.003528	3.09	82.53	27.81	0.52
Carbonile	65	Pf 500	290.08	207.10	211.81		212.30	0.002906	3.16	103.14	30.50	0.49
Carbonile	60	Pf 20	128.53	206.06	209.52		209.85	0.003698	2.52	51.58	17.97	0.46
Carbonile	60	Pf 30	143.98	206.06	209.76		210.11	0.003667	2.61	55.83	18.35	0.46
Carbonile	60	Pf 200	233.84	206.06	210.97		211.44	0.003569	3.06	78.80	19.51	0.47
Carbonile	60	Pf 500	290.08	206.06	211.63		212.17	0.003522	3.29	92.81	28.88	0.47
Carbonile	56	Pf 20	128.53	206.06	209.15	208.56	209.78	0.008728	3.51	36.81	17.36	0.69
Carbonile	56	Pf 30	143.98	206.06	209.36	208.73	210.03	0.008618	3.64	39.87	17.70	0.69
Carbonile	56	Pf 200	233.84	206.06	210.45	209.60	211.36	0.008204	4.24	56.84	19.10	0.68
Carbonile	56	Pf 500	290.08	206.06	211.05	210.10	212.08	0.008092	4.53	66.65	19.58	0.68
Carbonile	52		Bridge									
Carbonile	51	Pf 20	128.53	205.86	208.55	208.55	209.63	0.018231	4.88	30.52	17.06	0.96
Carbonile	51	Pf 30	143.98	205.86	208.73	208.73	209.89	0.018333	5.06	33.06	17.16	0.97
Carbonile	51	Pf 200	233.84	205.86	209.64	209.64	211.20	0.019273	5.94	46.14	17.79	0.99
Carbonile	51	Pf 500	290.08	205.86	210.15	210.15	211.91	0.019511	6.35	53.80	18.16	1.00

## HEC-RAS Plan: Plan 06 River: Torr San Godenzo Reach: Carbonile (Continued)

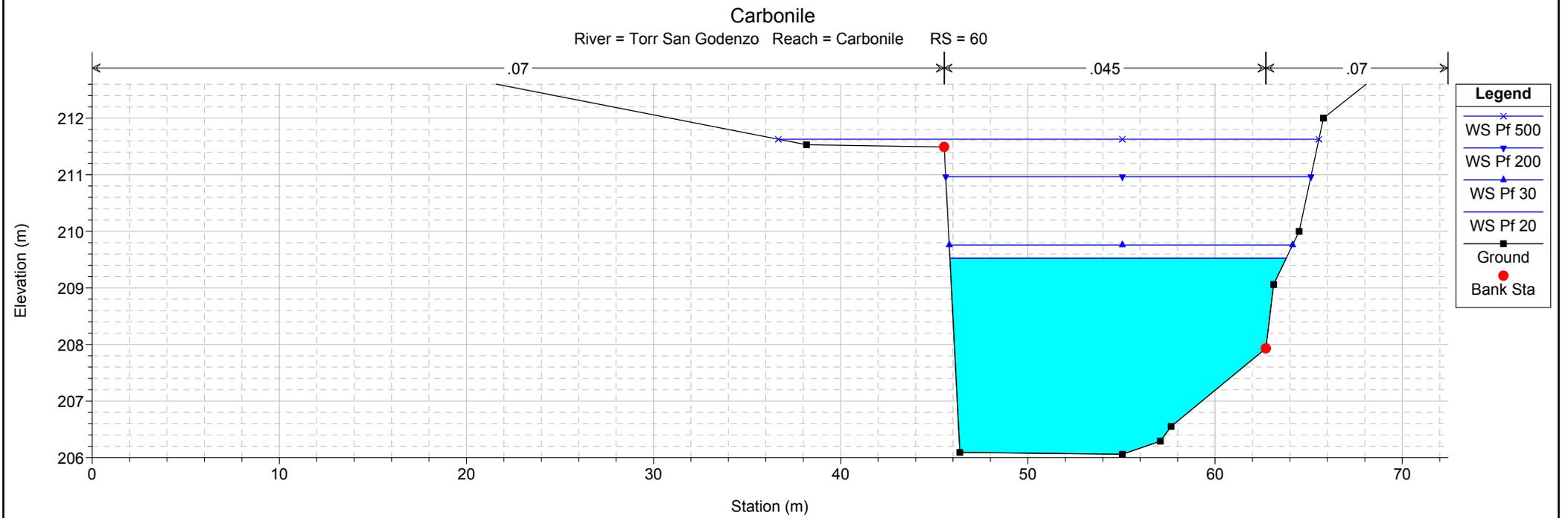
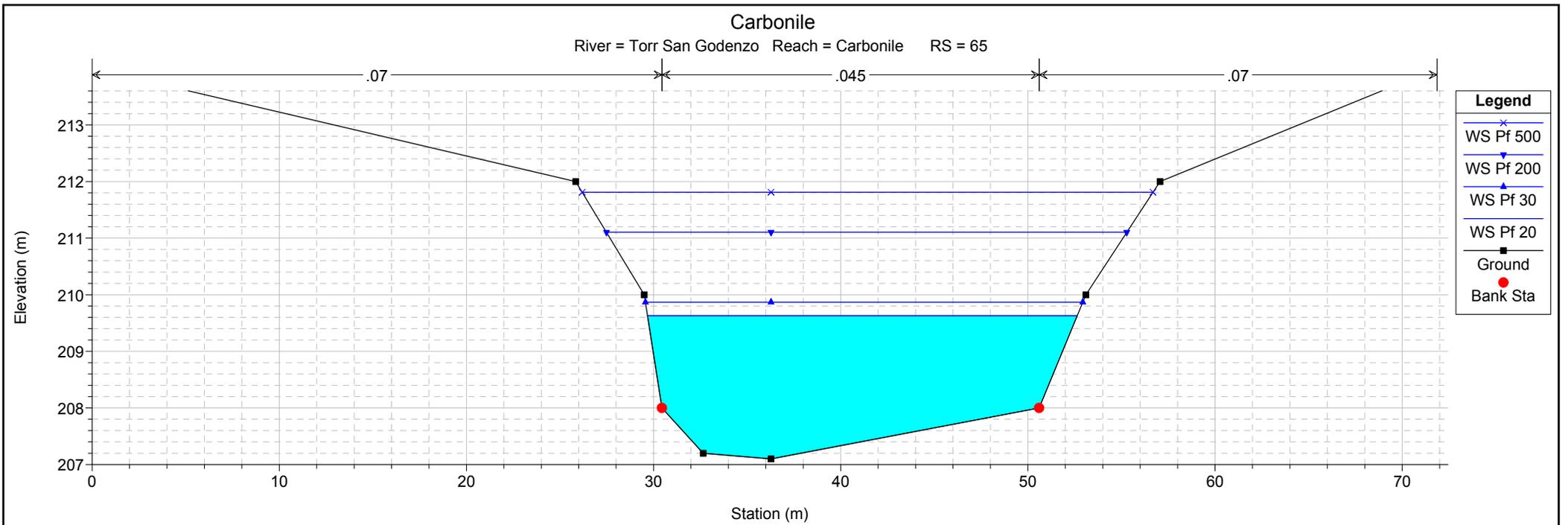
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Carbonile	50	Pf 20	128.53	205.76	207.33	207.99	209.51	0.059983	6.70	20.88	15.80	1.74
Carbonile	50	Pf 30	143.98	205.76	207.45	208.15	209.76	0.058404	6.91	22.79	16.05	1.73
Carbonile	50	Pf 200	233.84	205.76	208.06	209.00	211.04	0.053741	7.95	32.92	17.34	1.70
Carbonile	50	Pf 500	290.08	205.76	208.39	209.41	211.74	0.052466	8.47	38.71	18.04	1.70
Carbonile	40	Pf 20	128.53	204.36	207.76	206.75	208.09	0.003372	2.88	62.04	25.77	0.50
Carbonile	40	Pf 30	143.98	204.36	208.02	206.90	208.35	0.003187	2.94	68.79	26.51	0.49
Carbonile	40	Pf 200	233.84	204.36	209.31	207.63	209.71	0.002599	3.26	105.16	29.54	0.47
Carbonile	40	Pf 500	290.08	204.36	210.05	208.04	210.47	0.002363	3.41	127.47	31.43	0.46
Carbonile	30	Pf 20	128.53	203.18	206.73		207.55	0.007468	4.36	39.25	16.44	0.75
Carbonile	30	Pf 30	143.98	203.18	206.99		207.84	0.007136	4.47	43.60	17.14	0.74
Carbonile	30	Pf 200	233.84	203.18	208.20		209.25	0.006398	5.11	66.31	20.37	0.73
Carbonile	30	Pf 500	290.08	203.18	208.62		209.99	0.007444	5.82	75.36	25.13	0.80
Carbonile	25	Pf 20	128.53	202.20	205.75	205.75	207.04	0.014926	5.13	28.05	12.50	0.94
Carbonile	25	Pf 30	143.98	202.20	205.96	205.96	207.34	0.014703	5.33	30.77	13.08	0.94
Carbonile	25	Pf 200	233.84	202.20	207.16	207.16	208.80	0.012266	5.98	49.10	17.73	0.90
Carbonile	25	Pf 500	290.08	202.20	207.76	207.76	209.53	0.011532	6.31	60.46	20.10	0.89
Carbonile	22	Pf 20	128.48	201.65	204.59	204.28	205.39	0.011333	3.97	33.05	15.87	0.81
Carbonile	22	Pf 30	143.92	201.65	204.70	204.46	205.61	0.012206	4.24	34.86	16.38	0.85
Carbonile	22	Pf 200	233.72	201.65	205.28	205.39	206.81	0.015757	5.53	45.20	19.04	1.00
Carbonile	22	Pf 500	289.92	201.65	205.45	205.89	207.54	0.020320	6.49	48.32	19.78	1.14
Carbonile	20	Pf 20	130.17	201.29	203.91	203.91	204.73	0.012073	4.54	41.73	27.12	0.90
Carbonile	20	Pf 30	145.82	201.29	204.06	204.06	204.92	0.011997	4.69	45.84	28.15	0.90
Carbonile	20	Pf 200	236.80	201.29	204.58	204.78	205.88	0.015214	5.93	61.49	31.94	1.05
Carbonile	20	Pf 500	293.77	201.29	204.93	205.16	206.37	0.015181	6.34	73.12	34.48	1.06
Carbonile	10	Pf 20	129.91	199.67	202.91	202.28	203.39	0.005595	3.50	52.31	25.52	0.63
Carbonile	10	Pf 30	145.49	199.67	203.02	202.43	203.61	0.006371	3.83	55.69	32.33	0.68
Carbonile	10	Pf 200	236.19	199.67	203.95	202.90	204.60	0.005576	4.23	87.89	36.91	0.66
Carbonile	10	Pf 500	292.94	199.67	204.37	203.77	205.09	0.005633	4.54	103.88	38.99	0.67
Carbonile	5	Pf 20	129.91	199.67	202.30	202.30	203.19	0.012899	4.61	38.83	24.26	0.92
Carbonile	5	Pf 30	145.49	199.67	202.45	202.45	203.39	0.012960	4.80	42.44	25.29	0.94
Carbonile	5	Pf 200	236.19	199.67	203.28	203.28	204.39	0.011574	5.42	66.62	33.29	0.92
Carbonile	5	Pf 500	292.94	199.67	203.70	203.70	204.89	0.010992	5.70	81.63	37.48	0.92



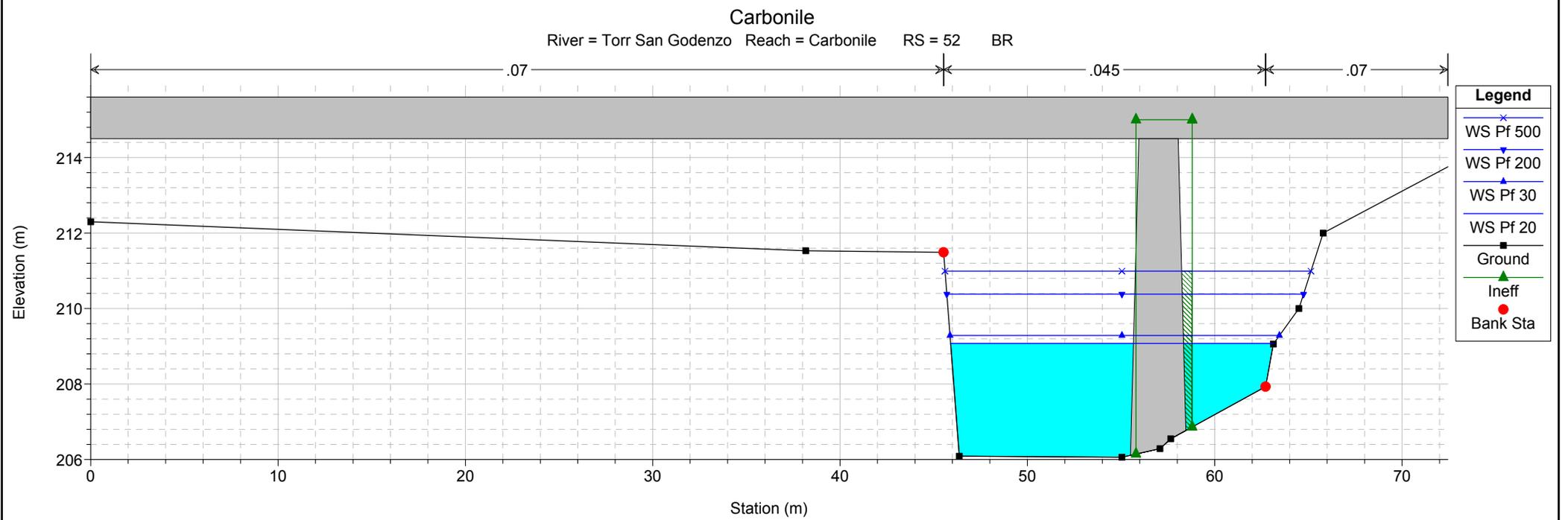
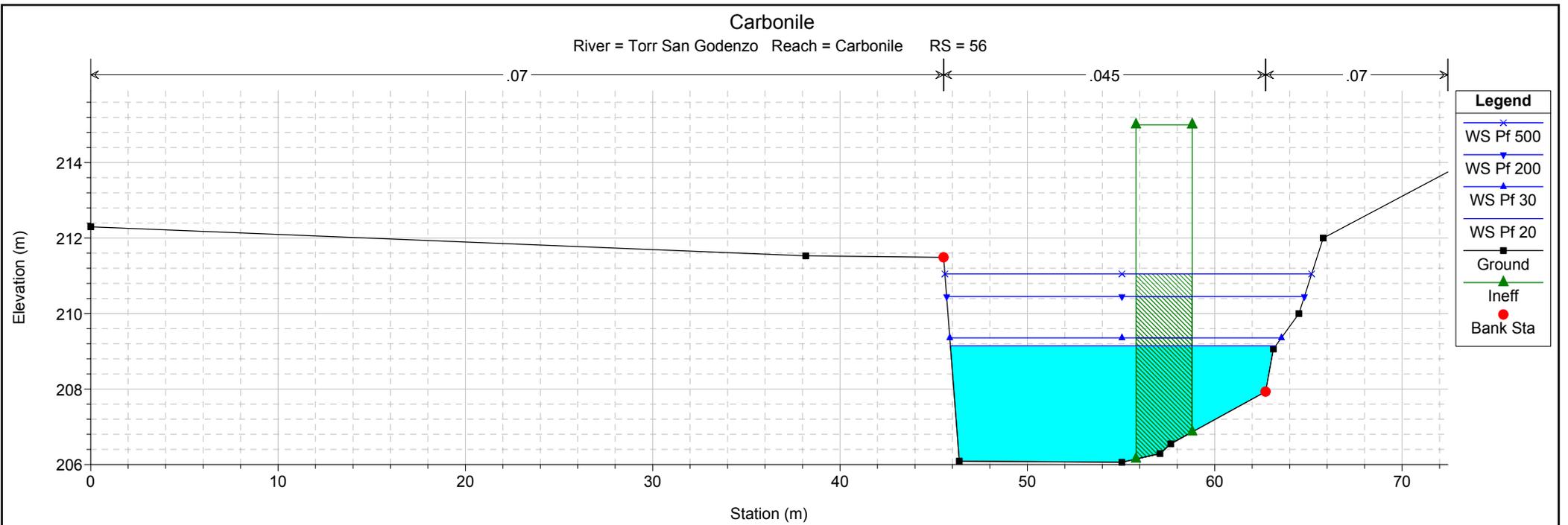
1 cm Horiz. = 3 m 1 cm Vert. = 1 m



