

Comune di Canosio
Unione Montana Valle Maira
Provincia di Cuneo - Regione Piemonte

PIANO REGOLATORE GENERALE INTERCOMUNALE - COMUNE DI CANOSIO

VARIANTE N. 5 - SETTEMBRE 2020

PROGETTO DEFINITIVO – Leggi Regionali 3 e 17 del 2013

APPROVATO con deliberazione del Consiglio Comunale n. 24 del 26/09/2020

ELABORATO **G/2 - RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA**

Committente:

Comune di Canosio

Via Provinciale n. 3

12020 CANOSIO (CN)

pec: canosio@cert.ruparpiemonte.it

PROGETTISTA
ING. M. GALFRÈ

IL RESP. DEL PROCEDIMENTO
GEOM. ROBERTO GARNERO


ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI CUNEO
A1649 Dott. Ing. Marco Galfrè

IL SEGRETARIO COMUNALE
DOTT.SSA GIUSEPPA DI RAIMONDO

COLLABORATORE
ING. D. CERATO


ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI CUNEO
A2245 Dott. Ing. Daniele Cerato

IL SINDACO
DOMENICO VALLERO



LIAAM di Galfrè ing. Marco
via Toggia n. 3A - 12018 ROCCAIONE (CN)
Tel. 347-2427265
e-mail: info@liaam.it
web: www.liaam.it
P. IVA 03483550046

ROCCAIONE, settembre 2020

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE.....	3
1.1 Riferimenti normativi	3
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	3
2.1 Inquadramento geologico	3
2.2 Inquadramento idrografico.....	4
2.2.1 Corsi d’acqua analizzati.....	5
3. ANALISI DEGLI EVENTI PREGRESSI	6
3.1 Evento del 12-15 giugno 1957	10
3.2 Evento del 28-30 maggio 2008.....	13
4. ANALISI IDROLOGICA	14
4.1 Idrografia	14
4.1.1 Rio Preit.....	14
4.1.2 Rio di Grange Gai.....	14
4.2 Caratteristiche morfologiche dei bacini	15
4.3 Copertura del suolo	16
4.4 Tempo di corrivazione	17
4.4.1 Definizione del tempo di corrivazione.....	22
4.5 Stima delle portate liquide	23
4.5.1 Metodo razionale con LSPP dell’AdBPo.....	23
4.5.1.1 Altezze ed intensità di precipitazione	24
4.5.1.2 Formula razionale e coefficiente di deflusso	27
4.5.1.3 Risultati ottenuti.....	35
4.5.2 Metodo razionale con precipitazioni da modello TCEV	36
4.5.2.1 Altezze ed intensità di precipitazione	36
4.5.2.2 Risultati ottenuti.....	38
4.5.3 Metodo della portata indice con curva di crescita GEV.....	38
4.5.3.1 Portata indice.....	39
4.5.3.2 Curva di crescita	41
4.5.3.3 Risultati ottenuti.....	42
4.5.4 Metodo ARPIEM-FLORA.....	43
4.5.4.1 Portata indice.....	43
4.5.4.2 Curva di crescita	43
4.5.4.3 Risultati ottenuti.....	46
4.5.5 Metodo SCS-CN	47
4.5.5.1 Determinazione del CN	47
4.5.5.2 Tempo di ritardo ed assorbimento iniziale.....	50
4.5.5.3 Ietogrammi di progetto	50
4.5.5.4 Trasformazione afflussi-deflussi	52
4.5.5.5 Risultati ottenuti.....	53

4.6	Definizione delle portate di riferimento	54
4.6.1	Portate liquide.....	54
4.6.1.1	Bacino del rio Preit.....	54
4.6.1.2	Bacino del Rio di Grange Gai.....	55
4.6.2	Portate solide.....	56
4.6.2.1	Rio Preit.....	56
4.6.3	Portate complessive.....	57
5.	ANALISI IDRAULICA	58
5.1	Rilievo della morfologia dell'alveo	58
5.2	Opere idrauliche e attraversamenti.....	58
5.2.1	Rio Preit.....	59
5.2.2	Rio di Grange Gai.....	69
5.3	Modello idraulico numerico.....	72
5.4	Condizioni fisiche di riferimento.....	73
5.5	Risultati ottenuti	73
6.	MAPPATURA DELLE AREE A PERICOLOSITÀ DI ESONDAZIONE.....	74
6.1	Criteri generali per l'individuazione delle aree a pericolosità di esondazione	74
6.2	Valutazioni di dettaglio e perimetrazione definitiva.....	75
6.2.1	Rio Preit.....	76
6.2.2	Rio di Grange Gai.....	81
7.	EFFICIENZA DEGLI ATTRAVERSAMENTI	82
7.1	Rio Preit.....	83
7.2	Rio di Grange Gai.....	88
8.	ALLEGATI.....	90

1. INTRODUZIONE

Nel 2015, il Comune di Canosio ha avviato il processo di adeguamento del proprio Piano Regolatore Generale al Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po (PAI) ai sensi dell'art. 18 delle Norme di attuazione del PAI.

La presente relazione e la documentazione ad essa allegata descrivono le analisi idrologico-idrauliche effettuate al fine di perimetrare le aree a rischio di esondazione presenti nell'intorno dell'abitato di Canosio.

1.1 Riferimenti normativi

I principali riferimenti tecnico-normativi che hanno guidato le valutazioni descritte nella presente relazione sono:

- *Norme di attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po;*
- *D.G.R. 7/04/2014, n. 64-7417: Indirizzi procedurali e tecnici in materia di difesa del suolo e pianificazione urbanistica.*

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il comune di Canosio si colloca nella parte medio-alta della val Maira, in sponda destra idrografica, e copre una superficie di poco meno di 50 km².

Il territorio comunale comprende l'intero bacino del rio Preit ed una piccola parte di quello del Vallone di Marmora, ovvero il versante sinistro nel tratto compreso tra l'immissione del rio Preit e la confluenza nel torrente Maira.

Partendo da Ponte Marmora (quota 940 circa), si incontra un primo tratto in cui il Vallone di Marmora ha scavato una vallata molto stretta e fiancheggiata da ripidi versanti rocciosi.

Proseguendo verso monte ed entrando nel bacino del rio Preit (quota 1200 circa), la vallata diventa più ampia ed i versanti meno pendenti, con ampi pascoli e boschi.

Superato il Colle del Preit (quota 2100 circa), infine, la morfologia assume una connotazione diversa e molto particolare: si apre infatti l'altipiano della Gardetta, caratterizzato da ampie praterie sub-pianeggianti e campi rocciosi di origine carsica.

La quota più elevata è rappresentata dalla cima di Rocca la Meja, posta a quota 2831 m s.l.m.

Il territorio comunale è attraversato dalla strada che collega Ponte Marmora al Colle del Preit, fino all'abitato di Preit di competenza provinciale¹, poi comunale; i centri abitati principali sono Canosio (quota 1230 circa) e Preit (quota 1540 circa).

2.1 Inquadramento geologico

Il territorio comunale di Canosio coinvolge un'area particolarmente complessa dal punto di vista geologico.

Nella parte bassa, indicativamente tra il torrente Maira e l'abitato di Canosio, vi è un diffuso affioramento di calcescisti; nella parte mediana, ovvero fino alla dorsale Rocca la Meja – Bric Servino, si rinvencono in prevalenza detriti di falda associati ad affioramenti di scisti quarzosi e quarziti.

Nella zona dell'altipiano della Gardetta, infine, prevalgono terreni morenici e formazioni carbonatiche, quest'ultime spesso carsificate.

La complessità delle strutture geologiche presenti è determinata dai numerosi scorrimenti e accavallamenti verificatisi durante l'orogenesi alpina, in particolare il sovrascorrimento di formazioni

¹ Nel tratto compreso tra Ponte Marmora e l'abitato di Canosio la strada è denominata S.P. 113; nel tratto compreso tra l'abitato di Canosio e l'inizio di quello di Preit la strada prende il nome di S.P. 283.

sedimentarie su altre più antiche, probabilmente quelle appartenenti al massiccio cristallino dell'Argentera.

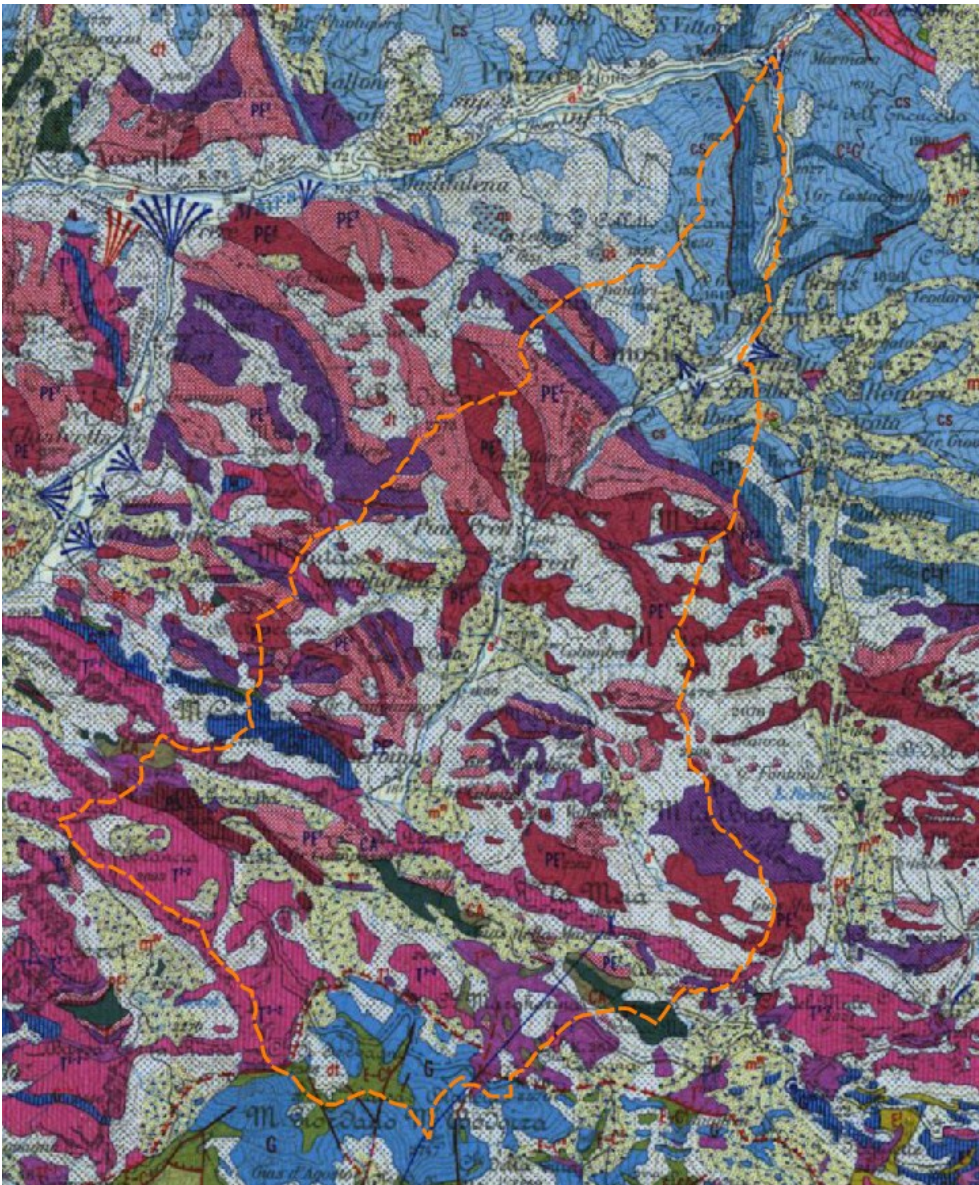


Figura 2.1 - Estratto della Carta Geologica d'Italia foglio 78 - Dronero con indicazione del confine comunale di Canosio

2.2 Inquadramento idrografico

Come anticipato all'inizio del capitolo, il territorio comunale di Canosio comprende l'intero bacino del rio Preit ed una piccola parte di quello del Vallone di Marmora, ovvero il versante sinistro nel tratto compreso tra l'immissione del rio Preit e la confluenza nel torrente Maira: il rio Preit ed i suoi tributari rappresentano dunque il sistema idrografico più importante per l'area di interesse.

In generale, la rete idrografica secondaria del rio Preit non si presenta molto sviluppata o ramificata né caratterizzata da un rilevante grado di incisione dei versanti.

Quanto appena affermato risulta particolarmente evidente nella parte alta del bacino, coincidente con l'altipiano della Gardetta, dove la combinazione di pendenze ridotte e diffusa presenza di terreni relativamente permeabili (rocce carbonatiche carsificate e detriti di falda) determina un sensibile contenimento del ruscellamento superficiale.

Nella restante parte del bacino i versanti assumono pendenze più sostenute, per cui, soprattutto lungo i rii più piccoli, si riconoscono alcune forme incisive più marcate che determinano l'insorgenza di fenomeni franosi per erosione del piede.

Gli interventi di sistemazione idraulica a carico dei corsi d'acqua sono molto contenuti, quasi esclusivamente limitati all'asta del rio Preit e per lo più concentrati in prossimità dell'abitato di Canosio.

All'interno del territorio comunale di Canosio è presente un unico lago naturale, il lago Nero, posto in sinistra del Rio della Valletta; non sono invece presenti bacini artificiali.

2.2.1 Corsi d'acqua analizzati

Nell'ambito del presente studio sono stati analizzati i corsi d'acqua che interessano direttamente l'abitato di Canosio e che quindi possono determinare situazione di pericolosità per beni e/o persone, ovvero:

- il rio Preit per il tratto che inizia in prossimità dell'area attrezzata a monte dell'abitato e termina a valle del ponte della strada provinciale;
- il rio che drena i versanti posti ad Ovest delle borgate Gai, Serre e San Giovanni per il tratto compreso tra l'attraversamento di via Capoluogo e l'immissione nel rio Preit. Tale corso d'acqua risulta privo di denominazione sui riferimenti cartografici ufficiali della Regione Piemonte (CTR, BDTRE): nel seguito per semplicità sarà indicato come Rio di Grange Gai.

Le sezioni di chiusura considerate per il calcolo delle portate di piena defluenti nei corsi d'acqua oggetto di analisi sono:

- per il bacino del rio Preit, subito a monte dell'immissione del Rio di Grange Gai;
- per il Rio di Grange Gai, la confluenza nel rio Preit.



Figura 2.2 - Corsi d'acqua analizzati nel presente studio: in rosso il rio Preit, in blu il rio di Grange Gai

3. ANALISI DEGLI EVENTI PREGRESSI

Di seguito si riporta un elenco degli eventi alluvionali più gravosi in termini di effetti al suolo che, dal 1705 ad oggi, hanno interessato il bacino del torrente Maira e, in particolare, il territorio comunale di Canosio.

La presente indagine è stata condotta sulla base dei seguenti riferimenti:

- *Descrizione dei principali eventi che hanno interessato la regione Piemonte, Liguria e la Spagna Nord Orientale, sviluppato all'interno del Programma Operativo INTERREG IIC Assetto del Territorio e prevenzione delle Inondazioni²;*
- *Linee generali di assetto idrogeologico e quadro degli interventi nel bacino del torrente Maira, facente parte dell'elaborato 3.3 del PAI del fiume Po;*
- Banca Dati Eventi (BDE) del Sistema informativo geografico di ARPA Piemonte;
- rapporti evento redatti da ARPA Piemonte e Regione Piemonte;
- sito internet Natura Occitana di Enrico Collo;
- sito internet del Corriere di Saluzzo (articolo 1957: *alluvione* del 14/06/2007).

Evento	Note
ottobre 1846	Il geoportale di ARPA Piemonte segnala che nel concentrico di Canosio si verificò il crollo di un tratto di strada e di un «saldo ponte in muratura»; l'evento viene descritto come una «violenta piena del Maira e dei suoi tributari maggiori».
12-15 giugno 1957	Si tratta con tutta probabilità dell'evento più gravoso che ha colpito la val Maira. L'evento ebbe la fase culminante nei giorni 13 e 14 giugno e fu particolarmente disastroso a causa della combinazione tra due fattori: <ul style="list-style-type: none"> • elevato grado di imbibizione del terreno a causa di un prolungato periodo piovoso antecedente la fase di picco; • rilevante contributo da fusione nivale determinato da un repentino aumento della temperatura. I fenomeni di dissesto più frequenti furono le frane e l'erosione delle sponde. Soprattutto nella parte alta del bacino del torrente Maira si registrarono danni ingenti.
7-9 ottobre 1996	«Il torrente Maira risulta avere attivato tutto il suo alveo di piena ordinaria. Anche numerosi rii e corsi d'acqua secondari sono stati caratterizzati da intensa attività torrentizia, talora con temporanea invasione di sedi stradali. Alcune frane di dimensioni contenute, sfiancamenti di rilevati e crolli in roccia hanno determinato diffusi danni ed interruzioni della viabilità provinciale e minore. La valle Maira presenta pertanto un quadro di danni diffusi ma di scarsa entità» (estratto da Primo rapporto sull'evento alluvionale verificatosi in Piemonte il 7-9 ottobre 1996, a cura del Settore per la Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico della Regione Piemonte)
3-5 maggio 1999	Evento simile a quello del giugno 2000 ma di magnitudine inferiore, sia in termini di volume di pioggia sia in termini di durata. Fu maggiormente colpita la parte bassa del bacino del torrente Maira (comuni di Cartignano e Dronero); i fenomeni più frequenti furono connessi all'attività torrentizia del reticolo idrografico secondario, con danni per lo più a carico di attraversamenti sottodimensionati.
10-14 giugno 2000	Evento alluvionale particolarmente intenso, soprattutto in termini di volumi di pioggia caduta. Il rapporto evento redatto dalla Regione Piemonte contiene poche informazioni circa gli effetti al suolo; tuttavia, anche sulla base di quanto riportato dalla BDE di ARPA Piemonte, non sembra che nel bacino del torrente Maira l'evento abbia prodotto danni di particolare rilievo.
28-30 maggio 2008	Evento di notevole intensità ben ascrivibile tra quelli che colpiscono i bacini più occidentali nell'arco alpino nel periodo primaverile e tardo-primaverile, caratterizzato tuttavia da precipitazioni con intensità e diffusione molto variabili nelle zone interessate. I fenomeni più ricorrenti furono quelli legati alle dinamiche torrentizie, con danni alla viabilità, agli edifici e ai terreni agricoli.

Tabella 3.1 - Principali eventi alluvionali che hanno interessato il bacino del torrente Maira

² Disponibile sul sito di ARPA Piemonte all'indirizzo <http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/geologia-e-dissesto/pubblicazioni/immagini-e-files/interregitafra>

Per meglio comprendere le dinamiche alla base degli eventi sopra elencati, sono stati raccolti e confrontati alcuni dati significativi circa le precipitazioni occorse durante gli stessi, ovvero:

- le precipitazione massime con durata pari a 1, 3, 6, 12 e 24 ore;
- la precipitazione totale dell'intero evento;
- i valori massimi registrati dalla stazione pluviometrica di Canosio (cod. stazione 357, rete ARPA Piemonte) per le durate pari a 1, 3, 6, 12 e 24 ore e relativa data;
- le curve di possibilità pluviometrica calcolate dall'AdBPo per l'area in esame con tempi di ritorno 10, 20, 50, 100, 200 e 500 anni.

Per i dati di cui al punto a) sono stati utilizzati i dati relativi alla stazione di Canosio e, dove non disponibili, quelli della stazione più prossima (Saretto e Acceglio); i dati di cui al punto b), invece, si riferiscono all'intero bacino del torrente Maira.

Le fonti da cui sono stati tratti i dati sono:

- giugno 1957 - saretto*: annali idrologici (pag. 314);
- maggio 1999 - acceglio e giugno 2000 - canosio*: rapporto evento giugno 2000;
- maggio 2008 - canosio*: banca dati meteo ARPA Piemonte (il dato relativo ad 1 h non è disponibile perché il massimo per tale durata è stato raggiunto in un evento diverso da quello del maggio 2008, per cui è stato assunto quello misurato ad Acceglio indicato nel rapporto evento maggio 2008);
- dati totali evento*: rapporto evento maggio 2008;
- massimi registrati*: banca dati meteorologica di ARPA Piemonte.

	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h	TOT evento
giugno 1957 - saretto	20	41.6	56.4	64.4	90.8	95.3
maggio 1999 - acceglio	8.8	21.2	31.2	43.6	70.4	106.1
giugno 2000 - canosio	15.2	30.4	41.6	57.8	95.4	181.8
maggio 2008 - canosio	12	33.6	43.4	66	99.8	103.1
max registrati data	54.8 12/08/2000	64.6 12/08/2000	69 12/08/2000	109 06/11/2011	173 06/11/2011	-

Tabella 3.2 - Dati significativi delle precipitazioni occorse durante i principali eventi alluvionali e valori massimi registrati dalla stazione di Canosio

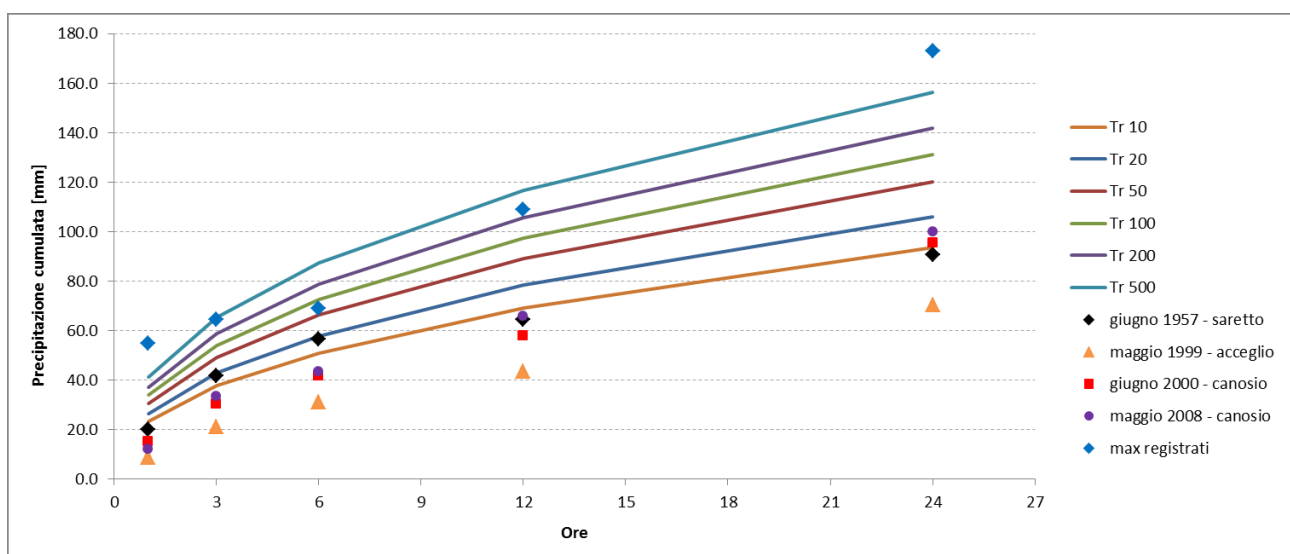


Figura 3.1 - Rappresentazione grafica dei dati pluviometrici di cui alla tabella soprastante

Analizzando i dati sopra riportati si possono trarre le seguenti considerazioni:

1. le precipitazioni occorse durante gli eventi alluvionali più gravosi in termini di effetti al suolo per il bacino del torrente Maira (di cui alla Tabella 3.1) mostrano tempi di ritorno bassi, che non eccedono mai i 20 anni;
2. indicativamente, le precipitazioni massime occorse durante gli eventi alluvionali più gravosi rispettano l'entità degli effetti al suolo, in particolare per la durata di 3 ore: il valore più elevato è quello dell'evento del giugno 1957, segue quello del maggio 2008 (molto simile a quello di giugno 2000) e chiude quello del maggio 1999;
3. i valori massimi registrati dalla stazione di Canosio raggiungono invece tempi di ritorno notevoli per tutte le durate, sempre superiori ai 50 anni;
4. non vi è alcuna traccia di eventi calamitosi (alluvionali, franosi ecc.) avvenuti il 12/08/2000, giorno in cui sono stati registrati i valori massimi di precipitazione per le durate 1, 3 e 6 ore;
5. le precipitazioni del 6/11/2011, ovvero le massime registrate per le durate pari a 12 e 24 ore, caratterizzate da tempi di ritorno molto elevati, non hanno dato origine ad un evento di piena di particolare rilievo; per quanto attiene al territorio comunale di Canosio, ad esempio, si registra un'esondazione presso il cimitero, mentre il rio Preit mostra un deflusso del tutto ordinario (fonte sito Natura Occitana)



Figura 3.2 - Rio Preit in corrispondenza dell'abitato di Canosio il giorno 06/11/2011 (fonte sito Natura Occitana)

Sulla base delle considerazioni sopra esposte si può dedurre che, comunemente agli altri bacini tipicamente alpini, anche per il rio Preit il verificarsi o meno di un evento alluvionale dipende fortemente dal "fattore neve" declinato nei seguenti termini:

1. estensione del manto nevoso

se ampie porzioni del bacino sono coperte di neve, la permeabilità dello stesso può risultare molto limitata rispetto al normale ed anche il tempo di corrivazione può diventare più breve, di conseguenza la formazione di deflusso superficiale si incrementa sensibilmente;

2. contributo al deflusso superficiale derivante dalla fusione del manto nevoso

3. apporto di precipitazione in forma solida

se ampie porzioni del bacino sono interessate da precipitazioni in forma solida, il contributo al deflusso superficiale si riduce sensibilmente.

I due eventi probabilmente più gravosi in termini di effetti al suolo (giugno 1957 e maggio 2008), infatti, si collocano entrambi nel periodo tardo primaverile, in un momento in cui generalmente il processo di fusione nivale è già in atto da tempo (e quindi il terreno risulta fortemente imbibito) ma non è ancora completo (per cui la copertura nevosa è ancora sufficientemente diffusa).

Per l'evento del giugno 1957 i dati disponibili in merito sono molto scarsi, sono più che altro presenti indicazioni qualitative; l'unico riferimento quantitativo è contenuto nella pubblicazione *Descrizione dei*

principali eventi che hanno interessato la regione Piemonte, Liguria e la Spagna Nord Orientale ed è il seguente:

(1) I dati sul manto nevoso sono piuttosto scarsi: al 31 maggio, secondo le osservazioni dell'Ufficio Idrografico, si avevano 60 cm al Lago Goillet (q. 2.526) e 116 cm al Lago Gabiet (q. 2.340), entrambi nel bacino della Dora Baltea. Al Lago della Rossa (q. 2.716), nella Stura di Lanzo, a fine maggio permanevano 145 cm di neve. In base a dati di alcune stazioni del Corpo forestale, una discreta copertura nevosa persisteva sopra i 2.000 metri,

nella prima quindicina di giugno, anche nell'alta Val di Susa (Thures) e nelle Alpi Marittime. Secondo caute valutazioni di ricercatori francesi (M. Pardé e A. Poggi), che studiarono il medesimo evento di piena nei vicini territori oltre confine, il contributo medio giornaliero in acqua per fusione della neve, nel periodo dal 12 al 15 giugno, fu verosimilmente di circa 40 mm.

69

Figura 3.3 - Estratto della pubblicazione Descrizione dei principali eventi che hanno interessato la regione Piemonte, Liguria e la Spagna Nord Orientale in merito al contributo della fusione nivale durante l'evento di giugno 1957

Per l'evento del maggio 2008, invece, sono disponibili le registrazioni di altezza di neve al suolo della stazione della Gardetta, posta a quota 2337 (cod. S2561, rete ARPA Piemonte).

Dai dati nivometrici registrati, si vede chiaramente che:

- la fusione nivale è in atto dalla fine di aprile;
- al 27 maggio, ovvero subito prima dell'evento alluvionale, l'altezza di neve al suolo è ancora pari a 40 cm;
- il 31 maggio, ovvero subito dopo l'evento, la copertura nevosa è sostanzialmente azzerata.

Nel periodo 27/05 – 31/05, dunque, il manto nevoso al suolo si è ridotto di circa 35 cm, con un picco di 14 cm nella giornata del 29/05: considerando un fattore di equivalenza neve-acqua (SWE, Snow Water Equivalent) pari a 0.4 (valore comune per il periodo tardo primaverile con neve ormai ben assestata), il contributo della fusione ammonta a 140 mm per l'intero evento ed a 56 mm per la sola giornata del 29/05.

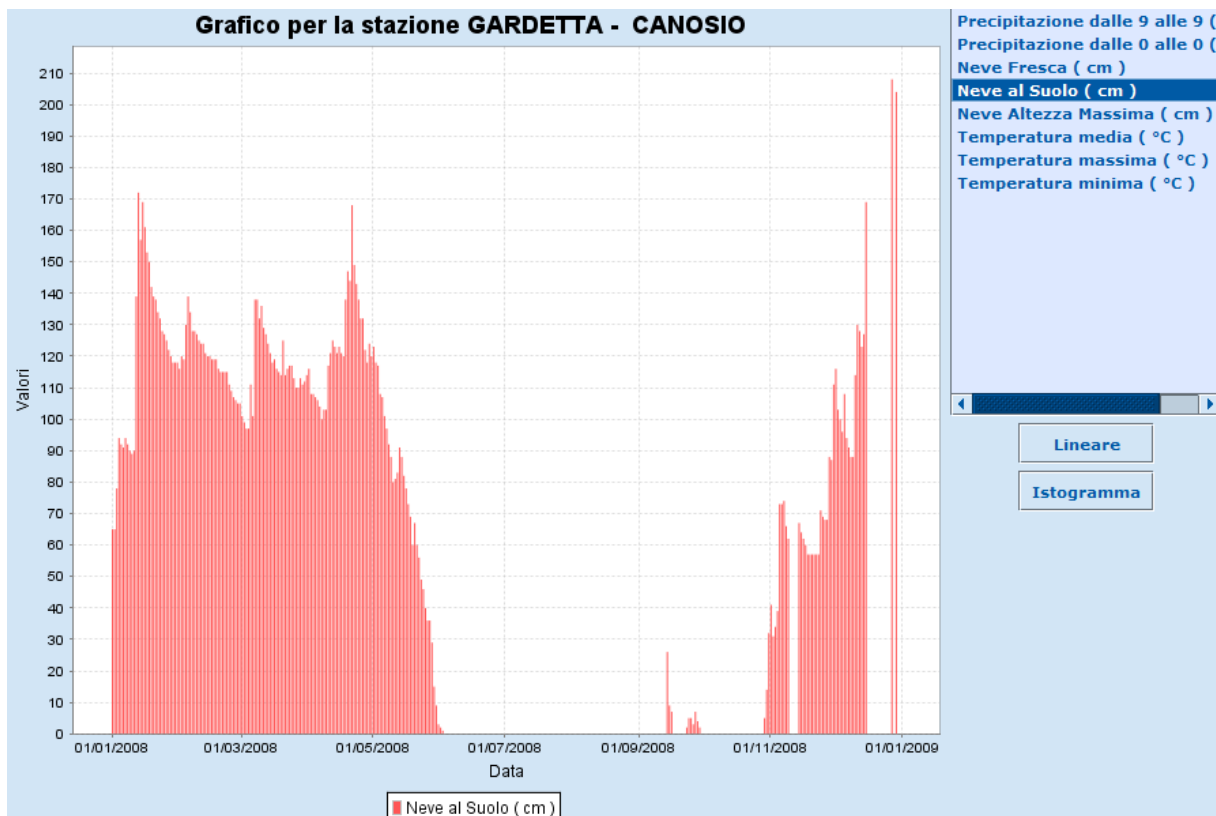


Figura 3.4 - Grafico dell'altezza di neve al suolo alla stazione della Gardetta per l'anno 2008. Si noti come la fusione completa avvenga in corrispondenza dell'evento del 28-30 maggio

L'evento pluviometrico del 4-8 novembre 2011, che ha fatto registrare alla stazione di Canosio i valori massimi per le durate di 12 e 24 ore, si colloca invece nel periodo inizio autunnale, ovvero in un momento in cui generalmente la copertura nevosa è ancora nulla.

L'evento, inoltre, è stato caratterizzato da precipitazioni in forma solida che hanno interessato ampie porzioni del bacino del rio Preit: analizzando nuovamente le registrazioni nivometriche della stazione della Gardetta, infatti, si vede che in concomitanza dell'evento in esame l'altezza di neve al suolo cresce di oltre 80 cm, per cui una rilevante parte del bacino del rio Preit (circa il 50% del bacino è posto sopra i 2200 m s.l.m.) non ha contribuito alla formazione di deflusso superficiale.

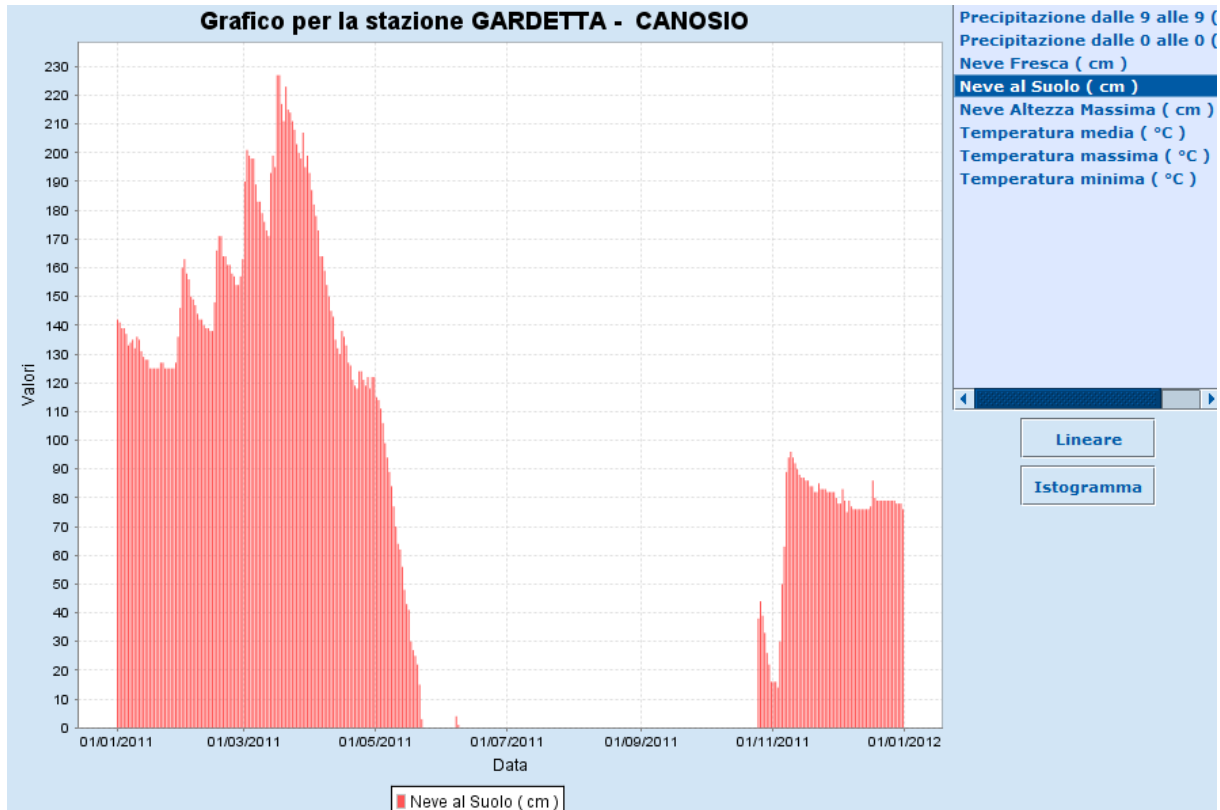


Figura 3.5 - Grafico dell'altezza di neve al suolo alla stazione della Gardetta per l'anno 2011. Si noti come in corrispondenza dell'evento pluviometrico del 4-8 novembre 2011 l'altezza di neve al suolo subisca un rilevante incremento

Di seguito infine si riportano alcuni approfondimenti in merito agli effetti al suolo provocati dagli eventi del 12-15 giugno 1957 e del 28-30 maggio 2008, ritenuti significativi per i seguenti motivi: il primo poiché ad oggi rappresenta l'evento più gravoso che ha colpito il comune di Canosio, il secondo poiché sono disponibili testimonianze dirette (fotografie) essendo avvenuto in tempi recenti.

3.1 Evento del 12-15 giugno 1957

Nell'intorno del concentrico di Canosio, la Banca Dati Eventi di ARPA Piemonte individua 2 segnalazioni, che di seguito vengono riportate testualmente in quanto maggiormente rilevanti ai fini della presente analisi.

Oltre a queste, la BDE contiene altre due segnalazioni all'interno del territorio comunale di Canosio, una riguardante il crollo di alcuni attraversamenti sul rio Corte, l'altra riguardante il danneggiamento della strada per Preit (attuale S.P. 283) a causa di «un movimento franoso di grosse dimensioni in attività da tempo e soggetto a periodiche riattivazioni».

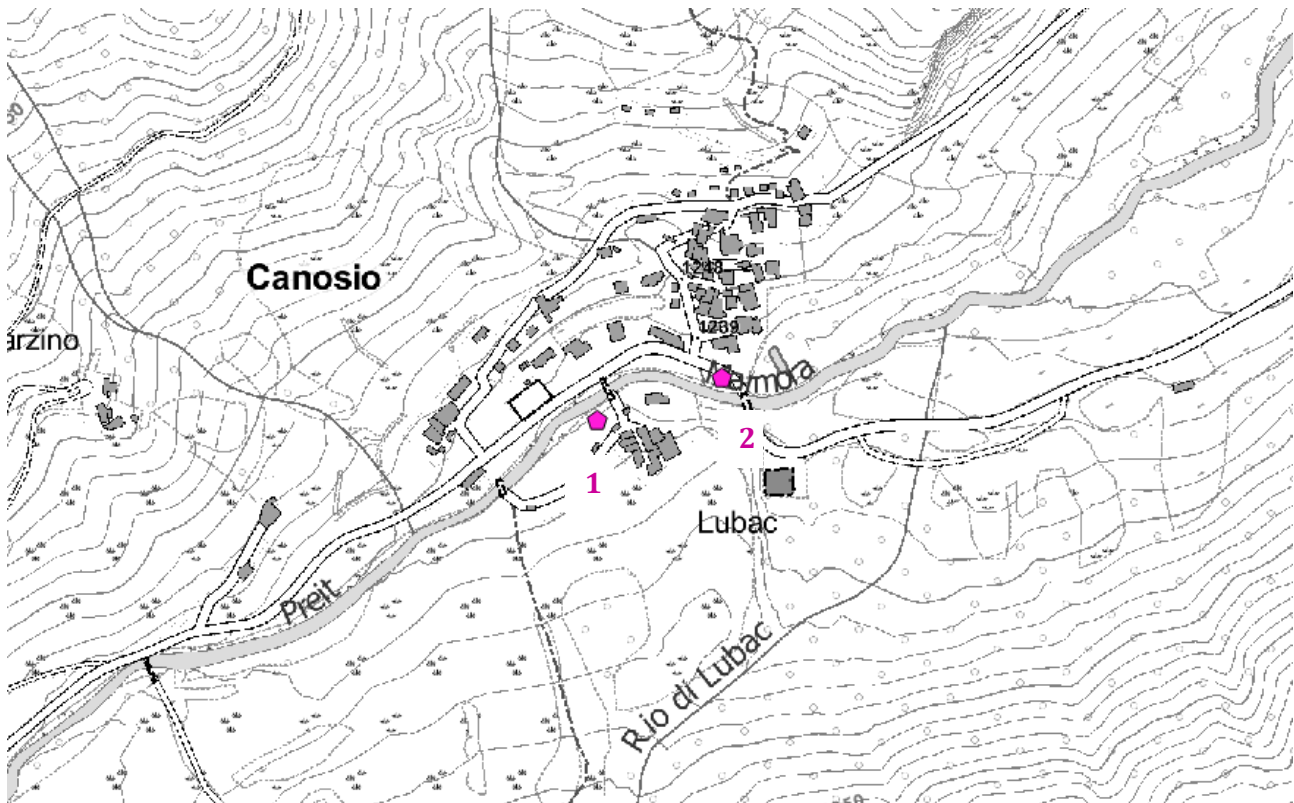


Figura 3.6 - Estratto della BDE di ARPA Piemonte relativo all'evento alluvionale di giugno 1957 centrato sull'abitato di Canosio

Segnalazione 1

"... la furia delle acque, dopo aver eroso ed asportato l'orto ed il cortile antistante la casa della sig. Ponzo investirono pure il medesimo fabbricato, scalzandone le fondazioni e allagando diversi locali..." 03)
"...travolgendo anche..."

Segnalazione 2

"... le case più basse del capoluogo sono state investite dalle acque del torrente Preit..." 01) *"... ed una di esse (l'abitazione del sindaco) è in parte crollata..." 12)* *sormontato un ponte sulla viabilità minore del paese.*

La *casa del sig. Ponzo* citata nella prima segnalazione è con tutta probabilità l'abitazione posta tra il rio Preit e la strada provinciale subito a monte del ponte che conduce alla base degli impianti di risalita, rappresentata in Figura 3.7.

La *casa del sindaco*, sulla base di quanto indicato dall'Amministrazione comunale di Canosio, è con tutta probabilità l'edificio posto subito a valle dell'attuale municipio, riportato in Figura 3.8.

Sulla base di quanto indicato nella BDE, dunque, si può dedurre che le acque di esondazione del rio Preit hanno interessato un'ampia porzione del fondovalle con un elevato grado di energia, in grado di danneggiare vistosamente alcuni fabbricati.



Figura 3.7 - Abitazione che con tutta probabilità corrisponde all'abitazione del sig. Ponzo citata nella BDE di ARPA Piemonte



Figura 3.8 - Edificio che con tutta probabilità corrisponde alla casa del sindaco citata nella BDE di ARPA Piemonte

Si riporta nel seguito un estratto dell'articolo 1957: *alluvione* del 14/06/2007 del Corriere di Saluzzo:

«Val Maira: il collegamento stradale tra Prazzo e Acceglio non esiste più; a valle risulta gravemente compromessa la viabilità tra Dronero e San Damiano. Crollato il ponte a Ponte Marmora, la statale 22 per Acceglio è interrotta da parecchie frane: è un'immensa distesa di sabbia e pietrame. Quattro case distrutte a Canosio: il mulino e la segheria sono rovinati: 'La centralina è stata distrutta ed insabbiata, per cui da una settimana siamo al buio- si legge in una corrispondenza sul Corriere di Saluzzo del 22 giugno- molti prati, lungo le rive, non sono altro più che una ghiaia. Chi potrà riparare tanti danni? Si impone un aiuto dall'alto e speriamo che venga presto...'. La strada che porta a Preit non esiste quasi più; molto danneggiata la strada del vallone di Marmora. Alcune case, tra cui una fiorente segheria, sono state travolte dalle acque a Prazzo inferiore, ma il vero disastro è ad Acceglio; il paese è invaso da ghiaia e detriti, le acque hanno distrutto tutto, dall'ufficio postale al lavatoio: inghiottita la strada principale del capoluogo, crollate parecchie abitazioni, tra cui alberghi e botteghe, saltato il ponte per Unerzio, distrutta la colonia dei Padri Francescani. Danni gravissimi a campi ed abitazioni a Chiappera e Ponte Maira. La strada del vallone di Elva è saltata in più punti, i valloni di Ussolo e San Michele sfregiati dalle frane»

Rispetto alla BDE di ARPA Piemonte, il Corriere di Saluzzo indica che furono danneggiati anche il mulino e la segheria posti ai piedi del nucleo denominato "l'Ubac" e la centralina idroelettrica posta

subito a monte del ponte della strada provinciale; tali indicazioni risultano del tutto credibili in quanto tutti i fabbricati citati sono posti subito a ridosso del rio Preit in posizione ad evidente rischio di esondazione.

Si riporta infine una fotografia dell'evento di giugno 1957, che mostra gli effetti dello stesso in corrispondenza dell'edificio posto subito a monte dell'attuale Municipio.



Figura 3.9 - Effetti dell'esondazione del rio Preit in corrispondenza dell'abitato di Canosio (l'edificio ritratto è quello posto subito a monte dell'attuale Municipio)

3.2 Evento del 28–30 maggio 2008

La BDE di ARPA Piemonte non riporta alcuna segnalazione relativa all'evento del maggio 2008 in prossimità del concentrico di Canosio.

Il rapporto evento maggio 2008 di ARPA Piemonte cita numerose interruzioni della viabilità nei comuni di Canosio e Marmora ad opera dell'azione erosiva dei corsi d'acqua; i due paesi, infatti, sono rimasti isolati fino al 1 giugno.

Le indicazioni più puntuali sui danni provocati dall'evento in esame sul territorio comunale di Canosio sono quelle fornite dal sito Natura Occitana di Enrico Collo, al quale si rimanda, che contiene numerose fotografie dei cedimenti del piano viabile che, inoltre, risultano utili per avere un'idea qualitativa sulle condizioni di deflusso delle portate di piena all'interno dei corsi d'acqua durante l'evento.



Figura 3.10 - Vallone di Marmora a valle dell'immissione del rio Preit in occasione dell'evento di maggio 2008 (fonte sito Natura Occitana)

4. ANALISI IDROLOGICA

Nel presente capitolo sono descritti i diversi metodi impiegati per la stima delle portate di piena dei due corsi d'acqua di interesse e le valutazioni condotte per la definizione delle stesse.

Come anticipato al precedente § 2.2.1, le sezioni di chiusura considerate nel presente lavoro sono:

- per il bacino del rio Preit, subito a monte dell'immissione del Rio di Grange Gai;
- per il Rio di Grange Gai, la confluenza nel rio Preit.

4.1 Idrografia

4.1.1 Rio Preit

Le sorgenti del rio Preit non sono facilmente individuabili, poiché nella parte più elevata del suo bacino, coincidente con l'altipiano della Gardetta, il corso d'acqua si presenta suddiviso in più rami di grandezza simile.

Oltrepassata l'incisione posta in corrispondenza del Colle del Preit, l'asta principale del rio Preit diventa invece ben individuabile ed il rio inizia a defluire in direzione dell'abitato di Preit secondo una direzione N-NE.

Circa 1 km a monte dell'abitato di Preit, il rio riceve in destra il contributo del tributario più importante, ovvero il Rio della Valletta, che drena i pendii compresi tra Rocca la Meja ed il monte Giobert.

Poco a valle del nucleo di Preit, il rio piega leggermente in direzione E e, poco a valle del concentrico di Canosio, si immette nel Vallone di Marmora (quota 1160 m s.l.m.).

4.1.2 Rio di Grange Gai

Il Rio di Grange Gai si origina nei pressi di una rocca senza nome posta a N-W dell'abitato di Canosio, a quota circa 2'000 m.

Il corso d'acqua dapprima scorre in direzione E puntando verso Grange Gai, dopodiché piega bruscamente in direzione S e si dirige verso Canosio, in corrispondenza del quale si immette nel rio Preit (quota 1220 m s.l.m. circa).

4.2 Caratteristiche morfologiche dei bacini

I parametri morfologici dei bacini imbriferi dei due corsi d'acqua di interesse sono stati stimati in ambiente GIS³ per mezzo di un DTM a maglia quadrata di 75 m di lato (prodotto nell'ambito della missione SRTM della NASA) integrato con i data messi a disposizione dalla Regione Piemonte (idrografia vettoriale, CTR e BDTRE, ecc).

Di seguito si riportano i risultati ottenuti.

Parametro	Rio Preit	Rio di Grange Gai	Unità di misura
Area del bacino	42.92	0.96	km ²
Quota massima	2835	2317	m s.l.m.
Quota media	2135	1705	m s.l.m.
Quota minima	1220	1220	m s.l.m.
Max distanza dalla sez. di chiusura	12.29	2.12	km
Lunghezza asta principale	10.57	1.73	km
Pendenza media asta principale	11	39	%
Lunghezza media versanti	0.11	0.15	km
Pendenza media bacino	41	55	%
Densità di drenaggio	1.925	3.527	km ⁻¹
Rapporto di allungamento	1.436	1.567	-

Tabella 4.1 - Parametri morfologici dei bacini in esame

La densità di drenaggio è il rapporto tra la lunghezza complessiva della rete idrografica del bacino e l'area dello stesso ed è un indice della permeabilità del bacino: generalmente più questo rapporto è alto, più significa che il ruscellamento superficiale è intenso e dunque la permeabilità è bassa.

Il rapporto di allungamento R_{ALL} rappresenta il rapporto tra la lunghezza dell'asta principale L ed il diametro di un cerchio avente la stessa area del bacino A e si calcola con la seguente relazione:

$$R_{ALL} = \frac{0.89L}{\sqrt{A}}$$

Più il rapporto di allungamento tende a 1, più significa che il bacino è di forma raccolta, rotondeggiante; più il rapporto si allontana da 1, più il bacino si presenta di forma allungata.

Curva ipsografica		
Percentuale area	Rio Preit	Rio di Grange Gai
0.000	2835	2317
0.025	2574	2082
0.05	2523	2033
0.1	2461	1993
0.25	2353	1877
0.5	2195	1689
0.75	1949	1549
0.9	1701	1362
0.975	1457	1277
1	1220	1220

³ Alcuni dei parametri morfologici sono stati ricavati per mezzo del modulo r.basin di estensione del GIS GRASS (cfr. <https://grass.osgeo.org/grass74/manuals/addons/r.basin.html>)

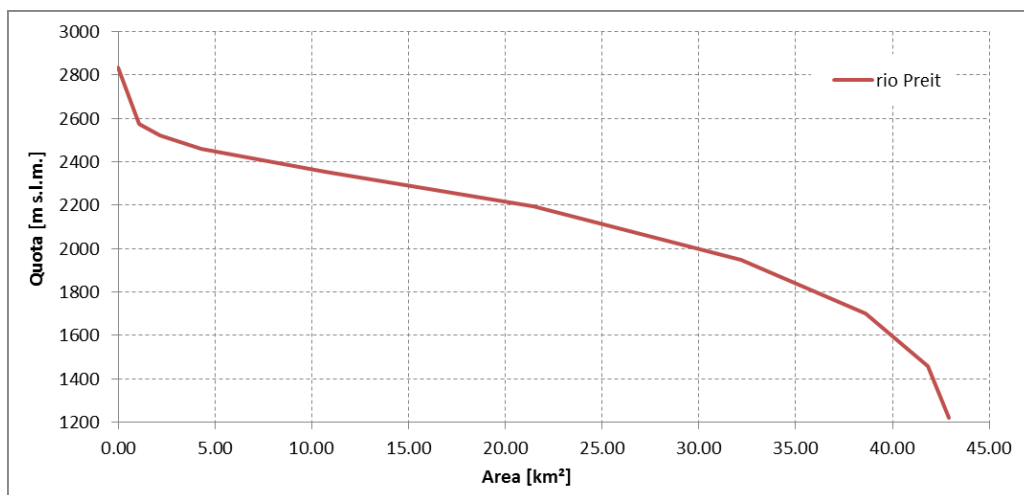


Figura 4.1 - Curva ipsografica per il bacino del rio Preit

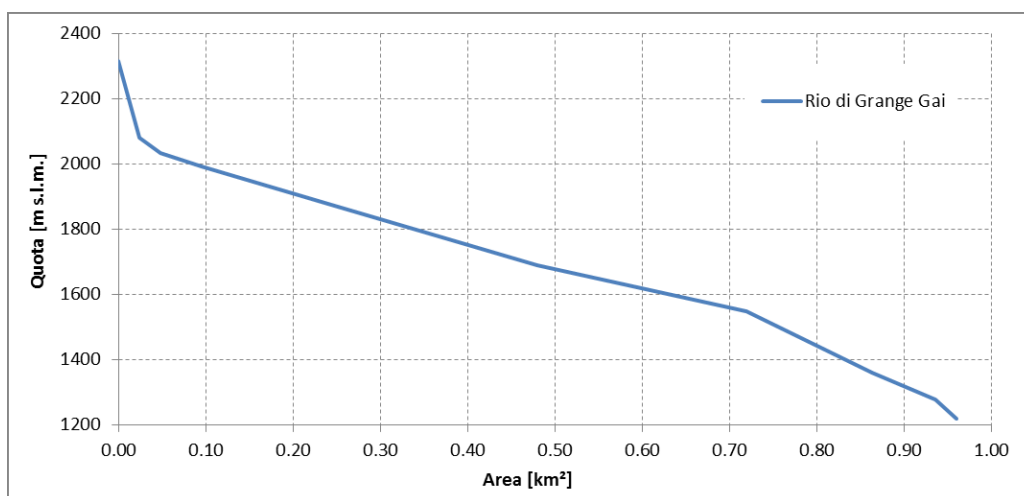


Figura 4.2 - Curva ipsografica per il bacino del Rio di Grange Gai

4.3 Copertura del suolo

La copertura del suolo dei bacini di interesse è stata ricavata dai dati prodotti all'interno del progetto Corine Land Cover 2012⁴.

Di seguito si riassumono le diverse tipologie di copertura del suolo presenti e la relativa estensione.

Bacino del rio Preit

Tipo di copertura	Codice CLC	Estensione [km ²]	Estensione rispetto al totale [%]
Aree prevalentemente occupate da colture, con presenza di spazi naturali importanti	243	0.16	0.4
Boschi misti	313	0.66	1.5
Aree con vegetazione rada	333	2.54	5.9
Boschi di conifere	312	5.84	13.6
Aree a vegetazione boschiva e arbustiva	324	6.18	14.4
Rocce nude, falesie, rupi e affioramenti	332	6.56	15.3
Aree a pascolo naturale	321	20.99	48.9

⁴ Si veda in proposito la pagina <http://www.isprambiente.gov.it/it/temi/biodiversita/documenti/corine-land-cover-clc>

Bacino del Rio di Grange Gai

Tipo di copertura	Codice CLC	Estensione [km ²]	Estensione rispetto al totale [%]
Aree prevalentemente occupate da colture, con presenza di spazi naturali importanti	243	0.01	0.9
Boschi di conifere	312	0.43	44.9
Aree a pascolo naturale	321	0.52	54.1

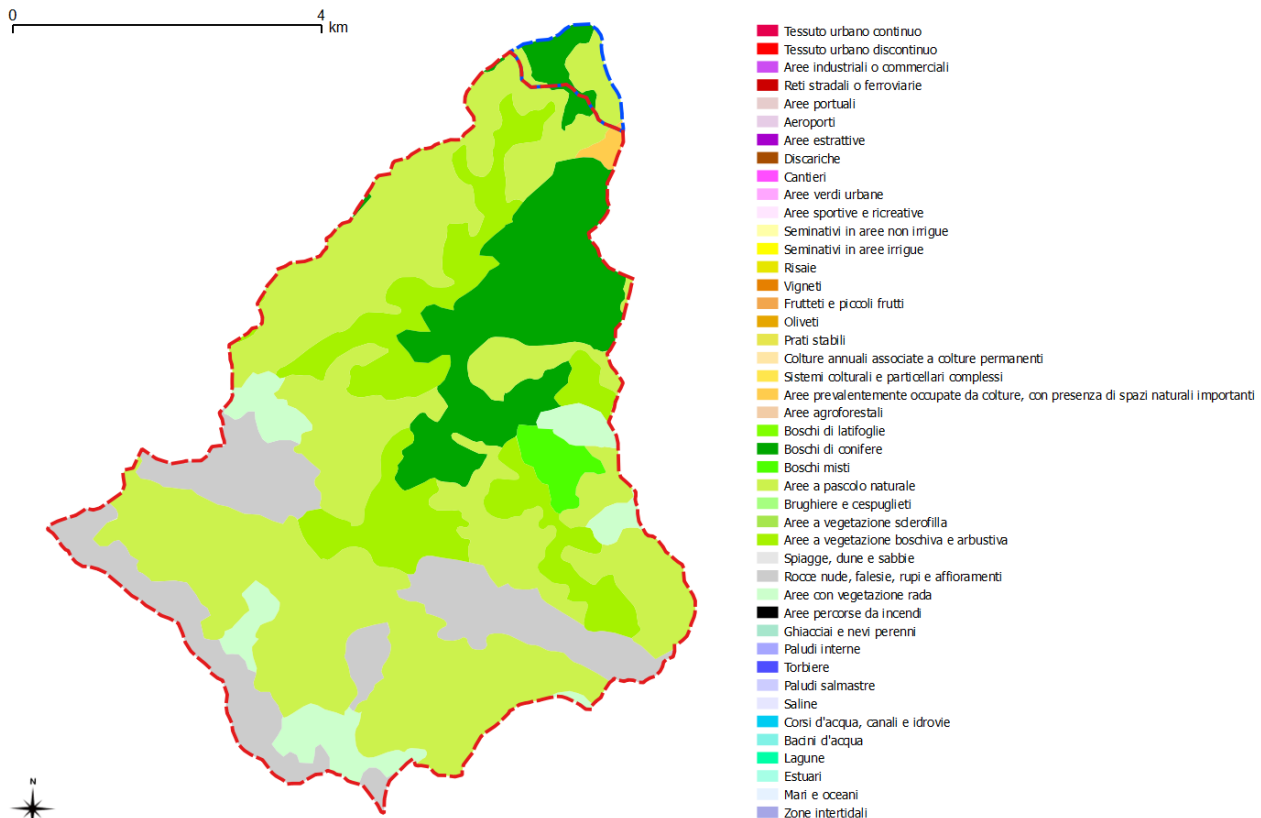


Figura 4.3 - Copertura del suolo secondo il CLC 2012 per i bacini di interesse (in rosso quello del rio Preit, in blu quello del Rio di Grange Gai)

4.4 Tempo di corrivazione

Per la definizione del tempo di corrivazione t_c dei bacini di interesse sono state impiegate e confrontata numerose formule.

Formula di Giandotti

È una delle formule più frequentemente utilizzate in Italia ed è stata sviluppata per bacini di estensione compresa tra 170 e 70'000 km².

Il tempo di corrivazione è funzione dell'area del bacino A , della lunghezza dell'asta principale L e della differenza tra quota media e quota della sezione di chiusura H_M secondo la seguente relazione:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_M}}$$

Nel caso specifico, i parametri sopra indicati assumono i seguenti valori:

Parametro	Rio Preit	Rio di Grange Gai	u. m.
A	42.92	0.96	km ²
L	10.57	1.73	km
H_M	915	485	m/s
t_c	1.74	0.37	ore

Formula di Giandotti modificata

Costituisce una modifica della formula precedente per consentirne l'applicazione nel caso di bacini di piccole dimensioni (inferiori a 10 km²).

$$t_c = \frac{1}{Md} \sqrt{A} + 1.5L$$

$$0.8\sqrt{H_M}$$

dove M e d si leggono dalla figura seguente, estratta dal manuale *La sistemazione dei bacini idrografici* di Vito Ferro.

Tipo di copertura	M
Terreno nudo	0.667
Terreni coperti con erbe rade	0.250
Terreni coperti da bosco	0.200
Terreni coperti da prato permanente	0.167
Permeabilità	d
Terreni semi-impermeabili	1.270
Terreni poco permeabili	0.960
Terreni mediamente permeabili	0.810
Terreni molto permeabili	0.690

Nel caso specifico, i parametri sopra indicati assumono i seguenti valori:

Parametro	Rio Preit	Rio di Grange Gai	u. m.
M	0.2	0.2	-
d	0.81	0.81	-
A	42.92	0.96	km ²
L	10.57	1.73	km
H_M	915	485	m/s
t_c	2.33	0.49	ore

Formula di Kirpich

La formula è stata sviluppata utilizzando i dati di 6 piccoli bacini americani di area compresa tra 0.0051 e 0.433 km² ed è funzione della lunghezza dell'asta principale prolungata fino allo spartiacque L_{SPART} e del dislivello della stessa d_{SPART} .

$$t_c = 0.95 \cdot \frac{L_{SPART}^{1.155}}{d_{SPART}^{0.385}}$$

Nel caso specifico, i parametri sopra indicati assumono i seguenti valori:

Parametro	Rio Preit	Rio di Grange Gai	u. m.
L_{SPART}	11.51	2.12	km
d_{SPART}	1280	1097	m
t_c	1.02	0.15	ore

Formula SCS

È una formula proposta dal Soil Conservation Service (SCS) americano e si basa sulla deduzione empirica che il tempo di ritardo di un bacino (t_{LAG}) è pari a 0.6 volte il tempo di corrivazione.

La formula è stata sviluppata nell'ambito di uno studio finalizzato a mettere a punto un metodo di stima della portata di piena e del relativo idrogramma in bacini non strumentati; lo studio è stato condotto su 24 bacini americani aventi superficie compresa tra 0.005 e 23.83 km² ed il limite massimo di applicazione si attesta su 50 km² circa.

Il SCS suggerisce di calcolare il tempo di ritardo con la formula di Mockus, per cui il tempo di corrivazione diventa funzione della lunghezza dell'asta principale prolungata fino allo spartiacque L_{spart} , della pendenza media del bacino s e del curve number CN del bacino.

$$t_c = \frac{t_{LAG}}{0.6} = 0.5701 \frac{L_{SPART}^{0.8}}{s^{0.5}} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}$$

La formula sopra indicata dipende dal CN del bacino, che a sua volta è funzione delle condizioni di saturazione del terreno antecedenti l'evento (Antecedent Moisture Conditions, AMC).

Di seguito dunque si procederà al calcolo del tempo di corrivazione in due differenti AMC, ovvero AMC II (condizioni medie di umidità) e AMC III (condizioni di elevata umidità); per il calcolo del CN nelle due condizioni si rimanda al successivo § 4.5.5.1.

Condizioni AMC II

Parametro	Rio Preit	Rio di Grange Gai	u. m.
L_{SPART}	11.51	2.12	km
s	41	55	%
$CN_{AMC II}$	63	65	-
t_c	2.43	0.51	ore

Condizioni AMC III

Parametro	Rio Preit	Rio di Grange Gai	u. m.
L_{SPART}	11.51	2.12	km
s	41	55	%
$CN_{AMC III}$	80	81	-
t_c	1.54	0.33	ore

Formula di Viparelli

Il tempo di corrivazione si ottiene dividendo il percorso idraulicamente più lungo L_{MAX} per la velocità media di trasferimento v_{MED} dell'acqua all'interno di tale percorso (valori consigliati per bacini montani con pendenze rilevanti pari a 1.5 – 2 m/s).

$$t_c = \frac{L_{MAX}}{v_{MED}}$$

Nel caso specifico, i parametri sopra indicati assumono i seguenti valori:

Parametro	Rio Preit	Rio di Grange Gai	u. m.
L_{MAX}	12.29	2.12	km
V_{MED}	2	2	m/s
t_c	1.71	0.29	ore

Formula di Ventura

La formula proposta da Ventura lega il tempo di corrivazione all'area del bacino A ed alla pendenza dell'asta principale S_{AP} .

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{S_{AP}}}$$

Nel caso specifico, i parametri sopra indicati assumono i seguenti valori:

Parametro	Rio Preit	Rio di Grange Gai	u. m.
A	42.92	0.96	km ²
S_{AP}	0.11	0.39	m/m
t_c	2.52	0.20	ore

Formula di Pezzoli

Pezzoli, sulla base di misure condotte su alcuni piccoli bacini piemontesi, ha correlato il tempo di corrivazione alla lunghezza dell'asta principale L ed alla sua pendenza S_{AP} .

$$t_c = 0.055 \frac{L}{\sqrt{S_{AP}}}$$

Nel caso specifico, i parametri sopra indicati assumono i seguenti valori:

Parametro	Rio Preit	Rio di Grange Gai	u. m.
L	10.57	1.73	km
S_{AP}	0.11	0.39	m/m
t_c	1.76	0.15	ore

Formula di Merlo-Tournon

La formula è stata sviluppata a partire dalle misurazioni condotte su nove bacini montani piemontesi aventi una superficie compresa tra 30 e 170 km².

Il tempo di corrivazione è funzione della lunghezza dell'asta principale L , della pendenza della stessa S_{AP} , dell'area del bacino A e della pendenza media del bacino

$$t_c = 0.396 \frac{L}{\sqrt{S_{AP}}} \left(\frac{A}{L^2} \cdot \frac{\sqrt{S_{AP}}}{\sqrt{S}} \right)^{0.72}$$

Nel caso specifico, i parametri sopra indicati assumono i seguenti valori:

Parametro	Rio Preit	Rio di Grange Gai	u. m.
L	10.57	1.73	km
SAP	0.11	0.39	m/m
A	42.92	0.96	km ²
s	0.41	0.55	m/m
t_c	3.96	0.43	ore

Formula di Puglisi

La formula è stata sviluppata da Puglisi e Zanframundo analizzando sei piccoli bacini dell'Appennino Dauno di superficie compresa tra 43 e 94 km².

Il tempo di corrivazione è funzione di una costante C_p , della lunghezza dell'asta principale L e della differenza tra la quota massima Z_{MAX} e la quota minima Z_{MIN} del bacino.

Il valore di C_p ricavato dagli autori della formula è pari a 6; successivamente, Fattorelli e Marchi hanno ricalcolato il valore di tale costante sulla base di sei bacini alpini di area tra 7 e 200 km² ottenendo un valore pari a 5.13, adottato nella presente analisi.

$$t_c = C_p \frac{L^{2/3}}{(Z_{MAX} - Z_{MIN})^{1/3}} = 5.13 \frac{L^{2/3}}{(Z_{MAX} - Z_{MIN})^{1/3}}$$

Nel caso specifico, i parametri sopra indicati assumono i seguenti valori:

Parametro	Rio Preit	Rio di Grange Gai	u. m.
L	10.57	1.73	km
Z_{MAX}	2835	2317	m s.l.m.
Z_{MIN}	1220	1220	m s.l.m.
t_c	2.11	0.72	ore

Formula di Pasini

La formula proposta da Pasini correla il tempo di corrivazione all'area del bacino A , alla lunghezza dell'asta principale L ed alla pendenza media della stessa S_{AP} .

$$t_c = \frac{0.108}{\sqrt{S_{AP}}} (A \cdot L)^{1/3}$$

Nel caso specifico, i parametri sopra indicati assumono i seguenti valori:

Parametro	Rio Preit	Rio di Grange Gai	u. m.
A	42.92	0.96	km ²
L	10.57	1.73	km
SAP	0.11	0.39	m/m
t_c	2.51	0.20	ore

4.4.1 Definizione del tempo di corrivazione

Come si può vedere dai risultati riportati al paragrafo precedente, le diverse formule disponibili per il calcolo del tempo di corrivazione di un bacino conducono a risultati molto differenti tra loro: in particolare, per il rio Preit il coefficiente di variazione⁵ vale 0.38, mentre per il Rio di Grange Gai tale parametro arriva addirittura a 0.55.

Per il bacino del rio Preit si è scelto di adottare la formula di Giandotti in quanto:

- è una delle formule maggiormente utilizzate in Italia, peraltro suggerita anche dall'AdBPo all'interno della propria *Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica*;
- fornisce uno dei risultati più bassi tra le formule analizzate, per cui si colloca in favore di sicurezza.

Il tempo di corrivazione adottato per il bacino del rio Preit è dunque pari a 1.74 ore (104 min).

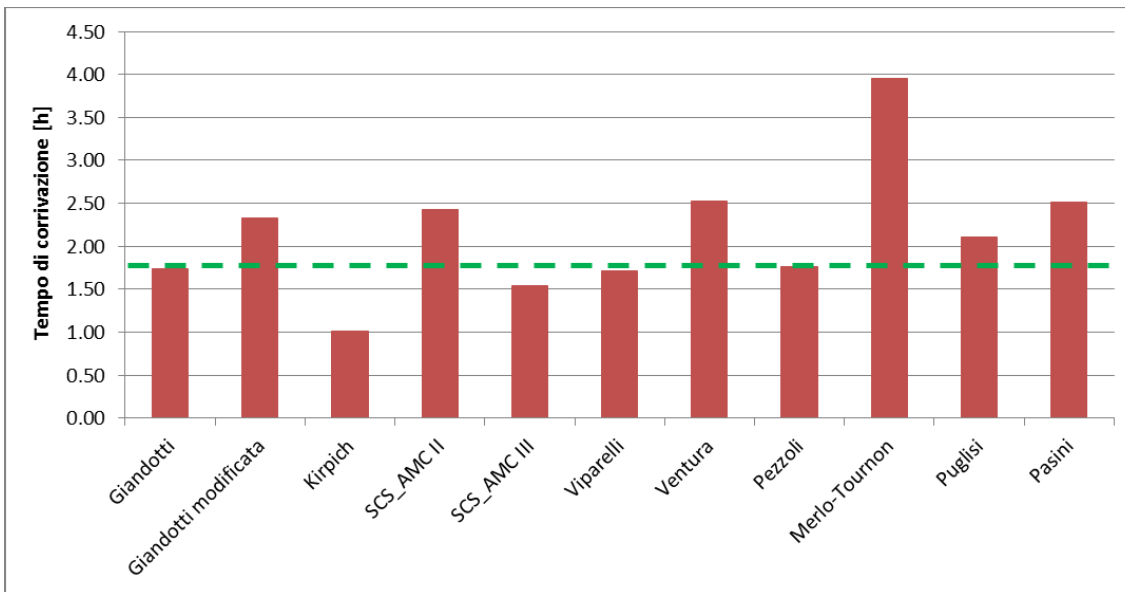


Figura 4.4 - Risultati delle diverse formule per il calcolo del tempo di corrivazione per il bacino del rio Preit in relazione al valore adottato (linea verde)

Per il bacino del Rio di Grange Gai si è scelto di impiegare la formula di Viparelli per le seguenti ragioni:

- è una formula semplice e, soprattutto, fisicamente basata;
- fornisce un risultato più cautelativo rispetto di quella di Giandotti che, come indicato in precedenza, costituisce una delle formule più largamente impiegate in Italia.

Il tempo di corrivazione adottato per il bacino del Rio di Grange Gai è dunque pari a 0.29 ore (18 min).

⁵ Il rapporto tra la deviazione standard ed il valore medio.

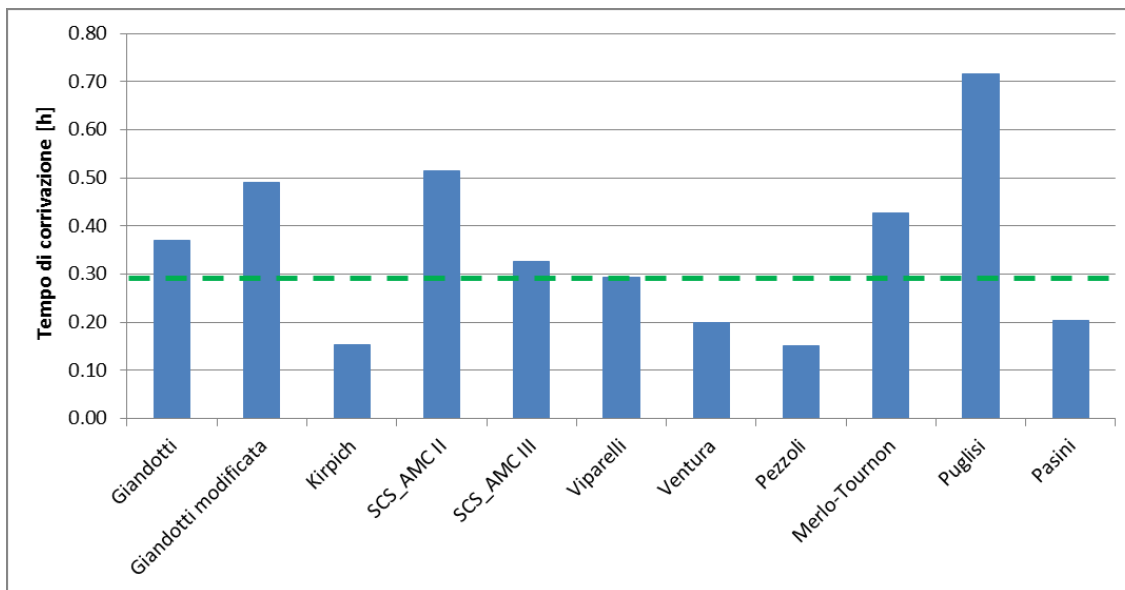


Figura 4.5 - Risultati delle diverse formule per il calcolo del tempo di corrivazione per il bacino del Rio di Grange Gai in relazione al valore adottato (linea verde)

4.5 Stima delle portate liquide

Nei paragrafi seguenti vengono illustrati nel dettaglio i diversi metodi di stima delle portate liquide applicati per i bacini di interesse ed i risultati da essi forniti.

Sono state calcolate le portate liquide corrispondenti ai seguenti tempi di ritorno: 10, 20, 50, 100, 200 e 500 anni.

4.5.1 Metodo razionale con LSPP dell'AdBPo

Il presente metodo è un metodo indiretto per la stima della portata di piena (ovvero ricorre ad una trasformazione afflussi-deflussi) a parametri concentrati (ovvero i parametri sono unici per tutto il bacino), articolato secondo il seguente schema.

L'ingresso è costituito dall'altezza di precipitazione calcolata a partire dalle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (LSPP) ricavate per l'intero bacino idrografico del fiume Po dall'AdBPo (cfr. allegato 3 della *Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica*).

Il metodo si fonda sull'ipotesi che la precipitazione abbia una durata pari al tempo di corrivazione e che sia di intensità costante (ietogramma rettangolare).

La trasformazione afflussi-deflussi è affidata alla formula razionale, una delle formule più semplici e più utilizzate per la stima delle portate di piena in bacini di dimensioni medio-piccole.

Tale formula prevede che il "comportamento idrologico" del bacino sia descritto da un unico parametro, ovvero il coefficiente di deflusso.

L'uscita del modello è costituita dal valore della portata al colmo di piena.

Più precisamente, il metodo consente di ricostruire l'intero idrogramma di piena che, in virtù delle ipotesi alla base del metodo, è di forma triangolare con base di larghezza pari a 2 volte il tempo di corrivazione ed altezza pari al valore della portata al colmo di piena.

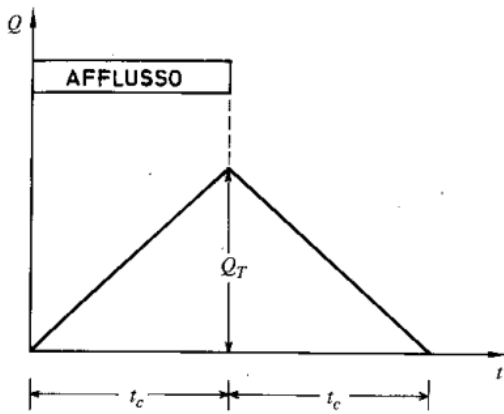


Figura 4.6 - Ietogramma rettangolare e relativo idrogramma di piena secondo il metodo razionale

Il presente metodo è stato applicato sia al bacino del rio Preit sia a quello del Rio di Grange Gai; nel seguito si riportano tutte le elaborazioni effettuate.

4.5.1.1 Altezze ed intensità di precipitazione

I coefficienti delle LSPP dell'AdBPo per i bacini di interesse sono stati ricavati in ambiente GIS a partire dallo shapefile con maglia di discretizzazione pari a 2 km messo a disposizione dall'agenzia attraverso il proprio sito internet.

In particolare, per il bacino del rio Preit sono state dapprima ritagliate le celle ricadenti all'interno del bacino; dopodiché, per ciascuna cella è stata calcolata l'area della parte effettivamente ricadente all'interno del bacino ed i valori ottenuti sono stati utilizzati per ricavare una media pesata dei coefficienti a ed n .

Il bacino del Rio di Grange Gai, invece, ricade interamente all'interno di un'unica cella, per cui si è resa necessaria alcuna elaborazione.

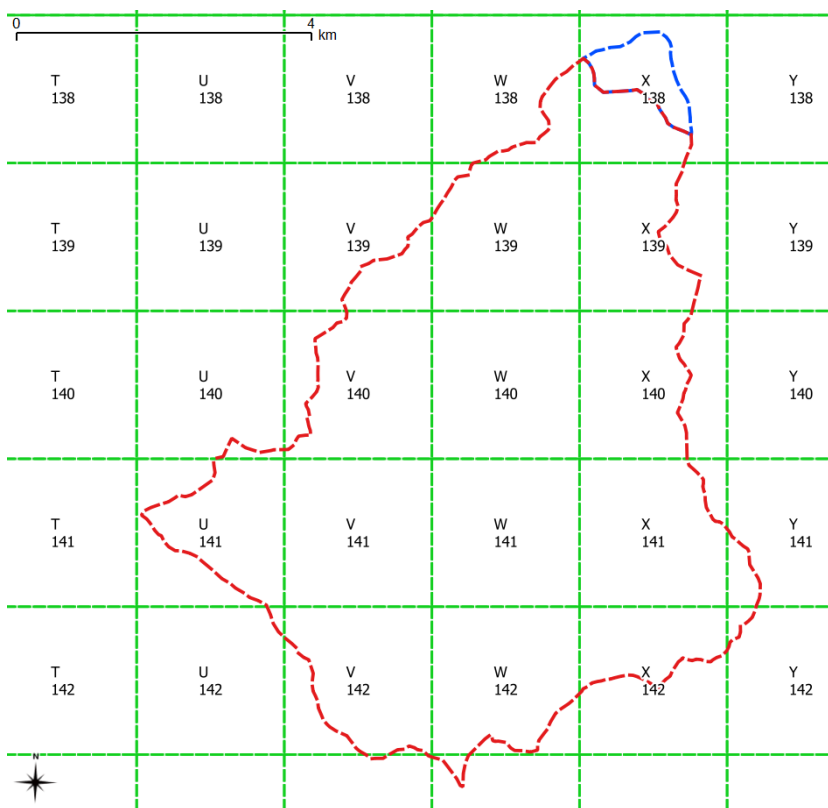


Figura 4.7 - Posizione dei bacini di interesse in relazione alla mappatura dei coefficienti delle LSPP dell'AdBPo

I coefficienti delle LSPP di riferimento per i bacini di interesse sono riportati nelle seguenti tabelle.

Bacino del rio Preit

	a [mm/h ⁿ]	n [-]
Tr 10	23.269	0.438
Tr 20	26.520	0.436
Tr 50	30.714	0.429
Tr 100	33.865	0.426
Tr 200	37.009	0.423
Tr 500	41.150	0.420

Bacino del Rio di Grange Gai

	a [mm/h ⁿ]	n [-]
Tr 10	22.722	0.444
Tr 20	25.789	0.443
Tr 50	29.750	0.439
Tr 100	32.722	0.436
Tr 200	35.689	0.434
Tr 500	39.594	0.432

Come indicato all’inizio del paragrafo, il metodo razionale si fonda sull’ipotesi di una precipitazione con durata pari al tempo di corrivazione t_c e di intensità costante. L’altezza di pioggia ragguagliata h [mm] per i diversi tempi di ritorno è stata calcolata con la seguente relazione:

$$h = k_R \cdot a \cdot t_c^n$$

dove k_R è il coefficiente di riduzione areale della precipitazione, a ed n sono i coefficienti delle LSPP e t_c è il tempo di corrivazione.

