

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

CONSORZIO:

HIRPINIA - ORSARA AV

SOCI:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO

ITINERARIO NAPOLI - BARI
RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA
IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione idraulica - modelli idraulici monodimensionali

APPALTATORE	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE	PROGETTISTA
Consorzio HIRPINIA - ORSARA AV Il Direttore Tecnico Ing. P. M. Gianvecchio 08/06/2022	Il Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche Ing. G. Cassani	 Ing. M. Faccioli

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV. SCALA:

IF3A 02 E ZZ RI ID0002 002 B -

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	C 08.00 - Emissione 180gg	S. Longhi	08/02/2022	D. Polverelli	08/02/2022	C. Ferrigno	08/02/2022	Ing. R. Zanon 08/06/2022
B	C 08.01 - A valle del contraddittorio	M. Angione	08/06/2022	D. Polverelli	08/06/2022	C. Ferrigno	08/06/2022	

File: IF3A02EZZRIID0002002B.docx

n. Elab.: -

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0002 002	REV. B	FOGLIO 2 di 22

Indice

1	PREMESSA	3
2	RISOLUZIONE DELLE INTERERENZE CON LA RETE IDRAULICA MINORE	5
2.1	CRITERI DI PROGETTO	5
2.2	BACINI DI INTERESSE	6
2.3	SISTEMAZIONI IDRAULICHE E TOMBINI	6
3	VERIFICHE IDRAULICHE	8
3.1	MODELLO DI CALCOLO HEC-RAS	8
3.2	VERIFICA DELL'INALVEAZIONE IN04	14
	ALLEGATI	22

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione idraulica - modelli idraulici monodimensionali	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0002 002	REV. B	FOGLIO 3 di 22

1 PREMESSA

La tratta ferroviaria Hirpinia-Orsara si inserisce nel più ampio ambito di riqualificazione e potenziamento dell'itinerario ferroviario Roma – Napoli – Bari finalizzato a rispondere all'esigenza prioritaria di miglioramento delle connessioni interne del Mezzogiorno, con l'obiettivo di realizzare una rete di servizi al fine di ottimizzare lo scambio commerciale, culturale e turistico tra le varie città e relative aree.

Sotto il profilo funzionale e strutturale, la realizzazione dell'alta capacità Napoli – Bari, unitamente all'attivazione del sistema ferroviario dell'alta velocità Roma – Napoli, favorirà l'integrazione dell'infrastruttura ferroviaria del Sud – Est con le Diretrici di collegamento al Nord del Paese e con l'Europa, a sostegno dello sviluppo socio-economico del Mezzogiorno, riconnettendo due aree, quella campana e quella pugliese.

La riqualificazione e lo sviluppo dell'itinerario Roma/Napoli – Bari prevede interventi di raddoppio delle tratte ferroviarie a singolo binario e varianti agli attuali scenari perseguendo la scelta delle migliori soluzioni che garantiscano la velocizzazione dei collegamenti e l'aumento dell'offerta generalizzata del servizio ferroviario, elevando l'accessibilità al servizio medesimo nelle aree attraversate.

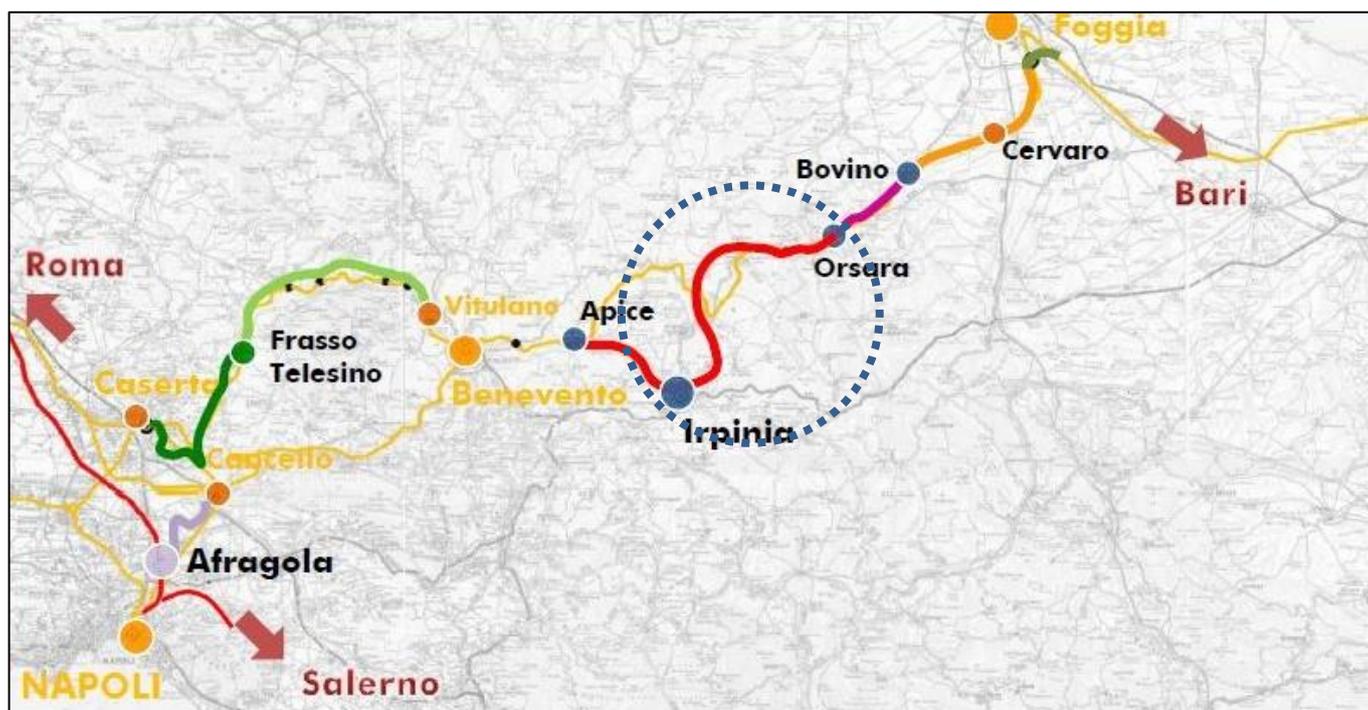


Figura 1-1 - Corografia Generale Itinerario Napoli – Foggia – Bari

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione idraulica - modelli idraulici monodimensionali	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0002 002	REV. FOGLIO B 4 di 22

Gli obiettivi generali derivanti dalla realizzazione dell'itinerario consistono quindi in:

- rispondere all'esigenza prioritaria di migliorare le connessioni interne al Mezzogiorno per costruire una rete di servizi tra le varie città e le relative aree urbane, che assicuri il netto miglioramento di ogni forma di scambio turistico;
- migliorare la competitività del trasporto su ferro attraverso l'incremento di livelli prestazionali, comparabili con il trasporto in gomma, ed un significativo recupero dei tempi di percorrenza;
- migliorare l'integrazione della rete ferroviaria verso Sud – Est ed estendendo in tale direzione i collegamenti AV/AC;
- migliorare le connessioni della Regione Puglia e delle province più interne della Regione Campania al sistema di trasporto nazionale, ed in particolare alla dorsale ferroviaria appenninica, di cui la linea AV/AC Milano – Roma – Napoli è parte integrante, quale primo passo di un processo di più ampio respiro che vede la presenza di altre Regioni.

Il potenziamento dell'asse ferroviario di collegamento fra il Tirreno e l'Adriatico permetterà inoltre di creare un "tripolo" (Roma, Napoli e Bari) che costituirà uno dei sistemi metropolitani più grandi d'Europa. Sul fronte internazionale, nell'ambito del nuovo assetto dei corridoi transeuropei (TEN-T) definito dalla Commissione Europea il 19 ottobre 2011, è stato identificato come prioritario lo sviluppo dell'itinerario Napoli – Bari, che nello specifico rientra all'interno del Corridoio 5 Helsinki – Valletta.

L'itinerario Roma/Napoli – Bari è articolato in diverse tratte funzionali, di cui alcune già attive e alcune in fase di progettazione preliminare e definitiva:

- Variante alla linea Napoli - Canello – in fase di aggiudicazione appalto;
- Tratta Canello – Frasso – in fase di aggiudicazione appalto;
- Tratta Frasso – Vitulano – progetto definitivo;
- Tratta Vitulano – Apice – tratta attiva a doppio binario (anni '80);
- Tratta Apice – Hirpinia – in fase di aggiudicazione appalto;
- Tratta Hirpinia – Orsara – progetto definitivo;
- Tratta Orsara – Bovino – progetto definitivo;
- Tratta Bovino – Cervaro – tratta attivata nel 2017;
- Tratta Cervaro – Foggia Centrale – tratta attiva a doppio binario;
- Tratta Foggia – Bari - tratta attiva a doppio binario.

La presente relazione ha lo scopo di descrivere le metodologie di risoluzione delle interferenze tra il reticolo minore e le opere in progetto. Nel caso in esame si è affrontata l'interferenza tra la nuova viabilità NV02 e l'asta fluviale che va a sfociare in sinistra idraulica del torrente Ufita, inoltre, tra la foce e l'interferenza con la NV02 è caratterizzato dall'interferenza con la stazione di Hirpinia che è stata oggetto di studio nella tratta Apice – Hirpinia. In base a quanto appena descritto, lo studio dell'interferenza in oggetto, è stato condotto nel rispetto della compatibilità dell'IN01 prevista nella tratta Apice – Hirpinia.

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione idraulica - modelli idraulici monodimensionali	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0002 002	REV. B FOGLIO 6 di 22

2.2 BACINI DI INTERESSE

Al fine di descrivere le caratteristiche morfologiche dei relativi bacini è stata eseguita un'analisi in ambiente GIS tramite il modello digitale del terreno; le caratteristiche morfometriche dei bacini di interesse sono riportate nella tabella seguente:

Tabella 2-1 parametri morfologici bacino IN04

A	216000.00	m ²
L _{asta}	1367.00	m
H _{max}	392.00	m s.l.m.
H ₀	358.00	m s.l.m.
i _{asta}	0.027	-
i _{versante}	0.034	-

Con una portata di picco $Q_{200} = 2.05$ mc/s.

Per maggiori dettagli sullo studio idrologico del bacino si rimanda alla relazione IF3A02EZZRIID0001000A.

2.3 SISTEMAZIONI IDRAULICHE E TOMBINI

La sistemazione idraulica in progetto prevede le seguenti opere:

- Inalveazione a monte dell'interferenza tra asta fluviale e NV02,
- Tombino doppia canna 3x1.5 con manufatti di raccordo in corrispondenza della NV02,
- Inalveazione a valle dell'interferenza tra asta fluviale e NV02.

Per quanto riguarda i due tratti di inalveazione, sono caratterizzati da una sezione trapezia con sponde di pendenza 2/3 e rivestita con massi naturali di dimensioni 0.50m.

Di seguito si riporta la sezione tipologica. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici specifici IF3A02EZZBZID0002005B, IF3A02EZZPAID0002001B e IF3A02EZZPAID0002002B.

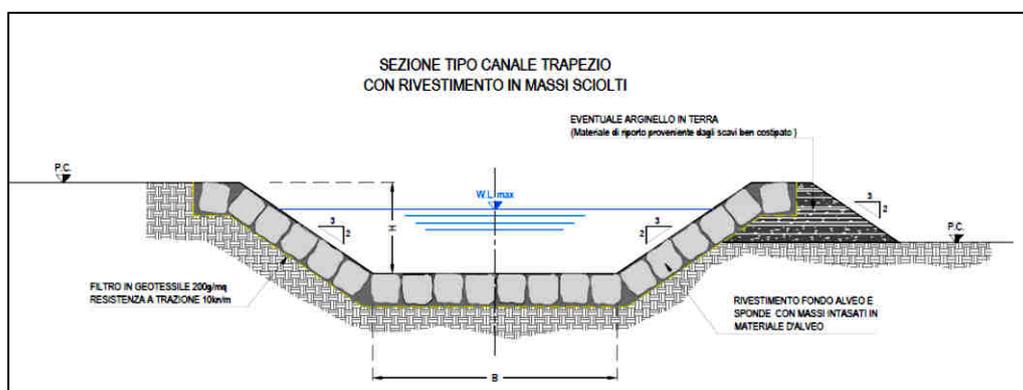


Figura 2-2 – sezione inalveazione IN04

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione idraulica - modelli idraulici monodimensionali		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0002 002	REV. B	FOGLIO 7 di 22