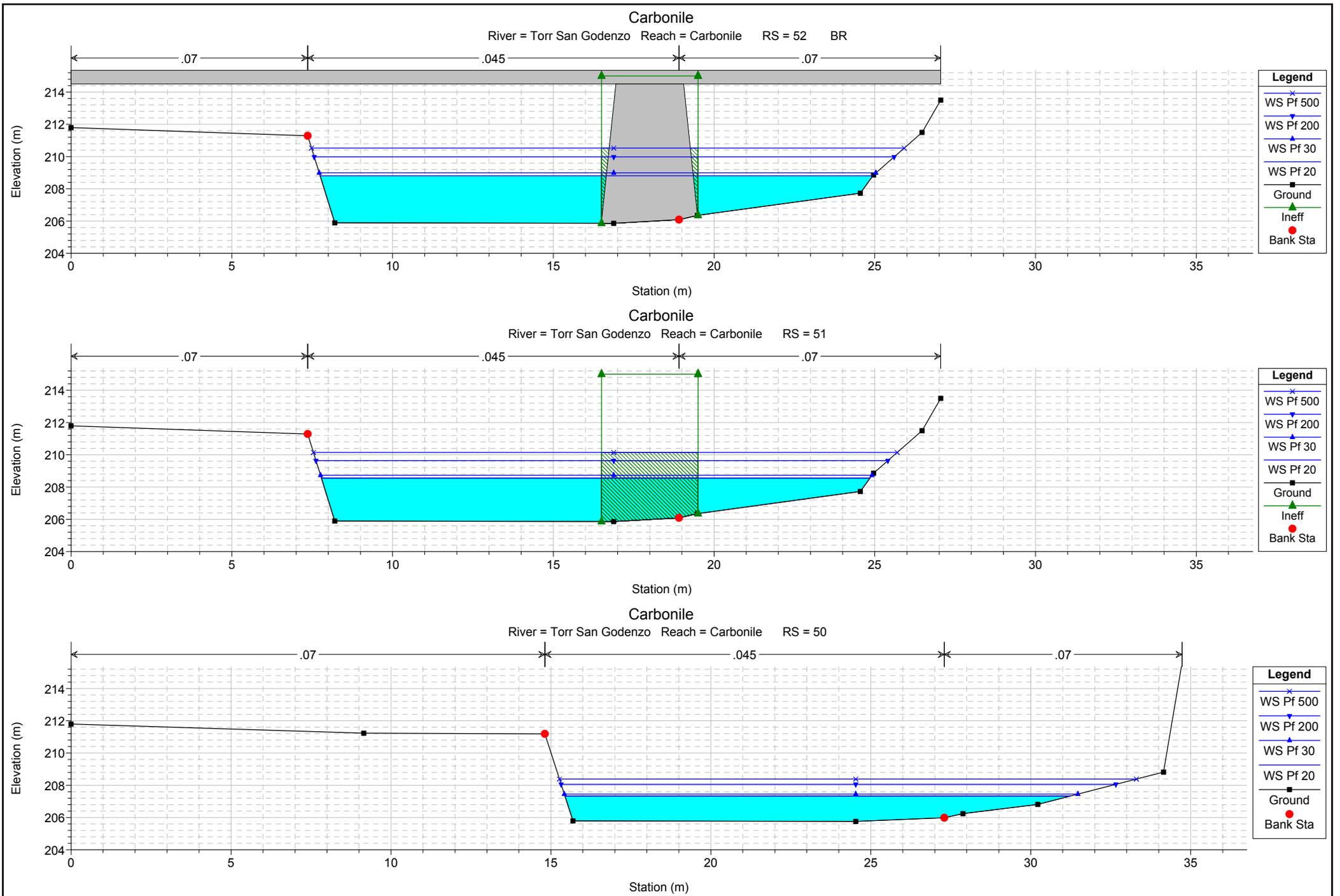
1 cm Horiz. = 3 m 1 cm Vert. = 1.5 m



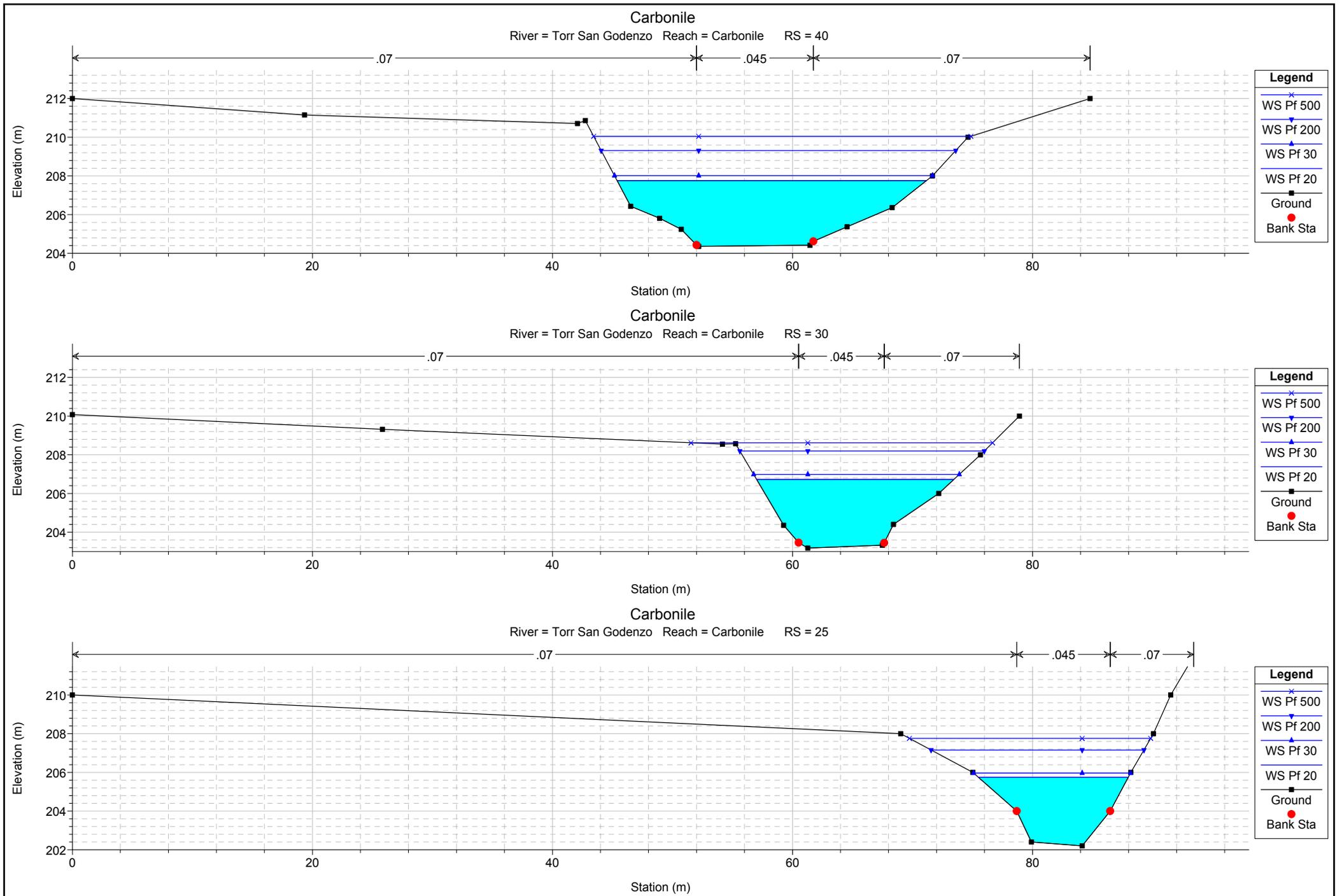
1 cm Horiz. = 3 m 1 cm Vert. = 1 m



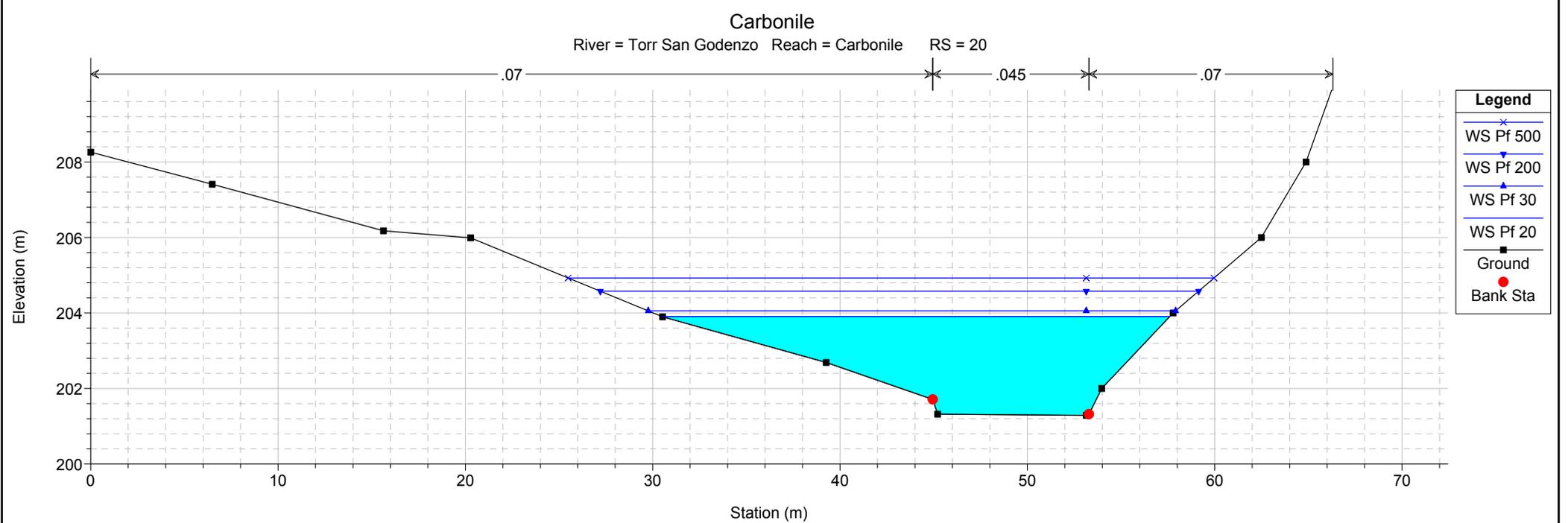
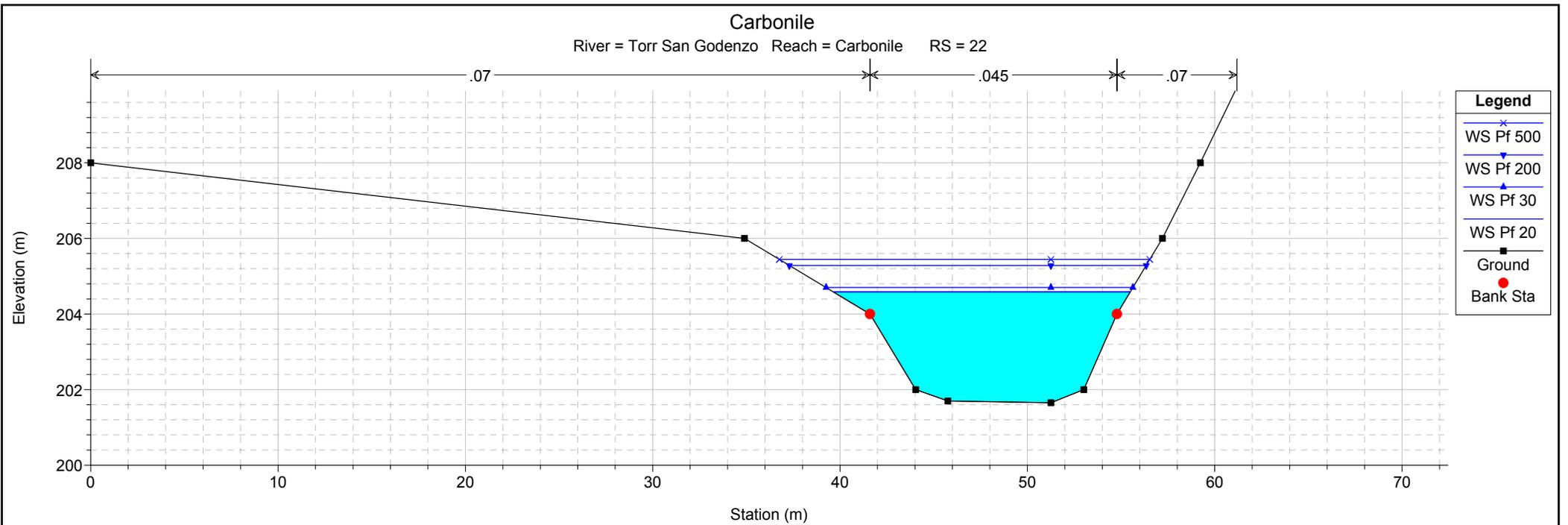
1 cm Horiz. = 3 m 1 cm Vert. = 1.5 m



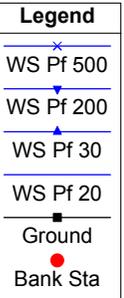
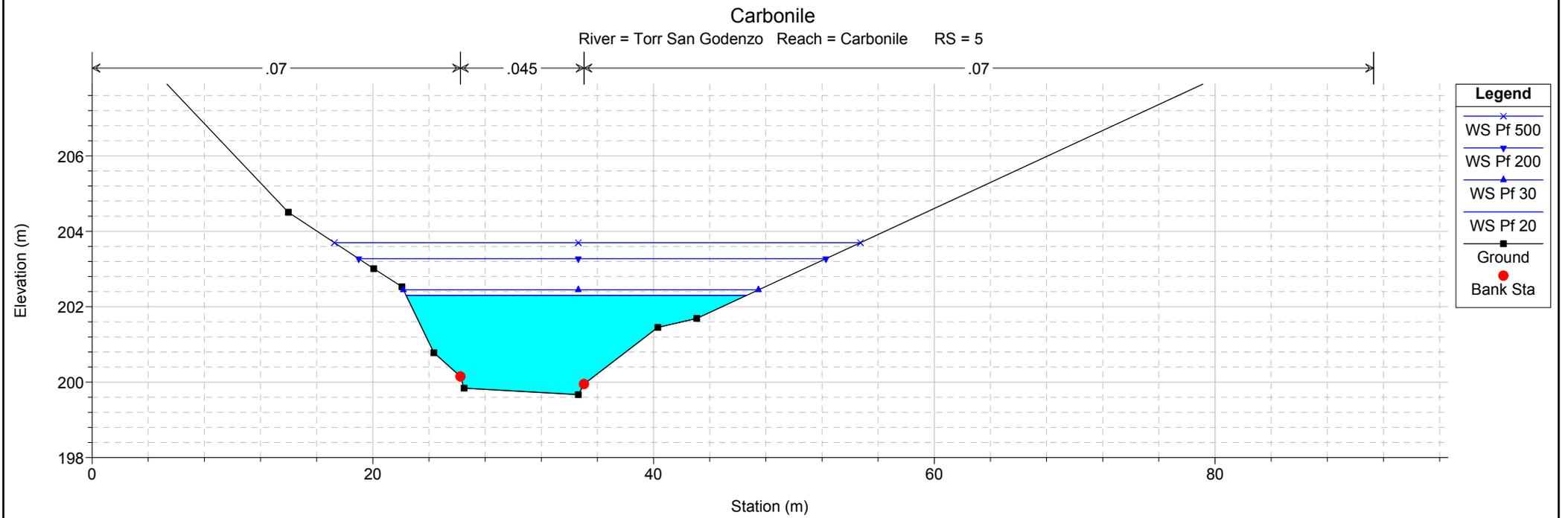
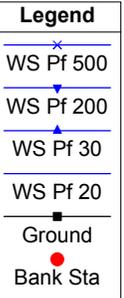
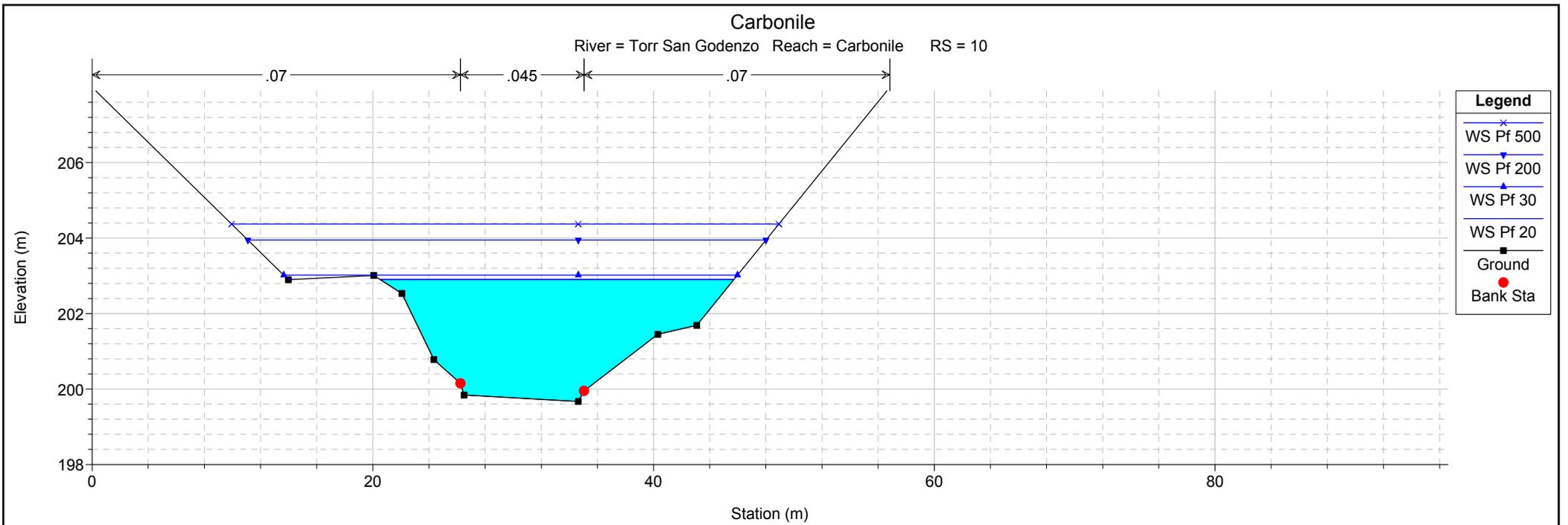
1 cm Horiz. = 1.5 m 1 cm Vert. = 3 m



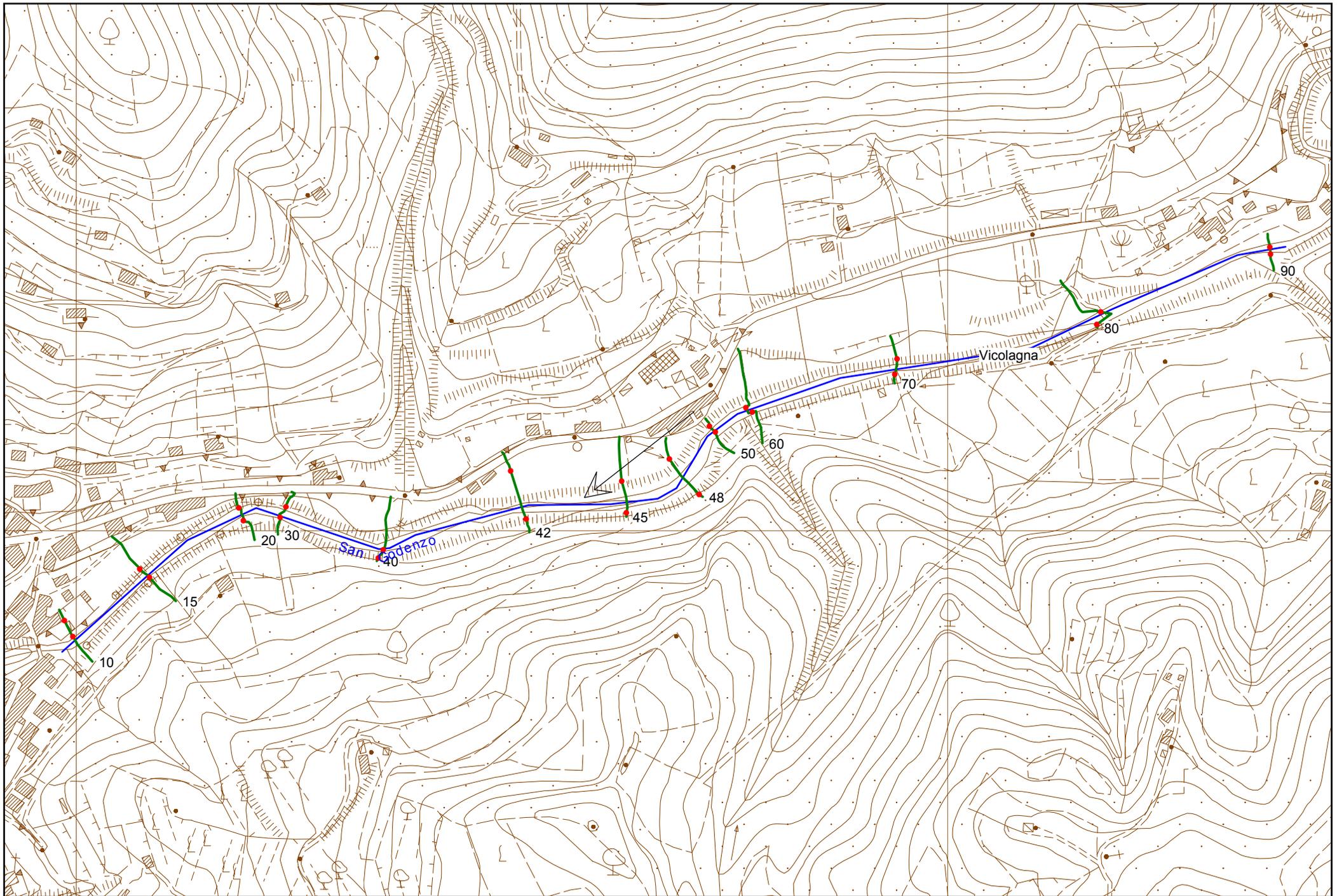
1 cm Horiz. = 4 m 1 cm Vert. = 2.5 m



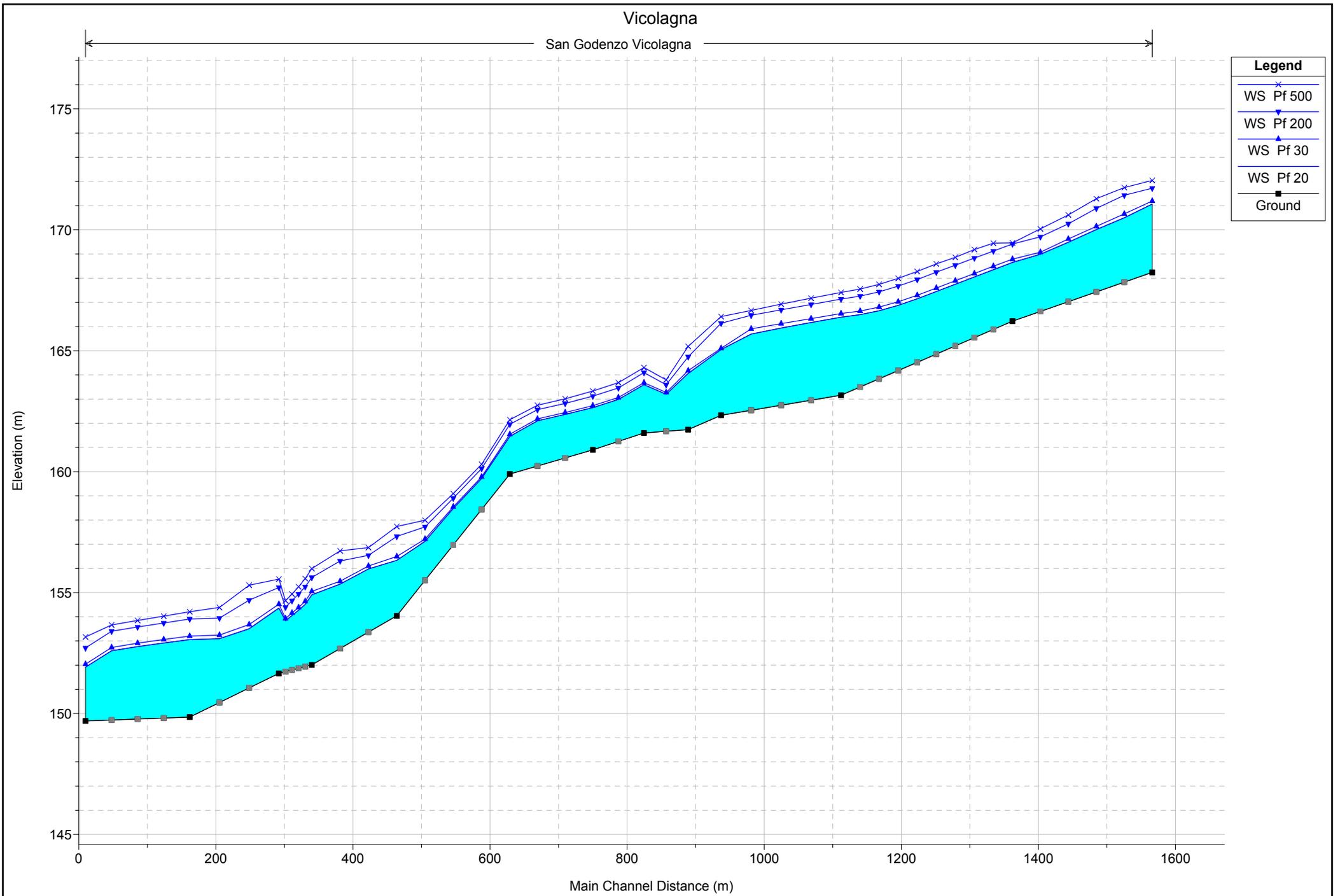
1 cm Horiz. = 3 m 1 cm Vert. = 1.5 m



1 cm Horiz. = 4 m 1 cm Vert. = 1.5 m



1 cm Horiz. = 55 m 1 cm Vert. = 55 m



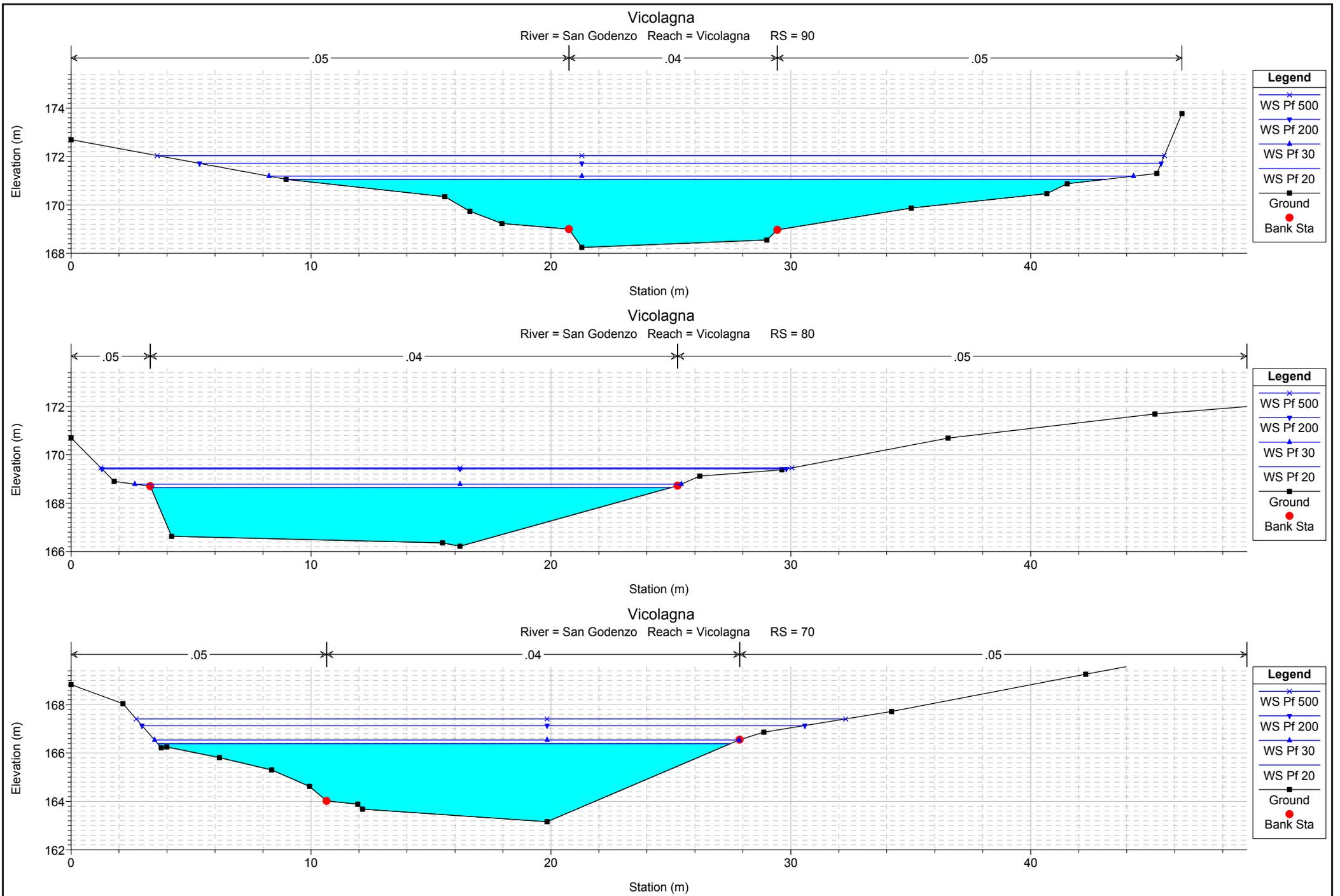
1 cm Horiz. = 70 m 1 cm Vert. = 2 m

HEC-RAS Plan: Plan 03 River: San Godenzo Reach: Vicolagna

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
Vicolagna	90	Pf 30	145.21	168.24	171.19		171.76	0.007028	3.96	53.08	36.04	0.76
Vicolagna	90	Pf 200	234.91	168.24	171.72		172.48	0.007924	4.72	73.44	40.08	0.83
Vicolagna	90	Pf 500	291.06	168.24	172.04		172.86	0.007781	4.98	86.68	41.98	0.84
Vicolagna	80	Pf 30	145.07	166.22	168.79	168.56	169.44	0.009937	3.57	40.67	22.78	0.84
Vicolagna	80	Pf 200	234.75	166.22	169.42	169.23	170.34	0.009595	4.27	56.63	28.55	0.86
Vicolagna	80	Pf 500	290.89	166.22	169.77	169.62	170.82	0.009252	4.58	67.03	30.75	0.87
Vicolagna	70	Pf 30	145.49	163.16	166.54		167.05	0.005561	3.25	48.88	24.37	0.67
Vicolagna	70	Pf 200	235.19	163.16	167.14		167.92	0.006526	4.08	64.27	27.63	0.75
Vicolagna	70	Pf 500	291.33	163.16	167.41		168.38	0.007279	4.56	72.10	29.57	0.80
Vicolagna	60	Pf 30	145.11	162.33	165.10	165.10	166.06	0.010930	4.65	39.19	26.40	0.92
Vicolagna	60	Pf 200	234.53	162.33	166.14	166.14	166.87	0.006292	4.42	82.77	56.74	0.74
Vicolagna	60	Pf 500	290.53	162.33	166.41	166.41	167.19	0.006446	4.70	98.93	61.49	0.76
Vicolagna	50	Pf 30	146.11	161.74	164.49	164.49	165.27	0.009023	4.38	44.25	27.87	0.86
Vicolagna	50	Pf 200	235.91	161.74	165.21	165.21	166.16	0.008654	5.03	68.26	39.25	0.87
Vicolagna	50	Pf 500	292.09	161.74	165.59	165.59	166.57	0.008103	5.23	84.47	45.42	0.86
Vicolagna	48	Pf 30	146.11	161.60	163.68	163.53	164.08	0.010940	2.81	52.04	46.59	0.85
Vicolagna	48	Pf 200	235.91	161.60	164.10	163.97	164.62	0.010857	3.22	73.33	53.74	0.87
Vicolagna	48	Pf 500	292.09	161.60	164.31	164.17	164.91	0.010401	3.46	84.66	54.99	0.88
Vicolagna	45	Pf 30	145.23	160.90	162.73		163.12	0.008001	2.79	54.43	45.97	0.75
Vicolagna	45	Pf 200	234.44	160.90	163.12		163.70	0.008650	3.42	73.71	51.15	0.82
Vicolagna	45	Pf 500	290.29	160.90	163.33	163.19	164.01	0.008929	3.75	84.72	53.88	0.84
Vicolagna	42	Pf 30	145.23	159.90	161.55	161.55	162.04	0.015869	3.12	46.52	46.92	1.00
Vicolagna	42	Pf 200	234.44	159.90	161.96	161.96	162.57	0.015006	3.46	67.72	56.06	1.01
Vicolagna	42	Pf 500	290.29	159.90	162.15	162.15	162.84	0.014295	3.69	78.68	57.72	1.00
Vicolagna	40	Pf 30	145.97	154.04	156.65	156.65	157.54	0.010607	4.49	39.33	24.16	0.94
Vicolagna	40	Pf 200	235.19	154.04	157.44	157.44	158.46	0.008759	4.96	60.52	28.78	0.90
Vicolagna	40	Pf 500	291.33	154.04	157.76	157.76	158.93	0.008903	5.34	69.98	29.23	0.92
Vicolagna	30	Pf 30	144.77	152.01	155.07	155.07	155.96	0.011240	4.36	37.18	22.39	0.93
Vicolagna	30	Pf 200	233.30	152.01	155.80	155.80	156.92	0.009981	4.97	55.18	26.58	0.92
Vicolagna	30	Pf 500	289.30	152.01	156.18	156.18	157.42	0.009582	5.28	65.81	28.67	0.92
Vicolagna	20	Pf 30	144.77	151.66	154.52		154.97	0.005336	3.14	52.60	27.59	0.64

