Comune di San Colombano Certenoli

STUDIO TECNICO ASSOCIATO
ING. SERGIO BRIZZOLARA & ING. STEFANO STURLA
via Cap. Renato Orsi, 31/20
16043 Chiavari (GE)
P.I.V.A. e C.F.: 01455710994
☎ +39 0185 370127
+39 0185 368280
b3s@b3s.it – b3s@pec.b3s.it
dott. ing. Sergio Brizzolara – sergio@b3s.it
dott. ing. Stefano Sturla – stefano@b3s.it
coll.: dott. ing. Riccardo Fugazzi – richi@b3s.it
coll.: dott. ing. Luca Taddei – b3s@b3s.it



sistemazione del tratto terminale del rio Vignale (piano bacino torrente Lavagna – L. 183/89 e ss.mm.ii.) con riduzione del rischio idrogeologico in località San Colombano

PROGETTAZIONE DEFINITIVA

(D.Lgs. n° 50/2016 – art. 23 – c. 7)

– RELAZIONE IDRAULICA + MODELLI IDRAULICI

TAV. 12–A

SCALA

STABS 0767

REV.	data	motivazione	il Responsabile del Procedimento
A–rev1	febbraio 2018	nota Regione Liguria – Difesa Suolo Genova prot. PG/2018/31892 del 30/01/2018	
A	dicembre 2017	aggiornamento	
	luglio 2017	prima emissione	

questo documento è di proprietà esclusiva – è proibita la riproduzione anche parziale e la cessione a terzi senza specifica autorizzazione

INDICE

Premessa *pag 3*

Analisi modello idraulico stato attuale *pag 7*

Analisi modello idraulico stato di progetto globale *pag 11*

Ulteriori considerazioni idrauliche *pag 16*

Analisi modello idraulico stato di progetto - primo lotto di lavorazioni *pag 21*

Analisi con torrente Lavagna *pag 28*

Aspetti morfodinamici *pag 33*

Possibili alternative progettuali *pag 35*

Considerazioni su carta fasce *pag 40*

Stima aree messe in sicurezza *pag 45*

Premessa

La presente relazione idraulica viene redatta in conformità a quanto previsto dal D.Lgs. n° 50/2016 – art. 23 comma 7 e costituisce parte integrante dell'aggiornamento della progettazione definitiva inerente l'intervento in oggetto: *"sistemazione del tratto terminale del rio Vignale (piano bacino torrente Lavagna - L. 183/89 e ss.mm.ii.) con riduzione del rischio idrogeologico in località San Colombano".*

In particolare questa versione della relazione idraulica (tavola 12-A rev1 datata febbraio 2018) viene redatta in aggiornamento alla tavola 12-A datata analogamente ai restanti elaborati dicembre 2017: la presente revisione della relazione idraulica viene redatta a seguito della nota della Regione Liguria - Dipartimento Territorio, Ambiente, Infrastrutture e Trasporti - Vice Direzione Generale Ambiente - Settore Difesa del Suolo Genova con oggetto: GCS02510 - Conferenza dei Servizi relativa al progetto di "Sistemazione del tratto terminale del Rio Vignale (Piano di Bacino del Torrente Lavagna) con riduzione del rischio idrogeologico in località San Colombano" del 30/01/2018 - prot. n° PG/2018/31892.

Le risposte alle richieste della suddetta nota vengono integrate all'interno dei vari capitoli della presente relazione e in particolare gli aspetti qui approfonditi rispetto alla versione originaria sono:

- eventuale aggravio che comporta la sistemazione prevista nel I lotto nel tratto di valle, in ragione anche della presenza del grigliato;
- determinazione tempo di ritorno della portata massima transitante nel canale a seguito della realizzazione del I lotto di lavori;
- analisi dell'influenza delle piene del torrente Lavagna sulla modellazione di progetto.

Oltre a quanto sopra, con la presente viene anche valutato l'aggiornamento della carta delle fasce fluviali, sia nelle condizioni di stato attuale sia di progetto (entrambe con o senza contemporaneità delle piene del torrente Lavagna): si sottolinea infatti come allo stato attuale il rio Vignale non risulta indagato nel Piano di Bacino del torrente Lavagna e dunque non sono mappate le relative fasce di inondabilità. All'interno della presente relazione viene dunque aggiunto un capitolo: "considerazioni su carta fasce"; inoltre viene prodotto un elaborato grafico (tavola 17-A) con la rappresentazione delle varie carte fasce sopra elencate.

Trattandosi tutte di integrazioni "idrauliche" che non variano in alcun modo la proposta progettuale, i restanti elaborati restano nella loro forma originaria e dunque datati dicembre 2017.

Descrizione stato attuale dei luoghi

L'intervento di cui in oggetto riguarda il tratto terminale del rio Vignale, a partire dal suo sfocio nel torrente Lavagna, per circa 250 metri verso monte. Tale tratto risulta particolarmente critico, così come anche dimostrato dalle recenti alluvioni che hanno pesantemente evidenziato l'insufficienza idraulica delle tombinature esistenti. In particolare, per quanto attiene le immagini relative all'evento alluvionale del novembre 2014, si rimanda alla documentazione fotografica (tavola 10-A) allegata al presente progetto definitivo.

Si rimarca peraltro il notevole rischio derivante dalle esondazioni del rio, stante la significativa urbanizzazione della zona, con la presenza di diverse infrastrutture quali due strade comunali (di cui una costituisce unico accesso alle abitazioni, con particolare riferimento all'area dell'entroterra) e la strada provinciale S.P. 225, fondamentale collegamento tra la fascia costiera e la Val Fontanabuona.

Altre infrastrutture interessate dalle possibili inondazioni risultano essere la chiesa e il cimitero, nell'area immediatamente a monte della strada provinciale.

L'area oggetto di studio, con particolare riferimento al tratto a valle della viabilità comunale è compresa nella fascia A del torrente Lavagna, caratterizzata da inondazioni con tempo di ritorno cinquantennale e dal colore rosso nella carta fasce.

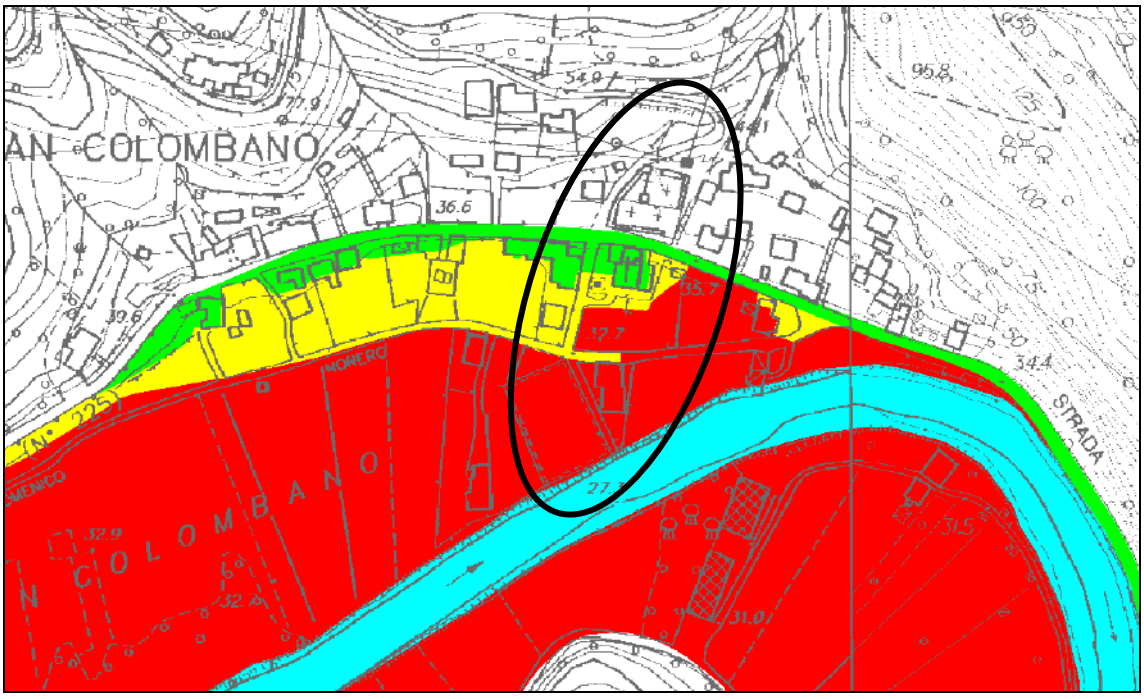


figura 1: *carta delle fasce fluviali - Piano di Bacino del torrente Lavagna L. 183/89 e ss.mm.ii. – fuori scala*

All'interno del medesimo Piano di Bacino non risulta invece indagato il rio Vignale, oggetto del presente progetto definitivo.

Nell'ambito del presente studio si è dunque proceduto a verificare la risposta idraulica delle sezioni del rio Vignale nella configurazione di stato attuale, sezioni costruite sulla base di un rilievo topografico dell'area, effettuato tramite l'utilizzo di una stazione totale.

Tale rilievo è peraltro stato recentemente integrato con alcune misurazioni effettuate calandosi all'interno della copertura nel tratto in corrispondenza dell'attraversamento della S.P. n° 225 nonché a seguito di sondaggi effettuati al fine di verificare l'approfondimento fondazionale delle spalle del ponticello medesimo e del tratto immediatamente a valle.

Incrociando i dati del rilievo topografico con le misurazioni più recenti si è ricavata la situazione attuale del rio Vignale, rappresentata sia sotto forma grafica nei vari elaborati redatti sia inserita all'interno del modellizzatore idraulico utilizzato (Hec-Ras versioni 4.1 e 5.0.3).

In prima istanza si è proceduto a calcolare l'estensione del bacino imbrifero del rio Vignale con sezione di chiusura in corrispondenza dell'immissione nel torrente Lavagna, risultata pari a circa 0,50 kmq (reticolo idrografico di secondo livello - superficie compresa tra 1 e 0,25 kmq).

Per quanto attiene il calcolo della portata con tempo di ritorno duecentennale si è proceduto a moltiplicare la superficie sopra citata per un valore unitario di 40 mc/(s x kmq), così come cautelativamente indicato nelle normative di Piano di Bacino. Per quanto attiene i valori di portata associati a tempo di ritorno pari a 50 e 500 anni, si è moltiplicato il valore di portata duecentennale rispettivamente per i fattori 0,69 e 1,20, valori desunti dalla metodologia C.I.M.A.
La verifica idraulica è stata effettuata tramite l'utilizzo del software Hec-Ras nelle sue versioni 4.1 e 5.0.3, all'interno del quale sono stati sinteticamente introdotti i seguenti parametri:

- portate:
  Q (Tr = 50 anni) = 13,80 mc/s
  Q (Tr = 200 anni) = 20,00 mc/s
  Q (Tr = 500 anni) = 24,00 mc/s

- coefficienti di scabrezza:
  K_S = 33 $m^{1/3}/s$ tratti a cielo aperto
  K_S = 40 $m^{1/3}/s$ tratti in copertura

Tali parametri sono stati considerati validi sia per il modello di stato attuale che per quello di progetto.

Per quanto attiene le condizioni al contorno, nella sezione di monte si è introdotta una pendenza media del tratto, ipotizzando che il livello della corrente sia corrispondente a quella di moto uniforme. Ad ogni modo, stante le pendenze subito elevate (nell'ordine del 15% nel tratto subito a valle), tale condizione non influenza di fatto in alcun modo i livelli idrici nel tratto di interesse.

In merito alle condizioni al contorno di valle, invece, si è in prima istanza tenuta in considerazione la presenza del torrente Lavagna, in quanto buona parte l'area oggetto di studio è compresa nella fascia A del torrente Lavagna stesso e tale condizione risulta assolutamente indipendente da qualsiasi intervento possibile lungo il tratto terminale del rio Vignale. Introducendo come condizione al contorno di valle del modello idraulico del rio Vignale l'altezza ricavabile dai modelli di Piano di Bacino del torrente Lavagna (pari per la portata duecentennale a circa 32,70 ml, quota assimilabile a quella della viabilità comunale di valle) si otterrebbero, indipendentemente dalla geometria delle sezioni del rio Vignale, profili della corrente orizzontali dalla confluenza sino alla suddetta viabilità comunale (il tutto in accordo con la carta fasce di cui sopra).

Nell'ambito del presente progetto definitivo, volendo valutare la risposta idraulica delle sezioni del rio Vignale per la portata propria del rio, si è ritenuto indispensabile considerarlo indipendente dal torrente Lavagna, introducendo dunque come condizione al contorno di valle la profondità critica (ben rappresentativa della realtà stante la presenza di un salto di fondo).

Si sottolinea infine che tale condizione potrebbe risultare ben rappresentativa della realtà in caso di sistemazione del tratto prospiciente del torrente Lavagna, intervento imprescindibile per garantire la completa messa in sicurezza dell'area, aldilà degli interventi sul rio Vignale proposti nel presente progetto definitivo.

Al fine di completare le analisi si è comunque anche provveduto a realizzare dei modelli idraulici con condizione al contorno di valle pari al livello duecentennale del torrente Lavagna, modelli che verranno descritti nell'ambito della presente relazione.

Analisi modello idraulico stato attuale

Di seguito vengono sinteticamente descritti, a partire da monte, i vari tratti omogenei in cui può essere suddiviso ad oggi il tratto terminale del rio Vignale.

- sezioni 13-12 - lunghezza ≈ 10 metri - attraversamento viabilità comunale con tubazione diametro 180 cm;
- sezioni 12-10 - lunghezza ≈ 40 metri - tratto a cielo aperto con arginature notevolmente incassate; ad oggi tale tratto, in caso di piene significative, risente pesantemente del rigurgito della tubazione di valle ed è stato interessato da interventi di ripristino della continuità arginale (scogliere in massi) nonché dalla realizzazione di un pettine selettivo, il tutto a seguito dell'evento alluvionale del novembre 2014;
- sezioni 10-8.5 - lunghezza ≈ 55 metri - tratto maggiormente critico già da una semplice analisi visiva e al di là dei meri calcoli idraulici, in quanto la portata viene convogliata un tubo di diametro pari a circa 1 ml. L'imbocco della tubazione è risultato evidentemente insufficiente anche nei recenti eventi alluvionali e dunque il suo adeguamento è da considerare come la maggiore priorità; stante le limitate dimensioni si segnala peraltro che la tubazione risulta molto facilmente ostruibile anche da limitate quantità di materiale detritico/alluvionale;
- sezioni 8.5-8 - lunghezza ≈ 2,50 metri - breve tratto di raccordo tra lo sbocco della tubazione sopra descritta e il voltino di attraversamento della viabilità provinciale (S.P. n° 225), tratto caratterizzato da sezione rettangolare con altezza costante pari a 1,00 ml e larghezza variabile tra 1,70 ml al limite di monte e 3,00 ml al limite di valle;
- sezioni 8-7 - lunghezza ≈ 9,30 metri - attraversamento viabilità provinciale (S.P. n° 225) caratterizzato da una sezione rettangolare con impalcato ad arco (sezione comunque più che triplicata rispetto al tubo esistente poco a monte con larghezza alla base pari a circa 3,00 ml e altezza in chiave pari a circa 1,00 ml); a seguito di quanto emerso nel corso della conferenza dei servizi preliminare, si è proceduto ad effettuare un sondaggio finalizzato a verificare l'approfondimento della fondazione delle due spalle del ponticello, risultata circa 1,70 ml inferiore rispetto all'attuale quota di fondo del rio.
- sezioni 7-6 - lunghezza ≈ 1,65 metri - breve tratto di raccordo tra lo sbocco del voltino di attraversamento della viabilità provinciale (S.P. n° 225) e il tratto esistente a valle, tratto caratterizzato da sezione rettangolare con altezza variabile tra circa 1,25 ml e 1,40 ml e larghezza variabile tra 3,00 ml al limite di monte e 3,60 ml al limite di valle;

- sezioni 6-3 - lunghezza ≈ 60 metri - tratto compreso tra attraversamento viabilità provinciale e attraversamento viabilità comunale caratterizzato da sezioni rettangolari tombinate con altezza netta 120 ÷ 140 cm e larghezza netta 210 ÷ 360 cm; anche in questo tratto a seguito di quanto emerso nel corso della conferenza dei servizi preliminare, si è proceduto ad effettuare un sondaggio finalizzato a verificare l'approfondimento della fondazione delle due spalle della copertura, risultate sostanzialmente alla medesima quota di fondo alveo esistente (in destra la muratura è in cls, in sinistra la muratura è in pietra con sottofondazione in cls);
- sezioni 3-2 - lunghezza ≈ 10 metri - attraversamento viabilità comunale caratterizzato da una sezione rettangolare con larghezza netta pari a circa 175 cm e altezza netta pari a circa 100 cm;
- sezioni 2-1 - lunghezza ≈ 60 metri - tratto terminale parallelo al campo sportivo di San Colombano caratterizzato da sezioni rettangolari tombinate con altezza netta pari a 165÷170 cm e larghezza netta pari a 310÷320 cm;
- sfocio nel torrente Lavagna - salto di fondo di altezza pari a circa 300 cm.

Inserendo nel modellizzatore idraulico le sezioni rilevate e non considerando prudenzialmente le fuoriuscite esistenti a monte e ipotizzando dunque l'intera portata come entrante nella tombinatura, i livelli idrici ricavati sono i seguenti:

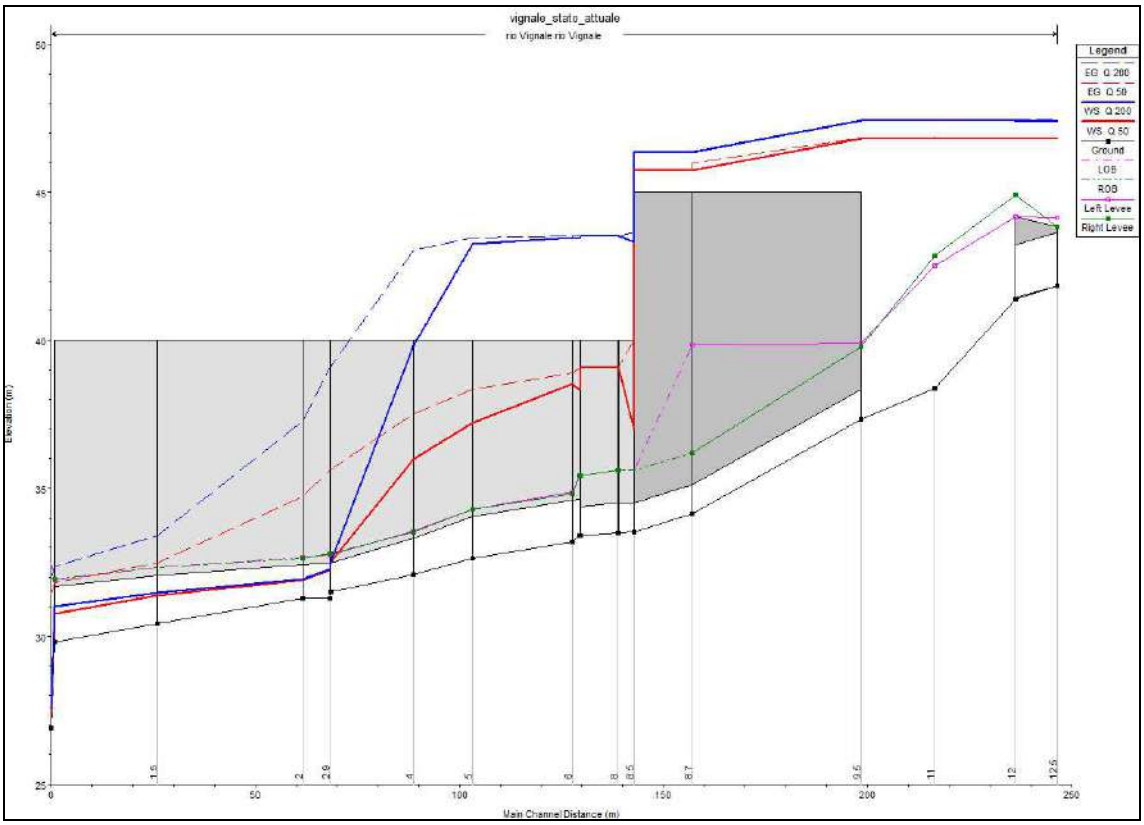


figura 2: *profilo idraulico modello di stato attuale - fuori scala*

Si segnala come i livelli idrici desunti dalla modellazione sopra descritta risultino assolutamente "esagerati": l'obiettivo di tale modello (si ricorda che non sono state inserite strutture laterali di sfioro della piena) è verificare l'effettiva sufficienza idraulica delle sezioni a far defluire l'intera portata del rio Vignale.

Risulta evidente l'insufficienza del tratto a monte della viabilità comunale, mentre gli ultimi 70 ml circa della tombinatura appaiono di per sé gli unici attualmente sufficienti a garantire il deflusso delle portate (si ricorda che in tale fase non è stata considerata la presenza del torrente Lavagna).

Al fine di ottenere dei tiranti di esondazione maggiormente realistici sarebbe necessaria una modellazione bidimensionale dell'area o quantomeno bisognerebbe realizzare una modellazione monodimensionale anche del piano viario, inserendo come portata di ingresso quella che non riesce a defluire all'interno della tubazione esistente; entrambe le opzioni sopra descritte richiederebbero un dettaglio ritenuto ad oggi "non utile", volendosi piuttosto concentrare su una soluzione di progetto che non preveda più esondazioni all'esterno delle arginature.

In prima istanza e in maniera "qualitativa" si può comunque ipotizzare nelle condizioni attuali un tirante lungo le viabilità nell'ordine del metro lineare per tempo di ritorno duecentennale.

Si ricorda peraltro che le fuoriuscite in tale tratto vanno a interessare, oltre a diverse abitazioni, la chiesa e il cimitero, anche due viabilità pubbliche comunali nonché la S.P. n° 225 che garantisce un fondamentale collegamento tra la costa e la val Fontanabuona.

Al fine di analizzare quale valore limite di portata possa essere contenuto all'interno della tombinatura esistente, si sono introdotti nel modellizzatore idraulico diversi valori di portata, giungendo alle seguenti conclusioni:

- nel tratto iniziale, sino alla viabilità provinciale esclusa, risulta contenuto senza alcun franco idraulico un valore di soli 2,00 mc/s (e dunque un decimo della portata duecentennale);

- nel tratto di valle, con particolare riferimento all'attraversamento della viabilità comunale (la sezione più ridotta e dunque più critica del tratto con scatolare) transitano al limite circa 7,00 mc/s (valore pari a circa la metà della portata cinquantennale, ma pur sempre più che triplo rispetto a quanto contenuto nel primo tratto).

In sintesi la modellazione conferma quanto riscontrato durante i recenti eventi alluvionali: il tratto di tombinatura maggiormente critico risulta essere indubbiamente quello a monte dell'attraversamento della viabilità provinciale: esso agisce attualmente come una sorta di collo di bottiglia, regolando di fatto la portata che entra in copertura e convogliando la restante parte verso l'abitato di San Colombano. A causa dell'imbocco così ristretto non vanno attualmente in crisi le sezioni a valle della viabilità provinciale, anch'esse comunque insufficienti a garantire il deflusso in condizioni di sicurezza delle portate di piena per tempi di ritorno significativi, una volta eliminato il restringimento di monte.

Risultando opportuno suddividere la progettazione in più lotti di lavori, si ritiene dunque maggiormente urgente l'intervento nel tratto di monte, sebbene vadano realizzati anche interventi atti ad evitare l'aggravio delle condizioni di rischio nelle sezioni di valle.

Si sottolinea peraltro ancora che un eventuale primo lotto di lavori nel tratto a valle della viabilità provinciale (S.P. n° 225) non produrrebbe di fatto alcuna miglioria sulla sicurezza dell'area, permanendo la grave criticità nel tratto di imbocco della tombinatura, tratto che come riportato allo stato attuale "regola" quanta portata entra in copertura e quanta transita al di sopra.

Analisi modello idraulico stato di progetto globale

In prima istanza viene analizzato il modello idraulico di progetto globale, con sistemazione di tutto il tratto terminale di rio Vignale. Successivamente verranno invece analizzati gli effetti idraulici connessi alla realizzazione del solo primo lotto di lavori (lotto 1).

A livello di sistemazione generale, non potendo sostanzialmente intervenire sulle quote delle sponde causa sia la notevole urbanizzazione della zona sia la presenza di diverse infrastrutture e risultando comunque non sufficiente il solo allargamento delle sezioni di deflusso, la soluzione individuata per mitigare il rischio idraulico ad oggi gravante sull'area comporta anche un abbassamento del fondo, sfruttando il salto tra l'ultima sezione del rio Vignale e il torrente Lavagna, abbassato da 3,00 a 2,00 ml; ci si raccorda quindi alla sezione immediatamente a monte dell'area oggetto di studio tramite tre livellette di fondo costanti.

I recenti sondaggi effettuati in corrispondenza delle fondazioni del ponticello di attraversamento della S.P. n° 225 hanno permesso di verificare come l'abbassamento del fondo alveo previsto sia assolutamente compatibile con la struttura esistente: in tale tratto dunque, anche in ragione dei costi e sopratutto del disagio (interruzione di una viabilità fondamentale per la Val Fontanabuona + necessità di spostamento di numerosi sottoservizi esistenti) che si arrecherebbe con un rifacimento del ponte, si prevede il mantenimento della struttura ad arco con il "solo" abbassamento/plateazione del fondo alveo ed eventuale intervento di consolidamento della spalle qualora si rendesse necessario a seguito delle operazioni di scavo.

Stante la larghezza del ponticello sopra citato pari a 3,00 ml e verificata la risposta idraulica dell'intervento, si è scelto di proporre un allargamento del tratto di monte (sezioni 13-12 e sezioni 10-8) con utilizzo di scatolari di dimensioni nette pari a 3,00 x 2,50 ml (sempre nell'ambito della presente relazione idraulica si valutano anche scenari progettuali "scartati" con larghezza pari a 3,50 e con il rifacimento totale del ponticello).

A valle del ponticello si propone un allargamento delle sezioni ovunque a 3,50 ml, alternando tratti a cielo aperto (sezioni 6-4.5 e 2-1) e tratti coperti laddove un'apertura risulta impossibile (viabilità non interrompibili - sezioni 4.5-2).

Più in particolare dunque procedendo da monte verso valle si prevedono i seguenti interventi:

- sezioni 13-12 - LOTTI SUCCESSIVI - rifacimento attraversamento viabilità comunale con sezione scatolare di dimensioni nette pari a 3,00 x 2,50 ml;
- sezioni 12-10 - LOTTO 1 - in tale tratto (l'unico ad oggi idraulicamente sufficiente) si prevede soltanto la realizzazione di una briglia selettiva a pettine in aggiunta al pettine già realizzato in regime di somma urgenza;
- sezioni 10-8 - LOTTO 1 - rifacimento tratto ad oggi intubato e del raccordo immediatamente a valle dello sbocco del tubo e a monte della S.P. n° 225, mediante predisposizione di struttura scatolare di dimensioni nette pari a 3,00 x 2,50 ml;
- sezioni 8-7 - LOTTO 1 - mantenimento attraversamento viabilità provinciale S.P. n°225 con abbassamento della quota di fondo e interventi di consolidamento/sottomurazione delle due spalle del ponticello;
- sezioni 7-6 - LOTTO 1 - breve tratto di raccordo gettato in opera tra il ponticello esistente e la struttura scatolare di valle;
- sezioni 6-5.5 - LOTTO 1 - rifacimento del tratto con struttura "ad U" aperta con dimensioni nette pari a 3,50 x 2,90 ml, sino all'esaurimento delle risorse economiche ad oggi disponibili;
- sezioni 5.5-4.5 - LOTTI SUCCESSIVI - rifacimento del tratto con struttura "ad U" aperta con dimensioni nette pari a 3,50 x 2,90 ml;
- sezioni 4.5-3 - LOTTO 1 - predisposizione di un grigliato metallico immediatamente a monte della viabilità comunale, atto a garantire una "valvola di sfogo" a piene particolarmente significative evitando che la messa in pressione della copertura esistente possa provocare maggiori danni

  LOTTI SUCCESSIVI - rifacimento del tratto mediante predisposizione di struttura scatolare di dimensioni nette pari a 3,50 x 2,50 ml - adeguamento grigliato metallico alla nuova sezione del rio;
- sezioni 3-2 - LOTTI SUCCESSIVI - rifacimento attraversamento viabilità comunale con sezione scatolare di dimensioni nette pari a 3,50 x 2,50 ml;
- sezioni 2-1 - LOTTI SUCCESSIVI - rifacimento del tratto a valle dell'attraversamento della viabilità comunale con struttura "ad U" aperta con dimensioni nette pari a 3,50 x 3,00 ml in destra e 3,80 ml in sinistra;
- sfocio nel torrente Lavagna - LOTTI SUCCESSIVI - abbassamento del salto di fondo esistente da circa 300 a 200 cm.

Si fa dunque presente che la soluzione progettuale proposta si prefigge sia l'obiettivo di garantire il contenimento delle piene in alveo, sia di rendere a cielo aperto tutti i tratti con copertura non indispensabile per motivi viabilistici e/o di accesso a fabbricati.

La modellazione di progetto (lotto 1 + lotti successivi) mostra come la portata di tempo di ritorno duecentennale risulti contenuta in tutte le sezioni, con franco idraulico nei tratti tombinati sempre nell'intorno o superiore ai 150 cm richiesti dalla normativa (unica sezione con franco lievemente inferiore risulta essere il ponticello di attraversamento della S.P. n° 225, con franco comunque pari a circa 125 cm rispetto alla chiave dell'arco e 55 cm rispetto all'intersezione tra arco e spalle). Risulta peraltro ampiamente contenuta anche la portata di tempo di ritorno cinquecentennale, con franchi geometrici sempre superiori a 110 cm.

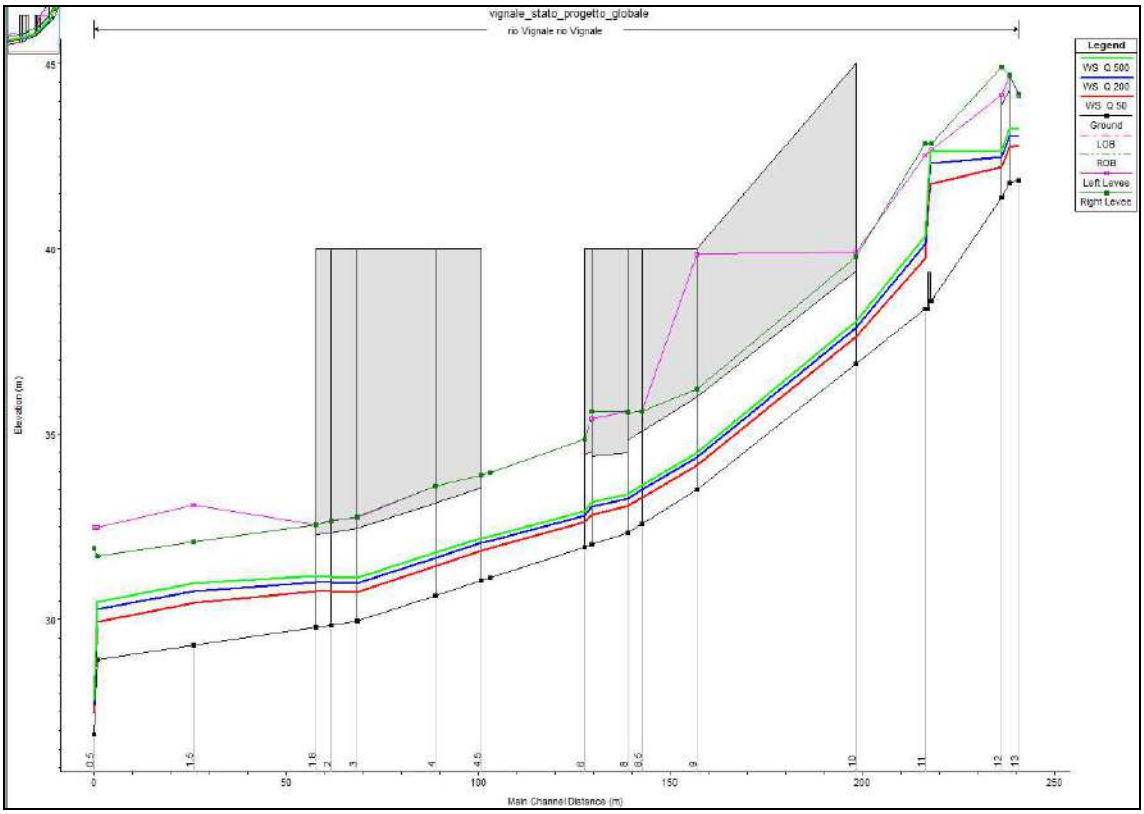


figura 3: *profilo idraulico modello di stato di progetto lotto 1 + lotti successivi - fuori scala*

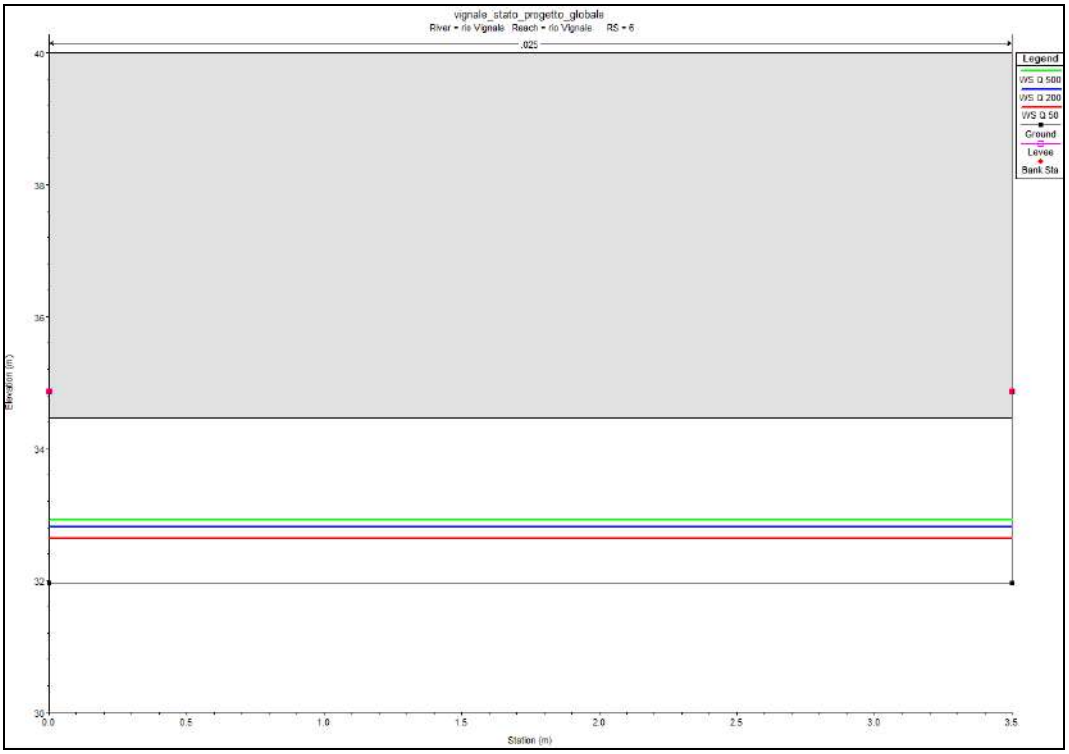


figura 4: *sezione esemplificativa modello di stato di progetto lotto 1 + lotti successivi - fuori scala*

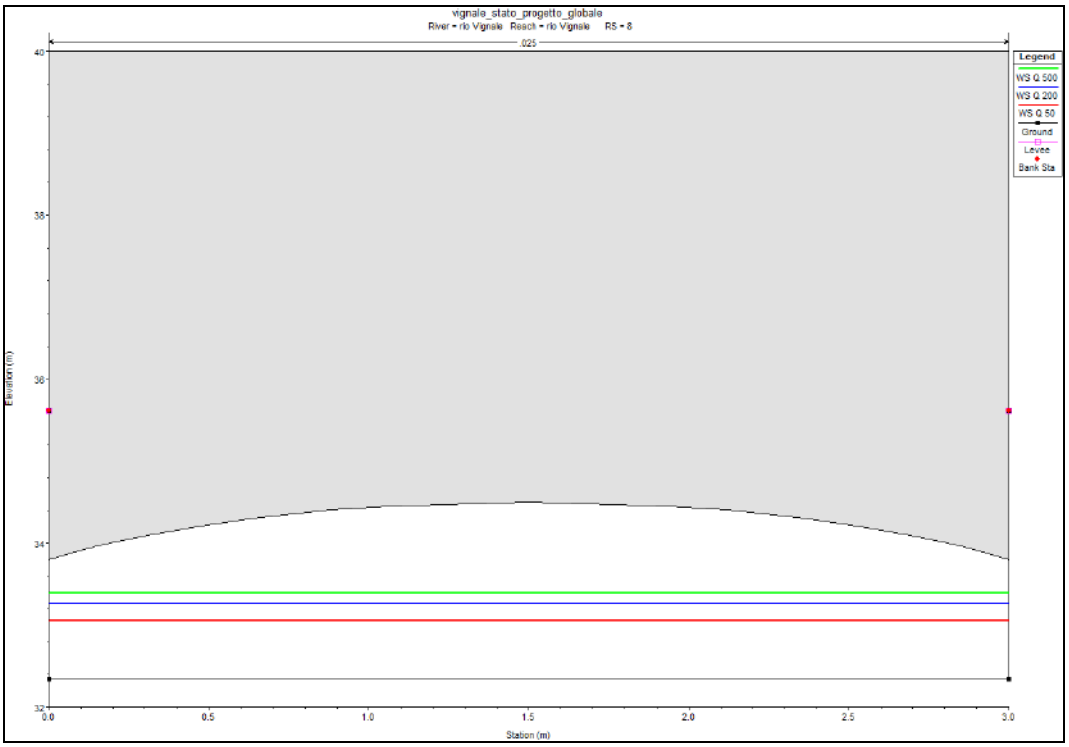


figura 5: *sezione ponte S.P. n° 225 modello di stato di progetto lotto 1 + lotti successivi - fuori scala*

Stante le pendenze elevate (media nell'intero tratto superiore al 5%) risulta invece difficoltoso contenere in tutte le sezioni e in particolare in quelle di monte il carico cinetico associato alla piena di tempo di ritorno duecentennale, sebbene il suo valore non risulti mai particolarmente elevato in raffronto all'altezza netta dello scatolare previsto.

Il carico cinetico relativo alla portata cinquantennale risulta invece contenuto o estremamente prossimo al contenimento in tutte le sezioni.

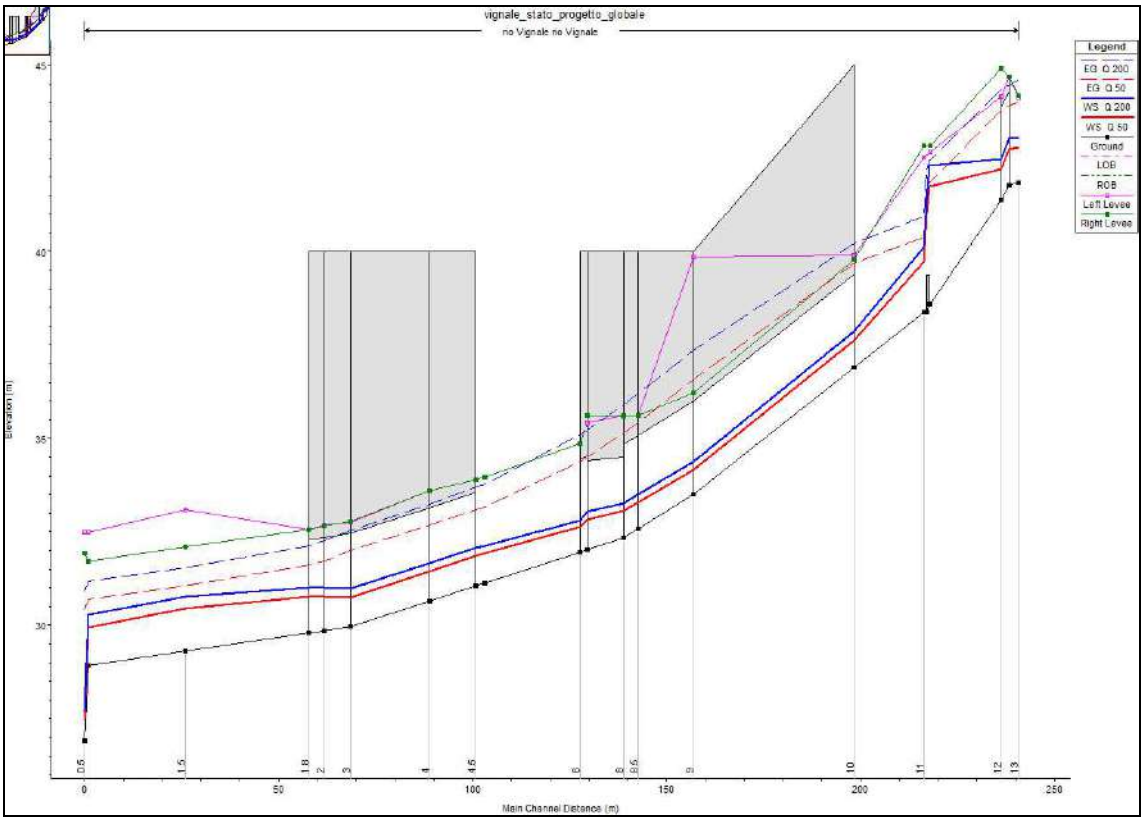


figura 6: *profilo idraulico modello di stato di progetto – livelli Q (Tr= 50 e 200 anni) e relativi carichi totali - fuori scala*

Ulteriori considerazioni idrauliche

Nell'ambito della presente progettazione definitiva si è provveduto anche a implementare il modello idraulico di progetto con valori di Ks ridotti, pari a 25 $m^{1/3}/s$, valore molto basso che considera un forte trasporto solido associato ad un'eventuale piena.

Anche in tale configurazione continuerebbero ad essere contenute le piene per tutti i tempi di ritorno analizzati, con franco geometrico sempre superiore ai 50 cm per tempo di ritorno duecentennale e carico cinetico ancor più prossimo al contenimento (velocità in diminuzione).

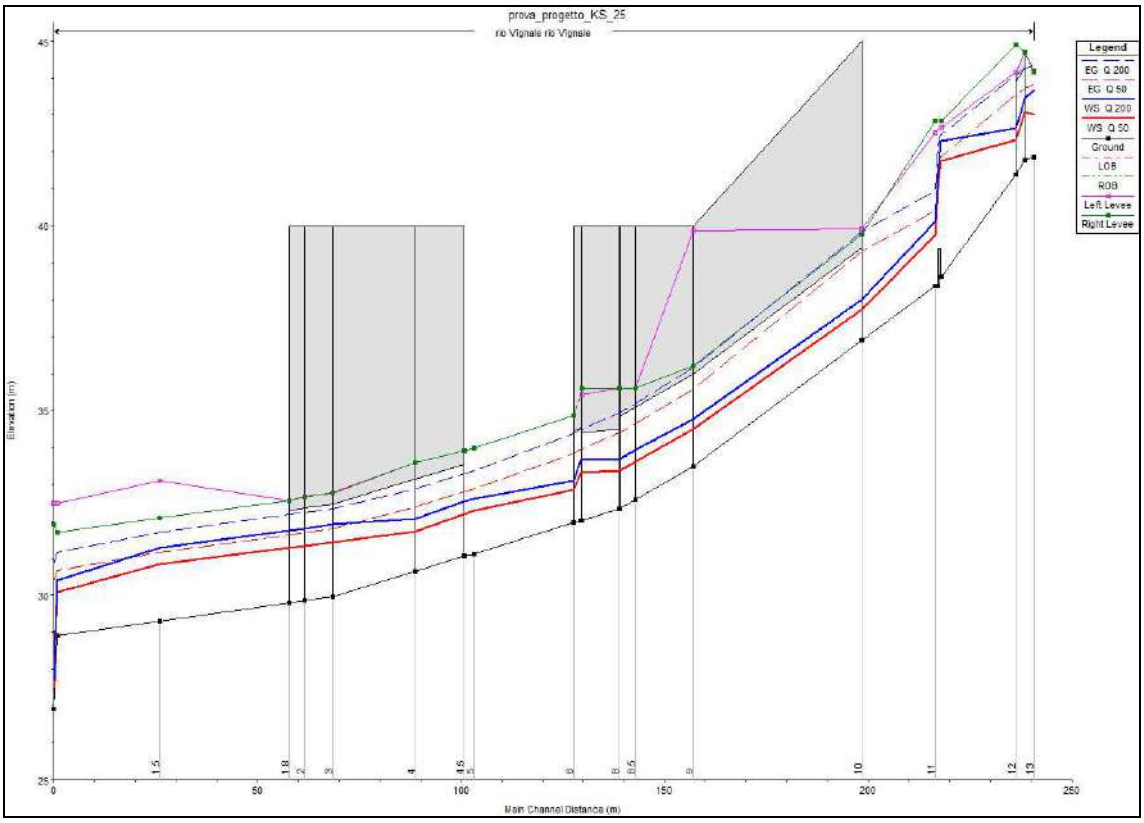


figura 7: *profilo idraulico modello di stato di progetto (lotto 1 + lotti successivi) con Ks = 25 $m^{1/3/s}$ fuori scala*

Si è inoltre proceduto a implementare un'ulteriore modellazione idraulica sempre con *Ks = 25 $m^{1/3}/s$*, ma con le sezioni idrauliche parzializzate al fine di simulare la presenza di materiale solido sul fondo alveo.

In particolare in tutte le sezioni è stata analizzata la quota di fondo di 40 cm, andando pertanto a ridurre circa del 20% la sezione disponibile al deflusso (altezza in copertura pari a 210 cm anziché i 250 cm originari).

Anche in tale configurazione è di fatto garantito ovunque il contenimento della piena duecentennale, a conferma della notevole stabilità della modellazione idraulica qui proposta.

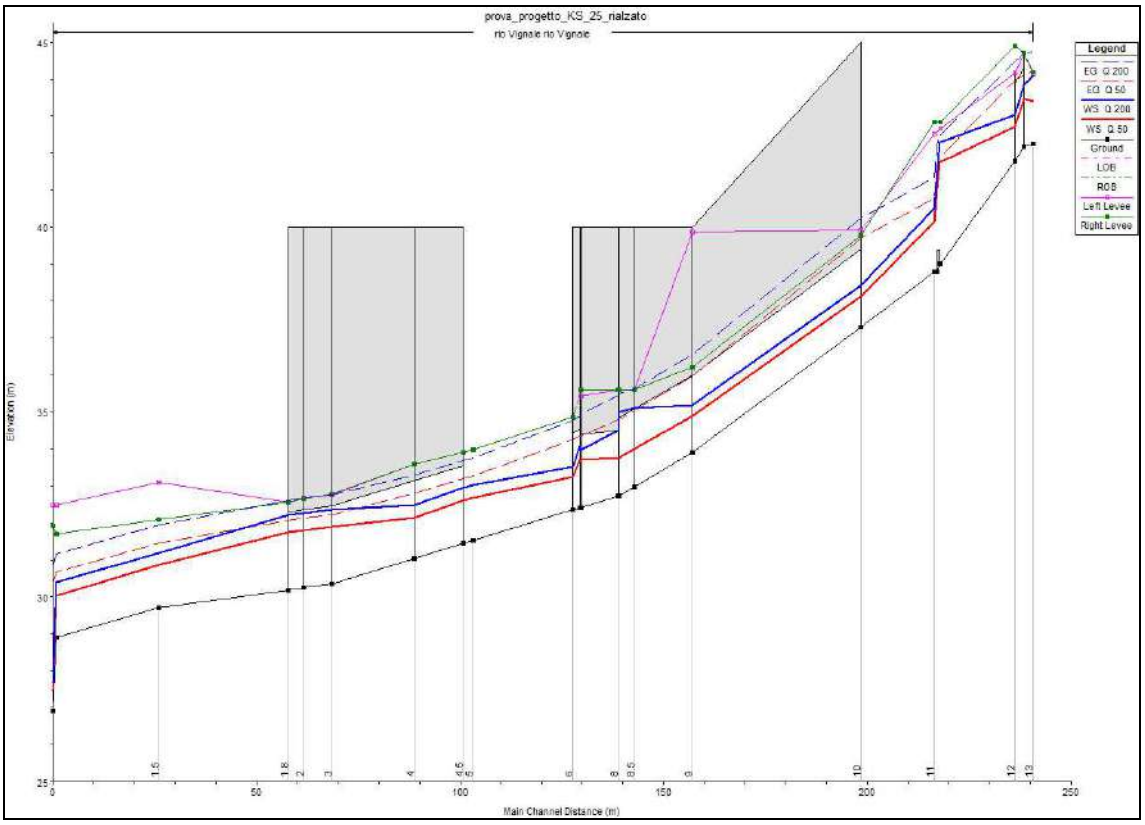


figura 8: *profilo idraulico modello di stato di progetto (lotto 1 + lotti successivi) con Ks = 25 $m^{1/3/s}$ e fondo alveo rialzato di 40 cm - fuori scala*

Si è inoltre provveduto a valutare la presenza di curve lungo il tratto analizzato del rio Vignale: gli unici cambiamenti di direzione significativi risultano essere ubicati in corrispondenza della sezione 11 e della sezione 2.

La sezione 11 risulta però compresa nel tratto a cielo aperto di monte, tratto con sezioni incassate e con ampissimi franchi idraulici: dunque, qualsiasi sovralzo verrebbe ampiamente contenuto dall'arginatura esistente.

Maggiore attenzione andrà invece dedicata alla sezione 2, in corrispondenza dell'attraversamento della viabilità comunale di valle, ove il rio Vignale transita ancora in copertura: in tale sezione e per tempo di ritorno duecentennale la corrente presenta un regime veloce (Fr = 1.48) e vengono dunque applicate le formulazioni proposte da Marchi per correnti veloci:

$$\sin\beta = \frac{1}{Fr_1}$$

$$tg(\delta) = \frac{b}{\left(r_m + \frac{b}{2}\right) tg(\beta)}$$

con:

Fr_1 = numero di Froude corrente indisturbata

b = larghezza media sezione

r_m = raggio medio curvatura

Si può dunque determinare il livello massimo assunto della corrente in esterno curva y_{max} in funzione del livello medio della corrente y_1 come:

$$y_{max} = y_1 Fr_1^2 sin^2\left(\beta + \frac{1}{2}\delta\right)$$

Dunque il sovralzo del pelo libero risulterà essere pari a:

$$\Delta y = y_{max} - y_1$$

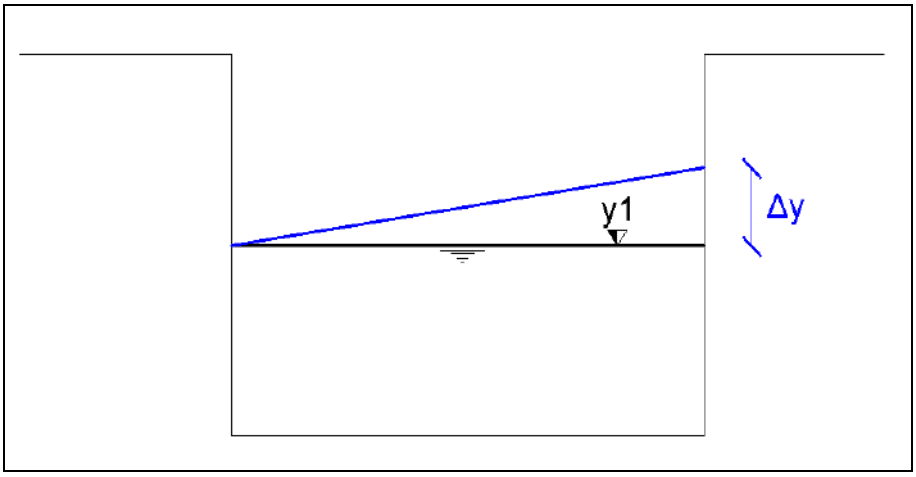


figura 9: *schematizzazione sovralzo in esterno curva per correnti veloci*

Applicando le formulazioni di cui sopra, si ottiene per la sezione idraulica 2 un sovralzo inferiore a circa 30 cm e dunque ampiamente contenuto all'interno del franco idraulico esistente, pari a circa 135 cm.

sezione	b	y	r	Fr	Beta	Delta	DY
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[rad]	[rad]	[m]
2	3.50	1.15	16.00	1.48	0.74	0.21	0.27

Si è inoltre proceduto a valutare l'effetto della modellazione idraulica a "briglia piena", ovvero simulando che il pettine sia completamente occluso di materiale sino al suo limite superiore.

Anche in questa configurazione "estrema" il modello idraulico garantisce il pieno contenimento della portata, a ulteriore conferma della sua stabilità.

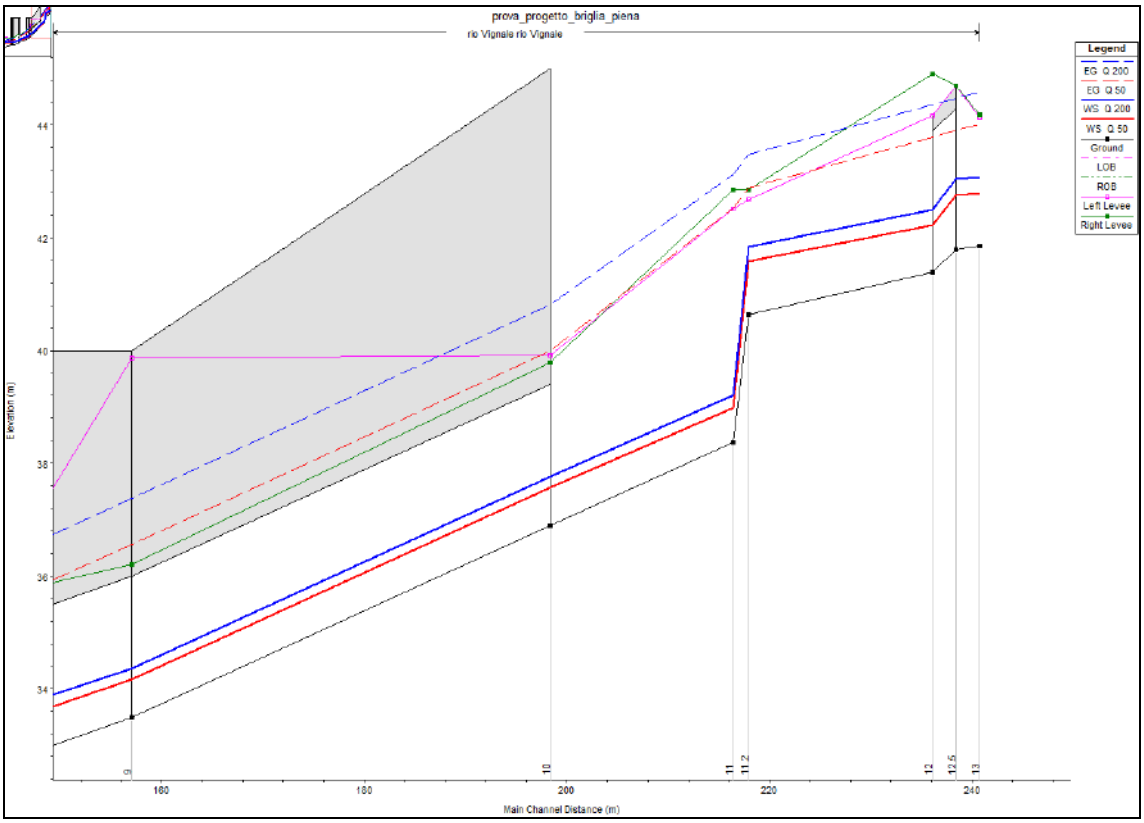


figura 10: *profilo idraulico modello di stato di progetto (lotto 1 + lotti successivi) con briglia a pettine occlusa - fuori scala*

Analisi modello idraulico stato di progetto - primo lotto di lavorazioni (lotto 1)

In funzione delle criticità idrauliche descritte in precedenza nell'ambito del modello idraulico di stato attuale, si è deciso di inserire nel primo lotto di lavori (lotto 1) l'adeguamento del tratto di copertura a partire dalla viabilità provinciale e procedendo verso monte.