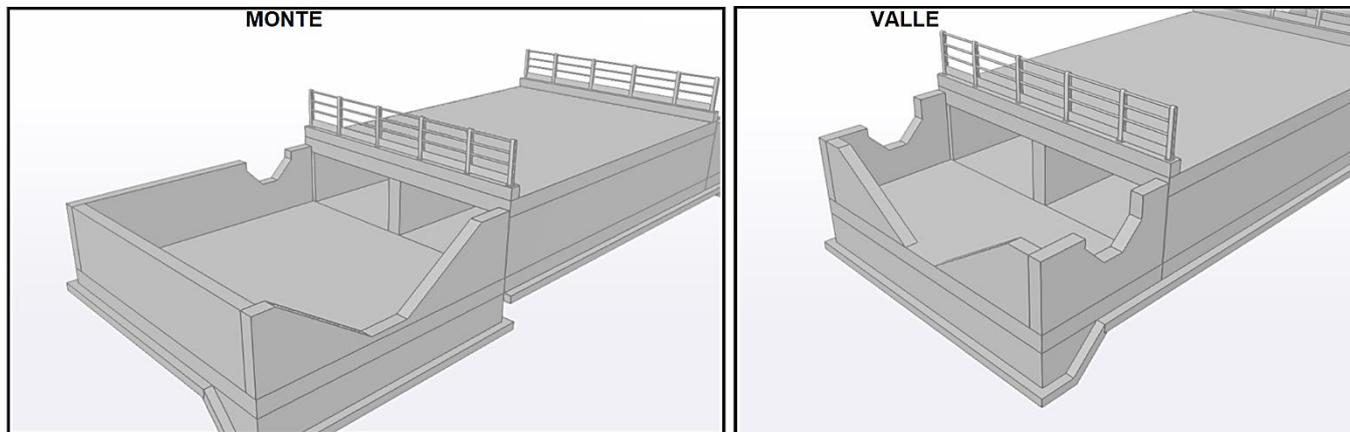


Figura 2-3 – tombino IN04

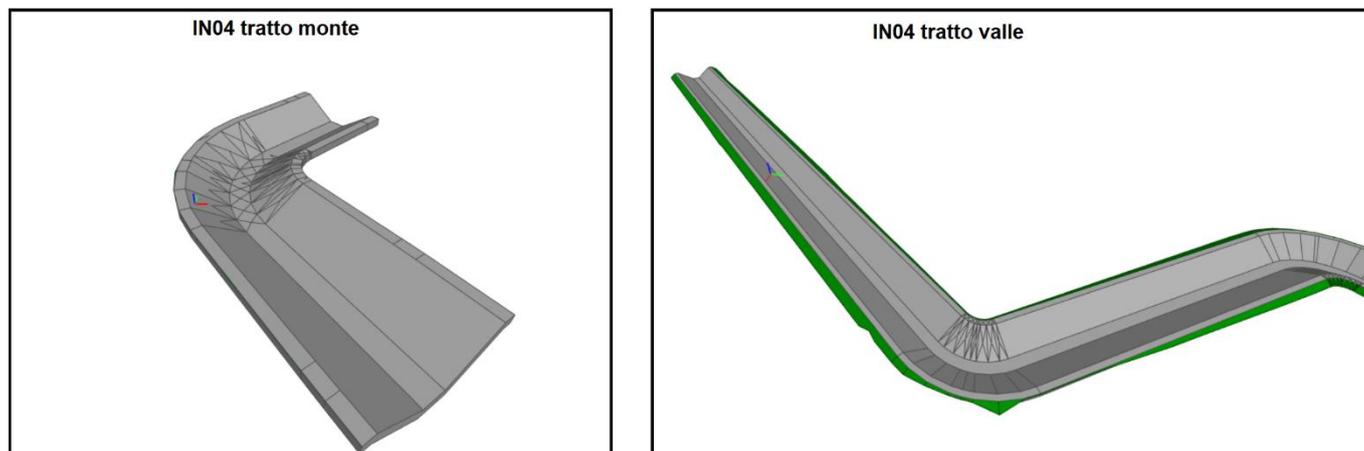


Figura 2-4 – inalveazione IN04, tratto Monte - Valle

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione idraulica - modelli idraulici monodimensionali	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0002 002	REV. B FOGLIO 8 di 22

3 VERIFICHE IDRAULICHE

Le verifiche idrauliche delle inalveazioni e dei tombini di progetto sono state eseguite mediante l'utilizzo del software HEC-RAS (River Analysis System) presso l'Hydrologic Engineering Center dell'United States Army Corps of Engineers, che consente il calcolo dei profili idraulici di moto permanente gradualmente vario in reti di canali naturali o artificiali. Nel caso in esame sono stati implementati modelli monodimensionali in moto permanente.

3.1 MODELLO DI CALCOLO HEC-RAS

Con il modello di calcolo HEC-RAS possono essere simulate condizioni di moto subcritico, supercritico e misto nell'ipotesi di fondo alveo fisso e possono essere valutati gli effetti di immissioni o emissioni laterali di portata, opere in alveo, ostacoli al flusso e costruzioni presenti lungo le sponde. Nelle ipotesi di condizioni di moto permanente unidimensionale, corrente gradualmente variata (fatta eccezione per le sezioni in cui si risente della presenza di strutture, quali ponti o tombini per attraversamento) e pendenze longitudinali del fondo dell'alveo non eccessive, per un dato tratto fluviale elementare, di lunghezza finita, il modello si basa sulla seguente equazione di conservazione dell'energia tra le generiche sezioni trasversali di monte e di valle, rispettivamente indicate coi pedici 2 e 1:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (1)$$

in cui Y_2 e Y_1 sono le profondità d'acqua, Z_2 e Z_1 le quote dei punti più depressi delle sezioni trasversali rispetto a un piano di riferimento (superficie libera del medio mare), V_2 e V_1 le velocità medie (rapporto tra portata e area bagnata della sezione), α_2 e α_1 coefficienti di Coriolis di ragguaglio delle potenze cinetiche, g l'accelerazione di gravità e h_e le perdite di carico nel tratto considerato.

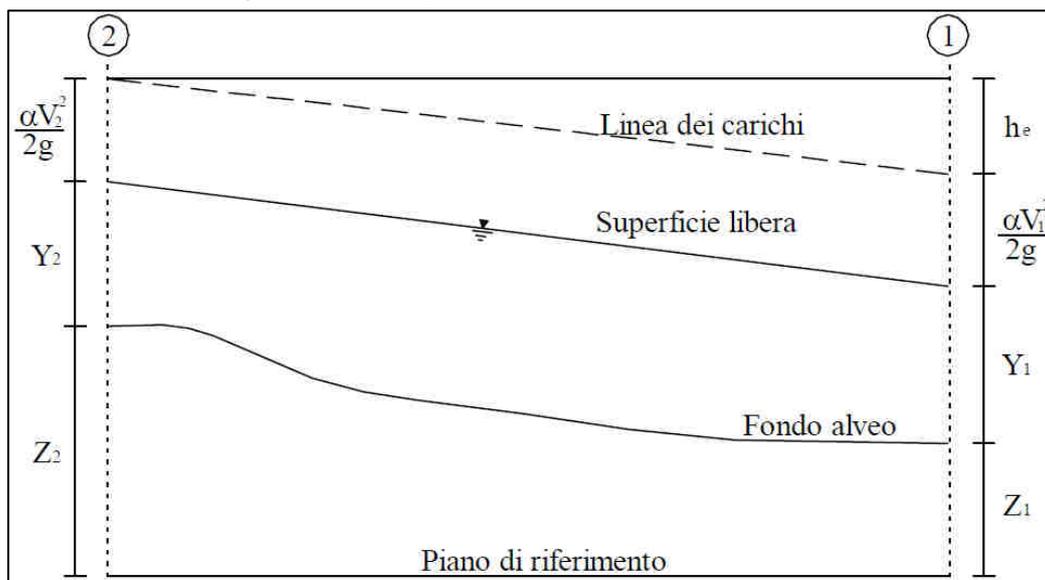


Figura 3-1 - Schema di calcolo

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione idraulica - modelli idraulici monodimensionali	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0002 002	REV. FOGLIO B 9 di 22

La perdita di carico che è presente tra due sezioni è causata prevalentemente dalla perdita per attrito o per le variazioni di velocità intrinseche nelle zone di espansione o contrazione della corrente. Indicando con J la cadente piezometrica e con C un coefficiente che tiene conto del fenomeno dell'espansione o contrazione, le perdite di carico sono state calcolate nel modo seguente:

$$h_e = LJ + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (2)$$

La lunghezza L del ramo è stata valutata tenendo in conto la forma non regolare che presenta la sezione trasversale del fiume.

Il coefficiente C di espansione o contrazione è stato valutato in funzione del tipo di transizione che avviene

secondo la tabella seguente:

Tabella 3-1 - Coefficienti di contrazione e espansione

C	Contrazione	Espansione
Nessuna transizione	0,0	0,0
Transizione graduale	0,1	0,3
Sezione tipica di un ponte	0,3	0,5
Rapida transizione	0,6	0,8

La presenza di una espansione o contrazione è valutata confrontando la velocità a monte e a valle della sezione considerata. In particolare, se la velocità a monte risulta maggiore della velocità a valle, nella sezione si attesta un'espansione del canale; vice versa una contrazione.

Le incognite presenti nelle equazioni (1) e (2) sono la cadente piezometrica J e il coefficiente adimensionale α_i . La pendenza d'attrito J è stata calcolata come rapporto tra la portata media Q ed il coefficiente medio di resistenza K.

con

$$J = \left(\frac{Q}{K} \right)^2 \quad \text{con} \quad K = \frac{1.486}{n} AR^{2/3} \quad (3)$$

Dove

- n, coefficiente di scabrezza di Manning;
- A, area della sezione;
- R, raggio idraulico.

Il coefficiente α è stato valutato come media pesata sulle portate della velocità suddividendo la sezione in

più campi. Ad esempio nella figura seguente otteniamo:

$$\frac{\alpha \bar{V}^2}{2g} = \frac{Q_1 \frac{V_1^2}{2g} + Q_2 \frac{V_2^2}{2g}}{Q_1 + Q_2} \Rightarrow \alpha = \frac{Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2}{(Q_1 + Q_2) \bar{V}^2} \quad (4)$$

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione idraulica - modelli idraulici monodimensionali	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0002 002	REV. FOGLIO B 10 di 22

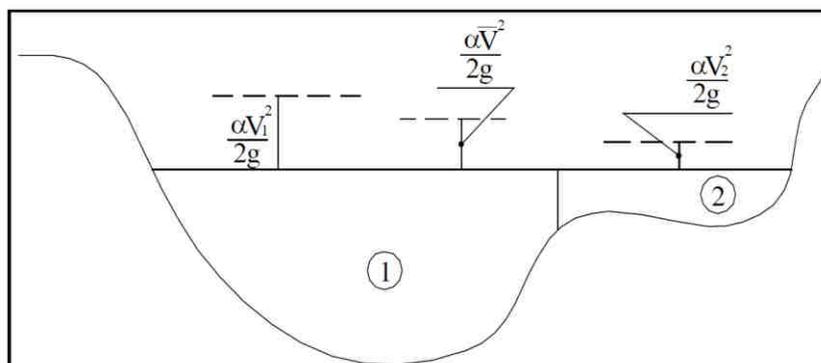


Figura 3-2 - Schema di calcolo di una sezione

L'equazione (1) è applicabile a correnti che presentano un regime costante per tutto il tratto. È risultato quindi necessario calcolare l'altezza critica della sezione al fine di determinare il tipo di corrente.

Per definizione l'altezza critica della corrente coincide con il minimo dell'energia totale, come evidenziato dalla Figura 3-3, dove è diagrammata nel piano h, H la curva dell'energia totale della corrente.

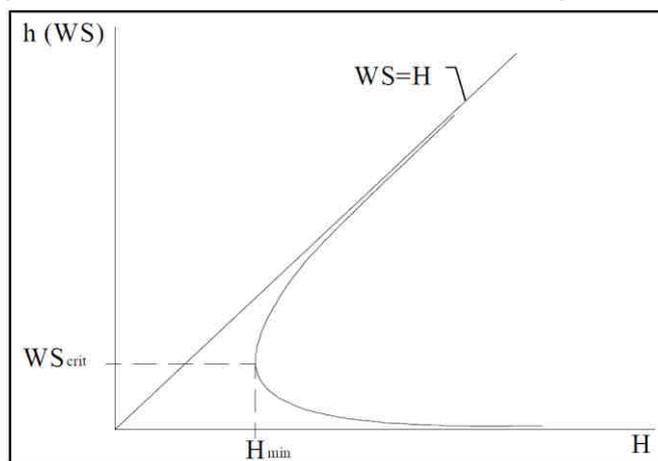


Figura 3-3 - Diagramma (H,h) per una generica sezione trasversale

L'equazione della conservazione dell'energia totale (1) ha validità solo nel caso di correnti variabili lentamente all'interno del ramo in esame. In particolare, essa è stata applicata nel caso di corrente ovunque subcritiche o supercritiche. Qualora all'interno di un ramo si verificasse il passaggio da corrente lenta a veloce si è utilizzata l'equazione della conservazione del momento.

Applicando la seconda legge di Newton $\sum F_x = ma$, con x la direzione del moto, ad un elemento di fluido tra

due sezioni 1-2 (Figura 3-4), per equilibrio si ottiene:

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q\rho\Delta V_x \quad (5)$$

Dove

- P_i , risultante della pressione idrostatica;
- W_x , componente della forza peso nella direzione del moto;
- F_f , forza d'attrito tra le due sezioni;

APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA - ORSARA AV	Soci WEBUILD ITALIA	ITINERARIO NAPOLI – BARI			
PROGETTAZIONE: Mandataria ROCKSOIL S.P.A	Mandanti NET ENGINEERING ELETTRI-FER	PINI	GCF		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione idraulica - modelli idraulici monodimensionali	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0002 002	REV. B FOGLIO 11 di 22

- Q, portata complessiva;
- ρ , densità del fluido;
- ΔV_x , variazione della velocità tra le due sezioni.

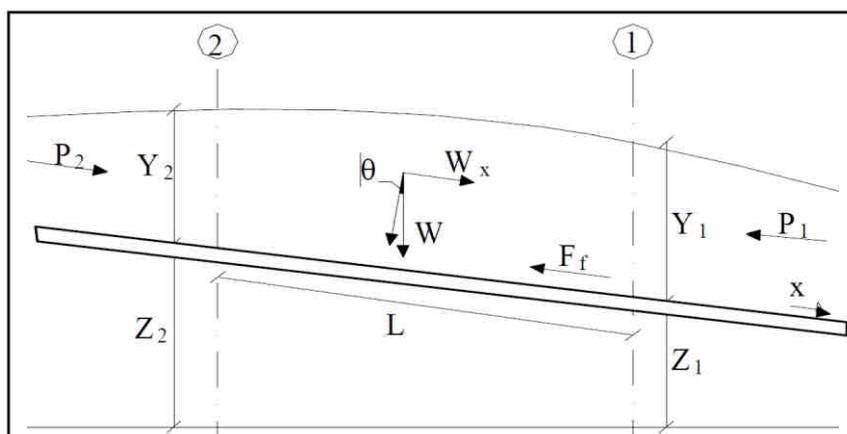


Figura 3-4 - Schema di calcolo

La risultante della pressione idrostatica per pendenze dell'ordine di 1 a 10 è valutabile come:

$$P = \gamma A \bar{Y} \cos \theta \cong \gamma A \bar{Y} \quad (6)$$

potendo porre, per le pendenze in esame, $\cos \theta = 1$.

Nella relazione (6) γ corrisponde al peso specifico del fluido, A l'area della sezione ed Y l'altezza del pelo libero nel baricentro della sezione.