Il coefficiente di riduzione areale della precipitazione k_R [-] è un coefficiente che tiene conto della non uniformità della precipitazione all’interno del bacino: il suo valore è compreso tra 0 ed 1 ed è tanto più piccolo quanto più grande è la superficie del bacino e tanto più grande quanto più aumenta la durata della precipitazione (cfr. Figura 4.8), poiché le piogge di maggior durata sono generalmente caratterizzate da minor intensità e maggior uniformità, mentre le piogge brevi e molto intense solitamente si concentrano in porzioni limitate del territorio.

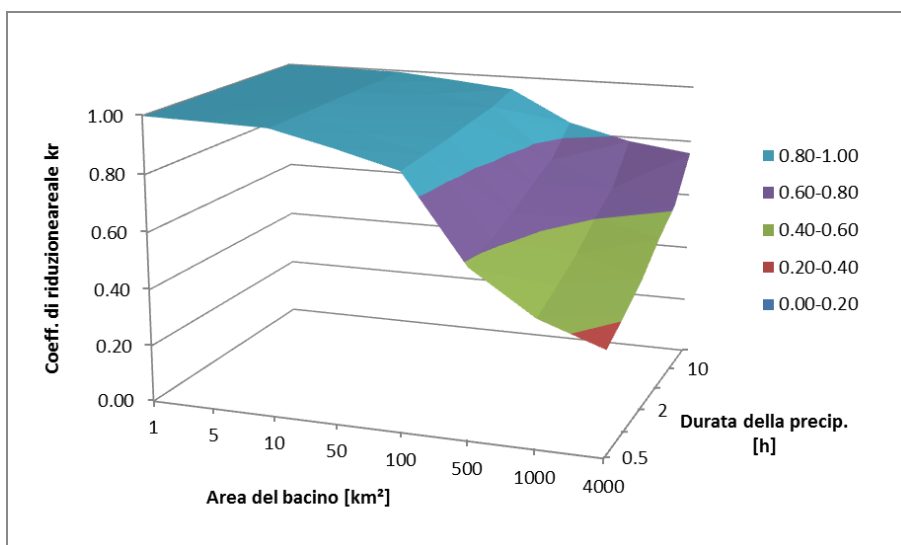


Figura 4.8 - Andamento qualitativo del coefficiente di riduzione areale al variare dell’area del bacino e della durata della precipitazione

Per il calcolo del coefficiente di riduzione areale si è fatto riferimento ad una formula sviluppata per il territorio piemontese, suddiviso in tre aree omogenee come rappresentato nella figura sottostante.

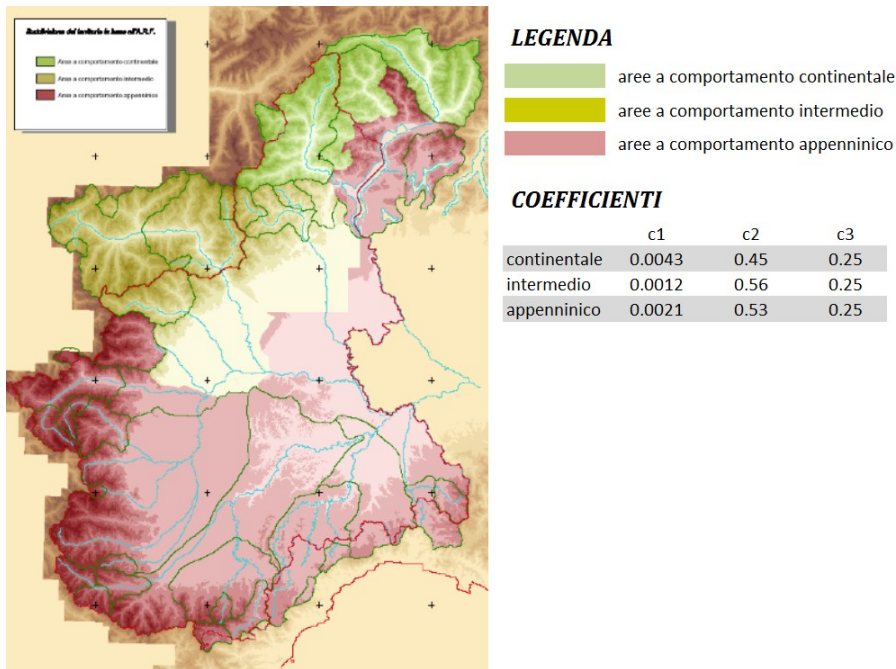


Figura 4.9 - Suddivisione del territorio piemontese in aree omogenee al fine del calcolo del coefficiente di riduzione areale delle precipitazioni e relativi coefficienti

La formula per il calcolo del coefficiente è la seguente:

$$k_R = 1 - (1 - e^{-c_1 \cdot A}) \cdot e^{-c_2 \cdot d^{c_3}}$$

dove c_1 , c_2 e c_3 si leggono dalla Figura 4.9 in funzione dell'area di appartenenza, A è la superficie del bacino e d è la durata della precipitazione.

Entrambi i bacini di interesse ricadono nell'area a comportamento appenninico, per cui i rispettivi coefficienti assumono i valori sottostanti.

	Rio Preit	Rio di Grange Gai
coefficiente di riduzione areale, k_R [-]	0.95	1.00

L'intensità costante raggugiata i [mm/h] si calcola dividendo l'altezza di pioggia raggugiata per il tempo di corrivazione, ovvero con la seguente formula:

$$i = \frac{h_R}{t_C} = \frac{k_R \cdot a \cdot t_C^n}{t_C} = k_R \cdot a \cdot t_C^{n-1}$$

Di seguito i valori ottenuti per l'altezza di precipitazione h e per l'intensità i , entrambe raggugiate sull'area del bacino.

Bacino del rio Preit

	h [mm]	i [mm/h]
Tr 10	28.3	16.3
Tr 20	32.2	18.5
Tr 50	37.1	21.4
Tr 100	40.8	23.5
Tr 200	44.6	25.6
Tr 500	49.5	28.5

Bacino del Rio di Grange Gai

	h [mm]	i [mm/h]
Tr 10	13.2	44.8
Tr 20	15.0	50.9
Tr 50	17.4	59.0
Tr 100	19.2	65.1
Tr 200	21.0	71.1
Tr 500	23.3	79.1

4.5.1.2 Formula razionale e coefficiente di deflusso

Nota l'intensità di precipitazione ragguagliata i , si procede al calcolo della portata al colmo di piena Q [m³/s] applicando la formula razionale:

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3.6}$$

dove C è il coefficiente di deflusso ed A l'area del bacino imbrifero.

Il coefficiente di deflusso C è il parametro rappresentativo della risposta idrologica del bacino e tiene conto di tutti i fattori che agiscono nella trasformazione dell'afflusso in deflusso (permeabilità dei suoli, la copertura dei suoli, lo stato vegetativo, il contenuto idrico iniziale ecc.): tali fattori sono molto numerosi e possono variare sensibilmente da evento ad evento, per cui la corretta stima del coefficiente di deflusso risulta alquanto difficoltosa.

In letteratura sono disponibili molteplici tabelle per stimare il coefficiente C sulla base delle caratteristiche del bacino, quali ad esempio quelle riportate in Figura 4.10 ed in Figura 4.11.

Tipo di suolo	Copertura del bacino		
	Coltivazioni	Pascoli	Boschi
Molto permeabile (sabbioso o ghiaioso)	0.20	0.15	0.10
Mediamente permeabile (Terreni di medio impasto, Terreni senza strati di argilla)	0.40	0.35	0.30
Poco Permeabili (Suoli argillosi, con strati di argilla in prossimità della superficie, suoli poco profondi su substrato roccioso impermeabile)	0.50	0.45	0.40

Tipo di suolo				
Copertura del bacino	Pendenza dei versanti	Terreni Leggeri	Terreni di medio impasto	Terreni compatti
Boschi	> 10%	0.13	0.18	0.25
	< 10%	0.16	0.21	0.36
Pascoli	> 10%	0.16	0.36	0.56
	< 10%	0.22	0.42	0.62
Colture agrarie	> 10%	0.40	0.60	0.70
	< 10%	0.52	0.72	0.82

Figura 4.10 - Valori del coefficiente di deflusso a seconda del tipo di suolo e del tipo di copertura estratto dal manuale *La sistemazione dei bacini idrografici* di Vito Ferro

Tipo di superficie	Tempo di ritorno T [a]						
	2	5	10	25	50	100	500
Asfalto	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
Calcestruzzo, tetti	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00
Coltivazioni ($i=0+2\%$)	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,57
Coltivazioni ($i=0+2\%$)	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,60
Coltivazioni ($i>7\%$)	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61
Pascoli ($i=0+2\%$)	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Pascoli ($i=0+2\%$)	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pascoli ($i>7\%$)	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Boschi ($i=0+2\%$)	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48
Boschi ($i=0+2\%$)	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,56
Boschi ($i>7\%$)	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58

Figura 4.11 -Valori del coefficiente di deflusso a seconda del tipo di copertura del suolo e del tempo di ritorno estratto dal manuale *Idrologia tecnica* di Ugo Moisello

Al fine di giungere ad una stima del coefficiente di deflusso il più possibile accurata, è stata effettuata un'indagine volta a ricavare tale parametro per via sperimentale, ovvero sulla base dei dati raccolti durante eventi reali.

I dati impiegati sono quelli contenuti nel rapporto sull'evento alluvionale del 13-16 ottobre 2000 redatto dalla Regione Piemonte, in particolare:

- la tabella dei valori massimi dell'altezza di pioggia media areale relativa alle zone del sistema di Allertamento Regionale per diverso intervallo di aggregazione (tabella 1 di pag. 39);
- la tabella delle massime altezze di precipitazione per differenti durate registrate nei giorni 13-16 ottobre 2000 (tabella 3, pag. 46);
- la tabella delle portate al colmo di piena (tabella 8, pag. 69).

I dati sopra indicati permettono di calcolare a ritroso il coefficiente di deflusso C della formula razionale, poiché sono noti l'altezza di pioggia, l'area del bacino ed il valore della portata al colmo di piena.

In particolare, l'altezza di pioggia che viene considerata nel calcolo è la massima registrata durante l'evento per la durata pari al tempo di corrivazione del bacino: **va sottolineato che tale assunzione conduce probabilmente ad una sovrastima del coefficiente di deflusso, poiché la portata al colmo di piena registrata è "frutto" dell'intero evento pluviometrico, mentre l'altezza di precipitazione considerata nel calcolo è solo una parte di esso. Le informazioni derivanti dalla presente indagine sono dunque da considerarsi unicamente di carattere qualitativo.**

L'indagine è stata eseguita sui bacini per i quali la tabella 8 di pag. 69 indica un livello alto di affidabilità della procedura di stima della portata al colmo di piena, ovvero il fiume Po a Carignano, il torrente Chisone a San Martino, il torrente Ceronda a Venaria, il torrente Orco a Cuornè, il torrente Sessera a Pray, il fiume Toce a Candoglia ed il fiume Tanaro a Montecastello.

Di seguito si descrivono le elaborazioni effettuate per il calcolo del coefficiente di deflusso C per ciascuno dei bacini analizzati; si specifica che per tutti i bacini il tempo di corrivazione è stato calcolato con la formula di Giandotti.

Bacino del fiume Po a Carignano

Caratteristiche del bacino

Area del bacino [km ²]	Lunghezza asta principale [km]	Quota media [m s.l.m.]	Quota minima [m s.l.m.]	Tempo di corrivazione [h]
3976	110	1087	207	17.6

Altezza ed intensità di precipitazione

L'altezza di precipitazione è stata calcolata per interpolazione a partire dalla tabella dei valori massimi dell'altezza di pioggia media areale (cfr. tabella 1 di pag. 39, vedasi estratto sottostante).

ZONA	6 ore	12 ore	1 giorno	2 giorni	3 giorni
Toce	47.7	80.8	128.9	229	356.6
Sesia – Bassa Dora Baltea	68.1	111.1	180	293	377.7
Orco – Bassa Dora Riparia – Sangone	64.1	108.3	183.3	348.2	410.9
Alta Dora Riparia – Po	56.4	93.4	135.2	244.6	265
Varaita – Stura di Demonte	35.7	59.1	68.5	123.3	138.4
Alto Tanaro	45.2	73.7	77.7	154.6	186.1
Belbo – Orba	41.8	54.5	58.5	101.5	131

Dapprima sono state calcolate le altezze medie tra le zone “Alta Dora Riparia – Po” e “Varaita – Stura di Demonte” per le durate 12 e 24 h, dopodiché è stato calcolato il valore medio tra le altezze medie 12 e 24 ore appena ottenute in quanto il tempo di corrivazione del fiume Po a Carignano è pari a circa 18 ore.

L'intensità di precipitazione è stata calcolata dividendo l'altezza per il tempo di corrivazione del bacino.

Altezza di precipitazione [mm]	Intensità di precipitazione [mm/h]
89	5.1

Coefficiente di deflusso

Il coefficiente di deflusso è stato calcolato a partire dal valore di portata misurata indicato nella tabella 8 di pag. 69 e dall'intensità di precipitazione sopra calcolata invertendo la formula razionale.

Portata al colmo di piena [m ³ /s]	Coefficiente di deflusso [-]
2050	0.37

Bacino del torrente Chisone a San Martino

Caratteristiche del bacino

Area del bacino [km ²]	Lunghezza asta principale [km]	Quota media [m s.l.m.]	Quota minima [m s.l.m.]	Tempo di corrivazione [h]
581	56	1730	415	6.2

Altezza ed intensità di precipitazione

L'altezza di precipitazione è stata calcolata come valore medio delle altezze con durata 6 ore registrate dalle stazioni della zona “Pellice – Alto Po” (cfr. tabella 3 di pag. 46, vedasi estratto sottostante).

ZONA	Stazione	Massima altezza di pioggia [mm]				
		1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Pellice – Alto Po	Angrogna Vaccera	32.4	82	123.2	209.8	359.4
	Bobbio Pellice Colle Barant	37.2	97	160.6	225	329.4
	Barge Valle Infernotto	22.2	56	95.4	161.8	260.2

L'intensità di precipitazione è stata calcolata dividendo l'altezza per il tempo di corrivazione del bacino.

Altezza di precipitazione [mm]	Intensità di precipitazione [mm/h]
126	20.3

Coefficiente di deflusso

Il coefficiente di deflusso è stato calcolato a partire dal valore di portata misurata indicato nella tabella 8 di pag. 69 e dall'intensità di precipitazione sopra calcolata invertendo la formula razionale.

Portata al colmo di piena [m ³ /s]	Coefficiente di deflusso [-]
980	0.30

Bacino del torrente Ceronda a Venaria

Caratteristiche del bacino

Area del bacino [km ²]	Lunghezza asta principale [km]	Quota media [m s.l.m.]	Quota minima [m s.l.m.]	Tempo di corrivazione [h]
173	19	527	250	6.1

Altezza ed intensità di precipitazione

L'altezza di precipitazione è stata assunta pari al valore con durata 6 h registrato presso la stazione "Varisella Filiè" (cfr. tabella 3 di pag. 46, vedasi estratto sottostante).

ZONA	Stazione	Massima altezza di pioggia [mm]				
		1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Orco – Stura di Lanzo	Ala Di Stura Vivaio Forestale	49.2	84.2	137.8	232.4	362.6
	Valprato Soana Piamprato	41.2	109	190.6	287.2	414
	Groscauallo Forno Alpi Graie	43.2	91	126.8	217	307.8
	Corio Piano Audi	46.6	91.4	135	178.6	326
	Varisella Filiè	42.4	58.4	86.6	134.8	258
	Ceresole Reale Villa	29.2	58.4	79.6	149.8	226
	Viù Niquidetto	25	49.4	86.2	138.6	264
	Locana Lago Di Valsoera	27.4	57.4	93	127.8	233.2
	Ceresole Reale Lago Agnel	23.6	55.6	93.6	164.6	233

L'intensità di precipitazione è stata calcolata dividendo l'altezza per il tempo di corrivazione del bacino.

Altezza di precipitazione [mm]	Intensità di precipitazione [mm/h]
87	14.3

Coefficiente di deflusso

Il coefficiente di deflusso è stato calcolato a partire dal valore di portata misurata indicato nella tabella 8 di pag. 69 e dall'intensità di precipitazione sopra calcolata invertendo la formula razionale.

Portata al colmo di piena [m ³ /s]	Coefficiente di deflusso [-]
480	0.70

Bacino del torrente Orco a Cuornè

Caratteristiche del bacino

Area del bacino [km ²]	Lunghezza asta principale [km]	Quota media [m s.l.m.]	Quota minima [m s.l.m.]	Tempo di corrivazione [h]
630	55	1897	392	5.9

Altezza ed intensità di precipitazione

L'altezza di precipitazione è stata calcolata mediando i valori di durata pari a 6 h misurati dalle stazioni ricadenti nel bacino del torrente Orco chiuso a Cuornè (cfr. tabella 3 di pag. 46, vedasi estratto sottostante).

ZONA	Stazione	Massima altezza di pioggia [mm]				
		1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Orco – Stura di Lanzo	Ala Di Stura Vivaio Forestale	49.2	84.2	137.8	232.4	362.6
	Valprato Soana Piamprato	41.2	109	190.6	287.2	414
	Groscavallo Forno Alpi Graie	43.2	91	126.8	217	307.8
	Corio Piano Audi	46.6	91.4	135	178.6	326
	Varisella Filiè	42.4	58.4	86.6	134.8	258
	Ceresole Reale Villa	29.2	58.4	79.6	149.8	226
	Viù Niquidetto	25	49.4	86.2	138.6	264
	Locana Lago Di Valsoera	27.4	57.4	93	127.8	233.2
Ceresole Reale Lago Agnel	23.6	55.6	93.6	164.6	233	

L'intensità di precipitazione è stata calcolata dividendo l'altezza per il tempo di corrivazione del bacino.

Altezza di precipitazione [mm]	Intensità di precipitazione [mm/h]
115	19.4

Coefficiente di deflusso

Il coefficiente di deflusso è stato calcolato a partire dal valore di portata misurata indicato nella tabella 8 di pag. 69 e dall'intensità di precipitazione sopra calcolata invertendo la formula razionale.

Portata al colmo di piena [m ³ /s]	Coefficiente di deflusso [-]
1650	0.49

Bacino del torrente Sessera a Pray

Caratteristiche del bacino

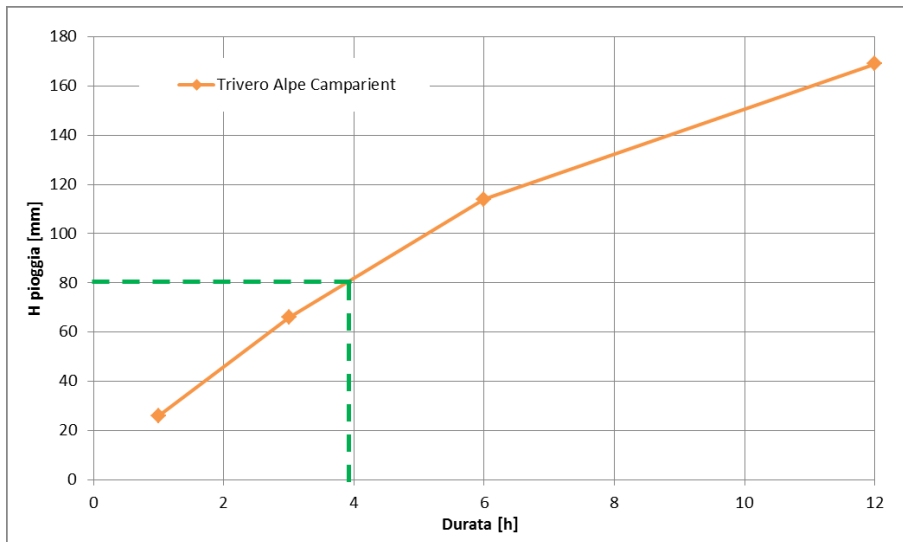
Area del bacino [km ²]	Lunghezza asta principale [km]	Quota media [m s.l.m.]	Quota minima [m s.l.m.]	Tempo di corrivazione [h]
126	27	1155	404	3.9

Altezza ed intensità di precipitazione

L'altezza di precipitazione è stata dedotta dalle misurazioni relative alla stazione "Trivero Alpe Camparient" (cfr. tabella 3 di pag. 46, vedasi estratto sottostante).

ZONA	Stazione	Massima altezza di pioggia [mm]				
		1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Sesia - Dora Baltea	Boccioletto Ronchi	24.4	66.4	117	177.6	266.4
	Trivero Alpe Comparient	26.2	66	114.2	168.6	280.2
	Carcoforo	18.6	49	86.2	152.2	240.6
	Fobello	28.4	72.4	115.6	174.4	235.4
	Rassa	23	63.8	115.6	172.4	251.2
	Alagna -Bocchetta Delle Pisse	28.4	48.4	89	154	250.8
	Piedicavallo	24.4	48	71.6	119.6	194.6
	Sabbia Municipio	17	39.4	72.6	127.8	193.2
Andrate Pinalba	29.4	59.4	96.4	131.2	231.2	

I dati disponibili per tale stazione sono stati riportati su un grafico (vedasi figura sottostante) e da questo è stato ricavato il valore in corrispondenza della durata pari al tempo di corrivazione del bacino (3.9 ore).



L'intensità di precipitazione è stata calcolata dividendo l'altezza per il tempo di corrivazione del bacino.

Altezza di precipitazione [mm]	Intensità di precipitazione [mm/h]
80	20.5

Coefficiente di deflusso

Il coefficiente di deflusso è stato calcolato a partire dal valore di portata misurata indicato nella tabella 8 di pag. 69 e dall'intensità di precipitazione sopra calcolata invertendo la formula razionale.

Portata al colmo di piena [m ³ /s]	Coefficiente di deflusso [-]
460	0.64

Bacino del fiume Toce a Candoglia

Caratteristiche del bacino

Area del bacino [km ²]	Lunghezza asta principale [km]	Quota media [m s.l.m.]	Quota minima [m s.l.m.]	Tempo di corrivazione [h]
1475	85	1647	198	9.2

Altezza ed intensità di precipitazione

L'altezza di precipitazione è stata calcolata per interpolazione a partire dalle stazioni della zona "Toce" (cfr. tabella 3 di pag. 46, vedasi estratto sottostante).

ZONA	Stazione	Massima altezza di pioggia [mm]				
		1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Toce	Bognanco Pizzanco	49	108.8	167.6	261.4	397.4
	Antrona Alpe Cheggio	32.2	66.2	108.6	183.4	316.4
	Varzo San Domenico	39.2	83.6	132.2	215.8	346.6
	Macugnaga Pecetto	16.2	41.2	77.8	141.4	231
	Valstrona Sambughetto	38.8	52.6	79.4	128.4	215.8
	Montecrestese	16.4	36.6	53.2	90.6	163
	Lago di Larecchio					
	Formazza Bruggi	20.4	40.2	68.2	107.4	178.4
	Domodossola Nosere	25.2	42.2	61.2	107.4	178.2
	Crodo Istituto Agrario	17.8	26.2	46.2	83.4	135.2

Dapprima sono state calcolate le altezze medie sulle diverse stazioni per le durate 6 e 12 h, dopodiché è stato calcolato il valore medio tra le altezze medie 6 e 12 h appena ottenute in quanto il tempo di corrivazione del bacino è pari a circa 9 ore.

L'intensità di precipitazione è stata calcolata dividendo l'altezza per il tempo di corrivazione del bacino.

Altezza di precipitazione [mm]	Intensità di precipitazione [mm/h]
117	12.7

Coefficiente di deflusso

Il coefficiente di deflusso è stato calcolato a partire dal valore di portata misurata indicato nella tabella 8 di pag. 69 e dall'intensità di precipitazione sopra calcolata invertendo la formula razionale.

Portata al colmo di piena [m ³ /s]	Coefficiente di deflusso [-]
2600	0.50

Bacino del fiume Tanaro a Montecastello

Caratteristiche del bacino

Area del bacino [km ²]	Lunghezza asta principale [km]	Quota media [m s.l.m.]	Quota minima [m s.l.m.]	Tempo di corrivazione [h]
7994	231	653	76	36.6

Altezza ed intensità di precipitazione

L'altezza di precipitazione è stata calcolata per interpolazione a partire dalla tabella dei valori massimi dell'altezza di pioggia media areale (cfr. tabella 1 di pag. 39, vedasi estratto sottostante).

ZONA	6 ore	12 ore	1 giorno	2 giorni	3 giorni
Toce	47.7	80.8	128.9	229	356.6
Sesia – Bassa Dora Baltea	68.1	111.1	180	293	377.7
Orco – Bassa Dora Riparia – Sangone	64.1	108.3	183.3	348.2	410.9
Alta Dora Riparia – Po	56.4	93.4	135.2	244.6	265
Varaita – Stura di Demonte	35.7	59.1	68.5	123.3	138.4
Alto Tanaro	45.2	73.7	77.7	154.6	186.1
Belbo – Orba	41.8	54.5	58.5	101.5	131

Dapprima sono state calcolate le altezze medie tra le zone “Alto Tanaro” e “Belbo - Orba” per le durate 24 e 48 h, dopodiché è stato calcolato il valore medio tra le altezze medie 24 e 48 ore appena ottenute in quanto il tempo di corrivazione del bacino del fiume Tanaro a Montecastello è pari a circa 36 ore. L'intensità di precipitazione è stata calcolata dividendo l'altezza per il tempo di corrivazione del bacino.

Altezza di precipitazione [mm]	Intensità di precipitazione [mm/h]
98	2.7

Coefficiente di deflusso

Il coefficiente di deflusso è stato calcolato a partire dal valore di portata misurata indicato nella tabella 8 di pag. 69 e dall'intensità di precipitazione sopra calcolata invertendo la formula razionale.

Portata al colmo di piena [m ³ /s]	Coefficiente di deflusso [-]
3000	0.50

Nella tabella sottostante si riassumono i coefficienti di deflusso ottenuti per i bacini analizzati in confronto a quelli “volumetrici” presenti nella tabella 10 di pag. 72 del rapporto evento; con il termine “volumetrico” si intende il coefficiente di deflusso calcolato come rapporto tra l'intero volume affluito sul bacino durante l'evento e l'intero volume defluito durante l'evento.

Bacino	Area bacino [km ²]	Q al colmo di piena* [m ³ /s]	T ritorno stimato* [anni]	Coeff. deflusso ricalcolato	Coeff. deflusso volumetrico**	Coeff. deflusso ricalcolato / volumetrico
Po a Carignano	3976	2050	80	0.37	0.31	1.18
Chisone S. Martino	581	980	130	0.30	0.55	0.54
Ceronda a Venaria	173	480	>200	0.70	0.73	0.96
Orco a Cuornè	630	1650	80	0.49	0.66	0.74
Sessera a Pray	126	460	30	0.64	n. d.	
Toce a Candoglia	1475	2600	90	0.50	0.7	0.71
Tanaro a Montecastello	7994	3000	10	0.50	0.36	1.40

Tabella 4.2 - Riassunto dei coefficienti di deflusso ricalcolati e confronto con i coefficienti di deflusso volumetrici presenti all'interno del rapporto evento (*: cfr. tabella 8 pag. 69, **: cfr. tabella 10 pag. 72)

Osservando i risultati contenuti nella tabella soprastante, si può dedurre che:

- i coefficienti di deflusso ricalcolati variano all'interno di un intervallo considerevole, da un minimo di 0.30 ad un massimo di 0.70;
- i coefficienti di deflusso ricalcolati assumono valori mediamente più alti di quelli indicati dai principali riferimenti presenti in letteratura, secondo i quali, nel caso di copertura del suolo a bosco e/o pascolo (tipica dei bacini alpini), tale parametro assume generalmente valori intorno a 0.4 e raggiunge al massimo circa 0.60 (pascoli su pendenze elevate, cfr. Figura 4.10 e Figura 4.11);

- i coefficienti di deflusso volumetrici mostrano una debole tendenza a decrescere al crescere dell'area del bacino, mentre ciò non si verifica per i coefficienti di deflusso ricalcolati;
- non emerge alcuna correlazione evidente tra il coefficiente di deflusso ricalcolato ed il tempo di ritorno stimato per l'evento.

In conclusione, l'indagine volta a ricavare i coefficienti di deflusso per via sperimentale evidenzia che, nella scelta dei coefficienti di deflusso, è preferibile riferirsi ai valori più elevati presenti in letteratura piuttosto che a quelli più bassi.

Nel caso specifico dunque sono stati scelti i seguenti coefficienti di deflusso.

Bacino del rio Preit

Come indicato al precedente § 4.3, il bacino del rio Preit presenta poco meno del 50% di copertura del suolo a pascolo naturale, circa il 30% a copertura boschiva e circa il 15% di rocce affioranti.

In via cautelativa, stante il grado di incertezza insita nell'operazione, si assume che l'intero bacino sia coperto da pascolo naturale e si assume il valore più elevato per questa tipologia di copertura, ovvero 0.60, corrispondente a pascoli su pendenze elevate.

Il coefficiente di deflusso C del bacino del rio Preit è dunque pari a 0.60.

Bacino del Rio di Grange Gai

Come indicato al precedente § 4.3, il bacino del Rio di Grange Gai presenta circa il 55% di copertura del suolo a pascolo naturale ed il restante 45% a copertura boschiva (conifere).

Considerato che, storicamente, non vi sono evidenze di dissesti alluvionali connessi a tale corso d'acqua e che buona parte del bacino si sviluppa in una paleofrana (e dunque in terreni con grado di permeabilità medio-alto), si assume per lo stesso un valore più contenuto del precedente, pari a 0.4.

Il coefficiente di deflusso C del bacino del Rio di Grange Gai è dunque pari a 0.40.

4.5.1.3 Risultati ottenuti

L'applicazione del metodo razionale con le altezze di pioggia calcolate a partire dai coefficienti delle LSPP dell'AdBPo conduce ai seguenti valori di portata al colmo di piena.

Bacino del rio Preit

	Q [m ³ /s]
Tr 10	116
Tr 20	132
Tr 50	153
Tr 100	168
Tr 200	183
Tr 500	204

Bacino del Rio di Grange Gai

	Q [m ³ /s]
Tr 10	4.8
Tr 20	5.4
Tr 50	6.3
Tr 100	6.9
Tr 200	7.6
Tr 500	8.4

4.5.2 Metodo razionale con precipitazioni da modello TCEV

Il presente metodo è del tutto analogo a quello precedente ad esclusione del calcolo dell'altezza di precipitazione, che nel caso in esame è affidato a formule di regionalizzazione sviluppate dalla Regione Piemonte secondo la distribuzione statistica TCEV (Two Component Extreme Values).

4.5.2.1 Altezze ed intensità di precipitazione

Secondo quanto indicato nel documento *Primo rapporto sull'evento alluvionale verificatosi in Piemonte il 4-6 novembre 1994*, «il modello TCEV è stato elaborato sulla base delle massime piogge orarie nelle 24 ore utilizzando una serie storica di 4474 dati riferiti a 157 stazioni pluviografiche del SIMN con più di 25 anni di osservazione».

Operativamente, il modello TCEV prevede di calcolare l'altezza di precipitazione di interesse moltiplicando un'altezza di pioggia "indice" E , funzione dell'area omogenea in cui ricade il bacino, della quota media dello stesso e della durata dell'evento pluviometrico, per una curva di crescita X' , funzione della sottozona pluviometrica in cui ricade il bacino e del tempo di ritorno.

Il Piemonte è suddiviso in 6 aree omogenee e 3 sottozone pluviometriche, come riportato nella figura sottostante.

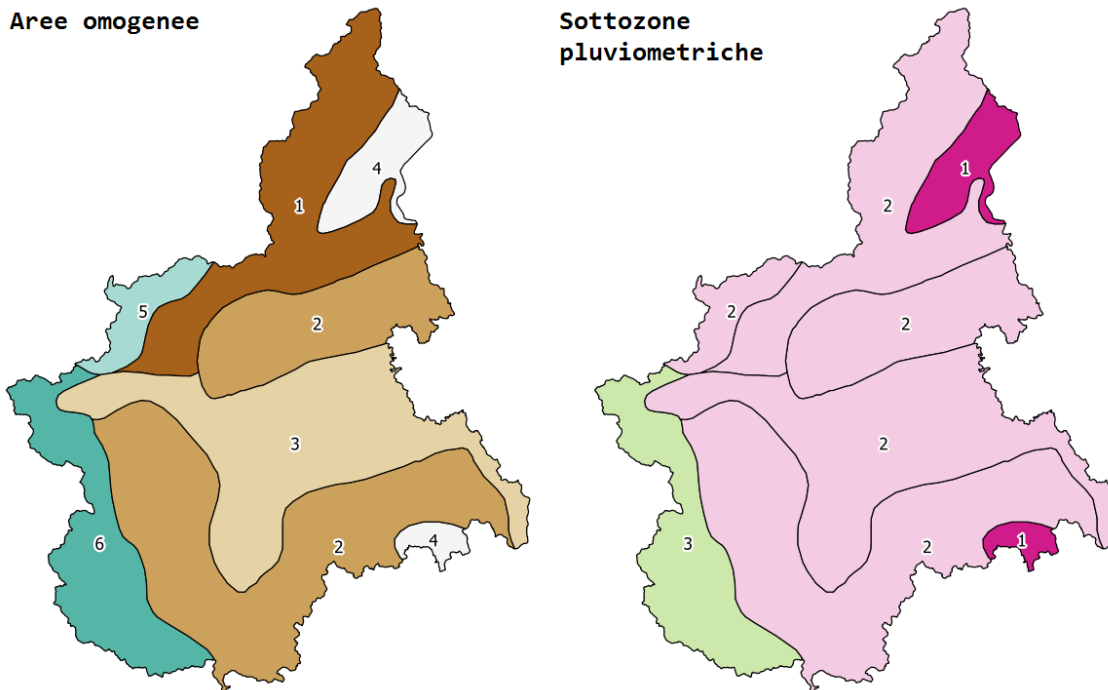


Figura 4.12 - Suddivisione del Piemonte in aree omogenee e sottozone pluviometriche per l'applicazione del modello TCEV

Di seguito si riportano le formule per il calcolo dell'altezza di pioggia "indice" E per le diverse aree omogenee e le relazioni analitiche che permettono di calcolare la probabilità di non-superamento ϕ (e dunque il tempo di ritorno) corrispondente ad un certo valore X' della curva di crescita (invertendo le quali si ricava il valore X' della curva di crescita corrispondente al tempo di ritorno di interesse).

Altezze di precipitazione “indice” E [mm]

Area omogenea 1	$E_1 = 30.86 \cdot t^{(0.412+0.00024 \cdot Z_{MED})/1.38}$
Area omogenea 2	$E_2 = 25.37 \cdot t^{(0.469+0.00023 \cdot Z_{MED})/1.38}$
Area omogenea 3	$E_3 = 22.62 \cdot t^{(0.3377+0.000178 \cdot Z_{MED})/1.38}$
Area omogenea 4	$E_4 = 36.58 \cdot t^{(0.504+0.000186 \cdot Z_{MED})/1.38}$
Area omogenea 5	$E_5 = 18.37 \cdot t^{(0.827-0.000075 \cdot Z_{MED})/1.38}$
Area omogenea 6	$E_6 = 16.07 \cdot t^{(0.69-0.00007 \cdot Z_{MED})/1.38}$

dove t è la durata della precipitazione e Z_{MED} è la quota media del bacino.

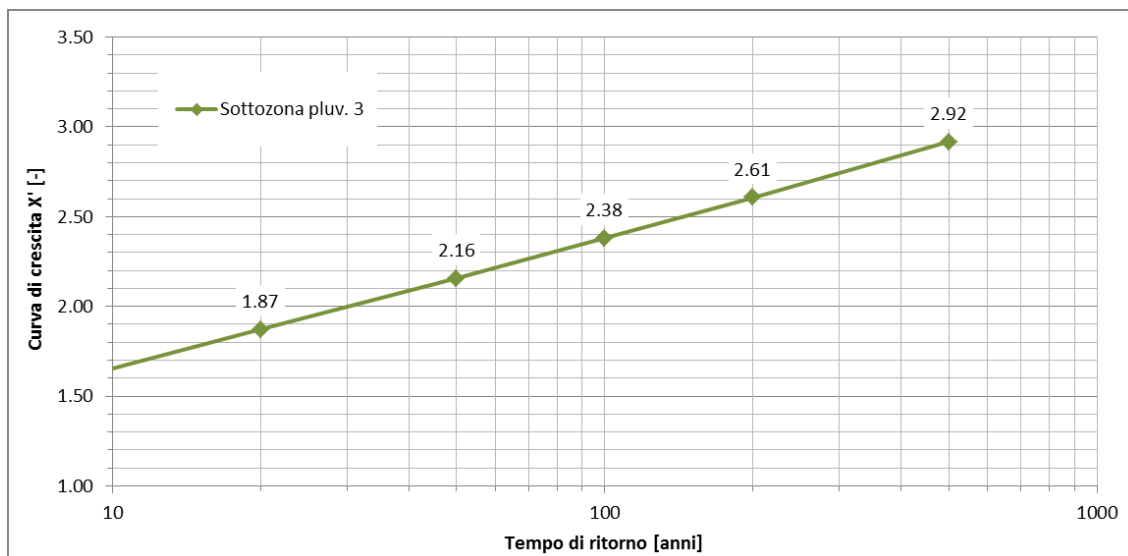
Probabilità di non-superamento ϕ corrispondente ad un certo valore X' della curva di crescita

Sottozona pluviometrica 1	$\phi_1 = \exp(-15.81 \cdot 19.452^{-X'} - 1.885 \cdot 7.179^{-X'})$
Sottozona pluviometrica 2	$\phi_2 = \exp(-20.38 \cdot 25.078^{-X'} - 2.231 \cdot 8.498^{-X'})$
Sottozona pluviometrica 3	$\phi_3 = \exp(-43.35 \cdot 53.35^{-X'} - 3.684 \cdot 14.21^{-X'})$

I bacini di interesse ricadono nell'area omogenea 6 e nella sottozona pluviometrica 3.

Applicando la relazione sopra riportata per il calcolo dell'altezza di precipitazione “indice” E_6 , introducendo una durata dell'evento pari al tempo di corrivazione del bacino, si ottiene un valore pari a 20.0 mm per il bacino del rio Preit ed a 9.7 mm per quello del Rio di Grange Gai.

La curva di crescita della sottozona pluviometrica è la seguente, invertita rispetto a quella sopra riportate al fine di rappresentarla in funzione del tempo di ritorno.



Le altezze di pioggia ragguagliate per i diversi tempi di ritorno $h(T)$ sono dunque state calcolate con la seguente relazione:

$$h(T) = k_R \cdot E_6 \cdot X'(T)$$

dove k_R è il coefficiente di ragguaglio calcolato al precedente § 4.5.1.1, E_6 è l'altezza indice sopra indicata e $X'(T)$ è il valore della curva di crescita di cui al grafico soprastante.

In accordo all'ipotesi del metodo razionale che prevede uno ietogramma rettangolare di durata pari a t_C , si calcola l'intensità costante di precipitazione i dividendo l'altezza di pioggia per il tempo di corrivazione.

Di seguito i risultati ottenuti.

Bacino del rio Preit

	h [mm]	i [mm/h]
Tr 10	31.5	18.1
Tr 20	35.6	20.5
Tr 50	41.0	23.6
Tr 100	45.2	26.0
Tr 200	49.6	28.5
Tr 500	55.5	31.9

Bacino del Rio di Grange Gai

	h [mm]	i [mm/h]
Tr 10	16.0	54.4
Tr 20	18.1	61.5
Tr 50	20.9	70.9
Tr 100	23.0	78.2
Tr 200	25.2	85.7
Tr 500	28.2	95.8

4.5.2.2 Risultati ottenuti

Il calcolo della portata di piena è stato condotto applicando la formula razionale analogamente a quanto descritto al precedente § 4.5.1.2, al quale si rimanda.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti.

Bacino del rio Preit

	Q [m³/s]
Tr 10	130
Tr 20	146
Tr 50	169
Tr 100	186
Tr 200	204
Tr 500	228

Bacino del Rio di Grange Gai

	Q [m³/s]
Tr 10	5.8
Tr 20	6.6
Tr 50	7.6
Tr 100	8.3
Tr 200	9.1
Tr 500	10.2

4.5.3 Metodo della portata indice con curva di crescita GEV

Il presente metodo è un metodo diretto per la stima delle portate di piena basato sulle formule di regionalizzazione proposte da De Michele e Rosso (cfr. capitolo 2 del manuale *Protezione idraulica del territorio* di Renzo Rosso).

In particolare, il metodo prevede di calcolare la portata di piena con assegnato tempo di ritorno moltiplicando due fattori, ovvero la portata indice (valore indice della portata al colmo massima annuale, funzione del sito in esame) ed il fattore di crescita (funzione del sito in esame e del tempo di ritorno).

Si specifica che il metodo in esame è stato applicato esclusivamente per il bacino del rio Preit.

4.5.3.1 Portata indice

Ai fini dell'applicazione del metodo in esame, l'Italia Nord-occidentale è stata suddivisa in diverse regioni omogenee, come riportato nella figura seguente.

Il bacino di interesse ricade all'interno della regione omogenea B.

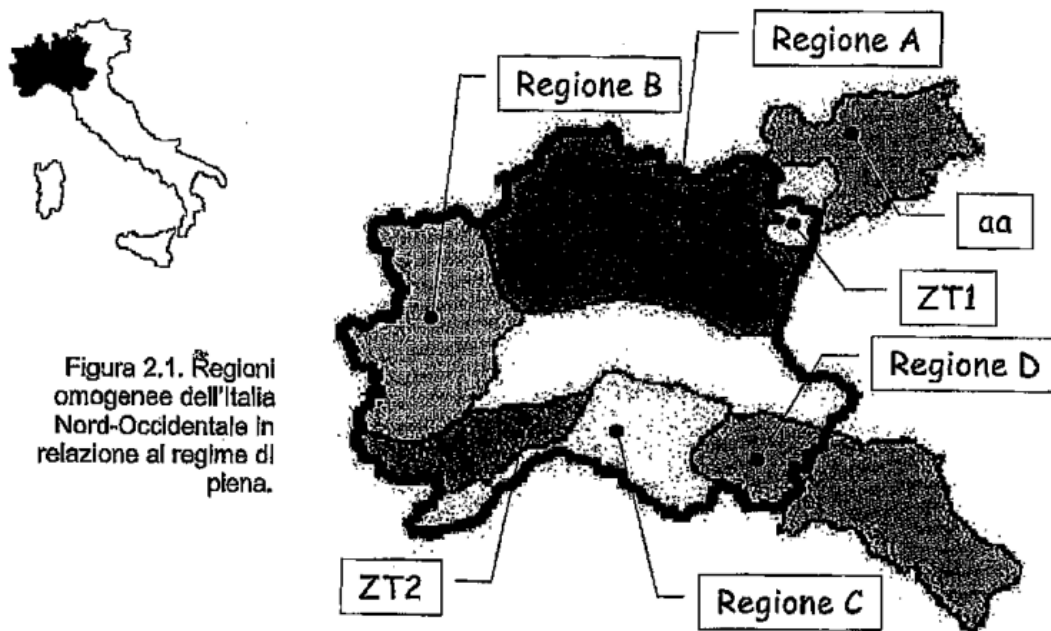


Figura 2.1. Regioni omogenee dell'Italia Nord-Occidentale in relazione al regime di piena.

Figura 4.13 - Regioni omogenee dell'Italia Nord-occidentale ai fini dell'applicazione del metodo in esame (estratto dal manuale di Renzo Rosso)

Per il calcolo della portata indice q_{INDICE} sono state ricavate numerose relazioni, generalmente espresse nella forma

$$q_{INDICE} = c_0 \cdot W^{c_1} \cdot W_1^{c_2} \dots W_n^{c_n}$$

dove $W_{1...n}$ sono caratteristiche fisiche proprie del bacino (area, quota media, piovosità ecc.) e $c_{0...n}$ sono dei coefficienti, stimati con metodi di regressione statistica, che dipendono dalla regione omogenea.

Le possibili combinazioni di caratteristiche fisiche e relativi coefficienti sono riportati nella figura sottostante.

Regione	Esponente della Variabile Esplicativa							R^2_{Log}	SE_{Log}	R^2	Bias
	c_0	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6				
	W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	W_6					
		Area del bacino sotteso, A	Coefficiente pluviiale orario ^{**} , a_1	Esponente di invarianza di scala pluviiale, v	Quota media del bacino sotteso	Parametro di ritenzione, $S_M/100$	Fattore di forma del bacino, A/L_{op}^2				
	[-]	[Km ²]	[mm]	[-]	[Km]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[%]
A	2.1	0.799						0.61	0.761	0.29	30
A	1.8×10^{-3}	1.090	1.700					0.71	0.662	0.59	23
A	9.3×10^{-4}	1.124	2.630	3.162				0.91	0.362	0.81	7.4
A	1.9×10^{-4}	1.145	2.596	2.246		-0.849		0.93	0.321	0.93	5.5
B	0.5	0.901						0.76	0.561	0.29	10
B	7.3×10^{-3}	0.920	1.523					0.89	0.374	0.75	7.6
B	1.6×10^{-2}	0.800	1.408		1.170			0.91	0.336	0.82	6.2
B	7.8×10^{-3}	0.839	1.736		1.042		0.349	0.93	0.305	0.86	4.9
C	5.2	0.750						0.75	0.442	0.63	12
C	2.62	0.807			-0.626			0.87	0.336	0.65	5.6
C	2.51	0.874			-0.717		0.265	0.88	0.320	0.71	5.2
C	0.21	0.897	0.678		-0.686		0.285	0.89	0.307	0.78	4.6
D	2.49	0.772						0.89	0.252	0.77	10
D*	2.80×10^{-5}	1.235	3.513				-0.720*		0.179	0.92	

* dove $W_6 = L_{op}$ è la lunghezza dell'asta principale in Km (da Brath et al., 1999).
 ** $E[H(1)]$: valore atteso dell'altezza di pioggia massima annuale per una durata unitaria (1 ora).

Figura 4.14 - Caratteristiche del bacino e relativi coefficienti utilizzabili per il calcolo della portata indice

Nel caso specifico, è stata utilizzata la formula che coinvolge il maggior numero di parametri descrittivi del bacino poiché, come visibile dalla figura soprastante, è quella che garantisce il miglior adattamento ai dati sperimentali (maggior valore di R^2 e minor errore o *Bias*).

La formula impiegata è dunque la seguente

$$q_{INDICE} = 7.8 \cdot 10^{-3} \cdot A^{0.839} \cdot a_1^{1.736} \cdot H_M^{1.042} \cdot sf^{0.349}$$

dove A [km²] è l'area del bacino, a_1 [mm] è l'altezza massima annuale di pioggia per una durata di 1 h, H_M [km] è la quota media del bacino rispetto alla sezione di chiusura ed sf [-] è il fattore di forma del bacino.

L'altezza massima annuale di pioggia a_1 è stata ricavata rappresentando le altezze di pioggia con durata pari a 1 h in funzione dei tempi di ritorno e leggendo il valore corrispondente a tempo di ritorno uguale ad 1 anno, come riportato in Figura 4.15.

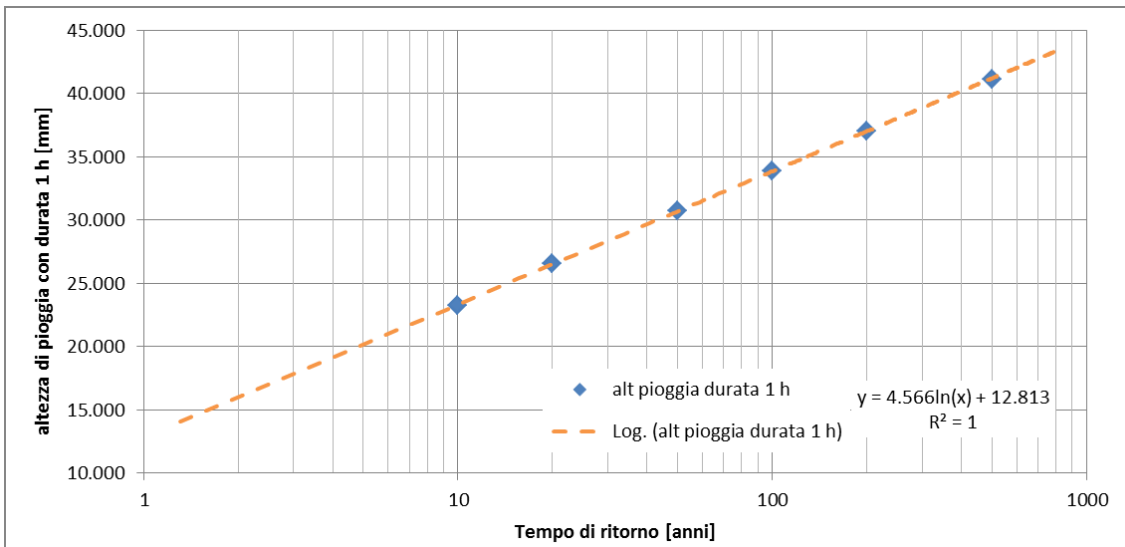


Figura 4.15 - Calcolo dell'altezza massima annuale di pioggia con durata 1 h a partire dai coefficienti a delle LSPP dell'AdBPo

Il fattore di forma sf , per definizione, è il rapporto tra l'area del bacino A ed il quadrato della lunghezza dell'asta principale L , ovvero

$$sf = \frac{A}{L^2}$$

Nel caso del bacino del rio Preit, i parametri da introdurre nel calcolo della portata indice assumono dunque i seguenti valori

A [km ²]	a ₁ [mm]	H _M [km]	sf [-]
42.92	13.0	0.915	0.384

per cui la portata indice q_{INDICE} risulta pari a 10.2 m³/s.

4.5.3.2 Curva di crescita

La curva di crescita è stata ricavata dagli autori applicando a scala regionale il modello probabilistico generalizzato del valore estremo, ovvero la distribuzione GEV della variabile aleatoria $X = Q / q_{INDICE}$ dove Q indica la portata al colmo di piena e q_{INDICE} è la portata indice, ovvero un valore indice della portata al colmo massima annuale.

La curva di crescita x_T è dunque espressa dalla seguente relazione

$$x_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} (1 - e^{-ky_T})$$

dove ε , α e k rappresentano i parametri di posizione, scala e forma della distribuzione e y_T è la variabile ridotta di Gumbel così definita

$$y_T = -\ln \left(\ln \frac{T}{T-1} \right)$$

dove T è il tempo di ritorno.

I parametri ε , α e k sono stati calcolati da De Michele e Rosso per le regioni omogenee e sono riportati nella seguente figura.

	Regione	<i>n</i>	α	ε	k
A	Alpi e Prealpi Centrali	316	0.365	0.745	-0.110
B	Alpi e Prealpi Occidentali	347	0.352	0.635	-0.320
C	Appennino NO & Bacini Tirrenici	753	0.377	0.643	-0.276
D	Appennino Nord Orientale	439	0.334	0.775	-0.089
aa	Alto Adige e suoi affluenti	467	0.292	0.804	-0.088

Figura 4.16 - Parametri della distribuzione GEV della curva di crescita per le diverse regioni omogenee (n indica la numerosità del campione utilizzato per la stima dei parametri)

La curva di crescita per la regione omogenea B assume dunque l'andamento riportato in Figura 4.17.

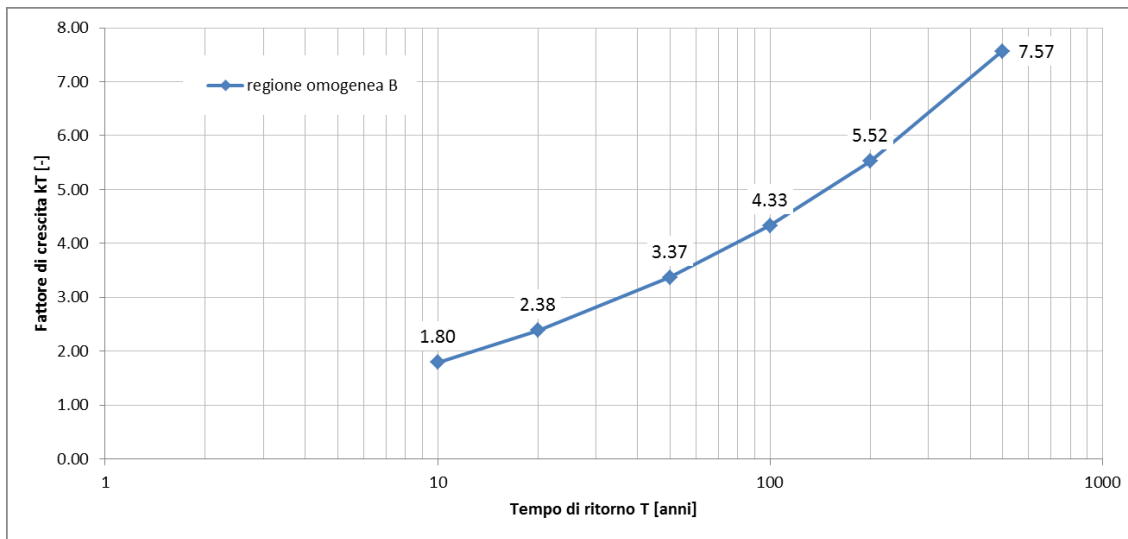


Figura 4.17 - Curva di crescita in funzione del tempo di ritorno per la regione omogenea B

4.5.3.3 Risultati ottenuti

Come anticipato nella parte introduttiva del presente metodo, le portate di piena Q si calcolano moltiplicando il valore della portata indice q_{INDICE} per il valore della curva di crescita x_T . La relazione impiegata è dunque la seguente:

$$Q = q_{INDICE} \cdot x_T$$

Di seguito si riportano i risultati ottenuti.

Bacino del rio Preit

	Q [m ³ /s]
Tr 10	18
Tr 20	24
Tr 50	35
Tr 100	44
Tr 200	57
Tr 500	78

4.5.4 Metodo ARPIEM–FLORA

Il presente metodo è un metodo diretto per la stima delle portate di piena basato sulle formule di regionalizzazione ricavate dal Dipartimento di Idraulica del Politecnico di Torino insieme ad Enel Produzione s.p.a.⁶.

Analogamente al precedente, anche il presente metodo prevede di calcolare la portata di piena come prodotto di portata indice e curva di crescita.

Si specifica che il metodo in esame è stato applicato esclusivamente per il bacino del rio Preit.

4.5.4.1 Portata indice

Il calcolo della portata indice è stato effettuato con entrambe le relazioni del modello multiregressivo (cfr. pag. 227 del *Volume I – Costruzione e applicazione delle procedure di stima delle portate al colmo di piena*) ed è stato assunto il valore più elevato tra i due, ovvero quello fornito dalla formula razionale modificata.

La formula considerata per il calcolo della portata indice q_{INDICE} è dunque la seguente

$$q_{INDICE} = 1.524 \cdot 10^{-4} \cdot C_{Hmed} \cdot aff \cdot a_1 \cdot A^{0.5+0.5 \cdot n}$$

dove aff rappresenta l'afflusso medio annuo sul bacino di interesse, a_1 l'altezza massima annuale di pioggia con durata 1 h, n l'esponente delle LSPP, A l'area del bacino e C_{Hmed} è un coefficiente che dipende dalla quota media del bacino H_{MED} secondo la seguente relazione

$$C_{Hmed} = \ln \left(e - (e - 1) \cdot \frac{H_{MED}}{3500} \right)$$

Per ricavare il valore dei parametri aff ed n sono stati utilizzati i dati in formato shapefile resi disponibili sulla pagina internet dedicata al progetto ARPIEM-FLORA⁷. Tali dati sono discretizzati sotto forma di punti disposti su una maglia quadrata di 250 m di lato; il valore assunto come riferimento è la media dei valori dei punti che ricadono all'interno del bacino del rio Preit.

Per il parametro a_1 , invece, è stato utilizzato lo stesso valore impiegato per il metodo precedente (cfr. § 4.5.3.2).

Per il bacino del rio Preit, i coefficienti che entrano nel calcolo della portata indice assumono dunque i seguenti valori

aff [mm]	a_1 [mm]	n [-]	A [km ²]	H _M [m s.l.m.]
1014	13.0	0.53	42.92	2135

per cui la portata indice q_{INDICE} risulta pari a 18.3 m³/s.

4.5.4.2 Curva di crescita

Nel presente metodo, la distribuzione di probabilità impiegata per la curva di crescita è quella lognormale a 3 parametri, ovvero ε (posizione), α (scala) e k (forma).

Dal punto di vista pratico, il calcolo della curva di crescita in funzione del tempo di ritorno è stato effettuato in maniera indiretta, vale a dire ricostruendo la funzione di probabilità cumulata della distribuzione lognormale propria del sito e leggendo i valori corrispondenti ai tempi di ritorno di interesse (ovvero a determinati valori della probabilità cumulata di superamento).

⁶ I documenti del progetto sono disponibili al seguente indirizzo internet <http://www.idrologia.polito.it/web2/progetti/conclusi/arpiem/documenti/>.

⁷ Si veda la pagina <http://www.idrologia.polito.it/web2/progetti/conclusi/arpiem/documenti/materiali/>.

La variabile x rappresenta i valori della curva di crescita (anche detti fattori di crescita kT), ciascuno caratterizzato da una certa probabilità di non superamento (equivalente all'inverso del tempo di ritorno).

La funzione di densità di probabilità della distribuzione lognormale della variabile x , indicata con $f(x)$, si ricava con la seguente legge

$$f(x) = \frac{e^{ky-y^2/2}}{\alpha\sqrt{2\pi}}$$

dove

$$y = \begin{cases} -k^{-1} \log \left(1 - k \frac{(x - \varepsilon)}{\alpha} \right), & k \neq 0 \\ \frac{x - \varepsilon}{\alpha}, & k = 0 \end{cases}$$

La funzione di probabilità cumulata della distribuzione lognormale della variabile x , indicata con $F(x)$, corrisponde dunque alla funzione di probabilità cumulata della distribuzione normale standard della variabile y , ovvero

$$F(x) = \Phi(y) = \frac{1}{2} \left[1 + \operatorname{erf} \left(\frac{y}{\sqrt{2}} \right) \right]$$

I parametri della distribuzione ε (posizione), α (scala) e k (forma) sono stati ricavati con le seguenti formule

$$k \approx \frac{E_0 + E_1 L_{CA}^2 + E_2 L_{CA}^4 + E_3 L_{CA}^6}{1 + F_1 L_{CA}^2 + F_2 L_{CA}^4 + F_3 L_{CA}^6}$$

$$\alpha = \frac{L_{CV} e^{-k^2/2} k}{1 - 2\Phi(-k/\sqrt{2})}$$

$$\varepsilon = 1 - \frac{\alpha}{k} (1 - e^{k^2/2})$$

Per i parametri $E_{0...3}$ e $F_{1...3}$ si fa riferimento ai seguenti valori

Coefficiente	Valore	Coefficiente	Valore
E_0	2.0466534	F_1	-2.0182173
E_1	-3.6544371	F_2	1.2420401
E_2	1.8396733	F_3	-0.21741801
E_3	-0.20360244		

Per il calcolo di L_{CV} e L_{CA} si utilizzano invece le relazioni di seguito riportate (stima regionale, pagg. 230 e 231 del *Volume I*)

$$L_{CV} = 0.2648 - 8.392 \cdot 10^{-5} \cdot H_{MED} - 4.314 \cdot 10^{-3} \cdot LLDP + 1.304 \cdot 10^{-2} \cdot L_{ORIENT} + 2.975 \cdot 10^{-1} \cdot n$$

dove H_{MED} [m s.l.m.] è la quota media del bacino, $LLDP$ [km] è la lunghezza del percorso tra la sezione di chiusura del bacino ed il punto più distante da essa misurato seguendo le direzioni di drenaggio, L_{ORIENT} è la lunghezza del vettore di orientamento (ovvero il segmento che unisce il baricentro del bacino con la sezione di chiusura) ed n [-] è l'esponente delle LSPP.

$$L_{CA} = 3.604 - 1.144 \cdot 10^{-6} \cdot X_{SC} - 6.052 \cdot 10^{-7} \cdot Y_{SC} + 7.190 \cdot 10^{-1} \cdot L_{CV}$$

dove X_{SC} [m] è la coordinata Est della sezione di chiusura nel sistema UTM-ED50, Y_{SC} [m] è la coordinata Nord della sezione di chiusura nel sistema UTM-ED50 ed L_{CV} è il coefficiente calcolato con la relazione sopra indicata.

Di seguito si riportano i valori che i parametri sopra indicati assumono per il bacino del rio Preit ed i risultanti parametri della distribuzione lognormale.

HMED [m s.l.m.]	LLDP [km]	LORIENT [km]	n [-]	X _{sc} [m]	Y _{sc} [m]
2135	12.29	4.98	0.53	347442	4924438

L _{CV}	L _{CA}
0.255145	0.409706

k	α	ε
-0.87464	0.328273	0.825121

La funzione di probabilità cumulata della distribuzione lognormale propria del sito di interesse assume dunque l'andamento riportato nella figura sottostante.

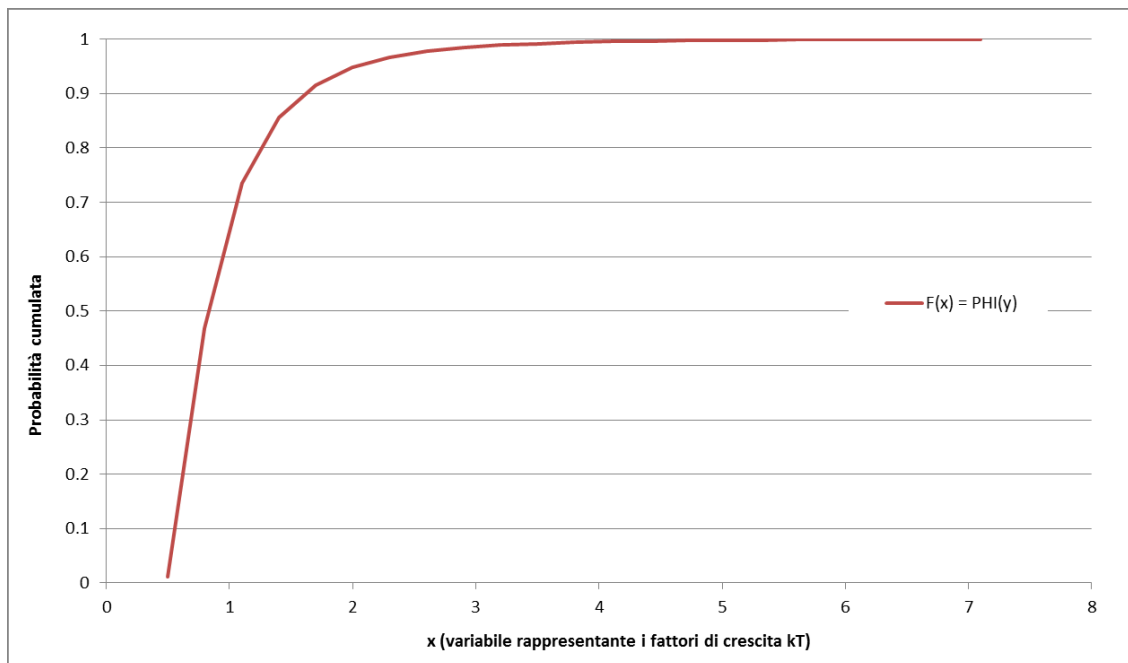


Figura 4.18 – Funzione di probabilità cumulata della distribuzione lognormale propria del sito di interesse

I valori di probabilità cumulata P_{CUM} corrispondenti ai tempi di ritorno T di interesse si calcolano con la relazione

$$P_{CUM} = 1 - \frac{1}{T}$$

Nel caso specifico, analogamente a quanto fatto per gli altri metodi, si considerano i tempi di ritorno pari a 10, 20, 50, 100, 200 e 500 anni, cui corrispondono i seguenti valori di probabilità cumulata: 0.9, 0.95, 0.98, 0.99, 0.995 e 0.998

Leggendo dunque dal grafico di Figura 4.18 i valori della variabile x corrispondenti alle probabilità cumulate sopra indicate, si ricavano i fattori di crescita kT corrispondenti ai tempi di ritorno di interesse; tali valori sono riportati di seguito sia in forma grafica che numerica.

Bacino del rio Preit

	kT [-]
Tr 10	1.60
Tr 20	2.03
Tr 50	2.71
Tr 100	3.32
Tr 200	4.02
Tr 500	5.10

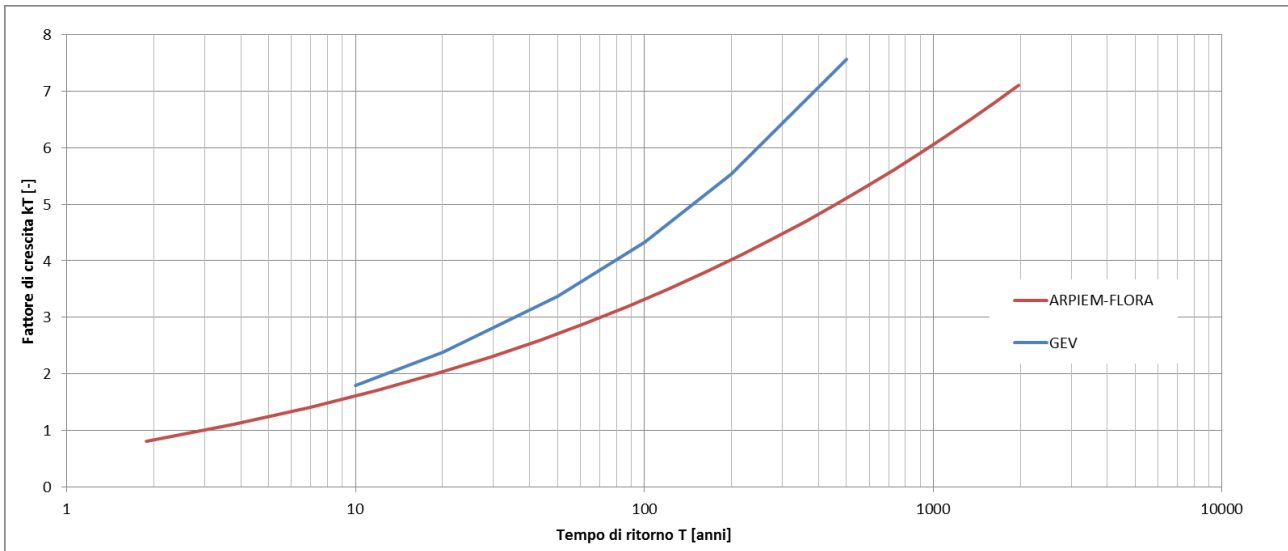


Figura 4.19 - Curva di crescita in funzione del tempo di ritorno calcolata con il metodo ARPIEM-FLORA confrontata con quella calcolata con il metodo GEV (cfr § 4.5.3)

4.5.4.3 Risultati ottenuti

Moltiplicando il valore della portata indice q_{INDICE} per i fattori di crescita kT di interesse si ottengono le portate di piena Q .
Di seguito si riportano i risultati ottenuti.

Bacino del rio Preit

	Q [m³/s]
Tr 10	29
Tr 20	37
Tr 50	50
Tr 100	61
Tr 200	73
Tr 500	93

4.5.5 Metodo SCS-CN

Il presente metodo è un metodo indiretto per la stima della portata di piena (ovvero ricorre ad una trasformazione afflussi-deflussi) a parametri concentrati (ovvero i parametri sono unici per tutto il bacino), articolato secondo il seguente schema.

L'ingresso è costituito da uno ietogramma ricostruito a partire dalle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (LSPP) ricavate per l'intero bacino idrografico del fiume Po dall'AdBPo. Il metodo si fonda sull'ipotesi che lo ietogramma sia discretizzato ad intervalli di durata D non superiore a 0.22 volte il tempo di ritardo.

La trasformazione afflussi-deflussi è affidata all'idrogramma unitario adimensionale di Mockus, ovvero una curva adimensionale ricavata da numerosi idrogrammi unitari ottenuti da idrogrammi di piena registrati in bacini di differente estensione e posizione geografica. Il "comportamento idrologico" del bacino è descritto da un unico parametro, ovvero il Curve Number CN , che rappresenta l'attitudine del bacino a produrre deflusso superficiale.

L'uscita del modello è costituita dall'idrogramma di piena.

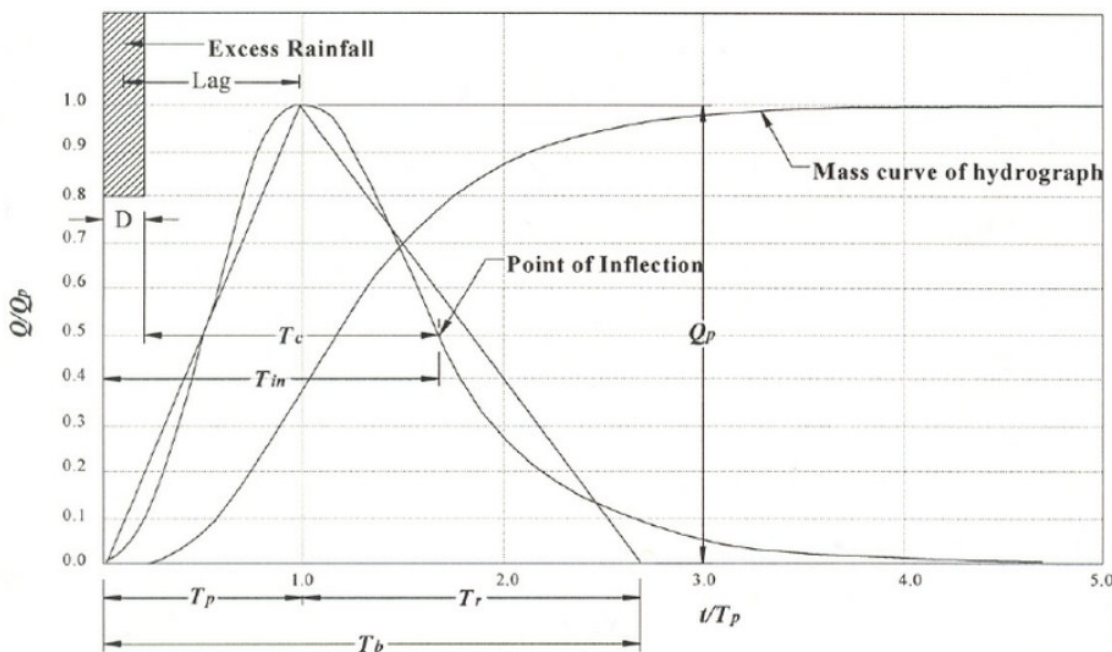


Figura 4.20 - Idrogramma unitario corrispondente all'intervallo di precipitazione con durata D

Il presente metodo è stato applicato sia al bacino del rio Preit sia a quello del Rio di Grange Gai; nel seguito si riportano tutte le elaborazioni effettuate.

4.5.5.1 Determinazione del CN

Il CN dei bacini di interesse è stato determinato a partire dai dati di copertura del suolo del progetto Corine Land Cover (cfr. § 4.3) e della geologia dei terreni dedotta dalla Carta Geologica d'Italia messa a disposizione dal Portale Cartografico Nazionale⁸.

⁸ http://wms.pcn.minambiente.it/ogc?map=/ms_ogc/wfs/Carta_geologica.map

Operativamente, la determinazione del CN si è articolata nelle seguenti fasi:

1. i dati di copertura del suolo e della geologia sono stati “intersecati” al fine di individuare le aree omogenee dal punto di vista di entrambi i parametri (ovvero un’unica tipologia di copertura del suolo ed un’unica geologia);
2. le geologie presenti sono state suddivise nei 4 gruppi idrologici A, B, C e D previsti dalla classificazione del Natural Resource Conservation Service degli Stati Uniti d’America
 - gruppo A: bassa capacità di formazione di deflusso
 - gruppo B: suoli con modesta infiltrabilità se saturi
 - gruppo C: suoli con modesta infiltrabilità se saturi
 - gruppo D: suoli a elevata capacità di formazione di deflusso
3. in funzione della tipologia di copertura del suolo e del gruppo idrologico è stato attribuito il valore di CN nelle condizioni AMC II (Average Moisture Condition, condizioni di umidità antecedenti l’evento) indicato dalla tabella di conversione utilizzata nel software AdBToolbox 1.8 disponibile sul sito del PCN (la tabella di conversione è riportata in allegato);
4. il valore complessivo del CN AMC II del bacino è stato calcolato come media dei valori di CN AMC II attribuiti a ciascuna area omogenea pesata in funzione della superficie.

Di seguito si riepilogano i risultati ottenuti.

Bacino del rio Preit

Formazione geologica	Tipologia copertura CLC 2012	Area [km²]	Gruppo idrologico	CN AMC II
Calcari e talvolta dolomie neritici e di piattaforma (Giurassico)	321	4.33	B	50
	324	0.00	B	45
	332	1.72	B	87
	333	0.19	B	77
Calcari neritici e di piattaforma (Triassico medio)	321	0.11	B	50
	333	0.06	B	77
Calcari organogeni e biodetritici neritici e di piattaforma (Cretacico superiore)	332	0.01	B	87
Calcari, calcari marnosi e marne, selciferi, pelagici (Giurassico)	312	0.14	B	35
	321	1.01	B	50
	324	0.68	B	45
	332	0.16	B	87
	333	0.47	C	84
Conglomerati ed arenarie (Triassico inferiore)	312	4.01	C	50
	313	0.55	C	50
	321	8.19	C	68
	324	3.61	C	64
	332	0.71	C	93
	333	0.47	C	84
Depositi glaciali (Pleistocene)	321	2.21	A	37
	332	0.42	A	80
	333	0.38	A	75
Dolomie neritiche e di piattaforma (Triassico medio)	321	3.59	B	50
	324	1.37	B	45
	332	2.76	B	87
	333	0.29	B	77

Riodaciti e rioliti (ignimbriti) (ciclo permo-carbonifero)	243	0.16	D	84
	312	1.68	D	57
	313	0.11	D	57
	321	1.30	D	75
	324	0.50	D	72
	333	0.39	D	86
Unità arenacee e arenaceo-marnose (torbiditiche) (Paleogene)	321	0.26	D	75
	332	0.78	D	96
	333	0.75	D	86
CN AMC II medio				63

Bacino del Rio di Grange Gai

Formazione geologica	Tipologia copertura CLC 2012	Area [km²]	Gruppo idrologico	CN AMC II
Conglomerati ed arenarie (Triassico inferiore)	312	0.097	C	50
	321	0.111	C	68
Riodaciti e rioliti (ignimbriti) (ciclo permo-carbonifero)	243	0.009	D	84
	312	0.334	D	57
	321	0.407	D	75
CN AMC II medio				65

I valori di CN sopra ricavati sono riferiti alla condizione AMC II, ovvero ad una condizione media di imbibizione del suolo antecedente l'evento.

Per ricavare i valori di CN corrispondenti alla condizione AMC III, ovvero ad un elevato grado di imbibizione del suolo antecedente l'evento, si può utilizzare la seguente relazione

$$CN(AMC III) = CN(AMC II) \cdot F_{III} = CN(AMC II) \cdot (3.4212 - 1.1999 \log CN)$$

Si ottengono dunque i seguenti valori di CN per la condizione AMC III: 80 per il bacino del rio Preit e 81 per il bacino del Rio di Grange Gai.

Di seguito si riportano i valori di CN individuati per i bacini di interesse.

Bacino del rio Preit

Storicamente, gli eventi alluvionali più gravosi che hanno interessato il rio Preit si collocano nel periodo tardo-primaverile, quando il terreno risulta già fortemente imbibito e sono presenti ancora diffuse coperture nevose.

Il valore da attribuire al CN, quindi, dovrebbe tenere in conto entrambi i fattori, ovvero sia l'elevata imbibizione sia la possibile copertura nevosa: si ritiene dunque appropriato impiegare un valore di CN pari a 87, determinato come una sorta di valore medio tra il CN medio del bacino in condizione AMC III, pari a 80, ed il CN proprio della copertura nevosa, pari a 95.

Il CN individuato per il bacino del rio Preit è dunque pari a 87.

Bacino del Rio di Grange Gai

Storicamente, non vi sono evidenze di dissesti alluvionali connessi al Rio di Grange Gai (nonostante le sezioni di deflusso molto ridotte, in particolare all'imbocco del tratto tombinato).

Inoltre, il bacino del corso d'acqua si sviluppa per buona parte in una paleofrana, per cui è molto probabile che i terreni siano caratterizzati da un'elevata capacità di assorbimento della precipitazione, anche in occasione di prolungati periodi piovosi.

Si ritiene dunque maggiormente appropriato riferirsi ai valori di CN propri della condizione AMC II.
Il CN individuato per il bacino del Rio Grange Gai è dunque pari a 65.

4.5.5.2 Tempo di ritardo ed assorbimento iniziale

Il tempo di ritardo t_L [ore], ovvero lo sfasamento tra il baricentro dello ietogramma ed il picco dell'idrogramma unitario, è stato calcolato con la formula di Mockus

$$t_L = 0.342 \frac{L_{SPART}^{0.8}}{s^{0.5}} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}$$

dove L_{SPART} è la lunghezza dell'asta principale prolungata fino allo spartiacque, s è la pendenza del bacino in % e CN è il Curve Number.

Di seguito si riportano i valori di tali parametri per i bacini di interesse ed il risultante tempo di ritardo.

Parametro	Rio Preit	Rio di Grange Gai	u. m.
L_{SPART}	11.51	2.12	km
s	41	55	%
$CN_{AMC III}$	87	65	-
t_L	0.70	0.31	ore

L'assorbimento iniziale I_A [mm], ovvero l'altezza cumulata di precipitazione che il bacino è in grado di trattenere⁹ senza dar luogo a deflusso superficiale, è stata calcolata con la formula di seguito riportata

$$I_A = 0.2 \cdot S = 0.2 \cdot \left[25.4 \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \right]$$

dove S prende il nome di vaso massimo del suolo e CN è il Curve Number.

L'assorbimento iniziale I_A per i due bacini di interesse assume i valori sottostanti.

	Rio Preit	Rio di Grange Gai
assorbimento iniziale, I_A [mm]	7.6	27.4

4.5.5.3 Ietogrammi di progetto

Lo ietogramma di progetto costituisce la sollecitazione idrologica a cui viene sottoposto il bacino idrografico al fine di valutare la sua risposta, ovvero di calcolare la conseguente portata al colmo di piena (ed il relativo idrogramma).

Nel caso specifico, si è deciso di utilizzare lo ietogramma determinato con riferimento al bacino del rio Preit anche per il bacino del Rio di Grange Gai, in quanto tale assunzione risulta cautelativa al fine del calcolo della portata di piena.

I termini «*determinato con riferimento al bacino del rio Preit*» della frase soprastante significano che la durata totale dello ietogramma è stata calcolata con riferimento al bacino del rio Preit; in particolare, è stata assunta pari al tempo di corrivazione del bacino, ovvero 1.74 ore.

La durata totale dell'evento di pioggia considerato è dunque pari a 104 min.