In dettaglio le lavorazioni previste nell'ambito del primo lotto di lavori (lotto 1) risultano essere:

- sezioni 12-10 - LOTTO 1 - in tale tratto (l'unico idraulicamente sufficiente) si prevede soltanto la realizzazione di una briglia selettiva a pettine in aggiunta al pettine già realizzato in regime di somma urgenza;
- sezioni 10-8 - LOTTO 1 - rifacimento tratto ad oggi intubato e del raccordo immediatamente a valle dello sbocco, mediante predisposizione di struttura scatolare di dimensioni nette pari a 3,00 x 2,50 ml;
- sezioni 8-7 - LOTTO 1 - mantenimento attraversamento viabilità provinciale S.P. n°225 con abbassamento della quota di fondo ed eventuale consolidamento a delle due spalle del ponticello;
- sezioni 7-6 - LOTTO 1 - breve tratto di raccordo gettato in opera tra il ponticello esistente e la struttura scatolare di valle;
- sezioni 6-5.5 - LOTTO 1 - rifacimento del tratto con struttura "ad U" aperta con dimensioni nette pari a 3,50 x 2,90 ml, sino all'esaurimento delle risorse economiche ad oggi disponibili;
- sezione 3 - LOTTO 1 - predisposizione di un grigliato metallico immediatamente a monte della viabilità comunale, atto a garantire una "valvola di sfogo" a piene particolarmente significative evitando che la messa in pressione della copertura esistente possa provocare maggiori danni.

Si segnala inoltre come nell'ambito del primo lotto di lavori (lotto 1) e in attesa della realizzazione dei lotti successivi previsti a progetto, si preveda di realizzare un raccordo sul fondo alveo, finalizzato ad eliminare lo scalino (altezza pari a circa 135 cm) che si verrebbe inevitabilmente a creare. Si è così prevista la realizzazione di un riempimento del tratto a tergo dello scalino con materiale reperibile dagli scavi, riempimento protetto in superficie da una crosta in cls realizzata in orizzontale sino ad incrociare il fondo della canalizzazione e realizzata sempre nell'ambito del primo lotto dei lavori. Quando si andrà a completare l'intervento anche verso valle, tale raccordo verrà ovviamente eliminato.

Analogamente sarà realizzato anche un breve raccordo in larghezza stante la necessità di "passaggio" da una larghezza di 3,50 ml della struttura adeguata ai circa 3,00 ml della tombinatura attuale in corrispondenza della sezione 5.5.

Si segnala inoltre che, sempre nell'ambito del primo lotto di lavori (lotto 1), verrà realizzato anche un grigliato metallico carrabile, ubicato immediatamente a monte dell'attraversamento della viabilità comunale, al fine di evitare possibili aggravi delle condizioni di sicurezza nel periodo compreso tra la realizzazione del primo lotto e dei lotti successivi; tale grigliato funzionerà infatti come una sorta di valvola di sfogo della portata del canale in caso di piena particolarmente significativa, evitando in tale caso la messa in pressione della tombinatura, quest'ultima presumibilmente non idonea a sopportare funzionamenti in pressione per durate temporali significative. Nella fase successiva al completamento dell'intervento (lotti successivi) si potrà procedere ad adeguare il grigliato, così da poter fungere in questa configurazione come punto di rientro nel rivo di acqua eventualmente ruscellante al di sopra della sede stradale.

Le opere di cui al primo lotto di lavorazioni (lotto 1) sono dunque quelle considerate maggiormente urgenti al fine di addivenire ad una concreta mitigazione del rischio legato al deflusso del rio Vignale, sebbene ovviamente non si possa garantire il deflusso in sicurezza nemmeno della piena cinquantennale, stante il perdurare delle criticità (seppure minori) dei restanti tratti, con particolare riferimento al tratto di valle.

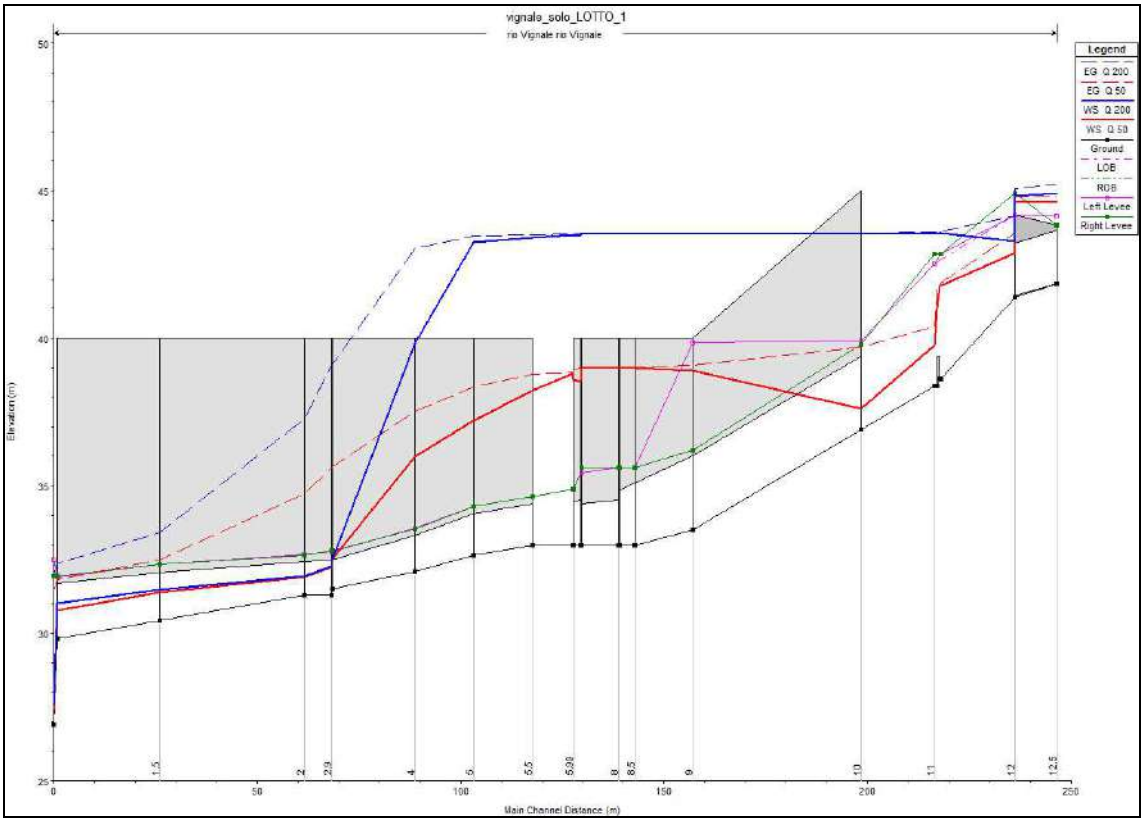


figura 11: *profilo idraulico stato di progetto - lotto 1 - fuori scala*

Il vero vantaggio legato alla realizzazione del primo lotto di lavorazioni lo si vede considerando piene maggiormente frequenti rispetto al tempo di ritorno cinquantennale: ad oggi la portata in grado di transitare all'interno della tubazione esistente è, come già riportato, nell'ordine dei 2,00 mc/s. A seguito degli interventi di primo lotto, la copertura riuscirà a far transitare un valore di portata nell'ordine di grandezza degli 7,00 mc/s, dunque oltre tre volte rispetto a quanto ad oggi in essere.

Si sottolinea come tali valori (2,00 e 7,00 mc/s) siano quelli in corrispondenza dei quali si innestano funzionamenti in pressione di tombinature e/o tubazioni: dunque presumibilmente le strutture sono in grado di contenere anche portate lievemente superiori, ma creando rigurgiti ovviamente da evitarsi.

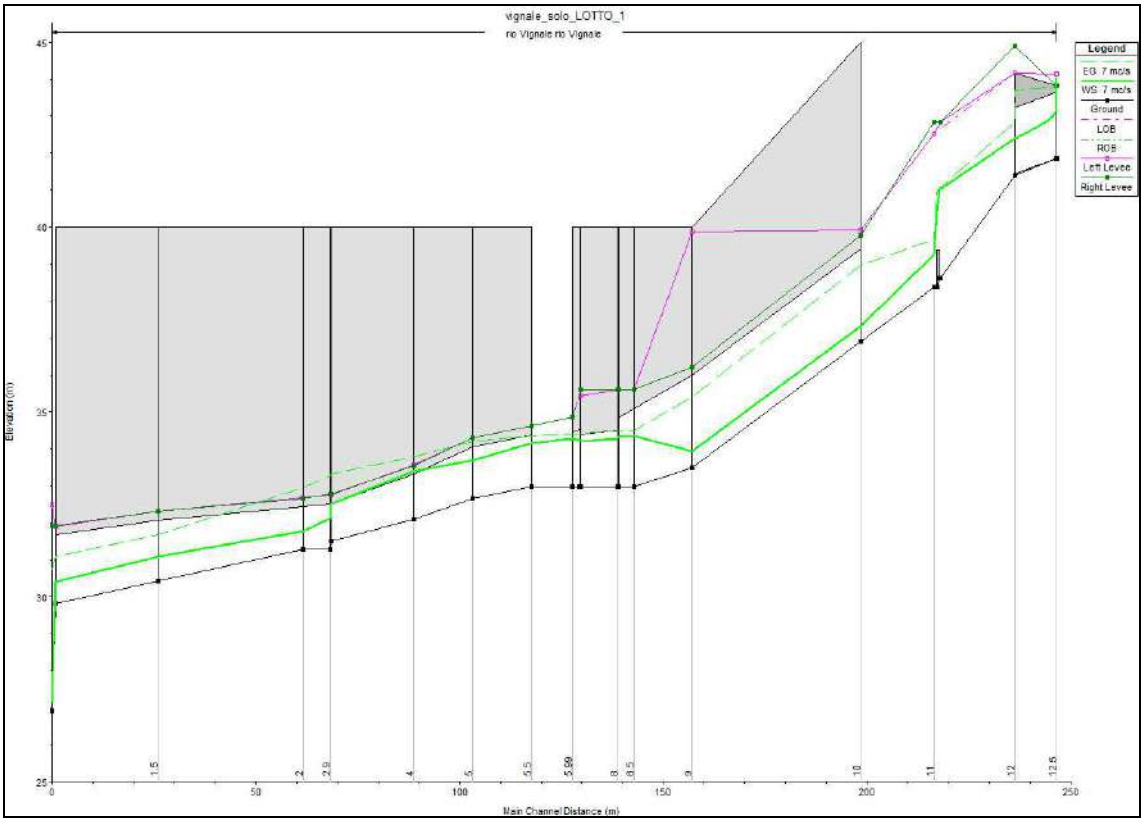


figura 12: *profilo idraulico stato di progetto - lotto 1 - Q = 7 mc/s - fuori scala*

Detto valore peraltro appare molto "interessante" anche in ragione di quanto recentemente accaduto in zona: si ricordi che una qualsivoglia – anche di modesta entità – fuoriuscita di monte mette seriamente in crisi le due uniche viabilità di accesso alla val Fontanabuona, sia quella provinciale (S.P. n° 225) sia quella comunale più a valle nonché preclude l'accesso per la frazione di Vignale..

In sintesi già gli interventi di primo lotto permetteranno di sfruttare "a pieno" la porzione di valle della copertura, eliminando la strozzatura iniziale che ad oggi di fatto limita l'ingresso di portata: il tutto consentirà dunque di diminuire significativamente i volumi di acqua che invaderebbero l'area urbana in caso di evento alluvionale significativo, nonché aumenteranno notevolmente il tempo di ritorno dell'evento limite non contenuto.

Di seguito si procede a fornire ulteriori indicazioni in merito all'eventuale aggravio che comporta la sistemazione prevista nel I lotto nel tratto di valle, in ragione anche della presenza del grigliato.

Così come riportato in precedenza, il tratto del rio Vignale ad oggi maggiormente critico risulta essere quello a monte della viabilità S.P. n° 225, con la presenza di un tubo sufficiente a far defluire una portata pari circa ad appena 2 mc/s. Il tratto di valle, non inserito nel primo lotto di lavorazioni, è invece sufficiente a far transitare una portata pari a circa 7 mc/s. Ad oggi il tratto di monte funge come una sorta di "imbuto", regolando la quota parte di portata che entra in copertura: dunque, per il tratto di valle, attualmente non è assolutamente "sfruttata" la potenzialità disponibile per il deflusso della portata. A seguito della realizzazione delle opere previste nel I lotto verrà eliminato l'imbuto di monte, con dunque anche portate di tempo di ritorno duecentennale che entreranno in copertura, per poi incontrare, nel tratto non ancora adeguato, una sezione non sufficiente al loro pieno contenimento. Dunque, in caso di portate superiori a circa 7 mc/s, si verrebbe a creare un tratto con funzionamento in pressione: con piene particolarmente significative (si ricorda che la portata per Tr=200 anni è pari a 20 mc/s) la copertura attuale potrebbe non essere sufficiente a reggere la spinta della piena sull'intradosso.

Nell'ambito dell'iter progettuale si è concordata dunque la realizzazione di un grigliato carrabile atto a costituire uno "sfogo" alla piena in caso di evento particolarmente significativo nel transitorio tra la realizzazione del I lotto e dei lotti successivi.

Analizzando la conformazione del terreno, nonché gli allagamenti derivanti dagli eventi alluvionali passati, con particolare riferimento a quello del novembre 2014, si può notare come la portata fuoriuscente all'imbocco della tubatura insufficiente sia nella quasi totalità destinata a correre lungo la viabilità comunale per Vignale, caratterizzata da forte pendenza in questo tratto.



figura 13: *evento alluvionale novembre 2014 - area imbocco tubazione insufficiente*

Proseguendo verso valle la piena tende ad espandersi limitatamente lungo la S.P. n°225, "attraversando" poi la viabilità provinciale e allagando tutta l'area caratterizzata da diverse abitazioni, dalla chiesa parrocchiale di San Colombano e più a valle dalla viabilità comunale. Per maggiori dettagli sulla propagazione delle piene fuoriuscenti si rimanda all'ultimo capitolo della presente relazione.



figura 14: *S.P. n° 225 e tratto di valle*

Si può dunque oggettivamente sostenere che gli interventi di cui al I lotto vadano a fornire un forte incremento della sicurezza anche per le abitazioni a valle del tratto direttamente interessato dalle opere, consentendo il pieno contenimento in alveo delle piene ad oggi interferenti con le tombinature nel range tra 2 mc/s e 7 mc/s (per i relativi tempi di ritorno si rimanda a quanto riportato di seguito), nonché limitando i volumi fuoriuscenti anche per portate di piena superiori. Si ricorda ancora come questi siano i valori per i quali si innesta un funzionamento in pressione delle opere.

Di seguito si procede a determinare il tempo di ritorno della portata massima transitante nel canale a seguito della realizzazione del I lotto di lavori, nonché quello relativo alla portata contenuta nello stato attuale.

Nell'ambito della presente relazione, a pagina 5 viene riportato che "*per quanto attiene il calcolo della portata con tempo di ritorno duecentennale si è proceduto a moltiplicare la superficie sopra citata per un valore unitario di 40 mc/(s x kmq), così come cautelativamente indicato nelle normative di Piano di Bacino. Per quanto attiene i valori di portata associati a tempo di ritorno pari a 50 e 500 anni, si è moltiplicato il valore di portata duecentennale rispettivamente per i fattori 0,69 e 1,20, valori desunti dalla metodologia C.I.M.A.*"

Per tale metodologia infatti, una volta calcolata una portata indice con tempo di ritorno pari a 2,9 anni, i valori per i vari tempi di ritorno vengono calcolati moltiplicando la portata indice per un fattore di crescita K_T. Tale fattore è stato ricavato dalla pubblicazione "convenzione tra la

Regione Liguria e l'Università degli Studi di Genova - Centro di Ricerca in monitoraggio ambientale per la caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri" datata 31 luglio 1999.

Nella tabella 6.1 vengono forniti i seguenti valori di K_T

Tr[anni]	5	10	30	50	100	200	500
K_T	1,29	1,79	2,90	3,47	4,25	5,02	6,04

Dunque, partendo dalla Q (Tr=200 anni) pari a 20 mc/s e dividendo tale valore per 5,02 si ottiene una portata indice pari a 3,98 mc/s. Considerando che la portata che transita a seguito del I lotto di lavori risulta pari a 7 mc/s, il relativo fattore di crescita risulta pari a : 7/3,98 = 1,76 valore pressoché corrispondente al fattore di crescita di una piena decennale.

Una trattazione analoga, con indicazione di un fattore di crescita della portata la si ritrova anche all'interno della pubblicazione della Regione Liguria - Autorità di Bacino di rilievo regionale - Criteri ed indirizzi per la verifica e valutazione delle portate e degli idrogrammi di piena attraverso studi idrologici di dettaglio nel bacini idrografici liguri" del maggio 2008. In particolare nella parte 2 - allegato tecnico nella tabella 2.3 viene fornita, per la Regione C a cui appartiene la Liguria, la seguente serie di valori.

Tr[anni]	10	20	50	100	200	500
K_T	1,82	2,38	3,29	4,14	5,17	6,87

Applicando la medesima metodologia descritta in precedenza, si ottiene un valore di portata indice di 20/5,17 = 3,87 mc/s e un fattore di crescita relativo alla portata di 7 mc/s pari a 7/3,87 = 1,81 anche in questo caso valore pressoché corrispondente al fattore di crescita di una piena decennale.

Dunque il tempo di ritorno della piena contenuta pienamente in alveo a seguito della realizzazione delle opere di cui al I lotto risulta pari a circa 10 anni, mentre la piena che ad oggi può transitare senza problematiche ha un tempo di ritorno nell'ordine di 1 o 2 anni.

Analisi con torrente Lavagna

Così come riportato in precedenza, i modelli idraulici di stato attuale e di stato di progetto (solo lotto 1 e progetto globale) sono stati implementati inserendo come condizione al contorno la profondità critica al fine di valutare la risposta idraulica propria del rio Vignale.

Si è però anche provveduto ad implementare le modellazioni considerando l'influenza del torrente Lavagna, andando a inserire per completezza all'interno della modellazione entrambi i livelli (Tr=50 anni e Tr=200 anni) del torrente Lavagna, desunti dalla modellazione di Piano di Bacino vigente.

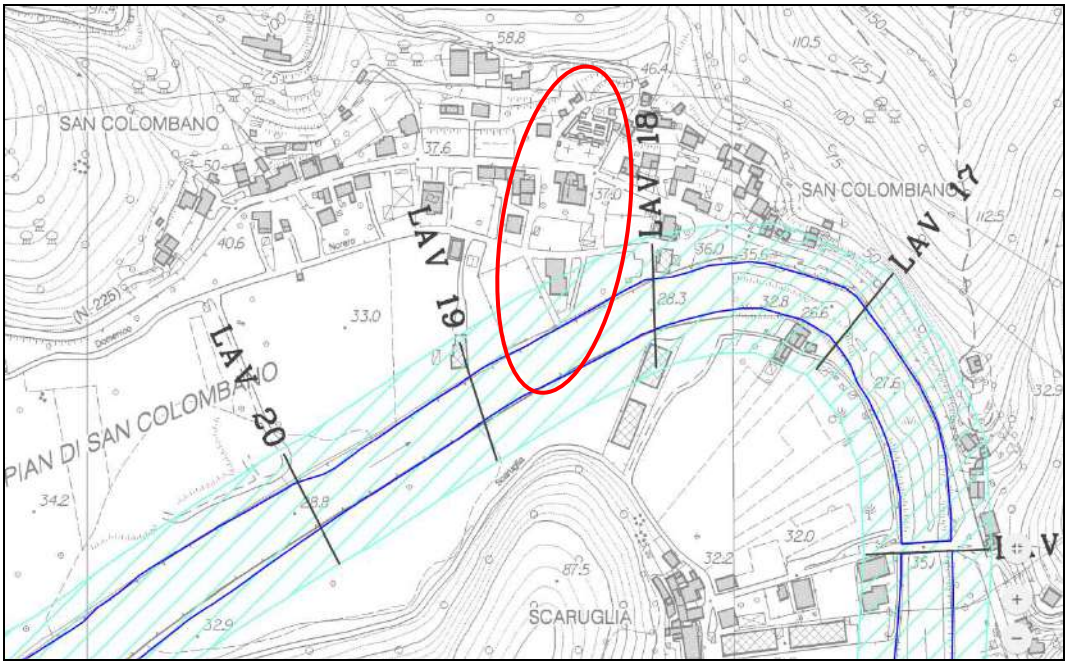


figura 15: *carta delle tracce delle sezioni idrauliche e dei tratti indagati - P.d.B torrente Lavagna*

Lo sfocio del rio Vignale risulta ubicato circa a metà strada tra le sezioni LAV 19 e LAV 18. Analizzando la modellazione idraulica del torrente Lavagna desunta dal Piano di Bacino si può notare come il sistema di riferimento altimetrico tra la modellazione medesima e la progettazione del rio Vignale sia sostanzialmente lo stesso.

Analizzando le tabelle riassuntive della modellazione idraulica del torrente Lavagna si può osservare come il livello idrico per la piena cinquantennale sia circa 32,70 m slm, mentre per la piena duecentennale circa 34,50 m slm.

Oltretutto tali valori appaiono assolutamente congrui con quanto desumibile dalla carta delle fasce di inondabilità del Piano di Bacino: analizzando una qualsiasi planimetria allegata alla presente progettazione definitiva (esempio tavola 03-A), infatti, si osserva che la quota 32,70 corrisponde esattamente alla quota della viabilità comunale, mentre la quota 34,50

viene raggiunta poco a valle della viabilità provinciale, indicativamente al limite di valle della Chiesa parrocchiale: tali riferimenti corrispondono con esattezza alla delimitazione delle fasce A (Tr=50 anni) e B (Tr=200 anni) di Piano di Bacino, a conferma della congruità dei sistemi di riferimento.

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	LOB Elev (m)	L. Freeboard (m)	ROB Elev (m)	R. Freeboard (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
valle Isolona	16 LAV-27	Q500	2280.00	31.90	41.89	36.97	-4.92	36.98	-2.92	38.32	42.02	0.000226	1.98	1636.06	285.41	0.22
valle Isolona	15.3 LAV-26	Q50	880.00	31.00	36.68	35.10	-1.58	40.00	4.22	35.82	37.68	0.002376	4.26	214.06	52.83	0.64
valle Isolona	15.3 LAV-26	Q200	1540.00	31.00	38.24	35.10	-3.14	40.90	2.66	37.09	39.70	0.002728	5.44	297.39	52.83	0.71
valle Isolona	15.3 LAV-26	Q500	2280.00	31.00	39.79	35.10	-4.69	40.90	1.11	38.46	41.77	0.002859	6.35	379.65	52.83	0.74
valle Isolona	15.2 LAV-26	Q50	880.00	31.00	36.72	40.90	4.18	40.90	4.18	35.65	37.56	0.002491	4.05	217.42	52.83	0.64
valle Isolona	15.2 LAV-26	Q200	1540.00	31.00	38.33	40.90	2.57	40.90	2.57	37.03	39.65	0.002727	5.06	302.66	52.83	0.68
valle Isolona	15.2 LAV-26	Q500	2280.00	31.00	39.94	40.90	0.96	40.90	0.96	38.35	41.71	0.002807	5.88	387.53	52.83	0.69
valle Isolona	15.11 LAV-PT03		Bridge													
valle Isolona	15.1 LAV-26	Q50	880.90	31.00	36.24	40.90	4.66	40.90	4.66	35.65	37.31	0.003677	4.58	192.15	52.83	0.77
valle Isolona	15.1 LAV-26	Q200	1540.00	31.00	36.31	40.90	4.59	40.90	4.59	37.03	39.45	0.010613	7.87	195.78	52.83	1.30
valle Isolona	15.1 LAV-26	Q500	2280.00	31.00	37.48	40.90	3.43	40.90	3.42	38.35	41.48	0.009874	8.86	257.31	52.83	1.28
valle Isolona	15.0 LAV-26	Q50	920.00	31.00	36.56	35.10	-1.46	40.90	4.34	36.30	37.16	0.001933	3.78	357.79	207.34	0.58
valle Isolona	15.0 LAV-26	Q200	1600.00	31.00	37.89	35.10	-2.79	40.90	3.01	37.11	38.40	0.001436	3.82	633.23	207.53	0.51
valle Isolona	15.0 LAV-26	Q500	2360.00	31.00	38.37	35.10	-1.27	40.90	4.53	37.75	41.32	0.018182	10.63	318.16	207.30	1.66
valle Isolona	14.2 LAV-25	Q50	920.00	30.35	36.05	35.65	-0.40	36.44	0.40	34.81	36.76	0.002230	3.81	289.13	172.49	0.62
valle Isolona	14.2 LAV-25	Q200	1600.00	30.35	36.90	35.65	-1.25	36.44	-0.45	36.80	37.86	0.002706	4.72	468.32	231.30	0.70
valle Isolona	14.2 LAV-25	Q500	2360.00	30.35	37.92	35.65	-2.27	36.44	-1.47	37.52	38.82	0.002191	4.85	713.78	246.97	0.65
valle Isolona	14.1 LAV-24	Q50	920.00	30.00	35.76	34.95	-0.81	35.67	-0.09	34.89	36.21	0.001658	3.31	431.60	310.36	0.53
valle Isolona	14.1 LAV-24	Q200	1600.00	30.00	36.69	34.95	-1.74	35.67	-1.03	36.17	37.13	0.001446	3.56	732.74	324.17	0.51
valle Isolona	14.1 LAV-24	Q500	2360.00	30.00	38.04	34.95	-3.09	35.67	-2.38	36.68	38.35	0.000843	3.26	1175.03	332.68	0.41
valle Isolona	14 LAV-23	Q50	920.00	29.50	35.16	34.41	-0.75	35.19	0.03	35.07	35.82	0.002118	3.92	374.21	310.57	0.59
valle Isolona	14 LAV-23	Q200	1600.00	29.50	36.33	34.41	-1.92	35.19	-1.14	35.82	36.77	0.001402	3.72	744.09	320.65	0.50
valle Isolona	14 LAV-23	Q500	2360.00	29.50	37.89	34.41	-3.48	35.19	-2.70	36.33	38.16	0.000713	3.12	1258.69	327.51	0.37
valle Isolona	13.1 LAV-22	Q50	920.00	29.00	33.88	34.93	1.04	34.15	0.27	33.20	35.09	0.003642	4.87	199.94	90.95	0.77
valle Isolona	13.1 LAV-22	Q200	1600.00	29.00	36.08	34.93	-1.15	34.15	-1.92	35.27	36.38	0.000936	3.06	882.93	370.82	0.41
valle Isolona	13.1 LAV-22	Q500	2360.00	29.00	37.78	34.93	-2.85	34.15	-3.63	35.79	37.96	0.000445	2.52	1618.58	377.76	0.30
valle Isolona	13 LAV-21	Q50	920.00	28.20	33.89	33.18	-0.70	36.64	2.75	31.72	34.29	0.001035	2.86	401.33	302.73	0.41
valle Isolona	13 LAV-21	Q200	1600.00	28.20	35.28	33.18	-2.10	36.64	1.36	33.03	35.62	0.000775	2.95	831.32	310.82	0.38
valle Isolona	13 LAV-21	Q500	2360.00	28.20	37.66	33.18	-4.47	36.64	-1.02	34.83	37.82	0.000303	2.23	1585.33	327.53	0.25
valle Isolona	12 LAV-20	Q50	920.00	27.10	33.53	30.97	-2.56	32.35	-1.18	31.56	33.91	0.000933	3.00	457.12	290.69	0.41
valle Isolona	12 LAV-20	Q200	1600.00	27.10	35.11	30.97	-4.14	32.35	-2.76	33.53	35.33	0.000523	2.66	1026.77	314.56	0.32
valle Isolona	12 LAV-20	Q500	2360.00	27.10	36.89	30.97	-5.92	32.35	-5.24	34.24	37.71	0.000218	2.10	1809.08	321.69	0.22
valle Isolona	11.3 LAV-19	Q50	920.00	26.25	32.77	32.37	-0.40	31.81	-0.96	31.08	33.53	0.001653	3.98	269.19	161.89	0.55
valle Isolona	11.3 LAV-19	Q200	1600.00	26.25	34.71	32.37	-2.34	31.81	-2.90	33.48	35.12	0.000913	3.43	740.80	231.73	0.41
valle Isolona	11.3 LAV-19	Q500	2360.00	26.25	37.41	32.37	-5.04	31.81	-5.60	34.20	37.62	0.000354	2.63	1369.01	232.96	0.27
valle Isolona	11.2 LAV-18	Q50	920.00	26.37	32.72	32.79	0.07	41.02	8.30	30.71	33.17	0.001353	3.18	363.19	129.35	0.47
valle Isolona	11.2 LAV-18	Q200	1600.00	26.37	34.43	32.79	-1.64	41.02	6.59	32.68	34.93	0.001107	3.49	584.80	129.36	0.44
valle Isolona	11.2 LAV-18	Q500	2360.00	26.37	37.15	32.79	-4.36	41.02	3.87	33.55	37.54	0.000676	3.17	935.70	129.36	0.33

figura 16: *tabelle riassuntive modello idraulico Piano di Bacino torrente Lavagna*

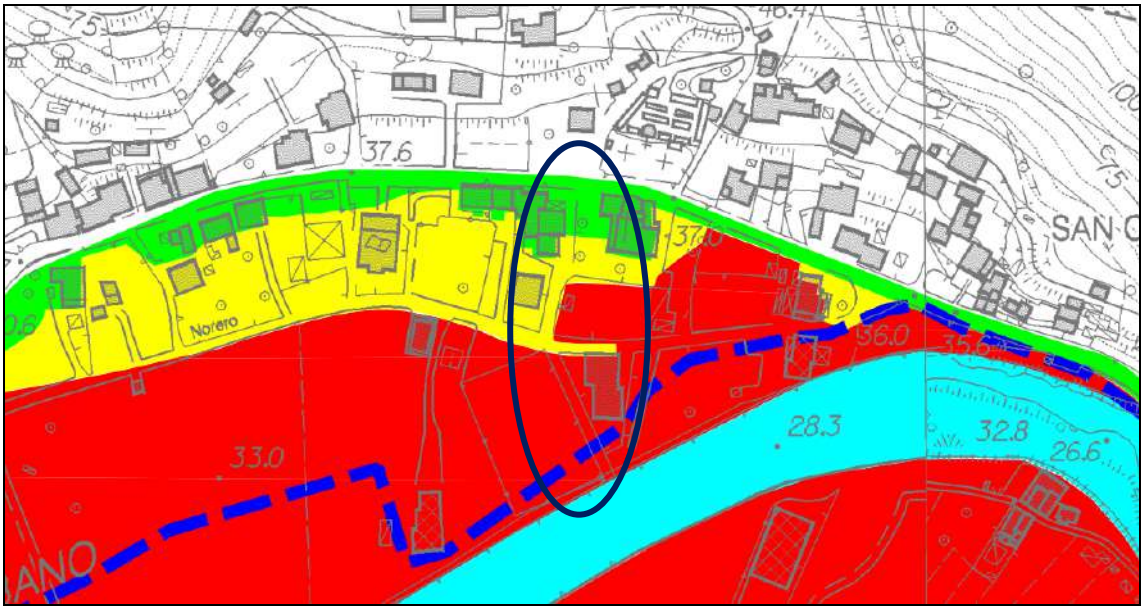


figura 17: *carta delle fasce di inondabilità - Piano di Bacino torrente Lavagna*

Inserendo entrambi i livelli (piena cinquantennale e piena duecentennale del torrente Lavagna) come condizione al contorno di valle delle modellazioni di progetto (solo lotto 1 e progetto globale) del rio Vignale, si ottengono i seguenti profili.

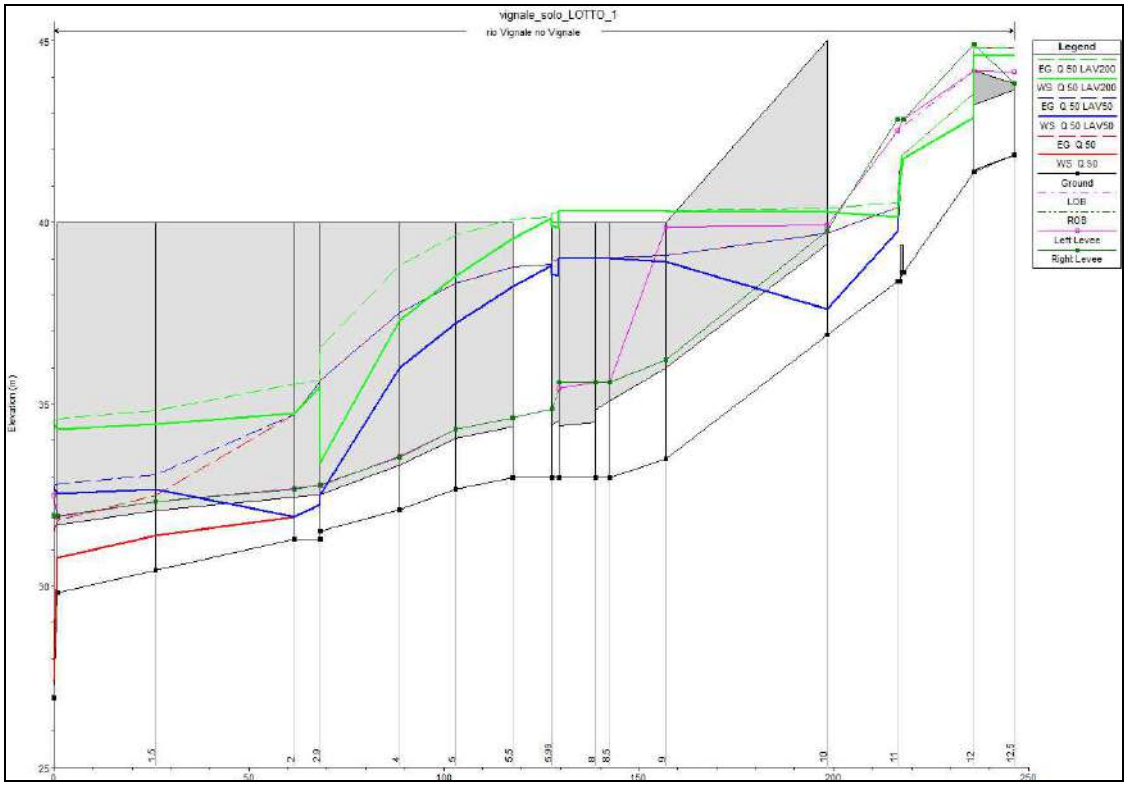


figura 18: *modello stato di progetto solo lotto 1 - rio Vignale Tr=50 anni*
*cond. contorno valle: Ycrit rio Vignale - in **rosso** pelo libero rio Vignale Tr=50 anni*
*cond. contorno valle: livello torrente Lavagna Tr=50 anni - in **blu** pelo libero rio Vignale Tr=50 anni*
*cond. contorno valle: livello torrente Lavagna Tr=200 anni - in **verde** pelo libero rio Vignale Tr=50 anni*

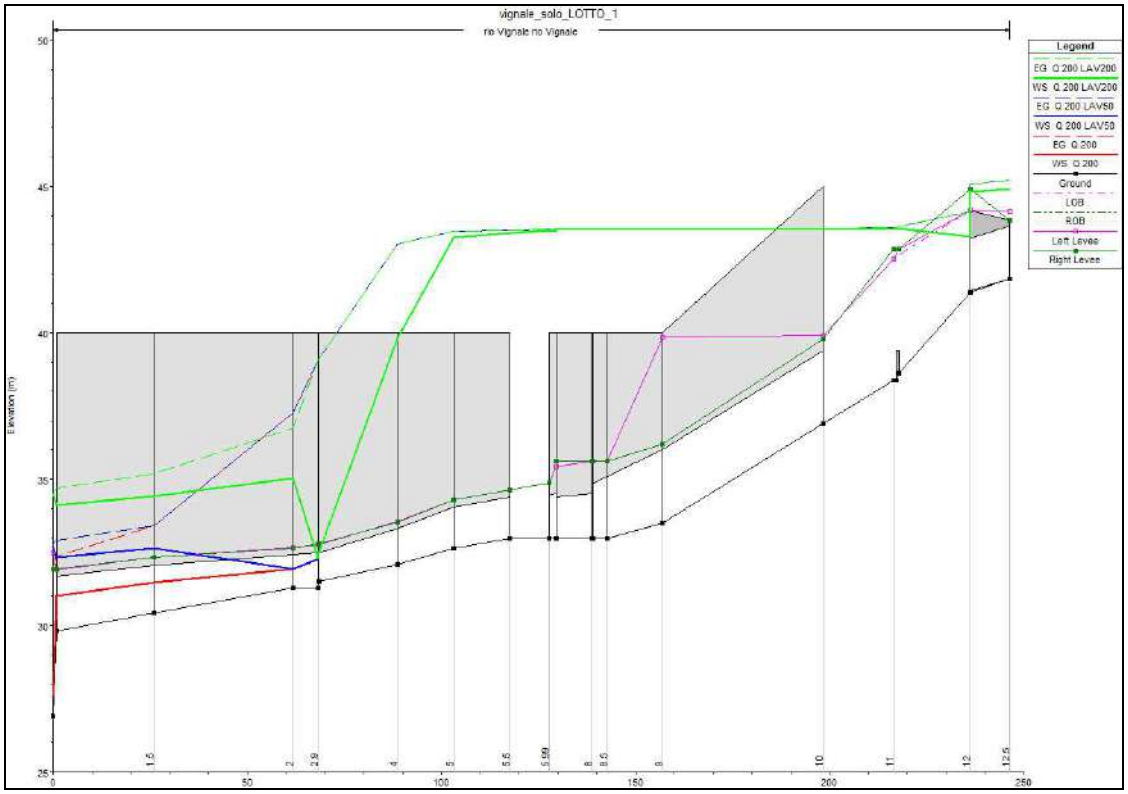


figura 19: *modello stato di progetto solo lotto 1 - rio Vignale Tr=200 anni*
*cond. contorno valle: Ycrit rio Vignale - in **rosso** pelo libero rio Vignale Tr=200 anni*
*cond. contorno valle: livello torrente Lavagna Tr=50 anni - in **blu** pelo libero rio Vignale Tr=200 anni*
*cond. contorno valle: livello torrente Lavagna Tr=200 anni- in **verde** pelo libero rio Vignale Tr=200 anni*

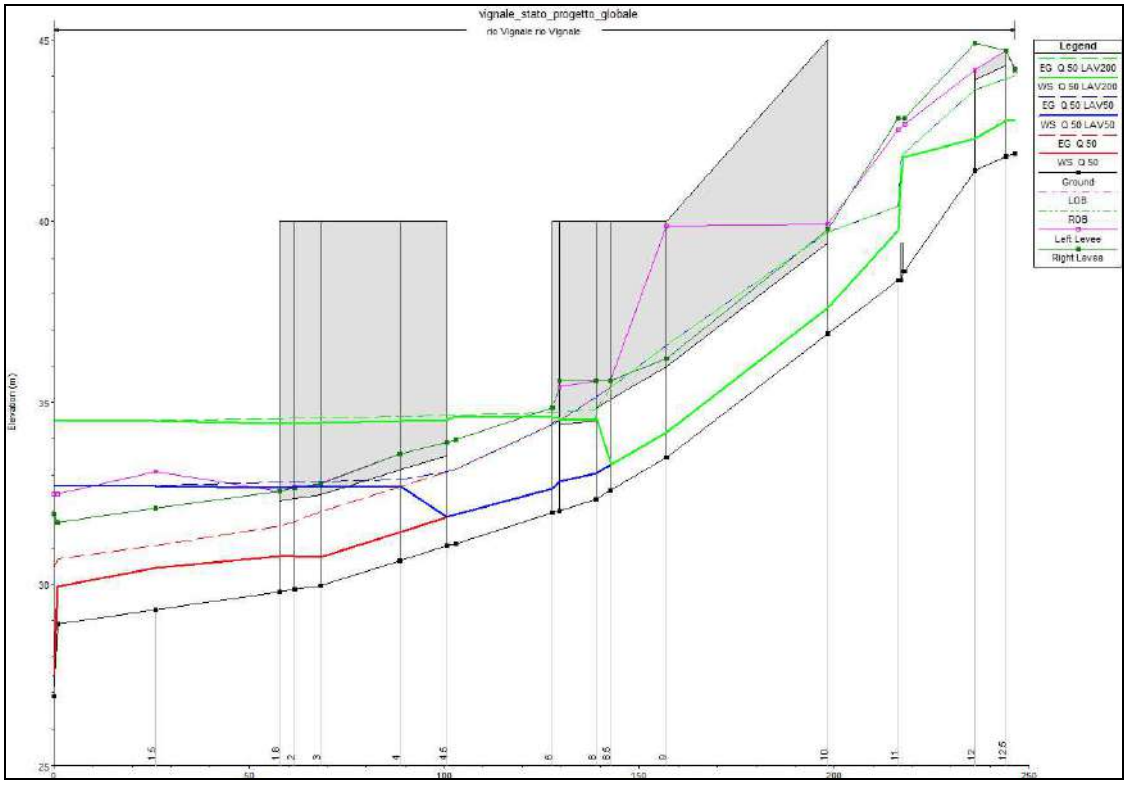


figura 20: *modello stato di progetto globale - lotto 1 + lotti successivi - rio Vignale Tr=50 anni*
*cond. contorno valle: Ycrit rio Vignale - in **rosso** pelo libero rio Vignale Tr=50 anni*
*cond. contorno valle: livello torrente Lavagna Tr=50 anni - in **blu** pelo libero rio Vignale Tr=50 anni*
*cond. contorno valle: livello torrente Lavagna Tr=200 anni - in **verde** pelo libero rio Vignale Tr=50 anni*

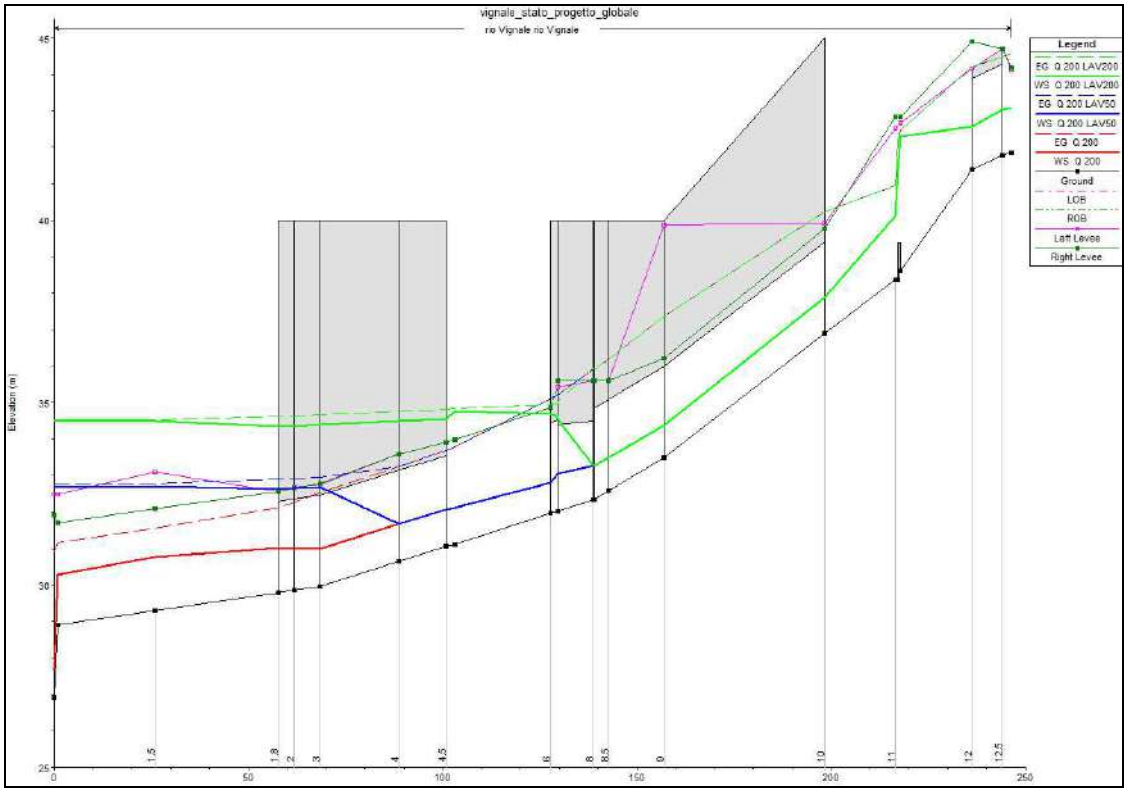


figura 21: *modello stato di progetto globale - lotto 1 + lotti successivi - rio Vignale Tr=200 anni*
*cond. contorno valle: Ycrit rio Vignale - in **rosso** pelo libero rio Vignale Tr=200 anni*
*cond. contorno valle: livello torrente Lavagna Tr=50 anni - in **blu** pelo libero rio Vignale Tr=200 anni*
*cond. contorno valle: livello torrente Lavagna Tr=200 anni- in **verde** pelo libero rio Vignale Tr=200 anni*

Stante la differenza enorme tra le superfici dei bacini del rio Vignale (0,50 kmq) e del torrente Lavagna (159 kmq) e di conseguenza del tempo di corrivazione e quindi del tempo intercorso tra l'evento meteorico e la piena, appare alquanto improbabile che una piena eccezionale del rio Vignale vada a sovrapporsi alle piena duecentennale del torrente Lavagna. Appare pertanto sicuramente più significativa l'analisi con la piena cinquantennale del torrente Lavagna (tempo di ritorno inferiore tra quelli a disposizione).

Tali modellazioni confermano che eventuali piene eccezionali del torrente Lavagna costituiscono una sorta di "tappo" impedendo il deflusso regolare del rio Vignale. Analizzando però l'ultima figura riportata si può verificare come la sistemazione del rio Vignale anche in caso di piena cinquantennale del torrente Lavagna in contemporanea, risulterebbe sufficiente ad evitare fuoriuscite anche per portate duecentennali dello stesso rio Vignale per tutto il tratto a monte della viabilità comunale.

A fronte di tutto quanto sopra citato, l'incremento della sicurezza idrogeologica associato all'intervento di cui in oggetto appare dunque evidentissimo.

Aspetti morfodinamici

Di seguito viene sinteticamente valutato il "potenziale" proprio del rio Vignale per il trasporto al fondo di materiale detritico/alluvionale.

Il rio Vignale come già riportato in precedenza presenta pendenze notevoli sia nel suo tratto collinare sia nel tratto terminale.

Ad oggi il tratto di tubazione esistente con imbocco in corrispondenza della sezione 10 costituisce un "collo di bottiglia" non soltanto per la portata liquida, ma anche per il materiale solido associato alle piene. Una tubazione di diametro netto pari a 1 ml risulta infatti facilmente intasabile da materiale quali ramaglie etc, creando dunque un vero e proprio tappo e conseguenti esondazioni della portata lungo la viabilità comunale di accesso alla località di Vignale, il tutto in analogia con quanto accaduto nel corso degli eventi alluvionali dell'autunno 2014.

L'intervento a progetto, già nel suo primo lotto provvederà a rimuovere tale ostacolo, permettendo un deflusso più regolare sia delle portate liquide che del materiale solido associato ad esse.

Nell'ambito della presente relazione idraulica si procede a verificare quale possa essere il massimo diametro dei sedimenti che viene movimentato dalle piene significative del rio, partendo da valori di portata duecentennale, sino ad arrivare a valori di portata ben più ridotti, tipici della "vita ordinaria" del rio.

In particolare, si è in primis valutata la densità ρs dei sedimenti (considerata pari a 2650 kg/mc).

Si è dunque proceduto a stimare la portata solida Qs come:

$$Q_s = \int^b q_s dy$$

dove qs rappresenta la portata solida per unità di larghezza b dell'alveo.

qs viene valutata come

$$q_s = \emptyset\sqrt{(s-1)gd^3}$$

La funzione Ø è stata espressa con la formulazione di Meyer - Peter Muller

$$Ø = 8(\tau_* - \tau_{*c})^{\frac{3}{2}}$$

dove τ_{*c} è la tensione adimensionale critica valutata con la formula di Brownlie e τ_* è la tensione tangenziale adimensionale propria della sezione considerata e dunque direttamente dipendente da tutti i parametri del moto.

Entrando nelle formule sopra riportate con diversi valori di portata si è ricercato per ognuno di essi il diametro massimo che potrà essere spostato dalla piena.

I calcoli sono stati cautelativamente riferiti al tratto con minore pendenza del rio Vignale con specifico riferimento alla configurazione di progetto (comunque del tutto simile a quella di stato attuale). Tale pendenza risulta appena superiore a 1,5%, valore che quindi viene utilizzato come riferimento per il calcolo della tensione tangenziale associata alla piena.

I diametri limite di trasporto al fondo del tratto terminale sono i seguenti:

portata liquida Q	diametro massimo trasporto solido
2 mc/s	4 cm
4 mc/s	5.5 cm
8 mc/s	7 cm
10 mc/s	8 cm
13.8 mc/s (Tr = 50 anni)	9 cm
20 mc/s (Tr = 200 anni)	10 cm

Stante l'elevata pendenza del rio risulta evidente la capacità autopulente del rio medesimo; si può dunque sostenere che nella normale vita del torrente si va a creare una sorta di "corazzamento" dell'alveo, con i sedimenti più piccoli che vengono portati via dalle piene ordinarie mentre i sedimenti più grandi rimangono sul fondo in attesa di una piena maggiormente significativa che potrà "pulire" del tutto il tratto.

Si ricorda peraltro che a monte del tratto coperto viene prevista la realizzazione di una briglia di ritenuta a pettine con base in cls tale da formare una piccola vasca a monte della stessa, vasca che, se mantenuta pulita come previsto nel presente progetto (svuotamento previsto dopo eventi alluvionali significativi e comunque una volta all'anno), è in grado di trattenere circa 6.5 mc anche escludendo il contributo dei pettini, materiale che ovviamente non andrebbe a confluire nel tratto coperto.

Inoltre si sottolinea come la modellizzazione idraulica di stato di progetto sia stata "testata" anche simulando una rilevante quantità di materiale solido in accumulo presente in tutto il tratto (Ks = 25 $m^{1/3}/s$ e quota di fondo alveo rialzata di 40 cm per tutta la sua larghezza con dunque un ipotetico deposito di alcune centinaia di metri cubi di materiale detritico/alluvionale): il tutto ha confermato l'assoluta stabilità di suddetta modellizzazione, mostrando come la sezione di progetto sia stata dimensionata in modo da sopportare ampiamente l'apporto di trasporto solido potenzialmente interferente sia durante la vita nominale del torrente sia durante un evento meteorico particolarmente significativo.

Possibili alternative progettuali

Oltre alla soluzione progettuale scelta, nell'ambito del presente progetto definitivo si è provveduto ad analizzare alcune alternative: in primis si è verificata la possibilità di realizzare ulteriori tratti a cielo aperto; come già riportato però, risulta di fatto impossibile stante la necessità di garantire una continuità agli accessi sia alla località di Vignale, sia a diversi fabbricati.

Si è però realizzato un ulteriore modello idraulico che tenga conto dell'andamento piuttosto irregolare dei limiti demaniali del rio Vignale. In tale modellazione, per tutte le sezioni ove la proposta progettuale non raggiunge le larghezze demaniali, si è inserito un allargamento ulteriore proprio in accordo alla larghezza demaniale stessa.

Tale modellazione non mostra differenze sostanziali rispetto alla configurazione di progetto: si osserva un lieve rallentamento della corrente, continua ad essere garantito il rispetto del franco geometrico di legge e si osserva soltanto un lieve ribasso del livello del carico cinetico, nell'ordine dei 30÷60 cm. Di contro tale intervento creerebbe enormi problematiche legate al tessuto urbano esistente.

In conclusione si ritiene che gli scarsissimi miglioramenti idraulici legati all'allargamento non siano tali da giustificare costi e disagi creati da tale intervento. Lo scenario in questione viene pertanto scartato.

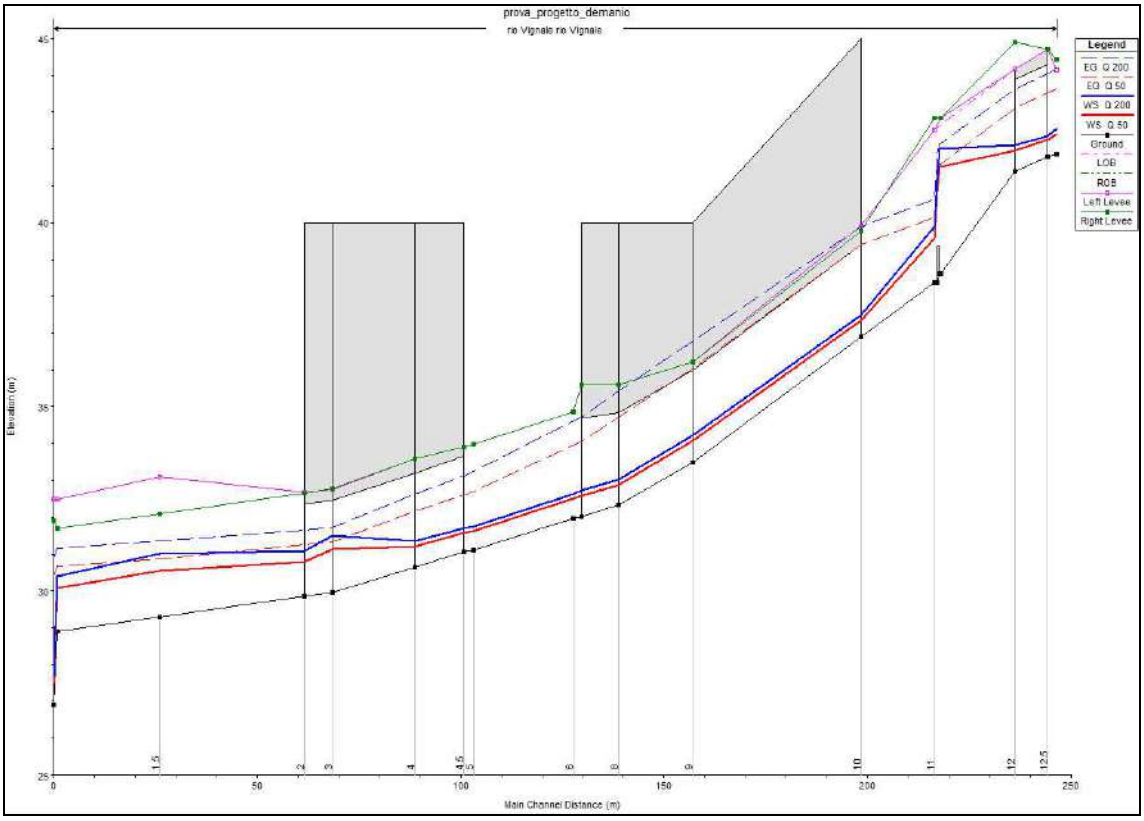


figura 22: *profilo idraulico stato di progetto (lotto 1 + lotti successivi) con allargamento sezioni sui limiti demaniali - fuori scala*

Infine, stante le "evoluzioni" progettuali dalla prima versione del progetto definitivo al presente aggiornamento, si è scelto di rappresentare comunque le tre versioni analizzate raffrontando le relative modellazioni.

1) Modello di progetto originario con allargamento in tutti i tratti coperti a 3,50 ml e rifacimento del ponticello della S.P. n° 225 (al fine di renderla perfettamente raffrontabile con le altre modellazioni sono state aggiunte/modificate le poche sezioni aggiornate con la presente versione della progettazione).

2) Modello di progetto intermedio con allargamento in tutti i tratti coperti a 3,50 ml ad esclusione del ponticello della S.P. n° 225 con mantenimento di spalle e impalcato attuali (solo abbassamento del fondo + raccordo in larghezza verso monte).

3) Modello di progetto scelto nell'ambito del presente aggiornamento, con allargamento a valle della S.P. n° 225 a 3,50 ml, mantenimento di spalle e impalcato attuali del ponticello medesimo (solo abbassamento del fondo) e allargamento tratti coperti a monte dell'attraversamento a 3,00 ml (in continuità con quanto esistente al di sotto del ponticello e dunque finalizzato a non causare restringimenti di sezione).

Si riportano di seguito i profili idraulici delle tre modellazioni sopra elencate, profili a prima vista assolutamente raffrontabili.