La componente della forza peso, noto il peso specifico del fluido, la lunghezza L del tronco e l'area totale di fluido presente, è stata valutata nel modo seguente:

$$W = \gamma \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot L \Rightarrow W_x = W \cdot \sin \theta \quad (7)$$

La forza d'attrito F_f è funzione delle caratteristiche del fluido come la densità dell'acqua, l'azione tangenziale che si esplica sul letto del fiume e la cadente piezometrica J.

In particolare, scriviamo:

$$F_f = \tau PL$$

$$\tau = \gamma RJ \Rightarrow F_f = \gamma \frac{A}{P} JPL = \gamma \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot JL \quad (8)$$

dove P ed R sono rispettivamente il perimetro bagnato ed il raggio idraulico della sezione.

Le equazioni (1) e (5) si applicano anche alle sezioni caratterizzate dalla presenza di un ponte.

In riferimento alla schematizzazione nella Figura 10 e Figura 11, si evidenziano 3 zone:

- una zona di contrazione in cui arriva la corrente;
- una zona intermedia interessata dalla presenza del ponte;

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione idraulica - modelli idraulici monodimensionali		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0002 002	REV. B	FOGLIO 12 di 22

- una zona di espansione in cui esce la corrente.

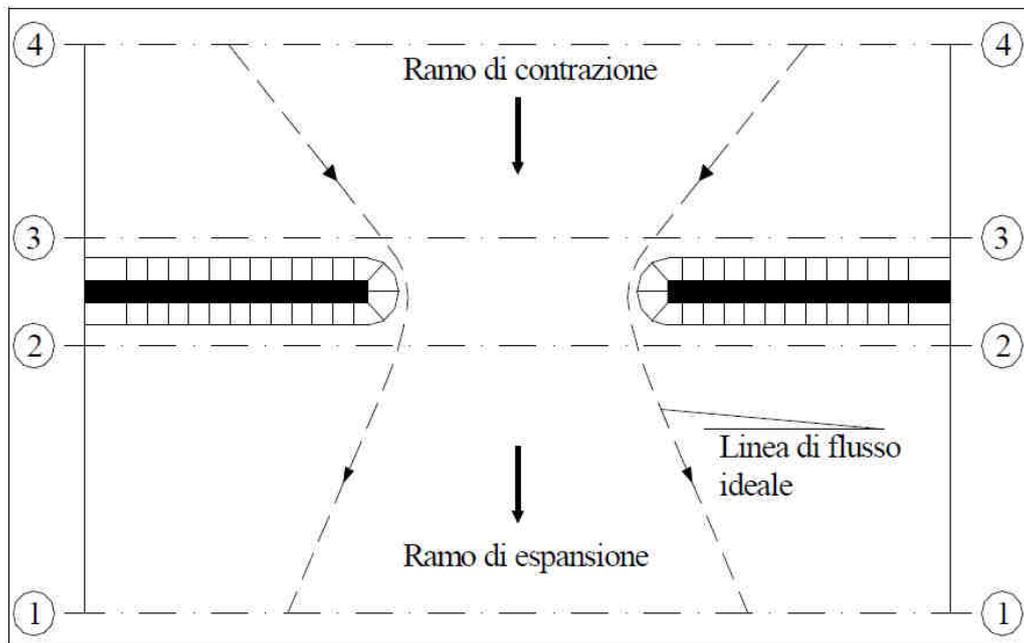


Figura 3-5 - Schema in pianta di un attraversamento

L'applicazione dell'equazione della conservazione del momento tra le sezioni 1-2 e 3-4 è del tutto analoga

alla situazione vista in precedenza mentre la presenza del ponte comporta termini nuovi nella valutazione

dell'equilibrio tra le sezioni 2-BD (Step 1), BD-BU (Step 2) ed BU-3 (Step 3).

Step 1; definendo con A_{pi} l'area ostruita e con Y_{pi} la distanza verticale che intercorre tra il baricentro delle pile e la superficie libera WS nella zona di valle, l'espressione del bilancio è stata scritta come:

$$\frac{Q_{BD}^2 \beta_{BD}}{gA_{BD}} + A_{BD} Y_{BD} = \frac{Q_2^2 \beta_2}{gA_2} + A_2 Y_2 - A_{PBD} Y_{PBD} + F_f - W_x$$

Step 2; equilibrio tra BU e BD:

$$\frac{Q_{BD}^2 \beta_{BD}}{gA_{BD}} + A_{BD} Y_{BD} + F_f - W_x = \frac{Q_{BU}^2 \beta_{BU}}{gA_{BU}} + A_{BU} Y_{BU}$$

Step 3; equilibrio tra BU e 3:

$$\frac{Q_3^2 \beta_3}{gA_3} + A_3 Y_3 = \frac{Q_{BU}^2 \beta_{BU}}{gA_{BU}} + A_{BU} Y_{BU} - A_{PBU} Y_{PBU} + F_f - W_x + \frac{1}{2} C_D \frac{A_{PBU} Q_3^2}{gA_3^2}$$

con C_D coefficiente di resistenza idrodinamica intorno alla pila ricavabile dalla Tabella 4 in funzione del tipo di pila presente.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione idraulica - modelli idraulici monodimensionali	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0002 002	REV. B	FOGLIO 13 di 22

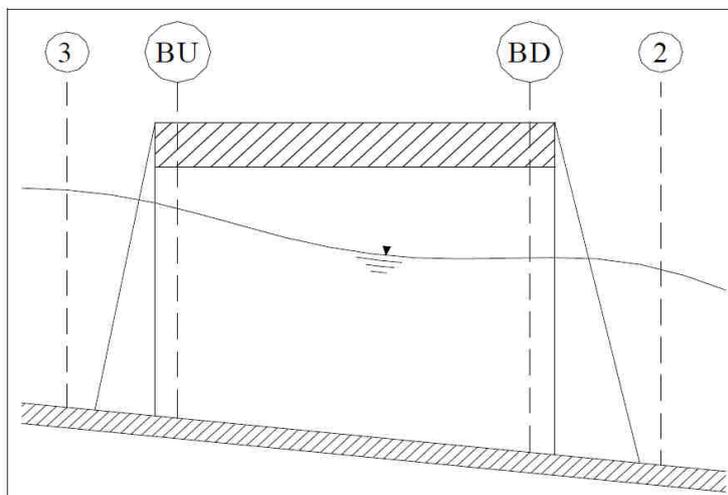


Figura 3-6 - Sezione schematica di un attraversamento

Tabella 3-2 - Coefficiente di resistenza idrodinamica

TIPO DI PILA	C_D
Pila circolare	1.2
Pila allungata con punta semicircolare	1.33
Pila ellittica con rapporto assi 2 :1	0.6
Pila ellittica con rapporto assi 4 :1	0.32
Pila ellittica con rapporto assi 8 :1	0.29
Pila rettangolare	2.00
Pila triangolare con apertura $\alpha = 30^\circ$	1.00
Pila triangolare con apertura $\alpha = 60^\circ$	1.39
Pila triangolare con apertura $\alpha = 90^\circ$	1.60
Pila triangolare con apertura $\alpha = 120^\circ$	1.72

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI			
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione idraulica - modelli idraulici monodimensionali	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0002 002	REV. FOGGIO B 14 di 22

3.2 VERIFICA DELL'INALVEAZIONE IN04

Il tratto oggetto di modellazione si estende per circa 161 m. Il tratto di monte è stato tracciato e modellato al fine:

- intercettare il naturale compluvio del versante,
- rappresentare il fosso di guardia della NV02

Il tratto di valle è stato tracciato e modellato al fine di collegare la sezione di valle del tombino con la sezione di monte dell'IN01 della tratta Apice – Hirpinia. La sezione di valle dell'inalveazione IN04 recepisce inoltre la soglia di fondo dell'IN01 della tratta apice – Hirpinia.

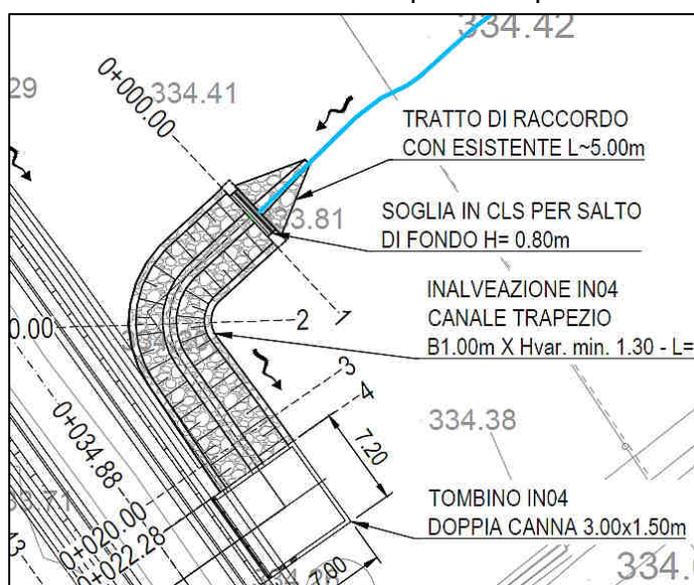


Figura 3-7 – raccordo inalveazione IN04 tratto monte con compluvio naturale

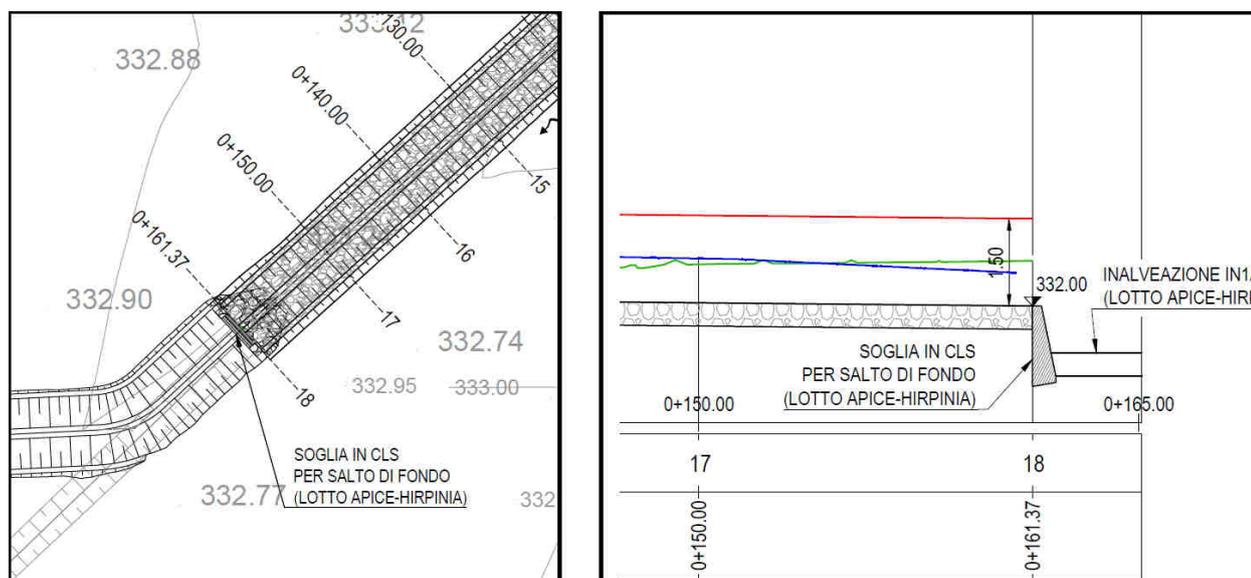


Figura 3-8 – raccordo inalveazione IN04 IN01 tratta Apice - Hirpinia

APPALTATORE: Consortio HIRPINIA - ORSARA AV	Soci WEBUILD ITALIA	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA			
PROGETTAZIONE: Mandataria ROCKSOIL S.P.A	Mandanti NET ENGINEERING ELETTRI-FER				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione idraulica - modelli idraulici monodimensionali	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0002 002	REV. FOGLIO B 15 di 22

La modellazione 1D è stata condotta utilizzando la portata duecentennale, pari a $Q=2.05 \text{ m}^3/\text{s}$. Per sviluppare la geometria del modello sono state utilizzate 24 sezioni. Il tombino a doppia canna IN04 è stato implementato come culvert doppia canna di dimensioni $3.0 \times 1.5 \text{ m}$.

Come condizioni al contorno sono state considerate:

- A monte l'altezza di moto uniforme data dalla pendenza del canale nel tratto iniziale pari a 1%.
- A valle la condizione di passaggio allo stato critico per caratterizzare il passaggio sopra la soglia dell'IN01 tratta Apice - Hirpinia.

I coefficienti di Manning utilizzati sono:

- $0.03 \text{ s/m}^{1/3}$ per l'alveo rivestito in massi naturali
- $0.015 \text{ s/m}^{1/3}$ per le aree rivestite in cls



Figura 3-9 - Geometria dell'inalveazione IN04

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI				ITINERARIO NAPOLI – BARI								
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA				RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA								
PROGETTO ESECUTIVO Relazione idraulica - modelli idraulici monodimensionali				COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0002 002	REV. B	FOGLIO 16 di 22			

Di seguito si riportano la tabella con tutte le grandezze fondamentali del moto risultanti dalla simulazione, il profilo idraulico corrispondenti al tempo di ritorno di 200 anni.