HEC-RAS Plan: Plan 03 River: San Godenzo Reach: Vicolagna (Continued)

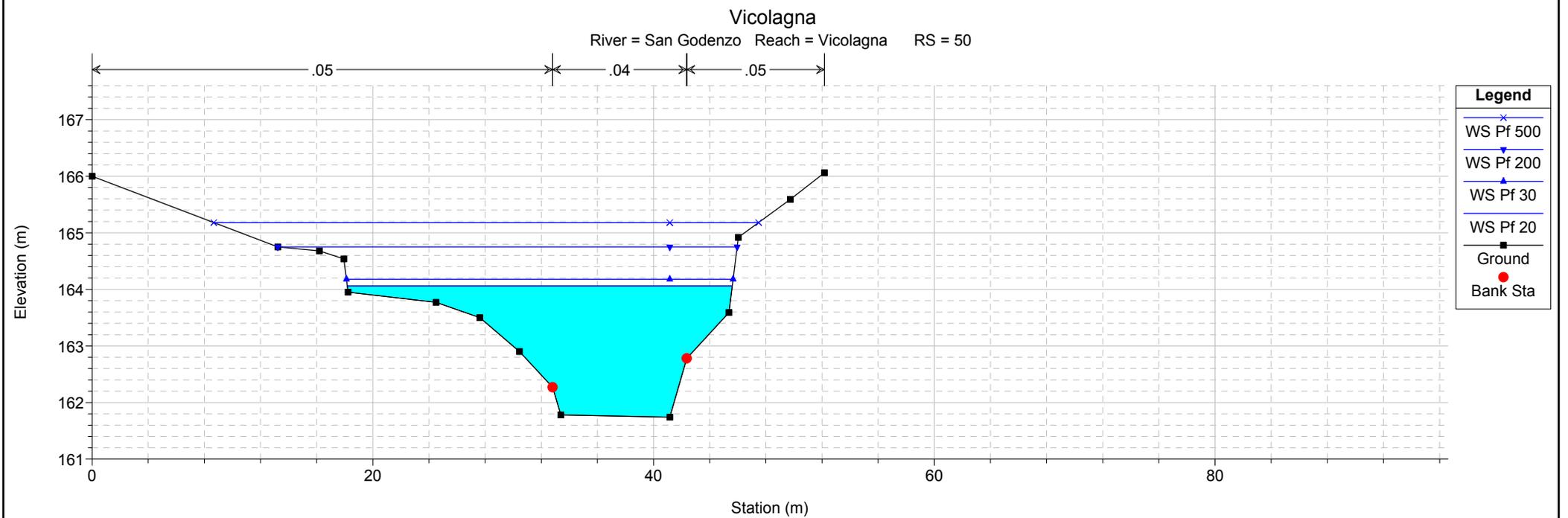
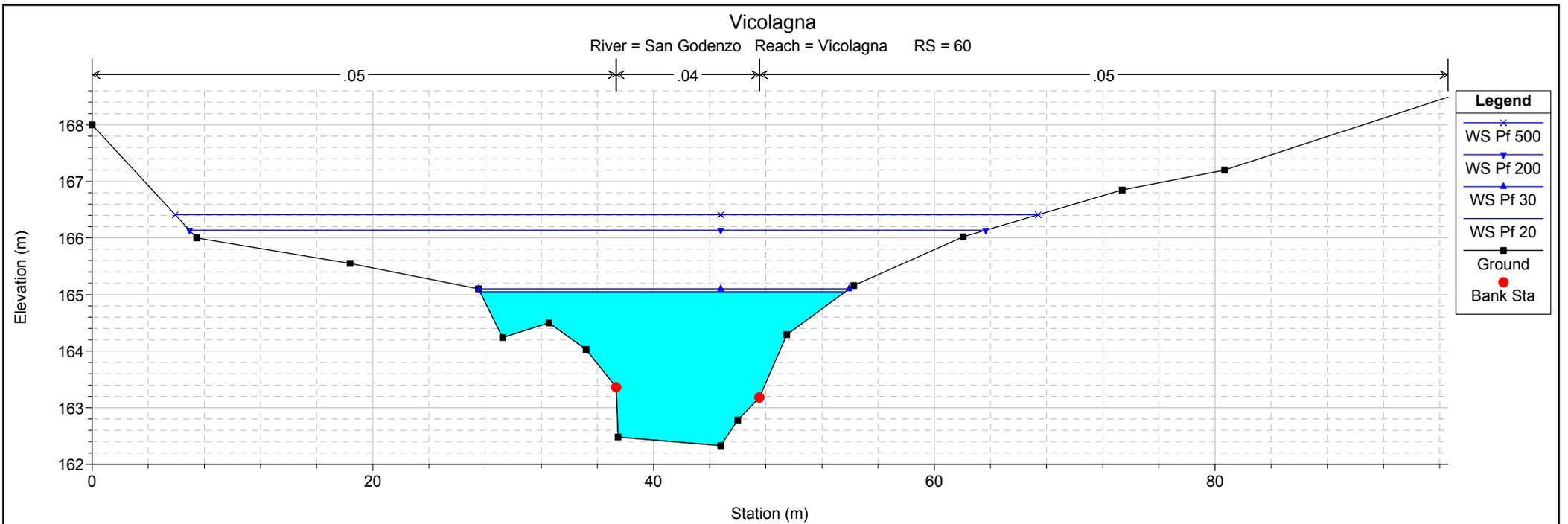
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Vicolagna	20	Pf 200	233.30	151.66	155.21		155.84	0.005526	3.77	71.95	28.78	0.68
Vicolagna	20	Pf 500	289.30	151.66	155.56		156.30	0.005773	4.13	82.10	29.66	0.71
Vicolagna	15	Pf 30	144.77	149.85	153.20		153.71	0.004349	3.18	47.21	18.77	0.59
Vicolagna	15	Pf 200	233.30	149.85	153.91		154.73	0.005393	4.08	61.25	21.05	0.67
Vicolagna	15	Pf 500	289.30	149.85	154.21		155.27	0.006325	4.65	67.98	24.25	0.74
Vicolagna	10	Pf 30	144.77	149.69	152.04	152.04	152.86	0.013947	4.03	36.63	23.17	0.99
Vicolagna	10	Pf 200	233.30	149.69	152.71	152.71	153.76	0.011815	4.58	53.77	30.99	0.96
Vicolagna	10	Pf 500	289.30	149.69	153.17	153.17	154.21	0.009500	4.62	70.29	41.53	0.88



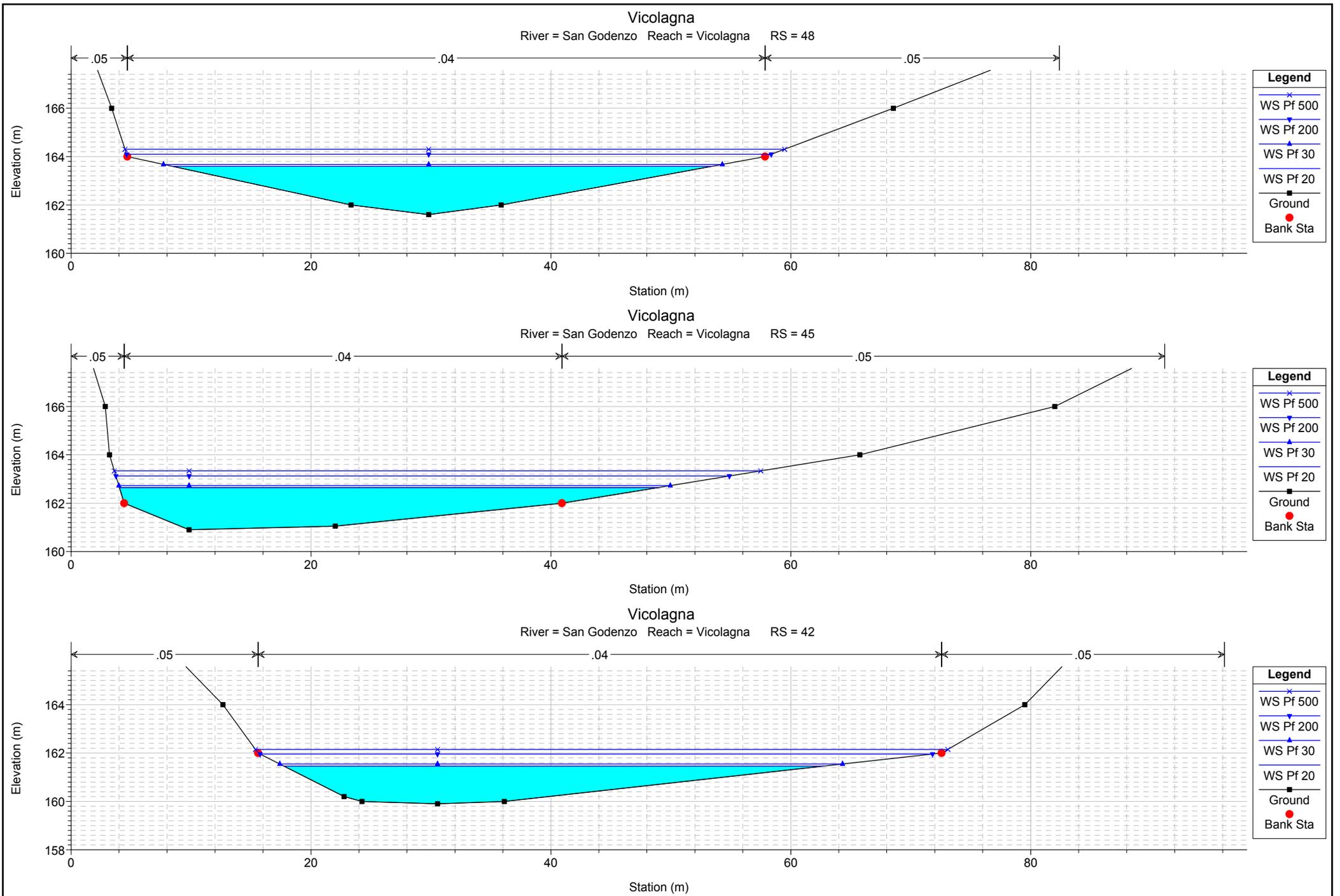
Legend	
WS Pf 500	
WS Pf 200	
WS Pf 30	
WS Pf 20	
Ground	
Bank Sta	

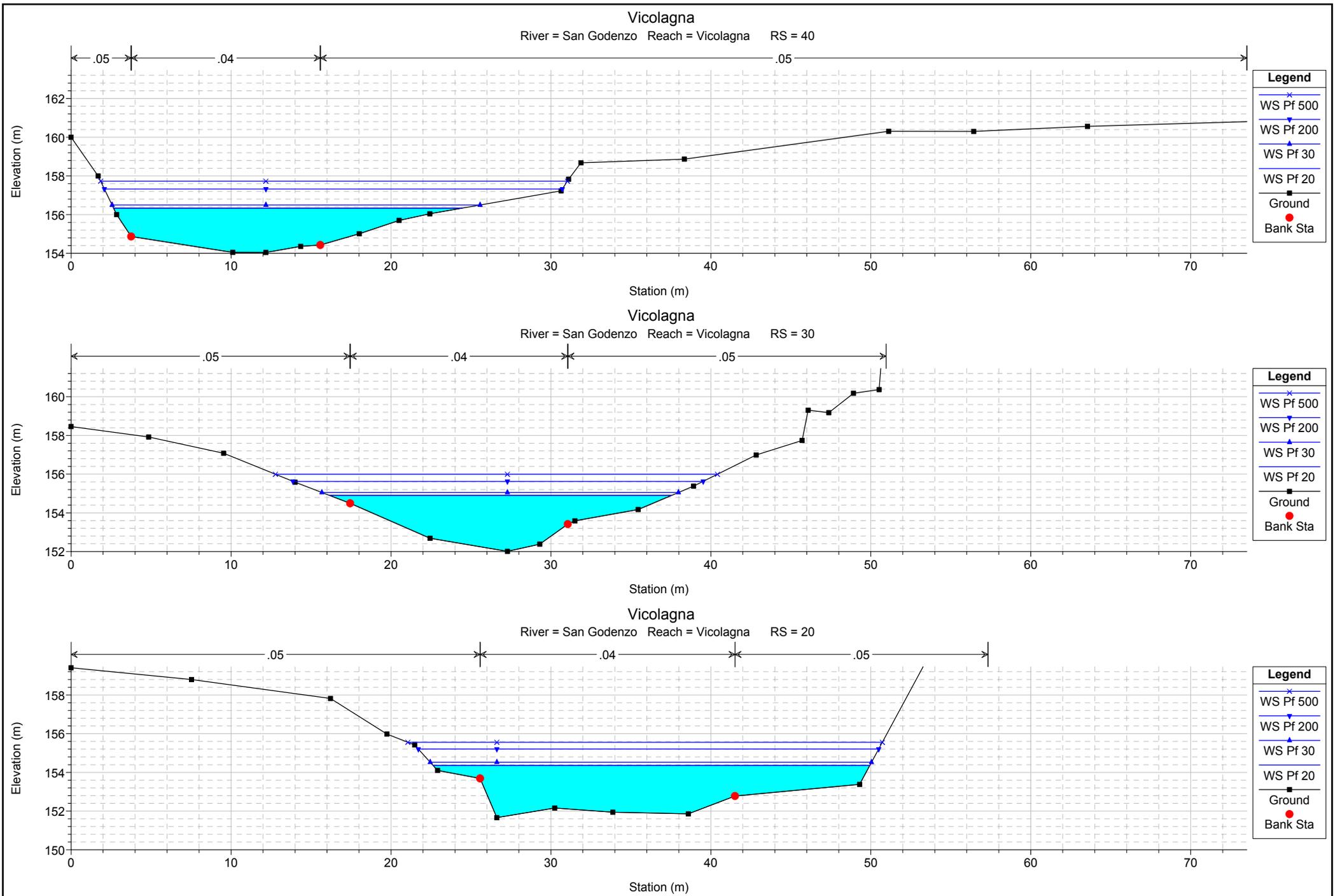
Legend	
WS Pf 500	
WS Pf 200	
WS Pf 30	
WS Pf 20	
Ground	
Bank Sta	

Legend	
WS Pf 500	
WS Pf 200	
WS Pf 30	
WS Pf 20	
Ground	
Bank Sta	

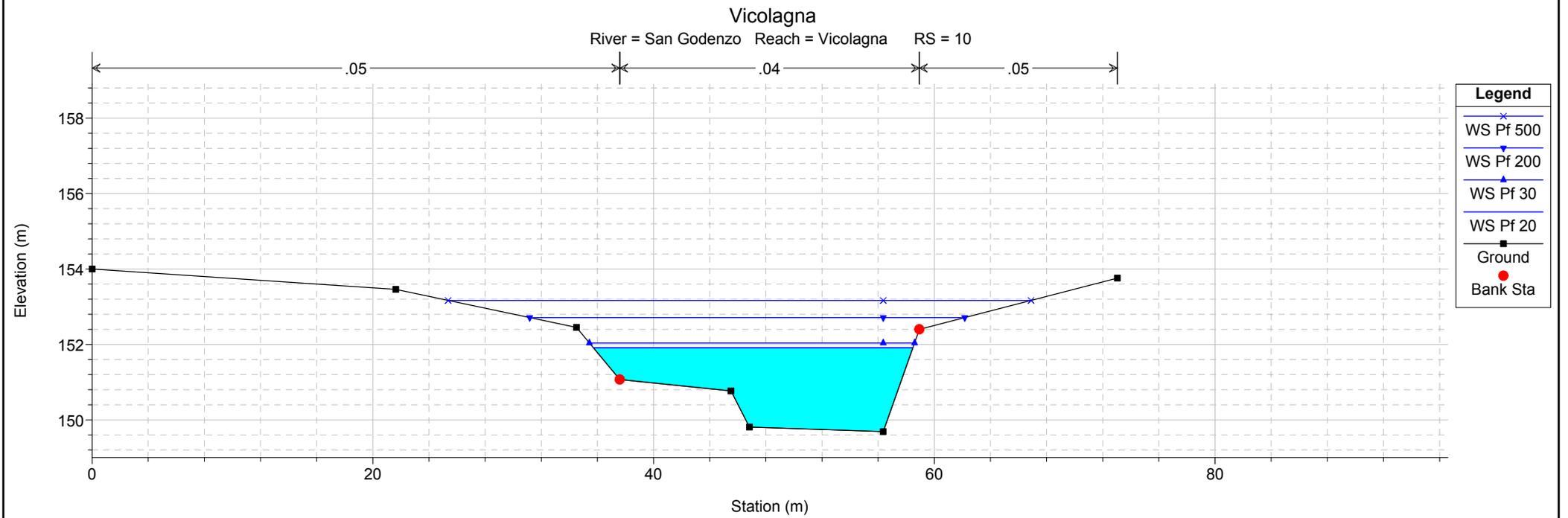
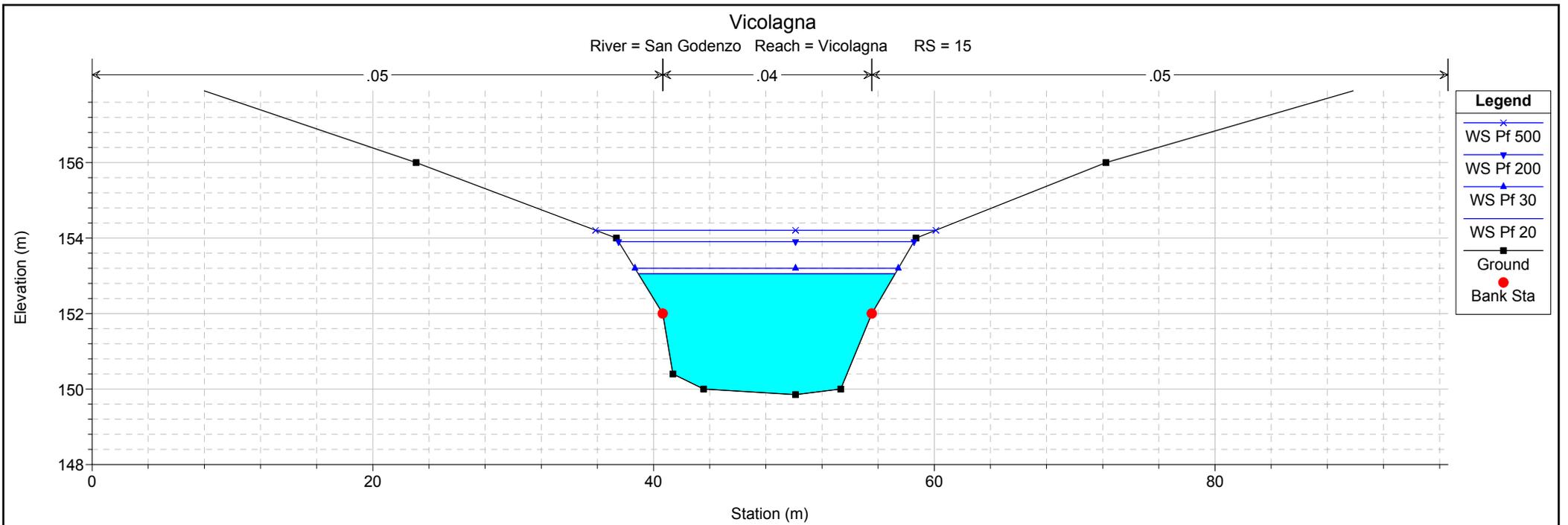