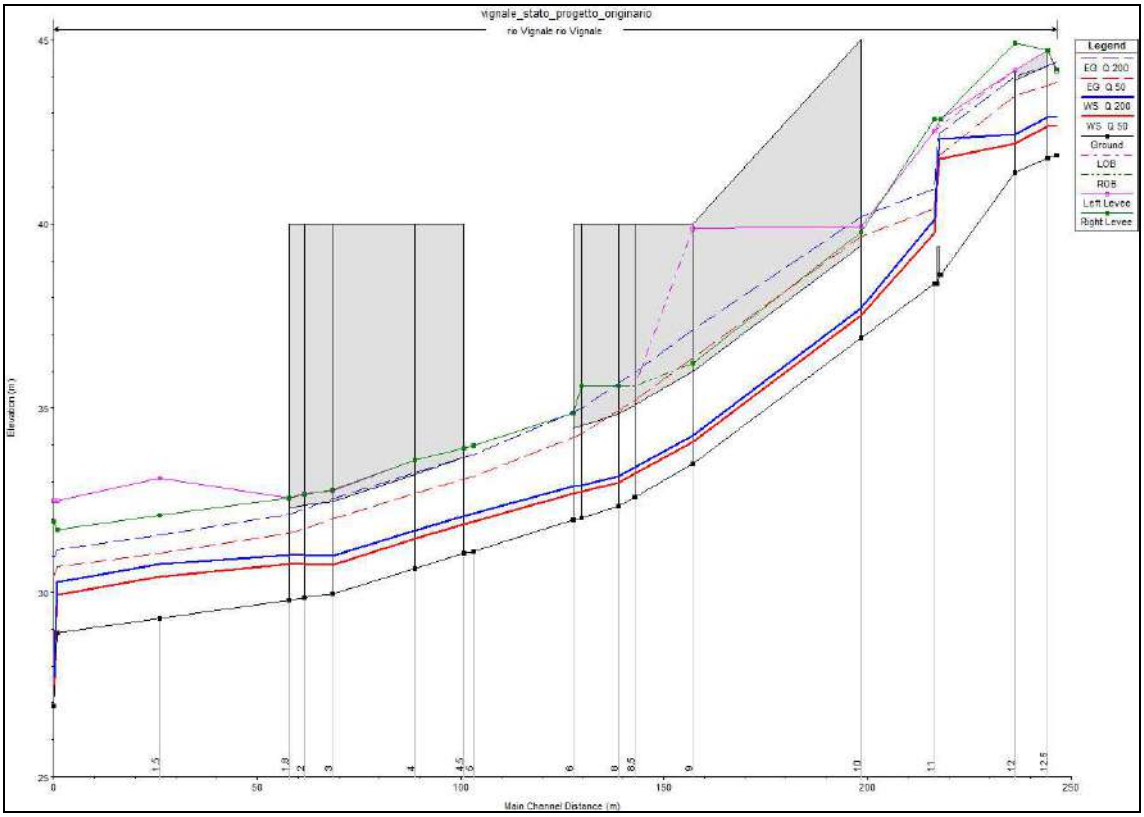


figura 23: *profilo idraulico modello di progetto originario - fuori scala*

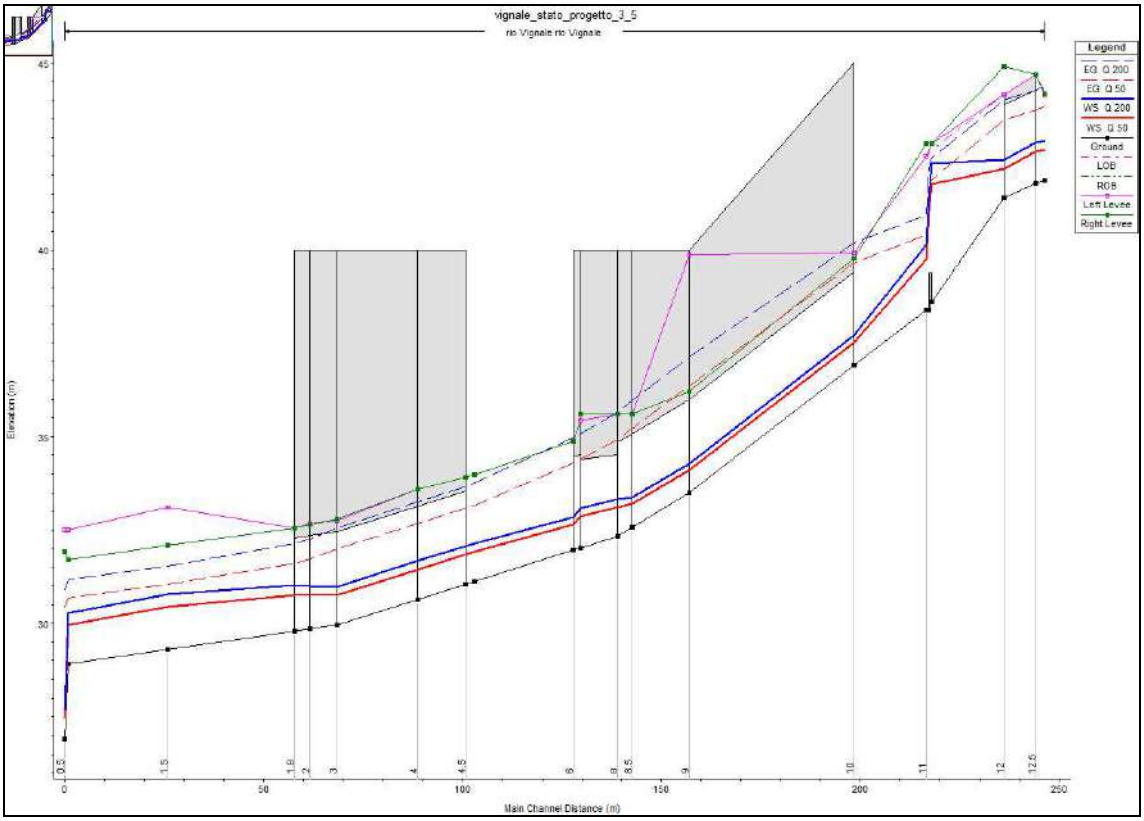


figura 24: *profilo idraulico modello di progetto intermedio - fuori scala*

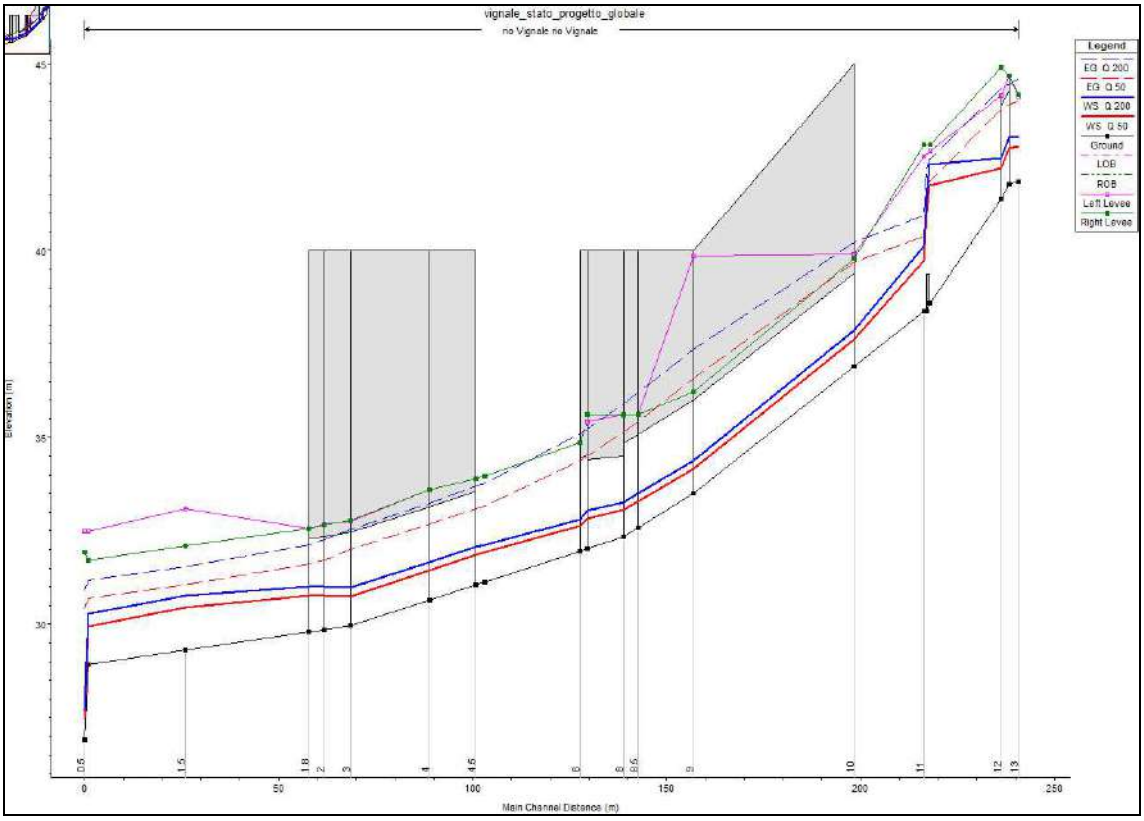


figura 25: *profilo idraulico modello di progetto scelto (lotto 1 + lotti successivi) - fuori scala*

Per maggiore chiarezza si è costruita una tabella che raffronta, per tempo di ritorno duecentennale, i livelli idrici nei tre casi e i relativi carichi di energia totale.

sezione	Y progetto originario	Y progetto intermedio	Y progetto scelto	E progetto originario	E progetto intermedio	E progetto scelto
13	42.91	42.91	43.08	44.38	44.38	44.58
12.5	42.88	42.88	43.05	44.28	44.28	44.48
12	42.41	42.41	42.57	44.00	44.00	44.20
11.2	42.31	42.31	42.31	42.47	42.47	42.47
11	40.12	40.12	40.12	40.95	40.95	40.95
10	37.72	37.72	37.88	40.19	40.19	40.23
9	34.26	34.26	34.37	37.13	37.13	37.36
8.5	33.38	33.38	33.50	35.96	35.96	36.19
8	33.15	33.33	33.26	35.68	35.64	35.91
7	32.91	33.09	33.04	35.00	35.07	35.22
6	32.87	32.85	32.81	34.89	34.97	35.11
5	32.14	32.13	32.12	33.74	33.75	33.78
4.5	32.07	32.07	32.06	33.66	33.67	33.69
4	31.67	31.67	31.67	33.24	33.24	33.25
3	30.98	30.98	30.98	32.54	32.54	32.54
2	31.00	31.00	31.00	32.26	32.26	32.26
1.8	31.01	31.01	31.01	32.13	32.13	32.13
1.5	30.77	30.77	30.77	31.54	31.54	31.54
1	30.27	30.27	30.27	31.17	31.17	31.17
0.5	27.70	27.70	27.70	30.91	30.91	30.91

I primi due modelli (progetto originario e progetto intermedio) differiscono soltanto nel ponticello della S.P. n°225 (nel primo rifatto con larghezza 3,50 ml e nel secondo mantenuto con impalcato attuale e larghezza 3,00 ml): anche dal punto di vista modellistico le uniche lievi differenze si riscontrano nel tratto tra le sezioni 8 e 5. I sovralzi di livello risultano molto limitati con un valore massimo inferiore ai 20 cm; ancora meno effetto si ha sul carico cinetico, con sovralzi addirittura contenuti in meno di 10 cm.

A seguito dei nuovi sondaggi effettuati, stante l'onerosità e la difficoltà del rifacimento dell'impalcato del ponticello e considerata la sostanziale "indifferenza" idraulica, si ritiene dunque di scartare la prima opzione (modello di progetto originario).

Di seguito si concentra dunque l'attenzione sul raffronto tra la seconda e la terza modellazione (progetto intermedio e progetto scelto): le due modellazioni differiscono per il tratto compreso tra le sezioni 13 e 12 e tra le sezioni 10 e 8.5, dove la modellazione intermedia presenta larghezze di 3,50 ml e quella scelta di 3,00 ml in raccordo con la sezione del ponticello.
Si osserva un lieve aumento del livello nel ponticello di attraversamento della viabilità comunale per Vignale (sezioni 13-12), comunque da ritenersi perfino "sovradimensionato" nelle prime due configurazioni, trattandosi a tutti gli effetti di ponte e non di copertura (lunghezza pari a 8 ml); maggiormente significativo il raffronto tra le sezioni 9 e 6, ove si può notare nelle sezioni 9 e 8.5 un lievissimo sovralzo del livello idrico (circa 10 cm) e poi un'altrettanto lieve ribasso in corrispondenza del ponticello (sezioni 8, 7 e 6), ove non si verifica più un restringimento e dunque la piena scorre con maggiore regolarità.

Come prevedibile, con la sezione a 3,00 ml si verifica un lieve aumento di velocità e dunque il livello di energia totale cresce limitatamente (sovralzo comunque sempre al di sotto dei 30 cm).

In conclusione, considerato che la sezione maggiormente delicata risulta essere quella del ponticello della S.P. n° 225, si ritiene che l'ultima modellazione sia quella preferibile, stante la sua maggiore regolarità; si ritiene inoltre preferibile, in caso di piena "estrema" o di piena accompagnata da quantità di trasporto solido tali da parzializzare significativamente la sezione, fornire una sezione più regolare piuttosto che avere un imbocco più capiente e poi l'inevitabile restringimento del ponticello.

Considerazioni su carta fasce

Come noto, ad oggi il rio Vignale non risulta indagato nell'ambito del Piano di Bacino del torrente Lavagna e dunque né nella carta delle fasce di inondabilità né nella carta del rischio idraulico sono riportate indicazioni circa le possibili fuoriuscite del rio Vignale stesso: la delimitazione delle fasce fluviali esistenti è dunque riferita esclusivamente all'insufficienza idraulica del torrente Lavagna nel tratto.

Come verificato con le modellazioni idrauliche però il rio Vignale risulta ad oggi già di per sè nettamente insufficiente al contenimento anche di piene con tempo di ritorno assolutamente limitato, insufficienza peraltro confermata dai recenti aventi alluvionali (autunno 2002 e novembre 2014).

Le opere di cui alla presente (lotto 1 + lotti successivi) sono finalizzate al pieno contenimento in alveo del rio Vignale delle piene anche per tempi di ritorno molto elevati (anche Tr=500 anni pienamente contenuta ovunque), ovviamente escludendo la contemporaneità delle piene del torrente Lavagna.

Dunque, a lavori terminati, la carta fasce tornerà esattamente come nella configurazione attuale.

Al fine di stimare però il numero di persone e strutture messe in sicurezza dagli interventi a progetto, appare fondamentale andare a valutare le aree ad oggi potenzialmente soggette ad allagamento, andando dunque a bordare le fasce A, B e C nella configurazione attuale; si andranno dunque in primis a considerare le fasce proprie del solo rio Vignale (torrente Lavagna in condizione di magra) andandole poi anche a "fondere" con le fasce esistenti per il torrente Lavagna (configurazione che rappresenta dunque la carta delle fasce di inondabilità di stato attuale aggiornata).

In primis si procede a costruire per i tre tempi di ritorno caratteristici (Tr=50, 200 e 500 anni) i relativi idrogrammi di piena del rio Vignale, idrogrammi che avranno come picco di piena i valori noti inseriti nelle modellazioni idrauliche.

Stante le caratteristiche del bacino idrografico del rio Vignale (superficie pari a circa 0,50 kmq e pendenza media molto elevata nell'ordine del 40% tra il punto più alto del bacino e lo sfocio nel torrente Lavagna), il tempo di corrivazione risulta limitato, nell'ordine dei dieci minuti (considerati diversi metodi - Pezzoli - Pasini - Kiprich Ramser - Merlo Tournon - Ventura - Viparelli scartando gli estremi e mediando gli altri, comunque tutti contenuti tra 8 e 14 minuti).

Noti tempo di corrivazione (e dunque tempo di pioggia critica) e valori di portata di picco si sono andati a costruire i relativi idrogrammi di piena.

Gli idrogrammi sono poi stati "tagliati" ad un valore di 4 mc/s considerato quello a partire dal quale realisticamente la piena possa iniziare a fuoriuscire dall'alveo, anche in ragione degli eventi alluvionali passati: si ricorda come la piena contenuta nella tubazione senza la sua messa in pressione sia pari a circa 2 mc/s, ma la sezione di imbocco è tale da sopportare un limitato rigurgito senza creare allagamenti al centro abitato sottostante. Il valore di 4 mc/s (tempo di ritorno circa 3 anni) appare dunque quello più realistico per stimare un possibile volume di piena fuoriuscente per i due tempi di ritorno analizzati.

Considerando dunque la soglia di 4 mc/s, i volumi fuoriuscenti risulteranno pari a circa 19.000 mc per la piena cinquecentennale, 14.500 mc per la piena duecentennale e 8.000 mc per la piena cinquantennale.

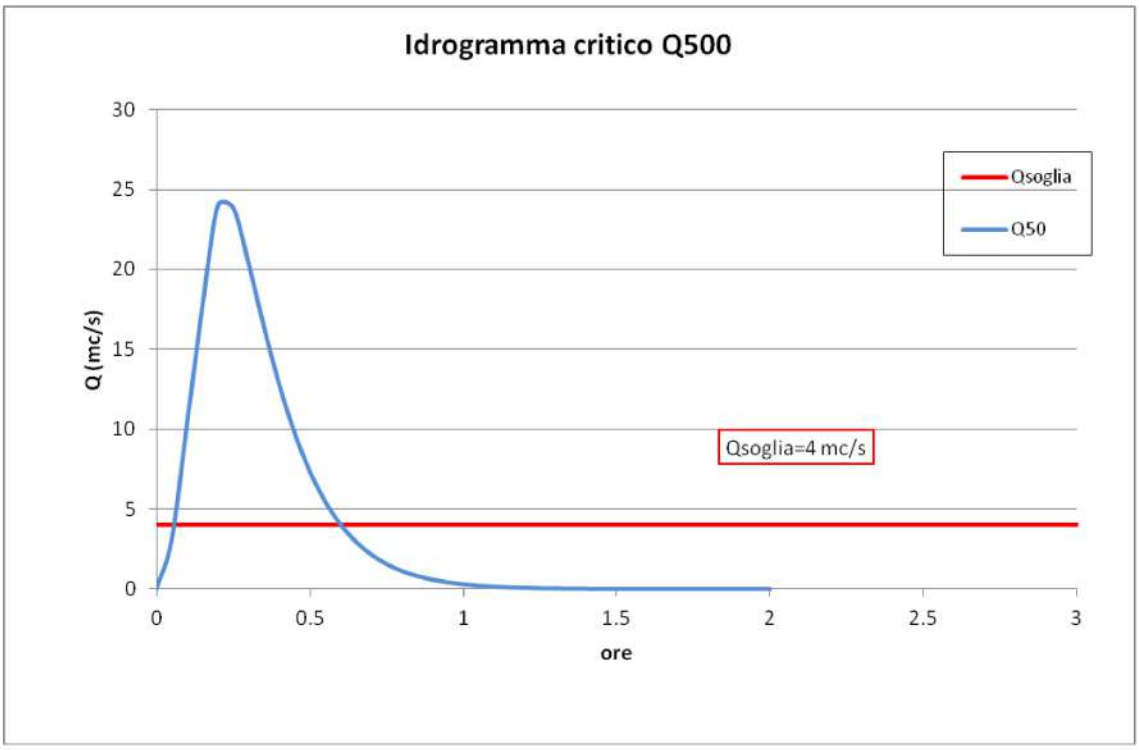


***figura 26**: idrogramma per Tr = 500 anni*

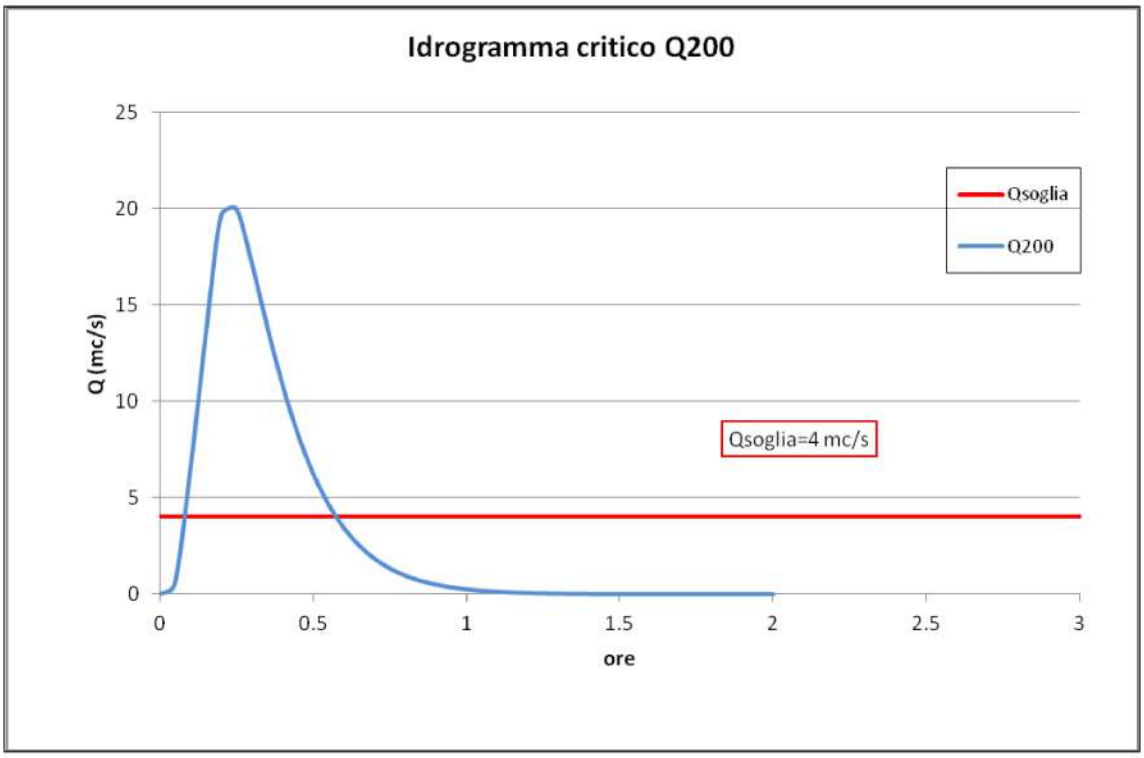


figura 27: *idrogramma per Tr = 200 anni*

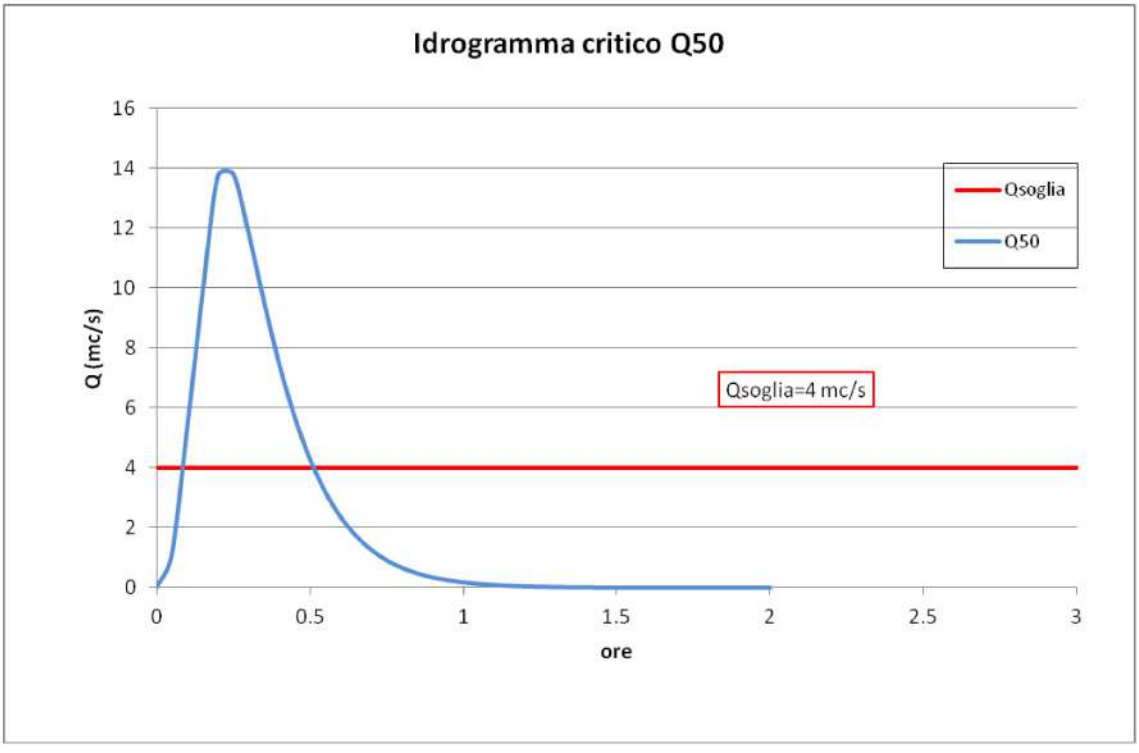


figura 28: *idrogramma per Tr = 50 anni*

Espandendo le suddette volumetrie sul territorio (punto di esondazione imposto all'imbocco della tubazione), si può notare come le piene corrono in un primo tratto lungo la viabilità comunale di accesso alla frazione di Vignale, viabilità delimitata in sinistra dal muro del cimitero comunale e in destra da un paio di fabbricati (un rudere e un fabbricato ad uso abitativo ad oggi disabitato); la piena giunge dunque in corrispondenza della viabilità provinciale S.P. n°225: qui si espande limitatamente sia in destra che in sinistra idraulica, anche se la direzione principale resta quella rettilinea, scorrendo in minima parte al di sopra della tombinatura esistente (punto comunque più alto e dunque di fatto pressoché asciutto), interessando prevalentemente le aree in destra e sinistra con diverse abitazioni in destra idraulica e l'area prospiciente alla Chiesa parrocchiale di San Colombano in sinistra, per poi attraversare la viabilità comunale di valle (via Norero) e allagare anche le aree a valle della stessa, con in sinistra un fabbricato ad uso abitativo e in destra un altro fabbricato e il campo sportivo.

Considerando i volumi in gioco e l'orografia dei luoghi (come riferimento si è integrato il rilievo topografico con utilizzo di un D.T.M. dell'area, impostando una modellazione bidimensionale con gli idrogrammi sopra riportati per i vari tempi di ritorno e che vanno oltre i 4 mc/s) si sono costruite le carte fasce che vengono riportate in forma grafica all'interno della tavola 17-A appositamente predisposta: in tale elaborato, per i tempi di ritorno cinquantennale, duecentennale e cinquecentennale vengono riportati gli allagamenti nelle seguenti condizioni:

1. stato attuale - allagamenti per piena del solo rio Vignale con torrente Lavagna in condizione di magra;
2. stato attuale - allagamenti per piena del rio Vignale con torrente Lavagna in piena (fusione fasce rio Vignale al punto 1 con la mappatura oggi esistente per il torrente Lavagna);
3. stato di progetto globale - allagamenti per piena del solo rio Vignale con torrente Lavagna in condizione di magra;
4. stato di progetto globale - allagamenti per piena del solo rio Vignale con torrente Lavagna in piena (fusione fasce rio Vignale al punto 1 con la mappatura oggi esistente per il torrente Lavagna).

A queste quattro carte fasce viene aggiunta per facilità di lettura la carta fasce ad oggi vigente, tratta dal Piano di Bacino del torrente Lavagna.

In questa sede si è scelto di non produrre una carta fasce di progetto per il solo lotto 1 realizzato: tale configurazione progettuale, infatti, come riportato ampiamente in precedenza non consente il contenimento della piena cinquantennale e dunque si manterrebbe comunque la fascia A; l'effetto del lotto 1 sarà però assolutamente rilevante sia sulla crescita del tempo di ritorno della piena massima contenuta (si arriva a Tr=10 anni senza considerare il funzionamento in pressione della copertura), sia sulla diminuzione delle volumetrie di allagamento (indicativamente innalzando la soglia da 4 mc/s a 10 mc/s per un evento duecentennale i volumi calano da circa 14.500 mc a 6.000 mc, per un evento cinquantennale da 8.000 mc a 1.300 mc, con evidenti riflessi positivi quali la drastica riduzione dei tiranti idrici in gioco).

Al di là delle due carte fasce di stato attuale (con e senza torrente Lavagna in piena) di cui si è già discusso in precedenza, si segnala come il caso di stato di progetto globale - allagamenti per piena del solo rio Vignale con torrente Lavagna in condizione di magra - porti ad una totale eliminazione delle fasce di inondabilità (piene ampiamente contenute all'interno della sezione di progetto anche per Tr = 500 anni). Intersecando tale situazione con le fuoriuscite del torrente Lavagna si ritorna invece alla situazione rappresentata nella vigente carta fasce (fasce dovute esclusivamente all'insufficienza nel tratto del torrente Lavagna).

Stima aree messe in sicurezza

Con l'ausilio dell'Amministrazione Comunale e dei suoi Uffici si è proceduto ad effettuare una stima degli abitanti dell'area interessata dalla mitigazione del rischio di cui al presente progetto definitivo. Mappando indicativamente l'area ad oggi interessata dalle piene, si può ricavare un numero di abitanti per i quali si mitigherà il rischio pari a circa 60. In aggiunta a ciò si segnala come nell'area interessata dagli interventi risultino anche presenti un cimitero comunale, una chiesa, alcuni box, un edificio ad uso abitativo (ad oggi disabitato), un cascinale, un campo sportivo, etc.

Di seguito si riporta uno stralcio della carta del rischio idraulico propria del torrente Lavagna, con indicati i principali edifici interessati dalla mitigazione del rischio inerente il rio Vignale.

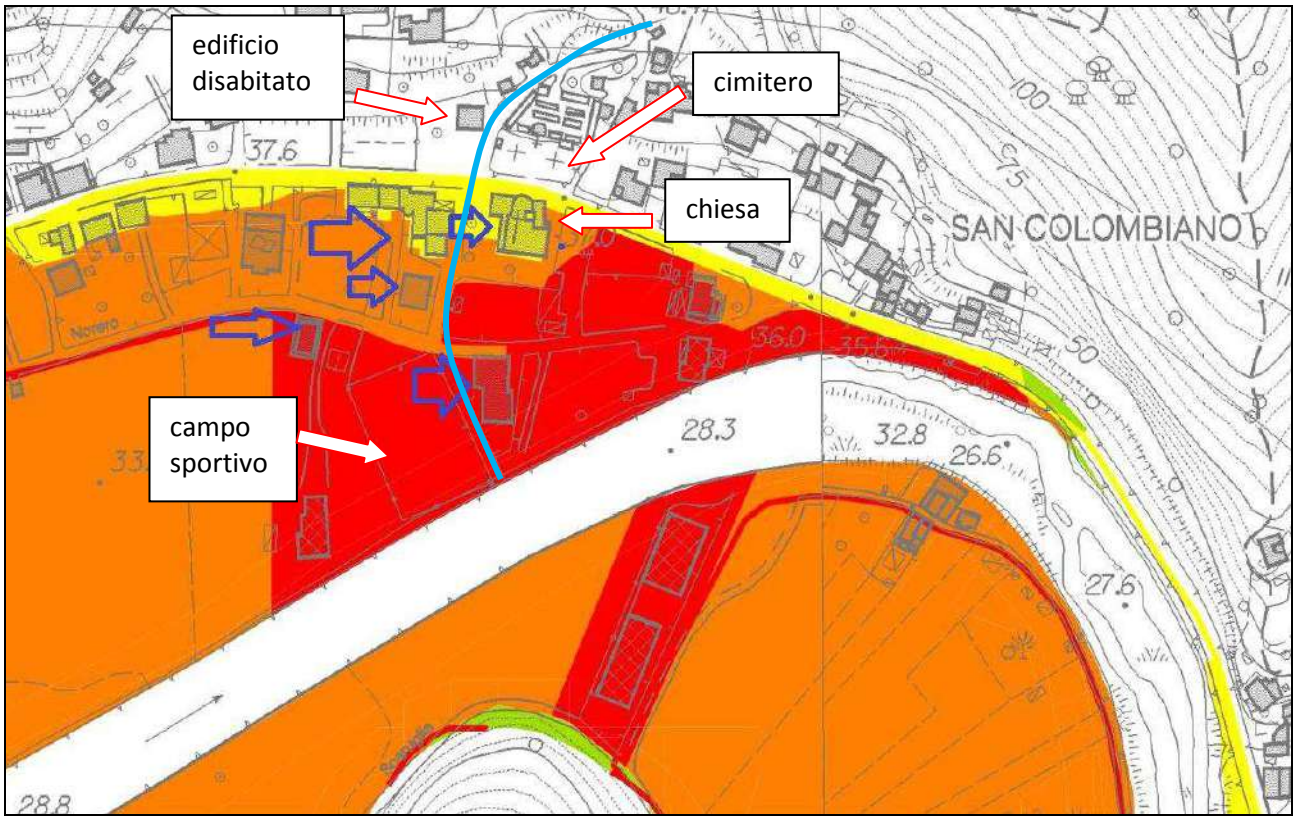


figura 29: *carta del rischio idraulico - Piano di Bacino del torrente Lavagna L. 183/89 e ss.mm.ii. in giallo classe di rischio medio R2 - in arancione classe di rischio elevato R3 - in rosso classe di rischio molto elevato R4 - in ciano il rio Vignale - in blu le frecce indicano i principali edifici abitati*

Ovviamente la zona a monte della S.P. n° 225 non risulta "mappata" in detta cartografia, non essendo indagato il rio Vignale. Se si intersecassero le "mappature" (carta fasce) di cui in precedenza con gli elementi a rischio presenti, anche la suddetta zona verrebbe ad essere classificata R3/R4. Pertanto, anche sotto il profilo della diminuzione del rischio, l'intervento proposto comporta un abbattimento estremamente significativo del rischio stesso.

studio tecnico associato ing. sergio brizzolara & ing. stefano sturla
via Cap. Renato Orsi 31/20 - 16043 Chiavari (GE) P.I.V.A. e C.F. 01455710994
☎ +39 0185 370127 +39 0185 368280 b3s@b3s.it - b3s@pec.b3s.it

MODELLO IDRAULICO MOTO PERMANENTE MONODIMENSIONALE
RIO VIGNALE – STATO ATTUALE

Piano di Bacino torrente Lavagna – L. 183/89 e ss.mm.ii.

rio_vignale_stato_attuale

- *tabella riassuntiva dati e risultati*
- *profilo in asse al corso d'acqua*
- *sezioni trasversali al corso d'acqua*

Chiavari, li dicembre 2017

Il Tecnico

Ing. Sergio Brizzolara



HEC-RAS Plan: Plan 01 River: rio Vignale Reach: rio Vignale

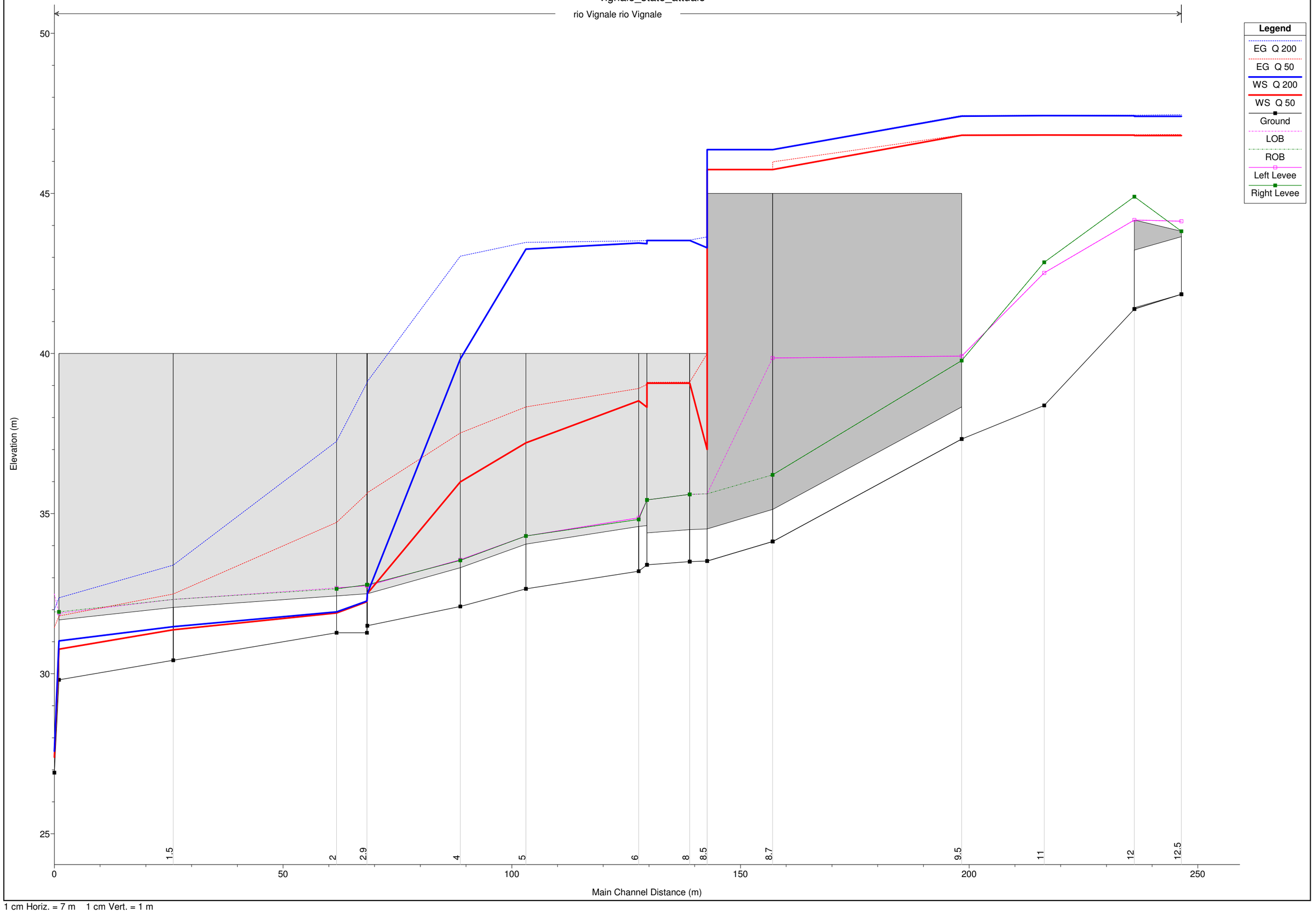
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
rio Vignale	13	Q 50	13.80	41.85	46.81	43.39	46.84	0.000277	0.91	19.51	5.83	0.13
rio Vignale	13	Q 200	20.00	41.85	47.41	43.87	47.46	0.000373	1.14	23.01	5.83	0.15
rio Vignale	12.5		Culvert									
rio Vignale	12	Q 50	13.80	41.39	46.82	42.89	46.83	0.000103	0.54	29.89	10.31	0.07
rio Vignale	12	Q 200	20.00	41.39	47.42	43.27	47.44	0.000131	0.65	36.24	10.56	0.09
rio Vignale	11	Q 50	13.80	38.38	46.83	39.75	46.83	0.000020	0.27	56.58	10.88	0.03
rio Vignale	11	Q 200	20.00	38.38	47.43	40.12	47.44	0.000031	0.35	63.16	10.88	0.04
rio Vignale	10	Q 50	13.80	37.33	46.82	39.12	46.83	0.000123	0.47	29.44	3.35	0.05
rio Vignale	10	Q 200	20.00	37.33	47.41	39.52	47.43	0.000223	0.64	31.44	3.35	0.07
rio Vignale	9.5		Culvert									
rio Vignale	9	Q 50	13.80	34.13	45.74	34.87	45.75	0.000005	0.17	80.25	6.91	0.02
rio Vignale	9	Q 200	20.00	34.13	46.36	35.08	46.37	0.000010	0.24	84.55	6.91	0.02
rio Vignale	8.7		Culvert									
rio Vignale	8.5	Q 50	13.80	33.52	37.00	34.52	40.00	0.166788	7.67	1.80		1.31
rio Vignale	8.5	Q 200	20.00	33.52	43.30	41.33	43.64	0.003929	2.58	7.74	1.80	0.26
rio Vignale	8.01	Q 50	13.80	33.50	39.07	35.60	39.11	0.000160	0.83	16.72		0.11
rio Vignale	8.01	Q 200	20.00	33.50	43.53	35.60	43.54	0.000037	0.49	40.68	3.00	0.05
rio Vignale	8	Q 50	13.80	33.50	39.07	35.60	39.11	0.000134	0.83	16.72		0.11
rio Vignale	8	Q 200	20.00	33.50	43.53	35.60	43.54	0.000036	0.49	40.68	3.00	0.05
rio Vignale	7	Q 50	13.80	33.40	39.07	35.43	39.10	0.000126	0.81	17.01		0.11
rio Vignale	7	Q 200	20.00	33.40	43.53	35.43	43.54	0.000035	0.49	40.98	3.00	0.05
rio Vignale	6.99	Q 50	13.80	33.40	38.32	34.63	39.04	0.026432	3.74	3.69		0.54
rio Vignale	6.99	Q 200	20.00	33.40	43.43	34.63	43.53	0.001319	1.43	13.97	3.00	0.14
rio Vignale	6	Q 50	13.80	33.20	38.52	34.35	38.91	0.011759	2.75	5.03		0.38
rio Vignale	6	Q 200	20.00	33.20	43.45	34.60	43.52	0.000703	1.15	17.42	3.59	0.11

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: rio Vignale Reach: rio Vignale (Continued)

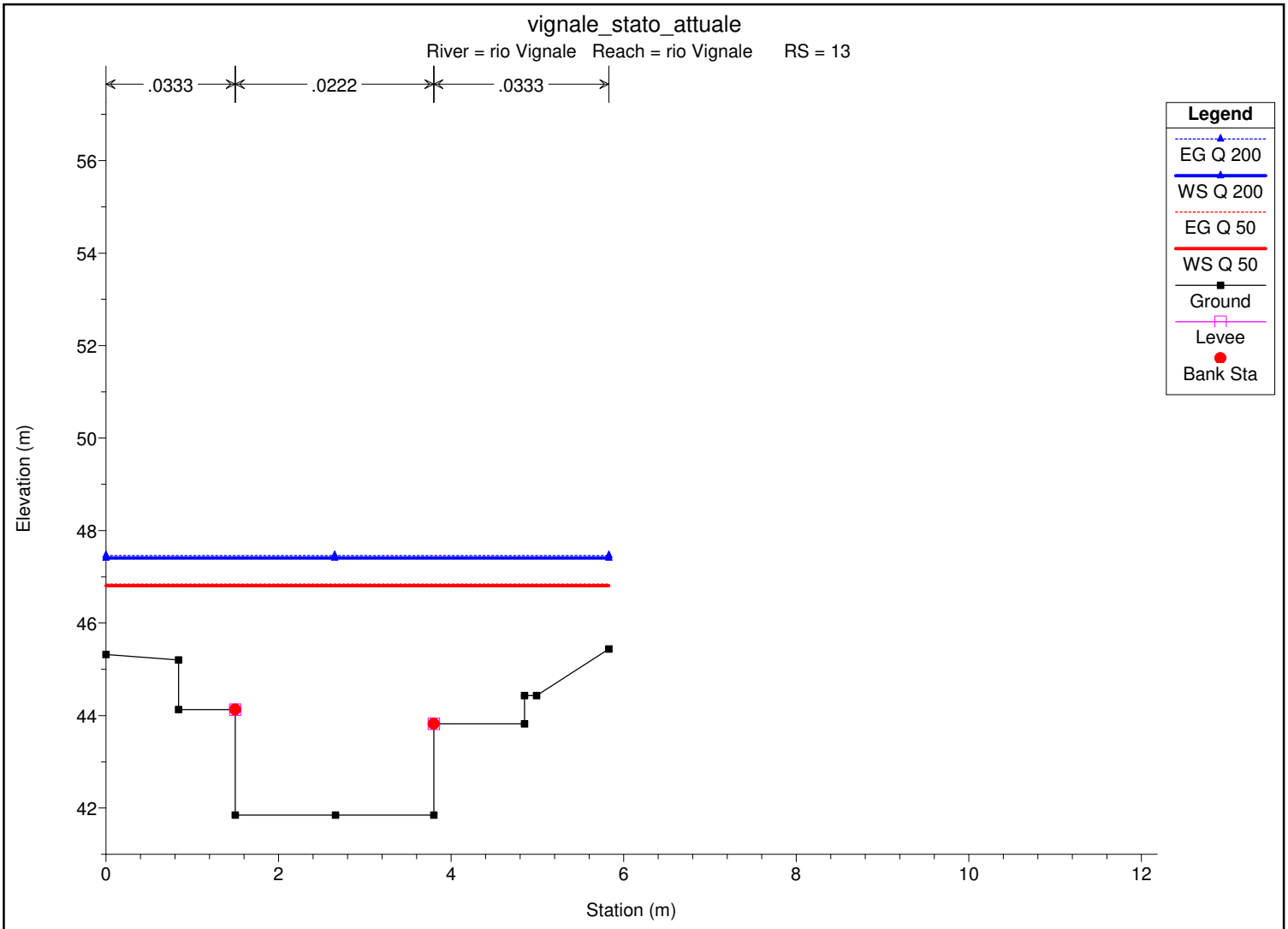
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
rio Vignale	5	Q 50	13.80	32.65	37.21	34.05	38.33	0.043755	4.69	2.94		0.70
rio Vignale	5	Q 200	20.00	32.65	43.26	34.05	43.47	0.003050	2.04	9.79	2.10	0.20
rio Vignale	4	Q 50	13.80	32.10	35.99	33.30	37.52	0.067685	5.48	2.52		0.89
rio Vignale	4	Q 200	20.00	32.10	39.83	33.31	43.04	0.142165	7.94	2.52		0.91
rio Vignale	3	Q 50	13.80	31.50	32.50	32.50	35.65	0.106410	7.86	1.75	1.75	2.51
rio Vignale	3	Q 200	20.00	31.50	32.50	32.50	39.12	0.223587	11.40	1.75	1.75	3.63
rio Vignale	2.9	Q 50	13.80	31.28	32.25	33.13	35.62	0.116501	8.13	1.70	1.75	2.64
rio Vignale	2.9	Q 200	20.00	31.28	32.27	33.65	39.08	0.232580	11.56	1.73	1.75	3.71
rio Vignale	2	Q 50	13.80	31.28	31.90	32.43	34.73	0.104530	7.45	1.85	3.00	3.03
rio Vignale	2	Q 200	20.00	31.28	31.93	32.43	37.26	0.186881	10.22	1.96	3.00	4.04
rio Vignale	1.5	Q 50	13.80	30.42	31.37	31.68	32.49	0.027763	4.68	2.95	3.10	1.53
rio Vignale	1.5	Q 200	20.00	30.42	31.47	32.04	33.39	0.043918	6.14	3.26	3.10	1.91
rio Vignale	1	Q 50	13.80	29.81	30.77	31.05	31.80	0.025224	4.51	3.06	3.20	1.47
rio Vignale	1	Q 200	20.00	29.81	31.03	31.39	32.37	0.026964	5.14	3.89	3.20	1.49
rio Vignale	0.5	Q 50	13.80	26.91	27.39	28.14	31.45	0.186296	8.92	1.55	3.20	4.09
rio Vignale	0.5	Q 200	20.00	26.91	27.58	28.49	32.01	0.147664	9.32	2.15	3.20	3.63