Tabella 3-3 – risultati modello 1d – IN04

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
IN04	161	Q200	2.05	333.04	333.75	333.61	333.85	0.0105	1.41	1.45	3.11	0.66
IN04	157	Q200	2.05	332.99	333.7	333.57	333.8	0.0105	1.41	1.45	3.13	0.66
IN04	153	Q200	2.05	332.95	333.65	333.52	333.76	0.0110	1.44	1.42	3.1	0.68
IN04	148	Q200	2.05	332.91	333.59	333.49	333.71	0.0124	1.5	1.37	3.05	0.72
IN04	144	Q200	2.05	332.87	333.51	333.44	333.65	0.0154	1.63	1.26	2.93	0.79
IN04	140	Q200	2.05	332.83	333.39	333.39	333.59	0.0265	1.99	1.03	2.68	1.02
IN04	139	Q200	2.05	332.65	332.83	333.01	333.58	0.0160	3.84	0.53	7	2.92
IN04	132	Q200	2.05	332.65	332.73	332.87	333.5	0.0447	3.88	0.53	8.5	4.42
IN04	125		Culvert									
IN04	122	Q200	2.05	332.6	333.16	332.82	333.18	0.0001	0.56	3.65	8.5	0.24
IN04	118	Q200	2.05	332.58	333.21	332.9	333.25	0.0002	0.94	2.19	8	0.38
IN04	117	Q200	2.05	332.58	333.43	333.14	333.48	0.0046	1.04	1.97	3.6	0.45
IN04	115	Q200	2.05	332.56	333.41	333.13	333.47	0.0047	1.05	1.95	3.55	0.45
IN04	105	Q200	2.05	332.52	333.36	333.1	333.42	0.0050	1.07	1.91	3.53	0.47
IN04	96	Q200	2.05	332.47	333.32	333.03	333.38	0.0050	1.07	1.91	3.53	0.47
IN04	86	Q200	2.05	332.42	333.27	332.99	333.33	0.0050	1.08	1.9	3.53	0.47
IN04	77	Q200	2.05	332.37	333.22	332.94	333.28	0.0051	1.08	1.9	3.53	0.47
IN04	67	Q200	2.05	332.33	333.17	332.89	333.23	0.0052	1.09	1.88	3.51	0.48
IN04	58	Q200	2.05	332.28	333.12	332.86	333.18	0.0053	1.1	1.87	3.51	0.48
IN04	48	Q200	2.05	332.23	333.07	332.82	333.13	0.0054	1.11	1.85	3.49	0.49
IN04	39	Q200	2.05	332.19	333.01	332.76	333.08	0.0056	1.12	1.83	3.47	0.49
IN04	29	Q200	2.05	332.14	332.95	332.72	333.02	0.0059	1.14	1.79	3.43	0.51
IN04	20	Q200	2.05	332.09	332.89	332.66	332.96	0.0067	1.2	1.71	3.36	0.53
IN04	10	Q200	2.05	332.05	332.8	332.61	332.89	0.0080	1.28	1.6	3.26	0.58
IN04	1	Q200	2.05	332	332.57	332.57	332.76	0.0250	1.95	1.05	2.71	1

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione idraulica - modelli idraulici monodimensionali	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0002 002	REV. B	FOGLIO 17 di 22

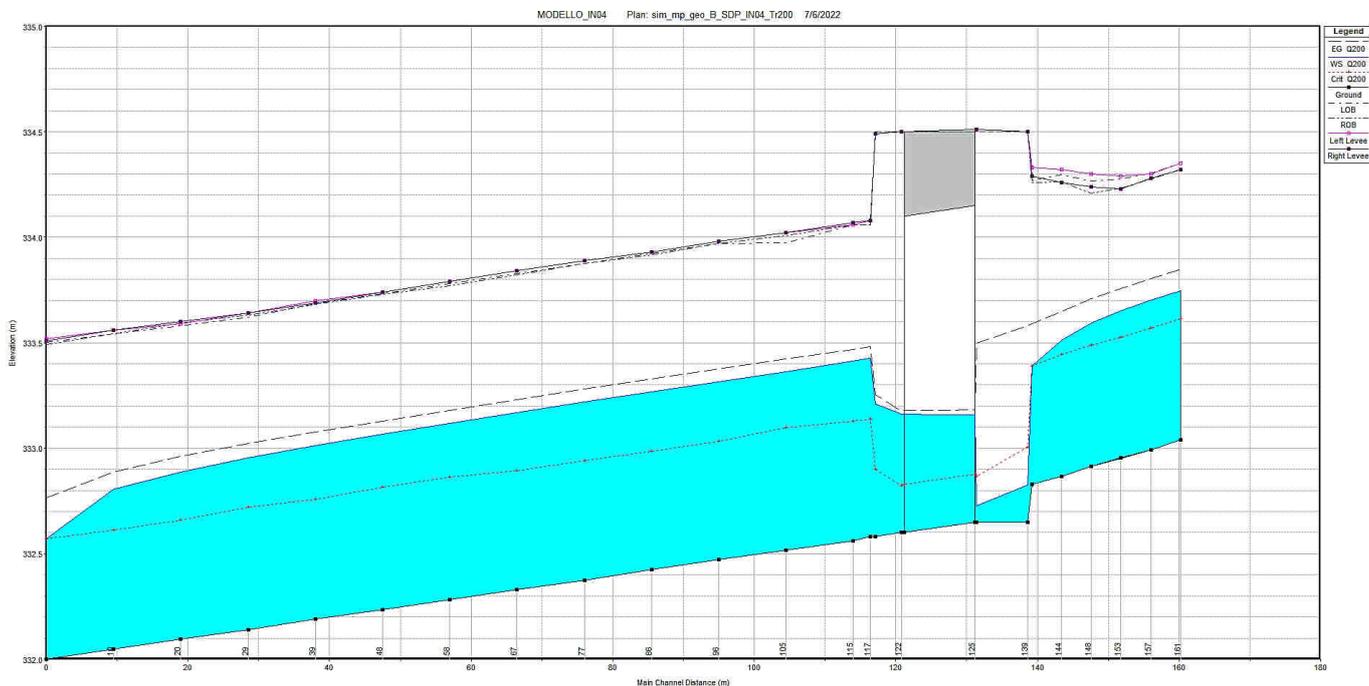


Figura 3-10 – profilo idraulico Tr200 IN04

Per quanto riguarda il tombino di progetto si ottiene un livello per Tr200 anni pari a 333.14 m slm, che rispetto alla quota di intradosso pari a 334.15 m slm, si registra un franco pari 1.01m e un grado di riempimento pari al 34%.

In allegato si riportano le sezioni del modello idraulico 1D per Tr200 anni

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione idraulica - modelli idraulici monodimensionali	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0002 002	REV. FOGLIO B 18 di 22

3.3 VERIFICA RIVESTIMENTO IN04

Al fine di verificare il rivestimento in massi sciolti previsto per l'inalveazione IN04, si è condotta una verifica mediante il metodo di Shields. Questo ha permesso di verificare la resistenza al trascinamento del rivestimento dovuta all'azione della corrente per $T_r = 200$ anni. Di seguito si riporta la descrizione teorica del metodo di Shields e i risultati ottenuti

3.3.1 La teoria di Shields

Shields (1936) definì le condizioni critiche per l'incipiente trasporto di fondo in termini di valor medio della tensione che una corrente turbolenta uniforme esercita su un fondo granulare artificialmente spianato. Il valore critico di tale tensione fu definito come valore al di sotto del quale la portata solida di fondo, cioè il volume di sedimenti che attraversa la sezione della corrente nell'unità di tempo, si annulla. Tale valore fu ottenuto estrapolando la curva portata solida-tensione media rilevata sperimentalmente. Nella formulazione più semplice la relazione di Shields si deduce come segue:

$$\tau_0 = \gamma_w R j \quad 1$$

Dove:

γ_w è il peso specifico dell'acqua [N/m³]

R è il raggio idraulico della sezione [m]

j è la pendenza della linea dell'energia

La condizione di stabilità limite si presenta quando la tensione tangenziale al fondo è uguale a quella critica.

La formulazione di Shields per la determinazione della tensione tangenziale critica si esprime come segue:

$$\frac{\tau_{cr}}{(\gamma_s - \gamma_w)d} = \Theta (Re^*) \quad 2$$

Dove:

τ_{cr} = tensione tangenziale critica [N/m²];

γ_m = peso specifico materiale d'alveo [N/m³];

γ = peso specifico dell'acqua [N/m³];

d = diametro del granulo [m];

Θ = parametro di mobilità critico adimensionale dipendente dalle caratteristiche dei granuli, del letto fluviale e dal numero di Reynolds (Re^*) relativo alla velocità di attrito $u^* = \sqrt{\tau_0/\rho}$

La determinazione del parametro Θ è effettuata tramite l'abaco di Shields riportato nella figura sottostante.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI			
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione idraulica - modelli idraulici monodimensionali	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0002 002	REV. B FOGLIO 19 di 22

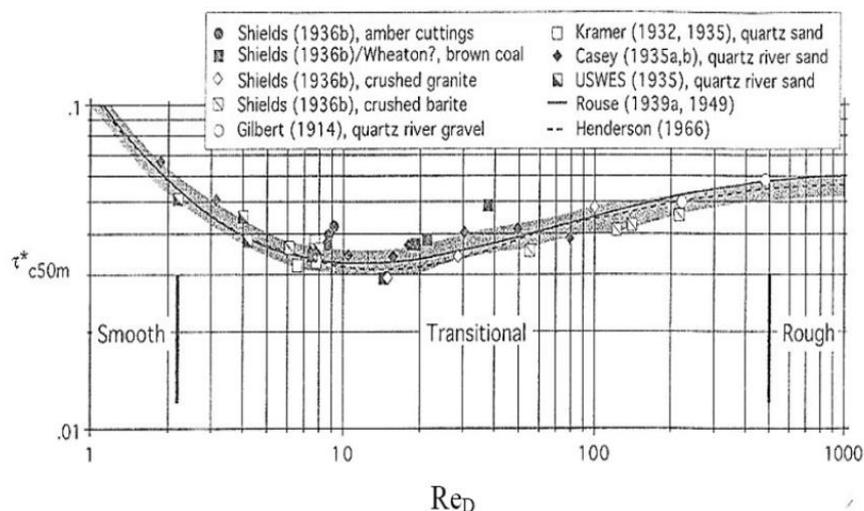


Figura 3-11 – Abaco di Shields

Si entra nell'abaco con il numero di Reynolds Re^* , determinato a partire dalla velocità di attrito del granulo, secondo le formule:

$$u^* = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho_w}}$$

$$Re^* = \frac{u^* \cdot D}{\nu_w}$$

Il parametro ottenuto dall'abaco va opportunamente corretto al valore Θ^*c al fine di tenere conto, anche contemporaneamente, di:

- pendenza del fondo alveo (prodotto di Θ per il coefficiente K_1);
- pendenza delle sponde (prodotto di Θ per il coefficiente K_2);
- bassa sommergenza (tirante comparabile con la dimensione del materiale d'alveo).

Posti φ l'angolo d'attrito del materiale e α l'inclinazione del fondo alveo sull'orizzontale, per il coefficiente K_1 viene suggerita la seguente equazione:

$$K_1 = \cos \alpha - \frac{\sin \alpha}{\tan \varphi}$$

mentre il coefficiente K_2 può stimarsi alternativamente secondo le equazioni riportate di seguito:

$$K_2 = \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \beta}{\sin^2 \varphi}}$$

Oppure:

$$K_2 = \cos \beta \sqrt{1 - \frac{\tan^2 \beta}{\tan^2 \varphi}}$$

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione idraulica - modelli idraulici monodimensionali	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0002 002	REV. FOGLIO B 20 di 22

in cui β rappresenta l'inclinazione della sponda sull'orizzontale.

L'effetto di bassa sommergenza può invece essere considerato calcolando direttamente il parametro di Shields corretto mediante la formulazione seguente:

$$\Theta_c^* = 0.06 \left[1 + 0.67 \sqrt{\frac{d}{h}} \right]$$

A questo punto, noti Θ_c^* e il diametro d_{50} caratteristico dell'alveo e delle sponde, si determinano τ_0 e τ_{crit} ; dal confronto di queste due grandezze si possono verificare due situazioni:

$\tau_0 < \tau_{crit}$ il fondo rimane immobile.

$\tau_0 > \tau_{crit}$ crit si verifica trasporto di fondo.

Uguagliando la 1 alla 2 ed esplicitando dalla 2 il diametro, si può ricavare, in modo iterativo, il valore del diametro dei granuli nella condizione di equilibrio:

Tabella 3-4 – parametri sezione

Area bagnata	1.42	m ²
Perimetro bagnato	3.51	m
Raggio idraulico	0.4	m
j - cadente linea dell'energia	0.010	m/m
γ_w – peso specifico acqua	9810	N/m ³
γ_s – peso specifico materiale d'alveo	25506	N/m ³
ν_w – diffusività cinematica dell'acqua	0.000001	m ² /s
ρ_w – densità dell'acqua	1000	kg/m ³
u^* - velocità di attrito	0.20	m/s
Re* - numero di reynolds	21474.75	
Θ - parametro di mobilità critico di base	0.06	
ϕ – angolo attrito materiale	35°	
α – pendenza fondo alveo	0.52°	
β – pendenza delle sponde	33°	
K1 – coefficiente per pendenza fondo alveo	0.987	
K2 – coefficiente per inclinazione sponde	0.314	
Θ_c^* - parametro di mobilità critico	0.0235	
d_{crit}	0.11	m

Tali parametri sono stati rilevati in corrispondenza della sezione 153 ritenuta più rappresentativa ai fini della verifica del rivestimento

APPALTATORE: <u>Consortio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione idraulica - modelli idraulici monodimensionali	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RI	DOCUMENTO ID0002 002	REV. B	FOGLIO 21 di 22

Il diametro per cui si verifica l'incipiente movimentazione del materiale d'alveo risulta quindi pari a 11 cm. Imponendo un diametro dei massi pari a 50 cm, e calcolando la tensione critica τ_{crit} e la tensione τ_0 , si ottiene:

