Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

PROVVEDITORATO PER LE OPERE PUBBLICHE
PIEMONTE VALLE D'AOSTA LIGURIA

COMUNE DI SANTA MARGHERITA LIGURE

PROGETTAZIONE DEFINITIVA
PER LA REALIZZAZIONE DI UN CANALE SCOLMATORE E SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI TORRENTI SAN SIRO E MAGISTRATO IN COMUNE DI SANTA MARGHERITA LIGURE (GE)

RELAZIONE IDRAULICA



Progettazione

D'APOLLONIA S.P.A

BETA STUDIO S.R.L

MONTALDO ENGINEERING S.R.L

GEOTECHNICAL SERVICES S.R.L

STEGEO

Coordinatore della Progettazione
(Provveditorato per le OO.PP.)
Dr. Ing..Francesco Caldani

Responsabile del Procedimento
(Provveditorato per le OO.PP.)
Dr. Ing..Alessandro Pentimalli

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

INDICE

Pagina

ELENCO DELLE FIGURE **ii**

ELENCO DELLE TABELLE **iv**

1 CONSIDERAZIONI DI SINTESI **1**

2 AREA DI STUDIO **2**

3 ANALISI IDRAULICA **5**

3.1 PIANO DI BACINO 5

3.2 ANALISI PROGETTO PRELIMINARE 6

4 CONSIDERAZIONI SULLE PORTATE DI PROGETTO IN RELAZIONE AL PIANO DI BACINO E ALTRI PARAMETRI DI PROGETTO **7**

4.1 CONSIDERAZIONI SULLE PORTATE 7

4.2 CONSIDERAZIONI SUI PARAMETRI DI PROGETTO 8

5 VALUTAZIONE DEI BENEFICI ATTESI **26**

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

ELENCO DELLE FIGURE

Figura No. **Titolo**

2.1 Area di Studio; in blu i tratti a cielo aperto, in verde i tratti tombinati

3.1 Stralcio Planimetrico "Carta delle fasce di inondabilità" Settore C Piano di Bacino, in rosso aree allagate per tr=50 anni, in giallo Tr=200 anni, in verde Tr=500 anni

4.1 Tracciato della Galleria e Portate di Progetto Piano di Bacino (Tr200 anni)

4.2 Scala portata per i=0, 93 m/km e i=0, 99 m/km

4.3 Scala delle portate per la luce sottobattente dell'opera di regolazione sul Torrente S. Siro: sono evidenziati i punti di entrata in funzione dello sfioratore (Q=3.2 m³/s, h=1.35 m) e i valori per Tr=200 anni (Q=4.75 m³/s, h=2.64 m)

4.4 Opera di presa sul S. Siro: profilo della corrente in corrispondenza dello sfioratore laterale per la portata con Tr pari a 200 anni, nel caso di bocca tarata a valle libera e ostruita

4.5 Scala delle portate per la luce sottobattente dell'opera di regolazione sul torrente S. Siro: sono evidenziati i punti di entrata in funzione dello sfioratore (Q=1.45 m³/s, h=1.40 m) e i valori per Tr=200 anni (Q=1.96 m³/s, h=2.37 m)

4.6 Opera di presa sul torrente Magistrato: profilo della corrente in corrispondenza dello sfioratore laterale per la portata con Tr pari a 200 anni, nel caso di bocca tarata a valle libera e ostruita

4.7 Opera di Presa sul Torrente Magistrato: Schema del moto in corrispondenza dell'imbocco del tubo verticale

4.8 Portata in Ingresso e Carico sulla Soglia per un Tubo di Diametro 2 m

4.9 Opera di Presa sul Magistrato: Schema del Raccordo ad Imbuto del Tubo Verticale

4.10 Profilo Linea Energia per la Portata Q (tr200 anni)=16.6 m/s, caratterizzata da una velocità di 5.29 m/s. In corrispondenza del pozzo sono riportati due livelli, quello superiore rappresenta il livello necessario alla corrente per immettersi nel calice di imbocco, quello inferiore il livello della corrente rigurgitata dalla portata in galleria

4.11 Schema del Manufatto di Confluenza

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

ELENCO DELLE FIGURE (Continuazione)

Figura No. **Titolo**

4.12 Confluenza, Schema Volume di Controllo

4.13 Sbocco a Mare, Schema Volume di Controllo

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

ELENCO DELLE TABELLE

Tabella No. **Titolo**

2.1 Immagini caratteristiche dei vari tratti

4.1 Stime delle Portate di Piena del PdB

4.2 Opera di presa sul S. Siro: grandezze idrauliche per la portata di picco con Tr 200 anni nel caso di bocca tarata a valle libera (caso A) e ostruita (caso B)

4.3 Opera di presa sul Magistrato: grandezze idrauliche per la portata di picco con Tr 200 anni nel caso di bocca tarata a valle libera (caso A) e ostruita (caso B)

5.1 Portate di Piena lungo il corso del Torrente San Siro

5.2 Portate di Piena lungo il corso del Torrente Magistrato

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

RAPPORTO
RELAZIONE IDRAULICA
PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN CANALE SCOLMATORE E SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI TORRENTI S. SIRO E MAGISTRATO IN COMUNE DI SANTA MARGHERITA LIGURE E ATTIVITA' COMPLEMENTARI ALLA PROGETTAZIONE

1 CONSIDERAZIONI DI SINTESI

La relazione riporta le analisi idrauliche relative allo stato di fatto ed a quello di progetto conseguente la realizzazione della galleria scolmatrice per il reticolo idrografico naturale ed urbanizzato del Torrente San Siro e Magistrato.

L'analisi dello stato di fatto è stata dedotta dal Piano di Bacino Stralcio sul Rischio Idrologico per il quale è stato condotto uno studio idraulico con un modello di calcolo in moto permanente. Per ciascun tratto è stata valutata la massima portata smaltibile pari cioè alla massima portata in assenza di disturbi idraulici di valle.

Le gravi insufficienze sia del tratto terminale del Torrente San Siro che del Fosso Magistrato, l'alto grado di urbanizzazione del tratto finale dei due corsi d'acqua, l'impossibilità di aumentare considerevolmente la capacità di smaltimento delle sezioni idrauliche esistenti, evidenziano come la soluzione che prevede la realizzazione di un canale scolmatore, risulti la più fattibile.

Le dimensioni e la forma della sezione della galleria, verificata per le portate di progetto, è stata ottimizzata in funzione delle esigenze costruttive e delle economicità e sicurezza dello scavo condizioni che hanno determinato le dimensioni di scavo rispetto a quelle sufficienti dal punta di vista idraulico.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

2 AREA DI STUDIO

Il territorio oggetto del presente studio comprende i bacini imbriferi di due corsi d'acqua situati in Provincia di Genova, il fosso Magistrato e il torrente San Siro (Figura 2.1), che l'Autorità di Bacino regionale colloca nell'ambito di bacino 15 – settore C.

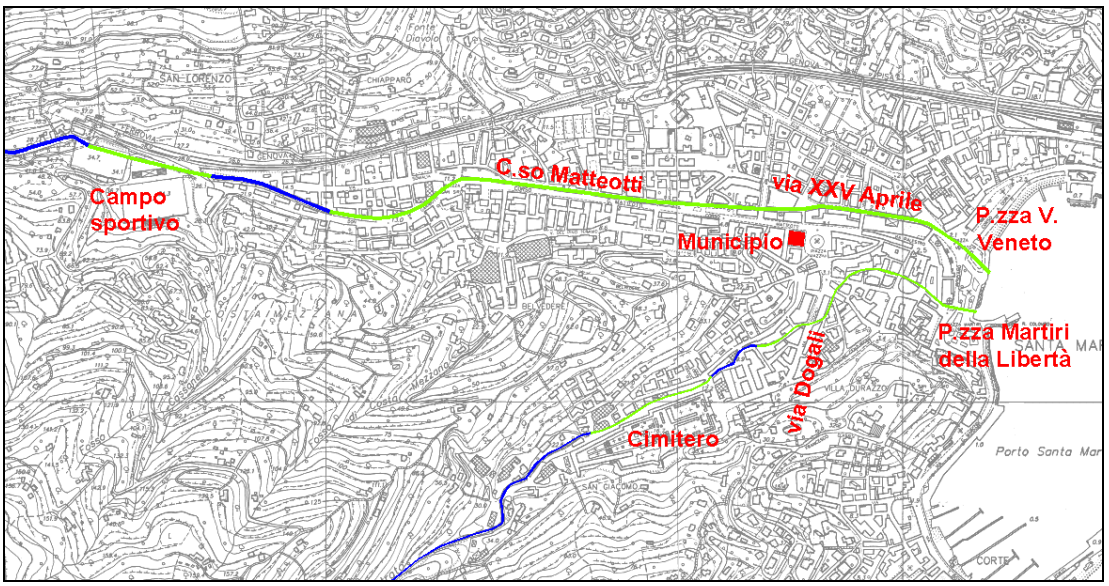


Figura 2.1 - Area di Studio: in blu i tratti a cielo aperto, in verde i tratti tombinati

Il tratto del torrente San Siro in studio è di circa 1950 metri. Il primo tratto a cielo libero, a monte del campo sportivo, ha una lunghezza di 300 metri ed è caratterizzato da un alveo inciso (sezione rettangolare L=5,5 metri, h=4,5 metri) con pareti in cls e fondo naturale con una serie di briglie con salti di circa 2-3 metri. Il primo tratto tombinato, della lunghezza di 220 metri circa, sotto il campo sportivo è caratterizzato da una sezione 4 metri per 4 metri con forte pendenza pari a circa il 3%. A valle del campo sportivo, per un piccolo tratto di 210 metri il torrente corre a cielo aperto con sezione di 6 per 3,5. L'ultimo tratto fino a mare, della lunghezza di circa 1230 metri, sotto via don Garibotti, C.so Matteotti, via XXV Aprile e quindi Piazza V. Veneto è tutto tombinato. In alcuni punti la sezione ha dimensioni minime di 6-7 metri di larghezza e 1,5-1,8 metri di altezza.

Il tratto del Fosso Magistrato in studio è di circa 1150 metri. Il primo tratto a cielo libero, a monte del Cimitero, ha una lunghezza di 330 metri ed è caratterizzato da un alveo con pareti in cls e fondo naturale. Il primo tratto tombinato, in fregio al Cimitero della lunghezza di 220 metri circa, ha una sezione di 3,7 metri di larghezza per 2,8 metri di altezza. Per un tratto di 90 metri il Fosso Magistrato torna a correre a cielo aperto. Nell'ultimo tratto di 450 metri fino allo sbocco a mare il corso d'acqua

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

è del tutto simile ad una rete di drenaggio urbana di medie dimensioni con pozzetti di ispezione ogni 30-40 metri.

Tabella 2.1: Immagini Caratteristiche dei Vari Tratti

Fosso Magistrato	**Torrente San Siro**
 Tratto a cielo aperto di monte	 Tratto naturale di monte
 Tratto a cielo aperto a valle Cimitero	 Briglia selettiva e sullo sfondo briglia con salto di circa 2 metri

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it



Botola d'ispezione tratto tombinato



Inizio tratto tombinato sotto campo sportivo



Sbocco a mare sotto Piazza Martiri della Libertà



Sbocco a mare sotto Piazza V. Veneto

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

3 ANALISI IDRAULICA

3.1 PIANO DI BACINO

Le verifiche idrauliche condotte per la redazione del Piano di Bacino Stralcio sul Rischio Idrologico (confermate anche con l'aggiornamento dell'anno 2014) hanno evidenziano gravi insufficienze idrauliche dovute alla presenza di tratti tombinati con sezioni di ridotte dimensione. L'analisi condotta in moto permanente ha evidenziato che la massima portata a pelo libero (nel seguito "portata smaltibile") per il fosso Magistrato è di 11 mc/s mentre la massima portata che può defluire in pressione senza determinare allagamenti è di 13 mc/s. Per il San Siro la massima portata a pelo libero è di 32 mc/s mentre la massima portata che può defluire in pressione senza determinare allagamenti è di 63 mc/s.

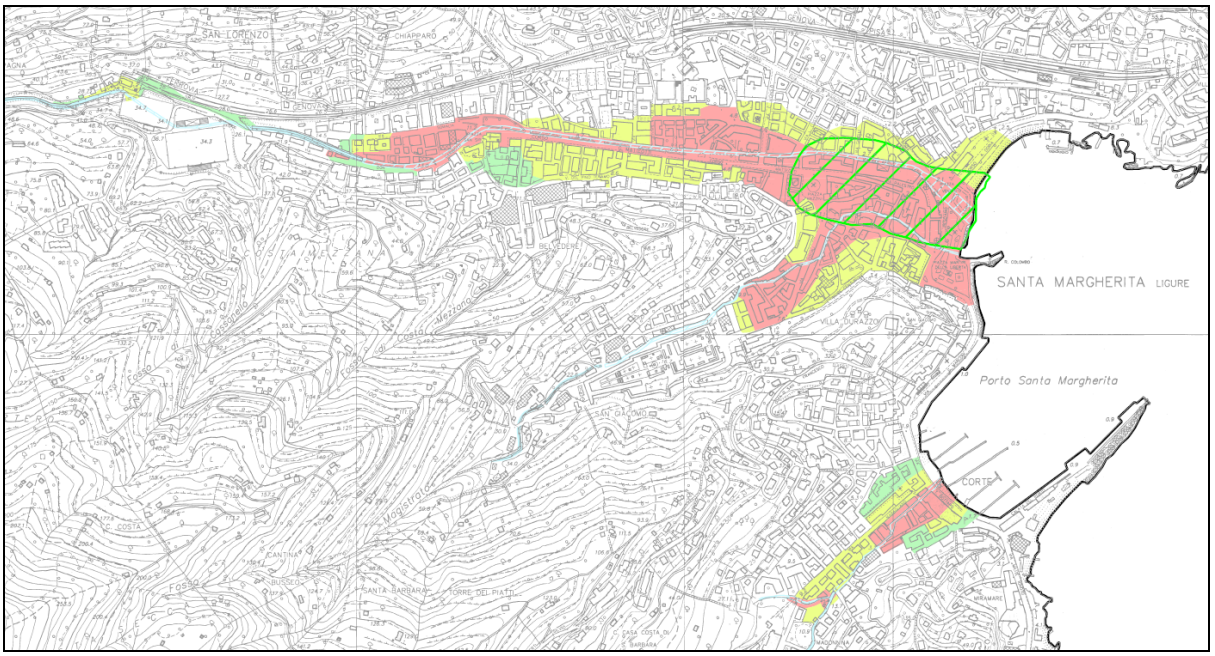


Figura 3.1 - Stralcio planimetrico "Carta delle fasce di inondabilità" Settore C Piano di Bacino: in rosso aree allagate per tr=50 anni, in giallo Tr=200 anni, in verde Tr=500 anni, con fincatura verde le aree storicamente allagabili secondo DGR 594/01 Regione Liguria

Il fenomeno di allagamento del centro cittadino è dovuto all'acqua che esonda nella zona prospiciente l'imbocco dell'ultimo tratto tombinato e che trova facile scorrimento nelle sedi viarie e all'acqua fuoriuscita dai manufatti idraulicamente interconnessi al tombino, per effetto del rigurgito determinato dalla corrente in pressione.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

3.2 ANALISI PROGETTO PRELIMINARE

Nel Progetto Preliminare "Interventi di sistemazione idraulica del torrente San Siro", redatto dalla Provincia di Genova Anno 2000 si evidenzia la grave insufficienza dei due tratti intubati del torrente San Siro.

In particolare la portata smaltibile del primo tratto sotto i campi sportivi è pari a soli 40 mc/s mentre per il tratto nel secondo tratto, la massima portata smaltibile scende progressivamente da 110 mc/s fino a 40 mc/s.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

4 CONSIDERAZIONI SULLE PORTATE DI PROGETTO IN RELAZIONE AL PIANO DI BACINO E ALTRI PARAMETRI DI PROGETTO

4.1 CONSIDERAZIONI SULLE PORTATE

Di seguito si riportano le stime delle portate di piena con assegnato periodo di ritorno come definite nel Piano di Bacino.

Tabella 4.1: Stime delle Portate di Piena del PdB

	Codice sezione	Area drenata [kmq]	Q TR 50 [mc/s]	Q TR 200 [mc/s]	Q TR 500 [mc/s]
San Siro	SS2	2.4	41.6	59.4	70.4
	SS3	3.38	62.4	88.3	104.6
	M.te Rainusso	4.53	76	105.9	124.5
	SS4	4.90	84	116.2	136.2
Magistrato	MA1	0.62	12	16.6	19.5
	MA2	0.83	18.1	24.8	29.1
	MA3	0.93	20.9	28.7	33.6

Nel Piano di Bacino le portate di piena sono calcolate in base al confronto di varie metodologie delle quali è stata scelta quella della Formula Razionale che, concettualmente, per il picco dell'idrogramma, coincide con la metodologia afflussi-deflussi.

Nel calcolo è stato utilizzato un Curve Number (CN) in condizione AMC 2 (ossia CN medio pari a 82) ed il fenomeno di assorbimento è considerato uniforme sul territorio. Inoltre, è stata utilizzata la formula razionale con durata critica pari al tempo di corrivazione stimato alla sezione di foce, Tc=70 minuti.

Di seguito, con riferimento al Piano di Bacino, è riportato lo schema delle portate con cui sono state verificate le opere idrauliche, al fine di garantire all'Amministrazione una congruità del progetto in esame con lo strumento pianificatorio.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

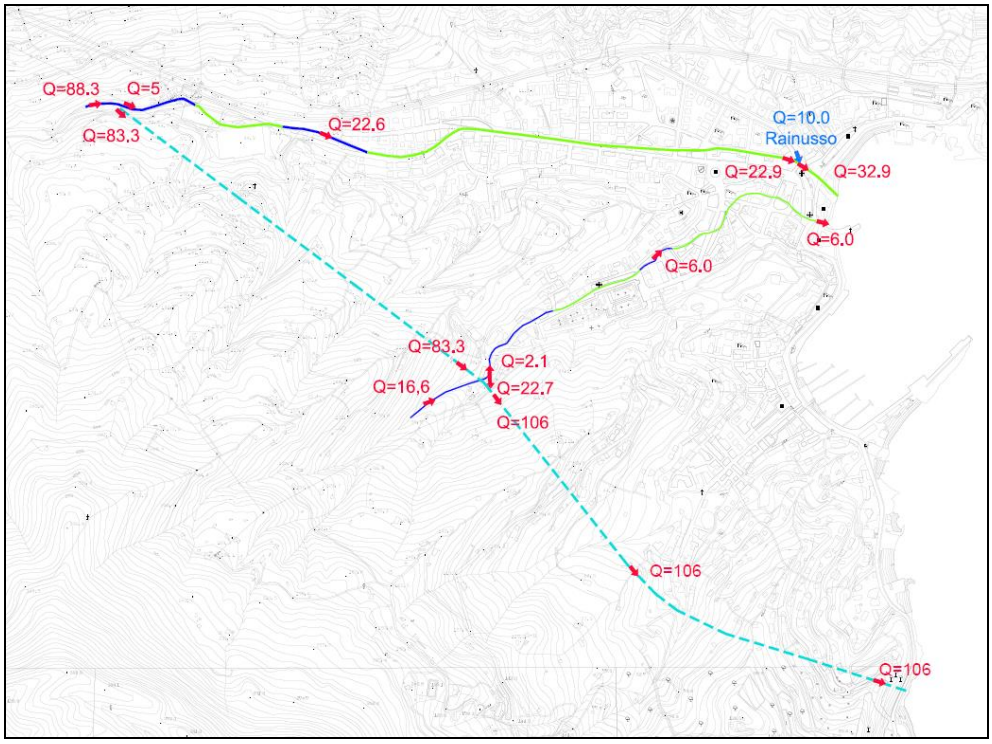


Figura 4.1: Tracciato della Galleria e Portate di Progetto Piano di Bacino (Tr200 anni)

4.2 CONSIDERAZIONI SUI PARAMETRI DI PROGETTO

4.2.1.1 Verifica della Sezione di Progetto della Galleria

Considerando che le portate che determinano l'inizio del funzionamento della galleria hanno un tempo di ritorno pari a circa 3 anni, vista l'assenza di materiale solido all'interno della galleria, la scelta della tipologia del rivestimento della galleria comporta un coefficiente di scabrezza di Strickler pari a 70 $m/s^{1/3}$.

Al fine di garantire l'amministrazione rispetto allo strumento Piano di Bacino, si verifica la galleria anche con il valore di scabrezza di Strickler più basso, pari a 55 $m/s^{1/3}$ indicati nel Piano di Bacino per tratti tombinati. Nel nostro caso va evidenziato che la galleria scolmatrice non è una tombinatura, e quindi la forma della sezione della galleria, le brusche variazioni di sezione tipiche delle tombinature, e tanto meno la scabrezza superficiale del rivestimento giustificano un valore così basso. Come ben noto infatti il valore dell'indice di resistenza è funzione sia della rugosità del materiale sia della forma della sezione stessa. Le portate che defluiscono in galleria sono pari alle massime portate di piena a monte delle sezioni di controllo, nell'ipotesi cautelativa che le luci a battente che limitano il deflusso verso valle della corrente di piena, siano completamente ostruite e tutta l'acqua in arrivo sia sfiorata nella galleria.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

Nella figura seguente sono riportate le scale di deflusso dei due tratti di galleria a differente pendenza confrontate con la massima portata del tratto di monte pari a 59,4 mc/s e la massima portata a valle dell'immissione del Fosso Magistrato pari a 76 mc/s.

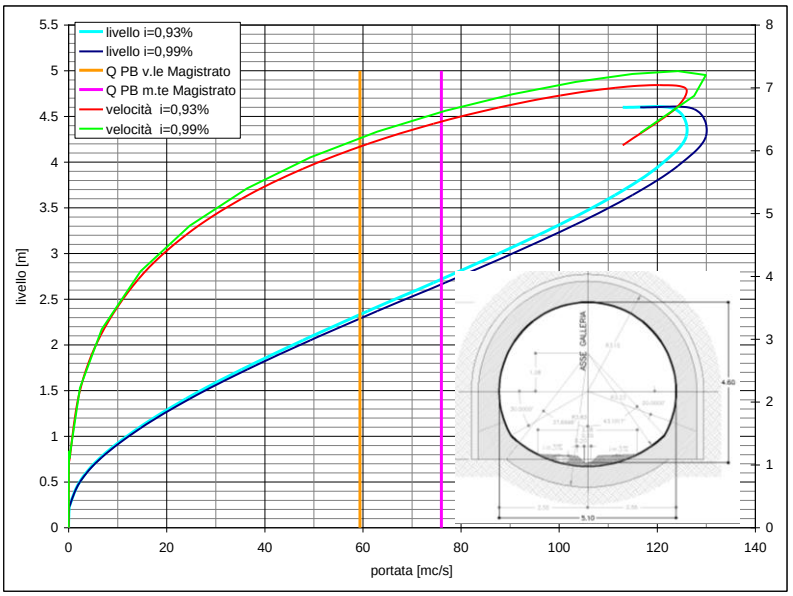


Figura 4.2: Scala portata per i=0, 93 m/km e i=0, 99 m/km

4.2.1.2 Opera di Presa sul Torrente San Siro

Sfioratore Laterale e Sezione di Controllo

Il manufatto di controllo trasversale al corso d'acqua in grado di limitare la portata in alveo nel S. Siro, è dotato di una luce sul fondo (bocca tarata) di 1.2 m di larghezza e 1.0 m di altezza e di uno sfioratore laterale di lunghezza pari a 20.5 m e altezza del petto pari a 1.35 m posto a monte del manufatto di controllo per scolmare le portate in eccesso in galleria attraverso.

Nei paragrafi seguenti è riassunta la verifica idraulica dei manufatti interessati dalla piena con tempo di ritorno duecentennale secondo le stime di Piano di Bacino.

L'equazione che lega la portata sfiorata Q all'altezza del pelo libero h a monte di una bocca di dimensioni b·a è data da:

$$Q = b \cdot C_q \cdot a \cdot \sqrt{2gh}$$

nell'ipotesi che l'altezza d'acqua a monte dell'opera sia tale che il manufatto funzioni a sottobattente.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

Il coefficiente di portata Cq è funzione del rapporto tra l'altezza d'acqua h e l'altezza della luce a:

$$C_q = C_c \cdot \sqrt{\frac{1}{1 + C_c \frac{a}{h}}}$$

Nel caso in esame si ottiene la scala delle portate indicata in Figura 4.3.

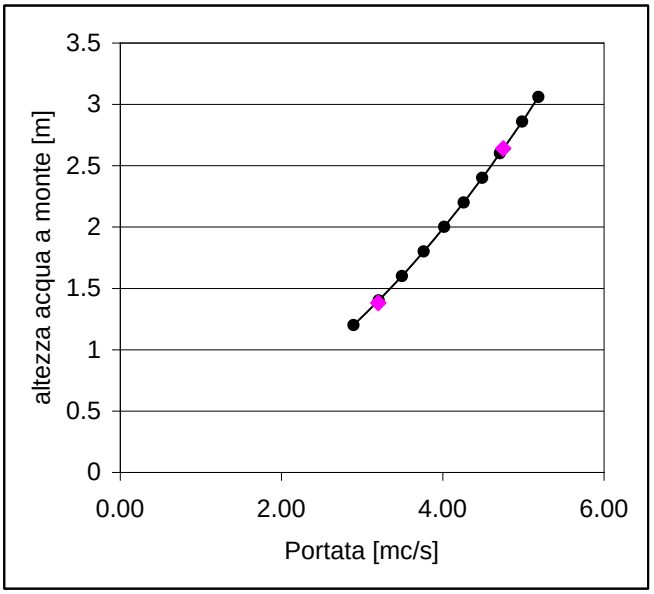


Figura 4.3: Scala delle portate per la luce sottobattente dell'opera di regolazione sul Torrente S. Siro: sono evidenziati i punti di entrata in funzione dello sfioratore (Q=3.2 m³/s, h=1.35 m) e i valori per Tr=200 anni (Q=4.75 m³/s, h=2.64 m)

Il calcolo idraulico per l'integrazione del profilo della corrente è stato eseguito ipotizzando che l'energia specifica della corrente rimanga costante lungo lo sfioratore utilizzando la classica trattazione del De Marchi (1934). Tale ipotesi è accettabile in quanto la progressiva diminuzione della portata e la conseguente variazione di velocità lungo lo sfioratore non producono particolari dissipazioni energetiche; lo stramazzo infatti non da luogo ad intensificazione di turbolenza rispetto alle condizioni esistenti in una corrente uniforme di analoghe caratteristiche. Scelto un passo di discretizzazione spaziale Δx e posto un valore di tentativo per la profondità y_k corrispondente all'estremo di monte dell'intervallo Δx si valuta il tirante idrico medio nell'intervallo:

$$y_m = \frac{y_i + y_k}{2}$$

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

e sulla base del relativo carico sulla soglia h_m si calcola il valore della portata sfiorata nel tratto:

$$\Delta Q_k = \mu \cdot \Delta x \cdot h_m \cdot \sqrt{2gh_m}$$

Si calcola quindi la portata in alveo all'estremo di monte dell'intervallo Δx corrispondente al livello y_k con l'espressione:

$$Q_k = Q_i + \Delta Q_k$$

ed infine l'energia specifica Ek:

$$E_k = y_k + \frac{v_k^2}{2g}$$

La procedura al passo i viene iterata tentando nuovi valori di y_k fino a quando l'errore non è inferiore ad un prefissato valore di soglia:

$$|E - E|_k < \varepsilon$$

Nel caso in esame sono state studiate due condizioni particolari per l'evento di progetto caratterizzato da tempo di ritorno pari a 200 anni. Una prima ipotesi è quella di normale funzionamento della bocca tarata a valle (caso A) mentre una seconda ipotesi è quella che, per effetto del materiale trasportato dalla piena, la luce di fondo del manufatto a valle dello sfioratore risulti completamente ostruita (caso B). I risultati ottenuti sono riportati in Figura 4.4 e in Tabella 4.2.

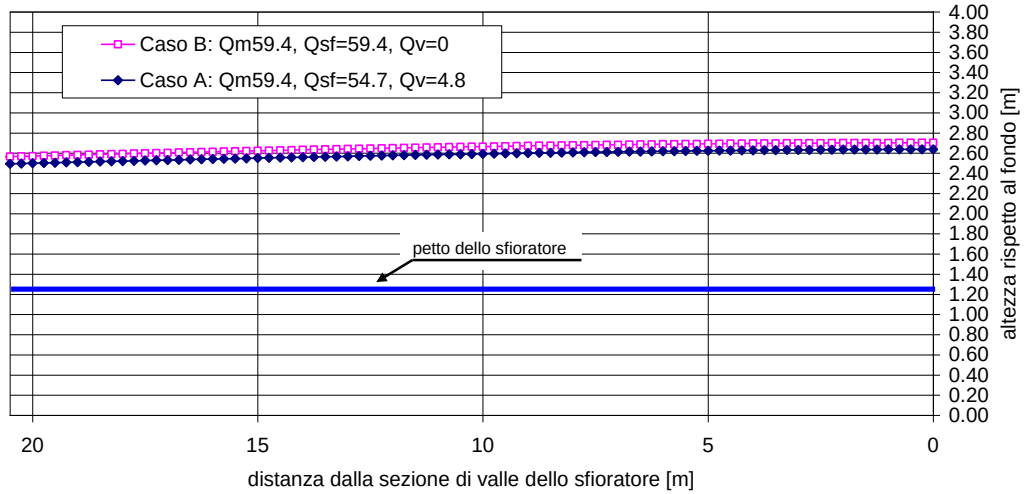


Figura 4.4: Opera di presa sul S. Siro: profilo della corrente in corrispondenza dello sfioratore laterale per la portata con Tr pari a 200 anni, nel caso di bocca tarata a valle libera e ostruita

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

Tabella 4.2: Opera di presa sul S. Siro: grandezze idrauliche per la portata di picco con Tr 200 anni nel caso di bocca tarata a valle libera (caso A) e ostruita (caso B)			
Grandezza	**Unità di misura**	**Caso A**	**Caso B**
Portata in arrivo	m³/s	59.4	
Portata a valle dello sfioratore	m³/s	4.75	0
Portata sfiorata	m³/s	54.7	59.4
altezza pelo libero in alveo, a valle dello sfioratore	m	2.64	2.72
altezza pelo libero in alveo, a monte dello sfioratore	m	2.49	2.64
altezza in alveo a monte dello sfioratore (rispetto al petto)	m	1.11	1.26
quota fondo alveo	m s.m.m.	29.40	
quota pelo libero in alveo, a valle dello sfioratore	m s.m.m.	32.04	32.12
quota pelo libero in alveo, a monte dello sfioratore	m s.m.m.	31.89	32.04
quota petto sfioratore	m s.m.m.	30.75	

4.2.1.3 Opera di Presa sul Torrente Magistrato

Sfioratore Laterale e Sezione di Controllo

In maniera analoga a quanto osservato per l'opera di presa sul torrente S. Siro stata condotta la verifica dell'opera di presa sul Fosso Magistrato.

L'opera prevede una luce libera, posta sul fondo del manufatto limitatore, di 1 m di larghezza e 0.5 m di altezza, e uno sfioratore laterale di lunghezza pari a 9.5 m e altezza del petto pari a 1.40 m sul fondo alveo.

Sulla base di tali dimensioni è stata determinata la scala delle portate del manufatto regolatore indicata in Figura 4.5 dove sono stati evidenziati il punto che corrisponde all'entrata in funzione dello sfioratore (Q=1.45 m³/s, h=1.40 m) e quello relativo alla portata che si vuole far defluire a valle per l'evento di progetto per Tr=200 anni (Q=1.96 m³/s, h=2.37 m).

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

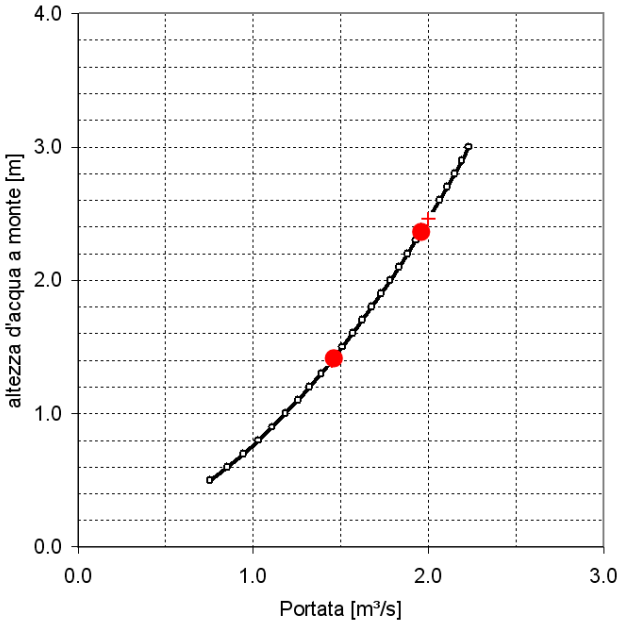


Figura 4.5: Scala delle portate per la luce sottobattente dell'opera di regolazione sul torrente S. Siro: sono evidenziati i punti di entrata in funzione dello sfioratore (Q=1.45 m³/s, h=1.40 m) e i valori per Tr=200 anni (Q=1.96 m³/s, h=2.37 m)

La verifica dello sfioratore laterale e in particolare il calcolo idraulico per l'integrazione del profilo della corrente è stato eseguito come descritto al paragrafo relativo allo sfioratore sul torrente S. Siro. Anche in questo caso sono state studiate due condizioni differenti di funzionamento per l'evento di progetto di tempo di ritorno pari a 200 anni.

Una prima ipotesi è quella di normale funzionamento della manufatto limitatore (caso A) mentre una seconda ipotesi è quella che, per effetto del materiale trasportato dalla piena, la luce di fondo del manufatto a valle dello sfioratore risulti completamente ostruita (caso B).

I risultati ottenuti sono riportati in Figura 4.6 e in Tabella 4.3.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

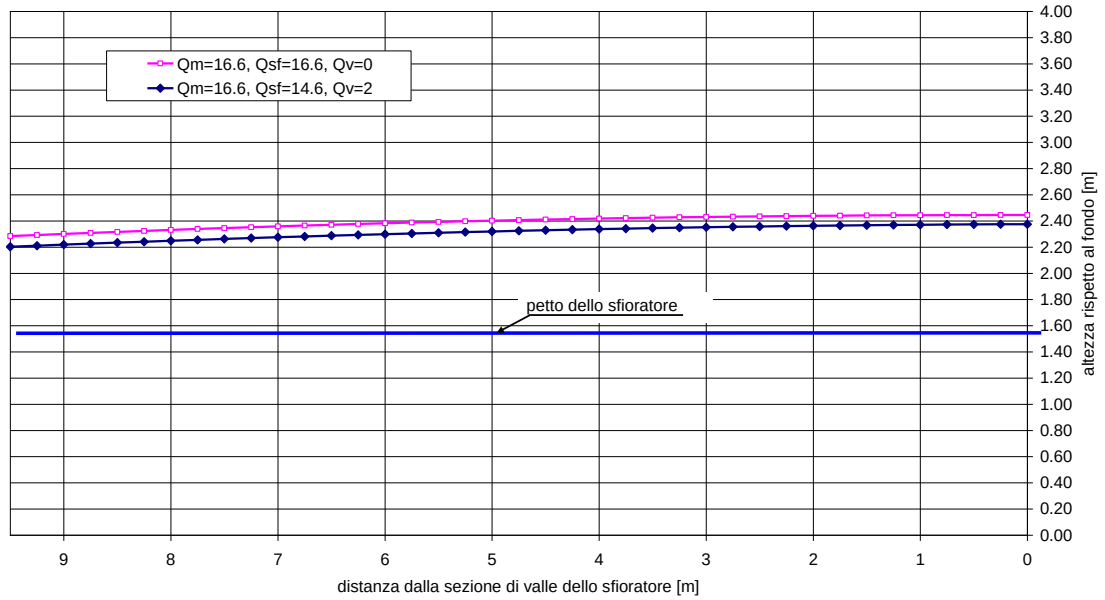


Figura 4.6: Opera di presa sul torrente Magistrato: profilo della corrente in corrispondenza dello sfioratore laterale per la portata con Tr pari a 200 anni, nel caso di bocca tarata a valle libera e ostruita

Tabella 4.3: Opera di presa sul Magistrato: grandezze idrauliche per la portata di picco con Tr 200 anni nel caso di bocca tarata a valle libera (caso A) e ostruita (caso B)

Grandezza	Unità di misura	Caso A	Caso B
Portata in arrivo	m³/s	16.6	
Portata a valle dello sfioratore	m³/s	1.96	0
Portata sfiorata	m³/s	14.6	16.6
altezza pelo libero in alveo, a valle dello sfioratore	m	2.37	2.45
altezza pelo libero in alveo, a monte dello sfioratore	m	2.20	2.28
quota fondo alveo	m s.m.m.	30.0	
quota pelo libero in alveo, a valle dello sfioratore	m s.m.m.	32.37	32.45
quota pelo libero in alveo, a monte dello sfioratore	m s.m.m.	32.20	32.28
quota petto sfioratore	m s.m.m.	31.4	

Calice di Imbocco

La verifica idraulica della sezione di imbocco del tubo verticale si esegue, a seconda del carico, utilizzando la legge di efflusso da soglia sfiorante a pianta circolare o la legge di efflusso da luce sotto battente (Figura 4.7).

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

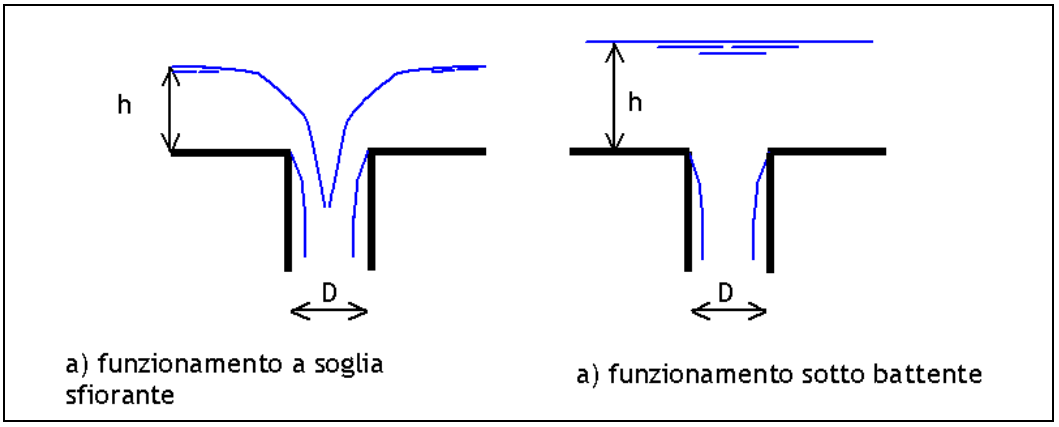


Figura 4.7: Opera di Presa sul Torrente Magistrato: Schema del moto in corrispondenza dell'imbocco del tubo verticale

Detto h il carico sulla soglia all'imbocco, la portata Q è:

$$Q = C_q \cdot h \cdot \pi \cdot D\sqrt{2gh}$$

nel caso di funzionamento a soglia sfiorante di diametro D con Cq paria circa 0.35 e

$$Q = C_q \cdot A \cdot \sqrt{2gh}$$

nel caso di funzionamento sotto battente, con Cq pari a circa 0.6, e con h riferito prudentemente alla soglia sfiorante in luogo di quello riferito alla sezione contratta.

L'andamento del carico h al variare della portata sfiorata per un tubo di diametro 2 m è mostrato nel grafico di Figura 4.8: il passaggio da funzionamento a soglia sfiorante a quello sottobattente si ha per portate pari a circa 8 m³/s. Si può notare inoltre che l'immissione della portata di progetto (16.6 m³/s) avviene con un carico di circa 4 m. Tale valore non sarebbe compatibile con le quote disponibili, però il primo tratto del tubo è raccordato ad imbuto.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

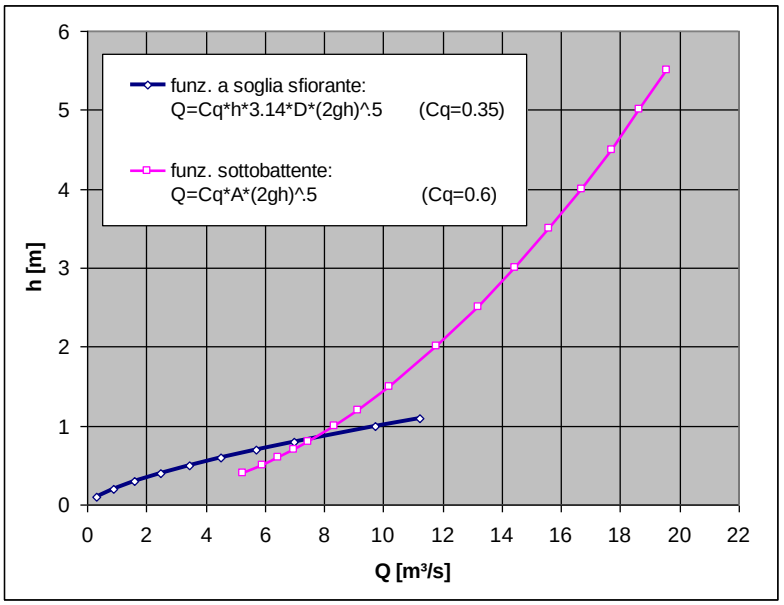


Figura 4.8 - Portata in Ingresso e Carico sulla Soglia per un Tubo di Diametro 2 m

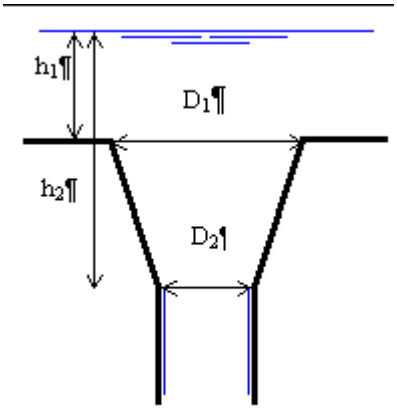


Figura 4.9- Opera di Presa sul Magistrato: Schema del Raccordo ad Imbuto del Tubo Verticale

In questo caso, con riferimento allo schema della Figura precedente la portata che entra nel tubo di diametro D_2 è controllata dal carico h_2 mentre la portata che entra nell'imbuto di diametro D_1 è controllata dall'altezza h_1. Il carico che si instaurerà durante il passaggio della portata duecentennale sarà il maggiore tra i due. Per la verifica sono state quindi risolte le due equazioni:

$$Q = C_{q1} \cdot \pi \cdot \frac{D_1^2}{4} \sqrt{2gh_1}$$

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

$$Q = C_{q2} \cdot \pi \cdot \frac{D_2^2}{4} \sqrt{2gh_2}$$

dove:

D_2 = 2 m

C_{q1} = 0.61

C_{q2} = 1

$D_{1\,=}$ 3.28 m.