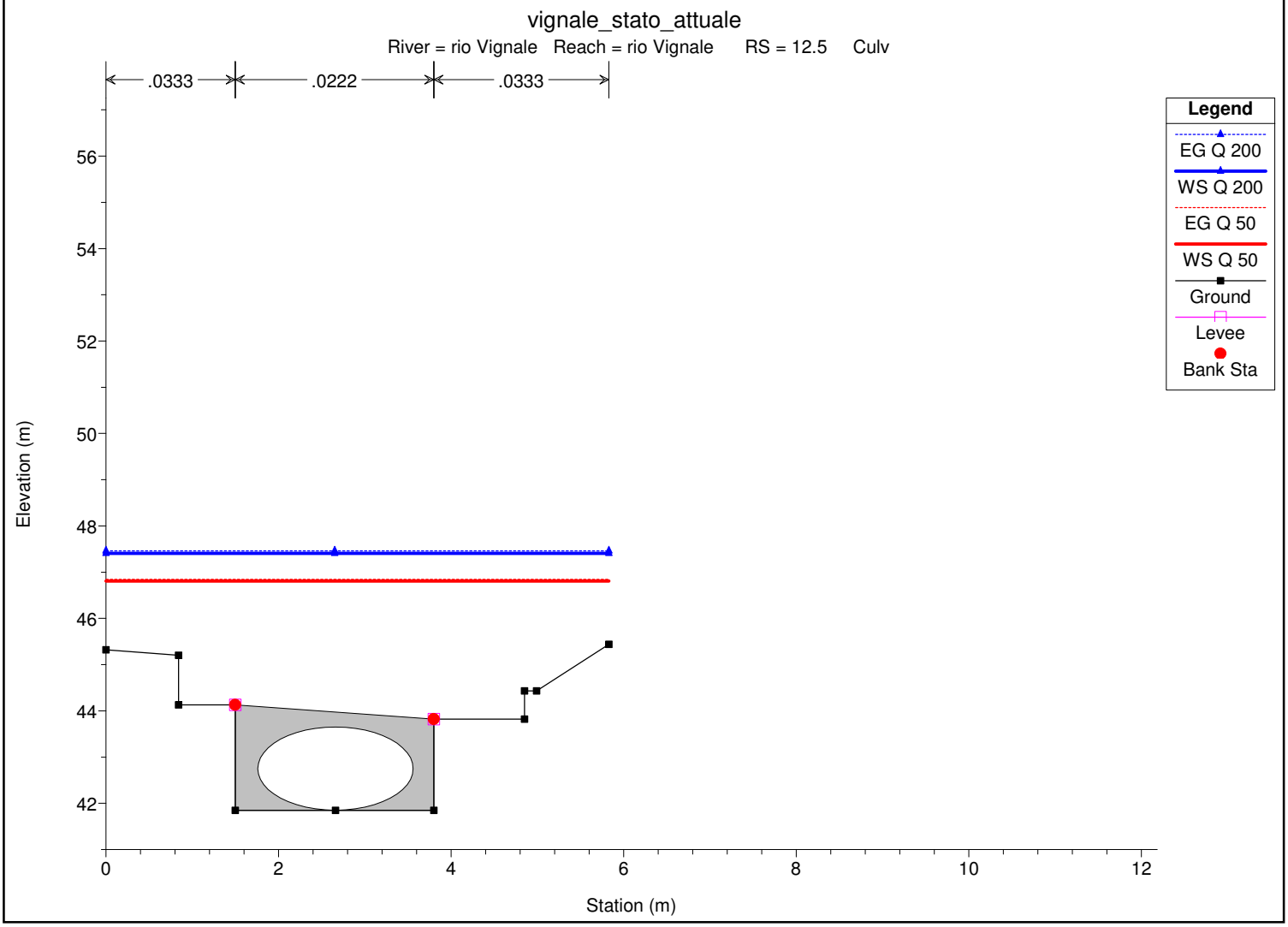
vignale_stato_attuale

rio Vignale rio Vignale

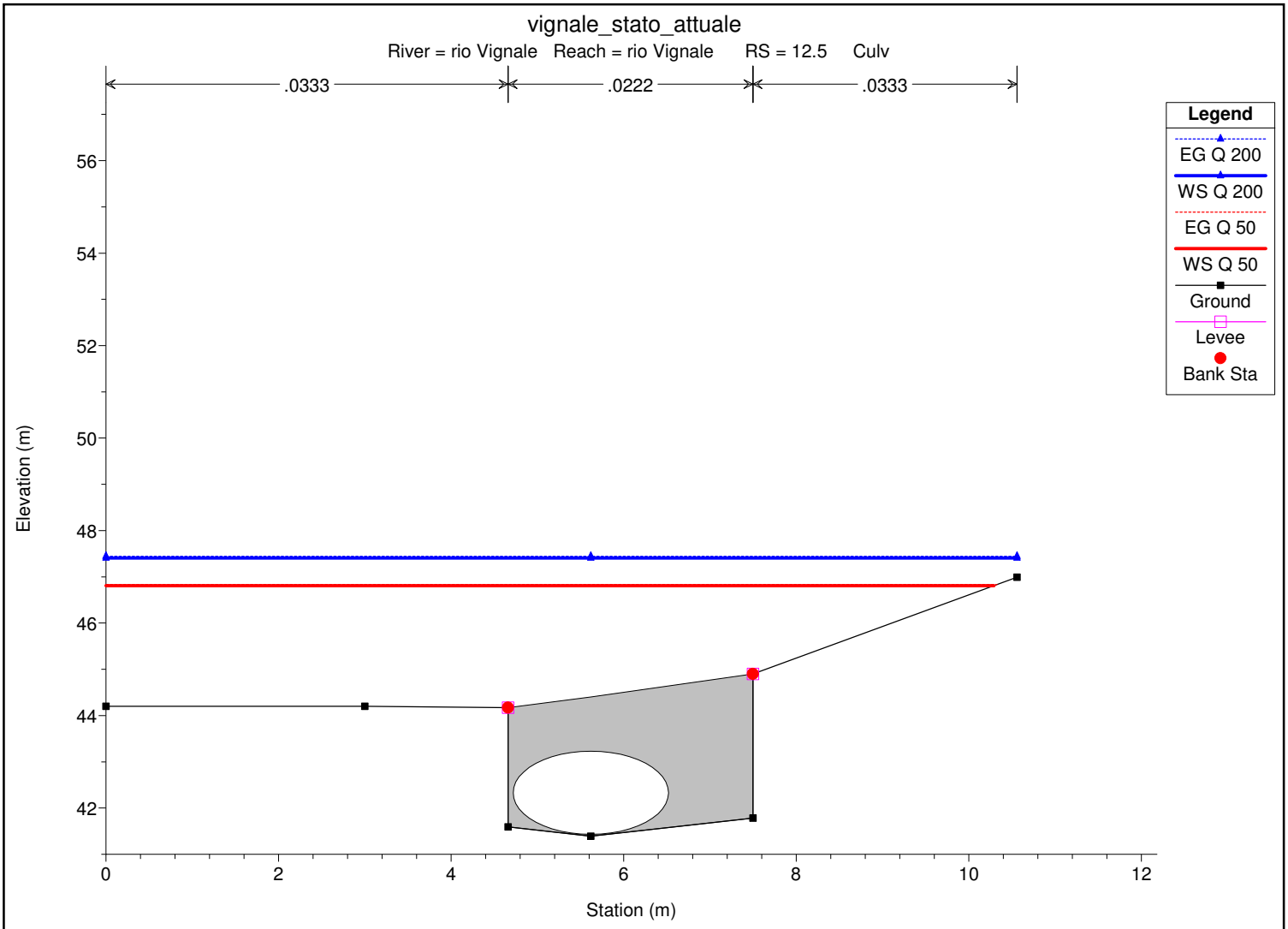


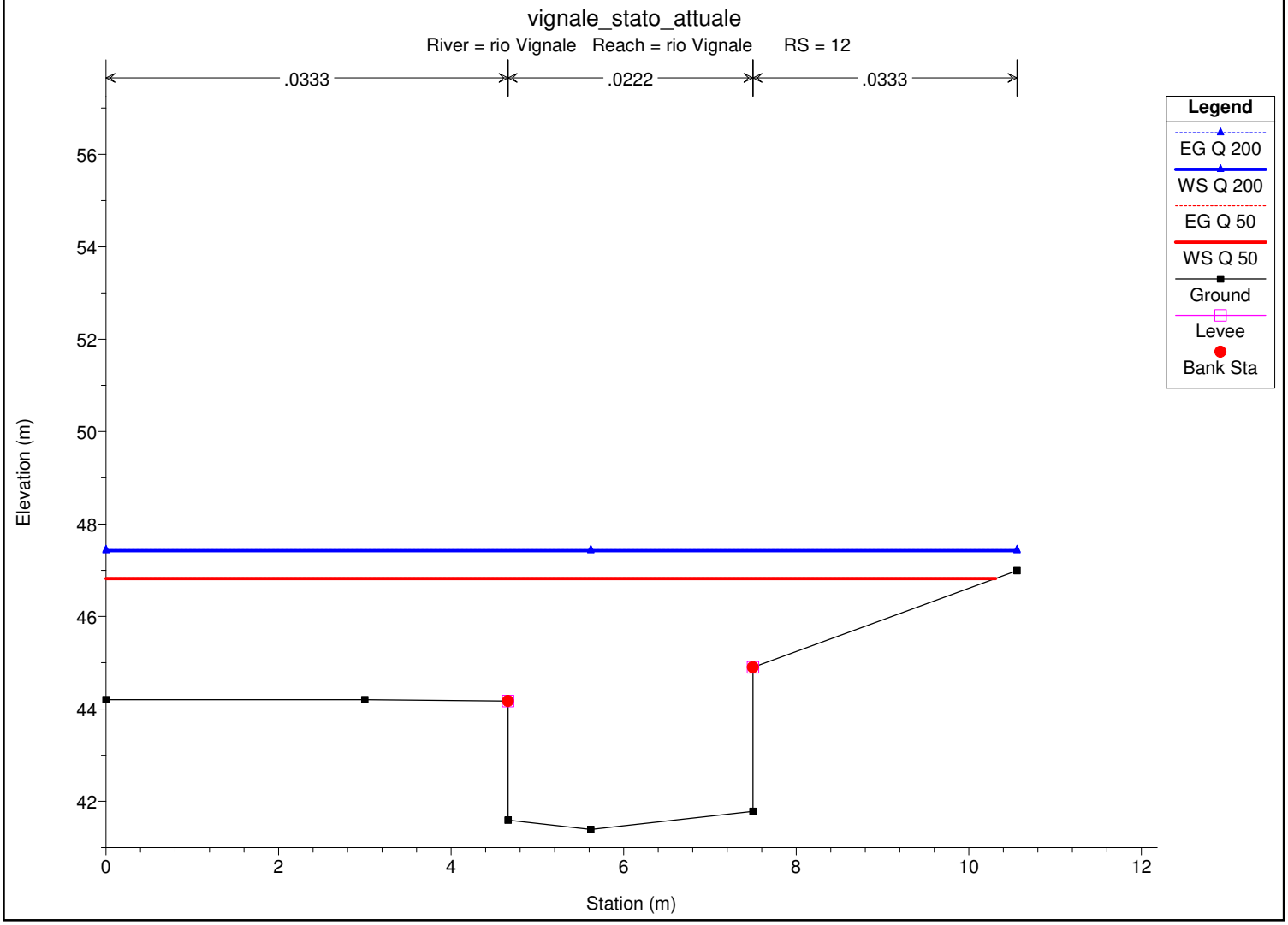
1 cm Horiz. = 7 m 1 cm Vert. = 1 m



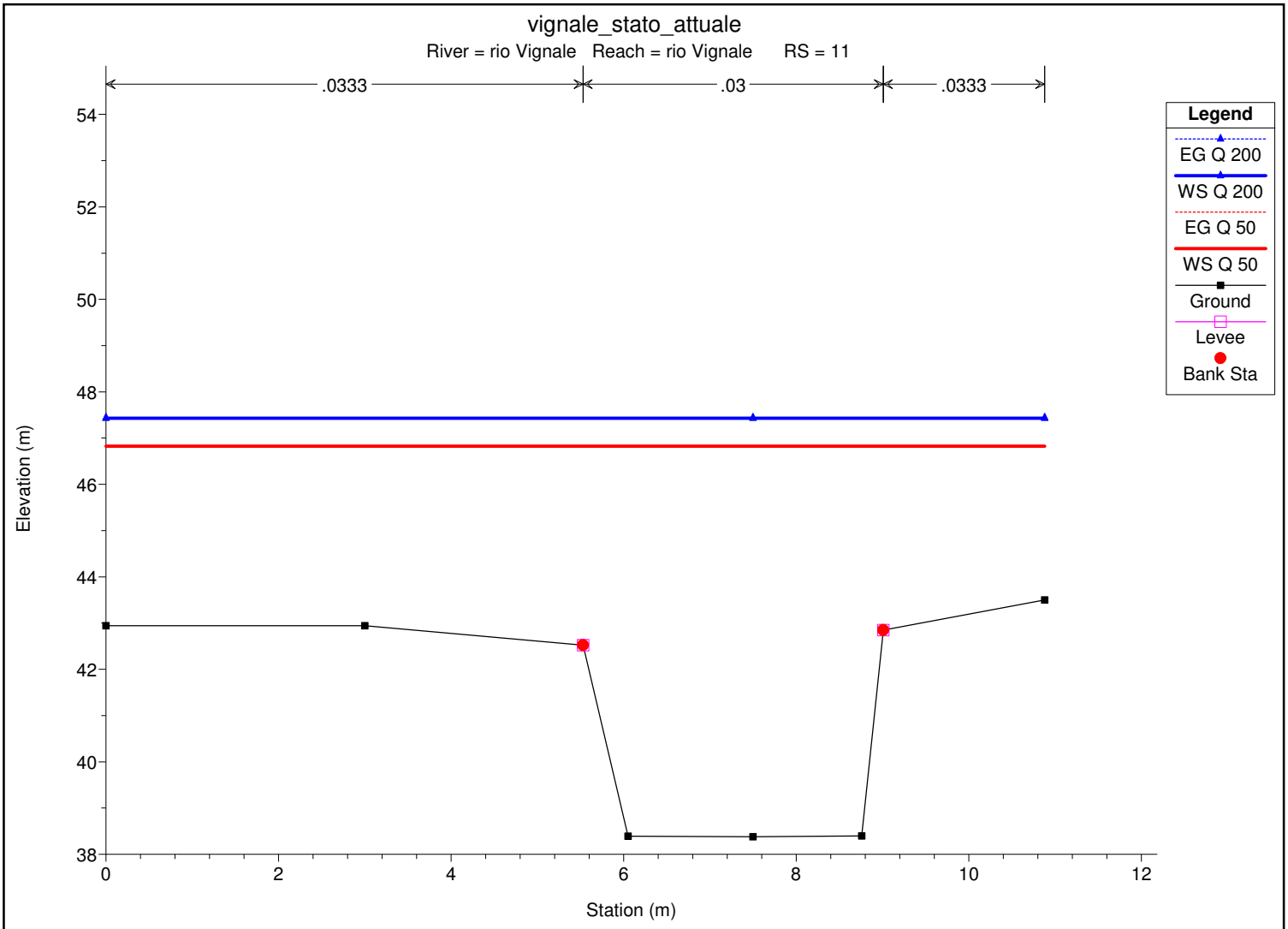


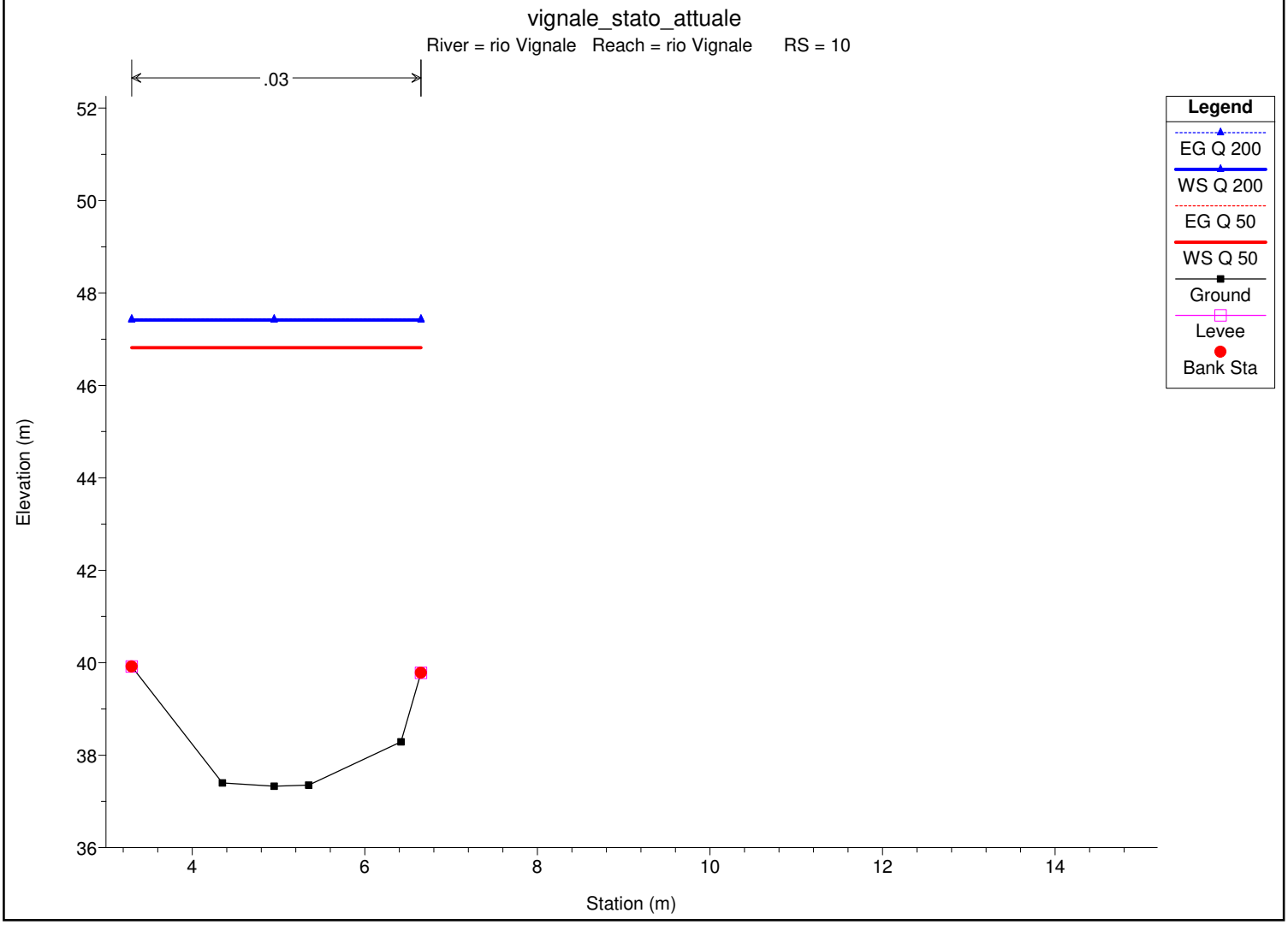
1 cm Horiz. = 0.75 m 1 cm Vert. = 1.4 m



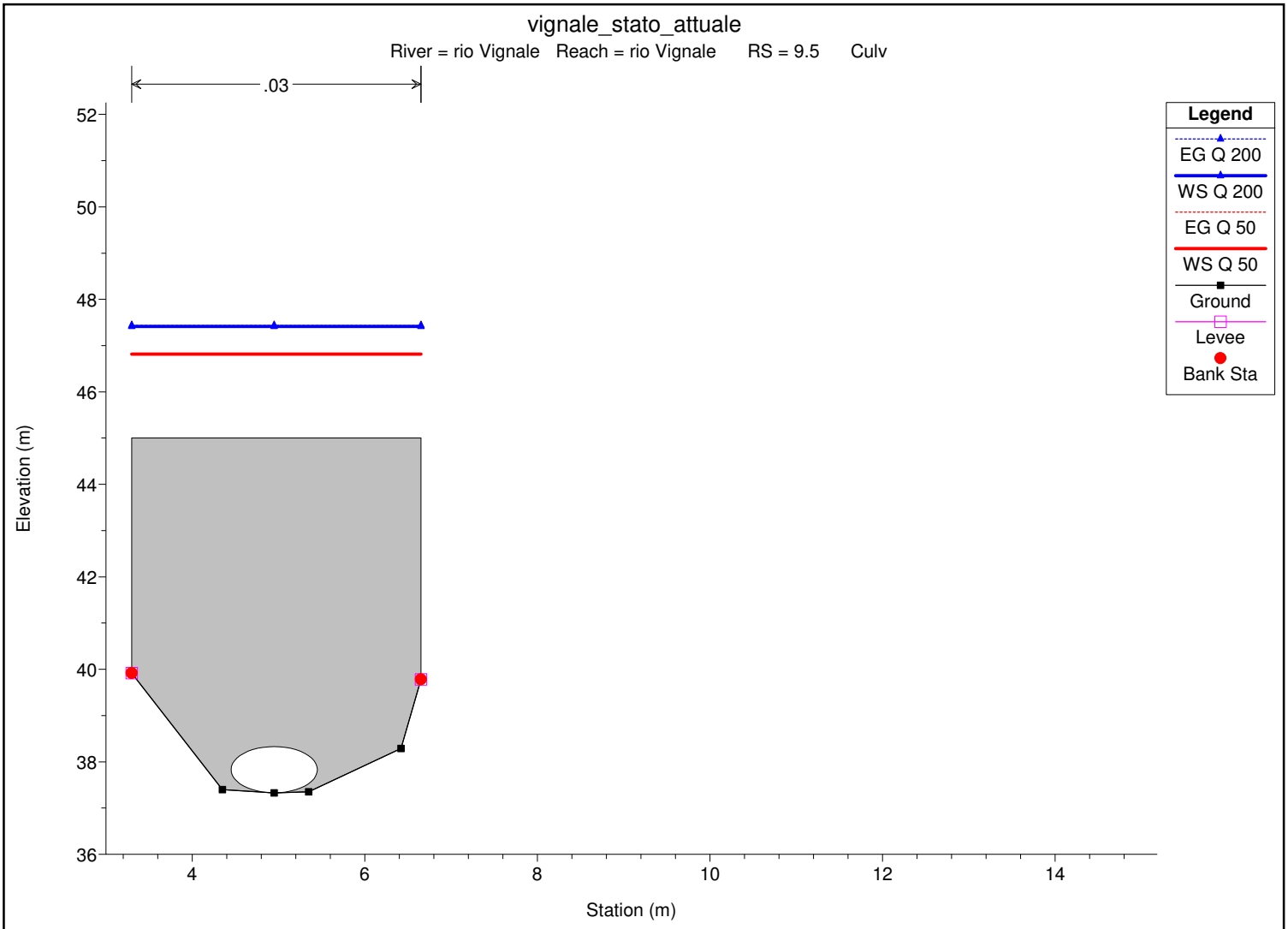


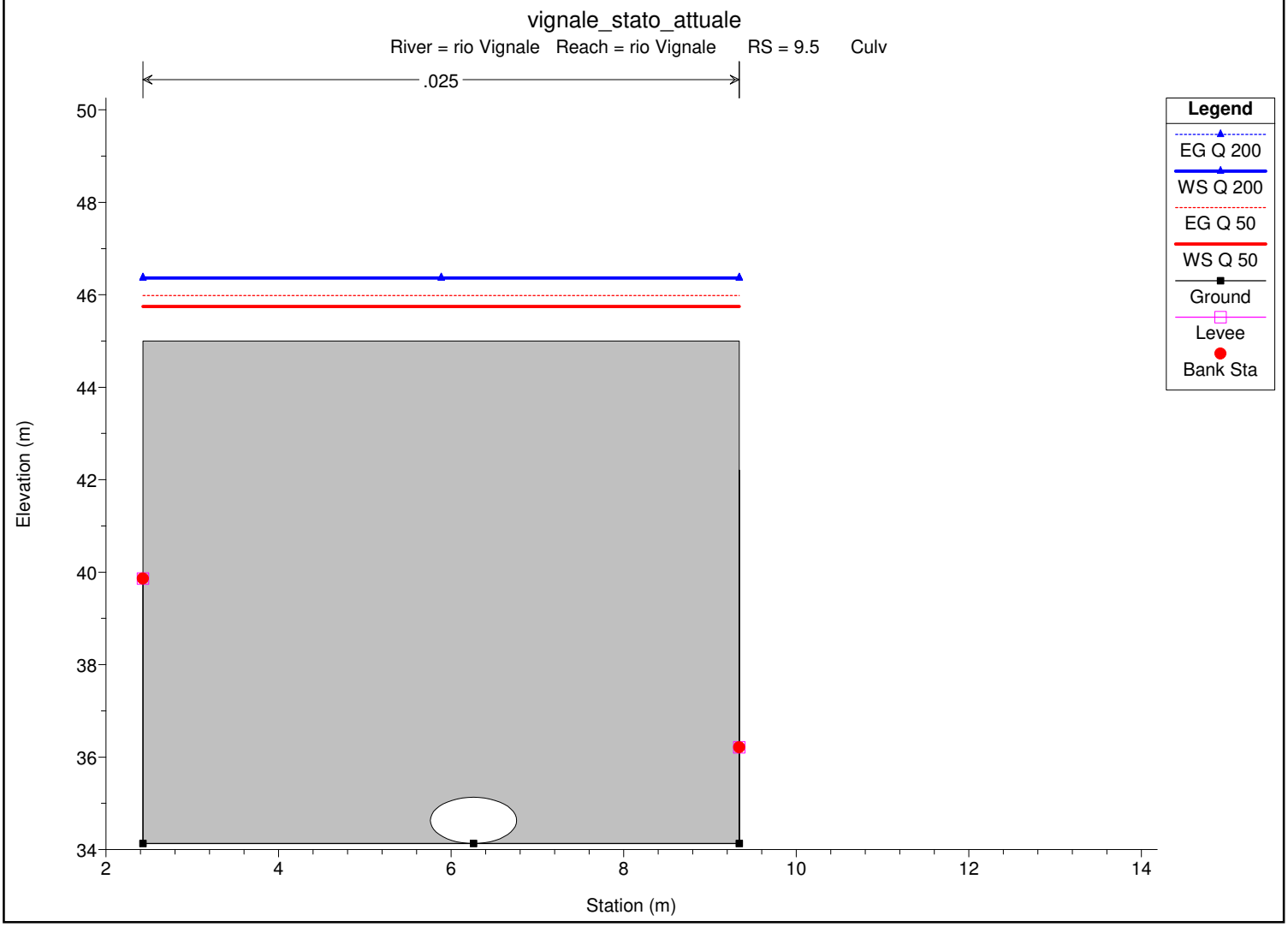
1 cm Horiz. = 0.75 m 1 cm Vert. = 1.4 m



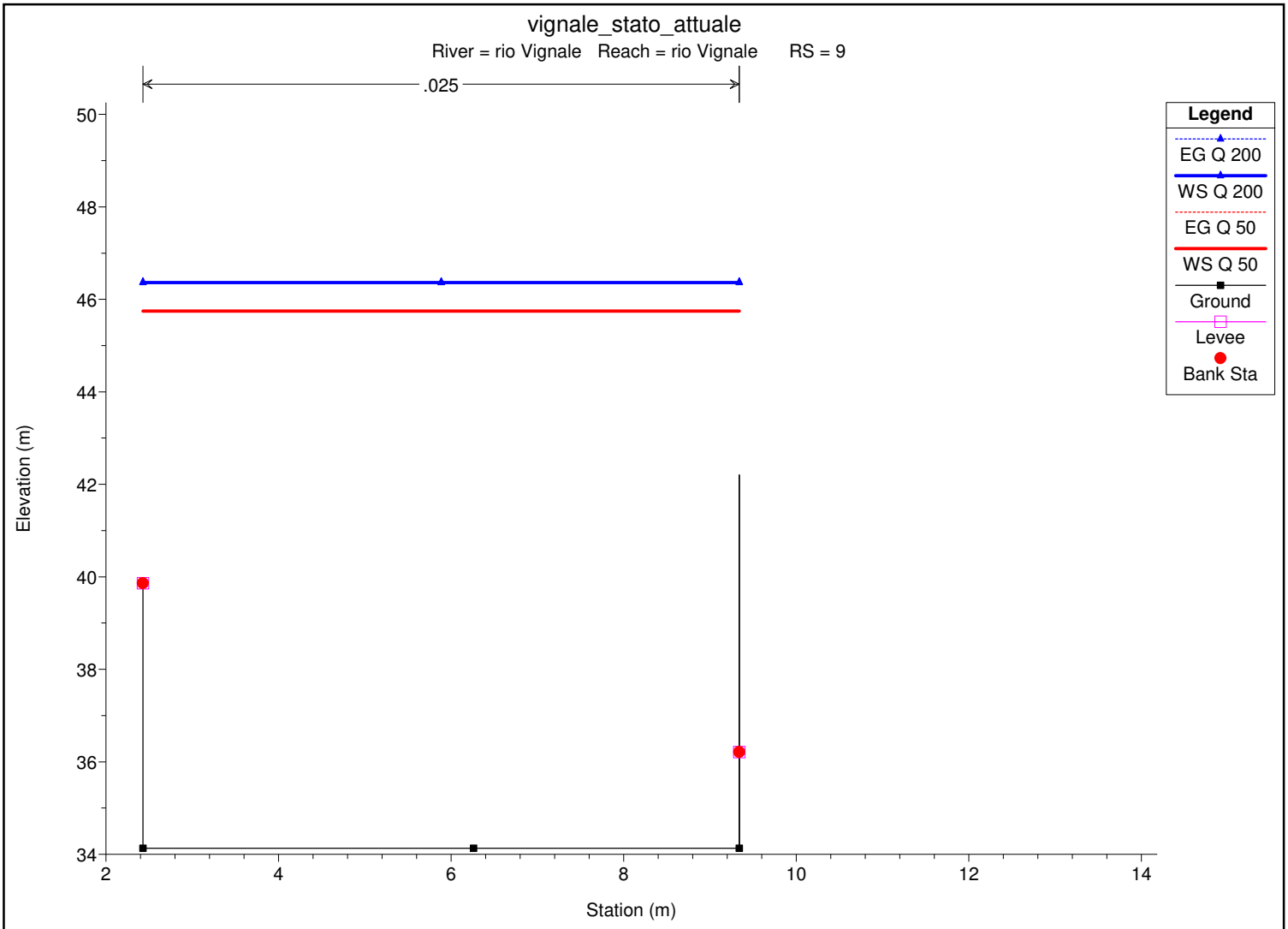


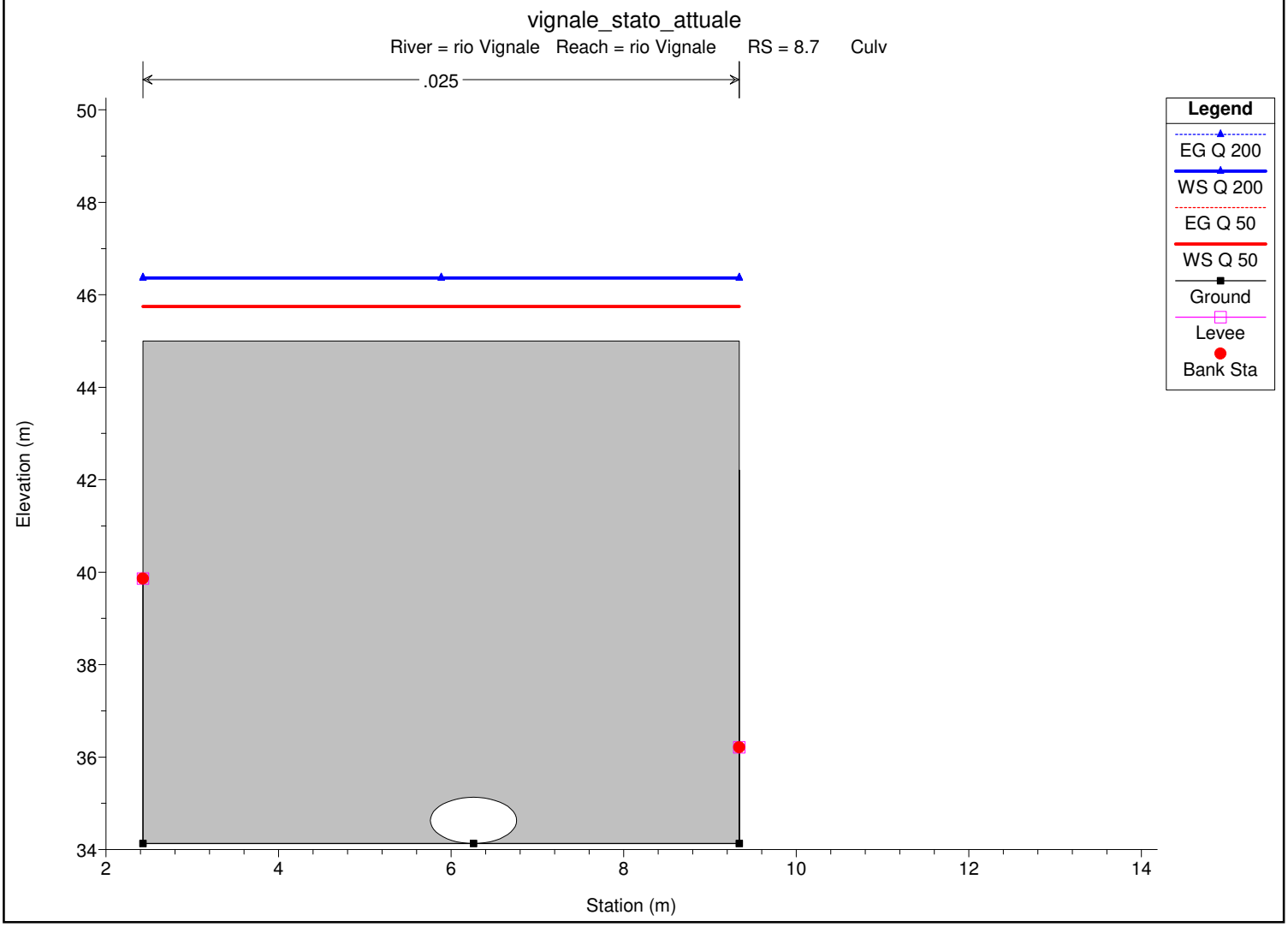
1 cm Horiz. = 0.75 m 1 cm Vert. = 1.4 m



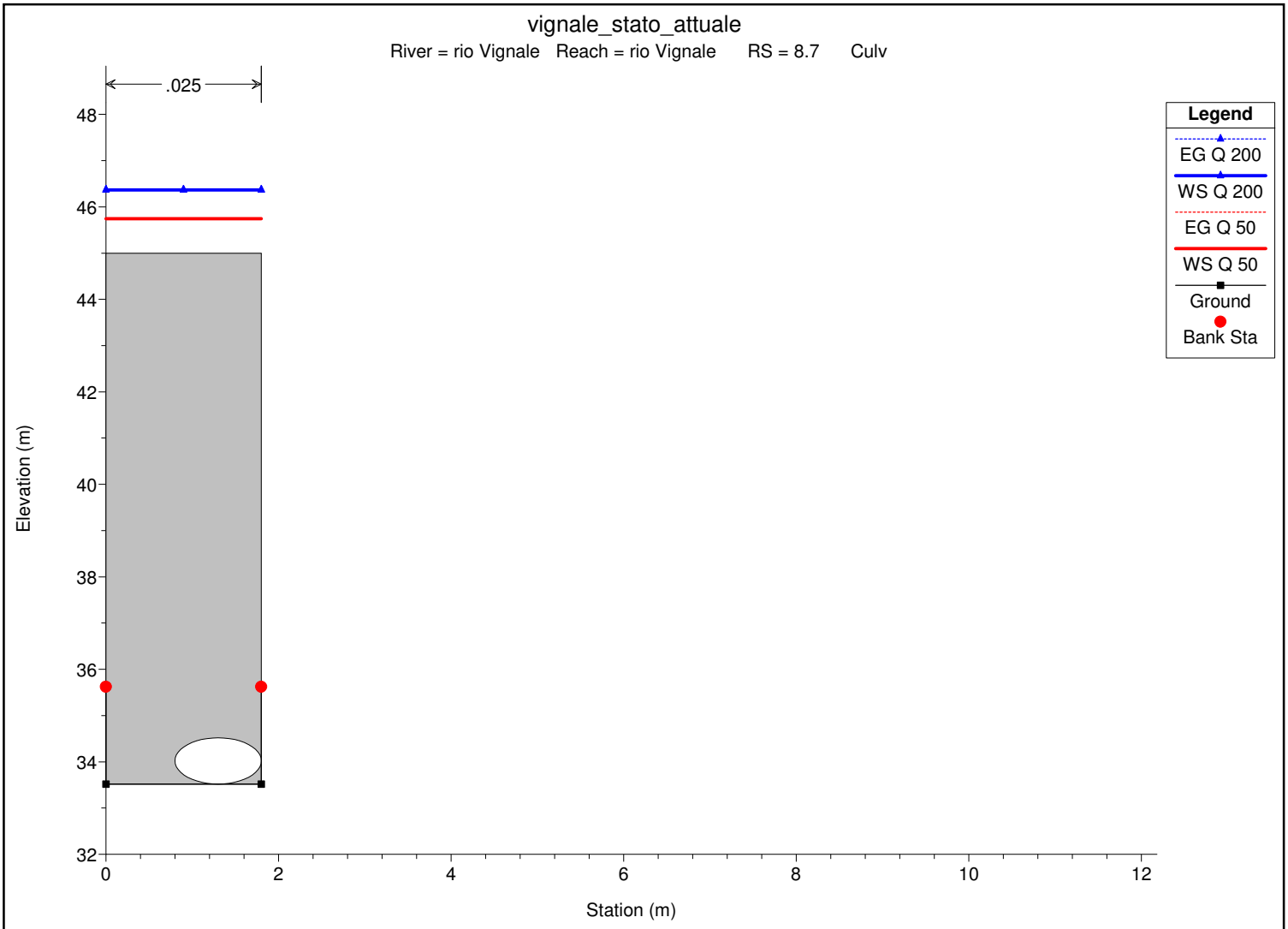


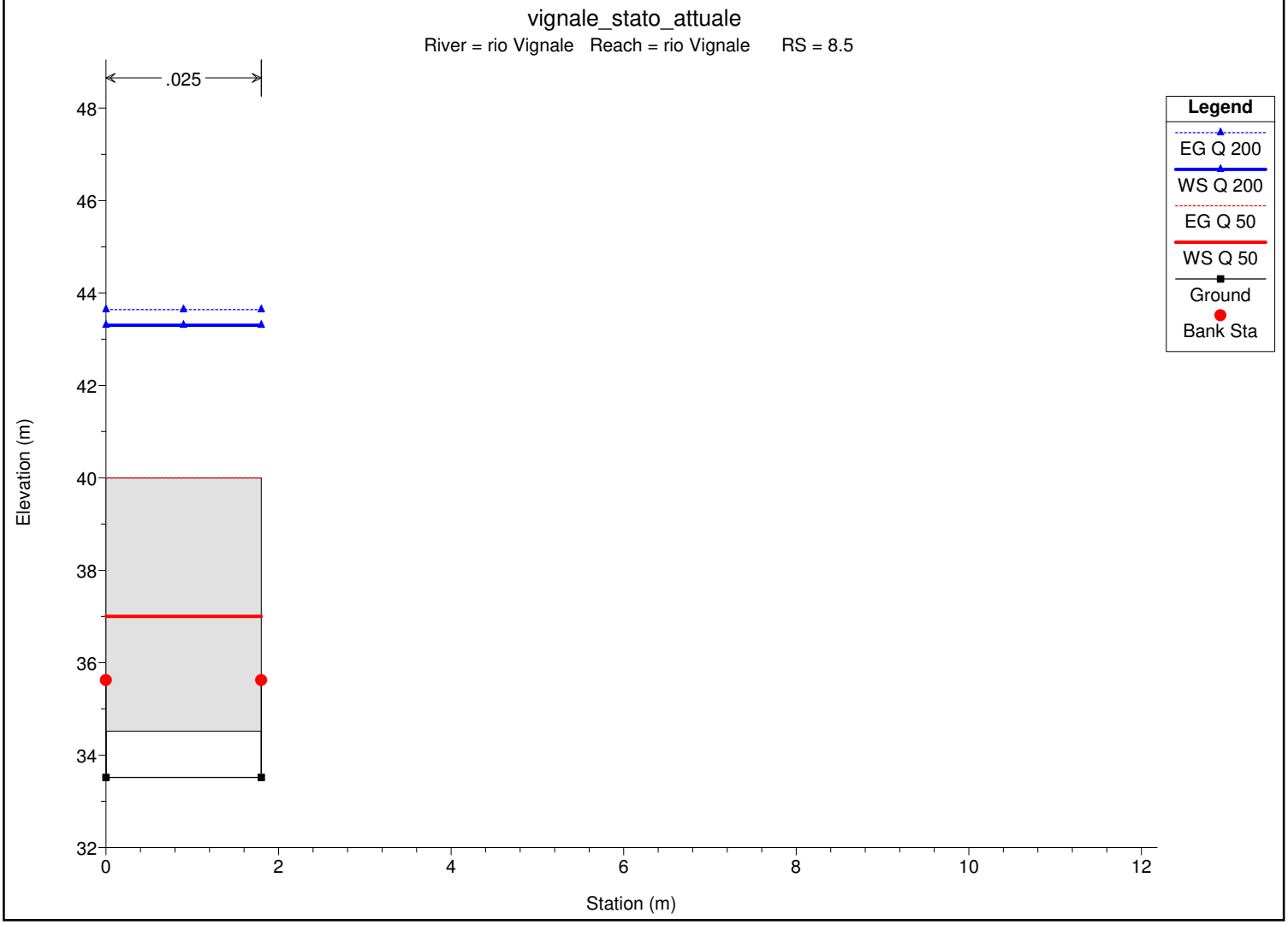
1 cm Horiz. = 0.75 m 1 cm Vert. = 1.4 m



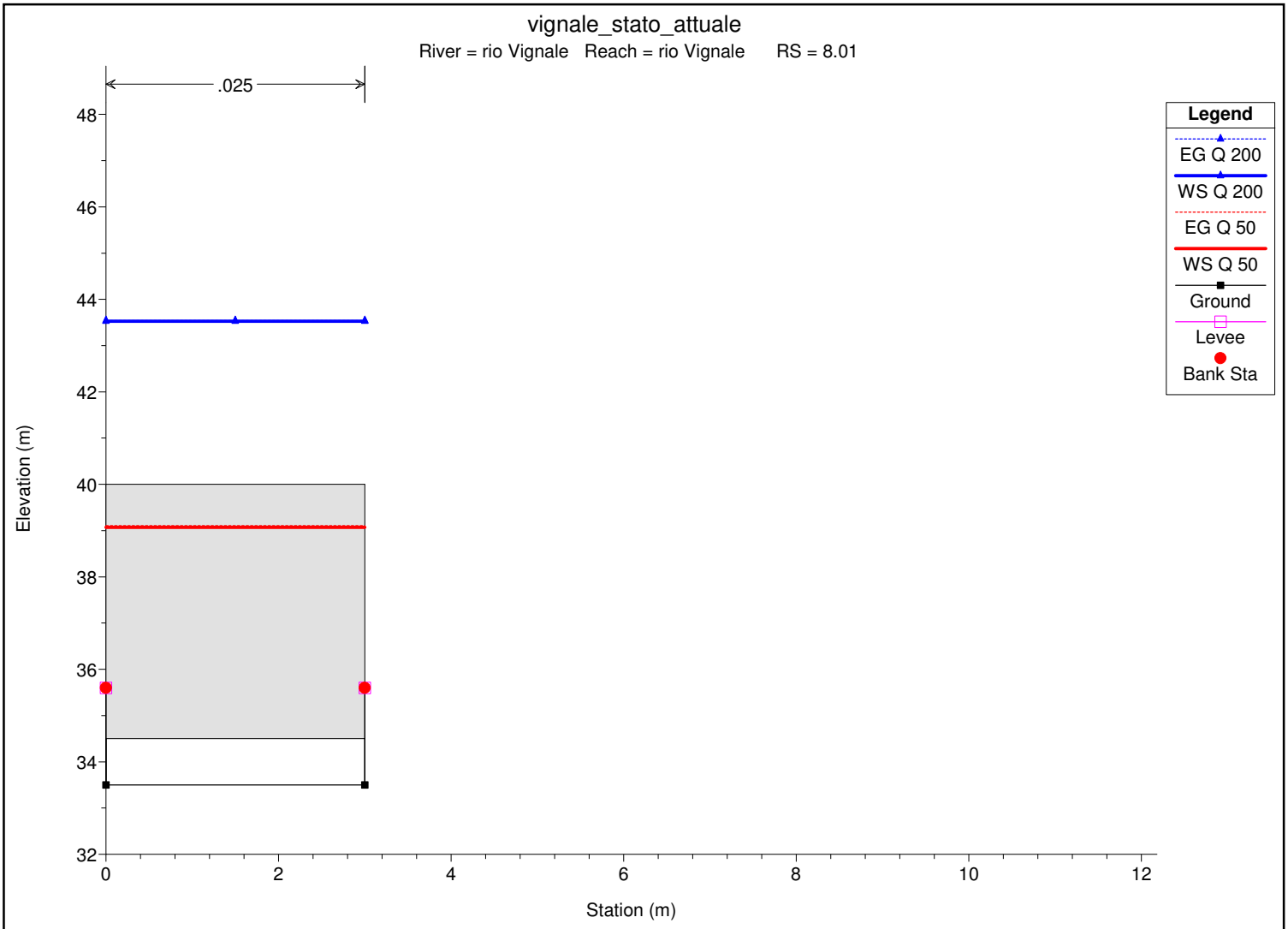


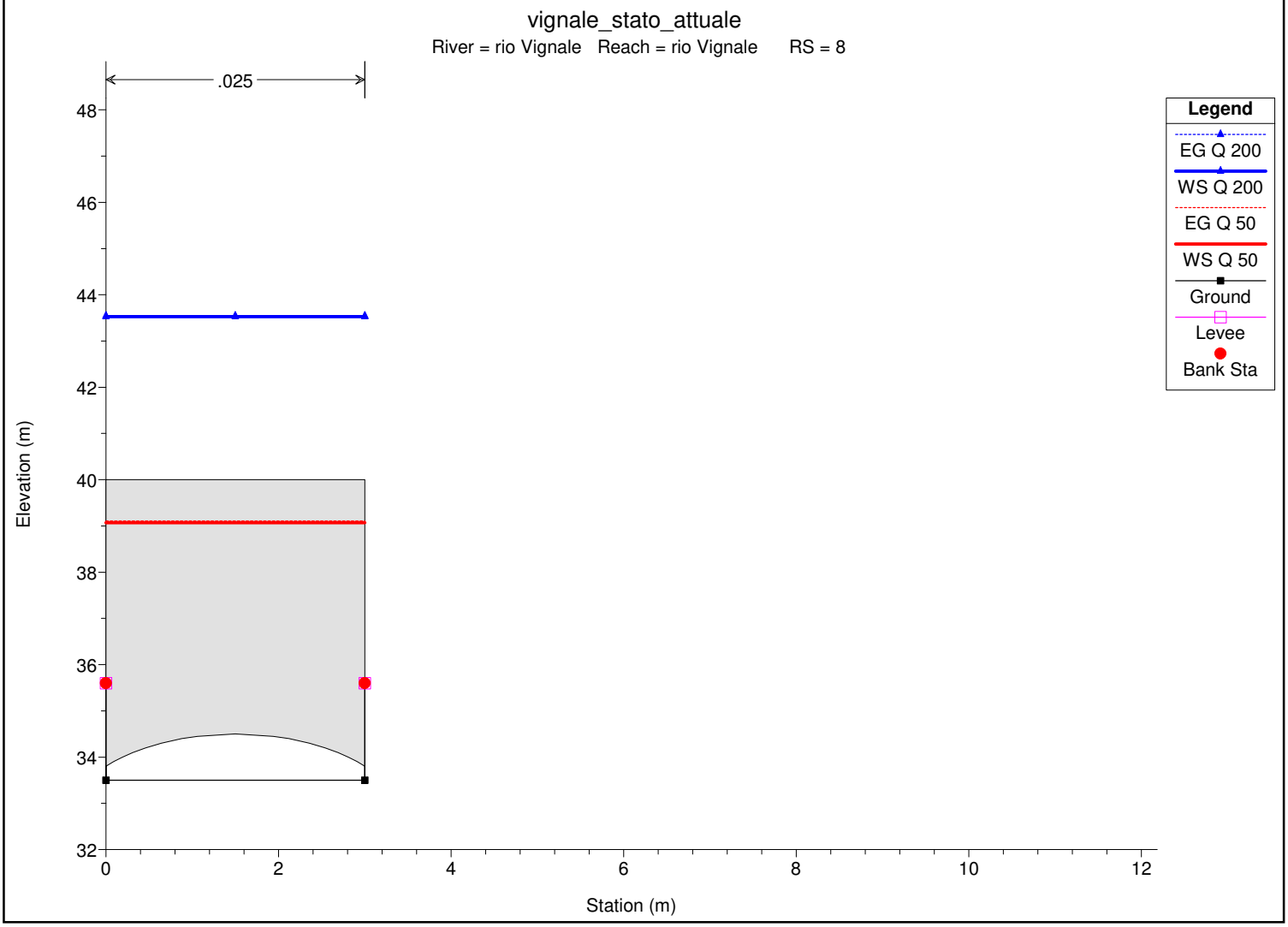
1 cm Horiz. = 0.75 m 1 cm Vert. = 1.4 m



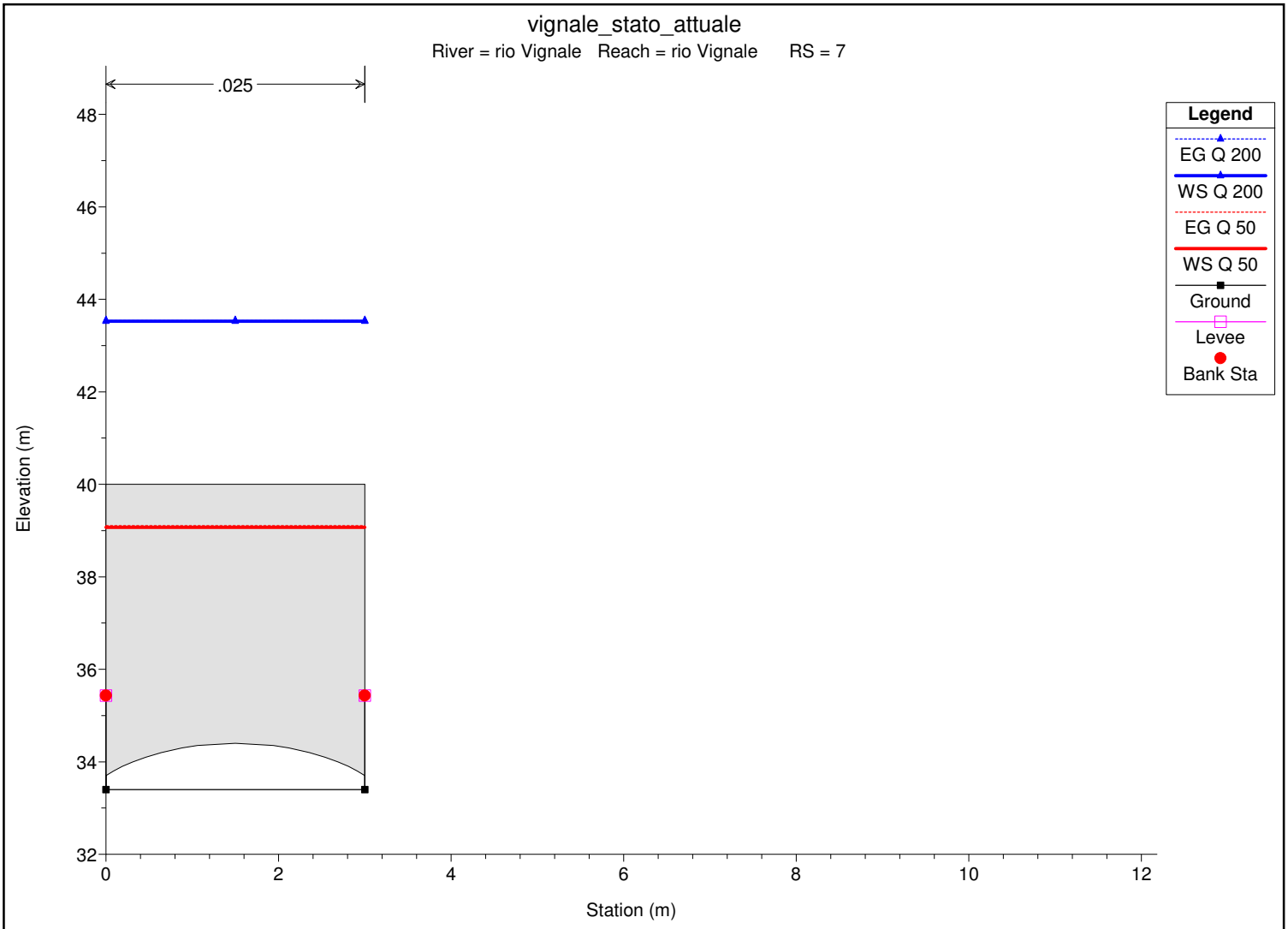


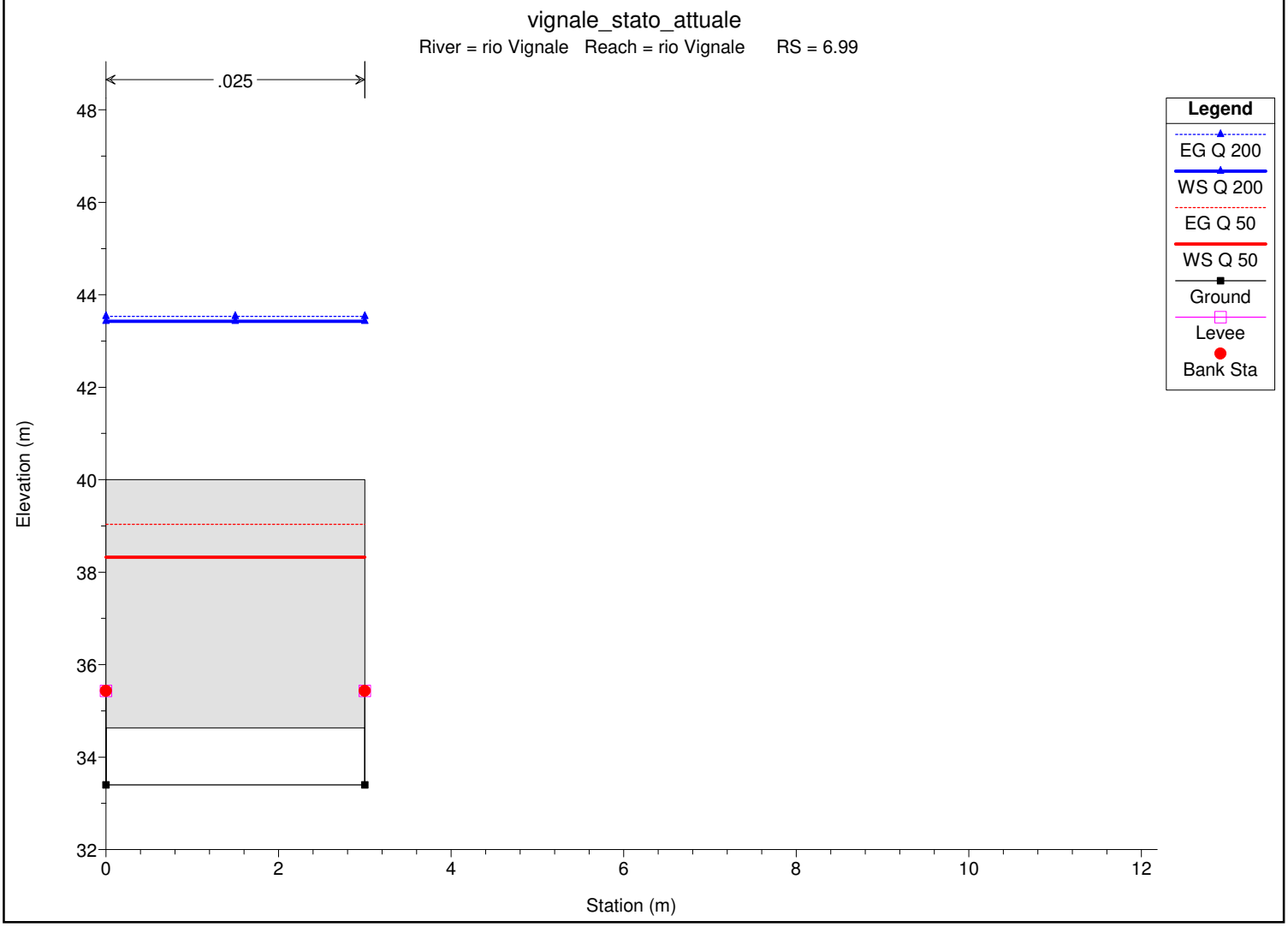
1 cm Horiz. = 0.75 m 1 cm Vert. = 1.4 m



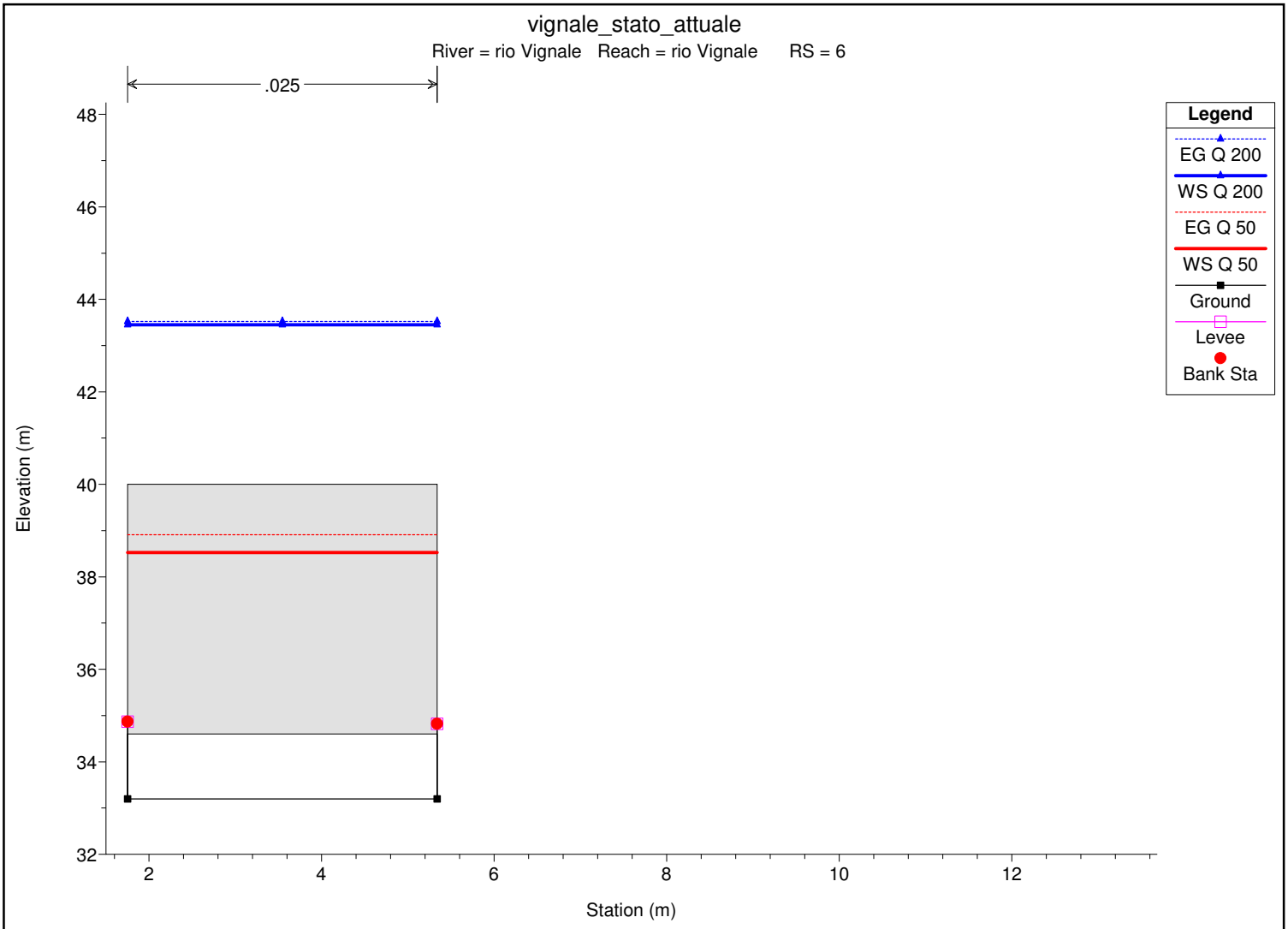


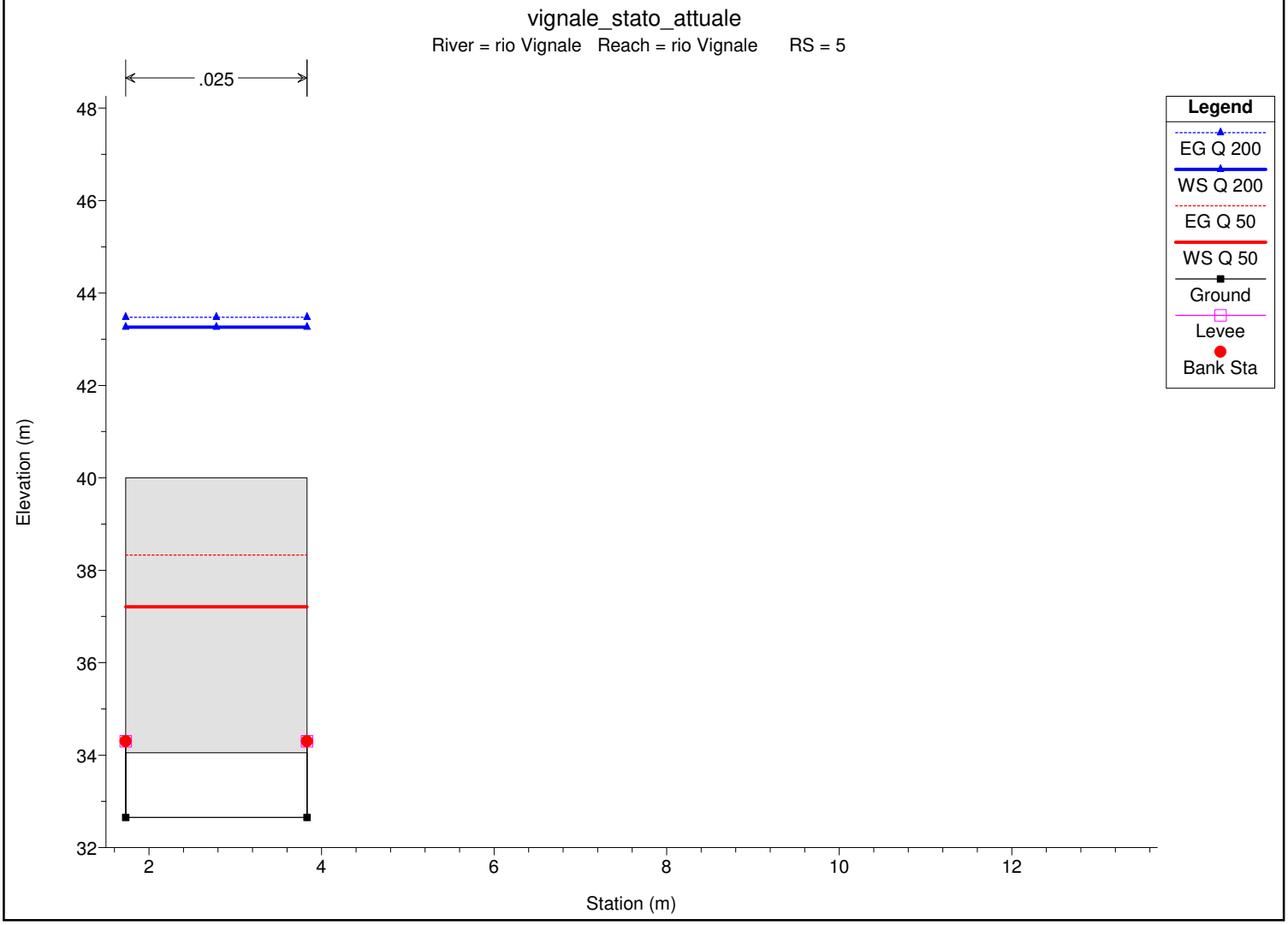
1 cm Horiz. = 0.75 m 1 cm Vert. = 1.4 m



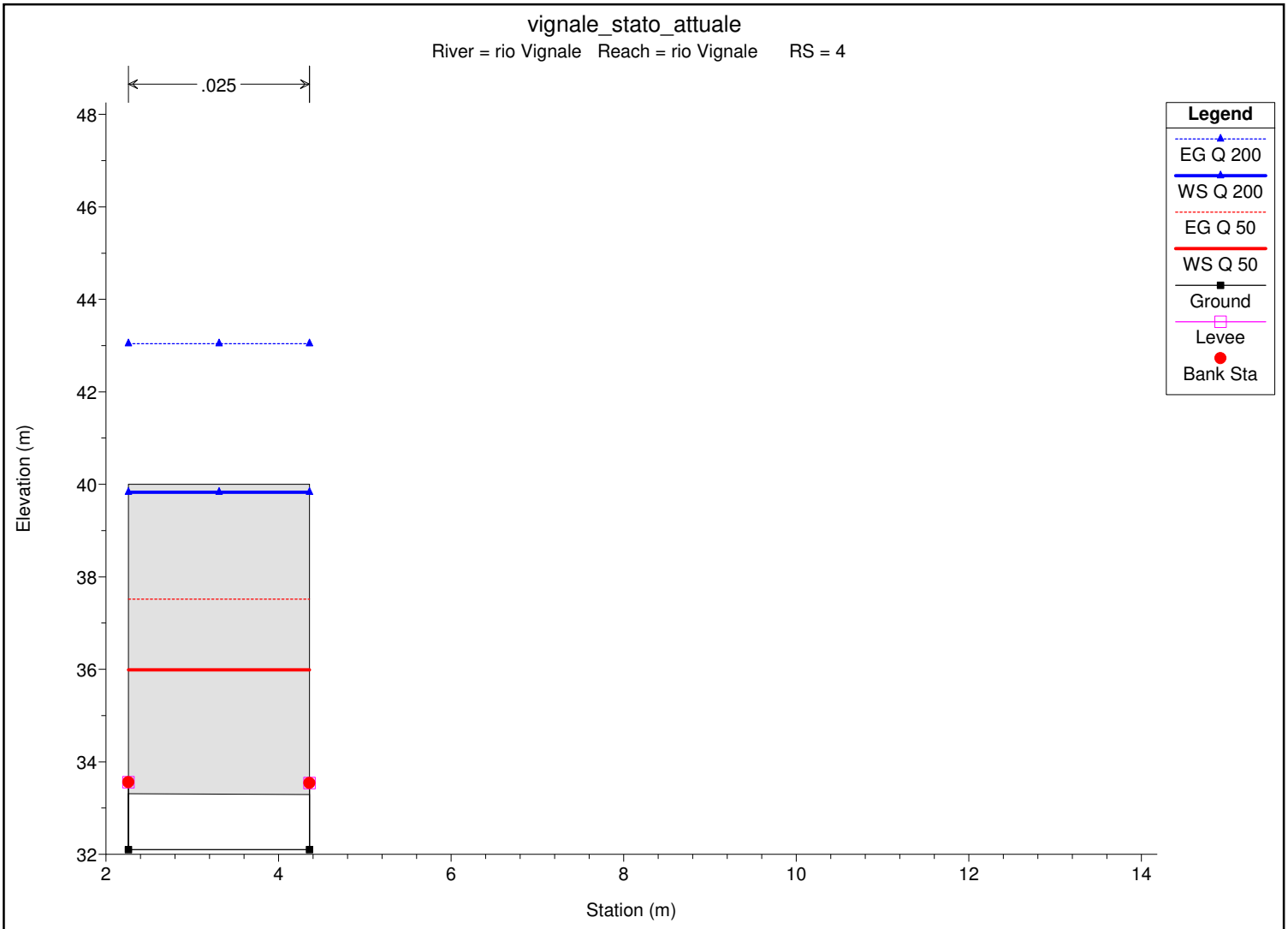


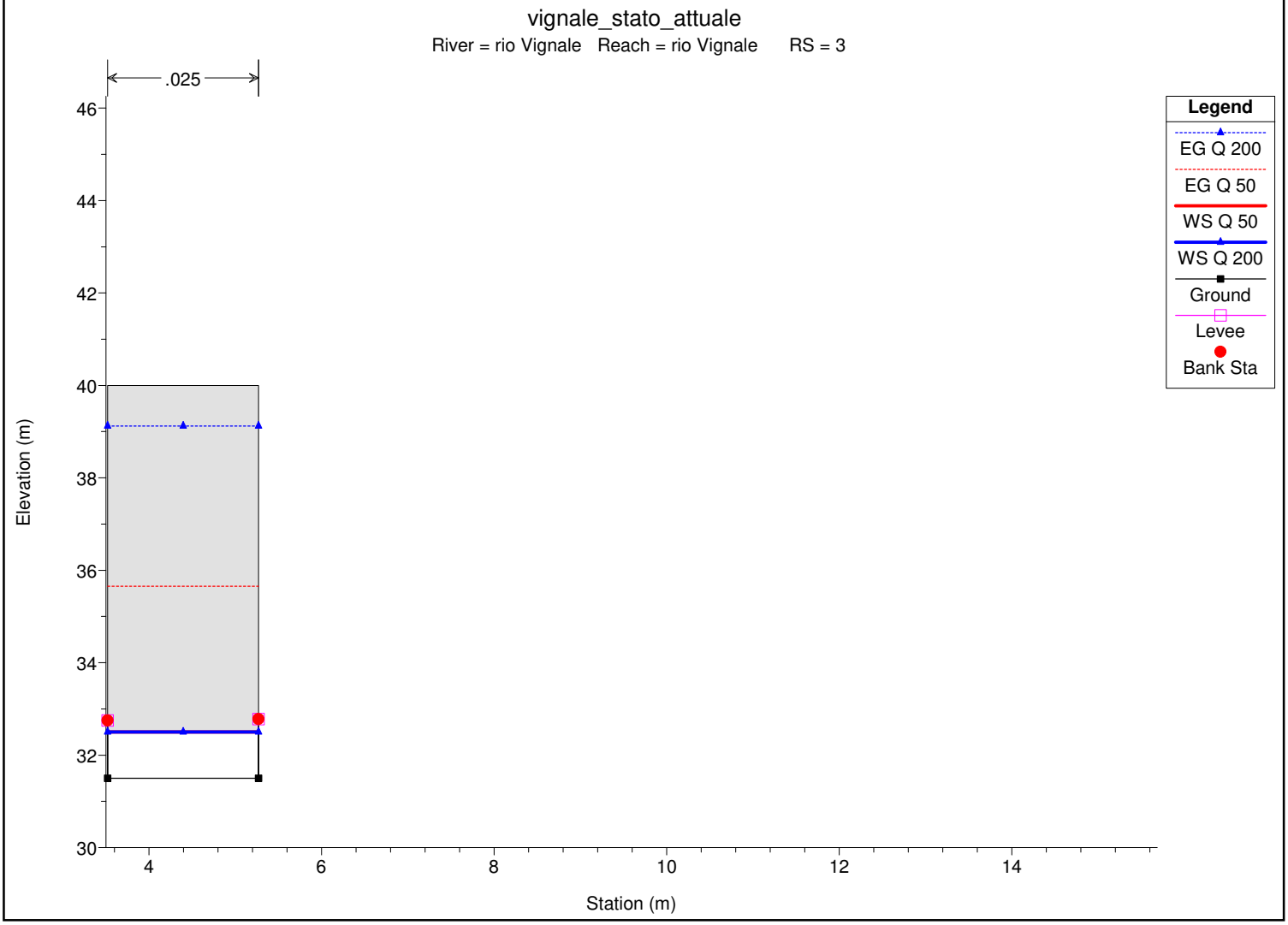
1 cm Horiz. = 0.75 m 1 cm Vert. = 1.4 m



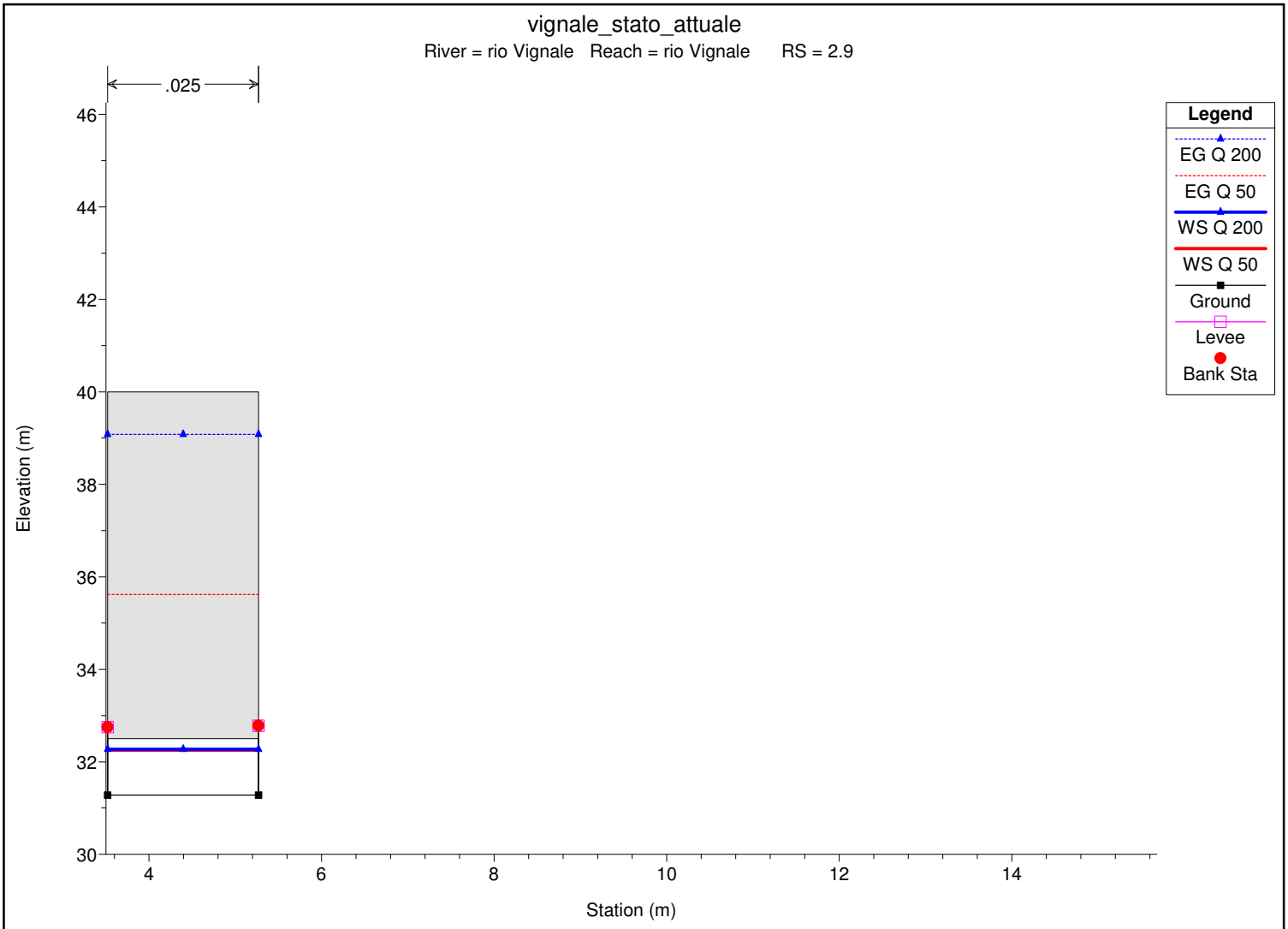


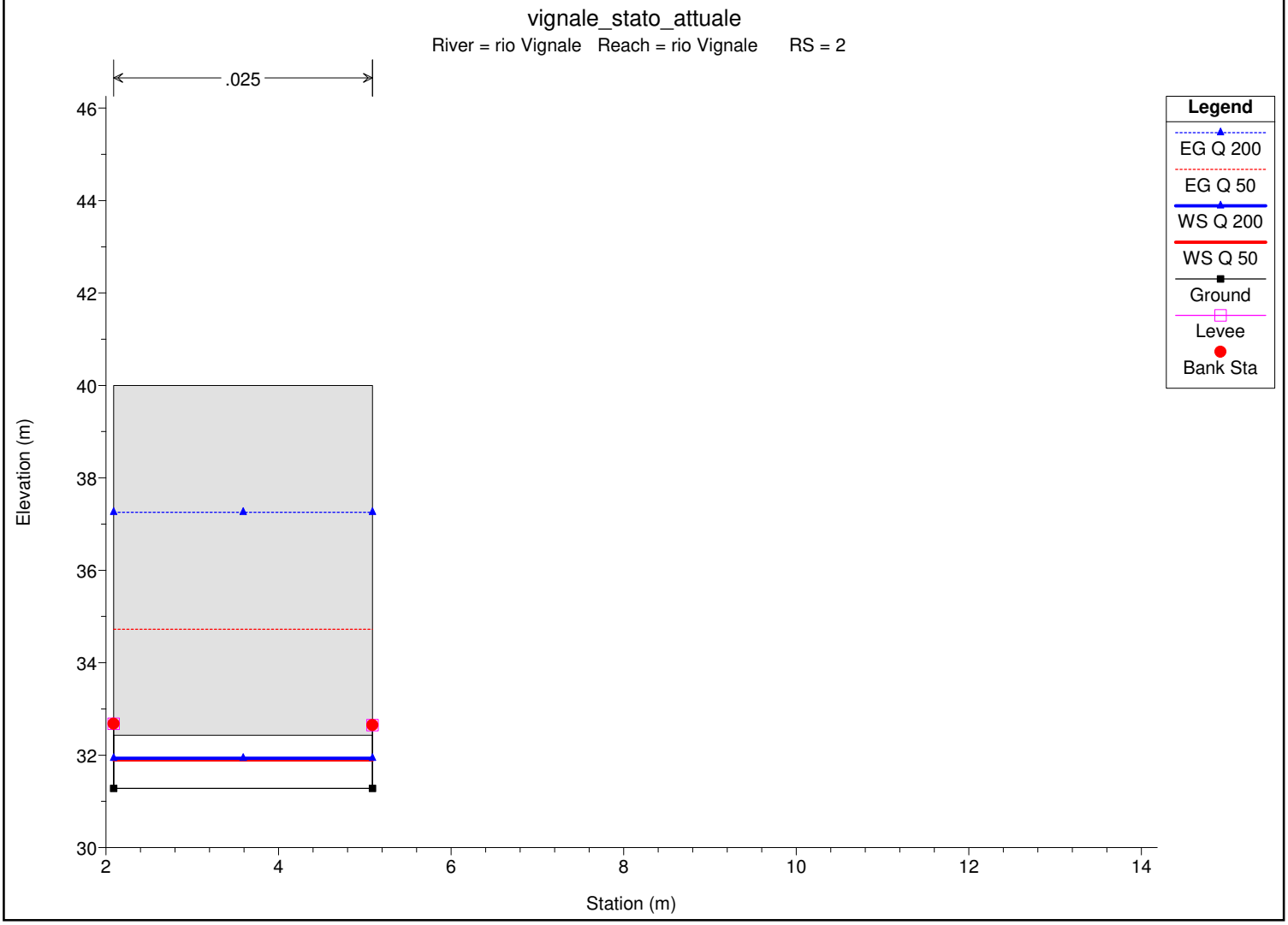
1 cm Horiz. = 0.75 m 1 cm Vert. = 1.4 m



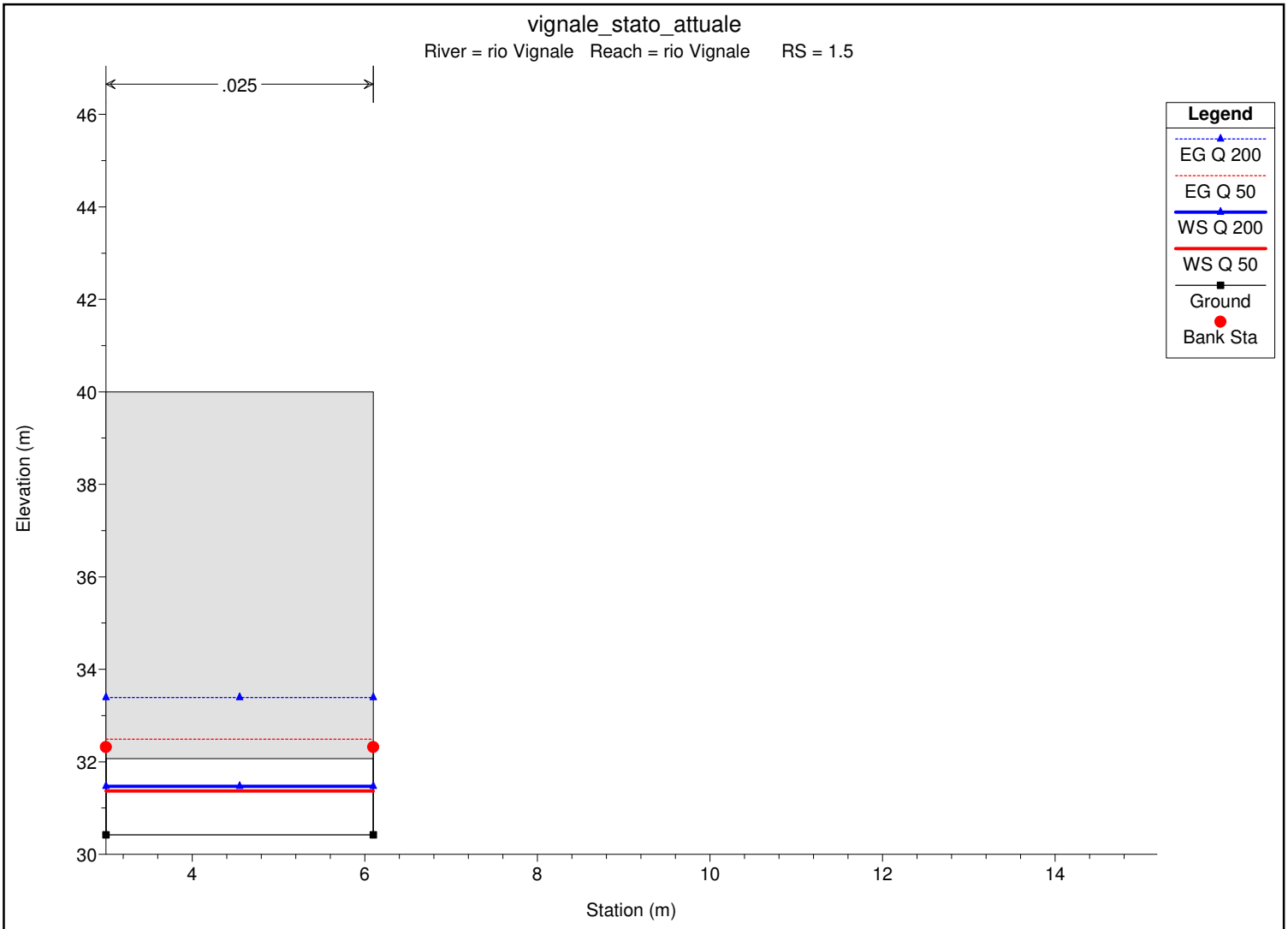


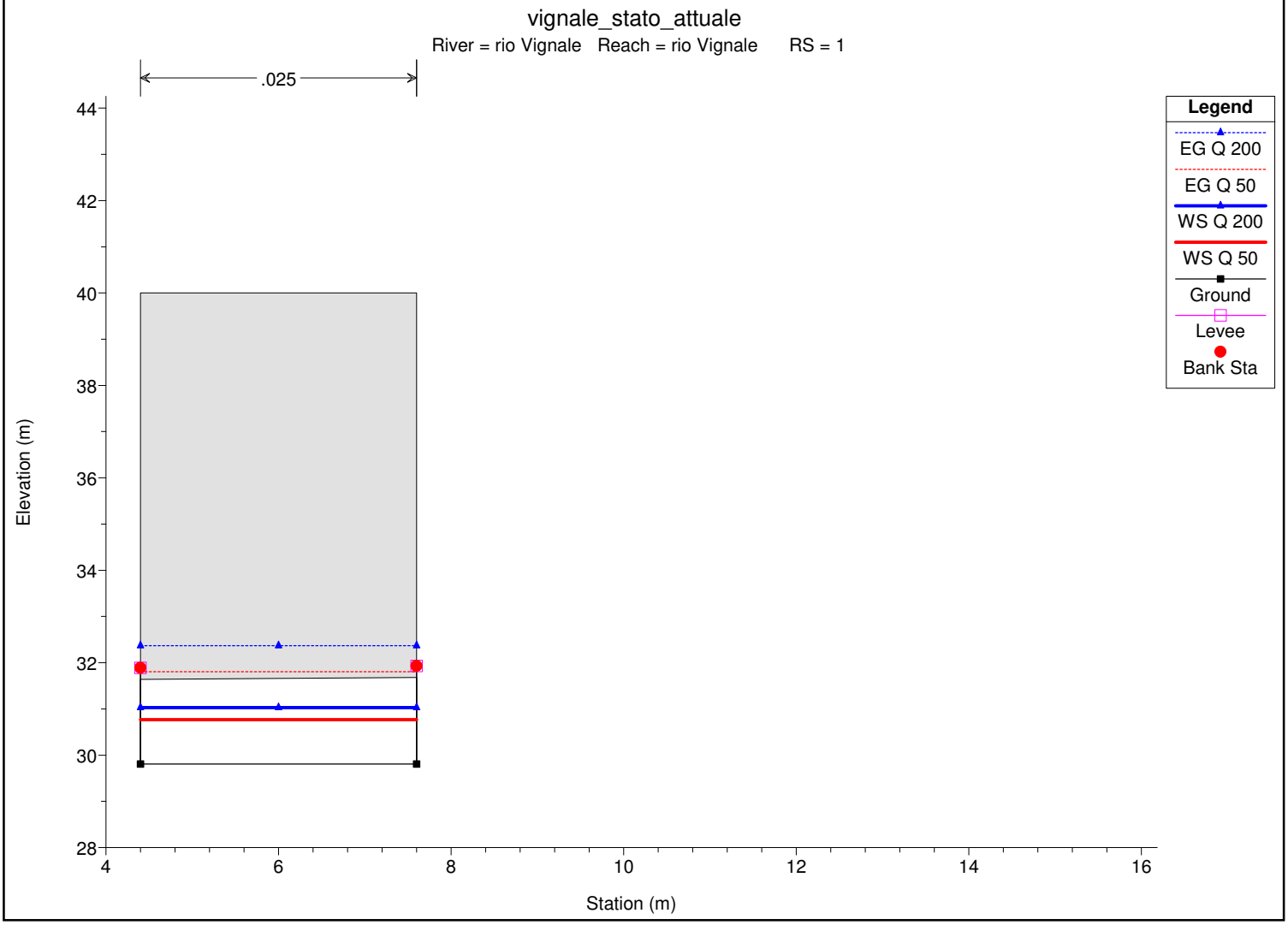
1 cm Horiz. = 0.75 m 1 cm Vert. = 1.4 m



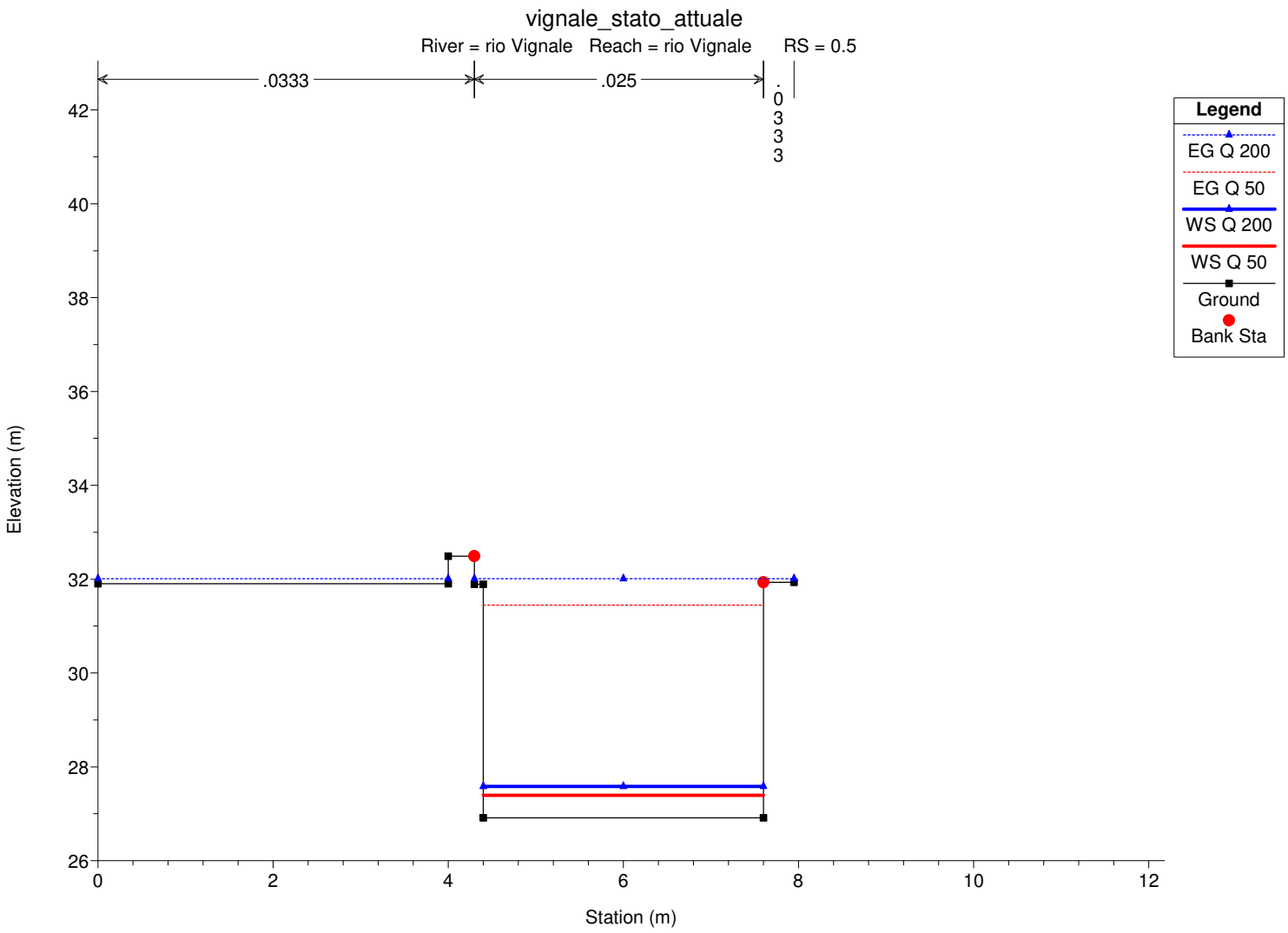


1 cm Horiz. = 0.75 m 1 cm Vert. = 1.4 m





1 cm Horiz. = 0.75 m 1 cm Vert. = 1.4 m



1 cm Horiz. = 0.75 m 1 cm Vert. = 1.4 m

studio tecnico associato ing. sergio brizzolara & ing. stefano sturla
via Cap. Renato Orsi 31/20 - 16043 Chiavari (GE) P.I.V.A. e C.F. 01455710994
☎ +39 0185 370127 +39 0185 368280 b3s@b3s.it - b3s@pec.b3s.it

MODELLO IDRAULICO MOTO PERMANENTE MONODIMENSIONALE
RIO VIGNALE – STATO DI PROGETTO (LOTTO 1)

Piano di Bacino torrente Lavagna – L. 183/89 e ss.mm.ii.

vignale_I_lotto

- *tabella riassuntiva dati e risultati*
- *profilo in asse al corso d'acqua*
- *sezioni trasversali al corso d'acqua*

Chiavari, li dicembre 2017

Il Tecnico

Ing. Sergio Brizzolara



HEC-RAS Plan: Plan 01 River: rio Vignale Reach: rio Vignale

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)	
rio Vignale	13	Q 50	13.80	41.85	44.59	43.39	44.80	0.003946	2.06	7.47	4.29	0.40
rio Vignale	13	Q 200	20.00	41.85	44.91	43.88	45.22	0.005338	2.57	8.88	4.55	0.47
rio Vignale	13	7 mc/s	7.00	41.85	44.01	42.83	44.11	0.002464	1.40	5.17	3.35	0.30
rio Vignale	12.5		Culvert									
rio Vignale	12	Q 50	13.80	41.39	42.89	42.89	43.56	0.012792	3.62	3.81	2.84	1.00
rio Vignale	12	Q 200	20.00	41.39	43.27	43.27	44.13	0.014112	4.11	4.87	2.84	1.00
rio Vignale	12	7 mc/s	7.00	41.39	42.40	42.40	42.83	0.011774	2.93	2.39	2.84	1.02
rio Vignale	11.2	Q 50	13.80	38.61	41.76	39.98	41.87	0.001801	1.46	9.45	3.30	0.28
rio Vignale	11.2	Q 200	20.00	38.61	43.55	40.35	43.62	0.000770	1.15	19.49	10.77	0.17
rio Vignale	11.2	7 mc/s	7.00	38.61	41.02	39.49	41.07	0.000967	0.99	7.05	3.16	0.21
rio Vignale	11.1		Inl Struct									
rio Vignale	11	Q 50	13.80	38.38	39.75	39.75	40.40	0.018197	3.58	3.86	2.96	1.00
rio Vignale	11	Q 200	20.00	38.38	43.52	40.12	43.58	0.000659	1.09	20.66	10.88	0.16
rio Vignale	11	7 mc/s	7.00	38.38	39.26	39.26	39.68	0.016759	2.88	2.43	2.87	1.00
rio Vignale	10	Q 50	13.80	36.90	37.62	38.19	39.69	0.066325	6.38	2.16	3.00	2.40
rio Vignale	10	Q 200	20.00	36.90	43.52	38.55	43.57	0.000288	1.01	19.86		0.12
rio Vignale	10	7 mc/s	7.00	36.90	37.31	37.72	38.96	0.092145	5.70	1.23	3.00	2.84
rio Vignale	9	Q 50	13.80	33.50	38.91	34.79	39.08	0.003526	1.84	7.50		0.25
rio Vignale	9	Q 200	20.00	33.50	43.54	35.15	43.55	0.000060	0.49	40.75	3.00	0.05
rio Vignale	9	7 mc/s	7.00	33.50	33.93	34.32	35.42	0.078025	5.40	1.30	3.00	2.62
rio Vignale	8.5	Q 50	13.80	32.98	39.00	34.27	39.03	0.000170	0.76	18.07		0.10
rio Vignale	8.5	Q 200	20.00	32.98	43.54	34.64	43.55	0.000039	0.47	42.31	3.00	0.05
rio Vignale	8.5	7 mc/s	7.00	32.98	34.34	33.80	34.49	0.002896	1.72	4.08	3.00	0.47
rio Vignale	8.01	Q 50	13.80	32.98	39.00	34.27	39.03	0.000160	0.76	18.07		0.10