⁹ I meccanismi con cui si manifesta l'assorbimento iniziale sono l'immagazzinamento superficiale (ad es., per la presenza di zone che per la loro morfologia consentono l'accumulo di volumi idrici), l'intercettazione operata dalla copertura vegetale e l'infiltrazione completa senza formazione di deflusso (ovvero la precipitazione viene completamente assorbita, non solo in parte come succede una volta che l'altezza cumulata dell'evento pluviometrico supera l'assorbimento iniziale).

Il calcolo delle altezze di pioggia costituente lo ietogramma è stato effettuato a partire dalle LSPP ricavate dall'AdBPo.

In particolare, sono state calcolate dapprima le altezze di pioggia cumulate, dopodiché quelle incrementali ed infine queste ultime sono state ridistribuite in modo da posizionare al centro dello ietogramma il valore massimo e, alternativamente da una parte e dall'altra del picco, i restanti valori selezionati in ordine decrescente (ietogrammi con picco centrale).

L'intervallo di discretizzazione D degli ietogrammi è stato scelto in accordo all'ipotesi che lo stesso sia non superiore a 0.22 volte il tempo di ritardo.

Nel caso specifico, il tempo di ritardo più basso è quello del bacino del Rio di Grange Gai, pari a 0.31 h: la durata massima dell'intervallo di discretizzazione è dunque pari a 4.1 min, per cui **è stato assunto un valore D pari a 4 min.**

L'operazione appena descritta è stata eseguita per i diversi tempi di ritorno di interesse ottenendo i risultati riportati di seguito.

min	h pioggia [mm]					
	Tr 10	Tr 20	Tr 50	Tr 100	Tr 200	Tr 500
0	0	0	0	0	0	0
4	0.49	0.56	0.63	0.69	0.75	0.83
8	0.52	0.58	0.67	0.73	0.79	0.87
12	0.54	0.62	0.70	0.77	0.83	0.92
16	0.58	0.65	0.74	0.81	0.88	0.97
20	0.61	0.70	0.79	0.87	0.94	1.04
24	0.66	0.75	0.85	0.93	1.01	1.12
28	0.72	0.81	0.93	1.02	1.10	1.22
32	0.79	0.90	1.03	1.13	1.22	1.35
36	0.89	1.01	1.16	1.27	1.38	1.53
40	1.04	1.18	1.35	1.48	1.61	1.78
44	1.28	1.45	1.67	1.83	2.00	2.21
48	1.78	2.03	2.34	2.58	2.81	3.12
52	6.77	7.77	9.15	10.18	11.23	12.59
56	2.40	2.74	3.17	3.50	3.82	4.25
60	1.47	1.67	1.93	2.12	2.31	2.56
64	1.14	1.29	1.49	1.63	1.78	1.97
68	0.96	1.09	1.25	1.37	1.48	1.64
72	0.84	0.95	1.09	1.19	1.29	1.43
76	0.75	0.85	0.98	1.07	1.16	1.28
80	0.69	0.78	0.89	0.97	1.06	1.17
84	0.64	0.72	0.82	0.90	0.98	1.08
88	0.59	0.67	0.77	0.84	0.91	1.00
92	0.56	0.63	0.72	0.79	0.85	0.94
96	0.53	0.60	0.68	0.75	0.81	0.89
100	0.50	0.57	0.65	0.71	0.77	0.85
104	0.48	0.54	0.62	0.68	0.73	0.81
TOT	28.22	32.12	37.07	40.80	44.51	49.40

Tabella 4.3 - Ietogrammi di progetto per i diversi tempi di ritorno considerati

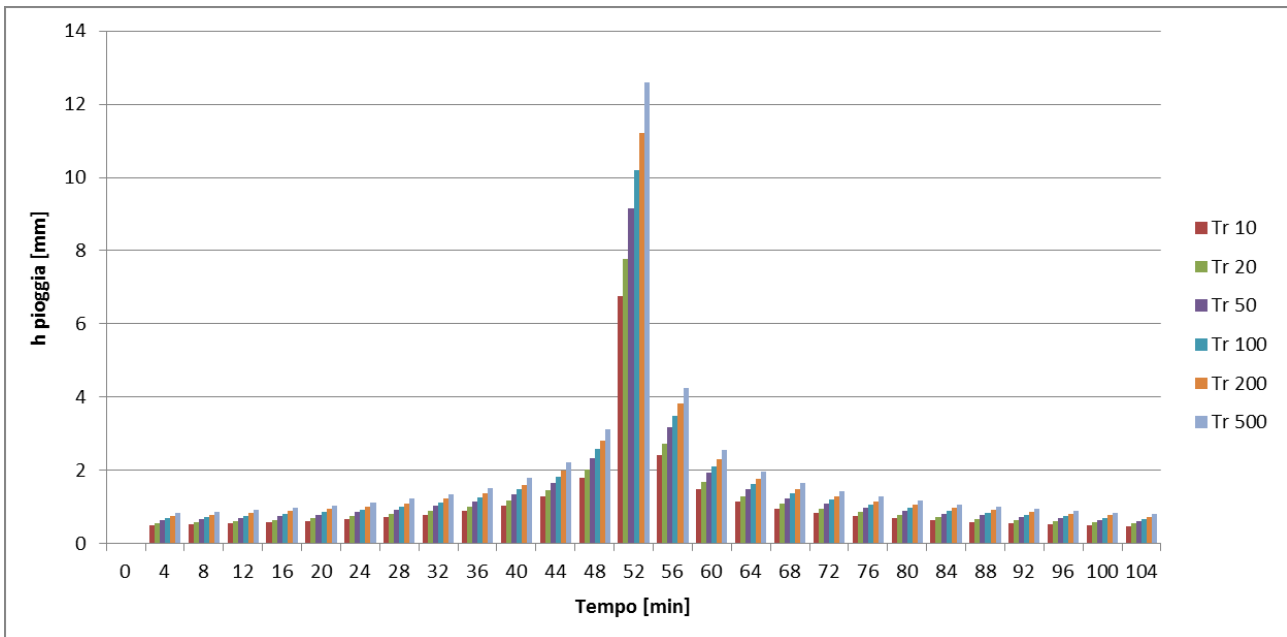


Figura 4.21 - Rappresentazione grafica degli ietogrammi di progetto

4.5.5.4 Trasformazione afflussi-deflussi

La trasformazione afflussi-deflussi, ovvero l'implementazione pratica del metodo, è stata eseguita per mezzo del software HEC-HMS 4.2, sviluppato dal U.S. Army Corps of Engineers.

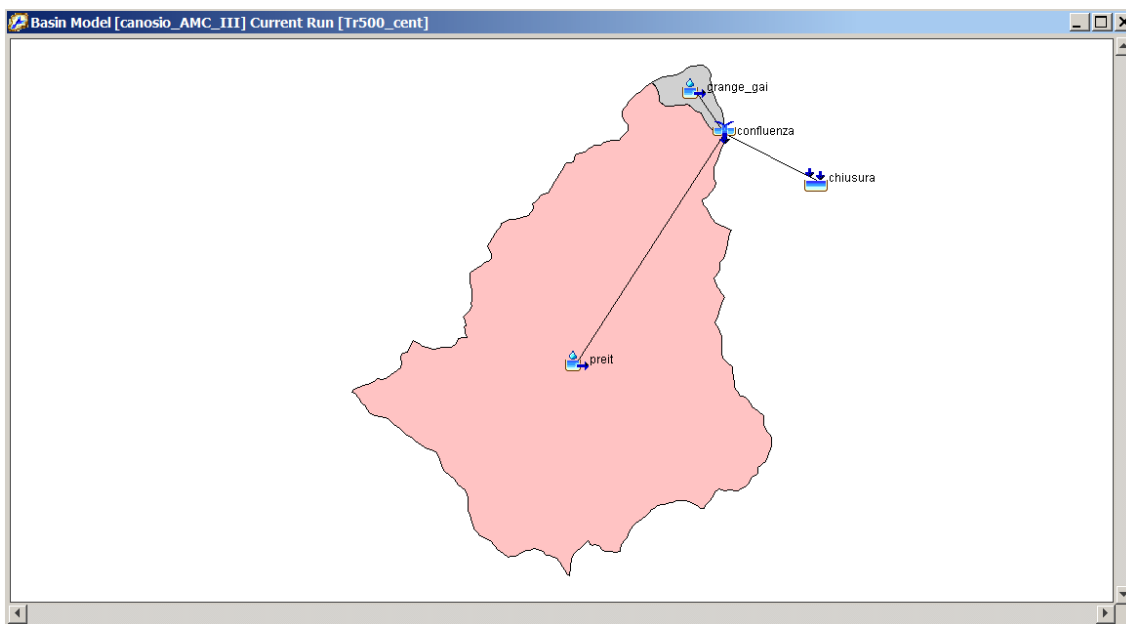


Figura 4.22 - Modello idrologico dei bacini di interesse sviluppato con il software HEC-HMS

Come anticipato nella parte introduttiva del presente metodo, la procedura per la stima delle portate di piena messa a punto dal SCS permette di calcolare l'intero idrogramma di piena. Di seguito si riportano gli ietogrammi ed i relativi idrogrammi di piena per i due bacini di interesse relativamente al tempo di ritorno 200 anni.

Come si può vedere, i bacini sono stati sollecitati al medesimo ietogramma, ma la risposta è molto differente: in particolare, il basso valore di CN attribuito al bacino del Rio di Grange Gai fa sì che lo stesso sia in grado di assorbire quasi completamente la precipitazione, per cui il deflusso superficiale prodotto è estremamente contenuto.

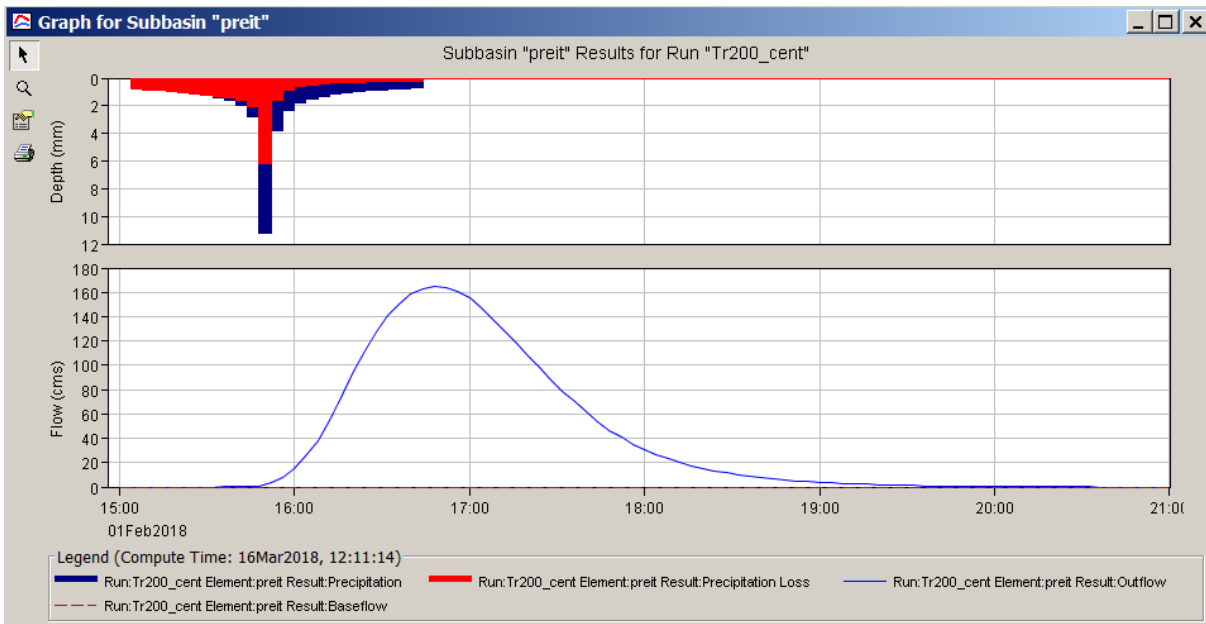


Figura 4.23 - Ietogramma e relativo idrogramma per il bacino del rio Preit (Tr 200 anni)

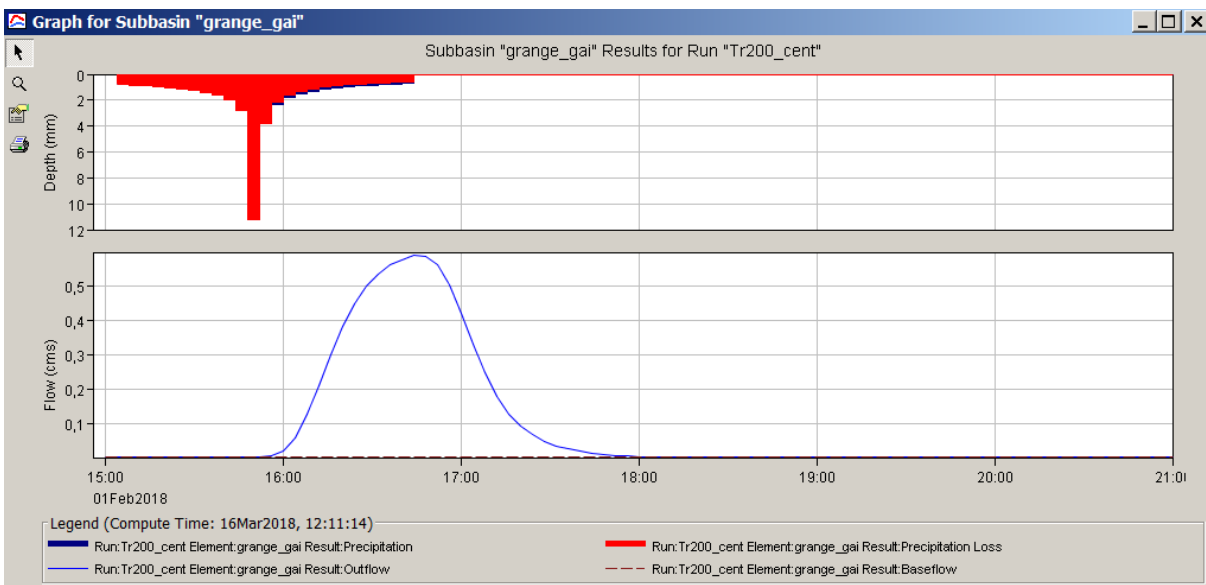


Figura 4.24 - Ietogramma e relativo idrogramma per il bacino del Rio di Grange Gai (Tr 200 anni)

4.5.5.5 Risultati ottenuti

Di seguito si riportano le portate al colmo di piena ottenute con il metodo SCS per i diversi tempi di ritorno di interesse.

Bacino del rio Preit

	Q [m ³ /s]
Tr 10	65
Tr 20	87
Tr 50	116
Tr 100	140
Tr 200	165
Tr 500	199

Bacino del Rio di Grange Gai

	Q [m ³ /s]
Tr 10	0.003
Tr 20	0.08
Tr 50	0.24
Tr 100	0.41
Tr 200	0.60
Tr 500	0.88

4.6 Definizione delle portate di riferimento

Di seguito si riportano i valori delle portate liquide e solide assunti come riferimento per la definizione delle aree di esondazione.

4.6.1 Portate liquide

I metodi di stima delle portate liquide descritti in precedenza forniscono risultati molto differenti tra loro; di seguito si riporta un confronto grafico e numerico degli stessi e le considerazioni che hanno portato alla scelta dei valori di riferimento.

4.6.1.1 Bacino del rio Preit

	LSPP-raz	TCEV-raz	GEV	ARPIEM-FLORA	SCS-CN	MEDIA
Tr 10	116	130	18	29	65	72
Tr 20	132	146	24	37	87	85
Tr 50	153	169	35	50	116	104
Tr 100	168	186	44	61	140	120
Tr 200	183	204	57	73	165	136
Tr 500	204	228	78	93	199	160

Tabella 4.4 - Risultati forniti dai diversi metodi di stima delle portate liquide per il bacino del rio Preit (valori in m³/s)

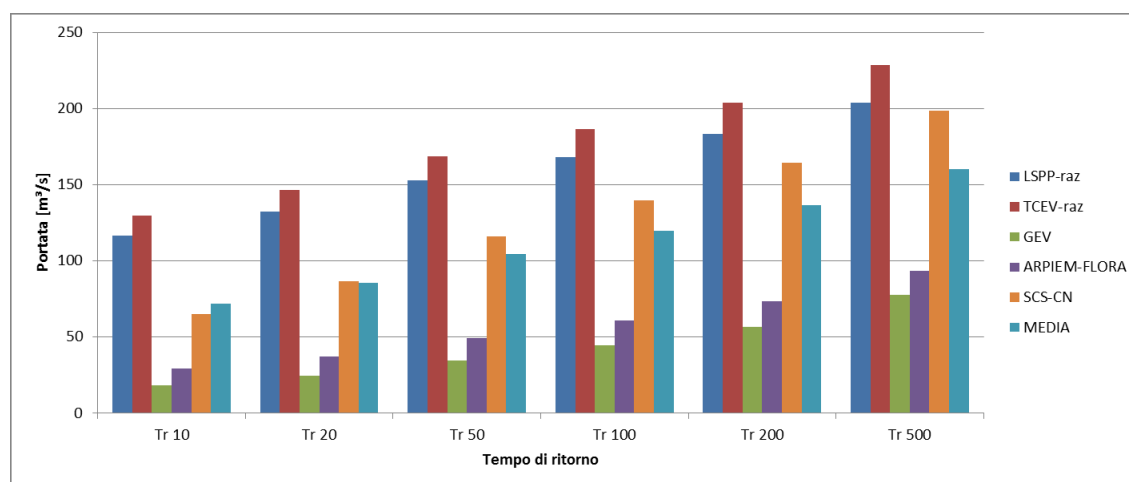


Figura 4.25 - Confronto grafico tra le portate liquide stimate per il bacino del rio Preit

Osservando i dati sopra riportati si può affermare che:

- le portate di piena fornite dai due metodi basati sull'impiego della formula razionale (LSPP-raz e TCEV-raz) sono molto simili tra loro e sono le più elevate;

- anche i risultati dei due metodi basati sulle formule di regionalizzazione (GEV e ARPIEM-FLORA) sono fra loro concordi, ma sono sensibilmente più bassi degli altri;
- i valori derivanti dall'applicazione del metodo SCS-CN si collocano in posizione intermedia rispetto agli altri per i tempi di ritorno più bassi mentre tendono ad assomigliare ai metodi basati sulla formula razionale per i tempi di ritorno più alti.

Le portate liquide fornite dai metodi di regionalizzazione, sulla base dell'esperienza dello scrivente, risultano eccessivamente contenute e non rispondenti alla realtà, per cui vengono escluse dai possibili valori di riferimento.

I restanti metodi forniscono, con tutta probabilità, risultati più attinenti alla realtà; considerato che storicamente vi sono evidenze di eventi alluvionali gravosi che hanno interessato il bacino del rio Preit, cautelativamente si ritiene opportuno adottare come valori di riferimento quelli più elevati, ovvero quelli forniti dal metodo basato sulla formula razionale con le altezze di pioggia derivanti dal modello TCEV.

I tre metodi, peraltro, forniscono risultati tra loro comparabili, soprattutto per i tempi di ritorno più alti, per cui non si ritiene che tale assunzione comporti un eccessivo livello di cautela.

Le portate liquide di riferimento assunte per il bacino del rio Preit sono quelle riportate nella tabella sottostante.

	Q liquide [m ³ /s]
Tr 10	130
Tr 20	146
Tr 50	169
Tr 100	186
Tr 200	204
Tr 500	228

4.6.1.2 Bacino del Rio di Grange Gai

	LSPP-raz	TCEV-raz	SCS-CN	MEDIA
Tr 10	4.8	5.8	0.003	4.4
Tr 20	5.4	6.6	0.08	5.0
Tr 50	6.3	7.6	0.24	5.9
Tr 100	6.9	8.3	0.41	6.5
Tr 200	7.6	9.1	0.60	7.2
Tr 500	8.4	10.2	0.88	8.1

Tabella 4.5 - Risultati forniti dai diversi metodi di stima delle portate liquide per il bacino del Rio di Grange Gai (valori in m³/s)

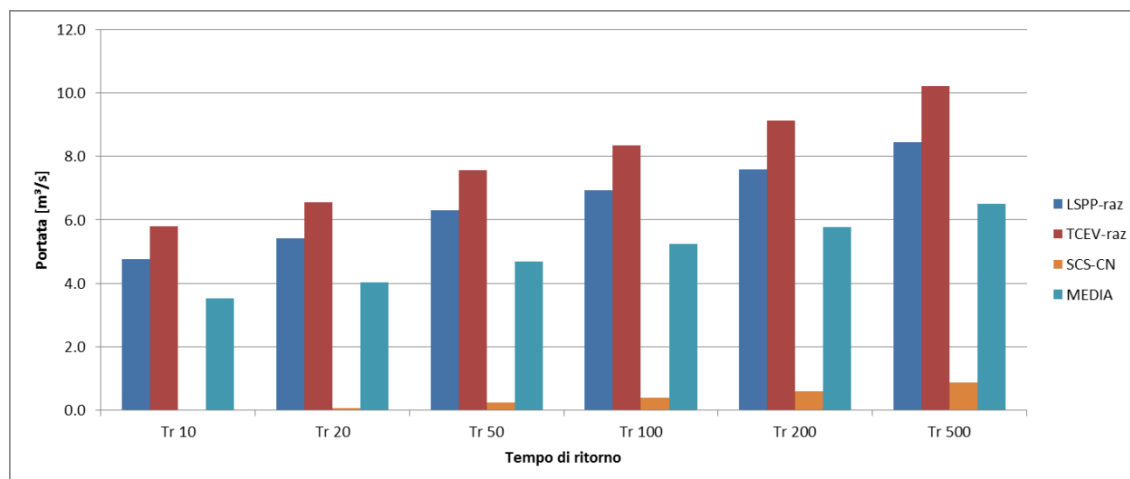


Tabella 4.6 - Confronto grafico tra le portate liquide stimate per il bacino del Rio di Grange Gai

Osservando i risultati sopra riportati si può affermare che:

- i metodi basati sull'impiego della formula razionale forniscono risultati tra loro simili ma estremamente differenti rispetto a quelli del metodo SCS;
- sulla base dell'esperienza dello scrivente, i risultati dei metodi basati sulla formula razionale appaiono troppo elevati, in particolare in relazione alla morfologia del corso d'acqua (alveo inerbito, assenza di materiale lapideo di dimensioni medio-grosse che verrebbero movimentati in caso di piena, ecc.) ed al fatto che, storicamente, non vi sono tracce di eventi alluvionali che hanno interessato il Rio di Grange Gai;
- i risultati forniti dal metodo SCS sembrano maggiormente in linea con le caratteristiche del corso d'acqua e con le testimonianze storiche, ma eccessivamente bassi.

Stante le considerazioni sopra esposte, si assumono come valori di riferimento quelli forniti dal metodo SCS opportunamente incrementati (circa il 100%), come da tabella sottostante.

	Q liquide [m ³ /s]
Tr 10	0.010
Tr 20	0.160
Tr 50	0.500
Tr 100	0.900
Tr 200	1.200
Tr 500	2.000

4.6.2 Portate solide

I corsi d'acqua di interesse si sviluppano in ambiente montano su pendenze elevate, per cui sono potenzialmente sede di trasporto solido al fondo.

L'alveo del Rio di Grange Gai nel tratto indagato, tuttavia, si presenta completamente invaso di vegetazione erbacea e privo di sedimenti affioranti (a riprova dell'assenza di eventi alluvionali): il trasporto solido lungo tale corso d'acqua è dunque da ritenersi pressoché nullo, per cui il calcolo delle portate solide viene eseguito unicamente per il rio Preit.

4.6.2.1 Rio Preit

Il calcolo delle portate solide per il rio Preit è stato eseguito con la formula di Meyer-Peter e Muller del 1948, di seguito riportata

$$X = 13.3 \cdot (Y^{-1} - 0.047)^{3/2}$$

dove X è denominato *parametro di trasporto* e Y è denominato *parametro di flusso*.

Il *parametro di flusso* Y si calcola nel modo seguente

$$Y = \frac{\Delta D}{\mu h i}$$

dove D è il diametro caratteristico del materiale, μ è un fattore che tiene in conto delle forme di fondo (nel caso specifico è posto uguale a 1), h è il tirante idrico, i è la pendenza motrice e Δ è la densità relativa del materiale solido rispetto all'acqua così definita

$$\Delta = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_w}$$

dove γ è il peso specifico ed i pedici S e W si riferiscono, rispettivamente, al materiale solido ed all'acqua.

Il parametro di trasporto X si calcola nel modo seguente

$$X = \frac{s}{D^{3/2} \sqrt{g\Delta}}$$

dove s è la portata volumetrica solida per unità di larghezza della sezione.

Invertendo il parametro di trasporto X si ottiene la portata volumetrica solida per unità di larghezza della sezione s ; moltiplicando tale valore per la larghezza della sezione B , si ottiene la portata solida Q_s . I valori di tirante idrico, pendenza motrice e larghezza della sezione utilizzati nel calcolo delle portate solide sono i valori medi di quelli ottenuti introducendo nel modello numerico di cui al successivo capitolo 5 i valori di portata liquida di riferimento.

Le caratteristiche del materiale d'alveo sono state ricavate sulla base di indagini visive effettuate contestualmente al rilievo dell'assetto geometrico dell'alveo; sulla base di tali indagini, si assume un diametro caratteristico D del materiale pari a 250 mm ed un peso specifico del materiale solido γ_s pari a 26 kN/m³.

Di seguito si riportano i parametri inseriti nei calcoli e le risultanti portate solide Q_s in corrispondenza dei diversi tempi di ritorno.

	i [m/m]	h [m]	B [m]	Y	X	s [m ³ /s m]	Q_s [m ³ /s]
Tr 10	0.048	1.80	16.4	4.63	0.923	0.4569	7.5
Tr 20	0.050	1.84	16.4	4.34	1.045	0.5176	8.5
Tr 50	0.052	1.98	16.9	3.90	1.275	0.6312	10.7
Tr 100	0.049	2.06	17.2	3.97	1.234	0.6113	10.5
Tr 200	0.048	2.14	17.6	3.86	1.301	0.6444	11.3
Tr 500	0.048	2.24	17.9	3.73	1.379	0.6831	12.2

Tabella 4.7 - Calcolo della portata solida in corrispondenza dei diversi tempi di ritorno

4.6.3 Portate complessive

Di seguito si riassumono le portate complessive assunte come valori di riferimento per i bacini di interesse.

Bacino del rio Preit

	Q piena [m ³ /s]
Tr 10	137
Tr 20	155
Tr 50	180
Tr 100	197
Tr 200	215
Tr 500	241

Bacino del Rio di Grange Gai

	Q piena [m ³ /s]
Tr 10	0.010
Tr 20	0.160
Tr 50	0.500
Tr 100	0.900
Tr 200	1.200
Tr 500	2.000

5. ANALISI IDRAULICA

Il presente capitolo descrive le attività e le valutazioni condotte al fine di ricostruire, per mezzo di simulazione numerica, le condizioni di deflusso delle portate di piena all'interno dei corsi d'acqua di interesse.

Si specifica che le analisi idrauliche sono state condotte esclusivamente per le portate con tempo di ritorno pari a 50, 200 e 500 anni, in accordo a quanto previsto dalla normativa vigente per la delimitazione delle aree a pericolosità di esondazione.

5.1 Rilievo della morfologia dell'alveo

L'assetto morfologico dei corsi d'acqua di interesse è stato oggetto di un rilievo topografico di precisione effettuato con stazione totale nei giorni 12, 13, 20 e 21 settembre 2017.

Il rilievo è stato condotto in modo da ricostruire un modello 3D del terreno (Digital Terrain Model, DTM) la cui estensione è tale da ricomprendere al suo interno tutte le aree di esondazione con tempo di ritorno 500 anni.

Oltre alla superficie del terreno, il rilievo ha coinvolto tutte le opere potenzialmente interferenti con il deflusso della piena, quali attraversamenti, edifici, difese spondali ecc.

Il rilievo è stato georiferito nel sistema di riferimento WGS84-UTM 32 Nord, con riferimento altimetrico concorde a quello della cartografia ufficiale della Regione Piemonte BDTRE.

I risultati del rilievo sono verificabili in loco per mezzo di 4 capisaldi di cui si fornisce la monografia in allegato al fondo della presente.

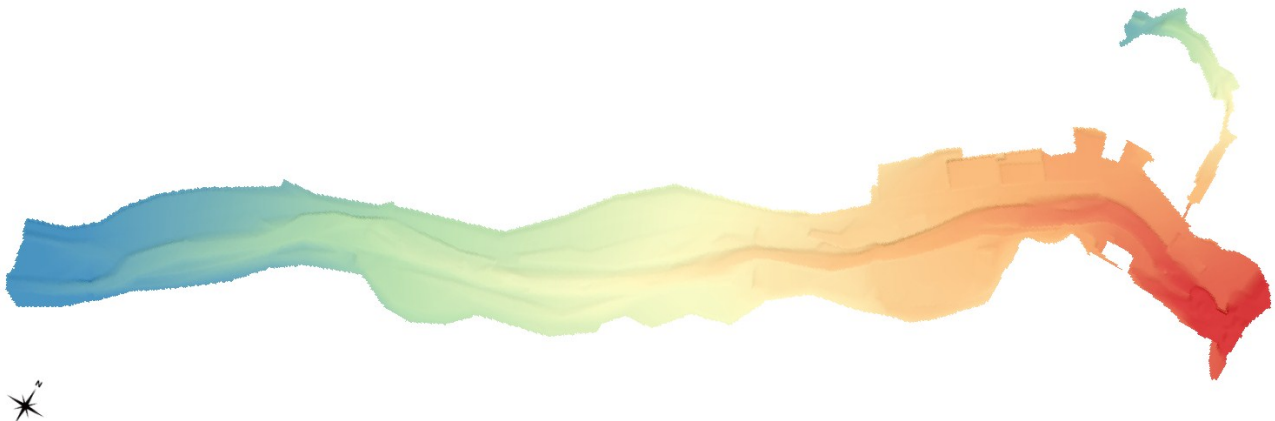


Figura 5.1 - Modello digitale del terreno dell'area di interesse

5.2 Opere idrauliche e attraversamenti

Di seguito si descrivono brevemente le opere idrauliche e gli attraversamenti (ponti e guadi) presenti sui corsi d'acqua di interesse, ordinati da monte verso valle e suddivisi per corso d'acqua di appartenenza.

Le opere sono codificate con due lettere rappresentative della tipologia di opera, un numero progressivo (da monte verso valle) specifico per tipologia di opera ed una lettera finale ad indicare il corso d'acqua su cui sorgono ("p" per il rio Preit, "g" per il Rio di Grange Gai.)

5.2.1 Rio Preit

Scogliera Sc_1p



Scogliera di consolidamento della sezione di imposta sinistra del ponte Po_1p. La scogliera è realizzata in massi ciclopici cementati, è lunga circa 13 m, alta circa 2.5 m ed è stata completata nell'anno 2011 (da incisione su cls).

Ponte Po_1p



Ponte ad uso pedonale e/o piccoli mezzi agricoli per l'accesso ai terreni posti in sponda destra del rio Preit.

Il ponte è costituito da una struttura in acciaio e soprastante tavolato in legno, è a campata unica di circa 8.5 m di luce ed è largo circa 3 m.

Scogliera Sc_2p



Scogliera di protezione della sponda sinistra del rio Preit in corrispondenza di una piazzola sterrata. La scogliera è realizzata in massi ciclopici non cementati, è lunga circa 36 m ed alta circa 1.5 m.

Scogliera Sc_3p



Scogliera di protezione della sponda sinistra del rio Preit a difesa della strada provinciale. La scogliera è realizzata in massi ciclopici non cementati, è lunga circa 24 m ed alta circa 2 m.

Muro di sponda Ms_1p



Muro di sponda con funzione di consolidamento e protezione della sezione di imposta sinistra del ponte Po_2p.

Il muro è realizzato in calcestruzzo, è lungo circa 40 m ed è di altezza variabile tra 1.5 e 3 m.

Muro di sponda Ms_2p



Muro di sponda con funzione di consolidamento e protezione della sezione di imposta destra del ponte Po_2p.

Il muro è realizzato in calcestruzzo, è lungo circa 6 m ed alto circa 1.8 m.

Ponte Po_2p



Ponte carrabile per l'accesso ai terreni posti in sponda destra del rio Preit. Il ponte è costituito da una struttura in acciaio e soprastante tavolato in legno, è a doppia campata (circa 11 m di luce ciascuna) con pila centrale in calcestruzzo ed è largo circa 3.7 m.

Scogliera Sc_4p



Scogliera di protezione della sponda sinistra del rio Preit a difesa della strada provinciale. La scogliera è realizzata in massi ciclopici non cementati, è lunga circa 52 m ed alta circa 2 m.

Scogliera Sc_5p



Scogliera di protezione della sponda destra del rio Preit a difesa del ricovero mezzi a servizio delle piste da sci.

La scogliera è realizzata in massi ciclopici cementati, è lunga circa 64 m ed alta circa 2.7 m.

Scogliera Sc_6p



Scogliera di protezione della sponda sinistra del rio Preit.

La scogliera è realizzata in massi ciclopici non cementati, è lunga circa 28 m, alta circa 3 m ed è stata realizzata nel 2011 (da incisione su cls).

Muro di sponda Ms_3p



Muro a difesa della sponda destra del rio Preit in corrispondenza della biglietteria delle piste da sci. Il muro è in calcestruzzo, è stato sovralzato in un secondo tempo, è lungo circa 28 m ed è di altezza variabile da 3 a 2 m circa.

Ponte Po_3p



Ponte carrabile per l'accesso alla borgata Ubac. Il ponte è costituito da una struttura in acciaio e soprastante impalcato in calcestruzzo, è a campata unica di circa 11 m di luce ed è largo circa 4.5 m.

Scogliera Sc_7p



Scogliera di protezione della sponda destra del rio Preit.
 La scogliera è realizzata in massi ciclopici non cementati, è lunga circa 82 m ed alta circa 2.7 m.

Scogliera Sc_8p



Scogliera di protezione della sponda sinistra del rio Preit.
 La scogliera è realizzata in massi ciclopici non cementati, è lunga circa 96 m ed alta circa 2.7 m.

Derivazione De_1p



Opera di presa del canale che un tempo alimentava la segheria e la centralina idroelettrica. La derivazione è attualmente dismessa, tuttavia è ancora presente l'incile del canale costituito da un accumulo di materiale sciolto quasi longitudinale rispetto al corso d'acqua.

Muro di sponda Ms_4p



Muro di sponda destra la cui parte superiore risulta più arretrata rispetto a quella inferiore a causa della presenza dell'antica derivazione che alimentava la segheria e la centralina idroelettrica; in corrispondenza del ponte Po_4p il muro funge da consolidamento della sezione di imposta destra dello stesso.

Il muro è realizzato in calcestruzzo, è lungo circa 48 m ed è di altezza variabile tra 2 e 3 m circa.

Ponte Po_4p



Ponte carrabile per l'accesso alla borgata Ubac.

Il ponte è costituito da una struttura in acciaio e soprastante impalcato in calcestruzzo, è a doppia campata (circa 9 m di luce ciascuna) con pila centrale in calcestruzzo ed è largo circa 3 m.

Scogliera Sc_9p



Scogliera di protezione della sponda destra del rio Preit in corrispondenza dell'antica segheria.

La scogliera è realizzata in massi ciclopici non cementati, è lunga circa 50 m ed è di altezza variabile da 1.8 a 1 m circa.

Scogliera Sc_10p



Scogliera di protezione della sponda sinistra del rio Preit.
La scogliera è realizzata in massi ciclopici non cementati, è lunga circa 58 m ed alta circa 2.2 m.

Scogliera Sc_11p



Scogliera di protezione della sponda sinistra del rio Preit.
La scogliera è realizzata in massi ciclopici cementati, è lunga circa 7 m ed è alta circa 4 m.

Ponte Po_5p

Ponte della S.P. 113 che conduce all'abitato di Canosio.

Il ponte è realizzato in struttura muraria, è a doppia campata ad arco (circa 9 m di luce alla base ciascuna) ed è largo circa 4.5 m.

5.2.2 Rio di Grange Gai

Ponte Po_1g



Ponte di via Garzino Inferiore (anche denominata via Capoluogo).

Il ponte è realizzato con una tubazione in calcestruzzo autoportante di 1.10 m di diametro e circa 14 m di lunghezza; il corpo dell'attraversamento è realizzato in materiale sciolto.

Guado Gu_1g



Attraversamento a guado a servizio della viabilità interna dell'abitato di Canosio.
Il guado è realizzato in calcestruzzo, è largo (trasversalmente al corso d'acqua) circa 2 m ed è lungo circa 7.6 m (comprensivo dello scivolo a valle).

Muro di sponda Ms_1g



Muro di sponda a protezione della sponda sinistra del Rio di Grange Gai.
Il muro è realizzato in calcestruzzo, è lungo circa 31 m ed è di altezza variabile da circa 0.8 a circa 1.8 m.

Muro di sponda Ms_2g



Muro di sponda di protezione della sponda destra del Rio di Grange Gai.
Il muro è realizzato in calcestruzzo, è lungo circa 20 m ed è di altezza variabile da circa 0.6 a circa 2.2 m.

Tombinatura To_1g



Tombinatura in corrispondenza dell'attraversamento dell'abitato di Canosio.
 La tombinatura è realizzata in calcestruzzo e blocchi lapidei, è lunga circa 54 m e l'altezza interna varia da circa 0.7 (sezione di imbocco) a 2.7 m (sezione di sbocco).

Tombinatura To_2g



Tombinatura del tratto finale del Rio di Grange Gai, tra la S.P. 113 e la confluenza nel rio Preit. La tombinatura è realizzata in calcestruzzo e blocchi lapidei, è lunga circa 23 m e l'altezza interna varia da circa 1.9 (sezione di imbocco) a 1.3 m (sezione di sbocco).

5.3 Modello idraulico numerico

Il modello idraulico numerico impiegato per l'analisi delle condizioni di deflusso delle piene nei corsi d'acqua di interesse è un modello unidimensionale implementato per mezzo del software HEC-RAS versione 5.0.3, sviluppato dal U.S. Army Corps of Engineer.

Le sezioni idrauliche sono state estratte dal modello digitale del terreno di cui al precedente § 5.1 in modo da rappresentare correttamente tutti gli aspetti idraulicamente rilevanti (restringimenti, cambi di pendenza, ponti ecc.) e, al contempo, rispettare le distanze massime indicate nella specifica del Comune di Canosio, ovvero 50-100 m sul rio Preit e 20 m sul Rio di Grange Gai.

I ponti sono stati modellizzati con l'apposita routine *Bridges/Culverts* selezionando l'opzione che permette di rappresentare correttamente sia correnti che defluiscono a pelo libero (*low flow*) sia correnti che defluiscono in pressione eventualmente sormontando la struttura (*high flow*).

Le tombinature sono state modellizzate inserendo una copertura (*lid*) nelle sezioni interessate.

I tratti di corsi d'acqua inseriti nel modello, infine, risultano sufficientemente estesi a monte e a valle rispetto ai tratti di effettivo interesse allo scopo di garantire che i risultati della simulazione idraulica non siano inficiati dalle condizioni al contorno inserite.

Tutti i dati inseriti nel modello idraulico numerico sono georiferiti nel sistema di riferimento UTM-WGS84 32 Nord.

Di seguito si riepilogano i principali elementi costituenti il modello idraulico e le loro caratteristiche.

Tratto di corso d'acqua	Lunghezza [m]	Numero sezioni	Distanza massima tra le sezioni [m]	Distanza media tra le sezioni [m]
Rio Preit a monte dell'immissione del Rio di Grange Gai	793	36	56.7	22.0
Rio di Grange Gai	199	22	33.7	9.3
Rio Preit a valle dell'immissione del Rio di Grange Gai	80	7	18.6	11.5

Tabella 5.1 - Principali caratteristiche dei tratti di corsi d'acqua costituenti il modello idraulico numerico

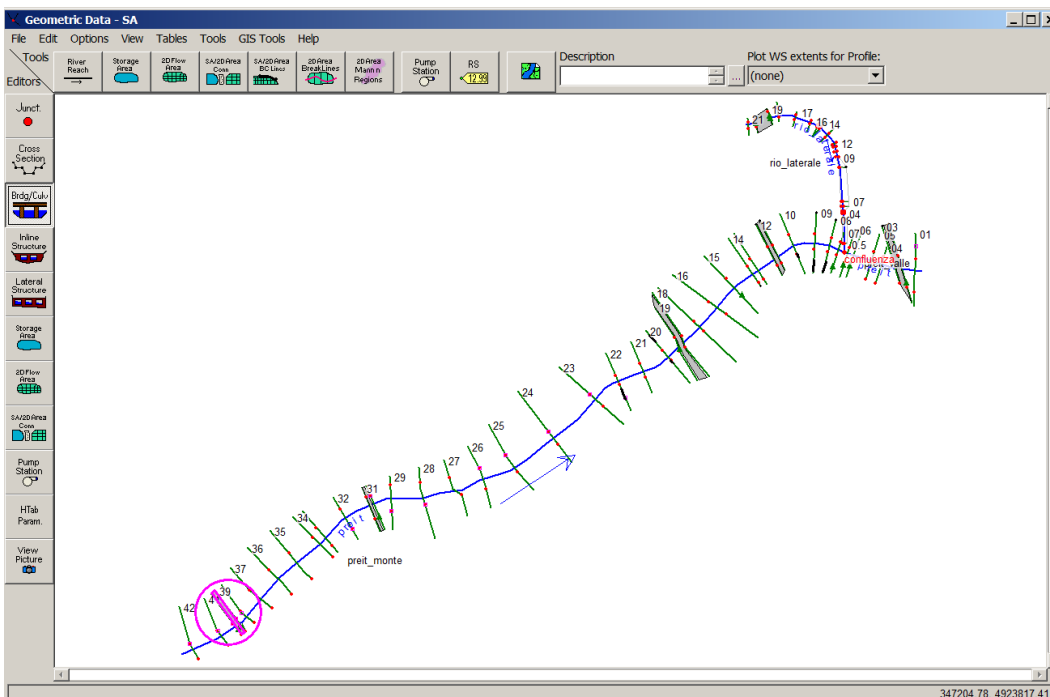


Figura 5.2 - Modello idraulico numerico del rio Preit e del Rio di Grange Gai

5.4 Condizioni fisiche di riferimento

Il modello idraulico numerico è stato analizzato nelle condizioni di rilievo (stato attuale, SA). Le simulazioni sono state condotte nell'ipotesi che il rio Preit ed il Rio di Grange Gai siano contemporaneamente interessati dalla portata al colmo di piena: tale assunzione è cautelativa, tuttavia non conduce ad un'apprezzabile sovrastima delle aree di esondazione in quanto la mutua interferenza dei due corsi d'acqua si può definire nulla in ragione della notevole diversità delle portate di piena in gioco.

In particolare, l'effetto di rigurgito provocato dal rio Preit nei confronti del Rio di Grange Gai si esaurisce all'interno dell'ultima tombinatura, per cui non vi è alcun effetto sull'estensione delle aree di esondazione del corso d'acqua minore. Analogamente, le portate del Rio di Grange Gai costituiscono meno dello 0.4% di quelle del rio Preit, per cui non esercitano alcuna influenza sulle aree di esondazione del rio principale.

Le portate di piena dei tratti di corsi d'acqua costituenti il modello sono di seguito riportate.

Tratto di corso d'acqua	Q piena Tr 50	Q piena Tr 200	Q piena Tr 500
Rio Preit a monte dell'immissione del Rio di Grange Gai	180	215	241
Rio di Grange Gai	0.50	1.20	2.00
Rio Preit a valle dell'immissione del Rio di Grange Gai	180.50	216.20	243.00

Tabella 5.2 - Portate di piena per i diversi tempi di ritorno inserite nel modello idraulico

Per quanto attiene alle condizioni al contorno, in corrispondenza delle due sezioni di monte del modello (rio Preit e Rio di Grange Gai) è stata inserita una pendenza motrice pari al 10%, mentre in corrispondenza della sezione di valle del rio Preit si è scelto di utilizzare la profondità critica.

Tale sezione, infatti, è posta subito a monte di un brusco incremento della pendenza di fondo, per cui un'eventuale corrente lenta a monte si troverebbe sicuramente a passare attraverso lo stato critico.

Le simulazioni sono state condotte in regime misto al fine di considerare sia correnti lente sia correnti veloci.

5.5 Risultati ottenuti

Le simulazioni condotte per i tempi di ritorno pari a 50, 200 e 500 anni mostrano che il deflusso delle portate di piena avviene per la quasi totalità in corrente veloce con elevato carico cinetico; gli unici passaggi a corrente lenta si verificano in corrispondenza dei ponti in ragione del restringimento della sezione operato dagli stessi (si veda in proposito il successivo capitolo 7).

Al fine di agevolare le operazioni di delimitazione delle aree a diversa pericolosità di esondazione, per mezzo del software HEC-RAS e della sua estensione RAS Mapper, i livelli idrici calcolati per ciascuna sezione sono stati interpolati in modo da ricostruire una mappa continua della superficie del pelo libero; come differenza tra la mappa della superficie del pelo libero e la mappa della quota del terreno (DTM di cui al § 5.1), è stata ricavata la mappa dell'altezza d'acqua.

Il software, inoltre, permette di ricavare anche una mappa continua della velocità della corrente, costruita a partire dai valori di velocità calcolati per ciascuna sezione. Si specifica che la distribuzione di velocità all'interno della sezione viene ricavata a posteriori, poiché la simulazione unidimensionale permette di calcolare un unico valore di velocità medio per l'intera sezione. In particolare, il procedimento utilizzato prevede di suddividere la sezione in "fette" verticali, di ripartire su di esse la portata complessiva in funzione dei relativi parametri idraulici e di calcolare la velocità come rapporto tra portata di competenza e area.

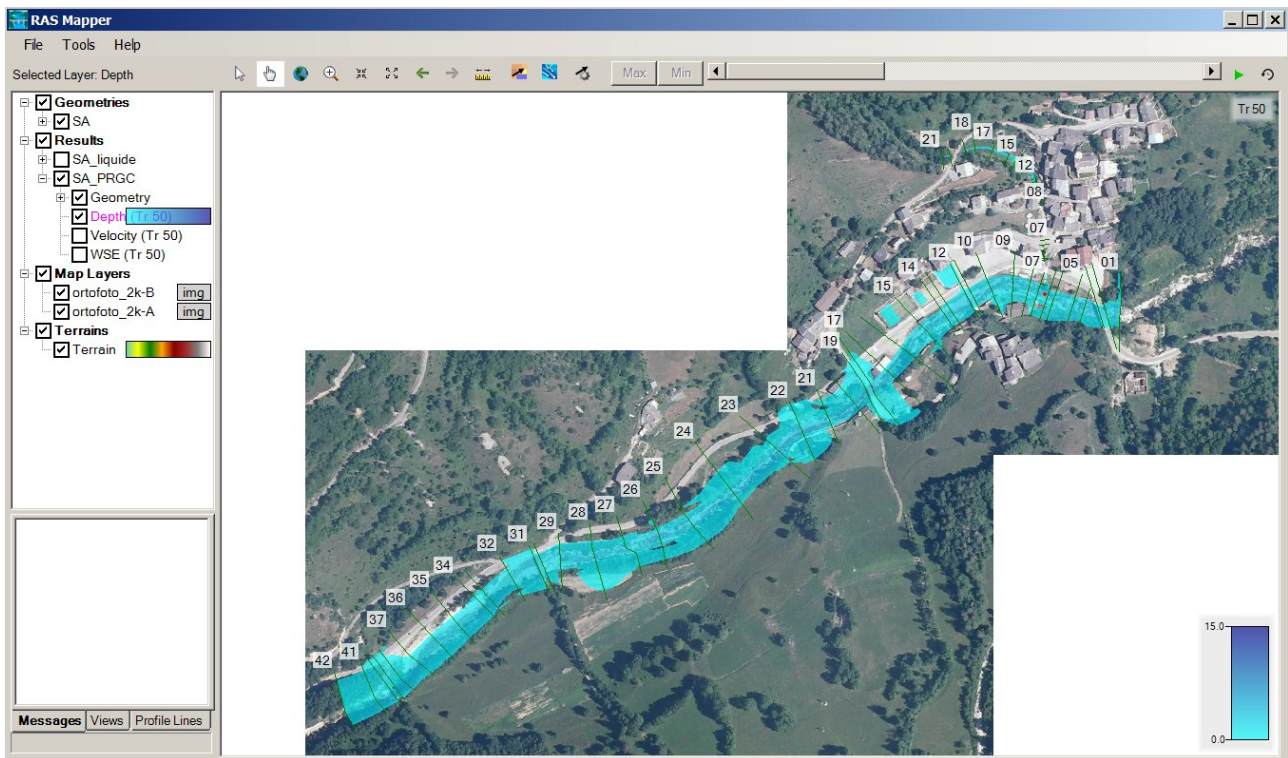


Figura 5.3 - Schermata del software RAS Mapper rappresentante la mappa delle altezze d'acqua

6. MAPPATURA DELLE AREE A PERICOLOSITÀ DI ESONDAZIONE

Il presente capitolo descrive i criteri generali impiegati per l'individuazione delle aree a diversa pericolosità di esondazione e le valutazioni di dettaglio condotte allo scopo di verificare ed eventualmente affinare la perimetrazione.

6.1 Criteri generali per l'individuazione delle aree a pericolosità di esondazione

L'individuazione delle aree a pericolosità di esondazione è stata condotta in accordo a quanto previsto dal paragrafo 1.10.1 della D.G.R. 7/04/2014, n. 64-7417 *Indirizzi procedurali e tecnici in materia di difesa del suolo e pianificazione urbanistica*.

Nello specifico, si è operato nel modo seguente:

1. le aree, per le quali le mappe di altezza d'acqua (cfr. § 5.5) con tempi di ritorno 50, 200 e 500 anni presentano valori maggiori di 0, sono state classificate rispettivamente come aree Ee, Eb ed Em di prima approssimazione (§ 1.4.2.2 della D.G.R. 7/04/2014, n. 64-7417);
2. sulla base della mappa di altezza d'acqua con tempo di ritorno 200 anni e della mappa della velocità con medesimo tempo di ritorno, in ambiente GIS sono state ricavate le aree Ee, Eb ed Em di seconda approssimazione in accordo al seguente grafico, estratto dal § 1.10.1 della succitata D.G.R.;

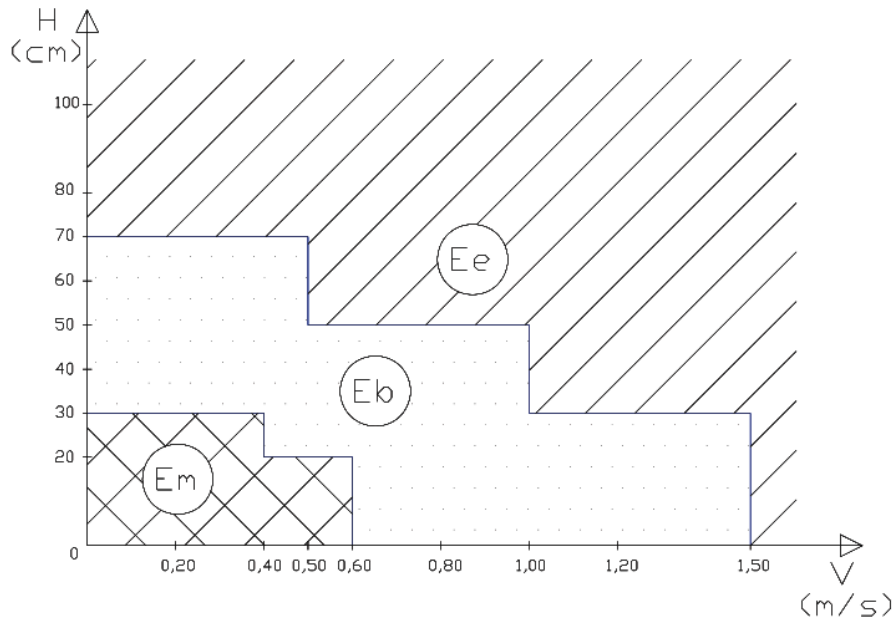


Figura 6.1 - Criterio di classificazione in aree Ee, Eb ed Em a partire dai valori di tirante idrico e velocità con tempo di ritorno 200 anni

- le aree Ee, Eb ed Em di prima e seconda approssimazione sono state “combinare” al fine di giungere all’individuazione complessiva di tali aree; in particolare, le aree Ee ed Em di prima approssimazione sono state estese con quelle di seconda approssimazione e queste ultime sono state sottratte dalle Eb di prima approssimazione.

6.2 Valutazioni di dettaglio e perimetrazione definitiva

L’individuazione delle aree Ee, Eb ed Em di cui al precedente paragrafo è stata affinata tratto a tratto verificando che i risultati fossero in linea con quanto atteso sulla base dello stato dei luoghi (utile, ad es., per l’individuazione di errori materiali nella predisposizione del modello idraulico, nelle interpolazioni effettuate dal software ecc.) e modificando alcuni comportamenti puntuali che la simulazione unidimensionale non è, per sua natura, in grado di rappresentare correttamente (ad es., direzioni di deflusso non ortogonali alle sezioni, gradualità nei percorsi da e verso le aree golenali, ecc.).

Di seguito si analizzano per tratti le perimetrazioni definitive delle aree Ee, Eb ed Em del rio Preit e del Rio di Grange Gai; negli estratti che seguono, la perimetrazione delle aree Ee, Eb ed Em è rappresentata rispettivamente in rosso, blu e verde.

6.2.1 Rio Preit

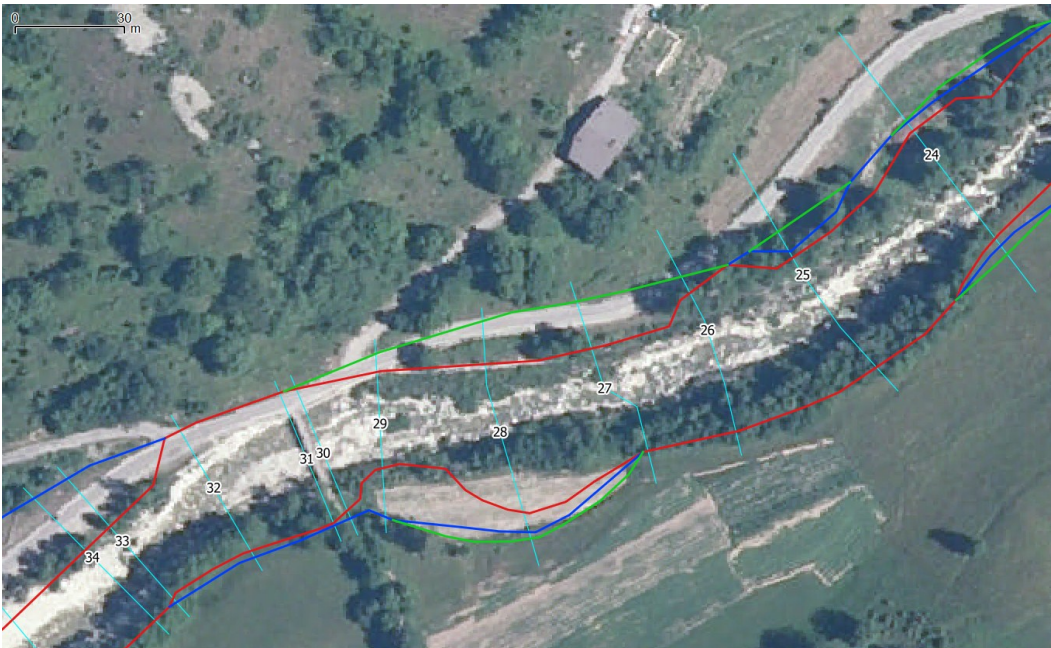
Tratto compreso tra le sezioni 42 e 33



Nell'intorno della passerella in legno Po_1p (sezioni 40-39), la perimetrazione dell'area Ee ricalca sostanzialmente le aree coinvolte dal deflusso della piena con Tr 50 anni (diffusa esondazione a monte del ponte con interessamento della strada provinciale e successivo rientro verso l'alveo inciso laddove questo si allarga sensibilmente); soltanto nel tratto di rientro l'area Ee è leggermente più estesa dell'area esondata con Tr 50 anni, poiché viene coinvolta attivamente dal deflusso della portata con Tr 200 anni.

L'area Eb, rispetto al deflusso della piena con Tr 200 anni, è stata allargata in sinistra fino al piede della scarpata poiché è probabile che una parte dell'acqua di esondazione non rientri nell'alveo inciso e defluisca verso l'area attrezzata.

Tratto compreso tra le sezioni 33 e 24

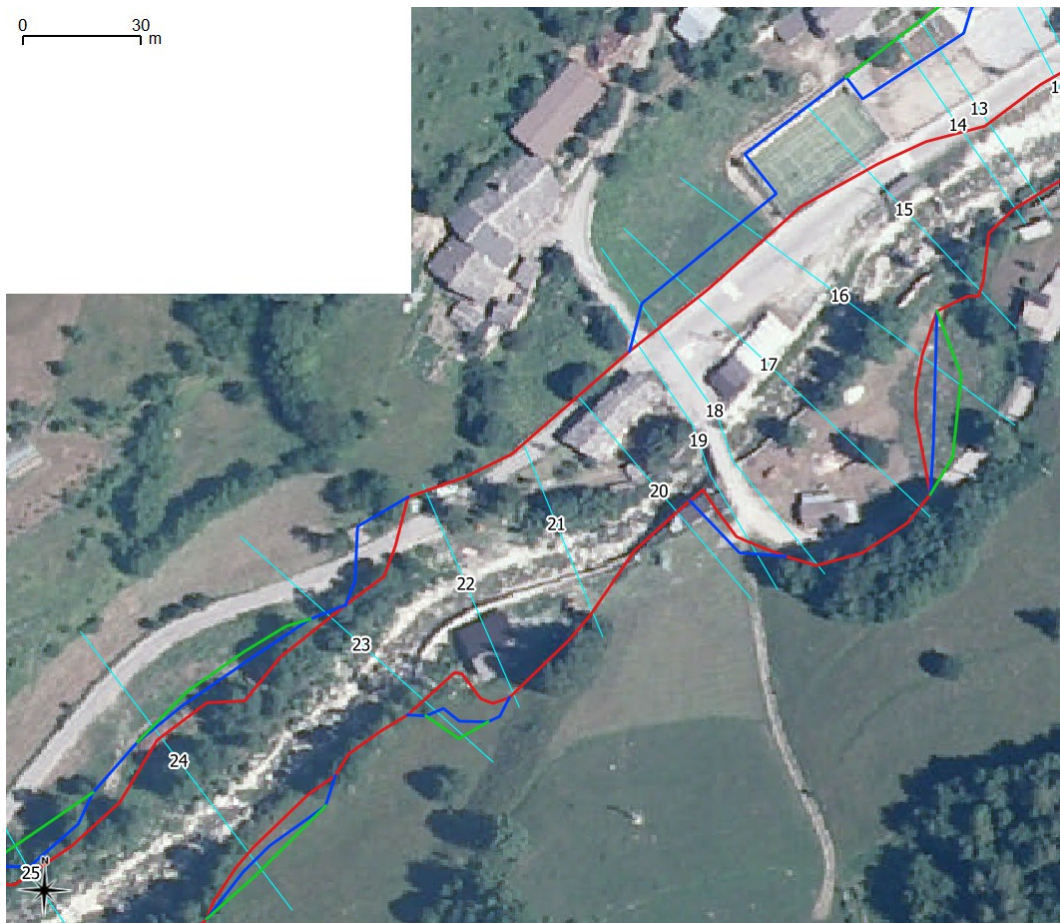


L'area Ee corrisponde per buona parte al deflusso della piena con Tr 50 anni, caratterizzato da un'esondazione con interessamento della strada provinciale per effetto del ponte Po_2p (sezioni 31-30) ed alcune esondazioni puntuali che, tuttavia, coinvolgono soltanto aree golenali.

Gli scostamenti più evidenti rispetto alla piena Tr 50 anni si registrano in corrispondenza delle sezioni 30-29 e 26-25, laddove la classificazione Ee è determinata da un coinvolgimento attivo da parte della piena con Tr 200 anni.

La perimetrazione delle aree Eb ed Em ricalca esattamente l'individuazione effettuata sulla base dei criteri generali di cui al precedente paragrafo ad eccezione del tratto in sinistra compreso tra le sezioni 30 e 26: i risultati del modello idraulico non mostrano alcuna esondazione, tuttavia si è ritenuto opportuno classificare quest'area come Em poiché non si può escludere che venga interessata da parte dell'acqua esondata a monte del ponte Po_2p.

Tratto compreso tra le sezioni 24 e 14



In questo tratto, l'area Ee si discosta maggiormente dalle aree di deflusso della portata di piena con Tr 50 anni principalmente in ragione delle aree coinvolte attivamente (ovvero con velocità e/o tiranti elevati) dalla piena con Tr 200 anni.

Tale condizione si osserva in particolare nel tratto compreso tra il ponte Po_3p (sezioni 19-18) e la sezione 14, laddove l'alveo inciso è alquanto "sacrificato" per cui una parte consistente della portata è costretta a defluire all'interno delle aree golenali, con interessamento della viabilità, del bar comunale e relativo piazzale e di un ricovero attrezzi; i risultati della simulazione effettuata mostrano che anche i campi sportivi risultano interessati dal deflusso della portata di piena Tr 50 anni, tuttavia in virtù della loro posizione maggiormente scartata si è ritenuto sufficiente attribuire un livello di pericolosità elevato piuttosto che molto elevato, per cui sono stati esclusi dalla perimetrazione dell'area Ee.

A monte del ponte Po_3p, invece, già con la portata Tr 50 anni si osserva una diffusa esondazione, poiché l'attraversamento è evidentemente sottodimensionato: in particolare, risultano coinvolti dalla dinamica torrentizia un'abitazione in sponda sinistra (già danneggiata durante l'evento alluvionale di giugno 1957) ed il ricovero mezzi a servizio delle piste da sci in sponda destra.

La perimetrazione delle aree Eb ed Em, invece, deriva essenzialmente dai criteri generali di cui al precedente paragrafo: fanno eccezione i campi sportivi, inseriti in Eb e non in Ee per quanto sopra esposto, ed il parco giochi prospiciente il campetto più basso, non direttamente coinvolto dal deflusso della piena con Tr 500 anni ma cautelativamente inserito in area Em al fine di tenere in conto un possibile interessamento da parte di acque provenienti dal campo più alto con energia, tuttavia, molto contenuta.

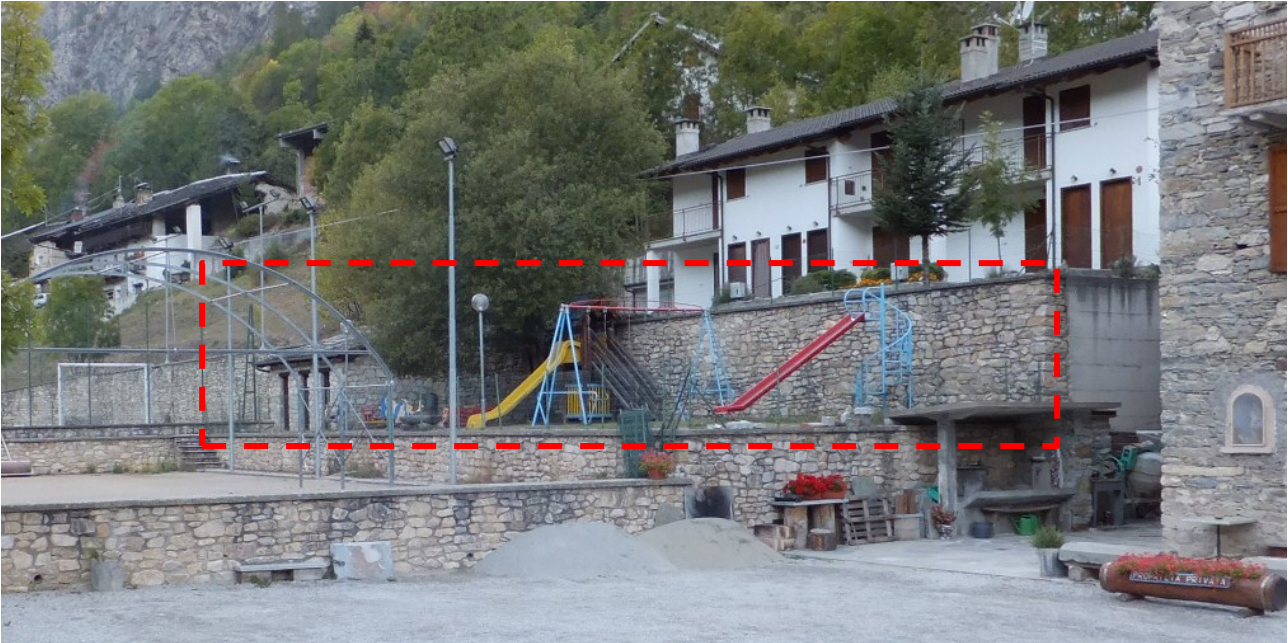
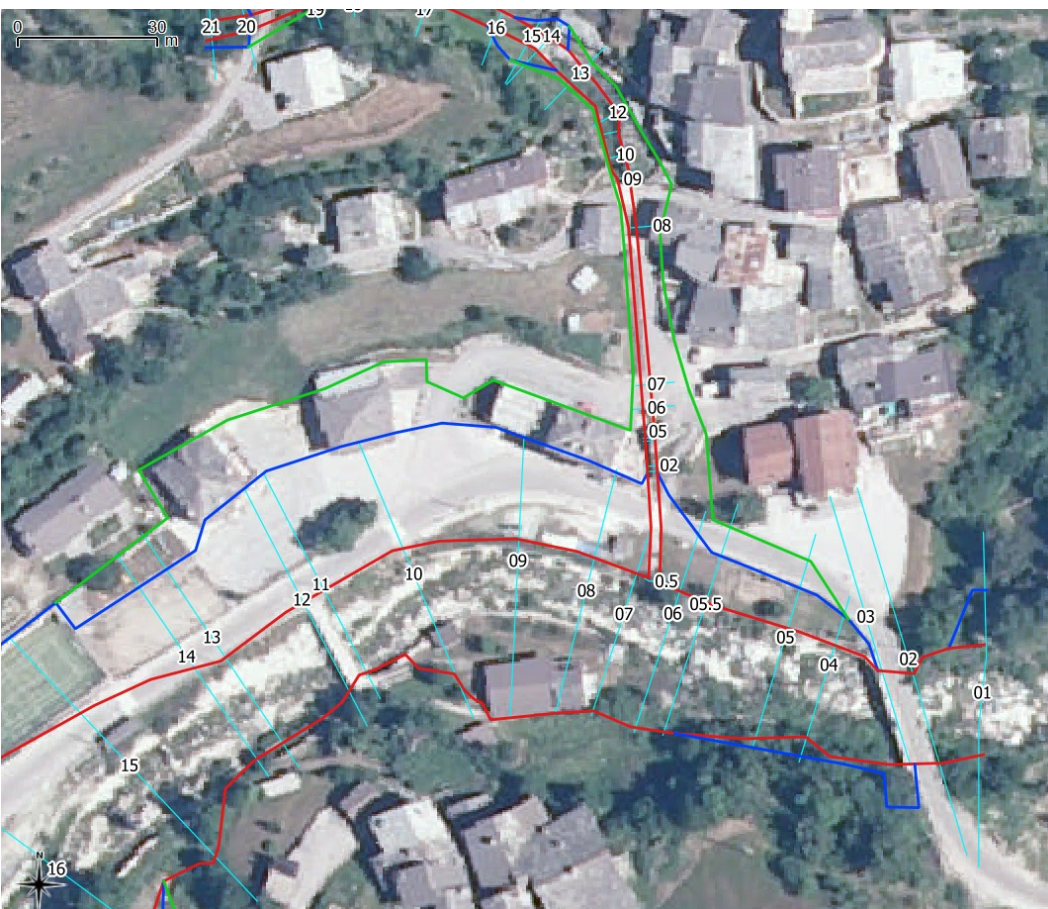


Figura 6.2 - Parco giochi inserito cautelativamente in area Em

Tratto compreso tra le sezioni 14 e 1



In quest'ultimo tratto, la perimetrazione dell'area Ee coincide quasi esattamente con l'area di deflusso della portata con Tr 50 anni, che vede un completo interessamento dell'antica segheria posta ai piedi

della borgata Ubacco (in accordo a quanto indicato dalle cronache dell'evento alluvionale di giugno 1957).

Si registra un unico scostamento in corrispondenza delle sezioni 12 e 11, laddove la simulazione indica un'esondazione in sponda sinistra già con la portata Tr 50 anni: considerato che il fenomeno è circoscritto a queste due sezioni, sulla base degli stessi presupposti impiegati in precedenza per i campi sportivi, si è ritenuto sufficiente classificare tale area a pericolosità elevata e non molto elevata, anche al fine di una maggior organicità delle aree a diverso livello di pericolosità (evitare perimetrazioni troppo articolate).

La perimetrazione dell'area Eb è stata rivista rispetto all'area di deflusso della portata con Tr 200 anni sulla base di quanto accaduto durante l'evento di giugno 1957 (cfr. § 3.1); in particolare:

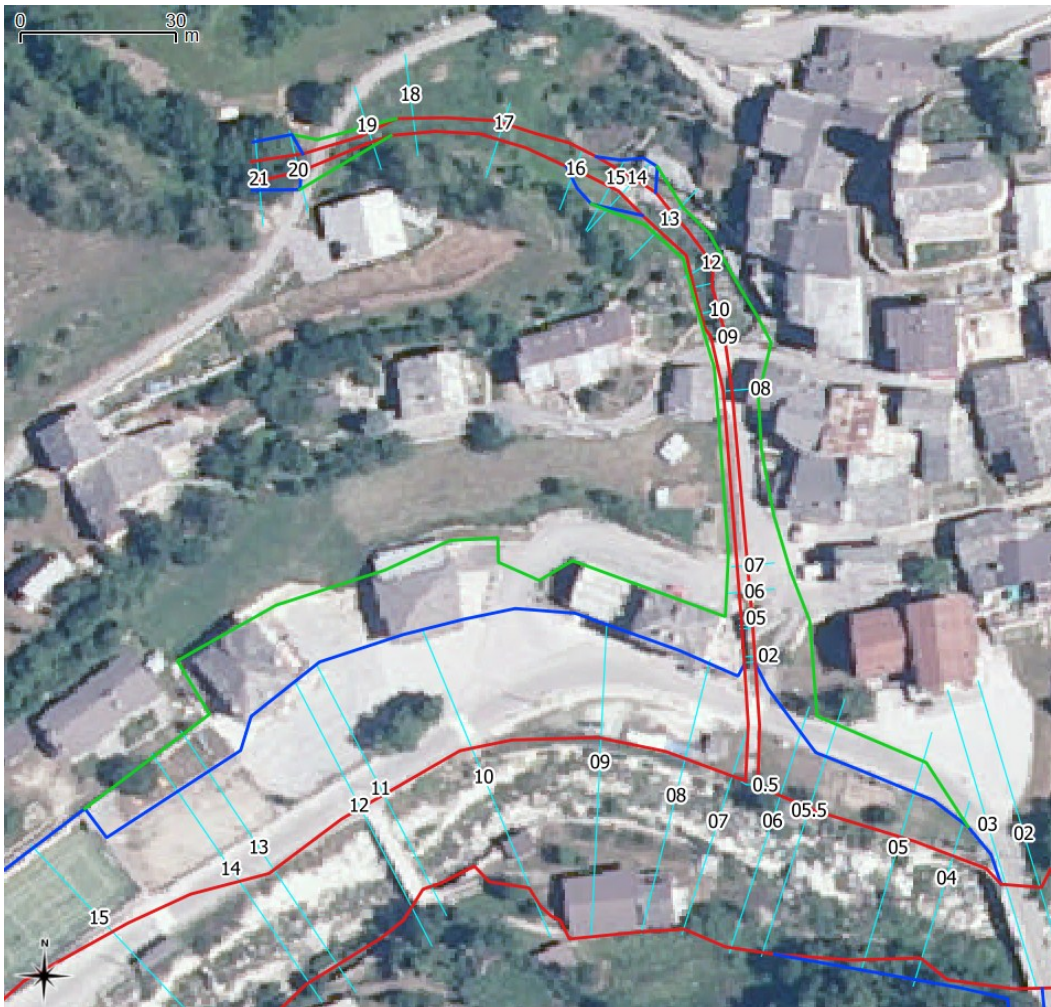
- in sponda destra, si è ritenuto opportuno inserire all'interno dell'area Eb l'edificio della ex centralina, pesantemente danneggiato e insabbiato secondo le cronache dell'epoca;
- in sponda sinistra, laddove i risultati del modello non indicano esondazioni, il limite dell'area Eb è stato allargato fino in corrispondenza del piede degli edifici prospicienti il corso d'acqua poiché, in occasione dell'evento del 1957, gli stessi riportarono danni ingenti.

A valle dell'immissione del Rio di Grange Gai, la perimetrazione dell'area Eb è stata raccordata progressivamente all'area di deflusso della portata con Tr 200 anni in modo da risultare completamente all'interno dell'alveo inciso entro il ponte della strada provinciale.

Anche per la perimetrazione dell'area Em, infine, ci si è discostati in maniera sensibile rispetto ai risultati del modello idraulico: cautelativamente, il limite di tale area è stato posto in corrispondenza del piede del versante ed è stato raccordato a quello derivante dal Rio di Grange Gai, così da delimitare una zona in cui i due corsi d'acqua concorrono a determinare una condizione di moderato pericolo con dinamiche tuttavia difficilmente prevedibili nel dettaglio.

Anche per la perimetrazione dell'area Em, infine, ci si è discostati in maniera sensibile rispetto ai risultati del modello idraulico: cautelativamente, il limite di tale area è stato posto subito a tergo dei due edifici posti a Ovest del Municipio (che, dalle cronache del tempo, sembra siano stati interessati dall'evento alluvionale di giugno 1957), senza tuttavia ricomprendere in area Em anche la strada che conduce al centro dell'abitato.

6.2.2 Rio di Grange Gai



L'area Ee coincide con l'area di deflusso della portata con Tr 50 anni; in particolare, a valle della sezione 9, ovvero dell'inizio del primo tratto tominato, i limiti dell'area Ee ricalcano l'ingombro della tominatura.

L'area Eb è stata definita in 3 punti: a monte dell'attraversamento di via Garzino Inferiore (ponte P_1), nell'intorno dell'attraversamento a guado Gu_1g ed all'imbocco della seconda tominatura.

A monte del ponte Po_1g, l'area Eb è determinata dall'effetto di rigurgito prodotto dall'attraversamento stesso e, cautelativamente, è stata tracciata in modo da ricomprendere tutto l'intero alveo del corso d'acqua.

In corrispondenza dell'attraversamento Gu_1g, l'area Eb è stata cautelativamente prolungata verso valle al fine di tenere in conto che parte della portata esondata a monte potrebbe percorrere un certo tratto all'esterno dell'alveo inciso prima di rientrare completamente all'interno dello stesso.

A monte dell'imbocco della seconda tominatura, invece, l'area Eb è determinata sostanzialmente dall'acqua di esondazione del rio Preit, per cui la perimetrazione è funzionale unicamente al raccordo con quella del rio Preit.

La perimetrazione dell'area Em è più ampia dell'area di deflusso della portata con Tr 500 anni; stante la particolare morfologia dei terreni interessati (contesto urbanizzato) e la conseguente difficoltà nel predire i reali percorsi di deflusso delle acque di esondazione, infatti, si è ritenuto opportuno adottare un criterio cautelativo ed attribuire un livello di pericolosità medio-moderato una relativamente ampia fascia spondale.

In particolare, nel tratto a valle della sezione 14, in sponda sinistra il limite dell'area Em dapprima coincide con il confine tra gli appezzamenti coltivati e la stradina, dopodiché si porta al piede degli edifici prospicienti la strada, si allarga progressivamente allo scopo di ricomprendere la strada sterrata che imbrocca nei pressi della fontana e scende fino alla strada provinciale ed infine si raccorda

all'area Em derivante dal rio Preit; in sponda destra, invece, il limite dell'area Em si colloca dapprima sul ciglio del muro di sponda Ms_2g (a valle del guado e fino all'imbocco della prima tombinatura), dopodiché passa al piede dell'edificio ed infine prosegue al piede del versante fino a raccordarsi a quello derivante dal rio Preit.

7. EFFICIENZA DEGLI ATTRAVERSAMENTI

All'interno del presente capitolo vengono discussi i risultati del modello idraulico con specifico riferimento al deflusso della portata di piena con Tr 100 anni in corrispondenza degli attraversamenti. Il riferimento normativo utilizzato per valutare l'efficienza dei ponti è costituito dalla *Direttiva contenente i criteri per la compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B* dell'AdBPO, approvata con delibera del Comitato Istituzionale n. 2 dell'11/05/1999 ed aggiornata con delibera n. 10 del 05/04/2006.

In particolare, ai fini della presente trattazione, si considera il criterio del *franco minimo* in corrispondenza della portata con tempo di ritorno pari a 100 anni, che prevede quanto segue:

«il minimo franco tra la quota idrometrica relativa alla piena di progetto e la quota di intradosso del ponte deve essere non inferiore a 0.5 volte l'altezza cinetica della corrente e comunque non inferiore a un 1.00 m; il valore del franco deve essere assicurato per almeno 2/3 della luce quando l'intradosso del ponte non sia rettilineo e comunque per almeno 40 m, nel caso di luci superiori a tale valore.

Il franco minimo tra la quota idrometrica relativa alla piena di progetto e la quota di sommità del rilevato di accesso al ponte (piano viabile) deve essere non inferiore a 0.5 volte l'altezza cinetica della corrente e comunque non inferiore a 1.00 m.»

Di seguito si riportano le portate di piena considerate ai fini della presente analisi.

Tratto di corso d'acqua	Q piena Tr 100
Rio Preit a monte dell'immissione del Rio di Grange Gai	197
Rio di Grange Gai	0.90
Rio Preit a valle dell'immissione del Rio di Grange Gai	197.90

Tabella 7.1 - Portate di piena considerate per la verifica dell'efficienza degli attraversamenti

Si specifica infine che tutti i ponti sono stati modellizzati sia per correnti che defluiscono senza toccare l'impalcato (*low flow*) sia per correnti che defluiscono toccando l'impalcato (*high flow*), come indicato nella figura seguente.