1 cm Horiz. = 4 m 1 cm Vert. = 1 m

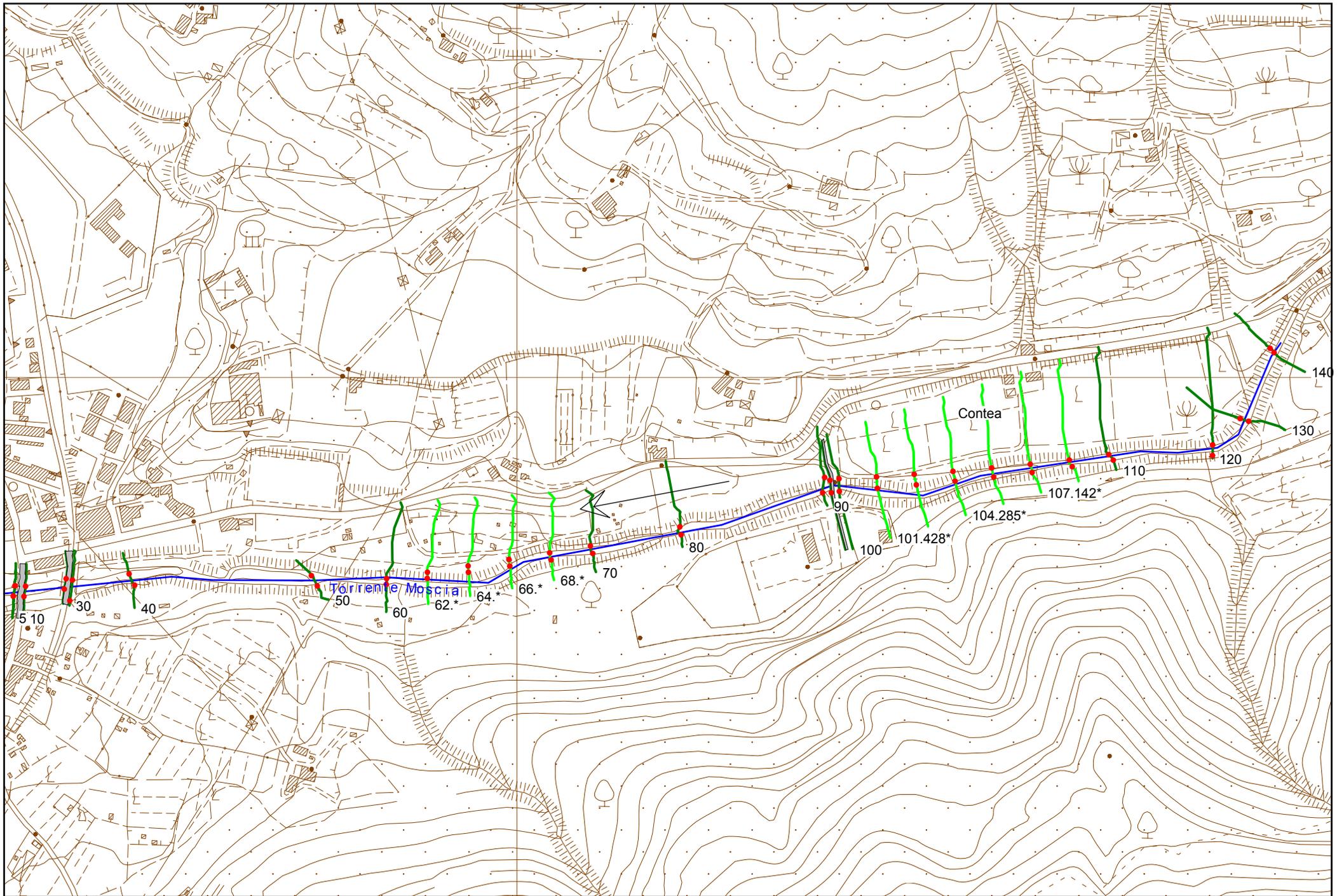




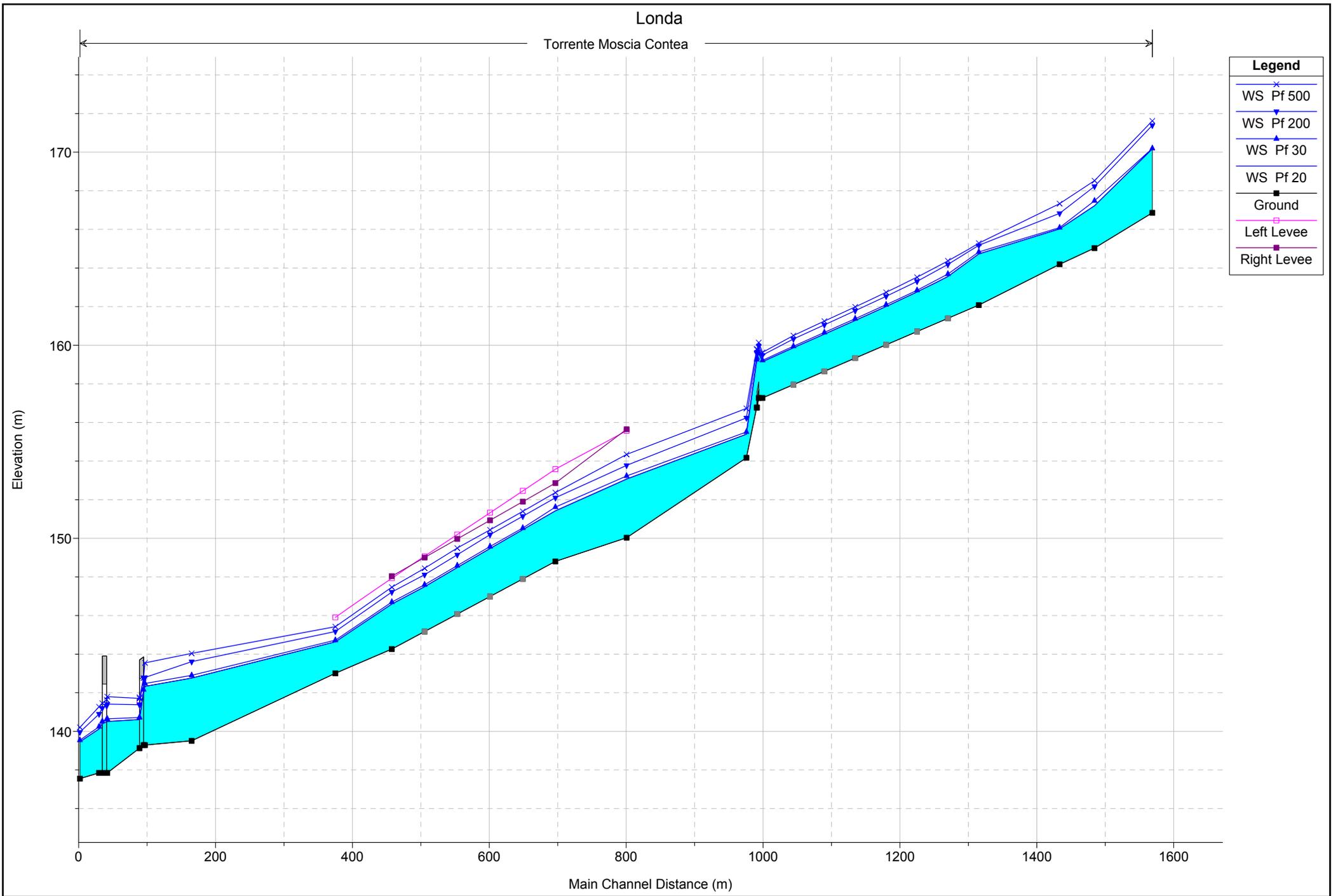
1 cm Horiz. = 3 m 1 cm Vert. = 2.5 m



1 cm Horiz. = 4 m 1 cm Vert. = 1.5 m



1 cm Horiz. = 55 m 1 cm Vert. = 55 m



1 cm Horiz. = 70 m    1 cm Vert. = 2.5 m

HEC-RAS Plan: Plan 05 River: Torrente Moscia Reach: Contea

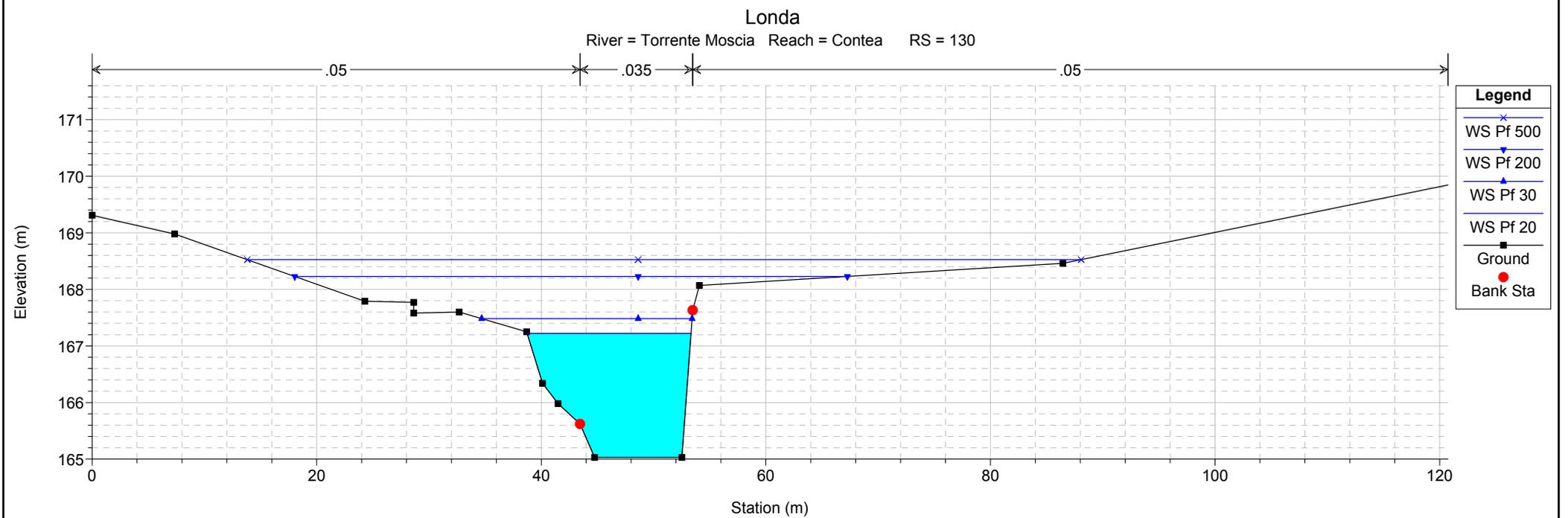
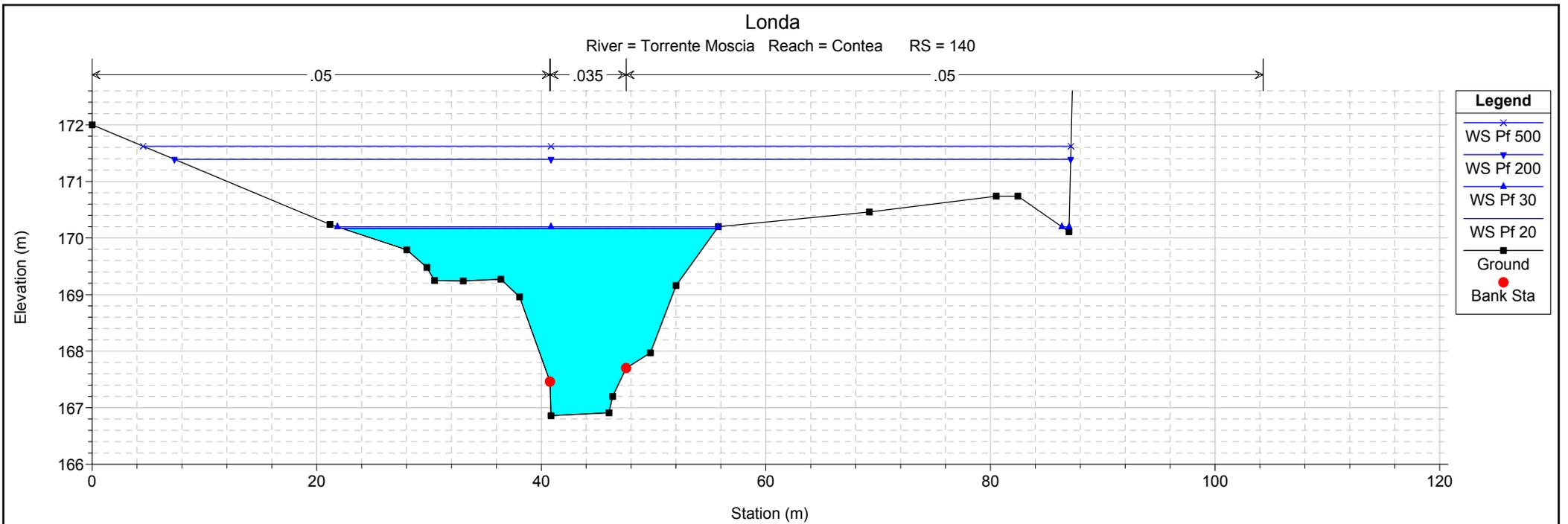
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Contea	140	Pf 20	171.01	166.86	170.17	170.17	171.39	0.009651	5.66	47.18	33.84	1.01
Contea	140	Pf 30	190.09	166.86	170.20	170.20	171.65	0.011458	6.20	48.10	34.55	1.11
Contea	140	Pf 200	303.95	166.86	171.39	171.39	172.06	0.004740	4.93	126.25	79.81	0.75
Contea	140	Pf 500	376.93	166.86	171.62	171.62	172.36	0.005172	5.33	145.07	82.63	0.79
Contea	130	Pf 20	170.44	165.03	167.22	168.48	169.88	0.032423	7.52	25.25	14.60	1.67
Contea	130	Pf 30	189.41	165.03	167.48	168.63	170.09	0.028143	7.47	29.55	18.74	1.57
Contea	130	Pf 200	302.61	165.03	168.23	169.16	171.08	0.023480	8.16	52.12	49.22	1.50
Contea	130	Pf 500	375.12	165.03	168.53	169.47	171.36	0.022206	8.45	70.88	74.25	1.48
Contea	120	Pf 20	170.44	164.19	166.02	166.76	168.27	0.027955	7.01	28.23	19.00	1.67
Contea	120	Pf 30	189.41	164.19	166.09	166.94	168.64	0.030259	7.47	29.52	19.16	1.75
Contea	120	Pf 200	302.61	164.19	166.83	167.58	169.88	0.023912	8.30	45.17	23.64	1.64
Contea	120	Pf 500	375.12	164.19	167.33	168.45	170.33	0.019125	8.35	57.73	26.49	1.51
Contea	110	Pf 20	169.52	162.08	164.73	165.29	165.95	0.010546	5.39	45.01	46.84	1.08
Contea	110	Pf 30	188.33	162.08	164.83	165.38	166.13	0.010910	5.63	49.96	51.91	1.11
Contea	110	Pf 200	300.82	162.08	165.18	165.80	167.14	0.015229	7.22	74.59	90.47	1.33
Contea	110	Pf 500	373.05	162.08	165.29	166.01	167.69	0.018633	8.18	84.90	94.45	1.48
Contea	100	Pf 20	168.58	157.27	159.15	159.57	160.39	0.015677	5.36	47.66	86.58	1.26
Contea	100	Pf 30	187.26	157.27	159.22	159.64	160.52	0.016186	5.58	53.78	96.27	1.29
Contea	100	Pf 200	298.68	157.27	159.49	159.96	161.05	0.018861	6.57	80.60	101.11	1.42
Contea	100	Pf 500	369.99	157.27	159.63	160.14	161.31	0.019939	7.04	94.86	102.93	1.47
Contea	98		Culvert									
Contea	95	Pf 20	168.58	156.77	159.16	159.16	159.61	0.004748	3.47	84.75	99.54	0.72
Contea	95	Pf 30	187.26	156.77	159.26	159.26	159.70	0.004621	3.52	94.77	102.76	0.72
Contea	95	Pf 200	298.68	156.77	159.60	159.60	160.15	0.005434	4.17	130.48	105.82	0.79
Contea	95	Pf 500	369.99	156.77	159.79	159.79	160.39	0.005788	4.49	150.14	107.47	0.83
Contea	90	Pf 20	168.58	154.17	155.39	156.36	159.10	0.080055	8.62	20.36	20.07	2.61
Contea	90	Pf 30	187.26	154.17	155.51	156.50	159.20	0.069845	8.61	22.77	20.45	2.48
Contea	90	Pf 200	298.68	154.17	156.24	157.30	159.69	0.035730	8.41	38.42	22.45	1.92
Contea	90	Pf 500	369.99	154.17	156.73	157.75	159.96	0.025138	8.19	49.83	23.79	1.67
Contea	80	Pf 20	168.58	150.03	153.07	153.17	154.36	0.010682	5.24	36.30	16.90	1.02
Contea	80	Pf 30	187.26	150.03	153.22	153.35	154.63	0.010776	5.46	38.96	17.27	1.03
Contea	80	Pf 200	298.68	150.03	153.78	153.78	156.14	0.014627	7.16	49.46	27.05	1.24
Contea	80	Pf 500	369.99	150.03	154.34	155.05	156.71	0.012411	7.31	67.04	32.42	1.17

HEC-RAS Plan: Plan 05 River: Torrente Moscia Reach: Contea (Continued)

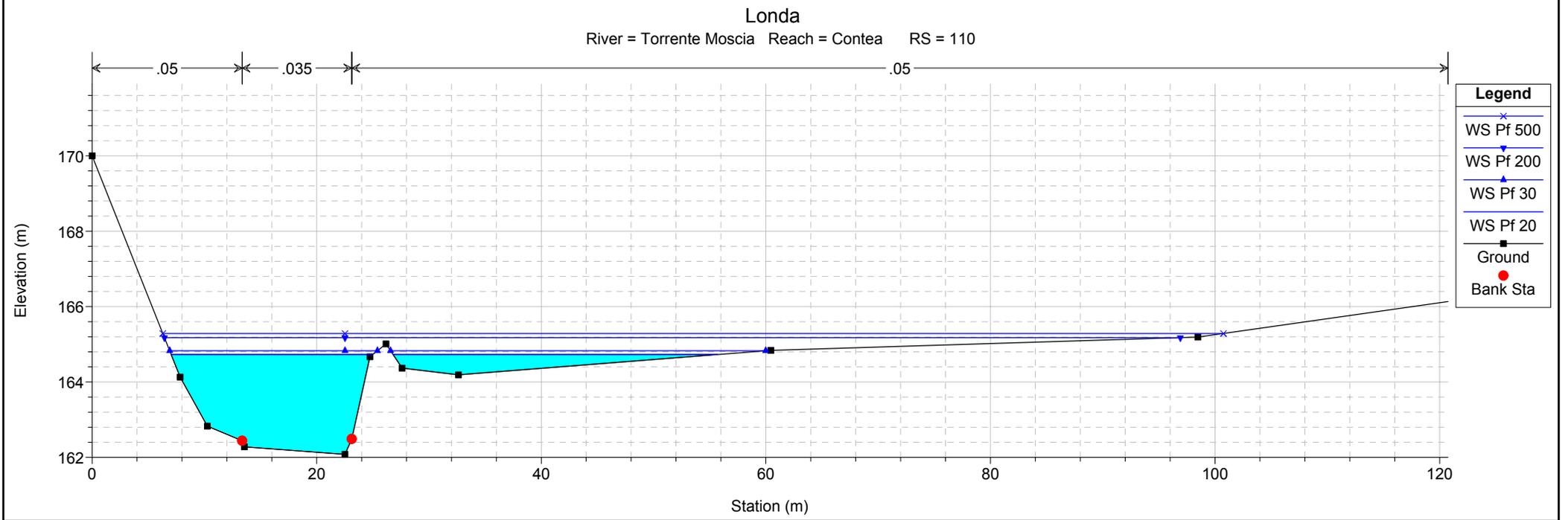
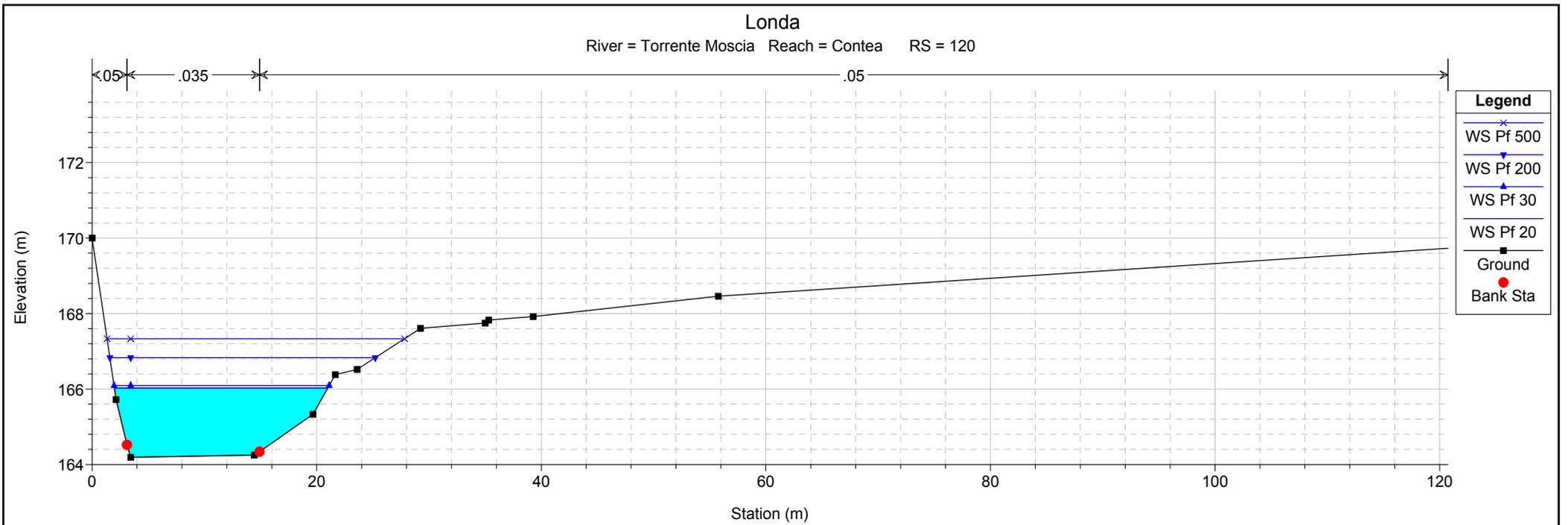
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Contea	70	Pf 20	167.01	148.80	151.42	151.99	153.02	0.015128	6.25	35.88	23.65	1.29
Contea	70	Pf 30	185.45	148.80	151.62	152.13	153.31	0.014498	6.45	41.05	28.27	1.28
Contea	70	Pf 200	295.17	148.80	152.10	153.37	154.48	0.017451	7.92	55.35	31.25	1.44
Contea	70	Pf 500	365.28	148.80	152.37	152.86	155.11	0.018495	8.63	64.01	32.92	1.51
Contea	60	Pf 20	176.98	144.26	146.59	147.12	148.29	0.020799	6.88	38.66	29.48	1.49
Contea	60	Pf 30	196.15	144.26	146.70	147.26	148.49	0.020954	7.12	41.71	30.32	1.50
Contea	60	Pf 200	310.22	144.26	147.21	148.24	149.50	0.021780	8.32	58.46	34.71	1.59
Contea	60	Pf 500	383.03	144.26	147.47	148.43	150.09	0.022850	9.03	67.62	37.11	1.65
Contea	50	Pf 20	176.98	143.01	144.64	145.14	146.31	0.027789	6.41	36.15	32.42	1.64
Contea	50	Pf 30	196.15	143.01	144.72	145.28	146.50	0.027808	6.64	38.97	33.31	1.65
Contea	50	Pf 200	310.22	143.01	145.17	146.02	147.49	0.027493	7.76	54.98	38.11	1.71
Contea	50	Pf 500	383.03	143.01	145.42	146.36	148.03	0.027359	8.33	64.81	41.65	1.74
Contea	40	Pf 20	174.34	139.51	142.76	142.07	143.07	0.002338	2.84	86.28	45.43	0.52
Contea	40	Pf 30	193.23	139.51	142.90	142.18	143.23	0.002359	2.94	92.85	46.37	0.53
Contea	40	Pf 200	305.70	139.51	143.61	142.75	144.04	0.002503	3.46	126.45	48.48	0.56
Contea	40	Pf 500	377.48	139.51	144.04	143.09	144.53	0.002528	3.74	147.70	51.59	0.57
Contea	30	Pf 20	174.34	139.29	142.33	142.04	142.84	0.004372	3.28	63.07	44.64	0.69
Contea	30	Pf 30	193.23	139.29	142.48	142.16	143.00	0.004252	3.37	68.87	44.90	0.68
Contea	30	Pf 200	305.70	139.29	142.79	142.74	143.73	0.006668	4.57	81.71	45.45	0.87
Contea	30	Pf 500	377.48	139.29	143.55	143.06	144.29	0.004037	4.17	113.16	46.79	0.71
Contea	28		Bridge									
Contea	20	Pf 20	174.34	139.13	140.61	141.21	142.58	0.041161	7.17	31.65	32.26	1.95
Contea	20	Pf 30	193.23	139.13	140.71	141.33	142.75	0.038930	7.31	34.48	32.52	1.92
Contea	20	Pf 200	305.70	139.13	141.38	142.03	143.47	0.025137	7.52	53.82	34.25	1.64
Contea	20	Pf 500	377.48	139.13	141.71	142.37	143.98	0.023335	7.96	65.66	38.01	1.62
Contea	10	Pf 20	174.34	137.85	140.51	140.13	141.06	0.005471	3.78	60.78	35.09	0.75
Contea	10	Pf 30	193.23	137.85	140.65	140.25	141.23	0.005539	3.94	64.82	35.30	0.77
Contea	10	Pf 200	305.70	137.85	141.41	140.91	142.19	0.005351	4.57	88.05	46.25	0.78
Contea	10	Pf 500	377.48	137.85	141.80	141.28	142.71	0.005473	4.96	99.77	48.10	0.81
Contea	8		Bridge									
Contea	5	Pf 20	174.34	137.85	140.13	140.13	140.95	0.010058	4.60	49.63	34.50	1.00

HEC-RAS Plan: Plan 05 River: Torrente Moscia Reach: Contea (Continued)

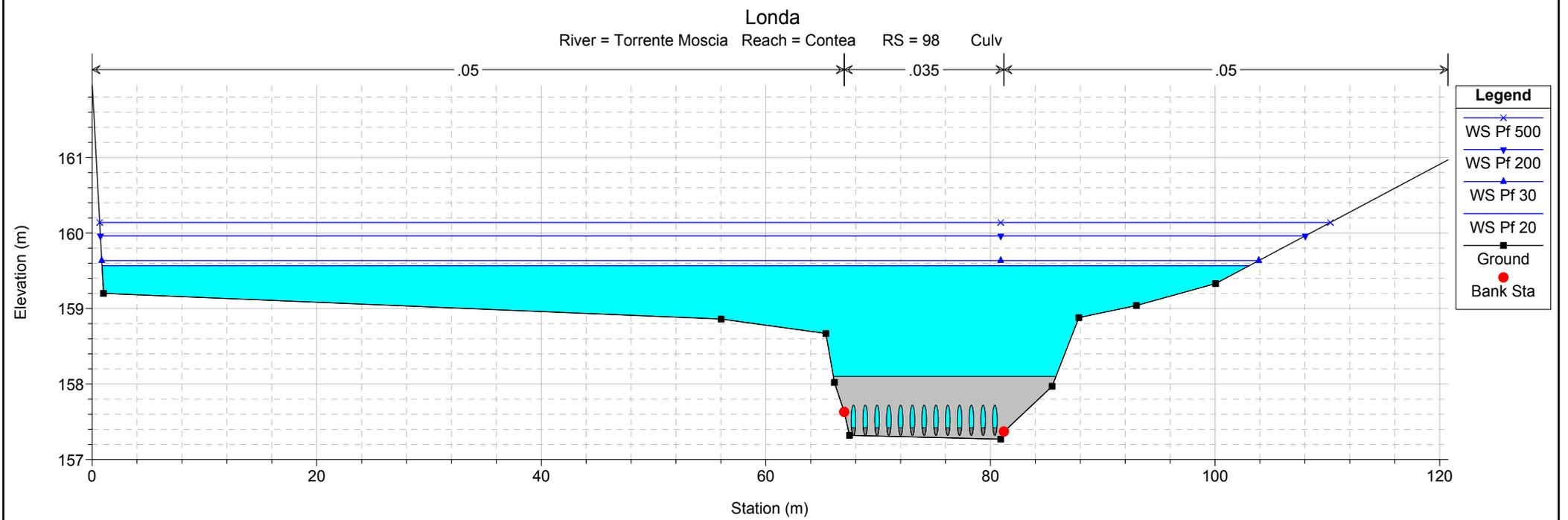
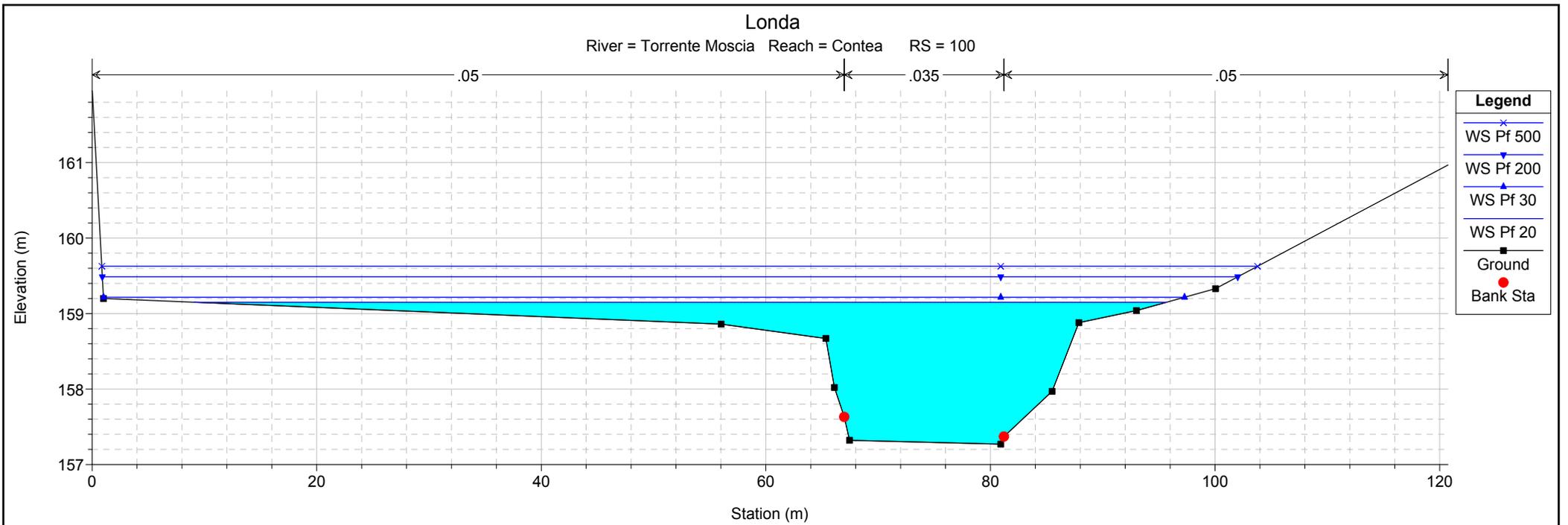
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Contea	5	Pf 30	193.23	137.85	140.24	140.24	141.12	0.010112	4.78	53.06	34.68	1.01
Contea	5	Pf 200	305.70	137.85	140.90	140.90	142.06	0.009792	5.56	72.74	37.51	1.03
Contea	5	Pf 500	377.48	137.85	141.27	141.27	142.58	0.009430	5.91	84.17	44.97	1.03
Contea	2	Pf 20	174.34	137.55	139.46	139.72	140.55	0.018625	5.32	43.77	34.03	1.26
Contea	2	Pf 30	193.23	137.55	139.54	139.83	140.71	0.019205	5.56	46.43	34.11	1.29
Contea	2	Pf 200	305.70	137.55	139.96	140.40	141.62	0.021388	6.71	60.86	34.71	1.41
Contea	2	Pf 500	377.48	137.55	140.21	140.47	142.13	0.021861	7.26	69.48	35.08	1.45