rio Vignale	8.01	Q 200	20.00	32.98	43.54	34.63	43.55	0.000039	0.47	42.31	3.00	0.05
rio Vignale	8.01	7 mc/s	7.00	32.98	34.32	33.80	34.48	0.002981	1.74	4.03	3.00	0.48
rio Vignale	8	Q 50	13.80	32.98	39.00	34.18	39.03	0.000124	0.76	18.07		0.10
rio Vignale	8	Q 200	20.00	32.98	43.54	34.38	43.55	0.000037	0.47	42.31	3.00	0.05

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: rio Vignale Reach: rio Vignale (Continued)

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)	
rio Vignale	8	7 mc/s	7.00	32.98	34.29	33.80	34.47	0.004620	1.91	3.67	1.76	0.53
rio Vignale	7	Q 50	13.80	32.98	39.00	34.16	39.03	0.000120	0.76	18.06		0.10
rio Vignale	7	Q 200	20.00	32.98	43.54	34.32	43.55	0.000036	0.47	42.31	3.00	0.05
rio Vignale	7	7 mc/s	7.00	32.98	34.21	33.79	34.42	0.005804	2.06	3.40	1.69	0.59
rio Vignale	6.99	Q 50	13.80	32.98	38.53	34.27	38.99	0.013723	2.99	4.62		0.40
rio Vignale	6.99	Q 200	20.00	32.98	43.45	34.52	43.54	0.000836	1.33	14.98	3.00	0.13
rio Vignale	6.99	7 mc/s	7.00	32.98	34.23	33.80	34.41	0.003594	1.86	3.76	3.00	0.53
rio Vignale	6	Q 50	13.80	32.98	38.58	34.15	38.94	0.010604	2.66	5.18		0.36
rio Vignale	6	Q 200	20.00	32.98	43.47	34.46	43.54	0.000735	1.15	17.32	3.50	0.11
rio Vignale	6	7 mc/s	7.00	32.98	34.27	33.72	34.39	0.002250	1.55	4.50	3.50	0.44
rio Vignale	5.99	Q 50	13.80	32.98	38.81	34.15	38.84	0.000225	0.68	20.42	3.50	0.09
rio Vignale	5.99	Q 200	20.00	32.98	43.51	34.47	43.52	0.000118	0.54	36.84	3.50	0.05
rio Vignale	5.99	7 mc/s	7.00	32.98	34.27	33.72	34.39	0.002251	1.55	4.50	3.50	0.44
rio Vignale	5.5	Q 50	13.80	32.98	38.24	34.27	38.78	0.017804	3.26	4.23		0.45
rio Vignale	5.5	Q 200	20.00	32.98	43.41	34.38	43.51	0.001100	1.38	14.54	3.02	0.14
rio Vignale	5.5	7 mc/s	7.00	32.98	34.15	33.80	34.35	0.004245	1.98	3.54	3.02	0.58
rio Vignale	5	Q 50	13.80	32.65	37.21	34.05	38.33	0.043755	4.69	2.94		0.70
rio Vignale	5	Q 200	20.00	32.65	43.26	34.05	43.47	0.003050	2.04	9.79	2.10	0.20
rio Vignale	5	7 mc/s	7.00	32.65	33.69	33.69	34.21	0.015180	3.20	2.19	2.10	1.00
rio Vignale	4	Q 50	13.80	32.10	35.99	33.30	37.52	0.067685	5.48	2.52		0.89
rio Vignale	4	Q 200	20.00	32.10	39.83	33.31	43.04	0.142165	7.94	2.52		0.91
rio Vignale	4	7 mc/s	7.00	32.10	33.40	33.14	33.79	0.017415	2.78	2.52		0.78
rio Vignale	3	Q 50	13.80	31.50	32.50	32.50	35.65	0.106410	7.86	1.75	1.75	2.51
rio Vignale	3	Q 200	20.00	31.50	32.50	32.50	39.12	0.223587	11.40	1.75	1.75	3.63
rio Vignale	3	7 mc/s	7.00	31.50	32.50	32.50	33.31	0.027400	3.99	1.75	1.75	1.27
rio Vignale	2.9	Q 50	13.80	31.28	32.25	33.13	35.62	0.116501	8.13	1.70	1.75	2.64
rio Vignale	2.9	Q 200	20.00	31.28	32.27	33.65	39.08	0.232580	11.56	1.73	1.75	3.71
rio Vignale	2.9	7 mc/s	7.00	31.28	32.12	32.46	33.28	0.043857	4.76	1.47	1.75	1.66

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: rio Vignale Reach: rio Vignale (Continued)

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)	
rio Vignale	2	Q 50	13.80	31.28	31.90	32.43	34.73	0.104530	7.45	1.85	3.00	3.03
rio Vignale	2	Q 200	20.00	31.28	31.93	32.43	37.26	0.186881	10.22	1.96	3.00	4.04
rio Vignale	2	7 mc/s	7.00	31.28	31.76	32.10	32.95	0.055378	4.82	1.45	3.00	2.21
rio Vignale	1.5	Q 50	13.80	30.42	31.37	31.68	32.49	0.027763	4.68	2.95	3.10	1.53
rio Vignale	1.5	Q 200	20.00	30.42	31.47	32.04	33.39	0.043918	6.14	3.26	3.10	1.91
rio Vignale	1.5	7 mc/s	7.00	30.42	31.09	31.22	31.67	0.019515	3.37	2.08	3.10	1.31
rio Vignale	1	Q 50	13.80	29.81	30.77	31.05	31.80	0.025224	4.51	3.06	3.20	1.47
rio Vignale	1	Q 200	20.00	29.81	31.03	31.39	32.37	0.026964	5.14	3.89	3.20	1.49
rio Vignale	1	7 mc/s	7.00	29.81	30.40	30.60	31.10	0.025996	3.69	1.90	3.20	1.53
rio Vignale	0.5	Q 50	13.80	26.91	27.39	28.15	31.45	0.186296	8.92	1.55	3.20	4.09
rio Vignale	0.5	Q 200	20.00	26.91	27.58	28.49	32.01	0.147664	9.32	2.15	3.20	3.63
rio Vignale	0.5	7 mc/s	7.00	26.91	27.17	27.70	30.75	0.321298	8.38	0.84	3.20	5.23

vignale_solo_LOTTO_1

rio Vignale rio Vignale

Legend

EG Q 200
EG Q 50
EG 7 mc/s
WS Q 200
WS Q 50
WS 7 mc/s
Ground
LOB
ROB
Left Levee
Right Levee

Elevation (m)

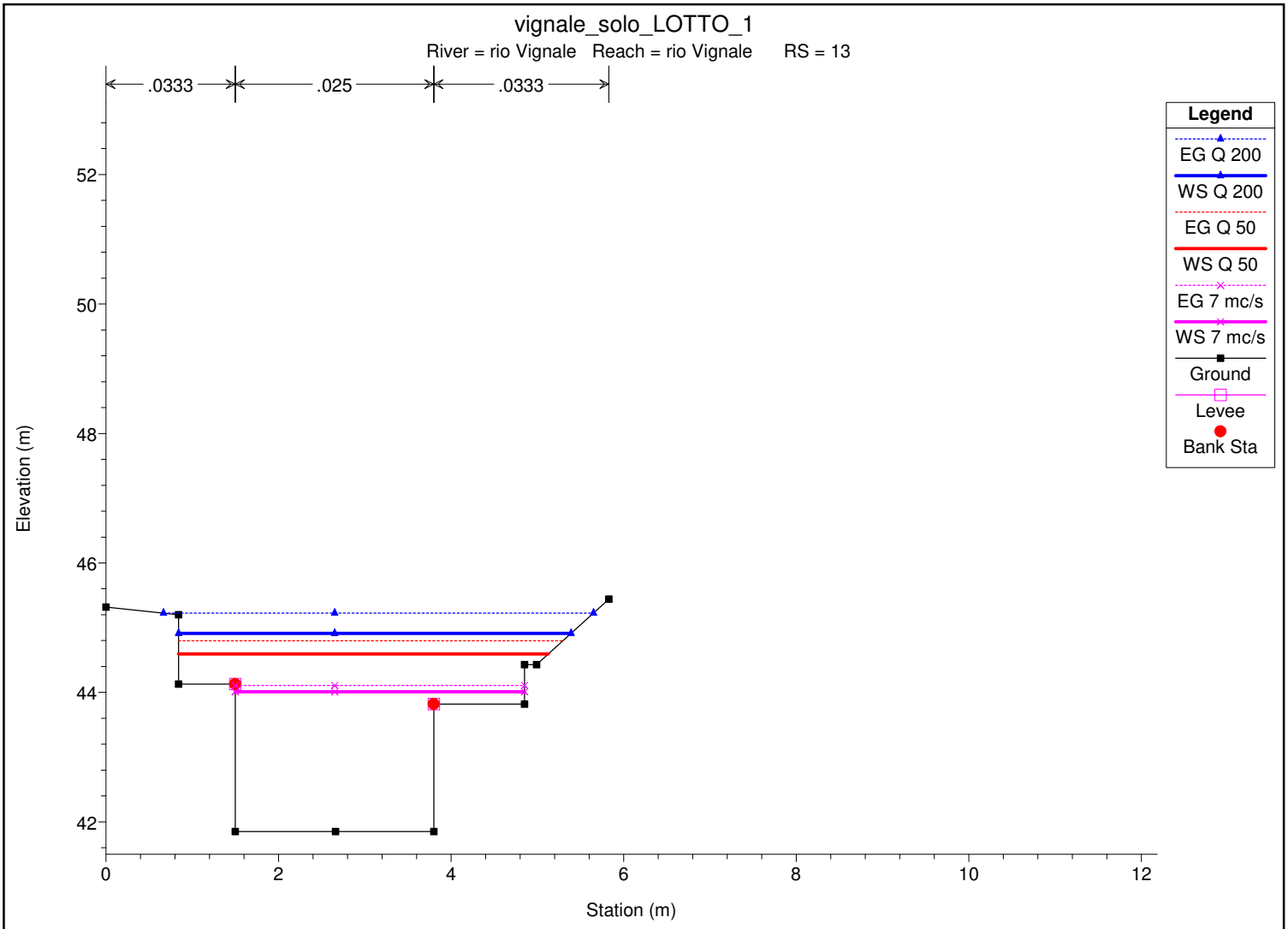
45
40
35
30
25

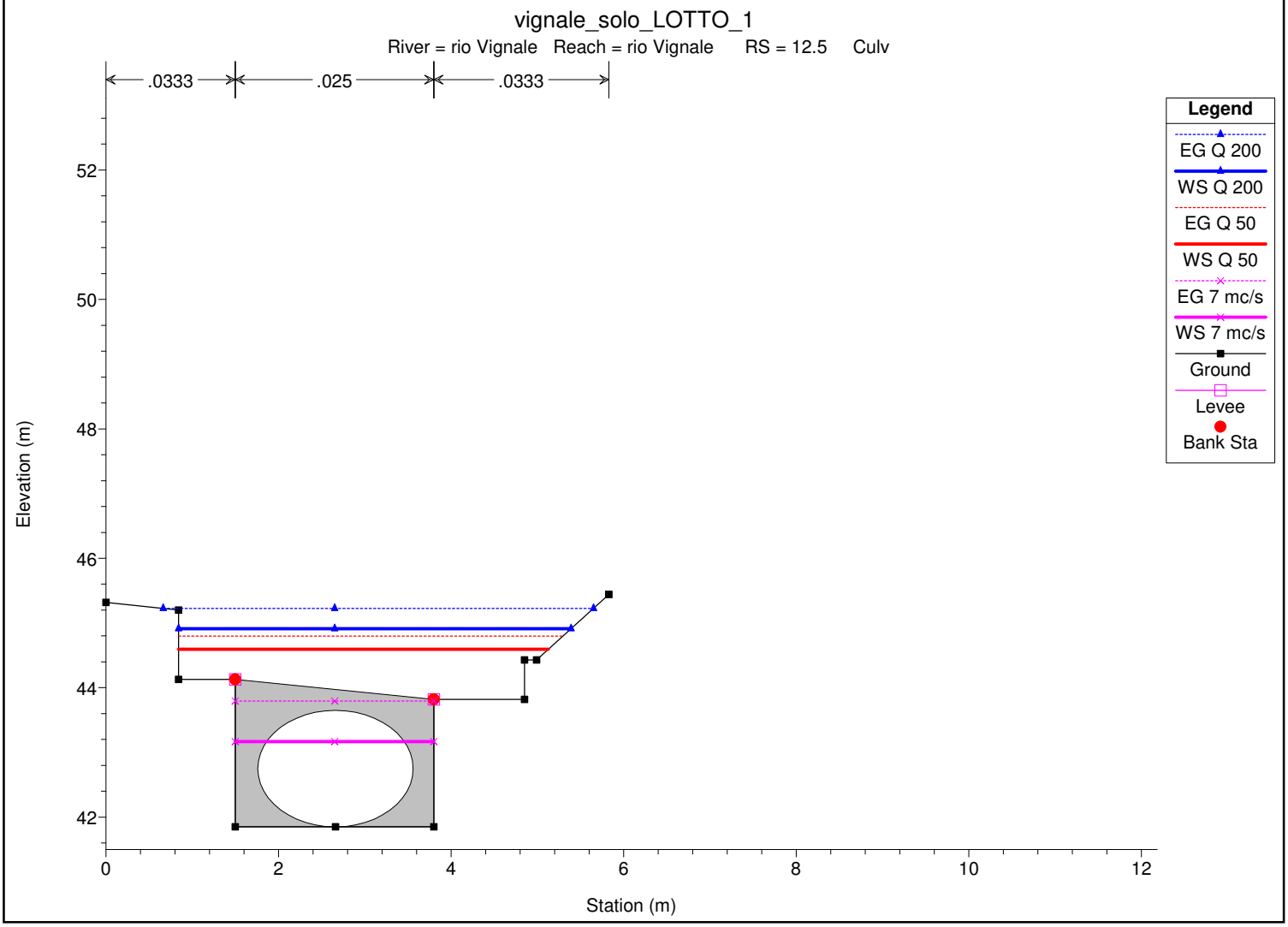
1.5 2 2.9 4 5 5.5 5.99 8 8.5 9 10 11 12 12.5

0 50 100 150 200 250

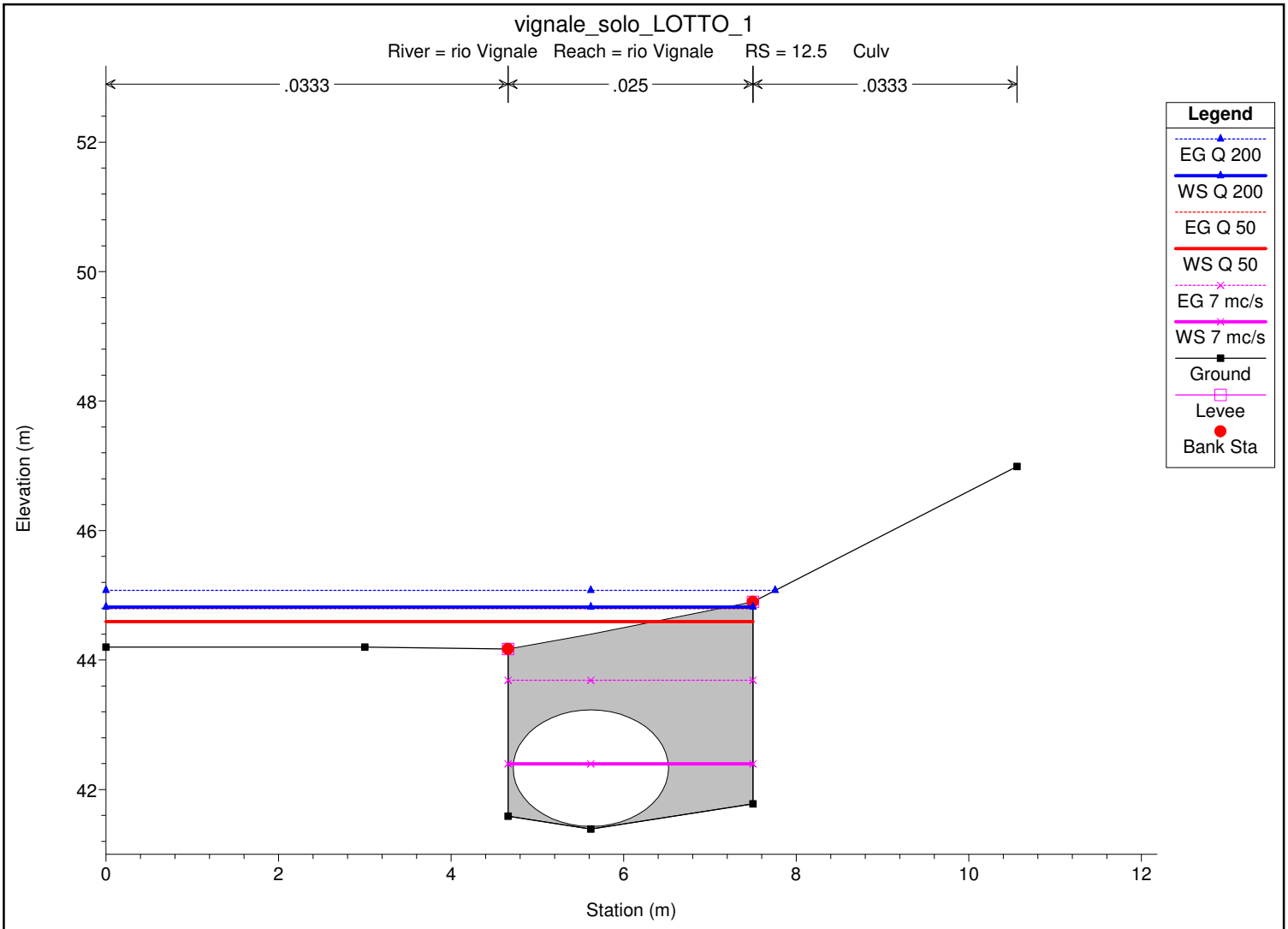
Main Channel Distance (m)