Per la portata di progetto (16.6 m³/s) si ottiene un'altezza del carico h_1 pari a 0.53 m e del carico h_2 pari a 1.43 m. Sommando la lunghezza del raccordo pari a 1.09 m a h1 si ottiene un'altezza totale di 1.62 m compatibile con le quote disponibili.

Il livello di Funzionamento

Il livello nel pozzo a cui si istaura il moto in pressione nella seconda parte della tubazione di raccordo tra la galleria e l'opera di presa è stato verificato applicando le equazioni di Bernoulli in condizioni di piena T=200 anni:

$$Hpozzo = Hgalleria + c_i b \frac{Q^a}{D^d} L + \sum \Delta H_i$$

dove:

Ht rappresenta l'energia totale che la corrente sfiorata dal Fosso magistrato deve accumulare per potersi immettere in galleria;

Hgalleria l'energia totale della corrente nella galleria, a valle dell'immissione del Magistrato;

il secondo termine a destra rappresenta le perdite di carico distribuite, *L* e *D* rappresentano le caratteristiche geometriche della tubazione in acciaio (rispettivamente Lunghezza e Diametro interno); *a*,*b*,*d* coefficienti che dipendono dalle caratteristi che delle tubazioni; $\sum \Delta H_i$ rappresenta la somma delle perdite localizzate (curva e sbocco).

Le caratteristiche idrauliche della corrente in pressione sono state ottenute partendo dal livello della corrente nella galleria, a valle della confluenza delle portate di sfioro del torrente San Siro e del Fosso Magistrato, sommando le perdite di carico distribuite e le perdite concentrate. La massima perdita di carico totale, necessaria alla portata di sfioro per riuscire ad immettersi nella galleria, è di circa 1 metro.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

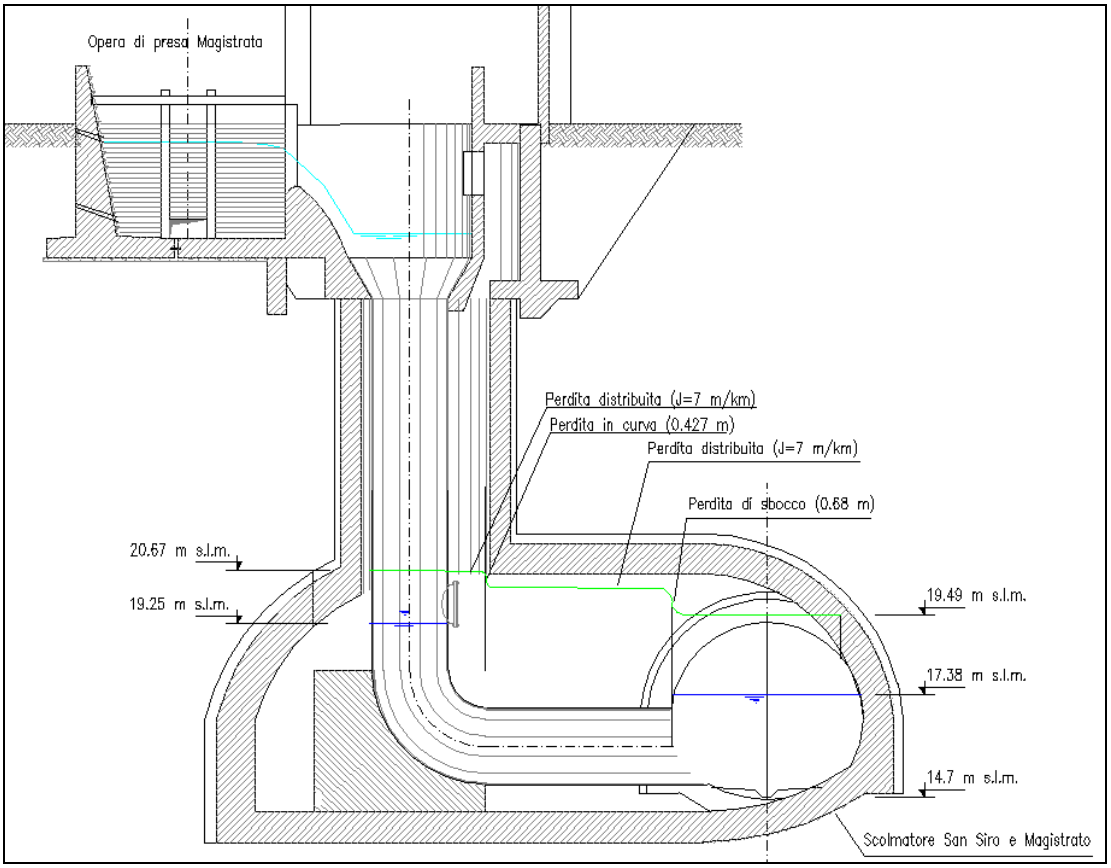


Figura 4.10: Profilo Linea Energia per la Portata Q (tr200 anni)=16.6 m/s, caratterizzata da una velocità di 5.29 m/s. In corrispondenza del pozzo sono riportati due livelli, quello superiore rappresenta il livello necessario alla corrente per immettersi nel calice di imbocco, quello inferiore il livello della corrente rigurgitata dalla portata in galleria

Per ovviare ai fenomeni di funzionamento intermittente dell'imbocco, a causa della depressione che verrebbe a crearsi tra l'imbuto e la sezione di rigurgito della corrente immessa in galleria, è stato previsto un tubo di aerazione. Tale tubo in acciaio di diametro 20 cm si immette nel condotto principale a quota 24.00 m s.l.m..

4.2.1.4 Confluenza Pozzo Magistrato e Galleria

La verifica della confluenza tra il primo tratto di galleria e il pozzo di immissione del Fosso Magistrato che confluiscono nel tratto terminale di galleria è stata effettuata attraverso l'applicazione dell'equazione globale dell'equilibrio dinamico al volume di fluido in movimento, lungo la direzione del moto della corrente fluida.

In particolare, tale calcolo permette di verificare che il salto e l'angolo di confluenza che ciascuno dei due immissari presenta rispetto al canale ricevente "Galleria San Siro e Magistrato" siano sufficienti al fine di evitare situazione di rigurgito, in particolare del primo tratto di galleria.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

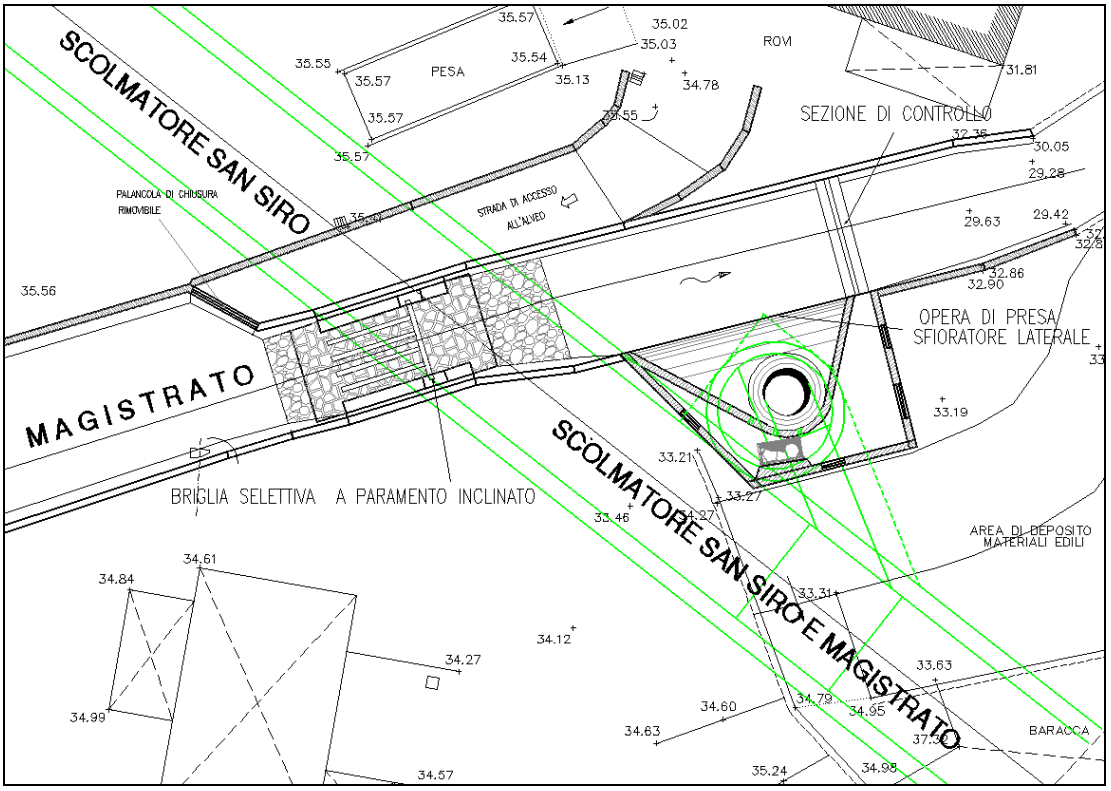


Figura 4.11: Schema del Manufatto di Confluenza

Le portate con cui sono state fatte le verifiche idrauliche che interessano questa confluenza sono di seguito riportate:

Portata San Siro [mc/s]	*Portata Magistrato [mc/s]*	*Portata a valle della confluenza [mc/s]*
59.4	16.6	76.0

L'analisi è condotta facendo riferimento alla situazione più gravosa, ovvero alla possibilità che vi sia in arrivo la portata massima di 59.4 m^3/s, ed imponendo che nella sezione a valle della confluenza si instauri l'altezza critica pari a 3.32 m.

Il volume di controllo interessato (Figura 4.12) dalla trattazione è delimitato dalle pareti del manufatto e dalle sezioni trasversali rispettivamente a monte ed a valle della confluenza.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

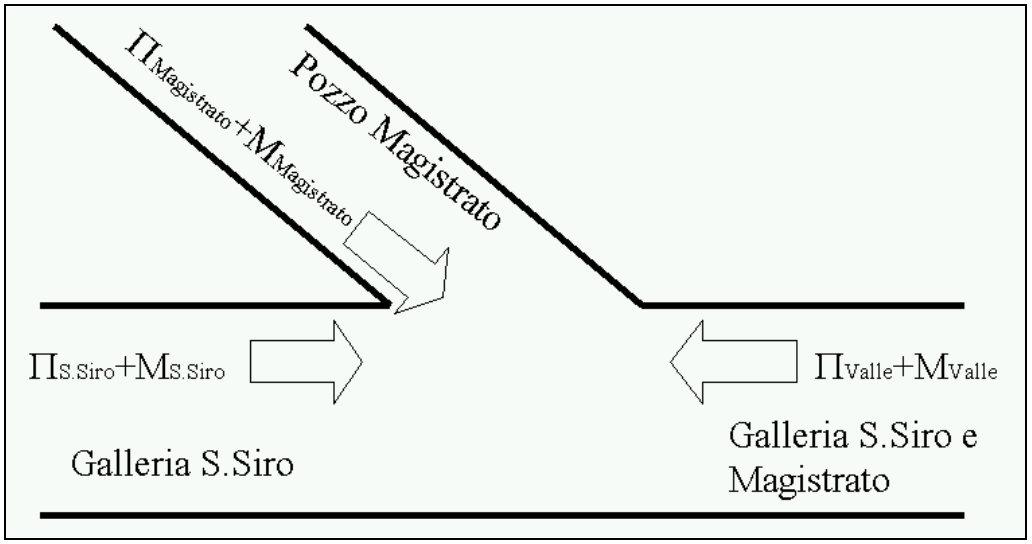


Figura 4.12: Confluenza, Schema Volume di Controllo

L'analisi è condotta in condizioni di moto permanente quindi il termine delle inerzie locali I assume valore nullo; inoltre la componente del peso G del fluido contenuto nel volume di controllo lungo la direzione della corrente e le resistenze al moto R sono da trascurarsi nel bilancio in quanto di piccolo valore e di verso contrario tra loro.

In tale ipotesi affinché la galleria di monte non sia rigurgitata l'equazione risolvente lungo la direzione del moto diventa:

$$\Pi_{valle} + M_{valle} \le \Pi_{SSiro} + M_{SSiro} + \Pi_{Mgistrato}\cos(\alpha) + M_{Magistrato}\cos(\alpha)$$

L'angolo di immissione α del Fosso Magistrato, pari a 30°, è stato ridotto al minimo consentito dai vincoli relativi alla costruzione del punto di allaccio della tubazione in acciaio DN2000 alla sezione in cls della galleria e alla stabilità della galleria in corrispondenza del pozzo, in modo da poter utilizzare la spinta della corrente sfiorata.

Per un ipotetico angolo di immissione di 90° la spinta della corrente sarebbe infatti contrastata completamente dalla parete della galleria sul lato opposto al punto di allaccio e l'equilibrio delle spinte di monte e di valle sarebbe legato al solo rigurgito della corrente del tratto di monte.

Si considera la spinta totale della corrente di valle $\Pi_{valle} + \mathrm{M}_{valle}$ con una portata transitante di Q = 76.0 m³/s con l'altezza pari all'altezza critica $k = 3{,}32m$ essendo il canale in progetto a forte pendenza per tale portata, a tale altezza corrisponde, per la sezione di interesse, una area $A = 14{,}57m^2$.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

Assumendo una distribuzione idrostatica delle pressioni, la spinta Π_{valle} diventa:

$$\Pi_{valle} = \gamma \cdot h_g \cdot A = 9806\left(\frac{N}{m^3}\right) \cdot 1.66(m) \cdot 14.57\left(m^2\right) = 237170N$$

La quantità di moto M_{valle} della massa fluida che attraversa nell'unità di tempo la sezione A è :

$$M_{valle} = \rho \cdot \frac{Q^2}{A} = 1000\left(\frac{Kg}{m^3}\right) \cdot \frac{\left[76.0\left(\frac{m^3}{s}\right)\right]^2}{14.57\left(m^2\right)} = 396431N$$

La spinta totale della corrente a valle dell'immissione risulta pari a $\Pi_{valle} + M_{valle} = 633'601N$

In modo analogo sono state calcolate le spinte totali della corrente in corrispondenza della sezione terminale della galleria nel tratto di monte e della condotta di immissione del Fosso Magistrato, considerando per la galleria di monte come riferimento l'altezza di moto uniforme h=2.37 m che si instaura immediatamente a monte del salto sul ramo proveniente dal San Siro, essendo tale tratto per le portate di riferimento in corrente veloce. Considerando che il salto tra i due ratti della galleria Δz è pari a 0.60 metri, si ottiene che la spinta della corrente a monte dell'immissione del Fosso Magistrato è paria a 564.172 N.

Potendo utilizzare la spinta, nella direzione dell'asse della galleria, del Fosso Magistrato, l'immissione avviene infatti sottobattente con la quota di scorrimento della tubazione in acciaio DN2000 allineata alla quota di scorrimento della galleria di valle, pari a 170.608 N si ottiene che la spinta di monte è superiore alla spinta di valle per cui la corrente di monte non risulta rigurgitata.

4.2.1.5 Sbocco a Mare Galleria

Bacino di Dissipazione

La corrente in uscita dall'ultimo tratto di galleria, si immette in mare con una velocità di circa 10.04 m/s e quindi con una forte capacità di erosione e di spinta. L'opera di sbocco a mare prevede la realizzazione di un bacino delimitato a valle da una soglia dentata, al fine di dissipare l'energia della corrente tramite un risalto. Nei paragrafi seguenti si è verificato che il risalto della corrente in uscita dalla galleria sia contenuto nel bacino di dissipazione. La verifica idraulica è condotta attraverso l'applicazione dell'equazione globale dell'equilibrio dinamico al volume di fluido in movimento, condotto lungo la direzione del moto della corrente fluida.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

Il volume di controllo interessato (Figura 4.13) dalla trattazione è delimitato dai pennelli laterali in massi naturali di II categoria e dalle sezioni trasversali rispettivamente alla fine dell'ultimo tratto di galleria ed in corrispondenza dei denti di dissipazione.

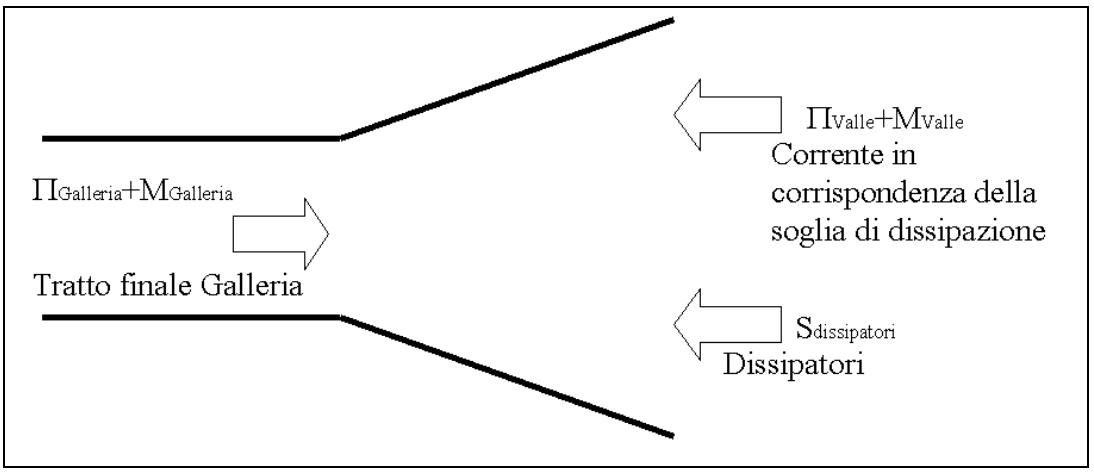


Figura 4.13: Sbocco a Mare, Schema Volume di Controllo

L'analisi è condotta in condizioni di moto permanente quindi il termine delle inerzie locali I assume valore nullo; inoltre la componente del peso G del fluido contenuto nel volume di controllo lungo la direzione della corrente e le resistenze al moto R sono da trascurarsi nel bilancio in quanto di piccolo valore e di verso contrario tra loro.

In tale ipotesi, affinché il risalto sia contenuto nel bacino di dissipazione, l'equazione risolvente lungo la direzione del moto deve essere:

$$\Pi_{valle} + M_{valle} + S_{dissipatori} \geq \Pi_{galleria} + M_{galleria}$$

La spinta totale della corrente in corrispondenza della sezione terminale della galleria nel tratto di monte, considerando per la galleria di monte come riferimento l'altezza di moto uniforme h=1.51 m, essendo tale tratto per le portate di riferimento in corrente veloce, risulta pari alla somma della spinta idrostatica e della spinta dinamica, a tale altezza corrisponde, per la sezione di interesse, una area $A = 7.57 m^2$.

Assumendo una distribuzione idrostatica delle pressioni, la spinta $\Pi_{Galleria}$ diventa:

$$\Pi_{galleria} = \gamma \cdot h_g \cdot A = 9806\left(\frac{N}{m^3}\right) \cdot 1.51/2(m) \cdot 7.57\left(m^2\right) = 56044N$$

La quantità di moto $M_{galleria}$ della massa fluida che attraversa nell'unità di tempo la sezione A è:

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

$$\mathrm{M}_{galleria} = \rho \cdot \frac{Q^2}{A} = 1000\left(\frac{Kg}{m^3}\right) \cdot \frac{\left[76.00\left(\frac{m^3}{s}\right)\right]^2}{7.57\left(m^2\right)} = 763012N$$

La spinta totale della corrente in corrispondenza della sezione terminale della galleria risulta pari alla somma delle due componenti $\Pi_{galleria} + \mathrm{M}_{galleria} = 819'056N$.

La spinta della corrente di valle sopra la soglia di dissipazione è pari alla spinta idrostatica Π_{valle} più la spinta dinamica M_{valle} con una portata transitante di Q = 76.00 m^3/s con l'altezza di 2.34 metri pari all'altezza necessaria per il passaggio della corrente sopra la soglia dentata di dissipazione assunto come condizione assimilabile allo sfioro su larga soglia, a tale altezza corrisponde, per la sezione di interesse, una area $A = 28m^2$.

Assumendo una distribuzione idrostatica delle pressioni, la spinta Π_{valle} diventa:

$$\Pi_{valle} = \gamma \cdot h_g \cdot A = 9806\left(\frac{N}{m^3}\right) \cdot 2.34/2(m) \cdot 28\left(m^2\right) = 321244N$$

La quantità di moto M_{valle} della massa fluida che attraversa nell'unità di tempo la sezione A è :

$$\mathrm{M}_{valle} = \rho \cdot \frac{Q^2}{A} = 1000\left(\frac{Kg}{m^3}\right) \cdot \frac{\left[76.00\left(\frac{m^3}{s}\right)\right]^2}{28\left(m^2\right)} = 206285N$$

La spinta totale della corrente a valle dell'immissione risulta pari alla somma delle due componenti della corrente sopra la soglia di dissipazione $\Pi_{valle} + \mathrm{M}_{valle} = 527'529N$ più la spinta esercitata dalla soglia stessa.

La spinta della soglia di dissipazione risulta pari alla somma della spinta dinamica della corrente, moltiplicata per un coefficiente di drag, più la spinta idrostatica, entrambe proporzionali all'altezza Δz=1.2 metri della soglia sono rispettivamente pari a 105'600N e 414'701 N.

La spinta totale di valle risulta quindi pari a 1'047'830N maggiore quindi della spinta di monte.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

Pennelli Laterali

I massi naturali utilizzati per la realizzazione dei due pennelli laterali sono stati verificati per resistere al moto ondoso e al trascinamento della corrente in uscita dalla galleria. Nel paragrafo seguente è stata aggiornata la sola verifica al trascinamento poiché le grandezze idrauliche e fisiche considerate nella verifica alla resistenza al moto ondoso risultano immutate.

Resistenza al Trascinamento

Al fine di una verifica di stabilità dei massi nei confronti della forza di trascinamento esercitata dalla corrente in uscita dalla galleria, è stato confrontato lo sforzo necessario a muovere i massi in progetto (di peso maggiore 1t) con lo sforzo della corrente in uscita dalla galleria. Lo sforzo che determina il moto incipiente dei massi è stato ricavato con la teoria di Shields, teoria che si basa sull'imposizione dell'equilibrio tra le forze che tendono a spostare le particelle e le forze che tendono ad opporsi a tale movimento.

Dall'equilibrio di tali forze si ottiene:

$$\vartheta_{cr} = \frac{\tau}{d \times (\rho_s - \rho) \times g}$$

dove:

θ rappresenta il parametro di mobilità di Shields. Per regime del moto di tipo turbolento il parametro di mobilità è costante e pari a 0.057.

Lo sforzo tangenziale al fondo τ per cui si è in condizioni di moto incipiente si ottiene con la formula:

$$\tau_c = \vartheta_{cr} \times d \times (\rho_s - \rho) \times g$$

Poiché il parametro di Shields è stato ottenuto assumendo che le particelle siano omogenee di dimensioni e che si trovino sul fondo, occorre modificare il valore ricavato in condizioni di moto assolutamente turbolento per tenere conto sia dell'effetto della forza peso, sia della bassa sommergenza.

Per le condizioni di bassa sommergenza si è utilizzata la formula empirica elaborata da Armanini (1990):

$$\vartheta' = \vartheta_{cr} \times \left(1 + 0{,}67 \times \left(\frac{d}{y}\right)^{0{,}5}\right)$$

dove d è il diametro delle particelle mentre y rappresenta il battente idrico.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

L'effetto instabilizzante dell'inclinazione delle sponde, si esprime attraverso una riduzione della soglia critica attraverso la formula:

$$\vartheta' = \vartheta_{cr} \times \left(1 - \frac{\sin(\alpha)^2}{\sin(\beta)^2}\right)^{0,5}$$



nella quale:

α è l'inclinazione delle sponde in progetto, mentre β è l'angolo di attrito interno dei massi.

Considerando massi di peso pari a 1 t si trova che lo sforzo tangenziale al fondo che la corrente deve avere per poter muovere i massi deve essere maggiore di 330 N/mq mentre lo sforzo tangenziale al fondo della corrente in uscita dalla galleria, per la massima portata di 76.00 mc/s, è pari a circa 304 N/mq.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

5 VALUTAZIONE DEI BENEFICI ATTESI

La stima degli effetti degli interventi previsti sul territorio è stata condotta utilizzando il modello idraulico monodimensionale sviluppato per la redazione del PAI e implementando in esso le portate che si avrebbero, lungo il corso d'acqua, con lo scolmatore in funzione.

Nelle seguenti tabelle sono riportate le portate attese in diverse sezioni di riferimento, nei casi di studio:

Tabella 5.1: Portate di Piena lungo il corso del Torrente San Siro

		Q50		Q200		Q500	
	sezione	SDF	SDP	SDF	SDP	SDF	SDP
Bacino SS3	SS-S90	62.4	4.5	88.3	5.0	104.6	5.4
	SS-S62	76.0	18.1	105.9	22.6	124.5	25.3
Bacino SS4	SS-S9	84.0	26.1	116.2	32.9	136.2	37.0
	SS-S0.6	42.0	13.1	58.1	16.5	68.1	18.5
	SS-S6	42.0	13.1	58.1	16.5	68.1	18.5

Tabella 5.2: Portate di Piena lungo il corso del Torrente Magistrato

		Q50		Q200		Q500	
	sezione	SDF	SDP	SDF	SDP	SDF	SDP
Bacino monte	MA-S01	12.0	12.0	16.6	16.6	19.5	19.5
Bacino intermedio	MA-S05	18.1	2.0	24.8	2.1	29.1	2.2
Bacino valle	MA-S34	20.9	4.8	28.7	6.0	33.6	6.7

Con la galleria scolmatrice in funzione non si manifesteranno più fenomeni di insufficienza dell'alveo fluviale a valle dell'opera. Anche con eventi estremi, caratterizzati dal tempo di ritorno di 500 anni, la portata attesa viene contenuta all'interno dell'alveo tombinato non innescando più gli attuali diffusi allagamenti.

Si riportano in allegato, per i due corsi d'acqua studiati, profilo e sezioni con confronto dei livelli idrici allo stato di fatto (da PAI 2014) e di progetto per i tempi di ritorno analizzati.

S Siro

Legend
- WS Q500 - sdf
- WS Q200 - sdf
- WS Q50 - sdf
- WS Q500 - sdp
- WS Q200 - sdp
- WS Q50 - sdp
- Ground

Elevation (m)

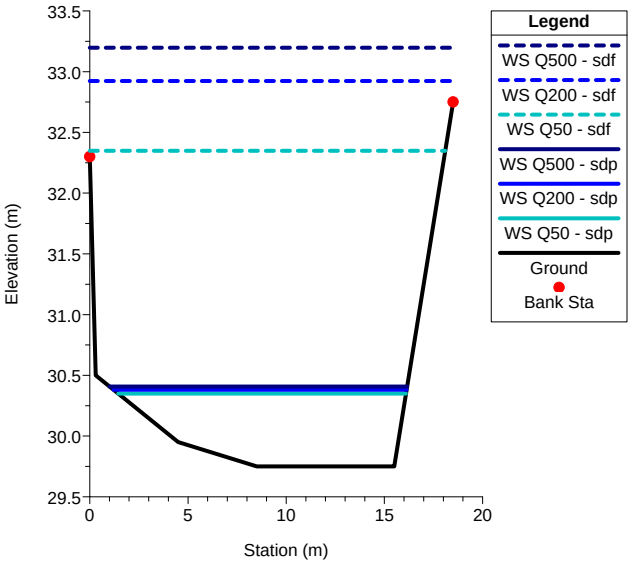
35
30
25
20
15
10
5
0
-5

0
500
1000
1500
2000

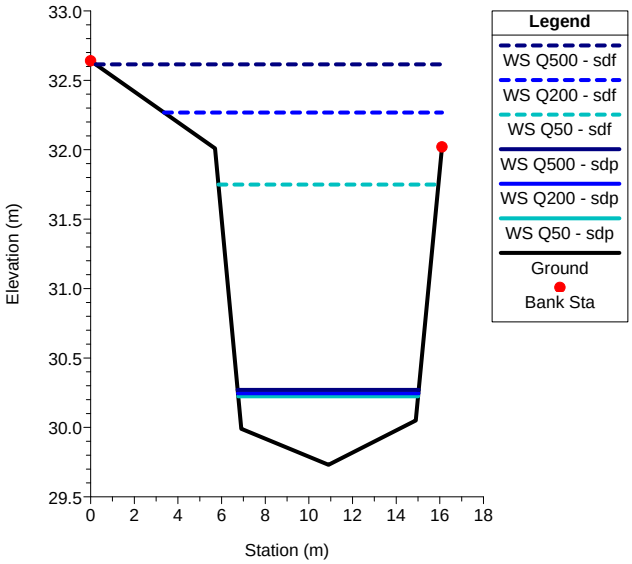
Main Channel Distance (m)

SS-S2
SS-S4
SS-S5
SS-S6
SS-S8
SS-S11
SS-S12
SS-S14
SS-S15
SS-S16
SS-S18
SS-S19
SS-S20
SS-S21
SS-S23
SS-S24
SS-S25
SS-S26
SS-S27
SS-S 28
SS-S29
SS-S30
SS-S31
SS-S32
SS-S33
SS-S34
SS-S36
SS-S37
SS-S38
SS-S39
SS-S40
SS-S41
SS-S42
SS-S43
SS-S44
SS-S45
SS-S46
SS-S47
SS-S50
SS-S52
SS-S53
SS-S54
SS-S55 inizio copertura
SS-S 57
SS-S58
SS-S61
SS-S62
SS-S63
SS-S65
SS-S67
SS-S70
SS-S72
SS-S73
SS-S74
SS-S76 soglia
SS-S78
SS-S79
SS-S80 inizio galleria
SS-S82 campo sportivo
SS-S84
SS-S85 sez DD dopo valle
SS-S86 sez DD
SS-S87 sez C valle controbriglia
SS-S90 sez AA