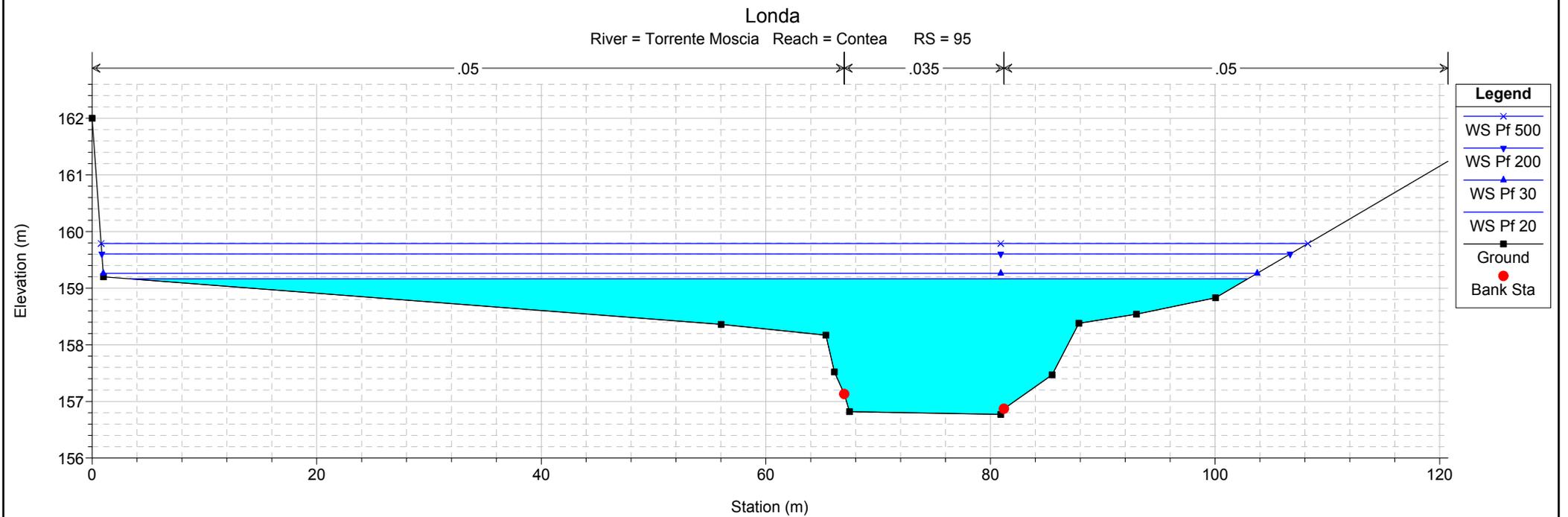
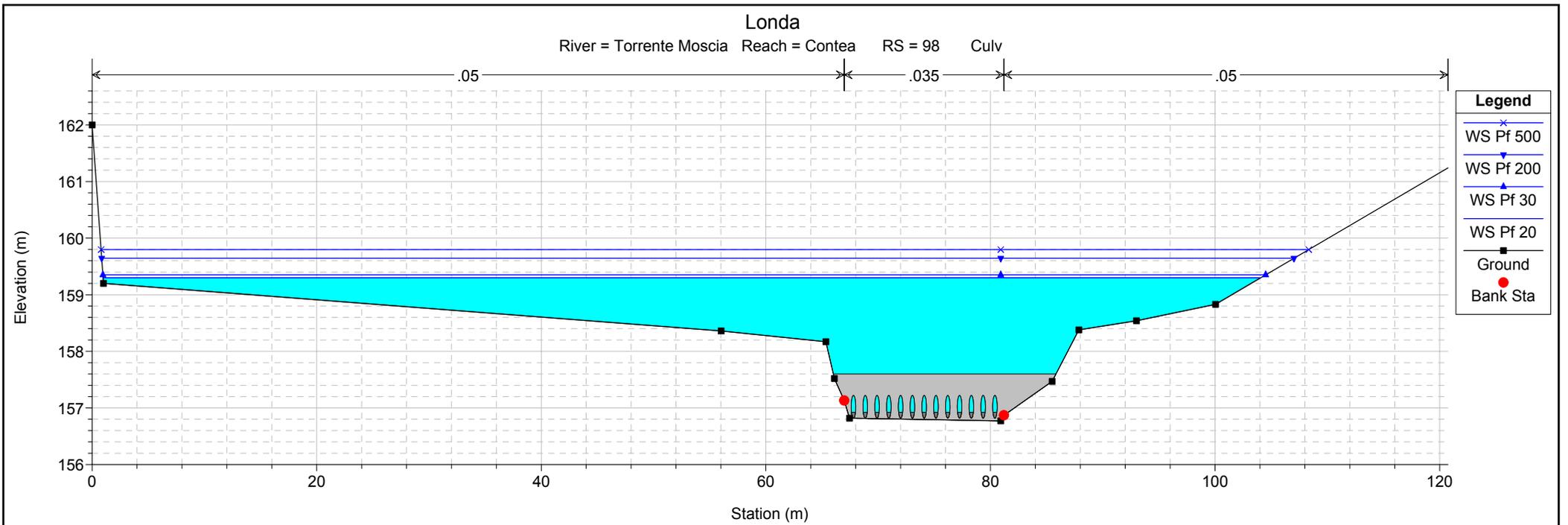
1 cm Horiz. = 5 m 1 cm Vert. = 1 m



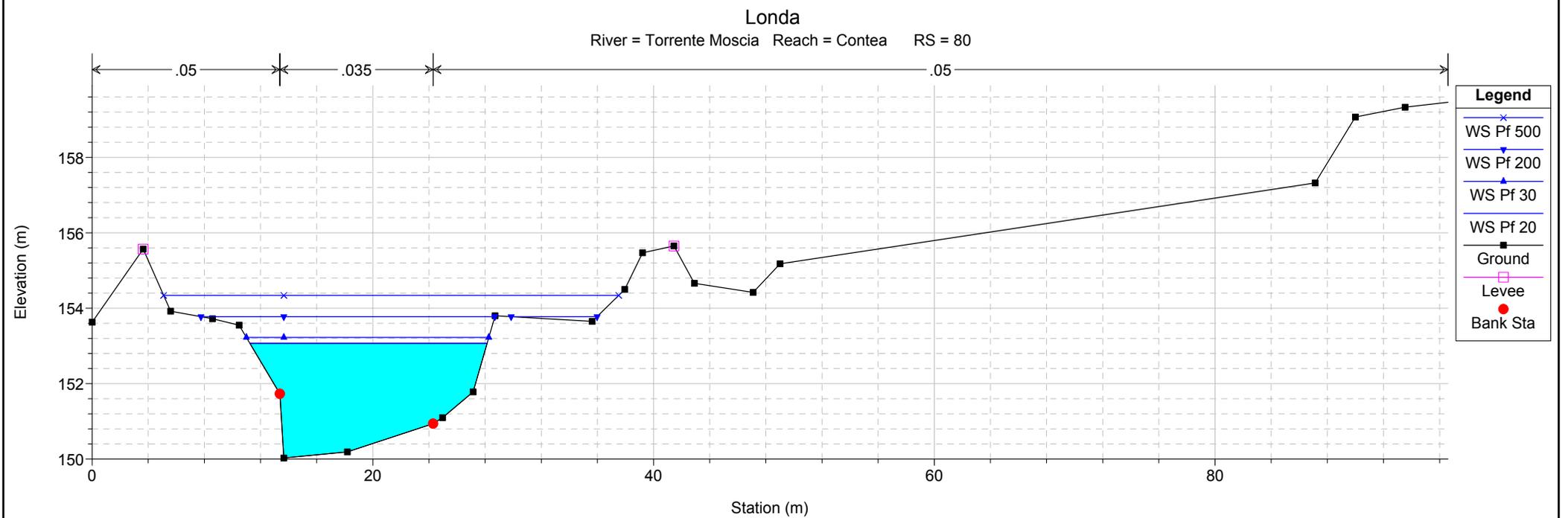
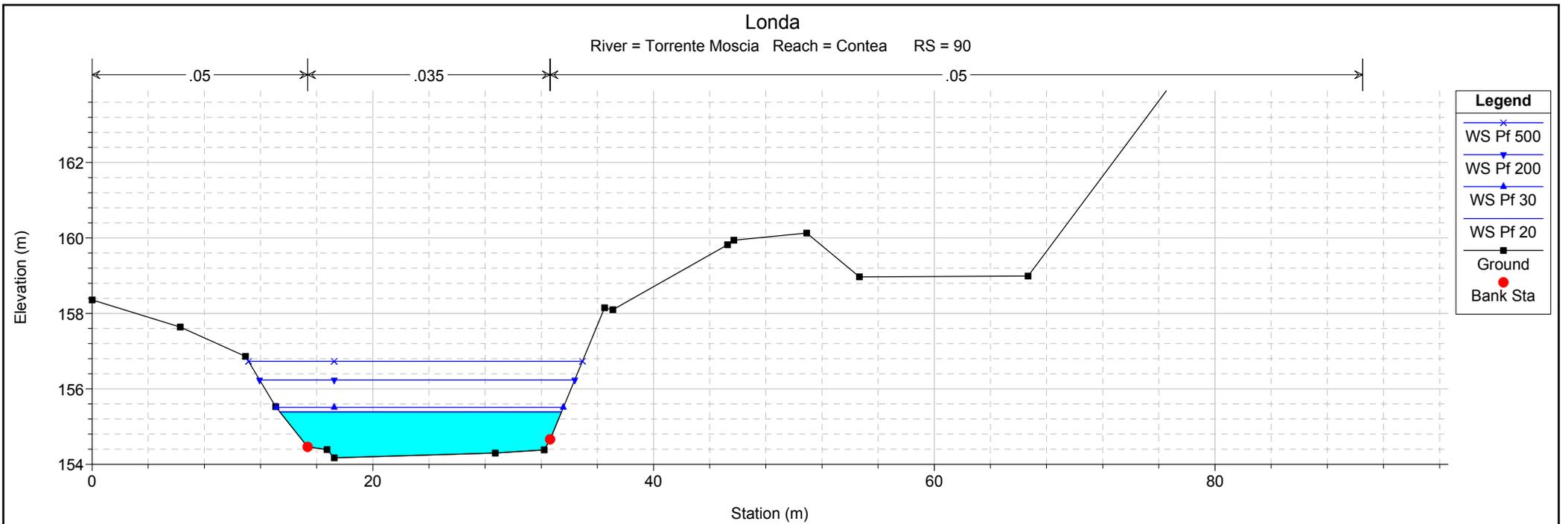
1 cm Horiz. = 5 m 1 cm Vert. = 1.5 m



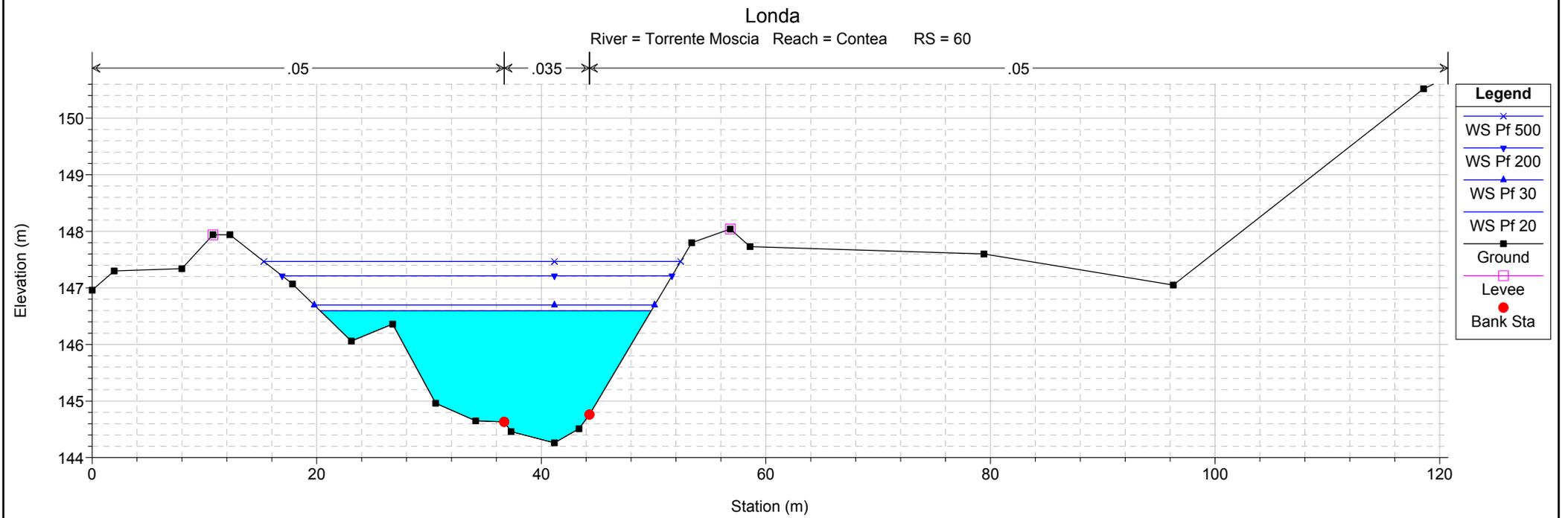
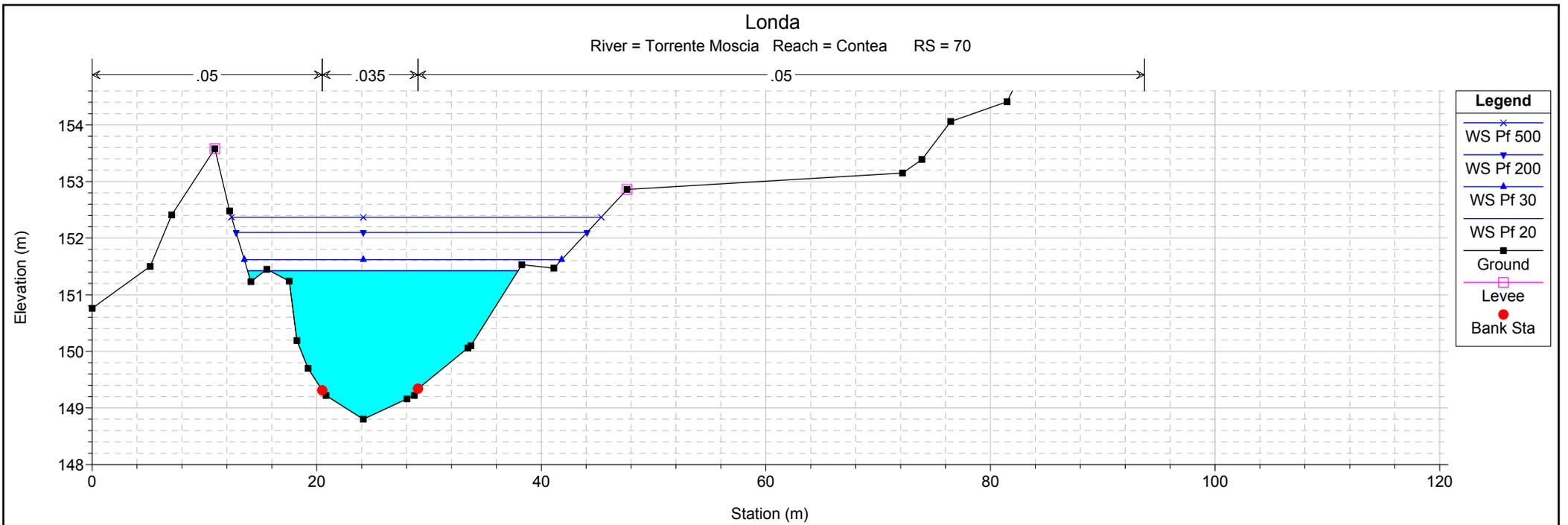
1 cm Horiz. = 5 m 1 cm Vert. = 0.75 m



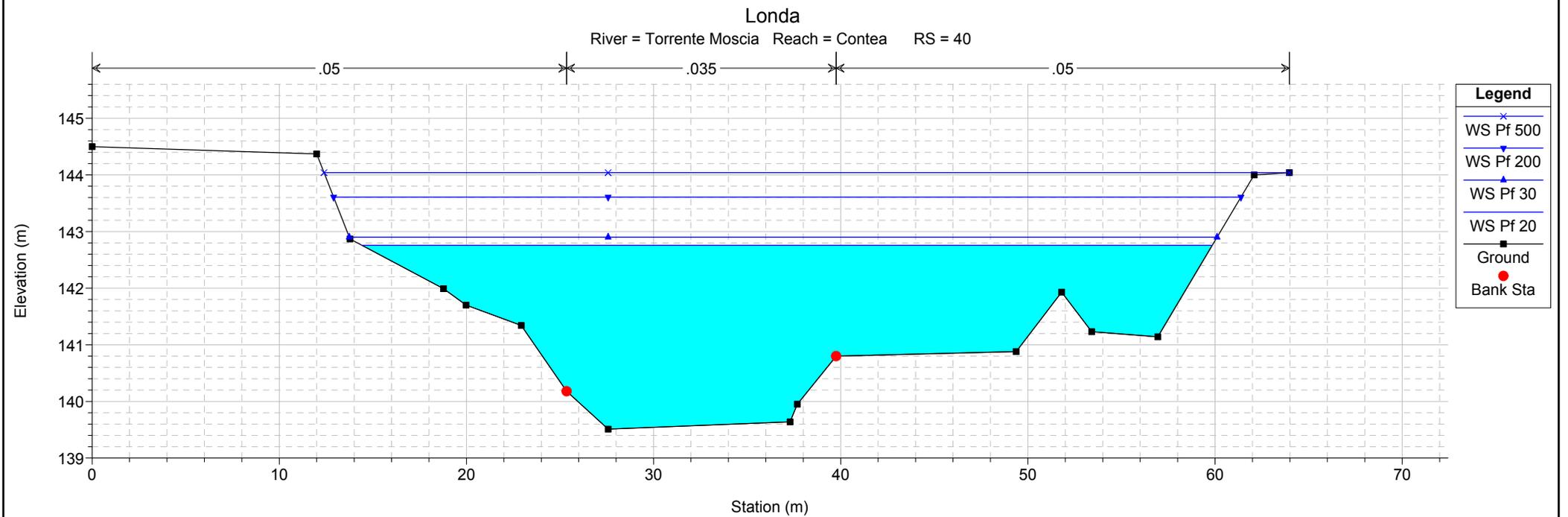
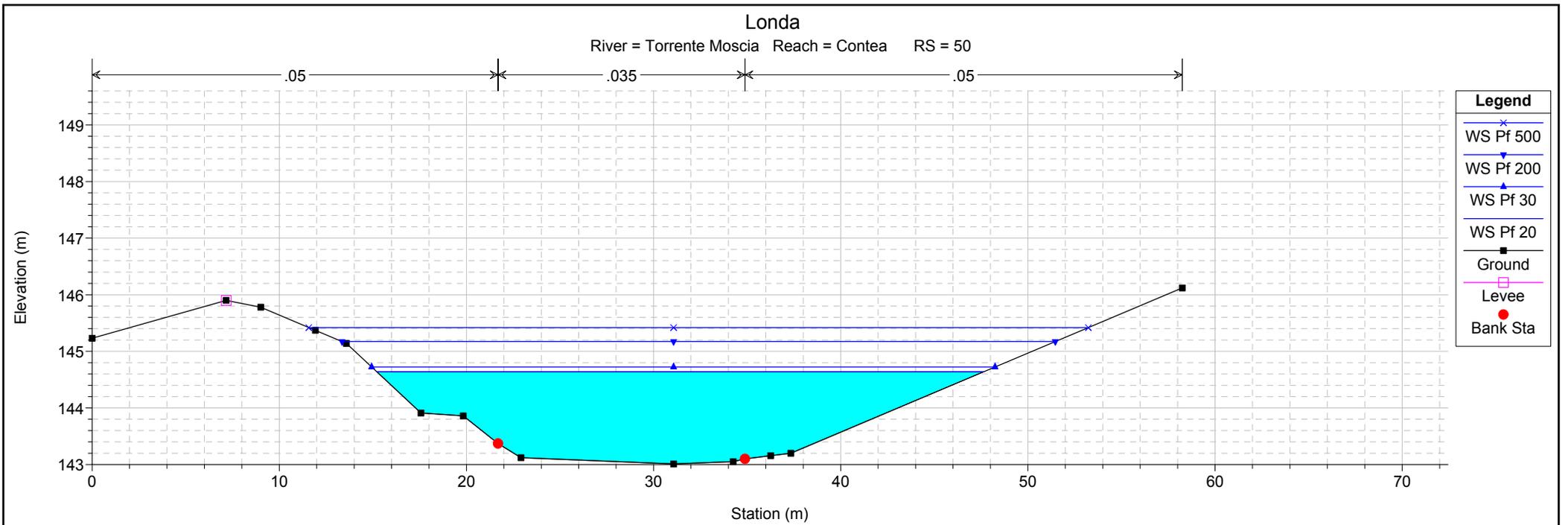
1 cm Horiz. = 5 m 1 cm Vert. = 1 m



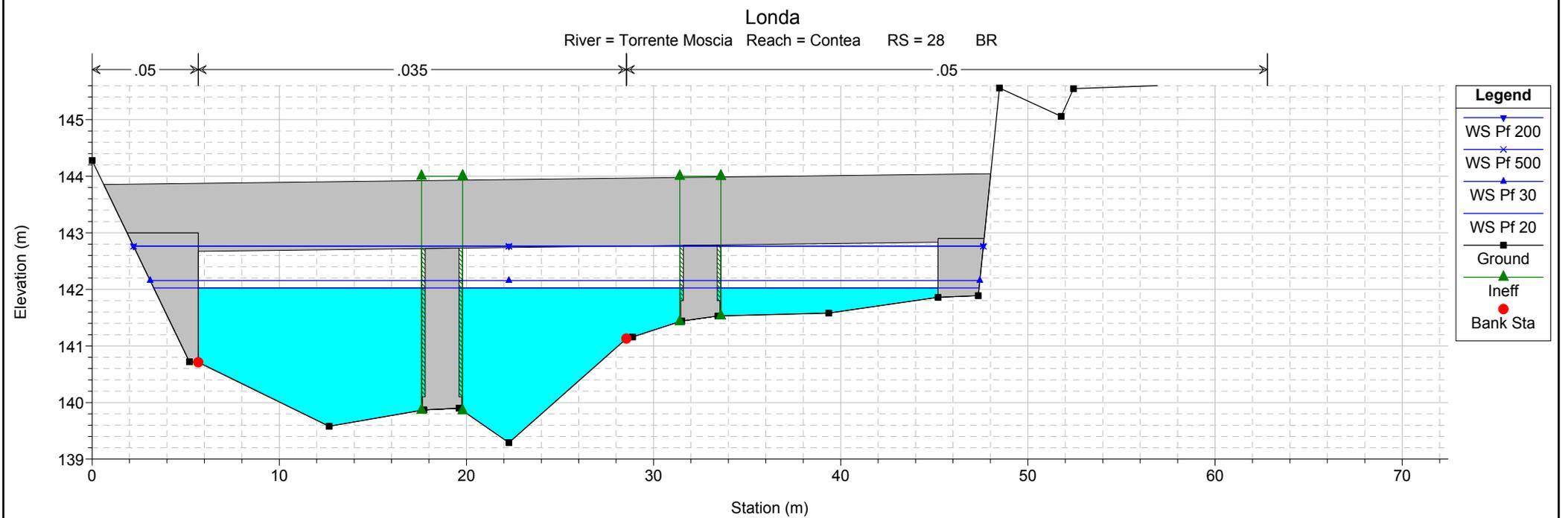
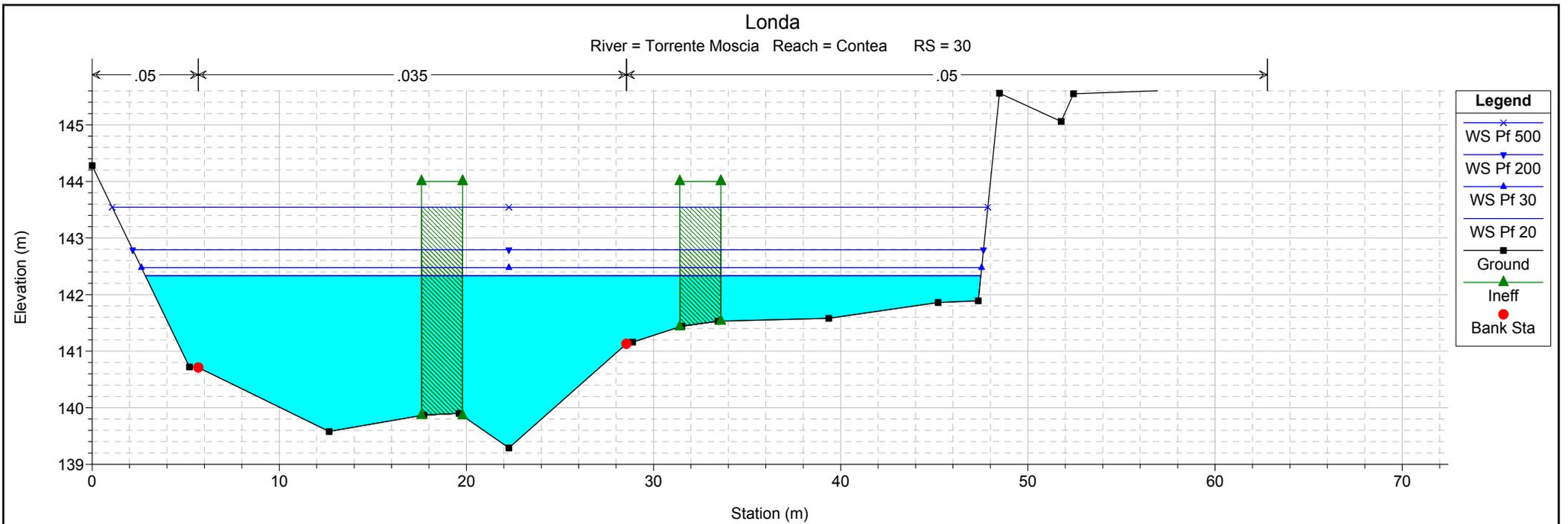
1 cm Horiz. = 4 m 1 cm Vert. = 1.5 m