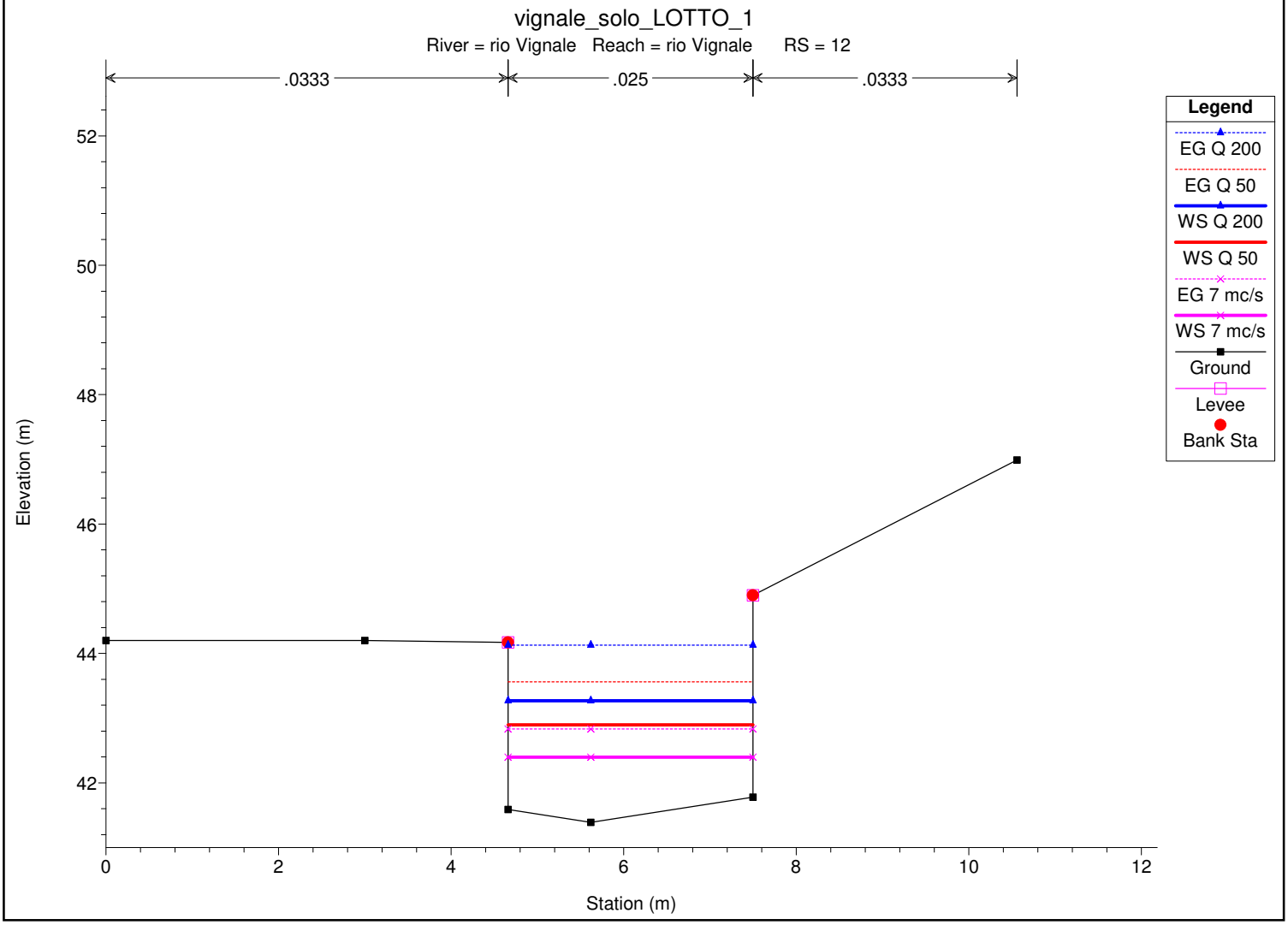
1 cm Horiz. = 7 m 1 cm Vert. = 1 m



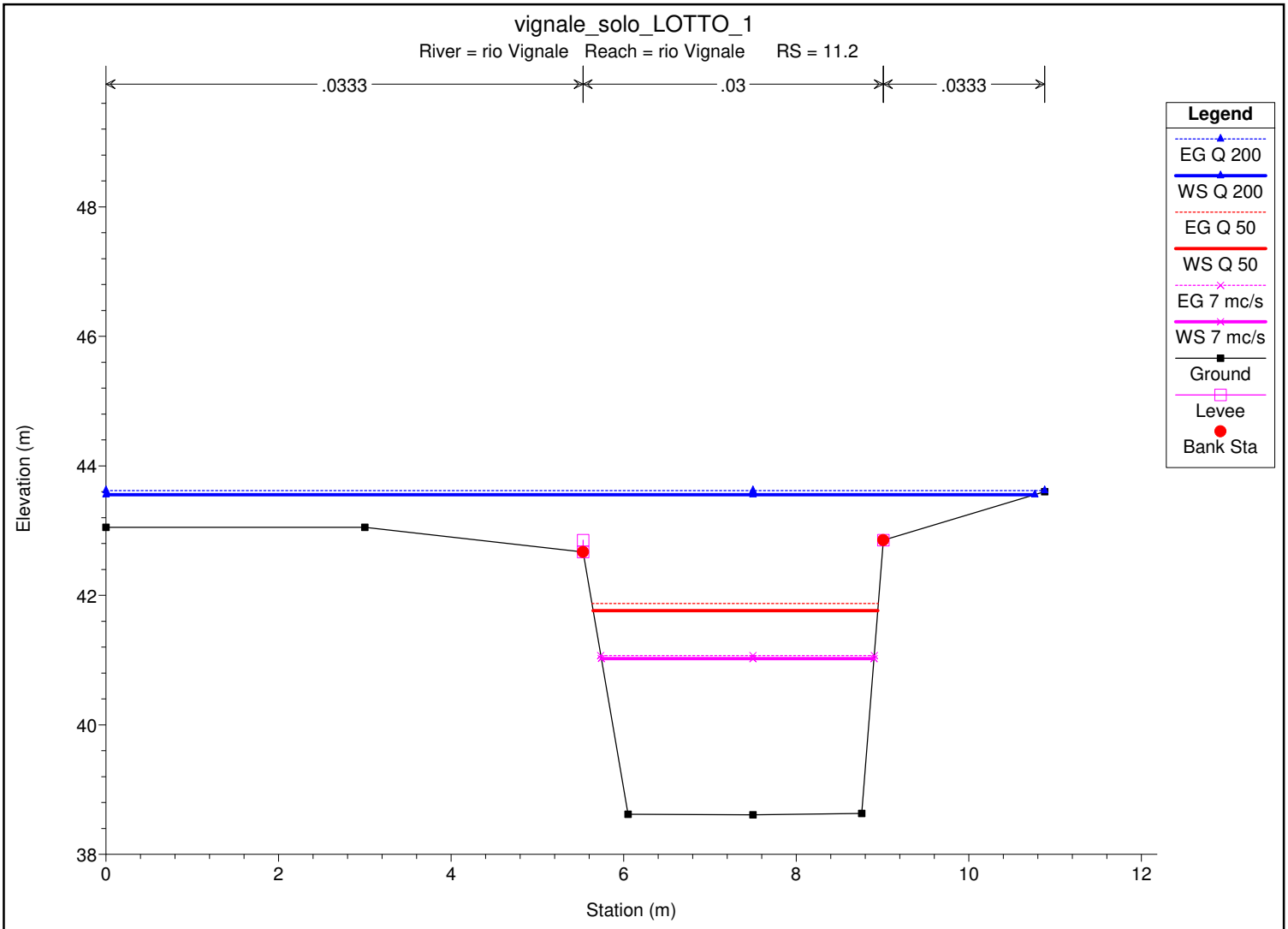


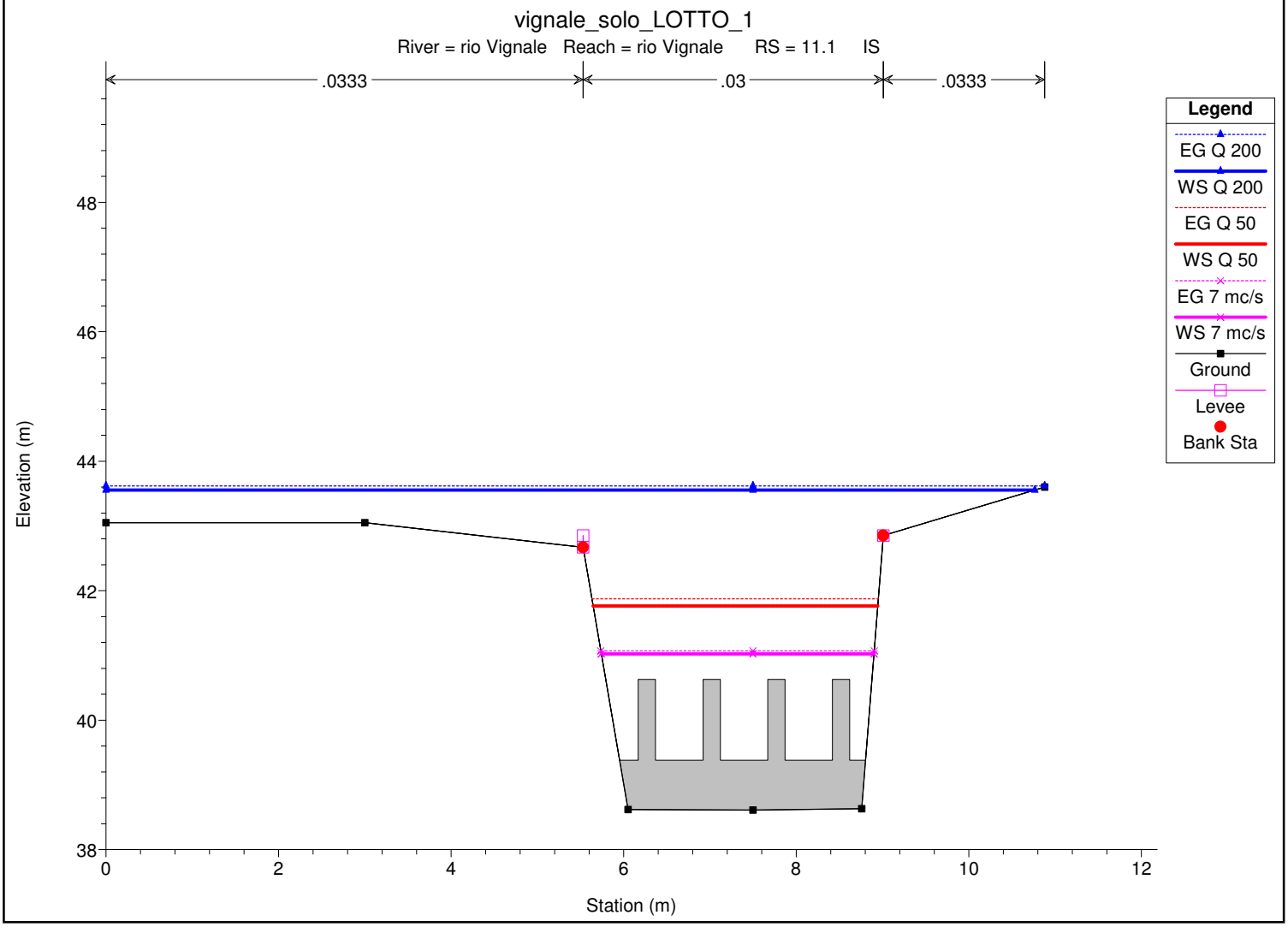
1 cm Horiz. = 0.75 m 1 cm Vert. = 1 m



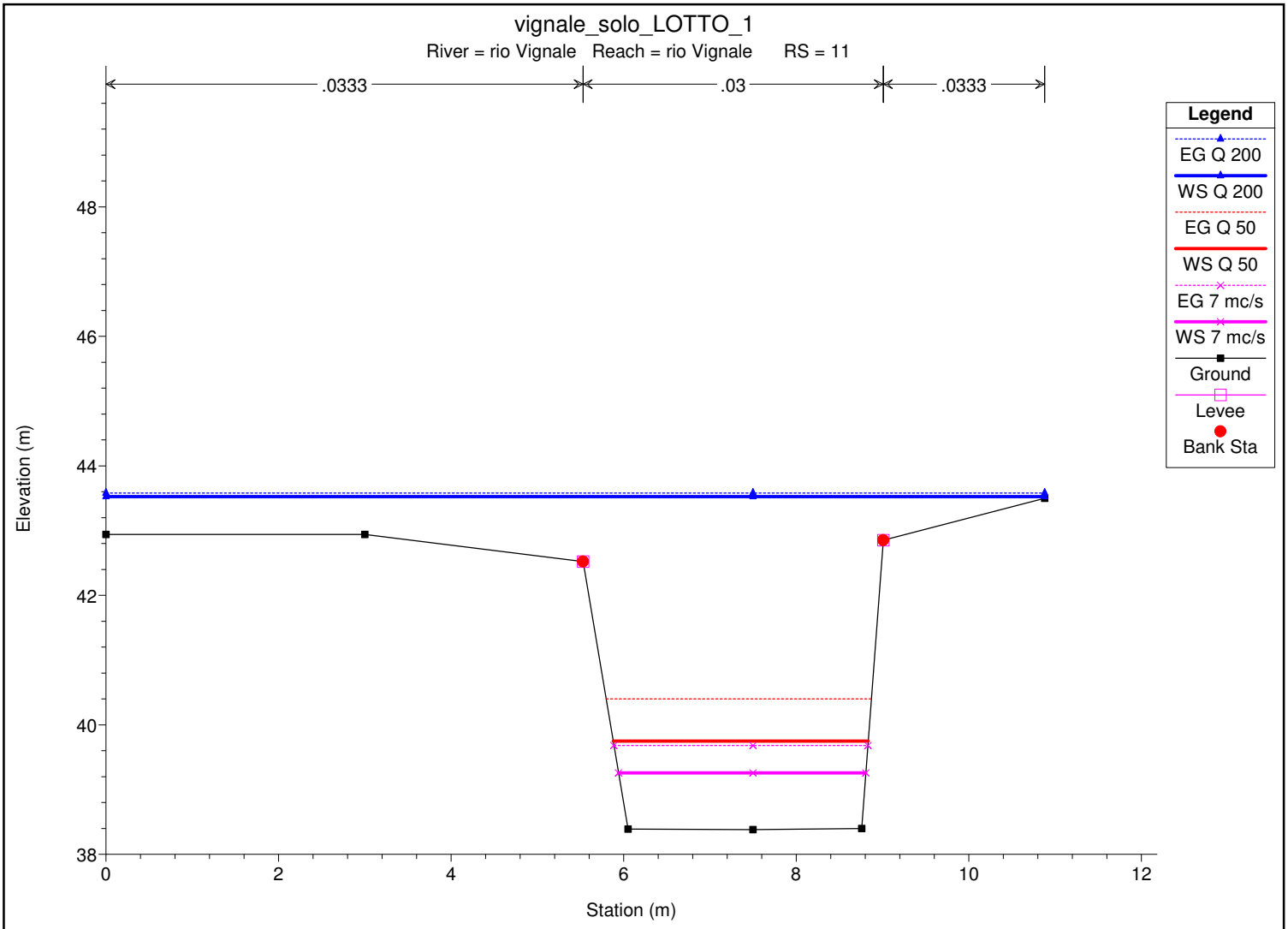


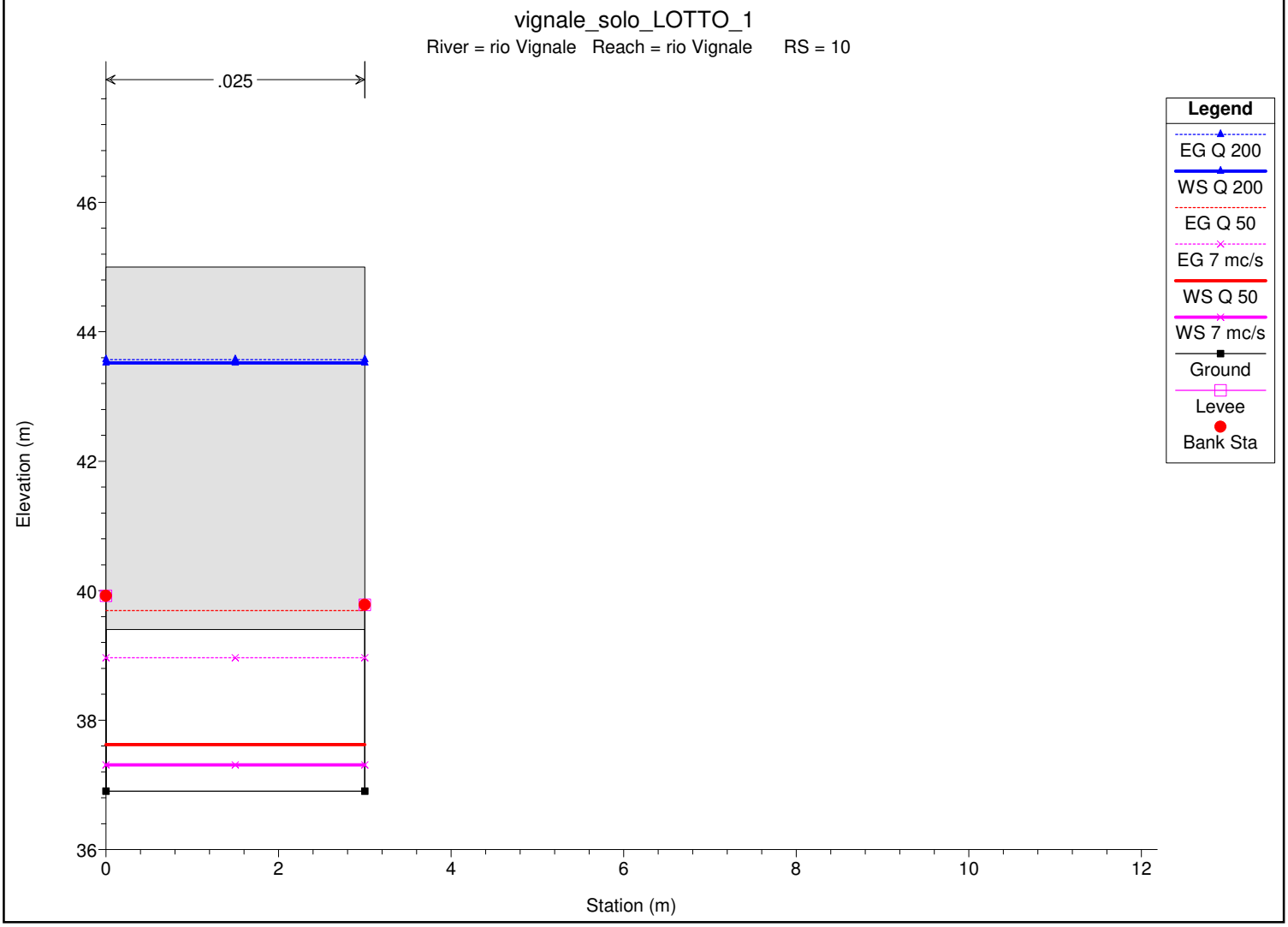
1 cm Horiz. = 0.75 m 1 cm Vert. = 1 m



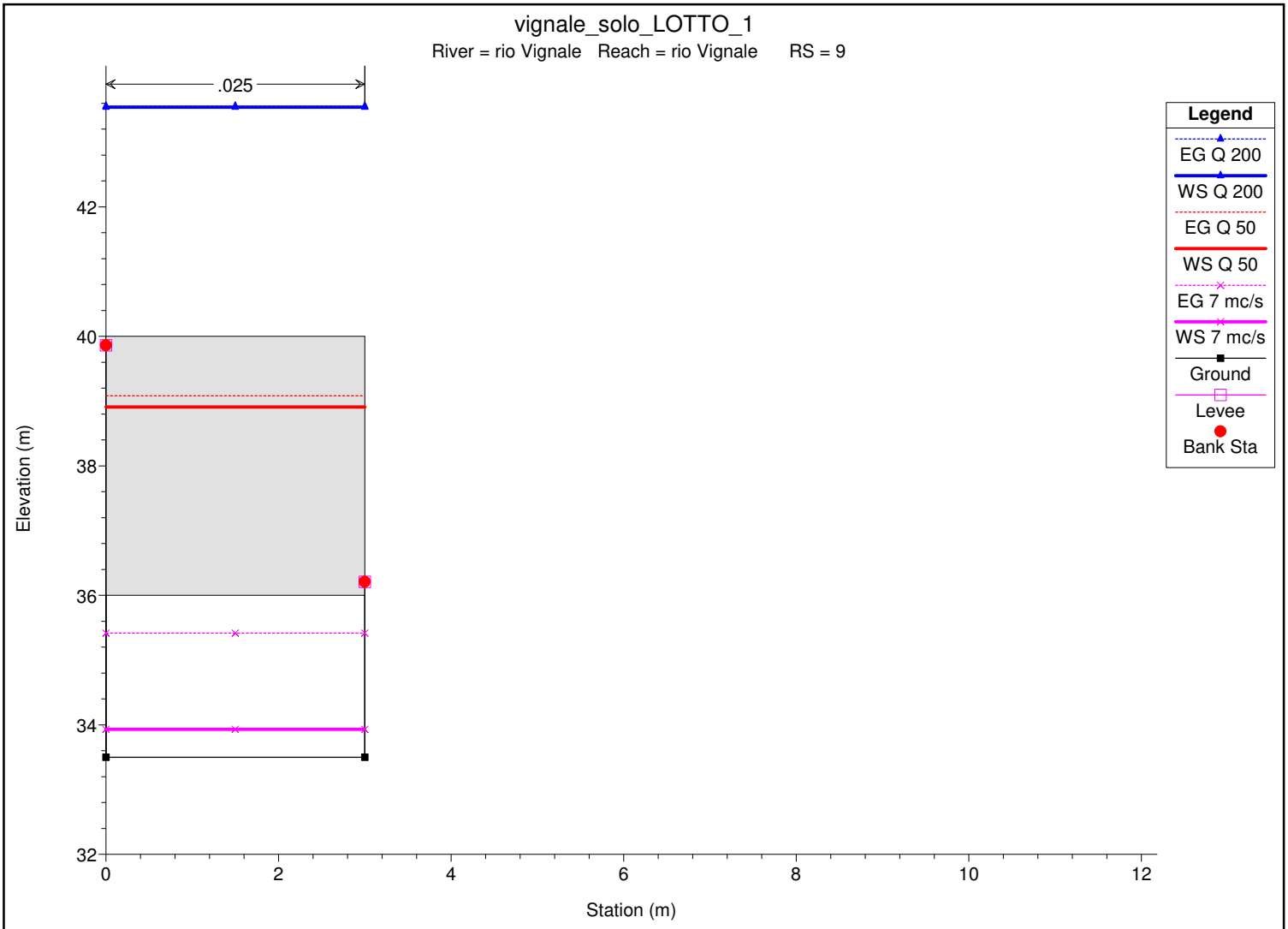


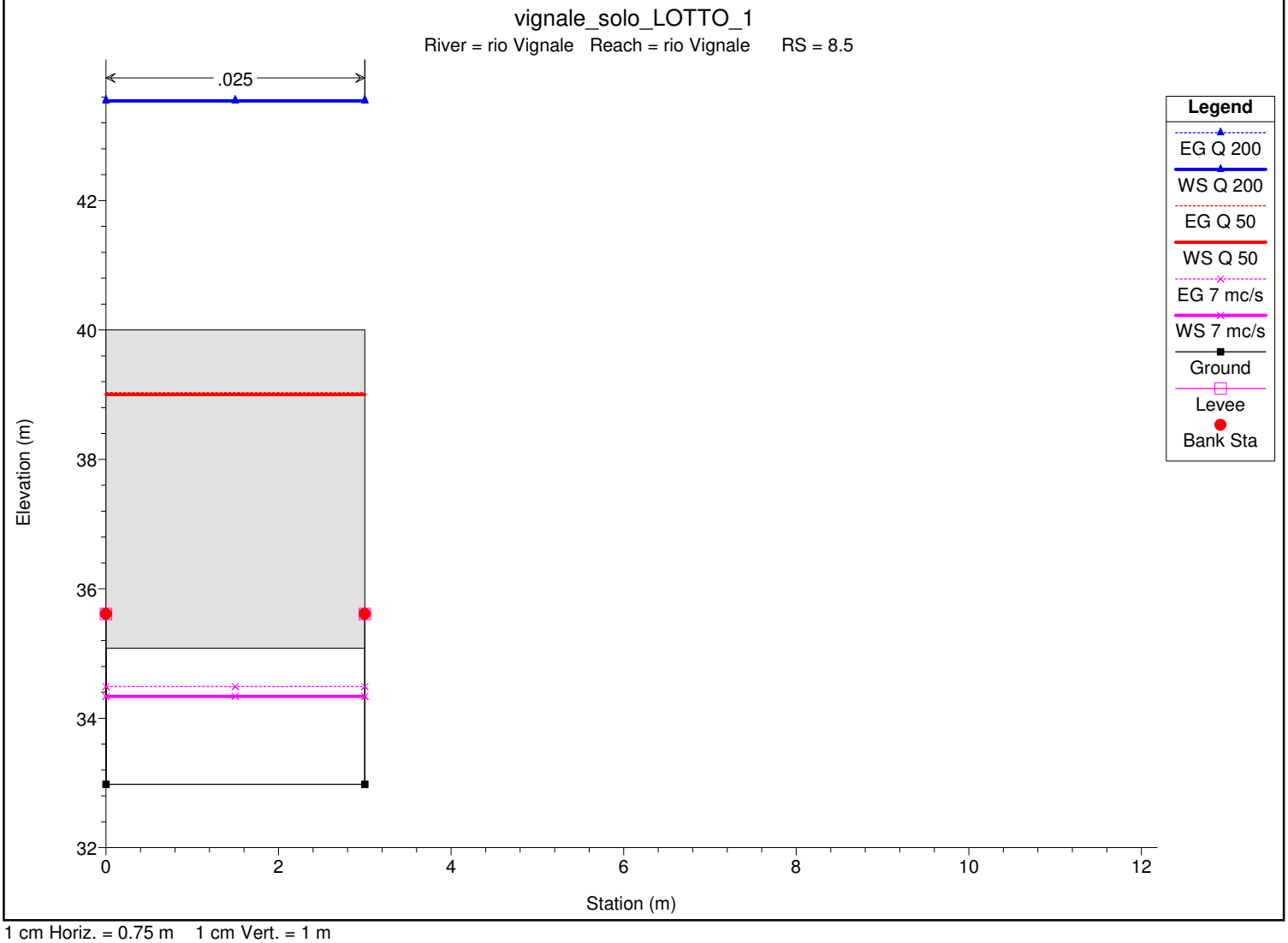
1 cm Horiz. = 0.75 m 1 cm Vert. = 1 m



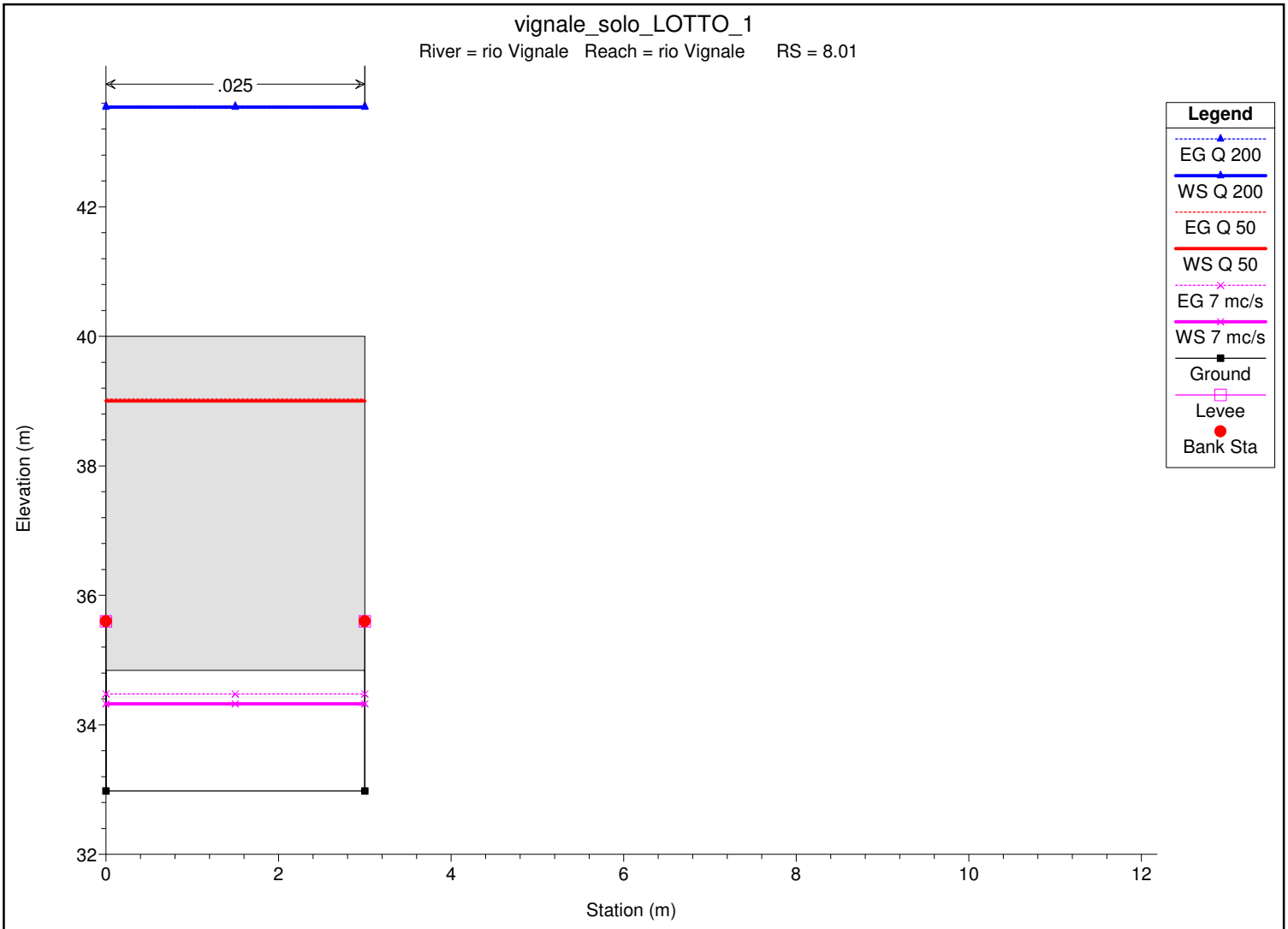


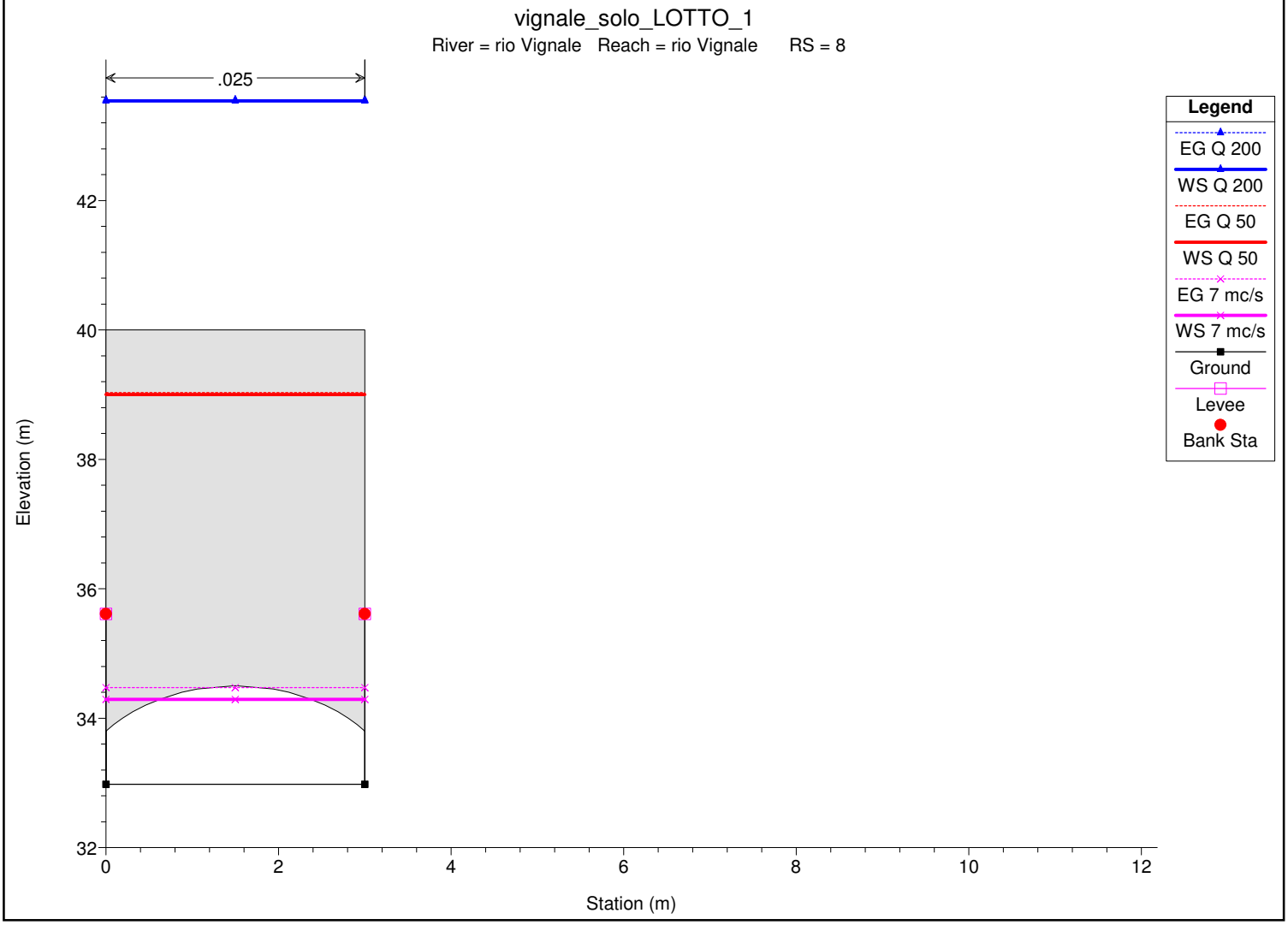
1 cm Horiz. = 0.75 m 1 cm Vert. = 1 m



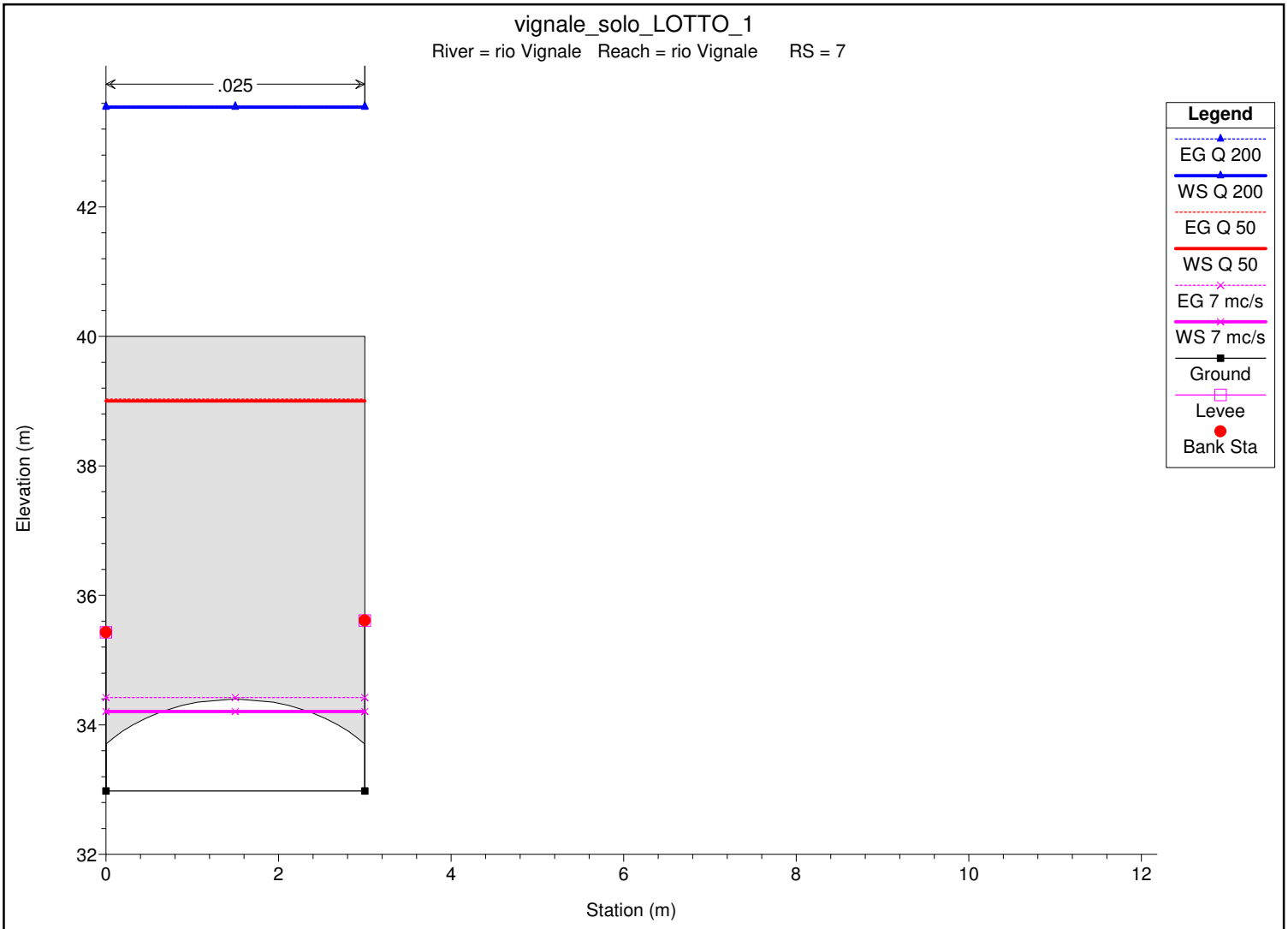


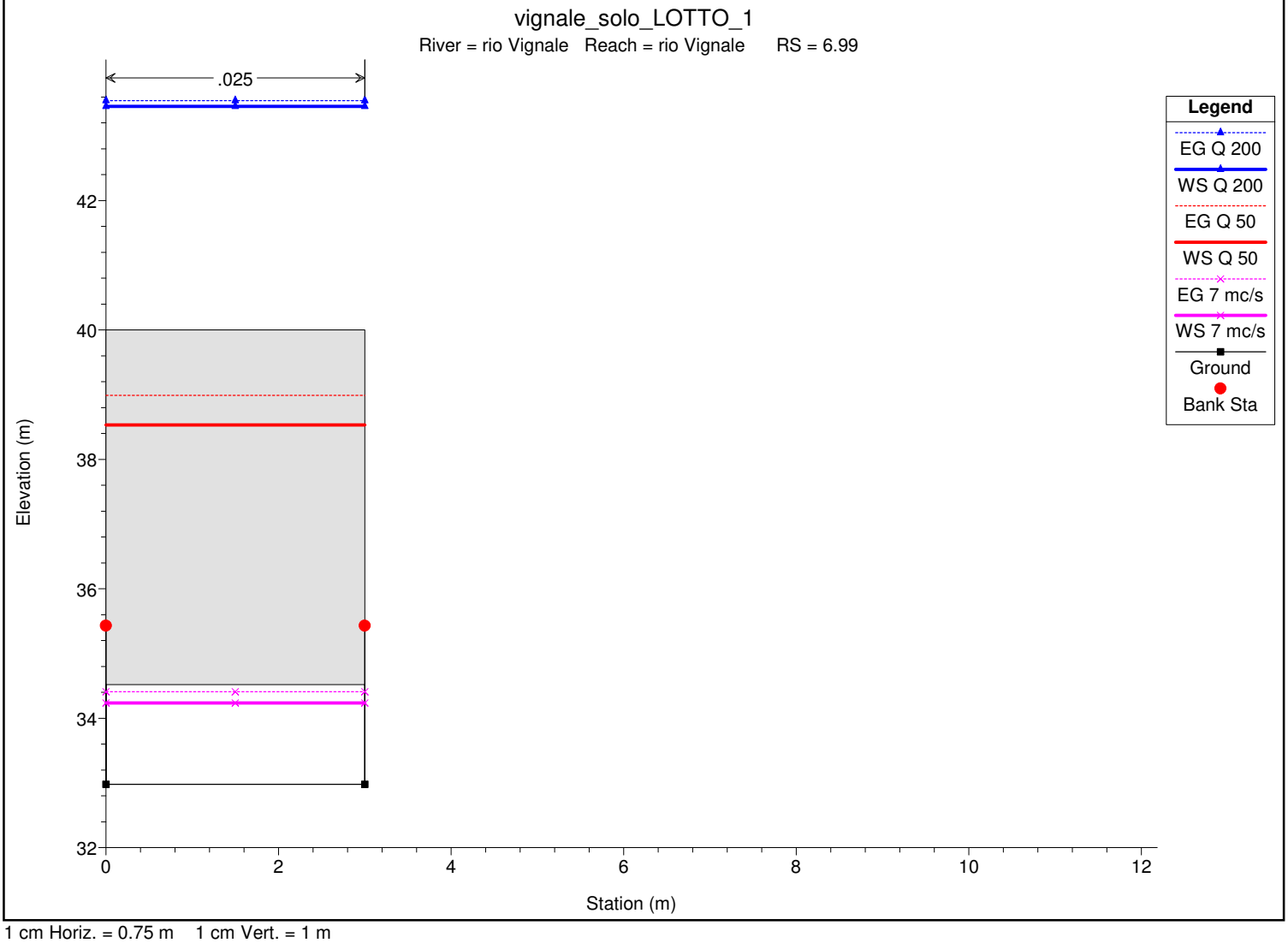
1 cm Horiz. = 0.75 m 1 cm Vert. = 1 m



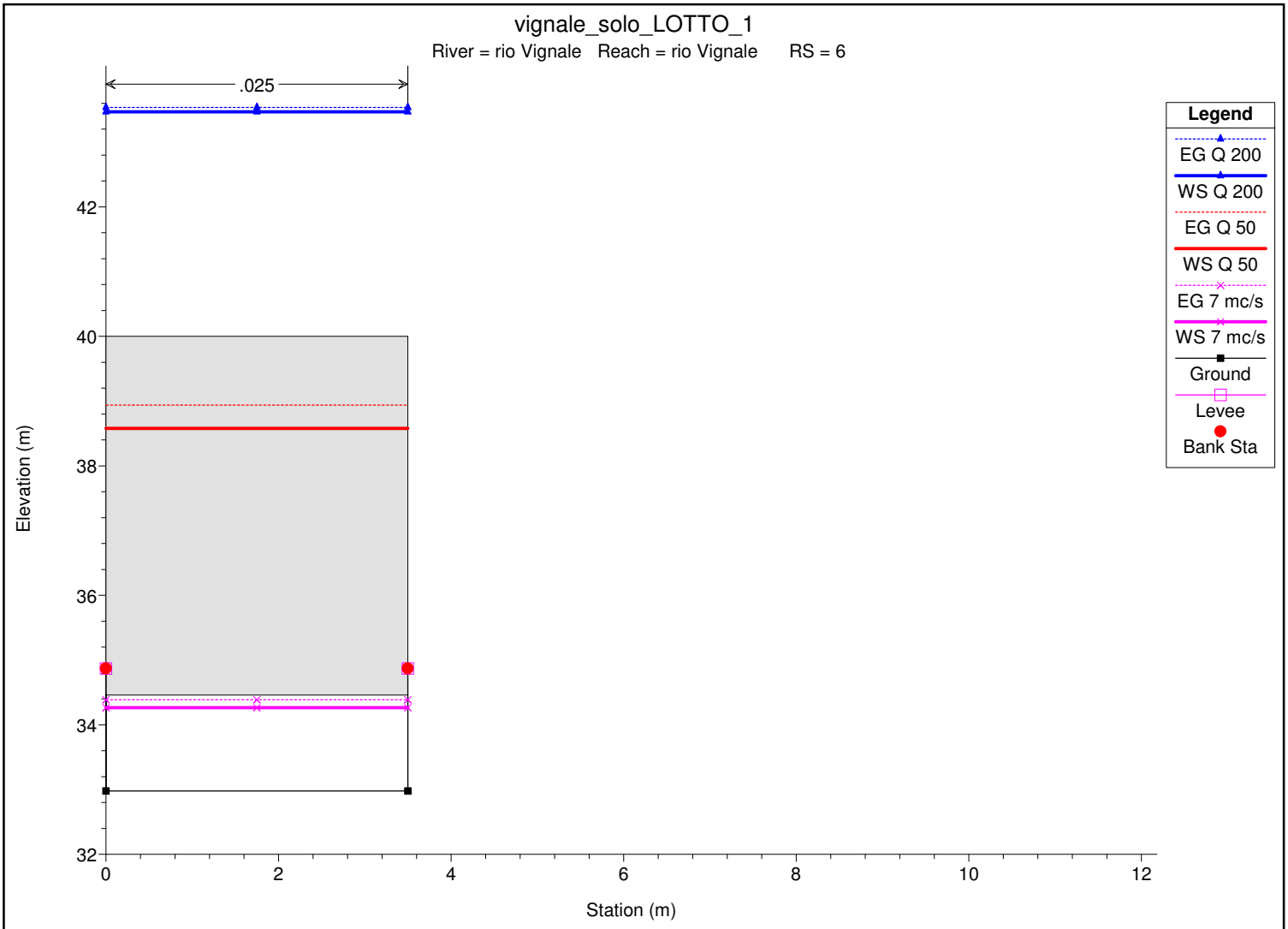


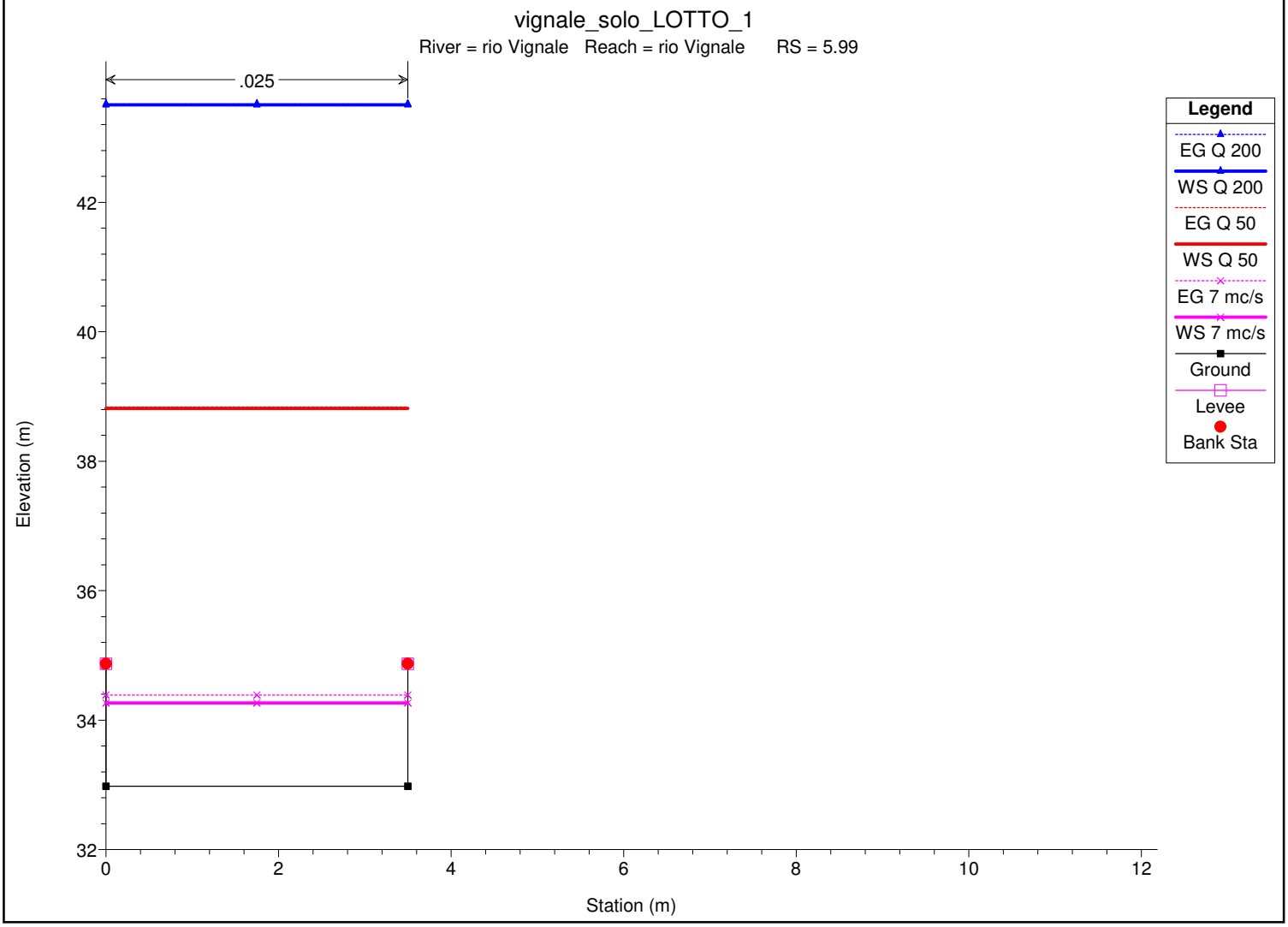
1 cm Horiz. = 0.75 m 1 cm Vert. = 1 m



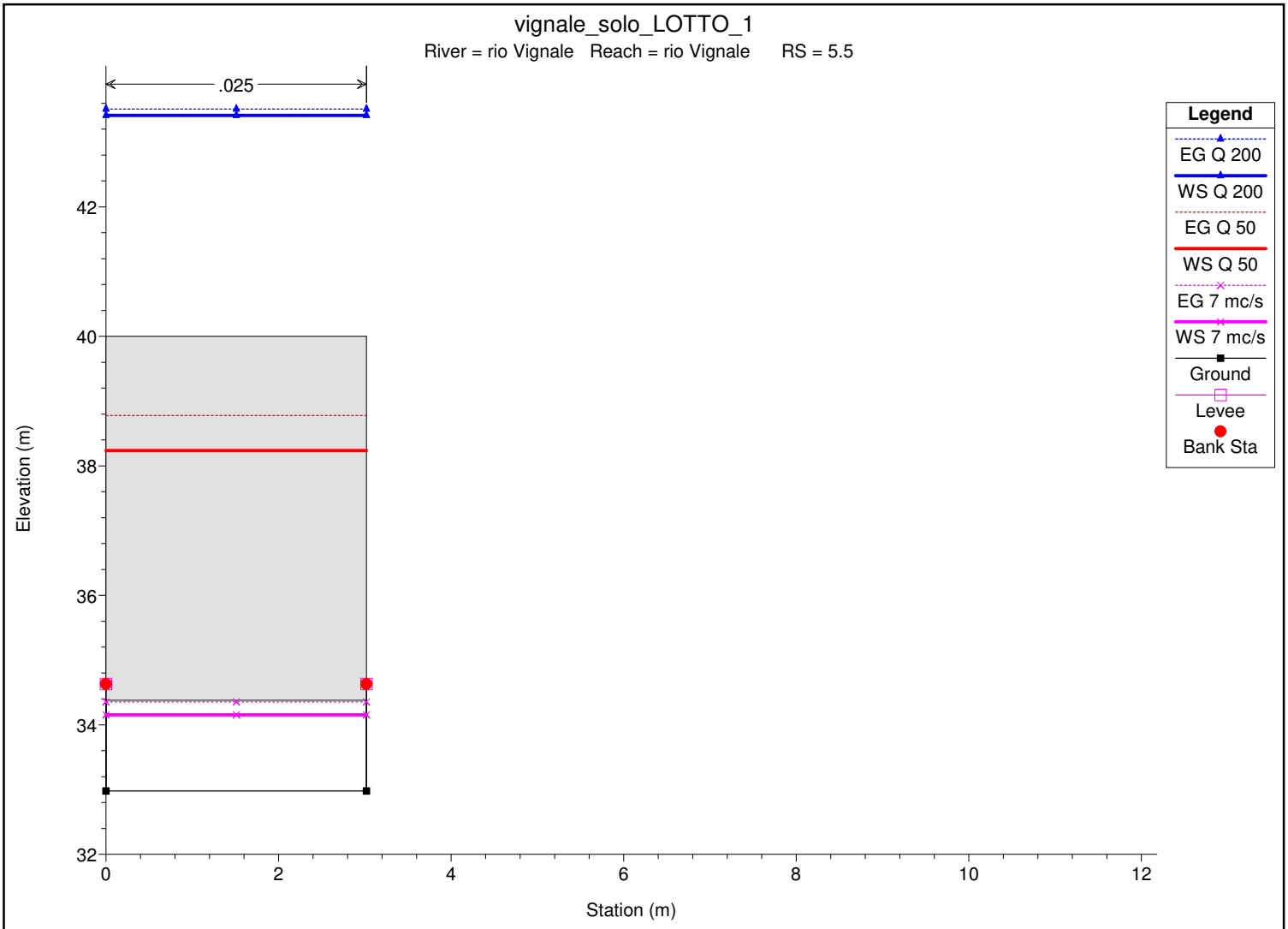


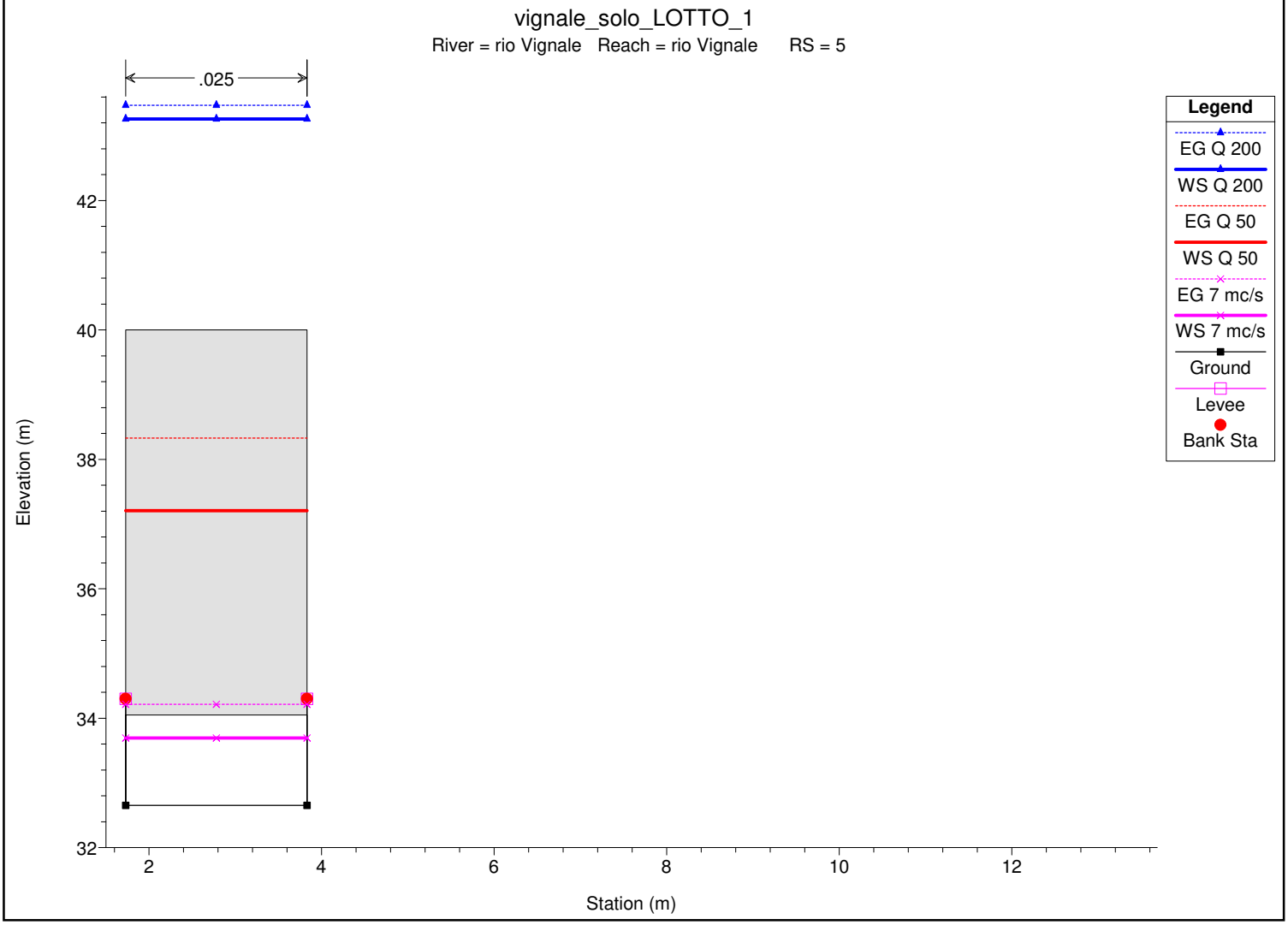
1 cm Horiz. = 0.75 m 1 cm Vert. = 1 m



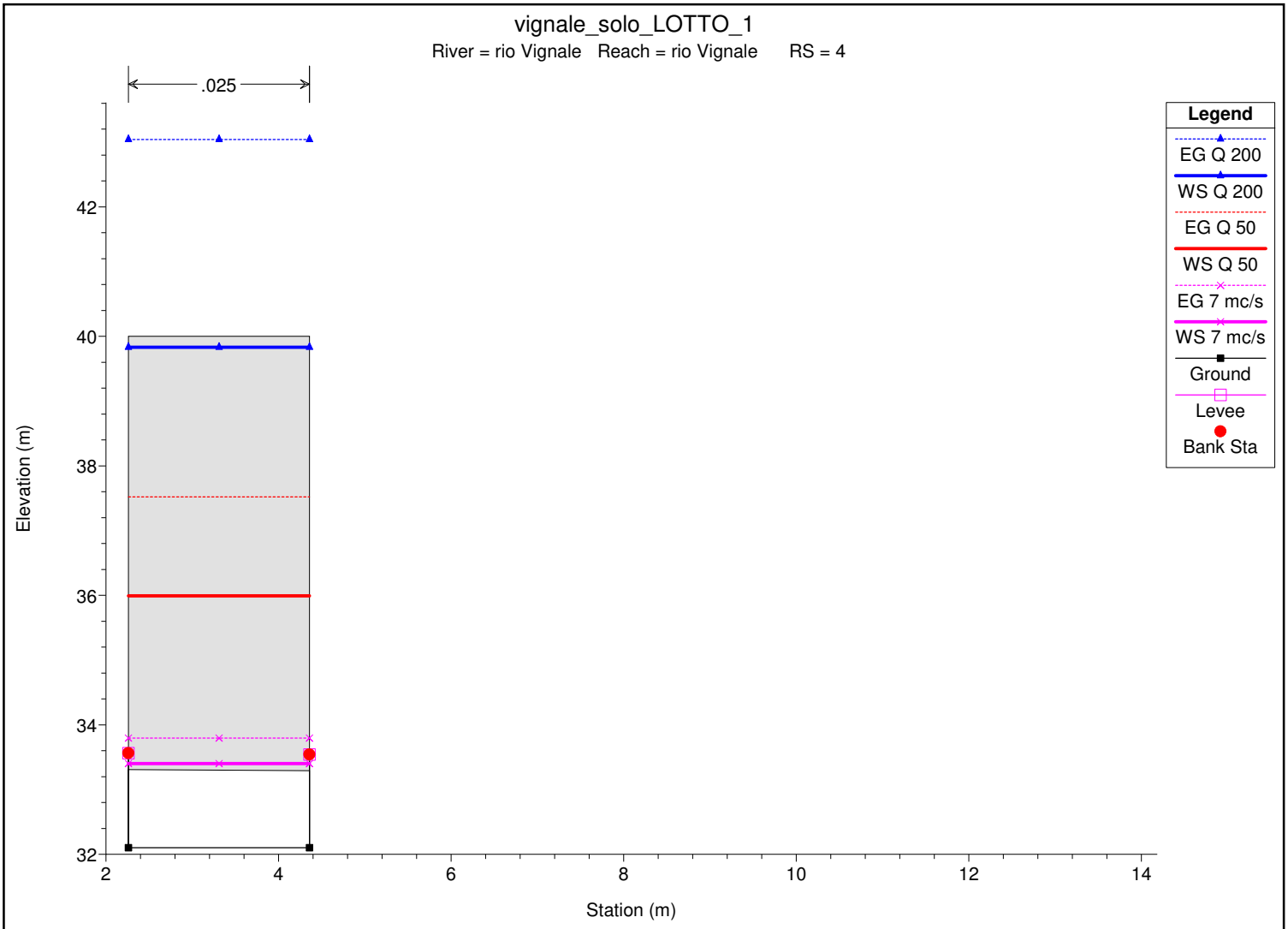


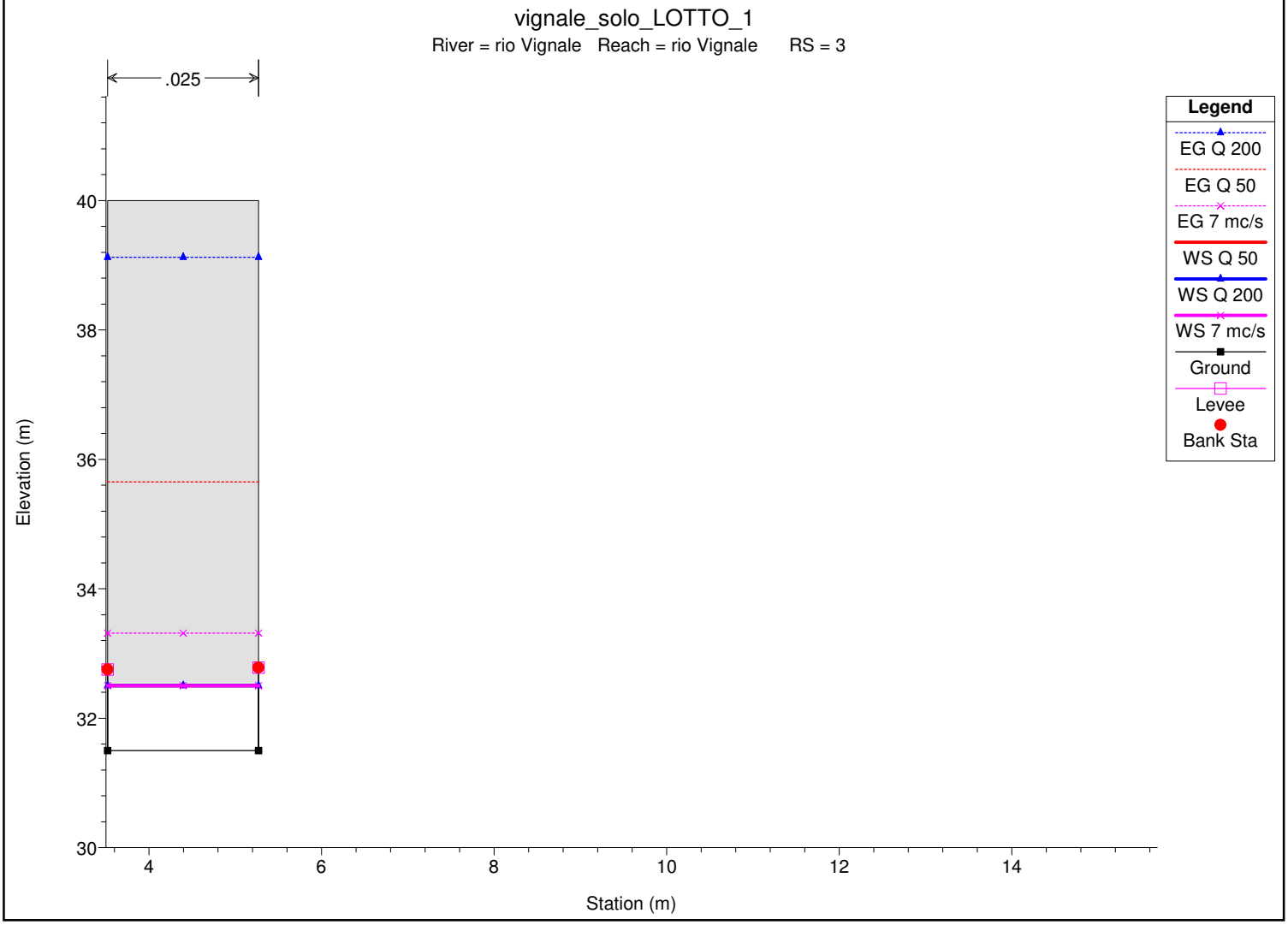
1 cm Horiz. = 0.75 m 1 cm Vert. = 1 m



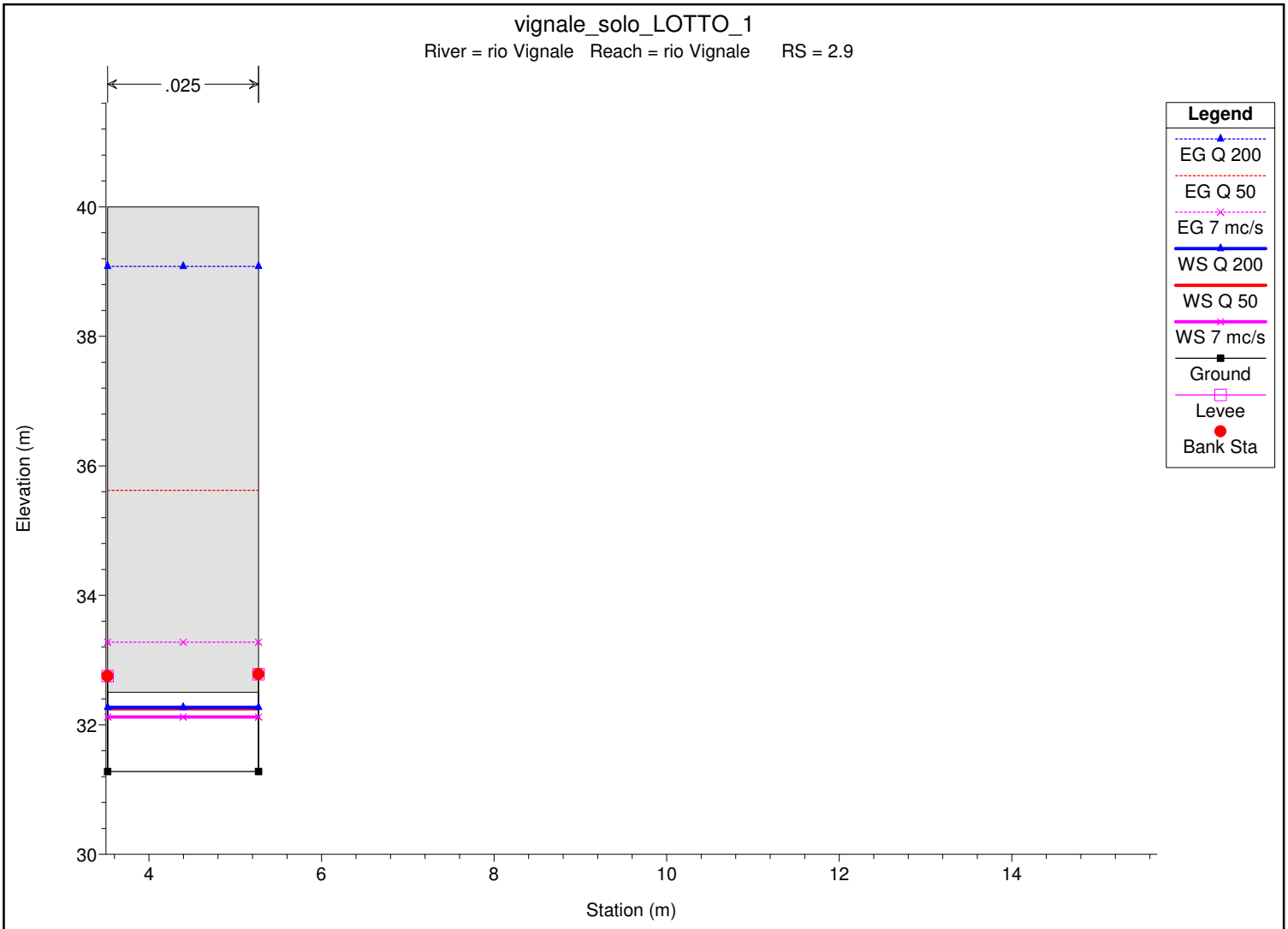


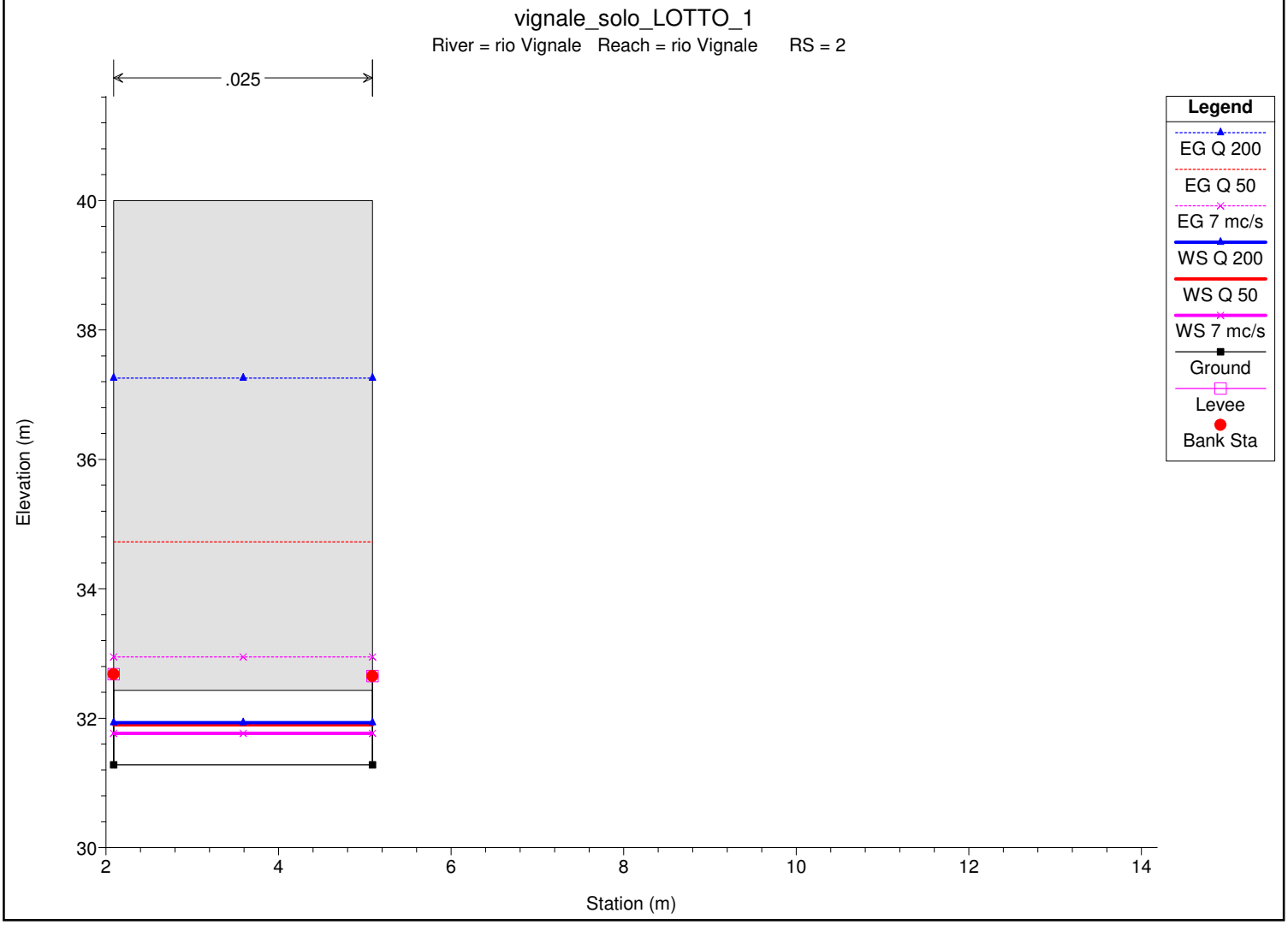
1 cm Horiz. = 0.75 m 1 cm Vert. = 1 m



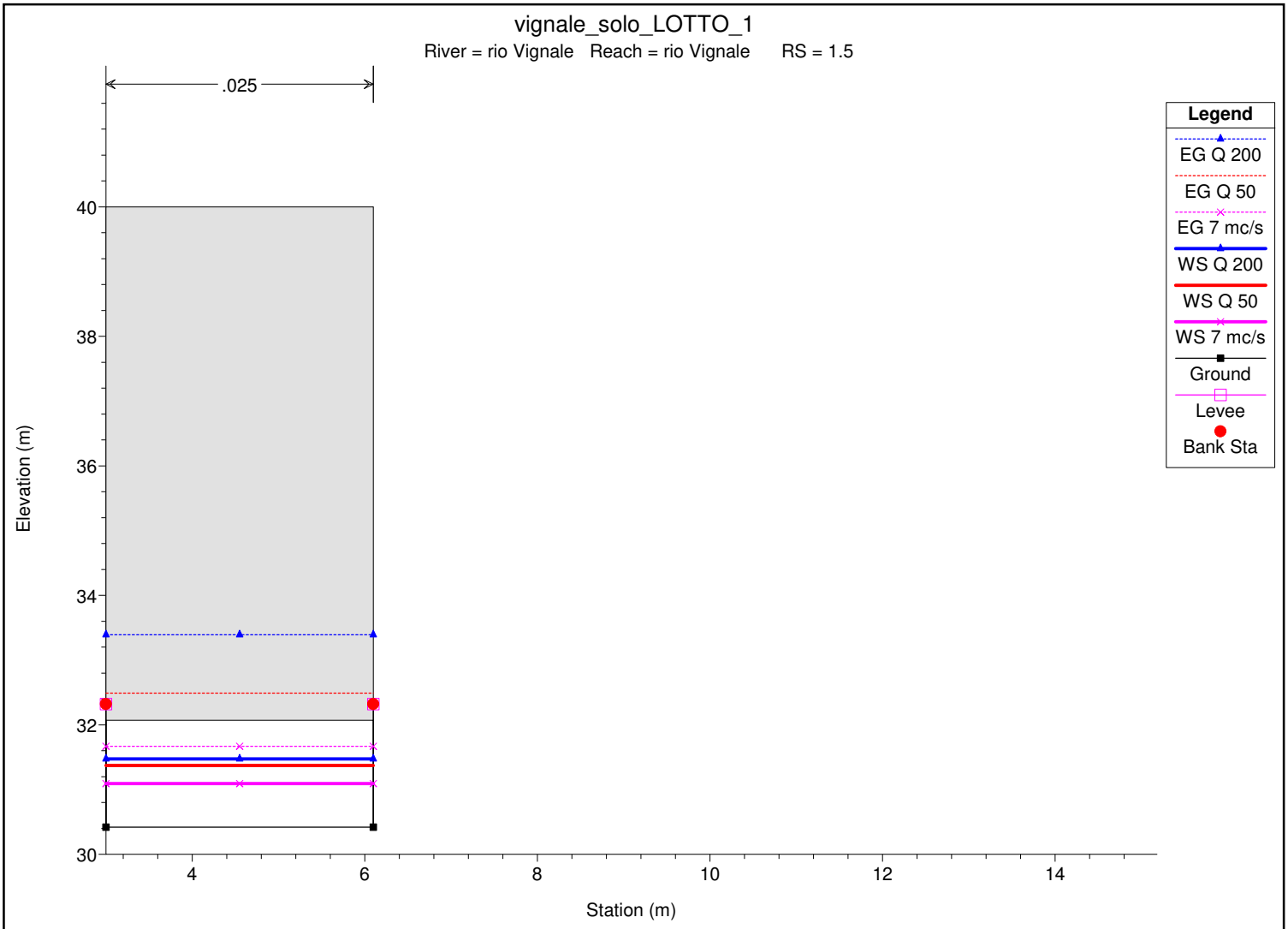


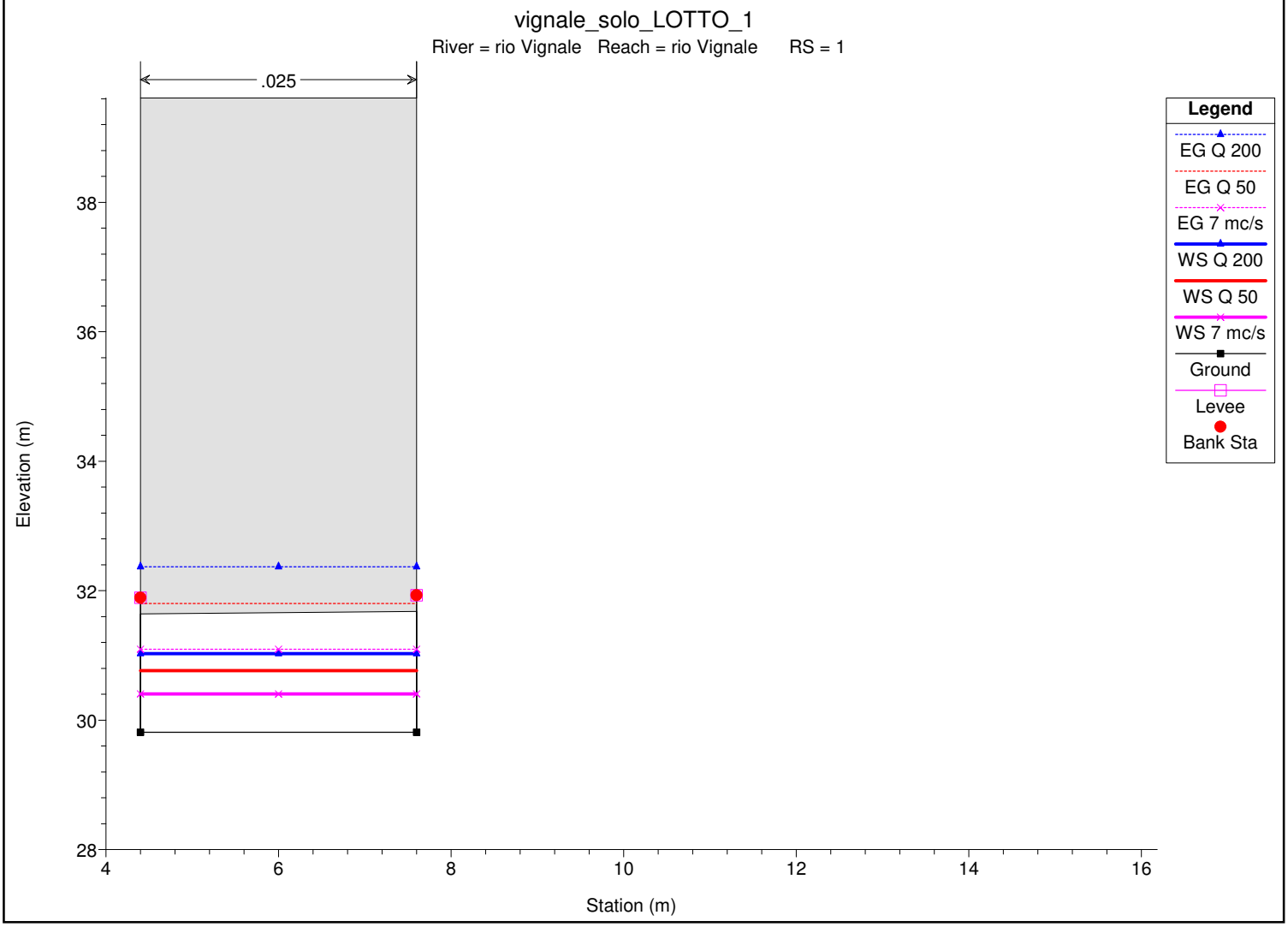
1 cm Horiz. = 0.75 m 1 cm Vert. = 1 m



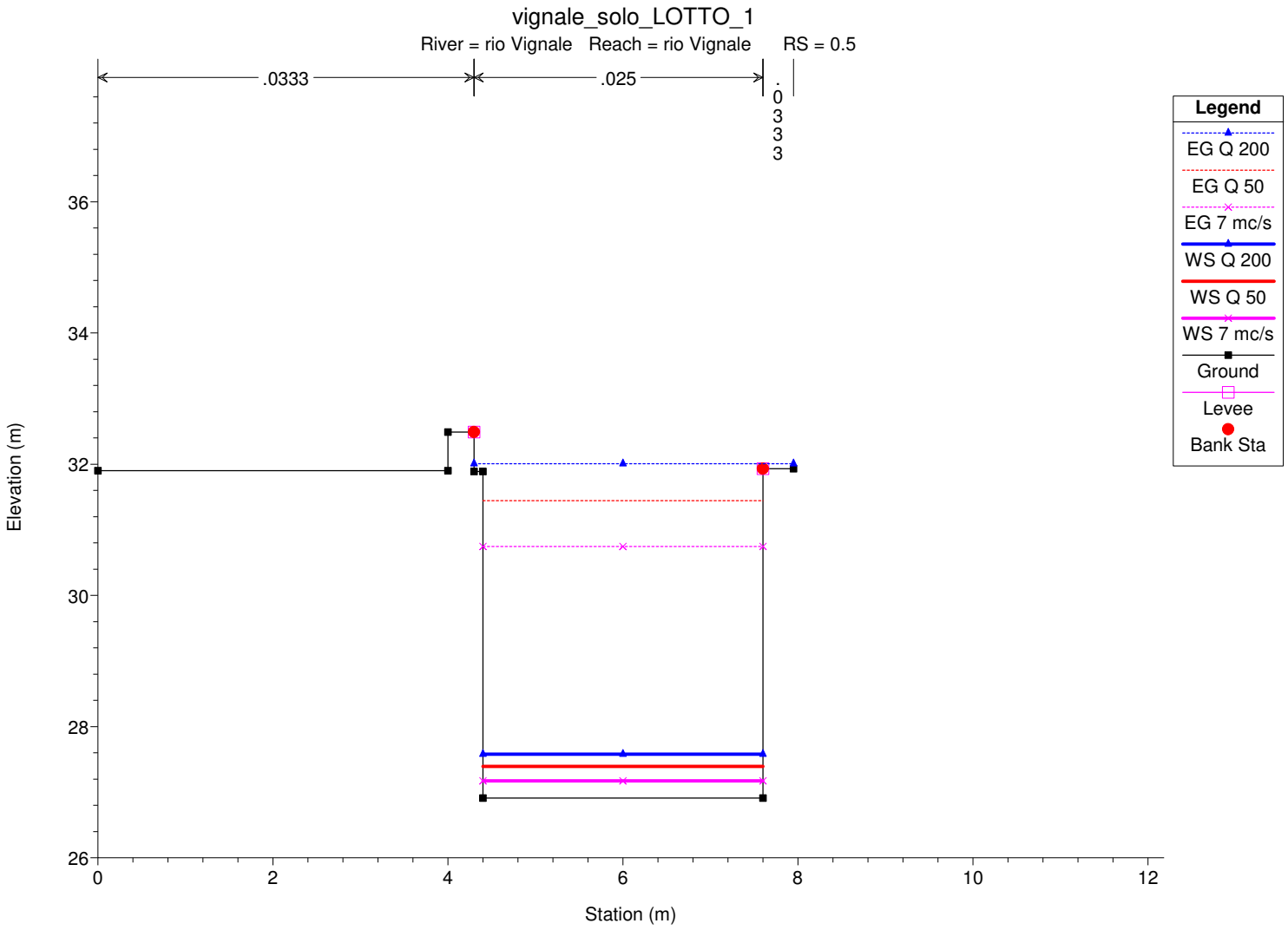


1 cm Horiz. = 0.75 m 1 cm Vert. = 1 m





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



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

studio tecnico associato ing. sergio brizzolara & ing. stefano sturla
via Cap. Renato Orsi 31/20 - 16043 Chiavari (GE) P.I.V.A. e C.F. 01455710994
☎ +39 0185 370127 +39 0185 368280 b3s@b3s.it - b3s@pec.b3s.it

MODELLO IDRAULICO MOTO PERMANENTE MONODIMENSIONALE
RIO VIGNALE – STATO DI PROGETTO (LOTTO 1 + LOTTI SUCCESSIVI)

Piano di Bacino torrente Lavagna – L. 183/89 e ss.mm.ii.

vignale_stato_progetto

- *tabella riassuntiva dati e risultati*
- *profilo in asse al corso d'acqua*
- *sezioni trasversali al corso d'acqua*

Chiavari, li dicembre 2017

Il Tecnico

Ing. Sergio Brizzolara



HEC-RAS Plan: Plan 01 River: rio Vignale Reach: rio Vignale

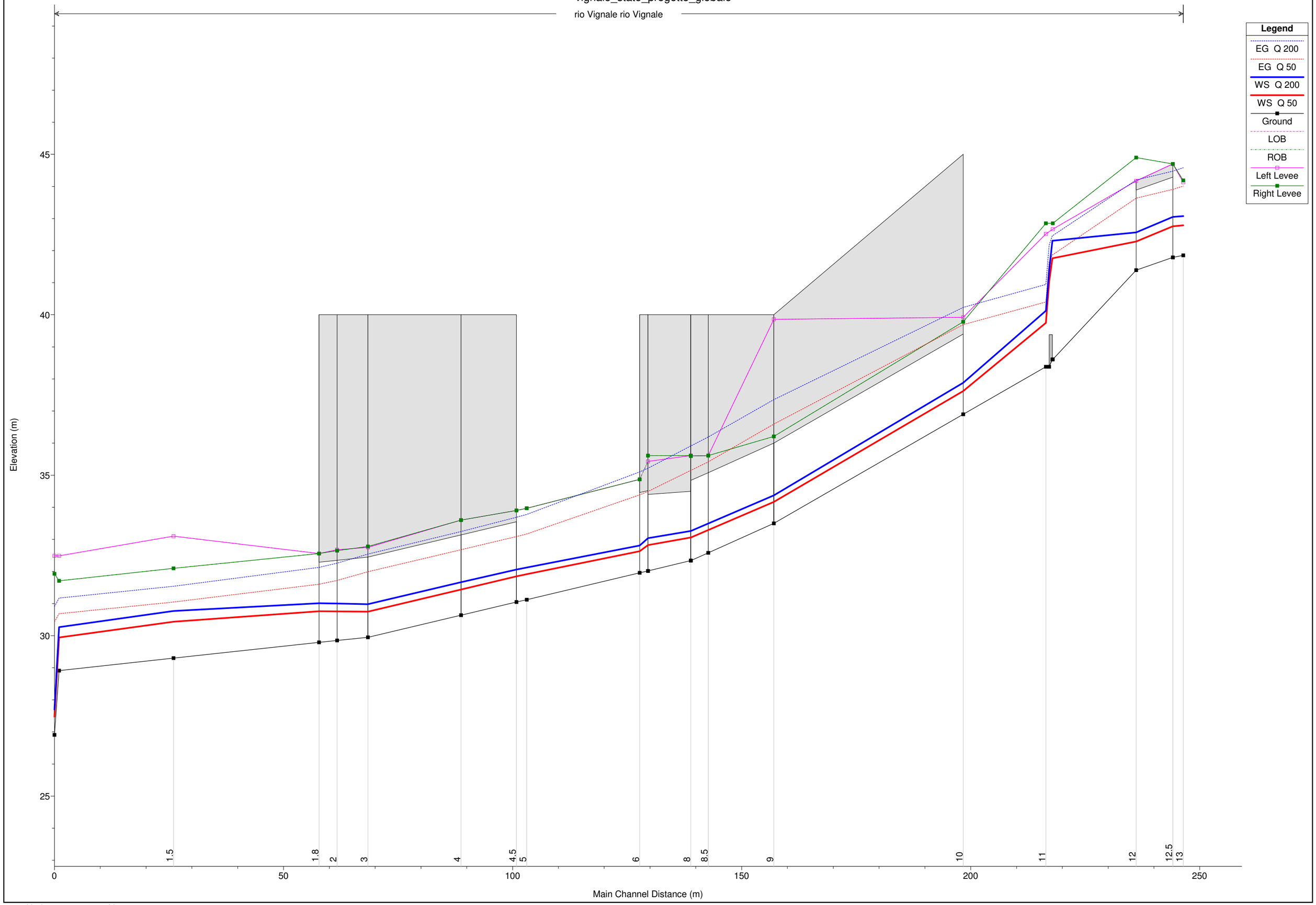
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
rio Vignale	13	Q 50	13.80	41.85	42.79	43.14	44.01	0.045004	4.90	2.81	3.00	1.62
rio Vignale	13	Q 200	20.00	41.85	43.08	43.51	44.58	0.045062	5.44	3.68	3.00	1.57
rio Vignale	12.5	Q 50	13.80	41.79	42.76	43.08	43.91	0.028684	4.76	2.90	3.00	1.54
rio Vignale	12.5	Q 200	20.00	41.79	43.05	43.44	44.48	0.029106	5.30	3.77	3.00	1.51
rio Vignale	12	Q 50	13.80	41.39	42.28	42.68	43.63	0.035924	5.15	2.68	3.00	1.74
rio Vignale	12	Q 200	20.00	41.39	42.57	43.04	44.20	0.035014	5.67	3.53	3.00	1.67
rio Vignale	11.2	Q 50	13.80	38.61	41.76	39.98	41.87	0.001801	1.46	9.45	3.30	0.28
rio Vignale	11.2	Q 200	20.00	38.61	42.31	40.35	42.47	0.002443	1.77	11.29	3.40	0.31
rio Vignale	11.1		Inl Struct									
rio Vignale	11	Q 50	13.80	38.38	39.75	39.75	40.40	0.018197	3.58	3.86	2.96	1.00
rio Vignale	11	Q 200	20.00	38.38	40.12	40.12	40.95	0.019403	4.02	4.98	3.03	1.00
rio Vignale	10	Q 50	13.80	36.90	37.62	38.19	39.69	0.066325	6.38	2.16	3.00	2.40
rio Vignale	10	Q 200	20.00	36.90	37.88	38.55	40.23	0.057874	6.79	2.94	3.00	2.19