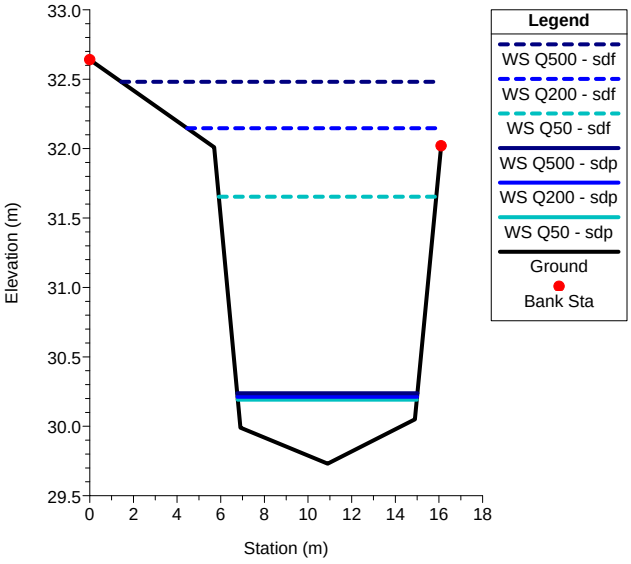
S Siro
SS-S90 sez AA



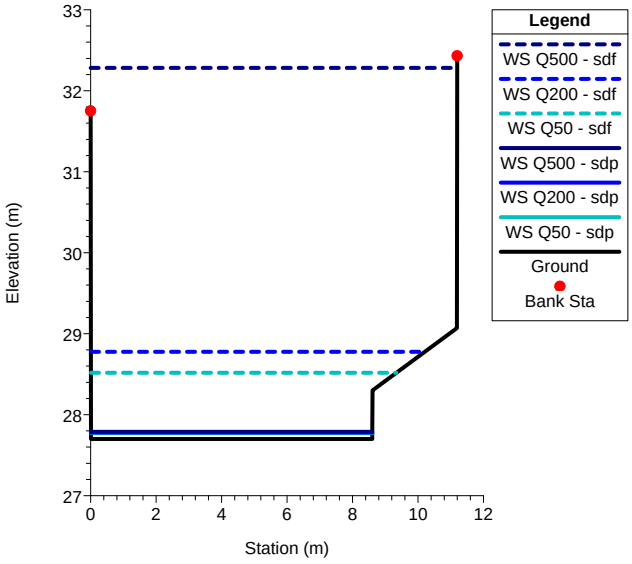
S Siro
SS-S89 sez BB inizio



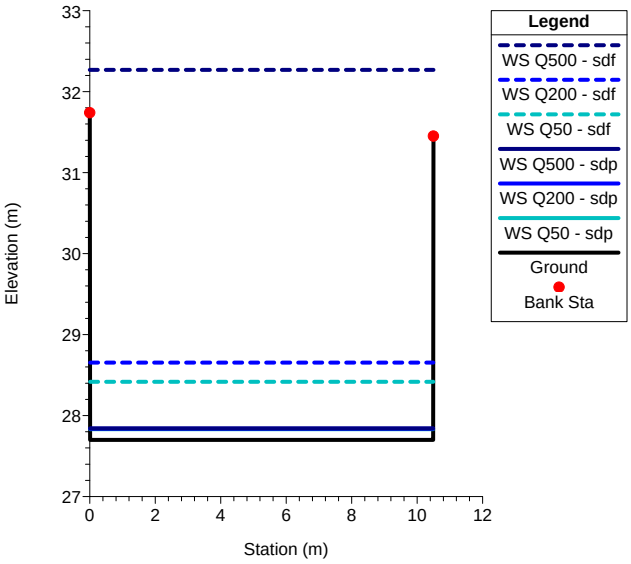
S Siro
SS-S88 sez BB monte briglia



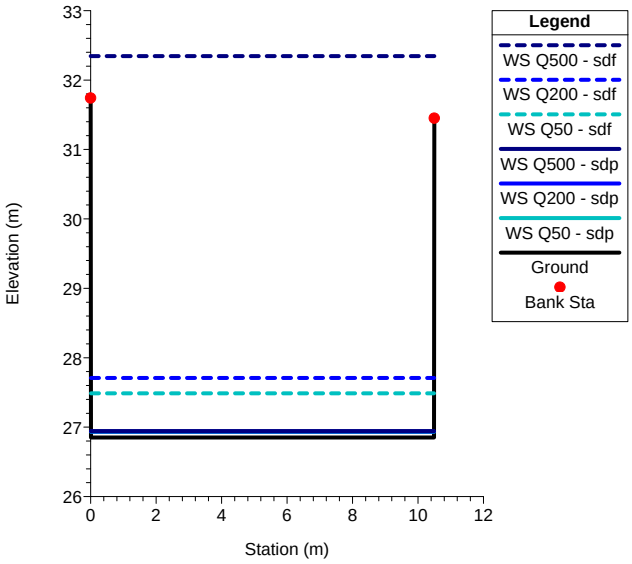
S Siro
SS-S88 sez BB valle briglia



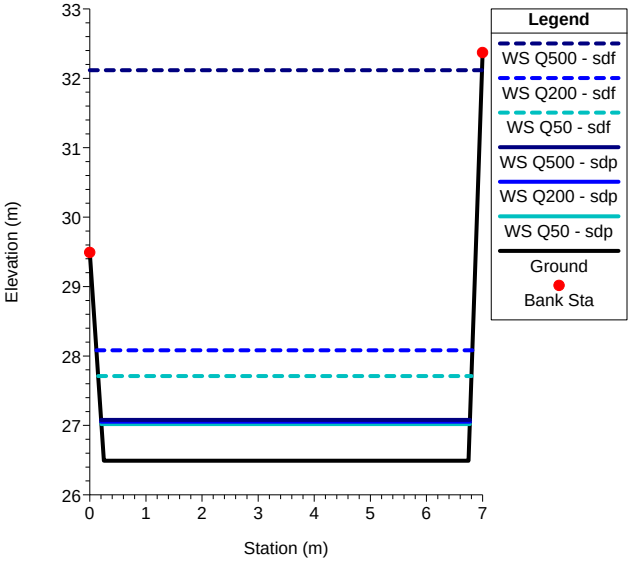
S Siro
SS-S87 sez C monte controbriglia



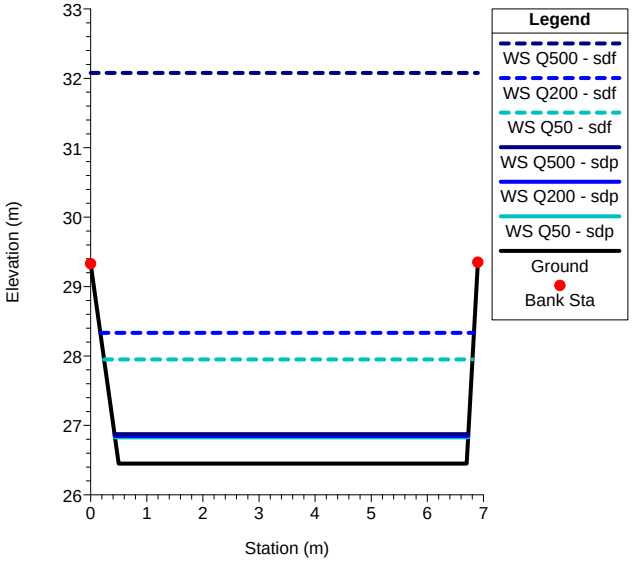
S Siro
SS-S87 sez C valle controbriglia



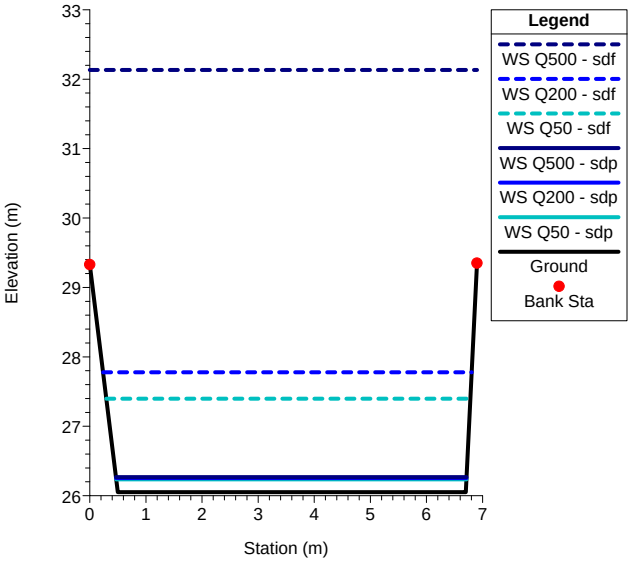
S Siro
SS-S86 sez DD



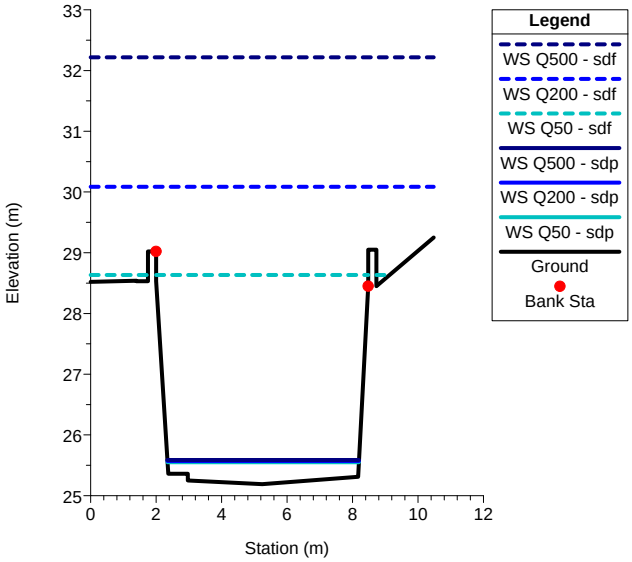
S Siro
SS-S85 DD dopo monte



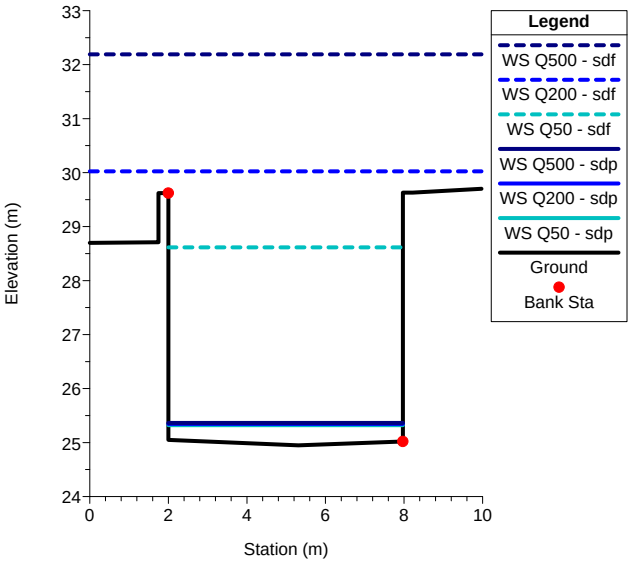
S Siro
SS-S85 sez DD dopo valle



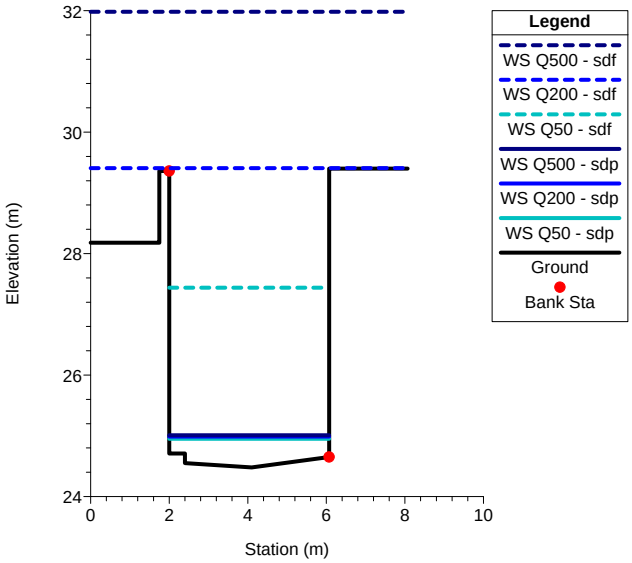
S Siro
SS-S84



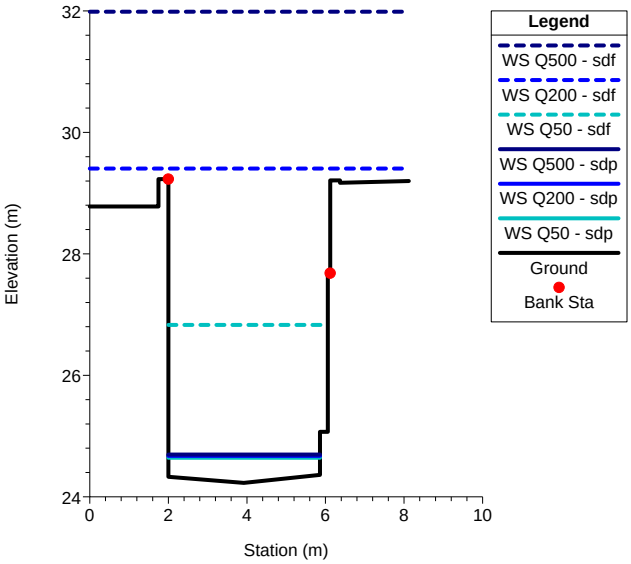
S Siro
SS-S83



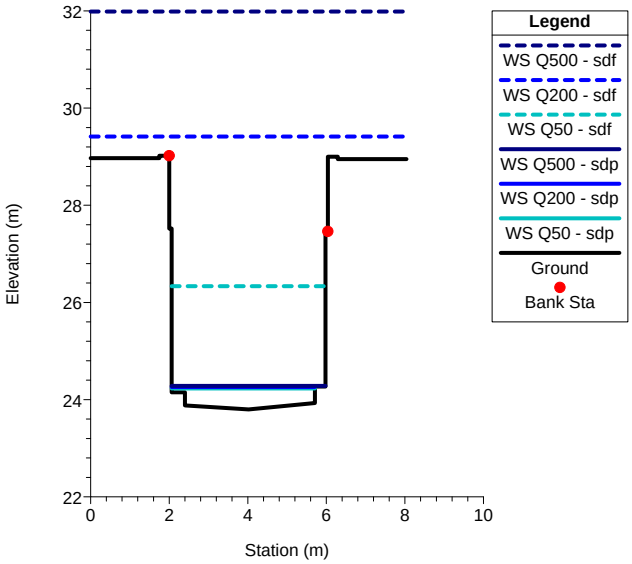
S Siro
SS-S82 campo sportivo



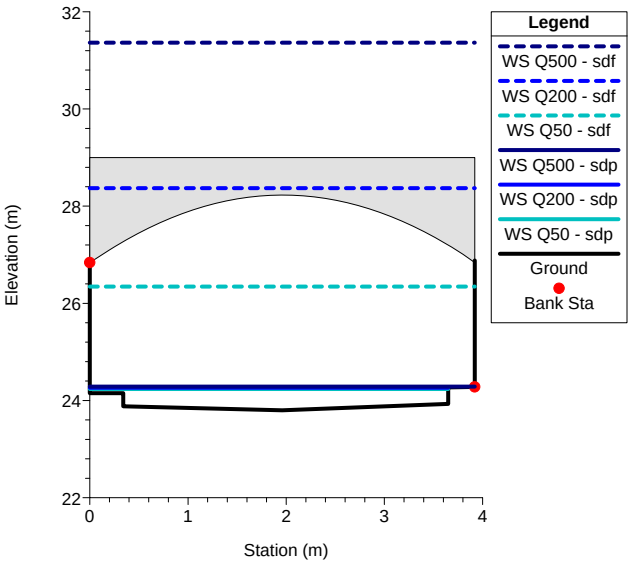
S Siro
SS-S81



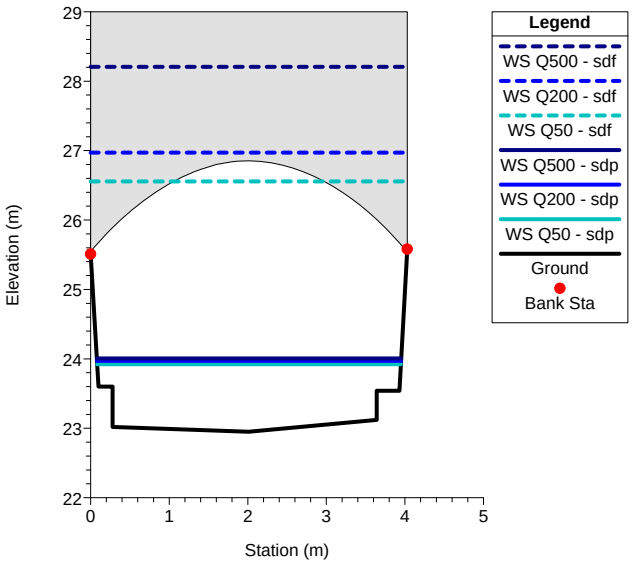
S Siro
SS-S80 sez. a monte inizio galleria