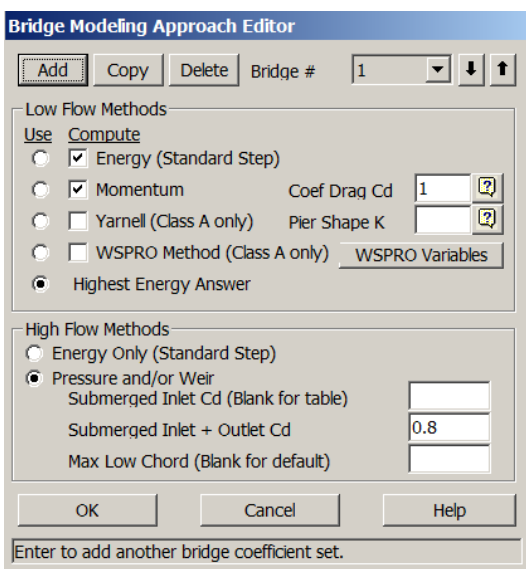
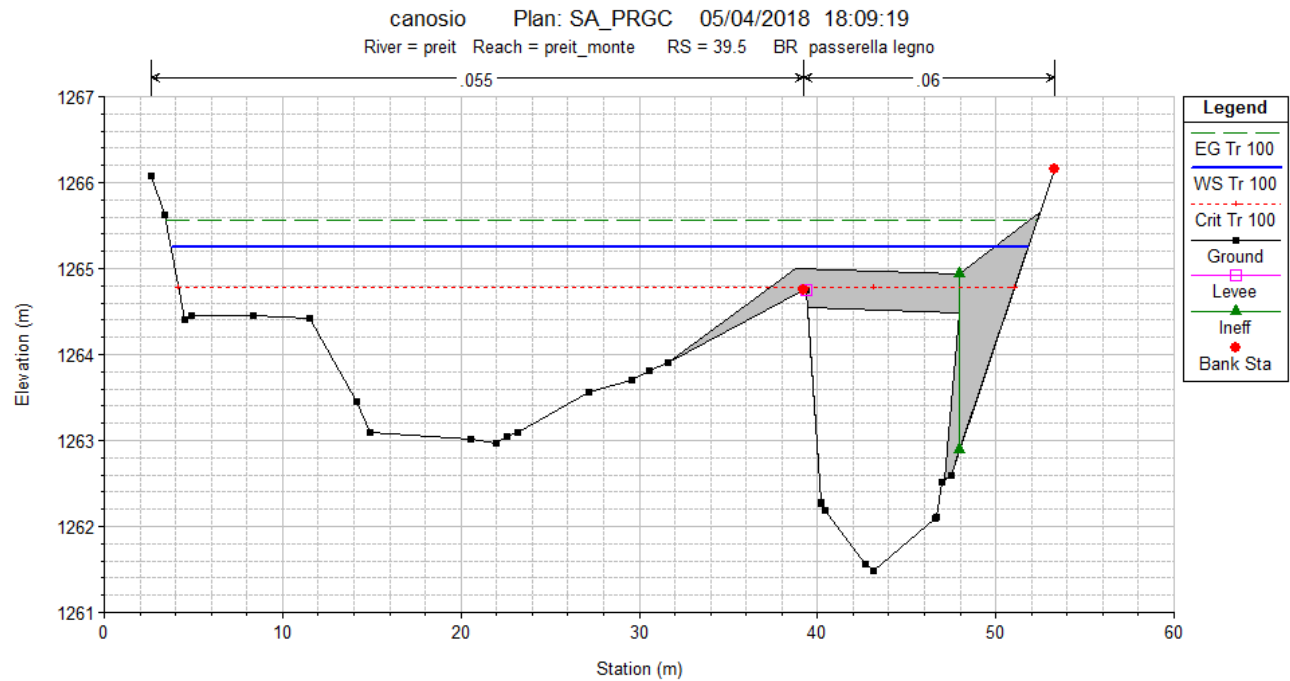
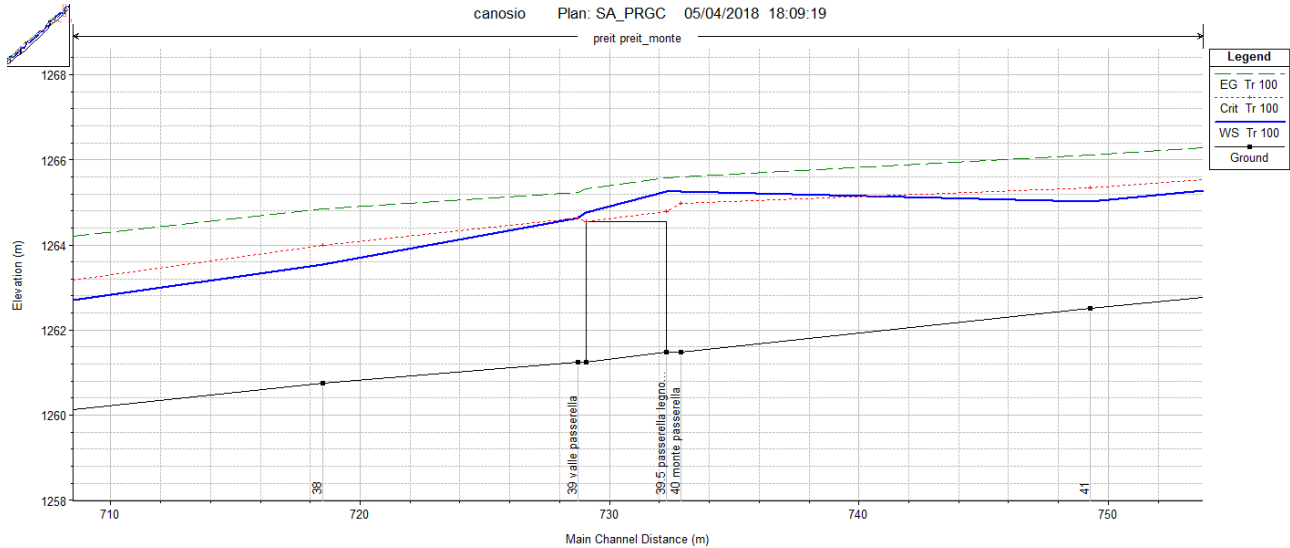


Figura 7.1 – Opzioni selezionate per la modellizzazione dei ponti

7.1 Rio Preit

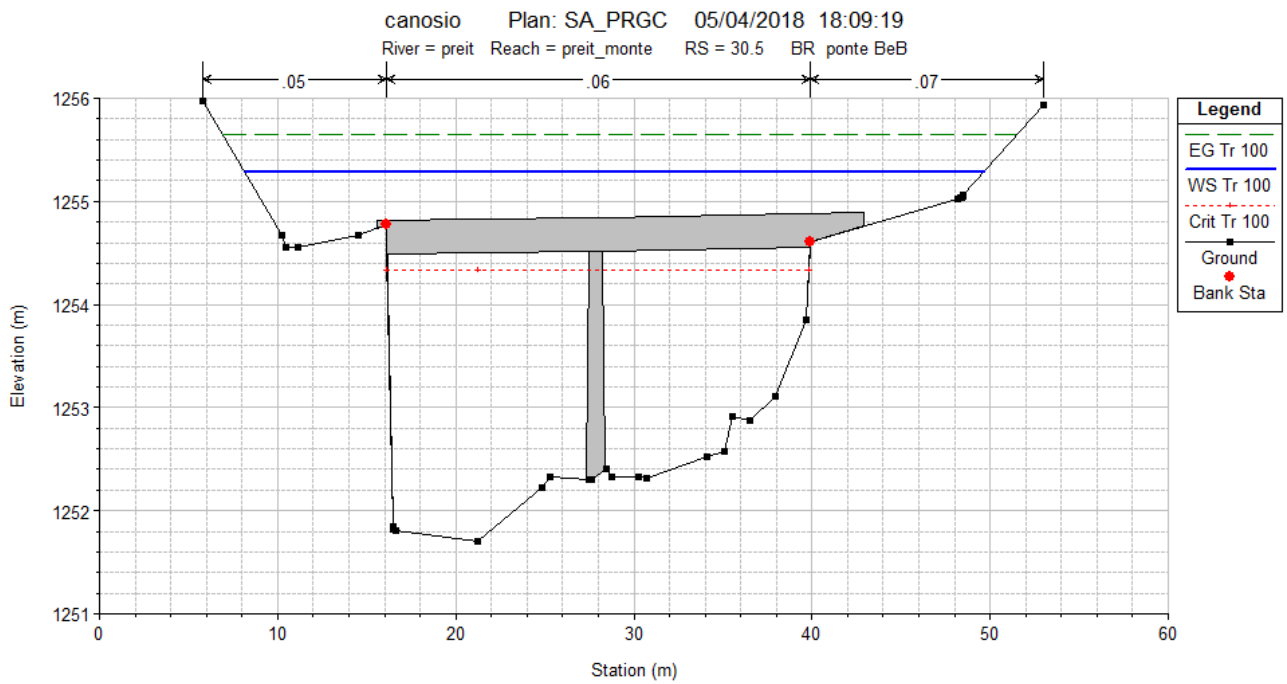
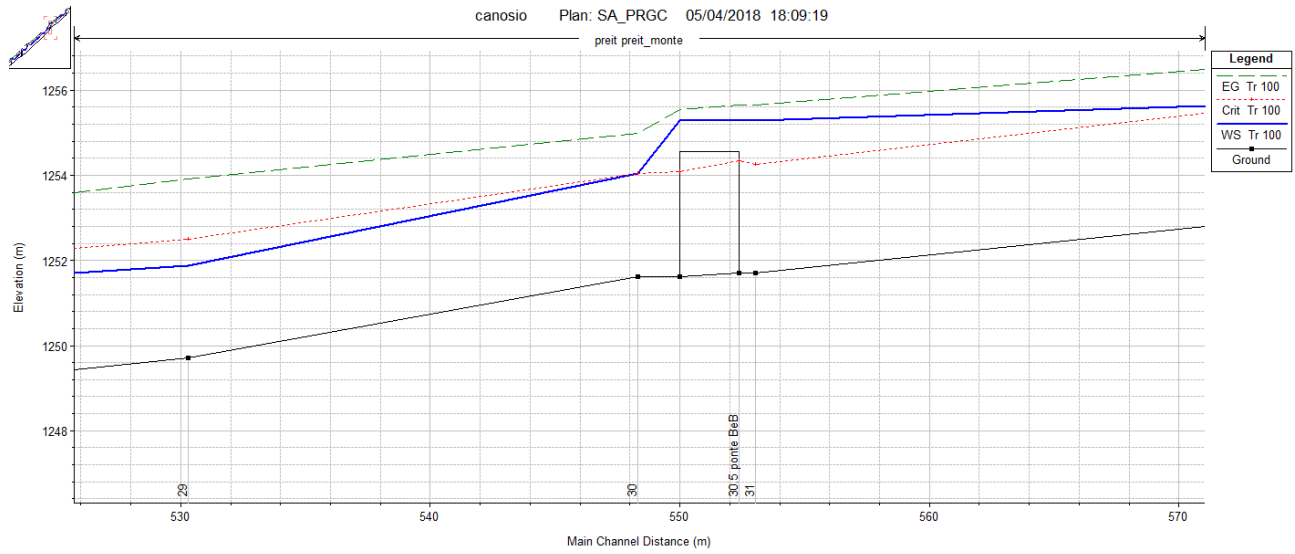
Ponte Po_1p

Il ponte risulta completamente sormontato, per cui il criterio del franco minimo non è rispettato.



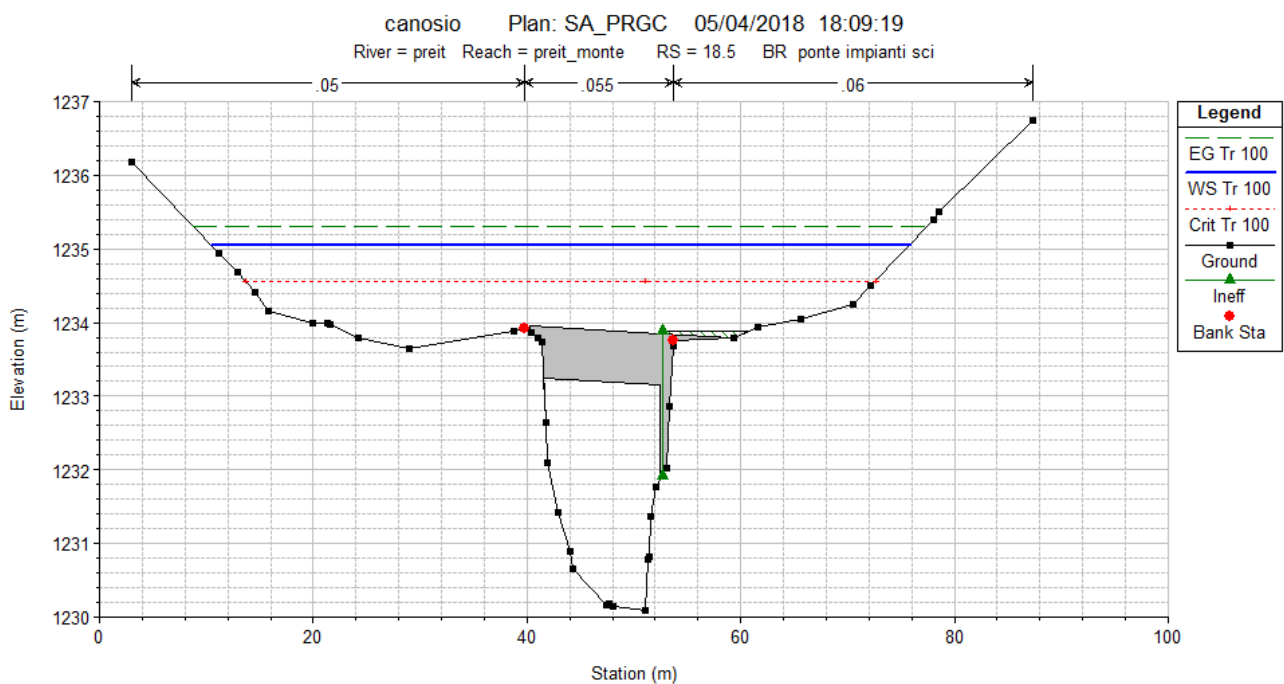
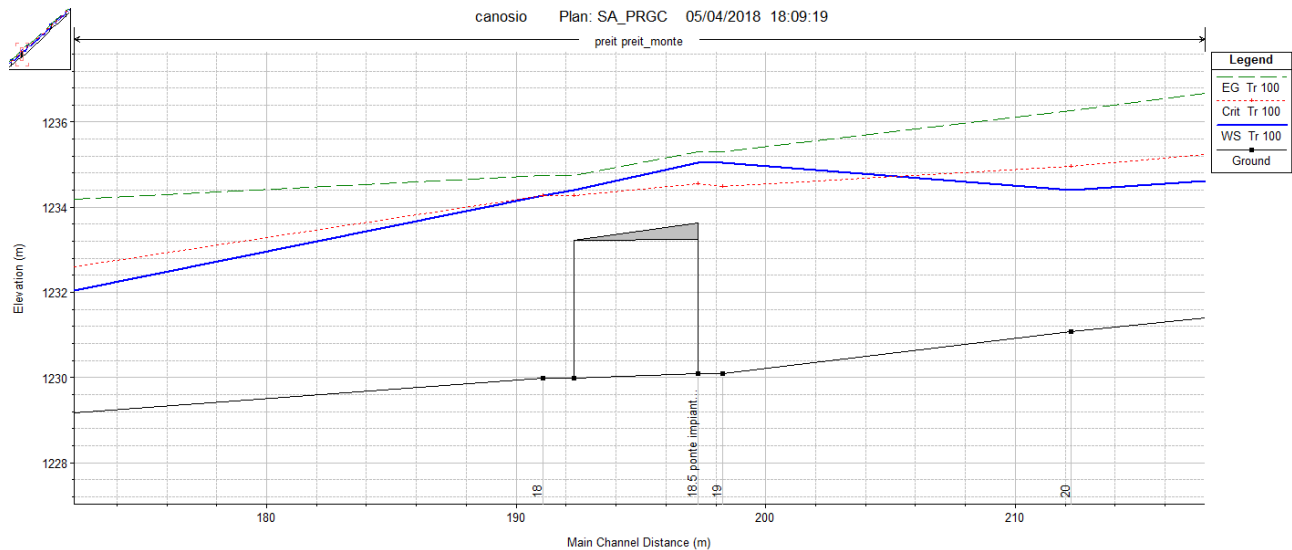
Ponte Po_2p

Il ponte risulta completamente sormontato, per cui il criterio del franco minimo non è rispettato.



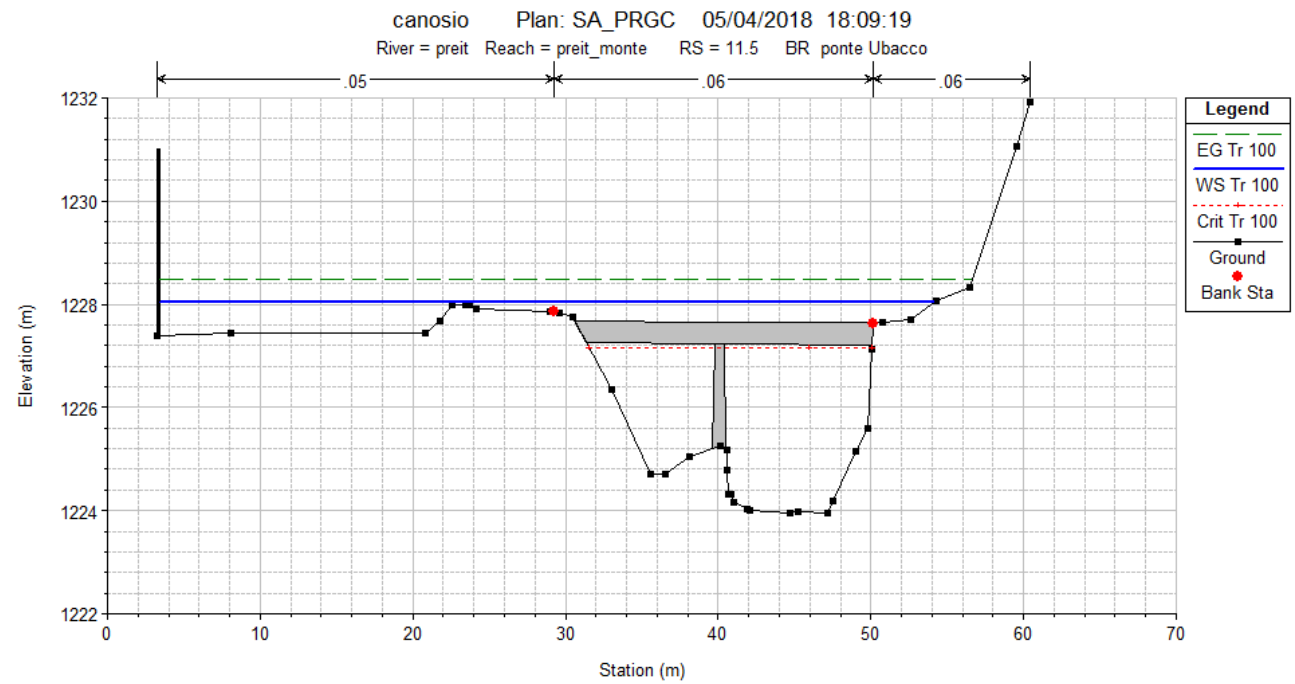
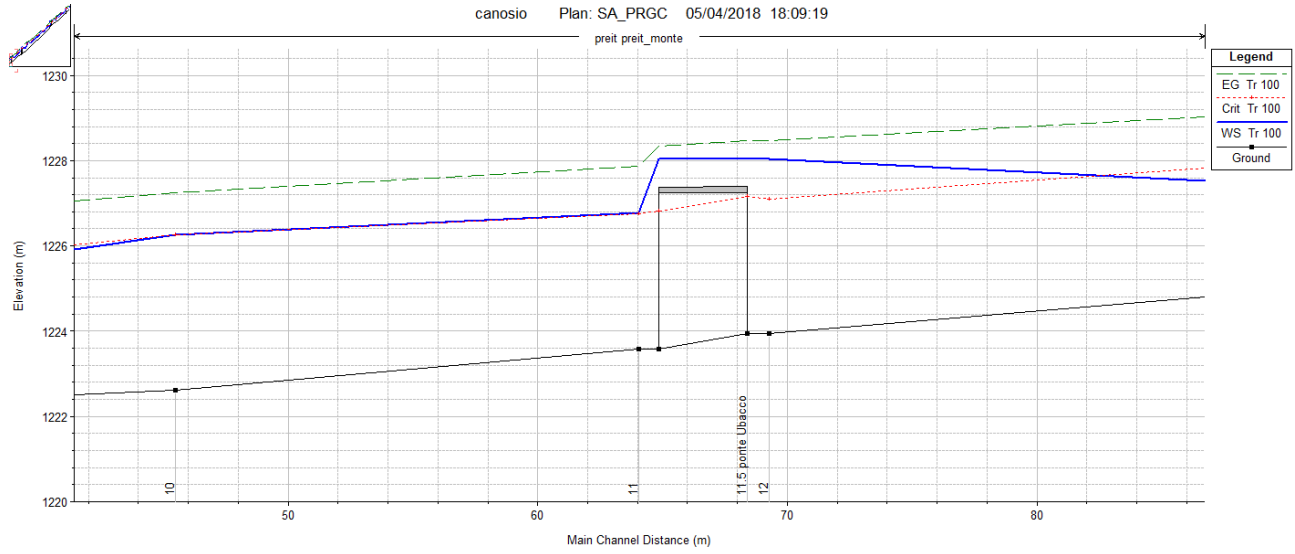
Ponte Po_3p

Il ponte risulta completamente sormontato, per cui il criterio del franco minimo non è rispettato. Si specifica che, rispetto a quanto indicato in Figura 7.1, per il ponte Po_3p è stato inserito un coefficiente di deflusso *Submerged Inlet + Outlet Cd* pari a 0.5 (anziché a 0.8): tale scelta, indice di una minor capacità di deflusso al di sotto dell'impalcato del ponte e dunque più cautelativa, è motivata dal fatto che, con coefficienti maggiori, il metodo iterativo alla base della simulazione non arrivava a convergenza e si venivano a creare delle incongruenze nei risultati (portate più basse che defluivano con livelli più alti di portate più alte).



Ponte Po_4p

Il ponte risulta completamente sormontato, per cui il criterio del franco minimo non è rispettato.



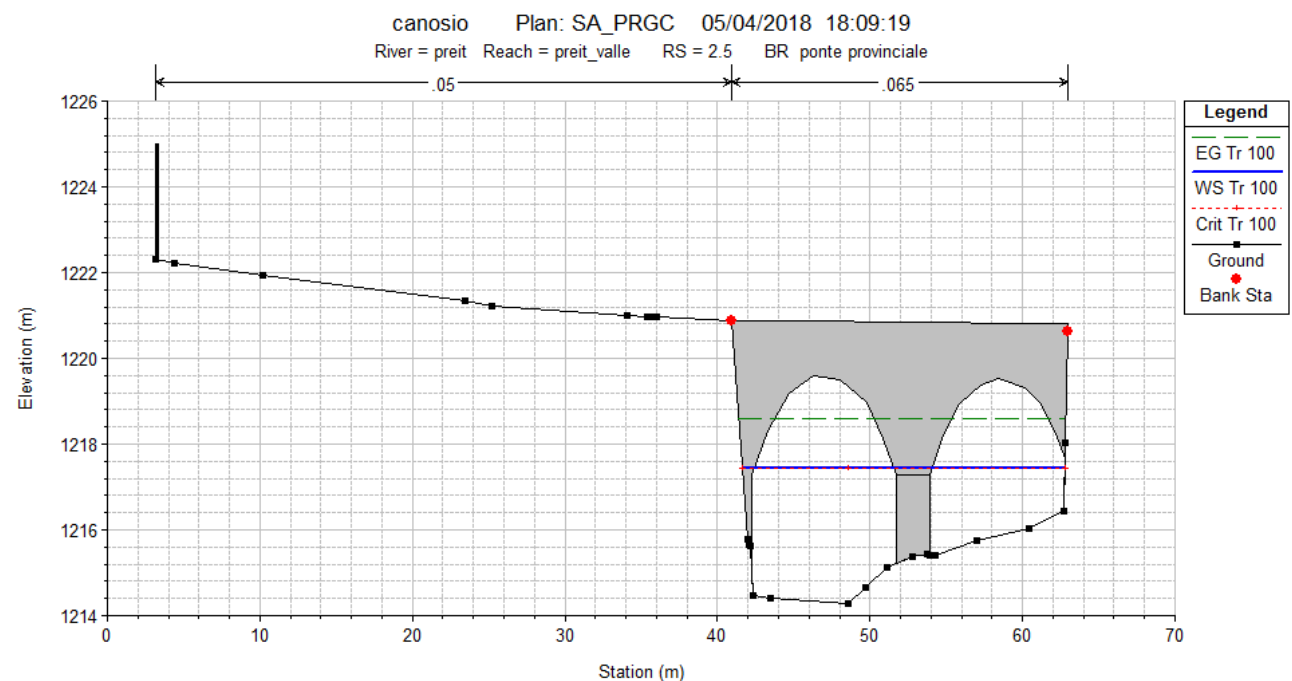
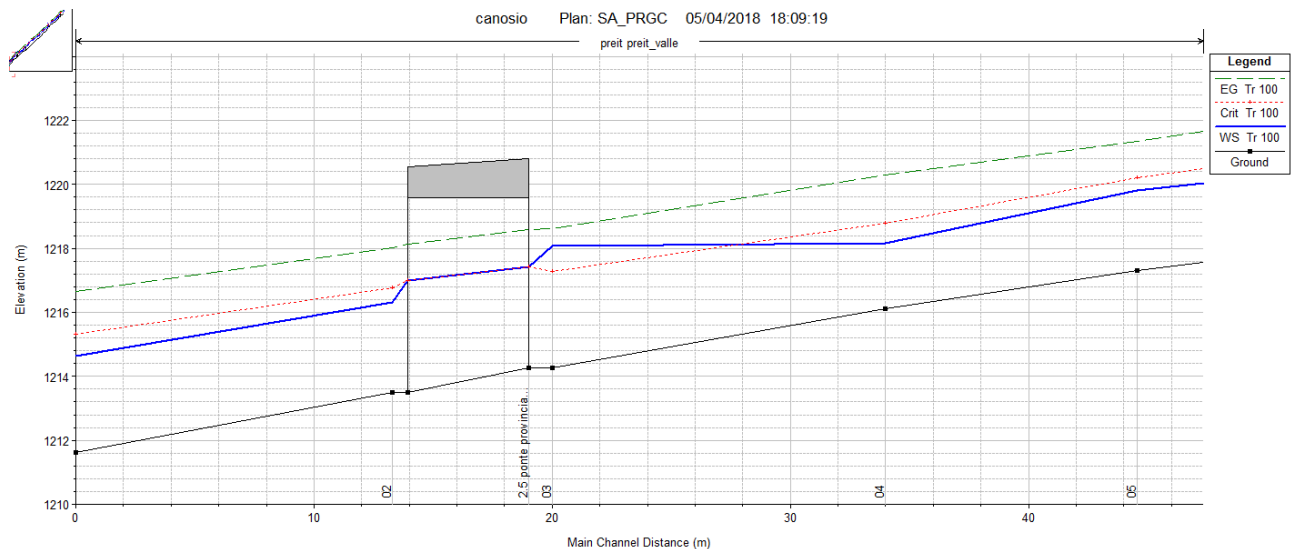
Ponte Po_5p

In corrispondenza della sezione 2.5, ovvero del filo di monte del ponte, la quota idrometrica è pari a 1217.43 m s.l.m. ed il carico cinetico è pari a 1.16 m.

L'intradosso del ponte è ad arco ed il punto più elevato è posto a quota 1219.54.

Considerato che il carico cinetico è minore di 2 m e l'intradosso del ponte non è rettilineo, il ponte è verificato se il franco è maggiore di 1 m per almeno 2/3 della luce.

Per ciascuna delle due luci del ponte, la corda dell'arcata posta a quota 1218.43 (ovvero 1 m al di sopra della quota idrometrica) è lunga 6.76 m, mentre la corda misurata alla base della stessa è lunga circa 9.40 m: il loro rapporto è dunque pari a 0.71, maggiore di 2/3, per cui il ponte è verificato.

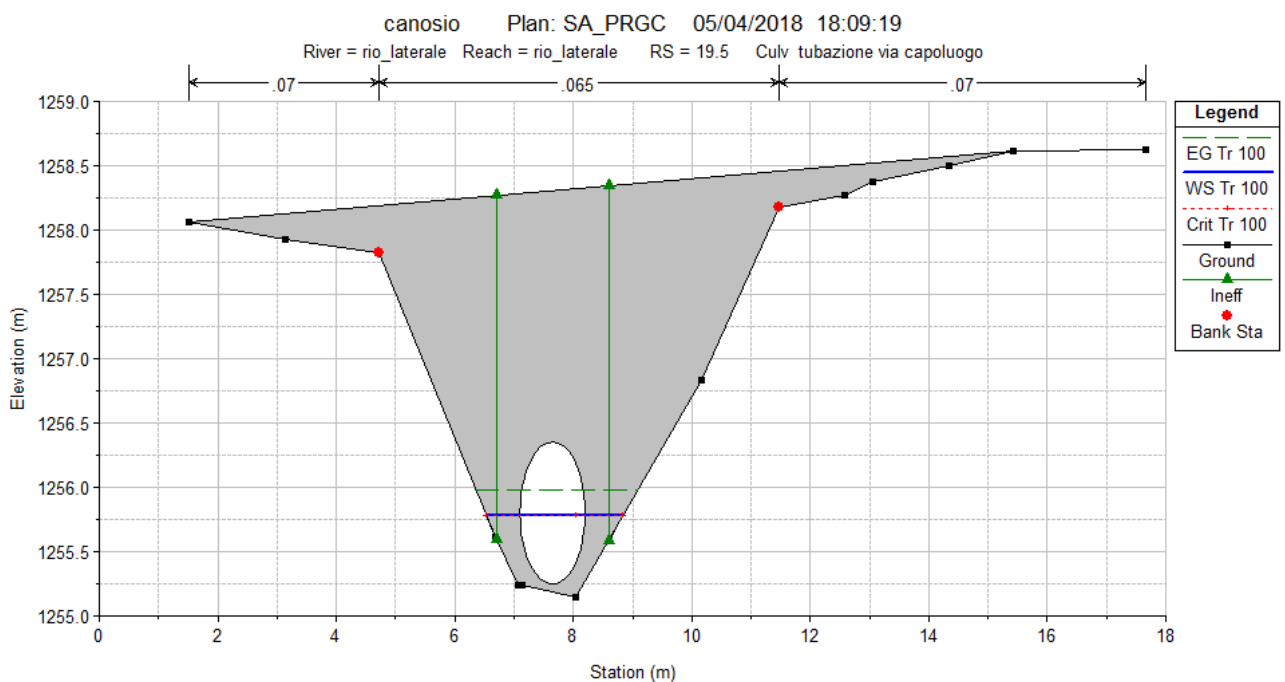
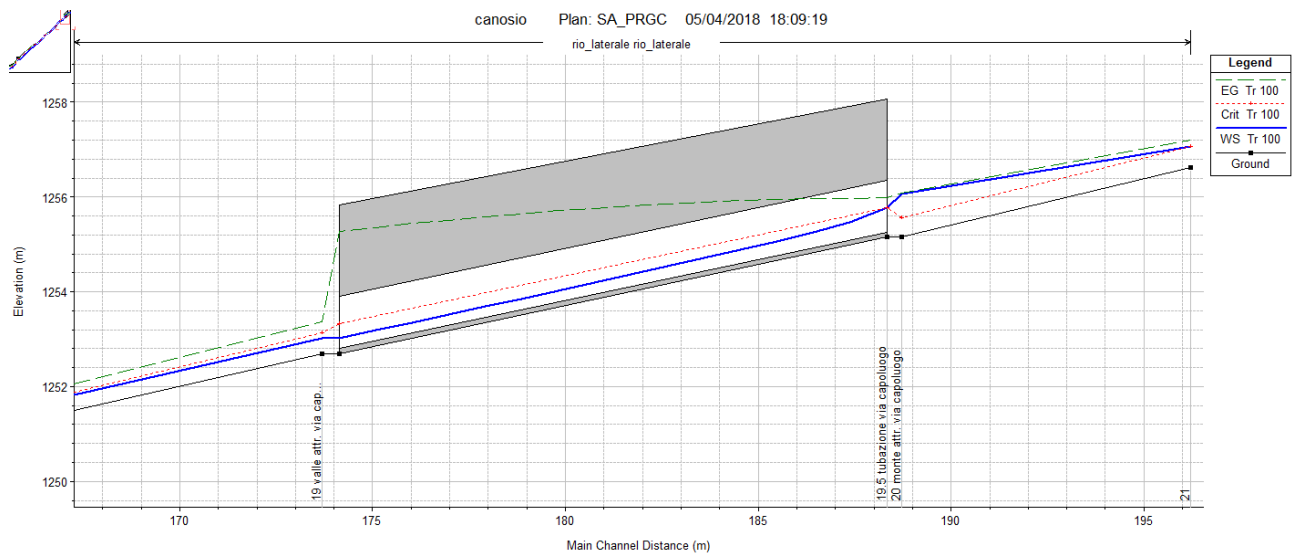


7.2 Rio di Grange Gai

Ponte Po_1g

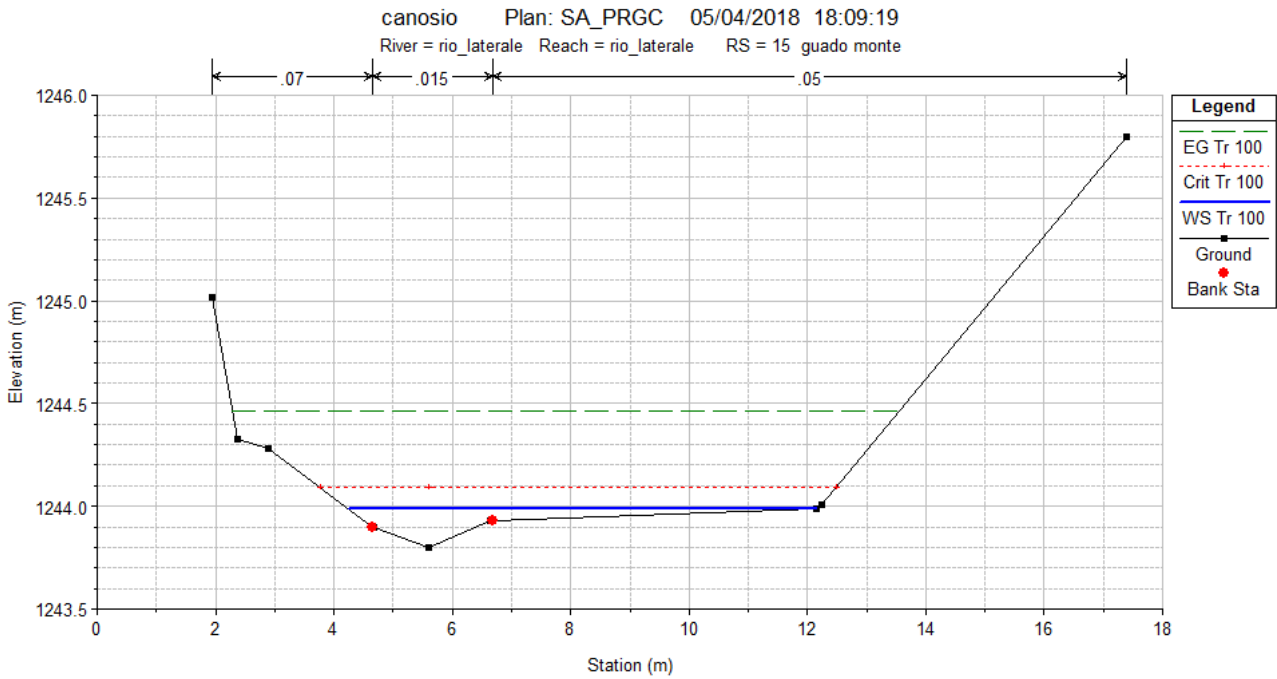
La tubazione in cls che costituisce la luce utile di deflusso ha un diametro di 1.10 m, per cui a rigore il ponte massimo tirante ammesso sarebbe pari a 0.10 m.

La portata con Tr 100 anni defluisce con un tirante di circa 40 cm: il criterio del franco minimo non è rispettato, tuttavia il deflusso avviene a pelo libero e la quota idrometrica rimane oltre 2 m al di sotto del piano viabile.



Attraversamento a guado Gu_1g

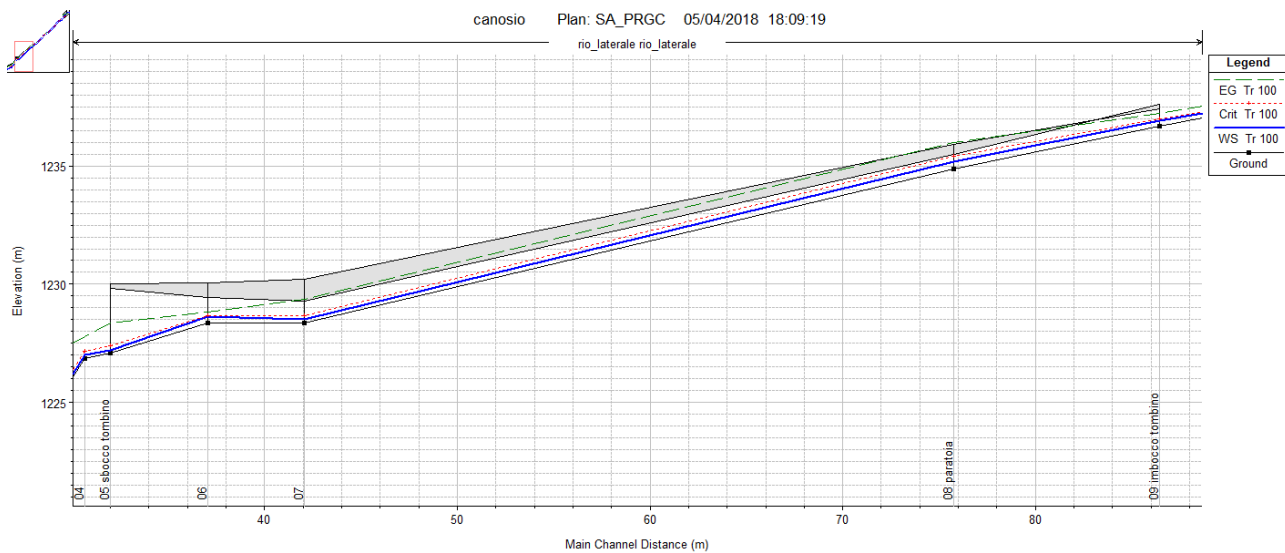
L'attraversamento a guado costituisce un evidente restringimento della sezione di deflusso del Rio di Grange Gai, in particolare per quanto riguarda la quota di fondo alveo: i risultati del modello idraulico, infatti, mostrano che la portata esonda su ambo le sponde.



Tombinatura To_1g

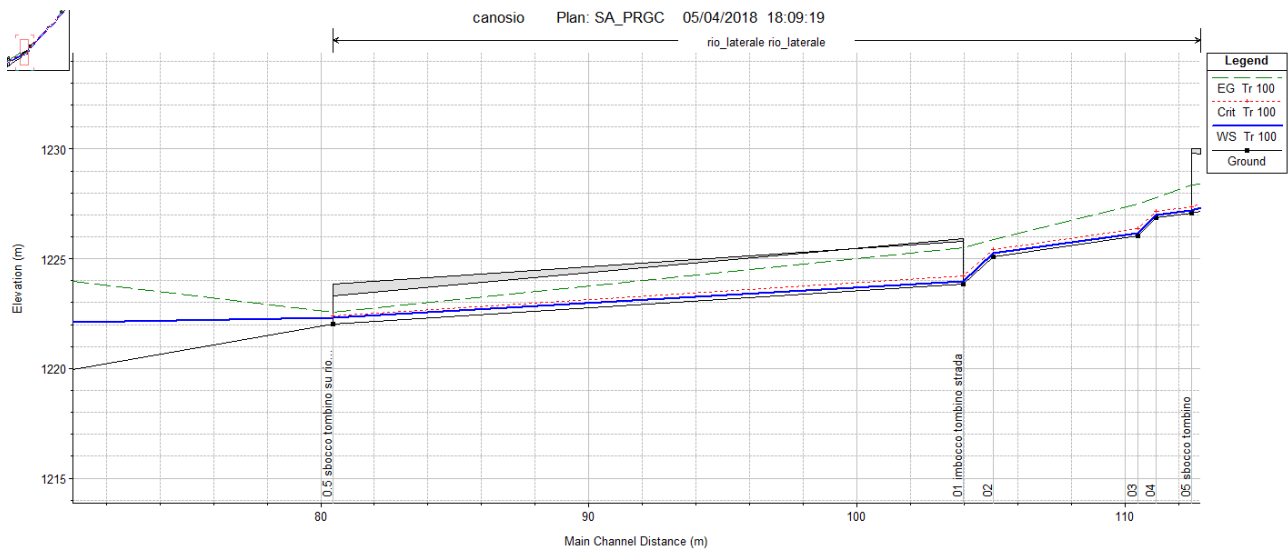
Per quasi tutta la sua lunghezza, la tombinatura ha una luce interna inferiore a 1 m, per cui il criterio del franco minimo non è applicabile.

I risultati del modello idraulico mostrano che il deflusso della portata con Tr 100 anni avviene a pelo libero; il livello energetico, tuttavia, è quasi ovunque al di sopra dell'intradosso, per cui la corrente potrebbe localmente arrivare a lambire lo stesso.



Tombinatura To_2g

I risultati del modello idraulico mostrano che il franco minimo (pari a 1 m in quanto il carico cinetico è inferiore a 2 m) è rispettato sia in corrispondenza della sezione iniziale sia in quella finale.



Si sottolinea che, poco a valle della sezione di imbocco, la tombinatura è attraversata da due tubazioni che riducono la luce interna a circa 0.7 m, per cui in questo tratto il criterio di cui sopra non è rispettato e la corrente potrebbe lambire l'intradosso.



8. ALLEGATI

- A Tabella di conversione da Corine Land Cover a Curve Number
- B Monografie dei capisaldi di rilievo
- C Risultati delle simulazioni idrauliche in condizioni di piena con Tr 50, 200 e 500 anni
- D Mappatura delle aree a pericolosità di esondazione

ALLEGATO A

TABELLA DI CONVERSIONE DA CORINE LAND COVER A CURVE NUMBER

Tabella dei valori di CN in funzione della tipologia di copertura del suolo Corine Land Cover e del gruppo idrologico del suolo (A, B, C e D) – fonte: software AdBToolbox

Tipologia copertura CLC	Gruppo A	Gruppo B	Gruppo C	Gruppo D
111	92	94	96	98
112	84	86	88	90
121	92	94	96	98
122	98	98	98	98
123	98	98	98	98
124	98	98	98	98
131	75	77	84	86
132	75	77	84	86
133	75	77	84	86
141	84	86	88	90
142	84	86	88	90
211	65	72	78	84
212	65	72	78	84
213	65	72	78	84
221	38	45	60	70
222	38	45	60	70
223	38	45	60	70
231	41	47	65	76
241	65	72	78	84
242	65	72	78	84
243	65	72	78	84
244	65	72	78	84
311	29	38	54	61
312	25	35	50	57
313	25	35	50	57
321	37	50	68	75
322	37	50	68	75
323	37	50	68	75
324	33	45	64	72
331	75	77	84	86
332	80	87	93	96
333	75	77	84	86
334	75	77	84	86
335	95	95	95	95
411	90	90	90	90
412	90	90	90	90
421	90	90	90	90
422	90	90	90	90
423	90	90	90	90
511	99	99	99	99
512	99	99	99	99
521	99	99	99	99
522	99	99	99	99
523	99	99	99	99

ALLEGATO B

MONOGRAFIE DEI CAPISALDI DI RILIEVO

Scheda monografica

Caposaldo di riferimento

1

Inquadramento territoriale

Regione Piemonte
Provincia Cuneo
Comune Canosio

Coordinate cartografiche - sistema di riferimento UTM-WGS84, fuso 32T

Nord	4 924 141.01	m
Est	347 244.92	m
Quota	1 232.99	m s.l.m.

Descrizione

Il caposaldo è costituito da un tassello ad espansione in acciaio infisso sul marciapiede in corrispondenza di un varco nel parapetto.

Estratto di mappa



Fotografie



Scheda monografica

Caposaldo di riferimento

Inquadramento territoriale

Regione Piemonte
Provincia Cuneo
Comune Canosio

Coordinate cartografiche - sistema di riferimento UTM-WGS84, fuso 32T

Nord	4 924 092.90	m
Est	347 258.85	m
Quota	1 233.92	m s.l.m.

Descrizione

Il caposaldo è costituito da un tassello ad espansione in acciaio infisso sul muretto di recinzione (lato N-E della strada) in prossimità del cancello.

Estratto di mappa



Fotografie



Scheda monografica

Caposaldo di riferimento

3

Inquadramento territoriale

Regione Piemonte
Provincia Cuneo
Comune Canosio

Coordinate cartografiche - sistema di riferimento UTM-WGS84, fuso 32T

Nord	4 924 195.67	m
Est	347 318.88	m
Quota	1 228.64	m s.l.m.

Descrizione

Il caposaldo è un caposaldo GPS del Ministero delle Finanze - Dip. Territorio - Catasto infisso sul muretto perimetrale del campo sportivo.

Estratto di mappa



Fotografie



Scheda monografica

Caposaldo di riferimento

4

Inquadramento territoriale

Regione Piemonte
Provincia Cuneo
Comune Canosio

Coordinate cartografiche - sistema di riferimento UTM-WGS84, fuso 32T

Nord	4 924 233.19	m
Est	347 357.35	m
Quota	1 227.08	m s.l.m.

Descrizione

Il caposaldo è costituito da un tassello ad espansione in acciaio infisso sul cordolo perimetrale del Municipio di Canosio.

Estratto di mappa



Fotografie



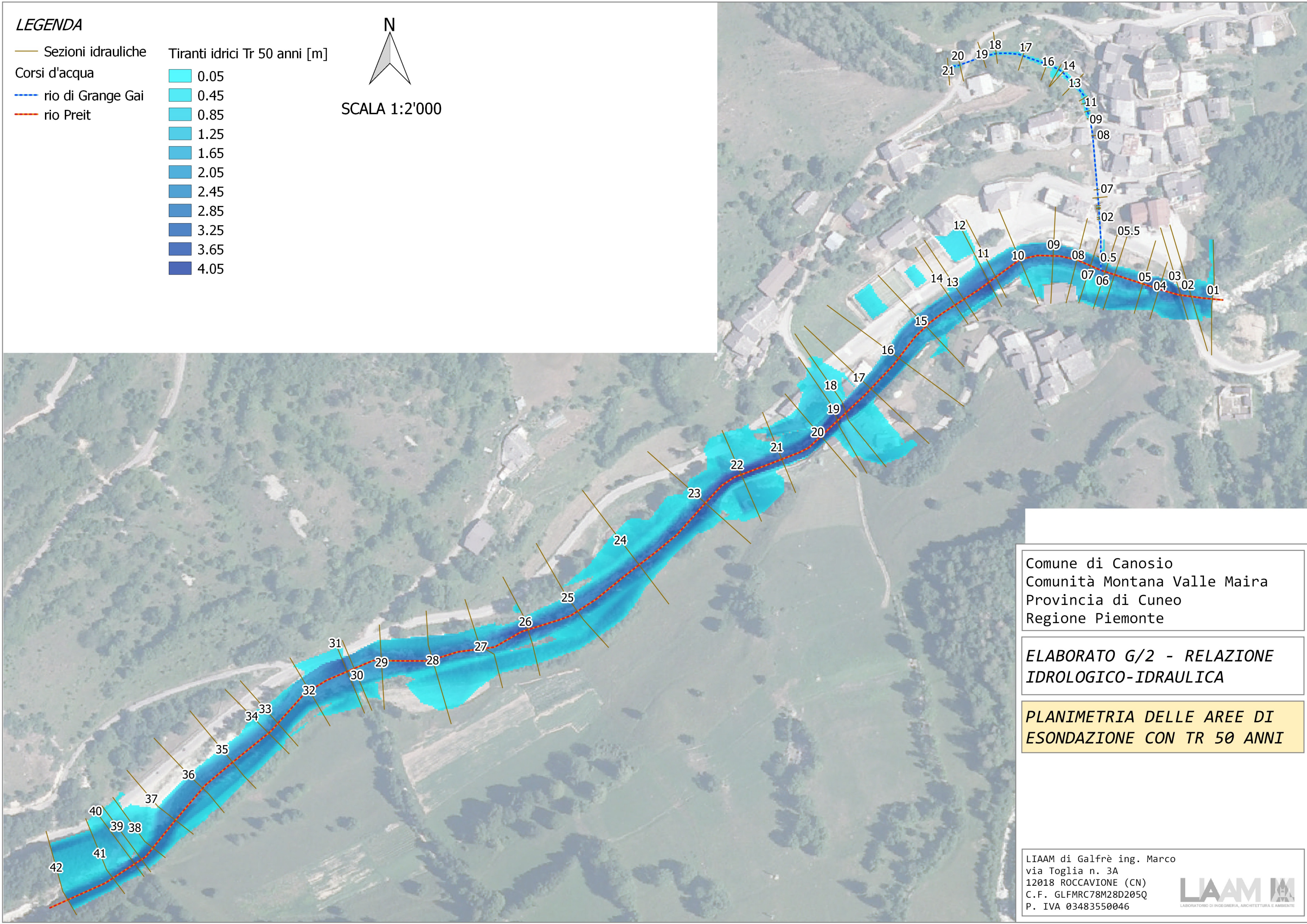
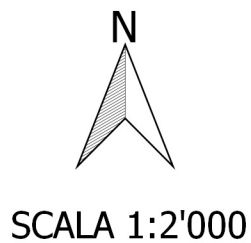
ALLEGATO C

**RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE IN CONDIZIONI DI PIENA
CON TR 50, 200 E 500 ANNI**

LEGENDA

- Sezioni idrauliche
- Corsi d'acqua
- rio di Grange Gai
- rio Preit

Tiranti idrici Tr 50 anni [m]
0.05
0.45
0.85
1.25
1.65
2.05
2.45
2.85
3.25
3.65
4.05




Comune di Canosio
Comunità Montana Valle Maira
Provincia di Cuneo
Regione Piemonte

**ELABORATO G/2 - RELAZIONE
IDROLOGICO-IDRAULICA**

**PLANIMETRIA DELLE AREE DI
ESONDAZIONE CON TR 50 ANNI**

LIAAM di Galfrè ing. Marco
via Toglià n. 3A
12018 ROCCAIONE (CN)
C.F. GLFMRC78M28D205Q
P. IVA 03483550046

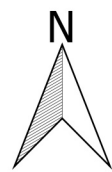


LEGENDA

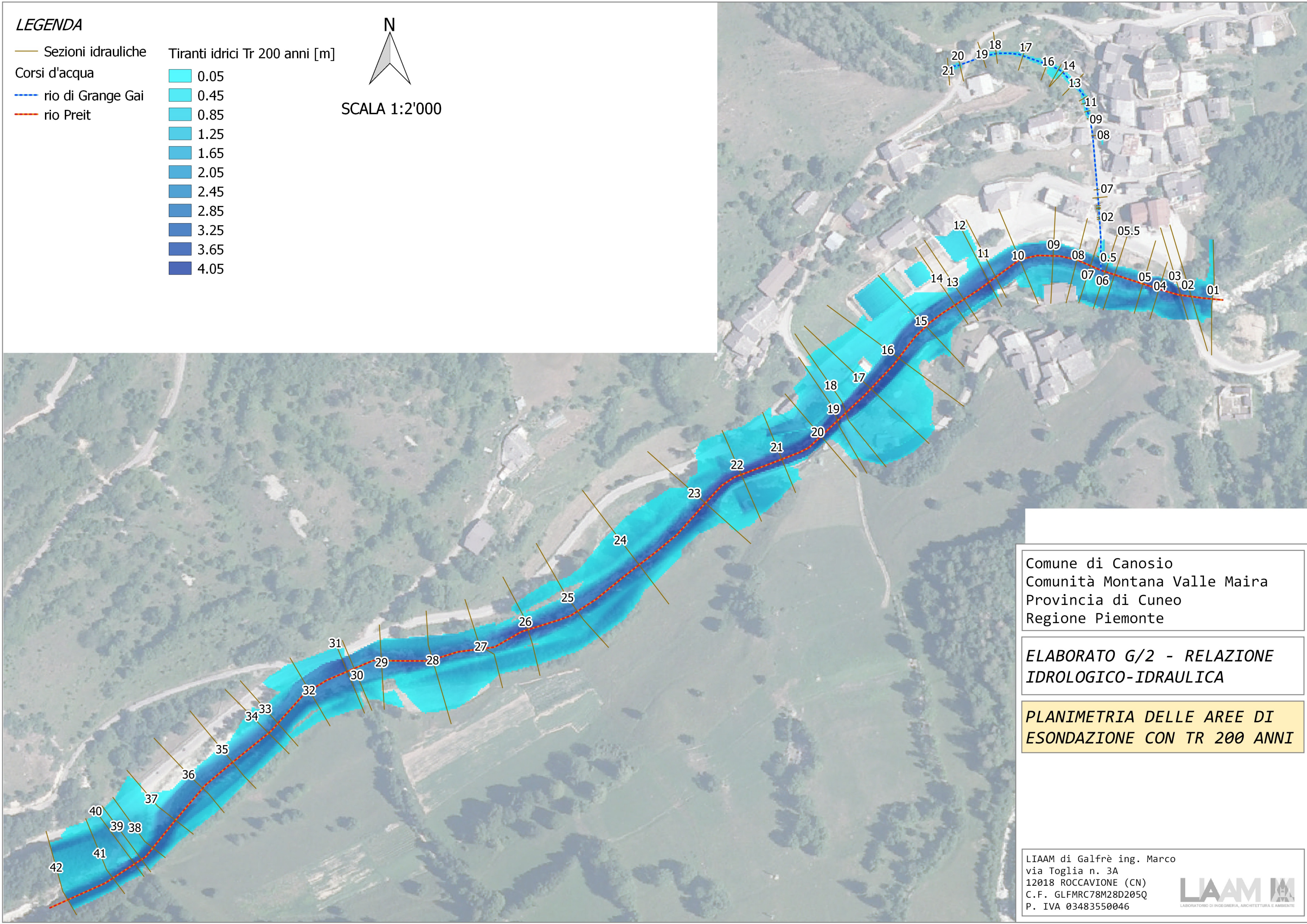
- Sezioni idrauliche
- Corsi d'acqua
- rio di Grange Gai
- rio Preit

Tiranti idrici Tr 200 anni [m]

0.05
0.45
0.85
1.25
1.65
2.05
2.45
2.85
3.25
3.65
4.05



SCALA 1:2'000



Comune di Canosio
Comunità Montana Valle Maira
Provincia di Cuneo
Regione Piemonte

**ELABORATO G/2 - RELAZIONE
IDROLOGICO-IDRAULICA**

**PLANIMETRIA DELLE AREE DI
ESONDAZIONE CON TR 200 ANNI**

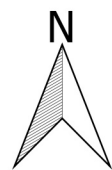
LIAAM di Galfrè ing. Marco
via Toggia n. 3A
12018 ROCCAIONE (CN)
C.F. GLFMRC78M28D205Q
P. IVA 03483550046



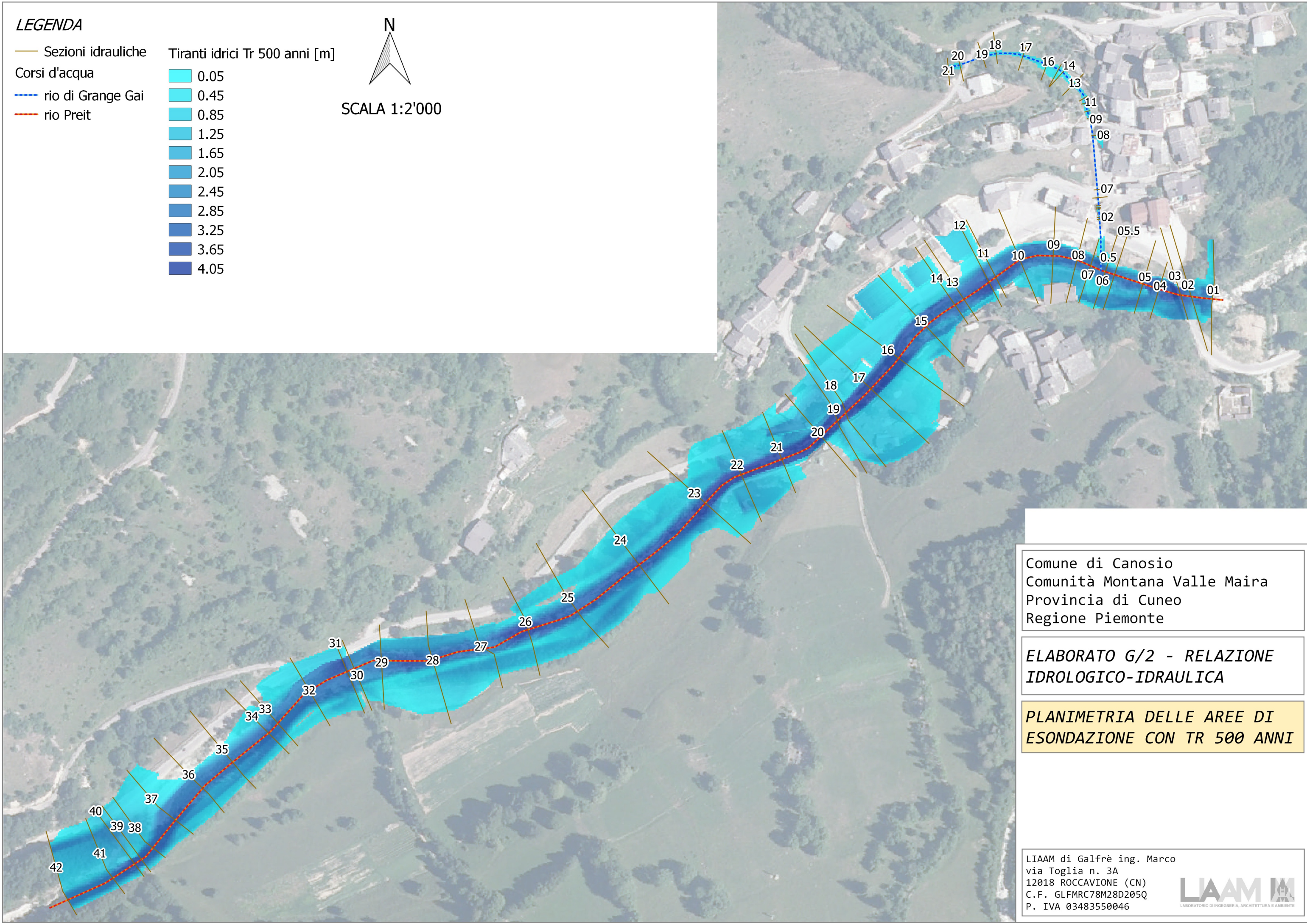
LEGENDA

- Sezioni idrauliche
- Corsi d'acqua
- rio di Grange Gai
- rio Preit

Tiranti idrici Tr 500 anni [m]	
	0.05
	0.45
	0.85
	1.25
	1.65
	2.05
	2.45
	2.85
	3.25
	3.65
	4.05



SCALA 1:2'000



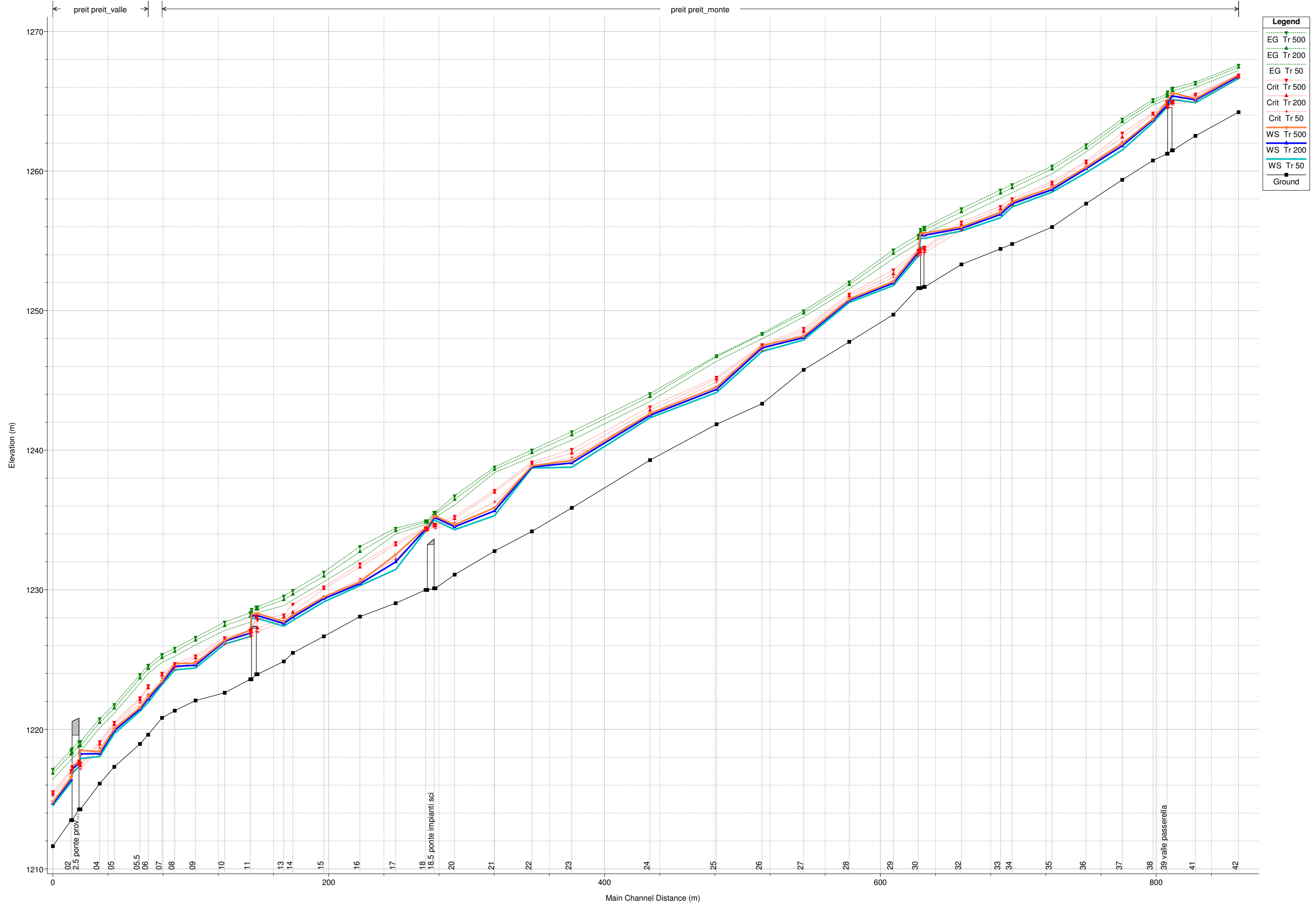
Comune di Canosio
Comunità Montana Valle Maira
Provincia di Cuneo
Regione Piemonte

**ELABORATO G/2 - RELAZIONE
IDROLOGICO-IDRAULICA**

**PLANIMETRIA DELLE AREE DI
ESONDAZIONE CON TR 500 ANNI**

LIAAM di Galfrè ing. Marco
via Toggia n. 3A
12018 ROCCAIONE (CN)
C.F. GLFMRC78M28D205Q
P. IVA 03483550046





← preit preit_valle →

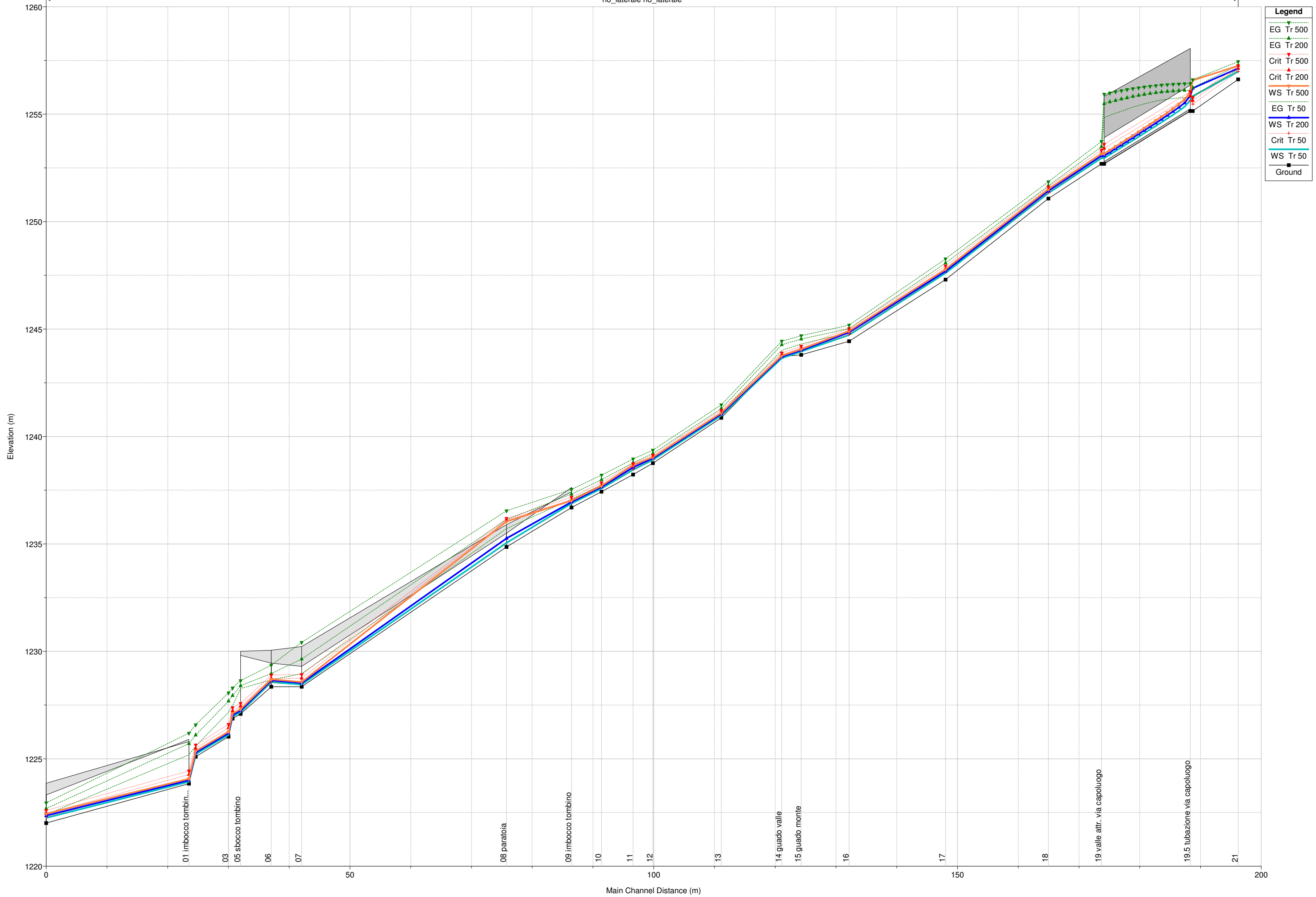
← preit preit_monte →

Legend	
EG Tr 500	(Green dotted line with inverted triangles)
EG Tr 200	(Green dotted line with triangles)
EG Tr 50	(Green dotted line with squares)
Crit Tr 500	(Red dashed line with inverted triangles)
Crit Tr 200	(Red dashed line with triangles)
Crit Tr 50	(Red dashed line with squares)
WS Tr 500	(Orange solid line with inverted triangles)
WS Tr 200	(Blue solid line with triangles)
WS Tr 50	(Cyan solid line with squares)
Ground	(Black solid line with squares)

Elevation (m)

Main Channel Distance (m)

0 02 2.5 ponte prov... 04 05 05.5 06 07 08 09 10 11 13 14 15 16 17 18 18.5 ponte impianti sci 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 32 33 34 35 36 37 38 39 valle passerella 41 42



- EG Tr 500
- EG Tr 200
- Crit Tr 500
- Crit Tr 200
- WS Tr 500
- EG Tr 50
- WS Tr 200
- Crit Tr 50
- WS Tr 50
- Ground

01 imbocco tombin...