rio Vignale	9	Q 50	13.80	33.50	34.17	34.79	36.59	0.083468	6.90	2.00	3.00	2.70
rio Vignale	9	Q 200	20.00	33.50	34.37	35.15	37.36	0.081135	7.66	2.61	3.00	2.62
rio Vignale	8.5	Q 50	13.80	32.58	33.29	33.87	35.42	0.068889	6.46	2.14	3.00	2.44
rio Vignale	8.5	Q 200	20.00	32.58	33.50	34.24	36.19	0.070064	7.27	2.75	3.00	2.42
rio Vignale	8.01	Q 50	13.80	32.34	33.06	33.63	35.15	0.067246	6.41	2.15	3.00	2.41
rio Vignale	8.01	Q 200	20.00	32.34	33.26	33.99	35.91	0.068455	7.21	2.77	3.00	2.39
rio Vignale	8	Q 50	13.80	32.34	33.06	33.63	35.15	0.067213	6.41	2.15	3.00	2.41
rio Vignale	8	Q 200	20.00	32.34	33.26	33.95	35.91	0.068455	7.21	2.77	3.00	2.39
rio Vignale	7	Q 50	13.80	32.02	32.82	33.31	34.49	0.048566	5.72	2.41	3.00	2.04
rio Vignale	7	Q 200	20.00	32.02	33.04	33.67	35.22	0.052040	6.54	3.06	3.00	2.07
rio Vignale	6.99	Q 50	13.80	32.02	32.82	33.31	34.49	0.048566	5.72	2.41	3.00	2.04
rio Vignale	6.99	Q 200	20.00	32.02	33.04	33.67	35.22	0.052040	6.54	3.06	3.00	2.07

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: rio Vignale Reach: rio Vignale (Continued)

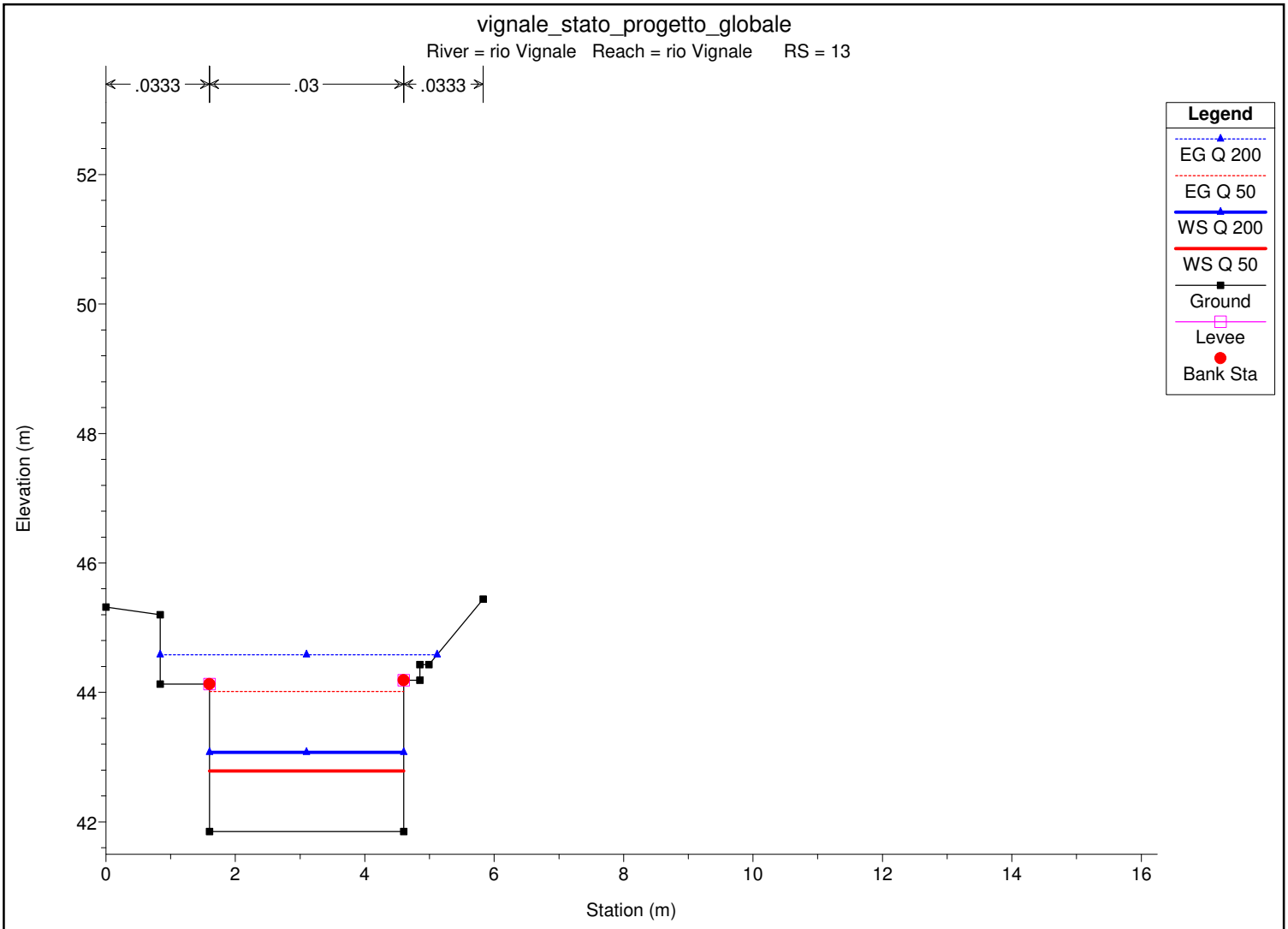
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
rio Vignale	6	Q 50	13.80	31.96	32.63	33.12	34.39	0.056549	5.87	2.35	3.50	2.29
rio Vignale	6	Q 200	20.00	31.96	32.81	33.45	35.11	0.059144	6.71	2.98	3.50	2.32
rio Vignale	5	Q 50	13.80	31.12	31.92	32.29	33.17	0.034372	4.96	2.78	3.50	1.77
rio Vignale	5	Q 200	20.00	31.12	32.12	32.61	33.78	0.036992	5.70	3.51	3.50	1.82
rio Vignale	4.5	Q 50	13.80	31.05	31.85	32.22	33.09	0.033800	4.93	2.80	3.50	1.76
rio Vignale	4.5	Q 200	20.00	31.05	32.06	32.54	33.69	0.036196	5.66	3.54	3.50	1.80
rio Vignale	4	Q 50	13.80	30.64	31.44	31.81	32.68	0.033800	4.93	2.80	3.50	1.76
rio Vignale	4	Q 200	20.00	30.64	31.67	32.13	33.25	0.034692	5.57	3.59	3.50	1.76
rio Vignale	3	Q 50	13.80	29.95	30.75	31.12	31.99	0.033982	4.94	2.79	3.50	1.76
rio Vignale	3	Q 200	20.00	29.95	30.98	31.44	32.54	0.034102	5.54	3.61	3.50	1.74
rio Vignale	2	Q 50	13.80	29.85	30.76	31.02	31.72	0.023480	4.35	3.17	3.50	1.46
rio Vignale	2	Q 200	20.00	29.85	31.00	31.34	32.26	0.025120	4.97	4.02	3.50	1.48
rio Vignale	1.8	Q 50	13.80	29.79	30.76	30.96	31.60	0.019384	4.07	3.39	3.50	1.32
rio Vignale	1.8	Q 200	20.00	29.79	31.01	31.28	32.13	0.021225	4.68	4.27	3.50	1.35
rio Vignale	1.5	Q 50	13.80	29.30	30.44	30.47	31.05	0.012357	3.47	3.98	3.50	1.04
rio Vignale	1.5	Q 200	20.00	29.30	30.77	30.79	31.54	0.012810	3.90	5.13	3.50	1.03
rio Vignale	1	Q 50	13.80	28.91	29.94	30.08	30.69	0.016181	3.82	3.62	3.50	1.20
rio Vignale	1	Q 200	20.00	28.91	30.27	30.40	31.17	0.015866	4.21	4.75	3.50	1.15
rio Vignale	0.5	Q 50	13.80	26.91	27.48	28.15	30.43	0.115816	7.61	1.81	3.20	3.23
rio Vignale	0.5	Q 200	20.00	26.91	27.70	28.49	30.91	0.092378	7.94	2.52	3.20	2.86

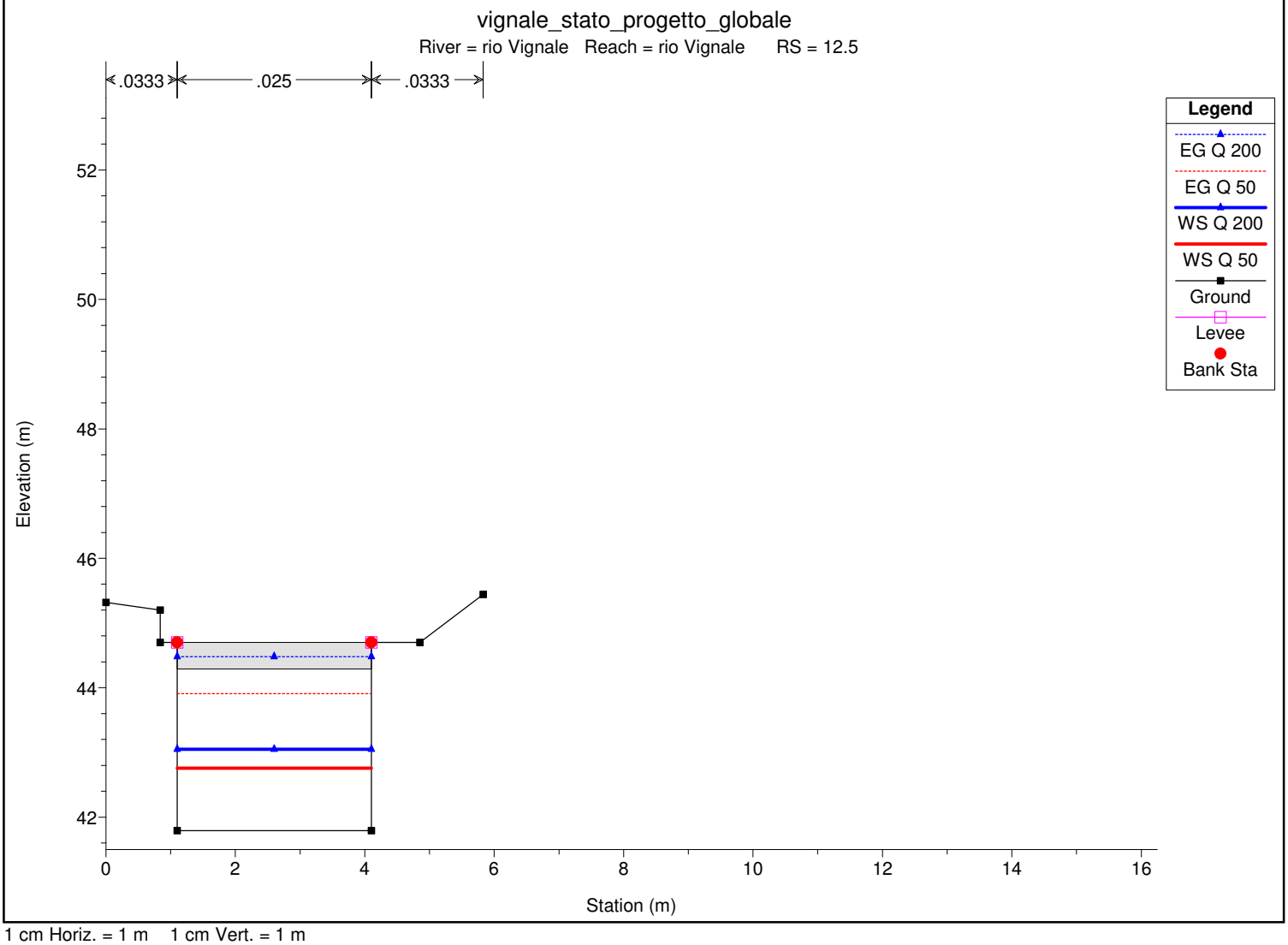
vignale_stato_progetto_globale

rio Vignale rio Vignale

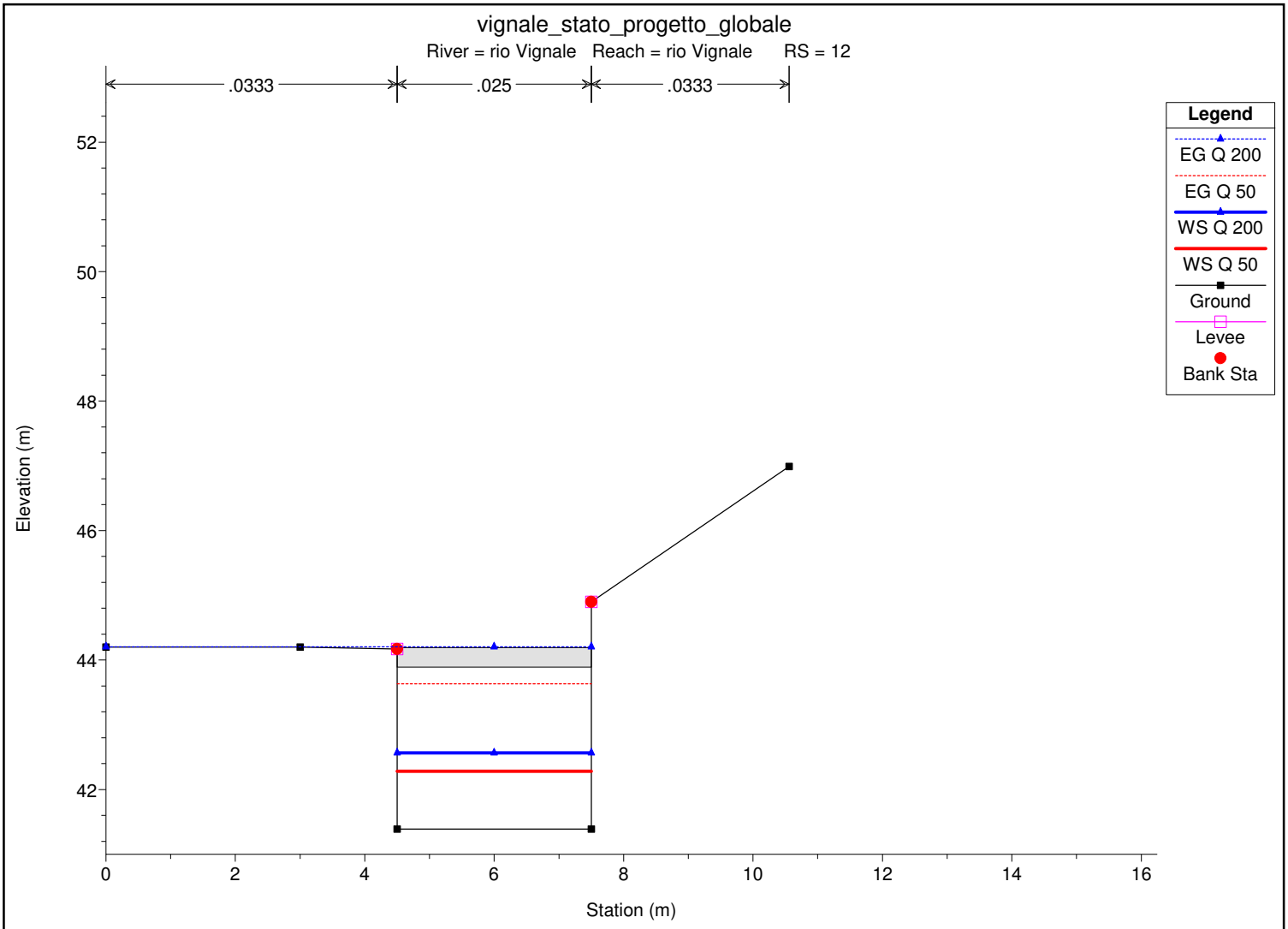


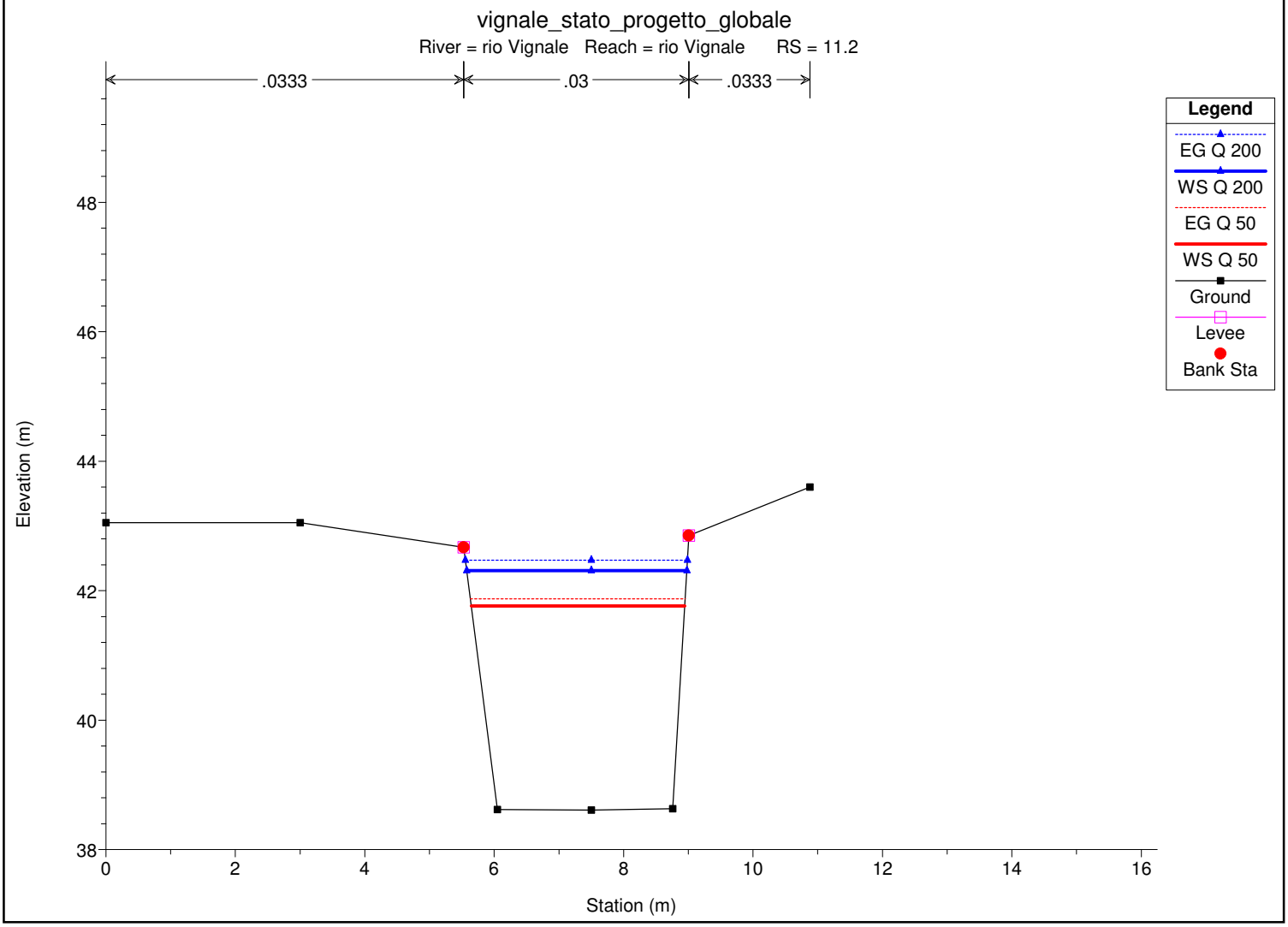
1 cm Horiz. = 7 m 1 cm Vert. = 1 m



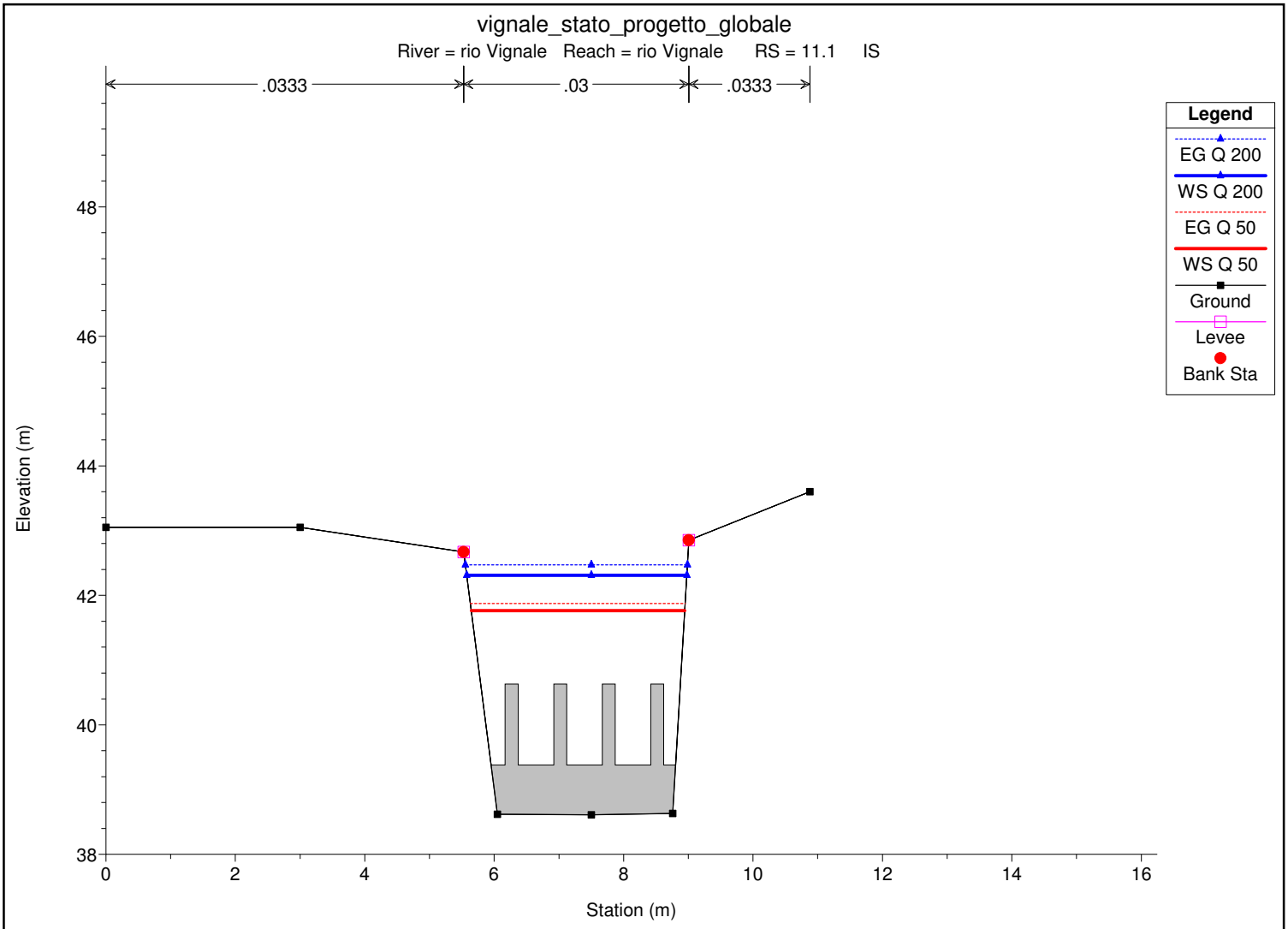


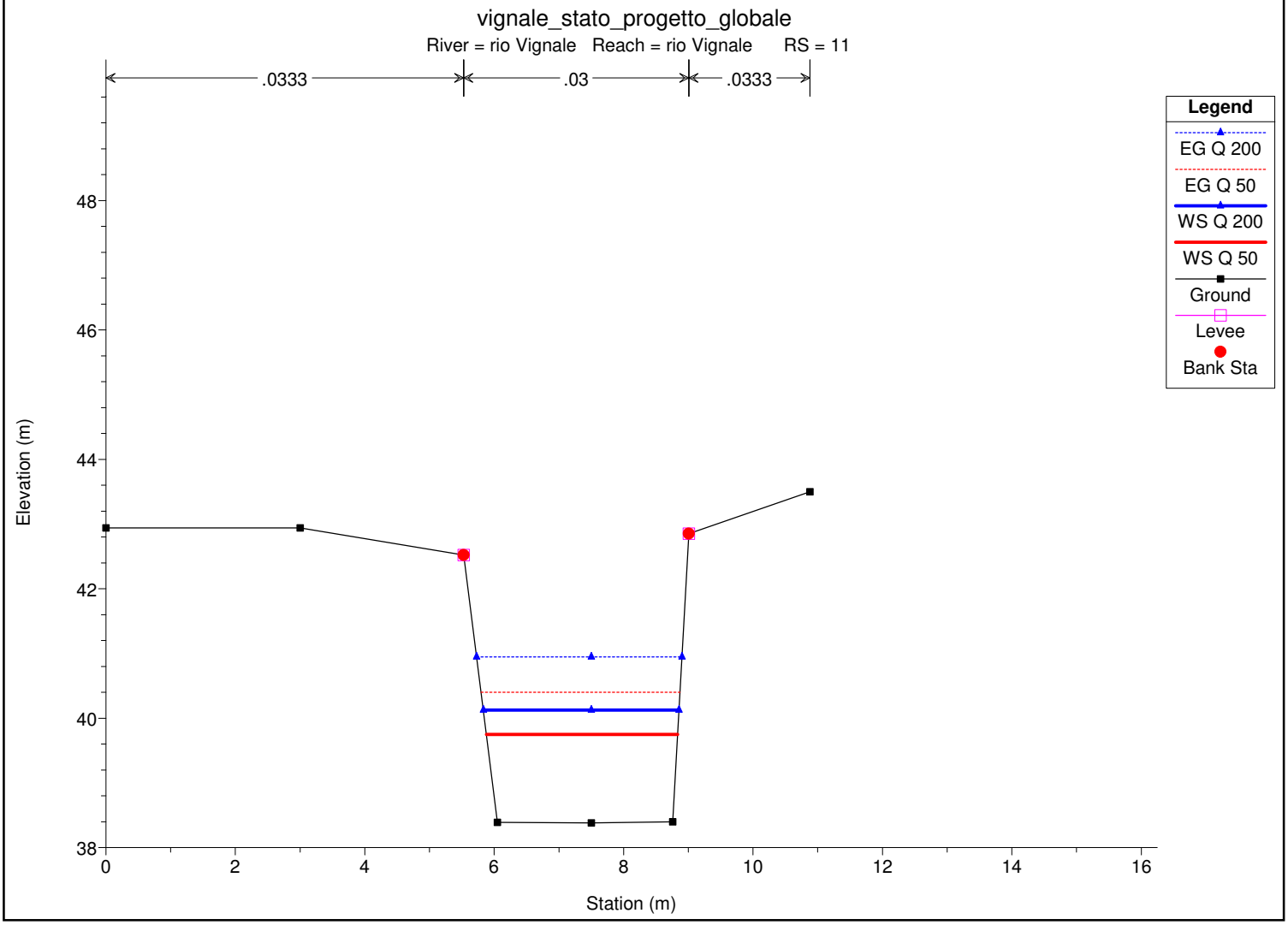
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1 m



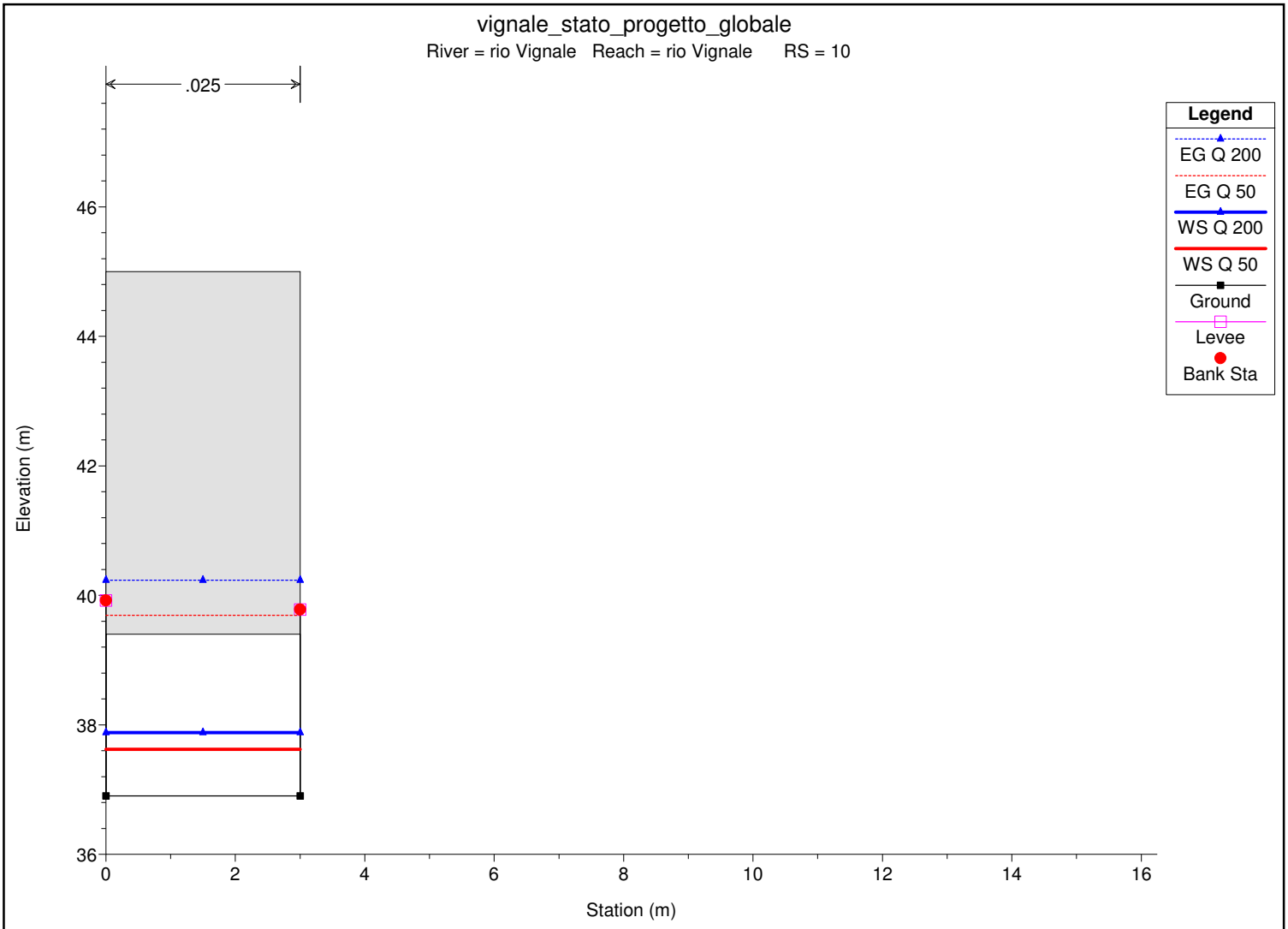


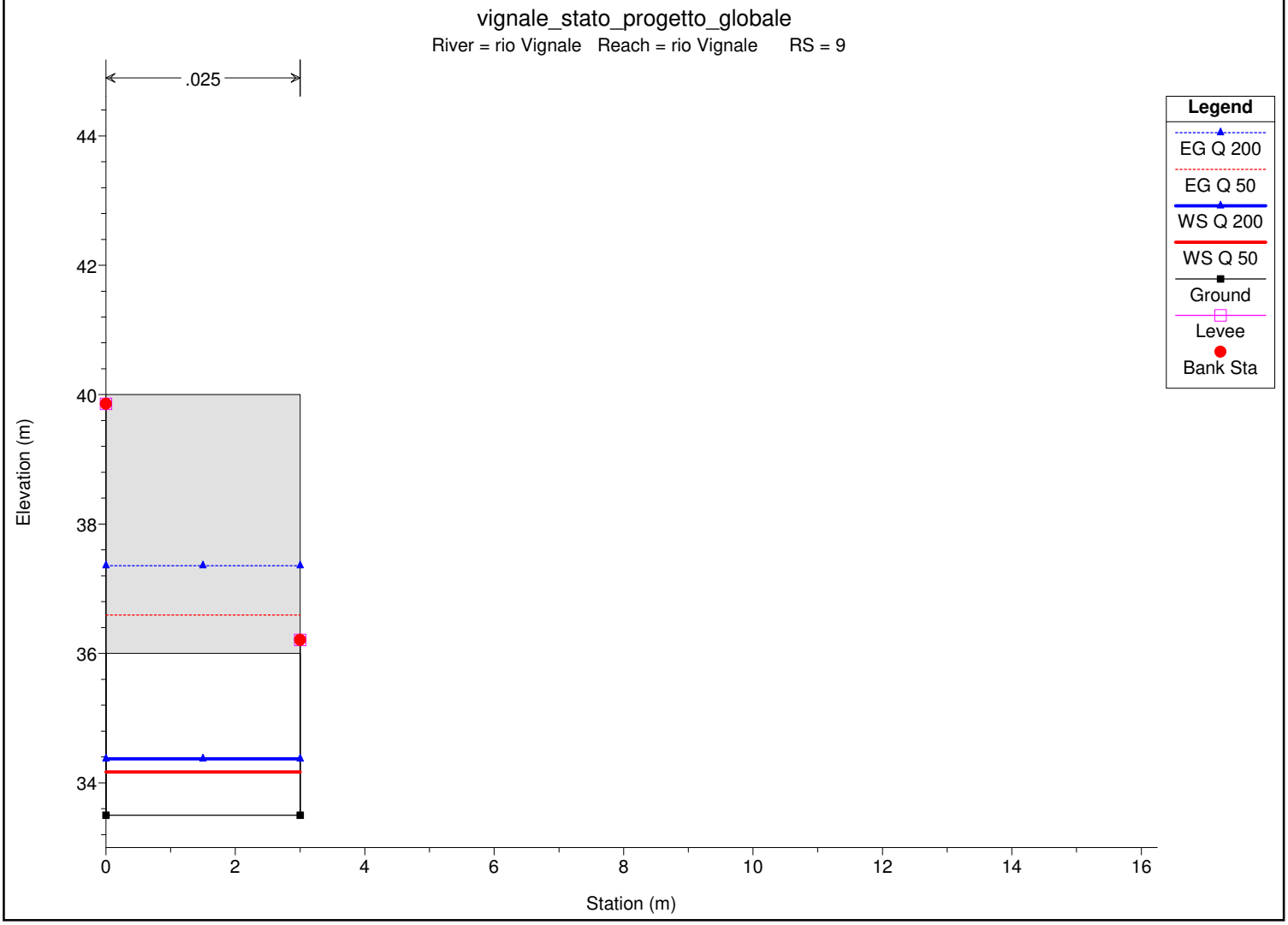
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1 m