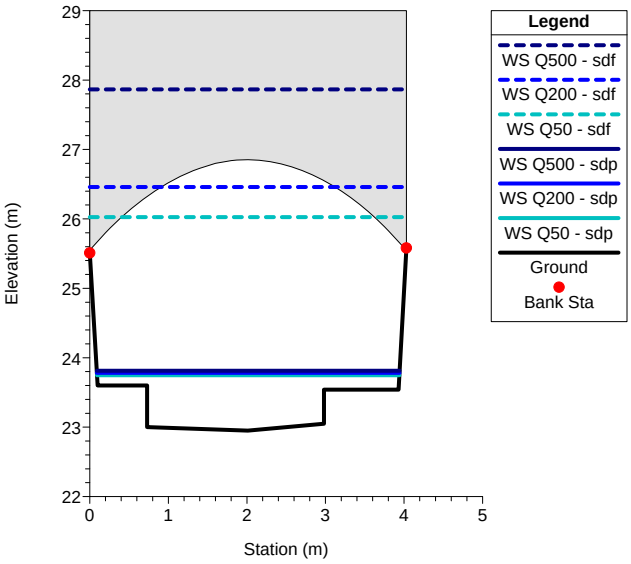
S Siro
SS-S80 inizio galleria



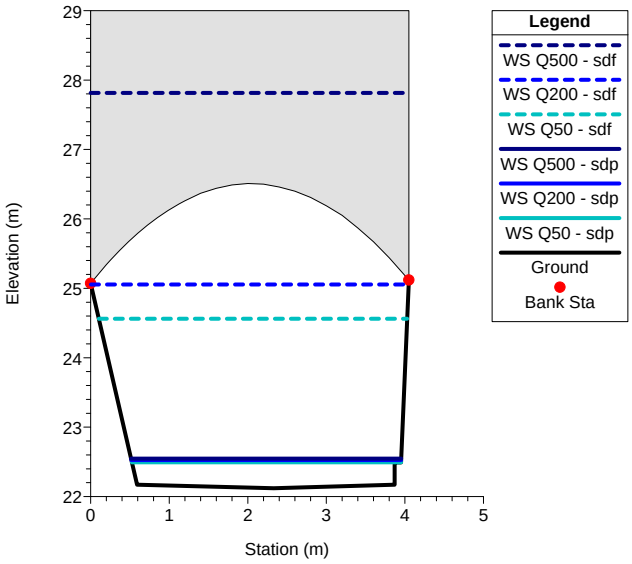
S Siro
SS-S79 a monte restringimento



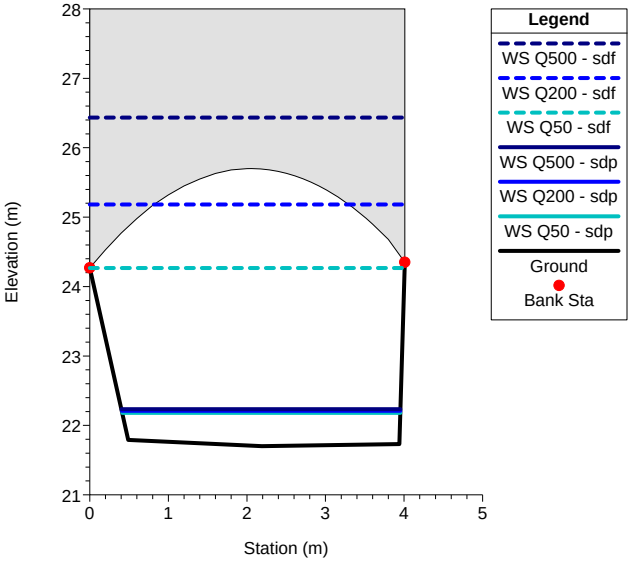
S Siro
SS-S79



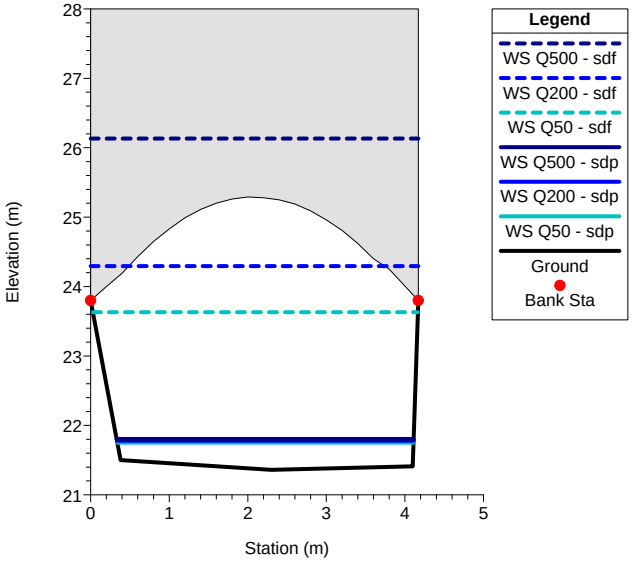
S Siro
SS-S78



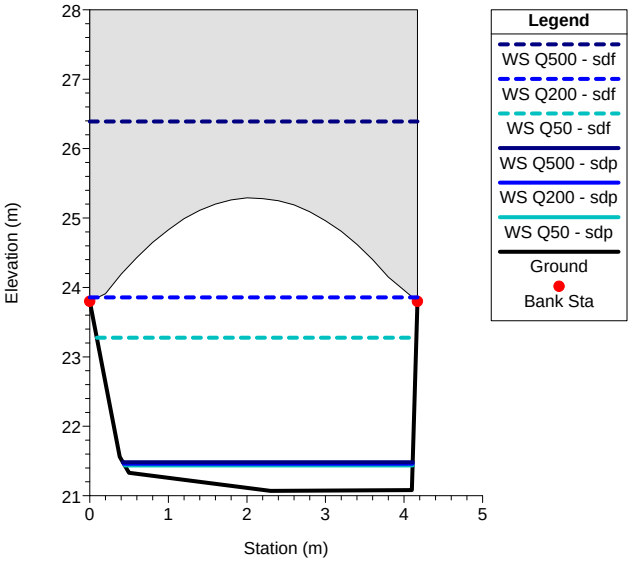
S Siro
SS-S77



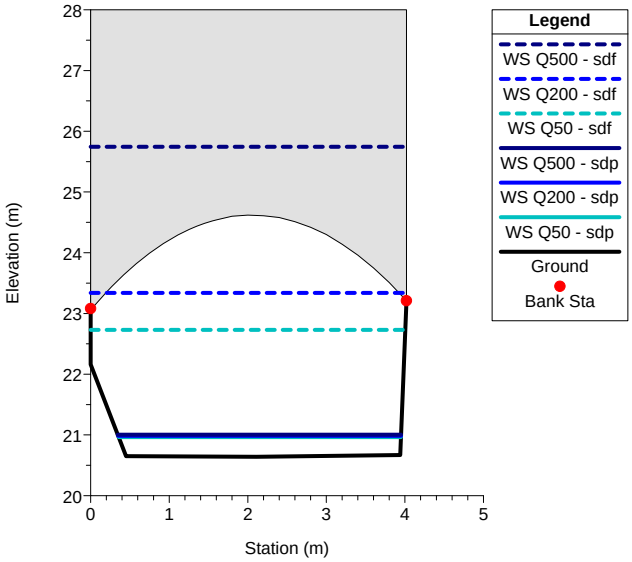
S Siro
SS-S76 soglia



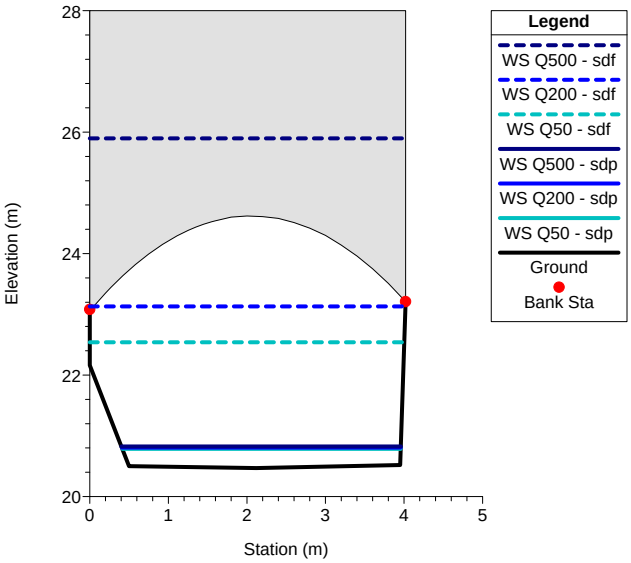
S Siro
SS-S76



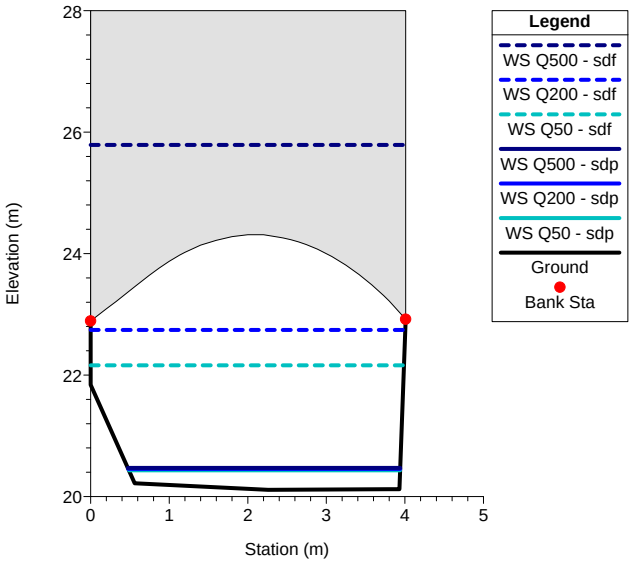
S Siro
SS-S75 soglia



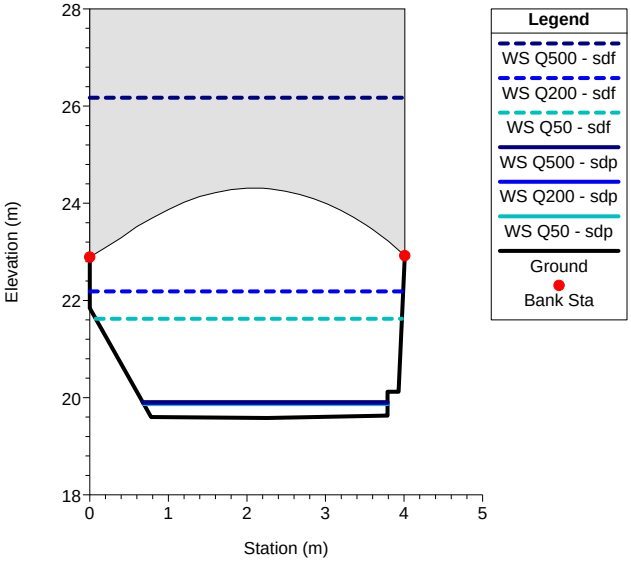
S Siro
SS-S75



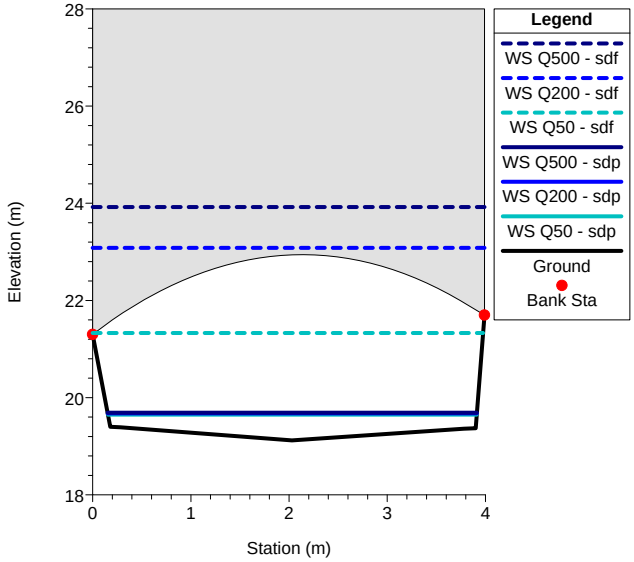
S Siro
SS-S74 soglia



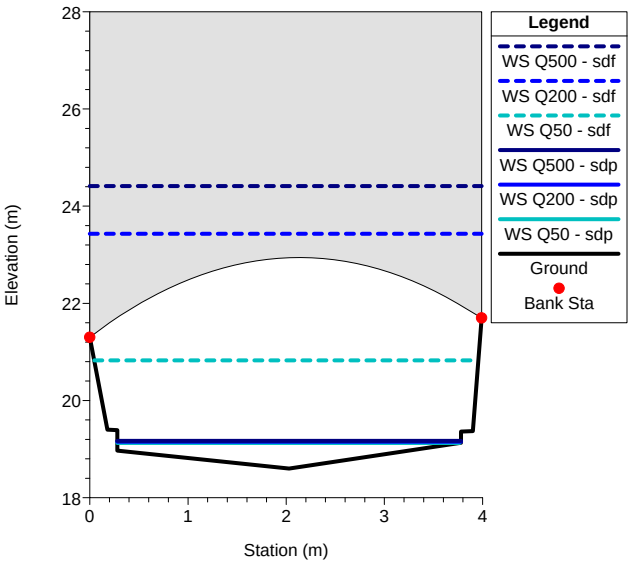
S Siro
SS-S74



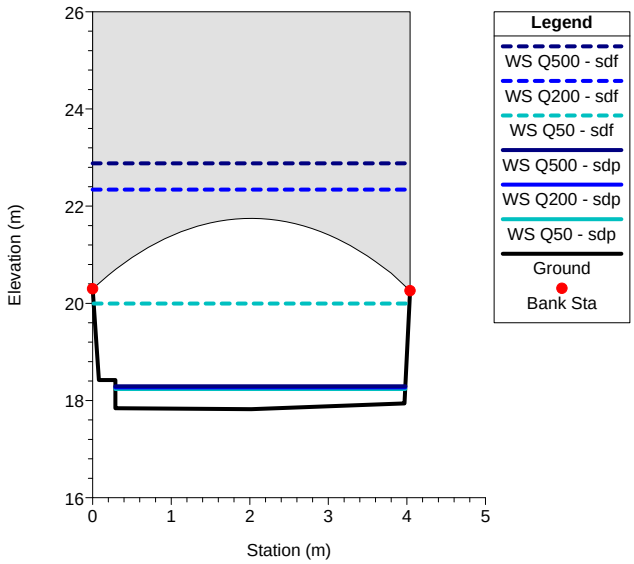
S Siro
SS-S73 soglia



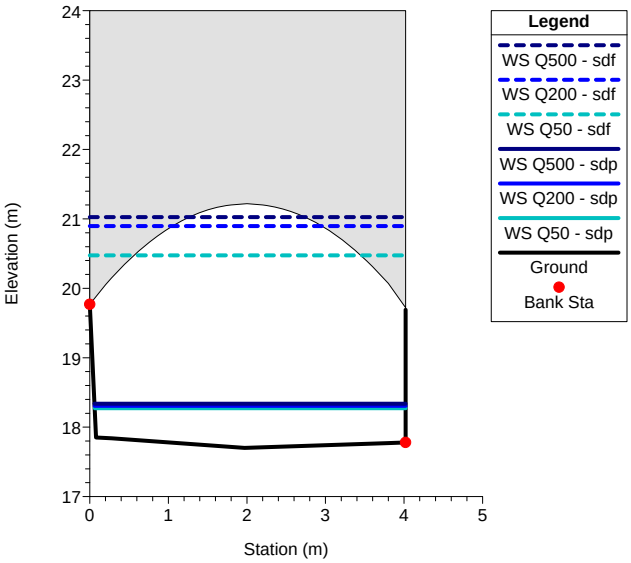
S Siro
SS-S73



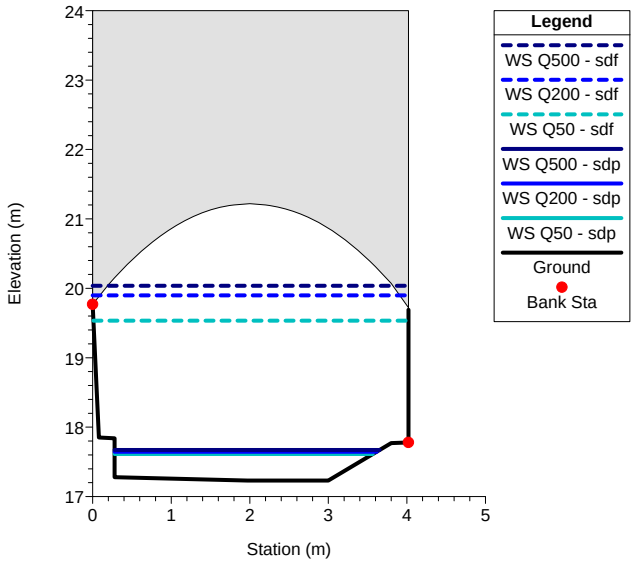
S Siro
SS-S72



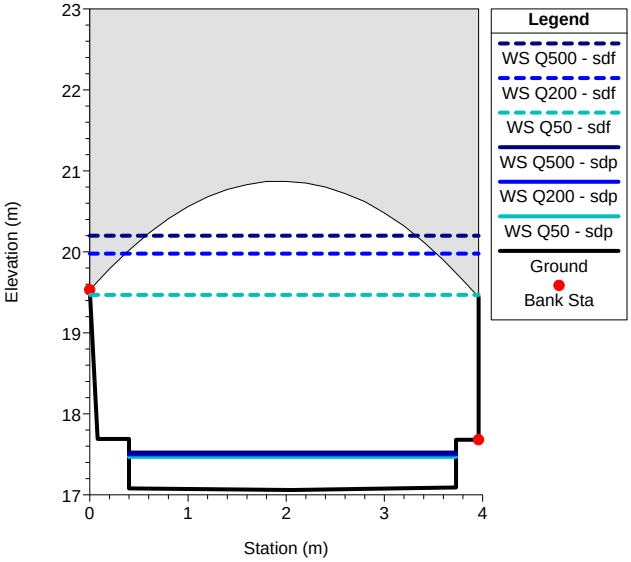
S Siro
SS-S71 soglia



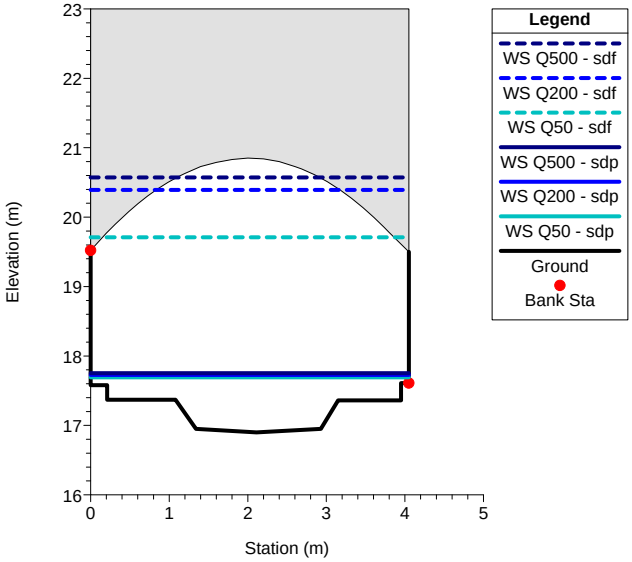
S Siro
SS-S71



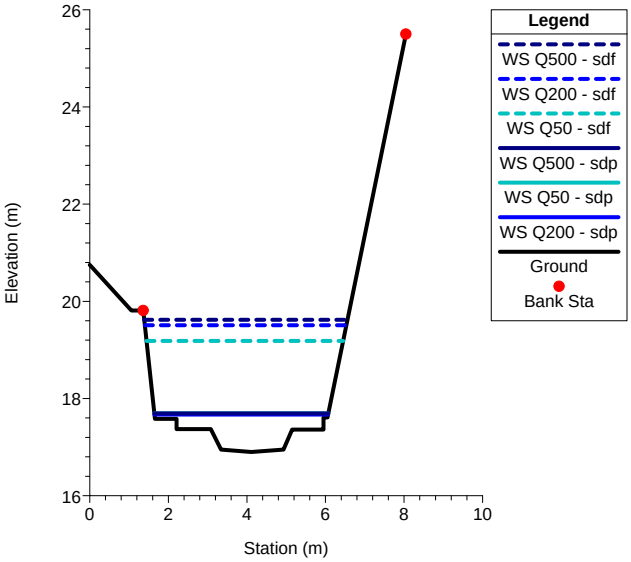
S Siro
SS-S70



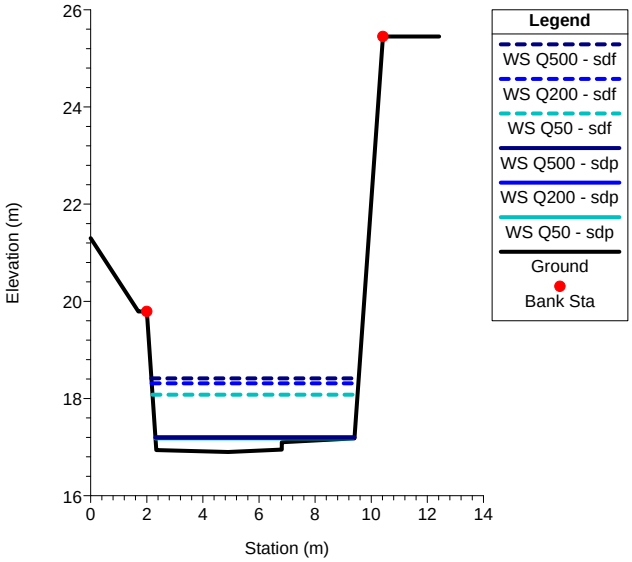
S Siro
SS-S69



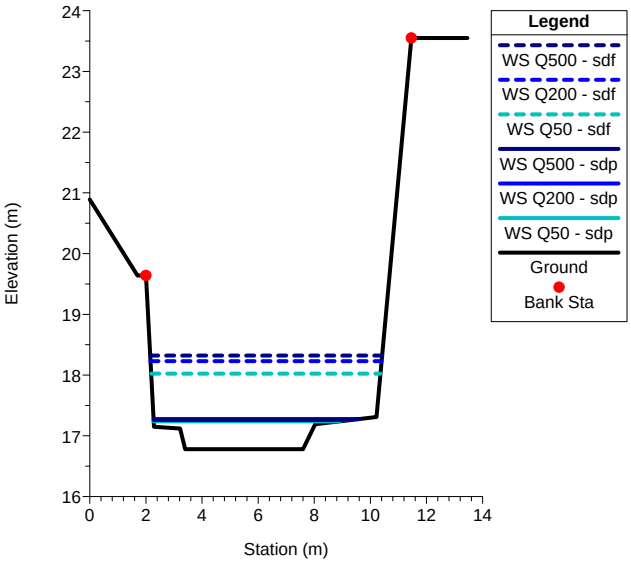
S Siro
SS-S69 sbocco galleria



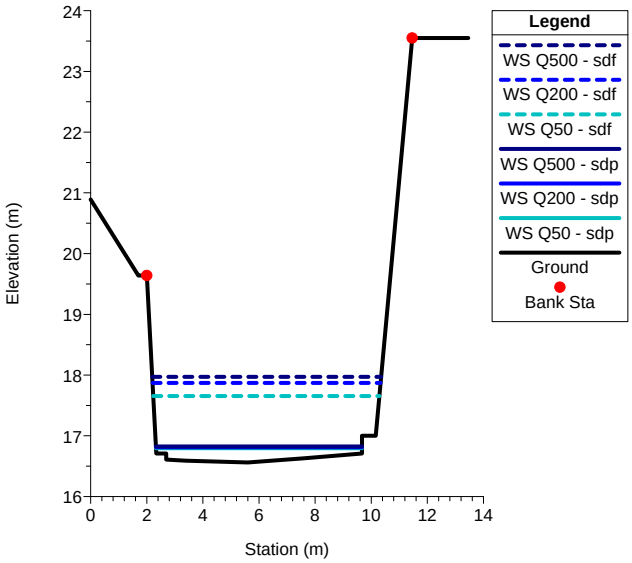
S Siro
SS-S68



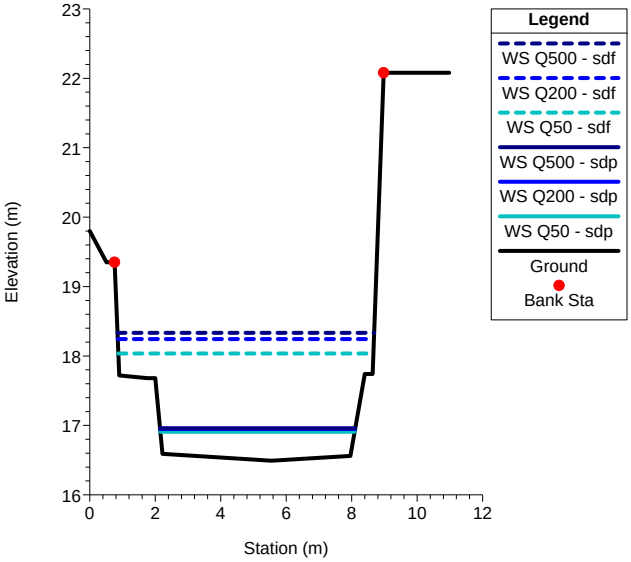
S Siro
SS-S67 soglia



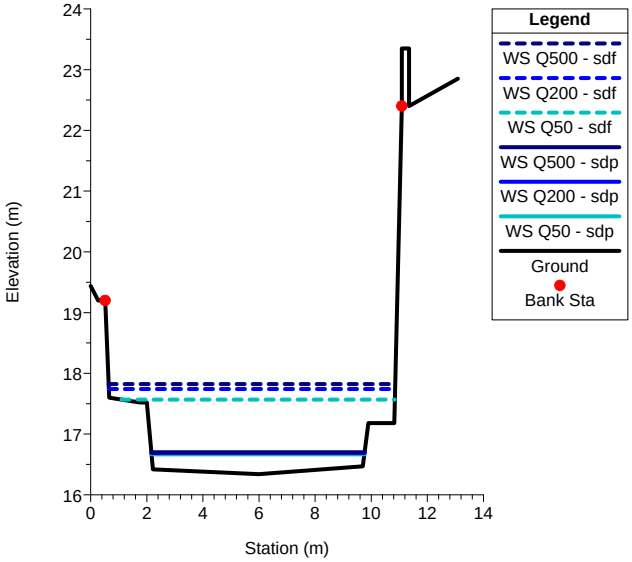
S Siro
SS-S67



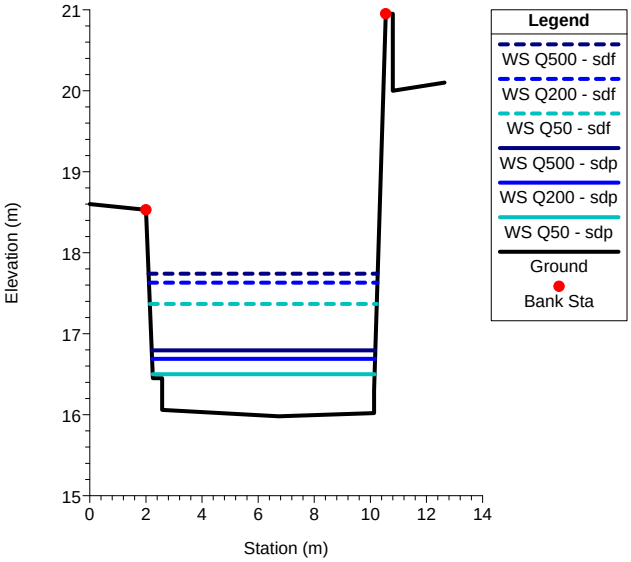
S Siro
SS-S66



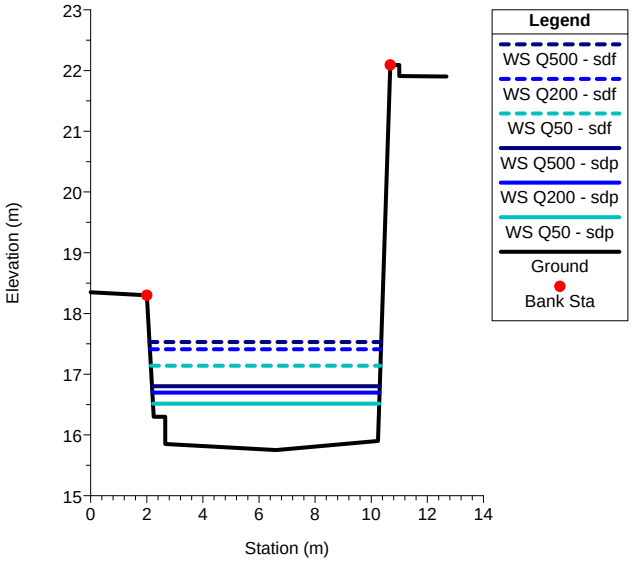
S Siro
SS-S65



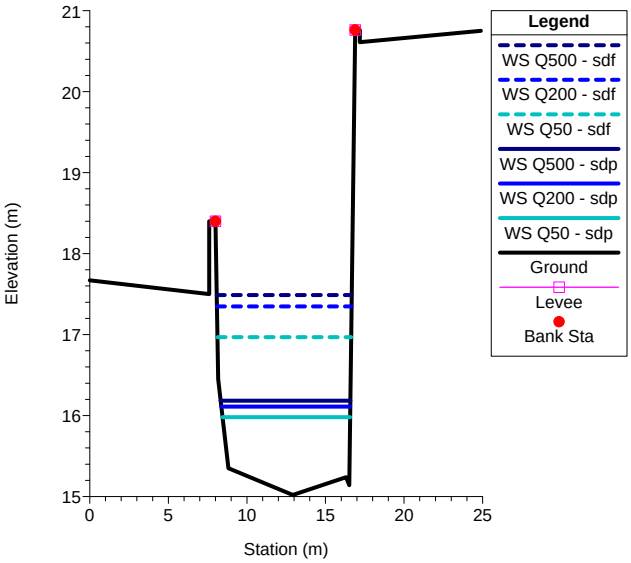
S Siro
SS-S64



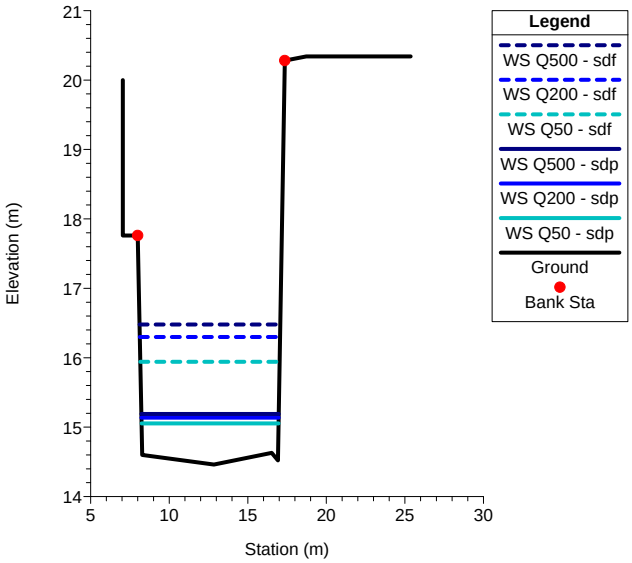
S Siro
SS-S63



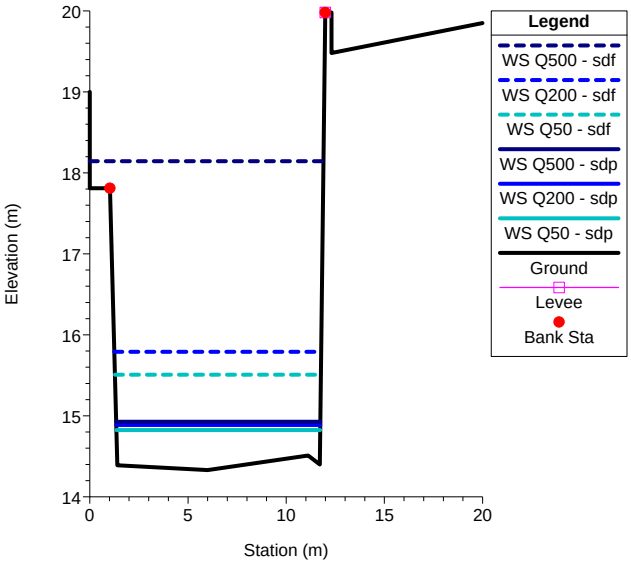
S Siro
SS-S62



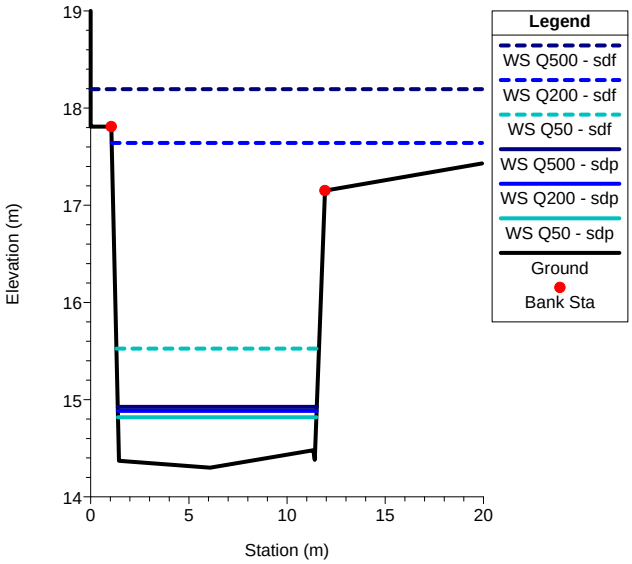
S Siro
SS-S61



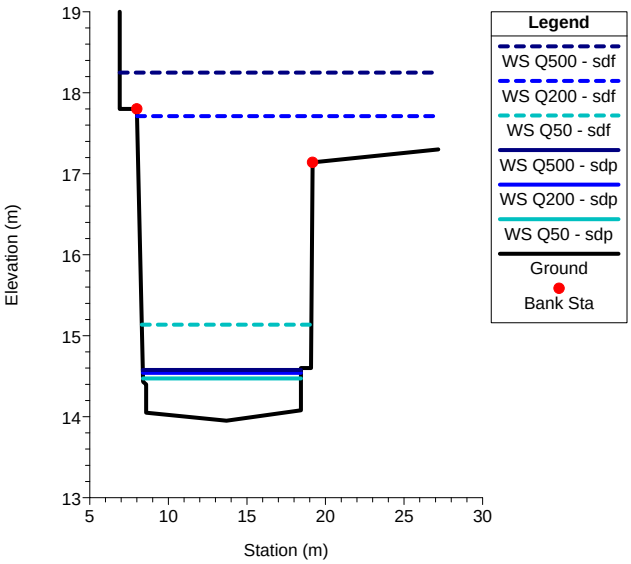
S Siro
SS-S60



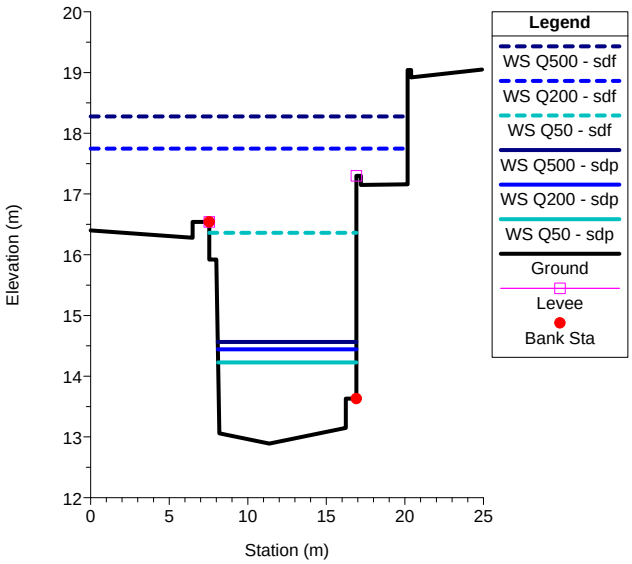
S Siro
SS-S59



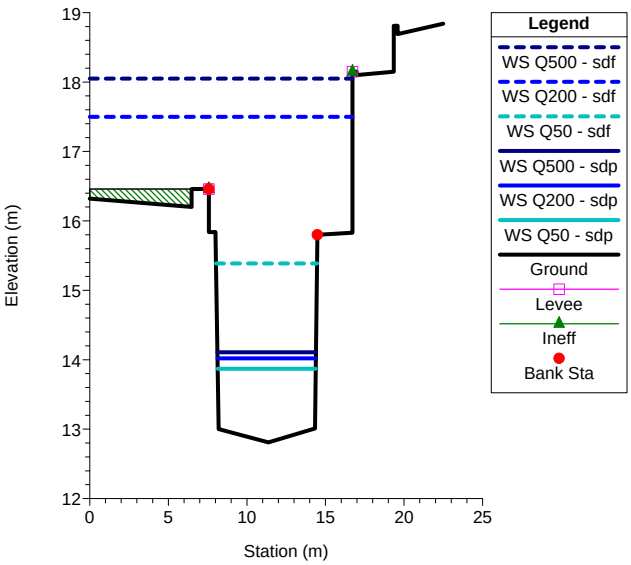
S Siro
SS-S58



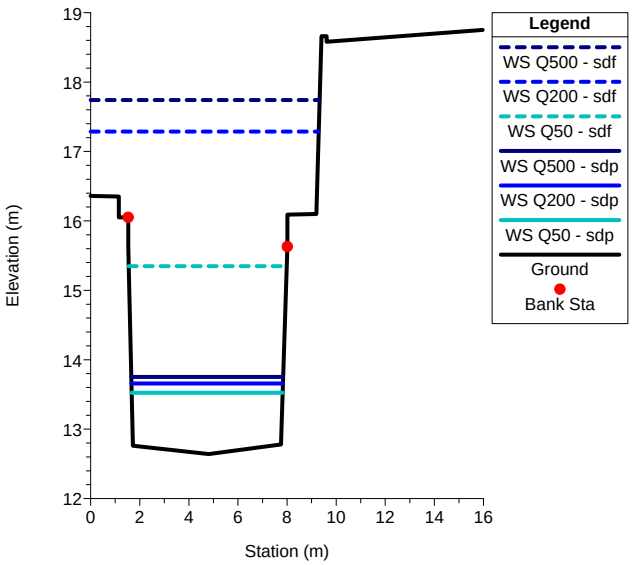
S Siro
SS-S 57



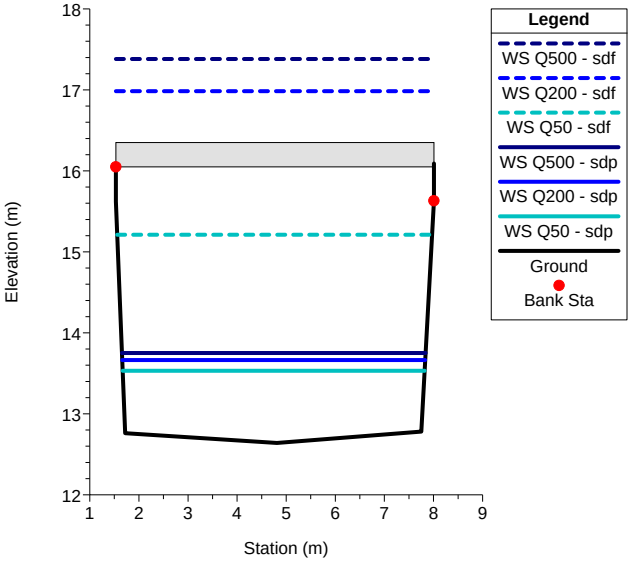
S Siro
SS-S56