Tabella 3-5 – valori tensione

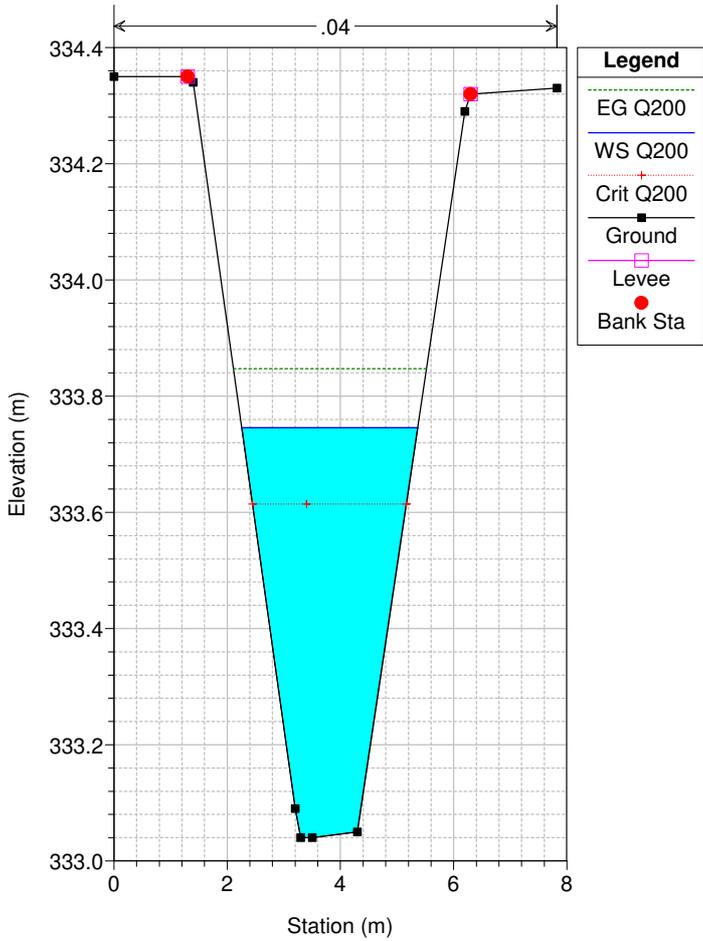
τ_{crit}	228.2914	N/m ²
τ_0	39.6872	N/m ²

Il rivestimento dunque risulta idoneo nei confronti dell'azione di trascinamento della corrente per TR200 anni

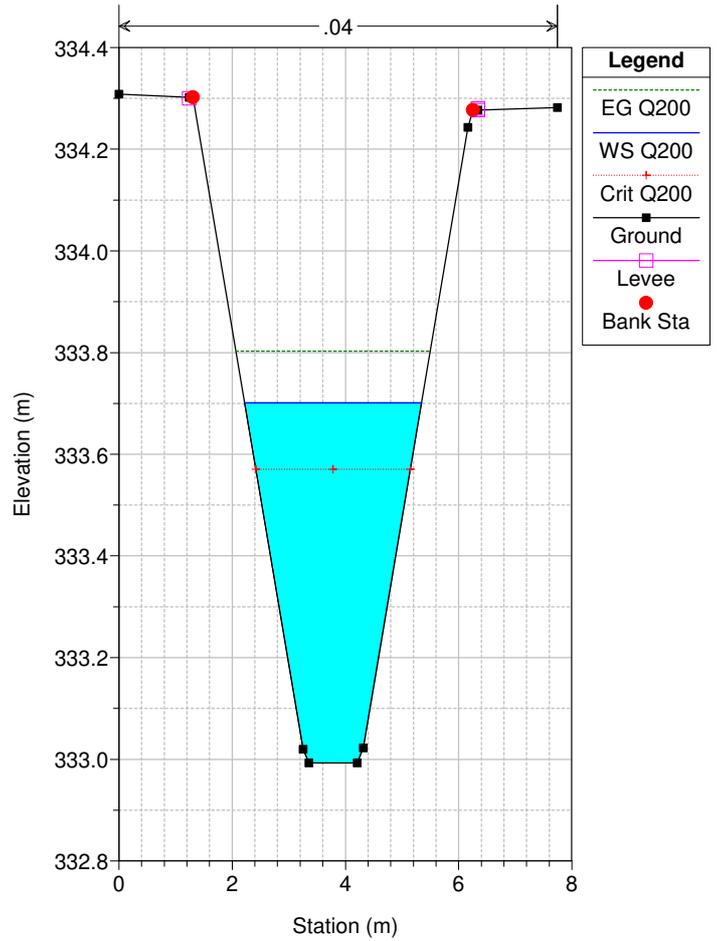
APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF3A</td> <td style="text-align: center;">02</td> <td style="text-align: center;">E Z Z RI</td> <td style="text-align: center;">ID0002 002</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">22 di 22</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E Z Z RI	ID0002 002	B	22 di 22
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF3A	02	E Z Z RI	ID0002 002	B	22 di 22													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione idraulica - modelli idraulici monodimensionali																		