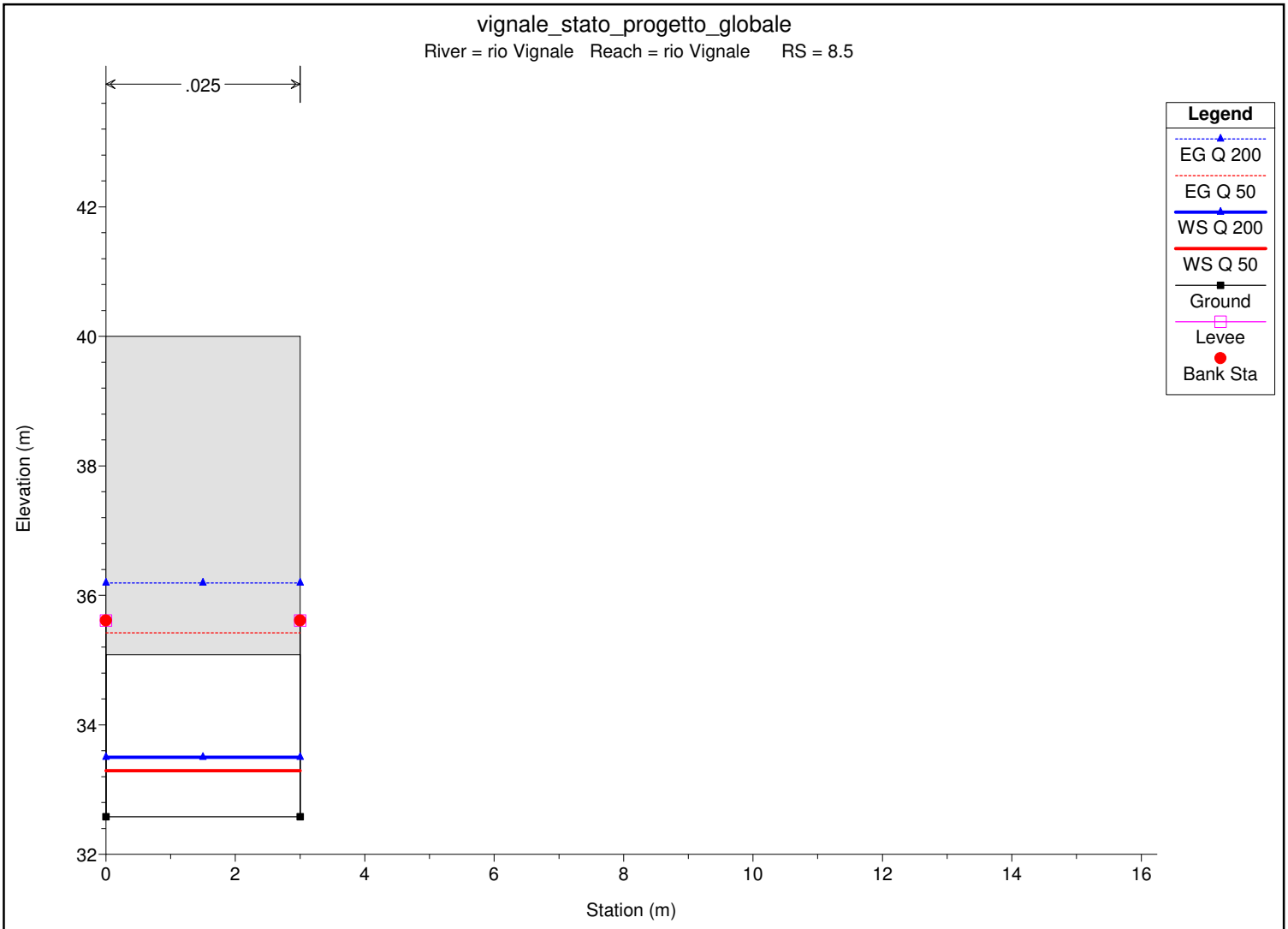


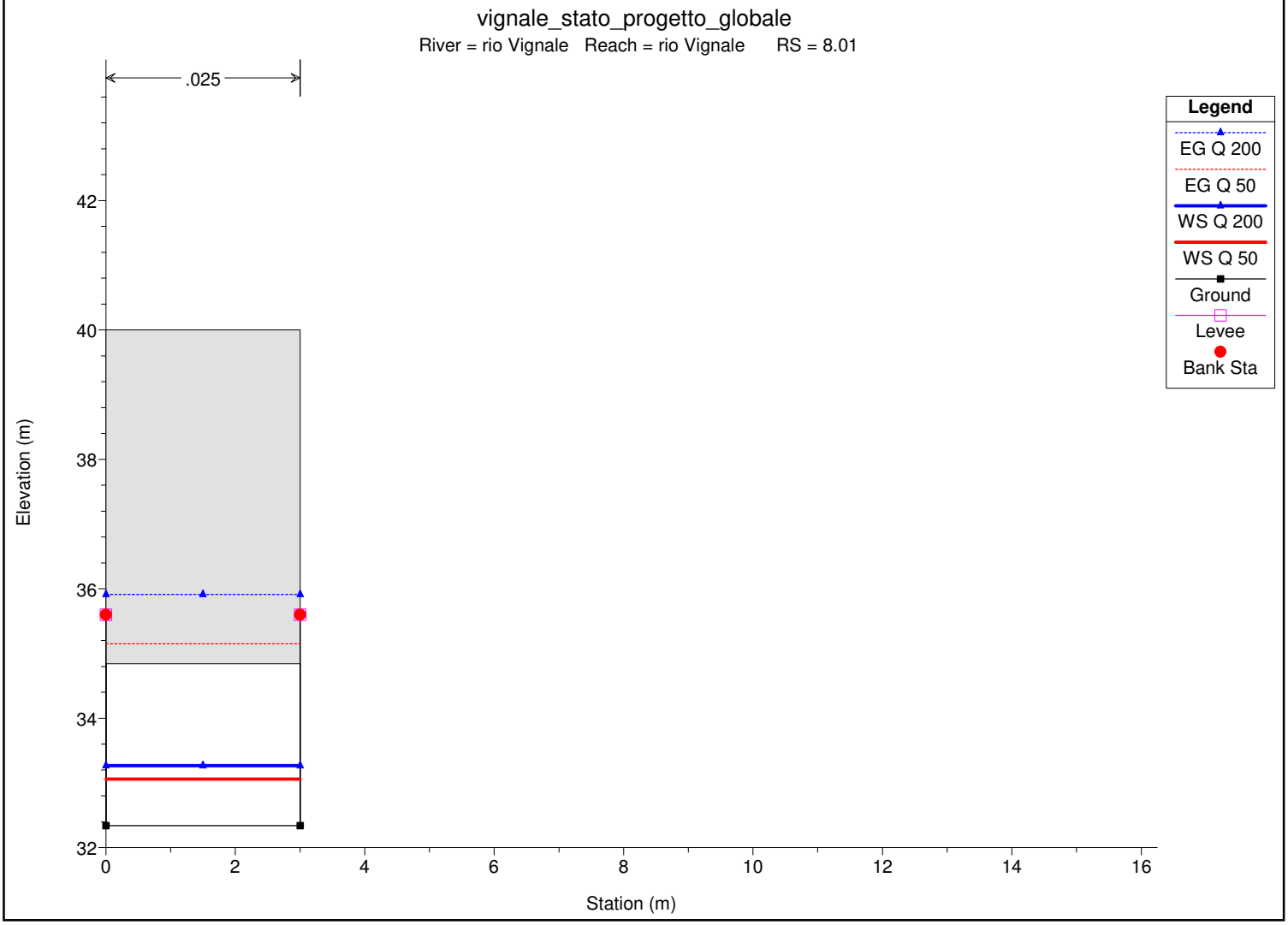
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1 m



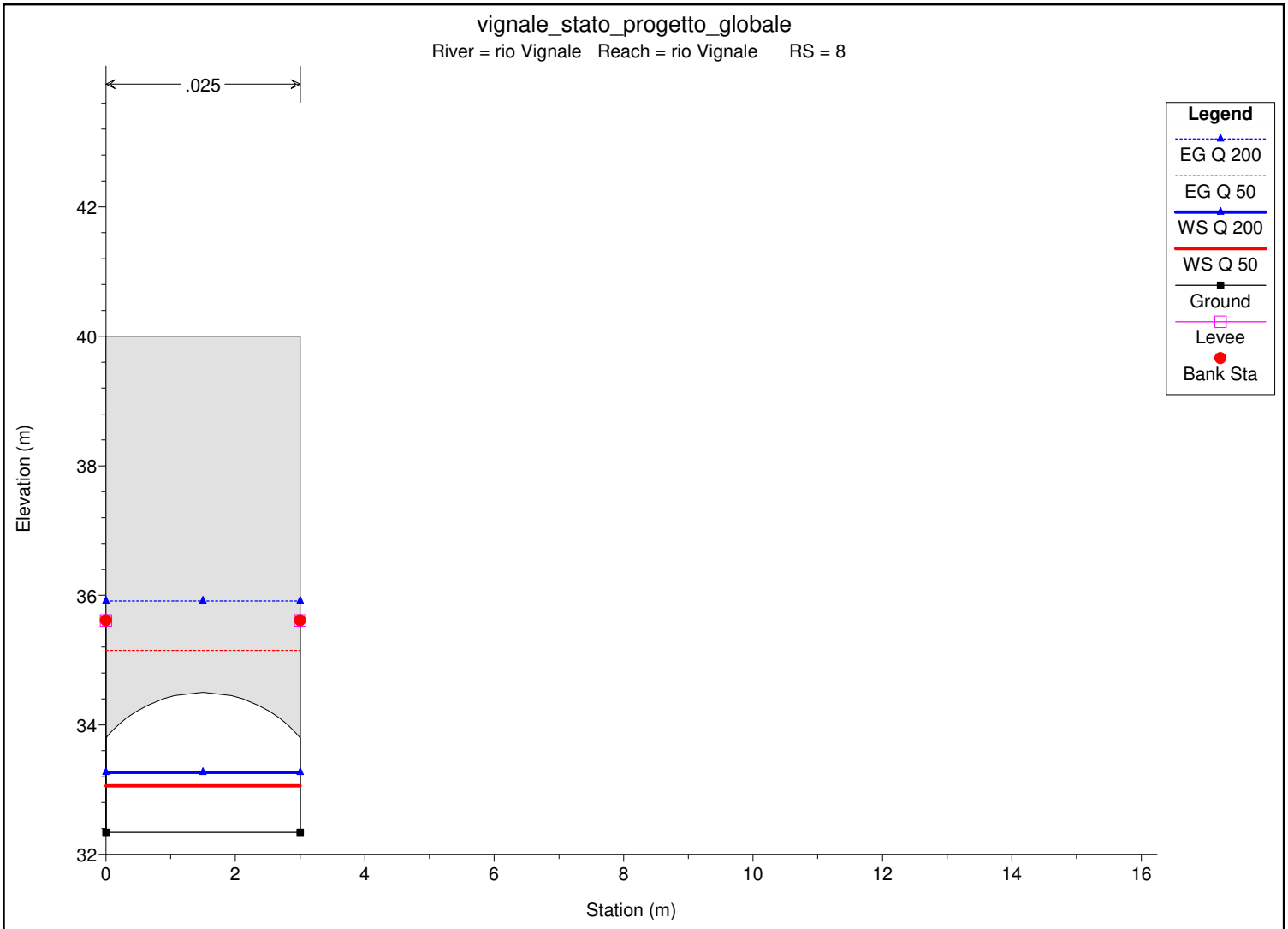


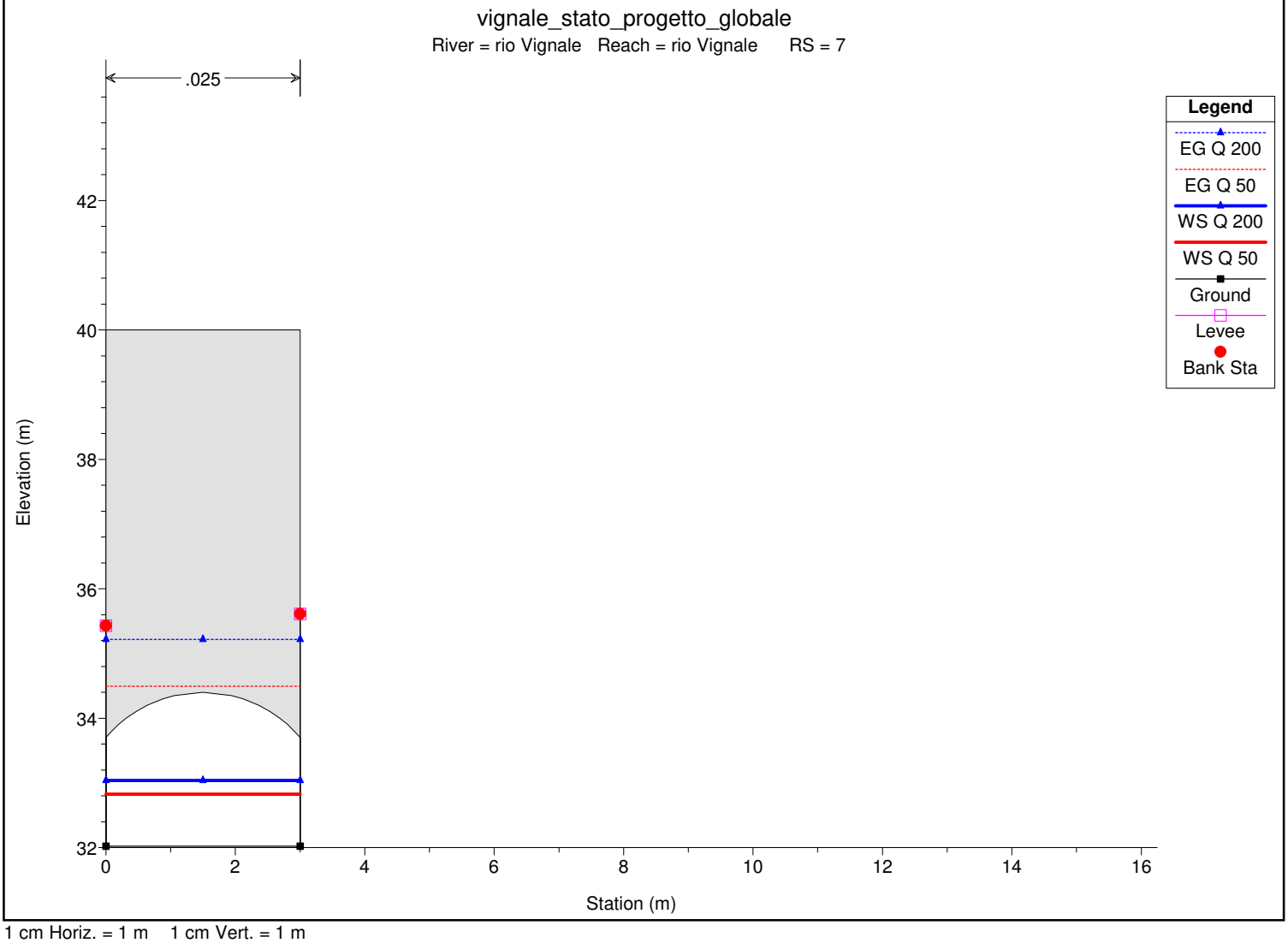
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1 m



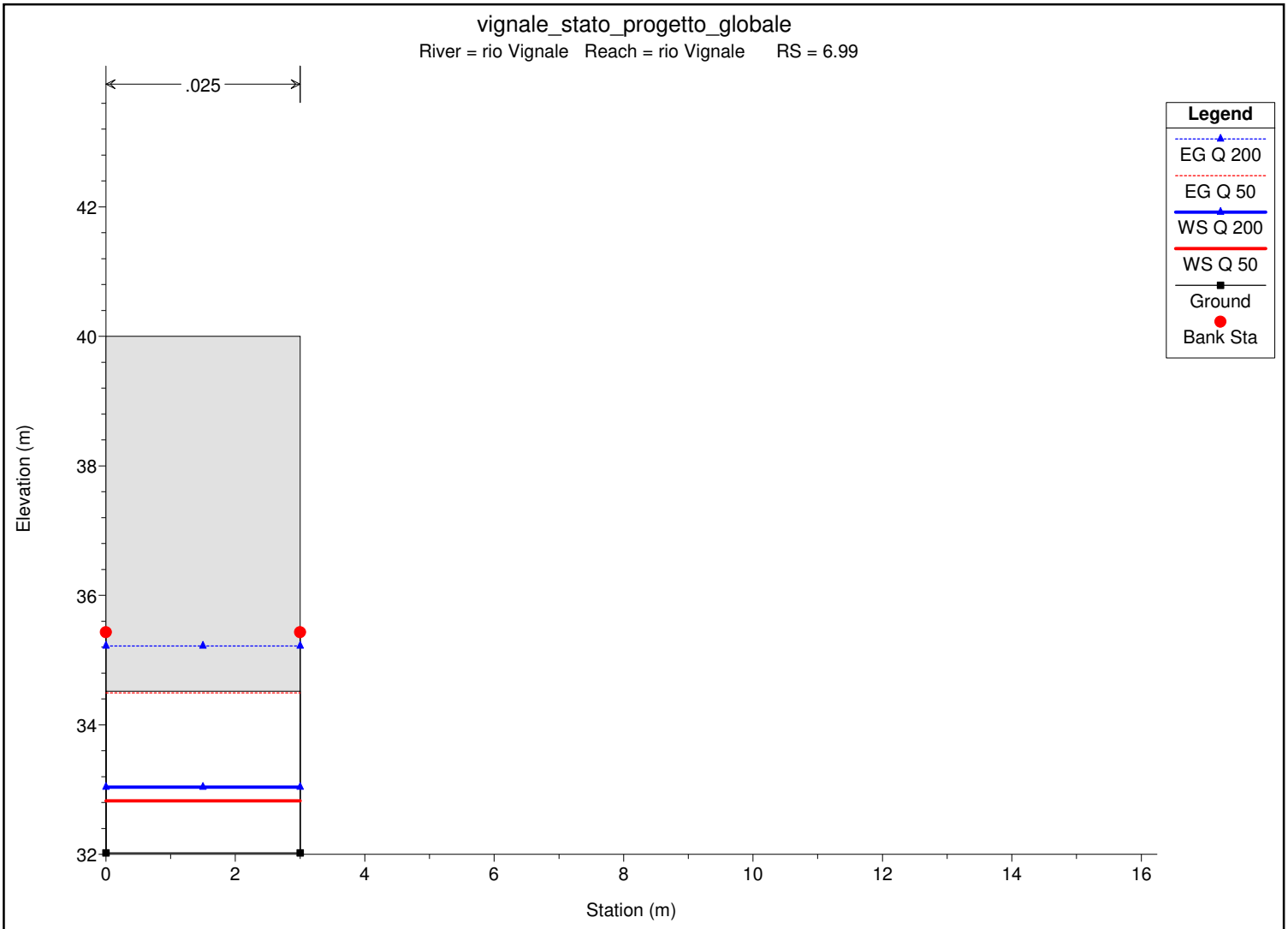


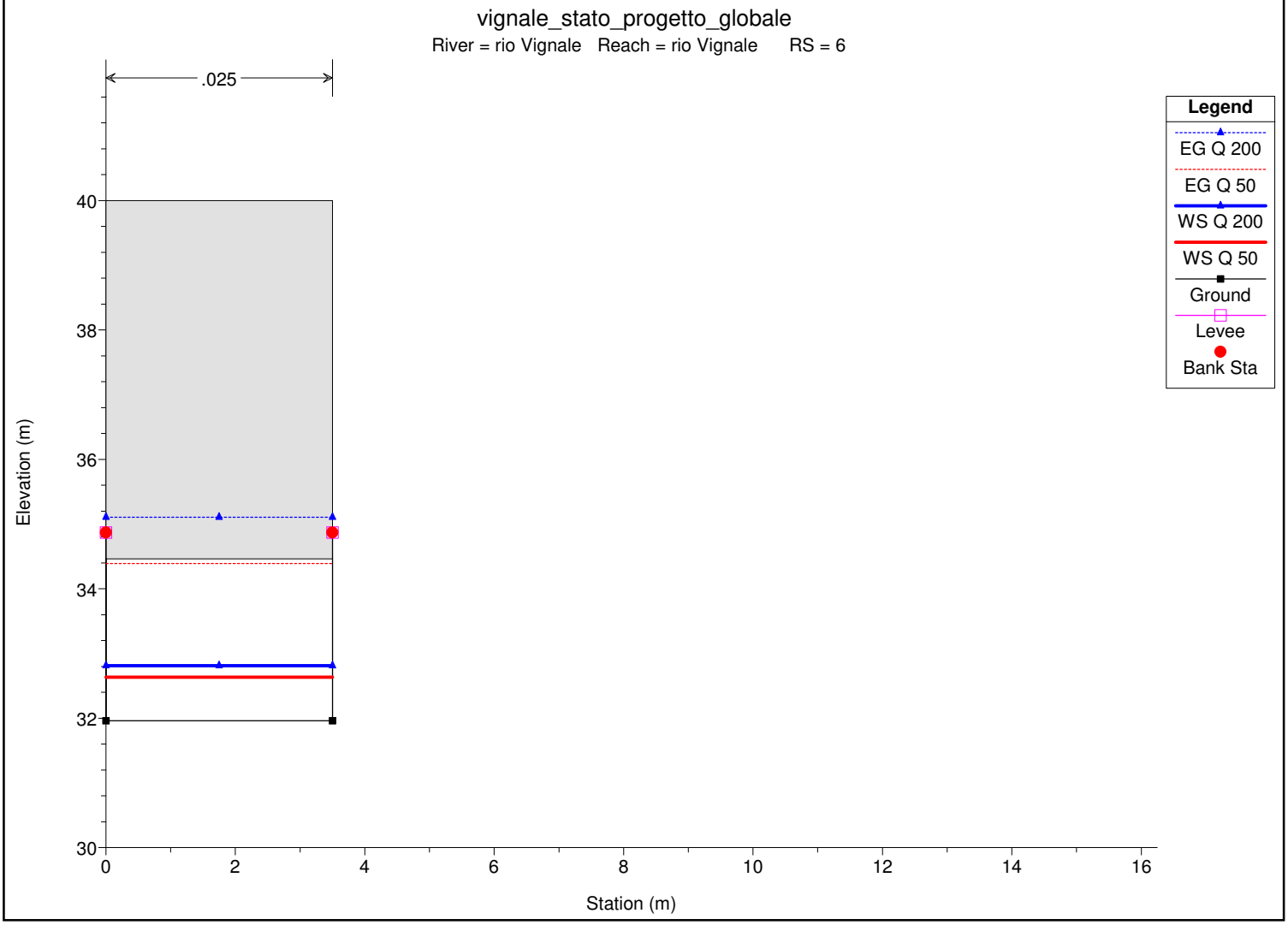
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1 m



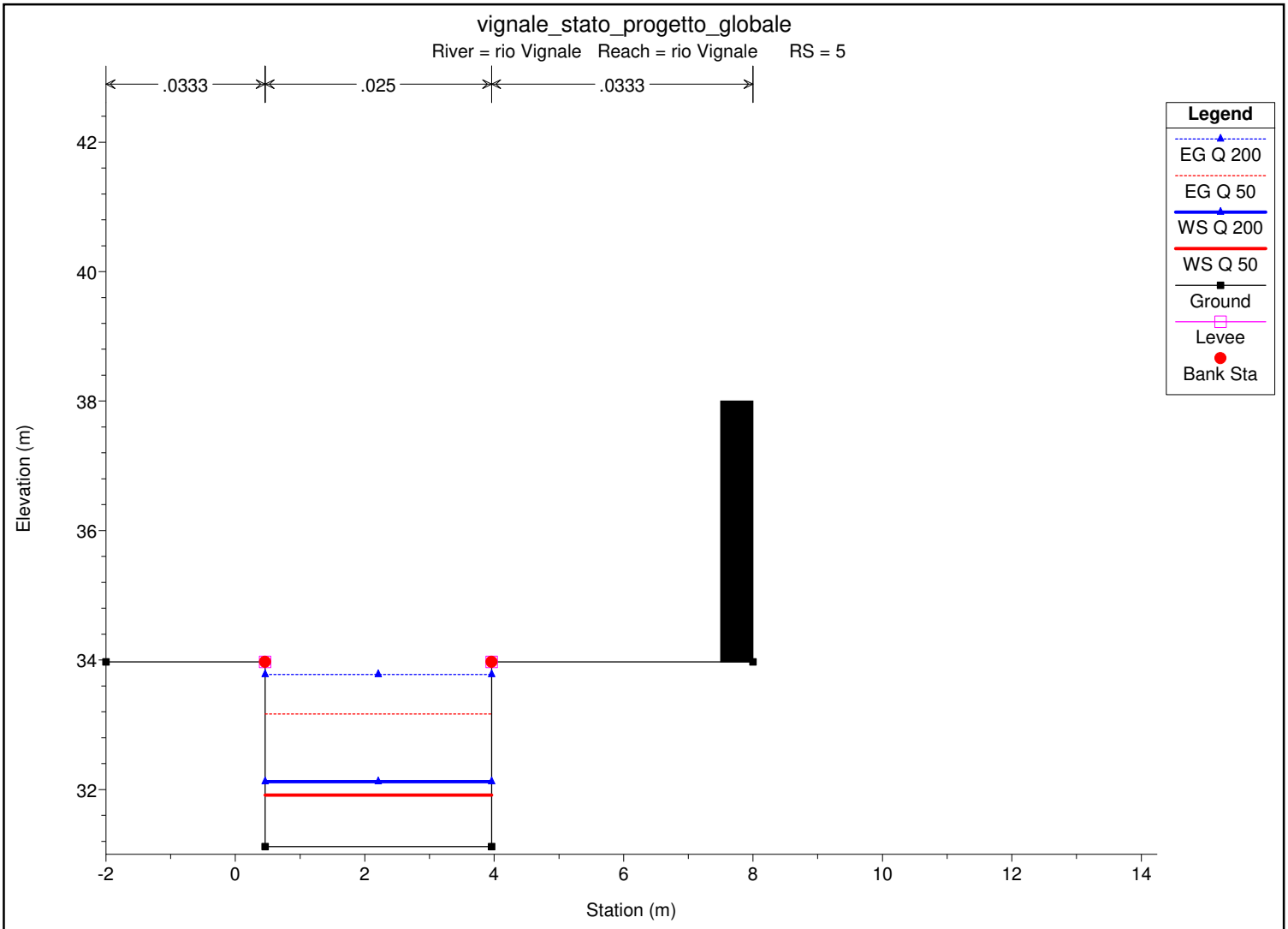


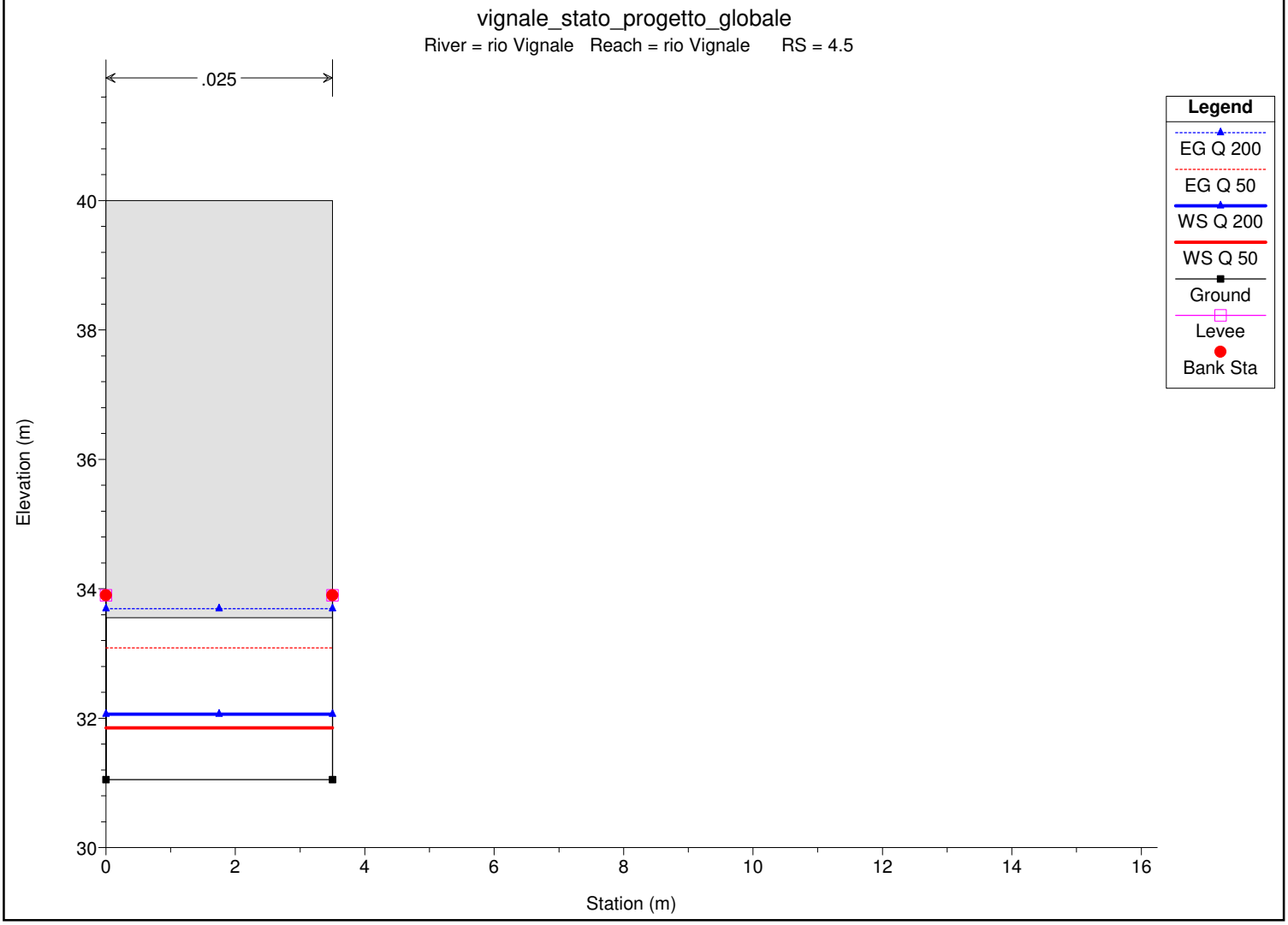
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1 m



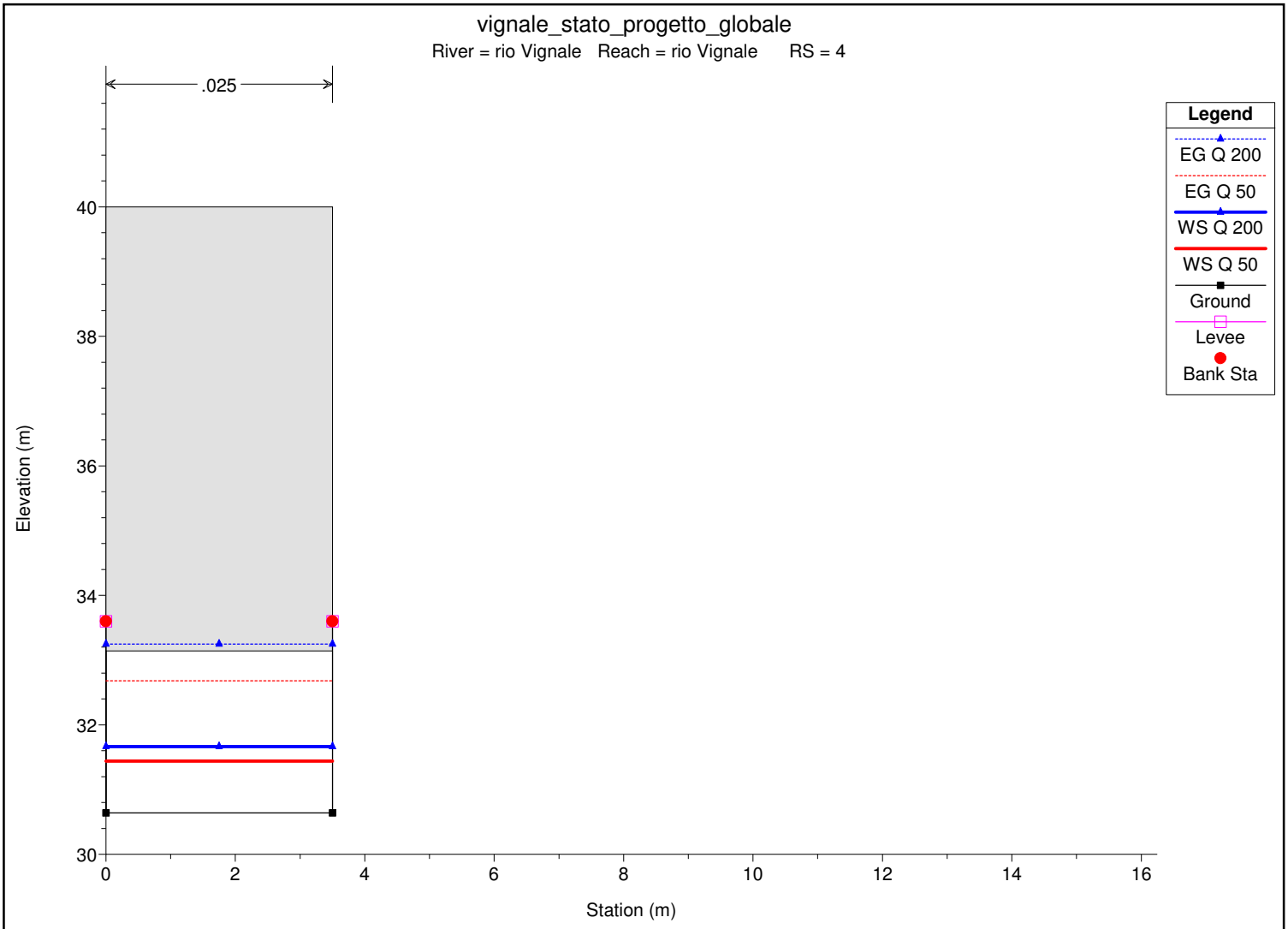


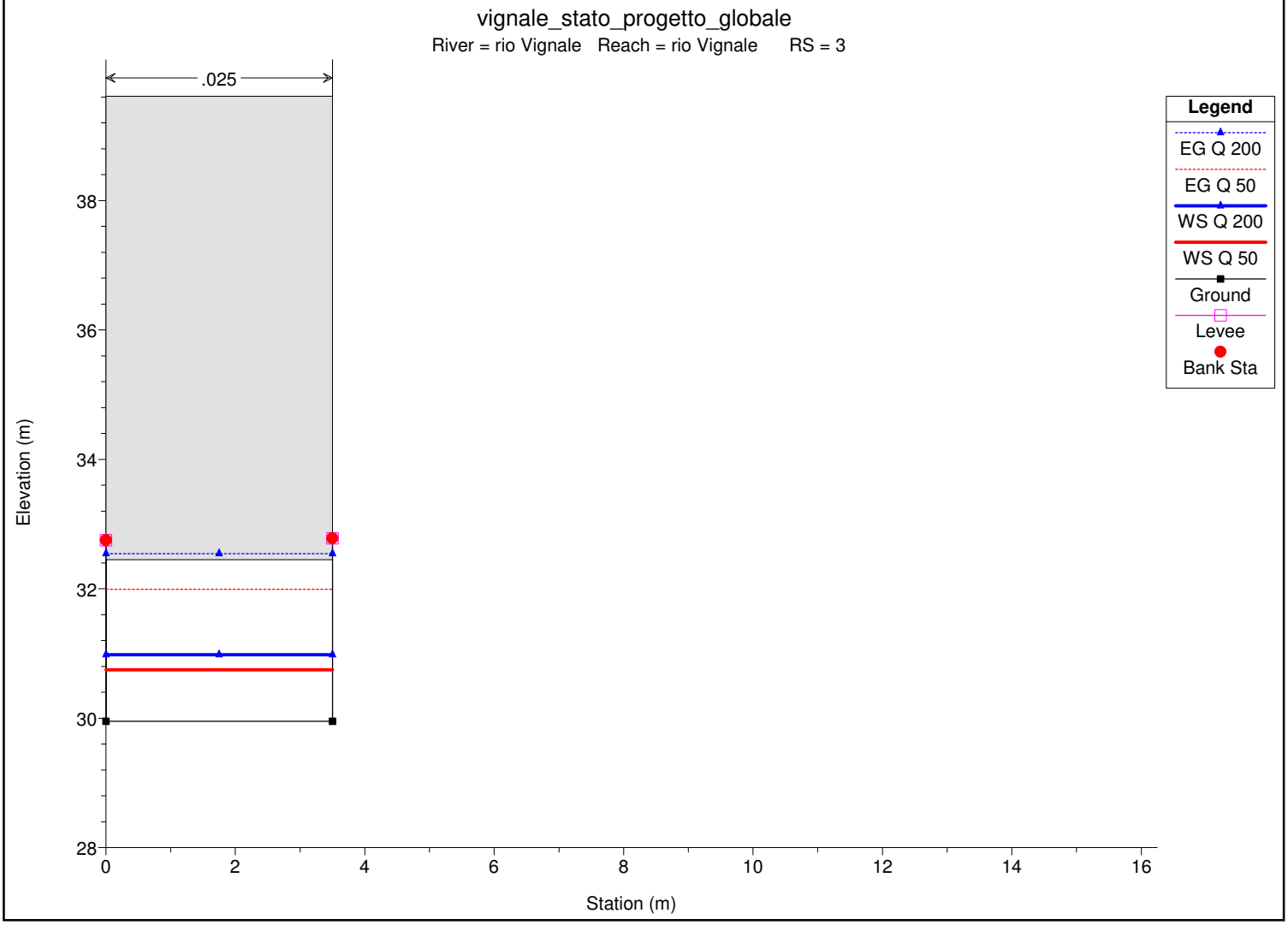
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1 m



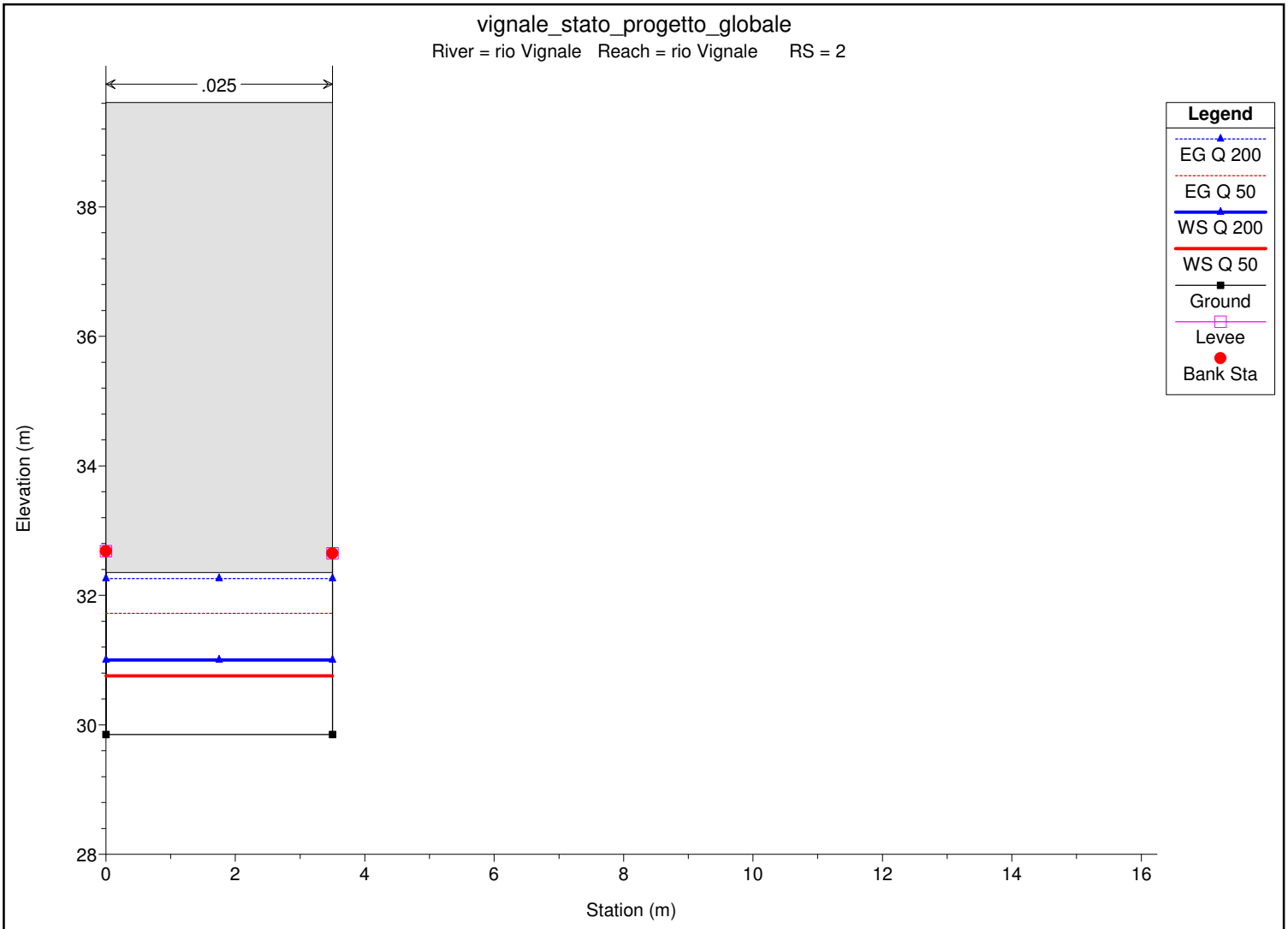


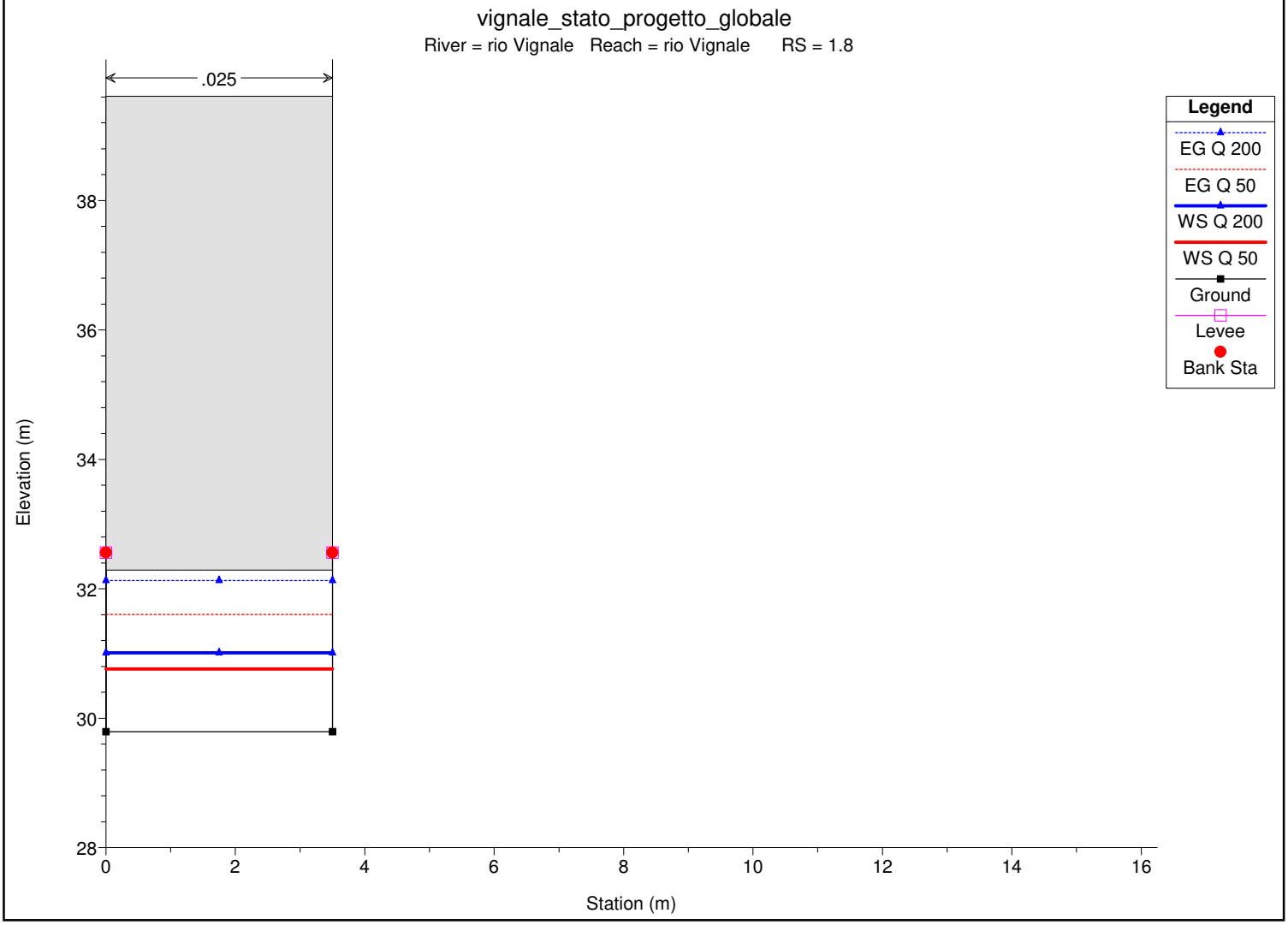
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1 m



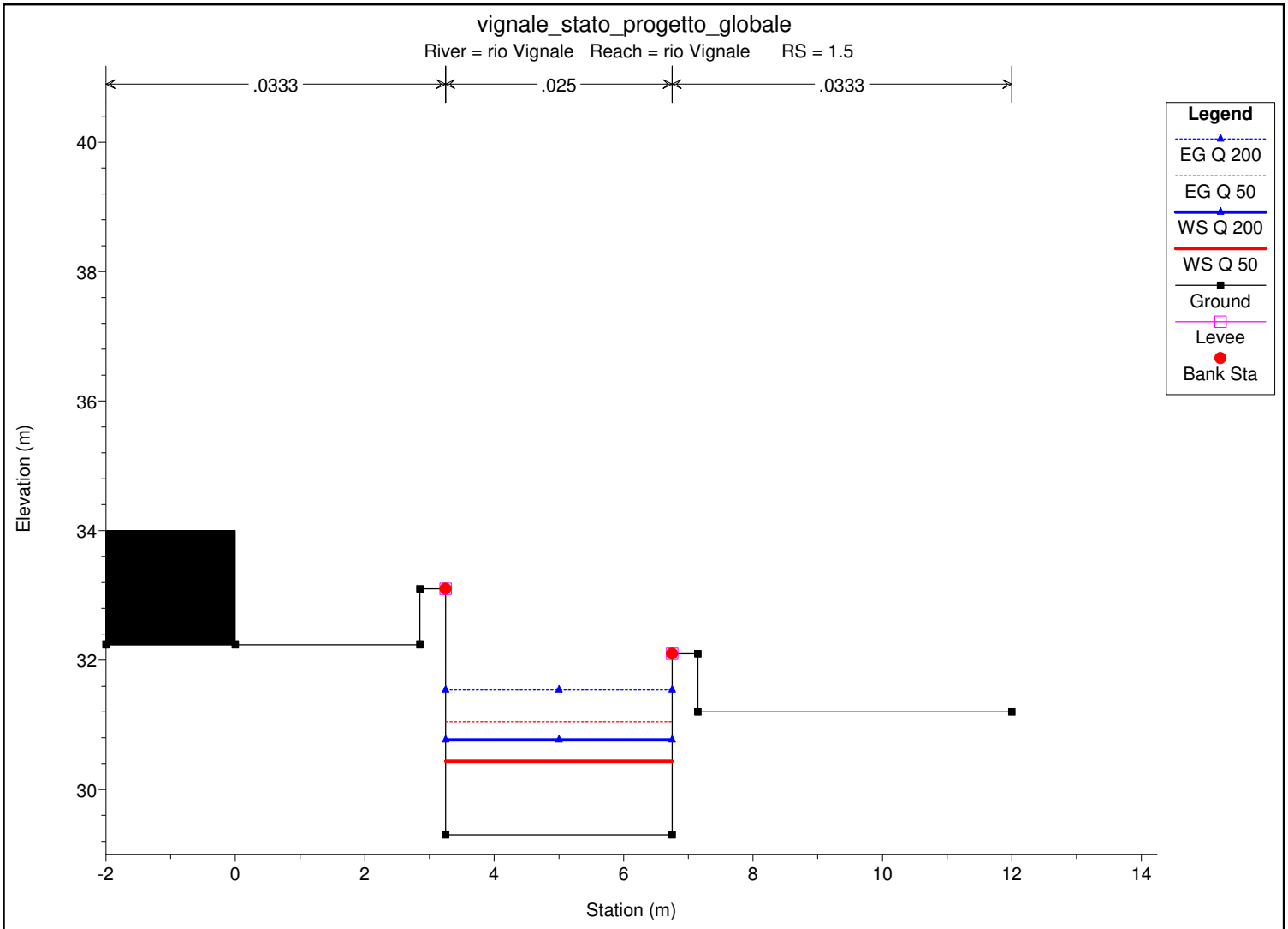


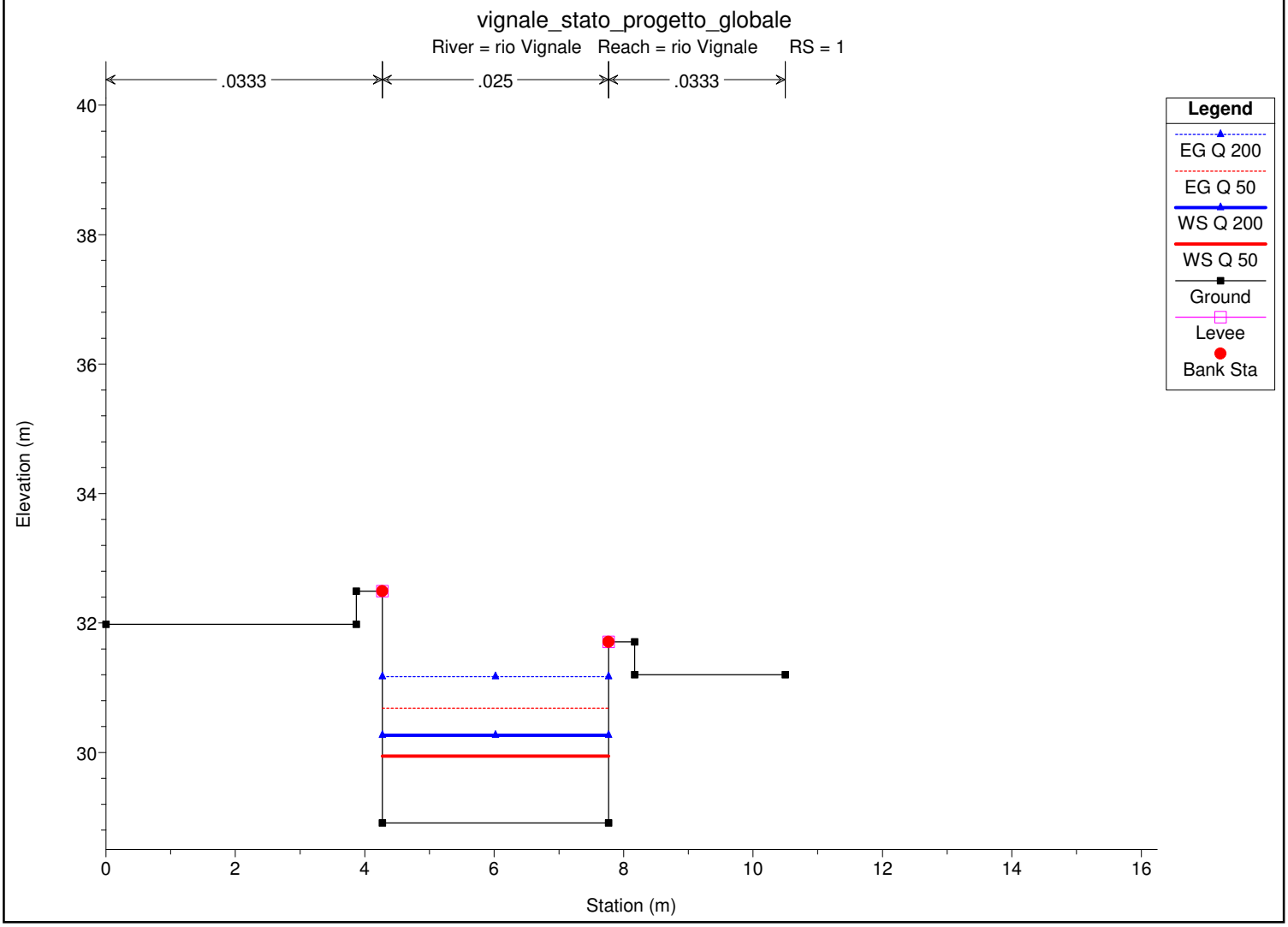
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1 m



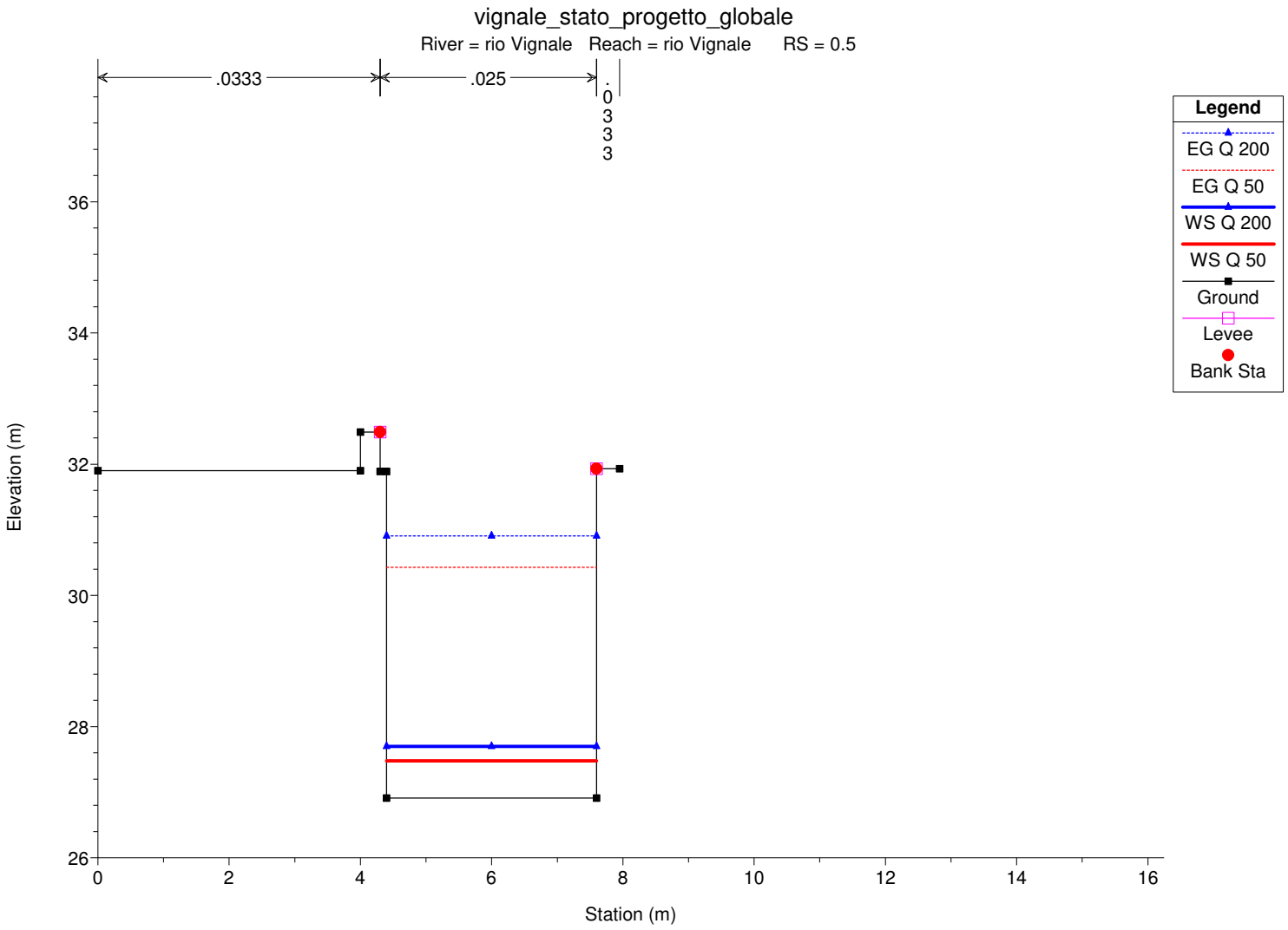


1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1 m





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



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