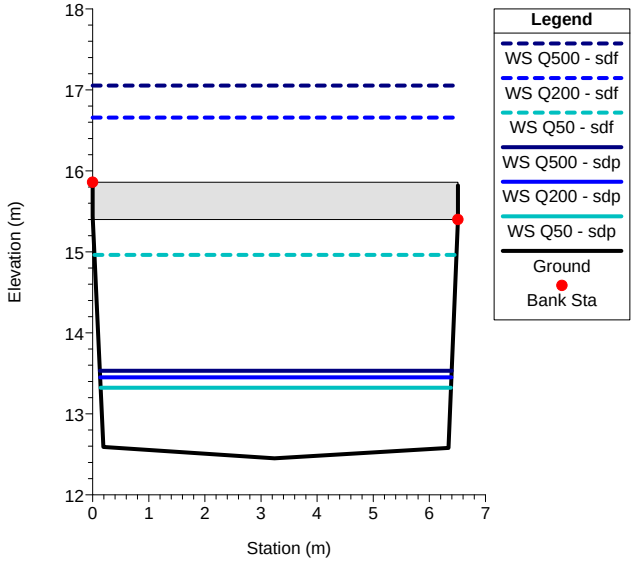
S Siro
SS-S55 monte copertura



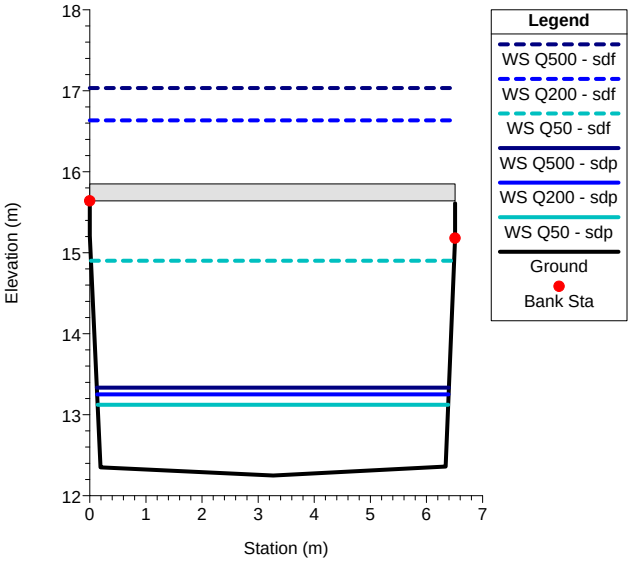
S Siro
SS-S55 inizio copertura



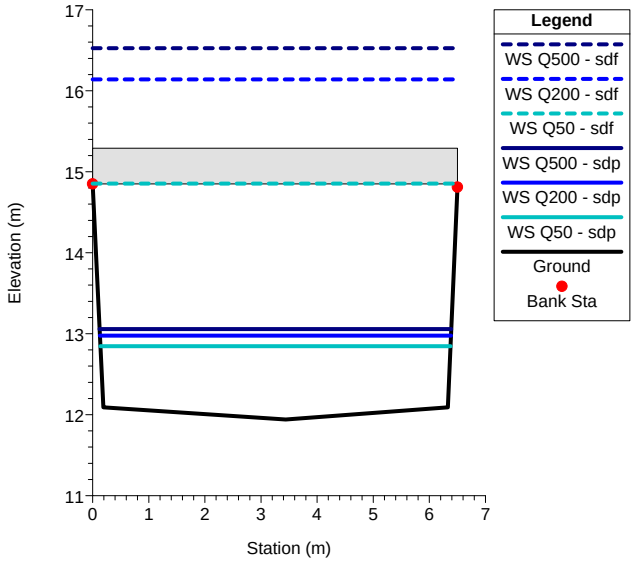
S Siro
SS-S54



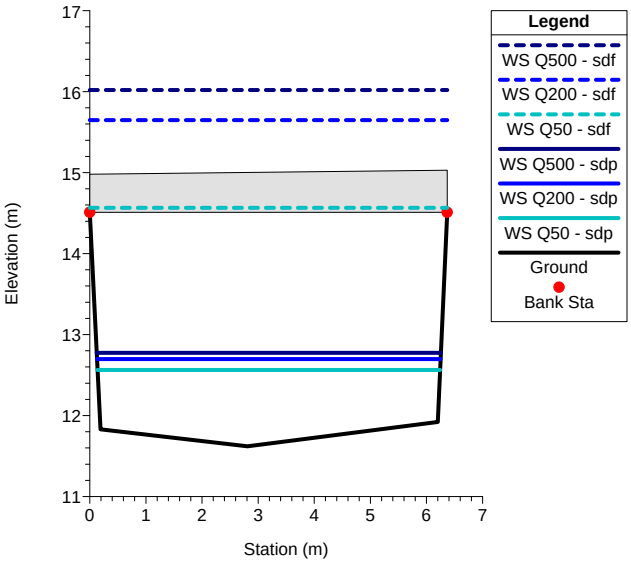
S Siro
SS-S53



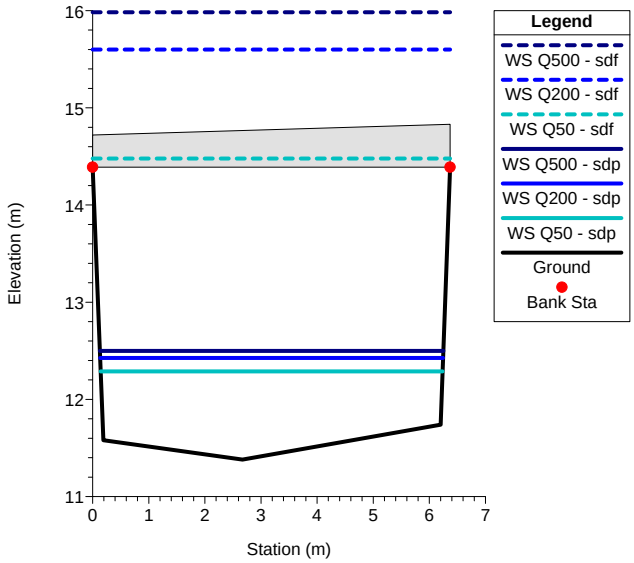
S Siro
SS-S52



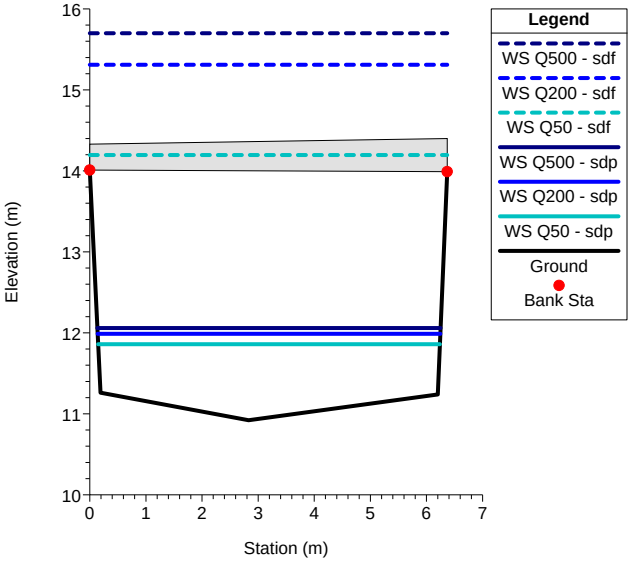
S Siro
SS-S51



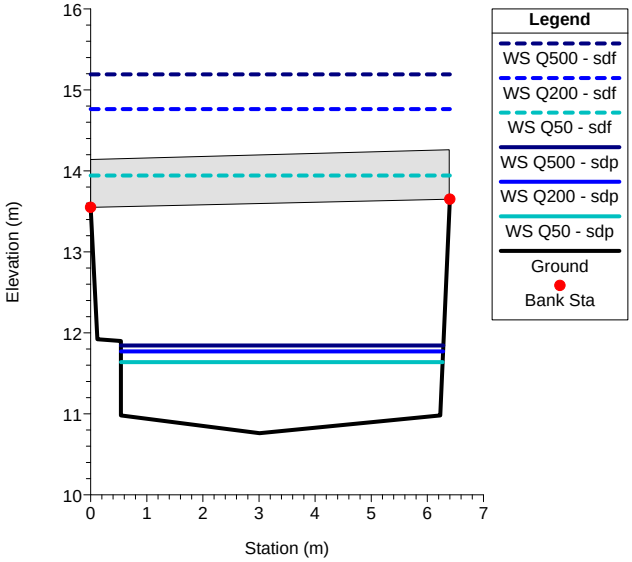
S Siro
SS-S50



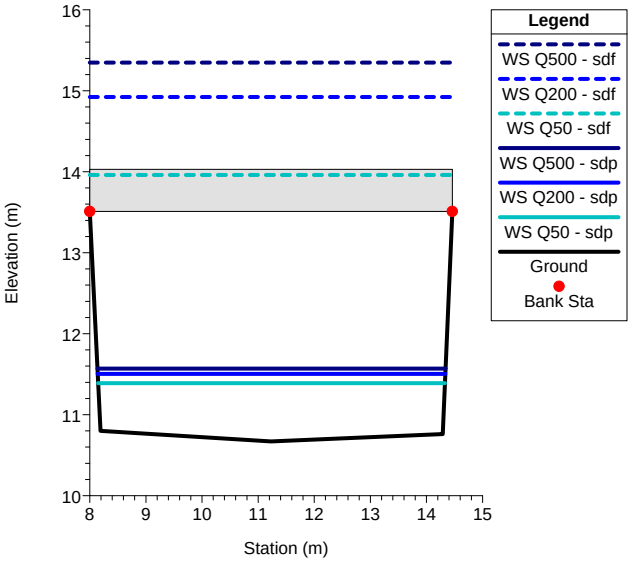
S Siro
SS-S49



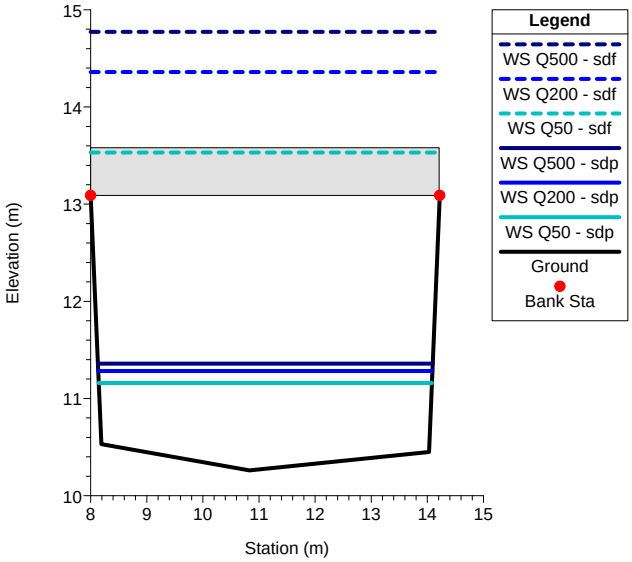
S Siro
SS-S48



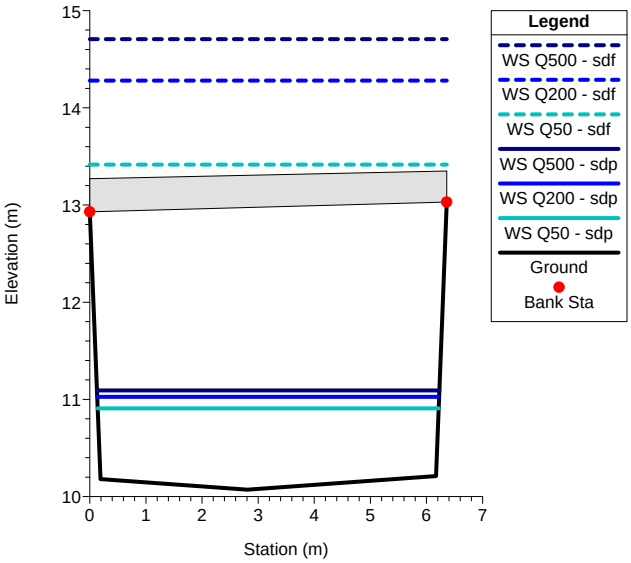
S Siro
SS-S47



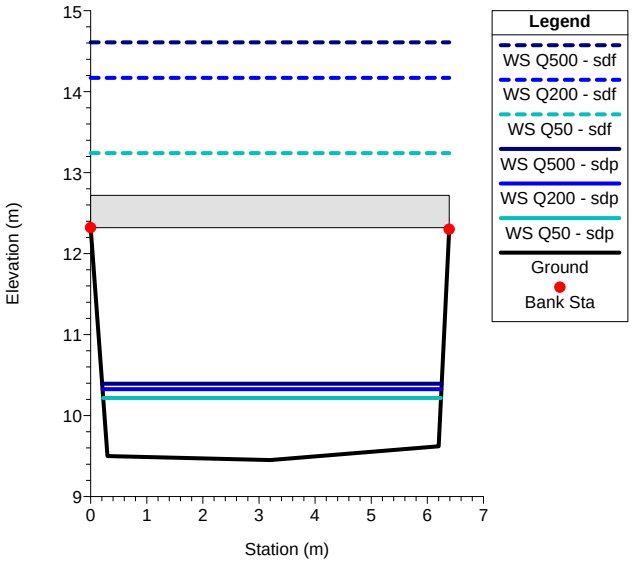
S Siro
SS-S46



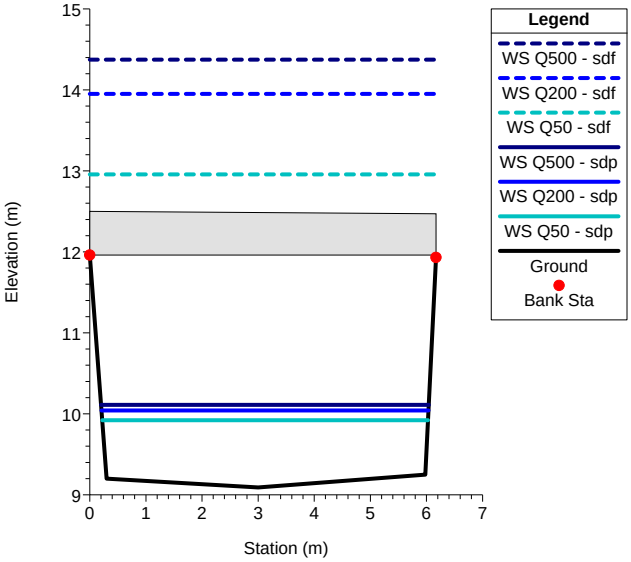
S Siro
SS-S45



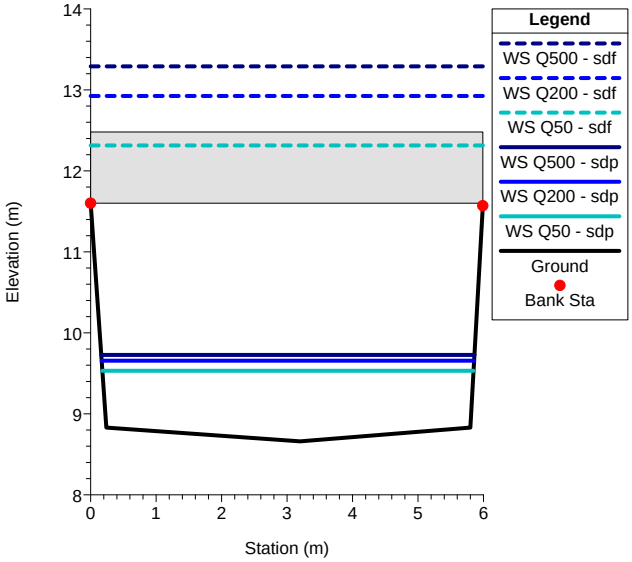
S Siro
SS-S44



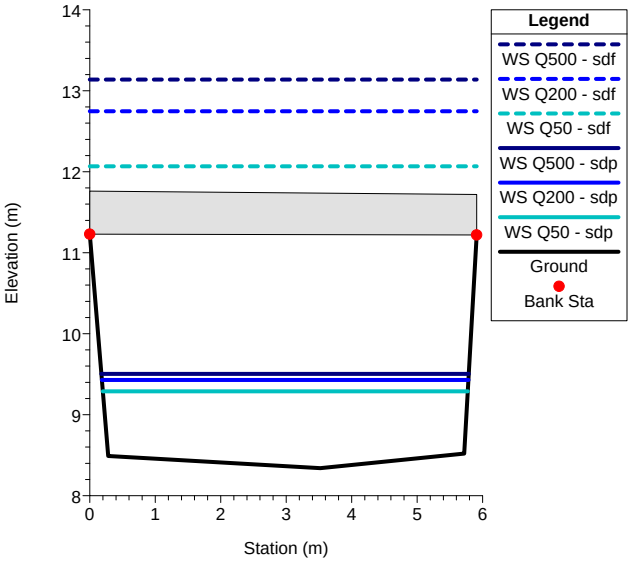
S Siro
SS-S43



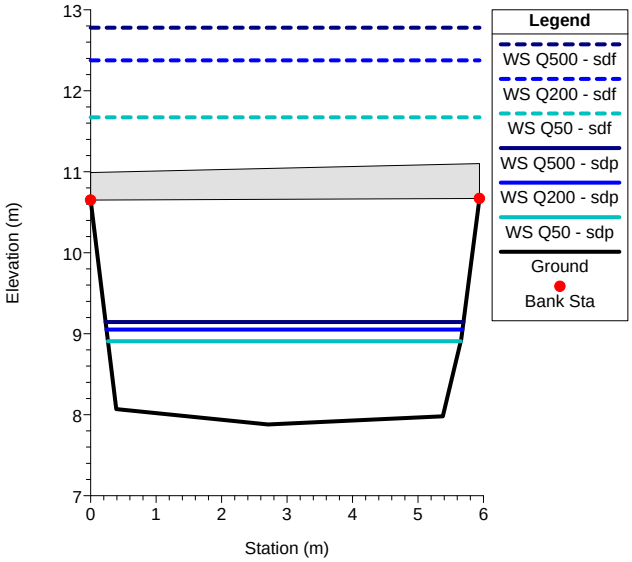
S Siro
SS-S42



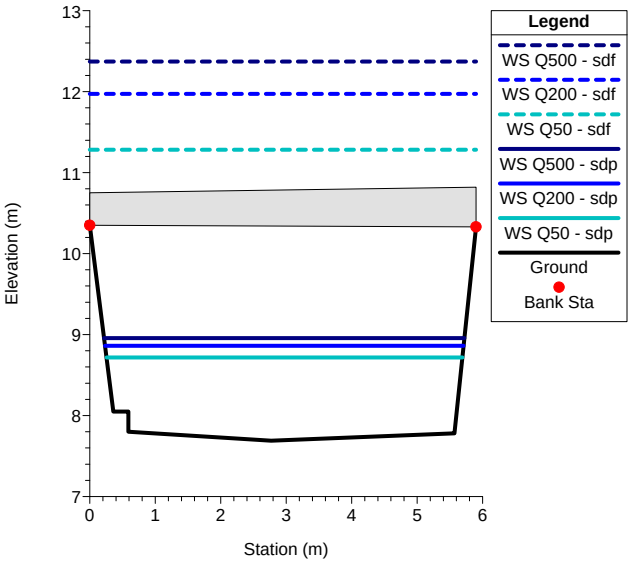
S Siro
SS-S41



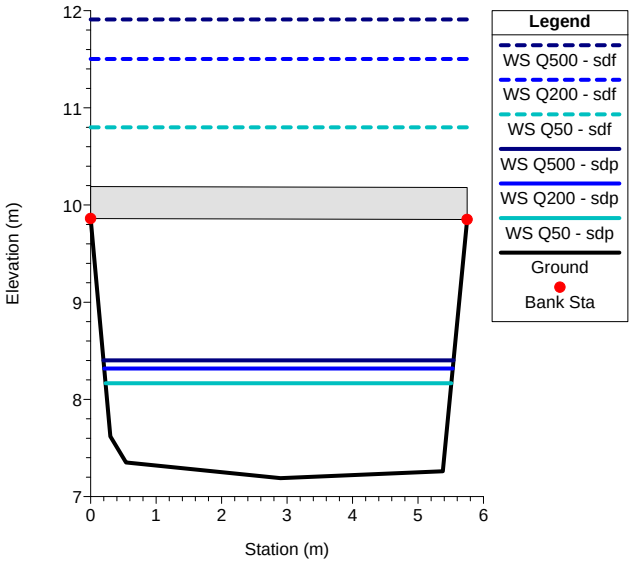
S Siro
SS-S40



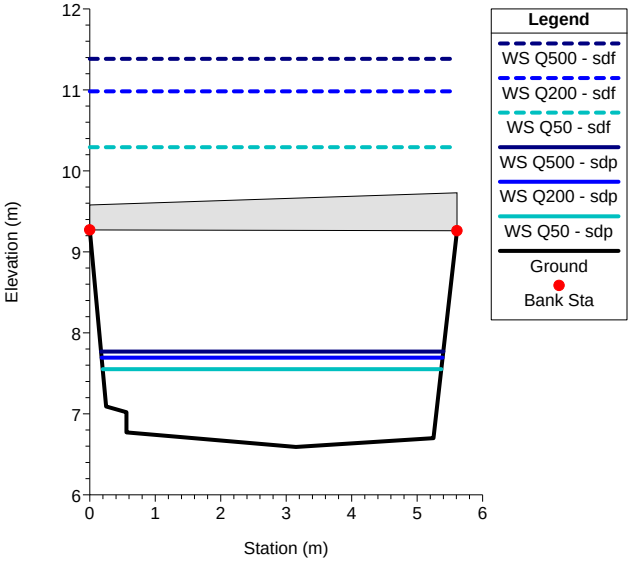
S Siro
SS-S39



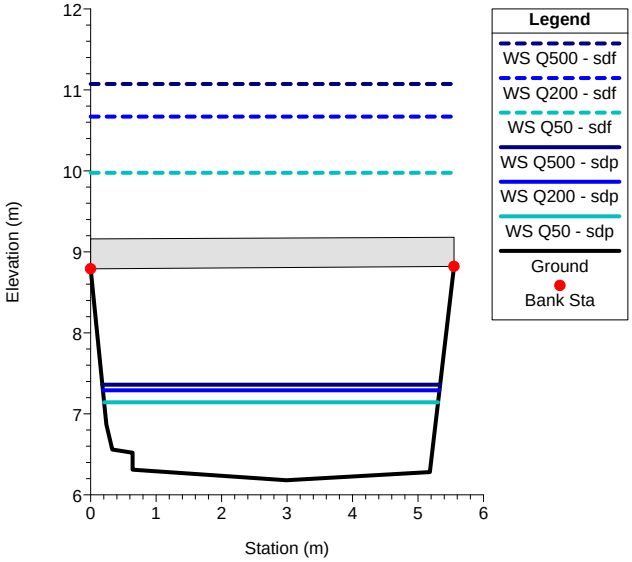
S Siro
SS-S38



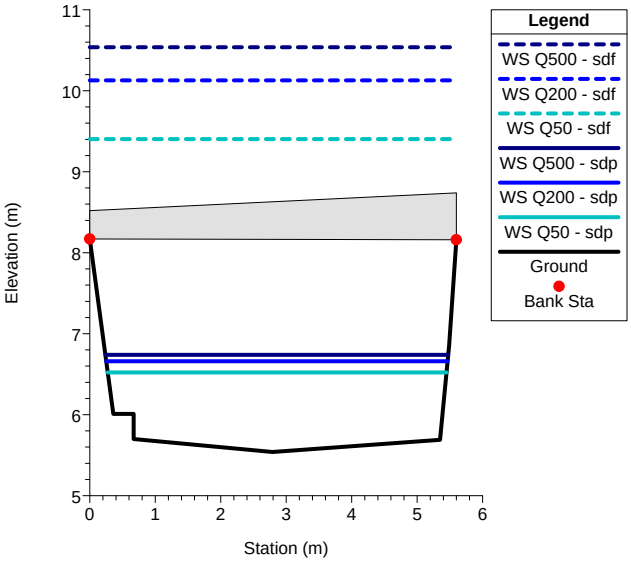
S Siro
SS-S37



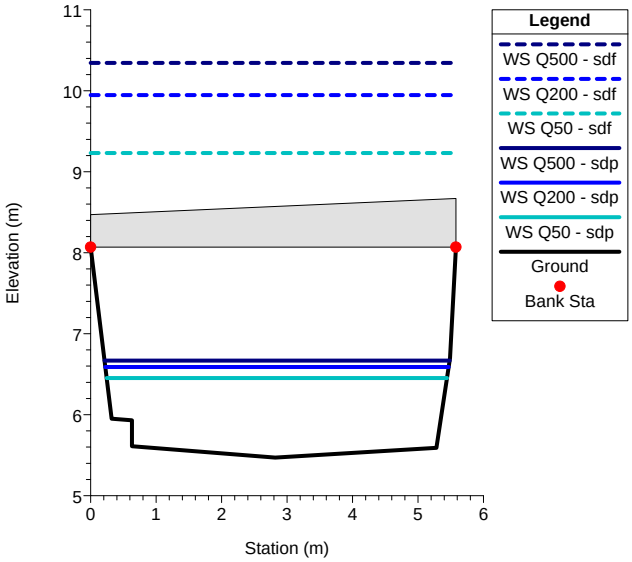
S Siro
SS-S36



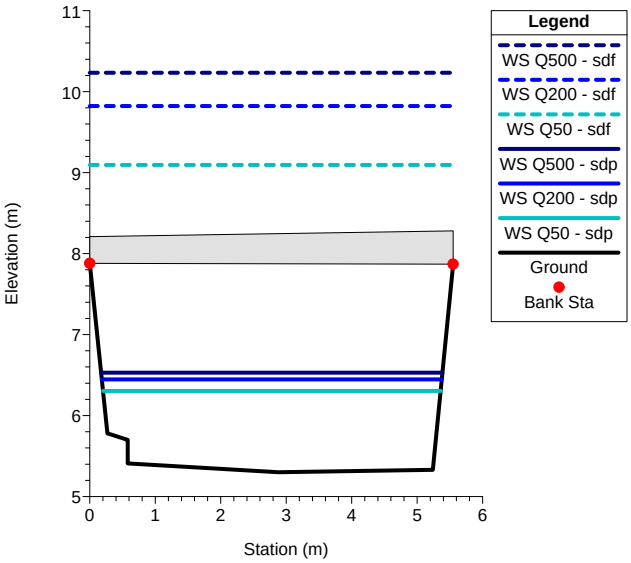
S Siro
SS-S35



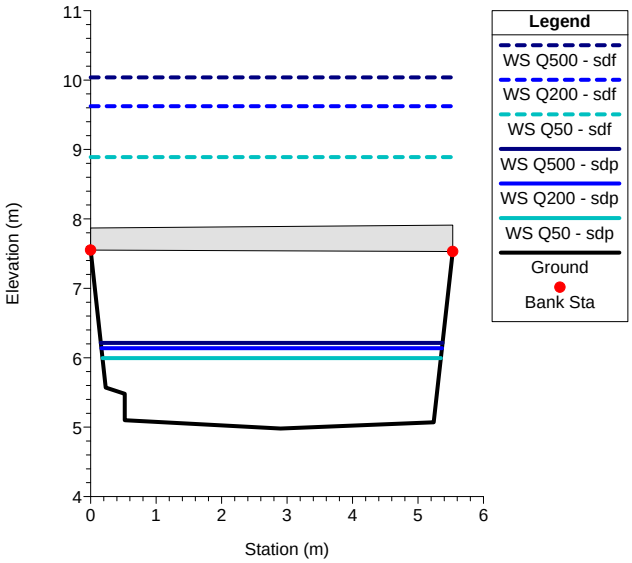
S Siro
SS-S34



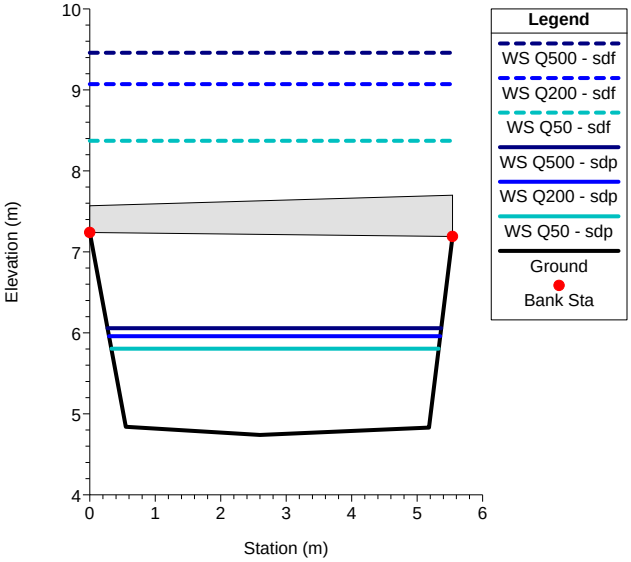
S Siro
SS-S33



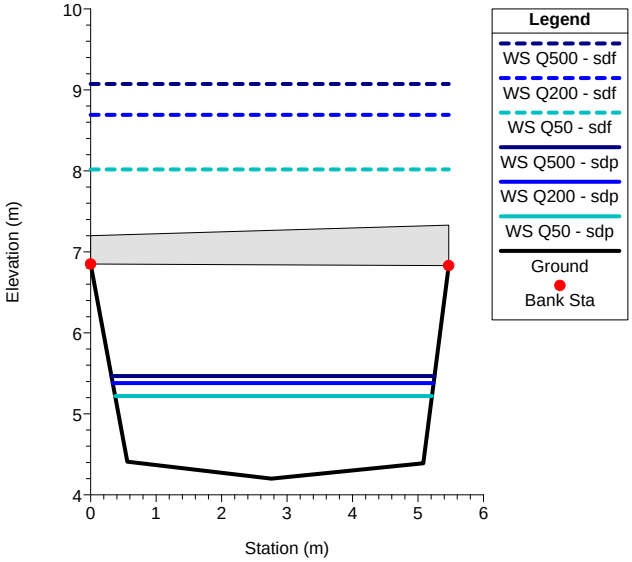
S Siro
SS-S32



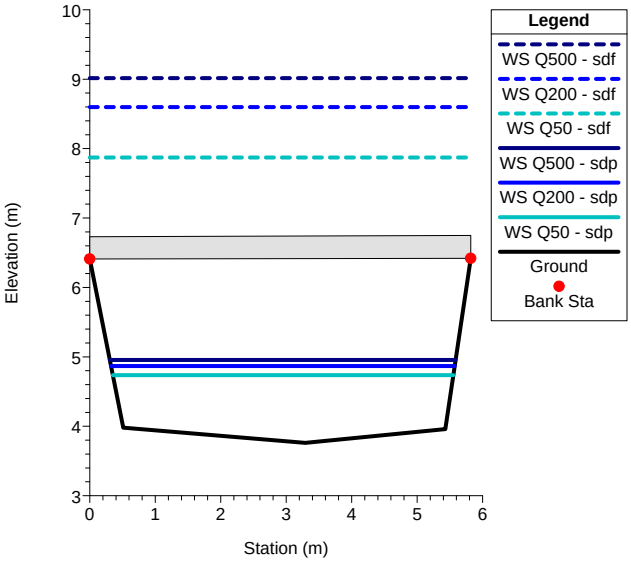
S Siro
SS-S31



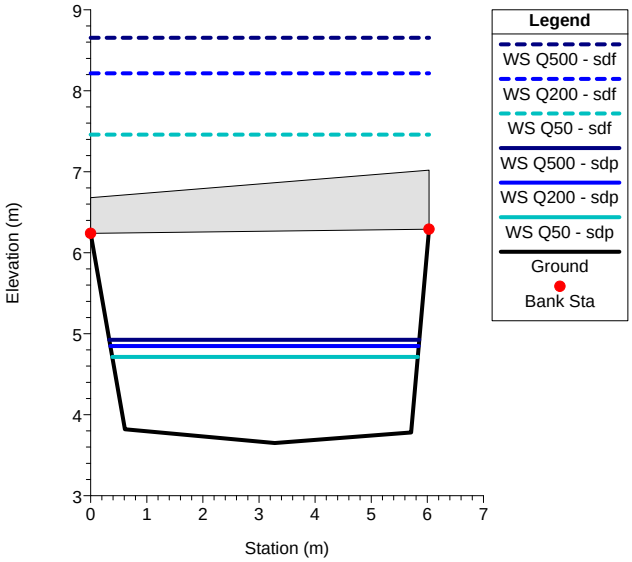
S Siro
SS-S30



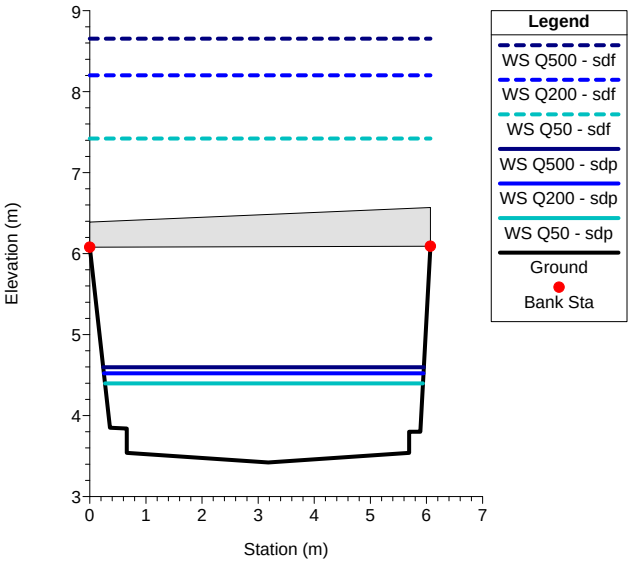
S Siro
SS-S29



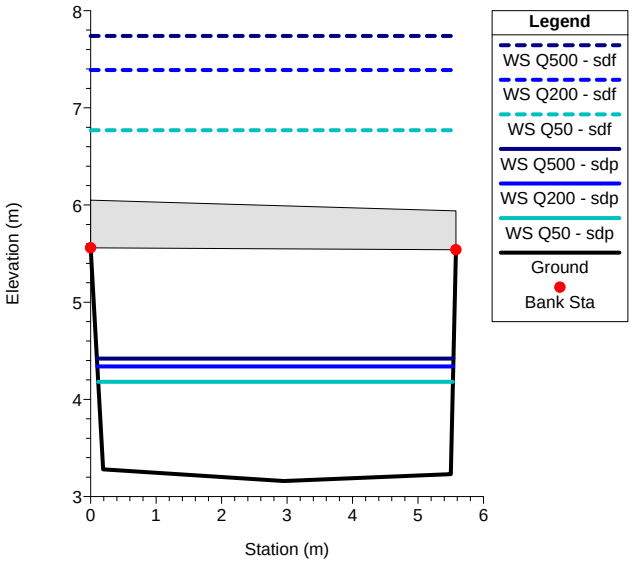
S Siro
SS-S 28



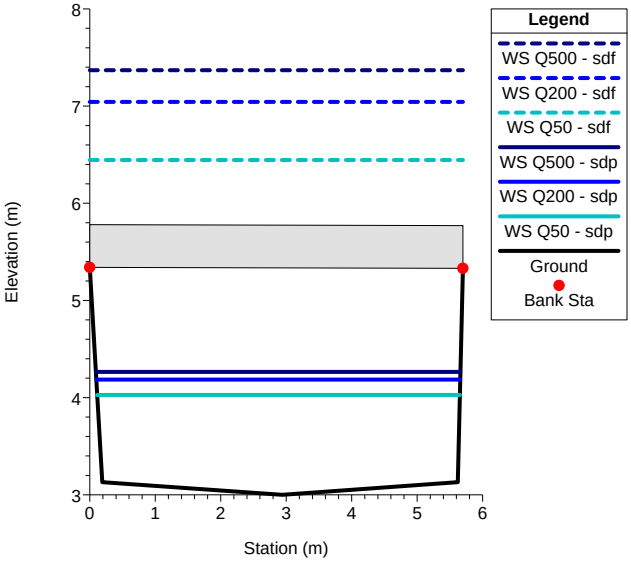
S Siro
SS-S27



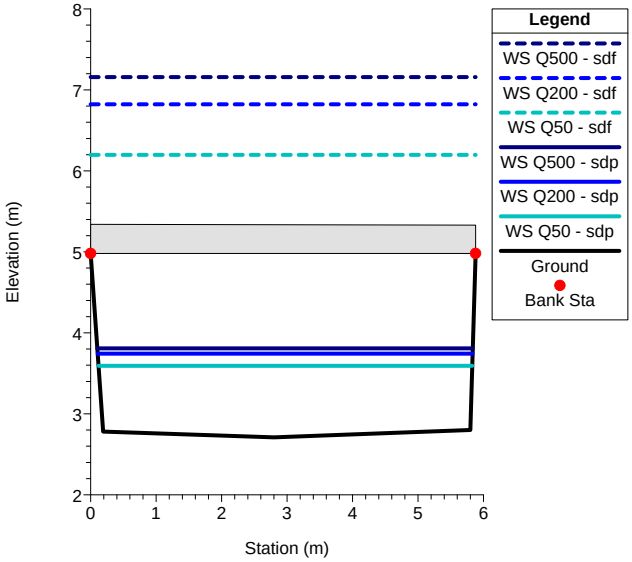
S Siro
SS-S26



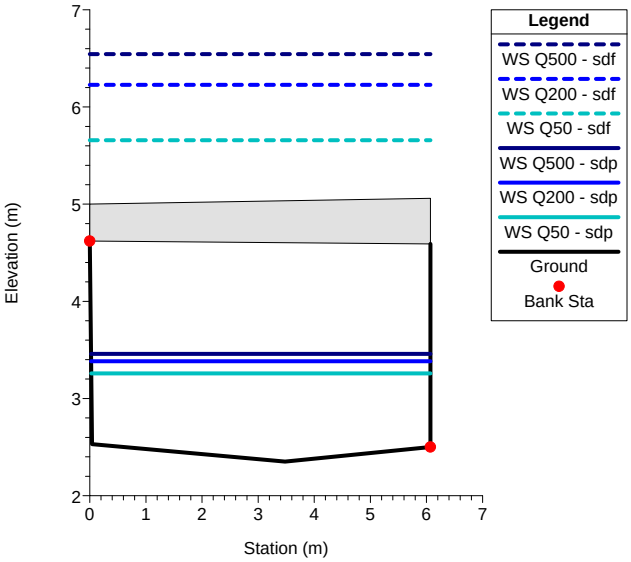
S Siro
SS-S25



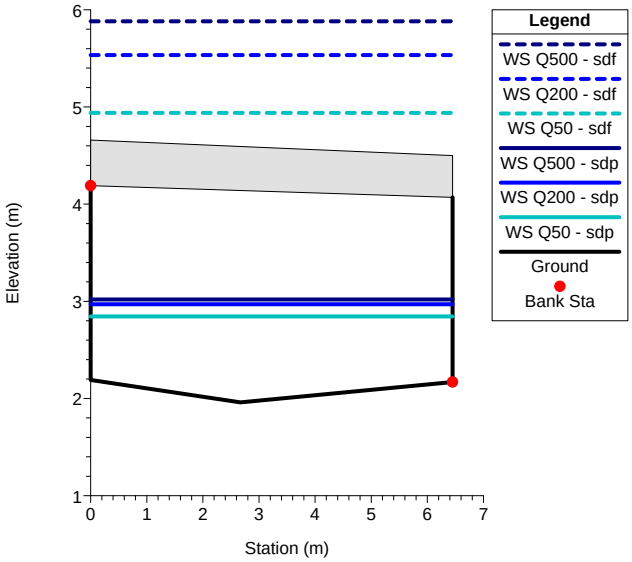
S Siro
SS-S24



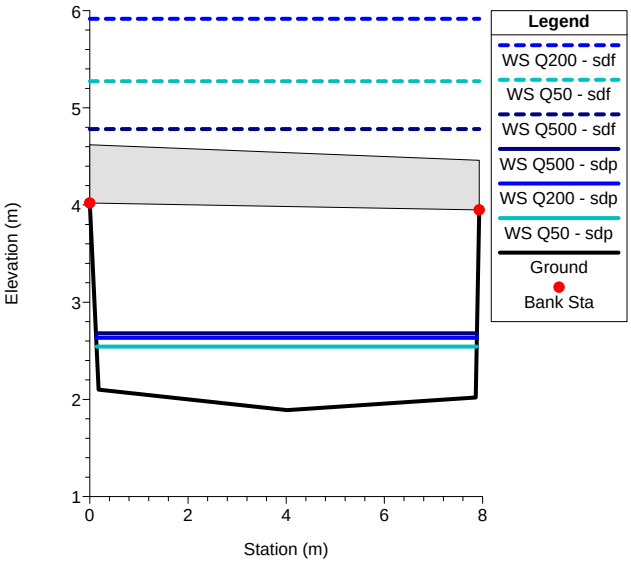
S Siro
SS-S23



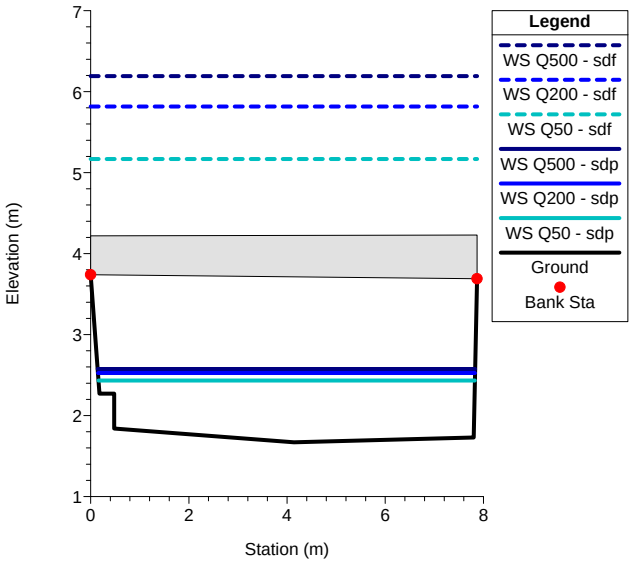