ALLEGATI

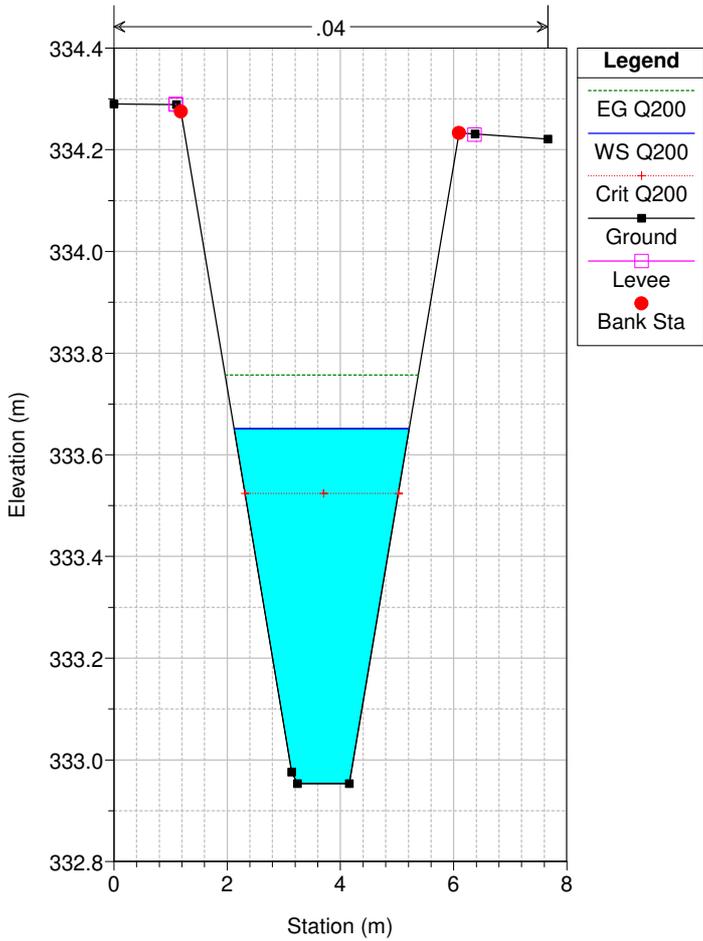
Flow: Tr200
RS = 161



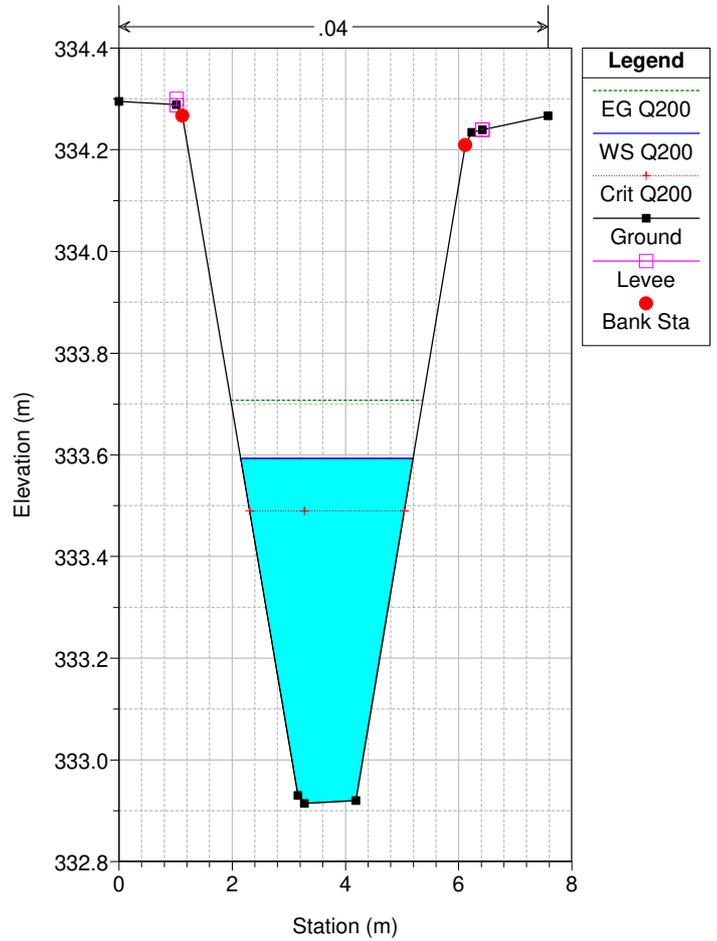
Flow: Tr200
RS = 157



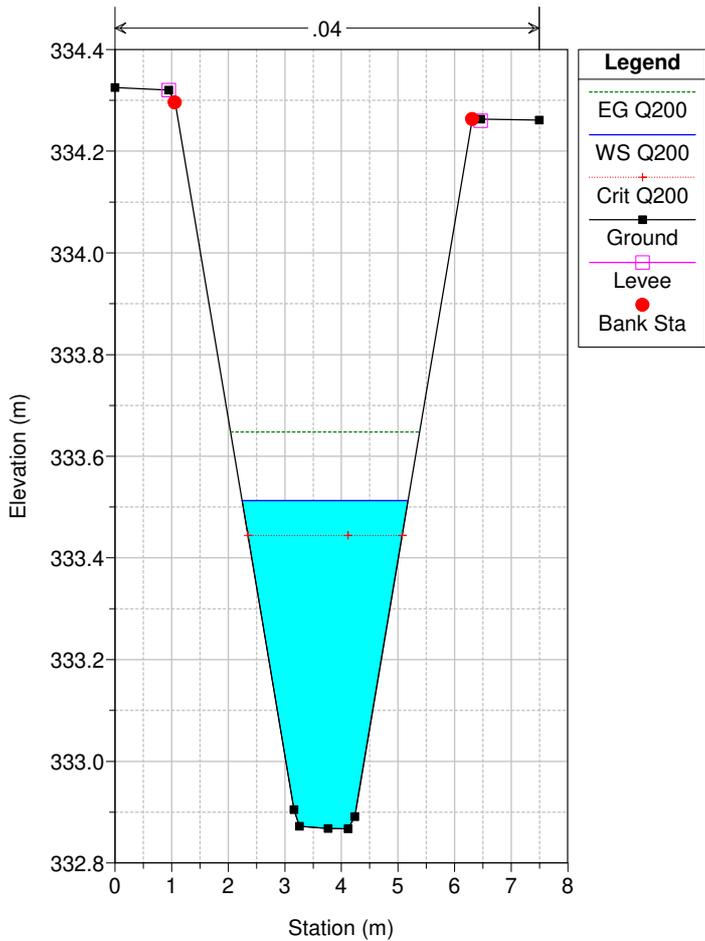
Flow: Tr200
RS = 153



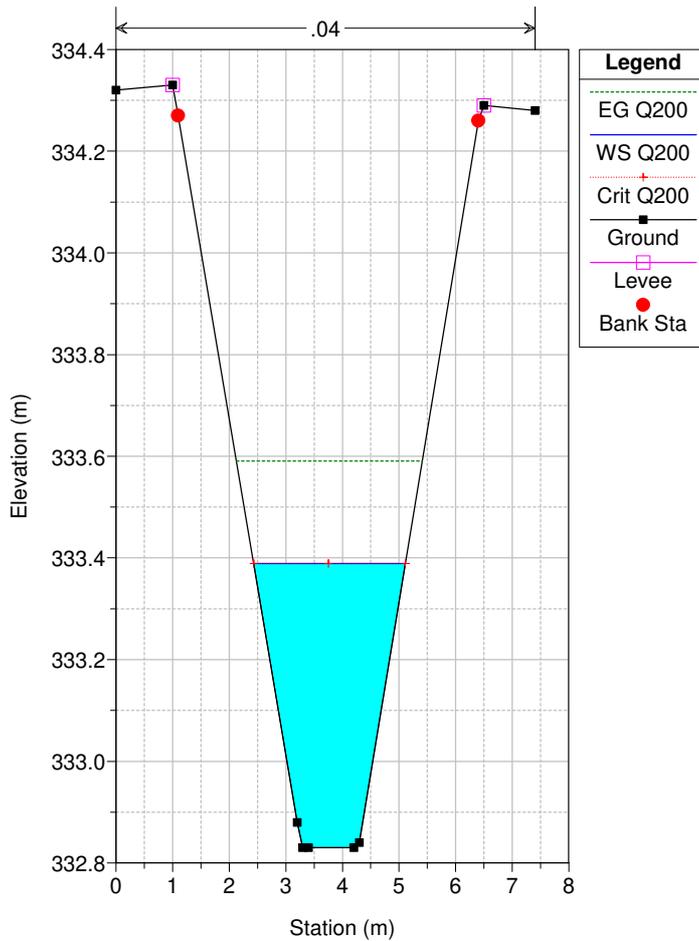
Flow: Tr200
RS = 148



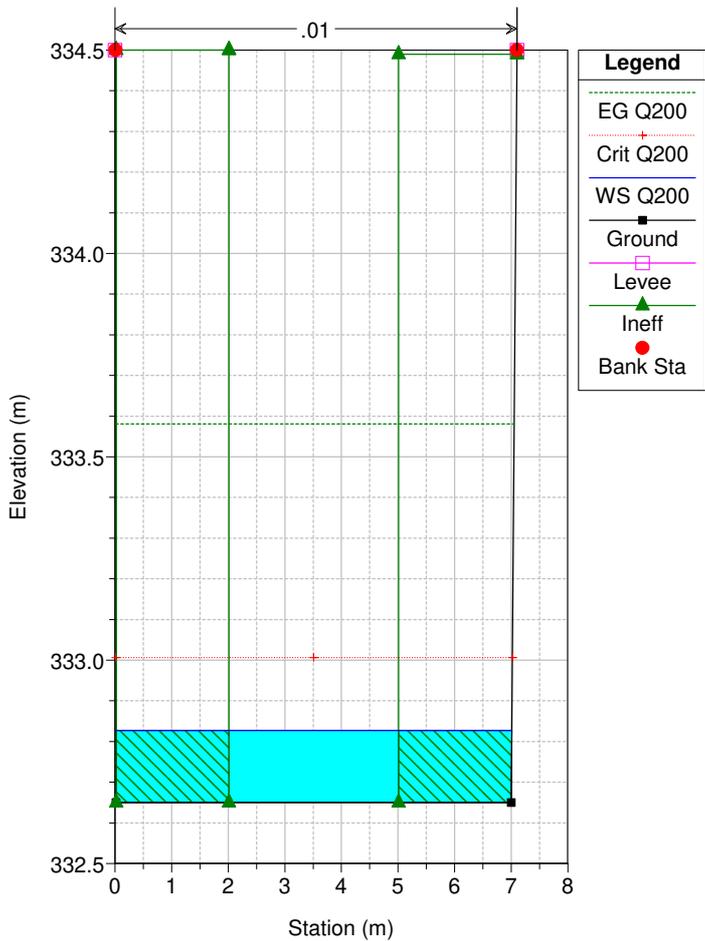
Flow: Tr200
RS = 144



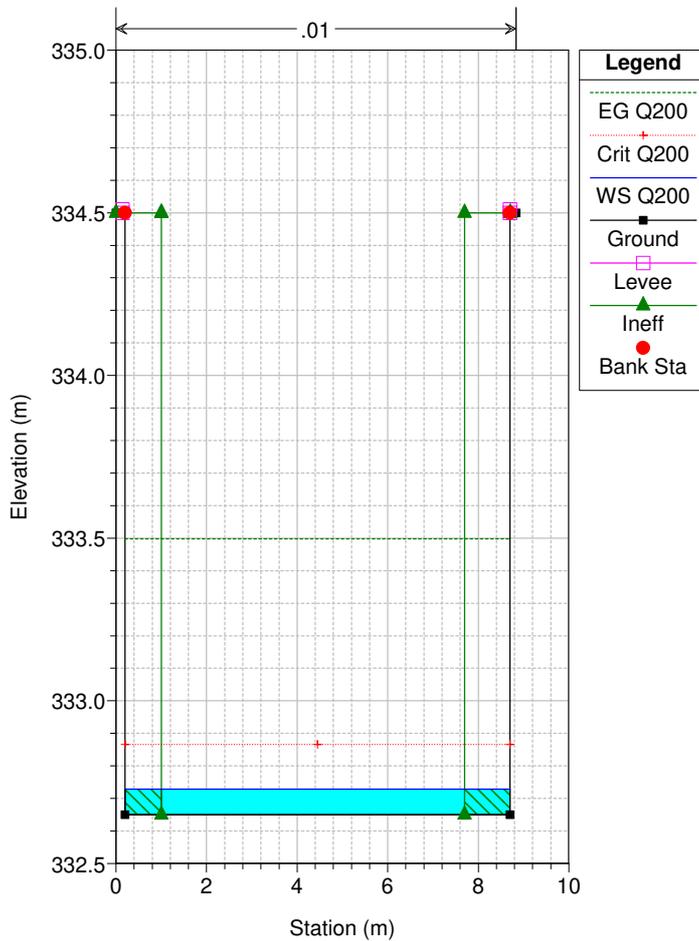
Flow: Tr200
RS = 140



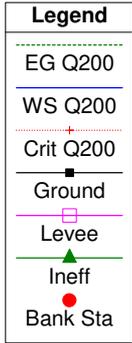
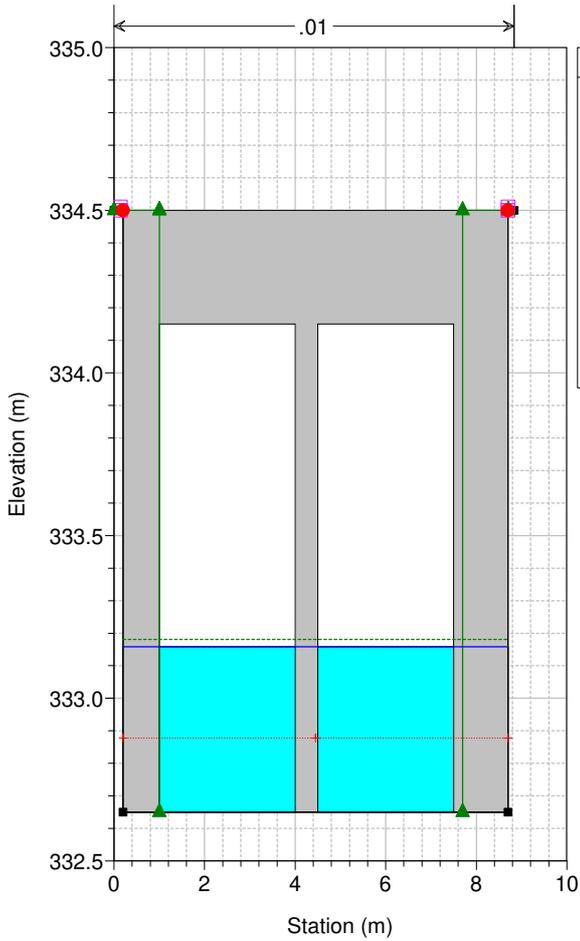
Flow: Tr200
RS = 139



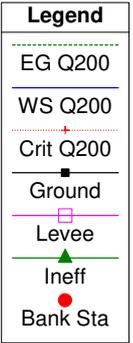
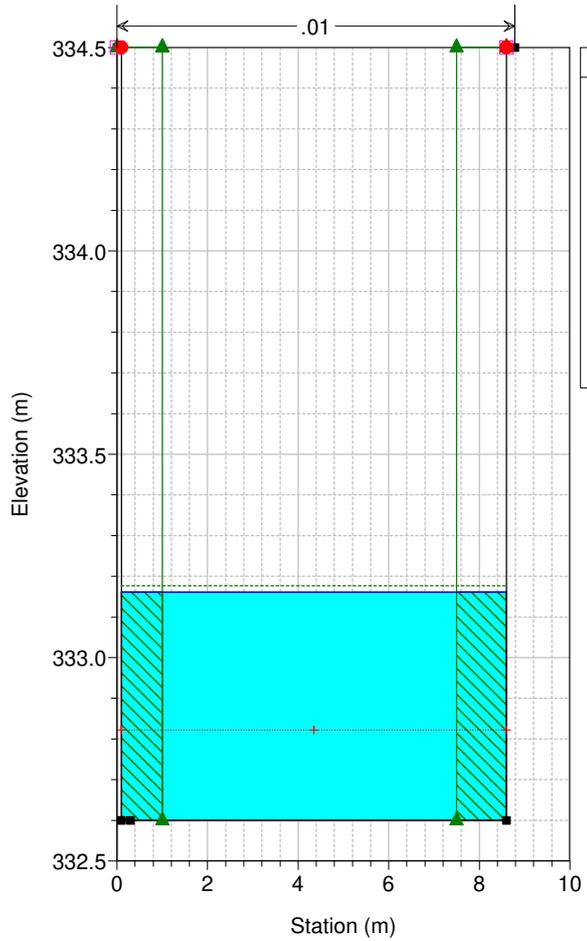
Flow: Tr200
RS = 132



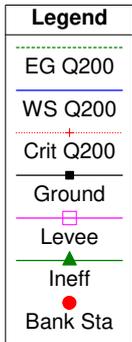
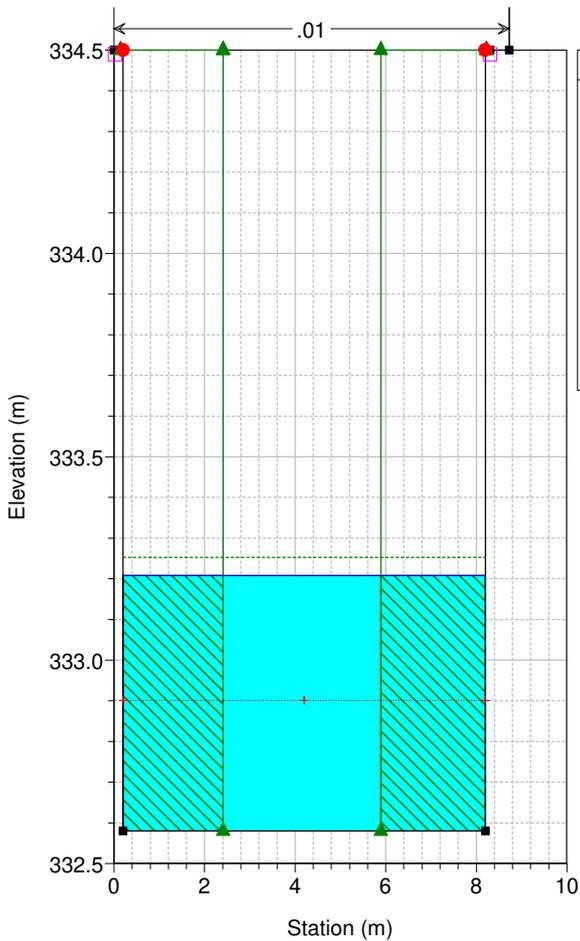
Flow: Tr200
RS = 125 Culv



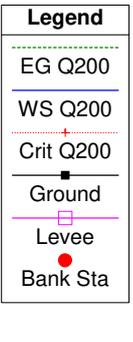
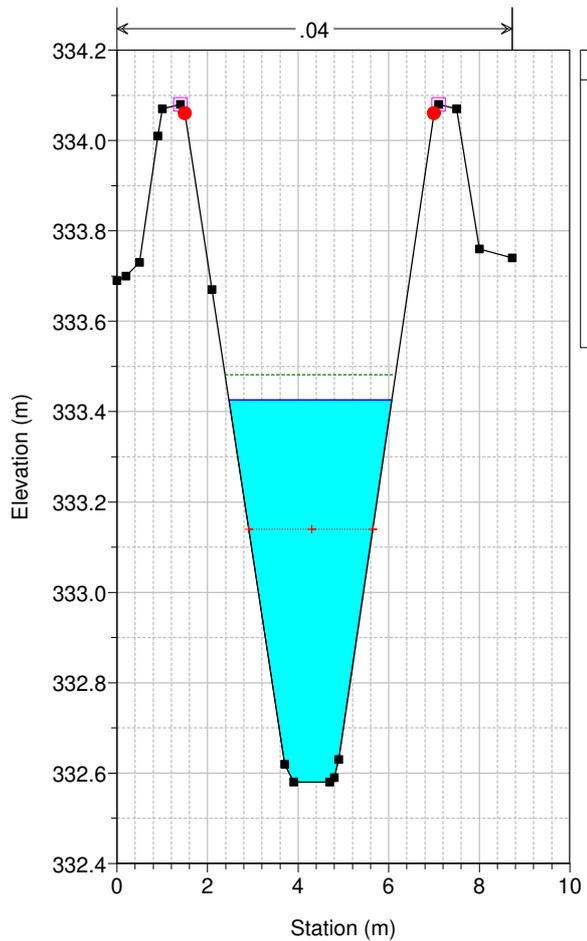
Flow: Tr200
RS = 122