03

05 sbocco tombino

06

07

08 paratoia

09 imbocco tombino

10

11

12

13

14 guado valle

15 guado monte

16

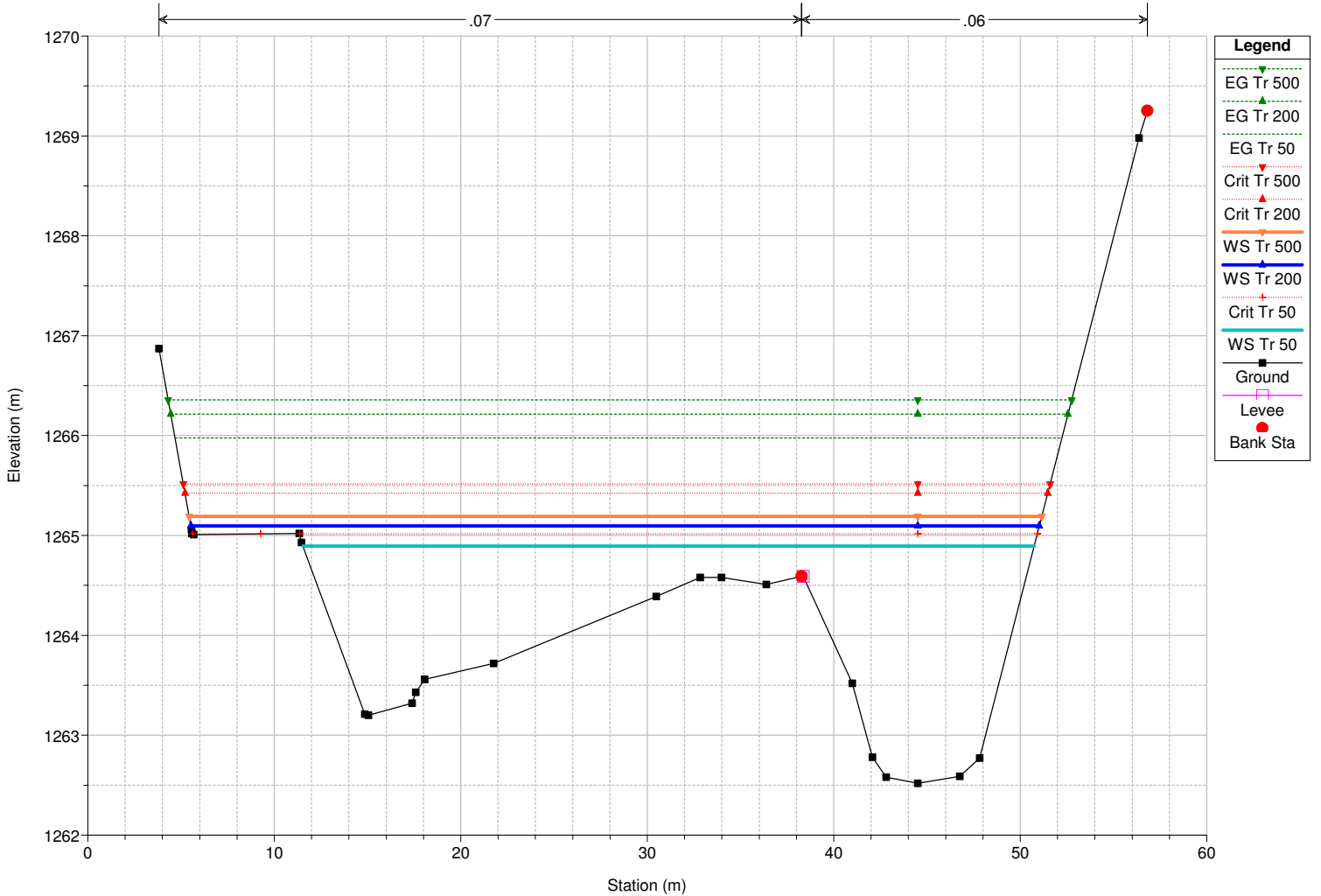
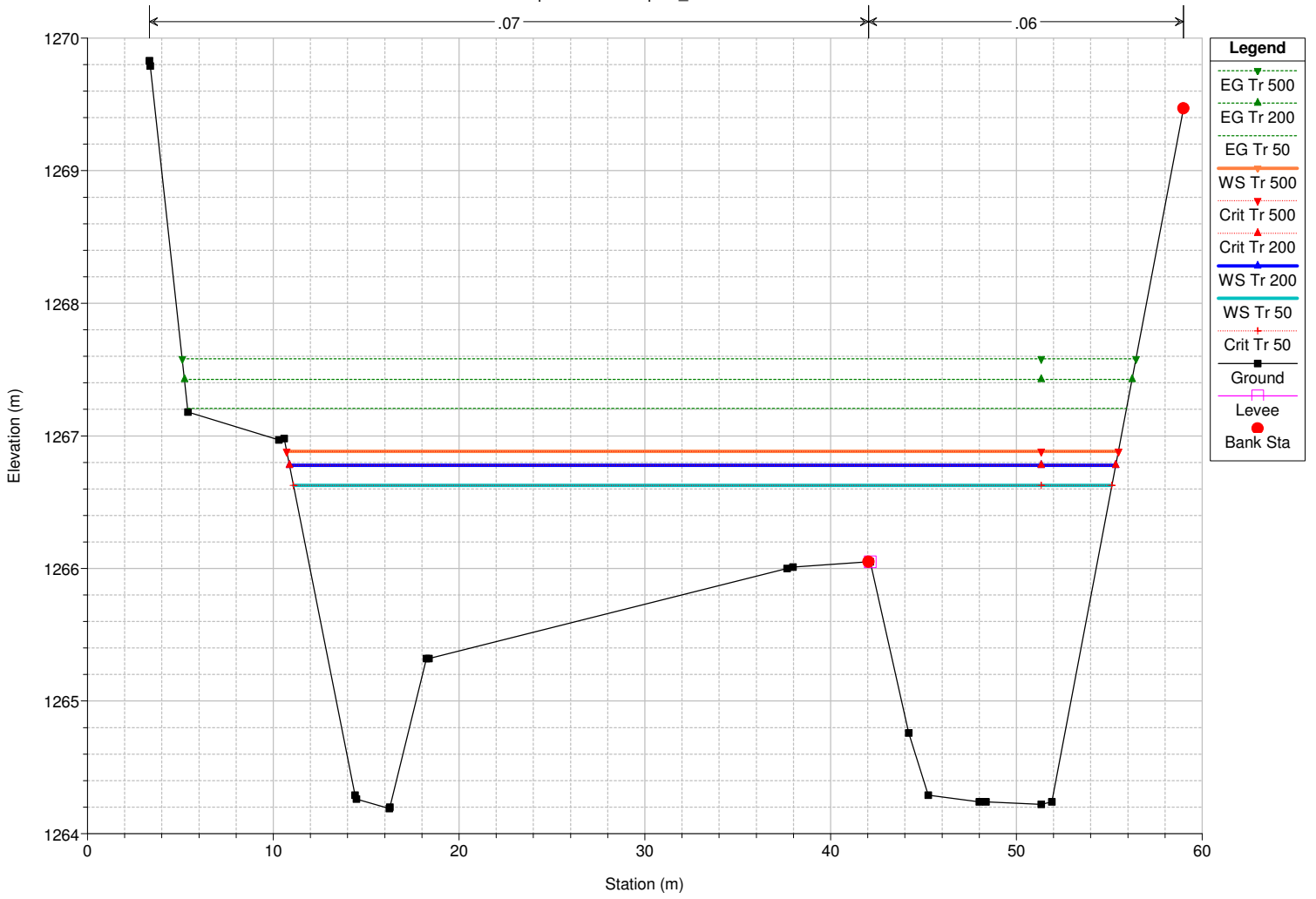
17

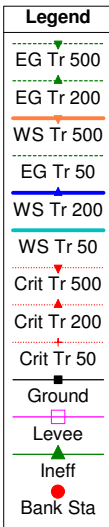
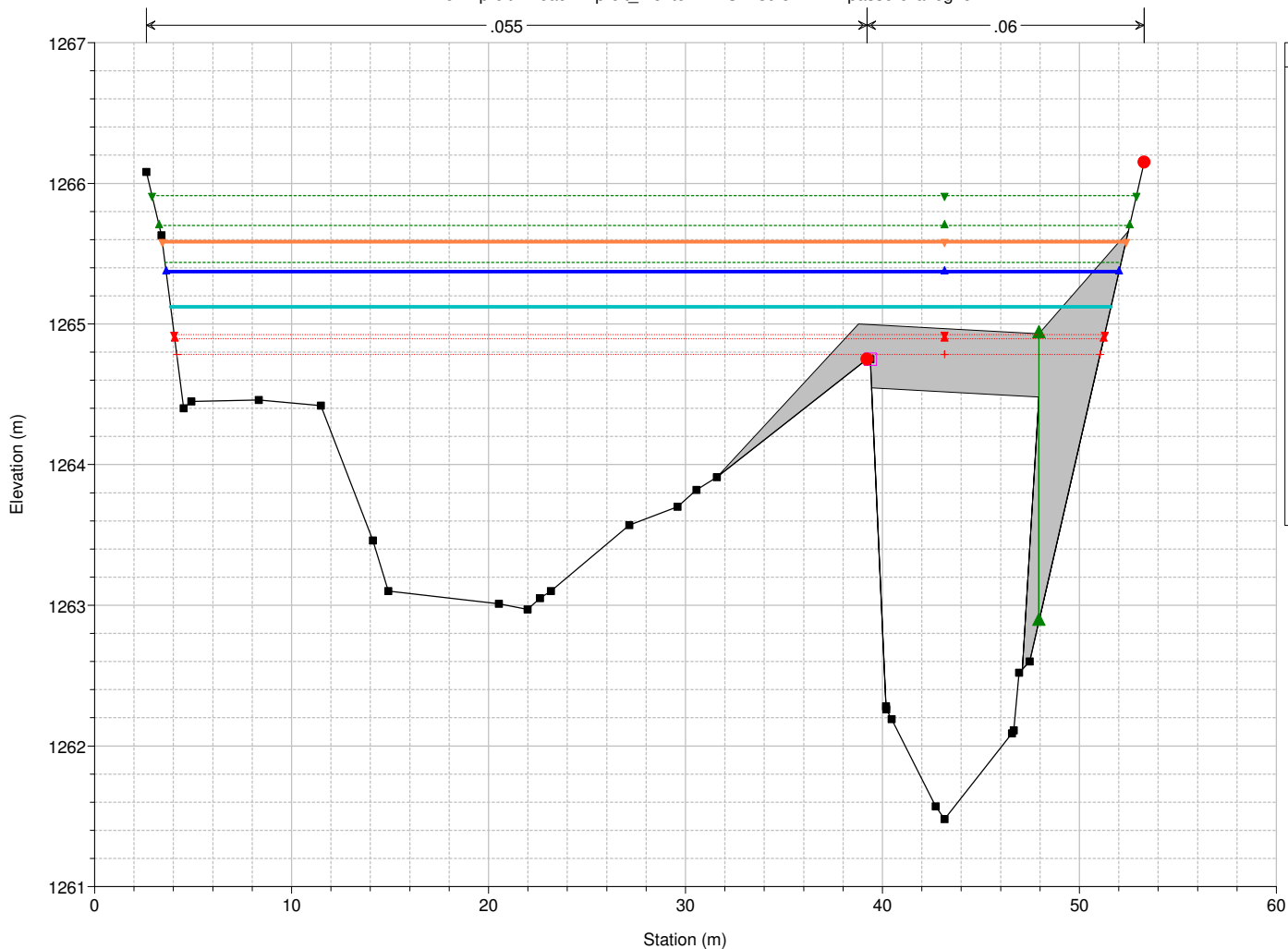
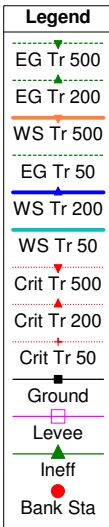
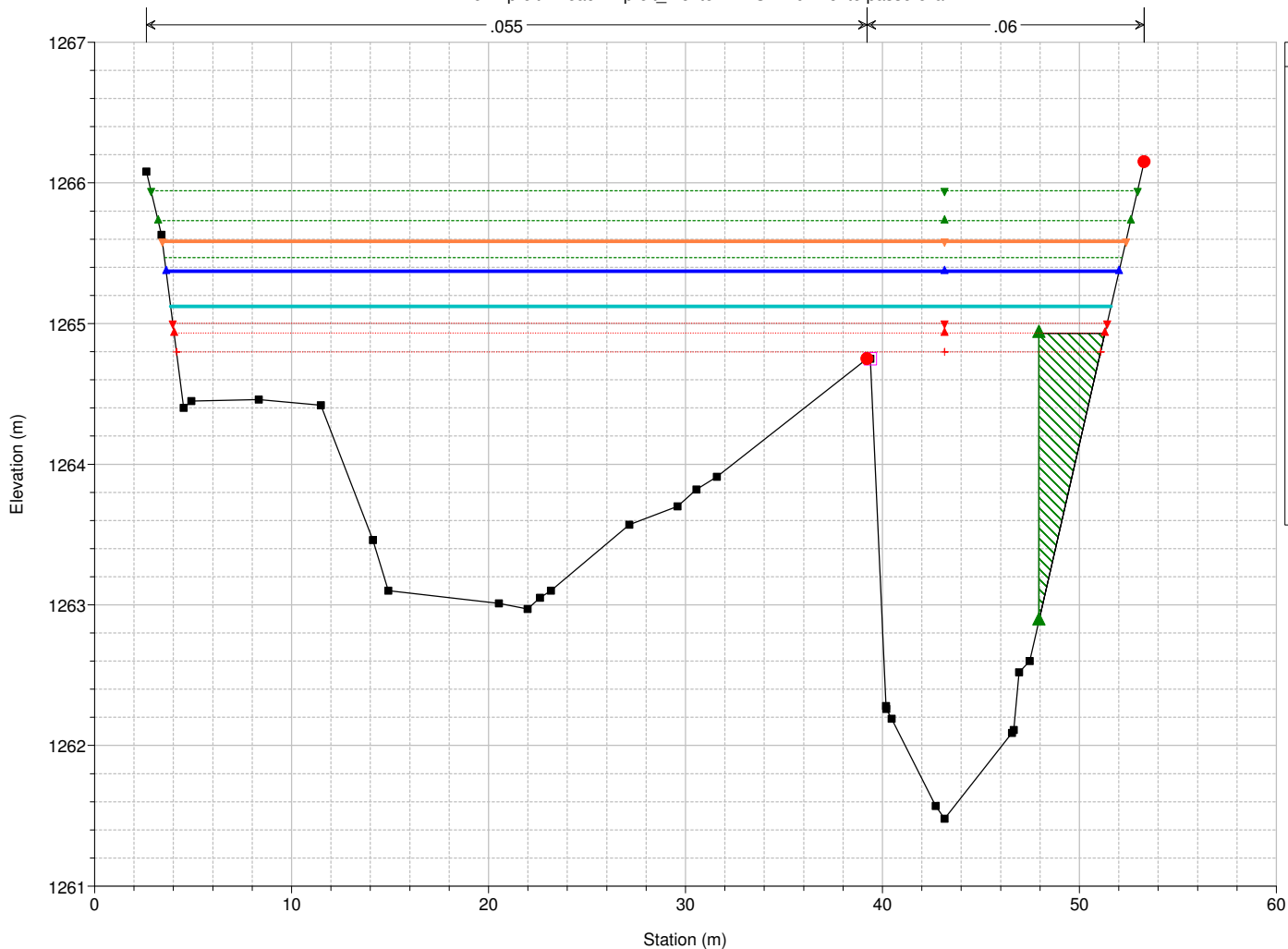
18

19 valle attr. via capoluogo

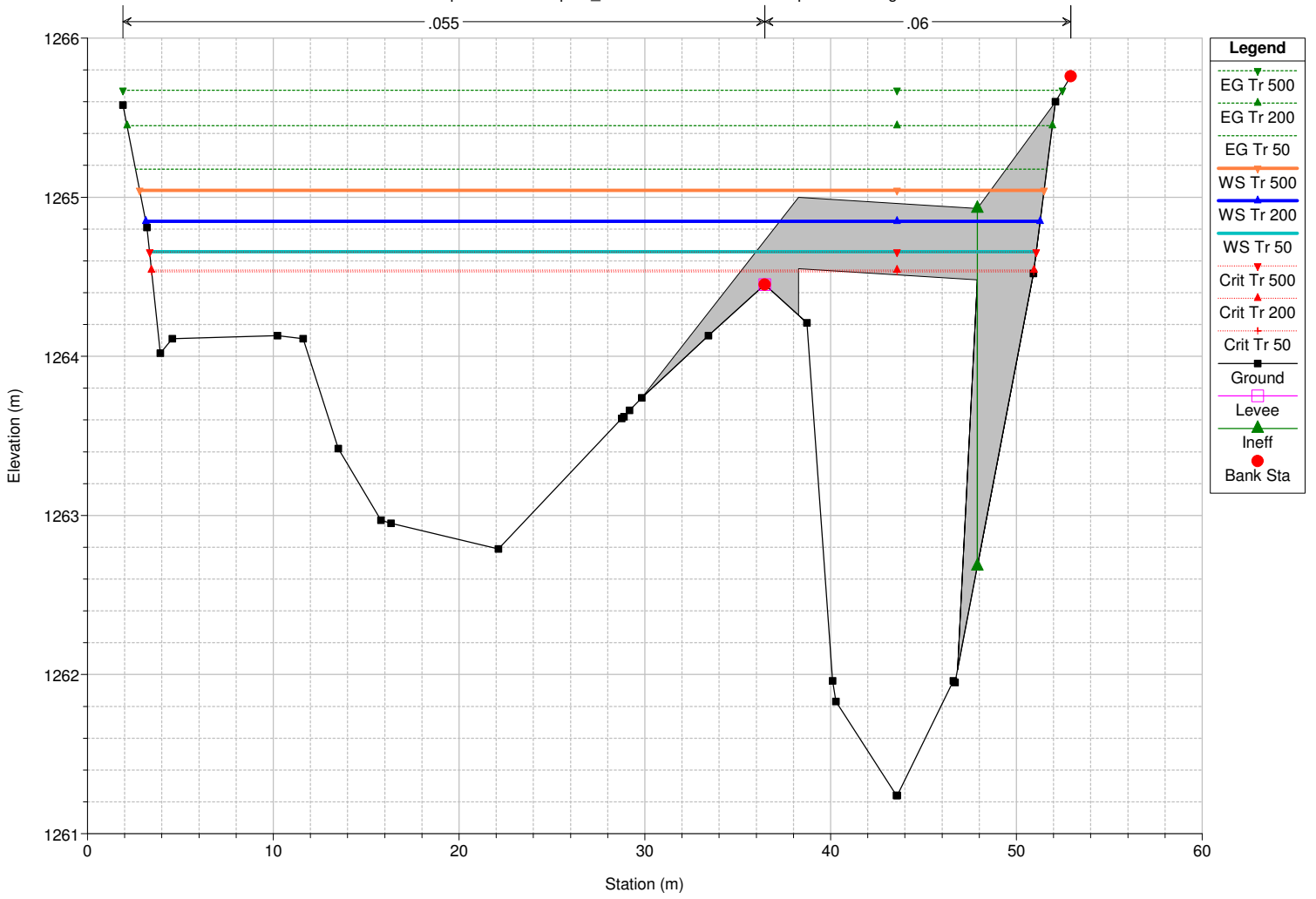
19.5 tubazione via capoluogo

21

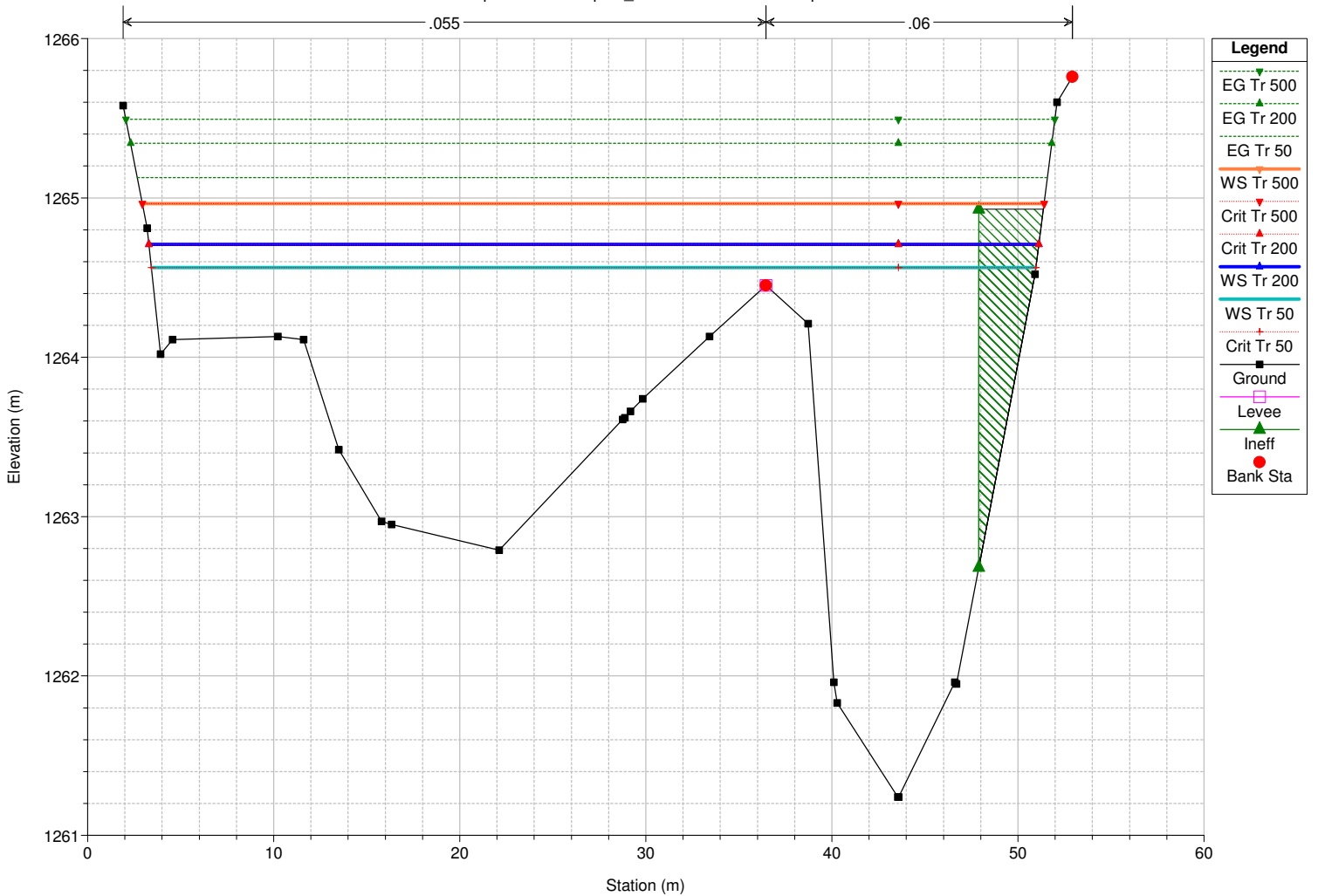


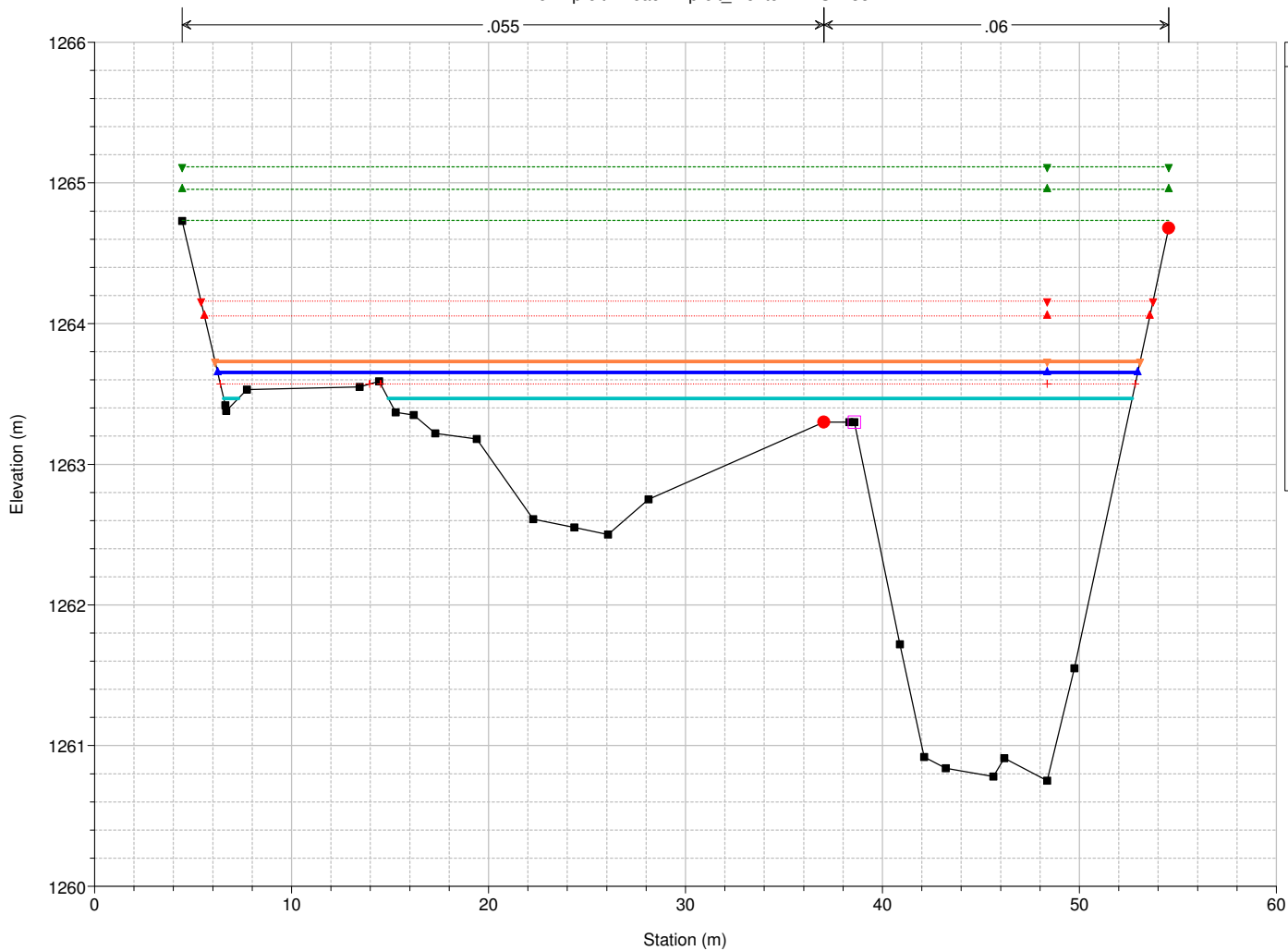


canosio Plan: SA_PRGC 06/04/2018 09:39:12
 River = preit Reach = preit_monte RS = 39.5 BR passerella legno

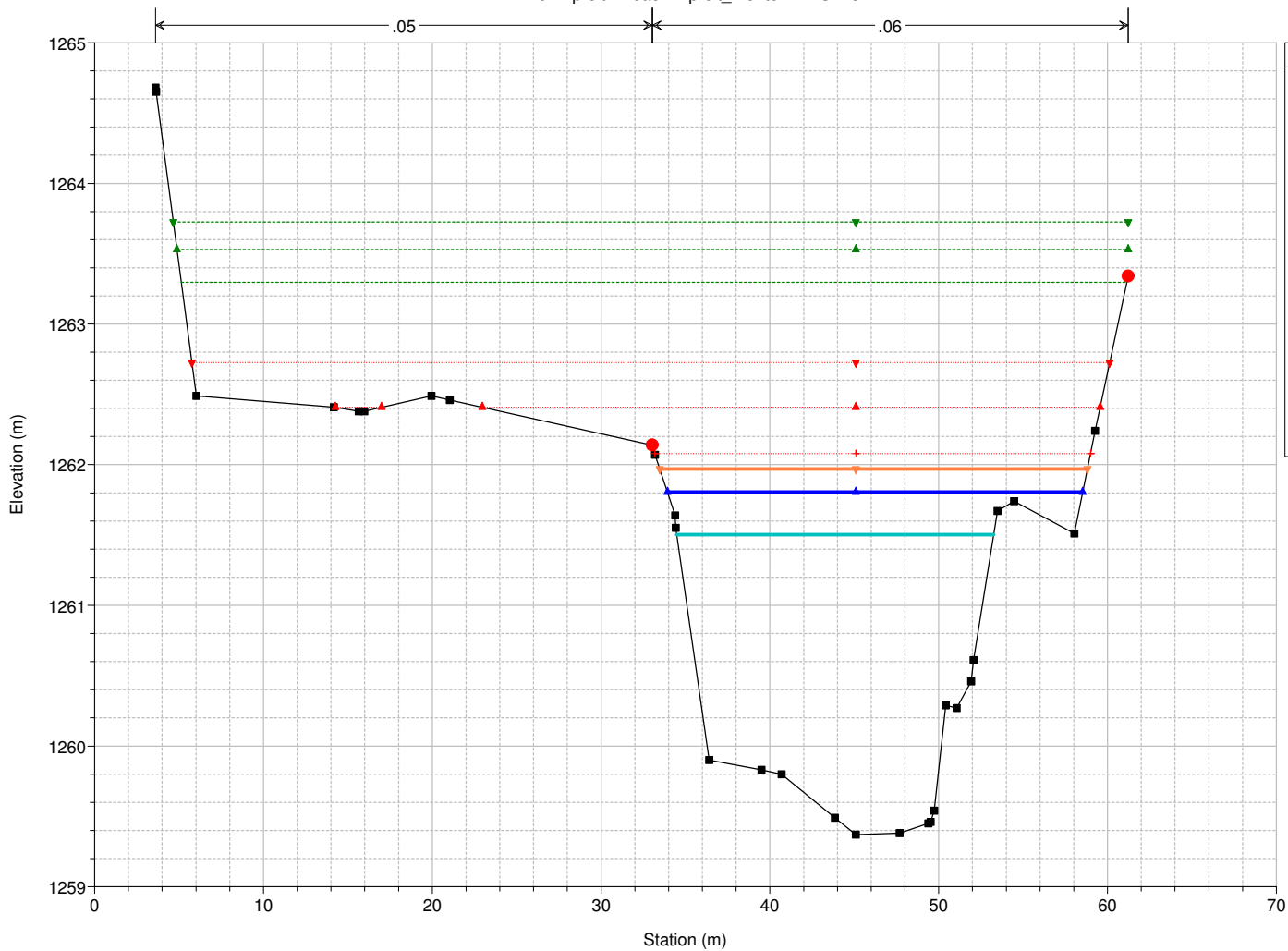


canosio Plan: SA_PRGC 06/04/2018 09:39:12
 River = preit Reach = preit_monte RS = 39 valle passerella

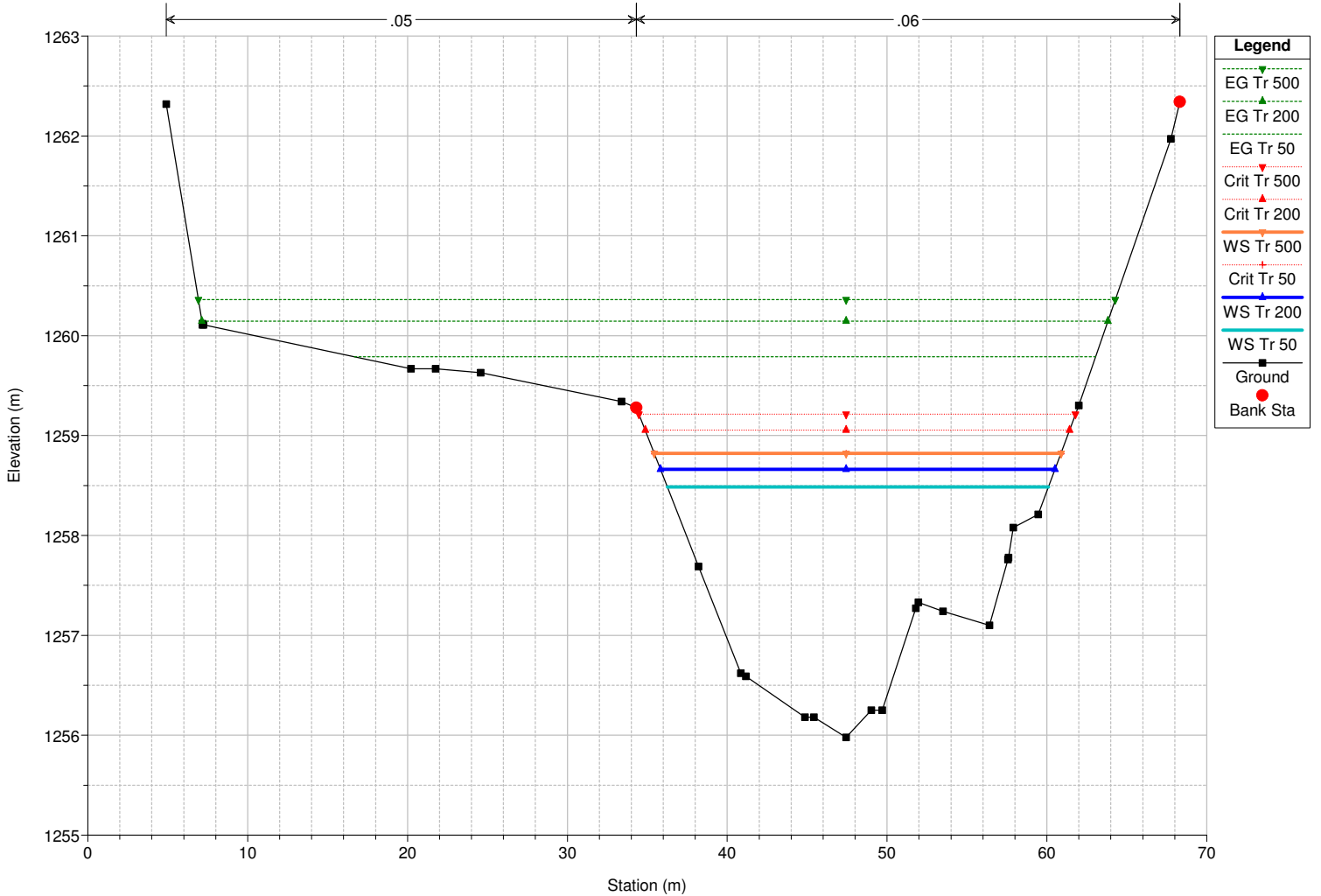
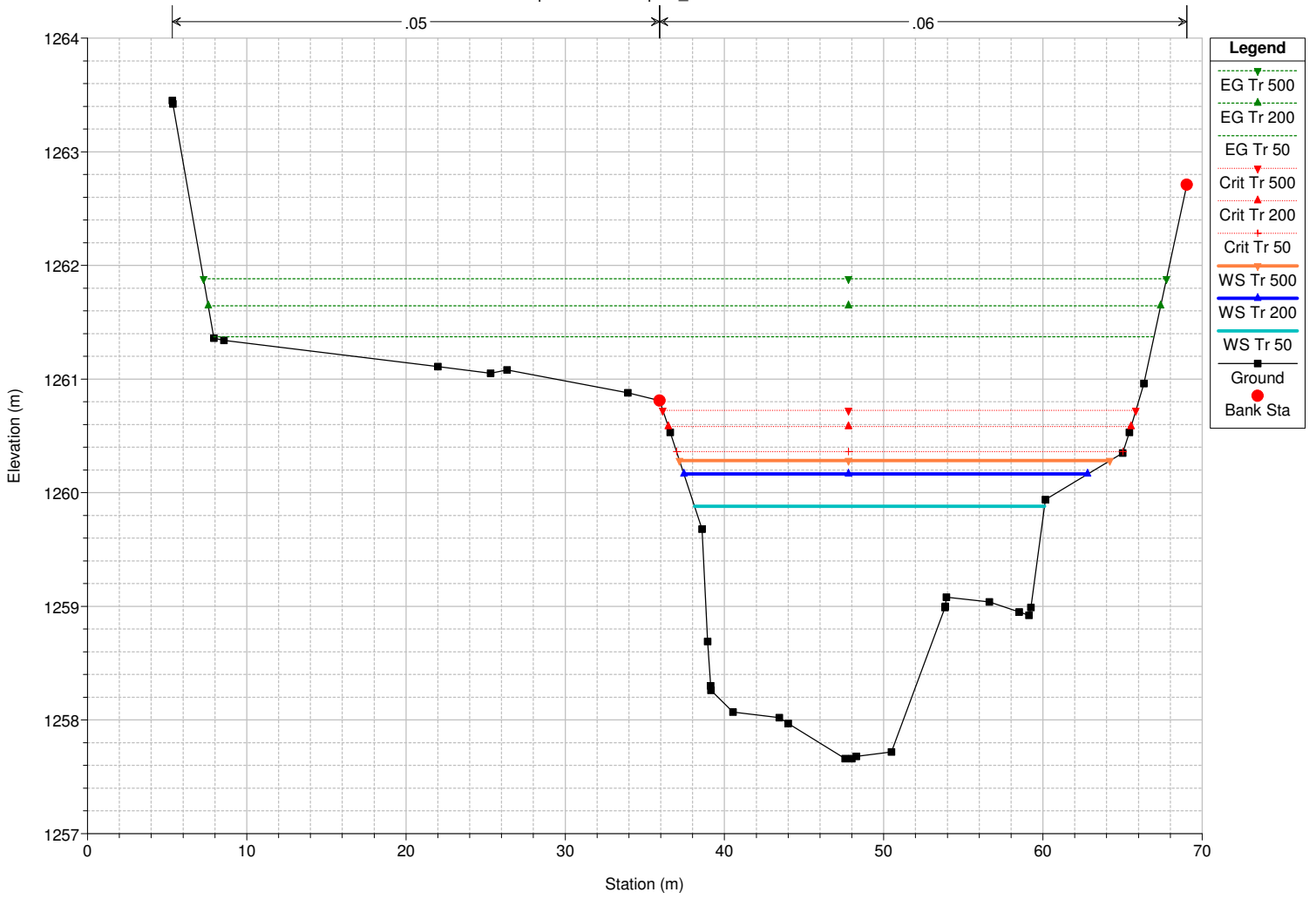


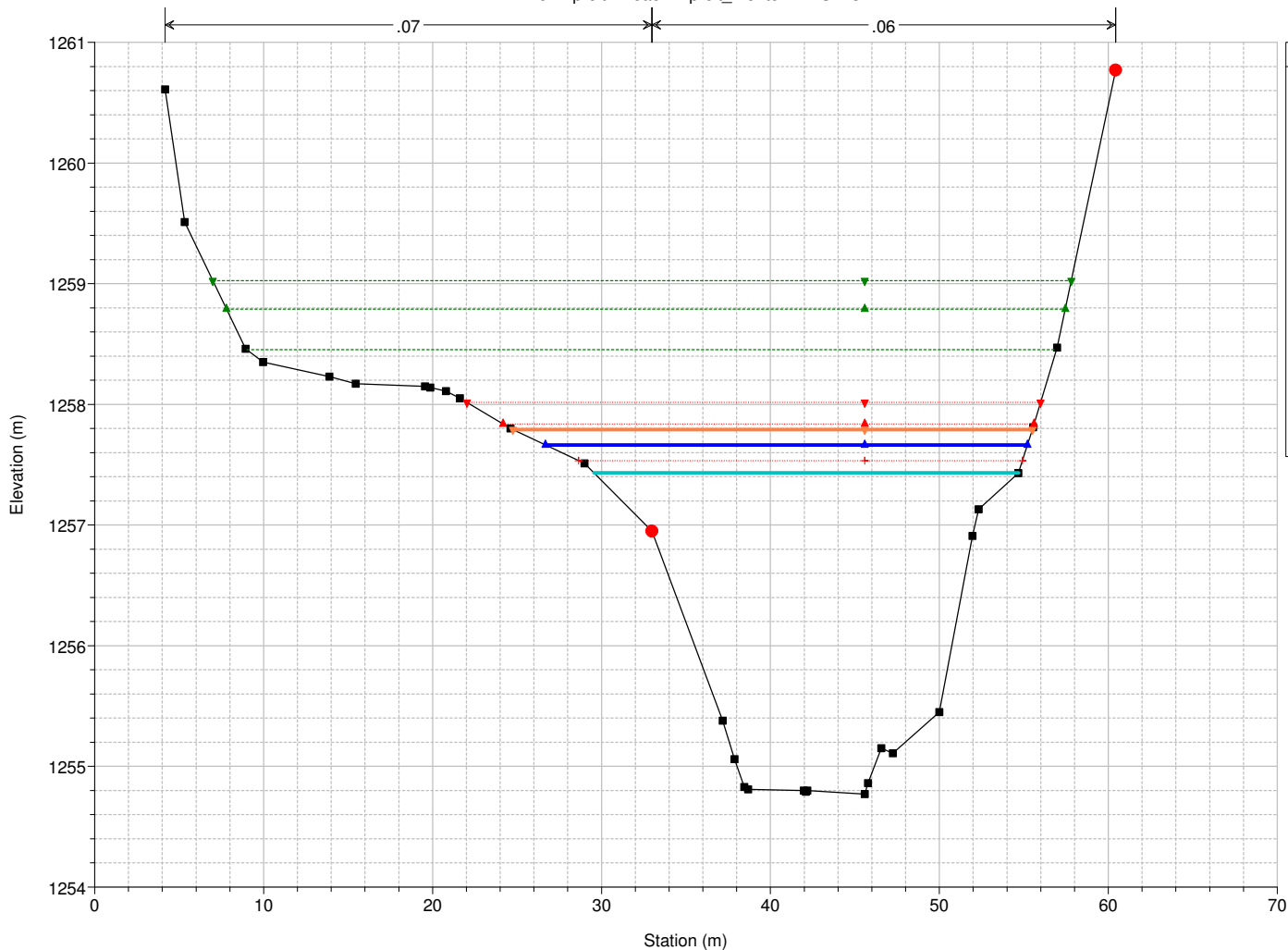


Legend	
EG Tr 500	Green dashed line with inverted triangle
EG Tr 200	Green dashed line with triangle
EG Tr 50	Green dashed line
Crit Tr 500	Red dotted line with inverted triangle
Crit Tr 200	Red dotted line with triangle
Crit Tr 50	Red dotted line
WS Tr 500	Orange solid line with diamond
WS Tr 200	Blue solid line with triangle
WS Tr 50	Cyan solid line with diamond
Ground	Black solid line with square
Levee	Pink solid line with square
Bank Sta	Red solid circle

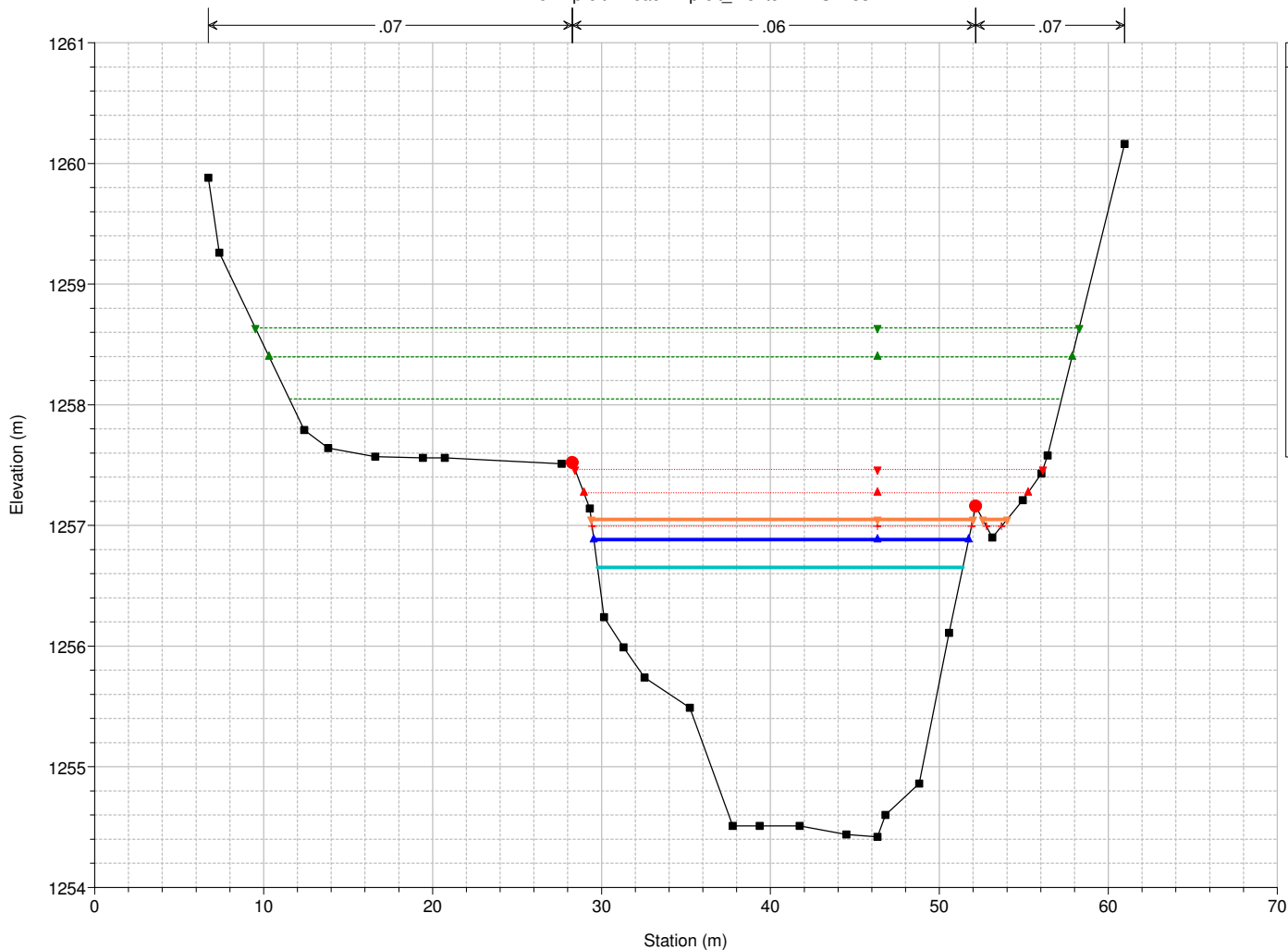


Legend	
EG Tr 500	Green dashed line with inverted triangle
EG Tr 200	Green dashed line with triangle
EG Tr 50	Green dashed line
Crit Tr 500	Red dotted line with inverted triangle
Crit Tr 200	Red dotted line with triangle
Crit Tr 50	Red dotted line
WS Tr 500	Orange solid line with diamond
WS Tr 200	Blue solid line with triangle
WS Tr 50	Cyan solid line with diamond
Ground	Black solid line with square
Levee	Pink solid line with square
Bank Sta	Red solid circle

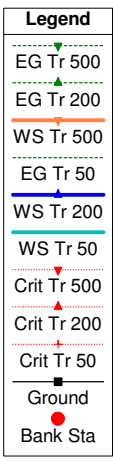
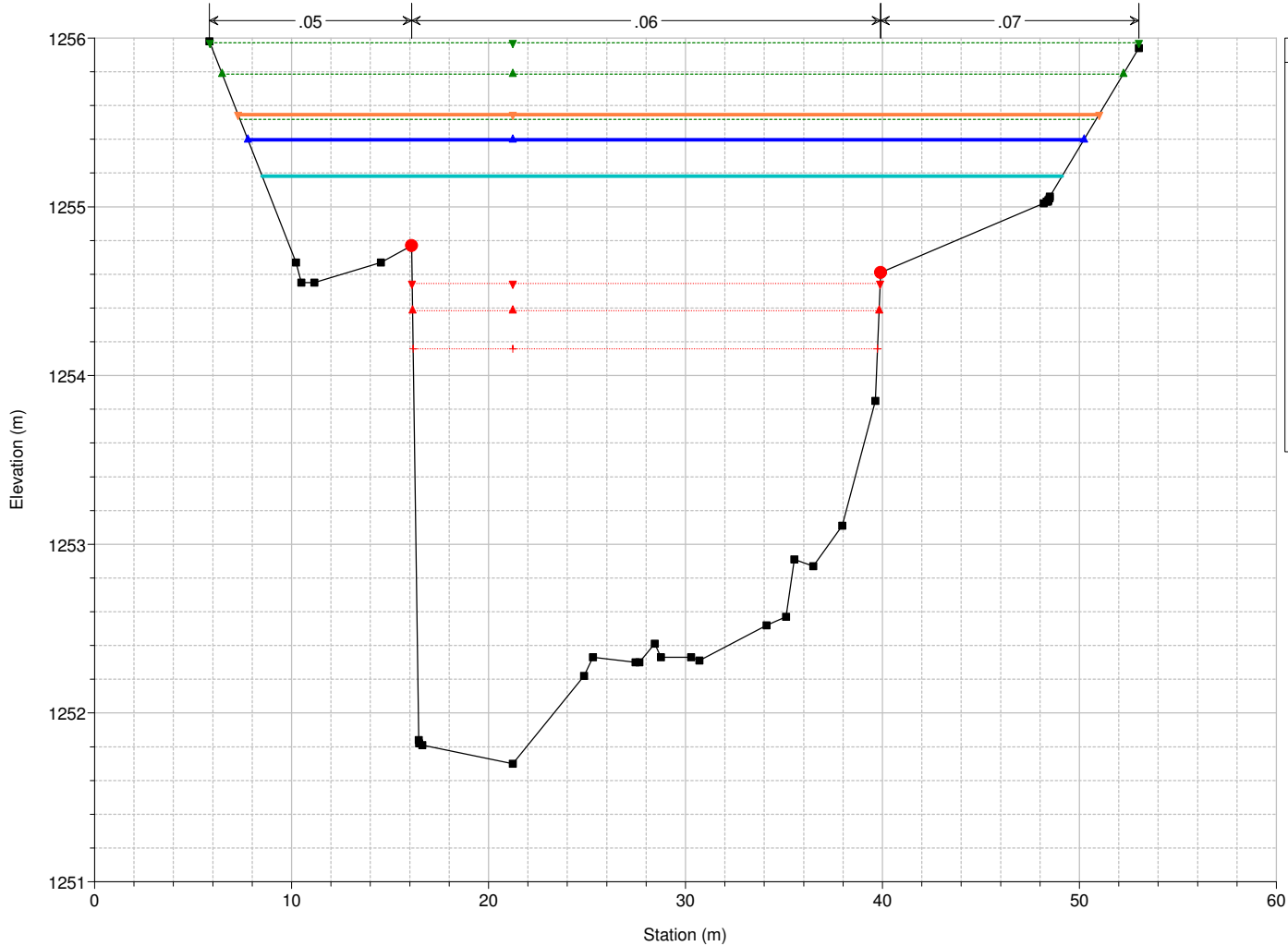
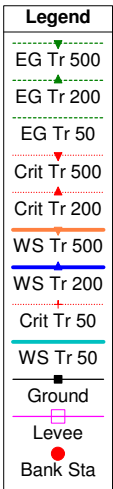
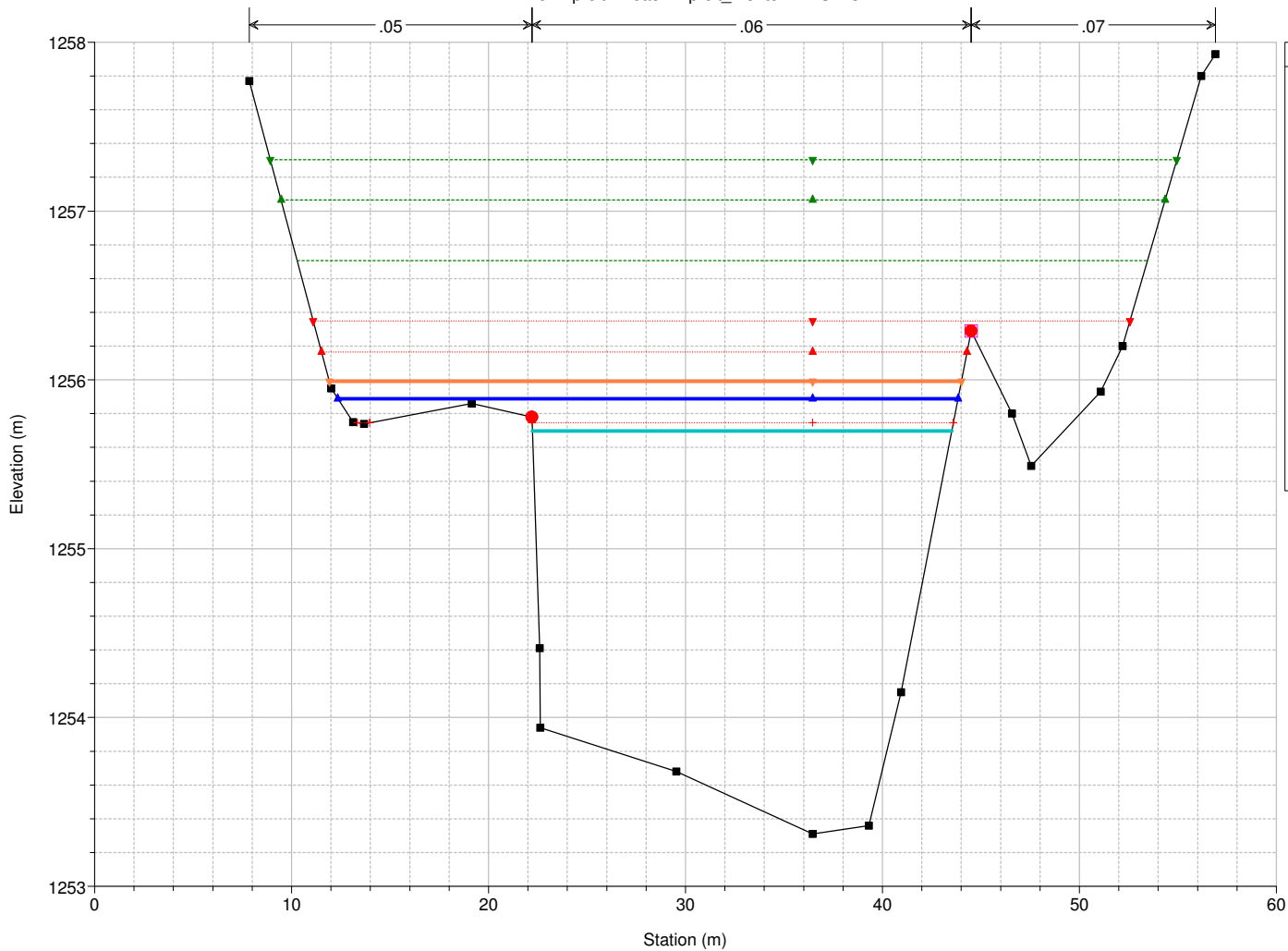


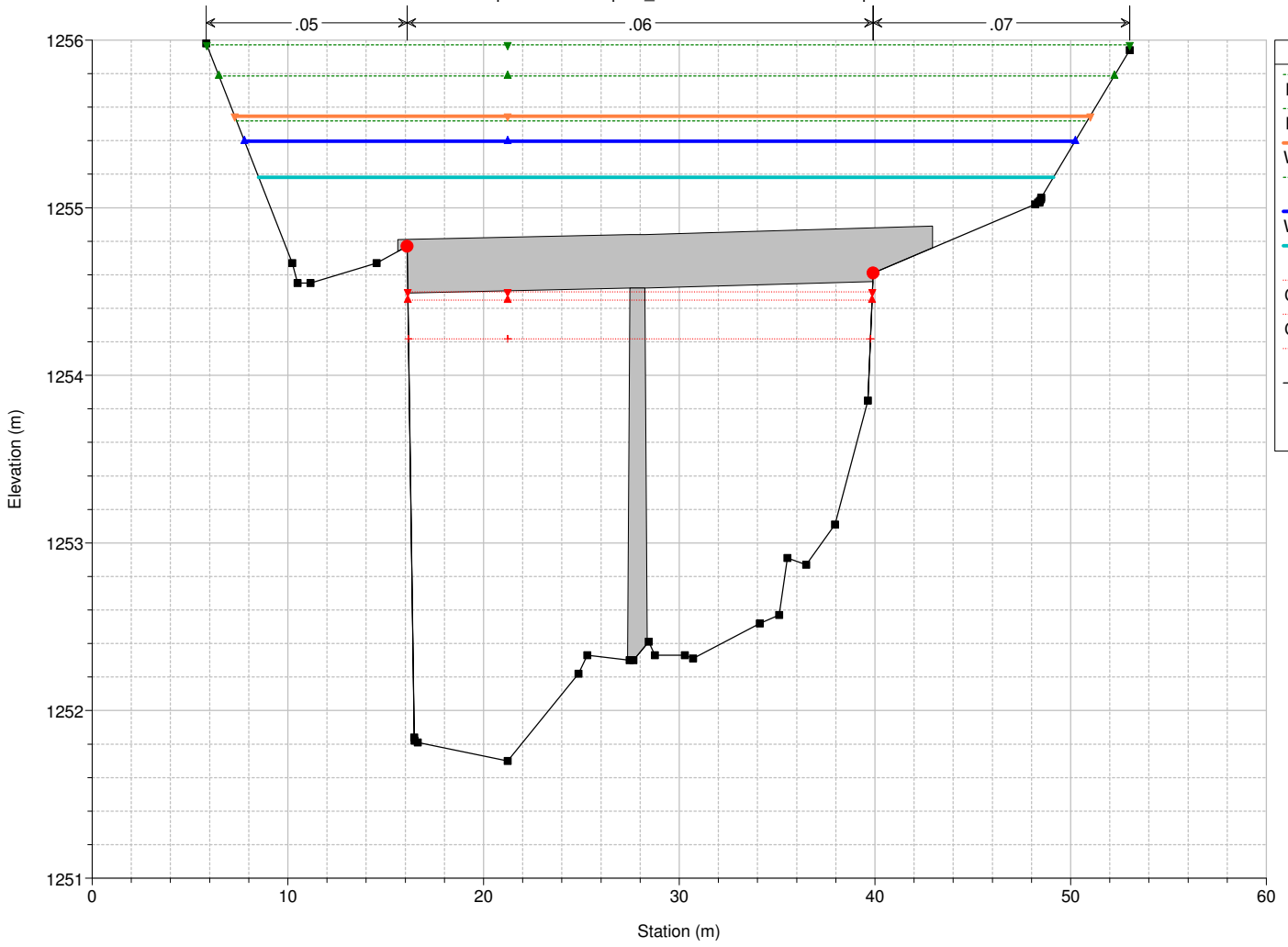


Legend	
EG Tr 500	Green dashed line with inverted triangle
EG Tr 200	Green dashed line with triangle
EG Tr 50	Green dashed line
Crit Tr 500	Red dotted line with inverted triangle
Crit Tr 200	Red dotted line with triangle
Crit Tr 50	Red dotted line with '+'
WS Tr 500	Orange solid line
WS Tr 200	Blue solid line
WS Tr 50	Cyan solid line
Ground	Black solid line with square
Bank Sta	Red solid circle

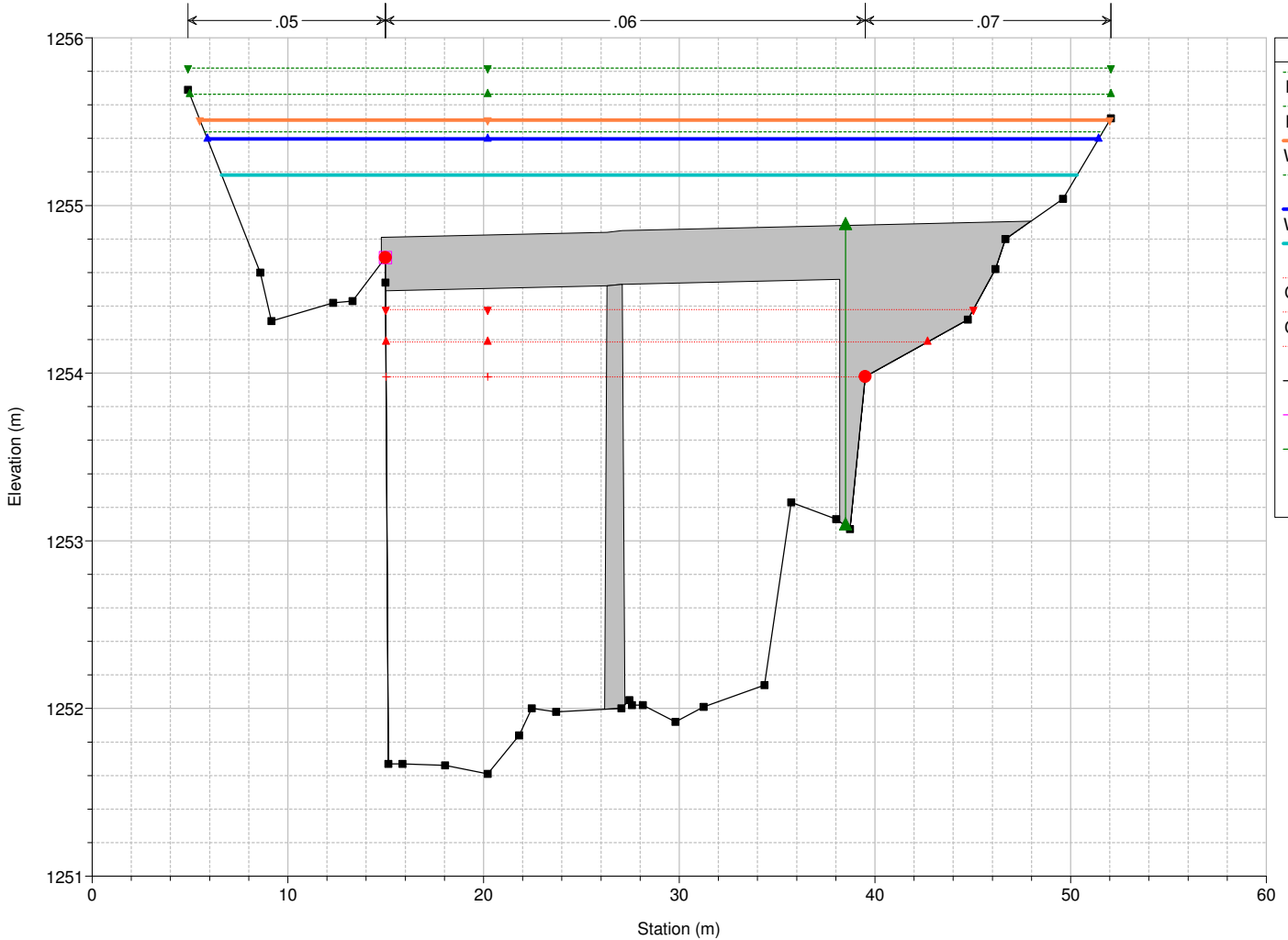


Legend	
EG Tr 500	Green dashed line with inverted triangle
EG Tr 200	Green dashed line with triangle
EG Tr 50	Green dashed line
Crit Tr 500	Red dotted line with inverted triangle
Crit Tr 200	Red dotted line with triangle
Crit Tr 50	Red dotted line with '+'
WS Tr 500	Orange solid line
WS Tr 200	Blue solid line
WS Tr 50	Cyan solid line
Ground	Black solid line with square
Bank Sta	Red solid circle

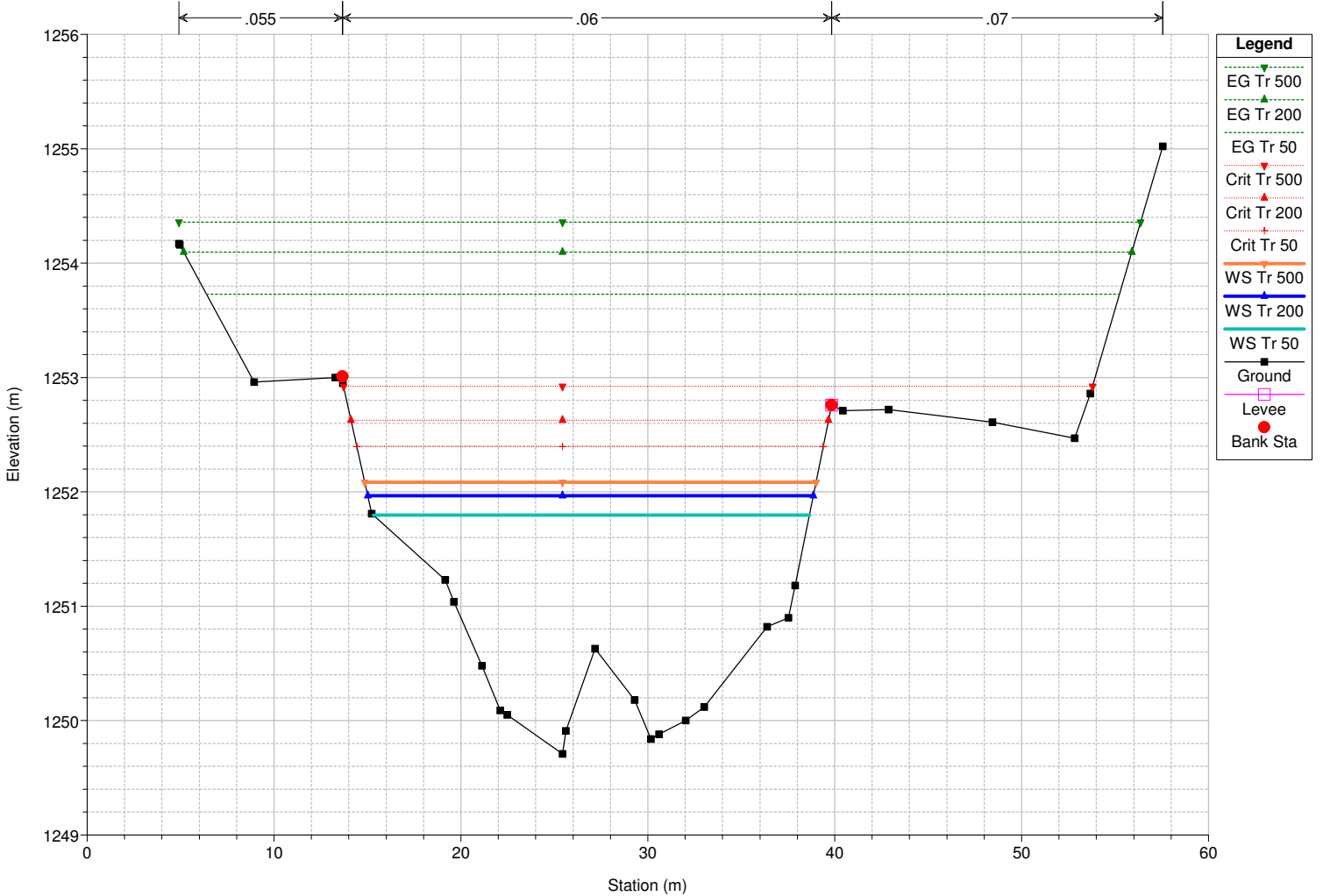
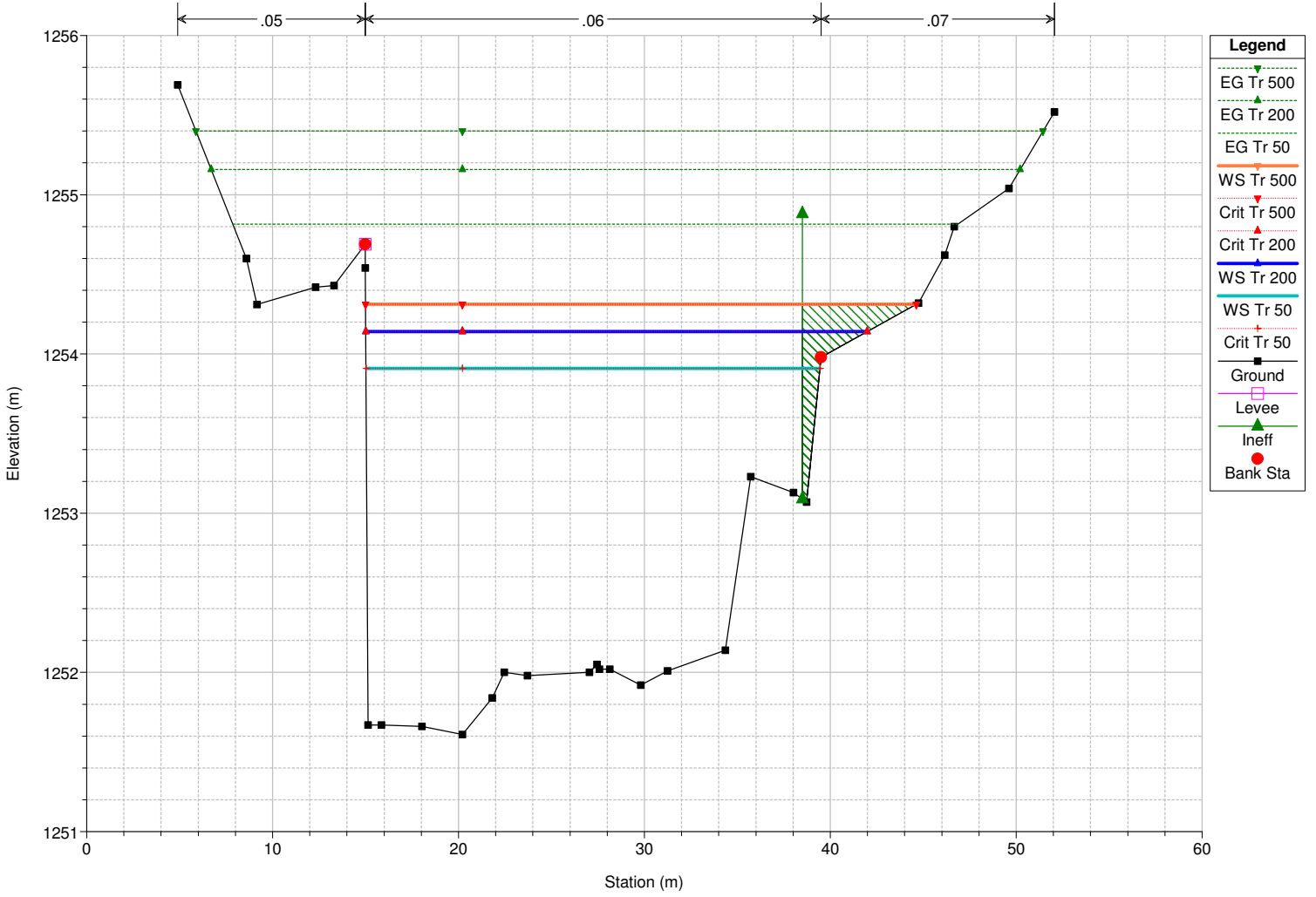


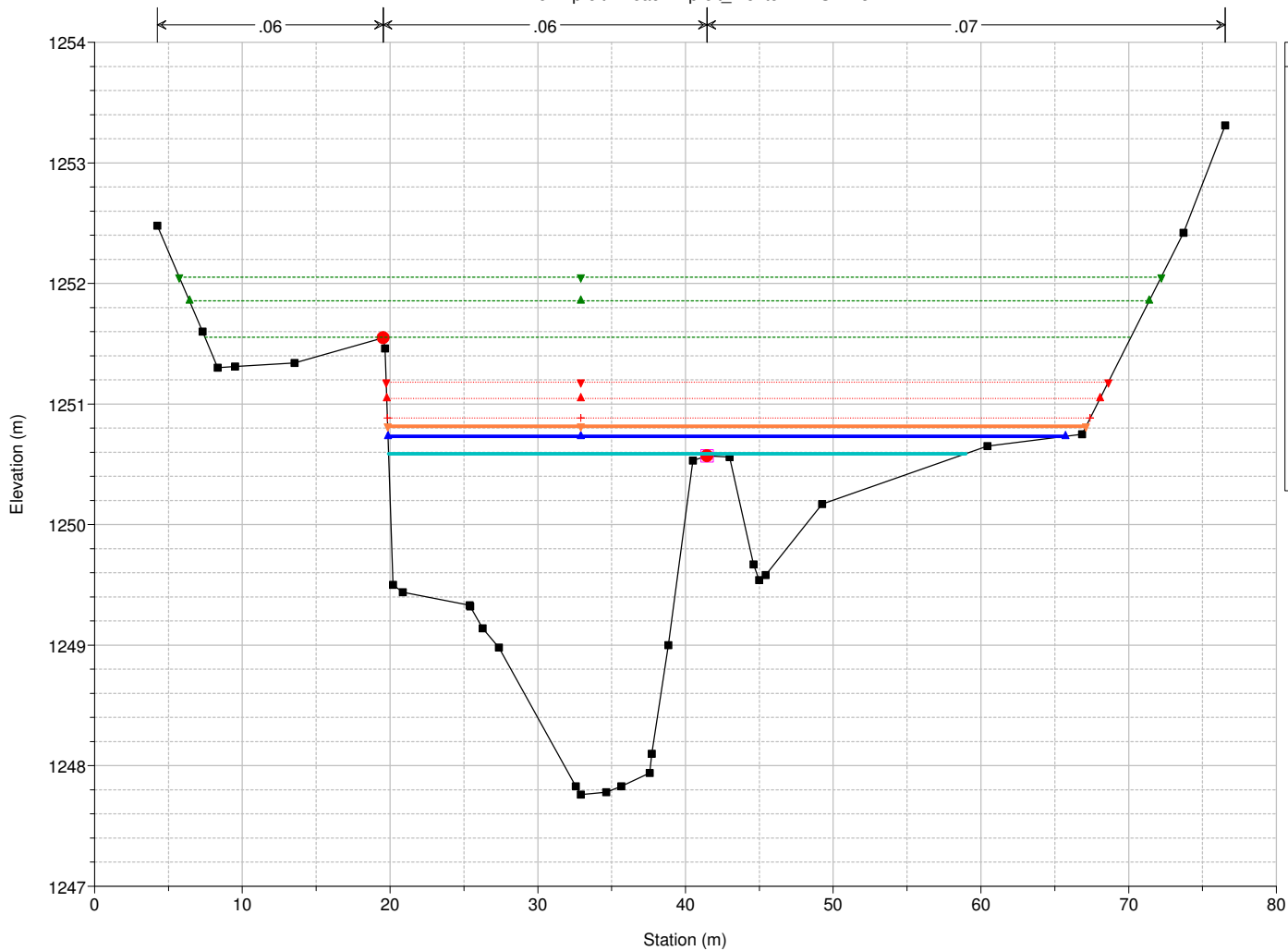


Legend	
EG Tr 500	Green dashed line with inverted triangle
EG Tr 200	Green dotted line with triangle
WS Tr 500	Orange solid line with triangle
EG Tr 50	Blue solid line with triangle
WS Tr 200	Cyan solid line with triangle
WS Tr 50	Red solid line with triangle
Crit Tr 500	Red dashed line with inverted triangle
Crit Tr 200	Red dotted line with triangle
Crit Tr 50	Red solid line with triangle
Ground	Black solid line with square
Bank Sta	Red solid circle

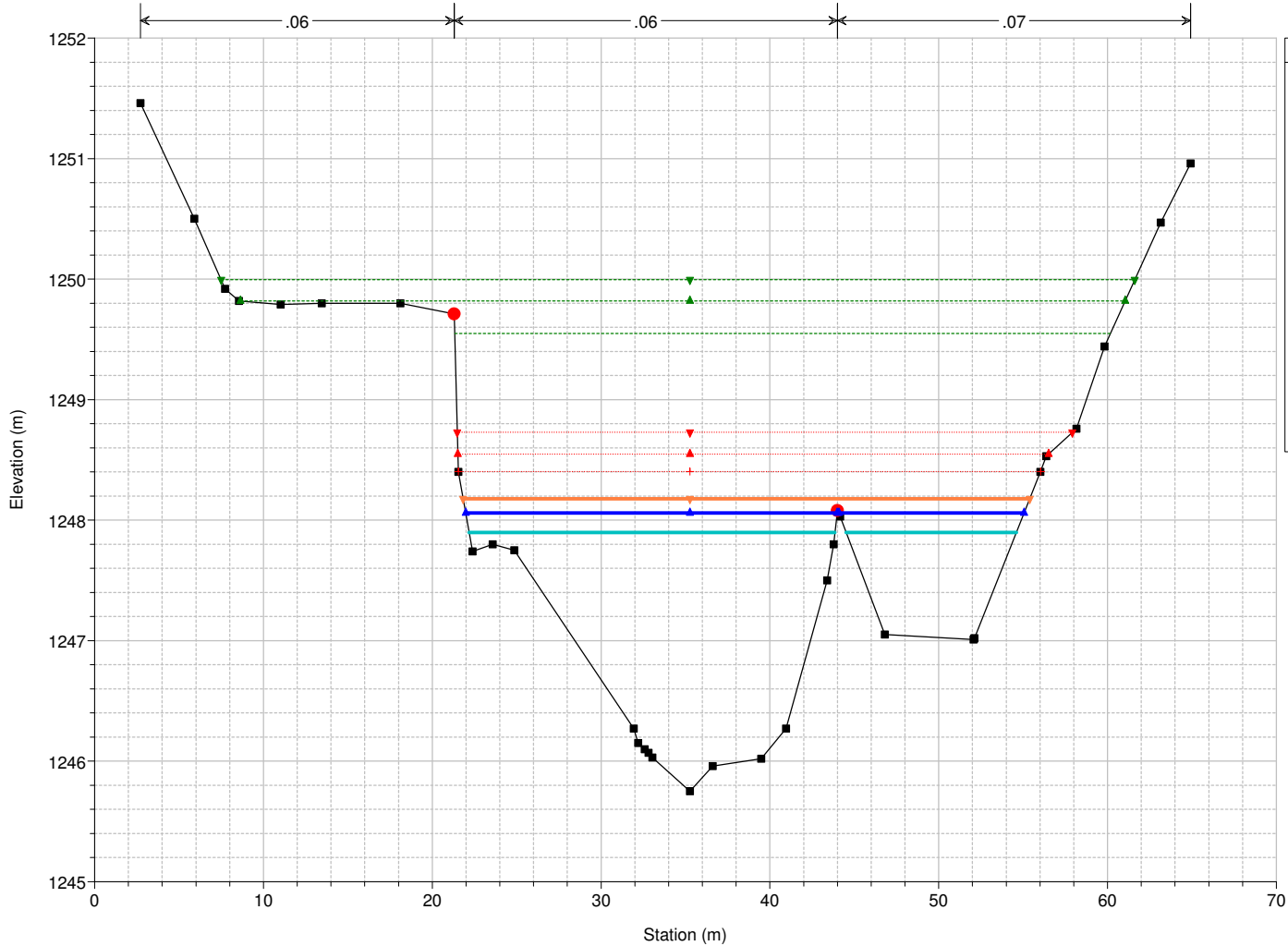


Legend	
EG Tr 500	Green dashed line with inverted triangle
EG Tr 200	Green dotted line with triangle
WS Tr 500	Orange solid line with triangle
EG Tr 50	Blue solid line with triangle
WS Tr 200	Cyan solid line with triangle
WS Tr 50	Red solid line with triangle
Crit Tr 500	Red dashed line with inverted triangle
Crit Tr 200	Red dotted line with triangle
Crit Tr 50	Red solid line with triangle
Ground	Black solid line with square
Levee	Pink solid line with square
Ineff	Green solid line with triangle
Bank Sta	Red solid circle

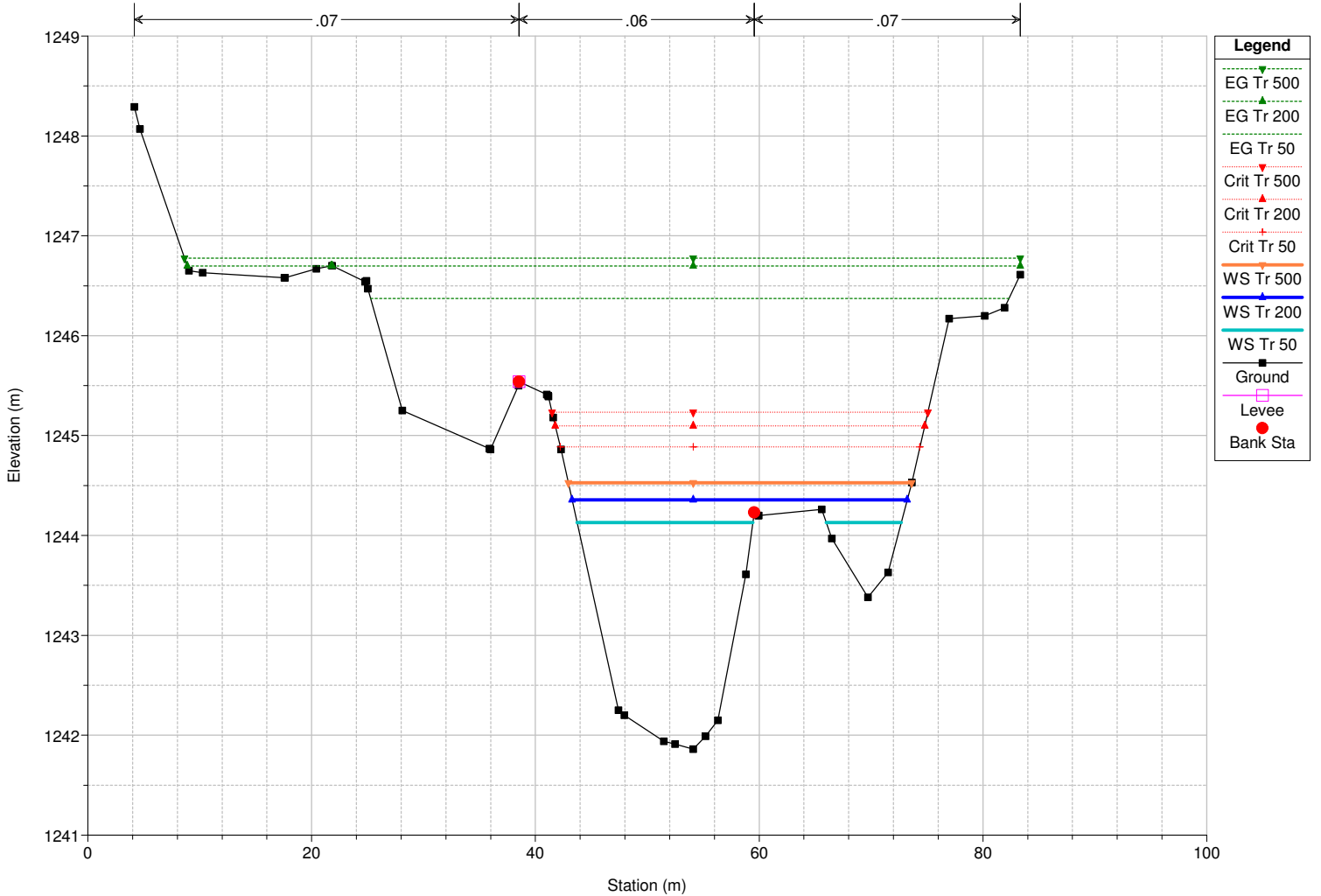
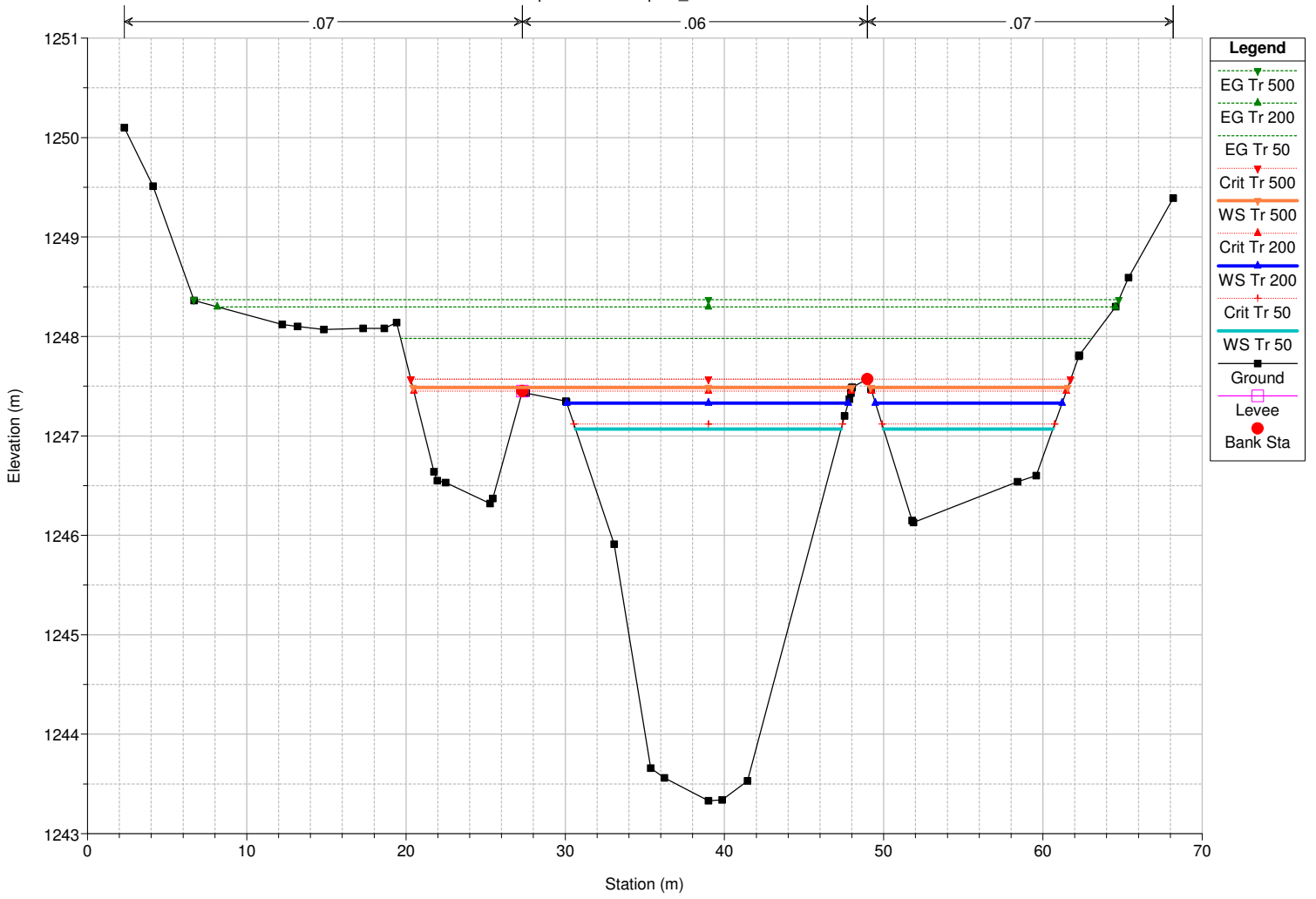




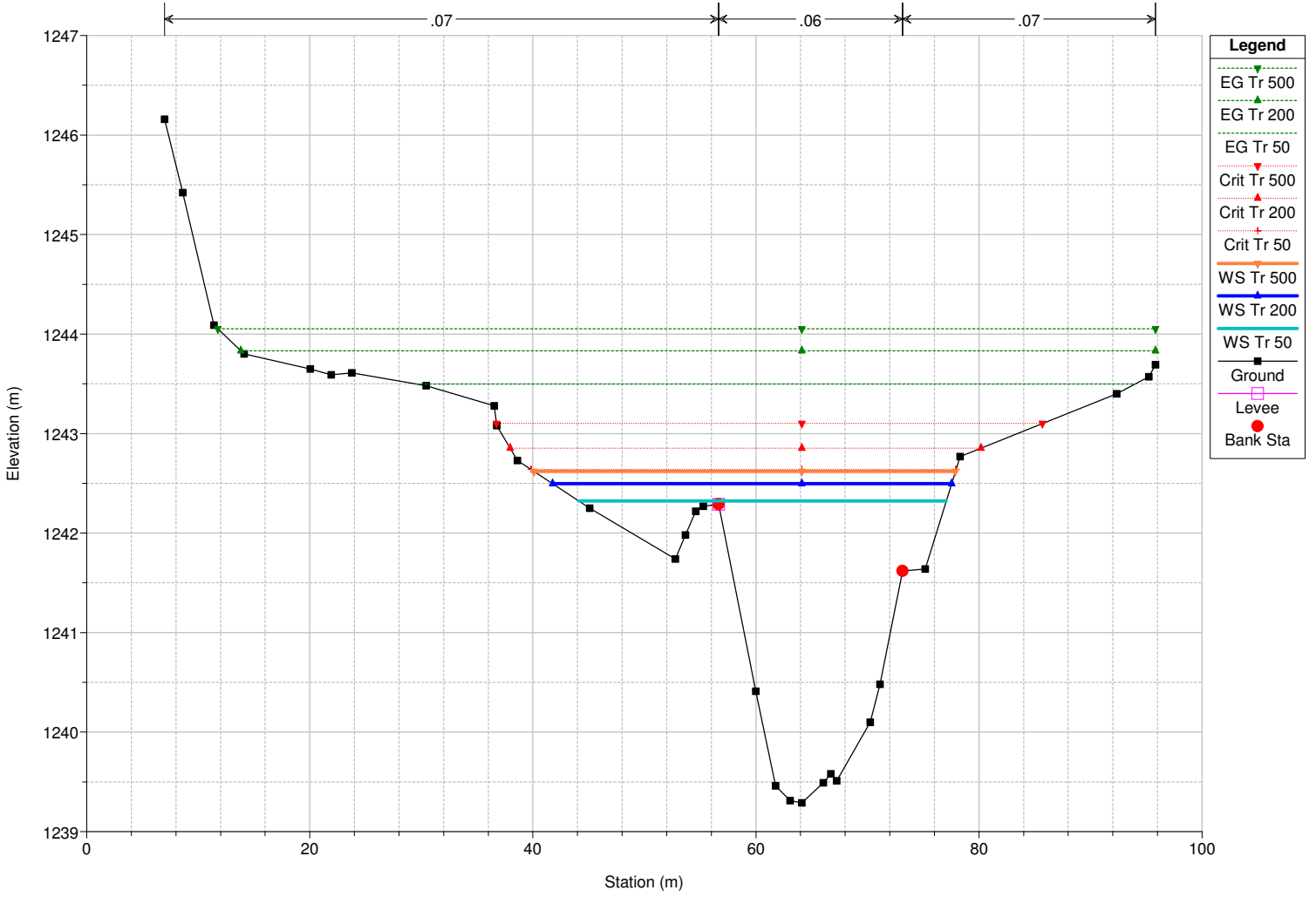
Legend	
EG Tr 500	(Green dashed line with inverted triangles)
EG Tr 200	(Green dashed line with triangles)
EG Tr 50	(Green dashed line)
Crit Tr 500	(Red dotted line with inverted triangles)
Crit Tr 200	(Red dotted line with triangles)
Crit Tr 50	(Red dotted line with crosses)
WS Tr 500	(Orange solid line with triangles)
WS Tr 200	(Blue solid line with triangles)
WS Tr 50	(Cyan solid line with triangles)
Ground	(Black solid line with squares)
Levee	(Pink dashed line)
Bank Sta	(Red circle)