S Siro
SS-S 22



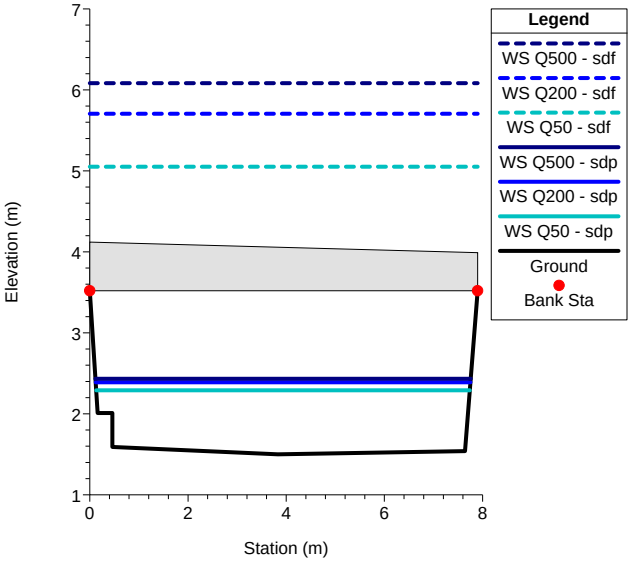
S Siro
SS-S21



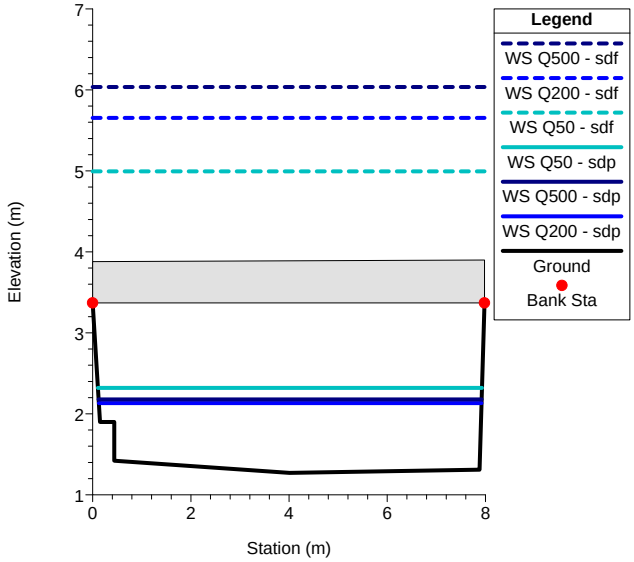
S Siro
SS-S20



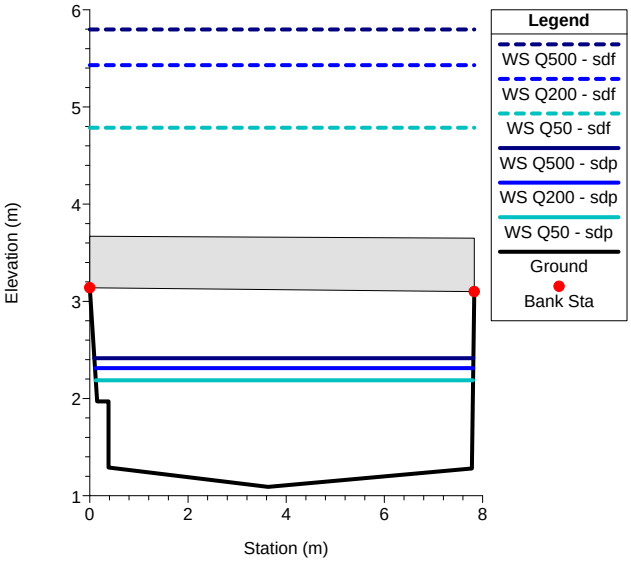
S Siro
SS-S19



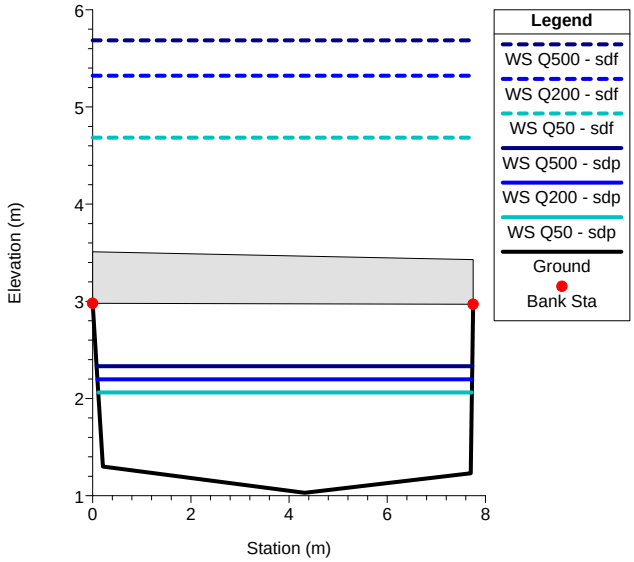
S Siro
SS-S18



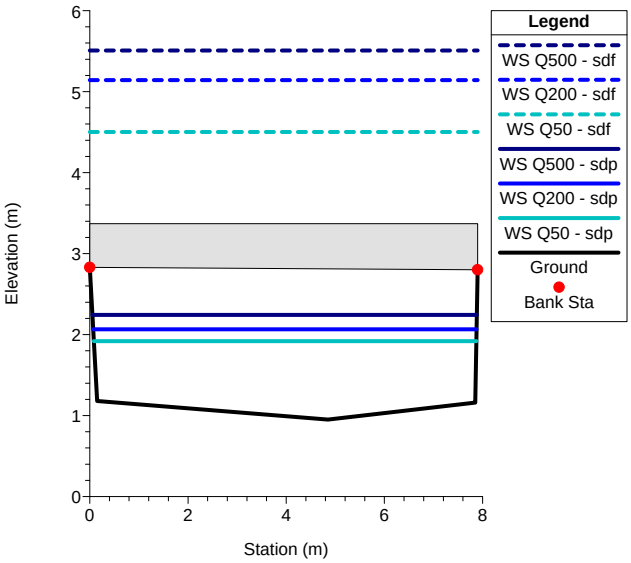
S Siro
SS-S17



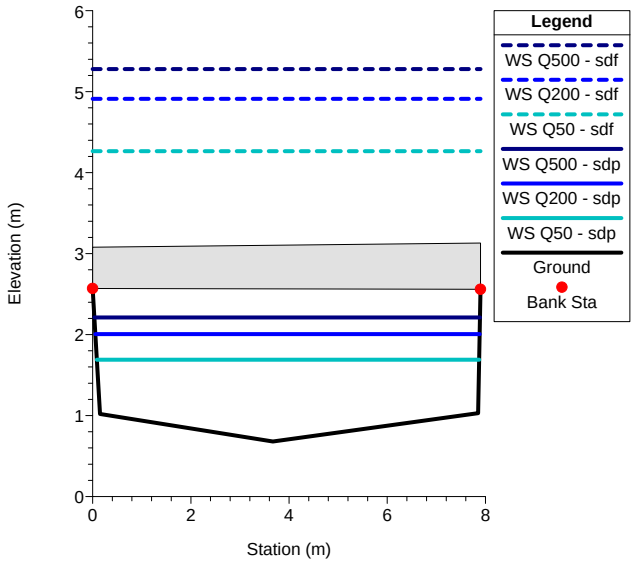
S Siro
SS-S16



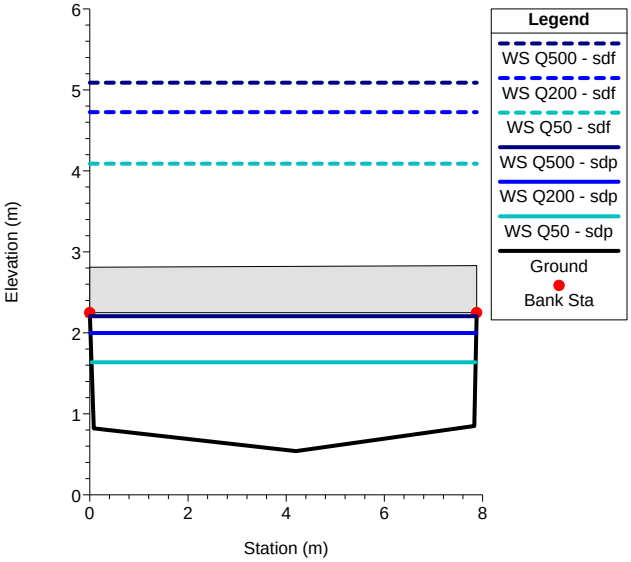
S Siro
SS-S15



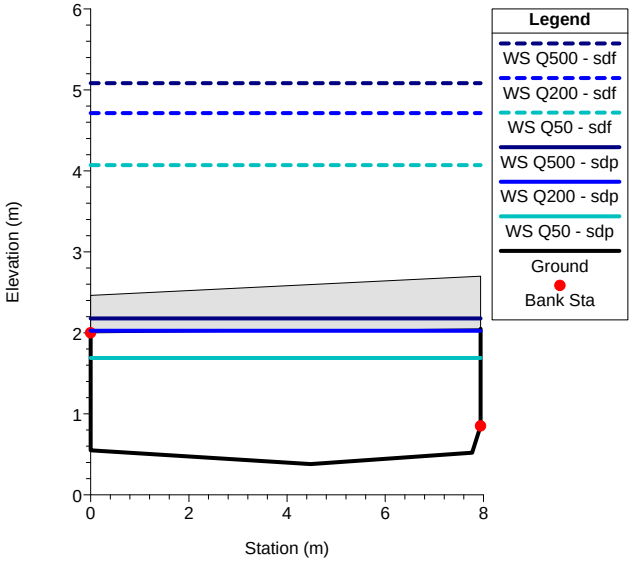
S Siro
SS-S14



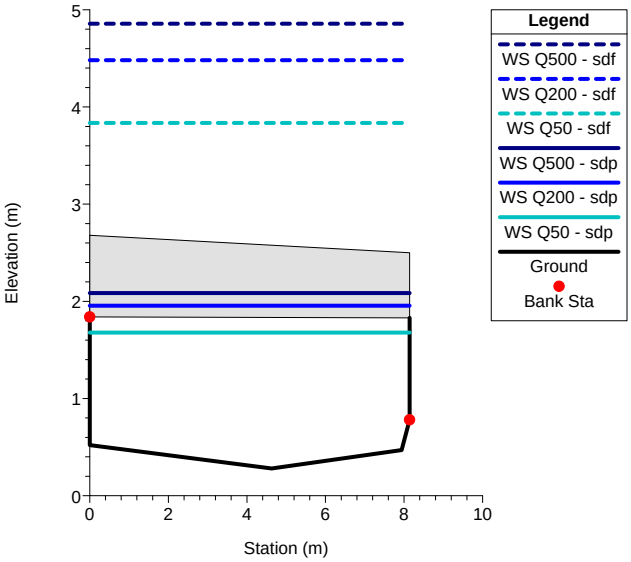
S Siro
SS-S13



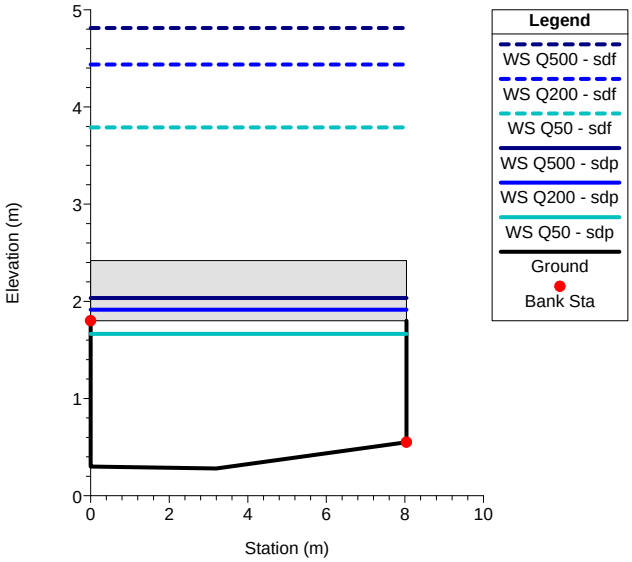
S Siro
SS-S12



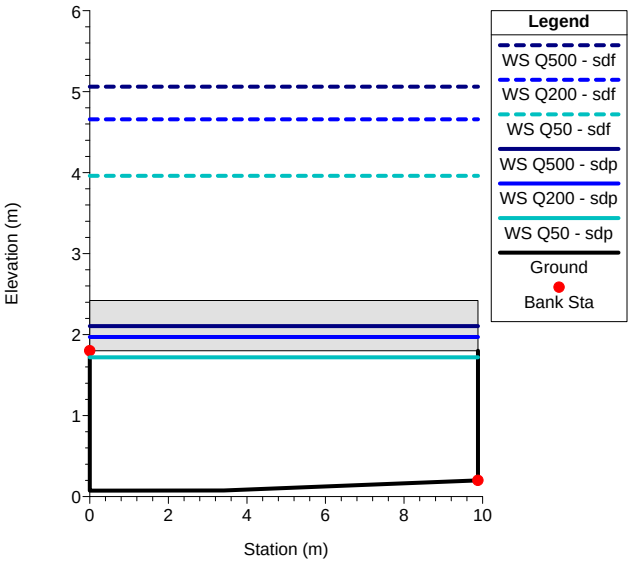
S Siro
SS-S11



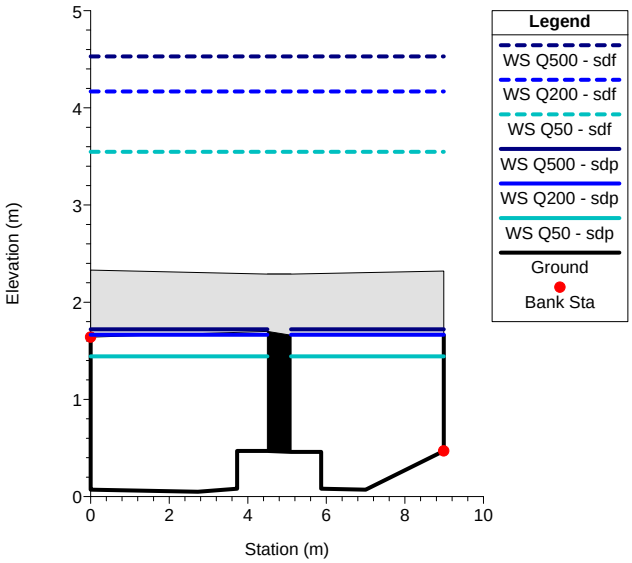
S Siro
SS-S10



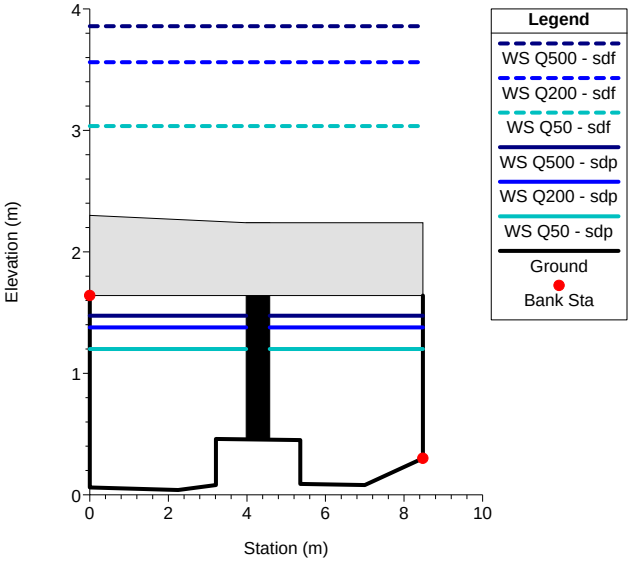
S Siro
SS-S9



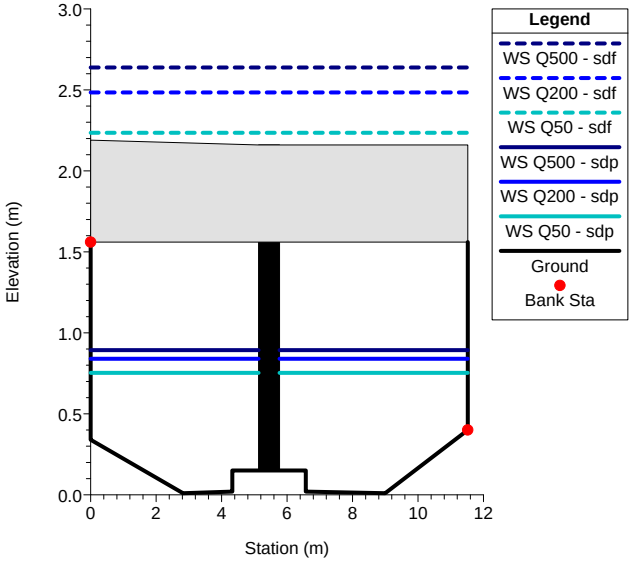
S Siro
SS-S9 immissione Rainusso



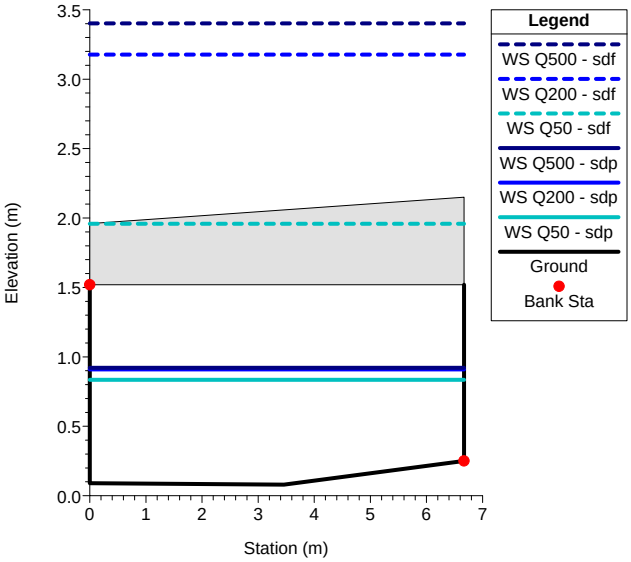
S Siro
SS-S8



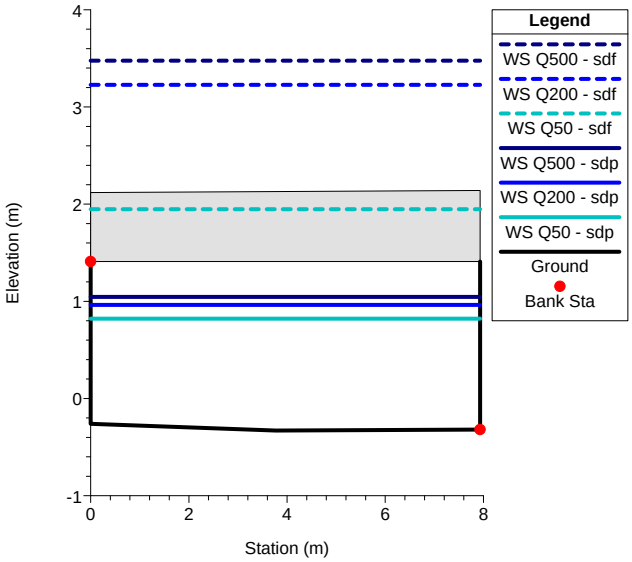
S Siro
SS-S7



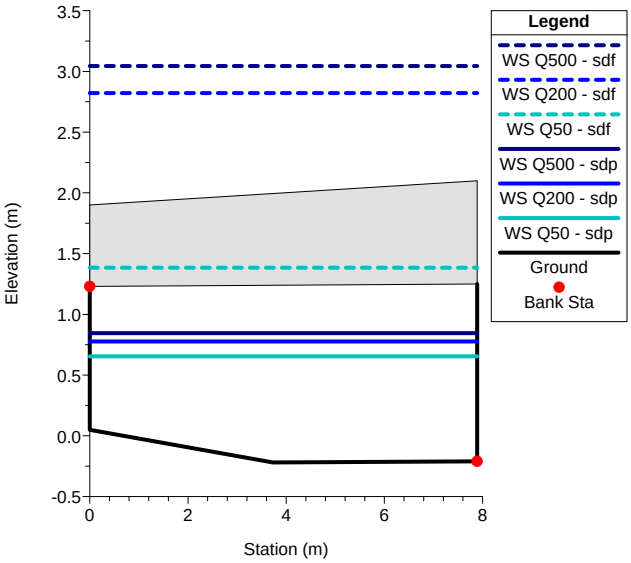
S Siro
SS-S6



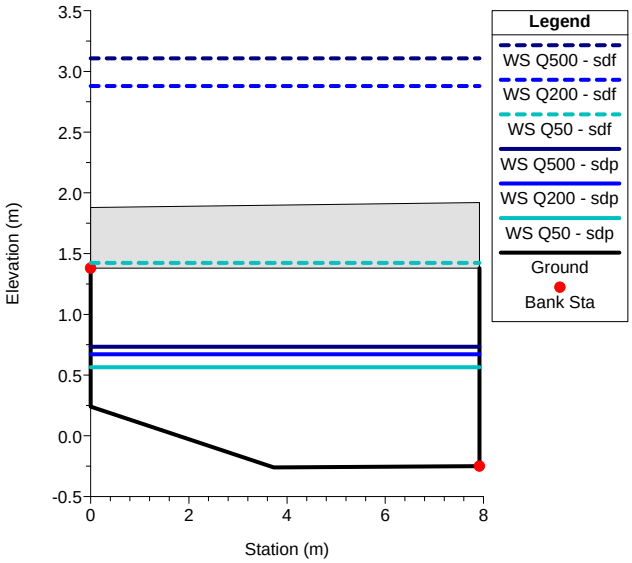
S Siro
SS-S5



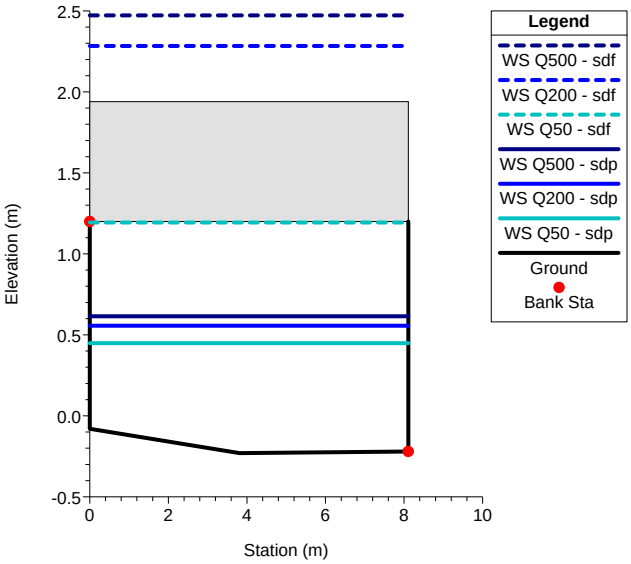
S Siro
SS-S4



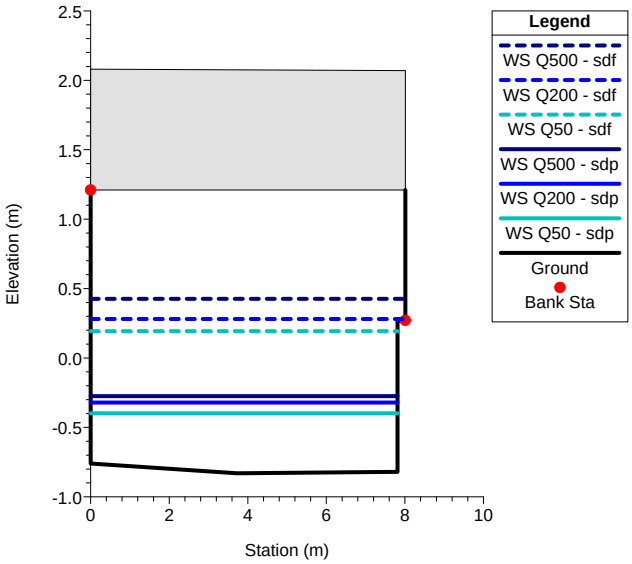
S Siro
SS-S3



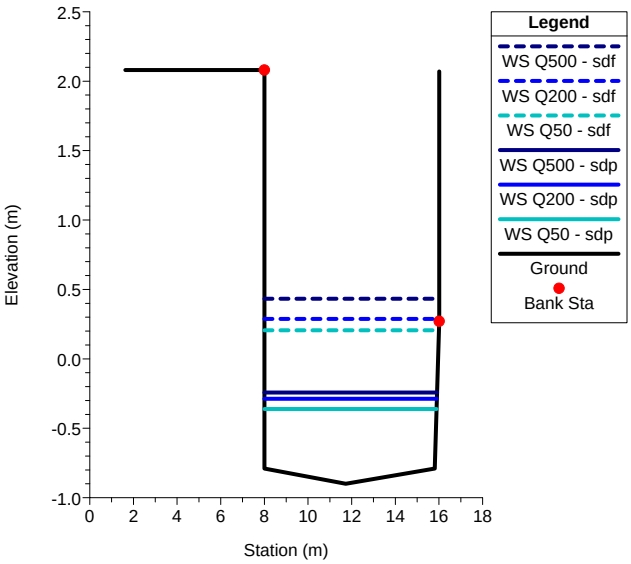
S Siro
SS-S2



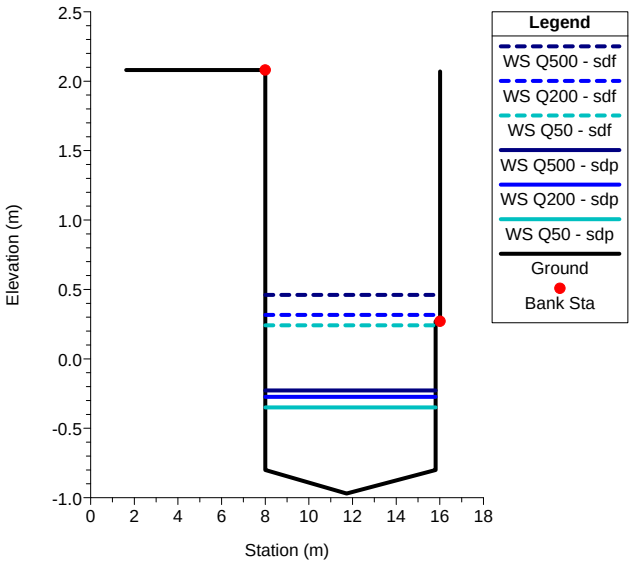
S Siro
SS-S1



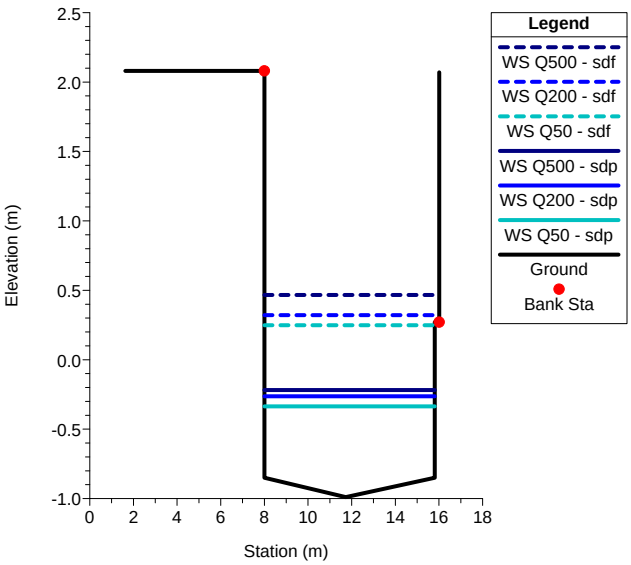
S Siro



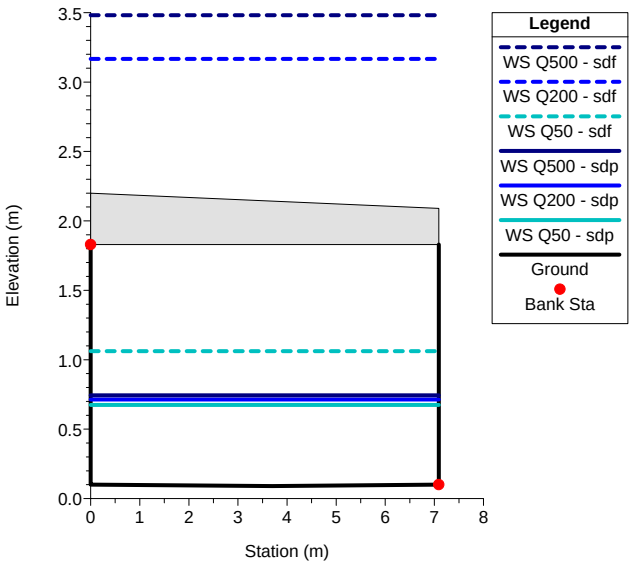
S Siro



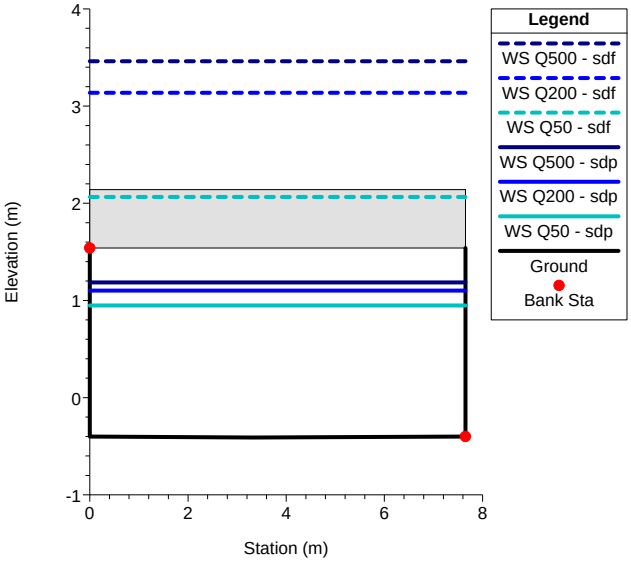
S Siro



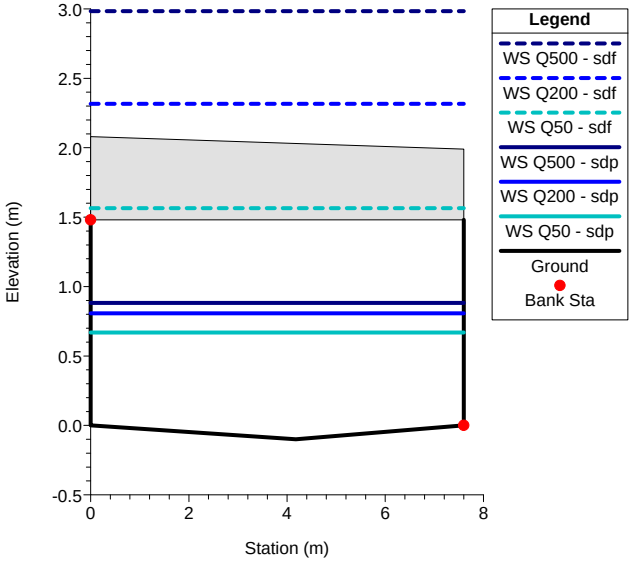
S Siro
SS-S6



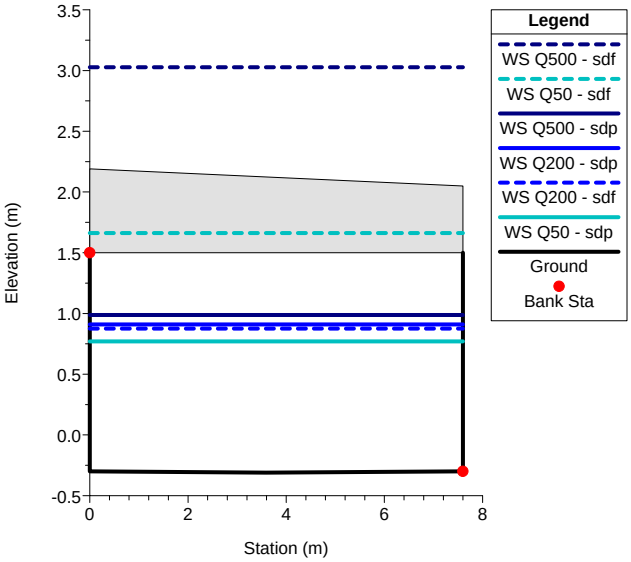
S Siro
SS-S5



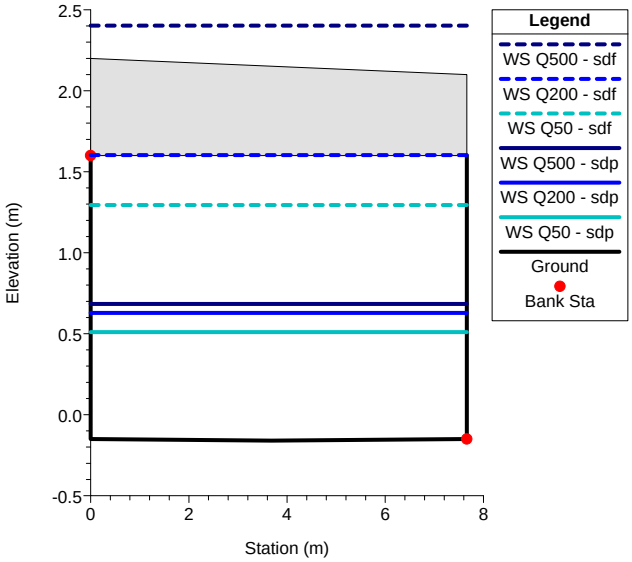
S Siro
SS-S4



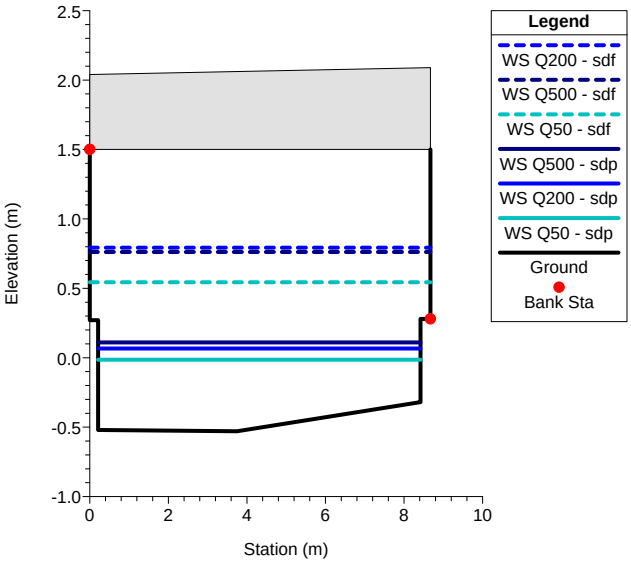
S Siro
SS-S3



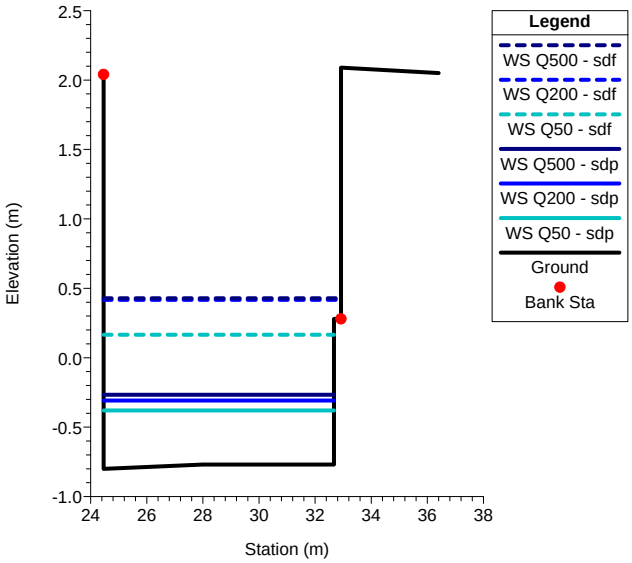
S Siro
SS-S2



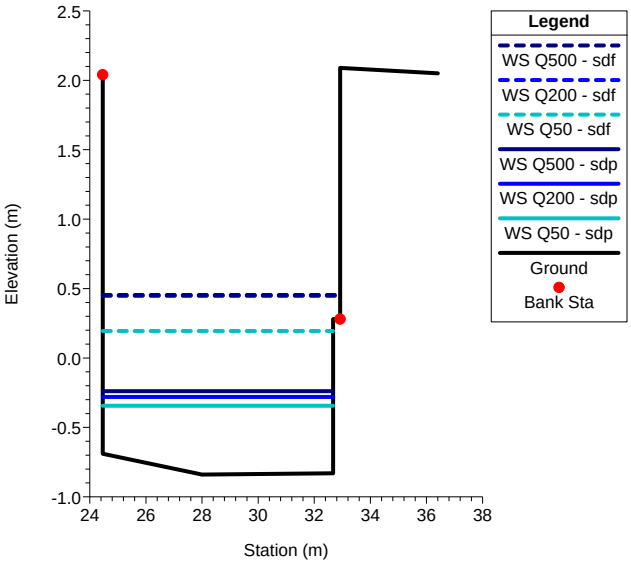
S Siro
SS-S1



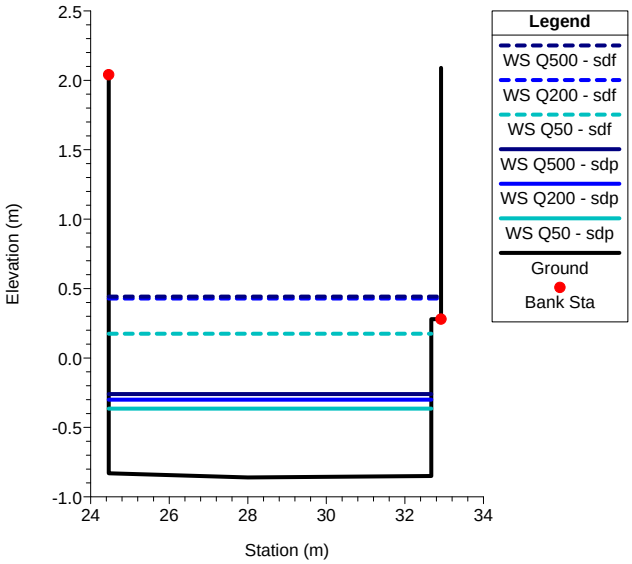
S Siro



S Siro


Legend
WS Q500 - sdf
WS Q200 - sdf
WS Q50 - sdf
WS Q500 - sdp
WS Q200 - sdp
WS Q50 - sdp
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
24
26
28
30
32
34
36
38