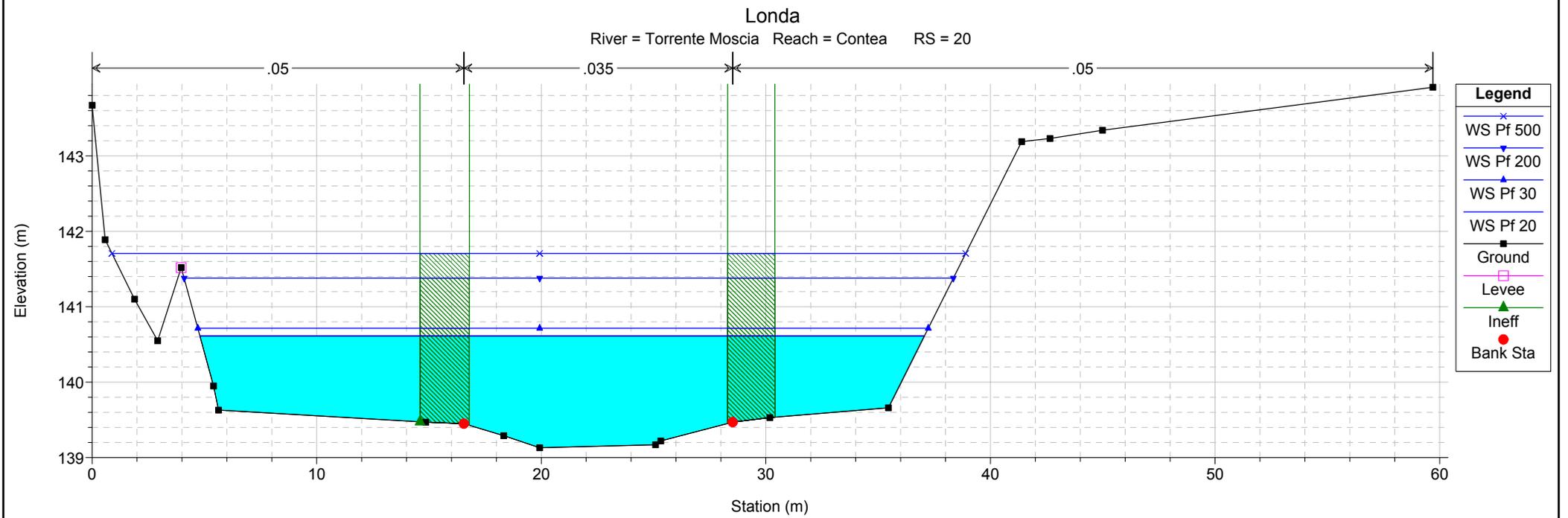
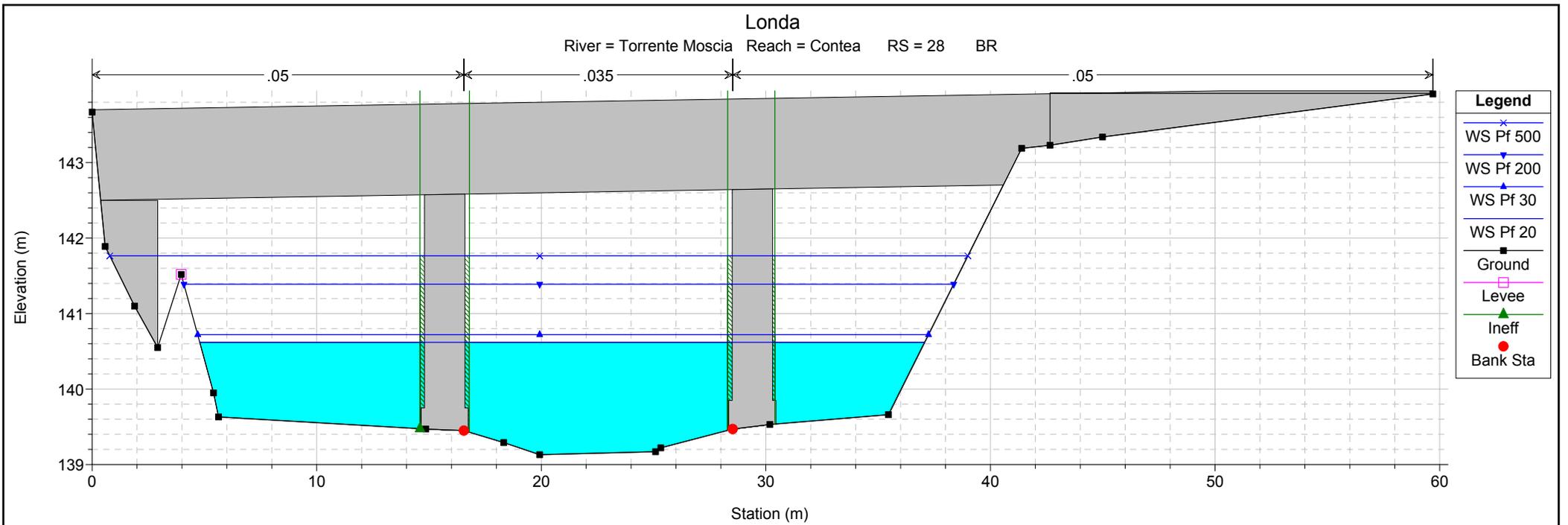
1 cm Horiz. = 5 m 1 cm Vert. = 1 m



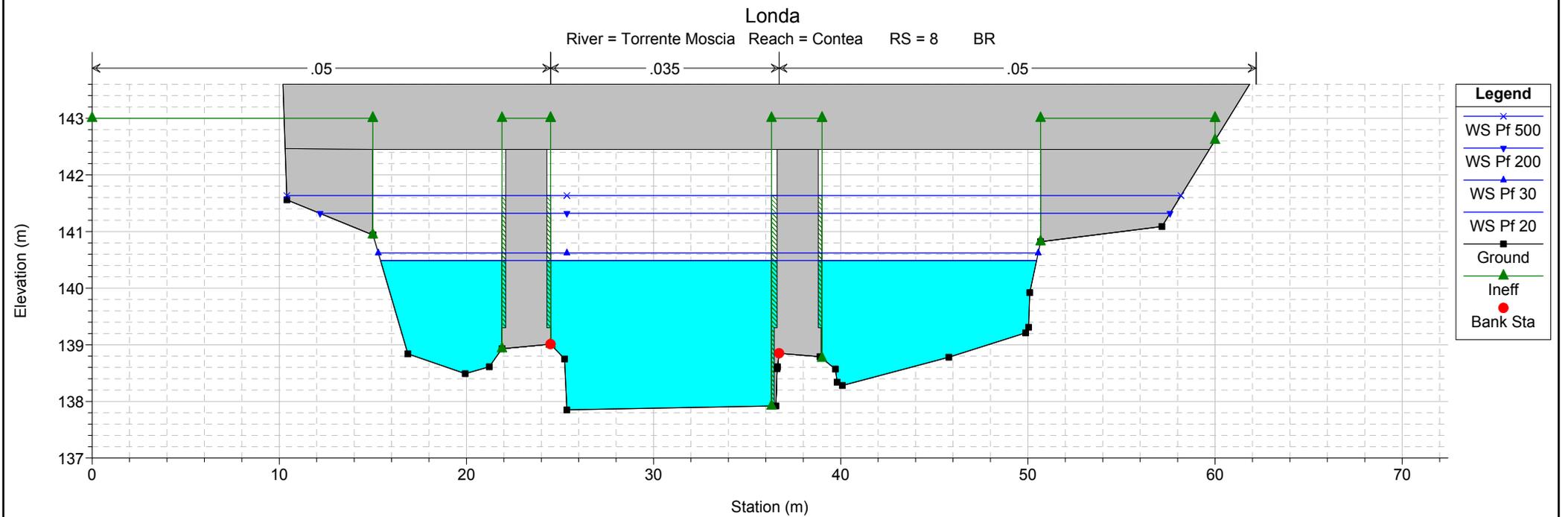
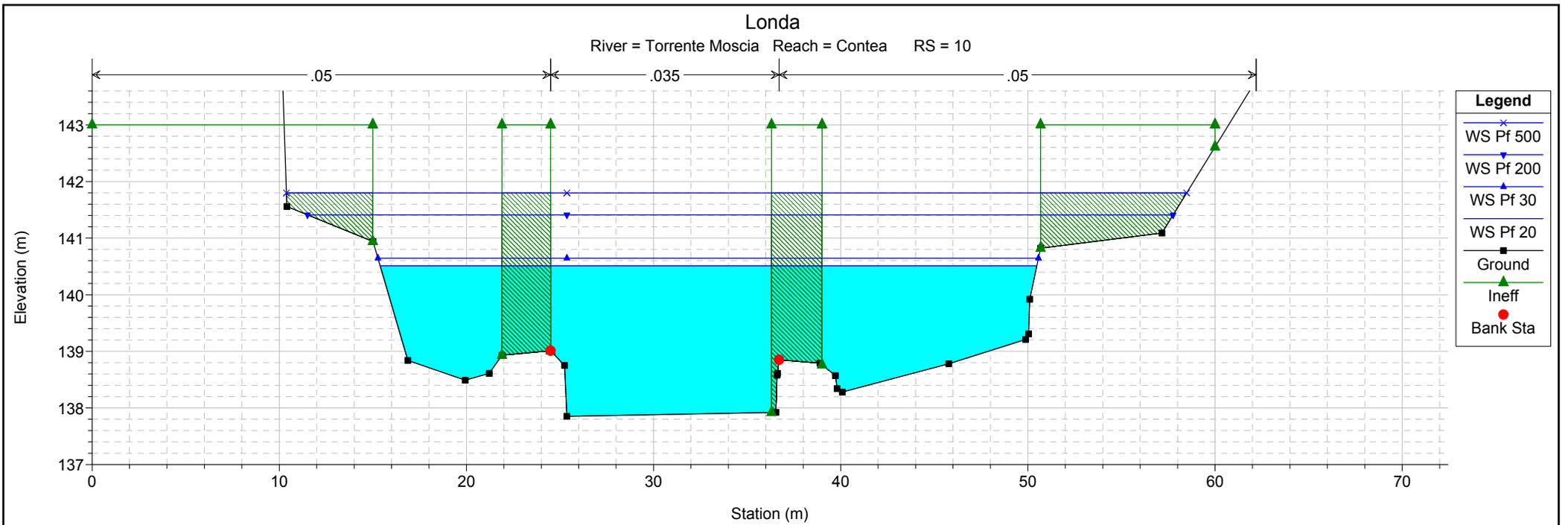
1 cm Horiz. = 3 m 1 cm Vert. = 1 m