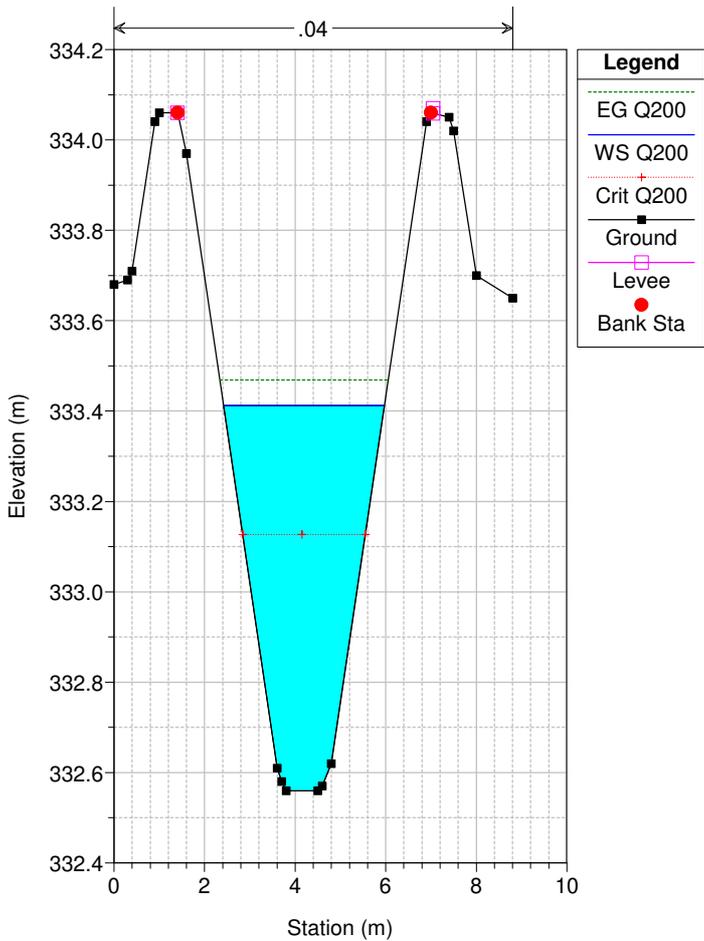
Flow: Tr200
RS = 118



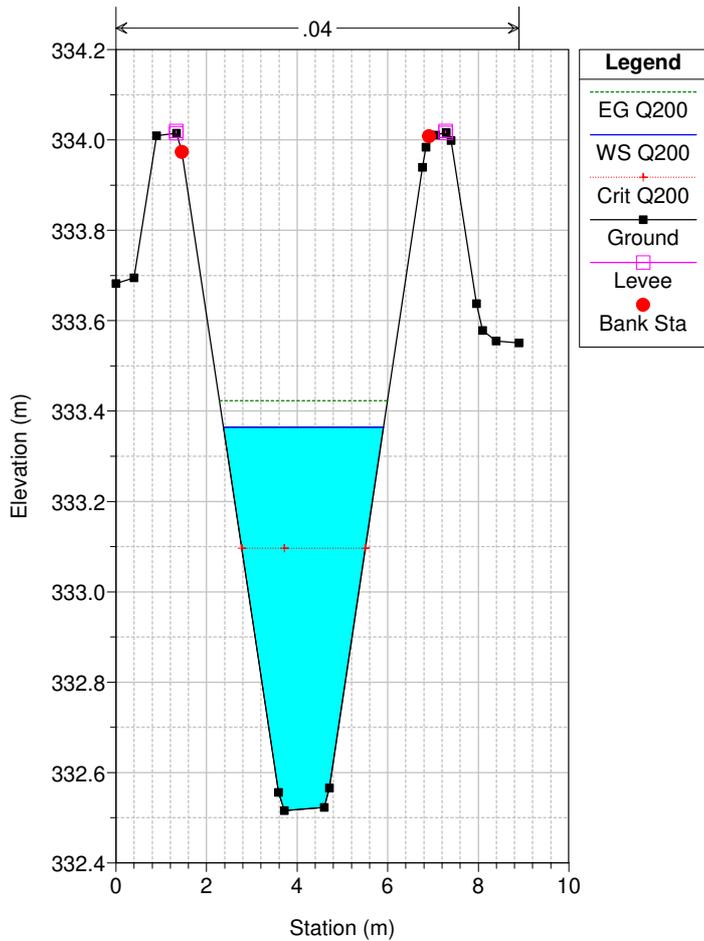
Flow: Tr200
RS = 117



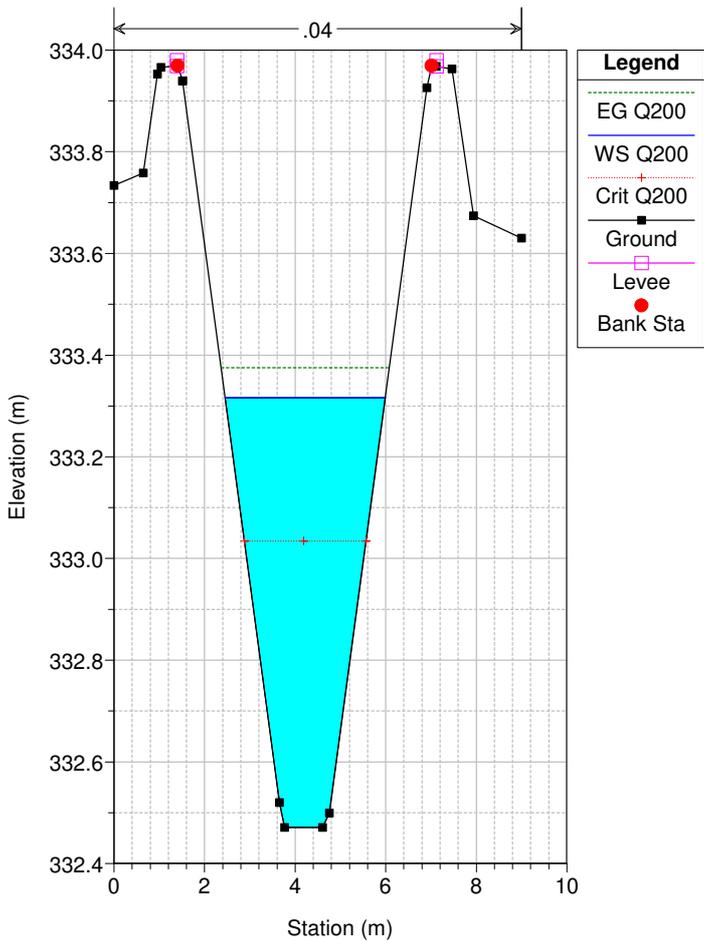
Flow: Tr200
RS = 115



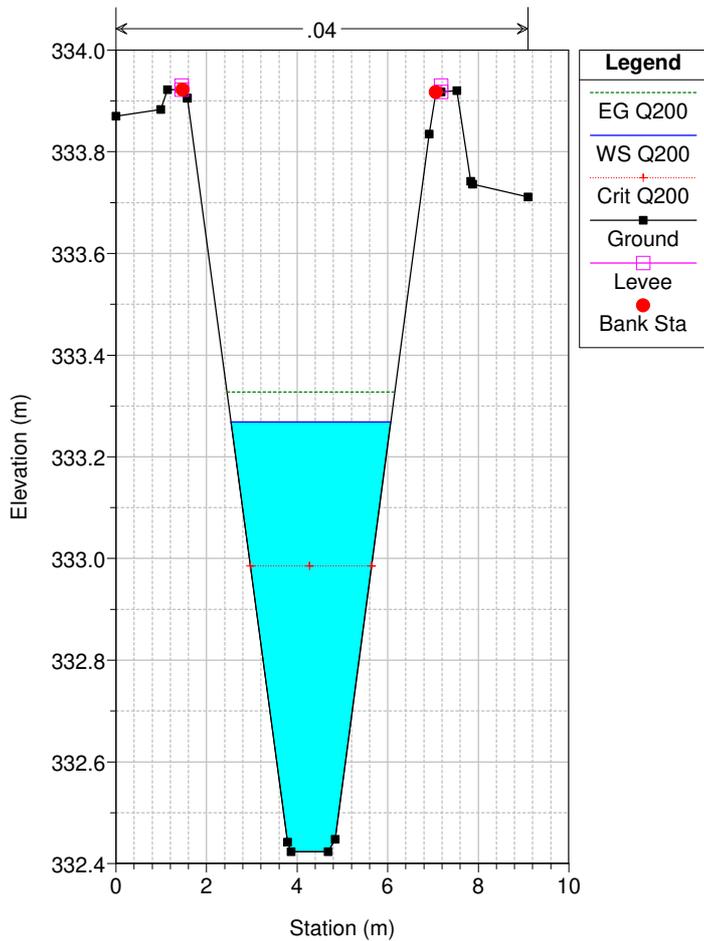
Flow: Tr200
RS = 105



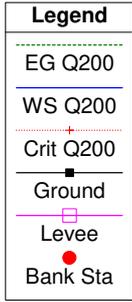
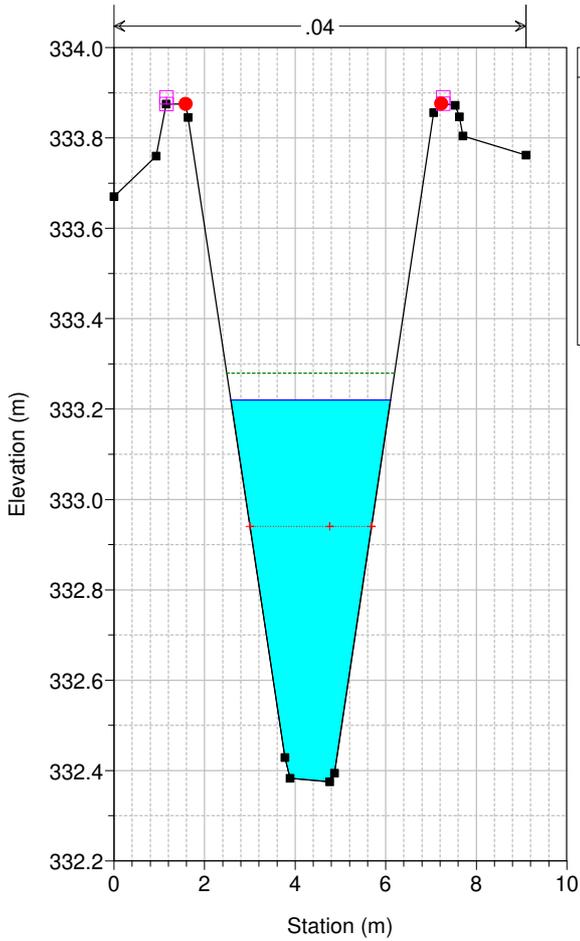
Flow: Tr200
RS = 96



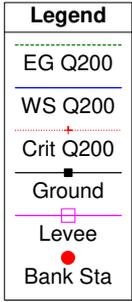
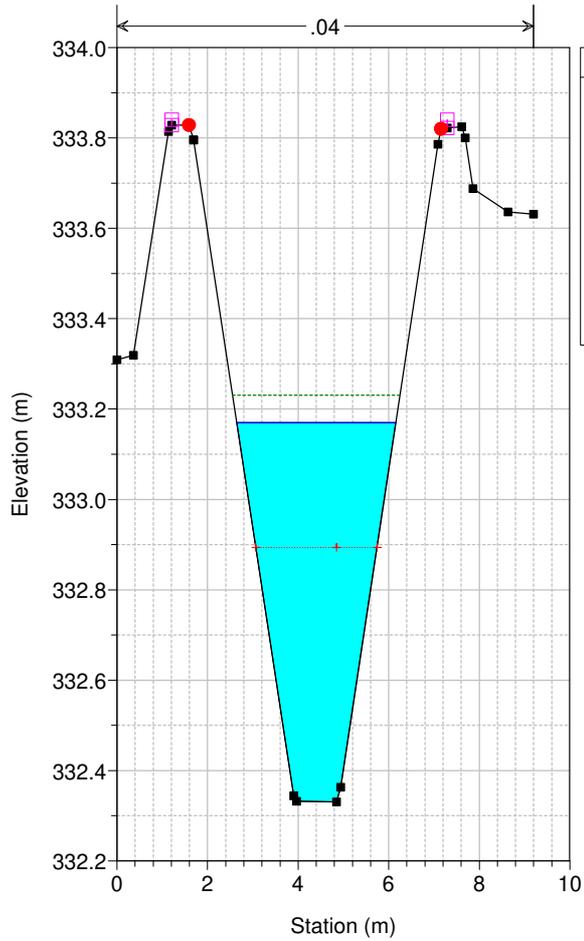
Flow: Tr200
RS = 86



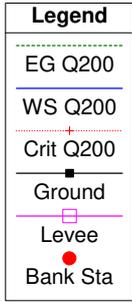
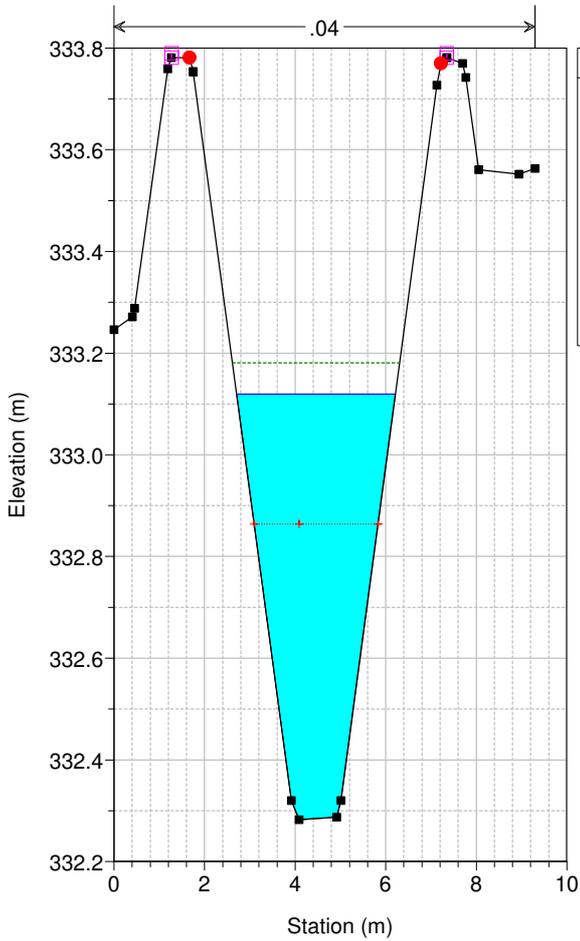
Flow: Tr200
RS = 77



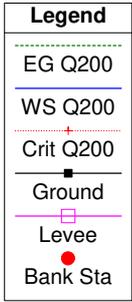
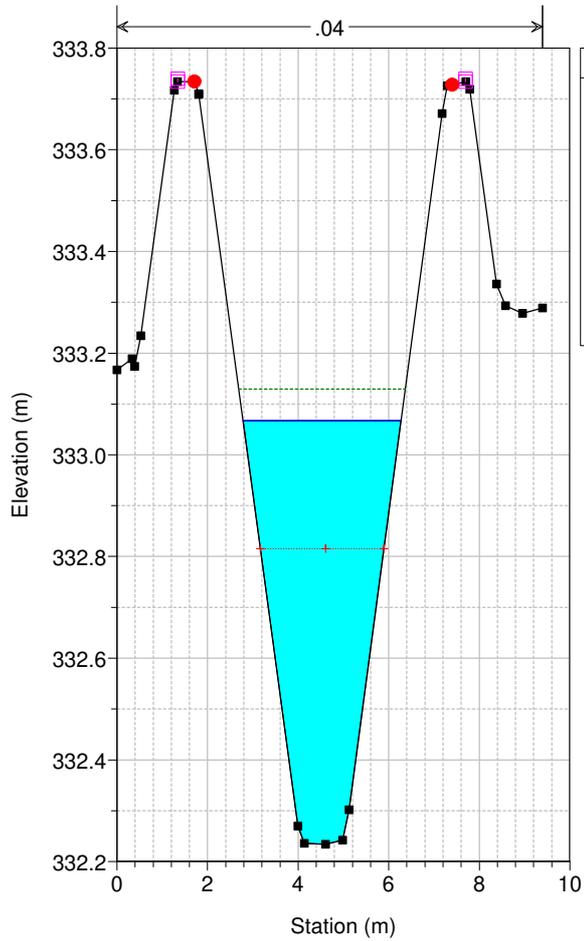
Flow: Tr200
RS = 67