S Siro


Legend
WS Q500 - sdf
WS Q200 - sdf
WS Q50 - sdf
WS Q500 - sdp
WS Q200 - sdp
WS Q50 - sdp
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
24
26
28
30
32
34

magistrato_2013

Magistrato unico

Elevation (m)

Main Channel Distance (m)

Legend

WS Q50 - sdf

WS Q500 - sdf

WS Q200 - sdf

WS Q500 - sdp

WS Q200 - sdp

WS Q50 - sdp

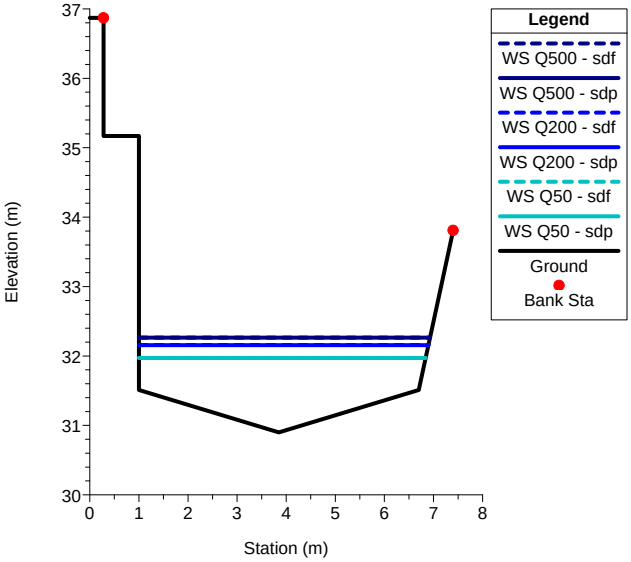
Lat Struct

Ground

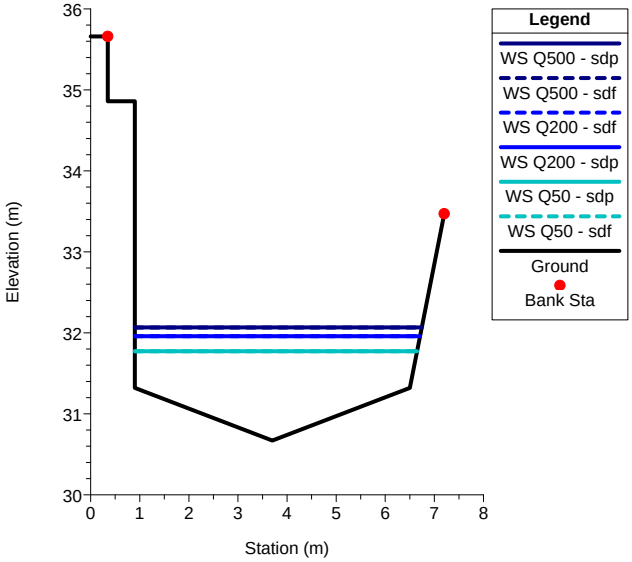
Left Levee

Right Levee

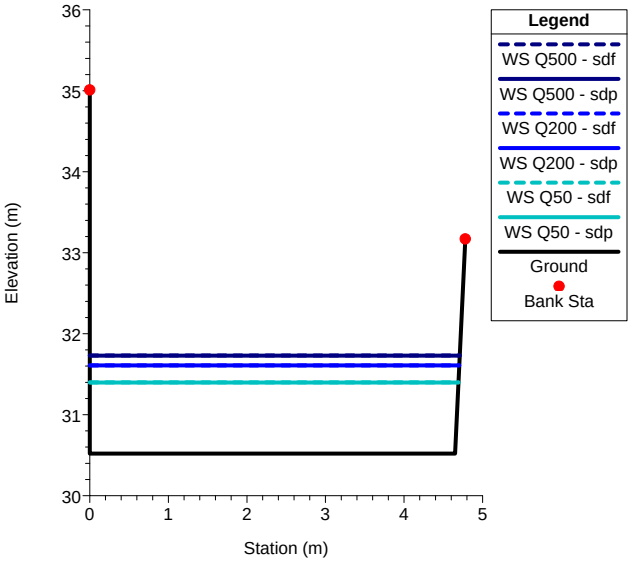
magistrato_2013
MA-S 1 sezione 1



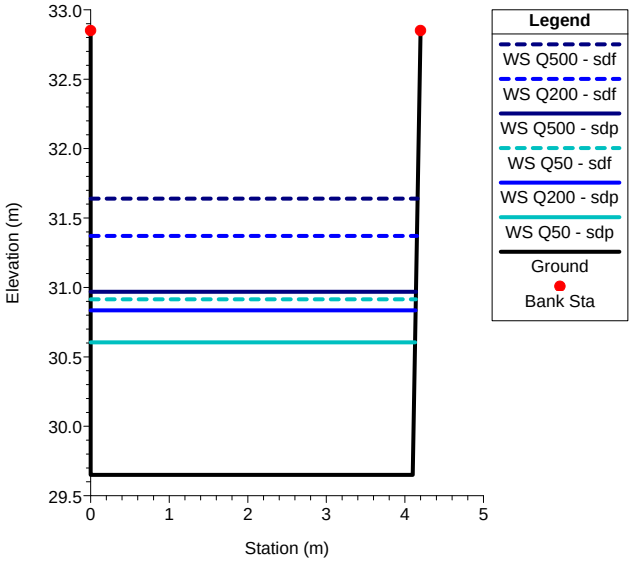
magistrato_2013
MA-S 2 sezione 2



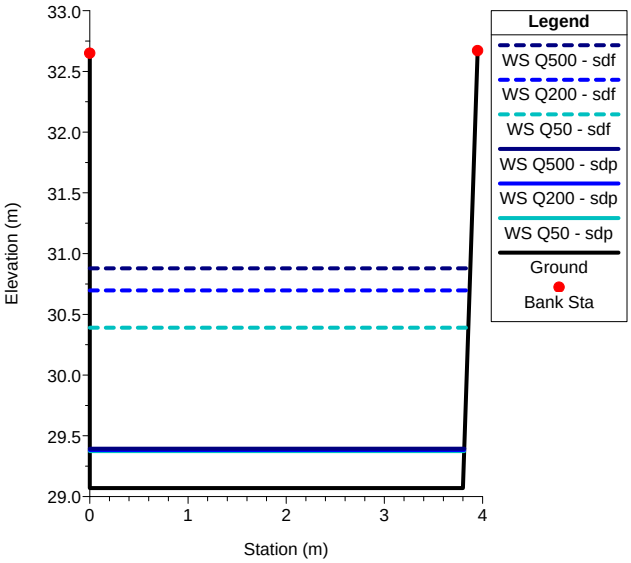
magistrato_2013
MA-S 3 sezione 3



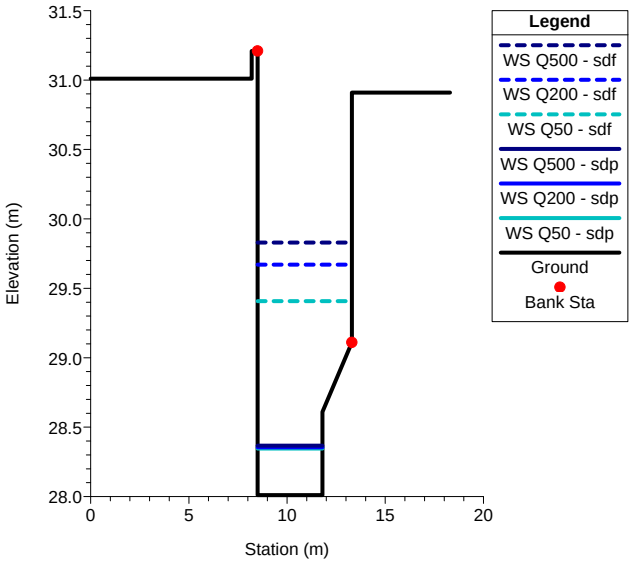
magistrato_2013
MA-S 4 sezione 4



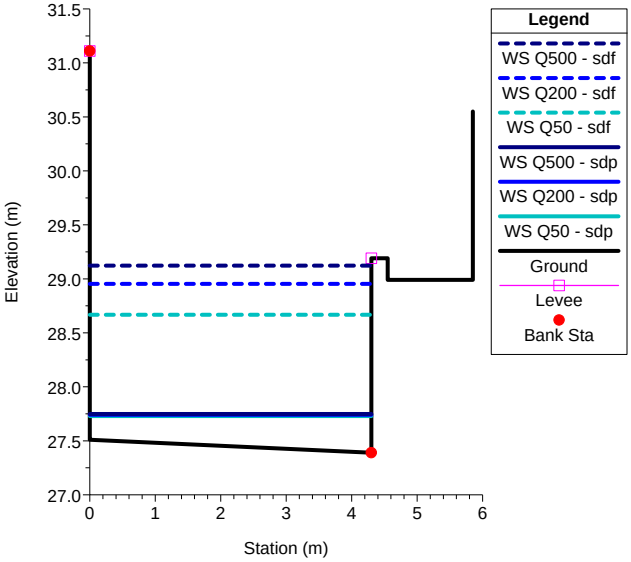
magistrato_2013
MA-S 5 sezione 5 = MA1



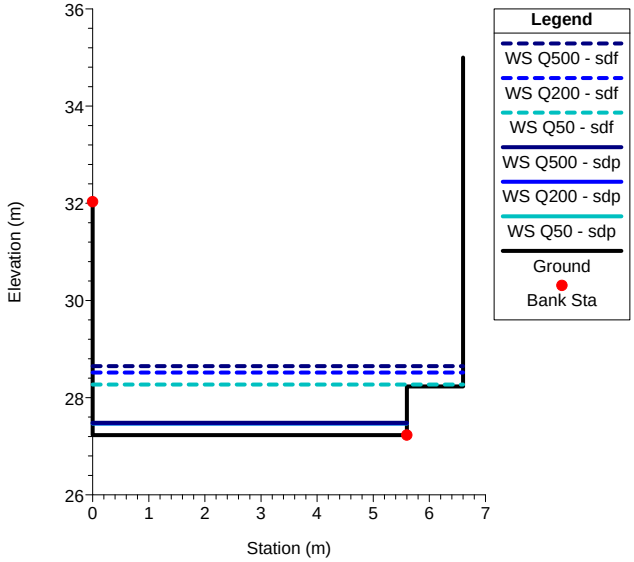
magistrato_2013
MA-S 6 sezione 6



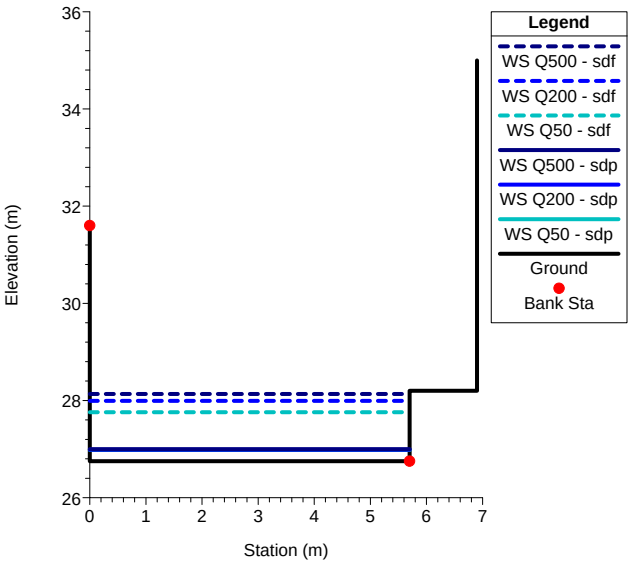
magistrato_2013
MA-S 7 sezione 7



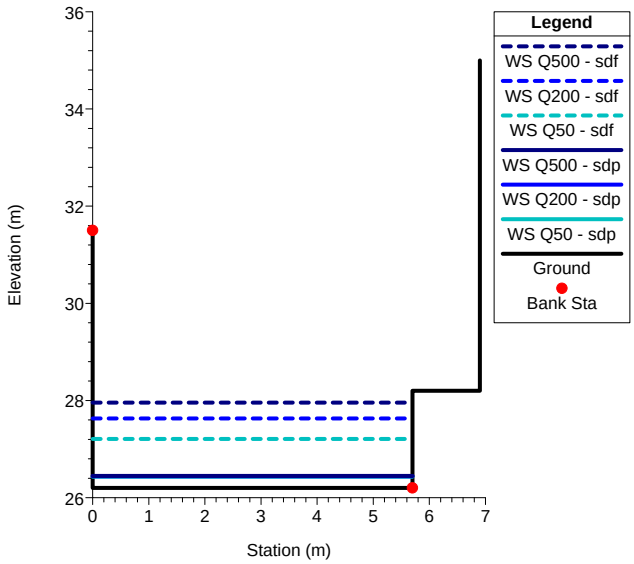
magistrato_2013
MA-S 8 sezione 8



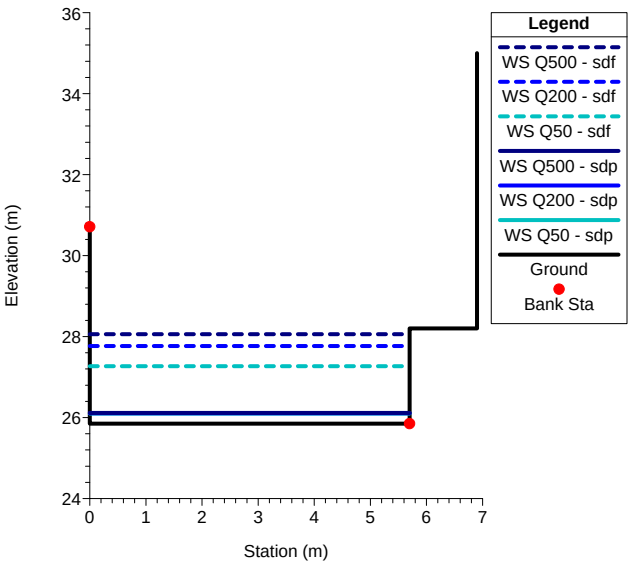
magistrato_2013
MA-S 8 sezione 8a



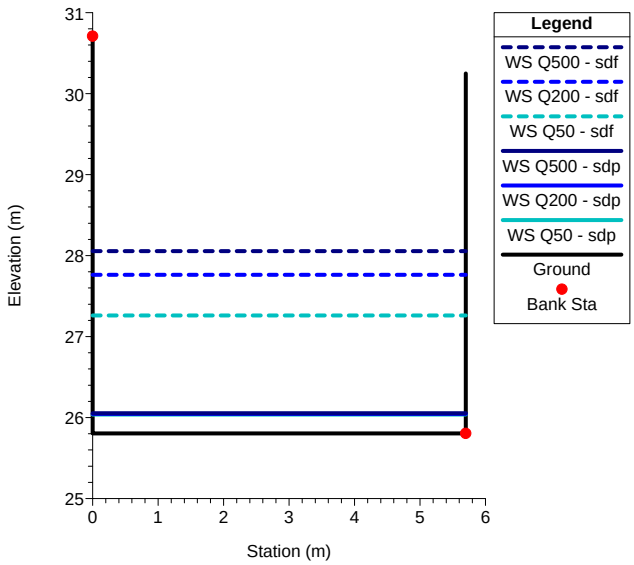
magistrato_2013
MA-S 8 sezione 8b



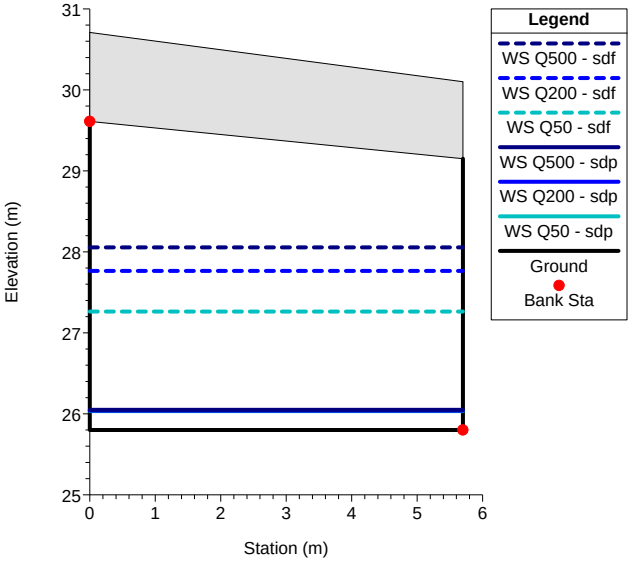
magistrato_2013
MA-S 9 sezione 9



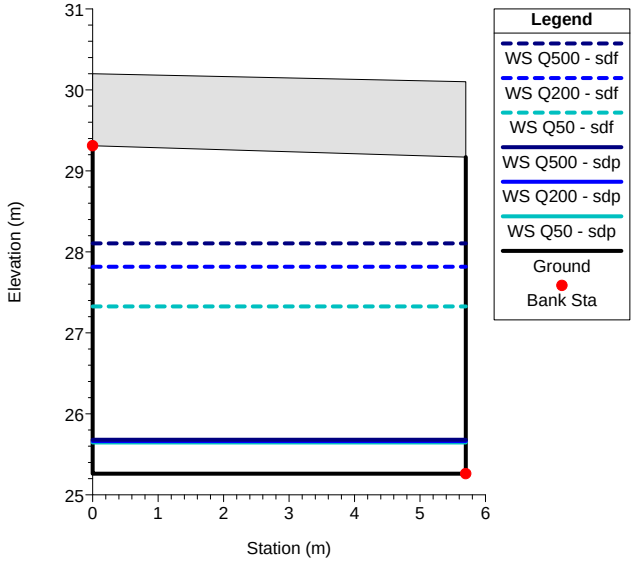
magistrato_2013
MA-S 9 sezione 9a



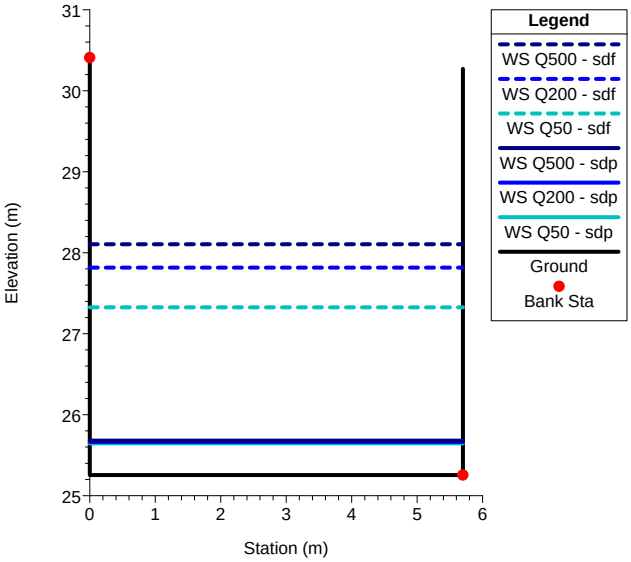
magistrato_2013
MA-S 9 sezione 9b



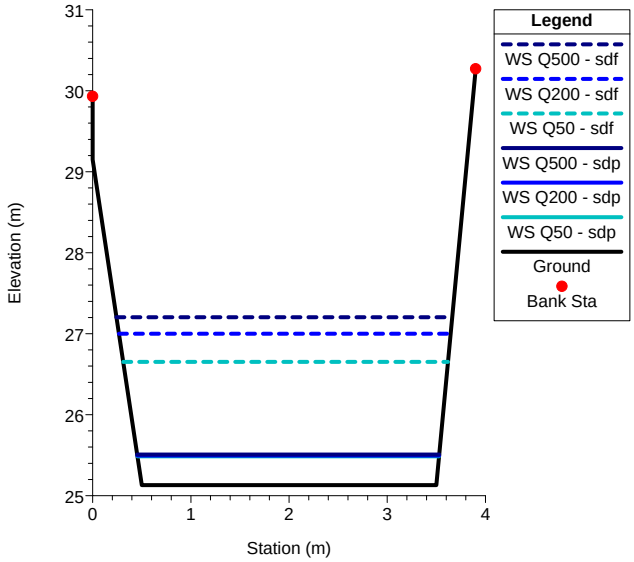
magistrato_2013
MA-S 9 sezione 9c



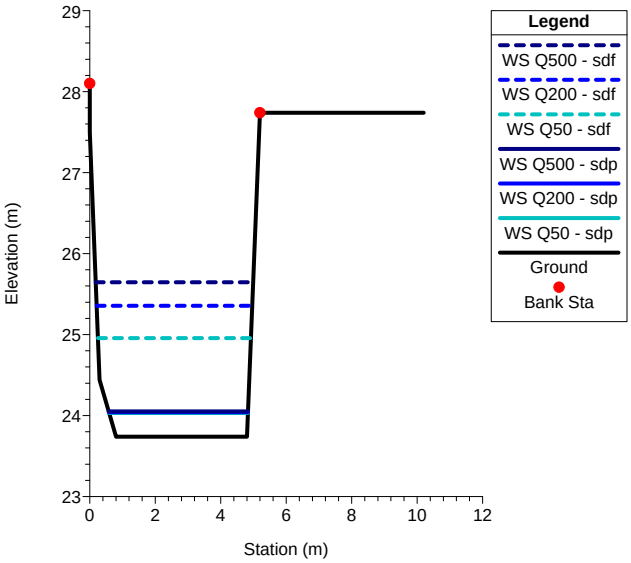
magistrato_2013
MA-S 9 sezione 9d



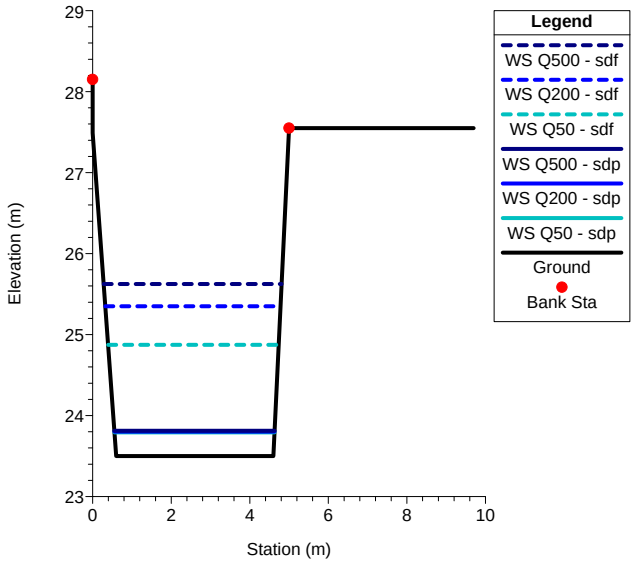
magistrato_2013
MA-S 10 sezione 10



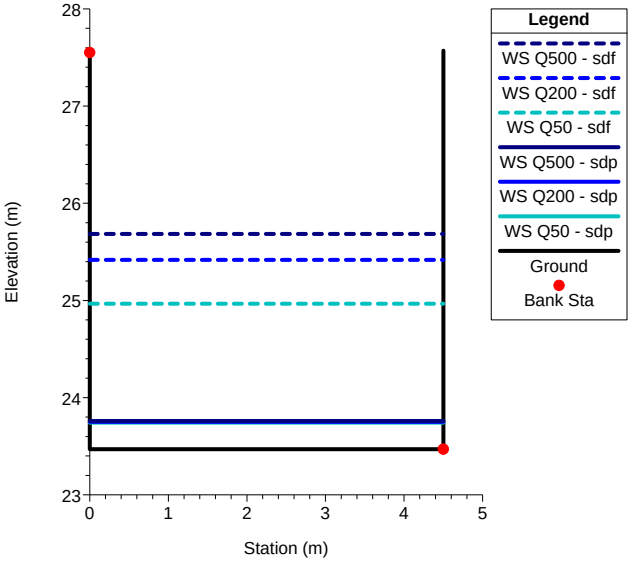
magistrato_2013
MA-S 11 sezione 11



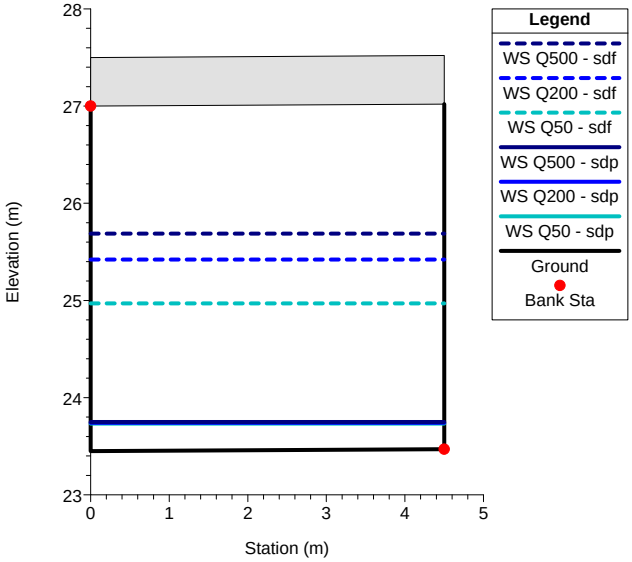
magistrato_2013
MA-S 12 sezione 12



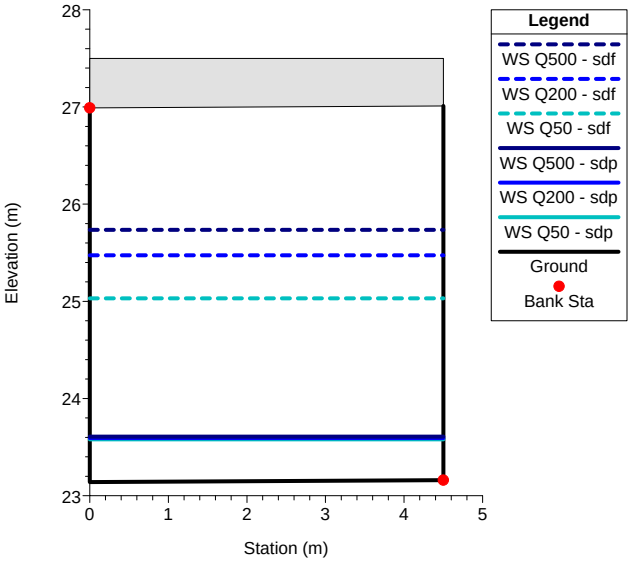
magistrato_2013
MA-S 12 sezione 12a



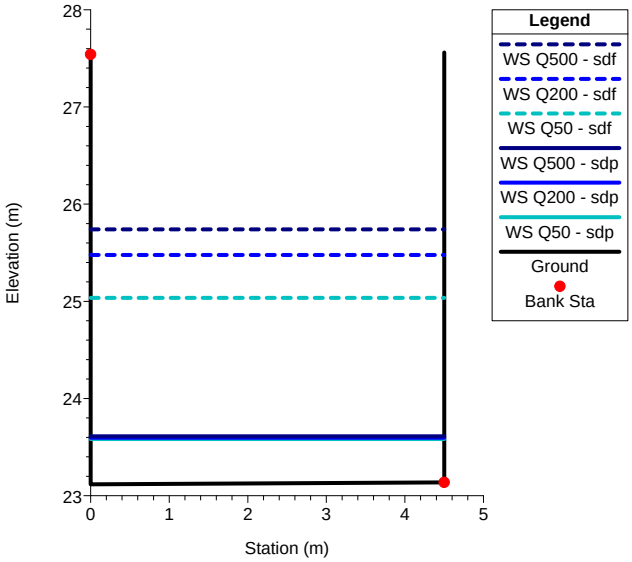
magistrato_2013
MA-S 13 sezione 13



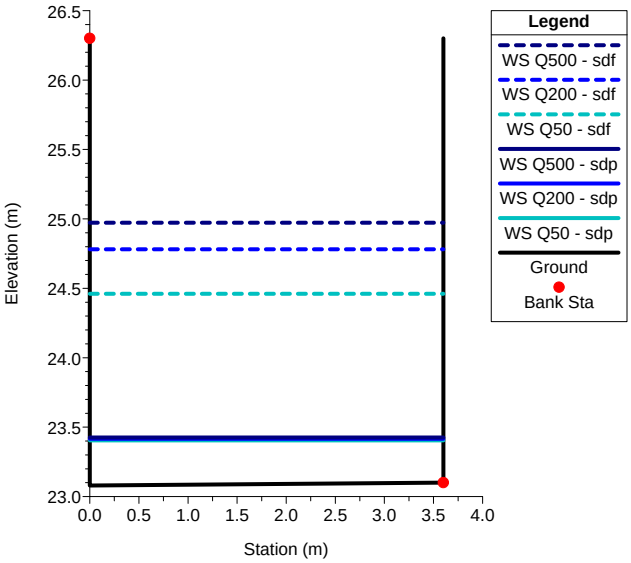
magistrato_2013
MA-S 14 sezione 14



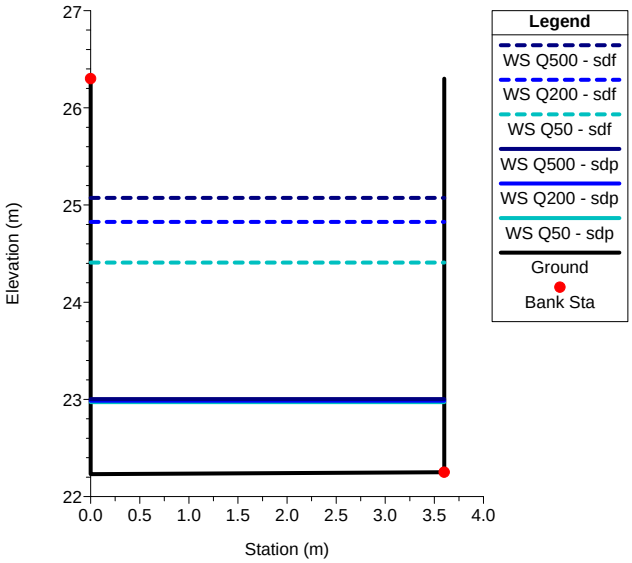
magistrato_2013
MA-S 14 sezione 14a



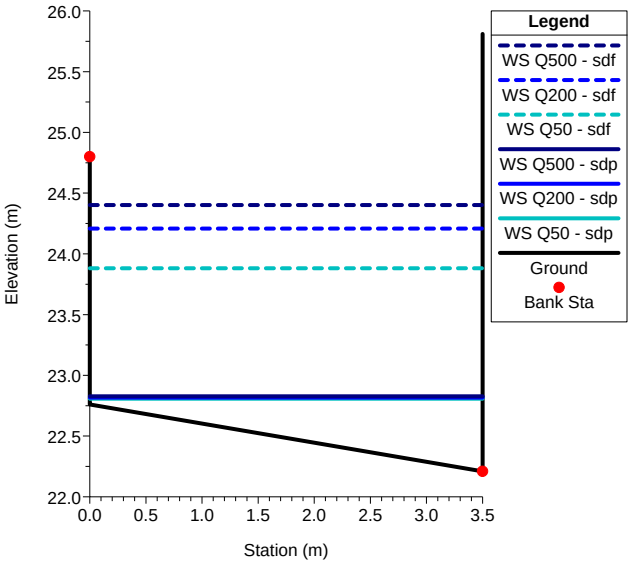
magistrato_2013
MA-S 14 sezione 14b



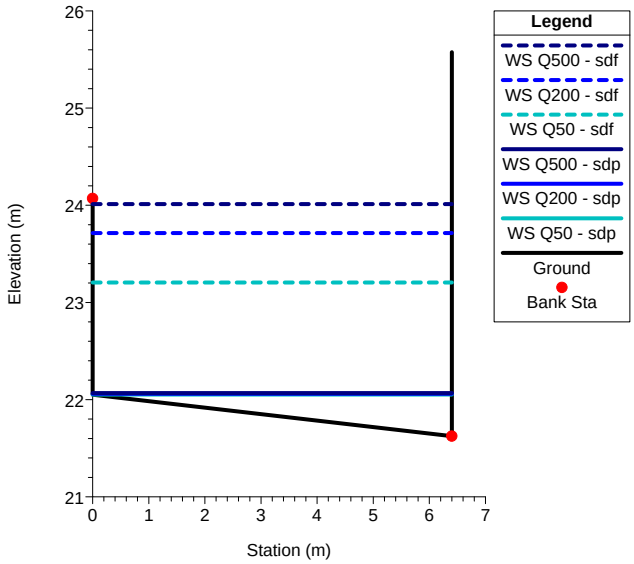
magistrato_2013
MA-S 14 sezione 14c



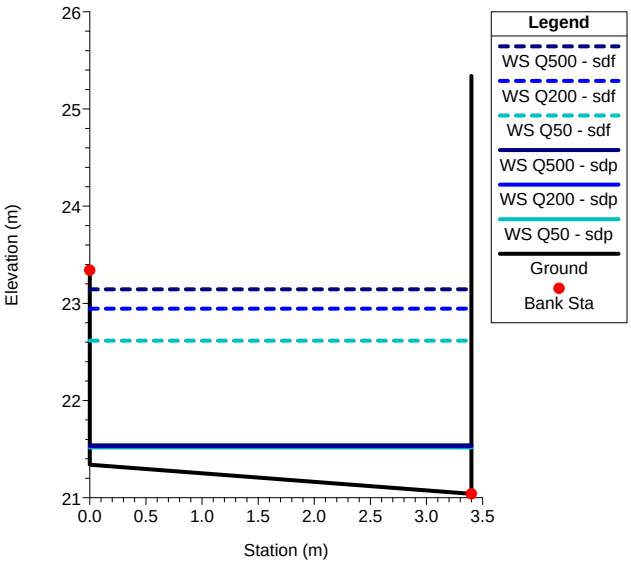
magistrato_2013
MA-S 15 sezione 15



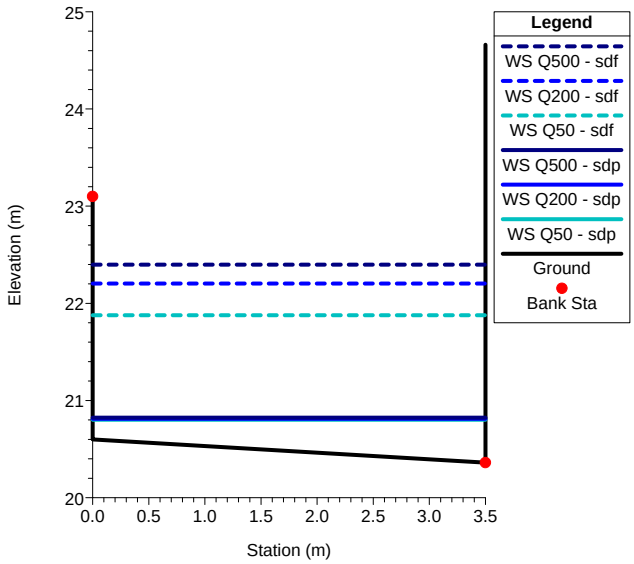
magistrato_2013
MA-S 15 sezione 15a



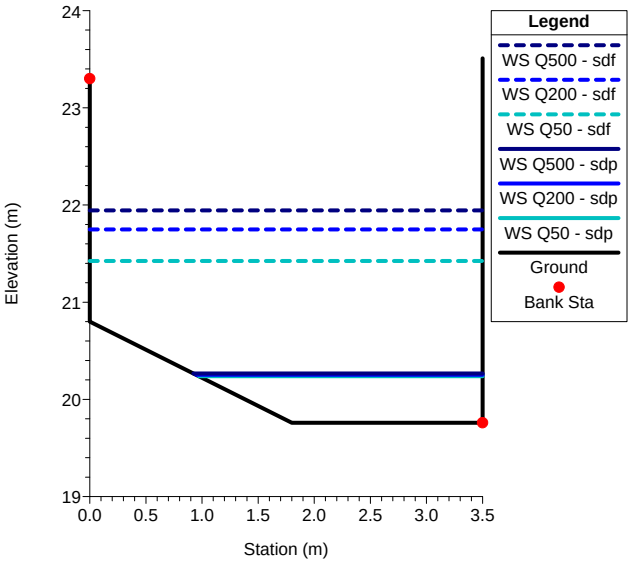
magistrato_2013
MA-S 16 sezione 16



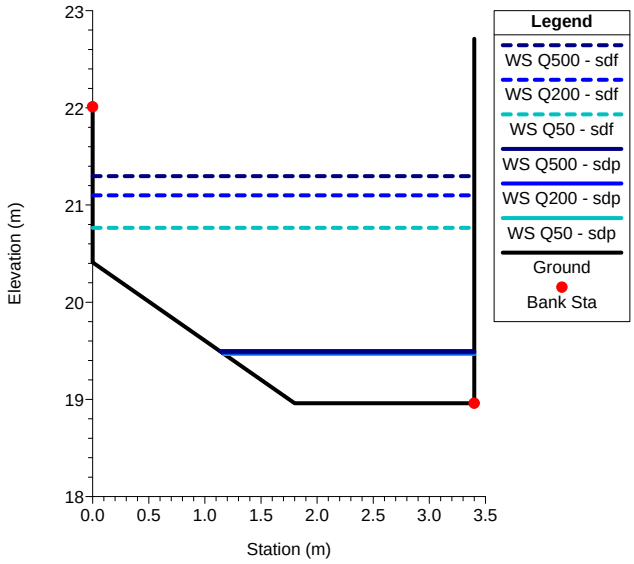
magistrato_2013
MA-S 17 sezione 17



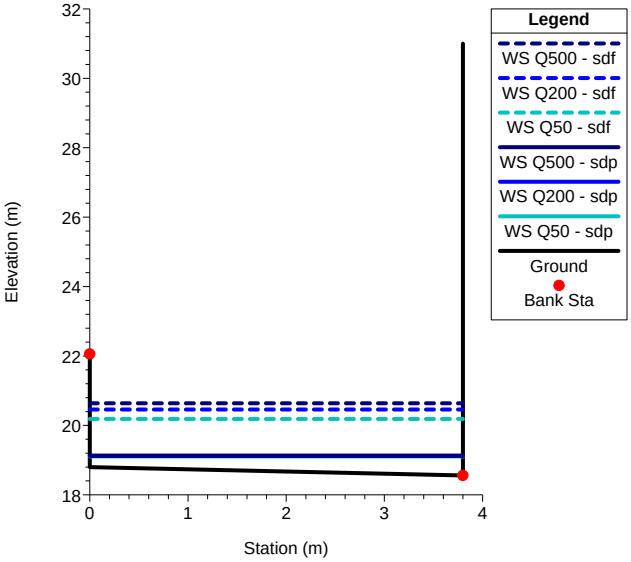
magistrato_2013
MA-S 18 sezione 18



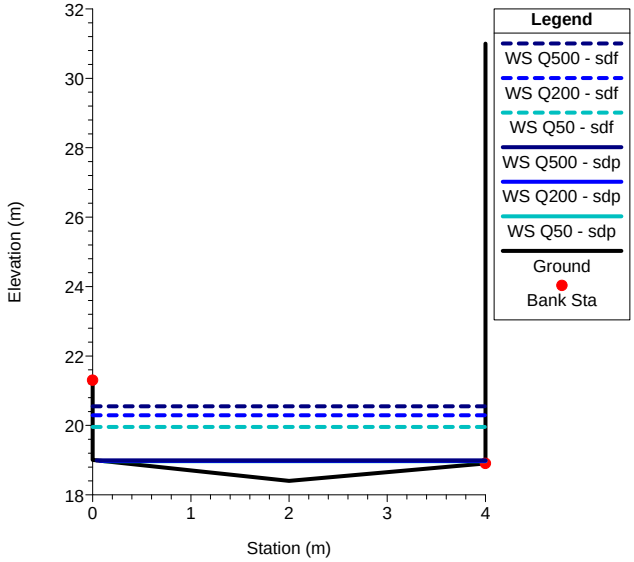
magistrato_2013
MA-S 19 sezione 19



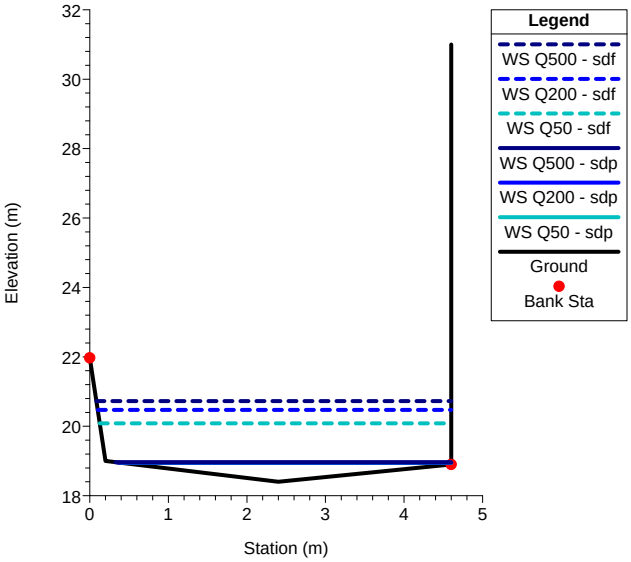
magistrato_2013
MA-S 20 sezione 20



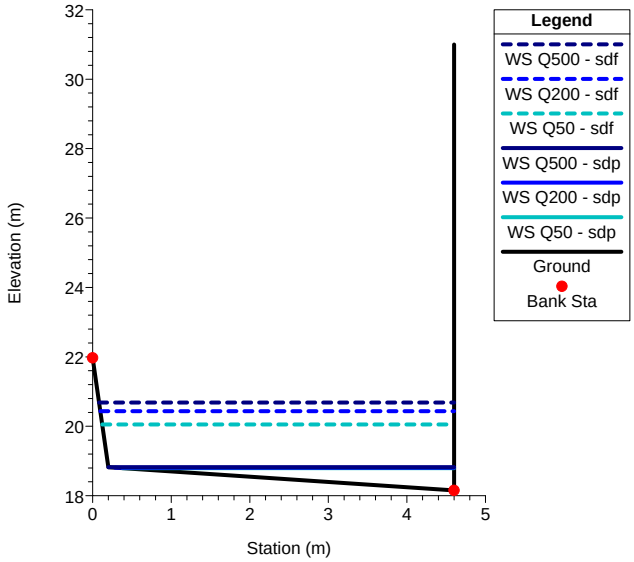
magistrato_2013
MA-S 20 sezione 20a



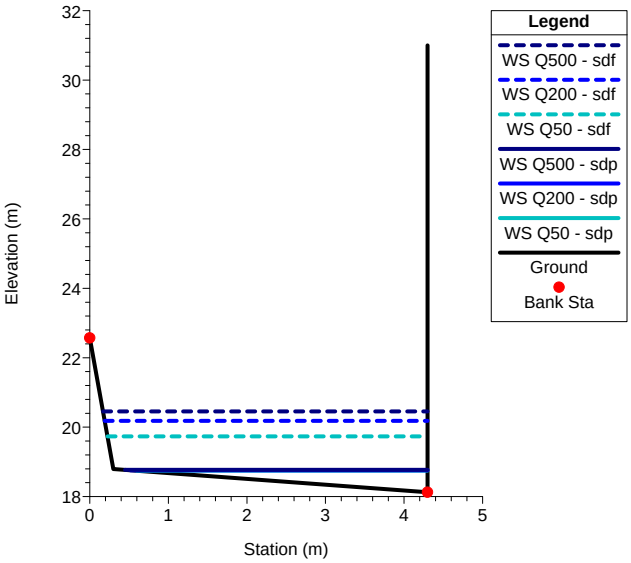
magistrato_2013
MA-S 21 sezione 21



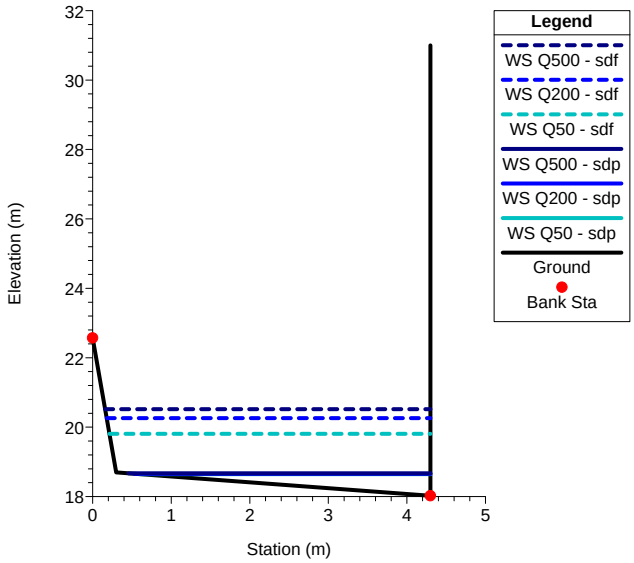
magistrato_2013
MA-S 21 sezione 21a



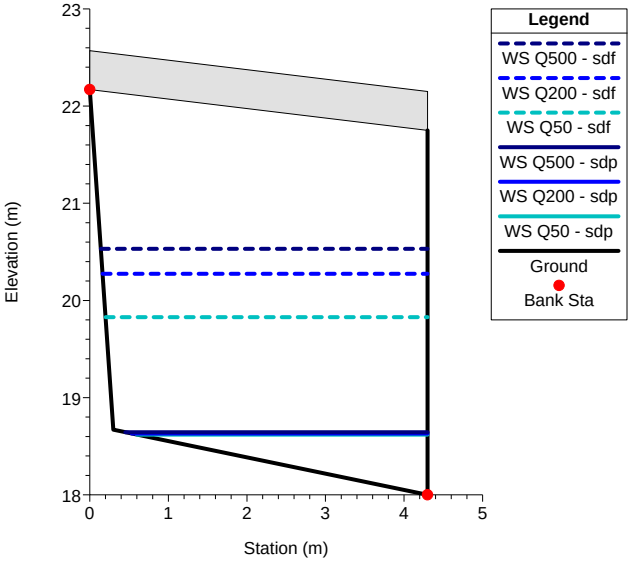
magistrato_2013
MA-S 21 sezione 21b



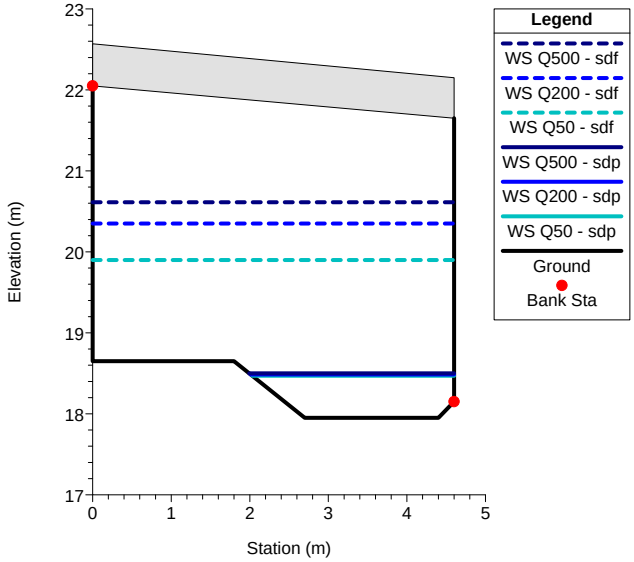
magistrato_2013
MA-S 21 sezione 21c



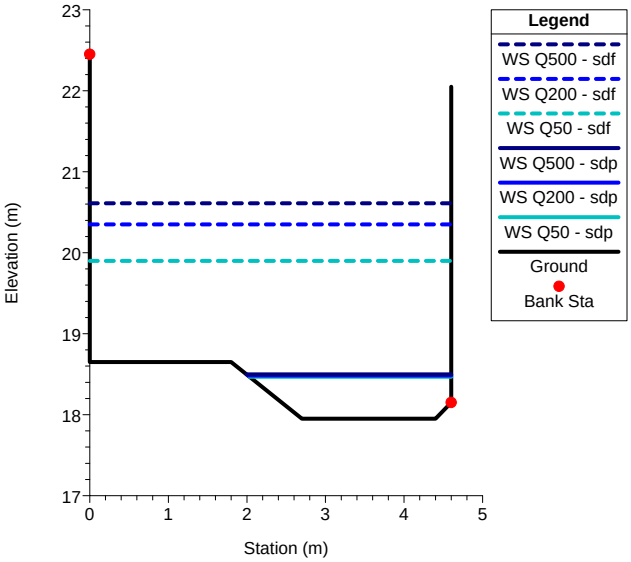
magistrato_2013
MA-S 22 sezione 22



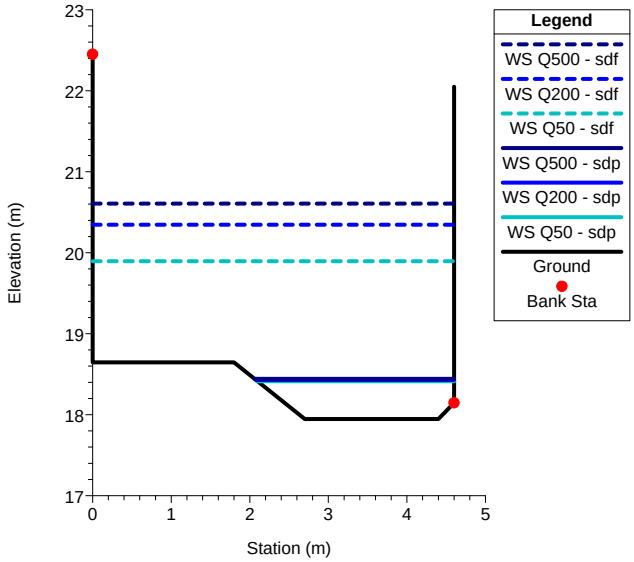
magistrato_2013
MA-S 23 sezione 23



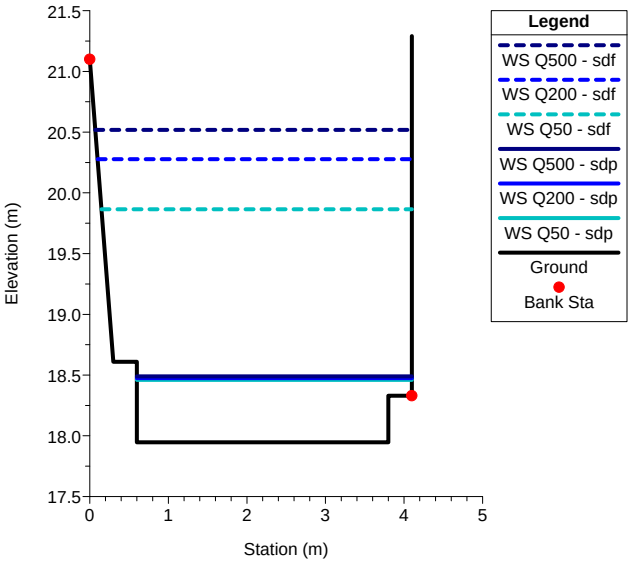
magistrato_2013
MA-S 23 sezione 23a



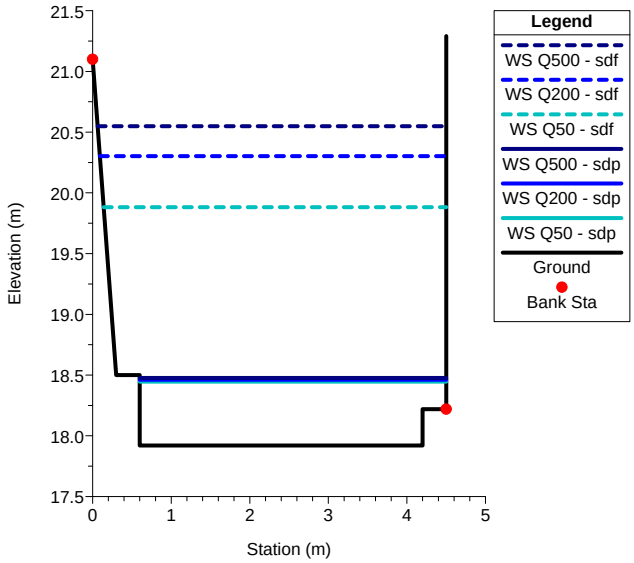
magistrato_2013
MA-S 23 sezione 23b



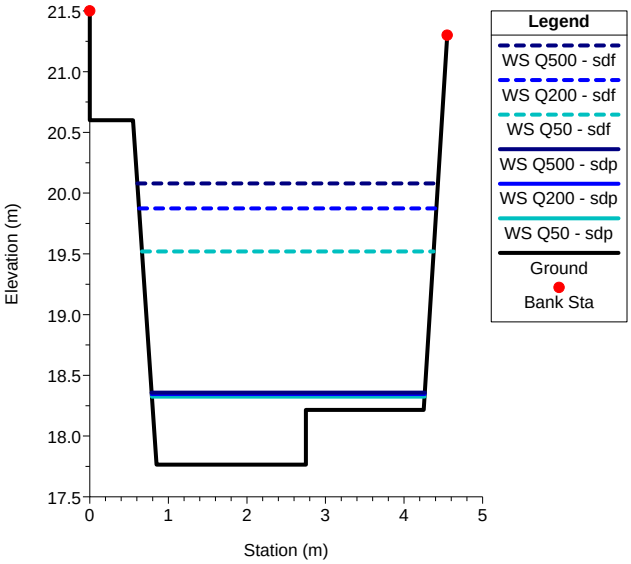
magistrato_2013
MA-S 23 sezione 23c



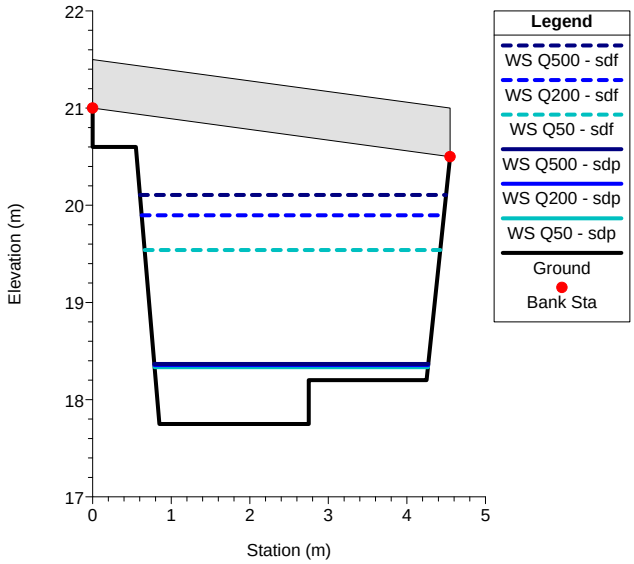
magistrato_2013
MA-S 24 sezione 24



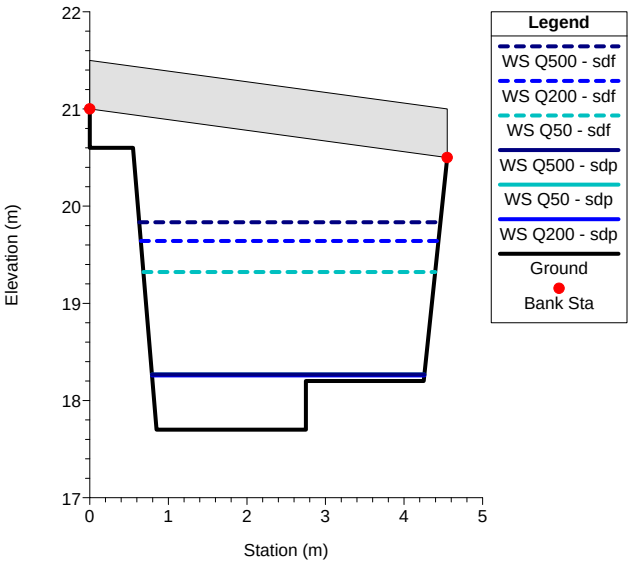
magistrato_2013
MA-S 24 sezione 24a



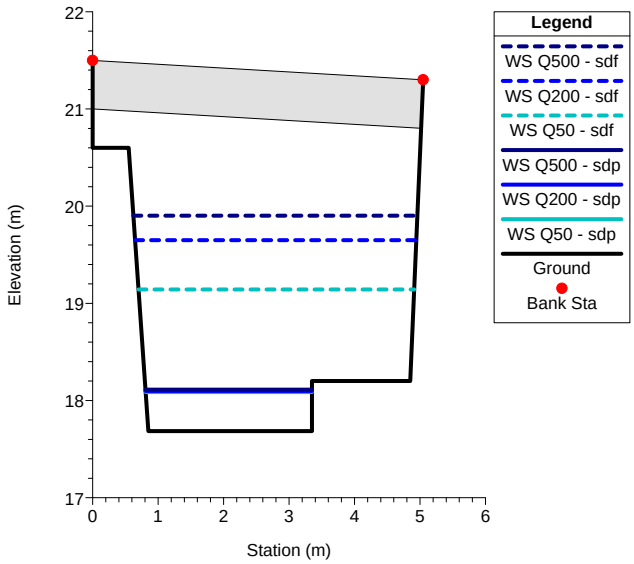
magistrato_2013
MA-S 25 sezione 25



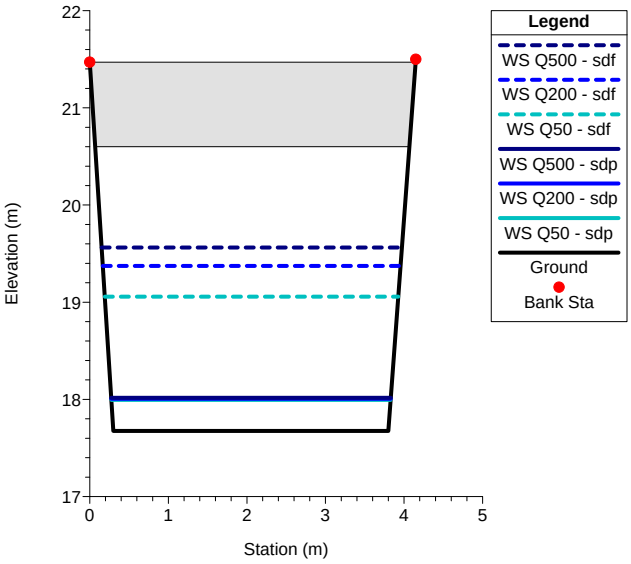
magistrato_2013
MA-S 25 sezione 25a



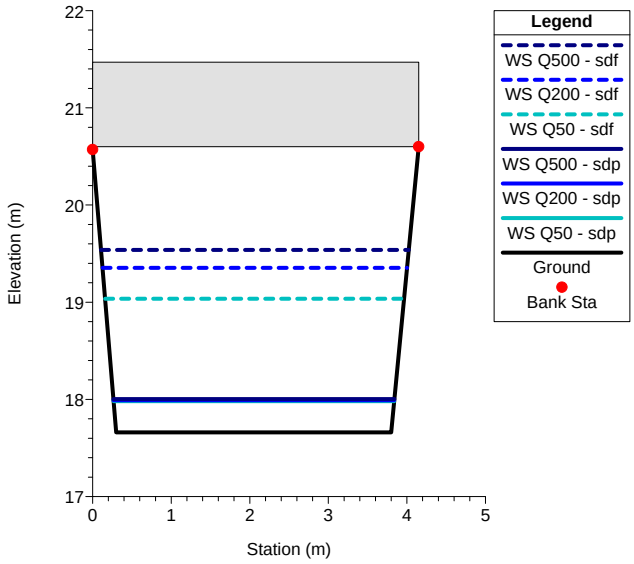
magistrato_2013
MA-S 25 sezione 25b



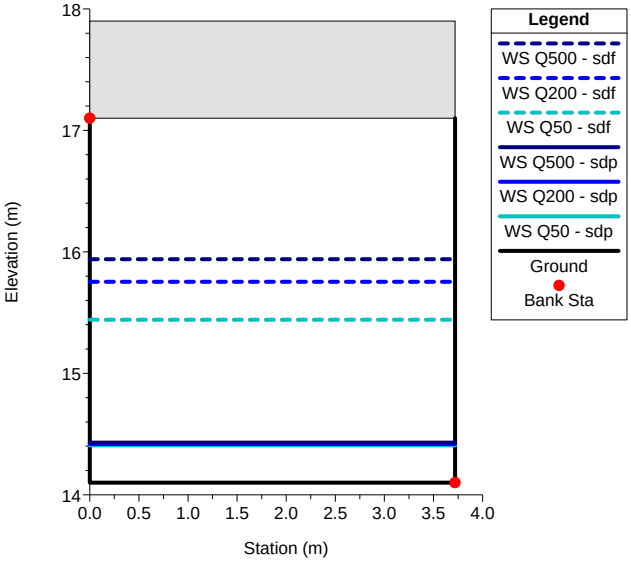