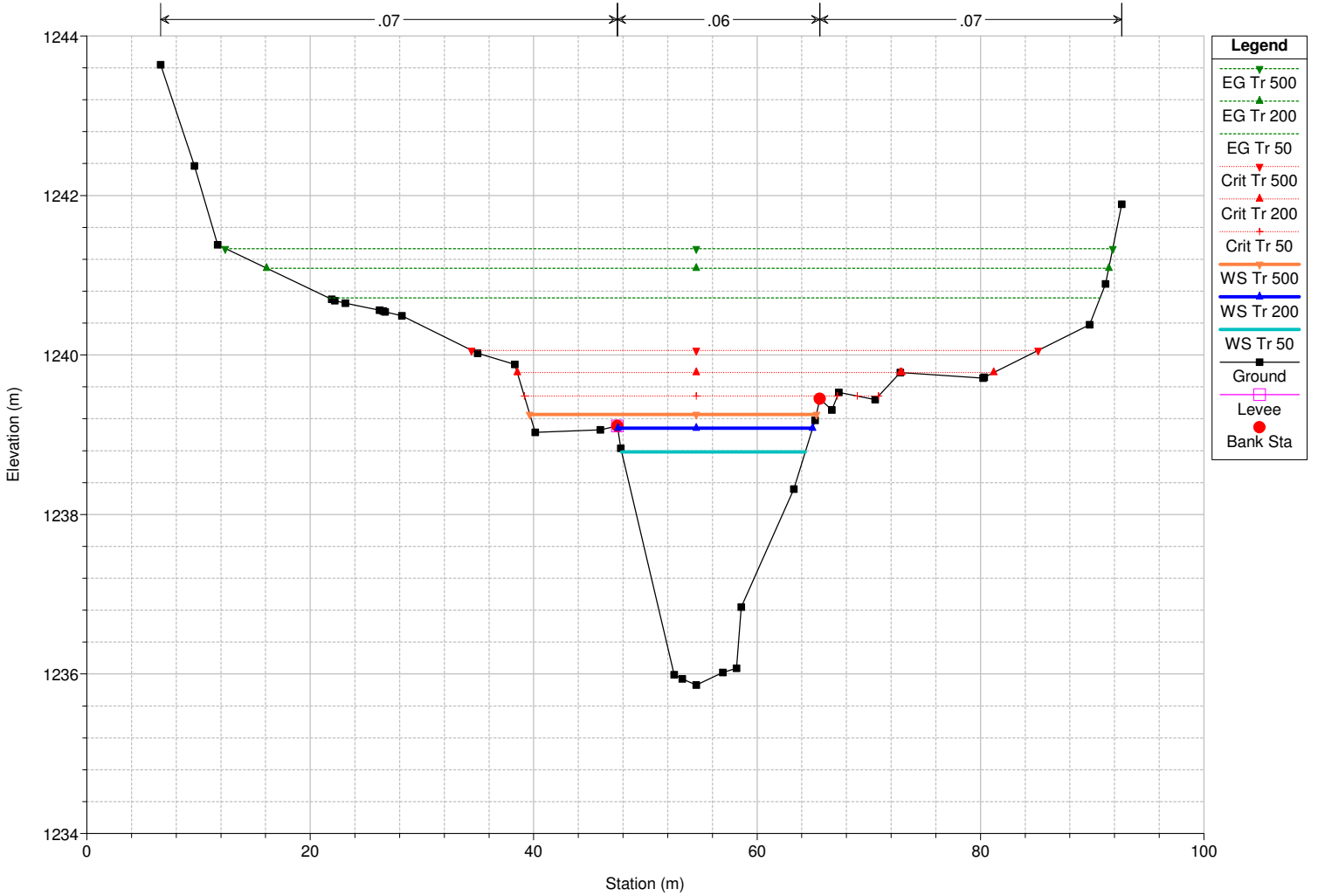
Legend	
EG Tr 500	(Green dashed line with inverted triangles)
EG Tr 200	(Green dashed line with triangles)
EG Tr 50	(Green dashed line)
Crit Tr 500	(Red dotted line with inverted triangles)
Crit Tr 200	(Red dotted line with triangles)
Crit Tr 50	(Red dotted line with crosses)
WS Tr 500	(Orange solid line with triangles)
WS Tr 200	(Blue solid line with triangles)
WS Tr 50	(Cyan solid line with triangles)
Ground	(Black solid line with squares)
Levee	(Pink dashed line)
Bank Sta	(Red circle)

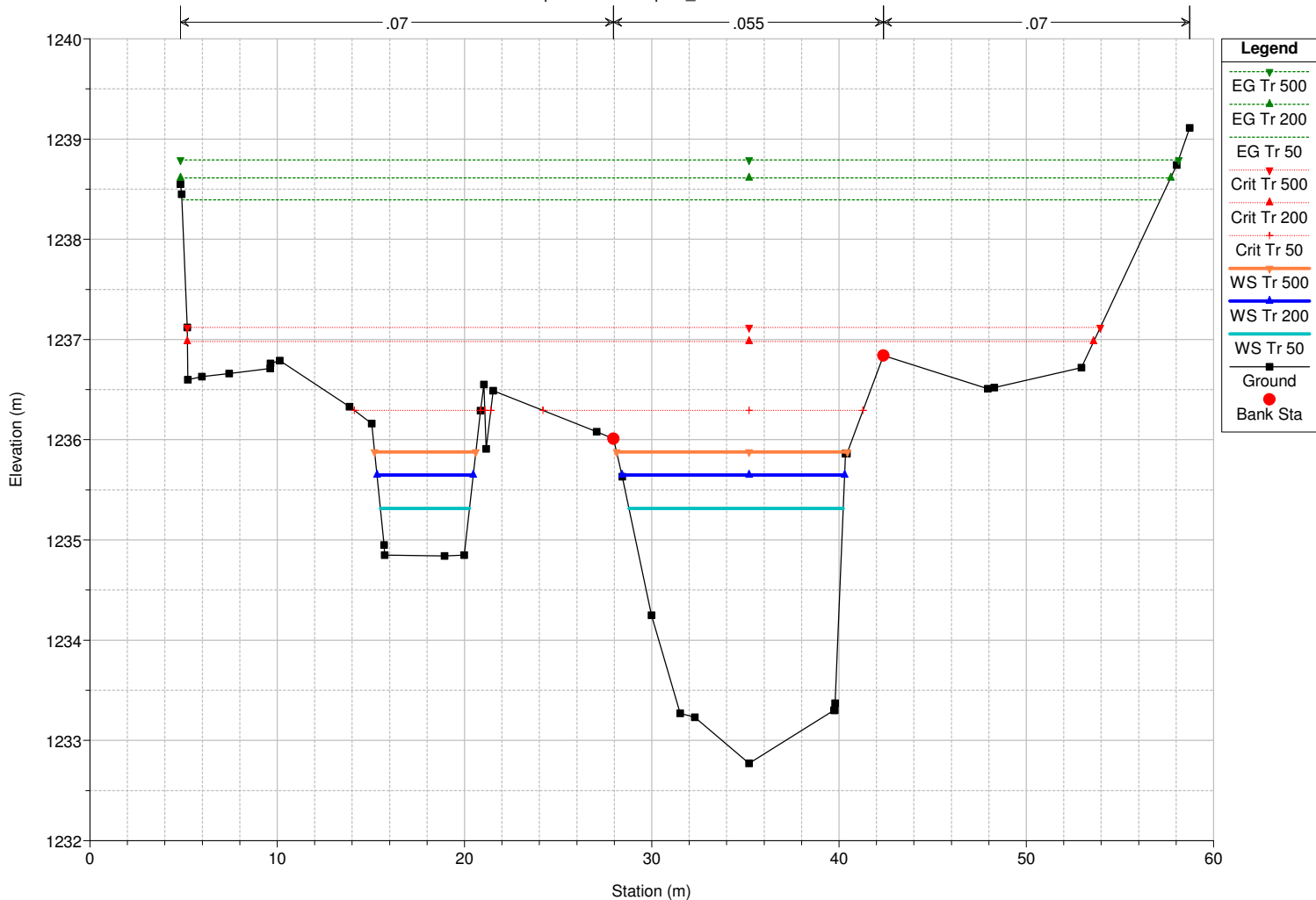
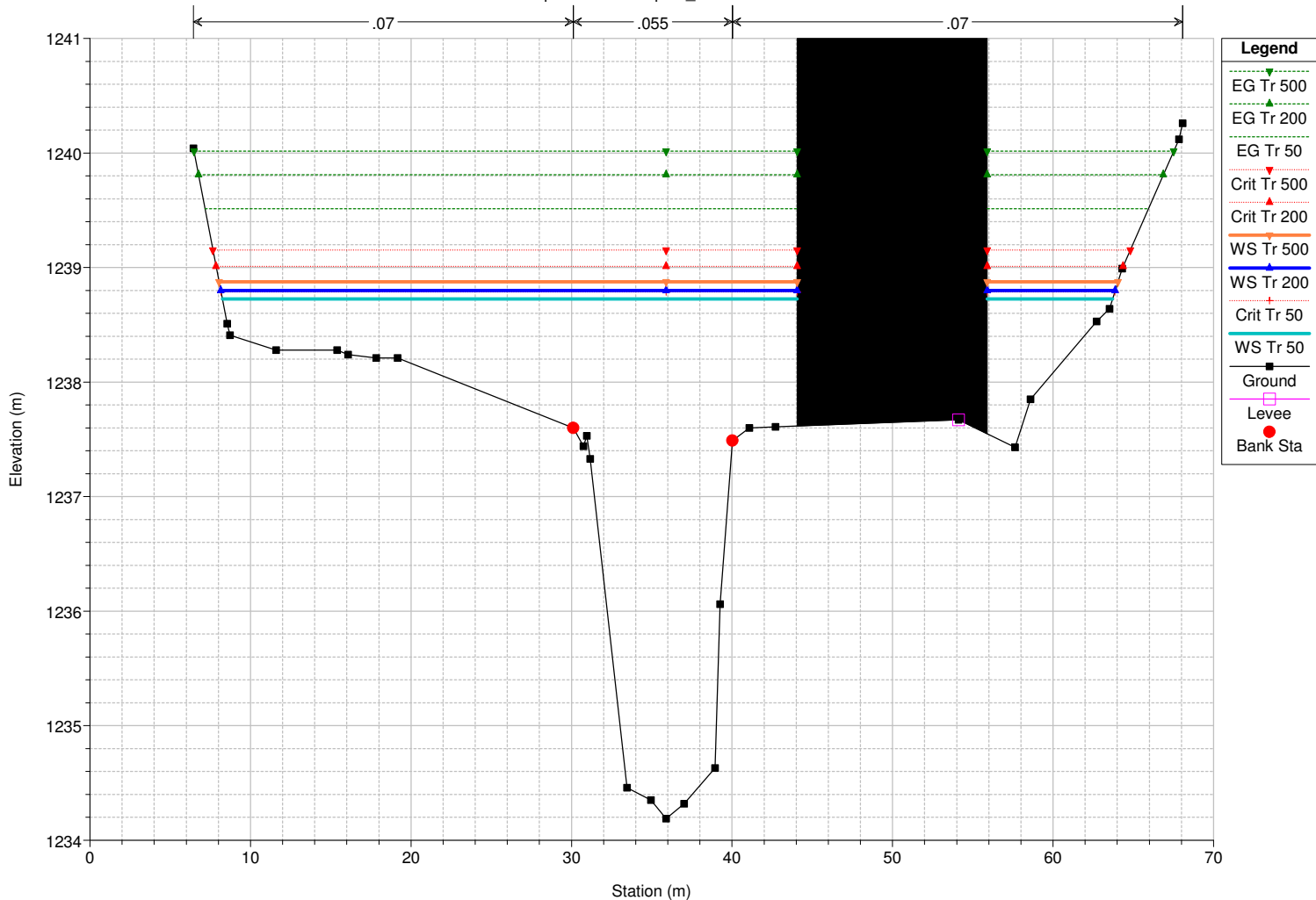


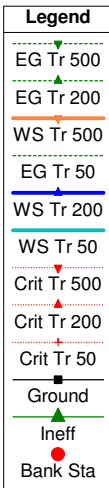
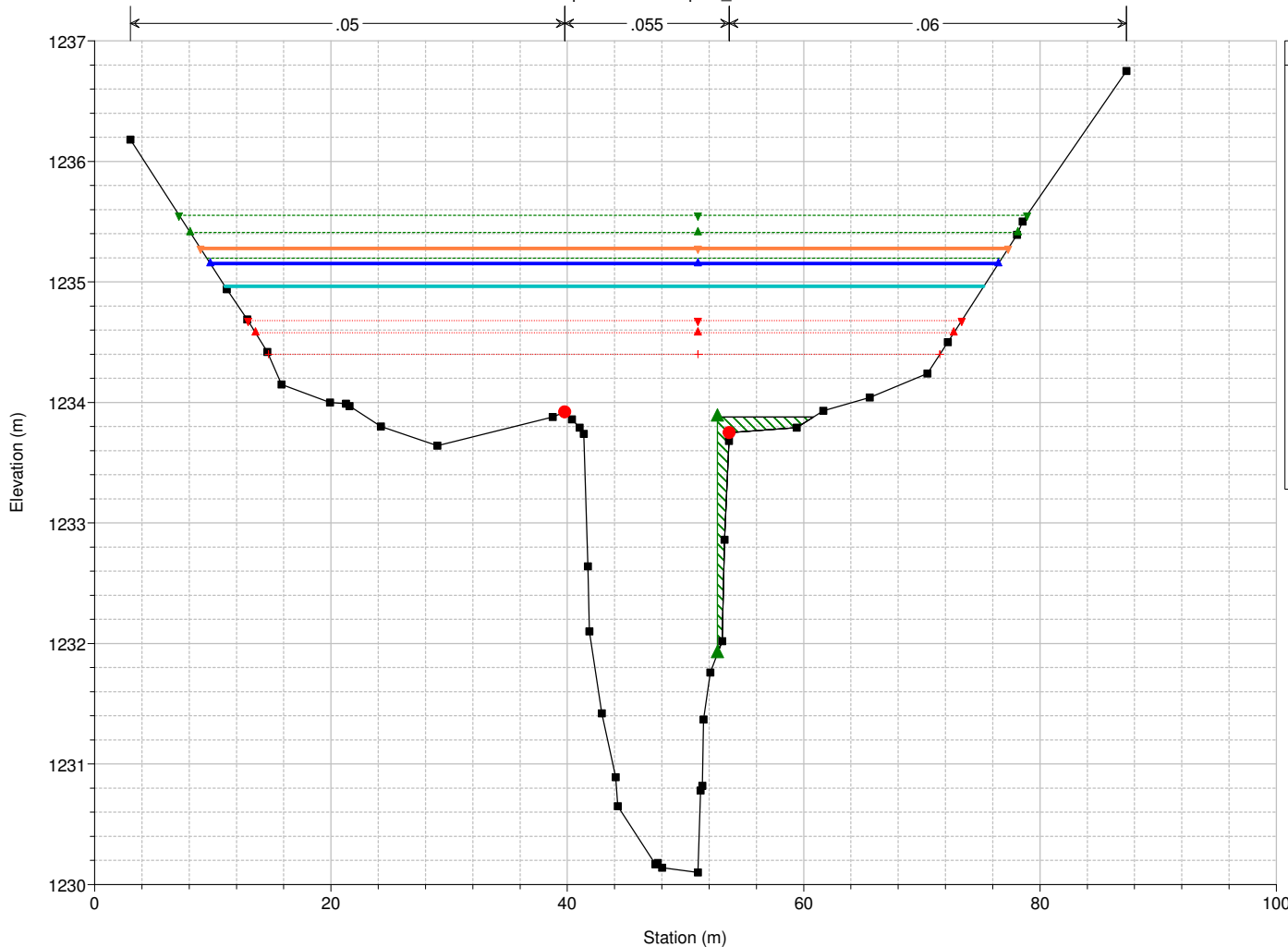
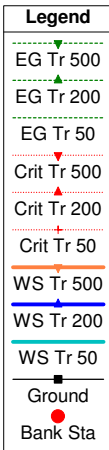
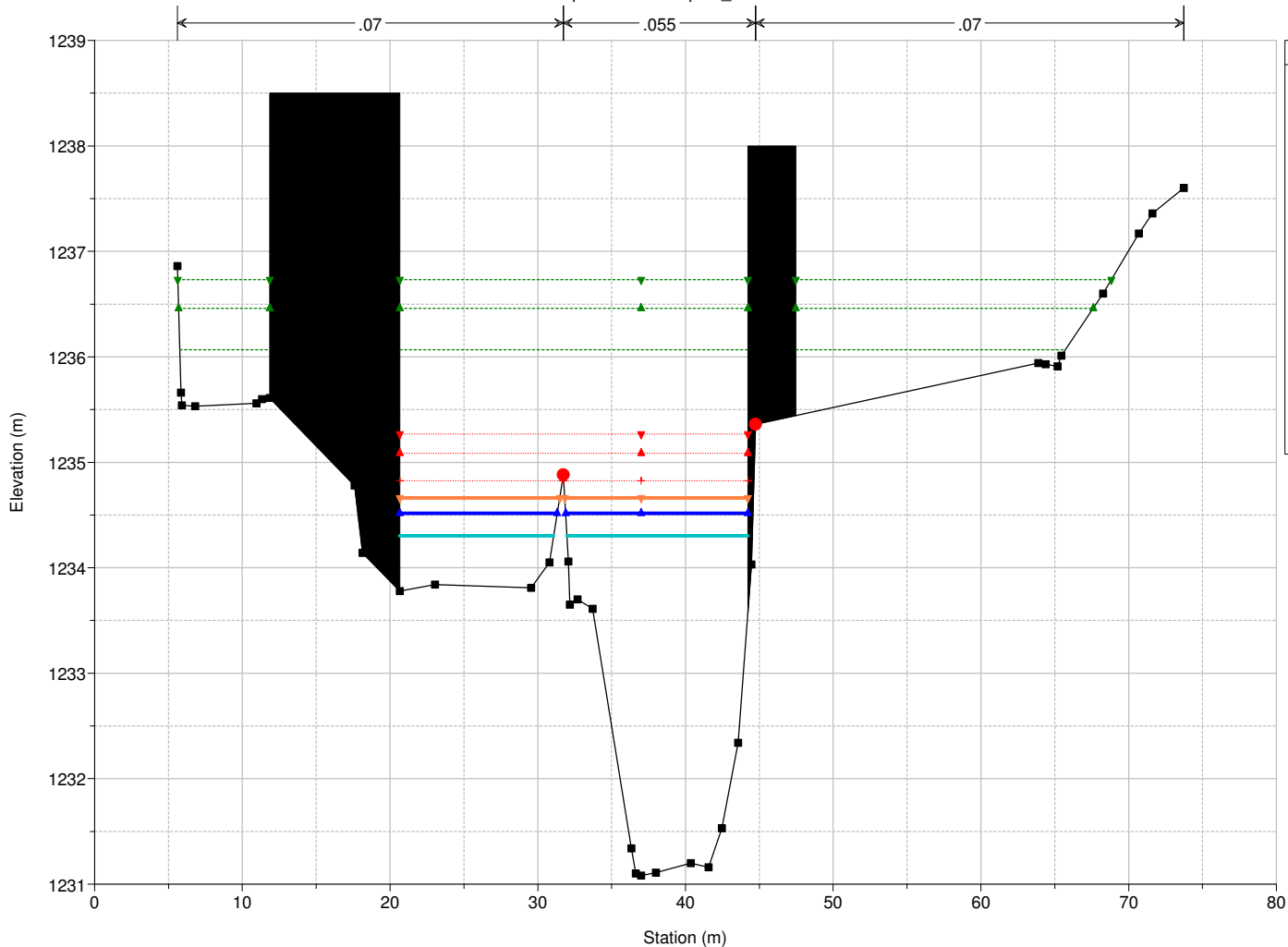
canosio Plan: SA_PRCG 06/04/2018 09:39:12
 River = preit Reach = preit_monte RS = 24

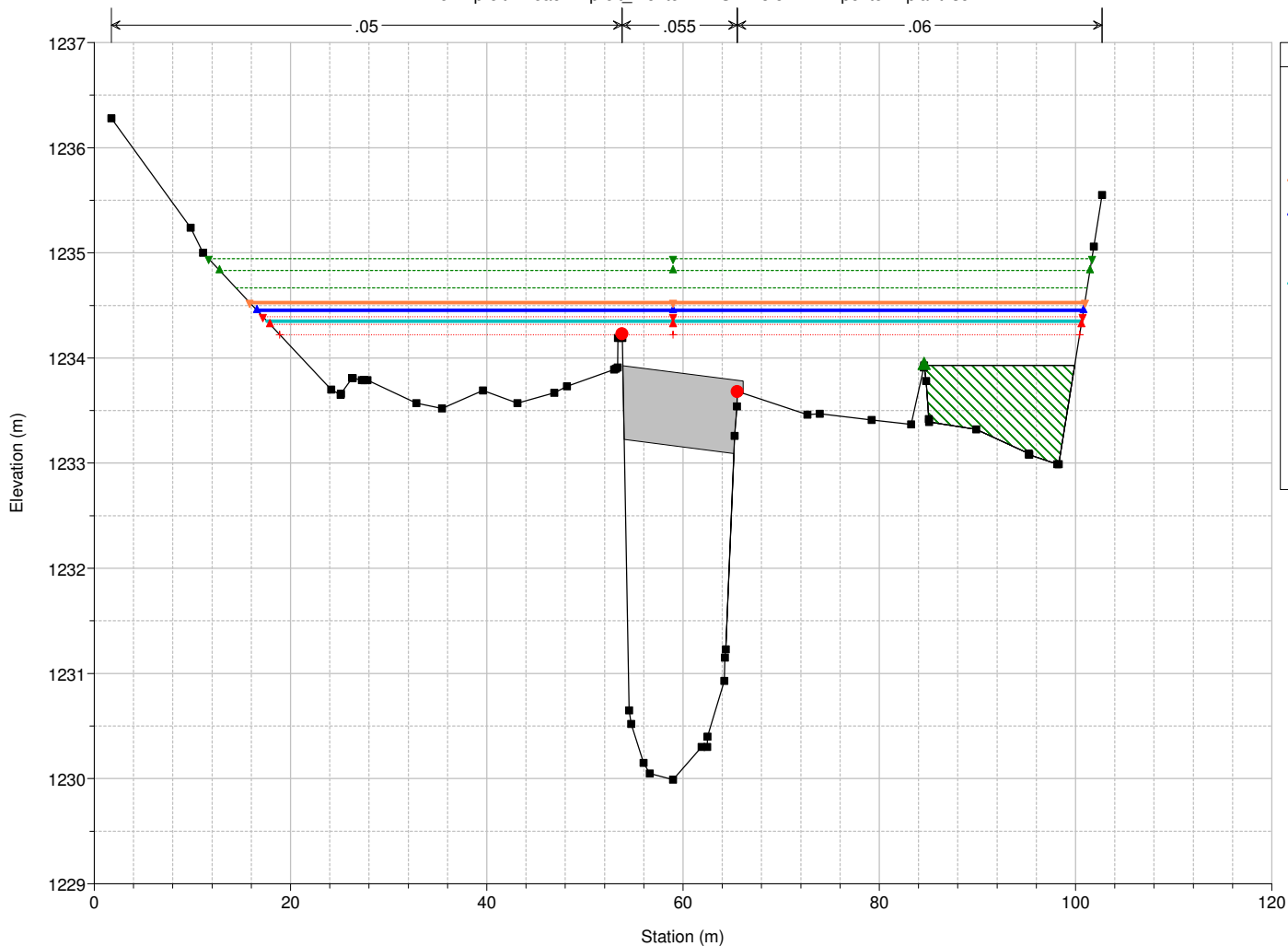
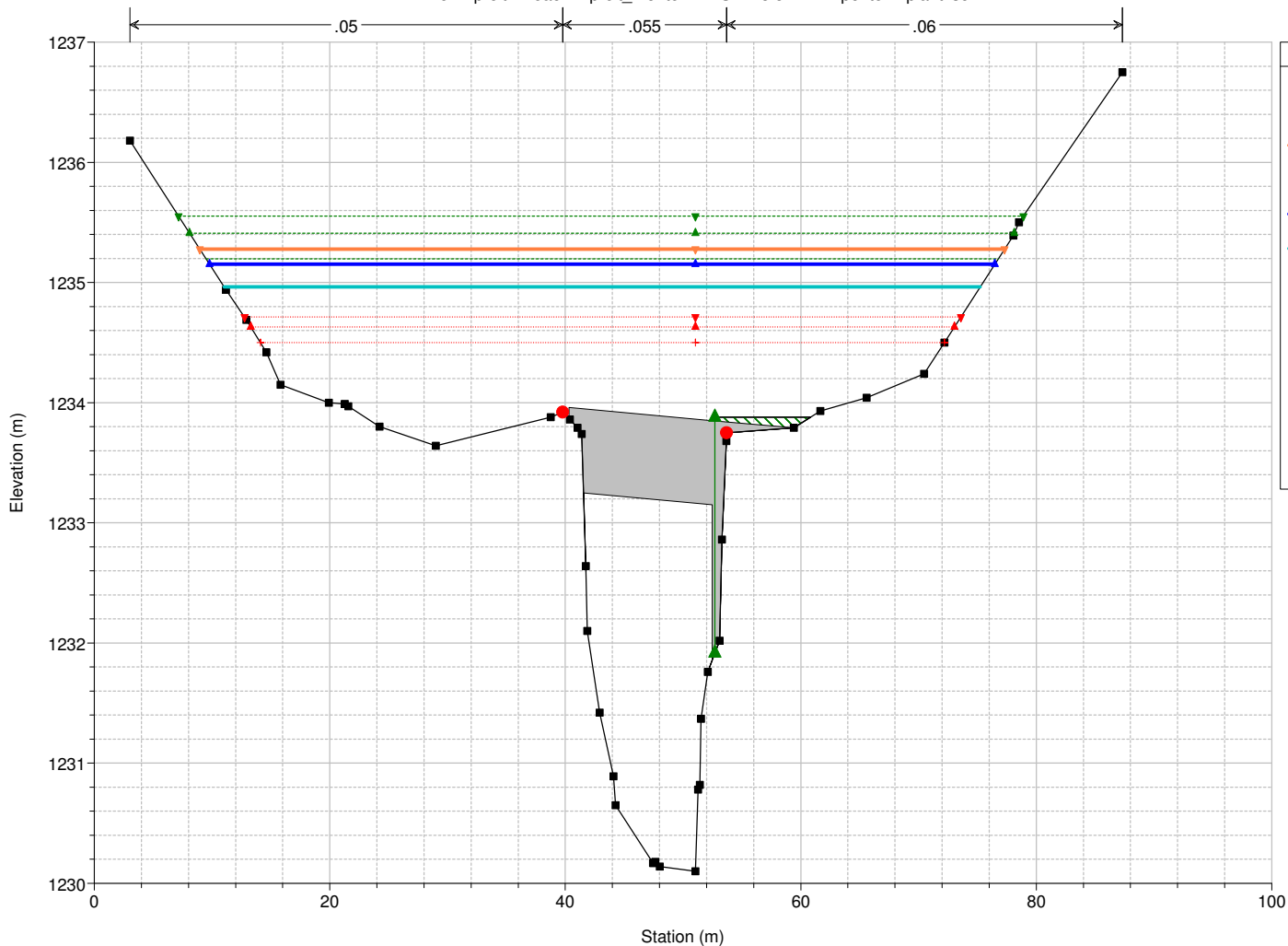


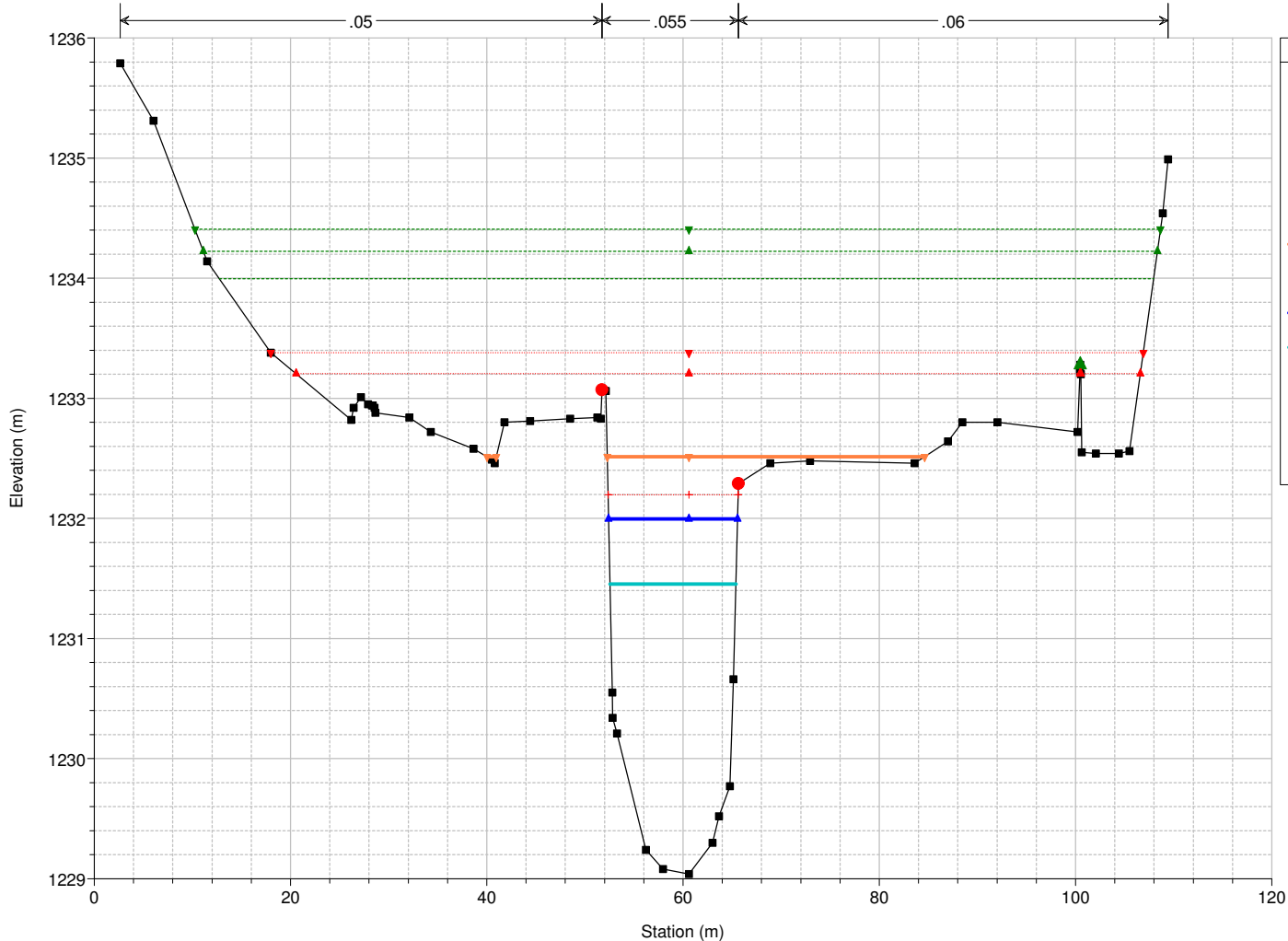
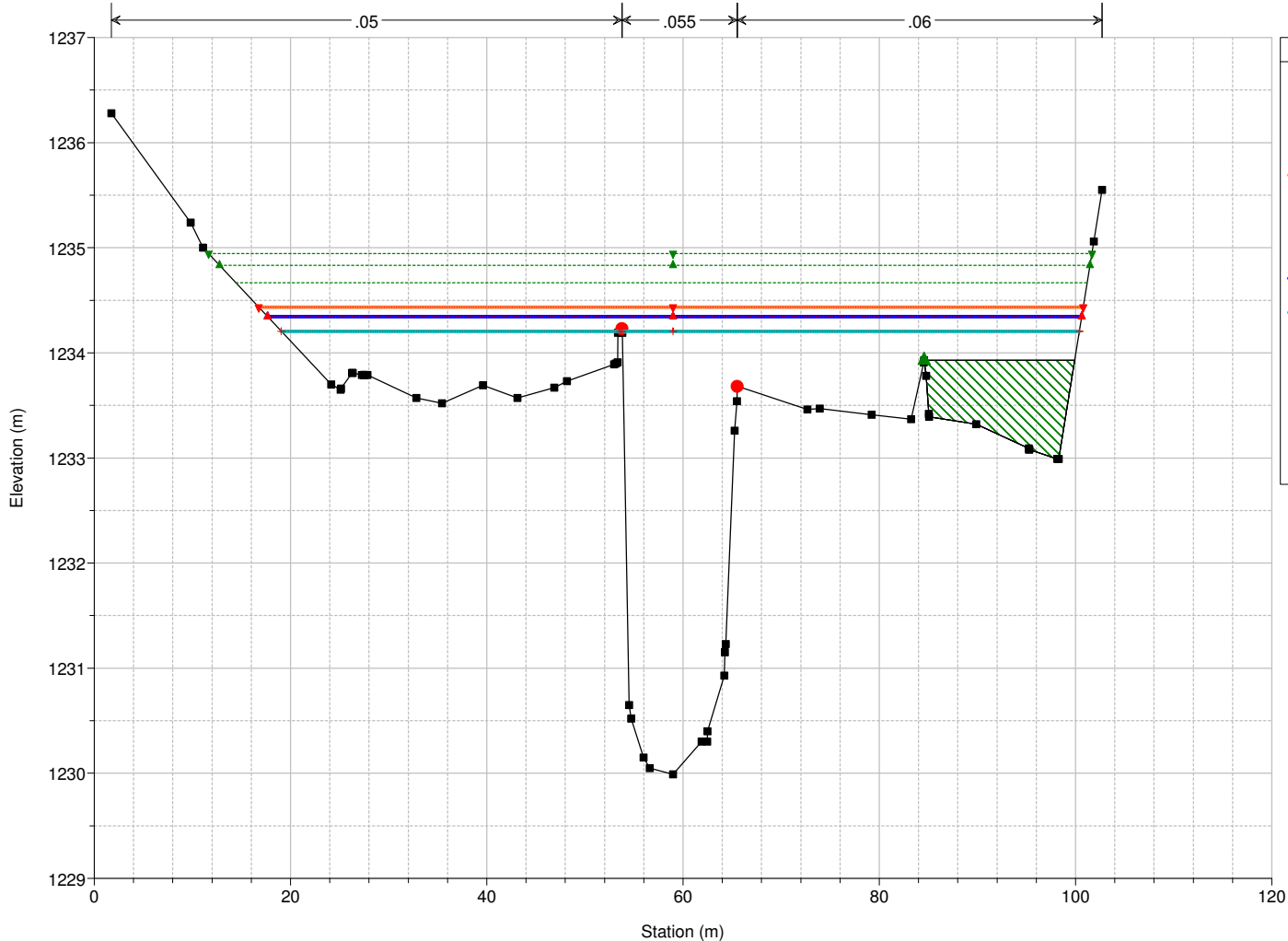
canosio Plan: SA_PRCG 06/04/2018 09:39:12
 River = preit Reach = preit_monte RS = 23

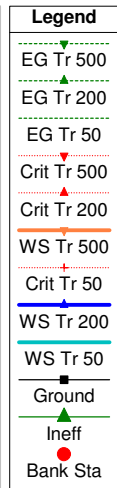
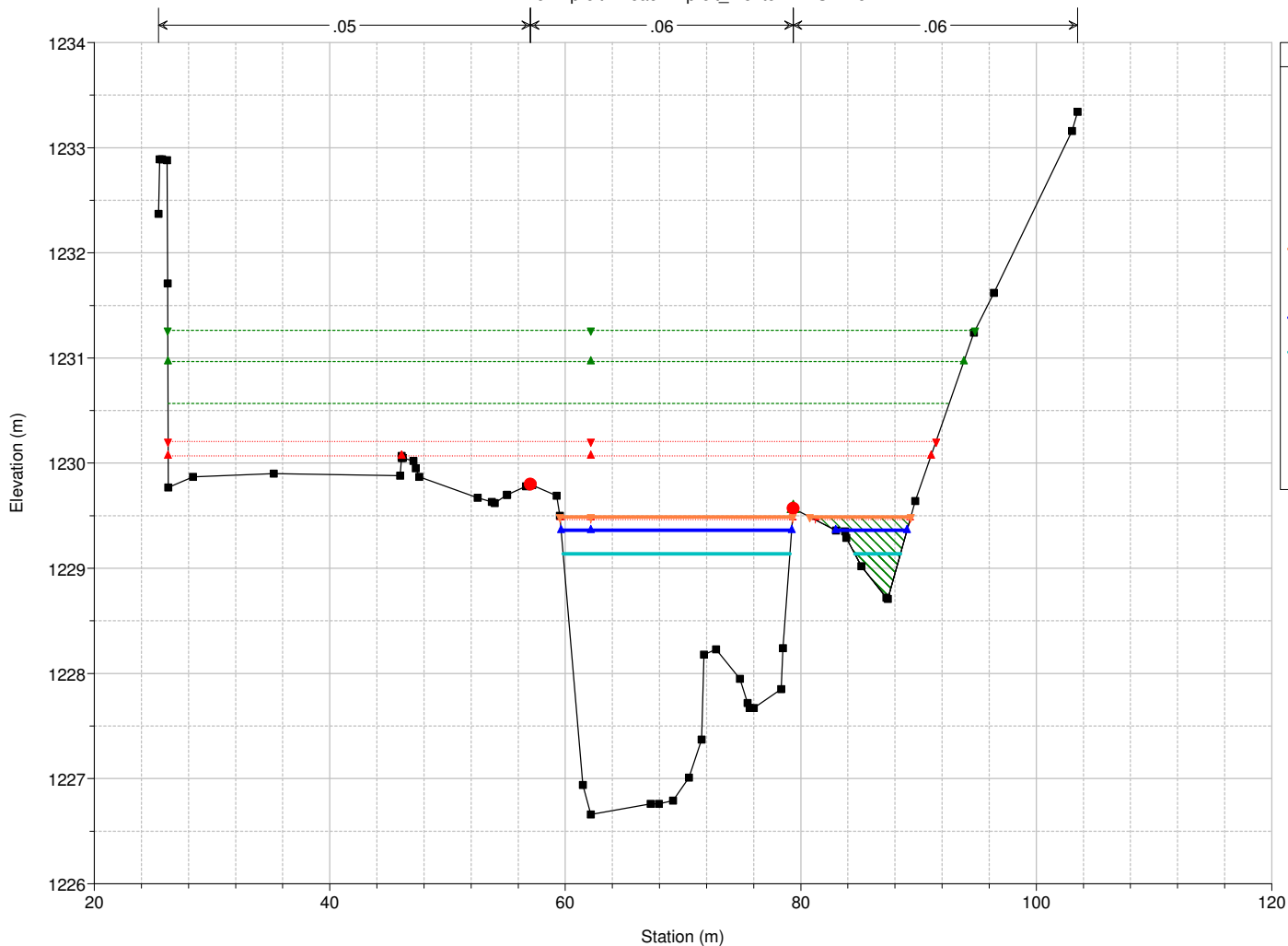
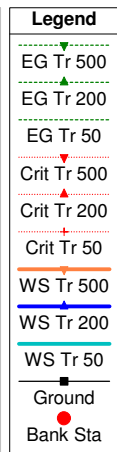
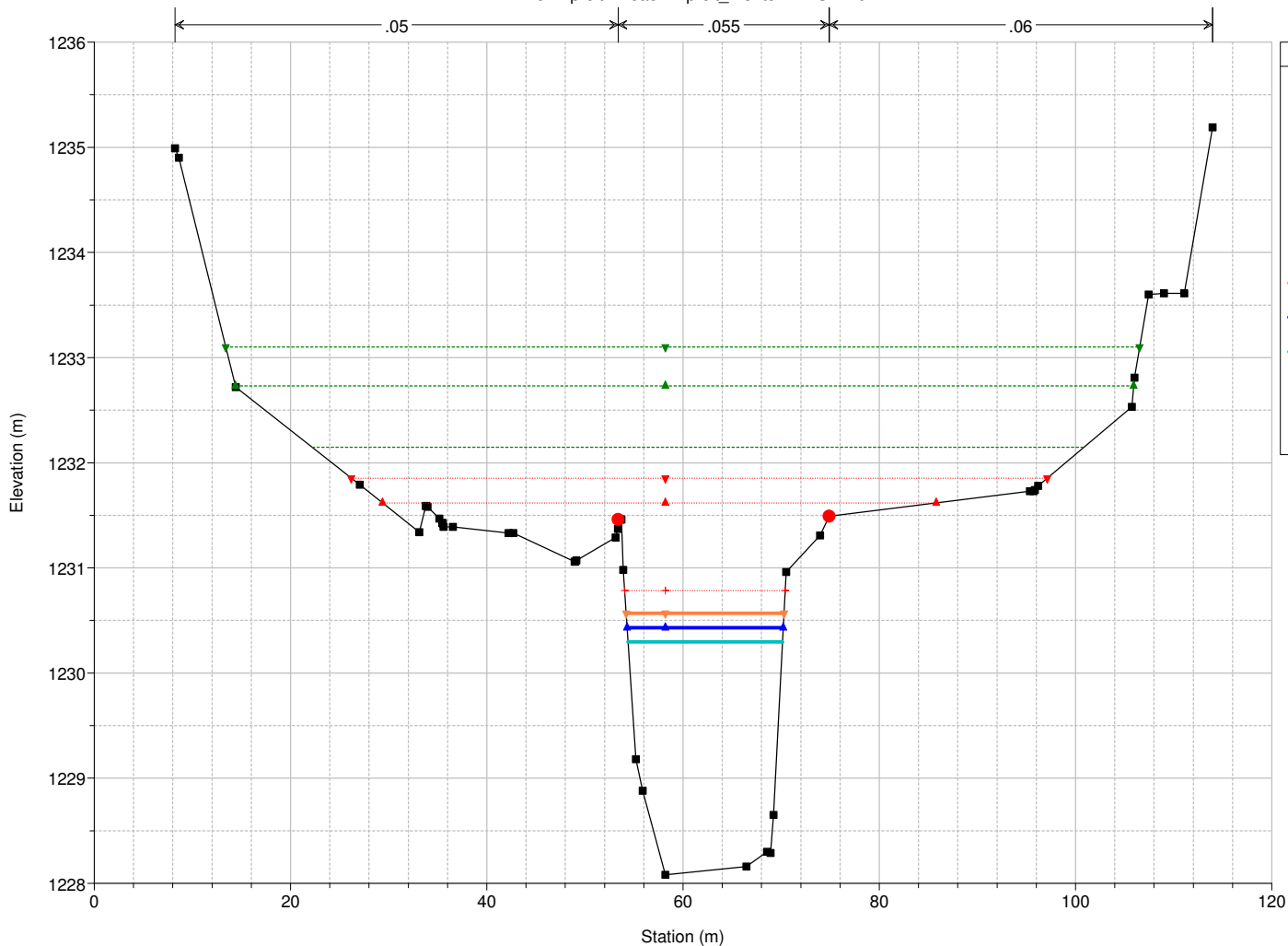


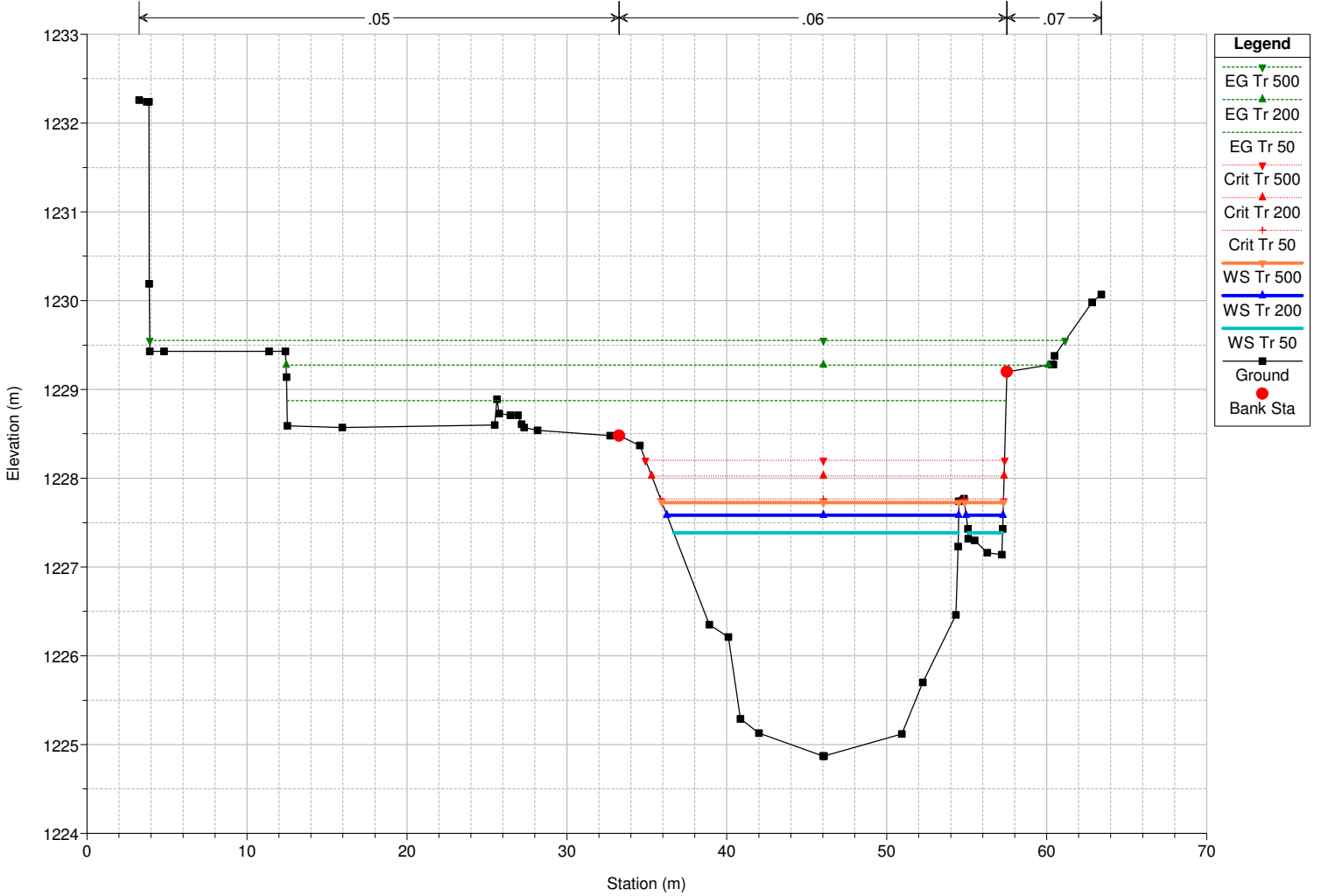
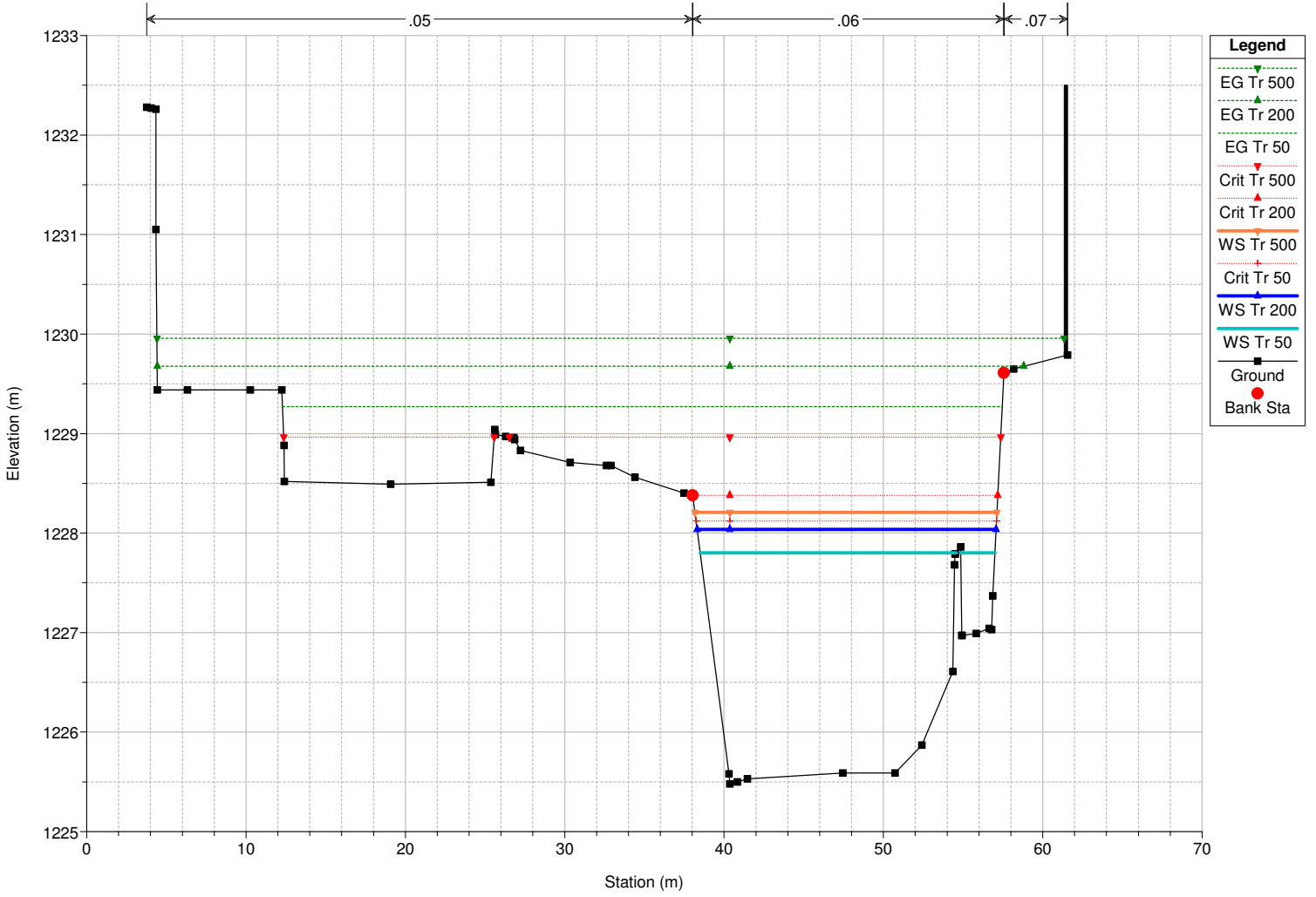


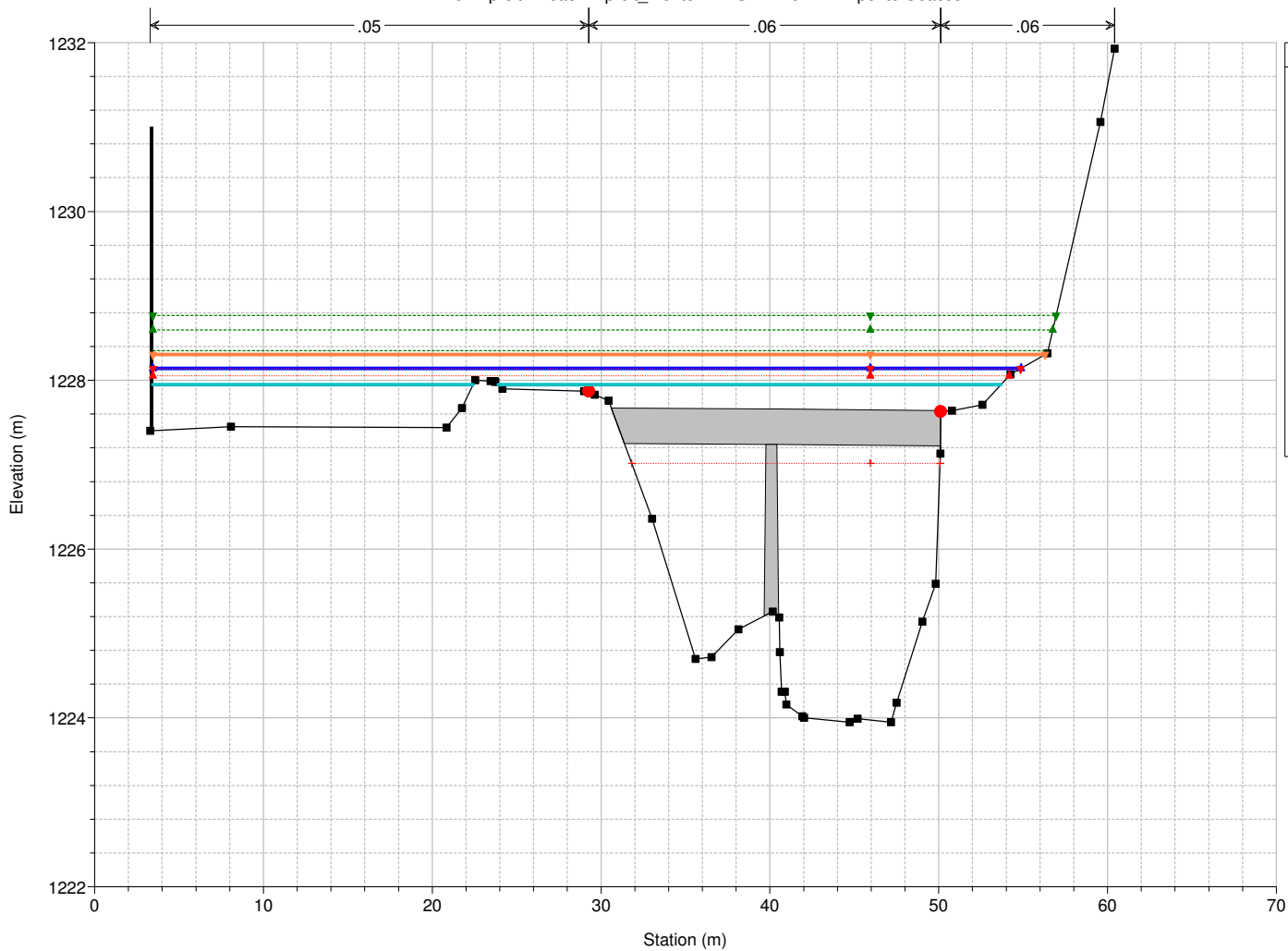
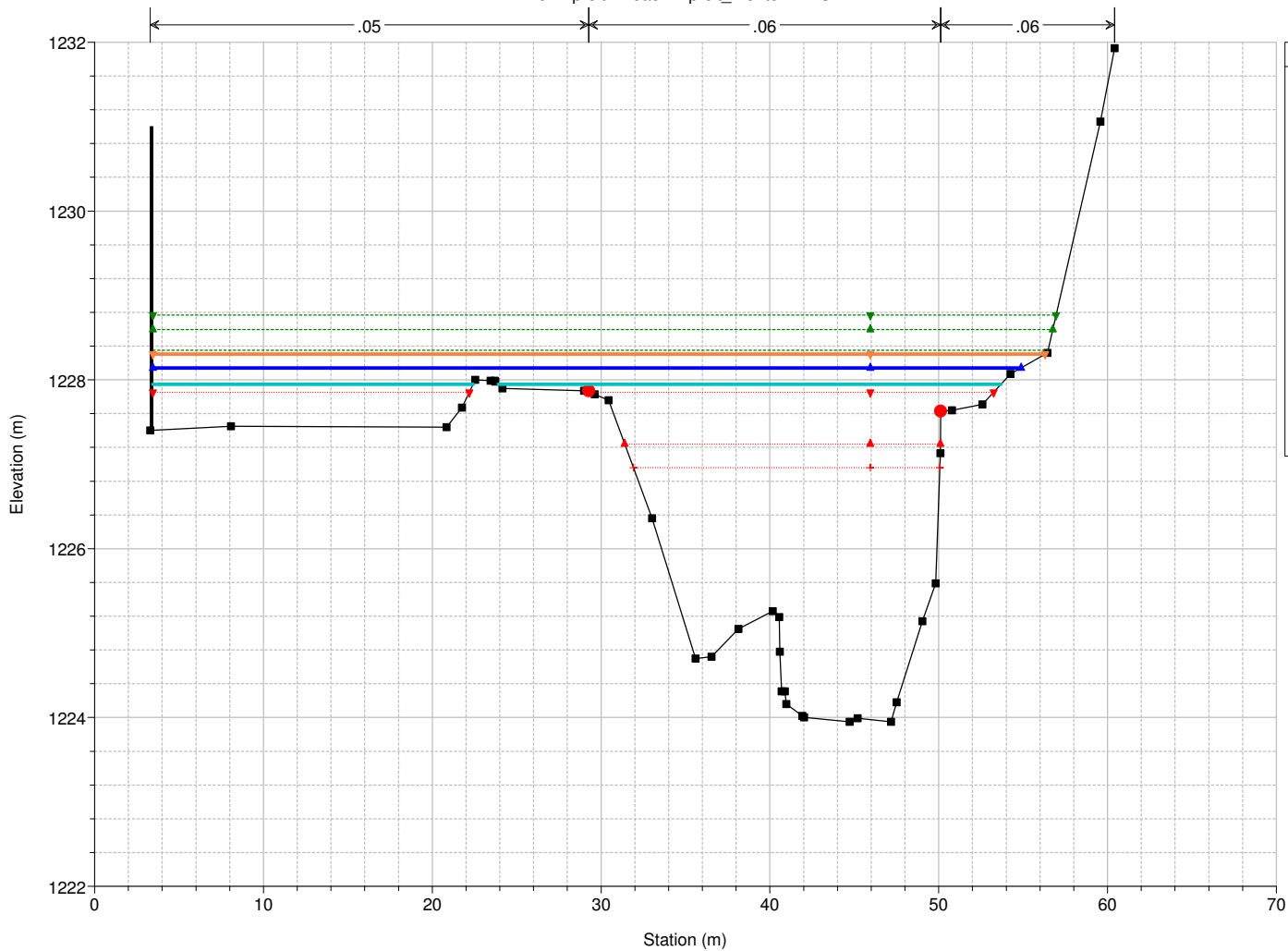


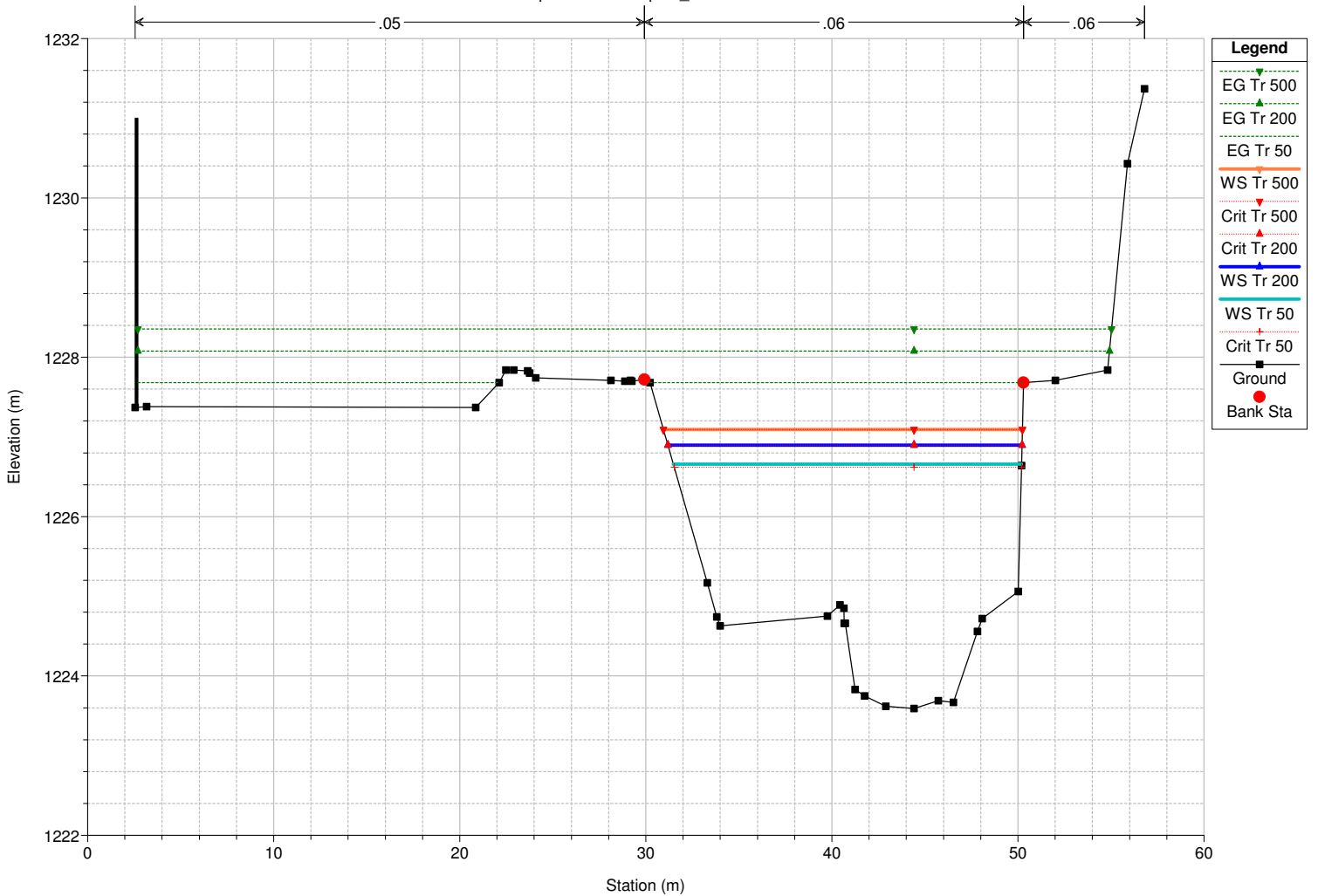
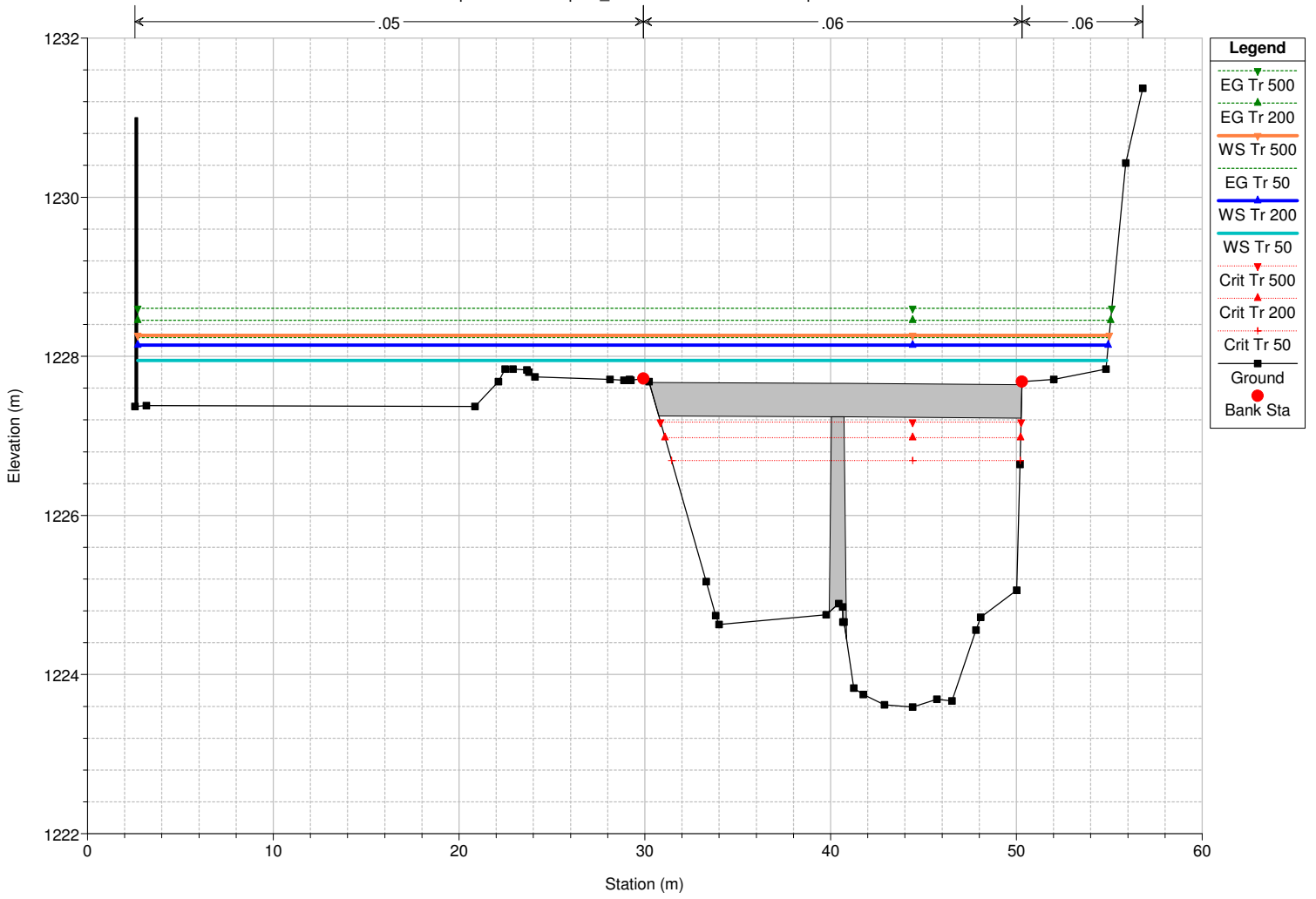


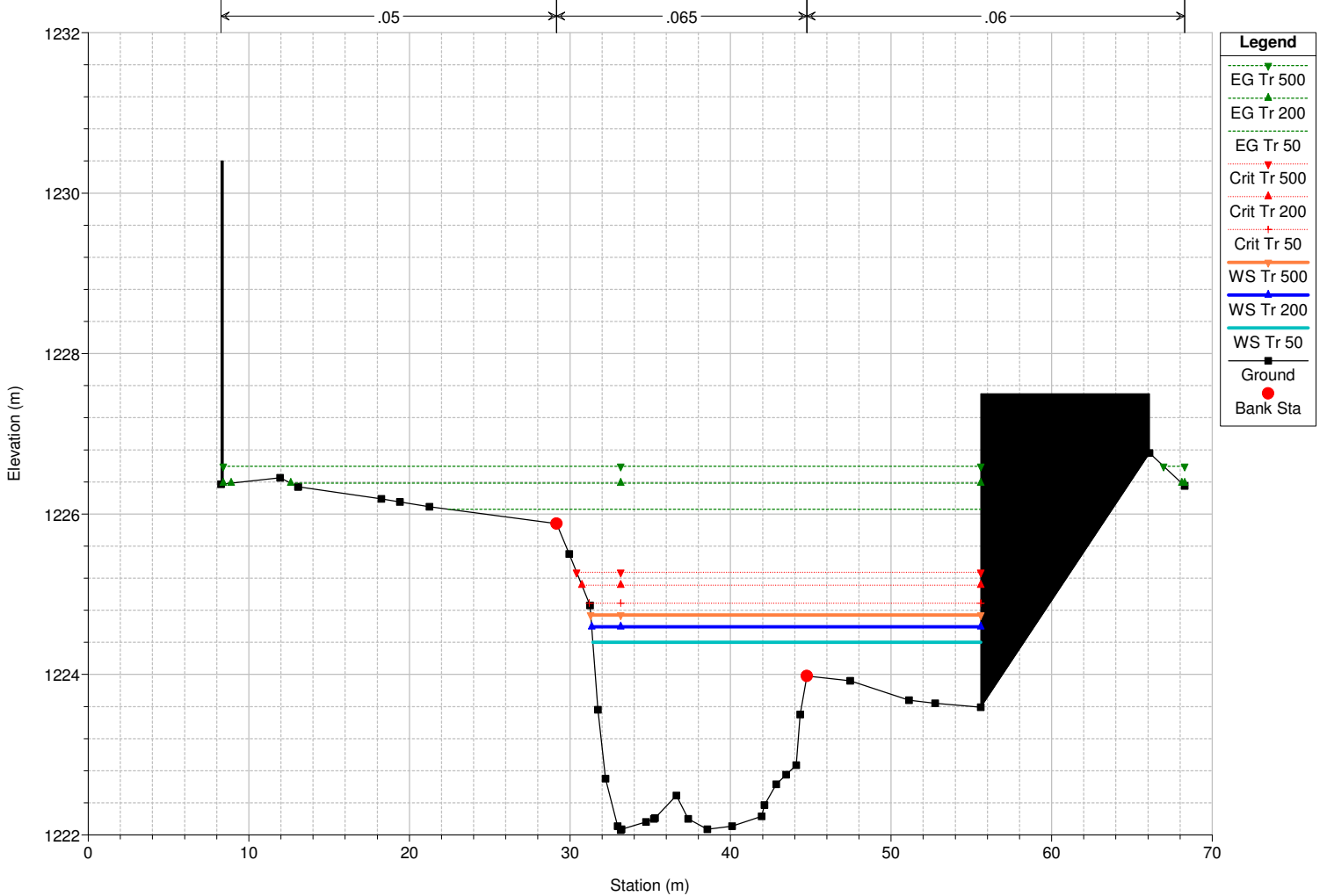
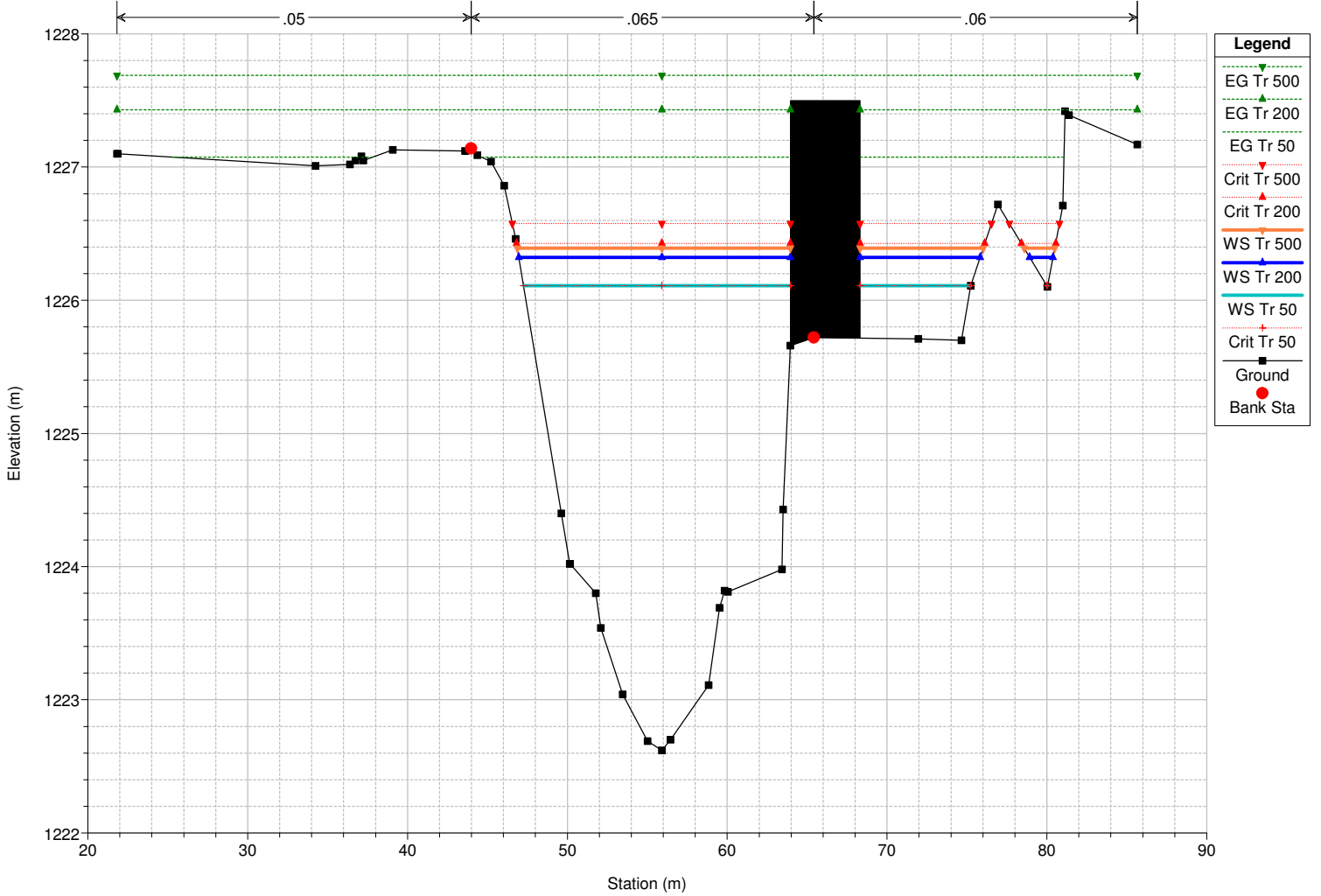


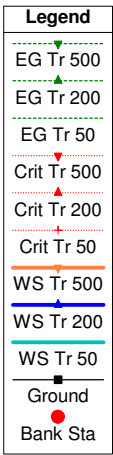
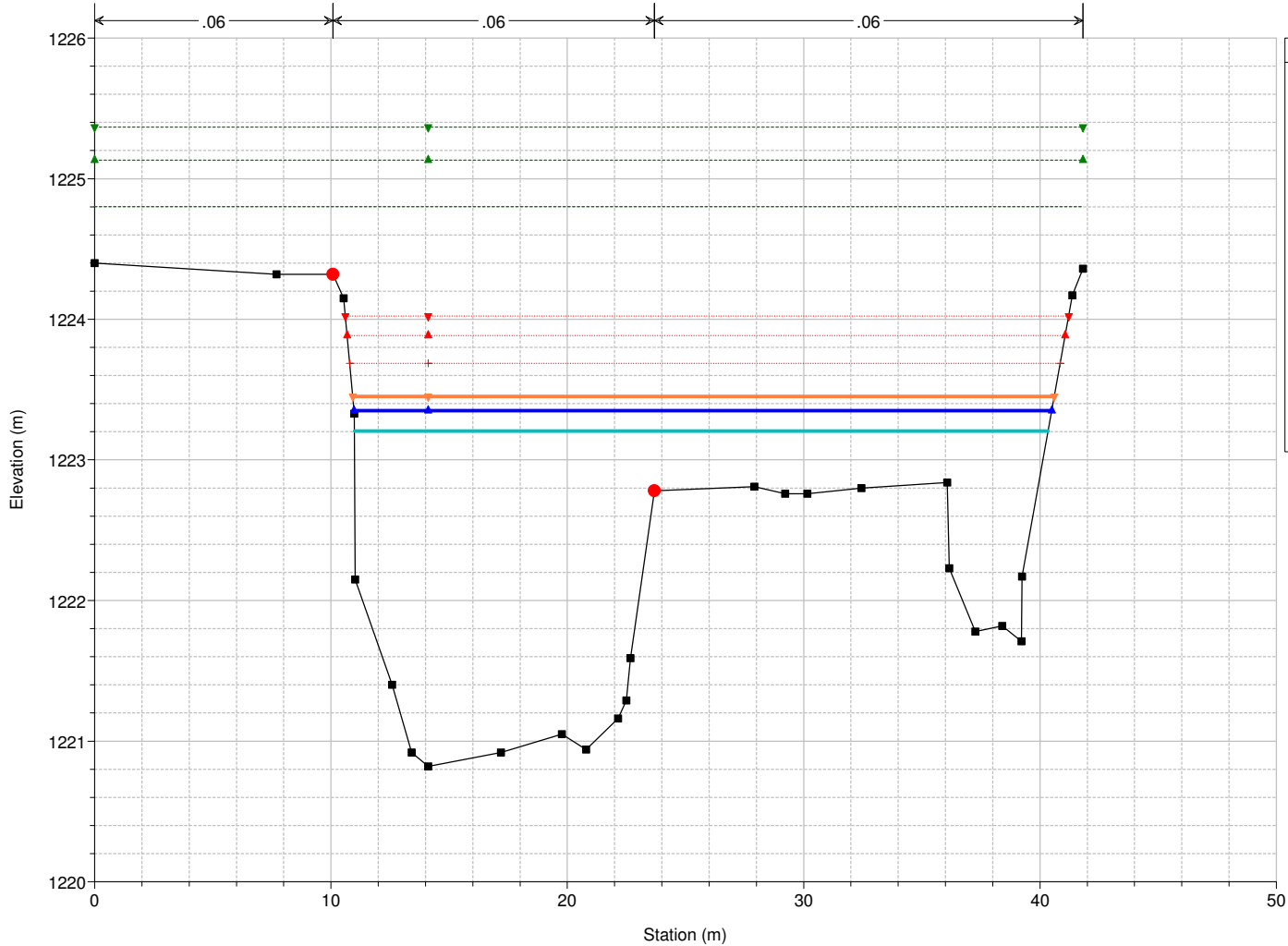
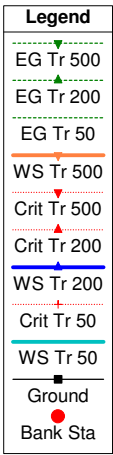
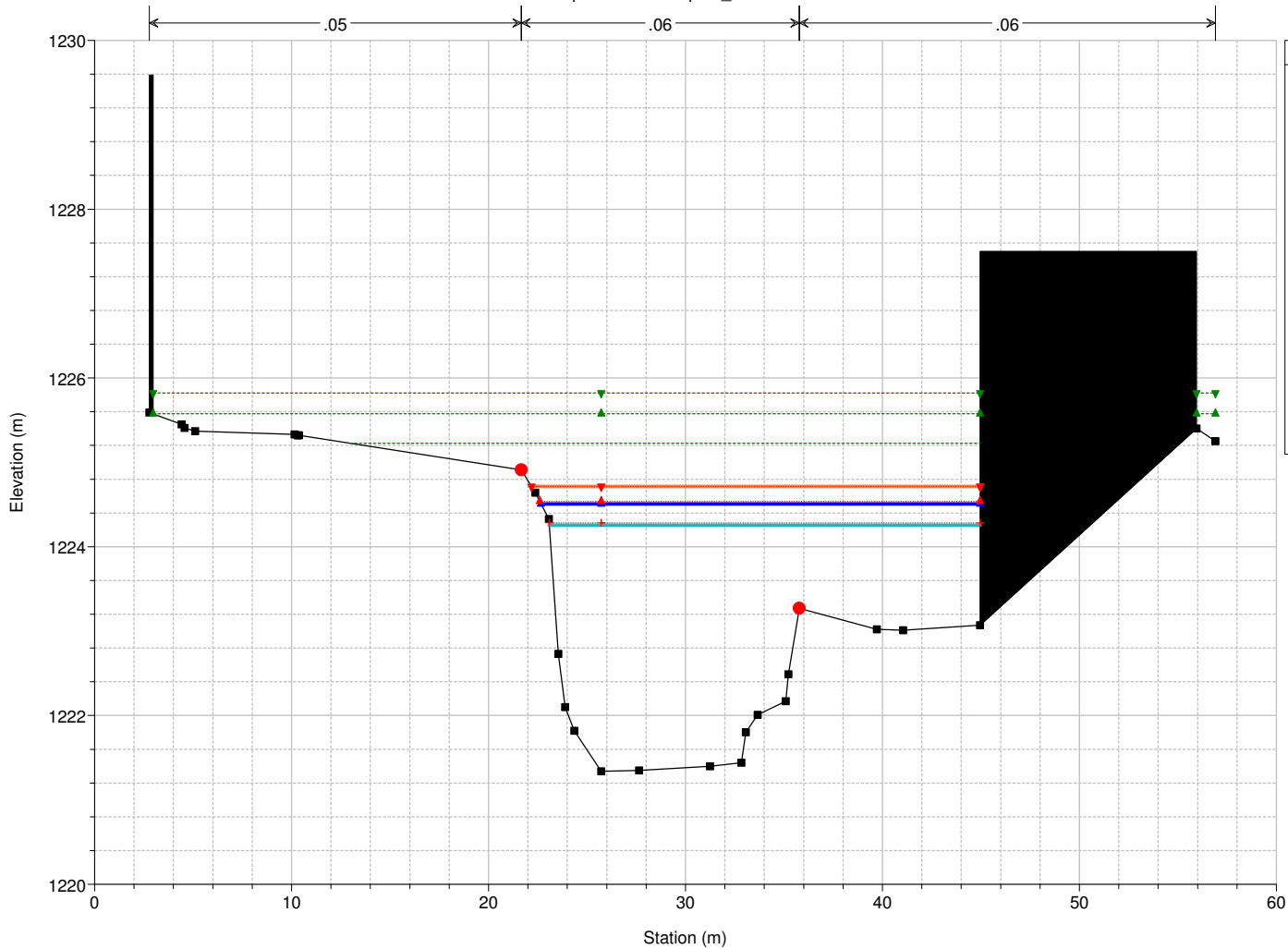