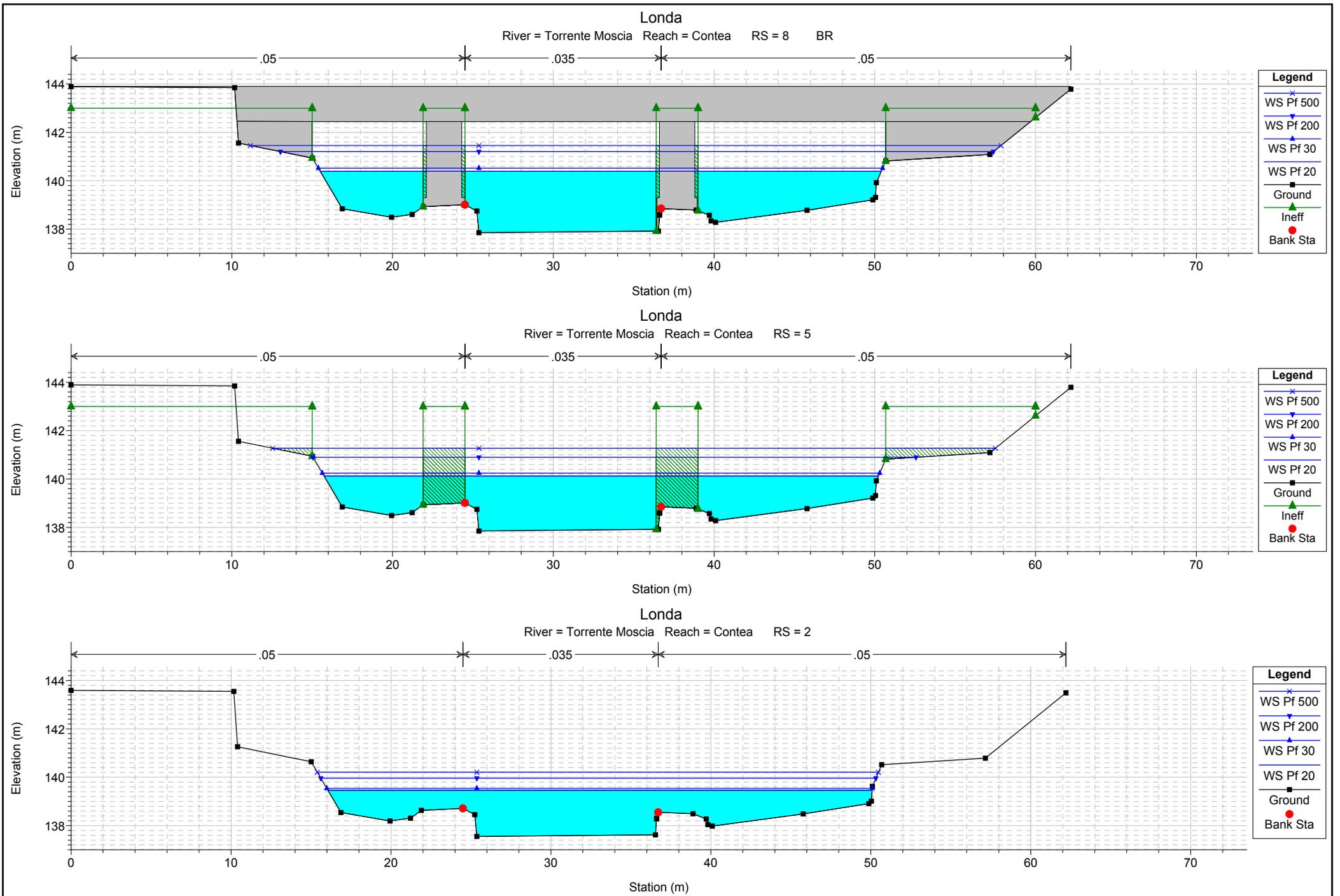
1 cm Horiz. = 3 m 1 cm Vert. = 1 m



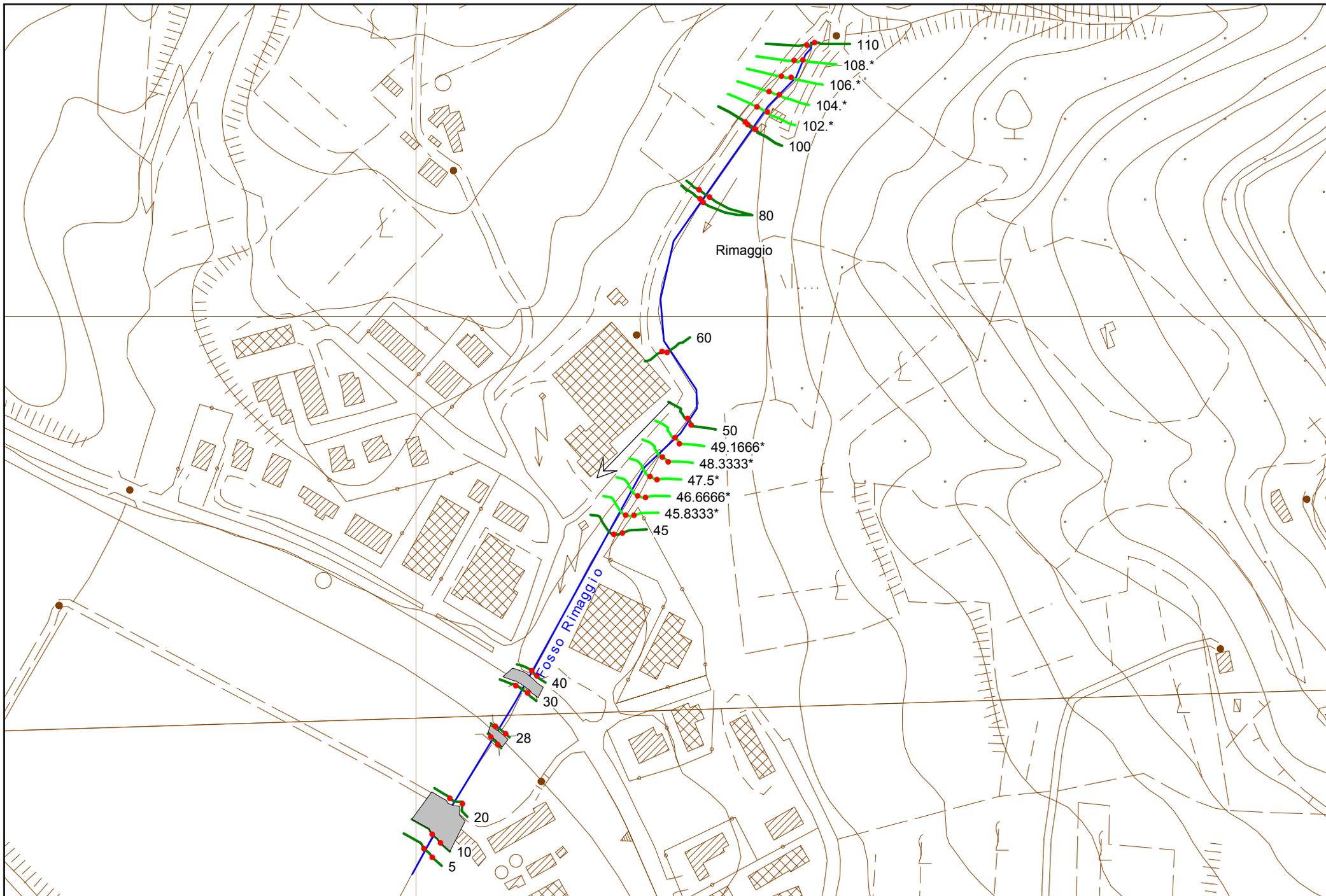
1 cm Horiz. = 2.5 m 1 cm Vert. = 0.75 m



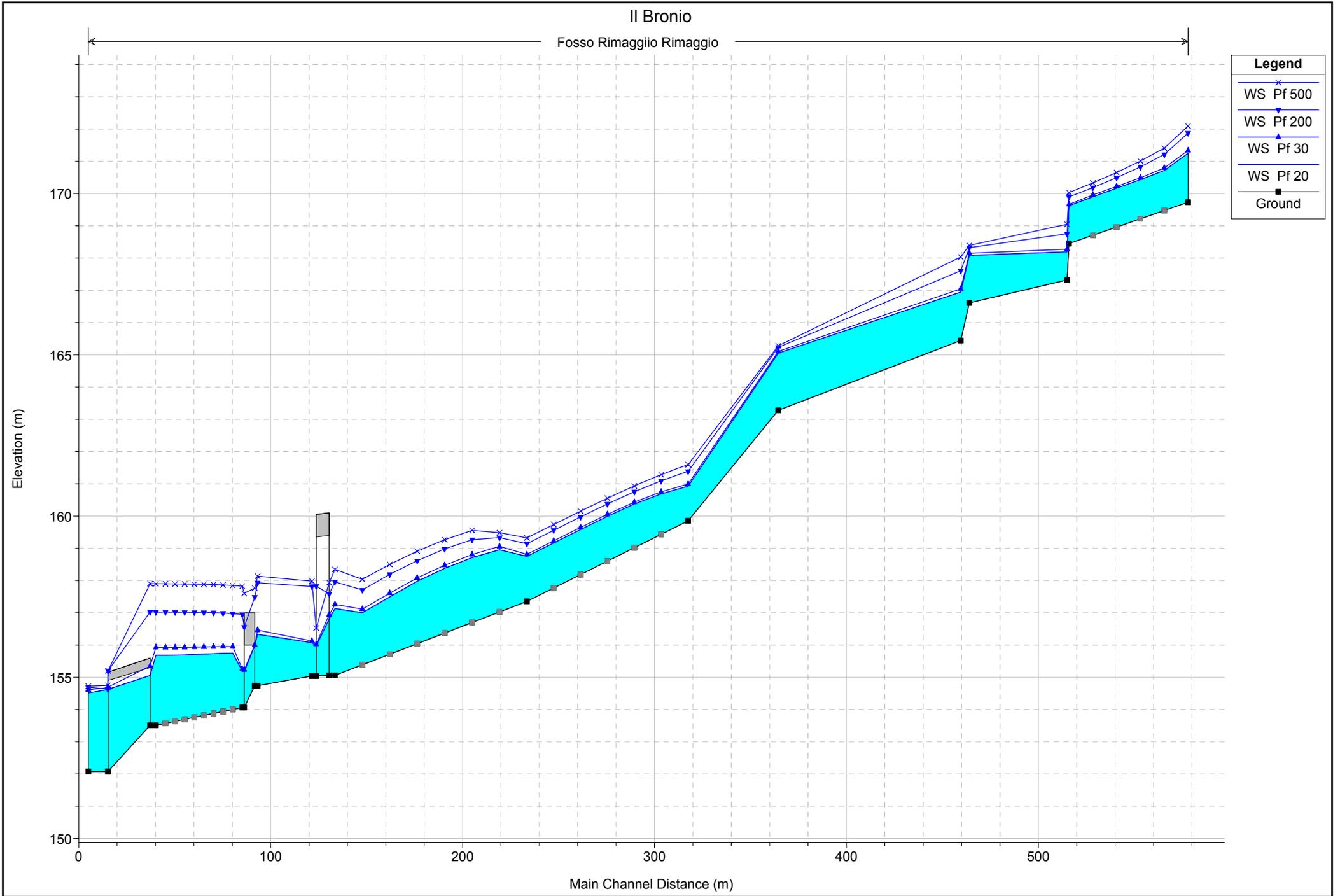
1 cm Horiz. = 3 m 1 cm Vert. = 1 m



1 cm Horiz. = 3 m 1 cm Vert. = 2 m



1 cm Horiz. = 30 m 1 cm Vert. = 30 m



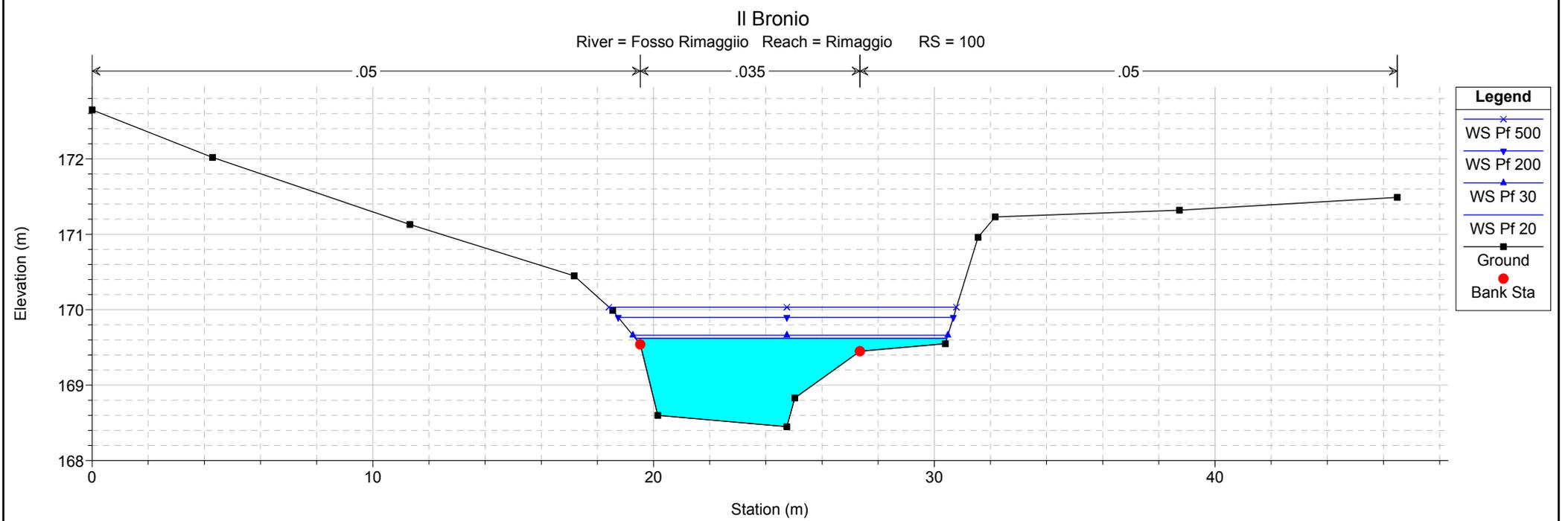
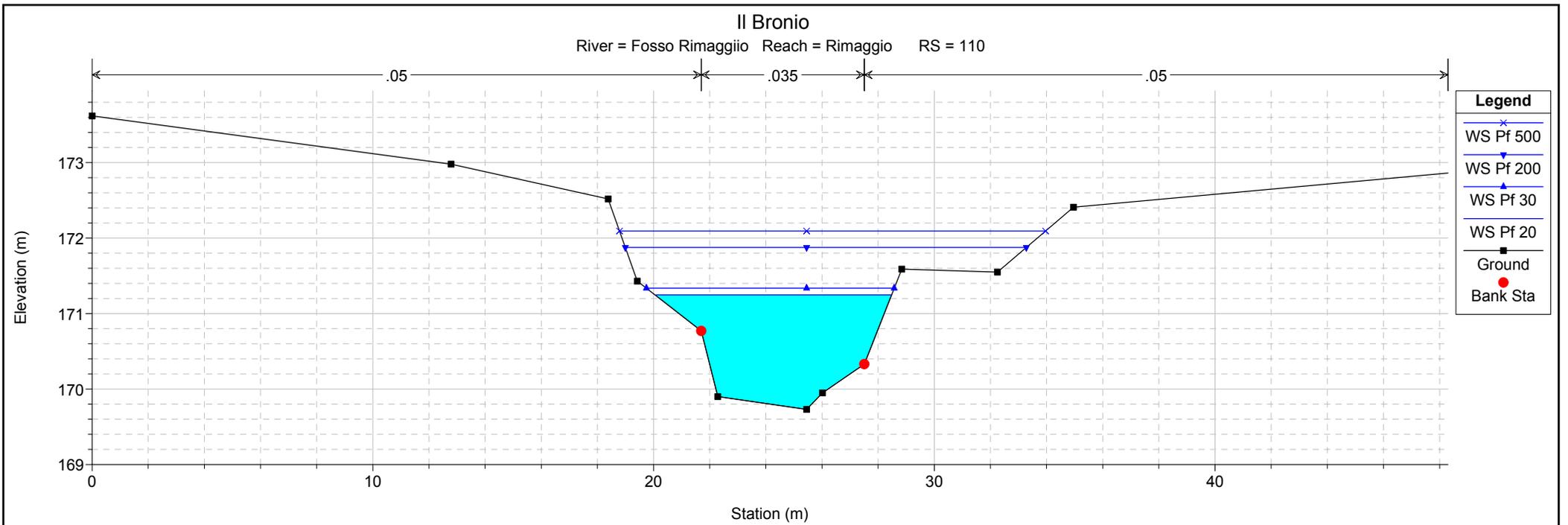
1 cm Horiz. = 25 m    1 cm Vert. = 1.5 m

HEC-RAS Plan: Plan 06 River: Fosso Rimaggio Reach: Rimaggio

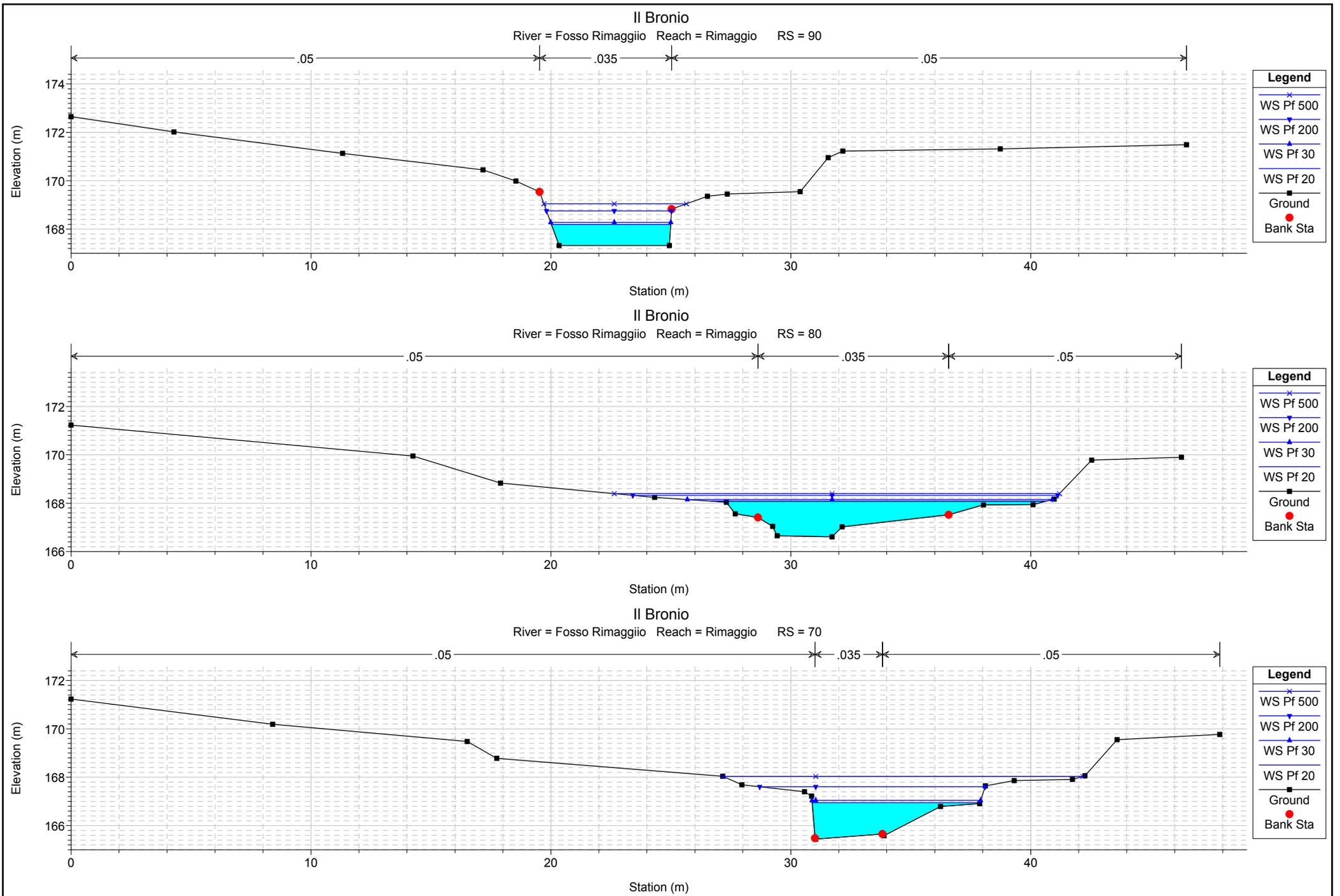
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Rimaggio	110	Pf 20	26.14	169.73	171.25	171.25	171.81	0.011188	3.38	8.35	8.43	0.95
Rimaggio	110	Pf 30	29.02	169.73	171.34	171.34	171.93	0.010885	3.48	9.12	8.83	0.95
Rimaggio	110	Pf 200	45.70	169.73	171.88	171.88	172.50	0.007812	3.67	15.46	14.28	0.85
Rimaggio	110	Pf 500	56.42	169.73	172.09	172.09	172.77	0.007633	3.90	18.67	15.18	0.85
Rimaggio	100	Pf 20	26.14	168.45	169.62	169.83	170.35	0.024476	3.81	7.16	11.10	1.31
Rimaggio	100	Pf 30	29.02	168.45	169.66	169.90	170.47	0.025607	4.02	7.61	11.22	1.35
Rimaggio	100	Pf 200	45.70	168.45	169.90	170.24	171.05	0.027403	4.86	10.35	11.94	1.45
Rimaggio	100	Pf 500	56.42	168.45	170.03	170.43	171.36	0.027781	5.26	11.99	12.38	1.49
Rimaggio	90	Pf 20	26.14	167.32	168.19	168.77	170.19	0.084774	6.26	4.18	4.97	2.18
Rimaggio	90	Pf 30	29.02	167.32	168.28	168.87	170.31	0.078906	6.32	4.59	5.01	2.11
Rimaggio	90	Pf 200	45.70	167.32	168.75	169.39	170.91	0.057154	6.50	7.03	5.21	1.79
Rimaggio	90	Pf 500	56.42	167.32	169.05	169.89	171.24	0.047680	6.56	8.65	5.94	1.65
Rimaggio	80	Pf 20	26.14	166.61	168.08	168.08	168.52	0.011636	3.02	9.77	13.97	0.95
Rimaggio	80	Pf 30	29.02	166.61	168.15	168.19	168.62	0.011437	3.12	10.74	15.22	0.95
Rimaggio	80	Pf 200	45.70	166.61	168.32	168.53	169.09	0.016041	4.07	13.63	17.71	1.15
Rimaggio	80	Pf 500	56.42	166.61	168.39	168.71	169.40	0.019672	4.68	14.92	18.56	1.29
Rimaggio	70	Pf 20	26.14	165.44	166.95	167.37	168.35	0.025157	5.64	6.06	6.99	1.52
Rimaggio	70	Pf 30	29.02	165.44	167.04	167.48	168.45	0.023481	5.70	6.75	7.03	1.49
Rimaggio	70	Pf 200	45.70	165.44	167.61	167.84	168.96	0.016052	5.83	11.05	9.40	1.30
Rimaggio	70	Pf 500	56.42	165.44	168.03	168.47	169.30	0.012272	5.78	16.22	15.00	1.17
Rimaggio	60	Pf 20	26.14	163.28	165.05	165.38	165.92	0.022706	4.48	7.98	13.52	1.19
Rimaggio	60	Pf 30	29.02	163.28	165.10	165.43	166.06	0.024052	4.72	8.84	21.00	1.23
Rimaggio	60	Pf 200	45.70	163.28	165.23	165.66	166.73	0.037036	6.18	11.73	23.52	1.55
Rimaggio	60	Pf 500	56.42	163.28	165.28	165.78	167.19	0.047021	7.10	12.88	24.12	1.76
Rimaggio	50	Pf 20	27.63	159.85	160.93	161.64	163.73	0.099734	7.59	4.00	5.97	2.68
Rimaggio	50	Pf 30	30.52	159.85	160.99	161.74	163.85	0.091915	7.68	4.41	6.17	2.60
Rimaggio	50	Pf 200	47.81	159.85	161.38	162.23	164.37	0.061375	7.99	7.01	7.16	2.26
Rimaggio	50	Pf 500	58.98	159.85	161.59	162.51	164.72	0.053339	8.26	8.57	7.60	2.16
Rimaggio	45	Pf 20	27.63	157.35	158.75	159.13	160.01	0.030085	5.20	6.18	7.11	1.55
Rimaggio	45	Pf 30	30.52	157.35	158.81	159.22	160.17	0.030129	5.39	6.64	7.26	1.57
Rimaggio	45	Pf 200	47.81	157.35	159.14	159.71	160.97	0.030447	6.37	9.16	8.03	1.64
Rimaggio	45	Pf 500	58.98	157.35	159.32	159.98	161.43	0.030687	6.89	10.65	8.45	1.68
Rimaggio	40	Pf 20	27.63	155.06	157.13	156.82	157.67	0.011223	3.28	8.65	5.20	0.75

HEC-RAS Plan: Plan 06 River: Fosso Rimaggio Reach: Rimaggio (Continued)

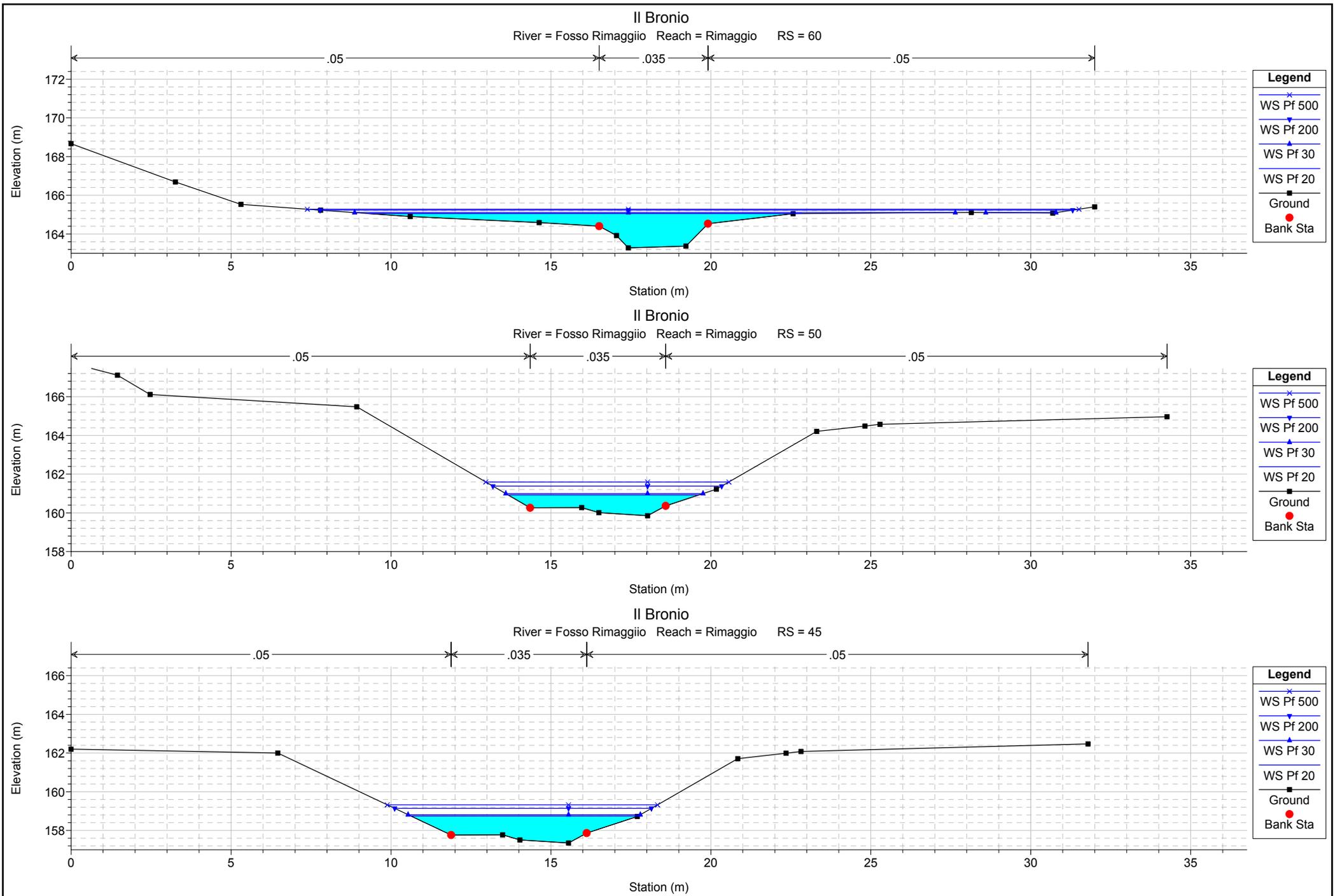
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Rimaggio	40	Pf 30	30.52	155.06	157.26	156.94	157.83	0.011232	3.38	9.33	5.38	0.75
Rimaggio	40	Pf 200	47.81	155.06	157.96	157.58	158.67	0.010822	3.81	13.42	6.40	0.74
Rimaggio	40	Pf 500	58.98	155.06	158.34	157.96	159.11	0.010579	3.99	15.84	6.99	0.73
Rimaggio	35		Bridge									
Rimaggio	30	Pf 20	27.63	155.04	156.07	156.39	157.17	0.036155	4.63	5.97	6.33	1.52
Rimaggio	30	Pf 30	30.52	155.04	156.13	156.48	157.32	0.037613	4.85	6.30	6.38	1.56
Rimaggio	30	Pf 200	47.81	155.04	157.81	156.95	158.15	0.004289	2.57	18.60	8.19	0.54
Rimaggio	30	Pf 500	58.98	155.04	157.98	157.22	158.42	0.005380	2.95	19.96	8.37	0.61
Rimaggio	28	Pf 20	27.63	154.74	156.33	156.00	156.57	0.003858	2.24	14.33	13.45	0.60
Rimaggio	28	Pf 30	30.52	154.74	156.46	156.05	156.69	0.003427	2.23	16.12	14.11	0.57
Rimaggio	28	Pf 200	47.81	154.74	157.93	156.42	158.04	0.000749	1.62	37.37	14.50	0.30
Rimaggio	28	Pf 500	58.98	154.74	158.13	156.64	158.28	0.000907	1.87	40.36	14.50	0.33
Rimaggio	25		Bridge									
Rimaggio	22	Pf 20	27.63	154.06	155.20	155.51	156.28	0.034225	4.71	6.24	8.77	1.60
Rimaggio	22	Pf 30	30.52	154.06	155.26	155.59	156.40	0.033068	4.84	6.73	8.93	1.59
Rimaggio	22	Pf 200	47.81	154.06	156.95	156.00	157.20	0.002042	2.38	25.00	12.20	0.47
Rimaggio	22	Pf 500	58.98	154.06	157.82	156.21	158.02	0.001120	2.14	35.74	12.27	0.36
Rimaggio	20	Pf 20	27.63	153.51	155.69	155.06	155.86	0.002739	1.89	16.23	17.00	0.47
Rimaggio	20	Pf 30	30.52	153.51	155.93	155.60	156.07	0.001928	1.74	20.64	19.45	0.41
Rimaggio	20	Pf 200	47.81	153.51	157.02	155.60	157.09	0.000624	1.34	49.44	27.16	0.25
Rimaggio	20	Pf 500	58.98	153.51	157.90	155.85	157.95	0.000318	1.14	73.24	27.16	0.19
Rimaggio	15		Bridge									
Rimaggio	10	Pf 20	27.63	152.08	154.62	154.47	155.33	0.012102	3.74	7.39	6.17	0.88
Rimaggio	10	Pf 30	30.52	152.08	154.67	154.58	155.49	0.013374	4.01	7.61	6.31	0.93
Rimaggio	10	Pf 200	47.81	152.08	154.63	155.45	156.74	0.035753	6.44	7.42	6.19	1.51
Rimaggio	10	Pf 500	58.98	152.08	154.75	155.59	157.58	0.044043	7.46	7.91	6.49	1.69
Rimaggio	5	Pf 20	27.63	152.08	154.51	154.51	155.17	0.016924	3.58	7.71	5.91	1.00
Rimaggio	5	Pf 30	30.52	152.08	154.61	154.61	155.30	0.016948	3.67	8.31	6.16	1.01
Rimaggio	5	Pf 200	47.81	152.08	154.69	155.45	156.19	0.035576	5.42	8.82	6.35	1.47
Rimaggio	5	Pf 500	58.98	152.08	154.73	155.59	156.90	0.050910	6.54	9.02	6.43	1.76

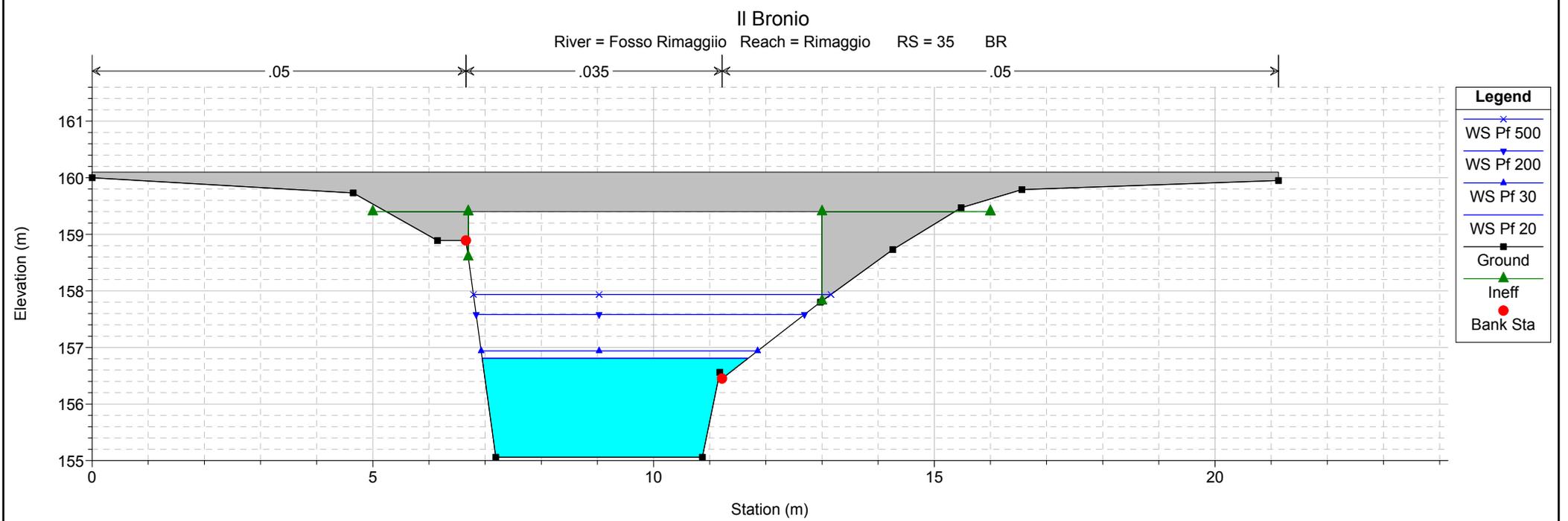
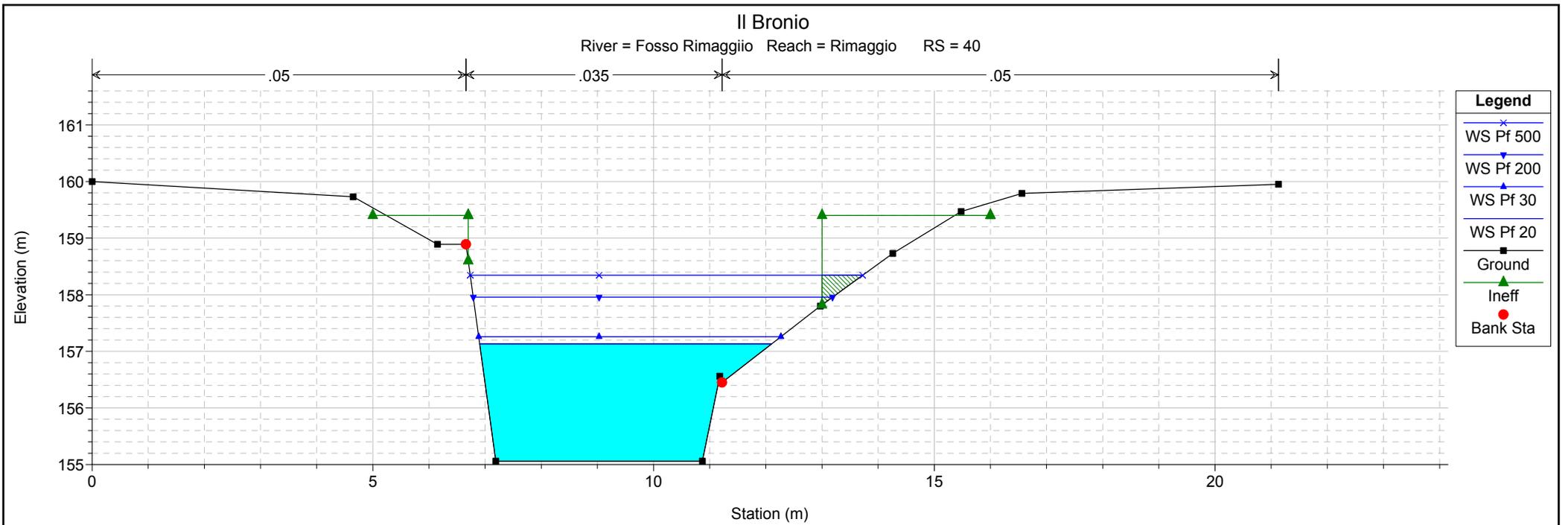