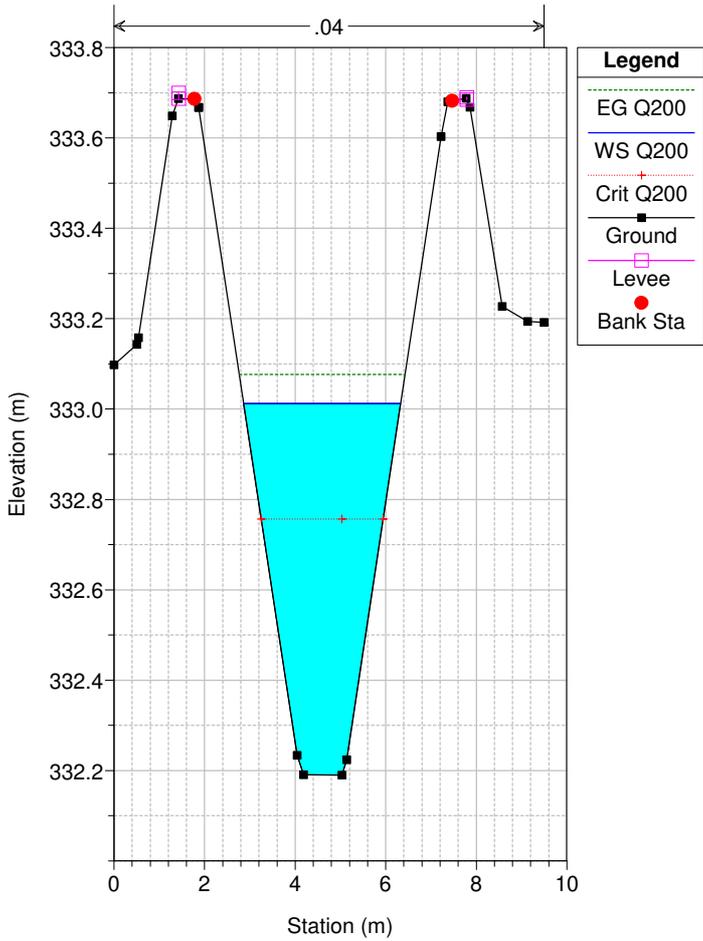
Flow: Tr200
RS = 58



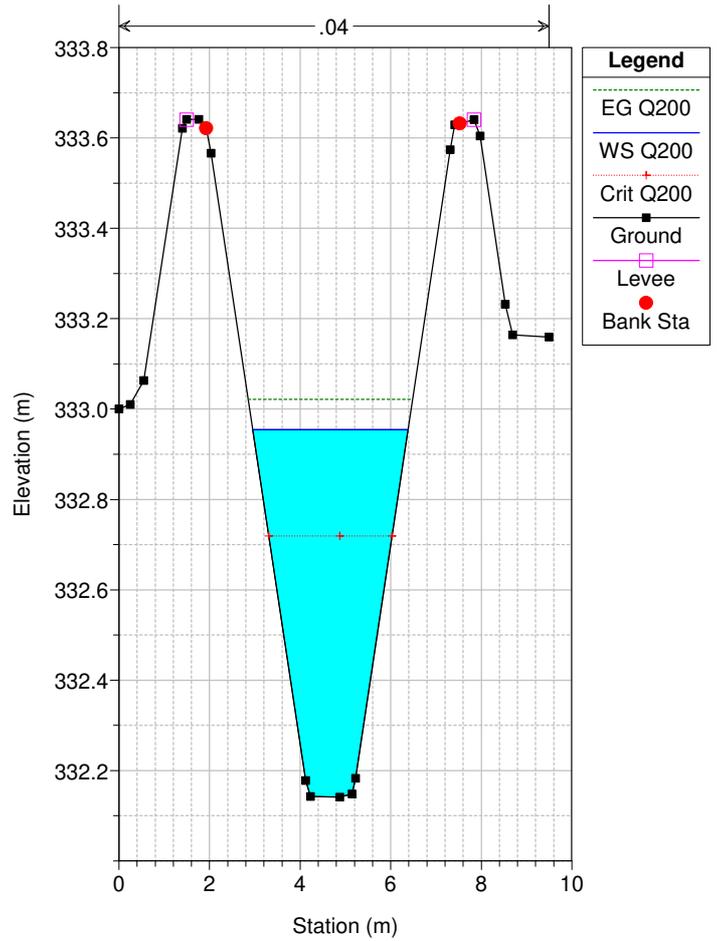
Flow: Tr200
RS = 48



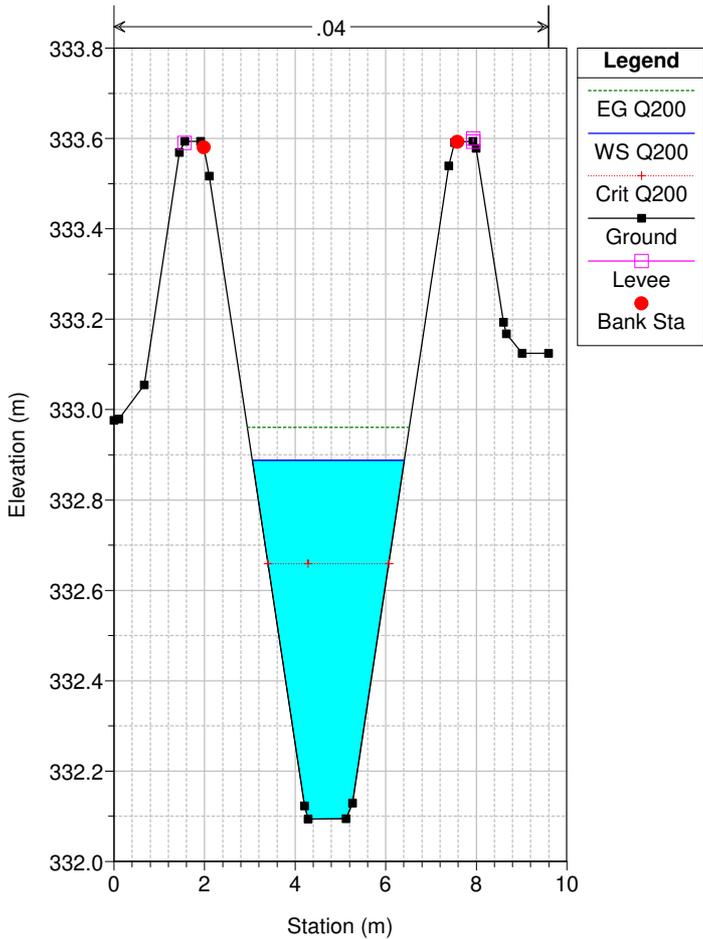
Flow: Tr200
RS = 39



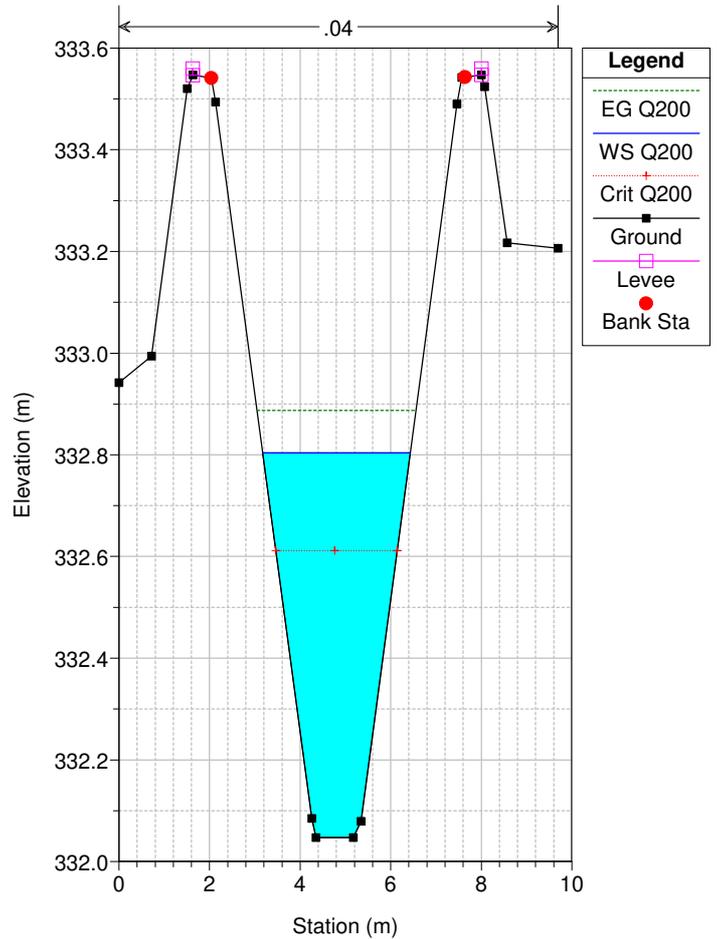
Flow: Tr200
RS = 29



Flow: Tr200
RS = 20

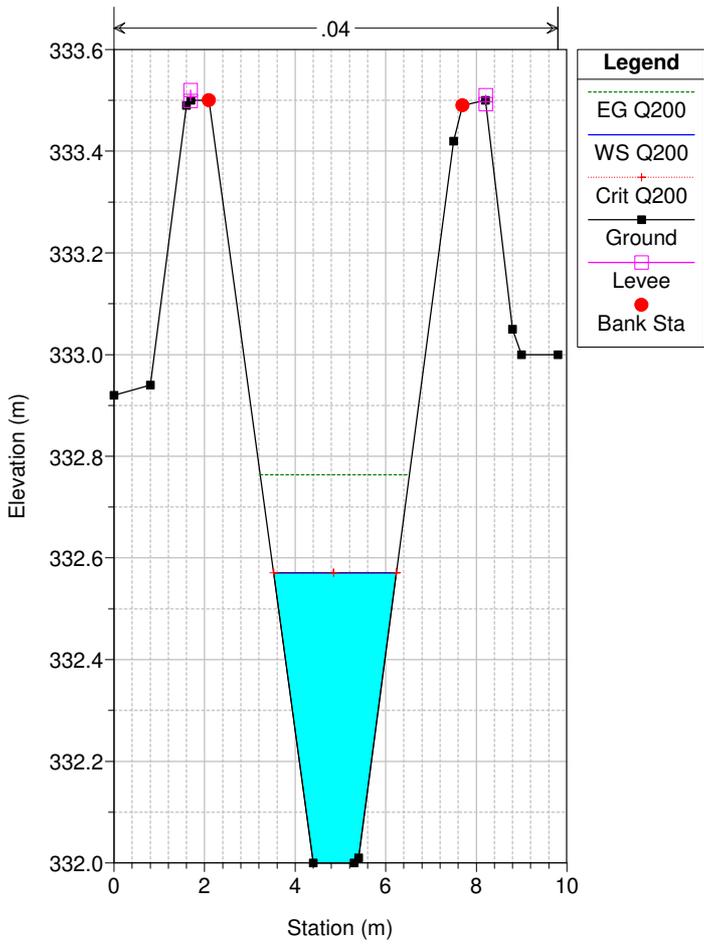


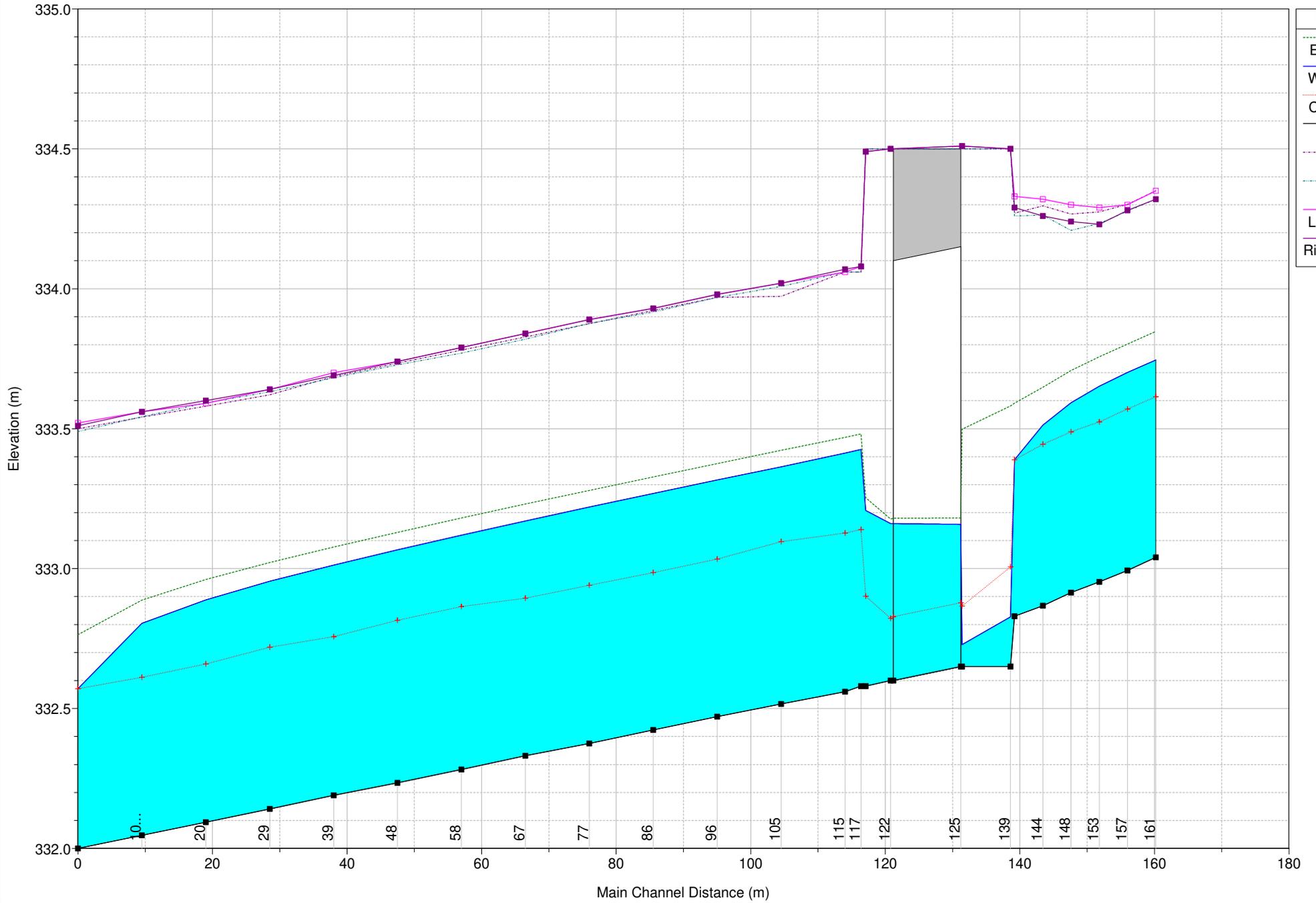
Flow: Tr200
RS = 10



Flow: Tr200

RS = 1





Legend	
EG Q200	(Green dashed line)
WS Q200	(Blue solid line)
Crit Q200	(Red dotted line with '+' markers)
Ground	(Black solid line with square markers)
LOB	(Purple dashed line with square markers)
ROB	(Magenta dashed line with square markers)
Left Levee	(Cyan shaded area)
Right Levee	(Cyan shaded area)