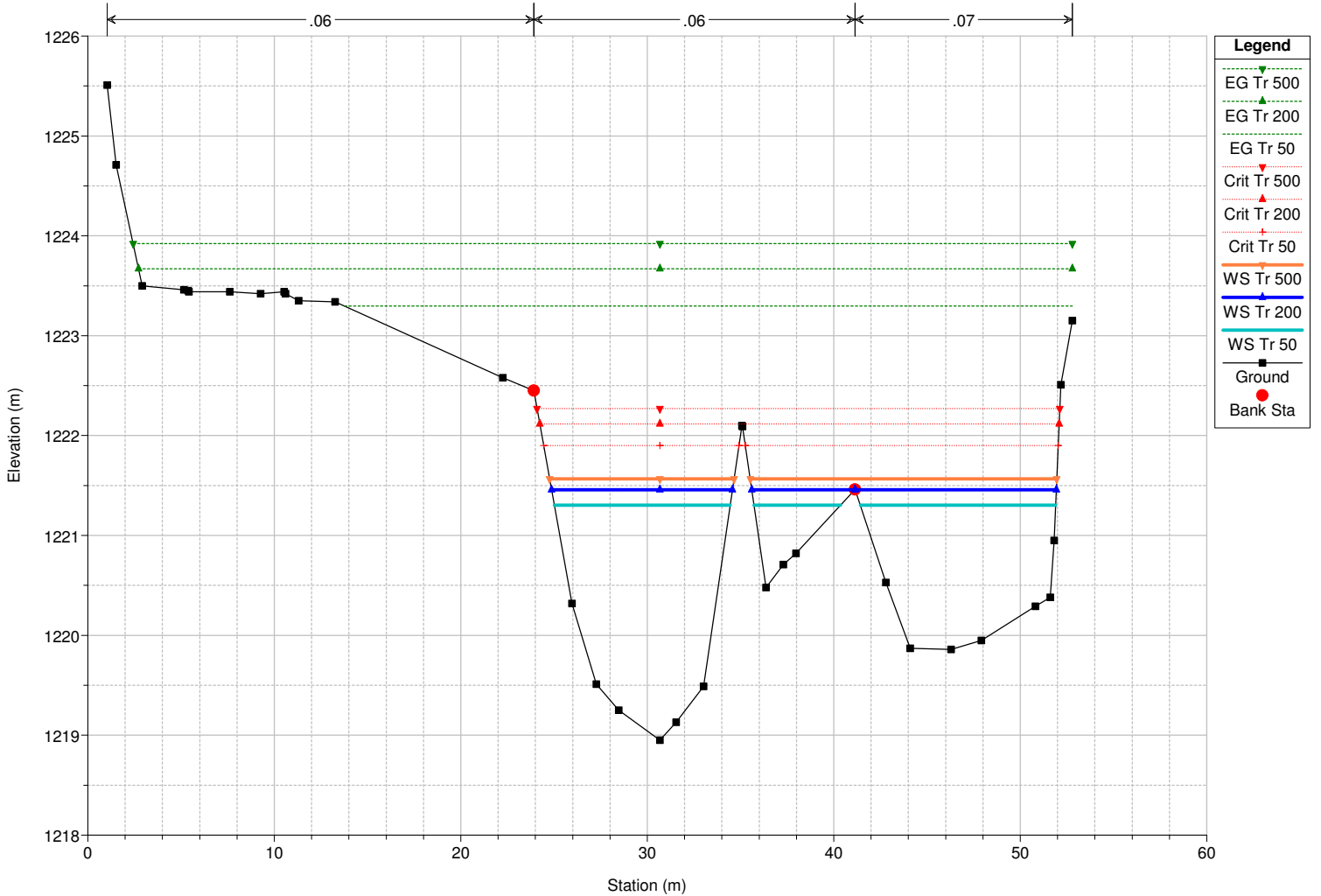
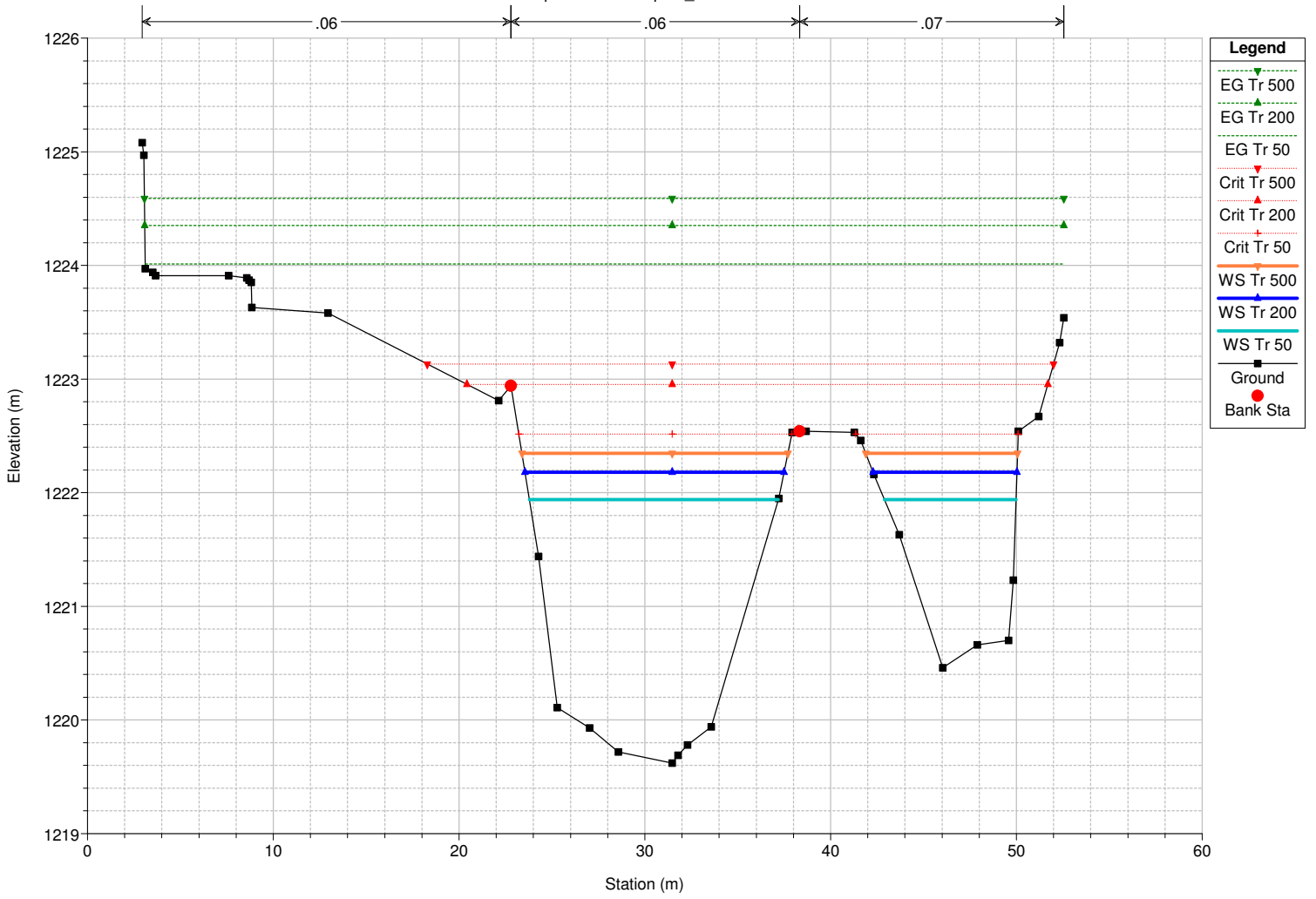


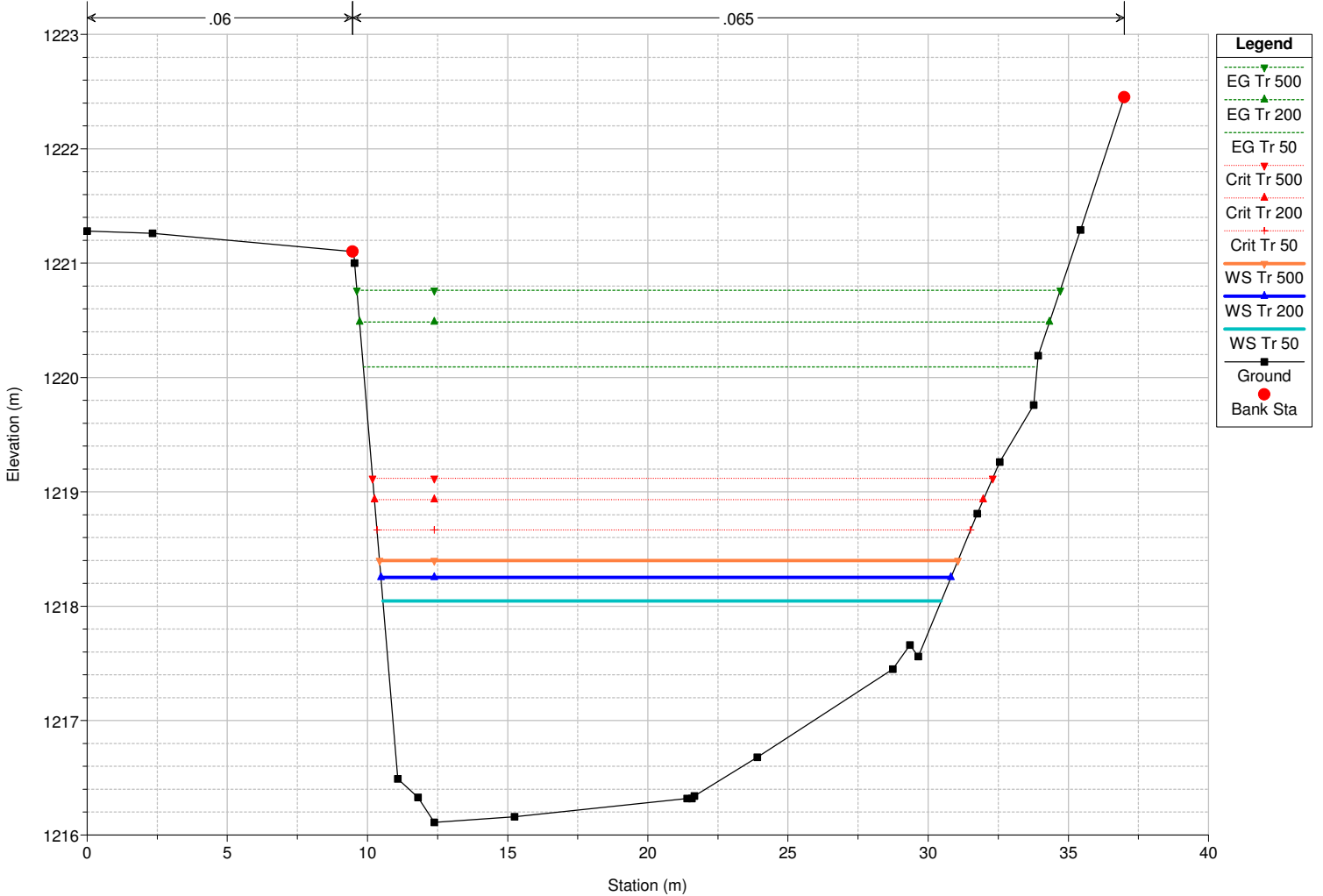
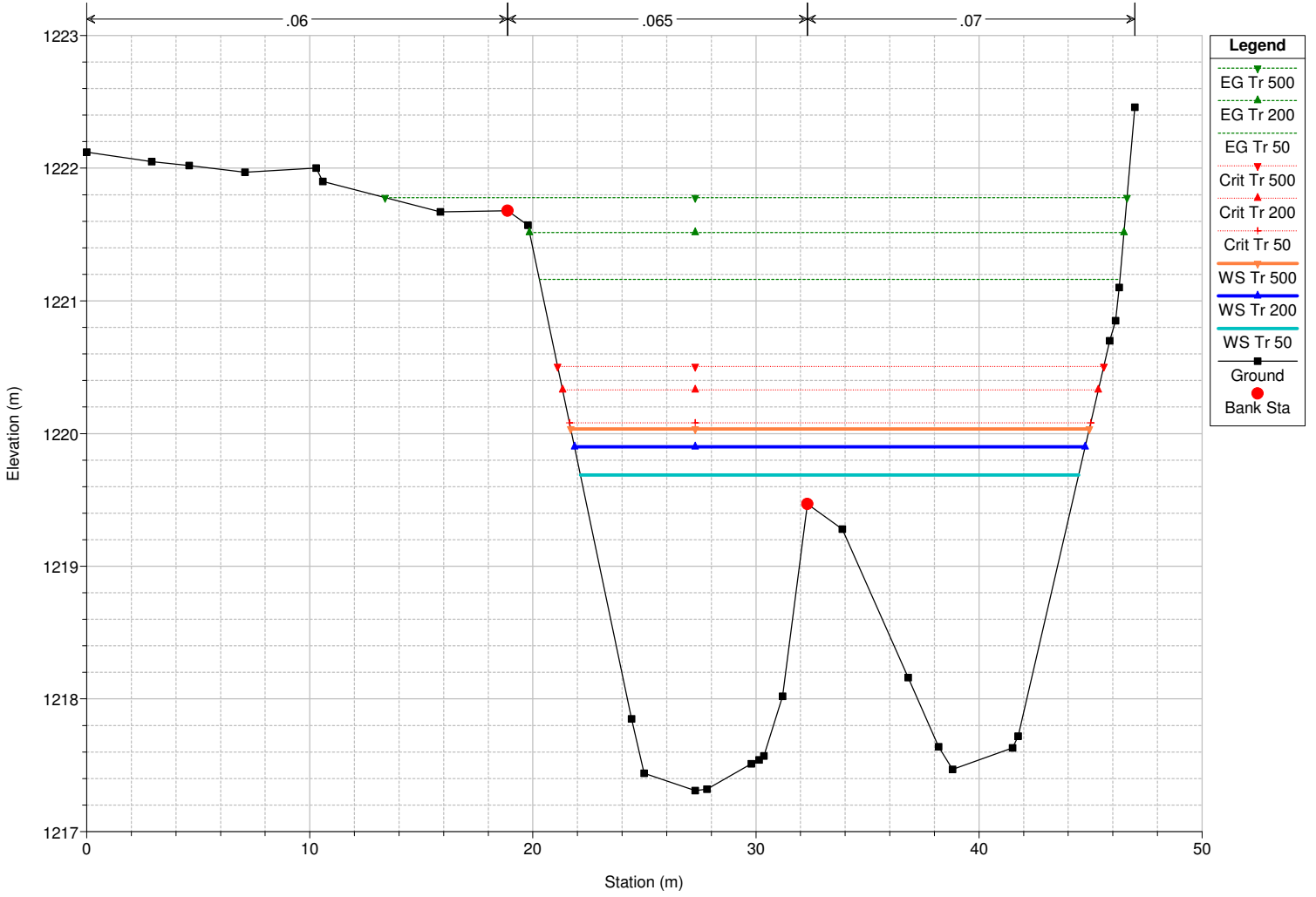


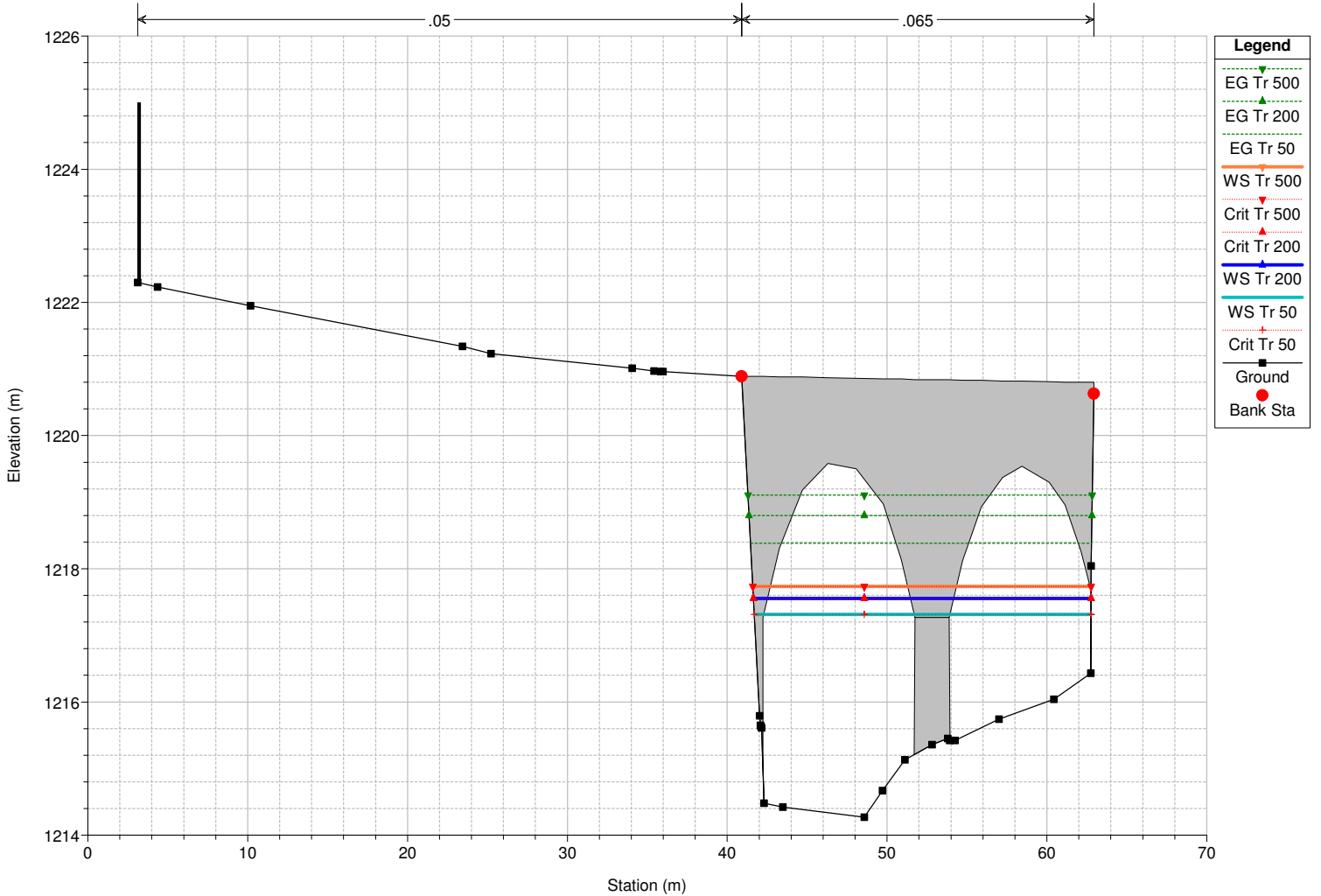
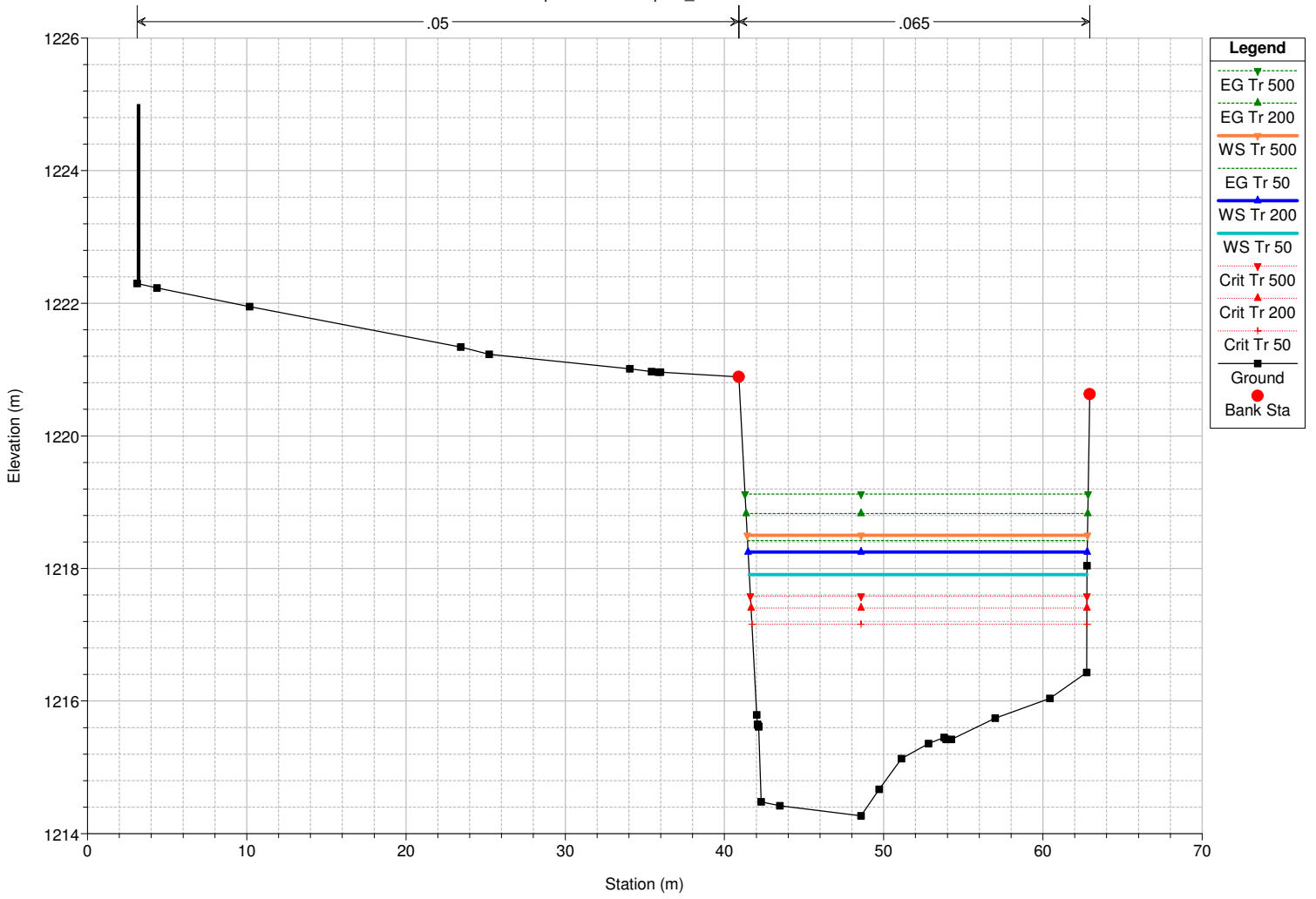


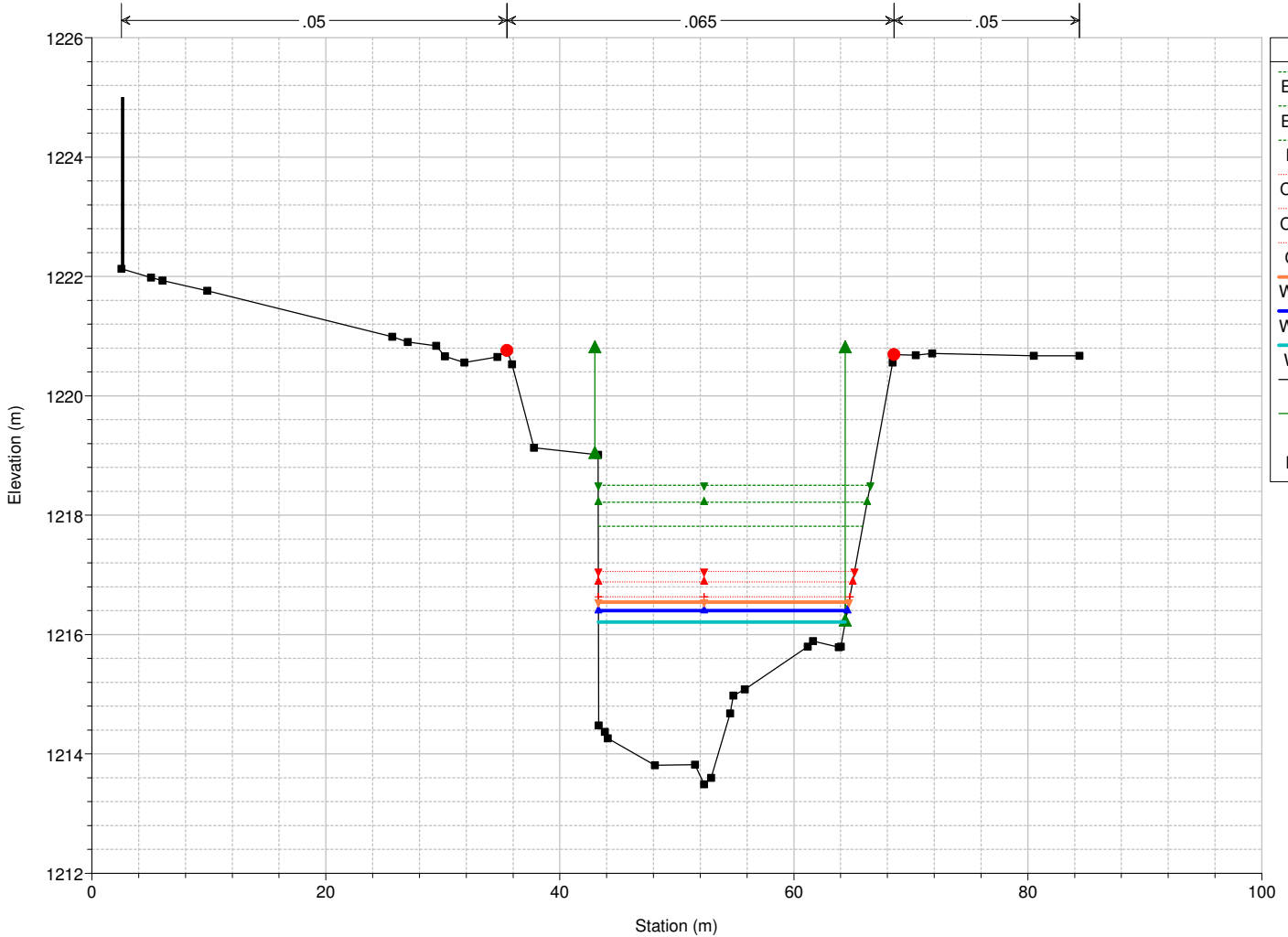
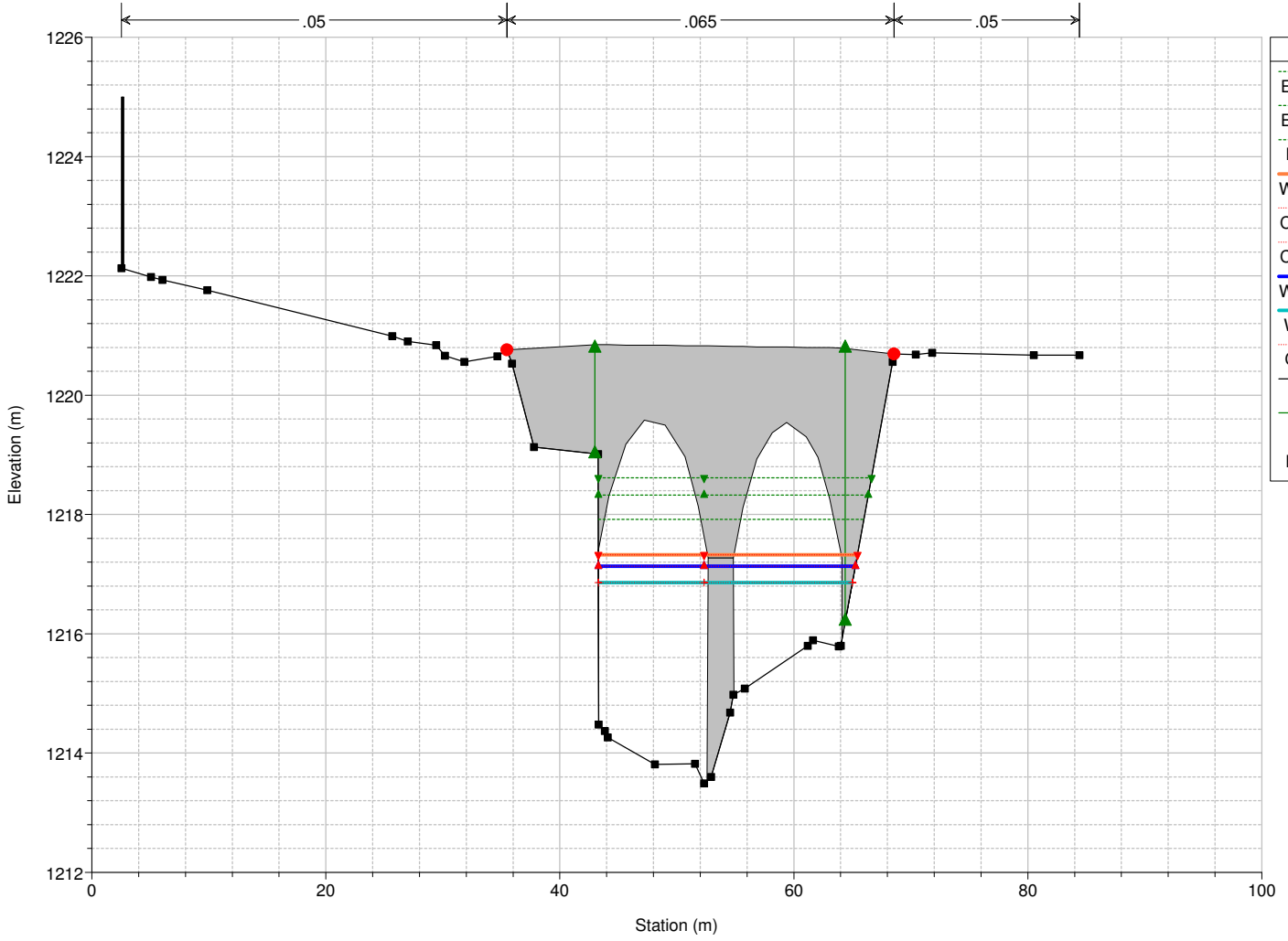


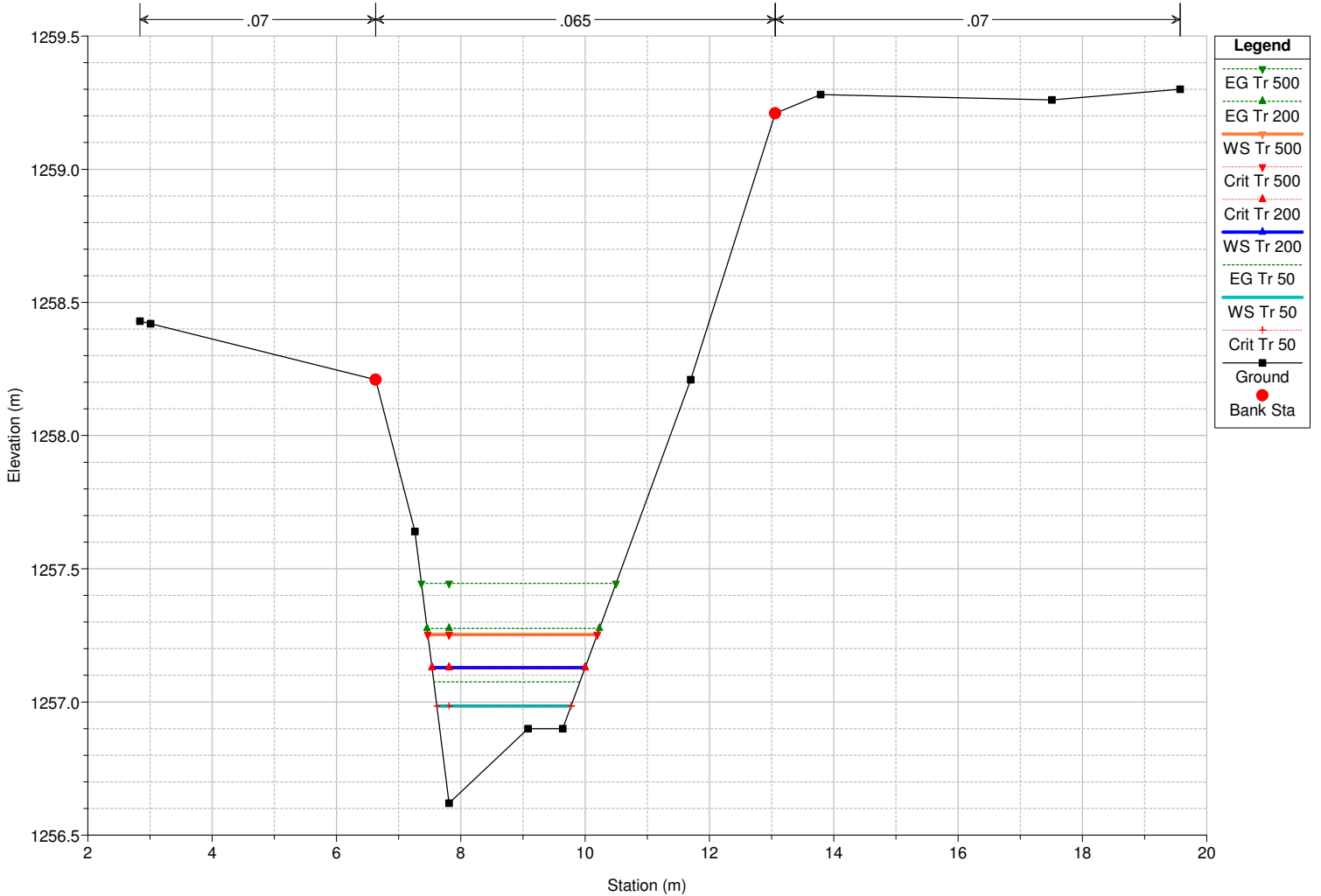
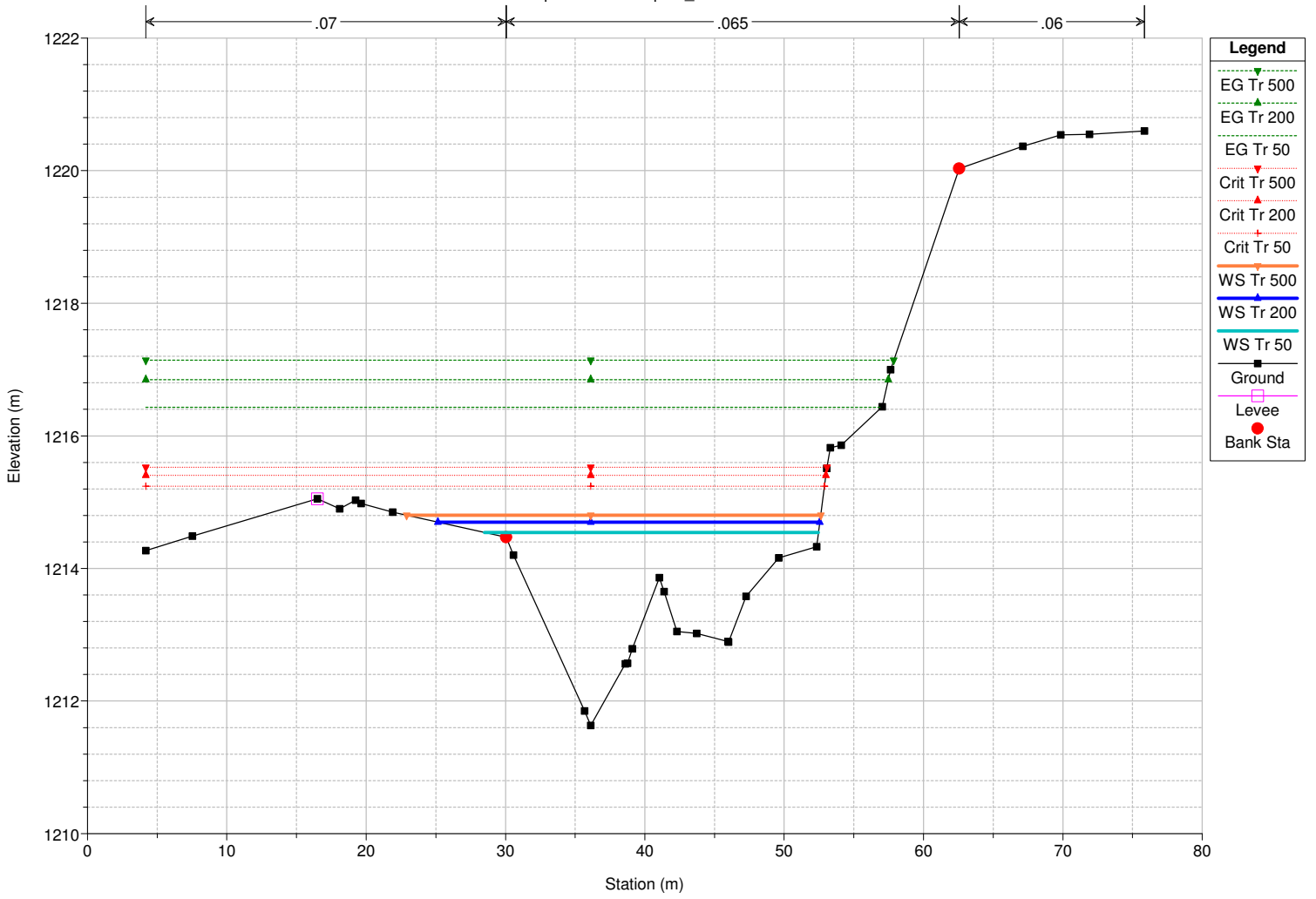


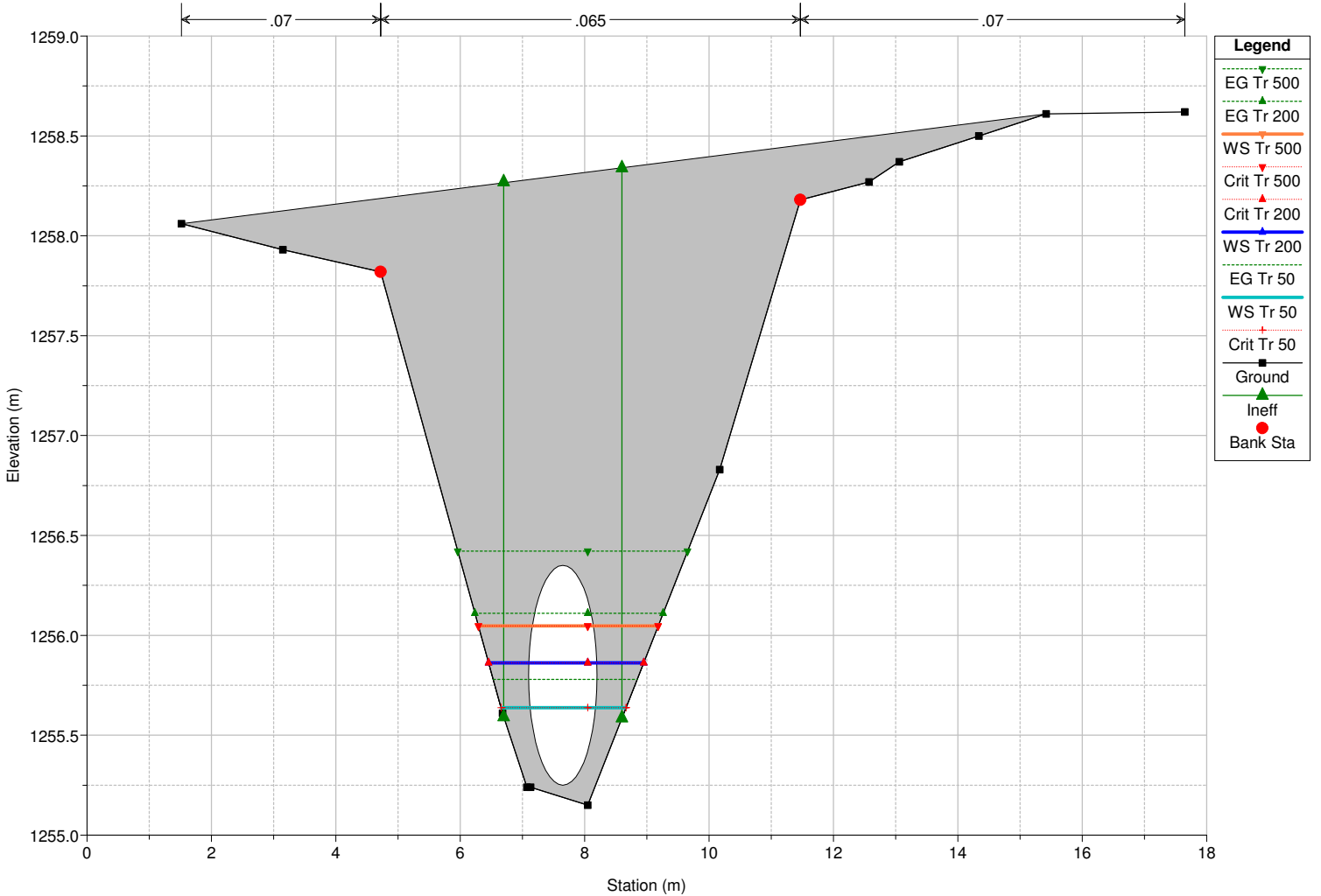
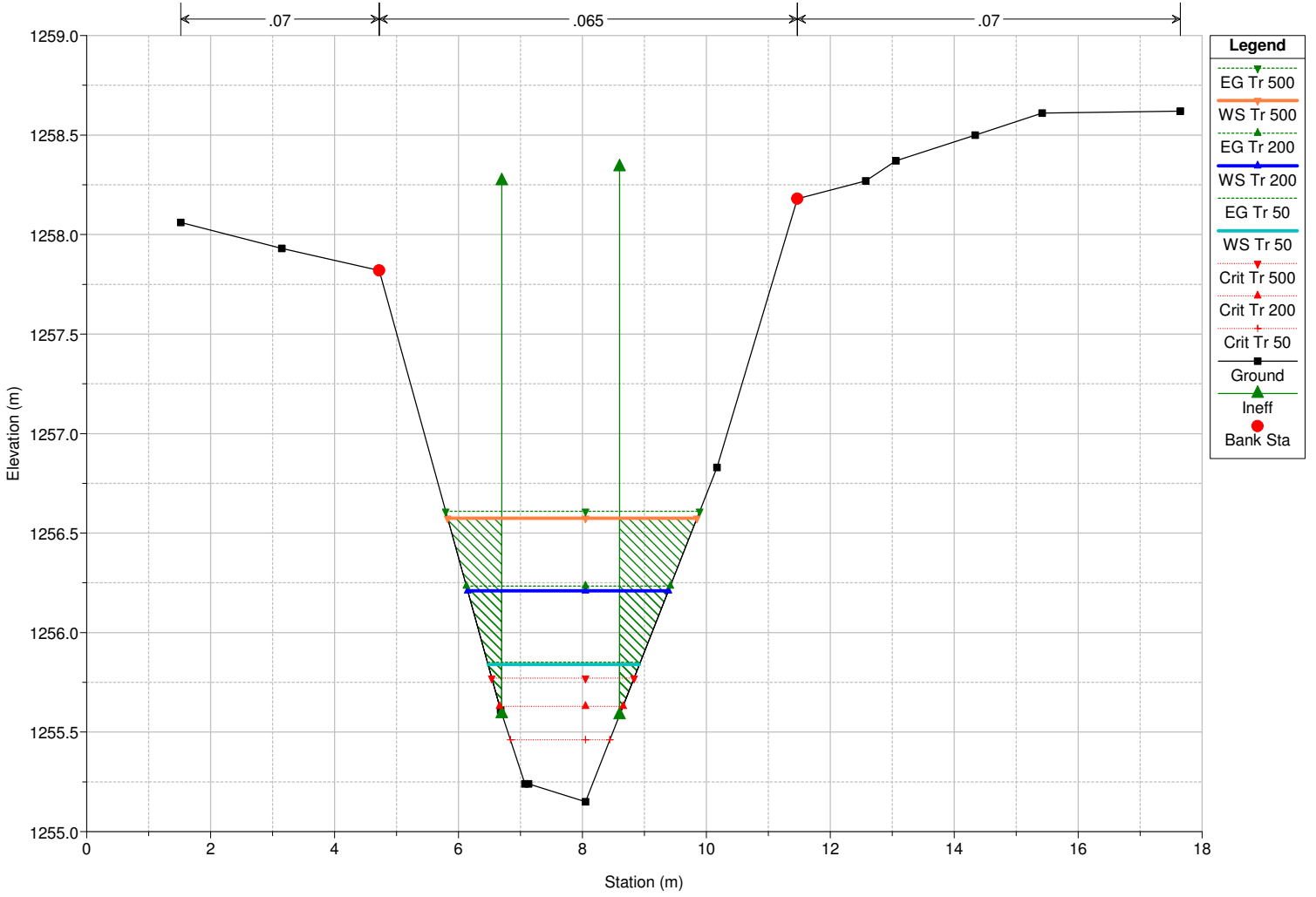


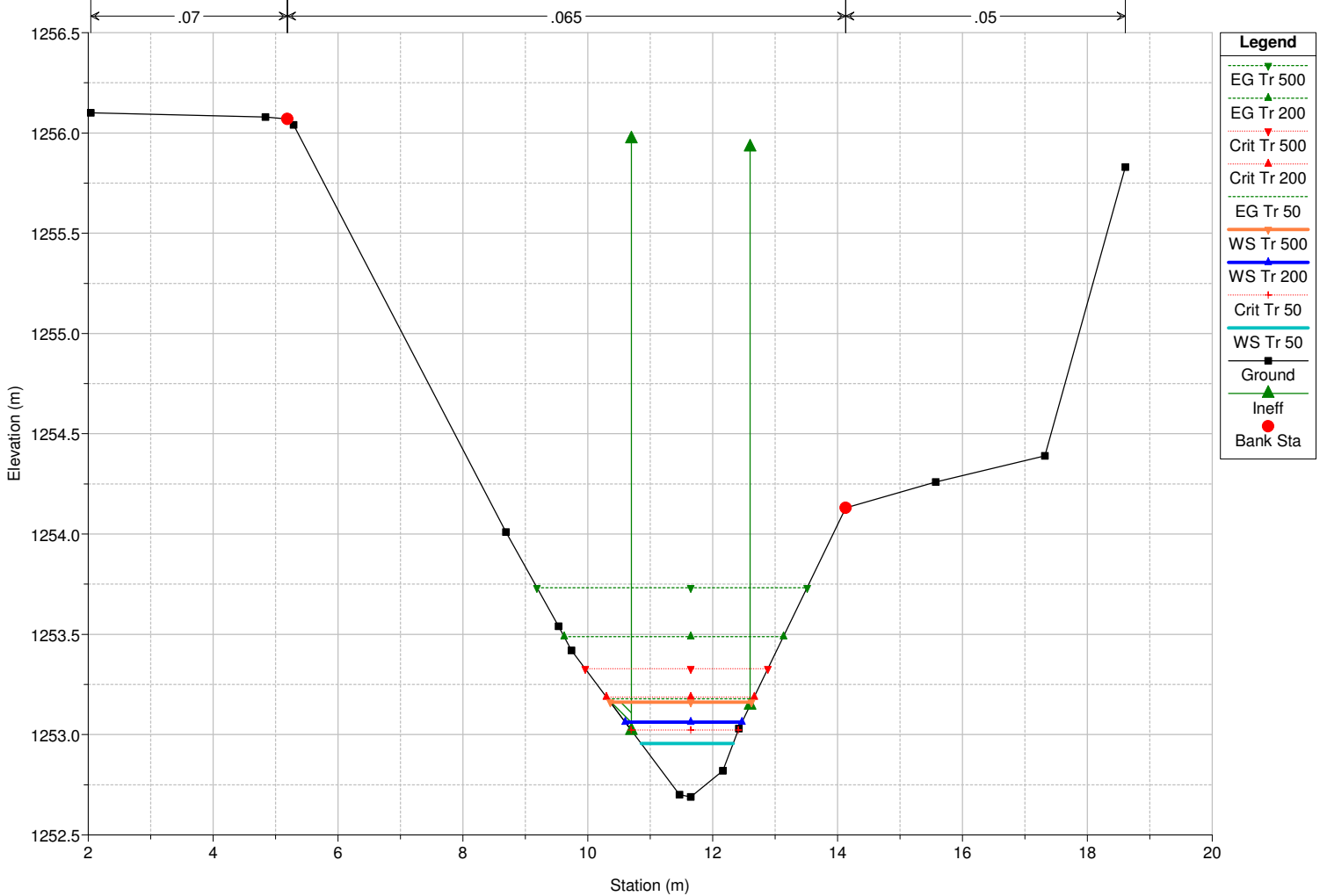
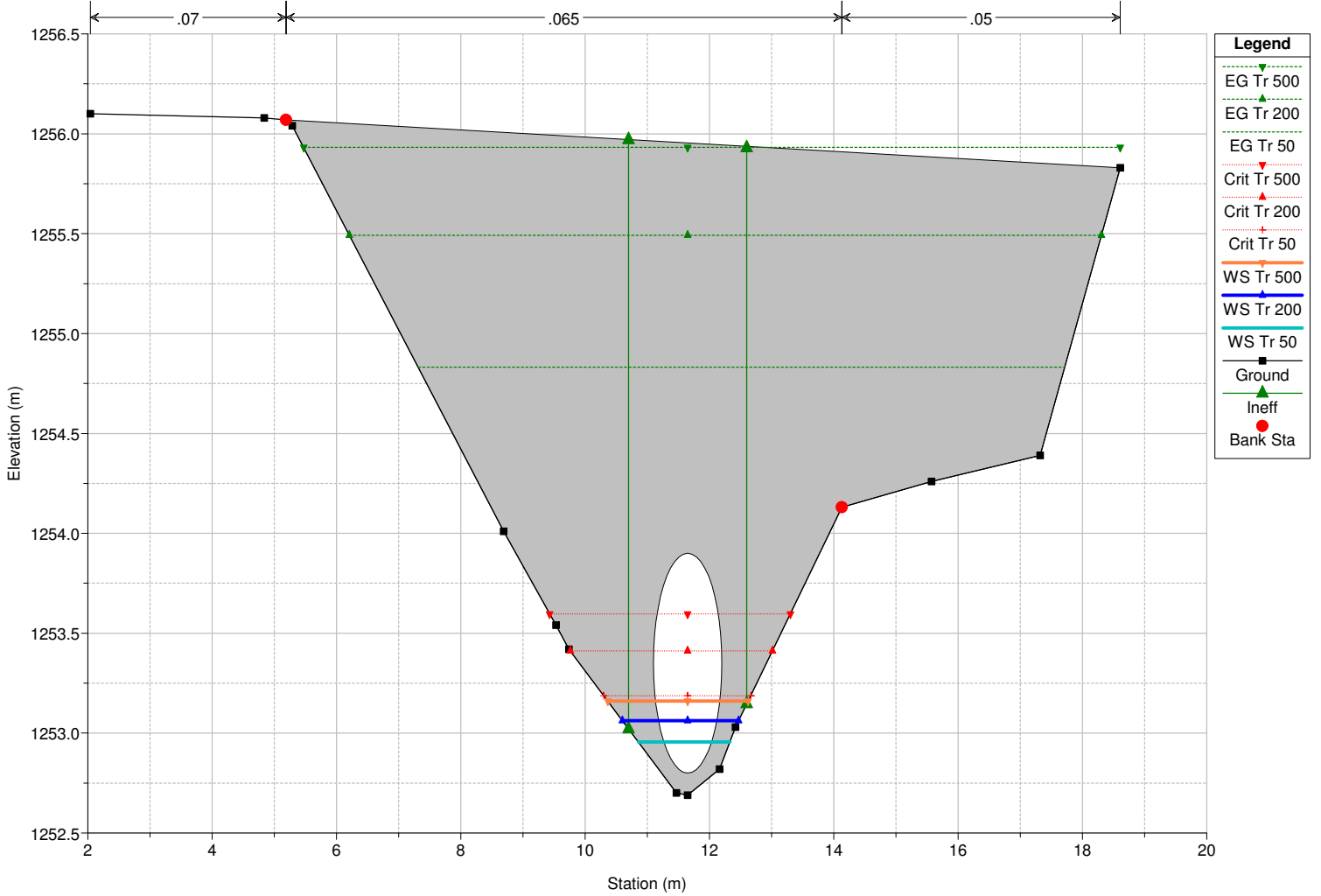


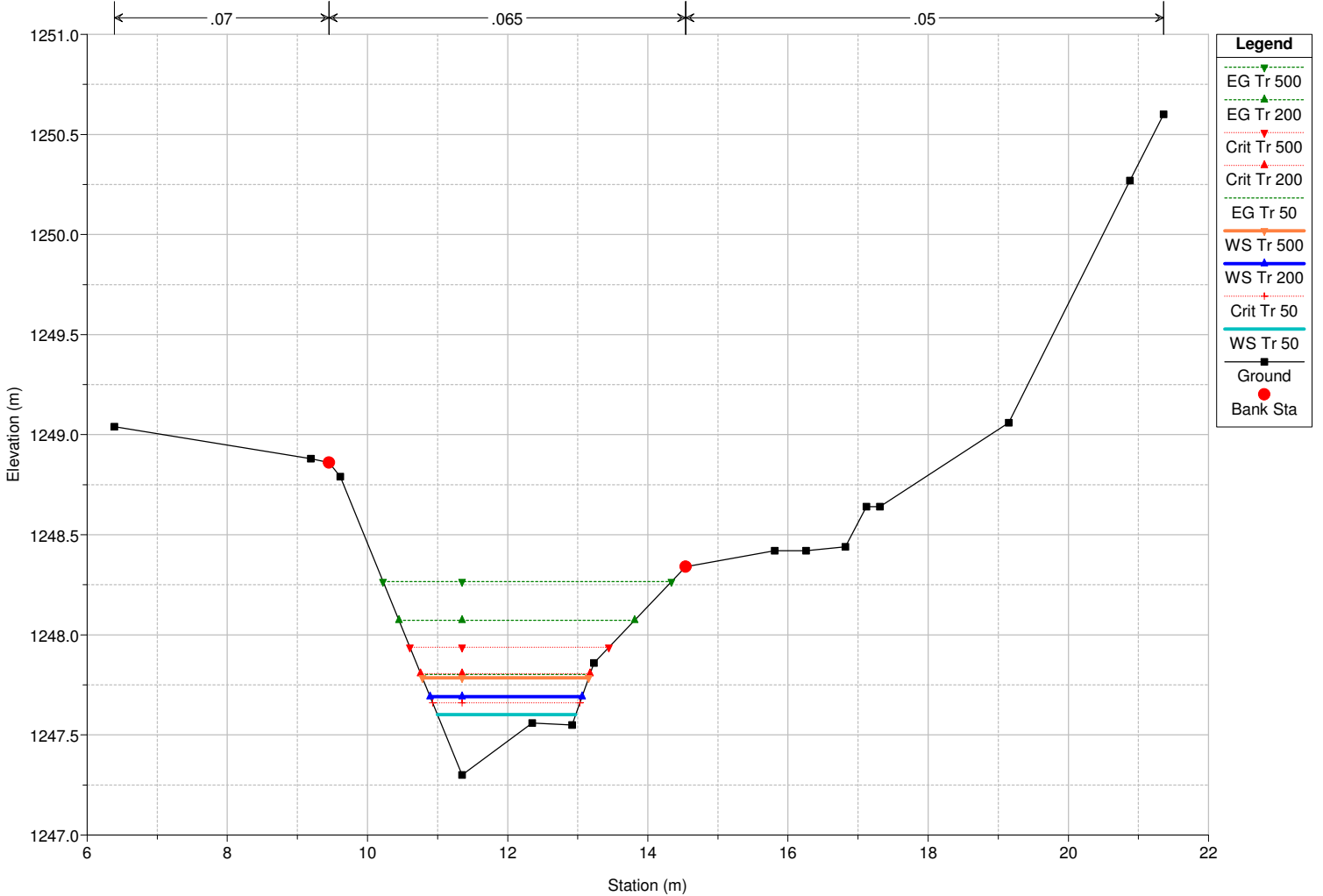
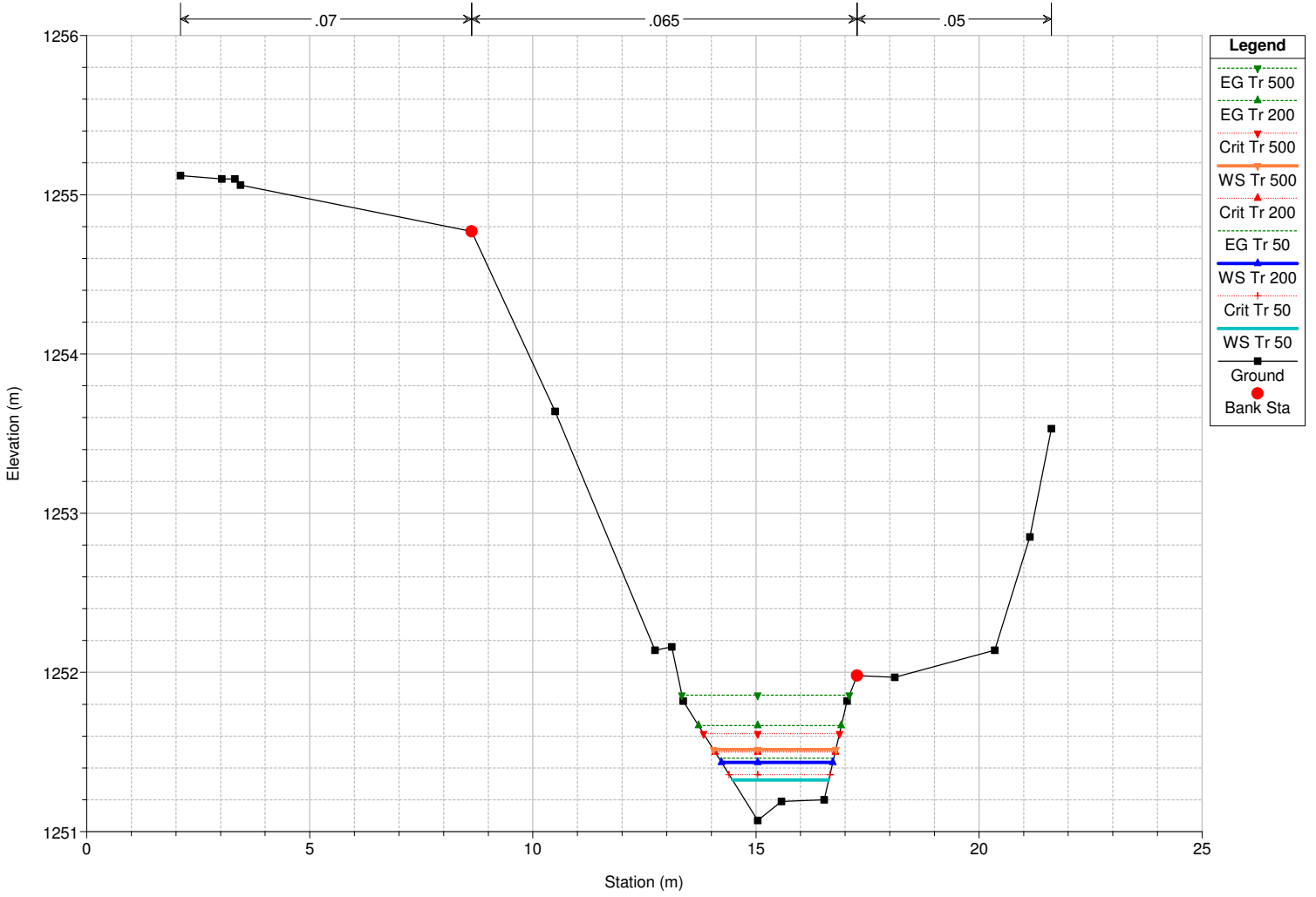


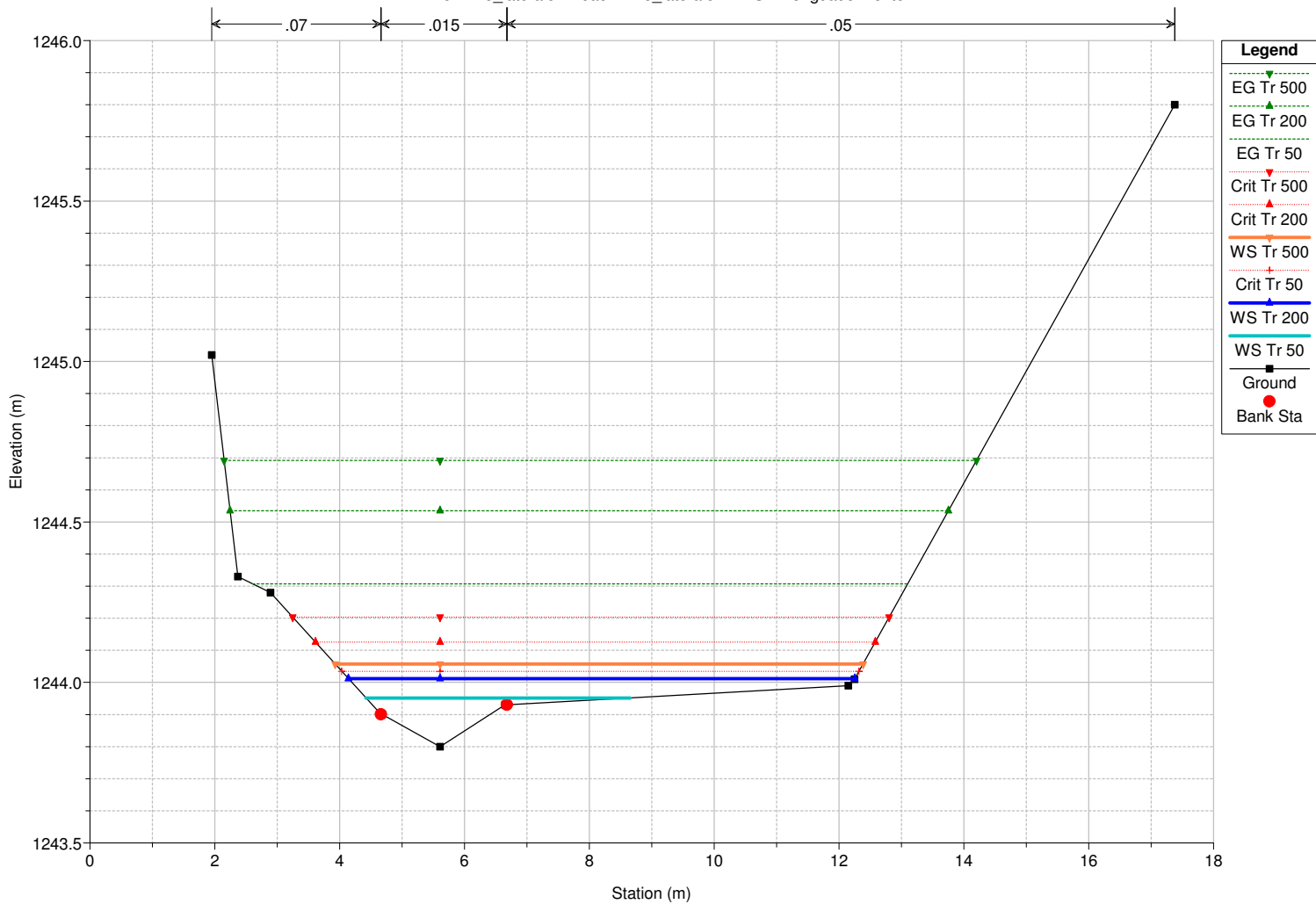
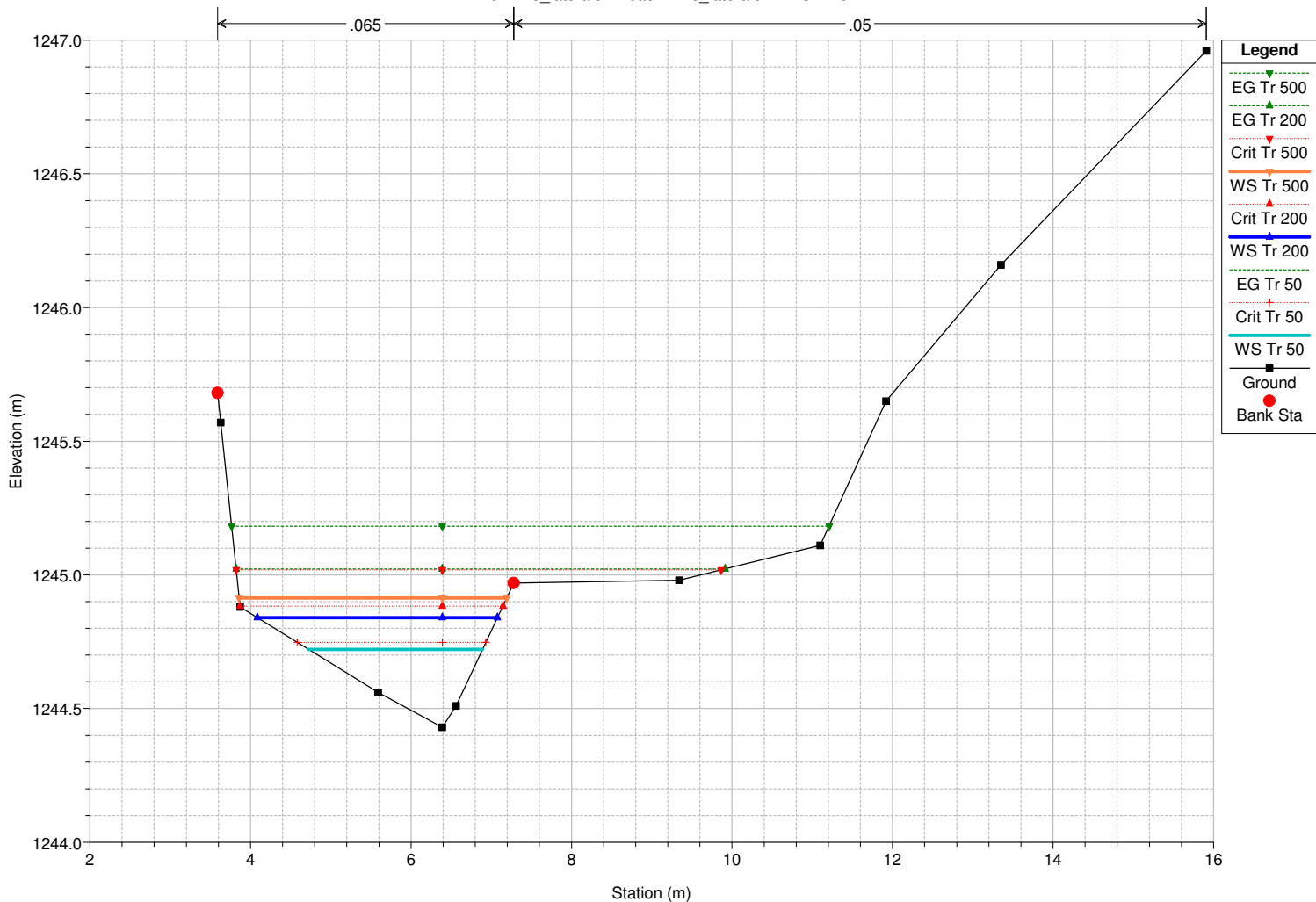


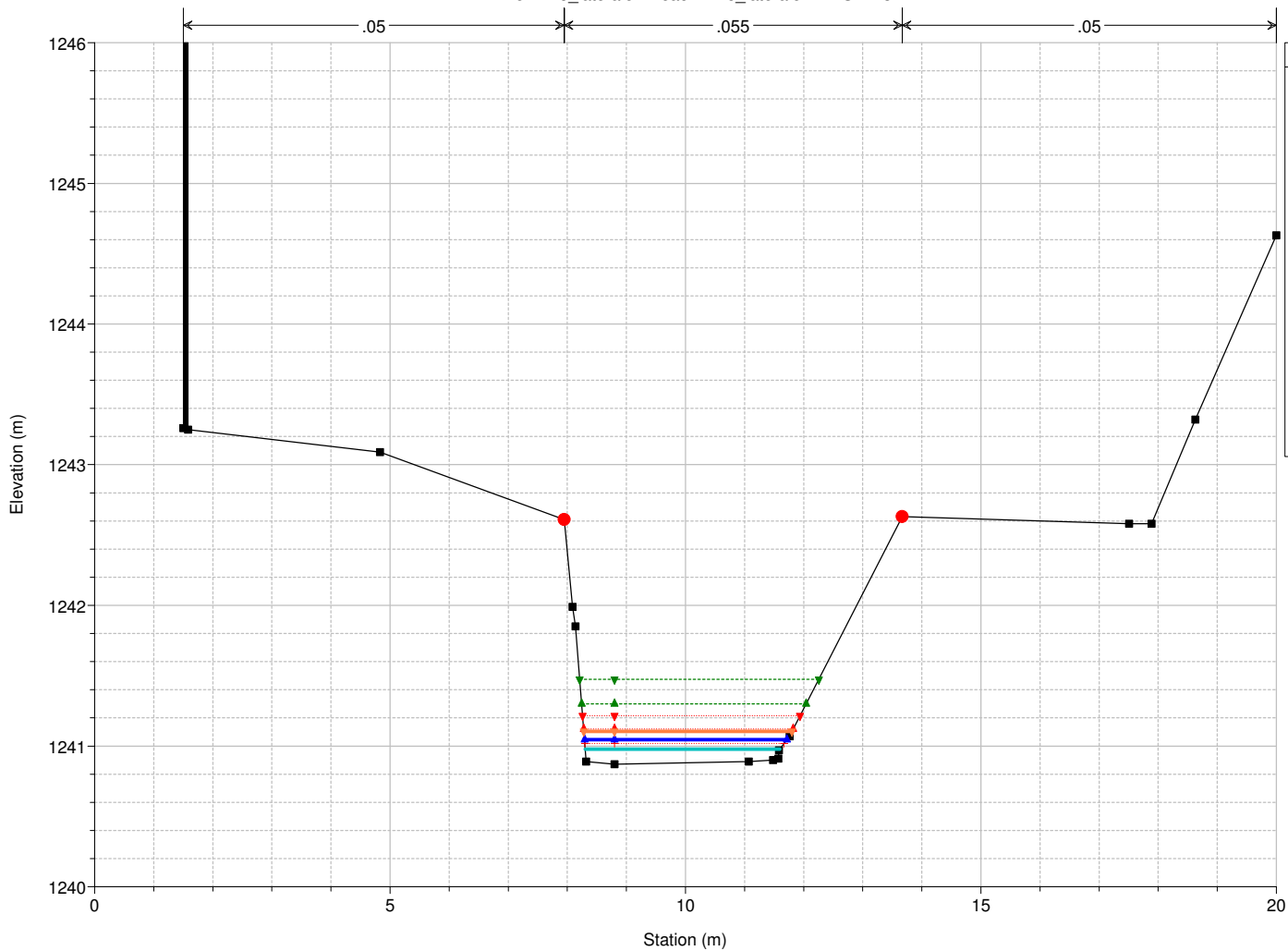
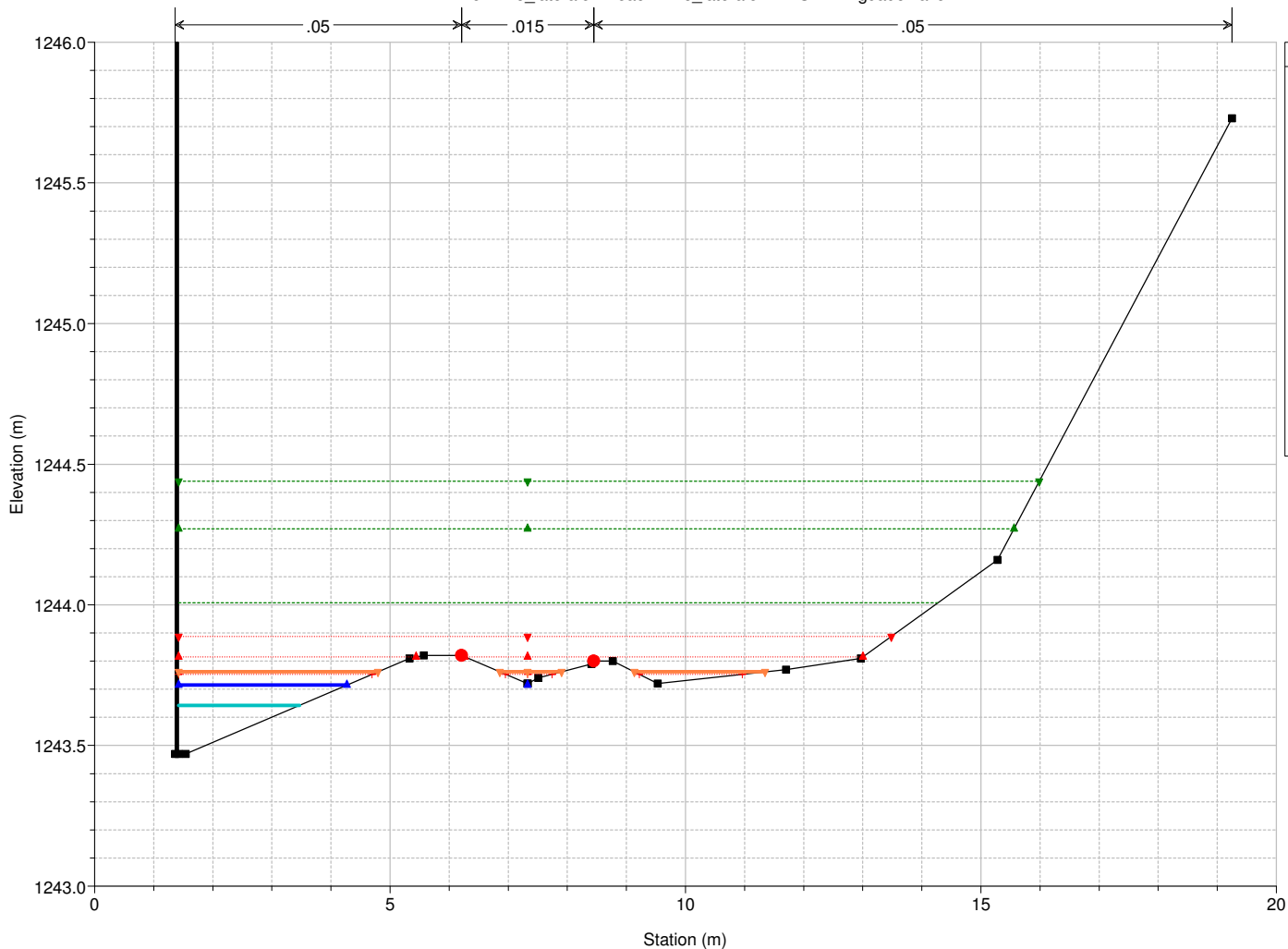