1 cm Horiz. = 2 m 1 cm Vert. = 0.75 m

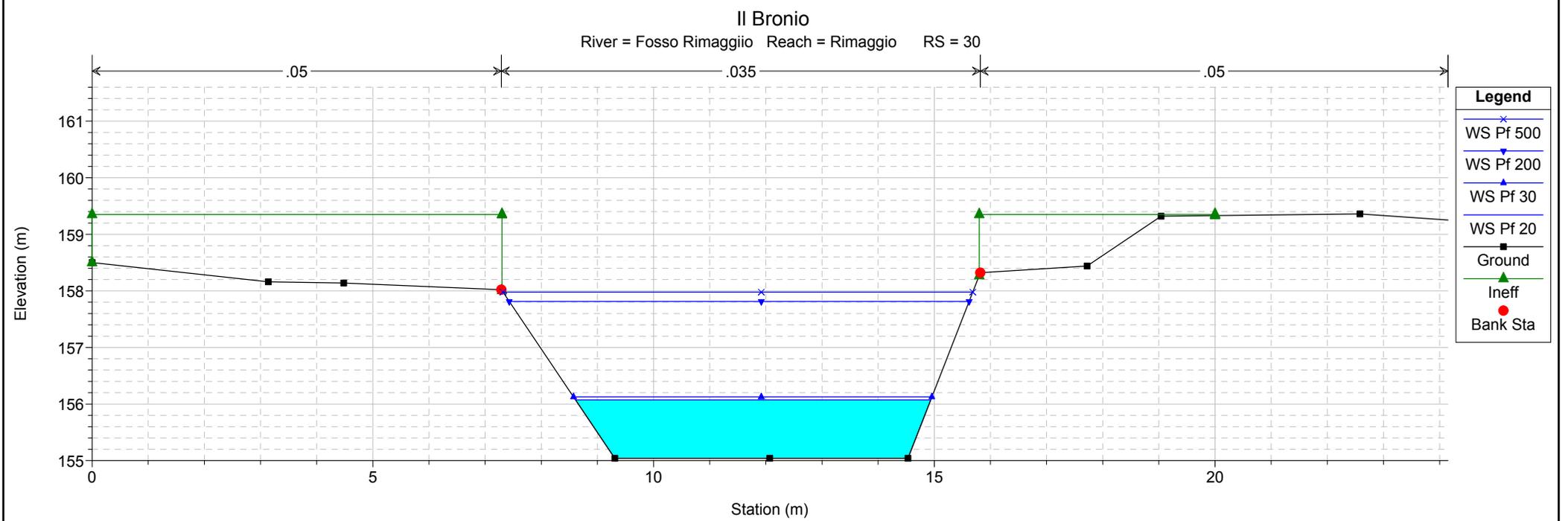
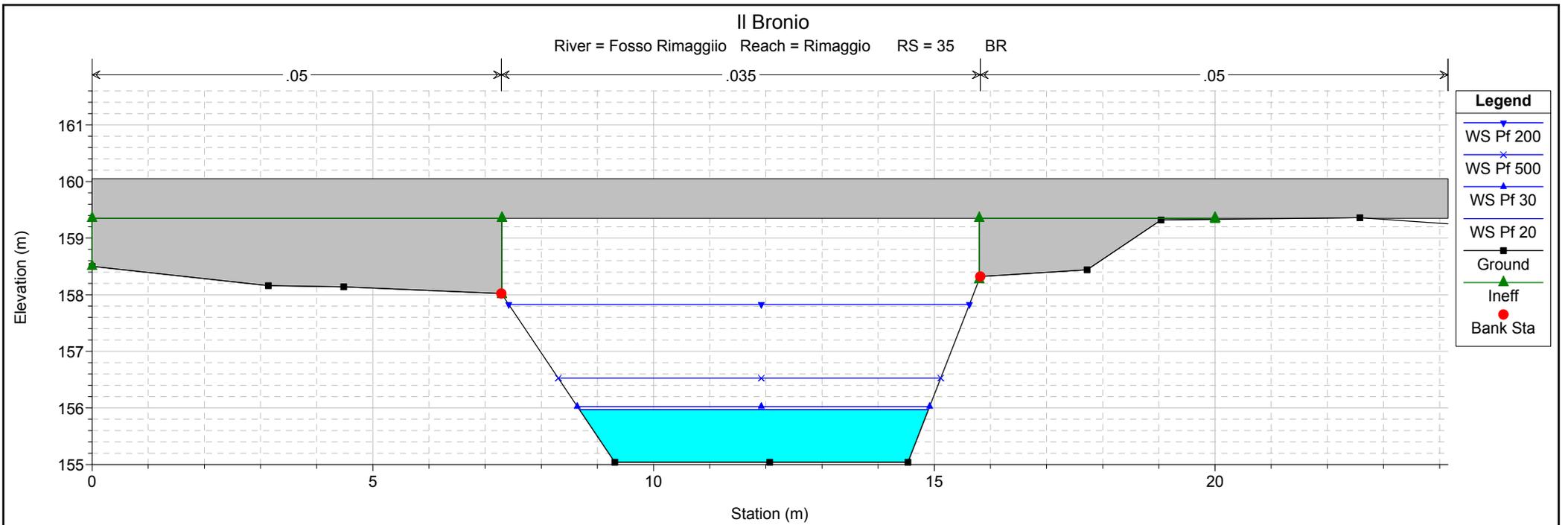


1 cm Horiz. = 2 m 1 cm Vert. = 2 m

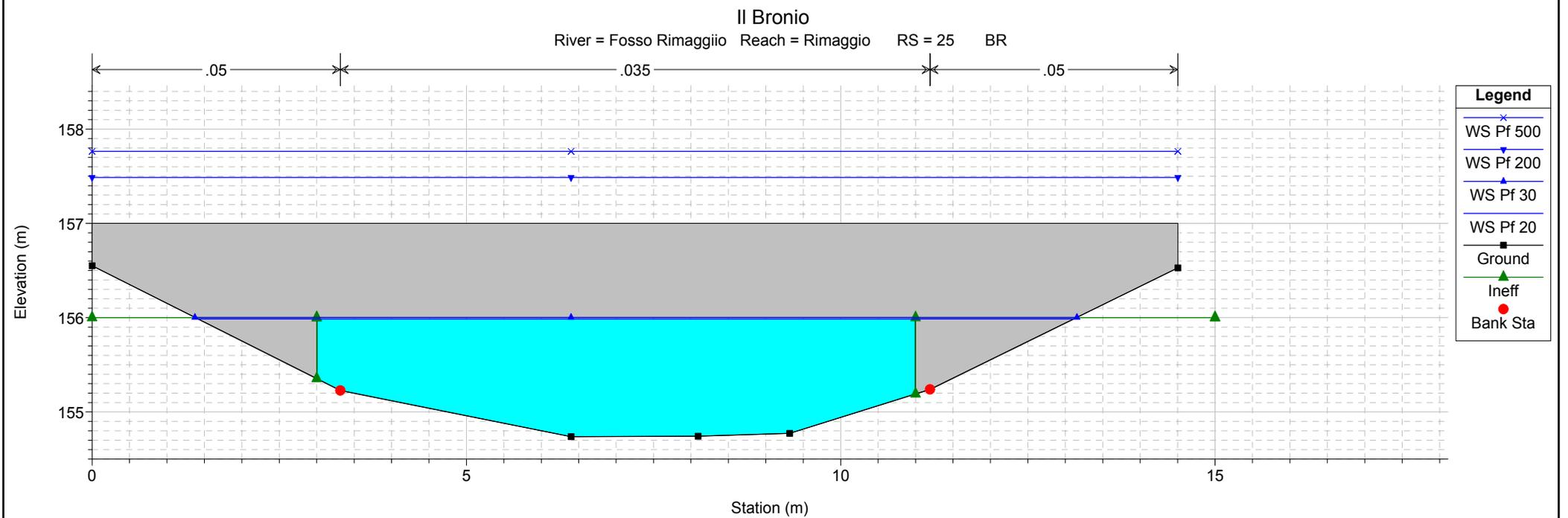
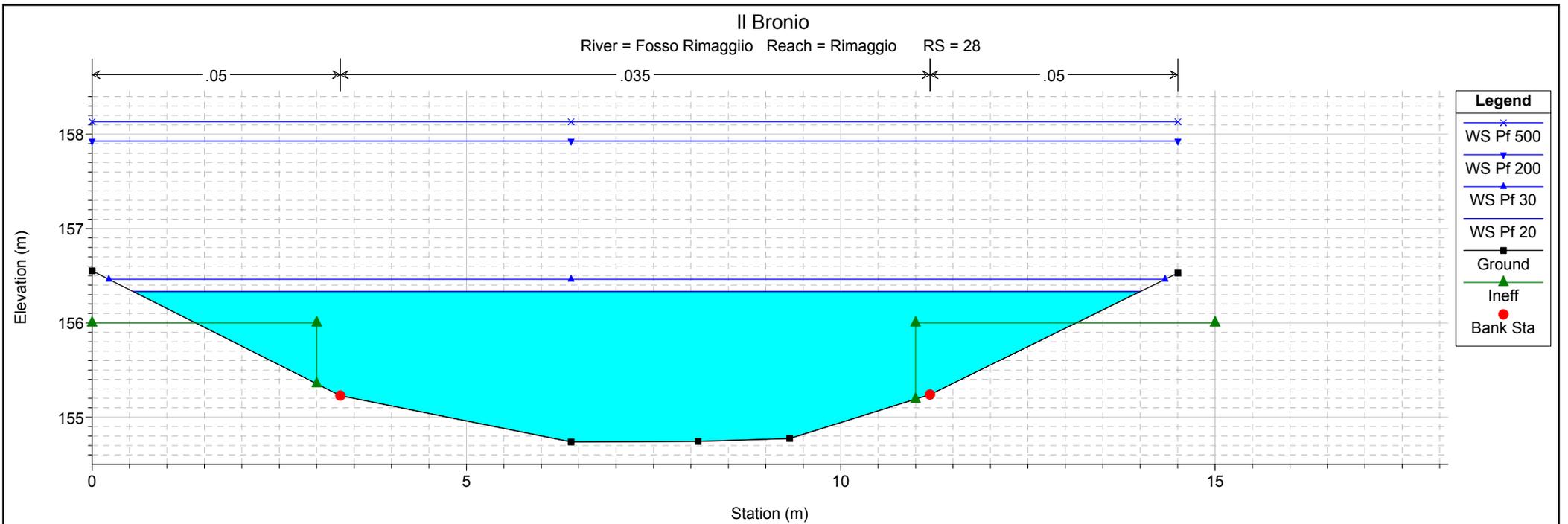




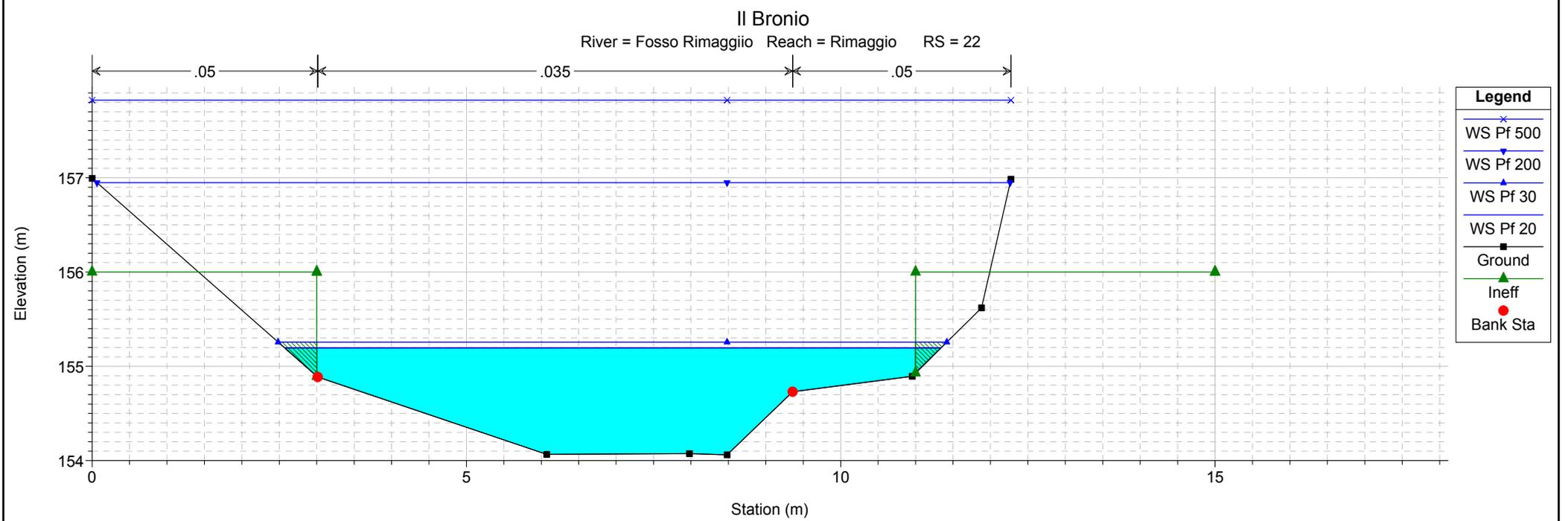
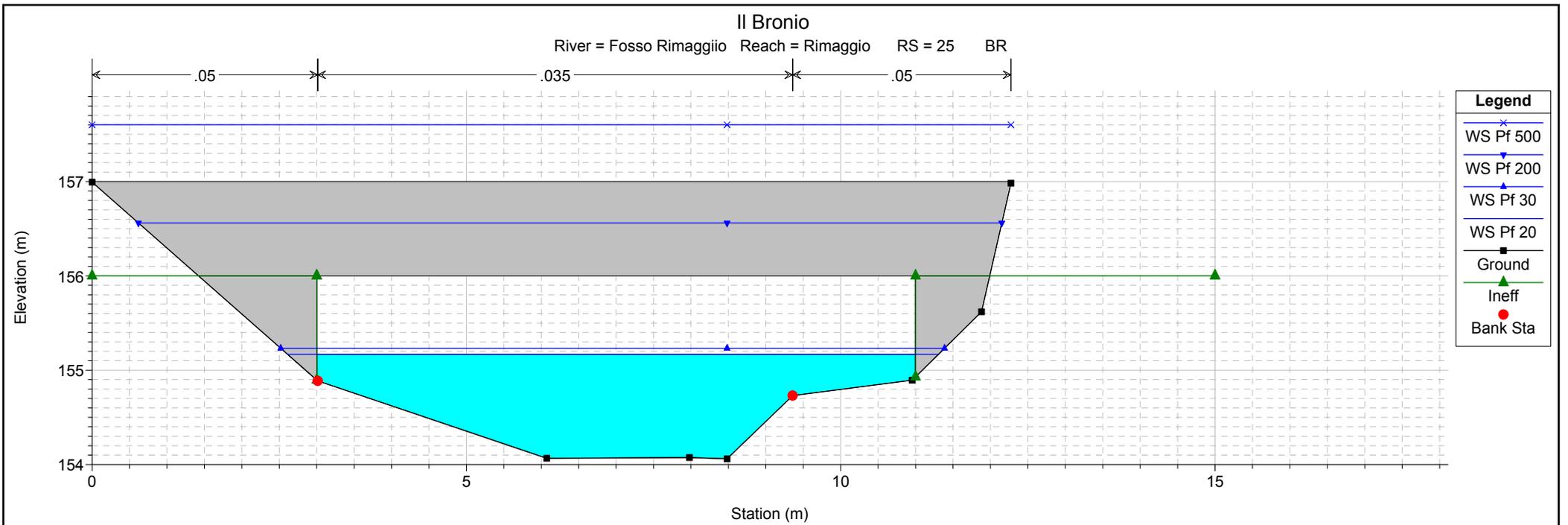
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1 m



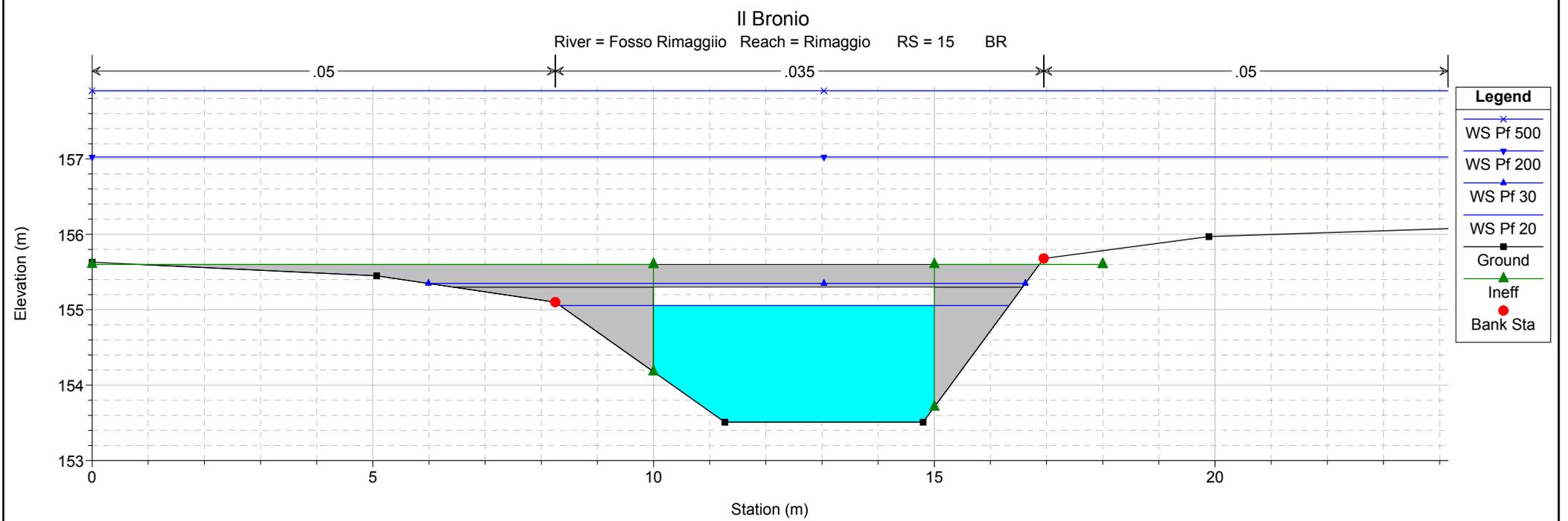
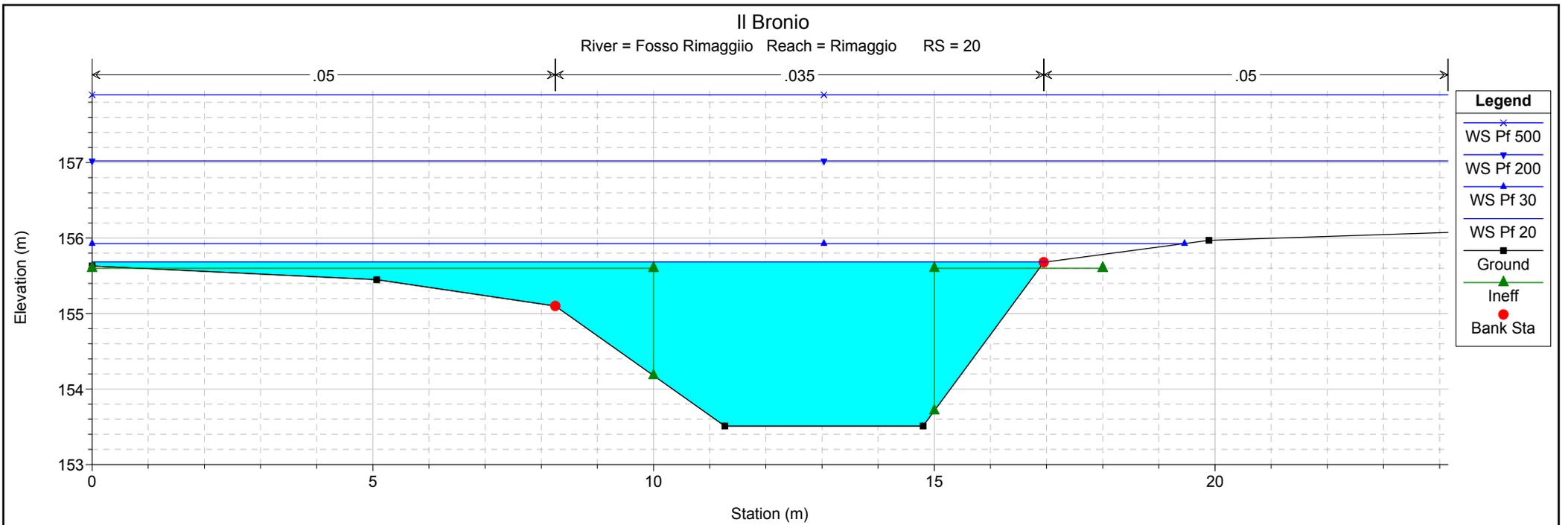
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1 m



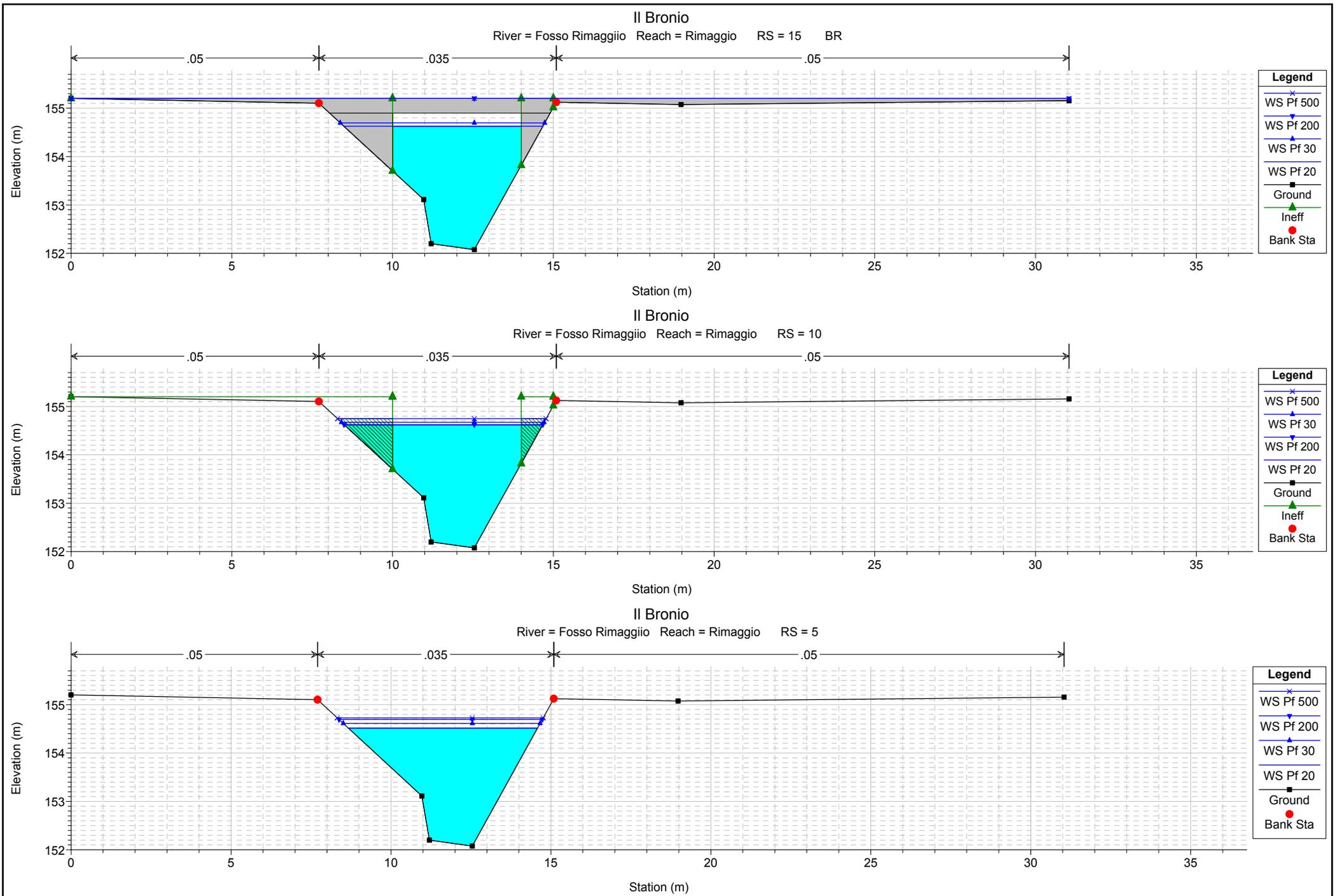
1 cm Horiz. = 0.75 m 1 cm Vert. = 0.6 m



1 cm Horiz. = 0.75 m 1 cm Vert. = 0.6 m



1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 0.75 m



1 cm Horiz. = 1.5 m 1 cm Vert. = 1 m