magistrato_2013
MA-S 25 sezione 25c



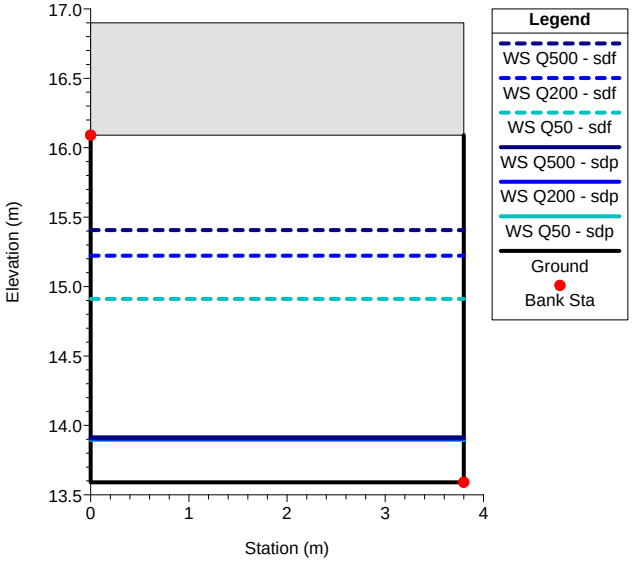
magistrato_2013
MA-S 26 sezione 26



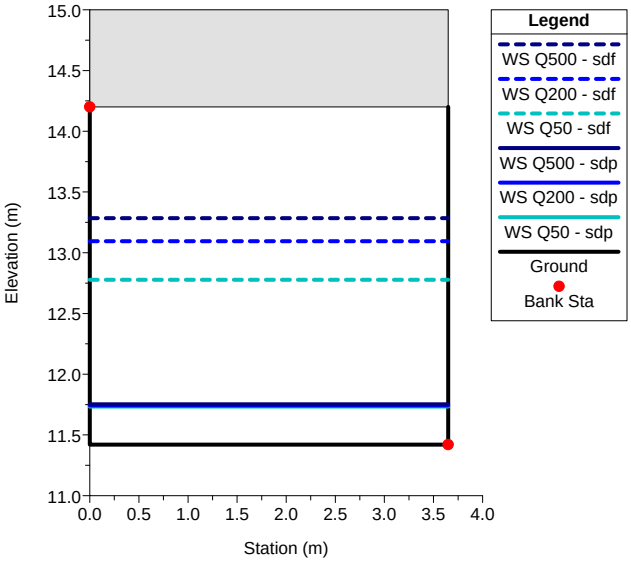
magistrato_2013
MA-S 27 sezione 27



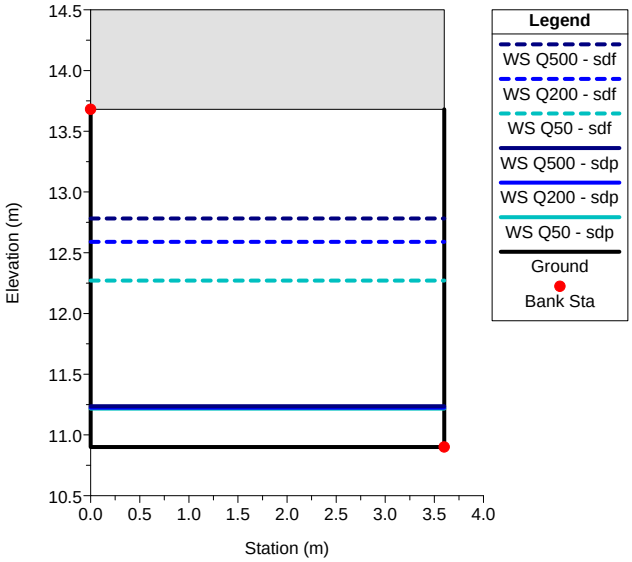
magistrato_2013
MA-S 28 sezione 28



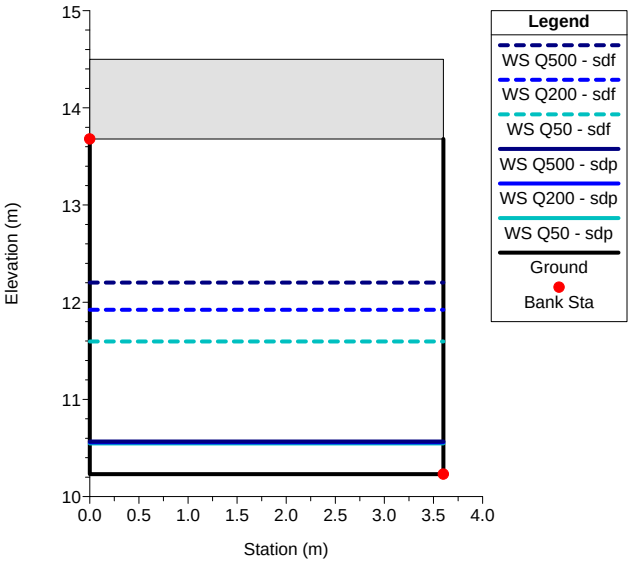
magistrato_2013
MA-S 29 sezione 29



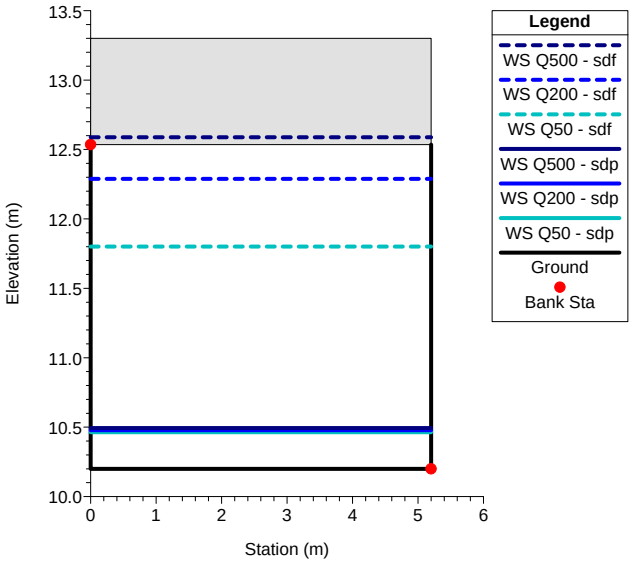
magistrato_2013
MA-S 29 sezione 29bis



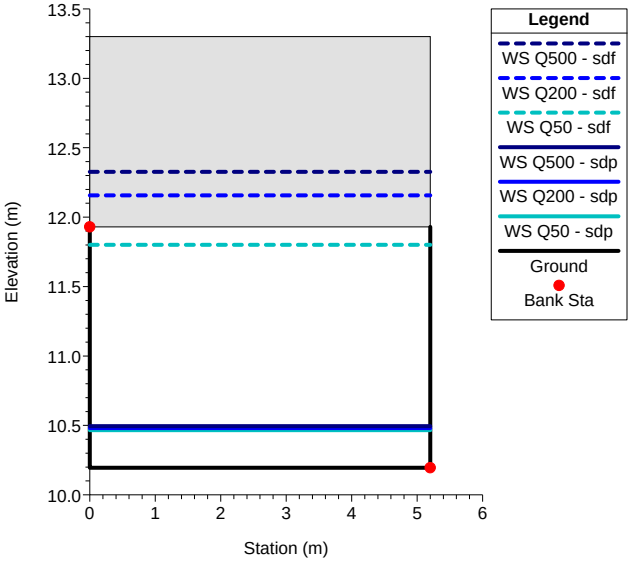
magistrato_2013
MA-S 29 sezione 29a



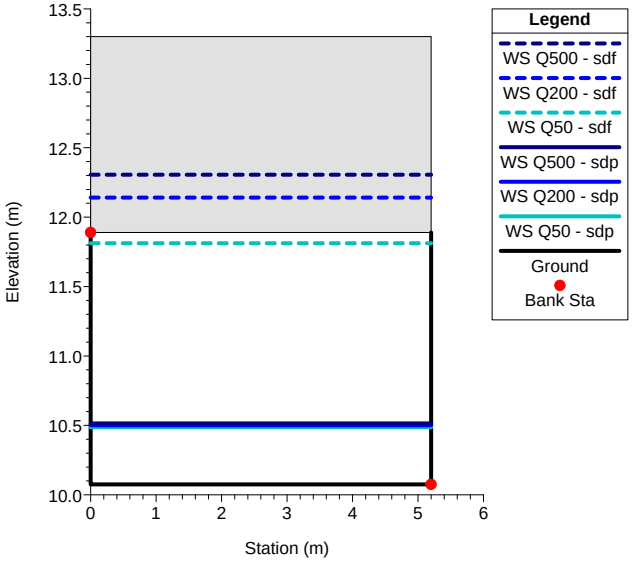
magistrato_2013
MA-S 29 sezione 29b



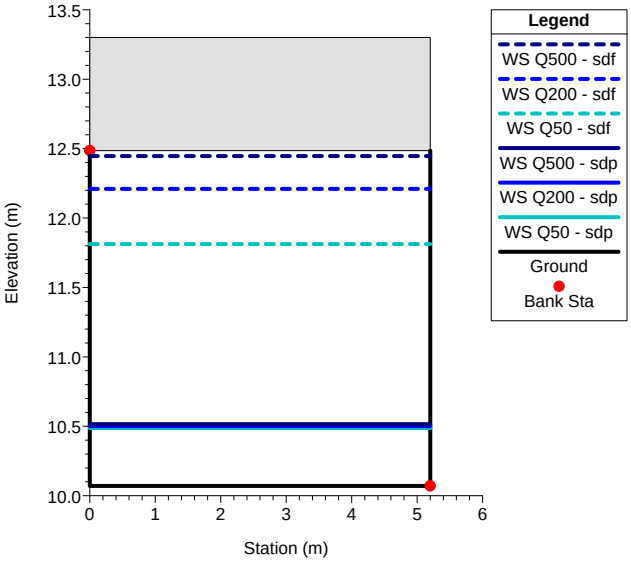
magistrato_2013
MA-S 29 sezione 29c



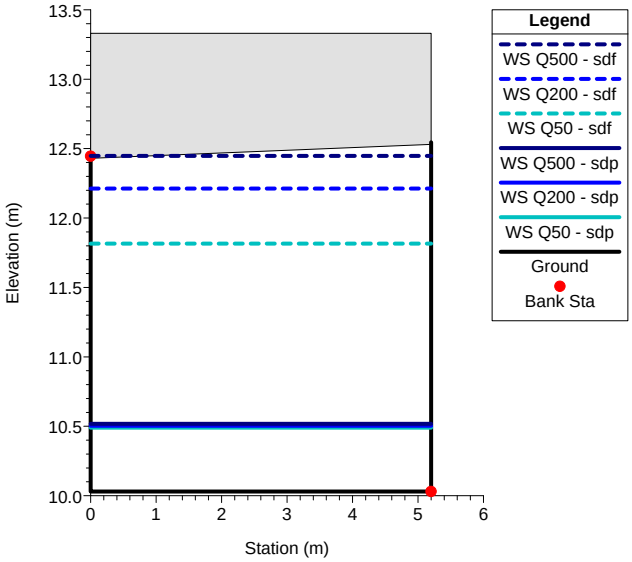
magistrato_2013
MA-S 29 sezione 29d



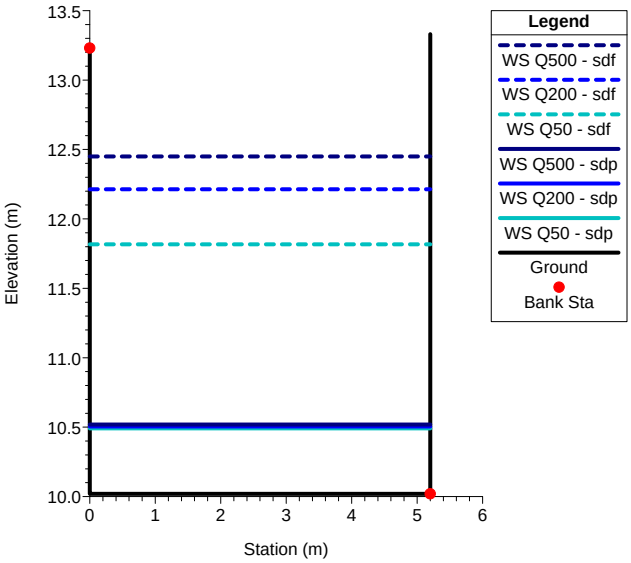
magistrato_2013
MA-S 29 sezione 29e



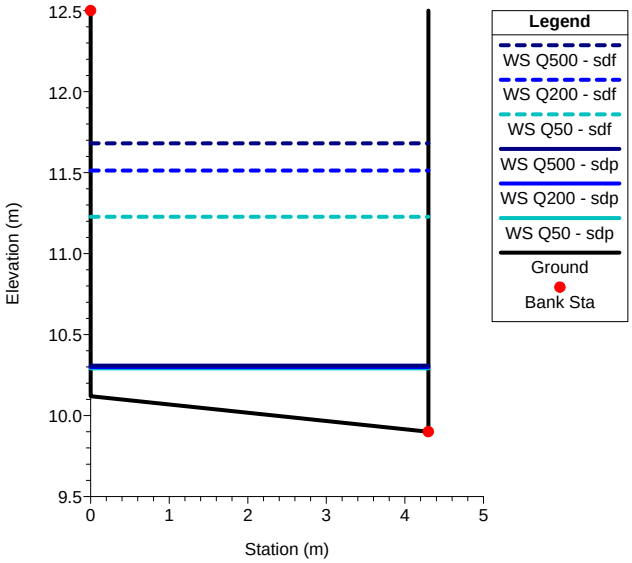
magistrato_2013
MA-S 30 sezione 30



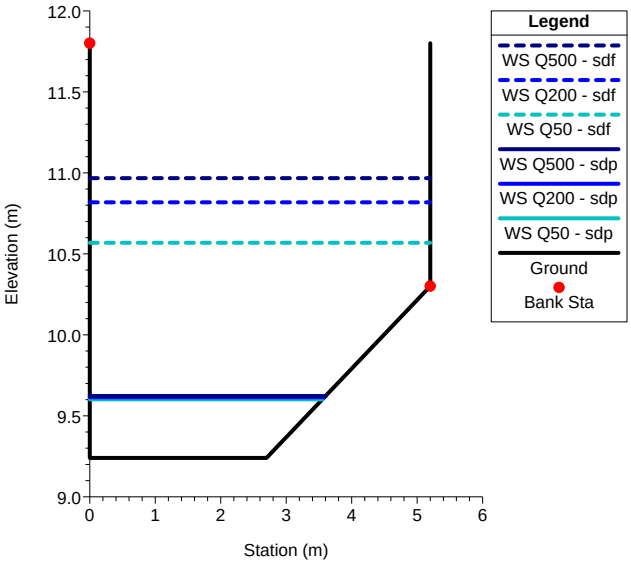
magistrato_2013
MA-S 30 sezione 30a



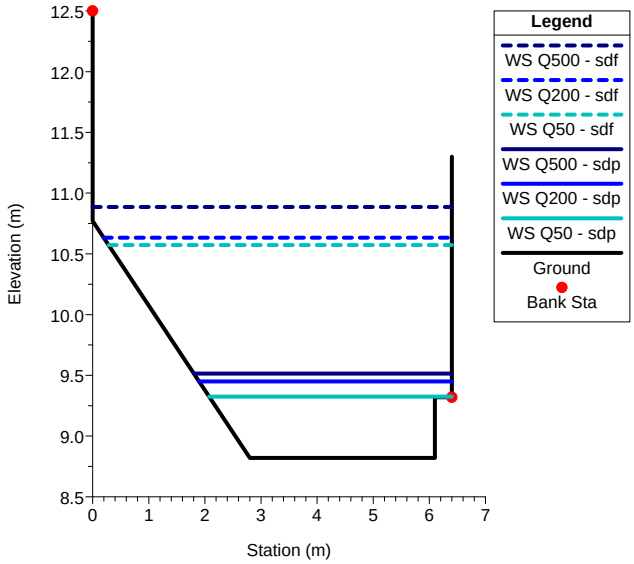
magistrato_2013
MA-S 31 sezione 31



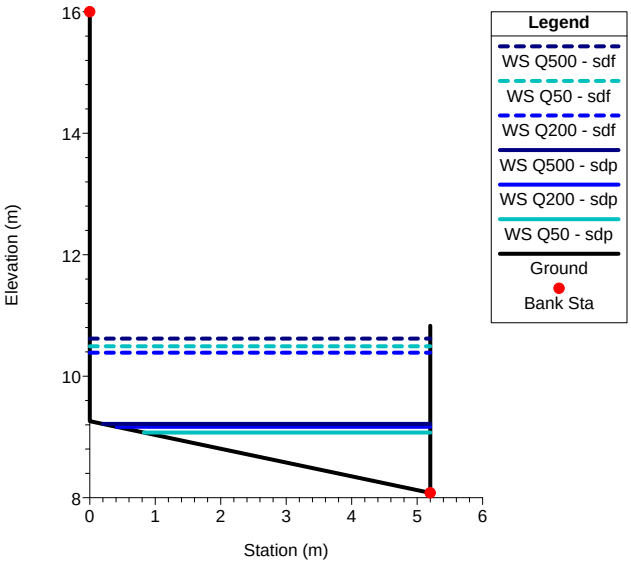
magistrato_2013
MA-S 32 sezione 32



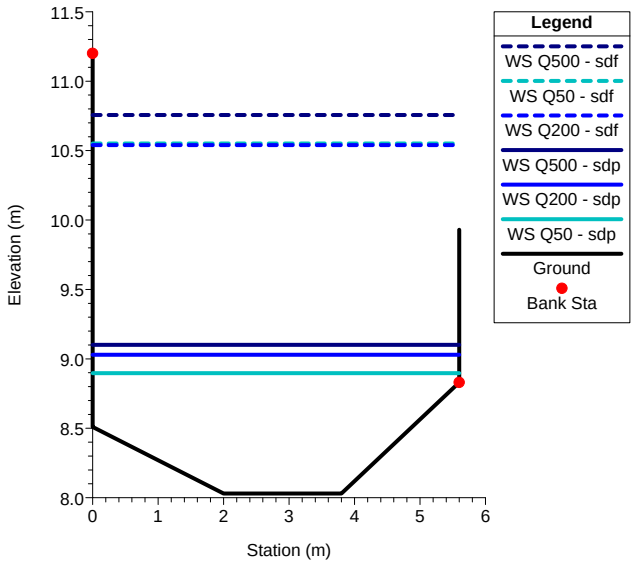
magistrato_2013
MA-S 33 sezione 33



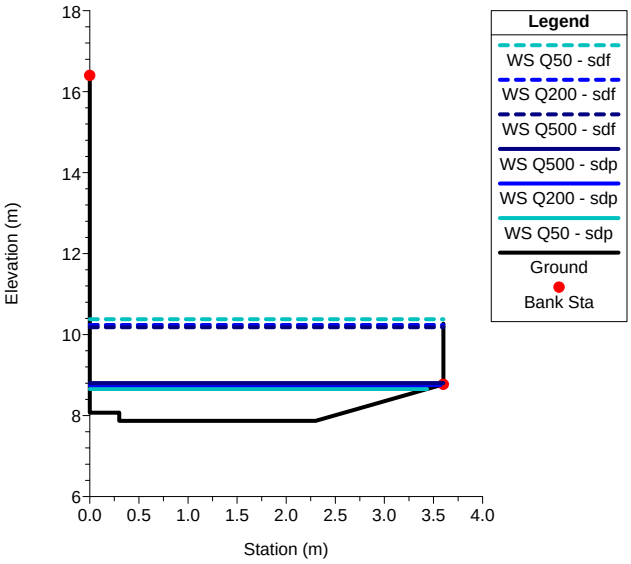
magistrato_2013
MA-S 34 sezione 34



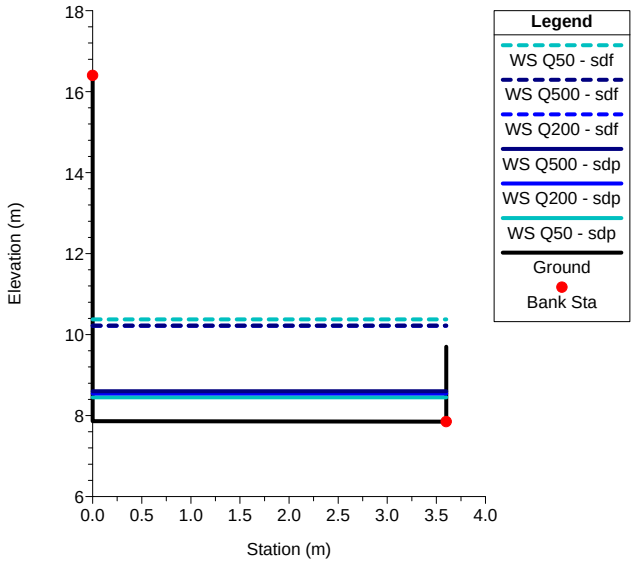
magistrato_2013
MA-S 35 sezione 35



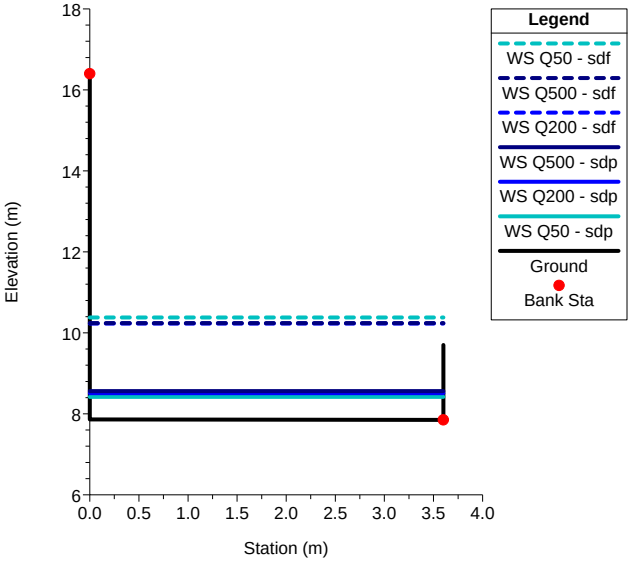
magistrato_2013
MA-S 36 sezione 36



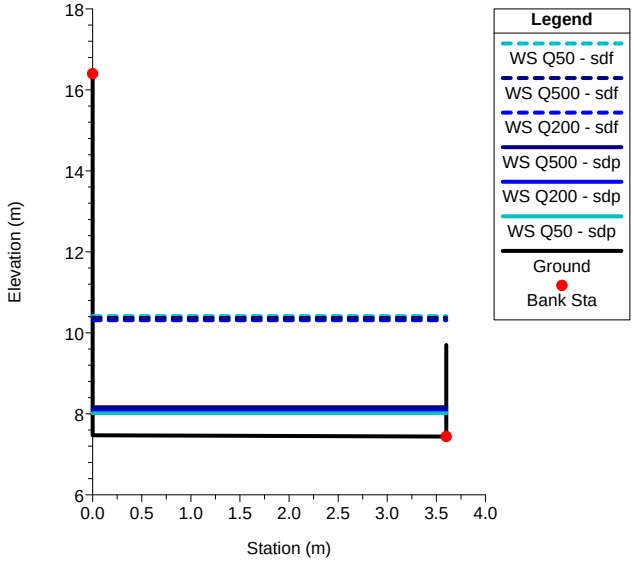
magistrato_2013
MA-S 36 sezione 36a



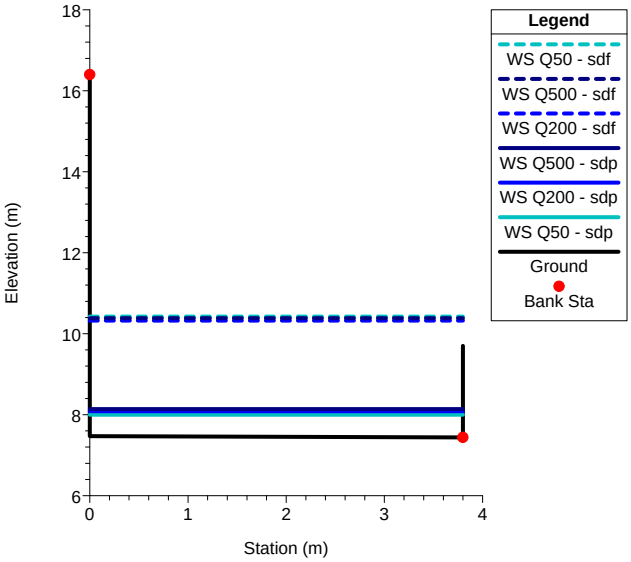
magistrato_2013
MA-S 37 sezione 37



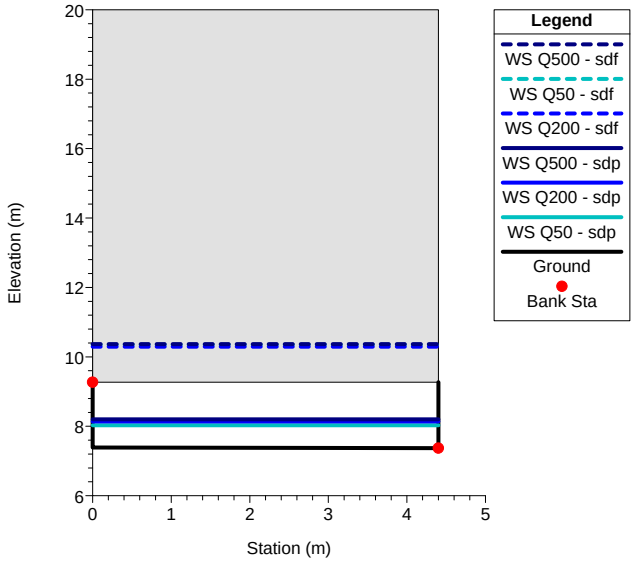
magistrato_2013
MA-S 37 sezione 37a



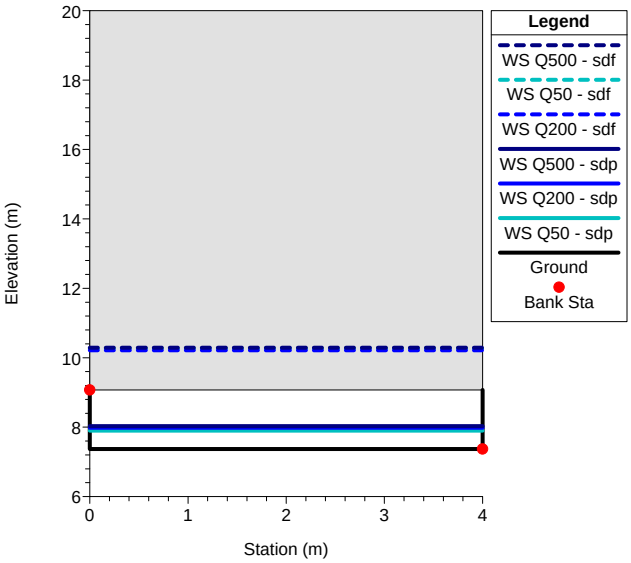
magistrato_2013
MA-S 37 sezione 37b



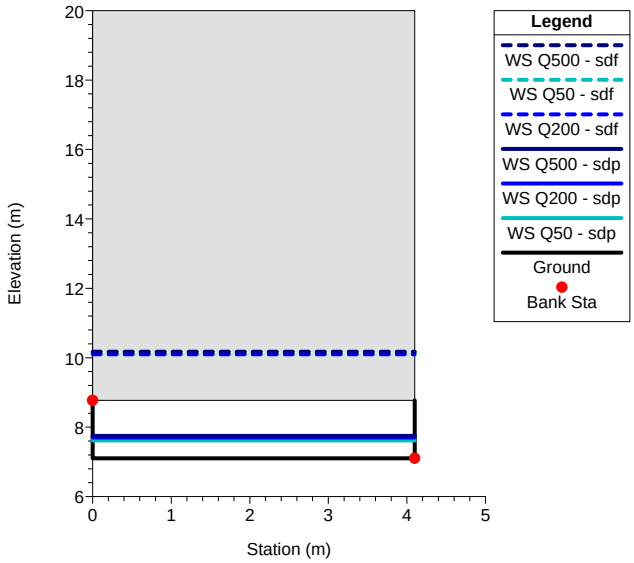
magistrato_2013
MA-S 37 sezione 37c



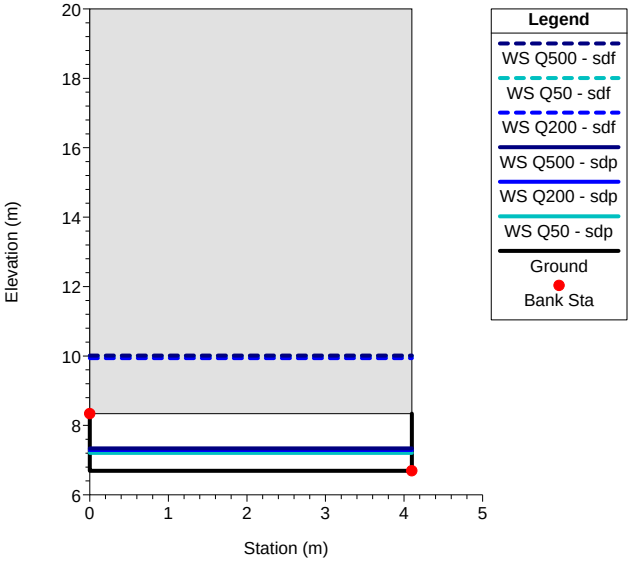
magistrato_2013
MA-S 38 sezione 38 = MA2



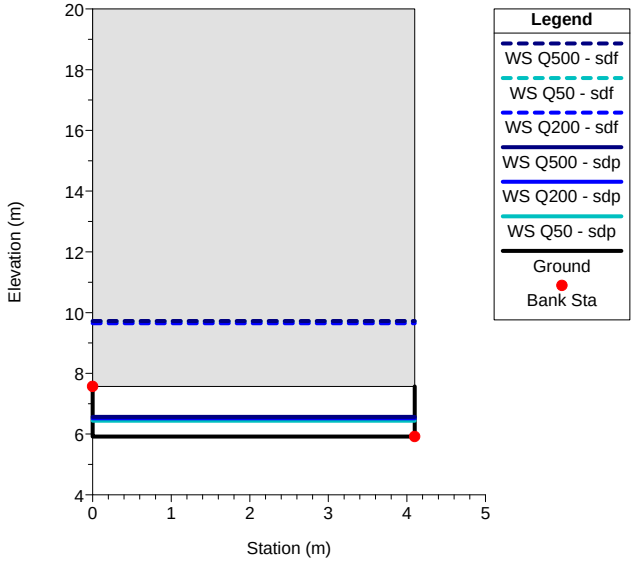
magistrato_2013
MA-S 39 sezione 39



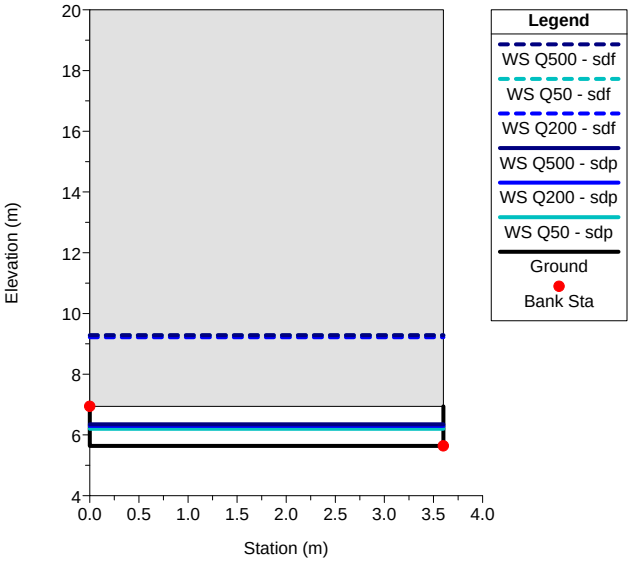
magistrato_2013
MA-S 40 sezione 40



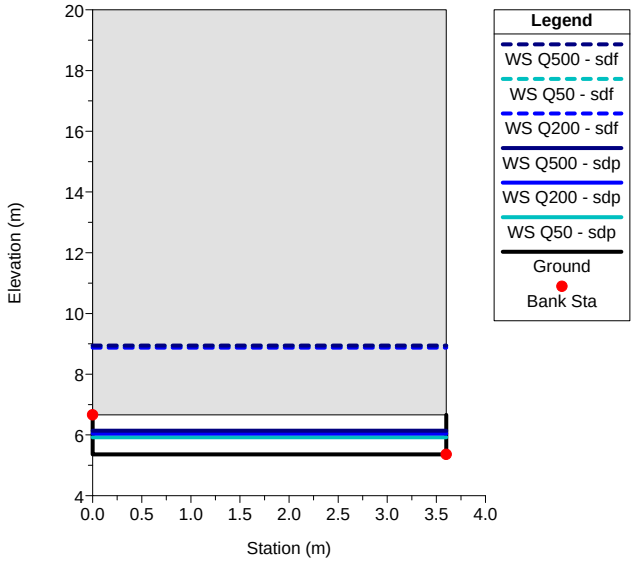
magistrato_2013
MA-S 40 sezione 40a



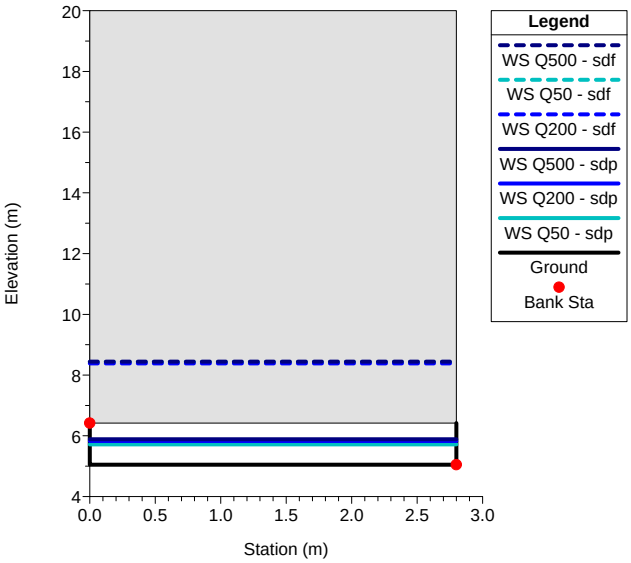
magistrato_2013
MA-S 41 sezione 41



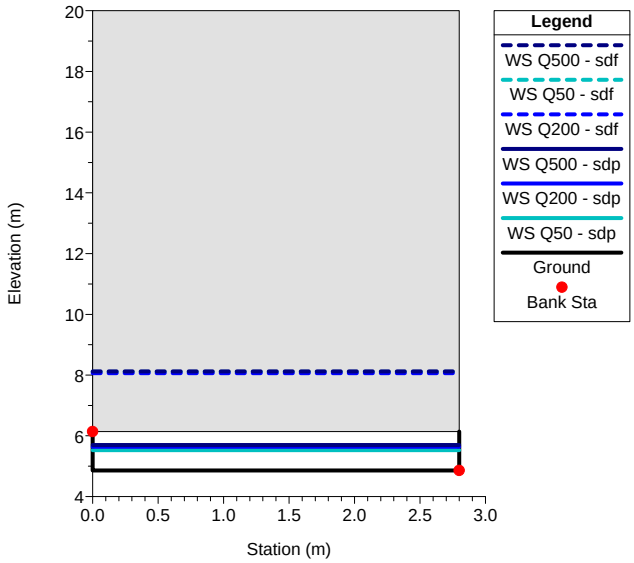
magistrato_2013
MA-S 42 sezione 42



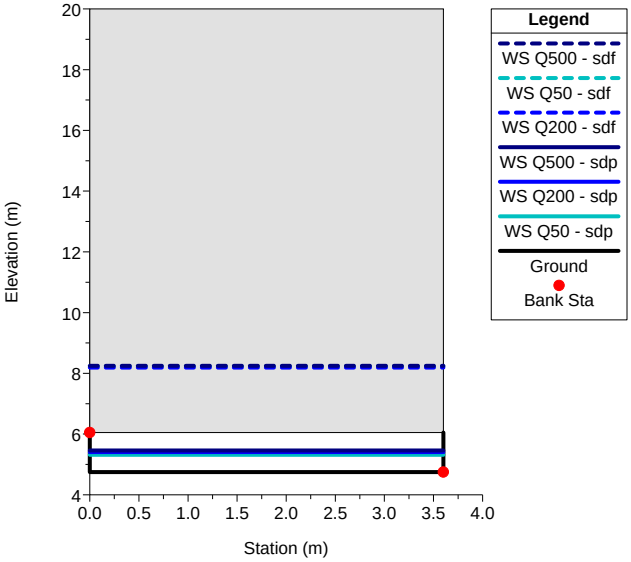
magistrato_2013
MA-S 42 sezione 42a



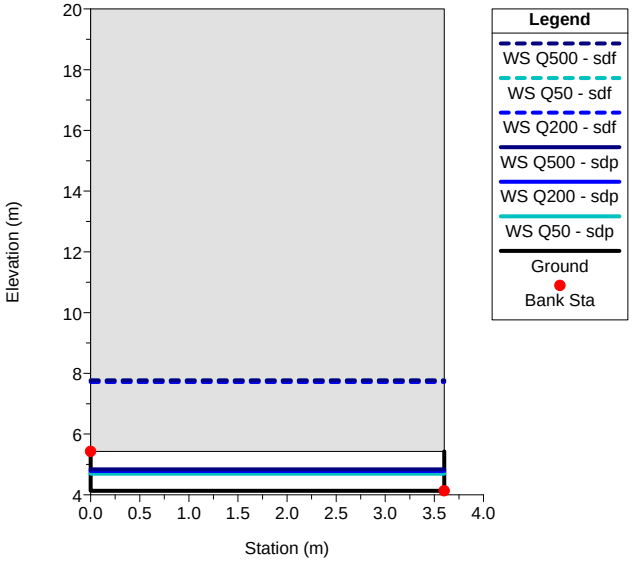
magistrato_2013
MA-S 42 sezione 42b



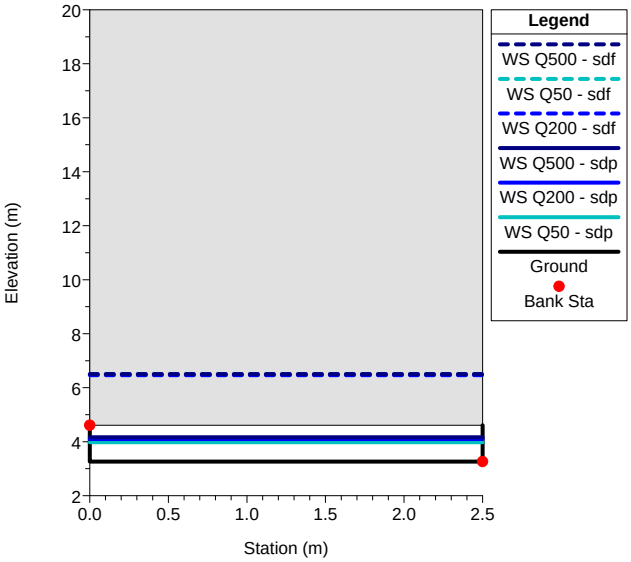
magistrato_2013
MA-S 43 sezione 43



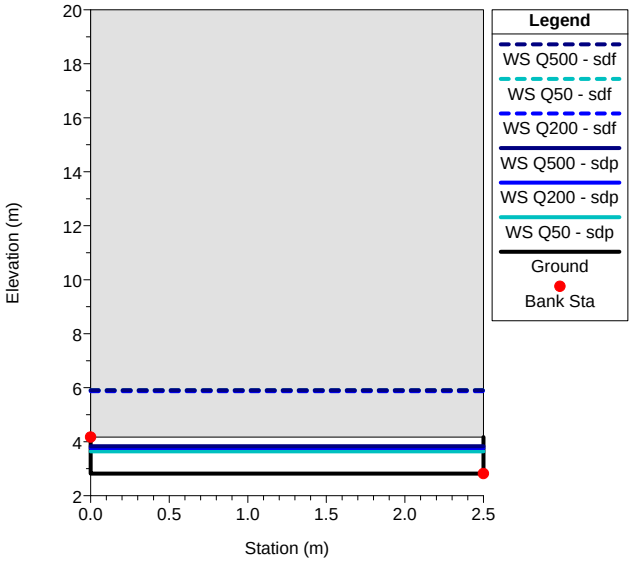
magistrato_2013
MA-S 44 sezione 44



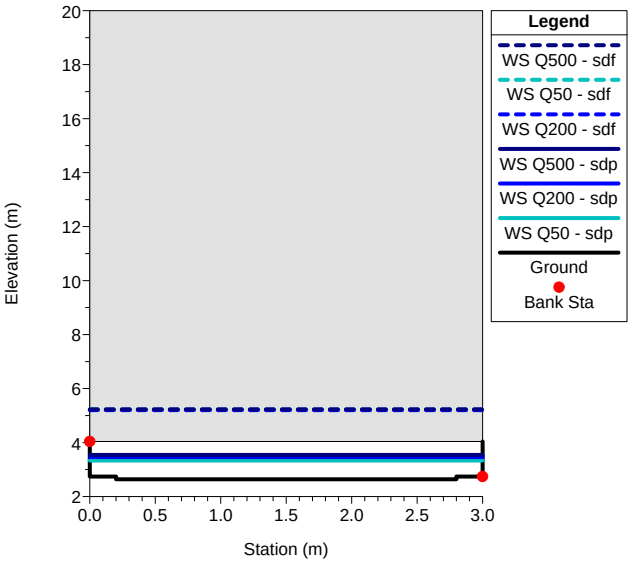
magistrato_2013
MA-S 44 sezione 44a



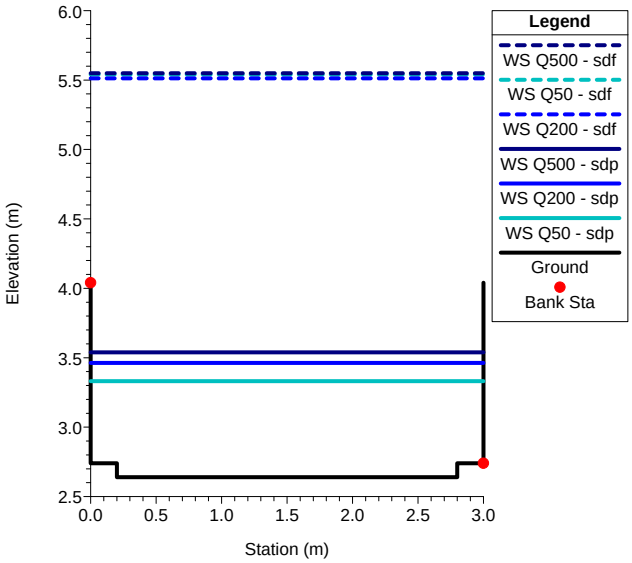
magistrato_2013
MA-S 45 sezione 45



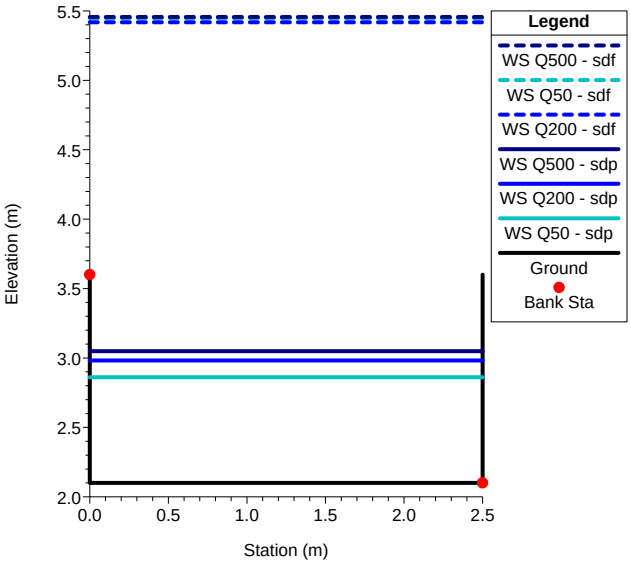
magistrato_2013
MA-S 46 sezione 46



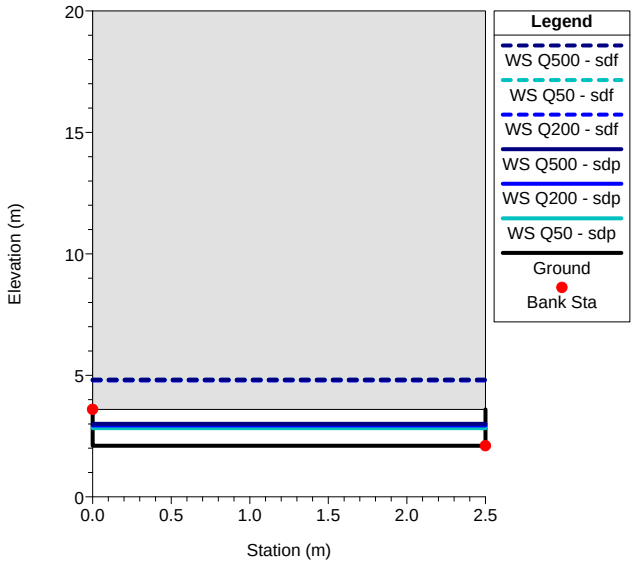
magistrato_2013
sezione 46 copiata



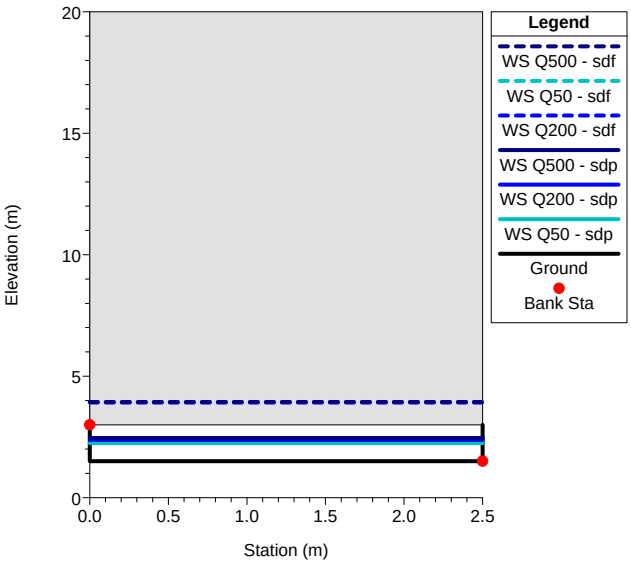
magistrato_2013
sezione 47 copiata inizio tombinatura



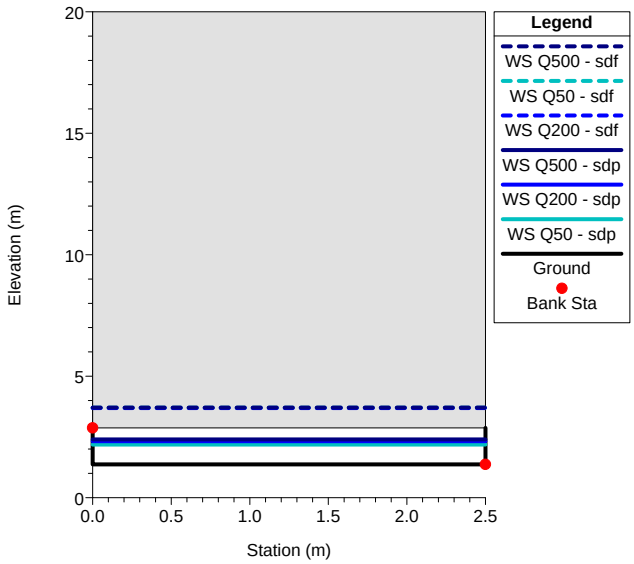
magistrato_2013
MA-S 46.5 sezione 47 copiata inizio tombinatura



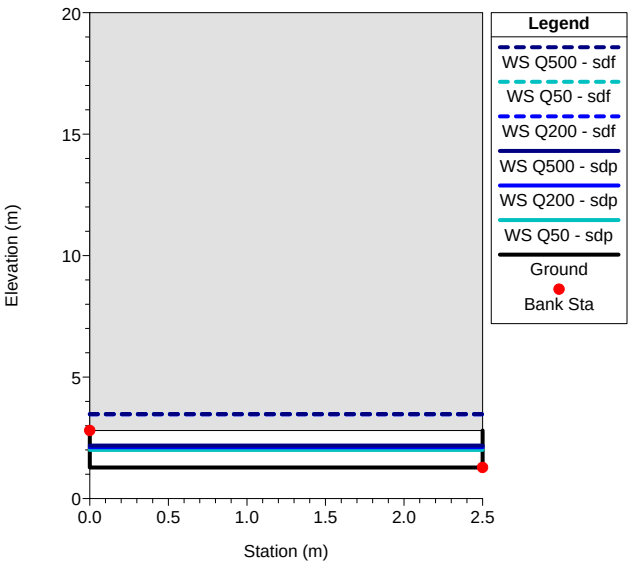
magistrato_2013
MA-S 47 sezione 47



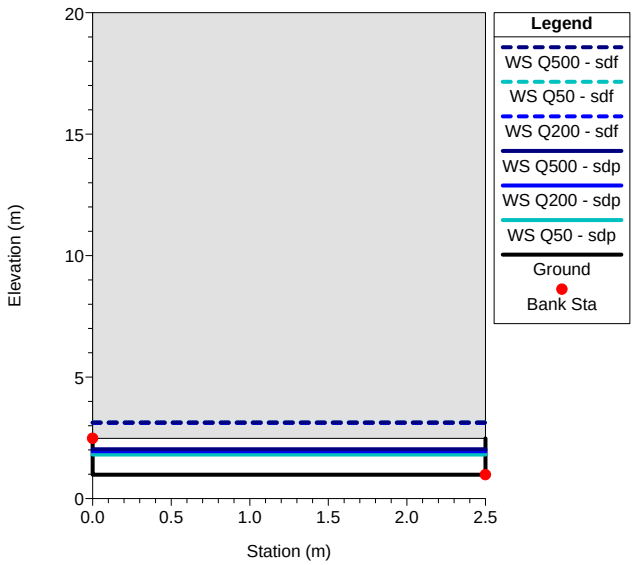
magistrato_2013
MA-S 48 sezione 48



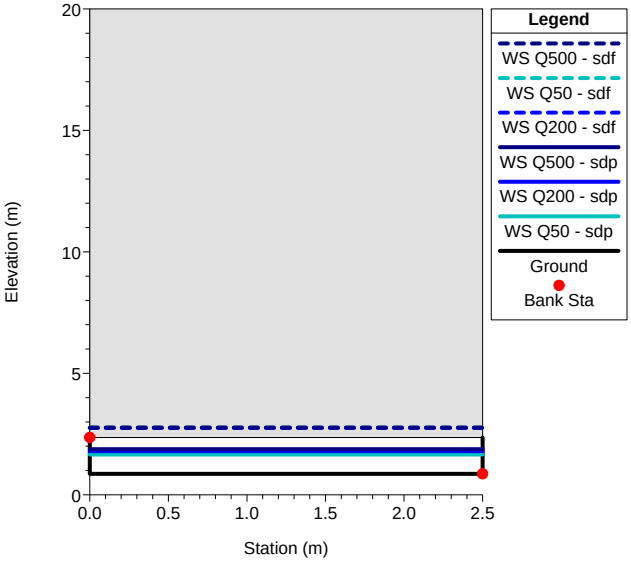
magistrato_2013
MA-S 49 sezione 49



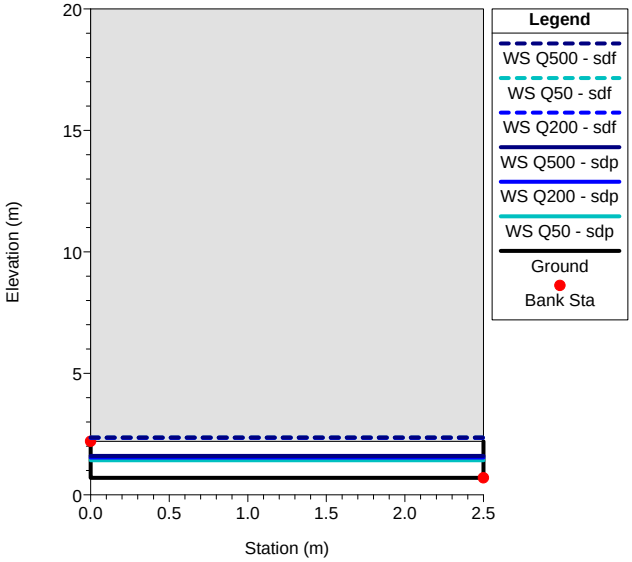
magistrato_2013
MA-S 50 sezione 50



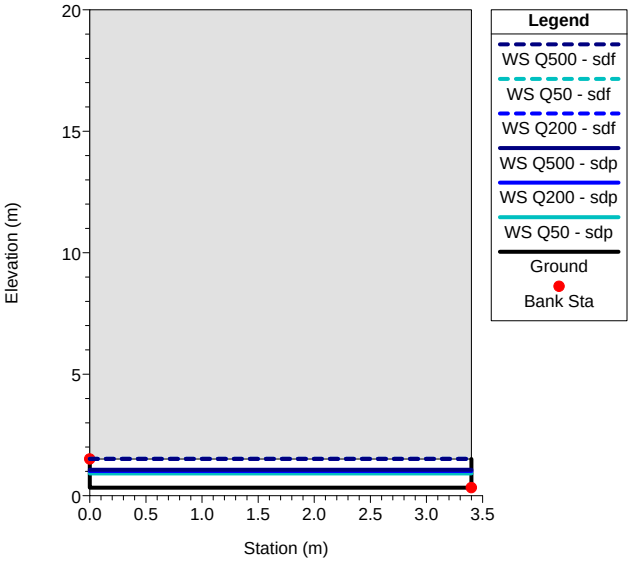
magistrato_2013
MA-S 51 sezione 51



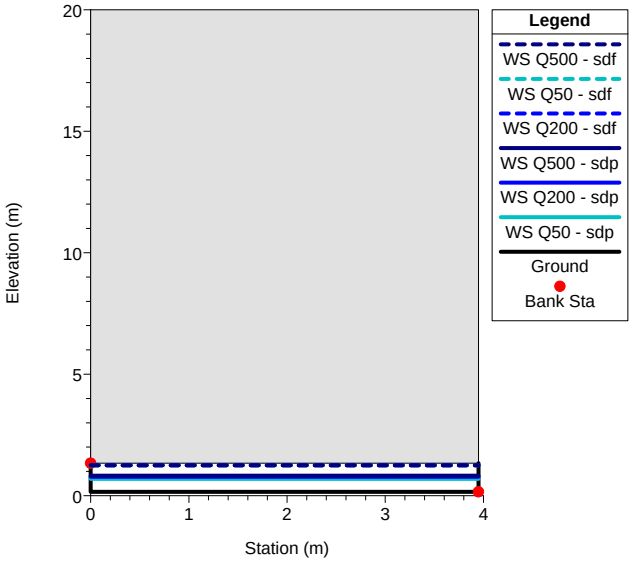
magistrato_2013
MA-S 52 sezione 52



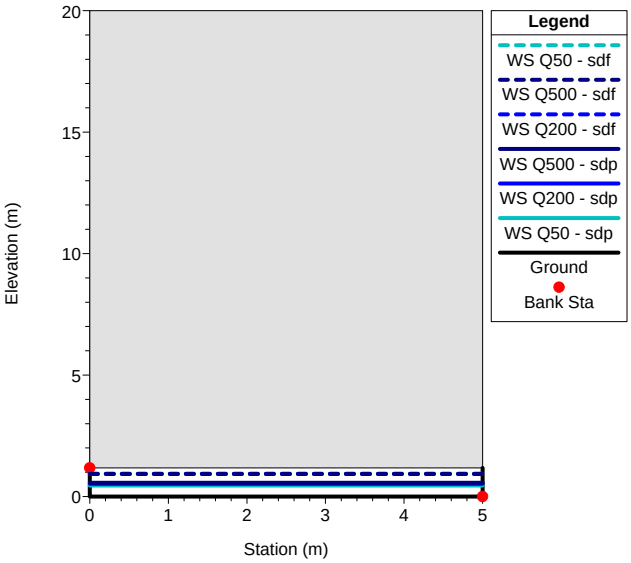
magistrato_2013
MA-S 53 sezione 53



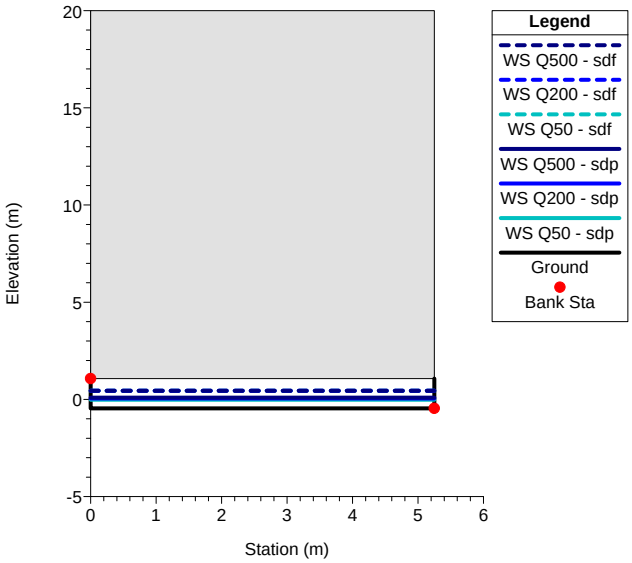
magistrato_2013
MA-S 54 sezione 54

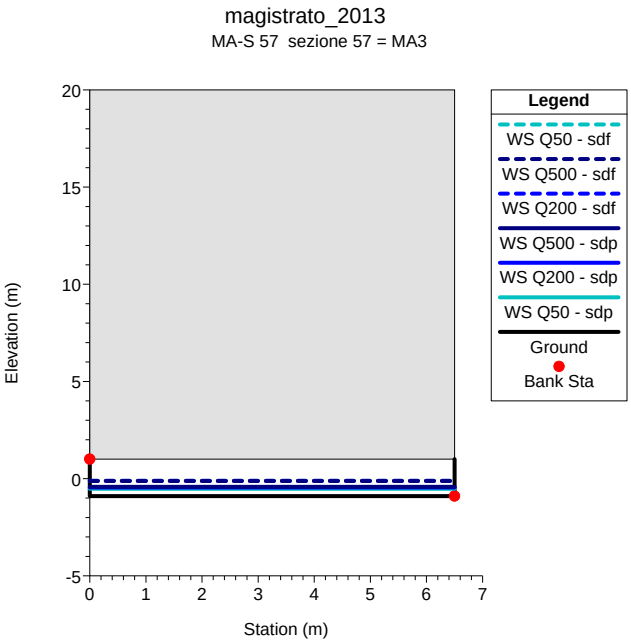


magistrato_2013
MA-S 55 sezione 55



magistrato_2013
MA-S 56 sezione 56




magistrato_2013
MA-S 57 sezione 57 = MA3
Legend
WS Q50 - sdf
WS Q500 - sdf
WS Q200 - sdf
WS Q500 - sdp
WS Q200 - sdp
WS Q50 - sdp
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
20
15
10
5
0
-5
0
1
2
3
4
5
6
7