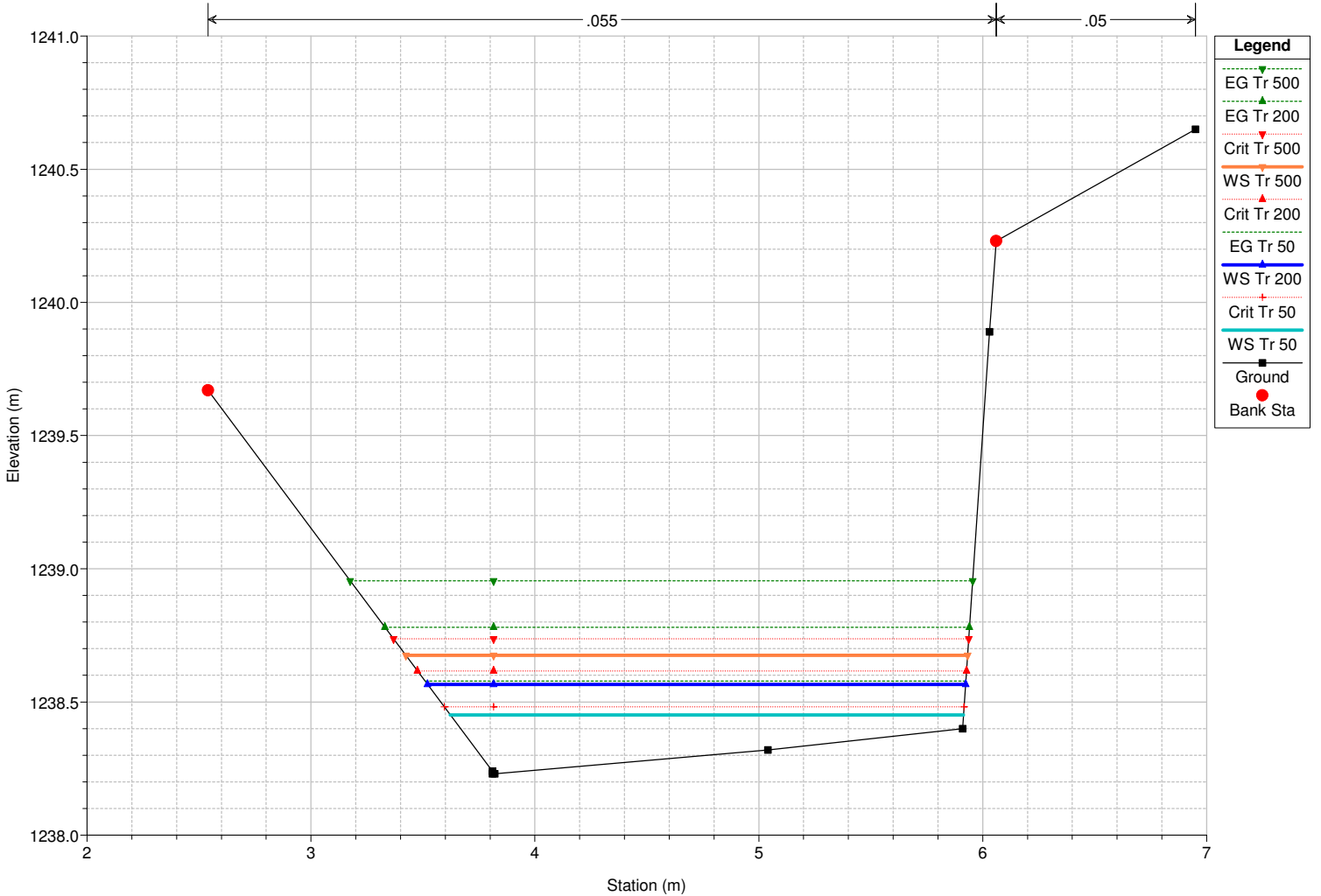
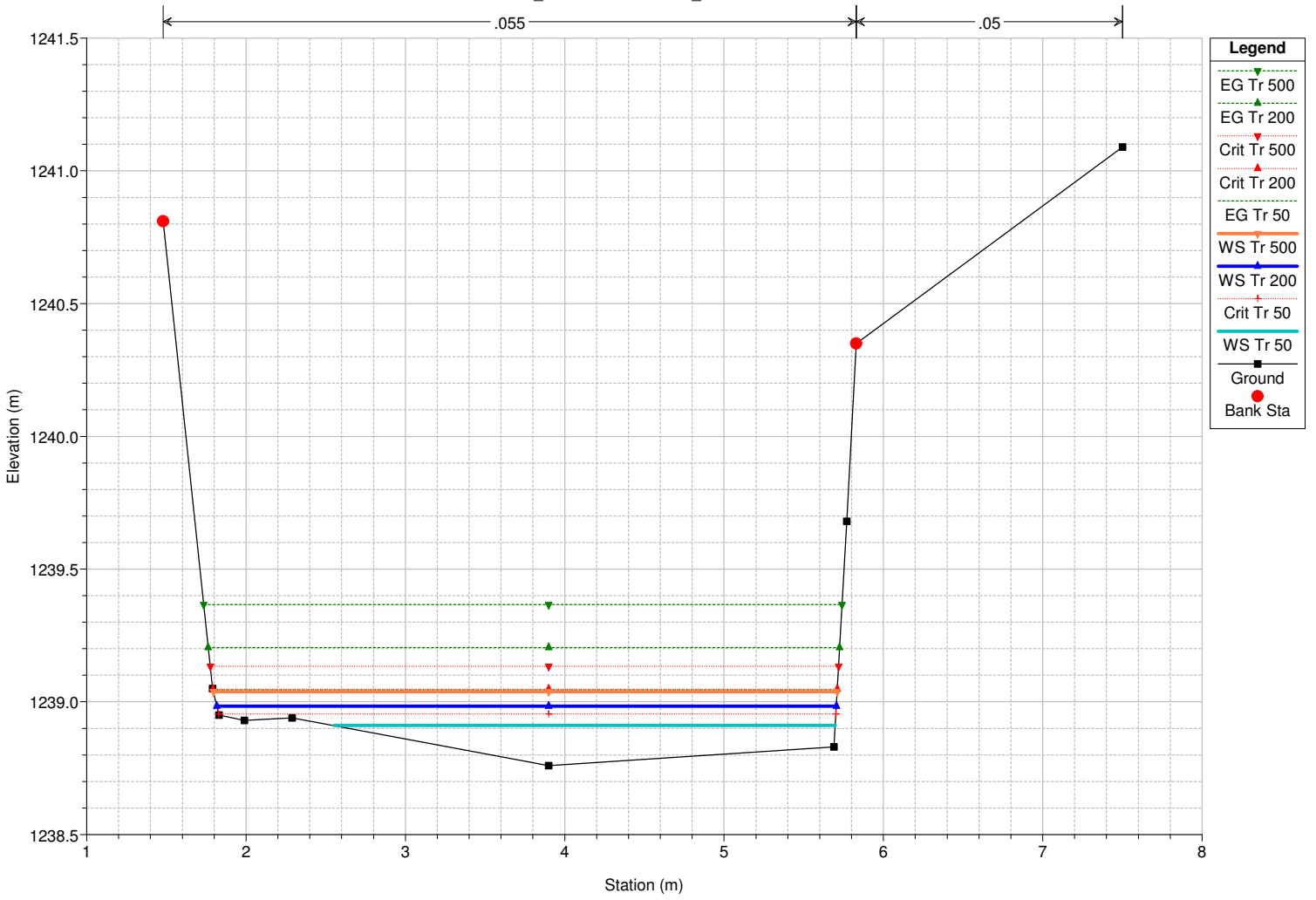


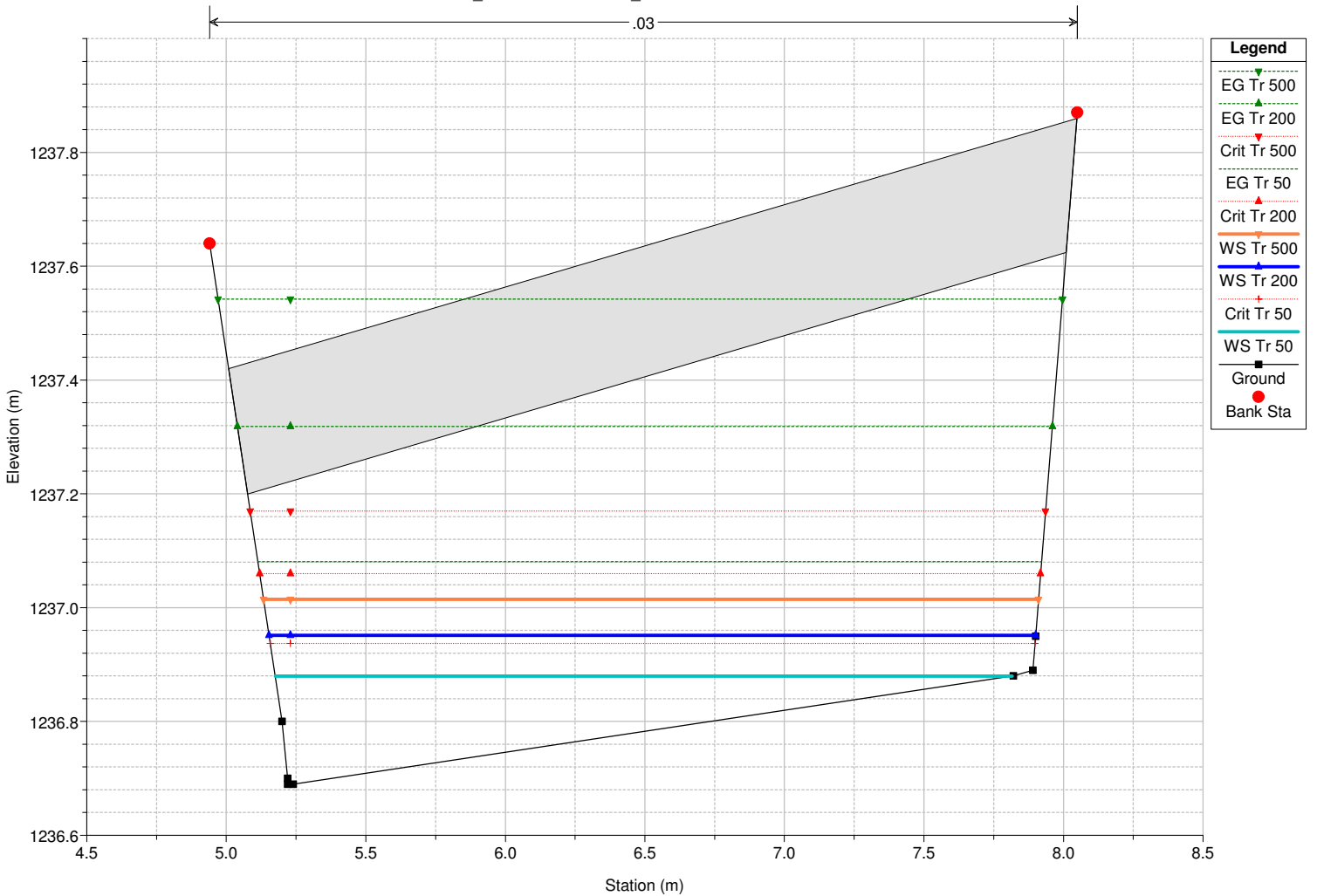
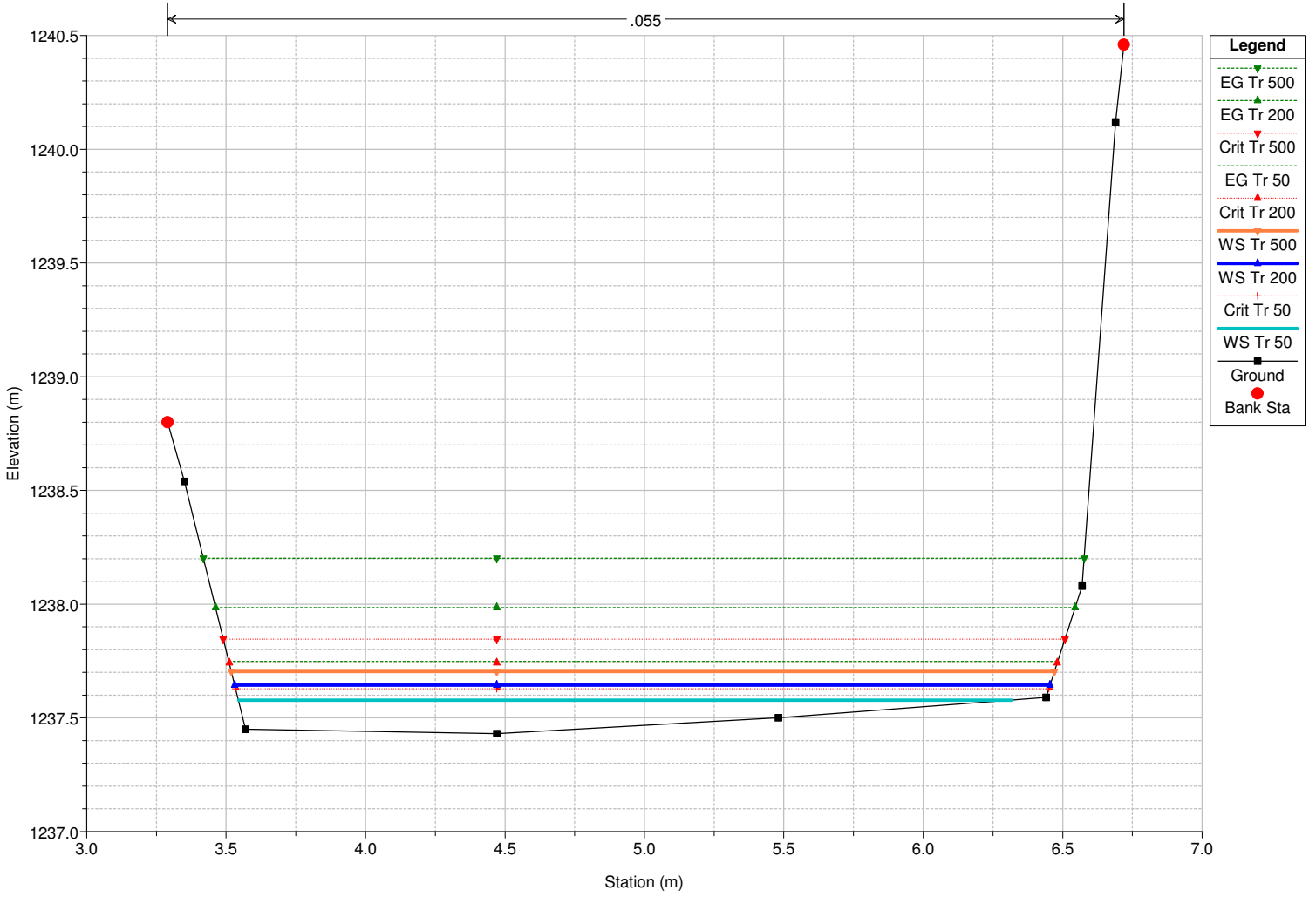


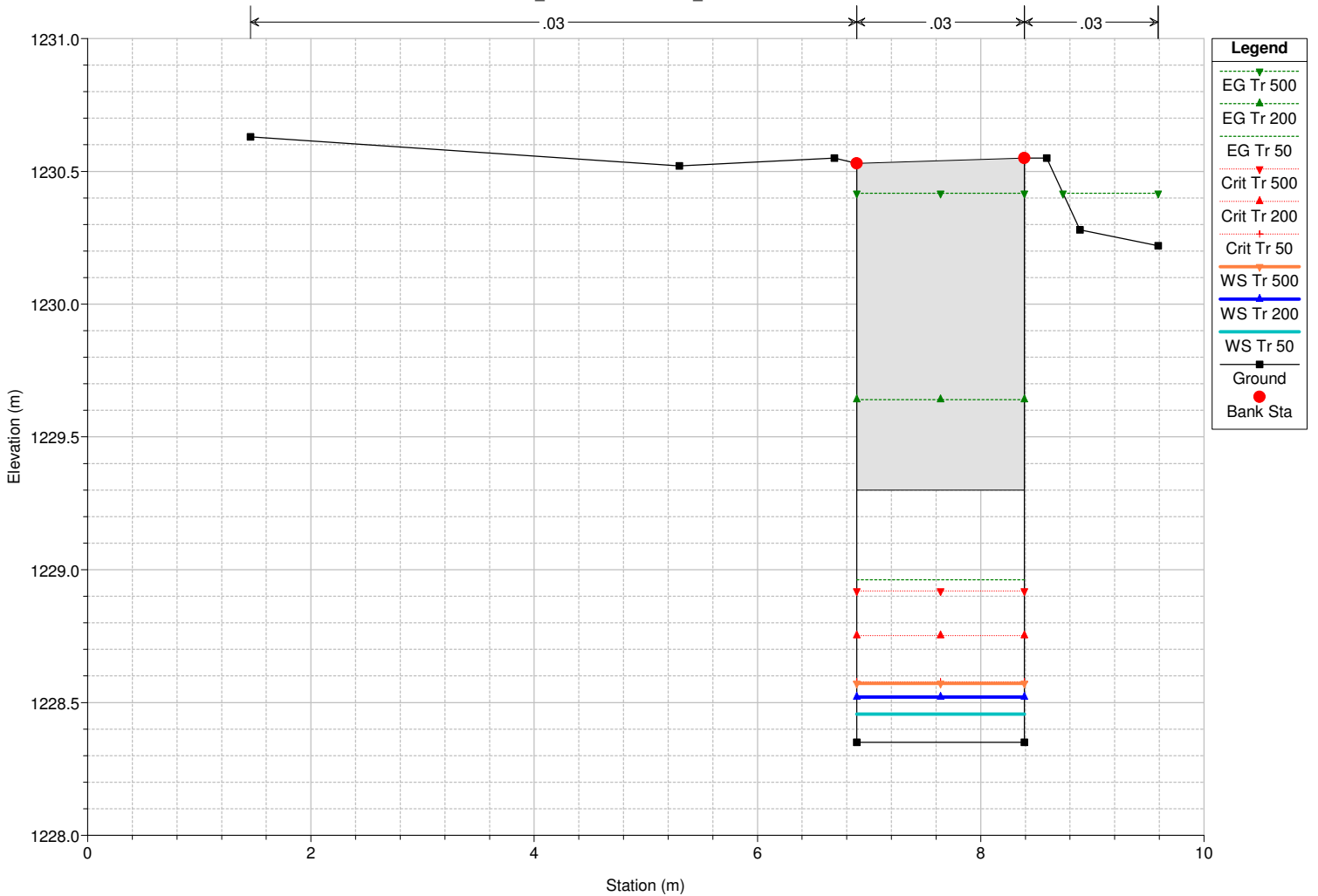
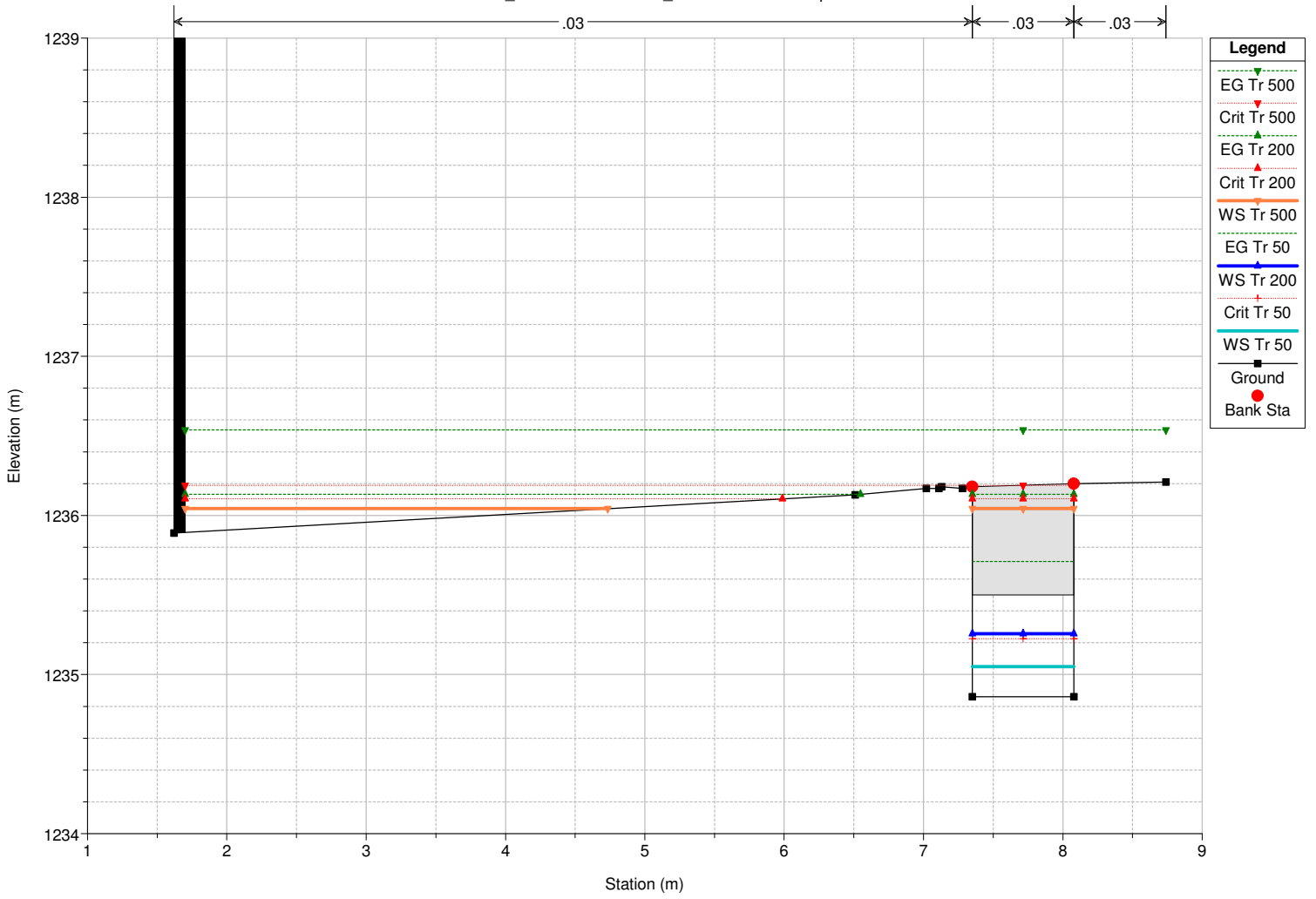


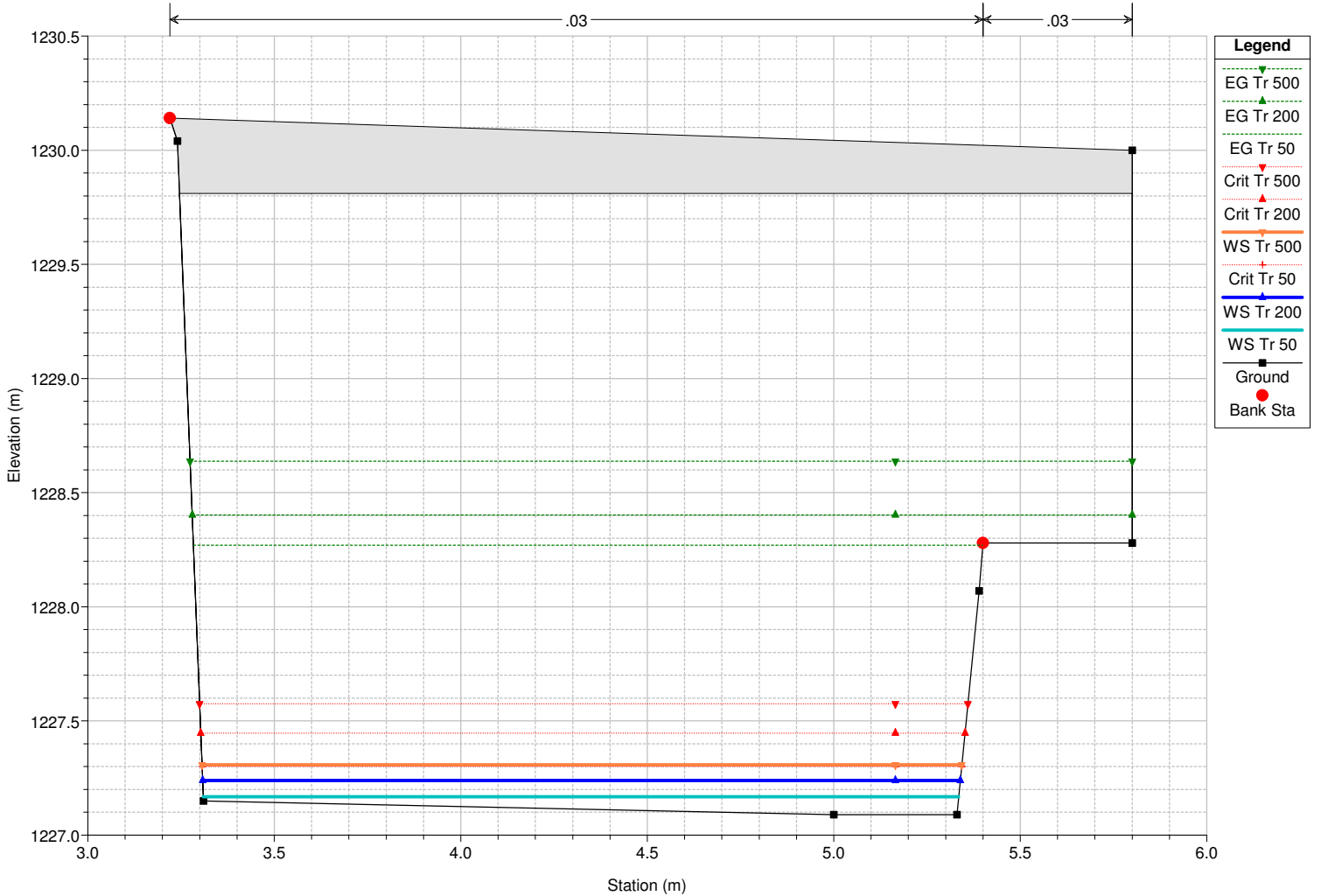
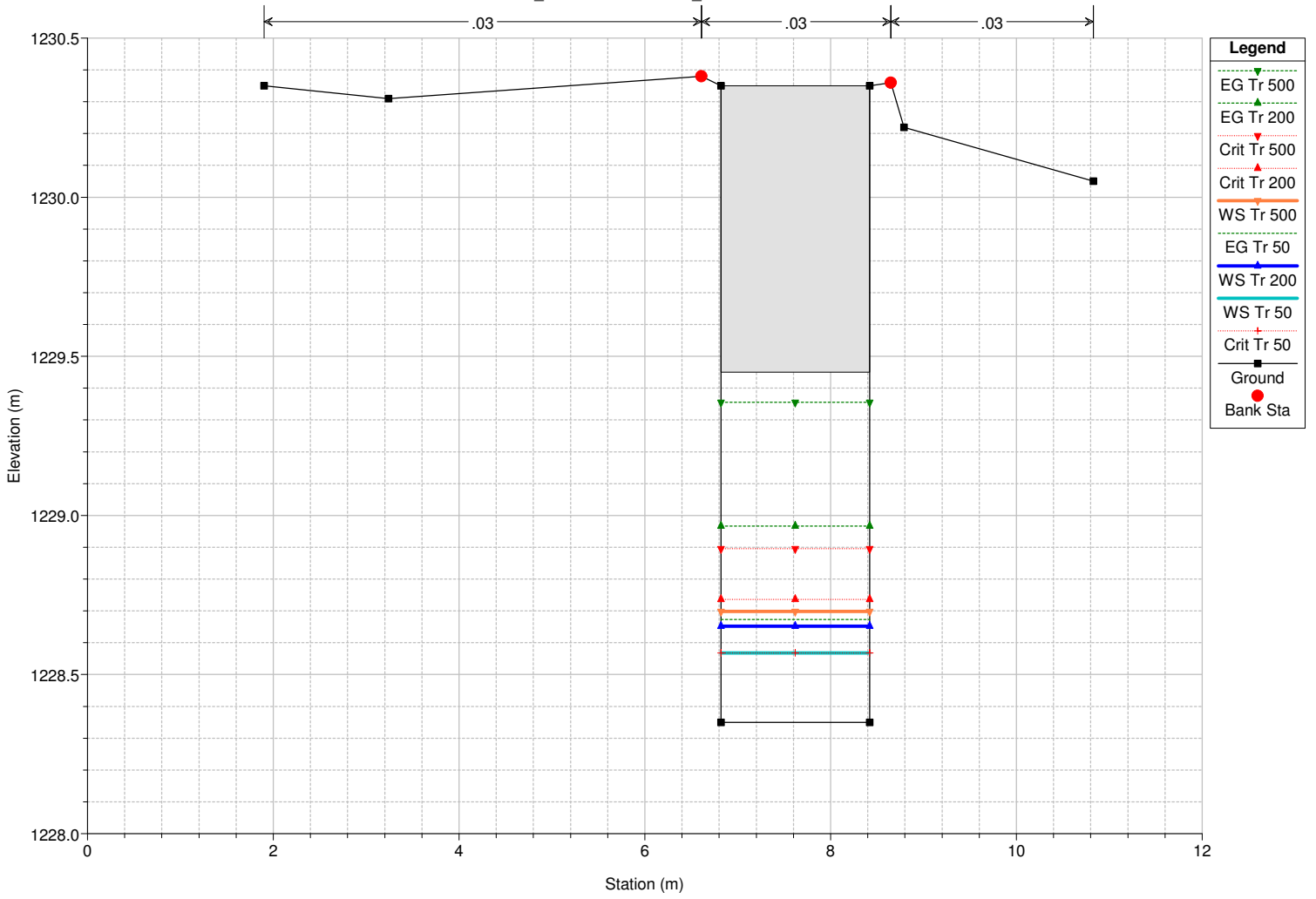


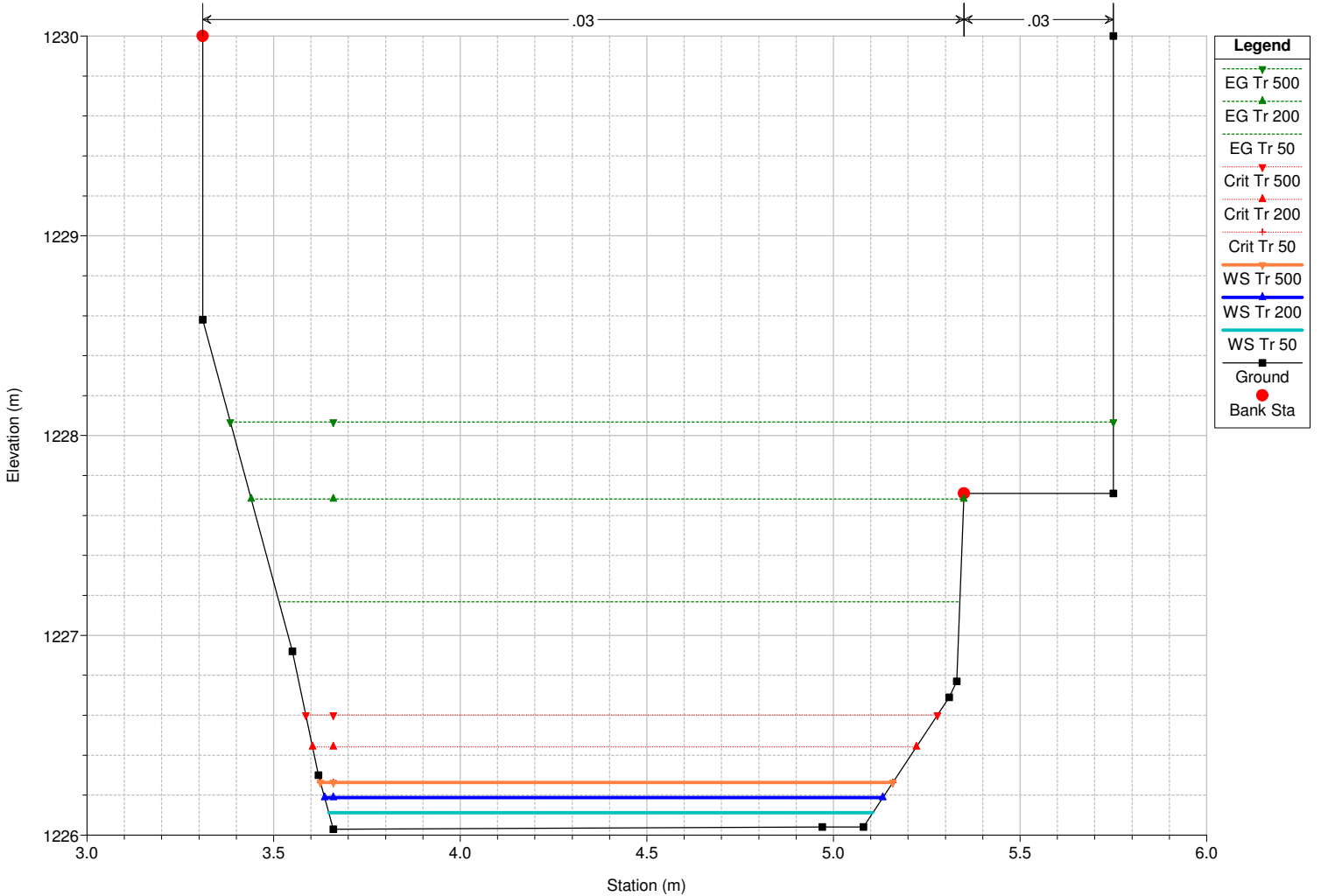
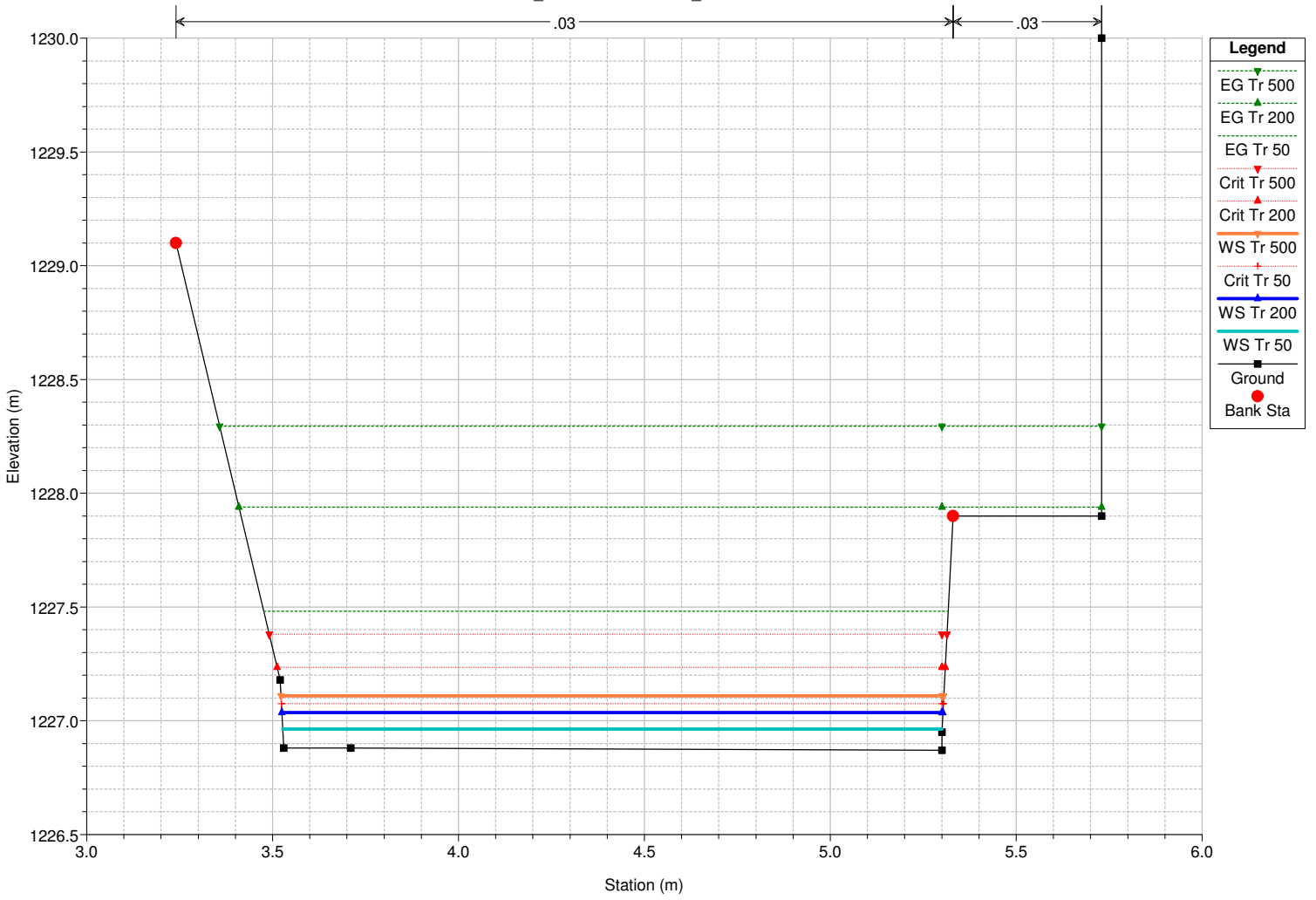


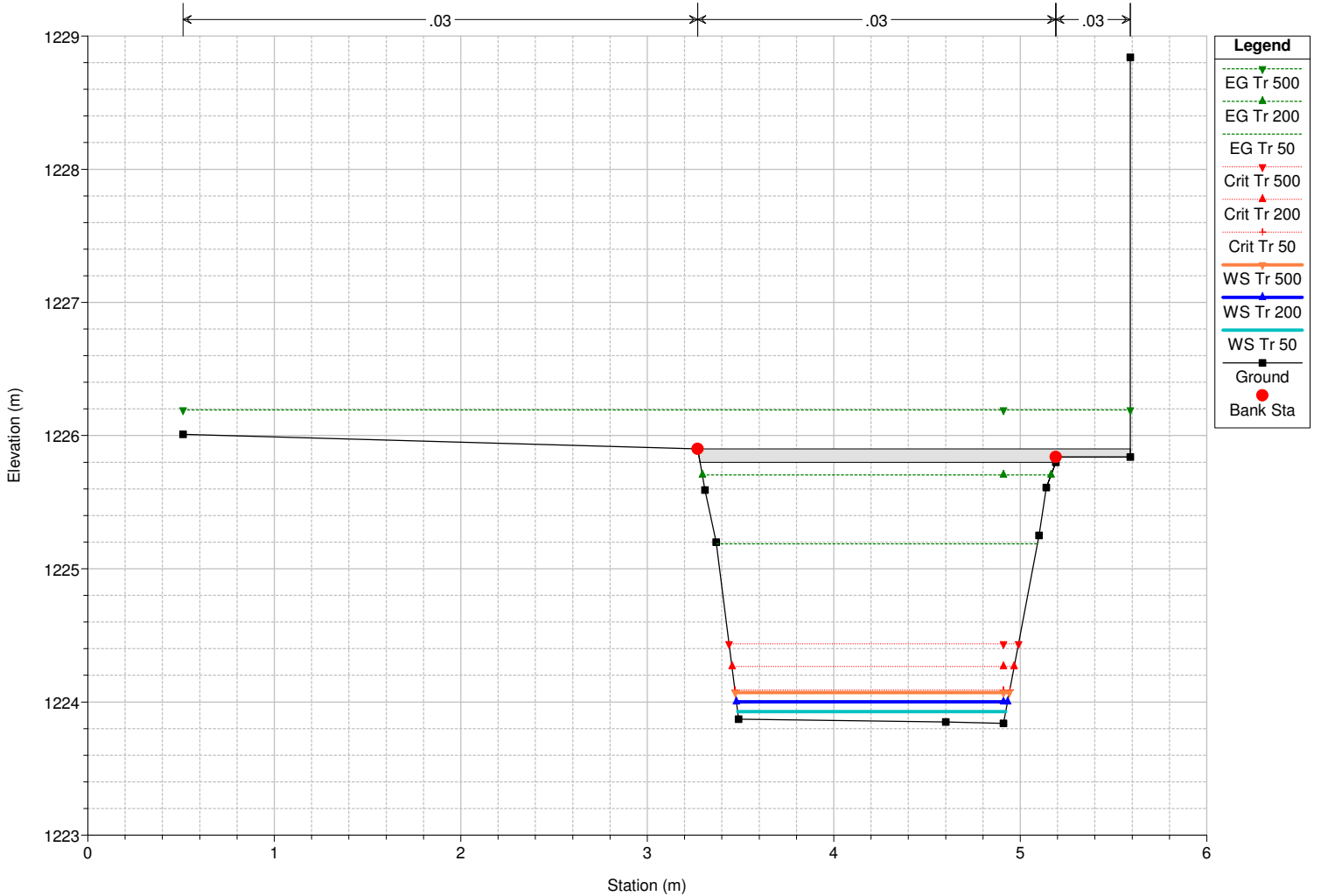
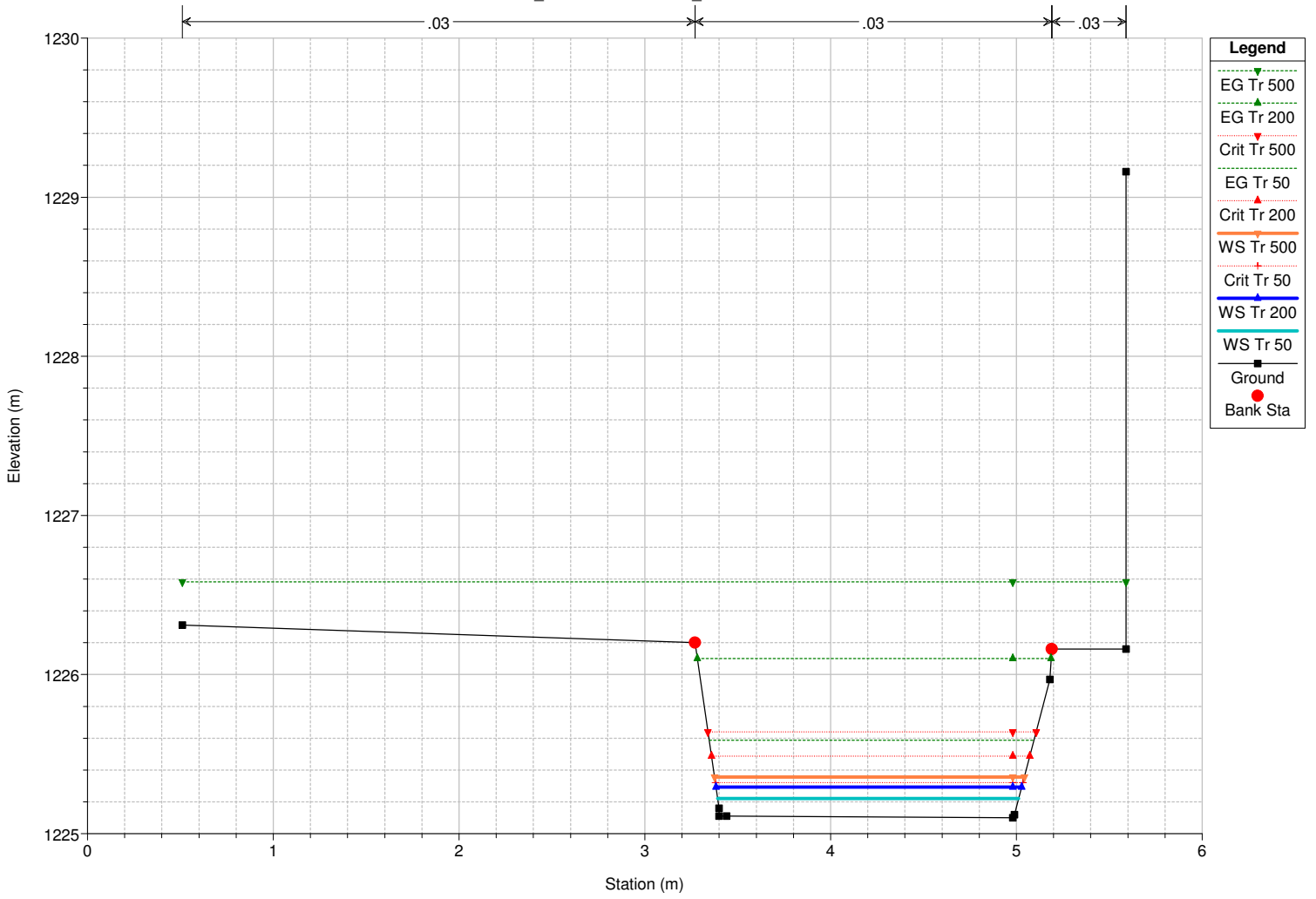












River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
rio_laterale	rio_laterale	21	Tr 50	0.50	1256.62	1256.99	1256.99	1257.08	0.090933	1.33	0.37	2.16	1.02
rio_laterale	rio_laterale	21	Tr 200	1.20	1256.62	1257.13	1257.13	1257.28	0.078719	1.70	0.71	2.46	1.01
rio_laterale	rio_laterale	21	Tr 500	2.00	1256.62	1257.25	1257.25	1257.45	0.073285	1.94	1.03	2.73	1.01
rio_laterale	rio_laterale	20	Tr 50	0.50	1255.15	1255.84	1255.46	1255.85	0.002606	0.48	1.04	2.44	0.21
rio_laterale	rio_laterale	20	Tr 200	1.20	1255.15	1256.21	1255.63	1256.23	0.002689	0.69	1.75	3.24	0.23
rio_laterale	rio_laterale	20	Tr 500	2.00	1255.15	1256.58	1255.77	1256.61	0.002460	0.82	2.44	4.02	0.23
rio_laterale	rio_laterale	19.5		Culvert									
rio_laterale	rio_laterale	19	Tr 50	0.50	1252.69	1252.96	1253.02	1253.18	0.228939	2.09	0.24	1.47	1.65
rio_laterale	rio_laterale	19	Tr 200	1.20	1252.69	1253.06	1253.19	1253.49	0.275376	2.89	0.41	1.87	1.91
rio_laterale	rio_laterale	19	Tr 500	2.00	1252.69	1253.16	1253.33	1253.73	0.251683	3.35	0.60	2.26	1.91
rio_laterale	rio_laterale	18	Tr 50	0.50	1251.07	1251.32	1251.36	1251.46	0.166755	1.64	0.30	2.16	1.39
rio_laterale	rio_laterale	18	Tr 200	1.20	1251.07	1251.44	1251.50	1251.67	0.154736	2.13	0.56	2.50	1.43
rio_laterale	rio_laterale	18	Tr 500	2.00	1251.07	1251.52	1251.62	1251.86	0.173572	2.59	0.77	2.74	1.56
rio_laterale	rio_laterale	17	Tr 50	0.50	1247.30	1247.60	1247.66	1247.80	0.289577	1.99	0.25	1.97	1.78
rio_laterale	rio_laterale	17	Tr 200	1.20	1247.30	1247.69	1247.81	1248.07	0.305816	2.74	0.44	2.17	1.94
rio_laterale	rio_laterale	17	Tr 500	2.00	1247.30	1247.79	1247.94	1248.27	0.262951	3.07	0.65	2.37	1.87
rio_laterale	rio_laterale	16	Tr 50	0.50	1244.43	1244.72	1244.75	1244.84	0.128274	1.52	0.33	2.17	1.25
rio_laterale	rio_laterale	16	Tr 200	1.20	1244.43	1244.84	1244.88	1245.02	0.127519	1.89	0.63	2.99	1.31
rio_laterale	rio_laterale	16	Tr 500	2.00	1244.43	1244.91	1245.02	1245.18	0.143947	2.30	0.87	3.33	1.43
rio_laterale	rio_laterale	15	Tr 50	0.50	1243.80	1243.95	1244.04	1244.31	0.038481	2.66	0.21	4.23	2.79
rio_laterale	rio_laterale	15	Tr 200	1.20	1243.80	1244.01	1244.13	1244.54	0.032768	3.42	0.62	8.11	2.80
rio_laterale	rio_laterale	15	Tr 500	2.00	1243.80	1244.06	1244.20	1244.69	0.030776	3.95	1.00	8.46	2.84
rio_laterale	rio_laterale	14	Tr 50	0.50	1243.72	1243.64	1243.75	1244.01	0.485351		0.19	2.05	0.00
rio_laterale	rio_laterale	14	Tr 200	1.20	1243.72	1243.72	1243.82	1244.27	0.474997		0.36	2.85	0.00
rio_laterale	rio_laterale	14	Tr 500	2.00	1243.72	1243.76	1243.89	1244.44	0.477012	3.30	0.58	6.63	7.59
rio_laterale	rio_laterale	13	Tr 50	0.50	1240.87	1240.98	1241.02	1241.11	0.185736	1.59	0.31	3.29	1.65
rio_laterale	rio_laterale	13	Tr 200	1.20	1240.87	1241.05	1241.12	1241.30	0.193995	2.24	0.54	3.42	1.81
rio_laterale	rio_laterale	13	Tr 500	2.00	1240.87	1241.10	1241.22	1241.47	0.192825	2.69	0.74	3.52	1.87
rio_laterale	rio_laterale	12	Tr 50	0.50	1238.76	1238.91	1238.95	1239.04	0.181242	1.62	0.31	3.14	1.65
rio_laterale	rio_laterale	12	Tr 200	1.20	1238.76	1238.98	1239.05	1239.21	0.177300	2.08	0.58	3.89	1.73
rio_laterale	rio_laterale	12	Tr 500	2.00	1238.76	1239.04	1239.13	1239.37	0.180092	2.54	0.79	3.91	1.81
rio_laterale	rio_laterale	11	Tr 50	0.50	1238.23	1238.45	1238.48	1238.58	0.114764	1.58	0.32	2.29	1.35
rio_laterale	rio_laterale	11	Tr 200	1.20	1238.23	1238.57	1238.62	1238.78	0.098501	2.05	0.59	2.40	1.33
rio_laterale	rio_laterale	11	Tr 500	2.00	1238.23	1238.68	1238.74	1238.96	0.087607	2.34	0.85	2.51	1.28
rio_laterale	rio_laterale	10	Tr 50	0.50	1237.43	1237.58	1237.63	1237.75	0.233480	1.83	0.27	2.77	1.86
rio_laterale	rio_laterale	10	Tr 200	1.20	1237.43	1237.64	1237.74	1237.99	0.257453	2.58	0.46	2.92	2.07
rio_laterale	rio_laterale	10	Tr 500	2.00	1237.43	1237.70	1237.85	1238.20	0.259052	3.13	0.64	2.95	2.15
rio_laterale	rio_laterale	09	Tr 50	0.50	1236.69	1236.88	1236.94	1237.08	0.087990	1.99	0.25	2.64	2.05
rio_laterale	rio_laterale	09	Tr 200	1.20	1236.69	1236.95	1237.06	1237.32	0.082383	2.68	0.45	2.75	2.12
rio_laterale	rio_laterale	09	Tr 500	2.00	1236.69	1237.02	1237.17	1237.54	0.080652	3.22	0.62	2.78	2.17
rio_laterale	rio_laterale	08	Tr 50	0.50	1234.86	1235.05	1235.22	1235.71	0.186233	3.60	0.14	0.73	2.63
rio_laterale	rio_laterale	08	Tr 200	1.20	1234.86	1235.26	1236.10	1236.13	0.141597	4.15	0.29	0.73	2.10
rio_laterale	rio_laterale	08	Tr 500	2.00	1234.86	1236.04	1236.19	1236.54	0.108251	3.37	0.69	3.03	0.91
rio_laterale	rio_laterale	07	Tr 50	0.50	1228.35	1228.46	1228.58	1228.96	0.212794	3.15	0.16	1.50	3.09
rio_laterale	rio_laterale	07	Tr 200	1.20	1228.35	1228.52	1228.75	1229.64	0.274405	4.69	0.26	1.50	3.62
rio_laterale	rio_laterale	07	Tr 500	2.00	1228.35	1228.57	1228.92	1230.42	0.343145	6.02	0.33	1.50	4.08
rio_laterale	rio_laterale	06	Tr 50	0.50	1228.35	1228.57	1228.57	1228.67	0.019544	1.44	0.35	1.60	0.98
rio_laterale	rio_laterale	06	Tr 200	1.20	1228.35	1228.65	1228.74	1228.97	0.041865	2.48	0.48	1.60	1.44
rio_laterale	rio_laterale	06	Tr 500	2.00	1228.35	1228.70	1228.90	1229.36	0.076642	3.59	0.56	1.60	1.94
rio_laterale	rio_laterale	05	Tr 50	0.50	1227.09	1227.17	1227.30	1228.27	1.033296	4.65	0.11	2.03	6.44
rio_laterale	rio_laterale	05	Tr 200	1.20	1227.09	1227.24	1227.45	1228.40	0.383890	4.78	0.25	2.03	4.34
rio_laterale	rio_laterale	05	Tr 500	2.00	1227.09	1227.31	1227.58	1228.64	0.262671	5.11	0.39	2.04	3.72
rio_laterale	rio_laterale	04	Tr 50	0.50	1226.87	1226.96	1227.08	1227.48	0.262601	3.19	0.16	1.77	3.42
rio_laterale	rio_laterale	04	Tr 200	1.20	1226.87	1227.04	1227.24	1227.94	0.227139	4.21	0.29	1.78	3.35
rio_laterale	rio_laterale	04	Tr 500	2.00	1226.87	1227.11	1227.38	1228.30	0.198084	4.82	0.41	1.78	3.19
rio_laterale	rio_laterale	03	Tr 50	0.50	1226.03	1226.11	1226.26	1227.17	0.651528	4.55	0.11	1.46	5.29
rio_laterale	rio_laterale	03	Tr 200	1.20	1226.03	1226.19	1226.44	1227.68	0.410545	5.42	0.22	1.50	4.49
rio_laterale	rio_laterale	03	Tr 500	2.00	1226.03	1226.26	1226.60	1228.07	0.319214	5.95	0.34	1.53	4.06
rio_laterale	rio_laterale	02	Tr 50	0.50	1225.10	1225.22	1225.32	1225.59	0.134559	2.68	0.19	1.62	2.52
rio_laterale	rio_laterale	02	Tr 200	1.20	1225.10	1225.29	1225.49	1226.10	0.173593	3.98	0.30	1.64	2.97
rio_laterale	rio_laterale	02	Tr 500	2.00	1225.10	1225.36	1225.64	1226.58	0.191637	4.91	0.41	1.67	3.17
rio_laterale	rio_laterale	01	Tr 50	0.50	1223.84	1223.93	1224.09	1225.19	0.865225	4.97	0.10	1.44	6.00
rio_laterale	rio_laterale	01	Tr 200	1.20	1223.84	1224.00	1224.27	1225.71	0.502357	5.78	0.21	1.45	4.89
rio_laterale	rio_laterale	01	Tr 500	2.00	1223.84	1224.07	1224.44	1226.19	0.406712	6.45	0.31	1.47	4.48

HEC-RAS Plan: SA_PRCG (Continued)

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
rio_laterale	rio_laterale	0.5	Tr 50	0.50	1222.01	1222.25	1222.29	1222.40	0.038175	1.74	0.29	1.75	1.38
rio_laterale	rio_laterale	0.5	Tr 200	1.20	1222.01	1222.36	1222.45	1222.68	0.047435	2.54	0.47	1.76	1.56
rio_laterale	rio_laterale	0.5	Tr 500	2.00	1222.01	1222.45	1222.60	1222.95	0.054690	3.15	0.63	1.77	1.68
preit	preit_monte	42	Tr 50	180.00	1264.22	1266.63	1266.63	1267.21	0.027945	3.98	58.02	44.06	0.93
preit	preit_monte	42	Tr 200	215.00	1264.22	1266.78	1266.78	1267.43	0.028749	4.20	64.73	44.48	0.95
preit	preit_monte	42	Tr 500	241.00	1264.22	1266.88	1266.88	1267.58	0.029292	4.36	69.40	44.77	0.97
preit	preit_monte	41	Tr 50	180.00	1262.52	1264.89	1265.02	1265.98	0.060190	5.36	43.15	39.22	1.34
preit	preit_monte	41	Tr 200	215.00	1262.52	1265.10	1265.42	1266.21	0.056561	5.52	51.63	45.50	1.31
preit	preit_monte	41	Tr 500	241.00	1262.52	1265.19	1265.52	1266.36	0.056412	5.66	55.92	45.72	1.32
preit	preit_monte	40	Tr 50	180.00	1261.48	1265.12	1264.80	1265.47	0.012153	2.66	72.79	47.75	0.58
preit	preit_monte	40	Tr 200	215.00	1261.48	1265.37	1264.93	1265.73	0.010731	2.64	84.76	48.38	0.55
preit	preit_monte	40	Tr 500	241.00	1261.48	1265.59	1265.00	1265.95	0.009353	2.57	95.17	48.92	0.52
preit	preit_monte	39.5		Bridge									
preit	preit_monte	39	Tr 50	180.00	1261.24	1264.56	1264.56	1265.13	0.022416	3.83	56.93	47.54	0.83
preit	preit_monte	39	Tr 200	215.00	1261.24	1264.71	1264.71	1265.34	0.022908	4.05	63.41	47.83	0.85
preit	preit_monte	39	Tr 500	241.00	1261.24	1264.96	1264.96	1265.49	0.020033	3.38	74.98	48.46	0.77
preit	preit_monte	38	Tr 50	180.00	1260.75	1263.47	1263.57	1264.73	0.054717	5.35	39.33	38.53	1.29
preit	preit_monte	38	Tr 200	215.00	1260.75	1263.65	1264.06	1264.96	0.052432	5.52	47.31	46.72	1.27
preit	preit_monte	38	Tr 500	241.00	1260.75	1263.73	1264.16	1265.12	0.054192	5.74	50.96	46.97	1.30
preit	preit_monte	37	Tr 50	180.00	1259.37	1261.50	1262.08	1263.30	0.073179	5.93	30.35	18.78	1.49
preit	preit_monte	37	Tr 200	215.00	1259.37	1261.81	1262.41	1263.53	0.077007	5.82	36.95	24.60	1.52
preit	preit_monte	37	Tr 500	241.00	1259.37	1261.97	1262.73	1263.73	0.070889	5.87	41.06	25.33	1.47
preit	preit_monte	36	Tr 50	180.00	1257.66	1259.88	1260.36	1261.37	0.067037	5.41	33.27	21.99	1.40
preit	preit_monte	36	Tr 200	215.00	1257.66	1260.16	1260.58	1261.65	0.062614	5.39	39.89	25.35	1.37
preit	preit_monte	36	Tr 500	241.00	1257.66	1260.28	1260.73	1261.88	0.066424	5.60	43.01	27.04	1.42
preit	preit_monte	35	Tr 50	180.00	1255.98	1258.49	1258.82	1259.79	0.057081	5.06	35.60	23.84	1.32
preit	preit_monte	35	Tr 200	215.00	1255.98	1258.66	1259.05	1260.15	0.058511	5.39	39.88	24.68	1.35
preit	preit_monte	35	Tr 500	241.00	1255.98	1258.82	1259.21	1260.36	0.055743	5.49	43.89	25.44	1.34
preit	preit_monte	34	Tr 50	180.00	1254.77	1257.43	1257.53	1258.45	0.034178	4.48	40.78	25.13	1.06
preit	preit_monte	34	Tr 200	215.00	1254.77	1257.66	1257.84	1258.79	0.033453	4.72	46.94	28.53	1.06
preit	preit_monte	34	Tr 500	241.00	1254.77	1257.79	1258.02	1259.03	0.034530	4.96	50.72	30.74	1.09
preit	preit_monte	33	Tr 50	180.00	1254.42	1256.65	1256.99	1258.05	0.056468	5.23	34.41	21.63	1.32
preit	preit_monte	33	Tr 200	215.00	1254.42	1256.88	1257.27	1258.40	0.053331	5.45	39.44	22.19	1.31
preit	preit_monte	33	Tr 500	241.00	1254.42	1257.05	1257.46	1258.64	0.051080	5.58	43.27	24.03	1.29
preit	preit_monte	32	Tr 50	180.00	1253.31	1255.70	1255.75	1256.71	0.034161	4.45	40.47	21.30	1.03
preit	preit_monte	32	Tr 200	215.00	1253.31	1255.89	1256.17	1257.07	0.036035	4.81	45.41	31.49	1.07
preit	preit_monte	32	Tr 500	241.00	1253.31	1255.99	1256.35	1257.31	0.038370	5.10	48.68	32.10	1.11
preit	preit_monte	31	Tr 50	180.00	1251.70	1255.18	1254.16	1255.52	0.007350	2.60	73.84	40.63	0.49
preit	preit_monte	31	Tr 200	215.00	1251.70	1255.40	1254.38	1255.79	0.007853	2.82	82.80	42.46	0.52
preit	preit_monte	31	Tr 500	241.00	1251.70	1255.55	1254.55	1255.97	0.008149	2.97	89.21	43.72	0.53
preit	preit_monte	30.5		Bridge									
preit	preit_monte	30	Tr 50	180.00	1251.61	1253.91	1253.91	1254.82	0.033070	4.22	42.70	24.43	1.00
preit	preit_monte	30	Tr 200	215.00	1251.61	1254.14	1254.14	1255.16	0.032085	4.47	48.11	26.97	1.00
preit	preit_monte	30	Tr 500	241.00	1251.61	1254.31	1254.31	1255.40	0.031105	4.62	52.14	29.62	0.99
preit	preit_monte	29	Tr 50	180.00	1249.71	1251.80	1252.40	1253.73	0.106931	6.16	29.24	23.33	1.76
preit	preit_monte	29	Tr 200	215.00	1249.71	1251.97	1252.63	1254.10	0.102652	6.46	33.27	23.84	1.75
preit	preit_monte	29	Tr 500	241.00	1249.71	1252.09	1252.92	1254.36	0.100396	6.68	36.09	24.15	1.74
preit	preit_monte	28	Tr 50	180.00	1247.76	1250.59	1250.88	1251.55	0.037141	4.45	44.81	39.07	1.06
preit	preit_monte	28	Tr 200	215.00	1247.76	1250.73	1251.05	1251.86	0.039780	4.84	50.90	45.86	1.11
preit	preit_monte	28	Tr 500	241.00	1247.76	1250.82	1251.18	1252.05	0.042237	5.11	54.77	47.28	1.15
preit	preit_monte	27	Tr 50	180.00	1245.75	1247.90	1248.40	1249.55	0.102156	5.95	33.12	31.76	1.72
preit	preit_monte	27	Tr 200	215.00	1245.75	1248.06	1248.55	1249.82	0.095552	6.17	38.34	32.98	1.69
preit	preit_monte	27	Tr 500	241.00	1245.75	1248.18	1248.73	1250.00	0.089995	6.28	42.24	33.56	1.66
preit	preit_monte	26	Tr 50	180.00	1243.33	1247.07	1247.12	1247.98	0.025663	4.34	45.61	27.33	0.90
preit	preit_monte	26	Tr 200	215.00	1243.33	1247.33	1247.45	1248.30	0.026002	4.51	53.01	29.41	0.92
preit	preit_monte	26	Tr 500	241.00	1243.33	1247.49	1247.57	1248.37	0.027577	4.42	63.36	39.95	0.94
preit	preit_monte	25	Tr 50	180.00	1241.86	1244.13	1244.89	1246.37	0.093459	6.75	28.52	22.42	1.69
preit	preit_monte	25	Tr 200	215.00	1241.86	1244.36	1245.10	1246.70	0.087477	6.95	34.55	29.96	1.66
preit	preit_monte	25	Tr 500	241.00	1241.86	1244.53	1245.23	1246.78	0.078313	6.89	39.71	30.69	1.59
preit	preit_monte	24	Tr 50	180.00	1239.29	1242.32	1242.64	1243.50	0.034158	4.89	40.72	32.95	1.07
preit	preit_monte	24	Tr 200	215.00	1239.29	1242.50	1242.85	1243.83	0.035764	5.27	46.70	35.77	1.11
preit	preit_monte	24	Tr 500	241.00	1239.29	1242.62	1243.10	1244.05	0.036391	5.50	51.23	37.77	1.12
preit	preit_monte	23	Tr 50	180.00	1235.86	1238.79	1239.48	1240.72	0.071362	6.15	29.25	16.44	1.47
preit	preit_monte	23	Tr 200	215.00	1235.86	1239.08	1239.78	1241.09	0.065248	6.27	34.29	17.44	1.43

HEC-RAS Plan: SA_PRCG (Continued)

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
preit	preit_monte	23	Tr 500	241.00	1235.86	1239.26	1240.06	1241.33	0.062665	6.41	38.85	25.66	1.41
preit	preit_monte	22	Tr 50	180.00	1234.19	1238.73	1238.79	1239.51	0.016150	4.30	58.00	43.62	0.74
preit	preit_monte	22	Tr 200	215.00	1234.19	1238.80	1239.01	1239.81	0.020532	4.91	61.19	43.88	0.84
preit	preit_monte	22	Tr 500	241.00	1234.19	1238.88	1239.15	1240.02	0.022898	5.27	64.57	44.15	0.89
preit	preit_monte	21	Tr 50	180.00	1232.77	1235.31	1236.29	1238.40	0.099563	7.88	24.31	16.19	1.80
preit	preit_monte	21	Tr 200	215.00	1232.77	1235.65	1236.98	1238.61	0.085358	7.80	29.85	17.03	1.68
preit	preit_monte	21	Tr 500	241.00	1232.77	1235.88	1237.12	1238.79	0.078944	7.78	33.82	17.73	1.62
preit	preit_monte	20	Tr 50	180.00	1231.08	1234.30	1234.82	1236.07	0.048599	6.02	33.26	22.66	1.26
preit	preit_monte	20	Tr 200	215.00	1231.08	1234.52	1235.09	1236.46	0.050508	6.39	38.17	22.99	1.28
preit	preit_monte	20	Tr 500	241.00	1231.08	1234.66	1235.27	1236.73	0.051987	6.64	41.50	23.22	1.30
preit	preit_monte	19	Tr 50	180.00	1230.10	1234.96	1234.40	1235.20	0.004630	2.45	96.94	64.20	0.41
preit	preit_monte	19	Tr 200	215.00	1230.10	1235.15	1234.58	1235.41	0.004878	2.60	109.33	66.70	0.43
preit	preit_monte	19	Tr 500	241.00	1230.10	1235.28	1234.68	1235.55	0.005053	2.71	117.87	68.36	0.44
preit	preit_monte	18.5		Bridge									
preit	preit_monte	18	Tr 50	180.00	1229.99	1234.21	1234.21	1234.67	0.009873	3.35	76.64	81.07	0.56
preit	preit_monte	18	Tr 200	215.00	1229.99	1234.35	1234.35	1234.83	0.010524	3.54	88.09	82.98	0.59
preit	preit_monte	18	Tr 500	241.00	1229.99	1234.44	1234.44	1234.94	0.010992	3.68	95.60	84.04	0.60
preit	preit_monte	17	Tr 50	180.00	1229.04	1231.45	1232.20	1234.00	0.075411	7.06	25.49	12.84	1.60
preit	preit_monte	17	Tr 200	215.00	1229.04	1232.00	1233.21	1234.22	0.052519	6.61	32.53	13.15	1.34
preit	preit_monte	17	Tr 500	241.00	1229.04	1232.51	1233.38	1234.41	0.037049	6.10	40.56	33.28	1.13
preit	preit_monte	16	Tr 50	180.00	1228.08	1230.30	1230.78	1232.15	0.054480	6.02	29.88	15.76	1.40
preit	preit_monte	16	Tr 200	215.00	1228.08	1230.43	1231.62	1232.73	0.063310	6.72	32.01	15.93	1.51
preit	preit_monte	16	Tr 500	241.00	1228.08	1230.57	1231.85	1233.10	0.065315	7.05	34.20	16.11	1.54
preit	preit_monte	15	Tr 50	180.00	1226.66	1229.14	1229.46	1230.57	0.056381	5.30	33.99	23.15	1.27
preit	preit_monte	15	Tr 200	215.00	1226.66	1229.36	1230.07	1230.97	0.055682	5.61	38.33	25.65	1.28
preit	preit_monte	15	Tr 500	241.00	1226.66	1229.49	1230.21	1231.26	0.057595	5.90	40.86	28.37	1.31
preit	preit_monte	14	Tr 50	180.00	1225.48	1227.80	1228.12	1229.27	0.058787	5.37	33.54	18.21	1.26
preit	preit_monte	14	Tr 200	215.00	1225.48	1228.04	1228.38	1229.68	0.058774	5.67	37.92	18.76	1.27
preit	preit_monte	14	Tr 500	241.00	1225.48	1228.21	1228.97	1229.96	0.057707	5.86	41.11	18.95	1.27
preit	preit_monte	13	Tr 50	180.00	1224.87	1227.39	1227.77	1228.87	0.060425	5.41	33.30	19.96	1.34
preit	preit_monte	13	Tr 200	215.00	1224.87	1227.59	1228.03	1229.27	0.062788	5.76	37.35	20.56	1.36
preit	preit_monte	13	Tr 500	241.00	1224.87	1227.73	1228.20	1229.55	0.064160	5.98	40.28	21.00	1.38
preit	preit_monte	12	Tr 50	180.00	1223.95	1227.95	1226.96	1228.35	0.009683	2.89	68.62	48.76	0.55
preit	preit_monte	12	Tr 200	215.00	1223.95	1228.14	1227.24	1228.60	0.010283	3.12	78.39	51.44	0.58
preit	preit_monte	12	Tr 500	241.00	1223.95	1228.30	1227.86	1228.77	0.010027	3.19	86.84	52.85	0.57
preit	preit_monte	11.5		Bridge									
preit	preit_monte	11	Tr 50	180.00	1223.59	1226.66	1226.62	1227.68	0.032168	4.48	40.17	18.72	0.98
preit	preit_monte	11	Tr 200	215.00	1223.59	1226.90	1226.90	1228.08	0.033399	4.81	44.68	19.04	1.00
preit	preit_monte	11	Tr 500	241.00	1223.59	1227.09	1227.09	1228.36	0.033016	4.97	48.45	19.30	1.00
preit	preit_monte	10	Tr 50	180.00	1222.62	1226.11	1226.11	1227.08	0.031443	4.40	42.71	23.67	0.91
preit	preit_monte	10	Tr 200	215.00	1222.62	1226.32	1226.43	1227.43	0.033856	4.74	48.00	25.97	0.94
preit	preit_monte	10	Tr 500	241.00	1222.62	1226.39	1226.58	1227.69	0.038945	5.14	49.81	26.71	1.01
preit	preit_monte	09	Tr 50	180.00	1222.06	1224.40	1224.89	1226.06	0.073583	5.97	33.36	24.17	1.35
preit	preit_monte	09	Tr 200	215.00	1222.06	1224.59	1225.11	1226.38	0.072484	6.25	38.03	24.24	1.35
preit	preit_monte	09	Tr 500	241.00	1222.06	1224.74	1225.27	1226.60	0.070077	6.38	41.64	24.30	1.34
preit	preit_monte	08	Tr 50	180.00	1221.34	1224.26	1224.28	1225.23	0.028069	4.61	43.10	21.88	0.92
preit	preit_monte	08	Tr 200	215.00	1221.34	1224.51	1224.54	1225.58	0.028561	4.85	48.67	22.30	0.94
preit	preit_monte	08	Tr 500	241.00	1221.34	1224.71	1224.71	1225.82	0.027966	4.94	53.31	22.79	0.94
preit	preit_monte	07	Tr 50	180.00	1220.82	1223.20	1223.69	1224.80	0.061274	5.96	35.51	29.35	1.34
preit	preit_monte	07	Tr 200	215.00	1220.82	1223.35	1223.88	1225.13	0.064510	6.36	39.82	29.52	1.38
preit	preit_monte	07	Tr 500	241.00	1220.82	1223.45	1224.02	1225.37	0.066787	6.64	42.76	29.68	1.41
preit	preit_valle	06	Tr 50	180.50	1219.62	1221.94	1222.52	1224.01	0.093204	6.73	29.78	20.47	1.66
preit	preit_valle	06	Tr 200	216.20	1219.62	1222.18	1222.95	1224.35	0.087499	6.92	34.85	21.68	1.62
preit	preit_valle	06	Tr 500	243.00	1219.62	1222.35	1223.13	1224.59	0.084476	7.05	38.51	22.48	1.60
preit	preit_valle	05.5	Tr 50	180.50	1218.95	1221.30	1221.90	1223.30	0.143417	6.65	29.23	24.53	1.90
preit	preit_valle	05.5	Tr 200	216.20	1218.95	1221.46	1222.12	1223.67	0.148617	6.95	33.11	25.99	1.95
preit	preit_valle	05.5	Tr 500	243.00	1218.95	1221.57	1222.27	1223.92	0.145430	7.14	36.04	26.33	1.94
preit	preit_valle	05	Tr 50	180.50	1217.31	1219.69	1220.08	1221.16	0.080940	5.84	34.21	22.33	1.39
preit	preit_valle	05	Tr 200	216.20	1217.31	1219.90	1220.33	1221.52	0.078467	6.08	38.99	22.89	1.39
preit	preit_valle	05	Tr 500	243.00	1217.31	1220.04	1220.51	1221.78	0.078721	6.30	42.11	23.24	1.40
preit	preit_valle	04	Tr 50	180.50	1216.11	1218.05	1218.67	1220.09	0.115537	6.34	28.49	19.92	1.69
preit	preit_valle	04	Tr 200	216.20	1216.11	1218.25	1218.93	1220.49	0.109006	6.62	32.68	20.34	1.67
preit	preit_valle	04	Tr 500	243.00	1216.11	1218.40	1219.12	1220.76	0.105338	6.81	35.70	20.63	1.65

HEC-RAS Plan: SA_PRCG (Continued)

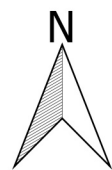
River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
preit	preit_valle	03	Tr 50	180.50	1214.27	1217.91	1217.16	1218.42	0.014767	3.17	56.86	21.21	0.62
preit	preit_valle	03	Tr 200	216.20	1214.27	1218.25	1217.40	1218.83	0.014706	3.37	64.11	21.30	0.62
preit	preit_valle	03	Tr 500	243.00	1214.27	1218.50	1217.59	1219.12	0.014581	3.50	69.48	21.37	0.62
preit	preit_valle	2.5	Bridge										
preit	preit_valle	02	Tr 50	180.50	1213.49	1216.21	1216.63	1217.82	0.088291	5.61	32.17	21.10	1.45
preit	preit_valle	02	Tr 200	216.20	1213.49	1216.40	1216.88	1218.22	0.085972	5.96	36.25	21.28	1.45
preit	preit_valle	02	Tr 500	243.00	1213.49	1216.54	1217.06	1218.50	0.084424	6.20	39.19	21.41	1.45
preit	preit_valle	01	Tr 50	180.50	1211.63	1214.54	1215.24	1216.43	0.119058	6.09	29.71	23.98	1.69
preit	preit_valle	01	Tr 200	216.20	1211.63	1214.70	1215.40	1216.85	0.118436	6.50	33.70	27.41	1.71
preit	preit_valle	01	Tr 500	243.00	1211.63	1214.80	1215.53	1217.14	0.118759	6.80	36.69	29.72	1.73

ALLEGATO D

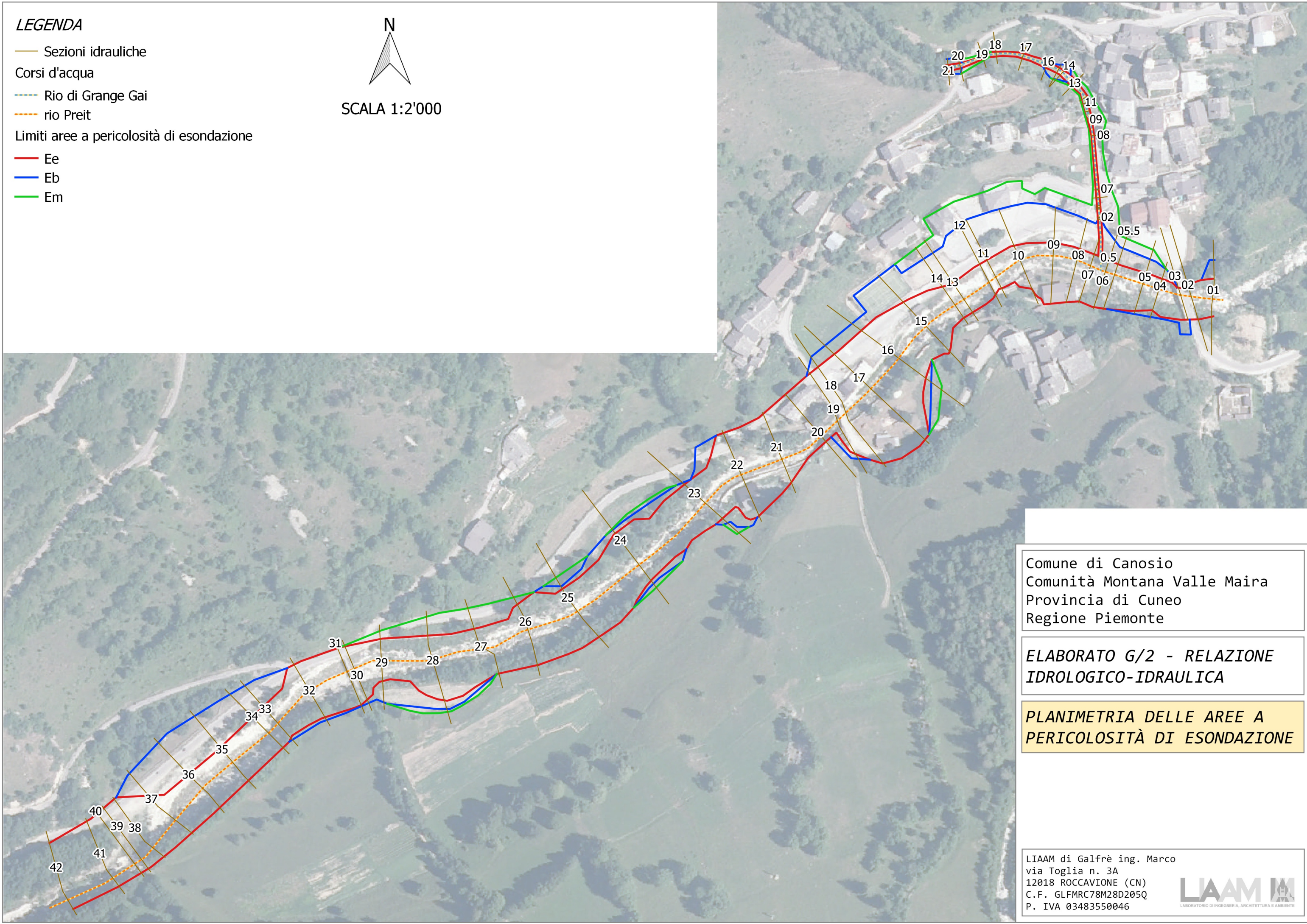
MAPPATURA DELLE AREE A PERICOLOSITÀ DI ESONDAZIONE

LEGENDA

- Sezioni idrauliche
- Corsi d'acqua
 - Rio di Grange Gai
 - rio Preit
- Limiti aree a pericolosità di esondazione
 - Ee
 - Eb
 - Em



SCALA 1:2'000



Comune di Canosio
Comunità Montana Valle Maira
Provincia di Cuneo
Regione Piemonte

**ELABORATO G/2 - RELAZIONE
IDROLOGICO-IDRAULICA**

**PLANIMETRIA DELLE AREE A
PERICOLOSITÀ DI ESONDAZIONE**

LIAAM di Galfrè ing. Marco
via Toggia n. 3A
12018 ROCCAIONE (CN)
C.F. GLFMRC78M28D205Q
P. IVA 03483550046

